

BSPE14230-017-12

남극대륙 육상루트 개발 및
제3 내륙기지 확보를 위한 기획연구



2015. 4. 27

한국해양과학기술원
부설 극지연구소

제 출 문

극지연구소장 귀하

본 보고서를 “남극대륙 육상루트 개발 및 제3 내륙기지 확보를 위한 기획연구 (연구 정책·지원사업)”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2015년 4월 27일

 연구 책임자 : 이 종 익

참 여 연 구 원 : 강정호, 김지희, 김진석, 박창근, 백종민, 신민철, 유인성
신형철, 우주선, 이미정, 이원상, 이주한, 이지영
이춘기, 이형근, 전승열, 정지웅, 정호성, 지정민
진동민, 최선웅, 최태진, 한영철, 한승우, 박상범

보고서 초록

과제관리번호	PE14230	해당단계 연구기간	6 개월	단계 구분	(1단계)
연구사업명	중 사업명	연구정책·지원사업			
	세부사업명	남극대륙 육상루트 개발 및 제3 내륙기지 확보를 위한 기획연구			
연구과제명	중 과제명				
	세부(단위)과제명				
연구책임자	이 종 익	해당단계 참여연구원수	총 : 25 명 내부 : 22 명 외부 : 3 명	해당단계 연구비	정부: 천원 기업: 천원 계: 60,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	극지지구시스템연구부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요 약				보고서 면수	00
<p>I. 연구개발의 목적 및 필요성</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 2014년 2월 준공된 장보고과학기지는 우리나라 남극대륙 탐사/연구의 최전선 ○ 장보고과학기지를 기점으로 남극 내륙에서의 대형 연구프로그램 수행을 위해서는 효율적인 지원체계 구축이 시급함 ○ 남극대륙 탐사/연구 영역을 극대화하기 위해서는 내륙 진출을 위한 육상루트 개발과 제3 내륙기지 확보 방안 수립이 시급하고, 이를 실현하기 위한 항공망 확보, 탐사장비 개발, 안전확보 대책 등 종합적인 마스터 플랜 수립이 필요함 <p>II. 연구개발의 내용 및 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 남극내륙 기지 운영 현황에 대한 조사 ○ 내륙기지 지원을 위한 육상 루트 개념수립 <p>III. 연구개발결과</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 남극내륙 기지 운영 현황에 대한 리뷰 ○ 프랑스, 이태리 육상루트 운영에 대한 리뷰 ○ 대한민국 제 3기지 및 육상루트 수립에 대한 로드맵 제시 <p>IV. 연구개발결과의 활용계획</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 2014년 시즌부터 육상루트 개발 및 제3 기지 후보지 확보를 위한 탐사에 활용 ○ 남극대륙 탐사/연구 중장기 인프라 운영방안과 발전 전략 제시 					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	남극, 내륙기지, 육상루트, 트래버스, 장보고기지			
	영 어	Antarctica, inland station, surface route, traverse, Jang Bogo Station			

요 약 문

I. 제 목

남극대륙 육상루트 개발 및 제3 내륙기지 확보를 위한 기획연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 2014년 2월 준공된 장보고과학기지는 우리나라 남극대륙 탐사/연구의 최전선
- 장보고과학기지를 기점으로 남극 내륙에서의 대형 연구프로그램 수행을 위해서는 효율적인 지원체계 구축이 시급함
- 남극대륙 탐사/연구 영역을 극대화하기 위해서는 내륙 진출을 위한 육상루트 개발과 제3 내륙기지 확보 방안 수립이 시급하고, 이를 실현하기 위한 항공망 확보, 탐사장비 개발, 안전확보 대책 등 종합적인 마스터 플랜 수립이 필요함

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 남극대륙 기지 운영 현황에 대한 조사
- 내륙기지 지원을 위한 육상 루트 개념수립

IV. 연구개발결과

- 남극대륙 기지 운영 현황에 대한 리뷰
- 프랑스, 이태리 육상루트 운영에 대한 리뷰
- 대한민국 제 3기지 및 육상루트 수립에 대한 로드맵 제시

V. 연구개발결과의 활용계획

- 2014년 시즈부터 육상루트 개발 및 제3 기지 후보지 확보를 위한 탐사에 활용
- 남극대륙 탐사/연구 중장기 인프라 운영방안과 발전 전략 제시

SUMMARY

I. Title

A Planning for development of Korea Traverse Route and establishment of the 3rd station in Antarctic continent

II. Purpose of Research and Development

- Jang Bogo Station, completed in February of 2014, represents the frontier for the research and expedition in the continental Antarctica.
- For future large-scale research programs inside the continental Antarctica, based on the Jang Bogo Station, an effective supplying system is urgently required.
- For the areal expansion of Antarctic research and expedition, securing a traverse route and ensuring a plan for an inland station are prerequisite. Therefore, an integral master plan including Air network system, development of expedition gears, and safety program are in need.

III. Contents and scope of research and development

- Survey on the operation status of Antarctic inland stations.
- Establishing the concept on the traverse route for the inland station supply.

IV. Results of research and development

- Review on the operation status of Antarctic inland stations.
- Review on the traverse route operations of France and Italy
- Presenting a road map for the inland station and the traverse route of Korea

V. Application of the results from research and development

- Utilizing from 2014 season for the expedition to secure a traverse route and candidate area for inland station.
- Presenting a long term operation plan for the infrastructures in Antarctic research and expedition.

C O N T E N T S

목 차

1. 서론	1
2. 내륙기지 연구/운영 현황	2
2.1. 러시아	4
2.2. 이태리/프랑스	5
2.3. 일본	6
2.4. 중국	8
2.5. 미국	12
2.6. 대한민국 제3기지	15
3. 육상루트	16
3.1. 남극대륙 기존 육상루트 특성	16
3.1.1. 장거리 트라버스 (1000 km 이상)	18
3.1.2. 단거리 트라버스 (500 km 이하 급)	22
3.2. 빅토리아랜드-남극점 육상루트 개발 전략 수립 (로드맵)	35
4. 요약 및 결론	36
5. 참고문헌	36
6. 부록: 프랑스 트라버스 관련자료 번역본	37

1. 서론

극지연구소는 남극 반도 킹조지섬의 세종기지에 이어 남극대륙 빅토리아랜드에 장보고 과학기지를 건설하여 남극 대륙 진출의 본격적인 첫발을 내딛었다. 남극대륙내 지질, 운석, 지구물리, 빙하와 같이 남극대륙에 특화된 연구가 이미 착수 되었으며, 대한민국 최대 운석 발견, 200 m 급 빙하시추 성공, 뿔버튼 화산 활동 관측, 데이비드 빙하 모니터링 시스템 구축 등 나름의 성과를 거두고 있다.

장보고기지는 로스해 연안에 위치해있으며, 주변 이태리, 미국, 뉴질랜드, 프랑스 기지와 함께 국제 협력을 통한 탐사와 지원 시스템 공동운영에 이점이 있다. 반면에 빅토리아랜드와 남극대륙에서 수십여 년 간 연구해온 이들 남극 선진국과 연구 측면에서 경쟁해야하는 어려움도 있다. 하지만 쇄빙선 아라온과 장보고기지의 뛰어난 연구지원과 최신 연구장비를 최대한 활용하여 협력과 동시에 경쟁에서도 살아남는 전략이 필요하다.

세종기지, 아라온, 장보고기지에 이어 최우선적으로 구축할 남극연구 인프라는 아마도 남극 내륙기지와 이를 지원하기위한 육상루트일 것이다. 현재 남극대륙 해안선으로부터 500 km 이상 내륙에 기지를 운영중인 나라는 미국, 러시아, 중국, 일본, 프랑스, 이태리 모두 6개국이다. 또한 해안의 전초기지와 내륙의 기지를 연결하는 항공망 또는 육상 루트를 확보하여 막대한 양의 물자보급과 연구 지원을 수행중이다.

남극내륙은 저온, 건조함, 높은 고도, 두꺼운 얼음층, 지자기 남극점과의 가까움, 오래 계속되는 밤 등 매우 특별한 자연환경을 가지고 있다. 하지만 미생물을 제외한 생물이 거의 없고, 노출된 암반이 가까이 있지 않다는 특성을 가지고 있기도 하다. 이와 같은 특성을 고려한 중점 연구분야의 설정과, 이를 가장 잘 수행할 수 있는 후보지의 선정이 필요할 것이다. 더 나아가 제 3기지를 정하는 것은 남극연구자와 일반인의 과학적 호기심을 충족시키는 곳이 되어야한다.

남극 대륙연구에 있어서 로지스틱스는 모든 것이라고 할 수 있다. 아무런 인프라도 없는 혹한의 땅에서 활동하기위해서는 물자, 인원 수송 등 단순한 지원뿐 아니라 안전에 대한 대책도 같이 마련되어야 한다. 과거에는 단순히 내륙기지 지원만을 위한 육상루트확보와 유지에 힘을 기울였다면 현재는 육상루트와 육상운송수단을 이용한 남극 내륙 연구를 함께 수행할 수 있는 방안을 모색 중이며 이는 단순한 수송의 기능을 넘어서는 남극 육상루트의 역할을 정립함으로써 육상루트 개척과 운영에 과학적 정당성을 부여해준다. 남극내륙을 이동하는 수단을 확보하는 것은 아라온을 건조하여 극지해역에서 수행할 수 있는 연구와 지원의 범위와 수준이 한 단계 올라선 것과 같이, 남극 대륙에서의 연구수행의 한계를 다시 한번 극복하는 계기가 될 것이다.

본 연구에서는 각국의 남극내륙기지 운영현황에 대해서 살펴보고, 이를 지원하기 위한 육상 루트에 대해 정리한다. 또한 우리와 가장 가까운 곳에서 활동하는 이태리-프랑스의 남극 육상루트에 대해 자세히 기술하여 장보고기지를 기반으로 한 내륙활동 시스템의 기초 계획을 제시하고자 한다. 남극 내륙기지를 활용한 구체적인 연구목표와 후보지는 다음 단계의 기획과제에서 수행하는 것으로 남겨둔다.

2. 내륙기지 연구/운영 현황

현재 남극에는 29개 국가의 82개 기지가 운영되고 있다. 이중 남극 해안에서 500 km 이상 내륙으로 들어간 곳에 위치한 기지는 러시아의 보스톡, 미국의 아문센-스콧, 이태리/프랑스의 콩코르디아, 일본의 돔 후지(하계), 중국의 곤륜(하계), 태산(하계) 6개 뿐이다. 2장에서는 6개 기지의 기본 정보와 연구현황에 대해서 정리한다. 기지주변에 특별한 과학적 이슈가 있는 경우에 같이 기술하였다.

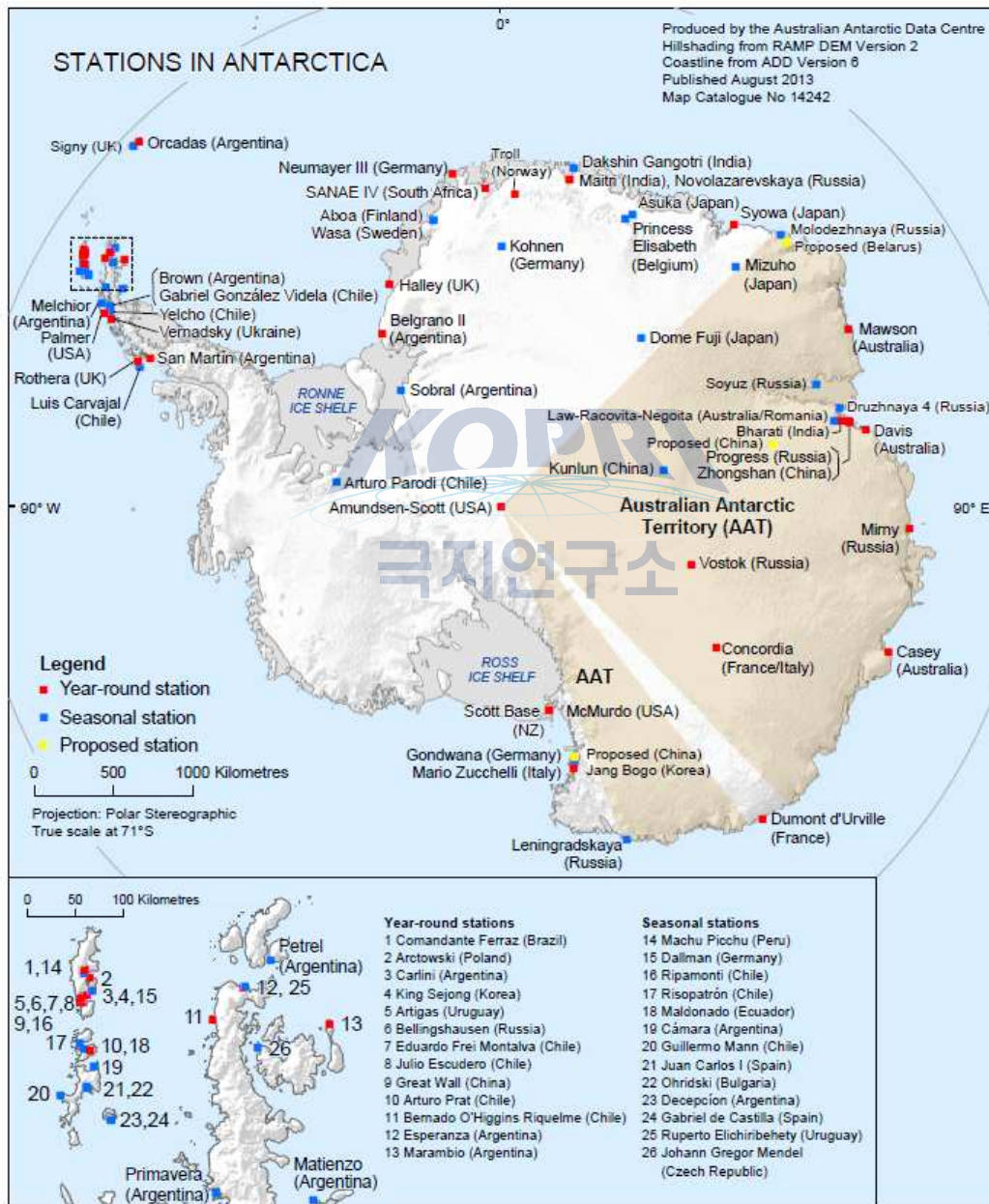


그림 1 남극대륙 기지 현황 (2013년 8월 현재, Australia Antarctic Division)

국가별 남극과학기지 운영현황(2014.01.28.)

1. 남극내 기지 운영 현황

2. 기지운영국가 : 29개 국가

가. 상설과학기지 : 40개소

나. 하계과학기지 : 42개소

3. 전체 현황

국가명	상주과학기지	하계과학기지
남아공	SANAE IV	-
네덜란드	-	-
노르웨이	트롤	-
뉴질랜드	스콧	-
독일	노이마이어 III	달만, GARS, 곤드와나, 코넨
러시아	보스톡, 벨링스하우젠, 미르니, 노블라자레브스카야, 프로그레스,	드루즈나야 4, 레닌그라드스카야, 몰로데즈나야, 러스카야, 소유즈
미국	맥머도, 아문젠-스콧, 팔머	-
벨기에	-	프린스 엘리자베스
불가리아	-	오리디스키
브라질	페라스(2012년 2월 화재 전소)	-
스웨덴	-	스비아, 바사
스페인	-	카스티야, 후안 카를로스 I
아르헨티나	벨라그라노 II, 에스페란자, 칼리니*, 마람비오, 오르카다스, 헤네랄 산 마르틴	브라운, 카마라, 디셉션, 벨초르, 마티엔조, 페트럴, 프리마베라
에콰도르	-	말도나도
영국	할리, 로데라	시그니
우루과이	아르티가스	엘리치리베헤티
우크라이나	베르나드스키	-
이태리	콩코르디아(프랑스와 공동운영)	마리오 주켈리
인도	마이트리, 바르티	-
일본	소와	아스카, 돔 후지, 미즈호
중국	장성, 중산	곤륜, 태산(2014)
체코	-	멘델
칠레	프레이, 에스쿠데로, 프랏, 오이긴스, 푸에르토 필데스(해군기지),	파로디, 빌라로엘, 라피문티, 기체르모만, 리소파트론, 비델라, 엘초
페루	-	마추픽추
폴란드	아르토스키	-
프랑스	뒤몽 뒤르빌, 콩코르디아(이태리와 공동운영)	-
핀란드	-	아보아
한국	세종, 장보고(2014)	-
호주	케이지, 데이비스, 모슨	로-라코비타-네고이타 (루마니아 공동운영)

* 주바니(Jubany)기지가 2011년 칼리니(Carlini)기지로 변경됨

그림 2 국가별 남극과학기지 운영현황 (극지연구소 기지지원팀)

2.1. 러시아

보스톡기지	Vostok Station		설립	1957.12.16	
위치	Princess Elizabeth Land	고도	3,488 m		
좌표	78°27'50"S 106°50'15"E		기지사진		
					
하계인력	25	월동인력	13	운영주체	Government
기타	vostok=east	최저 온도 =-89.2℃ 최고 온도 =-12.2	평균 풍속 =5-27 m/s	Body: Russian Antarctic Programme	Type: Polar Research Organisation

○ 주요연구분야

- 지구의 자기권 관측, 항공날씨, 일조측정, 지구물리학, 의학, 기후 연구
- 빙저호, 빙하시추를 통한 고기후·고환경 연구

○ 보스톡 빙저호(Vostok subglacial lake)

- 1974년 영국 지구물리탐사의 항공 GPR 자료에서 강한 반사면 관찰
- 1991년 Jeff Ridley (Mullard Space Science Laboratory at University College London)가 ERS-1위성으로 보스톡 빙저호 발견(Journal of Glaciology, 1993)
- Vostok호수는 표면 4000 m 아래 존재하며, 넓이는 14000 km²

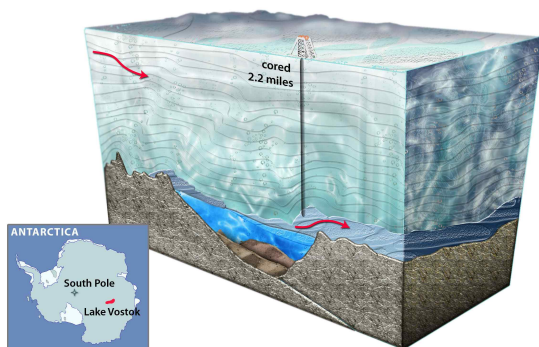


그림 3 보스톡 빙저호를 나타낸 모식도

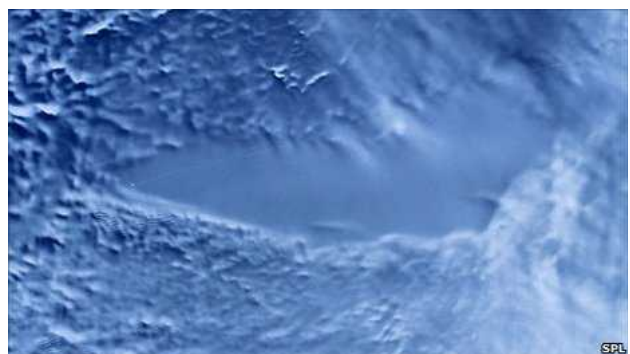


그림 4 지구물리 자료를 통해 재구성한 보스톡 빙저호의 모습

○ 기지보급

- 초기에 Mirny Station을 기점으로 진행된 육상보급은 현재 Progress Station 으로 그 시작점을 이동



그림 5 보스톡기지 지원 모식도

2.2. 이태리/프랑스

콩코디아기지	Concordia Station		설립	2005	
위치	Dome C	고도	3,233 m		
좌표	75°05'59"S, 123°19'59"E		기지사진		
					
하계인력		월동인력	13	운영주체	Government
기타		최저온도 =-84.6℃ 평균온도 =-54.5℃	평균풍속=2.8 m/s	Body: IPEV, ENEA	Type: Polar Research Organisation

○ 주요연구분야

- 의학, 약학, 빙하학 (European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)), 천문학

○ 보급


- 마리오주켈리와 뒤몽뒤르빌, 케이시 기지를 연결하는 경비행기 항공망이 구축되어있음
- 대부분의 화물은 육상루트를 통해 뒤몽뒤르빌에서 보급(1,200 km, 날씨에 따라 7-12 일 소요)
- 기지활동 인력과 경량화물은 뒤몽뒤르빌과 마리오주켈리 기지를 통해 경비행기로 운반



그림 6 롱코디아 기지 지원의 모식도



2.3. 일본

돔후지기지	Dome Fuji Station		설립	1995(2004)	
위치	Dome Fuji, Queen Maud Land	고도	3,810 m		
좌표	77°19'S 39°42'E		기지사진		
					
하계인력		월동인력		운영주체	Government
기타		최저 온도 =-79.9℃ 평균 온도 =-54.4℃	평균풍속=5.4 m/s	Body: NIPR	Type: Polar Research Organisation

○ 연구분야

- 돔후지 기지는 심부 빙하코어 획득에 주된 목표로 세워졌으며, 3035 m의 코어링을 완

료

- 오로라 관측지역의 경계부에 위치하여 적외선과 THz 망원경을 이용한 천문관측
- SODAR를 이용한 1000 m상공 대기경계층의 난류 관측

○ 보급



그림 7 돛후지 기지의 보급 개념도. 시라세를 이용한 물자의 쇼와기지 공급, 쇼와기지에서부터의 육상 수송을 기본으로 하고 있음

KOPRI
극지연구소

2.4. 중국

곤륜기지	Kunlun Station		설립	2009.1.27	
위치	Dome A		고도	4,087 m	
좌표	80°25'01"S 77°06'58"E		기지사진		
					
하계인력	25	월동인력	-	운영주체	Government
기타	하계기지	최저온도 = ~-90 평균온도=1월 평균 -40	평균풍속=	Body: Chinese Arctic and Antarctic Administration	Type: Polar Research Organisation

태산기지	Taishan Station		설립	2014.2.8	
위치	Princess Elizabeth Land		고도	2,621 m	
좌표	73°51'S 76°58'E		기지사진		
					
하계인력	20	월동인력	-	운영주체	Government
기타	하계기지	최저온도= 평균온도 =-36.6	평균풍속=	Body: Chinese Arctic and Antarctic Administration	Type: Polar Research Organisation

○ 연구분야

- 천문연구, 기상관측, 레이더 탐사, 빙하시추

- 자동 기상관측 시스템으로서 PLATO(PLATEau Observatory)를 구축 (하부대기권의 난류층, 달과 오로라로부터의 빛 잡음, 구름의 양과 분포, 표면 안정도, 배경복사량을 측정하여 천문관측의 질을 높임)

- 천문학 및 천체 관측에 중점을 두고 있으며 다음 표와 같은 망원경을 설치했거나 설치할 예정 또한 이를 통해 수집된 데이터를 현장에서 처리하기위해 슈퍼컴퓨터를 설치하자는 제안도 있음

Instrument Name	Aperture	Installation Year	Remarks
Chinese Small Telescope Array (CSTAR) [3]	0.145m	2008	CSTAR is an array of four Schmidt telescope with aperture of 14.5cm,equipped with 1Kx1K CCD each.
Antarctica Schmidt telescopes (AST3)	0.5m	2012- 2014	First of three AST3 telescopes was installed at the Antarctic Kunlun Station in April 2012. 110 megapixel camera
Kunlun Dark Universe Survey Telescope (KDUST)	2.5m	2020	KDUST is a 2.5 meter infrared optical telescope designed to detect and observe Earth-like planets in the Milky Way using infrared light.
Dome A Terahertz Explorer-5 (DATE5)	5m	2020	DATE5 is a 5 meter telescope designed to detect light with longer wavelengths, which will allow astronomers to detect and observe nascent stars.
Infrared optical telescope	6-8m	2020+	
New terahertz telescope	15m	2020+	

- 빙하학 분야에서는 3000m급 얼음 코어로 100만년전 기록까지 복원하는 것을 목표로 하고 있으며, 2012년 pilot core 120 m를 획득함

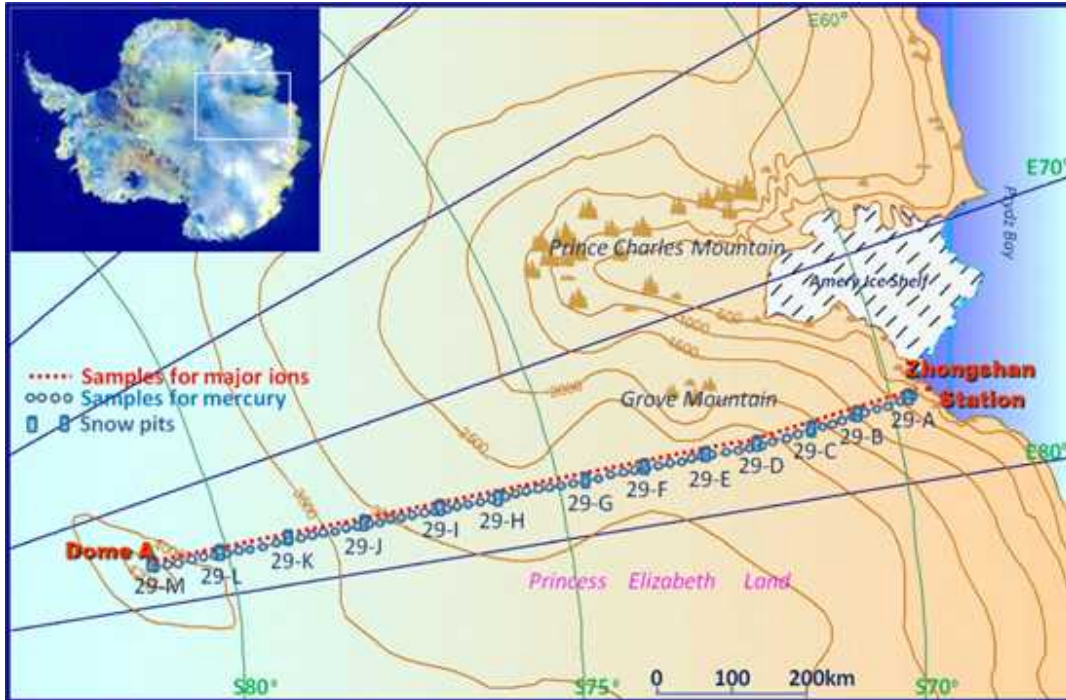


그림 8 종산기로부터 쿤룬기까지의 경로와 경로를 따라 채취한 눈 시료의 위치. 파란원과 붉은 점은 돌아가는 길에 채취한 주요이온과 수은 측정을 위한 표면 눈 시료

○ 보급

- 1280 km (3 주)
- radar surveys of the sub-glacial environment

○ 감부르체프 빙저산맥 (Gamburtsev Subglacial Mountains)

- 돔A 주변에 위치한 길이 1200 km의 빙저산맥 (높이 2700 m, 얼음 밑 깊이 600 m)
- 1958년 3rd Soviet Antarctic Expedition에 의해 발견
- 2007-9년 Antarctica's Gamburtsev Province (AGAP) project
- 지구물리 탐사에 의해 뾰족한 봉우리와 깊은 골짜기와 골짜기의 액체 물 존재 확인 (The Gamburtsev mountains and the origin and early evolution of the Antarctic Ice Sheet, Sun Bo, Martin J. Siegert, Simon M. Mudd, David Sugden, Shuji Fujita, Cui Xiangbin, Jiang Yunyun, Tang Xueyuan & Li Yuansheng; Nature)
- 추가로 드릴을 통해 암석시료 채취를 계획하고 있음
- 약 10억년전 생성된 암체들이 로디니아초대륙 생성시기에 합쳐져 감부르체프 빙저산의 기반이 됨 (Ferraccioli et al., 2011, Nature, Gamburtsev Mountain 1 Ga basement and mid-Paleozoic rifting)
- 이후 침식작용으로 평탄해진 후 2억5천만년에서 1억년전에 열개작용과 지열이 높아져 상승하기 시작해 3천500만년 전부터 빙하가 생성되기 시작

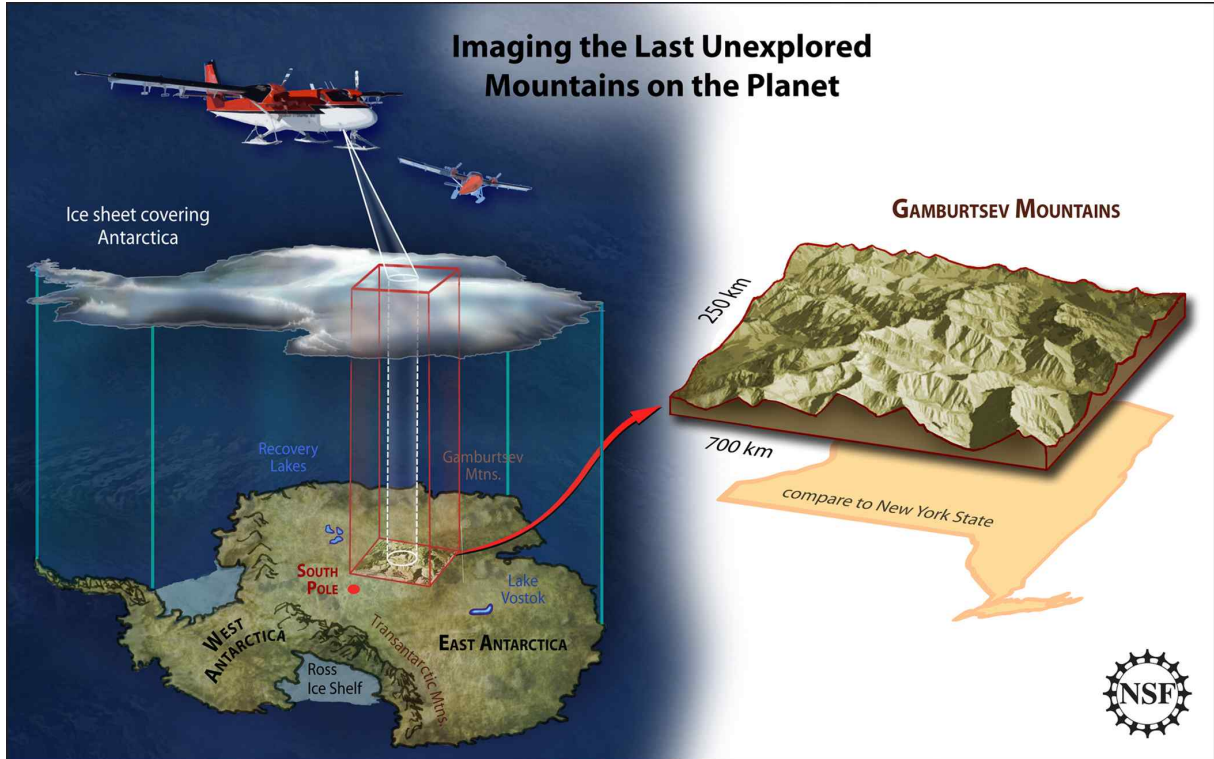


그림 9 지구물리 탐사를 이용해 밝혀낸 얼음을 걷어낸 남극대륙의 모습과 감부르체프 빙저산맥의 규모를 나타낸 모식도

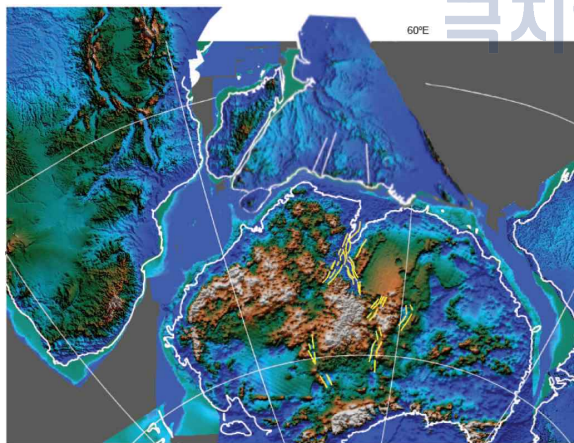


그림 10 감부르체프 빙저산맥과 주변 단층구조선의 모습 (Ferraccioli et al., 2011, Nature)

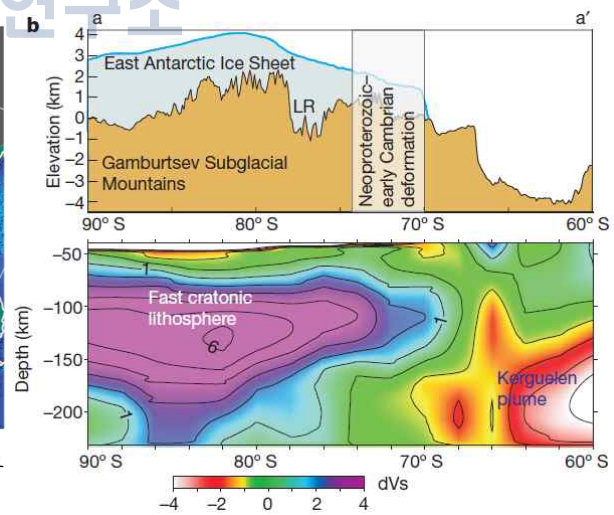


그림 11 감부르체프 빙저산맥의 단면과 하부 지각구조 (Ferraccioli et al., 2011, Nature)

2.6. 미국

아문센-스콧기지	Amundsen-Scott Station		설립	1956	
위치	South Pole		고도	2,835 m	
좌표	90°S		기지사진		
					
하계인력	200	월동인력	50	운영주체	Government
기타		최저온도= 평균 온도 =-49	평균풍속=5.5 m/s	Body: United States National Science Foundation (NSF)	Type: Polar Research Organisation

○ 연구분야

- 빙하학, 지구물리, 기상학, 고층대기물리, 천문학, 입자물리, 의약학을 포함한 다양한 연구
- 최근 월동과학자들은 IceCube Neutrino Observatory 또는 South Pole Telescope, BICEP2와 같은 저주파 천문관측 장비를 이용한 실험을 수행



그림 11 남극점 아문센-스콧기지의 천문관측 장비

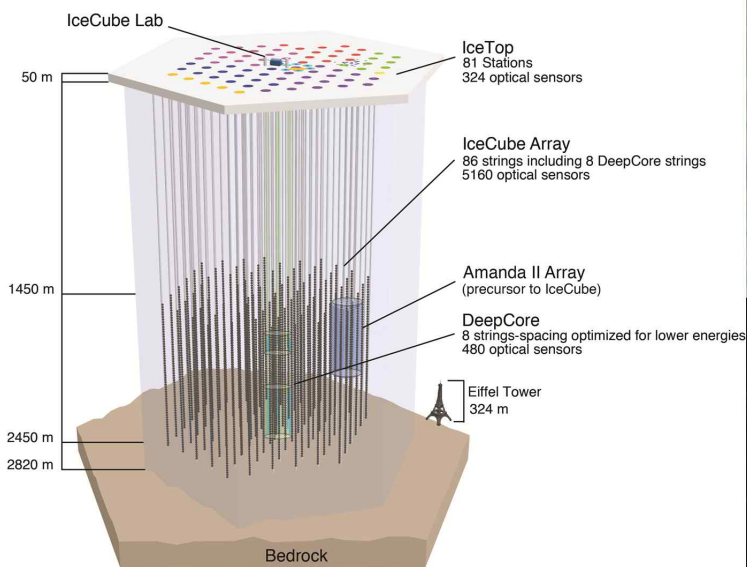


그림 12 아문센-스콧지에서 우주기원 미립자를 검출하는 ICE-CUBE

○ 보급

- “Operation deep freeze”로 통칭되는 미공군에 의한 항공수송
- “McMurdo-South Pole Highway” (1601 km)
- 루트 개척에 4년 소요 (2002/3-2005/6)
- 맥머도빙봉과 로스빙봉사이의 속도차이에 의해 경계부에 발달한 "Shear Zone" 극복이 중요한 과제임

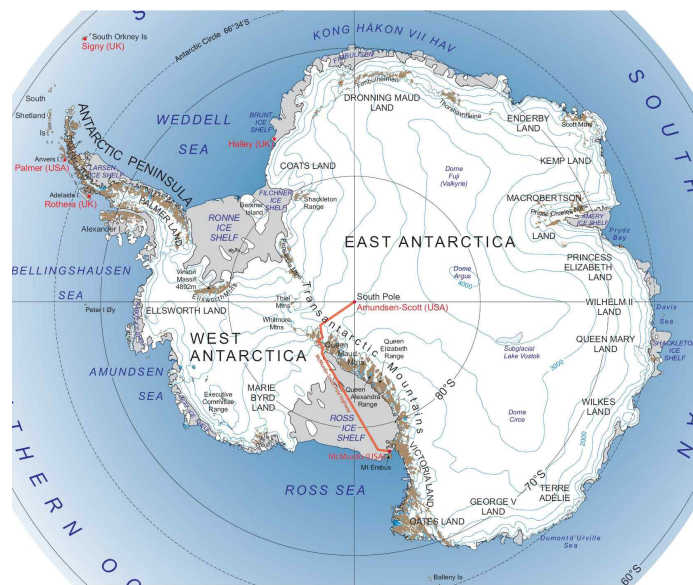


그림 13 McMurdo-South Pole Highway의 경로



그림 14 Shear Zone에 발달한 크레바스 (Wright, J., 2003)

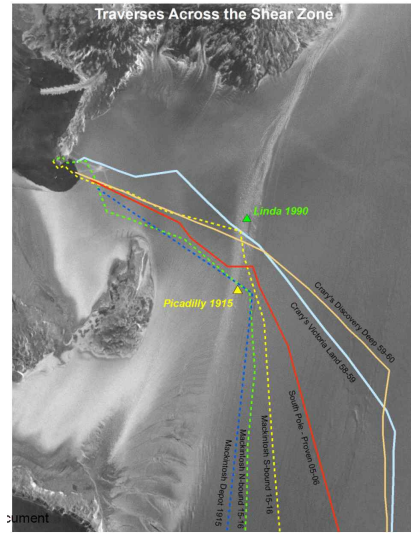


그림 15 Shear Zone을 통과한 경로

- 육로수송의 이점: 남극점 지원에 있어서의 비용절감, 안정적인 스케줄관리 가능
- 한번의 트래버스로 약 40회의 항공기운송을 절감할 수 있고, 항공기 사용에 따른 탄소 배출량도 현저히 줄일수 있음
- 현재 육상수송로를 유지하는 이유 중의 하나는 South Pole Connectivity Program을 통해 콩코디아 기지와 아문센-스콧기지를 연결하는 광케이블을 설치하는데 필요한 중장비를 운송을 준비하기위함
- 이는 정밀 측정에 중요한 인공위성시간(synchronous satellite time)을 제공하는 위성 중 아문센-스콧기지를 지나는 위성은 하나뿐이며 이도 하루에 4시간만 연결가능하고 노후화되어 곧 퇴역할 예정임
- 이를 극복하기위해 인공위성시간에 항상 접속이 가능한 콩코디아기지와 아문센-스콧기지를 광케이블을 연결하는 프로젝트

2.6. 대한민국 제3기지

위에서 살펴본 남극 대륙 내륙기지중 보스톡, 돔 후지, 곤륜, 콩코디아 기지는 빙하시추를 통해 가장 좋은 연구 결과를 얻을 수 있는 위치에 세워졌다. 그러므로 빙하시추와 시추코어를 이용한 과거기후 및 환경복원이 연구의 중심중의 하나가 되었다. 또한 남극 내륙 고위도에 위치해 공기 중 수분이 적고, 밤이 긴 특성을 이용하여 천문, 물리학 연구가 중점적으로 수행되기도 한다. 이와 같이 남극 내륙을 이용해 효과적으로 수행할 수 있는 연구분야는 한적적인 측면이 있다.

남극내륙기지 중 특이한 것은 최근 완공된 중국의 태산기지이다. 이 기지는 geology, glaciers, geomagnetism and atmospheric science 연구를 제외하고 가장 중요한 임무는 중산기지와 곤륜기지 사이의 보급을 지원하여 남극에서의 연구범위 확대에 기여하는 것이다.

극지연구소에서도 제3 내륙기지를 위해 해당분야의 장기적인 연구 계획을 수립해야 할 것이다. 또한 내륙 연구 지원 이라는 연구이외의 목적을 지원하기위한 logistics분야의 활용도 간과해서는 안된다.



3. 육상루트

3.1. 남극대륙 기존 육상루트 특성

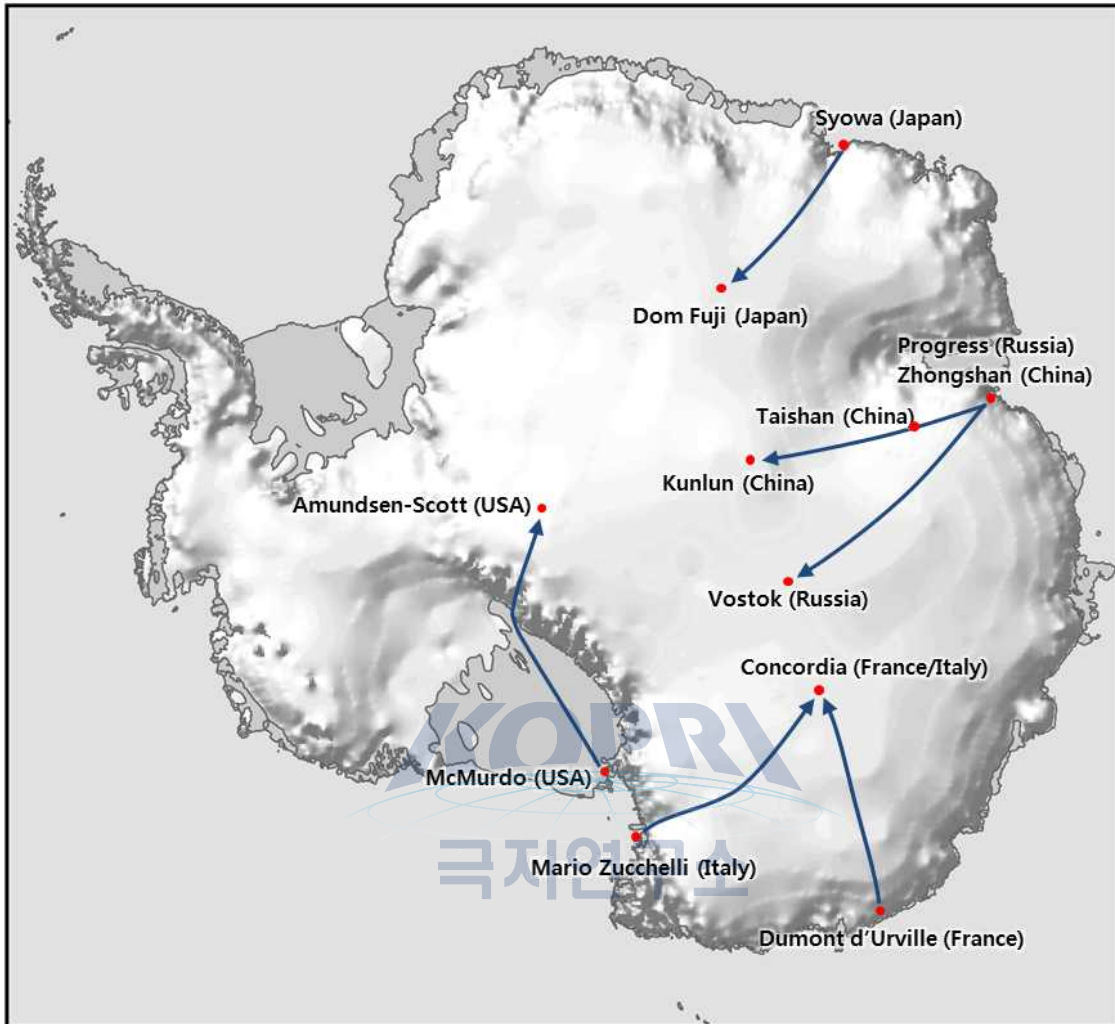


그림 16 해안에 위치한 본국기지와 내륙의 기지를 연결하는 육상 운송 루트

앞서 살펴본 남극내륙 기지 운영국은 각자의 내륙 육상운송 수단을 가지고 있다. 이들은 내륙 운송루트를 따라 일상적인 샘플링을 수행하기도 한다. 또한 이와는 별도로 순전히 남극 내륙 연구를 위한 육상이동도 이루어진다. 가장 좋은 예가 ITASE (International Trans-Antarctic Scientific Expedition)으로 각국이 내륙 기지 지원 루트 뿐 아니라 남극대륙을 가로지르는 더 긴 경로 또는 특정한 목표를 위해 움직이는 더 짧은 경로를 따라 표면 눈 시료와 짧은 눈코어를 획득해 최근 남극과 지구의 기후변화가 남극 빙권에 미친 영향을 규명하고자 했다. 또한 후속 프로그램인 TASTE-IDEA를 통해 남극 육상루트를 통한 자료획득과 과학적 연구를 수행하고자 하는 도전을 계속했다.

즉 남극내륙 운송 및 연구지원은 남극내륙기지 지원을 위한 트래버스를 기반으로 하는 1000 km 급의 장거리 운송과, 특정한 목적을 가지고 연구를 위해 장비를 이동하는 500 km 이하의 두 가지 체계를 가지고 있어야 한다. 물론 장거리와 단거리 육상 수송체계의 장비는 완전히 상호 교차활용이 가능하여, 상황에 따라 탄력적으로 운영하여야 할

것이다.

또한 점과 점을 잇는 단순한 육상수송을 넘어서 육상 수송루트 내에서 다양한 연구 및 관측활동을 할 수 있는 경로를 구성하고 이를 위한 장비를 구축해야 할 것이다. 이는 남극대륙 내 육상루트를 내륙기지지원과 지원루트를 따른 연구, 그리고 연구만을 위한 내륙루트로 이원화할 필요성이 있음을 시사한다.



그림 17 남극내륙 육상루트를 기반으로 하는 국제연구프로그램인 ITASE에서 수행했거나 계획 중인 트래버스 루트

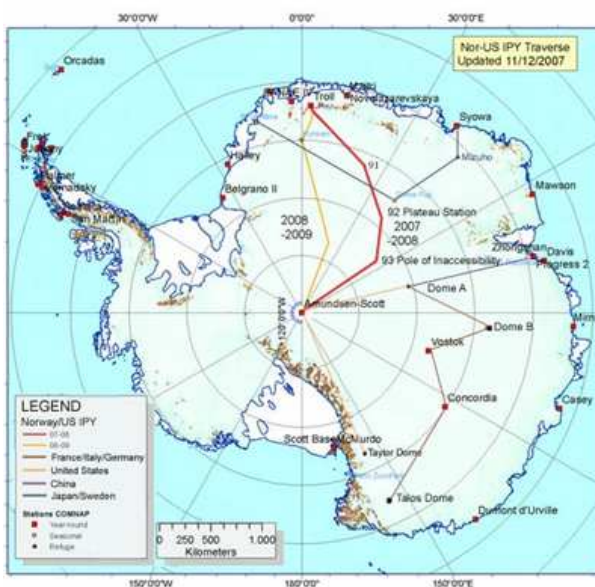


그림 18 IPY 프로젝트의 일환으로 2007-09년 하계에 수행된 남극대륙 육상탐사 경로

이러한 2원화된 육상루트 운용의 개념은 최근 수행된 ITASE와 같은 국제 프로그램에서도 찾아볼 수 있다. 기존의 내륙기지 지원을 위한 트래버스 루트이외에도 특정한 주제에 대한 문제 해결을 위한 자료획득을 목적으로 하는 짧은 트래버스도 이루어 졌음이 특징이다. 이는 독립적일 수도 있고 기존 장거리 트래버스에서 가지를 쳐나간 형태일 수도 있다. 이러한 예는 또한 장보고기지의 인근에 위치한 이태리와 프랑스의 예에서도 찾아볼 수 있다. 콩코르디아기지를 공동 운영하는 프랑스와 이태리는 장보고기지가 위치한 북빅토리아랜드에 해안기지(마리오주젤리 기지, 뒤몽뒤르빌 기지)를 가지고 있으며, 이들 기지로부터 내륙으로 각각 1200 km 1100 km 떨어진 콩코르디아 기지를 보급하기 위한 육상루트를 운영하고 있다. 또한 이태리는 비교적 단거리 지원을 위한 트래버스 장비를 구축해 Talos 돔에서 GV7 사이트에 이르는 약 250 km에 대한 인력과 물자, 연구 장비를 지원하고 있기도 하다.

본 연구에서는 프랑스IPEV의 Dome C 트라버스 보고서와 2013-14년 극지연구소 빙하팀이 참가한 이태리팀의 Talos 돔-GV7 트래버스 두 가지에 대해서 기술한다.

3.1.1. 장거리 트라버스 (1000 km 이상)

뒤몽뒤르빌과 돔C 사이의 육상수송은 1996년 최초로 이루어졌으며, 이때 사용한 장비와, 전문 인력 구성, 식량, 팀의 조직 및 운영, 위험 평가, 루트확보 등에 대한 모든 것을 보고서로 정리하였다. 보고서는 이후에도 몇 차례 개정되면서 남극 육상 수송 운영 및 장비의 신기술을 반영하고 있다. 본 연구보고서에서는 요약부분만을 포함하며 전체 번역본은 부록으로 첨부한다.

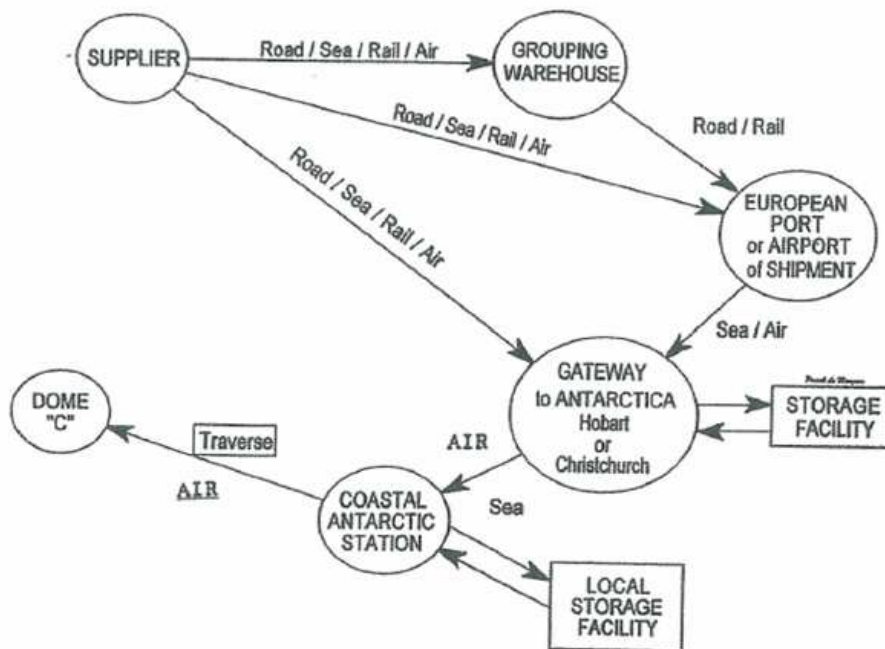


그림 19 유럽에서 남극에 이르는 수송의 모식도.

보고서는 다음과 같은 구성으로 되어있다.

- A - 서론
- B - 장비 선정
- C - 일반적 조직 - 인력 및 안전
- D - 폐기물 처리
- E - 수송대의 일반적 대형과 운영
- F - 기술적 평가: 차량개조
- G - 기술적 향상 노력 및 향후 개발

"A-서론"에서는 프로젝트의 진행에 대한 일반적인 설명과 보고서가 개정되면서 추가된 신기술에 대해 간단히 소개한다. "B-장비선정"은 트랙터, 차량, 썰매, 생활공간, 통신, 항법장비 등에 대해 기술한다. "C - 일반적 조직 - 인력 및 안전"에서는 팀에 필요한 인원의 역할과 이들이 가져야할 특정 기술에 대해서 이야기한다. 또한 팀을 조직하기위한 훈련과 관계형성에 대해 조언한다. 이것은 트래버스 기간동안의 원만한 생활뿐 아니라, 남극 육로 수송이라는 하나의 목적을 달성하는데 필수적인 요소임을 밝힌다.

A.1 - 사양 요약

다음과 같이 단순하게 요약할 수 있다.



지리데이터

- 출발지의 위치 및 특성
- 도착지의 위치 및 특성
- 단절 가능성이 있는 구간을 포함하여 출발지와 도착지 사이 지형 특성

기상데이터

- 우세풍(prevaling wind)의 존재 여부, 속도, 방향
- 구름 덮인 날 운량 밀도
- 온도 도표

경제데이터

- 운송 화물의 종류 및 무게
- 화물의 특성
- 1년 중 이용 시기 및 이용 가능한 일 수
- 운송 제한 (언제, 어떻게 등)
- 작업의 지속가능성 (정확성, 매년 갱신 가능성)
- 유지관리 정책의 선택
- 기착 지구 조직화

환경데이터

- 횡단하는 지역의 보호 상태

A2 - 사양 요약 내용이 지니고 있는 의미

이러한 사양을 통해 그림2에 제시된 연결 사슬에서 마지막 역할에 대한 이해를 분명히 할 수 있다. 결과를 만들어 내야 할 의무가 있는 전문 운송 조직에 관한 것이다. 즉, 화물을 기한 내에 온전한 상태로 적정 가격에 운송할 수 있는 운송 조직만이 그러한 작업을 반복적으로 수행할 수 있다.

그림 3은 사고(思考)와 설계 과정 간의 이론적 연계성을 제시하고 있다. 운송 조직은 다음 사항 중에 선택해야 한다.

- 지상과 접촉 또는 접촉하지 않는 차량 / 에어 쿠션 또는 지상과 직접 접촉 중 선택
- 화물을 적재 또는 견인 중 선택
- 화물을 견인하는 경우 바퀴와 썰매 중 선택

요구되는 사항은 다음과 같다.

대원관리관련사항

- 필요한 훈련
- 거주 조건: 식사, 잠자리, 위생, 편안함
- 운전 리듬
- 그룹 내 시간 일치
- 안전 사항
- 통신



트랙관리및준비관련사항

- 경사 변경
- 트랙 다짐

운항관련사항

- 위치 확인 및 경로 발견
- 경로의 재확인
- 악천후 회피

효율적체계적으로작업

- 화물의 순서 결정
- 수송대 조직화
- 유지관리 조직화

- 적재 및 하역 계획
- 그림 1 연결 사슬의 각 연결점에서 연결점까지 일관된 포장 시스템을 선택 및 적용하여 불필요한 화물의 직접 처리 과정 생략

트래버스의 전체 대열은 다음과 같이 정리할 수 있다.

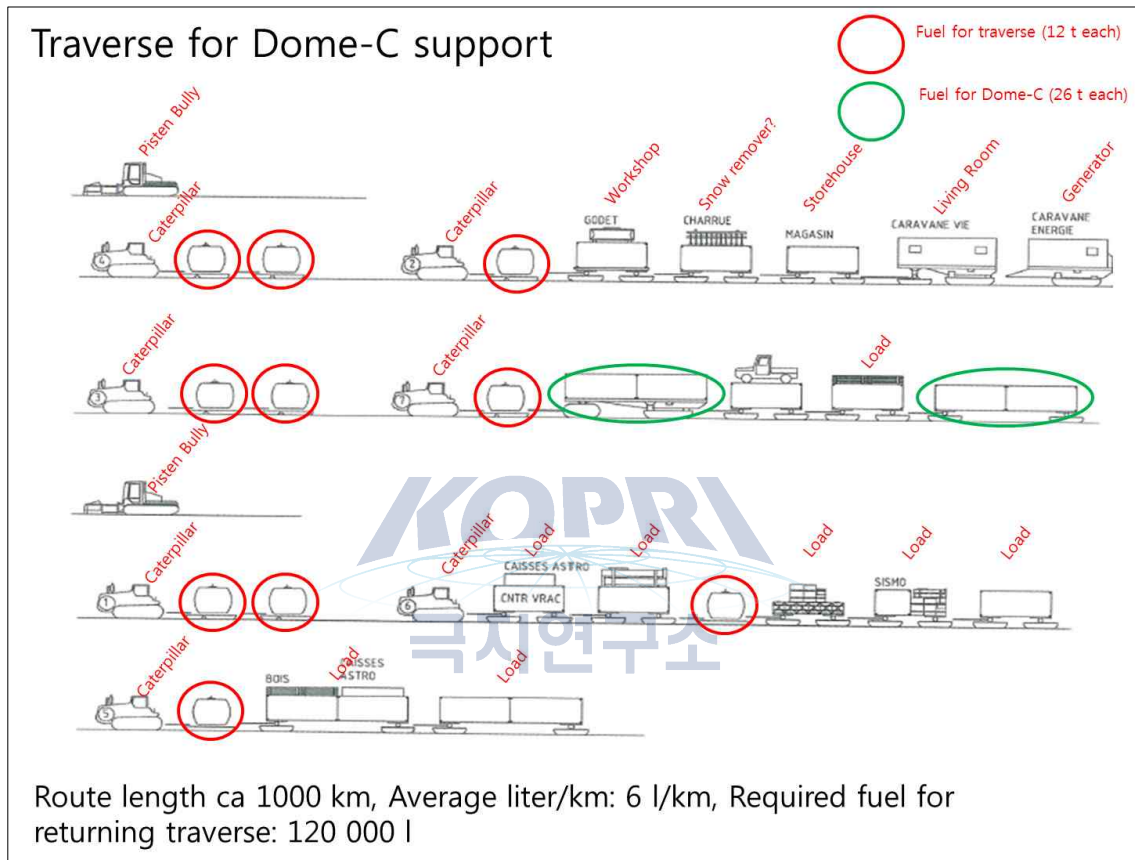


그림 20 뒤몽뒤르빌-돔C 사이의 트래버스 대열

트래버스를 통해 수송하는 물류의 가장 큰 부분 중의 하나는 바로 유류이다. 이중 상당량은 수송 자체를 위해 쓰여지며, 이외에 내륙기지에서 사용할 유류 또한 상당하다.

이 프로젝트가 수행된 후 이미 20년에 가까운 시간이 흘러 많은 기술적인 진전이 이루어졌다. 예를 들어 유류의 대량 장거리 수송에는 썰매형태의 운반보다 큰 고무탱크(bladder)를 병렬로 연결해 그대로 끌고 가는 것이 더 효율적임이 알려져 있다. 하지만 트래버스대열을 구성하고 대원을 조직하고 운영하는데 고려해야할 많은 사항들을 언급하고 적절한 조언을 제공하므로 이 보고서는 여전히 유효하다고 할수 있겠다. 장비의 변화와 관계없는 기본적인 고려사항들을 바탕으로 혁신적인 기술을 도입해 한국형 트래버스

를 구축할 전략이 필요하다. 구체적인 기술에 대한 언급은 이 연구의 범위를 넘어서므로 향후 독립적인 연구로써 이루어지기를 제안한다.

3.1.2. 단거리 트라버스 (500 km이하 급)

(1) 탈로스돔 (Talos Dome) 기지 셋업과 트래버스 준비

(a) 탈로스돔은 원래 TALDICE라는 국제공동 얼음코어 프로젝트를 위해 선정된 것이다. 시추이후에는 대륙으로 진출하는 트래버스에 필요한 거의 모든 것을 거치해두고 다니는 거점 하계기지의 역할을 한다. 2012-13년 하계에는 탈로스돔으로부터 250 km떨어진 GV7에서의 빙하시추를 위한 시추장비와 인원을 수송하기위한 단거리 트래버스가 이루어졌다(그림 19).

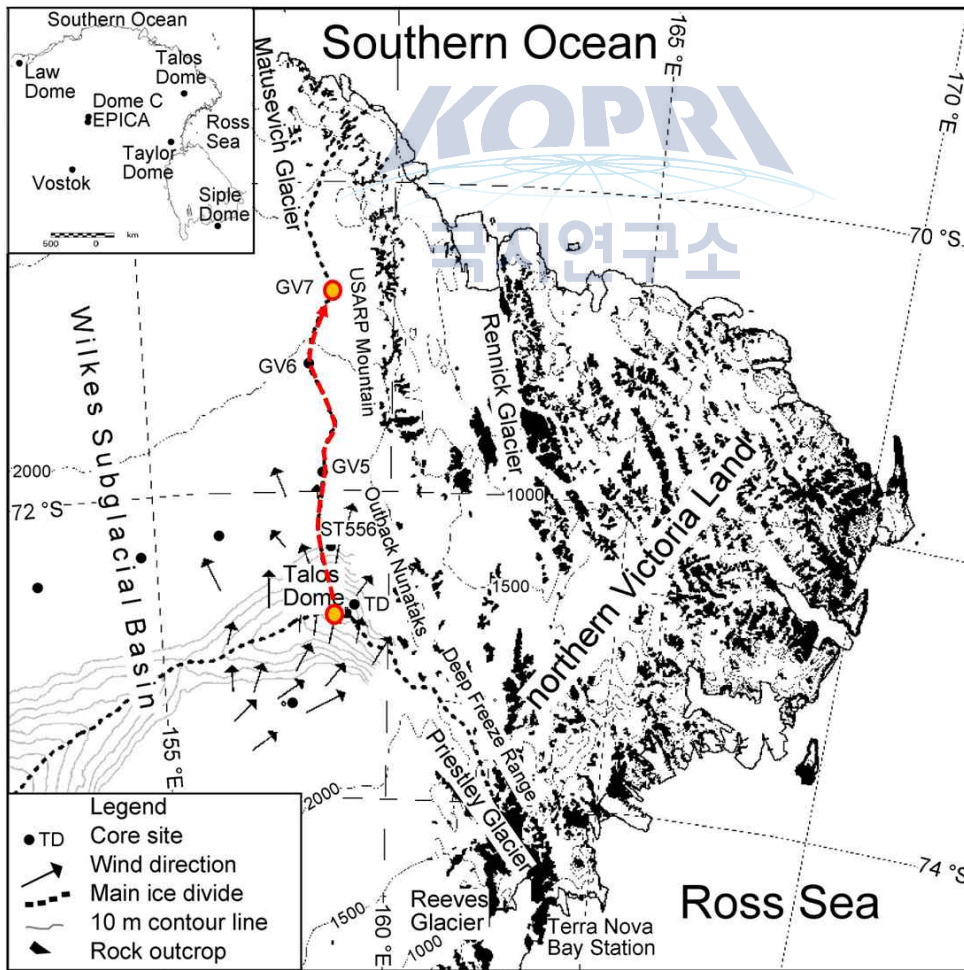


그림 21 탈로스돔과 GV7사이의 트래버스 경로

탈로스돔에는 겨울을 난 각종 물자-카라반 (Caravan), 매거진 (Magazine), 탱크로리 (Tank Lorry), 피스텐불리 (Pisten Bully), 캐터필러 (Caterpillar) 등-들이 일렬로 배치되어 있다. 기지 운영인원이 항공기편으로 처음으로 도착하면 피스텐불리 등을 가동하고 카라반 설치를 위해 눈을 치우며 셋업을 한다. 카라반은 탈로스돔에서 트래버스 장비에 대한 점검과 준비가 끝나는 약 2주일간 이동형 시즌 캠프로서의 역할을 한다. 트레바스 준비과정은 연료점검, 캐터필러, 피스텐 불리 점검 등 트레바스를 위한 준비와 점검으로 이루어진다.

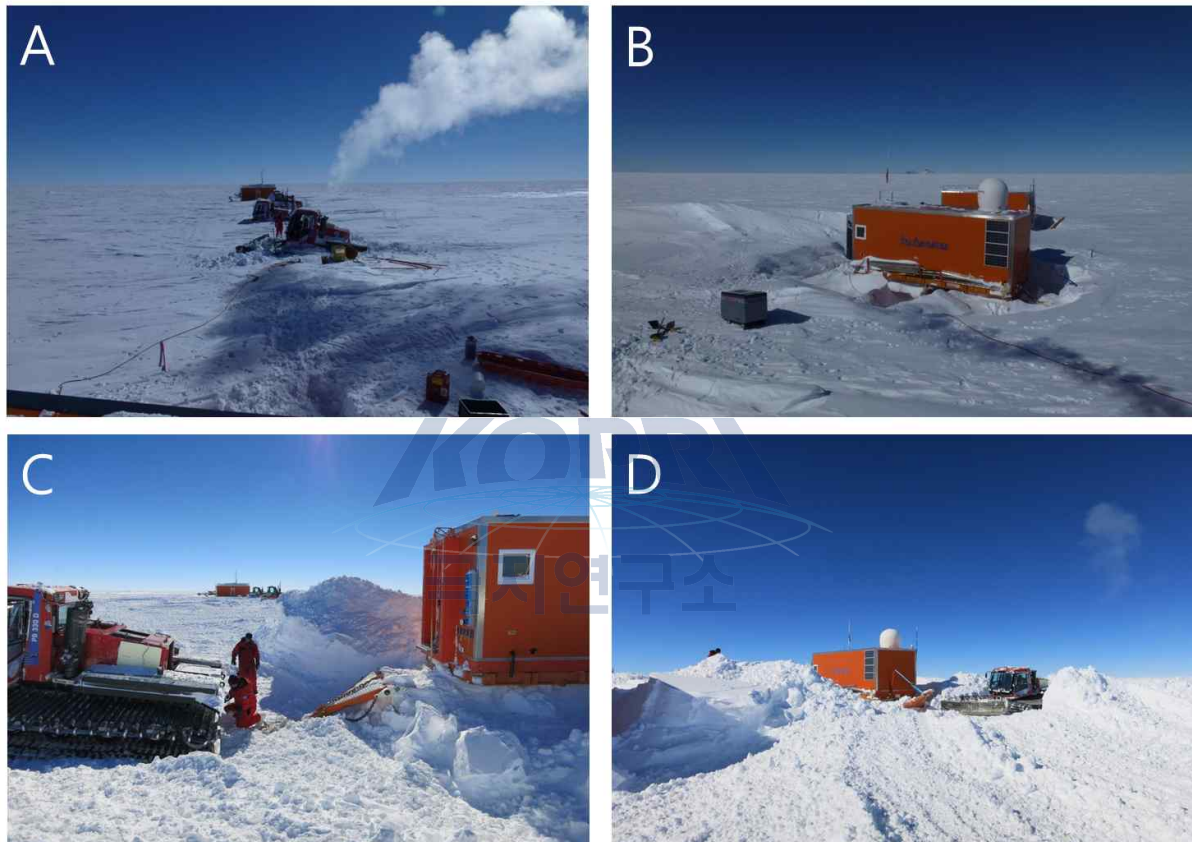


그림 22 (A) 탈로스돔에서 초기 셋업 모습. (B) 탈로스 돔기지 카라반의 셋업 모습. (C) 눈에 쌓인 카라반을 옮기는 작업을 함. (D) 카라반을 설치하기 위해 피스텐불리로 눈을 치우고 있음.

(b) 연료 수송

연료는 기본적으로 200 리터 철제드럼에 담아 항공기로 운송하였다. 물자를 운반한 항공기의 귀환시에는 절대로 빈 채로 보내지 않고, 빈드럼통, 재활용 쓰레기, 폐기물 등을 담아 마리오주켈리 기지로 보낸다.



그림 23 (A) 트윈오테에서 연료(항공유) 드럼을 내리고 있음. 트윈오테나 바슬러를 이용하여 한번에 7-8드럼을 수송할 수 있음. 바슬러가 화물 수송능력은 트윈오테 보다 큼. (B) 빈 드럼은 사람이 직접 옮겨서 다시 마리오주켈리 기지로 회수함. 많은 일들을 기계를 이용하지만 사람의 인력으로 해야할 일들이 많이 있음. (C) 물자의 수송은 매우 중요함. 필요한 물자를 보급받고, 재활용품 및 쓰레기는 다시 기지로 회수하였음.

(c) 탱크로리 (TL) 점검

연료수송을 위해 탱크로리에 연료를 채운다. 이동을 위해 탱크로리 하단에 붙어 있는 눈을 치우고, 탱크로리를 점검한다. 이번 시즌에는 탱크로리의 연결부위가 파손되어 예비 탱크로리로 연료를 옮겨 담는 작업을 해야 했다. 남극에서의 예기치 못한 육상운송수단의 고장에 대처하기 위해 예비 장비의 확보가 필수적이다.

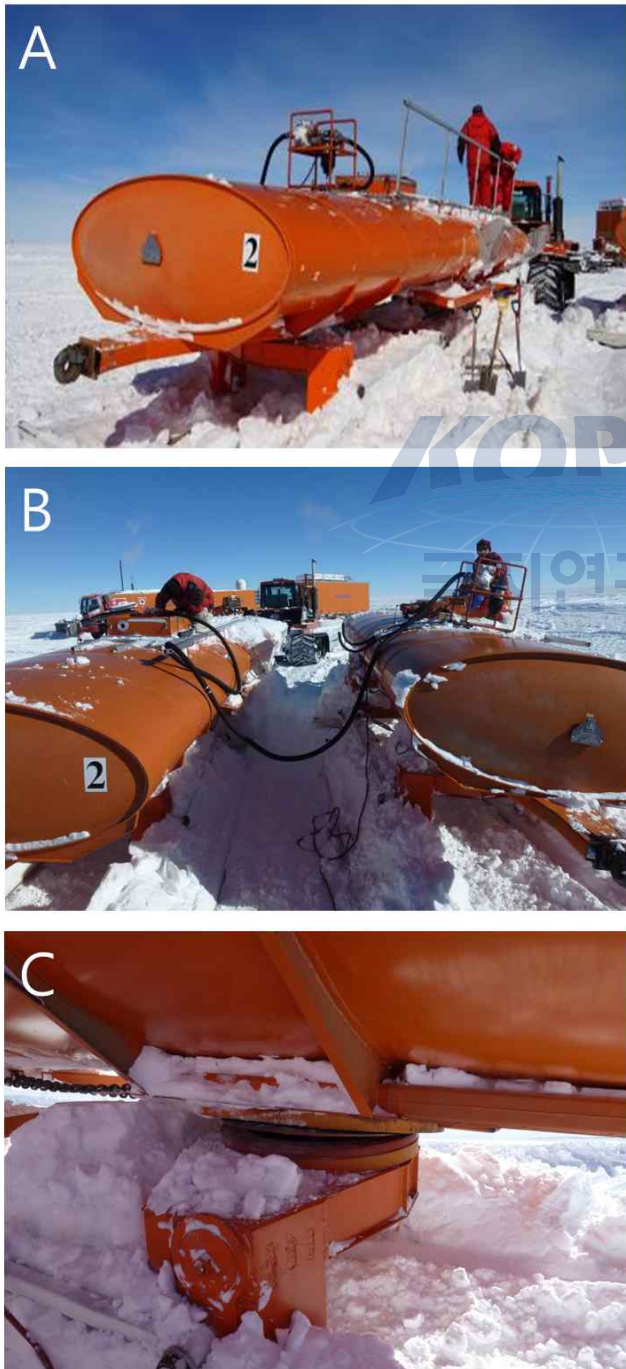


그림 24 (A) 연료를 채운 탱크로리를 점검함. (B) 탱크로리의 연료를 옮겨 담고 있음. (C) 탱크로리의 하단 연결부위가 파손되었음. (남극활동에는 예기치 않는 일들이 발생함. 탈로스 돔에는 탱크로리가 3-4개 있어서 파손된 탱크로리를 남겨두고 다른 탱크로리를 트레바스에 사용하였음.)

(d) 썰매 점검

위가 막혀있지 않아 벌크로된 짐을 싣기 좋은 썰매에는 드럼으로 된 항공유, 윤활유 (피스텐볼리 및 캐터필러 용), 시추용 윤활유, 작업용 목재, 추가 발전기 등을 적재한다.



그림 25 슬레지에는 주로 연료, 윤활유 드럼, 부동액 드럼, 목재, 가스 실린더, 각종 부자재 등을 적재함.

(e) 설상차 (피스텐볼리, 캐터필러) 점검

피스텐볼리와 캐터필러는 기지운영과 트래버스에 매우 중요하다. 특히 한번 거점에 올라다 놓은 증장비는 오래동안 교체하지 못하고 유지 보수를 통해 사용해야 하기 때문에, 20년 이상된 PB와 CP를 정비하고 운영할 수 있는 노련한 정비공이 필요하다. 트래버스에 참가하는 연구원들도 기본적인 운전을 연습하여 긴 남극 여정에 기여하도록 한다. 피스텐볼리는 짐을 견인하는 용도이외에 트래버스 도중에 나타나는 여러 가지 상황에서 다용도로 활용되었음.



그림 26 (A) 피스텐 불리 (PB330 D), 앞쪽에 스크린 블레이드가 장착되어있음. (B) 피스텐불리를 이용해 쌓인 눈을 치우거나 작업 공간을 만듦. (C) 피스텐불리 뒤쪽에 장착된 크레인을 이용해 중량 화물을 하역하는 모습. (D) 피스텐불리 점검 (윤활유 교체 및 트랜스미션 교체)

극지연구소

(f) GPS 점검 및 경로 회의

트레마스 출발 준비를 완료하고 출발 전날에는 GPS (이태리의 설상차는 구형모델이기 때문에 GPS가 장착되어 있지 않음), 이리둠 위성 전화기를 각 대열에 분배하였다. 만약의 생존상황에 대처할 수 있는 비상구급배낭도 각 대열별로 1개씩 나누어 실었다.



그림 27 출발전 GPS와 이리둠 통신 장비 등을 점검하고 배분하고 있음

(2) 트레버스 대형과 운행

(a) 트레버스 1대형 PB-CP-CV-MZ, 2대형은 PB-SL-CP-TL-MZ으로 구성하여 출발하였다. 이에 대한 모식도는 그림 28과 같다. 트레버스의 일과는, 오전 4 시간 운전, 점심시간 30 분, 오후 4 시간 운전으로 하루에 약 80-90 km를 이동하여 평균이동 속도는 9-10 km/h 정도이다.

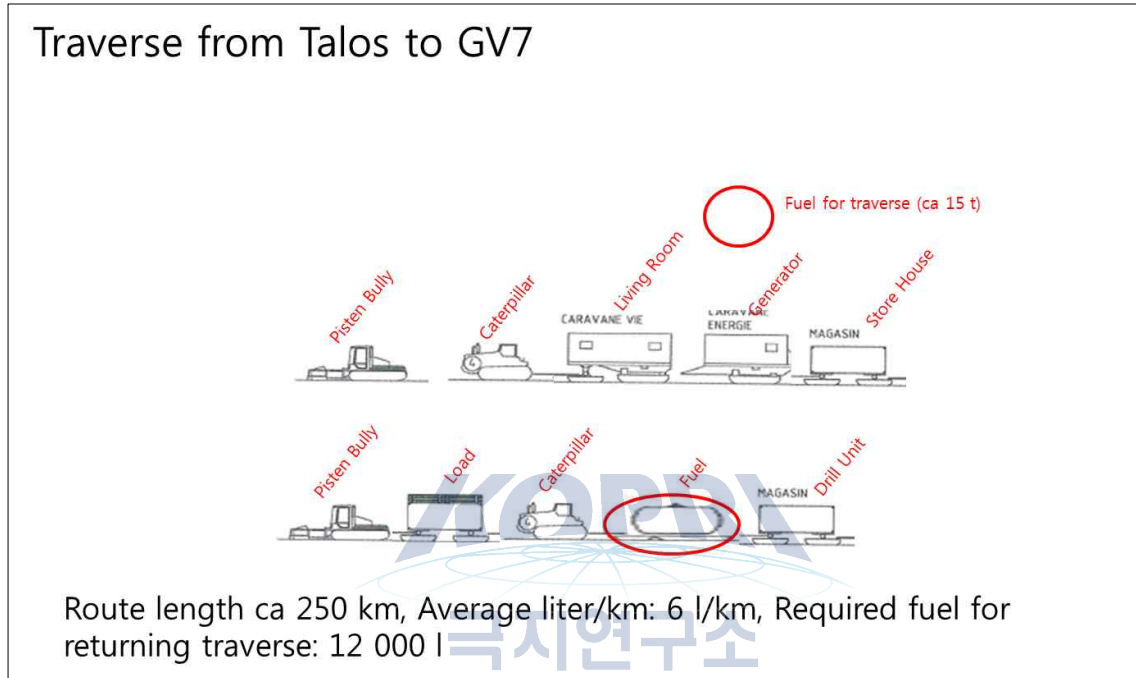


그림 28 탈로스돔에서 GV7을 왕복하는 트레버스의 구성. 비교적 단거리이고, 화물의 양이 많지 않으며 연구현장에서 필요로 하는 유류의 양이 많지 않아, 콩코디아기지 보급의 경우에 비해 수송하는 유류가 확연히 적음

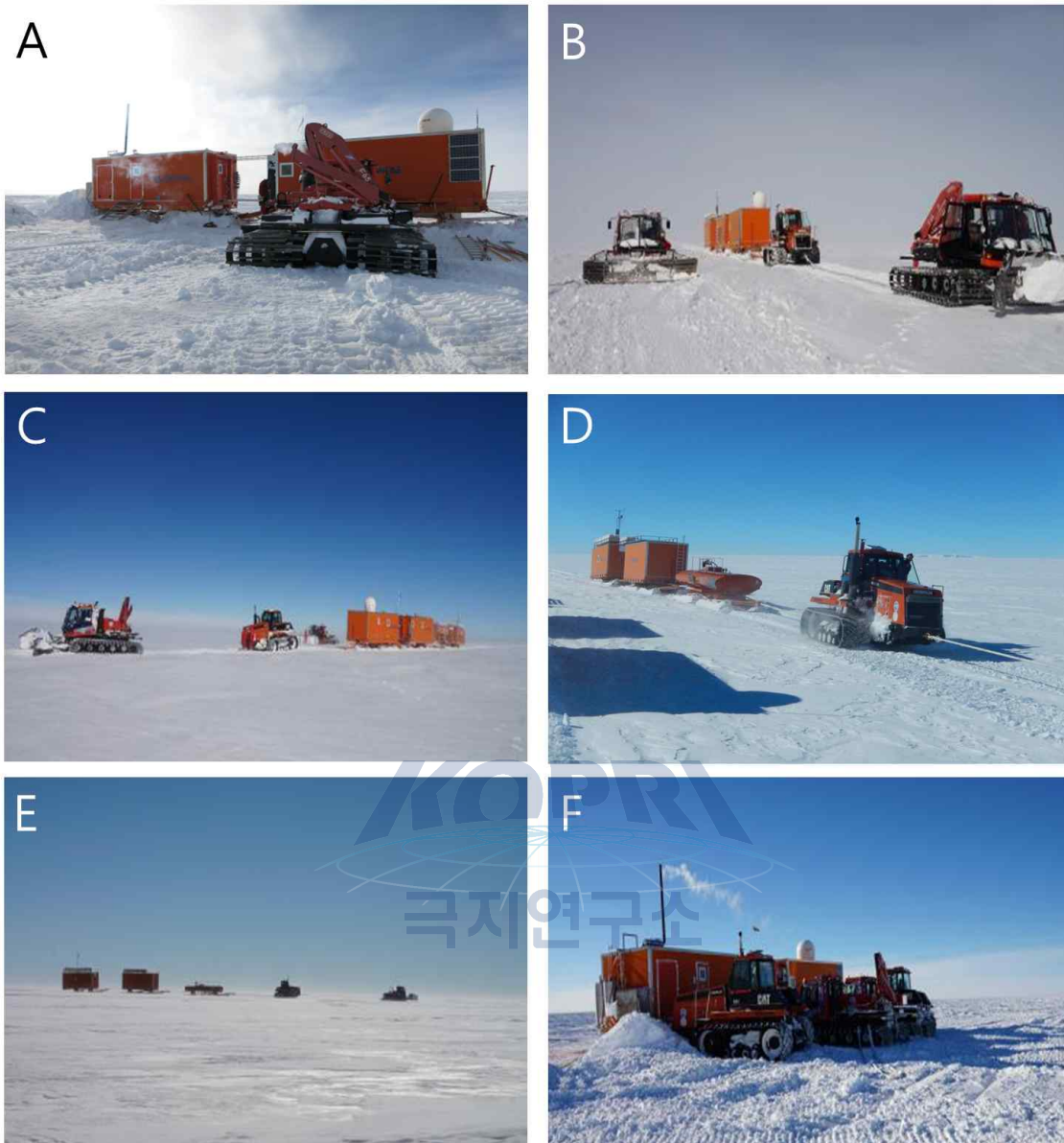


그림 29 (A) 트레바스 출발을 위해 카라반의 연결통로를 해체함. (B) 트레바스 대형 (PB-CP-CR-MZ-SL). (C) 트레바스 대형 (PB-CP-CV-SL). (D) 트레바스 대형 ((PB-CP-TL-MZ-MZ) 이동 (연결을 쇠사슬 대신 로프로 사용함). (E) 트레바스 대형 (PB-CP-TL-MZ-MZ). (F) 트레바스 하루 일정을 마친 뒤 캐터필러와 피스텐볼리는 방전을 방지하기 위해 카라반과 연결하여 충전함.

(b) 점심시간(30분간)에는 대형을 바꾸지 않고 카라반에 전기만 연결하지만, 오후 7시경에 중간 기착지에 도착하면 그림 29(f)와 같은 대형으로 재배치한다. 이 재배치는 약 1-2시간이 소요된다. 트레바스 하루 일정을 마친 뒤 캐터필러와 피스텐볼리는 방전을 방지하기 위해 카라반과 연결하여 충전한다. 저녁 기착 후에는 스노우 멜터를 가동하고, 카라반에 전기와 수도를 연결하여 화장실과 세면실, 샤워실의 배수를 설치하였다. 트레바스 도중 점심, 저녁식사에는 모두 일회용 용기를 사용하였고 비닐백에 담아 보관하였다.

(3) 활주로 설치

내륙기지에서 보급과 수송을 원활하게 하기 위해 GV7에 도착하여 활주로를 설치하였다. PB를 이용하여 너비 40-50 m, 길이 500-600 m로 눈을 평탄하게 하고, 활주로 앞쪽 가장자리에 눈을 채워 넣은 검정색 대형 비닐을 사용하여 활주로를 표시하였다. 활주로 작업은 능숙한 PB 운전자와 보조자가 수행하였으며, 전체 약 3-4시간이 소요되었다.



그림 30 (A) GV7에 구축한 활주로. (B) GV7 설원 활주로에 착륙을 위해 접근하는 트윈오팀.

(4) 내륙기지의 주요 시설

GV7에 도착해서 빙하코어를 하는 중의 생활과 작업공간을 확보하기위해 트래버스 대열을 재정렬한다.

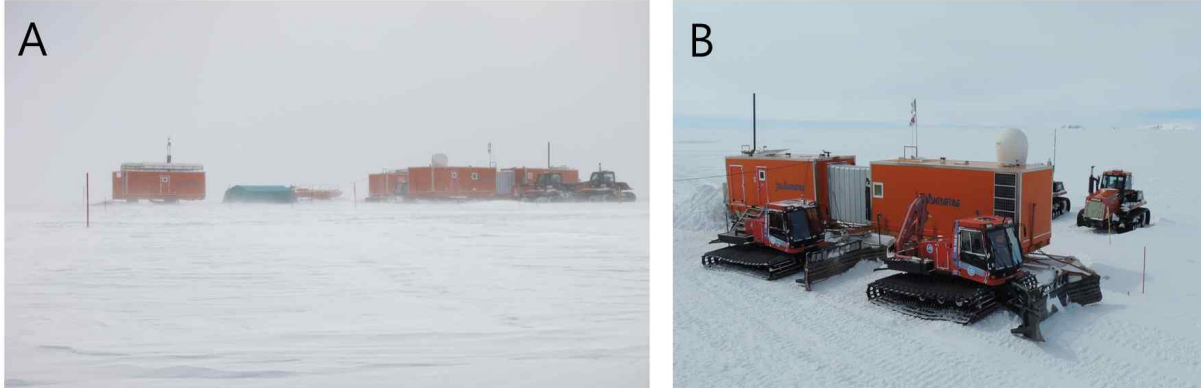


그림 31 (A) 기상악화 (블리자드) 시의 GV7 캠프. (B) GV7 캠프 일반구성 (카라반의 앞(남서)쪽에 피스텐볼리를 세우고, 캐터필러는 카라반의 뒷(남동)쪽에 세웁니다. 피스텐볼리는 수시로 사용하기 때문에 문쪽에 위치함).

(a) 카라반

카라반은 내륙기지의 생활이 이루어지는 중심 시설이다. 2동으로 구성되어 있으며, 좌측은 발전기, 보일러 작업실, 화장실, 세면장, 샤워실이 있고 중간 통로를 지나면 우측에는 식당, 주방, 침실 (8명 정원), 통신실이 있다. 이외에 작업공구, 부자재, 식품 창고로 사용되는 매거진과, 천부빙하 시추기를 설치해 이동하며 빙하시추를 할 수 있는 드릴 매거진이 운영되었다.



그림 32 (A) 탈로스돔과 GV7에서 실제로 운영한 카라반. (B) 안테나 설치 - 무선통신(VHF)을 위한 안테나를 카라반 남서쪽에 설치하였음. (C) 매거진 1 (작업공구, 부자재, 식품 창고로 사용되는 매거진).

(b) 카라반 내부의 작업공간은 발전기, 난방장치 등이 위치한 유닛에 포함되어있다. 각종 공구가 갖추어져 있어 트래버스 도중의 문제 또는 연구현장에서의 장비 문제 등을 해결할 수 있다. 시추기매거진에서는 바닥의 구멍을 통해 실내에서 시추작업이 가능하다.



그림 33 (A) 드릴 매거진 내부 (내부에는 천부빙하시추기를 설치하여 이동하며 빙하시추를 할 수 있음). (B) 카라반 작업실 및 발전기 (보일러)실. (C) 카라반 내의 작업실 (각종 공구들이 갖추어져 있어서 대부분의 작업과 수리를 할 수 있음). (D) 작업실에서 시추기를 수리하는 시추작업자와 기술자.

(c) 카라반의 생활공간은 크게 침실-식당, 화장실-욕실 매거진으로 나누어진다. 탈로스돔이나 GV7에서는 두 매거진이 연이어 배치되고 그 사이를 잇는 통로가 설치된다. 침실은 2층 침대로 구성되어있다. 식당에는 8명이 편하게 식사할수 있는 시설이 되어있고, 평소에는 작업 또는 모든 인원이 모일 수 있는 회의실로 사용되기도 한다.

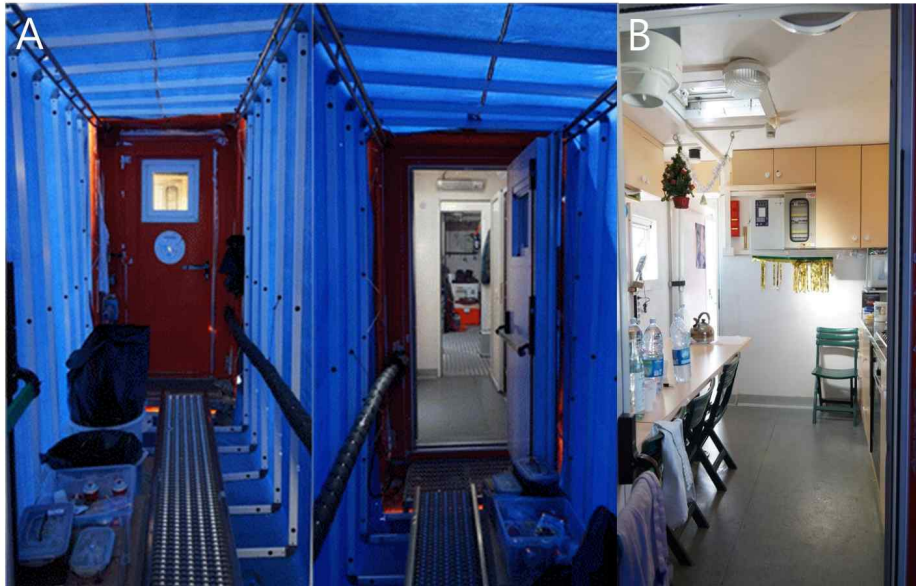


그림 34 (A) 카라반의 우측과 좌측을 연결하는 통로. (B) 식당 (천정에 창문이 설치되어 있어서 환기와 자연 채광이 됨, 취침시에는 암막이 설치됨).



그림 35 (A) 개인침대 (이층침대로 되어 있으며 각 침대마다 전원이 연결되어 있고 수납공간이 설치되어 있음) 식당공간에서 침대, 통신실로 가는 복도 (천정에 창문이 설치되어 있음). (B) 식탁은 식사시간 외에는 작업 및 휴식 공간으로 사용. (C, D) 카라반 내부 식당에서 식사. 카라반 식당은 8명이 쾌적하게 식사를 할 수 있게 설계되어 있음.

3.2. 빅토리아랜드-남극점 육상루트 개발 전략 수립 (로드맵)

앞서 서술한 바와 같이 대한민국 육상루트 개발은 내륙기지 지원을 위한 장거리 루트와 연구지원을 위한 단거리 루트 두 가지로 이원화 될 수 있다. 두 가지 루트에 사용되는 장비는 기본적으로 동일하며 상호간에 호환이 가능하게 구성해야한다. 아직 육상루트 개척경험이 일천한 우리로서는 최대한 안전하면서도 효율적인 접근을 해야한다. 그리고 루트확보를 위한 기본적인 탐사(GPR, 헬기정찰, 육상정찰 등)와 장비를 구축하기위해 필요한 연구와 장비설계, 제조에 필요한 시간 등을 고려하여 다음과 같은 3단계 구축방안을 제안한다.

(1) 1단계: 남극 빙원 접근성 확보 및 근거리 지원용 장비 확보
(모델: Talos dome-GV7, 250 km)

- 1차년도: 장보고기지-남극빙원 루트 정밀 탐사
- 2차년도: 루트/거점 탐사 및 장비 확보; 기보유장비 활용 시험 이동
- 3차년도: 장비확보 및 루트, 거점 확정
- 4차년도: 거점으로 장비 이동

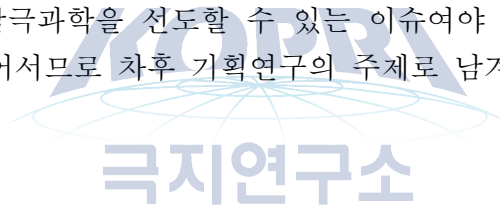
(2) 2단계: 근거리 연구지원 및 장거리 장비확보, 제 3기지 후보지 확정

(3) 3단계: 제 3기지 등 원거리 연구지원
(모델: Dumont d'Urville-Concordia, 1200 km)

4. 요약 및 결론

대한민국 육상루트 개발의 개념수립을 위해 남극연구 선진국들의 내륙기지 운영과 이를 활용한 연구 현황을 살펴보았다. 막대한 로지스틱스 지원을 기반으로한 경우는 단기적으로 대한민국 내륙연구의 모델로 삼기는 어렵다고 본다. 하지만 해안의 기지와 내륙사이의 경비행기 항공 루트와 1000 km 급 트라버스 체제를 갖추고 있는 이태리/프랑스의 경우가, 향후 남극내륙 로지스틱스 지원 능력을 고려한다면 우리가 참고하기 좋은 모델이라고 평가된다. 육상루트는 장거리(1000 km 급)와 단거리(500 km 급)으로 나누어 그 예를 살펴보았다. 장거리의 예는 1996년 이태리와 프랑스가 공동으로 실시한 돔 쿡코르디아 기지 보급과 EPICA (European Program for the Ice Coring in Antarctica)수행을 지원하기 위한 약 1120 km에 달하는 트라버스를 살펴보고 이에 대한 상세한 보고서를 첨부했다. 500 km급 트라버스는 2012-13년 하계에 극지연구소 빙하탐이 참가한 탈로스 돔과 GV7사이의 약 250 km 트라버스를 살펴보았다. 이와 같은 정보를 바탕으로 우리나라의 남극 내륙 내 활동을 위한 육상루트 수립을 위한 로드맵을 제시하였다.

대한민국의 남극 내륙진출의 1차적 목적은 그 목적지와 경로에서 수행하는 가치 있는 과학적 연구를 지원하기 위함이다. 이를 고려한다면 수행하는 과학 활동의 종류와 규모에 따라서 트라버스의 규모와 형태가 최종적으로 정해진다. 남극 내륙에서 어떤 연구를 수행할 것인지는 남극과학을 선도할 수 있는 이슈여야 할 것이며, 이에 대한 연구는 본 연구의 범위를 넘어서므로 차후 기획연구의 주제로 남겨둔다.



5. 참고문헌

Bo, S., Siegert, M.J., Mudd, S.M., Sugden, D., Fujita, S., Xiangbin, C., Yunyun, J., Xueyuan, T., Yuansheng, L., 2009, The Gamburtsev mountains and the origin and early evolution of the Antarctic Ice Sheet, *Nature* 459, 690-693.

Ferraccioli, F., Finn, C.A., Jordan, T.A., Bell, R.E., Anderson, L.M., Damaske, D., 2011. East Antarctic rifting triggers uplift of the Gamburtsev Mountains. *Nature* 479, 388-392.

Ridley, J.F., Cudlip, W., Laxon, S.W., 1993, Identification of subglacial lakes using ERS-1 radar altimeter, *Journal of Glaciology* 139, 625-634.

Wright, J. (2003). The South Pole Route. *Antarctic*, 20(3).

<http://www2.umaine.edu/itase/>

6. 부록: 프랑스-이태리 트라버스 보고서 번역본



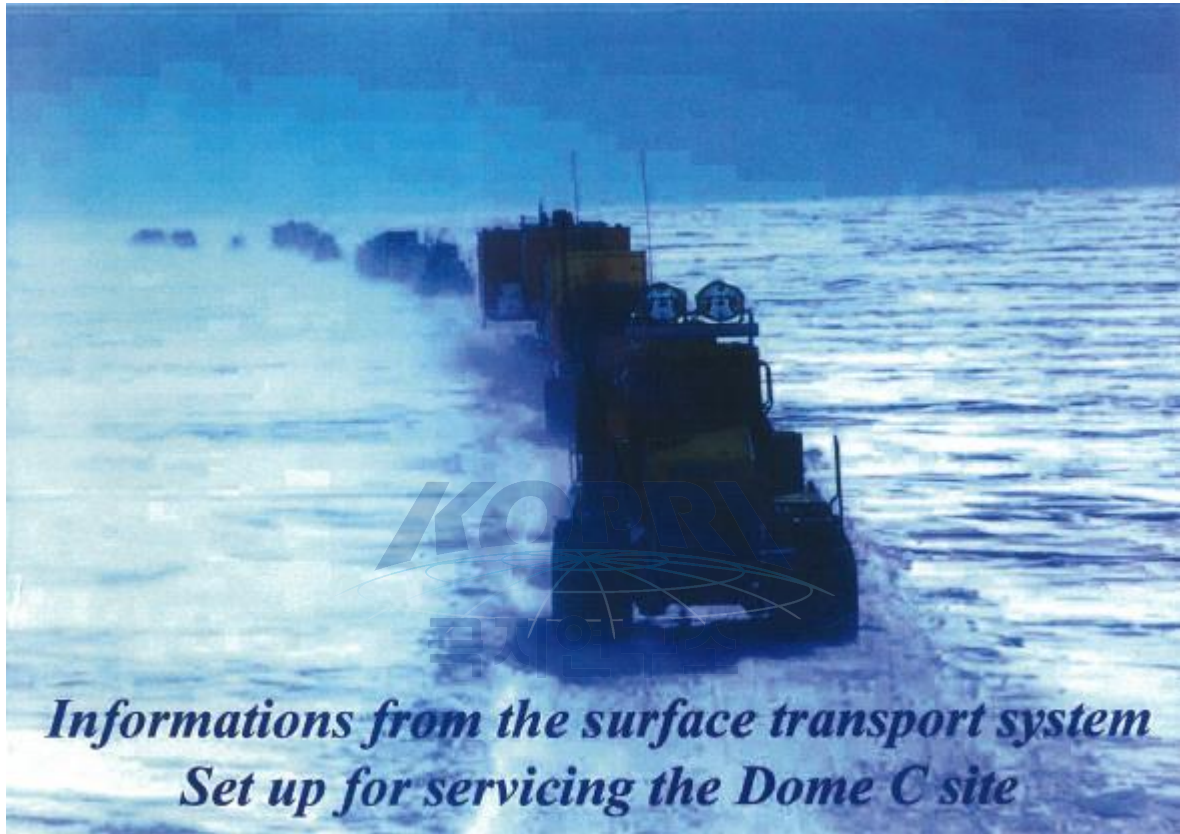


IPEV - PNRA

남극대륙 횡단

초판: 1996년 7월

6판: 2004년 8월



*Informations from the surface transport system
Set up for servicing the Dome C site*

지상 운송 시스템 정보

돔 C 기지 설정

Edited by:

INSTITUT POLAIRE FRANCAIS
Paul Emile Victor

Technopole Brest-Iroise
BP 75 - 29280 PLOUZANE
FRANCE

Tel : +33 (0) 98 05 65 00 Fax: +33 (0) 98 05 65 55
www.ipev.fr

**Ref: OPE/ANT
227 F / 01 - V6**

IPEV - PNRA

남극대륙 횡단

지상 운송 시스템 정보

돔C 기지 설정

2004년 7-8월

IPEV / PNRA

콩코디아

내륙 과학 시설



서언

돔 C (콩코디아)에 콩코디아 겨울 기지를 건설하고 관련된 유럽 남극 빙핵 채취 프로젝트(European Program for the Ice Coring in Antarctica, EPICA) 수행과 관련하여 내륙 1120km 까지 약 3,300 톤의 장비를 최초로 운반해야 했다. 또한 이러한 시설의 정상적 운영을 위해 매년 400 톤의 물자(식품, 연료, 기타 장비)를 운송해야 한다. 이를 위해 최적의 운송 시스템과 방법에 대한 연구가 수 차례 실시되었다.

드몽드빌과 돔 C 기지간 운송작업은 1993 년에 개시되었으며, 이때 처음으로 차량을 이용한 왕복 운항이 이루어졌다. 장비의 운송 횡단은 1996 년 최초로 실시되었으며 이때 사용된 장비와 횡단 경험은 캠브리지 심포지엄(Cambridge Symposium)에서 발표되었다.

1996 출판된 최초 문서의 개정판은 프로젝트 내용에 대한 합리화 작업 및 기술과 조직적 발전에 대한 사항을 집중적으로 기술하고 있다.

본 문서의 최초판을 이미 접한 독자는 지속적으로 진화해가는 시스템과 연구 과정의 합리화를 본 문서에서 목격할 수 있을 것이다. 또한 본 문서는 남극대륙 횡단 수송의 문제를 보다 최근에 접한 독자에게도 도움을 줄 것이다. 경험은 아직도 계속해서 확보되고 있으며, 이를 통해 많은 사람에게 도움을 줄 수 있을 것이다. 특히 유사한 환경에서 운송을 고려하고 있거나 항공운송에서 지상운송으로 전환을 염두에 두고 있는 경우 시행착오의 시간을 줄일 수 있을 것이다.

물론 개별 상황은 모두 차이가 있다. 아울러 우리가 진행 중인 작업이 완전히 이전 가능한 것도 아니지만, 완수한 작업과 현재 연구 중이거나 시도되고 있는 프로젝트의 경험을 통해 구축비용, 연료 소모, 또는 보다 일반적으로 지구에 미치는 영향을 줄일 수 있는 방안을 찾을 수 있을 것이다.

Figure 01 - Concordia traverse Nr 20 - November 2002

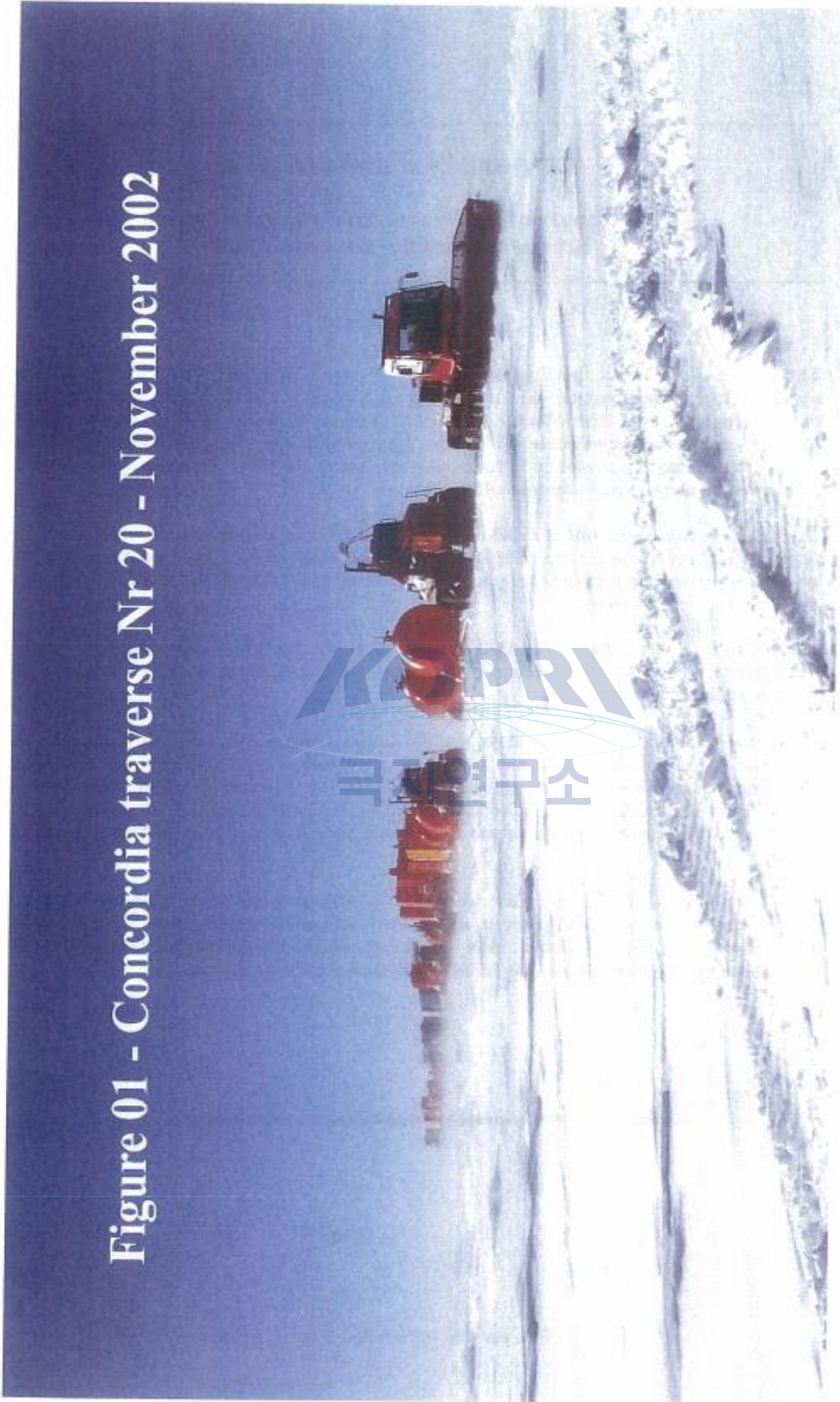


그림 01 - 콩코디아 횡단 20 (2002년 11월)

남극대륙 횡단

지상 운송 시스템 정보 돔 C 기지 설정

- 목차 -

A - 도입

A.1 - 사양 요약

A2 - 사양 요약 내용이 지니고 있는 의미

B - 장비 선정

B.1 - 차량

B.1.1 - 견인 장비 / 트랙터 및 정지(整地) 장비

B.1.2 - 썰매

B.1.3 - 무한궤도형 트레일러(tracked trailer) (그림 11)

B.1.4 - 숙소 및 기타 시설

B.1.5 - 무선통신

B.2 - 경유지 (출발지 및 도착지) 장비

B.2.1 - 출발지 (케이프 프뤼돔(Cape Prudhomme) - 수송대 적재 / 그림 17)

B.2.2 - 하역 (돔 C - 하역)

C - 일반적 조직 - 인력 및 안전

C.1 - 횡단팀

C.1.1 - 횡단 중 수행해야 하는 작업

C.1.2 팀 전체의 전문적 기능

C.1.3 - 사회적 고려사항

C.1.4 - 훈련

C.2 - 위험 평가

C.2.1 - 잠재적 위험 항목

C.2.2 - 예방 조치

C.3 - 식량의 구성 및 관리

C.3.1 - 영양가 있는 식사 제공

C.3.2 - 음료수 및 과자류

- 목차 계속 1 -

D. 폐기물 처리

E - 수송대의 일반적 구성

E.1 - 경로 준비 및 유지

E.1.1 - 경로 선택

E.1.2 - 노면의 균질화

E.1.3 - 자동 노면 정지

E.2 - 수송대 구성 요소의 구성 순서

E.2.1 - 화물 견인력을 향상시키기 위한 구성 정보

E.2.2 - 정박지 정차를 위한 수송대 구성

E.3 - 횡단 경로 중 작업

E.4 - 횡단 중 일과

F - 기술적 평가

F.1 - 콩코디아의 차량들

F.2 - 남극대륙 환경에 적합한 추가 기능 부여를 위한 차량 개조

F.2.1 - CAT 챌린저 65x, 동계용으로 개조 (그림 38, 39, 40, 41)

F.2.2 - 캐스보러 PB 330s (그림 41)

F.2.3 - 수송대 트랙터에 장착된 추가 장비 (그림 16, 40, 42, 43)

F.3 - 무한궤도 바퀴가 장착된 트레일러 (그림 11, 32, 55)

F.4 - 썰매

F.4.1 - 화물 썰매

F.4.2 - 횡단팀의 연료 썰매 (그림 9, 48)

F.5 - 비용 및 성과

G - 기술적 향상 노력 및 향후 개발

G.1 - 견인 차량

- 목차 계속 2 -

G.2 - 경로 정지 및 유지보수 작업

G.2.1 - 노면 정지 장비

G.2.2 견인된 정지 시스템 (그림 53)

G.3 - 트레일러 하부장치

G.4 - 횡단 시 사용되는 연료 수송

G.5 - 약천후 시 운항 및 운전

G.5.1 - 현재 시스템

G.5.2 - 계획중인 시스템

G.6 - 캐러밴

G.6.1 - 거주 캐러밴 (그림 59)

G.6.2 - 동력 생산 캐러밴

G.7 - 폐기를 처리 - 횡단 시 물 처리

G.8 - 통합 수송대의 개념 (그림 55, 61-64)

G.8.1 - 원리

G.8.2 트랙터 / 선두 차량 (그림 62)

G.8.3 - 화물 및 탱크 트레일러 (그림 63, 64)

G.8.4 - 하부장치(Undercarriage)

IPEV - PNRA

남극대륙 횡단

A - 도입

모든 일에는 시작이 존재한다. 한 장소에 누군가 도착해 어떤 것의 건설을 요구하기도 하며, 한 지점에서 다른 지점으로 인력과 장비의 이송을 요청하기도 한다. 간단히 말해, 특정 요구사항에 대한 전체적 사양을 당신에게 제공하거나, 당신이 그러한 사양을 요청하기도 한다.

남극대륙 위에 새로운 기지를 건설하고 생명을 불어 넣기 위해 무엇을 해야 할까? 구체적인 사양이 존재하지 않는 상황에서 물류기술자는 필요한 정보를 찾고, 임무 수행을 위한 토대를 구성해야 한다. 콩코디아(Concordia) 기지의 경우, 아래 도해에서 알 수 있듯이 장비 제조업체의 작업장에서 시작된 전 지구적 운송작업의 가장 마지막 단계가 바로 남극대륙의 횡단이다.

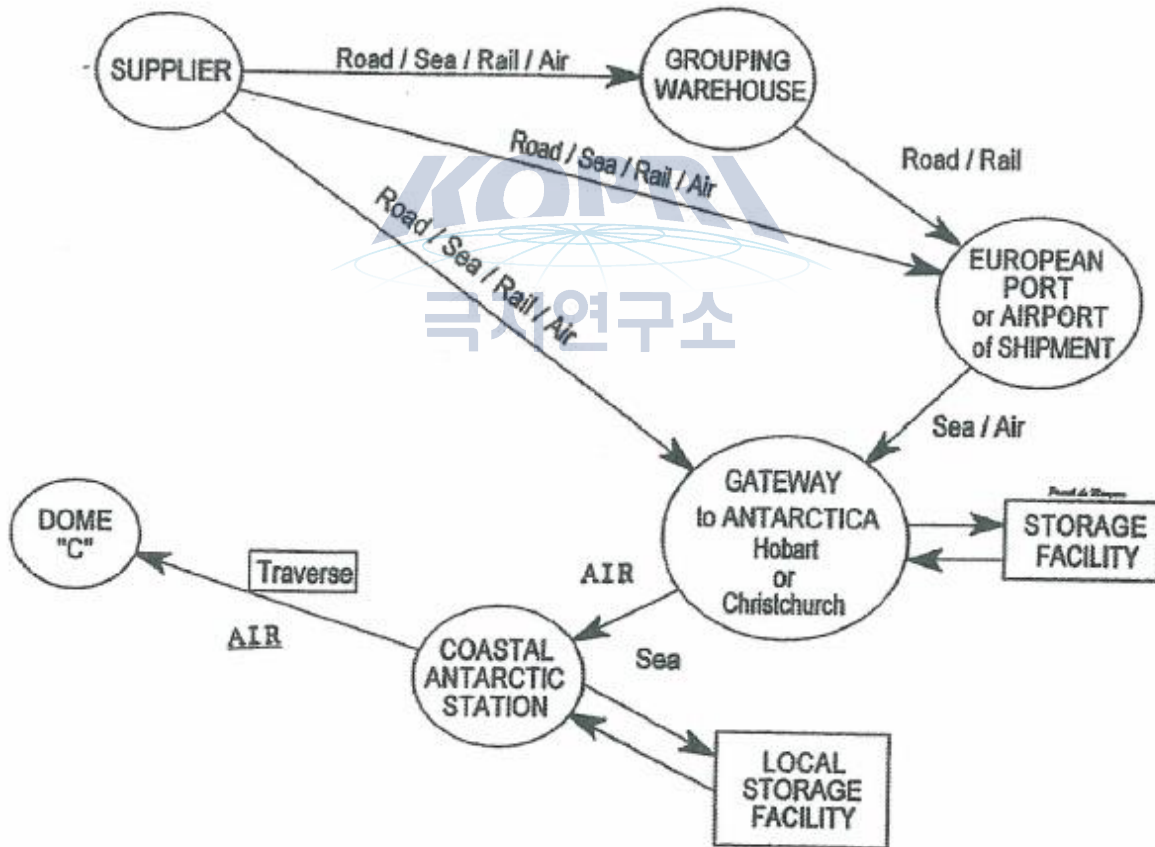


그림 2 유럽에서 남극대륙 기지까지 운송 경로

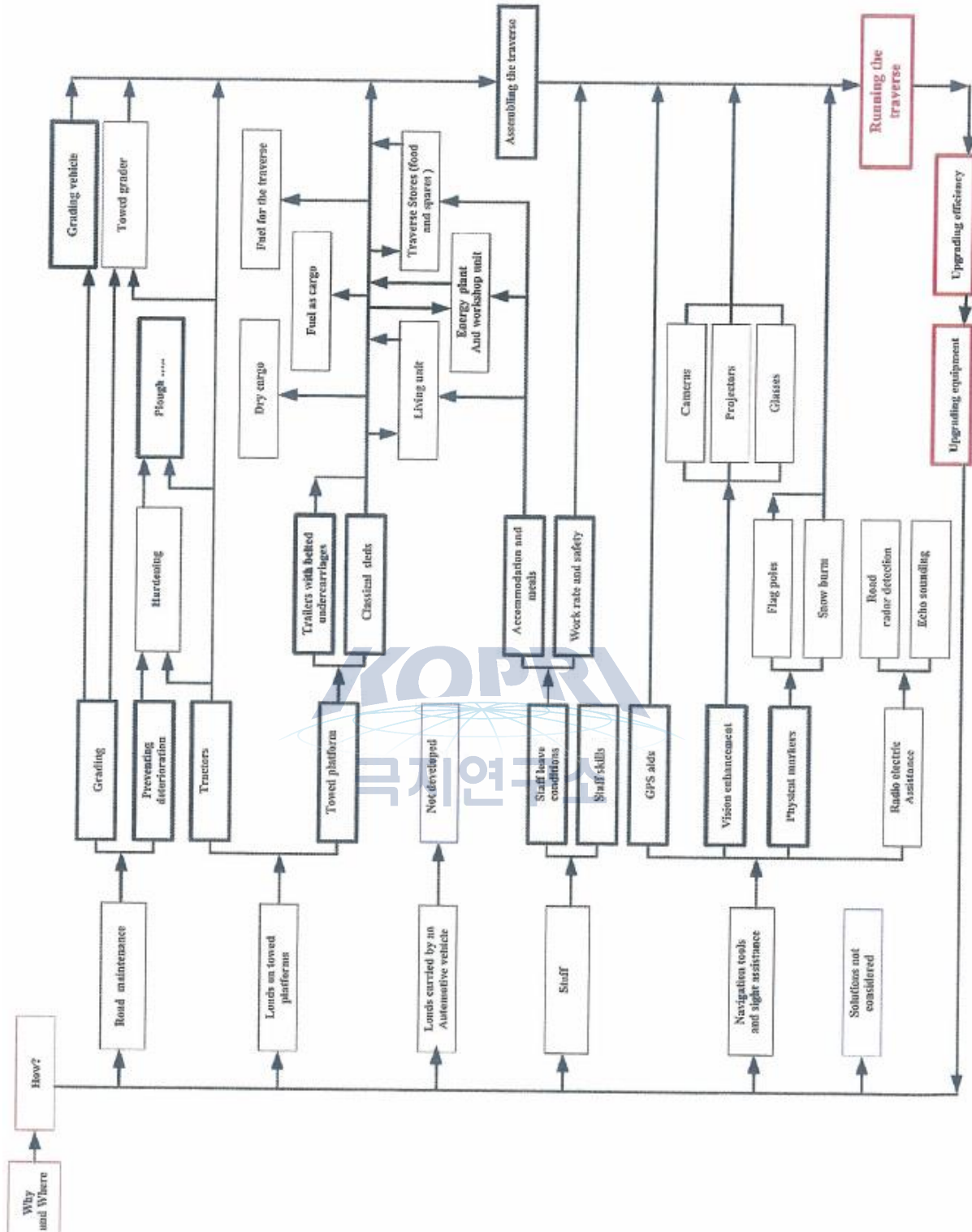


그림 3 - 이론적 틀거리 / 물류 과정 도해

누군가 남극대륙 횡단을 언급했다면 항공 운송이 아니라 지표면을 이미 선택했거나, 적어도 지표면 운송의 방법에 대해 알아보고자 하는 것이다.

A.1 - 사양 요약

다음과 같이 단순하게 요약할 수 있다.

지리 데이터

- 출발지의 위치 및 특성
- 도착지의 위치 및 특성
- 단절 가능성이 있는 구간을 포함하여 출발지와 도착지 사이 지형 특성

기상 데이터

- 우세풍(prevaling wind)의 존재 여부, 속도, 방향
- 구름 덮인 날 운량 밀도
- 온도 도표

경제 데이터

- 운송 화물의 종류 및 무게
- 화물의 특성
- 1년 중 이용 시기 및 이용 가능한 일 수
- 운송 제한 (언제, 어떻게 등)
- 작업의 지속가능성 (정확성, 매년 갱신 가능성)
- 유지관리 정책의 선택
- 기차 지구 조직화

환경 데이터

- 횡단하는 지역의 보호 상태

A2 - 사양 요약 내용이 지니고 있는 의미

이러한 사양을 통해 그림2에 제시된 연결 사슬에서 마지막 역할에 대한 이해를 분명히 할 수 있다. 결과를 만들어 내야 할 의무가 있는 전문 운송 조직에 관한 것이다. 즉, 화물을 기한 내에 온전한 상태로 적정 가격에 운송할 수 있는 운송 조직만이 그러한 작업을 반복적으로 수행할 수 있다.

그림 3은 사고(思考)와 설계 과정 간의 이론적 연계성을 제시하고 있다. 운송 조직은 다음 사항 중에 선택해야 한다.

- 지상과 접촉 또는 접촉하지 않는 차량 / 에어 쿠션 또는 지상과 직접 접촉 중 선택
- 화물을 적재 또는 견인 중 선택
- 화물을 견인하는 경우 바퀴와 썰매 중 선택

요구되는 사항은 다음과 같다.

대원 관리 관련 사항

- 필요한 훈련
- 거주 조건: 식사, 잠자리, 위생, 편안함
- 운전 리듬
- 그룹 내 시간 일치
- 안전 사항
- 통신

트랙 관리 및 준비 관련 사항

- 경사 변경
- 트랙 다짐

운항 관련 사항

- 위치 확인 및 경로 발견
- 경로의 재확인
- 약천후 회피

효율적 체계적으로 작업

- 화물의 순서 결정
- 수송대 조직화
- 유지관리 조직화
- 적재 및 하역 계획
- 그림 1 연결 사슬의 각 연결점에서 연결점까지 일관된 포장 시스템을 선택 및 적용하여 불필요한 화물의 직접 처리 과정 생략



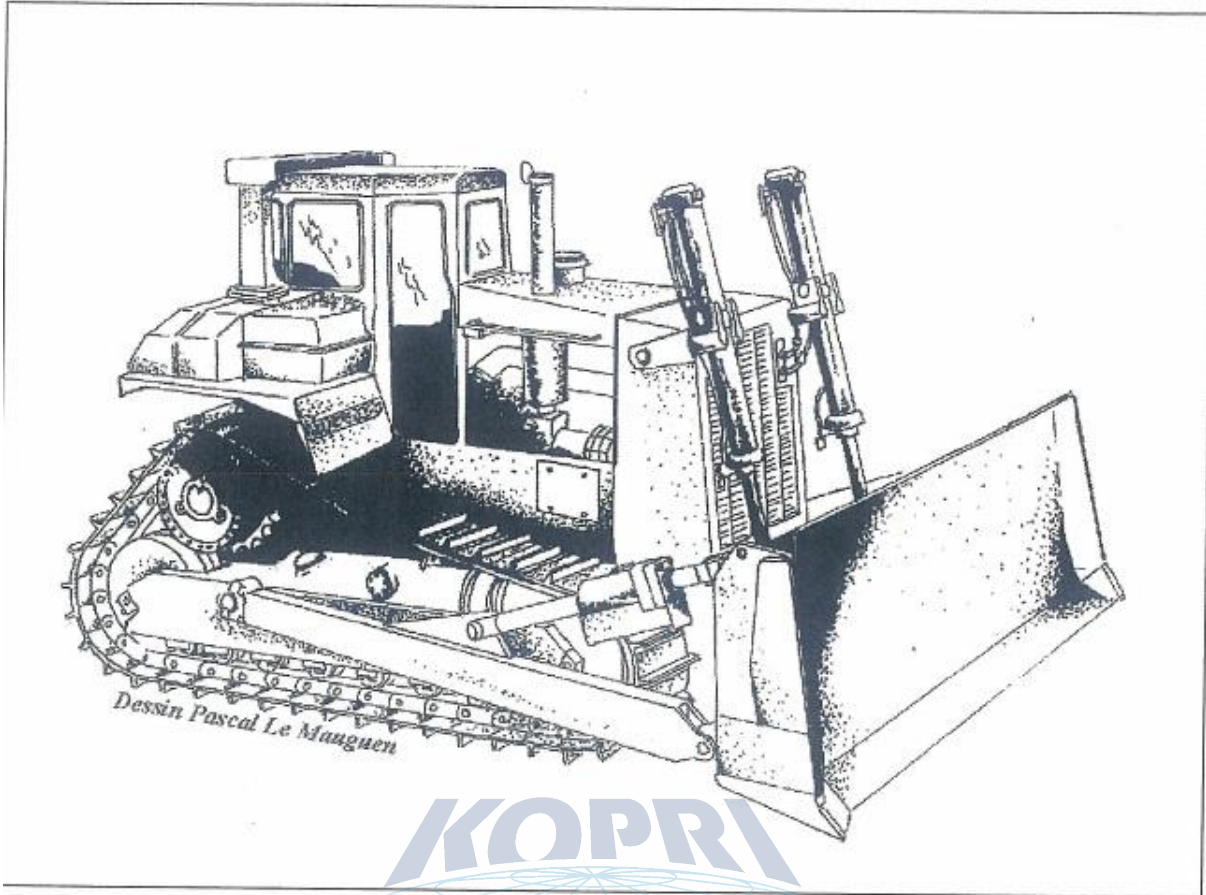


그림 04: 캐터필러 D7
극지연구소



그림 05: 동계용으로 개조된 캐터필러 챌린저 65C

B - 장비 선정

B.1 - 차량

두 가지 선택이 가능하다. 한 가지는 자체 동력을 갖춘 차량에 화물을 적재하는 것이고, 다른 하나는 트랙터가 견인하는 썰매나 트레일러에 화물을 적재하는 것이다. 어느 경우를 선택하건, 전세계 어디에도 남극대륙 횡단에 적합하도록 처음부터 제작된 차량은 존재하지 않는다. 선택의 기준은 다음과 같다.

- 환경 조건에 대한 적응성
- 사용의 간편함
- 신뢰성
- 프랑스의 남극기지, 호주 및/또는 뉴질랜드와 가까운 곳에서 부품 구입의 용이성
- [지압(地壓), 작업 속도, 정지(整地) 등] 지반 상태와 관련된 사용성
- 적재 용량 및 견인 용량
- 연료 소모량
- 비용

우리는 운송 시스템 구축 프로젝트를 시작한 초기에 프로젝트 실행이 지연되지 않도록 하기 위해 시제품의 설계 작업에 관여하기 보다는 필요한 요건을 충족할 수 있는 상업용 차량을 찾기 위해 노력했다.

콩코디아와 같은 프로젝트에서 운송수단은 매우 중요한 요소로서 타협의 여지가 거의 없다. 남극기지 내 생활과 기지의 영속성을 유지하고 지원하는 운송수단의 중요성에 대한 연구가 이루어졌다. 연구에 따르면 1990년에는 현실을 반영하고 있거나 경쟁력을 가지는 수준이 아니었다. 우리의 의도는 시장에서 구입 가능한 장비를 살펴보는 수준이었다. 구체적인 요구사항을 만족시킬 수 있는 지속 가능한 장비를 찾을 수 없었다. 자체 동력과 적재용 데크를 지닌 차량은 초기에 제외되었다. 화물의 운송량이 많았기 때문이다. 이러한 유형의 차량은 곧 우리의 수송 능력이나 차량 자체를 유지 관리 능력을 벗어나게 된다. 마찬가지로 저온에서 얼음이나 눈 위를 주행하는 트랙터의 성능 역시 매우 제한적이다. 우리가 이용할 수 있는 트랙터의 범위는 다음과 같이 제한된다.

- 토목용 트랙터,
- 농업용 트랙터,
- 스키장의 노면 정지 작업에 이용되는 트랙터.

우리가 이용할 수 있는 적재용 운송수단은 다음과 같다.

- 썰매
- 궤도형 트레일러

B.1.1 - 견인 장비 / 트랙터 및 정지(整地) 장비

이 프로젝트를 개시하고 장비를 물색하기 시작할 때, 우리의 관심을 끄는 장비는 전세계에 단지세 종류의 트랙터뿐 이었다.

- 캐터필러 D 시리즈 "추진형(pushing)" 트랙터 (불도저 - 그림 04),
- 캐터필러 챌린저 시리즈 농업용 "견인" 트랙터 (그림 05),
- 캐스보러 피스텐 불리(Kassbohrer Pisten Bully) (PB) 시리즈 "눈 경사 작업용" 트랙터 (그림 06).



그림 06: 캐스보러 P330

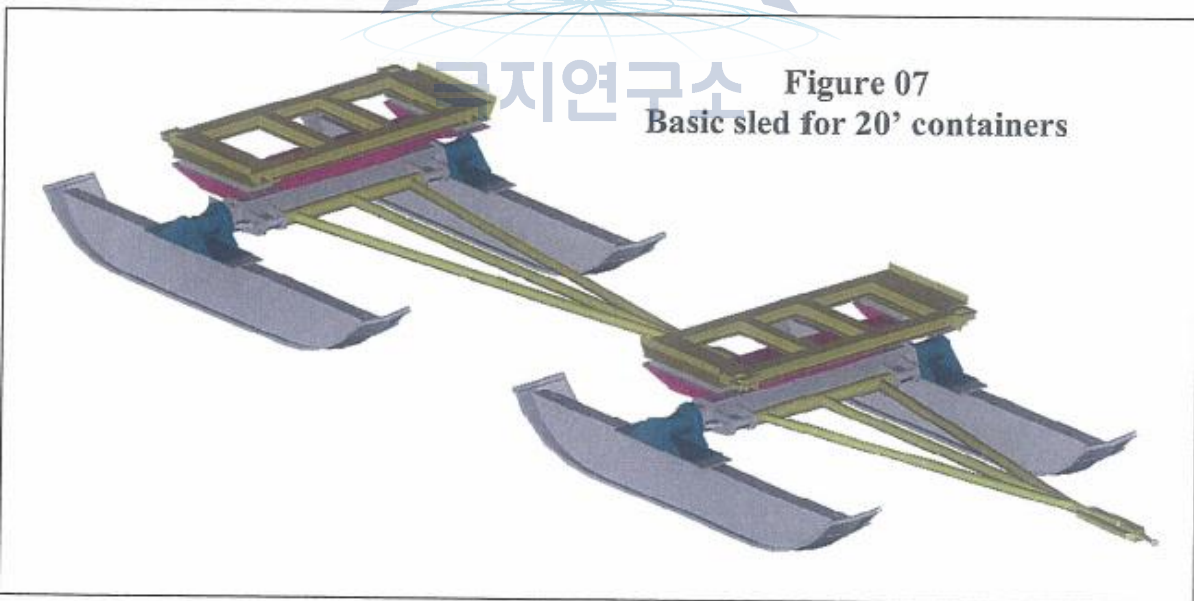


그림 07: 20' 컨테이너용 기본 썰매

캐터필러 D 시리즈 트랙터는 탁월한 성능을 지녔지만 가격이 너무 높고 속도가 느려 제외되었다. 캐터필러 챌린저 시리즈는 고무 궤도를 장착하여 부드러운 지면에서 견인을 목적으로 한 농업용 트랙터이다. 간단한 변형을 통해 여름철 남극대륙에서 이용이 가능하다. 캐스보러 PB 시리즈는 견인 장비가 아니다. 이 장비는 스키장에서 지면의 눈을 고르는 장비이며 날(blade)과 함께 사용할 수 있는 호환성이 없다. 또한 지압이 매우 낮다.

캐터필러 챌린저 시리즈 트랙터, 65x 시리즈(그림 05)는 토목공사에서 사용되는 캐터필러의 장점을 가지고 있다. 이 장비는 지압이 낮고 (300 hPa), 엔진의 출력이 좋으며 (215에서 240 kW), 단순하고 튼튼한 구조로 설계되어 있다. 기존의 직결 동력 변속(powershift) 변속기(유압 클러치와 반자동 기어박스)를 장착할 경우, 작동 중량은 15,500kg이고, (무 부하 상태에서) 최대 속도는 30km/h, 견인 시 작동 분쇄 속도는 7-18km/h이다. 이 장비는 견인용으로 설계되었다. 따라서 내구성 문제를 염려할 필요 없이 지속적인 견인이 가능하다. 하지만 “점착성이 거의 없는” 건조 눈에서는 견인력이 다소 떨어질 수 있다. 간단하고 튼튼한 구조로 설계되었기 때문에 유지관리 측면에서 장점이 있다. 이 장비는 애초에 날을 장착하고 있지 않다. 따라서 장비를 완전히 개조하지 않는 이상 날 장착이 불가했다 (상하 요동이 크고 가시성이 떨어졌다). 기계적으로 과도한 충격이 차체에 가해지기 전에 궤도 이탈(track slip)이 발생하므로 (기계적으로) 최대 수준에서 안전한 견인이 가능하다. 최대 용량으로 견인 시 때때로 트랙터가 (돌출부, 눈의 융기부 등) 불규칙한 지면에서 고착상태에 빠질 수 있다. 만년설과 같이 지면의 상태가 좋지 않아 발생하는 어려움은 트랙터를 나란히 연결하여 부하를 분산시킴으로써 해결하였다. 그래프 E2 참조.

캐스보러 PB 시리즈(그림 06)는 스키장에서 눈 고르는 용도로 설계된 장비이다. PB 330이나 300은 240kW 출력으로 많은 양의 눈을 밀어낼 수 있으며 무게가 900kg으로 가벼워 경사진 슬로프를 올라갈 수 있다. 지압이 매우 낮아 (80hPa) 슬로프의 눈이 과도하게 다져지지 않는다. 변속은 전기적으로 제어되는 유체 정압 펌프와 모터를 통해 이루어진다. 날은 눈 고르는 용도로 설계되었으며, 다루기가 매우 쉽다. 무 부하시 최대 속도는 약 17km/h이다. 이 장비는 모든 종류의 눈에서 이동이 가능하지만 지압이 낮기 때문에 눈이 얇게 쌓인 곳에서는 견인력이 다소 떨어진다. 또한 기술적으로 정교하게 만들어져 장비를 갖춘 정비소가 가까이 있지 않으면 정비가 어렵다. 남극대륙에서 운행할 경우 대규모 서비스 작업 간격은 약 1,500시간이다. 경험에 의하면 PB를 이용해 무거운 화물을 견인 시 유체 정압 변속기에 손상을 초래한다.

두 종류의 장비 모두 1km를 주행 시 약 6리터의 경유를 소모한다. 무 부하시 연료 소모량은 챌린저의 경우 2 L/km, 유체 정압 변속기가 장착된 PB는 4 L/km으로 감소한다.

요약: 수송대의 장비를 표준화하고 간소화된 유지관리 바램에도 불구하고, 기계장비는 상호보완적이기 때문에 두 장비를 모두 사용하기로 결론 내렸다. 챌린저는 견인용으로 PB는 눈 고르기와 다른 관련 작업용으로 사용하기로 했다.

B.1.2 - 썰매

썰매는 얼음이나 눈 위에서 화물을 견인하여 이동하는 전통적인 방법이다. 썰매는 바퀴가 사용되기 이전인 선사시대에 이미 만들어졌다. 썰매의 최초 개발자는 본능적으로 마찰력이 적은 눈길을

이용하는 저지압 장비를 개발한 것이다.

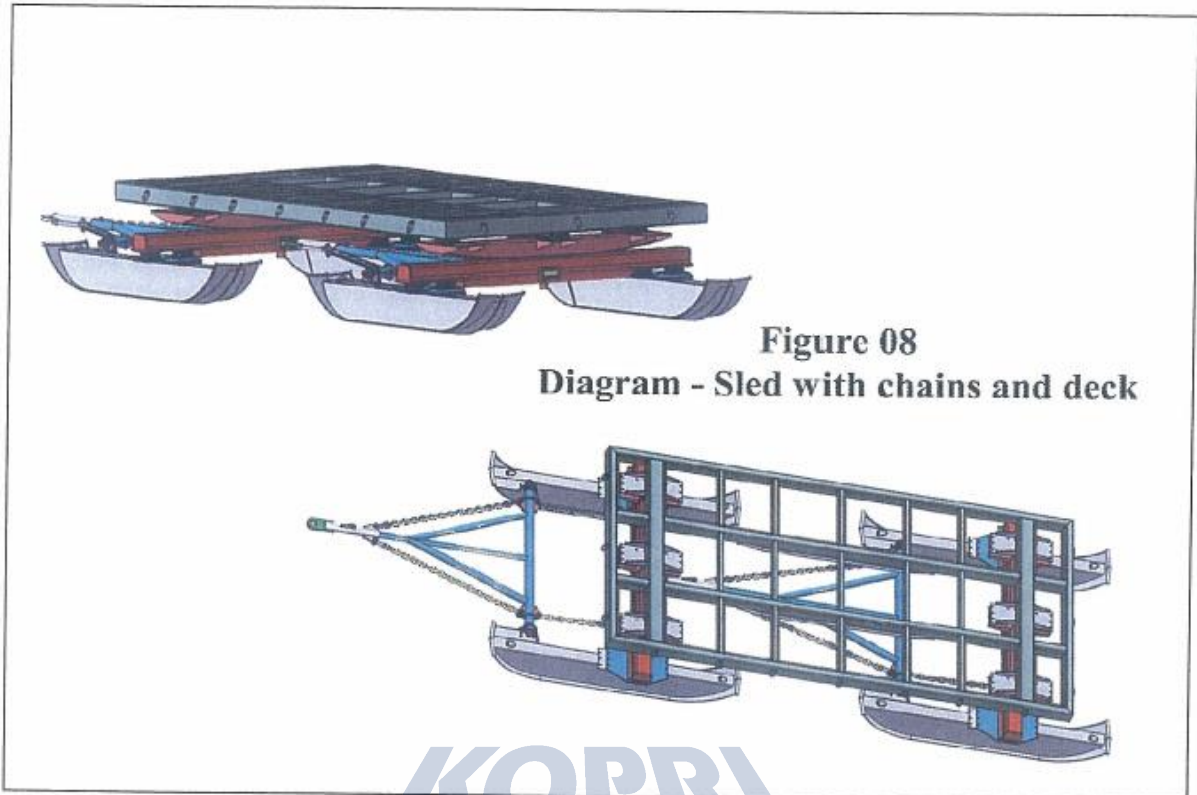


그림 08 데크와 체인이 장착된 썰매 도해

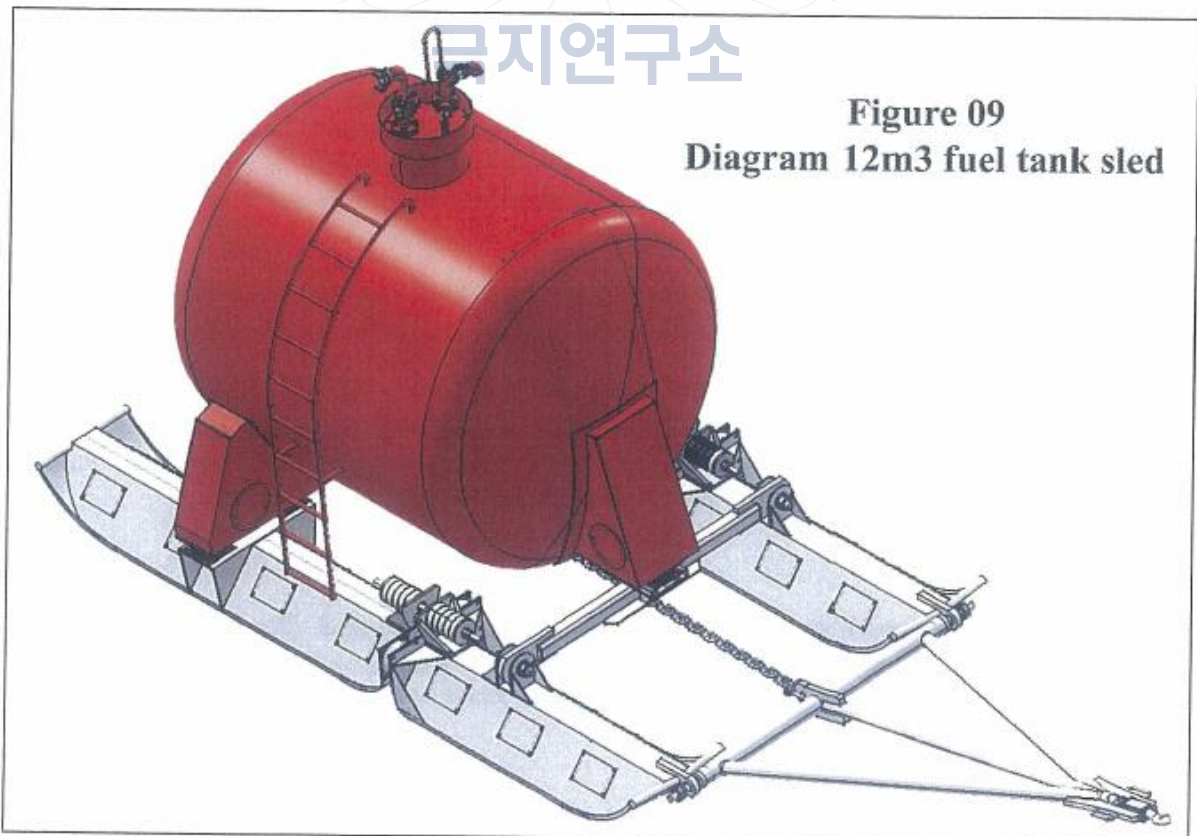


그림 09 12m³ 연료 탱크 썰매 도해

만년설 횡단에는 썰매를 사용한다. 모든 원정대는 각자 설계한 경량의 썰매를 사용한다. 하지만 대용량 화물 운반용으로 설계된 썰매는 매우 드물다. 우리는 오타코(Otaco)와 알렌(Aalener) 연결 모델을 사용했지만, 두 모델 모두 지나치게 무겁거나 약한 단점을 지니고 있다. 현재는 우리가 설계한 썰매를 이용하고 있다.

- 건화물 12톤 용 연결 썰매(그림 07)는 데크형과 컨테이너 적재형으로 나뉘어진다. 이러한 썰매는 아주 단순한 기본 모델에서 현재의 세련되고 신뢰할 수 있는 모델로 발전했다. 현재 모델은 특히 트랙의 노면에 미치는 영향을 감소시킬 수 있다.
- 연료 수송에는 세 개의 탱크 모델(그림 09, 그림 10, 그림 56)이 사용되었다. 첫 번째 모델은 탄성 장치를 이용한 단일 연결 썰매 위에 장착된 상대적으로 작은 용량(12m³)의 탱크이다. 첫 번째 모델은 횡단 시 사용되는 연료 운송에 주로 사용된다. 두 번째 탱크 썰매는 26m³ 용량으로 기지까지 연료를 운송하는 데 이용된다. 세 번째 모형은 현재 문서 상으로만 존재하지만 궁극적으로 첫 번째 모델을 대체하여, 수송대가 이용하는 연료를 운송한다. 용량은 14m³이고 부품 대부분이 가장 최근에 사용되는 화물 썰매와 호환성을 가진다.

이러한 썰매는 모두 순중량 대 총중량 비가 좋고 운행 중 기계적 굴절이 없다. 또한 기술적으로 유지 관리를 최소화하였다.

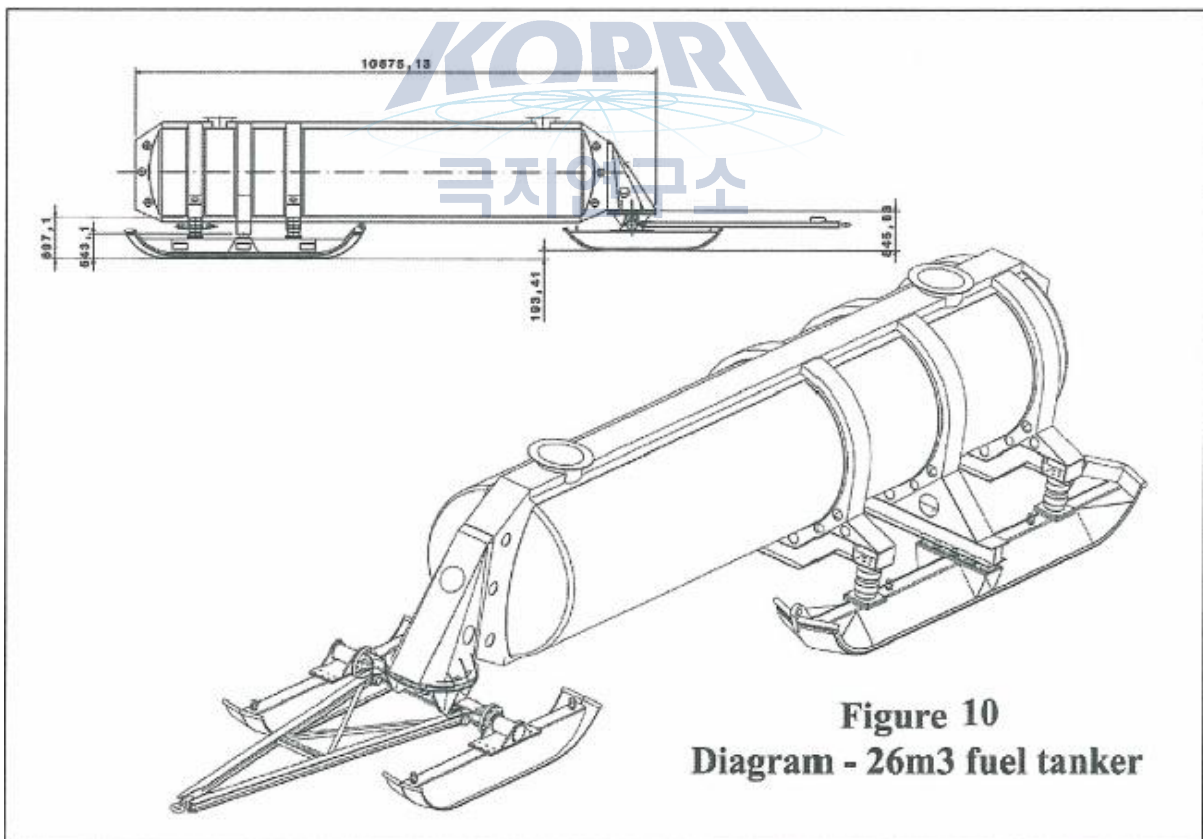


그림 10 26m³ 연료 탱크 도해

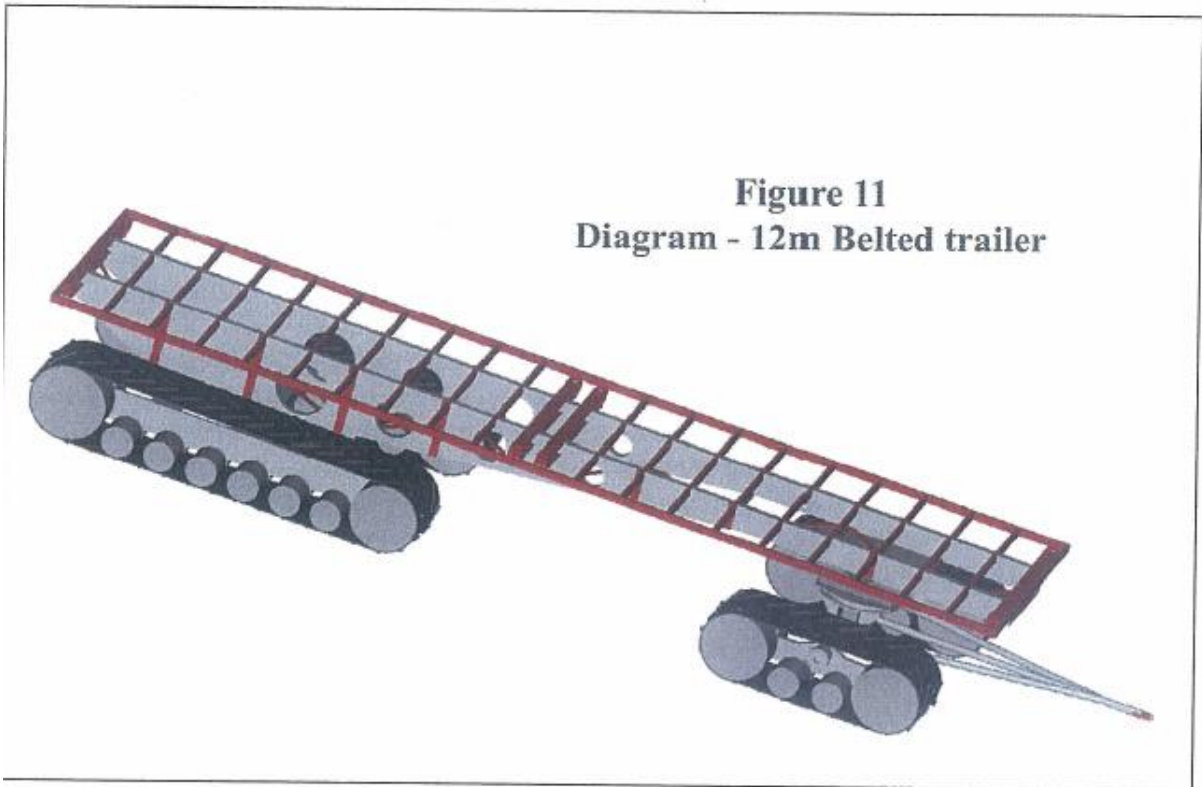


그림 11 12미터 벨트 트레일러 도해

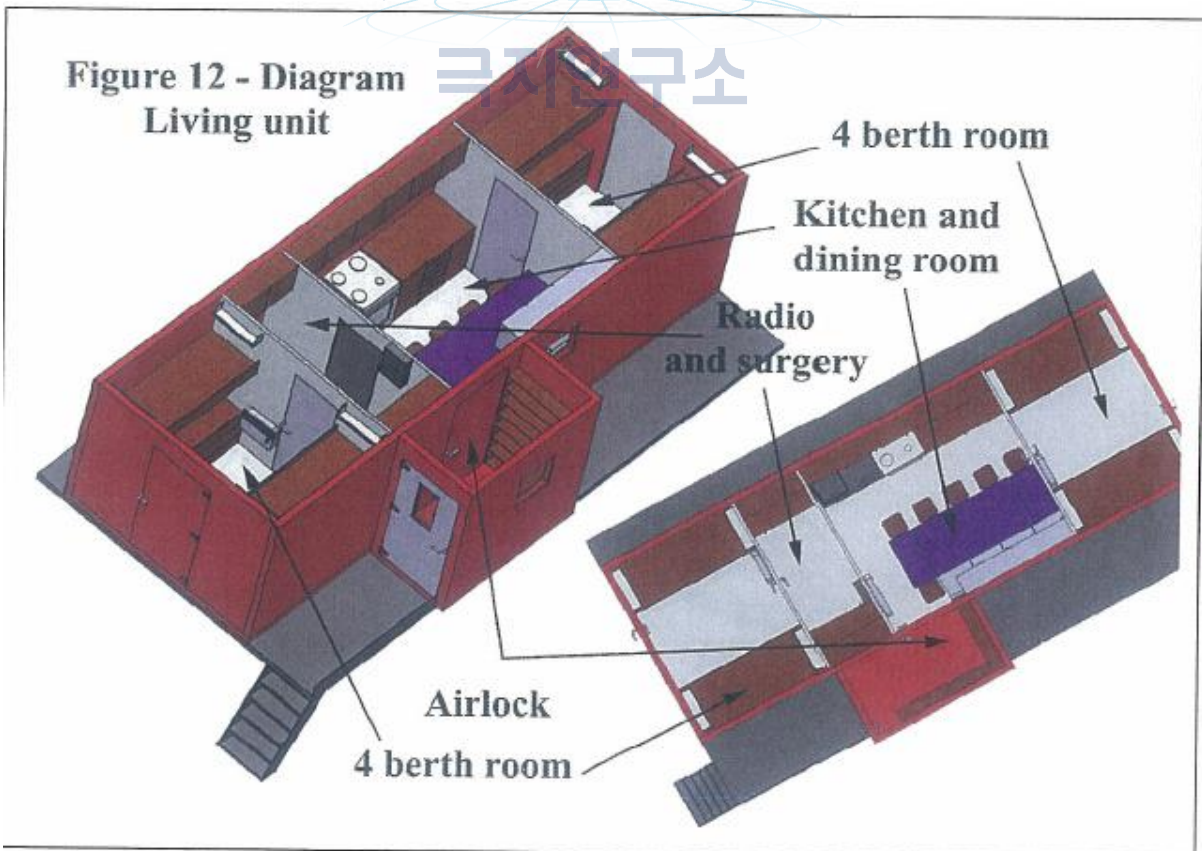


그림 12 -거주 캐러밴 도해

B.1.3 – 무한궤도형 트레일러(tracked trailer) (그림 11)

시간이 흐름에 따라 썰매의 역할을 회전운동이 이어 받았다. 썰매에 비해 회전시스템이 견인 저항력이 적기 때문이다. 부드러운 지면에서 회전 운동은 무한궤도를 통해 이루어진다. 무한궤도 바퀴는 부드러운 지면과 회전 바퀴간 연결을 통해 지면에 넓게 하중을 분산하고 지압을 낮춘다. 무한궤도는 자체 동력으로 움직이는 차량의 경우는 효과가 인정된 방식이지만, 수동으로 견인되는 차량에서는 효과가 검증되지 않았다. 수동 무한궤도의 하중 분산은 지속적 고무 무한궤도 바퀴가 존재할 때 가능하며, 이 장치는 1980년대 후반 제조업체 카탈로그에서 찾을 수 있다. 그 이전까지는 무한궤도 바퀴를 강철 소재나, 탄성중합체 조각을 나란히 기계적으로 이어 붙여 만들었다. 고무 재질 무한궤도 바퀴는 기계적 안정성이 높고, 단단한 지형에서 썰매에 비해 운동 내성(motion resistance)이 낮다.

기술적 결정에 따라 서로 다른 이 두 시스템을 동시에 개발하여 시험하였다. 경험에 따르면 썰매와 트레일러는 서로 보완 가능하다. 무한궤도 트레일러의 디자인은 기술적으로 썰매 디자인과 무관한 도로용 차량에 기반하고 있지만, 남극대륙에서 사용되는 독특한 운송 플랫폼을 만들어 내었다. 사실상 무한궤도 바퀴는 명성에 걸맞게 탁월한 기능을 발휘하였다. 하지만 초기에는 기대에 부응할 만한 성능을 발휘하지 못했다. 다음과 같은 두 가지 이유에서이다.

- 무한궤도 바퀴는 최대 -35의 탄성을 지니는 탄성중합체에 만들어지지만 기온이 내려갈수록 경화가 빠르게 진행된다.
- 무한궤도 바퀴가 최대 용량에 도달했을 때 지면에 가해지는 압력은 약 0.5kg bar로 지나치게 크다.

B.1.4 – 숙소 및 기타 시설

횡단 시 수송단의 작업은 매일 15-16시간 동안 이루어진다. 따라서 대원들이 쉴 수 있는 편안한 숙소가 제공되어야 한다. 대원들 생활을 위한 시설은 세 영역으로 나누어진다.

“거주” 영역(그림 12와 13)은 침실 2개, 수술/통신실 1개, 부엌/조리실 1개, 야외 베란다 1개로 이루어졌다.

“에너지” 영역(그림 13과 14)은 발전기 세트, 식수 생산 (눈 용해기) 및 분배 시스템, 작업실, 화장실, 상온 의약품 저장고로 구성된다. 발전기 용량은 65kW이며 거주 영역과 에너지 영역에 전기를 공급하고, 트랙터 정지 시 엔진 가열용도로도 사용한다.

연료 공급 펌프는 외부에 존재하며 하루 4m³의 연료를 소모하는 트랙터에 연료를 공급한다.

“저장” 영역은 2곳으로 나누어진다. 각각 식량 및 소모품과 예비 부품을 보관한다. 1개월 정도 걸리는 횡단의 경우 약 1,200kg의 식량과 음료가 필요하며 약 2m³의 공간을 차지한다.

거주 영역과 에너지 영역은 강철 보강재로 뼈대를 만든 샌드위치 패널로 만들어졌다. 패널의 두께는 약 10mm이다. 두 영역 모두 단단한 운송용 샤시 위에 구축되어 있다.



그림 13 거주 및 에너지 영역



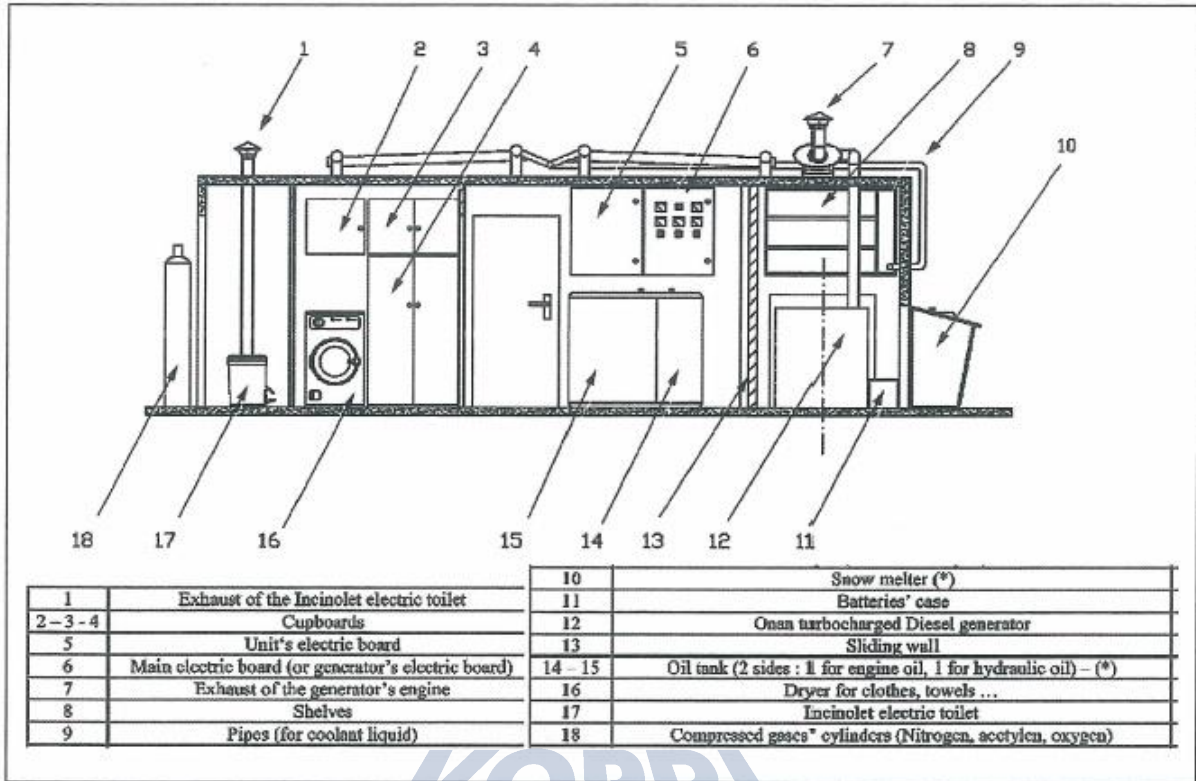


그림 14 발전기 장치

B.1.5 - 무선통신

거주 영역과 트랙터에는 고정식 VHF 무전기가 장착되어 수송팀 내 또는 근방의 기지와 근거리 통신이 가능하다. 고정식 무전기는 주머니나 재킷 칼라에 고정되는 휴대용 개인 VHF 무선통신기를 포함한다.

횡단 수송대는 장거리 통신을 위한 네 개의 시스템을 보유하고 있다.

- 이메일 전송을 위한 고정식 이리듐 스테이션(Iridium station). 이리듐은 사적 및 공적 메일을 일 단위로 전송하는 일반적 방법이다. 또한 고정식 네트워크와 다른 이리듐 스테이션에 전화 연결 시에도 이용된다.
- 인마셋(Inmarsat) C 는 이리듐 스테이션의 설치 전에 텔렉스 위치 보고 및 기타 일반적 작업 메시지 전송에 주로 사용된 시스템이다. 이 시스템은 이리듐에 대한 안전 백업용으로 유지되고 있다. 이리듐은 경제적이지는 하지만 전송 품질이 불규칙적이기 때문이다.
- 인마셋 M 은 이리듐 네트워크의 대안으로서 팩스와 전화 연결용 시스템이다.
- 전통적 HF 무선통신 시스템 역시 인공위성 시스템의 대안으로 사용된다. 또한 (약 20Km)에 달하는 VHF 시스템의 송신 범위를 벗어난 경우 HF 음성 통신용으로 이용된다. HF 무선통신 통신은 "거주" 영역과 두 대의 트랙터에 설치되어 있다.

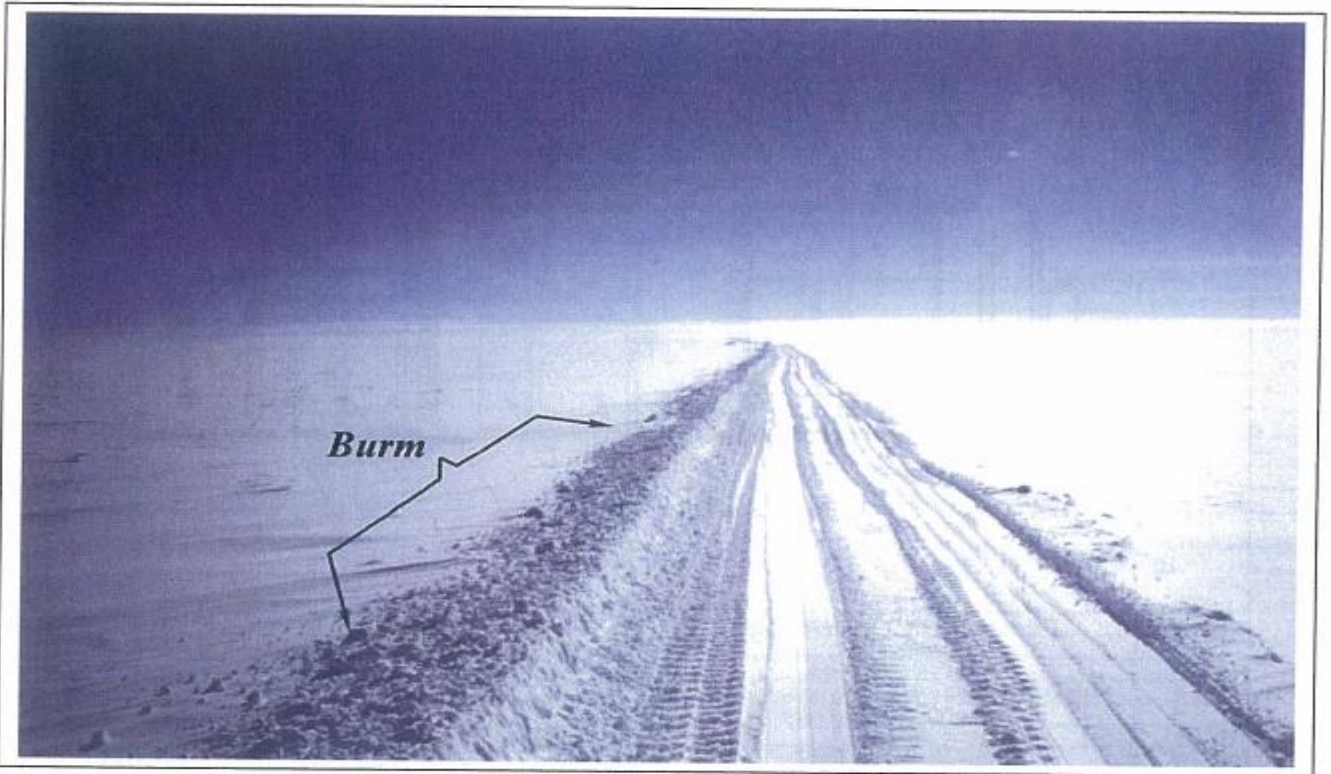


그림 15 무한궤도 트랙 및 경사면 (Burm)



그림 16 조명(projector)이 장착된 챌린저

B.1.6 – 운항 (Navigation)

운항은 GPS 와 경로에 대한 국지적 물리적 정찰에 기반하고 있다. 선두 차량은 경로를 찾아내고 따르는 역할을 수행하며, 이를 위해 물리적으로 경로를 찾을 수 있는 몇 가지 전자장비를 갖추고 있다. 전자장비는 다음과 같다.

- 차량의 위치를 찾는 방위 GPS 장치. 차량이 이동하기 전에 차량의 방위를 제공한다.
- 장치에서 발생하는 노이즈로 인해 초래되는 오류를 줄이기 위한 전자장치. 첫 번째 GPS 장치는 차량의 방위를 제공하지만 두 번째 GPS 장치는 차량의 위치만을 제공한다.
- 좌표 입력 / 경로 표기 소프트웨어가 설치된 컴퓨터. 좌표 입력 및 경로 표기 후 GPS 데이터를 게시한다. 화면에는 기록된 경로 대비 현재 위치가 실시간으로 표시된다.
- 6-12kw 의 조명(그림 16). 220/380V – 50Hz 발전기는 동력 인출 장치에 연결되거나 캐스보러의 경우 유체 정역학적 회로(Hydrostatic circuit)에 연결된다. 조명은 태양광 보다 밝으며 화이트아웃(whiteout) 상황에서도 지면을 확인할 수 있다.
- 횡단이 이루어진 초기에 다져진 트랙의 위치를 찾기 위해 일련의 물리적 표시물(marker)를 설치하려는 시도가 있었다. 현재 사용되는 방법은 트랙의 순방향에 경사면(embankment, burm)을 형성하는 것이다. 경사면은 그레이더(grader)의 날을 조정하여 형성한다. 1 년이 지난 후에도 어느 정도 식별이 가능하며, 전 해에 실시된 횡단으로 단단해진 지면을 찾기에 충분하다.

다른 차량들은 불의의 사고로 고립될 때를 대비해 최소한의 경로를 기록하는 표준 GPS 시스템을 갖추고 있다. 이 GPS 장치를 통해 운전대원은 타 차량을 찾을 수 있다. 경우에 따라 수송대의 선두차량과 가장 후미 차량 사이의 간격이 5km 까지 벌어지는 수도 있다.

레이더는 (일반적으로 선두차량 바로 뒤의) 차량에 장착되어 있지만, 이는 안전상의 이유로 장착된 것으로 운항 시에는 사용하지 않는다.

B.2 – 경유지 (출발지 및 도착지) 장비

출발지 및 도착지는 화물을 적재하거나 배송이 진행되는 경유지이다. 이때 적재나 하역작업을 보다 간편하게 진행하기 위해 (화물이 6 톤 이상인 경우) “처리용 썰매 (handling sled)”에 컨테이너나 화물 그룹을 분리하여 적재한다. 처리용 썰매는 횡단용 썰매(traverse sled)와 달리 지면의 눈이 큰 하중을 견디지 못하는 경우에도 고가의 정교한 장비(예를 들어 트랙로더)를 사용하지 않고 큰 하중의 화물을 처리할 수 있다. 처리용 썰매는 목적지에서 필요로 하는 장비이므로 수송대와 함께 운송되거나 적재지에 남겨둘 수 있다.

B.2.1 – 출발지 (케이프 프뤼돔(Cape Prudhomme) – 수송대 적재 / 그림 17)

드몽드빌(Dumont d'Urville)은 폭 5km 가량의 바다 만입부에 의해 남극대륙으로부터 분리되어 있다. 수송을 준비하는 대원들은 거의 대부분의 시간을 기지와 동떨어져 지내며, 따라서 독자적으로 작업을 수행해야 한다. 거주 영역, 발전시설, 세 곳의 작업장, 200m² 규모의 창고, 300m³ 규모의 연료 보관소 그리고 500m² 규모의 지하 차고로 구성되어 있다. 실질적으로 2 번째 기지이다.

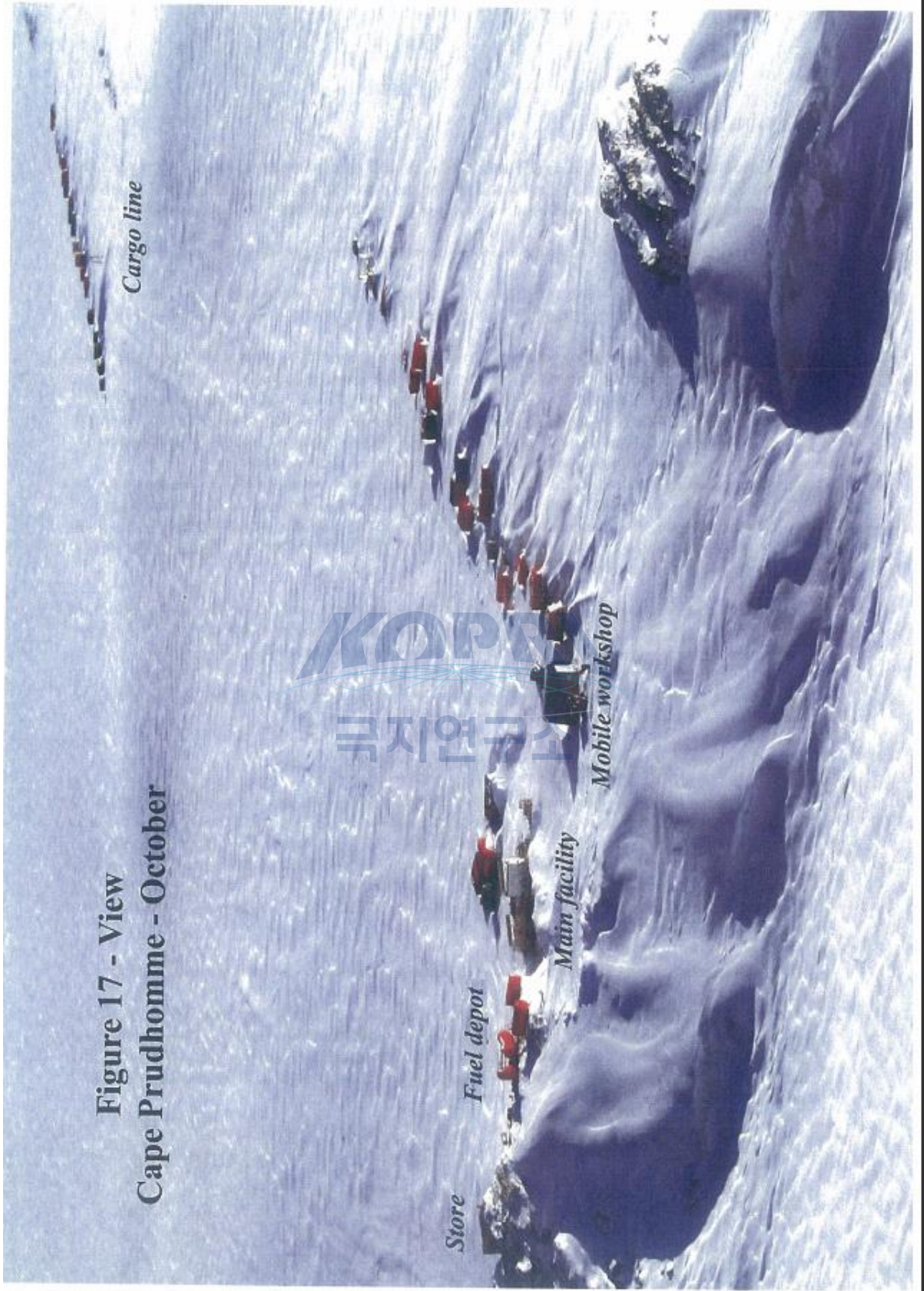


Figure 17 - View
Cape Prudhomme - October

그림 17 케이프 프뤼돔 - 10 월

횡단에 참가하지 않은 대원들은 다음 횡단을 위해 장비를 유지관리하고 화물을 준비한다. 화물의 적재는 15 톤 용량의 전기 갠트리 크레인, 세 대의 트랙터 후미에 장착된 유압식 크레인, 그리고 크레인으로 활용 가능한 10 톤 규모의 굴삭기를 이용한다.

공급선의 하역 장소로부터의 이송은 50 톤급 운송 바지선을 이용해 겨울 대원들이 여름에 실시한다.

B.2.2 – 하역 (돛 C – 하역)

하역은 수송대 대원들이 실시한다. 이때 챌린저 후미에 장착된 크레인, CAT 953 트랙로더, 건설 크레인을 이용한다. 적재 엔진 용량으로 하역할 수 없는 무게의 화물은 구덩이를 파 하역할 수 있다. 이 경우 경로 썰매(route sled)를 구덩이 쪽으로 낮추고 처리 썰매 위에 있는 화물을 눈으로 견인해 내린다.

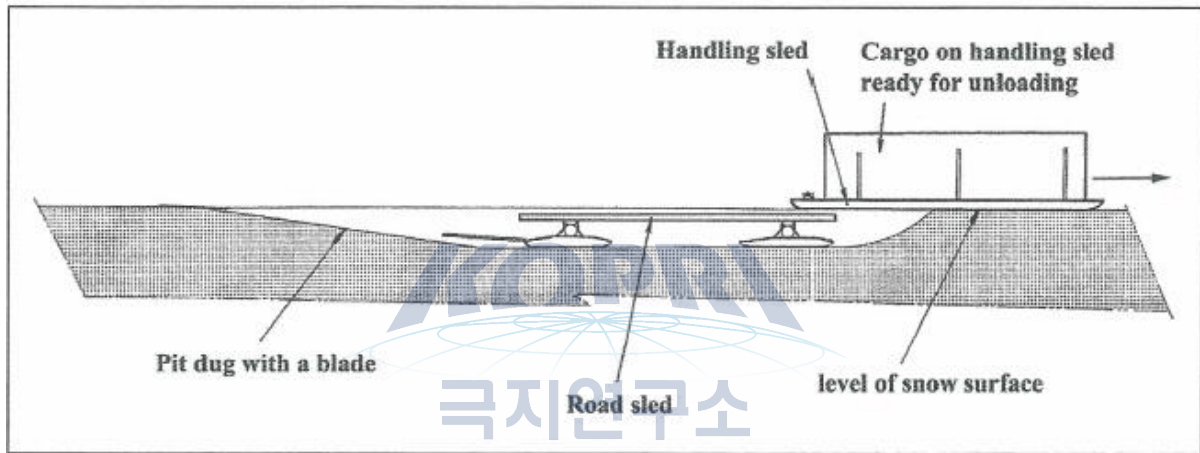


그림 18 하역 구덩이

C – 일반적 조직 – 인력 및 안전

본 수송대 조직이 운영하는 트랙터 수는 기술적, 심리적, 재정적 측면을 고려하여 결정되었다.

- 기술적 측면에는 수송대의 유지기간, 비 작업 시 유지관리, 개인 거주 요건, 고장 가능성 등이 포함된다.
- 심리적 측면은 규칙적 일상을 준수해야 하는 운항 그룹의 조직화에 중심이 맞추어져 있다. 기술적 심리적 평가에서 과거 횡단의 경험이 반영되었다.

실제로 10-12 명으로 구성된 팀을 이끌고 10 여 개의 차량과 40 개 이상의 화물을 관리하는 것은 결코 용이한 일이 아니다.

보통 수송대는 9-10 명으로 구성되며 7 대의 트랙터와 2 대의 노면 정지 차량을 갖추고 있다.

C.1 - 횡단팀

횡단팀에게는 특별한 인성과 경력이 요구된다. 횡단팀 대원은 여러 가지 작업을 수행할 수 있어야 한다. 예를 들어, 운전, 지면 고르기, 위치 파악 및 운항, 통신, 장비의 유지 및 수리, 환자 진료, 일관성, 책임감 그리고 식사 준비 등이 그것이다.

C.1.1 – 횡단 중 수행해야 하는 작업

일부 작업은 팀원 전체가 함께 수행해야 하지만 각 개인들만이 수행하는 작업도 존재한다.

- **운전:** 팀원은 차량에 탑재된 계기와 장비에 집중하며 화물을 견인할 수 있어야 한다. 또한 장비를 직관적으로 느끼고 주의를 기울여 어떤 문제이건 신속하게 대처해야 한다.
- **지면 고르기:** 팀원 중 4 명은 캐스보러 날을 이용해 지면 정지 작업을 수행할 수 있어야 하며, 뒤따르는 트랙터 장비에 지속적으로 안전한 경로를 확보해 주어야 한다. 지면 정지 작업은 수송대 전체의 전진 속도를 결정한다. 정지 작업은 매우 고된 작업으로서 매 2 시간 마다 교대로 진행되어야 한다. 또한 선두 차량의 운전자는 경로와 운항에도 주의를 기울여야 한다. 실제로는 동반한 대기 중 운전자가 외부 환경과 장비를 지속적으로 관찰하여 운전자를 지원해야 한다.
- **위치 파악 및 운항:** 2 명이 대원이 GPS 장치, 운항 소프트웨어를 설정하고 간단한 천체 현상을 이해할 수 있어야 한다. 대원 중 1 명은 세오돌라이트(theodolite), 천문학 도표, 대수표를 이용해 현 위치를 결정할 수 있어야 한다.
- **식사 준비:** 대원 중 1 명은 전체 대원이 식사를 준비할 수 있어야 한다.
- **통신:** 통신을 담당하는 1 명은 인마셋, 이리뚝, 이메일 소프트웨어, HF 무선통신 장비를 사용할 수 있어야 한다.
- **장비 유지관리:** 대원 중 7 명 (트랙터 당 1 명)이 트랙터 및 화물에 대한 기본적 관리를 할 수 있어야 한다. 예를 들어, 연료 주입, 세척, 눈 제거, 화물을 안전하게 유지, 커플링 확인 등이다.

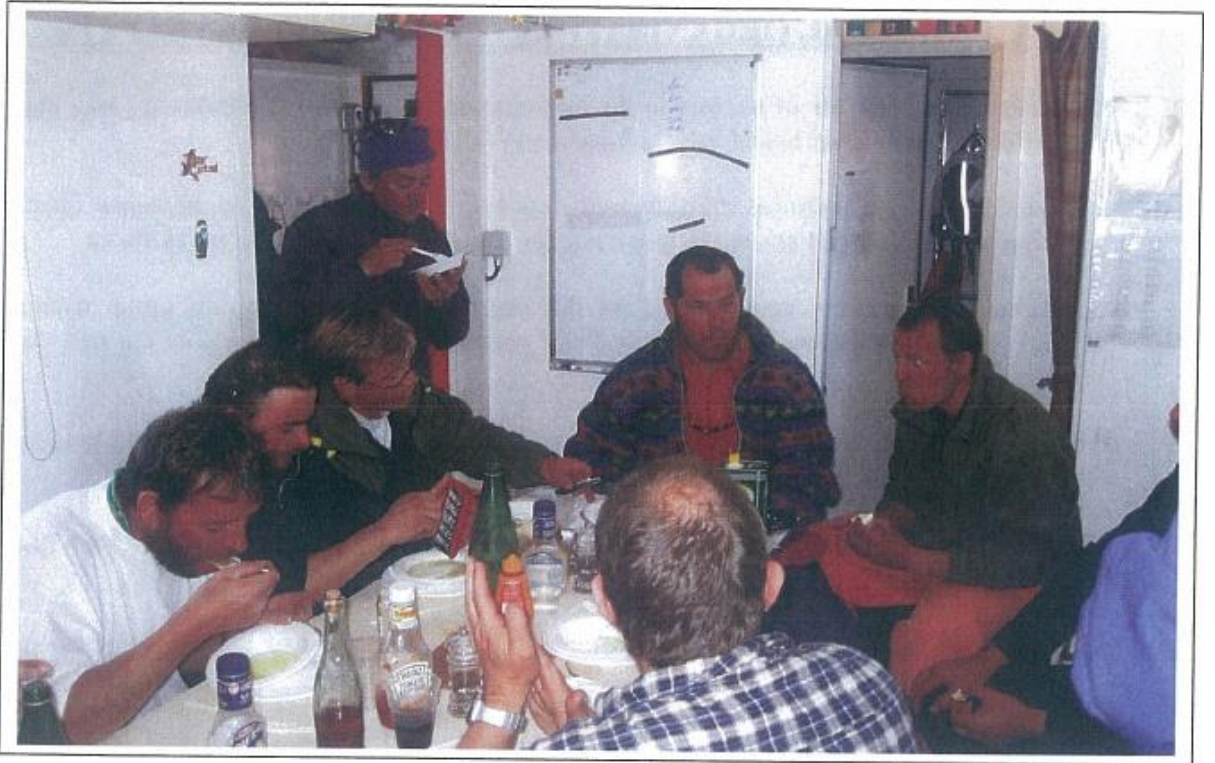


그림 19: 캐러밴 내부

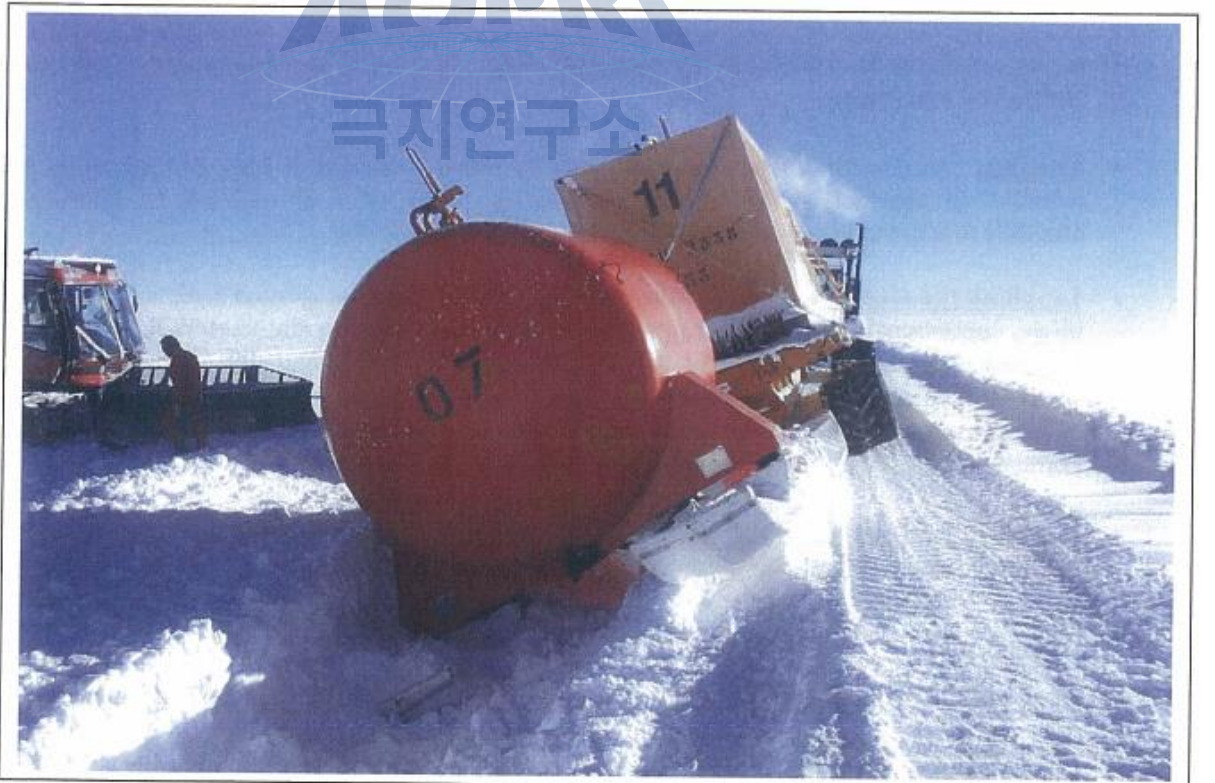


그림 19a 트랙에서 벗어난 차량

- **장비 수리:** 횡단은 220kW 용량의 트랙터, 경유 발전 장비, 22-30 여 개에 달하는 화물 썰매가 동반된 기술적 작업이다. 팀원 중 4 명은 적재된 썰매나 트레일러에 문제가 생겼을 때 해결할 수 있는 충분한 경험을 지니고 있어야 한다 (그림 19a). 적어도 4 명은 경유 엔진에 대한 경험이 가지고 있어야 하며, 이들 중 2 명은 캐스보리의 유체정역학적 시스템에 대한 충분한 지식이 있어야 한다. 1 명의 용접 전문가, 그리고 전기 및 전자에 대한 전문가도 포함되어야 한다.
- **환자 진료:** 횡단팀에는 의사가 포함되어야 한다.
- **팀 리더:** 팀원 중 1 명은 배의 선장과 유사한 역할로서 횡단팀에 대한 책임을 져야 한다. 또한 프로젝트 리더 및 기관의 임원진과 협의하여 전체적인 결정을 내린다.
- **일관되고 책임감 있는 팀 구성:** 고립되고 어려운 환경에서 횡단팀은 일관성을 유지하고 책임감을 지녀야 한다. 이를 위해서 각 팀원을 신중하게 선정해야 한다. 하지만 이 보다 더 중요한 것은 팀원 전체가 받아들일 수 있고, 술선수범하며 중요한 결정을 내릴 수 있는 팀리더가 존재해야 한다. 리더는 매일 진행되는 횡단 작업을 조직화하고 문제 발생시 필요한 결정을 내린다.

C.1.2 수송대의 전문 인력

- **경유 엔진 기술자 4 명:** 기계장비 유지 보수. 적어도 1 명 이상의 유압 전문가
- **노면 정지 전문가 4 명:** 기계장비, 운항 등의 다른 기능도 갖추어야 함
- **운항 및 무선통신 전문가 1 명:** 필요한 장비의 유지관리 능력. 전기 및 전자장비 관련 작업도 담당. 횡단의 중지 시 많은 작업을 수행하게 된다.
- **의사:** 운항이나 노면 정지 작업도 수행할 수 있다. 음식의 조리를 담당한다. 의사는 위험한 작업을 담당하지 않도록 한다.
- **횡단팀 리더:** 디젤 엔진을 담당할 수 있다. 하지만 의사가 리더가 되는 경우는 드물다. 횡단팀 리더는 프로젝트에 대한 이해를 충분히 하고 있어야 한다. 모든 장비를 완전히 다룰 수 있고, 장비의 상태를 평가하여 올바른 결정을 내릴 수 있어야 한다.
- **1-3 명의 여유 인력:** 트랙터를 조정할 수 있으며 충분한 체력을 지니고 있어야 한다. 횡단 중 연구를 수행하는 과학자, 횡단 과정을 취재하는 기자, VIP, 훈련 중인 기술자 등이 될 수 있다. 이들은 정규 팀원이 아니고 "오페어 (au pair)"인 경우가 일반적이다. 이들의 횡단팀 참가를 통해 횡단 작업이 외부세상에 "공개" 된다.

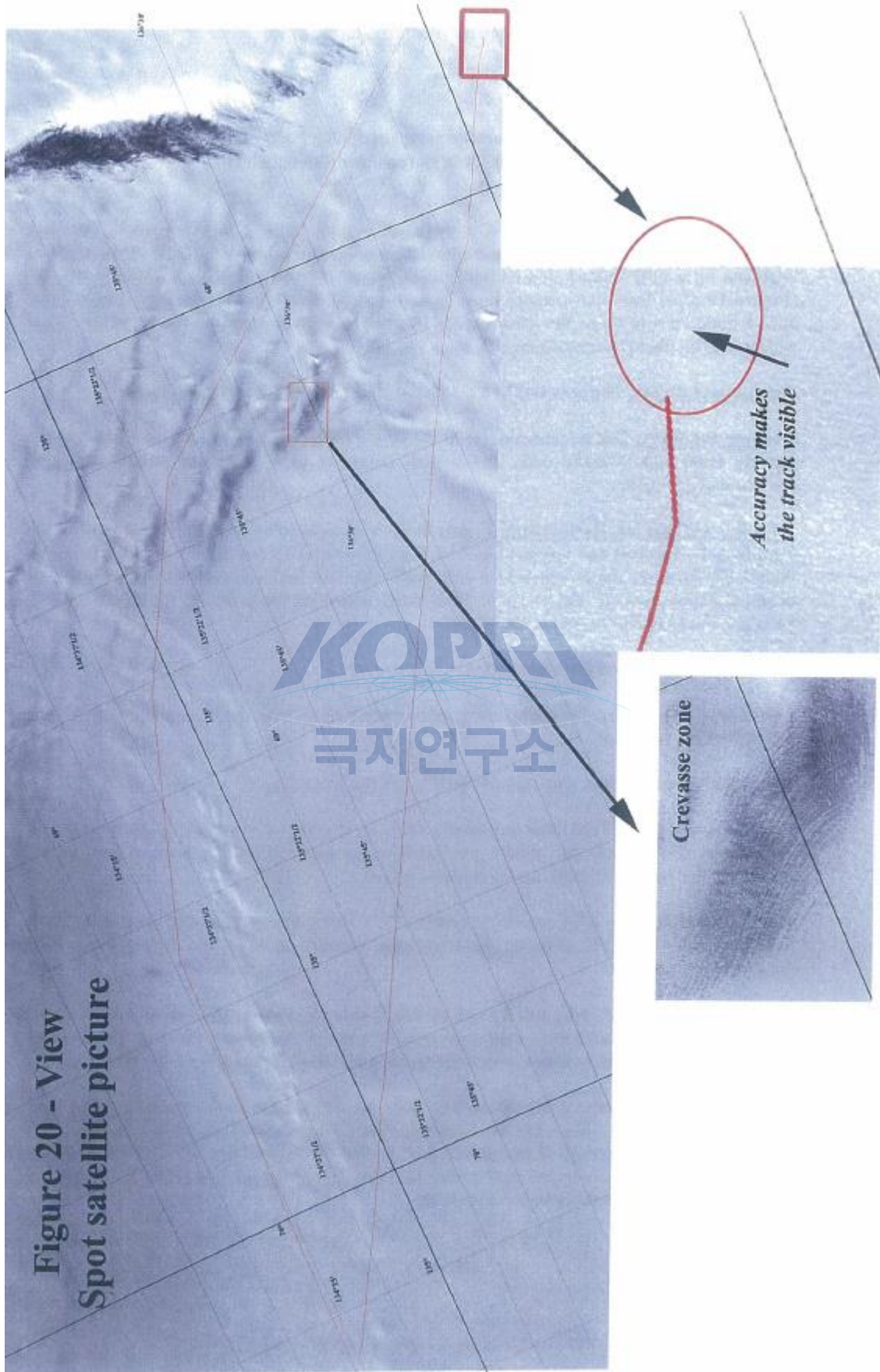


그림 20 스팟 인공위성 사진

C.1.3 – 사회적 고려사항

전기한 바와 같이, 횡단팀은 일관성과 팀원간 화합이 유지되어야 한다. 팀원은 실제로 “함께” 작업할 수 있어야 한다. 돌출적 개인 행위는 억제하면서 대원들이 지닌 경험과 지식 풀이 충분히 형성되어야 한다. 문제는 횡단 도중에 전체 그룹을 염두에 두지 않고 개인의 개성이 연속적으로 돌출되는 것을 피하면서 개인의 경험과 전문성이 발현되도록 하는 것이다. 전문성과 인성 모두가 중요하다. 팀이 일관성을 유지하기 위해서는 서로가 서로를 존중해야 하며 올바르게 실행되지 않은 작업은 추가 작업, 장비 오류 및/또는 계속된 횡단 작업에서 매우 위험한 상황이 초래될 수 있음을 이해해야 한다.

횡단작업은 출발 전에 차량과 화물을 준비하는 것으로 시작하여, 해당 시즌에 수행된 마지막 횡단을 마친 후 겨울을 대비하여 차량을 상태를 점검 및 유지하는 것으로 종료된다. 월동 준비가 제대로 안 되었거나, 차량을 거칠게 다루었거나, 보수를 미룬 경우, 언젠가는 그 대가를 치르게 된다.

C.1.4 – 훈련

인성과 전문성, 두 측면 모두 횡단에 적격한 대원을 찾기란 결코 쉽지 않다. 공식적 선발 기준은 존재하지 않는다. 다만 환경에 대한 개인의 태도를 중요하게 여긴다. 필요한 전문성을 지니고 있으며 동시에 남극대륙에서 겨울을 성공적으로 보냈거나 산악 작업 경험이 있는 인력을 선호한다. 선발된 인원은 추가 훈련 과정을 통해 필요한 기능을 습득한다. 그러한 훈련 과정에는 장비제조업체가 주관하는 캐스보러 PB 및 캐터필러 챌린저 트랙터에 대한 훈련과 프랑스 국립 지리 학회(French National Geographic Institute)가 주관하는 운항 과정이 있다.

C.2 – 위험 평가

C.2.1 – 잠재적 위험 항목

백 퍼센트 안전을 담보할 수는 없지만 위험을 줄이기 위해 가능한 모든 노력을 하고 있다. 위험이 발생할 수 있는 요소는 다음과 같다.

- 크레바스
- 화재
- 식량 재고 분실
- 에너지 생산 시스템 분실
- 차량이나 수송대 전체 분실
- 추위, 고도, 태양
- 탈진
- 심리적 장애
- 질환
- 물리적 사고

크레바스: 드몽드빌 돔 C 횡단 경로에는 매우 국지적인 두 개의 크레바스가 존재한다. 크레바스 중 하나는 해안 지역에 가까이 있으며 매년 헬리콥터를 이용해 모니터 할 수 있다. 다른 하나는 해안에서 200km 가량 떨어져 있으며 스팟 인공인성 사진으로 명확히 확인할 수 있다 (그림 20).

화재: 화재는 세 영역 중 한 곳이나 차량의 손실을 가져올 수 있기 때문에 가장 심각한 위험이다. 화재로 인한 위험을 줄이기 위해 인력이 거주하는 시설은 두 영역으로 나누어지고 에너지 생산 영역은 거주 지역과 분리되었다. “에너지” 영역과 “거주” 영역은 서로 분리되어 있으며, 한 영역에서 다른 영역으로 가려면 외부를 거쳐야 한다. 발전기의 연료 탱크는 에너지 영역 외부에 설치되었다. 세 번째 영역인 “창고”에는 발화성 물질(예를 들어, 석유, 프로판 가스, 경유 등)을 보관하지 않는다. 세 영역은 모두 “M0” 또는 “M1”으로 분류된 내화자재로 구축되었다. 전기 설치는 해상 규정을 준수한다.

식량 재고 분실: 화재, 갑작스러운 사고로 인해 식량이 적재된 썰매나 트레일러의 분리로 인해 발생할 수 있다. 식량의 전체 손실을 예방하기 위해 식량은 세 무리로 나누어 거주 영역, 저장 영역, 썰매 (안전 재고)에 별도로 보관한다.

에너지 생산 시스템 분실: 이는 화재 또는 경유의 응고 등으로 인해 발생할 수 있다. 전체 에너지 생산 시스템의 손실을 예방하기 위해 횡단팀은 40Kw 발전기를 적어도 1 기 이상 트랙터에 설치했으며, 프로판 가스, 석유, 휘발유 재고를 별도로 운영하고 있다. 세 대의 트랙터에 장착된 조명 시스템의 작동을 위해 수송대는 12, 20, 40 Kw 용량의 발전기를 갖추고 있다.

차량이나 수송대 전체 분실: 현재 수송대는 과거에 만들어진 트랙을 대부분 이용한다. 하지만 각 차량에는 GPS 수신기가 하나씩 장착되어 있으며, 운전자는 운항에 대한 기본적 훈련을 받는다. 1 대의 트랙터에는 레이더가 장착되어 있다. 이 트랙터는 수송대 전체를 항상 모니터 할 수 있는 위치에서 움직인다. 레이더는 주로 기상악화 시 정차할 장소를 찾기 위해 이용된다.

GPS 시스템 네트워크에 문제가 있고 과거 트랙을 찾을 없는 경우, 운항자가 태양을 이용한 천문 방식으로 현 위치를 결정할 수 있다.

추위: 이 위험은 에너지 생산 시설 파손에 따른 난방능력의 상실로 인해 주로 초래된다. 또한 주의 부족과 위험 인식 부재로 인해 위험이 초래될 수도 있다. 따라서 팀원이 새로 들어오는 경우 이 문제에 대한 교육이 필요하다. 적절한 의복을 충분히 준비하여 필요 시 마다 갈아입어야 한다.

고도: 고도와 관련된 위험은 횡단 보다는 비행기로 돔 C 에 도달할 때 발생하는 문제이다. 하지만 개인의 육체적 상태를 정확히 파악하지 못하는 경우에도 일상적으로 발생할 수 있는 위험이 존재한다. 따라서 팀원이 새로 들어오는 경우 이 문제에 대한 교육이 필요하다. 횡단팀은 95/96 시즌 이후 감압 챔버를 갖추고 있다.

태양: 태양과 관련된 위험은 주로 눈(目)에 발생할 수 있다. UV 로 인해 눈에 안염이 발생할 수 있다. 대원들에게는 적절한 선글라스가 제공된다. 팀원이 새로 들어오는 경우 이 문제에 대한 교육이 필요하다. 돔 C 로 향하는 경우 “야간 태양”이 정면에서 비추기 때문에 운전자에게 문제가 발생할 수 있다.

탈진: 탈진은 작업 스케줄, 환경적 요인, 당면한 문제 형태와 관련 있다. 의사와 횡단팀 리더는 대원들의 탈진 정도를 평가해야 한다.

심리적 장애: 이러한 문제 및 이러한 문제의 발생 가능성은 대원의 선발 과정에서 확인되어야 한다.

질병: 횡단팀 대원은 사전에 건강 진단을 거쳐야 한다. 가장 주의해야 할 위험 중 하나는 식중독이다. 매 년 식량 재고를 확인하고 분류한다. 냉동 및 냉장이 필요한 식량은 적절한 온도가 유지되도록 주의를 기울인다. 두 번째 위험은 맹장염으로서 횡단팀 내 의사가 치료할 수 있다.

물리적 사고: 물리적 사고는 가장 미묘한 문제 중 하나이다. 일상적 환경에서는 별 다른 문제가 되지 않을 물리적 사고가 횡단 시에는 위험을 초래할 수 있다. 횡단팀 대원들은 자신들이 고립된 상태임을 자각하고 모든 행위에 대해 주의를 기울여야 한다.

연료 소모량 산정 오류: 남극대륙에서 연료의 중요성을 감안할 때, 수송대의 리더는 연료 소모량을 주의 깊게 파악하고 관찰할 필요가 있다.

C.2.2 - 예방 조치

안전의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않다. 사고를 예방하고 사고 발생 시 피해를 최소화하기 위한 방법이 존재한다. 이를 위해 횡단팀에서 적용한 방법은 다음과 같다.

- 수송대 내 대피처를 복수로 유지하고 의복과 침낭을 분산 배치한다.
- 식량을 복수의 저장소에 나누어 보관한다.
- 차량과 대피처를 VHF 무선통신으로 연결한다.
- 수송대 내에 복수의 인공위성 및 HF 무선통신 시스템을 분산배치하고 정기적으로 점검한다.
- 복수의 GPS 수신기를 수송대 내에 분산배치 한다.
- 수송대와 구조 작업용 항공기 연료를 충분히 비축한다.
- 횡단팀에 의사와 경험을 갖춘 대원을 포함하고, 대원 중 1-2 명에게 응급처치에 관한 교육을 실시한다.
- 의료시설을 갖춘다.
- 레이더를 갖춘다.
- 해안으로부터 1/3 지점에 응급 연료 보급 지점을 설치한다.

또한 신뢰할 수 있는 차량과 장비를 사용하여 고장에 대한 우려를 줄이고 위험한 수리 작업에 대원들이 노출되지 않도록 한다.

횡단팀 대원들을 훈련하고, 이들에게 필요한 정보를 제공하며 각자가 처한 상황에 대해 인식할 수 있도록 한다. 또한 횡단 작업 도중에 당연히 요구되는 항목들이 존재한다.

- 눈보라가 치는 날씨는 적절한 방한복을 입고 외부로 나가야 하며, 외부로 나가야 하는 이유를 팀 리더에게 통보 후 승인을 받아야 한다. 필요한 경우 안전 밧줄로 신체를 고정한다.
- 횡단팀이 이동 중에는 (그리고 대원이 휴식을 취하고 있는 동안에는) 거주 영역의 문을 절대 열어서는 안 된다.
- 수송대가 이동하기 전 모든 대원이 각자의 위치에 있는 지 확인한다.

- 횡단팀의 위치를 보고하는 무선 송신 전송 계획을 준수해야 한다.
- 운전자가 본인을 위치를 확인하기 전에는 작업 중인 트랙터의 측면에 서 있어서는 안 된다.
- 트랙터 운전자의 경우, 트랙터를 조작하여 다른 대원에게 가까이 이동해야 할 경우, 특히 작업 대상과 트랙터 사이에 다른 대원이 있는 경우 특히 주의를 기울여야 한다. 이는 특히 트랙터와 썰매를 연결할 때 적용된다.
- 특별한 경험이 요구되는 정교한 조작이 필요한 경우, 자신이 작업하던 공간을 양보해야 한다. 이는 특히 그러한 결정에 대해 자연적으로 반감이 들더라도 결정에 따라야 한다.

안전을 절대 무시해서는 안되지만, 지나치게 과도한 안전 조치를 적용할 필요는 없다. 이 경우 안전에 대한 잘못된 인상을 가질 수 있다. 횡단팀 대원은 자신들이 적대적 환경에 놓여 있음을 항상 인지해야 한다.

C.3 - 식량의 구성 및 관리

횡단 작업 시 음식의 질과 준비는 생활의 중요한 요소 중 하나이다. 하루에 삼식 - 아침, 점심, 저녁 식사를 한다. 식사시간은 휴식을 취하고 다른 동료들과 이야기를 나눌 수 있는 시간이다. 각자의 차량을 혼자 조작하며 장시간 이야기할 상대가 없는 대원들의 상황을 고려할 때 식사 시간은 매우 중요하다.

극지연구소

C.3.1 - 영양가 있는 식사 제공

식사를 준비할 수 있는 시간이 제한되어 있기 때문에 (점심 25 분, 저녁 1 시간) 충분히 영양가 있고 좋은 음식을 준비하기가 쉽지 않다. 이러한 문제점의 해결 방법 중 하나는 횡단 중 필요한 음식을 미리 준비하는 것이다. 점심과 저녁 식사를 각 12 가지 메뉴로 호주에서 미리 조리 및 냉동하여 제공하고 있다. 식사 세트는 전채, 주 요리, 디저트가 1 회용 식기 및 용기에 담겨 제공된다. 음료수, 과자류, 소스, 치즈류는 가열 식품 창고에서 준비한다. 10 인용 식사를 1 인용 식기와 미리 포장된 음식으로 준비함으로써 용기 세척에 필요한 물 양과 수송대가 환경에 미치는 영향을 획기적으로 줄일 수 있었다. 음식 용기는 재포장을 거쳐 폐기물 형태로 다시 본국으로 운송되어 처리된다.

C.3.2 - 음료수 및 과자류

식품 저장소에는 상당히 많은 양과 종류의 과자류가 비치되어 있다. 이들은 대부분 운전 시간 동안 소모된다. 물 이외에도 과일 주스, 차, 커피, 탄산음료와 같은 무알콜 음료, 식사 시간에 제공되는 와인, 그리고 개인별로 2 일에 1 병씩의 맥주가 제공된다.



그림 21 소각식 변기

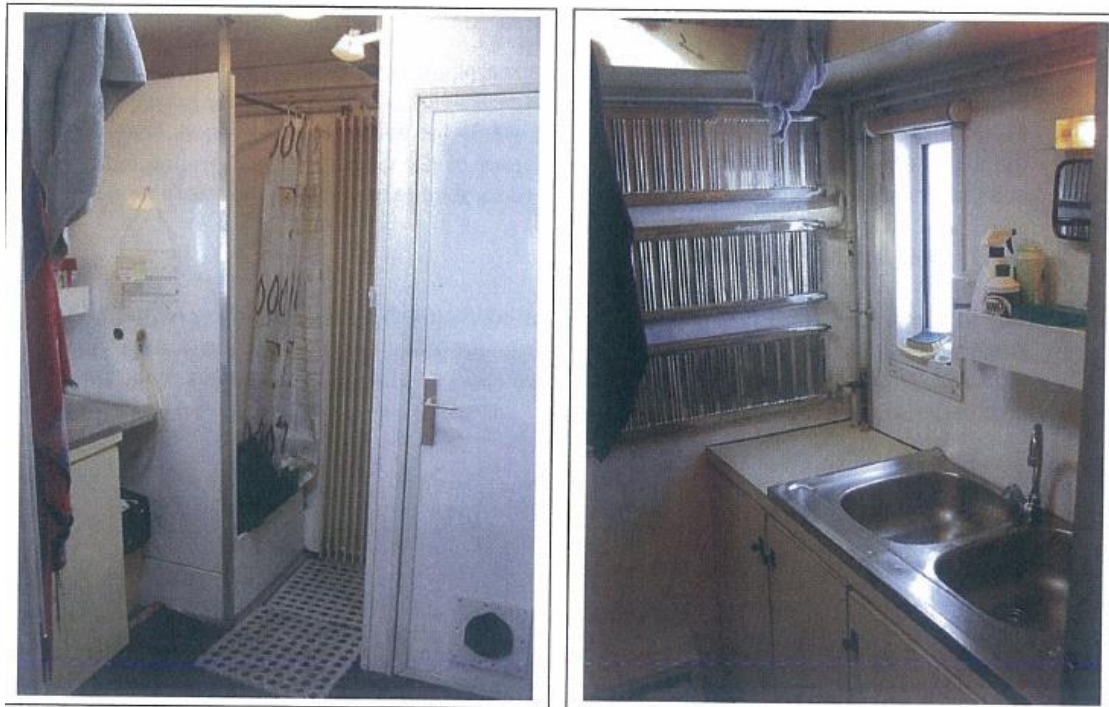


그림 22, 22a 동력장치(Power unit) 내부

C4 - 레저 시간

남극대륙 횡단은 대원들에게 충분한 레저 시간을 제공할 수 있는 작업 환경이 아니다. 특히 보조 운전자는 하루 중 긴 시간을 트랙터에 탑승한 채 보내야 한다. 또한 기상이 안 좋은 경우, 대원들은 많은 시간을 캐러밴 안에서 보내야 한다. 이러한 경우를 위해 코미디나 문화적 관심사에 관한 라디오 방송을 연중 녹음하여 제공한다. 또한 드몽드빌에서 서적, 잡지, 오디오 시디 및 DVD 를 대여할 수 있다. 또한 몇 종류의 게임도 제공한다. 컴퓨터 게임보다는 단체 게임을 선호한다. 정지해 있는 기간이 길어지는 경우 미리 준비된 메뉴 이외에 실제 음식을 조리하는 것도 가능하다.

D. 폐기물 처리

폐기물은 세 종류로 구분된다. 다음과 같다.

- 본국으로 송환되는 폐기물
- 전기 소각기를 이용해 현장에서 소각하는 배설물
- 세척수 (조리도구 사용은 제한되어 있으므로 주로 개인이 사용한 물)

환경으로 배출하는 폐기물은 세척수뿐이다. 10 명으로 이루어지는 1 팀이 1 일 사용하는 물의 양은 약 300 리터이다. 일상생활 및 작업 시 발생한 고체와 액체 폐기물은 본국으로 다시 운송된다.

KORRA
극지연구소

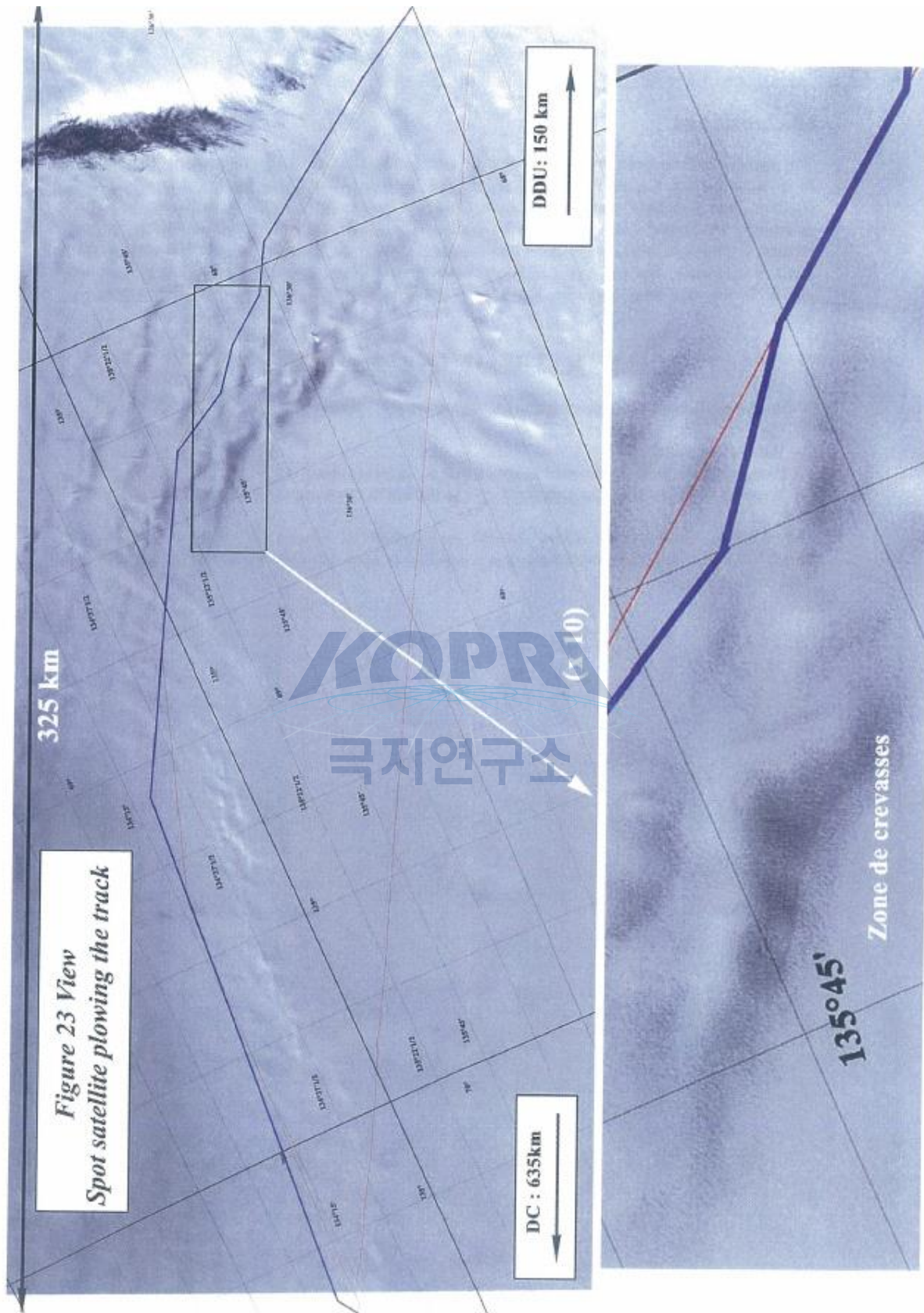


그림 23 스폿 인공위선 사진 - 트랙 제설

E - 수송대의 일반적 구성

트랙터와 화물을 트레인(train)으로 조직하는 것은 그다지 어려운 작업이 아니며 그 자체로 의미가 있는 것도 아니다. 하지만 우리는 그 트레인을 발길이 닿지 않은 지형, 기계적으로 타협이 어렵고 매번 새로운 눈 층이 쌓이는 새로운 지면으로 보내야 한다. 국지적 기상 상태에 의해 눈이 지면을 덮는다. 적어도 수송대가 나아가는 지형과 경로를 사전에 평가해야 한다.

우선 지면을 정지하여 횡단팀의 경로가 준비되지만 수송대가 통과하고 난 뒤에는 다시 지면 상태가 악화된다. 수송대가 길어질 경우, 통과하는 중간에 다시 정지작업을 해야 할 수도 있다.

지면의 정지작업과는 별도로 그러한 환경에 맞게 장비를 구축하고 변경해야 한다. 돔 C 대륙 기지 내에서 확보된 경험과 차이가 발생한다. 돔 C 내에서 확보한 경험은 특정 눈 유형, 특정 기상 상태 - 바람, 강수량, 온도 범위 등에 기반하고 있다.

E.1 - 경로 준비 및 유지

정교한 위성 사진(그림 23)을 이용하기 전에는 지형 탐색을 경험적으로 수행했다. 이제는 사진을 통해 이용할 경로를 미리 결정할 수 있게 되었다. 이러한 맵핑 작업이 완료되고, 경로가 파악되고 경로를 따라 운송이 진행되면 그 이후에는 매 운항 시 마다 확인 가능하다. 겨울이 지난 후에도 남극 고원에서는 이 경로를 다시 찾을 수 있다. 적설량이 많지 않거나 지면의 눈이 바람에 날리기 때문이다. 향상된 결과란 연료 소모량, 장비 사용, 환경 영향의 감소를 의미한다.

E.1.1 - 경로 선택

경로 선택이란 고위도 관측 및 가장 실용적인 인공위성 사진을 이용하여 내리는 결정을 의미한다. 이러한 방법을 통해 횡단해야 할 60-200 km 정도의 구간들에 대한 전체적인 시각 및 상을 구축할 수 있다. 반면 현장의 탐험 시 경로를 결정하는 것은 매우 불확실한 방법이며 좋은 결과를 가져올 수 없다.

태양이 비쳐 사물이 선명할 때 촬영한 사진은 중요한 정보와 필요한 수준의 정확성을 제공한다. 정확성이란 5미터 이상의 공간에 대한 픽셀수와 이미지에 대한 공간참조(geo-referencing) 기능을 의미한다. 픽셀이 크기에 따라 트랙에서 크레바스의 존재 여부를 확인할 수 있다. 공간참조 기능은 이미 절대 위치가 파악된 이미지 상의 가시점 (예를 들어 건물이나 창고 등)을 이용해 위도와 경도를 측지선 도표에서 고정하고 자동 위치 파악 후 처리로 인해 발생하는 오류를 제거한다.



그림 24 무한궤도의 바퀴 자국이 남은 경로

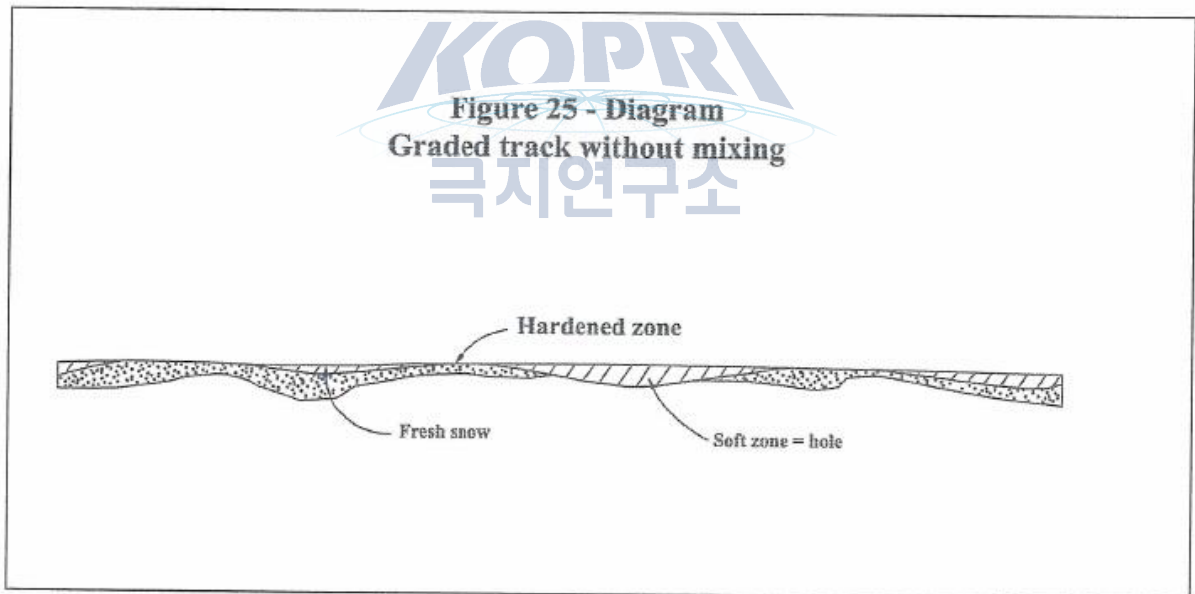


그림 25 - 무혼합 정지 트랙 도해

태양광에 의해 커다란 산등성이와 눈의 융기부가 강조된다. 규모가 큰 산등성은 50미터의 고도 차이를 가지며 수 킬로미터에 걸쳐 물결을 이룬다. 이러한 산등성이 주변 경로를 따라감으로써 고지대를 등반했다가 다시 내려오는 수고를 피할 수 있다. 사진에서 볼 수 있는 눈의 융기부 지대는 바람이 매우 심하게 부는 지역임을 보여 준다. 야간에 정차 시 이러한 지역은 반드시 피해야 한다. 야간에 오르막 지역에 정차하는 것도 피해야 한다. 아침에 출발 준비에 어려움이 발생하기 때문이다.

경로상 시작 지점이 해안가이며 내륙으로 향해 가기 때문에 최상의 경로는 지속적으로 경사로를 오르는 것이다. 다시 말해, 가파른 급경사, 길게 이어지는 평지, 불필요한 내리막길을 피해야 한다.

E.1.2 - 노면의 균질화

경로를 준비한다는 의미는 노면을 평평하게 하고 다진다는 의미이다. 등성이가 계속 이어지는 경우 이동 속도가 떨어지고, 장비에 손상을 초래할 수 있으며 실제로 전진을 못할 수도 있다. 노면을 단단히 다져야 한다. 노면이 단단할수록 트랙터의 견인력이 향상되고 썰매나 차량에 적재된 화물의 마찰력이 떨어지기 때문이다.

콩코디아의 경우, 정지작업은 캐스보러형 장비로 진행하고 있다. 이 장비를 선택한 이유는 B.1.2에 기술되어 있다. 수송장비와 날은 지면을 다지지만 균일한 깊이로 만들 만큼 충분하지 않다. 그림 25이 도해는 그레이더가 통과한 후 만들어진 지면을 보여주며, 그림 26은 수송대가 통과한 후 형성된 지면 상태를 보여 준다.

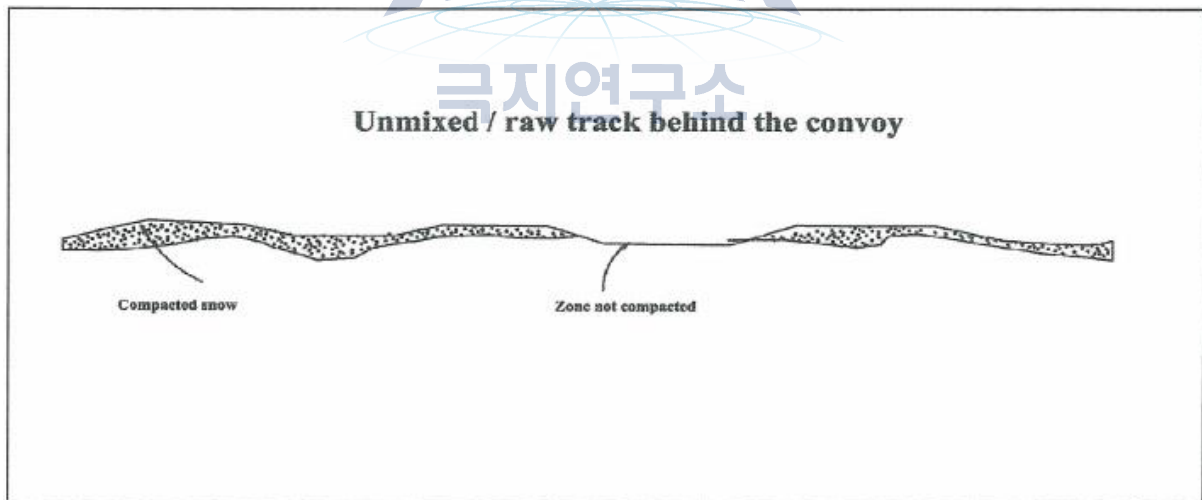


그림 26 수송대 통과 후 트랙

지면을 다지고 단단하게 만들기 위해서 우리는 쟁기를 사용하기로 결정했다. 쟁기(그림 27)는 눈의 층을 혼합하여, 경로에 하나의 층과 구간으로 만들어 낸다. 쟁기는 횡단 차량이 반복해서 지나가며 만들어낸 단단하게 압축된 눈과 부드러운 눈을 혼합한다.

이 작업은 시즌 별로 1회씩 횡단 1차 팀이 귀환할 때 실시된다. 이때 쟁기는 챌린저와 연결되며 정지작업은 수송대의 후미 그레이더로 실시한다.



그림 27 후미에 쟁기를 장착한 챌린저



그림 28 수송대가 통과한 후 정지되고 혼합된 트랙

이 작업을 통해 자동으로 정지 작업이 이루어진다. 자동 정지작업을 수송대의 선두에서 진행하기는 어렵다. 이 경우 그레이더를 밀고 나가며 지속적으로 차이에 따라 1미터 단위로 조정해주어야 하기 때문이다. 이러한 이유로 수송대의 중간이나 후미에 장착된 견인 시스템을 이용해 정지 작업을 실시한다. 날 견인 시험은 이미 실시되었으며, 그 구조는 그림 29와 같다.

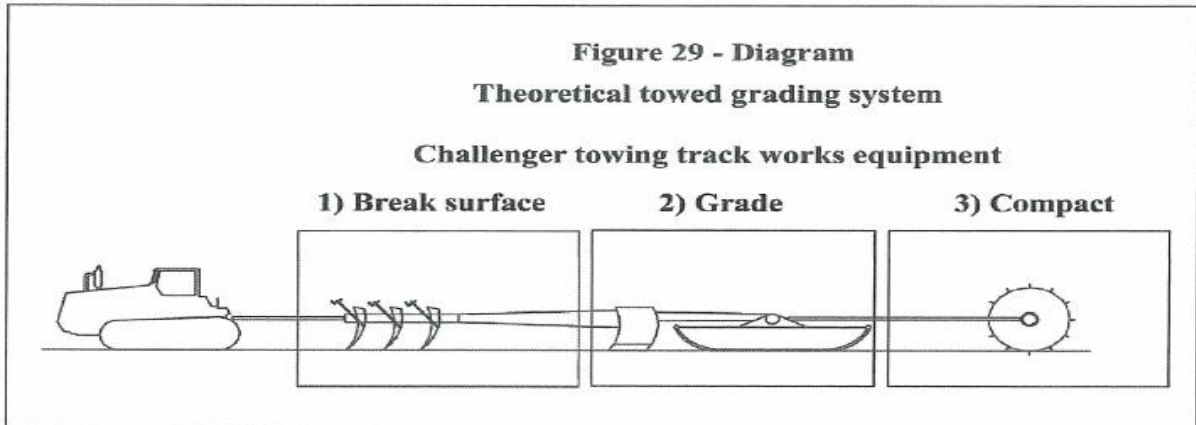


그림 29 견인 정지 시스템 개념도

날 앞부분 샤시 아래쪽에 장착된 리퍼(ripper)가 더 돌출된 눈덩이를 부순다. 정지 날은 지지하고 있는 썰매에 의해 자동으로 인도되어 리퍼가 만들어 낸 눈 덩어리를 분산시킨다. 평활장치가 바닥을 고른다.

극지연구소

E.1.3 - 자동 노면 정지

새로운 노면이나 폭풍이 지나간 후에 경로를 정지하는 작업은 어렵지만 진행해야 한다. 수송대가 통과하고 난 후에는 등성이들이 생겨난다. 이러한 등성의 정지 작업은 비교적 수월하며, 자동으로 작업을 수행할 수 있다. 수송대 행렬에 의해 만들어진 등성은 썰매의 길이에 해당하는 자국을 가지고 있다. 이러한 등성은 쉽게 설명될 수 있다. 지면에서 움직이는 모든 차량은 지면에 적응한다. 부드러운 표면에 평형성을 찾을 수 없는 대비되는 두 물체를 병치한다. 이때 이 두 물체는 자동으로 조절되는 지점을 찾을 수가 없다. 이때 강력한 지지장치(支持裝置)를 이용해 트레일러와 썰매의 적응도를 제한할 수 있다. 아래 도해와 같다.

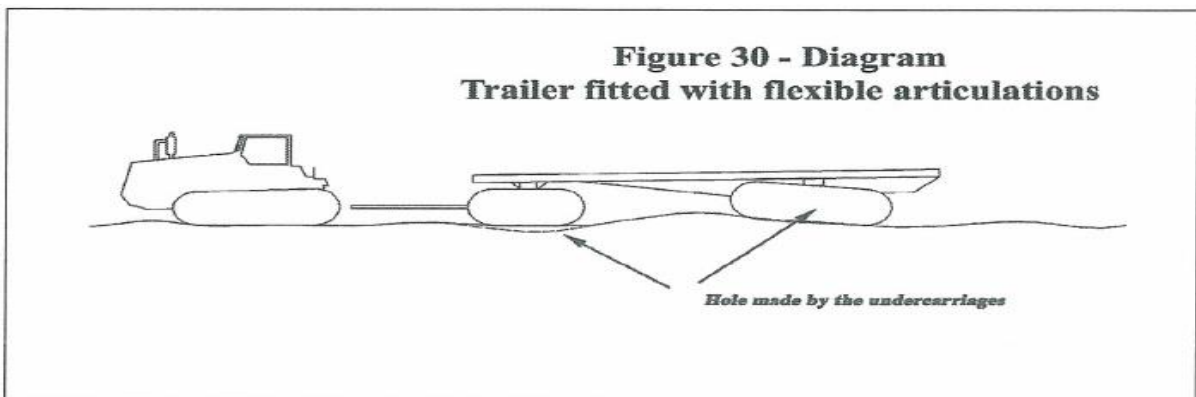


그림 30 탄성 굴절체가 장착된 트레일러

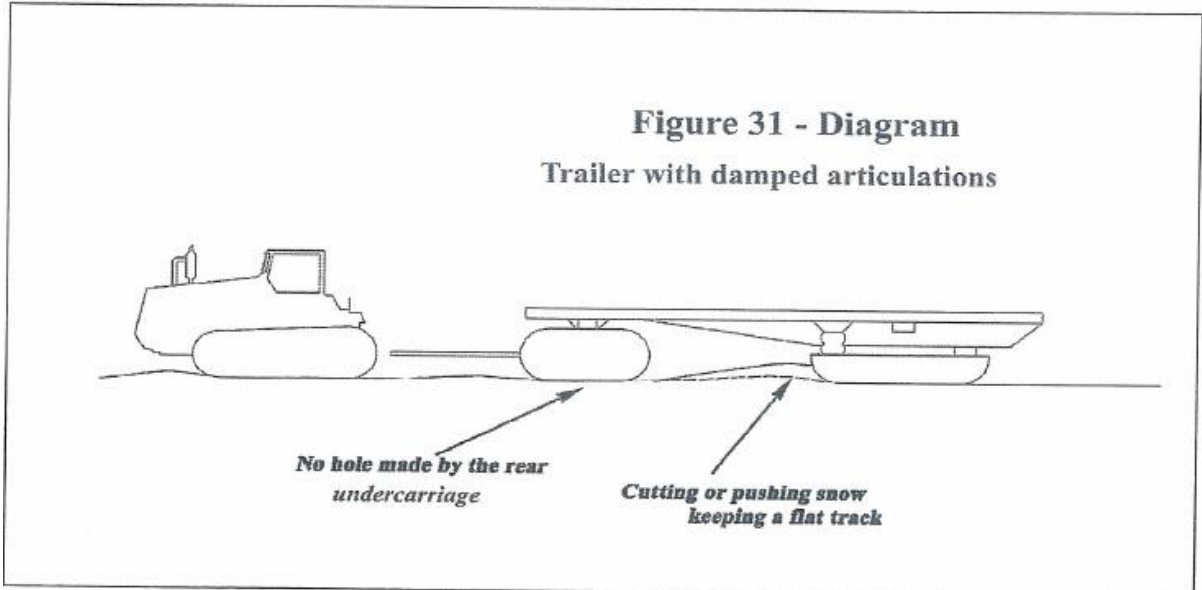


그림 31 감쇠형 굴절체가 장착된 트레일러 도해

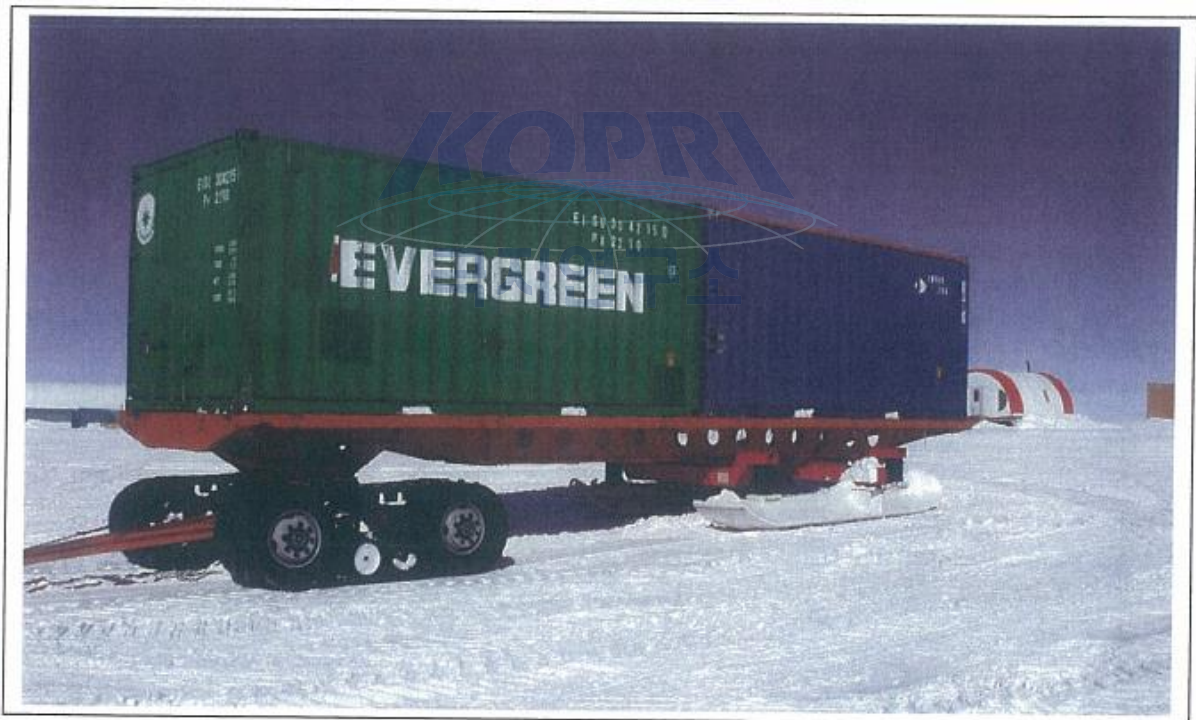


그림 32 감쇠형 굴절체가 장착된 트레일러

도해에 따르면, 썰매는 돌출부의 위로 지나가지 않고 통과하며, 약간 더 깊게 파고 들어간다. 이 썰매의 속도는 느려지겠지만, 뒤따르는 썰매는 장애물을 타고 오를 필요가 없다.

변형 방향에 대항하는 스트레스를 표면으로 가져오는 원리이다 (그림 31). 이 개념은 상당히 늦게 제출되었다. 각 화물 유형에 맞게 설계된 장치들이 시험 기간을 거쳐 현재 장비에 장착되고 있다. 이러한 방식으로 12m³ 탱크 썰매 전체에 이동을 제한하는 장치가 장착되었다. 새롭게 제작된 26m³ 탱크는 모두 그림 10에 제시된 장치가 장착되었다 (그림 49 참조). 트레일러 (그림 32)의 경우는 변경 작업에 더 시간이 소요된다. 하부장치(Undercarriage)를 다시 구축하고 장치를 재고해야 하기 때문이다. 마지막으로 사슬형 썰매에 유보된 기계 역학적 운동(kinematics)이 이 방향으로 움직인다. 견인에 의해 수송대와 직선방향으로 유지된 썰매의 앞부분이 등성이를 평평하게 만들고 생성되는 웅덩이의 바닥으로 향하지 않기 때문이다. 이는 오타코나 알렌 형 썰매 또는 견인기동의 측면에 사슬이 교차된 경우에도 마찬가지이다.

E.2 - 수송대 구성 요소의 구성 순서

E.2.1 - 화물 견인력을 향상시키기 위한 구성 정보

화물은 전통적 방식으로 연결할 수 있다. 트랙터의 미끄럼 한계(slippage limit)까지 화물을 연결한다 (그림 33). 이 한계값은 시험을 통해 발견한다. 챌린저 65의 경우 약 4개의 화물을 견인할 수 있으며, 트레일러 포함 무게는 40-50 톤이다. 하지만 이 방법은 한계가 있다. 앞에서 살펴본 바와 같이 하중에 의해 지면이 점차 변형되고 간간이 그림 33에 제시된 상황이 발생한다. 즉 썰매 또는 견인되는 전체 화물이 동시에 경사를 오르게 된다. 트레인(train) 전체가 동일한 동사를 오르는 것과 같다. 트랙터가 미끄러지고 운전자가 상황을 파악하지 못하고, 트랙터로 계속 견인하려고 하는 경우 장비가 눈에 파묻힐 수 있다. 이 현상이 자주 발생하는 것은 아니다. 트레인 별로 2-3시간에 한 번씩 발생하지만, 이로 인해 전체 수송대의 전진속도가 느려진다. 다른 차량 운전자의 지원을 받아야 하기 때문이다. 이러한 현상이 발생할 때 일반적인 - 잘못된 - 대응은 화물을 빼내 무게를 가볍게 만드는 것이다.

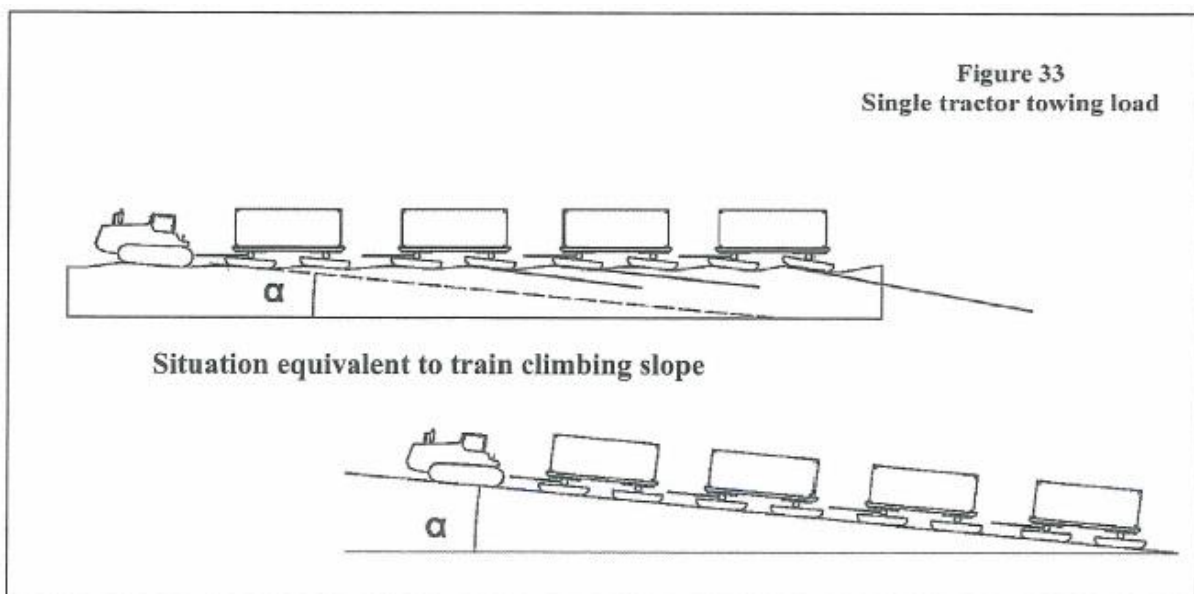


그림 33 단일 트랙터로 화물 견인

Figure 33 a – Diagram
Tractors towing load in tandem

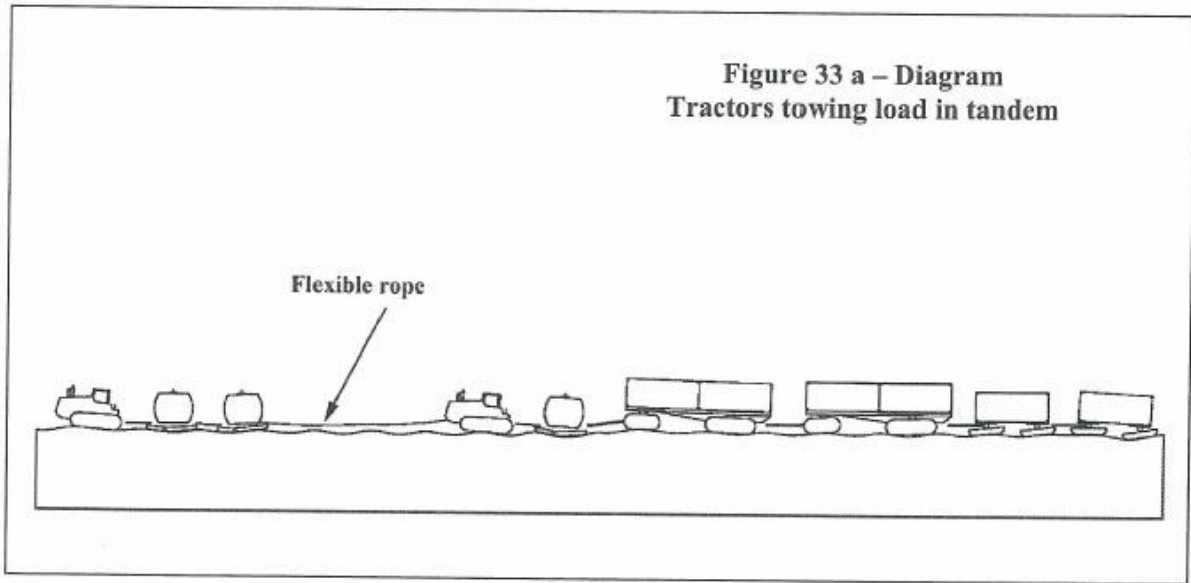


그림 33a - 복수의 트랙터로 화물을 동시에 견인



이러한 문제에는 두 가지 해결 방법이 있다 (그림 33a). 이 방법을 사용할 경우 화물을 내릴 필요가 없고 운전자의 수고도 줄어든다.

- 첫 번째 방법은 트레인을 나란히 연결하는 것이다. 탄성 로프를 이용해 이들을 연결하고 앞쪽 차량의 화물 일부를 두 번째 차량으로 이동한다. 그 결과 전체적인 구성은 동일하지만 앞쪽 차량은 탄성 로프로 연결되었기 때문에 움직임이 자유롭다. 반면 두 번째 차량은 화물의 하중으로 인해 혼자 힘으로는 움직일 수 없지만 첫 번째 차량의 운동에너지로 인해 화물을 견인할 수 있다.
- 두 번째 방법은 길이가 다른 화물을 혼합하여 화물로 인해 노면에 생기는 등성이의 유형을 다르게 만드는 것이다.

E.2.2 - 휴식지 정차를 위한 수송대 구성

콩코디아 수송대는 3-4대 대의 트레인으로 구성되며 5-6시간의 횡단 후에는 각 트레인별로 0.5-1km 정도의 간격이 생겨나며 전체적으로 4-5km 정도의 거리로 분산된다. 따라서 캐러밴이 적재된 트레인을 수송대의 선두에 위치하는 것이 적절하다. 이 경우 횡단의 시작 시점 즉 노면 상태가 좋은 시점에 캐러밴 트레인이 이동하게 되어 주방 용기가 찬장에서 떨어지는 일이 없다. 또한 정차 지점에서 가장 먼저 자리를 잡게 된다. 따라서 식사를 담당하는 대원, 예를 들어 의사가 선두의 두 트랙터 중 하나를 운전하는 경우, 동료 대원의 지원을 받아 식사를 준비할 수 있으며, 후미의 트레인이 도착할 시점에는 식사 준비가 완료된다. 이는 낮뿐 아니라 저녁시간에도 마찬가지다. 하루의 마무리 작업을 지체 없이 시작할 수 있기 때문이다.

E.3 - 횡단 경로 중 작업

물류 수송대는 특정 지점으로 이동 후 귀환하고 다시 다른 지점으로 이동한다. 출발지에서 도착지로 이동하기 위해 연료를 소모한다. 귀환 시에도 연료를 소모한다. 수송대의 연료는 각 단위의 앞쪽에 장착되어 있으며, 수송대가 통과할 때 경로의 옆쪽에서 쉽게 분리 및 처리하고 놓아 둘 수 있다. 연료 탱크에는 귀환 시 사용할 연료가 들어 있다. 귀환 시 사용할 연료는 최종 목적지까지 운송하지 않으며 횡단 경로 중간에 보관한다. 드몽드빌과 돔C 사이에 25-30개의 화물을 운송하는 수송대는 1,150km에 달하는 횡단 경로를 이동하며 이중 7-10개의 화물을 운반 중에 처리한다. 수송대의 리더는 정확한 분량을 산정해야 한다. 지나치게 많은 양의 연료를 내려 놓으면 남은 연료를 불필요하게 해안으로 돌려보내게 되며, 내려 놓은 연료가 너무 적으면 수송대가 귀환을 할 수 없게 된다.

일반적으로 캐러밴을 적재한 트레인이 연료를 사용하고 따라서 가장 먼저 화물의 중량이 가벼워진다. 현재 사용 중인 탱크를 매일 저녁에 펌프장(pumping station)으로 이동해야 한다. 저녁 시간 정차 시 다른 트레인이 도착하기 전에 이 작업을 가능한 빠르게 완료하면 더 많은 시간을 절약할 수 있다. 캐러밴에 연결된 탱크를 분리한 후, 다른 트레인으로부터 탱크를 분리해 캐러밴이 적재된 트레인에 연결한다. 이때 가장 이동속도가 느린 트레인에서 분리할 탱크를 선택한다.

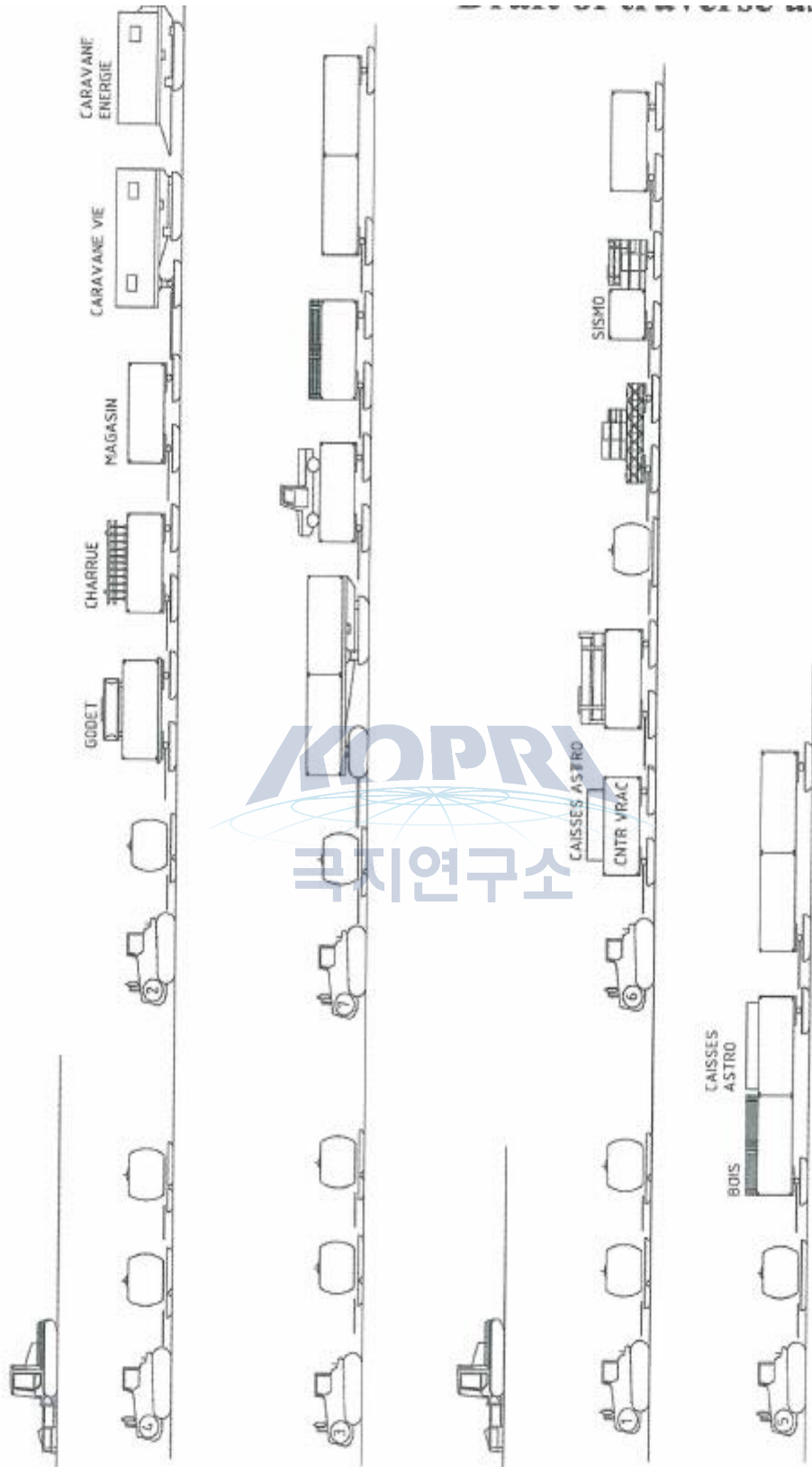


그림 34 수송대의 구성 안

목적지를 향해 갈수록 적재된 화물이 줄어들고 그에 따라 이동 속도가 다소 빨라진다. 초기에 이동한 거리는 하루 100km를 넘지 못하지만 목적지에 가까이 오면 120km 이상을 전진할 수 있다. 이 시점에 주로 제기되는 질문은 중간 지역에 임시 저장창고를 설치할 지 여부이다. 프로젝트를 시작한 초기에는 연료 보급창고 구축을 고려하였지만, 이 계획은 백지화되었다. 만년설의 상태와 트랙터의 노면 점착성이 고원으로 올라갈수록 떨어지기 때문이다. 대기 중 습도 감소 및 평균 풍속 감소로 인해 만년설의 점착성이 낮아지게 된다. 수송대의 지속적인 이동으로 다져진 횡단 경로의 노면도 해안지대에 비해 일관성이 떨어지고 트랙터의 노면 점착성도 낮다. 따라서 비례적으로 떨어지는 노면의 질을 고려할 때 전용 연료 보급창고는 무의미한 것으로 결론 내려졌다. 대신 횡단 경로에 연료를 비축해 놓은 방법으로 대체되었다.

E.4 - 횡단 중 일과

횡단 중 하루 작업시간은 길다. 기상은 일반적으로 07:00 시이며, 아침식사와 용변을 마친 후 07:45 분에 하루 일과를 시작한다. 정비대원들이 엔진의 시동을 걸고, 전기 열선을 제거하는 동안 나머지 대원들은 캐러밴을 정리한다. 08:00 시까지 대원들은 차량에 탑승하고 하역된 장비를 조작하여 적정 온도에 이르도록 한다. 8:15 분 각자 차량 앞에 있는 화물을 적재하고 연결한다. 적재 및 연결 작업이 완료되면 수송대 리더는 점호를 실시하고 이상이 없으면 출발한다.



그림 35 야간 정박지

점심시간은 마지막 트레인이 정차하는 13:30분에 준비된다. 차량은 경로 위에 정차하며, 엔진의 스위치는 끄고 열선을 펼친다. 최초로 도착한 대원들이 식사를 준비한다. 점심식사는 14시15분까지이다. 운전자들은 캐러밴을 정리 후 14시30분까지 각자의 차량으로 돌아간다. 수송대 리더는 다시 한번 점호를 실시하고 이상이 없으면 출발한다.

Figure 36
Diagram - Organisation of the night stop

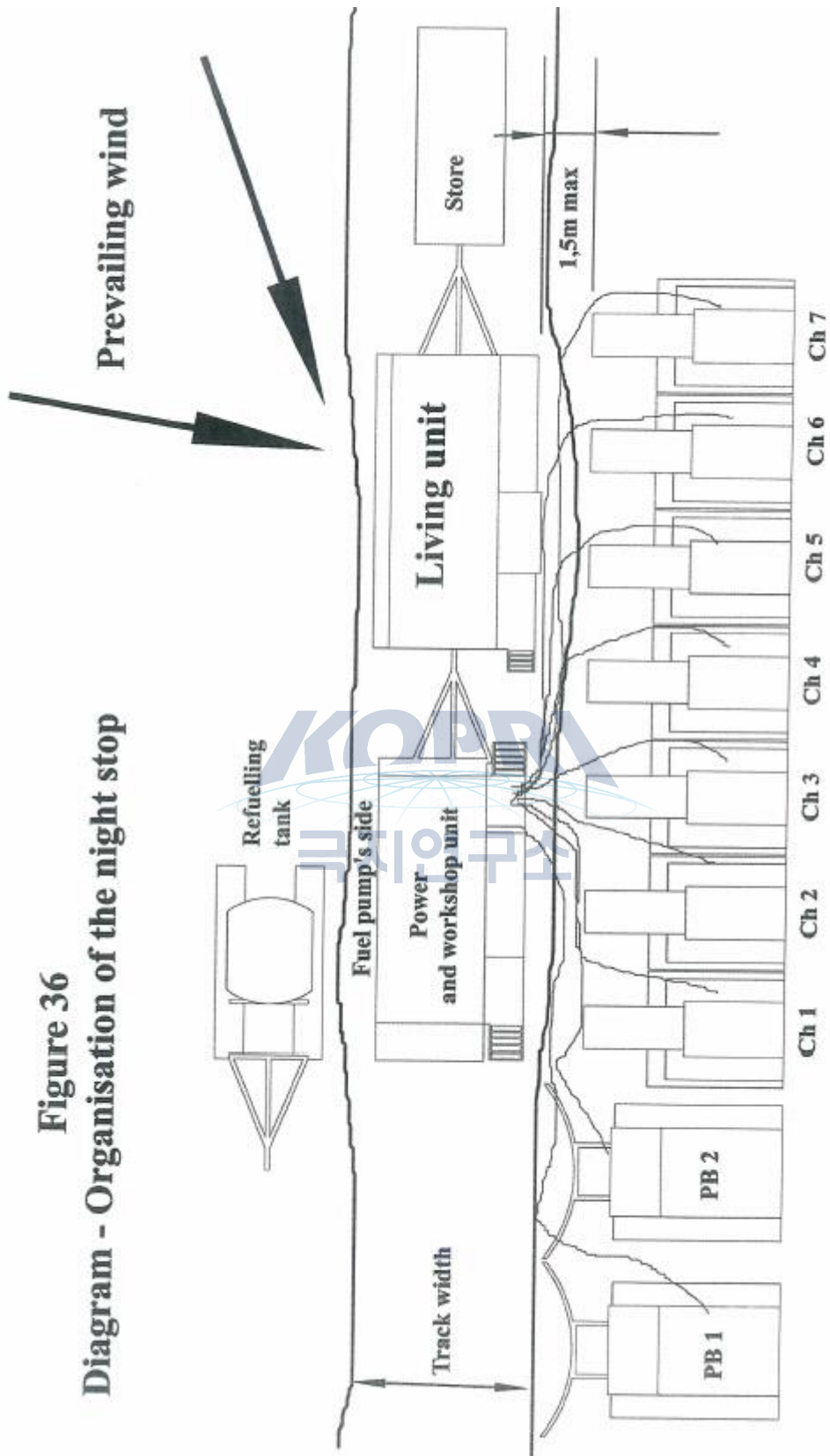


그림 36 야간 정박지 구성

야간 정차(그림 35, 36)는 마지막 트레인이 도착하는 8시30분에 시작된다. 화물은 횡단 경로에 배치한다. 사용 중인 연료 탱크에 연결된 트랙터는 재급유 펌프 옆에 위치시킨다. 운전대원은 각자의 차량을 분리하여 캐러밴의 우측 주차 영역으로 이동한다. 주차 영역은 캐러밴을 이용해 우세풍으로부터 보호한다. 캐러밴의 입구, 비상구, 난방용 전기 장치 등은 횡단 경로가 경사 위치에 놓이도록 설계되었다. 우세풍이 10시에서 11시 방향 사이에서 불도록 캐러밴을 위치시킨다. 이러한 배치와 거리는 눈보라의 영향을 최소화하기 위한 배치로서, 기후 및 풍속 시험을 통해 검증되었다. 저녁 시간에 각 대원들은 각자의 역할을 수행한다. 의사는 식사를 준비한다. 정비대원 2명은 캐터필러 트랙터를 검사한다. 다른 대원은 캐스보러 그레이더를 점검한다. 대원 2명은 화물, 데크, 썰매의 상태를 점검한다. 기술대원 2명은 탱크의 재급유 (그림 36, 37)를 감독한다. 마지막 작업은 주로 무선통신 담당대원이 수행한다. 다른 대원보다 일찍 작업이 끝나기 때문에 그 이후에 무선통신기기를 점검할 수 있다. 특별한 사고나 수리 등의 작업이 없는 한 저녁식사는 10:00시에 시작한다. 청소 당번이 아닌 대원은 23:00시부터 메시지를 보내거나 샤워 등을 1시간 동안 한 후에, 자정 경에 잠자리에 든다.



그림 37 재급유 장치

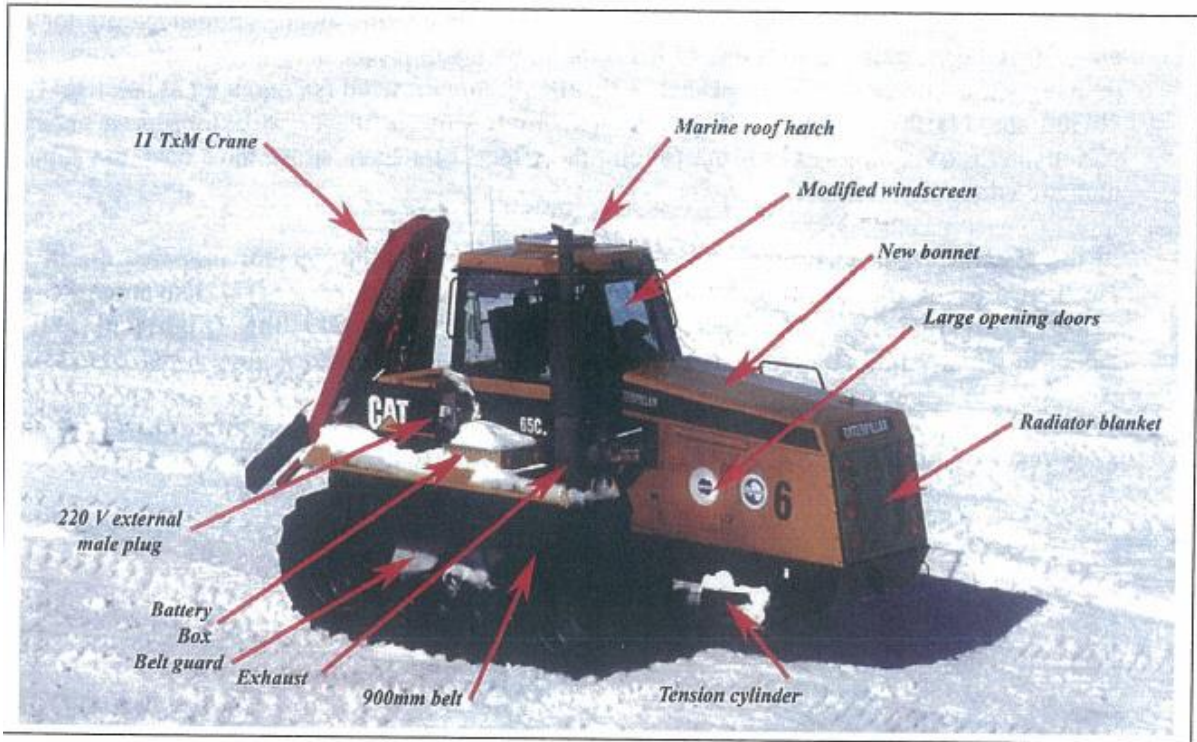


그림 38 동계용으로 개조된 챌린저



F – 기술적 평가

F.1 – 콩코디아의 차량들

현재 콩코디아 대륙 운송 시스템에 포함된 차량은 다음과 같다.

- 챌린저 65x 트랙터 7대
- 캐스보러 PB330 눈 그레이더 3대
- 연료 보관 및 운송용 12m³ 탱크 썰매 14대
- 거주용 캐러밴 1대
- '에너지 공급' / 작업실 / 목욕용 캐러밴 1대
- '창고'용 캐러밴 1대
- 온도 조절 컨테이너 / 추가 캐러밴 1대
- 20' 저온 창고 1개
- 가로 12미터 25톤 용량의 다용도 화물 트레일러 3개
- 가로 6미터 12톤 용량의 다용도 화물 데크 썰매 5대
- 20' 컨테이너 운송용 특수 썰매 7대
- 현장 연료 운반용 26m³ 연료 탱크 최대 3개

표준 수송대는 6-7대의 챌린저 트랙터, PB 330 눈 그레이더 2대, 캐러밴 3대, 1-2대의 온도 조절 컨테이너, 20-25개의 화물, 또는 거주용 캐러밴을 포함하여 25-30개의 화물로 구성된다.

F.2 – 남극대륙 환경에 적절한 추가 기능 부여를 위한 차량 개조

F.2.1 – CAT 챌린저 65x, 동계용으로 개조 (그림 38, 39, 40, 41)

엔진실:

- 연료시스템에 연료 시동 펌프, 수분 분리기, 연료 라인 히터 설치.
- 연료 탱크에 맨홀 추가, 아래쪽에 집수기 설치, 배수 배관 및 뚜껑 설치.
- 12/24V 교류발전기 및 50 MT 시동 모터 설치.
- 오일함에 플리트가드(Fleetguard) 히터 설치, 냉각시스템에 탱크형 히터 설치, 오일받이에 실리콘 가열선 설치.
- 차량 정차 시 엔진 가열을 위해 220V 전기회로 설치, 외부. 커넥터 및 보호 스위치보드 설치.
- 오일 용량 및 오일 교환 주기 향상을 위해 추가 오일받이 설치.
- 배기구에 촉매 필터 1개 설치. 산화세륨을 포함하는 연료 첨가제와 함께 작동함. 연료 첨가제는 실린더 내 탄소 축적을 줄이고 배기 가스 온도를 낮춘다. 또한 대기 중으로 배출되는 미세먼지를 줄인다.



그림 39 동계용으로 개조된 챌린저



그림 40 동계용으로 개조된 챌린저 / 레이더와 크레인

선실 (Cabin)

- 조절 힌지, 외부 핸들, 잠금장치를 포함한 루프 탈출 해치 설치.
- 전방 2중 유리 윈드스크린 제작 및 설치 (애초의 곡선형 윈드스크린을 세 개의 소규모 평면 윈드스크린으로 교체).
- 전방 윈드스크린 주위로 난방용 공기 배관 설치.
- 후방 유리 윈드스크린을 투명하고 두꺼운 플라스틱으로 교체 (크기가 커서 이중 유리 패널로 교체할 수 없음).
- 선실 문 잠금장치 교체 및 실리콘 실링.
- 선실 우측에 배기가스 온도 모니터링용 고온계 및 전자식 회전속도계 설치.
- 기능을 사용하지 않는 일체의 레버를 제거 (쟁기가 장착된 차량은 제외).
- 2개의 안전벨트가 장착된 벤치형 선실 설치. 벤치는 KAB 좌석 받침에 설치.
- 2개의 도로 주행 트럭 형 후방 미러를 선실 측면 외부 핸들에 장착.
- 외부 GPS 및 VHF 안테나 받침대 장착.
- 카세트 및 MP3 시디 재생용 라디오 플레이어 설치.
- 외부 신호등 및 방향 표시등 제거.

프레임, 몸체, 벨트, 보기(bogies)

- 엔진실의 밀봉 및 단열을 증진시키기 위해 새로운 본넷 구조물 제작 및 설치. 본넷 구조물은 유지관리를 용이하기 위해 개구부를 넓히고 위로 들어올리는 문 장착.
- 냉각 라디에이터 공기 흡입구 용 대용량 접이 식 블랭킷을 제조 및 설치.
- 엔진 기름통 밀봉 덮개 제조 및 설치, 계량봉, 필터, 변속기 보호 덮개의 재배치.
- 대용량 배터리 박스의 제조 및 설치. 210AH 옵티마 겔 배터리 2개, 외부 24V 시동/충전 플러그 포함.
- 유압 탱크 단열.
- 구동 바퀴를 눈으로부터 보호하기 위한 얼음 제거기, 벨트 가드 또는 덮개의 제조 및 설치.
- 구동 및 비구동 바퀴에 실리콘 실 설치.
- 바퀴에 금속 허브 설치.
- 추가 스트립을 경화하여 무한궤도 바퀴 그라우저(grouzers).
- 벨트 장력 실린더에 실리콘 실 설치.
- 보기의 에어 서스펜션을 강체 탄성중합체 블록으로 교체
- 보기의 균형 암(arm) 위의 이동을 차단하여 무한궤도 바퀴를 평평하거나 요면(concave)을 이루도록 함.

스프링과 압축 질소를 이용한 복합 궤도 장력 유지 시스템은 성능이 떨어지는 경우도 존재한다. 실리콘 실링에도 불구하고 저온에서 실린더 내 질소가 손실되기 때문이다. 현재 염두에 두고 있는 대안은 추가로 공기 식 완충장치를 이용해 실린더 내 장력을 향상시키는 것이다.

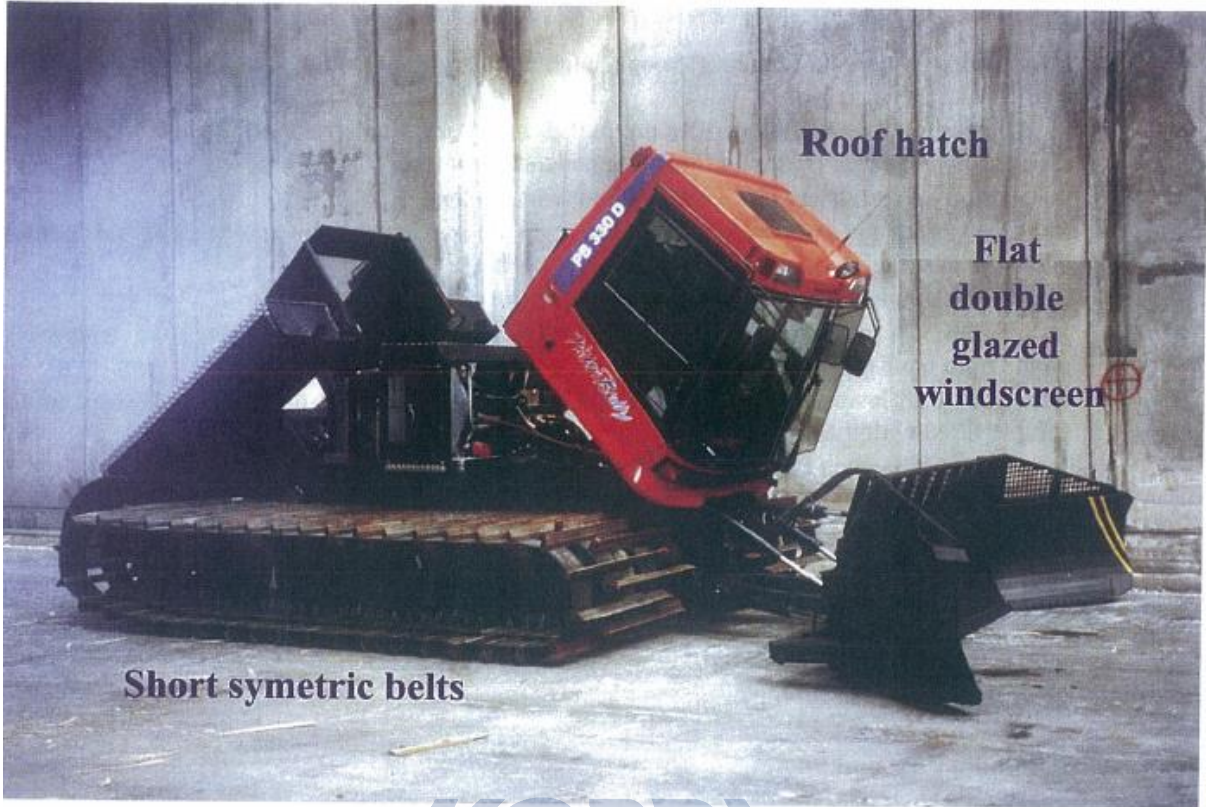


그림 41 PB 330 / 동계용 개조

F.2.2 – 캐스보러 PB 330s (그림 41)

엔진실

- 분리기를 추가하기 위해 엔진 공기 흡입구 및 배기 시스템을 개조.
- 오일함에 플리트가드(Fleetguard) 히터 설치, 냉각시스템에 탱크형 히터 설치, 오일받이에 실리콘 가열선 설치.
- 캐터필러 자재로 만든 엔진 회로 설치 (연료 주사 펌프, 수분 분리기 등 이용).
- 수송대 정차 시 엔진 가열을 위해 220V 전기회로 설치, 외부 커넥터 및 보호 스위치보드 설치.
- 오일 용량 및 오일 교환 주기 향상을 위해 추가 오일받이 설치.
- 배기구에 촉매 필터 1개 설치. 산화세륨을 포함하는 연료 첨가제와 함께 작동함. 연료 첨가제는 실린더 내 탄소 축적을 줄이고 배기 가스 온도를 낮춘다. 또한 대기 중으로 배출되는 미세먼지를 줄인다.

선실

- 외부 핸들, 잠금장치를 포함한 루프 탈출 해치 설치.
- 도로 주행 트럭 형 후방 미러 설치.
- 수동 가속기 설치.
- 외부 GPS 안테나 받침대 설치.
- 전방 2중 유리 윈드스크린 제작 및 설치 (애초의 곡선형 윈드스크린을 세 개의 소규모 평면 윈드스크린으로 교체).
- 모든 차량에 VHF 송수신기, 해양 채널 장착.
- 캐스보러 차량 중 1대에 횡단 운항 장비 설치.

프레임, 몸체, 벨트, 보기(bogies)

- 엔진실의 밀봉 및 단열을 증진. 본넷 구조물은 유지관리를 용이하기 위해 개구부를 넓히고 위로 들어올리는 문 장착.
- 엔진 기름통 밀봉 덮개 제조 및 설치.
- 냉각 라디에이터 공기 흡입구 용 탈착식 금속 덮개 제조 및 설치.
- 대용량 배터리 박스의 제조 및 설치. 210AH 옵티마 겔 배터리 2개, 외부 24V 시동/충전 플러그 포함.
- 유압 탱크 단열.
- 300리터 연료탱크 2개, 아래쪽에 50리터 버퍼탱크 1개와 집수 장치, 배수 배관 및 뚜껑 설치.
- 고무 충전 타이어 설치.
- 표준 날 호스를 실리콘 호스로 교체.
- 폭 1,400mm 좌우 대칭 무한궤도 2개 제작 및 설치.
- 눈 절삭기 서스펜션 제거 후 견인 후크 설치.

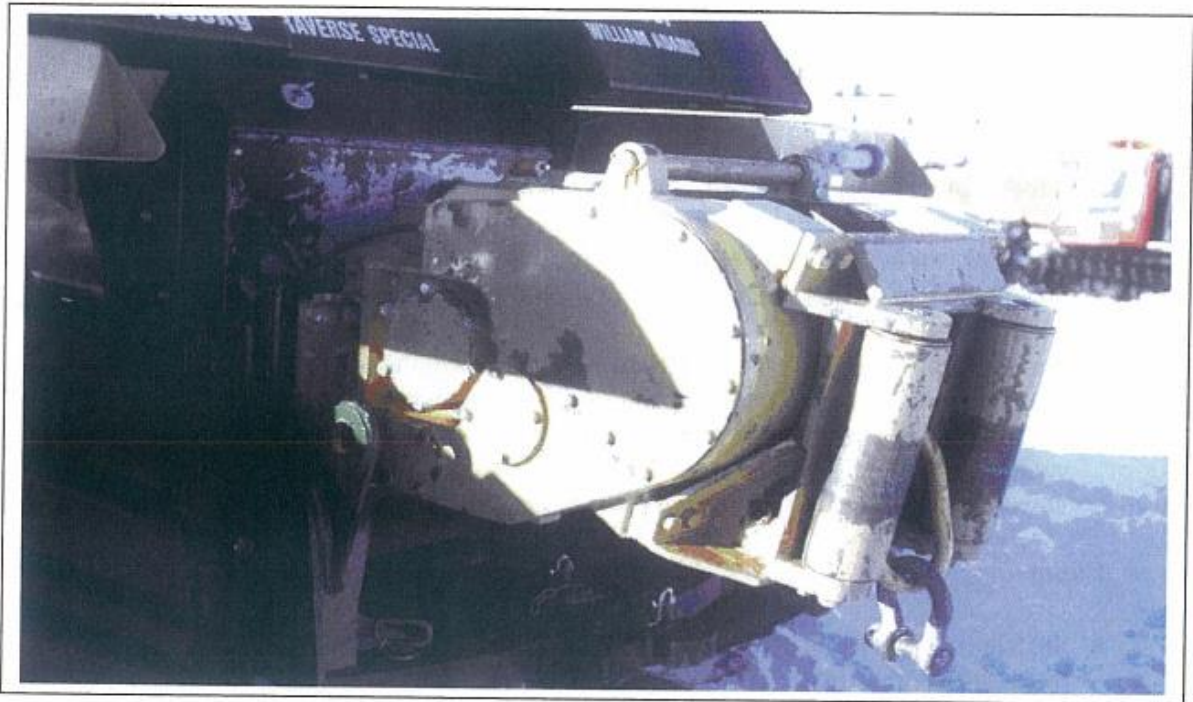


그림 42 챌린저에 장착된 윈치

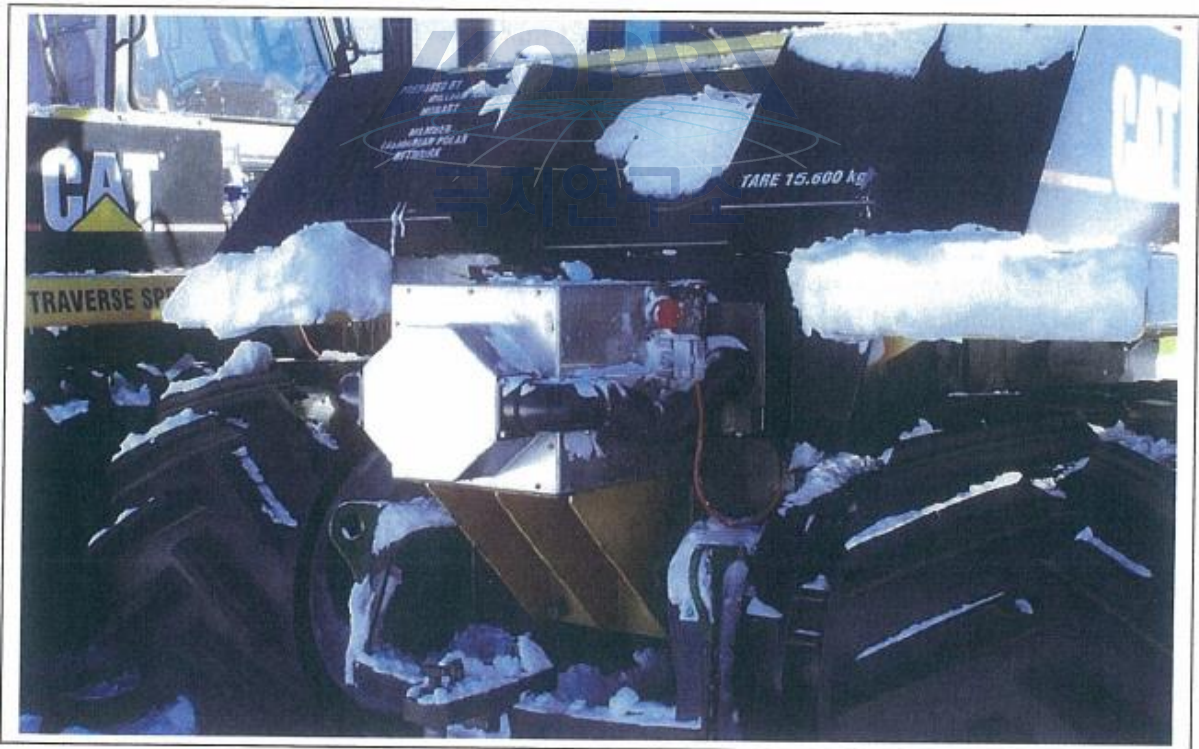


그림 43 챌린저에 장착된 발전기

F.2.3 – 수송대 트랙터에 장착된 추가 장비 (그림 16, 40, 42, 43)

- 챌린저 트랙터 3대의 후미에 11tm 용량의 유압 크레인 장착.
- 챌린저 1대에 20톤 급 히스터(Hyster) 윈치 장착.
- 40kVA / 50Hz / 3 x 400V 전기 모터를 챌린저 트랙터에 장착. 캐러밴 발전기의 예비용도.
- 나머지 2대의 챌린저 트랙터에 20kVa / 50Hz 발전기 2대, 400V 발전기 3대 장착. 조명용 발전기.
- 유압 엔진으로 작동하는 12kVA / 50Hz / 400V 발전기 4개 캐스보리에 장착.
- 발전기가 장착된 2대의 챌린저 트랙터에 2kW 380V 프로젝터 조명 각 4개씩 장착.
- 발전기가 장착된 1대의 챌린저 트랙터에 2kW 380V 프로젝터 조명 6개 장착.
- 1대의 챌린저 트랙터 장비 암에 특수 쟁기 장착.
- 2대의 챌린저 트랙터에 레이더 2기 장착.
- 챌린저 트랙터에 HF 무선 송수신기 장착.

F.3 – 무한궤도 바퀴가 장착된 트레일러 (그림 11, 32, 55)

두 대의 트레일러에는 MTS 73 (그림 44) 하부장치, 팽창 타이어로 구성된 아이들러(idler), 고무벨트, 보기(bogies)가 장착되어 있다. 초기에는 심각하지 않지만 작업에 장애를 초래하는 소규모 기술적 문제들이 존재했다.



그림 44 MT 73 하부장치 (Undercarriage)

아이들러는 튜브가 없는 타이어를 장착하고 있다. 이 기술은 전세계에서 사용되고 있지만 남극대륙에서는 한계가 있다. 우리는 발포고무(foam)로 채워진 타이어를 사용하고 있다. 발포고무의 밀도와 탄성은 타이어의 필요한 팽창 압력과 동일하다 (경화(rigid) 타이어는 변형 저항력이 크기 때문에 사용하지 않는다).

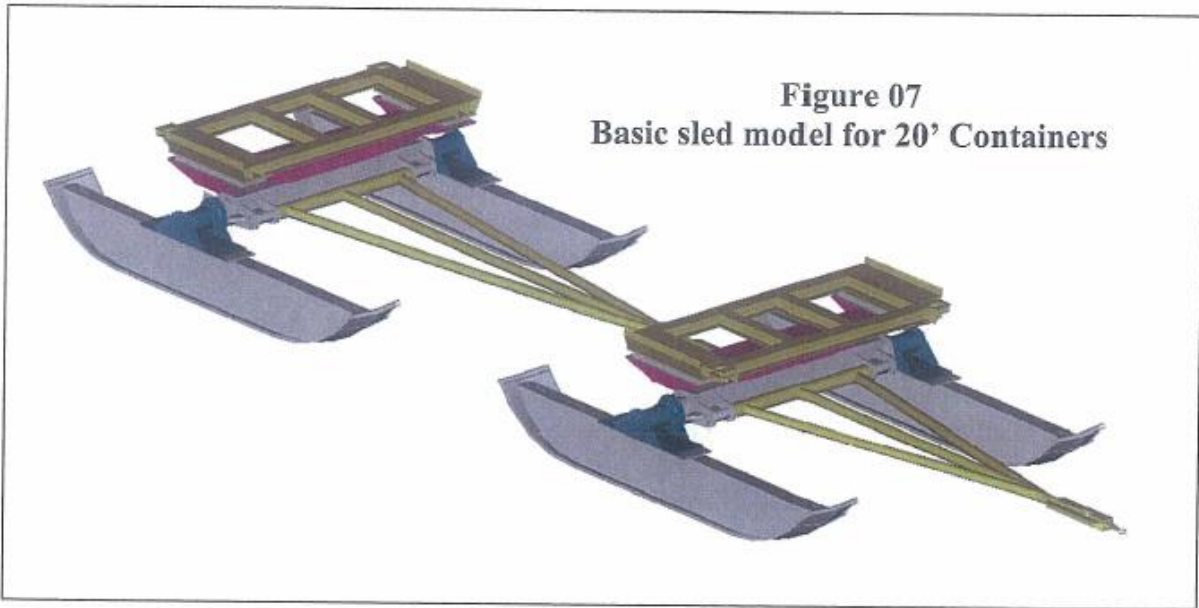


그림 07 20' 컨테이너 용 기본 썰매 모델



그림 45 20' 컨테이너 용 기본 썰매 모델

벨트의 고무는 -35°C 이하로 내려가면 경화된다. 이러한 특성은 벨트의 두께, 경사진 그라우저의 두께, 850mm 아이들러의 "감기는 반경(winding radius)"과 함께 견인력을 향상시킨다. 이러한 이유로 거친 노면에서 사용하도록 설계된 기존 벨트를 더 얇은 벨트로 교체했다. 그라우저가 견인력을 향상시키기 때문에 더 작은 그라우저에 가황 처리를 한 부드러운 벨트를 구매하였다.

VFS 50 하부장치

애초에 사용된 MTS 73 하부장치(그림 46)는 길이가 짧아 트레일러에 가해지는 하중이 클 때 지압을 낮게 유지하기 힘들었다. 따라서 트레일러의 전방에는 MTS 73 하부장치를 후미에는 길이가 더 긴 116" MTS116s를 장착했다. 최초에는 MTS116 하부장치를 장착했지만, 메인빔에 존재하는 취약성이 발견되어, VFS50 시리즈로 교체되었다. 또한 VFS 강철휠 전체에 고무 밴드를 장착하고 베어링에 실리콘 조인트를 채워 넣었다.

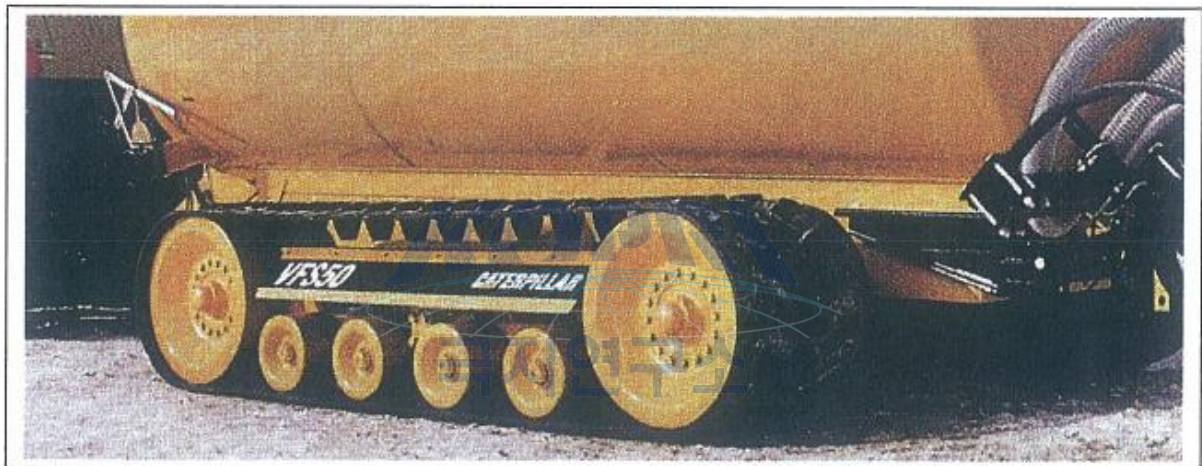


그림 46 VFS 50 하부장치

VFS 50 장비의 장점 중 하나는 MTS 116에 비해 가격이 절반에 불과하다는 것이다. VFS 하부장치는 챌린저 트랙터와 마찬가지로 에이지씨오(AGCO)에 매각된 캐터필러의 농기계 부문 회사에서 제작되었다. 에이지씨오의 영업 전략이 변경되었고, 따라서 하부장치의 효율성이 떨어졌을 수 있다.

F.4 - 썰매

F.4.1 - 화물 썰매

트레일러는 중량이 많이 나간다. 무게에 비해 실제 실을 수 있는 화물의 규모가 작다. 트레일러는 밀집된 형태의 화물에만 사용되어야 한다. 경량 화물(최대 12,000kg)용으로 썰매를 개량할 수 있다. 충격과 커다란 스트레스를 받아야 하는 부분에 사용된 강철의 품질은 프랑스 표준 (French standard NF A42FP)을 만족한다 (-50°C에서 탄성 측정).

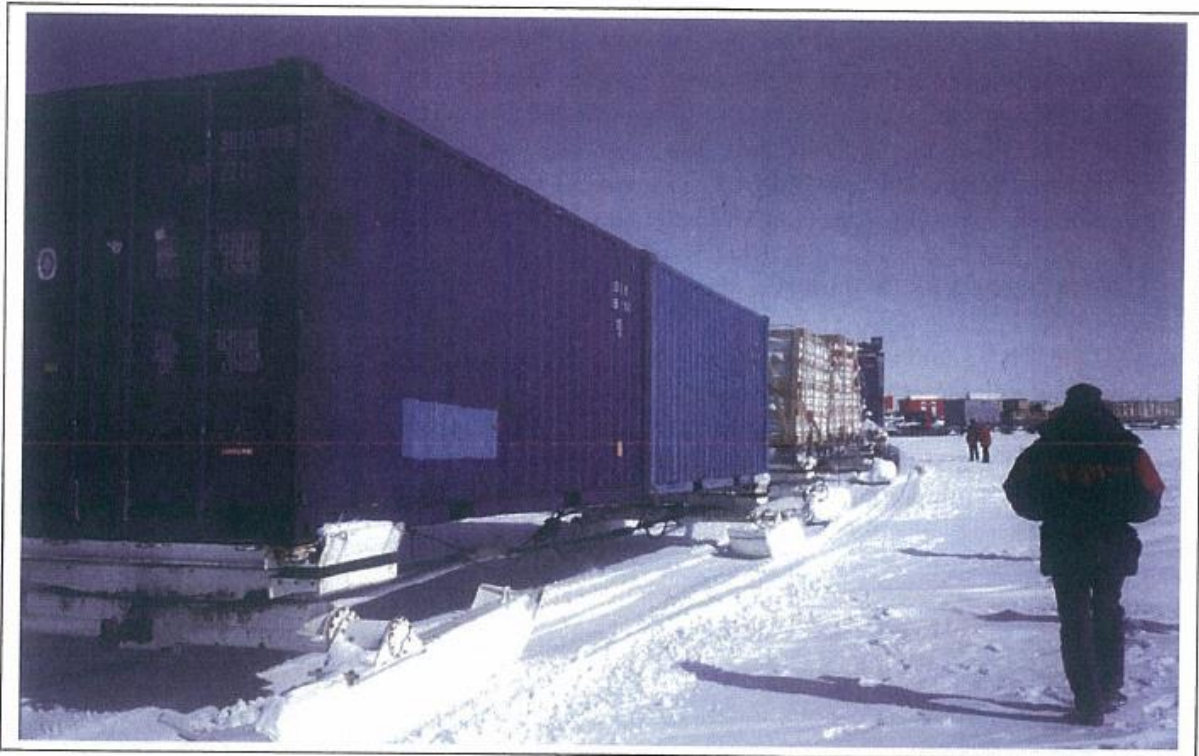


그림 45a 경량 20' 컨테이너의 기본 모형



그림 47 체인을 연결한 썰매

- 1996 모델 (그림 7, 45, 45a)

굴절 썰매의 경우 데크 하부에 장착된 스키 조립체가 종 방향으로 움직여야 한다. 하중에 따라 이 움직임은 축에 매우 큰 스트레스를 가하게 된다. 따라서 탱크 썰매의 2, 3번째 모델은 탄성 연결장치를 이용하였으며, 이를 통해 이동 중 상대적 움직임을 가능케 하고 그 결과 축에 가해지는 스트레스를 줄였다. 이 썰매는 구성품이 단지 12개로써 이제껏 구축된 썰매 중 가장 단순한 구조에 속한다.

썰매 모델 중 하나에는 무게를 줄이기 위해 데크를 제거하고 20 피트 컨테이너를 적재하였다. 또한 내부에 사슬로 연결된 확장봉을 늘려 40피트 용량의 컨테이너 또는 20피트 용량의 컨테이너 2개를 적재할 수 있다. 단 공칭 중량을 초과해서는 안 된다. 하중 대 총질량(gross mass) 비는 일반적으로 2.5 - 4이다.

- 2001 모형 (그림 7, 47)

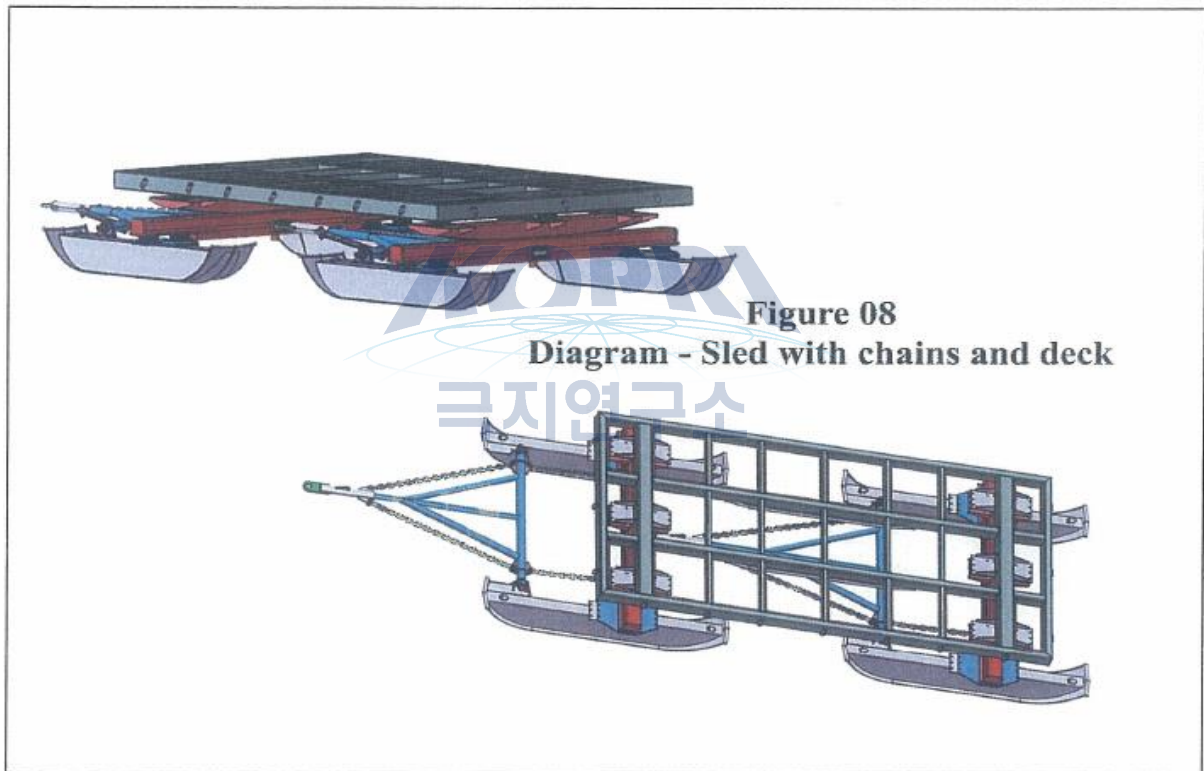


그림 48 체인과 데크가 장착된 썰매 도해

1996년 모델은 구조가 단순하고 사용상 융통성이 있었지만, 트랙의 변형을 지나치게 많이 초래했다. 그 결과 2001년 모델은 기본적으로 동일 구조를 유지하면 일부 구성물을 변형하였다 (그림 8, 47). 체인(chain clearance)을 통해 전달된 견인력은 전방 스키를 거쳐 후미의 고리로 전송된다. 견인력이 스키의 앞쪽으로 향하게 되어 트랙에 굴곡이 생기는 것을 막는다. 또한 데크 서스펜션과 유사한 탄성 서스펜션을 이용하여 스키의 굴절을 차단했다. 이를 통해 3차원적인 움직임이 가능해졌고, 스키를 상대적으로 조금만 이동하여 [확장봉 연결 주위에 얼음이 쌓이는 현상을 예방할 수 있게 되었다.

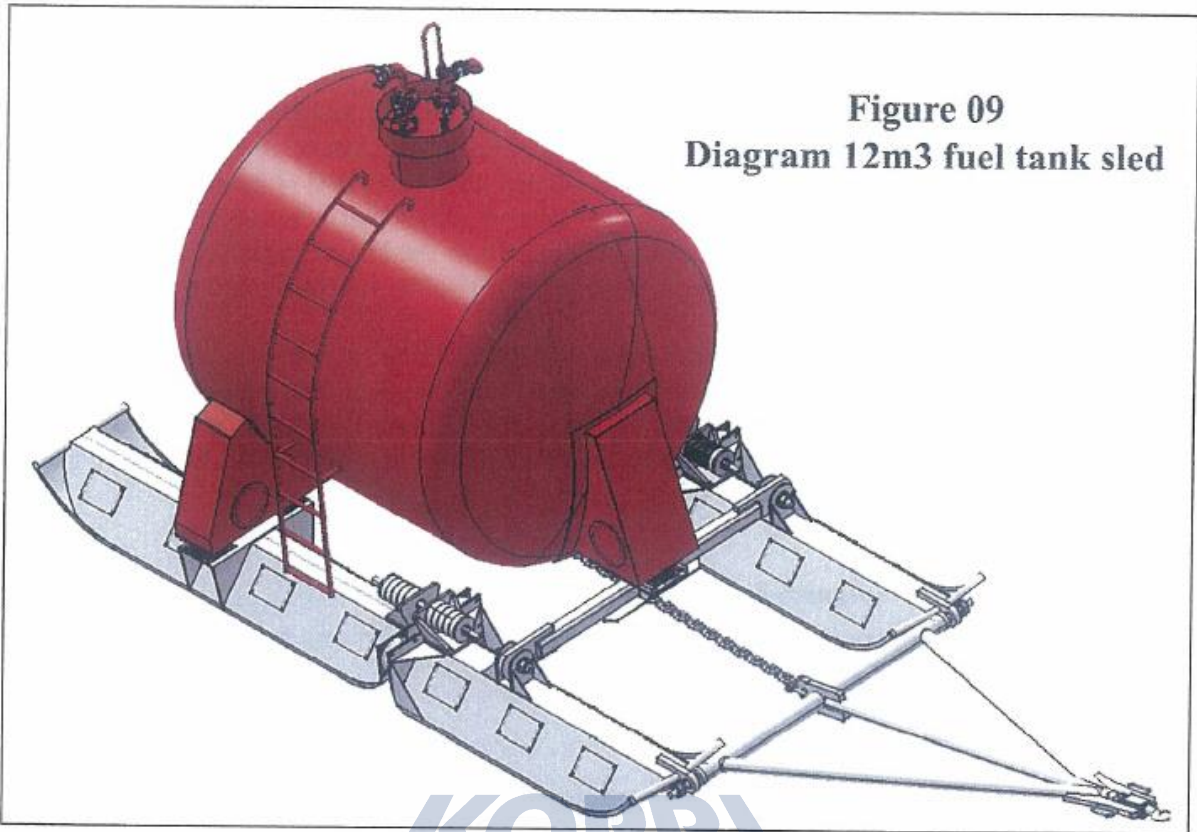


그림 09 12m³ 연료 탱크 썰매 도해



그림 48 12m³ 연료 탱크 썰매

F.4.2 - 횡단팀의 연료 썰매 (그림 9, 48)

이 썰매가 가지고 있는 특징은 탱크를 썰매 조립체의 전후를 연결하는 구조체로 이용했다는 점이다. 3쌍의 탄성 관절(각 관절은 3도의 자유 연결(freedom link)를 제공한다)을 통해 두 개의 굴절 스키 위에 탱크가 놓여진다. 최초 모델에서는 스키를 딱딱하게 만들었다. 하지만 이 설계는 둔덕 통과 시 스트레스를 많이 발생하였다. 두 번째 모델에서는 스키에 탄성 관절을 장착하였다. 이 모델은 노면에서 완벽하게 작동했지만, 트랙의 변형을 지나치게 많이 초래하였다. 세 번째 모델(그림 09)은 균형 운동(balancing movement)에 역방향으로 작용하는 굴절 완충장치를 장착하였다. 12m³ 탱크는 길이 2미터 지름 2.4미터의 튜브로 구성되어 있다. 탄성 이중 뼈대가 설치된다. 각 탱크에 담겨 운반되는 연료의 양이 충분히 많아 보이지 않을 수 있지만, 이를 통해 거의 비워진 탱크를 상당히 빠른 기간 내에 (약 10.5일 마다) 트랙에 남겨두어 연료 하중을 전체 트레인에 고르게 분산할 수 있다. 연료 탱크 썰매는 수송대가 목적지에 이동하며 중간에 트랙에 떨어뜨려 놓는다. 트랙에 남겨진 각 탱크에는 수송대가 귀환 시 사용할 수 있는 연료가 들어있다. 앞에서 설명했듯이 횡단 중 연료탱크를 트랙에 떨어뜨려 놓음으로써, 수송대의 전진 속도를 높이고, 고도 상승으로 인한 동력 상실과 노면 눈 특성의 변화로 인한 견인력 상실을 보완할 수 있다.

F.4.3 - 26m³ 탱크 썰매 - 현장시설의 연료 썰매

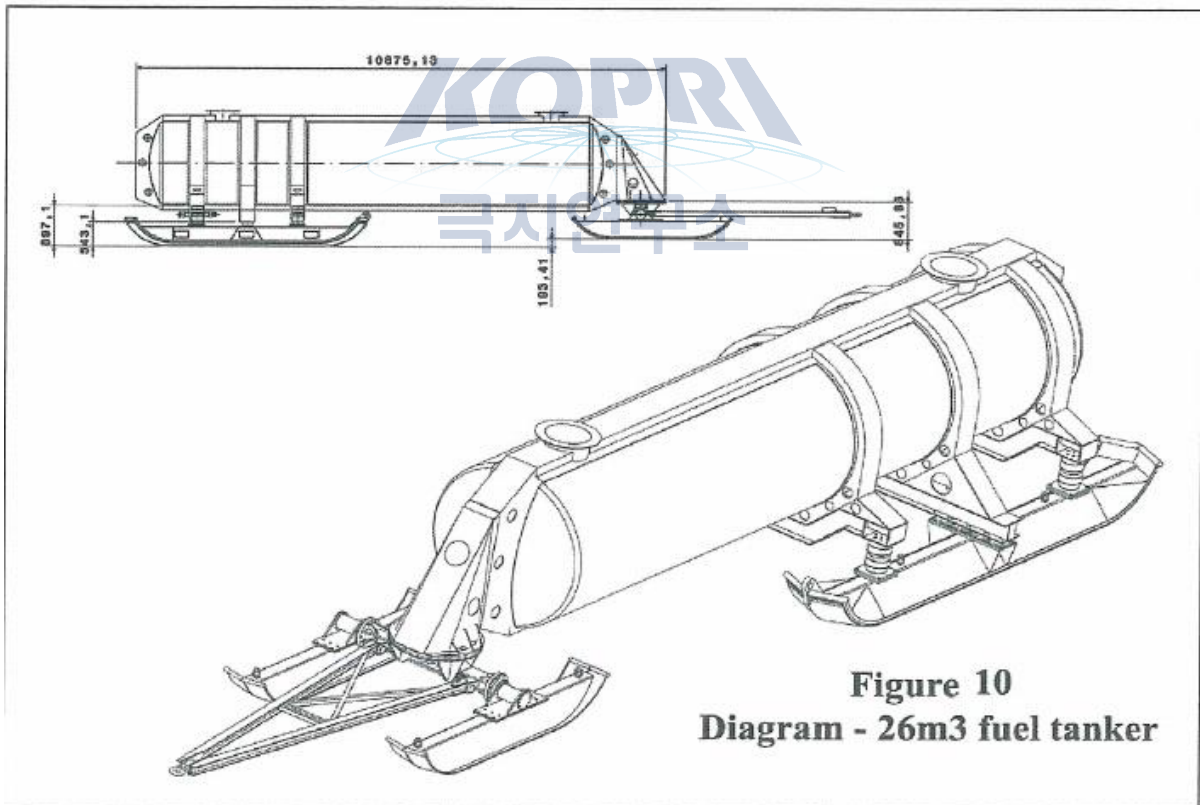


그림 10 26m³ 연료 탱크 도해

26m³ 탱크 썰매는 돔C의 연료 공급을 위해 가장 최근 개발되었다. 12m³ 썰매와 달리 횡단 루트에서 지속적으로 사용하도록 설계되지 않았다. 이 하이브리드 장치는 트레일러 요소를 포함하고 있으며 혁신적인 단계별 서스펜션을 장착하고 있다. 탱크 길이를 길게 함으로써 앞쪽과 뒤쪽 스키 간에 간격이 넓다. 따라서 앞쪽의 연결 장치로부터 스키가 떨어져 있고, 그 결과 서스펜션에 의한 전달되는 스트레스가 줄어 들었다. 스키는 탱크의 앞쪽을 받치고 있을 때 지면과 30 KPA를 유지하도록 설계되었다. 트레인은 통합성이 뛰어난 장치이다 (그림 49a). 이 방법으로 세 대의 탱크를 연결할 수 있다.



그림 49 26m³ 연료 탱크 썰매

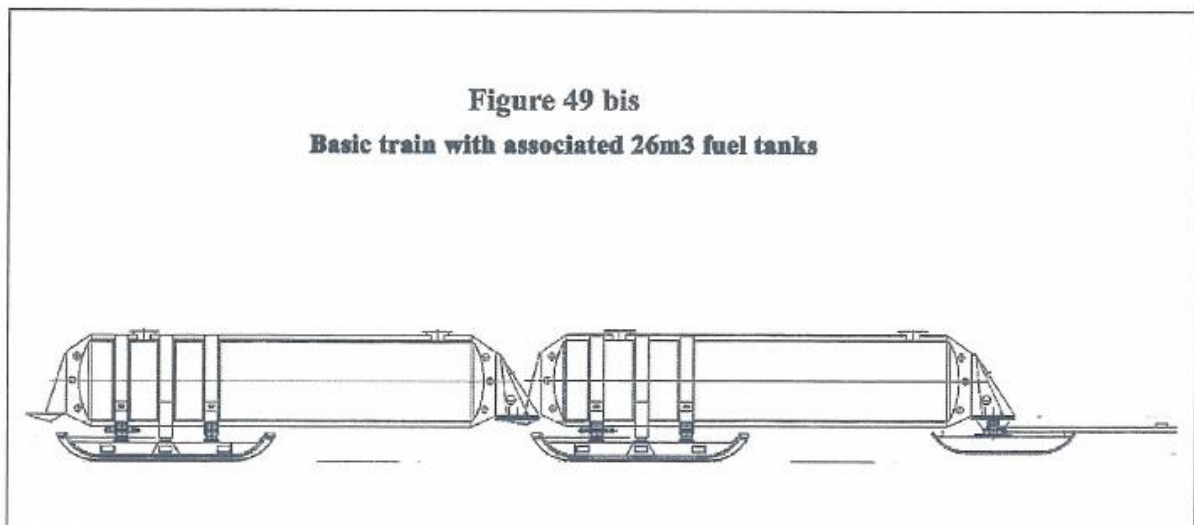


그림 49 bis 26m³ 연료 탱크가 결합된 기본 트레인

CONCORDIA TRAVERSES
SUMMARY (March 2005) of CARGO LOADS DELIVERED AT DOME C

Season	Traverse No	Date pre transfer	Depart CPH	Arrive DC	Depart DC	Return CPH	Gross Weight (T)	Payload ex-CPH (T)	Payload delivered at DC	Fuel used (M3 / T)	Duration (days)	Net cargo flow (t/day)	Efficiency Payload / Gross
1996-97	04		16-01-97	29-01-97	31-01-97	10-02-97	420 T	187 T	125 T	75/60	27.0	4.63	0.30
	05		16-11-97	02-12-97	04-12-97	13-12-97	374 T	160 T	099 T	74/59	27.1	3.65	0.26
	06		20-12-97	02-01-98	03-01-98	12-01-98	384 T	165 T	115 T	63/50	24.5	4.70	0.30
1997-98	07		16-01-98	26-01-98	28-01-98	06-02-98	392 T	173 T	123 T	62/49	20.8	5.92	0.31
	08	17-11-98	20-11-98	03-12-98	05-12-98	13-12-98	377 T	164 T	109 T	68/55	23.4	4.65	0.29
	09	19-12-98	21-12-98	04-01-99	06-01-99	14-01-99	439 T	188 T	129 T	74/59	24.1	5.35	0.29
1998-99	10	17-01-99	18-01-99	29-01-99	31-01-99	09-02-99	428 T	194 T	129 T	81/65	21.6	5.97	0.30
	11	16-11-99	19-11-99	02-12-99	04-12-99	12-12-99	421 T	186 T	119 T	84/67	23.3	5.10	0.28
	12	17-12-99	19-12-99	28-12-99	28-12-99	11-01-00	486 T	223 T	157 T	83/66	23.0	6.83	0.32
1999-00	13	15-01-00	16-01-00	26-01-00	28-01-00	06-02-00	473 T	208 T	131 T	96/77	21.2	6.18	0.28
	14	17-11-00	20-11-00	04-12-00	06-12-00	14-12-00	428 T	197 T	121 T	95/76	25.5	4.74	0.28
	15	19-12-00	20-12-00	30-12-00	02-01-01	11-01-01	513 T	239 T	162 T	93/77	22.5	7.20	0.31
2000-01	16	16-01-01	18-01-01	27-01-00	29-01-01	06-02-01	513 T	235 T	165 T	86/69	19.8	8.33	0.32
	17	17-11-01	20-11-01	04-12-01	06-12-01	14-12-01	520 T	240 T	160 T	100/80	24.5	6.50	0.31
	18	19-12-01	21-12-01	01-01-02	03-01-02	12-01-02	496 T	240 T	167 T	91/73	22	7.60	0.34
2001-02	19	17-01-02	19-01-02	29-01-02	31-01-02	08-02-02	443 T	204 T	137 T	85/68	19.8	6.90	0.31
	20	17-11-02	18-11-02	02-12-02	05-12-02	13-12-02	495 T	245 T	159 T	108/86	25.5	7.00	0.32
	21	18-12-02	20-12-02	31-12-02	02-01-03	10-01-03	497 T	236 T	166 T	88/70	22	7.50	0.33
2002-03	22	14-01-03	17-01-03	27-01-03	30-01-03	07-02-03	496 T	237 T	162 T	93/75	21	7.70	0.33
	23	18/19-11-03	21-11-03	03-12-03	05-12-03	13-12-03	473 T	214 T	132 T	101/82	23	5.74	0.28
	24	18/19-12-03	21-12-03	01-01-04	03-12-03	12-01-04	443 T	215 T	139 T	94/75	22.5	6.18	0.34
2003-04	25	15/16-01-04	18-01-03	29-01-04	31-01-04	07-02-04	414 T	186 T	127 T	84/67	21.5	6.01	0.31
	26	17-11-04	18-11-04	30-11-04	03-12-04	11-12-04	521 T	249 T	167 T	102/82	23.3	7.16	0.32
	27	17-12-04	21-12-04	05-01-05	07-01-05	15-01-05	520 T	242 T	164 T	98/78	25.5	6.43	0.315
28	18/19-01-05	21-01-05	02-02-05	05-02-05	13-02-05	552 T	283 T	201 T	102/82	22.5	8.33	0.365	

콩코디아 횡단

돔 C 로 유송된 화물 요약 (2005 년 3 월)

F.5 - 비용 및 성과

성과

지금까지 화물 횡단이 25차례 실시되었다. 돔C로의 귀환 횡단에 소용되는 기간은 기지에서 2일 간의 체류를 포함해 평균 19-25일이다 (기지까지 9-13일 귀환 시 8-10일이 소요된다).

챌린저 트랙터의 연료 소모량은 노면 상태에 많은 영향을 받는다. 챌린저 트랙터의 경우, 화물과 경사에 따라 차이가 있지만 평균 5.5-8리터/Km이며, 귀환 시 썰매에 하중이 실리지 않은 경우 3.5-4.5리터/Km이다. 캐스보러는 평균 5리터/Km의 연료를 소모한다.

시즌 최초로 실시되는 횡단의 경우 이전 시즌에 만들어진 트랙을 이용하지만 일반적으로 화물 적재량은 더 적다. 새로운 눈을 더 많이 만나게 되고 이어지는 2차례의 수송을 위해 트랙을 항상시킨다. 따라서 개별 횡단 별 화물량 보다는 시즌 전체에 걸쳐 운송된 화물이 실질적 의미가 있다. 지난 해까지 실시된 26회에 걸쳐 약 3,300톤의 화물을 돔C로 운송하였다.

한 줄로 늘어선 두 대의 트레인으로 연결된 챌린저 트랙터는 70KN의 출력을 발휘한다. 두 트랙터 견인력은 합쳐서 140KN이며 100톤의 하중을 8-9개의 화물로 분산하여 견인할 수 있다. 그림 01과 33a에서 알 수 있듯이 화물을 8개에서 9개로 1개 더 증가할 수 있다. 챌린저 트랙터의 최고 속도는 기어 4단에서 8Km/h이다.

비용

운송시스템의 비용은 개발 비용과 사용되는 장비의 비용을 합친 것이다. 개발 비용은 시험 과정에서 폐기되었거나 교체된 장비의 비용과 기존 장비에 지속적으로 이루어진 개조비용을 포함한다. 미와(USD)와 유로화의 교환비율은 평균 \$1.1대 €1이다.

전체 비용

횡단 장비 비용	:	\$4.2 백만
개발 비용	:	\$1.7 백만
프뤼돔만 해안 시설 비용	:	\$2 백만
돔C 하역 장비 비용	:	\$0.5 백만

프뤼돔만 시설 비용은 프랑스 급여 체계에 기반을 둔 시설 설치 인력의 인건비를 포함한다. 각 시즌의 운영 비용 중 약 절반 가량이 인건비이며, 인건비는 각자 속한 조직에 따라 큰 차이가 난다. 감가상각비용도 동일한 경우이다. 현재의 운반시스템을 이용해 돔C까지 화물 운반 시 1킬로그램 당 약 \$3의 비용이 소모된다.

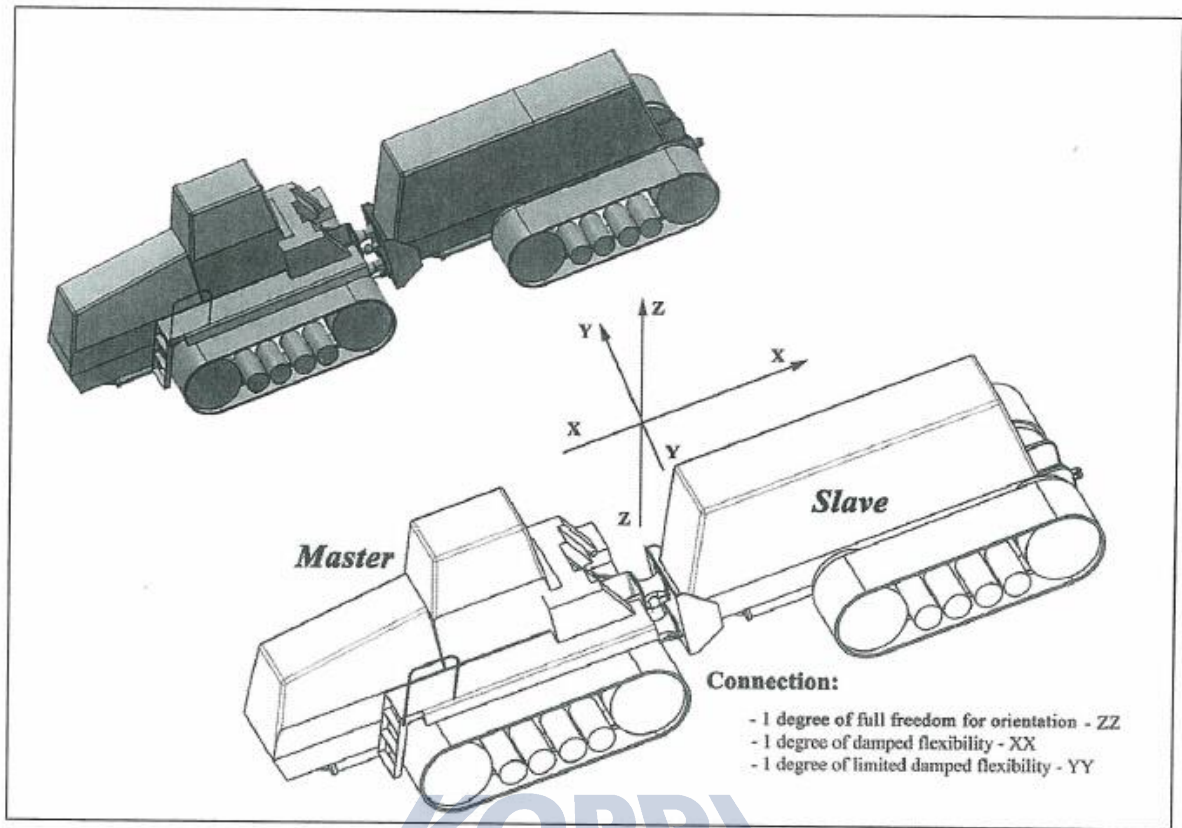


그림 50 주종(Master-Slave) 챌린저 연결

극지연구소

G - 기술적 향상 노력 및 향후 개발

(일반 디자인 및 견인되는 차량의 튜닝에 의해) 썰매와 트레일러의 견인 저항이 감소하는 만큼 챌린저의 견인력을 향상시켜 (그리고 그라우저의 수리를 통해) 화물 운송량을 연간 10퍼센트 향상시킬 예정이다. 또한 수송대 내에서 화물의 유형별 분배 방법을 향상시켰다. 또한 트랙터를 나란히 연결하고 탄력성 있는 연결 장치를 장착했다. 모든 변경사항은 시험과 유효성 확인을 거친 후 다른 장비로 확산되었다.

시즌 별로 수행하는 3회의 횡단은 세부 내용이 사전에 계획되고 일정이 잡힌 전세계적 작업이다. 이 작업은 해안에서 적재작업 및 돔C 기지에서 하역작업을 포함한다. 아울러 (장비의 신뢰성을 향상시켜) 횡단 중 유지 보수 작업을 줄이는 작업, 대원들의 식사를 준비하는 작업까지 포함된다. 운송시스템의 전체 영역은 이제 성숙기에 있지만, 개선되어야 할 영역이 여전히 존재한다. 트랙터 및 트레일러와 썰매 위 화물, 특히 트랙터의 구성품, 화물 썰매, 에너지 공급 등의 분야는 많은 진전이 이루어졌다. 반면, 트랙의 위치를 확인하고, 악천후 시 가시성 영역을 증대하며, 물리적 경로 마커의 손실 보완 등의 영역은 계속된 평가와 시험을 필요로 한다. 또한 트랙의 정지작업은 트랙의 기하학적 형태를 확인할 수 있지만, 덮이는 눈을 줄이고 효율성을 더 증진해야 한다. 트랙을 찾을 수 있도록 도와주는 경사면(burm)은 그 자체가 바람에 날려 쌓인 눈을 만들고 이 눈을 매번 횡단 시 다시 제거해야 한다. 챌린저 기반의 정지 차량을 현재 연구 중이다.

G.1 - 견인 차량

사용된 트랙터는 1990년/1999년 제조된 챌린저 65 시리즈이다. 에이지씨오가 제조한 현재 챌린저 시리즈는 출력이 더 증가하였지만 지면과 접촉하는 트랙의 길이는 65시리즈와 동일하다. 현재 생산되는 챌린저 시리즈는 속도가 9-11km/h에서 11-13km/h으로 향상하였지만 화물을 추가로 견인할 수는 없을 것이다. 그림 50에 제시된 장비는 견인할 수 있는 화물량을 늘리기 위해 연구되었다. 이 장비는 '주(Master) - 종(Slave)' 조립체이다. 선두 차량이 주 장비이며 연결된 장비가 종 장비이다. 종 트랙터는 선두 엔진 조종대원의 조작에 자동으로 반응한다. 두 장비는 연결되었지만 하나의 장비로 작동한다. 무한궤도가 4개, 모터가 2개 달린 일종의 트랙터인 것이다. 이 장비를 이용할 경우 작업인력은 1명 줄어들지만 결과물 역시 2대의 장비를 2명의 조종대원이 조작할 때보다 줄어들 것이다. 또한 새로운 차원의 복잡한 문제들이 발생할 수 있다. 또한, 수송대 대원 수 역시 8명 이하로 줄어들 수 없다. 대원 수가 8명 이하일 경우 저녁 작업을 동시에 수행할 수 없다 - C장 참조. 따라서 이동하는 시간을 불 빠르게 정리해야 한다.

G.2 - 경로 정지 및 유지보수 작업

G.2.1 - 노면 정지 장비

과거 경로가 존재하지 않은 노면의 경우 10/11km/h의 속도로, 이미 경로가 존재하는 경우는 14km/h의 속도로 노면을 정리할 수 있다. 이 장비는 조작이 간편하며 눈을 밀어 내야 하는 모든 상황에 사용될 수 있다. 예를 들어, 바람에 날린 눈, 눈더미 만들기, 화물 적재를 위한 도랑 작업, 등. 반면 이 장비들은 스키 슬로프에서 작업을 목표로 제작된 것으로 남극대륙의 극점에 있는 단단한 눈을 처리하기에는 약하다.

Figure 51
Standart Challenger 65

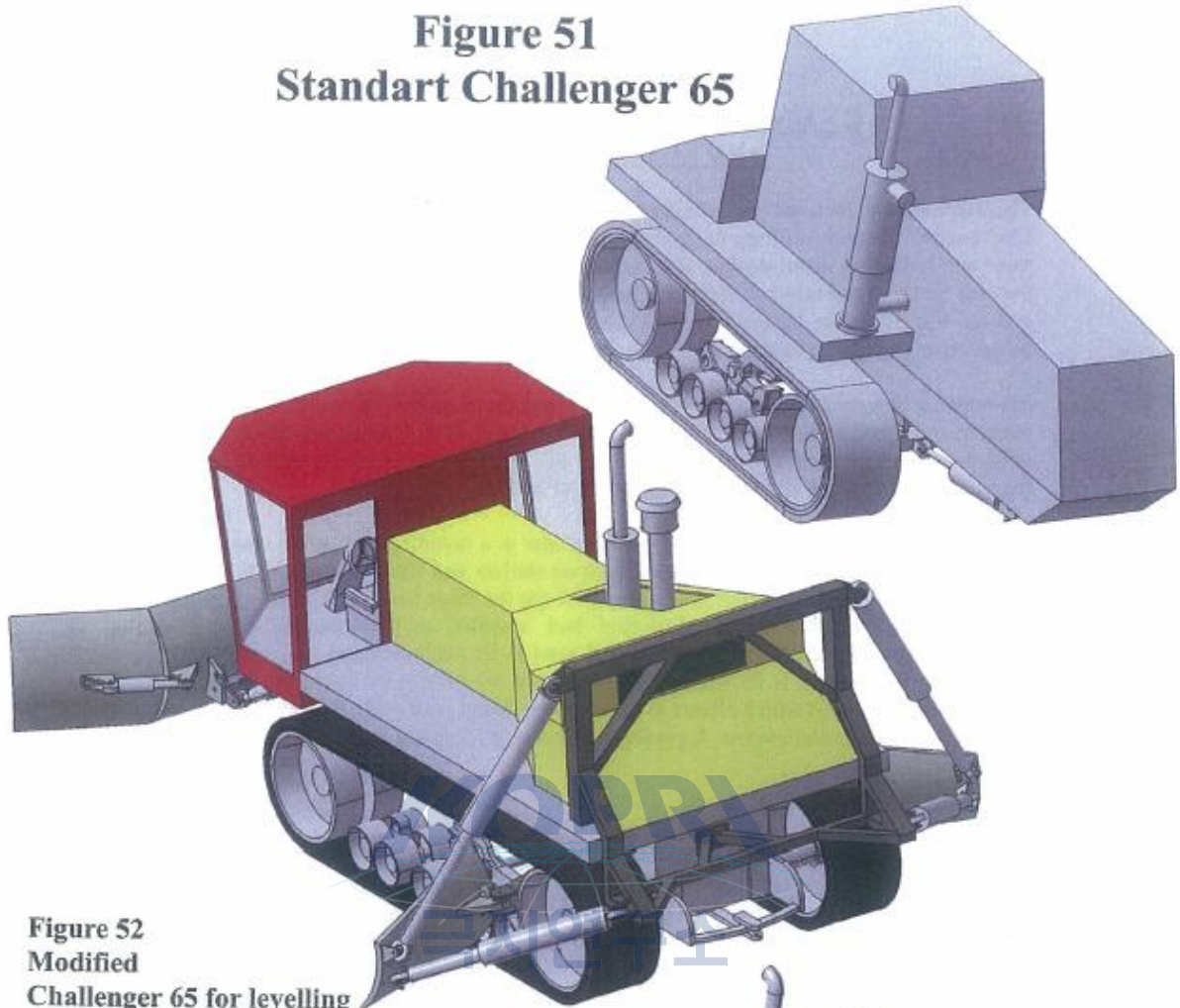


Figure 52
Modified
Challenger 65 for levelling

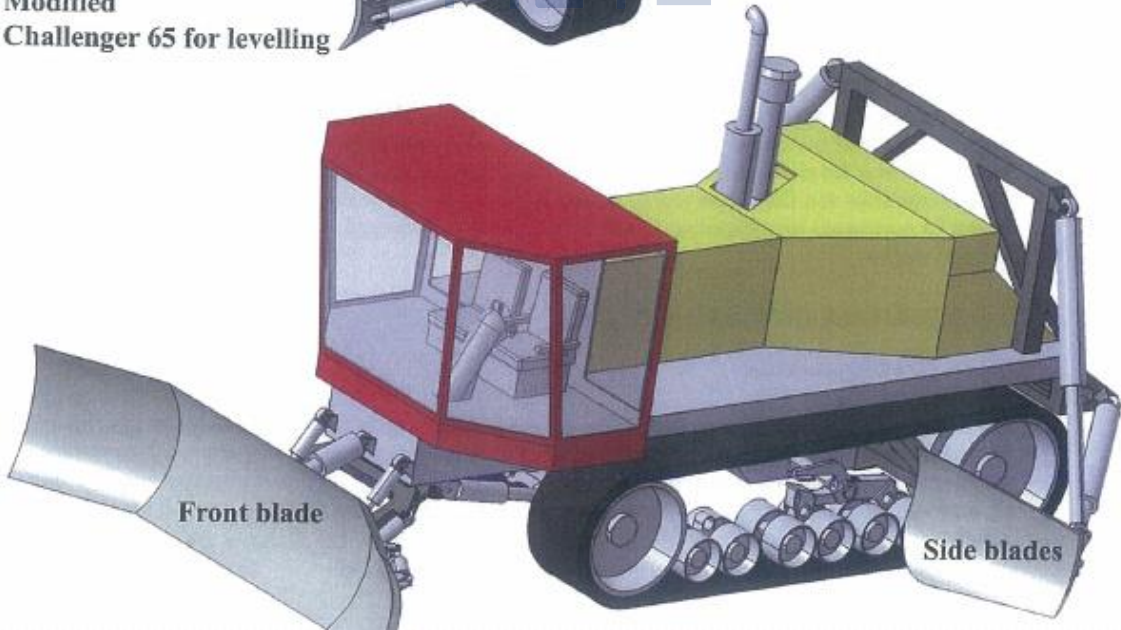


그림 51 표준 챌린저 65 (위)
그림 52 정지 작업을 위해 개량된 챌린저 (아래)

지난 10년간 사용해온 챌린저 트랙터는 아직 손상의 기미가 보이지 않지만, 세 노면 정지 장비는 완전히 분해 후 부품을 수리하고 샤프를 다시 용접했다. 정지 장비의 유지관리비는 이미 7대의 챌린저 유지관리비의 2배를 초과했다. 또한 횡단 시 다른 종류의 장비를 추가로 사용하게 되면 스페어 부품의 운송, 인력 훈련, 문서화 작업 등이 요구된다. 따라서 이러한 장비의 사용은 합리적이지 않다.

남극대륙에 대한 경험을 가지고 있으며, 나서는 문제들에 대한 이해를 가지고 있는 현 시점에서 긴요하게 나서는 문제는 챌린저를 정지작업 장비로 개조하는 방법을 찾는 것이다 (그림 51, 52). 전제조건은 405' 둘레가(circumference)를 가지는 무한궤도를 시장에서 찾는 것이다. 지면에 닿는 무한궤도의 길이가 보기(bogies) 한 쌍에 의해 확장되지만, 작업에 지장을 줄만큼 두꺼워서는 안 된다.

이 장비는 다음과 같은 특징을 지니게 된다.

- 선실을 앞으로 이동한다.
- 보기를 추가로 한 쌍 더 설치한다.
- 인장형 바퀴(tension wheel)를 이동한다.
- 무한궤도를 교체한다.
- 엔진과 기어박스를 후미로 이동한다.
- 라디에이터를 후미로 이동한다.
- 유압펌프를 교체한다.
- 조이스틱으로 조작 가능한 관절형 전진 날을 설치한다.
- 측면 날을 설치한다.
- 발로 작동하는 기어스틱.

G.2.2 견인된 정지 시스템 (그림 53)

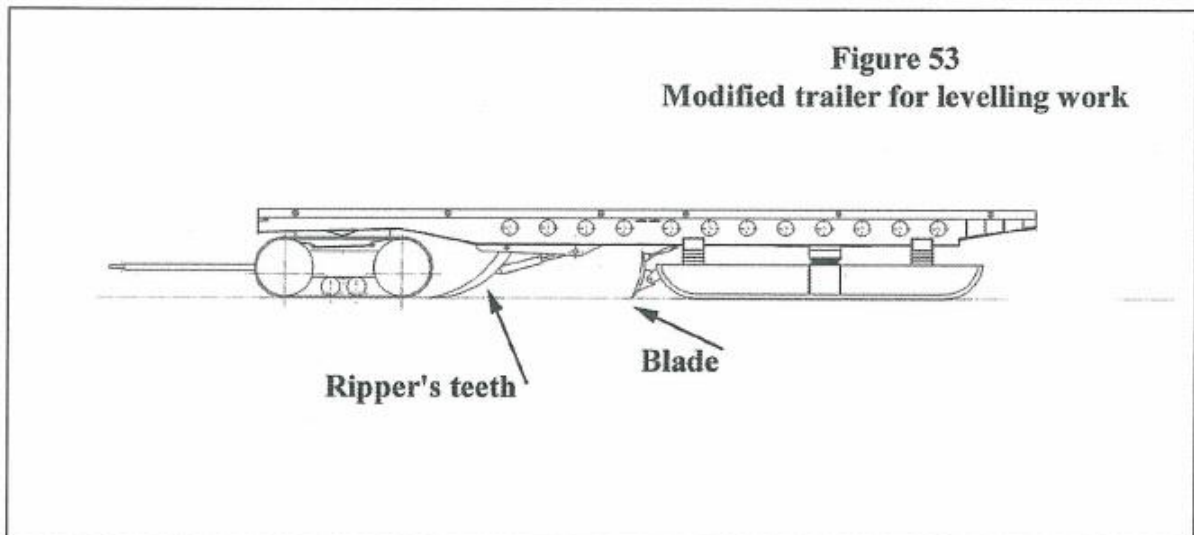


그림 53 정지작업용으로 개조된 트레일러 도해

견인된 정지 시스템은 특정 정지 장비를 대체할 수 있는 장점이 있다. 이 시스템은 선두 장비를 대체할 수는 없지만 중간이나 후미 장비를 효과적으로 대체할 수 있다. 현재 몇 종류의 견인 정

지 시스템을 연구하고 있는 상황이다. 이 중 하나가 그림 53에 제시된 것으로, 시험 삼아 트레일러 샤시 위에 설치되었다. 이 장비는 딱딱한 서스펜션을 이용한 스키의 지지력과 안정성을 결합하였다.



그림 54 정지 작업용으로 개조된 트레일러

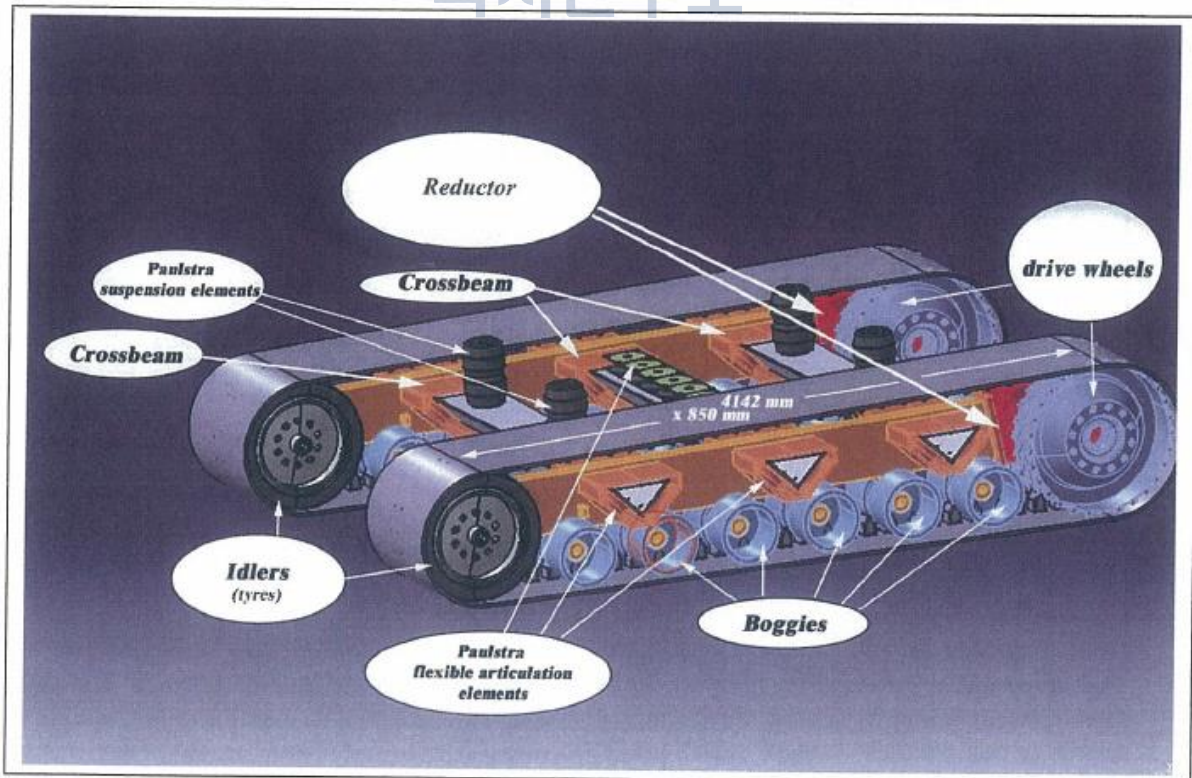


그림 55 길이를 확장시킨 하부장치 도해

G.3 - 트레일러 하부장치

현재 VFS 하부장치는 일반적인 하중을 받을 때 노면 지압이 지나치게 상승한다. 또한 VFS 하부장치는 그림 32에 제시된 트레일러에 시험용 그레이딩 서스펜션을 장착한 샤시에는 설치할 수 없다. 구조상 연결암(Joining arm)을 삽입할 만한 공간이 존재하지 않기 때문이다. 따라서 하부장치의 길이를 확장해야 한다. 현재는 길이가 확장된 무한궤도의 생산이 가능하다. 길이가 확장된 무한궤도는 두 가지 장점이 있다. 하중 지지 노면을 확장할 수 있으며 구조체의 길이를 늘려 개조가 가능해진다 (그림 55).

G.4 - 횡단 시 사용되는 연료 수송

현재 연료 운송을 위한 시스템은 정상적으로 작동하고 있다. 하지만 12m³ 등급의 새로운 탱크 썰매가 필요하거나 새로운 작업을 처음부터 시작해야 하는 경우, 그림 56에 제시된 모델이 선호된다. 이 탱크는 용량이 14m³이며, 화물 썰매의 부품과 운동 원칙이 적용된다. (네 개의 스키와 14m³의 탱크 용량으로) 비용은 약간 더 들지만 썰매 전체를 하나의 모델로 축소시킬 수 있다.

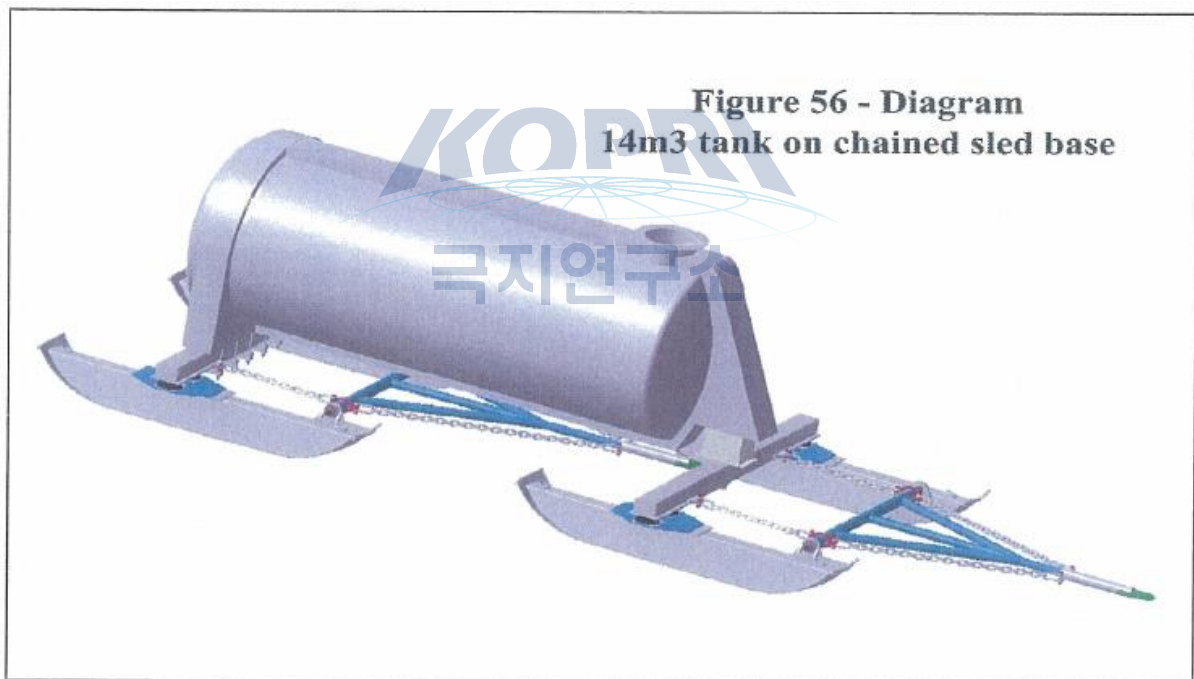


그림 56 사슬로 연결된 썰매와 14m³ 탱크

G.5 - 악천후 시 운항 및 운전

동일한 시즌 내에 출정 시마다 기존에 존재하는 트랙을 찾는 것은 일반적으로 어렵지 않다. 하지만 악천후가 이어지거나 특히 화이트아웃(White Out)의 경우는 예외이다. 화이트아웃은 주로 층운으로 구성된 구름에 덮일 때 발생한다. 때로는 광도가 매우 높을 때도 발생한다. 문제는 두 가지 상황이 겹쳤을 때 발생한다. 즉 시즌 최초의 횡단 시 화이트아웃이 발생한 지역에서 지난 시즌에 만들어진 횡단 트랙을 찾아야 하는 경우이다.

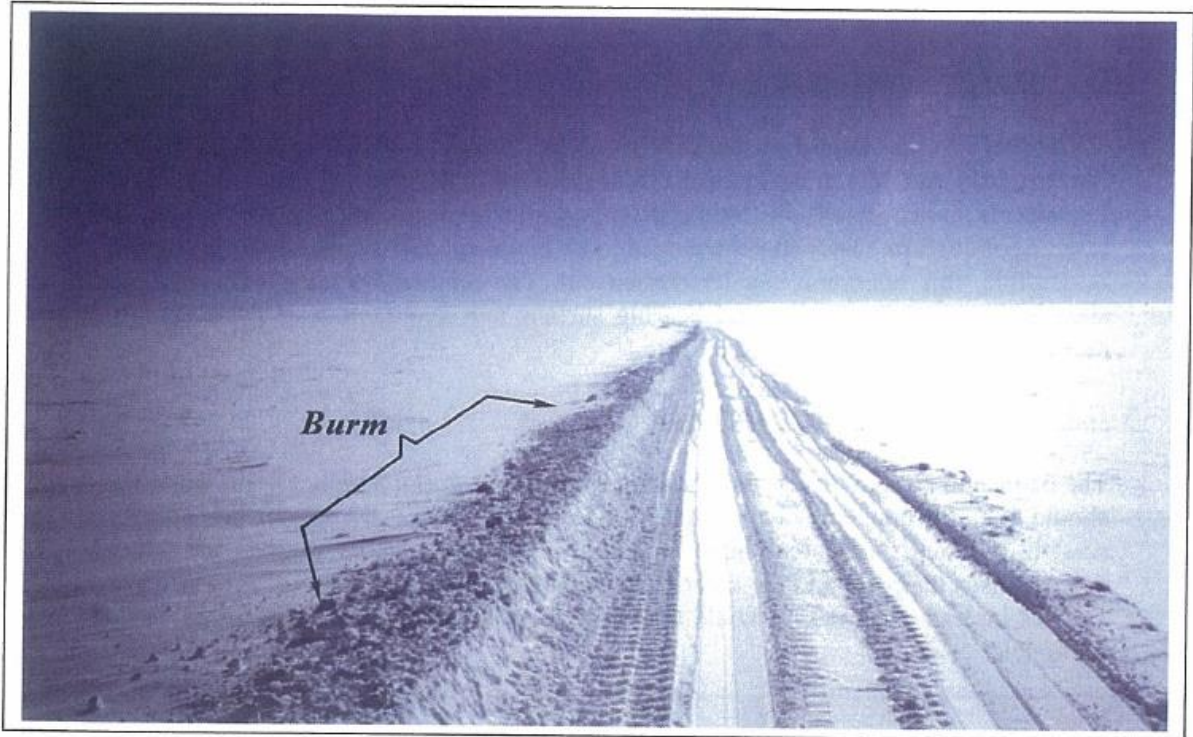


그림 15 트랙과 경사면(Burm)

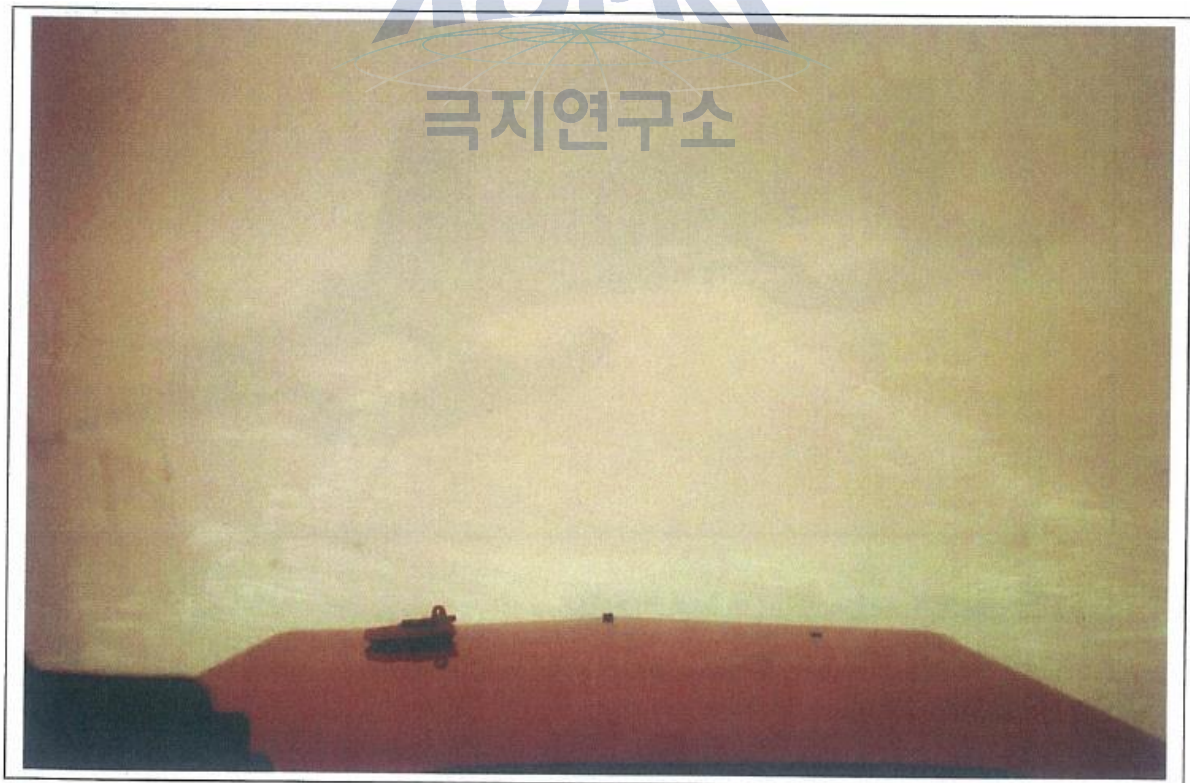


그림 57 화이트아웃 발생 시 조명을 비추고 챌린저 내부에서 본 경관

G.5.1 - 현재 시스템

트랙 위치 파악을 위해 현재 사용하는 방법은 GPS와 그레이더에 장착된 날을 통해 만든 경사면 마커이다. 이 방법은 두 가지 문제점이 있다.

- **장비 유지관리의 문제점:** 매 횡단 시 마다 경사면을 보수해야 한다. 하지만 이 방법은 날을 특정 각도로 유지하고 정지 장비를 이용해야 한다. 그 결과 작업 시 불균형이 초래되고 부품(날, 드라이브 트레인 등)이 불규칙적으로 마모된다.
- **트랙에서 발생하는 문제점:** 경사면은 유지되지만 (그림 15, 58), 경사면에 쌓은 눈이 트랙으로 날려 횡단 시 마다 트랙을 정리해야 한다.

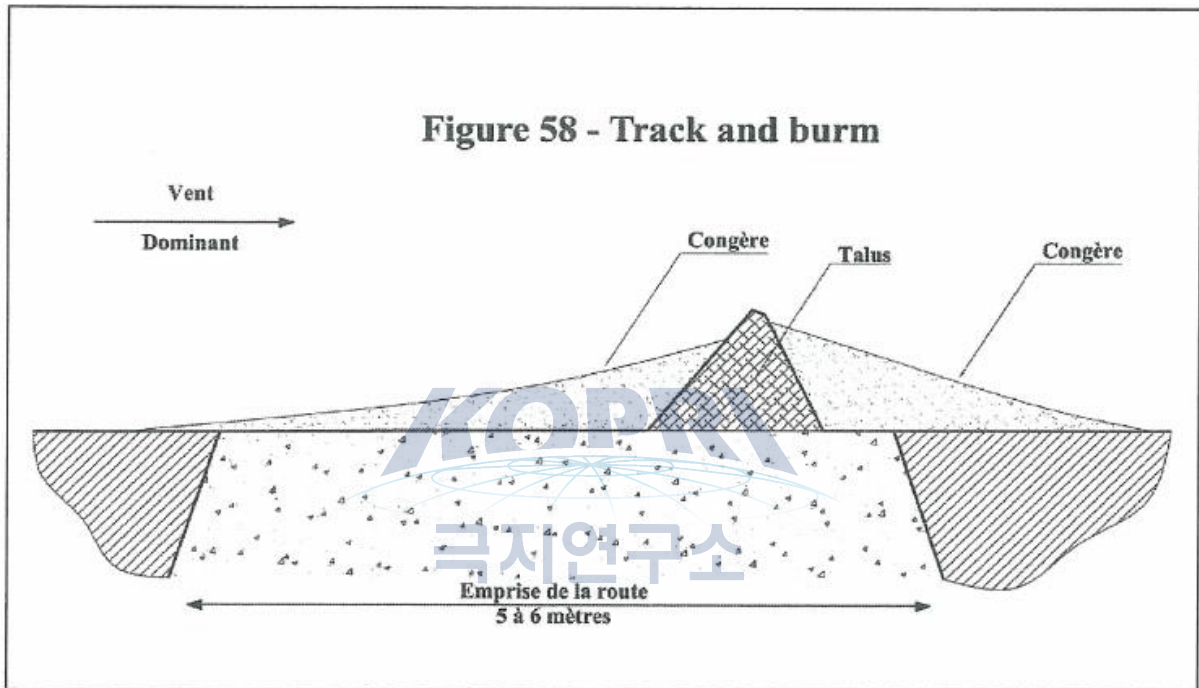


그림 58 - 트랙과 경사면

악천후나 화이트아웃 발생 시 가시성을 높여 주는 시스템은 광학 장비로 구성되어 있다. 이 장비는 안경 형태로서 UV와 푸른색을 걸러내고 강력한 조명을 사용한다.

G.5.2 - 계획중인 시스템

초음파를 이용한 시스템과 전자기장을 이용한 시스템을 동시에 연구하고 있다. 기본 원리는 유사하다. 토양의 밀도 변화를 파악하여 신호를 보내는 것이다. 밀도의 변화는 최종적으로 지나간 차량이 트랙의 중앙에 만들어 낸 작은 도랑에 의해 만들어 질 수 있다 - 그림 60. 이 도랑은 수송대의 이동과 이동 사이 또는 시즌 사이에 눈으로 메워진다. 하지만 도랑에 쌓인 눈의 밀도는 나머지 트랙과 차이가 있으며, 따라서 식별 가능하다.

Figure 59 - Diagram
10 berth living unit

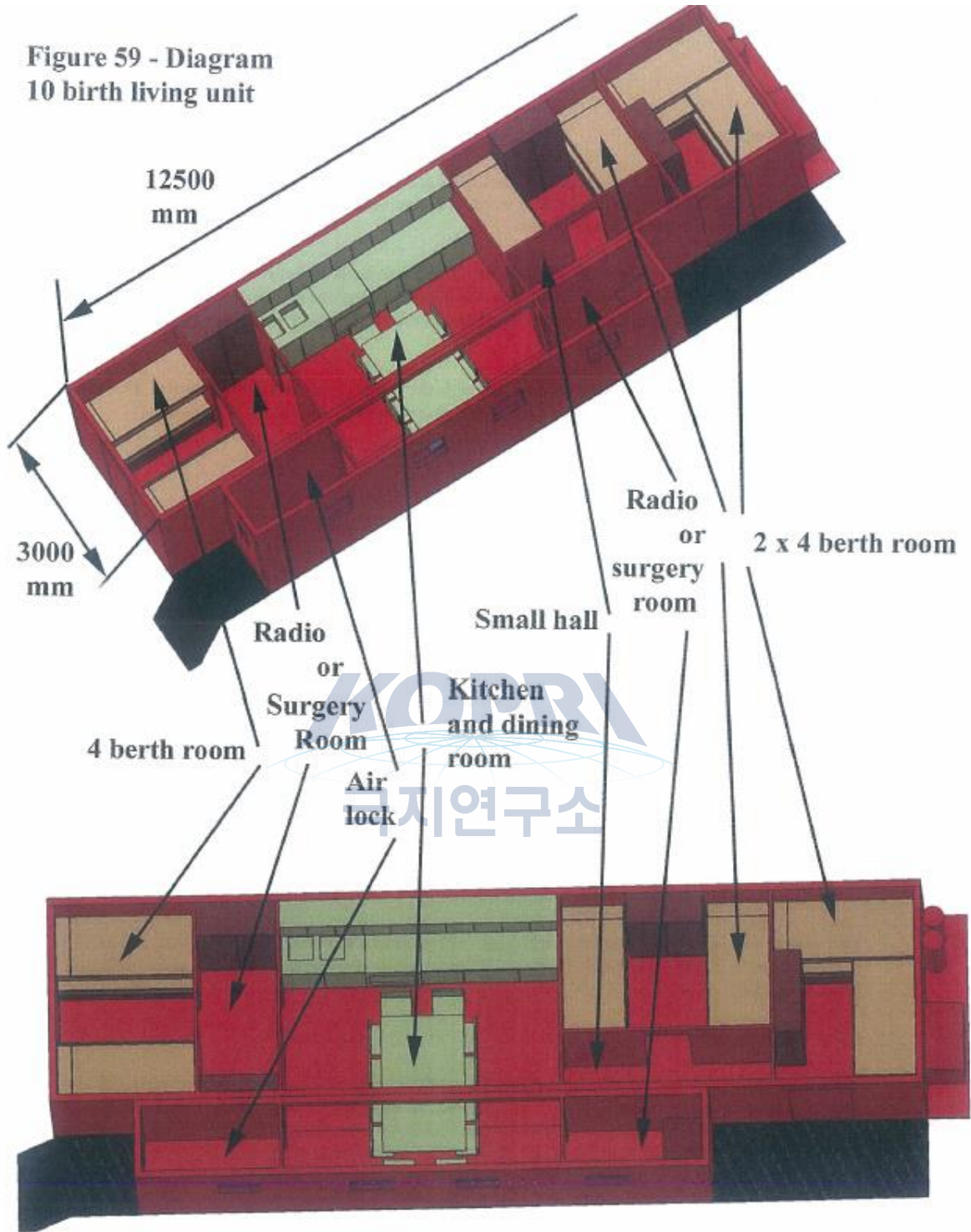


그림 59 10인용 거주 공간

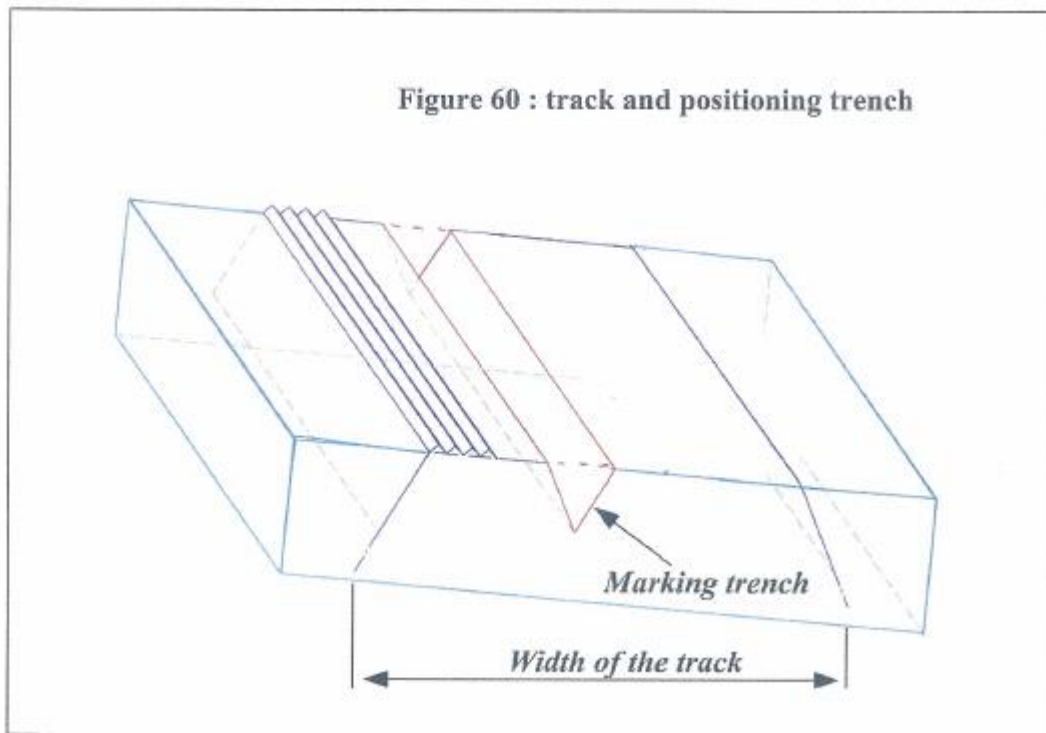


그림 60 트랙 및 위치 확인용 도랑

G.6 - 캐러밴

G.6.1 - 거주 캐러밴 (그림 59)

현재 사용 중인 두 대의 캐러밴은 만족스럽게 사용되고 있지만, 거주 공간의 침상 설계를 8개에서 10개로 늘릴 필요가 있다. 8인용 캐러밴은 매우 제한되어 있는 까닭에 수송대가 출발한 이후 추가로 인원이 수송대에 동참할 수 없다. 그림 59에 제시된 거주 캐러밴은 이러한 요구를 만족시킬 수 있다.

G.6.2 - 동력 생산 캐러밴

향후에 설계될 동산 생산 캐러밴은 기본적으로 동일하게 설계되지만, 또한 다음 사항을 포함한다.

- 작업장과 기계실(plant) 사이에 슬라이딩 칸막이를 설치하여 작업실 사용 시 소음 발생이나 먼지 등 기타 이물질이 넘어오는 것을 줄일 수 있다.
- 별도로 분리된 소변기 및 탱크를 캐러밴 샤시에 장착.
- 세척수의 처리 및 감소 영역 (다음 장 참조).

G.7 - 폐기를 처리 - 횡단 시 물 처리

고체 폐기물은 처리할 수 있지만, 하루 약 300리터에 달하는 폐수는 처리가 어렵다. 대원들이 사용한 세척수는 약 10% 정도로 전체 폐수 중 일부에 불과하다. 콩코디아에 설치되어 있는 시스템과 유사한 시스템에 대한 연구를 곧 시작할 것이다.

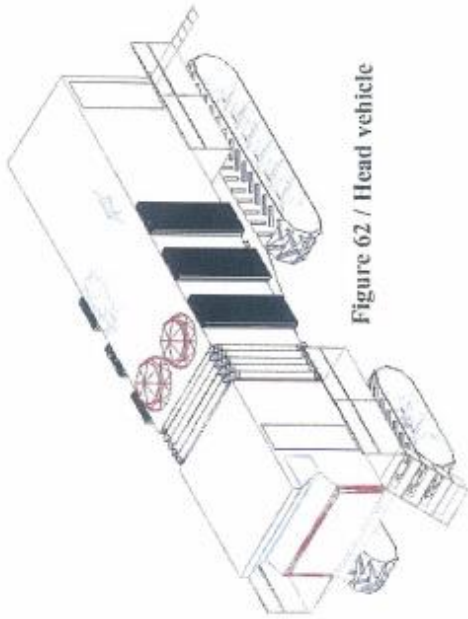


Figure 62 / Head vehicle

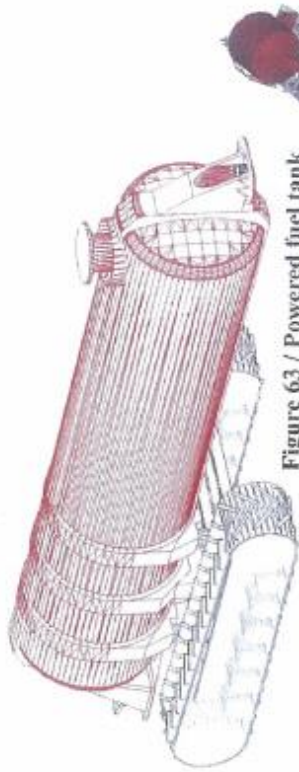


Figure 63 / Powered fuel tank



Figure 61
Diesel electric convoy

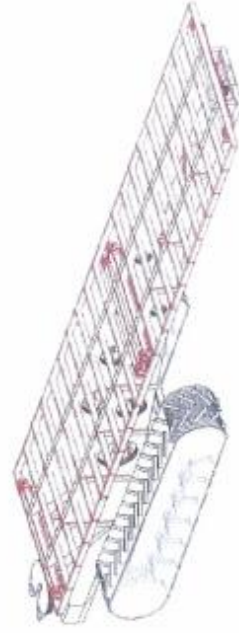


Figure 64 / Powered cargo trailer

그림 61 경유 전기 수송대

G.8 - 통합 수송대의 개념 (그림 55, 61-64)

콩코디아 프로젝트의 초기 횡단 시스템은 개조된 차량에 국한하고 상업용 차량은 안전한 장소에 상주하는 것으로 결정되었다.

콩코디아 기지는 겨울 연구 기지로서 횡단 수송 시스템의 운영이 매우 중요하다. 횡단 시스템에 조금이라도 문제가 발생하여, 수송대의 도착이 지체되거나 취소되는 경우, 이는 기지 폐쇄로 이어지고, 인력의 송환 및 연구 활동의 중지를 초래하게 된다. 현재의 횡단 시스템이 적절한 성과를 가져오고 신뢰할 수 있다고 해도 현재 횡단에 사용되는 차량의 교체를 염두에 두어야 한다. 차량의 교체 시점이 되었을 때 성과와 신뢰성이 향상된 새로운 차량과 수송대로 교체를 통해 콩코디아와 콩코디아 기지의 연구 활동을 지원할 수 있어야 한다.

본 문서에 제출된 횡단 시스템은 수동 장비인 트레일러와 썰매를 연결한 트랙터를 포함하며, 자체 동력을 갖춘 <<운송>> 차량의 개념에서 벗어났다. 자체 동력 <<운송>> 차량이 지니고 있는 단점은 이미 언급한 바 있다. 트랙터, 썰매, 트레일러 조합은 현재 만족스럽게 작동하고 있으나 몇 가지 한계점이 존재한다. 트랙터가 견인할 수 있는 화물의 수가 제한되어 있다. 트랙터의 견인력 및 지면 점착력에 비례하여 화물 수가 제한된다. 트랙터까지 거리가 줄어들수록 견인력이 증가한다. 또한 운송 역량을 증대시키기 위해서는 트랙터와 가장 가까이 연결된 썰매와 트레일러를 보강해야 한다. 이는 견인 용량의 증가와 관련된 순 화물 적재량의 감소를 초래한다. 또한 트랙터 트레인 내 연결 위치에 따라 상이한 썰매와 트레일러 요소를 필요로 하여 시스템이 복잡해진다.

해결책 중 하나는 주종(主從) 원칙을 적용하여 동력을 가지고 있지만 자율성은 없는 차량으로 트레인을 구성하는 것이다. 이 시스템은 선두의 <<주(master)>> 차량으로부터 동력을 얻고 자체 엔진을 갖춘 <<종(slave)>> 차량이 주차량을 따르게 된다. 트랙터 트레인에 포함된 트레일러들이 자체 엔진을 가지고 있는 형태로서 트랙터의 견인 역량을 제고하게 된다. 이러한 시스템은 트랙터가 유체역학적 모터를 통해 유압 동력을 제공하는 트레일러를 이용해 이미 시험되었다. 시험을 마친 상태이지만 주트랙터와 종트레일러간 주행 속도 조절 등 몇 가지 난제로 인해 아직 적용되지 않고 있다.

이후에 제출된 방법은 주종 관계에 있는 차량간 전기 동력 분배를 이용하는 것이다. 트랙터가 전기를 생성하고 트레일러 프레임 아래 장착된 전기모터에 생성된 전기를 분배하는 것이다. 이 방법은 트랙터가 추진력을 얻는 방법과 동일하다. 전기를 발생하는 트랙터는 발전 설비와 선실만 적재하고 선두 차량이 된다. 전체 수송대의 추진동력 시스템에는 동질성이 존재한다. 하지만 최초 시험된 유압시스템에는 이러한 동질성이 존재하지 않았다.

현재의 간단한 해결책에 대한 연구로 이어지는 과정에는 직관적인 요소도 물론 기여를 하였다. 하지만 이러한 설계 결과를 가져오기까지는 분석적 연구가 다수 실시되었다. 트랙터와 수동적 트레일러로 구성된 수송대는 무엇인가? 이 수송대는 추진력을 100% 제공하는 1대의 트랙터와 추진력을 0% 제공하는 트레일러들의 조합이다. 수송대의 길이를 늘리고 수송 역량을 확대하기 위해서는 추진동력을 증대해야 한다. 전기하였듯이 트랙터의 추진동력을 확대하는 것은 대안이 아니다. 해결책은 트레일러의 추진력을 0-100% 중 일정 영역에 도달하도록 하는 것이다.

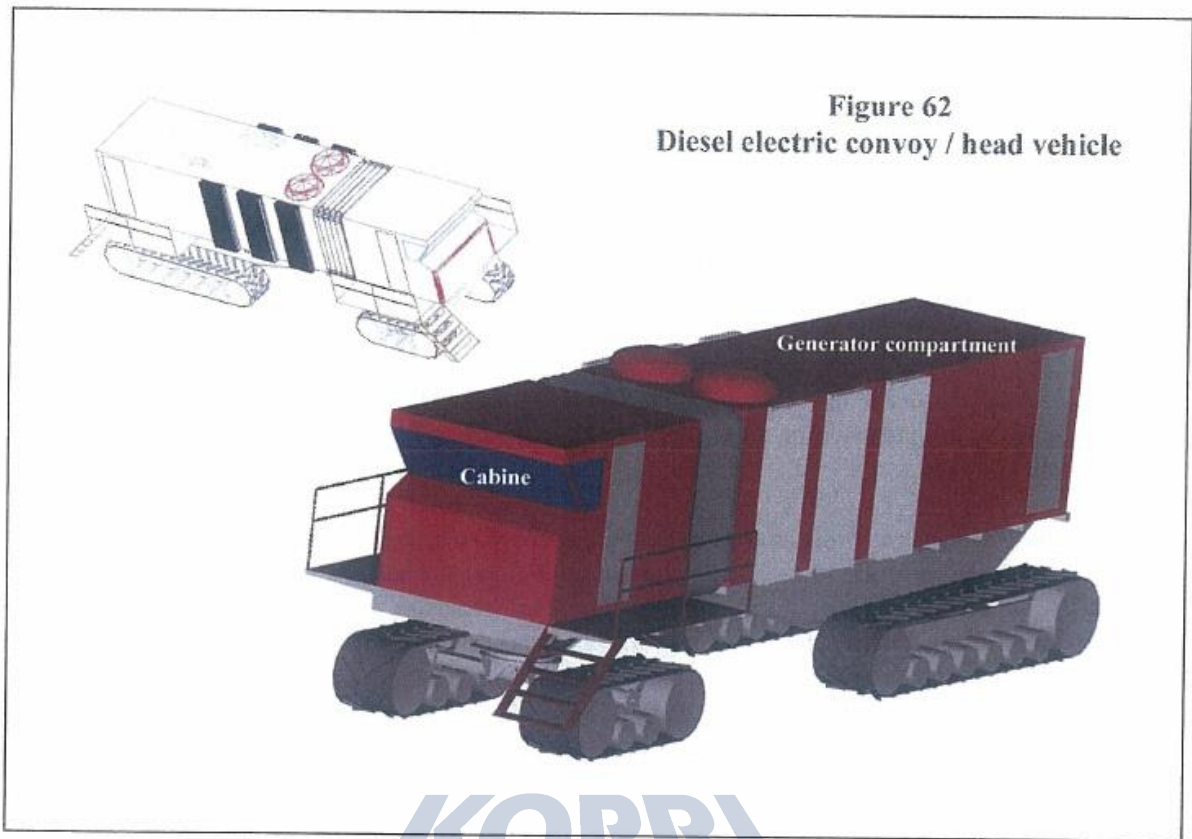


그림 62 경유 전기 수송대 / 선두 차량

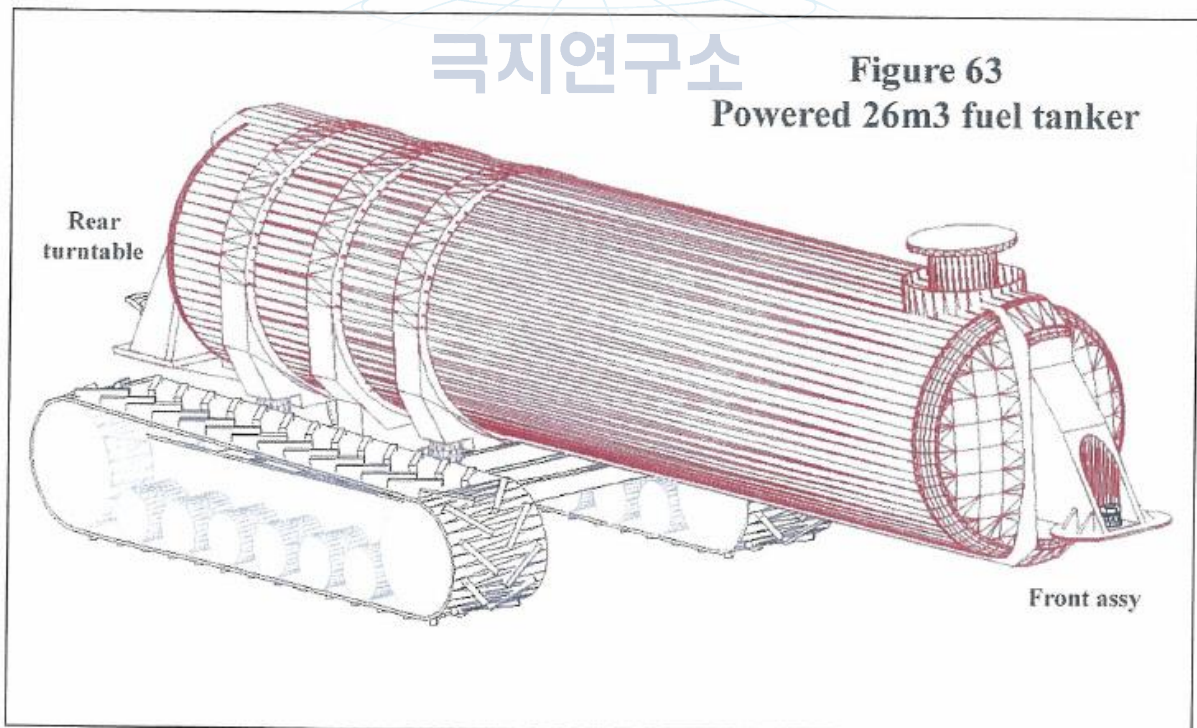


그림 63 동력을 갖춘 26m³ 연료탱크

G.8.1 - 원리

경유-전기 수송대(그림 61)는 일부 철도 수송대의 사례를 참조하고 있으며, 선두에 <<주(master)>> 차량 또는 트랙터가 있고 그 뒤에 몇 대의 <<종(slave)>> 트레일러가 따르는 구조로 구성되어 있다. 선두 차량은 발전기를 포함하고 있다. 발전기에서 생성된 전기는 샤시 아래쪽에 장착된 전기 추진장치로 전송된다. 추진장치는 주파수 변조기와 비동기 전동모터로 구성되어 있다. 이 기법을 선택한 이유는 각 수송대에 포함된 6대의 종차량을 고려했기 때문이다. 발전기는 60Hz, 440v의 정전류를 생성하여 변조기로 전송한다. 변조기는 전류를 모터로 보내기 전에 0-100HZ 주파수에서 전류를 정류한다. 운전자는 선실에 설치된 조정 인터페이스를 통해 변조기가 분배하는 주파수의 전반적인 동기화 작업을 실시한다. 운전자는 이 인터페이스를 통해 수송대를 동작, 주행속도 유지, 정지하고, 이러한 작동상태를 모니터할 수 있다.

선두 차량 또는 트랙터에는 정지, 작동, 냉각 시 설정된 온도로 발전기를 유지하는 조정 시스템을 포함한다. 공기 흡입구는 라디에이터로 처리하여 엔진으로의 눈 유입을 차단했다. 트랙터는 소규모의 2차 발전기를 포함하고 있다. 따라서 주 발전기가 고장 나거나 기타 다른 이유로 필요 시 트랙터만 단독으로 이동이 가능하다.

트레일러는 반(半)트레일러 유형이다. 각 트레일러의 앞쪽은 전방에 연결된 트레일러의 후방에 의해 지지된다. 네 개의 무한궤도가 장착된 데크 디자인을 선택한 이유는 위상일탈(out-of-phase) 증가와 차량간 속도 저하로 인해 초래되는 '접힘(folding)' 효과가 덜 나타나기 때문이다. 이러한 디자인을 적용하지 않았을 경우 각 모터의 속도 조절을 위해 보다 정교한 장비가 요구되었을 것이다.

G.8.2 트랙터 / 선두 차량 (그림 62)

트랙터는 2개의 선실(cabin)로 구성된다. 두 선실은 수직 회전축과 두 개의 방향잭(orientation jacks)을 포함한 방향 / 굴절 조립체로 연결된 2개의 샤시 위에 장착되어 있다. 두 선실은 벨로우(bellow)로 연결되어 있다. 벨로우 내에는 방향 / 굴절 조립체가 있으며 벨로우를 통해 양쪽 선실로 이동할 수 있다. 양쪽 샤시는 잭으로 연결되어 방향 전환이 이루어진다. 이를 통해 전방의 무한궤도 구조를 단순화 하였다. 무한궤도를 완충장치와 회전반(turntable)을 함께 구성하는 것은 쉽지 않다.

앞쪽 선실은 운전실과 휴식공간으로 나뉜다. 뒤쪽 선실은 엔진실과 전기 스위치기어 장비실을 포함한다. 운전실에는 전기 부하, 온도, 관련 알람 등 각 트랙의 파라미터가 표시되는 수송대의 조절 및 모니터링 시스템이 장착되어 있다. 발전기의 시동 및 정지는 일반적으로 엔진실에서 실행하지만 운전실에는 엔진의 리모트 세트, 교류발전기 모니터링 디스플레이 그리고 비상 정지 장치가 구성되어 있다.

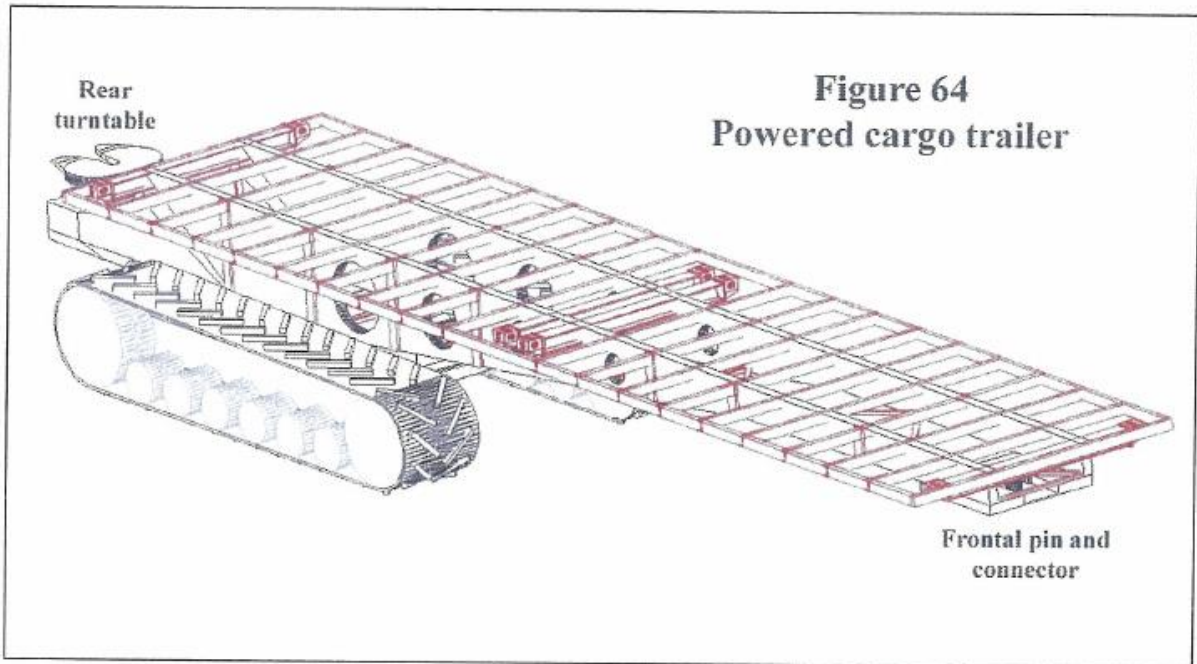


그림 64 동력을 갖춘 화물 트레일러



G.8.3 - 화물 및 탱크 트레일러 (그림 63, 64)

화물 트레일러는 벌크 화물이나 20피트 또는 40피트 컨테이너를 적재할 수 있는 40피트 또는 12.2미터 데크를 기반으로 한다. 트레일러는 동력을 갖춘 하부장치가 장착되어 있으며, 앞쪽은 연결 회전축으로 뒤쪽은 연결 회전반으로 연결된다.

탱크 트레일러는 기지 내 연료 수송에 이용된다. 최대 무게, 지압, 추진동력은 화물 트레일러와 유사하다. 탱크 용량은 26m³이다. 실린더의 직경은 1.9미터이고 길이는 10.5미터이다. 이 비율은 하부장치의 길이를 고려해서 결정된 것이다. 트레일러는 동력을 갖춘 하부장치가 장착되어 있으며, 앞쪽은 연결 회전축으로 뒤쪽은 연결 회전반으로 연결된다.

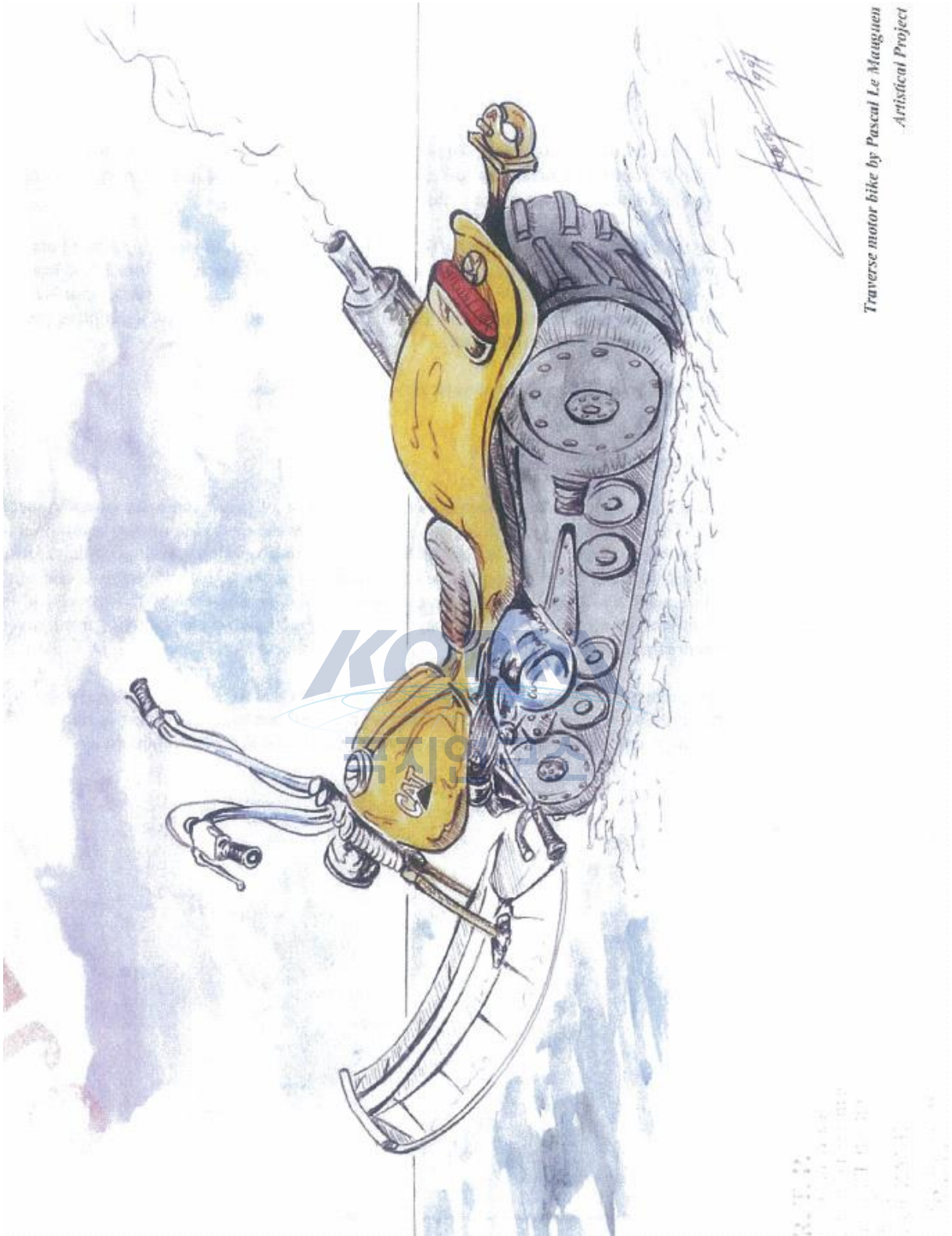
이 프로젝트를 수행하기 위해 26m³ 탱크를 새롭게 설계했다.

G.8.4 - 하부장치(Undercarriage)

하부장치는 총중량(화물과 구성품 중량)과 지면과의 인터페이스 역할을 수행한다. 하부장치는 노면에 대한 최대 압력 조건을 충족해야 하며 동시에 추진력을 지니고 있어야 한다. 압력조건은 트랙터와 화물 모두, 즉 트레인 내 모든 항목의 최대 크기를 설정한다. 전체적 크기는 캄오플라스트(Camoplast) 트랙을 기준으로 산정되었다. 하부장치의 외양은 그림 71과 유사하며, 현재 시중에 출시되어 있는 몇 개의 하부장치 부품으로 구성되어 있다.

트레일러 / 탱크 아래쪽에 장착된 모터 / 추진장치는 전동축을 통해 하부장치 구동바퀴와 연결된다. 화물당 전송되는 출력은 약 90kW로서 현재 수송대의 출력과 일치한다.





Traverse motor bike by Pascal Le Mauguen
Artistical Project

주 의

1. 이 보고서는 한국해양과학기술원 부설 극지연구소에서 수행한 연구사업의 결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 한국해양과학기술원 부설 극지연구소에서 수행한 기본연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안됩니다.