



## 극지공학에 있어서 산학연구의 국내외 전망(Ⅱ)

최 경 식 <한국해양대학교 교수>

### 3. 각국의 극지개발 현황

북극해에 인접한 주요국은 각각 독자적인 방침을 가지고 석유나 천연가스의 개발을 추진하고 있는데 여기서는 극지개발과 관련한 선진 각국의 관심분야와 연구현황을 요약한다 (Table 3).

Table 3 National interests in the Arctic regions

Issue Areas		National Interest	Jurisdiction	National	Oil Gas	Transportation	Oceanic & Atmos-	Resources &	Native
			Claims	Defense	& Minerals	& Navigation	spheric Research	Environment	Interests
Arctic Interest Nations	USSR		■	■	■	■	■	■	
	CACADA		■	■	■	■	■	■	■
	GREENLAND(DENMARK)		■	□	■	■	■	■	■
	USA		■	■	■	■	■	■	■
	NORWAY		■	□	■	■	■	■	□
	ICELAND		□	□	□	■	□	■	
	SWEDEN			□		□	□		□
	PINLAND					□	□		□
	GREAT BRITAIN		□	■	□	□	■	□	
	FRANCE			□			□		
WEST GERMANY			□		□	□	□		
JAPAN		□	■	□	□	□	■		

캐나다는 다른 북극권 국가들 보다 먼저 북극지방의 자원에 관심을 갖고 최초로 북극지방의 해저석유 시추를 시도하였으며 또한 최초로 극지용 해양구조물의 건조와 현장투입을 시행한 북극권 개발의 선진국이다. 오래 전부터 맥켄지강 하구에 유전이 확인되

었고 항공사진조사 결과 캐나다의 북극지방에는 석유의 매장가능성이 매우 높은 지층구조가 확인되었다. 유망한 매장지역은 북극제도와 보퍼트해의 연안 지역인데 전자는 천연가스, 후자는 석유의 채굴에 중점을 두고 개발이 진행되고 있다. 보퍼트해는 미국의 알래스카와 캐나다 접경의 북쪽해안을 말하는데, 70년대 이후 집중적인 석유탐사활동의 결과로 극지방에 관한 가장 많은 현장자료가 축적되어 있는 지역이다. 이 해역은 유라시아 대륙 연안에 넓게 발달한 대륙붕의 연장으로서 해안에서 150 km 정도까지도 수심은 비교적 낮은 20 m를 유지한다. 그동안 석유개발을 위해 탐사활동을 벌인 해역은 대략 수심 60 m 정도 이내였다 [6].

한편 동부해안의 뉴펀드랜드 근해의 대륙붕 해역인 Hibernia 에서도 역시 활발한 석유채굴활동이 진행중이며 앞으로도 많은 수의 구조물이 설치될 계획이다. Hibernia 는 수심이 80 m 로 가까운 육지까지는 300 km 이상 떨어져 있다. 여기에 설치되는 구조물은 근해에 자주 출몰하는 빙산의 충돌까지도 대비하도록 독특한 톱니모양에 직경 100 m 의 콘크리트 중력식 구조물로 이루어져 있다 [9]. 본격적인 생산은 1997년부터 착수될 예정으로 이 때에는 12 만톤급의 shuttle tanker (Ice Class) 를 이용하여 육지로 운반될 것이다.

캐나다의 극지공학 연구는 얼음의 결정구조와 재료특성에 관한 실험실 차원의 기초적인 것으로부터 해빙, 하천빙, 빙하, 빙산 등 다양한 빙상환경과 쇄빙선, 극지용 구조물에 대한 극지현장에서의 실질적인 문제에 이르기까지 아주 다양하고 최신의 연구가 진행되고 있다. 캐나다 극지공학 연구의 중심은 오타와

에 본부를 둔 NRC(National Research Council)로서 우리나라의 대덕연구단지와 같은 성격의 연구 집단이라 할 수 있다. NRC의 많은 연구조직중 극지공학과 관계있는 것은 건축토목과 수리항만 그리고 선박의 세 부문인데, 오타와에서는 주로 건축토목과 수리항만 부문을 담당하고 있고 선박부문은 1985년 뉴펀드랜드 St. John's의 Institute of Marine Dynamics에 신설된 세계최대급의 빙해예인수조에서 담당하고 있다.

또한 캐나다 운수성에 의한 순시선이나 상업용 쇄빙선박(M. V. Arctic)을 이용한 실선 쇄빙실험도 지난 20여년간 활발히 수행된 바 있으며 석유회사의 직접참여에 의한 극지용 인공섬 구조물의 계측작업(예를 들어 1980, 1981년의 Hans Island Project)으로부터 상당한 분량의 현장자료를 축적하고 있다.

미국은 알래스카를 제외하고는 북극해와 접하지 않은 관계로 캐나다와 같이 적극적인 북극권 개발의 의지를 보이고 있지는 않으나 알래스카 내륙쪽의 North Slope 와 보퍼트해에 접한 Prudhoe만에서 대규모의 유전이 개발되었다. 현재 Prudhoe만에서 남쪽해안의 Valdez 까지는 파이프라인 (Trans-Alaskan Pipeline) 으로 연결이 되어 있으며 북극해에서 생산된 원유는 이를 통하여 미국의 서해안 소비지역까지 운송되고 있다. 이 파이프라인 시스템은 쇄빙유조선에 의한 북극해 해상운송방식보다 유리하다는 판단하에 건설된 것이다. 한편 아북극권의 해역으로서 앵커리지 근처의 Cook Inlet 해역은 1962년 이래 해저석유 개발이 아주 활발하게 진행된 곳으로서 1968년까지 14기의 고정식 해양구조물이 설치된 곳이다 [19]. 이 해역의 환경조건은 얼음뿐만 아니라 조석, 해류, 흑향과 지진에 이르기까지 구조물의 설치에 큰 장애가 되고 있다.

미국의 극지공학 연구를 주도하는 곳은 미육군 극한지연구소 CRREL (Cold Regions Research and Engineering Laboratory)를 포함한 많은 수의 기업체 및 대학의 연구소로서 그 예산과 연구인원 그리고 연구수준은 세계적이라 할 수 있다. 특히 기본적인 빙역학 연구를 포함하여 모형실험과 현장시험 그리고 영구동토와 극한지에서의 인체생리학에 이르기까지 다양한 연구가 수행되고 있다.

러시아는 광대한 시베리아 지방이 북극권에 속하고 있으며 매장된 자원의 규모로서는 세계 최대규모를 가지고 있다. 또한 북극해 연안은 광범위한 대륙붕 지형을 갖추고 있어서 석유나 천연가스의 매장

능성은 더욱 크다고 할 수 있다. 최초의 탐사는 바렌츠해와 노바야젬라섬 근해에서 이루어 졌으며 현재 북극해 주변 카라해의 Urengoy 지역은 천연가스의 생산이 대규모로 이루어지고 있고 서시베리아의 Timan-Pechora 지역은 막대한 석유의 매장량이 확인된 유망한 개발지역으로서 서방국가의 석유회사와의 합작하에 시추 및 채굴, 운반을 위한 구조물과 파이프라인 시스템이 다수 건설되고 있다. 러시아의 북극해 연안에서 120-150 km 떨어진 카라해의 수심 150m를 넘지 않는 대륙붕 해역에서는 Rusanovskoe, Leningradskoe, Kruzenshternovskoe 등에서 천연가스를 개발중에 있으며 육상에서는 Yamal반도에서 큰 규모의 가스전이 발견되어 채굴된 천연가스를 수송하기 위한 해저 파이프라인이 빙해역의 해저를 통과하여 건설되고 있다. 이 지역은 영구동토대로서 해저면까지 뻗어있는 것이 특징이며 여기에 평균두께 1.2-1.4 m의 얼음이 년중 상당기간 결빙상태로 존재하기 때문에 파이프라인의 매설작업에 어려움이 되고 있다 [10]. 한편 러시아의 북극해 연안보급용 항로로서 사용되어 온 북동항로 (North-East Passage) 를 개발하여 년중 물자수송이 가능한 전천후 항로로서 재구성하려는 노력이 진행중에 있다.

또한 러시아 최대의 천연가스 매장량을 가지고 있는 시베리아 동부내륙 야쿠츠크지역과 함께 사할린섬과 오호츠크해의 연안지역에서는 외국의 자본과 기술협력으로 석유와 천연가스의 개발이 진행되고 있다. 사할린섬 근해에서는 여러 곳의 유망한 유전 및 가스전이 발견되었는데 그중 대표적인 곳은 북동해안을 따라서 Odoptu, Piltyn-Astokhskoe, Tchaivo, Lunscoe 로서 해안에서 20 km 정도 떨어진 수심 50 m 보다 얕은 곳에 위치하고 있다. 이들 지역에는 이중 Piltyn-Astokhskoe 유전에는 1 단계로서 2기의 플랫폼이 설치 예정이고 Lunscoe 유전에 1기의 플랫폼이 설치될 것이며 차후 각기 2기의 구조물이 추가로 이 두 유전에 설치될 예정이다. Tchaivo 유전은 사할린에서 가장 대규모의 석유 및 천연가스의 매장량을 가진 것으로 알려져 있으며 위치는 해안에서 12-15 km 떨어진 곳으로 수심은 20-30 m 에 달한다. 최근에는 이 유전으로부터 육지까지 모래질로된 해저에 파이프라인이 매설되는 것으로 알려져 있으며 추후 이 파이프라인 시스템은 Nevelski해협을 건너 대륙 연해주의 하바로프스크로 연결시킬 것으로 알려져 있다 [5].

유럽에서 극지관련 연구의 선두에 있는 핀랜드의

**Table 4 Main Project in the Arctic Offshore Technology Program of Finland(Amounts in parentheses represent TEKES contribution, Ref.[3])**

1 US\$ = 5.64 FIM

PROJECT TITLE	PROJECT OPERATOR	DURATION	BUDGET FIM
1. Ice Loads on Screw Propellers and Hull Structure	VTT/Ship Laboratory	1986-90	5,900,000 (3,090,000)
2. Ice Load Measurements from Channel Markers	VTT/Laboratory of Structural Engineering	1985-90	2,500,000 (1,740,000)
3. Measurement of Internal Stresses in the Ice Field	VTT/Laboratory of Structural Engineering	1985-87	1,480,000 (1,040,000)
4. Model Tests and Analysis of Ice Forces on a Caisson-type Offshore Structure	VTT/Laboratory of Structural Engineering	1985-86	520,000 (284,400)
5. The Kemi 1 Test Cone Project*	University of Oulu	1983-87	700,000* (373,000)
6. Development of Ice Technology for Deep water Platform Design	Finn-Stroi Oy	1985-87	710,000 (550,000)
7. The Ice-Structure Contact Problem	Wärtsilä Arctic Research Centre (WARC)	1986-89	1,420,000 (1,068,000)
8. Mathematical Modelling of Deformation Mechanisms in Ice	WARC	1986-89	550,000 (413,000)
9. The Interaction Between Ship and Ice	Helsinki University of Technology/Laboratory of Naval Architecture and Marine Engineering	1986-89	2,395,000 (1,094,000)
10. Components of Resistance Encountered by a Vessel Moving Through Level Ice	WARC	1987-89	1,800,000 (1,249,000)
11. Implementation of Model Ice and Prediction Methods for a New Ice Model Test Facility	Helsinki University of Technology/Arctic Offshore Research Centre	1987-89	1,200,000 (750,000)
12. Dynamic Ice-Structure Interaction	VTT/Laboratory of Structural Engineering	1987-90	800,000 (500,000)
13. Durability of Concrete in Arctic Offshore Structures	VTT/Concrete and Silicate Laboratory	1985-88	3,000,000 (2,300,000)
14. Ice Adhesion on Structures	VTT/Laboratory of Structural Engineering	1986-87	750,000 (435,000)
15. The Use of Extra High Tensile Strength Steels for Arctic Ships and Structures	Helsinki University of Technology/Laboratory of Naval Architecture and Marine Engineering	1988-89	393,000 (270,000)
16. Punching Shear Capacity of Reinforced Concrete	VTT/Concrete and Silicate Laboratory	1988-89	500,000 (350,000)
17. Arctic Data Bank-Prefeasibility Study	Elomatic Oy	1985-86	250,000 (250,000)
18. Arctic Transportation Economic Analysis Model	Neste Oy Shipping	1986-90	1,345,000 (1,025,000)
19. Project evaluation, Final Reports, Seminars	TEKES	1990	561,000 (561,000)
Total			26,774,000(17,297,000)

경우 쇄빙선, 해양구조물 등 해양관련 분야뿐만 아니라 교량, 건물 등 육상구조물에 관한 극지건설기술도 세계적인 수준을 보유하고 있다. 핀랜드의 MARC (Kvaerner-Masa Yards Arctic Research Center) 나 VTT (Technical Research Center of Finland) 는 유럽최대의 극지관련 연구기관으로서 수십 년 동안의 체계적인 연구자료를 확보하고 있으며 다양한 모형실험과 현장실험을 수행할 수 있는 실험시설도 보유하고 있다.

핀랜드는 자국내에 석유자원이 부족되어 있지 않고 또한 타국의 자원개발 활동에도 직접 참여하지는 않지만 뛰어난 극지관련 기술을 활용하여 수많은 빙해항행선과 해양구조물을 건조하여 러시아 및 서방 국가들에게 인도한 경험을 가지고 있다. 핀랜드에서의 극지공학은 겨울철에 결빙하는 발틱해 해상교통로 확보를 위한 절실한 필요성에서 출발한 것이지만 2차대전 이전부터 쌓아온 기술력으로 전세계 쇄빙선의 40% 이상을 건조하였고 최근에는 러시아의 사할

린섬과 중국의 발해만 유전 등 외국의 자원개발 현장에 대한 집중적인 조사활동과 실험이 활발하게 추진되고 있다 (Table 4, [3]).

일본은 비록 북극권 국가는 아니지만 극지에 부존된 막대한 자원의 개발에 대한 경제적인 이유에서 많은 노력을 기울이고 있다. 일본은 자국내에서 건조된 Fuji, Shirase 와 같은 쇄빙선을 이용하여 빙해의 자연환경에 대한 조사와 빙해항행선에 관련된 자료를 축적하고 있다. 특히 많은 투자를 통해 빙해용 선박 및 구조물의 설계와 건조에 대한 연구를 수행하였고 빙해수조도 건설한 바 있다. 한편 조선업계에서도 자체의 빙해수조를 건설하고 극지용 해양구조물의 건조에도 경험을 쌓게 되었으며, 이러한 연구노력을 바탕으로 근래 일본석유공단이 캐나다의 보퍼트해 석유개발에 참여할 수 있었고 최근에는 일본석유가 사할린 천연가스 개발에 참여할 수 있었던 원동력이 되었다 [11, 12].

일본의 경우 극지관련 연구자료를 수십 년 전부터

확보하고 있으며 쇄빙선이나 극지구조물의 설계와 건조경험을 가지고 있다. 일본 NKK (Nippon Kokan) 의 경우 20년 이상 계속되어온 극지관련 연구를 통하여 극지용 해양플랫폼, 쇄빙선, 저온용재료 등에 관한 독자적인 knowhow 를 축적하고 있으며 또한 얼음의 재료특성과 빙-구조물 상호작용을 이해하기 위한 빙해수조를 자체보유하고 있다. 그러나 이러한 독자적인 노력과 함께 극지현장의 기술확보를 위해 오랫동안 독일의 HSVA (Hamburg Ship Model Basin) 나 캐나다의 NRC (National Research Council) 와 같은 유수의 외국연구기관과 공동의 연구를 계속해 온 것도 사실이다.

#### 4. 극지공학 관련 국내 연구현황

앞서 Table 3에서 알 수 있듯이 북극권 국가가 아닌 우리 나라의 입장은 일본과 마찬가지로 극지관심국가군 (Arctic Interest Nations)에 겨우 끼이는 수준이라고 말할 수 있다. 극지에 있어서 가장 특징적인 문제는 저온(低溫)과 해빙(海氷)의 존재라 할 수 있는데, 일본보다도 극지환경에 접할 기회가 더욱 없는 우리로서는 이에 대한 경험도 부족하고 인식도 더욱 낮다. 이제 국내에서도 남극기지 건설(1988년), 시베리아 자원개발 등으로 막 극지에의 참여를 시작하였으나, 아직은 극지관련 연구인력도 한정되어 있고 산업계의 투자 및 기술수준도 미미한 실정이다.

1980년대 초반 국내 조선업계에는 당시 한창 개발이 논의되던 러시아 극동의 사할린 천연가스 사업에 소요되는 시추설비를 수주하려는 노력의 일환으로 극지용 해양구조물에 대한 기본적인 자료를 수집하고 이를 바탕으로 해빙과 구조물의 상호작용 문제를 연구과제로 착수한 바 있다. 물론 외국회사와의 콘소시엄에 의한 수주작업은 성과를 얻지 못했는데 그 이유중의 한 가지는 극지관련 기술수준의 미확보 때문이 아니었던가 판단된다. 그 후 극지관련 국내 연구는 산업체의 이어지는 수요가 없었기 때문에 산학협동과제로서 이루어지지 못한 채, 학계와 국책연구소 (KRISO) 의 일부 연구인력이 독자적으로 추구하는 상태로 남게 되었다. 해빙의 기계적 성질에 관한 문헌연구나 빙해항행선박에 대한 기본연구가 이루어진 것도 이 때이다.

90년대 들어서는 구 소련의 몰락과 러시아와의 공식수교, 그리고 국내 기업체들의 북방진출이 활기를 띠며 따라 조선업계 역시 다양한 극지관련 사업을 추

구하게 되었다. Hibernia 상부구조물이나 shuttle tanker 등 일부분 극지와 관련된 것 이외에는 아직 현업으로 드러난 것은 별로 없지만, 과거에 비해 훨씬 강도있게 극지개발 사업에 진출하려는 의욕을 보여주고 있다. 일반 해역에서 성공을 거두고 있는 해양구조물과 파이프라인 설치사업을 극지로 확대하려는 계획과 빙해역을 운항하는 Ice Class 선박의 수주와 함께 빙해용 설계규정에 대한 연구의 필요성에 의해 몇 가지 산학연협동과제가 성립되었다. 또한 한국기계연구원 (구 해사기술연구소)에서는 극지공학의 본산인 핀랜드의 VTT 연구소와 3개년 국제공동 연구를 시작하게 되었다. 이 연구는 상호방문을 통해 필요한 현장자료를 확보하고 빙하중 산정과 그에 의한 해양구조물의 구조응답을 계산하기 위한 빙-구조물-지반 상호작용 해석 수치모델링에 대한 것이다.

이와 함께 API, DnV 등의 구미지역 설계규정을 보충할 수 있는 자료로서 러시아의 해양구조물 설계 규정의 정리작업도 착수하게 되었고 극지용 해저파이프라인에 관련된 연구도 수행하게 되었다. 본격적으로 극지공학연구를 산학연 공동으로 시작함에 있어서 제일 문제가 되는 것은 관심있는 연구자의 확보와 극지관련 자료의 부족으로 나타났다.

이를 해결하기 위한 노력으로 1994년에는 極寒地工學研究會 (영문표기는 Cold Regions Research Group) 가 공식적으로 탄생하였다. 본 연구회는 국내 조선 3사를 포함하여 기계연구원, 해양연구소, 건설기술연구원 등의 연구기관, 그리고 조선, 해양 및 토목을 전공으로 하는 대학의 연구인력 14-15명으로 구성되어 있다. 명칭이 의미하듯이 본 연구회의 활동으로는 극지환경에서의 토목, 건설, 조선, 해양 분야에 관한 국내외의 과학기술정보를 조사, 평가하고 그 핵심기술을 공동으로 연구하는 것을 주요 내용으로 한다. 따라서 이 분야에 대한 관심자집단으로부터 국내유일의 전문가집단이 형성될 수 있도록 공동 관심사를 상호교환하는 대화의 장소를 마련하고자 하는 것이다.

연구회가 중심이 되어 활동할 수 있는 한 가지 사업은, 핀랜드 VTT 연구소에서 주관하여 러시아를 포함한 유럽 4개국이 95년부터 수행하고 있는 공동 연구 프로젝트인 "Choice of Offshore Structures for Arctic Regions (COSAR)" 에의 참여를 들 수 있다. 이 프로젝트는 극지개발에 관심이 있는 국내기업체에서 직접 참여할 수 있는 기회도 마련되어 있기 때문에 앞으로 구체적인 추진작업이 요구되고 있다.

## 5. 전망

지질학자의 추정에 의하면 북극권에 부존된 석유의 매장량은 전세계의 추정매장량의 15% 이상으로서 이는 중동지역의 주요 산유국에서 채굴가능한 매장량의 합계에 필적한다 [2]. 최근 들어 이 지역의 천연자원 개발이 시작되면서 극지에 대한 과학적 지식의 향상과 기술의 개발을 위한 노력이 두드러지고 있다. 극지공학으로 불리는 이 분야는 최초 19세기말 빙해역으로 둘러싸인 북유럽의 핀란드 등지에서 쇄빙선을 건조하는 경험으로부터 출발하여 이제는 북극해 연안의 해저자원 개발과 더불어 극한지에 관한 종합적인 학문의 형태로 변모하고 있다. 이미 선진제국에서는 양극지방의 환경자료와 함께 상당한 양의 극한지 실험결과를 축적하고 있다. 앞으로 개발의 손길을 기다리는 세계 도처의 빙해역에서 막대한 양의 해저석유자원이 얻어질 것이라고 확신한다.

앞서 언급한 바와 같이 극지관련 공학기술은 저온용재료 관련기술, 극한지 건설기술, 빙해항행선박 관련기술, 극지용 해양구조물과 파이프라인 관련기술, 그리고 얼음의 재료특성에 관한 이론 및 실험 등으로 크게 구분할 수 있는데, 국내의 극지관련 연구나 연구시설이 대단히 미미한 현실로서는 단기간의 투자만으로 큰 성과를 얻기란 기대할 수 없으며 또한 방대한 극지공학 분야를 모두 다룰 수도 없는 어려움이 있다. 우선 시베리아 천연자원의 개발사업 같은 국내의 극지관련 기술수요를 창출하는 것이 급선무이지만 그와 함께 극지 자원개발에 필요한 구조물의 제작이나 설치, 운송 등 외국으로부터의 기술수요에도 능동적으로 대처할 수 있는 준비가 필요하다. 이를 위해서는 먼저 우리나라의 제반 경제여건에 맞는 기술 부문에 계획적이고도 집중적으로 투자하는 것만이 효율적인 해결책일 것이다. 이와 함께 선진국의 앞선 극지관련 기술을 습득하기 위한 인적교류를 확대하고 국내에서도 극지공학에 관련된 기술인력을 계속 확보하는 노력이 절실히 요구된다.

극지개발은 이론적 접근과 함께 실험에 의한 신뢰성있는 자료를 축적해야 한다. 이를 위해서는 빙해구조의 건조나 빙역학 실험실의 건립을 위한 초기투자가 절실히 요구되며 산업계와의 수요에 따른 포괄적인 산학협동연구가 진행되어야 할 필요가 있다. 그러나 국내의 현실로 볼 때 단기적으로는 외국 연구기관과의 교류를 통한 자료수집과 기술인력양성이 시급하다고 볼 수 있으며, 장기적 (5-10년) 으로는 부가가치가 높은 부문을 선정하여 계획성있는 투자와 연

구가 추진되어야 할 것이다. 국내에는 냉동실험실이나 빙해구조와 같은 빙실험을 위한 연구시설이 전무하기 때문에, 현재는 순수과학에 치중하고 있는 우리나라 유일의 극한지 실험장소인 남극에 있는 세종과학기지를 활용하여 건설기술 혹은 동토지대연구와 같은 공학적 연구를 수행하는 것도 바람직하다고 생각한다. 또한 빙해역을 통과해야 도착하는 남극기지의 보급운송을 위해 다목적의 쇄빙선을 건조하는 계획도 가능할 것이다.

국내의 조선해양산업의 경험과 기술수준으로 판단할 때 극지관련 공학기술을 가장 빨리 정립할 수 있는 분야는 극지용 해양구조물과 빙해항행선박의 설계 및 건조기술이라 볼 수 있다. 이미 우리나라의 조선생산량은 일본과 세계 1, 2위를 다투는 단계에 와 있고 외국의 견제속에 지금도 계속 생산설비를 확장해 가고 있다. 이러한 투자의 목표가 단순히 전통적 의미의 선박 (conventional type ships) 을 대량건조하는데만 국한된다면, 국내의 경제적 (인건비 상승과 생산성 하락) 그리고 기술적 여건에 따라서는 주기적으로 상승과 하강을 반복하는 조선경기에 쉽게 발목을 잡히게 될 우려도 있다. 이 우려에 대한 한 가지 탈출구로서 소량다품종 생산시스템 그리고 인접한 기술부문에 활동영역을 넓히는 것이 제안되곤 한다. 조선사업에서 해양사업으로, 다시 해양사업에서 심해와 극지로 영역확대를 가능케 하는 배경에는 우리 조선해양산업계에 미래를 볼 수 있는 안목이 있어야 하고 또한 그때를 대비하여 충실한 기술력을 준비하는 일일 것이다. 마치 곧 다가올 통일의 날을 준비하듯이.

## 참고 문헌

- [1] Cammaert, A.B. and Muggeridge, D.B., Ice Interaction with Offshore Structures, Van Nostrand Reinhold, New York, 1988.
- [2] Chung, J.S. (ed), "Advances in Ice Mechanics - 1987", ASME Proceedings of the 6th International Symposium on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Houston, USA, 1987.
- [3] Enkvist, E. and Eranti, E., Development of Arctic Offshore Technology, Technology Development Center (TEKES), Gummerus Kirjapaino, Fin-

- land, 1990.
- [4] Eranti, E. and Lee, G.C., *Cold Region Structural Engineering*, McGraw- Hill, New York, 1986.
- [5] Eranti, E. and Karna, T., "Construction of Platforms for the Russian Northern Continental Shelf," *Proceedings of the 2nd International Offshore and Polar Engineering Conference*, San Fransisco, U.S.A., Vol.II, pp.557-563, 1992.
- [6] Frederking, R., "A Review of Cold Regions Developments in Canada", *Proceedings of the 4th International Offshore and Polar Engineering Conference*, Osaka, Japan, Vol.II, pp.414-421, 1994.
- [7] Ganguly, P. and Ashford, R.A., "Logistics for Structures Sealifted to the Arctic," *Proceedings of Arctic '85, Civil Engineering in Arctic Offshore* (Bennett, Ed.), pp.285-293, 1985.
- [8] Higashi, A., *寒地工學基礎論*, 古今書院, 東京, 1981.
- [9] Hoff, G.C. et al., "The Hibernia Platform," *Proceedings of the 4th International Offshore and Polar Engineering Conference*, Osaka, Japan, Vol.I, pp.1-7, 1994.
- [10] Kamyshev, R.M., "Prospects of Offshore Oil and Gas Pipelines Construction on the Russian Shelf," *Proceedings of the 3rd International Offshore and Polar Engineering Conference*, Singapore, Vol.II, pp.268-271, 1993.
- [11] Kato, K., "Design Ice Force Estimating System," *Proceedings of the 2nd International Offshore and Polar Engineering Conference*, San Fransisco, U.S.A., Vol.II, pp.688-695, 1992.
- [12] Kawasaki, T. et al., "Industrial Research and Developmenet of Ice Technology", *Proceedings of the 4th International Offshore and Polar Engineering Conference*, Osaka, Japan, Vol.II, pp.503-508, 1994.
- [13] Lunardini, V.J., *Heat Transfer in Cold Climates*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1981.
- [14] Michel, B., *Ice Mechanics*, Les Presses De L'universite Laval, Quebec, Canada, 1978.
- [15] Richter-Menge, J.A., "US Research in Ice Mechanics: 1987-1990", *Cold Regions Science and Technology*, Vol.20, pp.231-246, 1992.
- [16] Sanderson, T.J.O., *Ice Mechanics / Risks to Offshore Structures*, Graham and Trotman, London, 1988.
- [17] Timco, G.W., "Indentation and Penetration of Edge-Loaded Freshwater Ice Sheets in the Brittle Range," *ASME Proceedings of the 5th International Conference of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, Tokyo, Japan, Vol.IV, pp.444-452, 1986.
- [18] Timco, G.W. (ed), "4th State-of-the-Art Report on Ice Forces on Structures", *Proceedings of the 9th International Symposium on Ice (IAHR '88)*, Sapporo, Japan, 1988.
- [19] Visser, R.C., "A Retrospective of Platform Development in Cook Inlet, Alaska," *Proceedings of Offshore Technology Conference*, OTC paper 5929, pp.467-480, 1989.
- [20] 최경식, 빙해항행선박의 선수부 형상과 쇄빙 능력에 관한 연구, 한국학술진흥재단 연구보고서, 1991.
- [21] 최경식, 사할린 연안 해저천연가스 개발을 위한 극지용 해양구조물의 구조설계 및 건조에 관한 연구, 한국과학재단 연구보고서, 과제번호 901-1200-012-2, 1995.