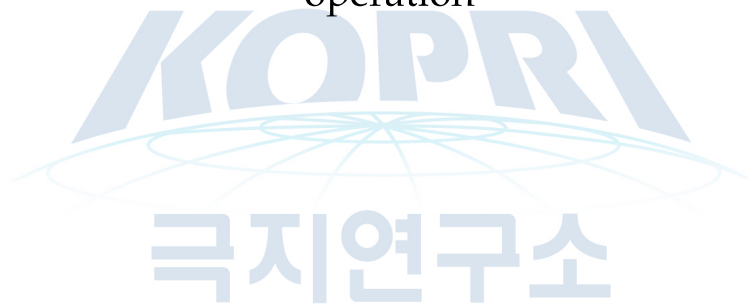


남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및
생태계 오염 요인 모니터링

Monitoring on indicators of environmental and ecological
contamination generated by Antarctic research stations
operation



2018. 04. 30

한 국 해 양 과 학 기 술 원
부 설 극 지 연 구 소

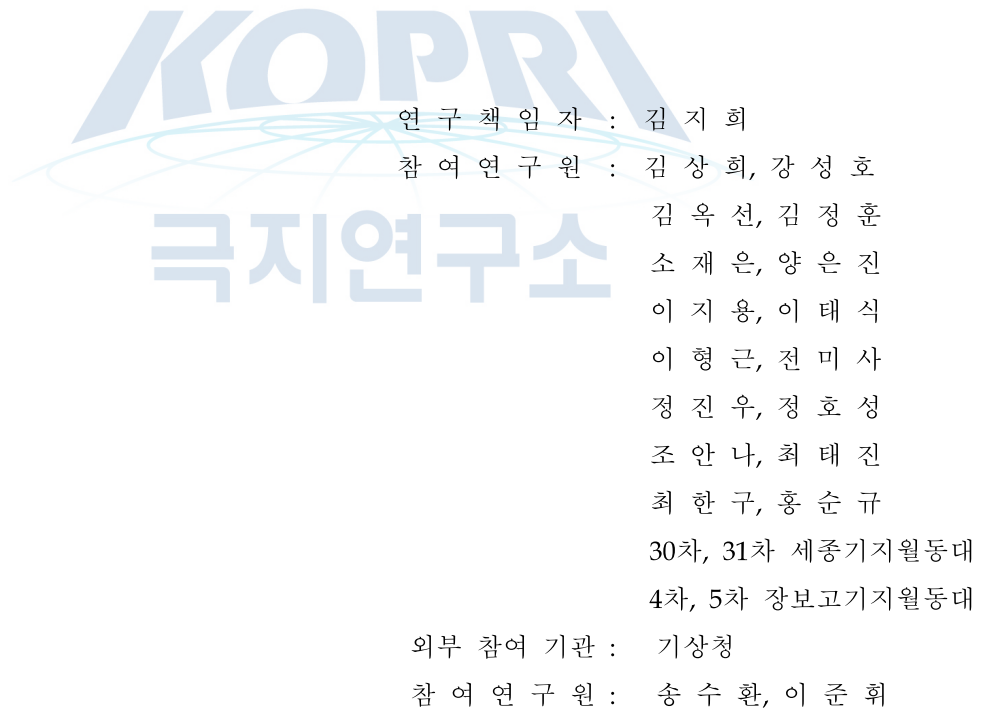


제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “ 남극과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링 ” 과제의 연차보고서로 제출합니다.

2018. 4. 30



연구책임자 : 김지희

참여연구원 : 김상희, 강성호

김옥선, 김정훈

소재은, 양은진

이지용, 이태식

이형근, 전미사

정진우, 정호성

조안나, 최태진

최한구, 홍순규

30차, 31차 세종기지월동대

4차, 5차 장보고기지월동대

외부 참여 기관 : 기상청

참여연구원 : 송수환, 이준휘



보고서 초록

과제관리번호	PE17190	해당단계 연구기간	2017.01.01.~12.31	단계 구분	/
연구사업명	중 사업명				
	세부사업명				
연구과제명	중 과제명				
	세부(단위)과제명	남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링			
연구책임자	김지희	해당단계 참여연구원 수	총 : 14 명 내부 : 8 명 외부 : 6 명	해당단계 연구비	정부: 142,500 천원 기업: 천원 계: 142,500 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양과학기술원부설 극지연구소 극지생명과학연 구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	325 (부록제외)
<p>○ 남극 과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기지 운영에 따른 환경 영향 최소화를 위해 효율적인 오수처리시설 운영, 폐기물 관리와 반출, 외래종 유입방지를 위한 온실 관리 등이 지침에 따라 이루어짐 - 유류소모량 및 에너지 소모 관리를 주기적으로 수행하고 있음. 장보고기지의 경우 절감노력을 통해 유류사용량 절감 <p>○ 기지 운영에 따른 환경 지표 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none"> - 환경 지표로서 기지주변 공간적 점유와 야외활동지역에 대한 족적, 방류수 수질을 분석하고 있음. 방류수 분석 결과 기준치를 웃돌고 있어 대책이 필요함 - 세종기지의 외래종 모니터링을 지속하고 있으며 현재는 개체군 통제수준으로 효과적인 방제 대책 필요 - 장보고기지 온실에서 발견된 톡토기류의 퇴치를 위해 온실 가동 중지 및 전면 청소 후 재가동함 <p>○ 기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none"> - 장보고기지 인근 번식조류 (남극도독갈매기)의 분포 자료 획득 - 2017년 기지주변 표층수의 미세조류 계절변동 조사 수행 <p>○ 기지 기반 환경요인 장기 모니터링</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기지 주변 기상요소, 해양 물리 요소 및 육상 미소기후 관측 					
색인어 (각 5개 이상)	한글	세종기지, 장보고기지, 환경영향 감시, 환경지표, 생태계 변화, 장기 환경요인 모니터링			
	영어	King Sejong Station, Jang Bogo Station, environmental impact monitoring, environmental indicator, ecological change, long-term monitoring of environmental factors			



요 약 문

I. 제 목

남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염원 모니터링

II. 연구개발의 목표 및 내용

1. 본 과제는 기지운영으로 인한 환경영향 모니터링 계획에서 제시한 기지 운영으로 인한 오염원 관리, 오염 시설관리, 환경매체별 유지 목표의 주기적 점검 및 외래종 유입을 포함한 기지 주변 환경상태 변화 모니터링을 목적으로 한다.

Part I. 장보고과학기지

1. 장보고과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링
 - 1) 기지 환경시설로서 오수처리시설, 폐기물 처리시설, 온실의 운영관리
 - 2) 기지 운영을 위한 유류 및 에너지 사용량과 환경 오염예방을 위한 유류 유출 예방 관리
 - 3) 기지에서 발생하는 폐기물의 관리와 반출
2. 장보고과학기지 운영에 따른 환경지표 모니터링
 - 1) 기지 운영 및 기지 기반의 연구활동으로 인한 공간적 환경 영향 범위
 - 2) 기지 오수 처리 후 배출되는 방류수의 수질 상태 파악
3. 장보고과학기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링
 - 1) 2017/18년 남극 장보고기지주변에 서식하는 남극도독갈매기의 번식현황 모니터링
 - 남극도독갈매기 번식현황 조사
 - 둥지분포, 한배산란수, 부화성공률, 성체의 외형 및 체중
 - 2) 2017년 남극 장보고기지 표층수 미세조류의 계절적 변동
 - 장기적인 환경변화 감시를 위한 생물학적 요인 조사
 - 미세조류 생물량의 변동 분석
4. 장보고과학기지 기반 환경요인 장기 모니터링
 - 1) 장보고기지주변 기상 관측
 - 기상

- 바다의 결빙

2) 장보고기지연안 pCO₂ 와 관련인자 모니터링

- 자료수집

- 해당 자료는 JBG-LTER의 일환으로 획득되었으며, 환경 요인 자료를 기지 모니터링 과제에서도 활용함

3) 미기후 모니터링

- 미기후 데이터

Part II. 세종과학기지

5. 세종과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링

- 1) 기지 환경시설로서 오수처리시설, 폐기물 처리시설, 온실의 운영관리
- 2) 기지 운영을 위한 유류 및 에너지 사용량과 환경 오염예방을 위한 유류 유출 예방 관리
- 3) 기지에서 발생하는 폐기물의 관리와 반출

6. 세종과학기지 운영에 따른 환경지표 모니터링

- 1) 기지 운영 및 기지 기반의 연구활동으로 인한 공간적 환경 영향 범위
- 2) 기지 오수 처리 후 배출되는 방류수의 수질 상태 파악

7. 세종과학기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링

- 1) 남극 생태계에 영향을 미칠 수 있는 외래종 모니터링
- 2) 2017년 남극 킹조지섬 마리안 소만의 해양 환경 관측
 - 마리안소만 한 정점에서 엽록소-a의 계절적 변동과 해수의 물리요소 모니터링

8. 세종과학기지 기반 환경요인 장기 모니터링

- 1) 세종과학기지 기상 관측
 - 기상
 - 바다의 결빙

Part III. 남극 과학기지 운영 현장 점검

9. 남극 과학기지 운영 현장 점검

- 1) 장보고과학기지 운영 현장 점검
 - 남극 환경 보존을 위한 기지 운영 체크리스트를 활용한 기지운영 점검
- 2) 세종과학기지 운영 현장 점검

- 남극 환경 보존을 위한 기지 운영 체크리스트를 활용한 기지운영 점검

IV. 연구 결과 (관측 결과)

Part I. 장보고과학기지

1. 장보고과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링

1) 기지 환경시설로서 오수처리시설, 폐기물 처리시설, 온실의 운영관리

- 4차 월동기간 동안 오수 처리시설의 관리는 주기적으로 수행되었으며 미생물 활성화에 영향을 미칠 수 있는 세제와 유류 등이 유입되지 않도록 위생설비와 주방 운영 시 철저히 관리됨
- 발생 폐기물은 폐기물처리시설에서 압축 처리, 정상별로 분류되어 국내로 운송될 때까지 지정 컨테이너에 보관
- 2017년 11월에 온실내부에서 외래종 톡토기류가 발견되어 온실운영을 일시적으로 중단하고 전면 청소 후 운영 재개

2) 기지 운영을 위한 유류 및 에너지 사용량과 환경 오염예방을 위한 유류 유출 예방 관리

- 유류 사용량과 에너지 사용량은 월별로 관측 분석되었으며 유류의 90.5%가 발전기 운영에 사용됨
 - 유류소모 및 에너지 사용량은 외부기온 부하 변동과 각종 난방기구 사용 증감, 하계 연구원의 연구장비 사용에 따라 차이가 발생함
 - 2017년 경유 사용량은 481,765 ℓ로 월평균 약 40,147 ℓ를 사용하였으며 2016년의 연간사용량 보다 13,136 ℓ의 경유 사용량 절감
- 태양광발전량 (설비용량, 약 45.2 kW에서 80kW로 증설)은 약 62,636 kWh로 지난해에 비해 약 3배가량 증가
- 유류 유출 예방을 위해 유류 저장 및 관련 시설 안전점검 항목에 따라 주기적 점검이 실시되고 있음

3) 기지에서 발생하는 폐기물의 관리와 반출

- 4차 월동기간에 발생한 생활폐기물은 약 38.9 kg/day로 2016년 발생량인 30 kg/day보다 다소 많은 양이 발생함. 재활용 폐기물도 3차 월동기간에 비해 다소 증가하여 약 30.8 kg/day의 양이 발생
- 음식폐기물의 경우 3차 월동기간에 비해 반정도로 적은 처리 용량이 발생하였으나, 사용하지 못하고 폐기되는 음식물의 양을 줄이기 위해서는 구매계획의 검토가 필요
- 발생한 폐기물은 재활용폐기물, 일반폐기물, 지정폐기물 (폐유 등)로 구

분 포장되어 20ft 컨테이너 적재되어 아라온을 통해 국내로 반입, 처리될 예정

2. 장보고과학기지 운영에 따른 환경지표 모니터링

1) 족적

- 2016/17시즌과 4차 월동기간에 포함된 2017년 10월부터 11월에 항공기와 쇄빙연구선 아라온을 이용하여 175명의 인원이 기지 방문. 하계 연구를 위한 방문 인원은 124명임
- 기지주변과 빅토리아랜드 전 지역을 대상으로 25개 지역에서 헬리콥터, 트레바스, 도보를 이용한 연구 및 연구지원이 이루어짐

2) 방류수 수질 및 연안 해수질 모니터링

• 방류수 모니터링

- 설을 통해 중수로 생산되어 약 18톤은 중수 탱크에 저장되고 나머지는 바다로 방류된다. 2017년에 측정된 방류수 수질의 매개 변수는 부유물질 농도를 제외하고 전반적으로 CEE에서 제안한 기준 값보다 높게 나타나 개선이 필요함

• 연안 해수질 모니터링을 위한 정점 선정과 정점에서의 영양염, CTD 자료 획득

- 배수구 인근 3개 방향으로 거리별 25 정점(2014/15 하계시즌에 선정됨) 중 해황에 따라 접근이 가능한 17개 정점에서 휴대용 CTD를 이용하여 수온, 용존산소, 염분도 측정

3. 장보고과학기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링

1) 2017/18년 장보고기지 주변에 서식하는 남극도둑갈매기 번식현황 모니터링

- 총 81쌍의 남극도둑갈매기가 번식하였으며, 둥지밀도는 25.3둥지/km²이
- 부화성공률은 92.14%로 비교적 높았음
- 조사기간 중 확인된 남극도둑갈매기의 알은 122개(72둥지)였으며 평균 길이는 70.7 ± 3.08 mm, 폭은 49.8 ± 1.18 mm, 부피는 0.84 ± 0.06 cm³로 측정됨
- 알 형태지수는 70.6 ± 3.14 %로 나타남

2) 2017년 남극 장보고기지 표층수 미세조류의 계절적 변동

- 전체 미세조류의 생물량은 연평균 0.50 μg L⁻¹이었으며, 이 중 미세조류

에 의한 생물량 (micro-sized Chl *a*의 농도)은 연평균 $0.35 \mu\text{g L}^{-1}$ 이었고, 미소조류에 의한 생물량 (nano-sized Chl *a*의 농도)은 $0.21 \mu\text{g L}^{-1}$, 극미소조류에 의한 생물량 (pico-sized Chl *a*의 농도)은 연평균 $0.06 \mu\text{g L}^{-1}$ 이었음

4. 장보고과학기지 기반 환경요인 장기 모니터링

1) 기지주변 기상 및 대기물리 모니터링

가. 기상

- 2017년 기상관측 기간 동안 기온의 범위는 최저 -36.4°C (2017년 8월 29일), 최고 기온은 4.5°C (2017년 1월 3일)이었고, 연평균 기온은 각각 -14.86°C 으로 2014년 기지 운영 이래 기온이 가장 낮은 해이었음
- 월평균 풍속은 $3.6\sim 5.8 \text{ ms}^{-1}$ 로 관측되었고 연평균 풍속은 4.49 ms^{-1} 로 전반적으로 약하였지만, 간헐적으로 강한 풍속이 발생하였음. 기록된 최고 순간 풍속은 37.2 ms^{-1} 이었음(2017년 5월 19일)
- 풍향의 분포는 대체로 서풍~북서풍이 우세하였지만 하계기간에는 북동풍의 빈도가 증가함. 강한 바람은 북서풍에서 발생하였음.

나. 바다의 결빙

- 기지 앞 바다는 2014년에는 3월 20일 전후, 2015년에는 2월 28일, 2016년에는 3월 1일에 2017년에는 2월 26일에 완전히 결빙되었음

2) 해수 이산화탄소 및 관련 인자 모니터링

- 장보고기지 연안 pCO_2 , 수온, 염분, 용존산소, 엽록소, CDOM, pH, 탁도 모니터링
 - 2017년 대기 이산화탄소 농도는 약 2.5 ppm 증가하였으며 pCO_2 는 300 uatm 변화가 있었으며 용존산소는 $100 \mu\text{mol/kg}$ 감소하였고 수온은 약 4°C 감소하였고, 염분은 약 1.2 ‰ 증가하였고, pH는 약 0.6 감소하였다. 하지만 엽록소, 탁도, CDOM은 이러한 변화 경향을 보이지 않음

3) 미기후 모니터링

- 남극 장보고과학 기지 주변 토양환경에서 미기후 환경요인을 2016년 11월부터 2017년 10월까지 측정하였음
- 이 결과는 장기적으로 모니터링할 계획이며 기후변화에 따라 생물상 분포 변화와 상관관계 분석을 위한 데이터로 활용할 예정임

Part II. 세종과학기지

5. 세종과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링

1) 기지 환경시설로서 오수처리시설, 폐기물 처리시설, 온실의 운영관리

- 오수처리시설을 통해 생세종기지에서 배출되는 방류수 수질은 기준에 못 미치고 있어 시설 개선이 시급
- 발생 폐기물은 폐기물처리시설에서 압축 처리, 성상별로 분류되어 국내로 운송될 때까지 지정 컨테이너에 보관
- 온실은 남극 생태계 교란의 원인이 될 수 있는 외래종 유입 방지를 위해 지침에 따라 관리되고 있음
- 외래종 유입 방지를 위한 조치의 지속적 개선과 실행이 요구됨

2) 기지 운영을 위한 유류 및 에너지 사용량과 환경 오염예방을 위한 유류 유출 예방 관리

- 유류 사용량과 에너지 사용량은 월별로 관측 분석되었으며 대부분의 유류가 발전기 운영에 사용됨
 - 2017년 연간 유류 소모량은 약 411,200 ℓ로 2016년에 비해 다소 증가하였음
- 유류 유출 예방을 위해 유류 저장 및 관련 시설 안전점검 항목에 따라 주기적 점검이 실시되고 있음

3) 기지에서 발생하는 폐기물의 관리와 반출

- 30차 월동기간에 발생한 매립 폐기물(소각재)을 포함한 일반폐기물은 8,510 kg이 발생하였으며 이중 고철(49%)과 PVC(20%)가 높은 비중을 차지함
- 지정폐기물의 대부분은 저유탱크 청소로 발생한 폐유로 19,200 kg이 발생하였고 배터리류가 1,200 kg 발생함
- 2016년 29차 월동기간에 비해 소각으로 발생한 재의 양이 2배 가까이 발생했으며 소각용 폐기물 발생 절감을 위한 대책이 요구됨

6. 세종과학기지 운영에 따른 환경지표 모니터링

1) 족적

- 2017/18 하계 기간 동안 세종기지에 들어온 인원은 122명이며, 하계 연구자는 52명, 하계 지원인력 18명, 세종기지 증개축공사 인원 40명, 남극체험단 9명, 시찰을 목적으로 방문한 3명으로 구성
- 남극특별보호구역 171번 방문신청 건수는 10건이며 총 46명이 하계기

간 동안 방문하여 현장조사를 수행함

2) 방류수 수질 모니터링

- 수질검사 결과 전년과 동일하게 한국 공공 하수처리시설의 방류수 수질기준에 미치지 못하여 오수처리 시설의 문제점을 전면적으로 검토하고 방류수 수질 향상을 위한 개선 시급

7. 세종과학기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링

1) 남극 생태계에 영향을 미칠 수 있는 외래종 모니터링

• 외래종 각다귀 모니터링

- 남극세종과학기지에서 2013년부터 외래유입종 각다귀(*Trichocera maculipennis*)가 출현하여 개체수 변화, 잠정 서식지 등을 계속 관찰 중이며 이를 바탕으로 방역 작업을 진행 중
- 2017/18 시즌부터는 효과적인 박멸을 위해 이미 출현이 확인된 Arctowski station(폴란드), Artigus station(우루과이), Escudero station(칠레), 세종기지(한국)가 공동 모니터링 시작

2) 2017년 남극 킹조지섬 마리안 소만의 해양 환경 관측

- 표층수의 연간 수온의 범위는 2.32~2.15℃ 최고수온은 2.32℃로 2월 6일에 조사되었으며, 최저 수온은 8월 2일(-2.15℃)에 관측됨
- 전체 미세조류 생물량(전체 Chl a 농도)은 0.19~5.19 $\mu\text{g/L}$ 의 분포를 나타내었으며, 1월 11일 (5.19 $\mu\text{g L}^{-1}$)에 미세조류의 생물량이 최대로 관측됨

8. 세종과학기지 기반 환경요인 장기 모니터링

1) 세종과학기지 기상 관측

• 기상

- 30차 월동기간의 기상관측 기간 동안 기온의 범위는 최저 -20.6 (2017년 7월 28일), 최고 기온은 11.3 °C (2017년 3월 20일)이었고, 연평균 기온은 -1.3℃으로 나타났다. 평균 풍속은 7.5 ms^{-1} 로 관측됨
- 기록된 최고 순간 풍속은 33.9 ms^{-1} 이었음(2017년 8월 22일)
- 강수량은 평년 보다 많았으며, 블리자드 발생 빈도는 17회 였으며, 특이한 점은 동풍계열이 아닌 서~북서풍의 강풍이 많았음

• 바다의 결빙

- 기지 앞 마리안 소만은 2017년 8월 24일부터 9월 24일까지 결빙되었음

며, 맥스웰만은 2017년 8월 26일부터 9월 2일까지 결빙상태가 유지됨

Part III. 남극 과학기지 운영 현장 점검

9. 남극 과학기지 운영 현장 점검

1) 장보고과학기지 운영 현장 점검

- 기지 운영 현장 점검은 사전에 작성한 체크리스트를 활용하여 유류관리, 화학물질관리, 에너지 보존, 수자원 보존, 환경보호의정서 관련 분야 등을 포함한 33개 항목에 대하여 실시함
 - 현장 점검과 5차 월동연구대 면담을 통해 진행하였으며, 대부분의 항목에 대해 남극 환경 영향을 최소화할 수 있도록 저감 방안을 이행함
 - 헬리콥터 운항에 사용되는 항공유의 보관 상태는 양호하였으나 헬리패드 주유지점 가까이에 방제키트 보관함 설치가 필요하며, 폐유 보관 드럼의 야외 적재 시 지면과 접촉하지 않도록 조치 필요

2) 세종과학기지 운영 현장 점검

- 유류관리, 화학물질관리, 에너지 보존, 수자원 보존, 환경보호의정서 관련 분야 등을 포함한 33개 항목에 대하여 실시함
 - 현장 점검과 31차 월동연구대 면담을 통해 진행하였으며, 대부분의 항목에 대해 남극 환경 영향을 최소화할 수 있도록 저감 방안을 이행함
 - 야외에 보관 중인 ISO 유류 탱크에서 유출 흔적이 확인되었고 오염된 토양은 제거함
 - 유류 보관 용기의 야외 적재 시 지면과 접촉하지 않도록 조치가 필요

S U M M A R Y

I. Title

Monitoring on indicators of environmental and ecological contamination generated by Antarctic research station operation

II. Purpose and contents of the study

1. This study purpose to manage pollution source and equipment for mitigation of environmental pollution, to observe maintaining target qualities of environmental parameters, and to monitor environmental status around the station including non-native species introduction.

Part I. Jang Bogo Antarctic Research Station

1. Monitoring on environmental facilities and energy management at Jang Bogo Station
 - 1) Management of sewage treatment facility, waste treatment facility and hydroponic facility(greenhouse) as the environmental facilities
 - 2) Management of fuel and energy use for station operation and Prevention measure for oil spill
 - 3) Waste management and remove from Antarctica
2. Monitoring of environmental indicator affected by Jang Bogo station operation
 - 1) Monitoring of footprint by station operation and research activities based on the station
 - 2) Monitoring of discharged water quality
3. Monitoring of ecosystem changes caused by Jang Bogo station operation
 - 1) Monitoring on Breeding South polar skuas around Jang Bogo Station during the 2017/18
 - Annual survey for long-term monitoring on breeding index of South polar skuas

- Nest distribution, clutch size, hatching success, Body size and mass of adults
- 2 Seasonal variation of microalgae in the surface water of Jang Bogo station, Antarctica, 2017
 - Annual survey for long-term monitoring on the seawater environment
 - Seasonal variation of microalgal assemblages
- 4. Long-term monitoring of Environmental factors based on Jang Bogo Station
 - 1) Monitoring on meteorology of Jang Bogo Station, Antarctica
 - Meteorology
 - Freezing of Sea
 - 2) Monitoring of pCO₂ and relevant parameters at the station
 - Collect pCO₂, temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, chl-a, CDOM, turbidity in seawater and data collection
 - The monitoring results used in this section were obtained as a part of JBG-LTER (Jang Bogo Long Term Ecological Research PE18150)
 - 3) Microclimate monitoring
 - Microclimate data

Part II. King Sejong Antarctic Research Station

5. Monitoring on environmental facilities and energy management at King Sejong Station
 - 1) Management of sewage treatment facility, waste treatment facility and hydroponic facility(greenhouse) as the environmental facilities
 - 2) Management of fuel and energy use for station operation and Prevention measure for oil spill
 - 3) Waste management and remove from Antarctica
6. Monitoring of environmental indicator affected by King Sejong Station operation
 - 1) Monitoring of footprint by station operation and research activities based on the station
 - 2) Monitoring of discharged water quality

7. Monitoring of ecosystem changes caused by King Sejong station operation
 - 1) Non-native species monitoring could be impact on Antarctic ecosystem
 - 2) Annual survey for long-term monitoring on the seawater environment
8. Long-term monitoring of Environmental factors based on King Sejong Station
 - 1) Monitoring on meteorology of King Sejong Station, Antarctica
 - Meteorology
 - Freezing of Sea

Part III. Korean Antarctic Research Station operation site check

9. Korean Antarctic Research Station operation site check
 - 1) Jang Bogo Antarctic research station site check
 - 2) King Sejong Antarctic research station site check

IV. Results

Part I. Jang Bogo Antarctic Research Station

1. Monitoring on environmental equipment and facility management at Jang Bogo Station
 - 1) Management of wastewater treatment facility, waste treatment facility and hydroponic facility(greenhouse) as the environmental facilities
 - To reduce clear water usage, using grey water for cleaning facilities treated with sewage and wastewater treatment facility
 - To reduce amount and to prevent environmental impact, the generated waste were pressed and classified with property to deposit at the station before transportation from Antarctica.
 - To prevent introduction non-native species caused by operation hydroponic facility, the facility was managed by strict guideline. Plant residues treated with food waste reducer and artificial soil were packed individually to transport Korea

- The hydroponic facility was temporarily closed because non-native springtails were founded in the facility in November 2017. After the full-scale clean-up, the operation has resumed.
- 2) Management of fuel and energy use for station operation and Prevention measure for oil spill
- Fuel and energy usage were observed and analyzed. 90.5% of fuel usage was for generators.
 - Fuel and energy usage was changed according to external temperature change, using heating apparatus, operation of research equipment by summer researching members.
 - Monthly average of fuel usage was up to 40,147 ℓ for 2017 which is reduced amount of 41,170 ℓ (monthly averaged) for 2016.
 - Electric energy generated by solar panels (total capacity in 2017, 80 kW) was about 62,636 kWh (during five months) which is about three times of that of 2016.
 - The average electric power load was 193 kW which was decreased little bit less than 2016 and less 57 kW than 250.4 kW in 2015.
 - To prevent oil spill, fuel storage facilities and related facilities are checked regularly with safety check list.
- 3) Waste management and remove from Antarctica
- Domestic wastes were produced as 38.9 kg/day which is quite more than 30 kg/day in 2016.
 - Recycle waste amount was 30.8 kg/day which was little more than that of the 3rd period.
 - Among the recycle wastes, amounts of paper was 564 kg, metal was 3,348 kg, plastics were 3,486 kg and glass was 3,486 kg.
 - Generated waste was itemized as recyclable waste, domestic waste and designated waste (e.g. waste oil), and individually packed to load in 20ft containers. All wastes were shipped on *ARAON* to treated properly in Korea.
2. Monitoring of environmental indicator affected by Jang Bogo station operation

1) Monitoring of footprint

- During 2016/17 season and from October to November, 2017, 175 personnel entered into Jang Bogo Station via R/V icebreaker *Araon* and aircraft. The expeditioners for austral summer season became 124 persons.
- For the research activities and supporting them, 25 locations were visited

2) Discharge water quality and sea water quality monitoring

• Discharge water quality monitoring

- During over-wintering period of 2017, the discharged water quality was monitored with measuring the parameters. Except SS concentration, the measured values of parameters exceeded the standard limit in CEE. There is required improvement of discharged water quality from the station.

• Establishment of coastal seawater quality monitoring stations and obtaining nutrient CTD data from the stations

- 17 survey stations among 25 stations established in three direction from discharged point with the distance during 2014/15 summer season due to seaice condition
- Measuring seawater temperature, DO, salinity with CTD

3. Monitoring of ecosystem changes caused by Jang Bogo station operation

1) Monitoring on Breeding South polar skuas around Jang Bogo Station during the 2017/18

• A total of 81 nests of south polar skuas were observed

- Nest density was estimated at 25.3 nests/km². Mean clutch size and egg volume were 1.73 ± 0.45 and 0.84 ± 0.06 cm³
- Hatching success was 92.14%
- Mean body mass was 1274.5 ± 97.87 g and, length of head bill and wing, tarsus were 109.23 ± 2.44 (mm), 40.77 ± 0.79 (cm), 64.98 ± 2.38 (mm)

2) Seasonal variation of microalgae in the surface water of Jang Bogo station,

Antarctica, 2017

- Annual mean of total microalgal biomass (total Chl *a* concentration) was $0.50 \mu\text{g L}^{-1}$, micro-sized microalgal biomass (micro-sized Chl *a* concentration) was $0.35 \mu\text{g L}^{-1}$, nano-sized microalgal biomass (nano-sized Chl *a* concentration) was $0.21 \mu\text{g L}^{-1}$ and pico-sized microalgal biomass (pico-sized Chl *a* concentration) was $0.06 \mu\text{g L}^{-1}$.

4. Long-term monitoring of Environmental factors based on Jang Bogo Station

1) Monitoring on meteorology at Jang Bogo Station

- Meteorology

- Air temperature ranged from -36.4°C (August 29) to 4.5°C (January 3) with annual averaged value of -14.86°C in 2017
- Overall, wind speed was not strong at Jang Bogo Station, but very strong wind has occurred intermittently with the gust of 37.2 ms^{-1} on May 19, 2017. Monthly averaged wind speed was in the range of $3.6\sim 5.9 \text{ ms}^{-1}$. Annual averaged wind speed were 4.49 ms^{-1} in 2017.
- Wind from west was the dominant except for from northeast in summer season. Strong wind blew from northwest. Visibility in 2017 was good year round. On average, November and December were the best for the visibility.

- Freezing of sea surface

- The sea near the station was completely frozen around March 20 in 2014, on February 28 in 2015, on March 1 in 2016 and February 26 in 2017.

2) Monitoring of pCO₂, temperature, salinity, dissolved oxygen, chl-a, CDOM, pH, and turbidity at the station

- pCO₂ increased ca. 300 uatm, dissolved oxygen by ca. 100 umol/kg, seawater temperature by 4°C , salinity by $\sim 1.2\%$, pH by 0.6 unit. On the other hand, chl-a, turbidity, CDOM did not show such a temporal trend.

3) Microclimate monitoring

- Microclimates including air temperature, relative humidity,

photosynthesis active radiation, soil temperature and soil moisture contents are monitored around Jang Bogo Station from November 2016 to December 2017.

- These microclimate factors will monitor continuously and analyze the correlation with biota distribution.

Part II. King Sejong Antarctic Research Station

5. Monitoring on environmental facilities and energy management at King Sejong Station

1) Management of wastewater treatment facility, waste treatment facility and hydroponic facility(greenhouse) as the environmental facilities

- The discharged water quality over the standard concentration of most parameters. The improvement of sewage treatment shall be required as soon as possible.
- To reduce amount and to prevent environmental impact, the generated waste were pressed and classified with property to deposit at the station before transportation from Antarctica.

2) Management of fuel and energy use for station operation and Prevention measure for oil spill

- Fuel and energy usage were observed and analyzed. Most of fuel usage was for generators.
 - During 2017, 411,200 liters were consumed for station operation for 12 months and annual usage increased compared to the previous year.
- To prevent oil spill, fuel storage facilities and related facilities are checked regularly with safety check list.

3) Waste management and remove from Antarctica

- Wastes including to be landfill waste (incineration ash) generated during the 30th over-winter period were 8,510 kg, and scrap metal (49%) and PVC (20%) accounted for the highest percentage.
- Most of the hazardous wastes were waste-oil generated from the cleaning of the storage tank, resulting in 19,200 kg and batteries of

1,200 kg.

- The amount of ash generated by incineration is about twice that of the 29th wintering period in 2016, and measures are needed to reduce incineration waste.

6. Monitoring of environmental indicator affected by King Sejong station operation

1) Monitoring of footprint

- During the summer of 2017/18, 122 people were visited to the King Sejong Station, composed of 52 researchers, 18 supporting staffs, 40 construction crew, 9 people for outreach, and 3 people for internal inspection.
- The number of visits to the Antarctic Specially Protected Area No. 171 was 10, and a total of 46 people visited during the summer to conduct field surveys.

2) Discharge water quality monitoring

- Our analysis shows the efficiency of facility is not good by inadequate for domestic effluent water quality standards. To increase the efficiency for the facilities appropriate research is needed through promoting of microbial species diversity.

7. Monitoring of ecosystem changes caused by King Sejong station operation

1) Non-native species monitoring could be impact on Antarctic ecosystem

- Non-native fly monitoring
 - At King Sejong Station, *Trichocera maculipennis* has been shown since 2013 and has been continuously monitored changes in population, temporary habitats, life cycles and the relative work such as eradication is under way.
 - From 2017/18 season, we started a joint monitoring for the effective eradication with Arctowski station (Poland), Artigus station (Uruguay), and Escudero station which have already been

confirmed the presence of *T. maculipennis*.

2) Annual survey for long-term monitoring on the seawater environment in 2017

- Annual water temperature range was 2.32~2.15°C in surface water and the highest water temperature (2.32°C) was formed in 6 February the lowest water temperature was formed 2 August.
- Annual range of total microalgal biomass (total Chl *a* concentration) was 0.19~5.19 $\mu\text{g L}^{-1}$, the highest microalgal biomass (5.19 $\mu\text{g L}^{-1}$) was appeared on 11 January.

8. Long-term monitoring of Environmental factors based on King Sejong Station

1) Monitoring on meteorology of King Sejong Station, Antarctica

• Meteorology

- During 30th over-wintering period, air temperature ranged from -20.6°C (July 28, 2017) to 11.3°C (March 20, 2017) with annual averaged value of -1.3°C. Averaged wind speed of the period was 7.5 ms^{-1} and very strong wind has occurred intermittently with the gust of 33.9 ms^{-1} on August 22, 2017.

• Freezing of sea surface

- The Marian Cove was frozen around August 24 to September 24, and Maxwell Bay was frozen from August 26 to September 2 in 2017.

Part III. Korean Antarctic Research Station operation site check

9. Korean Antarctic Research Station operation site check

1) Jang Bogo Antarctic research station site check

- list include 9 categories (such as fuel management, hazardous chemical management, energy and water conservation, and matters related to the Protocol on Environmental Protection which is composed of 33 inspection items.
- On-site inspection and interview with the 5th overwintering team were carried out, and most of the items have been implemented mitigation measures to minimize the environmental impact of Antarctic

environment.

- However the aviation fuel used for helicopters service was stored in good condition, the emergency spilling kit must be installed near the fueling point and, measures are needed to take to avoid contact with the ground when the waste fuel storage drum is loaded outdoors.

2) King Sejong Antarctic research station site check

- The checklist include 9 categories (such as fuel management, hazardous chemical management, energy and water conservation, and matters related to the Protocol on Environmental Protection which is composed of 33 inspection items.
- On-site inspection and interview with the 31st over-wintering team were carried out, and most of the items have been implemented mitigation measures to minimize the environmental impact of Antarctic environment.
- The fuel stored in ISO tank was spilled, and contaminated soil was removed.
- The emergency spilling kit must be installed near the fueling point and, measures are needed to take to avoid contact with the ground when the fuel storage container is loaded outdoors.

C O N T E N T S

Summary (Korean)	5
Summary (English)	13

Introduction	51
--------------------	----

Part I. Jang Bogo Antarctic Research Station

Chapter 1. Monitoring on environmental facilities and energy management at Jang Bogo Station	55
---	----

Section 1. Environmental equipment and facilities management	55
--	----

Abstract (Korean)	55
-------------------------	----

1. Sewage treatment facility	56
------------------------------------	----

A. Facility characteristic	56
----------------------------------	----

B. Facility management	56
------------------------------	----

2. Waste treatment facility	58
-----------------------------------	----

3. Greenhouse management	60
--------------------------------	----

4. Conclusion and remark	62
--------------------------------	----

Abstract (English)	63
--------------------------	----

Section 2. Management of fuel and energy use	64
--	----

Abstract (Korean)	64
-------------------------	----

1. Fuel usage and management	65
------------------------------------	----

A. Fuel usage	65
---------------------	----

B. Fuel storage and management	68
--------------------------------------	----

2. Prevention of oil spill and management	69
---	----

3. Energy generation and consuming	73
--	----

A. Electric energy generation and consuming	73
---	----

B. Heating	75
------------------	----

4. Conclusion and remark	76
--------------------------------	----

Abstract (English)	77
--------------------------	----

Section 3. Waste management	78
Abstract (Korean)	78
1. Waste production amount	79
A. Domestic waste	79
B. Hazardous waste	81
2. Preparation removal of waste and shipping	82
3. Conclusion and remark	82
Abstract (English)	84
Chapter 2. Monitoring of environmental indicator affected by	
Jang Bogo station operation	85
Section 1. Footprint	85
Abstract (Korean)	85
1. Spatial coverage of buildings and associated impact	86
2. Personnel entered the station and Number and locations of field	
expeditions	86
A. Foot survey are near the station	90
B. Cape Hallett (ASPA No. 106) camp installation	91
C. K-route expedition	92
D. Aviation fuel depot status	93
Abstract (English)	94
Section 2. Discharged water and sea water qualities monitoring	96
Abstract (Korean)	96
1. Discharged water quality	97
A. Characteristics of sewage treatment facility	97
B. Coliform monitoring	98
C. Total Nitrogen monitoring	99
D. Total Phosphorous monitoring	100
E. Suspended solids (SS) monitoring	101
F. BOD and COD concentration monitoring result	101
G. Conclusion	102
2. Sea water quality	103
A. Survey area	103
B. Methods	105

C. Results	105
Abstract (English)	106
Chapter 3. Monitoring of ecosystem changes caused by	
Jang Bogo station operation	107
Section 1. Monitoring on Breeding South polar skuas around	
Jang-Bogo Station during the 2017/18	107
Abstract (Korean)	107
1. Introduction	108
2. Materials and methods	109
A. Survey area	109
B. Methods	110
3. Result	111
A. Nest distribution and hatching success rate	111
B. Egg size and shape	113
C. Body size and mass of adult	113
4. Discussion	114
Abstract (English)	116
References	117
Appendix	119
Section 2. Seasonal variation of microalgae in the surface water of Jang Bogo	
station, Antarctic, 2017	120
Abstract (Korean)	120
1. Introduction	121
2. Materials and methods	122
A. Survey area	122
B. Sampling and analysis of microalgae	123
3. Result and Discussion	124
A. Variation of microalgal biomass, 2017	124
Abstract (English)	138
References	139
Chapter 4. Long-term monitoring of Environmental factors based	
on Jang Bogo Station	140

Section 1. Monitoring on meteorology in the neighborhood of Jang-Bogo Station	140
Abstract (Korean)	140
1. Introduction	141
2. Materials and methods	142
A. Study area	142
B. Measurements	143
3. Results and Discussion	144
A. Meteorology	144
B. Freezing of sea	151
C. Data retrieval and storage	153
Abstract (English)	155
References	156
Appendix 1	157
Appendix 2	158
Appendix 3	159
Section 2. Monitoring of pCO ₂ and relevant parameters in the surface seawater at Jang Bogo Station	160
Abstract (Korean)	160
1. Introduction	161
2. Methods	161
A. Study area	161
B. Instrument configuration	162
3. Results and Discussion	164
A. Data collection	164
B. Result	164
Abstract (English)	168
References	169
Section 3. Monitoring on soil micro-climate at Jang Bogo Station	170
Abstract (Korean)	170
1. Introduction	171
2. Methods	171
A. Study area and logger sites	171

3. Results and discussion	173
Abstract (English)	185

Part II. King Sejong Antarctic Research Station

Chapter 5. Monitoring on environmental facilities and energy management at King Sejong Station	189
Section 1. Environmental equipment and facilities management	189
Abstract (Korean)	189
1. Sewage treatment facility	190
A. Facility characteristic	190
B. Facility management	192
2. Waste treatment facility	193
A. Facility characteristic	193
B. Incinerator management	193
3. Hydroponic facility management	195
4. Conclusion and remark	195
Abstract (English)	198
Section 2. Management of fuel and energy use	199
Abstract (Korean)	199
1. Fuel usage and management	200
A. Fuel usage	200
B. Fuel storage and management	201
2. Prevention of oil spill and management	203
3. Energy generation and consuming	205
A. Electric energy generation and consuming	205
B. Heating	206
C. Freshwater generation and consuming	206
4. Conclusion and remark	207
Abstract (English)	208
Section 3. Waste management	209
Abstract (Korean)	209
1. Waste production amount	210
2. Preparation removal of waste and shipping	211

3. Conclusion and remark	212
Abstract (English)	213
Chapter 6. Monitoring of environmental indicator affected by	
King Sejong station operation	214
Section 1. Footprint	214
Abstract (Korean)	214
1. Spatial coverage of buildings and associated impact	215
2. Personnel entered the station and Number and locations of field	
expeditions	217
Abstract (English)	220
Section 2. Discharged water and sea water qualities monitoring	221
Abstract (Korean)	221
1. Discharged water quality	222
2. Measuring methods	223
A. BOD, COD, SS, pH measurement	223
B. Total nitrogen measurement	223
C. Total phosphorus measurement	225
D. Coliform measurement	226
3. Results and discussion	226
A. Monthly variation of BOD	226
B. Monthly variation of COD	227
C. Monthly variation of Suspended solids (SS)	228
D. Monthly variation of pH	229
E. Monthly variation of Total Nitrogen monitoring	230
F. Monthly variation of Total Phosphorous	231
G. Monthly variation of Coliform	232
4. Conclusion and remark	233
Abstract (English)	238
Reference	239
Chapter 7. Monitoring of ecosystem changes caused by	
King Sejong station operation	240
Section 1. Non-native species introduction monitoring	240

Abstract (Korean)	240
1. Introduction	241
2. Materials and methods	242
A. Indoor survey	242
B. Field survey	244
3. Result and discussion	244
4. Conclusion and remark	249
Abstract (English)	251
References	252
Section 2. Seasonal variation of microalgae and physical factors	
in the surface water of Marian Cove, 2017	253
Abstract (Korean)	253
1. Introduction	254
2. Materials and methods	255
A. Environmental parameter	255
B. Environmental parameter and ecosystem of Marian Cove	257
3. Result and Discussion	259
A. Environmental parameter	259
B. Environmental parameter and ecosystem of Marian Cove	261
Abstract (English)	270
References	271
Chapter 8. Long-term monitoring of Environmental factors based	
on King Sejong Station	273
Section 1. Monitoring on meteorology at King Sejong Station	
Abstract (Korean)	273
1. Introduction	274
2. Materials and methods	275
3. Results and Discussion	275
A. Air pressure	275
B. Air temperature	276
C. Wind	278
D. Precipitation	279

E. Blizzard	280
F. Freezing of sea	281
Abstract (English)	283
Appendix 1	284
Appendix 2	285
Appendix 3	285

Part III. Korean Antarctic Research Station on Site Check

Chapter 9. Antarctic Research Station on Site Check	289
Section 1. Jang Bogo Station on site check	289
Abstract (Korean)	289
1. Introduction	290
2. Survey methods	290
A. Items and survey area	290
B. On site check method	292
3. Results and discussion	293
A. Fuel management	293
B. Chemicals management	296
C. Conservation of energy and water resource	296
D. Matters related with Environmental Protocol	296
4. Remarks	298
Abstract (English)	299
Appendix	301
Section 2. King Sejong Station on site check	309
Abstract (Korean)	309
1. Introduction	310
2. Survey methods	310
A. Items and survey area	310
B. On site check method	311
3. Results and discussion	311
A. Fuel management	311
B. Chemicals management	313
C. Conservation of energy and water resource	314

D. Matters related with Environmental Protocol	314
4. Remarks	316
Abstract (English)	317
Appendix	319
Appendix 1. Area and purpose of activities based on Jang Bogo Station	327
Appendix 2. CTD results at Jang Bogo Station	347
Appendix 3. Area and purpose of activities based on King Sejong Station	356
Appendix 4. Visit records and purpose of visit ASPA No. 171	365
Appendix 5. Monthly measuring results of influent and discharged water at King Sejong Station	368
Appendix 6. Environmental parameters of seawater at dock, King Sejong Station	370
Appendix 7. National criteria for soul pollution concerns	381





목 차

요 약 문	5
Summary	13
서 론

Part I 남극 장보고과학기지

제 1 장 장보고과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링	55
제 1 절 환경 시설 관리	55
요 약 (국문)	55
1. 오수처리 시설	56
가. 시설 특성	56
나. 시설 관리	56
2. 폐기물 처리시설	58
3. 온실 관리	60
4. 결론 및 제언	62
요 약 (영문)	63
제 2 절 에너지 생산 및 유류 관리	64
요 약 (국문)	64
1. 유류 사용 및 관리	65
가. 유류 사용량	65
나. 유류 저장 및 관리	68
2. 유류 유출 예방 및 관리	69
3. 에너지 생산 및 소비	73
가. 전기에너지 생산 및 소비	73
나. 난방	75
4. 결론 및 제언	76
요 약 (영문)	77
제 3 절 폐기물 관리	78
요 약 (국문)	78
1. 폐기물 발생량	79
가. 일반 폐기물	79
나. 지정 폐기물	81
2. 폐기물 반출 준비 및 선적	82
3. 결론 및 제언	82
요 약 (영문)	84

제 2 장	장보고과학기지 운영에 따른 환경지표 모니터링	85
제 1 절	족적 (footprint)	85
요 약 (국문)		85
1.	기지 주변 공간적 변경사항	86
2.	기지 체류 및 방문인원과 야외조사 지역	86
가.	기지지변 도보 조사 지역	90
나.	Cape hallett (ASPA No. 106) 장기캠프설치	91
다.	K-루트 탐사 지역 현황	92
라.	항공유 데포 현황	93
요 약 (영문)		94
제 2 절	방류수 및 연안 해수질 모니터링	96
요 약 (국문)		96
1.	방류수 모니터링	97
가.	오수처리 설비 특성	97
나.	대장균 모니터링 결과	98
다.	Total Nitrogen 모니터링 결과	99
라.	Total Phosphorus 모니터링 결과	100
마.	SS (Suspended solids) 농도 모니터링 결과	101
바.	BOD와 COD 농도 모니터링 결과	101
사.	결 론	102
2.	연안 해수질	103
가.	조사 지역	103
나.	조사 방법	105
다.	결과	105
요 약 (영문)		106
제 3 장	장보고과학기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링	107
제 1 절	2017/18 남극 장보고기지주변에 서식하는 남극도둑갈매기의 번식현황 모니터링	107
요 약 (국문)		107
1.	서론	108
2.	방법	109
가.	조사 지역	109
나.	조사 방법	110
3.	결과	111
가.	등지분포 및 부화성공률	111
나.	알 크기 및 형태	113
다.	번식개체의 외형 및 체중	113

4. 고찰	114
요 약 (영문)	116
참고문헌	117
Appendix	119
제 2 절 2017년 남극 장보고과학기지 표층수 미세조류의 계절적 변동	120
요 약 (국문)	120
1. 서론	121
2. 재료 및 방법	122
가. 연구 지역	122
나. 미세조류의 채집 및 분석	123
3. 결과 및 고찰	124
가. 2016년 미세조류 생물량의 변화	124
요 약 (영문)	138
참고문헌	139
제 4 장 장보고과학기지 기반 환경요인 장기 모니터링	140
제 1 절 기지주변 기상 관측	140
요 약 (국문)	140
1. 서론	141
2. 재료 및 방법	142
가. 연구 지역	142
나. 관 측	143
3. 결과 및 고찰	144
가. 기상	144
나. 바다의 결빙	151
다. 자료 획득 및 저장	153
요 약 (영문)	155
참고문헌	156
Appendix 1.	157
Appendix 2.	158
Appendix 3.	159
제 2 절 해수 이산화탄소 및 관련 인자 모니터링	160
요 약 (국문)	160
1. 서론	161
2. 방법	161
가. 연구 지역	161
나. 장비의 구성	162
3. 결과 및 고찰	164

가. 관측 자료 수집	164
나. 관측 결과	164
요 약 (영문)	168
참고문헌	169
제 3 절 기지 주변 토양 미기후 모니터링	170
요 약 (국문)	170
1. 서론	171
2. 방법	171
가. 연구 지역 및 미기후 로거 설치	171
3. 결과 및 고찰	173
가. 미기후 자료 분석	173
요 약 (영문)	185

Part II 남극 세종과학기지

제 5 장 세종과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링	189
제 1 절 환경 시설 관리	189
요 약 (국문)	189
1. 오수처리 시설	190
가. 시설 특성	190
나. 시설 관리	192
2. 폐기물 처리시설	193
가. 시설 특성	193
나. 소각기 관리	193
3. 온실 관리	195
4. 결론 및 제언	195
요 약 (영문)	198
제 2 절 에너지 생산 및 유류 관리	199
요 약 (국문)	199
1. 유류 사용 및 관리	200
가. 유류 사용량	200
나. 유류 저장 및 관리	201
2. 유류 유출 예방 및 관리	203
3. 에너지 생산 및 소비	205
가. 전기에너지 생산 및 소비	205

나. 난 방	206
다. 담수 생산 및 사용량	206
4. 결론 및 제언	207
요 약 (영문)	208
제 3 절 폐기물 관리	209
요 약 (국문)	209
1. 폐기물 발생량	210
2. 폐기물 반출 준비 및 선적	211
3. 결론 및 제언	212
요 약 (영문)	213
제 6 장 세종과학기지 운영에 따른 환경지표 모니터링	214
제 1 절 족적 (footprint)	214
요 약 (국문)	214
1. 기지 주변 공간적 변경사항	215
2. 기지 체류 및 방문인원과 야외조사 지역	217
요 약 (영문)	220
제 2 절 방류수질 모니터링	221
요 약 (국문)	221
1. 방류수 모니터링	222
2. 측정 방법	223
가. BOD, COD, 부유물질, pH의 측정	223
나. 총질소의 측정	223
다. 총인의 측정	225
라. 대장균군수의 측정	226
3. 결 과	226
가. BOD의 월별 변화	226
나. COD의 월별 변화	227
다. 부유물질의 월별 변화	228
라. pH의 월별 변화	229
마. 총질소량의 월별 변화	230
바. 총인량의 월별 변화	231
사. 총대장균군수의 월별 변화	232
4. 고찰 및 결론	233

요 약 (영문)	239
제 7 장 세종과학기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링	240
제 1 절 외래종 유입 모니터링	240
요 약 (국문)	240
1. 서론	241
2. 재료 및 방법	242
가. 실내 포집 조사	242
나. 야외 포집 조사	244
3. 결과 및 고찰	244
4. 결론 및 제언	249
요 약 (영문)	251
참고문헌	252
제 2 절 2017년 남극 킹조지섬 마리안소만 해양환경 관측	253
요 약 (국문)	253
1. 서론	254
2. 재료 및 방법	255
가. 해양 환경 관측	255
나. 마리안소만 해양환경 및 생태계 관측	257
3. 결과 및 고찰	259
가. 해양 환경 관측	259
나. 마리안소만 해양환경 및 생태계 관측	261
요 약 (영문)	270
참고문헌	271
제 8 장 세종과학기지 기상 관측	273
제 1 절 기지주변 기상 관측	273
요 약 (국문)	273
1. 서론	274
2. 자료 및 방법	275
3. 결과 및 고찰	275
가. 기 압	275
나. 기 온	276
다. 바 람	278
라. 강수량	279

마. 블리자드	280
바. 바다의 결빙	281
요 약 (영문)	283
Appendix 1	284
Appendix 2	285
Appendix 3	287

Part III 남극 과학기지 운영 현장 점검

제 9 장 남극 과학기지 운영 현장 점검	289
제 1 절 장보고과학기지 운영 현장 점검	289
요 약 (국문)	289
1. 서론	290
2. 조사 방법	290
가. 조사 항목 및 세부 지역	290
나. 현장 점검 방법	292
3. 결과 및 고찰	293
가. 유류 관리	293
나. 화학 물질 관리	296
다. 에너지 및 수자원 보존	296
라. 환경보호 의정서 관련 사항	296
4. 제 언	298
요 약 (영문)	299
Appendix	301
제 2 절 세종과학기지 운영 현장 점검	309
요 약 (국문)	309
1. 서론	310
2. 조사 방법	310
가. 조사 항목 및 세부 지역	310
나. 현장 점검 방법	311
3. 결과 및 고찰	311
가. 유류 관리	311
나. 화학 물질 관리	313
다. 에너지 및 수자원 보존	314
라. 환경보호 의정서 관련 사항	314

4. 제 언	316
요 약 (영문)	317
Appendix	319
부 록 1. 장보고과학기지 기반 활동 지역 및 활동 목적	327
부 록 2. 장보고과학기지 연안 CTD 정점조사 결과	347
부 록 3. 세종과학기지 기반 활동 지역 및 활동 목적	356
부 록 4. 남극특별보호구역 No. 171 Narebski Point 방문 내역 및 방문 목적	365
부 록 5. 세종과학기지 월별 오수처리 결과(30차 월동대)	368
부 록 6. 세종과학기지 부두 앞 정점 해양환경 관측 값(30차 월동대)	370
부 록 7. 국내 토양오염 우려기준	381



List of Tables

Table 1-1. Waste treatment equipment to reduce amount of wastes	58
Table 1-2. 18S sequencing analysis of samples collected from Jang Bogo greenhouse	61
Table 1-3. Comparison of the amount of fuel consuming for the station operation 1 st to 4 th over-wintering periods	66
Table 1-4. Comparison of fuel transportation methods from <i>ARAON</i> to fuel tank during February in 2017	71
Table 1-5. Installed capacity of renewable energy and generation of electric power at Jang Bogo Station	73
Table 1-6. Monthly power consumption for the station operation in 2017	74
Table 1-7. Estimated domestic wastes during operation on CEE and waste generation amount	79
Table 1-8. Waste generation amount during 1 st ~ 4 th over wintering periods	80
Table 1-9. Estimated food wastes during operation on CEE and food waste amount from 2014 to 2017	81
Table 2-1. Number of personnel visited Jang Bogo Station during 2016/17 season and early 2017/18 season	87
Table 2-2. Field survey area near JBS and other regions in Victoria Land	88
Table 2-3. Locations of depots and aviation fuel supply status in 2017/18	94
Table 2-4. Wastewater quality suggested in CEE referring Discharged Water Quality Standard of Korea	98
Table 2-5. Coordinates of survey stations near shore of Jang Bogo Station	103
Table 3-1. Clutch size and hatching success (\pm SD) in South polar skuas	112
Table 3-2. Mean values of egg characteristics in South polar skuas	113
Table 3-3. Body size of South polar skuas in 2017/18	114
Table 3-4. Monthly phytoplankton biomass recorded in January, 2017	125
Table 3-5. Monthly phytoplankton biomass recorded in February, 2017	126
Table 3-6. Monthly phytoplankton biomass recorded in March, 2017	127
Table 3-7. Monthly phytoplankton biomass recorded in April, 2017	128
Table 3-8. Monthly phytoplankton biomass recorded in May, 2017	129
Table 3-9. Monthly phytoplankton biomass recorded in June, 2017	130
Table 3-10. Monthly phytoplankton biomass recorded in July, 2017	131
Table 3-11. Monthly phytoplankton biomass recorded in August, 2017	132
Table 3-12. Monthly phytoplankton biomass recorded in September, 2017	133
Table 3-13. Monthly phytoplankton biomass recorded in November, 2017	134
Table 3-14. Monthly phytoplankton biomass recorded in December, 2017	135

Table 4-1. Summary of Measurements. Refer to Table 4-3 for radiometers in detail	143
Table 4-2. Blizzard occurrence during January to October in 2017	151
Table 4-3. Specifications for time-lapse camera	152
Table 4-4. GPS coordinates of sampling sites	171
Table 4-5. Monthly averaged, minimum and maximum temperature (°C)	175
Table 4-6. Monthly averaged, minimum and maximum relative humidity(%)	177
Table 4-7. Monthly averaged, minimum and maximum PAR (uE)	179
Table 4-8. Monthly averaged, minimum and maximum soil temperature(°C)	181
Table 4-9. Monthly averaged, minimum and maximum soil water content (m ³ /m ³)	183
Table 5-1. Status of waste treatment equipment	193
Table 5-2. Monthly operating days and hours of incinerator	195
Table 5-3. Cultivated plants and their amounts in hydroponic facility at King Sejong Station	195
Table 5-4. Monthly fuel and lubricant consumption during 30 th over-wintering period	200
Table 5-5. Fuel storage tank capacity and details	201
Table 5-6. Installed diesel generators at King Sejong Station	205
Table 5-7. Fresh water supply source during 30 th over-wintering period	206
Table 5-8. Amount (kg) and type of wastes at King Sejong Station during 30 th over-wintering period	210
Table 5-9. Comparison of amount of waste generation between 29 th and 30 th over-wintering period	211
Table 6-1. Discharged water quality expected at King Sejong Station referring Discharged Water Quality Standard of Korea	222
Table 6-2. Correlation of CMD slope and coliform count	226
Table 6-3. Influent concentration condition of IC/SBR reaction tank	234
Table 6-4. BOD/COD, BOD/P, BOD/N ratio of Sewage treatment facility at King Sejong Station	236
Table 7-1. Number of individuals captured in sewage collecting well and the power plant	247
Table 7-2. Information of pitfall traps installed within 1km radius of the station	248
Table 7-3. Monitoring items by water depth	258
Table 8-1. Number of Blizzard occurrences and their timing	281
Table 8-2. Number of sea ice occurrences	282

List of Figures

Fig. 1-1. Washing the membrane filter and reinstall to MBR module	57
Fig. 1-2. Maintenance activities for wastewater treatment facility	58
Fig. 1-3. Waste treatment facility using 20ft container	59
Fig. 1-4. Waste management	59
Fig. 1-5. Potted plants in greenhouse where springtails were found (left) and captured springtails (right)	61
Fig. 1-6. A massive clean-up such as vacuum cleaning and wiping after greenhouse closure	61
Fig. 1-7. Comparison of the amount of fuel consuming for the station operation 1 st to 4 th over-wintering periods	66
Fig. 1-8. Monthly fuel consuming amount and electric power for the station operation for 2014~2017	67
Fig. 1-9. Monthly fuel consuming related with monthly minimum temperature for the station operation for 2014~2017	67
Fig. 1-10. Monthly power consumption related with monthly minimum temperature for the station operation for 2014~2017	68
Fig. 1-11. Fuel supply system at Jang Bogo Station	69
Fig. 1-12. Fuel storage tanks near power plant (No.1~6) and near dock (No.7~9)	69
Fig. 1-13. Fuel transportation from <i>ARAON</i> to fuel tank in 2015 (right) and 2016 (left)	70
Fig. 1-14. Fuel transportation via hose with bucket in case of possible fuel spill at a joint	71
Fig. 1-15. ISO fuel tanks for aviation fuel(left) near helipad and waste fuel drum next by fuel service equipment(right)	72
Fig. 1-16. Electric power generated with solar panels in 2017	74
Fig. 1-17. Monthly fuel consuming amount and maximum load power for the station operation in 2014~2017	75
Fig. 1-18. Groceries supplied from New Zealand which already lost their freshness when arrived	81
Fig. 1-19. Preparation of wastes for loading on <i>ARAON</i> to transport from Antarctic region.	82
Fig. 2-1. Aerial view of Jang Bogo Station in 2017/18 early season	86
Fig. 2-2. Number of personnel visited Jang Bogo Station during 2016/17 season and early 2017/18 season	87
Fig. 2-3. Field survey map of areas near JBS and other regions in Victoria Land	

.....	89
Fig. 2-4. Logger installation sites for monitoring of micro-environmental parameters(red dot) and South Polar Skua survey area	90
Fig. 2-5. Adelie Penguin monitoring camp at Cape Hallett (ASPA No. 106)	91
Fig. 2-6. Triple tarpaulin waterproof bund	91
Fig. 2-7. Flexible bund to prevent fuel spill installed during 2017/18 season	92
Fig. 2-8. Designated camp site and distance penguin colony at Cape Hallett	92
Fig. 2-9. Traverse route on google map image. JBS: Jang Bogo Station, D1: candidate drilling place.	93
Fig. 2-10. Traverse fleet and camp on plato during 2017/18 season	93
Fig. 2-11. Depots in Northern Victoria Land	94
Fig. 2-12. Waste water treatment process in Jang Bogo Station	97
Fig. 2-13. The result of coliform detecting test at the samples from discharged water	99
Fig. 2-14. The result of T-N concentration detecting test at the samples from discharged water	100
Fig. 2-15. The result of T-P concentration detecting test at the samples from discharged water	100
Fig. 2-16. The result of SS concentration detecting test at the samples from discharged water	101
Fig. 2-17. The result of BOD and COD detecting test at the samples from discharged water	102
Fig. 2-18. CTD stations near shore of Jang Bogo Station	103
Fig. 2-19. GPS coordinates of CTD stations	104
Fig. 3-1. Monitoring site of the South polar skua population in the neighborhood of Jang Bogo Station, Antarctica	109
Fig. 3-2. Study area and South polar skuas nest site in 2015/16	111
Fig. 3-3. Study area and South polar skuas nest site in 2016/17	111
Fig. 3-4. Nest location map of South polar skuas around Jang Bogo station in 2017/18	112
Fig. 3-5. Location of the sampling area (●) in Jang Bogo station, Antarctica	123
Fig. 3-6. Seasonal variation of Chl <i>a</i> concentration measured at the near shore station from January to December 2017	136
Fig. 3-7. Seasonal variation of Chl <i>a</i> concentration measured at the near shore station from January to December 2017	137
Fig. 4-1. The location of Observatories for meteorology and atmospheric physics	142
Fig. 4-2. Automatic Synoptic Observation System in red and Flux system	

Fig. 4-26. Monthly averaged, minimum and maximum PAR (uE)	180
Fig. 4-27. Monthly averaged, minimum and maximum soil temperature(°C)	182
Fig. 4-28. Monthly averaged, minimum and maximum soil water content (m ³ /m ³)	184
Fig. 5-1. IC/SBR sewage treatment system at King Sejong Station	190
Fig. 5-2. Sewage treatment facility operation flow chart	191
Fig. 5-3. Maintenance activities for wastewater treatment facility	192
Fig. 5-4. Incinerator and can presser operating at King Sejong Station	193
Fig. 5-5. Incinerator maintenance activities	194
Fig. 5-6. Monthly operating hours of incinerator	195
Fig. 5-7. Management of hydroponic facility	196
Fig. 5-8. New fuel tanks installed in 2016/17 season	202
Fig. 5-9. Fuel spill prevention measures during fuel transportation	203
Fig. 5-10. Oil spill control products at King Sejong Station	204
Fig. 5-11. Comparison of freshwater supply source between 29 th (left) and 30 th (right) over-wintering period, red bar: desalination facility, blue bar: artificial lake	207
Fig. 5-12. Waste in warehouse before packing	211
Fig. 5-13. Preparation of wastes to transport from Antarctic region	212
Fig. 6-1. Space environment optical observatory installation near warehouse ...	215
Fig. 6-2. Renovation works of King Sejong Station in 2016/17 and 2017/18 season	216
Fig. 6-3. Changed layout of King Sejong Station facilities in 2017/18 season ..	216
Fig. 6-4. Panoramic view of King Sejong Station completed renovation in 2017/18	217
Fig. 6-5. Location map of King George Island and visited or survey area	218
Fig. 6-6. Detailed map of Barton peninsula	218
Fig. 6-7. Visitors status and purpose of visit to King Sejong Station	219
Fig. 6-8. Real time monitoring system(non-reagent) for water quality	223
Fig. 6-9. Sample processing for total nitrogen determination	224
Fig. 6-10. Sample processing for total phosphorus determination	225
Fig. 6-11. Monthly variation of BOD concentration of sewage influent and effluent	227
Fig. 6-12. Monthly variation of COD concentration of sewage influent and effluent	228
Fig. 6-13. Monthly variation of SS concentration of sewage influent and effluent	229
Fig. 6-14. Monthly variation of pH value of sewage influent and effluent	230

Fig. 6-15. Monthly variation of Total Nitrogen concentration of sewage influent and effluent	231
Fig. 6-16. Monthly variation of Total Phosphorus concentration of sewage influent and effluent	232
Fig. 6-17. Monthly variation of Number of Coliform group of sewage influent and effluent	233
Fig. 6-18. Comparison of SS and COD concentrations of influent water	237
Fig. 7-1. The insect trap installed in sewage disposal plant (left) and the trapped live individual (right) (in the 29th wintering report)	242
Fig. 7-2. Place where insect trap is installed in King Sejong Station	242
Fig. 7-3. Counting the number of individuals captures in the trap (left) and keeping individuals in frozen (right)	243
Fig. 7-4. Automatic spraying insecticide installed in sewage disposal plant (left) and natural spraying insecticide (right)	243
Fig. 7-5 Installation of ten outdoor pitfall traps around the station in collaboration with Uruguay researchers	244
Fig. 7-6. CTD installation at dock	255
Fig. 7-7. Location of Marian Cove at Maxwell Bay	256
Fig. 7-8. Location of sampling site for marine environmental parameter monitoring	257
Fig. 7-9. Marine environmental parameter monitoring stations at Marian Cove	258
Fig. 7-10. Comparison of monthly variations of temperature, salinity and Chl-a concentration of year 2015, 2016 and 2017	259
Fig. 7-11. Monthly variations of temperature, salinity and Chl-a from January to November, 2017	260
Fig. 7-12. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 19 by depth observed during February, March, July, and October in 2017	262
Fig. 7-13. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 3 by depth observed during February, March, July, and October in 2017	263
Fig. 7-14. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 7 by depth observed during February, March, July, and October in 2017	264
Fig. 7-15. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 10 by depth observed during February, March, July, and October in 2017	265
Fig. 7-16. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 13 by depth observed during February, March, July, and October in 2017	266
Fig. 7-17. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 16 by depth observed during February, March, July, and October in 2017	267

Fig. 8-1. The variations in daily averaged air pressure during Dec. 2016~Nov. 2017	276
Fig. 8-2. The variations in mean air pressure during Feb. 1988 to Nov. 2017 ·	276
Fig. 8-3. The variations in daily averaged air temperature during Dec. 2016~Nov. 2017	277
Fig. 8-4. The variations in daily maximum air temperature during Dec. 2016~Nov. 2017	227
Fig. 8-5. The variations in daily minimum air temperature during Dec. 2016~Nov. 2017	277
Fig. 8-6. The variations in mean air temperature during Feb. 1988 to Nov. 2017	278
Fig. 8-7. The variations of daily averaged wind speed	278
Fig. 8-8 The variations of daily maximum wind speed	279
Fig. 8-9. Yearly wind rose plot of King Sejong Station	279
Fig. 8-10. Yearly wind rose plot of King Sejong Station	279
Fig. 8-11. The variations of daily precipitation	280
Fig. 8-12. The variations of precipitation during Feb. 1988~Nov. 2017 at King Sejong Station	280
Fig. 9-1. Map around Jang Bogo Station and survey area (yellow box)	291
Fig. 9-2. Portable oil spill detecting equipment. PetroFLAG Kit (left) to detect TPH and minRAE 3000 (right) to detect VOCs	293
Fig. 9-3. Oil spill bund at Jang Bogo Station filled with snow due to heavy fall in 2017/18 season	293
Fig. 9-4. ISO aviation fuel tank and service tank near by empty fuel drum to recover remaining fuel in the hose at Helipad	294
Fig. 9-5. Oil spill management in the power plant	294
Fig. 9-6. Waste fuel storage status at Jang Bogo Station. Waste oil drums (left) and waste aviation fuel storage containers (right) at outside	295
Fig. 9-7. Oil spill spot near helipad. VOCs check with miniRAE and soil sampling	295
Fig. 9-8. TPH test results of oil contaminated soil at the laboratory in Jang Bogo Station	296
Fig. 9-9. Hydroponic facility management. Measures for non-native species monitoring	297
Fig. 9-10. Map around King Sejong Station and survey area (blue box)	311
Fig. 9-11. Diesel fuel tank on ground surface (left) and waste fuel in drums at outside	312
Fig. 9-12. Fuel spill from ISO tank valve (left) and collected soil samples	313

Fig. 9-13. TPH test results of oil contaminated soil at the laboratory in King Sejong Station 313

Fig. 9-14. Temporary storage of classified waste to be exported from the station 315

Fig. 9-15. Waste spread around King Sejong Station and clean-up activity ... 315





서 론

남극 지역에서의 과학활동 및 과학 활동 지원을 위한 기지 건설, 운영 등을 포함한 모든 활동을 수행함에 있어 남극 조약 환경보호의정서(이하, 의정서)의 제3조 환경원칙에 따라 남극의 과학적 가치와 고유의 가치 보호를 위해 근본적으로 고려되어야 할 사항은 환경보호이다.

남극 지역에서 기지를 운영하는 모든 당사국은 의정서 3조 2항(d)에 따라 정기적이고 효과적인 모니터링을 수행할 의무가 있으며, 3조 2항(e)에 따라 남극조약지역 내·외에서 수행된 활동이 남극환경과 생태계에 미칠 수 있는 예견되지 않은 영향을 조기에 발견할 수 있도록 정기적이고 효과적으로 모니터링 하여야 한다. 또한 남극에서 이루어지는 모든 활동은 의정서에 기반 한 국내법‘남극활동 및 환경보호에 관한 법률’ 및 동법시행령에 따라 활동으로 인해 발생할 수 있는 환경영향에 대한 사전 영향평가 수행의무와 활동시, 활동 이후 정기적인 모니터링과 그 결과에 대한 보고를 수행할 의무가 있다.

이에 남극조약협약당사국회의(ATCM)에서는 의정서에 따라 남극활동의 환경영향 감시를 위해 ‘남극환경 모니터링 프로그램’을 개발하여 각 당사국들이 활용하기를 권고한 바 있으며, ATCM의 요청에 따라 COMNAP(국가운영자위원회)은 2005년에 남극 모니터링 프로그램 개발을 위한 실용 가이드라인을 잠정적 지표와 매개 변수를 포함하여 제안하였다.

남극세종과학기지과 장보고과학기지를 운영하고 있는 우리나라는 친환경 남극과학기지 운영을 위한 환경영향 감시와 기지 운영에 대한 피드백을 통해 남극활동으로 인해 환경에 미칠 수 있는 영향을 최소화하여 지속 가능한 남극 연구 인프라를 운영함으로써 남극조약협약당사국의 의무를 이행하여야한다. 또한 남극국제사회에서 지속적으로 강화되고 있는 남극환경에 대한 저감 노력 촉구에 부응하기 위해서는 모니터링 결과에 기초한 적극적 운영 개선 필요하다.

이를 위해 본 과제에서는 남극과학기지 운영과 기지를 기반으로 한 연구활동으로 인해 발생할 수 있는 직접적인 오염원과 환경영향 지표를 대상으로 매년 모니터링을 수행하고 있으며, 모니터링 대상으로 COMNAP에서 제안하는 항목 중 직접적인 남극환경교란 지표와 오염원으로 족적(footprint), 연료 취급 및 유출, 폐기물 관리, 오수 처리 및 방류수수질, 외래종 유입, 환경영향평가 위반 사례 등을 선정하여 조사하였다. 각 기지에서 월동연구대에 의해 연중 점검 및 관측되고 있는 항목들의 결과와 9개 분야 33개 항목으로 작성한 기지 운영 현장 점검 목록을 활용하여 현장에서 점검된 결과를 바탕으로 기지 운영 개선방안을 도출하였다.

본 과제를 통해 도출된 개선방안을 반영하여 남극 과학기지 운영과 연구활동으로

인한 환경영향을 지속적으로 저감한다면 남극조약 의무이행은 물론 친환경 기지운영
국으로서 남극국제사회의 모범이 될 것으로 기대된다.



Part I.

남극 장보고과학기지





제 1 장

장보고과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링

제 1 절

환경 시설 관리

4차 월동 연구대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 장보고기지에서는 기지 운영에 따른 환경영향을 최소화하기 위하여 SBR과 MBR 방식을 결합한 오수처리시설을 운영하고 있다. 오수처리시설을 통해 생산된 중수는 청소 등에 활용하여 청수 사용량을 줄이고 있다. 기지에서 발생된 폐기물은 폐기물 처리시설에서 압축 처리, 성상별 분류되어 국내로 운송될 때까지 지정 컨테이너에 보관된다. 남극 생태계 교란의 원인이 될 수 있는 외래종 유입 방지를 위해 온실관리 지침에 의해 관리되고 있으며 식물 잔유물은 음식물처리기로 처리 후 국내로 반입 처리된다. 2017년 11월에 온실내부에서 외래종 톱토기류가 발견되어 온실운영을 일시적으로 중단하고 전면 청소 후 운영 재개하였다. 4차 월동기간 동안 오수 처리시설의 관리는 주기적으로 수행되었으며 미생물 활성화에 영향을 미칠 수 있는 세제와 유류 등이 유입되지 않도록 위생설비와 주방 운영 시 철저히 관리된 것으로 파악된다.

1. 오수처리 시설

가. 시설 특성

장보고기지 오수 처리기는 처리 용량 20m³/day의 SBR+MBR+오존조+활성탄 공법의 메인 처리시설과 각 동에서 배출되는 오수를 위한 팩키지형 펌프로 구성되어있다. 모든 오수는 팩키지 펌프로 유입된 후 오수 처리기로 펌핑되고 생활하수는 자연압으로 유입되는 시스템이다. 유입된 오수는 다음과 같은 처리 공정에 의해 중수로 생산되고 중수탱크(9.4 ton, 2 기)의 용량을 넘게 되면 배출구를 통해 장보고기지 동쪽 만으로 방류된다.

◆ 오수처리 공정 요약

- ① 전처리 : 스크리닝에 의한 물리적 처리
- ② 1차 처리 : SBR(연속회분식반응조)에서 유기물 및 질소처리(생물학적 처리)
- ③ 2차 처리 : 막분리(Membrane filtration)에 의한 고도처리 (미생물 고정)
- ④ 3차 처리 : 응집, 반응에 의한 화학적 처리 (인처리)
- ⑤ 4차 처리 : 오존에 의한 고도 산화처리 (유기물, 색도, 냄새, 대장균 살균)
- ⑥ 5차 처리 : 활성탄에 의한 여과 흡착처리 (잔류 유기물, 색도, 냄새처리)

기본 설계상으로 처리된 중수는 대변기, 소변기, 온실에 사용 할 계획이었으나 실제로는 1차 월동기간 동안 대변기와 소변기에서만 사용하였고, 2차 월동기간 중 기지 대원들의 잦은 배탈의 원인으로 중수사용이 거론되어 현재 화장실 용수로 중수사용을 중지하고 청소용수로만 사용 중이다. 그러나 중수의 사용은 청수 생산에 필요한 에너지 절감과 유류사용 절감을 통해 대기오염물질 방출 감소 등 환경에 대한 영향을 줄일 수 있으므로 이에 대한 정확한 검토를 통해 중수이용을 확대할 수 있는 방안 마련이 필요하다.

나. 시설 관리

기지 운영으로 인한 남극 환경 영향을 최대한 줄이기 위해서는 오수처리 시설이 효율적으로 작동할 수 있도록 지속적인 점검이 필요하다. 오수처리시설은 월동기간 동안 매일 오전과 오후에 2회씩 주기적으로 펌프의 진동 및 소음 유무, 송풍조절기(blower)의 상태와 교반기의 작동 상태를 점검하였으며, 처리 미생물의 생장에 영향을 미칠 수 있는 유류, 락스 등의 사용을 자제하였다. 오수처리기를 3차 월동대로부터 인계 시점에서 MBR조의 여과막의 상태가 거의 정상기능을 못하는 상태였으며, 교체할 수 있는 제품이 입고 될 예정이었다. 그로 인해 하계시즌 인원이 많은 시기에는 처리량

이 유입량을 따라가지 못하였고, 주기적으로 화장실 사용 및 물 사용을 제한적으로 운영하여 오수처리 용량이 초과되지 않도록 관리하였다.

MBR조 여과막의 교체 후 약 32~36 ℓ/min 의 처리능력을 보였으며, 교체전과 비교하여 수질도 개선을 할 수 있었다. 막 교체 후 수시로 흡입압력을 확인하여 -150 mmHg 근처의 흡입압력을 유지 할 수 있도록 역세 및 세척, 밸브조절을 통한 관리를 하였다.

하지만 주기적인 역세척을 통한 관리에도 불구하고 분리막의 폐색의 진행을 완벽하게 예방하는 것은 쉽지 않았고, 9월 중순경 같은 흡입압력(-150 mmHg)을 기준으로 처리수량이 약 16~22 ℓ/min 정도로 성능 저하를 보여 계외세정을 실시하였다. 오수처리기의 원래 설계용량이 20 m^3/day 인 것을 감안하면 현재 처리량인 약 16~22 ℓ/min 을 기준으로 계산해 보아도 약 23 m^3/day 가 나오므로 설계용량 이상의 처리능력은 보이고 있었으나, 분리막 교체 후 초기의 처리량과 비교하였을 때 보다 약 20%이상 능력저하를 보여 계외세정을 실시하였다 (Fig 1-1).

계외세정을 실시 한 후 평균적으로 32~36 ℓ/min 의 수량을 확인 할 수 있었고, 세정전과 비교하였을 때는 분리막을 교체한 직후와 거의 같은 처리능력으로 회복한 것을 확인할 수 있었다. 분리막 관리에는 주기적인 역세척도 중요하지만 반기 또는 분기에 한 번 정도 계외세정을 실시하여 막 수명을 관리하는 것이 필요하다. 또한 활성탄탱크도 탱크자체가 누수로 인하여 새로 보급이 되어 교체 설치를 하였으며, 월 1~2회 강제 역세를 통하여 지속적으로 수질관리를 하였다.

배수펌프 문제로 운영을 하지 못하고 있던 슬러지 탈수기를 보수(배관수정 및 펌프 부착)하여 재가동 하였고, 기존에 쌓여있던 슬러지를 고형화 한 후 약 2개월에 걸쳐 탈수를 하여 약 3 TON의 양을 약 400 ℓ 로 부피를 줄일 수 있었다. 또한 각 장비의 주기적인 교대운전 및 부속의 사용연한에 맞게 분해 정비 및 부속 교체를 통해 각 장비를 최적의 상태를 유지하도록 노력하였다 (Fig. 1-2).



Fig. 1-1. Washing the membrane filter and reinstall to MBR module.



<활성탄 탱크 교체>



<활성탄 탱크 교체>



<슬러지 탈수 작업>



<슬러지 탈수 작업>

Fig. 1-2. Maintenance activities for wastewater treatment facility.

2. 폐기물 처리시설

극지연구소

기지 내 폐기물 처리시설은 본관동에서 발전동을 바라봤을 때 왼쪽에 위치하는 2개 동 의 작은 건물로 캔압축기, 파쇄기, 음식물처리기 1대가 설치되어 있다(Table 1-1).

특히나 4차대에서는 시료보관냉동실 입구에 빈 컨테이너를 이용하여 새로운 폐기물 처리공간을 만들었고, 배기시설을 따로 설치한 후 기존에 기계실에 설치되어 있던 탈각기와 캔 압축기를 이설하였다 (Fig 1-3). 그로 인해 기계실 및 발전실, 유지반 사무실에 전체적으로 발생되던 악취를 방지할 수 있었으며 기계실의 청결도 개선 및 작업 공간도 많이 확보하여 효과적인 공간 활용 및 생활환경 개선을 할 수 있었다.

Table 1-1. Waste treatment equipment to reduce amount of wastes

장비명	용도	수량	용량
캔압축기	캔 및 경량 철물 압축용	1대	20 TON
파쇄기	생활 폐기물 파쇄용 (뼈 파쇄 등)	1대	0.15~0.2 TON
음식물 처리기	음식물 건조 처리용	2대	99 KG/회

기지에서 발생하는 폐기물은 고철, ASH, PVC, 유리, 일반 5가지로 분리수거 되었고 종이, 목재, 음식물 등 유기물에 대한 파쇄가 제한적으로 이루어졌다. 월동기간에는 발생하는 폐기물을 매일 정리하였고 파쇄기 및 캔 압축기, 파쇄기를 이용하였으며 우드박스에 보관하였다. 발생하는 폐기물 중 PVC 및 고철류는 캔 압축기를 사용하여 부피를 줄이고, 유리류는 파쇄해서 우드박스에 보관하였다 (Fig. 1-4).



<탈각기 및 캔압축기 이동설치 후>



<폐기물 처리실 외부 모습>

Fig. 1-3. Waste treatment facility using 20ft container.



<폐기물 보관 1>



<폐기물 보관 2>



<기지내 폐기물 정리>



<캔압축기 유압유 교체>

Fig. 1-4. Waste management.

3. 온실 관리

장보고과학기지 온실은 점적관식과 저면 관수식 2종이 설치되어있으며, 점적관식에는 상대적으로 키가 큰 식물인 고추와 깻잎을 재배하였고 저면 관수식에는 엽채류를 재배하였다. 온도 조절용에어컨을 하계시즌에 설치를 하여 온도를 21~23℃로 유지하였고 설치 후 엽채류의 상태가 좋아졌다. 저면 관수식에서는 상추, 적갓, 쪽갓, 케일, 청경채, 모듬 치커리, 모듬 쌈채 등을 재배하였으며 신선한 채소를 평균 주 2회 수확하여 대원들이 먹는데 부족함이 없을뿐더러, 청양 고추와 일반 고추는 나무를 10그루 정도를 키워서 부족함 없이 1년을 먹을 수 있었다.

수조 및 재배 판을 주기적으로 청소하여 청결유지에 힘썼으며 온실에서 나오는 식물의 잔해물은 잔반처리기로 처리하고 사용한 인공 재배토는 별도로 포장하여 반출하였다. 온실 내 외래종이 생육할 위험성을 최소화하기 위하여 재배 시설 접근자에게는 수정재배에 대한 교육과 재배 위생에 대한 교육을 실시하였으며 ‘남극과학기지 온실 운영 및 관리 지침’에 의거하여 유지반장(정) 및 기계설비 대원(부)이 관리하고 주방인원의 시설 출입은 가급적 배제하였다.

온실 관리자는 식물의 파종, 수확, 폐기 및 양액 주입일자 등의 사항을 ‘온실운영일지’에 기록하여 보관하였다.

엽채류는 꽃을 피워 종자를 맺지 않도록 꽃을 제거 하였으며 잔반처리기로 고온 처리하여 음식물쓰레기와 함께 반출하였다. 재배 식물의 잎에 생길 수 있는 질병 모니터링을 수확시기에 주기적으로 실시하여 재배 시설이 오염되지 않도록 유지하였다. 4차 월동기간까지 질병 발생이나 외래종 유입과 같은 문제는 발생하지 않았으나 5차대와 인수인계 직후인 11월에 온실 흙과 화분 밑 물받이에서 1m 내외의 벌레가 발견되었다 (Fig. 1-5). 전 차대가 키우고 남겨 놓은 오래된 고추 화분과 올해 첫 발아새싹들 화분 밑 물받이에 다량의 톡토기류들이 서식하는 것을 확인하였고 이들의 출처를 확인하기 위해 샘플을 채취하는 한편 주 유입원인 토양을 수거하였다 (Fig. 1-5).

외래 생물 제거와 소독을 위해 식물공장을 일시 폐쇄하고 이틀간 월동대 4명이 진공청소를 포함한 멸균 청소를 진행하였으며 약 1주일간 온실 전체를 고열 난방하는 살균작업을 진행하였다 (Fig. 1-6). 장보고 온실은 외부와 격리 차단되어 소수의 담당자만이 출입하도록 운영되므로 기지 주변에서 유입된 남극종일 가능성이 낮은 것으로 판단하였고 국내에서 기지로 보급된 토양들이 매개원으로 가장 가능성이 높아 선제적 대응을 위해 모두 1항차 폐기물 컨테이너(패킹번호 #CCLU252734 8)에 담아 국내로 반출처리 하였다.

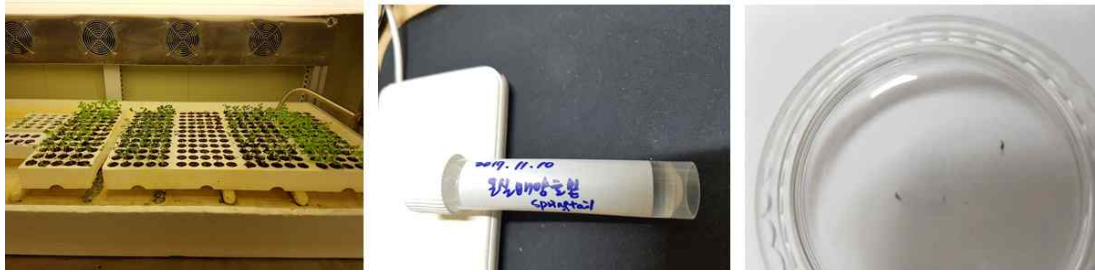


Fig. 1-5. Potted plants in greenhouse where springtails were found (left) and captured springtails (right).



Fig. 1-6. A massive clean-up such as vacuum cleaning and wiping after greenhouse closure.

수거된 톡토기류 추정 샘플들의 18S 유전자 약 1600bp를 얻어 NCBI blast search 결과 Entomobridae Family에 속하는 톡토기로 밝혀졌으며 주요 서식지는 중국, 독일로 확인되었다. 이중 장보고 톡토기 1번은 한국톡토기목록에 들어있는 어리털보톡토기 (*Sinella curviseta* Brook)로 추정된다. 따라서 장보고 온실에서 발견된 톡토기는 북반구 서식종으로 토양을 매개원으로 유입된 것으로 판단된다.

Table 1-2. 18S sequencing analysis of samples collected from Jang Bogo greenhouse

	Primer	Identification (NCBI blast)	Gaps	Identities(%)	Accession	Collection site
장보고톡토기1	18SF/18SR	<i>Sinella curviseta</i> voucher SIE C0400018	2/1651	1639/1651 99	DQ016565.1	China
		<i>Entomobryomorpha</i> sp. 18 SF-2017	2/1651	1637/1651 99	KY382739.1	Germany
		<i>Entomobrya dorsosignata</i>	2/1651	1637/1651 99	AY596360.1	China
장보고톡토기2	18SF/18SR	<i>Entomobrya proxima</i>	0/1626	1622/1626 99	KC236236.1	China
		<i>Sinella curviseta</i>	0/1626	1621/1626 99	KC236258.1	China
		<i>Himalanura</i> sp. FZ-2013	0/1626	1621/1626 99	KC236243.1	China
장보고톡토기3	18SF/18SR	<i>Lepidocyrtus</i> sp. 2 FZ-2013	0/1643	1643/1643 100	KC236249.1	China
		<i>Entomobryomorpha</i> sp. 18 SF-2017	0/1649	1635/1649 99	KY382739.1	Germany
		<i>Entomobrya dorsosignata</i>	0/1649	1633/1649 99	AY596360.1	China

4. 결론 및 제언

4차 월동기간 동안 오수 처리시설의 관리는 주기적으로 적절하게 수행되었으며, 미생물 활성화에 영향을 미칠 수 있는 세제와 유류 등이 유입되지 않도록 위생설비와 주방 운영 시 철저하게 관리된 것으로 파악된다. 향후에도 지속적인 주의가 필요하다. 또한 방류수 수질 측정결과를 검토하여 오수 처리기가 처리 기준 값을 달성하는지 감시하고 주기적인 중균제 투입과 분리막 세척이 이루어 졌으나, 처리 기준 값을 초과하는 경우에 즉시 문제점을 파악하여 적절한 대처가 필요하다.

온실의 관리시 출입인원들의 교육과 주기적인 청소가 적절하게 이루어 졌으며, 외래종의 번식이나 곰팡이 등이 발생하지 않도록 주기적으로 식물체 및 인공 재배토 등의 상태를 살피는 것이 중요하다. 온실 운영으로 인한 외래생물의 남극반입을 예방하기 위해서는 보급용 상토를 선정할 때 가격보다는 완전 멸균을 보증하는 고품질의 제품을 구매하여 보급할 필요가 있으며, 기지 모니터링팀에서는 보급 상토를 표본 추출하여 토탄기와 같은 외래생물의 존재여부를 점검할 필요가 있다.



Environmental equipment and facility management

4th over-wintering team, SangHee Kim, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : To minimize environmental impact caused by Jang Bogo Station operation, effective sewage treatment facility has been operating. To reduce clear water usage, grey water treated with wastewater treatment facility have been used for cleaning of facilities. The generated wastes at the station were pressed and classified by their properties to deposit at the station before transportation from Antarctica. To prevent introduction non-native species caused by operation hydroponic facility, the facility has been managed by strict guideline. In November 2017, the hydroponic facility was temporarily closed because non-native springtails were founded in the facility. After the full-scale clean-up, the operation has resumed. Plant residues treated with food waste reducer and artificial soil were packed individually to transport Korea.

제 2 절

에너지 생산 및 유류 관리

4차 월동 연구대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 장보고기지 4차 월동시 약 12개월간 경유 사용량은 481,765ℓ로 월평균 약 40,147ℓ를 사용하였으며 주로 발전기 가동을 위해 약 90.5% 경유가 사용되었고 나머지는 증장비와 보일러에 각각 8%와 1.5%의 경유가 사용되었다. 2016년에 비해 발전기용 유류 사용 비율이 약 3.5% 줄었고 증장비 유류 사용비율이 다소 증가하였다. 총 경유소모량은 2016년 3차 월동기간에 비해 약 13,136ℓ를 절감하였다. 연료 저장 탱크와 관련 시설의 점검, 유류 실측 등을 주기적으로 실시하고 유류 유출과 화재 예방을 위해 안전 점검 항목에 따라 매일 또는 주기적으로 점검하였다. 태양광발전량 (설비용량, 약 45.2 kW에서 80kW로 증설)은 약 62,636 kWh로 지난해에 비해 약 3배가량 증가하였다. 월동기간 평균 부하량은 약 193 kW로 2016년(196 kW)에 비해 약간 감소하였고 2015년의 250 kW에 비해 약 57 kW 감소되었다. 담수 생산량과 중수생산량, 용수 사용량은 4차 월동 기간동안 기록되지 않아 자료가 누락되었으며, 기지 운영의 종합적인 영향과약을 위해 지속적인 자료 축적이 필요하다.

1. 유류 사용 및 관리

가. 유류 사용량

장보고기지 건설 및 운영을 위한 포괄적 환경영향평가서(CEE)는 25년 이상의 세종기지 운영 경험을 바탕으로 장보고기지 발전 용량을 산정한 설계를 기준으로 기지 유류 사용량 중 발전기 운전과 중장비 운영으로 인한 경유 사용량을 연간 328,724ℓ로 예측하였다. 그러나 1차 월동시 약 10개월간 유류 사용량은 369,755ℓ로 12개월로 환산한다면 연간 기지 운영을 위해 약 480,681ℓ의 경유 사용량이 예측되며, 2차 월동기간인 2015년 12개월간 사용된 유류량은 예측치를 넘는 591,046ℓ에 달하였다. 주요 원인으로 는 세종기지에 비해 상대적으로 높은 위도에 위치하여 저온기간이 길며 겨울철 잦은 대륙풍으로 인한 기지 주변 기온 강하와 연구시설 설치 완료 및 보트창고동의 연구장비 유지를 위한 상시 난방, 등으로 전력 소모량이 증가하여 275 kW 발전기 2대의 병렬 운전에 따른 동시 가동시간의 연장으로 연료소모량이 증가한 것으로 판단된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 2016년 3차 월동대는 전기온풍기, 냉동기 등 전력부하 상승을 가져오는 장비들의 작동을 자제하거나, 작동 시간을 조정하여 가능한 병렬운전 시간을 줄여 유류사용량을 약 100,000ℓ가량 절감하였다. 발전기 유류사용량을 더욱 절감하기 위하여 4차 월동대는 가능한 발전기 병렬 운전이 되지 않도록 전력 부하를 수시로 감시하여 평균 193 kW로 줄어들어 발전기 병렬운전이 거의 필요 없었다. 기지의 발전기는 275kW 이다. 발전기의 효율은 75~80%로 운영을 하여야 경제적이다. 즉 200kW~220kW 범위에서 운전하면 가장 효율적이다. 2대의 발전기를 병렬운전 하게 되면 400~440 kW의 발전을 하게 되어 유류소모량이 크게 증가하게 된다. 전기 부하량이 최대값을 보인 시기는 남극의 겨울철인 7월로 224 kW의 부하량을 보였다. 2017년 1월부터 12월까지의 연간 유류소모량은 약 481,765ℓ로 2016년 사용량에 비해 약 40,147ℓ를 절감하였다(Table 1-3, Fig. 1-7). 2017년 기지 운영기간 동안의 총 경유소모량은 481,765ℓ 중 약 90.5%(435,972ℓ)가 발전기 가동에 사용되었고 중장비와 보일러에 각각 8%(38,668ℓ)와 1.5%(125ℓ)의 경유가 사용되었다.

2017년 윤활유 사용량은 860ℓ로 2016년의 2,007ℓ에 비해 사용량이 현저하게 줄었으며, 그 원인으로 병렬 발전을 줄여 주로 1대의 발전기를 가동함으로써 윤활유를 적게 사용한 것으로 보인다.

한편 기지 주변 앞바다가 해빙된 경우 사용하는 고무보트와 현장활동을 위한 소형 스노우모빌에 사용된 휘발유는 약 10 드림(단위: 200ℓ)을 사용하였다.

Table 1-3. Comparison of the amount of fuel consuming for the station operation 1st to 4th over-wintering periods

연료 사용처		2014년(1차)	2015년(2차)	2016년(3차)	2017년(3차)
		(ℓ)	(ℓ)	(ℓ)	(ℓ)
발전기	월평균	34,680	46,605	38,869	36,331
	연간	346,801	559,258	466,423	435,972
중장비	월평균	2,242	2,649	1,939	3,222
	연간	17,938	31,788	23,263	38,668
보일러	월평균	627	0	126	10.4
	연간	5,016	0	1,507	125
총 소비량	월평균	36,976	49,254	41,170	40,147
	연간	369,755	591,046	491,193	481,765

* 2014년은 10개월 사용분이며 2015년 사용량은 3차대에서 확인한 사용량으로 변경

따라서 2016년과 마찬가지로 기지 운영에 1대의 발전기를 사용하여 보일러 사용에 125ℓ의 연료가 소모되었으나 병렬운전으로 인해 소모되는 양에 비하면 미미하다 (Table 1-3). 월별 유류 사용량은 평균기온이 가장 낮았던 9월과 하계 연구활동이 시작하는 10월에 높게 나타났다(Fig. 1-8, 1-9). 전력사용량도 7월~9월 사이에 높게 나타났으며 3개월 동안 유사한 소모량을 보였다(Fig. 1-10).

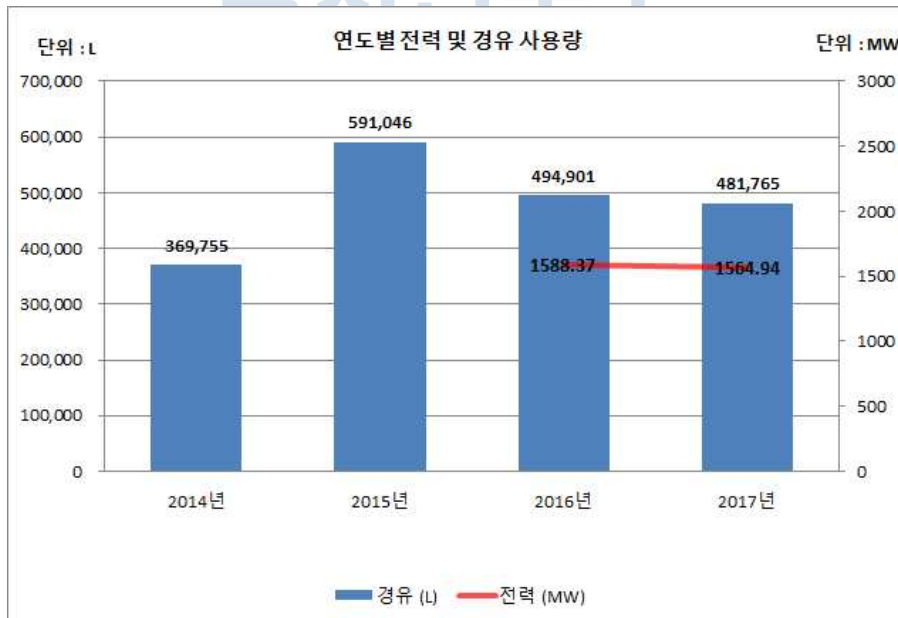


Fig. 1-7. Comparison of the amount of fuel consuming for the station operation 1st to 4th over-wintering periods

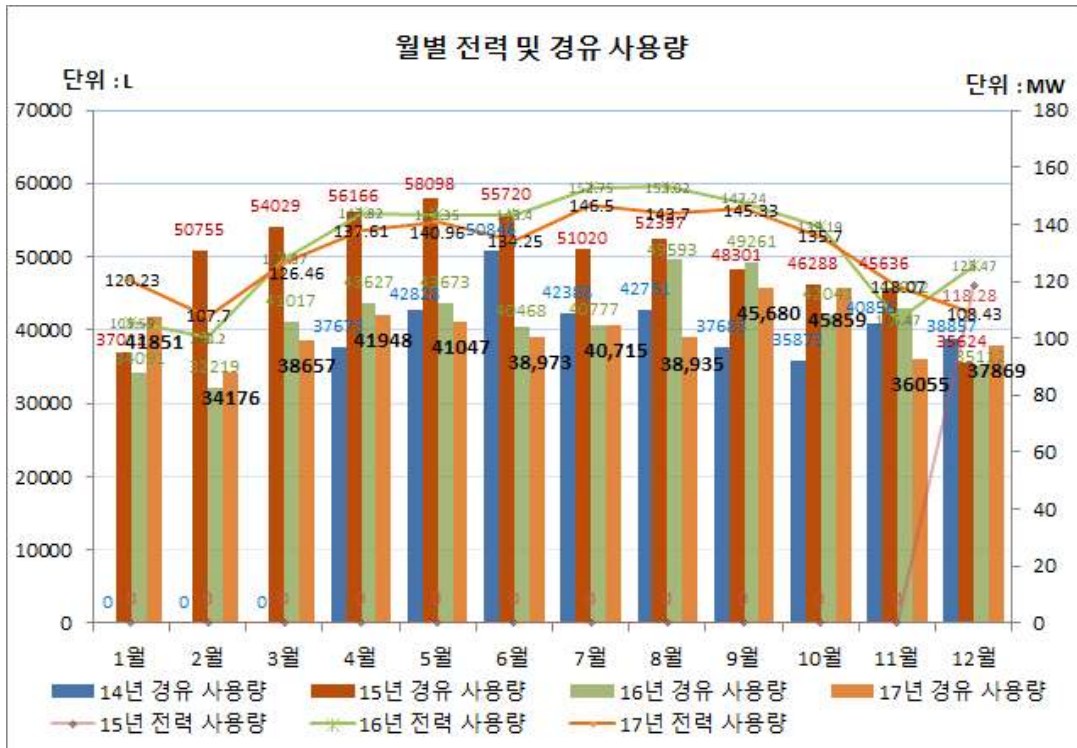


Fig. 1-8. Monthly fuel consuming amount and electric power for the station operation for 2014~2017.

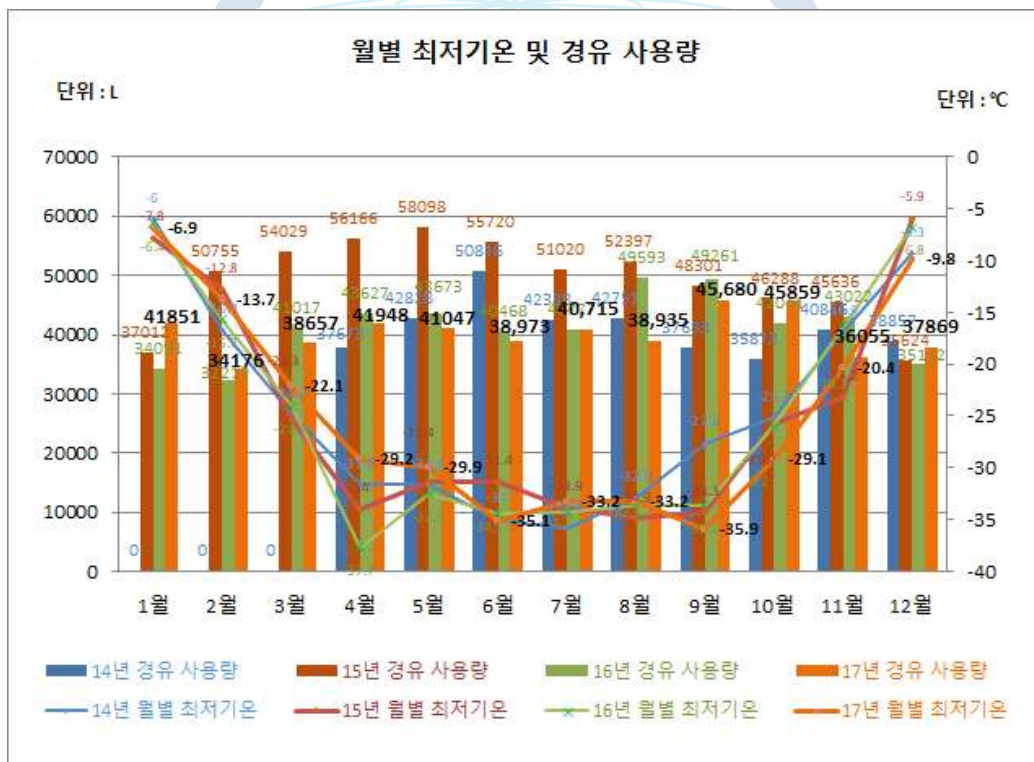


Fig. 1-9. Monthly fuel consuming related with monthly minimum temperature for the station operation for 2014~2017.

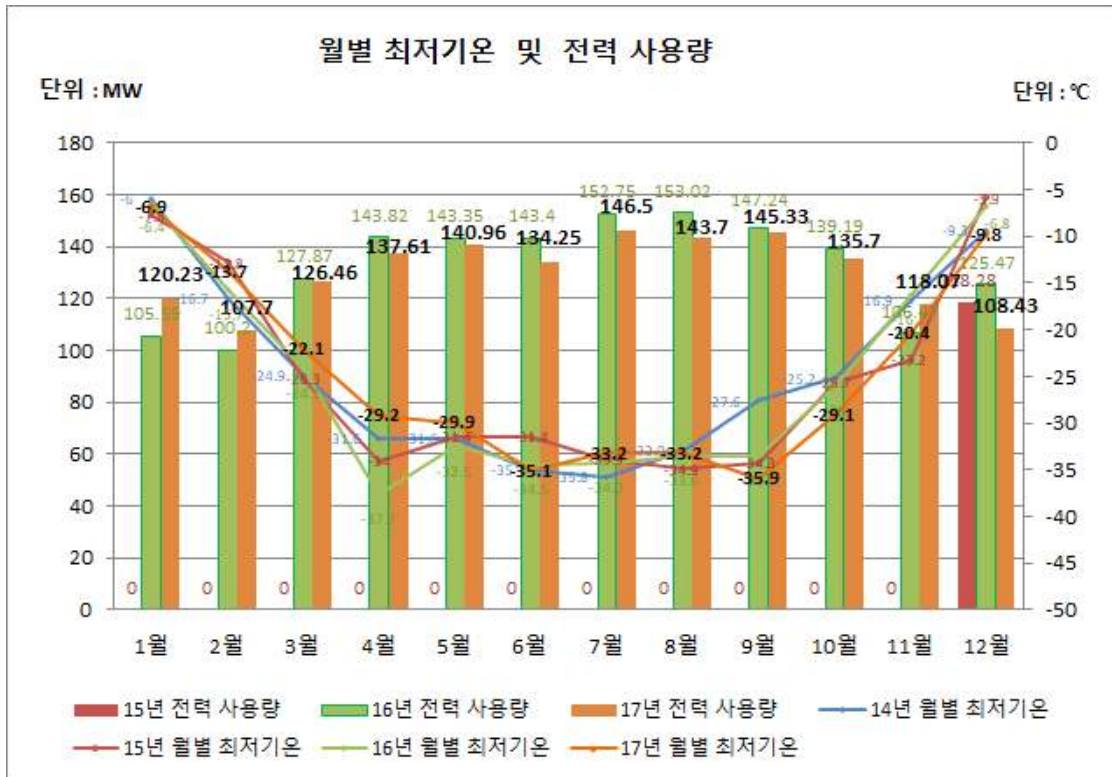


Fig. 1-10. Monthly power consumption related with monthly minimum temperature for the station operation for 2014~2017.

나. 유류 저장 및 관리

장보고기지에는 120,000 ℓ (실용량 111,188 ℓ) 용량의 유류 저장탱크가 발전동 인근에 6기, 부두 인근에 3기 설치되어 있다. 유류보급선(현재, 아라온)으로부터 부두 인근 3기의 유류탱크에 유류가 보급되면 발전동 인근의 탱크로 펌핑된다. 발전동 인근의 유류탱크로부터 980 ℓ 용량의 발전기용 서비스탱크, 중장비용 서비스탱크와 비상발전기용 서비스 탱크로 이송된다(Fig. 1-11). 기지에서는 남극의 저온환경에서 사용할 수 있도록 호주에서 특별하게 제조된 경유(SAB, Special Antarctic Blending)를 사용한다.

연료 저장 탱크 및 관련 시설의 점검은 매주 실시하며, 유류 실측은 매월 말일에 실시한다. 동절기가 시작되기 전 NO.7, 8, 9 저장탱크에 있는 남극경유를 NO.1~ 6번 탱크로 이송하였다(Fig. 1-12). 이는 동절기 기온하강에 따른 파이프 파손 방지와 효율적인 유류 관리를 위해서였다. 동절기에는 저장탱크내 수분이 결빙되어 수분감지 시약으로 확인이 어렵다. 이 때문에 하절기에는 응결수 포함여부를 탱크 교환 사용 때 마다 철저히 확인하여야 하며, 유류 실측 결과는 기록표를 작성하여 보고 및 보존하고 있다.

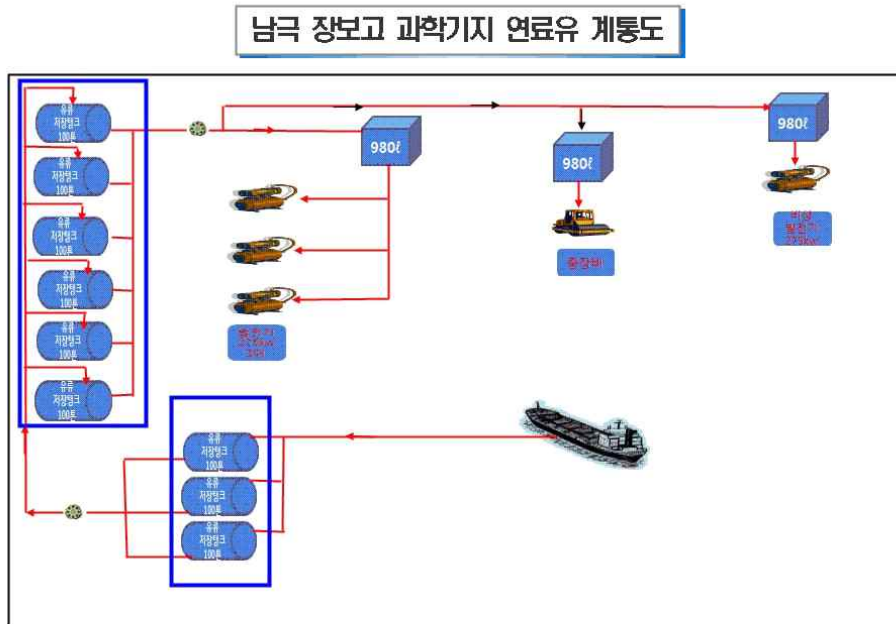


Fig. 1-11. Fuel supply system at Jang Bogo Station.



Fig. 1-12. Fuel storage tanks near power plant (No.1~6) and near dock (No.7~9)

2. 유류 유출 예방 및 관리

장보고기지의 연료는 120,000ℓ 용량 9개의 연료 탱크에 약 111,188ℓ 씩 보관되었다(Fig. 1-12). 기지에 설치된 유류 탱크는 기본적으로 이중벽구조로 되어있어 유류 유출 문제를 최소화 하였고 주변에 방지턱을 설치하여 혹시라도 있을 수 있는 유류 유출 사고에 대비하고 있다. 아라온에서의 기지 유류 탱크로의 유류 보급은 기지앞 연안

의 해빙 상태에 따라 2가지 방법으로 보급할 수 있으며, 해빙이 있을 경우 유류 컨테이너와 트럭을 이용한 해빙 운송 방법으로 운송할 수 있고 해빙이 빠져나간 시기에는 보급용 호스를 이용할 수 있다.

해상으로 보급용 호스를 이용할 경우를 대비하여 오염방지펜스가 준비되어있다. 기지 인근 이탈리아 마리오주켈리기지 역시 기지 운영 초기에는 유류호스를 이용 해빙하역을 하였으나 호스 파열 등의 문제로 현재는 ISO Tank를 이용한 방법을 이용하고 있다. 2차 월동기간에는 해빙이 단단하게 유지되고 있어 효율적인 ISO Tank 이용방식으로 유류를 보급하였다. 그러나 해빙의 안전성이 문제될 수 있고 해빙 때문에 바지선의 운항이 어려운 12월 중순 이후에 유류 보급이 이루어질 경우 호스를 이용한 보급이 이루어져야한다.

4차 월동을 위한 유류 보급은 아라온의 1항차~3항차까지 이루어 졌으며 해빙상황과 해양환경에 따라 가장 효율적이고 안전한 하역방법으로 이송하였다. 1항차 하역기간(2016.11.28.~12.02)에는 해빙위로 중장비를 이용하여 Fig. 1-13과 같은 방법으로 항공유 드럼 50개와 ISO 탱크(항공유 22,000 ℓ) 2대를 이송하였다.



Fig. 1-13. Fuel transportation from *ARAON* to fuel tank in 2015 (right) and 2016 (left).

아라온 2항차 하역기간(2016.12.24.~12.25)에는 해빙 안전성의 문제로 중장비를 사용하지 못하고 유류 호스를 사용하여 해빙위로 경유(SAB) 168,000 ℓ를 보급하였다(Fig. 1-14). 아라온 3항차 하역기간(2017.02.17.~02.19) 동안 항공유 ISO 탱크 3개와 경유 483,000 ℓ를 보급하였다. 3항차 하역기간에는 해빙이 없어 해상 유류 호스를 이용한 하역과 아라온에 선적된 경유를 ISO 탱크로 옮긴 후 바지선을 이용하여 부두에서 유류 탱트로 평평하는 방법을 여러 가지 현장상황을 고려하여 비교한 후 안전성과 유류 유출을 피하는 방법을 선정하였다(Table 1-4). 유류이송 시 유류 유출에 대비하여 방제도구를 비치하였으며 유류 유출은 없었다. 2017년 기지운영 및 연구지원을 위한 남극경유 보급은 두 차례에 걸쳐 약 651,000 ℓ가 보급되었다.



Fig. 1-14. Fuel transportation via hose with bucket in case of possible fuel spill at a joint.

Table 1-4. Comparison of fuel transportation methods from ARAON to fuel tank during February in 2017.

이송 방식	유류 호스 이용(선정)	바지선과 ISO유류탱크 이용
이송시간/배정일	16시간 / 2일	27시간 / 4일
필요 인원	10명 (이송 시작 후 작업인원 육상 대기 가능)	10명 (지속 투입, 이동구간에 따라 타구간 휴식 가능)
필요장비	고무보트 2대, 유류호스 5롤 오일펜스, 부력장치	고무보트 2대, ISO TANK 1대 엔진펌프 1대
사전준비	사전준비 다소 많음(해상 호스 연결 및 가압테스트 필요)	사전준비 일부 필요(ISO 탱크 1대 부두 이동, 엔진펌프 1대 및 유류호스 연결)
유류유출	해상 유출 사고 위험 유류호스 회수 시 잔유 처리 필요	부두 앞 바지선 선상에서 탱크-펌프 연결(23회) 시 소량 유출 불가피
안전사고	아래온 DP 오작동 시 유류호스 단선 위험 해상에서 유류 호스 체결 및 부력장치 설치 필요	해상 상황에 따라 바지조종 어려움 아래온 및 부두 접근 시 선체 손상 위험 아래온에서 바지선 위 탱크 유류 이송 시 탱크 상단 모니터링 인원 작업 위험
유빙영향	호스의 능동 회피 불가 (고무보트로 유빙 제거)	유빙 상황에 따라 회피 운항 또는 작업중단 가능
작업 지속성	이송시작 후 중단 어려움. 재연결 시 최초 연결에 준하는 시간 소요	상황에 따라 작업 중단 및 재개 용이 조류, 파도에 따라 장시간작업 중단 가능

기지 운영시 유류 유출과 화재 예방 등을 위하여 다음과 같은 항목을 매일 또는 항목에 따라 정해진 일정 주기로 점검하였다.

※ 유류 저장 및 관련 시설 안전점검 항목

- ① 경유 이송 펌프실 밸브 개폐상태 및 위험요소
- ② 저장탱크 주변정리 상태 및 위험요소
- ③ 각 저장탱크 출구밸브 및 드레인 밸브 폐쇄상태
- ④ 각 저장탱크 보호커버 외관상태
- ⑤ 각 저장탱크 공기 배출구 및 맨홀 밀봉상태
- ⑥ 송유관 중간밸브 개폐상태 및 위험요소
- ⑦ 정비동, 기계동 발전동 경유 유입상태 및 위험요소
- ⑧ 경유 저장탱크 측심

기지 운영시 발전기용 경유의 이송이외에 중장비와 차량의 주유, 헬리콥터 운항을 위한 주유 시 유류를 취급하고 있다. 기지 주변에서 운행하는 차량에는 유류 방재키트를 비치하여 소량의 유출에 대비하고 있으며, 헬리콥터 주유는 ISO탱크에서 직접 이루어지며 호스에 남아 있는 소량의 유류를 흘리는 것을 방지하기 위하여 주유 지점에 200리터 드럼을 비치하여 잔류 항공유를 수집하였다(Fig. 1-15). 그러나 주유 시 흘릴 수 있는 소량의 유류를 제거하기 위한 방재키트가 비치되어 있지 않아 현장 점검 기간에 5차 월동대와 논의하였고, 항공유 주요 주유 지점에 방재키트함을 설치할 계획이다.



Fig. 1-15. ISO fuel tanks for aviation fuel(left) near helipad and waste fuel drum next by fuel service equipment(right).

3. 에너지 생산 및 소비

가. 전기에너지 생산 및 소비

장보고기지에서 사용하는 전기에너지는 극지용 디젤을 사용하는 발전기와 1.5kW 용량의 수직형 풍력발전기, 그리고 42.5 kW 용량 (2016년 현재)의 태양전지판과 2.68kW 용량의 BIPV에서 생산된다(Table. 1-5) 4차 월동기간에 태양광 발전 설비가 증설되어 용량이 80 kW로 늘었으며, 그 효율도 크게 향상되어 5개월간의 생산량이 약 62,636 kWh로 2016년 21,055 kWh에 비해 크게 증가하였다(Table 1-5, Fig. 1-16).

풍력발전기는 DC 배터리를 충전하고 일정량의 전력이 생산 되었을 때 DC 전원을 AC로 인버팅하여 발전기 전원과 병렬운전 후 배터리의 충전량이 소진되면 병렬운전은 정지하도록 구성이 되어있다. 태양광 발전은 전력 생산과 동시에 부하 측에 전력을 공급하는 방식이다.

디젤발전기와 풍력발전기간의 병렬운전에 따라 풍력발전기가 일정한 출력을 발생하지 못하여 디젤발전기의 부하변동이 자주 발생하며 이를 보완하기 위하여 발전기용 배터리를 설치하였다. 풍력발전기에서 일정량의 전력이 생산되어 배터리에 충전되면 배터리의 전원과 디젤 발전기간의 병렬운전의 개념으로 운영되기 때문에 발전기에 큰 무리가 발생되지는 않는다. 풍력발전기에 의해 생산되는 발전량은 측정이 되고 있지 못하고 있다.

Table 1-5. Installed capacity of renewable energy and generation of electric power at Jang Bogo Station

		재생에너지 종류	설비 용량	총발전량 (kWh)
CEE	태양광	태양전지판	41.36 kW	36,285
		BIPV	2.4 kW	2,124
	풍력 발전기		$(4\text{kW} \times 3) \times 4 = 48 \text{ kW}$	124,416
실제 설비	태양광	태양전지판	$0.25\text{kW/cell} \times 170 = 42.5 \text{ kW}$	21,055(2016년 1월 -10월 생산량)
		BIPV	$0.179\text{kW/cell} \times 15 = 2.68 \text{ kW}$	
	풍력 발전기		$0.3 \text{ kW/ea} \times 5 = 1.5 \text{ kW}$	-

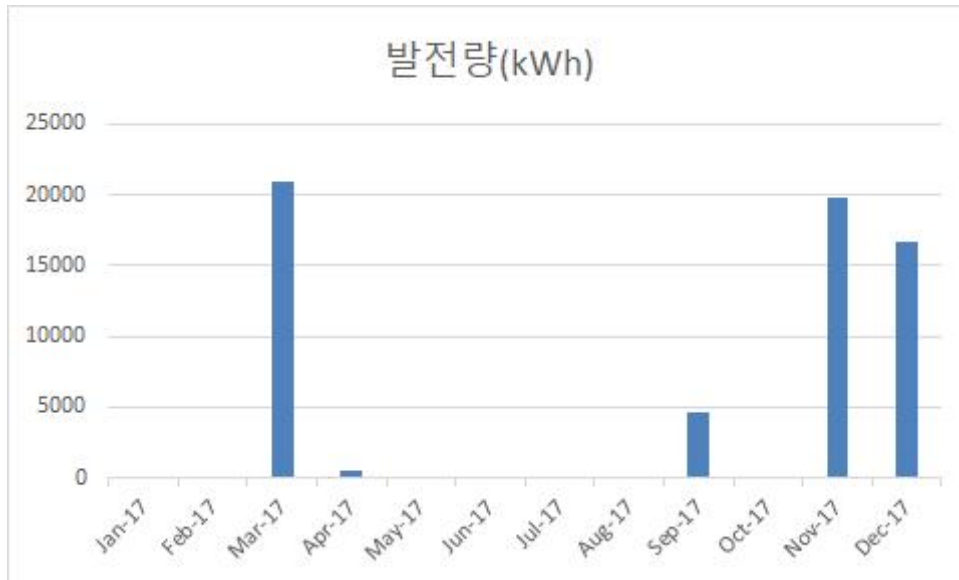


Fig. 1-16. Electric power generated with solar panels in 2017.

장보고기지에서 2017년 월평균 발전기 부하량은 193 kW로 나타났으며 가장 높은 시기는 7월로 211.5 kW 이었고, 일 최대 부하량은 7월에 22일 224 kW로 2016년의 253 kW에 비해 다소 낮은 부하량을 보였다. 연간 전력 사용량은 1,565 Mw로 2016년의 1,588 Mw 비해 적게 사용하였으며, 동계기간 중 온도가 낮은 7월~9월 사이에 약 143 ~146.5 Mw의 사용량을 기록하였다. 가장 추운 시기인 8월에 가장 많은 전력(약 153 Mw)을 사용하였다(Table 1-6, Fig. 1-17).

Table 1-6. Monthly power consumption for the station operation in 2017

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
2016	106	100	128	144	143	143	153	153	147	139	107	126	1,588
2017	120	108	126	138	141	134	147	144	145	136	118	108	1,565

* 실제 관측값에서 소수점이하는 반올림함

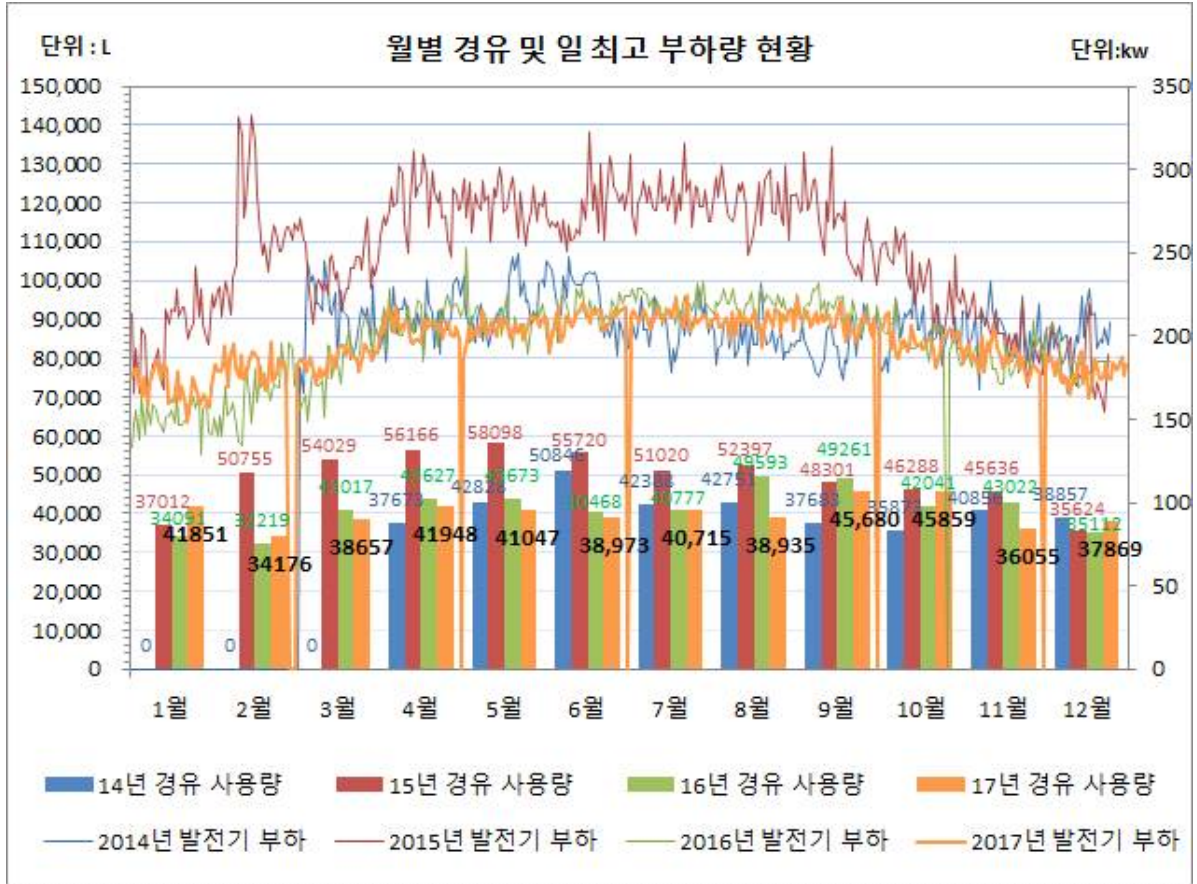


Fig. 1-17. Monthly fuel consuming amount and maximum load power for the station operation in 2014~2017.

극지연구소

나. 난방

장보고기지에서는 난방을 위해 열병합 발전의 폐열을 활용하고 있으며, 1차 월동기간에는 겨울철 기온 하강 시 부족한 열원을 보충하고자 중온수 열원 보충용 진공보일러를 가동하였고 2차 월동기간 동안 발전기 2대가 거의 상시 병렬운전으로 운영되어 난방을 위한 별도의 보일러 운영은 하지 않았으나 병렬 운전로 인한 열병합 발전으로 유류소모량은 매우 컸다. 4차 월동기간에는 3차 월동시와 같이 병렬운전로 인한 유류소모량을 줄이고자 전력소모량이 큰 전기식 열풍기의 사용을 자제하고 장비의 분산 운영 및 이동으로 발전기의 병렬운전을 거의 않아 부족한 열은 보일러를 운영하여 보충하였다. 열병합발전이란 엔진으로 발전기를 구동해 전기를 생산하고, 발전기 구동 엔진에서 발생하는 배기가스 열로 열교환기의 냉각수를 80℃ 정도로 가열하여 난방용이나 급탕용 열교환기에 열을 전달하여 난방을 실시하는 시스템이며, 기지 내 전력 소비량감소를 통해 총체적으로 운영비를 절감하는 고효율 에너지 시스템이다.

4. 결론 및 제언

장보고기지 4차 월동대의 노력으로 가능한 1대의 발전기 운영으로 기지의 시설을 운영하여 3차 월동기간 대비 약 13,136ℓ의 유류사용 절감 효과를 거두었다. 안정적 에너지 공급과 지속적인 유류사용 절감 노력으로 지속 가능한 기지운영 방안의 지속적 모색이 요구된다. 시기별 기지 운영에 필수적인 전력사용 이외에 월동기간 동안 잘 사용하지 않는 시설이나 설비, 그리고 기온이 올라가는 하계기간 동안에 불필요한 에너지 사용을 줄이는 노력을 지속하여 전력생산에 필요한 연료사용을 저감할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 태양광 발전 설비 확대로 재생에너지 사용량을 2016년에 비해 약 3배 가량 늘릴 수 있었으며, 지속적인 재생에너지 사용률 증가 노력이 필요하다.

장보고기지 주변은 세종기지에 비해 강설량이 적고 바람으로 인하여 적설이 제거되는 효과가 있어 눈 쌓임이 적은 편이나 유류 저장 탱크 주변의 유류오염 방지턱의 구조상 눈이 쌓여 유류 유출시 쌓인 눈으로 인해 유류가 넘칠 수 있으므로 주기적인 제설이 필요하다. 또한 유류 보급시 현장의 해빙상황에 따라 보급 방법을 결정해야하나 유류유출로 인한 해양 및 토양 오염에 대비한 방재계획 점검이 필수적이다.

담수 사용량이 1차 월동시에는 CEE예측치를 상당히 초과한 이유로 청수 공급 라인의 녹발생으로 인해 실제 사용하지 못하고 버려진 담수의 양이 많았던 것으로 2차 월동기간에는 그 사용량이 줄어들 것으로 전망하였으나 배관의 동파로 인하여 오히려 사용량이 증가하였고, 시설 개선 등이 이루어진 3차 월동기간에도 1인당 1일 용수사용량이 325ℓ에 달하는 용수를 사용하였다. 이러한 상황을 개선하고자 지난 보고서에는 생활습관의 개선과 환경보존 인식의 제고 등을 제언하였으나 4차 월동기간 동안 청수 생산량, 중수생산량, 용수 사용량 등이 기록이 이루어지지 않아 개선여부를 알 수 없는 상황이다. 지속적인 모니터링을 위해 계량기의 정비와 여유 장비의 확보 등이 요구된다.

Energy generation and Fuel management

4th over-wintering team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : During forth over-wintering period, 481,765 ℓ were consumed for station operation for 12 months. About 90.5% of the amount was used for generators, 8% for vehicles and 1.5% for boiler. Owing to effort to reduce fuel consumption, less than about 13,136 ℓ of Antarctic diesel oil was consumed in third over-wintering period compared to 3rd period. To prevent oil spill and fire, fuel storage facilities and related facilities are checked regularly with safety check list. Electric energy generated by solar panels (total capacity in 2017, 80 kW) was about 62,636 kWh (during five months) which is about three times of that of 2016. The average electric power load was 193 kW which was decreased little bit less than 2016 and less 57 kW than 250.4 kW in 2015.

제 3 절

폐기물 관리

4차 월동 연구대, 김 지 희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 장보고기지 4차 월동기간에 발생한 생활폐기물의 발생량은 3차 월동기간에 발생한 약 30 kg/day보다 많은 양으로 약 38.9 kg/day가 발생하였다. 재활용 폐기물은 3차 월동기간에 비해 다소 증가하여 약 30.8 kg/day의 양이 발생하였다. 재활용 폐기물 중 종이류는 약 564 kg, 고철류는 3,348 kg, 플라스틱류 3,840 kg, 유리 3,486 kg이 발생하였다. 음식폐기물의 경우 3차 월동기간에 비해 반정도로 적은 처리 용량이 발생하였으나, 사용하지 못하고 폐기되는 음식물의 양을 줄이기 위해서는 구매계획의 검토가 필요하며, 신선식품의 경우 신선한 상태를 유지할 수 있도록 포장계획과 운송계획 수립이 중요한 것으로 판단된다.

1. 폐기물 발생량

가. 일반 폐기물

기지 운영으로 인해 발생하는 폐기물량의 예측은 환경부 자료를 기준으로 일반 생활 쓰레기와 음식물쓰레기로 구분하여 CEE에 제시하였으며(Table 1-7), 4차 월동기간 발생한 생활폐기물은 가연성과 불연성을 구분하지 않고 일반폐기물과 재활용폐기물로 표시하여 아라온을 통해 반출되었다. 3차 월동기간에 발생한 폐기물의 양에 비해 다소 증가하였으나 폐기물 반출이 아라온의 화물 공간 확보여부에 따라 변동이 있어 전 차대 월동기간의 폐기물이 섞이는 경우가 많아 정확한 증감량을 판단하기는 어렵다. 또한 하계대가 머무는 10월~3월까지의 폐기물 발생량이 따로 기록되지 않아 하계기간 동안 원단위계산은 어려우나 전체적인 생활폐기물 발생량은 CEE에서 예측한 77.626 kg/day보다 적은 양으로 약 38.9 kg/day가 발생하였다. 재활용 폐기물은 3차 월동기간에 비해 다소 증가하여 약 30.8 kg/day의 양이 발생하였다. 1차~4차 월동기간에 발생한 일반폐기물의 성상별 양은 Table 1-8과 같다. 재활용 폐기물 중 종이류는 약 564 kg, 고철류는 3,348 kg, 플라스틱류 3,840 kg, 유리 3,486 kg이 발생하였다.

Table 1-7. Estimated domestic wastes during operation on CEE and waste generation amount

구분	인구 (인)	원단위 (kg/인/일)	일반 발생량 (kg/일)			
			계	매립 또는 소각가능 폐기물	재활용 폐기물	
CEE	동절기	15	1.035	15.525	11.162	4.363
	하절기	60	1.035	62.101	44.651	17.450
1차월동기간		17	5.026	85.466	7.633	77.833
2차월동기간		16	1.352	21.642	7.232	14.410
3차월동기간		16	1.930	30.879	7.545	23.334
4차월동기간		17	2.288	38.910	8.120	30.790

음식폐기물은 수분을 제거한 후 잔반처리기(탈각기)를 통해 처리 및 분쇄하여 매립 폐기물로 분류하여 반출하였다. 온실에서 발생한 식물체 잔유물도 음식폐기물로 간주하여 처리되었으며 음식폐기물은 Table 1-9에 정리하였다. 3차 월동기간에 비해 절반가량의 처리용량이 감소하였으나 여전히 보급된 신선식품 중 도착시 이미 변질되어 다량의 폐기량이 발생하고 있다(Fig.1-18). 사용하지 못하고 폐기되는 음식물의 양을 줄이기 위해서는 신선식품의 경우 적정량을 살균처리하여 진공 포장된 제품을 보급하고 캔이나

팩으로 포장된 가공식품의 경우 작은 용량으로 구입하여 보급하는 것이 바람직하다. 음식물 처리기를 사용하여 처리하여 반출한 폐기물 이외에 기간이 지난 냉동식품류가 약 3,160 kg에 달하였다. 식재료가 중복 보급되어 폐기되는 일이 없도록 리스트 작성과 발주에 조리대원의 적극적인 참여가 요구된다.

Table 1-8. Waste generation amount during 1st~ 4th over wintering periods
단위 (kg)

구 분		종류	재활용 폐기물				일반 쓰레기	합계
			종이류	플라스틱	병/유리	캔, 금속		
1차 월동	원단위 (kg/인/일)	3.576	0.558	0.329	0.114	0.449	4.577	
	월평균	1,824	285	168	58	229	2,335	
	총발생량	12,897	1,992	1,178	406	1,600	16,473	
2차 월동	원단위 (kg/인/일)	0.118	0.337	0.326	0.132	0.403	0.913	
	월평균	56.7	161.7	156.7	63.3	193.3	438.4	
	총발생량	680	1,940	1,880	760	2,320	5,260	
3차 월동	원단위 (kg/인/일)	0.131	0.250	0.242	0.836	0.472	1.931	
	월평균	63.7	121.5	117.7	406.9	229.5	939.3	
	총발생량	764	1,458	1,412	4,883	2,754	11,271	
4차 월동	원단위 (kg/인/일)	0.09	0.619	0.562	0.540	0.477	2.288	
	월평균	47	320	290	279	247	1,183	
	총발생량	564	3,840	3,486	3,348	2,962	14,200	

Table 1-9. Estimated food wastes during operation on CEE and food waste amount from 2014 to 2017

구 분		근무인원 (인)	원단위 (kg/인·일)	음식물쓰레기 발생량 (kg/일)
CEE	동절기	15	0.301	4.515
	하절기	60	0.301	18.060
1차월동기간		17	0.283	4.810
2차월동기간		16	0.206(처리중량)	3.3(처리중량)
3차월동기간		16	0.513(처리중량)	8.208(처리중량)
4차월동기간		17	0.25(처리중량)	4.3(처리중량)



Fig. 1-18. Groceries supplied from New Zealand which already lost their freshness when arrived.

나. 지정 폐기물

4차 월동기간에 기지에서 발생한 지정 폐기물은 의료폐기물과 중장비의 유류 필터와 폐윤활유 그리고 장비 정비나 실교체시 누유된 기름제거에 사용된 유류 흡착포 등이 발생하였다. 이들 폐기물은 빈 드럼에 포장하여 컨테이너에 보관하였다. 실험실에서 발생한 폐액은 20L 플라스틱 용기에 물질명을 기입하고 수거하였다. 폐액이 일정량(2/3가량)이 되면 폐액 용기를 폐기물관리동에 옮겨 보관하였다. 모든 지정폐기물은 컨테이너에 옮겨 일반폐기물과 함께 아라온호에 선적하여 국내로 반입하였다. 지정 폐기물의 반출량은 의료폐기물 242 kg(사용기한이 지난 약품 포함)과 폐윤활유 100 kg이 반출되었으며, 기지에 남아 있는 폐기물의 양은 2018/19 시즌 폐기물 반출시 파악될 예

정이다.

2. 폐기물 반출 준비 및 선적

장보고기지 4차 월동기간에 발생한 재활용 폐기물은 성상별로 구분하고 부피를 최소화하여 포장하여 반출을 위해 20 ft 컨테이너에 6대에 적재하였다 (Fig. 1-19). 폐기물 컨테이너는 쇄빙연구선 아라온에 적재되어 6월 중순에 국내에 도착하여 검역 후 처리될 예정이다.



Fig. 1-19. Preparation of wastes for loading on *ARAON* to transport from Antarctic region.

3. 결론 및 제언

4차 월동기간에 폐기물 관리는 지침을 기준으로 비교적 잘 이루어졌으나 폐기물의 성상별 기록을 더 세분화할 것이 요구된다. 또한 기지 운영으로 인한 폐기물 발생량을 줄이기 위해 하계 연구를 위한 소모품은 불필요한 포장재를 가능한 제거하고 재사용 가능한 카톤박스나 플라스틱 박스에 포장하는 노력이 요구된다. 폐기물 발생량의 파악은 반출량을 기준으로 하는 것보다는 기지에서 발생량을 월별로 파악하는 것이 필요할

것으로 보인다. 월동 연구대를 식자재 보급시 작은 단위의 물품을 구매하는 등 구매계획의 검토가 필요하며, 신선식품의 경우 신선한 상태를 유지할 수 있도록 포장계획과 운송계획 수립이 중요한 것으로 판단된다.



Waste management

4th over-wintering team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : During the 4th over-wintering period, the amount of domestic wastes was 38.9 kg/day which is quite more than 30 kg/day in 2016. Recycle waste amount was 30.8 kg/day which was little more than that of the 3rd period. Among the recycle wastes, amounts of paper was 564 kg, metal was 3,348 kg, plastics were 3,486 kg and glass was 3,486 kg. The food waste was generated less than half amount of the last year during the forth over-wintering period. To reduce food waste which had already lost their freshness when it was supplied, the purchase plan is required detail review. In case of fresh food, establishing appropriate packaging and transport plans to keep freshness are crucial.

제 2 장

장보고과학기지 운영에 따른 환경지표 모니터링

제 1 절

족적 (Footprint)

4차 월동연구대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 2016/17시즌과 4차 월동기간에 포함된 2017년 10월부터 11월에 항공기와 쇄빙 연구선 아라온을 이용하여 175명의 인원이 기지에 들어왔다. 하계 연구를 위해 방문한 인원은 124명으로 파악되었다. 2016/17시즌과 2017/18 초기시즌에 방문한 지역은 기지 주변의 도보로 갈 수 있는 육상지역, 지질 운석 연구와 빙하 연구지역, 화산탐사, 지질 조사, 지구물리조사 지역 등과 대륙내 헬리콥터 운항을 위한 항공유 저장소 그리고 트레바스를 진행한 K-루트 탐사지역 등으로 약 25개 지역에 해당한다.

1. 기지 주변 공간적 변경사항

2015년 말에 우주기상관측동 인근의 중성자 모니터 설비가 설치되고, 내륙 탐사 진입로 확보를 위해 설상차 이동로를 브라우닝 패스까지 정비한 이후 장보고기지 부지 또는 인근에 시설을 설치하거나 이동로를 닦는 등 기지 주변 공간의 변경사항은 4차 월동기간 (2016/17~2017/18)에는 발생하지 않았다(Fig. 2-1).



Fig. 2-1. Aerial view of Jang Bogo Station in 2017/18 early season.

2. 기지 체류 및 방문인원과 야외조사 지역

장보고기지를 기반으로 하계연구 활동을 하거나 기지 단순 방문, 월동연구를 위한 기지체류를 위한 인원이 2016/17시즌과 4차 월동기간에 포함된 2017년 10월부터 11월에 항공기와 쇄빙연구선 아라온을 이용하여 입남극 하였다(Table 2-1, Fig. 2-2). 지난 2015/16 시즌과 3차 월동기간 후반에 기지에 들어온 인원 154명에 비해 증가하였다. 동기간 동안 4차 월동인원과 5차 월동대의 인원이 기지에 함께 체류하게 되며 체류기간은 서로 다를 수 있으나 총 173명이 기지에서 들어왔다. 하계 연구를 위해 방문한 인원은 106명으로 2015/16 시즌의 84명에 비해 증가하였다.

Table 2-1. Number of personnel visited Jang Bogo Station during 2016/17 season and early 2017/18 season

	지원	연구원	월동대	기타방문	계
항공기(2016.10.25)	4	10	0	4	18
항공기(2016.10.28)	2	11	8	1	22
항공기(2016.11.01)	3	0	0	0	3
항공기(2016.11.08)	3	10	8	1	22
항공기(2016.11.21)	0	6	0	0	6
뉴질랜드항공기 (2016.10.31)	0	6	0	0	6
아라온(2016.11.28)	4	11	0	0	15
아라온(2016.12.16)	0	7	1	0	8
아라온(2017.01.28)	0	12	0	0	12
항공기(2017.10.24)	4	12	0	0	16
항공기(2017.10.27)	2	3	17	0	22
항공기(2017.10.31)	2	16	0	0	18
항공기(2017.11.5)	3	2	0	0	5
합 계	27	106	34	6	173

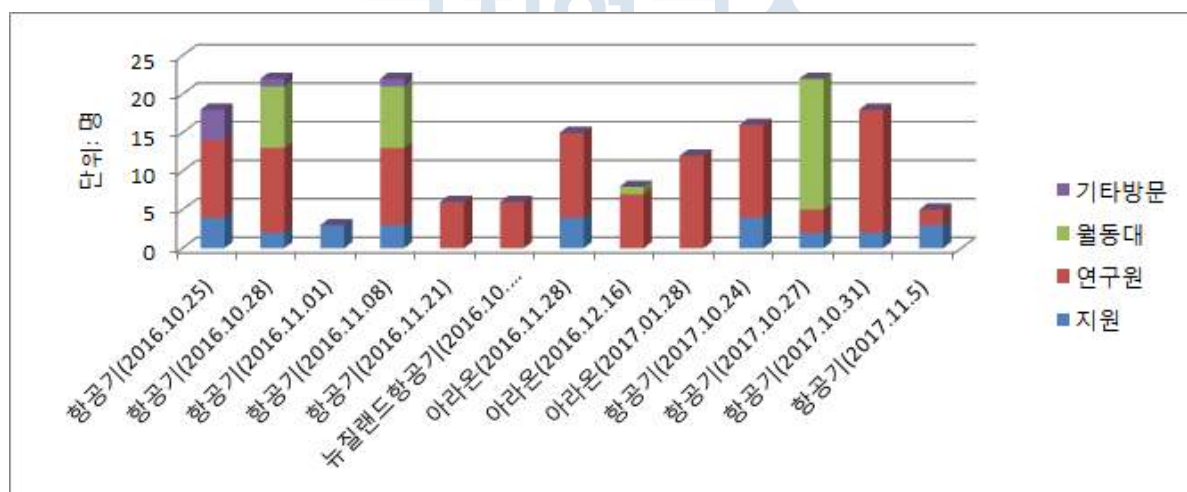


Fig. 2-2. Number of personnel visited Jang Bogo Station during 2016/17 season and early 2017/18 season.

2016/17년 하계기간 및 2017년 월동기간 연구 및 연구지원을 위하여 방문한 지역은 도보 및 설상차 등을 이용하여 갈 수 있는 기지 주변과 헬리콥터를 이용하여 갈

수 있는 거리의 빙하캠프, 화산탐사, 지구물리 연구를 위한 장비 설치 등 다양한 지역이다(Fig. 2-3). 각각의 연구 분야에 따라 연구지역은 기지 인근과 빅토리아랜드 전반에 걸쳐있으며 활동 지역과 목적은 Table 2-2에 정리하였고 활동별 일정, 이동 방법 등 상세한 내용은 4차 월동보고서를 참고하여 부록 1에 수록하였다.

Table. 2-2. Field survey area near JBS and other regions in Victoria Land

지역		활동 목적
1	Browning pass, Browning Mt.	- K-루트 경로 확보, GPR 탐사 - 지형도 작성
2	Campbell glacier	- RES 장비테스트 (빙저호탐)
3	Cape Washington	- 황제펭귄 모니터링, 화산암 채취
4	Cape Hallett	- 아델리펭귄 모니터링 - 유류드럼 회수
5	Cape Phillipi	- 유류드럼 이송
6	Coulman Island	- Mariner depot 유류수송 - 황제펭귄 항공 조사
7	David Glacier	- GPS설치 유지보수, 지진계 유지보수 - GPS유지보수
8	Drygalski Ice tongue	- ApRES 탐사,
9	Elephant Moraine	- 운석탐사 및 테프라 샘플 회수 - 블루아이스 시추
10	Hercules Neve	- AWS 점검 및 정비(빙하탐)
11	Inexpressible Island	- 아델리펭귄 모니터링, 화산암 채취 - AWS 자료 회수
12	Lichen Hills	- 눈시료 샘플링용 연료수송,
13	Mariner	- Fuel depot
14	Morris Basin	- 운석탐사 및 테프라 샘플 회수 - Fuel Depot, 지질캠프, RES 탐사
15	Mt. Melbourne 일대 (ASPA No. 175)	- 화산탐사, 지진계 유지보수 - 가스분출구 눈시료 채취 - 지진계유지 보수 - 화산탐사, GPS 회수
16	Mt Ritman	- 화산암 및 빙설시료 채집
17	Mt. Fazio (Exposure Hill)	- 화석 탐사
18	Nansen Ice shelf	- GPR 탐사, RES 탐사 - 지진계, GPS 등 지구물리 탐사 장비 유지 보수
19	Neal Massif	- 지질캠프 현황 답사
20	Star nunatak	- Fuel depot
21	Styx Glacier	- 빙하캠프
22	Talos Dome	- 눈시료 채취(운석탐)
23	Tarn Flat	- K-루트 탐사, Fuel depot
24	Vegetation Island	- 지구물리 캠프, RES 탐사
25	David glacier 상류 (D1)	- K-루트 탐사지역

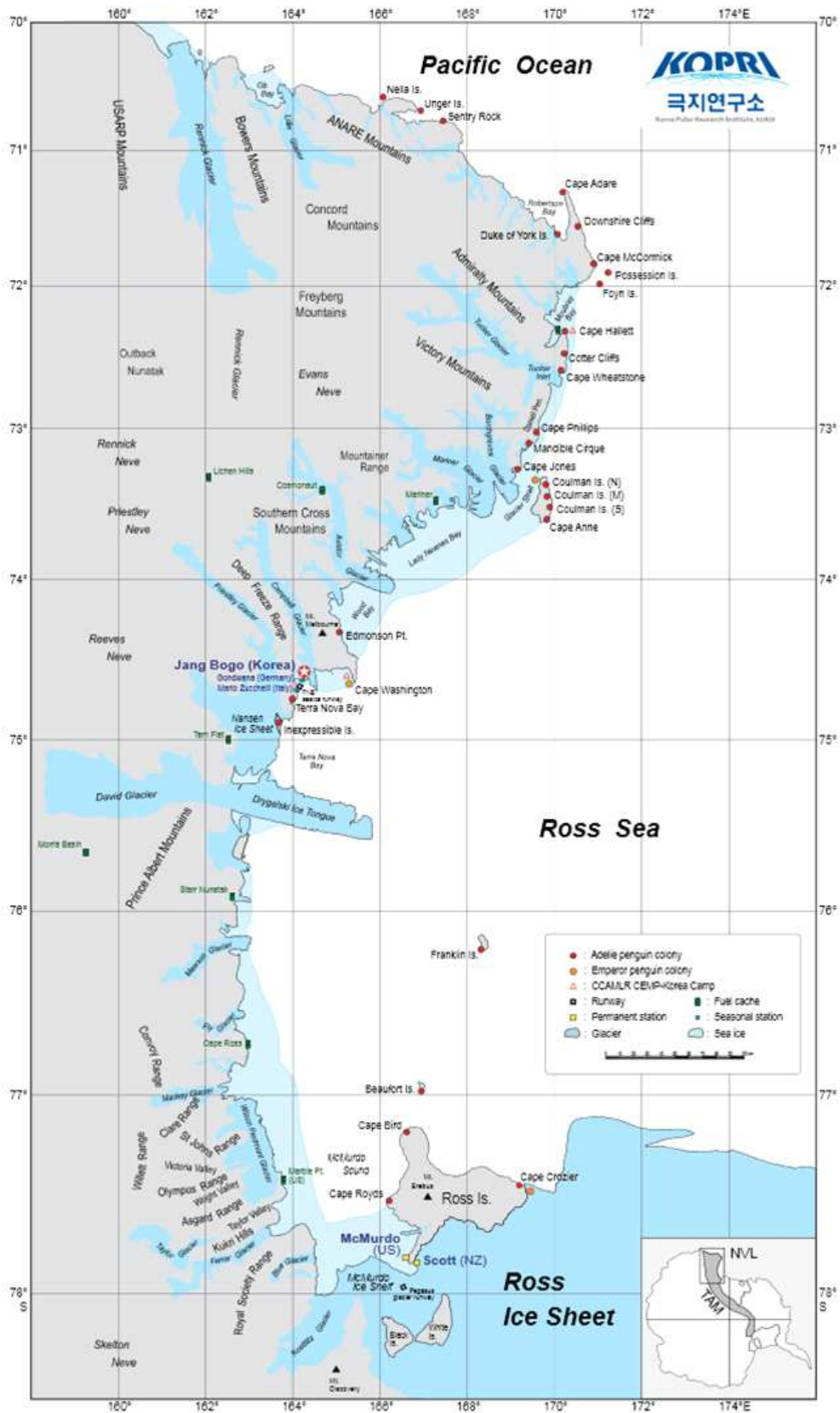


Fig. 2-3. Field survey map of areas near JBS and other regions in Victoria Land

가. 기지주변 도보 조사 지역

기지 주변에는 2014년부터 연중 미소환경 관측을 위해 지중과 지표에 다양한 센서를 설치하여 로거를 통해 연속 자료를 기록하고 매년 현장을 방문하여 자료 백업과 유지 보수가 이뤄진다. Fig. 2-4의 붉은 색 정점은 기지주변의 지표온도, 지표면 광량(PAR), 상대습도와 토양습도를 연중 조사하는 정점을 표시하고 있다. 육상에서의 활동은 주로 센서가 설치된 정점을 포함하여 주변에서 지의류, 이끼, 토양 샘플을 채취하는 활동이 이루어진다. 장보고기지 주변에는 식생이 매우 빈약하게 발달되어있으며 주요 식생을 이루는 지의류의 경우 노출된 암반표면에 주로 착생하거나(*Umblicaria* spp.의 경우) 암반 아래쪽의 다소 그늘진 부분에 착생하여(*Usnea antarctica*) 약간의 주의만 기울인다면 도보에 의한 식생의 손상은 피할 수 있다.

콘드와나기지와 장보고기지 사이의 언덕에는 다수의 남극도독갈매기 둥지가 분포하고 있으며, 남극도독갈매기 번식기간 동안 개체군 모니터링을 위해 연구자 1-2명이 방문 조사하고 있다.

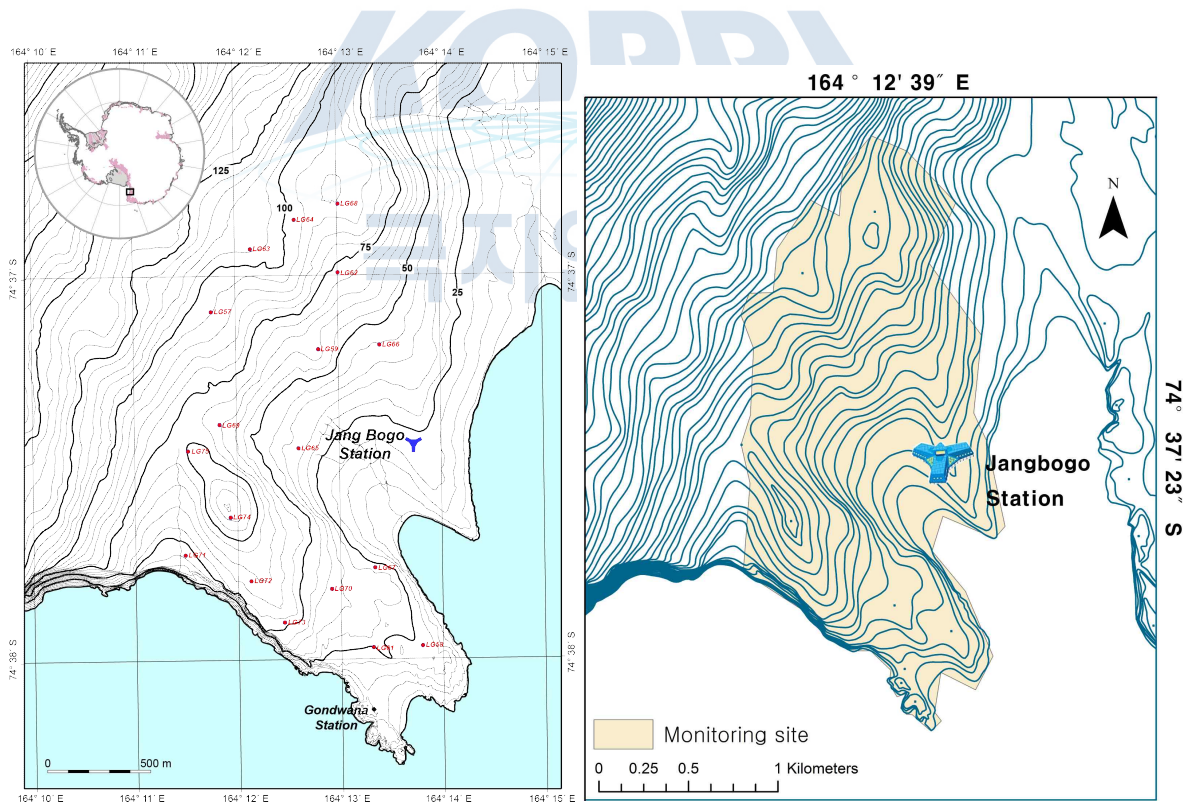


Fig. 2-4. Logger installation sites for monitoring of micro-environmental parameters(red dot) and South Polar Skua survey area.

나. Cape Hallett (ASPA No. 106) 장기캠프설치

장보고기지에서 북동쪽으로 약 320 km에 위치한 남극특별보호구역(ASPA No. 106) Cape Hallett은 아델리펭귄 군서지로서 로스해 해양보호구역에서 계획된 연구과제 (PM17060)의 일환으로 상위포식자인 아델리펭귄의 군서지를 조사하여 MPA 지역내에서의 개체군 동태를 파악할 목적으로 활동이 이루어진다. 이러한 연구활동을 위하여 조사 지역에 기상관측을 위한 AMIGOS와 광역 모니터링 카메라 시스템을 설치 운영하였으며, 연구과제가 진행되는 5년 동안 매년 조사가 이루어질 계획으로 보다 안정적인 장기간의 현장조사를 위해 견고한 조사 캠프를 2017/18 하계시즌에 설치하였다(Fig. 2-5).



Fig. 2-5. Adelie Penguin monitoring camp at Cape Hallett (ASPA No. 106).

항공유는 혹시라도 있을 수 있는 유출에 대비하여 환경영향 최소화하기 위하여 바닥보호시트 등을 설치하여 3중으로 하부를 감싸고 덮개를 씌어 안전성을 확보 하였다 (Fig. 2-6).

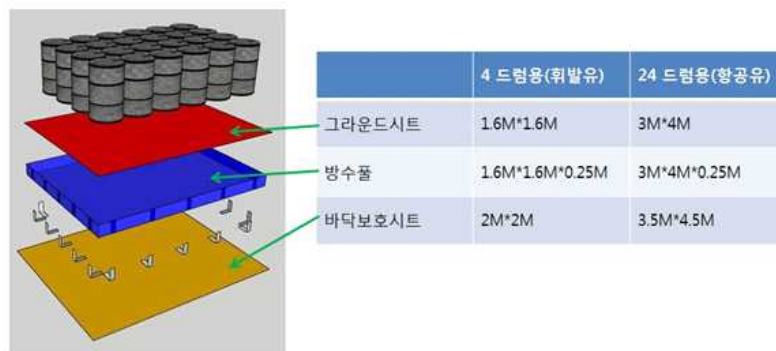


Fig. 2-6. Triple tarpaulin waterproof bund.

재질은 운송, 견고성, 현장에서의 설치 과정을 고려하여 유연성 있고 견고한 재질을 선택하여 제작하였다(Fig. 2-7).



Fig. 2-7. Flexible bund to prevent fuel spill installed during 2017/18 season

장기 조사 캠프의 위치와 설치 규모에 대해서는 ASPA No.106 제안국인 미국 및 뉴질랜드와 협의하여 관리계획서에 지정된 캠프사이트로 결정하였다(Fig. 2-8). 캠프 사이트와 펭귄군서지와의 거리는 약 150~200 m 이격되어 있으며, 미국이 설치한 자동기상관측장비(AWS)와는 약 20 m 거리를 두어 기상 관측에 대한 간섭을 피하였다.

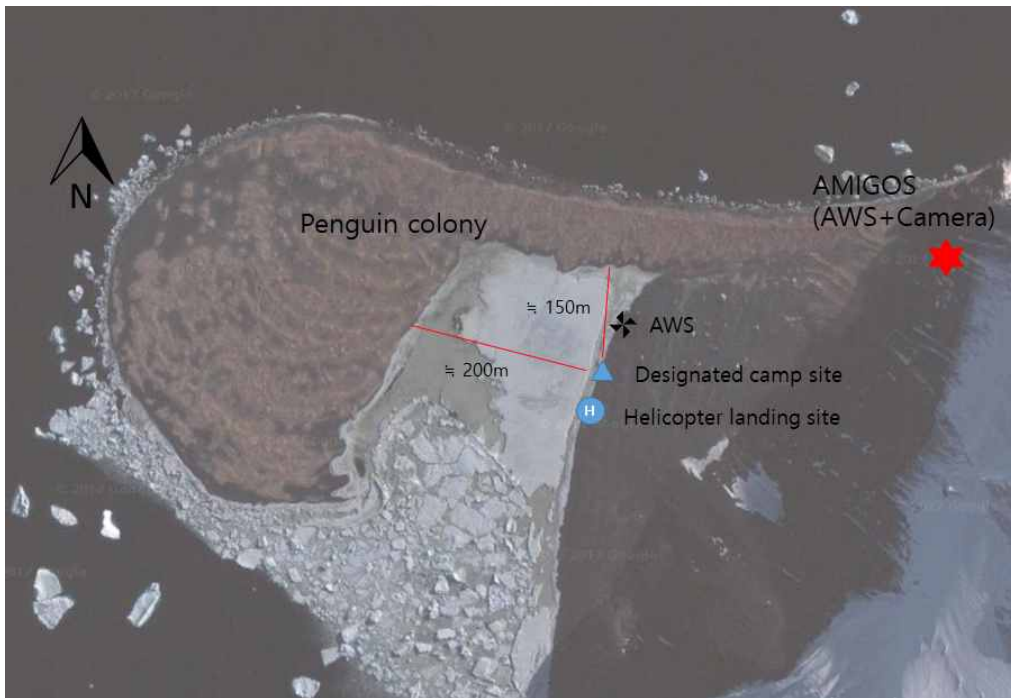


Fig. 2-8. Designated camp site and distance penguin colony at Cape Hallett.

다. K-루트 탐사 지역 현황

극지연구소 주요과제의 일환으로 빙저호시추 후보지 탐사를 포함한 빙상에서의 연

구활동을 위해 장보고기지에서부터 동남극 빙원의 연구 후보지역까지 안전한 K-루트를 개발하고자 2015/16시즌부터 2017/18 시즌까지 현장 활동을 수행하였다(Fig. 2-9) 2017/18 시즌의 루트 개발과 운송에는 안전요원과 중장비 대원을 포함하여 8명의 인원이 참여하며 설상차 2대와 보급품 선적용 썰매 등이 사용되었으며, 장보고기지에서부터 300 km 지점의 빙저호시추 후보지까지 루트를 개척하였다(Fig. 2-10, PE18110).

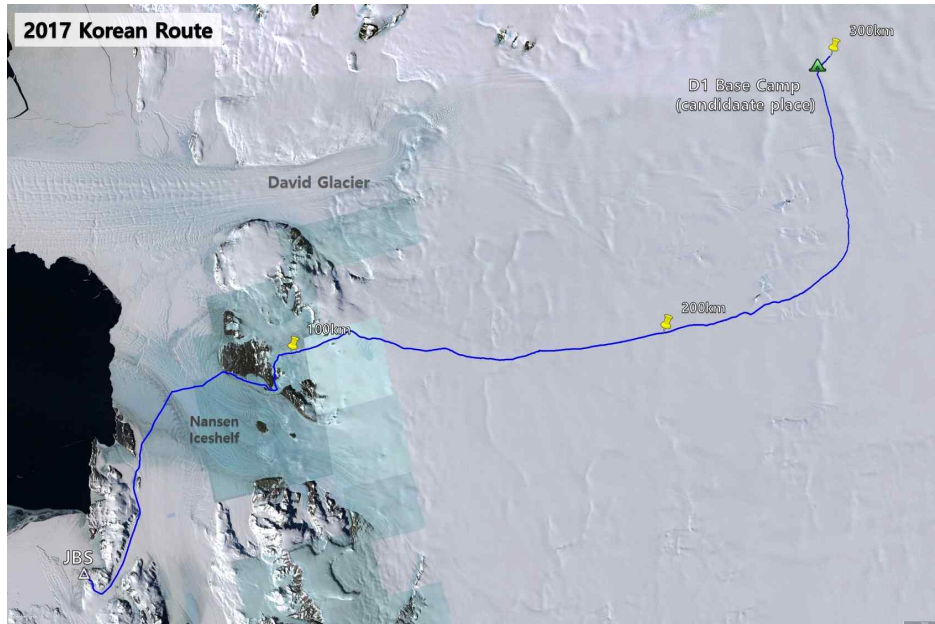


Fig. 2-9. Traverse route on google map image. JBS: Jang Bogo Station, D1: candidate drilling place.



Fig. 2-10. Traverse fleet and camp on plato during 2017/18 season.

라. 항공유 데포 현황

장보고기지에서 상대적으로 먼 거리에 있는 지역에서의 연구활동을 지원하기 위하여 항공유 저장구역을 설치하였다. 매년 사용한 빈 드럼의 회수와 채보급이 이루어진

다(Table 2-3, Fig. 2-11).

Table 2-3. Locations of depots and aviation fuel supply status in 2017/18

Area	coordinate	supply no. (200 L drum)	stock no.	recovery no.
Cape Ross	S 76°44.277 ' /E 162°56.664 '	6	22	2
Cape Hallett	S 72°26.2438 ' /E 169°57.0480 '	48	45	0
Cosmonaut	S 73°24.630 ' /E 164°41.350 '	0	6	2
Helliwell	-	0	6	0
Lichen Hills	S 73°19.133 ' /E 162°04.763 '	0	9	2
Mariners	S 73°29.79 ' /E 167°01.63 '	13	21	10
Morris Basin	S 75°38.213 ' /E 159°04.049 '	12	36	12
Starr Nunatak	S 75°53.951 ' /E 162°35.131 '	12	20	8
Tarn Flat	S 75°00.620 ' /E 162°38.030 '	0	6	1
Allan Hills Camp	S 76°42.109 ' /E 159°32.100 '	0	0	0
Mesa Range	-	6	6	0
Total drum No.		97	177	37



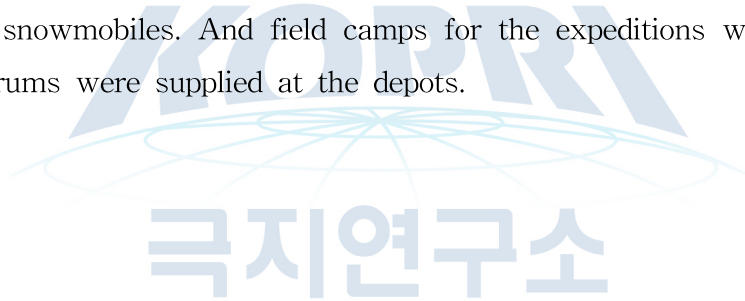
Fig. 2-11. Depots in Northern Victoria Land

Footprint

4th over-wintering team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : During 2016/17 season and early 2017/18 season, 175 personnel entered into Jang Bogo Station via R/V icebreaker *Araon* and aircraft. The seasonal research personnel for austral summer season became 124. For the research activities and supporting them, 25 locations were visited to geological survey, geophysical survey, volcanic research, traverse for K-route and so on by foot, helicopter and snowmobiles. And field camps for the expeditions were operated and aviation fuel drums were supplied at the depots.



제 2 절

방류 수질 및 연안 해수질 모니터링

4차 월동대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 장보고기지에서 발생된 오수는 처리시설을 통해 중수로 생산되어 약 18톤은 중수 탱크에 저장되고 나머지는 바다로 방류된다. 2017년에 측정한 방류수 수질의 매개 변수는 부유물질 농도를 제외하고 전반적으로 CEE에서 제안한 기준 값보다 높게 나타나 개선이 필요하다. 2016/17 시즌의 연안해수질조사는 2014/15년 하계 시즌에 선정된 배수구 인근 3개 방향으로 거리별 25 정점 중 해황에 따라 접근이 가능한 17개 정점에서 휴대용 CTD를 이용하여 수온, 용존산소, 염분도 측정하였다.

1. 방류수 모니터링

가. 오수처리 설비 특성

장보고과학기지의 오수처리 설비는 “SBR + MBR + 오존 + 활성탄” 방식을 택하여 설계 및 시공되었다. SBR(Sequencing Batch Reactor)은 연속회분식반응기로서 유입, 폭기, 침전, 방류, 대기 공정으로 원수를 처리하는 수조이다(Fig. 2-12).

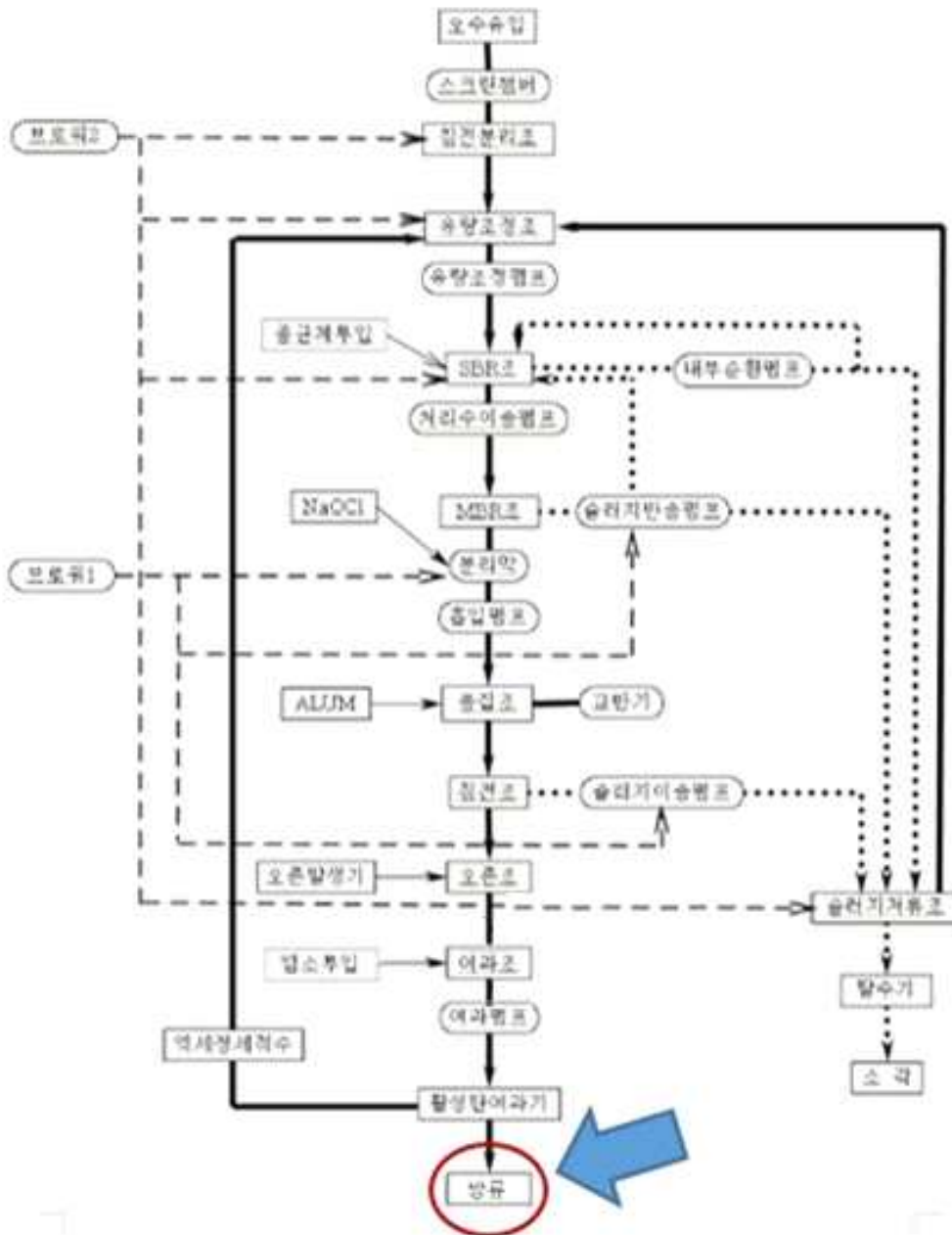


Fig. 2-12. Waste water treatment process in Jang Bogo Station.

MBR(Membrane Bio-Reactor)조는 용존산소의 농도를 2.0~3.0 mg/l 로 유지하여 유입된 오수 중의 유기물이 미생물에 의해 흡착, 산화 분해될 수 있는 환경을 조성한다. 오수 중의 유기물이 분해된 후 저압의 펌프에 의해 0.4 μm의 기공을 가진 침지형 분리막으로 흡입 여과되어 미생물과 처리수가 고액 분리된다. 본 과정을 통해 청정한 처리수가 생산된다. 오존조는 오존을 투입하여 탈색, 탈취 및 살균 소독을 위한 설비이다. 활성탄 여과기는 처리수의 미세 SS(suspended solid)를 흡착하기 위한 설비이다.

장보고기지의 방류수 수질 기준은 기지건설시 수행한 포괄적 환경영향평가서에 제시한 바와 같이 Table 2-4와 같다. 4차 월동기간 동안 여과조를 제외한 중수 및 방류수의 수질을 주 1회 측정하였다.

Table 2-4. Wastewater quality suggested in CEE referring Discharged Water Quality Standard of Korea

<공공하수처리시설의 방류수수질기준> [개정 2010. 2. 26]

구분		생물학적 산소 요구량 (BOD) (mg/l)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/l)	부유물질 (SS) (mg/l)	총질소 (T-N) (mg/l)	총인 (T-P) (mg/l)	총 대장균 군수 (개/ml)
1 일 하수 처리 용량	I 지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.2 이하	1,000 이하
	II 지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.3 이하	3,000 이하
	III 지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	0.5 이하	
	IV 지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하	
	500m ³ 미만	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하	
	50m ³ 이상	10 이하	40 이하	10 이하	40 이하	4 이하	

나. 대장균 모니터링 결과

2017년 월동기간 동안에는 2월과 3월초, 6월부터 8월초의 측정시기에 기준치인 1,000을 초과하였다(Fig. 2-13). 2차대와 3차대의 경험에 따르면 총대장균 군수의 값이 높아질 경우 분리막의 세척이나 교환을 통해 방류수의 수질을 개선할 수 있었으며, 4차 월동기간의 경우에도 8월에 분리막의 세척을 통해 개선할 수 있었다. 그러나 5차 월동대가 사용할 대장균 검출 키트가 보급과정의 문제로 기지에 도착하지 못하여 2017년 11월부터 2018년 후반기까지 측정이 불가하다.

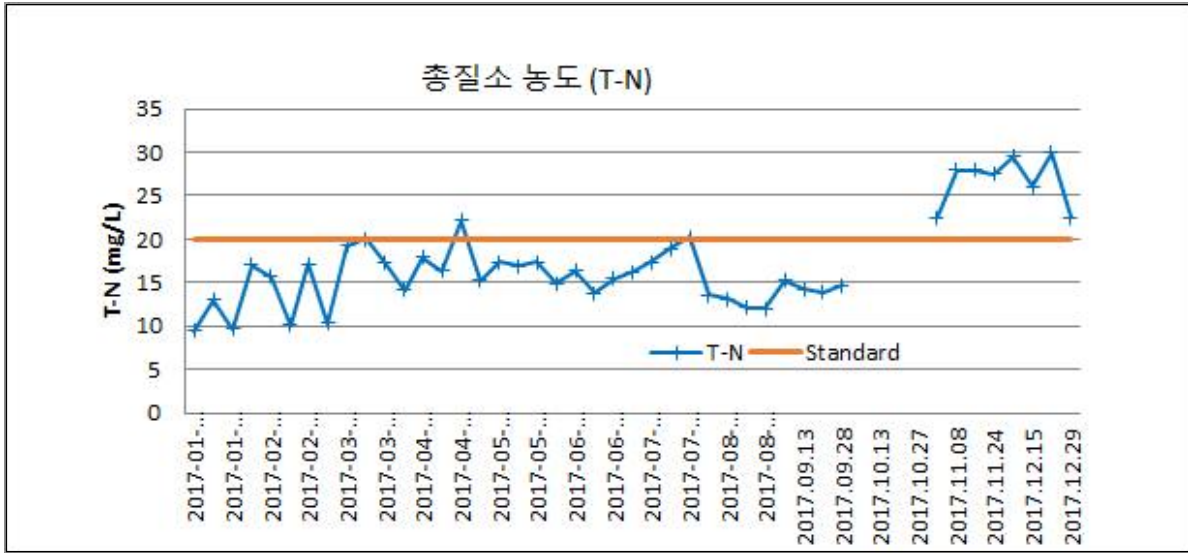


Fig. 2-14. The result of T-N concentration detecting test at the samples from discharged water.

라. Total Phosphorus (TP) 모니터링 결과

4차 월동기간 동안 방류수에서 총인의 농도의 증감은 있었으나 지속적으로 기준치를 크게 웃도는 경향이 관측 되었다. 이러한 현상은 2014년 관측 이후 지속적인 개선 노력에도 불구하고 해결하지 못하고 있는 문제점이다.

2017년에 측정된 방류수의 총인의 최소 농도는 2.2 mg/l (2017년 4월 21일)로 나타났고 가장 높은 농도는 4차 월동이 끝나가는 무렵인 9월에 15.2 mg/l로 관측되었으며, 9월의 값은 모두 13 mg/l 이상으로 관측되었다(Fig. 2-15).

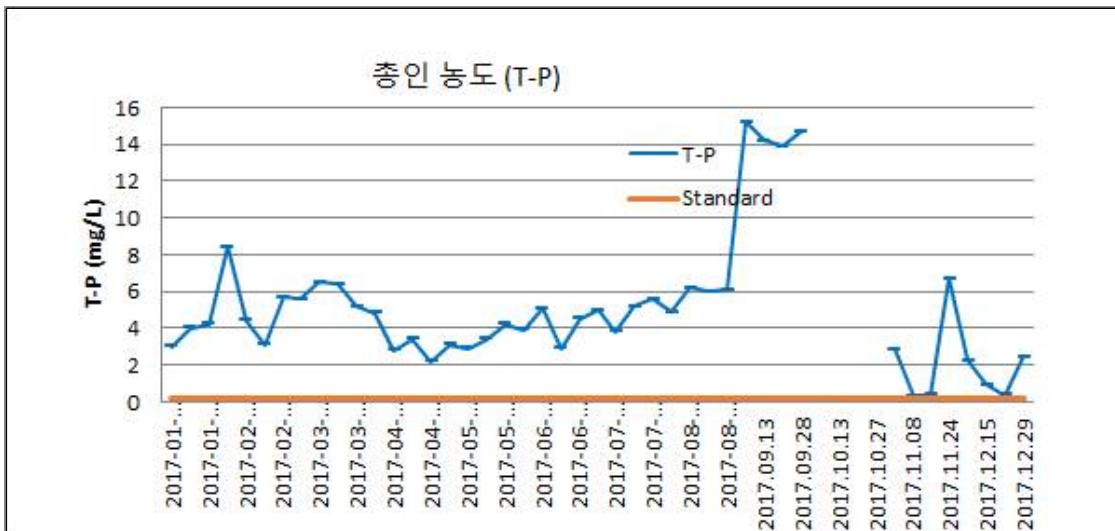


Fig. 2-15. The result of T-P concentration detecting test at the samples from discharged water.

오수처리시설에서 총인을 제거하기 위해서는 알루미늄이 함유된 ‘Alum’이라는 화학 물질을 투입하여 알루미늄과 인이 반응한 후 침강시키는 방법을 사용하고 있으나, 알룸을 과량 넣을 경우 pH 등에 영향을 미칠 수 있고 월동기간 동안 공급량에도 한계가 있어 월동막바지에 농도가 상승한 것으로 보인다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 5차 월동기간에는 알룸보다 효율이 높은 PAC (Polyaluminum Chloride)를 보급하여 총인의 제거 효율을 높이하고자 하였다. 2017년 11월부터 시작된 5차 월동대의 측정결과를 보면 기준치인 0.2 mg/ℓ에 근접하는 0.3 mg/ℓ(2017년 11월 8일)과 0.37 mg/ℓ로 낮은 측정값을 보였으나 다른 측정기간에는 최대 6.7 mg/ℓ(2017년 11월 24일)까지 높게 나타났다.

마. SS (Suspended solids) 농도 모니터링 결과

방류수 부유물질 농도는 전 측정기간 동안 기준 농도인 10 mg/ℓ를 밑도는 수질을 보였다. 부유물질 농도는 분리막의 세척여부에 따라 변동이 크며, 주기적인 분리막 관리를 통해 부유물질 농도를 낮은 값으로 유지할 수 있다.

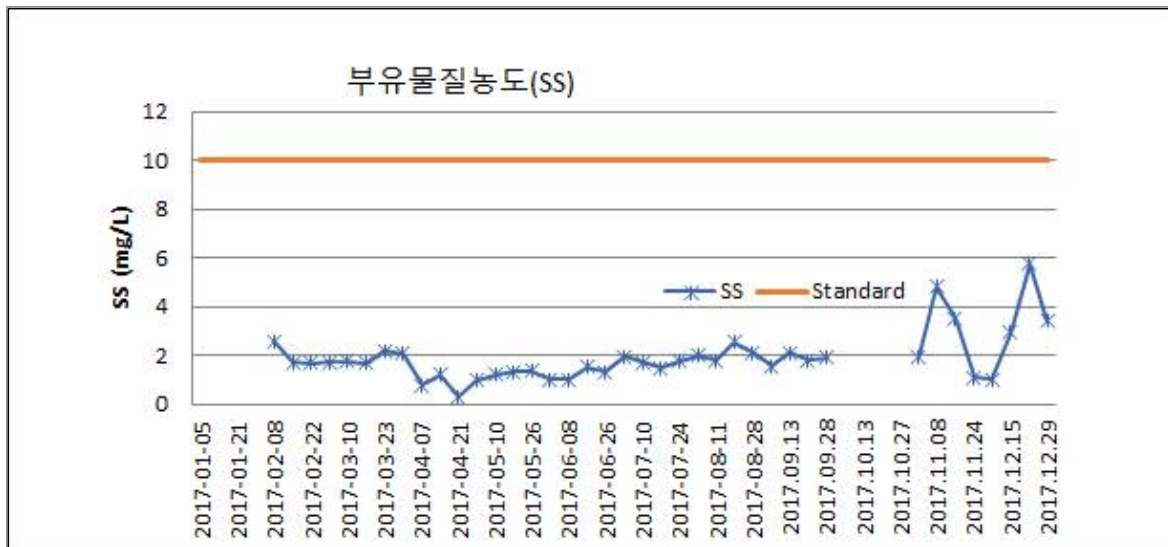


Fig. 2-16. The result of SS concentration detecting test at the samples from discharged water.

바. BOD와 COD 농도 모니터링 결과

4차 월동기간 동안 생물학적 산소요구량(BOD)과 화학적 산소요구량(COD) 측정 장비의 문제로 주기적인 측정에 어려움이 있어 그림 2-17과 같이 대부분 기간에 측정값을 얻을 수 없었다. BOD 측정 장비는 건설사에서 실시간 자동 측정 장비를 설치하였으며 미생물연료전지의 유지관리, 소모품 교체 등이 제대로 이루어

지지 못해 측정에 어려움이 있었다. 5차 월동기간 중 보급된 보완 장비를 통해 측정이 이루어질 예정이다.

한편 2014년에 보급된 광학센서를 적용한 COD 측정 장비는 고장으로 4차 월동기간 동안 관측이 어려웠으며, 2017년 초반의 측정값은 기계 고장으로 인해 정확하지 않은 것으로 판단된다. 2017년말 5차 월동대부터는 기계적 장비가 아닌 COD 키트를 보급하였으며 그림 2-17의 아래 그림에서 보여주는 2017년 12월의 측정값은 키트를 활용한 것이다. 측정값은 기준치 20 mg/ℓ를 크게 웃돌고 있어 수질개선을 위한 노력이 필요하다.

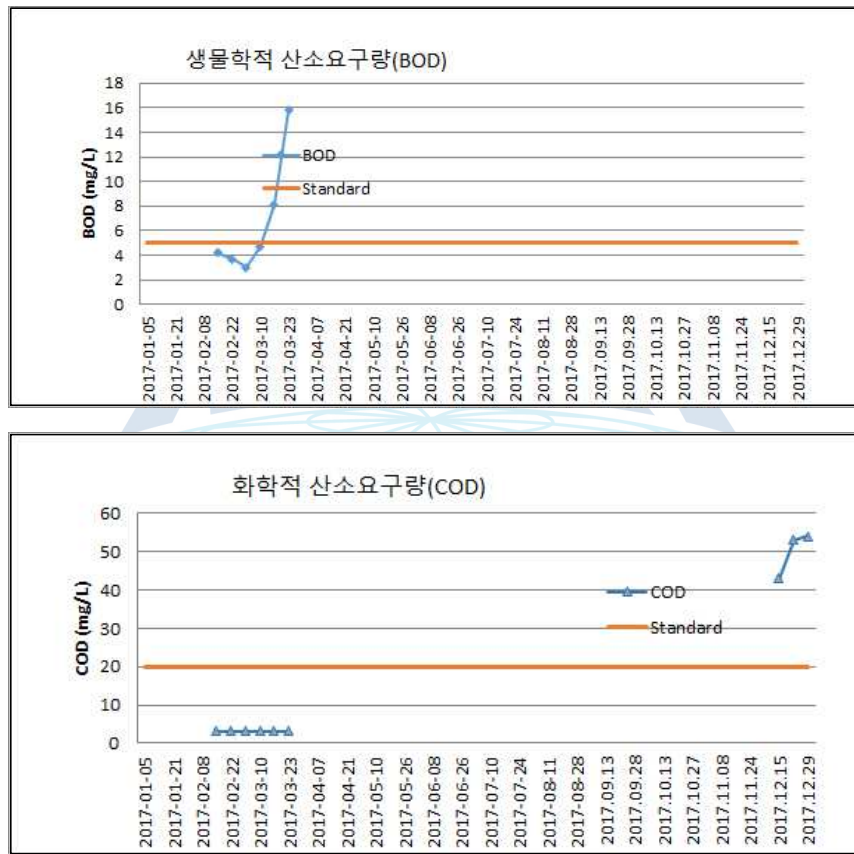


Fig. 2-17. The result of BOD and COD detecting test at the samples from discharged water.

사. 결론

방류수의 수질을 기준치 이하로 유지하기 위해서는 분리막의 주기적 세척 및 교체, 활성탄 여과설비의 관리 및 교체, 인 제거를 위한 주기적 약품 처리 등이 필요할 것으로 보인다. 또한 월동대 인수인계 기간 동안에 오수처리 시설의 유지관리와 방류수 수질 측

정이 누락되지 않도록 주의하 필요하다. 2017년 월동기간 동안 부유물질 농도를 제외한 대부분의 수질 검사 항목에서 기준치를 웃돌고 있으므로 오수처리 시설의 전 공정을 검토해 볼 필요가 있으며, 처리 시설의 보급과 월동대 교육을 담당하고 있는 업체의 전문가와 결과를 가지고 논의할 필요가 있을 것으로 판단된다. 특히 최근에 측정된 COD의 경우 높은 값을 보여주고 있으므로 기지에서 세제 사용 자제를 위한 안내가 필요하다.

2. 연안 해수질

가. 조사 지역

기지 주변 해양 기초 조사를 위한 지역으로는 장보고 과학기지에서 배출 되는 방류수가 해양으로 유입되는 배수구를 중심으로 방사형 방향이며, 제 2차, 3차 월동연구대의 자료를 토대로 그림 2-18 및 2-19과 같이 선정하였다. 해당 정점의 위도는 표 2-5와 같다. 총 25개의 정점 중 St 1, 2, 7, 8, 19, 20은 수심이 5m가 채 나오지 않아 CTD 장비가 손상을 입을 위험이 있어 관측 정점에서 제외하였으며 가장 먼 거리에 있는 St 18은 주변 빙벽의 붕괴 위험이 있어 안전상의 이유로 제외되었고, St 9 또한 유빙으로 인해 조디악 조사가 어려워 제외되었다. 따라서 데이터를 확보한 지점은 St 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 25 이다. 조사가 이루어진 모든 정점에서 surface water와 10m 깊이의 해수를 채수하였다. 각 정점에서 CTD를 이용해 수온, 염분 등의 해수의 물리적 특성을 파악하였다. 수온의 경우 모든 수층에서 영하로 관측되었다.

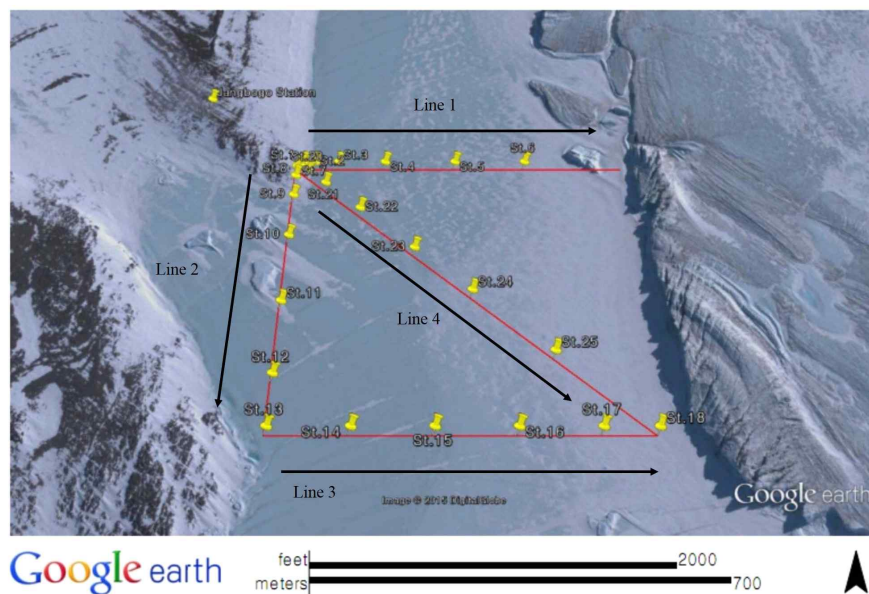


Fig. 2-18. CTD stations near shore of Jang Bogo Station.

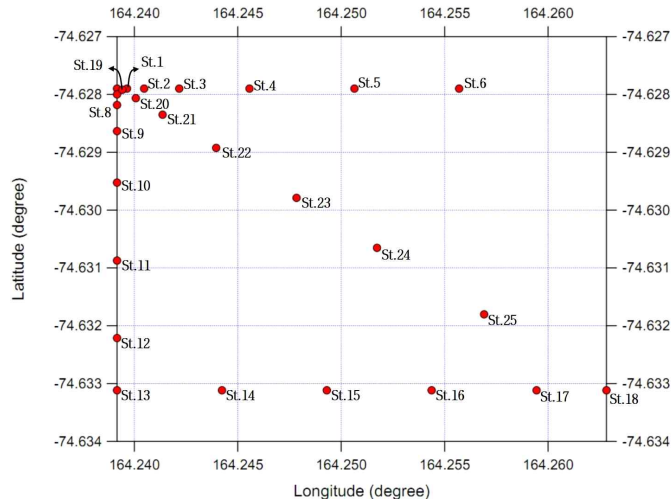


Fig. 2-19. GPS coordinates of CTD stations.

Table 2-5. Coordinates of survey stations near shore of Jang Bogo Station

정점	위도(d)	경도(d)	위도(dms)	경도(dms)
st.1	-74.627861	164.23965	S74° 37' 40.3"	E164° 14' 22.74"
st.2	-74.627861	164.24048	S74° 37' 40.3"	E164° 14' 25.71"
st.3	-74.627861	164.24218	S74° 37' 40.3"	E164° 14' 31.83"
st.4	-74.627861	164.24557	S74° 37' 40.3"	E164° 14' 44.04"
st.5	-74.627861	164.25064	S74° 37' 40.3"	E164° 15' 2.32"
st.6	-74.627861	164.25571	S74° 37' 40.3"	E164° 15' 20.54"
st.7	-74.627961	164.23917	S74° 37' 40.66"	E164° 14' 21"
st.8	-74.628183	164.23917	S74° 37' 40.46"	E164° 14' 21"
st.9	-74.628633	164.23917	S74° 37' 40.08"	E164° 14' 21"
st.10	-74.629525	164.23917	S74° 37' 40.29"	E164° 14' 21"
st.11	-74.630872	164.23917	S74° 37' 51.14"	E164° 14' 21"
st.12	-74.632214	164.23917	S74° 37' 55.97"	E164° 14' 21"
st.13	-74.633117	164.23917	S74° 37' 59.22"	E164° 14' 21"
st.14	-74.633117	164.24424	S74° 37' 59.22"	E164° 14' 39.26"
st.15	-74.633117	164.24931	S74° 37' 59.22"	E164° 14' 57.5"
st.16	-74.633117	164.25438	S74° 37' 59.22"	E164° 15' 15.75"
st.17	-74.633117	164.25945	S74° 37' 59.22"	E164° 15' 34.01"
st.18	-74.633117	164.26283	S74° 37' 59.22"	E164° 15' 46.17"
st.19	-74.627919	164.23943	S74° 37' 40.51"	E164° 14' 21.93"
st.20	-74.628064	164.24008	S74° 37' 41.03"	E164° 14' 24.27"
st.21	-74.62835	164.24137	S74° 37' 42.06"	E164° 14' 28.93"
st.22	-74.628925	164.24396	S74° 37' 44.13"	E164° 14' 38.26"
st.23	-74.629789	164.24784	S74° 37' 47.24"	E164° 14' 52.24"
st.24	-74.630653	164.25173	S74° 37' 50.35"	E164° 15' 6.24"
st.25	-74.631803	164.25691	S74° 37' 54.49"	E164° 15' 24.88"

나 . 조사 방법

조사한 모든 정점에서 Niskin water sampler를 이용해 수층의 해수 표본을 샘플링 하였다. 샘플링한 해수는 실험실로 옮겨와 GF/F filter paper(Whatman, normal 0.7 μ m pore size)에 여과하여 총 엽록소 a(total chl-a) 농도를 측정하였다. 또한 각 정점의 표층에서 샘플링 한 해수를 지름이 47mm이고 pore size가 20 μ m인 membrane filter에 1차로 여과한 후 지름이 47mm이고 pore size가 2 μ m membrane filter에 다시 여과하고 마지막으로 지름이 47mm인 GF/F filter paper에 여과하여 크기별 엽록소 a(Size-fractionated chl-a)를 측정하였다.

다. 결과

기지 연안의 물리적 특성을 파악하기 위해 2017년 1월 19일 TNB(Terra Nova Bay) 해역에서 조사를 실시하였다. 최대 측정 수심은 55m(St.12)이고, 최소 측정 수심은 6.5m(St.22)이다.

관측 기간 중 평균 수온은 0.88 $^{\circ}$ C 이며 수온의 범위는 최대 1.43 $^{\circ}$ C, 최소 -1.61 $^{\circ}$ C로 관측되었다. 염분의 경우 평균적으로 34.05 PSU 로 관측되었으며 대부분의 정점에서 수심이 깊어질수록 염분이 증가하는 패턴을 보였다. 최대 측정값은 34.55 PSU, 최소 측정값은 33.34 PSU로 관측되었다. 정점에 따른 깊이별 CTD자료는 부록 2에 그래프로 나타내었다.

극지연구소

Discharged water and sea water qualities near Jang Bogo Station

4th Over-wintering Team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : The wastewater has been treated with sewage treatment facility, 18 tons of gray water are stored in gray water tanks and the rest of treated water is discharged to coast near the dock. During over-wintering period of 2017, the discharged water quality was monitored with measuring the parameters. Except SS concentration, the measured values of parameters exceeded the standard limit in CEE. There is required improvement of discharged water quality from the station. To monitor the coastal seawater quality, during 2016/17 season, 17 survey stations among 25 stations established in three direction from discharged point with the distance during 2014/15 summer season due to seaice condition. The parameters such as seawater temperature, DO, salinity were measured with CTD.

제 3 장

장보고과학기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링

제 1 절

2017/18년 남극 장보고기지주변에 서식하는 남극도독갈매기의 번식현황 모니터링

김정훈¹, 이지용², 정진우¹

한국해양과학기술원 부설 극지연구소¹
전남대학교 생물과학생명기술학과²

요 약 : 2017/18년 남극의 하계기간에 장보고과학기지 주변에 서식하는 남극도독갈매기의 둥지분포, 한배산란수, 부화성공률을 조사하였다. 2017/18년에는 총 81쌍의 남극도독갈매기가 번식하였으며 둥지밀도는 25.3둥지/km²이었다. 한배한수는 1.73 ± 0.45개였으며, 알의 부피는 0.84 ± 0.06 cm³였고, 부화성공률은 92.14%였다. 장기 모니터링을 위해 번식중인 성체 29개체를 포획하여 외형 및 체중을 측정하고 개체인식 가락지를 부착하여 방사하였다. 성체의 평균 체중은 1274.5 ± 97.87g 이었으며, 머리, 날개 및 부척 길이는 각각 109.23 ± 2.44 (mm), 40.77 ± 0.79 (cm), 64.98 ± 2.38 (mm)로 나타났다.

1. 서론

장보고과학기지 운영과 주변 연구활동으로 인한 인간활동의 증가는 집단으로 번식하는 토착조류의 번식수행에 교란요인으로 작용할 수 있다. 이러한 영향을 최소화 하고자 환경보호에 관한 남극조약의정서 제2부속서에는 유해한 간섭으로부터 남극 토착조류를 포함한 남극동식물군의 보존을 명시하고 있다. 남극조약의정서는 ‘남극지역에서 본래 서식하거나 자연적 이주를 통해 도입된 조강(鳥綱, Class Avee)에 속하는 모든 생물’을 남극토착조류로 정의하고 있으며, 장보고기지 일대에서 번식하는 토착조류는 남극도독갈매기(*Stercorarius maccormicki*) 1종인 것으로 알려져 있다.

일반적으로 해양조류(鳥類)의 번식성공은 먹이풍부도, 번식개체의 숙련도, 번식지의 질적 차이(Giese 1996) 뿐 아니라 인간의 활동에 의한 교란에 의해 영향을 받는다(Hunt 1972, Ellison & Cleary 1978, Ollason & Dunnet 1980, Cairns 1980, Brubeck *et al.* 1981, Fetterolf 1983, Piatt *et al.* 1990). 또한 인간의 잦은 서식지 접근은 휴식지에서 쉬고 있는 조류들을 교란시키기도 한다(Smith & Renken 1993). 해양조류들 중 수명이 긴 종들은 먹이풍부도, 서식지의 환경, 포식압 변화 등의 자연적인 현상에 대하여 오랜 기간 동안 다양한 생활사 전략으로 적응하며 극복해 왔지만, 이들이 예측하기 어렵고 급작스럽게 발생하는 인간에 의한 교란에는 효율적으로 대응하지 못하고 있다. 전반적으로 남극을 방문하는 사람의 숫자는 증가하고 있으며, 남극을 방문하는 이유도 과학연구 뿐 만 아니라 여가활동이나 여행목적 등 다양해지고 있다(Enzenbacher 1993). 따라서 인간 활동의 증가가 남극 환경에 미치는 잠재적인 영향에 대한 관심이 증가하고 있다(Muller-Schwarze 1984). 장보고과학기지 또한 준공 이후 매년 연구활동을 위한 과학자들의 방문이 증가하고 있다. 이러한 인간의 활동 증가는 남극에서 번식하는 해양조류에 대한 교란 증가를 야기할 것으로 예상된다.

남극도독갈매기는 남극생태계의 최상위포식자 중 중 하나이며 펭귄의 알과 새끼, 어류 및 크릴을 주식으로 살아간다(Ecklund 1961; Young 1963; Müller-Schwarze & Müller-Schwarze 1973; Trillmich 1978; Hull *et al.* 1994; Norman *et al.* 1994). 또한 번식지 인근에 펭귄집단서식지가 위치하고 있으면 이들의 알이나 새끼를 먹이원으로 이용하기도 한다. 따라서 환경변화에 의한 번식지 인근 해역의 생태계변화는 이들의 가용 먹이원에 영향을 미쳐 개체수 변동 및 번식성공률에 영향을 미치는 자연적인 요인으로 작용한다. 하지만 인간의 활동이 빈번한 남극과학기지 주변에서 번식하는 개체들은 자연적인 요인 뿐 아니라 인위적인 요인의 영향도 함께 받는다(Hemmings 1990; Wang & Norman 1995, 1996). 특히 기지 건물이나 인간의 이동로에서 서식하는 개체들은 번식기간 내내 인간의 조우에 대한 스트레스를 감당해야 할 것이다(Smith & Renken

1993). 따라서 장기모니터링 수행을 통해 이들의 등지분포와 생태적 특성을 파악하고 이를 토대로 장보고기지 운영으로 발생할 수 있는 인위적인 교란요인을 저감할 수 있는 대책을 마련할 필요가 있다. 본 조사에서는 장보고기지의 건설 및 증가되는 인간활동이 남극도둑갈매기의 분포 및 번식생태에 미치는 영향을 장기적으로 모니터링 하고자 한다.

2. 방법

가. 조사 지역

남극도둑갈매기 번식지의 중장기 모니터링 수행을 위해 장보고기지 주변 인간 활동의 영향을 받을 수 있는 공간을 조사지역으로 선정하였다. 조사지역은 빙원을 경계로 장보고기지 주변과 연구자 및 월동대원이 도보로 이동할 수 있는 범위로 설정되었다 (Fig. 3-1). 조사지역의 거리는 남북으로 약 3.3km, 동서로 약 1.5km이며 면적은 약 3.2 km²이다.

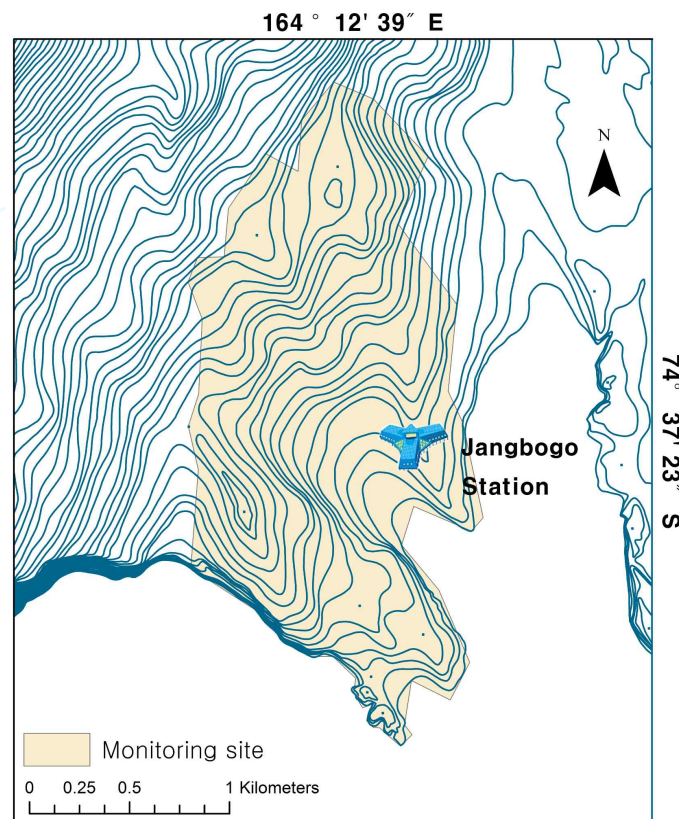


Fig. 3-1. Monitoring site of the South polar skua population in the neighborhood of Jang Bogo Station, Antarctica.

나. 조사 방법

(1) 둥지분포 및 번식성공률

본 조사는 2017년 11월 29일부터 2018년 2월 28일까지 남극도독갈매기의 번식시기 동안 수행되었다. 남극도독갈매기의 둥지 수 및 분포를 파악하기 위해 조사지 전 지역을 방문 조사하였으며, 발견된 둥지의 GPS좌표를 기록하였다. 현장조사는 블리자드 등으로 인해 조사가 불가능한 날을 제외하고 3~4일에 한번 씩 수행되었다. 모든 조사는 하나 이상의 알이 관찰된 둥지에서 수행되었으며, 주변에 포식 흔적(알껍질, 사체 등)이 남아있는 둥지도 포함시켰다. 현장에서의 신속한 둥지 파악을 위해 모든 둥지인근에 고유 번호가 부여된 표지를 설치하였다.

- 둥지수(No. of nests) : 조사기간 동안 발견된 하나 이상의 알이 포함된 둥지의 수
- 한배산란수(Clutch size) : 각각의 둥지에서 확인된 최대 알의 수
- 부화성공률(Hatching success) : 부화된 알의 수 / 한배산란수

(2) 알 크기 및 형태

캘리퍼스(ECOTON, 150 mm, 단위 0.1mm)를 사용하여 2017년 11월 29일부터 2018년 2월 28일까지 관찰된 모든 알의 길이(Length), 폭(Breadth)을 측정하였으며 이를 토대로 부피($0.0048 \times \text{알의 길이} \times \text{알의 폭}^2$) 및 알형태지수(Shape index = $\frac{\text{알의 폭}}{\text{알의 길이}} \times 100$)를 산출하였다.

(3) 성체 모니터링

번식개체의 장기 모니터링 수행을 위해 둥지 위치 파악과 함께 각 개체를 포획하여 외형 및 체중을 측정하고 고유번호가 표기된 금속가락지 및 플라스틱가락지를 부착 후 방사하였다(Appendix 1). 성체의 측정 부위 및 방법은 다음과 같다.

- Head bill length(Head) : 두개골부터 부리 끝까지의 길이
- Wing length(Wing) : 날개의 가장 앞쪽 부분인 익각에서 가장 긴 날개깃 끝까지의 길이
- Tarsus length(Tarsus) : 발가락을 90°로 구부러지는 지점부터 부척골이 만나는 발목 뒷부분까지의 길이
- Body mass : 용수철저울(Pesola, 2500g)을 보정한 후, 몸무게를 측정

3. 결과

가. 둥지분포 및 부화성공률

장보고기지 일대에서 3년째 관측한 결과 2015/16년 번식하였던 남극도독갈매기는 64쌍 이었으나 2016/17년 조사시에는 81쌍의 남극도독갈매기가 번식하였으며, 2017/18년 조사시에도 81쌍이 번식하였다(Fig 3-2~3-4). 둥지밀도는 각각 20둥지/km², 25.31둥지/km², 25.3둥지/km² 이었다. 대부분의 둥지는 콘드와나기지에서 북쪽으로 반경 0.8km 이내에 집중 분포하는 것으로 나타났다 (70쌍, 86.4%). 남극도독갈매기의 한배산란수는 1.73 ± 0.45 였으며, 부화성공률은 92.14%로 비교적 높았다(Table 3-1).

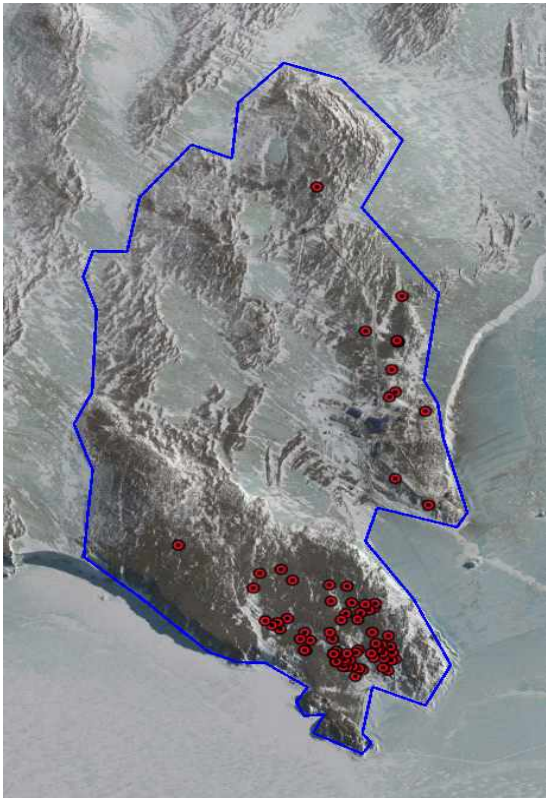


Fig. 3-2. Study area and South polar skuas nest site in 2015/16.

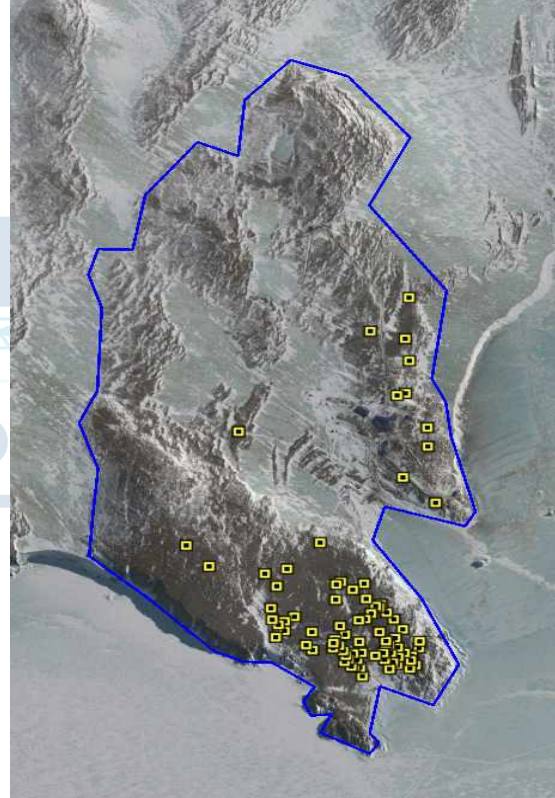


Fig. 3-3. Study area and South polar skuas nest site in 2016/17.

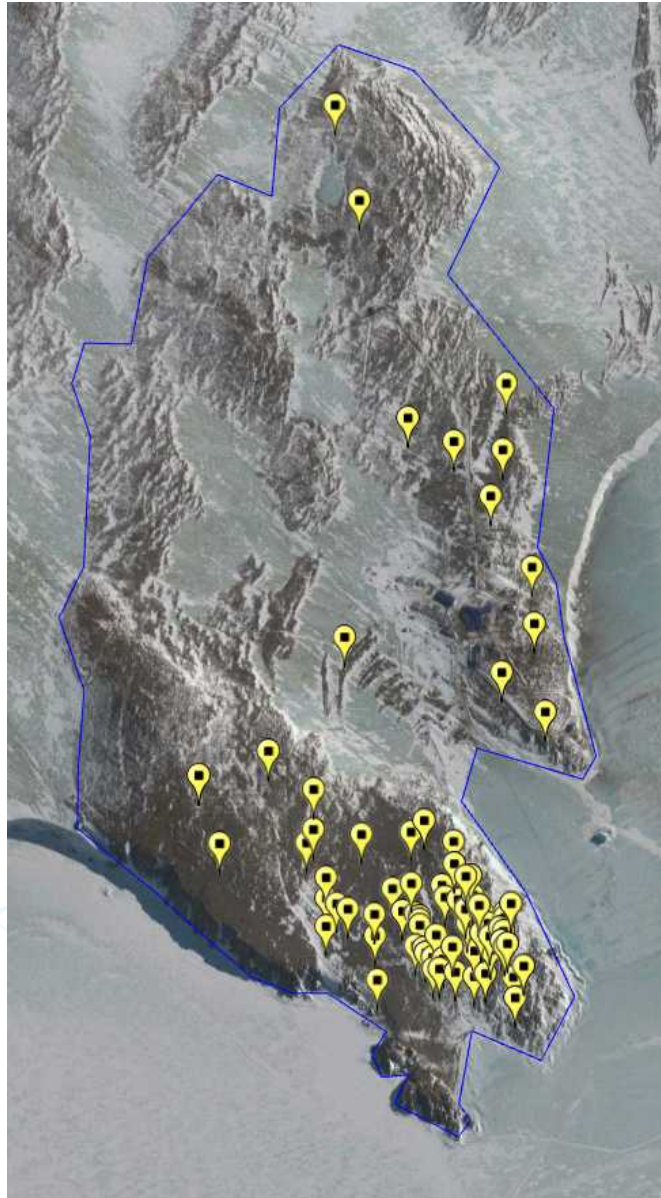


Fig. 3-4. Nest location map of South polar skuas around Jang Bogo station in 2017/18.

Table 3-1. Clutch size and hatching success (\pm SD) in South polar skuas

	Breeding parameters		
	2015/16	2016/17	2017/18
Clutch size	1.98 \pm 0.12	1.85 \pm 0.36	1.73 \pm 0.45
Hatching success (%) ^a	95.31 \pm 0.19	97.53 \pm 0.16	92.14

^a Percentage: No. of hatching / No. of egg \times 100

나. 알 크기 및 형태

2017/18 조사기간 중 확인된 남극도독갈매기의 알은 122개(72둥지)로 2016/17 조사기간 중 확인된 144개(79둥지)보다 많았으나 평균 길이는 70.7 ± 3.08 mm, 폭은 49.8 ± 1.18 mm, 부피는 0.84 ± 0.06 cm³, 알 형태지수는 70.6 ± 3.14 %였다 (Table 3-2).

Table 3-2. Mean values of egg characteristics in South polar skuas

	South polar skua 2016/17 (n=144)			South polar skua 2017/18 (n=122)		
	Mean \pm SD	Range	CV _a	Mean \pm SD	Range	CV _a
Egg length (mm)	71.7 ± 3.27	57.1-78.6	0.05	70.7 ± 3.08	62.2-79.3	0.04
Egg breadth (mm)	50.3 ± 1.30	46.2-53.6	0.03	49.8 ± 1.18	46.9-53.5	0.02
Egg volume (cm ³)	0.87 ± 0.06	0.66-1.04	0.07	0.84 ± 0.06	0.66-1.00	0.07
Shape index (%)	70.25 ± 3.55	60.0-85.6	0.05	70.6 ± 3.14	63.7-78.4	0.04

^aCV: Coefficient of variation (standard deviation / mean)

다. 번식개체의 외형 및 체중

18둥지에서 총 29개체의 번식개체를 포획하여(Table 4), 머리(두개골부터 부리 끝까지의 길이), 날개, 부척의 길이 및 체중을 측정하였다. 평균 머리길이는 109.23 ± 2.44 mm, 날개길이는 40.77 ± 0.79 cm, 부척길이는 64.98 ± 2.38 mm 이었으며, 평균 체중은 1274.5 ± 97.87 g 이었다(Table 3-3).

Table 3-3. Body size of South polar skuas in 2017/18

	Body size of South polar skuas		
	Mean(SD)	Range	CV ^a
Head Bill (mm)	109.23 ± 2.44	103.1-114.3	0.02
Wing (cm)	40.77 ± 0.79	38.5-42.2	0.02
Tarsus (mm)	64.98 ± 2.38	60.7-70.6	0.04
Mass (g)	1274.5 ± 97.87	1140-1490	0.08

^aCV: Coefficient of variation (standard deviation / mean)

4. 고찰

장보고기지를 건설하기 위한 후보지 사전조사 및 건립 이후 기지주변에 서식하는 남극도독갈매기의 둥지 수 조사가 수행된 바 있다. 하지만 남극도독갈매기의 새끼가 부화하여 둥지를 이탈한 시기에 조사하였기 때문에 정확한 번식집단의 규모를 파악하는데에는 한계가 있었다. 본 모니터링은 남극도독갈매기의 산란기 및 포란기부터 육추기까지 장기간 수행되었기 때문에 둥지의 위치와 분포 현황, 한배산란수 및 부화성공률 등 번식지표를 획득할 수 있었다. 또한 장기 모니터링 수행을 위해 번식중인 29개체를 포획하여 체형을 측정하고 성관별을 위한 유전자분석 시료를 채취했으며 각 개체에 고유 인식번호가 기재된 가락지를 부착하였다. 이는 번식개체의 영양상태, 짝짓기, 둥지 회귀율 등을 분석하기 위한 사전 조사 작업이다.

2015/16년 조사에서 남극도독갈매기 64쌍이 2016/17년 조사에서는 총 81쌍 2017/18년 조사에서도 81쌍이 번식하는 것으로 확인되었다. 둥지밀도는 2015/16년에는 19.39/km² 2016/17년과 2017/18년은 25.61둥지/km²였다. 남극도독갈매기의 한배산란수는 2015/16년 1.98 ± 0.12개, 2016/17년 1.85 ± 0.36개, 2017/18년 1.73 ± 0.45개로 나타났으며, 부화성공률은 2015/16년 95.31%, 2016/17년 97.53%, 2017/18년 92.14%로 나타났다. 2017/18년 한배산란수와 부화성공율은 전년도 조사보다 낮게 나타났는데 이는 전년도 보다 하계기간에 많은 눈이 내려 날씨의 영향이 큰 것으로 보인다.

2015/16년 43개체, 2016/17년 50개체, 2017/18년 29개체를 포획하였으며 성체의 평균 체중은 2015/16년 1359 ± 99.0g, 2016/17년 1346.8 ± 112.42g, 2017/18년 1274.5 ± 97.87g으로 나타났다. 번식 개체의 체중은 번식에 있어 중요한 요인중의 하나이기 때문에 추후 혈액을 이용한 성별분석을 수행할 예정이며 부화성공율, 번식성공율과 비교한 분석이 필요할 것으로 보인다.

기지건설 및 인간활동에 의한 번식지의 교란실태는 다년간의 모니터링 자료를 토대로 분석할 수 있기 때문에 향후 5년 이상의 지속적인 조사 수행이 필요하다. 특히 등지수 및 분포 변화상은 기지 건설이 번식지 선택에 미치는 영향에 대한 정보를 제공해 줄 것으로 기대된다. 2017/18년에 부화성공률은 이전조사와 마찬가지로 비교적 높게 나타났다. 이는 현재 번식중인 등지장소가 아직 인간활동에 의한 교란을 적게 받고 있음을 보여준다. 장보고기지로의 입남극은 이태리 항공기나 아라운 일정에 좌우되는데 남극도둑갈매기는 하계연구원이 본격적으로 들어오기 전에 산란을 마치며, 기지 인근 육상에서 수행되는 현장조사 빈도가 아직은 낮기 때문에 영향을 적게 받는 것으로 보인다. 하지만 향후 이곳에서의 육상연구가 증가하면 도둑갈매기의 번식 지표에 미치는 영향도 증가할 것으로 예측되므로 지속적인 모니터링이 요구된다.



Monitoring on Breeding South polar skuas around Jangbo go
Station during the 2016/17

Jeong-Hoon Kim¹, Ji-Yong Lee², Jin-Woo Jung¹

Korea Polar Research Institute, KIOST¹

School of Biological Sciences and Biotechnology, Chonnam University²

Abstract : The nest distribution, clutch size and breeding success of South polar skuas breeding around Jang Bogo Station were investigated at 81 nests during the 2017/2018 breeding season. Nest density was estimated at 25.3 nests/km². Mean clutch size and egg volume were 1.73 ± 0.45 and 0.84 ± 0.06 cm³, respectively. Hatching success was 92.14%. In order to conduct long-term monitoring, we banded 29 breeding adults for individual identification and measured their body size and mass. Mean body mass was 1274.5 ± 97.87 g and, length of head bill and wing, tarsus were 109.23 ± 2.44 (mm), 40.77 ± 0.79 (cm), 64.98 ± 2.38 (mm), respectively.

참 고 문 헌

- 김정훈, 박현, 안인영. 2009. 기후변화가 남극 킹조지섬 도둑갈매기류의 번식생태에 미치는 영향. p. 51-64. In: 남극 세종기지주변 인간활동으로 인한 환경변화 모니터링. 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 보고서, BSE08040-106-3.
- 김정훈, 안인영. 2011. 남극도둑갈매기(*Catharacta maccormicki*)의 둥지수, 한배한란수 및 알 크기 변화. p. 80-90. In: 남극 세종기지주변 인간활동으로 인한 환경변화 모니터링. 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 보고서, BSE10040-162-5.
- 김정훈, 조현준, 정진우, 안인영. 2012. 남극 킹조지섬 바톤반도에서의 남방큰폴마갈매기(*Macronectes giganteus*) 둥지분포. p. 41-52. In: 남극 세종기지주변 인간활동으로 인한 환경변화 모니터링. 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 보고서, BSE411010-207-7.
- 정진우, 김정훈, 한영덕, 안인영. 2013. 킹조지섬 나레브스키 포인트에서 젠투펭귄과 턱끈펭귄의 번식생태. p. 42-52. In: 남극 세종기지주변 인간활동으로 인한 환경변화 모니터링. 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 보고서, BSE413040-267-7.
- 환경부 2015. 남극특별보호구역 모니터링 및 남극기지 환경관리에 관한 연구 BSPG 14030-057-3
- Berry, R. J., P. E. Davis, 1970. Polymorphism and behaviour in the Arctic Skua (*Stercorrius parasiticus* (L.)). Proc. Roy. Soc. Lond. 175: 255-267.
- Brubeck, M. V., B. C. Thompson, R. D. Slack, 1981. The Effects of Trapping, Banding, and Patagial Tagging on the Parental Behavior of Least Terns in Texas. Colonial Waterbirds 4: 54-60.
- Cairns, D. 1980. Nesting Density, Habitat Structure and Human Disturbance as Factors in Black Guillemot Reproduction. The Wilson Bulletin 92: 352-361.
- Ellison, L. N., L. Cleary, 1978. Effects of Human Disturbance on Breeding of Double-Crested Cormorants. The Auk 95: 510-517.
- Enzenbacher, D. J., 1993. Tourists in Antarctica: numbers and trends. Tourism Management 14: 142-146.
- Fetterolf, P. M., 1983. Effects of Investigator Activity on Ring-Billed Gull Behavior and Reproductive Performance. The Wilson Bulletin 95: 23-41.
- Giese, M., 1996. Effects of human activity on adelic penguin *Pygoscelis adeliae* breeding success. Biological Conservation 75: 157-164.

- Given, A. 2009. The South Polar Skua(*Catharacta maccormicki*). Gateway Antarctica, University of Canterbury.
- Hunt, G. L., Jr., 1972. Influence of Food Distribution and Human Disturbance on the Reproductive Success of Herring Gulls. *Ecology* 53: 1051-1061.
- Hemmings, A. D., 1984. Aspects of the breeding biology of Macormik's skua *Catharacta maccormicki* at Signy Island, South Orkney Islands. *Br. Antarct. Sre. Bull.* 65: 65-79.
- Hemmings, A. D., 1990. Human impacts and ecological constraints on skua. *Antarctic Ecosystems, Ecological Change and Conservation* p.230-244.
- Janicke, T., S. Hahn, M. Ritz, Peter, H.-U., 2008. Vocal performance reflects individual quality in a nonpasserin. *Anim Behav* 75: 91-98.
- John, F. P., D. R. Bay, W. L. Wayne, L. W. Jonh, A. H. Scott, 1990. Effects of human disturbance on breeding least and crested auklets at St. Lawrence Island, Alaska. *Auk* 107: 342.
- Muller-Schwarze, D., 1984. Possible human impact on penguin populations in the Antarctic peninsula area. *Antarct. J. US.* 19(5): 158-159.
- Ollason, J.C., G. M. Dunnet, 1980. Nest Failures in the Fulmar: The Effect of Observers. *Journal of Field Ornithology* 51: 39-54.
- Smith, J. W., R. B. Renken, 1993. Reproductive success of least terns in the Mississippi River Valley. *Colon Waterbirds* 16: 39-44.
- Wang, Z. P., H-U. Peter, 2004. Ecological difference of south polar skua populations from fildes peninsula of King george Island eastern Larsemann Hills, Antarctica. *Chinese J. Polar Sci.* 15: 89-107.
- Wood, R. C., 1971. Population dynamics of breeding South Polar skuas of unknown age. *The Auk* 88: 80-814.

Appendix. List of banded South polar skuas for individual identification in the 2017/18 season

No. of nest	No. of Ring	
	Metal	Plastic
17s03	10867	A973
17s03	10872	A940
17s04	10809	A845
17s04	10817	A865
17s05	10827	A916
17s05	10824	A960
17s06	10812	A884
17s06	10863	A915
17s10	10811	A858
17s19	10769	A661
17s21	10836	A850
17s21	10885	A967
17s22	10870	A987
17s22	10871	A851
17s23	10751	A605
17s24	10753	A629
17s24	10754	A676
17s35	10752	A693
17s44	10869	A912
17s44	10868	A861
17s45	10755	A641
17s53	10829	A924
17s59	10816	A972
17s59	10866	A976
17s60	10830	A905
17s60	10804	A932
17s67	10771	A686
17s77	10756	A618
17s77	10757	A601

제 2 절

2017년 남극 장보고과학기지 표층수 미세조류의 계절적 변동

전미사, 양은진, 강성호

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요약 : 남극 장보고기지 주변 해양환경을 조사하기 위하여 2017년 한 해 동안 남극 장보고 과학기지 주변 한 정점에서 미세조류 생물량의 계절적 변동을 모니터링 하였다. 전체 미세조류 생물량(전체 Chl *a* 농도)은 평균 $0.50\mu\text{g L}^{-1}$ 이었으며 2016 ($0.29\mu\text{g L}^{-1}$)보다 높았으며, 2월 15일 ($7.79\mu\text{g L}^{-1}$)에 미세조류의 생물량이 최대였다. 년 평균 미세조류 생물량 (micro-sized Chl *a* 농도)은 $0.35\mu\text{g L}^{-1}$ 이었으며 미소조류에 의한 생물량 (nano-sized Chl *a*의 농도)은 $0.21\mu\text{g L}^{-1}$, 극미소조류에 의한 생물량(pico-sized Chl *a*)의 농도는 $0.06\mu\text{g L}^{-1}$ 이었다.

1. 서 론

남극대륙은 지구상에서 다섯 번째로 큰 대륙으로 넓은 면적을 갖지만 극지 환경이라는 특별한 환경 조건으로 사람에 의한 영향을 덜 받는 곳이다. 그러므로 상대적으로 지구환경의 작은 변화에도 민감하게 영향을 받을 수 있는 지역이다. 오늘날 남극 해양 생태계는 오존층 파괴에 의한 자외선의 침투와 지구 온난화에 따른 해빙(Sea-Ice)의 녹음과 같은 해수의 물리적 특성 변화 등에 의해 영향을 받고 있다. 이러한 남극 해양 생태계의 변화를 연구함에 있어서 생태계 구조의 기본 토대를 이루는 일차 생산자인 식물플랑크톤에 대한 연구는 전체 해양생태계를 이해하는데 중요하다.

최근 남극 해양 생태계는 대기 중 이산화탄소 증가로 인한 지구 온난화, 오존층 파괴에 의한 자외선 증가 등과 같은 전 지구적 환경변화에 노출되고 있는 가운데 (Häberlein & Häder, 1992; Behrenfeld *et al.*, 1993; Davidson *et al.*, 1994; Lesser *et al.*, 1994; Worrest & Häder, 1997), 오랜 기간 물리적으로 안정된 남극 환경에 적응하여 진화해 온 남극 생물들은 지구상 다른 지역의 생물보다 이와 같은 환경변화에 더욱 민감하게 반응할 것으로 생각되고 있다. 이것이 무엇보다 남극에서의 해양 환경과 생태계가 중요한 이유이다.

극지 해양 생태계는 다른 지역과는 달리 계절에 따른 생태계의 변화가 뚜렷하게 나타난다. 특히 남극 해양 생태계는 오존층 파괴에 의한 자외선의 침투와 지구 온난화에 따른 해빙(Sea-Ice)의 녹음과 같은 해수의 물리적 특성 변화 등에 의해 영향을 받고 있다. 이러한 남극 해양 생태계의 변화를 연구함에 있어서 생태계 구조의 기본 토대를 이루는 일차 생산자인 식물플랑크톤에 대한 연구는 전체 해양생태계를 이해하는데 중요하다.

전체 해양 생태계의 일차생산자인 식물플랑크톤의 서식환경 변화로 인한 생산력 및 우점종의 변화가 일어나고 있다. 남극 연안 생태계를 구성하고 있는 생지화학 시스템이 지속되도록 유지되기 위해서는 광합성을 통한 일차 생산자가 매우 중요한 역할을 한다(Clarke and Leaky, 1996). 전체 해양 생태계의 일차생산자인 식물플랑크톤의 서식환경 변화로 인한 생산력 및 우점종의 변화가 일어나고 있다. 남극 연안 생태계를 구성하고 있는 생지화학 시스템이 지속되도록 유지되기 위해서는 광합성을 통한 일차 생산자가 매우 중요한 역할을 한다(Clarke and Leaky, 1996). 일반적으로 해양에서 일차생산은 식물플랑크톤군집 중 크기가 비교적 큰 규조류와 와편모 조류가 우세하게 출현하나 남극해나 북극해에서는 크기가 작은 종류가 우세하게 나타난다. 이는 수온이나 광 조건이 열악한 곳에서 적응하는 것으로 이해되고 있다. 극지역 해양 생태계는 계절적으로 해빙과 결빙에 의한 영향이 크며(Sakshaug and Holm-Hansen 1984), 영양염류

는 심층수로부터 충분히 공급되지만 일사량의 부족과 낮은 수온으로 식물플랑크톤의 생물량은 낮은 편이다. 그러나 일사량의 증가와 해빙으로 안정된 밀도를 유지하는 하계에는 생산력이 비교적 높다고 할 수 있겠다(Smith 1987; Nelson *et al.* 1987).

Krebs(1983)의 연구 결과에 의하면 미국의 파머기지 근처 해역에서 일 년 동안 관찰한 식물플랑크톤이 계절에 따라 변화양상이 매우 다양하였다. 그는 이러한 계절적 변화가 바람의 세기와 같은 물리적 요인에 의해 영향을 받는다고 하였다.

지금까지 남극 세종기지 연안생태계에서 미세조류의 계절변동에 관한 연구는 1996년 이후 17년간 지속적으로 수행되어 왔으며(Kang *et al.* 1997; 1999; 2000; 2002), 이러한 연구는 남극 연안생태계가 한 가지 패턴으로 설명하기에는 복잡한 연간 변동이 관찰된다는 결과를 보여주었다. 따라서 장보고기지 연안생태계에서 미세조류의 계절변동에 관한 연구는 남극 연안생태계를 이해하기 위하여 연속적으로 연구되어야 한다.

해양생태계의 1차 생산자인 미세조류의 생물량 및 종조성의 변화는 연중 또는 연간 매우 다르게 나타나므로 하나의 고정된 가설로 설명하는데 어려움이 있다(Kang *et al.*, 2000; 2002). 따라서 본 연구는 장보고기지 주변해역에서의 식물플랑크톤 우점종 변화 양상을 정확하게 이해함으로써 이곳에서 진행되고 있는 미세한 환경변화가 1차 생산자인 식물플랑크톤에 어떠한 영향을 주며, 이들의 변화가 전체 남극 해양생태계에 어떤 영향을 미칠지를 알 수 있으며 주변의 물리, 화학적 환경요인과 미세조류의 생물량과의 관계와 분포패턴을 예측하여 남극해 연안생태계의 해양환경변화를 장기적으로 모니터링 하여 첫째, 연안 해양 환경생태계의 변화를 조절하는 요인을 이해하고, 둘째, 전 지구적 환경변화에 따른 국지적 생태환경 변화에 대한 증거를 제시하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법

가. 연구 지역

본 연구는 남극 로스해 서쪽에 위치한 테라노바만 연안의 한 정점(Fig. 4-4-1)에서 조사되었다. 이곳에는 한국해양과학기술원 부설 극지연구소 연구기지인 장보고기지(74° 36' 55" 남위, 164° 12' 3" 동경)가 위치한다. 조사정점은 3월부터 주변 바다가 결빙되는 지역으로 바다가 결빙되는 3월 이후부터는 취수구에서 끌어들여 온 해수를 해수 집수조에서 채수한다.

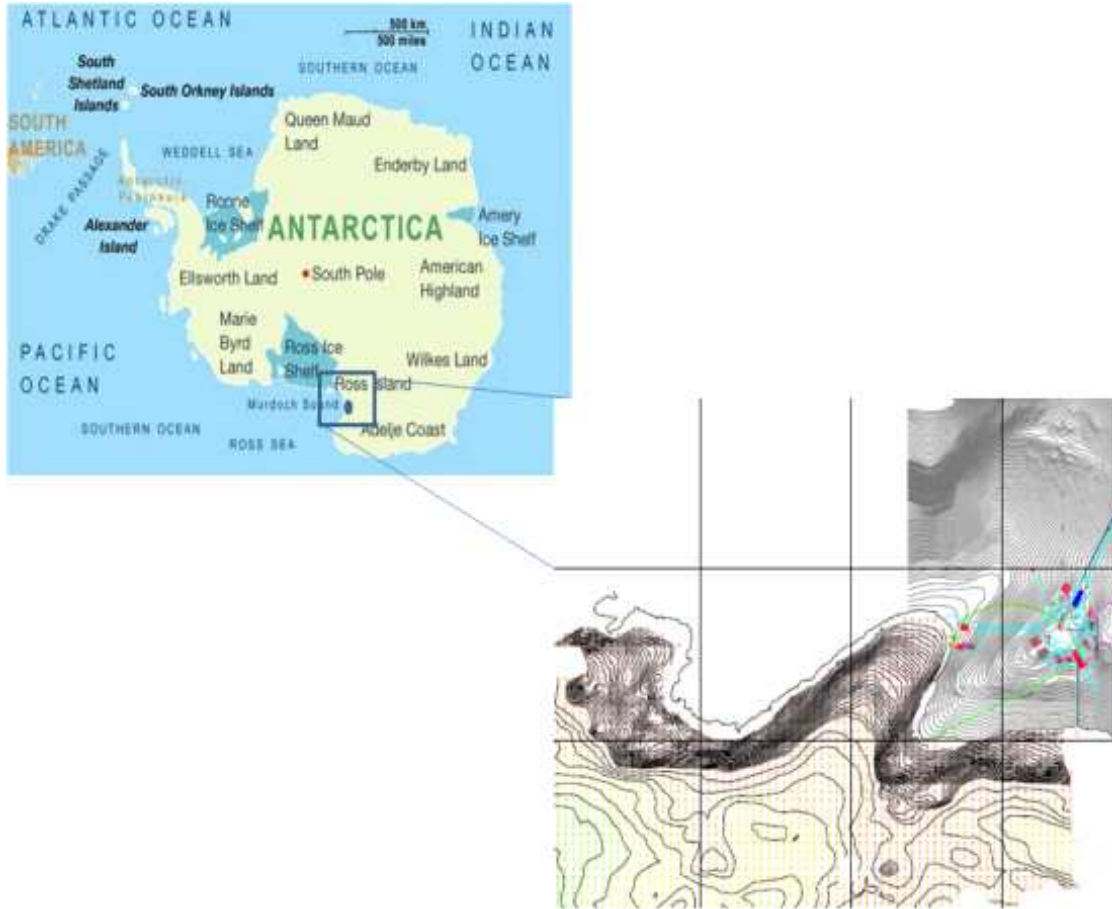


Fig. 3-5. Location of the sampling area (●) in Jang Bogo station, Antarctica.

나. 미세조류의 채집 및 분석

본 연구는 2016년 1월 1일부터 10월 31일까지 장보고 과학기지의 한 정점에서 이루어졌다(Fig. 3-5). 결빙되기 전 표층수 시료는 Niskin water sampler로 채수되었으며 결빙 후 해수 집수조에서 시료를 채수하였다.

미세조류 정량분석을 위해 채수된 해수는 현장에서 Glutaraldehyde로 희석농도 1%가 되도록 고정하였으며, 일부의 시료는 Chlorophyll *a* 농도 분석을 위하여 dark bottle에 담아 세종기지의 실험실로 운반하였다.

Chlorophyll *a* (Chl *a*)의 분석은 Extract method를 이용하였다. 채수된 시료는 실험실로 운반한 뒤 500-1000 mL 해수를 필터하여 90% Acetone 10mL에 넣어 냉암소에 보관하였다. 24시간 뒤 추출된 Chl *a* 농도는 Turner Design Fluorometer (Trilogy Laboratory Fluorometer)로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 2017년 미세조류 생물량의 변화

총 미세조류 생물량(전체 Chl *a* 농도)은 연평균 $0.50 \mu\text{g L}^{-1}$ 으로 측정되었으며 2월 15일 $7.79 \mu\text{g L}^{-1}$ 으로 2016년 최대치인 2월 4일($3.68 \mu\text{g L}^{-1}$)보다 높았다. 월평균 미세조류의 생물량은 최대 $2.75 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 타나났으며, 대부분의 동계기간에는 낮은 생물량($0.02 \mu\text{g L}^{-1}$)이 관찰 되었다(Table 3-4~3-15).

세포의 크기가 $20 \mu\text{m}$ 이상인 미세조류에 의한 생물량(micro-sized Chl *a* 농도)은 연평균 $0.35 \mu\text{g L}^{-1}$ 로 나타났으며, 2월 15일($5.91 \mu\text{g L}^{-1}$)에 가장 높게 관측 되었다(Fig. 3-6).

연평균 미소조류($2\text{-}20\mu\text{m}$ 이하)에 의한 생물량(nano-sized Chl *a*의 농도)은 $0.21 \mu\text{g L}^{-1}$ 으로 측정되었으며, 작년($0.10 \mu\text{g L}^{-1}$)에 비해 높게 나왔다. 연평균 극미소조류에 의한 생물량(pico-sized Chl *a*의 농도)는 $0.06 \mu\text{g L}^{-1}$ 이었고, 2월 22일($0.60 \mu\text{g L}^{-1}$)에 가장 높게 측정 되었다(Fig. 3-6, 3-7).

조사지역에서의 미세조류와 환경요인과의 상호관계를 보다 명확하게 인식하고 예측하기 위해서는 미세조류에 영향을 미치는 요인들에 관하여 정확한 측정이 필요하고 종 수준까지의 분석이 필요하다. 이러한 연구는 장기적 남극 연안생태계를 이해하고 예측하는데 도움이 될 것이라고 생각된다.

Table 3-4. Monthly phytoplankton biomass recorded in January, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i>	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Jan.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	1				
2	2	0.160	0.151	0.222	0.104
3	3	0.143	0.108	0.191	0.183
4	4	0.164	0.151	0.213	0.152
5	5	0.133	0.145	0.231	0.022
6	6	0.195	0.340	0.431	0.300
7	7	0.323	0.394	0.792	0.050
8	8				
9	9	1.501	2.871	2.303	0.493
10	10	1.836	1.086	0.612	0.123
11	11	0.815	0.337	0.529	0.156
12	12	0.472	0.510	1.618	2.106
13	13				
14	14				
15	15				
16	16				
17	17	0.472	0.277	0.170	0.034
18	18	0.429	0.300	0.183	0.058
19	19	0.384	0.252	0.190	0.061
20	20	0.539	0.131	0.192	0.042
21	21	0.416	0.161	0.203	0.056
22	22				
23	23	0.727	0.250	0.318	0.063
24	24	0.542	0.087	0.295	0.066
25	25	0.453	0.270	0.411	0.037
26	26				
27	27				
28	28				
29	29				
30	30				
31	31				
Average		0.539	0.435	0.506	0.228
Stdev		0.457	0.649	0.569	0.483
Max		1.836	2.871	2.303	2.106
Min		0.133	0.087	0.170	0.022

Table 3-5. Monthly phytoplankton biomass recorded in February, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i>	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Feb.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	32				
2	33	3.070	0.592	0.877	0.266
3	34	1.416	1.135	1.141	0.448
4	35	1.753	1.062	1.015	0.272
5	36				
6	37	1.352	1.095	0.695	0.282
7	38	2.021	0.778	1.185	0.245
8	39	2.607	1.854	1.203	0.272
9	40				
10	41				
11	42				
12	43				
13	44				
14	45				
15	46	7.790	5.910	1.590	0.294
16	47				
17	48				
18	49				
19	50				
20	51				
21	52	1.457	2.669	0.781	0.180
22	53	3.695	1.525	1.300	0.602
23	54	2.724	1.663	1.552	0.181
24	55	2.248	0.771	1.321	0.221
25	56				
26	57				
27	58	2.237	2.201	0.465	0.109
28	59	3.346	2.655	0.929	0.103
<hr/>					
Average		2.747	1.839	1.081	0.267
Stdev		1.689	1.404	0.330	0.134
Max		7.790	5.910	1.590	0.602
Min		1.352	0.592	0.465	0.103

Table 3-6. Monthly phytoplankton biomass recorded in March, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Mar.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	60				
2	61	1.873	1.642	0.681	0.089
3	62	2.114	1.868	0.593	0.057
4	63				
5	64				
6	65				
7	66				
8	67				
9	68	1.002	1.878	0.367	0.094
10	69	0.821	0.480	0.267	0.106
11	70				
12	71				
13	72	1.622	0.471	0.276	0.106
14	73				
15	74				
16	75	1.200	0.501	0.280	0.181
17	76	0.379	0.206	0.134	0.099
18	77				
19	78				
20	79				
21	80	0.487	0.846	0.252	0.333
22	81				
23	82				
24	83				
25	84				
26	85				
27	86	3.018	0.343	0.232	0.121
28	87	0.185	0.503	0.148	0.032
29	88	0.246	0.131	0.102	0.032
30	89				
31	90				
Average		1.177	0.806	0.303	0.114
Stdev		0.898	0.664	0.183	0.084
Max		3.018	1.878	0.681	0.333
Min		0.185	0.131	0.102	0.032

Table 3-7. Monthly phytoplankton biomass recorded in April, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Apr.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	91				
2	92				
3	93	0.082	0.100	0.065	0.037
4	94	0.292	0.144	0.112	0.029
5	95				
6	96	0.189	0.148	0.115	0.055
7	97	0.140	0.138	0.092	0.039
8	98				
9	99				
10	100	0.112	0.820	0.392	0.071
11	101	0.114	0.133	0.074	0.049
12	102	0.078	0.042	0.018	0.010
13	103				
14	104				
15	105				
16	106				
17	107	0.092	0.075	0.039	0.018
18	108				
19	109	0.060	0.065	0.040	0.043
20	110	0.063	0.041	0.041	0.037
21	111	0.130	0.100	0.062	0.023
22	112				
23	113				
24	114	0.033	0.087	0.054	0.019
25	115	0.033	0.072	0.045	0.018
26	116	0.079	0.210	0.096	0.048
27	117				
28	118				
29	119				
30	120				
Average		0.107	0.155	0.089	0.035
Stdev		0.068	0.197	0.092	0.017
Max		0.292	0.820	0.392	0.071
Min		0.033	0.041	0.018	0.010

Table 3-8. Monthly phytoplankton biomass recorded in May, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
May.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	121				
2	122				
3	123				
4	124				
5	125				
6	126				
7	127				
8	128	0.050	0.056	0.037	0.008
9	129				
10	130				
11	131	0.099	0.065	0.018	0.010
12	132				
13	133				
14	134				
15	135	0.073	0.073	0.018	0.007
16	136	0.018	0.050	0.012	0.006
17	137				
18	138	0.025	0.014	0.010	0.006
19	139	0.025	0.014	0.010	0.006
20	140				
21	141				
22	142	0.017	0.013	0.005	0.004
23	143				
24	144	0.088	0.049	0.035	0.017
25	145	0.036	0.024	0.012	0.011
26	146	0.044	0.025	0.012	0.008
27	147				
28	148				
29	149	0.049	0.021	0.011	0.010
30	150	0.013	0.009	0.005	0.004
31	151				
Average		0.045	0.034	0.015	0.008
Stdev		0.029	0.023	0.010	0.004
Max		0.099	0.073	0.037	0.017
Min		0.013	0.009	0.005	0.004

Table 3-9. Monthly phytoplankton biomass recorded in June, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Jun.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	152	0.108	0.055	0.028	0.021
2	153	0.095	0.018	0.019	0.006
3	154				
4	155				
5	156				
6	157				
7	158				
8	159	0.478	0.097	0.013	0.012
9	160				
10	161				
11	162				
12	163				
13	164	0.034	0.018	0.017	0.006
14	165				
15	166	0.109	0.091	0.024	0.019
16	167				
17	168				
18	169				
19	170	0.019	0.007	0.007	0.005
20	171	0.074	0.020	0.007	0.006
21	172				
22	173				
23	174				
24	175				
25	176				
26	177	0.104	0.033	0.019	0.035
27	178	0.040	0.009	0.008	0.005
28	179				
29	180				
30	181				
Average		0.118	0.039	0.016	0.013
Stdev		0.139	0.035	0.008	0.010
Max		0.478	0.097	0.028	0.035
Min		0.019	0.007	0.007	0.005

Table 3-10. Monthly phytoplankton biomass recorded in July, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Jul.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	182				
2	183				
3	184	0.035	0.007	0.005	0.002
4	185				
5	186				
6	187	0.091	0.014	0.012	0.006
7	188	0.006	0.002	0.002	0.001
8	189				
9	190				
10	191	0.020	0.007	0.006	0.003
11	192				
12	193				
13	194				
14	195				
15	196				
16	197				
17	198	0.015	0.004	0.004	0.002
18	199				
19	200				
20	201	0.021	0.008	0.004	0.004
21	202				
22	203				
23	204				
24	205	0.017	0.005	0.003	0.002
25	206				
26	207				
27	208	0.048	0.009	0.004	0.003
28	209	0.023	0.009	0.007	0.006
29	210				
30	211				
31	212	0.019	0.005	0.004	0.001
Average		0.030	0.007	0.005	0.003
Stdev		0.024	0.003	0.003	0.002
Max		0.091	0.014	0.012	0.006
Min		0.006	0.002	0.002	0.001

Table 3-11. Monthly phytoplankton biomass recorded in August, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Aug.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	213				
2	214				
3	215	0.025	0.011	0.009	0.006
4	216				
5	217				
6	218				
7	219				
8	220				
9	221				
10	222	0.040	0.018	0.008	0.006
11	223	0.022	0.009	0.005	0.003
12	224				
13	225				
14	226	0.025	0.007	0.005	0.003
15	227				
16	228				
17	229	0.023	0.008	0.005	0.003
18	230	0.016	0.005	0.003	0.003
19	231				
20	232				
21	233				
22	234				
23	235				
24	236				
25	237				
26	238				
27	239				
28	240	0.015	0.006	0.005	0.003
29	241				
30	242				
31	243	0.024	0.011	0.005	0.004
Average		0.024	0.009	0.006	0.004
Stdev		0.008	0.004	0.002	0.001
Max		0.040	0.018	0.009	0.006
Min		0.015	0.005	0.003	0.003

Table 3-12. Monthly phytoplankton biomass recorded in September, 2017

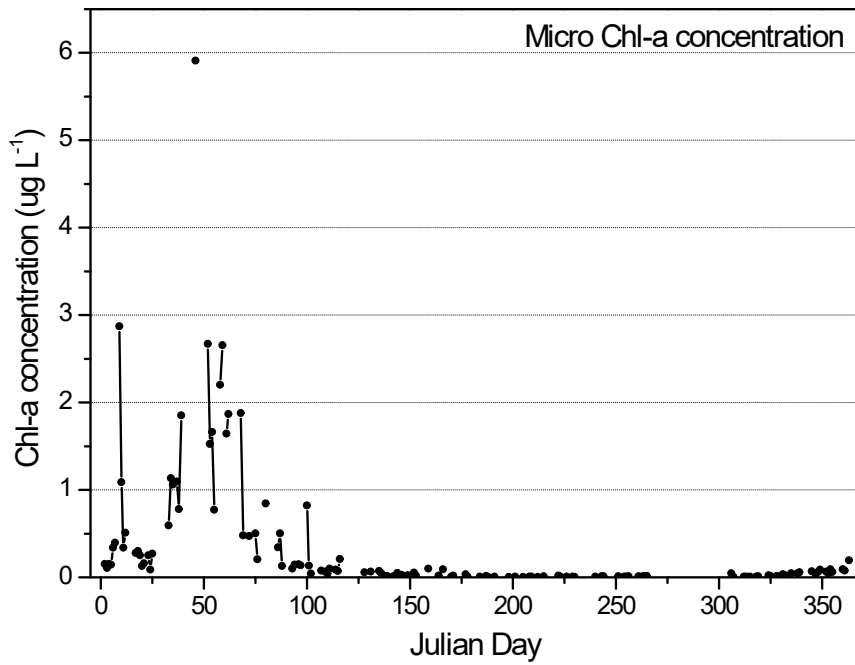
Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Sep.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	244	0.026	0.012	0.009	0.006
2	245				
3	246				
4	247				
5	248				
6	249				
7	250				
8	251	0.039	0.010	0.009	0.006
9	252				
10	253				
11	254	0.020	0.009	0.006	0.004
12	255	0.029	0.008	0.005	0.004
13	256	0.020	0.010	0.006	0.004
14	257				
15	258				
16	259				
17	260				
18	261	0.034	0.010	0.007	0.005
19	262				
20	263	0.027	0.012	0.009	0.007
21	264	0.033	0.013	0.008	0.006
22	265	0.036	0.015	0.010	0.008
23	266				
24	267				
25	268				
26	269				
27	270				
28	271				
29	272				
30	273				
Average		0.029	0.011	0.008	0.006
Stdev		0.007	0.002	0.002	0.001
Max		0.039	0.015	0.010	0.008
Min		0.020	0.008	0.005	0.004

Table 3-13. Monthly phytoplankton biomass recorded in November, 2017

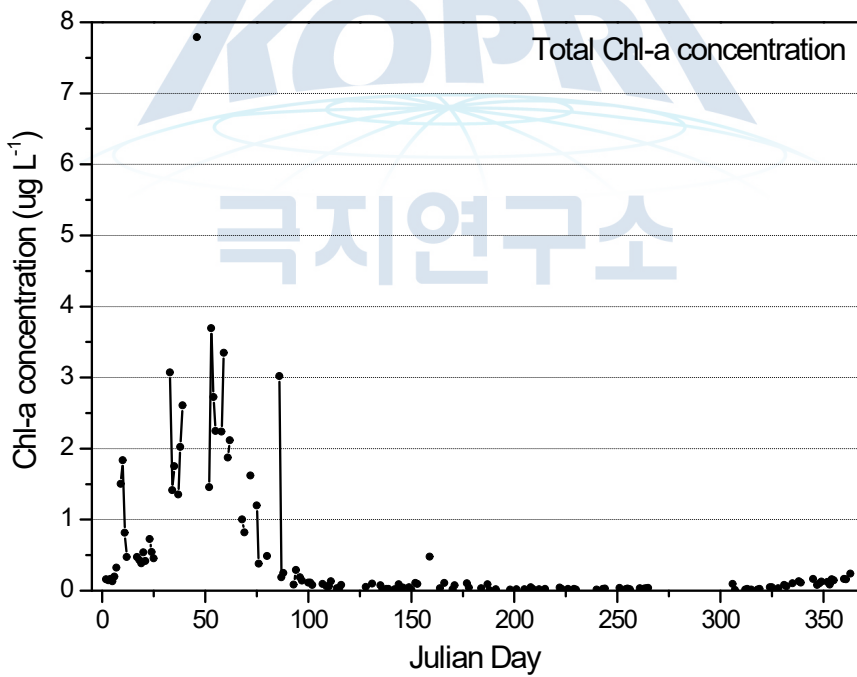
Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Nov.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	305	0.101	0.045	0.020	0.017
2	306				
3	307				
4	308	0.133	0.045	0.027	0.037
5	309	0.113	0.055	0.023	0.031
6	310				
7	311				
8	312				
9	313				
10	314				
11	315	0.164	0.067	0.046	0.039
12	316				
13	317	0.079	0.037	0.024	0.030
14	318	0.103	0.060	0.026	0.030
15	319	0.127	0.086	0.028	0.026
16	320				
17	321				
18	322	0.120	0.064	0.027	0.036
19	323	0.082	0.042	0.027	0.026
20	324	0.158	0.092	0.036	0.043
21	325	0.147	0.062	0.050	0.039
22	326				
23	327				
24	328				
25	329				
26	330	0.164	0.092	0.058	0.039
27	331	0.161	0.076	0.036	0.038
28	332				
29	333	0.240	0.195	0.065	0.045
30	334				
Average		0.135	0.073	0.035	0.034
Stdev		0.042	0.040	0.014	0.008
Max		0.240	0.195	0.065	0.045
Min		0.079	0.037	0.020	0.017

Table 3-14. Monthly phytoplankton biomass recorded in December, 2017

Date	Julian	Total Chl <i>a</i>	Micro Chl <i>a</i> Conc.	Nano Chl <i>a</i>	Pico Chl <i>a</i> Conc.
Dec.	Day	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)	Conc. ($\mu\text{g L}^{-1}$)	($\mu\text{g L}^{-1}$)
1	335	0.101	0.045	0.020	0.017
2	336				
3	337				
4	338	0.133	0.045	0.027	0.037
5	339	0.113	0.055	0.023	0.031
6	340				
7	341				
8	342				
9	343				
10	344				
11	345	0.164	0.067	0.046	0.039
12	346				
13	347	0.079	0.037	0.024	0.030
14	348	0.103	0.060	0.026	0.030
15	349	0.127	0.086	0.028	0.026
16	350				
17	351				
18	352	0.120	0.064	0.027	0.036
19	353	0.082	0.042	0.027	0.026
20	354	0.158	0.092	0.036	0.043
21	355	0.147	0.062	0.050	0.039
22	356				
23	357				
24	358				
25	359				
26	360	0.164	0.092	0.058	0.039
27	361	0.161	0.076	0.036	0.038
28	362				
29	363	0.240	0.195	0.065	0.045
30	364				
31	365				
Average		0.135	0.073	0.035	0.034
Stdev		0.042	0.040	0.014	0.008
Max		0.240	0.195	0.065	0.045
Min		0.079	0.037	0.020	0.017

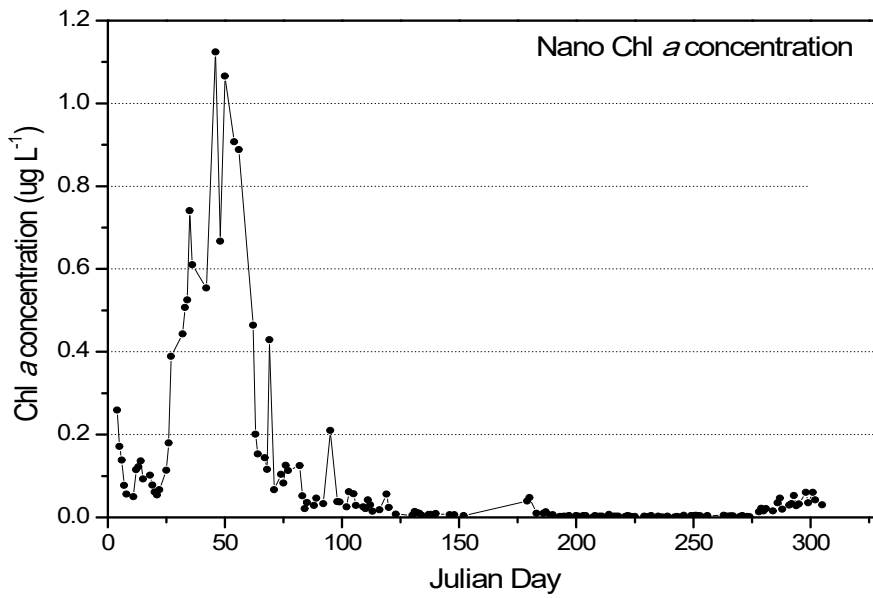


(a) Total Chl *a* concentration

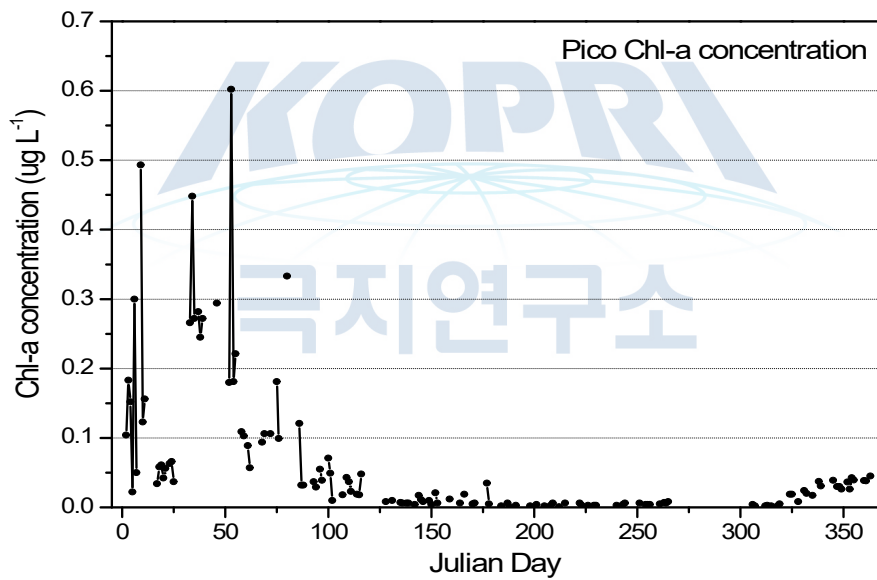


(b) Micro-sized Chl *a* concentration

Fig. 3-6. Seasonal variation of Chl *a* concentration measured at the near shore station from January to December 2017. (a) total Chl *a* concentration, (b) micro-sized Chl *a* concentration.



(a) Nano-sized Chl *a* concentration



(b) Pico-sized Chl *a* concentration

Fig. 3-7. Seasonal variation of Chl *a* concentration measured at the near shore station from January to December 2017. (a) nano-sized Chl *a* concentration, (b) pico-sized Chl *a* concentration.

Seasonal variation of microalgae in the surface water of
Jang Bogo station, Antarctic, 2017

Misa Jeon, Eun Jin Yang, Sung-Ho Kang

Korea Polar Research Institute, KOPRI

Abstract : We investigated the seasonal variation of phytoplankton assemblages have been measured daily from 1st January to 31st December 2017 at a Jang Bogo station in Antarctica. Annual mean of total phytoplankton biomass (total Chl *a* concentration) was $0.50 \mu\text{g L}^{-1}$, the highest phytoplankton biomass ($7.79 \mu\text{g L}^{-1}$) was appeared on 15 February. Annual mean phytoplankton biomass (micro-sized Chl *a* concentration) was $0.35 \mu\text{g L}^{-1}$. Annual mean phytoplankton biomass (nano-sized Chl *a* concentration) was $0.21 \mu\text{g L}^{-1}$. Annual mean pico-sized phytoplankton biomass (pico-sized Chl *a* concentration) was $0.60 \mu\text{g L}^{-1}$.

참 고 문 헌

- Clark, A. and R. J. G. Leakey, 1996. The seasonal cycle of phytoplankton, macronutrients, and the microbial community in a nearshore Antarctic marine ecosystem. *Limnol. Oceanogr.* **41** : 1281-1294.
- Kang, J.-S., S.-H. Kang, and J. H. Lee, 1999. Cryophilic diatoms *Navicula glaciei/perminuta* in an Antarctic coastal environment: morphology and ecology. *Korean J. Phycol. (Algae)* **14** : 1-10.
- Kang, J.-S., S.-H. Kang, J. H. Lee, D. W. Choi, and S. Lee. 2000. Seasonal variation of microalgae in the surface water of Marian Cove, King George Island, the Antarctic 1998/1999. *Korean J. Environ. Biol.* **18**: 21-31.
- Kang, J.-S., S.-H. Kang, J. H. Lee, K.-H. Chung, and M.-Y. Lee, 1997. Antarctic micro- and nano-sized phytoplankton assemblages in the surface water of Maxwell Bay during the 1997 austral summer. *Korean J. Polar Res.* **8** : 35-45.
- Kang, J.-S., S.-H. Kang, J. H. Lee, and S. Lee 2002. Seasonal variation of microalgae and environmental factors in Marian Cove, King George Island, Antarctica, 1996. Marine Ecology Progress Series. **229**:19-32.
- Kang, S.-H., J.-S. Kang, K.-H. Chung, M.-Y. Lee, B. Y. Lee, H. Chung, Y. Kim, and D.-Y. Kim, 1997. Seasonal variation of nearshore Antarctic microalgae and environmental factors in Marian Cove, King George Island, 1996. *Korean J. Polar Res.* **8** : 9-27.
- Kim, H. C., S. R. Yang, S. J. Pae, and J. H. Shim, 1998. The seasonal variation of primary productivity in the Antarctic coastal ecosystems. *J. Korean Soc. Oceanogr.* **3** : 80-89.
- Krebs, W. N., 1983. Ecology of neritic marine diatoms, Authur Harbor, Antarctica. *Micropaleontology* **29** : 267-297.
- Sakshaug, E., Holm-Hansen, 1984. Factors governing pelagic production in polar oceans. In: Holm Hansen, O., L. Bolis and R. Gills (eds.): Marine Phytoplankton and Productivity - Springer - Verlag, Berlin, 125-126.
- Smith, W.O., Jr., 1987. Phytoplankton dynamics in marginal ice zones. Annual Review of Oceanography and Marine Biology. **25**, 11-38.

제 4 장

장보고과학기지 기반 환경요인 장기 모니터링

제 1 절

기지주변 기상 관측

최태진¹, 송수환²

한국해양과학기술원 부설 극지연구소¹

기상청²

요 약 : 2017년 기상관측 기간 동안 기온의 범위는 최저 -36.4°C (2017년 8월 29일), 최고 기온은 4.5°C (2017년 1월 3일)이었고, 연평균 기온은 각각 -14.86°C 으로 2014년 기지 운영 이래 기온이 가장 낮은 해 이었다. 월평균 풍속은 $3.6\sim 5.8\text{ ms}^{-1}$ 로 관측되었다. 연평균 풍속은 4.49 ms^{-1} 로 전반적으로 약하였지만, 간헐적으로 강한 풍속이 발생하였다. 기록된 최고 순간 풍속은 37.2 ms^{-1} 이었다(2017년 5월 19일). 풍향의 분포는 대체로 서풍~북서풍이 우세하였지만 하계기간에는 북동풍의 빈도가 증가하였다. 강한 바람은 북서풍에서 발생하였다. 시정이 가장 좋은 달은 11월과 12월이었다. 대기의 안정도는 3년 동안 비슷하였지만, 2015년 봄철 지표면의 눈 녹음 시기가 늦어져 안정 대기의 지속 기간이 나머지 두 해에 비해 한 달 가량 길었다. 기지 앞 바다는 2014년에는 3월 20일 전후, 2015년은 2월 28일, 2016년은 3월 1일에 2017년에는 2월 26일에 완전히 결빙되었다.

1. 서론

남극세종과학기지에 이어 대한민국의 두 번째 남극과학기지인 장보고과학기지는 2014년 2월에 준공되었으며 동남극 테라노바만에 위치하여 지리적으로 북동쪽에서 남서쪽으로는 남극종단산맥의 지류가 위치하여 산악성 기후와 남동쪽에서 남쪽으로는 로스해에 인접하여 해양성기후를 복합적으로 보이는 곳에 위치해 있다.

남극장보고과학기지(이하 '장보고기지')에서의 공식적인 기상업무는 정규 기상 관측일인 2014년 4월 11일부터 시작되었다. 이곳에서의 기상업무는 단기적으로는 남극에서의 연구수행, 동·하계 대원들의 안전한 생활을 지원하고, 장기적으로 남극의 기후와 환경을 이해하는 중요한 지표가 되며, 향후, 기상관측자료가 축적되면 기후자료생산과 남극 기후 연구업무를 수행할 뿐만 아니라 타 분야 연구 및 수행계획에 기초자료로 활용될 것이다.

장보고기지는 2014년 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO)에 종관 기상관측소로 정식 등록(WMO Index 89859, 74°37' 20" S, 164°13' 41" E)되어 지상기상관측과 고층기상관측을 실시하고 전문전송을 통해 기상관측자료의 전 세계적인 공유가 이루어지고 있다. 기상관측 자료는 기상순보 및 월보의 형식으로 기후 자료를 DB화하고 통계를 통한 자료 생산과 영구 보존으로 남극 기후 연구업무를 수행하는데 많은 도움이 되리라 믿는다.

기상관측업무는 자동종관기상 관측시스템(Automatic Synoptic Observation System : ASOS)에 의한 매시간 자동관측(기온, 기압, 풍향, 풍속, 강수량 등)과 관측자에 의한 목측관측(시정, 운고, 운량 등)으로 구분이 되며, 매 3시간 단위(UTC 기준)로 관측하고 6시간(00, 06, 12, 18UTC)마다 기상청에 FTP를 통해 전문을 전송하고 있다. 고층기상관측은 대기의 입체적 관측을 위해 지상으로부터 30km 이상까지의 고도별 기압, 기온, 습도, 풍향·풍속을 관측하는 것을 목적으로 하고 있으며, 장보고기지에서는 2014년 12월 13일 오토존데(Auto Sonde)를 설치하여 2015년 2월 1일 정식운영되어 매일 1회(00UTC) 라디오존데를 통한 고층관측을 실시하고 기상청으로 전문으로 전송하고 있다. 또한 상층오존을 관측하기 위해 오존존데를 비양하여 연직 오존 분포를 관측(연 24회)하고 있으며 특히, 하계기간(9~11월)에는 월 6회 존데를 비양하여 집중적으로 관측하고 있다.

남극에서의 기상예보업무는 위험기상이 빈번하게 발생하고 있는 이곳에서 안전한 활동을 지원하기 위하여 그 중요성이 매우 높기 때문에 기지 운영을 위한 기상대원의 중요한 역할이라고 할 수 있다. 그러나 월동대 운영 특성상 1년 주기로 기상대원이 교체되고, 처음 접하게 된 남극지방의 기상특성을 빠른 시일내에 파악하고 예보를 생산하기는 쉽지 않다. 이번 보고서에서는 월동기간 중 발생한 강풍 중심의 위험기상 사례를 분석하여 차후 월동 기상대원이 예보업무에 참고할 수 있도록 하고자 하였다.

종합적으로, 기상분야의 업무는 기지주변의 기상변화를 지속적으로 감시하고 기록함

으로써 기후자료 생산하고 장기적으로는 기후변화의 근거자료를 구축하는데 있으며, 그와 더불어 기지에 체류하는 연구원과 월동대원들의 야외 연구 활동 및 일반 생활에 필요한 날씨 정보(예보)를 제공함으로써 안전한 기지 운영을 지원하는데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 연구 지역

장보고기지의 기상 및 대기물리 분야 관측 지역은 기지의 본관동을 중심으로 반경 1 km 내에서 주로 북쪽 방향에 위치한다(Fig. 4-1). 본관동을 기준으로 동쪽으로 약 100 m 떨어진 라디오존데 비양동을 제외하면, 북쪽으로 약 150 m 떨어진 지점에는 경계층 관측동을 중심으로 자동종관기상관측시스템(Automatic Synoptic Observation System, ASOS), 브루어 오존 분광기용 플랫폼, 복사계 플랫폼이 위치하고 있다. 본관동에서 가장 먼 곳에 위치한 대기구성물질관측동(이산화탄소/메탄 농도 분석기, 블랙 카본 분석기 운영)은 본관동의 북서쪽에 직선거리로 약 900m 지점에 위치하고 있다. 30 m 워킹 타워(walk-up tower)는 대기구성물질관측동 동쪽으로 약 25 m 떨어져 있다.



Fig. 4-1. The location of Observatories for meteorology and atmospheric physics.

나. 관측

지난 3년 (2014 - 2016년) 동안 장보고기지에는 다양한 연구 장비가 설치되고 운영되었다. Table 4-1는 각 관측 장비 별 관측 시작일, 관측 요소, 관측 주기 및 기간(연속 관측 장비와 특정 기간 운영되는 장비로 구분), 관측 요소 등이 요약되어 있다. 각 관측 장비 별로 측정되는 요소들은 본관동의 대기·우주과학연구실에서 모두 실시간 감시되며, 관측 요소에 영향을 미치거나 그럴 가능성이 있는 상황에 대해서는 기상 및 대기과학 월동 대원에 의해 기록되어 향후 자료 처리에 이용된다.

Table 4-1. Summary of Measurements. Refer to Table 4-3 for radiometers in detail

Instruments	Starting dates	Sampling rate and measurement period	Variables
Radiometers	Feb. 13, 2015	1 Hz/year round	Global solar radiation
			Atmospheric Longwave radiation
			Total ultraviolet radiation
			UV-A
			UV-B
Automatic Synoptic Observation System	Apr. 11, 2014	every 3 sec. for wind every 1 min. for the other variables/ /year round	Wind, temperature, relative humidity, pressure, visibility, snow heigh, cloud height
Autosonde	Feb. 1, 2015	Daily (00 UTC)/ Feb. - Nov.	Profiles of wind, temperature, pressure, relative humidity (~ 30 km)
Ozonesonde	Aug. 28, 2015	Weekly/Aug.&Nov. Biweekly/Sep.-Oct.	Profile of ozone concentration (~ 35 km)
Flux system (including a net radiometer)	Apr. 11, 2014	20 Hz/year round every 1 min./ year round	Turbulence/Fluxes of heat and water vapor Four radiative components
Brewer Ozone Spectrophotometer	Mar. 6, 2015	Continuos/ year round	Total column ozone, Ultraviolet radiation
CO ₂ and CH ₄ analyzer(CRDS)	Mar. 1, 2015	every 3 sec./ year round	Concentration of CO ₂ and CH ₄
Black carbon analyzer (Aethalometer)	Feb. 14, 2015	5 min. accumulated/ year round	Concentration of black carbon
Time-lapse camera	Main building Mar. 20, 2015 Heavy vehicle storage Apr. 18, 2015	every 10 min. /year round	Sea ice-clouds Land surface-clouds

3. 결과 및 고찰

가. 기상자료 분석

중관기상 관측시스템(Fig. 4-2)을 제 4차 월동기간 중 2017년 1월부터 10월까지 10개월간의 중관관측 데이터를 각 요소별로 분석하였고, 11월과 12월은 5차 기상대원이 정리하여 1년간의 자료를 종합정리하였다. 기압, 기온, 습도, 풍속에 대하여 일별 분포와 더불어 월별 평균값에 대해 연구기간 동안의 기상특성을 알아보았다.

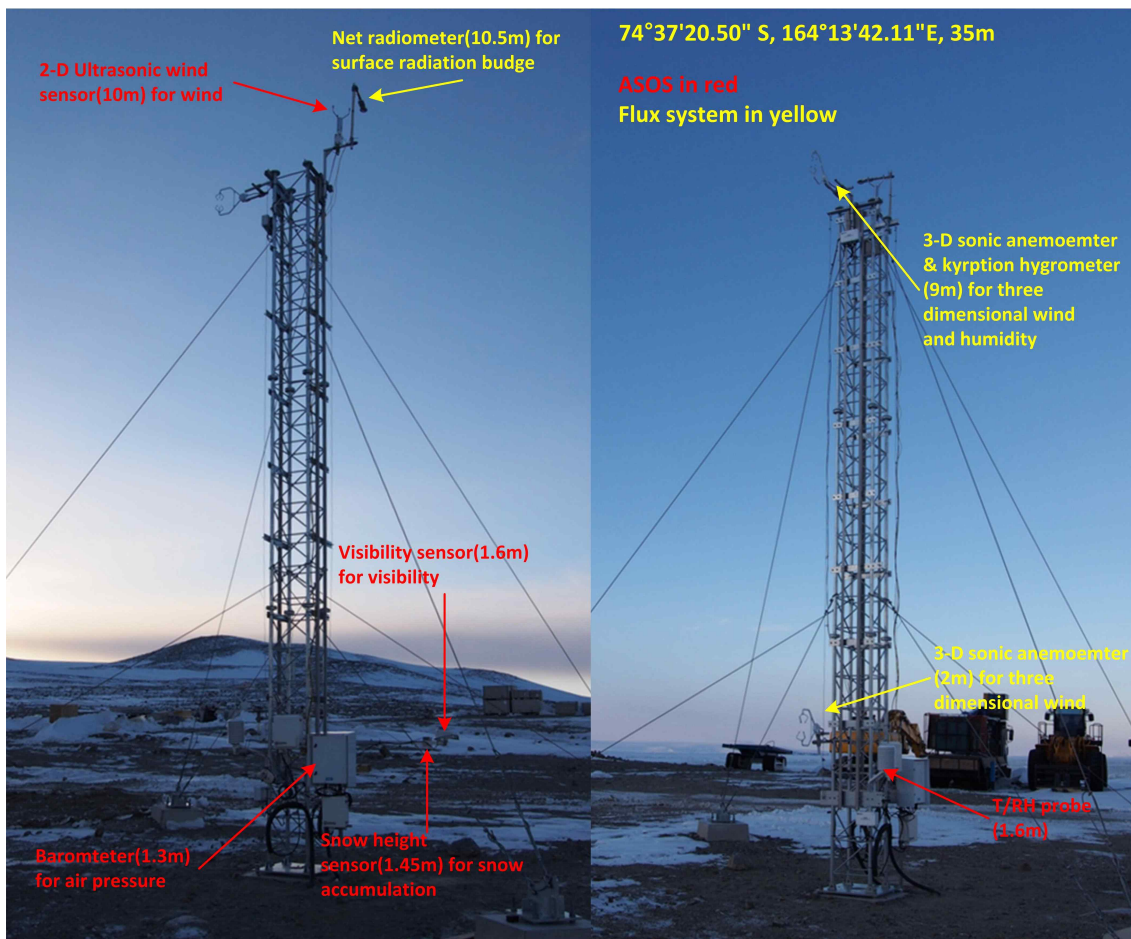


Fig. 4-2. Automatic Synoptic Observation System in red and Flux system in yellow.

(1) 기압

2017년 분석기간 동안의 평균기압은 985.81hPa이었으며, 월 평균값은 11월이 993.5hPa로 가장 높았고, 8월이 978.31Pa로 가장 낮았다. 최고기압 극값은 1008.9hPa(3

월 1일)이었으며, 최저기압 극값은 953.1hPa(8월 22일)이었다. 관측기간 동안의 일평균 기압과 월평균 기압을 각각 Fig. 4-3와 Fig. 4-4에 나타내었다.

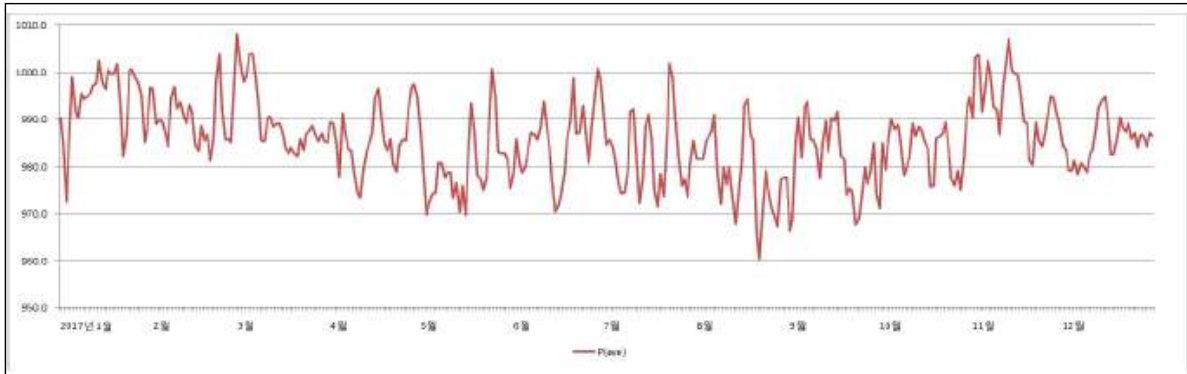


Fig. 4-3. The variations in daily averaged air pressure during 2017.

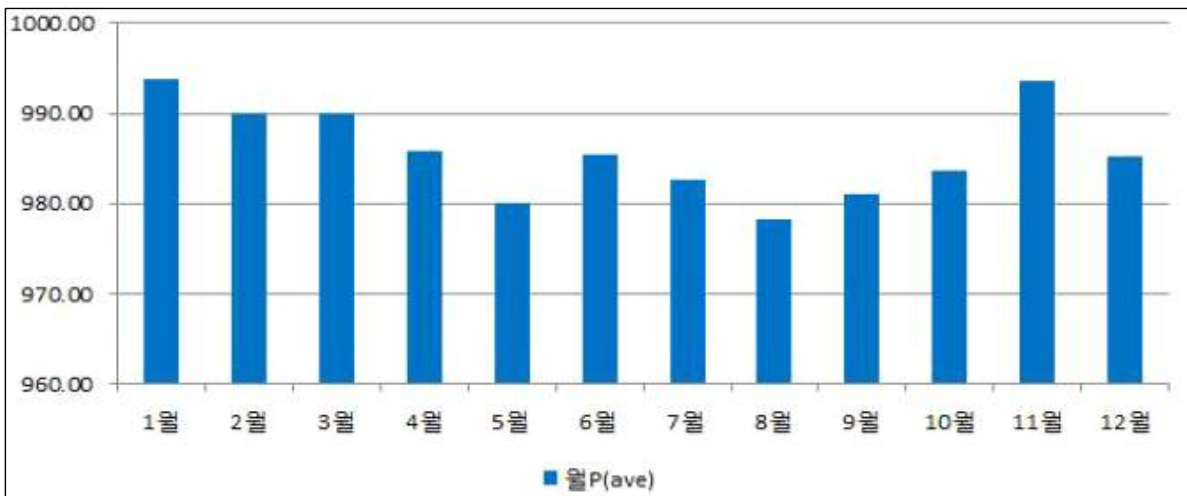


Fig. 4-4. The variations in monthly averaged air pressure during 2017.

(2) 기 온

분석기간 동안의 평균기온은 -14.85°C 였으며, 월 평균값은 1월이 -1.24°C 로 가장 높았고, 9월에 -23.71°C 로 가장 낮았다. 최고기온 극값은 45°C (1월 3일), 최저기온 극값은 -36.4°C (8월 29일)이었다. 3월 하순부터 -20°C 이하로 떨어지기 시작하여 9월 중순 까지 지면의 눈으로 인해 태양열은 반사하고, 지표 냉각에 의한 복사는 심하게 진행되어 기온 하강이 커지면서 4월부터 9월의 평균기온이 -20°C 이하로 관측되었고, 일출이 시작되면서 9월 하순부터 점차 기온이 상승하는 분포를 보였다. 관측기간 동안의 일평균 기온, 월평균 기온, 일최고 기온 및 일최저 기온은 각각 Fig. 4-5에서 Fig. 4-8에 나

타내었다.

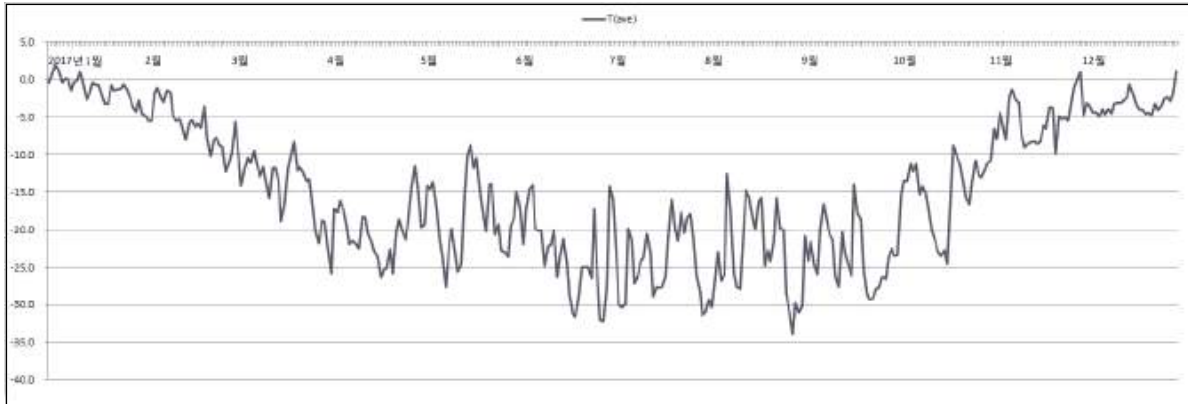


Fig. 4-5. The variations in daily averaged air temperature during 2017.

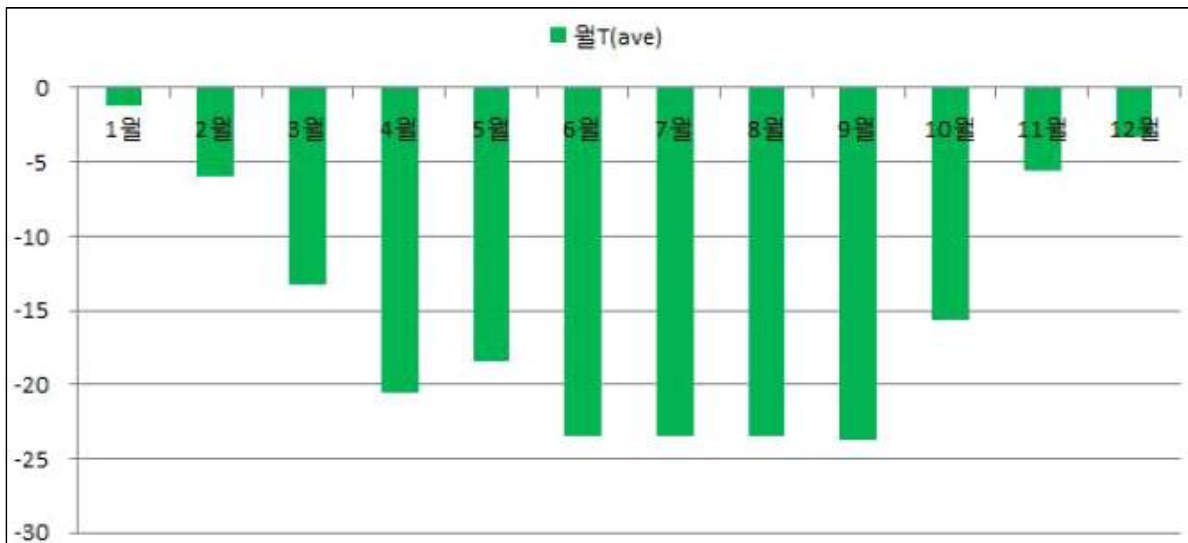


Fig. 4-6. The variations in monthly averaged air temperature during 2017.

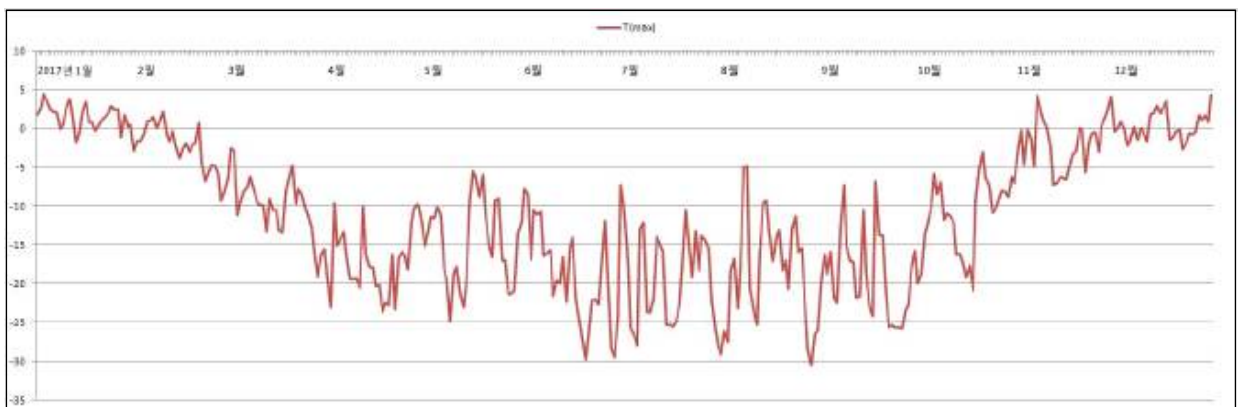


Fig. 4-7. The variations in daily maximum air temperature during 2017.

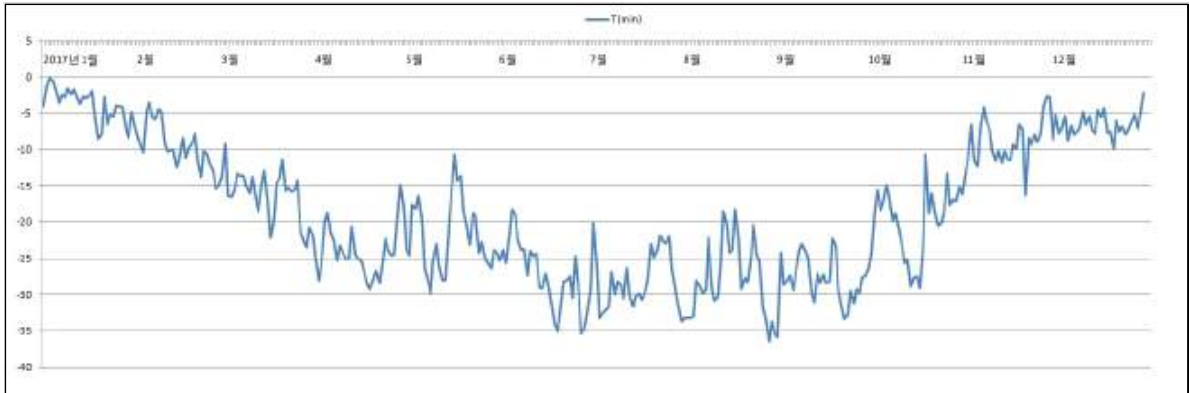


Fig. 4-8. The variations in daily minimum air temperature in 2017.

(3) 바람

분석기간 동안의 평균풍속은 4.49 ㎧이 관측되었고, 순간최대풍속 극값은 37.2 ㎧(5월 19일)로 이번 분석기간 중 가장 강한 바람을 기록하였다. 주로 극야기간이 시작되는 5월과 8월 사이에 풍속이 강하게 나타났다. 평균풍속은 10월에 10.5 ㎧로 가장 강했으며, 6월에 3.5 ㎧로 가장 약했다. 바람은 극고기압의 차가운 공기가 주로 바다 방향으로 진행되면서, 서풍계열의 빈도가 가장 많으며, 풍속도 가장 강하게 나타났다. 특히 기지 서쪽에 위치한 산맥으로부터 불어오는 강한바람으로 인하여 강풍은 주로 서-북서풍이 주를 이루었다. 바람 자료를 분석한 그림은 Fig. 4-9~4-11에 나타내었다.

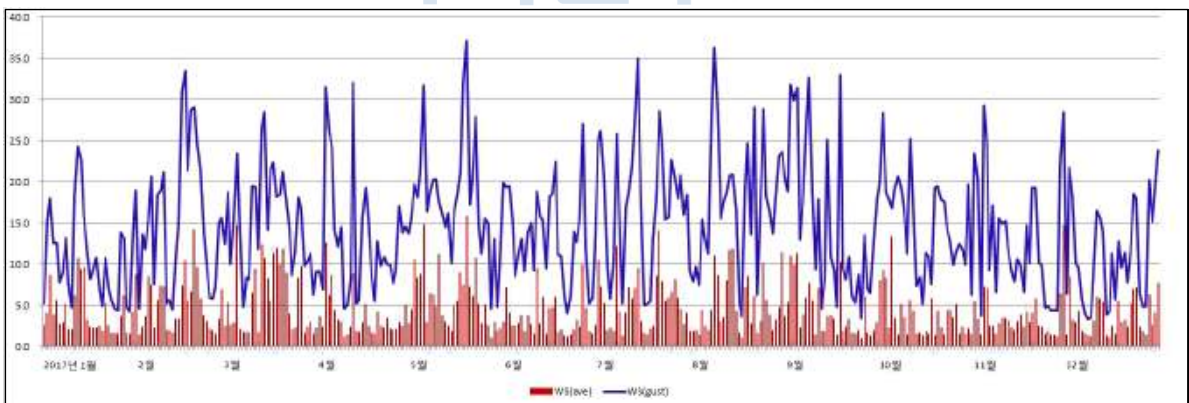


Fig. 4-9. The variations of daily averaged wind speed and maximum speed.

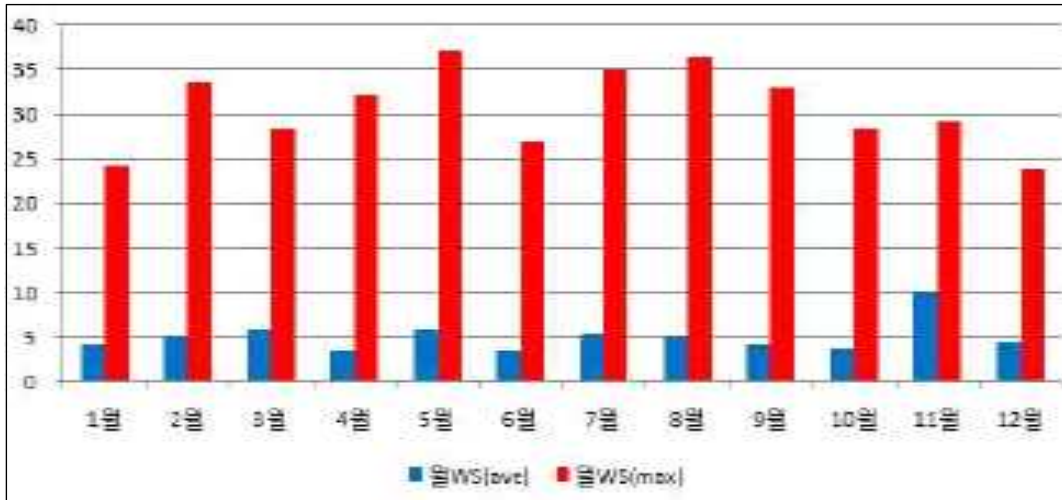


Fig. 4-10. The variations of monthly averaged wind speed and maximum speed.

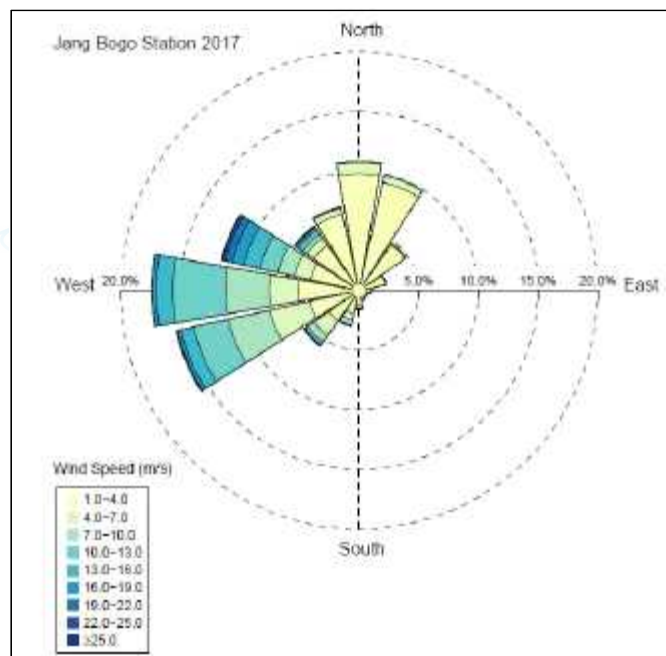


Fig. 4-11. Yearly wind rose plot of Jang Bogo Station in 2017.

(4) 습도

분석기간 동안의 평균 습도는 55.21%였으며, 월 평균습도는 1월에 62.92%로 가장 높았고, 5월이 51%로 가장 낮았다. 최소습도 극값은 14%(9월 18일)를 기록하였다. 주로 극야기간에 극고기압 확장에 따른 차고 건조한 바람이 강하게 불면서 습도가 낮게 관측되었다.

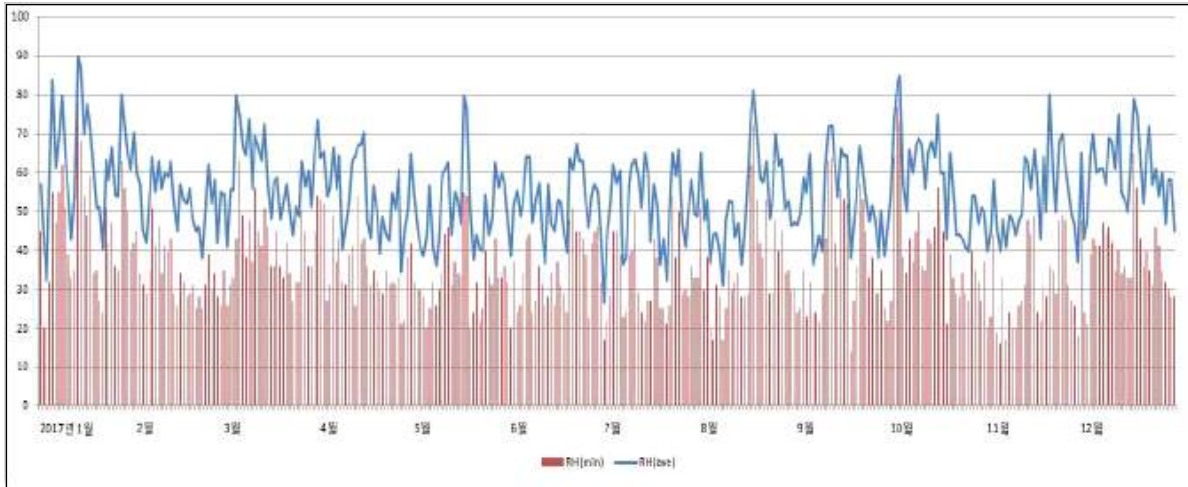


Fig. 4-12. The variations of daily minimum and averaged humidity during 2017.

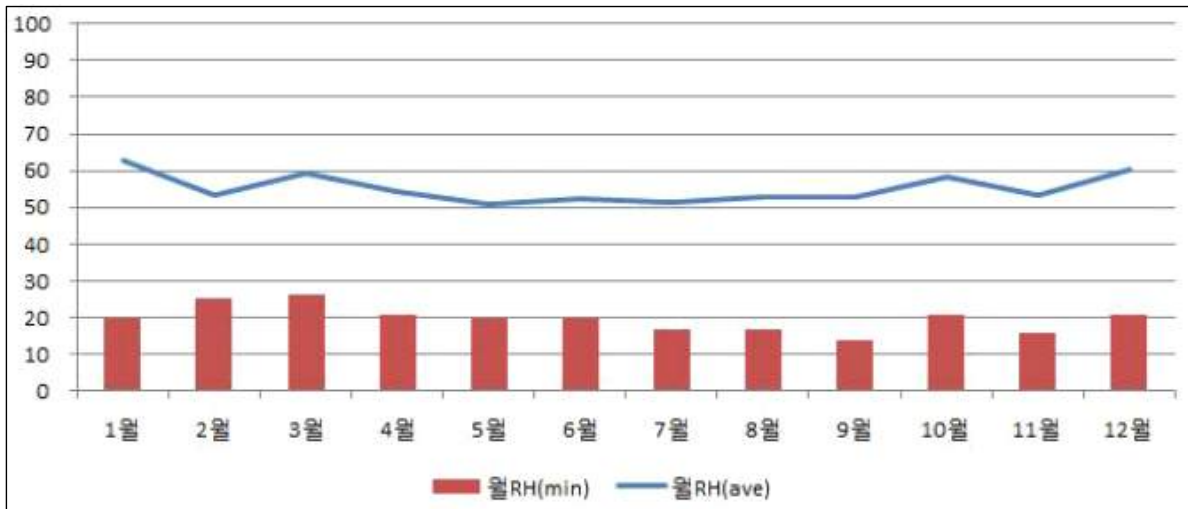


Fig. 4-13. The variations of monthly minimum and averaged humidity during 2017.

(5) 전천 일사량 (Solar Radiation)

남극에서의 전천일사량은 계절의 영향을 매우 많이 받는데, 하계기간인 11월초부터 2월 초까지는 백야기간으로 강한 일사량이 관측되었다. 2월 중순부터 일사량이 줄어들기 시작해 남극의 동계로 접어드는 3월부터는 급격히 감소하기 시작하여 극야기간인 5월초에서 8월초까지는 일사량이 거의 관측되지 않다가 극야가 끝나면서 조금씩 증가하기 시작하여, 백야가 시작되기 직전인 10월 중순 이후부터 급격하게 증가하였다.

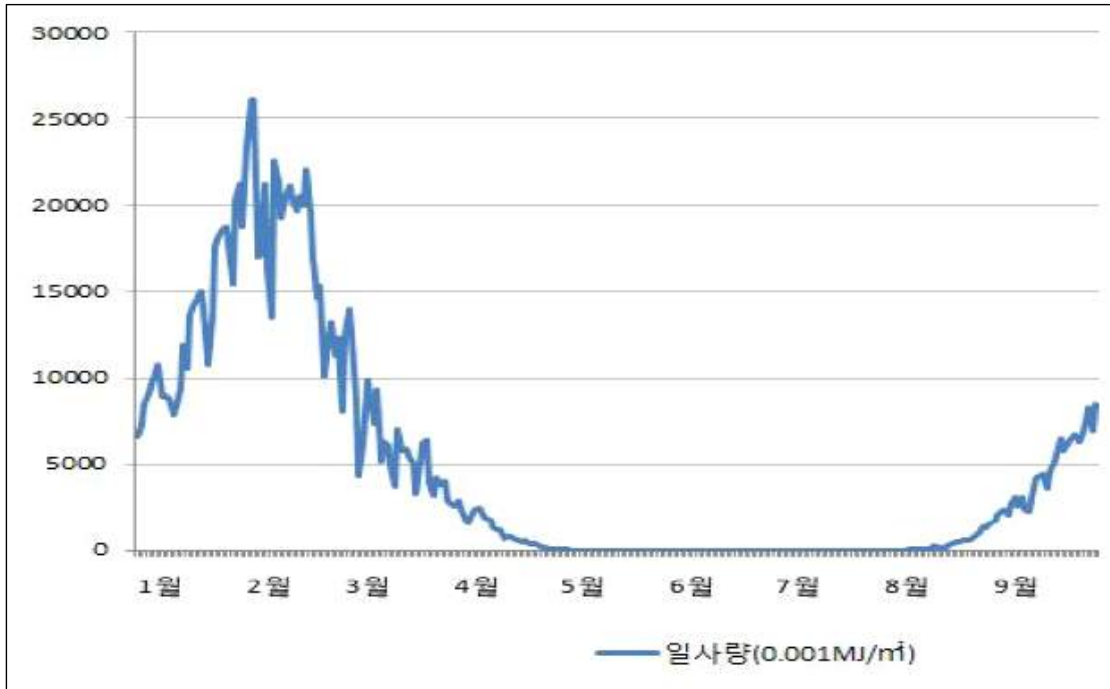


Fig. 4-14. The variations of daily solar radiation(0.001 MJ/m²).

(6) Blizzard

기상학사전 용어 설명에서, 남극에서 **Blizzard**란 얼음모자(ice cap)로부터 불어내리는 맹렬한 치내리 바람(산에서 밑으로 내려 부는 강한 활강 바람의 일종)중 보라형(한랭건조한 바람)에 속하는 것으로 설명하고 있다. 또한, 낮은 온도에서 강한 바람에 의해 미세한 눈 알갱이가 날려서 시정이 악화되는 기상현상을 말한다(Huschke, 1970). 자료 분석에서는 미국 기상청 기준에 따라 풍속 14m/s 이상, 저온에서 눈이 날려 시정이 150m 이하로 감소하는 경우를 **Blizzard**로 분류하였다.

장보고기지의 **Blizzard**는 발생원인은 크게 두가지 형태로 분류할 수 있다. 첫 번째로 발달한 저기압이 로스해 부근으로 통과하면서 북고남저형 기압배치에서 난센빙봉 부근에 수렴대가 형성되어 강풍대가 기지까지 확장되는 형태이고, 두 번째는 극고기압이 확장할 때 극고기압 최대 확장 이후 기압이 급격히 하강하면서 강풍대가 북서쪽 산맥을 넘어 기지로 확장하는 경우이다. 두가지 모두 기압의 급격한 변화(급상승 후 하강, 급하강 후 상승)를 보였으며, 약한 기압골이 통과하여 기지부근에 눈이 내린 후 극 고기압 확장할 때 강한 바람과 함께 많은 눈이 날려 기지 곳곳에 쌓이기도 하였다.

2017년 10월까지 총 21회로 **Blizzard**가 발생하여 2016년의 13회보다는 발생 횟수가 증가하였고 지속시간 또한 50여시간 증가하여 빈번히 발생하였음을 보여준다(Table. 4-2).

Table 4-2. Blizzard occurrence during January to October in 2017

순번	발생일자	지속시간	바람	
			순간최대풍향풍속(㎞/시간)	나타난 시각
1	2017년 3월 5일 03:35~24:00	20:25	W 23.5	22:32
2	2017년 3월 6일 00:00~00:28	00:28	W 14.3	00:02
3	2017년 3월 13일 18:48~24:00	05:12	W 26.5	23:22
4	2017년 3월 14일 00:00~06:46	06:48	WNW 28.5	04:03
5	2017년 4월 4일 19:54~23:18	03:24	W 26.4	22:46
6	2017년 4월 12일 11:18~17:32	06:14	WNW 32.1	17:15
7	2017년 5월 5일 12:41~14:52	02:11	WNW 31.8	15:17
8	2017년 5월 18일 14:56~24:00	09:04	WNW 31.9	19:58
9	2017년 5월 19일 00:00~11:13	11:13	WNW 37.2	10:16
10	2017년 6월 26일 00:04~12:22	12:18	WNW 27.1	04:40
11	2017년 7월 13일 17:19~20:35	03:16	WNW 28.8	20:09
12	2017년 7월 14일 01:44~09:13	07:29	WNW 35.0	04:23
13	2017년 8월 7일 21:07~22:58	01:49	WNW 28.2	22:15
14	2017년 8월 8일 06:58~08:02	01:04	WNW 36.4	08:08
15	2017년 8월 21일 13:06~15:09	02:03	WNW 29.1	13:54
16	2017년 9월 3일 14:10~17:56	03:46	WNW 29.9	14:20
17	2017년 9월 3일 22:43~24:00	01:17		
18	2017년 9월 4일 00:00~07:30	07:30	WNW 31.5	05:04
19	2017년 9월 8일 12:27~15:32	03:05	WNW 32.7	16:18
20	2017년 9월 18일 02:25~04:07	01:42	WNW 33.0	03:40
21	2017년 10월 2일 14:30~23:55	09:25	W 28.4	18:21

나. 바다의 결빙

상용 DSLR 카메라를 이용한 타임랩스 카메라(Table 4-3) 한 대는 기지 앞바다의 해빙 변화 모니터링을 목적으로 본관동 지붕에, 다른 한 대는 멜버른산을 배경으로 기상 모니터링과 구름 촬영을 목적으로 중장비보관동 지붕에 설치되었다(Fig. 4-15). 배터리 전원을 이용하는 두 카메라의 설치는 2015년 3월 5일 완료되었으나, 본관동 카메라는 3월 20일, 중장비보관동 카메라는 4월 18일부터 교류전원을 직류전원으로 전환하여 공급되었다. 두 카메라 모두 32G SD카드를 이용하며, 약 4주마다 SD카드를 교체하여 촬영된 사진이 회수되었다. 촬영시간과 실제시간이 일치하도록 SD카드 교체 시 카

메라의 시간이 확인되었다. 또한 초점 조정을 카드 교체시마다 실시되었으나, 실제 초점이 잘 맞았는지 촬영된 사진을 회수하여야 확인할 수 있으므로 촬영된 사진의 초점이 맞지 않는 기간도 있었다. 특히 초점 조절 후 방수함에 수납하는 과정에서 렌즈의 위치가 변하면서 초점이 어긋나는 경우가 많았다. 설치된 DSLR카메라의 자동초점(auto focus)기능이 있지만, 동계기간 광량이 적어 수동초점이 이용되었다.

Table 4-3. Specifications for time-lapse camera

설정	본관동 카메라	중장비보관동 카메라
촬영 모드	AP(노출 우선 자동조절)	
사용 SD카드	32GB	
해상도	5184×3456	5184×3456
평균 파일 크기	4.6MB	4.6MB
최대 SD카드 교체 주기	약 140일	약 140일



Fig. 4-15. Time-lapse camera for sea ice and cloud monitoring on the main building (left) and for snow-covered area change and cloud monitoring on the heavy vehicle storage (right).

장보고기지 부두(메인, 임시) 부근의 해상은 2016년 동계에 결빙되어 오다가 2017년 1월 7일부터 해빙이 시작되어 2월 26일 다시 결빙되었다. 약 50여일간 해빙된 기간 동안 유빙과 빙산이 떠다녔지만 조디악을 이용한 해상과 각종 연구에 필요한 잠수 활동이 활발히 이루어졌고, 취수구 등 기지 기반시설 유지보수작업도 원활히 해결할 수 있었다. 또한 아라온을 이용한 총 3차례의 해상하역이 이루어 졌는데 1항차(2016.11.29.~30)과 2항차(2016.12.24~25)은 해상이 결빙된 상태에서 이루어졌다. 특히 3항차(2017.2.17~18)하역은

월동기간 중 사용하게 될 대부분의 유류를 호스를 통해 하역해야 되는 상황에서 바람과 해류의 방향에 따라 유빙의 이동이 매우 가변적이어서 많은 어려움을 겪었다.



Fig. 4-16. The variation in sea ice at front of dock from January to February in 2017.

다. 자료 획득 및 저장

Fig. 4-17은 기상/대기분야 자료의 이동 및 저장 경로이다. 우선 각 연구 장비의 저장 공간(컴퓨터 혹은 자료 집록기)에 1차적으로 자료가 수집된다. 플릭스 시스템과 복사계의 자료는 집록기에 저장되었다가, 대기·우주과학연구실에 설치된 자료 컴퓨터의 전용 프로그램(LoggerNet®)에 의해 자동으로 복사된다. 이 컴퓨터는 플릭스 시스템의 관측자료 표출 페이지의 서버(server)의 역할도 수행한다. 저장된 자료는 매일 1회 대기·우주과학연구실에 설치된 네트워크 저장 장치(NAS)에 지정된 폴더에 백업된다. 종관기상관측시스템의 자료는 집록기에 저장되었다가 대기·우주과학연구실에 설치된 자료 컴퓨터의 전용 프로그램(Observation Console)에 의해 자동으로 복사된다. 이 컴퓨터는 기지 내 기상 자료를 방송하는 서버 역할도 병행한다. 오토존데의 관측 자료(오존존데 관측 자료 포함)는 오토존데 내에 설치된 제어컴퓨터(Local PC)에 저장되며, 동시에 대기·우주과학연구실의 자료 컴퓨터(Remote PC)에도 자동 복사된다. 또한 기상대원이 매일 1회 관측 자료를 NAS에 백업 저장한다. 해빙 및 구름모니터링용 타임랩스 카메라는 약 4주마다 SD카드를 교체하여 NAS의 지정 폴더에 저장한다. 이산화탄소 및 메탄분석기(CRDS)의 관측 자료는 장비 컴퓨터에 저장되며, 월 1회 NAS에 복사 저장된다. 네트워크에 유선으로 연결되지 않은 블랙카본 관측기는 월 1회 CF카드의 자료를 직접 NAS에 저장된다. 한편, 플릭스 시스템의 풍향, 풍속 등의 일부 관측 자료는 기상 자료와 함께 웹서버를 통해 기지 내에 제공되고 있다. NAS에 저장된 자료는 정기적으로 연구소 내에 설치된 NAS로 백업을 하고 있으며, 기지의 인터넷 사정을 고려하여 약 2주

간에 걸쳐 분산 전송하고 있다.

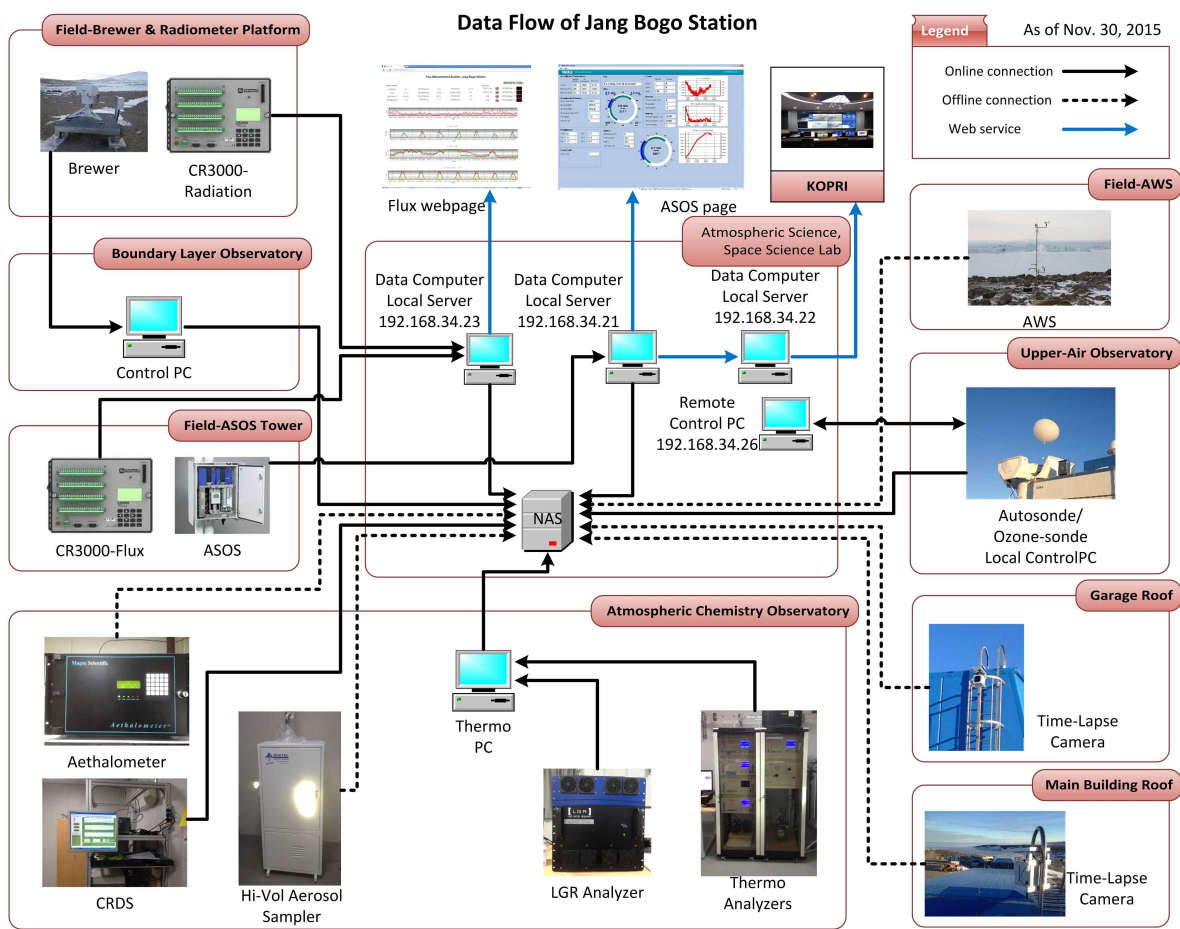


Fig. 4-17. Data flow chart from each datalogger to the data storage in the lab.

Monitoring of Meteorology and Atmospheric Physics at Jang Bogo Station

Taejin Choi¹, Song Suhawn²

Korea Polar Research Institute, KIOST¹

Korea Meteorological Administration²

Abstract: This report describes the monitoring results related with meteorology and atmospheric physics at Jang Bogo Station in 2017. Air temperature ranged from -36.4°C (August 29) to 4.5°C (January 3) with annual averaged value of -14.86°C in 2017. Overall, wind speed was not strong at Jang Bogo Station, but very strong wind has occurred intermittently with the gust of 37.2 ms⁻¹ on May 19, 2017. Monthly averaged wind speed was in the range of 3.6~5.9 ms⁻¹. Annual averaged wind speed were 4.49 ms⁻¹ in 2017, respectively. Wind from west was the dominant except for from northeast in summer season. Strong wind blew from northwest. Visibility in 2017 was good year round. On average, November and December were the best for the visibility. The sea near the station was completely frozen around March 20 in 2014, on February 28 in 2015, on March 1 in 2016 and February 26 in 2017.

참 고 문 헌

- 극지연구소 (2016) 남극과학기지 포괄적 환경모니터링 및 장기환경자료 DB 구축(장보고기지)
- 극지연구소 (2018) 대한민국 남극장보고과학기지 제4차 월동연구대 월동보고서 (2016 10월 ~ 2017년 11월)



Appendix 1. 장보고기지 극값 순위(1위~5위 / 2014.4.11 ~ 2017.8.31)

구분		순위		1위	2위	3위	4위	5위
		기온	날짜					
기온	일최고 기온	기온		7.9	7.1	6.5	5.6	5.1
		날짜		12.14(2015)	12.15(2016)	12.13(2015)	12.15(2015)	12.4(2015)
	일최저 기온	기온		-36.4	-35.9	-35.8	-35.5	-35.4
		날짜		8.29(2017)	9.1(2017)	7.14(2014)	8.31(2017)	6.28(2017)
풍속	일평균 풍속	풍속		23.3	19.3	17.2	16.9	16.5
		날짜		5.23(2016)	8.29(2015)	5.22(2016)	8.30(2015)	4.23(2014)
	일최대 순간풍속	풍속		41.6	41.5	40.1	38.3	38.0
		날짜		5.23(2016)	5.26(2016)	8.30(2015)	10..5(2016)	5.25(2016)
기압	일최고 기압	기압		1014.1	1013.2	1012.8	1010.9	1010.8
		날짜		7.31(2016)	5.29(2015)	5.28(2015)	8.3(2016)	8.3(2015)
	일최저 기압	기압		944.8	946.6	949.4	949.5	950.4
		날짜		10.19(2014)	9.14(2016)	9.14(2015)	9.13(2016)	9.10(2016)

극지연구소

Appendix 2. 요소별 평균 및 극값(2017.1.1~12.31)

요 소 별 월 별	기압(hPa)			기온(℃)			풍속(m/s)		습도(%)	
	평균	최고	최저	평균	최고	최저	평균	순간최대	평균	최소
1	993.85	1003.9	969.8	-1.24	4.5	-8.5	4.16	24.3	62.9	20
		14일	3일		3일	19일		12일		2일
2	990.1	1007.1	977.5	-5.94	2.2	-15.4	5.1	33.5	53.3	25
		28일	20일		9일	27일		16일		20일
3	990.01	1008.9	980.7	-13.27	-2.6	-23.5	5.8	28.5	59.2	26
		1일	21일		2일	29일		14일		2일
4	985.9	999.1	971.6	-20.49	-9.6	-29.2	3.6	32.1	54.3	21
		29일	10일		3일	19일		12일		27일
5	979.96	1002.1	967.2	-18.41	-5.6	-29.9	5.9	37.2	51.0	20
		25일	14일		16일	9일		19일		5일
6	985.47	1003.1	966.9	-23.44	-7.8	-35.4	3.5	27.1	52.6	20
		29일	17일		1일	28일		26일		1일
7	982.58	1005.8	968.8	-23.51	-7.3	-33.7	5.4	35.0	51.3	17
		23일	21일		1일	31일		14일		1일
8	978.31	998.1	953.1	-23.5	-4.9	-36.4	5.1	36.4	53.0	17
		18일	22일		9일	29일		8일		5일
9	981.06	999.2	963.3	-23.71	-6.8	-35.9	4.2	33.0	53.0	14
		7일	1일		18일	1일		18일		18일
10	983.65	996.1	965.7	-15.71	-3.0	-29.1	3.75	28.4	58.4	21
		31일	1일		21일	18일		2일		19일
11	993.5	1008.5	977.5	-5.56	-4.2	-16.3	3.61	29.3	53.3	16
		13일	20일		7일	22일		4일		5일
12	985.28	996.1	977.4	-3.54	4.4	-9.8	3.7	23.9	60.3	21
		15일	6일		31일	21일		31일		3일
2017년	985.81	1008.9	954.1	-14.86	4.5	-36.4	4.49	37.2	55.22	14
		3.1	8.22		1.3	8.29		5.19		9.18

Appendix 3. Monthly wind rose plots of Jang Bogo Station in 2017



제 2 절

해수 이산화탄소 및 관련인자 모니터링

이태식

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 기지 모니터링 보고서에 수록된 결과는 극지연구소 주요 사업의 하나인 JBG-LTER (PE180150)에서 수행한 결과를 분석한 것이다. 이산화탄소 분압 ($p\text{CO}_2$) 자동 모니터링 시스템을 2015년 2월에 장보고기지에 설치이후 현재까지 $p\text{CO}_2$ 와 관련인자 (수온, 염분, 수소이온 농도(pH), 용존산소, 엽록소, 발색유기물(CDOM), 탁도)를 측정하고 있다. 대기 이산화탄소는 6시간 주기로 기록되며 해양 $p\text{CO}_2$ 와 관련인자는 매분 관측하였다. 대기 이산화탄소 농도는 2017년에 396.5 ppm에서 399 ppm 으로 약 2.5 ppm 증가하였다. 해양 일차생산의 폭발적인 증가로 $p\text{CO}_2$ 는 늦여름에 최소값인 160 μatm 이 관측되었으며 가을과 겨울동안 극야와 해빙증가 등으로 $p\text{CO}_2$ 가 증가하여 초봄에 최고값인 460 μatm 이 관측되었다. 이는 예년과 같은 계절변화이다. pH 는 측정 센서의 심각한 오작동이 발견되었으며 용존산소는 해양 $p\text{CO}_2$ 와 반대 변화가 관측되어 생물에 의한 변화임을 입증하였다. 엽록소는 여름에 일변화가 관측되었지만 CDOM 은 변화가 없었으며 탁도도 변화가 없었다. 수온과 염분은 여름에 급격한 변화를 보이는 반면 나머지 계절에는 거의 비슷한 -1.9°C 와 34를 유지 하였다.

1. 서 론

기후변화의 주요 원인으로 작용하는 대기 이산화탄소 증가는 미래 인류의 삶에 직접적인 영향을 미친다. 온실효과에 따른 기온 상승과 이로 인한 해수면 상승, 기상이변, 홍수 등의 자연재해가 예상되며, 극지방에서는 해빙 감소와 빙하 감소로 인한 기온의 급상승과 급격한 해양 수온 증가로 해양 생태계 변동이 예상된다. 이런 기후변화 뿐만 아니라 대기로 방출된 이산화탄소는 해양에 용해되어 무기탄소량을 증가시키며 해수 수소이온 농도를 증가시켜 해양 산성화를 이끌 것으로 예상된다 (Takahashi et al., 2009; Grubber et al., 2009). 위에 열거한 사항들은 이미 진행되는 현상으로 실험적으로 관측되고 있다.

로스해는 웨델해와 함께 남극에서 접한 가장 큰 바다이며 심해수의 수원지역이다. 식물플랑크톤 번성이 강해 남극 연안 바다중에 단위면적당 이산화탄소 흡수력이 강한 해역중의 하나이다 (Arrigo and Van Dijken, 2007). 그럼에도 불구하고 이제까지는 간헐적으로 여름에 집중하여 대기 이산화탄소 흡수력을 관측하였으면 연중 관측자료는 전무하다. 남극 연안의 이산화탄소 흡수력 연변동을 알아보고자 세종기지과 함께 장보고기지에서 최초로 해양 용존 이산화탄소 관측을 2015년에 시작하였다.

이 보고서는 현재 극지연구소 주요사업의 하나인 JBG-LTER (남극 장보고과학기지 장기생태연구 (JBG-LTER): 한·뉴·이태리 3국 공동 platform 구축)에서 수행중인 연구 결과를 활용한 것이다.

2. 방 법

가. 연구 지역

장보고 과학기지는 남극 로스해 서쪽 북빅토리아랜드 테라노바 만 연안에 위치하고 있으며 위경도는 남위 74° 36′ 55″ 동경 164° 12′ 3″ 이다. 장보고 과학기지는 본관동을 비롯하여 발전동, 대기관측동 등 여러개의 독립된 건물이 중앙에 있는 본관동을 중심으로 동서방향으로 위치하고 있다(Fig. 4-18). pCO₂ 관측기기에 아래 그림1에 보인바와같이 집수조에 설치하였으며 취수조에서 끌어들인 해수에 있는 pCO₂를 관측한다.

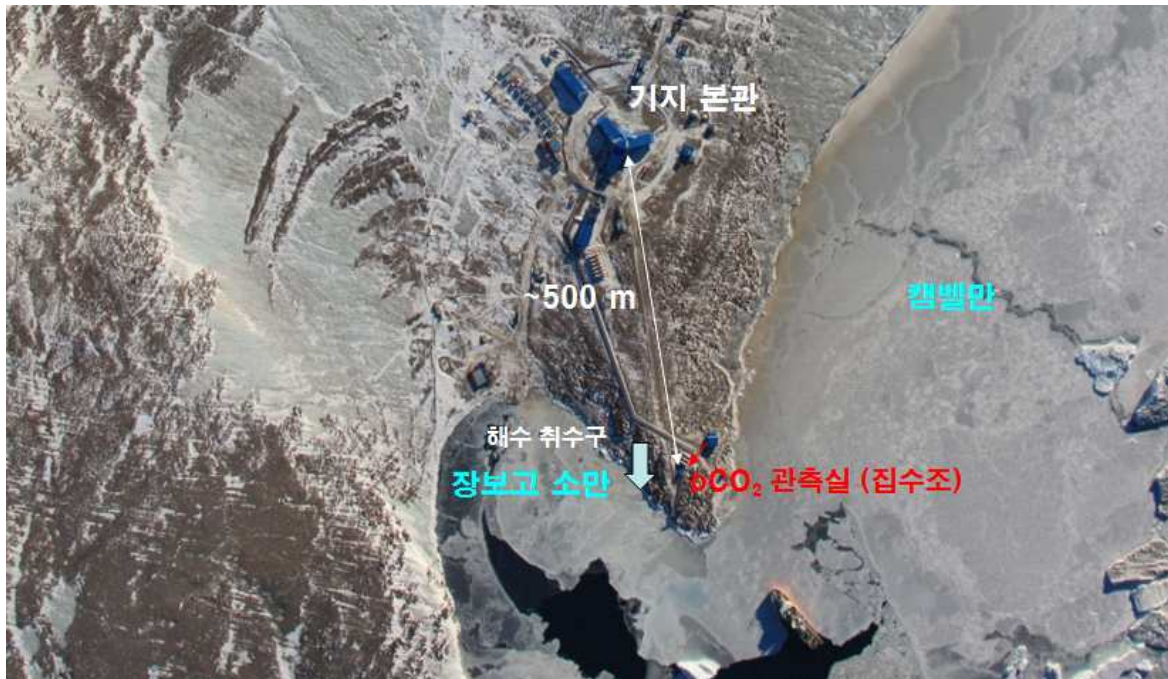


Fig. 4-18. Location of seawater pump house in which the pCO₂ monitoring system was mounted.

나. 장비의 구성

장비는 dry box, wet box, thermosalinograph, Soogard 에 설치된 pH meter, CDOM sensor, fluorometer, Optode, turbidity sensor, deck box 로 구성되어 있다 (Fig. 4-19). 이외에 이산화탄소 분석기기 보정위한 보정기체가 있다. 장보고 만에서 집수조로 유입된 해수는 중간에서 분지된 호스에 펌프를 연결하여 끌어들이도록 하였다. 공급된 해수는 Wet box에서 분지하여 하나는 용존 이산화탄소 분석위한 평형기로 가고 다른 하나는 thermosalinograph (SBE45), pH meter, CDOM sensor, fluorometer, Optode, turbidity sensor를 거쳐 배수구로 나간다. 해수 평형기로 가기 이전에 해수 필터를 거치는데 이 필터는 담수로 자동 세척이 가능하나 완전한 세척이 어려워 사람이 직접 세척해야한다. 자동 세척위한 담수 공급 라인이 현재 집수조에 설치되어 있지 않아 1톤 담수용 통을 집수조에 설치하여 펌프로 공급하고 있다. 대기 이산화탄소와 보정기체는 일방통행 방식으로 이산화탄소 분석기 (LI-7000)에 보내지나 평형기 headspace에 있는 공기는 분석기와 평형기를 폐쇄회로형식으로 계속 순환되도록 조그만 펌프가 중간에 있다.

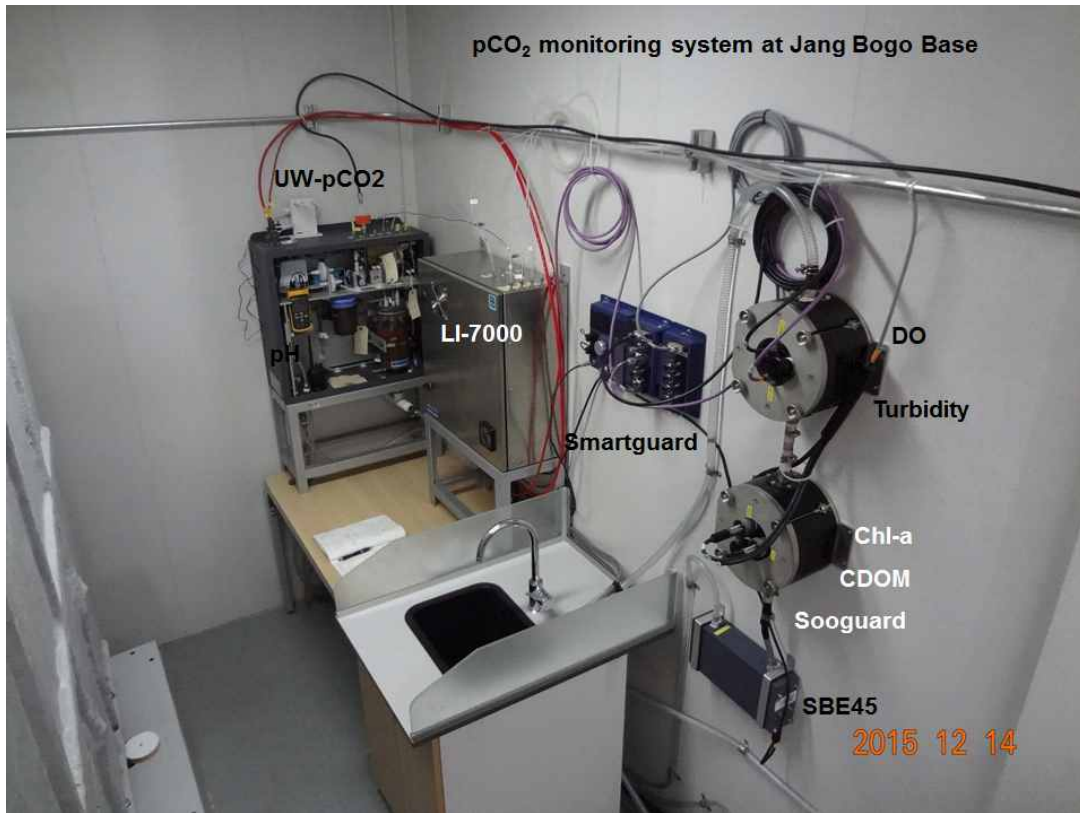


Fig. 4-19. pCO₂ monitoring system set up at seawater sump house of Jang Bogo Station.

극지연구소

3. 결과 및 고찰

가. 관측 자료 수집

관측자료는 장비 운용을 위한 프로그램인 UW-pCO₂를 이용하여 수집한다. 이 프로그램으로 자료수집 빈도도 조절하며 기기 제어도 가능하다. 해수 이산화탄소와 pH, chl-a, CDOM, DO, turbidity 자료는 매분 기록되며 대기 이산화탄소와 기기보정위한 보정기체 분석은 6시간마다 진행된다. 기록된 자료 매일 하나의 파일로 컴퓨터에 저장된다. 이와 함께 실험실에 인터넷을 설치하여 팀뷰어를 통해 자료를 연구소에서도 받을 수 있다.

나. 관측 결과

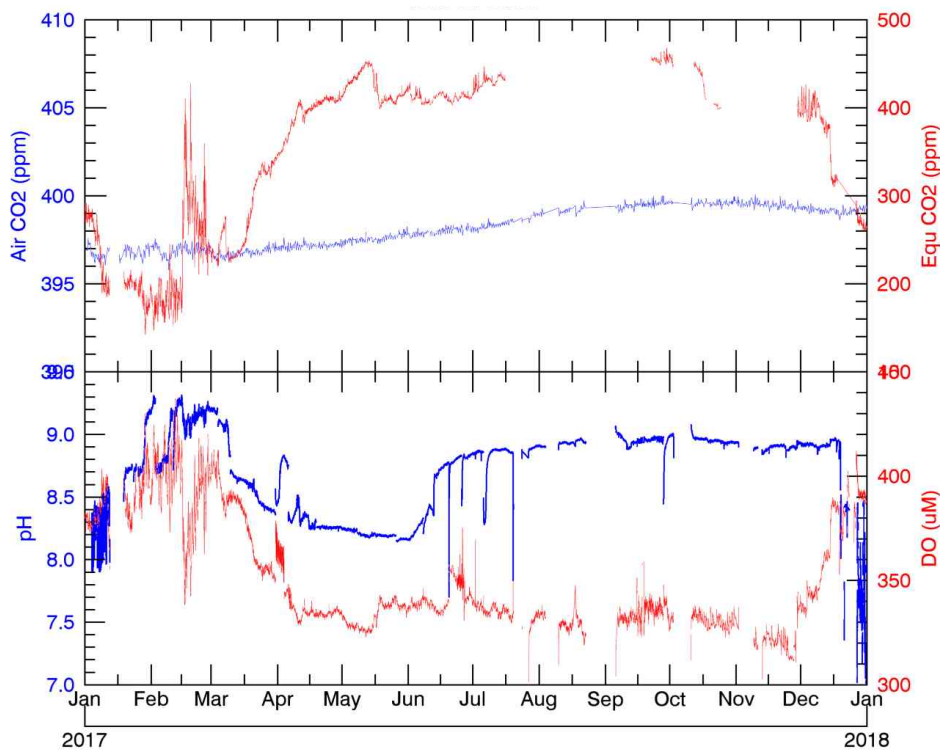


Fig. 4-20. pCO₂, pH and DO of seawater in the coastal of Jang Bogo Station during 2017.

(1) 대기 이산화탄소

2017년 대기 이산화탄소 농도는 2017년1월1일에 396.5 ppm에서 12월31일 399 ppm으로 약 2.5 ppm 증가하였다. 평균 최고 농도는 10월에 약 399.5 ppm 이 관측되었으며

최저 농도는 2월에 약 396 ppm 이었다. 1월과 2월에 이산화탄소 농도가 불규칙적으로 약 1 ppm 높게 측정되었는데 이는 기지활동으로 인한 오염원의 영향으로 추정된다. 늦여름에 낮고 초봄에 높은 계절변화를 보이는데 이는 북반구 대기 유입과 남반구 거대산불로 인한 증가와 여름철 일차생산 증가로 인한 남빙양 흡수로 인한 결과로 유추된다. 고농도 이산화탄소가 간헐적으로 관측되는데 이는 기지에서 사용하는 자동차 또는 기지 발전동에서 방출한 오염원이 원인이다. 이들 자료를 모두 제거하면 빨간색으로 표시한 남극 배경농도를 얻을 수 있다.

(2) 해양 이산화탄소

해양 이산화탄소 농도는 그림3(a) 에 빨간색으로 표시하였다. 160 uatm에서 460 uatm 까지 약 300 uatm 의 연변화를 볼 수 있다. 이는 대기 이산화탄소 농도 변화에 비해 약 120배 큰 것으로 해양 pCO₂ 의 거대한 변화를 가리킨다. 대기이산화탄소와 비슷한 계절변화를 보이는데 늦여름에 낮은 농도를 유지하고 겨울에 농도가 높다. 이는 여름철 해양생물의 강력한 일차생산으로 인한 해양 이산화탄소 이용으로 인해 농도가 감소하여 나타난 현상이며 겨울에는 빛이 없어 광합성이 일어나지 않는 반면 생물들의 호흡으로 인한 이산화탄소 증가와 해빙의 덮개구실로 인한 현상으로 추정된다.

(3) 수소농도 (pH)

해양 수소농도는 pCO₂ 변화에 의해 결정된다. 즉, 생물활동으로 인한 용존 무기탄소의 증감과 표층 기체교환으로 결정되는데 그림3(b) 에 보인 pH 는 용존 pCO₂ 와 다른 경향을 보인다. 즉, 2-3월에 pH 가 높고 pCO₂ 가 낮은 것은 서로 일치하지만 6월에 갑자기 pH 가 증가 후 유지하는 경향은 해수 pCO₂에서 찾아 볼 수 없다. 이는 아마도 갑작스런 pH 센서자체의 변화로 인한 결과로 보여진다. pH 센서 보정을 일주일 간격으로 진행하여 보정하였지만 변화를 발견하지 못하였다.

(4) 용존산소

용존산소 변화경향은 pH 와 마찬가지로 pCO₂ 와 정반대 경향을 보여준다. 이는 생물에 의한 변화임을 강력히 시사한다. 즉, 광합성으로 인한 pCO₂ 감소와 산소증가, 호흡에 의한 산소 감소와 이산화탄소 증가라는 생물기작으로 변화하고 있음을 보여준다. 2월 중순에 관측된 pCO₂ 의 갑작스런 증가와 용존산소의 증가는 기기 오작동이 아닌 자연 현상 관측임을 보여주며 5월 중순에도 갑작스런 pCO₂ 감소와 산소증가도 이를 뒷받침한다. 하지만 관측해역에서의 생물작용에 의한 것인지 아니면 해양물성 자체가 그러한지는 좀 더 연구가 필요하다. 용존산소 농도는 겨울에 320 uM 까지 감소하는 반면

일차생산이 활발한 여름에는 440 μM 까지 증가하였다.

(5) 엽록소와 발색유기물 (CDOM)

엽록소-a 와 발색유기물 (Chromophoric Dissolved Organic Matter, CDOM) 관측을 위해 설치한 센서의 측정범위가 남극연안 관측에 맞지 않아 11월까지의 변화를 볼 수 없었으나 센서 측정범위 조절위한 사용케이블 교체로 일변화를 관측할 수 있게 되었다. Fig. 4-21에 케이블 교체이전과 이후 비교 그림을 보였다. 엽록소는 일변화가 관측되었으나 CDOM 은 케이블 교체이후에도 변화가 없었다. 장보고 기지 관측지역이 12월에 백야를 이루어 하루종일 태양빛이 있음에도 불구하고 엽록소 일변화 관측은 광합성에 필요한 PAR 의 세기차이에 따라 엽록소 농도가 변한다고 추정된다.

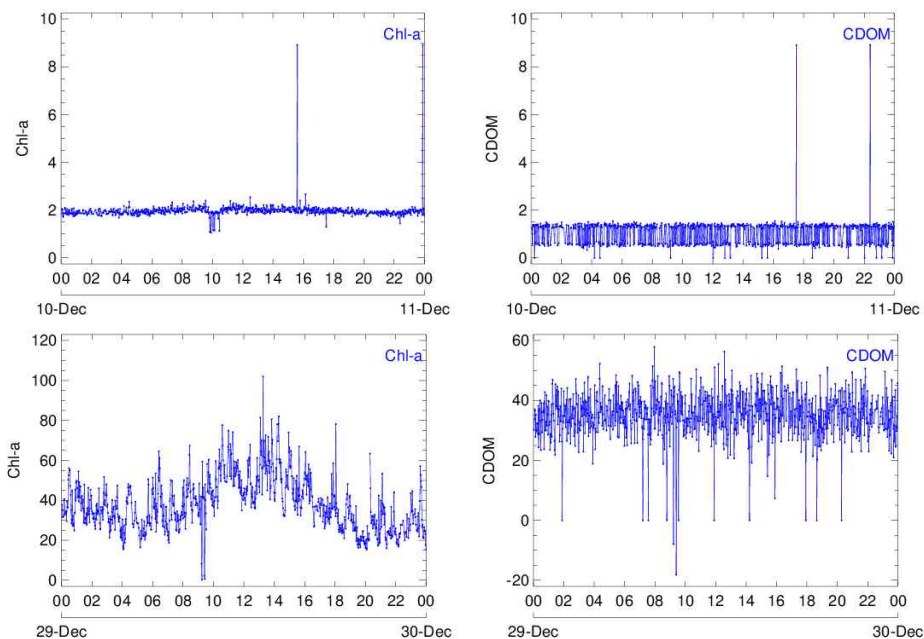


Fig. 4-21. Observation results before and after replacement of chlorophyll and CDOM sensor cable.

(6) 수온과 염분

수온은 한여름인 1월에 2도까지 상승한 후 기온 감소로 하강하여 2월 중순에 -1.5도까지 내려간 후 해빙 빙점인 -1.9도까지 점진적으로 감소하였다. 4월에서 11월까지 거의 비슷한 온도를 유지하다 다시 여름이 되면서 증가하였다. 염분은 여름에 해빙과 빙하가 녹아 낮고 겨울에는 해빙증가로 인해 높은 전형적인 경향을 보여준다. 하지만 염분 값은 30.5에서 32.5 로 낮게 관측되었는데 이는 염분 측정기기 보정에 따른 문제로 보여진다.

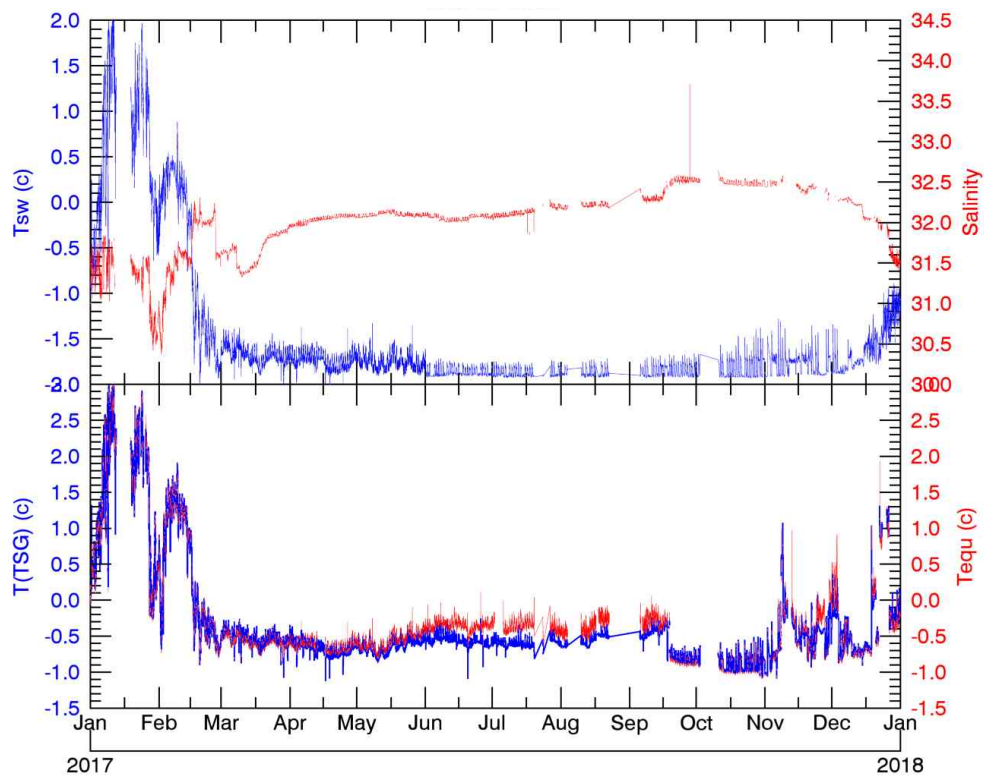


Fig. 4-22. Time series variation of seawater temperature and salinity in 2017, below: the equilibrator of seawater temperature.

극지연구소

Monitoring of pCO₂ and relevant parameters in the surface seawater at Jang Bogo Station, Antarctica

Tae Siek Rhee

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : This report is duplicate of the results from one of the KOPRI's target projects, JBG-LTER. An automated instrumental system running at Jang Bogo (JBG) station has been run since 2015. The pCO₂, seawater temperature, salinity, dissolved oxygen (DO), chromophoric dissolved matter (CDOM), turbidity, chlorophyll-a (Chl-a) were logged in a computer every minute and atmospheric CO₂ concentration every 6 hours. The atmospheric CO₂ concentration increased from 366.5 ppm to 399 ppm in 2017. The pCO₂ in the seawater varied from 160 μatm in late summer to 460 μatm in early spring. It was hard to see a trend of chl-a, CDOM, and turbidity due to malfunction of the sensors. After replacement of the sensor cable, daily variation of Chl-a was detected. Seawater temperature was as high as 2°C in summer, but most of the year it kept at the freezing point of seawater. Salinity was low in summer due to melting of sea ice and glacier from the coast and high in winter with increasing sea ice formation.

참 고 문 헌

- Takahashi, T., Sutherland, S.C., Wanninkhof, R., et al., 2009, Climatological mean and decadal change in surface ocean pCO₂ and net sea-air CO₂ flux over the global oceans, *Deep-Sea Res.*, 56, 554-577.
- Grubber, N., Gloor, M., Mikaloff Fletcher, S.E., 2009, Oceanic sources, sinks, and transport of atmospheric CO₂, *Global Biogeochem. Cycle*, 23, doi:10.1029/2008GB003349.
- Arrigo, K.R., Van Dijken, G.L., 2007, Interannual variation in air-sea CO₂ flux in the Ross Sea, Antarctica: A model analysis, *J. Geophys. Res.*, 112, doi:10.1029/2006JC003492.



제 3 절

기지 주변 토양 미기후 모니터링

김옥선, 조안나, 홍순규

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 장보고과학기지 주변의 생물의 생육환경을 이해하기 위하여 기온, 상대습도, 광량, 토양온도, 수분함량을 모니터링하였다. 기간은 2016년 11월부터 2017년 10월까지 1년 동안 수행하였다. 기온은 -38.71°C 에서 16.63°C 로 기록되었고, 토양온도는 기온과 연동되어 변화하였다. 상대습도는 측정 지점, 기간과 눈의 분포에 따라 매우 큰 차이를 보였다. 광량은 고위도 남극의 전형적인 연변화를 보였으며, 토양수분함량은 매우 낮았다. 이러한 미기후 환경요인은 지속적인 모니터링을 수행하여 생물상의 변화와의 상관성을 분석할 계획이다.

1. 서론

남극 장보고과학기지 위치한 테라노바만의 육상환경은 연평균 기온이 -14.6°C (2010-2013조사)로 극저온환경이며, 일년동안 백야와 흑야, 물의 동결 (freezing)과 해동 (thawing)의 연주기가 발생한다. 이러한 극한의 생육조건으로 인하여 남극의 육상환경은 선대류, 지의류를 제외한 식생이 거의 존재하지 않는다. 초식동물과 곤충의 서식이 불가능하고, 무척추동물이 매우 간헐적으로 관찰되는 상대적으로 간단한 생태계구조를 가지고 있다. 또한 미생물의 분포 패턴도 온대기후 보다는 상대적으로 매우 단순하다. 이러한 극한의 환경임에도 불구하고 서식하고 있는 생물의 환경조건을 파악하는 것은 생물 연구에 있어 가장 기초적이고 기본적인 것이라 할 수 있다. 인간에게는 극한의 환경이라고 할 수 있지만, 이 지역에 현재 서식하고 있는 생물에게는 생육하기에 최적의 환경일 수 있으며, 이들은 긴 시간동안 이 환경에 최적화 되기 위하여 진화하여 왔을 것이다. 이들의 생육환경을 이해하기 위하여 미기후 모니터링은 필수적이다. 본 연구에서는 2016년 11월부터 2017년 10월까지 1년동안 장보고기지 주변 인근 토양환경에서 17개 지점에서 기온, 상대습도, 광량, 토양온도 및 토양의 수분함량을 측정하여 분석하였다. 이 데이터는 향후 기후가 변화함에 따라 장보고기지 주변의 생물상 변화 모니터링을 위하여 활용 할 예정이다.

2. 방법

가. 연구 지역 및 미기후 로거 설치

Tabl3 4-4. GPS coordinates of sampling sites

지점	위도	경도
LG66	74° 37' 10.8" S	164° 13' 24.2" E
LG59	74° 37' 11.5" S	164° 12' 48.4" E
LG65	74° 37' 26.9" S	164° 12' 36.0" E
LG70	74° 37' 48.9" S	164° 12' 54.8" E
LG61	74° 37' 58.1" S	164° 13' 18.6" E
LG74	74° 37' 37.7" S	164° 11' 56.0" E
LG75	74° 37' 27.3" S	164° 11' 31.5" E
LG57	74° 37' 5.5" S	164° 11' 46.0" E
LG58	74° 37' 57.9" S	164° 13' 47.9" E
LG62	74° 36' 59.5" S	164° 13' 0.6" E
LG63	74° 36' 55.7" S	164° 12' 9.2" E
LG64	74° 36' 46.8" S	164° 12' 44.8" E
LG67	74° 37' 45.7" S	164° 13' 20.3" E
LG69	74° 37' 23.2" S	164° 11' 50.0" E
LG71	74° 37' 43.5" S	164° 11' 29.0" E
LG72	74° 37' 47.6" S	164° 12' 7.5" E
LG73	74° 37' 54.1" S	164° 12' 26.7" E

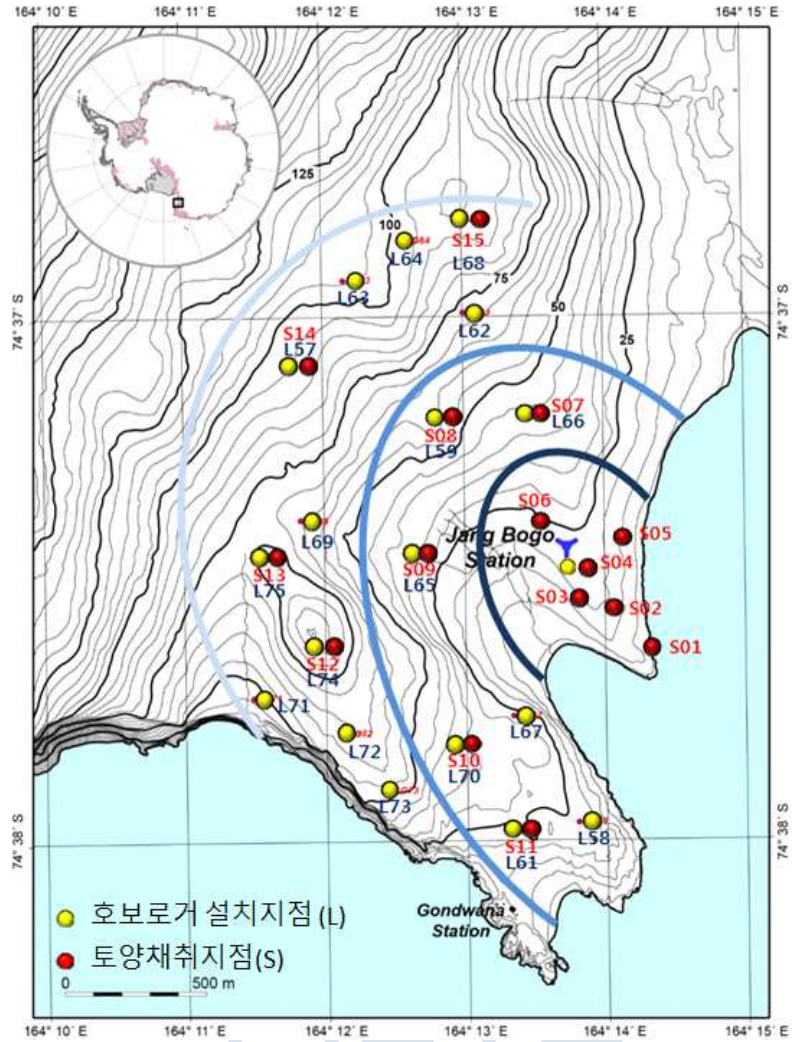


Fig. 4-23. Soil collection sites (red dot and Hobo logger installed sites around Jang Bogo Station (JBG-LTER, Jang Bogo Long-Term Ecological Research))

테라노반 주변 토양의 미기후 연구를 위하여 그림 1의 노란색으로 표시한 지역(지점의 GPS 정보는 Table 4-4에 표시)에 지표에서의 기도, 상대습도, 광합성가능량, 토양온도와 토양 함수율을 측정하였다. 설치된 지점에서 2016년 11월부터 2017년 10월까지의 데이터를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 미기후 자료 분석

총 17지점에 대하여 미기후 자료는 지표 근처의 기온(Table 4-6), 상대습도(Table 4-7), 광합성 유효광량(Table 4-8)와 표층토의 온도(Table 4-9)와 수분함량(Table 4-10)을 측정하여 각 지역별 미환경 차이를 비교하였다. 지표면 근처의 최저기온은 -38.71°C 로, 최고기온은 16.63°C 로 기록되었다. 표층토의 온도는 기본적으로 지표의 기온과 연동하여 변화하였으며, 최저 -35.36°C , 최고 25.82°C 로서 기온보다 더 큰 폭으로 변하는 것을 확인하였다. 11월에서 2월까지의 여름 기간은 낮동안 영상의 기온을 유지하고 밤동안 영하의 기온을 유지하여 다른 기간에 비하여 비교적 큰 일교차를 보였으며, 로거의 설치위치에 따른 차이도 크게 나타났다. 반면 전반적으로 기온이 낮은 겨울동안 각 지점별 온도 편차와 일교차가 상대적으로 적게 나타났다. 상대습도는 시간과 위치에 따라 0%에서 100%까지 매우 큰 편차를 보였는데, 특히 동일한 시간에 위치에 따른 편차가 큰 것으로 나타났다. 이용 가능한 수분량은 생물의 서식환경에 큰 영향을 끼치는데, 주변지형과 눈분포 등에 의해 작은 지역 내에서도 큰 지역적 차이를 유발하는 것으로 예상된다. 광량은 극단적인 연주기가 관찰되었는데, 이는 남극 고위도지역이라는 특성과 겨울동안 쌓인 눈의 영향이라고 판단된다. 여름이 되면서 지역 간 편차가 매우 크게 나타나는데, 이는 겨울 동안 쌓여 있던 눈이 녹는 정도와 속도가 다르기 때문이라고 판단된다. 눈에 의한 광량의 차이는 대기 중 상대습도와 함께 육상토양 환경에 매우 큰 영향을 줄 것으로 예상된다. 토양 함수율은 동절기에는 유의미한 값을 제공해주지 않으며, 여름기간동안 위치에 따라 차이를 보였지만, 전체적으로 매우 낮은 함수율을 보였다.



Table 4-5. Monthly averaged, minimum and maximum temperature (°C)

연도	월		기지 뒷편			기지에서 먼 지점													
			LG66	LG59	LG65	LG70	LG61	LG67	LG58	LG62	LG63	LG64	LG57	LG69	LG71	LG72	LG73	LG74	LG75
2016	11	평균	-4.02	-3.50	-4.17	-3.72	-3.92	-3.06	-3.49	-3.86		-4.38	-3.75	-3.96	-2.20	-3.45	-3.97	-3.23	-3.29
		최소	-20.36	-19.65	-19.33	-20.17	-19.42	-19.79	-20.31	-19.84		-19.33	-19.75	-19.98	-18.61	-17.73	-19.52	-19.01	-18.79
		최대	9.71	8.30	5.95	5.62	7.59	9.11	11.44	7.52		6.05	6.84	6.91	12.24	7.24	7.80	7.92	6.03
	12	평균	1.85	2.02	1.77	2.12	1.93	2.24	2.40	1.93		1.27	1.52	1.75	3.61	2.39	2.28	2.29	2.02
		최소	-6.39	-6.26	-5.98	-6.64	-6.23	-6.45	-7.32	-6.45		-6.77	-7.48	-6.33	-5.61	-5.85	-6.20	-6.01	-5.67
		최대	11.71	12.51	10.98	11.42	11.95	12.56	14.05	12.32		11.52	10.86	11.44	16.63	12.05	14.07	13.76	11.39
2017	1	평균	0.88	0.72	0.75	0.60	0.54	1.02	0.65	0.85		0.01	0.71	1.06	2.33	1.79	1.25	0.98	1.08
		최소	-6.74	-7.45	-5.82	-2.74	-3.63	-3.36	-7.64	-7.87		-7.35	-7.87	-9.13	-7.32	-6.11	-7.16	-3.72	-3.30
		최대	11.10	11.18	8.00	10.69	8.74	10.25	14.77	9.58		8.07	9.39	8.59	13.88	9.90	11.83	12.75	9.31
	2	평균	-4.06	-2.07	-1.99	-2.85	-2.72	-2.27	-2.20	-3.53	-7.16	-3.97	-2.70	-3.42	-2.92	-2.79	-1.63	-1.22	-1.28
		최소	-15.87	-15.55	-15.18	-14.47	-14.75	-8.76	-14.39	-16.04	-13.20	-16.28	-16.20	-16.20	-15.10	-14.91	-14.55	-14.83	-14.24
		최대	6.89	2.56	4.43	0.74	1.02	-0.28	5.87	6.81	-2.92	3.04	4.95	5.18	9.06	6.56	6.71	1.86	1.81
	3	평균	-13.37	-13.45	-13.31	-12.85	-13.03	-11.13	-13.66	-13.53	-14.21	-13.84	-13.78	-13.69	-13.24	-12.49	-13.07	-13.63	-13.80
		최소	-24.65	-24.32	-24.38	-24.00	-24.27	-16.53	-25.79	-24.71	-22.17	-25.21	-25.21	-24.49	-24.38	-22.42	-23.15	-23.20	-23.41
		최대	2.26	0.00	0.55	1.51	-1.64	-7.64	2.05	-1.30	-9.37	-2.74	0.52	0.50	2.56	0.93	-2.98	-2.39	-4.38
	4	평균	-23.81	-21.85	-22.06	-21.70	-21.61	-19.70	-23.41	-22.16	-22.86	-22.23	-21.97	-21.93	-21.37	-22.27	-21.11	-23.48	-22.43
		최소	-30.97	-29.66	-30.13	-30.00	-30.34	-24.16	-32.67	-30.13	-28.60	-31.12	-30.20	-30.20	-29.32	-29.39	-29.19	-27.96	-29.45
		최대	-13.54	-11.22	-11.15	-11.15	-10.23	-14.98	-11.25	-10.79	-16.33	-11.33	-11.15	-10.58	-10.41	-13.39	-10.09	-18.21	-13.16
	5	평균	-21.55	-19.58	-19.76	-20.62	-19.54	-19.75	-21.04	-19.65	-21.15	-19.73	-19.67	-19.63	-19.41	-19.74	-19.54		-20.45
		최소	-31.92	-31.77	-30.48	-29.59	-30.20	-25.16	-32.45	-32.22	-29.06	-33.30	-31.48	-30.97	-29.66	-28.47	-28.92		-29.86
		최대	-11.58	-6.96	-7.61	-12.05	-6.93	-15.83	-9.24	-6.96	-13.01	-7.22	-7.74	-7.25	-6.96	-9.27	-6.83		-9.89
	6	평균	-26.97	-24.56	-24.99	-25.46	-24.49	-24.25	-26.11	-24.71	-25.55	-24.81	-24.55	-24.71	-24.27	-23.77	-24.25		-25.02
		최소	-36.69	-36.15	-36.60	-35.27	-36.24	-30.90	-38.61	-35.88	-33.69	-36.60	-36.06	-36.60	-35.97	-35.62	-35.53		-36.78
		최대	-14.43	-6.96	-7.61	-12.05	-6.93	-15.83	-9.24	-6.96	-13.01	-7.22	-7.74	-7.25	-6.96	-9.27	-6.83		-9.89
	7	평균	-27.14	-24.82	-25.18	-26.04	-24.77	-26.06	-27.18	-25.00	-26.40	-25.06	-25.01	-25.06	-24.71	-24.18	-24.43		-25.57
		최소	-35.27	-35.19	-34.85	-33.45	-34.51	-31.26	-37.72	-35.62	-32.91	-35.53	-35.02	-35.10	-33.86	-34.35	-33.22		-34.35
		최대	-17.25	-9.95	-11.40	-15.26	-10.65	-21.47	-13.13	-10.27	-17.25	-10.13	-10.72	-10.93	-11.18	-10.16	-10.65		-12.01
	8	평균	-27.19	-25.03	-25.59	-24.75	-24.36	-25.22	-26.33	-25.36	-26.48	-25.18	-25.19	-25.06	-24.50	-24.03	-24.05		-25.41
		최소	-36.24	-35.19	-35.71	-33.06	-35.27	-32.91	-37.92	-36.15	-34.76	-38.71	-37.82	-38.71	-36.97	-35.88	-34.10		-36.69
		최대	-13.35	-6.96	-7.16	-13.16	-6.17	-20.36	-14.47	-6.90	-15.35	-6.74	-7.48	-7.35	-7.32	-6.61	-15.22		-7.35
	9	평균	-26.40	-24.90	-27.39	-24.68	-26.71	-25.91	-26.09	-25.82	-26.72	-24.72	-24.45	-24.99	-24.85	-24.45	-24.25		-25.63
		최소	-34.85	-33.69	-36.33	-27.52	-34.35	-31.26	-29.72	-36.33	-35.10	-37.82	-37.53	-37.82	-37.16	-35.44	-26.49		-35.79
		최대	-15.83	-10.41	-17.73	-21.92	-17.81	-21.17	-22.68	-12.38	-16.00	-8.50	-9.95	-11.51	-10.58	-9.85	-22.58		-12.90
	10	평균	-21.15	-21.06	-22.10	-21.52	-21.78	-22.11	-21.92	-21.36	-21.91	-16.90	-18.79	-20.51	-16.15	-19.61	-21.00		-18.57
		최소	-29.39	-27.77	-30.83	-25.96	-30.90	-28.28	-27.52	-28.73	-28.21	-29.66	-27.77	-29.19	-29.32	-28.21	-25.50		-28.15
		최대	-17.30	-17.68	-19.15	-19.98	-19.38	-20.26	-19.61	-15.83	-19.98	-3.75	-9.34	-11.87	-0.82	-13.09	-17.94		-9.82
평균			-16.22	-15.23	-15.66	-15.41	-15.36	-14.89	-15.92	-15.40	-21.60	-15.18	-15.11	-15.23	-14.11	-14.52	-14.80	-11.67	-15.26
최소			-36.69	-36.15	-36.60	-35.27	-36.24	-32.91	-38.61	-36.33	-35.10	-38.71	-37.82	-38.71	-37.16	-35.88	-35.53	-27.96	-36.78
최대			11.71	12.51	10.98	11.42	11.95	12.56	14.77	12.32	-2.92	11.52	10.86	11.44	16.63	12.05	14.07	13.76	11.39

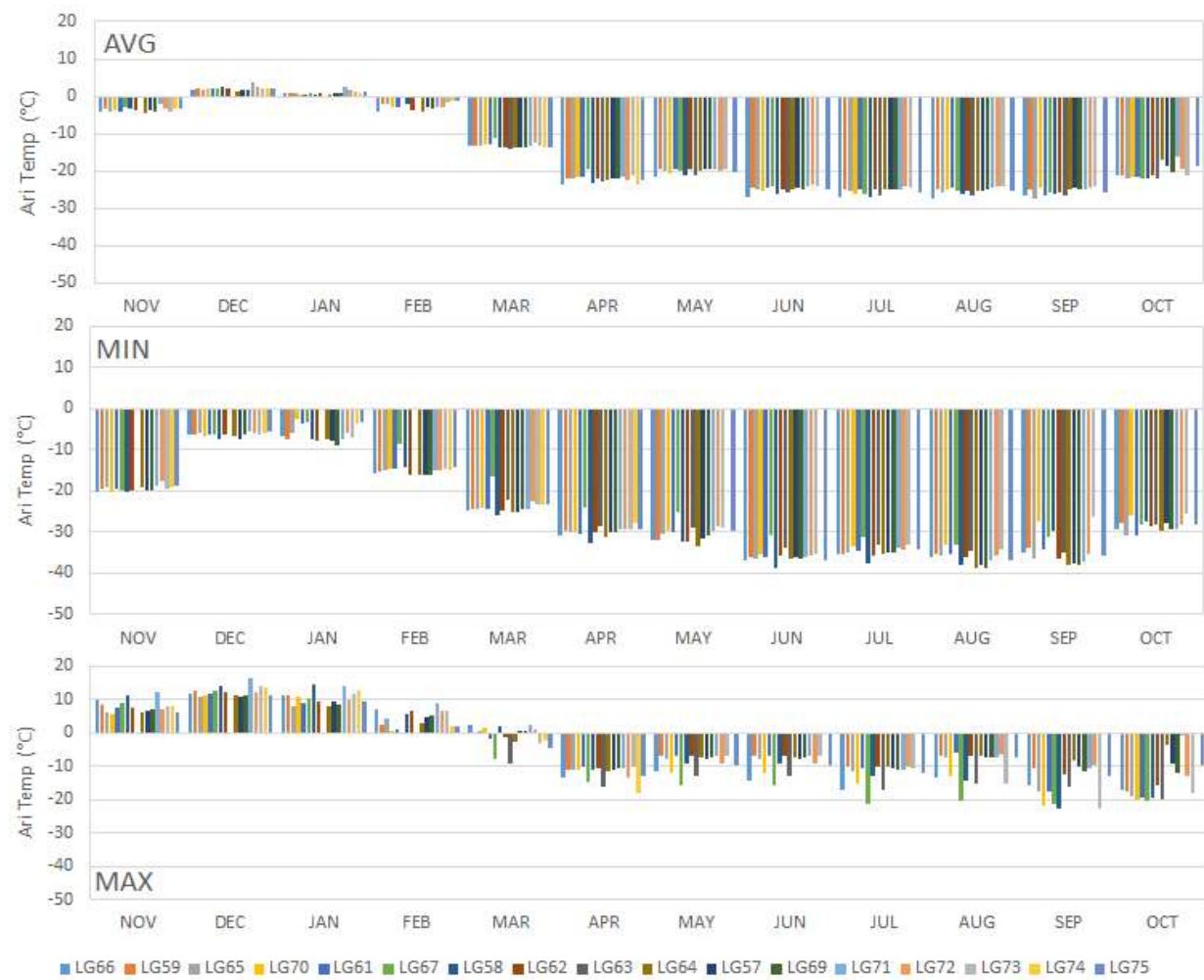


Fig. 4-24. Monthly averaged, minimum and maximum temperature (°C).

Table 4-6. Monthly averaged, minimum and maximum relative humidity(%)

연도	월		기지 뒷편			기지에서 먼 지점													
			LG66	LG59	LG65	LG70	LG61	LG67	LG58	LG62	LG63	LG64	LG57	LG69	LG71	LG72	LG73	LG74	LG75
2016	11	평균	55.3	52.1	60.9	59.2	53.5	50.3	54.5	53.1	54.3	57.0	53.6	48.7	53.6	62.2	57.4	61.6	
		최소	23.9	25.6	23.9	21.0	19.0	18.8	22.1	25.5	26.9	26.9	26.2	19.2	22.7	20.4	24.0	25.2	
		최대	96.0	91.3	100.0	100.0	93.5	98.5	96.2	94.2	94.1	84.0	94.4	98.5	99.6	99.4	100.0	100.0	
	12	평균	52.5	53.0	55.8	53.1	52.4	53.4	52.3	52.2	54.2	40.0	57.1	52.1	49.4	63.6	54.2	66.1	
		최소	20.1	22.2	24.0	17.7	17.7	18.3	18.4	21.5	22.4	1.0	27.6	21.2	19.2	20.5	21.0	27.5	
		최대	96.5	97.0	96.8	98.6	93.5	100.0	94.6	95.4	95.9	72.4	95.7	100.0	98.7	100.0	100.0	100.0	
2017	1	평균	62.5	80.7	80.7	82.0	32.3	82.0	79.4	66.2	68.9	31.7	63.8	60.7	59.8	75.0	81.2	80.4	
		최소	25.3	24.0	32.9	21.0	1.0	22.6	19.6	27.4	28.7	1.0	29.7	22.9	22.6	21.1	24.2	29.8	
		최대	97.2	100.0	100.0	100.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	64.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
	2	평균	94.7	95.9	95.0	100.0	1.0	100.0	77.1	93.6	98.2	73.3	1.0	72.7	81.8	65.4	100.0	99.9	100.0
		최소	1.0	39.1	41.5	31.1	1.0	98.3	24.8	38.8	91.2	41.9	1.0	34.6	25.8	24.5	27.2	56.8	70.6
		최대	96.5	100.0	99.9	100.0	65.8	100.0	91.9	99.9	100.0	85.4	71.7	98.2	97.2	94.6	100.0	100.0	100.0
	3	평균	79.7	80.4	69.6	64.1	35.6	96.6	72.4	69.2	92.3	74.1	38.2	83.7	71.3	58.5	84.6	83.6	94.9
		최소	1.0	33.3	38.8	31.1	1.0	93.3	36.3	42.7	81.6	47.9	1.0	43.7	32.2	26.4	37.1	47.5	89.1
		최대	90.0	98.8	91.9	96.6	69.2	98.8	93.2	91.2	98.8	92.8	71.5	93.6	93.7	91.3	96.1	96.1	100.0
	4	평균	77.9	72.6	68.3	66.9	45.7	90.9	83.4	67.4	84.7	68.5	50.9	69.5	70.2	83.0	79.2	77.5	88.7
		최소	66.5	61.8	41.0	34.7	13.7	88.1	73.4	39.1	76.8	44.0	18.4	42.9	35.0	58.9	36.0	67.8	84.5
		최대	85.7	89.5	87.6	92.1	72.7	94.0	90.2	87.0	93.5	86.4	73.6	88.3	89.0	90.9	89.6	88.3	93.3
	5	평균	76.3	80.7	65.7	76.0	45.6	90.7	82.7	64.6	88.2	65.8	62.1	66.5	66.3	78.8	68.4	85.1	
		최소	54.3	48.9	40.9	37.6	3.0	87.4	55.4	40.9	76.3	41.5	28.2	40.8	39.6	39.8	32.6	58.2	
		최대	84.4	93.9	92.3	93.2	73.5	93.1	89.8	91.0	95.8	91.3	74.6	92.9	93.1	94.0	91.8	96.5	
	6	평균	80.3	79.2	66.8	83.4	56.6	87.7	79.4	65.3	83.4	66.8	67.8	66.3	67.4	63.6	82.7	79.1	
		최소	54.3	48.9	40.9	37.6	3.0	83.3	55.4	40.9	73.0	41.2	28.2	40.8	38.2	32.4	32.6	51.0	
		최대	84.4	93.9	92.3	93.2	73.9	93.1	89.8	91.0	95.8	91.3	74.6	92.9	93.1	94.0	91.8	96.5	
	7	평균	79.9	79.2	64.4	82.6	55.8	86.4	80.3	63.2	83.1	64.2	55.8	64.8	69.0	68.2	64.7	77.0	
		최소	76.7	41.8	37.6	43.7	31.5	83.0	46.5	33.3	73.6	38.4	32.2	38.3	35.1	27.7	30.8	41.0	
		최대	83.7	89.1	82.4	91.6	73.7	89.2	87.0	82.9	91.9	82.9	73.6	84.0	86.2	87.2	84.6	88.8	
	8	평균	79.2	77.7	70.2	83.5	53.6	86.9	82.3	69.0	83.4	67.6	52.0	68.5	71.7	69.3	77.5	79.7	
		최소	75.7	44.1	37.8	74.3	27.3	81.9	75.7	35.2	71.3	33.0	9.2	37.0	38.1	28.8	32.8	45.0	
		최대	83.4	92.0	88.8	93.3	72.1	89.7	87.5	88.2	93.7	89.0	67.4	89.1	89.4	91.5	86.1	93.4	
	9	평균	81.8	76.2	80.3	83.7	57.3	86.4	82.7	71.3	83.0	63.0	28.7	65.3	72.2	76.3	84.0	83.9	
		최소	77.3	42.0	73.9	81.7	44.6	83.2	80.7	42.6	71.8	36.0	1.0	39.3	39.0	43.6	82.7	77.8	
		최대	86.7	91.9	86.5	85.7	63.8	89.2	84.4	90.7	92.9	82.1	71.5	89.0	90.7	91.6	85.0	89.8	
	10	평균	84.7	68.8	84.5	86.1	48.4	88.8	85.3	83.8	88.7	76.3	14.4	84.4	78.8	85.3	86.2	88.6	
		최소	80.6	59.3	78.1	82.9	44.9	85.0	81.8	46.7	80.4	41.2	1.0	44.7	39.5	43.7	83.2	80.0	
		최대	86.5	84.7	86.4	87.2	62.2	90.1	86.9	88.6	90.2	96.6	38.4	90.5	95.2	91.3	88.2	93.9	
		평균	72.4	73.9	70.7	75.1	46.3	83.2	74.4	66.4	87.0	65.7	44.0	67.7	65.8	66.4	75.8	73.1	81.8
		최소	1.0	22.2	23.9	17.7	1.0	18.3	18.4	21.5	71.3	22.4	1.0	26.2	19.2	19.2	20.4	21.0	25.2
		최대	97.2	100.0	100.0	100.0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	84.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

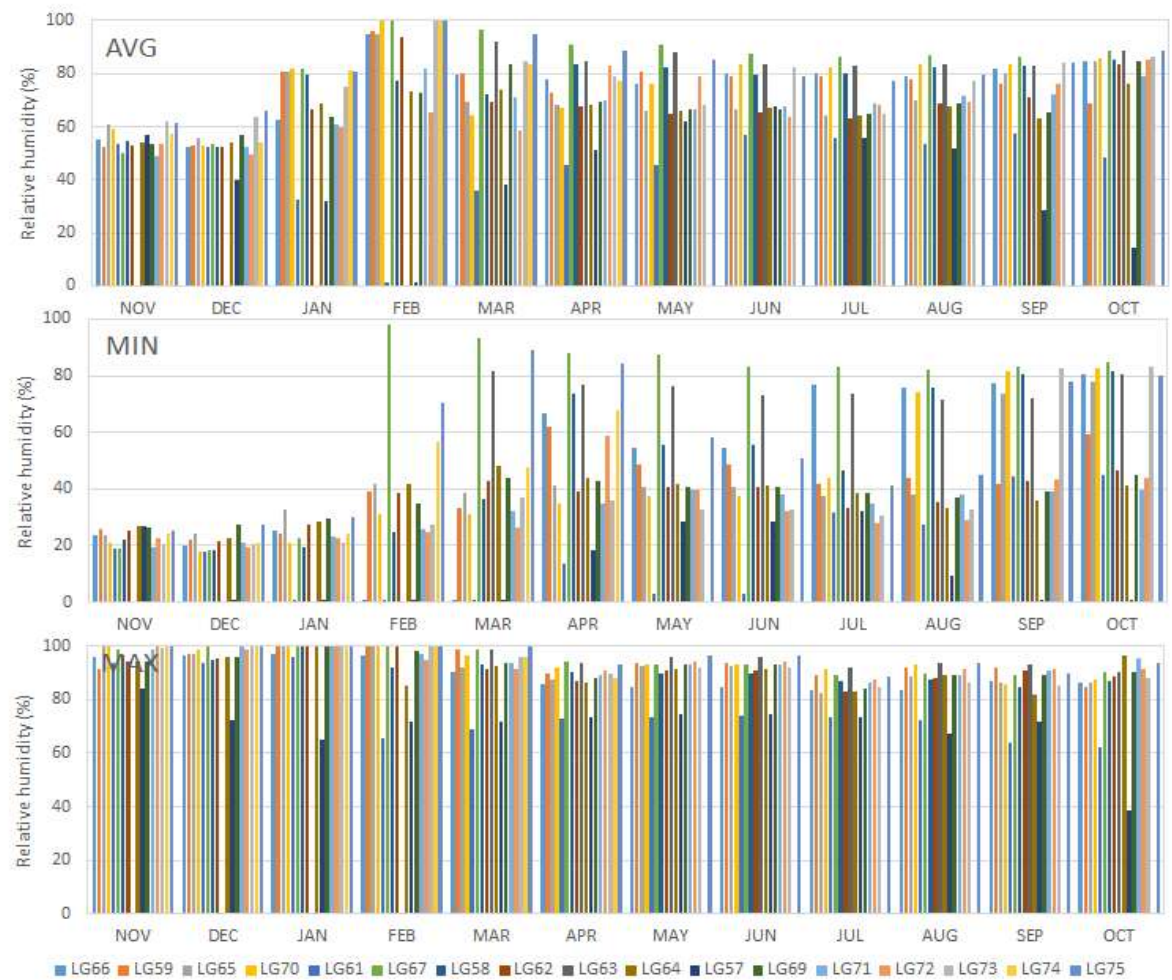


Fig. 4-25. Monthly averaged, minimum and maximum relative humidity(%).

Table 4-7. Monthly averaged, minimum and maximum PAR (uE)

연도	월		기지 뒷편			기지에서 먼 지점													
			LG66	LG59	LG65	LG70	LG61	LG67	LG58	LG62	LG63	LG64	LG57	LG69	LG71	LG72	LG73	LG74	LG75
2016	11	평균	596.2	648.3	611.1	621.7	628.9	591.3	540.1	634.5		639.4	555.2	591.8	613.1	643.2	603.3	591.1	630.0
		최소	18.7	16.2	18.7	16.2	18.7	16.2	8.7	16.2		16.2	11.2	18.7	18.7	16.2	18.7	13.7	16.2
		최대	1543.7	1941.2	1631.2	1868.7	1791.2	1613.7	2226.2	1886.2		1966.2	1466.2	1466.2	1686.2	1876.2	1966.2	1761.2	1728.7
	12	평균	763.0	790.6	773.0	785.9	807.1	752.3	481.7	788.3		792.8	741.5	767.0	793.6	794.6	760.4	684.6	791.1
		최소	61.2	61.2	61.2	31.2	66.2	58.7	3.7	61.2		61.2	61.2	61.2	63.7	61.2	23.7	13.7	58.7
		최대	1801.2	2131.2	1928.7	2018.7	1948.7	1931.2	2221.2	2083.7		2058.7	1811.2	1846.2	2078.7	2166.2	1968.7	2018.7	2148.7
2017	1	평균	623.4	489.1	522.4	291.3	447.1	270.4	135.3	646.1		653.7	580.7	612.2	617.4	636.3	578.0	339.2	552.3
		최소	16.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	18.7		21.2	1.2	13.7	8.7	11.2	1.2	1.2	1.2
		최대	1663.7	2011.2	1743.7	1746.2	1881.2	1876.2	1928.7	1938.7		2116.2	1556.2	1586.2	1646.2	1926.2	1731.2	1726.2	1813.7
	2	평균	359.4	440.6	266.9	24.4	448.6	4.3	155.1	464.5	34.5	485.9	433.0	459.4	453.8	527.1	440.1	284.1	399.8
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	1311.2	1848.7	1341.2	1303.7	1291.2	56.2	1901.2	1636.2	2001.2	1663.7	1203.7	1271.2	1441.2	1618.7	1483.7	1511.2	1571.2
	3	평균	148.1	171.7	153.6	163.1	150.5	7.0	169.1	182.4	32.9	170.2	138.3	138.7	147.7	179.5	159.0	141.4	165.3
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	933.7	1241.2	1038.7	1076.2	981.2	48.7	1256.2	1251.2	176.2	1186.2	991.2	938.7	918.7	1336.2	1076.2	1131.2	1086.2
	4	평균	23.6	31.0	25.2	28.1	24.8	2.3	32.1	33.8	9.9	30.8	22.2	22.2	23.6	29.0	26.3	20.8	29.4
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	401.2	416.2	421.2	438.7	433.7	23.7	451.2	466.2	156.2	403.7	383.7	401.2	426.2	436.2	433.7	411.2	421.2
	5	평균	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5	1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5	
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	21.2	23.7	21.2	21.2	21.2	1.2	23.7	23.7	18.7	23.7	21.2	21.2	21.2	23.7	21.2	18.7	23.7
	6	평균	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	21.2	23.7	21.2	21.2	21.2	1.2	23.7	23.7	18.7	23.7	21.2	21.2	21.2	23.7	21.2	18.7	23.7
	7	평균	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	3.7	1.2	1.2	3.7	1.2	1.2	1.2	3.7	3.7	1.2	1.2
	8	평균	8.4	7.0	8.8	2.1	2.4	1.3	10.5	10.7	2.0	10.1	8.2	8.2	8.6	9.3	2.2	7.7	9.9
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	148.7	178.7	151.2	58.7	56.2	21.2	301.2	323.7	26.2	253.7	126.2	131.2	141.2	323.7	58.7	131.2	236.2
	9	평균	88.8	113.5	95.9	5.4	97.4	24.5	118.3	127.9	14.9	114.7	81.2	81.8	91.9	121.7	1.8	81.3	110.3
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	633.7	816.2	661.2	41.2	688.7	188.7	868.7	921.2	118.7	786.2	563.7	593.7	646.2	928.7	8.7	781.2	778.7
	10	평균	38.7	23.4	20.9	2.2	17.3	4.0	20.0	31.5	3.8	345.4	282.4	48.0	326.9	222.5	6.5	171.4	336.0
		최소	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		최대	626.2	823.7	656.2	38.7	681.2	198.7	893.7	946.2	128.7	1296.2	1086.2	626.2	1276.2	1766.2	33.7	1023.7	1426.2
평균			224.3	227.3	218.5	182.5	216.2	139.8	159.8	243.2	10.9	268.1	233.1	221.2	252.7	214.0	203.7	255.9	
최소			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
최대			1801.2	2131.2	1928.7	2018.7	1948.7	1931.2	2226.2	2083.7	2001.2	2116.2	1811.2	1846.2	2078.7	2166.2	1968.7	2018.7	2148.7

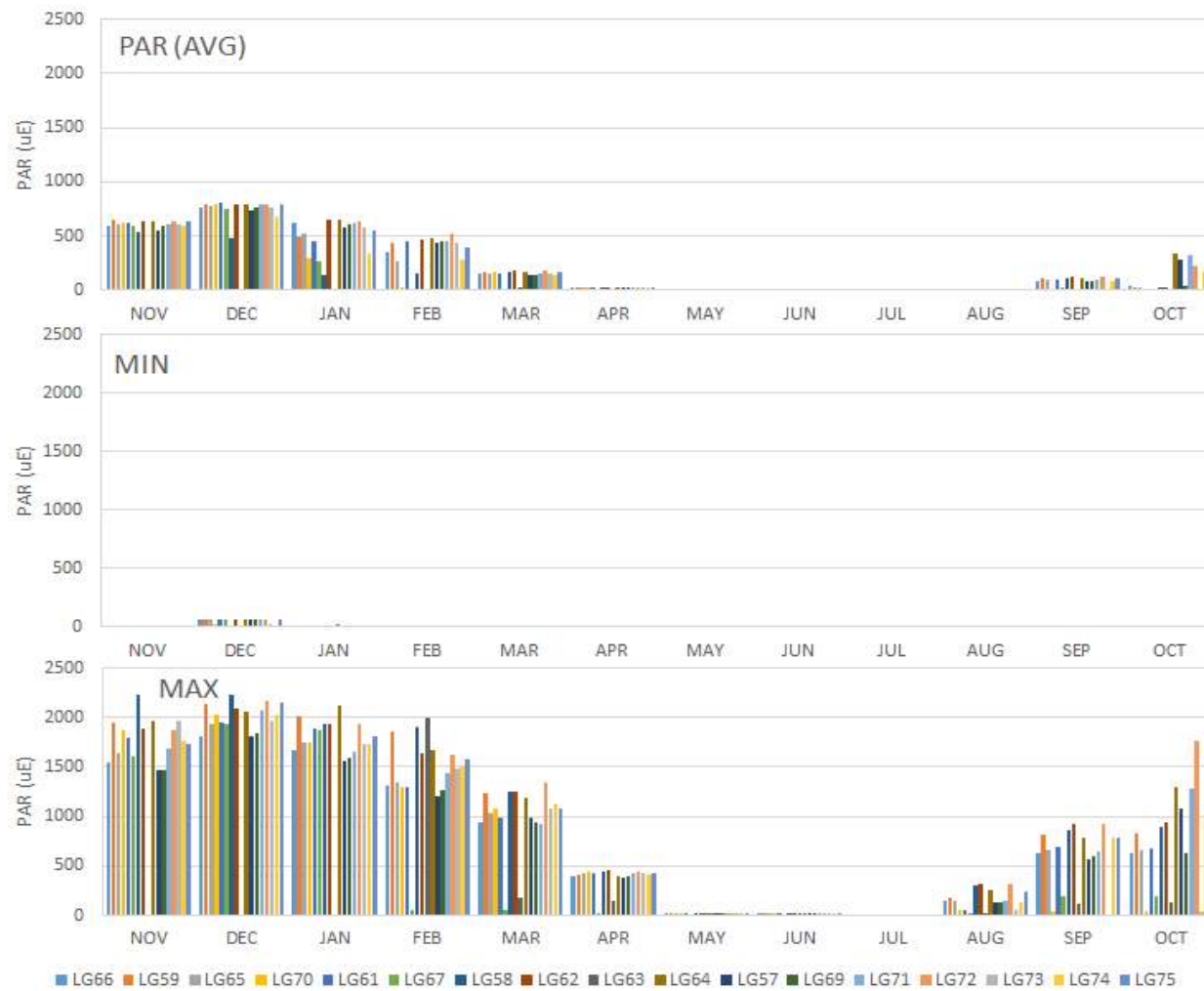


Fig. 4-26. Monthly averaged, minimum and maximum PAR (uE).

Table 4-8. Monthly averaged, minimum and maximum soil temperature(°C)

연도	월		기지 뒷편					기지에서 먼 지점											
			LG66	LG59	LG65	LG70	LG61	LG67	LG58	LG62	LG63	LG64	LG57	LG69	LG71	LG72	LG73	LG74	LG75
2016	11	평균	-3.15	-3.81	-2.66	-3.63	-1.69	0.32	-1.96	-3.33		-1.76	-1.46	-1.73	0.15	-1.10	-2.39	-5.39	-2.66
		최소	-19.29	-16.37	-15.71	-17.77	-18.03	-19.61	-18.61	-17.25		-18.97	-17.38	-18.25	-16.91	-17.73	-17.90	-16.62	-15.43
		최대	7.67	7.44	3.91	5.44	12.46	22.20	15.77	6.10		15.06	13.35	10.76	16.46	14.51	13.83	5.80	5.46
	12	평균	6.27	2.71	4.13	4.45	6.97	6.85	7.64	3.56		5.29	5.19	5.07	7.13	7.72	5.24	3.98	4.03
		최소	-1.81	-4.62	-0.65	-3.15	-4.32	-5.26	-5.67	-2.95		-5.08	-2.10	-1.87	-1.79	-1.81	-4.11	-2.95	-2.25
		최대	20.87	11.42	12.87	13.81	20.79	23.04	29.92	15.44		19.77	19.56	16.44	21.08	24.99	25.82	16.82	14.48
2017	1	평균	4.69	0.78	2.08	1.91	2.74	2.44	3.26	1.88		2.61	3.52	4.25	5.27	6.29	2.54	2.37	2.56
		최소	-2.45	-2.22	-0.09	-2.39	-1.84	-1.56	-2.10	-0.37		-7.28	-4.29	-2.42	-3.01	-2.33	-6.04	-0.85	-0.76
		최대	18.94	9.78	10.39	12.78	18.77	21.01	26.06	13.59		17.82	16.30	14.07	17.61	21.99	17.84	15.82	12.90
	2	평균	-1.54	-2.47	0.05	-2.59	-1.70	0.10	-0.09	0.00	-6.54	-1.44	-1.28	-1.02	-0.75	0.55	-1.31	-0.94	-0.08
		최소	-14.24	-10.20	-11.58	-11.72	-13.20	-7.77	-11.87	-12.83	-10.97	-12.64	-13.28	-12.86	-13.62	-11.65	-14.39	-9.47	-12.71
		최대	10.64	-2.57	2.64	-0.68	-1.36	0.11	7.75	0.02	-3.45	2.93	6.18	6.13	10.17	14.07	10.76	-0.90	0.02
	3	평균	-13.29	-12.40	-12.25	-12.07	-12.14	-10.24	-12.60	-12.93	-13.05	-12.87	-13.46	-13.00	-13.16	-11.26	-12.29	-12.11	-13.21
		최소	-23.94	-18.56	-20.26	-21.03	-24.21	-14.91	-21.13	-21.62	-19.33	-22.12	-23.57	-21.32	-23.89	-20.88	-22.89	-18.52	-21.67
		최대	0.85	-7.67	-4.17	-1.04	-0.14	-7.35	-5.76	-2.63	-9.34	-2.25	-1.93	-4.90	0.36	4.51	2.16	-7.94	-3.54
	4	평균	-23.06	-20.65	-21.75	-21.85	-21.66	-18.41	-21.90	-22.34	-21.48	-22.22	-22.75	-22.00	-22.53	-22.22	-21.26	-20.44	-22.10
		최소	-28.28	-24.99	-27.46	-27.58	-30.55	-22.32	-27.58	-28.09	-26.02	-28.40	-29.32	-27.77	-29.79	-28.60	-28.79	-24.77	-27.96
		최대	-16.66	-16.04	-15.31	-14.83	-10.55	-14.20	-15.67	-15.35	-16.79	-14.91	-13.81	-14.63	-12.31	-14.28	-10.69	-15.79	-14.83
	5	평균	-21.23	-19.88	-20.50	-20.61	-19.67	-18.88	-20.51	-20.64	-20.45	-20.41	-20.59	-20.27	-20.51	-20.50	-19.65	-19.80	-20.71
		최소	-28.79	-25.10	-27.34	-26.85	-31.48	-23.46	-27.71	-29.32	-25.96	-29.72	-30.27	-27.65	-29.79	-28.73	-28.73	-25.44	-27.90
		최대	-13.51	-14.75	-13.35	-14.91	-7.67	-15.71	-14.00	-12.53	-15.06	-12.09	-11.65	-12.31	-10.34	-11.69	-8.10	-14.04	-13.73
	6	평균	-26.13	-23.90	-25.19	-24.82	-24.81	-23.01	-24.80	-25.22	-24.37	-25.00	-25.29	-24.92	-25.49	-25.13	-24.39	-23.92	-25.08
		최소	-34.10	-30.06	-33.22	-32.75	-37.16	-28.79	-31.92	-33.45	-30.83	-33.94	-34.85	-33.53	-36.60	-35.10	-35.36	-30.90	-34.26
		최대	-13.51	-14.75	-13.35	-14.91	-7.67	-15.71	-14.00	-12.53	-15.06	-12.09	-11.65	-12.31	-10.34	-11.69	-8.10	-14.04	-13.73
	7	평균	-26.97	-25.11	-26.19	-25.83	-25.01	-25.07	-25.67	-25.87	-25.65	-25.67	-25.98	-25.76	-26.12	-25.81	-24.95	-25.34	-26.09
		최소	-33.06	-29.66	-32.07	-31.77	-35.44	-29.66	-30.83	-32.75	-30.41	-32.91	-33.30	-32.07	-34.35	-34.18	-33.22	-30.06	-32.83
		최대	-20.45	-19.70	-19.24	-19.65	-11.04	-21.42	-21.03	-17.08	-20.60	-16.49	-16.12	-18.16	-15.51	-16.49	-11.90	-20.26	-17.99
	8	평균	-27.18	-25.07	-25.82	-24.03	-24.09	-24.40	-25.50	-25.64	-25.67	-25.88	-26.03	-25.71	-25.84	-25.44	-23.95	-24.99	-25.81
		최소	-34.68	-30.90	-33.38	-30.62	-36.15	-30.90	-32.07	-33.22	-31.70	-34.02	-35.62	-33.45	-35.88	-34.43	-33.77	-31.33	-33.53
		최대	-18.39	-18.97	-16.08	-17.47	-7.12	-20.84	-19.24	-13.39	-18.25	-13.73	-12.27	-15.22	-11.94	-13.43	-16.28	-17.21	-15.02
	9	평균	-26.73	-24.93	-28.52	-23.48	-24.65	-24.74	-25.63	-25.42	-25.90	-24.66	-25.17	-25.84	-29.09	-28.82	-23.03	-27.51	-26.21
		최소	-33.14	-30.00	-31.62	-25.33	-27.58	-28.86	-29.32	-31.99	-32.37	-34.35	-35.44	-34.02	-36.24	-34.59	-24.65	-30.34	-34.26
		최대	-19.70	-19.70	-25.67	-21.57	-22.22	-21.42	-22.42	-16.16	-18.56	-13.47	-14.51	-17.99	-23.25	-24.21	-21.87	-25.05	-19.29
	10	평균	-21.42	-21.27		-21.28	-21.62	-21.61	-21.62	-21.67	-21.82	-17.14	-19.86	-21.11			-20.53		-19.76
		최소	-28.53	-25.56		-24.54	-26.14	-26.67	-26.97	-27.15	-26.67	-26.25	-26.14	-27.52			-24.11		-27.65
		최대	-17.90	-19.70		-19.75	-20.07	-19.79	-19.52	-19.70	-19.89	-3.04	-14.59	-17.99			-18.16		-13.81
평균			-15.16	-14.98	-13.35	-14.75	-14.28	-13.41	-14.45	-15.23	-20.76	-14.35	-14.71	-14.62	-12.63	-12.05	-14.11	-13.19	-15.02
최소			-34.68	-30.90	-33.38	-32.75	-37.16	-30.90	-32.07	-33.45	-32.37	-34.35	-35.62	-34.02	-36.60	-35.10	-35.36	-31.33	-34.26
최대			20.87	11.42	12.87	13.81	20.79	23.04	29.92	15.44	-3.45	19.77	19.56	16.44	21.08	24.99	25.82	16.82	14.48

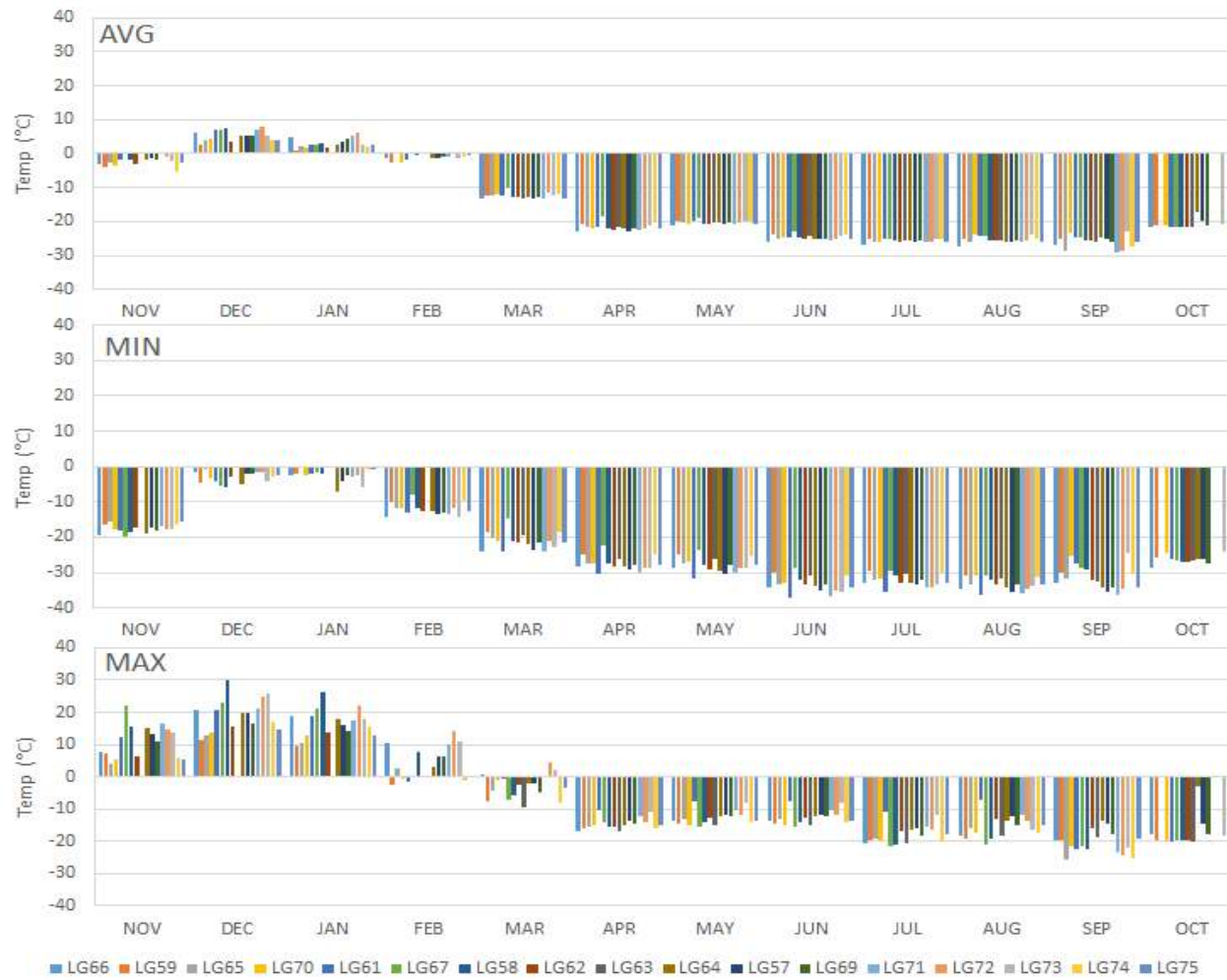


Fig. 4-27. Monthly averaged, minimum and maximum soil temperature(°C).

Table 4-9. Monthly averaged, minimum and maximum soil water content (m³/m³)

연도	월		기지 뒷편			기지에서 먼 지점														
			LG66	LG59	LG65	LG70	LG61	LG67	LG58	LG62	LG63	LG64	LG57	LG69	LG71	LG72	LG73	LG74	LG75	
2016	11	평균	0.019	0.000	0.005	0.000	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.011	0.016	0.001	0.001	0.005	0.001	0.000	0.000	
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		최대	0.204	0.000	0.127	0.000	0.000	0.186	0.000	0.000	0.000	0.223	0.203	0.135	0.141	0.144	0.118	0.000	0.018	
	12	평균	0.087	0.000	0.093	0.022	0.000	0.045	0.000	0.000	0.125	0.099	0.010	0.008	0.043	0.040	0.002	0.000		
		최소	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최대	0.201	0.000	0.215	0.150	0.000	0.152	0.000	0.000	0.236	0.210	0.105	0.110	0.165	0.175	0.066	0.000		
2017	1	평균	0.110	0.000	0.128	0.045	0.000	0.000	0.000	0.132	0.055	0.007	0.004	0.073	0.078	0.000	0.000			
		최소	0.005	0.000	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
		최대	0.250	0.000	0.206	0.216	0.000	0.000	0.000	0.252	0.192	0.120	0.131	0.199	0.202	0.035	0.011			
	2	평균	0.059	0.000	0.066	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.009	0.004	0.037	0.023	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.233	0.000	0.148	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.282	0.000	0.150	0.061	0.101	0.163	0.000	0.000		
	3	평균	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.138	0.000	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000		
	4	평균	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	5	평균	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	6	평균	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.064	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	7	평균	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.062	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	8	평균	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	9	평균	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.061	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
	10	평균	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.055	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
		최소	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		최대	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
평균			0.024	0.000	0.021	0.006	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.066	0.014	0.002	0.001	0.011	0.012	0.000	0.000	
최소			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
최대			0.250	0.000	0.215	0.216	0.000	0.186	0.000	0.000	0.000	0.282	0.210	0.150	0.141	0.199	0.202	0.066	0.018	

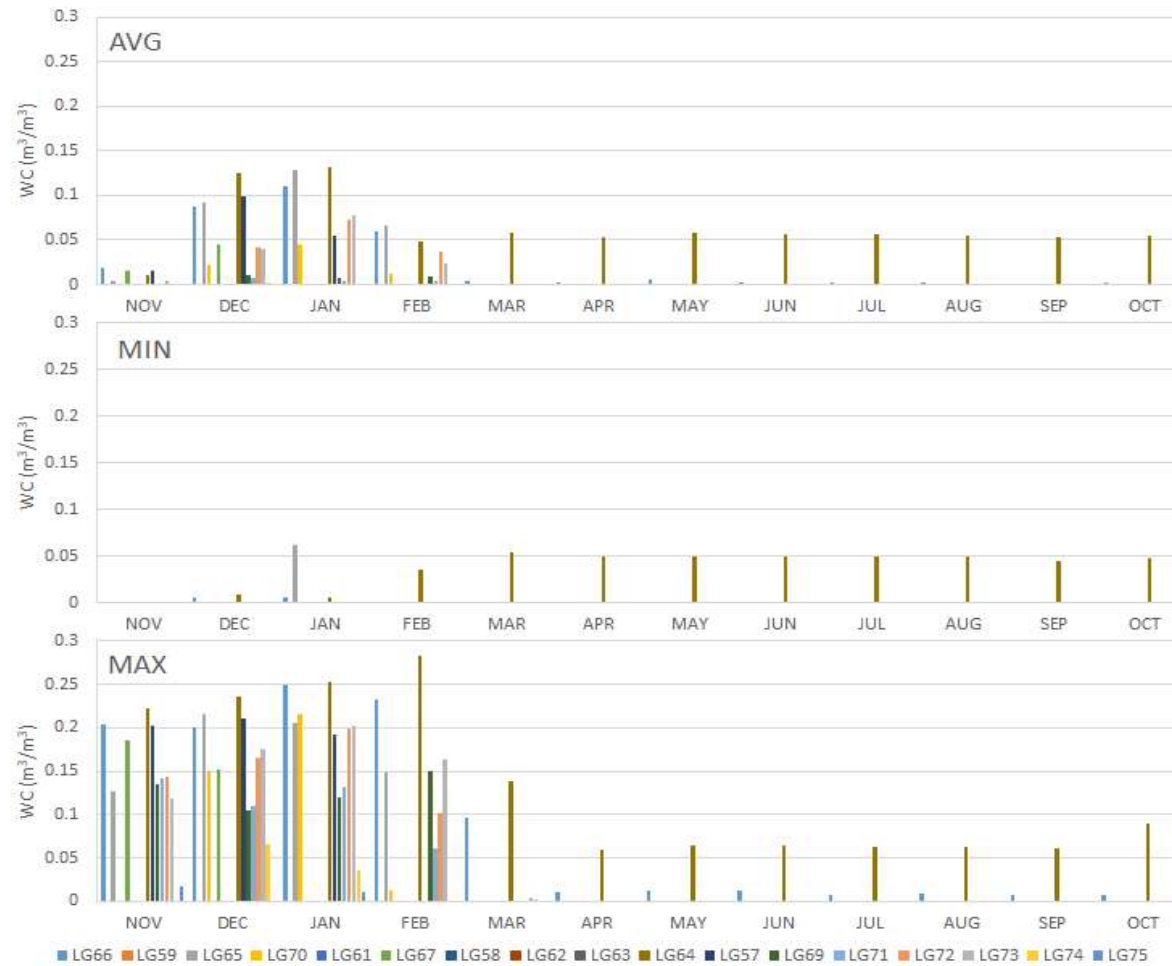


Fig. 4-28. Monthly averaged, minimum and maximum soil water content (m³/m³).

Monitoring of microclimate in terrestrial ecosystems around Jang Bogo Station, Antarctica

Ok-Sun Kim, Ahnna Cho and Soon Gyu Hong

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : Microclimates including air temperature, relative humidity, photosynthesis active radiation, soil temperature and soil moisture contents are monitored around Jang Bogo Station. The monitoring was carried out from November 2016 to December 2017. The air temperature recorded from -38.71°C to 16.63°C . The change of the soil temperature was connected to the change of the air temperature. The relative humidity showed big differences between the points, the time periods, and the presence of snow cover. The photosynthesis active radiation detected the typical annual cycles according to the high latitude and the soil moisture contents showed extreme aridity. These microclimate factors will monitor continuously and analyze the correlation with biota distribution.



Part II.

남극 세종과학기지





제 5 장

세종과학기지 환경시설 및 에너지 모니터링

제 1 절

환경 시설 관리

30차 월동 연구대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 세종기지에서는 기지에서 발생하는 생활하수를 처리하기 위해 미생물을 이용하는 오수처리시설을 운영하고 있다. 오수처리시설은 국내의 방류수 수질기준에 맞추어 처리되고 있으며, 지속적인 점검과 보수를 수행하였다. 그러나 세종기지에서 배출되는 방류수 수질은 기준에 못 미치고 있어 시설 개선이 시급하다. 기지에서 발생된 폐기물은 총 4종류로 분리수거를 하며, 소각기와 캔압축기를 가동하고 있다. 세종 온실관리는 온실 운영계획에 따라 관리되고 있으며, 외래종 유입 방지를 위한 조치의 지속적 개선과 실행이 요구된다.

1. 오수처리 시설

가. 시설 특성

세종기지에서는 생활하수의 효율적인 처리와 방류를 위해 기존의 재래식 공법을 개량한 IC/SBR(Internal circulation sequence batch reactor)공법의 20톤 용량을 갖춘 오수처리설비(Sewage treatment system)를 운영하고 있다. 기지에서 배출되는 생활하수는 오수집수장으로 모여지고, 모여진 오수는 일정량씩 오수처리기 내로 이송되어 유량조정조와 미생물반응조에서 물리적, 생물학적 분해과정을 거친 후에 바다로 방류되고 있다. 이 공정은 미생물의 효율적인 분해작용을 돕기 위해 호기적, 혐기적 조건을 교대로 형성해주기 때문에, 하수의 주요 오염원인 유기물의 제거와 더불어 부영양화의 주원인으로 주목받고 있는 영양염류인 질소와 인을 효과적으로 제거할 수 있다.

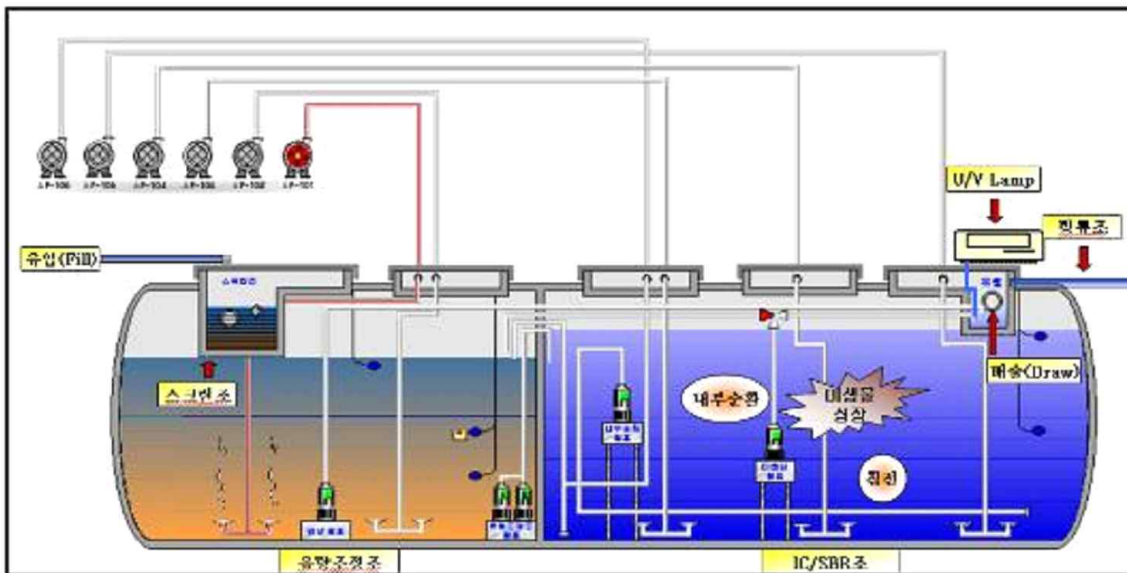


Fig. 5-1. IC/SBR sewage treatment system at King Sejong Station.

※ 오수 집수정 작동 방법

- ① 오수가 유입되어 고수위레벨 스위치 On 시, 1번 이송펌프가 작동하여 저수위 레벨까지 오수 이송
- ② 고수위레벨 스위치 혹은 1번 이송펌프에 문제가 발생하여 비상수위레벨 스위치 On 시, 2번 이송펌프가 작동하여 저수위까지 오수 이송

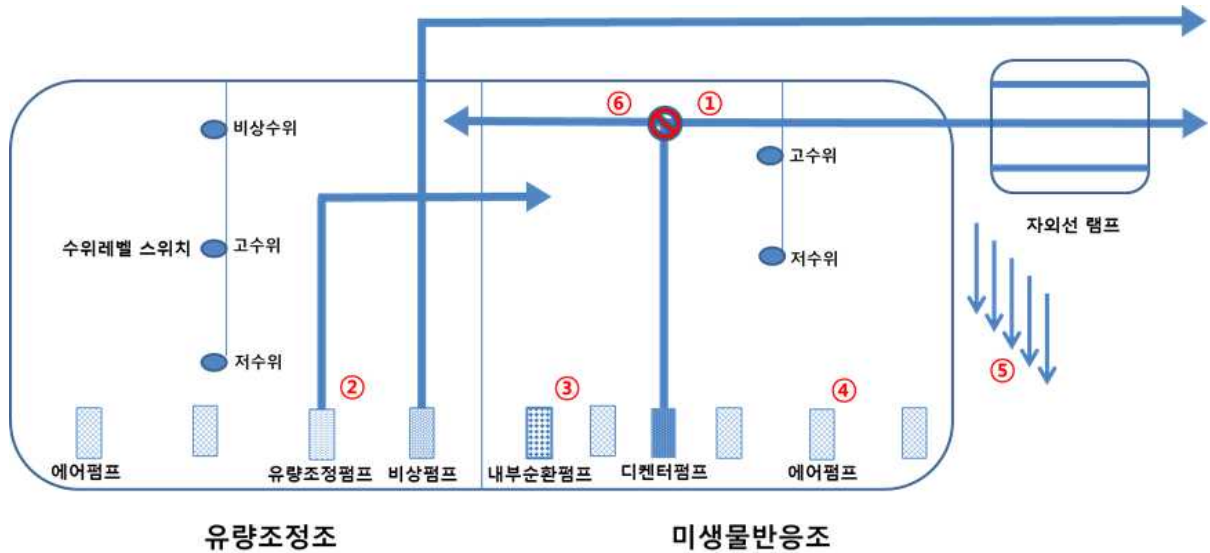


Fig. 5-2. Sewage treatment facility operation flow chart.

※ 오수 집수정 작동 방법

- ① 미생물반응조 3-Way 밸브와 디센터펌프가 작동하여 처리한 오수 배출
 - 수위조절 스위치가 저수위로 이동할 때까지 배출
 - 오수는 자외선 램프를 통과하면서 살균처리
- ② 유량조정조 유량조정펌프가 작동하여 미처리 오수 이송
 - 유량조 오수가 고수위 위치에서, 저수위로 이동할 때까지 이송
 - 혹은 유량조 오수가 고수위 위치에서, 반응조 고수위까지 이송
 - 오수집수정에서 오수가 유량조 고수위까지 유입되는 동안, 에어펌프 작동(1회 유량 간헐; 5분 On, 55분 Off)
 - 유량조 저수위 상황에서 에어펌프 작동(반복적 반응저부하; 20분 On, 40분 Off)
- ③ 미생물반응조 내부순환펌프 작동
 - 오수 유입과 상관없이 1회 30분 작동 후 정지
 - 반응조 저수위 상황에서 에어펌프 작동(반복적 반응저부하; 20분 On, 40분 Off)
- ④ 미생물반응조 에어펌프가 작동
 - 오수가 반응조 고수위까지 유입된 후, 에어펌프 작동(3시간 반응간헐; 50분 On, 10분 Off)
- ⑤ 미생물반응조 침전(1시간 30분)
- ⑥ 디센터펌프가 작동(1분)하면서 미생물반응조에서 유량조정조로 처리 중인 오수 이동
- ① 미생물반응조 3-Way 밸브와 디센터펌프가 작동하여 처리한 오수 배출

나. 시설 관리

기지에 설치된 오수처리시설은 기지에서 발생하는 일반 생활하수를 오수처리설비에 유입시켜 물리적, 화학적, 생물학적 처리과정을 거친 후 처리된 물을 방류하여 수질오염을 사전에 방지 하고 있다. 기지에서는 1차적으로 집수정을 통해 연구동, 숙소동, 생활관동에서 발생하는 오수가 차집 되어 침전이 이루어지며, 집수정에서 오수처리설비로 이송되어 처리되고 있다. 30차 기간 동안에 대원이 직접 투입하던 종균제를 자동설비를 설치하여 매일 1회 투입되게 함으로써 그 절차를 개선하였다(Table 5-1, Fig. 5-3).

그러나 세종기지의 방류수 수질은 오수처리시설 설치 시 제안된 수질 기준을 만족하지 못하고 있어 해당 장비의 처리 공정 개선을 위해 장비 납품 업체의 전문가를 2016/17 하계 기간 동안 파견하여 현황을 파악하였으며, 2017/18 하계 기간 동안 전반적인 시설 개선 작업이 이루어질 계획이다.



<집수정 청소>



<청소 후 집수정 모습>



<종균제 주입탱크 설치>



<생물연구동 오수배관 통수>

Fig. 5-3. Maintenance activities for wastewater treatment facility.

2. 폐기물 처리시설

가. 시설 특성

기지에서 발생하는 폐기물 처리를 위해 소각기와 캔압축기를 운영하고 있으며, 폐기물은 전량 반출된다. 발생하는 폐기물은 CAN, ASH, PVC, GLASS 이렇게 4가지로 분리수거가 이루어지고 있으며, 종이, 목재, 음식물 등 유기물에 대한 소각이 제한적으로 이루어지고 있다. 또한 발생하는 PVC류와 고철류는 부피를 줄이기 위해 캔압축기를 2대 운영하고 있다.



<소각기>

<캔 압축기>

Fig. 5-4. Incinerator and can presser operating at King Sejong Station

Table 5-1. Status of waste treatment equipment

장비명	도입년도	제조사	장비 재원	용도	상태	비고
오·배수 처리시설	2008년	(주)에이치엔텍 (구 한스ENG.)	공법 : IC-SBR 용량 : 20m ³ /day BHF-30	기지 내 발생 하수처리	양호	점검 중
소각기	2011년	하나로이엔지	(횡형축로식)	폐기물 소각	양호	
캔 압축기			NDJ (9TON)	캔, PVC 압축	중급	
캔 압축기	2012년	대원테크	DW MCP-1 최대압축력 9TON	캔, PVC 압축	양호	

나. 소각기 관리

소각기의 내화벽돌 보호를 위한 보수 작업은 매 차대마다 이루어지고 있다. 황토와 케스타블을 2:8 비율로 혼합하여 1차, 2차 보강을 하고 그 위를 황토로 한 번 더 보강을 하여 황토와 케스타블이 쉽게 분리되지 않는 방식을 적용하여 좀 더 효율적인 보수를 진행

하였다. 또한 고열로 인하여 일어난 외부 부위를 내열 페인트(600℃)를 이용하여 도색하였다(Fig. 5-5).



<소각기 내부 보수 중>



<소각기 문 보수>



<소각기 내부 보수 후>



<소각기 외부 도색>

Fig. 5-5. Incinerator maintenance activities.

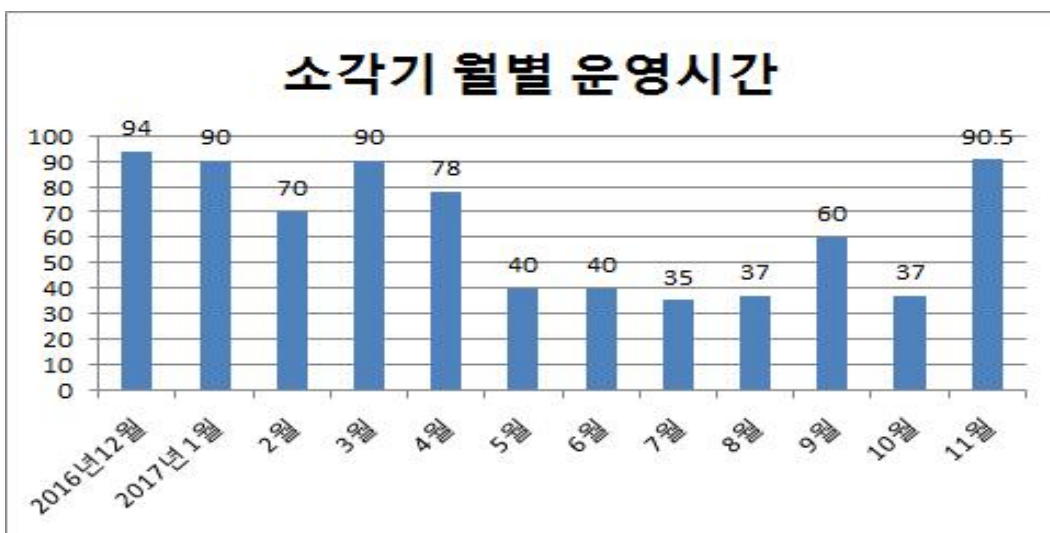


Fig. 5-6. Monthly operating hours of incinerator.

소각기는 1일 9시간 동안 가동되었으며, 월별 소각기 운영시간을 분석한 결과 하계 기간과 월동대 인수인계가 시작되는 전년도 11월부터 다음해 1월까지 90시간 이상 소각기를 사용하는 것으로 나타났다(Fig. 5-6, Table 5-2).

Table 5-2. Monthly operating days and hours of incinerator

	2016년 12월	2017년 1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월
days	13	18	14	19	10	6	6	5	5	8	5	9
hr/day	7	5	5	5	9	7	7	7	7	8	7	8
Total	94	90	70	90	78	40	40	35	37	60	37	90.5

3. 온실 관리

월동연구대는 인수인계 후 전체적인 설비를 점검하여 보수 하였으며, 주 1회 회수펌프 필터 청소, 2~3개월에 한번 트레이 및 배양액탱크 청소를 통해 안정적인 시설관리를 수행해 오고 있다(Fig. 5-7).

온실 운영 시 주의 사항은 멸균된 종자를 사용하고 온실 관리 인원은 온실에 들어가기전 손을 씻고, 신발과 피복에 이물질 특히 유기물이나 동식물의 전체나 일부가 붙어있지 않은지 확인이 필요하다. 또한 수확이 종료된 식물과 인공 상토는 소각처리 후 배출하고 있다. 30차 월동기간에 세종기지 온실재배 식물과 수확량은 Table 5-3와 같다.

Table 5-3. Cultivated plants and their amounts in hydroponic facility at King Sejong Station

품종	상추	청경채	겨자잎	치커리	배추, 봄동	쑥갓	고추	새싹 채소류
수확량 (kg)	13	4	3	5.2	5	4.1	7	2.2



<양액회수펌프 교체>



<양액탱크 산소발생기 설치>



<재배식물 파종>



<재배식물 수확>

Fig. 5-7. Management of hydroponic facility.

극지연구소

4. 결론 및 제언

세종과학기지 오수처리설비는 2008년 도입 시에는 방류수 처리 기준에 부합하였으나 이후 방류수 수질 측정값이 처리기준을 상당히 상회하고 있어 시급한 조치가 요구되어 왔다. 각 차대에서는 수질을 개선하고자 다각적인 접근 방법을 검토하여 종균제의 투입이나 펌프설비 교체, 오수집수정 청소 등을 수행하였으나 수질 개선에 크게 도움이 되지않은 실정이다. 이에 해당 설비의 근본적인 문제를 파악하고 교체 또는 전면적 정비를 검토하기 위하여 2016/17하계 시즌에 전문가를 파견하였으며, 수질개선을 위하여 노력하고 있다. 2017/18 시즌에 예정된 개선 작업을 통해 수질 개선이 기대되나, 장기적으로 오수처리시설 운영 전문 인력을 월동대원으로 파견하는 방법도 검토가 필요할 것으로 보인다. 기지 방류수 수질 개선을 위한 지속적 노력으로 세종기지 인근 연안 생태계에 대한 영향을 저감하여야 한다.

장보고기지와 달리 폐기물 처리를 위해 소각기를 운영하고 있는 세종기지는 운영

자는 물론 월동연구대를 비롯한 하계연구원들의 폐기물 발생 저감 노력이 요구된다. 소각기 가동으로 인한 다이옥신과 같은 유해 오염물질의 발생을 줄이기 위하여 소각 가능한 폐기물만 선별하여 처리할 필요가 있으며, 음식물 소각시 가능한 습기를 제거하여야 한다. 소각 시설에 소각 가능 물품과 소각 금지 물품에 대한 목록과 그림 등을 비치하여 수시로 운영자가 주의할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 또한 하계기간 동안에 소각기 가동 시간이 늘어나고 있으므로 하계 연구 활동을 위해 기지에 보급하는 물품의 포장 시 폐기물 발생을 최소화하도록 특별한 주의가 필요하다.

온실 관리를 위하여 세종기지의 온실 설비에 맞는 사전 교육이 이루어져야하며, 온실 운영지침을 온실 입구에 비치하여 출입 인원의 제한과 외래종 유입 방지를 위한 사전조치를 하여야 한다. 특히 세종기지 온실은 기지 외부에 위치하여 있으므로 남극 토양이 묻은 작업화로 들어가는 것은 금지하고, 온실의 전실에서 깨끗한 실내화로 갈아신어야하며, 온실의 식물체 조각이 신발이나 옷에 붙어 남극 생태계 내로 유입되는 것을 예방하여야 한다.



Environmental equipment and facility management

30th over-wintering team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : To treat of domestic sewage caused by King Sejong Station, sewage treatment facility using microbes has been operating. Sewage treatment facility has been treated with domestic wastewater quality standard, continuous check and maintenance were carried out. However the discharged water quality over the standard concentration of most parameters. The improvement of sewage treatment shall be required as soon as possible. The generated wastes at the station were separate into four types, incinerator and compressor are operating. The hydroponic facility has been managed by operating plan, facility structure, sowing and seedling method were changed for the effective operation. The precautionary measure to prevent non-native species introduction is required improvement and implementation continuously.

제 2 절

에너지 생산 및 유류 관리

30차 월동 연구대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 30차 월동 시 12개월간 유류 사용량은 411,200리터로 전년도와 비교하여 사용량이 다소 증가하였다. 담수화기 사용기간의 확대와 기지 증개축을 위한 공사장비의 가동을 감안하면 유류 소모량의 증가는 없거나 오히려 줄어든 것으로 보인다. 발전기는 총 5대(275KW)가 설치되어 있으며, 열병합 발전설비를 갖춘 발전기 3대와 비상용 발전기 1대, 공사용 예비발전기 1대를 운영하고 있다. 기지의 음식물 저장을 위해 냉동고 2대, 냉동 컨테이너 1대, 냉장고 2대 등을 운영하였으며, 난방은 전기방열기로, 온수는 전기온수기를 통해 이루어졌다. 급수지원은 현대호와 담수화기를 통해 공급하였으며, 월동기간 중 현대호의 바닥시트 파손으로 수량 확보가 어려워 113일간은 현대호에서 담수를 공급하고 나머지 기간은 부득이 담수화기를 가동하였다. 급수의 사용량은 동계기간 약 3~4톤 정도이었으며, 많은 인원이 상주하는 하계기간에는 동절기 대비 2~3배 많은 사용량을 보였다.

1. 유류 사용 및 관리

가. 유류 사용량

세종기지에서 사용하고 있는 경유는 남극 환경에 맞게 제조된 Antarctic Diesel Oil(ADO)로 칠레에서 보급되고 있다. 2016년 12월~2017년 11월까지 1년간 총 연료 소모량은 약 411,200ℓ이며, 월간 평균 약 34,270ℓ의 연료를 사용하였다(Table 5-4). 2017년의 경우 발전유류 86%, 중장비 12%, 소각기 가동에 2%가 사용 되었다. 29차대의 같은 기간에 사용한 총 사용량보다 약 200ℓ 정도 늘었으나 증축공사가 있었던 상황을 고려하면 실제로 기지 운영을 위해 증가한 사용량은 없는 것으로 판단되며, 오히려 감소한 것으로 보인다. 중장비 유류 소모가 증가 한 것은 2016~2017년 하계연구동 신축 공사 등 세종기지 증개축으로 인한 중장비 가동 증가로 기인하였다.

Table 5-4. Monthly fuel and lubricant consumption during 30th overwintering period

구 분 월 별	ADO(ℓ)			lubricant(ℓ)		
	사용량	재고량	비고	사용량	재고량	비 고
2016년/ 12월	49,200	302,000	. 폐유 20,000ℓ 사용량 제외 . 공사팀 중장비 사용 약 13,000ℓ	210	1,900	
2017년/ 1월	43,000	25,9000	. 공사팀 중장비 사용 약 12,000ℓ	140	1,760	
2월	33,000	22,6000	. 공사팀 중장비 사용 약 5,000ℓ	180	1,580	
3월	38,000	188,000	. 공사팀 중장비 사용 약 5,000ℓ	180	2,760	. 보급 1360ℓ
4월	37,000	791,000	. 유류 수급 640,000ℓ . 공사팀 약 4,000ℓ	240	2,520	. 건설 장비 40ℓ 포함
5월	29,000	762,000		180	2,340	
6월	32,000	730,000		180	2,160	
7월	30,000	700,000		200	1,960	
8월	30,300	669,700		180	1,780	
9월	32,000	638,000		180	1,600	
10월	27,500	611,100		180	1,420	
11월	30,100	581,000	. No 5 Tank 폐유 1100ℓ 포함	180	1,240	
총 사용량	411,200		. 2017년 발생 폐유 1100ℓ 포함	2,230		

2017년 5월~11월 월동기간 동안 월간 평균 유류 소모는 약 30,000 ℓ 이었다. 2016년 12월~2017년 11월간 발전기 유회유 소모는 2,230 ℓ 이며 월 평균 약 180 ℓ 를 사용하였다. 경유 소모량은 대부분 발전기가 차지하고 있으며, 담수화기와 냉동기 등의 사용 여부, 열선 부하변동과 각종 난방기구들의 사용 증감에 따라 유류(경유) 소모량의 차이가 있다.

30차 월동을 위한 연료 수급은 2017년 4월 14일에 아라운호로 이루어 졌으며 640,000 ℓ 가 보급되었다. 유류 하역은 당일 20시간 동안 이루어졌다.

※ 유류 하역 시 준비 자재

- ① 유류 호스: 해상용 호스와 육상용 호스
- ② 중간연결 긴급 차단 밸브: 해상용과 육상용 호스 연결부 Ball Valve
- ③ 부이 : 호스의 부력을 유지함
- ④ 오일 펜스: 해상으로 유출되었을 경우 1차적으로 유류를 차단하여줌.
- ⑤ 유처리제 및 유흡착제 : 유출 유류 방제용 2차 작업용

나. 유류 저장 및 관리

1) 경유 저장탱크

세종기지의 경유 저장 탱크는 2017년 기지 개축 공사의 일환으로 교체되었으며, 신규 저유 탱크는 유류 유출을 방지할 위하여 이중벽구조의 스테인레스 재질이다. 신규 탱크 6기의 저유 용량은 각각 150,737 ℓ (100% 기준)으로 총 904,422 ℓ 로 기존의 용량 (990,750 ℓ)에 비해 약간 줄어들었다(Table 5-5, Fig. 5-8).

Table 5-5. Fuel storage tank capacity and details

구 분	용 량(100%)	위 치	비 고
NO.1 저장탱크	150,737	신 중장비 보관동 동쪽	2017년 설치
NO.2 저장탱크	"	"	"
NO.3 저장탱크	"	"	"
NO.4 저장탱크	"	구 중장비 보관동 남쪽	"
NO.5 저장탱크	"	"	"
NO.6 저장탱크	"	"	"
총 용 량	904,422		

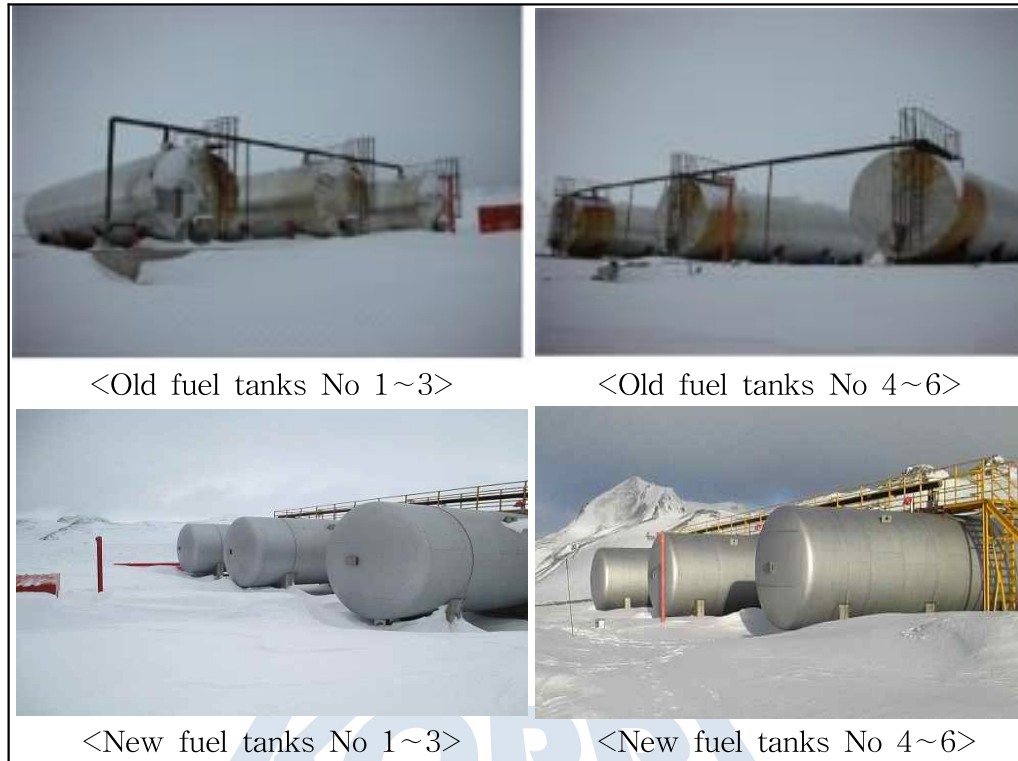


Fig. 5-8. New fuel tanks installed in 2016/17 season.

2) 저장탱크 관리

가) 안전점검

유류 저장탱크는 아래와 같은 항목을 매일 또는 일정 주기로 점검하여 유류 유출과 화재를 예방하였다.

※ 유류저장 및 관련시설 안전점검 항목

- ① 경유 이송 펌프실 밸브 개폐상태 및 위험요소
- ② 저장탱크 주변정리 상태 및 위험요소
- ③ 각 저장탱크 출구밸브 및 드레인 밸브 폐쇄상태
- ④ 각 저장탱크 보호커버 외관상태
- ⑤ 각 저장탱크 공기 배출구 및 맨홀 밀봉상태
- ⑥ 송유관 중간밸브 개폐상태 및 위험요소
- ⑦ 정비동, 기계동, 발전동 경유 유입상태 및 위험요소
- ⑧ 경유 저장탱크 측심 등

나) 경유 저장탱크 응결수 드레인 및 보온

- 옥외 유류탱크는 바람과 기온에 따라 짧게는 10일 길게는 20일 간격으로 응결수 드레 및 점검 관리하고 발전실 내 서비스 탱크는 특별한 일이 없는 한 적어도 매일 오전과 오후 간격으로 드레인 및 점검하고 있으며, 주기적인 드레인 작업과 수분 함유 여부 점검으로 기름 상태 철저히 파악하여야 함.
- 매일 오전과 오후로 서비스 탱크의 드레인을 시키고 있음에도 엔진에 이물질이 들어가 엔진이 정지하는 사례가 있으므로 추후 서비스 탱크를 교체하기 위하여 재제작 할 때 에는 현재 2,000ℓ의 서비스탱크 바닥면을 현재와 같이 평면으로 하지 않고 약간의 구배 (기울기)를 주어 수분과 이물질 드레인을 용이하게 한다면 상당량의 기름을 절약 할 수 있고, 효율적인 드레인으로 엔진의 정상가동에도 큰 도움이 될 것임
- No. 4, 5, 6 번 유류탱크에서 발전동 까지 연결되는 유류이송용 이중 단열관 내에는 열선이 설치되어 있는 상태로 현 작동 상태 양호함.

2. 유류 유출 예방 및 관리

기지에 설치된 유류 탱크는 기본적으로 이중벽구조로 되어있어 유류 유출 문제를 최소화 하였고 주변에 방지턱을 설치하여 혹시라도 있을 수 있는 유류 유출 사고에 대비하고 있다. 이중벽구조의 견고한 스테인레스 재질의 유류 탱크라 할지라도 유류 방지턱이 제 기능을 할 수 있도록 주기적인 제설 작업이 필요하다.

유류의 해상 하역시 유출 방지를 위하여 호스의 꼬임 방지에 주의하고 해상용 호스의 연결부는 끈으로 단단히 묶어 이탈을 예방하였다. 또한 해상 호스의 주변에 오일펜스를 설치하여 유류가 유출될 경우 해양으로 퍼져 나가는 것을 방지하였으며, 육상 호스 구간에는 각 연결부에 흡착포와 유류를 담을 수 있는 용기 등을 비치하여 대비하였다(Fig. 5-9).



<해상용 호스 연결부 끈으로 묶어 이탈 방지>



<연결부에 흡착포 및 기름통 비치>

Fig. 5-9. Fuel spill prevention measures during fuel transportation.

유류 하역 완료 후에는 air-blow를 2, 3회 실시하여 배관내의 연료를 유류 탱크로 회수하였고 호스는 내부 연료를 완전히 제거한 후 밀폐하여 보관하였다. 기지내 유류 취급 시와 선박에서 기지 유류 탱크로의 유류 보급시 유출사고에 대비한 방제 물품은 Fig. 5-10과 같다.



<Oil fence>



<buoy (3 Set)>



<Oil treatment agent (20 ℓ x 20 ea)>



<Oil adsorbent>

Fig. 5-10. Oil spill control products at King Sejong Station.

3. 에너지 생산 및 소비

가. 전기에너지 생산 및 소비

현재 세종기지 발전기는 총 5대(각 용량 275 kW)가 설치되어 있으며, 2008년 대수선 공사로 상용 열병합 발전설비를 갖춘 발전기 3대와 비상용 발전기 1대, 공사용 예비 발전기 1대가 운영되고 있다. 열병합 발전은 전력과 열을 동시에 발생시켜 에너지 이용률을 높이는 발전체계이며, 운영비를 획기적으로 절감할 수 있는 고효율 에너지 시스템이다. 또한 각 발전기에는 배터리충전기가 설치되어 있으며, 거북호에서도 유압 구동식으로 전기를 생산하고 있다(Table 5-6).

Table 5-6. Installed diesel generators at King Sejong Station

장 비 명	설치장소	제 원	설치년도	비 고
1호 발전기	발 전 동	3상 4선식, 275Kw	2008	
2호 발전기	발 전 동	3상 4선식, 275Kw	2010	
3호 발전기	발 전 동	3상 4선식, 275Kw	2008	
비상 발전기	기 계 동	3상 4선식, 275Kw	1991	비상용
예비 발전기	부 두	3상 4선식, 275Kw	1991	부두하역 작업용 (예비용)
배터리충전기	1호 발전기	I N: AC220V OUT: DC24V,10A	2008	
"	2호 발전기	I N: AC220V OUT: DC24V,10A	2008	
"	3호 발전기	I N: AC220V OUT: DC24V,10A	2008	
"	비상 발전기	I N: AC220V OUT: DC24V,10A	2003	
"	예비 발전기	I N: AC220V OUT: DC24V,10A	2003	
거북호 (바지선)	체육관 옆	총톤수: abt. 17 TON 전 장: abt. 18.30 M 전 폭: 5.40 M 흘 수: 1.00 M 최대속력: abt. 5 KTS	2005	주기관: 커민스, 215HP 추진방식: 유압 구동식 (프로펠러) 발전기: 대흥, 20KW

나. 난 방

생활관을 제외한 각 시설의 난방은 주로 전기방열기, 온수는 전기온수기를 통해 이루어지고, 생활관 난방과 온수, 기계동 온수는 발전기 폐열과의 열교환을 통하여 공급하고 있다. 기계동에 예비용으로 전기온수기 2대가 설치되어 있으며, 담수화기 해수 가열 공급하기 위하여 보일러가 설치되어 있다. 공급수(해수) 염분 측정결과 보일러를 가동하지 않고도 담수화기 가동에 문제가 없다는 판단으로 보일러를 사용하지 않았고 그로 인해 유류 사용 절감 효과까지 얻게 되었다.

다. 담수 생산 및 사용량

하계기간에는 담수 현대호(인공호)를 이용하여 급수지원을 하며, 동계기간에는 해수를 이용하여 담수화기를 통해 급수지원을 한다. 30차 월동 기간((2016년 12월~2017년 11월)까지) 중 현대호의 보유 수위가 현저히 줄어들어 부득이 하계 하계기간에도 담수화기를 이용했고 4월달 부터는 100% 담수화기에 의존하였다. 조사결과 현대호 EPDM시트에 다수 파손부위가 발견 되었고 지중으로 보유 된 담수가 빠져 나가는 것으로 확인되었다. 30차 월동기간 동안 담수 공급원 이용일 수를 Table 5-7과 Fig. 5-11에 정리하였다.

평상시 세종기지의 담수원은 결빙되기 전까지 현대호에서 공급되며 29차 월동기간(2015년 12월 ~ 2016년 12월)의 경우 354일(94.6%)간 현대호에서 급수지원 하였으며, 19일(5.3%)간 담수화기로 급수지원한 바 있다(Fig. 5-12).

급수의 정확한 사용량을 파악하기는 어려운 부분이 있지만 탱크의 용량을 기준으로 했을 때 동계기간에는 하루 약 3~4톤 정도의 사용량을 보였다. 이는 월동기간 하루 평균사용량으로써, 많은 인원이 상주하는 하계기간의 급수 사용량은 동절기에 비하여 약 2~3배정도 많은 사용량을 보였다.

담수화기의 효율적인 운영을 위해서는 공급수의 상태가 중요하다. 수온 측정 결과에 따라 보일러를 가동하지 않고 해수탱크 내의 해수를 발전기의 중온수와의 열교환만으로도 담수화기 가동하게 되면 유류 사용을 절감할 수 있다.

Table 5-7. Fresh water supply source during 30th over-wintering period

	Start date	End date	supply source	No. of days
1	2016. 12. 8	2017. 3. 31	Artificial lake(Hyundaiho)	113
2	2017. 4. 1	2017. 11.30	desalination facility	114

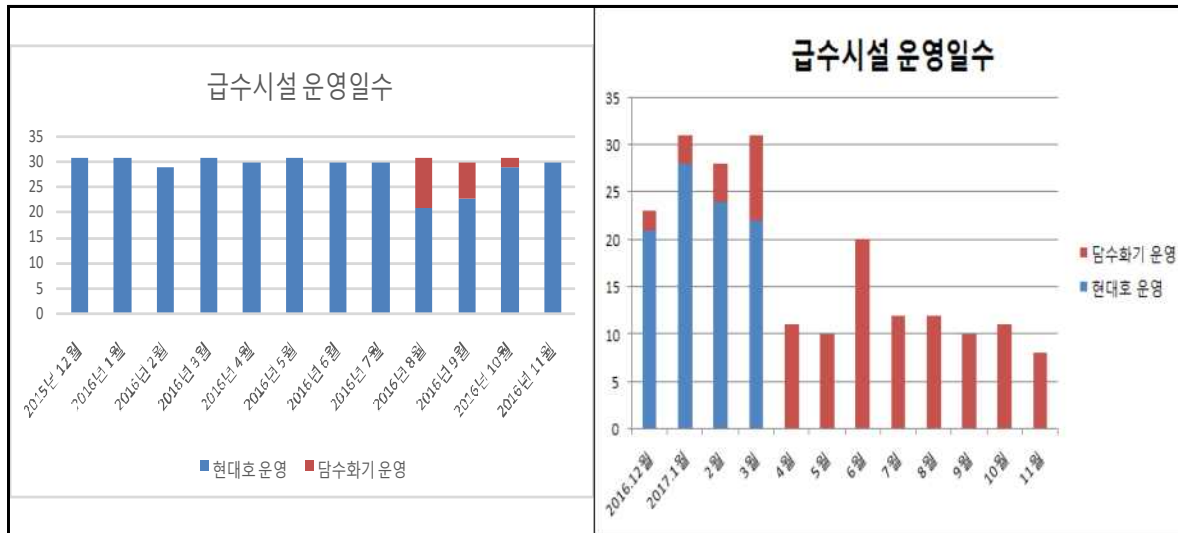


Fig. 5-11. Comparison of freshwater supply source between 29th (left) and 30th (right) over-wintering period, red bar: desalination facility, blue bar: artificial lake.

4. 결론 및 제언

세종기지의 담수 공급원인 현대호의 정비와 정기적인 점검을 통해 하계기간 동안 충분한 담수를 확보하여 담수화기의 가동률을 가능한 낮출 필요가 있다. 연구장비의 추가설치와 하계연구동 신축으로 인하여 소요 전력량의 요구가 증가할 것으로 예측되므로 기지 운영 및 연구 활동 인원의 에너지 절감을 위한 인식제고가 요구된다.

기지 내 차량운행을 위한 주유 시 소량의 유류 유출이 발생하지 않도록 주의가 필요하며, 유출 시에 즉각 대응할 수 있도록 방제물품의 비치여부와 양을 주기적으로 확인하여야 한다.

기지에서 사용하는 전기에너지의 월변화와 연간 변화의 추이를 분석하여 에너지 사용 패턴과 절약 가능성을 파악할 수 있도록 주기적인 전력 사용량과 전력 부하량의 기록이 요구된다. 전력 부하량이 발전기의 적정 용량을 초과할 경우 병렬발전이 불가피하므로 병렬발전을 최소화할 수 있는 방안의 마련이 필요하다.

Energy generation and Fuel management

30th over-wintering team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : During 30th over-wintering period, 411,200 liters were consumed for station operation for 12 months and annual usage increased compared to the previous year. A total of five generators(275KW) at King Sejong Station, three of them are cogeneration generators, one for emergency and one is backup generator. Two freezers and one reefer container, two refrigerators operated for storing food. Heating is by electric radiators, hot water was supplied through electric water heaters. Water is supplied through artificial lake (hyundaiho) and desalination facilities. Due to breakage of bottom sheet of the lake, the desalination facility had been operated for 113 days (during 29th over-wintering period, freshwater was supplied from artificial lake for 354 days). During overwintering period, the usage amount of water was about 3~4 ton, summer period which many people reside was used 2~3 times more than wintering period.

제 3 절

폐기물 관리

30차 월동 연구대, 김 지 희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 세종기지의 월동기간에 발생한 폐기물은 성상별로 구분하여 우드박스에 보관하고 컨테이너에 선적되어 남극외부로 반출되어 처리된다. 30차 월동기간에 발생한 매립 폐기물(소각재)을 포함한 일반폐기물은 8,510 kg이 발생하였으며 이중 고철(49%)과 PVC(20%)가 높은 비중을 차지하였다. 지정폐기물의 대부분은 저유탱크 청소로 발생한 폐유로 19,200 kg이 발생하였고 배터리류가 1,200kg 발생하였다. 2016년 29차 월동기간에 비해 소각으로 발생한 재의 양이 2배 가까이 발생했으며 소각용 폐기물 발생 절감을 위한 대책이 요구된다.

1. 폐기물 발생량

하계기간에 발생하는 폐기물을 처리하기 위하여, 매일 폐기물 정리가 이루어졌으며 평균적으로 주 4~5회 소각기가 운영되었다. 동계기간에는 주 1~2회 소각기를 가동하여 발생하는 유기물을 소각하고 폐기물정리가 이루어졌다.

발생되는 폐기물 중 PVC 및 고철류는 캔 압축기를 사용하여 부피를 줄였고 각 폐기물별 무게를 측정하여 월별 발생량을 기록하였다(Table 5-8). 일반폐기물 중 재활용 폐기물은 고철이 4,160 kg으로 가장 많이 발생하였고 PVC 플라스틱류는 1,660 kg 발생하였다.

지정폐기물은 주로 유류 탱크 청소시 발생한 폐유로 약 19,200 kg이 발생하였다.

Table 5-8. Amount (kg) and type of wastes at King Sejong Station during 30th over-wintering period

시기	종류	지정 폐기물		일반 폐기물				
				반출후 매립	재활용 가능 폐기물			
		배터리	LPG 공병	폐유	소각재	고철	PVC	의류
2016.12월				130	315	238		75
2017.1월				120	303	230		70
2월				110	300	178		67
3월				128	330	175		64
4월				111	150	233	660	60
5월				53	98	53		35
6월				50	78	48		43
7월				45	88	59		46
8월				45	71	63		41
9월				87	69	73		62
10월				40	103	95		42
11월	1200	540	19200	131	2255	215	320	55
합계	1,200	540	19,200	1,050	4,160	1,660	980	660

30차 월동기간 동안 폐기물 발생량은 대체로 29차 기간 동안에 비해 적거나 유사하게 발생하였으나 소각으로 발생하는 재의 경우 30차대에 2배가량 많이 발생하였다 (Table 5-9). 폐유의 경우 29차에 남아 있는 것을 30차에 한꺼번에 반출하였는지는 확인이 되지 않았다.

Table 5-9. Comparison of amount of waste generation between 29th and 30th over-wintering period

시 기	지정 폐기물			일반 폐기물				
				반출후 매립	재활용 가능 폐기물			
	배터리	LPG 공병	폐유		소각재	고철	PVC	의류
29차 (2016)	2,120	-	-	648	3,757	238	-	1,684
30차 (2017)	1,200	540	19,200	1,050	4,160	1,660	980	660

2. 폐기물 반출 준비 및 선적

세종기지에서 발생한 폐기물은 기지 동편의 창고동과 체육관동에서 선별작업 등을 진행한다(Fig. 5-12).



Fig. 5-12. Waste in warehouse before packing.

월동기간에 발생한 재활용 폐기물은 성상별로 구분하고 부피를 최소화하여 포장하여 반출을 위해 20 ft 컨테이너에 적재하였다(Fig. 5-11). 폐기물 컨테이너는 쇠빙연구선 아라온에 적재되어 5월 중순에 국내에 도착하여 검역 후 처리될 예정이다.



<폐기물 계급(일반 폐기물)>

<지정 폐기물 정리>



<폐유(지정 폐기물) 반출 준비>

<컨테이너 선적>

Fig. 5-13. Preparation of wastes to transport from Antarctic region.

3. 결론 및 제언

30차 월동기간에 폐기물 관리는 지침을 기준으로 비교적 잘 이루어졌으나 폐기물의 성상별 기록을 더 세분화할 것이 요구된다. 또한 기지 운영으로 인한 폐기물 발생량을 줄이기 위해 하계 연구를 위한 소모품은 불필요한 포장재를 가능한 제거하고 재사용 가능한 카톤박스나 플라스틱 박스에 포장하는 노력이 요구된다. 세종기지의 경우 유통기한이 지난 식자재나 음식물 쓰레기를 소각하여 처리하므로 음식폐기물 발생량과 발생 양상에 대한 분석이 불가능하다. 월동 연구대에서 소각하기 위해 물기를 제거한 음식폐기물의 발생량을 주기적으로 기록하고, 발생양상을 분석하여 폐기물 발생을 줄일 수 있는 방안을 간구하여야 할 것이다. 음식폐기물의 발생이 식자 준비량 또는 보급품의 신선도나 보급량의 문제인지 파악할 필요가 있을 것으로 보인다.

Waste management

30th over-wintering team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : All waste was classified with their type, packed in wood box and then stored in 20ft container before loading at King Sejong Station. Wastes including to be landfill waste (incineration ash) generated during the 30th over-winter period were 8,510 kg, and scrap metal (49%) and PVC (20%) accounted for the highest percentage. Most of the hazardous wastes were waste-oil generated from the cleaning of the storage tank, resulting in 19,200 kg and batteries of 1,200 kg. The amount of ash generated by incineration is about twice that of the 29th wintering period in 2016, and measures are needed to reduce incineration waste.

극지연구소

제 6 장

세종과학기지 운영에 따른 환경지표 모니터링

제 1 절

족적(Footprint)

30차 월동 연구대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 2017/18 하계 기간 동안 세종기지에 들어온 인원은 122명이며, 하계 연구자는 52명, 하계 지원인력 18명, 세종기지 증개축공사 인원 40명, 남극체험단 9명, 시찰을 목적으로 방문한 3명으로 구성된다. 남극특별보호구역 171번 방문신청 건수는 10건이며 총 46명이 하계기간 동안 방문하여 현장조사를 수행하였다. 세종기지를 기반으로 활동한 인원의 방문지역은 주로 바톤반도 지역에 국한되나, 국제공동연구팀과 함께 필데스 반도지역과 맥스웰만에서도 활동하였다.

1. 기지 주변 공간적 변경사항

30차 월동기간 동안 정기화물선으로 보급된 40ft 컨테이너로 제작된 우주환경광학 관측동을 창고동 인근에 설치하여, 기지 주변 공간의 변경이 발생하였다(Fig. 6-1). 공사가 진행된 지역은 기지부지내로 이미 평탄화 작업이 이루어진 지역이며, 건물 기초 PC블럭 설치를 위한 굴착작업이 진행되어 지반에 대한 영향이 발생하였다. 해당지역은 인간의 활동이 빈번히 발생하여 식생의 발달이 없는 지역이다.



<기초 PC블럭 설치>

<프레임 설치>



<접합부 용접>

<설치 완료>

Fig. 6-1. Space environment optical observatory installation near warehouse.

한편 세종과학기지 증축공사의 일환으로 2016/17 시즌부터 진행하였던 공사가 2017/18 시즌에 마무리되어 세종기지내의 공간적 변경이 발생하였다. 지난 1단계 공사(2016.10-2017.04)로 재건축 대상 건축물(하계연구동, 정비동) 외부공사와 기존 건축물 보수보강(장비보관동, 창고동, 폐기물처리동, 중장비보관동) 및 철거공사(지질지구물리연구동)가 완료되었으며, 2단계 공사(2017.11-2018.02)를 통해서 재건축 대상 건축물 내부공사와 기존 건축물 철거공사(생물해양연구동, 숙소 1동) 및 용도변경(숙소 2동)이 완료되었다(Fig. 6-2). 공사 완료에 따른 세종기지의 최종 배치와 전경은 Fig. 6-3 및 6-4와 같다.



Fig. 6-2. Renovation works of King Sejong Station in 2016/17 and 2017/18 season.

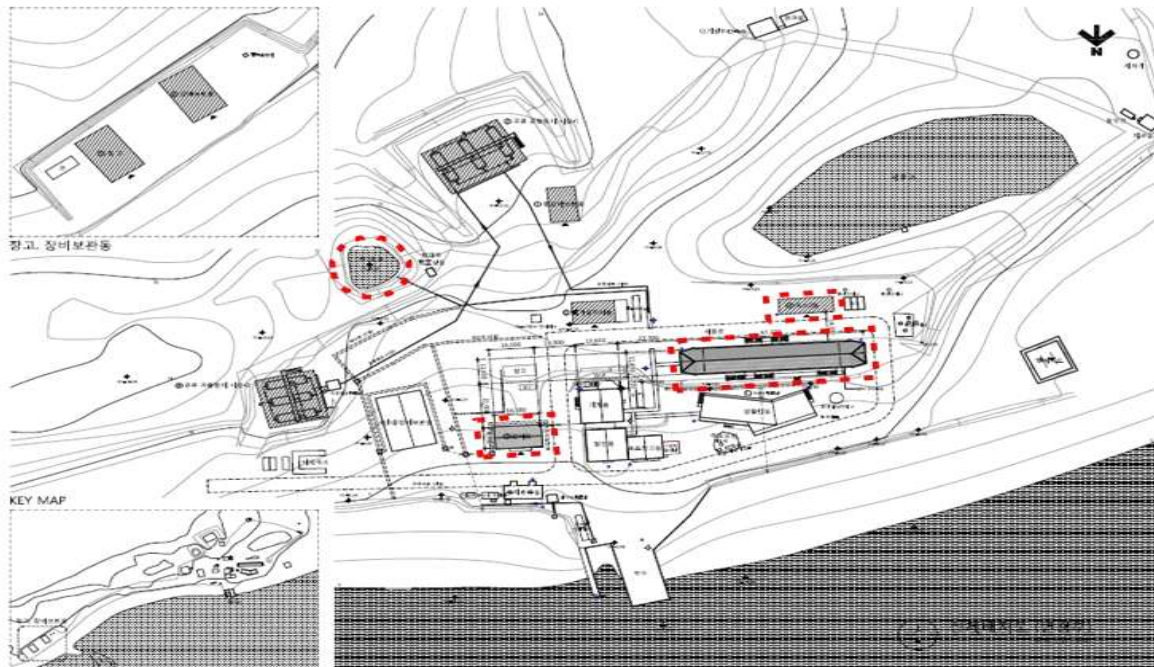


Fig. 6-3. Changed layout of King Sejong Station facilities in 2017/18 season.



Fig. 6-4. Panoramic view of King Sejong Station completed renovation in 2017/18

세종기지 증축공사를 통해 기존의 기지 연면적 4,318㎡에서 약 5,300㎡로 증가하였고 기지 배치의 변화로 공간 변경이 발생하였다.

2. 기지 체류 및 방문인원과 야외조사 지역

2017/18 하계 기간 동안 세종기지에 들어온 인원은 122명이며, 하계 연구자는 52명, 하계 지원인력 18명, 세종기지 증개축공사 인원 40명, 남극 체험단 9명, 시찰을 목적으로 방문한 3명으로 구성된다. 세종기지에 방문하는 모든 인원은 칠레 폰타아레나스를 거쳐 항공기를 이용하여 필데스반도의 칠레기지에 도착한 후 고무보트를 이용하여 기지에 들어오게 된다. 세종기지를 기반으로 활동한 인원의 방문지역은 주로 바톤반도 지역에 국한되나, 국제공동연구팀과 함께 필데스반도지역과 맥스웰만에서도 활동하였다(Fig. 6-5). 남극 하계활동 보고서를 분석한 결과 남극특별보호구역 171번 방문신청 건수는 10건이며 총 46명이 하계기간 동안 방문하여 현장조사를 수행하였다(Fig. 6-6, 6-7). 세종기지를 기반으로 도보를 통한 육상현장조사나 고무보트를 이용한 조사는 대부분 바톤반도와 주변의 마리안소만, 포터코브 지역에서 활동하였다(Fig. 6-6).

보고서에 제시한 야외 활동지역 및 활동 인원조사는 지난 보고서에서 분석한 2016/17 하계기간에 포함된 2017년 2월 1일까지의 활동은 제외하였고, 30차 월동대에서 기록한 12월 초까지의 자료를 수록하였다. 나머지 기간의 자료는 31차 월동이 마무리되

는 시기에 정리하여 다음 보고서에 수록할 계획이다.

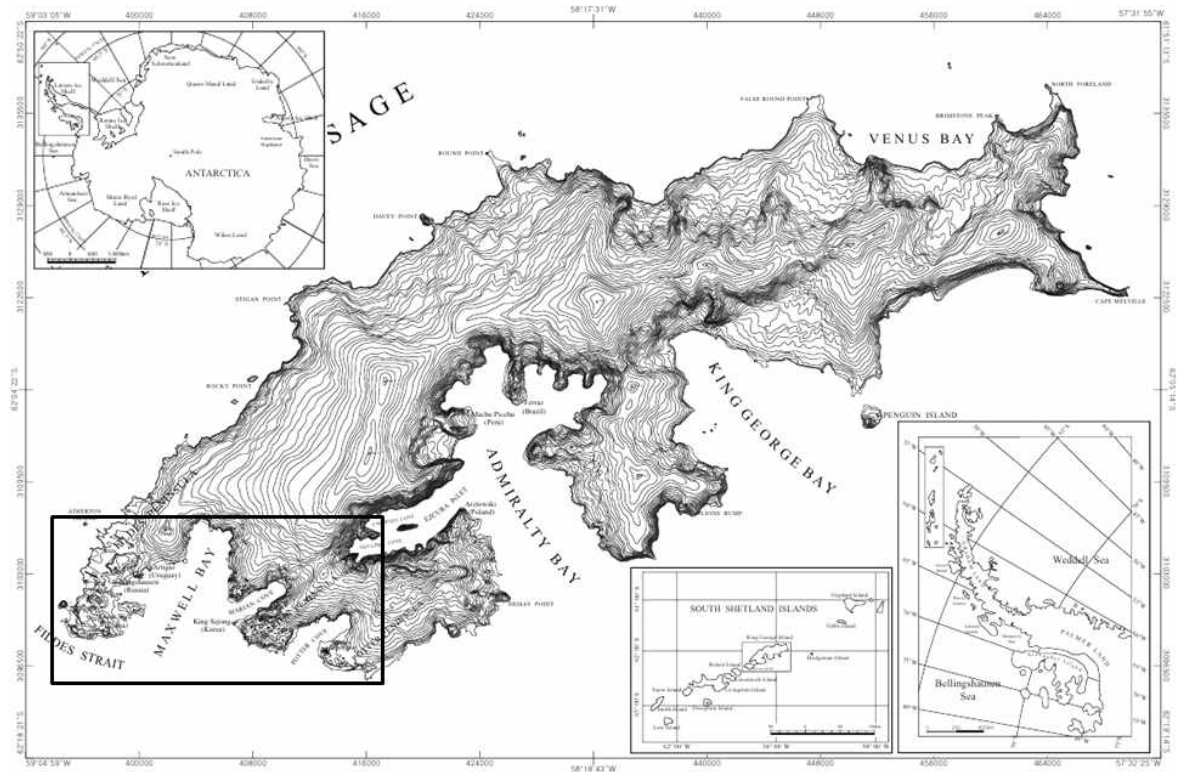


Fig. 6-5. Location map of King George Island and visited or survey area.

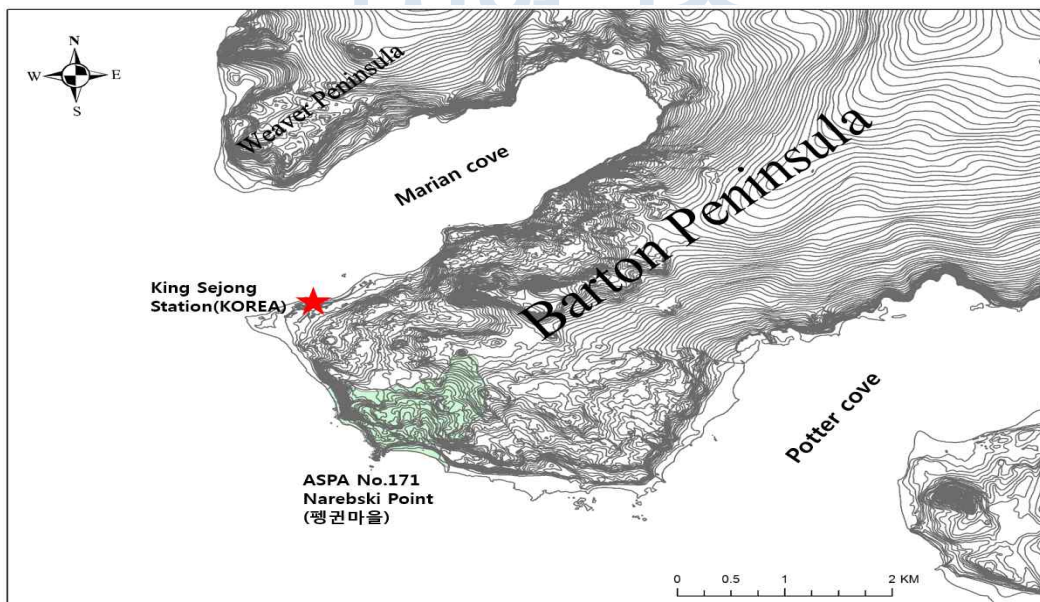


Fig. 6-6. Detailed map of Barton peninsula.

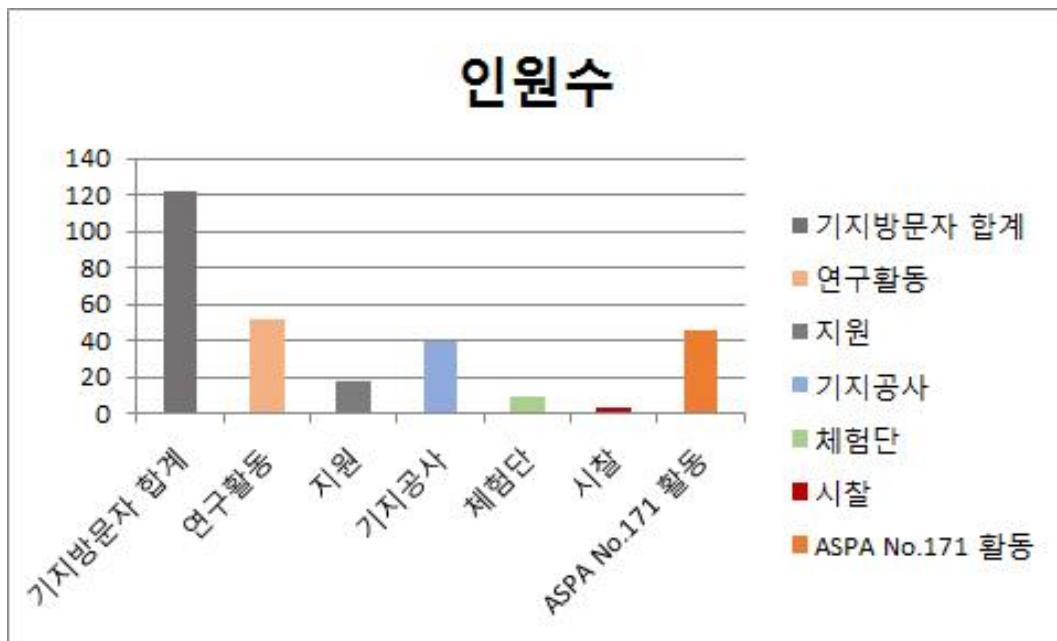


Fig. 6-7. Visitors status and purpose of visit to King Sejong Station.

세종기지를 기반으로 월동연구대와 하계연구대의 상세 활동 현황은 부록 3에 정리하였다. 향후 기지 기반 야외활동 패턴과 영향의 범위 및 누적 영향을 분석하는 기초 자료로 활용될 수 것이다.

2009년 기지 인근 펭귄군서지(나레브스키 포인트)의 생태적 가치와 과학적 가치를 보존하기 위한 남극특별보호구역(ASPA)이 지정된 바 있으며, 우리나라는 지정 제안국으로서 관리계획에 따라 지속적인 모니터링과 환경보호의정서 제5부속서에 따라 5년마다 관리계획을 검토하고 필요시 개정하여 남극조약협약당사국의 승인을 받고 있다.

ASPA No.. 171 나레브스키 포인트에서의 활동은 2014년 개정된 관리계획에 따라 이루어지고 있으며, 대부분 우리나라 과학자들이 현장연구와 펭귄개체군 모니터링을 위해 매년 방문하고 있다. 월동연구대는 대부분 보호구역의 관리 활동과 일부 연구활동을 위해 방문하고 있다. 특별보호구역 방문 내역과 목적은 2016/17하계 활동기간을 제외한 2017년 월동기간에 기록된 내용을 부록 5에 수록하였다.

Footprint

30th over-wintering team, Ji Hee Kim,

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : During the summer of 2017/18, 122 people were visited to the King Sejong Station, composed of 52 researchers, 18 supporting staffs, 40 construction crew, 9 people for outreach, and 3 people for internal inspection. The number of visits to the Antarctic Specially Protected Area No. 171 was 10, and a total of 46 people visited during the summer to conduct field surveys. King Sejong Station-based personnel worked around the Baton Peninsula, but with the international collaborative team, they also worked in the Fildes Peninsula and Maxwell Bay.

제 2 절

방류수질 모니터링

30차 월동 연구대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 세종기지에서 발생한 오수는 오수처리시설을 통해 정화되며, 해양으로 배출되는 처리 방류수의 수질을 매달 한 번씩 분석한다. 수질검사는 생화학적 산소요구량을 포함한 8가지 항목(BOD, COD, 부유물질량, pH, 총질소량, 총인량, 대장균군수, 활성슬러지 양)을 측정하였다. 수질검사 결과 전년과 동일하게 한국 공공 하수처리시설의 방류수 수질기준에 미치지 못하여 오수처리 시설의 문제점을 전면적으로 검토하고 방류수 수질 향상을 위한 개선이 시급하다.

극지연구소

1. 방류수 모니터링

세종기지에서는 기지에서 발생한 오수의 처리 효율을 높이기 위하여, 생물 반응조 내에 존재하는 활성슬러지(Activated sludge)의 양을 매주 측정하고 필요시 종균제를 투입하고 있다. 활성 슬러지 내에는 세균, 조류, 균류, 원생동물 등 다양한 작은 생물체들이 존재하고 있는데, 이 중에서 세균은 95% 이상의 비율로 존재하고 있어 하수처리 과정에서 중심적인 역할을 수행하고 있다.

생물연구대원은 오수처리기로 유입되는 생활하수와 정화된 후에 해양으로 배출되는 처리 방류수의 수질을 매달 한 번씩 비교분석하는데, 수행하는 수질검사는 생화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질량, 총질소와 총인 함량, 총대장균군수를 측정하는 6개 항목으로 구성되어 있으며, 이는 국내의 하수, 폐수, 분뇨처리시설에서 수행하는 항목과 동일하다(Table 6-1). 2008년 오수처리시설 설치 당시 기대 수질은 2010년 개정된 방류수 수질기준에 따르면 Table 6-1에 표시된 일 방류수량 '500m³ 미만~50m³ 이상'인 시설의 방류수 수질 기준에 해당한다.

Table 6-1. Discharged water quality expected at King Sejong Station referring Discharged Water Quality Standard of Korea

<공공하수처리시설의 방류수수질기준> [개정 2010. 2. 26]

구분		생물학적 산소 요구량 (BOD) (mg/ℓ)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/ℓ)	부유물질 (SS) (mg/ℓ)	총질소 (T-N) (mg/ℓ)	총인 (T-P) (mg/ℓ)	총 대장균군수 (개/ml)
1 일 하수 처리 용량 500m ³ 이상	I 지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.2 이하	1,000 이하
	II 지역	5 이하	20 이하	10 이하	20 이하	0.3 이하	
	III 지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	0.5 이하	
	IV 지역	10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하	3,000이하
500m ³ 미만		10 이하	40 이하	10 이하	20 이하	2 이하	
50m ³ 이상		10 이하	40 이하	10 이하	40 이하	4 이하	

2. 측정 방법

가. BOD, COD, 부유물질(Suspended solid; SS), pH의 측정

방류수의 BOD, COD, 부유물질, pH는 무시약 수질 자동모니터링시스템(s::can, Austria)의 Spectrometer probe(Spectro::lyser)를 활용하여 측정하였다. Spectrometer probe는 UV-Vis의 원리를 적용한 광센서로써 용존물질의 각 분자들이 흡수하는 특정 파장을 흡광도로 분석하여 측정치를 도출한다. 측정기기의 항목별 측정범위를 살펴보면 BOD는 0~42.86mg/L, COD는 0~57.14mg/L, 그리고 SS는 0~57.14mg/L의 범위이다. 세종과학기지의 IC/SBR 오수 처리 시스템을 거쳐 배출되는 방류수의 수질은 무시약 수질 자동모니터링시스템의 측정범위를 상회하는 수준이므로 시스템에서 지원하는 실시간 모니터링 기능을 이용할 수 없는 상황이다. 따라서 유입수와 방류수를 증류수로 적절히 희석하여 측정할 필요가 있다.

무시약 수질 자동모니터링시스템을 활용한 유입수와 방류수의 반자동 수질측정방법은 다음과 같다. 1000mL 메스실린더에 시료 100mL과 증류수 400mL을 섞어 1/5로 희석한 후 Spectrometer probe를 메스실린더에 넣어 측정하였다(Fig. 6-8).



Fig. 6-8. Real time monitoring system(non-reagent) for water quality.

나. 총질소의 측정

방류수의 총질소 측정은 pHotoFlex® STD handheld colorimeter(YSI, USA)를 이

용하여 측정하였다. 측정은 매월 1회 실시하였으며 그 방법은 다음과 같다. TN hydroxide LR digestion cell에 VARIO TN Persulfate Rgt. 첨가한 후 2.0ml의 시료(유입수와 방류수)를 첨가하고 뚜껑을 닫고 30초간 격렬히 섞어주었다. 이 때 소량의 침전물이 발생할 수 있다. TN hydroxide LR digestion cell을 배양기(Thermoreactor CR2200, YSI, USA)에 넣고 120℃에서 30분간 배양한 후 꺼내어 30~40분간 식혔다. Cell이 충분히 식은 후 VARIO TN Reagent A를 첨가하고 15초간 섞고 3분간의 반응시간을 주었다. 다시 VARIO TN Reagent B를 첨가하고 15초간 섞고 2분간의 반응시간을 주었다. 이후 TN Acid LR/HR(Reagent C)에 TN hydroxide LR digestion cell의 시료를 2ml를 첨가한 후 30초간 10회에 걸쳐 조심스럽게 교반한 후 5분간의 반응시간을 주었다. 반응시간이 경과한 후 colorimeter에서 증류수를 반응시킨 대조군으로 검교정 후 유입수와 방류수의 총질소량을 측정하였다(Fig. 6-9). 한편 검교정을 위한 대조군은 증류수를 시료로 하여 진술한 방법으로 준비하였다.

Note: Before using the test with your photometer for the first time, determine the reagent blank value.

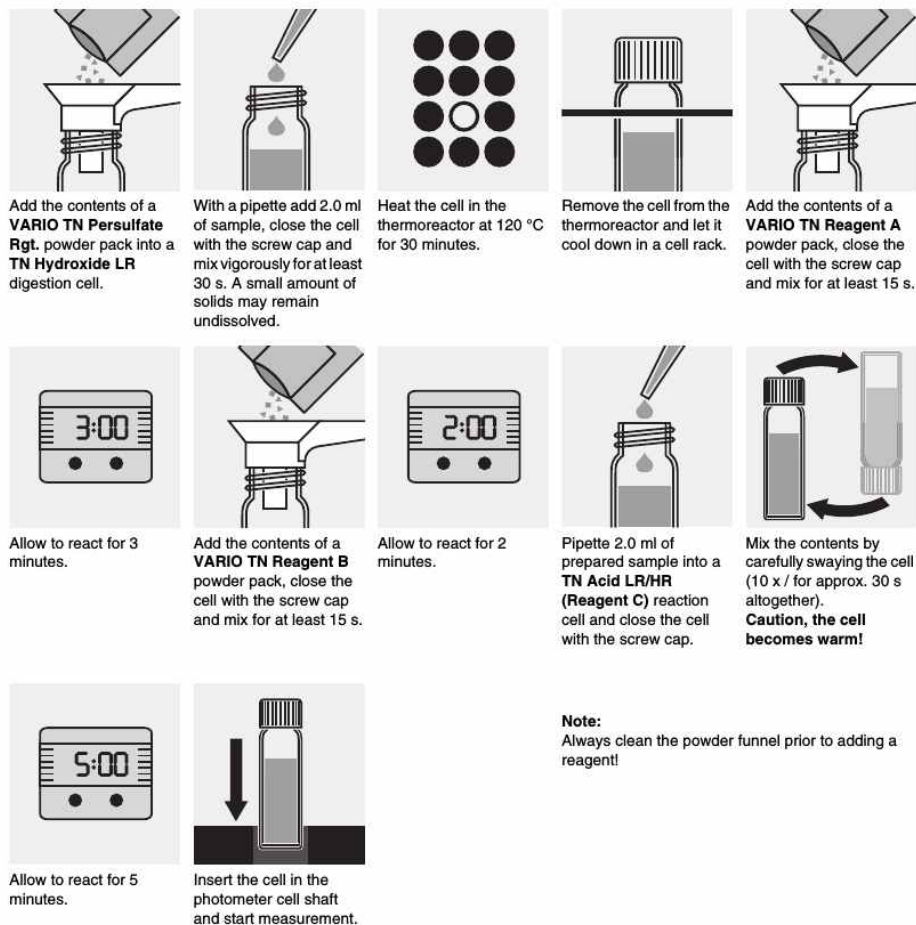
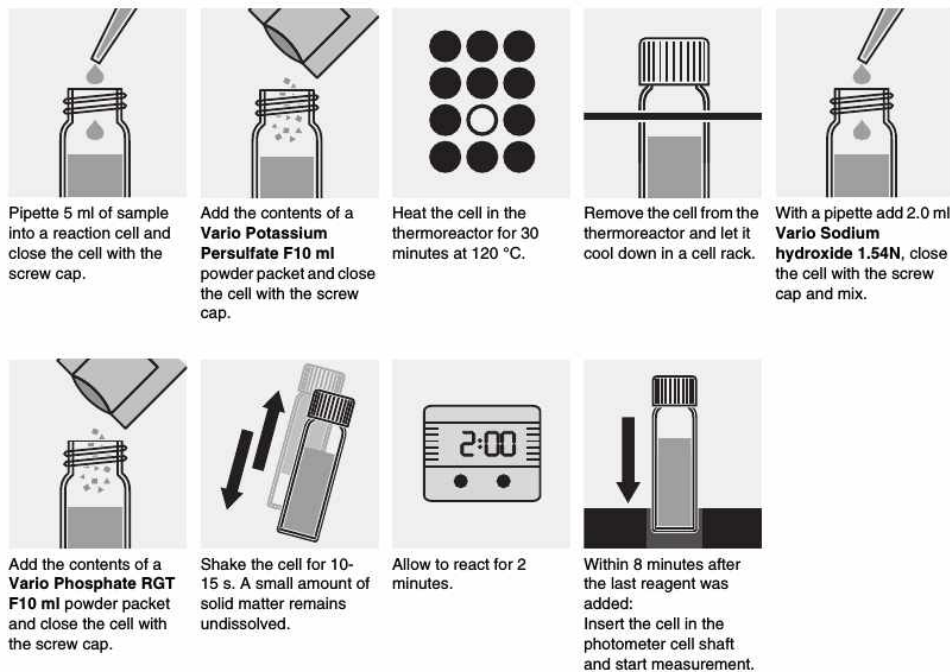


Fig. 6-9. Sample processing for total nitrogen determination.

다. 총인의 측정

방류수의 총인 측정은 pHotoFlex® STD handheld colorimeter(YSI, USA)를 이용하여 수행하였다. 측정은 매월 1회 실시하였으며 그 방법은 다음과 같다. 5.0mL의 시료를 cell에 첨가한 후 Vario Potassium Persulfate F10 ml 파우더를 첨가하고 뚜껑을 닫고 30초간 격렬히 섞어주었다. cell을 배양기(Thermoreactor CR2200, YSI, USA)에 넣고 120°C에서 30분간 배양한 후 꺼내어 30~40간 식혔다. Cell이 충분히 식은 후 Vario Sodium Hydroxide 1.54N 용액을 2.0ml 첨가한 후 섞어주고 다시 Vario Phosphate RGT F10 ml 파우더를 첨가한 후 10~15초간 섞어주었다. 이 때 소량의 침전물이 발생할 수 있다. 2분간의 반응시간을 준 후 파우더 첨가후 8분이 지나기 전에 colorimeter에서 증류수를 반응시킨 대조군으로 검교정 후 유입수와 방류수의 총인량을 측정하였다 (Fig. 6-10). 한편 검교정을 위한 대조군은 증류수를 시료로 하여 전술한 방법으로 준비하였다.

Note: Before using the test with your photometer for the first time, determine the reagent blank value.



Notes:

- We recommend to determine a new reagent blank value (deionized water instead of sample) for each test package started.
- Clean all laboratory glassware with hydrochloric acid (approx. 20 %), then thoroughly rinse with deionized water. Do not used any detergents that contain phosphate!

Fig. 6-10. Sample processing for total phosphorus determination.

라. 대장균군수의 측정

방류수의 대장균군수 측정은 Colifast field kit(Colifast, Norway)를 이용하여 측정하였다. 측정은 매월 1회 실시하였으며 그 방법은 다음과 같다. 유입수와 방류수를 1/100로 희석하여 분석시료 10ml을 준비하였다(증류수 9.9ml + 유입수 또는 방류수 0.1ml). 10ml의 반응시약이 담겨있는 바이알에 준비된 분석시료 10 ml을 첨가한 후 배양기(CULTURA® M, Almedica AG)에 넣고 44°C에서 배양하였다. 배양 후 15분, 75분 그리고 135분에 바이알에서 큐벳으로 3ml을 분주하고 0.5M NaOH 3방울(0.1ml)을 첨가한 후 큐벳 뚜껑을 닫고 8회에 걸쳐 섞어주었다. 이후 Colifast Micro Detector에서 배양시간별 fluorescence value(MU)를 측정하였다. 한편 검교정을 위한 시료는 분석시료의 MU를 측정하기 전 큐벳에 Blank 시료 3ml 과 Cal 48 시료 3ml을 혼합한 후 0.5M NaOH 3방울(0.1ml)을 첨가하여 준비하였다. 큐벳 뚜껑을 닫고 8회에 걸쳐 섞어준 후 검교정을 시행하였다. 산출된 MU를 바탕으로 대장균군수를 환산하는 방법은 MU값의 시간당 증가에 대한 기울기((마지막 MU - 첫 번째 MU) / 시간)을 구한 후 200을 곱하여 시료 100ml 당 대장균군수를 산출하였다. 분석시료는 1/100로 희석하였기 때문에 시료 100ml 당 대장균군수는 1ml 당 대장균군수로 재계산할 수 있으며, MU값의 시간당 증가에 대한 기울기가 시료 100ml 당 200개의 대장균군으로 환산되는 것은 Colfast사에서 시험한 통계학적 계산에 근거한 것이다(Table 6-2).

Table 6-2. Correlation of CMD slope and coliform count

CMD slope (MU Production/hour)	cfu/100ml
<2.5	~0
3	500
5	1,000
25	5,000
50	10,000
100	20,000
500	100,000

1 Slope unit = 200 cfu/100ml

3. 결 과

가. BOD의 월별 변화

유입수 내 BOD의 연평균은 79.2mg/L였고 최대값은 10월 2차의 96.8 mg/L이었으며 최저값은 2월 2차의 60.3 mg/L 이었다. 방류수 내 BOD의 연평균은 77.3 mg/L였고 최대값은 7월 2차의 93.1 mg/L이었으며 최저값은 4월 2차의 52.6mg/L 이었다(Fig. 6-11).

전반적으로 유입수에 비해서 방류수의 수질이 다소 낮게 나타나는 결과 값을 보였으나 16년 12월과 17년 1월에는 유입수보다 방류수의 수질이 다소 높게 나타나는 결과를 보였고 2월 2차, 4월 2차, 7월 1차, 9월 2차 오수처리분석에서 기존에 보였던 농도변화의 경향성 보다 낮은 농도를 보였다. 한편, 10월 1차 오수처리분석 결과 값이 다른 달에 비해서 다소 높게 측정되었는데 이는 9월 말에서 10월 초에 시행된 오수집수정 슬러지 제거작업에 의해서 오수집수정에서 오수처리장으로 유입되지 못한 슬러지가 유입되어 발생한 결과라고 판단된다.

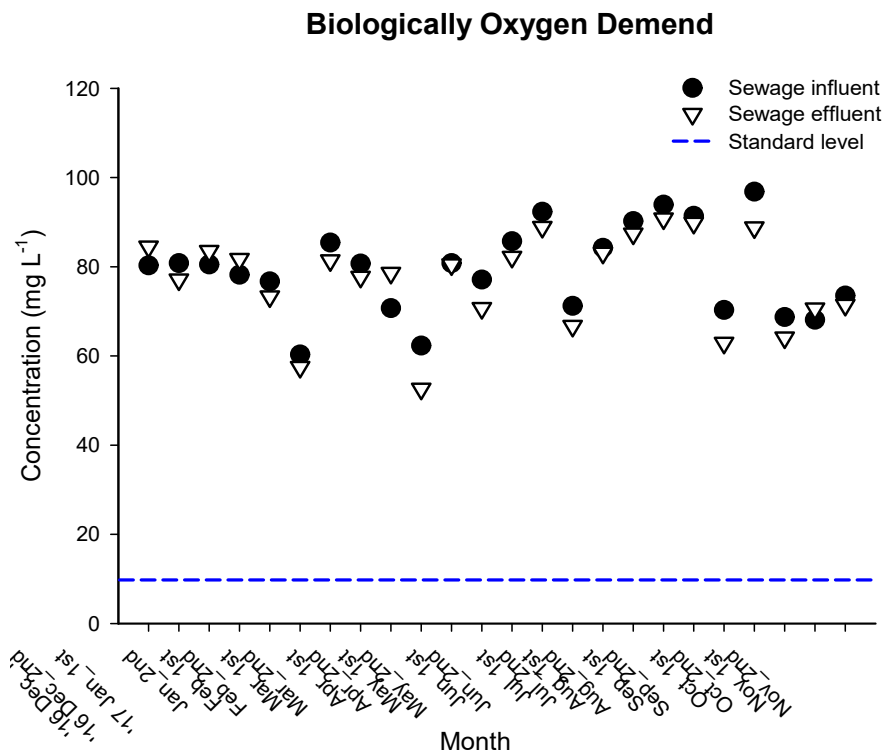


Fig. 6-11. Monthly variation of BOD concentration of sewage influent and effluent

나. COD의 월별 변화

유입수 내 COD의 연평균은 265.7mg/L였고 최대값은 10월 1차의 362.6mg/L이었으며 최저값은 2월 2차의 178.3mg/L 이었다. 방류수 내 COD의 연평균은 241.5mg/L였고 최대값은 10월 1차의 339.9mg/L이었으며 최저값은 2월 2차의 163.9mg/L 이었다 (Fig. 6-12). 전반적으로 유입수에 비해 방류수의 COD값이 다소 낮게 나타나는 결과를 보였고 2월 2차, 4월 2차, 7월 2차, 9월 2차 오수처리장 수질분석에서 기존에 보였던 경향성보다 다소 낮은 농도 결과 값을 보였으나 국내 하수처리시설 수질기준인 40mg/L

에 비해서 높은 값을 나타내고 있다(Fig. 6-12). 특히 10월에 들어서 유입수가 평소 보다 높은 농도를 보이고 있는데 이는 9월 말에서 10월초에 시행되었던 기지 오수집수정의 슬러지 제거작업을 하면서 기존에 오수집수정에서 오수처리장으로 들어오지 못했던 슬러지들이 유입되면서 COD의 농도가 높아졌을 것으로 판단된다.

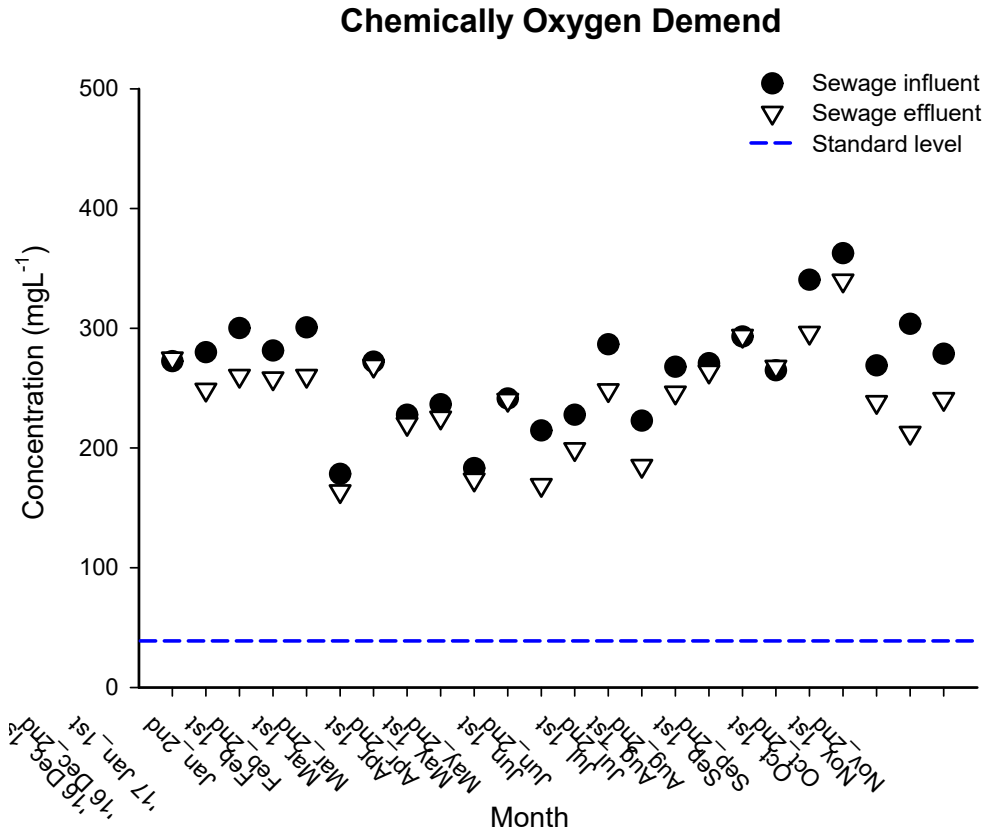


Fig. 6-12. Monthly variation of COD concentration of sewage influent and effluent

다. 부유물질량의 월별 변화

유입수 내 부유물질의 연평균은 141.6mg/L였고 최대값은 9월 2차의 239.7mg/L이였으며 최저값은 4월 2차의 90.9mg/L 이였다. 방류수 내 부유물질의 연평균은 116.9mg/L였고 최대값은 9월 2차의 200.7mg/L이였으며 최저값은 5월 2차의 58.2mg/L 이였다(Fig. 6-13).

부유물질의 농도변화는 하계시즌에 해당되는 16년 12월부터 1월까지 비교적 높은 농도를 보이다가 본격적으로 월동이 시작되는 2월부터 낮아지는 경향을 보이고 있다. 특히 이번에 진행되었던 하계대수선공사와 신축연구동 증축사업으로 인해 4월까지 기지에 잔류하고 있는 인원이 평년에 비해 많았으며 아라온호를 통해 증축공사팀인원이 전부 출납극했던 4월 이후 조금 더 농도가 낮아지는 경향을 보이고 있다. 한편 10월에

들어서 다시 부유물질의 농도가 급격하게 증가한 것을 볼 수 있는데 이는 9월 말에서 10월 초에 시행되었던 기지 오수집수정의 슬러지 제거작업을 통해 오수처리장으로 유입되지 못했던 슬러지 및 입자가 큰 물질들이 오수처리장으로 유입되면서 발생한 결과라고 판단된다.

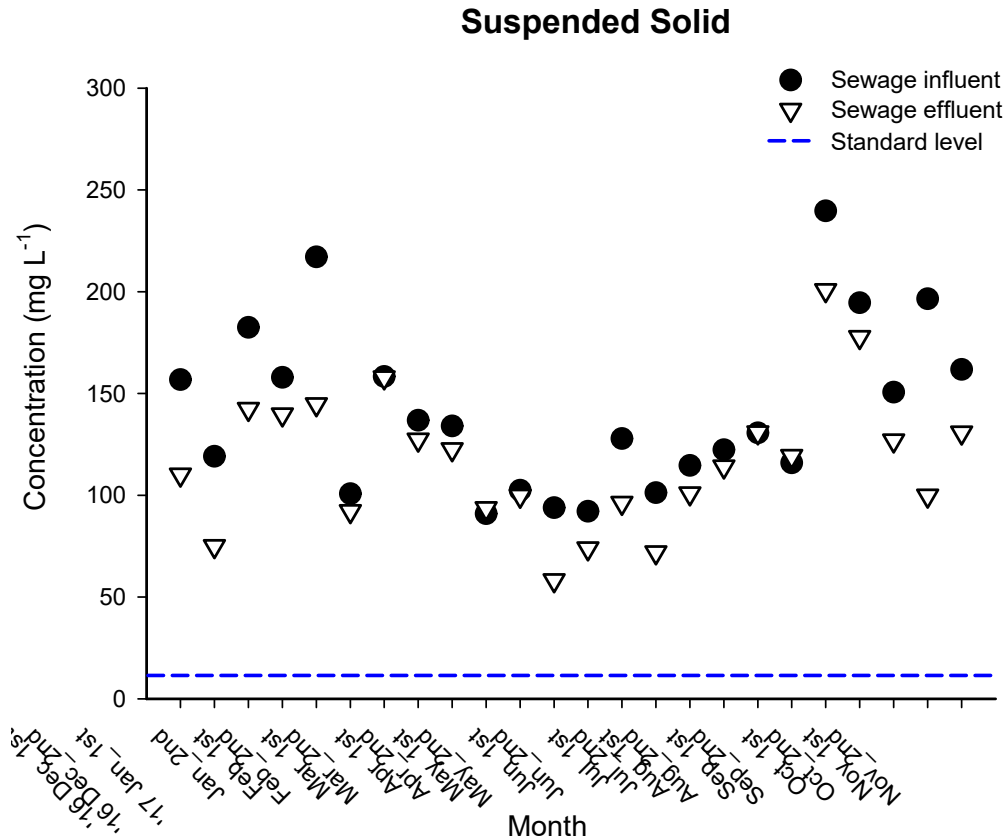


Fig. 6-13. Monthly variation of SS concentration of sewage influent and effluent

라. pH의 월별 변화

유입수 내 pH의 연평균은 7.1 이였고 최대값은 3월 2차의 7.6 이였으며 최저값은 11월 1차의 6.5였다. 방류수 내 pH의 연평균은 7.0 이였고 최대값은 3월 2차의 7.6 이였으며 최저값은 10월 1차와 11월 2차의 6.4였다(Fig. 6-14). 전반적으로 pH의 변화는 7.5~6.5사이의 범위 값에서 이뤄져 있으며 6월 이후 다소 낮은 결과 값을 보이고 있으나 크게 문제가 되는 부분은 아니라고 판단된다.

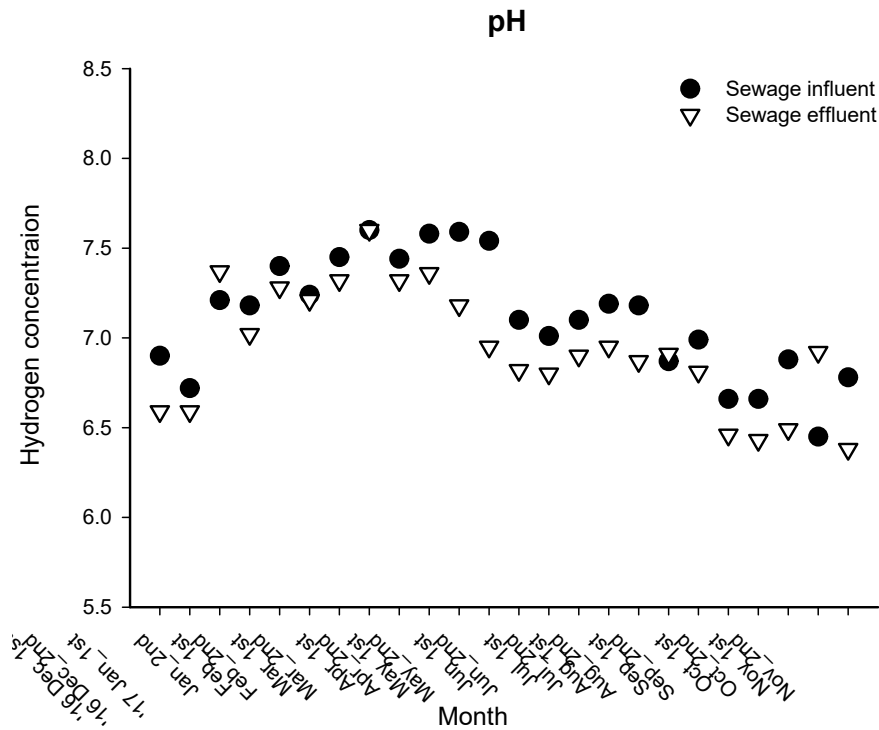


Fig. 6-14. Monthly variation of pH value of sewage influent and effluent

마. 총질소량의 월별 변화

유입수 내 총질소량의 연평균은 96.2mg/L였고 최대값은 4월 1차의 123.4mg/L이었으며 최저값은 4월 2차의 74.0mg/L 이었다. 방류수 내 총질소의 연평균은 94.2mg/L였고 최대값은 3월 2차의 123.7mg/L이었으며 최저값은 2월 2차의 73.2mg/L 이었다(Fig. 6-15).

특히 16년 12월부터 17년 1월까지의 하계시즌과 이번에 시행된 하계대수선공사 및 신축하계연구동 건설을 위해 잔류한 증축공사탑의 영향으로 증축공사탑이 아라운호를 통해 출납극한 4월까지 총질소의 농도값이 높게 나타났으며 이후 월동기간 동안에는 큰 변화폭을 관찰 할 수 없었다.

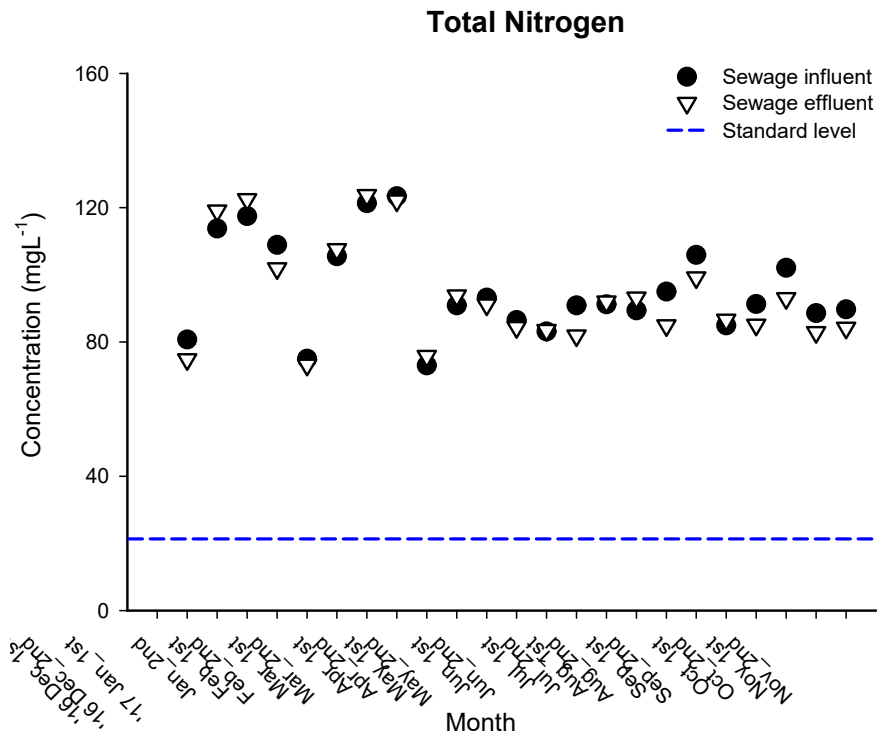


Fig. 6-15. Monthly variation of Total Nitrogen concentration of sewage influent and effluent

바. 총인량의 월별 변화

유입수 내 총인량의 연평균은 13.9mg/L 였고 최대값은 7월 2차의 37.8mg/L이였으며 최저값은 2월 2차의 10.5mg/L 이였다. 방류수 내 총인의 연평균은 12.4mg/L 였고 최대값은 7월 2차의 32.8mg/L이였으며 최저값은 12월 2차의 6.8mg/L 이였다(Fig. 6-16).

BOD, COD, SS, 총질소의 농도는 하계시즌 및 증축공사팀의 잔류로 인한 유동인구의 변화에 영향을 받은 반면 총인의 농도는 큰 변화폭 없이 비교적 일정한 농도 값을 보였다.

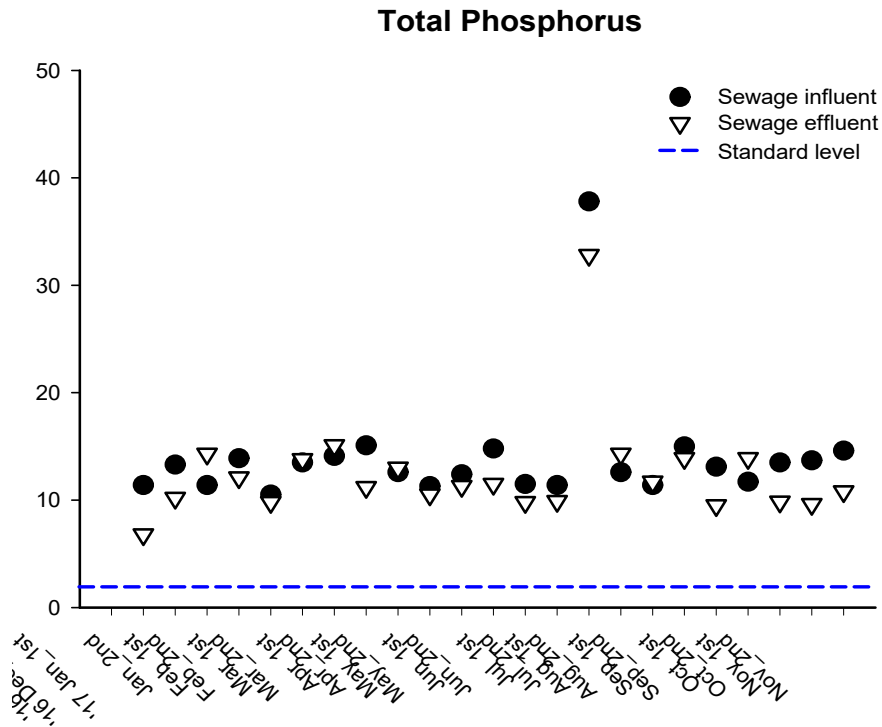


Fig. 6-16. Monthly variation of Total Phosphorus concentration of sewage influent and effluent.

사. 총대장균군수의 월별 변화

유입수 내 총인량의 연평균은 45,517CFU/mL 였고 최대값은 1월 2차의 122,048CFU/mL이였으며 최저값은 11월 1차의 17,123CFU/mL 이였다. 방류수 내 총대장균군수의 연평균은 39,785CFU/mL 였고 최대값은 1월 2차의 113,020CFU/mL이였으며 최저값은 6월 1차의 12,512CFU/mL 이였다(Fig. 6-17).

대장균군수의 변화는 16년 12월부터 17년 1월까지 하계시즌과 증축공사팀의 잔류 등에 의한 기지내 체류인원의 변화에 영향을 받는 것으로 보인다. 특히 기지 체류인원이 가장 많았던 17년 1월에는 연중 가장 많은 양의 대장균군수가 측정되었으며 증축공사팀까지 출납극했던 4월 이후부터는 총대장균군수값이 낮아지는 경향을 관찰 할 수 있다. BOD, COD, SS등은 9월 말에서 10월초에 이뤄졌던 오수집수정 슬러지 제거작업의 영향으로 그 농도가 증가한 반면에 대장균군수는 슬러지 제거작업의 영향을 받지 않은 것으로 관찰된다.

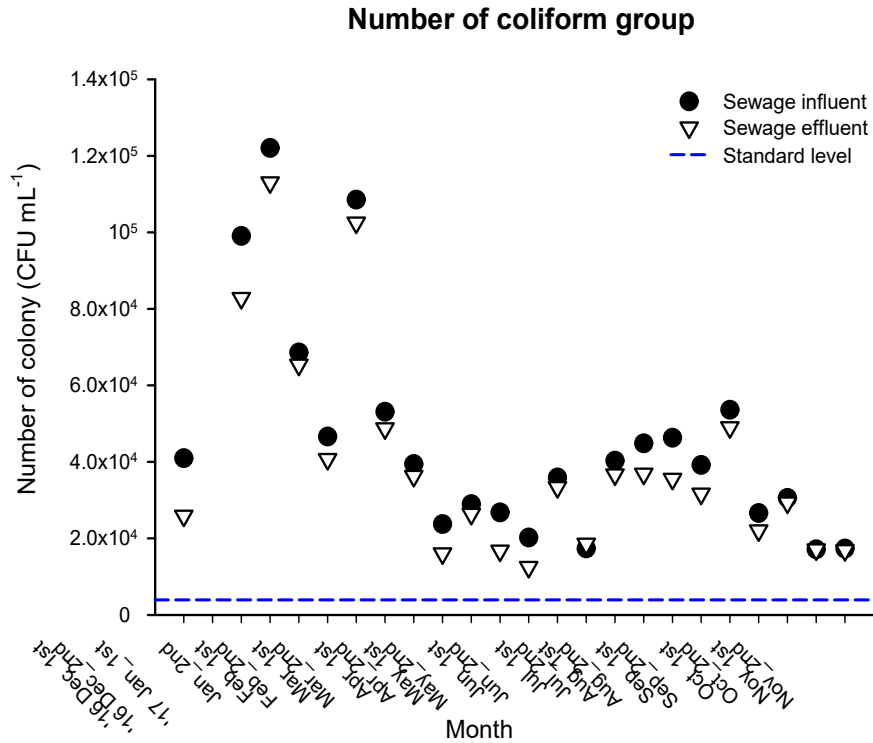


Fig. 6-17. Monthly variation of Number of Coliform group of sewage influent and effluent.

4. 고찰 및 결론

세종기지의 오수처리장 수질은 국내 공공하수처리장의 방류수를 기준으로 했을 때, 모든 항목에 있어서 기준을 초과하는 결과를 나타내고 있다. 2016-17년 하계시즌 방문한 오수처리기 전문가가 언급한 오수처리기의 운영상 문제점은 다음과 같다.

- 1) 반응조 산기기관 소손으로 인해 정상적인 폭기가 이뤄지고 있지 않아 호기성 미생물이 생착할 수 있는 환경이 못 됨
- 2) 유입농도 및 유입유량이 설계된 반응조의 기초농도(Table 6-3) 조건보다 낮게 유입되고 있지 않음
- 3) 반응조 내부의 슬러지가 퇴적되어 있어 적절하게 희석되지 않고 지속적으로 퇴적되고 있음

Table 6-3. Influent concentration condition of IC/SBR reaction tank

기준	BOD (mg/L)	SS (mg/L)
유입수 농도	250	250

이러한 문제를 해결하기 위하여 오수처리 전문가가 제시한 개선방안은 다음과 같으며 2017/18 하계 시즌에 진행될 계획이다.

- 1) 악취 및 수질악화를 개선하기 위한 반응조 퇴적 슬러지 제거
- 2) 유입수의 BOD농도가 낮아 외부 탄소원 (메탄올)을 주입하여 유입 농도를 높게 유지하여 미생물이 정상적으로 증식 할 수 있도록 함
- 3) 충분한 산소량을 공급하기 위해 브로어의 교체와 산기관 보수 및 추가 설치
- 4) 방류수 배출시 수질개선에 도움이 되는 2차 처리시설(예, 분리막)
- 5) 오수처리시설의 제어반실 격리 필요

세종기지의 유입수의 농도는 IC/SBR반응조가 가동될 수 있는 유입수의 기초농도 조건을 만족하지 못하고 있다(부록 5).

BOD는 미생물이 유기물 분해에 필요로 하는 산소요구량을 의미한다. 수중의 유기물량을 표시하기 위해 가장 많이 사용되는 지표로서 수중에 있는 미생물이 섭취할 수 있는 유기물량을 의미하기도 한다(Rahim et al., 2014). 즉 BOD의 농도는 미생물의 증식에 중요한 요인이 된다는 것이다. 일반적으로 BOD농도를 결정하는 요소는 1) organic matter, 2) temperature, 3) detention time 이다. organic matter는 많을수록, temperature는 약 20~40℃범위 내에, detention time이 증가할수록 BOD농도는 증가한다(Samudro et al., 2010). 현재 기지에 설치된 오수처리장에 유입되는 BOD농도는 위에서 언급한 인자 중, 온도조건을 만족하고 있으며 detention time은 기계적인 부분으로 매일 일정하게 유입되는 유입수의 유량을 고려했을 때, 인위적으로 조절하는 것이 불가능하다. 따라서 organic matter의 농도를 증가시켜 유입수의 BOD농도를 높일 수 있을 것이다.

기지의 특성상 유입될 수 있는 organic matter는 인간의 분뇨 밖에 없고 오수처리장으로 유입되는 유입수는 모두 오수집수정에 모여 오수처리장으로 이동한다. 하지만 오수집수정은 단순히 기지에서 나오는 모든 유입수가 모이는 역할을 할뿐 다른 역할을 하지 않는다. 따라서 장시간 집수정에 머물러 있는 오수들에 포함되어 있는 고형물질 및 유기물들이 집수정 바닥에 퇴적물로 쌓여있고 이는 오수처리장으로 유입되는 유입

수의 유기물의 양이 낮아지는 결과를 초래할 수 있다. 실제로 매년 월동 연구대에서 오수집수정에 쌓여있는 슬러지를 제거하는 작업을 하고 있으며 올해는 9월 말에서 10월 초에 오수집수정 슬러지 제거 작업이 이뤄졌다. 이후에 분석한 유입수 및 배출수의 수질을 보면 BOD, COD, SS 항목에서 연중 가장 높은 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 오수집수정에 퇴적물이 쌓이지 않도록 설비를 갖추는 것이 오수처리장으로 유입되는 유입수의 BOD농도를 증가시킬 수 있는 방안이라고 판단된다.

오수처리장의 반응조에서 미생물의 증식 및 생분해의 가능성을 나타낼 수 있는 지표가 있으며 이는 BOD/COD이다. 위에서 언급한 바와 같이 BOD는 미생물이 유기물 분해에 이용하는 산소의 양을 나타내며 COD는 수중의 유기물이 산화제에 의해 분해되면서 소비되는 산소량을 의미한다. 그런 측면에서 BOD/COD는 미생물에 의한 유기물질의 분해에 사용되는 좋은 지표로 널리 이용되고 있다.(Lee & Nikraz 2014 and A. M. Pisarevsky et al., 2005). BOD/COD의 값에 따른 생분해조건은 다음과 같이 나눌 수 있다. BOD/COD의 값이 0.45이상이면 미생물에 의한 생분해가 활발하게 일어나는 조건이며 0.3에서 0.45사이의 값을 보이면 생분해가 일어날 수 있는 조건, BOD/COD의 값이 0.2에서 0.3이면 거의 일어나기 힘든 조건이며 0.2이하의 값을 나타내는 경우에는 생분해가 일어나지 않는다. 추가적으로 BOD/P와 N/P의 값은 반응조 내에 존재하는 미생물의 성장을 나타낼 수 있는 지표로 사용되고 있는데 미생물이 성장하기에 최적의 비율은 BOD/P값은 100이며 N/P값은 5이다(L.-W. Deng et al., 2006 and Abdalla & Hammam 2014). 현재 세종과학기지 오수처리장의 BOD/COD, BOD/P, N/P의 값은 다음과 같다(Table 6-4).

질소와 인의 비율은 미생물이 성장하기에 적합한 값을 보이고 있으며 BOD/COD 값은 수치상으로 미생물에 의한 생분해가 활발하진 않으나 일어날 수 있는 조건은 만족하고 있다. 하지만 기지의 특성상 유입수의 농도가 일정하지 않으며 편차가 심하다. 이는 미생물의 생장과 미생물에 의한 생분해에 악영향을 끼치는 요인으로 작용한다. 따라서 유입수의 농도를 일정하게 맞춰줄 수 있는 개선방안이 필요할 것으로 판단된다.

그밖에도 COD농도 값과 SS값이 서로 상관관계를 보이고 있어 SS값을 줄이기 위한 추가적인 방안 혹은 스크린조 주기적인 청소 등의 방법으로 COD농도를 같이 줄일 수 있는 효과를 볼 수 있을 것으로 기대된다(Fig. 6-18).

Table 6-4. BOD/COD, BOD/P, BOD/N ratio of Sewage treatment facility at King Sejong Station

일시	구분	BOD/COD (>0.45) ^a	BOD/P (>100) ^b	N/P (>5) ^c
2016년 12월 1차	유입수	0.30	-	-
	방류수	0.31	-	-
2016년 12월 2차	유입수	0.29	7.09	7.08
	방류수	0.27	11.33	11
2017년 1월 1차	유입수	0.27	6.04	8.54
	방류수	0.32	8.15	11.63
2017년 1월 2차	유입수	0.28	6.86	10.31
	방류수	0.32	5.72	8.58
2017년 2월 1차	유입수	0.26	5.52	7.84
	방류수	0.28	6.08	8.46
2017년 2월 2차	유입수	0.34	5.73	7.14
	방류수	0.35	5.84	7.44
2017년 3월 1차	유입수	0.31	6.34	7.84
	방류수	0.30	5.93	7.84
2017년 3월 2차	유입수	0.35	5.72	8.60
	방류수	0.35	5.15	8.19
2017년 4월 1차	유입수	0.30	4.71	8.2
	방류수	0.35	7.03	10.93
2017년 4월 2차	유입수	0.34	4.96	5.82
	방류수	0.30	4.04	5.83
2017년 5월 1차	유입수	0.34	7.13	8.02
	방류수	0.34	7.66	8.93
2017년 5월 2차	유입수	0.36	6.20	7.50
	방류수	0.42	6.24	8.04
2017년 6월 1차	유입수	0.38	5.79	5.85
	방류수	0.41	7.17	7.36
2017년 6월 2차	유입수	0.32	8.03	7.23
	방류수	0.36	9.10	8.55
2017년 7월 1차	유입수	0.32	6.26	7.99
	방류수	0.36	6.75	8.30
2017년 7월 2차	유입수	0.31	2.23	2.41
	방류수	0.34	2.53	2.81
2017년 8월 1차	유입수	0.33	7.17	7.11
	방류수	0.33	8.26	8.36
2017년 8월 2차	유입수	0.32	6.11	6.52
	방류수	0.31	7.34	7.23
2017년 9월 1차	유입수	0.35	6.07	7.04
	방류수	0.34	6.45	7.12
2017년 9월 2차	유입수	0.21	5.38	6.50
	방류수	0.21	6.64	9.14
2017년 10월 1차	유입수	0.27	8.28	7.81
	방류수	0.26	6.37	6.11
2017년 10월 2차	유입수	0.26	5.10	7.59
	방류수	0.27	6.50	9.44
2017년 11월 1차	유입수	0.22	4.95	6.45
	방류수	0.33	7.33	8.62
2017년 11월 2차	유입수	0.26	5.02	6.13
	방류수	0.30	6.58	7.77

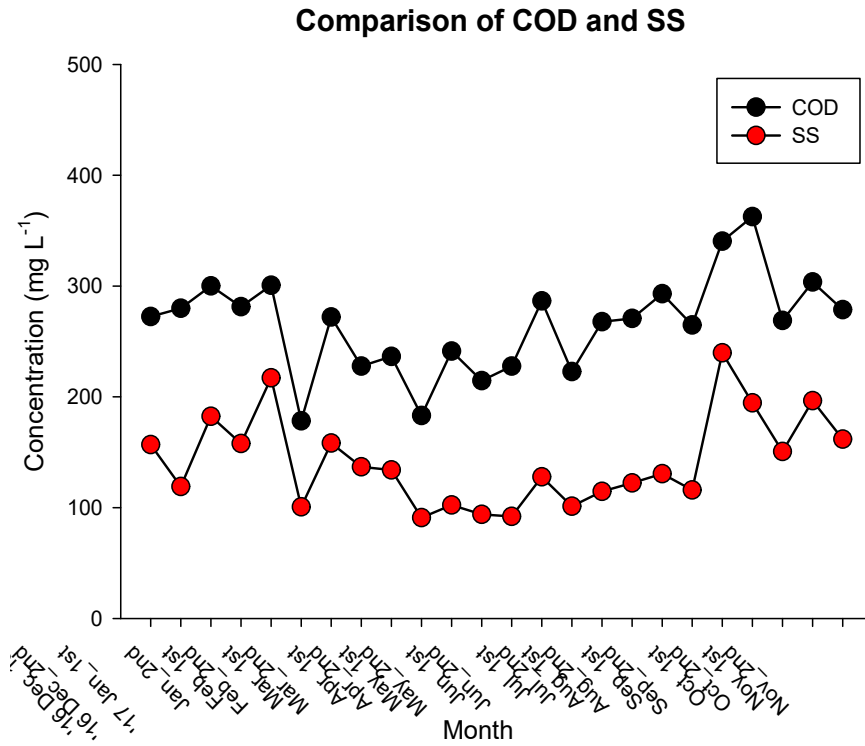


Fig. 6-18. Comparison of SS and COD concentrations of influent water.

세종기지의 수질은 기지 체류인원의 영향을 받는 것으로 판단된다. 특히 미생물의 생분해와 관련된 인자인 BOD, COD, 총질소의 변화는 반응조 미생물의 생착 및 배출수의 수질과 밀접한 관련이 있어 월동기간동안 농도변화를 면밀하게 관찰해야 한다.

Discharged water quality monitoring

30th over-wintering team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : The generated wastewater at the station has been treated with sewage treatment facility, the effluent water discharged into the ocean analyzed once a month. The water quality analysis was monitored with measuring eight items such as BOD, COD, suspended solid, pH, total nitrogen and phosphorus, coliform, activated sludge. Our analysis shows the efficiency of facility is not good by inadequate for domestic effluent water quality standards. Therefore, research is needed to increase the efficiency of the facilities through promoting of microbial species diversity.

A large, light blue watermark of the KIOST logo is centered on the page. It features a stylized globe with latitude and longitude lines, and the Korean text '극지연구소' (KIOST) written in a bold, sans-serif font below the globe.

극지연구소

참 고 문 헌

- 모리시타 이사무 (2012) 하수처리와 원생생물. 아카데미 서적
- Abdalla and Hammam. 2014. Correlation between Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Various Wastewater Treatment Plants in Egypt to Obtain the Biodegradability Indices. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research 13:42-48.
- Cowan, D. A. & Tow, L. A. 2004. Endangered antarctic environments. Annu Rev Microbiol 58, 649-690.
- Lee AH. and Nikraz H. 2014. BOD:COD Ratio as an Indicator for Pollutants Leaching from Land fill. Journal of Clean Energy Technologies 2:3.
- L.-W. Deng, P. Zheng, Z.-A. Chen. 2006. Anaerobic digestion and post-treatment of swine wastewater using IC-SBR process with bypass of raw wastewater. Process Biochemistry 40:965-969.
- Mantzavion D. Psillakis E. 2004. Review Enhancement of biodegradability of industrial wastewaters by chemical oxidation pre-treatment. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 79:431-454.
- Pisarevsky A. M. Polozova I. P. Hockridge P. M. 2005. Chemical Oxygen Demand. Russian Journal of Applied Chemistry. 78:101-107.
- Samudro G. Mangkoedihardjo S. 2010. Review on BOD, COD and BOD/COD ratio: A triangle zone for toxic, biodegradable and stable levels. 2:4.

제 7 장

세종과학기지 운영에 따른 생태계 변화 모니터링

제 1 절

외래종 유입 모니터링

김찬양, 김상희, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 본 활동은 남극 고유 생물다양성을 보존하고 남극생태계에 발생할 잠재적인 위험을 최소화하기 위해 주변 대륙에서 남극으로 유입되는 외래종들을 금지하고 추적하는데 목적이 있다. 남극조약협약당사국회의(ATCM)에서는 이 의제를 주요 사안으로 다루고 있으며 환경보호위원회(Committee for Environmental Protection)에서는 2017년 개정된 외래종 매뉴얼을 마련하였다. 남극세종과학기지에서도 2013년부터 외래유입종 각다귀(*Trichocera maculipennis*)가 출현하여 개체수 변화, 잠정 서식지 등을 계속 관찰 중이며 이를 바탕으로 방역 작업을 진행 중이다. 특히 2017/18 시즌부터는 효과적인 박멸을 위해 이미 출현이 확인된 Arctowski station(폴란드), Artigus station(우루과이), Escudero station(칠레), 세종기지(한국)가 공동 모니터링을 시작하였고, Great wall station (중국), Bellingshausen station (러시아)에도 참여를 제안하여 이들 기지에서도 조사를 시작하였다.

1. 서 론

외래종이 야기할 수 있는 문제점들에 경각심과 남극 환경 보호 노력을 고취시키기 위해 2012년 35차 ATCM 및 15차 환경보호위원회 (CEP)에서 'Non-native Species Manual (NNS Manual)' 이 결의안으로 채택된 이래 2017년 남극 외래종에 대한 두 번째 매뉴얼이 발간되어 배포 되었다(CEP 2017). 1959년 맺어진 남극 조약과 이를 보완하기 위해 발효된 남극환경보호의정서로 인해 남극생태계에 영향을 미칠 수 있는 외래종의 유입은 금지되고 있으나, 최근 10년간 남극 연구기지의 운영, 연구자 및 관광객을 포함한 다양한 방문자 수가 4만명을 넘어서고 각국이 남극 대륙 내 깊숙이 새 기지들이 건설되고 있어 그 수는 앞으로도 증가할 것이다. 따라서 최근 남극환경보호위원회 (CEP)를 중심으로 남극과학위원회(SCAR), 국가남극운영자위원회(COMNAP) 등과 함께 남극활동으로 인해 인근 대륙, 고산지대로부터 유입되고 있는 생물에 대한 모니터링 필요성이 주요 사안으로 다루어지고 있으며 외래종의 유입 규모 및 이동 경로 등에 대한 자료를 공개하는 website를 구축하고 각 당사국들이 여기에 기여하도록 권장하고 있다. 한편 남극조약협약당사국회의(ATCM)에서는 남극기지 운영을 비롯한 남극 활동에 따른 외래종 유입방지와 남극 내 지역 간 이동 방지를 위해 노력할 것을 결의하였다.

남극 연구기지 주변에서 보고된 외래종들은 톱토기류 7종, 깔다구류 1종, 파리류 1종, 빈모류 1종, 식물은 포아풀속의 일종인 *Poa annua*, *P. pratensis*의 유입이 보고되었으며, *P. trivialis*는 쇼와기지에 유입되었다가 제거된 바 있다 (McGeoch et al., 2015; Hughes et al., 2015). 남아메리카에 서식하는 국화과의 *Nassauvia magellanica*도 Deception Island에 유입 후 제거된 것으로 보고되었다 (Hughes et al., 2015). 세종과학기지에도 2016년부터 유입 곤충(각다귀)이 발견되어 제 28차 월동 연구대부터 개체 수 변화를 관찰하고 있다. 유입 각다귀는 북반구에서 아남극으로 유입된 종으로 킹조지 섬에는 2006년 우루과이 Artigas 기지에서 처음 발견되었다 (Volonterio et al., 2013). 세종과학기지에서는 야채보관창고, 숙소동, 생활관 식당복도, 기계동 1층, 오수집수정, 발전실 등에서 목격된바 있으며 최근 들어 킹조지 섬 Admiralty Bay에 위치한 폴란드 Arctowski 기지에서도 유입 곤충(각다귀)이 상당수 발견된 바 있다. 제 30차 월동연구대의 월동기간 동안에는 오수집수정에서 주로 목격되었으며 기지 내 다른 지역으로 확산될 것을 우려하여 제 29차 월동연구대가 관찰해오던 발전동을 포함하여 유입 곤충(각다귀)의 개체 수 변화를 관찰하고 있다.

2018년 현재 Arctowski station(폴란드), Artigas station(우루과이), Escudero station(칠레), 우리나라 세종기지에서 생육이 확인되었으며 Artigas station의 경우 야

외에서도 상당수의 개체들이 관찰되고 있다. 이에 2018년 2월 각 기지 연구자들을 주축으로 서남극 기지들이 공동 외래종 조사를 진행 중이며 각다귀 방역을 위해 표준화된 관측 방법과 향후 방역을 위한 매뉴얼 작업을 시작하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실내 포집 조사

2016~2017년 월동기간 중 기지 내 유입 곤충(각다귀)을 포획하기 위해 기지에서 자주 목격되는 위치인 오수집수정과 발전동 2곳에 Insect trap을 설치하고 관찰하였다 (Fig. 7-1, 7-2). 매주 1회 (목요일) Insect trap에 잡힌 각다귀를 50ml Conical tube에 넣고 개체수를 체크하였다. 또한 채집한 각다귀 샘플을 연구소로 보낸 후 DNA분석을 통해 어디서 유입되었는지, 진화는 어떻게 이뤄졌는지, 주변 기지와 관계성을 분석하기 위해 에탄올로 고정 후 영하 75도 초저온 냉장고에 보관하였다(Fig. 7-3).

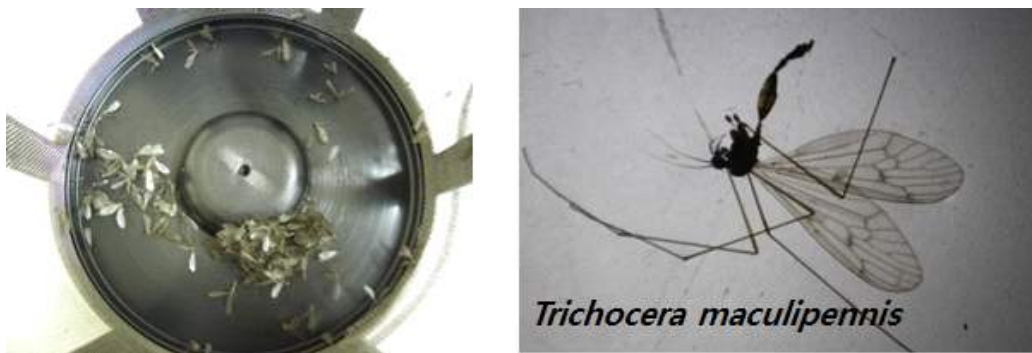


Fig. 7-1. The insect trap installed in sewage disposal plant (left) and the trapped live individual (right) (in the 29th wintering report).



Fig. 7-2. Place where insect trap is installed in King Sejong Station.



Fig. 7-3. Counting the number of individuals captures in the trap (left) and keeping individuals in frozen (right).

또한 월동 기간중 유입 곤충(각다귀)가 자주 발견되는 오수집수정에 박멸을 위하여 살충제를 살포하였다. 살충제는 17년 2월 3일부터 매일 1회 살포하였으며 10월 26일부터 유입 곤충(각다귀)의 살충제 내성을 고려하여 매주 목요일 오후 8시부터 9시까지 약 1시간 자동살포가 되도록 변경하였다(Fig. 7-4).



Fig. 7-4. Automatic spraying insecticide installed in sewage disposal plant (left) and natural spraying insecticide (right).

오수집수정에 살포된 살충제는 바이오미스트사의 네츄럴인섹트킬라로서 곤충에게는 치명적이나 인간 및 포유동물에게는 거의 무해한 피레트린(pyrethrin)을 주성분으로 하고 있으며 2시간정도면 자연 분해되어 잔류독성이 없다. 이번에 설치한 살충제는 자동분사기가 설치되어 있으며 자동분사기는 약 7분에 1회 자동 분사되도록 setting되어 있으며 살충제의 농도를 조절 할 수 있는 low와 high 버튼이 포함되어 있다.

나. 야외 포집 조사

또한 올해 우루과이 기지와 공동으로 세종기지주변 현대호, 세종호 근처를 포함해 총 10군데에 야외포획장치인 pitfall trap을 설치하였다 (Fig. 7-5). 2018.01.31.~02.05 5일간 설치된 pitfall trap 10번 (생활동 식당방향 후문)에서 각다귀 1개체가 포집되어 날씨 여부에 따라 2월 중에 오수집수정을 포함해 8, 9, 10번 위치에 각다귀 트랩을 재설치하여 다시 한 번 야외에 각다귀가 나타나는지 확인할 예정이다.



Fig. 7-5 Installation of ten outdoor pitfall traps around the station in collaboration with Uruguay researchers.

3. 결과 및 고찰

2017년 제 30차 월동연구대의 월동기간동안 오수집수정 및 발전동에서 발견된 유입 곤충(각다귀) 모니터링에서는 다음과 같은 특이사항이 있었다. 1) 작년과 다른 살충제 종류(Fig. 7-4)와 2) LPG가스 보관동에서 발견된 유입 곤충(각다귀), 3) 오수집수정의 악취 및 결로현상을 해결하기 위한 환풍구 설치 그리고 4) 동계시즌에 발생한 오수집수정에서 오수처리장으로 연결된 배관 동결과 이를 해결하기 위한 오수집수정에 라디에이터(온열기) 설치가 있다.

살충제를 살포하기 전에는 오수집수정에서 발견되는 유입 곤충(각다귀)의 개체 수가 다소 높게 관찰되었다. 하지만 살충제가 살포된 시점부터 점점 관찰되는 개체 수가 감소되었으며 17년 2월 중반부터 6월 말까지 최소 0에서 최대 7마리의 개체 수가 관찰되었다. 비록 작년에 사용했던 살충제와는 다른 종류의 살충제를 사용했으나 이번에 사용한 살충제 또한 기지에 존재하는 유입 곤충(각다귀)에 효과가 있는 것으로 관찰된다. 그리고 7월 이후 다시 급격하게 유입 곤충(각다귀)의 개체 수가 증가했으나 이는 오수집수정의 배관 동결 방지를 위해 설치된 라디에이터 때문이라고 판단되며 이후 살충제의 살포주기를 1일 1회에서 자동살포로 변경하면서 다시 개체 수가 감소한 것을 보아 살충제는 효과적이라고 할 수 있다.

이번 월동기간동안에는 지금까지와는 다르게 LPG가스 보관실에서 유입 곤충(각다

귀)이 발견되었다. LPG가스 보관실은 오수집수정 바로 옆에 설치되어 있으며 오수집수정과는 구획을 나누기 위해 설치된 판넬을 제외하고는 사실상 같은 건물에 위치되어 있다고 할 수 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해 판넬 사이에 틈이 있는지 확인한 후 틈을 메우기 위한 보수작업을 실시하였다. 보수작업 이후 약 5주간 유입 곤충(각다귀)이 관찰되었으나 개체 수가 점점 줄어들었고 5주가 지난 후 더 이상 관찰이 되지 않은 것으로 보아 오수집수정에서 넘어온 유입 곤충(각다귀)으로 판단된다. 이를 통해 유입 곤충(각다귀)이 기지에 어느 한 곳에만 서식을 하는 것이 아니라 다른 건물로 이동할 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다. 이번에는 주로 발견되는 오수집수정 인근 장소인 LPG가스 보관실에서 발견되었으나 다른 곳에서도 발견될 가능성이 있음을 보여주는 결과라고 할 수 있다. 따라서 월동기간동안 기지에 추가적인 유입 곤충(각다귀) 발견에 유의해야 할 것이다.

기지에서 곤충이 서식하기에 적합한 조건을 가진 곳은 오수집수정이다. 그 이유는 곤충이 서식하기에 적합한 온도와 습도조건을 가지고 있기 때문이다. 하지만 월동연구대는 기지에서 오수집수정은 악취에서 나오는 불쾌감과 심한 결로현상 때문에 이를 해결해야만 했고 그 결과 오수집수정에 환풍구를 설치하여 악취와 결로현상을 해결했다. 하지만 동계시즌에 낮은 기온으로 오수처리장으로 오수를 보내는 배관이 동결되는 현상이 발생하였다. 따라서 환풍구를 철거하고 배관 동결을 방지하기 위해 라디에이터를 설치하면서 오수집수정은 유입 곤충(각다귀)가 번식하기에 더 적합한 환경이 되었다고 할 수 있다.

또한, 오수집수정의 악취와 결로현상을 해결하기 위해 환풍구가 설치된 후 오수집수정의 기온이 현저하게 떨어졌고 결로현상도 해결되어 유입 곤충(각다귀)의 서식환경이 갑자기 바뀌는 환경적 요인에 의해서 유입 곤충(각다귀)이 박멸되었을 것이라 예상했으나 배관 동결로 인해 라디에이터를 설치한 이후 다시 유입 곤충(각다귀)가 관찰되는 것을 볼 수 있었다. 노르웨이의 연구진의 연구결과에 따르면 Trichocera종은 겨울철에도 짝짓기를 하고 알을 낳을 수 있으며 애벌레가 성체가 되기까지 눈 속에서 지낼 수 있다는 연구결과가 보고된 바 있다(Hagvar and Krzeminsak 2008). 따라서 기지의 오수집수정의 경우에도 낮은 온도 조건 속에서도 기존에 성충이 낳은 알들이 남아 있다가 부화 및 서식하기 좋은 환경이 되면서 부화 및 성장을 한 것으로 판단된다.

위에서도 언급했듯이 현재 사용하고 있는 살충제의 주성분인 피레트린(pyrethrin)은 곤충에서 효과적인 살충제로서 지금까지 많이 사용되었던 유기염소계살충제(chlorinated hydrocarbon)는 인체에 매우 유해한 것으로 알려져 있으나 피레트린은 인체에 비교적 무해한 것으로 알려져 있다. 피레트린은 해충의 신경을 마비시켜 생체능력을 잃게 만드는 원리로 해충을 박멸한다. 하지만 지속적으로 살충제를 살포할 경우 살

충제에 대한 곤충의 내성이 발생할 가능성이 있다. 이미 살충제에 대한 곤충의 내성은 여러 차례 보고된바 있으며 피레트린을 원료로 하는 살충제에 대한 곤충의 내성도 알려져 있다(Fine B. C. 1961, Wilkinson J. D. et al 1975 and Hewlett P. S. 1974, Darriet F et al., 2000). 기지에서 발견된 유입 곤충(각다귀)의 경우에도 처음에 살충제를 살포하면서 자동 살포했을 때(17년 2월), 살충제를 살포하기 전 약 23마리 정도 발견되던 유입 곤충(각다귀)의 개체 수가 살충제를 살포한 이후부터 2마리 내외로 발견되는 결과를 보였다(약 91.3% 감소). 하지만 17년 10월에 다시 자동살포를 실시한 이후 약 29~32마리 정도 발견되던 개체 수가 10마리 내외로 발견되는 결과(약 67.2% 감소)를 보여주었다(Table 7-1). 이 결과가 기상조건 및 오수집수정의 환경조건이 일정하게 유지할 수 없다는 측면에서 꼭 유입 곤충(각다귀)의 살충제에 대한 내성을 보여주는 지표라고 할 수는 없으나 살충제 살포 이후 관찰되는 개체 수의 감소폭으로 보면 기지내에 서식하고 있는 유입 곤충(각다귀)이 살충제에 대한 내성이 생길 수 있는 잠재적인 가능성이 있다고 할 수 있다. 따라서 살충제에 대한 내성이 생기지 않는 범위 내에서 적절한 살충제 살포 주기를 찾고 살충제 이외의 다른 방법으로 유입 곤충(각다귀)를 박멸할 수 있는 방안을 찾아 적용시키는 것이 가장 바람직한 방법이라고 판단된다.

한편, 올해부터 서남극 기지들과 공동으로 조사와 방역을 위해 network을 구축 중이며 첫 공동조사로 우루과이 기지에서 제작한 야외포집 장치 pitfall을 세종기지 1km 반경내 10군데를 선정하여 설치, 조사하였다(Table 7-2).

우루과이 조사팀과 함께 실시한 야외포집장치 pitfall에서 1개체가 포획되었는데 이는 각다귀가 적어도 하계기간에는 야외에서 생존할 수 있다는 것을 보여주며 주변 물웅덩이나 담수호에 정착하기 전에 대대적인 방역작업과 지속적인 관찰이 필요함을 의미한다.

Table 7-1. Number of individuals captured in sewage collecting well and the power plant

일시	오수집수정	발전동	LGP 가스 보관실	비고
16.12.15	3	0	-	
16.12.22	6	0	-	
17.01.06	24	0	7	• LGP가스 보관실 각다귀 발견
17.01.16	9	0	3	• LGP가스 보관실 보수작업 완료
17.01.23	23	0	2	
17.02.02	23	0	1	• 살충제 살포 시작(17.02.03)
17.02.09	12	0	1	
17.02.16	2	0	0	
17.02.23	3	0	0	
17.03.02	2	0	0	
17.03.09	3	0	0	
17.03.16	0	0	0	• LPG 보관실 관찰 종료
17.03.22	2	0	-	
17.03.30	0	0	-	• 오수집수정 악취 및 결로현상으로 환풍구 설치
17.04.07	0	0	-	
17.04.13	-	0	-	• 아라온호 선적/하역 작업으로 관찰 미실시
17.04.20	0	0	-	
17.04.27	0	0	-	• 오수집수정 배관 동결로 환풍구 폐쇄 및 라디에이터 설치
17.05.03	1	0	-	
17.05.12	2	0	-	
17.05.18	7	0	-	
17.05.25	5	0	-	
17.05.31	7	0	-	
17.06.08	6	0	-	
17.06.15	6	0	-	
17.06.23	0	0	-	
17.06.30	2	0	-	
17.07.10	21	0	-	• 남극올림픽 참석으로 7월10일 실시
17.07.14	18	0	-	
17.07.20	24	0	-	
17.07.27	24	0	-	
17.08.03	44	0	-	
17.08.10	111	0	-	
17.08.17	21	0	-	
17.08.24	5	0	-	• 오수집수정 라디에이터 운전중지
17.08.31	6	0	-	
17.09.07	6	0	-	
17.09.14	10	0	-	
17.09.21	9	0	-	
17.09.28	27	0	-	• 오수집수정 청소 및 슬러지 제거
17.10.05	29	0	-	

일시	오수집수정	발전동	LGP 가스 보관실	비고
17.10.12	32	0	-	
17.10.19	29	0	-	
17.10.26	10	0	-	• 살충제의 살포주기를 1일 1회에서 자동살포(7분 1회)로 변경.
17.11.02	13	-	-	• 발전동에서 더 이상 발견되지 않아 오수집수정에 insect trap 집중배치 • 살충제 살포주기를 자동살포에서 주중 1회 1시간 동안 자동살포로 변경.
17.11.09	26	-	-	
17.11.16	6	-	-	• 11.11부터 오수집수정 환풍구 가동시작
17.11.23	5	-	-	
17.12.13	7			
17.12.27	3		1	
18.01.03	3			• LPG 보관실에 전원 플러그가 없어서 포충기 설치 불가. 일단은 지속적으로 모니터링만 할 것
18.01.10	5			
18.01.17	6			
18.01.24	3			• 7주차 각다귀 채집 이후 살충제 사용 중지
18.01.31	3			
18.02.07	10			
18.02.14	1			
18.02.21	7			
18.02.28	18			• 3월부터 각다귀 채집은 1달에 1회로 시행 예정

Table 7-2. Information of pitfall traps installed within 1km radius of the station

# of pitfall trap	Location description	GPS	1차 조사	2차 조사
site #1	세종호남쪽	S62.22383° W058.78798°	0	
site #2	세종호 남서쪽	S62.22409° W058.78988°	0	
site #3	항우연 건물하단	S62.22403° W058.79098°	0	
site #4	세종호 흰색박스 측면	S62.22351° W058.78937°	0	
site #5	식물공장 후면 하단	S62.22331° W058.78734°	0	
site #6	현대호 펌프실 하단	S62.22348° W058.78600°	0	
site #7	세종아쿠아리움 바다면	S62.22255° W058.78643°	0	
site #8	생활동 우측 후방	S62.22305° W058.78787°	0	
site #9	오수집수정 후면	S62.22307° W058.78810°	0	
site #10	생활동 식당방향 후문	S62.22301° W058.78842°	1	

4. 결 론 및 제언

2017년 기지 내에 서식하고 있는 유입 곤충(각다귀)의 개체 수 변화를 살펴보면 살충제가 살포되기 이전 개체 수가 증가하는 경향을 보이다가 살충제가 살포되었던 17년 2월 이후 다시 감소하는 것을 볼 수 있다. 뿐만 아니라, 오수집수정의 악취와 결로현상을 해결하기 위해 설치한 환풍구로 인해 오수집수정내부의 기온이 갑자기 급격하게 낮아지면서 한때 개체 수가 발견되지 않은 시점도 있다. 하지만 기존에 발견되었던 오수집수정과 발전동 이외에도 LPG가스 보관실에서 유입 곤충(각다귀)가 발견되는 사례가 있었다. 또한, 오수집수정에서 오수처리장으로 오수가 이동하도록 설치된 배관이 동결되는 상황이 발생하면서 이를 해결하기 위해 설치한 온열기로 인해 오수집수정의 내부온도가 상승하면서 유입 곤충(각다귀)의 개체 수 또한 증가하는 경향을 보였으며 17년 8월에는 살충제를 살포하고 있음에도 불구하고 개체 수가 111마리까지 발견되기도 했으나 라디에이터의 사용을 중단시킨 이후 다시 개체 수가 감소되는 결과를 보였다. 그리고 현재 오수집수정에서 발견되는 각다귀의 개체 수는 20~30마리정도가 관찰되고 있다.

위와 같은 결과를 통해 제 30차 월동연구대에서는 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다. 1) 기지 내에 서식하고 있는 유입 곤충(각다귀)는 현재 발견되고 있는 장소뿐만 아니라 다른 곳으로 이동하여 번식할 수 있는 가능성이 있으며 2) 현재 사용하고 있는 살충제의 주성분인 피레트린은 기지 내에 서식하고 있는 유입 곤충(각다귀)에 효과가 있다. 또한, 3) 유입 곤충(각다귀)의 박멸에는 살충제뿐만 아니라 서식지의 환경조건 또한 중요하고 4) 유입 곤충(각다귀)의 살충제에 대한 내성여부를 확인해야 한다. 마지막으로 5) 살충제뿐만 아니라 유입 곤충(각다귀)을 박멸 할 수 있는 다른 방안을 찾아 살충제에 대한 내성이 발생하였을 경우를 대비한 대체 방안을 마련해야 한다.

위에서 언급한 결과를 바탕으로 하여 기지 내에 서식하고 있는 유입 곤충(각다귀)에 대한 모니터링을 실시하였을 때, 보다 효과적이고 확실한 모니터링 및 박멸을 할 수 있을 것이라 예상되며 기지 내에 다른 지역으로 유입 곤충(각다귀)가 확산되는 것을 막을 수 있을 것이라 판단된다.

킹조지섬에 위치해 있는 각국 기지들은 Maxwell bay와 Admiralty bay를 유입종 잠정 출현 및 방역 대상 지역으로 정하여, 이미 출현이 확인된 Arctowski station(폴란드), Artigus station(우루과이), Escudero station(칠레), 세종기지(한국)에 이어 Great wall station (중국), Bellingshausen station (러시아)에도 공동 조사를 제안, 조사를 시작하였다. 다행히 Ferraz st.(브라질), Machu Pichu (페루)에서는 출현이 보고되지 않았으나 철저한 실태조사를 위해 향후 이들 기지에도 공동 조사를 제안할 계획이다. 기지

간 확산 방지를 위해 Marta Potocka 박사 (폴란드)는 special security protocol을 제안하였으며 우리 기지 모니터링팀과 우루과이 Alvaro Soutullo박사는 올 5월 13일부터 19까지 열리는 41차 ATCM과 21차 CEP에 보고할 문서(Information Paper)를 준비 중이다. 폴란드 측에서는 곤충 Trichoceridae과의 세계적 전문가인 Ewa Krzeminska와 협력 중이며 우리 팀은 뉴질랜드 유해 외래곤충 전문가인 박계청 박사(Plant and Food Research)와 그 간의 모니터링 자료 및 현황 조사 자료를 바탕으로 CEP의 외래종 매뉴얼에 따라 다음 단계 계획(박멸 방안 또는 컨트롤 방안)을 논의 중에 있다.



Monitoring of Non-native species

Changyang Kim, Sanghee Kim, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KOPRI

Abstract : This survey aims to protect Antarctic biodiversity and to minimize the risk of impacts from non-native species in the Antarctic by preventing the unintended introduction to the Antarctic region of non-native species from other continents. The Antarctic Treaty Consultative Meeting (ATCM) has addressed this issue as a major issue, and the Committee for Environmental Protection (CEP) updated and published an Non-Native Species Manual in 2017. At King Sejong Station, *Trichocera maculipennis* has been shown since 2013 and has been continuously monitored changes in population, temporary habitats, life cycles and the relative work such as eradication is under way. In particular, from 2017/18 season, we started a joint monitoring for the effective eradication with Arctowski station (Poland), Artigus station (Uruguay), and Escudero station which have already been confirmed the presence of *T. maculipennis*. We proposed Great wall station (China) and Bellingshausen station (Russia) to join the monitoring program and they started investigation at those stations.

참 고 문 헌

- Darriet F., N'guessan R., Koffi AA., Konan L., Doannio JM., Chandre F., Carnevale P. (2000) Impact of pyrethrin resistance on the efficacy of impregnated mosquito nets in the prevention of malaria: results of tests in experimental cases with deltamethrin SC. *Europe PMC*. 93(2):131-134
- Fine BC. (1961) Pattern of pyrethrin-resistance in houseflies. *Nature*. 191:884-885
- Hagvar S., Krzeminska E. (2008) Contribution to the winter phenology of Trichoderidae (Diptera) in snow-covered southern Norway. *Stud Dipt* 14:271-283.
- Hewlett PS. (1974) Time from dosage to death in beetles, *Tribolium castaneum*, treated with pyrethrins or DDT, and its bearing on dose-mortality relations. *J. stroed Prod. Res.* 10:27-41
- Hughes KA., Pertierra LR., Molina-Montenegro MA., Convey P. (2015) Biological invasions in terrestrial Antarctica: what is the current status and can we respond? *Biodivers Conserv.* 24:1031-1055
- McGeoch MA., Shaw JD., Terauds A., Lee JE., Chown SL. (2015) Monitoring biological invasion across the broader Antarctic: A baseline and indicator framework. *Global Environmental Change* 32:108 - 125
- Volonterio O., Ponce de Leon R., Convey P., Krzeminska E. (2013) First record of Trichoceridae(Dipteria) in the maritime Antarctic. *Polar Biol.* 36:1125-1131
- Wilkinson JD., Biever KD., Ignoffo CM. (1975) Contact toxicity of some chemical and biological pesticides to several insect parasitoids and preadtors. *Entomophaga* 20(1):113-120

제 2 절

2017년 남극 킹조지섬 마리안소만 해양환경 관측

30차 월동 연구대, 김지희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 남극 세종기지 주변 해양환경을 조사하기 위하여 2017년 한 해 동안 남극 킹조지섬 맥스웰만 내 마리안소만의 한 정점에서 엽록소-a의 계절적 변동 및 해수의 물리적 요인을 모니터링 하였다. 본 연구의 목적은 장기적으로 한 연구 정점에서 미세한 규모의 변화양상을 감지하고, 환경변화를 감시하기 위한 표준 데이터를 제시하는 것이다. 그 결과 채수된 연구 정점 표층수의 최고수온은 2.32℃로 2월 6일에 조사되었으며, 최저 수온은 8월 2일(-2.15℃)에 관측되었다. 해수 염분은 29.25~ 34.26 psu의 분포를 나타냈으며, 최저 염분은 2월(29.25 psu)에 관측되었다. 전체 미세조류 생물량(전체 Chl a 농도)은 0.19~5.19 $\mu\text{g/L}$ 의 분포를 나타내었으며, 1월 11일 ($5.19 \mu\text{g L}^{-1}$)에 미세조류의 생물량이 최대였다.

1. 서론

최근 급격한 지구환경 변화는 남극의 해양환경 및 생태계에까지 그 영향이 전달되었다. 특히, 대기 중 이산화탄소 증가에 따른 지구 온난화, 오존층 파괴에 따른 자외선 증가 그리고 기후체제전환과 같은 급격한 대기-해양의 변화는 대류 및 해류의 순환을 통하여 남극해역까지 그 영향이 전달되고 있다. 더욱이 South Shetland 제도의 여러 섬 중 가장 큰 섬인 킹조지 섬은 남극 지역에서 가장 사람들의 왕래가 빈번한 지역으로 현재 10여 개 국가의 연구기지가 운영되고 있다. 연구기지에서 활동하는 연구원뿐만 아니라 관광객도 연간 수백명이 방문하고 있어 남극 지역 중에서도 특히 인간에 의한 환경 오염이 심각한 지역이다(Ahn et al. 2003; Caio et al. 2012). 이 결과 남극해역의 물리적·화학적·생물학적 변화가 동시에 발생하고 있으며, 이러한 급격한 해양환경 및 해양생태계의 변화는 동·식물플랑크톤의 변화와 같은 저차 생태계뿐만 아니라 해양 동물들의 번식 및 생존과 같은 고차 생태계에까지 그 영향이 전달된다.

아남극권에 위치한 남극세종과학기지 주변 해역에서도 지구 온난화에 따른 현상들이 확인되어 왔다. 1988년 준공 이후 평균 기온이 10년 동안 0.6°C가 상승하였으며, 이로 인해 마리안 소만의 동쪽에 위치한 빙벽의 후퇴가 진행되고 있다. 1956년에 동-서 길이 2.7 km 었던 마리안 소만의 빙벽은 꾸준히 후퇴하여 2001년 동-서 길이 4 km, 남-북 길이 약 1 km 인 장방형 만이 형성되었고, 현재도 후퇴는 진행되고 있다. 후퇴 정도는 과거 1956-1994 (38년)에 비해 1994-2001 (7년) 동안의 후퇴가 더 많이 이뤄졌다. 급격한 빙벽의 후퇴는 마리안 소만 해양의 물리적 환경 인자를 변화시키고 결국 마리안 소만 해양 생태계에까지 그 영향이 전달된다. 마리안 소만은 남극해 전체와 비교해서는 작은 만이지만, 브랜스필드 해협에서 맥스웰만을 통하여 들어오는 대양 기원의 해수가 빙하 기원의 담수와 직접적으로 만나는 전형적인 피오르드 지역으로 복잡한 해양 환경과 생태계를 형성하고 있다. 즉 마리안 소만에서는 대양의 해수 및 해빙 특성 그리고 빙벽의 후퇴 정도에 따라서 물리적으로 전혀 다른 해양 환경이 만들어지며, 그에 따른 해양 생태계변화가 나타날 수 있다.

마리안 소만은 대양과 마리안 소만의 해양 환경, 빙벽의 후퇴 정도와 기후 변화의 상호 연관성을 파악할 수 있는 중요한 연구 해역이다. 따라서 시·공간적으로 변화하는 마리안 소만의 물리 해양학적 특성의 지속적 관측을 통해 해양 생태계의 장·단주기의 변동 특성과 그 원인을 파악할 수 있을 것이다. 또한 남극반도 주변의 대륙붕 해역과 내만에서 발생하는 해양 변화, 빙하가 후퇴하는 해양에서의 변화 그리고 크게는 남극해 전체가 겪고 있는 환경의 변화를 이해하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

세종기지 2016-2017년 월동기간 중 해양연구 분야는 마리안 소만의 지속적인 해양

환경의 물리·화학·생물학적 변화를 관측하고, 해수 중에 포함된 용존 이산화탄소 측정 시스템을 운용하여 대기-해양 간 탄소순환에 대한 기초 조사를 진행하였다. 지형적으로 구분되는 정점(마리안 소만 입구-빙벽부근, 위버반도-바툰반도)을 선정하고 수심별 수온·염분·엽록소 농도를 측정할 수 있는 CTD를 이용하여 매월 각 정점의 수층의 수직 구조를 측정하였다. 수심 관측은 추후 빙벽의 후퇴 정도를 파악하는데 도움이 될 수 있다. 연안 해양 환경 변화는 고정 정점에서 시간에 따른 물리, 생물학적 변동성을 모니터링하기 위하여 수심 1~2m 부근에 CTD를 고정하고 수온·염분·엽록소의 연속 관측을 실시하였다 (Fig. 7-6).



Fig. 7-6. CTD installation at dock.

2. 재료 및 방법

가. 해양 환경 관측

해수의 특성을 나타내는 기본 인자인 수온과 염분은 해양에서 발생하는 생물학적, 지질학적 변화를 이해하기 위해서는 반드시 선행되어 관측되어야 할 인자이다. 그리고 마리안 소만의 해양 환경은 용빙, 용설 양에 따라서 수층구조의 특성이 변화되기 때문에 용빙과 용설이 가장 많은 하계부터 상대적으로 가장 작은 동계기간 까지 수온과 염분의 수

직 구조가 어떻게 변화하는지 관측할 필요가 있다. 하지만 지금까지 마리안 소만에서 이뤄진 모든 해양 연구는 많지 않을 뿐만 아니라 관측의 어려움 때문에 시간적으로는 하계 기간에 국한되어 왔고 공간적으로도 1 또는 2 정점에서 제한적으로 실시되어 시공간적으로 변화하는 마리안 소만 해양 환경의 변동성을 이해하는데 어려움이 있었다.

본 연구는 기존 마리안 소만의 연안 모니터링 관측과 함께 용빙과 용설 양에 따라서 변화될 수 있는 마리안 소만 해양 환경 (수온 · 염분 · 엽록소)의 시공간적인 변동성을 파악하는데 목적이 있다. 시간에 따른 변화를 파악하기 위해서 2016년 12월부터 2017년 11월까지 월별 관측을 수행하였고 공간적인 변화를 파악하기 위해서 용빙과 용설의 영향이 적은 만의 입구부터 상대적으로 많이 영향을 받는 만의 안쪽 빙벽까지 10개의 정점을 선정하여 관측하였다.

추후 마리안 소만 해양 환경의 지속적인 관측과 기온, 풍향, 풍속, 광량 등과 같은 기상 요소와의 상관 분석을 실시함으로써 기후변화에 따라서 급격히 변하고 있는 남극 해양 환경의 변동성을 파악하고 해양 생태계에 영향을 끼치는 요인을 이해하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

마리안 소만은 킹조지섬 남서 방향에 위치한 작은 inlet으로 동-서 길이 4 km, 폭 1 km의 작은 피오르드형 만을 형성하고 있다(Fig. 7-7). 최대 수심은 150 m이고 만 안쪽에는 약 20-30 m 높이의 빙벽이 존재한다. 마리안 소만은 입구의 40 m 해저 언덕에 의해서 지형적으로 맥스웰만 (길이 14 km, 입구 폭 6 km, 최대 수심 약 520 m)과 구분된다 (Yoon et al., 1998; Schloss et al., 2002).

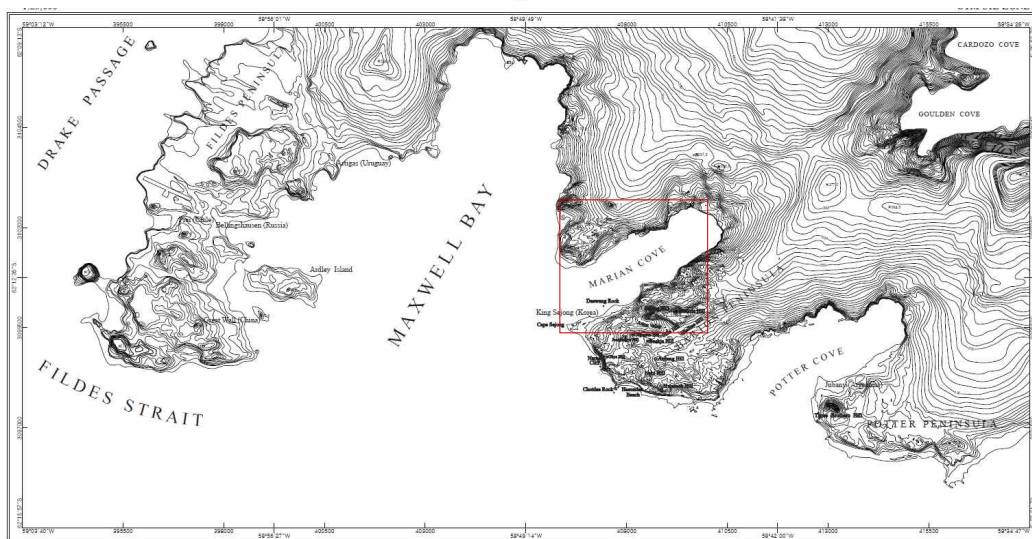


Fig. 7-7. Location of Marian Cove at Maxwell Bay.

마리안 소만의 해양환경 변화를 관측하기 위해 Richard Brancker Research Ltd.에서

제작한 CTD를 사용하였다. CTD는 FIC (fluorometry-chl), conductivity, temperature, pressure (depth)를 관측할 수 있다. sampling period는 5분으로 설정하였으며, 10초 interval casting자료가 5분 평균된다. CTD는 부두 앞 수심 1~2 m에 설치하였다(Fig. 7-8). 유빙과 강한 파에 의한 파손을 방지하기 위해 스테인레스 재질의 housing을 장착하였으며, 조수에 따른 수심변동을 고려하여 저조 시에도 CTD 센서가 해수에 모두 잠길 수 있도록 계류하였다.

RBR-XXR-620을 사용하여 지속적으로 수온과 염분을 관측하였다. 그리고 표층수를 약천 후 ,야외 공동작업 등으로 실험이 불가능 했던 날을 제외하고 주 3회 내외로 약 16리터 가량을 채취하였다. 채수하여 엽록소-a, 부유물질을 측정하고 영양염 분석 시료와 식물플랑크톤 종조성, 현존량 및 우점종 파악을 위한 HPMA 슬라이드 등 물리· 생물학적· 화학적 시료 샘플들을 제작하였다.

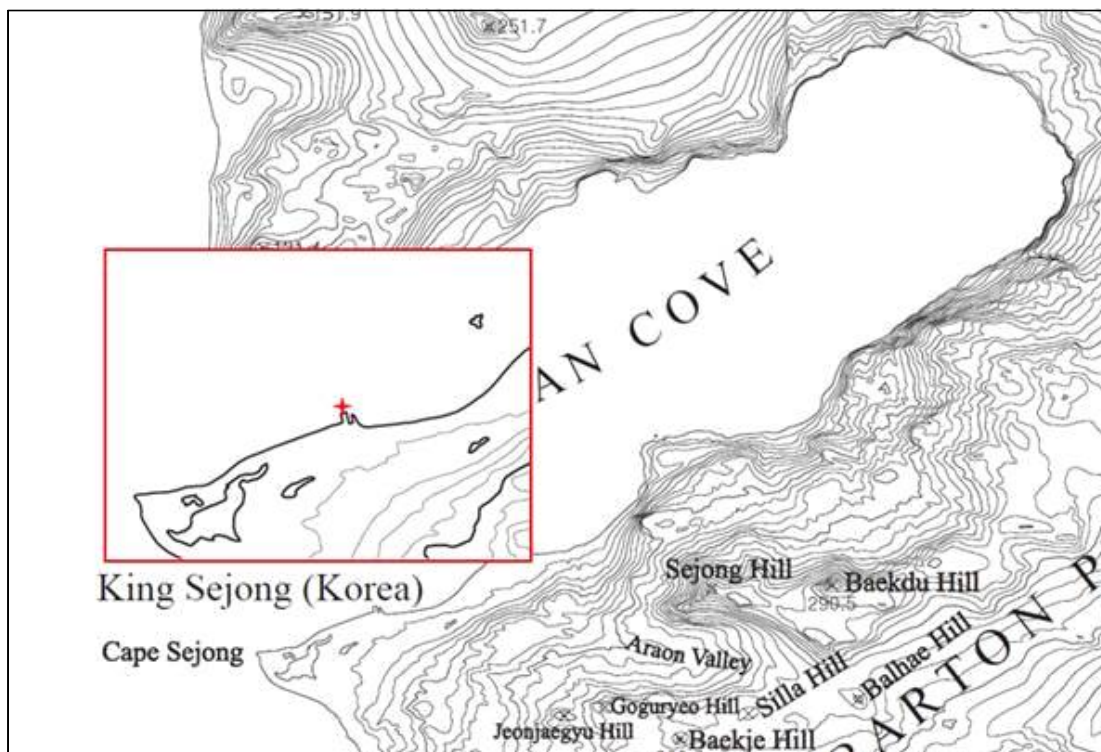


Fig. 7-8. Location of sampling site for marine enviromental parameter monitoring.

나. 마리안소만 해양환경 및 생태계 관측

마리안소만 해양환경 및 생태계의 수직 및 수평구조 변화를 관측하기 위해 맥스웰 만의 해수가 유입되는 마리안 소만의 입구(St. 19)에서 조수빙하가 있는 소만 안쪽(St. 16) 방향의 정선(WE2 line)을 선정하여 관측을 실시하였다 (Fig. 7-9). 해양의 물리적인 변동성을 관측하기 위해 Richard Brancker Research Ltd.에서 제작한 CTD를 사용하였다.

CTD는 6Hz 간격으로 자료가 casting되며, 측정되는 자료는 수온, 염분 그리고 엽록소 농도(FIC)이다. 획득한 자료는 수심 1m 간격으로 평균처리 하였다. 그리고 각 정점의 표준 수심 (0m, 15m)에서 Niskin water sampler를 이용하여 채수를 진행하여 아래와 같이 실험을 진행하였으며 (Table 7-3), 각 정점에서 식물플랑크톤 net(20um net, 망구:30cm, 높이:100cm)로 수심 15m에서 표층까지 수직으로 넷팅하였다.

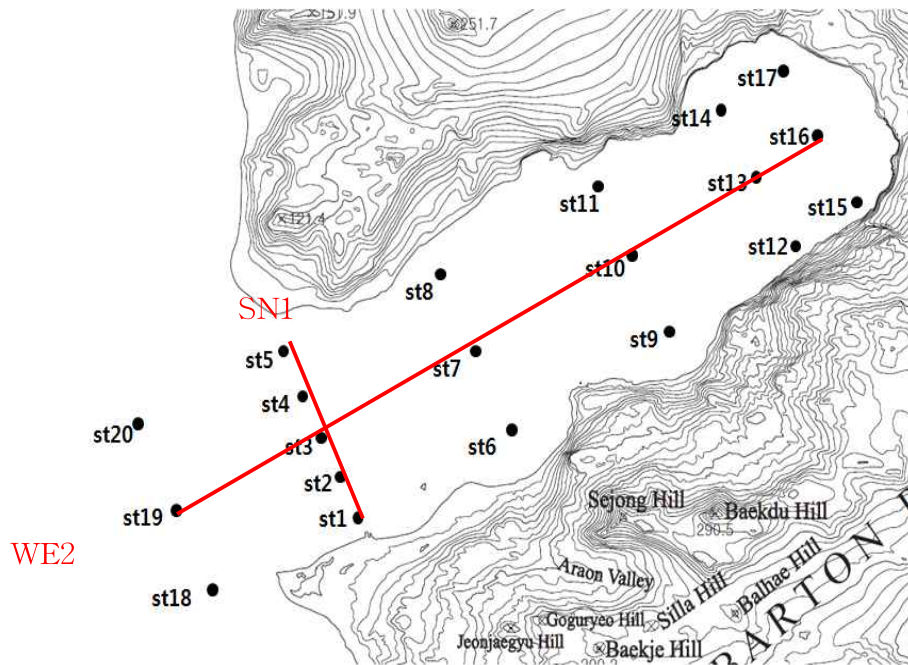


Fig. 7-9. Marine environmental parameter monitoring stations at Marian Cove

Table 7-3. Monitoring items by water depth

Monitoring Items	Depth
DIC측정	0m
Total Chlorophyll a 분석	0m, 15m
크기별 chlorophyll a 분석	0m, 15m
미세조류 정량분석용 시료 제작	0m, 15m
부유물질, 영양염 분석용 시료 제작	0m, 15m
소형 동물플랑크톤 정량 분석용 시료 제작	0m, 15m
초소형 식물플랑크톤과 박테리아 정량 분석용 시료 제작	0m, 15m
플랑크톤 Netting(식물플랑크톤 시료 채집)	0m, 15m
색소 분석(HPLC)	0m, 15m
탄소 및 질소동위원소 분석	0m, 15m

3. 결과 및 고찰

가. 해양 환경 관측

최근 3년(2015년, 2016년, 2017년) 간의 마리아나 소만 해양환경 변동 경향을 비교 분석한 결과, 수온은 3월부터 하강하기 시작하여 4월 이후에는 영하의 수온을 기록했고, 6월 이후에는 영하 1.5℃ 이하로 떨어져 8월에는 영하 2도까지 하강하는 유사한 패턴을 나타낸다(Fig. 7-10). 이로 인해 올해는 8월 중순부터 낮은 기온으로 인해 해수가 결빙되기 시작하여 9월까지 마리아나 소만 전체가 결빙되었다. 이후 9월말부터 수온이 서서히 상승하기 시작하여 10월부터 뚜렷하게 상승하는데, 그래프에는 표시하지 않았지만 12월부터는 다시 영상의 수온으로 회복될 것으로 예상된다.

해양의 기초 생산력 지표인 엽록소 농도는 최근 3년 동안 2월에 가장 높은 수치를 보이다가 점차 줄어들어 4월부터 8월까지 최하 농도를 나타낸다. 특히 올해는 8월 이후부터 상승하기 시작하여 9월에 피크를 보이고 11월까지 동계 때보다 높은 수치를 나타낸다. 2015년에는 2월에 약 1 $\mu\text{g}/\text{L}$, 2016년은 2 $\mu\text{g}/\text{L}$, 올해는 1.5 $\mu\text{g}/\text{L}$ 정도의 피크를 보였다(Fig. 7-10). 염분변화는 약 1년 동안 큰 변화를 보이진 않았지만, 2015·2016년과는 다르게 2017년에는 2월과 8월에 일시적으로 약간 감소한 패턴을 나타내었다.

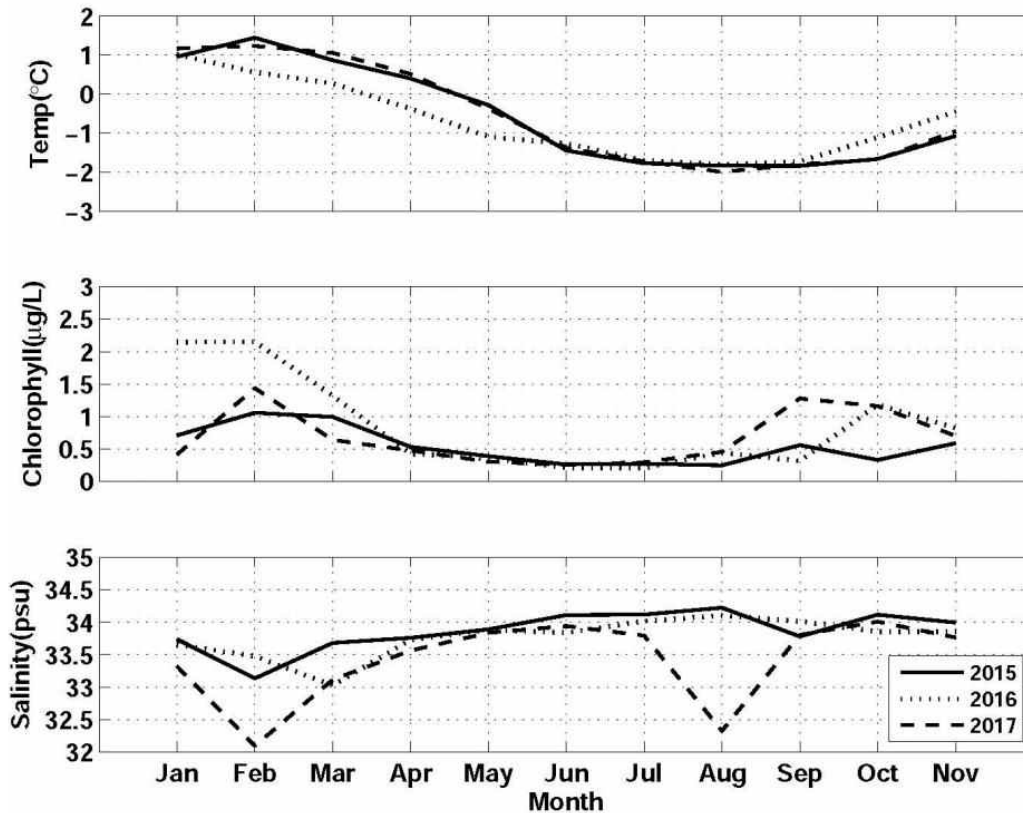


Fig. 7-10. Comparison of monthly variations of temperature, salinity and Chl-a concentration of year 2015, 2016 and 2017.

2017년에 관측된 자료 (수온, 염분, 엽록소)는 모두 일주기 변동성이 나타나며(Fig. 7-11) 이러한 원인으로서는 기온의 일교차, 조석, 풍속, 일조량이 주요 인자로 작용하는 것으로 생각된다. 관측된 자료의 월별 변동성을 살펴보면, 수온은 2월 초순에 최대값(2.32℃)을 기록하였으며, 이후 점차 감소하여 4월말부터 0℃ 이하로 떨어진 후 마리아나 소만 전체가 결빙된 8월부터는 -1.85℃ ~ -2.15℃범위를 나타내었다(Fig. 7-11).

전형적인 남극의 수온 변화는 12월부터 점차 상승하여 영상의 수온을 유지하며, 2월부터 점점 하강하여 5월부터는 영하의 수온이 유지된다.

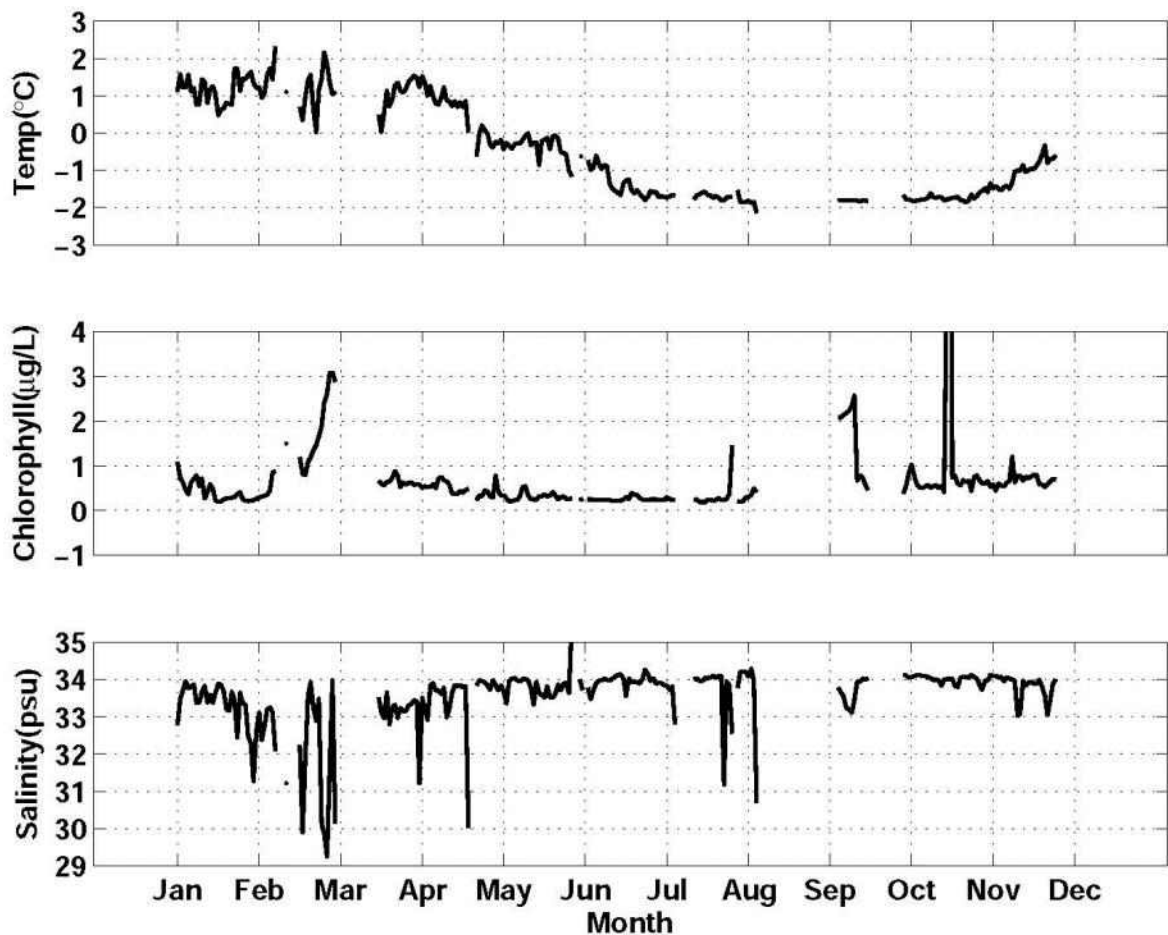


Fig. 7-11. Monthly variations of temperature, salinity and Chl-a from January to November, 2017

엽록소 농도는 0.19 ~ 5.19 $\mu\text{g/L}$ 의 분포를 나타내었지만, 10월에 일시적으로 13.51 $\mu\text{g/L}$ 의 높은 농도를 나타내기도 하였다(Fig. 7-11). 그 값을 제외하면 수온이 높고 염분이 낮았던 3월에 최대값을 나타내었으며, 이후 점차 엽록소 농도가 낮아졌다. 이후 9월에 급격히 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 7-11). 이는 9월에 기온상승에 따라 해빙의 융해와

육상기원의 용설수의 유입의 결과 염분은 급격히 낮아지고 이에 따른 일조량 증가, 풍부한 영양염 공급의 결과라 판단된다. 또한 부두 앞은 세종기지에서 운영되는 오페수기의 유출수가 방출되는 곳이라서 이 오페수의 영향도 있을 것이며, 제설작업을 비롯한 기지 유지보수 작업 시에 유입되는 육상기원의 눈과 흙 등은 해양환경을 변화시키는 주요 요인으로 작용할 수 있다, 그리고 파도가 심한 경우 바닥에 있는 유기물이 해수와 잘 섞이고, 이로 인해 부유물질이나 플랑크톤의 양이 높아 질 수 있다.

해수 중 염분은 29.25 ~ 34.26psu의 분포를 나타내며(Fig. 7-11, 월 평균 변화를 살펴 보면 수온이 가장 높았던 2월에 가장 낮은 값 (29.25psu)을 기록하였다. 이후 점차 수온이 낮아짐과 동시에 염분은 상승하였다. 이는 대기와 해양사이의 열 교환으로 인해 대기의 열에너지가 해양에 전달되어 수온은 상승하는 반면, 상승된 대기 온도에 의해 생성되는 육상기원의 용설수가 해양으로 유입됨으로서 염분이 하강하는 것으로 판단된다. 즉, 하절기가 가까워지면서 세종기지의 주변에 쌓였던 눈이 녹아 바다로 유입, 해수와 혼합되면서 염도를 낮추게 할 가능성을 생각해 볼 수 있다. 또한 4월, 5월, 7월, 8월에 나타난 일시적으로 낮은 염도 같은 경우엔 용설수 뿐 아니라 담수의 유입까지도 생각해볼 수 있다. 실제로 현대호의 동결로 담수화기를 가동 하였을 때에 배출되는 담수의 유입으로 염도를 일시적으로 낮출 수 있다고 판단할 수 있다. 하지만, 마리안 해수의 계절에 따른 특성과 여러 환경요인들을 배제 할 수 없어 정확한 원인 규명을 위해서는 해수의 특성뿐 아니라 부두 주변의 지형과 담수의 흐름을 종합적으로 연구하는 것이 필요할 것이다.

나. 마리안 소만 해양환경 및 생태계 관측

마리안소만 해양 환경의 변동성 파악을 위해 맥스웰 만의 해수가 유입되는 마리안 소만의 입구 (st 19)에서 조수빙하가 있는 소만 안쪽(st 16) 방향으로 6개 정점에 대한 수층 구조 변화를 측정하였다. 관측 정점별로 표층에서 저층까지 1m 간격으로 관측한 수온, 염분 및 엽록소 농도를 계절별로 나타내었다(Fig. 7-12~7-17).

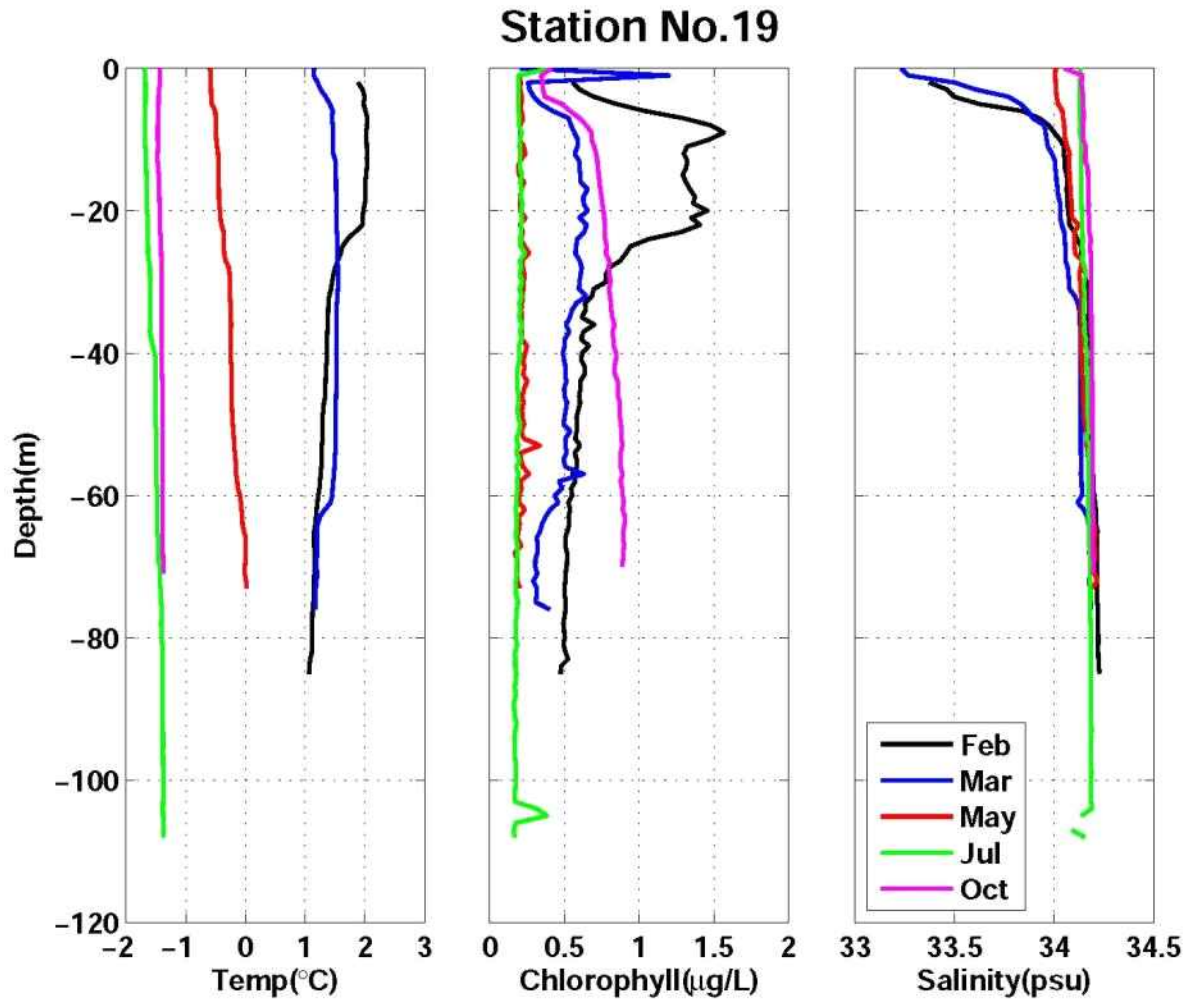


Fig. 7-12. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 19 by depth observed during February, March, July, and October in 2017.

정점 19의 수온은 2월과 3월에 표층부터 저층 약 80m까지 1.0°C~2.0°C 사이의 고수온이 관측되었으며, 5월에는 수심 70m 부근까지 약 0°C의 수온이 관측되었다(Fig. 7-12). 반면 7월, 10월에는 표층에서 저층까지 -1.0°C~-2.0°C범위의 저수온이 관측되었으며, 엽록소는 기온이 상승하는 2월 수심 20m까지 최고치를 나타내었다. 그리고 3월과 10월에 중간치를 나타내었고, 수온이 하강하는 5월과 7월에는 최하위 농도를 나타내었다. 염분은 계절별로 33~ 34.5psu범위로 큰 변화 없이 거의 유사한 범위를 나타내었다.

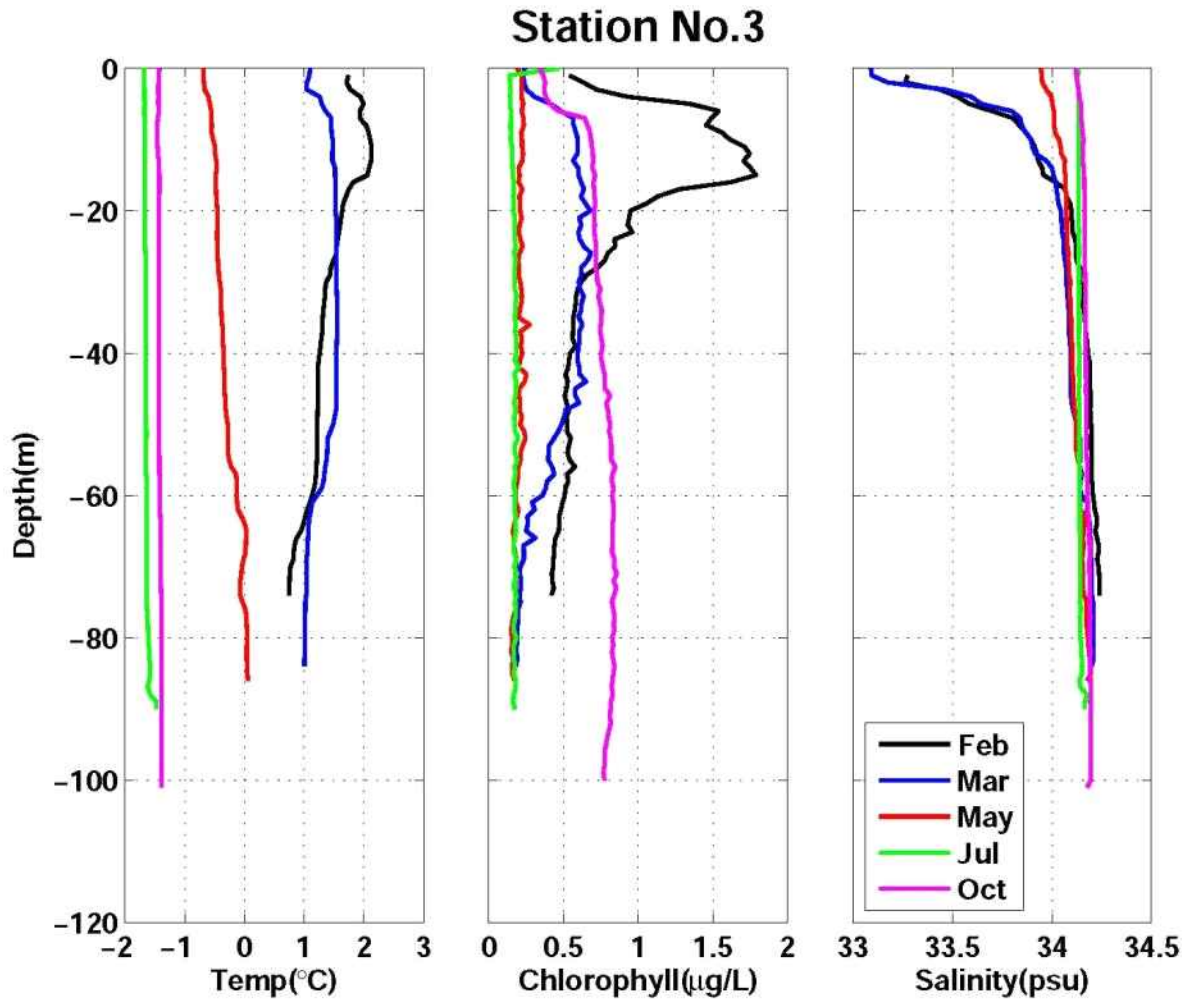


Fig. 7-13. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 3 by depth observed during February, March, July, and October in 2017.

정점 3의 수온은 st. 19와 비슷하게 2월과 3월에 표층부터 저층 약 80m까지 1.0°C ~ 2.0°C 사이의 고수온이 관측되었으며, 5월에는 수심 70m 부근까지 약 0°C의 수온이 관측되었다(Fig. 7-13). 반면 7월, 10월에는 표층에서 저층까지 -1.0°C ~ -2.0°C 범위의 저 수온이 관측되었으며, 엽록소는 기온이 상승하는 2월 수심 20m까지 최고치를 나타내었다. 그리고 3월과 10월에 중간치를 나타내었고, 수온이 하강하는 5월과 7월에는 최하위 농도를 나타내었다. 염분은 계절별로 33~34.5psu범위로 큰 변화 없이 거의 유사한 범위를 나타내었다.

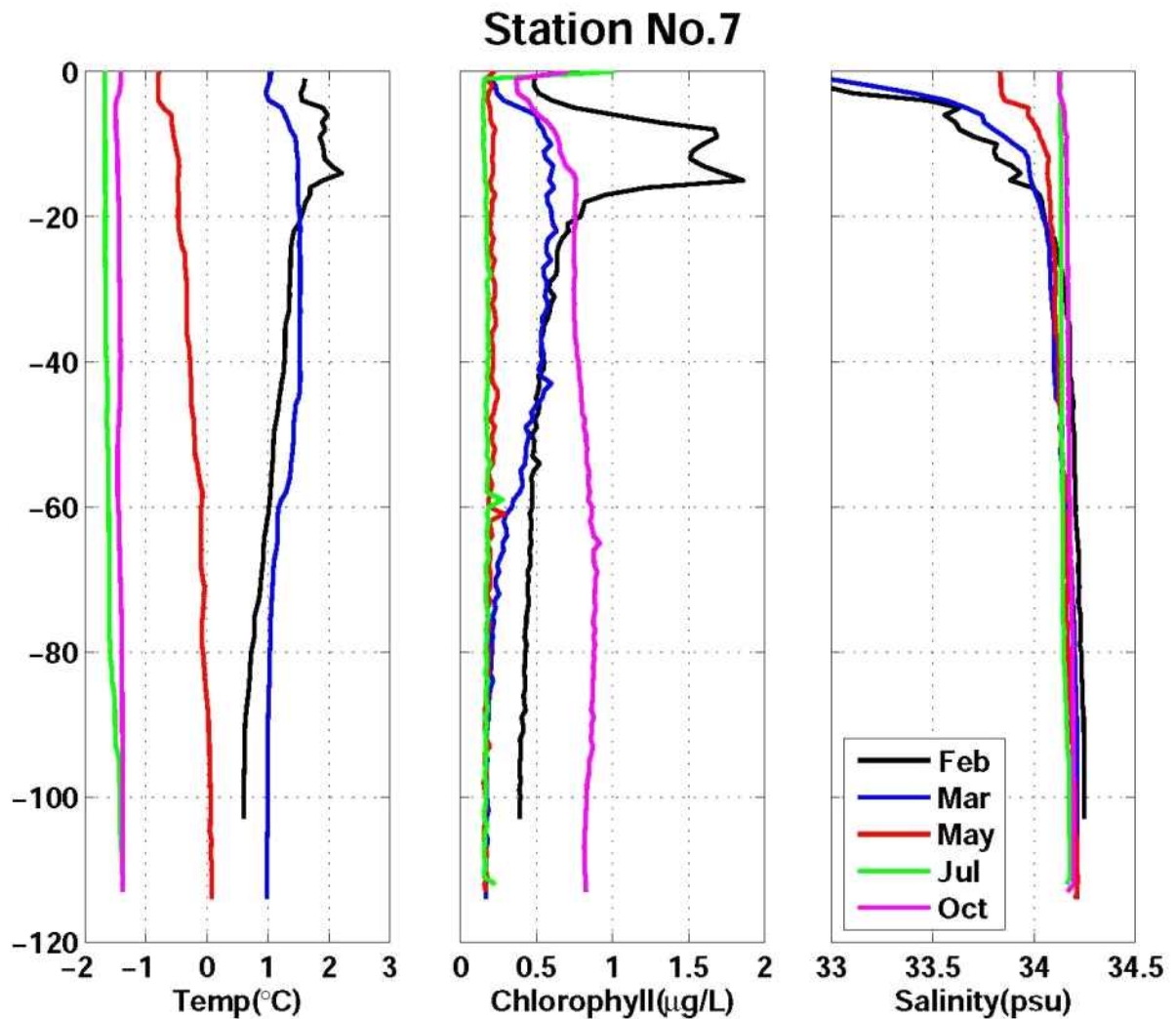


Fig. 7-14. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 7 by depth observed during February, March, July, and October in 2017.

정점 7 역시 수온은 2월과 3월에 표층부터 저층 약 120m 부근까지 1.0°C~2.0°C 사이의 고수온이 관측되었으며, 5월에는 약 0°C의 수온이 관측되었다(Fig. 7-14). 반면 7월, 10월에는 표층에서 저층까지 -1.0°C ~ -2.0°C 범위의 저 수온이 관측되었으며, 엽록소는 기온이 상승하는 2월 수심 약 20m 부근까지 최고치를 나타내었으나, 그 이후로 0.5µg/L 이하로 점차 낮아졌다(그림 13). 그리고 3월과 10월에 약 20m 까지 중간치를 나타내었으나, 그 이후로 3월엔 0.5µg/L 이하로 점차 낮아졌다(그림 13). 수온이 하강하는 5월과 7월에는 최하위 농도를 나타내었다(그림 13). 염분은 계절별로 33 ~ 34.5psu 범위로 큰 변화 없이 거의 유사한 범위를 나타내었다.

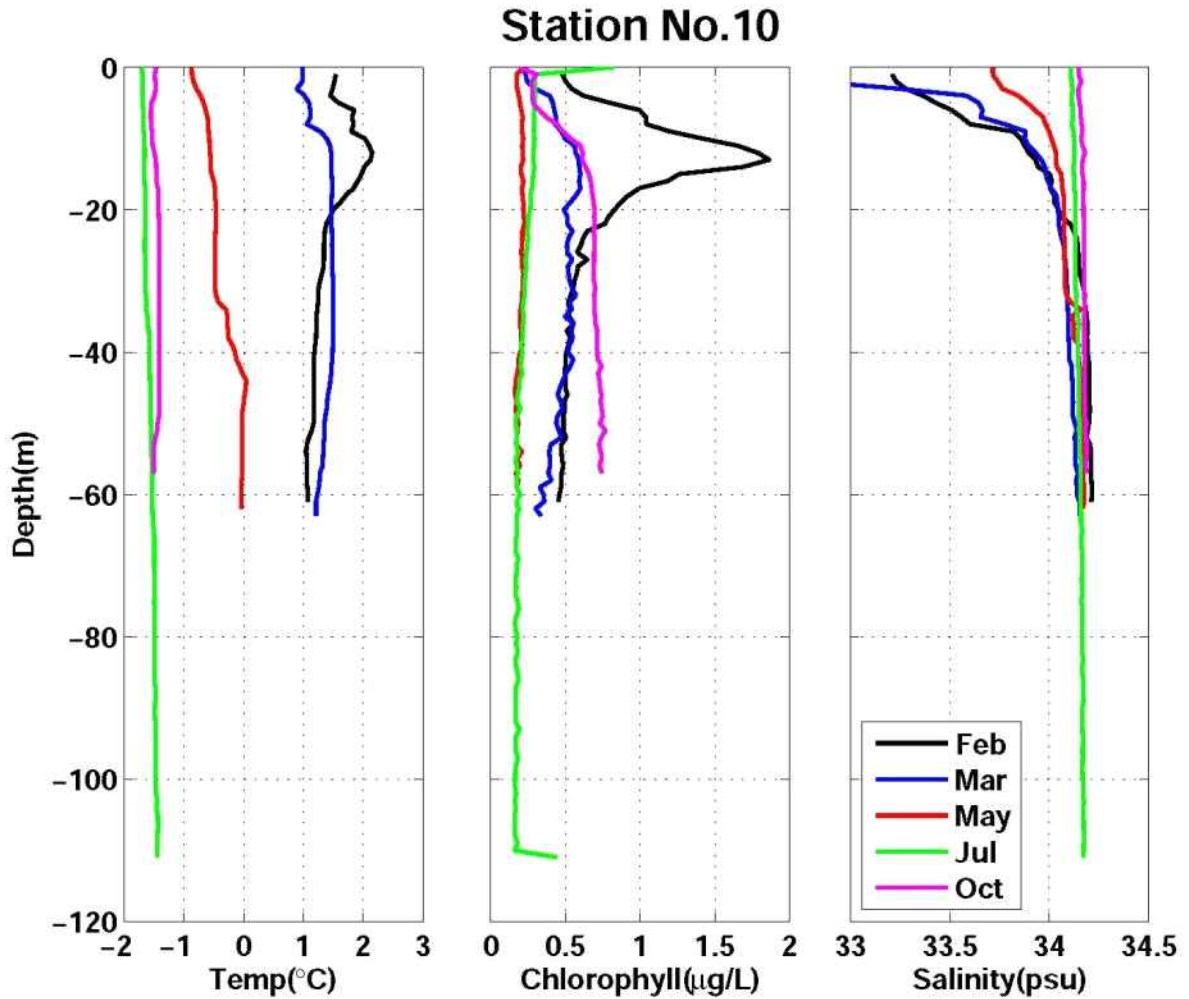


Fig. 7-15. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 10 by depth observed during February, March, July, and October in 2017.

정점 10의 수온은 2월과 3월에 표층부터 저층 약 60m 부근까지 1.0°C~2.0°C 사이의 고수온이 관측되었으며, 5월에는 약 0°C내외의 수온이 관측되었다(Fig. 7-15). 반면 7월, 10월에는 표층에서 저층까지 -1.0°C~-2.0°C범위의 저 수온이 관측되었으며, 열류소는 기온이 상승하는 2월 수심 약 20m 부근까지 최고치를 나타내었으나, 그 이후로 0.5µg/L이하로 점차 낮아졌다. 그리고 3월과 10월에 약 20m 까지 중간치를 나타내었으나, 그 이후로 3월엔 0.5µg/L이하로 점차 낮아졌다. 수온이 하강하는 5월과 7월에는 최하위 농도를 나타내었다. 염분은 계절별로 33~34.5psu범위로 큰 변화 없이 거의 유사한 범위를 나타내었다.

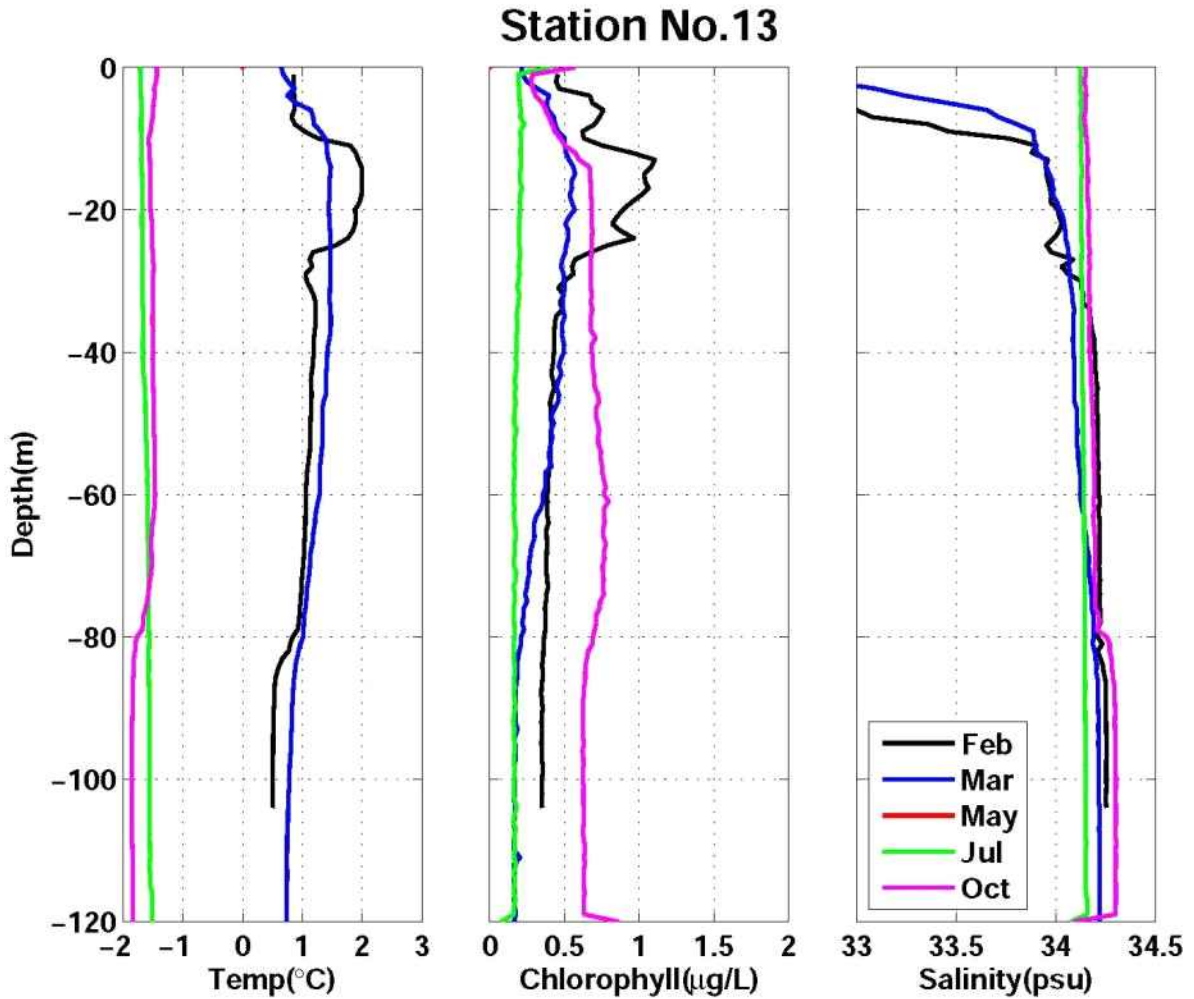


Fig. 7-16. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 13 by depth observed during February, March, July, and October in 2017.

정점 13의 수온은 2월과 3월에 표층부터 저층 약 60m 부근까지 1.0°C~2.0°C 사이의 고수온이 관측되었으며 그 이후로는 0°C~1.0°C 범위를 보였다(Fig. 7-16). 5월에는 해당 정점에 유빙들이 많아 보트가 접근을 못하여 측정하지 못하였다. 반면 7월, 10월에는 표층에서 저층까지 -1.0°C~-2.0°C 범위의 저 수온이 관측되었으며, 엽록소는 기온이 상승하는 2월 수심 약 20m 부근까지 최고치를 나타내었으나, 그 이후로 0.5µg/L 이하로 점차 낮아졌다. 그리고 3월과 10월에 약 20m 까지 중간치를 나타내었으나, 그 이후로 3월엔 0.5µg/L 이하로 점차 낮아졌다. 수온이 하강하는 7월에는 최하위 농도를 나타내었다. 염분은 계절별로 33~34.5 psu 범위로 큰 변화 없이 거의 유사한 범위를 나타내었다.

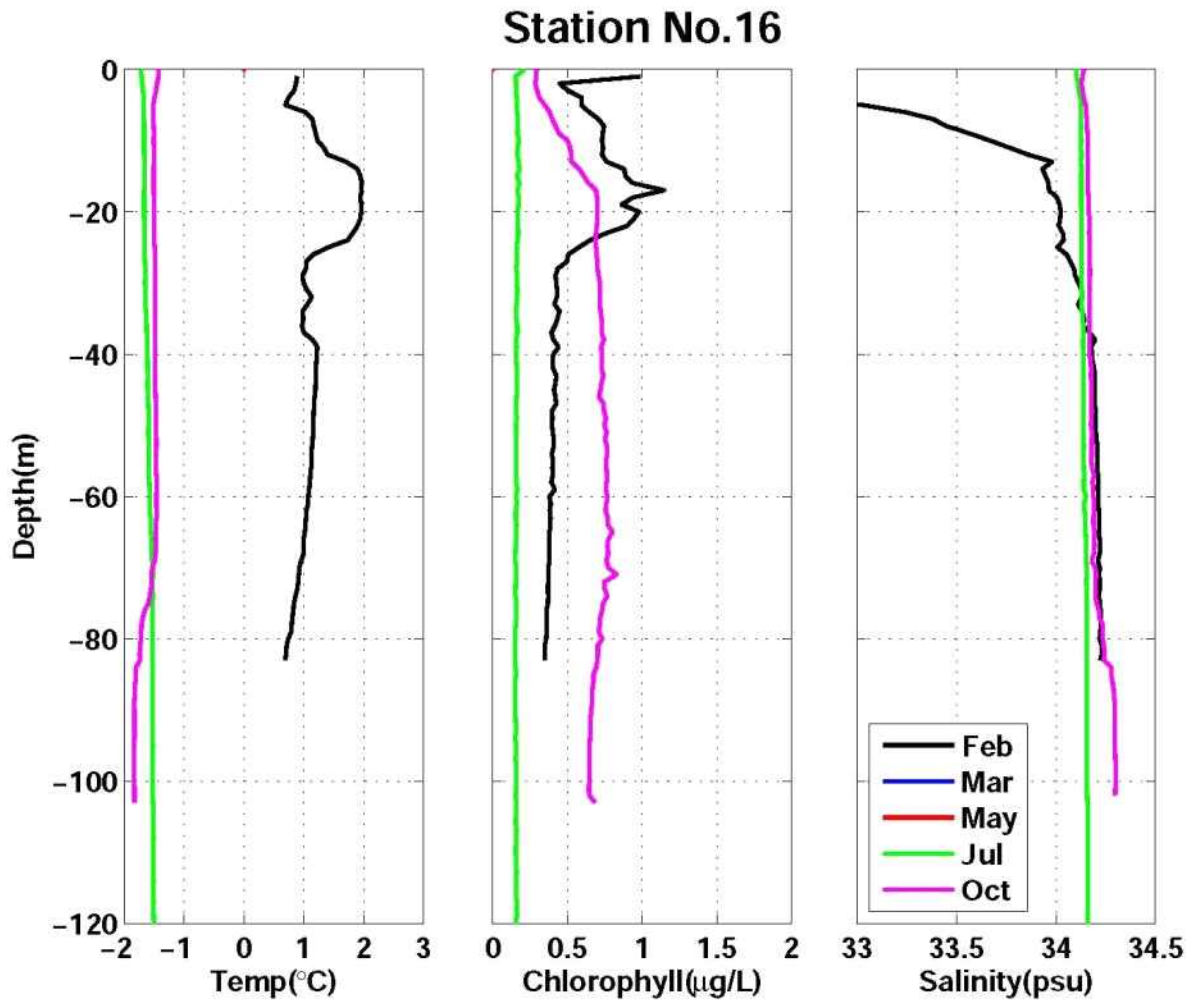


Fig. 7-17. Temperature, salinity, Chl-a at station No. 16 by depth observed during February, March, July, and October in 2017.

정점 16의 수온은 2월에 표층부터 저층 약 60m 부근까지 1.0°C~2.0°C 사이의 고수온이 관측되었으며 그 이후로는 0°C ~1.0°C 범위를 보였다(Fig. 7-17). 3월과 5월에는 해당 정점에 유빙들이 많아 보트가 접근을 못하여 측정하지 못하였다. 반면 7월, 10월에는 표층에서 저층까지 -1.0°C~-2.0°C 범위의 저 수온이 관측되었으며, 염분소는 기온이 상승하는 2월 수심 약 20m 부근까지 최고치를 나타내었으나, 그 이후로 0.5µg/L 이하로 점차 낮아졌다. 그리고 10월에 약 20m에서 약 100m부근 까지 중간치를 나타내었고, 수온이 하강하는 7월에는 최하위 농도를 나타내었다. 염분은 계절별로 2월에 약 20m부근을 제외하고 34~34.5 psu범위로 큰 변화 없이 거의 유사한 범위를 나타내었다.

겨울철 마리안 소만은 낮은 기온, 강한 바람, 유빙 등으로 인해 보트를 운행하여 해양조사를 하기는 부적절한 시기이다. 특히 2017년에는 7월 중순부터 2~5cm 두께의 슬러시 형태의 해빙이 생겼으며, 8월 중순부터 9월 말까지는 마리안 소만 전체가 해빙으로 뒤덮여 관측을 이행하지 못하였다.

수온은 모든 정점에서 일부 구간을 제외하고 표층과 저층에서는 $-2.0^{\circ}\text{C} \sim 2.0^{\circ}\text{C}$ 으로 정점과 계절별로 거의 유사한 패턴을 나타냈다. 마리안 소만의 계절별 수온 변화는 해양환경은 물론 생물들의 수직·수평 분포에 영향을 미칠 수 있는 주요한 인자이다. 수온의 변동은 기온, 풍속, 풍향과 같은 대기의 변동뿐만 아니라 주변의 지리적인 환경과 해류, 조류에도 영향을 받으며 변동한다.

염분은 수심에 따라서 33.0 ~ 34.5psu의 변동성을 보이며, 표층에서는 저염, 저층에서는 고염으로 수심이 증가함에 따라 염분 농도가 큰 변화 없이 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 표층 부근의 비교적 낮은 염분은 표층의 유빙이 용해되며 생성된 것이라 판단된다.

해양의 염분 변화는 주로 강수량, 증발량 그리고 하천수의 유입과 밀접한 관련이 있으나, 고위도 지역에서는 해수의 결빙과 용해 그리고 용설수의 유입에 영향을 주로 받는다. 고위도 지역에 위치한 마리안 소만은 여름철 용설수의 유입으로 인해 염분이 낮아지며 다시 겨울로 갈수록 수온하강 및 결빙으로 인해 고염의 해수가 형성되는 계절주기를 가진다. 마리안 소만의 염분의 수직구조는 표층에 저염의 해수가 분포하고 수심이 깊어질수록 염분이 상승하는 전형적인 극지역의 특성을 잘 나타내고 있다.

엽록소의 수직구조는 계절에 따른 수심별 차이가 뚜렷하게 나타났으며, 표층보다는 10m~20m 사이의 구간에서 엽록소 최대값을 나타내었다(Fig. 7-12~7-17). 반대로 겨울철인 5월과 7월에는 전 수층에서 $1\mu\text{g/L}$ 이하의 값을 보이며 상대적으로 낮게 관측되었다(Fig. 7-12~7-17). 마리안 소만의 엽록소 농도의 수평분포 구조는 맥스웰만의 해수가 유입되는 마리안소만 입구(st. 19, 3, 7)에서는 비교적 높고, 조수 빙하가 존재하는 소만 안쪽(st. 13, 16)의 값은 낮은 수평적 구조를 나타내었으며, 20m 이후로는 점차 감소하는 수직구조를 나타내었다(Fig. 7-12~7-17).

엽록소-a (Chlorophyll-a)을 포함하고 있는 식물플랑크톤 관측은 해양의 건강성, 생산성과 생태계를 이해하기 위한 첫 번째 단계이다. 대양에서 유입되는 해수와 조수 빙하가 만나는 마리안 소만의 해양은 지리적으로 작은 만이긴 하지만 해양의 물리 특성 및 생물학적 특성이 강한 바람과 조수 빙하에서부터 유입되는 용빙과 용설에 변화가 많은 지역적 특성을 갖고 있는 해역으로 공간적으로 다르게 분포할 수 있다. 일부 연안 해역은 식물플랑크톤의 성장에 좋은 환경임에도 불구하고 낮은 식물플랑크톤 양을 나타내기도 한다. 식물플랑크톤의 생산성과 성장은 해양 환경과 기상환경에 큰 영향을 받

이 받는다. 특히 남극 연안 해역 (< 50m) 에서는 해빙의 상태, 조석, 강한 바람에 의한 표층 혼합 그리고 육지 기원의 유입수에 의한 부유물질의 증가와 그에 따른 빛의 제한을 많이 받는다(Kloser et al. 1993, 1994). 그리고 하계 기간의 경우 밀도약층이 가장 강하게 형성되어 엽록소 농도가 높은 표층 혼합층과 영양염이 심해의 경계를 형성시켜 식물플랑크톤의 성장을 제한할 수 있다(Nezlin, 2005).



Seasonal variation of microalgae and physical factors in the surface
water of Marian Cove, King George Island,
Antarctica, 2017

30th over-wintering team, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

Abstract : We investigated the seasonal variation of microalgal assemblages, sea water temperature and salinity have been measured from 1st January to 31st December 2017 at a nearshore station in Marian Cove, Maxwell Bay, King George Island, Antarctica. Annual water temperature range was 2.32~2.15°C in surface water and the highest water temperature (2.32°C) was formed in 6 February the lowest water temperature was formed 2 August. Annual salinity range was 29.25~34.26 psu, the lowest salinity (29.25 psu) was formed February. Annual range of total microalgal biomass (total Chl *a* concentration) was 0.19~5.19 $\mu\text{g L}^{-1}$, the highest microalgal biomass (5.19 $\mu\text{g L}^{-1}$) was appeared on 11 January.

참 고 문 헌

- 허순도 외 17인 (2015) 제 27차 월동 보고서, 극지연구소
안인영 외 16인 (2016) 제 28차 월동 보고서, 극지연구소
최한구 외 17인 (2017) 제 29차 월동보고서, 극지연구소
- ARRIGO, K.R., WORTHEN, D.L., LIZOTTE, M.P., DIXON, P. & DIECKMANN, G. 1997. Primary production in Antarctic sea ice. *Science*, 276, 394 - 397.
- BRIERLEY, A.S. & THOMAS, D.N. 2002. Ecology of Southern Ocean pack ice. *Advances in Marine Biology*, 43, 171 - 276.
- BINTANJA R. 1995. Local surface energy balance of the Ecology Glacier, King George Island, Antarctica: measurements and modelling. *Antarct Sci* 7: 315-325.
- COOK AJ, Fox AJ, Vaughan DG, Ferrigno JG (2005) Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past halfcentury. *Science* 308:541 - -544.
- FANGFANG, D., Zipan, W., Xiaojun, Y, Zhijun, L., Erika, A., Gerhard, D. 2010. Physical structure and vertical distribution of chlorophyll a in winter sea ice from the northwestern Weddell Sea, Antarctica.
- FERRON FA, Simoes JC, Aquino FE and Setzer AW. 2004. Air temperature time series for King George Island, Antarctica. *Pesq Antart Bras* 4: 155-169.
- FROST, B. W., 1980, Grazing In: The physiological Ecology of Phytoplankton, edited by I. Morris, Blackwell, Oxford, pp. 465-491.
- FRITSEN, C.H. & SULLIVAN, C.W. 1999. Distributions and dynamics of microbial communities in the pack ice of the western Weddell Sea, Antarctica. In BATTAGLIA, B., VALENCIA, J. & WALTON, D. W.H., eds. *Antarctic communities: species, structure and survival*. Cambridge: Cambridge University Press, 101 - 106.
- GARRISON, D.L., CLOSE, A.R. & REIMNITZ, E. 1989. Algae concentrated by frazil ice: evidence from laboratory experiments and field measurements. *Antarctic Science*, 1, 313 - 316.
- GARRISON, D.L. & MATHOT, S. 1996. Pelagic and sea ice microbial communities. *Antarctic Research Series*, 70, 155 - 172.
- HANSEN JE, Ruedy R, Glascoe J, Sato M (1999) GISS analysis of surface

- temperature change. J Geophys Res 104(D24):30997 - 31022
- HAYS GC, Rihardson AJ, Robinson C (2005) Climate change and marine plankton. Trends Ecol Evol 20(6):337 - -344.
- KOVACS, 1996, CRREL report_bulk salinity versus ice floe thickness LAWS, R.M. 1985. The ecology of the Southern Ocean. American Scientist, 73, 26 - 40.
- NICK, F. M., Oerlemans, J., 2006, Dynamics of tidewater glacier: comparion of three models. J. Glaciol., 52(177), 183--190.
- NEZLIN, N.P., 2005. Pattern of Seasonal and Interannual Variability of Remote Sensed Chlorophyll. In: The Caspian Sea Environment, Kostianoy, A.G. and A.N. Kosarev(Eds.). Springer-Verlag, Germany, ISBN-10:3540282815, pp: 143-1157.
- ROESE, M., Drabble, M., 1998. Wind driven circulation in Potter Cove. In: Wiencke, C., Ferreyra, G.A., Arntz, W., Rinaldi, C. (Eds.), The Potter Cove Coastal Ecosystem, Antarctica. Reports on Polar Research 299, pp. 40 - -46.



제 8 장

세종과학기지 기상 관측

제 1 절

기지주변 기상 관측

박상중¹, 이준휘², 이방용¹, 최태진¹

¹한국해양과학기술원 부설 극지연구소, ²기상청

요 약 : 세종과학기지에서 기상관측은 1988년 2월부터 수행되고 있으며, 기상 자료들은 연보로 발표되고 있다. 30차 월동기간의 기상관측 기간 동안 기온의 범위는 최저 - 20.6 (2017년 7월 28일), 최고 기온은 11.3 °C (2017년 3월 20일)이었고, 연평균 기온은 - 1.3°C으로 나타났다. 평균 풍속은 7.5 ms⁻¹로 관측되었다. 기록된 최고 순간 풍속은 33.9 ms⁻¹ 이었다(2017년 8월 22일). 풍향의 분포는 대체로 북서풍이 우세하였지만 강한 바람은 서~북서풍계열에서 발생하였다. 강수량은 평년 보다 많았으며, 블리자드 발생 빈도는 17회 였으며, 특이한 점은 동풍계열이 아닌 서~북서풍의 강풍이 많았다. 기지 앞 마리안 소만은 2017년 8월 24일부터 9월 24일까지 결빙되었으며, 맥스웰만은 2017년 8월 26일부터 9월 2일까지 결빙상태가 유지되었다.

1. 서론

남극 세종기지에서의 기상관측은 지난 1988년 2월 17일 기지건설과 함께 시작되었으며, 이때부터 자동기상관측시스템(Automatic Meteorological Observation System; AMOS)을 이용하여 세종기지 주변의 기상요소와 각 기상현상을 관측하기 시작하였다. 기상관측은 10미터 높이의 관측탑 최상단에 설치한 풍향·풍속계를 비롯하여 온/습도계, 이슬점온도계, 강수량계, 기압계와 그리고 수평면 전천일사량계, 자외선 광도계 등의 센서로부터 10초 또는 1초 간격으로 측정하여 10분 평균값이 자료 집록기에 저장되는 자동 관측 및 저장방식으로 수행되고 있다. 이외에 구름, 시정, 폭풍설, 지면 및 해상의 상태 등은 자동관측이 어려우므로 이러한 기상현상은 관측자가 목측으로 매시간 또는 수시로 관찰하고 기록한다. 한편, 2003년 12월에 기상관측의 정밀도를 높이고 시스템 오류에 따른 결측 자료 등을 보완하기 위하여 별도의 자동관측시스템을 기존 시스템 주변에(수 m 이내 위치) 설치하였다. 기지 운영을 위한 새로운 건물이 2008년 관측 시스템 주변에 건축되면서, 풍향 등 관측에 미칠 영향을 고려하고, 20년 이상 사용하여 노후된 타워를 대신할 새로운 자동기상관측시스템의 구축을 계획하게 되었다. 따라서 2010년 12월 기존의 자동기상관측시스템에서 남서 방향으로 200 m 가량 떨어진 위치에 새로운 자동기상관측시스템이 설치되었으며, 2011년부터 운영되어 기존 시스템 관측자료와의 비교자료를 축적하였다. 비교 관측은 2016년 10월까지 수행되다가 2016년 11월에 노후된 AMOS-1과 AMOS-2 시스템 철거와 함께 중단되었고 이후 11월부터는 AMOS-3 관측자료를 세종기지의 기존 기상자료로 사용하고 있다. 한편 기존 AMOS-1 위치에는 AMOS-3 결측에 대비한 기상관측시스템을 설치하여 11월부터 운영하고 있다.

세종기지의 기상관측소(62°13' S, 58°47' W)는 1989년 1월에 세계기상기구(WMO)의 정규 지상관측소로 등록(WMO Index No. 89251)되었다. 비록 지상의 기상현상에 대해서만 관측하고 있지만, 세종기지에서의 기상관측 업무 및 이에 대한 연구조사를 수행하고 있는 목적은 일반 기상관서에서 수행하고 있는 기상관측 목적과 마찬가지로, 1) 시시각각으로 변화하는 기상요소와 기상현상에 관하여 측기와 목측을 이용하여 일정한 시각에 대한 기상요소를 관측하여 서로 비교 분석하고, 2) 현재의 기상실황을 파악할 수 있도록 국제 기상통보식에 따라 국제적으로 자료를 제공하며, 3) 또한 기후조사를 위한 통계자료나 기상학 연구에 필요한 자료로 활용하며, 4) 특히 남극 세종기지의 지역적, 환경적 특수한 상황에 비추어 볼 때, 기지 주변에서 이루어지는 타 분야 연구를 위한 중요한 참고자료가 되면서, 5) 기지 대원들의 실생활이나 야외업무 수행을 위한 지표로서 활용되는 것이다. 한편, 2010년 10월 26일, 세종기지는 기상청과 공동으로 이산화탄소, 성층권 오존 농도 및 복사 등의 관측요소에 대하여 세계기상기구/지구대기감

시(WMO/GAW, Global Atmosphere Watch) 프로그램의 지역급 기후변화감시소로 등재되어 관측을 수행하고 있다.

2. 자료 및 방법

세종기지에서의 2016년 12월부터 2017년 11월까지의 기상관측자료를 점검하여 보완한 다음 정리 분석하였다. 연보는 세종기지에서 기록된 원시자료를 체계화시켰고, 매일의 관측일지를 참고하여 각 기상요소에 대한 평균값과 극값, 발생시간과 목측 항목에 대한 현상일수 등에 대해 표로써 일별, 월별로 나타내었다.

한편, 자료의 신뢰성을 높이기 위하여, 센서의 고장 또는 기계적인 오작동으로 기록된 오류 자료의 삭제와 교정장비에 의한 자체 보정 및 수동 관측으로 비교 측정된 이후의 정확한 자료만을 사용하여 분석하였으며, 제시한 표에서 이러한 자료를 보다 알기 쉽게 파악할 수 있도록 본 단락 뒤에 별도의 ‘일러두기’를 두었다. 또한 불분명한 자료나 손실자료는 ‘관측못함(*)’으로, 현상 자체가 발생하지 않았을 때는 ‘현상없음(-)’으로 별도 표시하였다. 다만, 강수량은, 기지에서 비나 눈의 강수 현상이 있을 때는 대부분 강한 바람과 함께 발생하기 때문에 강우현상이 있거나 신적설 현상이 있었다 하더라도 그 양이 제대로 기록되지 않는 문제점이 있어, 강수량계로 기록된 자료 중 현지 관측자의 기록을 근거로 믿을만한 것만 선택하여 정리하였다.

기상자료는, 세종기지에서의 1차 기상관측 원시자료를 정리하여 2차 자료를 만들고, 다시 이것을 점검한 후 통계 프로그램에 대한 입력자료로 활용하였다. 이후 프로그램 처리과정을 거쳐 생성된 자료를 토대로 일별, 월별, 연별 자료를 작성하고, 현장 관측일지 등을 참고하여 오류 자료 정리와 목측 자료 재편집 등의 작업을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 기 압

연평균기압은 989.3 hPa이며, 9월이 980 hPa로 가장 낮고, 3월이 1,002 hPa로 가장 높았다. 연중 최고기압은 1026hPa(8.8), 최저기압은 950 hPa(9월 15일)이었다. 관측기간 동안의 일평균 기압과 평균 기압을 각각 Fig. 8-1와 Fig. 8-2에 나타내었다.

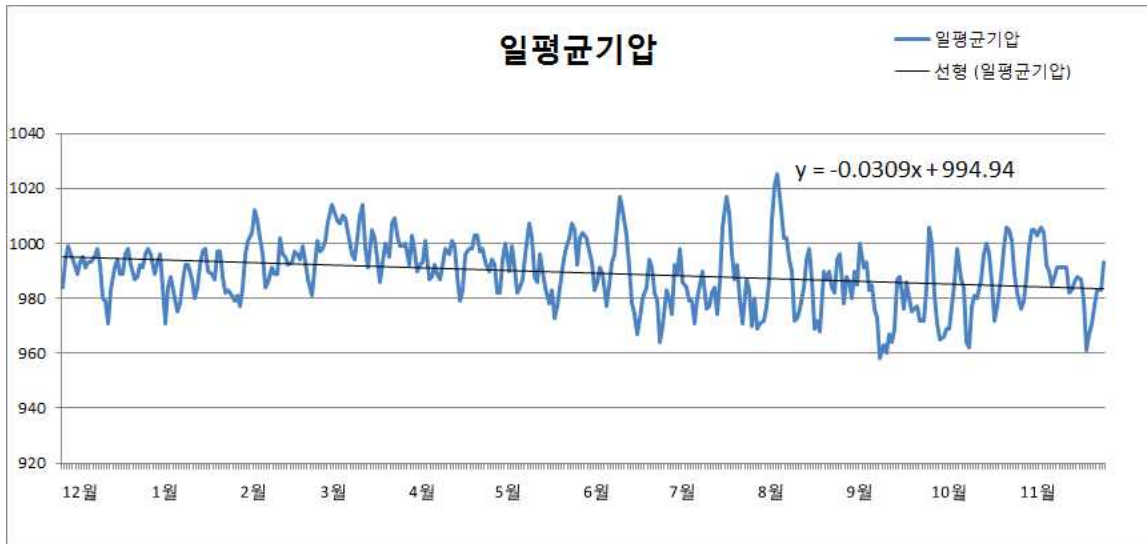


Fig. 8-1. The variations in daily averaged air pressure during Dec. 2016~Nov. 2017.

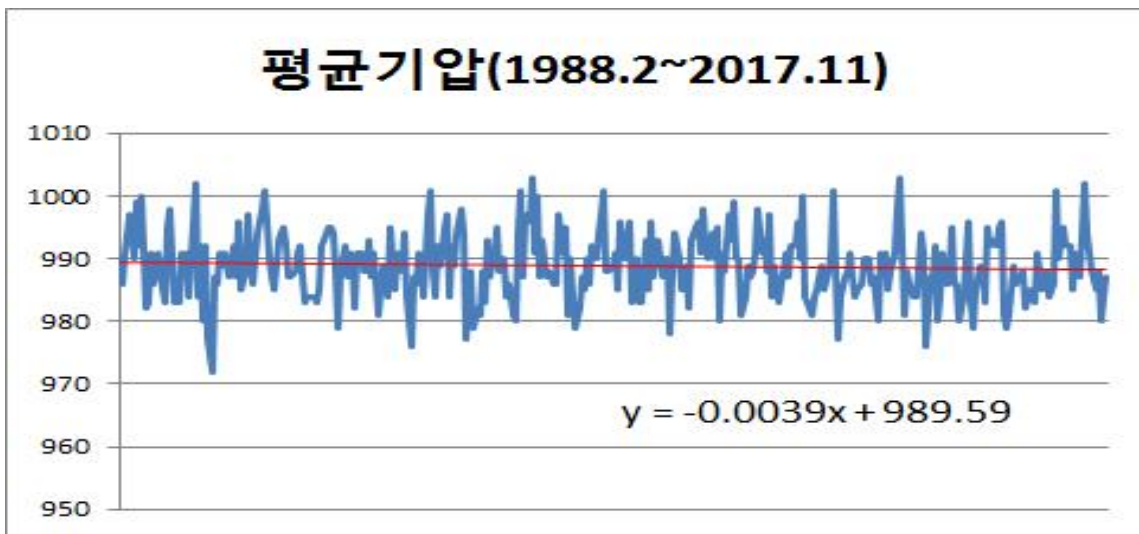


Fig. 8-2. The variations in mean air pressure during Feb. 1988 to Nov. 2017.

나. 기 온

관측 기간 동안 연평균기온은 -1.3°C 이며, 2월이 2.4°C 로 가장 높고, 6월이 -5.3°C 로 가장 낮았다. 연중 최고기온은 11.3°C (3.20), 최저기온은 -20.6°C (7.28)이었다. 관측기간 동안의 일평균 기온, 일최고 기온 및 일최저 기온, 1988년 2월부터 2017년 11월까지의 평균 기온 변화를 각각 Fig. 8-3에서 Fig. 8-6에 나타내었다.

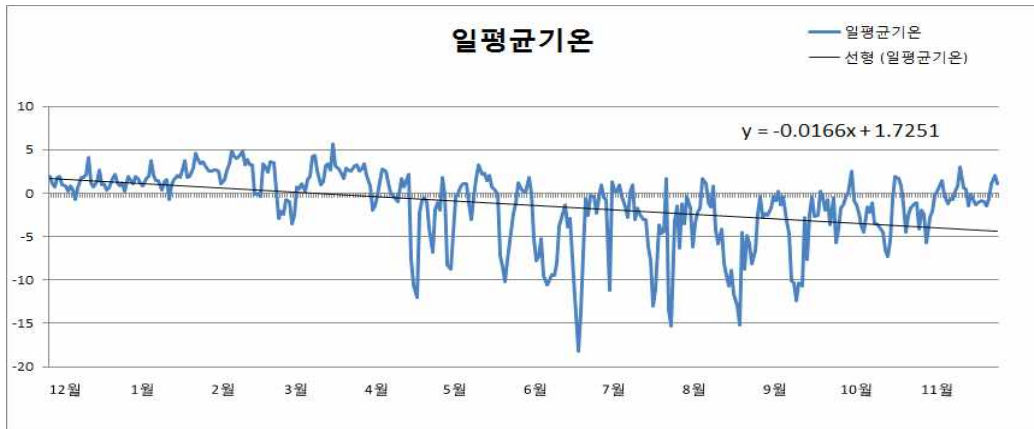


Fig. 8-3. The variations in daily averaged air temperature during Dec. 2016~Nov. 2017.

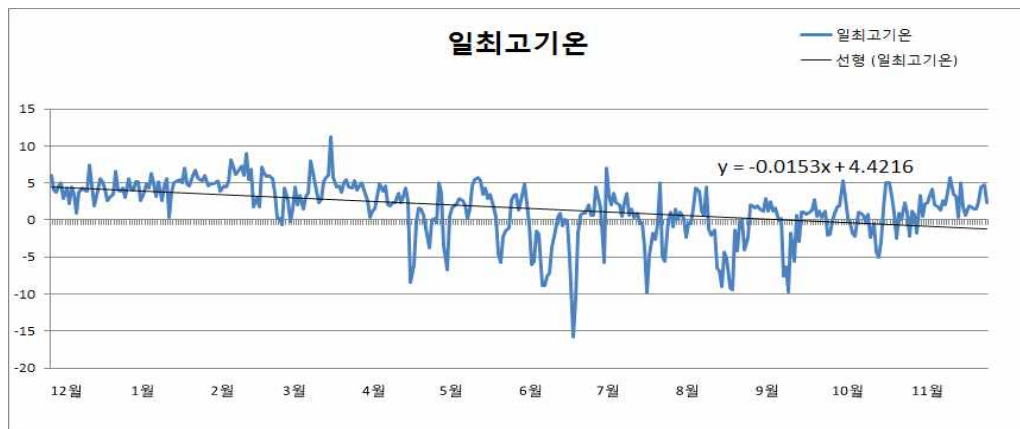


Fig. 8-4. The variations in daily maximum air temperature during Dec. 2016~Nov. 2017.

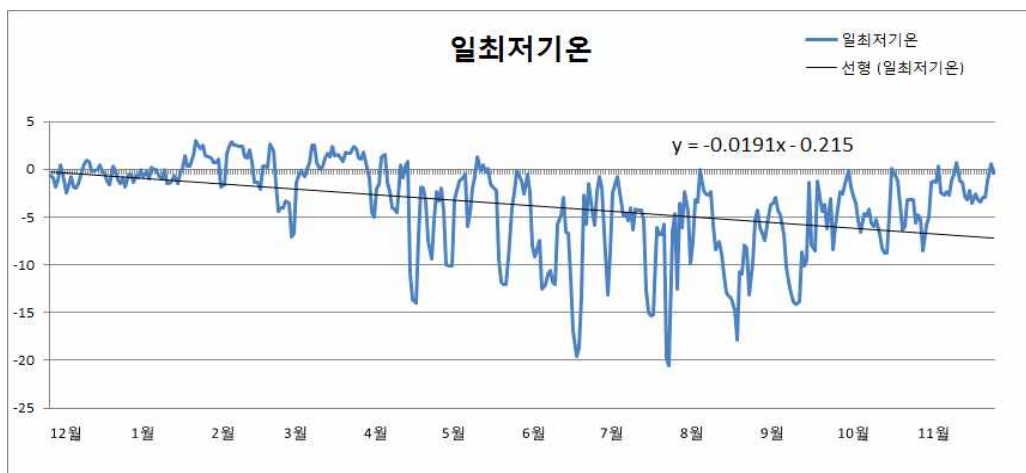


Fig. 8-5. The variations in daily minimum air temperature during Dec. 2016~Nov. 2017.

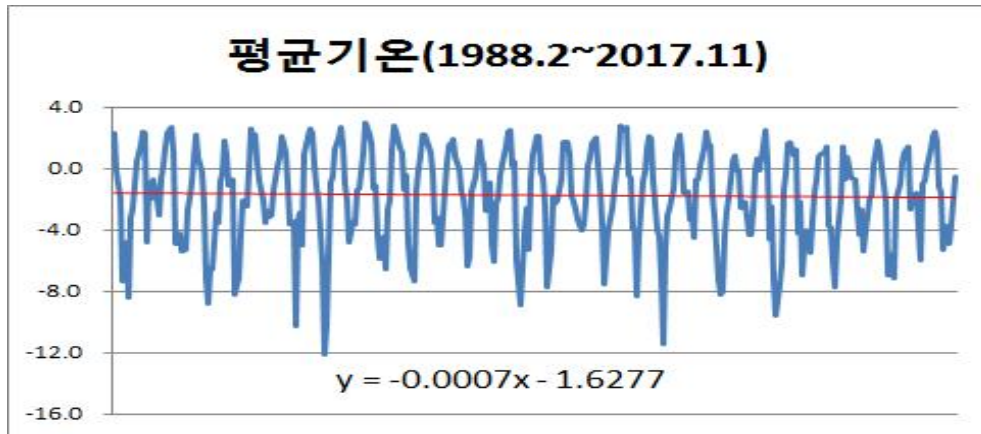


Fig. 8-6. The variations in mean air temperature during Feb. 1988 to Nov. 2017.

다. 바람

평균풍속은 7.5m/s로, 평년(7.7m/s)과 비슷했다. 순간최대풍속 극값은 33.9 m/s(8월 22일)로 이번 분석기간 중 가장 강한 바람을 기록하였다. 일평균 풍속과 일최대 풍속을 Fig. 8-7과 8-8로 나타내었다. 바람 방향은 대체로 북서풍 계열이 주를 이루었으며, 최대 풍속일 때 북풍계열이었다(Fig. 8-9, 8-10).

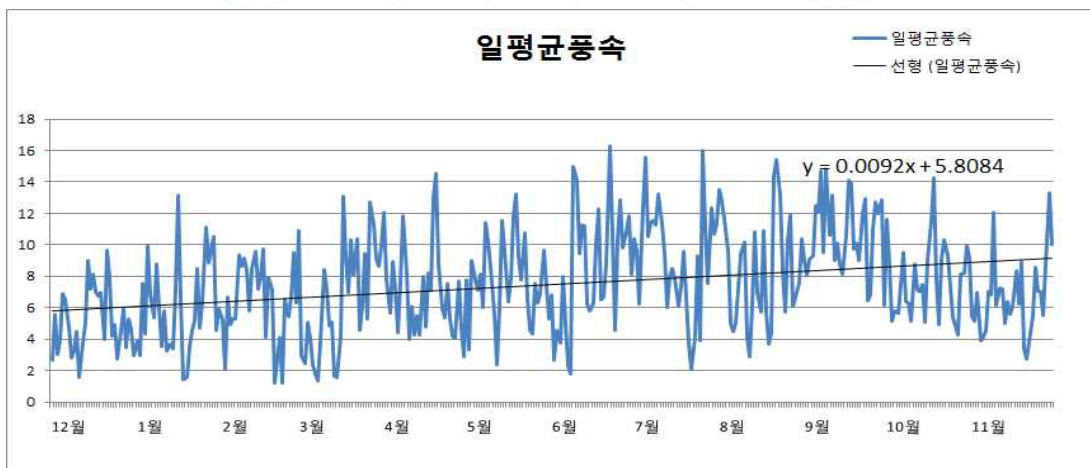


Fig. 8-7. The variations of daily averaged wind speed.

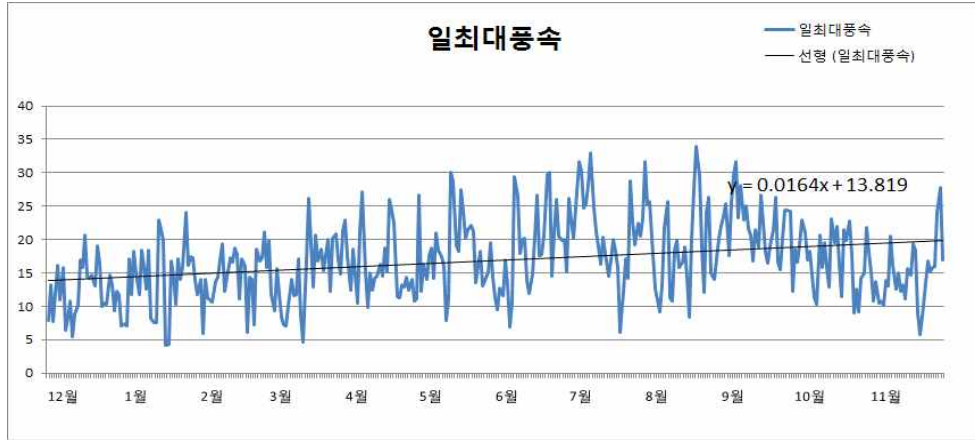


Fig. 8-8 The variations of daily maximum wind speed.

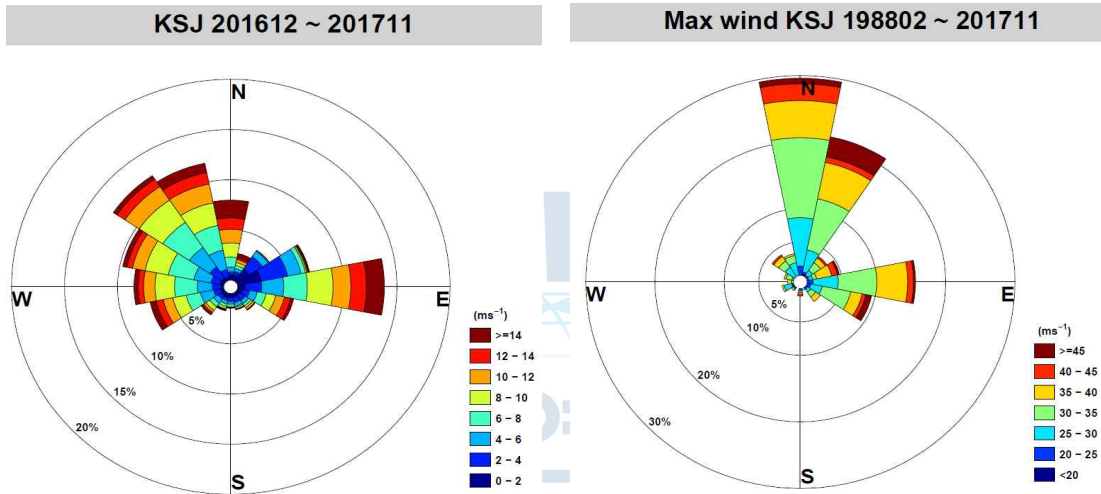


Fig. 8-9. Yearly wind rose plot of King Sejong Station.

Fig. 8-10. Yearly wind rose plot of King Sejong Station.

라. 강수량

2017년 강수량은 평년보다 많았으며 동계기간에는 낮은 기온으로 자동관측 우량계 수수구 입구가 결빙되는 경우가 많아서 정확한 강수량의 측정이 어려워 우설량계로 수동 관측하였다. 신축연구동 증축에 따른 연구동 이전으로 인해 블리자드 등 강한 바람으로 인해 눈이 많이 쌓여 우량계 수수구가 눈에 덮혀 정확한 관측이 어려워 월동기간 중 수시로 우량계 주위의 눈을 제거해야만 했다. 관측 기간 동안의 일 강수량과 1988년부터의 강수량을 Fig. 8-11과 8-12에 나타내었다.

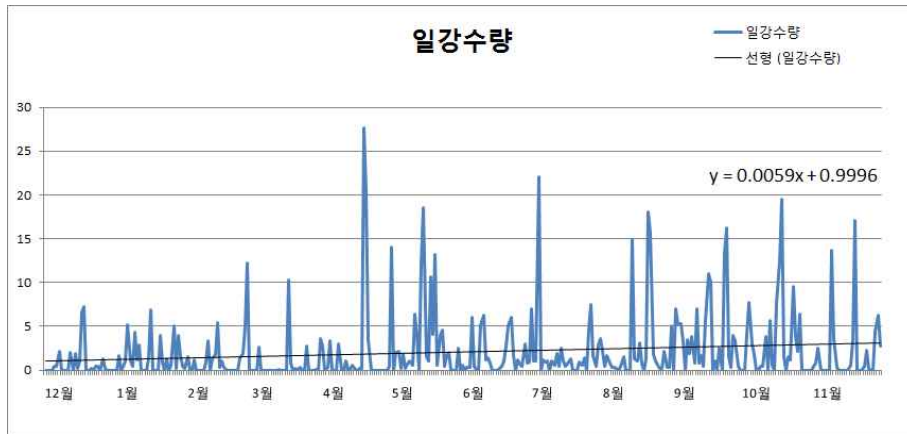


Fig. 8-11. The variations of daily precipitation.

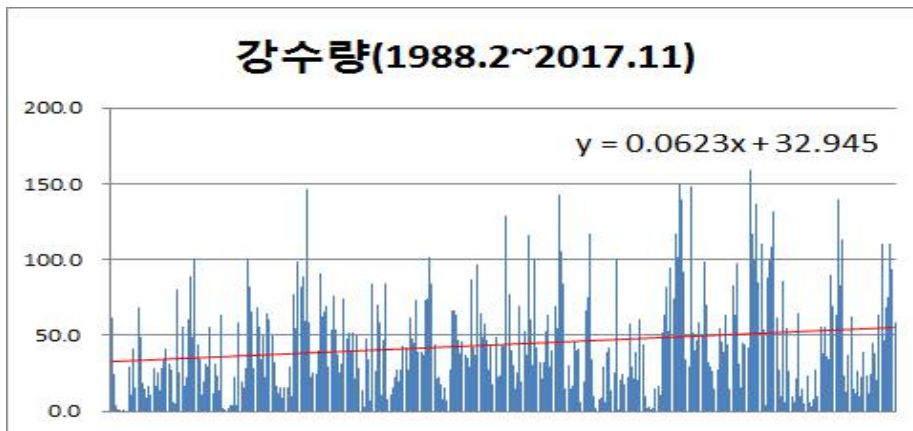


Fig. 8-12. The variations of precipitation during Feb. 1988~Nov. 2017 at King Sejong Station.

마. 블리자드

세종기지를 중심으로 한 주변에서의 Blizzard와 남극대륙에서 의미하는 Blizzard와는 부분적으로 구별을 해야 한다는 견해이다. 즉, 서남극 지역에 속하는 세종기지에서 Blizzard는 종관적인 기압패턴의 강한 지배를 받는다는 것이다. 결국, 기압경도에 따른 강한 풍속과 기압계의 이동에 따라 급변하는 풍향이 대륙 중심부에서 남극반도 부근으로 뺏는 찬 공기를 이동시키고, 국지적으로는 백두봉과 세종봉을 중심으로 한 동쪽에 위치한 만년설과 해상의 결빙에 따른 빙원의 찬 공기와 미세한 눈보라가 동풍류에 따라 기지 부근으로 활강하면서 기온이 낮아지고, 시정이 악화되는 경우가 대부분이었다. 세종기지는 킹조지섬 바톤반도의 북서쪽 끝에 위치하여 동풍계열의 바람일 경우 킹조지섬 빙원지역과 구릉지역에서 눈 날림현상이 발생이 용이하지만, 그 외의 풍계에는 눈 날림현상 발생이 어려운 국지적인 특성이 있다.

올해는 블리자드(Severe Blizzard)의 발생 횟수가 17회 발생했으나, 시정 기준치에 미치지 못해 블리자드에 포함되지 않은 사례가 많았고, 특이할만한 사항은 동풍계열이 아닌 서~북서계열의 강풍이 많이 분 것 이라고 할 수 있다(Table 8-1).

Table 8-1. Number of Blizzard occurrences and their timing

순번	발생일자	지속 시간	바람 및 최저기온		
			순간최대		최저기온 (℃)
			풍향	풍속(m/s)	
1	2017년 4월 19일 04:30~24:00	19:30	E	25.9	-11.0
2	2017년 4월 20일 00:00~24:00	24:00	E	24.4	-13.6
3	2017년 4월 21일 00:00~04:10	04:10	E	22.4	-14.0
4	2017년 6월 9일 09:40~24:00	14:20	E	29.4	-12.5
5	2017년 6월 10일 00:00~19:40	19:40	E	26.5	-12.1
6	2017년 6월 21일 23:05~24:00	00:55	E	20.6	-16.9
7	2017년 6월 22일 00:00~10:10	10:10	E	29.7	-19.6
8	2017년 7월 4일 03:10~07:00 09:08~16:40	11:22	E	27.1	-13.2
9	2017년 7월 27일 01:25~09:40 21:50~24:00	10:25	E	22.7	-19.8
10	2017년 7월 28일 00:00~04:45	01:45	E	19.1	-20.6
11	2017년 7월 31일 01:30~03:30 04:40~09:30	06:50	ESE	23.2	-12.5
12	2017년 8월 21일 09:50~22:20	12:30	E	27.5	-13.5
13	2017년 8월 22일 09:40~24:00	14:20	E	33.9	-14.7
14	2017년 8월 23일 00:00~06:40	06:40	ESE	29.5	-17.8
15	2017년 10월 16일 18:25~24:00	05:35	E	23.2	-5.2
16	2017년 10월 17일 00:00~02:30	02:30	E	19.5	-6.8
17	2017년 10월 18일 09:40~19:10	09:30	E	21.9	-8.3

바. 바다의 결빙

1988년 세종기지 설립 이후 마리안소만(MC)과 맥스웰만(MB)에 사람이 걸어 다닐 정도로 완전히 결빙된 것은 8회(1988년, 1991년, 1992년, 1995년, 2007년, 2009년, 2011년, 2013년)로 기록되고 있다. 이 기간을 분석한 결과 겨울철 월평균기온 -7°C 이하의 달이 2개월 이상 지속되었던 공통점이 있었다.

마리안소만은 2017년 6월 24일 처음으로 결빙상태를 보였으나 강한 바람에 의해 다음 날 유빙상태로 돌아갔으며, 그 이후에도 유빙이 밀려와 기온이 하강하고 바람이

약한 상태에서 결빙되었으나 강한 바람에 의해 해빙되기를 반복하다가 8월 24일부터 9월 11일까지 결빙 상태를 유지하다가 동풍에 의해 얼음이 깨져 바다가 보였으나, 9월 14일부터 다시 얼어 24일까지 유지되었으며, 맥스웰만은 2017년 8월 26일부터 9월 2일까지 결빙상태를 유지하였다.

Table 8-2. Number of sea ice occurrences

순번	결빙일자	결빙 장소	최저기온(°C)			평균풍속(m/s)		
			전전일	전일	당일	전전일	전일	당일
1	2017년 6월 24일	MC	-19.6	-18.6	-13.3	16.3	10.6	4.6
2	2017년 7월 22일	MC	-15.0	-15.4	-15.2	6.7	3.8	2.1
3	2017년 7월 23일	MC	-15.4	-15.2	-6.1	3.8	2.1	4.2
4	2017년 7월 24일	MC	-15.2	-6.1	-6.8	2.1	4.2	9.3
5	2017년 7월 28일	MC	-5.8	-19.8	-20.6	16.0	11.2	7.6
6	2017년 8월 8일	MC	-7.6	-3.1	-3.4	4.5	5.1	7.2
7	2017년 8월 9일	MC	-3.1	-3.4	0.0	5.1	7.2	9.4
8	2017년 8월 19일	MC	-8.9	-11.1	-12.9	10.9	5.7	3.7
9	2017년 8월 20일	MC	-11.1	-12.9	-13.3	5.7	3.7	4.4
10	2017년 8월 24일	MC	-14.7	-17.8	-10.7	15.4	13.2	8.4
11	2017년 8월 25일	MC	-17.8	-10.7	-10.9	13.2	8.4	5.7
12	2017년 8월 26일	MC/MB	-10.7	-10.9	-8.0	8.4	5.7	10.3
13	2017년 8월 27일	MC/MB	-10.9	-8.0	-8.3	5.7	10.3	11.9
14	2017년 8월 28일	MC/MB	-8.0	-8.3	-13.1	10.3	11.9	6.1
15	2017년 8월 29일	MC/MB	-8.3	-13.1	-9.8	11.9	6.1	6.9
16	2017년 8월 30일	MC/MB	-13.1	-9.8	-5.3	6.1	6.9	7.6
17	2017년 8월 31일	MC/MB	-9.8	-5.3	-4.3	6.9	7.6	10.4
18	2017년 9월 1일	MC/MB	-5.3	-4.3	-6.1	7.6	10.4	9.0
19	2017년 9월 2일	MC/MB	-4.3	-6.1	-6.7	10.4	9.0	8.1
20	2017년 9월 3일	MC	-6.1	-6.7	-7.4	9.0	8.1	9.1
21	2017년 9월 4일	MC	-6.7	-7.4	-5.0	8.1	9.1	9.3
22	2017년 9월 5일	MC	-7.4	-5.0	-3.7	9.1	9.3	12.5
23	2017년 9월 6일	MC	-5.0	-3.7	-3.6	9.3	12.5	12.1
24	2017년 9월 7일	MC	-3.7	-3.6	-2.9	12.5	12.1	14.7
25	2017년 9월 8일	MC	-3.6	-2.9	-4.3	12.1	14.7	9.5
26	2017년 9월 9일	MC	-2.9	-4.3	-4.8	14.7	9.5	14.8
27	2017년 9월 10일	MC	-4.3	-4.8	-6.8	9.5	14.8	10.6
28	2017년 9월 11일	MC	-4.8	-6.8	-10.2	14.8	10.6	13.1
29	2017년 9월 14일	MC	-11.8	-13.1	-13.9	9.0	10.1	8.7
30	2017년 9월 15일	MC	-13.1	-13.9	-14.1	10.1	8.7	8.1
31	2017년 9월 17일	MC	-14.1	-13.9	-8.6	8.1	10.6	14.1
32	2017년 9월 18일	MC	-13.9	-8.6	-10.1	10.6	14.1	13.9
33	2017년 9월 19일	MC	-8.6	-10.1	-9.6	14.1	13.9	9.7
34	2017년 9월 20일	MC	-10.1	-9.6	-1.4	13.9	9.7	10.1
35	2017년 9월 21일	MC	-9.6	-1.4	-7.9	9.7	10.1	9.0
36	2017년 9월 22일	MC	-1.4	-7.9	-8.5	10.1	9.0	12.1
37	2017년 9월 23일	MC	-7.9	-8.5	-1.2	9.0	12.1	12.9
38	2017년 9월 24일	MC	-8.5	-1.2	-3.0	12.1	12.9	6.5

Annual Weather Report of 2016, Antarctic King Sejong Station

Sang-Jong Park¹, Jun Hui Lee², Bang-Yong Lee¹, Tae-Jin Choi¹

¹*Korea Polar Research Institute*

²*Korea Meteorological Administration*

Abstract : Meteorological observation at King Sejong station was carried out from February in 1988. Since then, some meteorological data reports which are observed and analyzed at the station are published as an annual report. During 30th over-wintering period, air temperature ranged from -20.6°C (July 28, 2017) to 11.3°C (March 20, 2017) with annual averaged value of -1.3°C . Averaged wind speed of the period was 7.5 ms^{-1} and very strong wind has occurred intermittently with the gust of 33.9 ms^{-1} on August 22, 2017. Wind from northwest was the dominant. Strong wind blew from northwest rather than east unusually. The Marian Cove was frozen around August 24 to September 24, and Maxwell Bay was frozen from August 26 to September 2 in 2017.

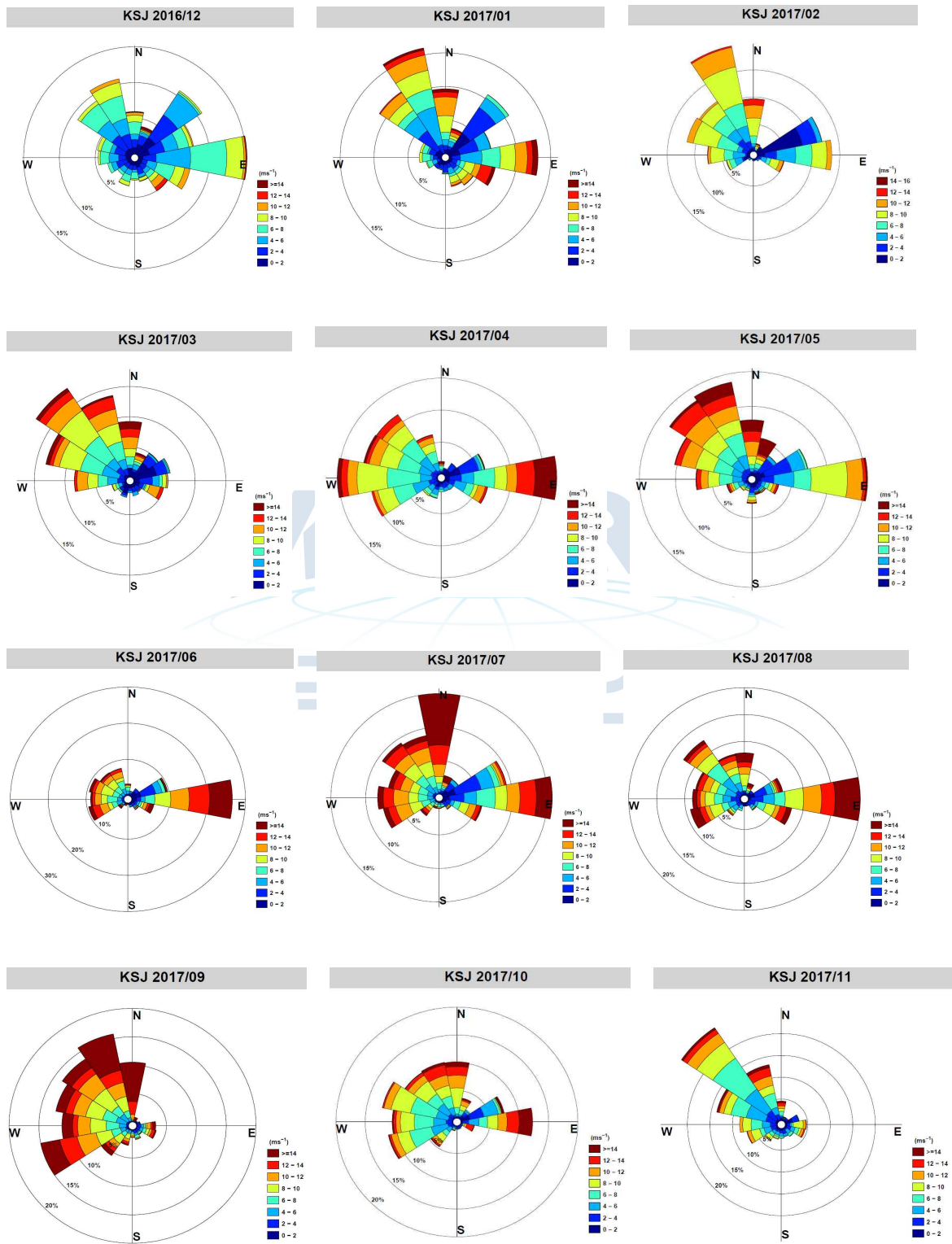
Appendix 1. 세종기지 기상 자료 전년 평균 및 극값 (1988년~2017년 11월)

요소 월	현지기압(hPa)			기온(℃)			풍속(m/s)		강수량	
	평균	극최고	극최저	평균	극최고	극최저	평균	최대	월강수량	일극값
1	988	1015	892	1.9	13.2	-3.3	6.7	45.9	46.8	44.7
		96.01.30.	04.01.20. 13.01.07.		04.01.24	13.01.27.		13.01.27.		
2	988	1017	944	1.8	11.5	-6.6	7.3	39.2	56.8	59.0
		95.02.17. 96.02.06. 04.02.12.	09.02.17.		02.02.01.	13.02.15.		03.02.25.		
3	989	1023	934	08	9.6	-10.0	7.9	45.2	59.3	58.0
		91.03.30	94.03.09.		12.03.02.	90.03.11.		03.03.06.		
4	989	1026	984	-1.5	9.6	-18.3	8.2	50.0	57.1	47.6
		07.04.29.	95.04.16.		03.04.06.	08.04.20.		12.05.20.		
5	992	1031	945	-2.7	8.8	-20.7	8.1	42.0	37.0	46.0
		00.05.29.	04.05.07.		06.05.03.	13.05.23.		12.05.20.		
6	991	1029	952	-5.0	7.9	-24.6	8.5	50.7	37.0	25.3
		96.06.25	13.06.23.		98.06.19.	14.06.30.		10.06.24.		
7	991	1031	943	-5.5	5.8	-25.6	8.4	51.9	38.7	46.2
		00.07.11.	12.07.25.		03.07.17. 04.07.19.	14.07.01.		95.07.24.		
8	990	1028	929	-5.2	5.2	-24.4	8.6	50.8	40.5	55.2
		13.08.22.	15.08.16.		03.08.09.	13.08.19		95.08.01.		
9	991	1035	937	-3.7	11.0	-23.1	8.7	46.6	41.5	46.8
		00.09.07.	04.09.18.		02.09.18.	91.09.11.		09.09.24.		
10	985	1025	940	-2.0	9.9	-19.8	8.7	41.2	43.9	25.0
		88.10.25.	99.10.15.		02.10.28.	02.10.10.		90.10.13.		
11	985	1022	946	-0.4	9.9	-10.0	7.6	44.6	36.6	32.3
		04.11.12.	06.11.04.		08.11.27.	13.11.02.		09.11.04.		
12	987	1017	949	0.8	10.5	-7.0	6.8	43.3	30.8	52.2
		97.12.02.	02.12.28.		06.12.26.	88.12.30.		03.12.06.		
전년	988.8	1035	934	-1.8	13.2	-25.6	8.0	50.8	536.7	59.0
		00.09.07.	94.03.09.		04.01.24.	13.08.19.		03.02.25.		

Appendix 2. 세종기지 극값 순위 (1~5위 /1988년~2017년 11월)

순위 구분			1위	2위	3위	4위	5위
			기온	일최고 기온	기온	13.2	12.4
날짜	2004-01-24	2016-01-01			1999-01-11	2002-02-01	1992-01-23
일최저 기온	기온	-25.6		-25.2	-25.1	-24.6	-24.4
	날짜	1994-07-24		1994-07-25	1995-07-22	2002-06-15	1991-08-05
풍속	일평균 풍속	풍속	25.0	24.8	23.9	22.2	22.0
		날짜	1988-01-15	2002-10-10	1991-09-11	1992-05-31	2003-07-07
	일최대 순간풍속	풍속	51.9	50.8	50.7	50.0	49.5
		날짜	2014-07-01	2013-08-19	2014-06-30	2008-04-20	2003-08-16
강수 량	일강수량	강수	59.0	58.0	57.0	55.2	53.7
		날짜	2003-02-25	2003-03-06	2013-03-25	1995-08-01	2013-02-15
기압	일최고 기압	기압	1035.0	1034.0	1033.0	1031.0	1031.0
		날짜	2000-09-07	2000-09-08	2000-09-06	2000-07-11	2000-05-29
	일최저 기압	기압	929.0	930.0	934.0	937.0	938.0
		날짜	2015-08-16	2015-08-17	1994-03-09	2004-09-18	2004-09-17

Appendix 3. Monthly wind rose plots of King Sejong Station during Dec. 2016~ Nov. 2017.



Part III.

남극 과학기지 운영 현장 점검





제 9 장

남극 과학기지 운영 현장 점검

제 1 절

장보고과학기지 운영 현장 점검

김 지 희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 본 활동은 극지연구소에서 수행하는 남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링 (PE18190)의 일환으로, 남극장보고과학기지의 현장을 방문하여 기지의 환경관리 현황을 점검하고 기지 주변에 대한 환경 영향의 정도를 조사하였다. 기지 운영 현장 점검은 사전에 작성한 체크리스트를 활용하여 유류관리, 화학물질관리, 에너지 보존, 수자원 보존, 환경보호의정서 관련 분야 등을 포함한 33개 항목에 대해 실시하였다. 현장 점검과 5차 월동연구대 면담을 통해 진행하였으며, 대부분의 항목에 대해 남극 환경 영향을 최소화할 수 있도록 저감 방안을 이행하고 있었다. 헬리콥터 운항에 사용되는 항공유의 보관 상태는 양호하였으나 헬리패드 주유지점 가까이에 방제키트 보관함 설치가 필요하며, 폐유 보관 드럼의 야외 적재 시 지면과 접촉하지 않도록 조치가 필요하다. 5차 월동연구대에서는 점검 결과에 따라 현장에서 조치 가능한 사항을 이행하였고, 추가 보급품이 필요한 경우는 연구소 기지지원팀에 의뢰하기로 하였다. 현장 점검과 월동대원과의 면담을 통해 기지 운영에 대한 월동연구대의 환경 의식을 제고할 수 있었으며 환경 영향 저감 조치의 현장 이행에 대한 애로 사항 등을 파악할 수 있었다.

1. 서론

남극에서 이루어지는 기지 운영과 연구 활동을 포함한 모든 활동은 ‘남극조약 환경 보호 의정서’에 기반 한 국내법인 ‘남극활동 및 환경보호에 관한 법률’ 및 동법시행령에 따라 활동으로 인해 발생할 수 있는 환경영향에 대한 사전 영향평가 수행의무와 활동 시, 활동 이후 정기적인 모니터링과 그 결과에 대한 보고를 수행할 의무가 있다. 장보고 과학기지의 현장 점검은 기지 운영자로서 모니터링의 의무를 다하기 위하여 극지연구소에서 수행하고 있는 ‘남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링’ 과제의 일환으로 진행되었다.

기지 운영 현장 점검의 목적은 기지 운영으로 인한 환경 영향 최소화를 위해 설정한 환경 영향 저감 조치들이 현장에서 효력을 발휘하고 있는지를 점검하고, 현장 적용 시의 문제점, 개선 방안 등을 기지를 직접 운영하고 있는 월동대원과 협력하여 도출해 내는 데 목적이 있다.

상기의 목적을 달성하기 위하여 구체적인 점검 체크리스트가 요구되어, 남극 조약 당사국들이 타 당사국이 운영하는 기지 및 시설을 사찰할 때 사용하고 있는 사찰 체크리스트(Resolution 3, 2010)를 참고하여 기지 주변 환경관리 및 환경보호의정서 관련 문제에 중점을 두어 9개 분야, 33개 항목으로 작성되었다. 구체적으로 유류관리 분야 6개 항목, 화학물질관리 2개 항목, 에너지 보존 1개 항목, 수자원 보존 2개 항목, 환경보호 의정서 관련 사항 22개 항목으로 구성된다.

세종과학기지와 장보고과학기지에서 기지 운영 점검 체크리스트를 활용하여 기지 시설 및 주변 환경의 관리 현황을 스스로 점검함으로써 남극 환경보존을 적극적으로 실천하는 계기가 될 것으로 기대된다. 또한 기지 운영 점검 결과를 검토하고 적극적으로 피드백하여 남극 활동으로 인한 영향을 최소화 하는 노력은 지속가능한 남극 인프라 운영 전략일 뿐만 아니라 이를 통해 남극조약협약당사국으로서의 의무를 다하여 주요 당사국으로 자리매김할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 조사 방법

가. 조사 항목 및 세부 지역

기지 운영 현장 조사 항목은 기지 유류 저장소 및 연료 급유 지를 대상으로 유류 관리 현황을 점검하고, 기지에서 이행하고 있는 에너지 보존을 위한 조치 및 수자원 보존 조치 등을 점검 하였으며, 환경보호 의정서 관련 사항으로 환경영향평가, 동식물상 보존 조치, 폐기물 관리 점검, 외래종 유입 방지를 위한 온실 관리 현황 및 기지 주변

○ 환경보호 의정서 관련 사항 점검

1) 환경영향평가

- 기지기반 및 인근지역의 허가받은 남극활동 계획과 환경영향평가서의 비치 및 파악여부
- 환경영향평가 위반 사례

2) 동식물상 보존

- 식물상 분포 지역에서의 차량 운행 여부
- 남극 동식물상에 대한 영향 최소화를 위한 기지 방문자 안내 여부
- 음식물쓰레기의 관리 상태 (스쿠아의 잔반섭취 방지)

3) 폐기물 관리

- 기지 발생 폐기물 관리 현황 (일반 및 유해성 폐기물 보관 현황)
- 음식물쓰레기 발생량 및 발생 저감 방안

4) 외래종 유입 방지를 위한 온실관리 현황

- 관리지침 숙지 및 이행 여부
- 외래종 유입 사례 및 모니터링 현황

5) 기지 주변 보호구역 활동 관리

- 기지 주변 보호구역의 파악 및 지도 비치 여부
- 해당 시즌 특별보호구역 출입 허가 현황 및 방문자의 출입허가서와 방문목적 파악여부
- 위반사례

나. 현장 점검 방법

현장 점검을 위해 기지 운영 현황 점검 체크리스트(Appendix)를 활용하였으며, 기지 시설 등을 방문 점검하고 이를 관리하고 있는 월동대원과 기지 대장 및 총무와 면담 하였다.

기지 주변 지역 유류 오염 물질 조사의 경우, 기지 운영시 유류 유출 위험에 노출되기 쉬운 지역을 중심으로 오염 물질 조사하였다. 유류 유출 모니터링을 위한 휴대용 장비를 활용하여 현장에서 VOCs (Volatile Organic Compounds)를 측정하고 유출이 의심되는 토양은 기지내 실험실에서 PetroFLAG 키트를 사용하여 TPH(Total Petroleum Hydrocarbon)의 함량을 조사하였다. 현장에서 사용한 휴대용 장비는 Fig. 9-2에 제시하였다.



Fig. 9-2. Portable oil spill detecting equipment. PetroFLAG Kit (left) to detect TPH and minRAE 3000 (right) to detect VOCs.

3. 결과 및 고찰

가. 유류 관리

장보고기지에서 연료 보관 탱크의 관리는 주 1회 순찰을 통한 현장 점검과 유지반 사무실의 모니터로 유류 탱크의 유량 모니터링과 일 사용량을 기록하고 있어 탱크나 벨브 파손으로 인한 대량 유출시 즉각 감지할 수 있다. 또한 유류 이송 배관이 노출된 구간에는 수시로 점검하고 있으나 이번 시즌에는 강설량이 많아 점검을 하고 못하고 있다. 해빙 후 점검할 계획이다. 장보고기지의 연료유를 보관하고 있는 저장 탱크는 스테인레스 제질의 이중벽구조로 유출 가능성이 매우 낮지만 최악의 상황을 대비하여 탱크 주변에는 유출 방지턱이 설치되어있다. 그러나 강설로 인하여 방지턱 내부에 눈이 쌓여있어 유출 시 방지턱의 기능을 수행할 수 없을 것으로 보인다(Fig. 9-3). 월동대는 기상이 호전되어 안전이 확보된 이후 방지턱에 쌓인 눈을 제거하기로 하였다.



Fig. 9-3. Oil spill bund at Jang Bogo Station filled with snow due to heavy fall in 2017/18 season.

항공유와 휘발유 등은 별도의 소형 저장 탱크에 보관되어 있으며, 항공유는 200ℓ 드럼과 25,000ℓ 용량의 ISO 탱크에 보관되어 있다. 드럼에 보관된 항공유는 주로 기지에서 먼 거리에 있는 현장 캠프용으로 사용되며, 기지 운영을 위한 헬리콥터 운항을 위해 ISO 탱크의 항공유를 서비스 탱크를 통해 주유한다. 본관동 앞에 위치한 헬리패드에서 ISO 탱크와 서비스 탱크가 위치해 있으며, 주유시 호스에 남아있는 유류 잔량을 회수하기 위해 드럼을 준비해 두고 있다(Fig 9-4). 그러나 주입구에 묻어있는 소량의 유류를 닦아낼 수 있는 흡착포와 같은 방제키트 보관함이 없어 설치가 필요하다.



Fig. 9-4. ISO aviation fuel tank and service tank near by empty fuel drum to recover remaining fuel in the hose at Helipad.

기지에서 운영하고 있는 설비와 차량 주유시 연료 누출 사례는 없는 것으로 조사되었고 실내에서 윤활유 등을 취급하는 발전동과 정비동에서 정비과정에서 흘러나오게 되는 소량의 유류관리가 잘 이루어지고 있었다(Fig. 9-5).



Fig. 9-5. Oil spill management in the power plant.

기지에서 반출하기 전 야외에서 보관하고 있는 폐유는 주로 200ℓ 드럼에 보관하거나 항공유의 경우 프레임이 있는 1톤 탱크에 보관하고 있다. 유류 용기 보관시에는 유출시 즉각 감지하고 토양 오염을 방지할 수 있도록 지면과 분리하여 방지 트레이 등을 설

치할 필요가 있다(Fig. 9-6).



Fig. 9-6. Waste fuel storage status at Jang Bogo Station. Waste oil drums (left) and waste aviation fuel storage containers (right) at outside.

한편 헬리패드 서비스 탱크 주변에서도 누출된 연료가 검출되지 않았다. 그러나 헬리패드 중앙부근에서 매우 좁은 면적이지만 유류 얼룩(직경 약 60 cm)을 발견하였다(Fig. 9-7). 현장에서 VOCs를 검사한 결과 휘발성유기탄소는 검출되지 않았으나 토양 분석 결과 TPH의 농도가 2,877 ppm으로 검출되었다(Fig.9-8). 이는 국내 토양오염우려 기준(부록 7 참조)의 3지역 기준을 웃도는 수준으로 주의가 필요하다. 2018/19 하계 시즌에 기지 운영 점검 시 농도변화를 검사할 계획이다.



Fig. 9-7. Oil spill spot near helipad. VOCs check with miniRAE and soil sampling.

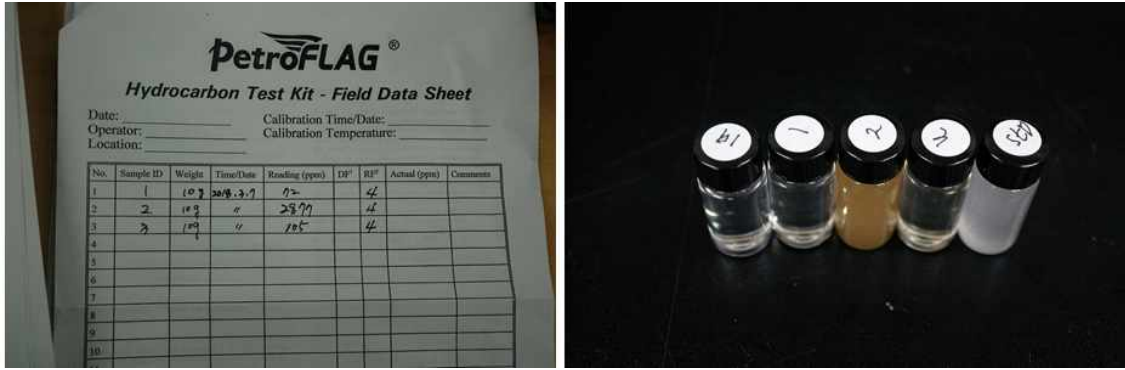


Fig. 9-8. TPH test results of oil contaminated soil at the laboratory in Jang Bogo Station.

나. 화학 물질 관리

기지운영 시설과 실험실에서 사용하고 있는 화학물질 누출 및 유출에 대비하여 지정된 장소에서 보관과 사용이 이루어지고 있으며, 실험실 시약의 경우 시약장에 보관하고 있다. 그러나 액체 시약류의 경우 위쪽 선반에 있는 경우가 있어 위험성이 있어 아래쪽에 보관하도록 권고하였다. 또한 실험실에서 나오는 실험폐액은 별도의 20리터 플라스틱 통에 보관하였다가 폐기물 반출시 남극외부로 반출하고 있으나 실험실내에서 보관할 경우 플라스틱 통을 트레이 안에 넣어 폐액을 다룰 때 유출되지 않도록 주의가 필요하다. 또한 생물해양연구실에서 화학물질을 주로 사용하고 있으므로 화학물질유출시 신속히 대응할 수 있는 화학물질유출 방제키트의 비치가 요구된다.

다. 에너지 및 수자원 보존

기지 운영을 위한 전력 소모 절감을 위해 기지에서는 수시로 안내하고 있으며 발전기의 병렬운전을 피하고자 노력하고 있다. 그러나 밤늦은 시간 기지내 복도와 화장실의 조명이 켜져 있는 경우가 자주 있어 주의가 필요하다. 또한 연구자들이 연구실을 장시간 비울 때에도 조명 전원을 꺼서 작은 전력 부하량 초과로 인해 병렬운전으로 자동 전환되는 것을 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

장보고기지의 생활 용수는 100% 담수화기를 가동하여 공급하고 있으므로 에너지 보존 차원에서도 절수 습관이 요구된다. 월동대는 하계활동인원 도착 시 절수에 대하여 자세한 공지를 하고 있으며 소형세탁기 사용으로 절수에 힘쓰고 있다.

라. 환경보호 의정서 관련 사항

2017/18 시즌에 이루어지는 모든 활동에 대한 환경영향평가서와 남극활동계획서가 기지에 비치되어있으며, 기지 운영자(대장, 총무)는 예비영향평가를 수행한 활동내용에

대하여 대체로 숙지하고 있으며, 초기환경영향평가를 수행한 활동 1건에 대해 숙지하고 있었고 알려진 환경영향평가 위반 사례는 없었다.

동식물상 보존을 위해 육상 야외 활동인원이 통신실에 활동을 보고하는 시점에서 표시를 위한 돌탑 조성 방지와 정해진 루트로 차량 운항 등을 당부하고 있다. 월동대 운영을 위하여 운행하는 설상차 등은 눈위 또는 정해진 루트로 운항하고 있다.

기지의 폐기물은 종이, 플라스틱, 캔, 병, 일반 쓰레기로 구분하고 나무박스에 팩킹하여 반출 전까지 컨테이너에 보관된다. 폐기물의 처리와 보관은 대체로 잘 이루어지고 있으나 기지 내 일반 쓰레기 함에 가끔 플라스틱 봉지와 우유팩이 섞여 있어 주의가 필요하다. 신선식품의 경우 보급 당시 신선도가 떨어져 업체류의 경우 50% 정도가 폐기물로 버려지고 있으며, 월동대에서도 건의 한 바와 같이 보급전 현장 검수가 좀 더 잘 이루어져 신선도가 높은 식품이 보급된다면 음식물쓰레기를 줄일 수 있을 것으로 본다.

온실을 통한 외래종 유입을 방지하기 위하여 온실관리 지침에 따라 운영되고 있으며 온실관리자를 지정하여 운영하고 있다. 하계에 보급된 상토가 톱토기류로 오염되어 온실 가동을 중단한 바 있으며, 배관을 포함한 전면적인 청소와 소독 후 가동을 재개하였다. 지속적인 모니터링을 위해 온실내에 자외선 포충기와 끈끈이를 설치하였으며, 현재까지 외래종은 발견되지 않고 있다(Fig. 9-9). 상토 보급 시 원산지와 멸균 상태 확인이 필요하며, 모니터링팀이 협조하여 멸균상태를 확인할 계획이다.

기지 주변의 남극 특별보호구역의 관리계획서가 기지에 비치되어있었다. 또한 연구팀 활동 반경내 ASPA, ASMA, HSMs위치는 숙지하고 있으나 해당 위치가 표시된 지도가 없어 각 보호구역이 표시된 지도를 제작하여 기지 통신실에 부착할 예정이다. ASPA 지역 활동을 위해 허가받은 활동은 6건이며 허가서 없이 들어가거나 관리계획 위반사항은 발견되지 않았다.



Fig, 9-9. Hydroponic facility management. Measures for non-native species monitoring.

4. 제 언

장보고기지의 운영으로 인한 환경오염 요인 및 현장 환경관리 실태를 체크리스트와 5차 월동대의 각 분야 담당자를 대상으로 면담하여 현장실사를 실시한 결과 환경보호의정서와 그 부속서, 그리고 국내법에서 요구하는 사항들을 대체로 준수하고 있었다.

월동연구대와 함께 현장실사를 실시하여 현장에서 공감하고 즉시 개선할 수 있는 부분에 대해서 개선하였고, 기지 모니터링팀에서 제시해온 환경영향저감 방안의 현장 적용 시 실효성에 대해 월동대원들과 함께 하여 현장 적용 가능한 조치로 변경할 수 있을 것으로 판단된다. 기지 운영 점검 체크리스트에서 제안한 바와 같이 연구소(기지지원팀)과 모니터링팀에서 지원해야 할 업무, 월동대에서 개선하고 이행하여야 할 사항들을 논의하여 꾸준한 기지 운영 개선노력이 필요하다. 또한 주기적 또는 매년 기지 현장 점검을 실시하고 지속적인 개선을 통해 지속가능한 남극 인프라 운영이 가능하리라 본다.



Jang Bogo Antarctic Research Station operation site check

Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

This activity was carried out during 2017/18 season as a part of 'Monitoring on indicators of environmental and ecological contamination generated by Antarctic research station operation' supported by KORRI (PE18190) at Jang Bogo Station. The environmental management status at the station were surveyed with 'Operation checklist for Korean Antarctic Research Stations regarding the conservation of the Antarctic environment v.1' which was prepared by monitoring team. The checklist include 9 categories (such as fuel management, hazardous chemical management, energy and water conservation, and matters related to the Protocol on Environmental Protection which is composed of 33 inspection items. On-site inspection and interview with the 5th overwintering team were carried out, and most of the items have been implemented mitigation measures to minimize the environmental impact of Antarctic environment. However the aviation fuel used for helicopters service was stored in good condition, the emergency spilling kit must be installed near the fueling point and, measures are needed to take to avoid contact with the ground when the waste fuel storage drum is loaded outdoors. According to the result of the inspection, the 5th over-wintering team institute implements the measures that can be taken on-site, and if additional supplies are needed, it is decided to request the station support team of KOPRI.



Appendix. 남극 장보고기지 운영 체크리스트 점검 결과

구분	점검 항목	점검 결과 및 현장 건의 사항	재언 및 조치
유류관리	1. 연료 보관 탱크의 모니터링 방법 및 주기? (연료 유출 감시를 위해 주기적 모니터링 필요)	- 주 1회 순찰을 통한 현장 점검 - 모니터로 유류탱크 유량 모니터링 - 1일 사용량 기록	- 기상 여건과 안전을 고려하여 가능한 bund내에 쌓인 눈 제거 필요. 적어도 쌓인 눈이 밖으로 연결되어 유류유출시 연결 통로를 만들지 않도록 관리가 필요함
	2. 연료 파이프라인 점검 위치 및 주기?	- 파이프가 노출된 기간에는 수시 점검 - 5차 하계기간에는 눈이 많이 와서 전구간 점검 불가	해빙 이후 점검 요망
	3. 소규모 연료 드럼 및 윤활유의 보관 상태	- 항공유는 ISO유류컨테이너에 보관 - 주유시 서비스탱크 이용 - 휘발유 보관소 지정랙에 보관, 강설로 덮여있음(휘발유사용량은 연 2-3 드럼 정도로 소량), 눈으로 덮여있어 점검 불가	해빙 이후 점검 요망
	4. 연료 급유 시 소량의 유출이라도 방지할 수 있는 조치를 취하고 있는가? (트레이, 흡착포 등의 활용)	- 차량에 흡착포 비치하고 있음 - 아라온 유류보급 시 파이프 연결부에 트레이 및 흡착포로 유출 예방함 - 유류 보급 시 아라온에서 호스에 남은 유류를 완전히 펌핑(제거)하지 않아 월동대에서 제거하는데 어려움이 많았으므로 시정바람	- 헬리 주유지점에 방재키트 비치 필요 (조치 예정). 해당 설비(방재키트보관함) 보급이 필요할 수 있으므로 지원팀과 기지간 논의 필요
	5. 유류 유출시 방재에 활용할 수 있는 자원의 종류와 양은 어느 정도 확보하고 있는가? (흡착포, 흡착물질, 붐, 방수포 등)	- 총 360 평방미터를 커버할 수 있는 흡착포 보유	- 흡착포는 소량 유출시 효과적이거나 200리터 이상 유출을 대비하여 유류흐름을 방지하기 위한 붐 등이 필요할 것으로 보임. 지원팀 정기 보급시 보급 요망
	6. 현 월동기간 동안 기지 또는 주변에	- 월동대가 운영하는 설비나 주유 중에는	- 헬리패드 인근 방재키트함 설치하고

	서 유류가 유출된 적이 있는지? 있으면 그 종류와 양, 위치는? 기지에 유류유출보고가 되었는지?	<p>누출 사례 없었음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 헬리패드 서비스탱크 가까이에서 주유시에는 주유 후 호스에 남아있는 유류를 받을 수 있는 여분의 드럼이 있어 마지막 몇 방울 정도가 유출 된 것으로 보이나 서비스탱크에서 멀리 있는 지점(패드 중간)에서 주유할 경우 더 많은 양이 유출된 것으로 보임 (사진) - 토양 TPH 검사 결과, 헬리패드 서비스탱크 주변에서 70~100 ppm의 TPH 검출, 헬리패드 중간 부분에 매우 좁은 면적(직경 50~60 cm)이기는 하나 높은 농도(약 2000 ppm)검출 	<p>헬리콥터 관계자에게 주의 및 키트 활용하도록 안내가 필요함</p> <ul style="list-style-type: none"> - 패드 중간지점에서 주유시 흡착포 사용 필수
화학물질관리	7. 기지운영시설 (정비동, 기계동, 발전동)과 실험실에서 사용하는 화학물질은 누출 및 유출에 대비하여 적절히 관리, 사용되고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 발전동, 정비동내에서만 사용 - 연구동 원치실에 위치한 시약장에 보관 및 관리하고 있음. 액체시약류가 위쪽 선반에 있는 경우가 있어 위험성이 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 액체 시약류는 아래쪽 선반에 보관하여 위험성 저감 필요
	8. 누출 및 유출시 대응 방안은 무엇이며, 모든 사용자가 즉각 대응할 수 있도록 준비되어있고 정보가 공유되고 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 발전동, 정비동내에서 주로 윤활유 등 사용하며 흡착포 비치됨 - 생명해양연구실에 화학물품 유출키트가 비치되어있지 않음 	<ul style="list-style-type: none"> - 실험실 안전관리를 위해 연구소 시설 보안팀 및 지원팀과 논의하여 유출키트 비치 필요 - 시약류에 대한 MSDS (물질안전자료)비치 필요 (생물연구원이 출력하여 비치 예정)
에너지보존	9. 전력 소모 절감을 위해 필요한 조치는 충분한가? 불필요한 전력사용은 없는지? (사람이 없는 방에 전등, 히터 등의 켜져 있는 경우, PC, 실험장비 등)	<ul style="list-style-type: none"> - 전력 소모 절감을 위해 수시로 안내하고 있음. 2대 병렬 발전을 가능한 피하려고 노력하고 있음 - 월동대와 하계대팀이 대체로 잘 지키고 있으나, 밤늦은 시간 기지내 복도와 화장 	<ul style="list-style-type: none"> - 식당의 경우 환기를 위해 가끔 창을 열어주는 것은 필요하지만 환기 후 닫아 줄 것. 환기 이외에 식당 기온 조절을 위해서는 창문을 열지 말고 라지에이터를 줄이기를 바람

		<p>실의 조명이 켜져 있는 경우가 있었음</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2017/18시즌초에는 공조기 2대 가동으로 실내온도가 높았다고함(약 27도) - 2018년 3월 현재 침실온도는 18~20도로 적정수준임 (방문을 조금 열어두면 식당의 열기가 들어와 20도를 유지할 수 있음) - 숙소동 가장자리 침실은 출입문틈으로 찬바람이 들어와 외풍이 많고 실내온도가 낮음. 출입문에 얇은 우레탄문풍지 테이프 시공 제안이 있었음 	<ul style="list-style-type: none"> - 연구실 퇴실시(중간에 긴시간 퇴실 포함) 조명 전원 끄기 - 하계팀의 경우 침실온도가 춥게 느껴졌으나 이불솜을 넣은 후 수면에 문제가 없었으므로 차후 추위를 호소하는 경우 사용하면 좋을 것임(월동대원은 환경적응? 완료로 사용하고 있지 않음) - 우레탄 문풍지 보급 및 시공 필요
수 자 원 보 존	10. 남극에서의 용수는 에너지와 동일하게 가능한 보존해야할 자원이다. 기지에서 절수 방법은 어떤 것들이 있으며 잘 이행되고 있는가?	- 소량 세탁기 활용하여 용수 절약	
	11. 월동대에서 기지 방문자에게 절수 및 그 방법에 대해 적극적으로 협조를 구하고 있는가?	- 기지 방문 첫날 용수 공급의 어려움과 절약필요성에 대해 잘 안내하고 있음	
환경보호의정서 관련 사항			
환 경 영 향 평 가	12. 이번 시즌 기지인근 및 기지를 기반으로 이루어지는 활동을 위해 허가받은 남극활동계획서와 환경영향평가서의 사본이 기지에 비치되어있는가?	- 대장실에 비치되어 있으며, 관련 전자파일은 총무가 관리중	
	13. 기지대장 (남극감독관으로서)은 이번 시즌 해당 남극활동과 그 환경영향평가에 대해 파악하고 있는가? (특히 IEE 수준의 환경영향평가를 제출한 활동에 대한 파악 필요)	<ul style="list-style-type: none"> - 기지기반 각 연구팀의 남극 활동 계획을 파악하고 있음 - IEE 1건(K-route 사업관련) 에 대해 숙지하고 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 연구소에서 IEE를 수행하는 경우는 드물고 특별한 경우이므로 해당 연구팀의 기지 도착 후, 제출된 환경영향평가서를 확인하고, 평가서에 맞게 활동을 수행하도록 당부 요망

	<p>14. 현재까지 발생한(보고되거나 목격한) 환경영향평가 위반사항은? 예, IEE의 경우 활동규모 초과, 저감방안 불이행 등. 환경영향평가 없이 활동을 수행한 경우</p>	<p>- 알려진 위반 사례없음</p>	
<p>동물 식물 상 보 존</p>	<p>15. 남극식물상을 보존하기 위해 기지 운영과 남극 활동시 식생지역에서 차량운행을 하지않도록 강력히 권고하고 있다. 식물상이 있는 지역으로 차량운행을 하고 있는가? 차량운행을 한 적이 있거나 하고 있다면 피치 못할 사유는 무엇인가?</p>	<p>- 육상 야외활동 출발전 통신대원이 주의사항 공지 (돌탑 등을 만들지 말 것) - 기지주변이 눈으로 덮여있어 식물상으로 운행할 우려가 없었고, 정해진 루트로 이동</p>	
	<p>16. 기지 방문자에게 기지 주변 남극동물과 식물상에 대한 영향을 최소화하도록 주지시키고 있는가? (예, 스쿠아 먹이주기 금지, 가능한 식생을 밟지말고 한 줄로 이동 등) 기지에서 발생하는 음식물쓰레기는 잘 관리되고 있는가?</p>	<p>- 방문 첫날 공지 - 잔반통의 덮개가 없는 상태로 기지 입구에 잠시 있었던 적이 있었음 (장보고기지 인근 서식 스쿠아는 아직까지 기지가까이 접근하고 있지않아 섭식의 우려는 거의 없으나 향후 익숙해지면 문제가 될 수 있음)</p>	<p>- 눈이 녹는 시기와 스쿠아가 많은 번식기에는 더 강조할 필요 있음 - 잔반통 덮개는 월동대에서 즉각 조치 함</p>
<p>폐 기 물 관 리</p>	<p>17. 기지에서 발생한 폐기물은 어떻게 구분하고 있는가? (분리수거하고 있는 일반폐기물의 종류와 지정폐기물의 종류를 구체적으로)</p>	<p>일반폐기물 - 종이, 플라스틱, 캔, 병, 일반쓰레기로 구분하고 나무박스에 팩킹하여 컨테이너에 보관 지정폐기물 - 의료폐기물 수거용 봉투에 따로 수거 - 폐유: 드럼통에 넣어 발전동 저장소에 보관하였다가 외부 지정장소에 적재, 컨테이너로 반출</p>	<p>- 폐기물 처리와 보관은 대체로 잘 관리되고 있음 - 기지내 일반쓰레기함에 가끔 플라스틱 봉지(과자봉지)와 테트라팩이 섞여 있는 경우가 있으므로 주의 요망 - 폐유 보관 드럼을 야외에 적재할 때 지면과 접촉하지 않도록 받침대 등에 올려 보관 제안함 (월동대에서 제작하여 보완 예정)</p>

	- 페드럼통, 운할유통은 발전동과 정비동의 지정장소에 별도 보관 후 야외 적재 또는 컨테이너 보관	
18. 음식물쓰레기는 어느 정도 발생하는가? (1주일 또는 일별 발생량(kg)/기지체류인원으로 계산= kg/person.day)	- 하계와 동계, 인원에 따라 크게 차이이며, 신선식품보급 시 보급량의 약 40%가 음식물쓰레기가 됨 주방 건의 사항 - 현장 의견에 따르면 대량 보급 시 적절한 검수가 이루어지지 못하여 쓰레기 발생량이 현저히 증가하는 것으로 보고 있음 - 보급시 보다 잘 검수된다면 음식물쓰레기 발생을 현저히 줄일 수 있을 것으로 생각됨 - 특히 업체류(50%가 폐기물로 나감)신선도 확인 및 살균달걀 보급 필수(미살균시 곰팡이 발생). 금번에 살균달걀을 요청하였으나 미살균 달걀이 들어와 70% 알콜로 소독하려고 함 - 진공포장기 도입 필요 (장기간 신선도 유지로 버려지는 양 감소)	- 신선식품의 경우 검수가 중요할 것으로 보임 - 신선식품 장기 보관을 위한 방안 필요 (예, 진공포장기를 활용하여 손질 후 날개 포장하여 보관)
19. 폐기물의 발생량은 주기적으로 기록, 관리하고 있는가?	- 나무 박스 1개 분량 발생시 무게를 기록하고 컨테이너에 적재하고 있음	
20. 소각하고 있는 폐기물은 어떤 종류가 있으며, 소각주기와 1회 소각시 소각량은 어느 정도인가?	- 장보고기지는 소각기가 없음 - 발생 폐기물 전량을 보관하고 반출하는데 어려움이 있으므로 환경친화적 시스템을 검토하여 기지에 도입하기를 건의함 (유지반)	- 유해가스(다이옥신 등)가 발생하지 않는 것으로 알려진 새로운 시스템(예, 중국의 신기지에서 적용 예정인 magnetic pyrolysis furnace)에 대한 조사 후 도입 검토 필요
21. 유해성폐기물 (유류제품, 화학물질,	- 폐유 드럼 지정 장소에 관리	

	드럼, 화학물질용기 등)의 관리는 적절한가?	- 생명해양연구실내에 20리터 플라스틱통에 수거하고 있음	- 연구실에 비치된 수거용 플라스틱통 받침 트레이로 유출 방지 필요 (생물연구원 조치 예정)
	22. 폐기물이 바람이나 스쿠아에 의해 분산되지 않도록 적절한 조치가 이루어지고 있는가?	- 분산되지 않도록 관리 중	
	23. 온실 폐기물은 적절히 처리, 관리되고 있는가? (외래종 유입 방지를 위해 살아있는 식물체나 배양액 및 각종 부산물이 외부에 노출되지 않도록 처리 및 관리 필요)	- 온실 폐기물은 음식물처리기로 가열 분쇄하여 처리함 (일반폐기물(매립용)로 반출 예정) - 양액은 폐기하지 않음 (오염사례 없음)	- 양액 오염이 발생한 경우에 한해 고압 멸균 후 폐기 필요
	24. 기지에서 반출하기 위해 적재되어있는 폐기물의 양과 적재위치 및 보관 방법? 유출 등의 흔적은 없는지 확인 필요	- 일반 폐기물은 나무박스에 표시하여 보관 및 컨테이너 적재 - 유해폐기물은 구분하여 지정장소 적재 후 컨테이너로 반출 - 유출 흔적 없음 (외부의 경우 눈으로 확인 불가)	
온실관리	25. 온실관리자는 지정되어 있으며, 관리지침을 숙지하고 있는가?	- 경험자로 지정되어있고 온실 관리지침을 숙지하고 있음	- 현장인터뷰 결과 온실의 관리와 식물을 키우는데는 상당한 경험과 정성이 필요한 것으로 보이며, 부득이 다음 차대에 무경험자가 담당하게 될 경우에는 인수인계기간이 매우 짧으므로 국내에서 충분한 교육필요
	26. 주기적으로 청소하고 있는가? 청소용에 사용하고 있는 용품 (세제 등)은 어떤 종류인가?	- 보급된 상토가 톱토기에 오염되어있었음 (1차, 2차 때와 다른 상표가 보급됨) - 온실전체, 양액 배관 등을 1% 락스로 전면 청소하고 상토 포장의 표면도 닦아 전량 반출	- 모니터링팀은 반출된 오염 상토를 확인하고 지원팀에서는 구매시 해당 상표를 구매하고 보급전 상표 및 멸균상태 확인(모니터링팀 협조) 요망 - 암면 사용은 최소화하는 것이 바람직

		<ul style="list-style-type: none"> - 암면으로 모든 식물을 키우고 있어 크게 키우기 어려우며 식물 뿌리나 줄기를 지지하는데 한계가 있으므로 멸균된 상토 보급 필요. 암면의 경우 작업자의 건강에도 유해함(암면을 절단하는 과정에서 마스크를 착용함에도 불구하고 분진이 발생하여 가려움증과 호흡기에 영향을 주고 있음) - 펄라이트는 장보고기지 온실 시스템에 맞지 않음 (물을 지속적으로 흐르게 하는 수경재배에 적합) - 보급전에 멸균상태 확인 필요 	할 것으로 보임
	27. 온실에 외래종 (거미, 곤충 등)이나 고유종의 곤충이 유입된 흔적은 없는가?	<ul style="list-style-type: none"> - 보급 상토로 인해 톱토기에 오염되었으나 지난 12월에 오염된 상토 및 식물을 모두 반출함 - 현재 자외선 포충기를 설치하여 모니터링 중이며 현재까지 오염 흔적 없음(생물대원이 1주일 간격으로 점검) - 온실내 포충용 끈끈이 부착 	- 1년 동안 끈끈이를 부착하고 톱토기류 발견시 알콜 고정하여 모니터링팀에 전달 요망
	28. 기지에서 관리하고 있는 남극특별보호구역의 관리계획서는 비치되어있는가? (세종기지, ASPA No 171)	- 비치되어 있음	
보호구역	29. 기지주변 ASPA, ASMA, HSMs의 위치가 표시된 지도는 비치되어있는가? (적어도 우리나라 과학자들이 방문하거나 방문가능성이 있는 보호구역이 표시된 지도 필요. 남극조약 사무국 웹사이트 http://www.ats.aq/e/ep_protected.h)	- 연구팀 활동 반경내 ASPA, ASMA, HSMs 위치는 숙지하고 있으나 표시된 지도는 없는 것으로 보임(4층 통신실 확인)	각 보고 구역이 표시된 지도를 모니터링팀에서 작성하여 각 기지에 전달 예정

	tm 참고)		
30.	기지 주변 ASPA에 출입하고자 하는 방문자의 출입허가서와 출입목적을 기지에서 확인하고 있는가?	- 확인하고 있음	- 허가서 복사 후 지속적으로 기록 보관 필요
31.	이번 시즌 보호구역 출입을 허가 받은 건수는 몇 건인가?	- 6건	
32.	허가서 없이 특별보호구역에 들어간 사례는 있는가? 있다면 구체적으로 기술	없음	
33.	허가받은 사항과 다른 활동을 한 경우는 없는가? 있다면 구체적으로 기술하고 해당 활동이 환경에 부정적인 영향을 미쳤다면 그 사항에 대해 상세히 기술	없음 (파악된 바 없음)	

KOPRI
극지연구소

제 2 절

세종고과학기지 운영 현장 점검

김 상 희, 김 지 희

한국해양과학기술원 부설 극지연구소

요 약 : 본 활동은 극지연구소에서 수행하는 남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링 (PE18190)의 일환으로, 남극세종기지의 현장을 방문하여 기지의 환경관리 현황을 점검하고 기지 주변에 대한 환경 영향의 정도를 조사하였다. 기지 운영 현장 점검은 사전에 작성한 체크리스트를 활용하여 유류관리, 화학물질관리, 에너지 보존, 수자원 보존, 환경보호의정서 관련 분야 등을 포함한 33개 항목에 대해 실시하였다. 현장 점검과 31차 월동연구대 면담을 통해 진행하였으며, 대부분의 항목에 대해 남극 환경 영향을 최소화할 수 있도록 저감 방안을 이행하고 있었다. 그러나 야외에 보관 중인 ISO 유류 탱크에서 유출 흔적이 확인되었고 오염된 토양은 제거하였다. 유류 보관 용기의 야외 적재 시 지면과 접촉하지 않도록 조치가 필요하다. 31차 월동연구대에서는 점검 결과에 따라 현장에서 조치 가능한 사항을 이행하였고, 추가 보급품이 필요한 경우는 연구소 기지지원팀에 의뢰하기로 하였다. 현장 점검과 월동대원과의 면담을 통해 기지 운영에 대한 월동연구대의 환경 의식을 제고할 수 있었으며 환경 영향 저감 조치의 현장 이행에 대한 애로 사항 등을 파악할 수 있었다.

1. 서론

남극에서 이루어지는 기지 운영과 연구 활동을 포함한 모든 활동은 ‘남극조약 환경보호 의정서’에 기반 한 국내법인 ‘남극활동 및 환경보호에 관한 법률’ 및 동법시행령에 따라 활동으로 인해 발생할 수 있는 환경영향에 대한 사전 영향평가 수행의무와 활동 시, 활동 이후 정기적인 모니터링과 그 결과에 대한 보고를 수행할 의무가 있다. 장보고 과학기지의 현장 점검은 기지 운영자로서 모니터링의 의무를 다하기 위하여 극지연구소에서 수행하고 있는 ‘남극 과학기지 운영에 따른 주변 환경 및 생태계 오염 요인 모니터링’ 과제의 일환으로 진행되었다.

기지 운영 현장 점검의 목적은 기지 운영으로 인한 환경 영향 최소화를 위해 설정한 환경 영향 저감 조치들이 현장에서 효력을 발휘하고 있는지를 점검하고, 현장 적용 시의 문제점, 개선 방안 등을 기지를 직접 운영하고 있는 월동대원과 협력하여 도출해 내는 데 목적이 있다.

상기의 목적을 달성하기 위하여 구체적인 점검 체크리스트가 요구되어, 남극 조약 당사국들이 타 당사국이 운영하는 기지 및 시설을 사찰할 때 사용하고 있는 사찰 체크리스트(Resolution 3, 2010)를 참고하여 기지 주변 환경관리 및 환경보호의정서 관련 문제에 중점을 두어 9개 분야, 33개 항목으로 작성되었다. 구체적으로 유류관리 분야 6개 항목, 화학물질관리 2개 항목, 에너지 보존 1개 항목, 수자원 보존 2개 항목, 환경보호 의정서 관련 사항 22개 항목으로 구성된다.

세종과학기지와 장보고과학기지에서 기지 운영 점검 체크리스트를 활용하여 기지 시설 및 주변 환경의 관리 현황을 스스로 점검함으로써 남극 환경보존을 적극적으로 실천하는 계기가 될 것으로 기대된다. 또한 기지 운영 점검 결과를 검토하고 적극적으로 피드백하여 남극 활동으로 인한 영향을 최소화 하는 노력은 지속가능한 남극 인프라 운영 전략일 뿐만 아니라 이를 통해 남극조약협약당사국으로서의 의무를 다하여 주요 당사국으로 자리매김할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 조사 방법

가. 조사 항목 및 세부지역

기지 운영 현장 조사 항목은 기지 유류 저장소 및 연료 급유 지를 대상으로 유류 관리 현황을 점검하고, 기지에서 이행하고 있는 에너지 보존을 위한 조치 및 수자원 보존 조치 등을 점검 하였으며, 환경보호 의정서 관련 사항으로 환경영향평가, 동식물상 보존 조치, 폐기물 관리 점검, 외래종 유입 방지를 위한 온실 관리 현황 및 기지 주변

보호구역 활동 관리 등에 대해 점검하였다. 현장 점검 지역은 세종기지와 주변 지역으로 Fig. 9-10과 같다. 분야별 점검 내용은 9장 1절의 장보고기지의 내용과 같다.

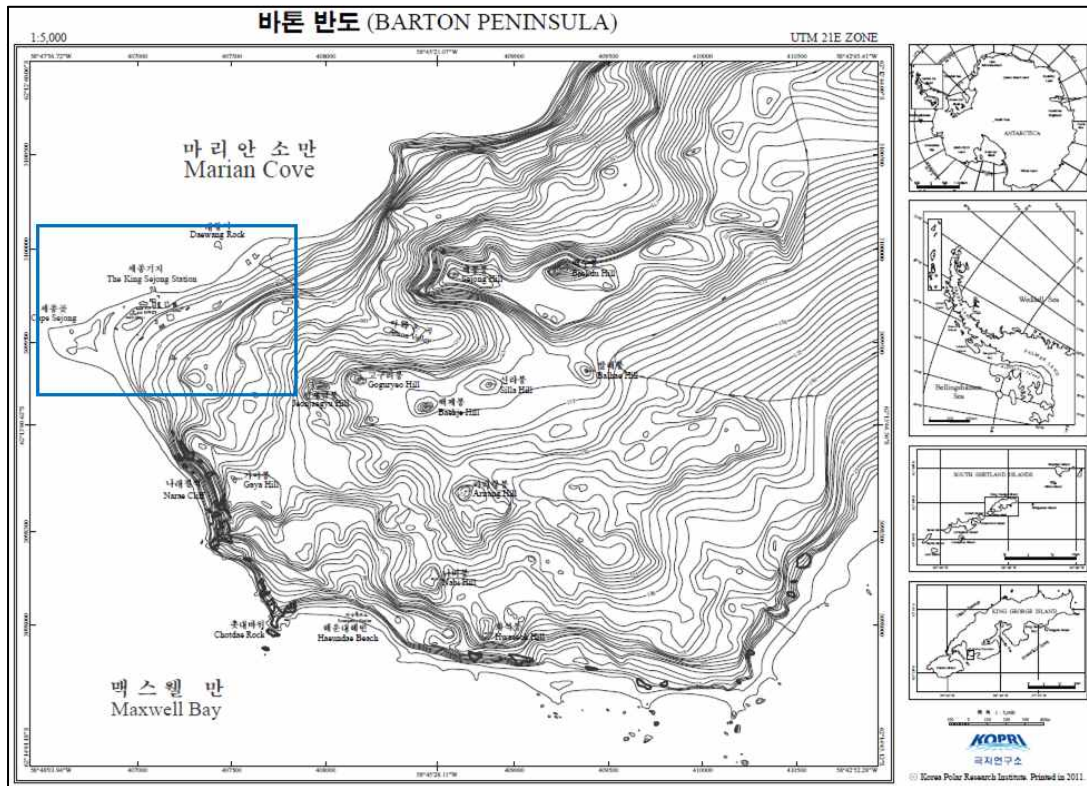


Fig. 9-10. Map around King Sejong Station and survey area (blue box).

나. 현장 점검 방법

현장 점검을 위해 기지 운영 현황 점검 체크리스트를 활용하였으며, 기지 시설 등을 방문 점검하고 이를 관리하고 있는 월동대원과 기지 대장 및 총무와 면담 하였다. 체크리스트와 구체적인 점검결과는 Appendix로 본 절의 마지막에 추가하였다.

기지 주변 지역 유류 오염 물질 조사의 경우, 기지 운영시 유류 유출 위험에 노출되기 쉬운 지역을 중심으로 오염 물질 조사하였다. 기지 운영 시설 주변에서 유출이 의심되는 7지역을 선정하여 토양을 채취하였고, 채취한 토양은 기지내 실험실에서 PetroFLAG 키트를 사용하여 TPH(Total Petroleum Hydrocarbon)의 함량을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 유류 관리

세종기지에서 연료 보관 탱크의 관리는 월 2회 순찰을 통해 점검하고 매일 자동 제어상의 레벨을 모니터링 하고 있다. 또한 유류 이송 배관은 주1회 육안 검사로 유출 여부를 파악하고 있다. 세종기지의 연료유를 보관하고 있는 저장 탱크는 2016/17 하계시즌에 이루어진 기지 증개축 공사 시 스테인레스 제질의 이중벽구조의 안전성이 강화된 유류 탱크로 교체되었으며 방지턱내에 설치되었다. 방지턱 내에 눈이 쌓이지 않도록 주기적인 제설작업이 필요하다.

중장비에 사용하는 경유와 고무보트용 휘발유 등은 별도의 소형 저장 탱크에 보관되어 있으며, 중장비용 경유는 25,000ℓ 용량의 ISO 탱크로 옮겨 부두 인근에서 주유시 사용하고 있었다. 기지에 흡착포와 유처리제, 오일 붐은 갖추고 있으나 부두 인근의 ISO 탱크 주변에는 비치되어있지 않아 유출 시 대응에 어려움이 있다(Fig. 9-11) 폐유는 드 플라스틱 드럼을 이용하여 보관 중이었으며 윤활유는 발전동과 중장비 내부의 지정된 장소에 보관하였다.



Fig. 9-11. Diesel fuel tank on ground surface (left) and waste fuel in drums at outside.

기지에서 운영하고 있는 설비와 차량 주유시 연료 누출 사례는 없는 것으로 조사되었으나 유류 오염이 의심된 지역인 7개 지역에서 토양을 채취하여 오염도를 조사하였다 (Fig.9-12). 그 중 소각장 주변, 폐자재 적재장, 부두옆 ISO 탱크 주변에서 유류 유출이 있었던 것으로 보이나, 2018년 31차대 운영기간에 유출된 것인지 이전 차대에서 유출된 것인지는 구분하기 어렵다. 오염된 토양은 제거하는 등 방제 작업을 실시하였다. ISO 탱크 주유구 아래에 트레이 등을 설치 등과 같은 유출 방지조치가 시급하다.



Fig. 9-12. Fuel spill from ISO tank valve (left) and collected soil samples.

토양 분석 결과 TPH의 농도가 70~9,820 ppm으로 검출되었다(Fig. 9-13). ISO 탱크 주변의 토양은 샘플의 기준용량의 1/4을 사용하여 실험하였으므로 검출된 용량에 4배를 하였다. 이는 국내 토양오염우려 기준(부록 7 참조)의 3지역 기준을 크게 웃도는 수준으로 지속적인 모니터링과 필요 시 추가적인 복구 계획 수립과 이행이 필요하다.



Fig. 9-13. TPH test results of oil contaminated soil at the laboratory in King Sejong Station.

나. 화학 물질 관리

기지의 실험실에서 사용하고 있는 산류, 포르말린 등의 위험 시약은 흡 후드를 사용하여 보관하고 있으며, 사용 후 폐기시 유기용매/무기용매/산/염기로 구분하여 부두 옆 해양 생물 실험을 위한 돛에 보관하고 있다. 보관시 유출에 대비하여 시약 폐기물 용기를 트레이 안에 보관할 필요가 있다. 또한 연구실에서 화학물질을 주로 사용하고 있으므로 화학물질유출시 신속히 대응할 수 있는 화학물질유출 방제키트의 비치가 요구된다.

다. 에너지 및 수자원 보존

기지 운영을 위한 전력 소모 절감을 위해 기지에서는 입남극 시 안내하고 있으나 하계 연구동 숙소 창문을 환기를 위해 열어두고 조사를 나가는 일이 빈번하게 관찰되었다. 또한 비어있는 관측동에 조명이 켜져 있는 경우가 간혹 있어 시정이 요구된다. 관측동 출입문에 퇴실시 또는 장시간 이석시 주의 사항을 부착하여 공지하는 것도 필요하다.

세종기지의 생활용수는 하계 기간에는 용설수를 담아놓은 인공호의 담수로 공급하고 담수호가 결빙되는 겨울기간 동안은 담수화기를 가동하여 공급하고 있으므로 에너지 보존 차원에서도 절수 습관이 요구된다. 월동대는 하계활동인원 도착 시 절수에 대하여 자세한 공지를 하고 있으나 잦은 소량 세탁으로 용수 사용량이 증가하는 것으로 보인다. 따라서 소형세탁기의 보급과 과도한 세탁 자제가 요구된다.

라. 환경보호의정서 관련 사항

2017/18 시즌에 이루어지는 대부분의 활동에 대한 환경영향평가서와 남극활동계획서가 기지에 비치되어있으며, 기지 운영자(대장, 총무)는 예비영향평가를 수행한 활동내용에 대하여 대체로 숙지하고 있으나, 초기환경영향평가를 수행한 활동 1건에 대해 환경영향평가서를 갖추고 있지 못하였다. 해당 활동은 2016/17시즌에 시작하여 2017/18시즌에 마무리되는 기지 증개축공사로 2016년에 초기환경영향평가를 제출하고 승인을 받은 사항이다. 두 시즌에 이루어진 활동이나 초기환경영향평가 이상의 규모로 활동하는 경우 기지에서 환경영향평가서 자료를 지속적으로 보관할 필요가 있다. 이는 기지 사찰시에도 요구할 수 있는 자료로 조치가 필요하다.

동식물상 보존을 위해 기지 방문자 오리엔테이션 시간에 스쿠아 먹이 주기 금지, 식물상에 대한 교란 방지 등을 안내하고 있으며, 연구 활동 중 수시로 주의사항을 전달하고 있다.

기지의 폐기물은 고철, 플라스틱, 종이류, 유리, 음식물로 구분하고 종이, 목재, 음식물 쓰레기는 당일 소각하고 있으며, 그 외 폐기물은 종류별로 지정 박스에 보관 후 반출하고 있다(Fig. 9-14). 폐기물의 처리와 보관은 대체로 잘 이루어지고 있으나 태울 수 있는 종이류 및 목재류와 구분하여 반출 후 처리하여야 할 일반쓰레기(오염된 컵라면 용기, 핫팩, 오염된 비닐, 코팅된 목재 등)를 구분하여 소각기에 들어가지 않도록 주의가 필요하다.

한편 기기 주변에는 다양한 종류의 쓰레기 조각들이 산재하여 토양 오염과 동식물상에 대한 악영향이 우려된다. 2017/18 하계 시즌에 모니터링팀과 연구자들이 자발적으로 쓰레기 수거에 참여하였다(Fig. 9-15).



Fig. 9-14. Temporary storage of classified waste to be exported from the station.



Fig. 9-15. Waste spread around King Sejong Station and clean-up activity.

온실을 통한 외래종 유입을 방지하기 위하여 온실관리 지침에 따라 운영되고 있으며 온실관리자를 지정하여 운영하고 있다. 매주 2회 주기적으로 진공청소기를 사용해 청소하고 있다. 온실 내부에서는 곤충을 포함한 벌레의 흔적이 없으며, 외래종 유입 방지를 위해 설치한 자외선 포충기에 곤충이 포획되지 않았다. 우루과이 연구팀에서 끈끈이 트랩을 보내와 월동대의 도움으로 설치하였다. 향후 보급된 멸균 상토에 혹시라도 있을 수 있는 외래종(무척추동물)을 사멸시키기 위해 일정기간 냉동 보관하는 방법을 제안한다.

기지에서 관리하고 있는 특별보호구역 No. 171과 기지 주변의 특별보호구역의 관리 계획서들이 기지에 비치되어있었다. 또한 연구팀 활동 반경내 ASPA, ASMA, HSMs 위치는 숙지 해당 위치가 표시된 지도가 비치되어있다. ASPA 지역 활동을 위해 허가받은

활동은 12건이며 허가서 없이 들어가거나 관리계획 위반사항은 발견되지 않았다.

4. 제 언

세종기지의 운영으로 인한 환경오염 요인 및 현장 환경관리 실태를 체크리스트와 31차 월동대의 각 분야 담당자를 대상으로 면담하여 현장실사를 실시한 결과 환경보호 의정서와 그 부속서, 그리고 국내법에서 요구하는 사항들을 대체로 준수하고 있었다.

그러나 30년간 운영해오고 있는 세종기지 주변은 그 간의 인간활동으로 인한 흔적이 많이 남아있으며, 특히 올해까지 진행된 기지 증개축공사와 우주환경관측동 공사로 인한 폐기물의 현장관리가 미흡해 보인다. 공사 후 폐자재들은 정리하여 반출되었으나 점검 결과에서와 같이 페인트 조각이나 플라스틱, 스티로폼 조각들이 바람에 날려 기지 주변에 산재하고 있어 대책이 필요해 보인다. 또한 연구활동 인원들의 현장조사 장비 및 현장에서의 물품관리, 기지 복귀 시 폐기물 수거가 요구된다. 하계활동의 마무리 단계로 기지 주변 쓰레기 수거를 정례화 하는 방법을 제안한다.

기지 운영 점검 체크리스트에서 제언한 바와 같이 연구소(기지지원팀)과 모니터링 팀에서 지원해야할 업무, 월동대에서 개선하고 이행하여야할 사항들을 논의하여 꾸준한 기지 운영 개선노력이 필요하다. 또한 주기적 또는 매년 기지 현장 점검을 실시하고 지속적인 개선을 통해 지속가능한 남극 인프라 운영이 가능하리라 본다.

극지연구소

King Sejong Antarctic Research Station operation site check

Sanghee Kim, Ji Hee Kim

Korea Polar Research Institute, KIOST

This activity was carried out during 2017/18 season as a part of 'Monitoring on indicators of environmental and ecological contamination generated by Antarctic research station operation' supported by KORRI (PE18190) at Jang Bogo Station. The environmental management status at the station were surveyed with 'Operation checklist for Korean Antarctic Research Stations regarding the conservation of the Antarctic environment v.1' which was prepared by monitoring team. The checklist include 9 categories (such as fuel management, hazardous chemical management, energy and water conservation, and matters related to the Protocol on Environmental Protection which is composed of 33 inspection items. On-site inspection and interview with the 31st over-wintering team were carried out, and most of the items have been implemented mitigation measures to minimize the environmental impact of Antarctic environment. However the fuel stored in ISO tank was spilled, and contaminated soil was removed. The emergency spilling kit must be installed near the fueling point and, measures are needed to take to avoid contact with the ground when the fuel storage container is loaded outdoors. According to the result of the inspection, the 31st over-wintering team institute implements the measures that can be taken on-site, and if additional supplies are needed, it is decided to request the station support team of KOPRI.



Appendix. 남극 세종과학기지 운영 체크리스트 점검 결과

구분	점검 항목	점검 결과 (구체적으로)	재언 및 조치
유류 관리	1. 연료 보관 탱크의 모니터링 방법 및 주기? (연료 유출 감시를 위해 주기적 모니터링 필요)	월2회 실제 사운딩 매1회 자동 제어상 레벨 모니터링	
	2. 연료 파이프라인 점검 위치 및 주기?	연료수급 전 압력테스트 주1회 육안검사	
	3. 소규모 연료 드럼 및 윤활유의 보관 상태	연료드럼: 옥외 보관 윤활유: 발전동, 중장비동 내부 보관	부두 옆 ISO 컨테이너 유출 호스에서 유류 샘. 3/23일 오염토양 제거 등 방제 작업 실시
	4. 연료 급유 시 소량의 유출이라도 방지할 수 있는 조치를 취하고 있는가? (트레이, 흡착포 등의 활용)	흡착포, 유처리제, 오일 붐 활용	급유시 방지 장비를 확보했는지 상시 점검
	5. 유류 유출시 방재에 활용할 수 있는 자원의 종류와 양은 어느 정도 확보하고 있는가? (흡착포, 흡착물질, 붐, 방수포 등)	흡착포: 10 box 붐: 200M 유처리제: 20 bottle 휴대용 방재키트: 3세트	
	6. 현 월동기간 동안 기지 또는 주변에서 유류가 유출된 적이 있는지? 있으면 그 종류와 양, 위치는? 기지에 유류 유출보고가 되었는지?	-유출이 인지된 적은 없음. - 2월20일 토양 유류오염 의심지역 7군데 오염도 측정	유류오염 의심지역 7군데 측정결과 쓰레기 소각장 주변, 폐자재 적재장, 부두옆 ISO 호수가 오염된 것으로 나왔고 월동대에서 토양제거 및 방제작업 실시
화학 물질 관리	7. 기지운영시설 (정비동, 기계동, 발전동) 과 실험실에서 사용하는 화학물질은 누출 및 유출에 대비하여 적절히 관리, 사용되	산류, 포르말린 등의 위험시약들의 경우 흡후드를 사용하여 보관하고 있으며 사용 후 폐기 시 유기용매/무기용	-부두 옆 해양생물 실험동으로 사용되고 있는 돔 내에

	고 있는가?	매/산/염기로 분리하여 시약 폐기물을 보관함	
	8. 누출 및 유출시 대응 방안은 무엇이며, 모든 사용자가 즉각 대응할 수 있도록 준비되어있고 정보가 공유되고 있는가?	유출시 즉각 누구든 보호장구를 착용하고 조치할 수 있도록 잘 보이는 곳에 비치하고 있음	-월동대들 개개인이 보호장비 위치를 파악하고 있는지 점검 필요
에너지 보존	9. 전력 소모 절감을 위해 필요한 조치는 충분한가? 불필요한 전력사용은 없는지? (사람이 없는 방에 전등, 히터 등의 켜져있는 경우, PC, 실험장비 등)	전력소모량 감시 프로그램으로 모니터링 실시 신축 연구동의 경우 온도 설정 난방 방식으로 불필요한 전력사용 방지 기지 방문자 오리엔테이션에서 절전 방법 안내 당직자 정기 순찰 중 불필요한 전등 소등 조치	-하계연구동 숙소 창문을 환기를 위해 열어놓고 외출하는 일 빈번. 난방 off 하도록 하계대 공지 필요 -관측동 등에 형광등이 켜져있는 경우가 간혹 있는데 소등에 대한 주의 필요
수자원 보존	10. 남극에서의 용수는 에너지와 동일하게 가능한 보존해야할 자원이다. 기지에서 절수 방법은 어떤 것들이 있으며 잘 이행되고 있는가?	샤워 중 비누칠 할 때는 물잠그기, 세탁물 모아서 빨기, 양치컵 사용하기 등	-하계대의 과도한 세탁 제한 필요. -소형세탁기, 건조기 설치가 시급
	11. 월동대에서 기지 방문자에게 절수 및 그 방법에 대해 적극적으로 협조를 구하고 있는가?	기지 방문자 오리엔테이션에서 절수 방법 안내 단체 메신저, 공동게시판 게시 등의 방법으로 절수 및 방법에 대한 협조 요청	-하계대 오리엔테이션시 담수 운용과 처리에 대한 설명을 추가하여 이해를 도울 것

구분	점검 항목	점검 결과 (구체적으로)	
환경보호의정서 관련 사항			
환경영향평가	12. 이번 시즌 기지인근 및 기지를 기반으로 이루어지는 활동을 위해 허가받은 남극 활동계획서와 환경영향평가서의 사본이 기지에 비치되어있는가?	비치하고 있음	
	13. 기지대장 (남극감독관으로서)은 이번 시즌 해당 남극활동과 그 환경영향평가에 대해 파악하고 있는가? (특히 IEE 수준의 환경영향평가를 제출한 활동에 대한 파악 필요)	연구자들의 환경영향평가는 파악하고 있음. 그러나 IEE에 관한 문건은 전달 받지 못하여 파악하고 있지 않음	-IEE 문건 전달 필요
	14. 현재까지 발생한(보고되거나 목격한) 환경영향평가 위반사항은? 예, IEE의 경우 활동규모 초과, 저감방안 불이행 등. 환경영향평가 없이 활동을 수행한 경우	없음	
동물식물상 보존	15. 남극식물상을 보존하기 위해 기지 운영과 남극 활동시 식생지역에서 차량운행을 하지 않도록 강력히 권고하고 있다. 식물상이 있는 지역으로 차량운행을 하고 있는가? 차량운행을 한 적이 있거나 하고 있다면 피치 못할 사유는 무엇인가?	운영하지 않음	
	16. 기지 방문자에게 기지 주변 남극동물과 식물상에 대한 영향을 최소화하도록 주지시키고 있는가? (예, 스쿠아 먹이주기 금지, 가능한 식생	기지 방문자 오리엔테이션에서 안내함. 또한 일상 생활과 연구활동 중 수시로 주의사항을 전달하고 있음	-창립대회 야외바베큐 파티때 스쿠아에게 삼겹살을 먹이로 주는 행위 근절

	을 밟지말고 한 줄로 이동 등)			
폐기물 관리	17. 기지에서 발생한 폐기물은 어떻게 구분하고 있는가? (분리수거하고 있는 일반 폐기물의 종류와 지정폐기물의 종류를 구체적으로)	가급적 분리배출하고 있으나 하계기간에는 배출량이 많아 일부 섞이는 경우도 있음 폐기물 종류는 고철, 플라스틱 및 비닐류, 종이류, 음식물 종이, 목재, 음식물 쓰레기는 당일소각하고 그 외 폐기물들은 종류별 지정박스에 보관 후 반출함	-하계대에게 분리수거에 대해 철저히 교육. 핫팩, 컵라면 용기 등의 구체적 품목 처리	
	18. 음식물쓰레기는 어느 정도 발생하는가? (1주일 또는 일별 발생량(kg)/기지체류인원으로 계산= kg/person.day)	100여명 체류할 때 일일발생량은대략 60kg (~0.6 kg/person-day)		
	19. 폐기물의 발생량은 주기적으로 기록, 관리하고 있는가?	주간보고서에 기록		
	20. 소각하고 있는 폐기물은 어떤 종류가 있으며, 소각주기와 1회 소각시 소각량은 어느 정도인가?	음식물, 종이류 하계기간은 매일 소각 소각량은 측정하지 않고 있음		
	21. 유해성폐기물 (유류제품, 화학물질, 드럼, 화학물질용기 등)의 관리는 적절한가?	폐기 시약의 경우 유기용매/무기용매/산/염기로 분리하여 지정 컨테이너에 보관함		
	22. 폐기물이 바람이나 스쿠아에 의해 분산되지 않도록 적절한 조치가 이루어지고 있는가?	소각장과 소각 대상 폐기물은 건물내에 있어 바람이나 스쿠아에 의해 분산되지 않음 반출대상 폐기물은 우드박스 등 지정 보관함에 넣어 보관함		
	23. 온실 폐기물은 적절히 처리, 관리되고 있는가? (외래종 유입 방지를 위해 살아	온실폐기물은 유기물과 기타 폐기물을 분리하여 관리함. 유기물은 소각로에		

	있는 식물체나 배양액 및 각종 부산물이 외부에 노출되지 않도록 처리 및 관리 필요)	서 소각	
	24. 기지에서 반출하기 위해 적재되어있는 폐기물의 양과 적재위치 및 보관 방법? 유출 등의 흔적은 없는지 확인 필요	반출 폐기물은 우드박스를 이용하여 종류별로 컨테이너에 패킹하며 야외에 보관함	
온실 관리	25. 온실관리자는 지정되어 있으며, 관리지침을 숙지하고 있는가?	관리자가 지정되어 있고 관리지침을 숙지하고 있음	
	26. 주기적으로 청소하고 있는가? 청소에 사용하고 있는 용품 (세제 등)은 어떤 종류인가?	매주 2회 주기적으로 청소 실시. 세제는 사용하고 있지 않으며 재배상과 온실을 건조한 후 진공청소기로 청소	
	27. 온실에 외래종 (거미, 곤충 등)이나 고유종의 곤충이 유입된 흔적은 없는가?	온실 내부에서 곤충을 포함한 벌레가 발견된 적 없음 온실 주변에 설치한 포충트랩에서는 곤충이 포획되지 않았음. 추후 우루과이팀에서 끈끈이 형태의 트랩을 보내오면 온실 내에도 설치해 확인해 볼 예정임	-혹시 존재할 외래종을 사멸시키기 위해 새 토양의 경우 외부에 일정기간 냉동보관하는 것을 제안

구 분	점검 항목	점검 결과 (구체적으로)	
보호 구역	28. 기지에서 관리하고 있는 남극특별보호구역의 관리계획서는 비치되어있는가? (세종기지, ASPA No 171)	나레브스키 포인트(펭귄마을)에 대한 관리지침서를 통신실에 비치하고 있음	
	29. 기지주변 ASPA, ASMA, HSMs의 위치가 표시된 지도는 비치되어있는가? (적어도 우리나라 과학자들이 방문하거나 방문 가능성이 있는 보호구역이 표시된 지도 필요. 남극 조약 사무국 웹사이트 http://www.ats.aq/e/ep_protected.htm 참고)	비치되어 있음	
	30. 기지 주변 ASPA에 출입하고자 하는 방문자의 출입허가서와 출입목적은 기지에서 확인하고 있는가?	확인하고 있음	
	31. 이번 시즌 보호구역 출입을 허가 받은 건수는 몇 건인가?	12건	
	32. 허가서 없이 특별보호구역에 들어간 사례는 있는가? 있다면 구체적으로 기술	없음	
	33. 허가받은 사항과 다른 활동을 한 경우는 없는가? 있다면 구체적으로 기술하고 해당 활동이 환경에 부정적인 영향을 미쳤다면 그 사항에 대해 상세히 기술	없음	

그 외 개선 사항:

- 카페트 청소기, 핸드청소기 보급 필요
- 화장실 등 소독이 필요한 경우가 있으므로 베이킹 파우더, 요오드 등 친환경 세제를 활용할 필요성이 있음
- 화장실, 목욕실 건조를 위해 open을 위한 시건 장치 필요
- 건설단 공사 중, 하계대의 야외 활동시 야외 방뇨 문제점. 불가피한 경우 토양, 식생이 아닌 눈 쌓인 지역 이용
- 침구용 대형건조기, 소형세탁기 등 보급 필요
- 세탁세제를 가루형으로 바꾸고 스푼으로 사용량을 제한해야 함.
- 하계 활동시 눈에 보이는 쓰레기 수거를 위해 봉지 지급
- 날개 포장 사탕 봉지 등이 야외에서 심심찮게 발견됨. 작은 날개포장 제품의 보급을 제한할 필요가 있음
- 체육관 소화기 설치 필요
- 하계대 출납극시 기지 주변 청소를 의무화 할 필요가 있음
- 공사 후 폐자재, 페인트 등으로 토양 오염 우려 있음
- 하계대 개인용품 중 스크럽이나 플라스틱 비드가 들어 있는 제품 사용 금지



부 록 1. 장보고과학기지 기반 활동 지역 및 활동 목적
(4차 월동기간, 2016/17~2017/18 시즌 초반)

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-11-10	10:30	10:56	4차월동대	육상	기지주변	해빙 탐사	피스텐볼리
2016-11-10	14:20	18:02	운석팀	헬기	Lichen Hills	눈 시료 샘플링용 연료 이송	ND
2016-11-10	14:44	17:56	운석팀	헬기	Lichen Hills	눈 시료 샘플링용 연료 이송	VU
2016-11-10	14:48	16:28	HNZ	헬기	케이프 워싱턴	블레이드 조정	UK
2016-11-10	15:53	17:27	하계대	육상	곤드와나 기지	주변 조사	도보
2016-11-10	15:56	17:48	K루트팀	육상	해빙	해빙 조사	코란도
2016-11-11	9:59	10:30	K루트팀	육상	해빙	해빙 조사	코란도
2016-11-11	10:20	11:30	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	도보
2016-11-11	10:40	11:45	마리오주켈리	육상	장보고기지	기지 방문	차량
2016-11-11	13:35	-	마리오주켈리	육상	마리오주켈리 기지	기지 복귀	차량
2016-11-11	17:16	17:38	4차월동대	육상	해빙활동주요	보급품 수송	코란도
2016-11-11	17:17	17:49	4차월동대	육상	해빙활동주요	보급품 수송	피스텐볼리
2016-11-11	19:11	19:35	4차월동대	육상	장보고기지	보급품 수송	피스텐볼리
2016-11-11	20:21	20:49	4차월동대	육상	해빙활동주요	보급품 수송	피스텐볼리
2016-11-11	20:53	21:15	4차월동대	육상	장보고기지	보급품 수송	코란도
2016-11-11	20:53	21:19	4차월동대	육상	장보고기지	보급품 수송	피스텐볼리
2016-11-12	9:15	10:10	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센 빙봉 조사	MQ
2016-11-12	9:20	10:56	지질도팀	육상	곤드와나 주변	야외 조사	도보
2016-11-12	9:45	10:23	운석팀	헬기	Morris Basin 및 Elephant Moraine	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	UK
2016-11-12	9:45	10:20	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	ND
2016-11-12	9:45	10:18	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	VU
2016-11-12	10:00	10:31	4차월동대	육상	마리오주켈리 기지	기지 방문	코란도
2016-11-12	10:52	11:10	4차월동대	육상	장보고 기지	기지 방문	코란도
2016-11-12	12:41	14:56	3차월동대	육상	곤드와나 기지	기지 방문	코란도
2016-11-12	16:12	17:30	생명팀	육상	해빙	빙하탐사 및 드론테스트	코란도
2016-11-12	16:28	17:14	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센팀 픽업	MQ
2016-11-12	17:03	17:23	마리오주켈리	육상	마리오주켈리 기지	기지방문	차량
2016-11-12	18:59	21:57	3차월동대	육상	마리오주켈리 기지	기지방문	피스텐볼리
2016-11-12	19:03	19:46	생명팀	육상	해빙	빙하탐사 및 드론테스트	코란도
2016-11-13	10:14	13:10	3차월동대	육상	해빙	해빙조사	도보
2016-11-13	10:30	11:49	K루트팀	육상	난센 빙봉	난센 빙봉 조사	피스텐볼리

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-11-13	14:02	17:00	K루트팀	헬기	브라우닝패스 일대	K-루트 안전 경로 확보를 위한 지원	ND
2016-11-13	14:25	16:37	지질팀	육상	해빙	해빙조사	코란도
2016-11-13	14:49	17:00	생명팀	육상	해빙	드론테스트	포터
2016-11-13	19:40	21:00	화산팀	육상	해빙	해빙조사	도보
2016-11-13	20:52	21:46	생명팀	육상	해빙	해빙조사	코란도
2016-11-14	9:28	11:50	4차월동대	육상	마리우주켈리 기지	화물 수송	피스텐볼리
2016-11-14	13:44	14:31	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	GPR Survey	ND
2016-11-14	14:05	15:26	생명팀	헬기	케이프 워싱턴	황제펭귄 모니터링 및 샘플링	MQ
2016-11-14	14:06	15:26	생명팀	헬기	케이프 워싱턴	황제펭귄 모니터링 및 샘플링	VU
2016-11-14	14:54	18:38	지구물리팀	헬기	David Glacier	지진계 유지보수	ND
2016-11-14	15:30	17:08	화산팀	헬기	케이프 워싱턴	화산구조 확인 및 암석 샘플 채취	MQ
2016-11-14	15:30	17:08	화산팀	헬기	케이프 워싱턴	화산구조 확인 및 암석 샘플 채취	VU
2016-11-14	17:12	18:24	생명팀	헬기	케이프 워싱턴	케이프 워싱턴 잔류인원 복귀	MQ
2016-11-14	17:12	18:51	생명팀	헬기	케이프 워싱턴	케이프 워싱턴 잔류인원 복귀	VU
2016-11-14	18:46	19:38	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센 잔류 인원 복귀	ND
2016-11-14	20:45	21:38	월동대	육상	집수조	인수인계	도보
2016-11-15	9:06	9:49	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	GPR 탐사	UK
2016-11-15	9:08	9:21	지질도팀	헬기	브라우닝패스 일대	기지인근 지질도 작성	VU
2016-11-15	9:21	12:21	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	지진계 유지보수	ND
2016-11-15	9:24	9:50	화산팀	헬기	멜버른화산	화산가스 채취	VU
2016-11-15	10:14	16:20	생명팀	헬기	Inexpressible island	황제펭귄 모니터링 및 샘플링	MQ
2016-11-15	10:15	16:20	생명팀	헬기	Inexpressible island	황제펭귄 모니터링 및 샘플링	UK
2016-11-15	10:17	10:32	4차월동대	육상	해빙	운영 연습	피스텐볼리
2016-11-15	13:38	16:16	화산팀	헬기	Inexpressible island	화산 암석 샘플 채취	VU
2016-11-15	14:08	18:09	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센 빙봉 조사	ND
2016-11-15	14:08	15:41	K루트팀	육상	브라우닝패스 일대	브라우닝패스 인원 픽업	코란도
2016-11-15	16:28	17:54	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센팀 픽업	UK
2016-11-15	17:05	22:50	4차월동대	육상	해빙 활주로	3차월동대 화물 수송	첼린저
2016-11-15	19:00	22:50	4차월동대	육상	해빙 활주로	3차월동대 출납극	피스텐볼리1, 2호
2016-11-16	9:03	9:28	지질도팀	헬기	브라우닝패스 일대	지질도 작성	ND
2016-11-16	9:33	11:31	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	GPR 탐사	ND
2016-11-16	9:57	18:14	K루트팀	육상	브라우닝패스, Inexpressible island	K-루트에 대한 GPR 탐사 지원	피스텐볼리
2016-11-16	10:01	11:55	K루트팀	헬기	브라우닝패스, 난센	K-루트에 대한 GPR 탐사 지원	VU
2016-11-16	10:56	11:50	HNZ	헬기	기지 주변	블레이드 조정, 트래킹	MQ
2016-11-16	9:03	14:20	지질도팀	육상	브라우닝패스 일대	지질도 작성	도보

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-11-16	-	14:24		육상	장보고 기지	뉴질랜드 연구원 도착	차량
2016-11-16	19:13	20:19	화산팀	육상	해빙	해빙 조사	도보
2016-11-17	9:10	9:55	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	GPR 탐사인원 수송	MQ
2016-11-17	9:10	17:59	운석팀	헬기	Morris Basin	운석탐사	ND
2016-11-17	9:10	17:55	운석팀	헬기	Morris Basin	테프라 샘플 회수	VU
2016-11-17	10:00	10:25	생명팀	헬기	케이프 워싱턴	황제펭귄 모니터링 인원 수송	MQ
2016-11-17	10:25	12:10	생명팀	육상	기지 주변	기지 주변 조사	도보
2016-11-17	10:40	13:00	지구물리팀	헬기	난센 빙봉, Inexeressible island	인원 수송	MQ
2016-11-17	14:20	15:30	4차월동대	육상	마리오주켈리 기지	이태리 방문 업무협의	코란도
2016-11-17	14:25	15:45	극지기후과학연구부	육상	곤드와나 기지	기지 방문	도보
2016-11-17	16:00	16:25	생명팀	헬기	케이프 워싱턴	케이프워싱턴 인원 픽업	MQ
2016-11-17	16:35	17:22	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센 인원 픽업	MQ
2016-11-18	8:40	9:41		육상	해빙활주로	뉴질랜드 연구원 4명 이동 지원	코란도
2016-11-18	9:13	9:49	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	GPR 탐사	UK
2016-11-18	9:21	16:45	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	MQ
2016-11-18	9:30	16:18	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	VU
2016-11-18	9:31	16:21	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	ND
2016-11-18	9:45	15:19	지질도	육상	곤드와나 기지 북쪽 능선	지질조사	도보
2016-11-18	10:13	16:18	지구물리팀	헬기	David Glacier	지진계 유지보수	UK
2016-11-18	16:23	16:58	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센 인원 픽업	UK
2016-11-18	-	16:26	마리오주켈리	육상	장보고	기지 방문	차량 2대
2016-11-18	16:42	18:07	생명팀	육상	활주로	캠핑인원 / 화물 수송	피스텐블리
2016-11-18	16:42	18:07	생명팀	육상	활주로	캠핑인원 / 화물 수송	코란도
2016-11-18	19:21	20:00	HNZ	육상	해빙	해빙 조사	도보
2016-11-18	19:21	-	마리오주켈리	육상	마리오주켈리 기지	기지 복귀	차량 2대
2016-11-19	9:10	9:45	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센 빙봉 조사	UK
2016-11-19	9:45	11:20	화산팀	헬기	브라우닝 산	화산가스 정찰	MQ
2016-11-19	10:06	12:50	K루트팀	헬기	K루트 정찰	K루트 정찰	VU
2016-11-19	10:15	16:20	지구물리팀	헬기	난센 빙봉	난센 빙봉 조사	UK
2016-11-19	14:14	17:05	생명팀	헬기	Coulman Island	Mariner Depo 유류 수송	ND
2016-11-19	14:18	17:07	생명팀	헬기	Coulman Island	Mariner Depo 유류 수송	MQ
2016-11-19	15:58	17:10	지구물리	헬기	난센 빙봉	난센 인원 픽업	VU
2016-11-19	20:07	21:00	화산팀	육상	해빙	해빙 조사	도보
2016-11-20	9:55	14:50	K루트팀	헬기	Tarn Flat	K루트 확보 위한 정찰	UK
2016-11-20	10:28	12:00	HNZ	육상	마리오주켈리 기지	마리에주켈리 기지에 부품 수송	코란도

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-11-20	17:07	18:57	4차월동대	육상	마리오주켈리 기지	마리오주켈리기지 화물 수송	피스텐볼리
2016-11-21	4:00	6:30	4차월동대	육상	해빙활동로	하계대 입남극 지원	피스텐볼리
2016-11-21	6:35	7:20	4차월동대	육상	해빙활동로	하계대 출남극 지원	피스텐볼리
2016-11-23	9:50	11:19	4차월동대	헬기	해빙	아래온 해빙 접안을 위 한 해빙 크랙 상태 파악	UK
2016-11-23	9:50	11:18	4차월동대	헬기	해빙	아래온 해빙 접안을 위 한 해빙 크랙 상태 파악	VU
2016-11-23	10:01	12:30	K루트	육상	브라우닝패스	스키두 및 산악스키 교 육	피스텐볼리
2016-11-23	10:12	10:23	운행서없음	헬기	기지 일대	기지 주변 정찰	ND
2016-11-23	10:57	14:21	빙하팀	헬기	허쿨레스	AWS 점검 및 정비	ND
2016-11-23	14:08	17:34	K루트팀	헬기	Tarn Flat 일대	K-루트 확보를 위한 지 형 정찰	MQ
2016-11-23	14:08	17:34	K루트팀	헬기	Tarn Flat 일대	K-루트 확보를 위한 지 형 정찰	VU
2016-11-23	14:33	18:02	지구물리팀	헬기	David Glacier	지진계 유지보수	UK
2016-11-23	15:38	16:56	4차월동대	육상	마리오주켈리 기지	기지방문	코란도
2016-11-24	9:25	-	K루트팀	육상	브라우닝패스 및 난 센 일대	K루트 이동경로 확보	굴삭기
2016-11-24	9:48	-	K루트팀	육상	브라우닝패스 및 난 센 일대	K루트 이동경로 확보	피스텐볼리
2016-11-24	10:03	15:30	운석팀	헬기	Talos Dome	눈시료 채취	VU
2016-11-24	10:03	15:15	운석팀	헬기	Talos Dome	눈시료 채취	UK
2016-11-24	10:11	16:38	지질팀	육상	브라우닝 산 일대	지질조사	도보
2016-11-24	10:46	10:57	4차월동대	육상	해빙	해빙조사	코란도
2016-11-24	10:51	15:50	K루트팀	헬기	브라우닝패스	K루트 이동 지원	ND
2016-11-24	14:10	15:40	4차월동대	육상	콘드와나 기지	기지 방문	도보
2016-11-24	14:30	18:03	지구물리팀	헬기	David Glacier	지진계 유지보수	MQ
2016-11-24	16:27	16:38	지질팀	육상	브라우닝패스	지질팀 픽업	코란도
2016-11-24	16:35	17:31	K루트팀	헬기	난센 빙봉	K루트팀 지원	ND
2016-11-25	9:10	9:25	지질도팀	헬기	브라우닝패스 일대	기지 인근 지질도 작성	VU
2016-11-25	9:42	17:26	운석팀	헬기	Morris Basin	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	MQ
2016-11-25	9:42	18:09	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	UK
2016-11-25	9:45	18:10	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	ND
2016-11-25	14:00	15:06	K루트팀	헬기	Tarn Flat 일대	K루트팀 지원	VU
2016-11-25	15:42	16:17	K루트팀	육상	브라우닝패스 일대	잔류 인원 픽업	코란도
2016-11-26	8:59	17:57	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	UK
2016-11-26	9:05	18:04	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	ND
2016-11-26	9:33	9:43	지질도팀	헬기	브라우닝패스	지질 조사	MQ
2016-11-26	-	11:13	MZS	헬기	장보고 기지	헬리콥터 관련 기지 방 문	HDB
2016-11-26	11:30	13:14	K루트팀	헬기	브라우닝패스 일대	K루트 안전 경로 확보를 위한 정찰	MQ
2016-11-26	13:35	16:52	운석팀	헬기	Morris Basin	운석 탐사를 위한 중간 급유용 드립 이송	VU

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-11-26	14:39	-	MZS	헬기	마리오주켈리 기지	엔지니어 기지 복귀	HDB
2016-11-26	14:48	16:16	극지기후과학연구부	육상	콘드와나 기지 주변	콘드와나 기지 주변 조사	도보
2016-11-27	14:05	15:19	신환개발	육상	해빙	해빙 철판 수거 작업	굴삭기
2016-11-27	14:06	15:19	4차월동대	육상	해빙	해빙 철판 수거 작업	레이로더
2016-11-27	14:06	17:52	4차월동대	육상	해빙	해빙 철판 수거 작업	포터
2016-11-28	9:01	9:13	지질도팀	헬기	브라우닝 산 일대	기지 인근 지질도 작성	VU
2016-11-28	9:09	18:29	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	MQ
2016-11-28	9:15	17:43	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	UK
2016-11-28	9:21	17:48	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	ND
2016-11-28	9:32	11:55	지구물리팀	헬기	난센 빙봉 일대	지진계 유지보수	VU
2016-11-28	13:40	14:21	생명팀	헬기	마리오주켈리 기지	펭귄팀 인원 픽업 (11.18~11.28. Cape Hallet)	VU
2016-11-28	14:28	15:04	생명팀	헬기	마리오주켈리 기지	펭귄팀 화물 수송	VU
2016-11-28	15:08	15:18	지질도팀	헬기	브라우닝 산 일대	지질도팀 픽업	VU
2016-11-29	8:51	17:50	4차월동대	육상	해빙	하역 준비	코란도
2016-11-29	-	9:00	하계대	육상	해빙	아라온 1항차 기지 인원 교대	피스텐블리
2016-11-29	13:47	16:51	빙하팀	헬기	Morris Basine	항공유 운반	UK
2016-11-29	13:49	17:01	운석팀	헬기	Morris Basine	항공유 운반	ND
2016-11-29	-	15:50	아라온	육상	기지	기지 방문	도보
2016-11-29	16:03	17:30	아라온	육상	아라온	아라온 방문	도보
2016-11-30	9:14	16:07	생명팀	헬기	스콧기지	생명팀 이동	MQ
2016-11-30	9:14	16:08	생명팀	헬기	스콧기지	생명팀 이동	UK
2016-11-30	9:16	9:24	4차월동대	육상	아라온	하역작업	코란도
2016-11-30	9:25	9:37	4차월동대	육상	아라온	아라온-기지간 출입 지원	코란도
2016-11-30	9:45	12:00	K루트팀	육상	아라온	아라온 항공유 탱크 수송	첼린저
2016-11-30	10:00	12:28	4차월동대	육상	아라온	하역작업	코란도
2016-11-30	13:30	16:35	4차월동대	육상	아라온	하역작업	첼린저
2016-11-30	14:51	15:34	4차월동대	육상	아라온	하역작업	ATV
2016-11-30	19:30	20:15	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	코란도
2016-11-30	19:34	20:25	4차월동대	육상	아라온	아라온 방문	포터
2016-11-30	21:23	21:40	연구향해팀	육상	아라온	아라온-기지 출입 지원	코란도
2016-11-30	21:54	22:04	연구향해팀	육상	아라온	아라온-기지 출입 지원	코란도
2016-12-01	13:20	13:37	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	피스텐블리
2016-12-01	13:30	13:38	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	코란도
2016-12-01	14:37	15:00	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	피스텐블리
2016-12-01	14:47	15:00	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	코란도
2016-12-01	15:01	15:10	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	코란도

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-11-26	14:39	-	MZS	헬기	마리오주켈리 기지	엔지니어 기지 복귀	HDB
2016-11-26	14:48	16:16	극지기후과학연구부	육상	콘드와나 기지 주변	콘드와나 기지 주변 조사	도보
2016-11-27	14:05	15:19	신완개발	육상	해빙	해빙 철판 수거 작업	굴삭기
2016-11-27	14:06	15:19	4차월동대	육상	해빙	해빙 철판 수거 작업	레이로더
2016-11-27	14:06	17:52	4차월동대	육상	해빙	해빙 철판 수거 작업	포터
2016-11-28	9:01	9:13	지질도팀	헬기	브라우닝 산 일대	기지 인근 지질도 작성	VU
2016-11-28	9:09	18:29	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사 및 테프라 샘플 회수	MQ
2016-11-28	9:15	17:43	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	UK
2016-11-28	9:21	17:48	범하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	ND
2016-11-28	9:32	11:55	지구물리팀	헬기	난센 빙봉 일대	지진계 유지보수	VU
2016-11-28	13:40	14:21	생명팀	헬기	마리오주켈리 기지	펑귄팀 인원 픽업 (11.18~11.28. Cape Hallet)	VU
2016-11-28	14:28	15:04	생명팀	헬기	마리오주켈리 기지	펑귄팀 화물 수송	VU
2016-11-28	15:08	15:18	지질도팀	헬기	브라우닝 산 일대	지질도팀 픽업	VU
2016-11-29	8:51	17:50	4차월동대	육상	해빙	하역 준비	코란도
2016-11-29	-	9:00	하계대	육상	해빙	아라온 1항차 기지 인원 교대	피스텐볼리
2016-11-29	13:47	16:51	빙하팀	헬기	Morris Basine	항공유 운반	UK
2016-11-29	13:49	17:01	운석팀	헬기	Morris Basine	항공유 운반	ND
2016-11-29	-	15:50	아라온	육상	기지	기지 방문	도보
2016-11-29	16:03	17:30	아라온	육상	아라온	아라온 방문	도보
2016-11-30	9:14	16:07	생명팀	헬기	스콧기지	생명팀 이동	MQ
2016-11-30	9:14	16:08	생명팀	헬기	스콧기지	생명팀 이동	UK
2016-11-30	9:16	9:24	4차월동대	육상	아라온	하역작업	코란도
2016-11-30	9:25	9:37	4차월동대	육상	아라온	아라온-기지간 출입 지원	코란도
2016-11-30	9:45	12:00	K루트팀	육상	아라온	아라온 항공유 탱크 수송	첼린저
2016-11-30	10:00	12:28	4차월동대	육상	아라온	하역작업	코란도
2016-11-30	13:30	16:35	4차월동대	육상	아라온	하역작업	첼린저
2016-11-30	14:51	15:34	4차월동대	육상	아라온	하역작업	ATV
2016-11-30	19:30	20:15	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	코란도
2016-11-30	19:34	20:25	4차월동대	육상	아라온	아라온 방문	포터
2016-11-30	21:23	21:40	연구항해팀	육상	아라온	아라온-기지 출입 지원	코란도
2016-11-30	21:54	22:04	연구항해팀	육상	아라온	아라온-기지 출입 지원	코란도
2016-12-01	13:20	13:37	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	피스텐볼리
2016-12-01	13:30	13:38	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	코란도
2016-12-01	14:37	15:00	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	피스텐볼리
2016-12-01	14:47	15:00	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	코란도
2016-12-01	15:01	15:10	4차월동대	육상	아라온	아라온 인원 수송	코란도

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-12-01	19:30	20:30	4차월동대	육상	아라온	아라온 방문	피스텐볼리, 코란도
2016-12-02	8:12	8:30	연구항해팀	육상	기지	기지 방문	도보
2016-12-02	9:08	12:27	지질팀	헬기	Morris Basine	지질캠프 준비	ND
2016-12-02	9:13	10:17	화산팀	헬기	Mt. Rittman	화산암 샘플 채취	VU
2016-12-02	9:13	10:21	빙하팀	헬기	Mt. Rittman	빙설시료 채집	UK
2016-12-02	9:46	12:16	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-02	10:26	10:40	4차월동대	육상	아라온	아라온 물품 수송	UTV
2016-12-02	10:27	12:30	K루트	육상	해빙	해빙 피스텐볼리 작업	ATV
2016-12-02	12:19	12:45	연구항해팀	육상	아라온	아라온 장비 설치	코란도
2016-12-02	15:06	15:26	4차월동대	육상	아라온	아라온 승선 지원	포터
2016-12-02	15:51	17:43	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-02	17:13	17:26	4차월동대		아라온	아라온 방문	코란도
2016-12-03	9:07	10:35	생명팀	헬기	마리오주켈리 기지	마리오주켈리기지 화물 수송	ND
2016-12-03	13:28	16:40	지질팀	헬기	Morris Basin	지질캠프 준비	ND
2016-12-03	13:34	19:32	지질팀	헬기	Morris Basin	지질캠프 준비	MQ
2016-12-03	13:38	17:49	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-03	13:40	16:30	지질팀	헬기	Morris Basin	지질캠프 준비	UK
2016-12-03	13:46	16:35	지질팀	헬기	Morris Basin	지질캠프 준비	VU
2016-12-03	14:07	15:10	4차월동대	육상	기지 주변	기지주변 조사	도보
2016-12-03	19:07	20:10	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	코란도
2016-12-04	9:11	13:55	지질팀	헬기	Morris Basin	지질 캠프	VU
2016-12-04	9:12	14:43	K루트	헬기	Morris Basin	K-루트 정찰	UK
2016-12-04	13:55	15:21	빙하팀	헬기	Styx Glacier	빙하캠프	MQ
2016-12-04	14:01	15:12	빙하팀	헬기	Styx Glacier	빙하캠프	ND
2016-12-04	14:02	17:52	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-04	14:10	16:18	4차월동대	육상	브라우닝패스 일대	지리조사	피스텐볼리
2016-12-04	15:23	16:28	빙하팀	헬기	Styx Glacier	빙하캠프	ND
2016-12-04	17:29	16:25	4차월동대	육상	브라우닝패스 일대	지리조사 인원 픽업	피스텐볼리
2016-12-05	-	9:31	MZS	헬기	장보고 기지	통신 테스트	HDB
2016-12-05	9:32	-	MZS	헬기	마리오주켈리 기지	기지 복귀	HDB
2016-12-05	9:45	11:24	K루트	육상	브라우닝패스 일대	스키두 이송 준비	MTV
2016-12-05	9:45	11:24	K루트	육상	브라우닝패스 일대	스키두 이송 준비	포터
2016-12-05	10:14	13:29	K루트	헬기	K루트	스키두 이송	UK
2016-12-05	10:14	11:24	K루트	육상	브라우닝패스 일대	스키두 이송 준비	코란도
2016-12-05	10:15	14:52	K루트	헬기	K루트	스키두 이송	VU
2016-12-05	10:15	13:30	K루트	헬기	K루트	스키두 이송	MQ
2016-12-05	10:20	13:30	K루트	헬기	K루트	스키두 이송	ND
2016-12-05	13:45	16:30	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-05	-	14:03	MZS	헬기	장보고 기지	통신 테스트 인원 픽업	HDB

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-12-05	14:09	-	MZS	헬기	마리오주켈리 기지	기지 복귀	HDB
2016-12-06	13:56	17:50	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-08	14:25	15:36	HNZ	헬기	마리오주켈리 기지	유류드럼 수거 / 이송	ND
2016-12-09	9:37	10:59	빙하팀	헬기	Styx Glacier	빙설 채취 캠프 철수 지원	UK
2016-12-09	10:10	12:33	빙하팀	헬기	Styx Glacier	빙설 채취 캠프 철수 지원	ND
2016-12-09	11:14	12:37	빙하팀	헬기	Styx Glacier	빙설 채취 캠프 철수 지원	UK
2016-12-09	14:00	17:22	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-10	10:42	11:55	HNZ	육상	기지 주변	기지 주변 조사	도보
2016-12-10	14:00	16:33	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-11	9:32	14:42	화산팀	헬기	Mt. Rittman	화산암 샘플 채취	UK
2016-12-11	9:45	16:59	빙하팀	헬기	Mt. Rittman	빙설 시료 채취	VU
2016-12-11	9:45	17:02	빙하팀	헬기	Mt. Rittman	빙설 시료 채취	ND
2016-12-11	18:12	21:44	HNZ	헬기	마리오주켈리 기지	HNZ사무실방문	ND
2016-12-12	9:23	12:00	K루트	헬기	K루트	K-루트 안전 경로 확 보	UK
2016-12-12	9:39	18:24	K루트	헬기	K루트	K-루트 안전 경로 확 보	ND
2016-12-12	9:36	18:20	K루트	헬기	K루트	K-루트 안전 경로 확 보	VU
2016-12-12	9:35	18:39	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	빙설 시료 채취	MQ
2016-12-12	13:28	18:04	K루트	헬기	Morris Basine Camp	운석 수거	UK
2016-12-12	13:48	16:33	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-13	9:00	18:32	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	ND
2016-12-13	9:10	18:02	빙하팀	헬기	Morris Basine	블루아이스 시추	UK
2016-12-13	9:30	18:26	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사	MQ
2016-12-13	9:30	17:50	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사	VU
2016-12-13	13:40	15:40	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-14	9:07	18:11	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	UK
2016-12-14	9:07	18:11	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	MQ
2016-12-14	9:30	17:27	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사	ND
2016-12-14	9:30	17:32	운석팀	헬기	Elephant Moraine	운석 탐사	VU
2016-12-14	13:47	16:33	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-16	10:32	10:37	HNZ	헬기	중장비보관동	강풍 대비 헬기 격납	UK
2016-12-16	10:49	10:54	HNZ	헬기	중장비보관동	강풍 대비 헬기 격납	VU
2016-12-16	11:08	11:13	HNZ	헬기	중장비보관동	강풍 대비 헬기 격납	MQ
2016-12-17	9:18	12:40	지질팀	헬기	Morris Basin	지질캠프 철수	MQ
2016-12-17	9:43	12:37	지질팀	헬기	Morris Basin	지질캠프 철수	VU
2016-12-17	10:06	12:32	지질팀	헬기	Morris Basin	지질캠프 철수	ND
2016-12-17	10:29	10:35	HNZ	헬기	중장비보관동	강풍 대비 헬기 격납	UK
2016-12-18	14:02	15:57	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-18	14:16	15:30	4차월동대	육상	기지 주변	해수면 측정	도보

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-12-19	9:40	18:07	지질팀	헬기	David Glacier	스키두 회수	VU
2016-12-19	9:40	13:26	지질팀	헬기	David Glacier	스키두 회수	ND
2016-12-19	10:10	13:17	지질팀	헬기	David Glacier	스키두 회수	UK
2016-12-19	10:10	13:24	지질팀	헬기	David Glacier	스키두 회수	MQ
2016-12-19	12:58	14:10	안전강사	육상	브라우닝패스	주변 조사	ATV
2016-12-19	14:11	16:46	지질팀	헬기	Morris Basine	유류드럼 수거 / 이송	UK
2016-12-19	14:16	17:53	지질팀	헬기	Morris Basine	유류드럼 수거 / 이송	MQ
2016-12-19	14:36	17:13	지질팀	헬기	Morris Basine	유류드럼 수거 / 이송	ND
2016-12-19	15:07	17:06	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-20	9:23	16:20	생명팀	헬기	Cape Hallet	공드럼 회수	VU
2016-12-20	9:21	13:26	생명팀	헬기	Inexpressible island	항공 사진 촬영 및 AWS data 회수	UK
2016-12-20	9:26	16:26	생명팀	헬기	Cape Hallet	공드럼 회수	ND
2016-12-21	8:57	16:09	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-21	9:15	9:56	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	MQ
2016-12-21	9:19	9:52	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	ND
2016-12-21	9:34	15:45	화석팀	헬기	Mt. Fazio(exposure hill)	식물화석 탐사	VU
2016-12-22	13:50	17:50	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-22	16:37	17:50	생명팀	육상	콘드와나 기지 주변	스쿠아 서식지 촬영	도보
2016-12-22	19:02	20:25	생명팀	육상	콘드와나 기지 주변	스쿠아 서식지 촬영	ATV
2016-12-23	9:38	9:54	빙하팀	헬기	난센 빙봉	운석 탐사를 위한 경 로 상태 확인	MQ
2016-12-24	8:40	17:11	지질팀	헬기	Neal Massif	지질 캠프 현황 답사	UK
2016-12-24	9:06	9:31	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	VU
2016-12-24	9:10	9:33	빙하팀	헬기	Elephant Moraine	블루아이스 시추	ND
2016-12-24	10:20	15:17	지구물리팀	육상	브라우닝 산		도보
2016-12-24	10:19	17:08	운석팀	헬기	Talos Dome	눈시료 채취	VU
2016-12-24	10:20	17:03	운석팀	헬기	Talos Dome	눈시료 채취	ND
2016-12-24	14:00	17:42	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-24	14:02	16:47	4차월동대	헬기	아라온 헬리 데크	아라온 호 화물하역	MQ
2016-12-24	-	15:30	아라온	육상	장보고 기지	기지 방문	도보
2016-12-24	17:10	17:50	4차월동대	헬기	아라온 헬리 데크	아라온 호 화물수송	MQ
2016-12-24	17:10	17:30	4차월동대	육상	장보고 기지	4차월동대 입납극	UTV
2016-12-24	17:10	-	아라온	육상	아라온	아라온 복귀	도보
2016-12-25	9:00	9:21	4차월동대	육상	아라온	아라온 방선	UTV
2016-12-25	-	9:11	4차월동대	헬기	장보고	IBH 입납극	IBH
2016-12-25	9:17	9:27	4차월동대	헬기	아라온	하계대 입납극 지원	MQ
2016-12-25	9:28	9:36	4차월동대	헬기	아라온	하계대 입납극 지원	MQ
2016-12-25	12:14	14:53	HNZ	헬기	마리오주켈리 기지	HNZ사무실방문	MQ
2016-12-25	12:15	14:53	HNZ	헬기	마리오주켈리 기지	HNZ사무실방문	ND

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2016-12-25	14:02	17:47	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-25	15:21	15:26	4차월동대	헬기	아라온	하계대 출납극 인원 수송	ND
2016-12-25	15:23	15:41	4차월동대	헬기	아라온	하계대 출납극 화물 수송	VU
2016-12-25	15:28	15:32	4차월동대	헬기	아라온	하계대 출납극 인원 수송	ND
2016-12-25	15:33	15:37	4차월동대	헬기	아라온	하계대 출납극 인원 수송	ND
2016-12-25	15:38	15:42	4차월동대	헬기	아라온	하계대 출납극 인원 수송	ND
2016-12-25	15:45	15:49	4차월동대	헬기	아라온	하계대 출납극 인원 수송	ND
2016-12-25	15:50	15:54	4차월동대	헬기	아라온	하계대 출납극 인원 수송	ND
2016-12-25	16:13	-	4차월동대	헬기	아라온	VU 철수	VU
2016-12-25	16:26	16:45	4차월동대	육상	아라온	대장님, 총무님 픽업	UTV 2대
2016-12-25	17:02	-	4차월동대	헬기	아라온	ND 철수	ND
2016-12-25	17:35	17:48	4차월동대	헬기	아라온	아라온 방선	MQ
2016-12-26	14:07	16:49	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-26	14:08	17:30	잠수팀	육상	해빙	해빙 조사	도보
2016-12-27	14:10	17:17	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-27	14:34	16:39	HNZ	육상	곤드와나 기지	지형 조사	도보
2016-12-28	14:38	17:54	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2016-12-28	15:28	17:27	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES 장비 테스트	IBH
2016-12-29	14:54	17:09	빙저호팀	헬기	마리오주켈리 기지	RES 관련 업무 협의	MQ
2017-12-31	14:14	17:27	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-04	10:17	12:07	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES 장비 테스트	IBH
2017-01-04	14:06	17:35	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-05	11:23	15:31	4차월동대	헬기	마리오주켈리 기지	중장비 정비 지원	UK
2017-01-06	13:54	16:42	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-07	9:59	11:56	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES 장비 테스트	IBH
2017-01-07	14:49	16:42	빙저호팀	헬기	캠벨 빙하	RES 장비 테스트	IBH
2017-01-09	14:02	17:13	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-10	10:14	11:50	4차월동대	해상	기지 주변	조디악 1호 테스트	조디악1호
2017-01-10	10:15	11:55	4차월동대	해상	기지 주변	조디악 2호 테스트	조디악2호
2017-01-10	15:17	17:30	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-10	15:40	17:08	빙저호팀	헬기	David Glacier	RES 장비 테스트	IBH
2017-01-11	9:52	10:41	4차월동대	해상	기지 주변	네팅 및 시험운항	조디악1호
2017-01-11	10:14	12:29	빙저호팀	헬기	캠벨 빙하	RES 장비 테스트	IBH
2017-01-11	14:19	16:13	생명팀	육상	기지	스쿠아 조사	도보
2017-01-11	14:30	16:26	빙저호팀	헬기	캠벨 빙하	RES 장비 테스트	IBH
2017-01-11	14:44	15:54	4차월동대	해상	기지 주변	시험운항, 부이 수거	조디악2호
2017-01-11	14:53	15:40	잠수팀	해상	기지	수중 환경 조사	잠수
2017-01-11	16:09	16:23	4차월동대	해상	기지	부이 수거	조디악1호

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-01-12	16:18	17:39	4차월동대	헬기	마리오주켈리 기지	식자재 운송	UK
2017-01-16	9:10	10:56	극지지구시스템연구부	헬기	Tarn Flat 일대	유류드럼 수거 / 이송	MQ
2017-01-16	9:13	10:56	극지지구시스템연구부	헬기	Tarn Flat 일대	유류드럼 수거 / 이송	UK
2017-01-16	13:30	17:06	극지지구시스템연구부	헬기	Starr Nunatak	유류드럼 수거 / 이송	MQ
2017-01-16	13:30	17:12	극지지구시스템연구부	헬기	Starr Nunatak	유류드럼 수거 / 이송	UK
2017-01-17	10:02	11:30	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-17	14:39	15:36	4차월동대	해상	기지 주변	해상안전교육	조디악1호
2017-01-17	14:48	16:45	4차월동대	해상	기지 주변	해상안전교육	조디악2호
2017-01-17	14:50	15:30	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-17	14:50	16:57	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-18	14:10	18:16	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-18	14:20	16:21	4차월동대	해상	기지 주변	CTD	조디악 2호
2017-01-18	14:48	15:14	생명팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-19	9:42	11:47	빙저호팀	헬기	캠벨 빙하	RES 탐사	IBH
2017-01-19	10:01	12:10	4차월동대	해상	기지 주변	CTD	조디악 1호
2017-01-19	11:08	11:16	MZS	헬기	장보고 기지	헬기 부품 수령	HDB
2017-01-19	11:17	-	MZS	헬기	마리오주켈리 기지	헬기 부품 수령	HDB
2017-01-19	14:19	17:15	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-19	14:30	15:09	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-19	14:43	16:22	4차월동대	해상	기지 주변	야외조사 및 CTD	조디악 1호
2017-01-19	14:55	17:17	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES 탐사	IBH
2017-01-20	9:32	20:19	빙저호팀	헬기	Morris Basin	RES 탐사	IBH
2017-01-20	9:39	19:49	빙저호팀	헬기	Morris Basin	RES 탐사	MQ
2017-01-20	9:41	18:14	빙저호팀	헬기	Morris Basin	RES 탐사	UK
2017-01-20	14:12	17:34	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-20	14:48	16:35	4차월동대	해상	기지 주변	수심조사 및 네팅 작업	조디악
2017-01-21	9:05	15:00	빙저호팀	헬기	David Glacier	RES 탐사	UK
2017-01-21	9:10	19:37	빙저호팀	헬기	Upper David Glacier	RES 탐사	IBH
2017-01-21	12:13	18:55	빙저호팀	헬기	David Glacier	RES 탐사	MQ
2017-01-22	11:17	15:05	4차월동대	해상	마리오주켈리 기지	하역 관련 업무 협의	조디악
2017-01-22	14:41	17:05	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES 탐사	IBH
2017-01-23	9:05	19:55	빙저호팀	헬기	Morris Basin	RES 탐사	IBH
2017-01-23	9:11	15:05	빙저호팀	헬기	Morris Basin	RES 탐사	MQ
2017-01-23	10:02	10:41	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-23	13:03	18:56	빙저호팀	헬기	David Glacier	RES 탐사	UK
2017-01-23	-	14:07	MZS	헬기	장보고 기지	헬기 부품 수령	HDB
2017-01-23	14:09	-	MZS	헬기	마리오주켈리 기지	헬기 부품 수령	HDB
2017-01-23	14:16	17:53	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-23	14:20	15:33	생명팀	해상	기지 주변	네팅 및 수심조사	조디악 2호

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-01-23	15:10	15:33	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-24	9:32	12:30	기지지원팀	헬기	Starr Nunatak	유류 Depot	MQ
2017-01-24	9:33	12:30	기지지원팀	헬기	Starr Nunatak	유류 Depot	UK
2017-01-24	14:20	17:08	생명팀	육상	기지 주변	스쿠아 조사	도보
2017-01-24	14:58	15:25	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-24	15:06	16:19	생명팀	해상	기지 주변	네팅 및 잠수사 지원	조디악2호
2017-01-25	9:31	10:30	4차월동대	육상	브라우닝패스 입구	컨테이너 조사	ATV
2017-01-25	10:25	11:03	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-25	10:59	12:36	빙저호팀	육상	콘드와나 기지 주변	기지 주변 조사	도보
2017-01-25	14:57	15:32	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-25	15:04	16:32	생명팀	해상	기지 주변	잠수사 안전 지원 및 네 팅	조디악 1호
2017-01-26	10:10	15:45	HNZ	육상	브라우닝패스	브라우닝패스 주변 조사	도보
2017-01-26	14:32	15:40	4차월동대	해상	기지 주변	수중 환경 조사, 네팅	조디악 1호
2017-01-26	14:36	15:09	잠수팀	해상	기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-01-27	13:50	14:50	4차월동대	해상	아라온	하역 관련 업무 협의	조디악
2017-01-28	9:33	10:00	4차월동대	해상	아라온	아라온 화물 하역 및 하 계대 입납극 지원	조디악 1호
2017-01-28	9:55	16:00	4차월동대	해상	아라온	아라온 화물 하역	조디악 2호
2017-01-28	10:21	10:29	4차월동대	헬기	아라온	아라온 화물 하역	MQ
2017-01-28	-	11:41	4차월동대	헬기	장보고 기지	헬기 및 조종사 입납극	JV
2017-01-28	12:30	12:45	4차월동대	해상	아라온	아라온 화물 하역 및 하 계대 출납극 지원	조디악 1호
2017-01-28	13:08	13:18	4차월동대	헬기	아라온	아라온 화물 슬링	MQ
2017-01-28	13:19	13:24	4차월동대	헬기	아라온	하계대 입납극 지원	MQ
2017-01-28	13:25	13:28	4차월동대	헬기	아라온	하계대 입납극 지원	MQ
2017-01-28	13:29	13:32	4차월동대	헬기	아라온	하계대 입납극 지원	MQ
2017-01-28	13:38	14:44	4차월동대	헬기	아라온	아라온 화물 슬링	MQ
2017-01-28	14:45	14:50	4차월동대	헬기	아라온	하계대 출납극 지원	MQ
2017-01-28	14:53	14:55	4차월동대	헬기	아라온	아라온 화물 슬링	MQ
2017-01-28	-	15:46	MZS	헬기	장보고 기지	MZS 화물 픽업	HDB
2017-01-28	15:50	-	MZS	헬기	마리오주켈리 기지	MZS 화물 픽업	HDB
2017-01-29	9:01	9:11	4차월동대	헬기	아라온	장보고 기지 방문	UK
2017-01-29	9:14	9:19	4차월동대	헬기	아라온	장보고 기지 방문	UK
2017-01-29	9:17	15:00	4차월동대	해상	기지 주변	해상 통제	조디악
2017-01-29	9:21	9:26	4차월동대	헬기	장보고 기지	장보고 기지 방문	UK
2017-01-29	9:24	15:00	4차월동대	해상	기지 주변	해상 통제	조디악
2017-01-29	9:59	10:05	4차월동대	헬기	아라온	헬기슬링 및 화물 수송	MQ
2017-01-29	10:30	11:00	4차월동대	헬기	아라온	헬기슬링 및 화물 수송	MQ
2017-01-29	12:28	12:31	4차월동대	헬기	아라온	바지고정용 O링 수송	UK

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-01-29	13:08	13:11	4차월동대	헬기	아라온	하계연구원 수송	UK
2017-01-29	13:12	13:15	4차월동대	헬기	아라온	하계연구원 수송	UK
2017-01-29	13:42	14:19	4차월동대	헬기	난센 빙봉	난센 지역 정찰 및 하계연구원 수송	UK
2017-01-29	14:18	14:25	4차월동대	헬기	아라온	화물수송	MQ
2017-01-29	14:28	16:49	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES 탐사	IBH
2017-01-29	14:30	15:40	해수면변동예측사업단	헬기	난센 빙봉	열수시추 캠프사이트 정찰	UK
2017-01-30	9:17	13:26	해수면변동예측사업단	헬기	난센 빙봉	지진계 설치	MQ
2017-01-30	9:18	20:33	빙저호팀	헬기	Upper David Glacier	RES 탐사	IBH
2017-01-30	9:30	18:15	빙저호팀	헬기	David Glacier	유류드럼 수거 / 이송	UK
2017-01-30	14:55	18:56	해수면변동예측사업단	헬기	난센 빙봉	지역 정찰	MQ
2017-02-02	8:48	20:40	빙저호팀	헬기	David Glacier	유류드럼 수거 / 이송	UK
2017-02-02	8:49	21:18	빙저호팀	헬기	David Glacier	RES 탐사	IBH
2017-02-02	9:11	12:28	해수면변동예측사업단	헬기	난센 빙봉	지진계 설치	MQ
2017-02-02	14:07	17:50	생명팀	육상	워크업 타워 주변	생태조사	ATV
2017-02-02	14:15	18:11	해수면변동예측사업단	헬기	난센 빙봉	지진계 설치	MQ
2017-02-03	8:59	13:15	극지지구시스템연구부	헬기	난센 빙봉	지진계 설치	UK
2017-02-03	9:25	12:35	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캠프 전개	MQ
2017-02-03	9:30	12:15	환경과학기술	육상	곤드와나 기지 주변	지질 조사	도보
2017-02-03	10:41	13:10	극지지구시스템연구부	헬기	난센 빙봉 지역	테스트 비행, 중력계 탐사	JV
2017-02-03	10:55	11:35	잠수팀	해상	기지 주변	수중 조사	잠수
2017-02-03	13:35	15:06	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캠프 화물 수송	MQ
2017-02-03	13:37	15:56	빙저호팀	헬기	Morris Basin	유류 이송	UK
2017-02-03	14:10	14:56	생명팀	해상	기지 주변	네팅	조디악2호
2017-02-03	14:59	15:54	4차월동대	해상	곤드와나 기지 주변	잠수안전지도, 취수구 해수 채취	조디악2호
2017-02-03	15:12	15:44	잠수팀	해상	곤드와나 기지 주변	수중 환경 조사	잠수
2017-02-03	15:18	15:45	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	화물 수송	MQ
2017-02-03	15:48	16:17	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	스키두 이송	MQ
2017-02-03	15:54	16:30	생명팀	해상	기지 주변	해빙 조사	조디악2호
2017-02-03	16:00	16:29	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	유류 3드럼 이송	UK
2017-02-03	16:17	16:46	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	화물 수송	MQ
2017-02-03	16:36	17:03	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	유류 이송	UK
2017-02-03	16:47	17:17	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	화물 수송	MQ
2017-02-03	17:04	17:33	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	화물 수송	UK
2017-02-03	17:30	19:14	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	화물 수송	MQ
2017-02-03	17:33	18:06	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	화물 수송	UK
2017-02-03	18:06	18:35	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	화물 수송	UK
2017-02-04	9:13	13:35	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른 화산, 난센 빙봉	MT탐사, GPS회수	UK

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-02-04	9:13	17:30	환경과학기술	육상	브라우닝패스 주변	브라우닝 산 주변 측량	도보
2017-02-04	10:40	11:14	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	화물 수송	MQ
2017-02-04	11:22	12:53	해수면변동예측사업단	헬기	케이프 펠리피	유류 3드림 이송	MQ
2017-02-04	13:52	16:12	빙저호팀	헬기	Campbell Area	RES 탐사	IBH
2017-02-04	14:05	17:03	생명팀	육상	기지 주변	기지 주변 조사	도보
2017-02-04	14:21	17:09	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른 화산, 난센, 캠벨	MT탐사, GPS회수	UK
2017-02-04	14:23	16:58	해수면변동예측사업단	헬기	Morris Basin	MT탐사, GPS회수	MQ
2017-02-04	14:49	15:22	잠수팀	해상	기지 주변	수중 조사	잠수
2017-02-04	16:22	18:35	빙저호팀	헬기	Campbell Glacier	RES 탐사	IBH
2017-02-04	19:23	23:03	HNZ	헬기	마리오주켈리 기지	HNZ 회의	UK
2017-02-05	13:47	17:21	해수면변동예측사업단	헬기	난센 시추 현장	ApRES탐사	MQ
2017-02-05	13:55	17:39	생명팀	육상	곤드와나 기지 주 변	곤드와나 기지 주변 조사	도보
2017-02-05	14:13	21:00	HNZ	헬기	마리오주켈리 기지	중력계 관련 미팅	JV
2017-02-05	-	16:28	설룡호 승무원	헬기	장보고 기지	중국 연구원 기지 방문	B7102
2017-02-05	16:35	-	설룡호 승무원	헬기	설룡호	헬기 복귀	B7102
2017-02-05	-	17:18	설룡호 승무원	헬기	장보고 기지	중국 연구원 픽업	B7102
2017-02-05	17:23	21:00	HNZ	헬기	마리오주켈리 기지	마리오주켈리 기지 인원 픽업	MQ
2017-02-05	17:36	-	설룡호 승무원	헬기	설룡호	중국 헬기 복귀	B7102
2017-02-06	9:05	9:34	해수면변동예측사업단	헬기	난센 빙봉	ApRES 탐사	UK
2017-02-06	9:20	11:14	극지지구시스템연구부	헬기	난센	중력계 탐사	JV
2017-02-06	9:20	17:40	환경과학기술	육상	브라우닝패스	기지 주변 조사	ATV
2017-02-06	9:57	12:31	이원상(RES)	헬기	난센 빙봉	RES 탐사	IBH
2017-02-06	10:23	11:23	해수면변동예측사업단	헬기	난센 빙봉	ApRES 탐사	UK
2017-02-06	11:28	12:42	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	ApRES 탐사	UK
2017-02-06	12:05	14:54	극지지구시스템연구부	헬기	브라우닝패스	중력계 탐사	JV
2017-02-06	14:02	16:33	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES 탐사	IBH
2017-02-06	14:05	18:16	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른 화산 일대	MT탐사, GPS 회수	UK
2017-02-06	14:22	16:04	4차월동대	해상	기지 주변	잠수 안전	조디아1호
2017-02-06	14:32	14:57	잠수팀	해상	기지 주변	수중 조사	잠수
2017-02-06	15:39	16:06	잠수팀	해상	기지 주변	수중 조사	잠수
2017-02-06	16:11	16:30	해수면변동예측사업단	헬기	아라온 호	연구원 픽업	MQ
2017-02-06	18:47	20:37	빙저호팀	육상	곤드와나 기지 주 변	곤드와나 기지 주변 조사	도보
2017-02-07	9:14	17:43	환경과학기술	육상	브라우닝패스 주변	지도 조사	도보
2017-02-07	10:45	12:20	빙저호팀	육상	브라우닝패스 주변	브라우닝패스 조사	도보
2017-02-07	10:50	11:32	4차월동대	해상	마리오주켈리 기지	MZS 동계 업무 협의	조디아1호
2017-02-07	14:54	15:21	4차월동대	해상	장보고 기지	기지 복귀	조디아1호
2017-02-07	15:02	16:09	잠수팀	해상	기지 주변	잠수 안전	조디아2호
2017-02-07	15:10	15:20	잠수팀	해상	기지 주변	수중 조사	잠수

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-02-07	15:25	16:05	잠수팀	해상	기지 주변	수중 조사	잠수
2017-02-07	16:40	19:45	빙저호팀	육상	브라우닝패스 주변	브라우닝패스 주변 조사	도보
2017-02-07	17:25	17:42	4차월동대	육상	브라우닝패스 주변	측량 장비 이송	ATV
2017-02-08	16:40	17:50	해수면변동예측사업단	육상	곤드와나 기지 주 변	AWS 점검	도보
2017-02-09	8:50	9:30	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캠프 유류 지원	UK
2017-02-09	9:56	10:27	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캠프 유류 지원	UK
2017-02-09	10:06	12:35	극지지구시스템연구부	헬기	난센 빙봉	중력계 탐사	JV
2017-02-09	-	10:34	맥머도 기지	헬기	장보고 기지	미국 연구원 픽업	N3208H
2017-02-09	11:02	12:48	해수면변동예측사업단	헬기	드라이갈스키 빙설	ApRES 탐사	UK
2017-02-09	11:40	14:14	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES 탐사	IBH
2017-02-09	11:50	-	맥머도 기지	헬기	Mc Murdo Station	미국 연구원 철수	N3208H
2017-02-09	12:57	18:18	해수면변동예측사업단	헬기	David Glacier	ApRES 탐사	UK
2017-02-09	14:36	16:35	환경과학기술	해상	기지 주변	해저 조사	조디악1호
2017-02-09	15:08	15:34	잠수팀	해상	기지 주변	수중 조사	잠수
2017-02-09	15:50	16:52	극지지구시스템연구부	헬기	난센 빙봉	중력계 탐사	JV
2017-02-09	15:58	16:04	잠수팀	해상	기지 주변	수중 조사	잠수
2017-02-09	16:04	18:04	빙저호팀	헬기	Campbell Area	RES 탐사	IBH
2017-02-09	16:10	18:09	생명팀	육상	기지 주변	기지 주변 조사	ATV
2017-02-10	9:08	12:13	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른화산	MT 장비 이동 설치	UK
2017-02-10	9:03	9:15	4차월동대	육상	브라우닝패스	환경과학기술 이동지 원	ATV
2017-02-10	9:13	11:47	극지지구시스템연구부	헬기	난센 빙봉	지오폰 회수	MQ
2017-02-10	10:56	12:08	빙저호팀	헬기	Campbell Area	RES 탐사	IBH
2017-02-10	11:29	12:01	4차월동대	해상	기지 주변	하역작업 준비	조디악1호
2017-02-10	11:29	12:01	4차월동대	해상	기지 주변	하역작업 준비	조디악2호
2017-02-10	11:29	12:01	4차월동대	해상	기지 주변	하역작업 준비	바지선
2017-02-10	13:22	15:50	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른화산	MT 장비 이동 설치	UK
2017-02-10	13:50	14:00	4차월동대	해상	기지 주변	하역 준비	조디악1호
2017-02-10	14:08	15:43	생명팀	해상	기지 주변	네팅	조디악1호
2017-02-11	9:16	9:43	극지지구시스템연구부	헬기	Campbell Area	GPR 탐사	UK
2017-02-11	9:53	12:13	해수면변동예측사업단	헬기	Campbell Area	MT타사, GPS설치	UK
2017-02-11	13:32	15:18	해수면변동예측사업단	헬기	Campbell Area	MT타사, GPS설치	UK
2017-02-11	13:42	14:24	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캠프 화물 일부 철수	MQ
2017-02-11	13:50	17:34	4차월동대	해상	기지 주변	취,배수구 작업	조디악2호
2017-02-11	13:52	17:34	4차월동대	해상	기지 주변	취,배수구 작업	조디악1호
2017-02-11	14:00	16:50	신원개발	해상	기지 주변	취,배수구 작업	바지선
2017-02-11	14:31	15:22	극지지구시스템연구부	헬기	Campbell Area	GPR 탐사	MQ
2017-02-11	14:57	17:14	극지지구시스템연구부	헬기	난센 빙봉	중력계 탐사	JV
2017-02-11	18:32	21:32	해수면변동예측사업단	헬기	마리오주켈리 기지	중력계 문의	UK
2017-02-11	18:49	21:43	해수면변동예측사업단	헬기	마리오주켈리 기지	중력계 문의	JV

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-02-12	8:30	11:07	극지지구시스템연구부	헬기	난센 빙봉	중력계 탐사	JV
2017-02-12	9:05	12:17	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른화산	MT 탐사	UK
2017-02-12	12:15	15:19	극지지구시스템연구부	헬기	David Glacier	중력계 탐사	JV
2017-02-12	13:28	16:14	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른화산	MT 탐사	UK
2017-02-12	14:02	17:30	4차월동대	해상	기지 주변	취,배수구 작업	조디악1호
2017-02-12	14:02	17:30	4차월동대	해상	기지 주변	취,배수구 작업	조디악2호
2017-02-12	-	17:52	마리오주켈리	헬기	장보고 기지	기지 방문	DB
2017-02-12	21:00	-	마리오주켈리	헬기	마리오주켈리 기지	기지 복귀	DB
2017-02-13	9:00	12:41	해수면변동예측사업단	헬기	난센	장비 관측 현황 확인 및 MT탐사	UK
2017-02-13	9:15	11:52	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	열수시추캡프 철수	MQ
2017-02-13	11:44	15:34	극지지구시스템연구부	헬기	난센	중력계 탐사	JV
2017-02-13	-	11:52	마리오주켈리	헬기	장보고 기지	이태리 IT 엔지니어 방문	DB
2017-02-13	11:57	12:30	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	열수시추캡프 철수	MQ
2017-02-13	11:59	12:17	마리오주켈리	헬기	장보고 기지	안테나 부속(PoE어댑터) 수송	DB
2017-02-13	12:10	14:24	빙저호팀	헬기	난센 빙봉	RES탐사	IBH
2017-02-13	13:12	-	마리오주켈리	헬기	마리오주켈리 기지	이태리 IT 엔지니어 복귀	DB
2017-02-13	13:44	14:13	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-13	13:51	16:26	해수면변동예측사업단	헬기	난센 빙봉	장비 관측 현황 확인 및 MT탐사	UK
2017-02-13	14:13	14:49	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-13	14:53	15:52	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-13	15:54	16:23	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-13	16:04	20:47	빙저호팀	헬기	David Glacier	RES탐사	IBH
2017-02-13	16:30	17:00	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-13	16:32	16:59	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프 인원 복귀	UK
2017-02-13	16:37	19:14	극지지구시스템연구부	헬기	난센	중력계 탐사	JV
2017-02-13	16:59	17:26	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	공드럼 회수	UK
2017-02-13	17:01	17:32	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-13	17:27	17:55	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	UK
2017-02-13	17:37	18:07	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-13	17:55	18:28	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프 인원 복귀	UK
2017-02-13	18:08	18:39	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-14	9:17	11:55	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른화산	MT탐사	MQ
2017-02-14	13:36	15:05	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프화물철수	MQ
2017-02-14	15:09	15:48	해수면변동예측사업단	헬기	Vegetation island	캡프 인원 복귀	MQ
2017-02-15	9:03	12:18	해수면변동예측사업단	헬기	드라이갈스키 빙설	ApRES 관측자료 확인	UK
2017-02-15	10:07	15:24	극지지구시스템연구부	헬기	난센	중력계 탐사	JV
2017-02-15	11:35	13:47	극지지구시스템연구부	헬기	David Glacier	유류 데포	MQ
2017-02-15	13:27	15:21	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른화산	MT탐사장비 회수	UK

일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-02-15	13:41	16:58	빙저호팀	헬기	캠벨 빙하	RES 탐사	IBH
2017-02-15	14:23	16:22	4차월동대	해상	기지 주변	해도 측정 지원	조디악2호
2017-02-15	15:41	18:41	해수면변동예측사업단	헬기	드라이갈스키 빙설	ApRES 관측자료 확인	MQ
2017-02-16	10:40	10:57	생명팀	육상	임시부두	해수 채취	도보
2017-02-16	16:57	17:06	HNZ	헬기	기지	헬리패드 이동	MQ
2017-02-16	17:26	17:32	HNZ	헬기	기지	헬리패드 이동	JV
2017-02-17	10:30	11:50	4차월동대	해상	기지-아라운	ISO탱크 하역	바지선
2017-02-17	10:30	11:55	4차월동대	해상	기지-아라운	ISO탱크 하역	조디악1호
2017-02-17	10:30	11:55	4차월동대	해상	기지-아라운	ISO탱크 하역	조디악2호
2017-02-17	11:48	11:57	HNZ	헬기	기지	헬리패드 3->2이동	JV
2017-02-17	12:37	13:59	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른화산, 캠벨 빙하	장비 회수	JV
2017-02-17	12:51	2.18. 15:00	4차월동대	해상	기지-아라운	ISO탱크 하역	바지선
2017-02-17	12:51	2.18. 15:00	4차월동대	해상	기지-아라운	ISO탱크 하역	조디악1호
2017-02-17	12:51	2.18. 15:00	4차월동대	해상	기지-아라운	ISO탱크 하역	조디악2호
2017-02-17	13:45	13:47		헬기	기지	헬리패드 3->1 이동	IBH
2017-02-17	19:26	19:31	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-17	19:34	19:38	기지지원팀	헬기	아라운	하계대 철수	JV
2017-02-17	19:39	19:44	기지지원팀	헬기	아라운	하계대 철수	JV
2017-02-17	19:46	19:51	기지지원팀	헬기	아라운	하계대 철수	JV
2017-02-17	19:52	19:57	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-17	19:58	20:00	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-17	20:01	20:10	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	8:38	9:40	해수면변동예측사업단	헬기	멜버른화산	지진계 회수	IBH
2017-02-18	10:18	12:42	해수면변동예측사업단	헬기	난센	지진계 회수	IBH
2017-02-18	10:19	12:37	해수면변동예측사업단	헬기	난센	지진계 회수	JV
2017-02-18	15:37	15:43	기지지원팀	헬기	아라운	헬기 철수	IBH
2017-02-18	16:15	16:22	기지지원팀	헬기	아라운	하계대 철수	JV
2017-02-18	16:23	16:27	기지지원팀	헬기	아라운	하계대 철수	JV
2017-02-18	16:28	16:32	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	16:33	16:37	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	16:38	16:41	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	16:41	16:43	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	16:43	16:46	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	16:46	16:49	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	16:49	16:52	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	16:56	17:00	기지지원팀	헬기	아라운	화물 선적	JV
2017-02-18	17:52	17:57	기지지원팀	헬기	아라운	하계대 철수	JV
2017-02-18	17:59	18:00	기지지원팀	헬기	아라운	하계대 철수	JV

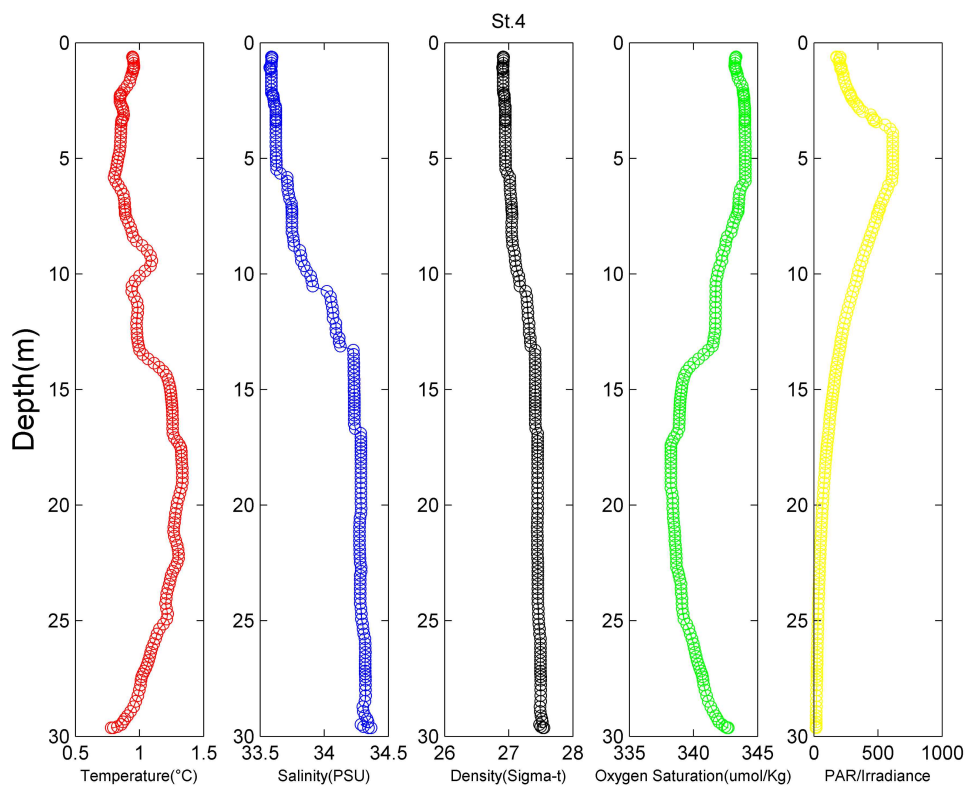
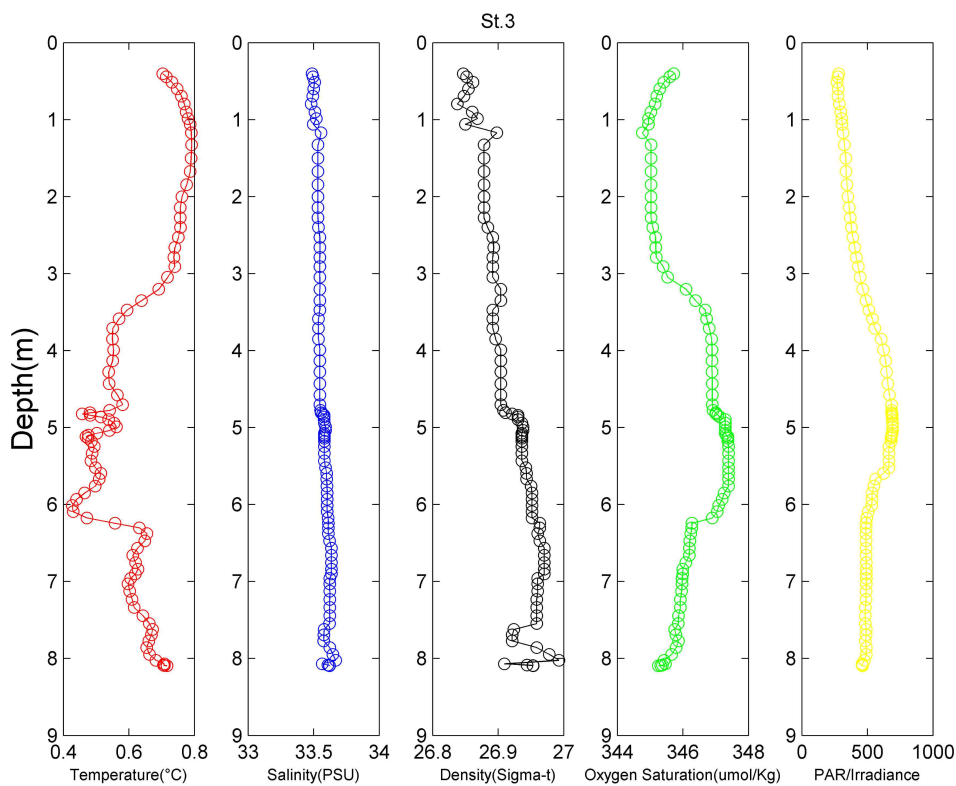
일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-02-18	18:06	18:09	기지지원팀	헬기	아라온	하계대 철수	JV
2017-03-10	15:40	17:30	4차월동대	육상	외부 연구동	외부 연구동 순찰	UTV
2017-03-29	15:00	17:00	4차월동대	육상	외부 연구동	외부 연구동 순찰	UTV
2017-03-30	10:15	15:28	4차월동대	육상	브라우닝패스	브라우닝패스 답사	피스텐볼리1
2017-03-30	10:16	15:28	4차월동대	육상	브라우닝패스	브라우닝패스 답사	피스텐볼리2
2017-05-11	14:19	14:50	4차월동대	육상	취수구	취수구 점검	피스텐볼리
2017-05-12	13:10	14:40	4차월동대	육상	브라우닝패스	기지 주변 순찰	피스텐볼리
2017-05-15	14:00	15:30	4차월동대	육상	집수조	pCO2 확인	UTV
2017-05-18	10:55	12:00	4차월동대	육상	보트창고동	보트동 점검	피스텐볼리
2017-05-18	14:15	15:35	4차월동대	육상	집수조	pCO2 확인	도보
2017-05-26	9:57	11:30	4차월동대	육상	워크업 타워 주변	워크업 타워 정비	피스텐볼리
2017-05-30	13:37	15:17	4차월동대	육상	대기구성물질관측 동	대기구성물질관측동 업무	피스텐볼리
2017-06-02	10:22	10:47	4차월동대	육상	취수구	취수구 점검	피스텐볼리
2017-06-07	14:10	15:43	4차월동대	육상	콘드와나 기지	콘드와나 기지 주변 조사	도보
2017-06-09	15:16	15:43	4차월동대	육상	기지 주변	기지 외곽 순찰	피스텐볼리
2017-06-12	14:09	15:02	4차월동대	육상	기지 주변	기지 외곽 안전 점검	피스텐볼리
2017-06-13	13:56	14:26	4차월동대	육상	보트창고동	보트창고동 점검	피스텐볼리
2017-06-23	10:59	11:30	4차월동대	육상	대기구성물질관측 동	대기구성물질관측동 업무	피스텐볼리
2017-06-26	10:25	11:15	4차월동대	육상	대기구성물질관측 동	대기구성물질관측동 업무	피스텐볼리2
2017-06-27	10:40	11:14	4차월동대	육상	해수 집수조	해양 업무	피스텐볼리
2017-06-29	14:17	16:00	4차월동대	육상	워크업 타워	차량 시험 주행	피스텐볼리2
2017-06-30	17:38	18:15	4차월동대	육상	브라우닝패스	브라우닝패스 정찰	피스텐볼리2
2017-06-30	19:04	19:38	4차월동대	육상	브라우닝패스	브라우닝패스 정찰	피스텐볼리2
2017-07-07	14:55	14:52	4차월동대	육상	취수구	기지순찰 / 취수구 점 검	피스텐볼리2
2017-07-10	14:42	16:00	4차월동대	육상	대기구성물질관측 동	대기구성물질관측동 업무	캘린저
2017-07-13	10:01	10:19	4차월동대	육상	취수구	취수구 점검	피스텐볼리
2017-07-17	14:13	15:00	4차월동대	육상	워크업 타워	해빙 사진 촬영	피스텐볼리
2017-07-17	16:14	17:30	4차월동대	육상	취수구	보트창고동, 취수구 점 검	피스텐볼리
2017-07-19	9:27	9:52	4차월동대	육상	취수구	취수구 점검	피스텐볼리
2017-07-20	11:41	12:32	4차월동대	육상	집수조	해양 업무	피스텐볼리
2017-07-20	14:43	16:31	4차월동대	육상	집수조	해양 업무	피스텐볼리
2017-07-24	13:39	14:53	4차월동대	육상	취수구	취수구 작업	피스텐볼리
2017-08-02	9:40	10:08	4차월동대	육상	취수구	취수구 점검	피스텐볼리
2017-08-10	9:19	9:45	4차월동대	육상	취수구	취수구 점검	피스텐볼리2
2017-08-10	9:50	10:01	4차월동대	육상	유류펌프실	유류펌프실 작업	피스텐볼리
2017-08-10	13:48	16:35	4차월동대	육상	다목적캡슐하우스	다목적 캡슐하우스, 보 트창고동 제설	피스텐볼리
2017-08-10	15:06	15:50	4차월동대	육상	집수조	해양 업무	피스텐볼리

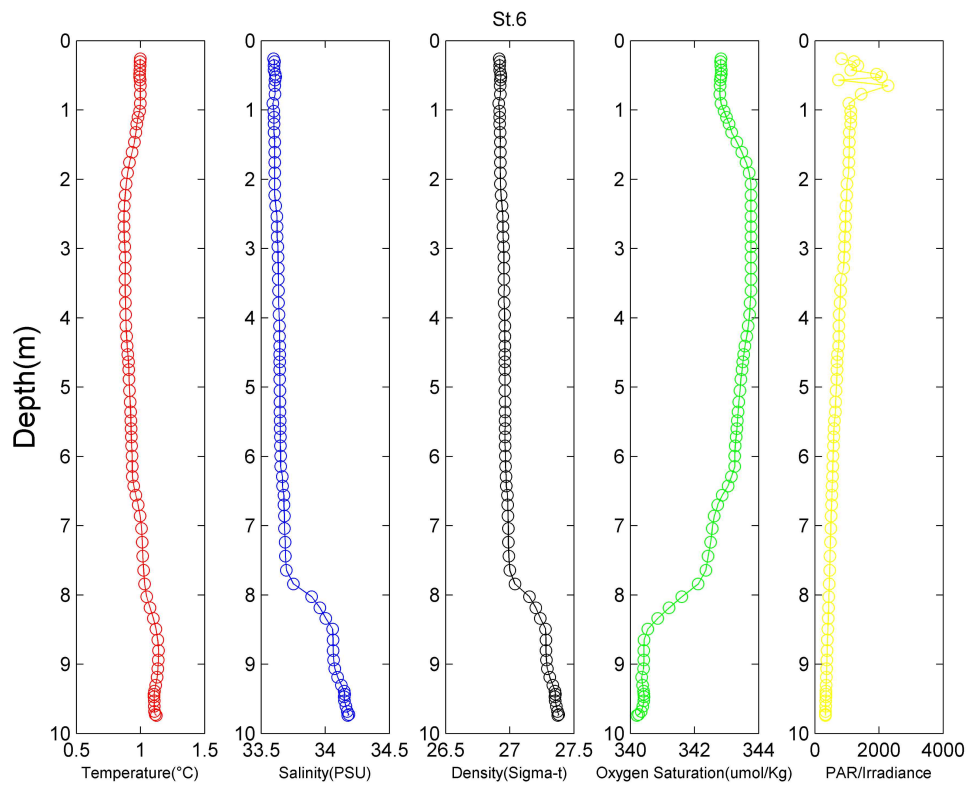
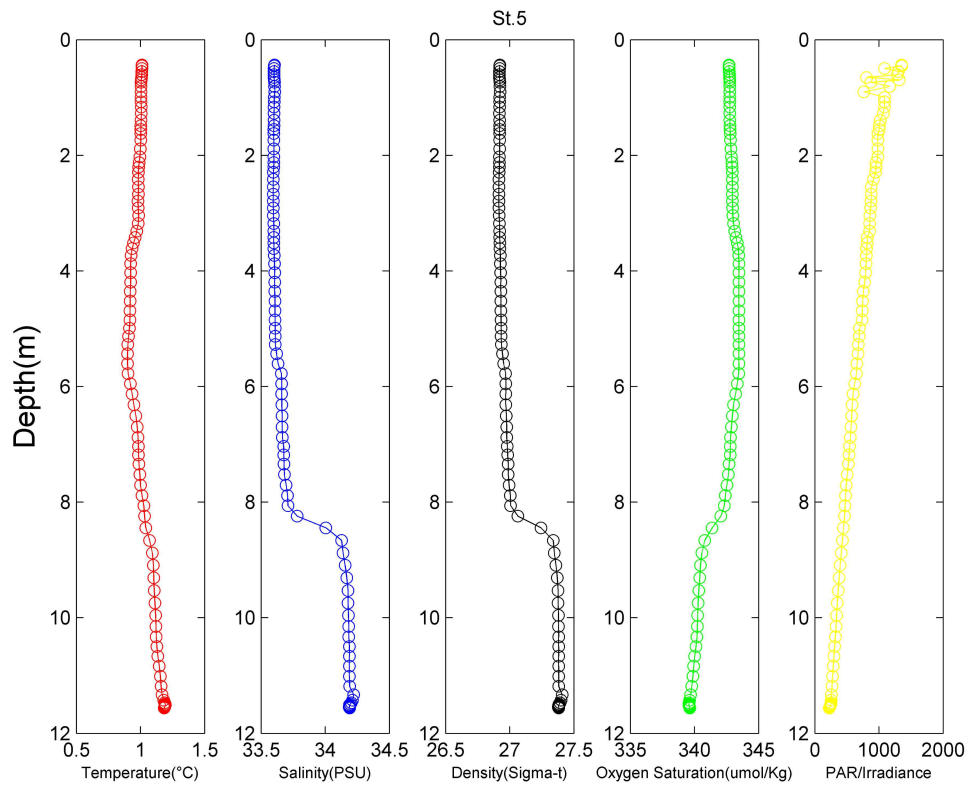
일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-08-16	9:22	9:35	4차월동대	육상	취수구	취수구 점검	피스텐볼리
2017-08-17	11:47	11:59	4차월동대	육상	집수조	해양 업무	피스텐볼리
2017-08-18	10:10	11:39	4차월동대	육상	집수조	관측동, 집수조 업무	피스텐볼리
2017-08-21	14:07	14:44	4차월동대	육상	기지 앞 해빙	해빙 조사	피스텐볼리
2017-08-21	14:07	14:44	4차월동대	육상	기지 앞 해빙	해빙 조사	스키두, ATV
2017-08-21	13:54	15:49	4차월동대	육상	기지 주변	안전 순찰	피스텐볼리
2017-08-24	10:02	11:30	4차월동대	육상	부두 앞	부두 앞 안전 순찰	피스텐볼리
2017-09-01	9:56	10:15	4차월동대	육상	취수구	취수구 점검	피스텐볼리
2017-09-13	14:33	15:28	4차월동대	육상	콘드와나 기지 주변	해빙 조사	ATV
2017-09-13	14:33	16:00	4차월동대	육상	콘드와나 기지 주변	해빙 조사	ATV
2017-09-19	9:49	12:12	4차월동대	육상	기지 앞 해빙	해빙 조사	피스텐볼리, ATV, UTV
2017-09-19	13:42	17:36	4차월동대	육상	기지 앞 해빙	해빙 조사	피스텐볼리, UTV
2017-09-19	13:42	17:37	4차월동대	육상	기지 앞 해빙	해빙 조사	ATV
2017-09-23	14:02	15:39	4차월동대	육상	기지 앞 해빙	해빙 조사	피스텐볼리1
2017-09-23	15:00	16:18	4차월동대	육상	기지 앞 해빙	해빙 조사	UTV
2017-09-23	15:39	18:05	4차월동대	육상	브라우닝패스 주변	해빙 조사	피스텐볼리1
2017-09-25	10:54	11:26	4차월동대	육상	기지 앞 해빙	해양 시료 채취	UTV
2017-09-26	10:01	12:04	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	피스텐볼리2
2017-09-26	10:01	12:04	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	UTV
2017-09-26	13:52	17:30	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	피스텐볼리2
2017-09-26	13:52	14:32	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	UTV
2017-09-26	14:40	17:30	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	UTV
2017-09-27	14:18	17:08	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	코란도
2017-09-28	13:09	14:47	4차월동대	육상	기지 주변	안전 순찰	도보
2017-09-28	13:55	14:46	4차월동대	육상	집수조	집수조 업무	ATV
2017-10-01	12:13	17:38	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	코란도, 스키 두
2017-10-06	9:47	10:20	4차월동대	육상	기지 주변	기지 순찰	도보
2017-10-13	10:15	11:05	4차월동대	육상	집수조	집수조 업무	피스텐볼리2
2017-10-13	14:00	15:27	4차월동대	육상	해빙	단체사진 촬영	피스텐볼리2
2017-10-13	16:22	17:15	4차월동대	육상	집수조	집수조 업무	피스텐볼리2
2017-10-17	10:00	13:00	4차월동대	육상	해빙	해빙 철판 설치	굴삭기, 피스 텐볼리, 로더
2017-10-17	13:40	20:56	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	피스텐볼리2
2017-10-17	14:00	17:00	4차월동대	육상	해빙	해빙 철판 설치	굴삭기, 피스 텐볼리, 로더
2017-10-18	14:35	17:00	4차월동대	육상	해빙	해빙 크랙 점검	피스텐볼리2
2017-10-19	15:25	17:00	4차월동대	육상	해빙	해빙 조사	피스텐볼리2
2017-10-20	14:27	15:11	4차월동대	육상	해빙	해빙 깃발 설치	피스텐볼리2

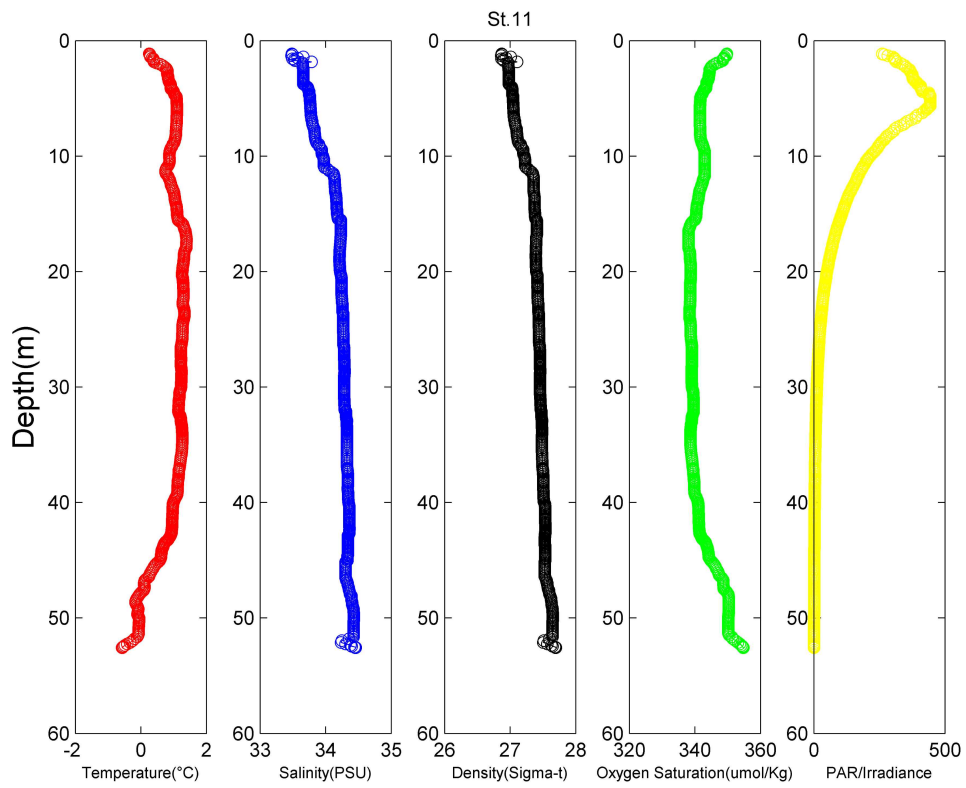
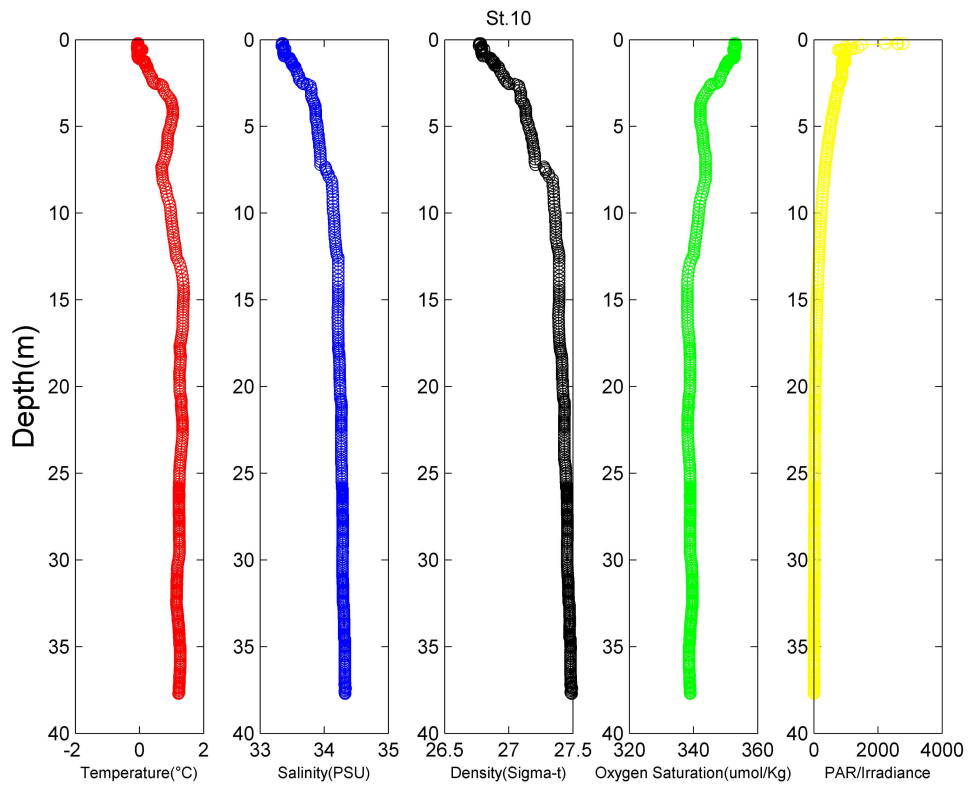
일자	출발 시간	복귀 시간	부서	구분	목적지	활동목적	이동수단
2017-10-21	16:30	20:15	4차월동대	육상	기지 주변	독립연구동 시설물 점검	피스텐볼리2
2017-10-22	14:33	17:30	4차월동대	육상	해빙 활주로	해빙조사 및 활주로 지역 점검	피스텐볼리2
2017-10-23	8:43	16:19	4차월동대	육상	해빙 활주로	해빙활주로 제설	피스텐볼리2
2017-10-23	8:52	9:14	4차월동대	육상	해빙 활주로	해빙 조사	피스텐볼리1
2017-10-23	14:50	15:15	4차월동대	육상	해빙 활주로	해빙 활주로 제설	피스텐볼리1
2017-10-24	9:09	12:33	4차월동대	육상	해빙 활주로	해빙 활주로 표식	피스텐볼리2
2017-10-24	17:20	19:19	4차월동대	육상	해빙 활주로	하계대 픽업(K루트팀 8명)	피스텐볼리1
2017-10-24	17:23	20:12	4차월동대	육상	해빙 활주로	하계대 픽업(7명) / 화물 수송	피스텐볼리2
2017-10-24	19:23	20:48	4차월동대	육상	해빙 활주로	월동대원(하홍필) 출납극	피스텐볼리1

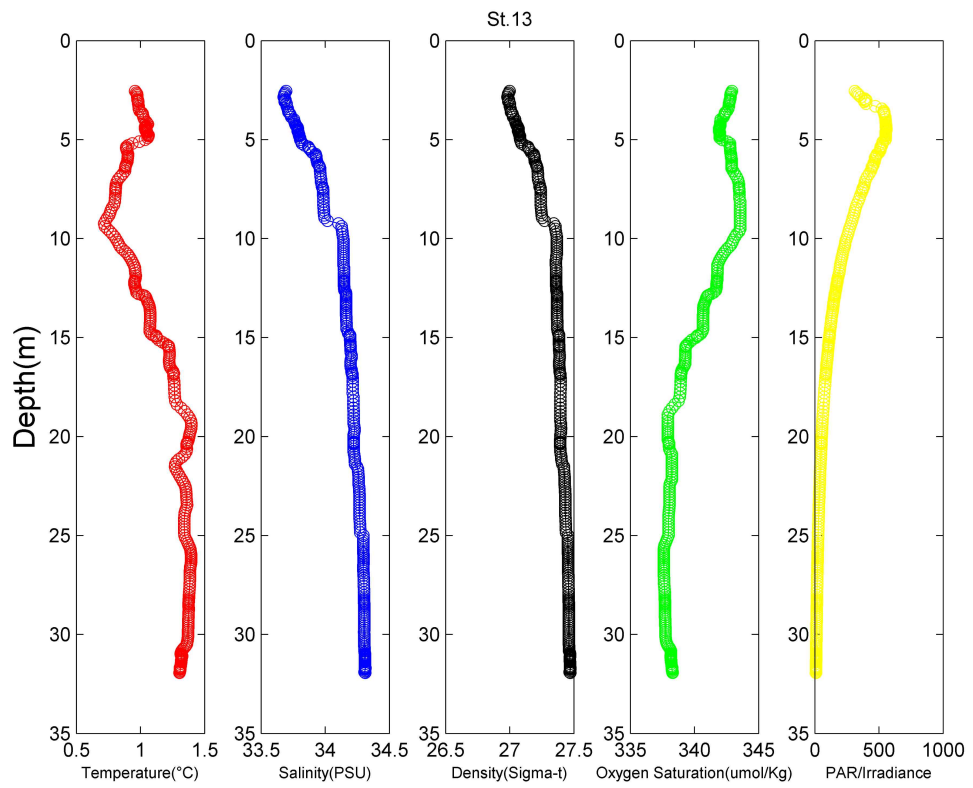
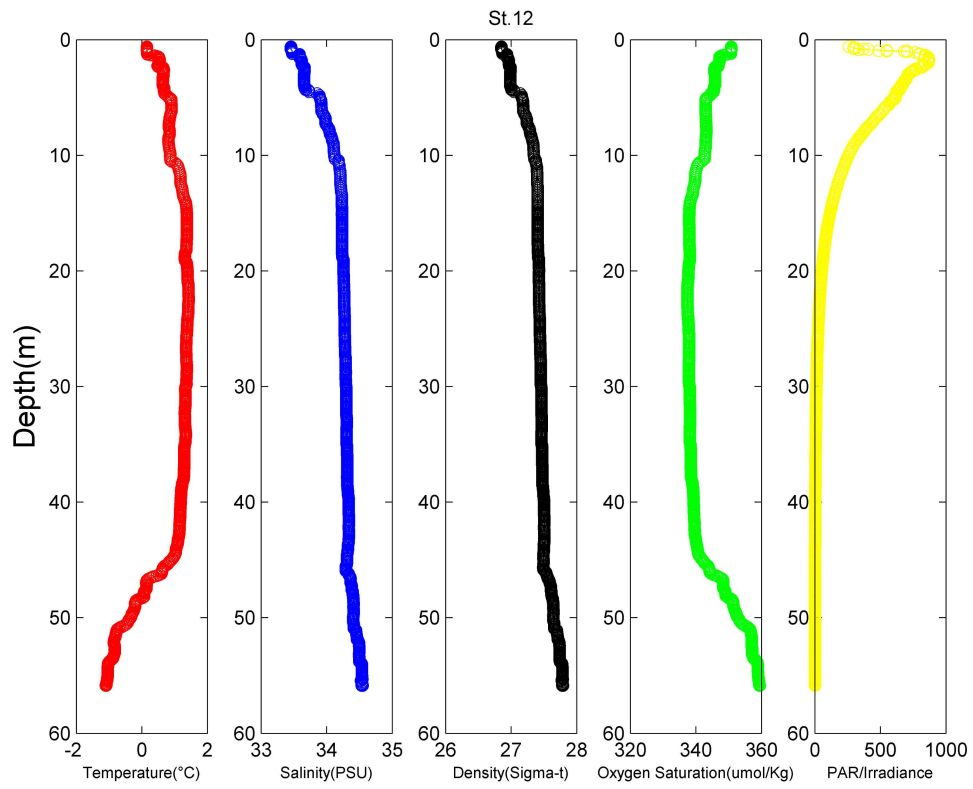


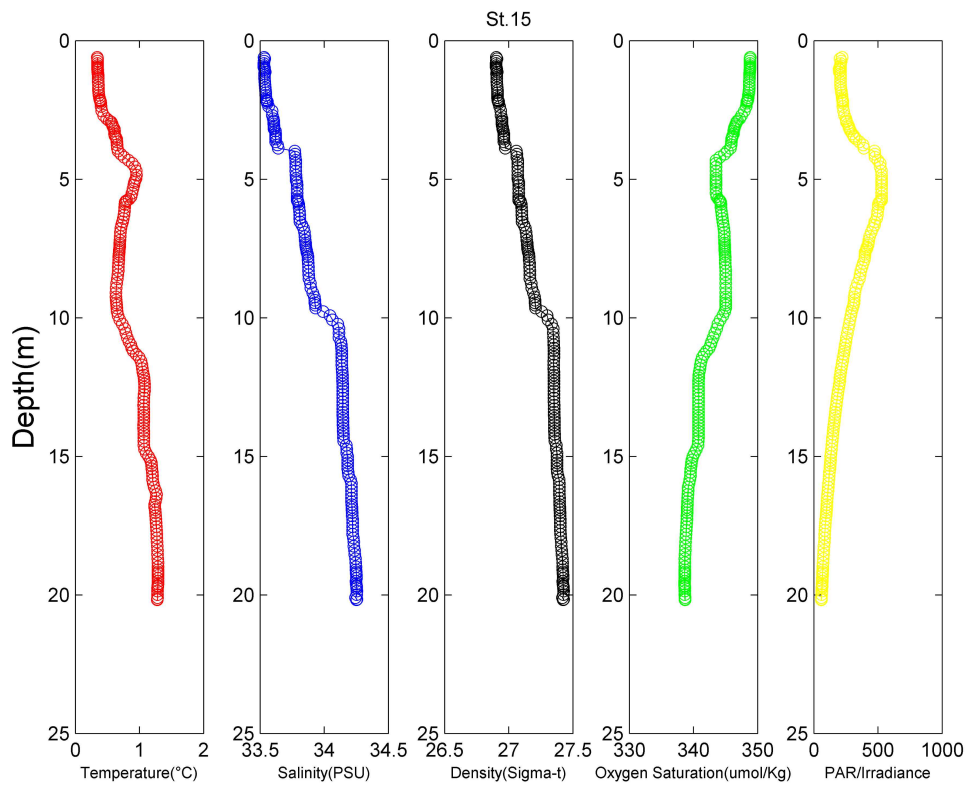
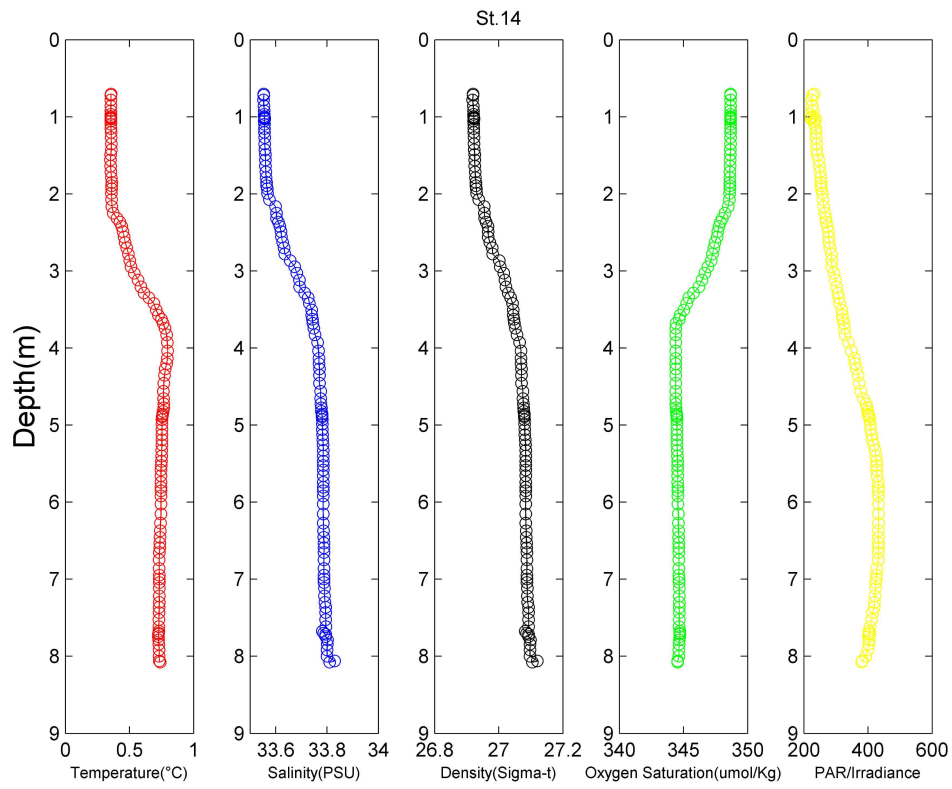
부 록 2. 장보고과학기지 연안 CTD 정점조사 결과

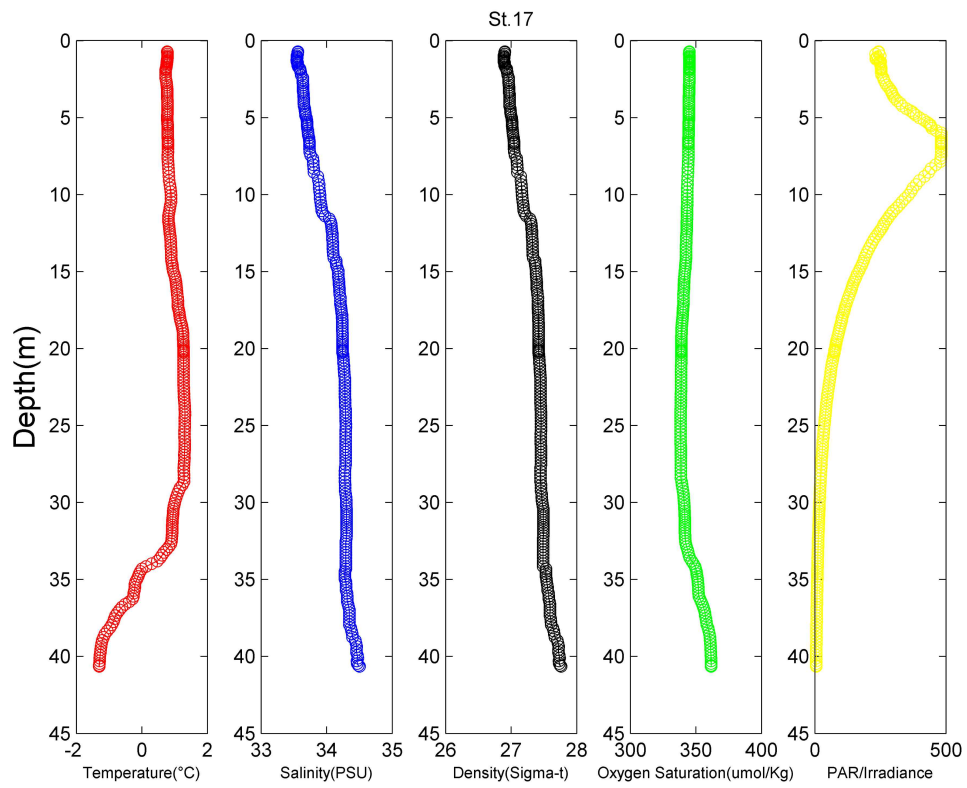
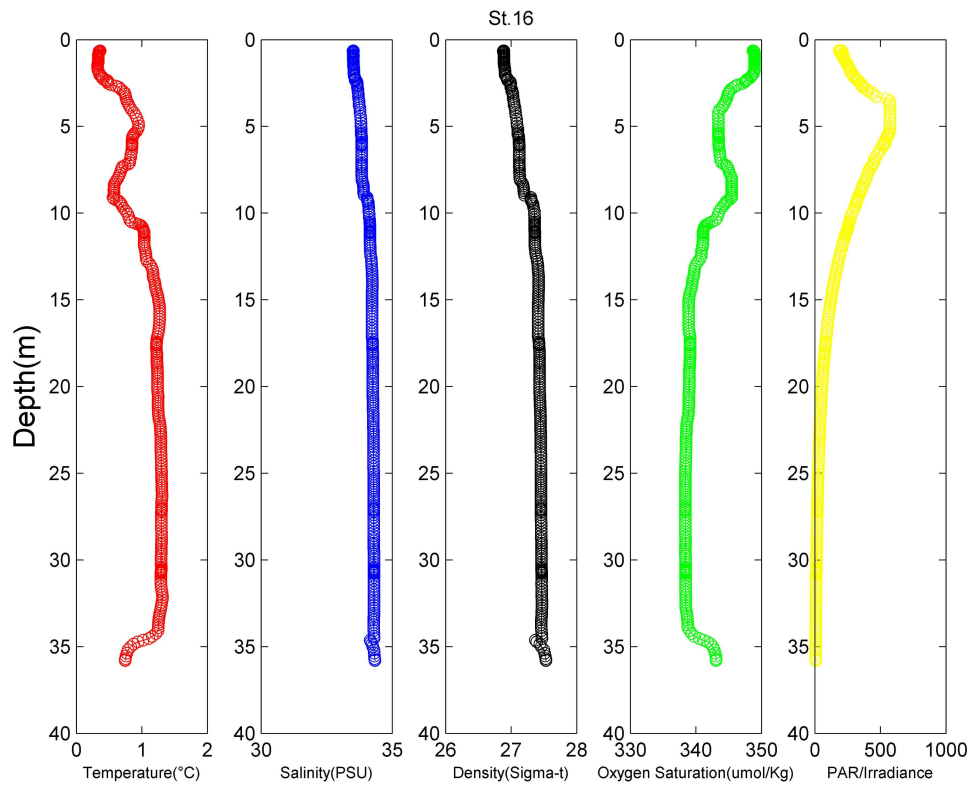


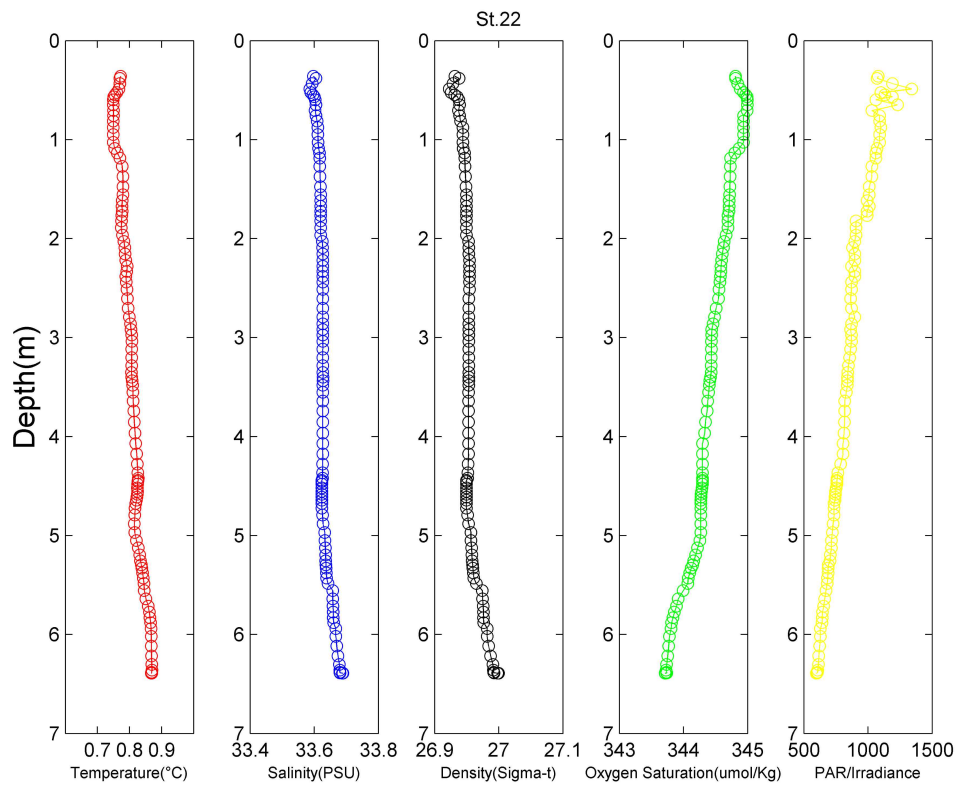
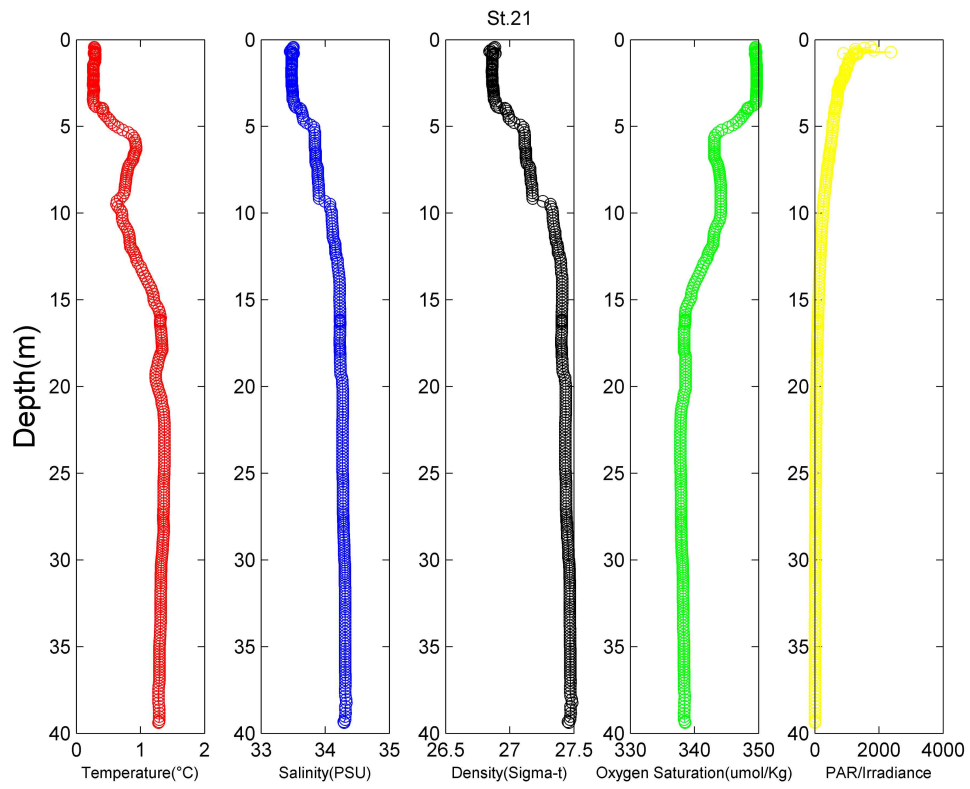


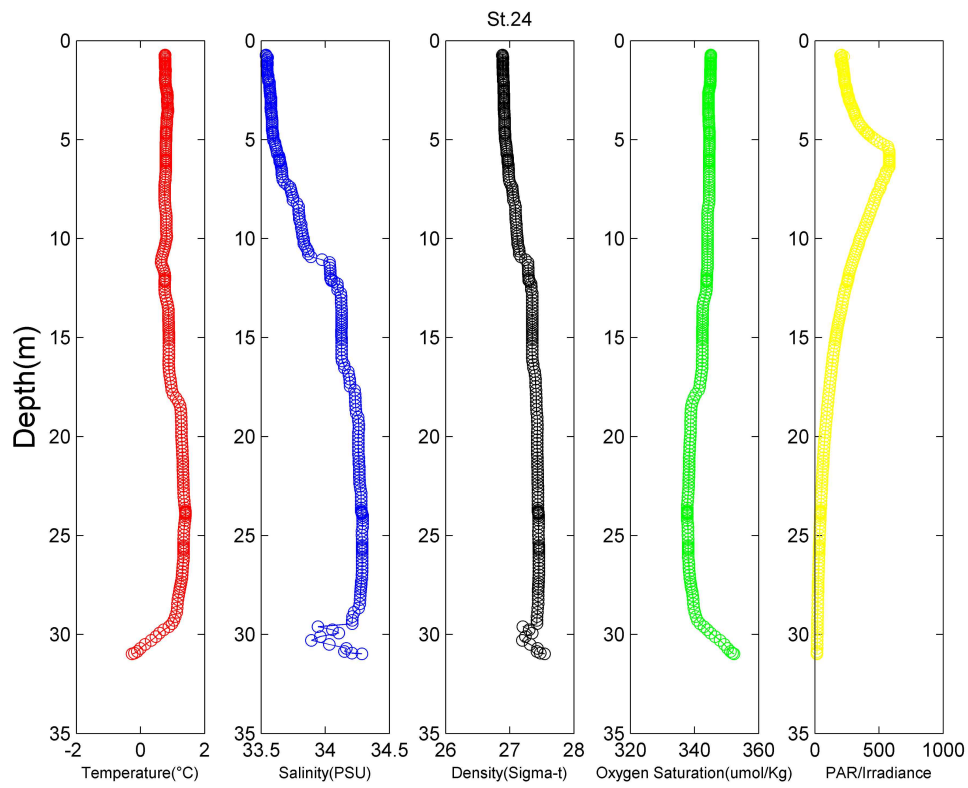
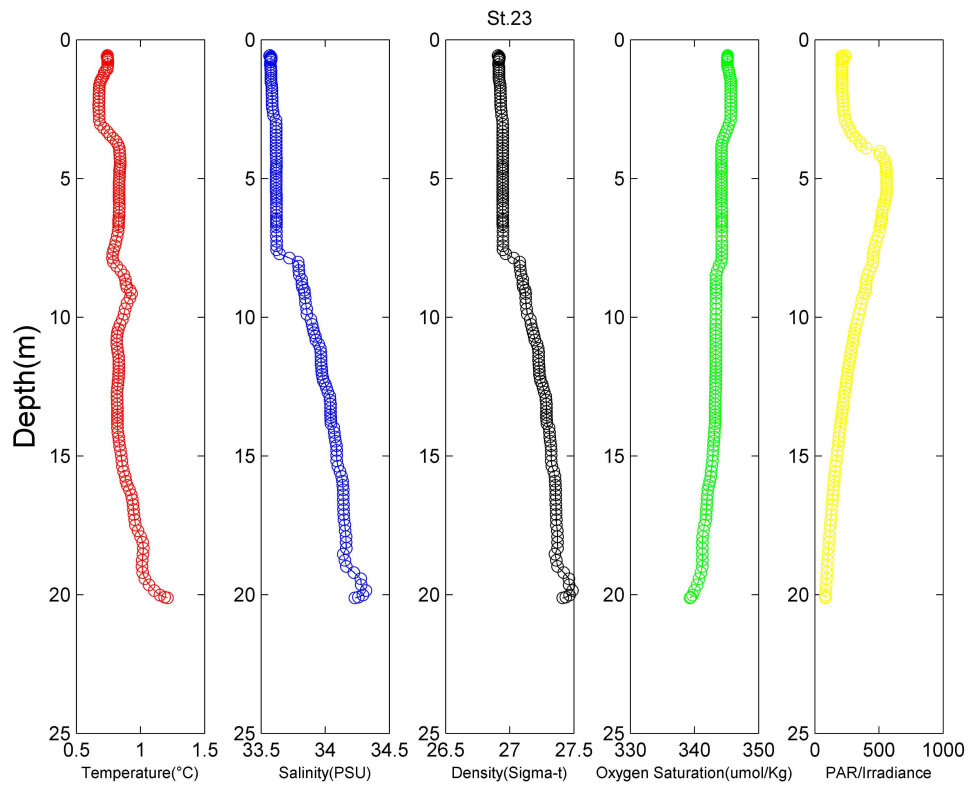


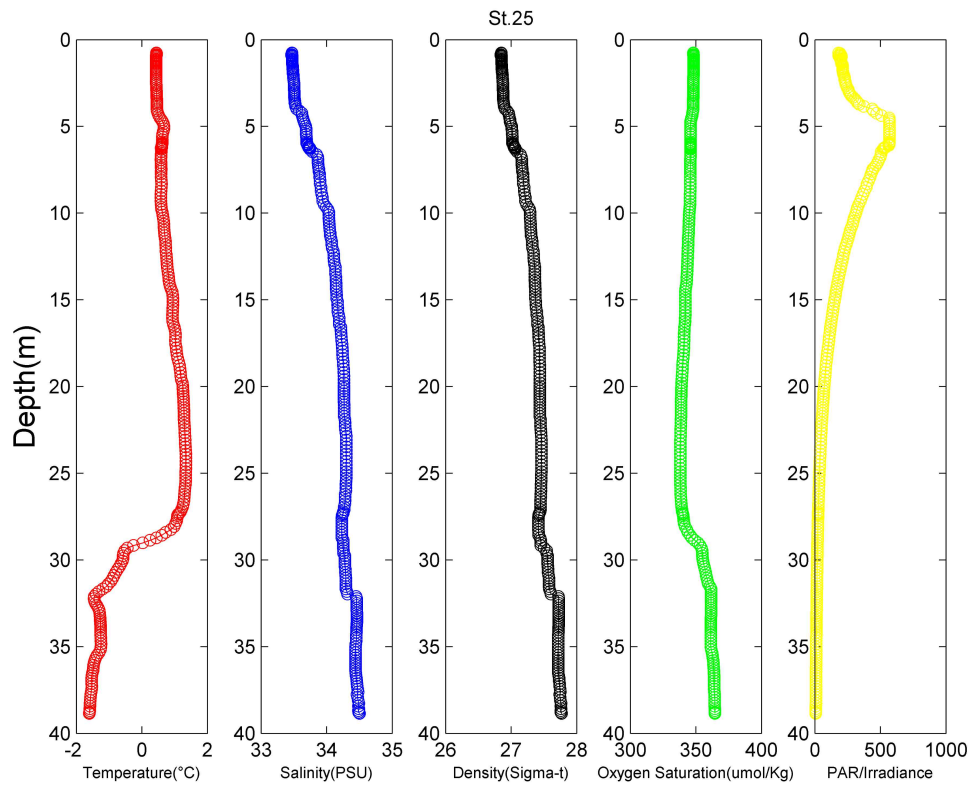












부 록 3. 세종과학기지 기반 활동 지역 및 활동 목적 (2017월동기간)

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
12/08	13:55	펭귄마을	이끼채집	도보	김찬양, 이원석
12/08	15:37	위버반도	주변시설확인	세종1호	우종현, 한상옥, 백승민, 이정희, 김찬양
12/08	15:39	위버반도	주변시설확인	세종2호	권병학, 이현수, 정상준, 이원석
12/08	18:01	장성기지	초청행사	세종1호	최한구, 서태선, 윤양준, 한상옥
12/09	09:12	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/09	09:49	펭귄마을	하계연구	도보	정민수, 김준수, 이철구
12/09	10:01	포토코브	인력수송	세종2호	한상옥, 우종현, 이원석, 이정희
12/09	10:01	포토코브	하계연구	세종2호	김정훈, 양희민, Tim Lynch
12/09	13:36	위버반도	시운전	세종3M	권병학, 백승민, 김성중, 우종현
12/09	13:40	아들레이섬	다이버지원	세종2호	박영복, 고영욱, 김현진, 한상옥
12/09	15:22	포토코브	인력픽업	세종3M	우종현, 권병학, 이정희, 한동원
12/09	19:08	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/10	11:21	필테스	초청행사	세종3M	김성중, 최한구, 우종현, 한동원, 김찬양, 박영복, 이재욱
12/10	13:37	태백봉	트래킹	도보	홍진수, 최용섭, 정필규, 손성순
12/10	14:33	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/11	09:15	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 김정민, 양희민
12/11	09:35	펭귄마을	하계연구	도보	김준수, 정민수, 운영준
12/11	11:10	아르티가스	초청행사	세종3M	김성중, 이철구, 우종현, 김상옥, 이원석, 박영복, 고영욱
12/11	13:28	펭귄마을	하계연구	도보	김정훈, 양희민, 김찬양
12/12	09:43	장성기지	집안포트확인	세종3M	우종현, 한상옥, 백승민, 이현수
12/12	09:43	마리안소만	잠수지원	세종2호	권병학, 박영복, 김현진, 고영욱
12/12	12:32	펭귄마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/12	13:50	펭귄마을	하계연구	도보	이철구, 윤재영, 정재우, 이재욱
12/12	14:08	펭귄마을	하계연구	도보	박성섭, 이원영
12/12	14:19	아르티가스	인력수송	세종3M	우종현, 이원석, 성대경, 아르티가스 6명
12/12	14:47	포터코브	잠수지원	세종2호	권병학, 박영복, 김현진, 고영욱
12/12	18:10	아르티가스	인력수송	세종3M	우종현, 이원석, 성대경, 아르티가스 6명
12/13	09:25	포터소만	하계연구	세종3M	이현수, 권병학, 최동수, 이정희, 정민수, 김준수
12/13	09:25	펭귄마을	하계연구	도보	김정훈, 양희민, Tim Lynch
12/13	09:34	펭귄마을	하계연구	세종2호	박영복, 고영욱, 김현진, 한상옥
12/15	10:10	기지뒤편	하계연구	도보	홍순규, Tim Lynch
12/15	12:48	펭귄마을	하계연구	도보	정민수, 김준수, Tim Lynch
12/15	13:29	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 양희민, 박성섭
12/16	09:55	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/16	10:14	펭귄마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
12/18	22:40	필테스	출납극	세종3M	우종현외 12명
12/18	22:40	필테스	출납극	세종1호	이현수외 11명
12/18	22:40	필테스	출납극	세종2호	권병학외 11명
12/19	09:56	펭귄마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
12/19	13:30	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/19	14:08	장성기지	화물수송	세종3M	김성중, 우종현, 한동원, 김상옥, 이정희
12/19	15:03	마리안소만	하계연구	도보	정진우, 양희민
12/20	10:30	가야봉	샘플채취	도보	김찬양, 한동원

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
12/20	10:32	팽권마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/20	13:16	팽권마을	하계연구	도보	이원영, 성대경
12/20	13:31	팽권마을	하계연구	도보	정진우, 양희민
12/21	12:55	팽권마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/21	13:28	팽권마을	대피소점검	도보	김성중, 백승민
12/22	11:18	아르티가스	창설기념방문	세종3M	우종현, 김성중, 이원석, 김찬양
12/22	12:36	팽권마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
12/22	13:03	체육관뒷편	탐사	도보	이재일, 성대경
12/22	13:50	팽권마을	하계연구	도보	박성섭, 이원영
12/22	14:00	기지주변	모니터링	도보	정진우, 양희민
12/23	08:36	팽권마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/23	09:40	팽권마을	하계연구	도보	박성섭, 이원영
12/23	09:49	바톤반도	하계연구	도보	정진우, 양희민
12/23	11:07	깔리니	창설기념방문	세종3M	김성중, 우종현, 김찬양, 이원석, 성대경
12/23	14:13	아텔리섬	하계연구	세종1호	백승민, 권병학, 이원영, 박성섭, 이현수
12/24	09:08	아텔리섬	하계연구	세종3M	권병학, 이원영, 박성섭, 이현수, 정진우, 양희민
12/24	12:38	팽권마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/26	08:44	팽권마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/26	10:09	기지주변	하계연구	도보	정진우, 양희민, 이원영, 박성섭
12/26	10:39	기지앞부두	잠수	도보	이종락, 김학철
12/27	12:15	팽권마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/27	13:06	팽권마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/27	13:18	팽권마을	하계연구	도보	정진우, 양희민
12/27	14:05	기지앞부두	잠수	도보	이종락, 김학철
12/28	08:39	팽권마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/28	09:12	팽권마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/28	13:22	팽권마을	대피소수리	도보	백승민, 정상준, 우종현, 최동수, 성대경, 이원석, 한동원, 김찬양
12/28	13:31	포터코브	하계연구	세종3M	권병학, 이현수, 이원영, 박성섭, 정민수, 김준수, 정진우, 양희민
12/29	08:56	팽권마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
12/29	09:34	마리안소만빙벽	하계연구	도보	이재일, 정진우, 양희민
12/29	13:47	팽권마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/29	18:29	팽권마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
12/30	09:00	팽권마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/30	09:20	포토코브	하계연구	도보	이원영, 박성섭
12/30	09:39	포토코브	하계연구	세종3M	우종현, 성대경, 한동원, 백승민, 정진우, 양희민
12/30	10:05	마리안소만돌섬	잠수지원	세종2호	권병학, 김상욱, 이종락, 김학철
12/30	14:03	마리안소만돌섬	잠수지원	세종2호	권병학, 김상욱, 이종락, 김학철
12/31	12:57	팽권마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
12/31	13:24	팽권마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 권병학
01/01	01:54	백두봉	새해해맞이	도보	정상준외 26인
01/01	09:06	팽권마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
01/01	12:30	팽권마을	하계연구	도보	양희민, 정진우
01/01	13:20	백두봉	트래킹	도보	이원영, 김상욱, 이현수, 권병학

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
01/01	14:36	마리안소만빙벽	트래킹	도보	백승민, 이재일
01/02	09:05	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/02	11:39	기지앞부두	잠수	도보	김학철, 이종락
01/02	12:16	해표마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/02	13:04	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/02	13:38	벨링스하우젠	기지방문	세종1호	김성중, 우종현, 백승민, 이정의, 성대경, 김찬양, 한동원
01/02	16:00	기지앞부두	잠수	도보	이종락, 김학철
01/02	19:59	팽귤마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수
01/03	13:06	기지구변	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/03	13:35	팽귤마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수
01/03	21:57	팽귤마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수
01/04	08:20	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/04	09:24	바툰반도	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/04	10:05	춧대바위	잠수	도보	이현수, 권병학, 김학철, 이종락
01/04	13:34	넬슨섬	하계연구	세종2호	이현수, 박성섭, 정민수, 이원영, 권병학, 정승민, 김준수
01/07	09:40	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/07	14:20	벨링스하우젠	비상속소점검	세종3호	이현수, 백승민, 정상준, 홍순규, 권병학
01/07	19:43	마리안소만	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/07	21:05	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/08	09:34	플레이	인력수송	세종3호	우종현, 한동원, 김성중 외 건설단 2인
01/08	09:44	플레이	인력수송	세종1호	이현수, 이원석, 이정의, 정상준, 김찬양
01/08	09:56	플레이	인력수송	세종2호	권병학, 성대경, 백승민
01/08	10:07	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수, 이원영, 양희민
01/08	14:35	플레이	인력수송	세종3호	우종현, 한동원, 김성중, 김일찬 외 정부조사단 6명
01/08	14:36	플레이	인력수송	세종1호	이원석, 백승민, 권병학, 최동수 외 정부조사단 6명
01/09	13:26	기지구변	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/09	13:34	팽귤마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수
01/09	13:42	백제봉	하계연구	도보	이경하, 홍순규, 양재영, 김관수
01/09	18:59	팽귤마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/10	09:27	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/10	10:27	팽귤마을돌섬	잠수	세종2호	권병학, 한동원, 이종락, 김학철
01/10	13:20	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/10	13:33	팽귤마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 김정하
01/10	14:09	기지앞부두	잠수	세종2호	권병학, 성대경, 이종락, 김학철
01/10	15:12	마리안소만	하계연구	도보	홍순규, 강승현, 김보미
01/11	09:46	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/11	13:11	팽귤마을	하계연구	도보	성대경, 김찬양, 이원석
01/12	09:08	팽귤마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수
01/12	09:12	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/12	09:44	위버반도	하계연구	세종2호	권병학, 이원석, 김상욱, 홍보람, 홍주미, 강승현, 문지혜, 김일찬, 김보미
01/12	09:56	포터소만	하계연구	도보	홍순규, 양재영, 이경하
01/12	10:16	기지앞부두	잠수	세종2호	권병학, 성대경, 이종락, 김학철
01/12	16:27	위버반도	인원픽업	세종2호	우종현, 이원석, 김상욱
01/13	09:36	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민, 이원영, 박성섭, 강승현, 김보미, 윤의중, 홍주미

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
01/13	09:40	포토코브	하계연구	도보	홍순규, 이경하, 양재영
01/13	10:02	벨링스하우젠	화물픽업	세종3호	우종현, 김원준, 백승민 외 독일 다큐멘터리팀 2인
01/13	10:43	해표마을	하계연구	도보	고영욱, 김정하
01/13	10:50	펭귄마을돌섬	잠수	세종2호	권병학, 성대경, 김학철, 이종락
01/13	13:40	펭귄마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/13	14:08	펭귄마을돌섬	잠수	세종2호	권병학, 성대경, 김학철, 이종락
01/13	15:10	벨링스하우젠	인원수송	세종3호	우종현, 백승민, 독일 다큐멘터리팀 2인
01/13	21:39	펭귄마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/14	09:05	펭귄마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/14	09:10	벨링스하우젠	독일촬영팀픽업	세종3호	우종현, 백승민
01/14	09:30	펭귄마을	하계연구	도보	김일찬, 홍주미
01/14	10:30	펭귄마을	하계연구	세종2호	권병학, 고영욱, 이종락, 김학철
01/14	10:33	기지뒷산	하계연구	도보	김관수, 홍순규
01/14	12:35	해표마을	하계연구	도보	고영욱, 김정하
01/14	13:20	백두봉	모니터링카메라설치	도보	이현수, 성대경, 이원석
01/14	13:10	펭귄마을	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/14	14:33	벨링스하우젠	독일촬영팀픽업	세종3호	백승민, 우종현
	19:00	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수
01/15	13:10	세종봉	하계연구	도보	고영욱, 김정하, 김종익, 김관태, 김원준
01/15	13:18	백두봉	트래킹	도보	이현수, 권병학, 김찬양, 한동원, 성대경, 홍보람, 홍주미, 김보미, 이원영, 박성섭, 김준수, 정민수, 강승현, 양희민
01/15	13:24	해표마을	트래킹	도보	김상욱, 백승민
01/15	13:33	전제규봉	하계연구	도보	양재영, 이경하
01/17	09:24	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
01/17	10:07	위버반도	하계연구	세종3호	우종현, 성대경, 이원석, 문지혜, 홍보람
01/17	13:11	펭귄마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/17	13:13	기지주변	하계연구	도보	이원영, 양희민, 정진우
01/17	13:43	가야봉	하계연구	도보	홍순규, 이경하, 양재영
01/17	16:21	위버반도	인원픽업	세종3호	우종현, 성대경, 이원석
01/18	10:12	아들레이섬	하계연구	세종2호	권병학, 김관태, 한동원, 이원영, 양희민, 김준수, 정민수, 박성섭
01/18	11:16	포터소만	하계연구	세종2호	권병학, 강승현, 김진영, 한동원, 김관태, 정진우, 김일찬, 김보미, 윤의중, 홍주미
01/18	11:24	기지앞부두	잠수	도보	김학철, 이종락, 고영욱
01/18	13:12	가야봉	하계연구	도보	김찬양, 이정의
01/18	13:18	펭귄마을	대피소점검	도보	백승민, 김원준
01/18	13:27	깔리니	장비픽업	세종3호	우종현, 성대경, 이원석, 홍순규, 김관수, 이경하, 양재영
01/18	18:57	펭귄마을	하계연구	도보	정민수, 김준수, 홍보람
01/19	09:09	포터코브	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/19	09:43	기지주변	하계연구	도보	정진우, 양희민
01/19	09:56	포터코브	하계연구	도보	홍순규, 양재영, 이경하
01/19	10:09	벨링스하우젠	하계연구	세종3호	이현수, 이원석, 김관태, 홍주미, 김일찬, 김보미, 강승현, 홍보람, 윤의중, 문지혜, 김정하, 김원준, 백승민
01/19	10:26	펭귄마을돌섬	잠수	세종2호	권병학, 김학철, 이종락, 고영욱
01/19	13:38	펭귄마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
01/19	14:41	팽귤마을돌섬	잠수	세종2호	권병학, 김관태, 김일찬, 홍주미, 박성섭, 양재영, 이경하
01/19	19:47	팽귤마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/20	09:01	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/20	09:11	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민, 이원영, 강승현, 김보미, 윤의중
01/20	10:09	포터코브	하계연구	세종2호	권병학, 김관태, 김일찬, 홍주미, 박성섭, 양재영, 이경하
01/20	10:10	에스쿠데로	장비인계	세종3호	우종현, 백승민
01/20	13:11	해표마을	하계연구	도보	김관수, 안토니오, 홍순규
01/20	13:57	마리안소만	하계연구	도보	강승현, 김보미
01/21	13:10	기지주변	하계연구	도보	홍순규, 안토니오, 김관수
01/21	13:30	팽귤마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/22	09:30	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민, 박성섭
01/22	09:32	팽귤마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/22	10:50	마리안소만빙벽	하계연구	도보	김일찬, 윤의중, 홍주미
01/22	11:02	아라온곡	하계연구	도보	강승현, 김보미
01/22	13:12	화석봉	트래킹	도보	이현수, 김상욱, 성대경, 이원석, 김찬양
01/22	13:28	마리안소만빙벽	트래킹	도보	이경하, 양재영
01/22	13:36	전재규봉	트래킹	도보	홍순규, 홍보람
01/22	13:36	전재규봉	트래킹	도보	김관수, 안토니오
01/22	19:02	마리안소만빙벽	하계연구	도보	이경하, 양재영
01/22	20:20	팽귤마을	하계연구	도보	김준수, 정민수, 홍주미
01/23	13:54	체육관동열	하계연구	도보	정진우, 박성섭
01/24	09:10	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/24	09:21	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민, 이원영
01/24	09:51	전재규봉	하계연구	도보	김관수, 안토니오
01/24	10:00	백두봉	하계연구	도보	이경하, 양재영, 홍순규
01/24	13:24	포터코브	하계연구	세종3호	우종현, 이원석, 한동원, 김일찬, 홍주미, 박성섭
01/24	13:32	위버반도	하계연구	세종2호	권병학, 김관태, 성대경, 강승현, 김보미, 윤의중, 홍보람, 문지혜
01/24	14:36	팽귤마을	잠수	세종2호	권병학, 김관태, 고영욱, 이종락, 김학철
01/24	16:09	아르티가스	인원수송	세종2호	권병학, 김관태, 성대경, 아르티가스 3인
01/25	08:55	팽귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민, 이원영, 박성섭, 정진수, 김준수
01/25	09:00	전재규봉	하계연구	도보	김관수, 안토니오
01/25	09:26	포터소만	하계연구	도보	김일찬, 윤의중, 홍주미
01/25	09:54	팽귤마을대피소	물품수송	세종3호	우종현, 김관태, 최동수
01/25	13:00	전재규봉	하계연구	도보	김관수, 안토니오
01/25	20:03	팽귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
01/26	09:04	팽귤마을	하계연구	도보	이원영, 박성섭
01/26	09:53	전재규봉	하계연구	도보	김관수, 안토니오
01/26	09:53	팽귤마을	하계연구	도보	홍순규, 이경하, 양재영
01/27	13:21	팽귤마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/28	10:05	팽귤마을	하계연구	도보	김준수, 정민수
01/29	09:26	기지주변	하계연구	도보	정진우, 박성섭, 이원영, 김보미
01/29	14:03	기지주변	전재규봉	도보	김관수, 안토니오

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
01/29	15:38	플레이기지	환자후송	세종3호	권병학, 백승민, 이원석, 성대경, 김관태, 김종익
01/30	09:08	펑귤마을	하계연구	도보	정진우, 이원영, 양희민, 김준수, 정민수, 박성섭
01/30	09:20	전재규봉	하계연구	도보	김관수, 안토니오
01/30	10:04	넬슨섬	하계연구	세종3호	권병학, 김일찬, 고영욱, 홍주미
01/30	10:10	전재규봉	하계연구	도보	홍순규, 홍보람
01/30	12:34	아라온곡	하계연구	도보	강승현, 김보미
01/30	13:14	백두봉	하계연구	도보	양재영, 이경하
01/30	13:39	전재규봉	하계연구	도보	안토니오, 김관수
01/30	13:50	전재규봉	하계연구	도보	홍보람, 홍순규
01/30	14:55	필데스해변	인원수송	세종2호	권병학, 윤의중, 김찬양, 한동원, 고영욱
01/30	19:45	필데스해변	인원수송	세종2호	권병학, 성대경, 이원석
01/31	09:34	포터코브	하계연구	세종2호	권병학, 고영욱, 김학철, 이종락, 정상준, 박성섭, 성대경, 강승현, 김준수, 김보미, 정민수
01/31	09:42	전재규봉	하계연구	도보	홍보람, 홍순규
01/31	09:57	벨링스하우젠	환자출납극지 원	세종3호	우종현, 이원석, 이정의, 김관태, 백승민, 김종익, 윤의중
01/31	13:48	전재규봉	하계연구	도보	홍보람, 홍순규
01/31	14:41	마리안소만돌 섬	하계연구	세종2호	권병학, 고영욱, 김학철, 이종락
01/31	15:06	펑귤마을	하계연구	도보	홍주미, 김일찬, 김진형, 한동원
02/01	08:31	필데스해변	물품수송	세종3호	우종현, 백승민, 최동수, 김상욱, 이정의, 이원석, 박성운
02/01	08:46	펑귤마을	하계연구	도보	정민수, 김준수
02/01	09:19	펑귤마을	하계연구	도보	정진우, 양희민, 김찬양
02/01	10:29	포터코브	하계연구	도보	홍순규, 양재영
02/01	13:13	전재규봉	하계연구	도보	김관수, 안토니오
02/01	13:30	가야봉	조사	도보	김찬양, 정승민, 문지혜
02/01	15:12	마리안소만	하계연구	도보	김일찬, 김진형
02/02	09:10	포터코브	하계연구	도보	정민수, 김준수
02/02	09:38	필데스	인원수송	세종2호	권병학, 백승민
02/02	11:00	칠레군함	인원수송	세종2호	권병학, 백승민, 진동민
02/03	09:25	필데스	인원수송	세종1호	이현수, 최동수, 백승민, 이원영, 김준수, 양희민, 이종락, 양재영, 강승현, 김보미
02/03	09:25	필데스	인원수송	세종2호	권병학, 이원석, 김상욱, 정승민, 박성섭, 정민수, 고영욱, 홍주미, 홍보람, 문지혜
02/03	09:25	필데스	인원수송	세종3호	우종현, 한동원, 김성중, 이정의, 정진우, 김학철, 김일찬, 김진형, 홍순규, 이경하, 김관수
02/03	13:00	기지	인원수송	세종1호	이현수, 최동수, 김상욱, 주형민, 김태완
02/03	13:00	기지	인원수송	세종2호	권병학, 이원석, 지건화, 김정환, 강호식, 홍상범, 하선용
02/03	13:00	기지	인원수송	세종3호	우종현, 한동원, 김성중, 백승민, 이정의, 박대현, Qian Wu
02/03	14:05	창고뒤해변	트래킹	도보	공사팀 10명
02/03	14:35	세종봉	트래킹	도보	이현경, 홍진수, 김정례, 강성대
02/04	10:38	필데스	초청	세종3호	김성중, 우종현, 백승민, 한동원, 김상욱
02/04	13:03	마리안소만빙 벽	트래킹	도보	정상준, 최동수
02/06	09:23	플레이	타기지방문	세종3호	김성중, 우종현, 성대경
02/06	13:49	마리안소만	정점조사	세종2호	권병학, 한동원, 김찬양, 김종익, 주형민, 하선용, 김태완
02/06	16:06	플레이	인원픽업	세종3호	우종현, 성대경
02/08	09:52	마리안소만	정점조사	세종2호	권병학, 한동원, 주형민, 하선용, 김태완
02/08	09:57	벨링스하우젠	보급품수령	세종3호	우종현, 이현수, 이정의, 백승민

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
02/09	14:20	마리안소만	정점조사	세종2호	우종현, 권병학, 한동원, 주형민, 하선용, 김태완
02/11	10:31	에스쿠테로	인원수송	세종2호	권병학, 안토니오, 이원석
02/11	13:44	마리안소만	정점조사	세종2호	우종현, 한동원, 주형민, 하선용, 김태완
02/15	09:23	마리안소만	정점조사	세종2호	권병학, 한동원, 주형민, 하선용, 김태완
02/15	10:28	가야봉	샘플채취	도보	김찬양, 김정의
02/17	10:05	필테스	하계대수송및 픽업	세종3호	우종현, 이원석, Qiqn wa
02/17	14:50	필테스	물건픽업	세종3호	우종현, 백승민, 김찬양, 주형민, 하선용, 정상준
02/17	16:50	필테스	화물및하계대 픽업	세종3호	우종현, 김찬양, 정상준, 백승민
02/19	13:26	펭귄마을	트래킹	도보	정상준, 이현수, 김상욱, 박성윤, 성대경
02/19	14:04	기지주변	트래킹	도보	홍상범, 지건화
02/20	10:11	전제규봉	야외조사	도보	이재일, 홍상범
02/20	11:25	장성기지	창립기념행사 참여	세종3호	김성중, 우종현, 백승민, 박성윤, 김종익, 깔리니 5인
02/20	13:30	펭귄마을	하계연구	도보	주형민, 하선용
02/21	14:37	가야봉	관찰카메라회 수	도보	김찬양, 권병학, 이현수, 김상욱
02/22	10:55	벨링스하우젠	창립기념행사 참석	세종3호	김성중, 이현수, 이정의, 최동수
02/23	06:38	프레이	출납지원	세종1호	이현수, 최동수, 백승민 외 11명
02/23	06:38	프레이	출납지원	세종2호	정규성, 이원석, 김찬양, 권병학 외 8명
02/23	06:38	프레이	출납지원	세종3호	우종현, 김성중, 이정의 외 8명
03/02	13:40	위버반도	비상대피소점 검	세종1호	우종현, 백승민, 김찬양, 최동수, 서동경, 정상준
03/03	10:04	필테스	물품수령	세종1호	우종현, 백승민, 정상준, 서동경
03/04	10:04	벨링스하우젠	물품수령	세종3호	우종현, 정상준, 서동경
03/05	13:24	마리안빙벽	트래킹	도보	성대경, 백승민, 김찬양, 이현수, 서동경, 이정의
03/06	18:20	벨링스하우젠	출납지원	세종3호	백승민, 우종현, 이정의, 건설팀 1인
03/08	13:35	펭귄마을입구	연구	도보	김찬양, 한동원
03/09	09:58	벨링스하우젠	출납지원	세종3호	우종현, 백승민, 이원석, 신민철, 진동민, 이방용
03/12	09:06	바톤반도	트래킹	도보	전광열, 이태호, 문동규, 전용계
	13:25	화석봉	트래킹	도보	이현수, 김상욱, 김찬양, 성대경, 서동경
03/14	11:23	아르머가스	기지방문	세종3호	우종현, 김성중, 윤정구, 백승민, 서동경
03/15	13:55	가야봉	토양샘플채취	도보	김찬양, 한동원
03/21	10:14	프레이	기지방문	세종3호	이현수, 김성중, 서동경, 박성윤, 이정의
03/23	11:34	마리안소만	해양샘플링	세종2호	우종현, 이정의, 한동원, 서동경
03/26	09:10	백두봉	트래킹	도보	공사팀 이태호외 4인
	13:20	해표마을	트래킹	도보	이현수, 이정의, 이원석, 한동원, 김찬양, 서동경
03/29	12:40	프레이	출납지원	세종3호	우종현, 백승민, 이원석, 건설팀 1인
04/02	13:20	화석봉	트래킹	도보	이현수, 이정의, 이원석, 김찬양, 성대경
04/09	10:20	기지인근	트래킹	도보	이태호, 전용계, 만광열, 전규용
04/13	07:50	아라온	회의	세종3호	김성중, 백승민, 윤정구, 정상준, 송성현, 지정민, 우종현
04/14	14:05	아라온	방문	세종3호	우종현, 서동경, 이정의, 김상욱, 김찬양
04/24	10:17	프레이	기지방문	세종3호	우종현, 김성중, 백승민, 서동경, 박성윤, 깔리니 5인
04/25	09:13	가야봉	토양샘플링	도보	김찬양, 한동원
04/26	12:00	장성기지	업무교류	세종3호	김성중, 우종현, 서동경
04/27	14:00	펭귄마을	트래킹	도보	이현수, 성대경, 이정의, 이원석, 김찬양
05/04	15:16	장성기지	바다의날	세종3호	우종현, 최동수, 성대경, 김찬양

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
			행사참석		
05/08	13:00	필테스	바다의날 행사참석	세종3호	우종현, 김성중, 이원석, 성대경, 이현수, 김상욱, 서동경
05/21	10:55	필테스	행사참석	세종3호	우종현, 김성중, 최동수, 이정의, 김찬양, 윤정구
05/24	11:45	마리안빙벽부 근	연구장비점검	도보	이재일, 성대경
05/25	09:49	필테스	행사참석	세종3호	우종현, 성대경, 한동원
05/27	12:00	마리안소만	정점조사	세종1호	우종현, 한동원, 김찬양, 박성윤, 서동경
05/31	10:07	마리안소만	정점조사	세종1호	우종현, 서동경, 이원석, 한동원
05/31	10:17	가야봉	샘플링 및 관찰카메라점 검	설상차2호	김찬양, 이현수, 성대경
06/17	13:17	펭귄마을	트래킹	도보	성대경, 박성윤, 서동경, 이원석
07/03	14:00	플레이	동지행사참석	헬기	김성중, 이재일, 김찬양, 한동원, 성대경, 서동경, 이정의
07/07	11:13	벨링사우젠	인원픽업	세종3호	우종현, 최동수, 김성중, 이재일
07/17	10:16	깔리니	리피터점검	세종3호	우종현, 김상욱, 윤정구
07/20	14:14	가야봉	도양샘플링	설상차2호	김찬양, 이현수, 서동경, 한동원
07/25	10:16	마리안소만	정점조사	세종2호	이현수, 김찬양, 한동원, 서동경, 이원석
08/04	09:32	필테스	인원픽업	세종1호	우종현, 이원석, 한동원, 정상준
08/06	13:00	해표마을	트래킹	도보	이현수, 김상욱, 김찬양, 이원석
08/07	09:29	체육관동뒀편	관찰카메라 데이터백업	도보	이재일, 서동경, 성대경
08/08	13:00	백두봉	체육행사	설상차	김성중, 백승민, 김상욱, 박성윤, 서동경, 이재일, 성대경, 김찬양, 이원석, 최동수, 윤정구, 우종현, 이현수
08/16	10:38	펭귄마을 해상	대구채집	세종3호	이현수, 한동원, 백승민, 윤정구
08/30	13:17	백두봉	관찰카메라 배터리 교체	설상차2호	이재일, 성대경, 이현수
09/21	09:30	가야봉	도양샘플링	설상차2호	이현수, 김찬양, 한동원, 서동경
10/02	10:30	세종봉	트래킹	도보	이현수, 이정의
10/10	09:32	가야봉	도양샘플링	도보	김찬양, 한동원
10/10	09:54	포터소만	전파음영지역 파악	도보	김상욱, 백승민
10/14	11:00	펭귄마을	트래킹	도보	이재일, 박성윤, 성대경
10/15	13:30	마리안빙벽	트래킹	도보	성대경, 박성윤, 서동경
10/15	13:30	펭귄마을	트래킹	도보	이현수, 김상욱
10/23	12:39	벨링스하우젠	보급품수령	세종3호	백승민, 우종현, 이원석, 성대경, 김찬양
10/27	0935	마리안소만	정점조사	세종2호	우종현, 한동원, 서동경, 이원석, 김찬양
11/04	11:00	펭귄마을	트래킹	도보	서동경, 박성윤, 김찬양, 성대경, 이원석, 김상욱
11/06	13:21	마리안빙벽	관찰카메라배 터리교체	도보	이재일, 성대경
11/07	10:09	가야봉	도양샘플링	도보	김찬양, 한동원
11/11	09:30	펭귄마을	대피소점검	도보	정상준
11/13	11:24	아르띠가스	임무교대식참 석	세종3호	김성중, 백승민, 우종현, 서동경, 한동원
11/14	11:08	포터소만	전파음영지역 조사	도보	김상욱, 백승민
11/16	09:42	맥스웰베이	비상숙소청소, 전파음영지역 조사	세종1호	우종현, 이현수, 백승민, 김상욱, 서동경

날짜	시간	목적지	목적	이동	인원 및 상황
12/01	04:20	벨링스하우젠 해변	입남극지원	세종3호	우종현, 한동원, 김성중, 이정희
12/01	04:20	벨링스하우젠 해변	입남극지원	세종1호	이현수, 성대경, 백승민
12/01	04:57	기지	입남극지원	세종1호	이현수, 성대경 외 13명
12/01	04:59	기지	입남극지원	세종3호	우종현 외 10명
12/01	05:23	벨링스하우젠 해변	입남극지원	세종1호	이현수, 성대경
12/01	05:23	벨링스하우젠 해변	입남극지원	세종2호	권병학, 이원석, 김상욱
12/01	05:23	벨링스하우젠 해변	입남극지원	세종3호	우종현, 이정희
12/01	05:55	기지	입남극지원	세종2호	권병학 외 11명
12/01	05:57	기지	입남극지원	세종1호	이현수, 성대경 외 10명
12/01	05:57	기지	입남극지원	세종1호	우종현, 이정희 외 12명
12/01	07:51	벨링스하우젠 해변	입남극지원	세종1호	이현수, 성대경, 권병학, 이원석
12/01	07:51	벨링스하우젠 해변	입남극지원	세종3호	우종현, 이정희
12/01	08:40	기지	입남극지원	세종1호	이현수, 성대경, 권병학, 이원석, 김상욱
12/01	08:40	기지	입남극지원	세종3호	우종현, 이정희, 김성중, 백승민, 한동원, 홍순규, 박하동
12/02	13:30	가야봉	트래킹	도보	권병학, 김나영, 엄태웅, 이한중
12/02	13:30	펭귄마을	하계연구	도보	최창용, 정민수, 김유민
12/02	13:30	해표마을	하계연구	도보	박경민, 박성섭, 박민철
12/03	09:30	펭귄마을	하계연구	도보	박경민, 최창용, 김유민, 정민수
12/03	09:37	펭귄마을	하계연구	도보	박성섭, 박민철
12/03	13:08	펭귄마을	트래킹	도보	홍순규, 박하동, 박상중, 이경하, 최봉수, 이상우, 박지강, 이상준, 윤영운, 이승철, 이상훈, 박원석, 진희성, 공민규, 손영익, 조한나
12/04	09:30	펭귄마을	하계연구	도보	최창용, 김유민, 정민수
12/04	09:37	펭귄마을	하계연구	도보	박성섭, 박민철
12/04	13:54	가야봉	하계연구	도보	김찬양, 박지강, 이경하
12/04	14:45	가야봉	장비점검	설상차	이현수, 박수룡, 권병학, 박원석
12/05	13:18	펭귄마을	하계연구	도보	최창용, 정민수, 김유민
12/06	09:04	기지지주변	하계연구	도보	박민철, 박성섭
12/06	09:18	체육관동 뒷편	관찰카메라회수	도보	이재일, 박성운
12/07	09:57	백두봉	관찰카메라회수	설상차	이재일, 성대경, 박상중
12/07	09:57	포터코브	하계연구	설상차	박성섭, 박민철, 박경민
12/07	09:57	포터코브	하계연구	설상차	정민수, 최창용, 김유민
12/07	09:57	마리안소만	정점조사	세종1호	우종현, 한동원, 이경하, 박지강, 손영익, 최봉수
12/07	09:57	바톤반도	인수인계	설상차	이현수, 박원석, 박수룡
12/07	10:11	기지지주변	기상타워점검	도보	이준휘, 조갑환
12/07	14:58	벨링스하우젠	수심측정	세종1호	우종현, 손영익, 박성운, 서동경, 박원석, 김나영

부 록 4. 남극특별보호구역 No. 171 Narebski Point 방문 내역 및
방문 목적 (2017년 월동기간)

날짜	목적지	상 황	인 원	이 동수 단
12월 09일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
12월 09일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수, 이철구	도보
12월 10일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
12월 11일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭, 김정민, 양희민	도보
12월 11일	펑귄마을	하계연구	김준수, 정민수, 윤영준	도보
12월 11일	펑귄마을	하계연구	김정훈, 양희민, 김찬양	도보
12월 12일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 12일	펑귄마을	하계연구	이철구, 윤재영, 정재우, 이재욱	도보
12월 12일	펑귄마을	하계연구	박성섭, 이원영	도보
12월 12일	펑귄마을	하계연구	양희민, Tim Lynch	도보
12월 13일	펑귄마을	하계연구	김정훈, 양희민, Tim Lynch	도보
12월 15일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수, Tim Lynch	도보
12월 15일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭, 양희민	도보
12월 16일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
12월 16일	펑귄마을	하계연구	김준수, 정민수	도보
12월 19일	펑귄마을	하계연구	박성섭, 이원영	도보
12월 20일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 20일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
12월 20일	펑귄마을	하계연구	정진우, 양희민	도보
12월 21일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 21일	펑귄마을	대피소점검	김성중, 백승민	도보
12월 22일	펑귄마을	하계연구	김준수, 정민수	도보
12월 22일	펑귄마을	하계연구	박성섭, 이원영	도보
12월 23일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 23일	펑귄마을	하계연구	박성섭, 이원영	도보
12월 24일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 25일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 25일	펑귄마을	하계연구	정진수, 김준수	도보
12월 25일	펑귄마을	대피소사전답사	정성준, 이현수, 김상욱, 김찬양, 한동원, 이정의, 박성윤	도보
12월 26일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 27일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 27일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
12월 27일	펑귄마을	하계연구	정진우, 양희민	도보
12월 28일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 28일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
12월 28일	펑귄마을	대피소점검	백승민, 정상준, 이재일, 우종현, 최동수, 성대경, 한동원, 김찬양, 이원석	도보
12월 29일	펑귄마을	하계연구	김준수, 정민수	도보
12월 29일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
12월 30일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
12월 31일	펑귄마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
12월 31일	펑귄마을	하계연구	이원영, 박성섭, 권병학	도보

날짜	목적지	상 황	인 원	이 동수 단
1월 1일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
1월 1일	팽권마을	하계연구	양희민, 정진우	도보
1월 2일	팽권마을	하계연구	정준우, 양희민	도보
1월 2일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수	도보
1월 3일	팽권마을	하계연구	이원영, 정민수, 김준수, 박성섭	도보
1월 3일	팽권마을	하계연구	이원영, 정민수, 박성섭, 김준수	도보
1월 4일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
1월 7일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
1월 8일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수, 이원영, 양희민	도보
1월 9일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수	도보
1월 10일	팽권마을	하계연구	정진우, 양희민	도보
1월 10일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
1월 10일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭, 김정하	도보
1월 11일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
1월 11일	팽권마을	장비부품교체	성대경, 김찬양, 이원석	도보
1월 12일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수	도보
1월 12일	팽권마을	하계연구	정진우, 양희민	도보
1월 13일	팽권마을	하계연구	정진우, 양희민, 이원영, 박성섭, 강승현, 김보미, 윤의중, 홍주미	도보
1월 13일	팽권마을	하계연구	김준수, 정민수	도보
1월 14일	팽권마을	하계연구	김준수, 정민수	도보
1월 14일	팽권마을	하계연구	김일찬, 홍주미	도보
1월 14일	팽권마을	하계연구	정진우, 양희민	도보
1월 14일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭, 정민수, 김준수	도보
1월 17일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
1월 17일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
1월 18일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수, 홍보람	도보
1월 19일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
1월 19일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
1월 20일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
1월 20일	팽권마을	하계연구	정진우, 양희민, 이원영, 강승현, 김보미, 윤의중	도보
1월 21일	팽권마을	하계연구	김준수, 정민수	도보
1월 22일	팽권마을	하계연구	정진우, 양희민, 박성섭	도보
1월 22일	팽권마을	하계연구	김준수, 정민수, 홍주미	도보
1월 24일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
1월 24일	팽권마을	하계연구	정진우, 양희민, 이원영	도보
1월 25일	팽권마을	하계연구	정진수, 양희민, 이원영, 박성섭, 정진수, 김준수	도보
1월 26일	팽권마을	하계연구	이원영, 박성섭	도보
1월 26일	팽권마을	하계연구	홍순규, 이경하, 양재영	도보
1월 27일	팽권마을	하계연구	김준수, 정민수	도보
1월 28일	팽권마을	하계연구	김준수, 정민수	도보
1월 30일	팽권마을	하계연구	정진우, 이원영, 양희민, 김준수, 정민수, 박성섭	도보
1월 31일	팽권마을	하계연구	홍주미, 김일찬, 김진형, 한동원	도보
2월 1일	팽권마을	하계연구	정민수, 김준수	도보
2월 1일	팽권마을	하계연구	정진우, 양희민, 김찬양	도보
2월 19일	팽권마을	트래킹	정상준, 이현수, 김상욱, 박성운, 성대경	도보
2월 20일	팽권마을	하계연구	주형민, 하선용	도보

날짜	목적지	상 황	인 원	이 동수 단
2월 21일	펭귄마을	관찰카메라회수	김찬양, 이현수, 김상욱	도보
4월 27일	펭귄마을	트래킹	이현수, 성대경, 이정희, 이원석, 김찬양	도보
6월 17일	펭귄마을	트래킹	성대경, 박성윤, 서동경, 이원석	도보
8월 6일	펭귄마을	트래킹	이현수, 김상욱, 김찬양, 이원석	도보
10월 14일	펭귄마을	트래킹	이재일, 박성윤, 성대경	도보
10월 15일	펭귄마을	트래킹	이현수, 김상욱	도보
11월 4일	펭귄마을	트래킹	서동경, 박성윤, 김찬양, 성대경, 이원석, 김상욱	도보
11월 11일	펭귄마을	대피소점검	정상준	도보
12월 2일	펭귄마을	하계연구	박경민, 박성섭, 박민철	도보
12월 3일	펭귄마을	하계연구	박경민, 최창용, 김유민, 정민수	도보
12월 3일	펭귄마을	트래킹	홍순규, 박하동, 박상중, 이경하, 최봉수, 이상우, 박지강, 이상순, 윤영운, 이승철, 이상훈, 박원석, 진희성, 공민규, 손영익, 조한나	도보
12월 3일	펭귄마을	하계연구	박성섭, 박민철	도보
12월 4일	펭귄마을	하계연구	최창용, 김유민, 정민수	도보
12월 4일	펭귄마을	하계연구	박성섭, 박민철	도보
12월 5일	펭귄마을	하계연구	최창용, 정민수, 김유민	도보



부 록 5. 세종과학기지 월별 오수처리 결과(30차 월동대)

일시	구분	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	부유물질 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	대장균 수 (CFU/mL)	pH
2016년 12월 1차	유입수	80.3	272.4	156.8	-	-	40,944	6.9
	방류수	84.5	274.8	110.1	-	-	25,920	6.7
	관정	부적합	부적합	부적합	-	-	부적합	-
2016년 12월 2차	유입수	80.8	279.9	119.1	80.7	11.4	-	6.6
	방류수	77.1	248.8	75.0	74.8	6.8	-	6.6
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-	-
2017년 1월 1차	유입수	80.5	300.1	182.4	113.8	13.3	99,040	7.2
	방류수	83.5	260.3	142.4	119.1	10.2	82,880	7.4
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 1월 2차	유입수	78.2	281.3	157.9	117.5	11.4	122,048	7.2
	방류수	81.7	258.2	139.7	122.5	14.3	113,020	7.0
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 2월 1차	유입수	76.7	300.6	217.1	108.9	13.9	68,564	7.4
	방류수	73.3	260.3	144.7	101.9	12.1	65,364	7.3
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 2월 2차	유입수	60.3	178.3	100.7	75.0	10.5	46,594	7.2
	방류수	57.5	163.9	92.2	73.2	9.8	40,712	7.2
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 3월 1차	유입수	85.4	272	158.3	105.5	13.5	108,536	7.5
	방류수	81.4	268.7	157.9	107.6	13.8	102,532	7.3
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 3월 2차	유입수	80.7	227.7	136.8	121.3	14.1	53,070	7.6
	방류수	77.7	220.1	127.3	123.7	15.1	48,758	7.6
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 4월 1차	유입수	70.7	236.4	134.0	123.4	15.1	39,418	7.4
	방류수	78.6	225.5	122.6	122.1	11.2	36,300	7.3
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 4월 2차	유입수	62.3	183.1	90.9	73.0	12.6	23,774	7.6
	방류수	52.6	173.7	93.6	75.8	13.0	16,075	7.4
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 5월 1차	유입수	80.8	241.3	102.4	90.9	11.3	28,930	7.6
	방류수	80.5	240.2	99.7	93.8	10.5	26,361	7.5
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 5월 2차	유입수	77.1	216.4	93.9	93.2	12.4	26,772	7.2
	방류수	70.7	169.1	58.2	91.1	11.3	16,764	7.0
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 6월 1차	유입수	85.7	227.7	92.1	86.5	14.8	20,222	7.1
	방류수	82.2	199.1	73.9	84.4	11.5	12,512	6.8
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-

일시	구분	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	부유물질 (mg/L)	총질소 (mg/L)	총인 (mg/L)	대장균 수 (CFU/mL)	pH
2017년 6월 2차	유입수	92.3	286.6	127.8	83.1	11.5	35,915	7.0
	방류수	88.9	248.3	96.2	83.5	9.8	33,367	6.8
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 7월 1차	유입수	71.2	222.7	101.2	90.9	11.4	17,336	7.1
	방류수	66.7	185.1	71.9	81.9	9.9	18,573	6.9
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 7월 2차	유입수	84.2	267.8	114.6	91.2	37.8	40,273	7.2
	방류수	83.1	246.4	100.9	92.0	32.8	36,708	6.9
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 8월 1차	유입수	90.2	270.7	122.3	89.4	12.6	44,842	7.2
	방류수	87.4	263.9	114.1	93.2	14.3	36,878	6.9
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 8월 2차	유입수	93.9	293.1	130.6	95.0	11.4	46,272	6.9
	방류수	90.8	293.8	130.9	84.9	11.7	35,527	6.9
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 9월 1차	유입수	91.4	264.8	115.9	105.9	15.0	39,162	7.0
	방류수	89.8	267.9	119.3	99.2	13.9	31,690	6.8
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 9월 2차	유입수	70.3	340.5	239.7	84.9	13.1	53,583	6.7
	방류수	62.9	296.3	200.7	86.6	9.5	49,036	6.5
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 10월 1차	유입수	96.8	362.6	194.5	91.3	11.7	26,596	6.7
	방류수	88.8	339.9	177.7	85.1	13.9	22,804	6.4
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 10월 2차	유입수	68.7	268.9	150.6	102.1	13.5	30,556	6.9
	방류수	64.1	238.4	126.9	93.0	9.85	29,320	6.5
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 11월 1차	유입수	68.1	303.6	196.5	88.6	13.7	17,123	6.5
	방류수	70.6	212.8	99.8	82.9	9.62	17,078	6.9
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-
2017년 11월 2차	유입수	73.5	278.6	161.8	89.7	14.6	17,318	6.8
	방류수	71.4	240.9	130.8	84.2	10.8	16,886	6.4
	관정	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	부적합	-

부 록 6. 세종과학기지 부두 앞 정점 해양환경 관측 값 (30차월동대)

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	1	1	1	1.11	32.77	1.09						
2017	1	2	2	1.57	33.47	0.73						
2017	1	3	3	1.23	33.70	0.63	10:20	15.1	1.23	0.05	0.79	0.21
2017	1	4	4	1.22	33.95	0.46	9:30	10.3	0.82	0.07	0.51	0.22
2017	1	5	5	1.56	33.76	0.36	9:50		0.00	0.00	0.00	0.00
2017	1	6	6	1.11	33.81	0.63	10:20	11.1	4.01	0.10	4.59	0.44
2017	1	7	7	1.20	33.87	0.71						
2017	1	8	8	0.75	33.37	0.79						
2017	1	9	9	0.77	33.37	0.55						
2017	1	10	10	1.44	33.67	0.72	9:30	29	4.47	0.12	5.76	0.50
2017	1	11	11	1.37	33.83	0.27	9:20	13.3	5.19	0.16	7.46	0.41
2017	1	12	12	0.81	33.38	0.40						
2017	1	13	13	1.17	33.59	0.59	9:30	6.2	2.53	0.08	2.36	0.23
2017	1	14	14	1.25	33.37	0.49						
2017	1	15	15	1.04	33.64	0.22						
2017	1	16	16	0.47	33.88	0.19						
2017	1	17	17	0.63	33.85	0.21						
2017	1	18	18	0.66	33.68	0.25						
2017	1	19	19	0.81	33.20	0.27	9:30	6.3	0.11	0.01	0.03	0.04
2017	1	20	20	0.78	33.16	0.27	9:30	14	0.76	0.02	0.18	0.48
2017	1	21	21	0.75	33.67	0.29						
2017	1	22	22	1.72	33.44	0.30						
2017	1	23	23	1.72	32.44	0.36	13:00	26.1	0.64	0.11	0.37	0.20
2017	1	24	24	1.13	33.64	0.41	10:40	8	0.66	0.09	0.31	0.29
2017	1	25	25	1.46	33.36	0.25	9:30	6.7	0.77	0.22	0.21	0.34
2017	1	26	26	1.44	33.32	0.22	10:00	24.7	2.88	0.14	1.98	0.72
2017	1	27	27	1.55	32.49	0.21						
2017	1	28	28	1.64	32.27	0.22						
2017	1	29	29	1.34	31.27	0.23						
2017	1	30	30	1.21	32.61	0.26						
2017	1	31	31	1.23	33.11	0.29	14:00	19.3	2.04	0.10	2.35	0.61

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	2	1	32	0.94	32.38	0.31	9:30	9.9	0.34	0.03	0.06	0.26
2017	2	2	33	1.09	32.74	0.33	9:00	11.1	0.70	0.03	0.15	0.50
2017	2	3	34	1.55	33.19	0.35						
2017	2	4	35	1.73	33.25	0.45						
2017	2	5	36	1.44	33.11	0.85						
2017	2	6	37	2.32	32.07	0.88	9:30	10.7	0.86	0.11	0.50	0.25
2017	2	7	38				9:30	13.6	0.89	0.14	0.95	0.31
2017	2	8	39									
2017	2	9	40				10:00	19.1	1.42	0.07	0.65	0.54
2017	2	10	41	1.10	31.21	1.50						
2017	2	11	42									
2017	2	12	43									
2017	2	13	44									
2017	2	14	45					11.6	0.54	0.00	0.05	0.41
2017	2	15	46	0.69	32.23	1.19						
2017	2	16	47	0.35	29.90	0.82						
2017	2	17	48	0.94	31.79	0.79						
2017	2	18	49	1.41	33.56	1.08						
2017	2	19	50	1.56	33.92	1.19						
2017	2	20	51	0.63	33.24	1.35	10:00	10.4	0.11	0.00	0.02	0.08
2017	2	21	52	0.02	32.88	1.46						
2017	2	22	53	1.16	33.48	1.65	10:30	8.8	0.15	0.00	0.02	0.10
2017	2	23	54	1.44	30.15	1.89						
2017	2	24	55	2.16	29.86	2.42	9:30	10.3	0.58	0.00	0.18	0.26
2017	2	25	56	1.86	29.25	2.60						
2017	2	26	57	1.36	31.59	3.07						
2017	2	27	58	1.03	33.98	3.08						
2017	2	28	59	1.11	30.14	2.88	9:30	27.6	0.14	0.00	0.02	0.11

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	3	1	60									
2017	3	2	61				10:00	11.5				
2017	3	3	62									
2017	3	4	63									
2017	3	5	64									
2017	3	6	65				9:30	16.3	0.12	0.00	0.03	0.08
2017	3	7	66				9:30	32	0.14	0.00	0.02	0.10
2017	3	8	67				9:30	31.1	0.10	0.00	0.01	0.08
2017	3	9	68									
2017	3	10	69				9:20	27.8	0.19	0.00	0.03	0.07
2017	3	11	70									
2017	3	12	71									
2017	3	13	72									
2017	3	14	73									
2017	3	15	74				9:30	29.2	0.15	0.00	0.05	0.18
2017	3	16	75	0.48	33.51	0.66	9:30	25.9	0.13	0.00	0.01	0.10
2017	3	17	76	0.03	33.12	0.6						
2017	3	18	77	0.56	32.96	0.56						
2017	3	19	78	1.13	33.65	0.64						
2017	3	20	79	0.72	32.8	0.65						
2017	3	21	80	0.91	33.25	0.73	9:00	-129. 4	0.26	0.00	0.07	0.16
2017	3	22	81	1.27	33.32	0.88	9:00	-128. 9	0.48	0.00	1.42	0.17
2017	3	23	82	1.34	32.97	0.78						
2017	3	24	83	1.13	33.23	0.52						
2017	3	25	84	1.09	33.15	0.63						
2017	3	26	85	1.18	33.16	0.57						
2017	3	27	86	1.37	33.31	0.62	9:00	35.1	0.19	0.02	0.21	0.16
2017	3	28	87	1.45	33.33	0.63	9:00	33.6	0.24	0.01	0.09	0.10
2017	3	29	88	1.54	33.44	0.57	9:00	38.9	0.43	0.01	0.21	0.12
2017	3	30	89	1.48	33.42	0.59						
2017	3	31	90	1.23	31.21	0.58	9:30	35.2	0.18	0.06	0.05	0.04

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	4	1	91	1.52	33.50	0.51						
2017	4	2	92	1.35	33.20	0.54						
2017	4	3	93	1.00	32.91	0.52	13:30	30.9	0.16	0.04	0.01	0.04
2017	4	4	94	1.26	33.84	0.53						
2017	4	5	95	1.00	33.90	0.59	7:12	29.2	0.24	0.06	0.07	0.07
2017	4	6	96	0.79	33.70	0.5						
2017	4	7	97	0.76	33.71	0.71	15:00	32.4	0.24	0.05	0.11	0.06
2017	4	8	98	0.94	33.61	0.75						
2017	4	9	99	1.22	33.78	0.68						
2017	4	10	100	0.87	32.98	0.65	15:00	32.4	0.20	0.05	0.02	0.05
2017	4	11	101	0.85	33.21	0.58						
2017	4	12	102	0.72	33.64	0.38	18:30	30.2	0.10	0.03	0.02	0.05
2017	4	13	103	0.85	33.84	0.38						
2017	4	14	104	0.70	33.82	0.37						
2017	4	15	105	0.82	33.85	0.44						
2017	4	16	106	0.69	33.78	0.39						
2017	4	17	107	0.85	33.82	0.46						
2017	4	18	108	0.01	30.02	0.48	14:30	30.3	0.19	0.04	0.05	0.04
2017	4	19	109									
2017	4	20	110									
2017	4	21	111	-0.62	33.84	0.23	15:30	31.4	0.08	0.03	0.03	0.03
2017	4	22	112	-0.02	33.98	0.34						
2017	4	23	113	0.2	33.95	0.32						
2017	4	24	114	0.07	33.93	0.45	15:00	30.1	0.33	0.04	0.06	0.07
2017	4	25	115	-0.01	33.84	0.42						
2017	4	26	116	-0.31	33.72	0.31	16:00	27.9	0.06	0.02	0.02	0.03
2017	4	27	117	-0.39	33.98	0.29						
2017	4	28	118	-0.24	33.85	0.78	9:00	34.1	0.38	0.10	0.20	0.07
2017	4	29	119	-0.28	33.71	0.43						
2017	4	30	120	-0.18	33.84	0.33						

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	5	1	121	-0.44	33.68	0.34						
2017	5	2	122	-0.27	33.36	0.27	11:30	28.5	0.055	0.015	0.014	0.017
2017	5	3	123	-0.34	33.95	0.21						
2017	5	4	124	-0.43	34.02	0.21	15:00	34.9	0.059	0.011	0.020	0.020
2017	5	5	125	-0.30	34.04	0.23						
2017	5	6	126	-0.28	33.97	0.23						
2017	5	7	127	-0.28	33.95	0.33						
2017	5	8	128	-0.18	34.01	0.53	15:30	30.1	0.084	0.017	0.046	0.030
2017	5	9	129	-0.07	34.01	0.54						
2017	5	10	130	-0.01	33.97	0.34	9:00	30.4	0.113	0.019	0.068	0.024
2017	5	11	131	-0.34	33.77	0.26						
2017	5	12	132	-0.26	33.32	0.25	9:00	28.7	0.057	0.014	0.021	0.019
2017	5	13	133	-0.26	33.93	0.24						
2017	5	14	134	-0.85	33.65	0.32						
2017	5	15	135	-0.21	33.58	0.32	9:30	29.2	0.070	0.014	0.029	0.036
2017	5	16	136	-0.19	33.51	0.36						
2017	5	17	137	-0.13	33.82	0.32	10:30	29.1	0.090	0.029	0.030	0.030
2017	5	18	138	-0.44	33.53	0.34						
2017	5	19	139	-0.09	33.51	0.41	13:20	27.1	0.088	0.014	0.021	0.045
2017	5	20	140	-0.07	33.62	0.34						
2017	5	21	141	-0.15	33.86	0.25						
2017	5	22	142	-0.52	33.71	0.3	14:00	35.1	0.113	0.021	0.055	0.040
2017	5	23	143	-0.53	33.88	0.31						
2017	5	24	144	-0.58	33.91	0.26						
2017	5	25	145	-1.01	33.64	0.26						
2017	5	26	146	-1.17	35.5	0.27	16:00	34.4	0.066	0.018	0.017	0.024
2017	5	27	147									
2017	5	28	148									
2017	5	29	149	-0.63	34	0.23	10:00	28.8	0.085	0.020	0.030	0.028
2017	5	30	150	-0.62	33.72	0.27						
2017	5	31	151									

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	6	1	152	-0.74	33.77	0.25						
2017	6	2	153	-0.99	33.47	0.25						
2017	6	3	154	-0.93	33.71	0.24						
2017	6	4	155	-0.61	33.9	0.24						
2017	6	5	156	-0.82	33.97	0.23						
2017	6	6	157	-0.97	33.97	0.23						
2017	6	7	158	-0.86	34.02	0.24	15:30	30.6	0.04	0.01	0.01	0.02
2017	6	8	159	-0.9	33.99	0.24						
2017	6	9	160	-1.38	33.97	0.23						
2017	6	10	161	-1.5	34.02	0.22						
2017	6	11	162	-1.56	34.08	0.22						
2017	6	12	163	-1.61	34.12	0.22						
2017	6	13	164	-1.67	34.14	0.22						
2017	6	14	165	-1.35	34.02	0.25						
2017	6	15	166	-1.27	33.56	0.3						
2017	6	16	167	-1.26	34.02	0.25	13:30	29.8	0.07	0.03	0.03	0.04
2017	6	17	168	-1.53	33.94	0.39						
2017	6	18	169	-1.62	33.93	0.35						
2017	6	19	170	-1.54	33.93	0.35	12:00	29.5	0.08	0.01	0.02	0.03
2017	6	20	171	-1.63	33.89	0.28						
2017	6	21	172	-1.72	34.01	0.25						
2017	6	22	173	-1.8	34.26	0.23						
2017	6	23	174	-1.72	34.15	0.23	15:00	25.9	0.04	0.01	0.00	0.02
2017	6	24	175	-1.56	33.96	0.25						
2017	6	25	176	-1.59	34.03	0.25						
2017	6	26	177	-1.58	33.89	0.25						
2017	6	27	178	-1.72	33.91	0.24	10:30	27.5	0.05	0.00	0.02	0.02
2017	6	28	179	-1.7	33.9	0.23						
2017	6	29	180	-1.72	33.85	0.24						
2017	6	30	181	-1.73	33.83	0.3						

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	7	1	182	-1.71	33.72	0.26						
2017	7	2	183	-1.66	33.81	0.23						
2017	7	3	184	-1.69	32.79	0.23						
2017	7	4	185									
2017	7	5	186									
2017	7	6	187									
2017	7	7	188									
2017	7	8	189									
2017	7	9	190									
2017	7	10	191	-1.78	34	0.24	9:00	33.7	0.15	0.02	0.04	0.05
2017	7	11	192	-1.68	34.04	0.25						
2017	7	12	193	-1.65	33.96	0.19						
2017	7	13	194	-1.59	33.96	0.19	9:30	33	0.03	0.00	0.01	0.01
2017	7	14	195	-1.58	34.04	0.18	10:00	29.2	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	7	15	196	-1.67	34.03	0.24						
2017	7	16	197	-1.68	34.05	0.24						
2017	7	17	198	-1.74	34.1	0.22						
2017	7	18	199	-1.69	34.04	0.23	10:30	39.6	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	7	19	200	-1.74	34.09	0.28						
2017	7	20	201	-1.81	34.1	0.23	11:00	31	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	7	21	202	-1.82	31.18	0.24	14:30	30	0.03	0.01	0.01	0.01
2017	7	22	203	-1.74	33.95	0.26						
2017	7	23	204	-1.71	33.83	0.37						
2017	7	24	205	-1.71	32.55	1.46	9:40	30.4	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	7	25	206									
2017	7	26	207	-1.54	33.78	0.21						
2017	7	27	208	-1.85	34.2	0.2						
2017	7	28	209	-1.85	34.22	0.21	11:30	29.4	0.04	0.01	0.02	0.02
2017	7	29	210	-1.85	34.2	0.29						
2017	7	30	211	-1.82	34.08	0.3						
2017	7	30	212	-1.88	34.29	0.35	13:00	31.5	0.08	0.03	0.03	0.02

※ 7월 4일 ~ 9일 데이터 남극올림픽 참가로 측정 불가

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/l)				
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um	
2017	8	1	213	-1.85	33.96	0.49							
2017	8	2	214	-2.15	30.69	0.42	15:00	41.3	0.12	0.02	0.08	0.06	
2017	8	3	215										
2017	8	4	216				14:30	24.1	0.07	0.03	0.02	0.02	
2017	8	5	217										
2017	8	6	218										
2017	8	7	219				15:00	32.4	0.07	0.04	0.02	0.02	
2017	8	8	220										
2017	8	9	221				9:30	26.8	0.13	0.04	0.05	0.03	
2017	8	10	222										
2017	8	11	223				10:00	32	0.07	0.03	0.02	0.01	
2017	8	12	224										
2017	8	13	225										
2017	8	14	226										
2017	8	15	227										
2017	8	16	228				15:00	29.1	0.06	0.02	0.01	0.02	
2017	8	17	229										
2017	8	18	230				10:00	28.3	0.04	0.02	0.01	0.01	
2017	8	19	231										
2017	8	20	232										
2017	8	21	233										
2017	8	22	234										
2017	8	23	235										
2017	8	24	236										
2017	8	25	237										
2017	8	26	238										
2017	8	27	239										
2017	8	28	240										
2017	8	29	241										
2017	8	30	242										
2017	8	31	243										

※ CTD 배터리 방전으로 데이터 손실

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	9	1	244	-1.82	33.78	2.08	10:30	29.7	0.32	0.06	0.11	0.05
2017	9	2	245	-1.8	33.65	2.08						
2017	9	3	246	-1.8	33.55	2.14						
2017	9	4	247	-1.8	33.23	2.18						
2017	9	5	248	-1.8	33.21	2.23						
2017	9	6	249	-1.81	33.1	2.34						
2017	9	7	250	-1.82	33.45	2.57						
2017	9	8	251	-1.82	33.94	0.67						
2017	9	9	252	-1.83	33.94	0.78						
2017	9	10	253	-1.82	34.02	0.74						
2017	9	11	254	-1.82	34	0.57						
2017	9	12	255	-1.83	34.03	0.46	10:30	33.8	0.35	0.04	0.08	0.04
2017	9	13	256									
2017	9	14	257				9:30	33.5	0.05	0.02	0.01	0.02
2017	9	15	258									
2017	9	16	259									
2017	9	17	260									
2017	9	18	261									
2017	9	19	262									
2017	9	20	263									
2017	9	21	264									
2017	9	22	265									
2017	9	23	266									
2017	9	24	267									
2017	9	25	268	-1.67	34.11	0.38	10:00	31.6	0.12	0.03	0.01	0.01
2017	9	26	269	-1.78	34.11	0.54						
2017	9	27	270	-1.79	34.04	0.84						
2017	9	28	271	-1.81	34.07	1.03						
2017	9	29	272	-1.84	34.09	0.77						
2017	9	30	273	-1.8	34.11	0.58						

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	10	1	274	-1.80	34.11	0.51						
2017	10	2	275	-1.78	34.09	0.51						
2017	10	3	276	-1.78	34.09	0.53						
2017	10	4	277	-1.74	34.07	0.58						
2017	10	5	278	-1.62	34.03	0.51						
2017	10	6	279	-1.72	33.99	0.55						
2017	10	7	280	-1.74	33.99	0.56						
2017	10	8	281	-1.71	33.98	0.51						
2017	10	9	282	-1.73	33.83	0.55						
2017	10	10	283	-1.81	34.00	0.41	9:30	0.16	0.06	0.02	0.01	0.02
2017	10	11	284	-1.79	34.01	5.32						
2017	10	12	285	-1.76	34.01	13.51						
2017	10	13	286	-1.75	34.01	0.73						
2017	10	14	287	-1.73	33.82	0.77						
2017	10	15	288	-1.72	33.8	0.6						
2017	10	16	289	-1.8	34.05	0.56	14:00	0.05	0.12	0.03	0.01	0.01
2017	10	17	290	-1.82	34.07	0.68						
2017	10	18	291	-1.86	34.06	0.64						
2017	10	19	292	-1.81	34.06	0.66	14:00	0.06	0.06	0.01	0.02	0.03
2017	10	20	293	-1.65	34.11	0.43	10:00	0.07	0.04	0.01	0.01	0.02
2017	10	21	294	-1.76	34.07	0.75						
2017	10	22	295	-1.7	34.03	0.79						
2017	10	23	296	-1.6	33.85	0.68						
2017	10	24	297	-1.56	33.72	0.61	11:00	0.07	0.14	0.03	0.04	0.03
2017	10	25	298	-1.48	33.97	0.6						
2017	10	26	299	-1.6	33.97	0.66						
2017	10	27	300	-1.35	34.12	0.53						
2017	10	28	301	-1.48	34.09	0.58						
2017	10	29	302	-1.42	34.1	0.44						
2017	10	30	303	-1.5	34.05	0.6	14:00	0.05	0.15	0.02	0.08	0.04
2017	10	31	304	-1.55	34.07	0.56						

yy	mm	dd	Julian day	CTD			time	ss	Chl a_concentration (µg/ l)			
				tem	sal	FIC			Total	GF/F	20um	2um
2017	11	1	305	-1.45	33.95	0.54	13:30	34.3	0.06	0.03	0.01	0.02
2017	11	2	306	-1.42	34.06	0.62						
2017	11	3	307	-1.50	34.02	0.66	9:30	29.7	0.10	0.02	0.01	0.05
2017	11	4	308	-1.33	34.00	1.20						
2017	11	5	309	-1.04	33.95	0.63						
2017	11	6	310	-1.00	33.02	0.77	9:30	27	0.06	0.03	0.00	0.01
2017	11	7	311	-1.02	33.09	0.78						
2017	11	8	312	-0.87	33.97	0.67	9:30	25.5	0.08	0.03	0.01	0.02
2017	11	9	313	-1.05	33.84	0.76						
2017	11	10	314	-1.00	33.92	0.72	10:30	24	0.08	0.03	0.01	0.03
2017	11	11	315	-0.96	33.94	0.76						
2017	11	12	316	-0.97	33.88	0.80						
2017	11	13	317	-0.88	33.89	0.79						
2017	11	14	318	-0.77	33.99	0.59	14:00	25.7	45.24	28.3	2.67	15.08
2017	11	15	319	-0.58	33.81	0.58						
2017	11	16	320	-0.33	33.56	0.52						
2017	11	17	321	-0.81	33.05	0.58						
2017	11	18	322	-0.71	33.45	0.64						
2017	11	19	323	-0.70	33.88	0.71						
2017	11	20	324	-0.60	34.00	0.69						
2017	11	21	325									
2017	11	22	326									
2017	11	23	327									
2017	11	24	328									
2017	11	25	329									
2017	11	26	330									
2017	11	27	331									
2017	11	28	332									
2017	11	29	333									
2017	11	30	334									

부 록 7. 국내 토양오염우려기준

[별표 3] <개정 2016. 4. 28.>

토양오염우려기준(제1조의5 관련)

(단위: mg/kg)

물질	1지역	2지역	3지역
카드뮴	4	10	60
구리	150	500	2,000
비소	25	50	200
수은	4	10	20
납	200	400	700
6가크롬	5	15	40
아연	300	600	2,000
니켈	100	200	500
불소	400	400	800
유기인화합물	10	10	30
폴리클로리네이티드비페닐	1	4	12
시안	2	2	120
페놀	4	4	20
벤젠	1	1	3
톨루엔	20	20	60
에틸벤젠	50	50	340
크실렌	15	15	45
석유계총탄화수소(TPH)	500	800	2,000
트리클로로에틸렌(TCE)	8	8	40
테트라클로로에틸렌(PCE)	4	4	25
벤조(a)피렌	0.7	2	7

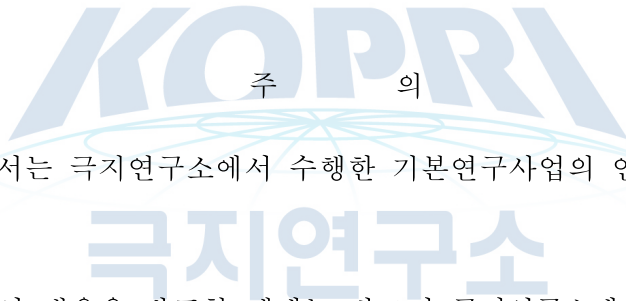
※ 비교

1. 1지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 전·답·과수원·목장용지·광천지·대(「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령」 제58조제8호가목 중 주거의 용도로 사용되는 부지만 해당한다)·학교용지·구거(溝渠)·양어장·공원·사적지·묘지인 지역과 「어린이놀이시설 안전관리법」 제2조제2호에 따른 어린이 놀이시설(실외에 설치된 경우에만 적용한다) 부지
2. 2지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 임야·염전·대(1지역에 해당하는 부지 외의 모든 대를 말한다)·창고용지·하천·유지·수도용지·체육용지·유원지·종교용지 및 잡종지(「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령」 제58조제28호가목 또는 다목에 해당하는 부지만 해당한다)인 지역
3. 3지역: 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」에 따른 지목이 공장용

지·주차장·주유소용지·도로·철도용지·제방·잡종지(2지역에 해당하는 부지 외의 모든 잡종지를 말한다)인 지역과 「국방·군사시설 사업에 관한 법률」 제2조제1호가목부터 마목까지에서 규정한 국방·군사시설 부지

4. 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제48조에 따라 취득한 토지를 반환하거나 「주한미군 공여구역주변지역 등 지원 특별법」 제12조에 따라 반환공여구역의 토양 오염 등을 제거하는 경우에는 해당 토지의 반환 후 용도에 따른 지역 기준을 적용한다.
5. 벤조(a)피렌 항목은 유독물의 제조 및 저장시설과 폐반침목을 사용한 지역(예: 철도용지, 공원, 공장용지 및 하천 등)에만 적용한다.
6. 법 제11조제3항, 제14조제1항, 제15조제1항 및 같은 조 제3항 각 호에 따른 토양정밀조사의 실시나 오염토양의 정화 등을 명하는 경우 토양오염우려기준은 조치명령 당시의 지목을 기준으로 한다. 다만, 정밀조사 기간 또는 정화기간이 완료되기 전에 지목이 변경된 경우에는 변경된 지목을, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하여 지목변경이 예정된 경우에는 변경 예정 지목을 기준으로 한다.
 - 가. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 등 관계 법령에 따라 개발행위 허가 또는 실시계획 인가 등을 받고 토지의 형질변경 등의 공사가 착공된 경우
 - 나. 건축물의 용도변경을 위하여 「건축법」에 따라 용도변경 허가를 받았거나 신고한 후 공사가 착공된 경우
 - 다. 다른 법령에 따라 지목변경 사유에 해당하는 공사가 착공된 경우





1. 이 보고서는 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.