



No.3 (제 3호)

# Polar Brief

제3호 2015년 7월 31일 | 발행 : 극지연구소 미래전략실

(406-840) 인천광역시 연수구 송도미래로 26 | Tel. 032-770-8400 | www.kopri.re.kr

## Snapshot



### ■ 극지정책분야: 제38차 ATCM 및 제18차 CEP 동향 보고

- 남극조약협약당사국회의의 주요의제 및 논의동향 (신형철·서원상/극지연구소 책임연구원) ..... 3면

남극조약협약당사국회의(ATCM)는 남극조약체제의 운영을 위하여 조직된 정부 간 협의체로서, 남극 관련 현안에 대하여 법제도작업반, 운영작업반, 관광 및 비정부활동작업반 등으로 나누어 논의한다. 최근 ATCM 주요의제 및 제38차 ATCM의 논의 동향을 검토·분석한다.

- 남극환경보호위원회를 남극사회 위상 전환의 기회로 (김지희/극지연구소 책임연구원) ..... 7면

남극조약협약당사국회의에서 전문자문기구로서 그 위상과 역할이 확대되고 있는 환경보호위원회(CEP)의 주요 논의 이슈를 분석하고, 우리나라가 주도적으로 이끌어 갈 수 있는 주요 이슈와 향후 전망에 대해 예측해 본다.

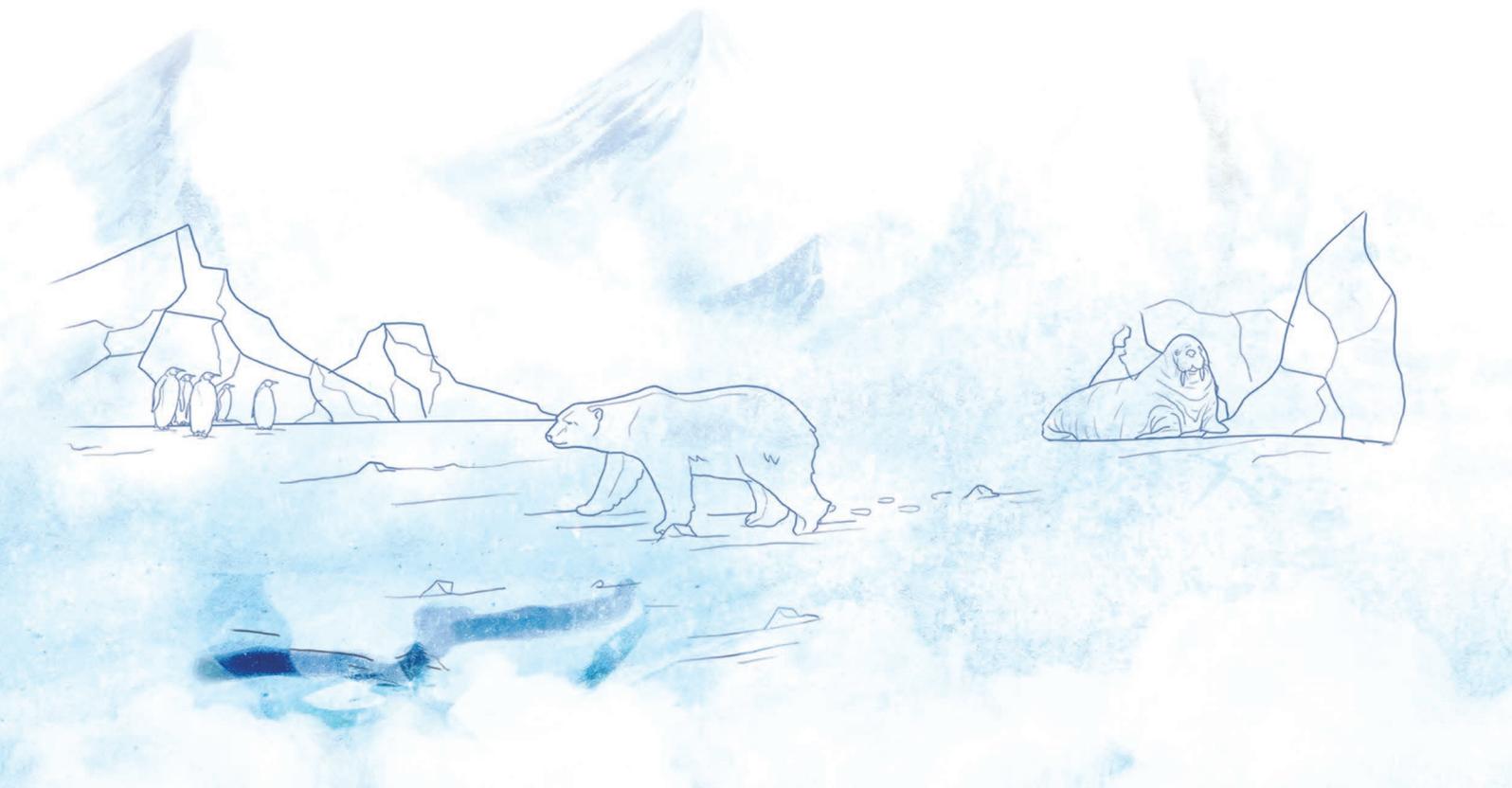
### ■ 극지과학분야

- 북극의 해빙감소와 동아시아의 기상패턴의 연계성에 관하여

(김성중/극지연구소 책임연구원) ..... 13면

본 연구를 통해 북극의 온난화에 따른 해빙감소가 일정부분 유라시아의 한파발생에 영향을 줄 수 있음이 밝혀졌다. 그러나 극소용돌이가 악화되었을 때 지역적으로 한파를 가져오는 종관규모의 패턴을 완전히 이해하여 겨울철 한파 예측의 정확도를 높이기 위해서는 더욱 적극적인 연구개발이 필요하다.

**KOPRI**  
극지연구소





## 남극조약협의당사국회의(ATCM)의 주요 이슈 및 동향

신형철 · 서원상 (극지연구소 책임연구원)

### I. ATCM의 개요

19세기까지 탐험의 대상이었던 남극대륙은 20세기에 접어들어 아르헨티나, 호주, 칠레, 프랑스, 뉴질랜드, 노르웨이, 영국 등 7개국의 영유권 각축전의 장이 되었다. 남극문제의 평화적 해결을 갈망하던 국제사회는 1957~58년의 국제지구물리관측년(International Geophysical Year: IGY)의 성공적인 과학연구협력을 경험한 후, 미국 아이젠하워 대통령의 주도로 남극의 평화적 이용(제1조)과 과학적 탐사의 자유(제2조) 등을 골자로 하는 남극조약(Antarctic Treaty)을 채택하였다.<sup>1)</sup>

남극조약 제9조 1항은 “당사국대표들은 정보교환, 공동 이해관계에 대한 협의, 조약의 원칙과 목적을 강화하기 위한 조치 등을 위하여, 조약발효 후 2개월 내에 캔버라(Canberra)에서 회합을 가진 후 적당한 장소에서 적당한 간격을 두고 회합할 것”을 규정하였는데, 이 회합이 바로 ATCM이다. ATCM은 1961년 7월에 호주 캔버라에서 제1차 회의가 개최된 이래로, 격년 또는 매년 개최되어 2015년의 제38차 회의에 이르렀다.

ATCM의 참가 주체는 협의당사국(Consultative Parties),<sup>2)</sup>

비협의당사국(Non-Consultative Parties),<sup>3)</sup> 옵서버(Observers), 그리고 초청전문가(Invited Experts) 등으로 구분할 수 있다.<sup>4)</sup> 남극과학연구위원회(Scientific Committee on Antarctic Research: SCAR), 남극해양생물보존위원회(Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources: CCAMLR), 남극프로그램국가운영자회의(Council of Managers of National Antarctic Programs: COMNAP) 등이 옵서버로서 참가하고 있으며, 남극및남극해연합(Antarctic and Southern Ocean Coalition: ASOC), 국제남극관광운영자협회(International Association of Antarctica Tour Operators: IAATO) 등 민간단체들도 초청전문가 자격으로 참가하고 있다.

ATCM은 연구협력, 남극환경보호, 동식물보호, 역사적 유적지 보존, 보호구역 관리 및 지정, 남극지역관광감독, 정보교환, 기후데이터수집, 보급협력 및 통신·안전 등의 이슈를 논의하며, 남극조약체제의 이행을 위한 의사결정 기능을 담당한다. 이러한 의사결정의 일환으로, ATCM은 남극조약 및 환경보호의정서의 이행 및 남극조약지역의 관리를 위하여

1) 남극조약은 1959년 12월 1일에 채택되어, 1961년 6월 23일에 발효되었으며, 원회원국은 아르헨티나, 호주, 벨기에, 칠레, 프랑스, 일본, 뉴질랜드, 노르웨이, 남아공, 소련, 영국 및 북아일랜드, 미국 등 12개국이다.

2) 남극조약에 가입한 각 당사국은 ‘과학기지의 설치 또는 과학 탐험대(expedition)의 파견과 같은 남극지역에서 실질적인 과학연구활동의 실시에 의해 남극지역에 대한 자국의 관심을 표시하고 있는 동안 남극조약 제9조 1항의 회의(ATCM)에 대표자를 파견’할 수 있는데, 이러한 당사국을 협의당사국이라 한다. 2015년 7월 현재, 협의당사국은 아르헨티나, 호주, 벨기에, 브라질, 불가리아, 칠레, 중국, 체코, 에콰도르, 핀란드, 프랑스, 독일, 인도, 이탈리아, 일본, 우리나라, 네덜란드, 뉴질랜드, 노르

웨이, 페루, 폴란드, 러시아, 남아공, 스페인, 스웨덴, 우크라이나, 영국, 미국, 우루과이 등 29개국이다.

3) 2015년 7월 현재, 비협의당사국은 오스트리아, 벨라루스, 캐나다, 콜롬비아, 쿠바, 덴마크, 에스토니아, 그리스, 과테말라, 헝가리, 카자흐스탄, 북한, 말레이시아, 모나코, 몽골, 파키스탄, 파푸아뉴기니, 포르투갈, 루마니아, 슬로바키아, 스위스, 터키, 베네수엘라 등 23개국이다.

4) 우리나라는 1986년 11월에 남극조약에 가입하였고, 남극세종과학기지(1988년 2월 준공) 등 인프라 및 연구활동 실적을 바탕으로 1989년 10월 협의당사국 지위를 획득하였다.

조치(Measure), 결정(Decision), 결의(Resolution) 등의 규정 내지 지침(regulation and guideline)을 채택한다.<sup>5)</sup> 모든 의사결정은 협의당사국의 총의(consensus)로 이루어지며 조치(Measure)는 법적 구속력을 갖지만, ATCM 및 사무국의 운영과 내부 이슈 등에 관한 결정(Decision)과 권고적 성격의 결의(Resolution)는 법적 구속력은 없다.

## II. ATCM의 주요 의제

ATCM 회의는 각 주제별로 작업반(Working Group: WG) 회의로 진행되며, 최근에는 법제도작업반(Legal & Institutional WG), 운영작업반(Operational Matters WG), 관광 및 비정부 활동작업반(Tourism WG)을 개최하며 필요에 따라 특별작업반(Special WG)을 개최하기도 한다. 아래에서는 각 작업반 별로 최근 3년을 중심으로 주요 의제를 소개한다.

### ① 법제도작업반

법제도작업반의 최대 현안은 남극조약환경보호의정서 제6부속서(Annex VI to the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty: Liability Arising From Environmental Emergency)의 비준이다. 제6부속서는 남극 활동의 운영자(Operator)에게 환경적 비상사태에 대한 예방 조치·비상계획의 수립, 대응조치 실시 및 조치실패에 대한 배상책임(Liability) 등의 의무를 규정하고 있다. 제6부속서가 2005년에 채택되었지만 그 발효를 위해서는 모든 협의당사국의 비준이 필요한 터라, ATCM에서는 제6부속서의 비준을 독려하기 위한 논의가 지속되고 있다. 2015년 7월 현재 11개국이 비준을 완료하였으며 2015년 내에 미국과 러시아의 비준이 예정되어 있다.<sup>6)</sup>

제34차 ATCM 이후 형사관할권 이슈가 부각되었다. 그 계기는 2010년 1월 11일, 프랑스 국적선박의 선원인 2명의 프랑스인이 아르헨티나 제도에 위치한 과거 영국과학기지였던 워디하우스(Wordie House hut)에 난입하고 훼손한 사건이었다. 동 선박이 남극해 항행에 앞서 프랑스는 물론 그 어느 국가의 권한당국에 환경영향평가를 제출하거나 남극활동의 허가를 받은 바가 없기 때문에, 프랑스 법률에 따라 형사처벌의 대상이 된다. 그러나 프랑스 정부는 워디하우스 훼손의 사실이 프랑스 당국의 수사가 아닌 영국 직원(worker)의 제보를 통해

확인하였다는 점에서, 적절한 권한이 없는 자에 의해 수집한 정보를 근거로 한 형사처벌에 소극적인 입장을 취하였다.

생물자원탐사(biological prospecting: Bioprospecting)도 꾸준히 거론되는 주요 법제 현안 가운데 하나이다. 생물자원탐사는 상업적 목적으로 유전자원을 조사, 수집, 채취, 분석한다는 점에서 남극의 순수한 과학연구와 구별된다. 제36차 ATCM이 남극조약체제 내에서 생물자원탐사의 보고 및 정보 교환 등의 의무를 담은 결의를 채택하였지만, 여전히 생물자원탐사의 정의(definition)는 무엇인지, 남극조약체제 하에서 유전자원에 대한 소유권은 누구에게 귀속되는지, 개발이익을 어떻게 분배해야 하는 지 등의 복잡한 이슈가 남아 있다.

### ② 운영작업반

매 회의마다 국가지정 감시원(Observer)의 사찰(조사, Inspection)활동 실적이 보고된다. 협의당사국이 지명하는 감시원은 남극조약(제7조)과 환경보호의정서(제14조)에 따라 남극의 모든 구역과 기반시설(기지, 시설과 장비, 선박, 항공기 등 포함)을 언제나 자유롭게 출입하면서 남극조약 및 환경보호의정서의 준수 여부를 사찰할 수 있다. 일반적으로 현장 조사에 관한 결과보고가 주 내용을 이루지만, 피조사국의 국내 이행입법의 문제점을 지적한 예도 있다.

남극활동의 안전 및 운용은 특히 선박의 해상사고와 수색구조(Search and Rescue) 체계 강화에 초점을 맞추어 왔다. 이에 더하여, 제36차 ATCM에서는 남극지역의 수색 공조 필요성이 해상 및 항공에 국한되지 아니하며 육상에서 발생하는 조난사고에 대한 수색구조에 확대할 것에 합의하였다. 이 사안은 국제해사기구(IMO)가 준비한 Polar Code의 남극 적용 문제로 확대되면서 제37차 ATCM부터는 법제도작업반의 의제로도 다루게 되었고, Polar Code의 적용 범위에 남극이 포함되도록 합의하였다.

최근 활발히 사용되고 있는 무인항공기(unmanned aircraft systems: UAS) 및 원격조정항공기(remotely-piloted aircraft systems)에 관한 사안이 부각되고 있다. ATCM은 UAS 관련 기술, 비용 및 장점을 검토하면서도, 운영상 야기될 수 있는 생태계에 대한 영향 등 부정적 효과에 대한 과학적 검증이 필요하다는 점에 주목하고 있다.

5) 이는 제19차 ATCM(서울, 1995)에서 합의된 것으로, 그 이전까지 남극에 대한 규칙 및 운영규범을 구성하는 의사결정을 권고(Recommendation) 형태로 채택하였다.

6) 남극조약, 환경보호의정서 및 제6부속서에 관한 내용은 서원상, 「환경보호에 관한 남극조약의정서 제6부속서」 비준대비 극지연구소 대응 방안, *Polar Brief*, No. 1, (2015), 7-10면 참조.

### ③ 관광 및 비정부활동 작업반

관광작업반에서는 관광 및 비정부활동에 관한 폭넓은 범위의 의제를 논의한다. 남극관광의 규모가 지속적으로 확대될 것이므로, 방문 빈도가 증가하는 특정지역의 누적환경영향의 평가가 시급함을 공감하였다. 이에 남극관광에 대한 단일화된 데이터베이스 구축, 환경 민감도 평가 방법론 개발, 현지 환경 모니터링 프로그램의 개발, 특정지역의 모니터링 필요성 식별을 위한 기준 개발, 관광활동 관리를 위한 잠재적 대안 등에 관한 논의가 이루어지고 있다.

최근에는 남극의 육상관광 및 모험관광(캠핑 등)이 증가함에 따라, 관광활동의 관리를 위하여 '위험에 기초한 관광활동 평가' (a Risk-based Assessment of Tourist Activities) 방안 마련과 남극 관광활동의 규제를 위한 각국의 법령정비가 필요함에 합의하였다.

독일선박 SV Infinity호가 사전통보 및 환경영향평가 등의 남극활동 요건을 생략한 채 캐나다, 프랑스, 미국, 영국, 독일, 오주, 스웨덴, 이탈리아 등 16명의 다국적 승객을 태우고 ASPA 159 수역을 항행한 것을 계기로, 이와 유사한 사례에 대한 대응방안의 필요성이 제기되었다. 특히 요트의 경우, 남극조약체제의 사찰 대상인 선박(Vessel)의 범주로 볼 것인가에 관한 조약해석의 문제가 남아있다.

## III. 제38차 ATCM의 논의 동향<sup>7)</sup>

지난 6월 1일부터 10일까지 열흘간 제38차 남극조약협의 당사국회의(Antarctic Treaty Consultative Meeting: ATCM) 및 제18차 환경보호위원회(Committee for Environmental Protection: CEP)가 불가리아 소피아(Sofia)에서 개최되었다. 불가리아 대통령의 적극적인 후원아래 개최된 이번 회의에는 최근 남극조약에 가입한 카자흐스탄('15.1.), 몽골('15.3.)을 포함한 총 52개 남극조약당사국 중 37개국으로부터 400여 명의 정부대표단이 참가하였다.

### ① 법제도작업반

칠레가 제안한 남극협력강화 권고사항인 작업반(WG) 구조 개편을 통한 의제 재배분(총회의 역할 확대), 사무국 예산 협의를 위한 상설작업반 설치, 작업반 의장임기 제한을 위한 절차 규칙 개정, 보고자(Rapporteur) 임명 관련 투명성 강화,

회기간 협의그룹(Inter-sessional Contact Group: ICG) 활성화, 비협의당사국의 자발적 기여금 공여 촉진 방안 마련, ATCM과 CEP 개최 기간 분리 및 ATCM 회기 조정(연 2회 개최) 등에 관한 논의를 진행하였다. 대부분의 실무적·절차적 사안이 ICG에 위임된 반면에, 자발적 기여금에 관하여는 자발적 기여금 공여의 필요성과 자발적 기여금을 규제함은 취지에 어긋난다는 주장이 대립되었다.

올해 2015년은 제33차 ATCM 결정4(2010)에 따라 제6부속서 비준 시간계획표(time-frame)를 완성하기로 한 해이다. 기존 11개 비준국에 더하여 미국과 러시아가 이미 작년에 비준에 필요한 절차를 시작하여 올해 안으로 비준이 완료될 것을 선언하면서, 뉴질랜드 등 비준국의 시간계획표 수립을 서두르자고 주장하였다. 그러나 대부분 미비준국들은 비준을 추진하면서도 제6부속서 상의 보험 등 재정보증제도에 대한 부담을 느끼고 있다. 이에 비준 시간계획표 수립을 위한 재협상 시점을 2020년으로 연기하였다.

그 외에도, ATCM과 CEP간의 상호작용 강화 및 효율화를 위한 회의일정 조정, '환경보호의정서 채택 25주년 기념 심포지엄' 일정 및 의제, '다년도전략업무계획의 업데이트, 회기 간 정보교환 확대 등을 논의하였다.

### ② 운영작업반

COMNAP이 제안한 남극에서의 무인항공기 사용 관련 다수 국가의 무인항공기 사용에 따른 남극환경에의 유익과 위험, 그리고 남극활동과 야생동물에 미치는 영향에 대한 지속적인 연구 필요성과 장기적 차원에서 규정 내지 규칙(regulation and rules)마련 필요성에 대하여 공감대가 형성되었다.

영국과 체코는 2014/15 남극활동기간중 수행한 남극내 기지, 시설, 선박 등에 대한 사찰활동 결과를 보고하고, 대상에 대한 권고를 제출하였는데, 조사활동보고서를 통한 권고는 그 성격이 권고일 뿐 구속력이 없다는 점을 강조하고, 특히 기지의 과학연구활동에 대한 품질제고 조언은 남극조약에서 정한 사찰의 목적에 부합하지 않는 것으로 권고의 대상이 아니라는 입장을 많은 당사국들이 표명하였다.

우리나라는 새롭게 정비하여 출발하는 아시아극지과학포럼(AFoPS)의 활동계획을 소개하고 남극을 포함하는 극지 국제협력의 중심으로 역할에 더 적극적으로 나설 것을 다짐하였으며 다수 당사국들과 SCAR 회장의 환영을 받았다. 또한 남극연구 후발국가인 루마니아가 자국의 남극연구에 제공된 각국의 지원에 사의를 표하면서 대한민국 및 남극세종기지를 언급하며, 달라지고 있는 우리나라의 위상을 확인할 수 있었다.

7) 이하 III.의 내용은 필자 2인의 ATCM 출장기록을 토대로 작성되었음.

프랑스가 제안한 기후변화가 남극에 미치는 영향의 중대성 및 올해 연말 파리에서 열리는 제21차 기후변화협약 당사국총회(COP21)과의 연계 필요성, 관련 연구의 강화 등에 대해 전반적인 공감대가 형성되었으며, 일부 국가(벨기에, 일본, 호주)는 특히 COP21을 계기로 남극과 관련된 기후변화문제를 어떻게 연계시킬 것인지 검토할 필요가 있음을 지적하였다.<sup>8)</sup>

### ③ 관광 및 특별작업반

남극의 요트 관광이 증가하면서, 요트 국적국의 허가를 받지 아니하고 제3국을 경유하여 남극에 진입하는 사례가 발생하고 있다. 이에 관하여 요트를 선박의 대상에 포함시킬 것인가의 문제, 포럼쇼핑<sup>9)</sup>으로 인한 남극활동 허가의 혼란가능성 문제 등이 현안으로 거론되었다. 협의당사국들은 관광 및 비정부기구 활동을 규제하는 단일한 체계 마련의 필요성과, 남극활동의 책임이 허가국 중심에서 운영자로 확대되고 있다는 점에서 무허가 남극관광 주체의 책임소재에 관한 보편적인 논의 필요성에 공감하였다.

당사국들은 남극활동 허가의 포럼쇼핑으로 인한 안전문제가 심각해 질 수 있음을 경계하면서, 당사국간 정보교환, 수색구조, 의료지원 등의 내용을 담은 지침과 함께 수상활동 안전기준의 제정 필요성에 공감하였다. 또한 남극활동의 허가문제는 남극환경에의 위해성 및 여행자의 신변의 안전 모두가 관련된 사항임을 확인하고, 고도의 위험이 잠재된 행위에 있어, 당사국들은 남극활동의 허가 시에 환경영향평가와 함께 활동의 위험성 및 대처방안에 대한 검토도 필요하다는 점에 공감하면서, 이에 관한 각국의 제도 및 협력사례에 대한 정보를 공유키로 하였다.

## IV. 향후 전망과 우리의 과제

남극조약체제는 국가(정부) 간 체결한 국제조약으로서, 그 운영에 관하여 ATCM이라는 ‘총회 성격의 회의’를 통하여, ‘국가’라는 행위주체와 ‘과학연구’ 및 이와 관련된 남극활동이라는 행위에 초점을 두어 진행되어 왔다. 그러나 제38차

ATCM의 논의 동향을 반추해보면, ATCM의 의제가 다양화, 전문화, 세분화됨에 따라 ① 총회 성격의 ATCM에 앞서 ICG의 역할 및 기능이 강조되었고, ② 조약 이행 및 불이행의 책임 소재가 국가로부터 운영자(행위자) 중심으로 옮겨가고 있으며, ③ 과학연구와 무관한 관광 및 (남극활동의 허가) 권한 당국의 이슈가 부각되는 등 ATCM 회의의 변화되는 기류를 감지할 수 있다.

이러한 변화 속에 모든 의제가 단일화된 규율체제의 필요성 공감으로 수렴되었고, 이는 결국 기존 규범의 보완 또는 새로운 규범의 창설 문제로 귀결된다. 실제로 감시원의 사찰활동, 무인항공기 사용, 요트, 권한당국, 포럼쇼핑, 안전문제 등 운영 또는 관광작업반에서 논의된 대부분의 의제들은 궁극적으로 남극조약체제의 해석과 적용에 관한 것이다.

대체적으로 7개 영유권주장국과 미국, 러시아 등이 ATCM 회의를 주도하는 것은 현실이다. 남극조약이 남극에 대한 영유권 주장을 동결하였지만, 이 국가들은 지속적으로 ICG에 참여하고 ATCM에 문서를 제출하고 있으며, 이를 바탕으로 ATCM이 진행되어 최종보고서, 조치, 결정, 결의 등이 채택되고 있다.

쇄빙연구선 건조와 장보고기지의 건설은 지난 몇 년 동안 우리나라에게 ATCM 회의에 참여하고 협의당사국들에게 접근할 명분과 기회를 주었다. 또 이로 인해 전과 다른 위상을 갖게 되었고 기대를 받고 있다. 이에 부응하기 위해서는 우리나라가 ATCM 주요의제에 관한 사전 연구·분석을 기반으로, 새로운 의제와 활동의 발굴, ICG 참여 및 문서(특히 Working Paper) 제출 등의 적극적인 활동을 펼쳐 남극조약체제의 새로운 의사결정 과정에 동참할 필요가 있다. 내년 2016년 칠레에서 개최되는 39차 ATCM과 함께 열릴 ‘환경보호의정서 채택 25주년 기념 심포지엄’에서 우리정부 또는 극지연구소의 역할 및 기여방안 마련도 필요하다.

8) 다만, 중국은 ATCM은 기후변화가 아닌 남극에 집중하여야 한다고 주장하였고, 러시아와 남아공은 기후변화문제는 ATCM이 아닌 CEP의 논의 대상이라는 의견을 피력하였다.

9) 포럼쇼핑(Forum shopping)이란, 일반적으로 원고가 소송을 제기하는데 있어 다수의 국가 또는 국내 지역의 법원(court) 중에서 자신에게 가장 유리한 법원을 선택하는 것을 말한다. ATCM에서는 관광 등 남극활동희망자가 다수 국가 중 가장 유리한 또는 편리한 남극활동 허가 권한당국을 선택한다는 의미로 사용되었다.



## 남극환경보호위원회를 남극사회 위상 전환의 기회로

김 지 희 (극지연구소 책임연구원)

### I. 남극환경보호위원회(CEP, Committee for Environmental Protection) 개관

#### ● 환경보호위원회 설립 배경

남극의 평화적 이용과 과학적 탐사의 자유, 국제협력의 지속적 보장을 위한 남극조약(1959년)이 체결된 이후, 남극의 과학적 가치 연구를 기치로 남극조약 가입국과 이들이 남극 지역에 설치·운영하는 시설들이 꾸준히 증가하였다. 1980년대 초까지만 해도 남극을 둘러싼 국제사회는 남극의 합리적인 자원개발과 이용을 통해 남극생태계보호가 가능하리라는 기대로 남극자원개발과 보존이라는 상반된 요소를 다루는 남극해양생물자원보존협약(CCAMLR)과 남극광물자원활동의 규제에 관한 협약(CRAMRA) 등을 채택하였다. CCAMLR의 경우 1978년 모든 당사국들의 비준동의로 발효되었다. 그러나 CRAMRA는 남극해에서의 선박 기름유출 사고 등으로 인한 심각한 환경훼손이 초래되자 광물자원활동 자체를 금지하고 인류를 위해 남극의 환경과 생태계를 보호해야한다는 국제적 여론에 힘입어 호주와 프랑스가 비준을 거부함으로써 발효되지 못하였다.

이를 계기로 1989년 파리에서 열린 15차 남극조약협의당사국회의(ATCM)에서는 남극환경보호를 위한 포괄적 시스템의

확립 필요성이 제기되었고 이듬해 제11차 남극조약협의당사국 특별회의(SATCM, Antarctic Treaty Special Consultative Meeting)를 개최하여 남극환경과 이에 종속된 생태계의 보호를 위해 남극조약시스템에 이미 존재하는 환경관련 원리들을 검토하고 확장하기 위한 논의에 본격적으로 착수할 계기가 마련되었다.<sup>1)</sup>

환경보호의정서의 태동을 위한 11차 SATCM은 1990년 칠레의 비냐델마(Viña del Mar)에서 첫번째 회의를 시작(SATCM XI-1)으로 스페인 마드리드에서 세 번의 회의(SATCM XI-2: 1991년 4월 22~30일, XI-3: 6월 17~22일, XI-4: 10월 3~4일)를 거쳐 마침내 마무리 되었다. 당시 26개 협의당사국들 중 우리나라, 인도, 일본을 제외한 23개국이 1991년 10월 4일 마드리드의 산타크루즈궁전(Palacio Santa Cruz)에서 최종합의서(Final Act of 11th Antarctic Treaty Special Consultative Meeting)에 서명하기에 이른다.<sup>2)</sup> 최종합의서에는 환경보호의정서(이하, 의정서) 본문과 4개의 부속서가 첨부되었다. 의정서 7조는 과학적 연구를 제외한 광물자원과 관련된 어떠한 활동도 금지하고 있다. 1991년은 남극조약 30주년이 되던 해이다.

이후 1997년 미국과 러시아가 각각 4월과 8월에 의정서를 비준하였고 마지막으로 12월 15일에 일본이 비준함으로써

1) Recommendation ATCM XV-1 (Paris, 1989): 남극을 자연보존과 과학의 장으로 확립하기 위하여 남극 환경보호를 위한 포괄적 협의회의 필요성에 대한 프랑스와 호주의 제안, 포괄적인 조치들을 남극조약시스템내의 구성요소로 세우는 미국의 제안, 특별보존지역으로서의 남극 개념의 발전을 포함하는 포괄적인 조치들에 대한 칠레의 제안, 환경 보호 제도를 구성하는 포괄적인 조치들에 대한 뉴질랜드의 제안, 환경보호를 위한 일반적인 요소들과 관련된 스웨덴의 제안에 주목하여 1990년에

남극조약협의당사국 특별회의를 개최하고 회의에서 중점적으로 검토하고 논의할 내용을 담아 채택됨

2) 최종합의서에 대해서는 1991년 10월 4일부터 수탁국인 미국의 워싱턴에서 1992년 10월 3일까지 서명을 완료할 것을 합의하였으며, 우리나라는 1992년 7월 2일에 서명하였다.

모든 협의당사국이 비준하게 되었으며, 비준 시점에서 30일이 되는 1998년 1월 14일에 효력을 갖게 되었다. 우리나라는 1996년 1월 2일에 의정서를 비준하였다.

의정서가 효력을 발휘함에 따라 1998년 노르웨이 트롬소에서 개최된 22차 ATCM부터 환경보호위원회(이하, 위원회)가 함께 열렸으며, 위원회의 절차에 관한 규칙은 21차 ATCM에서 초안이 작성되었고 22차 ATCM에서 결정 2(Decision 2)로 채택되었다. 위원회는 의정서 11조에 따라 설립되었으며, 동 조항에는 모든 협의 당사국이 위원회의 회원으로 대표자를 임명하여 회의에 참석하도록 하고 전문가와 자문을 대동할 수 있도록 하였고, 옵저버 자격, 보고서의 제출과 공개, 위원회 절차에 대한 ATCM의 권한 등을 명시하고 있다.<sup>3)</sup>

제1차 위원회에서 초대 의장으로 노르웨이 대표(Prof. Olav Orheim)가 2년 임기의 의장으로 선출되었고 뉴질랜드와 칠레 대표가 각각 1년 임기의 부의장으로 선출되었다. 회원국은 1998년 27개국<sup>4)</sup>에서 2015년 현재 37개국으로 증가하였다.

### • 환경보호위원회의 기능

위원회의 기능은 의정서 제12조에 명시되어있으며 다음의 내용을 포함한다.

- ① 위원회는 부속서를 포함한 의정서의 이행과 관련하여 ATCM의 심의를 위하여 당사국에 자문하고 권고문을 작성하는 기능과 ATCM이 위원회에 회부하는 그 밖의 기능을 수행한다. 특히, 다음 사항에 대해 자문한다.
  - a) 의정서에 따라 취하여진 조치들의 효과
  - b) 취하여진 조치를 개정하거나 강화 또는 향상시킬 필요성
  - c) 추가 조치(추가되는 부속서 포함)의 필요성
  - d) 제8조 및 제1부속서에 규정된 환경영향평가절차의 적용
  - e) 남극조약지역에서의 활동으로 인한 환경적 영향을 최소화하거나 완화하는 수단
  - f) 환경비상사태에 대한 대응조치를 포함한 긴급조치를 요하는 상황에 대비한 절차
  - g) 남극보호구역 체제의 운영과 개선
  - h) 사찰 보고서의 형식과 점검목록을 포함한 사찰 절차
  - i) 환경보호에 관련된 정보의 수집, 보관, 교환 및 평가
  - j) 남극의 환경 상태
  - k) 의정서의 이행과 관련된 환경모니터링을 포함한 과학적 연구의 필요성

- ② 위원회는 그 기능을 수행함에 있어 남극연구과학위원회(SCAR), 남극해양생물자원보존위원회의 과학위원회(SC-CAMLR)와 그 밖의 과학적, 환경적, 기술적 관련 기구들과 적절하게 협의한다.

## II. 환경보호위원회 주요 의제

제1차 위원회의 주요 의제는 글자 그대로 의정서에 명시된 위원회의 기능에 부합된 의제들로 구성되었다(표 1). 첫해에 WP(Working paper) 12건, IP(Information paper) 29건이 제출되었다. 당시 의정서에 첨부되지 못한 제5부속서(지역보호와 관리)와 관련된 6건의 WP가 제출되어 부속서에 포함될 다양한 이슈들이 논의 되었다. 위원회의 주요 의제가 포함하는 논의 내용은 1차 회의부터 위원회 설립의 목적에 맞게 크게 변화되지는 않았으나 의제들이 구체화되고 사안의 시급성이나 ATCM의 당면 과제에 따라 독립의제로 다루어지기도 하였다. 예를 들면, 생물자원탐사(Biological Prospecting) 의제는 2003년 6차 회의부터 2005년까지 주요의제로 논의되다가 최근 들어 활발한 논의가 이루어지지 않고 있으며, 2007~08 국제극지의 해(IPY) 관련 의제는 2005년 8차 회의부터 2009년 12차 회의까지 활발한 논의가 이루어졌으며 2010년 이후에는 주요 의제로 다루어지지 않고 있다.



3) 의정서 11조 3항은 위원회의 옵저버 자격을 회원국이 아닌 당사국에 개방할 것을 규정하고 있으며, 4항에서는 남극과학위원회(SCAR)와 남극해양생물자원보존을 위한 과학위원회(SC-CAMLR)의 의장을 옵저버 자격으로 초빙하고, ATCM의 승인 하에 과학, 환경, 기술관련 기관들을 옵저버로 초빙할 수 있음을 규정하고 있다. 5항은 위원회가 회의마다 논의된 모든 문제들과 제기된 의견들을 모두 반영한 보고서를 ATCM에 제출하고 참석한 회원국과 옵저버에 회람하며 공개적으로 이용될 수 있도록 규정하고, 6항에서는 위원회가 의사규칙을 채택하여 ATCM의 승인을 받을 것을 규정하고 있다.

4) 1992년까지 서명한 26개 협의당사국에 1998년 5월 21일 위원회에 가입한 불가리아가 추가됨

### 1998년 제1차 CEP 의제

- 의제 1. 의사 규칙
- 의제 2. 의장단 선출
- 의제 3. 안건 채택 및 작업 시간표
- 의제 4. CEP 작업계획
  - 4a) 의정서와 관련된 일반 사항
  - 4b) 제1부속서(환경영향평가) 관련 사항
  - 4c) 제2부속서(남극동식물상 보존) 관련 사항
  - 4d) 제3부속서(폐기물 처리와 폐기물관리) 관련 사항
  - 4e) 제4부속서(해양오염방지) 관련 사항
  - 4f) 제5부속서(구역 보호와 관리) 관련 사항 및 남극보호구역 워크샵 보고
  - 4g) 자료와 정보교환
  - 4h) 환경모니터링
  - 4i) 남극 환경보고서(SAER)의 상태

의제 5. CEP 운영

의제 6. 보고서의 채택

### 2015년 제18차 CEP 의제

- 의제 1. 개회
- 의제 2. 안건 채택
- 의제 3. CEP 향후 업무에 대한 전략적 논의<sup>5)</sup>
- 의제 4. CEP 운영
- 의제 5. 다른 기구와의 협력
- 의제 6. 환경훼손에 대한 회복 및 복구
- 의제 7. 환경에 대한 기후변화 영향: 전략적 접근
- 의제 8. 환경영향평가(EIA)
  - a. 포괄적 환경영향평가 초안(draft CEEs)
  - b. EIA와 관련된 기타 문제들
- 의제 9. 구역보호와 관리 계획
  - a. 관리계획
  - b. 사적지 및 기념물
  - c. 지역가이드라인
  - d. 해양공간보호 및 관리
  - e. 제5부속서 관련 기타 문제들
- 의제 10. 남극동식물상 보존
  - a. 검역 및 외래종
  - b. 특별 보호종
  - c. 제2부속서 관련 기타 문제들
- 의제 11. 환경모니터링 및 보고
- 의제 12. 사찰보고서
- 의제 13. 일반적인 문제
- 의제 14. 의장단 선출
- 의제 15. 차기 회의 준비
- 의제 16. 보고서 채택
- 의제 17. 폐회

2007년 10차 회의에서 노르웨이는 기후변화에 관한 문서(WP 28)를 환경모니터링과 보고(당시 의제 9)에 제출하여 논의를 진행하게 되고 11차 회의에서 중요도가 격상되어 의제 9a로 논의되면서 기후변화에 대한 남극조약전문가회의(ATME, Antarctic Treaty Meeting of Experts)가 노르웨이에서 개최되었다. 전문가회의에서는 남극에서 탄소발자국 활동의 감축 증진을 위한 노력을 포함한 30개의 권고안을 ATCM에 보고하였다. 2011년 14차 회의부터 기후변화관련 이슈가 주요 의제 항목(Climatic change implication for environment: strategic approach)으로 논의되고 있다.

우리나라는 2003년 마드리드에서 개최된 6차 위원회(26차 ATCM)부터 문서를 제출하기 시작하여 2015년 현재까지 위원회에 제출한 문서는 WP<sup>6)</sup> 4건, IP<sup>7)</sup> 20건, BP<sup>8)</sup> 1건으로 위원회 가입 기간에 비추어 볼 때 활발한 위원회 활동을 하고 있다고 할 수 없다. 2007년까지 제출한 문서는 IP 위주로 남극기지에서의 활동과 모니터링에 대한 연례보고를 주요 내용으로 하였다. 2008년 11차 회의에 우리나라는 남극활동 이후 처음으로 기지 주변의 펭귄군서지를 남극특별보호구역 지정을 위한 관리계획서 초안을 단독 제출하였다(WP3).<sup>9)</sup> 특별보호구역 지정과정에서 관련 문서를 지속적으로 제출하고 적극적으로 참여하여 논의 추위를 관망하던 위원회 활동에서 참여하는 위원회로 전환하는 계기가 되었다. 특히 2011년 14차 회의에 남극장보고과학기지 건설을 위한 포괄적

5) 2005년 제8차 회의에서 위원회가 해야만 하는 일('Must-do' task)에 관한 회기간 협의 결과를 보고하였으며 이를 계기로 9차 회의부터 의제 3으로 논의되기 시작한다. CEP의 향후 5개년 계획은 2007년 인도 델리에서 개최된 10차 회의에서 잠정계획이 제시되었으며 이후 지속적으로 갱신되고 있다.

6) Working Paper(WP): ATCM이나 CEP에서 안건으로 상정되어 논의가 이루어지는 문서로 협의당사국, CCAMLR, SCAR, COMNAP이 제출한다(ATCM Rule 35, 48, CEP Rule 12-1). 회의시작 45일전까지 사무국에 제출되어야하고 4개 언어로 번역된다.

7) Information Paper(IP): 회의에서 보고되는 문서로 당사국, 옵저버, 전문가 그룹에서 제출한다(Rule 30a, 45a, 50, CEP Rule 12-3). 협의당사국의 요청에 따라 번역되며(Rule 30b, 45b), 번역이 필요한 경우 45일전에 사무국에 제출한다. 번역이 필요 없는 경우 30일전까지 제출한다.

8) Background Paper(BP): 공식적인 정보를 제공하는 목적으로 참석자들이 제출하며, 회의에서 소개되지 않고 보고서에 첨부된다. 회의시작 단축을 위해 2011년 34차 부에노스아이레스 회의부터 적용되었다.

9) 우리나라가 최초로 위원회에 WP를 제출한 것은 2006년 9차 위원회에 브라질, 중국, 독일, 러시아와 공동으로 필데스반도와 아델리섬의 환경관리를 위한 회기간 협의체 형성을 제안하기 위한 것이었다.

〈표 1〉 제1차 환경보호위원회 의제와 18차 위원회 의제 비교

환경영향평가서 초안(draft CEE)을 제출(WP42, IP19)하면서 기지건설과 운영, 모니터링과 관련한 문서들을 지속적으로 발표하였으며 쇄빙연구선 아라온호와 장보고기지 건설에 힘입은 우리나라의 과학 활동영역 확대와 더불어 우리의 활동에 대한 위원회의 관심도 증대되었다.

### III. 2015년 제18차 환경보호위원회 논의 동향

지난 6월초 불가리아의 수도 소피아에서 개최된 제18차 위원회는 베네추엘라와 포르투칼이 회원국 자격으로 처음 참석하여 37개 회원국이 참여하였다. 금번 회의에서는 기후변화와 관련된 이슈, 무인항공기의 도입 증가에 따른 규제의 필요성, 환경영향평가 가이드라인의 강화된 개정, 남극특별관리구역 지정에 대한 가이드라인 개발 등이 주요 의제로 다루어졌다(표 2). 최근 들어 남극활동 영역과 지원을 확대하고 있는 중국은 위원회에서도 활동의 범위를 넓혀가고 있으며 남극사회에서도 중심부에 서고자하고 있으나 최근 자국 기지 주변 지역을 무리하게 남극특별관리구역으로 지정하고자하여 주요 당사국들의 견제를 받고 있다.

우리나라는 금번 회의에서 1년간의 장보고과학기지 운영을 무사히 마치고 건설을 위한 포괄적 환경영향평가서에서 제시했던 모니터링 계획을 기반으로 기지운영에 따른 환경영향과 이에 대한 저감 방안의 실효성을 포함한 기지기반 장기모니터링 프로그램을 소개하였으며(IP 71), 기후변화와 관련된 외래종 매뉴얼 개정에 적극 참여할 것을 표명한 바 있다.

주요 의제	주요 논의 사항
의제 4. 위원회 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>위원회 운영과 관련하여 기존의 정보교환 시스템에 대한 재검토를 통한 정보공유 활성화 방안</li> <li>ATCM의 환경 자문기구로서 5개년 사업계획을 적극 수용하여 위원회와 ATCM의 협력강화</li> </ul>
의제 5. 다른 기구와의 협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화와 모니터링에 관한 2016 CEP/SC-CAMLR workshop 제안과 실행계획                     <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 기후변화의 영향에 대한 모니터링에 집중하여 양자간 실질적 협력 기구 발전</li> </ul> </li> </ul>

의제 7. 환경에 대한 기후변화의 영향: 전략적 접근	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화와 관련된 활동계획 수립을 위한 프로그램 개발<sup>10)</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ CCRWP의 5개년 계획은 위원회의 5개년 계획과 독립적으로 매년 갱신될 예정</li> <li>→ 기후변에 따른 가장 시급한 이슈로 외래종 유입관련 사항을 다루고 있음</li> </ul> </li> </ul>
의제 8. 환경영향평가	<ul style="list-style-type: none"> <li>우리나라 장보고과학기지 인근에서 마리오쥬켈리 기지를 운영하는 이탈리아의 지반활주로 건설을 위한 포괄적환경영향평가 진행 보고</li> <li>2005년에 만들어진 환경영향평가 가이드라인의 재검토 결과 보고(호주, 영국)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 환경영향평가방법의 객관성, 기준 식별, 누적영향 평가 지침 등에 대한 논의가 수행되었고 가이드라인이 강화될 전망</li> </ul> </li> <li>남극에서의 무인항공기(UAV)의 활용에 따른 이점과 위험성에 대한 활발한 논의                     <ul style="list-style-type: none"> <li>→ 남극 환경, 시설, 인명에 대한 잠재적 위험요소로 피해 저감을 위한 가이드라인 필요</li> <li>→ COMNAP, SCAR 등 전문 기구의 참여, 지속적 논의 예정</li> </ul> </li> </ul>
의제 9. 보호구역 및 관리계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>남극특별관리구역(ASMA) 지정 가이드라인 개발<sup>11)</sup> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ ASMA의 필요성 식별, 위원회와 조기 협의의 등을 포함</li> </ul> </li> </ul>
의제 10. 남극 동식물 보호	<ul style="list-style-type: none"> <li>비토착종(Non-native species) 매뉴얼 개정                     <ul style="list-style-type: none"> <li>→ CCRWP의 우선 순위로서 NNS-manual의 검토와 개정시급성에 따라 영국 주도의 회기간협의체에 당사국들의 적극적인 참여의사를 밝힘</li> <li>→ 우리나라는 세종과학기지에 정착한 외래종을 제거하고 19차 회의에 결과 보고계획을 밝힘</li> </ul> </li> </ul>

〈표 2〉 제18차 환경보호위원회(2015년 38차 ATCM) 주요 논의 사항

10) 2014/15 회기간에 노르웨이와 영국이 공동의장으로 협의체를 운영한 결과 기후변화에 대비한 실행 프로그램(CCRWP, Climate Change Response Work Programme)을 도출하였으며 18차 위원회에서 채택되었다(CEP report, Appendix 2).

11) 지난 16차 회의에 중국이 자국의 기지(쿤룬기지)가 위치한 Dome A 지역에 남극특별관리구역 지정을 제안하였고 당사국들은 해당지역에서 중국프로그램만 운영하고 있으므로 ASMA 지정 필요성에 대한 이의를 제기한 바 있으며, 이를 계기로 ASMA 지정 가이드라인 개발 필요성이 제기되었음

## IV. 향후 전망과 우리의 과제

환경보호위원회의 활동 전망은 매년 위원회에서 논의하여 결정하고 있는 5개년 업무계획(CEP Five-Year Work Plan)에서 엿볼 수 있다. 향후 2-3년 동안은 18차 회의에서 주요 의제로 다룬 기후변화와 외래종, 환경영향평가 강화, 무인항공기 관련 이슈, 보호구역 등에 관하여 활발하게 논의가 이루어질 것으로 예상되며 남극 환경보호를 위한 의미 있는 결과물이 도출될 것으로 전망된다.

우리나라는 최근 남극대륙 동남극에 장보고과학기지를 건설하고 본격적인 운영에 들어갔으며, 기후변화 영향이 가장 뚜렷한 남극반도지역에 위치한 세종과학기지와 더불어 양쪽 기지를 기반으로 한 다학제적이고 포괄적인 장기모니터링 프로그램을 운영하고 있다. 우리 연구자들의 강점 중에 하나인 미생물을 포함한 생물종 다양성과 생물지리 연구를 기반으로 기후변화와 외래종 유입에 대한 과학적 접근 방법의 도입과 기여를 통하여 관련 이슈를 주도할 수 있을 것으로 기대한다.

최근 들어 남극조약체제를 이끌어 가고 있는 ATCM의 위원회에 대한 의존도가 매우 높아지고 있는 경향을 보이고 있다. 올해 열린 제18차 환경보호위원회에는 WP 41건, IP 45건, SP 4건, BP 9건으로 총 99건이 제출되었으며, 금번 위원회를 포함하여 38차 ATCM에 제출된 WP는 52건으로 위원회의 논의와 자문을 요구하는 안건이 약 80%에 달하였다. 이는 전문가와 과학자 집단에 바탕을 둔 위원회의 역할과 위상의 확대를 의미하며, 활발한 위원회 활동은 ATCM에서의 발언권 확대와 연결될 수 있다. 위원회의 주요 이슈 논의를 위해 구성된 회기간 협의체(ICG) 활동을 통한 우리나라 남극 환경정책의 반영과 적극적인 위원회 활동이 향후 ATCM에서의 위상 제고에 크게 기여할 것으로 전망된다. 이를 위해서는 환경보호위원회 참여자의 전문성 향상과 이를 든든하게 지원할 수 있는 전문 연구자 그룹의 강력하고 지속적인 지원이 요구된다.

**KOPRI**  
극지연구소





## 북극의 해빙감소와 동아시아의 기상패턴의 연계성에 관하여

김성중 (극지연구소 책임연구원)

### I. 배경

북극의 온난화는 다른 지역에 비해 2-3배 빨리 진행되는 것으로 보고되고 있다. 북극의 온난화는 가을과 겨울에 특히 더 크게 나타나는데, 겨울철에는 북극의 온난화와 달리 유라시아와 북미에 한파가 자주 나타나고 있다. 일부 학자들은 이와 같은 겨울철 북반구의 한파가 북극의 빠른 해빙 감소와 연관이 있음을 제기하고 있다. 하지만 북극의 변화와 중위도의 기상을 연관 짓는 것은 매우 복잡하고 논쟁적인 주제이고, 또한 연구자들 사이에서 접근방법, 기작 등에 대한 다양한 해석이 나오고 있는 주제이기도 하다. 그럼에도 불구하고 북극의 변화와 중위도의 연관성은 화석연료사용 증가에 따른 북극의 변화가 지속적으로 급속히 일어날 것으로 여겨지기 때문에 정확히 규명되어야 한다. 우리가 향후 풀어야 할 숙제는 북극의 변화가 급속히 나타나고 있는 시점에서 2009/2010, 2010/2011년 북반구에 발생한 겨울철 한파가 그저 무작위적인 자연 변동의 일부 현상인지 아니면 북극의 변화와 연관되었는지 하는 점이다.

현재까지 북극과 중위도의 연계성에 대한 기존 연구에 대한 고찰이 약 4차례 있었는데, 두 지역의 연계성에 대한 결과들이 서로 잘 일치하는 경우도 있지만 경우에 따라 서로 상반되는 결과가 나오고 있다. 이는 분석 기간도 다르고 결과에 대한 해석도 서로 다르기 때문으로 풀이 된다. 북극의 변화가 중위도에 미치는 영향을 이해하기 위해서는 첫째, 제트기류의 변동, 블로킹, 북극진동의 위상변화, 원격상관, 성층권-대류권 상호작용, 파동의 전파, 행성파의 변화등과 같은 대기 순환의 근본적인 이해가 필요하고, 둘째, 눈과 해빙의 감소, 해양과 육상의 열용량 변화, 바람과 해류의 변화에 따른 일련의 양의 되먹임 작용에 의한 북극 온난화 증폭과 그로 인한 대기의 불규칙한 반응의 이해가 필요하다. 북극과 중위도의

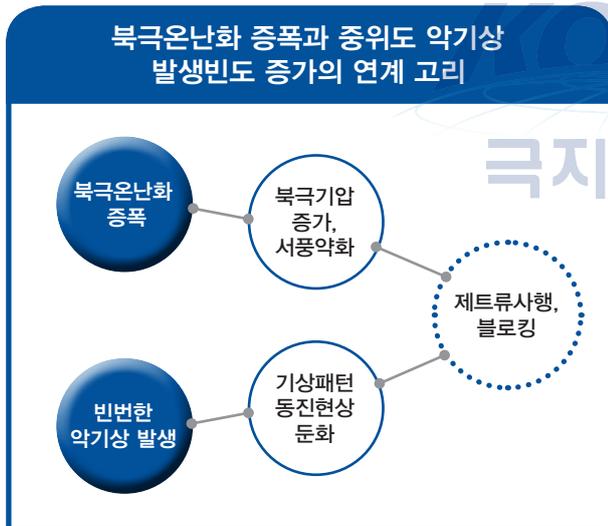
연계성에 대한 불확도가 높은 이유는 최근 북극 온난화 증폭에 대한 짧은 관측 기간과 중위도의 불규칙적인 변동성 때문에 원인과 결과를 밝히기 위한 시그널에 비해 노이즈가 너무 크기 때문이다. 비록 아직 관측기간이 짧고 현상들의 물리적인 복잡성 때문에 과학자들 사이에서 상반된 결과들이 나오고 있지만, 주제의 중요성에 비추어 볼 때 본 주제는 1970년대의 대륙이동설이나 1980년대의 엘니뇨에 의한 원격상관의 문제등과 유사한 지구과학의 매우 중요한 연구 주제로 여겨진다. 북극의 지속적인 변화는 중위도의 중규모 예측에 중요한 역할을 하기 때문에 문제의 불확실성에도 불구하고 과학적으로 매우 도전적인 주제임이 분명하다. 많은 대중들이 최근 북미 동부의 한파와 같은 일련의 극심한 겨울철 기상악화가 북극의 변화에 따른 극소용돌이(Polar Vortex)의 변화와 관계가 있는지 궁금해 하고 있다. 주제의 중요성을 인식하고 있기 때문에 세계기상기구(WMO)의 극지예측 프로젝트(Polar Prediction Project), 세계 기후연구 프로그램(WCRP)의 기후와 극지(Climatology and Cryosphere, CliC), 국제 북극 과학 위원회(IASC)의 대기 워킹그룹 등과 같은 국제 프로그램에서 북극과 중위도의 연계성 주제를 최우선으로 풀어야할 주제로 선정한 바 있다. 본 원고에서는 북극과 유라시아 중위도의 연계성에 대해 기술해 보고자 한다.

### II. 북극과 중위도 연계성의 개념모델

그림 1은 북극에서 중위도의 연계과정을 보여주고 있다. 우선 북극에서 가장 두드러지게 나타난 현상은 중위도에 비해 북극의 온난화가 약 2-3배 빠르게 온난화가 진행 중인 '북극 온난화 증폭' 현상이다. 빠르게 증가하는 북극의 온도는 9월의 해빙감소와 함께 전지구 온난화의 가장 명확한 증거라고 할 수 있다.

두 번째 고리는 북극기온의 증가가 북극 대기의 압력을 올리고 이는 서풍의 약화를 야기한다는 의미다. 통상 고위도 온도가 증가하면 공기가 팽창하기 때문에 지위고도장치의 두께를 증가시키고 이는 중위도와 고위도의 압력경도를 감소시켜 상층의 서풍을 약화시키게 된다. 마지막 두 개의 고리는 큰 규모의 행성파는 더 서서히 동진하기 때문에 이 과정에서 약기상 현상을 지속적으로 유발한다는 의미다.

중간의 점선으로 표시된 고리는 지역적인 대기 순환과 관련된 북극과 중위도의 연결고리에서 가장 불확실하고 명확하지 않은 부분이다. 지난 5년간(2009/2010 겨울에서 2013/2014 겨울) 12월, 1월의 경우 음의 북극진동이 평년보다 2배 더 많이 발생했다. 통상 음의 북극진동 상태에서는 제트류가 남북방향으로 사행하며, 지속적으로 약기상을 유발하는 블로킹 현상이 평소보다 더 빈번히 발생하는 경향이 있다. 극제트류의 불안정성을 야기하는 북극진동의 위상이 최근 들어 더 크게 변동하는 경향이 있다.



〈그림 1〉 북극온난화 증폭과 북반구 중위도의 기상현상과의 연계 고리에 대한 개념도(Overland et al., 2015)

### III. 북극 카라-바렌츠 해빙 감소와 연계된 동아시아 겨울 한파

동아시아의 겨울철 기온은 시베리아 고기압과 알류시아 저기압 등의 영향을 받는 동아시아 겨울 문순에 의해 좌우된다. 겨울문순의 강도는 동아시아의 한파와도 연관되어 있고, 겨울철 동아시아 한파는 폭설을 동반하여 사회 경제적으로 지대한 영향을 미친다. 겨울 문순 이외에도 동아시아 한파에 영향을 주는 요인은 북극진동, 엘니뇨-남방진동, 그리고 계절 내 변동으로 알려진 Madden-Julian 진동 등이다.

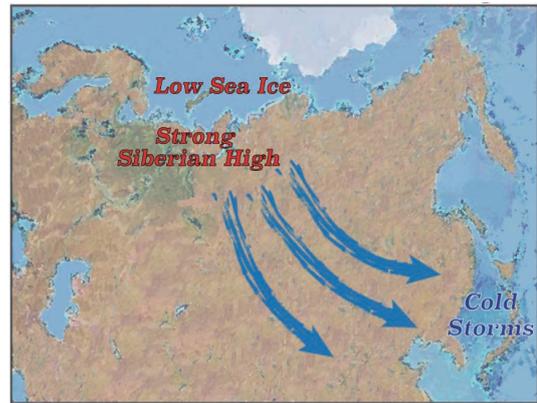
본 원고에서는 북극의 변화에 영향을 받는 북극진동이 동아시아에 미치는 요인에 대해 기술하고자 한다. 북극진동은 중위도와 극지역 대기의 질량의 시-소 현상을 나타내는 것으로서, 대류권에서 성층권, 중간권까지 나타나는 거대한 제트기류 혹은 극소용돌이의 남북방향 변동을 나타낸다. 통상 지표에 나타나는 현상을 북극진동(Arctic Oscillation, AO)이라고 하고 대류권에서 상층의 거대한 극소용돌이의 진동을 북반구환형모드(Northern Annular Mode, NAM)라 칭한다. 북극진동은 중위도 고기압과 고위도 저기압의 차이에 의해 위상이 결정되는데, 고위도 기압이 평소보다 더 떨어지면 북극진동이 양의 상태가 되고, 중위도와의 기압차가 더 커지기 때문에 극소용돌이의 세기가 더 강화되며, 고위도의 찬공기의 남하가 저하되기 때문에 중위도와 시베리아의 기온이 평년보다 더 높아지는 경향이 있다. 반면, 고위도의 기압이 중위도에 비해 더 높아지면, 북극진동이 음의 상태가 되며, 평소보다 극소용돌이의 세기가 약화되어 고위도의 찬 공기가 쉽게 남하할 수 있는 조건이 된다. 또한 시베리아 고기압의 강도가 강해지고 동아시아 연안에 발달하는 저기압이 더 깊어지는 경향이 있어 동아시아의 한파 발생에도 좋은 조건을 제공해 준다. 지난 10년간 겨울철 동아시아 한파는 1990년대에 비해 더 빈번히 발생하였으며 강도도 더 세지고 더 오래 지속되는 경향이 있는데, 이는 더 지배적으로 발달했던 음의 북극진동 상태와도 잘 일치하는 결과이다.

많은 연구에서 북극의 온난화 증폭이 북극진동의 위상을 음의 상태로 약화시켰다는 주장이 계속 제기되고 있지만 정확히 어떤 기작에 의해 북극의 온난화가 북극진동의 약화를 가져왔는지는 명확하지 않다. 최근 극지연구소의 연구 결과에 의하면, 통상 9월말부터 북극의 해빙이 얼기 시작하는데, 북극 온난화에 의해 11월과 12월 북극, 특히 카라-바렌츠해의 해빙이 평년보다 상대적으로 덜 얼게 되었다. 더불어 겨울철은 대기가 급속히 냉각되기 때문에 해양과 대기의 열과 수분의 차이가 커지고 얼지 않은 카라-바렌츠해에서 많은 양의 열과 수분이 대기로 방출된다(Kim et al., 2014). 이러한 해양에서 대기로의 열과 수분 방출이 북극 대기하부(대류권)의 기온을 높이는 역할을 하게 되며, 2차적으로는 표층에서 성층권으로 연직 전파하는 행성파 활동을 강화시켜 북극 성층권의 기온을 높이는 역할을 한다. 북극 대기의 기온 상승은 북극 대기압을 높여 중위도와의 대기 압력차이가 줄어들기 때문에 앞에서 설명한 바와 같이 극소용돌이의 세기가 약화되며 남북방향의 사행을 강화시켜 중위도의 기온을 평소보다 더 낮게 유지하는 것으로 나타났다(그림 2).



〈그림 2〉 해빙의 감소부터 중위도 기후까지의 연계모식도. 해빙의 감소는 해양에서 대기로 열방출을 증가시키고 이는 성층권으로의 행성파를 활성화하여 극소용돌이를 약화시키고 궁극적으로 유라시아에 한파를 가져옴

북극과학위원회 대기워킹그룹에서는 제3차 북극 연구 프로그램 기획을 위한 국제컨퍼런스(Third International Conference on Arctic Research Planning, ICARPIII)의 연구 주제로 북극의 온난화가 지역적으로 어떤 기작에 의해 중위도 기상에 영향을 주는지 고찰하는 활동을 가졌으며, 극지연구소에서도 초대되어 북극과 동아시아의 기상패턴의 연계성에 대한 고찰을 진행한 바 있다. 분석 결과에 의하면 9월부터 12월까지 북극 카라-바렌츠해의 해빙이 감소하면 12월, 1월, 2월의 유라시아 기온이 감소하는 경향을 보이며 특히 11월의 해빙 감소가 이듬해 겨울철 기온을 낮추는데 큰 공헌을 하는 것으로 나타난다. 하지만 한파의 발생은 일주일 이내에 일부 지역에 국한되어 종관규모(수평방향으로 1000km 이내, 연직방향 10km 이내, 기간은 대체로 3일 이내)로 나타나는 기상 현상이기 때문에 대규모 대기순환과 연관시켜 역학적으로 설명하기는 매우 어려운 점이 있다. 관측과 수치모델 자료에서 공통적으로 나타나는 현상은 카라-바렌츠해의 겨울철 해빙감소는 많은 양의 열을 대기로 방출시켜 카라-바렌츠해 부근에 평소보다 기압이 더 높은 마루(Ridge)가 형성된다. 이는 블로킹 상태로 지속되며 동남진하는 파동을 만들어 에너지를 전파하는 것으로 여겨진다. 즉, 카라-바렌츠해에 해빙의 양이 평년보다 더 적을 경우, 동아시아에 한파가 나타나기 약 1주일 전부터 카라-바렌츠해와 우랄 산맥 부근에 대기 표면과 상층에 고기압이 발달하고 시간이 경과함에 따라 표층의 고기압 세력이 남동진하면서 시베리아 고기압 세력을 강화시킨다. 또한 동시에 동아시아의 연안에 발달하는 골(trough)을 강화시켜 시베리아 고기압과 동아시아의 저기압 사이의 골을 타고 동부 시베리아의 차가운 공기가 남하하여 한파를 발생시키는 것으로 요약된다(그림 3).



〈그림 3〉 북극 카라-바렌츠해빙이 평년보다 작을 때 시베리아 고기압을 강화시켜 동아시아에 한파가 나타나는 모식도(From James Overland at NOAA/PMEL)

#### IV. 본연구의 의의와 미래 전망

본 연구에서는 북극의 온난화에 따른 해빙감소가 일정부분 유라시아의 한파발생에 영향을 줄 수 있음을 밝히는데 의의가 있다. 또한 북극해빙과 동아시아 겨울철 기상패턴의 연관관계를 좀 더 명확히 이해하여 동아시아 겨울철 한파 예측에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 동아시아의 정확한 한파 예측을 위해서는 북극해의 해빙의 상태에 대한 예측이 적어도 2-3개월 전에 이루어져야 하며 이는 해빙의 변화에 대한 정확한 이해가 필수적이다. 따라서 수치모델을 이용한 북극 및 중위도 예측을 위해서는 해빙의 변화에 영향을 주는 해양 및 해빙의 물리적 변화에 대한 관측이 병행되어야 하며, 동시에 수치모델 컴퓨팅능력향상을 위한 계산 자원 확보 및 유지가 필수적이다. 또한 북극의 온난화와 동아시아의 한파는 중국과 일본도 지대적인 영향 하에 있기 때문에 향후 중국 일본과도 공동 연구 협력을 통해 북극과 중위도 연계기작에 대한 이해를 높여나갈 필요가 있다.

이번 연구에서 북극 해빙의 감소가 북극소용돌이를 약화시키는 원인이 됨을 밝히긴 했지만, 극소용돌이가 약화 되었을 때 지역적으로 한파를 가져오는 종관규모의 패턴을 이해 하는데는 아직도 많은 연구가 필요하다. 한반도에 한파를 유발하는 극지의 역할 뿐 아니라 다른 인자들을 파악함으로써 궁극적으로 겨울철 한파 예측의 정확도를 향상시켜 공익을 주는데 공헌하고 더불어 극지연구의 필요성을 대외에 부각시키는데 공헌할 수 있다.

#### 참고문헌

- Kim, B.-M., S.-W. Son, S.-K. Min, J.-H. Jeong, S.-J. Kim, X. Zhang, T. Shim, and J.-H. Yoon(2014), Weakening of the stratospheric polar vortex by Arctic sea-ice loss., Nature Communications, 5, 4646, doi:10.1038/ncomms5646.  
Overland, J.A. Francis, R. Hall, E. Hanna, S.-J. Kim, T. Vihma(2015), The melting Arctic and mid-latitude weather patterns: Are they connected?, Journal of Climate, in press.



No. 3 (제 3호)

# Polar Brief

ISSN 2384-2946