

第186研究部会

氷海用船舶・海洋構造物の設計・ 建造に関する研究

海外調査報告書

昭和57年3月

社団法人

日本造船研究協会

最近注目を浴びているカナダ北極圏の石油・ガス資源開発の現状、将来計画などについて、あらかじめ用意した質問状をベースに、ドーム、アークテック、パナークティック3社及びカナダ政府、カナダ造船工業会を訪問・調査するとともに現地LNGサイトの一部を実地見学した結果をまとめたものである。

はしがき

本報告書は、日本船舶振興会昭和56年度補助事業として日本造船研究協会第186研究部会において実施した「氷海用船舶・海洋構造物の設計・建造に関する研究」のうちの「海外調査」の成果をとりまとめたものである。

本研究部会委員ならびに関係者は次のとおりである。(敬称略、順不同)

第186研究部会委員名簿

部会長	藤田 譲	(東京大学)	新田 順	(日本海事協会)
幹事	北川 弘光	(船舶技術研究所)	木村 峻久	(石川島播磨重工業)
	脇本 英輔	(石川島播磨重工業)	岡 正志	(川崎重工業)
	成田 仁	(三井造船)	野原 英志	(三菱重工業)
	城野 隆史	(日立造船)	橋本 泰明	(住友重機械工業)
	赤井 謙一	(日本鋼管)	手島 登	(石油公団)
委員	高橋 肇	(船舶技術研究所)	三宅 淳達	(日本作業船協会)
	鈴木 敦	(日本造船振興財団)	折戸 博允	(大阪商船三井船舶)
	浅井 孝雄	(日本郵船)	楠原 泰四郎	(日本鋼管)
	関田 欣治	(新日本製鉄)	川口 昇	(三菱重工業)
	久富 吉弘	(日立造船)		
	藤本 亮典	(日本鋼管)		

第186研究部会船型小委員会委員名簿

主査	成田 仁	(三井造船)	川口 昇	(三菱重工業)
幹事	北川 弘光	(船舶技術研究所)	片桐 徳二	(石川島播磨重工業)
	田淵 寛	(三井造船)	田中 陽	(川崎重工業)
	山崎 祐昭	(石川島播磨重工業)	北沢 孝宗	(日立造船)
	村上 延夫	(日立造船)	須藤 正信	(日本鋼管)
	永松 秀一	(住友重機械工業)	城野 隆史	(日立造船)
	太田 徹	(日本鋼管)	河井 清高	(大阪造船所)
委員	楠原 泰四郎	(日本鋼管)	中間 隆三郎	(函館ドック)
	貞光 勝	(来島どく)	岡吉 則	(日本海事協会)
	高幣 哲夫	(明石船型研究所)	浅井 孝雄	(日本郵船)
	星野 久雄	(新潟鉄工所)	渡辺 明	(山下新日本汽船)
	折戸 博允	(大阪商船三井船舶)	三宅 淳達	(日本作業船協会)
	柴田 幸夫	(ジャパンライン)	板沢 順	(かもめプロペラ)
	堤 弘	(日本船舶品質管理協会)	伊藤 政光	(神戸製鋼所)
	海津 源治	(ナカシマプロペラ)	青木 真一	(川崎製鉄)
	関田 欣治	(新日本製鉄)	高橋 智	(キーパー)
	鎌田 晃郎	(川崎製鉄)	大東 俊一	(小野測器)
	岩上 彰夫	(中央工産)	佐野 隆一	(関西ペイント)
	立花 康夫	(富士電機製造)	岡本 洋	(川崎重工業)
	石田 富之輔	(日本ペイント)		

第186研究部会リグ小委員会委員名簿

主査	北川 弘光	(船舶技術研究所)		
委員	成田 仁	(三井造船)	野原 英志	(三菱重工業)
	脇本 英輔	(石川島播磨重工業)	小島 実	(石川島播磨重工業)
	八島 信良	(三井造船)	橋本 泰明	(住友重機械工業)
	藤本 亮典	(日本鋼管)	久富 吉弘	(日立造船)
	岡 正志	(川崎重工業)		

第186研究部会海外調査団名簿

団長	藤田 譲	(東京大学)		
団員	山本 哲郎	(三井造船)	脇本 英輔	(石川島播磨重工業)
	沢田 孝一	(三菱重工業)	太田 勝弘	(日本鋼管)
	岡 正志	(川崎重工業)	橋本 泰明	(住友重機械工業)
	松石 正克	(日立造船)	日笠 則明	(日本海事協会)
	安藤 文隆	(日本造船研究協会)		

討議参加等関係者名簿

松本 公道	(運輸省)	染矢 隆一	(運輸省)
酒井 浩	(運輸省)	浜村 建治	(石川島播磨重工業)
播磨 哲夫	(三菱重工業)	駒野 啓介	(日本鋼管)
木村 佳男	(運輸省)	秦 数実	(日本鋼管)
小宮 治彦	(日本鋼管)	河辺 黙	(石川島播磨重工業)
執行 修	(日本鋼管)	有田 正夫	(日立造船)
沖 明雄	(三菱重工業)	黒井 昌明	(日立造船)
川尻 勝己	(川崎重工業)	中谷 明道	(日本鋼管)
井上 幸一	(日本郵船)	矢木 寛之	(川崎重工業)
平浜 修	(住友重機械工業)	高橋 通雄	(日本海事協会)
中嶋 利夫	(三井造船)	加用 芳男	(三菱重工業)
山本 和正	(日本鋼管)	浦辺 浪夫	(日本鋼管)
中崎 正敏	(大阪造船所)	中井 猛一	(関西ペイント)
多田 俊文	(日本ペイント)	武隈 克義	(三菱重工業)
河本 達郎	(三菱重工業)	大重 龍三	(テクノロジートランسف ア一研究所)
渡辺 茂雄	(住友重機械工業)		

目 次

Iはじめに	1
1. 調査の背景	1
2. 調査の目的	1
3. 調査団名称	1
4. 調査期間及び訪問先	1
5. 調査団メンバー	2
II調査項目別各論	3
1. エネルギー政策と北極圏資源開発	3
1.1 北極圏資源開発の位置づけ	3
1.2 価格政策	4
1.3 輸送政策	5
2. 北極海周辺における資源開発	6
2.1 北極圏の石油ガス資源	6
2.2 各地域における開発の動向	6
2.2.1 アラスカ（アメリカ）	6
2.2.2 マッケンジーデルタ、ボーフポート海	6
2.2.3 北極諸島	8
2.2.4 東部地域	9
3. 北極圏石油・LNG海上輸送計画	17
3.1 ガス・石油開発概況	17
3.1.1 マッケンジーデルタ	17
3.1.2 ボーフポート海	17
3.1.3 北極諸島	20
3.1.4 東カナダ海域	21
3.2 Arctic Pilot Project (APP)	21
3.2.1 メルビル島パイプライン	21
3.2.2 液化設備	24
3.2.3 海上輸送	24
3.2.4 再ガス設備	25
3.2.5 建設費および操業費	26
3.2.6 市場性	27
4. パイプライン	28
4.1 Polar Gas Pipe Line (PGP)	30
4.1.1 検討経緯	30
4.1.2 研究開発	30
4.1.3 パイプライン敷設方法	30
4.1.4 ルート選定	34
4.2 技術的問題点	34
4.2.1 アプローチの仕方	36

4. 2. 2 バイオラインの敷設	36
4. 2. 3 冬期建設	36
4. 2. 4 バイオラインの保護	36
4. 2. 5 修理の困難性	37
5. 氷海船舶	38
5. 1 氷海船舶の開発	38
5. 1. 1 北極海調査	38
5. 1. 2 氷海船舶に関する技術的問題点	38
5. 1. 3 氷海水槽による模型実験	41
5. 1. 4 これから氷海商船	43
5. 2 氷海船舶に関する安全規則	52
5. 2. 1 背景および現状	52
5. 2. 2 問題点および今後の計画	55
6. 氷海石油掘削・生産設備	59
6. 1 人工島方式	59
6. 1. 1 現状と問題点	59
6. 1. 2 今後の計画	59
6. 2 リグ方式等	66
6. 2. 1 現状と問題点	66
6. 2. 2 今後の計画	67
III 訪問先別調査報告	81
1. ARCTEC CANADA LTD. (Calgary)	81
2. DOME PETROLEUM LTD.	96
3. PANARCTIC OILS LTD.	106
4. Melville島、Ellef Ringnes島、King Christian島ガス・油田開発状況 (PANARCTIC OILS LTD.)	112
5. GOVERNMENT OF CANADA	135
6. CANADIAN SHIPBUILDING AND SHIP REPAIRING ASSOCIATION(CSSRA)	144
7. ARCTEC CANADA LTD. (Ottawa)	148
付 錄 訪問先別質問状	155

I はじめに

1. 調査の背景

2度のオイルショックに代表される近年のエネルギー事情の緊迫化に伴ない北方圏の豊富な未開発エネルギー資源が大きく脚光を浴びている。

エネルギー資源の大部分を海外からの輸入に依存する我国においては、その安定供給の観点から将来これら資源の活用を図ることが必要になると予想されるが、北方圏の自然は極低温、氷海等にみられる様に非常に苛酷であるため、こうした地域で石油、天然ガス等のエネルギー資源を生産輸送するには従来にない特殊な船型、構造、設備を有する耐氷型の商船及び海洋構造物が必要である。

このような情勢に対応して我国では運輸省が早くから氷海商船等の調査研究を行なって来ており、また本年3月にはその附属機関である船舶技術研究所に世界最大級の設備を有する氷海再現水槽を完成させる等、氷海域における輸送問題に積極的な取り組みを見せている。

本研究協会も運輸省の動きに並行して昭和50年度よりSR160研究部会にて「氷海商船に関する研究」を3年間実施した後、昭和55年度より新たにSR186研究部会を設置し、氷海商船及び海洋構造物の建造を行うために必要な技術上の問題点について積極的な調査を行なっている。

しかし、我国においては氷海域における資源開発、輸送に関する経験が極めて乏しく、これら研究成果を有效地に活用するため、さらには今後の研究計画の的確な策定を図るため、資源開発の現地における実態調査の必要性が認識されるに至り、56年度事業として本海外調査が計画された。

2. 調査の目的

本調査は氷海技術の先進国であり、最近北極圏における石油、天然ガスの開発活動が活発化しているカナダの関係政府機関、石油開発会社、民間研究所等を訪れ、以下の様な事項について意見交換及び実態調査等を行うことを目的とした。

- (1) ポーフォート海、北極諸島等カナダ北極圏における資源開発状況と将来計画
- (2) 氷海資源開発・輸送に関する技術及び研究開発の現状
- (3) 北極圏の氷象及びその観測体制等の実態
- (4) 関係政府機関の北方圏エネルギー資源に関する諸政策

3. 調査団名称

氷海用船舶・海洋構造物調査団

4. 調査期間及び訪問先

期間：昭和56年10月12日（月）～10月21日（水） 10日間

訪問先：昭和56年10月13日 午前 ARCTEC CANADA LTD. (Calgary)

午後 DOME PETROLEUM LTD.

10月14日 PANARCTIC OILS LTD.

10月15日～16日 Melville島、Eilef Ringnes島、King Christian島
ガス油田開発状況調査 (PANARCTIC OILS LTD.)

10月19日 午前 Government of Canada

Canadian Shipbuilding and

Ship Repairing Association (CSSRA)

午後 ARCTEC CANADA LTD. (Ottawa)

5. 調査団メンバー

(敬称略、順不同)

氏名	勤務先	役職名
(団長) 藤田 譲	東京大学工学部船舶工学科	教授・工学博士
安藤文隆	(社)日本造船研究協会	専務理事 (工学博士)
日笠則明	日本海事協会	開発部
松石正克	日立造船㈱	技術研究所 強度研究室主任 (工学博士)
脇本英輔	石川島播磨重工業㈱	海洋基本設計部副部長
岡正志	川崎重工業㈱	船舶事業本部技術室 開発部 調査班長
沢田孝一	三菱重工業㈱	広島造船所海洋 エンジニアリングセンター 開発課長
山本哲郎	三井造船㈱	船舶海洋プロジェクト 事業本部基本設計部
太田勝弘	日本鋼管㈱	船舶本部船舶計画部 艦船計画室 主任部員
橋本泰明	住友重機械工業㈱	船舶海洋事業本部 計画室・開発グループ 課長

II 調査項目別各論

1. エネルギー政策と北極圏資源開発

1.1 北極圏資源開発の位置づけ

カナダは国内に石油、天然ガス、石炭など豊富なエネルギー資源を有するにもかかわらず、生産地が遠く離れ、その間の輸送体制の不備などのため、未開発のまま放置されてきた部分が多く、石油も石炭もかなりの量を輸入に依存してきた。石油についても開発が必要の伸びに追いつかず、1975年から純輸入国に転じた。現在石油需要の約30%（約45万バレル/日）が輸入によってまかなわれており、このままでは1985年には40~47%を輸入に頼らざるをえないとの予測もある。

このような情況を改善し、エネルギーの安定供給を確保するという見地から、カナダ政府は、節約によってエネルギー需要の抑制をはかる一方、国内に賦存するエネルギー資源の開発を促進することによってエネルギーの自給自足体制を確立していくことをエネルギー政策の中心に置いている。

カナダの石油・天然ガスの約80%は西部のアルバータ州から生産されているのに対し、石油の主な消費地はケベックをはじめとする東部諸州に集中しており、1950~60年代を通じて輸入石油が安価に入手できたので、生産原価の高い国産の石油・天然ガスの供給増大をはかるよりも、安価な輸入石油を活用した方が得策との考え方が支配的であった。このため政府は1961年に、アルバータ産の石油は、もっぱら西部諸州で使用し、余剰分については米国太平洋沿岸諸州に輸出することとし、東部大西洋沿岸諸州への石油供給には、ペネズエラ、中東および一部米国からの輸入石油をあてるとの方針を決定し、その後10年余りにわたって、これがカナダの石油政策の一つの柱となっていた。

しかし、この方針は1973年大きく転換された。すなわち、カナダ産石油の対米輸出はカナダの需要量を超える分に限るとの方針が打出された。この新政策を実行するため、政府は輸出漸減計画を策定するとともに、輸出課徴金を設け、また、西部の国産原油を東部の消費地に供給するために、パイプラインをモントリオールまで延長する計画をすすめた。この背景には、古くからの西部の石油資源が近い将来涸渉し、国内需要を満たすことが困難と予想されるようになったことのほか、カナダの石油産業の大部分を構成している米系石油会社が、米国内の自社向け供給を優先して、カナダ国内の必要性をかりみないことに対する対抗策の意味があったと言われる。

一方、石油に対する需要を抑えて輸入を減らし、石油・天然ガス開発を促進するため、従来凍結されてきた国内価格を国際水準にまで引上げるための措置を実施してきている。

1976年政府はエネルギー自立のための「エネルギー戦略」を発表した。これは今後のエネルギー需給見通しにもとづき、1985年までに石油の輸入量を全需要の1/3（80万バレル/日）に減らすとともに、天然ガスについては自給体制を維持することを目標としており、これを達成するため次の9つの方策が掲げられている。

- ① エネルギー価格の適正化—油価の引上げ等
- ② エネルギー資源の効率的利用および節約
- ③ 採鉱開発の促進
- ④ 資源調査の強化
- ⑤ 緊急時に備えた燃料補完関係の確立
- ⑥ 石油・天然ガスの輸送システムの整備
- ⑦ 石油備蓄
- ⑧ 新技術の研究開発
- ⑨ エネルギー産業のカナダ化

カナダの石油産業は大部分外資系（その4/5は米国系）企業の支配下にあり、これら外資系企業によ

ってカナダの石油供給の将来が左右されることに対する危惧が強く、石油産業の民族化を推進する観点から、1973年政府はカナダ開発公社（CDC）を通じて、PANARCTIC OILS LTDの45%の株式取得その他石油企業への資本参加を行なった。さらに1973/1974年の石油危機を契機として、国が直接石油事業に参加する必要性がますます強調され、1975年完全国有の一貫操業石油会社としてPETRO-CANADAが設立された。同社の設立の趣旨は、石油資源の確保が世界的に困難になりつつある中で、探鉱から開発、生産、精製、販売に至るまでの石油事業を一貫して自主的に実施しうる国有の石油会社を設立することによって、大きな潜在的石油資源の賦存が予想されながら、リスクが高く膨大な投資額を必要とするため、民間の石油企業では十分行なうことが困難なカナダ北極圏、東部大陸棚などフロンティア地域の探鉱を推進し、その他タールサンドの企業化のための技術開発を促進することにより、石油の安定供給の確保に資することにある。

石油産業のカナダ化推進もPETRO-CANADAの目的の一つであり、1990年までに石油産業のカナダ資本比率を50%に高める（現在は30%弱）という構想のもとに、カナダ資本による大手外資系企業の買収が進められており、具体的には、カナダ資本比率に応じて、探鉱および開発コストへの補助金を賦与する政策がとられ、また外国企業によるカナダ企業の買収への監視を強化している。さらに鉱業税制の面でも各種の優遇措置が講じられている。

しかし一方では、石油を産出している州の政府と連邦政府との間に大きな対立があって調整が難航しているようであり、フロンティア地域の管轄権に関しては、北極圏については連邦政府がコントロールすることになっているが、東部大陸棚については憲法上のからみもあって連邦政府と州政府が論争中といった問題もある。

以上述べたように、カナダでは石油、天然ガスをはじめとするエネルギーの安定的自給を達成するための諸施策が積極的に進められているなかで、豊富ではあるが未開発な国内エネルギー資源の開発は最大の眼目の一つとなっており、開発着手以来20年を経てようやく実現性が見通せるようになった北極圏の資源開発は、ますます重要な位置を占めるようになったと言えよう。

1.2 價格政策

1973年政府は、石油・天然ガスの開発を促進するため、国内価格を国際水準にまで引上げる必要があるとして、従来の価格凍結政策を撤回し、①国内石油の井戸元価格の引上げ、②石油製品の価格引上げ③対米輸出石油に対する輸出税の引上げ、④天然ガス価格の引上げ、の4つの措置を講じた。そして国内価格と輸入価格との格差がなくなるまでの間、その均等化を図る必要から、1974年石油輸入価格差補償金を設立し、西部の輸出石油に対する課徴金収入をもって、高い輸入石油を使う東部の消費者に対する補償金の支払いに充てることにしたが、石油価格の急激な高騰により補償資金は慢性的に赤字に陥り、政府はその対策に苦慮している。

しかし、1980年3月に返咲いたトルドー政権は、長期的には国産石油価格の国際水準への引上げの必要性を認めつつも、急激な引上げは国内経済全体に与える影響が大きいとしており、国産石油の価格設定をめぐって、アルバータ州政府との間の対立が深まっている。連邦政府としては過渡的段階では異なった2つの価格設定があってもよいと考えているようである。

北極圏の石油価格設定に関する算式といったものは持ち合せていないが、このような「新しい石油」については「在来の石油」とは違った価格が許されてもよい、すなわち、タールサンドとかフロンティアの石油開発のように高コストとなるものは、それが価格に反映されてくるであろうし、また国内向けと国外向けの二重価格政策もありうるとしている。しかしながらこれには当然国際価格が考慮されるわけで、その水準から大きくかけ離れたものにはならないであろうと政府関係者は考えている。

1.3 輸送政策

前述のエネルギー政策からも明らかのように、北極圏資源をできるだけ早期に市場に供給しようという方針のもとに、Arctic Pilot ProjectやPolar Gas ProjectがPETRO-CANADAを中心に進められており、関係官庁への手続きを一応終了し、現在政府の最終許可を待つ段階に入っている。しかし一方では、北極圏資源の開発・輸送が環境に悪影響を及ぼすとする立場から、これに反対する意見が強くなっている。政府は慎重に検討を加えている。

輸送に対する政府の基本方針は、環境の保全および安全の確保を最優先に考えていくことであるが、信頼性および経済性の観点からも十分な配慮を加えていくとしている。すなわち環境保護を中心とする政府の立場と経済性に重点を置く企業の立場を調和させたものとする方針である。

北極圏の資源開発活動にかかる法令として、すでにArctic Waters Pollution Prevention Act, Canadian Shipping Actなどがあるが、コーストガードでは安全性に関してさらに検討を行なっており、近く法案を議会に提出すべく準備中であるという。

参考文献

1. 石油公団・石油鉱業連盟共編、資源エネルギー庁石油部開発課監修、石油通信社発行「石油開発関係資料」
1980
2. 石油公団「石油の開発」Vol. 11 No.3 および4

2. 北極海周辺における資源開発

2.1 北極圏の石油ガス資源

世界の推定石油埋蔵量は約2兆バーレルと云われており、この内中東地域が33% 6,500億バーレルを占めている。又北極圏3,200億バーレルの推定石油埋蔵量の内、ソ連領域が63%の2,000億バーレルを占めるといわれている。一方北極圏の天然ガスの推定埋蔵量は2,490兆m³、この内ソ連が64%の1,600兆m³、アラスカ・カナダが33%の830兆m³といわれている。（表2.1.1参照）

地理学的には北極圏とは北緯66°-30°以北と称されているが通常北緯60°以北を含めており、この中には具体的にはアラスカ・ノース・スロープ沖、チャクチ海（以上米国）、カラ海、バレンツ海（以上、ソ連、北欧）、ボーフォート海、北極諸島、バフィン湾、デービス海峡、ラプラドル大陸棚（以上カナダ）等があげられる。

カナダ、アラスカ北極圏では、さらに詳細には、アラスカベーリング海側のホープ湾、ノートン湾、ブリストル湾から北上してチャクチ海、さらにはノース・スロープ沖に広がるボーフォート海がある。

さらに東側のカナダ水域に入れば、マッケンジーデルタ、ボーフォート海、北極諸島、バフィン湾、デービス海峡、ラプラドル大陸棚等が有望である。また、北極圏としては扱われていないが、ニューファンドランド島沖のグランドバンク、セントローレンスガルフ、ノバースコシヤ大陸棚等が具体的な開発地域となっている。（図2.1.1参照）

これらの地域での具体的な可採埋蔵量は、表2.1.2の如く示されている。カナダについて言えば石油、ガス合わせてカナダ全体の実に80%が上述の北極圏にそのほとんどを生産されないまま開発利用の手を待っている。

2.2 各地域における開発の動向

2.2.1 アラスカ（アメリカ）

アラスカでは1967年ブルドー湾を中心としてノース・スロープ油田が発見され、まず米国メジャーを中心にこの地の開発、生産が進められてきた。アラエスカパイプラインによる太平洋岸迄の輸送計画が環境問題やそれに伴う建設費の高騰等により予定よりも10年も遅れて実現した等によりアラスカオフショアの開発はカナダに比べると随分遅れていた。

しかしブルドー湾沖のボーフォート海域の鉱区が1979年末公開入札となり、メジャーの応札が相次いだ。そして翌1980年10月にはブルドー湾沖合10マイルの盛土人工島（Duck Island）では2坑の試掘で約3,700バーレル／日の出油があった。この水域は隣接するカナダ開発地域と同じく今後も盛土人工島やケーソン人工島等を中心にして開発が助長されるであろう。

また、ボーフォート鉱区に続いてチャクチ海から太平洋側に到る沿岸でも大体1982-85年頃に鉱区の公開入札が相次ぐであろう。（図2.1.2参照）

当面、考えられる、ボーフォート海からの輸送システムは油については現存のアラエスカラインを延長させる方法及び砕氷タンカー（Ice Class 7）によりチャクチ海からベーリング海へ出る海上輸送である。ガスの場合はパイプラインによる南下があげられるが前のアラエスカラインの教訓からして単独専用ラインにするよりもカナダマッケンジーデルタから南下するラインとドッキングする案が強いと言われている。

2.2.2 マッケンジーデルタ、ボーフォート海

マッケンジー河口周辺の陸上及びこの陸上よりボーフォート海沖合へ向って比較的水深の浅い（20m以下）範囲をマッケンジーデルタと呼ぶが、ここで1961年カナダ北極海周辺としては最初の開発の手がつけられた。そしてESSO RESOURCESにより1973年夏Immerkに最初の盛土人工島が築造されて試掘が始まって以来、数々の人工島により開発が続けられ、1976年には沖合のボーフォ

ト海でも DOME PETROLEUM により自社掘削船 Explore I による最初の試掘が行われた。

ボーフォート海の氷象は後述する北極諸島のそれと並んで非常に苛酷であり、資源開発はそのまま氷との闘いと言われている。北海での如く厳しい波浪状態というのは無いが、その代りに押し寄せる多年氷に対して探鉱、生産、輸送を含めて如何に対処するかが大きな問題となっている。

マッケンジーデルタ、ボーフォート海の氷象は春に最も苛酷な状況を呈するが、この一例を図 2.1.3 に参考として示す。開発対象の鉱区は陸から沖へ向って大体水深が 150 m 以内の、即ちボラーパックアイスが押し寄せて来ないギリギリの領域内に集中している。

ここで鉱区を有している主な企業は、マッケンジーデルタの陸上から氷深 0 ~ 30 m の沖合の部分が ESSO RESOURCES であり大体通年操業を前提としている。沖合の水深 20 ~ 150 m の所では DOME PETROLEUM がこれにあたり、両社の中間の領域の水深 20 ~ 60 m の所では GULF CANADA の鉱区が入り混んでいる。GULF と DOME の操業期間は氷象の厳しさのため夏～秋期にかけての約 3 ヶ月程度であるが、開発の遅れを回復させるため DOME では当面 1 ヶ月の延長、そして延いては通年操業を目指し種々のシステムを計画中である。

油、ガスのポテンシャルは表 2.1.2 に示す様であるが ESSO、GULF はガスの生産を第一目標にあげているのに対し DOME ではカナダ連邦政府のエネルギー政策にも則って、当面油の生産を目標にしている。

ESSO は 1973 年以来水深 20 m 以下の比較的陸地に近い所で大体 15ヶ所の盛土人工島を築造して探鉱を続けてきたが商業的採算に合うガス、油井はなかった。ただ 1978 年夏の、ESSO としてはかなり沖合の Issungnak (水深 19 m) での掘削では 2,400 バーレル / 日の出油を見、石油賦存の可能性が大きいと期待されている。概して ESSO の鉱区ではガスのポテンシャルの方が高く陸上も合わせるとマッケンジーデルタにおけるガス発見量は 6 兆立方フィートを超えると推定されている。

DOME は 4 隻の耐氷ドリルシップ (Explore) 4 隻の耐氷サプライボート、そして KIGORIAK 号の名で知られている碎氷サプライボート等を駆使して 1976 年開発に着手して以来、これ迄に 22 井にて試掘を続け、5 構造でガス、油を発見している。中でも 1979 年に試掘した Kopanoar (水深 60 m) では 12,000 バーレル / 日の出油可能という結果を得た。

DOME は表 2.1.2 の如く Kopanoar の開発諸元を北海の Forties 油田及び次の開発地アルバータ州のタールサンドと比較して、今後の商業採算の充分高い事を示している。その他 Tarsiat (水深 24 m) では 800 バーレル / 日の発見もされている。

DOME では操業を 7 月中旬～10 月初旬まで短期間にを行い、その後直ちに掘削機器、資材等を撤収して Takutoyaktuk の DOME 基地で次の夏迄、待機するというシステムを探ってきたが能率向上の為及び幾分遅延気味のスケジュールを回復する為、さらには具体的な生産、輸送システムを検討するため（今迄は探鉱、開発に主力が置かれていた）に Ice Class 10 の碎氷船や Ice Class 4 のサプライボートそして今迄の通常型のドリルシップを一步進めた Round Drill Ship (RDS) 等の計画建造を予定しており日本にも、北極石油を通じ共同研究という名目で開発費の捻出を打診してきている。この計画によれば、さらに 1 ヶ月の操業期間延長、そして最終的には通年操業をも DOME は意図している様である。（図 2.1.4 参照）

GULF も最近移動式鋼製ケーソンの発注を行い、これをサービスする Ice Class 4 の碎氷船、サプライボートの計画を行っており DOME と ESSO の間に挟まって開発の歩調を合せてきた。

今後の採掘の方式は、水深 10 ~ 15 m 以下では従来通りの盛土人工島方式、25 ~ 30 m 以上ではドリルシップ（耐氷ドリルシップに加えて曳航型の Round Drill Ship）その中間の深度では、固定式又は移動式のコンクリート／鋼製ケーソンとなろう。そして最終的な生産地として船舶への積出設備も含んだ環状ケーソン型人工島 (APLA) 等が考えられている。

連邦政府のエネルギー政策に同調して生産、輸送システムも各企業間で検討されているが特に油を中心とした碎氷タンカー（Ice Class 10）による生産輸送開始は1986年頃、又特にガスを中心としたパイプラインによる開始は1990年頃に目標を置いている。

2.2.3 北極諸島

北極諸島での開発地域は Sverdrup Basin 及びこれを取巻く Melville 島 Ellef Ringnes 島、 King Christian 島、 Lougheed 島、 Cameron 島、 Bathurst 島等の島々であり、その広さは東西約 1,200 Km 南北約 800 Km というスケールである。オフショアの水深も 300 m ~ 1,000 m に及ぶ所が珍しくなく、しかも緯度が 75° ~ 80° と北極圏の開発地域でも最も北方に位置しており、氷象等の自然環境もボーフォート海開発地域よりもさらに厳しくなっている。（図 2.1.5 参照）

氷象も苛酷ではあるが、ボーフォート海のそれとは少し異なる。即ちボーフォート海では 1 年氷、多年氷、そしてボラーバックアイス等が入り混り氷の挙動も比較的大きく又、夏～秋期には開氷域も現われるが、この Sverdrup Basin では回りを島々に囲まれているためかボラーバックアイスの動きは比較的小さく 1 年を通じ多年氷で覆われている。

従ってオフショアの開発方法もボーフォート海の如く開氷期にドリルシップ碎氷船、サプライボートを駆使して行うのではなく逆に冬期に氷プラットフォームを利用した氷上掘削に頼っている。

このアイスプラットフォームの場合、氷の挙動は大体、水深の 5% 位迄は許容されると言う。又、陸上（各島）では通常の掘削方式により通年行われているが地下は約 500 ~ 1,000 m に亘って永久凍土が分布し、これが一段と掘削を困難にしている。

この地域に鉱区を保有する企業は PETRO CANADA、DOME、GULF、ESSO、CHEVRON そして PANARCTIC 等であるが PANARCTIC が開発の中心になり、これ迄に 150 箇所を超える探鉱が陸上、オフショアで行われてきた。

歴史的には 1961 年 DOME が Melville 島南部で試掘したのに始まる。その後 1966 年に連邦政府が中心となって発足させた PANARCTIC により意欲的な開発が続けられ 1970 年に Melville 島の Drake Point で最初のガス田が発見されたのを始め、これ迄に 20 構造が発見してきた。このうち 16ヶ所がガス田であり、これらによる可採埋蔵量だけでも既に 16 兆立方フィートを超えているとされる。しかもそのうち約 10 兆立方フィートは、オフショアに分布している。

代表的なガス田としては、 Hecla、Drake Point (以上 Melville 島北部の Sabine 半島及びそのオフショア)、White Fish (Lougheed 島西部のオフショア)、King Christian 島等があり今は生産、輸送システムの実現を待っている。

油は 1974 年に Cameron 島の Benthorn で最初の発見があり、これは Bathurst 島南部の Freemans Cone 遠パイプラインにて導き此處で碎氷オイルタンカー（Ice Class 7）により North West Passage 航路をカナダ東部へ海上輸送をする計画が立てられている。しかし、 PANARCTIC を中心に当面はガスの生産、輸送を第一に考えているので暫くの間、油の具体化は遅れよう。

さらに油については 1980 ~ 1981 年冬期に Lougheed 島回りのオフショア 3ヶ所 (Cisco、Skate、Maclean) でも有望な発見が相次いでいる。

Melville 島の南に位置する Viscount Melville Sound は North West Passage 航路でも最も氷象の厳しい所であり、1 年のうち開氷期は僅か 8 月下旬～9 月上旬の短期間である。この間に東部から主に航空機燃料、鋼材、セメント等を PANARCTIC の総合基地 Rea Point (水深約 10m) 遠海上輸送する一方、通年にわたって掘削用資材及び生活物資を空輸している。

前述の如くオフショアでの掘削方式は、氷象を利用して氷プラットフォーム方式である。 Sverdrup Basin では 9 月中、下旬より多年氷が結氷を始め大体 10 月一杯で氷厚は 2 m を越える様になる。

この状態にて別途海水を氷上へポンプアップし、さらに氷の造成を行う。これを 11 ~ 12 月と続ける

と氷は、7mの厚さに成長し、この上に掘削用資材、生活用物資等の配置が可能となる。1月に入ると作業は全くの闇の中で続けられる。プラットフォームの下で氷を開孔し、これより海底にウェルヘッドを設置する。この時、海中での作業はダイバーによって行われる。この一方での掘削作業は氷が安定している1~4月一杯迄行われる。これ迄にこの方法で採掘した主なガス田はDrake Point(1978年、水深約500m)、White Fish(1979年、水深約280m)等がある。

オフィシアからの生産、輸送システムは、先端にクリスマスツリーと呼ばれる生産装置を取り付けたガスフローライン(パイプラインの一種)をワインチ操作により陸上から海底のウェルヘッド迄導き結合させる。これにより海底を通じて陸上集積地へガスが集められる。(図2.1.6参照)

現在考えられている陸上集積地はMelville島北部のDrake Pointである。

将来、マーケットへのガスの輸送システムは海上輸送(Arctec Pilot Project APP)と陸上パイプライン(Polar Gas Project PGP)である。

一旦、Drake Pointに集積されたガスは陸路Melville島の南端のBridport迄パイプラインにて送られ、ここで液化処理を施した後、碎氷LNGタンカー(140,000m³×2隻)によりNorth West Passage航路経由で東部迄通年輸送するのがAPPであり大体1986年頃の実現を目指している。

液化せずに、そのまま海を南下し、カナダ本土にて、別途マッケンジーデルタからのパイプラインと合流して東部へ直接南下する通称Y-ラインというものがPGPであり、この実現は早くても1990年、遅くとも1992年頃を目標にしている。

尚、アイデアとして、PANARCTICではGENERAL DYNAMICが目下開発中である、海底生産システムにさらに海底備蓄設備及び積み出し設備をも加えた、潜水タンカーシステムを真剣に考えている。これはアメリカ海軍の潜水艦のシステムを商業ベースで利用し、碎氷を考えないシステムとして考えていく方針である。

PANARCTICは13年間で約8億ドルを開発につぎ込んで、未だ生産収入が零であるという。政府のエネルギー政策にも則って苛酷な操業状態の中で旺盛なフロンティア精神を今後も發揮していくであろう。

2.2.4 東部地域

バフィン湾から始まるカナダ東海岸も広い範囲に亘って油、ガス、鉱物資源が確認されている。現在の處、ラブラドル大陸棚、グランドバンクス、ノバースコシヤ大陸棚にて有望な油、ガスの発見が相次いでいる。氷象はポートアート海、北極諸島に比べると大分楽であり開氷期間も長いので、主にセミサブ型リグを利用して、開発が行われている。

この水域での問題点は、主にグリーンランドの各氷河から発生した氷山対策と、さらに南部の方では北海と同じ規模の風波であるという。氷山の中には100万トンを超えるものも珍しくなく、これらが南下して掘削中の構造物への衝突、さらには生産システムとしての海底パイプライン、クリスマスツリーマニホールド等がアイスキールにより破壊される危険が残されている。

(1) バフィン湾

Baffin島の北方に位置するDevon島及びこの2島に挟まれたLancaster Soundが今後開発を待っている有望な地域である。この地域はPETRO CANADA、SHELL等が鉱区を保有しているが、まだ具体的な開発は行われていない。探鉱、開発の方法も今後の検討課題であるが、氷象はポートアート海、北極諸島に準じて厳しいので、サプライボート、碎氷船の支援を受けてドリルシップによる方法となろう。油、ガス資源以外に鉄鉱石、鉛、亜鉛等の鉱物資源もこの地域では有望と言われている。

(2) デービス海峡

開氷期は、約30週間/年と北極圏ではかなり長く、結氷期の氷厚も2m前後と言われている。

その代りこの水域の最大の難関は先に述べた如く氷山の到来である。鉱区は Baffin 島の東岸に沿って南北に延びており、主な企業として AQUITAINNE、PETRO CANADA 等がある。

1980年に AQUITAINNE が中心となって一構造のガス田を発見したが、その後まだ大きな飛躍はない。この水域はセミサブリグを使用し、生産、輸送は海底パイplineによると考えられている。

(3) ラプラドル大陸棚

さらに開氷期は延び約 50 週間とほぼ 1 年近くあり、一般の海水に対しては何等問題はないが、やはり氷山対策は難問として残っている。特にこの水域ではバフィン湾、デービス海峡から到来する氷山以外にグリーンランド東岸から南下する物も加わって、問題は一段と大きくなる。主な開発企業は PETRO CANADA、AQUITAINNE、GULF、CHEVRON 等であり 1972 年に掘削が開始され、これ迄に 4 構造でガスが発見されたが、まだ商業ベースの規模の物はない。

1981 年には PETRO CANADA はドリルシップ 3 隻を駆使して活動を続けている。生産は今処 1990 年頃を目標に種々の検討がなされているが、生産、輸送システムとして、浮体プラットフォーム、通常型タンカーが考えられている。

(4) ニューファンドランド沖（グランドバンクス）

この海域は結氷はほとんどしないが、氷山とともに北海並みの風波が発生する。この海域は水深が殆んど 100 m 以内であり、完全な大陸棚構造を呈している。主な企業は CHEVRON、MOBIL、PETRO CANADA、GULF 等で 1966 年よりかなりの試掘が進められている。その方式は主にセミサブリグによっている。

1979 年に CHEVRON により 80-81 年には MOBIL によって商業的規模のガス（約 2 兆立方フィート）が発見されており、今後も引き続き両社によって探鉱が進められる。MOBIL によれば、この水域での生産具体化は大体 1985 年を考えており生産、輸送システムはラプラドルの場合と同じく浮体プラットフォーム、通常型タンカーとなろう。

(5) ノバースコシア棚

ここでは 1967 年以来 MOBIL により開発が続けられた。この鉱区はそのほとんどを MOBIL が保有しており、その他 SHELL、GULF、TEXACO、DOME 等が入り混んでいる。

有望なガス田として、ノバースコシア半島の南西 175 Km の所で約 3 兆立方フィートが MOBIL によって発見されており SHELL も 1981 年より、一旦中断していた地質調査を再開している。MOBIL によれば、上述のガス田からの生産、輸送システムとして固定式プラットフォーム、そしてタンカー又はパイpline をあげており、具体化目標は大体 1987 年頃としている。

表 2.1.1 北極圏の炭化水素ボテンシャル

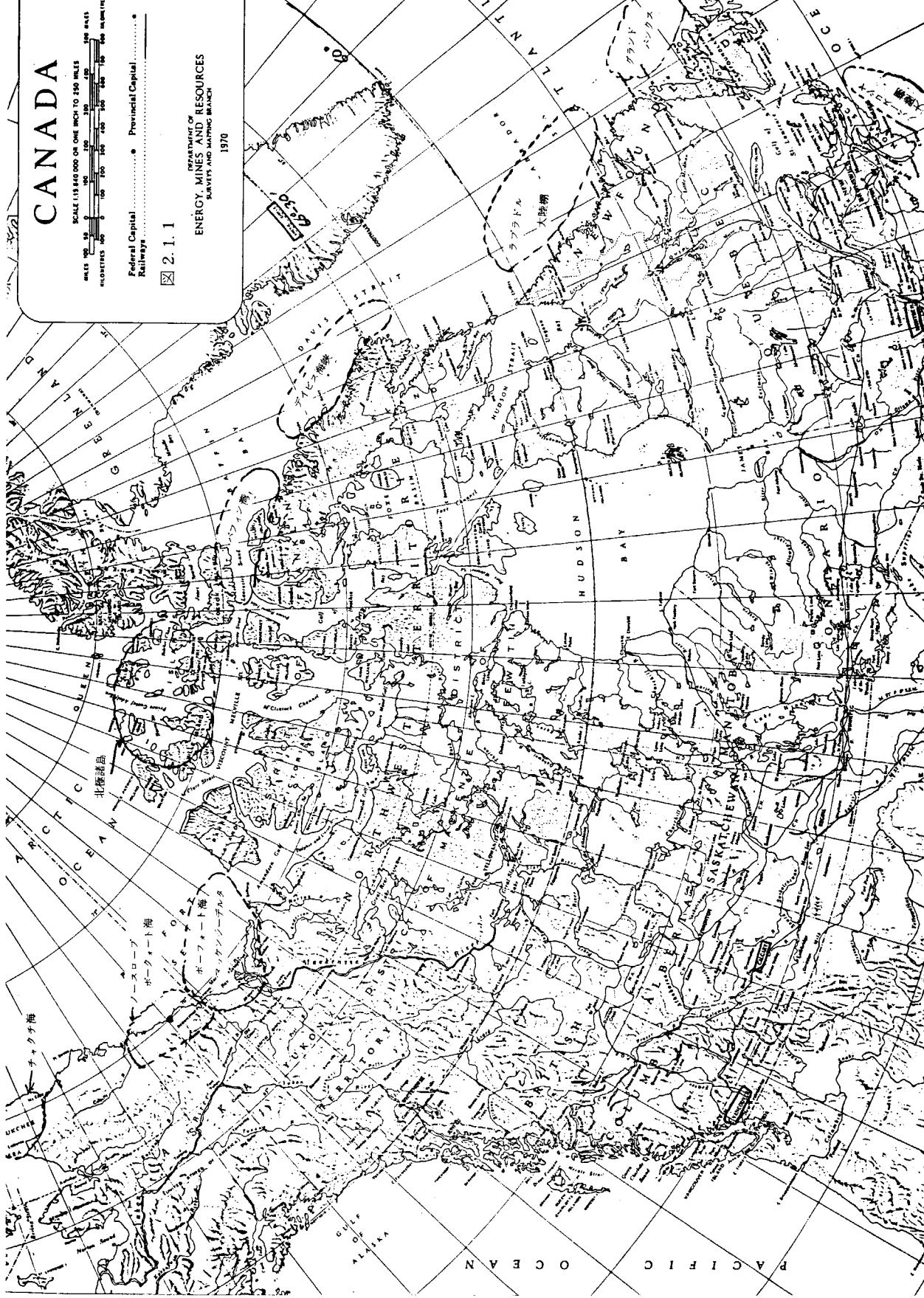
地 域	油 (億バーレル)	ガス(兆立方フィート)
ソ 連	2,000	1,600
ア ラ ス カ	400	300
カ ナ ダ	720	530
ヨーロッパ他	70	55
合 計	3,190	2,485

出典：石油技術協会誌 第44巻第5号

表 2.1.2 カナダ北極圏のガス・石油埋蔵量内訳

ブロック名	石 油 (億バーレル)	天 然 ガ 斯 (兆立方フィート)
北極諸島	460	357
マッケンジーデルタ、ボーフォート海	120	100
バッフィン陸棚	60	40
北西及びユーコン準州	70	30
ハドソン湾	10	3
合 計	720	530

(石油技術協会誌44巻5号)



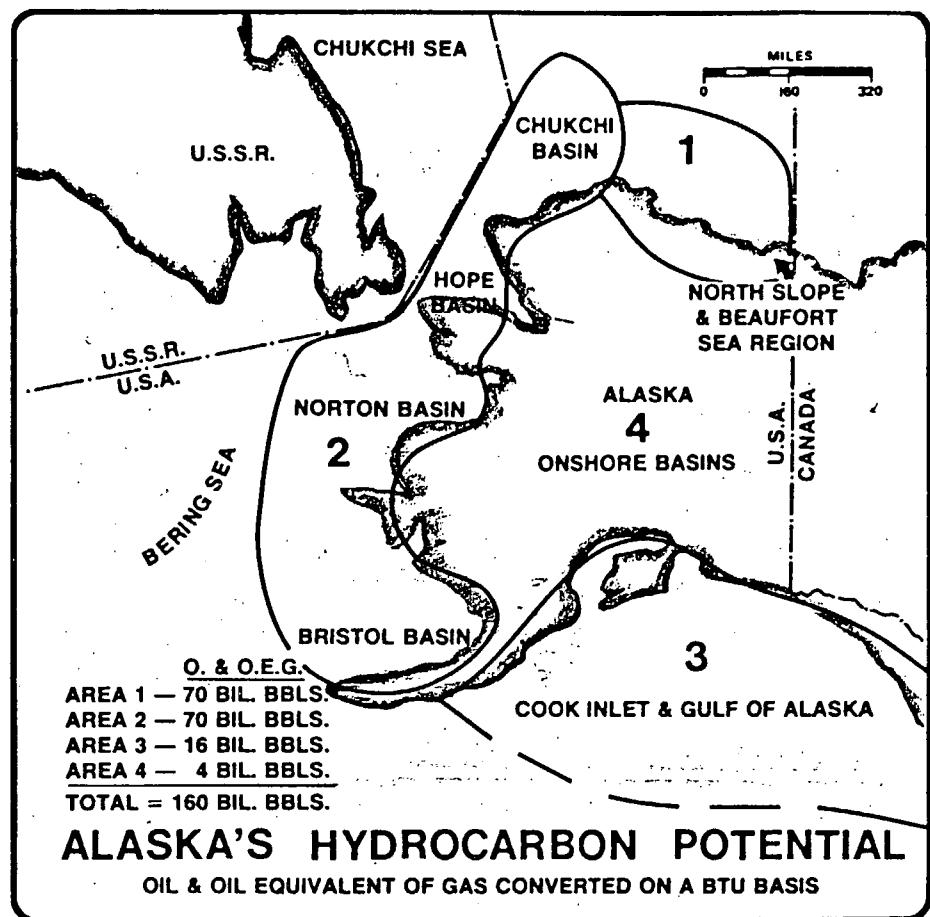
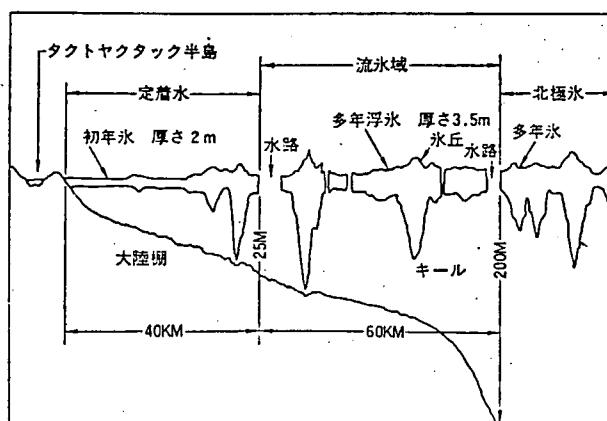


図 2.1.2

カナダ・ポートフォート海の春期の氷の状態（5月）



出典：ドーム・ペトロリアム社資料 78.8

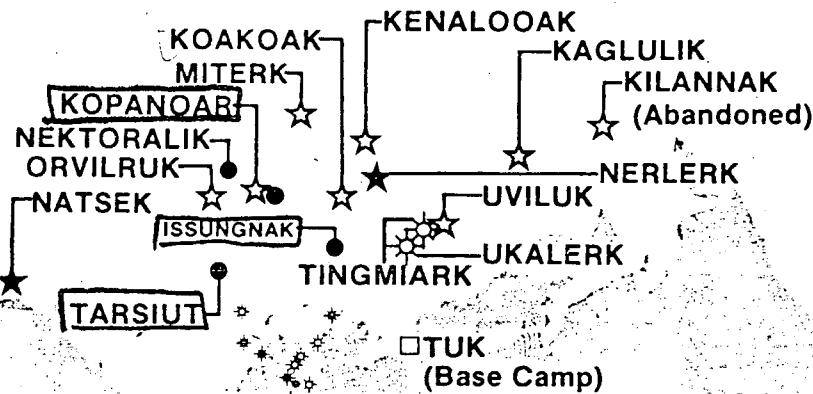
図 2.1.3

表 2.1.3

COMPARISON OF FORTIES KOPANOAR AND TAR SANDS (IN 1981 DOLLARS)

	(北海) FORTIES (UK,NORTH SEA)	KOPANOAR (BEAUFORT SEA)	TAR SANDS (ATHABASCA)
DISCOVERY WELL TEST	4730 BOPD	6050 BOPD	—
AREA	22,250 ACRES	21,000 ACRES	—
REC. RESERVES	1.8 BIL. BBLS	1-2 BIL. BBLS	1.1 BIL. BBLS
CAPITAL COST	\$3.65 BIL.	\$6.0 BIL.	\$8.0 BIL.
EST. PROD.	500,000 BOPD	410,000 BOPD	130,000 BOPD
DEVELOPMENT COST (\$/BOPD)	\$7,300	\$15,000	\$61,500

BEAUFORT SEA
 ★ DOME 1981 DRILLING PROGRAM
 ★ TO BE TESTED
 ● OIL WELL ☀ GAS WELL



DOME INTEREST LANDS
 WORKING INTEREST 11,396,000 GROSS ACRES
 4,705,000 NET ACRES

図 2.1.4



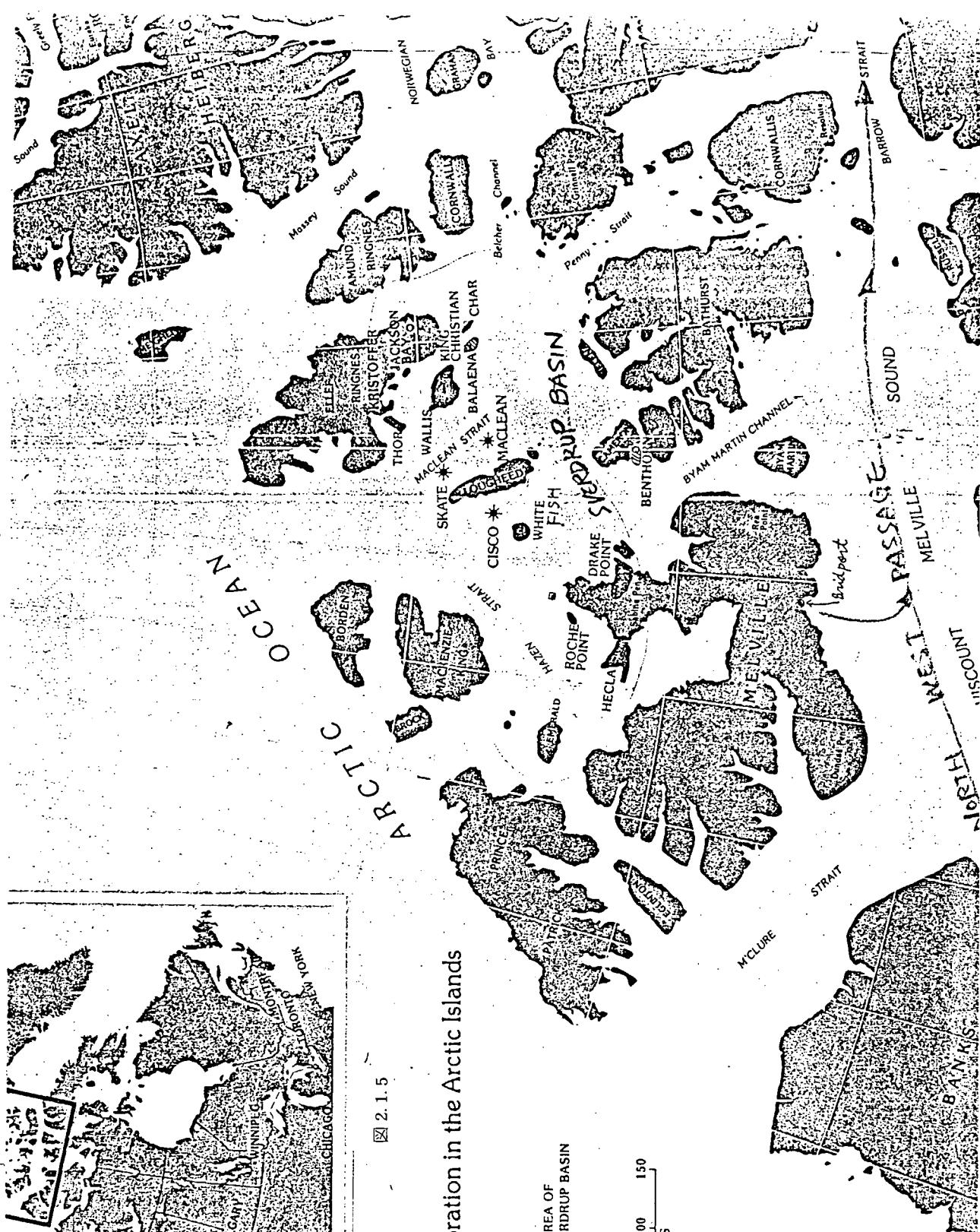
FIG. 2.1.5

Current Exploration in the Arctic Islands

LEGEND

- GAS FIELDS
- OIL FIELDS
- ◆ HIGHGRADE AREA OF
WESTERN SVERDRUP BASIN
- 1980 WELLS
- * 1981 WELLS

0 25 50 100 150 KILOMETRES



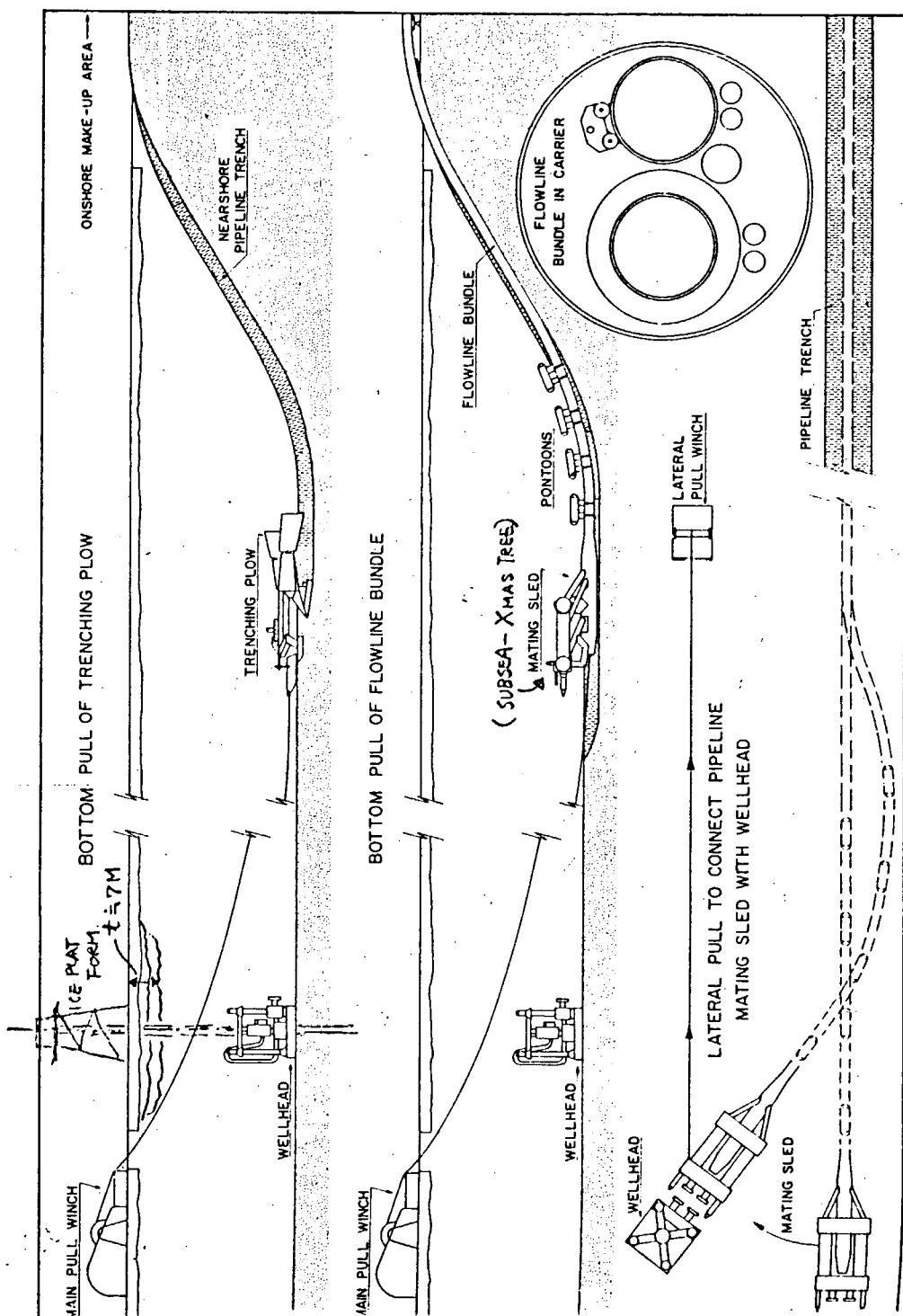


図 2.1.6 SUB-SEA FLOW LINEによる生産輸送システム

3. 北極圏石油・LNG海上輸送計画

3.1 ガス・石油開発概況

北極圏では最近の探鉱活動により次々とガス・油田が発見され、この地域の堆積盆地の数の大きさと埋蔵量の大きいことが発表されている。（表2.1.1参照）

以下にカナダ北極圏について地域別に、その探鉱活動状況および石油・ガスの生産計画について調査結果を示す。

3.1.1 マッケンジー・デルタ

1973年頃からメジャー系各社が進出試掘活動を開始したが、この内、ESSOが最も積極的であり、この地域は水深が浅いため主として人工島方式により探鉱活動を進めている。（表6.1.1参照）

この地域においては主としてガスが多量に産出し、石油は少ないようである。生産段階においては、試掘時の人工島が直径100m前後から約500～600m程度に拡張されて各種の生産プラントが設置されることになっているが、現在この地域のガスは後述のPolar Gas Projectによるガスピープライ

3.1.2 ポーフォート海

この地域では、1976年頃からDOMEが中心となってマッケンジー河口近くのTuktoyaktukにベースキャンプを設置し、主とし耐氷ドリルシップにより積極的に探査活動を行なった結果、最近に至りKopanoar, Tarsiut等に商業規模となり得るガス田・油田を発見し、生産の準備に入っている。（図2.1.5参照）

DOMEは石油の生産設備を種々検討の結果、人工島方式を採用する計画である。この方式はArctic Production and Loading Atoll (APLA)と云われているもので、ケーソンバームで囲んだ直径約800mの人工島を築き、その内に石油の生産設備、貯蔵タンク、居住区、碎氷タンカー積込設備等を建設する。

これらの設備は南部サイトでBMP方式で建設し曳航してくる。（図6.1.6参照）

碎氷タンカーの研究は以前Arctic Marine Locomotive X-10なる名前で進めていたが、最近においてはArctic Exploration Research Program (AERP)なる研究計画の一環に組込まれて進められている。具体的には、DOMEは1979年冬から1981年冬にかけて碎氷作業船“KIGORI AK”号（長さ300フィート、排水量7,700トン、主機16,400馬力、アイスク拉斯3）により冬季氷海実船試験を行なっている。

このKIGORI AK号の実船試験にはDOMEの要請により日本の造船大手7社も出資している。

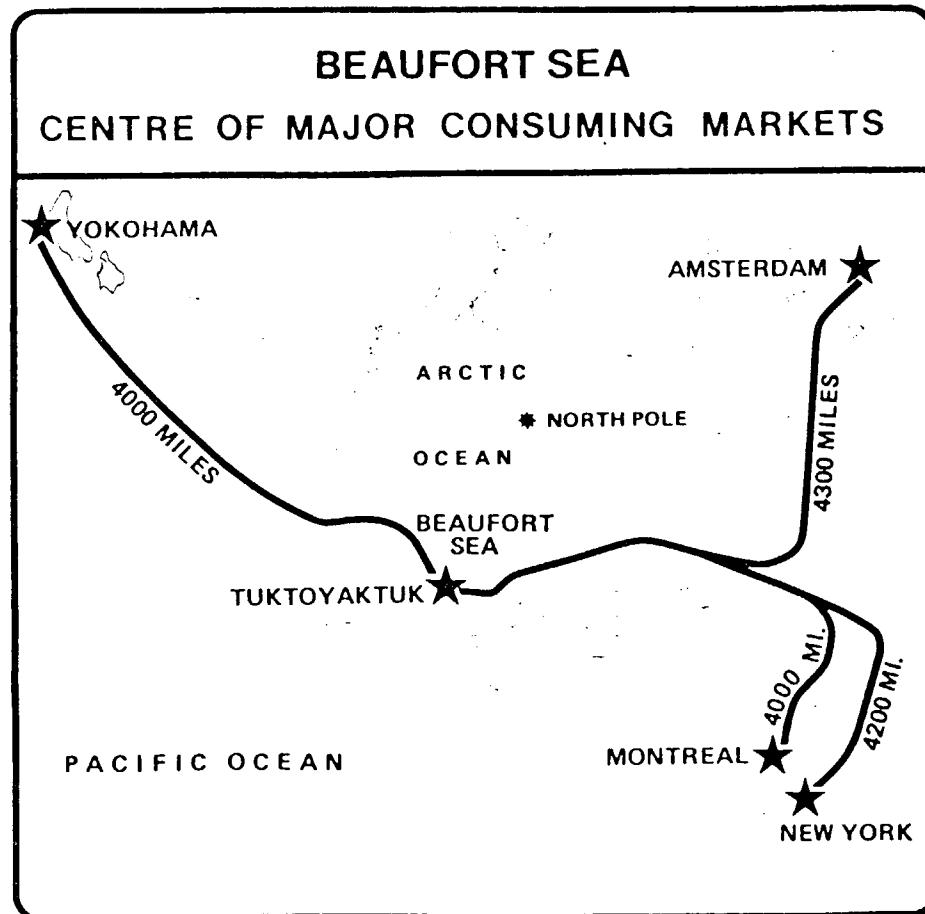
“KIGORI AK”号の概要は公表されている各種文献によると下記の通りである。

船　　主	DOME PETROLEUM LTD.
建造ヤード	Saint John Shipping & Dry Dock (New Brunswick, Canada)
完工年	1979年
船　　籍	カナダ
船　　種	碎氷／サプライボート
主寸法	91.0m × 17.3m × 10.0m (吃水8.5m)
排水量	7,700トン
速　　力	18.6ノット
推進機関	Sulzer 122V40/48 中速ディーゼル2基 合計馬力16,400PS×530RPM
推進器	ノズル付CPP(5.3m径、4翼) 1基
碎氷能力	3.6フィート (Arctic Class 3)
発電機	合計出力3,400KW (ディーゼル駆動)

特殊仕様

- ・船首、船尾スラスター各1台（合計11,820馬力、モーター駆動）
- ・負荷変動、氷状況、構造物／氷応答等の集中モニタリングシステム
- ・スプーンバウ船型及びWater Jet System
- ・特殊アンカーハンドリングワインチ兼曳航ワインチ

図3.1.1に碎氷タンカーの計画ルートを示す。



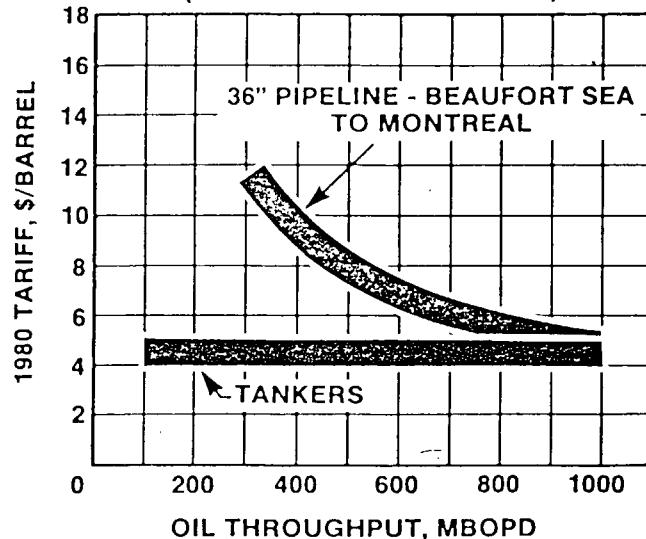
（出典：DOME資料）

図3.1.1

DOMEはTuktoyaktukをベースとした横浜・アムステルダム・モントリオール・ニューヨーク等の消費地迄の航海距離は中東のそれに比して約半分であるから、碎氷タンカーが高船価であっても充分ペイすると考えている。又パイプライン方式と比較しても投下資本は碎氷タンカーは約1/10で済むこと、キャッシュフローも早くなること、市場の拡大にフレキシブルに対応出来ることによりメリット有りとしている。

図3.1.2は石油の一日当たり生産量が750,000 バーレル位迄ならば、ポート海の石油を、東カナダ市場に輸送してもメリット有ることを示している。

COST OF MOVING OIL
TO EASTERN CANADA FROM
BEAUFORT SEA BY TANKER VS PIPELINE
(CONSTANT 1980 DOLLARS)

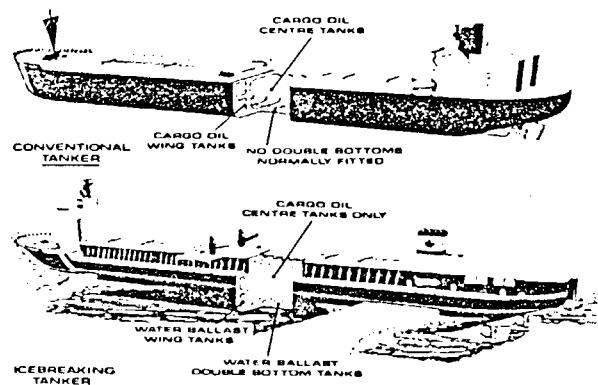


(出典：DOME資料)

図 3.1.2

DOMEは砕氷タンカーと在来型タンカーについても設計を行い、比較検討を行っている。図 3.1.3にDOMEの砕氷タンカー構想図を示す。

COMPARISON OF
CONVENTIONAL TANKER VS IBT



(出典：DOME資料)

図 3.1.3

この砕氷タンカーは 200,000 DWT、150,000 馬力、開氷域航海速力 18 ノット（3m 氷中で 6 ノット）、二重船殻構造が検討されている。

ボーフォート海～東カナダ間 8,000 マイルを年間 16 航海計画されているので 50,000 バーレル/日の輸送能力に相当する。

3.1.3 北極諸島

マッケンジー・デルタやボーフォート海よりも更に高緯度になる北極諸島周辺の開発は PANARCTIC が中心になって開発を進めている。

冬季には -50 ℃ ～ -60 ℃ にも達する自然の厳しい海域である。したがって結氷期間も長い。又、水深が 300m 近く迄有るため、この地域の開発には耐氷ドリルシップや、人工島方式は採用出来ない。

そこで PANARCTIC では後述のオンショア／オフショア兼用で、かつ冬季オフショアでは氷上プラットフォーム方式となる試掘リグを用いて開発を進めている。

図 3.1.4 の PANARCTIC ガス・石油開発状況に示す通りこの地域でガス田・油田が発見されているのは Melville 島・McKenzie King 島・Cameron 島・Ellef Ringnes 島およびこれら諸島の海域部分である。

探鉱結果からこの附近は、圧倒的に多くのガスを産出することが判っており、現在確認されている。

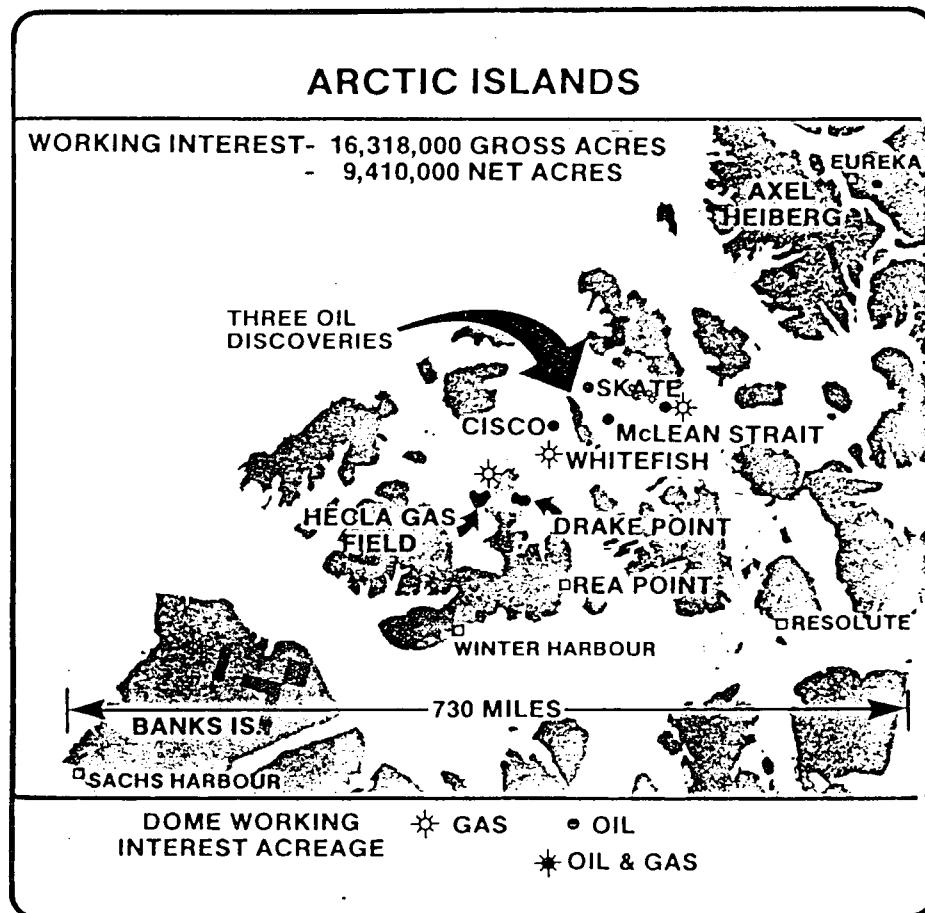


図 3.1.4

これらのガスは現在 2通りの輸送方式が検討されている。一つは Arctic Pilot Project (APP) と呼ばれているもので、天然ガスを砕氷 LNG船で輸送する方式、他の一つは Polar Gas Project (PGP) と云われているもので天然ガスをパイプラインで輸送するものである。

3.1.4 東カナダ海域

この地域は、グリーンランドに接するバフィン湾およびデービス海峡・ラプラドル陸棚・ニューファンドランド沖のグラント・バンクス・ノバスコシア沖・New Brunswick 6地域が包含されるが、これらいずれの地域においても 1960 年代から既に探鉱活動は行われてきた。

最近に至りニューファンドランド沖やノバスコシア沖の鉱区で中東の油田規模に匹敵するといわれるガス・石油の埋蔵量が発見されている。この海域は氷山対策および海気象条件がきびしいことを除けば開氷期間も比較的長く在来型のタンカーによる輸送が可能と考えられている。

3.2 Arctic Pilot Project (APP)

APPはPETRO CANADAにより 1976 年フロンティアの開発を進める為と、カナダのエネルギーを拡大させる為に立案されたものである。PETRO CANADAは本プロジェクトの取りまとめを担当するとともに、重要な役割を果している。

共同開発のパートナは NOVA AN ALBERTA CORPORATION (以前 THE ALBERTA GAS TRUNKLINE)、DOME PETROLEUM MELVILLE SHIPPING である。MELVILLE SHIPPINGは FEDERAL COMMERCE AND NAVIGATION、MONTREAL 及び UPPER LAKES SHIPPING (Toronto) と CANADA STEAMSHIP LINES (Montreal) から成立している。その他の APP 関連会社は Drake Point でガス田の開発を担当している PANARCTIC OILS 及び南部の再ガス化設備を担当する TRANS CANADA PIPELINE である。

前記 4 社は北方航海、砕氷船設計、建造、オペレーション、天然ガス生産、搬送、低温プロセス等総ての国内外の専門技術知識を持ち寄り、過去 3 年間プロジェクトチームとして 19 百万ドルを費して環境評価、社会経済のインパクト調査、第一次エンジニアリング調査見積を実施してきた。

APP のマスタスケジュールを図 3.2.1 に示す。

本プロジェクトは、Saskatchewan 州の Saskatoon から北に 2,600 Km 離れた Melville 島の北、Sabine 半島にある Drake Point のガス田がベースとなる。

前述のように天然ガスは、1960 年代後半に Melville 島周辺で発見され、以来、精力的な探鉱活動により、この附近のガス埋蔵量は 150 兆 m^3 以上に達することが判っている。

PANARCTIC OILS は、このプロジェクトが終る迄に 50 兆 m^3 のガスを生産可能な如く、8ヶ所のガス生産井、ギャザリング設備、および、ガス処理設備も建設し、稼動することにしている。

Drake Point から出たガスは、Melville 島を横断し、160 Km 南に離れた Bridport 湾口の液化工場迄、直径 559 mm の埋設パイpline により輸送される。

Melville 島は永久凍結帯に位置するので、低温ガス用埋設パイpline が全ルート間に使用される。ガスは永久凍結物を溶かさぬよう -6 °C に冷やされて送られるのである。

3.2.1 Melville 島パイpline (図 3.2.2)

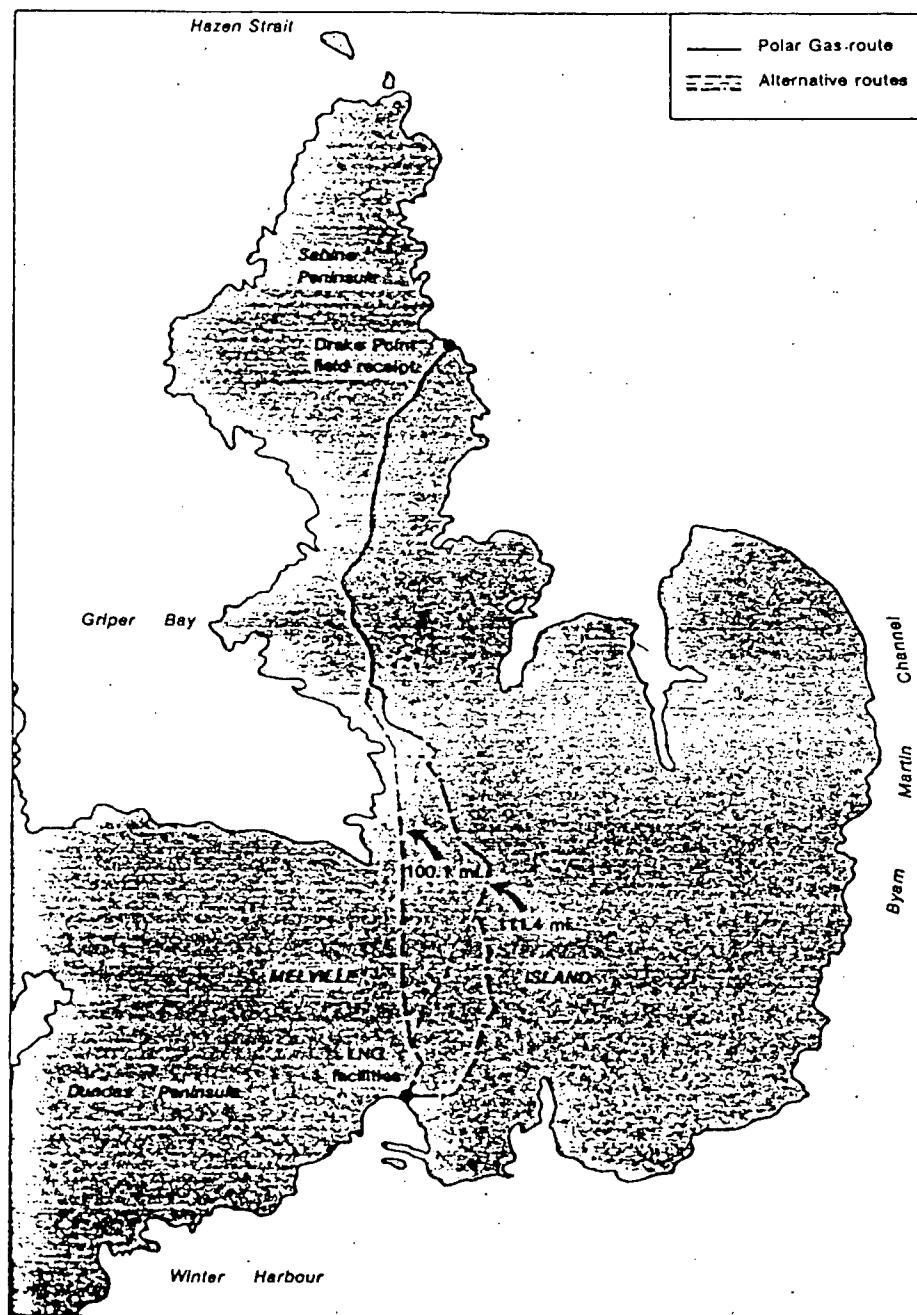
パイpline は、NOVA AN ALBERTA CORPORATION が担当する。そのパイpline の建設には 2 年を要すると考えられている。そして、島の環境破壊を起さぬよう慎重な検討が必要と考えられている。

1979 年 NOVA は、北極地方の環境下におけるパイpline 溝の埋戻し工法を検討するためのテストを Melville 島で実施した。この実験結果から、NOVA は通常のパイpline 建設工法を採用してよいと考えている。

(1985年半稼動開始予定)

建設(検討)項目	1年度					2年度					3年度					4年度								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
パイプライン建設																								
LNGプラント設備																								
LNG貯蔵設備																								
港湾設備																								
環境・社会経済問題の解決																								
ギザギザリンク設備																								
脱水設備																								
ガス田開発																								

図3.2.1 APPマスター スケジュール



(出典: World Oil, Nov. 1977)

図 3. 2. 2

3.2.2 液化設備(図3.2.3)

Melville島に有るBridport湾口は、面積的 93 km^2 の良好な天然湾である。

ここで、天然ガスは液化され、一時貯蔵された後 $5,200\text{ Km}$ 離れた南部に向けて船積される。

天然ガスは液化プロセスのステップ毎に冷却されて最終的に -162°C になる。この状態では 600 m^3 の天然ガスは 1 m^3 のLNGに圧縮するので、非常にコンパクトなエネルギーと云える。

液化設備に対して、北極圏の低温は液化サイクルの効率向上に非常にメリットがある。

LNGプラントおよび、貯蔵タンクの建造方式はBMP方式が考えられている。3隻のバージは建造費用、および建造期間の観点より南カナダの造船所で建造し、Melville島に曳航後、工場設備の内に組込まれる。

4基の貯蔵タンクは、 $200,000\text{ m}^3$ のLNGをストック出来る。

2隻の貯蔵バージは、タンク内部のLNGの変化によりバージが浮いたり、沈んだりしないように掘削底部の台に据付け、堤防を設けて水抜きを行なう。

Bridport terminal facilities.

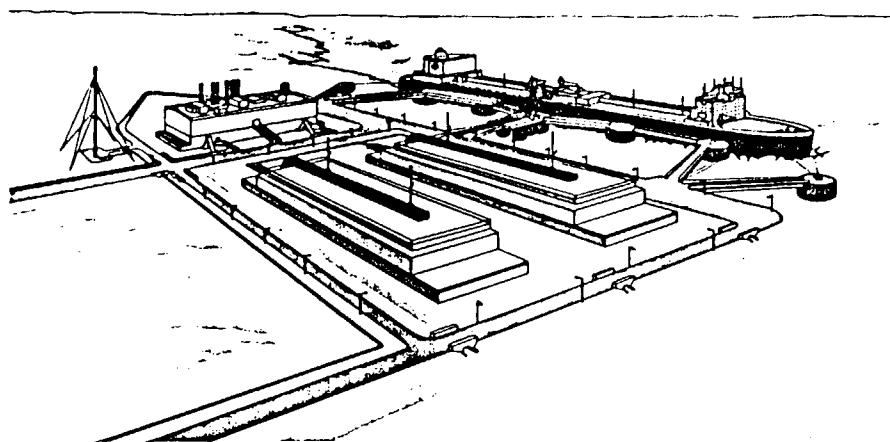


図3.2.3 (出典:PANARCTIC OIL資料)

BMP方式のLNGプロセスプラントおよび貯蔵タンクは、他のガス田にも移動させ、使用出来るようフレキシビリティが配慮される。

LNG船の積込設備は、長さ約 500 m になり、これはシートパイルセルをベースとした桟橋構造になる。この方式は既にカナダの北極圏でも実証済みと云われている。

この方法は、セルの打込み時に作業台として海水を利用出来るのでメリットが大きい。

埠頭周辺の着氷の問題を避けるために、フィンランドやスウェーデンで実用化されているような単純なかつ効率的な方法が採用される。

LNGプラントからの温排水($+8.5^\circ\text{C}$)は埠頭附近の氷が厚さ 1 m 以上に成長しないように氷盤の下に排出する。

作業員の居住設備はBridport湾工場の付帯設備としてモジュール工法により建設される。

居住設備は、液化工場から飛行機の滑走路の方向に 2.5 Km 離れた所に予定されている。

Bridportにおける液化プラント、貯蔵タンク、積出設備はPETRO CANADAが担当する。

3.2.3 海上輸送

海上輸送の年間サービスは必須条件である。過酷な低温、強風、厚さ 2 m 以上のレベルアイス、ごつ

ごつした流水群、リッジアイスの圧力等は北極圏の航海にとって極めて困難な問題である。

過去3年集中的に研究が実施されてきたが、APP関係者達は碎氷LNG船は、必ず出来ると信じているようである。

碎氷能力を持ったLNG船としては、世界で初めてのものである。その主要目は全長375m、幅42m、吃水11.5m（氷幅13m）になる。DOMEおよびMELVILLE SHIPPINGが碎氷LNG船の設計、建造、運航を担当する。

海上輸送ルートは、人工衛星を使用したり、氷上探査により、数年に渡り慎重に検討してきた。

氷山やリッジアイスの大きさ、位置、数、を考慮に入れて、環境への影響や燃料消費量を最少にしなければならない。年間海上輸送サービスを実施するには、134,000KWの馬力が必要である。

推進方式には、碎氷LNG船のボイルオフガスを有効に利用するガスタービンを採用する。

碎氷LNG船の大きさからして、カナダ国内での建造は困難と考えられているが、APP関係者はLNG船建造技術を取得し、自国で建造出来るようにしたいと願望している。

碎氷LNG船の乗組員は42人、2チームを組み、1航海は、冬季33日、夏季16日で行なうと考えている。各々の乗組員はLNG船故にLNGの取扱いについて充分なトレーニングを受けるよう計画されている。

図3.2.4に航海中に占める氷海域及び開水域等各ステージ毎の時間の割合を示す。

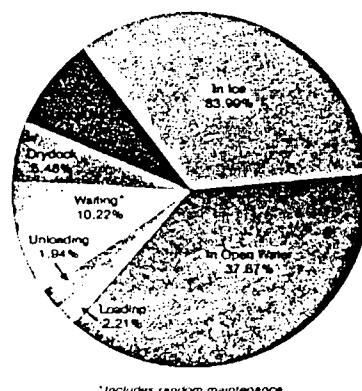


図3.2.4

(出典： PANARCTIC OIL資料)

北極圏には陸上の既存の航行支援装置があるが、碎氷LNG船は本来出来るだけ自己信頼性がなければならない。

航行装置として、人工衛星航法およびコンピューターを組込んだものが装置される。又、自己位置測定装置も然りである。

基地から50kmの範囲で、50m内の誤差で位置を測定し得る短波ラジオ位置測定装置も設置される。船舶の安全性の観点から碎氷LNG船相互、附近の一般船舶、ターミナルおよびコーストガードラジオ基地と碎氷LNG船間との情報連絡は重要なことであるので、碎氷LNG船は最新のラジオ及び人工衛星との通信手段を装備することになっている。

3.2.4 再ガス設備(図3.2.5)

APP関係者達は、東カナダにおけるLNG荷揚ターミナル位置について広範囲な検討を行なった結果候補地として2ヶ所を選定した。1個所はQuebec州のGros Cacouna、他はNova Scotia州の

Strait of Canso である。

両方のサイト共、環境上、社会経済上、海上輸送上、および安全上の各種条件を全て満足する。

パイプラインの建設がタイミング良く決定されるならば、Strait of CansoはGros Cacounaと彼我の差はない。

このターミナルについては、TRANS CANADA PIPE LINEが荷揚施設、貯蔵タンク、再ガス化設備、計器コントロール設備等一式を建設し、操業する。貯蔵タンクは100,000 m³ 2基である。

ガスは在来のガスピープラインにより市場に送り出される。

Schematic drawing of LNG regasification terminal.

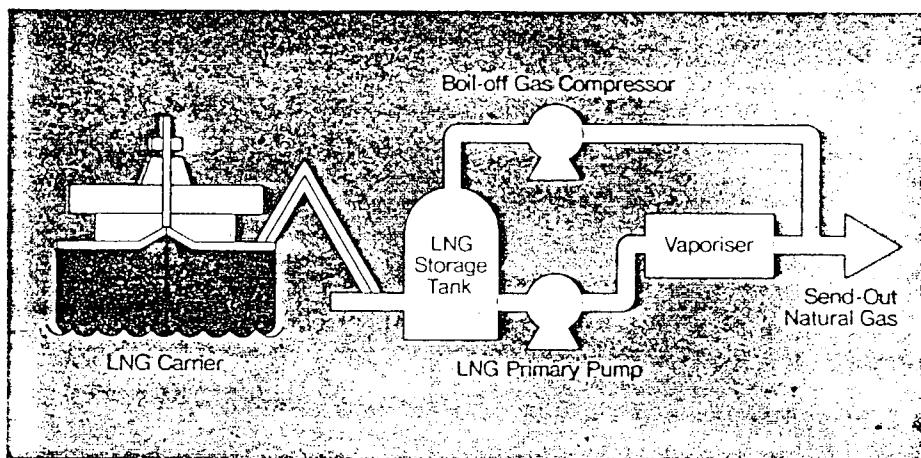


図 3.2.5 (出典：PANARCTIC OIL資料)

3.2.5 建設費および操業費

表3.2.1の如く、APP全体の投資額は1,325.3百万カナダドル、又、操業費は94.0百万カナダドルと見積られている。これによる採算計算の結果では充分ペイすると考えられている。

表3.2.1 APP投資額及び操業費

プロジェクト構成設備	投下資本	操業費
Melville島パイプライン	130.7(百万カナダドル)	1.7(百万カナダドル)
Bridport LNG設備	608.5(")	25.3(")
海上輸送	529.9(")	41.3(")
プロジェクト管理、および研究開発	56.2(")	10.0(")
小計	1,325.3(百万カナダドル)	78.3(百万カナダドル)
関連設備		
Drake Point	157.6(百万カナダドル)	12.2(百万カナダドル)
南部ターミナル	173.6(")	3.5(")
小計	331.2(")	15.7(")
合計	1,656.5(百万カナダドル)	94.0(百万カナダドル)

注) 見積 1980年ベース

3. 2. 6 市場性

関係官庁の認可が1981年前半に得られると、APPは1986年東部カナダの消費先にガス輸送可能である。この暁には本プロジェクトは高価な輸入エネルギーに依存しているカナダの一部地域に、競争力ある代替エネルギーを提供することになる。

北アメリカとのパイプラインの連結も考えられているので、やがてそれらの消費地帯にも供給可能である。

北極のガスは東カナダ消費者に国内価格で売り渡されると共に、これによるカナダ西部の余剰ガスは米国に国境価格で輸出される。

1980年6月西部カナダ天然ガスとの取引に関し、その增量分について北極ガスの引取率の合意が4社との間に出来た。その合意に沿って4社は、1986年初めから20年間に渡り、1日当たり6.4百万m³のAPPガスを購入する。

関係4社は、下記の通りである。

TENNESSEE GAS PIPELINE

TEXAS EASTERN TRANS MISSION

NORTHERN NATURAL GAS

THE COLUMBIA GAS TRANSMISSION

上記4社とAPP間の合意はカナダ、および米国の関係官庁の認可が条件となる。もしも、どちらかの国が認可が得られなければ、フレキシビリティを持つ海上輸送により、受入れ可能なヨーロッパ市場の国々にLNGとして持っていくことも考えられている。

Melville島と東カナダ沿岸は、北ヨーロッパとほぼ等距離の位置にある。

4. パイプライン

International Petroleum Encyclopedea (1981)によると、1981年における世界の確定パイプライン建設計画は、合計 51,401 マイルであり、この内ガスが 36,233 マイル、原油が 7,419 マイル、製品石油が 7,749 マイルである。

ガスラインの国別内訳は、米国が 16,537 マイル、カナダが 8,815 マイル残りは、ラテンアメリカ、アジア、西ヨーロッパ、中東、アフリカで占めていて、米国／カナダで約 50% を占めていることが判る。この傾向は将来においてもそんなに大きく変わらないと考えても良かろう。

北極圏、その他に豊富なガス・石油資源を持つカナダでは今後、これらの製品の輸送手段の一つとしてパイプラインも相当出てくるのではないかと考えられる。

カナダにおける現存、および計画のパイプラインルートは、下記の通りである。

現存 Transcanada

Alberta Gas Trunk Line

Great Lakes

Pacific Gas and Electric

合計 4 ルート

計画 Polar Gas

Alcan

Foothills

McKenzie Valley

Northern Boarder

Quebec Extension

Sherbrooke Extension

Vermont Tie In

Dempster

合計 9 ルート

これらのルートを図 4.1 に示す。

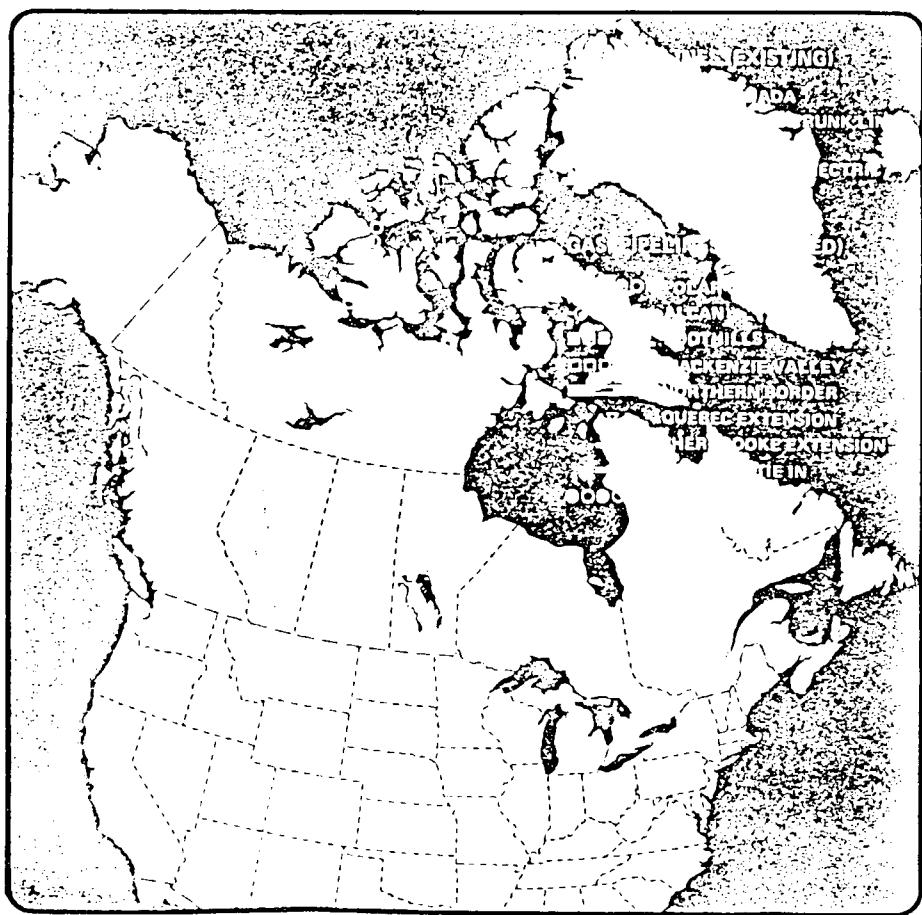


図 4. 1

(出典：DOME 資料)

アラスカのガスは、Alcan/Foothills バイオラインによりブルドー湾からアルバータ南部まで送られ次いで Northern Border バイオラインによりアルバータ南東部からシカゴへと輸送される。

マッケンジーデルタ／ボーフォート海からのバイオライン計画ルートは全て既存のガスラインに接続される。

北極諸島のMelville島からのPolar Gas バイオラインは南西に延びて Mckenzie Valley の計画ラインに接続される。

DOMEによれば、初期段階においては北極諸島からのガス輸送手段は次の理由から砕氷 LNG 船の方が良いのではないかと云っている。

- ① 大規模のバイオラインに比して砕氷 LNG 船の方は 1/10 のガス埋蔵量でも可能性が有る。
- ② 砕氷 LNG 船方式は、主要機材をカナダ南部で調達し、現地サイトに曳航してくることができる、コスト管理が容易であり、環境問題や社会問題も少なく、カナダ国内全般に仕事も展開出来る。
- ③ 設備・機材やガス量が市場の増大に応じて拡大出来る。

上述の各ガスライン建設計画は可成り以前から立案されているものであるが、環境上の問題から、その進捗は思うようにはかどっていない。

これらの内 Polar Gas Pipe Line (PGP) は比較的検討が進められているので以下にその内容を記すこととする。

4.1 Polar Gas Pipe Line (PGP)

APPと併行して、PETRO CANADAが主体となり PANARCTIC、TRANS CANADA PIPE-LINE LTD, TENNECO ONTARIO ENERGY CORPとコンソーシャムを組みパイプライン方式で フロンティアガスをカナダ南部に輸送する計画を検討している。（総工費 780億ドル、1.6兆円と云われている）

4.1.1 検討経緯

- (1) 1972年本計画の検討を開始
- (2) パイプラインルートを種々検討の結果、海域の深い所の通過を出来るだけ避け、McClure Straight および Dolphin and Union Straight を通すことを検討中。
- (3) 1979年過去数年の研究開発をベースに、更にフィールドテストを実施。その結果、パイプライン の海底下通過断面形状、海水状況、潮流潮汐等の知見が得られたが、技術的に困難な問題は何も見出されてない。
- (4) National Energy Board に新ルートを設定の上、許可再申請の予定

4.1.2 研究開発

PGP案は技術面、環境面、社会経済面等の研究開発に、実に 7,000 万ドルを費やし、実質的には PGP スタッフとコンサルタントが検討を行なってきた。

4.1.3 パイプライン敷設方法

過去 2 年間検討した結果、海峡の氷の上にブルユニットを設置しこれによりパイプラインを引張り込む新しいパイプライン敷設工法を開発し McClure Straight ~ Melville 島間に採用することを考えている。McClure Straight の氷厚は 2 ~ 12 m になるので毎年少なくとも 90 日間は作業可能である。

海岸線近くの組立工場でパイプラインを 2 Km 程度の長さに継ぎ合わせ、これらを更に一本のパイプラインにまとめる。こうして最終的に長さ約 20 Km のパイプラインが結合される。

両方の海岸の間の氷盤に一連の穴が多数あけられ、この穴を通してブルユニットのワイヤによりパイプラインを引張って接合して行く。この方法は、“Ice Hole Bottom Pull” 方式と名付られている。（図 4.1.1 ~ 4.1.3 参照）

海底パイプラインは、氷による Scouring を避けねばならない。そこで種々検討の結果、氷島が出現する所には海面下 4.5 m の深さ迄トンネルが掘られる。サブシーライザーを使ってトンネル内のパイプと海底面上のパイプを接続する。

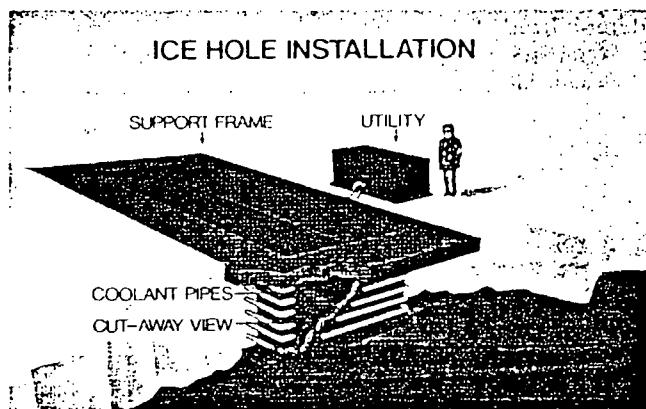
*2 Dolphin ~ Union Straight 間は 8 月 ~ 9 月は開氷期になるので通常のパイプレイバージを使って工事を行う。

“注” *1 McClure Straight

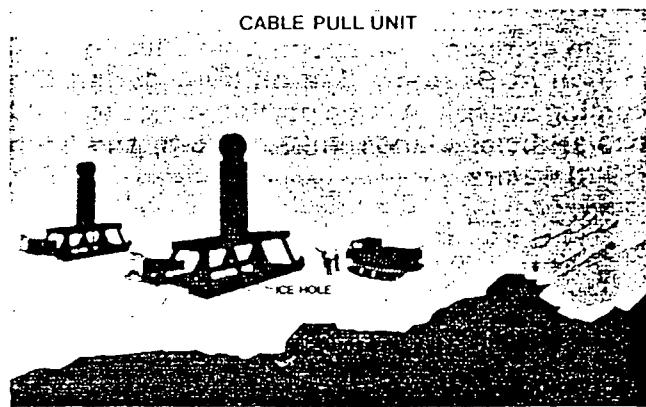
幅	76 マイル
最大水深	1,650 フィート
潮汐	4 フィート
最大潮流	0.37 ノット
海底土質	泥、粘土、シルト、砂

*2 Dolphin and Union Straight

幅	19 マイル
最大水深	400 フィート
潮汐	1.3 フィート
最大潮流	1.6 ノット
海底土質	シルト、砂、砂利



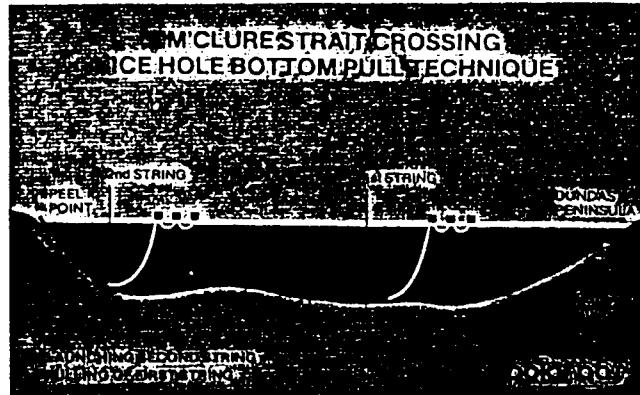
ICE HOLE INSULATED LINER will provide support for transfer loads and, with a heat exchanger, keep the inside of the hole ice-free.



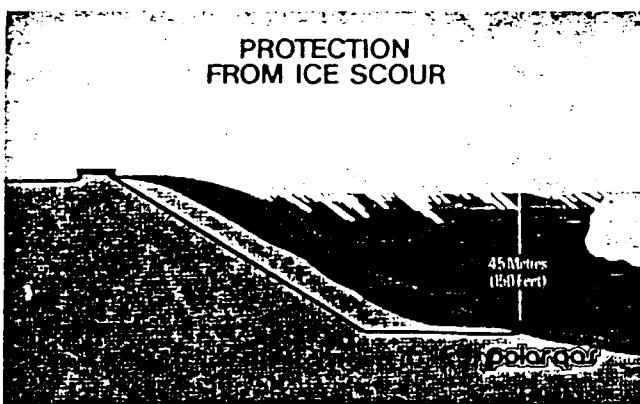
A PAIR of cable pulling units positioned over rectangular holes cut in channel ice surface will pull the 914-mm (36-in.) pipe line strings into position on the seafloor. The cable is guided to the grip winch in the pull unit above the ice via sheaves positioned downhole. The grip winch will advance the cable over the upper sheave and a second grip winch will feed the cable back down through the ice hole.

図 4. 1. 1

(出典 : Ocean Industry, Jan. 1981)



AN OVERVIEW of the ice hole bottom pull method. Pull units advance pipe strings across channel via heavy cables connecting the string to pull units on ice surface. When near-shore unit has completed pull, a tractor will tow it into position 2 km beyond second pull unit.



TUNNELS AT BOTH APPROACHES will protect the pipe from scouring caused by large ice islands that occasionally migrate into M'Clure Strait. Pipe line will be connected to risers beyond scour depth from approaches.

出典：Ocean Industry,

Jan. 1981

及び

PANARCTIC
OILS 資料

図 4. 1. 2

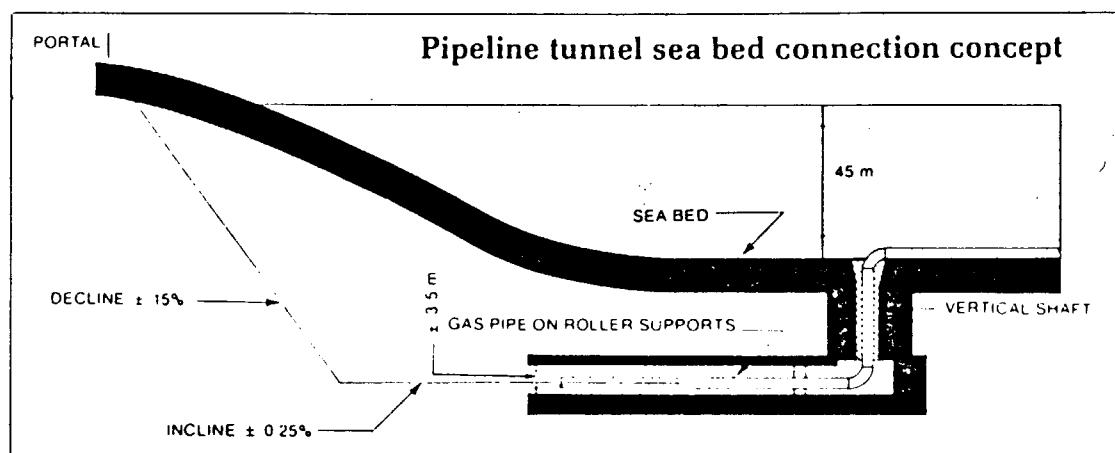


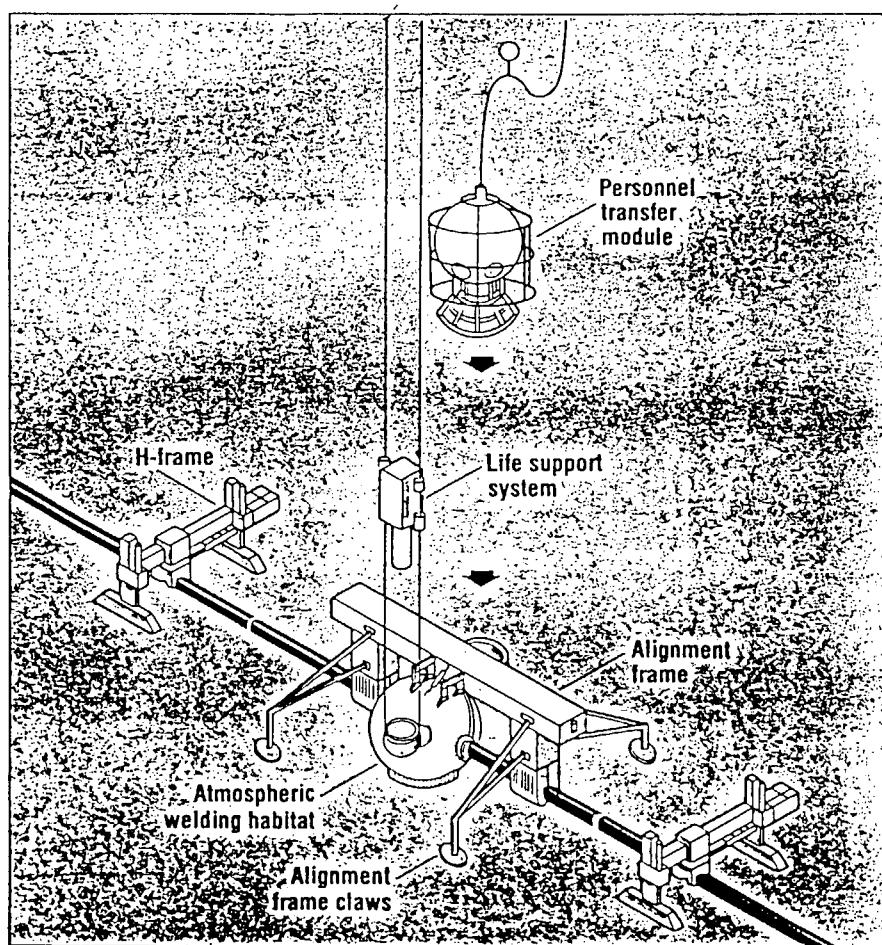
図 4. 1. 3

(出典：PANARCTIC OIL 資料)

海底パイプの接合方法については、2つの方法が考えられている。一つの方法は通常のやり方で、大気中で溶接を行う方法である。即ち、心出しを行った後、水中カプセルに乗った溶接作業員が海底のパイプの溶接箇所を囲んだ圧力機器の所迄降下する方式。他の方法は、45mの水深下で溶接作業員が、そのままの圧力下でパイプを接合するものである。

この方法は、溶接作業員に2週間の減圧期間を考慮しなければならない、建設期間の延長を招くこととなる。

前者の方法を図4.1.4に示す。



The general arrangement of one-atmosphere equipment used in welding two pipeline strings on the seabed is shown in the above drawing. Divers will be working at a depth of 1,650 ft in the McClure Strait.

図 4.1.4

(出典：“Offshore, May 1980）

4.1.4 ルート選定

再申請予定のルートは“Y”ラインと呼ばれるもので、パイプラインにより北極諸島、マッケンジーデルタ及びボーフォート海の一帯をカナダおよび米国の消費地帯と結ぶものである。

その他に代案として4案の“Y”—ラインルートが検討され、いずれも技術的に可能と考えられたが最終的に一つの“Y”ラインルートに絞られた。このルートは南カナダのTrans Canadaパイプラインとの連結地点迄永久凍土地帯を横断し実に5,000 Kmにも及ぶ。

ガスは永久凍土地帯を通過する時は周辺部に影響を及ぼさぬよう0°C以下に冷やされ、又そうでない地域を通過する場合は0°C以上にされる。

パイプラインルートを図4.1.5に示す。

4.2 技術的問題点

“Off shore”(May 1980)は、パイプライン敷設上の検討すべき事項について発表しているので、ここに引用し紹介しておく。

北極圏におけるパイプライン設計は氷による海底のScouring現象、周囲の環境によるパイプ温度の影響、およびオフショアの構造物への接続について慎重に検討すべきである。

パイプラインを北極圏の開氷域に敷設する場合の問題点としてR.J. BROWN & ASSOCIATESの副社長W.J. Timmermanは5つの分野について検討することが必要であるという。

- ① 氷が覆う領域に関する詳細情報は、与えられた期間内に工事も完成させる可能性も決定するデータベースとなること。
- ② 許容荷重の推定と損傷の可能性を検討する方法を開発する為に各地の平均氷厚に関する知見。
- ③ 応力、および変形を決定する為に、底部の泥と地表の氷塊の間の相互作用に関するフィールドスタディを実施
- ④ 必要埋設深度を決めるため、氷の貫入と底部Scouringの頻度を決める。
- ⑤ 周辺の永久凍土の温度よりも高い流体を輸送するパイプラインの影響度を検討すること。

北極圏におけるパイプライン敷設には低温環境に見合うように現存の機材を改良する必要がある。

ヒューストンにおける第8回国際パイプライン技術会議に提出された論文でTimmermanは現存の機材の改良点について次のように云っている。

(1) パイプレイバージ

諸機材は耐氷型とし、浮氷への対応手順を開発すべきこと。パイプ敷設中はパイプラインの保護を要する。

(2) 浚渫船

パイプライン保護の為、狭い溝を掘ることが出来る浚渫船のオペレーション手順が開発されること。

現存のトレーリングサクションドレッジャー、およびカッターサクションドレッジャーは、150フィートの水深において海底25フィートの深さの溝を掘削出来なければならない。

正確な水中コントロールシステムが溝掘り時必要となる。

(3) 砕氷船

砕氷船はダビット、クレーン、潜水船、ワインチ、水中ブロー、変位コントロールシステム、ダイピング装置を設け、パイプライン、曳航、据付け、メインテナンス、修理が出来るよう充分な大きさであること。

高馬力機関であれば、長さ15マイルのパイプラインも曳航可能である。

Route alternatives

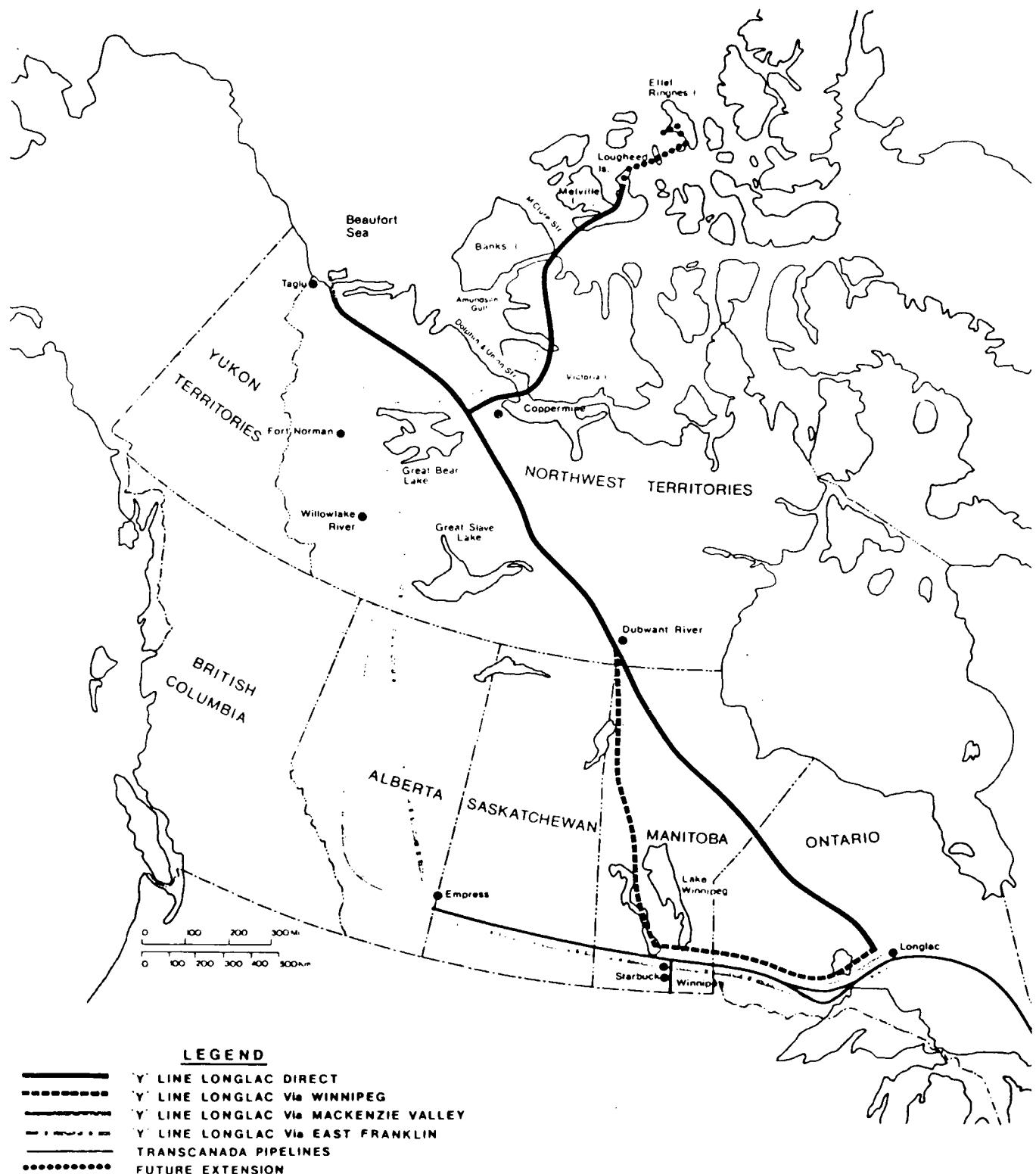


図 4.1.5

(出典: PANARCTIC OILS 資料)

4.2.1 アプローチの仕方

Timmerman は Scouring を防止出来る深さ迄パイプラインの溝を切るとか、又は、耐氷土壘をパイプ上に築くといった処置がパイプライン埋設には必要といっている。

もし、氷対土の相互の作用のプロセスや土とパイプ応力の相関が充分に判ってないならば上記のようなことは、必ずしも用心深いこととは云えない。

氷と接する部分が大きい海岸附近では、POLAR GAS が計画しているようにトンネル掘削で保護することも出来る。土壘か又は、パイプのまわりに永久凍土を人工的に作って（この方式は PANARCTIC の Drake ガス田で取り入れられている）パイプを保護することも出来る。

最も難しい問題は、オフショア構造物へのパイプラインの接合である。

Timmerman は耐氷構造物の弱点と通常のライザーが使えないことを指摘している。

可能性有る解決策は、プラットフォームへの海底トンネルか又は、氷又は土砂の島の中に方向性を持つドリルケーシングを持たせる方法であろう。

4.2.2 パイプラインの敷設

遠隔地の北極圏諸島への移動費用に加えて通常のパイプレイバージの船殻構造を補強することによるコスト高は現存装置を利用するという発想には結びつかない。

ポートホールト海で稼動する船はペーリング海を通過してサイトに来なければならない。氷に閉ざされるかも知れないが、短期間の合間にパイプラインを敷設する必要がある。

Timmerman は改良パイプレイバージはマッケンジー河のフラットデッキバージを使っても良いと云っている。これらバージは浅い所のみしか使えないで、生産性の向上が良くないけれども春、河が開氷してから稼動地に持ってくれれば良い。

ポートホールト海にパイプラインを敷設する良い方法は“ボトムブル”方式である。

本方式は、陸上で接合されたパイプラインを曳航バージ、又はラインを引張ることによりオフショアにパイプラインを引張り出すものである。この方式の利点は高馬力の碎氷船が接続されたパイプをオフショアに引き出して行くことが出来る点である。

1985年迄に建造が考えられている 75,000 馬力、クラス 10 の碎氷船は 750 トンのボラードブルを出すことが出来る。

加えて、碎氷船はパイプラインの埋設用溝切装置をも曳航することが出来る。碎氷船は吃水の制限（40 ~ 50 フィート）が問題となる。

ポートホールト海でのオペレーションは多分、より浅い海域であろうから、カナダ北極圏においては、まだまだメリットある使い方が考えられる。

4.2.3 冬期建設

北極圏の大部分の地域において、冬期の氷はパイプライン工事の手助けとなる。

Timmerman が云っている 2通りの技術は、1つは氷中の溝の中に通常のやり方で仕上げたパイプラインを降ろすこと。他は海底に沿わせてパイプラインを曳くウインチ用のプラットフォームとして氷を活用する方法である。

後者の場合、パイプラインを海底で接合し、氷の表面上に持上げねばならない。パイプラインと構築物との接続は構造物の位置、および潜水夫の問題から非常に難しい。

PANARCTIC は、ガス井に設置された機械式コネクターの内にメイティングスレッド（Mating Sled）を引込む横方向の力をを利用してパイプラインを井に接合した。

4.2.4 パイプラインの保護

北極圏のパイプラインにとって、溝切りは、パイプラインの効果的な保護手段である。この手段には、ジェッティ方式、浚渫方式、およびブロー方式がある。

20 フィートの溝の深さは、浚渫方式でないと難しい。しかしながら、浚渫方式の欠点は、海底に掘る溝の深さ、幅が制約されることである。

ジェッティング方式あるいは、機械式によても通常の溝切り技術は土の性質やパイプ重量により溝切り能力に制約がある。小粒径の土では、もしもパイプライン内に氷が入らなければ深さ6フィート以上の溝は可能である。

R. J. BROWN AND ASSOCIATESは海底溝切り方法に可成り経験を有している。

Timmermanによると、ブローによる溝切りの深さは曳引力、ブローの寸法、及び沈殿物が支配的である。ボーフォート海では、多分10フィートの溝切り深さが可能であろうという。

4.2.5 修理の困難性

最も重大なパイプラインの損傷問題は、氷と土との相互作用にその大部分が起因する。一旦、大きな氷塊がパイプラインに付着すると、氷が溶ける迄は損傷部分迄手が届かないと Timmerman は云っている。

損傷が起っても北極圏の生産活動を維持する為の唯一の方法は、ループラインに余分な回路を設けることである。しかし、これはパイプラインを高価なものにする。

5. 氷海船舶

5.1 氷海船舶の開発

5.1.1 北極海調査

海水はその生成後の年令によって1年氷、2年氷及び多年氷に分けられる。2年氷は一夏を経た氷で1年氷より厚く、密度が小さいため海面上の露出高が大きい。海氷はその存在形態によって定着氷と流氷に分類される。定着氷は沿岸に接して動かず、時には沖合数百kmまで広がることもあり2年氷、多年氷も多い。北極海の流氷は時計回りにごくゆっくり回転移動している。

安全かつ合理的な氷海航行を確保するためには、氷丘または氷脈の遭遇頻度を正確に予測することも必要である。

一例として、ポートフォート海と北極諸島の自然条件を見ると、夏季には気温はプラスになり、流氷の勢力も衰えて、高緯度地方に後退し、掘削現場周辺は開水面で占められる。しかし、それも長くは続かず、9月になると気温が下がり結氷が始まる。厳冬期に入ると気温は時として-50°C近くまで下がる。流氷は刻々その勢力を増し、その厚さは1月始めて約1m、5月中旬には約2mとなる（春になっても氷点下の気温が続くので、氷勢は5月下旬まで増大し続ける）。また氷原の各所に氷板が割れて互いに積み重なって氷脈が出現する。その厚さは時には20mに達する。さらに、夏の間北極海の中心部に退いていた万年氷が再び南下し、ポートフォート海沿岸では水深60m、時としては20m程度の所にまで押し寄せる。これは別名、多年氷と呼ばれ、平坦氷で厚さ約3m、氷脈氷では厚さ約40mにも達する。一般に、多年氷は一年氷に比べて厚く硬い。特に氷脈氷の場合、一年氷脈は表面だけが凍りつき、下部はバラバラの氷片で構成されているのに対し、多年氷脈は底まで固まっている事が多いので、同じ厚さでも多年氷脈の方が船舶や海洋構造物にとっては格段の脅威となる。

一般に、極地の氷の特性を表わす最も重要なパラメータは氷厚であり、氷の強度及びヤング率は2次的なパラメータである。氷厚の測定は現地でDrillingして測定するのが最も正確であるが、広範囲な地域のデータを得るのが不可能である。なお、現地では単軸圧縮試験等の1st Order Testのみを行ない、氷晶の方向性の測定等の詳細な試験は氷塊を試験室へ持ち帰って行う。

北極海の気象観測点は約40ヶ所あるが、観測点は散らばっており、通年のデータがないので、充分な情報が得られない。そこで、北極海の氷象のデータは主として人工衛星からの情報によっている。即ち、人工衛星からの写真の濃度から氷厚（氷厚が薄いと黒くなる）及びOpen Seaの範囲を推定する。また、結氷開始の時期及びその後の温度と降雪量から氷厚を推定する。風向きは氷のクラックの方向あるいはストームの寸法と気圧の変化から推定する。

なお、米国はアラスカに整備された観測所を多数所有しているので、ベーリング海近辺の海象、氷象、気象データは良好である。

以上のデータからIce Chartを作成している。しかし現在のところ北極海の船舶設計に利用可能な一般化された、又は標準化されたデータはない。

5.1.2 氷海船舶に関する技術的問題点

氷海船舶に関する技術的問題点としては強度、抵抗、推進、機装及び工作に関する問題点がある。

(1) 強度に関する問題点

(a) 船体に作用する氷荷重

様々な状態で、船体各部に作用する氷荷重のタイプとして、3つが一般的に考えられる。

第一のタイプは包囲荷重（Beset Load）である。この荷重は船が氷中に立往生し、風や潮流力によって氷板中に内部圧力が引き起される時に生じるが、鋼船では以下のタイプの方が問題になる。

第二のタイプの荷重は船舶が氷原の中をチャージングしたり、あるいは連続的に前進している際

に、船舶が氷塊と衝突して生じる衝撃荷重である。最大荷重は恐らくチャーチングしている時に生じる。最も厳しいタイプであるチャーチング時の衝撃荷重は、船が水路の片側にぶつかり、反動で水路を横切り、反対側に不利な角度でぶつかる時に生じる。船首部は一般に、このチャーチングによる衝撃荷重に耐え、塑性変形を起さない様に設計されなければならない。

衝撃的な氷荷重の推定は氷海水槽による模型実験あるいは氷海における実船による碎氷実験によって行われている。実船実験の場合、氷状の調査はヘリコプターによる目視観測あるいは氷をドリリングして直接氷厚を測定する事によって行う。また、船体外板に氷圧計、歪ゲージ、加速度計を取り付けて、氷圧力、応力、加速度を測定する。一方、衝撃荷重の計算は衝突時の船体と氷の運動方程式を解いて求められている。¹⁾ 計算結果は実験結果のチェックとしても使われ、その誤差は±20%以内である。なお、碎氷船で一番損傷が多いのは船体の肩の部分及びプロペラと舵である。

第三のタイプの荷重は、普通の氷板の中に非常に堅い氷を含んでいる場合に生じる。氷の単独圧壊試験では、圧縮強度として 10.5 kg/cm^2 が計測された事がある。このタイプの荷重は、海水氷の中に、極めてきめの細かい組織構造を持つ淡水氷を含むことによって起る。このタイプの氷を Ice Inclusion と呼び、そのサイズは一般に 0.057 m^3 以下と考えられる。この第三のタイプの荷重は、塑性設計に使われる。その際、船体外板に生じる塑性変形が通常の工作誤作より小さくなる様にすべきである。船尾も衝撃荷重に対して設計される。しかし、船尾の衝撃は、碎氷船が破碎氷の水路をバックしたり、次のチャーチングに備える際の後進速度によってのみ起こるものである。

碎氷船の起振力としては、船首の衝撃とプロペラのミリングによる力があげられる。氷との衝撃に伴う Hull Girder Vibration にも注意する必要がある。

(b) プロペラと推進軸の強度

氷海船舶の碎氷能力は、船の排水量と推進機関の出力により大きく影響される。このため碎氷能力の大きい氷海船舶の推進システムは従来のものに比べてかなり大型のものになる。即ち、1軸当たりの馬力が従来の値よりも大幅に増大する。例えば、SR186 研究部会概念設計小委員会で検討された 20 万 DWT の大型碎氷タンカーでは総出力 2.3 万 SHP、一軸あたり 7~8 万 SHP、プロペラ直径は約 10m となっている。この様な大型推進システムに対し、碎氷時には大きな変動負荷が加わる。従って変動する氷荷重に耐え得る大直径プロペラ及び推進軸の設計、製作が必要になる。

プロペラ及び推進軸に作用する氷荷重の研究はプロペラミリング試験によるトルク・応力の計測、氷海水槽中の自航試験でプロペラに巻き込まれる氷塊の観察及び数学モデルによる解析によって、必要な強度を有するプロペラ及び推進軸の設計が可能である。

なお、氷海船舶のプロペラの保護にダクトを採用する事は有効であるが、推進効率が低下しない事及びダクトが充分な強度を有する様に設計しなければならない。特にダクトが氷片をブロックして、プロペラへの水の流入を妨げて推進効率を低下するので注意しなければならない。

(c) 船殻鋼材

北極圏では冬期の平均気温が -40°C 、最低 -60°C に達するので、水面上の船殻鋼板は低温で充分な破壊じん性値を有しなければならない。低温における破壊じん性値の研究は日本が一番進んでおり、日本海事協会の規格が最も充実している。²⁾ 一例としてシャルピー衝撃値を表 5.1.1 に示す。

(2) 抵抗推進に関する問題点

氷海航行時の推進抵抗に関するこれまでの研究の大部分は連続的な均一氷の抵抗に関するものであり、サイズ及び開氷率が種々異なる場合のバックアイスにおける抵抗に関する研究は殆んど実施されていない。さらに、氷塊の寸法、成分、間隔、圧力、リッジ等の影響については何も研究されていない。均一氷の場合でさえ、高速航行あるいは未経験の厚さの氷原における抵抗に関しては専門家の間でも

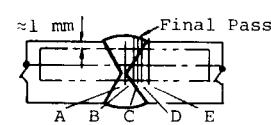
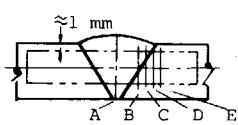
表 5.1.1(a) NK Rule Requirement Value for KT-500 Steel, KL33 Steel
KT-50N Steel and KL24B Steel

Steel	Chemical Compositions (%)						Tensile Test			V-Notch Charpy Test			Remark
	C	Si	Mn	P	S	Ceq.	Yield Point (kg/mm ²)	Tensile Strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Temp. (°C)	Average Value of 3 (kg.m)	A Minimum Value (kg.m)	
KT-500	≤ 0.14	≤ 0.35	≤ 1.60	≤ 0.035	≤ 0.06	≤ 0.41	≥ 33	46~55	≥ 20	-60	$L \geq 6.2$	-	Quenched and Tempered NK Rule, 1976
KL33							≥ 33	46~55	≥ 20	-60	$L \geq 4.2$ $C \geq 2.8$	$L \geq 2.8$ $C \geq 1.9$	Quenched and Tempered NK Rule, 1978
KT-50N							≥ 24	41~50	≥ 20	-50	$L \geq 5.5$	-	Normalized NK Rule, 1976
KL24B							≥ 24	41~50	≥ 20	-50	$L \geq 4.2$ $C \geq 2.8$	$L \geq 2.8$ $C \geq 1.9$	Normalized NK Rule, 1978

表 5.1.1(b) NK Rule Requirement V-notch Charpy Absorbed Energy Value for Butt Welded Joint of KL33 Steel and KL24B Steel

Material Code	Test Temperature (°C)	A		B,C,D,E	
		Average Value of 3 Absorbed Energy (kg.m)	Minimum Value of Each Absorbed Energy (kg.m)	Average Value of 3 Absorbed Energy (kg.m)	
		L	C		
KL 33	Design Temperature -5°C = -50°C	≥ 2.8	≥ 1.9	≥ 4.2	≥ 2.8
KL24B					

Note 1)



Notch Location
 A : Center of Weld Metal
 B : Bond
 C : H.A.Z. 1 mm
 D : H.A.Z. 3 mm
 E : H.A.Z. 5 mm

- 2) L : Welding Direction = Cross Rolled Direction of Base Plate
 C : Welding Direction = Rolled Direction of Base Plate

意見の不一致がかなり見られる。

均一氷中における抵抗算式に関して、納得の行く、かつ科学的論文を書いたのは V. I. Kashteljan³⁾等が最初であり、それ以降多数の研究が行なわれた。その結果、連続氷における抵抗は次の主要成分から成立つ事が明らかになった。

- ① 実際に氷を破壊する事による抵抗
- ② 割れた氷を回転させ、没入させるための抵抗
- ③ 船舶の速度に依存する慣性力

抵抗算式は種々提案され、各種パラメータが抵抗に及ぼす影響が検討された。その結果、次の 3 点については各研究者の意見は一致している。

- ① 全抵抗は船の幅と共に線形的に変化する。
- ② 砕氷成分は全抵抗の内で比較的割合が少ない。
- ③ 氷の強度はそれほど重要性を持たない。

考え方が一致しないパラメータは氷の厚み(h)と船速(v)である。抵抗と氷厚あるいは船速との関係がそれぞれ線形則及び 2 乗則が提案されている。氷厚が大になり、船速が速くなると各種提案算式の結果に大きな差異が生じる。

また、抵抗は船の吃水と共に変化する事は知られているが、吃水をパラメータとして使った抵抗算式は殆んどない。

摩擦も抵抗に重要な役割を果しているが、抵抗算式にとり入れられている例は少ない。

氷中の必要馬力および前進速度を評価するために、既存の推定算式を使う事は必要である。しかし、それらの算式の各種の係数が模型実験や割合い小型の砕氷船による実船試験によって決定されている。従って、大型砕氷船に適用すると外挿の度合が非常に大きい。その結果、既存の抵抗算式を大型船の氷中性能の予測に使うと異なる結果を与える。

割れた氷が密集している氷海域における抵抗を正しく予測するにはデータが不足である。抵抗は Ice Pack 中で卓越している浮氷の寸法に支配される。

(3) 級装に関する問題点

氷海商船の級装品に関する問題として、機関部補機、冷却水、暴路部補機の低温対策、居住区の空調、便所の凍結がある。なお、氷がはる時には、まず表面から凍るので、Slack Tank であっても凍ると船体損傷の原因になるので注意を要する。

船舶が氷と衝突して塗料がはがれる事及び氷海の温度が低いので海水中の酸素濃度が高い事のため、船体外板の腐食が問題になる。この問題に対しては付着性の良いペイントが望ましい。

(4) 工作に関する問題

(a) 溶接

砕氷船の外板には厚板の高張力鋼が用いられる。従って、厚板の高張力鋼の溶接条件を確立しなければならない。

(b) 組立て

氷海商船は通常の船舶に比較すると Heavy Scantling である。従って、クレーン、運搬台車等の建造設備の能力及び建造システムの特性に合致したブロック分割を考えなければならない。

5.1.3 氷海水槽による模型実験

近年、世界の氷海航行技術の開発は氷海試験水槽で実施されている。氷海水槽で均一の氷板を作るために、いくつかの物質—モデリングメディアが提案され試されてきた。モデリングメディアとしては、淡水氷、塩水氷、バラフィン、合成ワックス、合成焼き石膏などがあげられていた。これらの中で現在では塩水氷とワックスコンパウンドタイプの模擬氷の 2 種類が使用されている。

塩水氷の製作は、カナダのARCTEC CANADAでは液体窒素を吹出して急速冷却して製作するが、ヤング率の小さい柔い氷ができるので、氷質の調整を計る努力がなされている。一方、日本では、安全衛生の面から液体窒素を用いずに、冷却空気の吹出しによって塩水氷を製作している。

模擬氷はワックスとプラスチックスを混合し、熱湯で液状化させて水面に流し出して製作しているが、混合材料の選択に工夫をこらして氷質を調整している。いずれにしても氷海水槽による模型実験は、1970年にARCTEC INCORPORATEDで初めて塩水氷を使って船体碎氷テストが行なわれた様に、若い学問分野である。

塩水氷と模擬氷とScaling Lawに対する特性は表5.1.2に示す様である。

碎氷船の抵抗試験は船速6～8ノットで行うので、曲げ強度と摩擦係数が支配的な因子となり、ヤング率の影響は小さい。従って、抵抗試験は塩水氷を用いて行われる。

実船実験による氷海の船体抵抗の計測値と、塩水氷を使った模型実験から近似した抵抗値のあいだに良好な相関性が得られているが、塩水氷には依然として欠点がある。塩水氷の最大の欠点は、曲げ強さ、ヤング率を同時に正確に再現できないことである。現在行なわれている塩水氷での碎氷船の模型実験の結果では、曲げ強さは換算係数を使って線型の適当な値を得ている。しかし、圧縮強さは自然氷の値よりもかなり高い値をとり、ヤング率は逆に非常に低い値をとる。それゆえ碎氷船が氷を破壊するモードは圧壊モードではなく曲げモードである。

模擬氷はワックスとプラスチックスを混合し、熱湯で液状化させて水面に流し出して製作しているが、混合材料の選択に工夫をこらして氷質を調整している。いずれにしても、氷海水槽による試験は若い学問分野である。

表5.1.2 Scaling Law

	塩水氷	模擬氷
板厚 $h_p/h_m = \lambda$	○	○
速度 $V_p/V_m = \lambda^{1/2}$	○	○
力 $R_p/R_m = \lambda^3$	○	○
曲げ強度 δ_{fp}/δ_{fm}	○	○
ヤング率	×	○
圧縮強度 δ_{cp}/δ_{cm}	×	○
摩擦係数	○	×
比重	○	○

注 ○：再現可能，×：再現不可能

なお、Pack Ice中の抵抗試験はLevel Iceでの抵抗試験の後で行われるが、氷は破断後直ちに性質が変る。従って、Pack Ice中の抵抗試験は1度しかできない。

一方、海洋構造物の様に氷との相対速度が小さい場合には氷の曲げ強度と圧縮強度が重要な因子になるので、海洋構造物の場合には模擬氷を使用する。海洋構造物の水槽試験に塩水氷を使用すると、氷の曲げ強度の縮尺率が適正でないから、氷の破壊モードが実際の破壊モードと合わなくなる。なお、塩水氷の剪断強度は曲げ強度の3～4倍になるので、プロペラミリング試験には塩水氷に代えて模擬氷を使用する。

この様に塩水氷水槽と模擬氷水槽は別々の用途に供せられるので、両者の実験結果を比較し、関連性

を調べる事はない。

現在、カナダでは NRC (国立研究所) が北極船舶海洋研究所 (Arctic Vessel and Marine Research Institute: AVMRI) をニューファンドランド州セントジョンズのモリアル大学に設立する計画を進めている。AVMRI は世界最大規模の装置実験を行なう事を目的としており、High Arctic と同じ氷結条件で模型船の氷海性能実験を実施するための世界最大の氷海試験水槽及び大西洋と同様の波浪条件を再現できる設備が建造される事になっている。

5.1.4 これからの氷海商船

これからの氷海商船として試設計の結果が発表されているものに以下のものがある。
4)

(1) 碎氷タンカー

カナダボーフォート海で生産される石油をベーリング海峡を経由して日本まで輸送する氷海タンカーの概念設計が行なわれたが、そのなかで 20 万 DWT 独航型碎氷タンカーの概要を以下に示す。

(a) 設計条件

航海距離	4,000 海里
氷海距離	1,500 海里
水深(最大吃水)	22 m
氷厚	8 フィート
碎氷能力	推進 8 フィート 構造 10 フィート
氷の曲げ強度	推進時 6 kg/cm ² 強度計算時 10 kg/cm ²
氷の圧縮強度	推進時 17 kg/cm ² 強度計算時 22 kg/cm ²
速力	碎氷時 3 ノット 開氷時 15 ノット
氷海中の推進抵抗算式	Kashteljan
船級	NK, ASPPR
燃料タンク	片航海分

(b) 氷海用タンカーの概要を図 5.1.1 に示す。

また、その特徴は以下のとおりである。

船型	大容量バラストタンク及び燃料タンク、高乾舷
船殻	ダブルハル構造、アイスペルト
主機	大出力ガスタービン(又はガスタービン+ディーゼル)機関による電動機駆動
プロペラ	大口径、2~3軸
船首形状	碎氷船首
ブリッジ	船首ブリッジの設置
バラスト	EBT(Exclusive Ballast Tank) の採用、Full と Ballast 時の吃水を同じにするだけのバラスト・タンク・キャパシティ

(2) 碎氷タンカー

DOME が発表した 20 万 DWT の碎氷タンカーの概念図を図 5.1.2 に示す。その概要は以下の通りである。

速力(開氷域)	: 20 ノット
燃料タンク	: 20,000 m ³

船 艏 : ダブルハル構造
プロペラ : 2 軸
ブリッジ : 船首ブリッジ
バラスト : Full と Ballast 時の吃水を同じにするだけのバラスト・タンク容量 (20万m³)
馬 力 : 15万SHP

(3) 砕氷セミサブタンカー⁶⁾

AKER Group が発表した 25万DWT 砕氷セミサブタンカーの概念図を図 5.1.3 に示す。その概要を以下に示すが、船首に氷切断縁を持ち、12.5 ft の厚さの氷を砕氷する能力を有している。

Lpp : 300 m
Bmid : 54 m
Dmid : 52.4 m
パーマネントバラスト : 40,000 トン
バラスト : 60,000 トン
馬 力 : 125,000 SHP
プロペラ : 3 軸, 直径 9.5 m

(4) 潜水タンカー⁷⁾

GENERAL DYNAMICS が発表した 14万m³ の潜水 LNG タンカーの概念図を図 5.1.4 及び図 5.1.5 に示す。推進機関はメタンガスを燃焼させる蒸気推進機関又は原子力機関である。その概要は以下に示す通りである。

全 長 : 448 m (原子力船の場合 387 m)
全 幅 : 69.5 m
深 さ : 28 m
馬 力 : 50,000 SHP (原子力の場合 75,000 SHP)
速 力 : 12ノット (" 15ノット)
プロペラ : 2 軸
圧壟深さ : 305 m
最大航行深さ : 183 m
船 艏 : ダブルハル構造

(5) 砕氷タンカー及び潜水タンカー⁸⁾

NEWPORT NEWS SHIPBUILDING が発表した 砕氷 LNG タンカー及び潜水原油タンカーの概念図及び主要目をそれぞれ図 5.1.6、図 5.1.7 及び表 5.1.3、表 5.1.4 に示す。

砕氷 LNG タンカーはアラスカのブルドー湾から New Brunswick の St. John へ LNG を運ぶものであり、LNG の載荷容量は 165,000 m³ であり、その概要は以下の通りである。

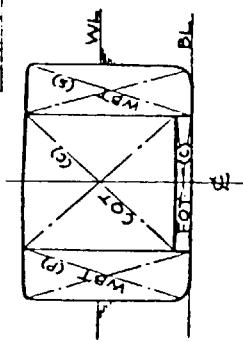
プロペラ : 3 軸
航海距離 : 4,450 海里
氷海距離 : 2,400 海里

潜水原油タンカーは北米の北極地帯から米国の中東海岸へ原油を運ぶものであり、原子力推進機関を有している。その概要は以下の通りである。

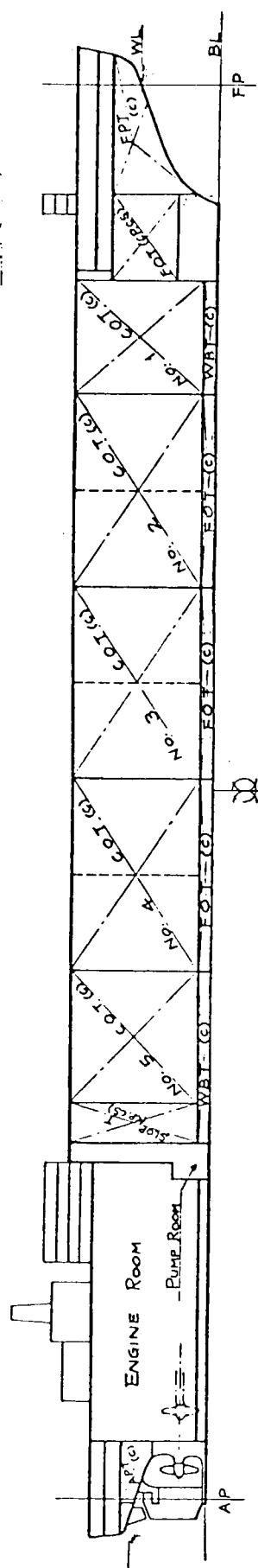
馬 力 : 56,000 SHP × 2 基
プロペラ : 2 軸、直径 9.8 m
通常の潜航深さ : 213.4 m
構造物の設計深さ : 457.2 m

LPP 360.0 m
 B 52.0 m
 D 37.0 m
 d 2.00 m
 主機出力 227400 PS
 推進方式 Gas Turbine-Electric
 推進器 3

MIDSHIP SECTION



PROFILE



PLAN

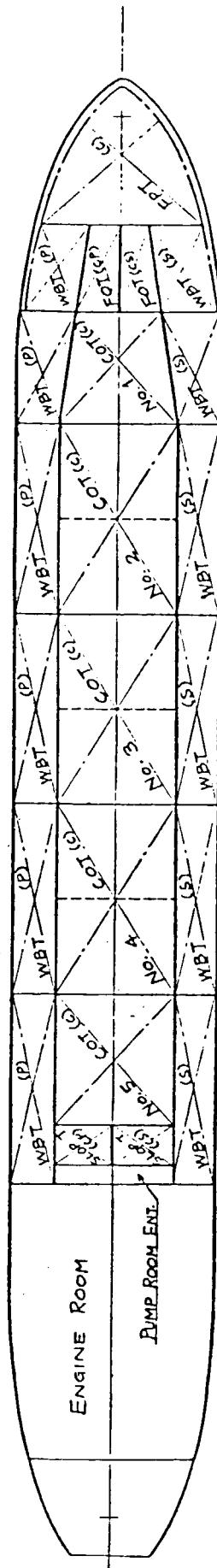
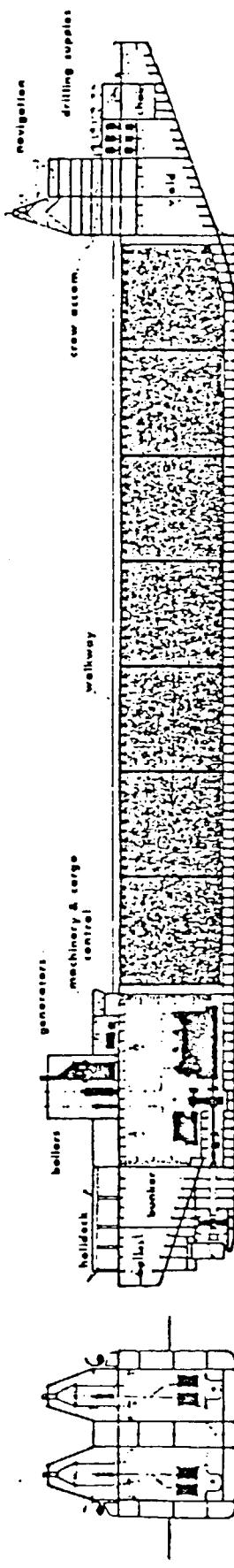


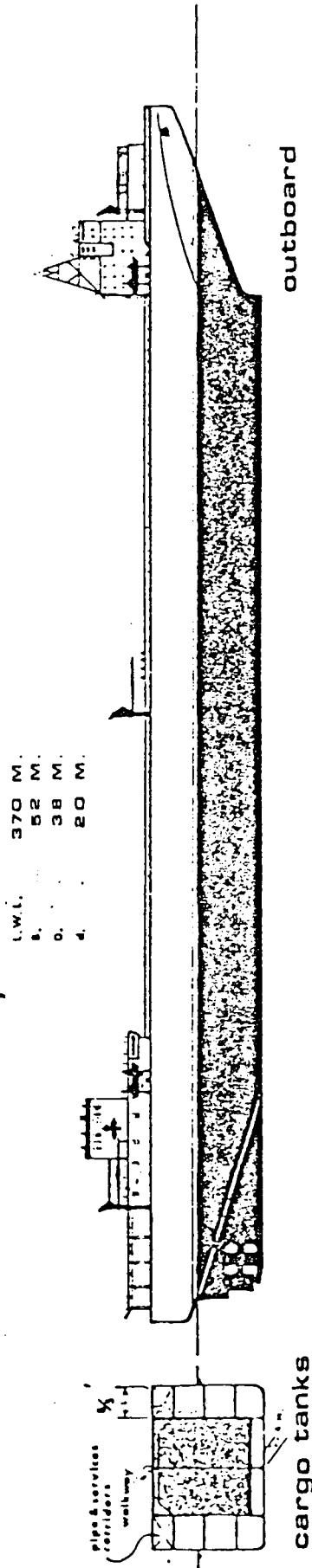
図 5.1.1 20万DWTタンクカー



engine r.m.

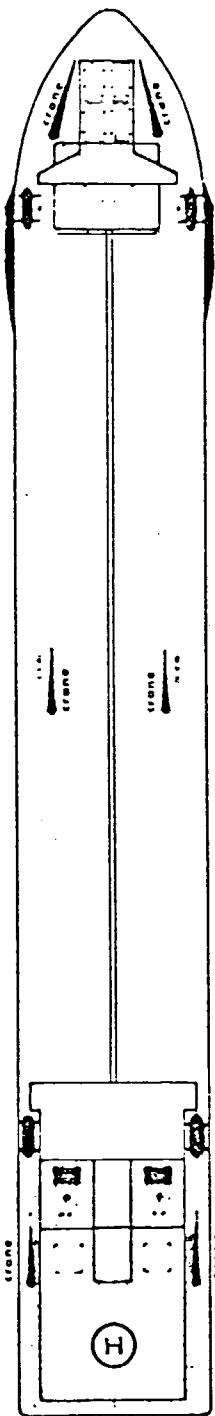
inboard

~ 200,000 T. ICEBREAKING TANKER ~

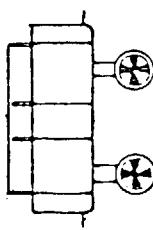


cargo tanks

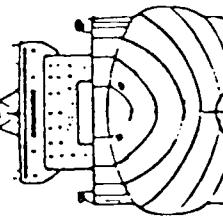
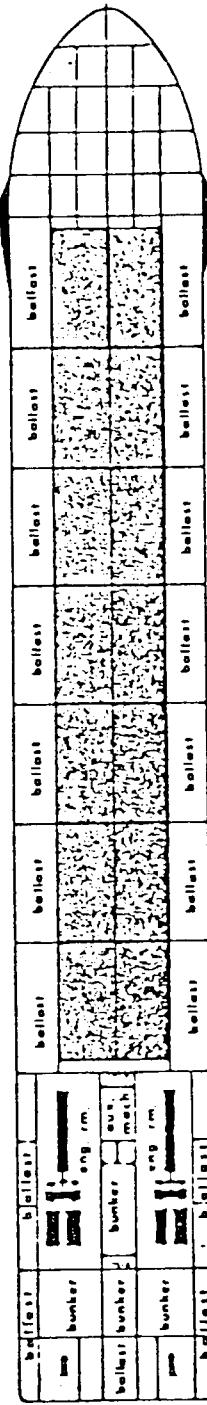
outboard



propellers



plan



bow

図 5.1.2 20万DWT碎氷タンカー

SSIT general arrangement

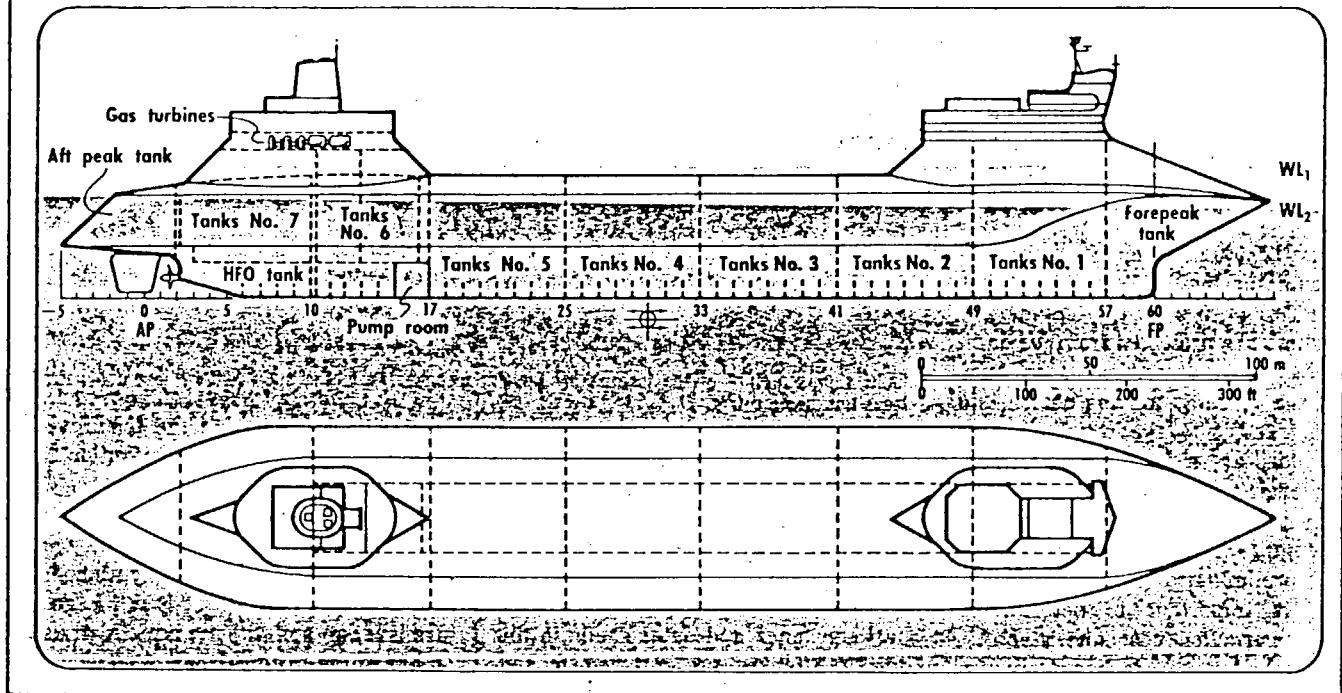


図 5.1.3 碎氷セミサブタンカー

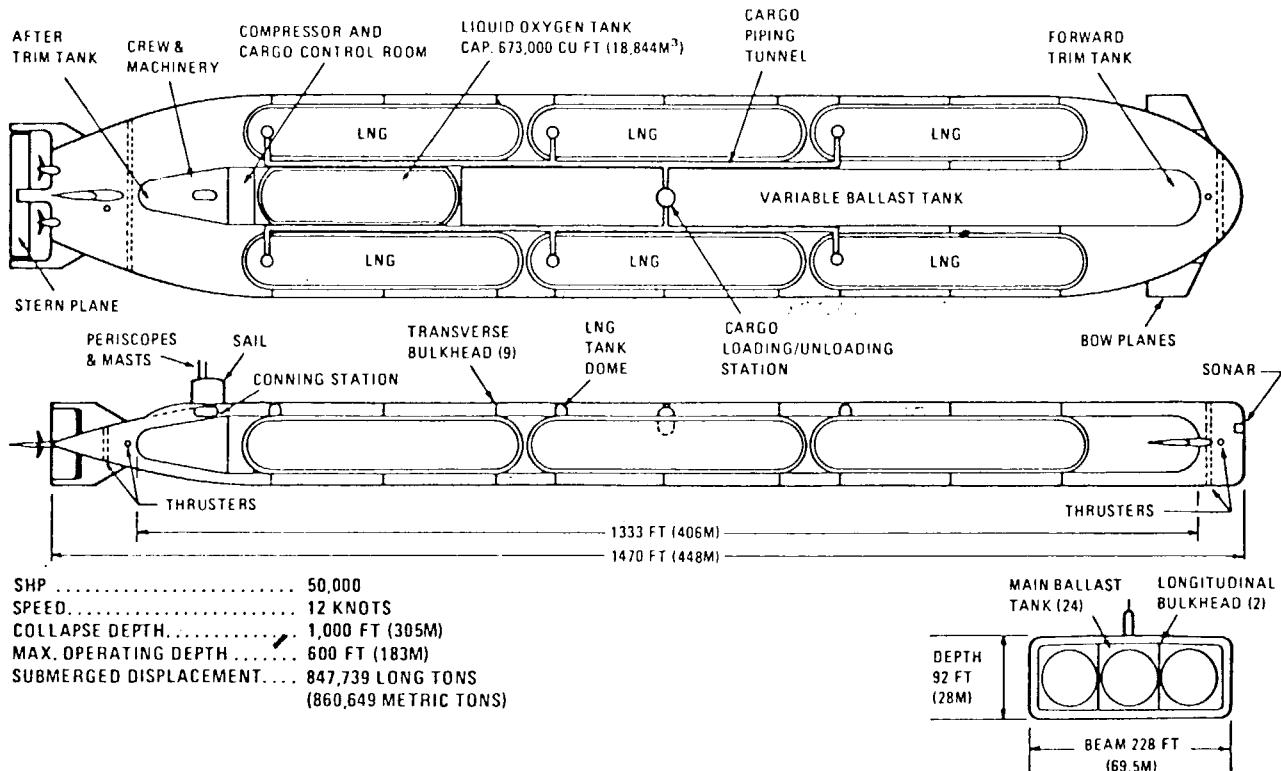


图 5.1.4

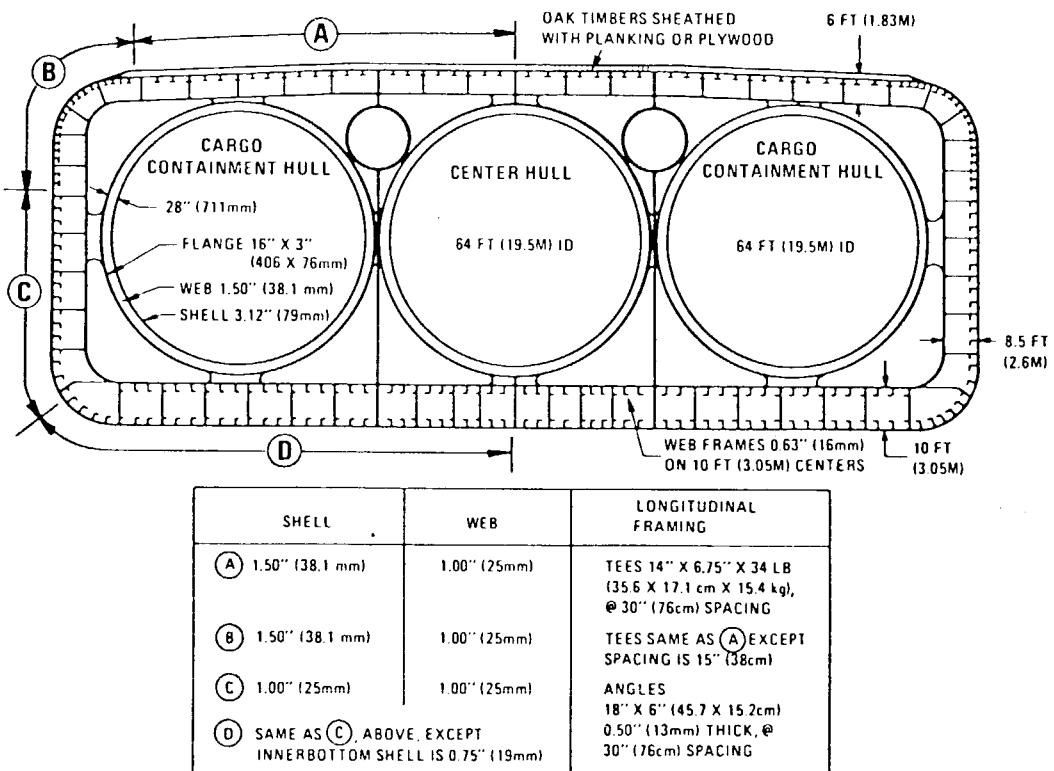


图 5.1.5

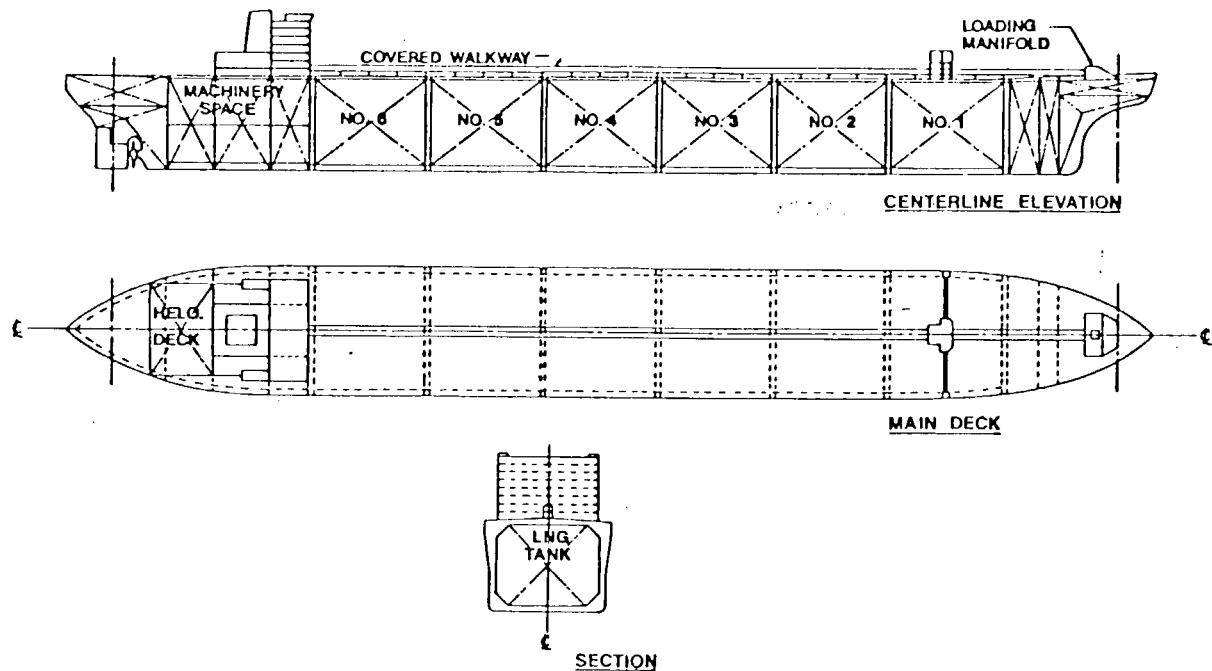


图 5.1.6 Icebreaking LNG Tanker

表 5.1.3

<u>SHIP CHARACTERISTICS</u>		
<u>ICEBREAKING LNG TANKER</u>		
Length overall	401.27 m	1,316.5 ft
Length between perpendiculars	370.33 m	1,215.0 ft
Beam (maximum)	47.01 m	154.2 ft
Beam (below flare)	42.72 m	140.2 ft
Depth at side	33.22 m	109.0 ft
Draft in ice	21.34 m	70.0 ft
Draft in harbor	12.19 m	40.0 ft
Displacement in ice		280,000 long tons
Displacement in harbor		150,000 long tons
Light ship		89,400 long tons
Total deadweight		199,200 long tons
Cargo deadweight		77,700 long tons
Ballast weight (maximum)		190,600 long tons
Cargo volume		165,000 m ³

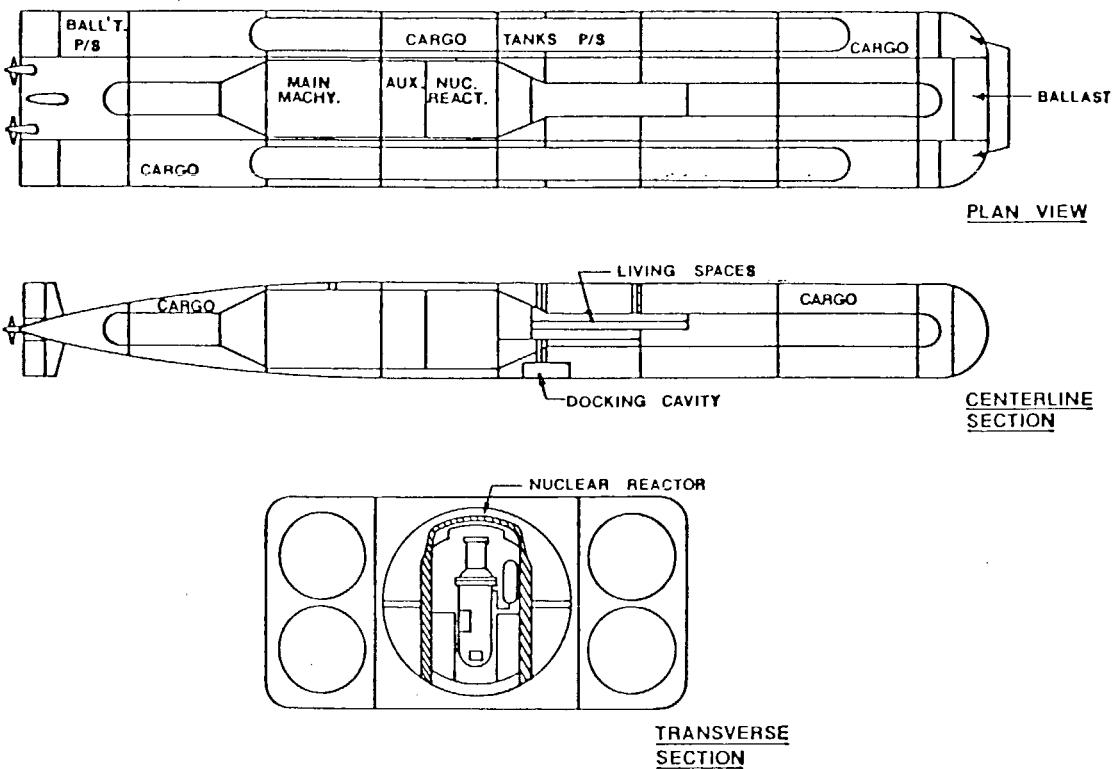


図 5.1.7 Crude Oil Submarine

表 5.1.4

PRINCIPAL CHARACTERISTICS

CRUDE OIL SUBMARINE

Length	304.8 m	1,000 ft
Beam	54.9 m	180 ft
Depth	29.0 m	95 ft
Draft - normal surface minimum (harbor)	27.1 m 8.5 m	89 ft 28 ft
Displacement - submerged normal surface minimum (harbor)		424,512 long tons 403,881 long tons 116,288 long tons
Deadweight - total cargo		285,444 long tons 278,466 long tons
Cargo capacity		2,103,000 barrels
Speed - trial sea (90% power)		21 knots 20 knots
Crew		40 men

参 考 文 献

- 1) P.G. Noble, et al: "Ice Forces & Accelerations on a Polar Class Icebreaker", POAC 1979
- 2) 日本造船研究協会「Report of Studies on Independent Prismatic Tank Type B」Feb. 1981
- 3) V.I.Kashteljan, et al., "Ice Resistance to Motion of a Ship", 1968
- 4) 運輸省船舶局技術課、"氷海タンカーの概念設計に関する調査報告書"、1981年4月
- 5) B.M. Johansson, et al, "Technical Development of an Environmentally Safe Arctic Tanker", SNAME, Spring Meeting/STAR Symposium, June, 1981
- 6) Per Chr. Sandnaes, "Icebreaking Tanker Designed for Arctic Use", The Oil and Gas Journal, Dec. 1, 1975
- 7) P. Takis Veliotis, et al, "A Submarine LNG Tanker Concept for the Arctic", GASTECH, 1981
- 8) J.B. Montgomery, et al, "Commercial Marine Transportation of Arctic Natural Resources, SNAME, Spring Meeting/STAR Symposium, June, 1981

5.2 氷海船舶に関する安全規則

5.2.1 背景および現状

北極地域における石油・ガスの探鉱活動の増加は、1970年6月のカナダ議会におけるArctic Waters Pollution Prevention Act (AWPPA)の通過を促進させるに至った。AWPPAは、北極水域内に廃棄される汚染物質のタイプと量に関して、厳格な規制を行うことにより、カナダ北極域の沿岸および沖合水域における汚染を防止することを目的としており、域内のエスキモーおよび他住人の福祉に対するカナダ政府の責任と、北極域の生態系の保存に対する関心を反映させたものである。本Actは、北極水域における船の行動そのものは認可もしなければ禁止もしないが、船およびその稼動区域に対するコントロールを規定し、更にShippingに関連した沿岸施設とその附帯設備に対するコントロールも規定している。一方Non-shipping活動に対するコントロールは、北極水域における家庭あるいは工業汚染物質を廃棄する可能性のある事業にも及んでおり、これらは、地域社会、鉱山および沖合の石油・ガスのオペレーションも含んでいる。

本Actの主眼は汚染物質の廃棄を禁止することにあるが、不幸にして廃棄してしまった場合、あるいは事故等でその危険性がある場合、その状況を直ちに報告する義務を規定し、直ちに復旧の行動を開始するよう命ずる権限を大臣に与え、更にその出費をオペレーターに負担させ、またそのためにオペレーターに財務負担能力の証明を要求し、どんな事業についても図面と仕様書を要求し、Actの執行を補佐するPollution Prevention Officerの任命の権限を大臣に与えている。

上記のような内容からして、本Actは議会通過時、国際的な注目を浴びたし、また、オペレーション上の絶対責任を負わせるということから、汚染保険の台頭を促した。絶対責任の概念は海上保険業者に直ちに受け容れられたわけではなく、Actとそれに続くRegulationsの発効を2年遅らせる結果となった。

なお、本Actは、カナダ連邦政府の次の3省庁により管轄されている：-

- ① The Ministry of Transport: 北極水域におけるShipping活動
- ② The Department of Indian Affairs and Northern Development: Hudson Bay と Hudson Straitを除く60°N以北におけるNon-shipping活動
- ③ The Department of Energy, Mines and Resources: Hudson Bay と Hudson StraitにおけるNon-shipping活動。

AWPPAの下に制定されたRegulationsあるいはOrderをAmendmentsも入れて下記のリストに示す。

① Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations (s. 12)	CRC, Vol. III, c. 353, p. 2237
SOR/78-130	24/ 2/78
SOR/78-430	8/ 5/78
SOR/78-507	9/ 6/78
SOR/78-547	23/ 6/78
SOR/79-152	12/ 2/79
SOR/79-781	26/10/79
SOR/80-100	25/ 1/80
SOR/80-503	26/ 6/80
SOR/80-503	24/ 4/81
SOR/81-453	8/ 6/81
② Arctic Waters Experimental Pollution Regulations, 1978	SOR/78-417 8/ 5/78
③ Arctic Waters Experimental Pollution Regulations, 1979	SOR/79-355 17/ 4/79
④ Arctic Waters Pollution Prevention Regulations (s. 9)	SOR/80-9 19/12/79
	CRC, Vol. III, c. 354, p. 2275
	SOR/78-556 30/ 6/78
	SOR/79-7 18/12/78
	SOR/79-406 10/ 5/79
	SOR/80-75 11/ 1/80
	SOR/80-413 5/ 6/80
	SOR/81-447 8/ 6/81
⑤ Governor in Council Authority Delegation Order	CRC, Vol. III, c. 355, p. 2281
⑥ Ship's Deck Watch Regulations, amendment	SOR/78-508 9/ 6/78
	SOR/79-493 22/ 6/79
	SOR/80-549 11/ 7/80
⑦ Ship Station Radio Regulations	SOR/78-219 3/ 3/78
	SOR/78-529 16/ 6/78
	SOR/78-756 23/ 9/78
⑧ Shipping Safety Control Zones Order	CRC, Vol. III, c. 356, p. 2283

これら Regulations あるいは Order の中で氷海船舶のデザインに深く関与するものとしては、①の Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations と⑧の Shipping Safety Control Zones Order の 2つが挙げられる。以下にこれらの内容について簡単に記述する。

先ず、SHIPPING SAFETY CONTROL ZONES ORDERはAWPPAのSection 3に "Arctic Waters" として規定された海域(60°N以北、141°W以東、カナダ領土より100海里以内、但しGreenlandとの境界において等距離線が100海里内のときは等距離線まで)を、氷の密接度と氷厚の観点から、図 5.2.1 に示すような 16 の Zones に分け(Zone 1 が最も難しく、Zone 16 が最も優しい)、それぞれの地理的位置関係を規定したものであり、これら Zones が次に述べる Arctic shipping Pollution Regulations に参照されている。

ARCTIC SHIPPING POLLUTION PREVENTION REGULATIONS (ASPPR)は、Shippingに関してAWPPAをより具体的に展開したRegulationsである。その構成と内容を把握する意味で、以下にASPPR中の記載項目を列挙し、簡単な説明を付記する。

Short Title ("Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations"と呼称。)
Interpretation(特殊用語の説明。)

Application(特例を除き 100GRT を越える船を対象とする。)

Construction of Ships(Non-Canadian Shipに対する国際法規の適用要求。453m³を越えた油を運ぶ船に対して、そのカテゴリーに応じて後述の Schedule V CONSTRUCTION STANDARDS FOR TYPE A,B,C,D AND E SHIPS あるいは Schedule VI HULL DESIGN FOR ARCTIC CLASS SHIPS および Schedule VII MACHINERY REQUIREMENTS FOR ARCTIC CLASS SHIPS の適用を要求。また、カテゴリーに応じて Schedule VIII の各 Zone 内航行時期を守ることを要求。)

Navigation Equipment(GRT と Zone とカテゴリーに応じて、ジャイロコンパス、レーダー、エコーサウンダー等の装備数を規定。)

Charts and Publications (Canada Shipping Act の下にある Charts and Publications の Part I の適用を要求。)

Ship Station Radio^{*} (Ship Station Radio Regulations の Part II, Section 20 あるいは 37 を満足した無線電話及び無線電信機の装備。)

Bunkering Station (Deck 各玄に設ける。 フランジサイズを Schedule IX で規定。)

Equivalents (Pollution Prevention Officer が満足することを条件として、本 Regulations 要求と同等の他の Construction, Machinery, Appliance 等を認める。)

Arctic Pollution Prevention Certificate (主たる船級協会も発行可能。 書式は Schedule I に定める。)

Dangerous Goods (Canada Shipping Act の下にある Dangerous Goods Shipping Regulations の適用を要求。)

Navigation Personnel (Deck Watch の構成につき規定。)

Qualifications of Navigation Personnel^{**} (船長および Deck Watch 従事者の資格要件につき規定。)

Acceptance of Certificates, Licences and Warrants^{**} (船長および Deck Watch の免許証についての運輸大臣の受容あるいは拒絶の権限を規定。)

Ice Navigator (タンカーはいかなる Zone においても Ice Navigator の援助が必要。 タンカー以外でも Zone と時期により必要。 Ice Navigator の資格についても規定。)

Fuel and Water (保有すべき燃料および清水の量あるいは造水装置、更に補給場所の要件につき規定。)

Sewage Deposit (船内で生じた汚物・汚水の廃棄を許容。)

Oil Deposit (油の廃棄を許容するやむを得ない条件—例えば、人命救助とか二次災害の防止等の場合につき規定。)

Reporting (汚染物質を廃棄した、あるいはその恐れのある場合、船長は直ちにその模様を最寄りの Pollution Prevention Officer に報告しなければならない。)

上記本文に統いて、下記の SCHEDULE I~IX が附属している。

SCHEDULE I: Arctic Pollution Prevention Certificate の書式。

" II: Pollution Prevention Officer の事務所の所在地リスト。

" III: Deck Watch の資格要件。

" IV: 船長の資格要件。

" V: CONSTRUCTION STANDARDS FOR TYPE A~E SHIPS

Type A~E と各主要船級協会の Ice Class Notation を対比させて、何れかの船級協会の要求に従うこと。

" VI: HULL DESIGN FOR ARCTIC CLASS SHIPS

各 Arctic Class Ship につき、外板およびフレーミングのスカントリングを決めるための Ice Pressure および Ice Loading サイドタンクの最小幅、区画浸水とスタビリティー (Ice Breaker は 1 区画、他は 2 区画浸水に耐えること) 、舵まわりの強度ベースおよび舵取機のスピードにつき規定。

* : Amendment SOR/78-430 にて ASPPR からは削除。
(Ship Station Radio Regulations が Canada Shipping Act および AWPPA の下に別途用意された。)

** : Amendment SOR/78-507 にて ASPPR からは削除。
(Ship's Deck Watch Regulations, Amendment が Canada Shipping Act および AWPPA の下に別途用意された。)

SCHEDULE VII: MACHINERY REQUIREMENTS FOR ARCTIC CLASS SHIPS

各Arctic Class Shipにつき、最小軸馬力、原動機の数、プロペラの数、蒸気タービン船のボイラの数、推進系のShock Load等からの保護手段、プロペラおよびプロペラ軸寸法決定のためのIce Torque、プロペラおよび軸の材質テスト、プロペラの材質強度ベースおよび翼寸法算式、プロペラ軸径算式、減速歯車のトルクベース、大深度プロペラに対する要求緩和、冷却水システムおよび空気始動システムについて規定。

〃 VII: 各Arctic ClassとTypeに対して、Zone別に航行可能な期間を表示。

(表5.2.1参照)

〃 VIII: Bunkering Stationのフランジ寸法を図示。

以上でわかるとおり、ASPPRはそのタイトルからだけでは図り知れないが、船体および機関のデザイン要件も含む総合的な氷海船舶安全規則ともいえる。

なお、ASPPR中のどこにも記載があるわけがないが、Arctic Classを示す数字は、その船が速力3ノットにて連続碎氷を行い得るLevel Iceの厚さ(フィート)に相当するといわれている。

5.2.2 問題点および今後の計画

前述のごとく、Arctic Waters Pollution Prevention Actおよびこれを展開したRegulationsが発効して約10年が経過している。この間、カナダ北極域における探鉱活動は増加の一途をたどっているが、何しろこれら活動そのものが、苛酷で未知な自然環境の中で試行錯誤を繰返しながら展開されている段階であり、その意味では、最初に制定されたRegulationsでは種々不具合も生ずるのは当然であり、前述のごとくASPPR(Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations)だけでも、10回にわたってAmendmentが発行されていることからも明らかである。

加えて、カナダ北極域における石油資源開発活動は未だ探鉱のみであり、将来これが生産および輸送に発展して行けば、問題点が多々生じて来ることは容易に想像できる。

氷海船舶においても、将来の石油あるいはLNGの輸送用となると、20万DWTあるいは14万m³クラスでないと採算が合わないといわれており、現在の支援あるいは補給用の碎氷船と比べると飛躍的なサイズ増となり、官民とりましてこれら碎氷船を用いてデータの収集を行っているのが現状である。

ASPPRのHull DesignあるいはMachinery Requirementsの内容も、これらのデータを基にした今後の研究で改良されて行くと思われるが、ひとつの例として、DOMEのMr.B.M.Johanssonが1981年のSNAME STAR SYMPOSIUMで発表した論文“Technical Development of An Environmentally Safe Arctic Tanker”の中で、Arctic Class 10の船について、ASPPRの船殻強度に対する改良の提案を行っていることが挙げられる。これによれば、Local Ice Pressureが船の排水量とスピードによって大きく影響を受けることを考慮に入れると、現行規則では小さな船に対してはやゝオーバースカントリングとなり、逆に大きくかつ大馬力の船に対しては大幅に強度不足となり、特に船首部分においてその傾向が著しいことを指摘している。

今回の調査においても、オタワにおけるカナダ政府関係者とのミーティングにおいて、今後の計画として、

- ① ASPPRのIce Pressure/Loadの値を改正する予定があるか？
- ② 低温用鋼材あるいは他の材料、氷海航行中の操縦性、氷海航行中の騒音レベル等は現行ASPPRに規定がないが、将来追加の予定があるか？
- ③ その他全く新しい安全規則を作る予定があるか？

について質問を提出したところ、口頭によるものではあったが

- ① に対しては、いつとはいえないが、Ice Pressure/Loadに関する多くの研究の中で、実船実験を行っているDOMEのものはBestであるので、最終結果はRegulationsに反映されるであ

ろう。

- ② に対しても、何れも R & D プログラムに組み込まれており、優先度を見計らって、いずれは勧告の形で出よう。特に鋼材の選定に関しては、現在 Heat Flowについて実際的な試験を行っている。すなわち、タンク内の Heated Products と低温に曝されるタンク鋼材の Heat Flow/Conductivity を調べて鋼材仕様決定の参考にしようとするものである。
- ③ に対しても、Canadian Shipping Act, Arctic Water Pollution Prevention Act, IMCO Gas Carrier Code—Resolution A328(IX), Proposed Canadian Gas Carrier Regulations の 4 つがバラバラなので、これらを統合した法令が必要である。
- との回答があった。

また、カナダ政府は Ice Navigation を組込んだ操船シミュレータの開発についても検討中であり、将来は Ice Navigator の免許制度の中にこれを取り入れることになろうとの発言もあり、氷海航行の安全規制に対して、カナダ政府が積極的かつフレキシブルに取り組んでいることが伺えた。

(カナダ政府とのミーティング内容の詳細に関しては、後述の訪問先別調査報告を参照されたい。)

参考文献

- (1) The Canada Gazette, Part II, Consolidated Index of Statutory Instruments, Jan. 1, 1955 to Sep. 30, 1981
 - (2) Arctic Waters Pollution Prevention Act
 - (3) Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations including Amendments
 - (4) Shipping Safety Control Zones Order
 - (5) R.W. Parsons, "Canadian Acts and Regulations for the Prevention of Pollution from Ships"
International Association for Pollution Control
 - (6) A. Jones, "Analysis of the Arctic Water Pollution Prevention Act" 1973 Pollution Control in the Marine Industries,
International Association for Pollution Control
 - (7) B.M. Johansson, A.J. Keinonen and B. Mercer,
"Technical Development of An Environmentally Safe Arctic Tanker"
- S.N.A.M.E., Spring Meeting/STAR Symposium, June 17-19, 1981

SCHEDULE II

(s. 3)

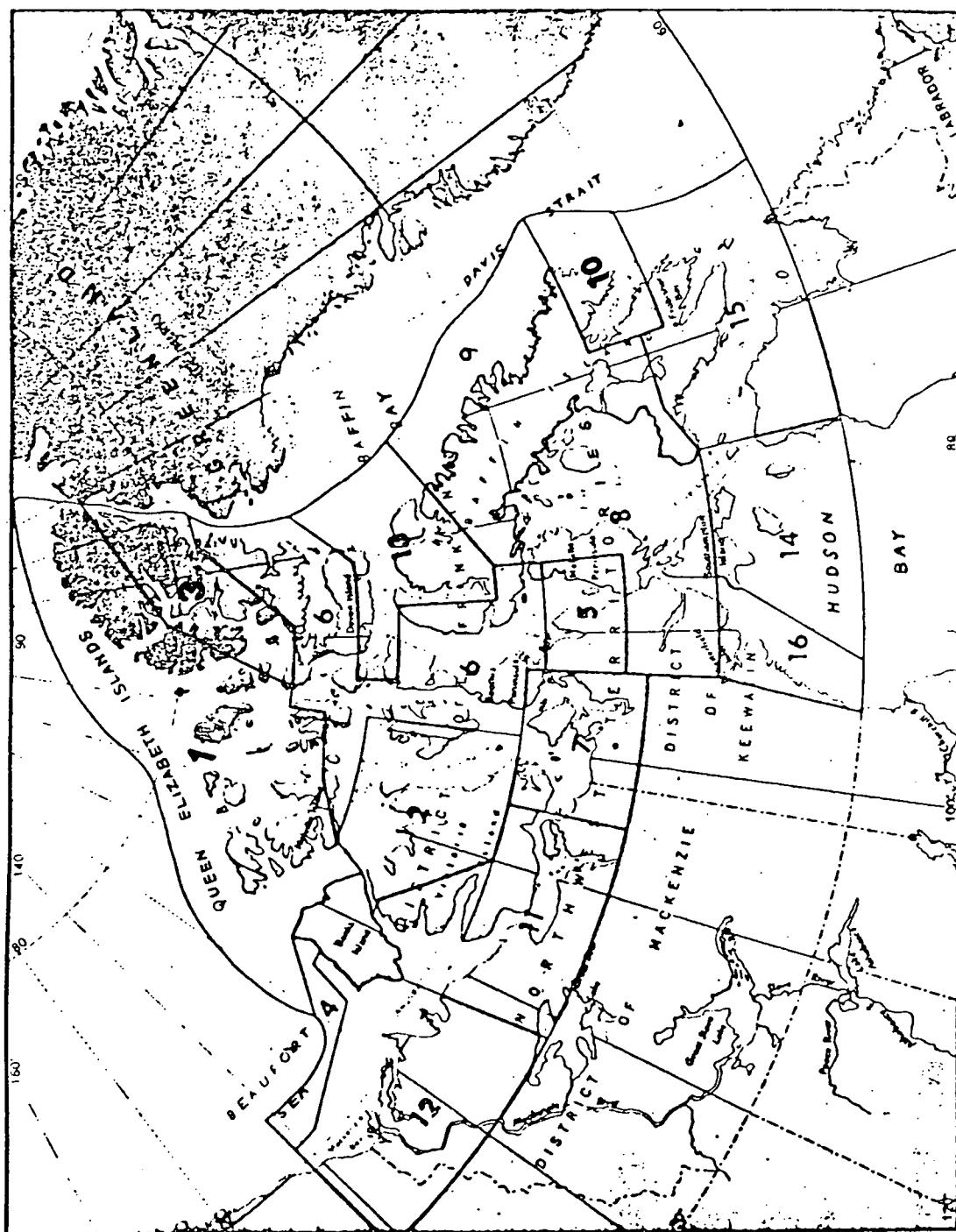


図 5.2.1

表 5.2.1 "SCHEDULE VIII
(ss. 6 and 26)

TABLE

Item	Category	Zone 1	Column II	Column III	Column IV	Column V	Column VI	Column VII	Column VIII	Column IX	Column X	Column XI	Column XII	Column XIII	Column XIV	Column XV	Column XVI	Column XVII
1.	Arctic	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	Zone 5	Zone 4	Zone 3	Zone 2	Zone 1	Zone 9	Zone 8	Zone 7	Zone 6	Zone 5	
2.	Arctic Class B	Jul 1 Oct. 15	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	
3.	Arctic Class C	Aug 1 Sep. 30	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	
4.	Arctic Class D	Aug 15 Sep. 15	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	
5.	Arctic Class E	Aug 15 Sep. 15	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	
6.	Arctic Class F	Aug 20 Sep. 15	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	All Year	
7.	Arctic Class G	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	Aug. 15	Aug. 15	Jul. 15	Jul. 15	Jul. 1	Jul. 1	Jul. 1	Jul. 1	Jul. 1	Jul. 1	
8.	Arctic Class H	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	Aug. 15	Aug. 15	Jul. 20	Jul. 20	Jul. 15	Jul. 15	Jul. 10	Jun. 10	Jun. 15	June 1	
9.	Arctic Class I	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	Aug. 15	Aug. 15	Aug. 1	Aug. 1	Jul. 10	Jun. 15	Jun. 20	Jun. 25	Jun. 30	July 10	
10.	Type A	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	Aug. 20	Aug. 20	Aug. 10	Aug. 10	Aug. 1	Aug. 1	Jul. 1	Jul. 1	Jul. 1	July 20	
11.	Type B	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	Aug. 20	Aug. 20	Aug. 10	Aug. 10	Aug. 1	Aug. 1	Jul. 1	Jul. 1	Jul. 1	July 20	
12.	Type C	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	Aug. 25	Aug. 25	Aug. 10	Aug. 10	Aug. 1	Aug. 1	Jul. 1	Jul. 1	Jul. 1	July 20	
13.	Type D	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	Aug. 20	Aug. 20	Aug. 10	Aug. 10	Aug. 1	Aug. 1	Jul. 1	Jul. 1	Jul. 1	July 20	
14.	Type E	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	No Entry	Aug. 25	Aug. 25	Aug. 10	Aug. 10	Aug. 10	Aug. 10	Jul. 1	Aug. 15	Aug. 20	Aug. 25	

6. 氷海石油掘削・生産設備

6.1 人工島方式

6.1.1 現状と問題点

マッケンシーデルタにおける人工島の建造実績(1980年現在)を表6.1.1に示す。また人工島のプロファイルを図6.1.1に示す。

1973年から1978年までにESSOはこの海域に15の人工島を建造した。このうち3人工島は冬期に建造された。この建造方法は氷の中に穴をあけこれにトラックで氷上輸送した砂利を埋めたてて工法で、サンドバッグやサクリフィシャルビーチで人工島を防護するものである。

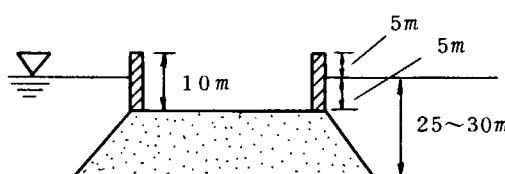
残りの12島は夏期に建造された。これらは近くから砂を運搬するか、その場の海底の砂を利用する方法がとられた。

砂のへりを少なくするためにサンドバックで周囲をかこみ、中に砂を埋め立てる手法も考えられ1976年に水深の深いNetserk F-40, Netserk B-44, Kugmallit H-59ではこの手法で建造された。一般に人工島の防護には水深の浅い所ではサクリフィシャルビーチとサンドバッグが、水深の深い所では主としてサンドバッグが用いられているが、1977年に建造されたIsserk Nは水深43フィートと比較的水深が深い所であるが、サクリフィシャルビーチが用いられている。これらの人工島は環境問題上、撤去する必要があるが、放置しておくと自然に砂が流れ去るので、この点は有利である。またこの種の人工島は図6.1.1に示すように防護としてサンドバッグなどを用いれば多少の砂利の軽減が計れるものの水深が深くなる程多量の砂が必要となり、経済的に不利となる。更に波打際などの侵食作用による砂の流出は避けられず、人工島の耐用年数が短かく、かつ再利用ができないことなどが欠点としてあげられる。図6.1.2はブルドー湾でEXXONとUNION OILが1977~78年に建造した氷の人工島の工法を示す。この人工島は一時的なものであり、夏には溶けて使用不可能となつた。図6.1.3、表6.1.2に掘削用プラットフォームの建造コスト比較及びポート海における人工島の設計基準例を参考として示す。

6.1.2 今後の計画

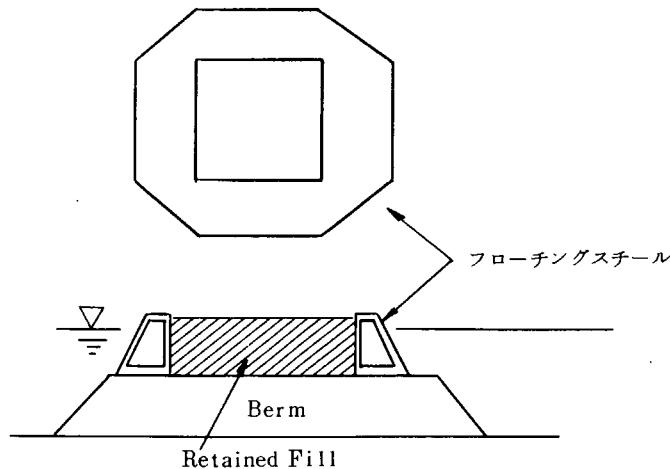
これまでに建造された人工島は比較的水深の浅い海域にあるが、今後は水深の深い海域の開発が必要となり、これに適応した人工島が建造は計画されつつある。

DOMEはその有望鉱区であるTarsiutでCaisson Retained Islandを建造している。(下図及び図6.1.4参照)



なおこの種の人工島は土台の傾斜を急にできるので、砂の量の軽減が計れ経済的に有利である。

ESSOもCaisson Retained Islandとしてフローティングスチールを8角形に組合わせたStressed Caisson方式の人工島を建造している。



このタイプは移動可能であり経済的にも非常に有利であり、探査及び生産の両方に適している。

GULFは“Mobile Arctic Caisson Rig”と称する中空ケーソン形の移動式人工島を建造し、1984年の掘削シーズンからカナダ・ポーフォート海で稼動させる予定である。（図 6.1.5 参照）

更にDOMEはその設置や規模の面でこれまでの人工島の概念をこえたArctic Production and Loading Atoll (APLA)と称する人工島を提案している。（図 6.1.6 参照）

この人工島は島内に船の出入可能な水域を設けた大規模なもので、周囲をケーソンで防護している。APLAでは生産用、石油処理・貯蔵、荷役などの諸設備が総合的に備わっている。

表 6. 1. 1

Artificial Islands in the Mackenzie Delta

Name	Operator	Con- struc- tion began	Water depth (ft)	Mode of fill	Con- struc- tion time required (days)	Sur- face area (ft)	Free- board (ft)	Fil- lum volume (1,000 cu yds)	Cost (\$ million)
Immerk B-48	Esso Resources	Sum 73	10	Dredge	110	300 dia.	15	240	5.0
Adgo F-28	Esso Resources	Sum 73	7	Dredge	30	150 x 600	3	48	2.5
Pullen E-17	Esso Resources	Spr 74	5	Truck	48	225 x 375	10	84	3.0
Unark L-24	Sun Oil	Spr 74	3	Truck	50	200 x 400	8	57	—
Pelly B-35	Sun Oil	Spr 74	7	Dump barge	50	270 x 515	6	45	—
Netserk B-44	Esso Resources	Sum 74	15	Dump barge	80	320 dia.	15	400	11.0
Adgo P-25	Esso Resources	Sum 74	5	Dredge	30	225 x 470	2	36	2.5
Adgo C-15	Esso Resources	Win 75	5	Truck	42	165 x 515	10	92	3.0
Netserk F-40	Esso Resources	Sum 75	23	Dredge, dump barge	100	320 dia.	15	380	15.0
Sarpik B-35	Esso Resources	Spr 76	14	Truck	44	320 dia.	22	155	5.0
Ikkatok J-47	Esso Resources	Sum 76	5	Dredge, flat barge	30	150 x 425	7	50	—
Arnak L-30	Esso Resources	Sum 76	28	Dredge	35	320 dia.	17	1,500	5.0
Kannerk G-42	Esso Resources	Sum 76	28	Dredge	30	320 dia.	17	1,500	3.0
Kugmallit D-49	Esso Resources	Sum 76	17	Dump barge	37	320 dia.	15	310	—
Adgo J-27	Esso Resources	Sum 76	6	Dredge	30	165 x 350	10	90	—
Issek N.	Esso Resources	Sum 77	43	Dredge	80	320 dia.	15	2,500	—
Sag Delta	Sohio	Win 77	3	Truck	14	325 x 400	4	52	1.0
Issungnak D-61	Esso Resources	Sum 78	65	Dredge, dump barge	158	328 dia.	20	5,362	11.0

(Offshore, May 1980)

Side profile of gravel island

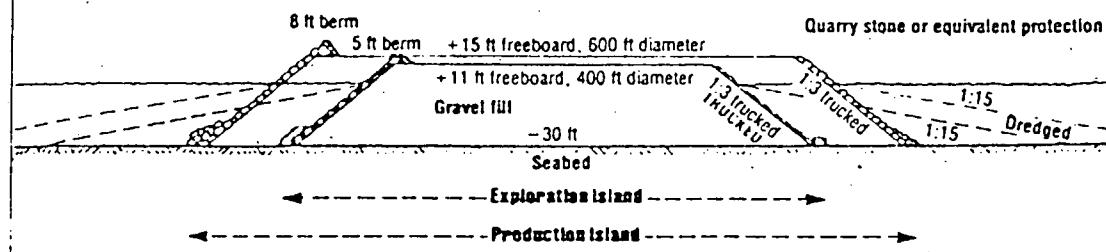
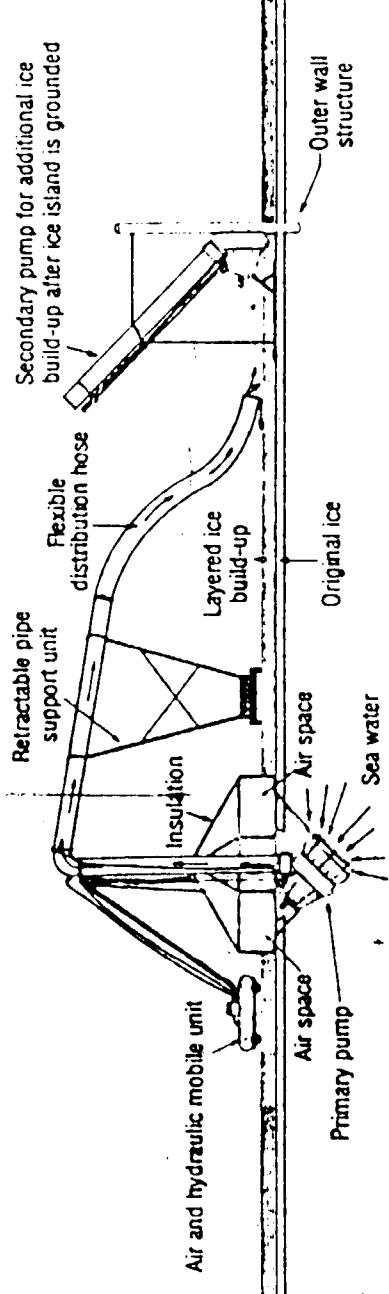


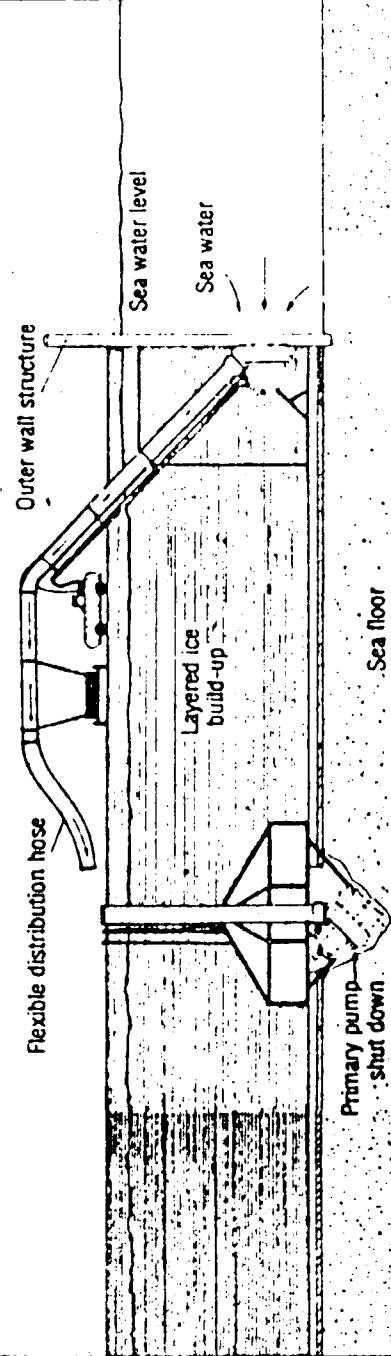
図 6. 1. 1

(Offshore, May 1980)

Ice hole pumps used during the early stages of fabricating ice island



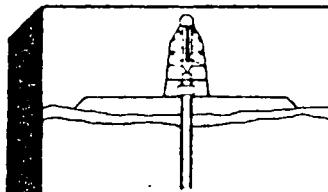
After the ice island is grounded, secondary pumps pull water outside the wall



(Offshore, May 1980)

図 6.1.2

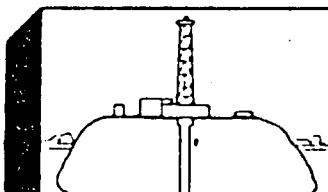
Cost comparisons for Arctic drilling platforms (\$ millions)



Floating ice platform

Cost/well: \$2.5 - \$4.0

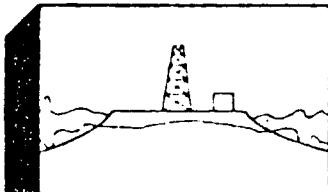
Data base: Panarctic Oils/Arctic Islands



Grounded ice platform

Cost/well: \$4.0 - \$5.0

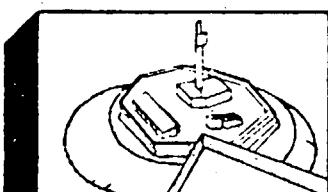
Data base: Union Oil/Mackenzie Delta



Bare-bottomed gravel island*

Cost/well: \$18.0

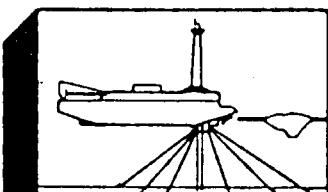
Data base: Esso Resources/Mackenzie Delta



Caisson-retained gravel island

Cost/well: \$24.0 - \$28.0

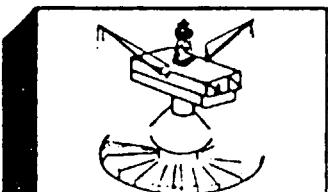
Data base: Estimate from designs



Drillship

Cost/well: \$30.0

Data base: Dome Petroleum/Beaufort Sea



Monocase

Cost/well: \$50.0 - \$80.0

Data base: Estimate from designs

*Cost may vary \$1.0 - \$20.0, depending on water depth and availability of fill material

Offshore, May 1980

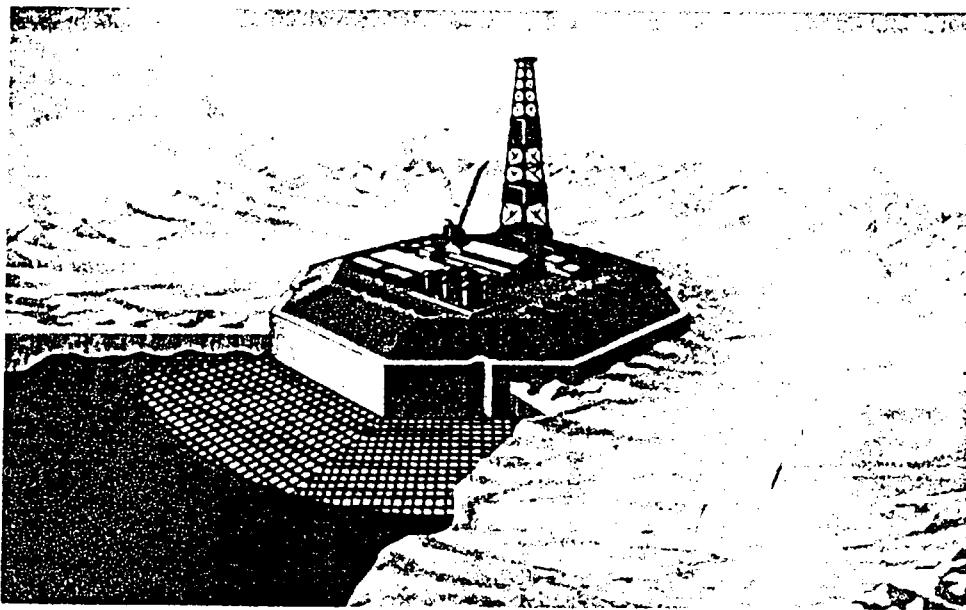
图 6.1.3

表 6.1.2

Beaufort Sea gravel island design criteria

Environmental parameters	Exploration	Production
Water depth	30 ft	30 ft
Storm surge (incl. set up)	6 ft	8 ft
Wave height	10 ft	14 ft
Wave period	6 sec	7 sec
Ice load	270 kip/ft	570 kip/ft
Gravel fill properties		
Unit weight above water	115 lbs/cu ft	115 lbs/cu ft
Unit weight submerged	65 lbs/cu ft	65 lbs/cu ft
Friction angle dredged	32°	32°
Trucked	34°	34°
Freeze front location	-10 ft	-13 ft
Safety factors		
Load factor	1.3	1.3
Material factor	1.2	1.2
Overall	1.56	1.56

(Offshore, May 1980)



Caisson-Retained Island

The first drilling island of this design has been built in 80 feet of water on the Tarsiut structure. The drilling is currently being moved to location and will drill through this winter a number of directionally-drilled delineation wells to the 1980 Tarsiut oil discovery.

The island can subsequently be converted to a production island after minor modifications and approvals.

(DOME カタログ)

図 6.1.4

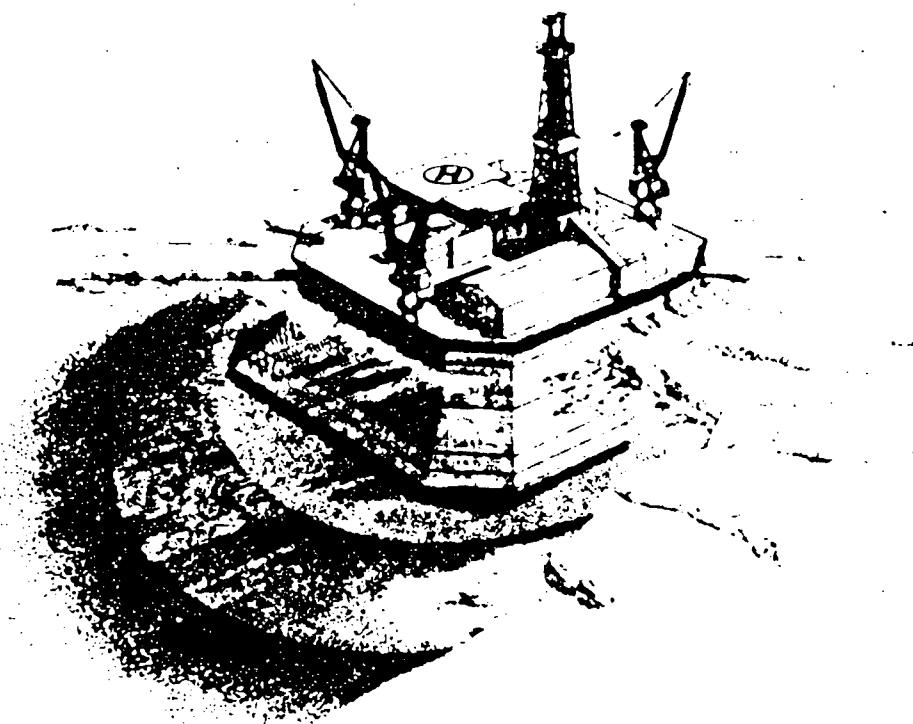


図 6.1.5 完成予想図 (IHI 提供)

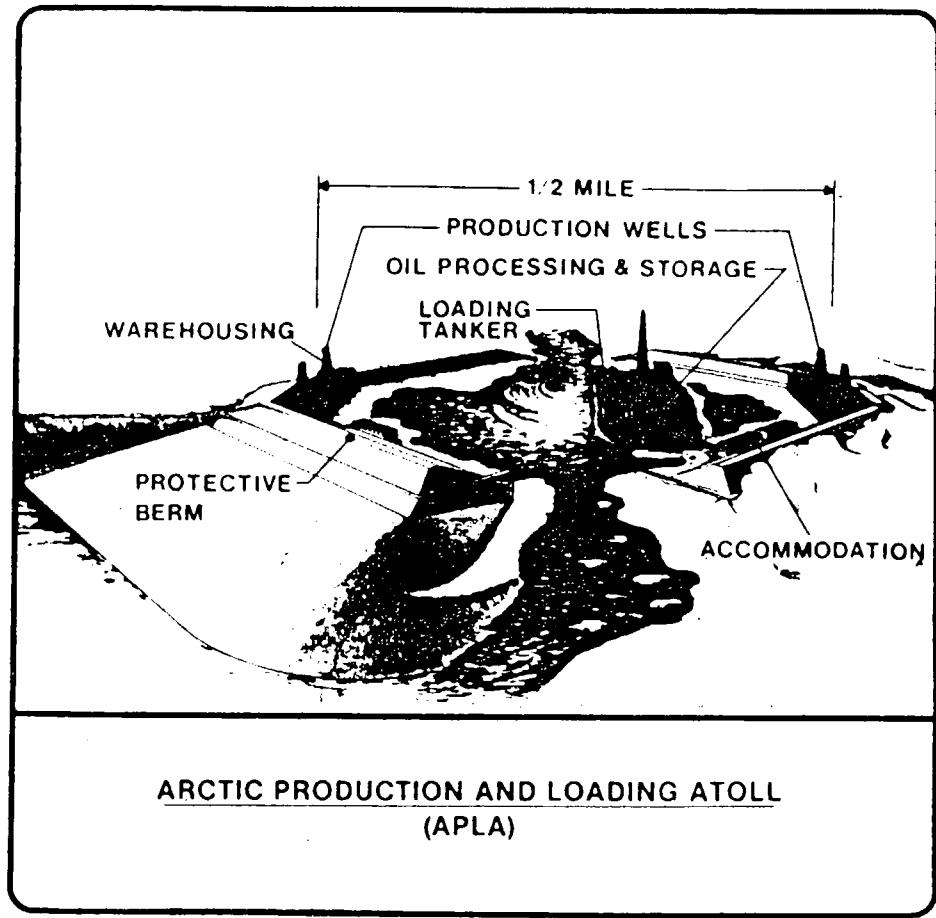


図 6.1.6

6.2 リグ方式等

6.2.1 現状と問題点

カナダ北極圏の氷海におけるリグ方式等による石油開発の現状は、ポートフォート海にて DOME PETROLEUM が船型リグによる掘削を行っており、生産には至っていないが計画では人工島から生産・出荷が行われることになっている。また、北極諸島では PANARCTIC OILS が氷プラットフォーム上から陸上油田掘削用リグと類似のリグを用いて掘削を行っている。この地域の生産は SPS によるものと計画されている。

次に DOME の掘削船並びに PANARCTIC の氷プラットフォーム方式と天然ガス生産システムについて詳述する。

(1) 掘削船

DOME はその子会社 CANADIAN MARINE DRILLING LTD. を通じて 4 隻の掘削船を所有し掘削作業を行っている。これら 4 隻は何れも改造船であり、要目は表 6.2.1 の通りである。

要目表に示す通り、これらの掘削船の船体は耐氷構造を持つに過ぎないので通年操業はできない。6 月にポートフォート海の氷が解け始め、7 月に掘削現場へ移動し、9 月又は氷象によっては 10 月初旬まで作業が続行されるので、年間約 90 日が作業期間であり、残りは基地で待機している。（図 6.2.1 参照）これらの掘削船は氷海中で自力行動ができないので、碎氷船による護衛支援が必要である。DOME ではクラス 4 の碎氷船 "KIGORI AK" を建造し、掘削船に対する支援活動を行うと同時に氷海域における船舶輸送に関する通年操業を目指した研究開発を実施している。

DOME の耐氷掘削船による掘削システムは、掘削作業が開氷期にのみ限定されることから、掘削期間が短いことが最大の問題点である。掘削期間を延長し氷海中でも作業可能な掘削船は碎氷能力を持たねばならない。

DOME の持つポートフォート海の鉱区は主として Polar Pack Ice と Land Fast Ice のぶつかる Shear Zone に存し、Polar Pack Ice が常に約 1.5~2 km/日 の速さで移動しているので Shear Zone の氷も動き、リッジが生じ易い。従って氷中で稼動する掘削船は、この氷荷重に打ち勝つだけの碎氷能力を持たねばならず、また有効な位置保持システムを装備する必要がある。位置保持システムも氷荷重を考慮して設計されねばならないことは当然である。

碎氷掘削船でも耐えられそうにない巨大氷盤の来襲時には、この氷盤を曳航移動させるシステム又は掘削船が退避するための緊急離脱・復帰システム及び再接続システムの開発が必要である。

(2) 氷プラットフォーム方式

ポートフォート海と異り、北極諸島における氷海は 8 月下旬から 9 月上旬にかけて極めて短い開氷期を持つに過ぎない。そこで、この地で掘削を行っている PANARCTIC OILS は冬の厳寒を利用した氷プラットフォーム方式掘削法の開発に成功している。1973 年、Jackson Bay Strait B-16 に適用されて以来、既に約 20 の氷プラットフォームが造成され、掘削作業が行われている。本方式は種々の氷海掘削法のうちで最も経済性が秀れていると言われているが、冬期にのみ限られる点及び氷が移動しないことが条件となる点が問題である。但し、ライザーはボールジョイントを介して BOP と取付けられるので、氷の水平移動は水深の 5 %迄許容され、このことから本方式は浅海より水深が比較的大きい氷海域に用いられるべきことが判る。

氷プラットフォームは 11 月下旬に気温が -25 °C 以下に低下すると造成が開始され、天然の氷盤上に散水すると 1 日当り 2.5~3.5 インチの割合で氷厚が増していく。所定の氷厚が得られると、この上に軽量のリグを搭載し掘削が始まる。氷厚の決定のために、PANARCTIC は氷の圧縮強度を 140 ~ 220 psi、安全係数を 2 ~ 3 とし、FEM 計算を行っている。一例として、搭載重量 1,760 トン、プラットフォーム形状を 130 フィート × 400 フィートの橜円として、最小板厚は 21 フィート 8 インチ

~23フィートと求められている。

冬期に限定される稼動期間を延長するためにPANARCTICではウレタンフォームの利用を考慮した。氷プラットフォームの中性軸に近い中央断面にウレタンフォームのブロックを封入すると、これは重量が軽く且つ透水性がないので浮力が増す。従って氷厚を薄くでき、プラットフォーム建設日数を15日間程短縮可能としている。(図6.2.2参照)

氷プラットフォーム上に設置されるリグ及び掘削用資機材はすべて航空輸送せざるを得ないので、リグは空輸可能な軽量のものでなければならない。PANARCTICでは現在3基を稼動させ、更に1基を製作中である。

最初の掘削にADECOと契約しその "Rig 4" が用いられている。これはヘリコプターによる輸送が可能であるが、サブストラクチャーが小型過ぎるので作業には種々の制約がある。ドリルパイプ径は114mmで最大稼動水深365m、最大掘削深度4,600mである。

"Rig B"は極地掘削のために初めて製作された陸上／海洋兼用の特殊リグで、1977年秋に稼動している。ドリルパイプ径は127mm、最大稼動水深450m、最大掘削深度3,800mである。稼動時重量は1,360トンで、補機及び付属施設を含めHercules輸送機による120回の輸送で稼動できる。リグの重要なコンポーネントは2.7m×13.4mのスキッドにのせられるようにモジュール化されている。平面的には70m×14mの中に収められ、重い機械類は可能な限りサブストラクチャーから離して配置し、氷プラットフォームの応力を減少させている。"Rig B"は海洋掘削用のサブシーBOPを吊るためにドリルフロアの下に36トン油圧クレーンを持っている。また、ドローワークスの下には海底機器をムーンプールから降ろす時の予熱を行う大きな区画を設けている。動力装置には廃熱回収システムが採用され、ジャケット水とエンジン排気のエネルギーをリグの覆いの中に温風として分配することにより燃料の節約を図っている。

"Rig A"は "Rig B" の実績に基づいて設計製作され、1980年12月に引渡された最新鋭のリグである。ドリルパイプ径は114mmで最大稼動水深及び掘削深度は "Rig B" と同じであり、総重量は1,630トン、Hercules輸送機による空輸回数は125回である。モジュール化は2.1m×13.4mのスキッドを対象に考えられ、84m×31mの面積の中に収められ、"Rig B"と同様の考慮に基づいた機器配置としている。サブストラクチャーは幅7.3m、高さ10.4mであり、その下にBOPスタックを一体で移動できるような46トン電動クレーンを備えている。動力装置は4台の発電機から成り、防熱と廃熱回収システムにより熱損失を最少にしている。熱回収ユニットとファンが暖気を主作業場へ送っている。この回収システムは完全に独立しているので、故障してもリグの作動に支障を来すことはない。(図6.2.3参照)

"Rig C"は "Rig A" と同型として現在製作中であり、1982年1月に引渡され2月に掘削現場へ空輸される。

上述の "Rig A,B,C" 3基は機器を標準化し、予備品の減少と費用の節減を図っている。

6.2.2 今後の計画

北極圏の氷海域における掘削用リグ及び生産用プラットフォームとしては多数の概念設計が発表されているが、一部に建造契約の結ばれたものはあるものの何れも未だ実現を見たものではなく、大部分が構想の域を出ない。これらを大きく分類すると浮遊式と着底式に分けられ、夫々次の様な型に細分される。

船 型	
浮遊式	セミサブマーシブル型
	バージ型(方形又は円錐形)
	その他

着底式 { モノポッド
モノコーン
その他の

次に、その代表的なものについて述べる。

(1) 浮遊式

浮遊式リグは耐氷強度又は碎氷能力に限界があるので通常稼動という訳にはいかず、開氷期にのみ使用されるか、碎氷性能を多少付加し、碎氷船による支援を受けて操業期間を僅かに延長するのが精々である。従って、長期に亘り位置を固定する必要のある生産設備に浮遊式プラットフォームを用いることは非常に困難であって、係留ラインに緊急離脱装置を設け巨大氷山との衝突を回避するなどの方策が必要である。

(a) ドリルシップ

ドリルシップとしては DOME PETROLEUM が所有し現在ボーフォート海にて稼動中の 4 隻の掘削船があるが、これらはすべて改造船であって新造されたものはない。北極圏の氷海用掘削船の新造工事が初めてフィンランドの RAUMA-REPOLA の Mantyluoto 工場にて行われている。これらはソ連政府が発注した 3 隻で、長さ 149.4m、幅 24.0m、3,750 BHP のディーゼル機関 2 基を装備し電気推進するもので、1981~2 年に引渡される予定になっている。

(b) セミサブリグ

イギリスの MANAGEMENT AUDIT AND CONTROL SERVICES が Det Norske Veritas と密接な協力のもとに設計した Ice Maiden は、6 コラム 2 ボンツーン構成の従来型セミサブリグに耐氷性能を付加したもので、氷厚 2m でも掘削作業が可能であると発表されている。本リグは -50°C の温度に耐えられるよう考慮され、密閉式の居住区及び作業スペースを持ち、また掘削作業時のドラフトを利用した与熱式除氷ブリスタを装備している。係留用のアンカリング・システムには水中部にフェアリングを設け、水深 500m まで稼動できる。一方、コンピュータ制御による 8 基のスラスターを用いた強力なダイナミック・ポジショニング・システムも装備され、これを用いる場合には最大稼動水深は 1,800m となる。最大掘削深度は 7,600m である。（図 6.2.4 参照）

(c) 方形バージ型リグ

アメリカの EARL & WRIGHT が設計し APOA で取上げられた Arctic Drilling Barge は船側を 30° 傾斜させ氷盤・流氷からの大きな水平荷重に対処している。

8 個のアンカーで係留され、流氷の方向が一定である海域で使用される場合には、その方向に碎氷船首状構造物を取付けることにより係留ラインに働く力を小さくすることができる。稼動水深は 60~600 フィートである。（図 6.2.5 参照）

このバージ型リグを、環状堤防を構築して、この内部に設置し結氷期間中も掘削を行う方式が発表されている。環状堤防の内側は外側の氷荷重を直接受けないのでリグは安全であるが、堤防の構築に問題があり、且つ深海では使用できない。

氷盤移動の少い定着氷海域にバージ型リグを使用する場合に、定着氷盤に対しアイスアンカーで係留される方が発表されている。氷盤の多少の移動に対しては、船側にアイスマート・システムを設け、氷を融解して位置保持することができる。（図 6.2.6 参照）

(d) 円錐形バージ型リグ

GULF CANADA RESOURCES が三井造船㈱に発注した Conical Drilling Unit は氷海域専用の特殊リグで船体は氷荷重を軽減し苛酷な氷象下でも稼動できるよう逆円錐台形とし、二重殻の耐氷構造としている。水深 18~61m において 12 点係留方式にて用いられ、最大掘削深度は

6,100mである。1983年3月に完成引渡され、ポート海に曳航されると、世界で初めての氷海域専用リグとして操業することになる。(図6.2.7参照)

DOME PETROLEUMが発表した Round Drill Shipも同様の思想に基いて設計されたもので、どの方向からの氷荷重にも耐える事ができるので、氷の動きが複雑な海域での活動に適している。本リグは16点係留方式で、実際の掘削作業中は、接近する氷盤を砕氷船によって破碎し、リグの安全を確保することにしている。(図6.2.8参照)

GENERAL DYNAMICの発表した Arctic Drill Hullも同様のリグであって、稼動可能水深は60~600フィート、最大掘削深度は10,000フィートである。本方式リグの砕氷機構は氷盤が水平方向に移動して来るとリグが氷盤上に乗り上がり、リグの自重と係留ラインの張力変化により生ずる下向きの力によって氷を破壊するものである。本リグの模型実験によれば、無風状態で厚さ5フィートの氷が、風速100ノットで厚さ4フィートの氷が破碎されることが確認されている。

(図6.2.9参照)

(e) その他

SEDCOとSEA LOGは水深の深い氷海域における通年操業を目的として Ice Cutting Semi-submersible Drilling Vesselを開発した。これは上部構造と下部構造を柱状構造で結んだ浮遊式リグで、柱状構造に Ice Cutter の付いた回転さやが装備されており、これが回転することにより厚さ16mのリッジを含む氷盤を機械的に切削できると言われている。位置保持はダイナミック・ポジショニング・システムによるが、そのスラスターを推進に用いることにより最大4ノットの速力が出せる。1/10縮尺模型を用いた実験が行われ、その氷切削能力が確認されている。

(図6.2.10参照)

生産用浮遊式プラットフォームについて発表された構想は数少いが、ESSO PRODUCTION RESEARCHのArctic Caissonは氷象の比較的穏やかな海域に用いられる掘削・生産・貯蔵を目的としたコンクリート・ケーソンである。生産能力は100,000バーレル/日、貯蔵能力は500,000バーレルで、水深1,000~1,500フィートは多点係留方式にて、1,500~3,200フィートはダイナミック・ポジショニング・システムにて位置保持される。本プラットフォームは砂時計形の上部構造物と貯油タンクを持つ大きな下部構造物とから成る。水面における砕氷モードにより上方砕氷型と下方砕氷型とがあるが、実験では下方砕氷の方が効率的で、14m厚のリッジを含む2.5m厚の氷盤のある海域で稼動できる結果が得られている。砕氷にはケーソン自身の固有周期に合わせて係留ラインを引張ったり、或いは圧縮空気を放出したりして能力増大を図った Actively Induced Reaving Systemが採用されている。(図6.2.11参照)

(2) 着底式

本方式は比較的水深の浅い海域に用いられるが、内部容積が大きいので、物資が大量に搭載でき、頻繁な補給の困難な海域に適しており、また、生産設備として活用できる特徴を持っている。上部構造と基礎構造とから成り、上部構造には掘削設備、居住設備、倉庫などが設けられ、基礎構造内部はバラストタンク、液体貯蔵タンクなどに用いられる。基礎構造の海底に接する底面積は、想定されるいかなる自然外力が作用しても移動しないよう十分広くし、更に軟弱地盤ではパイルを打設するなどして補強することも考えられる。上部構造と基礎構造が結合される部材には氷荷重が直接働くので砕氷能力を付与するか十分な耐氷強度を持たせる必要がある。本方式では一般に設置後に移動することも考慮されるので、海底との結合強度との兼合いで特殊な設計となる。

(a) モノポッド

IMPERIAL OILのMonopod Drilling Systemは水深60フィートで通年操業できるリグで大形の円形基礎構造、方形上部構造及びこれらを結ぶ垂直シャフトから成る。基礎構造下面には

短い垂直の板組を溶接したシアー・キーを設け海底への結合強度を増している。砕氷能力は 1.5 マイル／時で移動する 13 フィート厚の夏の氷盤又は 45 フィート厚の冬のリッジが対象とされ、これ以上に大きい氷荷重に対してはリグが移動できるような特殊な基礎構造となっている。本方式はアラスカ南岸の Cook 湾において、実際に生産設備として流氷中で活動しているが、北極圏での実績はない。（図 6.2.1.2 参照）

(b) モノコーン

IMPERIAL OIL は前記モノポッドの砕氷能力を改善するために、その垂直シャフトに上下移動式の円錐形カラーを取付けた Monocone を開発している。カラーの外周には加熱装置が設けられ氷結を防止している。稼動水深は 41m である。（図 6.2.1.3 参照）

THE OFFSHORE などの Arctic Mobile Drilling Structure は基礎構造の上部を円錐形として砕氷能力を持たせ、その部外板に加熱装置を設けて氷の付着を防止することにより氷の水平力を軽減している。基礎構造の底部にはスカートを設け海底との結合強度を増している。稼動水深は 20~60 フィート、最大掘削深度は 20,000 フィートである。（図 6.2.1.4 参照）

GULF CANADA RESOURCES が開発した Mobile Arctic Gravity Platform は基礎構造の上部が 45°、70° の二段傾斜の円錐形であり、更にその上が垂直のシステムとなっている。砕氷パターンは、水深 20~30m では 45° コーンによる曲げ破壊、水深 30~40m では 70° コーンによる曲げ破壊、40~50m ではシステムによる圧縮破壊となる。基礎構造の下部はスポーク形でパラストタンクとして用いられるが、スポークの間には砂が満たされ横方向移動が防止される。

（図 6.2.1.5 参照）

DOME PETROLEUM は水深 150~200 フィートの氷海域で通年操業を行う生産用 プラットフォーム Arctic Production Mono-cone を発表している。これはドーナツ形基礎構造とボトル形上部構造から成り、上部構造の垂直シャフト部分にジャッキアップ機構により上下移動可能な甲板部が取付けられる。厚さ 10 フィートまでの平担氷は垂直シャフト部で、115 フィートまでのリッジはコーン部で押上げられ曲げモードにより破碎される砕氷パターンで設計されている。基礎構造と上部構造とは切離すことが可能で、巨大氷山が接近した時、基礎構造を残したまゝ上部構造だけが避難し、衝突を回避することができる。生産能力は 120,000 バーレル／日である。

（図 6.2.1.6 参照）

(c) その他

アメリカの SHELL OIL により開発された Controlled Stiffness Steel Arctic Cone は上部円柱構造と傾斜 45° の下部円錐台構造から成る生産プラットフォームである。厚さ 7 フィートの平担氷及び 50 フィートのリッジに耐える下部構造は放射状隔壁、円周隔壁及び外板で構成され、外板と隔壁との間に柔構造を設けることによって、集中的に作用した氷荷重を分散させ、且つ熱応力を軽減するように工夫されている。生産能力は 60,000 バーレル／日で、対象海域の水深は 45 フィートである。（図 6.2.1.7 参照）

THE OFFSHORE の Arctic Drill Barge は水深 7~30 フィートの比較的浅海に着底させて用いる方形の掘削設備で、外板は 45° 傾斜させ、氷が乗りあげて破碎される方式である。上部構造は 2 本のコラムによりバージ上 20 フィートの高さに支えられその 1 本は掘削用ムーンプールとして利用される。（図 6.2.1.8 参照）

アメリカの BROWN & ROOT は生産用の Multiple Leg Platform を発表している。これは諸機器を搭載した甲板構造を 4 本の円柱脚で支持し、各脚には下部に円錐形の台があり、この部分が海底に着座するものである。普通の平担氷は円柱脚にて砕き、その氷厚の届かない深さに円錐形の台を設けて、厚い氷のみを円錐台にて砕く様にしている。脚及び台は二重構造とし内部にコン

クリートを充填している。生産能力は 150,000 バーレル／日、水深は 30～60 フィートが対象である。(図 6.2.19 参照)

表 6.2.1 DOME の掘削船

船名	Canmer Explorer	Canmer Explorer II	Canmer Explorer III	Canmer Explorer IV
建造又は改造造船所	Todd Shipyard	"	IHC Holland	Tampa Ship Repair
" 年	1976	"	1973	1973
最大掘削水深	600'	"	1,000'	600'
最大掘削深度	25,000'	"	20,000'	20,000'
〔船体主要目〕				
長さ	377'	"	501.5'	379.3'
幅	70' - 2"	"	70' - 4"	82.5'
深さ	28' - 7"	"	41' - 1"	28.7'
乗組員及作業員	104	"	102	106
〔タンク容量〕				
Bulk mud	6,000 cf	"	867 t	7,769 cf
Cement	8,000 sacks	"	300 t	4,803 cf
Liquid mud	3,187 bbl	"	670 t	11,230 cf
Fuel	5,522 bbl	"	2,500 t	54,279 cf
Drilling water	3,685 bbl	"	1,150 t	17,057 cf
Potable water	271 bbl	"		8,546 cf
〔荷役装置〕				
クレーン	1×85 t, 1×40 t	"	1×40 t, 1×25 t	2×47 t
デリック	160' × 100 万 lbs	"	160' × 133 万 lbs	160' × 100 万 lbs
ヘリコプタデッキ	Sikorsky S-61-N	"	80' dia	74' × 74'
〔位置保持装置〕				
係留装置	8 point	"	"	"
	30,000 lbs Anchor	"	"	"
	3,300' × 2 3/4" wire	"	"	"
ダイナミックポジショニング				
〔推進装置〕			5×1,750 HP Thruster	
電動機	4×750 SHP	"	4×1,750 SHP	4×750 SHP
プロペラ	1-FPP	"	2-CPP	1-FPP
速力	7 kt	6.5 kt	14 kt	7 kt

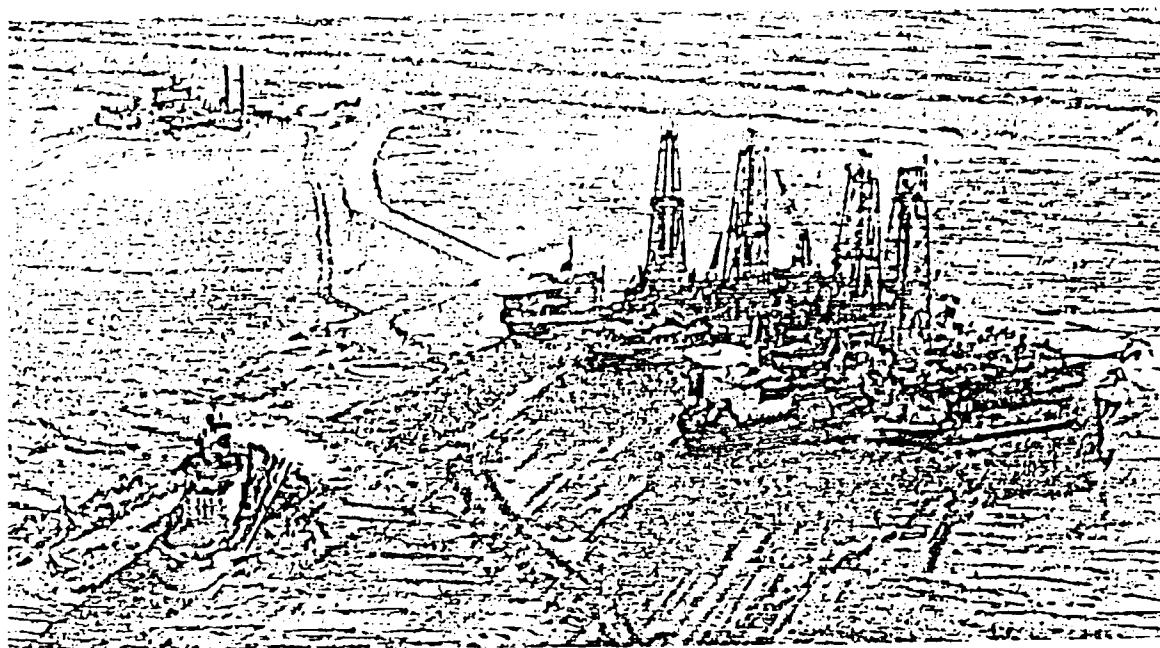
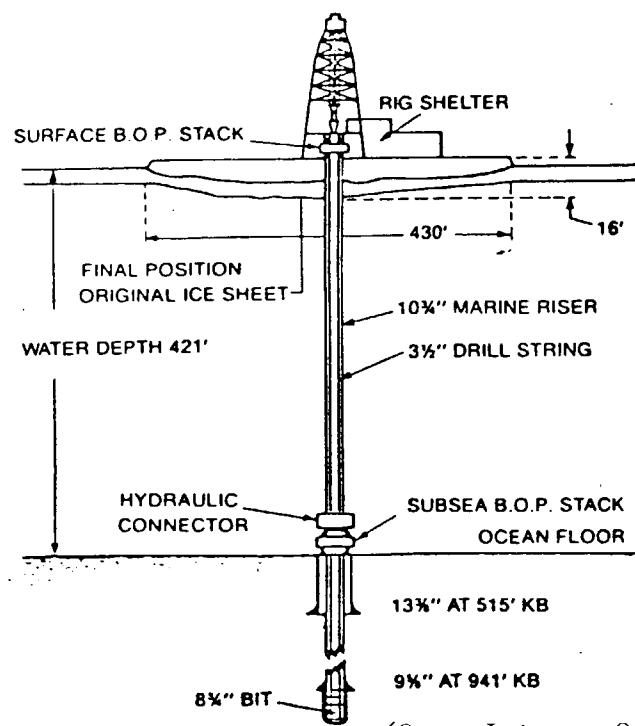


図 6.2.1 待機中の掘削船

(Offshore, May 1980)



(Ocean Industry, Oct. 1975)

図 6.2.2 氷プラットフォーム

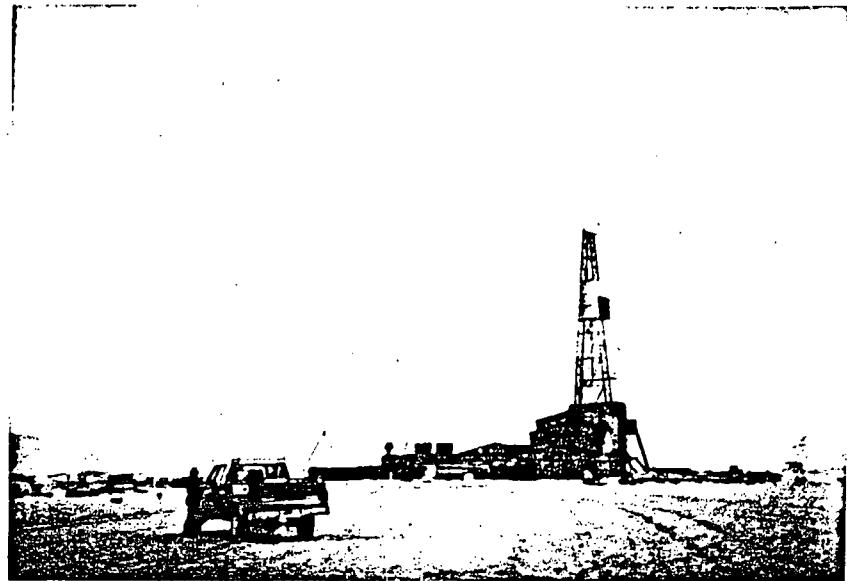


図 6.2.3 PANARCTIC Rig A

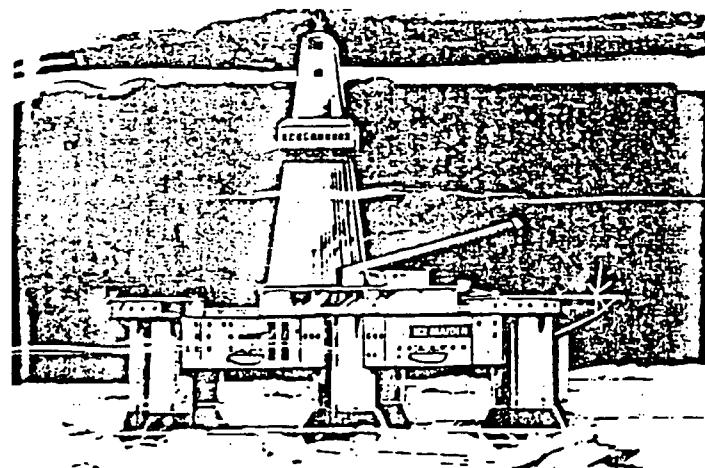


図 6.2.4 Ice Maiden

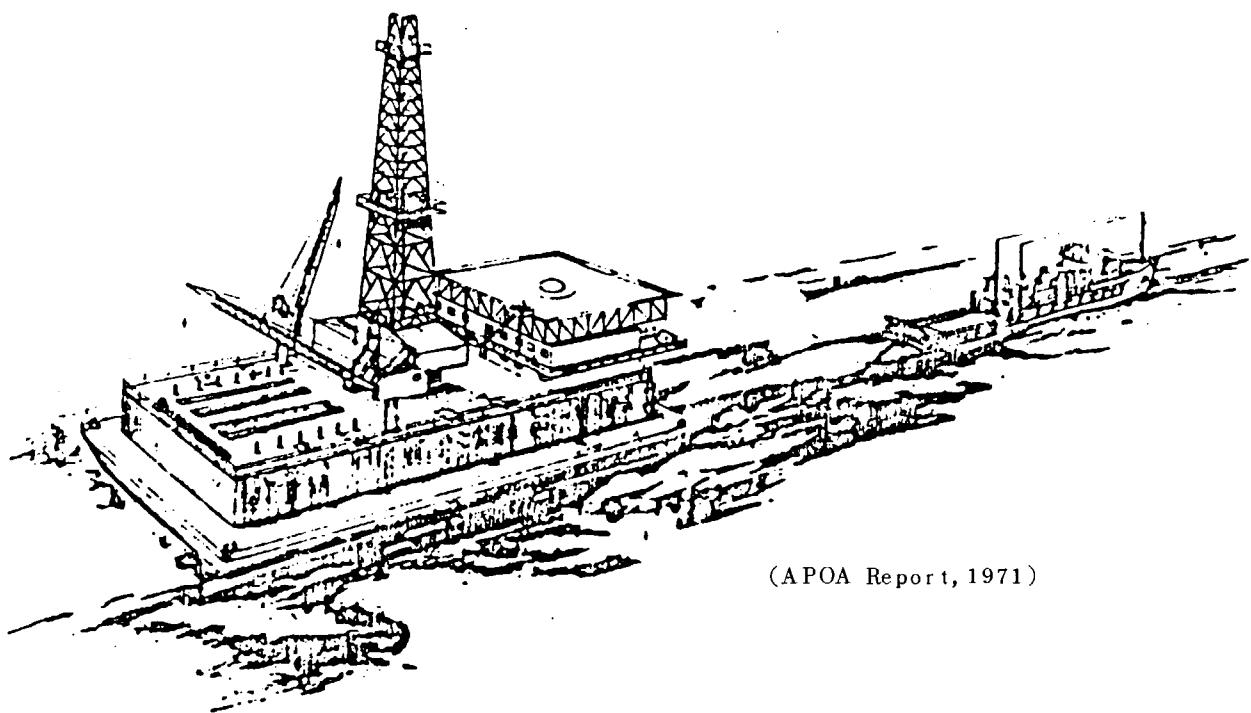


図 6.2.5 Arctic Drilling Barge

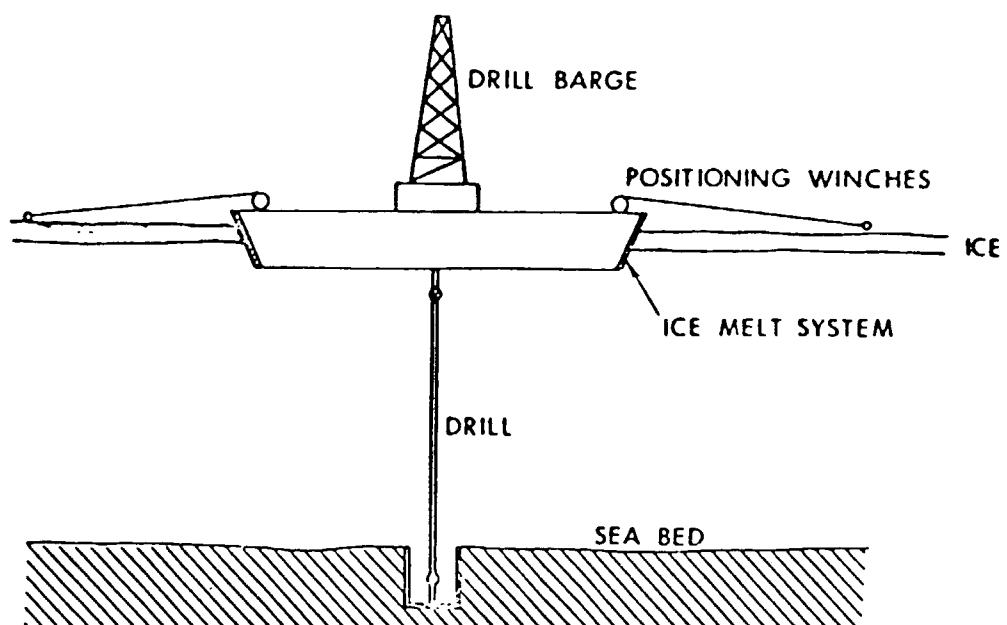


図 6.2.6 アイスアンカー

(POAC Paper, 1973)

Specifications

Width of octagonal deck: 265 ft

Depth of hull: 61 ft

Height from water-line to deck: lightship-35 ft
full load-20 ft

Draft: lightship-26 ft
full load 41 ft

Displacement: lightship-18,000 tons
full load-27,500 tons

Height from deck to drill floor: 68 ft

Height from deck to derrick top: 226 ft

Riser diameter: 21in.

Crane boom length: 120 ft.

Accommodation:
106 persons

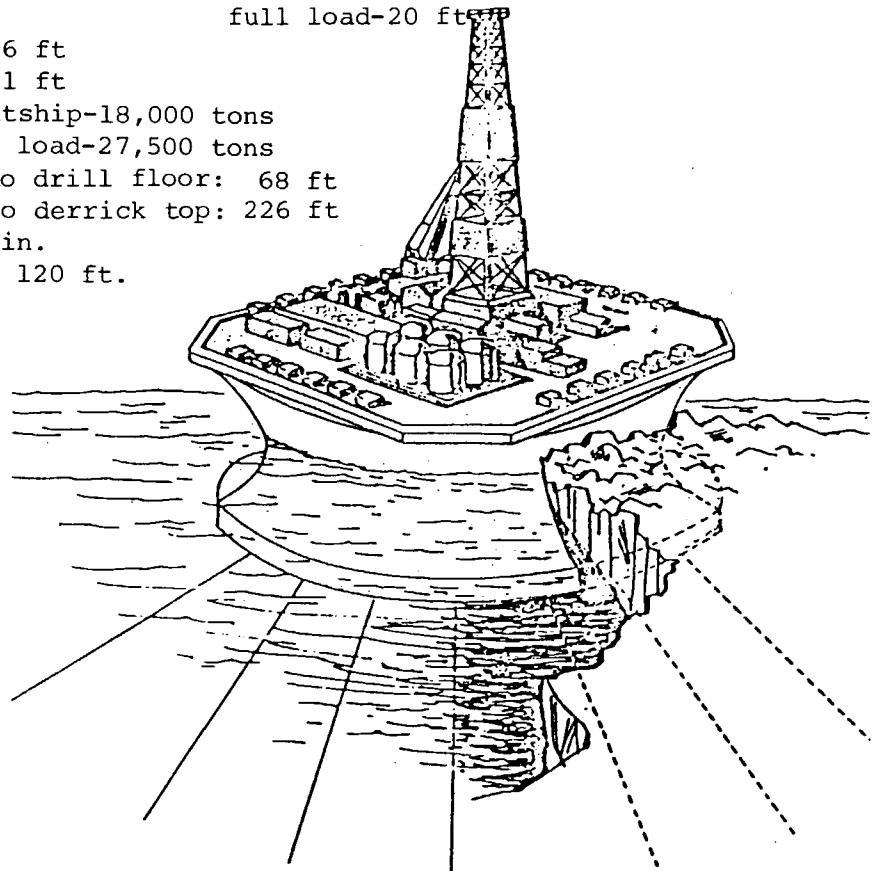


図 6.2.7 Conical Drilling Unit
(Offshore, Sept. 1981)

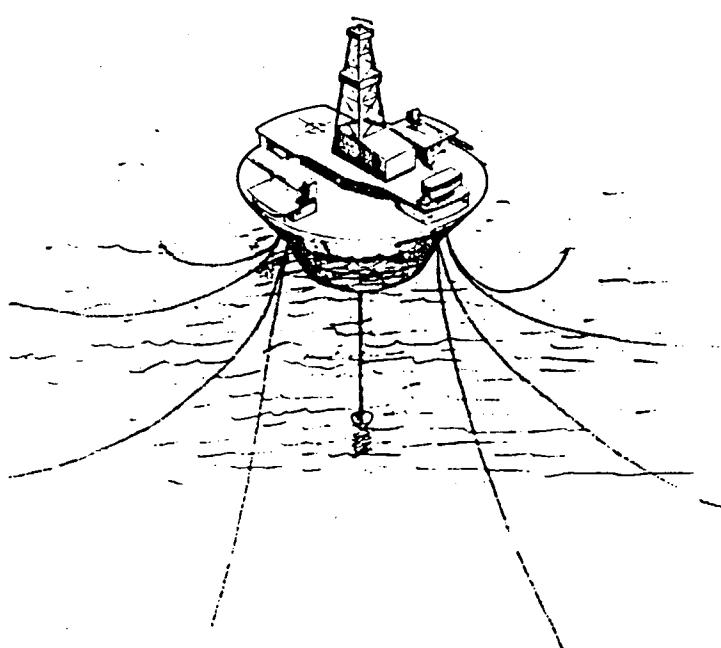


図 6.2.9 Arctic Drill Hull
(OTC 1687, 1972)

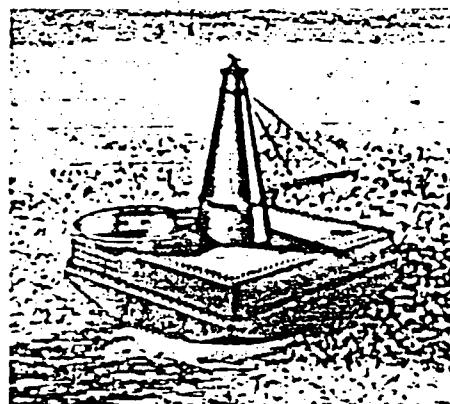


図 6.2.8 Round Drill Ship
(Offshore, Aug. 1981)

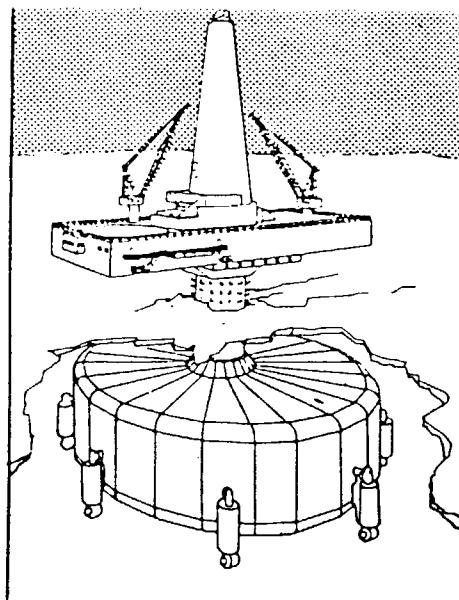


図 6.2.10 Ice Cutting Semi-submersible Drilling Vessel
(Offshore, Dec. 1977)

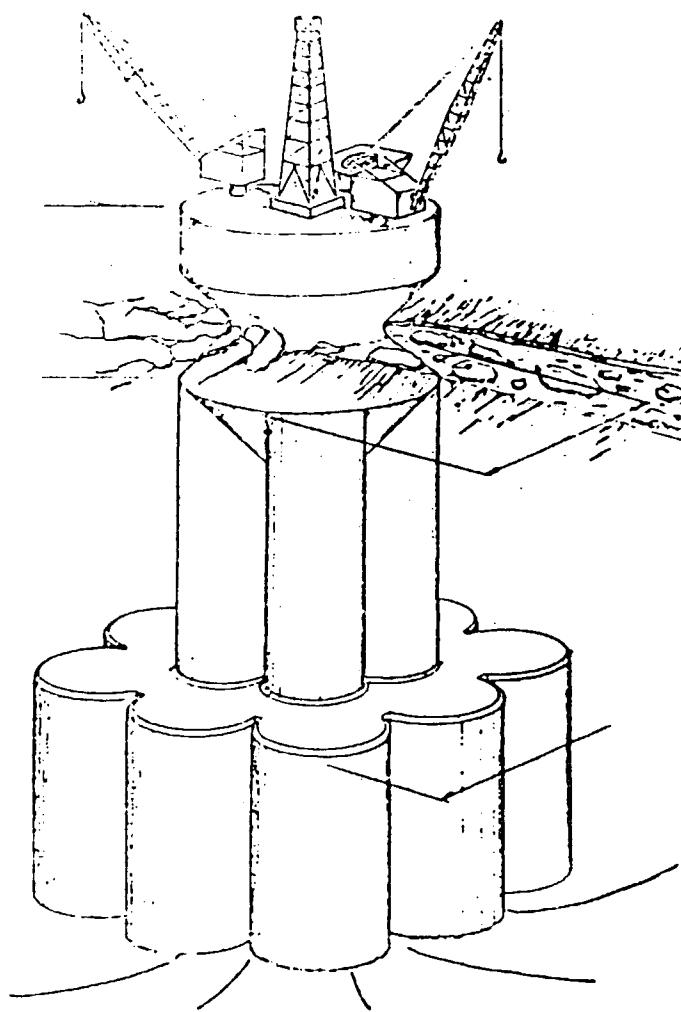


図 6.2.11 Arctic Caisson
(POAC Paper, 1979)

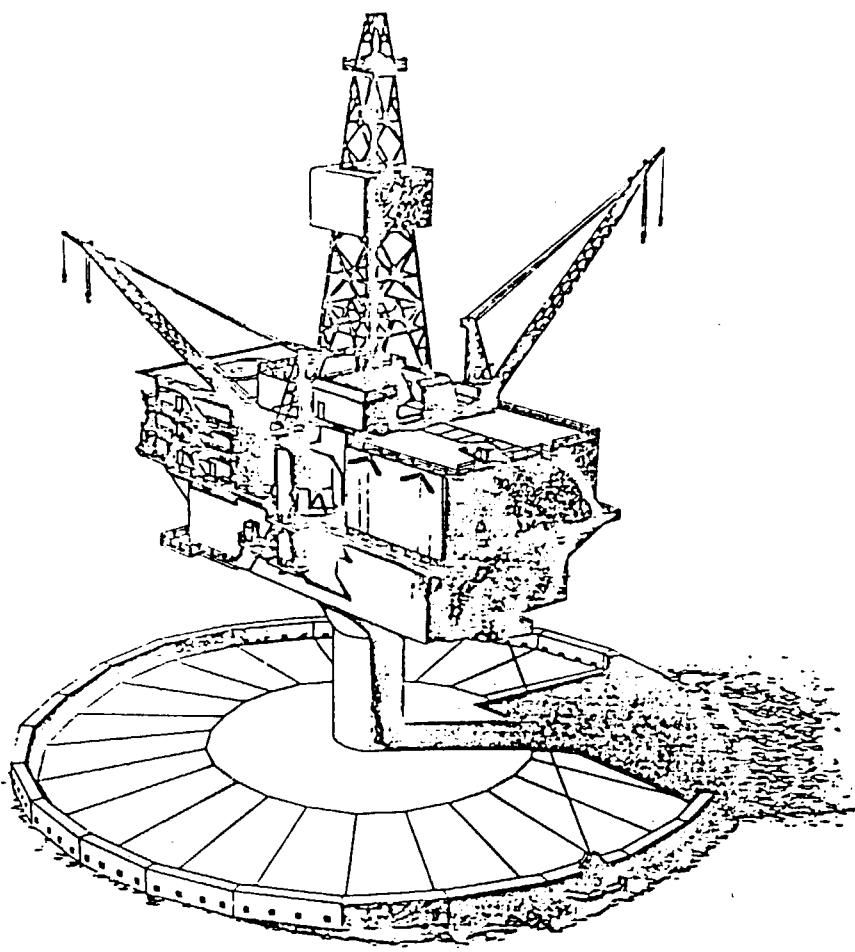


図 6.2.12 Monopod Drilling System
(Ice Tech. Paper, 1975)

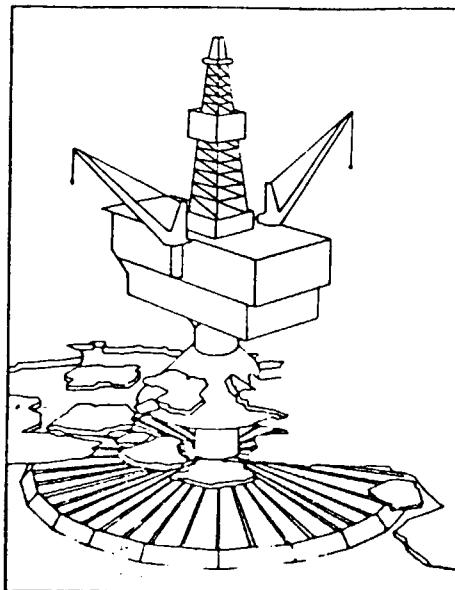


図 6.2.13 Monocone
(POAC Paper, 1977)

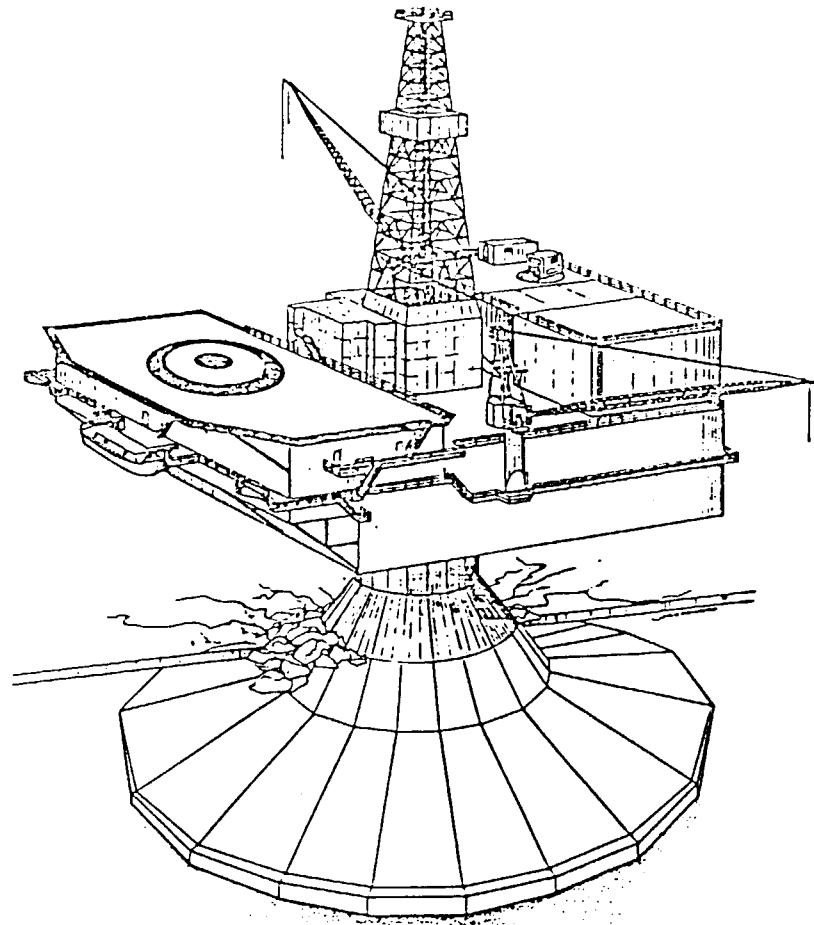


図 6.2.14 Arctic Mobile Drilling Structure
(POAC Paper, 1979)

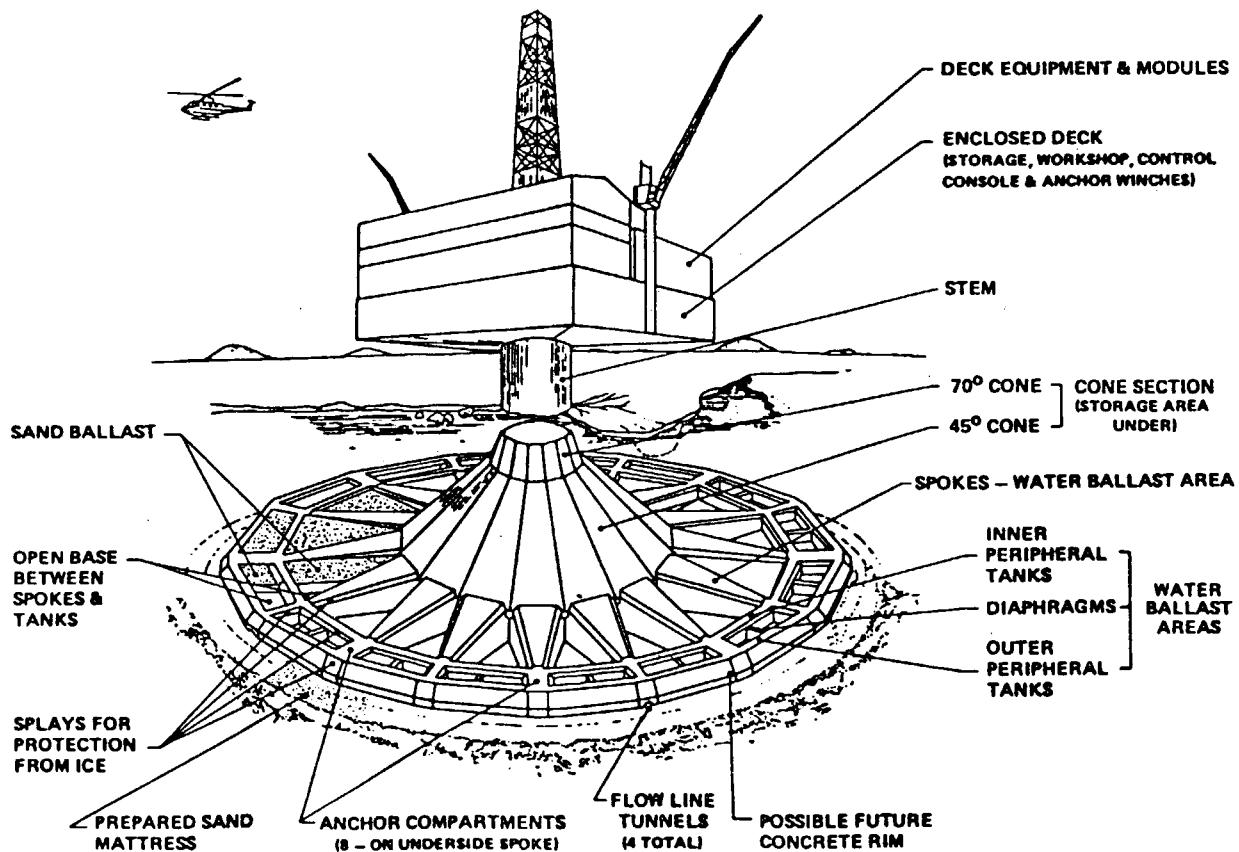


図 6.2.15 Mobile Arctic Gravity Platform
(POAC Paper, 1981)

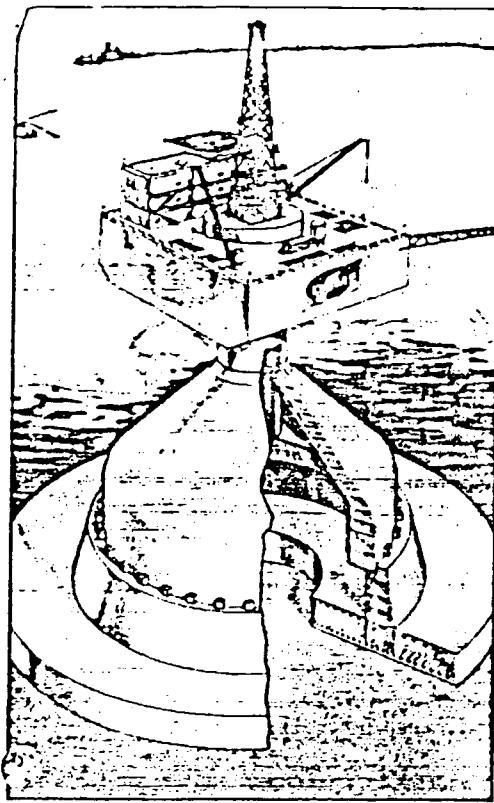


図 6.2.16 Arctic Production Monocone
(OTC 3630, 1979)

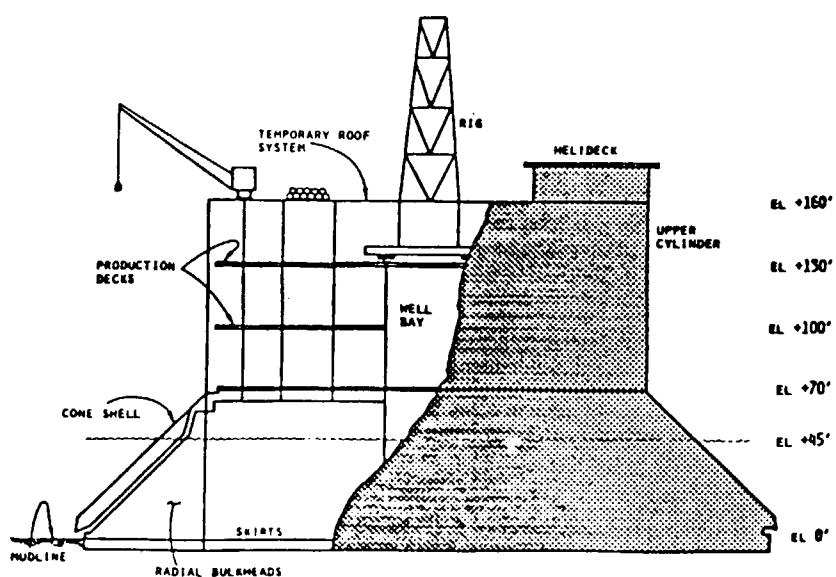


図 6.2.17 Controlled Stiffness Steel Arctic Cone
(OTC 4113, 1981)

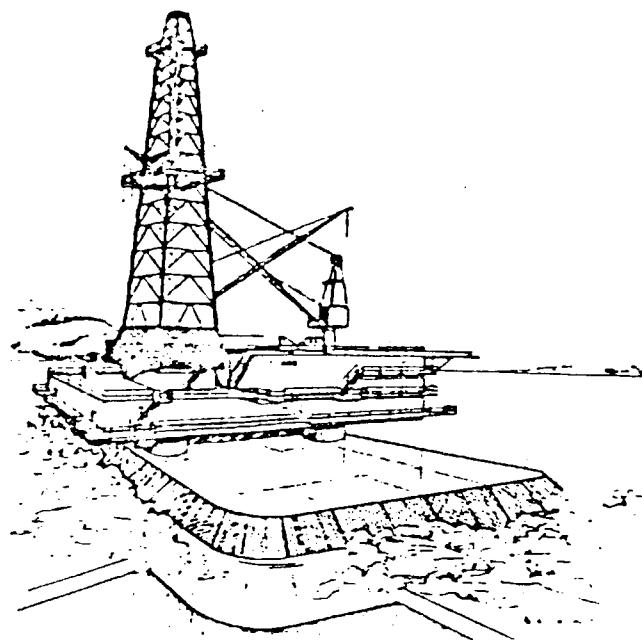


図 6.2.18 Arctic Drill Barge
(Offshore, May 1980)

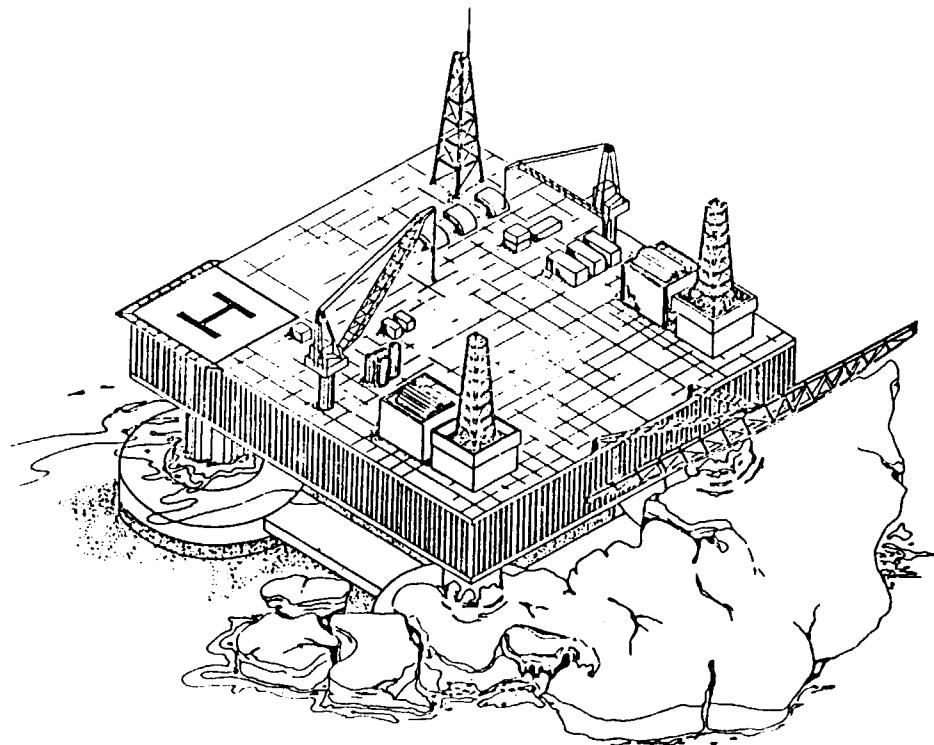


図 6.2.19 Multiple Leg Platform
(OTC 3886, 1980)

III 訪問先別調査報告

1. ARCTEC CANADA LTD.

#16, 6325-11th Street SE, Calgary
Alberta T2H, 2L6

1.1 訪問先の概要

1.1.1 歴史

1973年：Montrealに事務所を開設した。

Montrealは造船及び海運の中心地であり、活動場所として適当と考えて事務所を開いたが、コンサルタント会社の研究活動に適していない事が判明したので

1976年：政治、経済の中心地であるOttawaに事務所を移した。

1980年：石油産業の中心地であるCalgaryに事務所を開設した。

1.1.2 主要業務

- (1) 氷海水槽による模型実験
- (2) 実船実験及び現地実験
- (3) Remote Sensing（人工衛星による氷象調査）
- (4) 環境調査（油汚染等による環境汚染）
- (5) 計算機シミュレーション及び理論解析

1.1.3 設備

合成氷を使用する試験水槽

寸法：長30.0m×幅7.3m×深1.2m

曳航台車：製作中

製氷能力：30m³/日

試験時の温度：雰囲気温度

1.1.4 職員数

55名、うち半分が技術者

1.2 訪問日時

1981年10月13日 9時～13時30分

1.3 面談者

Peter Noble（社長）

Jason Edworthy（Project Scientist）

1.4 訪問者

調査団全員

1.5 経過

1981年10月13日9時から、ARCTEC CANADA LTD. 事務所会議室にて、Peter Noble社長から同社の概要及び氷海技術に関する説明を受け、Jason Edworthy氏から北極海の気象、海象、氷象に関する説明を受け、質疑応答を行った。引続いて、合成氷を使用する氷海水槽、計測器、

計算機の見学を行った。その後、同社が実施した氷海技術に関するプロジェクトの映画を見た。

12時より13時30分までStampeder Innの食堂で昼食をとりながら氷海技術に関する討論を続けた。

1.6 内容

以下の質疑応答を行った。

(1) 北極海の環境データについて

(問) ポーフォート海から日本及びカナダ東岸へのルート沿いの気象、海象及び氷象データはどのようにして作成するのか？

(答) 極地の氷の特性を表わす最も重要なパラメータは氷厚であり、強度及びヤング率は2次的な要因である。従って、氷厚のデータを集めることが重要な仕事になる。氷厚の測定は現地でDrillingして測定するのが最も正確であるが、広範囲な地域のデータを得るのは不可能である。

北極海の気象観測点は約40ヶ所あるが、観測点は散らばっており、通年のデータがないので、充分な情報が得られない。そこで、北極海の氷象データは主として人工衛星から得られる写真の濃度によって、氷厚（氷厚が薄いと黒くなる）及びOpen Seaの範囲を識別する。また、結氷開始の時期及びその後の温度と降雪量から氷厚を推定する。風向きは氷のクラックの方向あるいはストームの寸法と気圧の変化から推定する。温度は北極圏の数ヶ所（Canadian Coast Guard, Transport Canada, Petro Canada, DOME PETROLEUM, SOLIO等の観測所）の計測値を流用する。

なお、ポーフォート海から日本への航路の気象、海象、氷象データはあまりないが、米国がアラスカに整備された観測所を多数所有しているので、ベーリング海近辺のデータは良好である。

(問) 自然氷の機械的性質及び摩擦係数に関するデータはあるか？

(答) 摩擦係数の公表されたデータは少ないが、氷と水の摩擦係数は0.2～0.5である。氷と構造物の摩擦係数は構造物に依存する。

氷の機械的性質を測定するための標準的な方法は未だ決定されていないが、氷厚が0～5mの海氷の場合

曲げ強度：150～800kPa (1.48～7.90kgf/cm²)

圧縮強度／曲げ強度：2～5

ヤング率／曲げ強度：1,000～10,000

(2) 掘削装置の型式について

(問) 人工（砂利）島と移動式掘削装置の優劣及び将来如何なる掘削装置が有望であるかを、水深、海域、氷象に関して説明して欲しい。

(答) 掘削装置の優劣は場所、氷象によって異なるので一般化した答えはできない。以下の3地区に分けて論じる。

(a) カナダ東岸地区：水深が大、海象条件が厳しい、多くの氷山が流れてくる事を考慮して掘削装置の機種が選定される。即ち、カナダ南東部では、セミサブ、ジャッキアップ、ドリルシップの既存の掘削装置が適している。カナダ北東部では表面氷が問題であり、現在試掘はされていない。将来は耐氷型のセミサブ又はドリルシップが中心になるものと思われる。

(b) 北極圏：冬期（10月～翌年7月まで）に海水をポンプアップして結氷させ、氷厚を増厚して人工島として使用する。陸上用のリグを用いる。

(c) ポーフォート海：水深が浅く（最大60m）、種々の新しい技術が開発されている。初期は浅海で土砂を浚渫して製作した人工島（海面上の直径約100m程度の大きさ）から掘削してい

た。欠点は人工島の勾配が1:19で水深が深くなると経済的に成立しなくなる。水深の深い海域用にケーソンによる人工島が考案され建造されるようになった。ケーソンは鋼製とコンクリート製があり、パラストの調整が可能であり、現地へ曳航して組立てる。

GULFの鋼製ケーソンはIHIが受注したが、深さが2.0mのRing Structureである。ESSOの鋼製ケーソンは8ヶのユニットから構成されており、Steel Cableで巻き上げて一体化する。

なお、コニカルストラクチャーは論文発表されているが、これは重要でないから秘密にしておく必要がないと判断したからである。一様氷がコニカルストラクチャーに押し寄せて来る時の氷荷重は小さいが、氷厚が一様でなく大きな氷が来た時の氷荷重が急増するので良くない。ケーソンの場合、Rubbleがケーソンの周囲を囲むので、大きい氷が押し寄せて来ても氷荷重のピークは小である事が知られているが、公表されたデータは少ない。

なお、浮遊式の改良案は、①1点係留方式でActiveに向きを変える事にすれば、氷山との衝突が逃れられる。②構造物の形を円形にする。いずれの場合も、係留索がネット状になり、係留索に作用する氷荷重が問題になる。浮遊式は新しい概念であるが、今後解決すべき事項が多い。

(3) 砕氷船について

(問) Level Ice, Pack Ice 及びRidgeにおける抵抗評価をどのようにしているか？

(答) Level Iceにおける抵抗値は氷海水槽での模型実験によっている。模型実験の結果から実船の抵抗値を推定しているが、その誤差は±10%だと考えている。

Pack Ice及びRidgeは氷の性状が乱れてランダムであり、経験が少ないので、従ってLevel Ice中での研究よりも遅れしており、抵抗値の推定は困難である。現在、Ridgeそのものの基本的な性質を調べている。

Pack Ice中での抵抗試験はLevel Ice中での試験の後で行うが、氷質が破断後直ちに変るので問題である。

(問) 摩擦抵抗の減少法は？

(答) Activeな方法としては、①エアーバルブ法、②水噴出法、③船体加熱法があるが、いずれの方法もエネルギーを要し、推進力が軽減される分をキャンセルし、総合的に見ると効果が小さい。Passiveな方法としては船体外板に塗料を塗布する方法がある。この方法が最も信頼性に富んでおり、付着性の高い塗料が良い。

(問) 砕氷時に船体に作用する衝撃荷重は？

(答) 砕氷船の実船実験によって衝撃的な氷荷重を直接計測している。POAC 1979に発表した理論解析法（船が氷に衝突する時の運動方程式を解いて氷荷重の時間歴を求める方法）は良い第一近似であり、実験のダブルチェックにも使用している。計算精度は±20%以内である。

(問) 流ってきた氷塊によって海洋構造物に生じる動荷重は？

(答) 構造物の寸法形状によって海洋構造物に作用する動的氷荷重は異なる。氷海水槽における模型実験及び実機計測によって氷荷重を調査している。

なお、コニカルストラクチャー及びケーソンに作用する氷荷重は前述(2)の答えの通りである。

(問) 船あるいは海洋構造物が氷に閉じ込められた時の静荷重は？

(答) 木船の場合にはBeset荷重で損傷の生じた事はあるが、鋼船の場合には砕氷時の衝撃荷重に比較すると小さい。

(問) プロペラに作用する氷荷重の推定法及びプロペラの保護法は？

(答) プロペラミリング試験を行って、トルク及び応力計測を行う。又、数学モデルによる解析によってプロペラに作用する氷荷重を推定する。その結果充分な強度を有する氷海用プロペラを設計

する事ができる。

ノズルはプロペラが氷と衝突するのを防ぐ緩衝装置としての効果はあるが、①氷をブロックしてプロペラへの水の流入を妨げて抵抗増加になる。②ノズル自体の強度、③後進時の有効性等の問題があり、今後の研究課題である。

(問) 北極圏における鋼材の腐食とその防止法は?

(答) 北極圏の水温が低いので、海水中の酸素濃度が高い事及び船が氷に衝突してペイントがはがれ易い事によって船体外板の腐食が問題になる。防食対策としては、付着性の良いペイントを採用するのが良い。なお、ペイントは船体と氷の摩擦抵抗の軽減にも役立つ。

(問) 船が氷と衝突する時の抵抗、荷重の実船での計測値の精度は?

(答) 計測値の精度は不明である。なお、実船に生じる氷荷重の推定法としては、①氷圧計を船体外板に取付け直接計測する方法、及び②船体外板に歪ゲージを貼付し、事前に油圧ジャッキによる静荷重又は重錘振子による衝撃荷重でキャリブレーションを行い、歪の計測値から実船に生じる氷荷重を推定する方法が用いられている。

(問) 北極圏から通年ベースで北西航路へ航海できる砕氷船の主要目、主機馬力、アイスグレードは?

(答) 砕氷船の主要目等は船主から与えられるものであり、当社が決定するものではない。

(4) 低温対策について

(問) 鋼材の選定規準は?

(答) 北極圏の気温は非常に低いので、鋼材は低温での破壊じん性値等の諸特性が優れたものを使用する必要がある。

一方、カナダの内陸部でも寒波が来ると北極圏と同程度に下がるが、内陸部での各種構造物に鋼材が使用されている実績が多い。従って、通常カナダで使用されている鋼材で問題になる事はない。

(5) 氷海水槽について

(問) 塩水氷と模擬氷の選定区分は?

(答) 氷海水槽で使用する人工氷には塩水氷と模擬氷がある。いずれの場合も各種特性値が相似則を満足する様に努力しているが、全ての値を満す事は困難である。塩水氷は液体窒素吹出し法で急速冷却させて製作するが、ヤング率の小さい軟い氷ができるので、冷却空気を循環させて製氷速度を遅くする事が必要である。模擬氷はワックスとプラスチックを混合し、熱湯で融かして水面上に流し出して硬化させる。

塩水氷と模擬氷の特性は下表の通りである。

	塩水氷	模擬氷
氷 厚 $h_p/h_m = \lambda$	○	○
速 度 $v_p/v_m = \lambda^{1/2}$	○	○
力 $R_p/R_m = \lambda^3$	○	○
曲げ強度 $\sigma_{fp}/\sigma_{fm} = \lambda$	○	○
ヤング率 $E_{fp}/E_{fm} = \lambda$	×	○
圧縮強度 $\sigma_{cp}/\sigma_{cm} = \lambda$	×	○
摩擦係数 $\mu_p/\mu_m = 1.0$	○	×
氷と水の比重 $\rho_p/\rho_m = 1.0$	○	○

注 ○ : 再現可能 p : Prototype

× : 再現不可能 m : Model

砕氷船の抵抗試験では、曲げ強度と摩擦係数が支配的な因子となり、ヤング率の影響は小さい。従って、抵抗試験は塩水氷を用いて行われる。

一方、海洋構造物の様に氷との相対速度が小さい場合には、氷の曲げ強度と圧縮強度が重要な因子になるので、模擬氷を使用する。海洋構造物の水槽試験に塩水氷を使用すると、氷の曲げ強度の縮尺率が適正でないから、氷の破壊モードが実際のものと合わなくなる。

なお、塩水氷の剪断強度は曲げ強度の3～4倍になるので、ARCTEC CANADAではプロペラミリング試験には模擬氷を使用している。

(問) 塩水氷による試験結果と模擬氷による試験結果の関連性は?

(答) 前述のように塩水氷水槽と模擬氷水槽は別々の用途に供せられるので、両者の実験結果を比較し、関連性を調べる必要はない。

(問) 実船と模型船の計測結果の関連性は?

(答) 前述の相似則を用いて実船と実験結果の対応付けを行っているが、確立された方法はない。

なお、実船で得られているデータはスラスト又はトルクであり、模型船では抵抗値のデータである。

1.7 感想

ARCTEC CANADA Calgary事務所における会合は極めて好意に満ちた雰囲気の中で行われ、Noble社長自身が懇切に説明をし、質問に答えてくれた。極めて有意義な会合であった。

1.8 入手資料

- 1) ARCTEC CANADAパンフレット「Cold Region, Technology」(表1.1, 図1.1～図1.7)
- 2) ARCTEC CANADAパンフレット「Ice News Canada」(図1.8)

表 1. 1

Facilities and Capabilities

Towing Basins

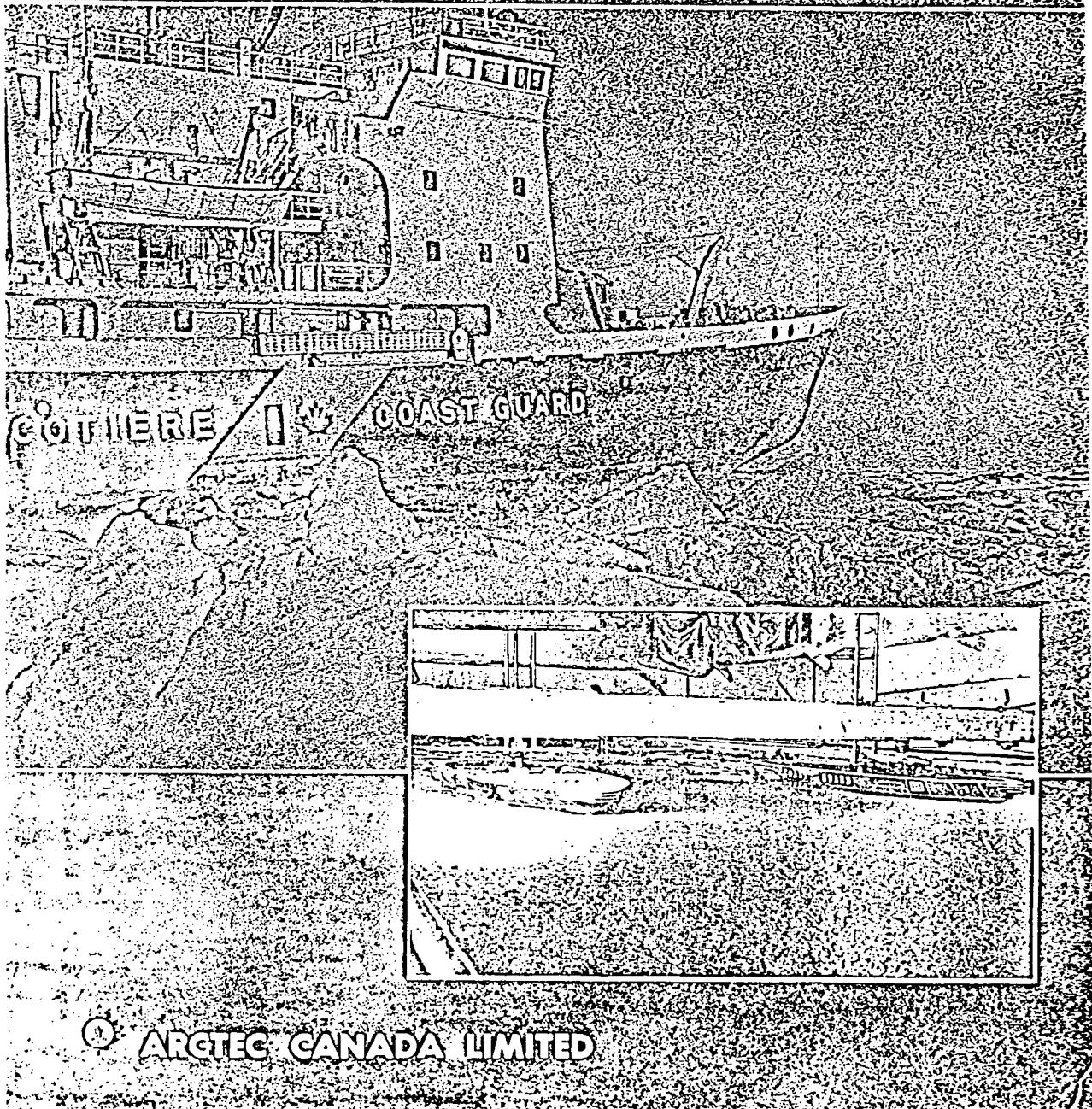
	Saline Ice Model Basin	Hydraulics Basin
Basin		
Length	30.5 meters	100 ft
Width	4.9 meters	16 ft
Depth	1.5 meters	6 ft
Towing Carriage		
Drive System	5 HP	10 HP
Maximum Load	2.3 tons	1 ton
Speed Range	0.006-6.5 m/sec	0.001-3.0 m/sec
Wavemaker	Electro-Mechanical Plunger type	Electro-Mechanical Plunger type
Ice Preparation Method	Freezing with liquid Nitrogen and conventional refrigeration plant	Synthetic ice
Ice Preparation Capability	6 mm/hr	3.0 cubic meter/day
Temperature During Preparation	to -60°C	Ambient
Temperature During Testing	0 to -20°C	Ambient

Cold Room

Minimum Temperature	-40°C
Length	9.1 meters
Width	5.5 meters
Height	3.7 meters

Cold Region Technology

Design, Research and Consulting
in Cold Region Marine Technology,
Naval Architecture and Hydraulics



ARGTEC CANADA LIMITED

图 1.1

Ship Model Testing

The testing of model ships prior to construction, to determine their performance characteristics, is a well-established practice in ship design. ARCTEC specializes in testing model ships and offshore structures in model ice using our unique laboratory facilities.

Model testing of ships is normally undertaken at about 1/50th scale and experiments conducted have covered the following performance parameters:

- level ice resistance
- manoeuvring in level ice
- ice flow visualization around the hull
- resistance in ridged ice
- moored ship system performance
- propulsive efficiency in ice.

Other structures and conditions modelled have included:

- seabottom scouring by moving ice features
- water intake design (hydro power stations)
- effect of moving ice on man-made oil production islands
- propeller ice milling tests
- offshore structures in moving ice fields and floes
- model docks in ice fields and floes
- open water slamming experiments of ships in waves.

In addition to what may be considered 'standard' icebreaker models, ARCTEC has investigated a number of advanced concepts

for breaking ice or reducing the resistance of a ship in ice. These have included:

- heated hulls
- air bubbler systems
- low friction coatings
- mechanical cutters
- high pressure water jets
- heeling systems.

A number of novel icebreaking systems such as the 'Alexbow' (upward breaking bow), the ACV icebreaker, and the Archimedian Screw Tractor (AST), have been tested also.

We have also conducted a wide variety of laboratory experiments covering ice properties, abrasion of ice and hull coatings, friction coatings, ice impact, and equipment testing.

Model ACV Icebreaker being tested in level ice

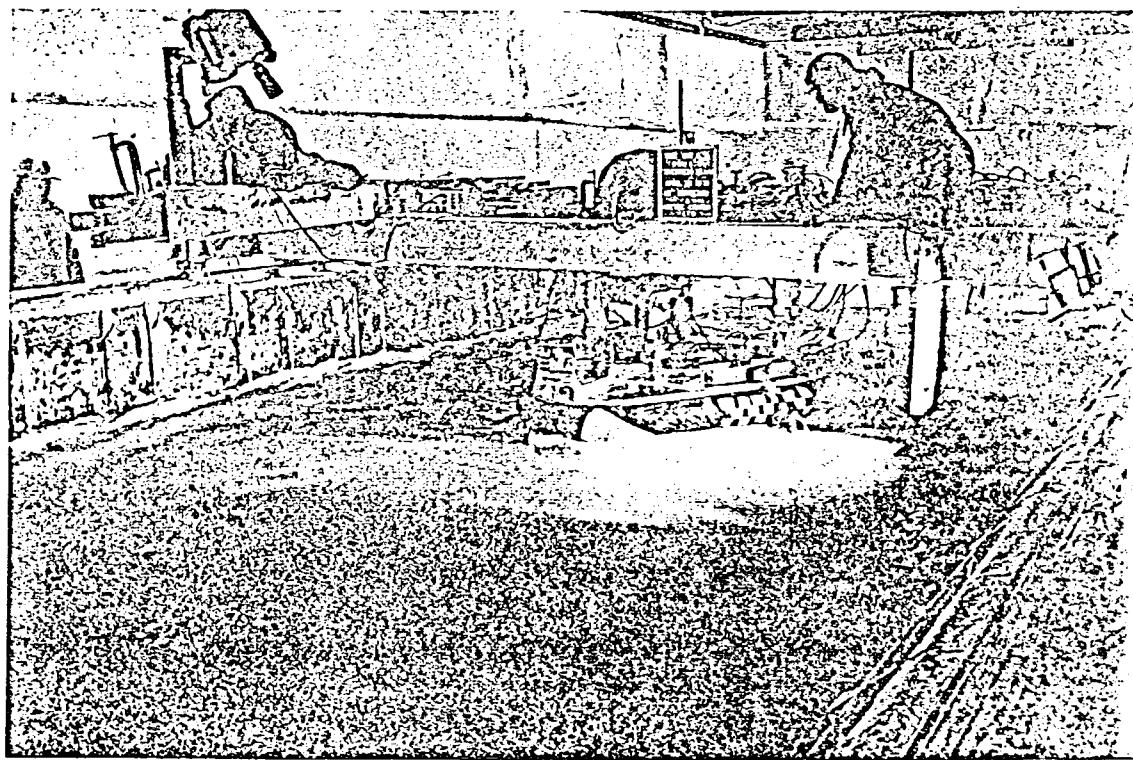


图 1.2

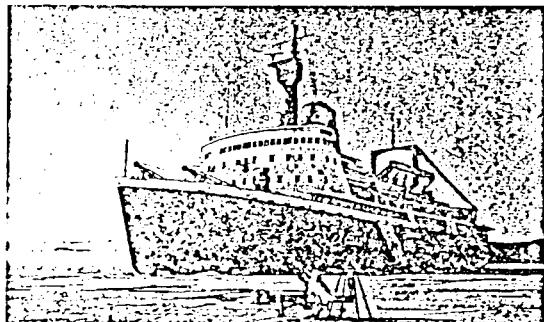
Ship Trials and Field Experiments

ARCTEC CANADA LIMITED's personnel have extensive experience in the instrumentation and testing of ships both in ice and open water. This experience goes back to 1974 with the trials of CCGS N.M. ROGERS. ARCTEC has had major responsibility for trials on 16 ships to date and is currently performing such trials at a rate of 3 per year. Since 1977 we have been responsible for the instrumentation and testing on CCGS LOUIS S. ST. LAURENT, CCGS PIERRE RADISSON and SIR JOHN FRANKLIN and the unique Dome Petroleum Vessel CANMAR KIGORIAK.

Trials conducted have included measurement of:

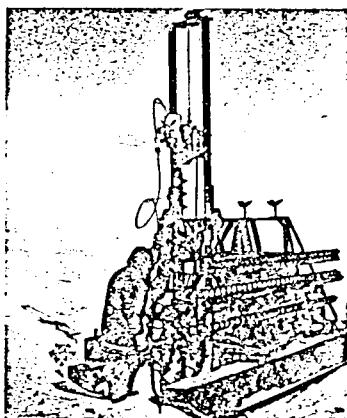
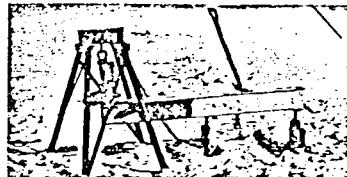
- level ice resistance
- broken ice and floe performance
- performance in multi-year ice and ridges
- propulsion system dynamic performance
- loads and forces on structure during impact with ice
- open water performance including manoeuvring and crash reversals, etc.
- ship motions in open water and ice
- rudder impact and torque in ice
- hull friction measurement and coating evaluation.

CCGS Louis S. St. Laurent



ARCTEC's involvement in these trials has ranged through design of the instrumentation system, design of components of the system, development of software for real time data reduction, installation, calibration and operation of all instrumentation and directing of the actual tests. We have also acted as consultants to ship-builders during owner's acceptance trials.

On-ice measurement of properties



Design of the instrumentation package has included detailed finite element analysis of hull structure to support strain gauge calibration and measurement of structural response.

ARCTEC has conducted a number of trials involving novel forms of vehicle or attachments, such as the upward breaking 'Alexbow' and ACV's.

ARCTEC has also undertaken a wide variety of field projects both in the Arctic and elsewhere. In 1978 we mobilized a large convoy of over-ice vehicles for a survey of ice conditions from Resolute to Melville Island. During this comprehensive survey, 33 first-year ridges were profiled. Another interesting project involved the installation, instrumentation and monitoring of a full scale ice containment boom on the St. Lawrence Seaway. The boom, which was required to hold back ice but allow passage of ships, had been previously modelled in our laboratory.

In support of almost every field trial, ARCTEC personnel measure ice properties including strength, thickness, size and shape, ridge counts and profiles, salinity, snow cover and ice crystal size and orientation via crystallography. We have also become experts in logistics and transportation in the Arctic.

Alexbow

Remote Sensing

ARCTEC has performed numerous studies to assess ice conditions in support of Arctic operations. These have included selection of sites and orientation of fixed structures such as loading docks, estimates of ice loads and hazards on offshore structures, and forecasting of ice conditions along Arctic shipping routes for route optimization. ARCTEC's climatologists have experience in statistical analysis of meteorological data for prediction of potential hazards to Arctic and sub-Arctic systems and in the design of alert systems for Arctic programs such as offshore oil drilling.

ARCTEC has experience in the interpretation of remotely sensed data including:

- LANDSAT satellite imagery — localized areas or detailed analysis of large areas
- NOAA satellite imagery — for gross ice conditions and movements all year
- LASER PROFILOMETRY — ice ridge data
- STAR imagery — localized conditions, all weather.

By using meteorological data in conjunction with the above, and other remotely sensed data including time-lapse video we have become experts in evaluating ice break-up and movement phenomena.



Landsat image of entrance to Lancaster Sound

Environmental Studies

ARCTEC CANADA's activities in the field of environmental protection include oil pollution control, marine traffic effects on the Arctic, and ice effects on Arctic marine operations. For a number of years ARCTEC has undertaken evaluation of commercial oil spill clean-up devices (skimmers) and oil containment booms, to assess their effectiveness in water. ARCTEC has also studied fire-proof booms and has experimented with oil combustion promoters to reduce the residual oil from a spill requiring mechanical clean-up. The effect of oil spilled under the ice has also been studied both in the laboratory and in the field.

ARCTEC CANADA LIMITED has also studied the effects of ship passage on ice break-up to ascertain both long-term climatological effects and the short-term problem of interruption of over-ice transport routes for the Inuit.

Evaluation of oil skimmer

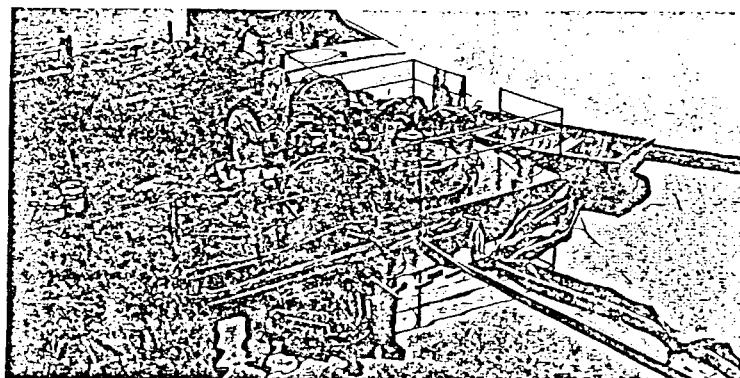


图 1.4

Simulation and Computer-Aided Design

ARCTEC CANADA LIMITED has developed an expertise in simulation of marine systems and in computer-aided design. These include digital, analogue and hybrid simulation techniques.

Digital simulation of the propulsion machinery control system for the 'R' Class icebreakers was developed and run for the Canadian Coast Guard in 1975. Performance of all system components from bridge order to ship response was modelled, simulating various manoeuvres.

ARCTEC has access to a modularized propulsion system simulation program capable of handling a variety of propulsion system types, including steam and gas turbines, diesels, AC/DC, DC/DC, CP props, clutches and gearboxes.

ARCTEC has also developed various simulations of ship and appendage/ice interactions, including a mathematical model which can be used to examine steering gear and rudder loading effects, and a simulation of the forces and ship motions generated when a ship impacts against a variety of ice features. Propeller/ice encounters have also been modelled.

In addition, ARCTEC has computer programs to aid in selecting a suitable propeller design from stored propeller series data. Predictions of propeller thrust and cavitation in the towing condition are two options available.

A large transportation simulation was developed in order to model all aspects of tanker shipment of LNG from the high-Arctic to the eastern seaboard, using actual weather and ice data files com-

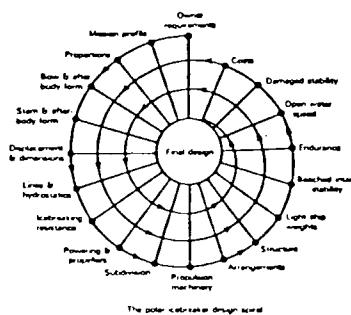
bined with icebreaking resistance predictions to monitor the progress of two vessels throughout a simulated one year period.

A number of preliminary design tools are held in our inventory. Examples of these are:

- a ship motion math model which simulates the rigid body response of a moored ship to impact by ice floes
- seakeeping programs which predict the motion response of a ship to any sea state in five degrees of freedom
- a program to estimate the vibratory response of a ship's hull girder
- standard hydrostatic and stability programs.

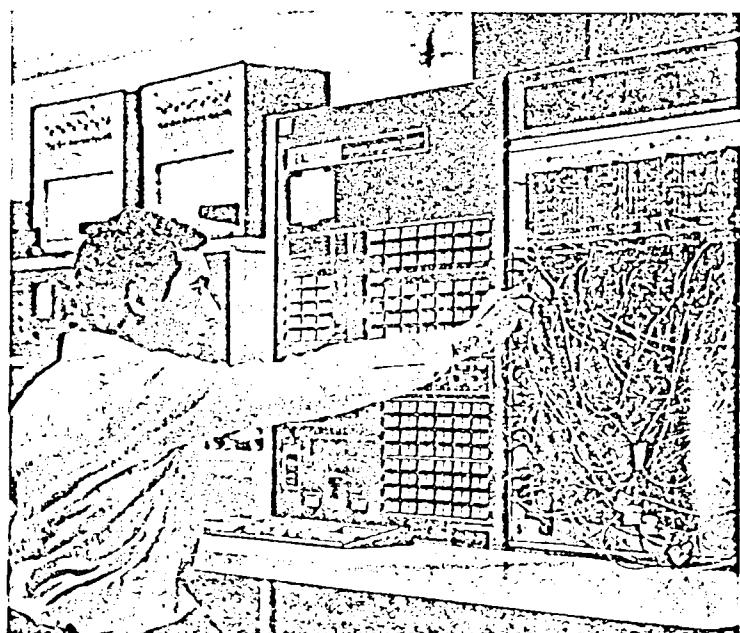
ARCTEC's Icebreaker Feasibility Design Computer Model simulates the interactive ship design process given the owner require-

ments as input, and has been used in preliminary design of a Class 10 LNG tanker.



ARCTEC has terminal links with several major computer bureaux as well as an in-house HP9845T mini-computer. Another important tool used by ARCTEC is the hybrid computer shown below, which finds application in pure analogue or full hybrid simulation or in a variety of data processing and analysis requirements.

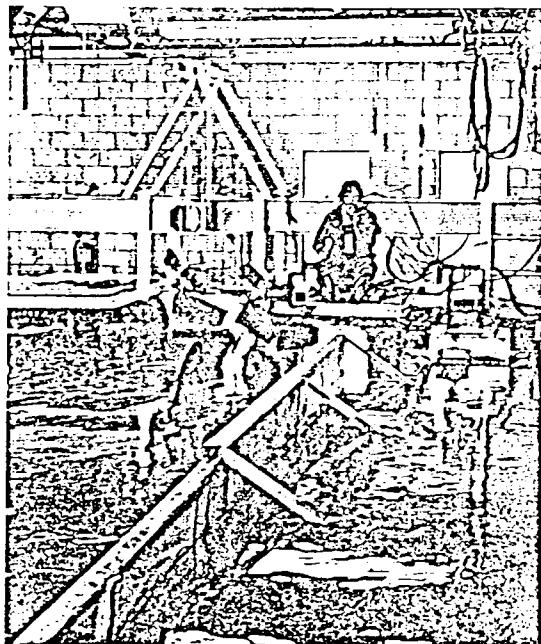
NRC Hybrid Computer



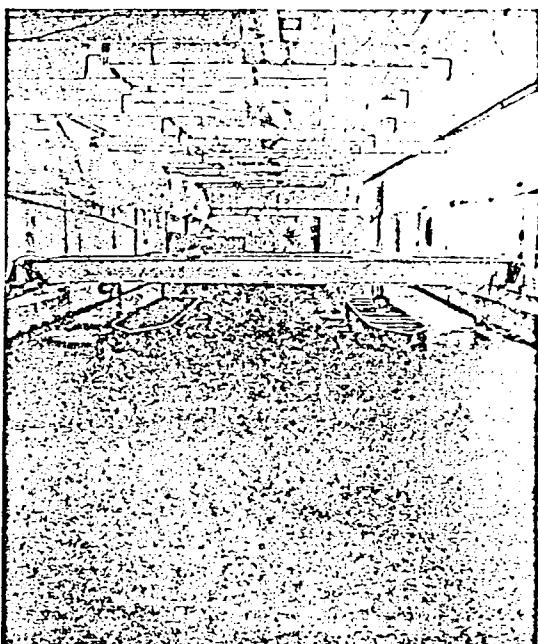
The Laboratory Facilities

ARCTEC CANADA LIMITED operates world class ice modelling facilities. Our laboratories include lowing basins using a patented saline ice system and a proprietary synthetic ice modelling system, and scientific cold rooms for producing and testing samples of natural ice of controlled properties, and for environmental testing of equipment and components.

In addition to simulating level ice conditions for the estimate of ship level ice resistance, ARCTEC has modelled many different ice features such as ridges (first and multi-year), refrozen channels, rubble fields, floes and pressure ice fields.



Seakeeping tests in the hydraulic basin



Saline ice basin

About the Company

ARCTEC CANADA LIMITED provides applied research, development and engineering services in Arctic and Cold Regions Technology, Marine Technology and in support of resources and transportation industries.

The Company has facilities and experience in conducting laboratory experiments, field trials and analytical investigations.

Since its incorporation in 1973 ARCTEC has grown steadily, opening its Kanata laboratory in 1977 and a Calgary Office in 1980. Between 50% and 150% of its earnings have been reinvested annually in improving the physical plant and developing a competent staff of engineers, scientists and technicians. The inventory of electronic instrumentation and field equipment is constantly being augmented and improved.

This continual growth of staff and heavy investment in facilities testifies to our commitment to provide a stable source of Arctic technological development to our clients.

ARCTEC CANADA LIMITED is affiliated with the following companies:

- SNC Group,
Montréal, Québec
— Civil Engineering,
Project Management
- ARCTEC Incorporated
Columbia, Maryland
— Arctic R&D
- Offshore Technology
Corporation
Escondido, California
— Environmental testing of
ocean structures and
vessels at model scale

ARCTEC CANADA LIMITED has two locations:

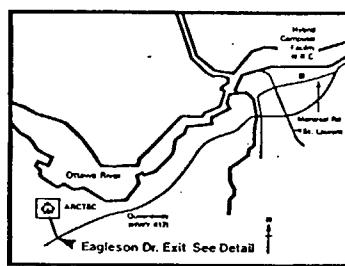
Ottawa Office and Laboratory

311 Leggett Drive
Kanata, Ontario
K2K 1Z8
(613) 592-2830
Telex: 053-4730

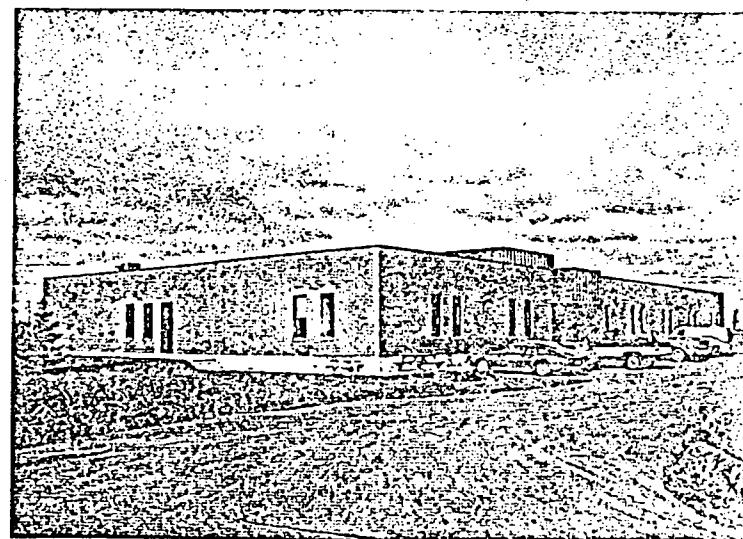
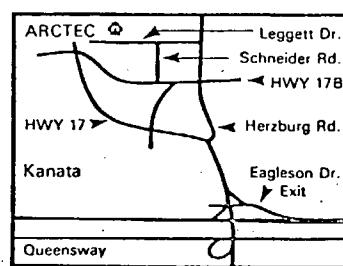
Calgary Office

No. 14-6120 11th Street, S.E.
Calgary, Alberta
T2H 2L7
(403) 255-5595
Telex: 03-82 1972

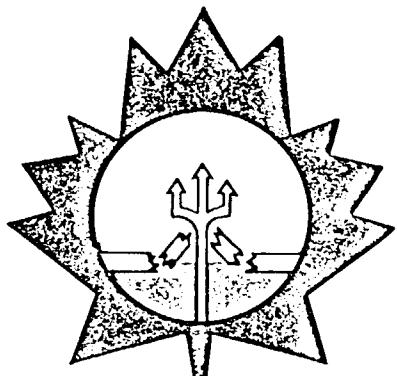
Kanata location



Detail



Design: Hewson-Bridge Associates Ltd., Ottawa



Volume 4 Number 1
May, 1981

ICE TECH '81 ISSUE

ice news canada

Published by ARCTEC CANADA LIMITED

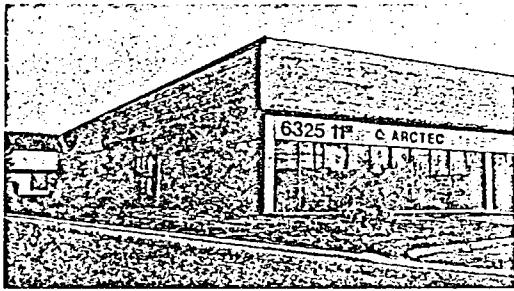
311 Leggett Drive, Kanata, Ontario K2K 1Z8

and

16 - 6325, 11th Street S.E., Calgary, Alberta, T2H 2L6

NEW SYNTHETIC ICE LAB FOR CALGARY

ARCTEC Opens Expanded Offices



ARCTEC's new 11th street offices.

ARCTEC began thinking about moving to Calgary more than five years ago. With so much of Arctic activity being controlled from there, it was the logical place to have an office. The office was opened in January of 1980, with three employees. Now, in June of 1981, as the Calgary staff approaches twenty, another ARCTEC milestone has been reached: the new Calgary Polar Engineering Laboratory.

The major feature of the Polar Engineering Lab is the new Model Ice Test Basin which incorporates many design improvements resulting from ten years of ice basin experience.

Some of the features of the new tank, located at 16-6325 11th Street S.E., Calgary, are:

- *Length 100 ft (30m)
- *Width 24 ft (7.3m)
- *Depth 4 ft (1.2m)
- *Control room and electronics shop which overlook the tank from a second storey;
- *Synthetic ice production double boiler is an integral part of the test tank, which allows for easier and more consistent ice production;
- *Large size allows for greater variety of testing;
- *10 HP carriage drive system;
- *Wavemaking facilities of ice/wave/structure interaction studies.

In recent years there has been considerable interest in ice forces on offshore structures and in ships and floating structures of specialized design. The new lab will tend to specialize in this area. The properties of ARCTEC CANADA's synthetic model ice will be ideal for this purpose since ability to simulate crushing more realistically than other types of model ice can be important for offshore structures such as man-made islands or moored platforms. The new basin will be a focal point for the further development of synthetic and model ice and related testing.

The first test program, a floating Arctic offshore exploration platform, began immediately upon commissioning of the basin. ARCTEC CANADA are gratified that their perception of a need for the new basin in the Arctic Offshore Capital of the World is certainly proving to be true.

Although the ice basin is a major part of the Polar Engineering Lab other activities are underway, including the development and testing of a variety of ice force sensing panels for Beaufort Sea offshore structure. Development is also underway on a computer simulation of ice protection concepts while our remote sensing specialists are busy analyzing shipping routes in the Northwest Passage. ARCTEC extends a cordial invitation to all our clients and associates to visit the new Calgary facility. We believe it is worth seeing!



A view of the new ice basin.

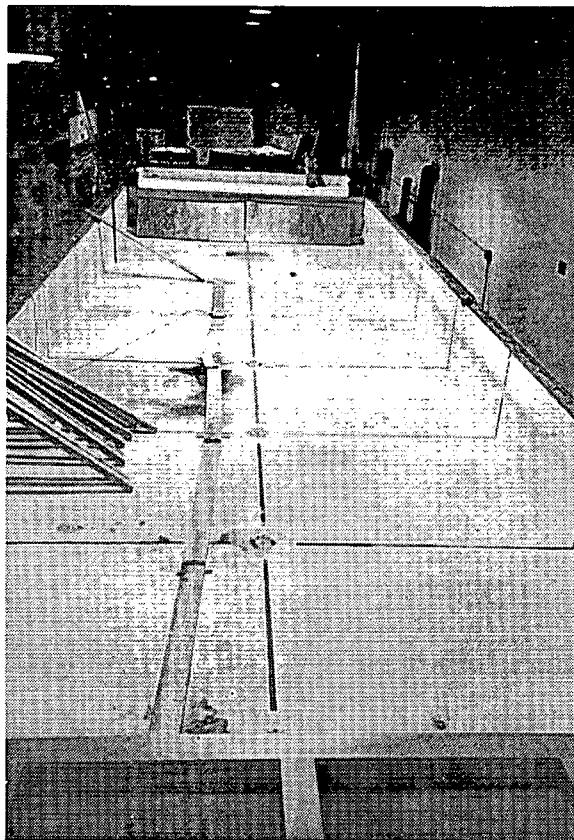


写真 1.1 氷 海 水 槽

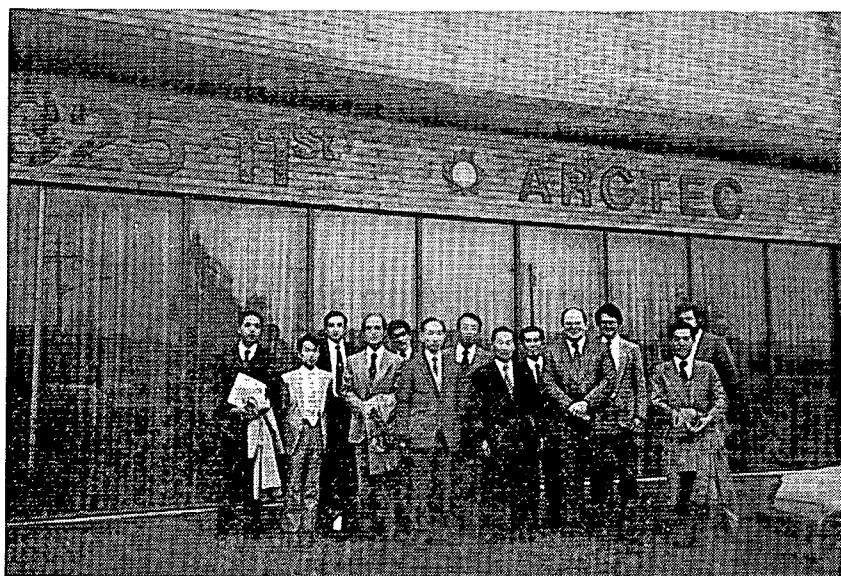


写真 1.2 ARCTEC CANADA Calgary 事務所前にて

2. DOME PETROLEUM LTD.

333-7th Avenue S.W., Calgary, Alberta T2P 2H8

2.1 訪問先概要

2.1.1 歴史

1950年：設立

1978年：TRANS CANADA PIPELINESの単独最大株主(シェア48%)

SIEBENS OIL GASの資産76%取得

1979年：MESA PETROLEUMのカナダ国内の石油・ガス資産買取

1980年：KAISER RESOURCESの石油・ガス資産買取

1981年：DOME CANADA設立

2.1.2 主要業務

- ・石油・天然ガスの開発・生産
- ・Pipeline Transportation
- ・金などの採掘
- ・APP(Arctic Pilot Project)
- ・AERP(Arctic Exploration Research Program)
- ・BSRP(Beaufort Sea Research Program)

1980年の純利益 2億8,700万ドルを達成。

従業員数 1,600人

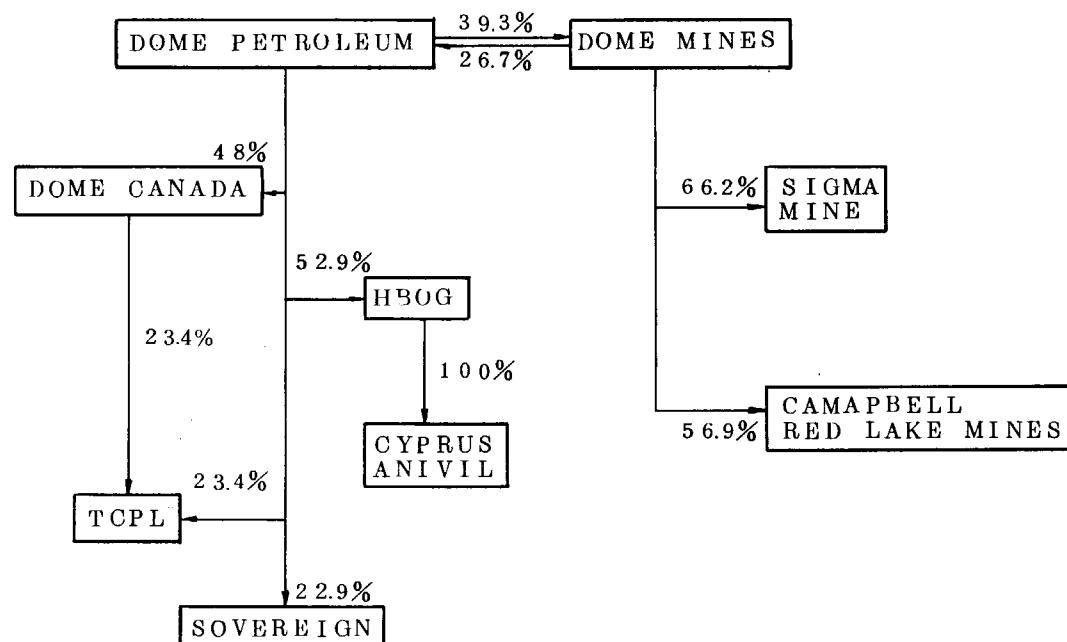
その主たる操業地域は、

- (1) ボーフォート海
- (2) 北極諸島
- (3) カナダ東海岸
- (4) カナダ西部

である。

2.1.3 DOME関連会社

DOME及び関連会社間のシェアを下図に示す。



2.2 訪問日時

1981年10月13日 14時～16時 於 Four Seasons Hotel

2.3 面談者

Mr. R. W. Lancaster (Executive Assistant to the Senior Vice President)
Mr. Mike Cogut (Manager, Japanese Business Relations)
Mr. A. E. Huntley (Assistant Manager, Japanese Business Relations)
Mr. Gordon D. Kelly (Manager, Corporate Economics)
Mr. Peter G. Barr (Corporate Economics)

2.4 訪問者

調査団全員

2.5 経過

調査団は初めDOMEのポートフォート海での開発状況視察の依頼をしたが、断わられたいきさつがある。

当日はDOMEより日本側調査団の宿舎であるFour Seasons Hotel の会議室へ出向いていたとき、スライド及び映画で会社の概要説明及び石油・ガス開発状況の現状説明を受けるにとどまり、日本側の質問事項に対する質疑応答の時間はなかった。

なお、当日はDOMEの技術関係社は公用のため出席しなかった。

2.6 内容

以下にDOMEの操業内容を記す。

(1) ポーフォート海

ポーフォート海のカナダ領域での石油とガスのポテンシャルは950億バレルと目されている。この海域の鉱区は、東西300マイル×南北200マイルの面積を有し、ESSOが南側半分をDOMEが北側半分を所有している。両社鉱区の間にGULF CANADA, SHELLなどの鉱区が入り混んでいる。

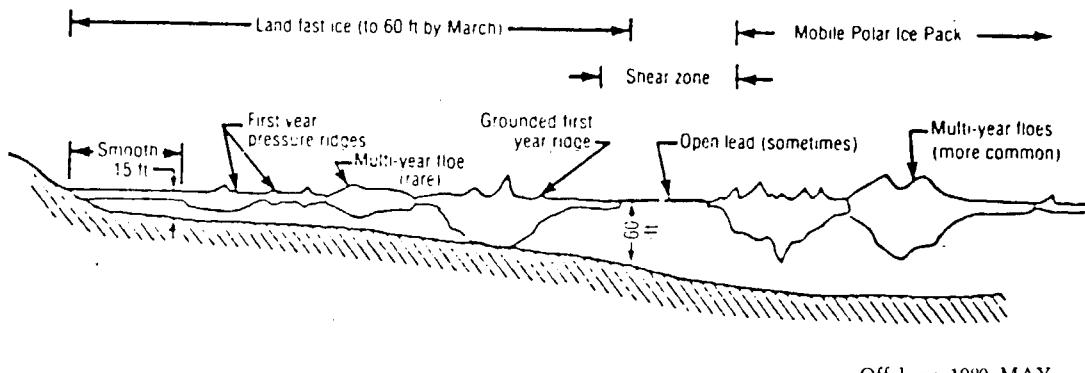
ポーフォート海の氷の状況は陸から沖に向かって順に、Land First Ice Zone, Shear Zone それとPolar Ice Pack Zoneに区別される。(図2.1参照)

Land Fast Ice Zoneは水深約60フィートまでの区域で、15フィートの水深までは平坦氷が主で、それより外海ではFirst Year Pressure RidgeやGrounded First Year Ridgeがあり、まれにMulti-year Floeが存在する。Land Fast Ice Zoneの氷はほとんど移動しない。水深60フィート以深ではMulti-year Floeを主体とした、いわゆるMobile Polar Ice Pack Zoneとなり氷の動きも激しい。この2Zoneの境目がActive Shear Zoneと呼ばれる海域で、ここにはしばしばOpen Leadが存在する。

DOMEのこの海域の開発活動のベースキャンプは、Tuktoyaktukにおかれている。(図2.2参照)

これまでのDOMEの開発状況をまとめると、下記のようになる。

1976年	Tigmiark	天然ガス発見
77	Ukalerik	"
	Nektoralik	石油と天然ガス発見
78	Kopanoar	"
79	Nerlerk	石油発見
	Tarsiut	"
		1980年も継続して試掘



Offshsre 1980 MAY

図 2.1 Beaufort Sea Ice Features

となっており、この他に多数の掘削予定鉱区を有し試掘が継続されている。これまでに 12 井を試掘し 5 石油井と 2 ガス井を掘り当てた。4 井は部分的に試掘したのみで、ただ 1 井がドライウェルだった。このうち有望視されている Tarsiut では Caisson-Retained の人工島をつくり、1981~82 年の冬期の掘削を目指している。また Kaghulik にも 1982 年に人工島が建設される予定である。

更に Kopanoar では Step-out Well を用いて地層のテストが行われているが、最近の予測では 10 億バレル以上の埋蔵量は固いといわれている。1990 年には 5 石油井と 3 ガス井の合計で 140 億バレル（石油相当量）が見込まれている（注：ガスは石油に換算）。

DOME は 26 隻の船団を有し（これらの合計建造コストは 4 億 5 千万ドルといわれる）、Canmar (CANADIAN MARINE DRILLING LTD.) が試掘活動をひきうけている。試掘期間は夏場の 4 ヶ月に限られ、砕氷サプライボート KIGORIAK 号の支援をうけながら、4 隻のドリルシップと 9 隻の砕氷サプライボート、それに 3 隻の凌澌船が活躍する（1990 年までには少なくとも 70 隻の船が必要であるという）。これらの船はマッキンレー湾を基地としており、ここは 360 人の要員が駐在しており冬期のサプライ基地の役目を果す。

1990 年の DOME の探鉱にかける費用は 440 億ドルになる見込みである。このうち 250 億ドルが石油開発に使われる。この中には Barge Mounted の Drilling Production 設備 (APLA) の建造費や砕氷タンカー (IBT) の建造費も含まれる。（図 2.3、2.4 参照）

天然ガス開発には 150 億ドルが使われ、生産設備の建造やマッケンジーデルタから南方、東方カナダや米国へガスを輸送するパイプラインの建造費などが含まれている。残りの 40 億ドルが探鉱に回される。生産量は 1995 年には 100 万バレル／日になるという。

（DOME 鉱区以外は、陸地や水深の浅い海域（水深 20 m 程度）で、ここでは ESSO, GULF, SHELL が共同で 7.5 兆立方フィートのガスと 5 億バレルの石油の埋蔵量を確認した。一方、米国側では EXXON 及び SOHIO が人工島をつくり試掘活動をしている。）

ポートフォート海の石油をカナダの東岸へ輸送する手段として、DOME の案として砕氷タンカー (IBT: Ice Breaking Tanker) を用いることを考えている。このタンカーは 20 万 DWT、15 万馬力、船速は 18 ノット (Open Water)、6 ノット (10 Feet Ice Thick) であり、タンカー 1 隻当たり 16 航海／年、5 万バレル／日の輸送計画をしている。（図 2.4 参照）

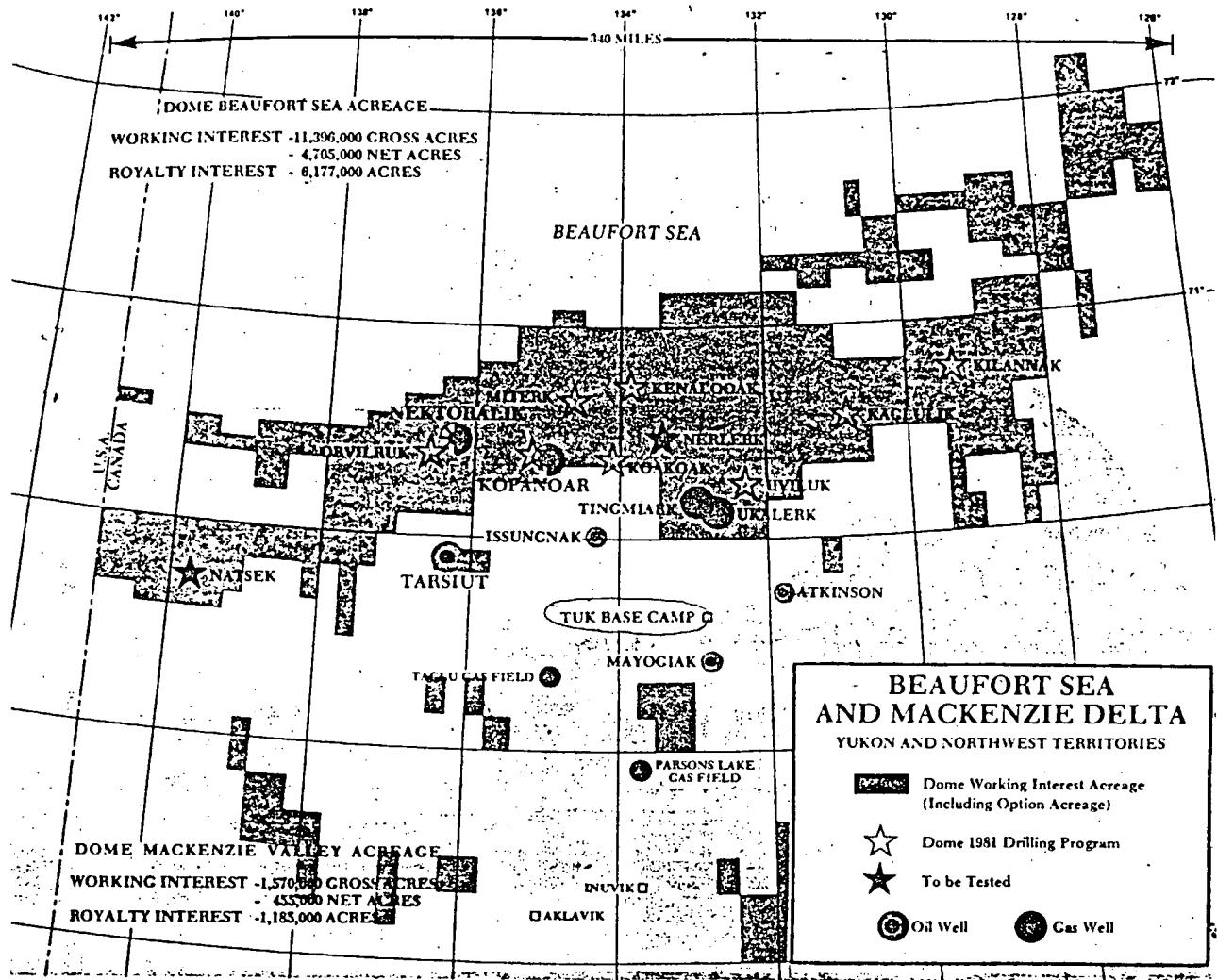


图 2.2

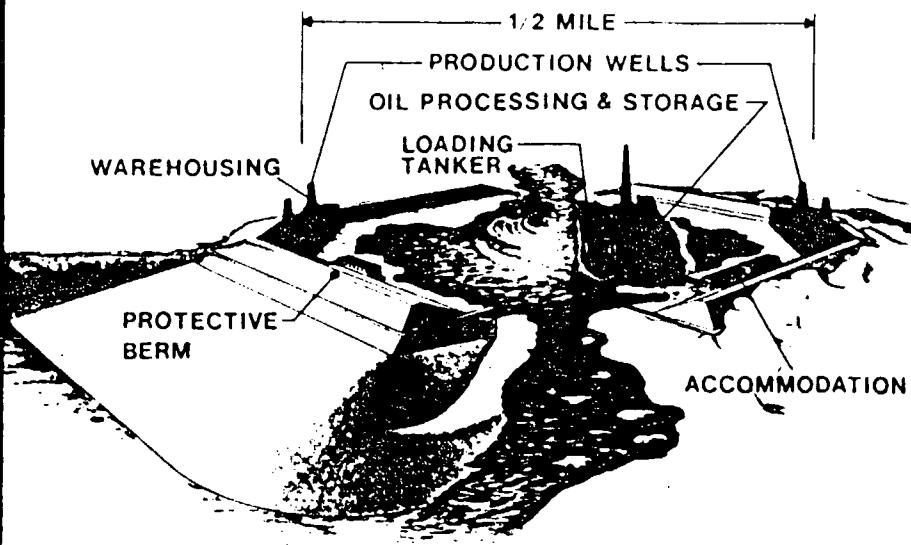


图 2.3 ARCTIC PRODUCTION AND LOADING ATOLL
(APLA)

COMPARISON OF CONVENTIONAL TANKER VS IBT

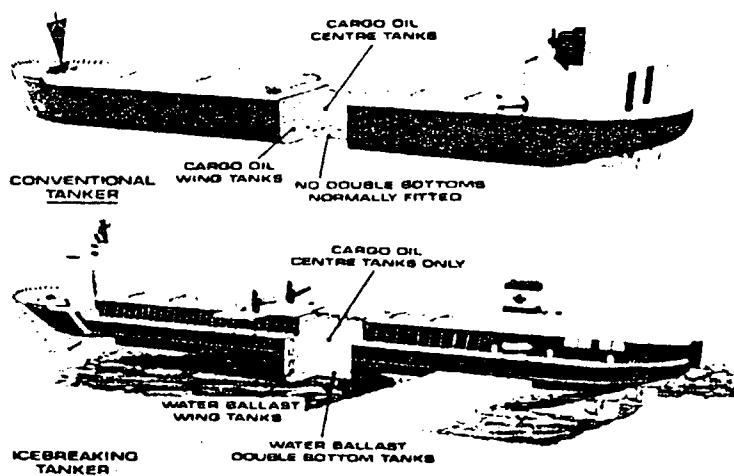


图 2.4

また、ドリルシップへ物資を供給するための砕氷サプライボート（Supplier 9）や、人工島建造用のSuper Dredgerなども建造が予定されている。（図2.5参照）

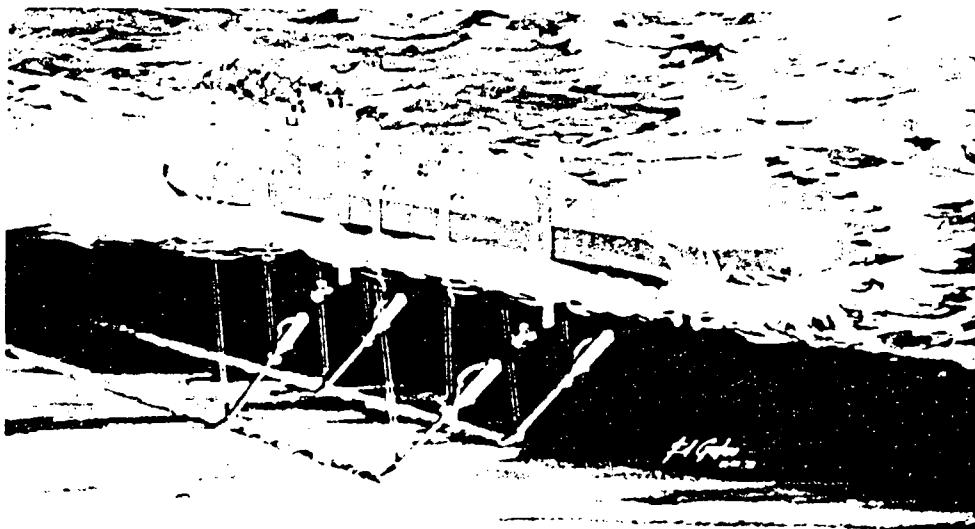


図2.5

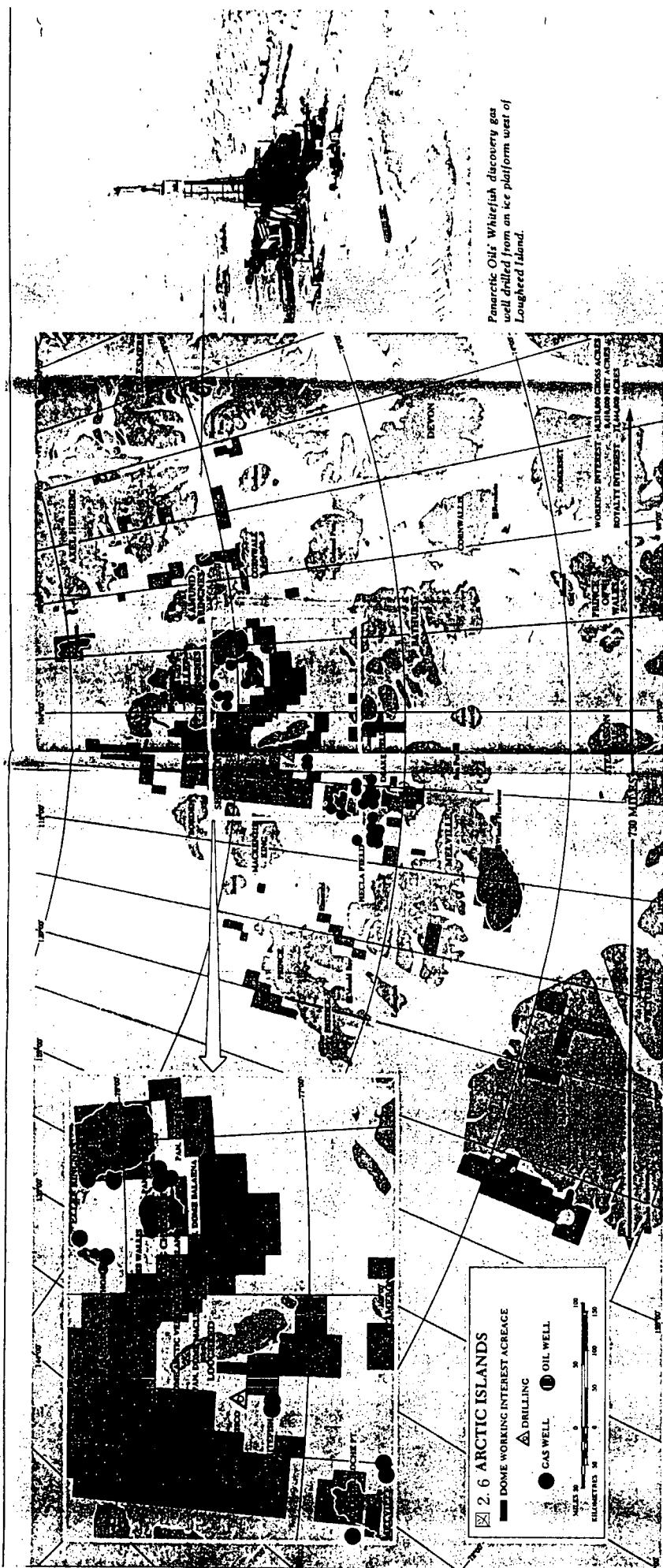
DOMEは1981年度のAERP-KIGORIAK Research Programを4回に分けて実施している。これには日本の北極石油㈱と造船各社が参加している。試験内容は、結氷の始まったポート海でのKIGORIAK号による水路開設、ラミングテスト、氷状調査、旋回試験、その他である。

また、KIGORIAK号の船首部外板に歪ゲージ約60個をはり、氷の圧力などの計測も行っている。更に、DOMEはBSRPにも参加するよう日本に要請したが、日本側は現在のところ断わっている。

(2) 北極諸島

この地域の石油のポテンシャルは720億バレル（ガスも石油に換算されている）と目されている。1967～1970年までPANARCTICの操業会社を担当し、1972年に初の試掘井を掘った。試掘は地上又は氷で作ったプラットフォームより行われる。これまでに20兆立方フィートが確認されている。最近の探査でWhitefishにて多量のガスがあることがわかった。更に、Cisco, Maclean, Skateでガス田と有望な油田が発見された。また、現在は20以上の有望地域の探査に参加している。（図2.6参照）

Melville島のDrake Point Field及びHecla Fieldから最終的にカナダの東海岸へ、LNGを輸送するAPPが1986年を目指して進行中である。



Dome's acreage holdings in this area at year-end amounted to 16,318,000 gross acres (9,410,000 net acres) in addition to the Company's approximate 9% interest in Panarctic's 45 million gross acres.

In addition, Panarctic tested non-commercial oil and gas at Balena and has estimated total marketable gas reserves of 377 bcf at Char. Both Balena and Char were drilled from ice islands on Dome interest lands 17 miles southeast of King Christian Island during the 1979-80 winter. Dome

has a 25% working interest, a 12.5% preferred net carried interest and a 2.5/8 overriding royalty on the reserves at Char.

Dome has a similar interest in a number of comparable geological structures on adjoining permit blocks totalling in excess of five million acres.

80 and Panarctic Dome MacLean 1-72, 10 miles east of Longfellow Island. Panarctic Oils as operator, announced March 10, 1981, an oil discovery at Skate with a flow rate of 775 bpd. Dome's interest in adjoining lands which comprise 2/3 of the structure includes a 25% working interest, a 12.5% preferred net carried interest and a 2.5/8 overriding royalty, equivalent to at least 50% of the economic value.

The Company participated, during the 1980-81 winter drilling season, in two additional offshore ice island wells: Panarctic Dome Skate B-

A P Pは次の部門に分かれている。

	Owner Ship
1. Natural Gas Field (Drake Point, Hecla, etc)	PANARCTIC OILS LTD.
2. Pipeline 160 Km (Gas Field → LNG Site)	Arctic Pilot Project
3. LNG Site	"
4. Marine Transportation	"
5. Southern Receiving Terminal Trans Canada Pipelines	

DOMEはこのプロジェクトに対する出資率は20%である。稼動は1990年代中頃となろう。

○カナダ政府の政策

カナダは現在需要の30%に当る45万バレル/日の石油を輸入しており、国内産石油は先ず国内需要を満たすのにまわされ、余った分を輸出する。一方、ガスは余っているので輸出されよう。

価格は輸送費にもよるが、世界市場価格を見て決められよう。

(3) 東海岸

この地域の石油ポテンシャルは、1,150億バーレル（ガスも含む）とカナダで一番大きい。この地域で問題となるのは、グリーンランド方面からラプラドール海流に乗って南下する、平均的には年間

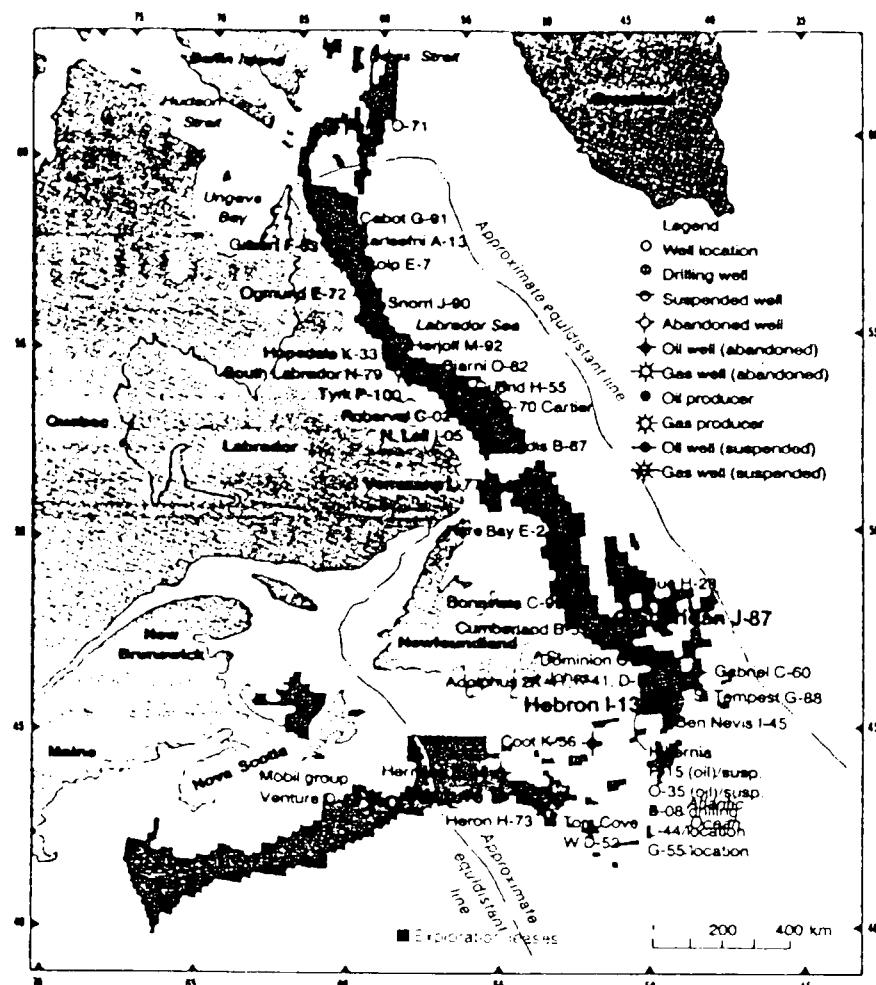


図 2.7

15,000個に達する氷山である。これらのほとんどは南下途中で着底するが、400個程度は北緯48度まで達する。中には100万トンをこす重量のものや、数十マイルの長さの氷板となるケースもある。最近の主要な石油の発見はHibernia, Hebronであり、ガスではSable島の近辺である。（図2.7参照）

これまでに40の石油井、12のガス井が掘削されている。今後の探査は連邦政府と州政府の政治的問題にかかっている。

(4) カナダ西部

この地区の石油とガスのボテンシャルは石油に換算して680億バレルと言われている。サスカチュワン州中西部、アルバータ州のLittle Bow, Highvale Deep Basinを中心とし、1979年までに69の試掘井を掘削し、19の石油井と28のガス井が完成されている。また、1980年には60の石油井と172のガス井が発見された。この地区的ガスはエドモントンからTranscanada PipelineやGreat Lakes Pipelineで、東部カナダや米国の五大湖周辺地域に送られている。また、米国西海岸へもPacific Gas & Electric Pipelineを通して供給されている。

アラスカガス輸送のためのパイプラインがいくつか提案されているが、カナダではマッケンジーデルタからMcKenzie Valley Pipeline（提案されているパイプラインのひとつ）を通じて既存のAlberta Gas Trunk Lineに連結するコースが最も可能性が高いという。更に北極諸島のガスをPolar Gas Pipeline（提案中）で輸送し、既存のパイプライン網に連結する計画もあるが、現在のところLNGタンカー輸送(APP)の方が有力である。なお、パイプラインについては図2.8参照。



図2.8

2.7 感 想

カナダのボーフォート海、北極諸島及びカナダ西部で石油、ガスの開発のリーダーシップを取っているDOMEであるだけに、サイトとまではいかなくとも、せめてTuk Base CampやMackinley Bayの見学をさせてほしい気がした。

今回はホテルの会議室でカタログを配布し、スライドと映画でDOMEの概要説明をうけただけにとどまったのが多少残念であった。今後、また機会があったら是非見学したいものである。

2.8 入手資料及び参考文献リスト

(1) 入 手 資 料

1. DOME PETROLEUM LIMITED 1980 Annual Report
2. North America's Potential to Stabilize the World Energy Supply

(2) 参 考 文 献

- | | |
|-------------------|-----------|
| 1. Offshore | May 1980 |
| 2. Ocean Industry | June 1981 |

3. PANARCTIC OILS LTD.

703 6th Avenue South West,
Calgary, Alberta T2P OT9

3.1 訪問先の概要

1968年に設立された北極諸島における石油資源開発事業会社(Operator)であつて、PETRO CANADA(国有企业)が約50%の株を持つ半官半民の会社である。同社鉱区内に既に大ガス田を発見し、近年石油も発見されているが、輸送の問題が未解決のため生産に入っていない。従つて、設立以来13年間ビジネスがない。従業員数157名(1980年)、うち45名を現地のSupervisorとして派遣している。

3.2 訪問日時

1981年10月14日 14時～16時

3.3 面談者

Dr. Chas. R. Hetherington,	President & Chief Executive Officer
Mr. Lindsay J. Franklin,	Vice President, Operation
Mr. K. Grey Alexander,	Manager, Oil & Gas Transportation
Ms. Kathryn Cooper,	Manager of Public Relations

3.4 経過

同社会議室にて、先ずDr. Hetheringtonより北極圏における石油開発の歴史と現状について、スライドを用いた説明があり、次に当方の質問状に対する回答が述べられ質疑を行った。

3.5 内容

(1) 北極圏における石油開発

北アメリカの北極海はアラスカのノーススロープからマッケンジーデルタ、ボーフォート海を経て北極諸島とその東部に至る約5,000kmの長さを持つ。

(a) ア拉斯カ

ノーススロープに巨大なブルドーベイ石油・ガス田が発見されたのは1967年で、その埋蔵量は石油100億バレル(16億m³)、ガス26兆立方フィート(7,500億m³)と推定されている。この輸送には、North West Passage経由の船舶輸送が考えられ、巨大タンカーをIce Class 4の砕氷船に改造されたManhattan号による歴史的な航海が行われた。North West Passageの氷状は通常6～7フィートの平坦氷と30フィートを越える氷丘脈があり、Manhattan号の航海は技術的には成功であったし、大量のデータが得られた。

しかしながら、実際にはガスはアラスカ南部へパイプ輸送され、そこから太平洋を船舶輸送されることになった。ところが、パイプライン建設直前になって、突然環境保護論者が異を唱え、政府内部でも調査を始めることになり、建設は中止させられた。結局、計画は10年遅れ、しかも当初見積りの10倍の費用を要して完成したが、国内のエネルギー不足にも拘らず、このガスの供給は経済的に成立しないものとなってしまった。

ブルドー湾の井戸は陸上から傾斜掘りされている。この地域の気象は長い冬の間厳しいが、一方、夏の4ヶ月は暖く、永久凍土は解け、陸上は交通不能となる。幸運にも砂利が得られるところから、

砂利のバッドを作つて、そこから傾斜堀りされている。また、バッド同志が幅の広い砂利道で結ばれ、その道を車で移動できる様な特殊な掘削リグが開発されている。

アラスカの有望な構造はボーフォート海に向つて拡がつており、井戸のいくつかは浅海に Ice Island を作り、そこから掘られている。

(b) マッケンジーデルタ／ボーフォート海

マッケンジーデルタは最初陸上から探査され、約 6 兆立方フィート (1,700 億 m³) のガスと僅かな油の微候が認められた。油層はノーススロープのそれと同一で、ボーフォート海に向つて数百マイルも拡がつてゐる。

ボーフォート海は浅く、氷は Polar Pack Ice の一部である。この氷は時計まわりに回転しており、1 日数 Km 移動するが、この動きを防ぐ方法はない。氷はこの回転力と強風との影響で動く時、海底を掘削し、ある場所では 20 m もの深さに達することもある。IMPERIAL OIL は、この大きな力に対抗するものとして、浅海に浚渫土砂又は砂利を用いて大きな人工島を建設した。埋立材料は海上をトラック輸送され、海中に投棄される方法が最も望ましい建設法の様に思えるが、この方法は時間と費用がかかり、もし強い嵐が完成前に来襲すると島は流失してしまうであろうし、流失しないとしても総費用は 2,500 万ドル以上必要である。

ボーフォート海の沖合、水深約 100 フィートの所で掘削するシステムを DOME が開発したが、これは開氷期又は軽い氷象においてのみ使用できる。このシステムは強力な砕氷船と耐氷支援船によつて支援された耐氷掘削船によるものである。DOME の所有する砕氷船 KIGORIAK 号は、世界で最も進歩した設計であると思われ、公称 Ice Class 4 であるが、6 ~ 7 フィートの平坦氷中を常時航海でき、30 フィートを越える氷丘脈も突破できる。

マッケンジーデルタの氷は 6 月に解け始める。掘削船は 7 月に現場に移動し、通常 9 月から 10 月初頭まで操業できるので、年間掘削期間は約 90 日となる。この高価な設備と短い作業期間の為に、井戸は非常に高価であり、一本当たり 5,000 万ドル以上となる。堆積層は非常に深い所に存在するので一本の井戸の掘削と調査に 2 期必要であり、開発には時間を要する。にも拘らず、DOME は高い成功率を報じ、大量のガスと石油の発見を発表している。油は砕氷タンカーでボーフォート海から出荷され、ガスも液化されて船舶輸送することが計画されている。氷荷重に十分耐え得る程強固な通年生産と船積みが可能な巨大な生産プラットフォームの建設が計画されている。

(c) 北極諸島

北極諸島は Calgary (Alberta) 又は Winnipeg (Manitoba) から北へ約 3,000 Km の所にあり、気候は厳しく、年間降水量僅か 6 ~ 12 cm で凍った砂漠と言える。陸地は深さ 1 Km まで凍つており、夏のほんの短い期間、上層の 30 cm 程が解けて通行不能に近くなる。最東部の島を除き、ほぼ平坦で植物はほとんど目につかず、石油開発地域には住民はない。冬には 3 ヶ月の暗闇と -50 °C に達する低温があり、夏には 24 時間太陽が輝き、気温は 0 ~ 15 °C に上昇する。8 月下旬から 9 月上旬にかけてのほんの短い期間、海は部分的に砕氷船に護衛された耐氷船の航海が可能となる。航路はカナダ東岸から Viscount Melville Sound を通つて Melville 島まで約 6,000 Km である。これ以外の時期、北極諸島への接近は空路によるほかない。

PANARCTIC OILS は、この地に利権を有する石油会社及び自社の為の開発を行つており、過去十余年、この遠隔の荒涼の地における通年操業の方法について知識を得てきた。

北緯 72° - 21' の Melville 島、Rea Point に大規模な基地を保持し、8 月下旬から 9 月上旬の短期間に貨物船が、補給品、パイプ、ケーソング、セメント、火薬、その他その年の掘削に必要な重量のある資機材の総てを運び込み、また、耐氷タンカーが燃料を届ける。補給計画と資材計画は効率的な操業に最も重要である。

9月に海面が凍結し始めると、リグがHercules貨物飛行機により移動され、同じく燃料と補給品が現場に輸送される。翌年の掘削場所を選定する為、地震探査が行われるが、この為の機器とキャンプは移動式である。一旦、リグとキャンプとその関連設備が現場に到着すると、そこは飛行機による補給線のみによって維持される独立した存在となる。大型リグの場合には2日半毎にHercules機によるディーゼル油の補給が必要である。作業員は12時間労働で、14日間連続勤務したら、7日間エドモントンに帰って休暇となる。

これらの作業員の交代と食料品の補給は、各現場に建設された滑走路に着陸するBoeing 727貨客混載機によって行われる。また、De Havilland Twin Otterが各島の間に就航し、小人数の作業員や少量の補給品を輸送している。これ迄に克服してきた多くの問題のうち、典型的なものは掘削用及び生活用の水をどの様にして得るかである。永久凍土は深く、その下迄堀った井戸から出る水は塩気があり、短い夏を除けば地表に水はなく、深い湖もほとんどない。従って、Hercules機で運んだディーゼル油で雪を解かして水を得るが、吹溜り以外には多くの雪はなく、或る現場では海水を逆浸透法装置で淡水化している。

現在迄に発見されたガス埋蔵量の大部分は海水の下にある。北極諸島の陸地部分は有望地域の1/4を占めるに過ぎないので、多くの未掘削有望地が海洋に存在する。既に発見されたガス田の海洋部分を評価する必要と、地震探査で確認した地層を調べる必要から、海洋掘削法を開発することが要求される。

過去7年間、PANARCTICは人工的に増厚された氷上に改造された陸上用リグを建てて海洋掘削を行う技術を開発し、掘削は沖合60km、水深300mの地に迄拡がってきている。真夏には部分的に開水面ができ、この期間海水はかなり移動する。PANARCTICは過去10年間、北極諸島海域の氷の動きを計測してきた。現在、この動きは人工衛星を利用して計測されている。氷プラットフォームからの掘削では氷の移動は水深の5%程度は許容される。氷の水平移動が少いことと、水深が深いことが北極諸島のポートホート海、アラスカ沖と異なる特長である。11月から6月迄は島が氷を固定し、氷プラットフォーム法による掘削が可能となる。

氷に孔をあけ、水を氷表面に汲み上げてスケートリンクを作る様に凍らせる。大型リグ用には直径175m、厚さは中心部で7m必要である。氷プラットフォームが完成すると、リグがHercules機で運び込まれる。リグはセミサブリグと同様に、マリンライザが海底面上のBOPに接続されて掘削を行う。海底BOPは大きく海底に降すため、リグのサブストラクチャに特殊なハンドリング装置が必要である。海洋の試掘井及び評価井は調査が終ると放棄される。

北極諸島のガス埋蔵量の多くは海洋にあるので、これらが経済的に生産できることを示すために、海底仕上げの技術を開発する必要があると考えられ、Melville島の沖合にあるDrake Pointガス井を仕上げ、フローラインで陸上の生産施設に結ぶことに決定した。この計画は“Drake F-76 Offshore Well Completion Project”と呼ばれ、水深500m用として潜水作業なしで行われた。

氷プラットフォームが沖合1km、水深約100mの地点に建設された。フローライン束は工場で製作され、ローラーに巻取られ、海岸に置かれた。パイプを降す孔が氷にあけられ、氷が海底を掘削することからパイプを護るために溝を掘る巨大な鋤が海底を曳かれ、この溝の中にフローライン束が引込まれた。パイプが海底抗口装置に接続されると、リグの所で流送テストが行われ、次にコントロールが陸上の生産設備に移された。テストの結果、流量は7,600万立方フィート/日(220万m³/日)であった。

北極諸島のガス埋蔵量は16兆立方フィート(4,600億m³)で、これを市場へ出荷するために、PETRO CANADAはArctic Pilot Project(APP)を後援しており、2.85億立方フィ

ート／日(800万m³/日)のガスを液化して、Drake Point からクラス7砕氷タンカーで輸送しようと計画している。計画では1986年から出荷開始となっている。カナダで最も強力な砕氷船はクラス4で、計画されているクラス7 LNGタンカーの設計・建造・運航には大きな技術的な飛躍が必要である。APPの認可がカナダ政府に求められており、同時に予備的な研究が行われている。

第2の出荷計画はPolar Gas Project(PGP)で、これは過去7年間研究され、大径パイプラインの建設と操業のための技術と環境保護に対する条件が明らかにされてきた。例えば、厚さ5mまでの氷に溝を切る機械を用いて氷を切り、氷が切られたら水を満たしたタンクを氷の上にのせて荷重をかけ、撓みを計測して建設機械を支持するに十分な強度があるかどうかを調査した。この情報をもとに、パイプラインを氷上のウィンチで引くことにより海底に設置する“Drake F-76 Project”と同様の方法が開発された。

PGPはガスを北極諸島からカナダ大陸を南方へ送るもので、マッケンジーデルタ／ボーフォート海からのガスも取れるよう枝管が東部へも延長されることになる。そして両方面のガスが既存のカナダ国内パイプラインに送られることになる。この計画は1990年代初期に完成されるものと思われる。

メタノールの製造についても研究が行われている。メタノールは自動車用の燃料として、直接使われるか、ガソリン代替品に変換されて使用される。変換効率は液化ガスより悪いが、タンカー輸送が容易なので、もしメタノールが天然ガスより高い価値を持つ自動車燃料として売出せれば、商売の好機が得られるかも知れない。

PANARCTICでは、1980～81年冬期の掘削において、Lougheed島の沖合に3ヶの試掘井を掘り、すべてに油・ガスの徴候を見た。特にCisco B-66は大きな構造の中に入り、200万バーレル以上の油を埋蔵している可能性がある。今年はCiscoに2ヶ、Whitefishに1ヶの評価井を、そして試掘井を2ヶ掘る予定である。

PANARCTICでは、種々の石油輸送法を研究中で、その中には普通のタンカーや潜水タンカーがある。

(2) 質問状に対する回答

(a) PANARCTICの概要

前述

(b) 氷象データ

Rea Point基地で各地の気象・氷象を集約している。氷厚データとして、660フィート毎に穿孔して実測し、数百マイルのデータが集められた。

(c) カナダ政府の政策

カナダは現在、需要の30%に当る45万バーレル／日の石油を輸入しており、石油は先ず国内需要を満たすのに廻され、余った分が輸出されよう。一方、ガスは余っているので輸出できよう。価格は輸送費が問題であるが、世界の市場価格を見て決められるであろう。

(d) 掘削

氷プラットフォームは11月に建設を始め、1～5月が掘削期間であるが、掘削深度が大なる場合、掘削期間が短か過ぎる場合がある。掘削終了後の井戸は、Reentryが不可能なので、翌年続行する訳にいかず放棄される。

最近、氷プラットフォームの中心にウレタンフォームの芯を用いる工法が考案され、氷自体の厚さを感じることができるので、建設期間が短縮され、掘削期間が延長されている。Ice Cutter Semi-Submersible RigをSUNCOR INCと共に開発し、1/16縮尺模型による実験も行ったが実用には至らなかった。

(e) 輸送

生産されたガスをカナダ東岸に船舶輸送しようとする Arctic Pilot Project は早ければ 1986 年に実現するものと期待されているが、その量は多くはならないであろう。

大量輸送はパイプライン輸送によると思われるが、そのための Polar Gas Project は実現迄に 6 ~ 8 年を要し、更に価格政策から稼動は 1990 年代中頃となろう。

輸送用船舶として、GENERAL DYNAMICS が発表した潜水 LNG 船に興味を持っている。

(f) その他

補給品の海上輸送のために、1969 年と 1981 年の 2 度、バージが用いられたが、1969 年には 1 隻を失っており、余り期待できない。

砕氷船には事故がないので、保険料は下る傾向にある。

ASPPR は 3 年前に改正され、その後も検討が加えられているが、構造寸法軽減の方向には反対である。

日本の技術力を高く評価している。

3.6 感想

北極諸島における掘削現場及び基地の見学にあらゆる便宜を図ってくれた上、会合は社長 Dr. Huntington 自身が説明役として応待してくれるなど、極めて好意に満ちた雰囲気の中で行われた。これは同社の日本の技術力に対する期待の表われと思われた。

しかしながら、この海域では最も経済的と言われている氷プラットフォームからの軽量リグによる掘削が技術的に最適であることから、海洋構造物に関する需要は少い。僅かにガスの輸送における APP に基づく砕氷 LNG 船の建造と、将来の砕氷原油タンカーの実現が見込まれる程度で、これとても量的な期待はできない。

但し、潜水タンカーの動向には注意が必要であろう。

3.7 入手資料

1. Address of Chas. R.Hetherington, President and Chief Executive Officer, Panarctic Oils Ltd., Calgary. Alberta, Canada, to Japanese Ice Breaker Mission. October 14, 1981.
Development and Marketing of Arctic Energy Resources.
2. Japanese Ice Breaker Mission

Tour of the Canadian Arctic Islands,
October 15 ~ 16, 1981
 - (1) Itinerary
 - (2) Passenger List
 - (3) Panarctic in the Canadian Arctic Islands
 - (4) Seasons of the Arctic
 - (5) Bases and Staying Areas
 - (6) Sealift
 - (7) De Havilland Otters C-GPAO and C-GPAZ
 - (8) Operations Summary
 - (9) Rigs Operating in the Arctic Islands
 - (10) Drake Point and Hecla Gas Fields
 - (11) Panarctic Drake F-76 Experimental Offshore Completion
 - (12) Geology of the Arctic
 - (13) Panarctic Oils Ltd. 13th Annual Report, 1980
 - (14) Arctic Pilot Project
 - (15) The Polar Gas Pipeline update 1980
3. Exploration Prospects in the Canadian Arctic Islands
4. Getting Along in the Arctic Islands
5. High Arctic Handbook
6. Canada (map)
7. Canadian Arctic Islands (map)

4. Melville 島・Ellef Ringnes 島・King Christian 島ガス・油田開発状況(PANARCTIC OILS LTD.)

4.1 訪問日時、面談者等

(1) 訪問日時

1981年10月15日～10月16日

(2) 面談者

会社名 PANARCTIC OILS LTD.
所在地 703 6th Avenue South West, Calgary, Alberta T2P OT9
(本社) Dr. Chas. R. Hetherington (President)
Mr. Lindsay J. Franklin (Vicepresident Operations)
Mr. K. Grey Alexander (Manager Oil & Gas Transportation)
Ms. Kathryn Cooper (Manager of Public Relations)
(現地サイト) Mr. Don Hunt Toolpunhen E.R.I.Rig A Unit
Mr. Chalie Ross (Construction Supervisor)
..... E.R.I.Rig A Unit
Mr. Molescht (Foreman) Rea Point Base Camp
Mr. Bujiak Edward (Supervisor of Construction)
..... King Christian Is.
Mr. Rene Thom (Air Pilot)
Mr. Ken Mcallister (Air Pilot)

(3) 訪問者

調査団全員

(4) 経過

10月15日(木)

08:00 a.m. B727 チャーター機にて Ellef Ringnes 島向 Edmonton 空港 (PANARCTICの私設) 出発

12:00 noon Ellef Ringnes 島到着

休憩後リグAユニット調査見学

昼食、キャンプ内及び周辺調査

2:00 p.m. 小型飛行機にて King Christian 島向出発

2:30 p.m. King Christian 島到着

Gas Flare Well及びガス放出テスト、周辺概況調査見学

4:15 p.m. 小型飛行機にて Melville 島 Rea Point (PANARCTIC のベースキャンプ) 向 King Christian 島出発

6:00 p.m. Melville 島 Rea Point 到着

10月16日(金)

08:00 a.m. 朝食、調査準備開始

09:00 a.m. Rea Point ベースキャンプ内及び周辺設備等調査見学
昼食後出発便待機

1:00 p.m. B727 チャーター機にて Edmonton 向出発

5:00 p.m. Edmonton 空港到着

(5) 訪問先の概要

PANARCTIC OILS は PETRO CANADA EXPLORATION, CANADIAN NATIONAL OIL を通じて政府が 50% 出資、カナダ民間 29 社が 50% 出資して官民共同で 1966 年設立された。

それ以降 ESSO RESOURCES, GULF OIL, CANADIAN NATIONAL OIL CO., PETRO CANADA と共同で北極諸島の開発を進めてきており、過去 4 年、毎年 8 ~ 10 油井の割で試掘されてきたが 1980 年には、5 油井が完成している。

PANARCTIC の絶えざる努力により Lougheed の東に有る試掘地点で 1981 年末には PANARCTIC 自身の手により新しいリグを所有し試掘出来るようになっている。このリグは既に PANARCTIC が所有している 3 台のリグを補強するもので、1981 年には更に活躍が期待されている。

PANARCTIC が現在進めているガス田の開発地点は次の通りである。

(a) ガス田の開発地点

1. Drake Point and Hecla
2. Thor
3. Kristotler
4. King Christian
5. Tackson Bay
6. Roche Point
7. Whitefish
8. Char
9. Balaena

上記ガス田の分布を図 4.1 に示す。

(b) 保有リグ

PANARCTIC の保有は下記の通りである。

PANARCTIC リグ "A"	Ellef Ringnes 島の陸上で稼動中 (ADECO DRILLING AND ENGINEERING とオペレーション契約)
PANARCTIC リグ "B"	Cameron 島にストック
ADECO ドリリングリグ #4	Banks 島の陸上で稼動中

更に 4 基目のリグを取得中

4.2 調査内容

(1) Melville 島調査準備

(a) 北極圏の自然条件

(i) 冬季

北極地方の冬季温度は太陽が南に移動し地平線に没すると急に下がる。11月初めには北緯 75° 附近は全くの夜の世界となり、2月迄は太陽が見られない。

9 月になると低温故に土が固くなり締まって、道路は通行可能となる。又、貨物輸送用航空機も発着出来るようになる。凍結後の 9 ~ 10 ヶ月間は北極圏はリグ掘削や地震探査で最も活動的なシーズンである。2 月中旬を過ぎると太陽はゆっくりと地平線上を動いて行き、2 月、3 月の間に冬の夜の暗闇が段々と明けてゆく。気温は、-30°C から -40°C が一般的である。



したがって4月、5月になるとHercules機は作業要員の輸送や、又、ドリリングリグの燃料補給で最も忙しくなる。

(ii) 夏季

北緯75°以上の北極圏の夏は短く、又、4月末頃から24時間昼となる。7月、8月の気温は6~7°Cである。8月末頃になって太陽が地平線に沈み始めると昼の世界に変わり始める。

夏は道路は軟らかくなるので掘削活動はスローダウンせざるを得ない。しかし7月以前にリグを活動させておけば、軽飛行機やヘリコプターの採用で夏中掘削作業が続行可能である。

(b) 調査準備

PANARCTICのハンドブックは北極圏に入るサブコン作業者、訪問者達に対して次のような項目について注意をうながしている。

- イ) チェッキングイン
- ロ) 荷物検査
- ハ) 飛行中の安全マナー
- ニ) 降機時の安全マナー
- ホ) 島間の連絡航空機
- ヘ) ヘリコプター
- ト) 爆発物
- チ) 個人の安全
- リ) 基準の遵守
- ヌ) キャンプ規則
- ル) 自動車の運転

特にチ) の項目では着用すべき服装として、フード付のパーカ（部厚いオーバコート）、ブーツ、頭のカバー、手袋等を義務付けている。

我々調査団はフード付パーカはPANARCTICのHetherington社長の御厚意により全員借用させて戴くこととし、他の要具は各々Calgaryにおいて自己調達することとした。

参考迄にこれらの現地購入価格を記しておく（1981年時価）

	(U.S.\$)
Parka (Medium)	285.00.-
Boots	135.00.-
Mittens (手袋)	25.00.-
Winter Liner (内服)	11.00.-
Wind Pants (チャック付ズボン)	36.00.-
Insulates Cover all	56.00.-
Wool Socks	3.00.-

(2) Ellef Ringnes島のリグ

我々調査団一行は、ロッキー山脈が遙か遠方に見えるCalgaryで北極調査の為の防寒具を整えた後、チャーター機が出発するEdmontonに移動した。Calgary~Edmontonの間は飛行時間にして約40分である。

PANARCTICの私設飛行場はEdmonton公共空港に隣接しており、DOME他もこのような形態で使用しているようである。

ここから貨客混載のB727チャーター機で約4時間やや過ぎた頃、窓外に行けども行けども尽きない海氷群を見つづ最初の調査地点Ellef Ringnes島に着陸。キャンプで休憩後リグAの調査見学を行った。

(a) リグA

PANARCTICは氷プラットホーム方式のリグを採用しているので、オフショアの試掘活動はドリリングリグの荷重を支持出来る氷が存在する1月から5月の間に限定される。

PANARCTICは経済性の向上が保てるよう考へて自社リグは、年間を通じて陸上でも海上でも効率的に使えるよう特殊設計を行っている。

リグAは最新のオンショア／オフショア兼用ドリリングリグである。本基は完成組立、テスト終了後、EdmontonからHay河に索引され、次いで1980年12月、最初のサイト、Maclean I-72に運ばれてきた。

(b) リグAの仕様

リグAはPANARCTICのリグBと殆んど類似設計・仕様であるけれども、リグBの稼動経験に基づいて幾つかの改良が加えられている。

(i) S C R 動力方式の採用

リグBに比して4台の大型A.C.発電機により電力が供給されるので、ハーキュリイ機輸送モジュールの個数を減らし得ること。

標準ファンによりエンジンからの熱回収を最も効果的になるよう大型発電機の能力は考えられている。

上記考慮によりリグが必要とする熱量の1/2を省くので全体が相当簡素化され、かつ、効率的なものとなっている。

リグ稼動中又は極端に寒い場合の補充熱量は2台のディーゼル油焚ヒータにより供給される。

(ii) マッド系統

北極圏の使用に耐え、かつ、関連法規も満足。

(iii) サブストラクチュア

7.3mに拡大、かつ、オフショア用ガイドラインワインチの適正配置によりムーンプールへの位置決めが容易。

(iv) 電動BOPハンドリングクレーン

サブストラクチュア下10.4mの所にありテスト位置からBOPスタックをムーンプール迄一体で移動出来るよう46トンのリフティング能力を持たせている。

(v) リグモジュール

リグの主要構成機器は2.1m(幅)×13.4m(長)のスキッドにモジュール化されて搭載。但しリグBについては、氷プラットホームの応力を減少させる為、重量の有る機器は出来るだけサブストラクチュアから離して配置すると共に、全機器を84m×31mの面積上に配置されている。

(vi) 合計重量

1,630t(移動時)

(vii) 剥削能力

3,800m(水深450m)、114mmドリルパイプ使用

(viii) BOP系統

オフショア用標準BOP(346mm、34,500Kpa)は3本のパイプラムによる油井コントロールリング型ブリベント及び、水深の5%迄移動が許容出来るライザボールジョイントで構成されている。406mmの低圧型マリーンライザは一定油圧による簡素な油圧ラム方式によりテンションが掛けられている。これらの特殊仕様のライザー(12.2m長さ×6本)はハーキュリイ機で輸送出来る。



図 4.2 チャーター機 B727

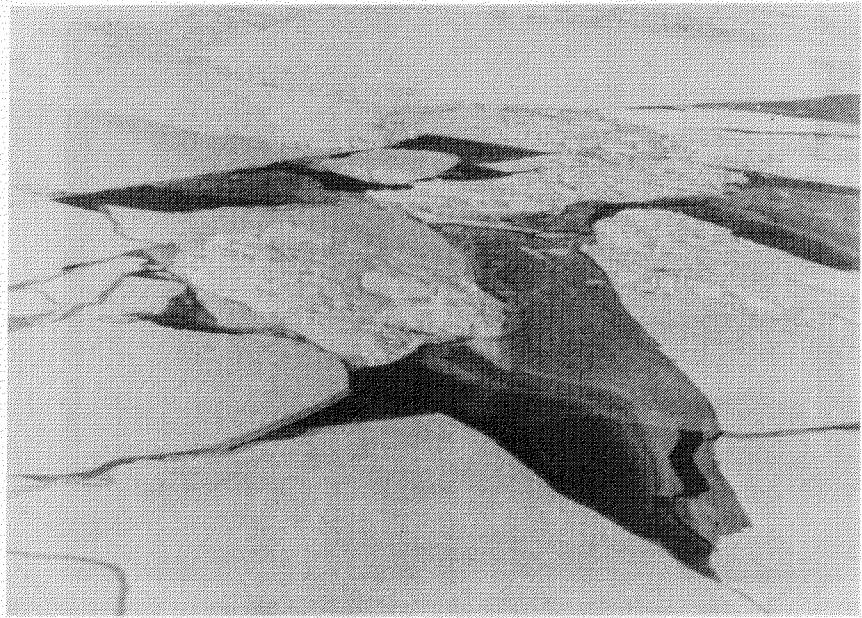


図 4.3 チャーター機より見た海水状況



図 4.4 Ellef Ringnes 島のベースキャンプ全景

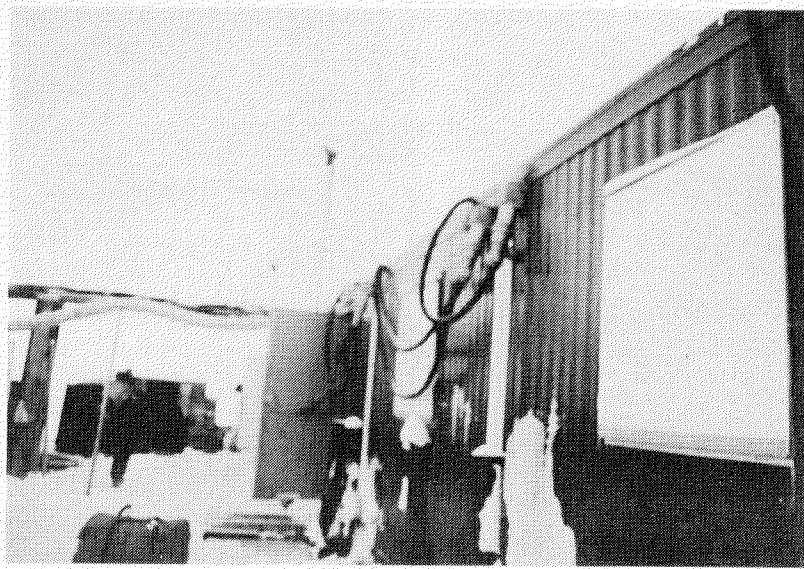


図 4.5 居住設備の外壁面



図 4.6 Ellef Ringnes 島のリグ A 全景



図 4.7 リグ A 周辺のパイプ置場

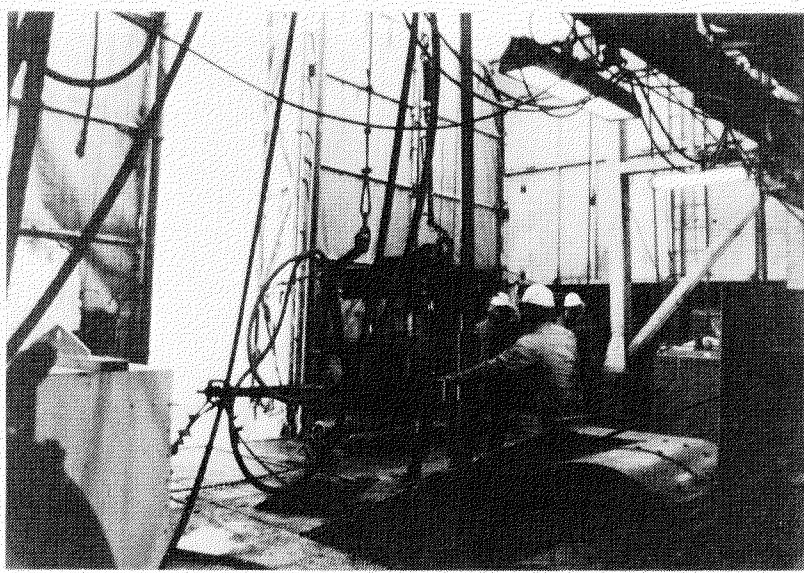


図 4.8 リグ A のドリルフロア作業状況

ICE PLATFORM DRILLING RIG

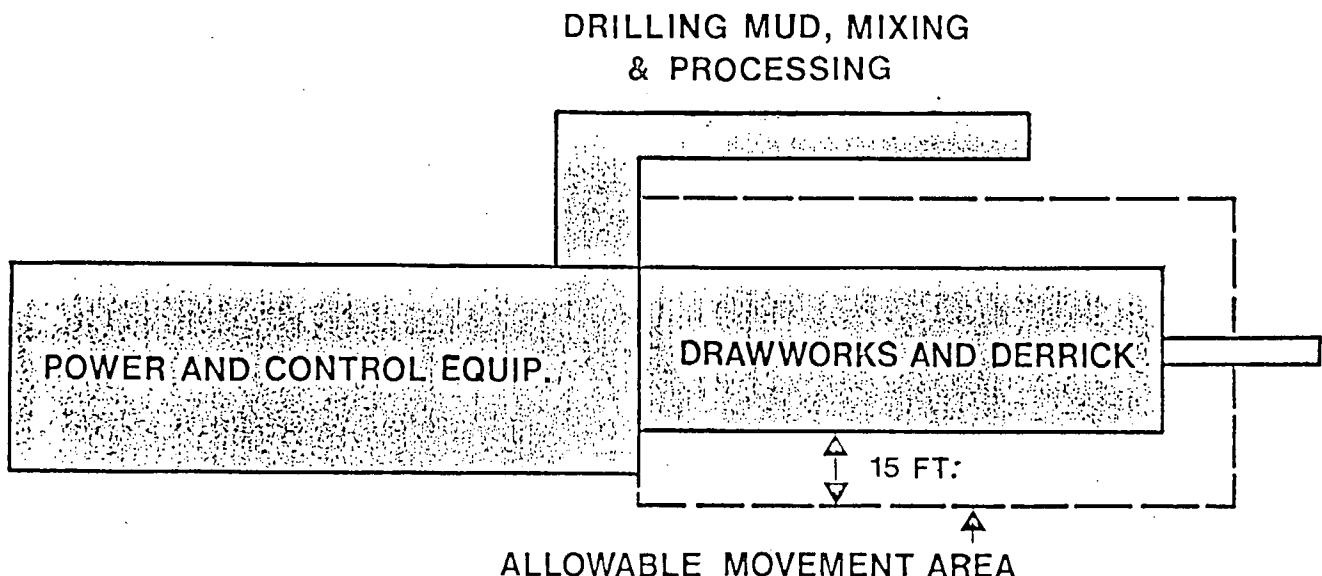


図 4.9

(出典：入手資料)

ICE PLATFORM DRILLING RIG

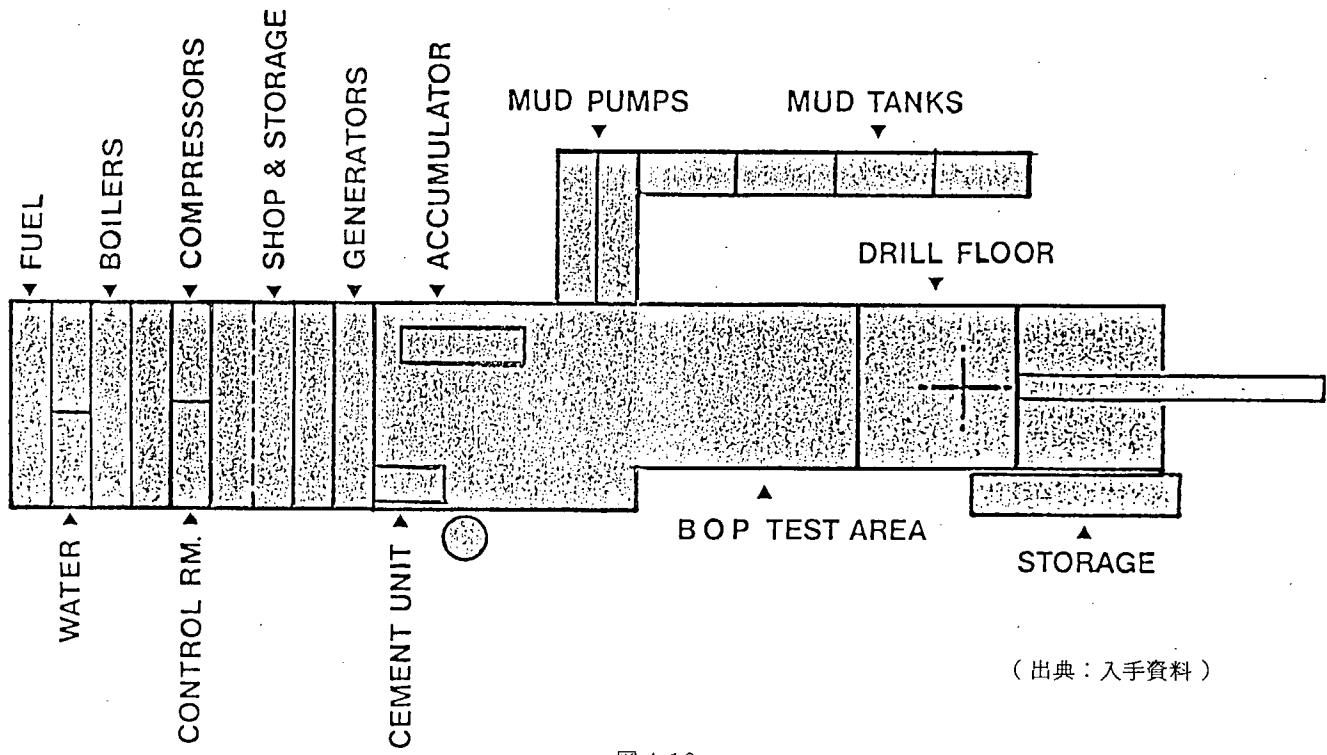
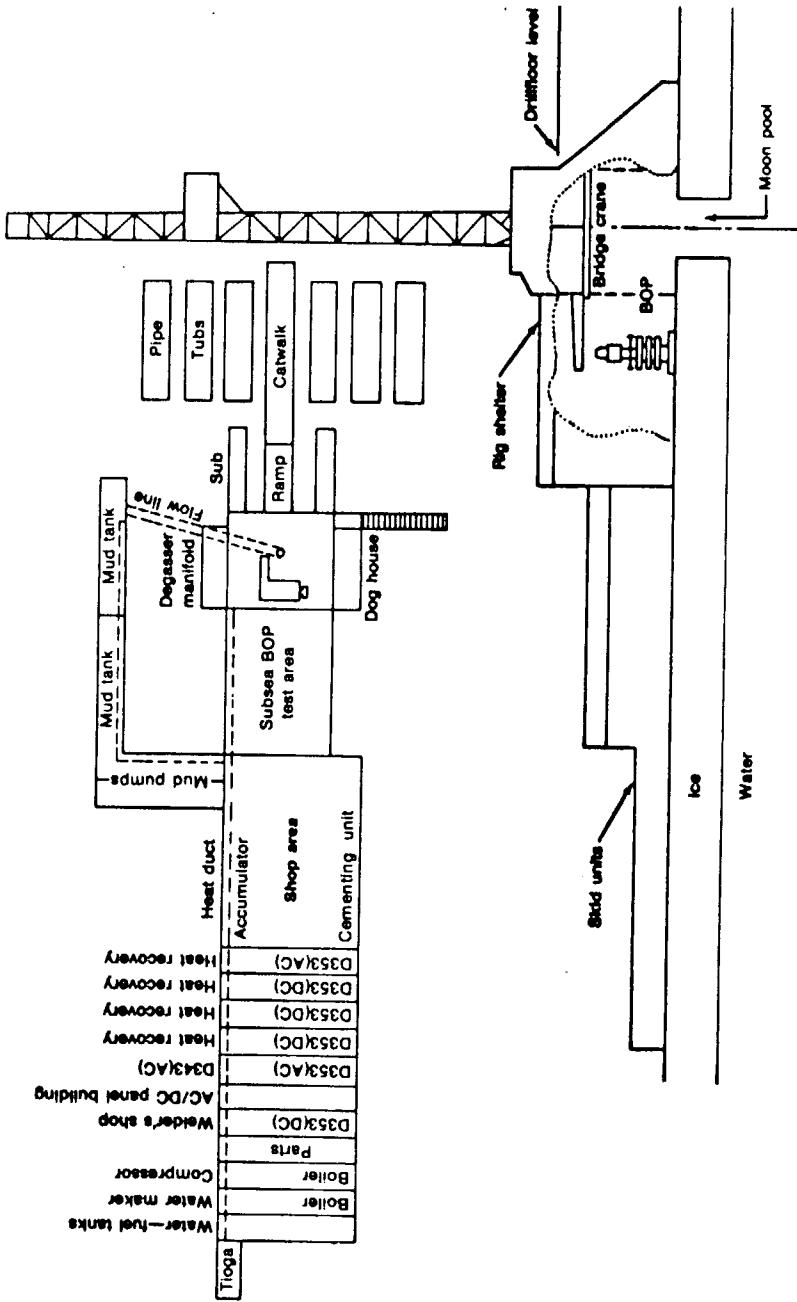


図 4.10

(出典：入手資料)



Other renovations to the rig include a heat recovery system to supplement the normal rig heaters. Exhaust of working engines is collected and piped into the heat recovery system.

(出典 : WORLD OIL, OCT. 1977)

図 4.11

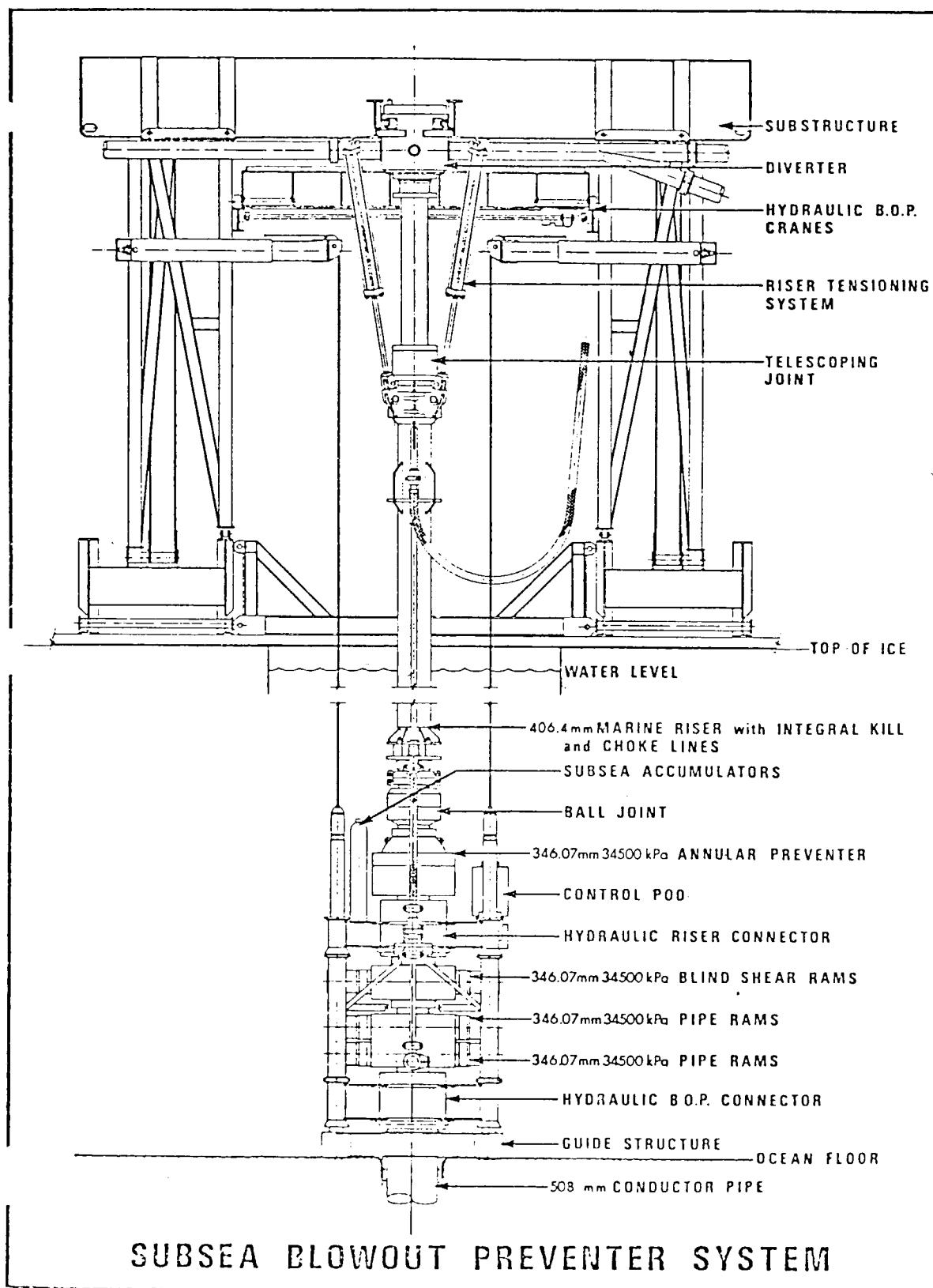
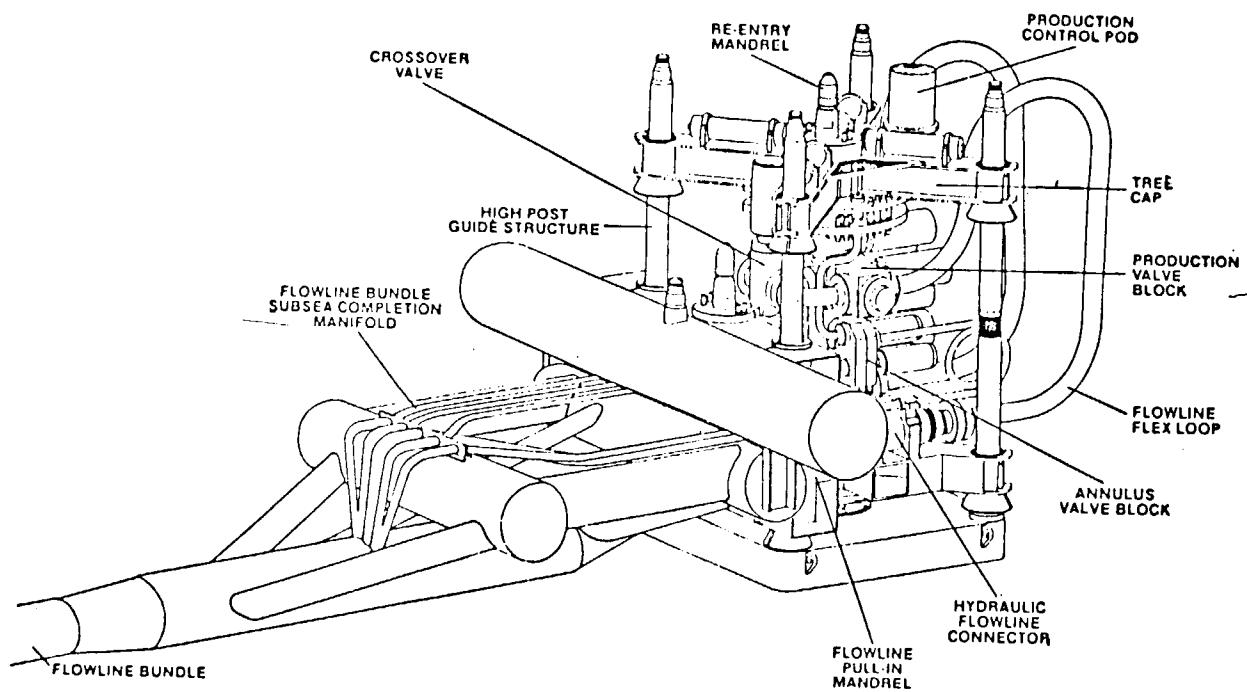


図 4.12



Subsea Xmas Tree

(出典：入手資料)

図 4.13

(X) BOP コントロール

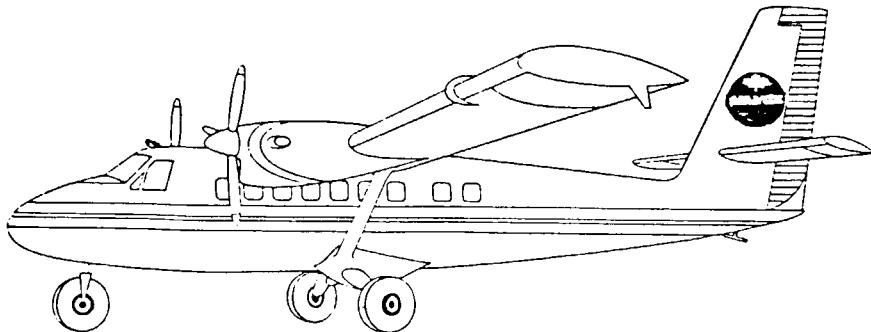
BOP コントロールは 500 m 長のホースを束ねたもので航空機輸送に適するよう特殊仕様の非常にコンパクトな油圧方式となっている。油圧方式のバックアップとして音波コントロール方式が設けられている。

PANARCTIC は BOP を現在リグ A、リグ B 用に 2 セット、リグ C 用に 1 セット製作中である。これらはストックコストを低減させる為にも出来れば、同一仕様、標準品であることが望ましいと云っている。

(3) King Christian 島ガス田のガス放出テスト

Ellef Ringnes 島のリグ A を調査終了後調査団一行は、小型飛行機、De Havilland Otter に乗り、King Christian 島に到着。ここで King Christian ガス田の説明を受けるとともに、ガス放出テストの見学もすることが出来た。

参考に PANARCTIC が所有する上記小型飛行機の性能を図 4.14 に示す。



要目等

巡航速度	160 マイル／時
巡航高度	10,000 フィート
巡航距離	800 マイル
搭載能力	客 18 人又は貨物 4,000 ポンド
オペレーション費用	380 ドル／時

図 4.14

- (a) King Christian ガス田は 1970 年 10 月 25 日発見されたが、その時点では惜しくも D-18 ガス井は暴噴を起し引火した。この D-18 ガス井は 3 ヶ月間手の施しようもなく燃え続け、約 200 m 離れた所に小型ポータブルリグ、Commonwealth Hi-Tower リグ No. 2 が設置され、D-18A が急遽掘削された。これにより 1971 年 1 月 24 日ようやく D-18 ガス井の突噴が収まり、D-18A から水、マッド、セメントを注入し密封することが出来た。その後 D-18A はガス層の厚みを計測する為更に深く試掘された。最終的にこのガス井は小口径のケーシングパイプを用いて燃料井として仕上げられた。
- (b) 1971 年夏、大型の Commonwealth Hi-Tower リグ No. 3 が持込まれ、約 1.5 マイル南東に離れた King Christian 島 No. 6 が試掘された。
- (c) このガス井は非常に噴出量が多いので、両側に 4 インチ弁を持つ Y 型の坑口装置が備えられている。テストの結果、ガス噴出量は 1.88 億立方フィート／日も有ることが判り、カナダ第一級のガス井と評価された。
- (d) 繰返しフレアテストを通じて、このガス井は 1 日当り 200 億立方フィートの噴出量が有ること



図 4.15 調査団が乗ったDe Havilland Otter

とが判った。

ガス放出テストの状況を図4.16に示す。

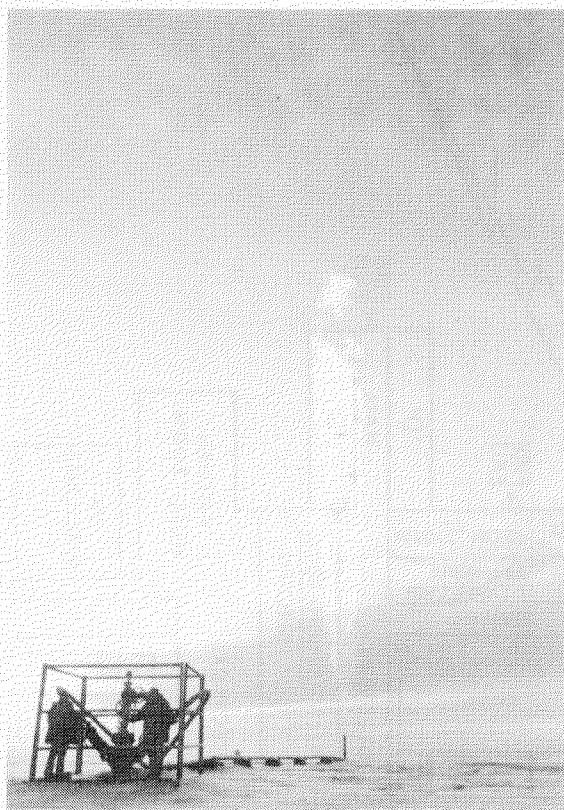


図4.16

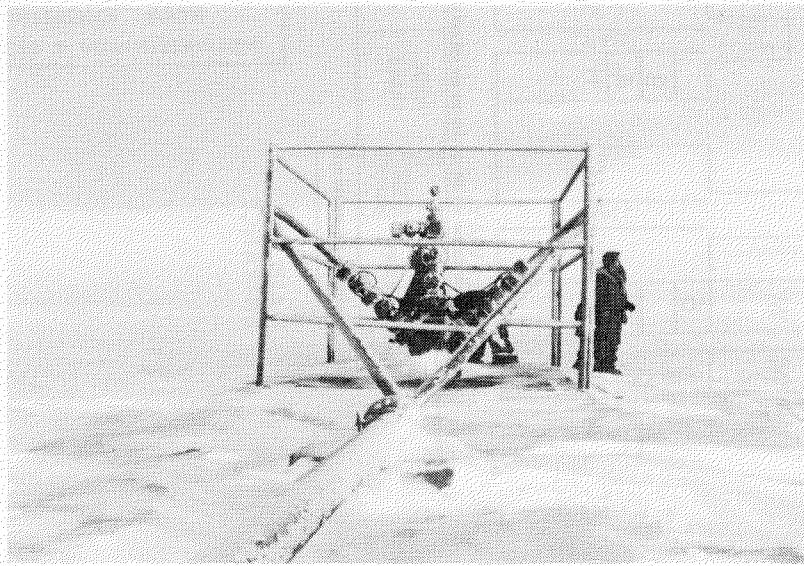
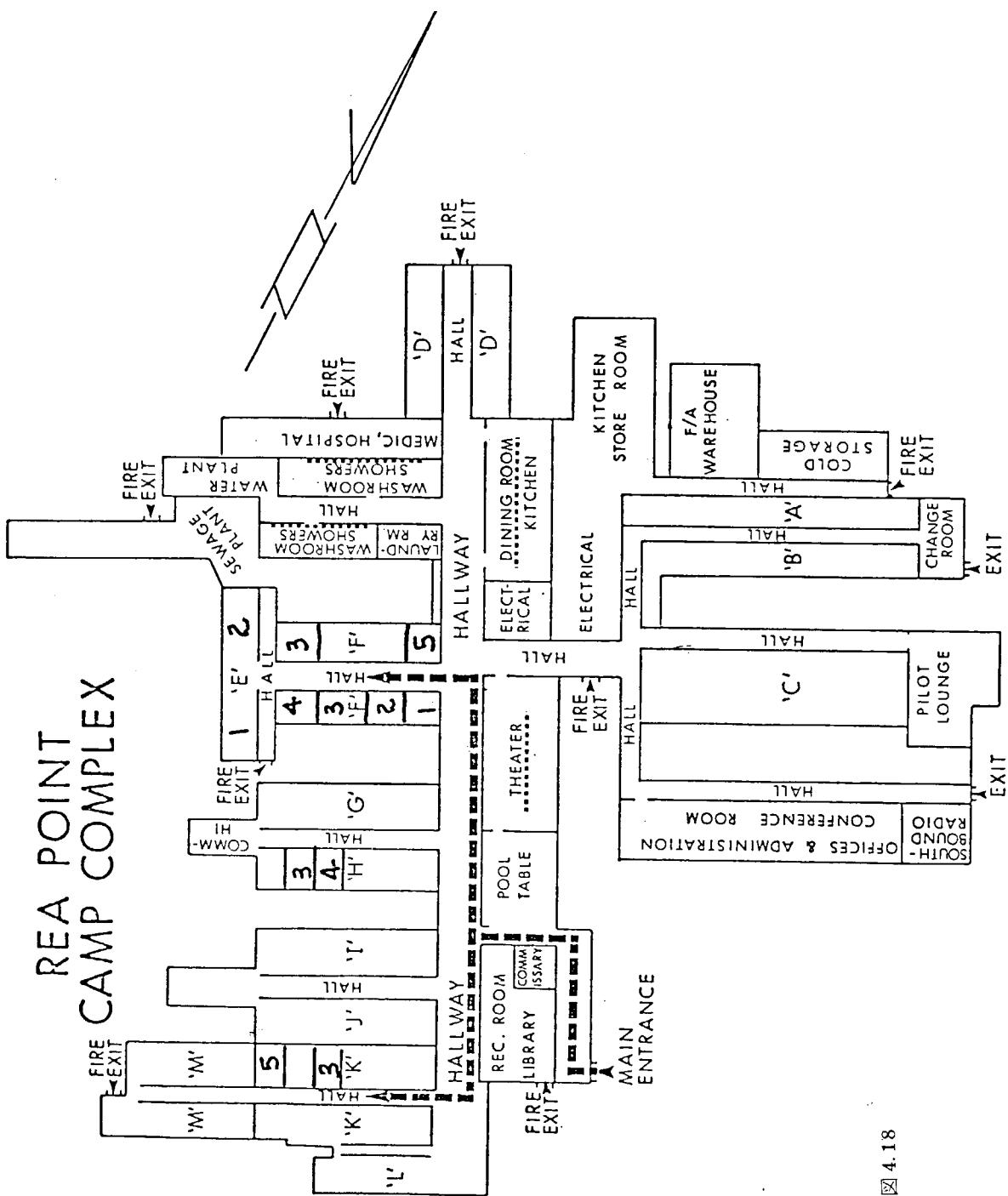


図4.17 Y字型ガス坑口装置

REAL POINT CAMP COMPLEX



四一八

(4) Melville 島 Rea Point 基地

King Christian 島のガス井を調査後、我々調査団一行は小型飛行機で眼下に全海面が凍結し、しかも海面が色々な模様に変化する様子を眺めつつ約2時間後に Rea Point に到着した。Rea Point は PANARCTIC がこの地域の各地で開発を進めている油・ガス田の作業場所に対する作業員、機械、情報等の集積・分配の基地である。

この基地は海岸線から約1.5 Km 離れた所に居住区、部品ストック、補修設備、機械資材置場、貯油設備、発電設備、航空機発着設備、ゴミ処理設備等を有している。

我々は10月15日ここに宿泊させて戴き、PANARCTIC の活動状況をフィルム等で説明を受けるとともに翌16日基地内を調査見学させて貰った。

(a) 居住設備

居住設備は図4.18に示す如く、コントロールセンター、指令室、宿舎、食堂、娯楽設備等を有しており全体が充分に暖房されていて快適に過せるようになっている（キャンプは24時間体制である）。

全体がモジュール化されており居住区の外から見るとハーキュリー機で輸送出来るようモジュールコンテナを連結させて全体が構成されている。ギャビン、通路、公室等の内部設備は一般船舶居住区とよく似ているのに気づく。又配管、ケーブル導設要領は居住区内とは云え、曝露部と同一仕様となっている。



図4.19 Pea Point キャンプ外観



図 4.20 キャンプ内情報コントロール室

(b) 補修設備

居住設備とは独立の建物になっていて内に多くの部品、工具が常置されているとともに、各種作業車、連絡車等が補修出来るようになっている。内部の状況を図 4.21 に示す。

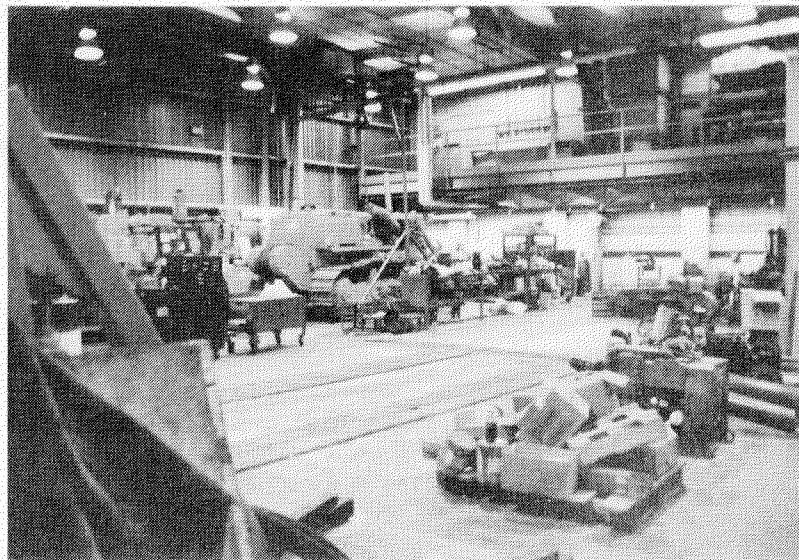


図 4.21 補修庫 内部

(c) 部品ストック庫

ドリリング作業に必要なあらゆる部品がラックの上にナンバリングと共に整然と格納。但し出し入れは人間の手でやっているようである。

(d) 機材・資材置場

居住設備の外部周辺に膨大な量の機材、資材がストックされている。冬季の積雪に埋没しないようにドラム缶上にアングル材を配置し、列状をなしその上に部品が格納されている。

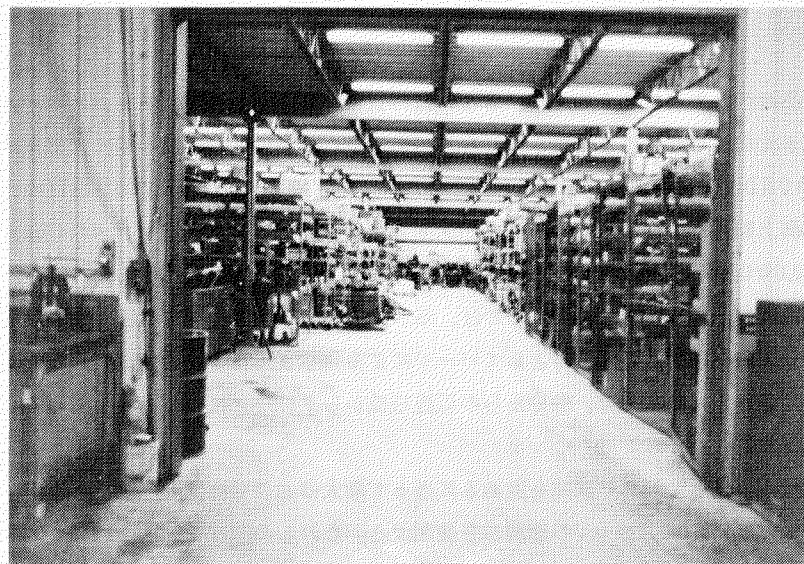


図 4.22 部品ストック庫の内部

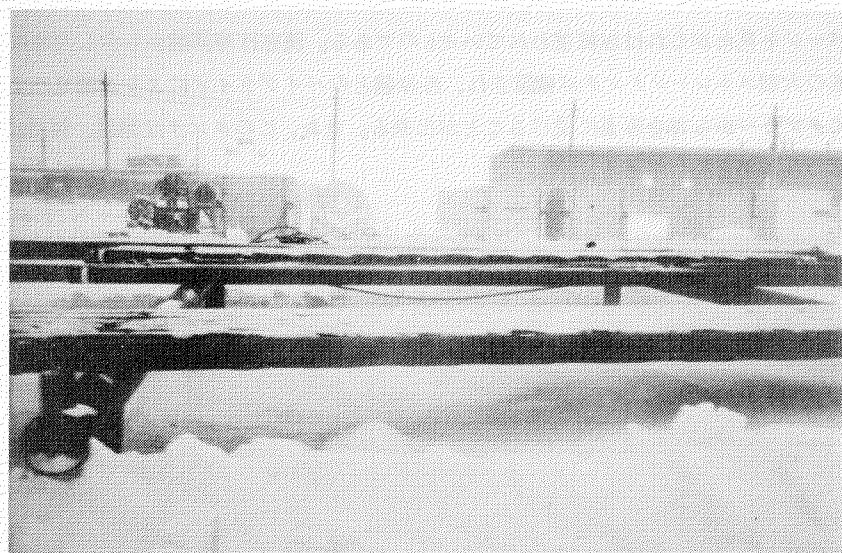


図 4.23 Rea Point 資材置場

部品はむき出しのままのもの、あるいは外貿コンテナヤードのストックスペースの如くコンテナのまま何段も同じ高さに積み上げられている。これらの物資は夏の間に大部分は 7,000~12,000 DWT の耐氷貨物船により運搬されている。なお初めて北緯 80° 附近の Ellesmere 島迄海上輸送を行なったのは、ニューファンドランド、セントジョーンズの Charly A. Crosbie 号 (7,000 DWT) である。

油以外の一般貨物を陸揚げするのは、海水下における係留作業用の恒久的埠頭設備のないことにより困難を極めるので、時としてバージによる瀬取りも行うが通常は海岸線近く迄船を近づけ陸上に係留させた状態で、海岸からの仮設棧橋からクレーンにより降ろしている。

(e) 貯油設備

北極圏のガス・油井の開発を進めるに当って最大の必要資材は燃料油であるが、PANARCTIC は全体で年間 600 万ガロンの燃料油を使用する。これらの油は 7,000~10,000 トンクラスの耐氷タンカーでモントリオールや北ヨーロッパから Resolute, Ellesmere 島、Evreka の各基地に運ばれてくる。

Resoluteにおいて、我々は海岸線上に乗り上げさせている 10,000 トン位のストックオイルバージを見たがこれは以前使われていたものである。現在は海岸線から少し内陸に入った所に 2 基の大型ストレージタンクが建設され、海岸線とのパイプラインにより連結されているので夏季にタンカーから油を容易に受け取ることが出来る。なお、このタンクは鋼製、側壁は防熱材なし、底部のみ防熱を施してある。

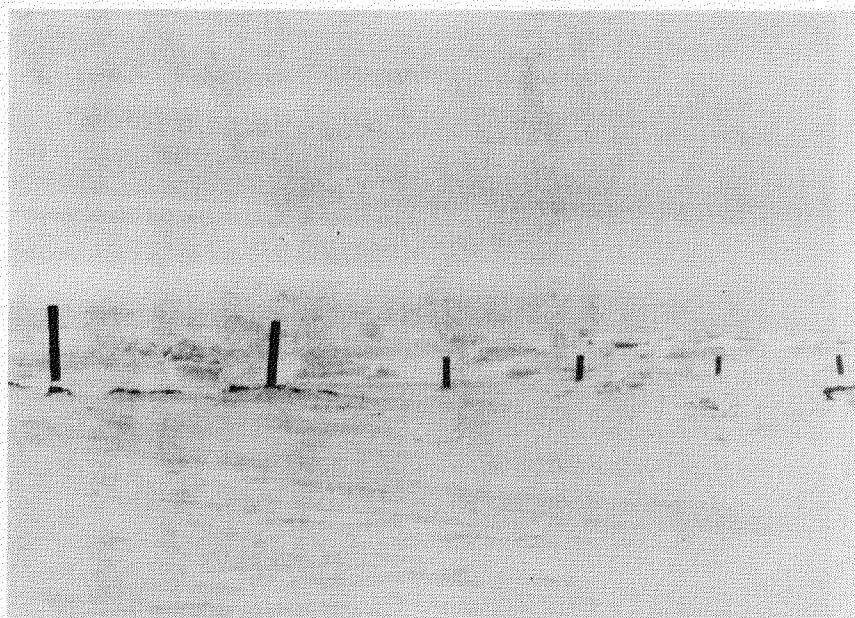


図 4.2.4 (打設杭は海岸線を示す)

(f) 今後の計画

Melville 島の基地における作業量の増加にともない、1982 年からこの基地は拡大される予定である。PANARCTIC の技術者は我々調査団を案内しつつ要所要所において居住設備はこの近辺にこのようにしてと構想を具体的に説明してくれた。

4.3 まとめ

北極圏における石油資源の開発の為には、その試掘、生産、輸送の各段階において解決すべき技術

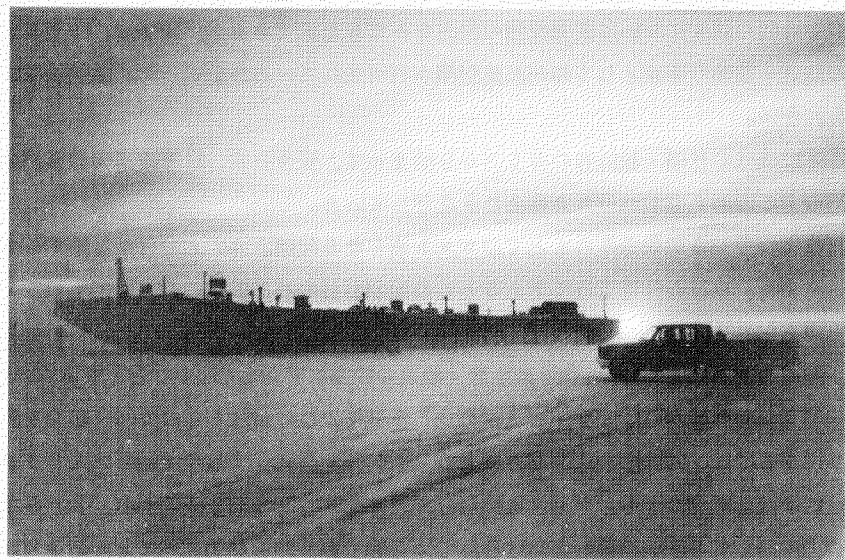


図4.25 海岸に乗り上げさせた貯油バージ

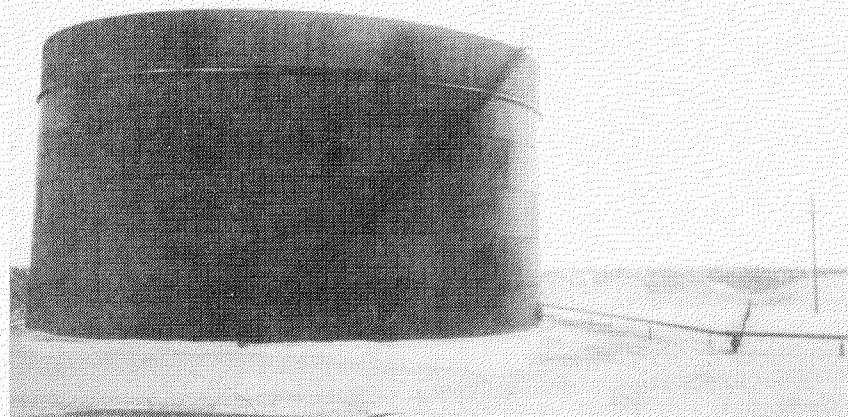


図4.26 新設の貯油タンク

的課題が山積している。基本的にはサイト条件に合致する諸機械の確保、熟練した作業員の確保であろう。我々今回の調査において試掘段階の状況をみてきた訳であるが、諸機械、作業員をとっても、これらの輸送・移動の手段として如何に航空機が利用されているかを知った。航空機以外の輸送手段は考えられない。

このことは機械の仕様・設計等の有り方から始まって、要員計画、附帯設備情報集約体系に至る迄航空中心のものの考え方方がベースとなることを示している。

更に北極圏の過酷な気象条件のもとでのコスト高となる仕様、カナダ南部から集まつくる作業員に対する高賃金、福祉条件等含めて考えるとこの地域からの石油開発の為には相当の投資が必要ではないかと考えられる。

今後、開発の進展にともない、徐々に生産・輸送の段階に移行して行くこととなるが、生産基地が順調に稼動し、製品輸送の年間サービスが可能となって、この地域からのガス・石油を我々が手に入れるようになるには、相当の技術開発と相当の開発年月を必要とするのではないだろうか。

我々はこの技術開発にチャレンジするに当つて、カナダ特有の国土条件から、我々日本の海洋・船舶の技術力に対しても熱い眼差しが向けられている訳であるが、以上述べてきた諸事情から考えて、やはり基本的には地道にステップバイステップに協力しつつ我々も又氷海技術に対する見識を深めていくことが必要であろう。

4.4 入手資料

2.7と同じ

5. GOVERNMENT OF CANADA C.D. Howe Bldg., 235 Queen St.
Ottawa, Ontario K1A OH5

5.1 訪問日時 1981年10月19日 9時～11時30分

5.2 面談者

Mr. G.E. Hughes-Adams	: Director Marine Directorate Aerospace and Marine Branch Department of Industry, Trade and Commerce
Mr. W. Ross	: Ships and Components Division Aerospace and Marine Branch Department of Industry, Trade and Commerce
Mr. P. Campbell	: Japan and South Pacific Division Bureau of Pacific, Asia, Africa & Middle Eastern Affairs Department of Industry, Trade and Commerce
Mr. R.G.A. Lawrence	: Director Canadian Coast Guard, Northern Transport Canada
Mr. J. Hornsby	: Director Canadian Coast Guard, Ship Safety Transport Canada
Mr. W. Scott	: Canadian Coast Guard, Ship Safety Transport Canada
Mr. W. Ellwood	: Chief, Marine Energy and R&D Transport Canada
Mr. D.R. McKay	: Department of Indian and Northern Affairs
Mr. O. Jalbert	: Department of External Affairs
Mr. H.M. Walsh	: President Canadian Shipbuilding and Ship Repairing Association

5.3 訪問者 調査団全員および駐加大使館 間宮一等書記官(傍聴)

5.4 経過 (1) 調査団が用意し、あらかじめ送付していた質問書に対して、加政府側より口頭による回答。隨時質疑応答。

(2) 調査団側より“Conceptional Design of Arctic Tanker”(「氷海タンカーの概念設計に関する調査報告書」昭和56年4月より抜萃英訳したもの)を紹介説明。

5.5 内容

(1) 質問書に対する回答および質疑応答

1. 活動状況概要

1.1 (a) 北極海における気象・氷象研究の現況と将来計画

回答：ひとつはIce Atlas (Department of Supply Service, Publication

Section 発行、カタログ No. ENS 56-54/1981, 120 カナダドル) がある。

もうひとつは、Transport Development Center in Montreal がマリンおよびエレクトロニクスの民間企業と協力して、氷厚とIce Hazard のリモートセンシングの研究を行っており、文献も発行される予定である。準備に2~2.5年費したが、今から3年のプログラムで、予算は900万カナダドル（政府300万+民間600万）である。

1.1 (b) 北極海における石油とガスの探鉱の歴史、現在の活動状況と将来計画

回答：初期の探鉱は北極諸島においてコンソーシアムを組んで行われており、最初の主オペレータはDOMEであったが、今はPANARCTIC OILSである。

その次の探査活動は、ESSO RESOURCES CANADAによるマッケンジーデルタにおける人工島の使用である。

次いで、ポーフォート海において、掘削船を使って夏期に掘削を行っているDOME PETROLEUMの活動があげられる。

ひき続いて、GULF CANADA RESOURCES がCaisson Retained IslandやLarge Moored Platformを使用して掘削期間の延長を図っている。

将来は次の4つの方法全てが用いられる：

- ① 北極諸島における陸上あるいは補強された氷プラットフォームからの掘削
- ② ドリルシップ
- ③ 人工島あるいはCaisson Retained Island
- ④ プラットフォーム

High Arcticにおけるもうひとつの活動的なプログラムはPANARCTIC OILSによる石油とガスの両方における有望な前進である。

1.1 (c) 北極海における石油・ガスの探鉱と輸送の研究のための組織、施設、人員

回答：組織は政府によるものではなく、民間部門による。もちろん、航海機器とか支援施設は政府が関与する。

また官民協同で、新しい法的基準を作るような研究、例えば、鋼材の選択に関するような研究を行うが、未だ固った組織はなくまたしっかりしたデータもない。

付加するならば、政府の研究は主として、適切かつ許容し得る法基準を確立することを目的としており、効率とか信頼性ではなくもっぱら安全に主眼を置く。

質問：例えばAPP(Arctic Pilot Project)のようなプロジェクトにおける政府と民間の協力関係は如何？

回答：APPは(National Oil CompanyとしてのPETRO-CANADAは入っているが)民間会社のコンソーシアムによって進められて来たプロジェクトであり、National Energy BoardがこれをApproveするという形態を取る。NEBの承認は、基本的にはガスの輸出が将来のカナダの利益になるか否かにかかるといって良かろう。

質問：政府の予算補助はあるか？

回答：直接の補助ではなく、税金の面でカバーしている。但し、例えばPANARCTICは40%強

は政府資本であるし、PETRO-CANADA は CROWN CORPORATION(国策会社)であるといったように資本面で入っている。

質問：政府直属の研究所ありや？

回答：National Research Council (NRC)があり、基礎的な研究を行っている。例えば Memorial 大学と共同で Ice Tank を建設中である。

2. 北極海の環境データ

1.1 にて回答済み。

3. 北極海における石油とガスの開発

3.1 カナダ政府のエネルギー政策

回答：Alberta 州政府が出しているが、自分達もまだ十分検討していないのでわからない。

Arctic Offshore は連邦政府がコントロールするが、Eastern Offshore では、憲法上の問題もあって、連邦政府と州政府が論争中である。

3.2 石油あるいはガスの輸出規制とその実行

回答：もちろん輸出規制がある。実行は、輸出の申請があって、NEB がそれを検討して承認するかどうかを決める。

3.3 石油・ガスの価格政策、特に高い輸送コストの吸収

回答：価格算式といったものはない。新しいものに対しては、現存の生産とは違った価格が許されても良かろう。すなわちタールサンドとか高輸送コストとかいった高コストの活動に見合って価格は順応して行くであろう。

高輸送コストを吸収するため、国内向けは低価格、国外向けは高価格という二重価格政策もあり得る。

3.4 開発の一般所見

回答：カナダ政府の目的とする所は石油もガスも含めた全てのエネルギーの自給自足である。現在は石油は若干輸入している。

質問：NEB の承認スケジュールは予定通り行われているかそれとも遅れているか？

回答：NEB は承認申請のあったものに対してのみ対応する独立の Approval Board であり、エネルギーに関する長期的な展望は、Department of Energy, Mines and Resources が行う。

承認が遅れているのは確かで、その理由は、技術的な問題と政治的な問題と二面ある。前者は、申請側が申請内容を絶えず変更するという問題であり、後者は多くの Department が関与しており、その調整が困難なこと、また環境上の問題もある。

質問：APP の Hearing の正式予定は？

回答：11月24日開始の予定である。（注：その後さらに遅れて1982年2月2日より開始した。）

3.5 商業生産の開始時期と規模

回答なし。

4. 石油と LNG の輸送

4.1 輸送に対する基本政策

回答：信頼性と経済性である。政府は環境保護と企業の利益を考えねばならないし、企業は経済性を追求するであろうから、基本政策は両方を組み合わせたものになろう。

安全の面から付加すれば、Canadian Shipping Act, Arctic Waters Pollution Prevention Act, IMCO Gas Carrier Code-Resolution

A 328(IX), Proposed Canadian Gas Carrier Regulations の 4 つが統合された法令が必要である。

4.2 船かパイプラインか?

回答: 場所場所による事情があるが、多分両方出て来るであろう。

4.3 Arctic Pilot Project と Polar Gas Project の輸送システム

回答: APP は砕氷 LNG タンカーにより、PGP はパイプラインにより何れも北極諸島のガスをカナダ南東部の消費地へ運ぶ。

パイプラインは Lancaster Sound を横切って海底パイプを敷設するので非常に費用がかかる。

各人により意見がマチマチであるが、パイプラインと砕氷 LNG タンカーの組合せも考えられる。

[Canadian Shipbuilding and Ship Repairing Association の Mr. H.M. Walsh が遅れて現れたところで Coffee Break。]

5. 輸送システム

5.1 最も有効なタンカー輸送システム (独航型、船団型、etc.)

質問がやや細かいし、時間の関係もあって Skip した。

5.2 輸送支援システムの現状と将来計画

5.2 (a) 水路啓開

回答: 現行は、Eastern Arcticにおいて、夏季の補給シーズンに、CCG の砕氷船を使ってある程度の水路啓開を行っている。

特に未だ展開もしていないし、ポリシーも持っているわけではないが、将来はこれを通年にすべきと考えている。

水路啓開のほとんどの目的は環境保護にある。

5.2 (b) 氷海域でのリモートセンシングシステム

回答: リモートセンシングは Department of Environment Fishery and Oceans の問題であるが、将来非常に重要なものである。飛行機による SAR (Synthetic Aperture Radar) や SLAR (Side Looking Airborne Radar) は、今頃のポートオート海の掘削作業のシーズン末には非常に重要であり、良く利用されている。船によるリモートセンシングは未だむしろ研究段階にある。

5.2 (c) 救助システム

回答: 現状は、Department of National Defense が航空機による救助を担当している。補助的には民間航空会社も協力する。CCG は砕氷船を使用して海上での救助を担当する。空と海の調整は Edmonton (Alberta 州) にある Rescue Center によって行われる。現在は夏季の短期間だけであるが、将来は通年活動を目標としている。

我々は、また NORDREG と呼ばれるシステムを持っている。これは北極圏における船のための Reporting System である。

北極圏における救助は非常に難しく、我々は設備を含めて船自身を強くする必要があると考えている。

将来は NORDREG と連結した法規を持つことになるが、これによって CCG はどの船型なら北極圏へ入って行けるかコントロールする。

これが事故を減らす方向と考えている。

質問：ボーフォート海の冬期はどの Class で可能か？

回答：(Mr. Hughes-Adams 個人の意見としては) Class 6 で可能と思うが、別の人間はもっと高い Class を要求するかも知れない。

北極圏におけるデータは今のところそれほど豊富でなく、断定的な結論は仲々下せない。まだまだデータを集める必要がある。

質問：統計的なデータからこれが最悪状態だと断定するのに何年くらい必要か？

回答：その質問に答えるのは難しい。ただ言えることは、以前は1人の探検家が1ヶ所1ヶ所で計測したようなデータしかなかったが、1970年以後はシステムティックなデータが集められているということである。

5.2 (d) 燃料補給、食料補給、修繕基地等の岸壁施設

回答：今はどれもない。あるとしても緊急用のものだけである。

燃料補給に関しては CCG は、燃料補給および岸壁貯蔵施設の構造が最悪状態に耐え得るよう適切に設計されているかどうか評価するということで、直接関与している。これら施設は、たとえ一時的なもので環境保護のために監視と評価の対象となる。

修繕基地については、低温に対する材料品質管理と熟練度の監視が不可欠である。

質問：カナダにも造船の Quality Standard はあるか？

回答：船級協会規則のみで、JSQS に相当するものはない。

6. 低温対策

6.1 低温下における最も有効な動力源

回答：動力源というものは船のものと解するが、ガスキャリヤはガスを使うし、Diesel, Diesel-Electric も有効で一概に言えない。

質問：原子力を使う計画はあるか？

回答：原子力は非常に高価であって、今のところは考えられない。

6.2 低温下における儀装品、パイピング、機械類のメンテナンス

回答：弱い機器類は防熱とか閉鎖区画に入れるとかトレースヒーティングをするとかで苛酷な環境から保護しなければならない。

また腐食の問題もあるのでコーティング等の対策も必要である。

6.3 低温に対する特別な考慮

6.3 (a) ワイヤーロープ：何ら問題となる報告は未だない。すなわち High Standard である限り問題はない。

6.3 (b) 電線：IEC-92, IEEE-45 に従ったものあるいは特別認定品であれば良い。電線はまた Cold Environment Characteristics を有したものでなければならない。

例えれば CODE 16 CSA-C-22.2-03 に従って -40°C での曲げ試験や -35°C での衝撃試験に合格する必要がある。

6.3 (c) ゴムホース
6.3 (d) 油圧シリンダ
6.3 (e) 鋼管 } 今までのところ、何れも問題は報告されていない。また重要度も決して高いものではない。

6.3 (f) タンクヒーティング

回答：現在ヒートフローについて実際的な試験を行っている。これはタンク内の Heated Products と低温に曝されるタンク鋼材の Heat Flow/Conductivity (伝導性) を調べて鋼材仕様決定の参考にしようとするものである。

質問：ヒートフローテストについてもう少し詳細に説明して欲しい。

回答：まずは3つの特徴ある船の種類として、砕氷船、バルクキャリアー、LNGタンカーを選び、加熱タンクの熱伝導／輻射について有限要素法モデルを使って解析を行っている。

どの船種にしても、F.O.T.やW.B.T.は加熱されることになるが、鋼材のThermal Stress Concentration（熱応力集中）を避けなければならぬ。

熱応力について附言すれば、イギリスの新造タンカー“KURDISTAN”が冬期にカナダ東岸で二つに折れて油汚染を起こした事故があったが、このタンカーは加熱されたC重油を運搬しており、こゝ一年くらいイギリス政府を中心とした調査委員会で調査をしており（Mr. Hornsbyも委員として参加）、設計値以上の熱応力の発生が原因であるという結論になりつつある。この報告は多分11月中旬にはまとめてイギリス政府（Department of Trade and Industries）より発表される筈である。

6.4 低温下で使用される鋼材の設計基準

回答：低温に適した鋼材についてはIACSが既に勧告を出そうとしている。EH36は-40℃までであるが、-55℃となるとまだ生産はされてないが新材料として例えばLT-60（ロイド規格）のようなものが必要となる。日本も低温用鋼材の良いものを開発していると思う。

3インチ厚にもなるようなものも出て来るが、厚くなつて来ると当然Notch Toughnessが問題となるのでこの方面的研究も必要である。更に構造物上の極めて高い局部荷重も問題であり、これらが原因となつた低温下での脆性破壊の事故例も多い。

調査団側コメント：

IACS勧告のとりまとめは、NKがやつてるので良く承知している。

質問：設計温度は-55℃を考えているのか？

回答：オペレーションルートにもよるので、設計温度として一概に決められるものではないが、通年では最低温として-55℃に遭遇することもあると考えている。

7. Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations (ASPPR)

7.1 ASPPRはArctic Waters Pollution Prevention Act (AWPPA) の下での唯一の適用Regulationsと解釈して良いか？

回答：ASPPRだけではない。Shipping Safety Control Zones OrderもAWPPAの下で作られたものである。

AWPPAは主として責任範囲(Limit of Liability)と財務負担証明(Evidence of Financial Responsibility)に関連したActである。

北極圏航行に関連あるものとしては、更に、Ship's Station Radio RegulationsとShip's Deck Watch Regulationsが結合してCanadian Shipping Actの下に用意されている。

他にもArctic Waterにおける船舶運航の保険に関する特別の法規も用意されている。

7.2 以下が、1981年10月現在で最新のASPPRと考えてよいのか？

- Chapter 353 in the Consolidated Regulations of Canada, 1978
- Amendment SOR/78-180, 24 February, 1978
- " SOR/78-430, 8 May, 1978
- " SOR/78-507, 9 June, 1978

- Amendment SOR/78-547, 23 June, 1978
- " SOR/79-152, 12 February, 1979
- " SOR/79-781, 26 October, 1979
- " SOR/80-100, 25 January, 1980
- " SOR/80-503, 26 June, 1980
- " SOR/81-330, 24 April, 1981
- " SOR/81-453, 8 June, 1981

回答：全くその通りである。

(Mr. Hornsby より上記一式および Shipping Safety Control Zones Order のコピー各 1 部を入手した。)

7.3 リグあるいは構造物に関する、ASPPRにおける 'Ship' の定義

回答：質問書に書いてある解釈通りで正しい。要するに曳航であれ押航であれ航海中および係船中は 'Ship' である。一方ドリルシップでも掘削作業中は、換言すれば海底に Attach している状態では Ship ではない。

質問：Caisson Retained Type でも曳航中は Ship か？

回答：全くその通り。曳航途中では Ship である。

7.4 ASPPRへの追加項目があるか？

- (a) 低温用鋼材あるいは他の材料
- (b) Ice Navigation 中の操縦性
- (c) Ice Navigation 中の騒音レベル

回答：先に述べた鋼材の件を含み 7.4 の項目の全てが R & D プログラムに含まれているが、どれも実行が難しく、優先度を見計らっている。
しかし、いずれは勧告の形で出すつもりである。

7.5 ASPPR の Schedule VI の Ice Pressure/Load の値の改正予定

回答：現在、Ice Pressure について多くの R & D が行われている。

その中の Best Research は実船実験をやっている DOME のものである。

これは現在は企業秘密であるが、いずれ有償で公開されると思われる所以、最終結果は Regulation に反映されるであろう。

質問：いつ頃の予定か？

回答：いつ頃か答えるのは難しいが、来年中くらいではなかろうか。

8. その他

8.1 Crew Training と氷海航行商船の運航免許についての現状と将来計画

回答：現在、カナダ北極海の航海はかなり制限される傾向にある。

そこで、カナダ船員のある団体 (a Body of Canadian Seafarers) が大部分のカナダ船員とりわけ遠洋航行の船員に氷海航行の経験と知識を持たせ、それらの経験が北極圏で大いに利用されるように努めている。

更に、氷と北極圏航行状態の一般知識が Canadian Certificate Issueing Authority の資格免状の試験に加えられるようになっていている。

従って、現状は、Ice Navigator を乗船させるよう ASPPR の中に規定しているくらいで、特別の船上訓練を要求するような計画はない。

もし特別な訓練の必要があるとすれば、それは今まで北極圏で行われて来た R & D よりはもっと進んだものにすべきであり、現存の、あるいは、遭遇する可能性のある状

態を組入れた新しい操船シミュレータを使った訓練の形をとるようと思える。附け加えて言えば、前に述べたNORDREGはカナダ東岸で(特に冬季に)有効なもうひとつの法的なTraffic Management Systemである。

特にECAREGは東部港湾の凍結水域に入つて来るタンカーにIce Navigator(Iceの経験者)の乗船を要求している。

(我々はパイロットという言葉は使わず、Ice Navigationの経験を持ったパイロットでも単にIce Navigatorと呼ぶ。)

以上は、氷海に入る船に対する最低の且つ明白な要求である。

カナダに限らず他の国でも、今やIce Navigationを組込んだ操船シミュレータが建設中かあるいは開発中であることはご承知の通りである。

今はそれを取入れた特別の免許制度はないにしても、Ice Navigationを組込んだ操船シミュレータについてはその有用性を評価するという意味においても、これらの発展に追随して行くつもりである。

質問：カナダ政府はIce Navigation用の操船シミュレータを既に持っているか？

回答：今はまだ持っていないが、検討中の分野のひとつである。アメリカがひとつ開発中であり、Walesの大学も持っている筈である。

またDOMEが積極的であり、シミュレータプログラムに予算をつけた筈である。

質問：いつ完成する予定か？

回答：今はまだFeasibility Studyの段階である。契約が2週間前に行われたばかりであり、まずはソフトウェアから始めることになる。ハードウェアはその後である。

8.1 (d) Insuranceについては、CSSRAのMr. Walshより、「Insuranceに関して行われた会議のPaperがあるので、コピーを後刻送付する」旨の発言があった。

(注：1981年12月14日付にて、Mr. Walshより日本造船研究協会宛
"CANADIAN REGULATORY CONSIDERATIONS FOR LNG MARINE TRANSPORTATION-C) CLASSIFICATIONS AND INSURANCE" by G. Lee Shinkle, Manager, Marine Services, Crosbie Insurance, St. John's, Newfoundland, from PROCEEDINGS OF THE SEMINAR ON NATURAL GAS FROM THE ARCTIC MARINE MODE, February 21, 22, 23, 1977の送付があった。)

(2) 調査団側より用意して行った"Conceptional Design of Arctic Tanker"を紹介。

CCGのMr. Hornsbyのコメント：

Pusher-tug方式については他の機関も検討・評価したが、結局は断念している。その理由はHeavy Ice中ではPusher-tug ModeはJack Knifing Troubleを起こすからである。

調査団側回答：

我々も同意見であり、最初の段階でやはり断念している。
これは比較検討のひとつに加えたに過ぎない。

5.6 感想

出席者も多く、口頭によるものではあったが調査団の用意した質問書にほど忠実に沿つた回答が述べられ、カナダ政府のArctic Projectsに対する政策ならびに積極性とフレキシビリティーに富んだ支援と規制活動の一端を伺い得たことで、短い時間ながらも有意義なミーティングであった。

ミーティング時の写真を図5.1に示す。



图 5.1

6. CANADIAN SHIPBUILDING AND SHIP REPAIRING ASSOCIATION
(CSSRA)

Suite 801, 100 Sparks Street, Ottawa, Ontario, Canada K1P 5B7

6.1 訪問日時

1981年10月19日 9時～11時

6.2 面談者

Mr. Henry M. Walsh - President

6.3 訪問者

調査団全員と駐加日本大使館 間宮一等書記官が同席。

6.4 経過

この訪問は日程の関係上個別には行われず、前記のカナダ政府関係者との面会にCSSRAのWalsh会長が同席するという形で行われた。調査団からあらかじめ送付しておいた質問書に対して書面によるごく簡単な回答をいただくと共に、関連資料の提供をうけたが、時間的制約もあって、その説明や質疑応答は割受された。

一方調査側から参加各社の氷関連の技術・研究の現状を紹介した資料(*The Current Ice Technology in Japanese Shipbuilding*)を提出した。

6.5 入手資料

1. 調査団の質問書に対する回答書
2. CSSRA紹介のBrochure
3. Canadian Shipbuilding and Allied Industries-Services, Products, Facilities, Appil 1980
4. CSSRA Annual Report, 1980
5. CSSRA Production Summary for the First Half of 1981
6. Canadian Regulatory Considerations for LNG Marine Transportation
c) Classifications and Insurance

6.6 内容

(1) CSSRAの概要と活動状況

CSSRAはDominion Companies Actにもとづいて1945年に結成された業界団体で、その目的はカナダにおける船舶建造、同修理および関連工業を維持発展させ、工業的、技術的、経済的、社会的ならびに防衛上の国家利益の前進に寄与することにある。より具体的には次のことを目指している。

- ① 船舶建造・修理および関連工業の健全な発展の推進
- ② 業界運営の環境条件の改善
- ③ 業界に影響を及ぼす工業上、行政・立法・司法上の動向、進展に関し会員への情報提供
- ④ 国家経済、技術進歩における業界の役割に関する広報
- ⑤ 国家危機における海運自立の基本要素としての業界の保護・発展

⑥ 上記の諸目的達成のため、これに共感する人々、グループ、諸団体との積極的協力の維持・確立

またCSSRAは船舶の建造・修理および関連工業にたづさわる約90の会社および事業所に対する全国的なサービス機関である。これらの会社等には20,000人以上が雇用されており、会員会社による1980年の生産高は9億ドルを超えた。会員には次の3種類がある。

正会員(Full)：従業員が常時200人を超える大手造船会社または会社の造船事業部

準会員(Associate)：従業員が常時200人以下の中小手造船会社、選出役員数は2名

関連工業会員(Allied Industries)：造船工業に製品あるいはサービスを提供する企業、選出役員数は4名

CSSRA運営の基本方針は15名以上のメンバーで構成される役員会で決定され、その実施は会長がつかさどる。役員のもとには技術部会、財務部会、労務部会などいくつかの作業部会が置かれCSSRAの活動を支えている。さらにこれらの作業部会には生産性、教育訓練などの委員会が組織されており、この分野における新しい考え方、生産技術、訓練法を果敢に取り入れて、業界の進歩と競争力確立のために鋭意努力している。またメートル法導入、標準化、省エネルギーの各委員会を結成し、これを通じて政府に積極的に協力しているほか、政府・業界間に2つの作業部会が設けられていて、政府・業界関係において当面する諸問題を解決すべく隨時会合を開いている。

広報・資料サービス活動も活発に行なっており、各月活動概要、四半期生産報告、年次報告はじめ、各種工業統計、技術部会論文集、メートル法実施の手引などを刊行している。

(2) カナダ造船業の現況

カナダの船舶建造量(100GT以上)の97%以上がCSSRA加入の造船所で建造されている。カナダには16の造船所があるが、このうち12は従業員数400~2,500人の規模であり、その他はそれぞれ常時従業員数200人以下である。8大造船所のうち、3つが太平洋岸に、2つがセントローレンス河に、3つが大西洋岸にある。現在の合計従業員は船舶修理工事のみを行なう5社のものを含めて約12,000人である。

近年の建造船の種類は曳船から漁船、フェリー、撒穀船(荷役装置付)、石油掘削リグ、砕氷船、タンカーまで広範囲に亘っている。しかしここ数年間軍用船は建造されていない。

入手資料3はCSSRAの各会員会社につき、その業務内容、製品、設備の詳細を示したものである。

CSSRA会員会社の1980年実績は下記の通りであった。括弧内は前年と比較した増減率(%)を示す。

年末における受注残	353,100GT (+9.9)
新規受注量	141,771GT (-39.2)
引渡量	106,500GT (-34.7)
生産高	683,759千ドル(+18.1)
内、新造船	476,651千ドル(+19.7)
改造・修理船	207,108千ドル(+14.4)
従業員数	14,619人 (+3.0)
従業員1人当たり生産高	59,926ドル (+15.8)
従業員平均収入(1週間)	396.84ドル (+8.1)

CSSRAはこれらの統計データから、1980年は大多数の会員会社にとって比較的良好な年であったとみており、また1人当たり生産高の伸びが従業員収入の伸びのほど2倍であることを生産性向上のあらわれと評価している。

一方マイナス面として総トン数ベースの引渡量の35%もの減少があるが、これは1976~1977

年の受注量の落ち込みを反映したものである。受注残については数字上増加を示してはいるが、これは引渡量が減少したためこのようになつたにすぎず、額面通り受取るのは危険と分析している。事実1980年新規受注量の95%以上は助成率が20%の水準にあつた上期になされており、1980年7月1日に助成率が9%に引下げられた結果、6ヶ月間新規受注は1976年来最も少なく、新規発注に関しては近年のカナダ造船史上最悪の年であった。

1981年上期の生産統計速報による実績は次のようになっている。括弧内は特記のほか前年同期との増減を示す。

受注残	55隻	323,222GT (-9%)
新規受注量	19隻	24,075GT (大幅減)
		71,260GT (+69%、ただし1979, 1978年からは)
引渡量	17隻	(大幅減)
生産高		389,944千ドル(+17%)
内、新造船		223,738千ドル(+4%、ただし実質では減少)
改造・修理船		166,206千ドル(+41.2%)
従業員数		16,154人 (+6.8%)
従業員平均収入(1週間)		442ドル (+12%)

(3) 氷海用船舶の建造について

氷海用船舶建造上の技術的問題点として下記の事項がある。

- ① 特殊鋼厚板の取り扱い、加工および溶接
- ② 通風、暖房および空気調和
 - 一氷の吸込(Ice Ingestion)、着氷(Ice Build-up)
- ③ 推進器および軸系の強化

氷海用船舶の建造に備えた将来計画として下記がある。

① カナダの2大造船所であるDAVIE SHIPBUILDING LTD. およびSAINT JOHN SHIPBUILDING & DRY DOCK CO. LTD. では、必要とされる大型船舶(1隻、おそらく2隻)を建造するため、ヤードの拡張計画を持っている。

DAVIE造船所の近代化と拡張計画にはA AND P APPLEDORE CANADA LTD. が参画している。

② DOMEではポーフォート海で必要とされる自社用船舶建造のため、造船所の設計がすでにA AND P APPLEDORE CANADA LTD. に200万ドルで発注されている。

計画概要は次のとおりである。

- (1) 200,000 DWTまでの氷海用VLCCを含めて大型氷海用船舶が建造できる。また通常船舶から海洋石油開発用モジュールの製作まで広範囲な対応性を有する。
- (2) 氷海用船舶における特殊要求にこたえられる最高の鋼構造加工技術を備えたものとする。
- (3) 想定年間鋼材加工量は100,000トンとする。

なお、1984年の中頃までに完成し生産に入ると予想されており、これが完成すればカナダ現存造船所のどれよりも2倍以上の建造能力があり、鋼材加工量において北米最大の造船所となるであろう。

③ その他の造船所数社では近年碎氷船の建造を行っており、この分野における経験を有している。

(4) ASPPR (Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations)についてのCSSRA見解

ASPPRは①既知の情報と②実際の経験がない所での区域別・時期別の稼動に対して既知データ

を広範に外挿した推定情報の2つにもとづいて制定されたものである。

したがって新たな稼動経験とデータが利用できるようになれば、ASPPRの大幅な改訂が必要となってくる公算が大きい。

(5) 保険について

(カナダ政府関係者に対する質問にWalsh会長から回答された。)これは海運会社にとって重要な問題で関心が寄せられている。

先にロンドンで行なわれた保険に関する会議の資料があるので、そのコピーを後日送付する。

(入手資料6)

6.7 感想

カナダでは船舶建造に対する助成率が、かつての40%から20%へ、さらに1980年7月1日には9%へと引下げられており、またいわゆる第2次石油ショック以後の世界的な景気停滞のあおりを受けて、新規受注量は近年にない落込みを見せている。

このため今後の操業維持等に不安感があるのではないか。このような情況を背景に北極海域の石油・ガス開発特にAPPの具体化に寄せる期待は一層強まっているものと推察され、それに伴う新規需要に対応するため、設備拡張を含む体制づくりに着手していることがうかがえた。

7. ARCTEC CANADA LTD.
311 Leggett Drive Kanata, Ontario K2K1Z8

7.1 訪問日時

1981年10月19日 14時30分～16時30分

7.2 面談者

Mr. R. Abdelnour (Eng. Vice President)
Mr. I. Majid (Program Manager)

7.3 入手資料

特になし

7.4 主目的

氷海水槽設備を見学し、実験技術等の情報収集を行う。

7.5 訪問先の概要

ARCTEC CANADAは1973年に、5名にて発足した氷海技術を主体とした設計コンサルタント会社である。今回の訪問地Kanataにて実験水槽設備、事務所を配し、又、1981年からはCalgaryにも実験水槽、事務所を開設している。

設立当初から米国のARCTEC INC.とは提携関係にあり技術情報の交換が行われているが最近のARCTEC CANADAの経営方針は特定の企業との結びつきを避け、なるべく多くの企業を対象にする考えである。現在では会社規模もARCTEC INC.よりも大きくなってしまい数々の氷海フィールド試験、実船試験そして理論、水槽試験等により数多くの有益な実績を得ている事に自信を深めている。又、ARCTEC CANADAはカナダ国内で名実共に定評のあるコンサルタント会社SNC-Groupのメンバーでもある。

Kanataにある事務所にはEngineering Office, Saline Ice Basin, Ice Milling Facility, Cold Room等を設備し、此等に依る模型試験と実船試験等により氷海工学として実地に役立つ研究成果を追求している。特に、実船及び氷海フィールドにおける諸データ収集に力を入れている事を強調しており、そのことは投入される労力の割合が実地：模型=75：25であることからもうかがわれる。

7.6 内容

(1) ARCTEC CANADAの最近の主な成果例

(a) Level Ice中での碎氷抵抗の研究。Saline Ice Basinにおける実験並びに実船試験からその相関を把み、実船碎氷抵抗の推定法を確立している。その誤差は10%前後という。

(b) 上記(a)に関して特にC.C.G. 碎氷船"PIERRE RADISSON"号による実船 - 模型の碎氷力の比較

(c) Saline Ice Basinにおける種々の氷象の再現システム

例えば： Level Ice

Rafted Ice (Frozen Bond Between Ice Floes)

Refrozen Broken Ice Field

Broken Ice in Ship Channel
Pressure Ridge (First Year/Multi-year)

- (d) 模擬氷(ワックス)における人工島への氷の挙動のモデル化
ポートフォート海における実物に対する1/40, 1/20スケールでの実験、次回OTCにて発表予定
- (e) Ship-Ice Interactionの推定法
Ice Impact ForceについてSimulation Programを開発した。氷の物理特性としては圧縮・曲げを考慮しており実船に対する精度は±20%位であるという。
- (f) Conical Structureに対する氷の挙動
氷中のConical Structureに働く氷圧力、Ice-movement等の研究を模擬氷(スケール1/20, 1/30, 1/40)で行い実船との比較を行っている。

(2) 水槽設備等の概要

(a) Saline Ice Model Basin

冷凍法はARCTEC CANADAのパテントである液体チッソスプレイ法及び通常の冷凍設備のコンビネーションである。水槽天井にはチッソスプレイ用のノズルが長さ方向に2条数10本設備されており必要とする氷の強度と厚さをチッソの拡散量によって調整している。

実験能率を上げるために水槽全幅に対して2列航走を行うということである。水槽主要目はⅢ章の表1.1を参照されたい(主に高速碎氷用)。

(b) Synthetic Ice-Basin (Hydraulics Basin)

静水中での操縦性、耐航性用の実験水槽であるがこれに模擬氷(ワックス、成分についてはARCTEC CANADAのパテントになっている)も使用できる様にしていた。しかしSynthetic Ice Model BasinがCalgary Officeにて1981年初めに稼動したので、この種のテスト装置はKanata Officeからは撤去している。

この種のテストはワックス成分を適当に調整させることにより曲げ、圧縮、ヤング率、密度、粗度等の物性を変化させることができ、これにより清水氷/海水氷の特性を近似できるとの事で概ね1/40以下の縮尺でテストを実施している。主に、比較的低速での氷-構造物/船舶の相関用に使用されている。

(c) Cold Room

実海域の氷の物性を調査するための実験室であり、最近冷凍能力をアップするために冷凍設備を22HP×6セット(Saline Ice Basin用と兼用)に増設している。

北極海域からのサンプル氷はかなり大きなブロック(実際の試験片に比べて)をドライアイスで冷凍した状態で此處迄輸送して来るという。

設備要目はⅢ章の表1.1を参照されたい。

(d) Ice-Milling Facility

模擬氷(ワックス)上でのPropeller Milling Test用の設備である。プロペラ直徑約15~25cm迄実験可能とのことである。

(e) その他の設備として計算機室、実験計測/制御室等を見学した。

(3) 最近のARCTEC CANADAの研究活動の映画による紹介

- (a) 実船/模型実験(C.C.G.碎氷船“PIERRE RADISSON”号“LOUIS ST. LAURENT”号等)
- (b) 新しい碎氷方法の概念についての実船/模型実験(Alex-bowやACV装備船)

7.7 感想

事務所のあるKanataはOttawa中心街から車で約30分程郊外へ走った閑静な地にある。今回

面談したMr. Abdelnour, Mr. Majid 両氏は丁寧な態度で我々を歓迎してくれた。コンサルタントに携わる ARCTEC CANADA から見れば我々造船会社は顧客に当る訳であり、今後とも幅広く営業活動を延ばしていきたいという PR に基づいているのかも知れないが、とにかく短い時間にも拘らず最近の研究成果、諸設備等を熱心にそして陽気に説明してくれた事に感謝している。

水槽には、氷はもとより、実験も行われていなかった為、実験状況というものは把み得なかつたが、中へ案内されて一寸意外と感じたのは（筆者がこの様な設備を見学するのが初めてであり、かなり増幅された先入観があったのかも知れないが…）設備が非常に簡素に思われたことである。世界的に定評を得ている水槽と考えるが、その割にはこじんまりと纏っており、一見不必要な所には金をかけないで、安価な費用で最大の効果を狙っている様に感じた。

先にも述べた如く最近の研究成果について説明を受けた訳であるが、僅か 2 時間程の駆け足訪問であった為、質疑応答を充分に行う時間が持てなかつたのは技術者として些か残念に思つてゐる。

ともあれ、世界的に有名な設備の一つを見学できたことは貴重な経験であり、まさに百聞は一見に如かずと感じ入った次第である。

(ARCTEC CANADA (Ottawa) 見学写真)



ARCTEC CANADA 玄関にて

左から3人目 Mr. Abdelnour

右から3人目 Mr. Majid

図 7.1

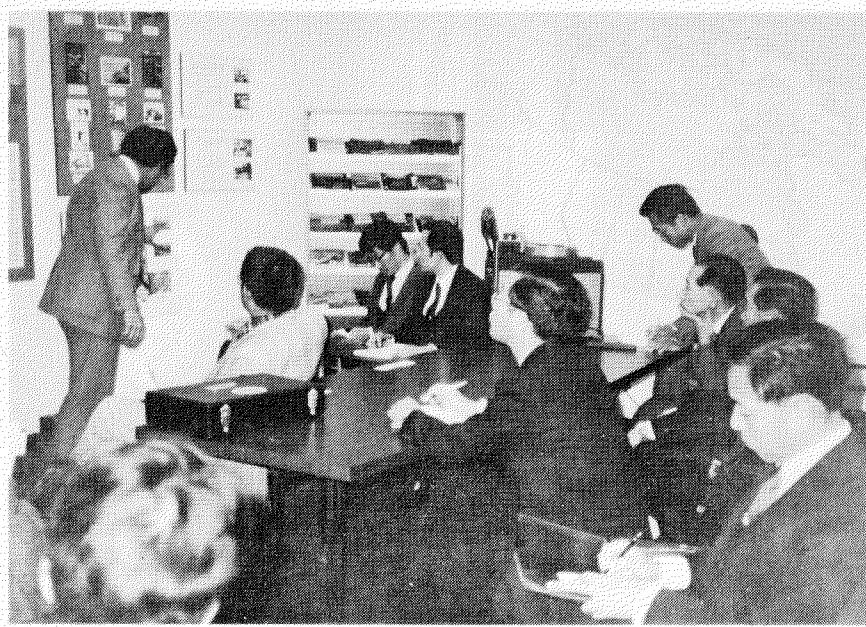


図 7.2 Mr. R. Abdelnour の説明

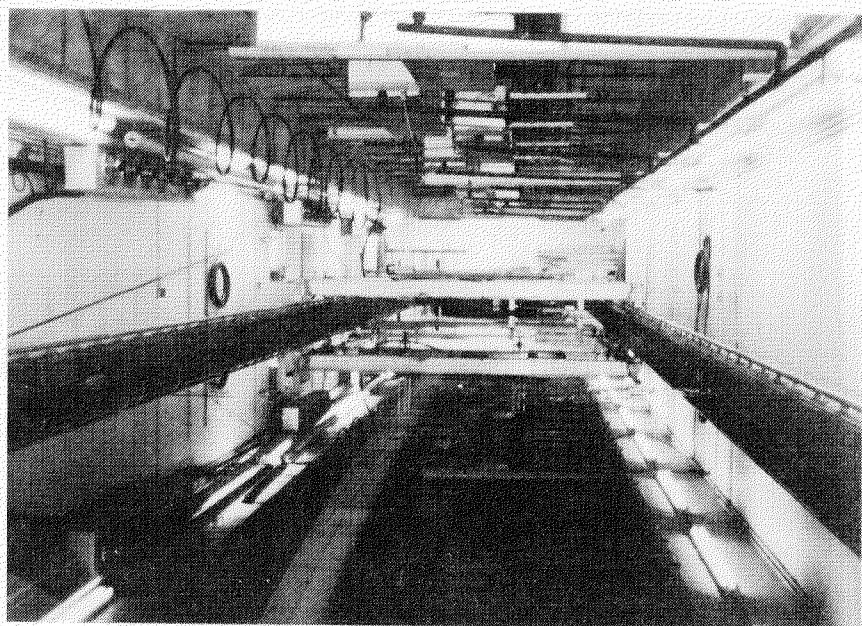


図 7.3 水海水槽（塩水氷）

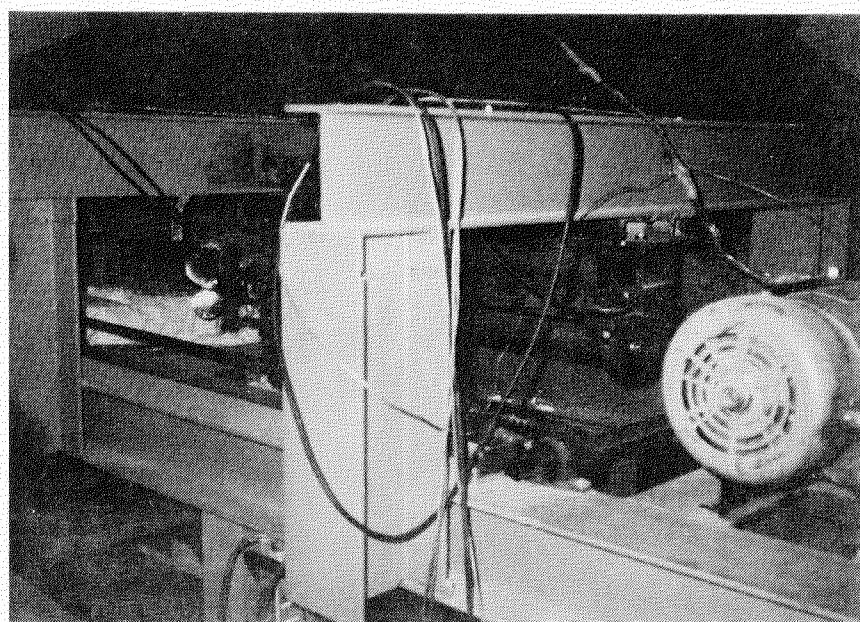


図 7.4 プロペラミリング試験機

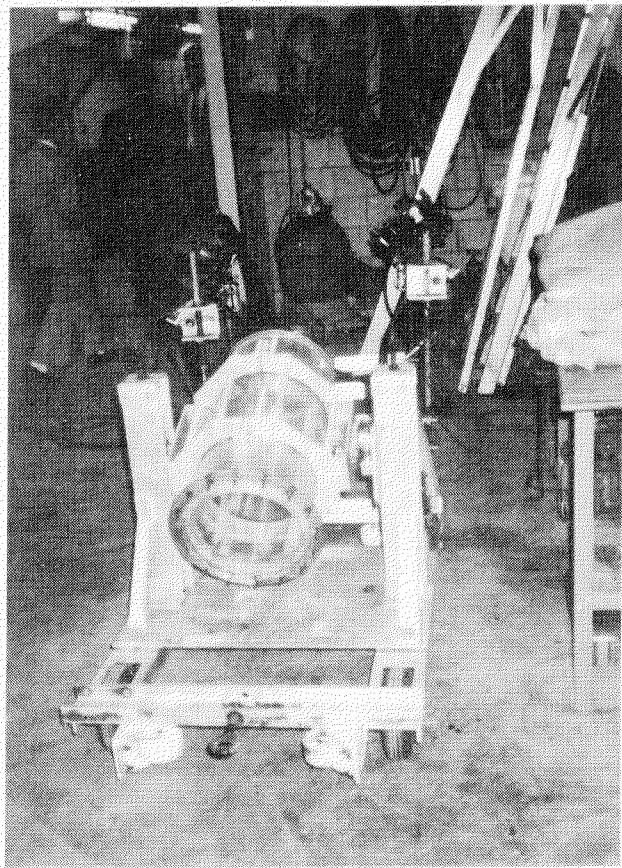


図 7.5 水中カメラケース

付 錄

訪問先別質問状

1. Arctec Canada Ltd.
2. Dome Petroleum Ltd.
3. Panarctic Oil Ltd.
4. Government of Canada
5. Canada Shipbuilders and Ship
Repairers Association

To: Arctec Canada Ltd.

October 2nd, 1981

Questionnaire

Dear Sirs,

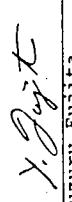
As informed you, we are visiting you on October 13th (Calgary) and 19th (Ottawa), 1981 to discuss the arctic technology.

In order to inform you of the specific subjects which we concern beforehand, and make the discussion more effective, we prepared a questionnaire which is enclosed herewith. We would appreciate it very much if you could kindly answer the questionnaire when we talk at your office. The answers in written form, even in part, would be more helpful for us.

We hope that the discussion will be fruitful for both of us.

We look forward to seeing you.

Yours faithfully,



Yuzuru Fujita
Head
Icebreaker Technology
Survey Mission

1. Outline of your company (or organization)
 - 1.1 Please explain briefly following items:
 - (a) General history and major business activities;
 - (b) Present activities and future programs of research on climate and ice conditions in the Arctic Sea; and
 - (c) Organization, facilities and personnel for research on exploration and transportation of oil and gas (LNG) in the Arctic Sea.
 - 1.2 Could you show us a film of the above activities, if any?
2. Environmental data of the Arctic Sea
 - 2.1 Do you have data of weather, sea and ice along the route from the Beaufort Sea to Japan and to the east coast of Canada?
 - 2.2 Do you have data of the mechanical properties and frictional coefficient of natural ice?
 - 2.3 Would you inform us how we get data in case you do not have them?
3. Type of drilling facilities
 - 3.1 Could you give us your opinion concerning advantages/disadvantages of artificial (gravel) islands and mobile drilling units in relation with water depth, sea region or ice conditions?
 - 3.2 Many concepts or designs of offshore drilling facilities are proposed.
What type will be most promising in relation with water depth, sea region or ice conditions?
4. Ice breakers
 - 4.1 How do you assess the resistance in level ice, pack ice and ridge?
 - 4.2 Please explain the measures of frictional resistance reduction.

4.3 Please explain how you evaluate ice load of following items:

- (a) dynamic ice load on a ship hull during ice breaking;
- (b) dynamic ice load on offshore structures due to collision of drifting ice floe; and
- (c) static force when a ship or an offshore structure is besetted.

4.4 Please explain the following items concerning the interaction between a propeller and ice:

- (a) forces exerted upon a propeller by ice; and
- (b) protecting devices of a propeller against ice.

4.5 Please explain the amount of weld bead corrosion in the Arctic Sea. How do you protect weld bead from the corrosion?

4.6 Please explain the accuracy of measured data of resistance, loads and forces on actual ships during impact with ice.

4.7 Please explain the following items of ice breakers which can navigate the North-West Passage of the Arctic Sea all through the year:

- (a) principal dimensions;
- (b) main engine power; and
- (c) ice grade.

5. Cold-proof

5.1 What is the design criteria of steel material to apply under very low temperature.

6. Ice model basin

6.1 Please explain the basis of selecting either of saline ice model basin and synthetic ice model basin.

6.2 Please explain how you correlate the result of experiments in saline ice model basin and that in synthetic ice model basin.

6.3 Please explain methods for correlation between actual ship and model.

October 2nd, 1981

To: Dome Petroleum Ltd.

Dear Sirs,

As informed you, we are visiting you on October 14th, 1981 to discuss the arctic technology.

In order to inform you of the specific subjects which we concern beforehand, and make the discussion more effective, we prepared a questionnaire which is enclosed herewith. We would appreciate it very much if you could kindly answer the questionnaire when we talk at your office. The answers in written form, even in part, would be more helpful for us.

We hope that the discussion will be fruitful for both of us.

We look forward to seeing you.

Yours faithfully,

Y. Fujita

Yuzuru Fujita
Head
Icebreaker Technology
Survey Mission

Questionnaire

1. Outline of your company (or organization)
 - 1.1 Please explain briefly following items:
 - (a) General history and major business activities;
 - (b) Present activities and future programs of research on climate and ice conditions in the Arctic Sea;
 - (c) History, present activities and future programs of oil and gas (LNG) exploration in the Arctic Sea; and
 - (d) Organization, facilities and personnel for research on exploration and transportation of oil and gas (LNG) in the Arctic Sea.
 - 1.2 Could you show us a film of the above activities, if any?
2. Environmental data of the Arctic Sea
 - 2.1 Do you have data of weather, sea and ice along the route from the Beaufort Sea to Japan and to the east coast of Canada?
 - 2.2 Would you inform us how we get data in case you do not have them?
3. Development of petroleum and liquid natural gas in the Arctic Sea
 - 3.1 Could you tell us the situation of the "development" in the energy policy of Canadian Government?
 - 3.2 Could you tell us your basic policy for pricing the petroleum and liquid natural gas, especially, plan for absorbing high transportation cost?
 - 3.3 Could you tell us general views on the "development"?
 - 3.4 When and on what scale, do you expect to start commercial production?
4. Operation of drilling facilities
 - 4.1 Please explain your operational experiences of drilling facilities in the Arctic Sea such as floating ice islands, artificial gravel islands, mobile drilling units, etc., inter alia on the following items:
 - (a) Types you have employed; and
 - (b) Number of operation days in a year.
 5. Type of drilling facilities
 - 5.1 Could you give us your opinion concerning advantages/disadvantages of artificial (gravel) islands and mobile drilling units in relation with water depth, sea region or ice conditions?
 - 5.2 Many concepts or designs of offshore drilling facilities are proposed. What type will be most promising in relation with water depth, sea region or ice conditions?
 6. Construction of artificial islands at the Beaufort Sea
 - 6.1 We would like to know the outline of the way to construct artificial islands in the Beaufort Sea, especially at shallow water (approx. 20m depth) and deeper water (approx. 60m depth) area, inter alia on the following items:
 - (a) The procedure to construct artificial islands;
 - (b) Months construction can be continued;
 - (c) Months and ice condition the dredger can operate;
 - (d) Types of dredgers that can be employed;
 - (e) The maximum dredging depth; and
 - (f) The support vessel system (ship type, size, numbers, etc.) in future to extend the operation period of dredgers to severe cold winter season.

7. Facilities of large scaled artificial island (APLA)
- 7.1 We would like to know the informations on the following items.
 - (a) The maximum size or some restrictions on the principal dimensions of the tanker that is expected to enter the port of APLA;
 - (b) The support system for navigation of tankers around APLA;
 - (c) The months the facilities of APLA can be operated for production;
 - (d) The production systems of APLA in the severe cold winter season; and
 - (e) The outline of facilities of APLA for mooring, cargo loading, bunkering, provisions, accommodation, rescue preparedness and repairing base.
 8. Operation of conventional rigs in the arctic offshore
 - 8.1 What types of rigs do you employ?
 - 8.2 Please explain the environmental conditions at your major offshore drilling site (water depth, ice conditions, temperature, wind, waves, etc.).
 - 8.3 How do you operate conventional rigs in icy waters?
 - 8.4 In what month can conventional rigs be operable in your offshore exploration area?
 - 8.5 What kind of provisions or modifications are required to conventional rigs for operation in the arctic offshore?
 - 8.6 What support systems do you think will be required to operate a conventional rig or modified one in the arctic offshore?
 9. The transportation of petroleum and liquid natural gas
 - 9.1 Could you tell us your basic policy for the transportation of petroleum and liquid natural gas?
 - 9.2 Which do you think will be the major means, vessels or pipe lines?
 - 9.3 Could you explain the transportation system of the Beaufort Sea project?
10. Marine transportation system
- 10.1 Please explain your idea on the most effective marine transportation system of the Arctic Sea.
 - Tanker of icebreaker
 - Convoy of tanker cum icebreaker
 - Tandem of tanker cum pusher
 - Other system
 - 10.2 Please explain the current support system and the future plan concerning following items:
 - (a) Channel opening;
 - (b) Remote-sensing system on ice area;
 - (c) Rescue system; and
 - (d) Shore facilities for bunkering, provisions, repairing base, etc..
 11. Ice breakers
 - 11.1 How do you assess the resistance in level ice, pack ice and ridge?
 - 11.2 Please explain the measures of frictional resistance reduction.
 - 11.3 Please explain how you evaluate ice load of following items:
 - (a) dynamic ice load on a ship hull during ice breaking;
 - (b) dynamic ice load on offshore structures due to collision of drifting ice floe; and
 - (c) static force when a ship or an offshore structure is besetted.
 - 11.4 Please explain the following items concerning the interaction between a propeller and ice:
 - (a) forces exerted upon a propeller by ice; and
 - (b) protecting devices of a propeller against ice.

- 11.5 Please explain the amount of weld bead corrosion in the Arctic Sea. How do you protect weld bead from the corrosion?
- 11.6 Please explain the accuracy of measured data of resistance, loads and forces on actual ships during impact with ice.
- 11.7 Please explain the following items of ice breakers which can navigate the North-West Passage of the Arctic Sea all through the year:
- Principal dimensions;
 - main engine power; and
 - ice grade.
12. Cold-proof
- 12.1 Please explain kinds of power sources - electric, steam, electro-hydraulic, etc. - which is most effective under very low temperature.
- 12.2 How is the maintenance of fittings, pipings and machineries under very low temperature?
- 12.3 What is special consideration concerning following items:
- Wire rope;
 - Electric cable;
 - Rubber hose;
 - Hydraulic cylinder;
 - Steel pipe; and
 - Tank heating.
- 12.4 What is the design criteria of steel material to apply under very low temperature.
13. The Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations (ASPPR)
- 13.1 May we understand the ASPPR are the only regulations prepared under the Arctic Waters Pollution Prevention Act (AWPA) for ships operating in the shipping safety control zone*?
- * The area north of the sixtieth parallel of north latitude, east of the one hundred and forty-first meridian of longitude and extends for a distance of one hundred nautical miles from Canadian land except that where the distance between Canada and Greenland is less than one hundred nautical miles a line of equidistance is substituted.
- 13.2 As to the values of ice pressures and minimum ice load in the Schedule VI of the ASPPR, do you have any idea to amend these values especially in the higher Arctic Class and/or in larger ships, etc.?
- 13.3 Do you expect other changes or trends in the ASPPR or in the AWPA?
14. Others
- 14.1 Please explain the following items concerning towing of modules, barges and structures to the arctic offshore operation sites:
- Towing season;
 - Limitation of draft;
 - Ice and weather conditions of the towing route;
 - Icing of tugboat.
- 14.2 Please explain the following items concerning the present and future plan of crew training and licensin for ice-going commercial vessels:
- On board training;
 - On land training;
 - Licensing;
 - Insurance; and
 - Union.

October 2nd, 1981

To: Panarctic Oil Ltd.

Questionnaire

1. Outline of your company (or organization)
 - 1.1 Please explain briefly following items:
 - (a) General history and major business activities;
 - (b) Present activities and future programs of research on climate and ice conditions in the Arctic Sea;
 - (c) History, present activities and future programs of oil and gas (LNG) exploration in the Arctic Sea; and
 - (d) Organization, facilities and personnel for research on exploration and transportation of oil and gas (LNG) in the Arctic Sea.
 - 1.2 Could you show us a film of the above activities if any?
2. Environmental data of the Arctic Sea
 - 2.1 Do you have data of weather, sea and ice along the route from the Beaufort Sea to Japan and to the east coast of Canada?
 - 2.2 Would you inform us how we get data in case you do not have them?
3. Development of petroleum and liquid natural gas in the Arctic Sea
 - 3.1 Could you tell us the situation of the "development" in the energy policy of Canadian Government?
 - 3.2 Could you tell us your basic policy for Pricing the petroleum and liquid natural gas, especially, Plan for absorbing high transportation cost?
 - 3.3 Could you tell us general views on the "development"?
 - 3.4 When and on what scale, do you expect to start commercial production?

As informed you, we are visiting you on October 13th (Calgary) and 15th (Melville), 1981 to discuss the arctic technology.

In order to inform you of the specific subjects which we concern beforehand, and make the discussion more effective, we prepared a questionnaire which is enclosed herewith. We would appreciate it very much if you could kindly answer the questionnaire when we talk at your office. The answers in written form, even in part, would be more helpful for us.

We hope that the discussion will be fruitful for both of us.

We look forward to seeing you.

Yours faithfully,

Y. Fujita
Yuzuru Fujita
Head
Icebreaker Technology
Survey Mission

4. Operation of drilling facilities

4.1 Please explain your operational experiences of drilling facilities in the Arctic Sea such as floating ice islands, artificial gravel islands, mobile drilling units, etc., inter alia on the following items:

- (a) Types you have employed; and

- (b) Number of operation days in a year.

5. Type of drilling facilities

5.1 Could you give us your opinion concerning advantages/disadvantages of artificial (gravel) islands and mobile drilling units in relation with water depth, sea region or ice conditions?

5.2 Many concepts or designs of offshore drilling facilities are proposed. What type will be most promising in relation with water depth, sea region or ice conditions?

7. Operation of conventional rigs in the arctic offshore

7.1 What types of rigs do you employ?

7.2 Please explain the environmental conditions at your major offshore drilling site (water depth, ice conditions, temperature, wind, waves, etc.).

7.3 How do you operate conventional rigs in icy waters?

7.4 In what month can conventional rigs be operable in your offshore exploration area?

7.5 What kind of provisions or modifications are required to conventional rigs for operation in the arctic offshore?

7.6 What support systems do you think will be required to operate a conventional rig or modified one in the arctic offshore?

8. The transportation of petroleum and liquid natural gas

8.1 Could you tell us your basic policy for the transportation of petroleum and liquid natural gas?

8.2 Which do you think will be the major means, vessels or pipe lines?

8.3 Could you explain of the arctic pilot project?

8.4 Could you explain of the polar gas project?

(a) The procedure to construct artificial islands;

(b) Months construction can be continued;

(c) Months and ice condition the dredger can operate;

(d) Types of dredgers that can be employed;

(e) The maximum dredging depth; and

(f) The support vessel system (ship type, size, numbers, etc.) in future to extend the operation period of dredgers to severe cold winter season.

9. Cold-proof

9.1 Please explain kinds of power sources - electric, steam, electro-hydraulic, etc. - which is the most effective under very low temperature.

9.2 How is the maintenance of fittings, pipings and machineries under very low temperature?

9.3 What is special consideration concerning following items:

- (a) Wire rope;
- (b) Electric cable;
- (c) Rubber hose;
- (d) Hydraulic cylinder;
- (e) Steel pipe; and
- (f) Tank heating.

9.4 What is the design criteria of steel material to apply under very low temperature.

October 2nd, 1981

10. The Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations (ASPPR)

10.1 May we understand the ASPPR are the only regulations prepared under the Arctic Waters Pollution Prevention Act (AWPPA) for ships operating in the shipping safety control zone*?

* The area north of the sixtieth parallel of north latitude, east of the one hundred and forty-first meridian of longitude and extends for a distance of one hundred nautical miles from Canadian land except that where the distance between Canada and Greenland is less than one hundred nautical miles a line of equidistance is substituted.

10.2 As to the values of ice pressures and minimum ice load in the Schedule VI of the ASPPR, do you have any idea to amend these values especially in the higher Arctic Class and/or in larger ships, based on the data from the recent full scale tests, etc.?

10.3 Do you expect other changes or trends in the ASPPR or in the AWPPA, if any.

11. Others

11.1 Please explain the following items concerning towing of modules, barges and structures to the arctic offshore operation sites:

- (a) Towing season;
- (b) Limitation of draft;
- (c) Ice and weather conditions of the towing route; and
- (d) Icing of tugboat.

11.2 Please explain the following items concerning the present and future plan of crew training and licensing for ice-going commercial vessels:

- (a) On board training;
- (b) On land training;
- (c) Licensing;
- (d) Insurance; and
- (e) Union.

To whom it may concern

Dear Sirs,

As informed you, we are visiting you on October 19th, 1981 to discuss the arctic technology.

In order to inform you of the specific subjects which we concern beforehand, and make the discussion more effective, we prepared a questionnaire which is enclosed herewith. We would appreciate it very much if you could kindly answer the questionnaire when we talk at your office. The answers in written form, even in part, would be more helpful for us.

We hope that the discussion will be fruitful for both of us.

We look forward to seeing you.

Yours faithfully,

Y. Fujita
Yuzuru Fujita
Head
Icebreaker Technology
Survey Mission

Questionnaire

1. Outline of your activities
 - 1.1 Please explain briefly following items.
 - (a) Present activities and future programs of research on climate and ice conditions in the Arctic Sea.
 - (b) History, present activities and future programs of oil and gas (LNG) exploration in the Arctic Sea.
 - (c) Organization, facilities and personnel for research on exploration and transportation of oil and gas (LNG) in the Arctic Sea.
 2. Environmental data of the Arctic Sea
 - 2.1 Do you have data of weather, sea and ice along the route from the Beaufort Sea to Japan and to the east coast of Canada?
 3. Development of petroleum and liquid natural gas in the Arctic Sea
 - 3.1 Could you tell us the situation of the "development" in the energy policy of Canadian Government?
 - 3.2 Could you tell us if there is any restrictive regulation of exporting petroleum or natural gas to foreign countries? If any, how do you carry out the regulation in practice?
 - 3.3 Could you tell us your basic policy for pricing the petroleum and liquid natural gas, especially, plan for absorbing high transportation cost?
 - 3.4 Could you tell us general views on the "development"?
 - 3.5 When and on what scale, do you expect to start commercial production?
 4. The transportation of petroleum and liquid natural gas
 - 4.1 Could you tell us your basic policy for the transportation of petroleum and liquid natural gas?
 - 4.2 Which do you think will be the major means, vessel or pipe lines?
 - 4.3 Could you explain the transport system of the arctic pilot project and the polar gas project?
 5. Transportation System
 - 5.1 Please explain your idea on the most effective transportation system.
 - Tanker of icebreaker
 - Convoy of tanker cum icebreaker
 - Tandem of tanker cum pusher
 - Other system
 6. Cold-proof
 - 6.1 Please explain kinds of power sources - electric, steam, electro-hydraulic, etc. - which is the most effective under very low temperature.
 - 6.2 How is the maintenance of fittings, pipings and machines under very low temperature?

6.3 What is special consideration concerning following items:

- (a) Wire rope;
- (b) Electric cable;
- (c) Rubber hose;
- (d) Hydraulic cylinder;
- (e) Steel pipe; and
- (f) Tank heating.

6.4 What is the design criteria of steel material to apply under very low temperature.

7. The Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations (ASPER)

7.1 May we understand the ASPPR are the only regulations prepared under the Arctic Waters Pollution Prevention Act (AWPPA) for ships operating in the shipping safety control zone*?

* The area north of the sixtieth parallel of north latitude, east of the one hundred and forty-first meridian of longitude and extends for a distance of one hundred nautical miles from Canadian land except that where the distance between Canada and Greenland is less than one hundred nautical miles a line of equidistance is substituted.

7.2 Are the following the latest set of the ASPPR as of October, 1981?

- Chapter 353 in the Consolidated Regulations of Canada, 1978

- Amendment SOR/78-180, 24 February, 1978
 - " SOR/78-430, 8 May, 1978
 - " SOR/78-307, 9 June, 1978
 - " SOR/78-547, 23 June, 1978
 - " SOR/79-152, 12 February, 1979
 - " SOR/79-781, 26 October, 1979
 - " SOR/80-100, 25 January, 1980
 - " SOR/80-503, 26 June, 1980
 - " SOR/81-330, 24 April, 1981
 - " SOR/81-453, 8 June, 1981

7.3 As to the definition of ship with respect to drilling rigs or other steel structures in the ASPPR, may we understand that a steel structure which is being towed or pushed or riding at anchor is regarded as a ship, while a steel structure which is wholly or partially supported from the seabed is not regarded as a ship and falls under the jurisdiction and regulations of the Department of Indian Affairs and Northern Development and the Department of Energy, Mines and Resources?

7.4 There seem to be no provisions for the following items in the ASPPR:

- (a) Steel and/or other materials against low temperature;
- (b) Maneuverability in ice navigation; and
- (c) Noise levels in ice navigation.

Do You have any plan to prepare provisions for the above or other items in the ASPPR, or in other regulations.

7.5 As to the values of ice pressures and minimum ice load in the Schedule VI of the ASPPR, do you have any plan to amend these values especially in the higher Arctic Class and/or in larger ships, based on the data from the recent full scale tests, etc.?

8. Others

8.1 Please explain the following items concerning the present and future plan of crew training and licensing for ice-going commercial vessels:

- (a) On board training;
- (b) On land training;
- (c) Licensing;
- (d) Insurance; and
- (e) Union.

October 2nd, 1981

Questionnaire

To: Canada Shipbuilders and Ship Repairers Association

Dear Sirs,

As informed you, we are visiting you on October 19th, 1981 to discuss the arctic technology.

In order to inform you of the specific subjects which we concern beforehand, and make the discussion more effective, we prepared a questionnaire which is enclosed herewith. We would appreciate it very much if you could kindly answer the questionnaire when we talk at your office. The answers in written form, even in part, would be more helpful for us.

We hope that the discussion will be fruitful for both of us.

We look forward to seeing you.

Yours faithfully,



Yuzuru Fujita
Head
Icebreaker Technology
Survey Mission

1. Outline of your association
 - 1.1 Please explain briefly activities of CSSRA.
2. Canadian shipbuilder's scene
 - 2.1 Please explain the present state of Canadian Shipbuilding industry.
3. Arctic vessels
 - 3.1 Could you tell us technical problems to build arctic vessels?
 - 3.2 Could you tell us the future plan to build arctic vessels?
4. ASPPR
 - 4.1 Do you have any opinions for ASPPR?