

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

報告書

昭和57年3月

社団法人

日本造船研究協会

氷海船舶・海洋構造物の5か年研究計画の第2年度の研究として、日本～ポーフォート海想定航路における氷象・気象調査、各種文献にもとづく氷海用リグ及び作業船の現状・構想調査、わが国として今後取組むべき氷海技術開発の長期総合計画の提案、氷水槽における模型実験を行い、それらの結果をとり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「水海用船舶・海洋構造物の設計・建造に関する研究」のうちの「調査研究」と「模型実験」の成果および「総合研究計画」を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 謙	(東京大学)		
幹 事	北 川 弘 光	(船舶技術研究所)	新 田 顕	(日本海事協会)
	脇 本 英 輔	(石川島播磨重工業)	木 村 峻 久	(石川島播磨重工業)
	成 田 仁	(三井造船)	岡 正 志	(川崎重工業)
	城 野 隆 史	(日立造船)	野 原 英 志	(三菱重工業)
	赤 井 謙 一	(日本鋼管)	橋 本 泰 明	(住友重機械工業)
委 員	高 橋 肇	(船舶技術研究所)	手 島 登	(石油公団)
	鈴 木 敷	(日本造船振興財団)	三 宅 淳 達	(日本作業船協会)
	浅 井 孝 雄	(日本郵船)	折 戸 博 允	(大阪商船三井船舶)
	関 田 欣 治	(新日本製鉄)	楠 原 泰 四 郎	(日本鋼管)
	久 富 吉 弘	(日立造船)	川 口 昇	(三菱重工業)
	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)		
幹 事	北 川 弘 光	(船舶技術研究所)	川 口 昇	(三菱重工業)
	田 淵 寛	(三井造船)	片 桐 徳 二	(石川島播磨重工業)
	山 崎 禎 昭	(石川島播磨重工業)	田 中 陽	(川崎重工業)
	村 上 延 夫	(日立造船)	北 沢 孝 宗	(日立造船)
	永 松 秀 一	(住友重機械工業)	須 藤 正 信	(日本鋼管)
	太 田 徹	(日本鋼管)	城 野 隆 史	(日立造船)
委 員	楠 原 泰 四 郎	(日本鋼管)	河 井 清 高	(大阪造船所)
	貞 光 勝	(来島どっく)	中 間 隆 三 郎	(函館ドック)
	高 幣 哲 夫	(明石船型研究所)	岡 吉 則	(日本海事協会)
	星 野 久 雄	(新潟鉄工所)	浅 井 孝 雄	(日本郵船)
	折 戸 博 允	(大阪商船三井船舶)	渡 辺 明	(山下新日本汽船)
	柴 田 幸 夫	(ジャパンライン)	三 宅 淳 達	(日本作業船協会)
	堤 弘	(日本船舶品質管理協会)	板 沢 順	(かもめプロベラ)
	海 津 源 治	(ナカシマプロベラ)	伊 藤 政 光	(神戸製鋼所)
	関 田 欣 治	(新日本製鉄)	青 木 真 一	(川崎製鉄)
	鎌 田 晃 郎	(川崎製鉄)	高 橋 智	(キーパー)
	岩 上 彰 夫	(中央工産)	大 東 俊 一	(小野測器)

立花 康夫 (富士電機製造) 佐野 隆一 (関西ペイント)
石田 富之輔 (日本ペイント) 岡本 洋 (川崎重工業)

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 哲朗 (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) 泰 数実 (日本鋼管)
小宮 治彦 (日本鋼管) 河辺 勲 (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スファー研究所)
渡辺 茂雄 (住友重機械工業) 神 蔵 義光 (ジャパンライン)

目 次

1. 緒 言	1
2. 研究計画の概要	2
2.1 研究目的	2
2.2 全体計画概要	2
2.3 昭和56年度計画	3
3. 研究成果	3
3.1 調査研究	3
3.1.1 調査概要	3
3.1.2 想定航路についての氷象文献調査	3
3.2 氷海船舶試験水槽における模型実験	13
3.2.1 模型船	13
3.2.2 模型プロベラ	13
3.2.3 模型試験計画	13
3.2.4 試験結果	14
3.3 氷海用海洋構造物の技術的フェージビリティ調査	34
3.3.1 はしがき	34
3.3.2 北極海の氷象	34
(1) 総 論	34
(2) 氷 象	34
(3) 水深および海底土質	36
3.3.3 氷海用海洋構造物の概要	44
(1) 総 論	44
(2) 稼働水深	44
(3) 各種氷海用海洋構造物一覧	44
3.3.4 氷海用海洋構造物の特徴	72
(1) 人工島	72
(2) 着底式リグ	80
(3) 浮遊式リグ	90
(4) 特殊装置	107
3.3.5 氷海用作業船	119
(1) 浚渫船	119
(2) 支援船	120
(3) その他	122
3.3.6 氷海用海洋構造物および作業船に係わる技術課題	134
(1) 共通技術課題	134
(2) 種別技術課題	135
(3) 研究課題	137
3.3.7 文献集	138
3.3.8 円柱模型に働く氷荷重の研究	143

4. まとめ	145
4.1 今年度の研究成果について	145
4.2 今後の研究方針について	145

1. 緒 言

北極海周辺に豊富なエネルギー資源の埋蔵が予測されたのは1950年代のことであるが、厳しい自然環境と立地条件の面から、石油、天然ガスの掘削が採算ベースに乗るのは、今世紀後半以降との見通しが大勢であった。しかし、1968年、アラスカ・ノーススロープでの石油試掘成功以後は、引続くエネルギー情勢の逼迫のため、北方資源の調査・開発熱は年を追って上昇し、ポーフォート海、メルビル島、あるいは、カナダ多島海において、ドーム、エッソ、パナクティックなどの各社が、天然ガス又は石油の試掘に成功を収めている。

このような情勢により、日本造船研究協会では、来るべき氷海商船就航に備えて、昭和50年、第160研究部会を発足させ、北極諸海周辺の気象、氷象、資源開発状況、砕氷船建造実績、砕氷船設計技術、氷海実験法、海氷の諸性質、模型試験技術など、広範囲な調査研究を行った。

しかし、昭和54年の第2次オイルショック以降における石油価格の暴騰により、北極海域における石油の商業生産は急速に現実的なものとなって来たため、氷海用海洋構造物（石油掘削用プラットフォーム）や氷海用船舶の建造機運は最近大いに高まって来ている。

本研究部会はこうした情勢に対応して、従来より研究を行っている氷海用船舶に加え、氷海用海洋構造物についても取扱うこととした上、特に設計および建造に係る技術についての研究開発に重点を置くこととした。

このため、研究課題名を昭和55年度の「氷海域における船舶・海洋構造物の挙動に関する研究」より、昭和56年度以降は「氷海用船舶・海洋構造物の設計・建造に関する研究」に改め（部会番号はそのまま）、また、委員会の構成についても本委員会の下に、氷海用船舶および海洋構造物について、それぞれ小委員会を置くこととして組織の改変を行った。

2. 研究計画の概要

2.1 研究目的

アラスカ、カナダ周辺など北極圏の氷海における、地下鉱物資源の掘削、生産およびその積出しと海上輸送に対応するため、これに必要な氷海用船舶および氷海用構造物についての技術を開発しようとするものである。

2.2 全体計画概要

氷海用船舶および氷海用構造物は、その使用目的、条件などにより、多岐にわたる技術を必要とするが、本研究においてはこれらの設計、建造のための指針を得るため、氷海用として特に要求される基礎的諸技術について調査、研究を実施するものである。研究面では多年を要する理論的研究はさておき、当面最も成果の期待できる氷水槽における模型実験に主力を注ぎ、運輸省船舶技術研究所に新設された氷海船舶試験水槽においてこれを実施する。

本研究部会の研究年次計画は表 2.1 に示す通りであり、文献調査、海外調査のほか以下の研究が行われる。

表 2.1 研究年次計画

年度 項目	55	56	57	58	59
調査研究	ソ連文献の調査 翻訳	・氷象データの 購入 ・海外調査	氷象データの購 入	氷象補足データ の購入	
氷海用船舶の 模型実験	—	L/B シリーズ	B/d シリーズ midshipシリーズ	船首形状シリー ズ	各種氷海中の性 能
氷海用船舶の 概念設計	(概念設計)	—	文献調査	文献調査 設計条件の設定	概略試設計 輸送コスト
氷海用構造物 の模型実験	—	円柱	円錐	円柱群	複合モデル
氷海用構造物 の概念設計	—	氷象ゾーニング 各種リグの調査	輸送方式などの 調査	係留システムの 調査	概念設計

すなわち、氷海用船舶の分野においては、対象船を北極海-日本航路の砕氷タンカーとし、この航路の氷象データを購入すると共に、氷海船舶試験水槽においては、各種模型実験を実施し、船型設計に役立つ諸データを得る。一方、これらの研究をふまえ、最終年度には砕氷タンカーの概略試設計を行い、総合的なまとめを行う。なお、船型問題以外の構造、機装、推進プラントの分野においては、本研究部会では概略試設計のための文献調査にとどめる。

氷海用構造物の分野においては、氷象ゾーニング、各種リグの調査、係留システムの調査などを行い、最終年度には概念設計を行う。これと並行し、氷海構造物に作用する氷力推定のための資料を得るため、各種の基礎的形狀について氷海船舶試験水槽での模型実験を行う。

2.3 昭和56年度研究の概要

全体計画の一環として、本年度は以下の諸事項について、調査研究を実施した。

(1) 海外調査

氷海用船舶、海洋構造物に関し、カナダの石油開発会社、研究所、さらにはメルビル島などを訪問し、氷海開発の現状および技術を調査した。なお本調査結果は研究資料No.351-1として別途報告の予定である。

(2) 氷象データの購入

北極-日本の航路を想定し、そこでの氷象、気象などについての第1次のデータをArctec Canada Ltd.にまとめさせ、これを購入した。

(3) 氷海船舶試験水槽における模型試験

砕氷タンカーのL/Bシリーズ船型について、船舶技術研究所の氷海船舶試験水槽(略称、氷水槽)にて、推進性能に関する実験を行った。

(4) 氷海用構造物の技術的フィージビリティの検討

対象として考えられる氷海域を氷象によりゾーニングすると共に、各種形式の氷海用リグおよび作業船について文献調査を行い現状をまとめた。

(5) 直円柱に作用する氷荷重試験

氷海用構造物における基本形状の1つである直円柱に作用する氷荷重について、船舶技術研究所の氷水槽にて実験を行うこととした。

(6) 氷海用船舶および海洋構造物についての総合的な研究計画の策定

本研究部会が実施した昭和55年度の「氷海タンカーの概念設計」および56年度の「氷海用リグの調査」により明らかになった種々の技術課題について、わが国として今後どのように取り組むべきかについて取りまとめた総合的研究計画(試案)を策定した。

3. 研究 成 果

3.1 調査研究

3.1.1 調査概要

SR186研究部会では、昭和56年度計画で次の調査を行った。

(1) 想定航路についての氷象、気象、海象文献調査

航路を日本~Beaufort海と想定し、本想定航路上における氷象、気象および海象データをカナダのArctec Canada Ltd.に依頼して調査した。

(2) 海外調査

カナダに調査団を派遣し、Arctec Canada Ltd., Dome Petroleum Ltd., Panarctic Oils Ltd.および関係政府機関等を訪問し、カナダ北極圏における資源開発の現況、将来計画、関連研究開発の現状、関係政府機関の諸政策等につき、説明聴取あるいは意見交換を行うと共に、Panarctic Oils Ltd.の好意により、Melville島他の北極諸島における同社の開発状況を見学調査した。

3.1.2 想定航路についての氷象、気象、海象文献調査

Arctec Canada Ltd.より購入した文献「Meteorology and Ice Data for Arctic Icebreaking Vessel Design」December 23, 1981の要旨を以下に述べる。なお、原本は日本造船研究協会にて保管する。

(1) 調査内容

日本～Beaufort 海において一つの航路を想定し、この想定航路における氷象（密接度、多年氷の割合、1年氷の氷厚および氷丘脈の分布）、気象・海象（外気温度、降水頻度、風速、視界および波高）、および氷の機械的特性（圧縮強度、引張り強度、曲げ強度、剪断強度、ヤング率、剛性率、ポアソン比および摩擦係数）に関するデータを、主として公表されたデータをもとに調査した。

参考にしたデータは「データの出典」として最後に列記した。

(2) 航路想定

図 3.1.1、図 3.1.2 および表 3.1.1 に想定航路を示す。航路は次の条件を満足するように想定し、想定航路を 13 の reach（区間）に分けて、各 reach 毎に氷象、気象および海象に関するデータを整理した。

- 1) 水深が 15 ファゾム（約 27.5 m）以上
- 2) 無寄港最短距離
- 3) 通過出来る海域は日本、米国、カナダの各領海および公海上
- 4) 多年氷は出来るだけ避ける

(3) 環境データ

a. 氷 象

i) 氷海域の氷象概略

Beaufort 海～Chukchi 海

海岸から水深約 20 m までの範囲は、最大氷厚約 1.7 m の定着氷（landfast ice）で 10 月から翌年の 5 月ないし 6 月まで存在する。これより沖は季節流氷域（seasonal pack ice zone）で 10 月頃から翌年の 6 月頃まで季節流氷が密集しており、またセール高さ 3.5 m 以上の氷丘脈（pressure ice ridge）が存在する。

季節流氷域のさらに沖は極流氷域（polar pack ice zone）になり、最大氷厚約 3.5 m の多年氷（multi-year ice）が存在する。

Bering 海峡～Bering 海

氷象は Chukchi 海以北ほど厳しくはない。多年氷は稀にしか存在せず、1年氷（first-year ice）も存在する期間はせいぜい 10 月頃から翌年の 5 月頃までである。平均氷厚は北の方で 1.2 m 以下、南の方では 0.6 m 以下である。流氷が存在する限界は通常北緯 57° である。

北太平洋

冬期の沿岸部を除けば、海氷（sea ice）が北緯 55° より南に存在することはほとんどない。

ii) 想定航路上の氷象

想定航路における各 reach 毎の密接度、多年氷の割合、1年氷の氷厚および氷丘脈のデータを表 3.1.2～3.1.5 に示す。

北緯 67° 以北の航路（reach 1～8）では、通常 7 月～9 月の 3 ヶ月間を除いて航路全体、もしくは一部が密接度 10/10 に達する。1年氷の氷厚に関しては 5 月から 10 月までのデータに欠如があり完全ではないが、その平均氷厚の最大は年間を通じて 1.7 m 程度と予想される。多年氷、氷丘脈に関するデータは不十分なので、氷厚のデータと共に今後さらに調査する必要がある。

なお、想定航路上に冰山のような浮遊氷河氷（floating glacial ice）が現われることはほとんどないので、冰山に関するデータは、テーブルに含まれていない。

b. 気象・海象

外気温度、降水頻度、風速、視界および波高に関するデータを想定航路の各 reach 毎にテーブルにまとめた。例として reach 1 のデータを表 3.1.6 に示す。

想定航路上の最低気温は通常2月に、あるいは2月から3月にかけて北部の reaches で記録され、
-44℃程度である。

降水頻度は、年間を通じてほぼ全想定航路上で15%~35%であるが reach 10の11月および
reach 11の12月は40%に達している。

風速が34ノット以上になる頻度は、reach 1~10 (Beaufort海~Bering海峡) では年間
を通じて5%以下である。これより南では、夏期は5%程度であるが、冬期では10%~12%に達す
る。平均風速は reach 1~7 (Beaufort海~Chukchi海) では10ノット~16ノットであり、
これより南では夏期には10ノット~15ノット、冬期には20ノットに達するところもある。

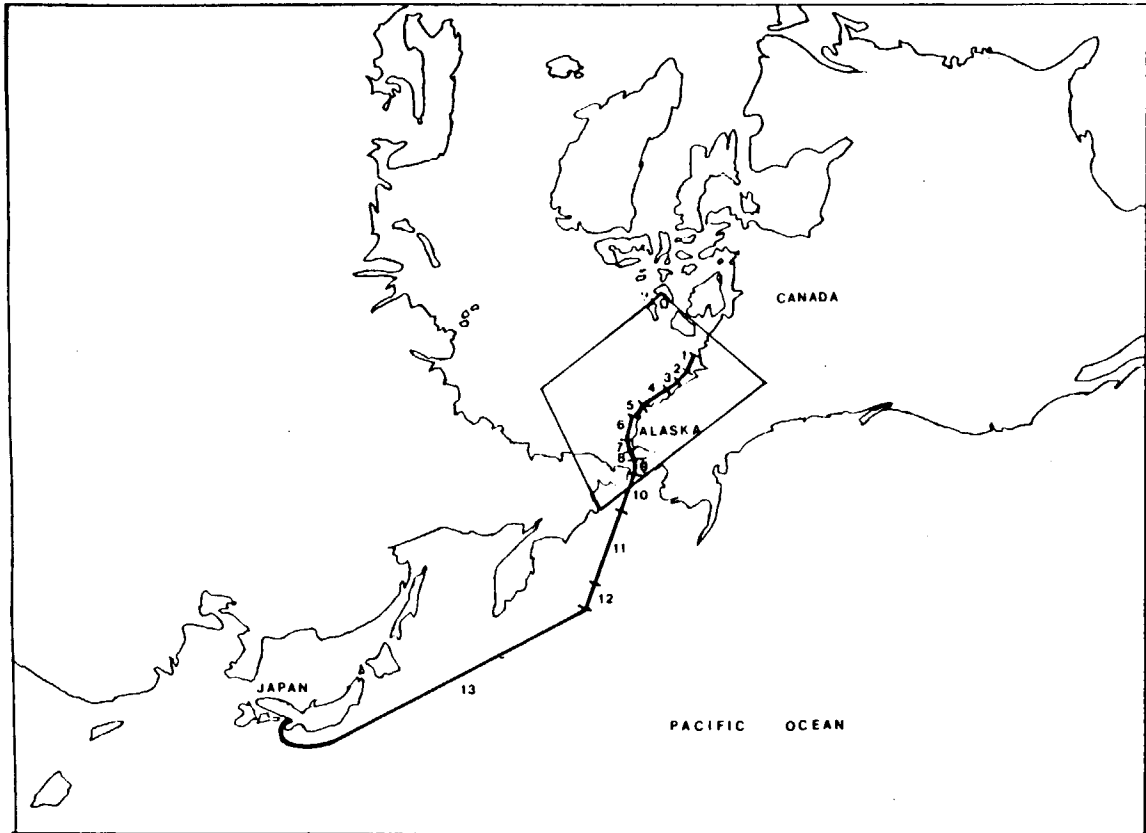
視界が悪くなる時期は、想定航路上の南部ではほとんど夏期であり、視界2海里以下となる頻度は
35%以下である。一方、想定航路上の北部では真冬と真夏に視界が悪くなるが、視界が2海里以下
になる頻度は冬、夏とも25%以下である。

想定航路上の北部では波高の高い波はほとんどなく、波高3.5m以上の波が発生する頻度は5%以
下である。波高6m以上の波が最もよく発生するのは reach 12と13で、その頻度は10%である。
波高3.5m以上の波が最もよく発生するのは reach 13の1月で、その頻度は40%である。

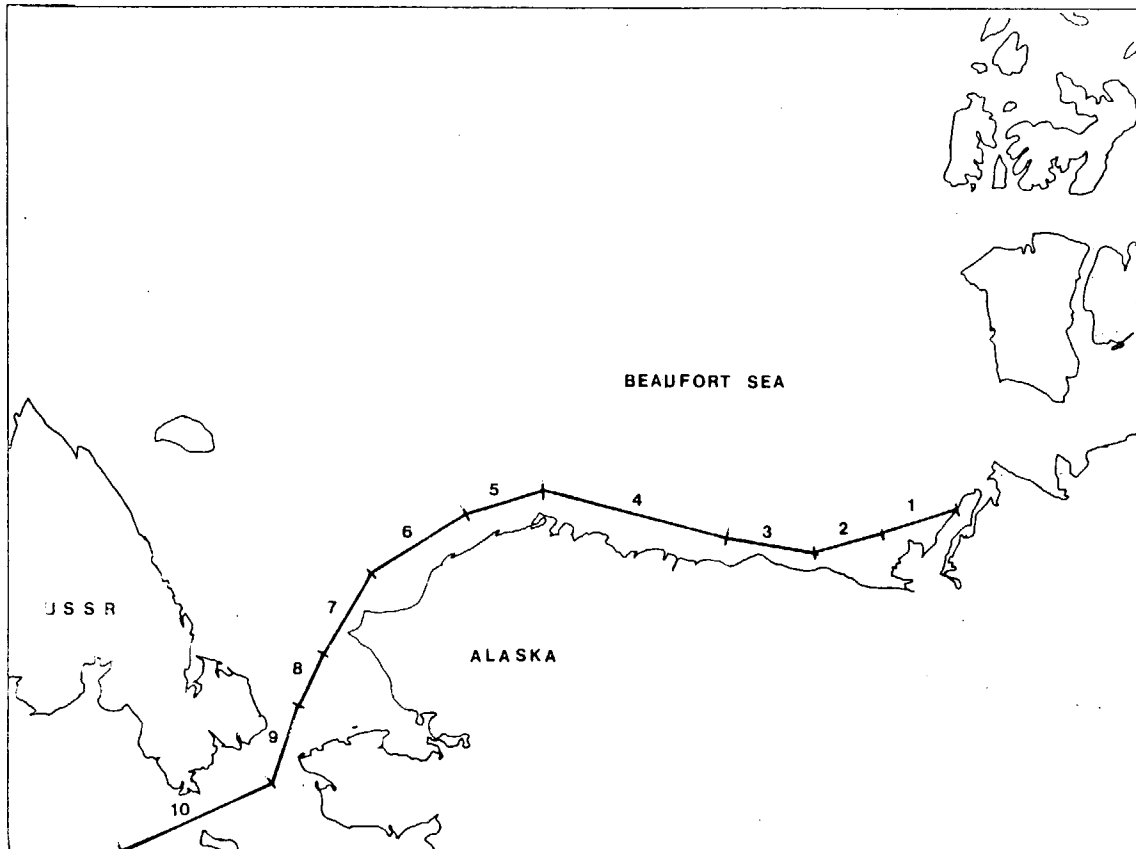
(4) 海氷の機械的特性

海氷の種類は極めて多様であり、その特性は海氷の生成条件、温度、塩分濃度、各種不純物、構造な
どにより左右され、これらは計測場所により異なり、さらに試験の方法、荷重の方向等が異なれば計測
値も異なるので、公表されたデータ間で非常に大きな差異がある。

故に設計値としては少なくとも想定航路上で計測された値を採用すべきであるが、想定航路上で計測
された公表データは非常に少ないので、ここでは想定航路上に限らず北極海域で計測された圧縮強度、
引張り強度、曲げ強度、剪断強度、ヤング率、剛性率、ポアソン比および摩擦係数のデータをテーブル
にまとめた。例として圧縮強度データを表3.1.7に示す。



☒ 3.1.1 Proposed Route from Japan to Beaufort Sea



☒ 3.1.2 Proposed Route from Japan to Beaufort Sea

表3.1.1 Proposed Tanker Route between Japan and Beaufort Sea

REACH #	LOCATION	TURNING POINT	APPROX. LENGTH (Nautical Miles)
1	Beaufort Shelf	70°N 131°W - 70°N 136°W	104
2	Mackenzie Bay	70°N 136°W - 70°N 140°W	82
3	Demarcation Point	70°N 140°W - 70°N 43°N 145°W	109
4	Alaska North Slope	70°N 43°N 145°W - 71°04'N 156°30'N	236
5	Arctic Ocean East	71°04'N 156°30'N - 70°39'N 162°W	127
6	Arctic Ocean West	70°39'N 162°W - 69°N 167°W	140
7	Chukchi Sea	69°N 167°W - 68°20'N 167° 47'W	43
8	Kotzebue	68°20'N 167° 47'W - 67°N 168°20'W	85
9	Bering Strait	67°N 168°20'W - 65°N 169°W	117
10	St. Lawrence Island	65°N 169°W - 62°N 176°W	262
11	Bering Sea	62°N 176°W - 55°N 175°E	505
12	Aleutian Islands	55°N 175°E - 52°30'N 172°30'E	174
13	Pacific Ocean	52°30'N 172°30'E - 32°N 135°E	2034
TOTAL NAUTICAL MILES			4018

表3.1.2 Ice Concentration Proposed Tanker Route between the Beaufort Sea and Japan

REACH #	MONTH												MAX. MIN.		
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
1	X	10	10	10	10	10	10	9	0	0	9	10	X	10	0
2	X	10	10	10	10	10	9	9	5	7	9	10	X	10	0
3	10	10	10	10	9	9	9	9	0	9	10	10	10	10	0
4	10	10	10	10	10	9	9	9	5	9	10	X	10	10	5
5	9	10	10	10	9	9	9	6	6	10	10	X	10	10	6
6	9	10	10	10	9	9	7	5	6	10	10	10	10	10	5
7	10	10	10	10	9	7	2	1	2	10	9	10	10	10	1
8	10	10	10	10	9	5	2	1	1	1	10	10	10	10	1
9	9	9	9	9	7	1	1	1	1	7	9	9	9	9	1
10	9	9	9	9	4	1	1	1	1	1	9	9	9	9	1
11	9	9	9	7	7	1	1	1	1	1	4	7	9	9	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MAXIMUM	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9	10	10	10	10	10
MINIMUM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

NOTE: 1. Concentration in tenths
 2. Includes all ice types
 3. Values represent maximum overall concentration during an average ice year
 4. Roman numerals: Inferred concentration - no data
 5. Source Key:

Markham, 1981
Climatic Atlas - Outer Continental Shelf, 1973
U.S. Naval Weather Service Command, 1974.

表3.1.3 Concentration of Multi-year Ice
Proposed Tanker Route between
the Beaufort Sea and Japan

REACH #	MONTH												MAX. MIN.
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	2	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	
3	2	2	2	2	0	2	2	0	2	2	0	2	
4	2	2	2	2	2	1	5						
5	1	1	1	1	1	1	1						
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
MAXIMUM													
MINIMUM													

NOTE: Conc. In tenths.

Source: Markham, 1981

表3.1.4 First Year Ice Thickness Proposed
Tanker Route between the Beaufort
Sea and Japan

REACH #	MONTH												MAX. MIN.	
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
1	.9	1.1	1.2	1.3							.4	.6	1.3	0
2	1.0	1.2	1.4	1.4							.5	.7	1.4	0
3	1.1	1.3	1.5	1.6							.6	.9	1.0	0
4	1.2	1.4	1.6	1.7							.6	1.0	1.6	0
5	1.0	1.3	1.5	1.7	1.7	1.7			0.2	0.3	0.5	0.9	1.7	0
6														
7														
8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.6					0.1	0.3	0.6	1.6	0
9	0.7	0.9	1.2	1.3	1.3					0.0	0.2	0.5	1.3	0
10	0.6	0.8	1.0	1.1	1.4					0.05	0.2	0.4	1.4	0
11					1.2									
12					0.6									
13														
MAXIMUM	1.6	1.4	1.6	1.2							.6	1.0		
MINIMUM														

NOTES: 1) Values indicate average thickness in meters.

2) Blank spaces indicate no data

3) Data on chart probably represent maxima for entire route.

4) Sources: Reach 1 - 4 - Markham, 1981

Reach 5 -10 - U.S. Navy, 1975

Reach 11-12 - University of Alaska, 1975

表3.1.5 Frequency of Pressure Ridges-Proposed Tanker Route between the Beaufort Sea and Japan

REACH	NO PRESSURE RIDGES/MILE
1	--
2	--
3	--
4	--
5	--
6	--
7	--
8	--
9	6
10	6
11	--
12	--
13	--

表3.1.6 Sea Air Environmental Data Reach 1

PROPERTY	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUNE	JULY	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC
Air Temperature												
- Mean °C	-25	-29	-27	-18	-6	2	5	5	0	-10	-17	-25
- Max. °C	-2	-8	-6	0	4	10	12	12	8	1	-2	-5
- Min. °C	-42	-44	-42	-32	-20	-6	-2	-2	-6	-24	-32	-40
- % Freq. < 0°C	>95	>95	>95	>95	30	10	10	50	>95	>95	>95	>95
Precipitation*												
- % Freq.	20	20	20	20	25	20	15	<15	25	35	30	25
Wind Speed												
- Mean (Knots)	12	12	10	10	10	10	10	12	12	12	12	10
- % Freq. > 34 Knots	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Visibility												
- % Freq. < 2 naut.mil.	20	20	15	15	20	20	15	20	20	15	20	15
Wave Heights												
- Max. % Freq. > 3.5 m.	Ice	Ice	Ice	Ice	Ice	Ice	<5	<5	<5	<5	<5	Ice
- Max. % Freq. > 6.0 m.	Ice	Ice	Ice	Ice	Ice	Ice	0	5	<5	<0	<0	Ice

* 降水

NOTES:

1. Data for reaches taken from: Arctec Inc. (1979) Operational Assessment of Commercial Icebreaking Ships in Western Alaska Waters on USCG Polar Class Traffability Test Data Vol. 1, Report 500C-1.
2. Data for April 15-30, typical ice year.
3. Blanks indicate data not available.

表3.1.7 Compressive Strength Data ($\times 10^5 \text{ N/m}^2$)

REFERENCE	LOCATION	ICE TYPE	TEST DATE	MAX	MIN	AVG	U/C	REFERENCE	LOCATION	ICE TYPE	TEST DATE	MAX	MIN	AVG	U/C
APOA (1970)	Tuktoyaktuk Harbour	First year	Jan-Feb 1970	52	30	47	C	KIVISILD AND IYER (1976)	N/A	N/A	N/A	96	20	58	U
ARCTEC (1977)	Baffin Bay and Lancaster Sound	First year	May-June 1977			51		KIVISILD IYER				350	30		C
ARCTEC (1979)	Viscount Melville Sound	First year	Aug. 1978	28	24	25		SCHWARZ AND WEEKS (review) (1977)	N/A	N/A	N/A				
								BUTKOVICH (1956, 1959)				120	76		
ARCTEC (1980)	Eclipse Sound	First year	Nov. 1980	230	96	150	C	PEYTON (1966)	N/A	N/A	N/A	42	21		
												82	18		
KOHLEN (1976)	Pond Inlet Baffin Is.	First year	May-June 1972	65	12	37		SCHWARZ (1971)	N/A	N/A	N/A	14	3		
APOA (1971b)	Mackenzie Bay	Multi-year Ridges	Winter 1970-71	69	15	27		WANG (1979)	Prudhoe Bay West dock	N/A	N/A	70	15	43	U
APOA (1971a)	Beaufort Sea	Multi-year Floes	September 1970	31	10	22			Reindeer Is. Alaska	N/A	N/A	30	3	17	U
ARCTEC (1979)	Viscount Melville Sound	Multi-year	August 1978	73	50	62		Notes: APOA = Arctic Petroleum Operators Association							
								U = unconfined compression strength							
								C = confined compression strength							
								N/A = data not available							
								$1 \text{ kg/cm}^2 = 9.8 / \times 10^4 \text{ N/m}^2$							
ARCTEC (1980)	Baffin Bay	Multi-year Floes	November 1980			37	U								
	Baffin Bay	Multi-year Floes	November	300	160	230	C								
ARCTEC (1979)	Viscount Melville Sound	Level Ice	August 1978			28									
FREDERKING AND TIMCO (1981)	McKinley Bay, Beaufort	Landfast Ice	January 1980	210	40	110									
CAHMAR (1975)	Beaufort Sea	N/A	N/A			39	U								
						60	C								

データの出典

- ALPKISEN, K. (1974) Free Beam Tests and Friction Tests at Pond Inlet N.W.T. Polarforschung v.44 p.71
- APOA* (1970) Project 1. The Nutcracker Ice Strength Tests 1969-1970, Report 1
- APOA (1971a) Project 14. Beaufort Sea Summer Ice Study, Report 1
- APOA (1971b) Project 17. Beaufort Sea Pressure Ridge and Ice Island Scouring, Report 1.
- ARCTEC CANADA LTD. (1977) Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations - Updating of Structural Requirements, ARCTEC Report 586 Vol. 1 and 2
- ARCTEC CANADA LTD. (1979) Results of Trials in Ice and Open Water of CCGS PIERRE RADISSON. ARCTEC Report 245C-8.
- ARCTEC CANADA LTD. (1980a) Results of a Full Scale Measurements aboard CCGS LOUIS S. ST. LAURENT During a 1980 Fall Arctic Probe. ARCTEC Report 737C Vol. 1 and 2
- ARCTEC CANADA LTD. (1980b) Results of Ice/Fibreglass Abrasion Tests. ARCTEC Report 574C.
- ARIOL'D-ALYAB'YER, V.I. (1938) The external friction of ice. Union Internationale de Geodesie et de Geophysique. Association Internationale d'Hydrologie Scientifique. Sixieme assemblee generale a Edinburgh - September 1936. Bulletin 23, p. 563.
- BROWER, W.A., DIAZ, H.F., PRECHTEL, A.S., SEARBY, H.W., and WISE, J.L., (1977) Climatic Atlas of the Outer Continental Shelf Waters and Coastal Regions of Alaska. V.2 Bering Sea
- V.3 Chukchi - Beaufort Sea
- U.S. National Oceanic Atmospheric Administration.
- BUKTOVICH, T.R., (1956) Strength Studies of Sea Ice. U.S. Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Research Report 20.
- BUKTOVICH, T.R., (1959) On the Mechanical Properties of Sea Ice, Thule, Greenland, 1957. U.S. Snow, Ice and Permafrost Research Establishment. Research Report 54.
- CANMAR (1975) The Physical Environment of the Beaufort Sea. A Study For Department of Indian Affairs and Northern Development - Canadian Government.
- DYKINS, J.E., (1971) Ice Engineering - Material Properties of Saline Ice for a Limited Range of Conditions. U.S. Naval Civil Engineering Laboratory. Technical Report R720.
- ENKVIST, E. (1972) On the Ice Resistance Encountered By Ships Operating in the Continuous Mode of Icebreaking. Swedish Academy of Engineering Sciences in Finland. Report No. 24.
- FINKE, S. (1972) Untersuchungen zum Verformungsverhalten des meereises im Eclipse Sound (Baffin Island) und Messungen des Reibungskoeffizienten Stahl-Eis Polarforschung v.42 p.75.
- FREDERKING, R.M.W., and TIMCO, G.W., (1981) Midwinter Mechanical Properties of Ice in the Southern Beaufort Sea, in The Sixth International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions. Quebec City, July 27-31, 1981. v1, p.225.
- GROTHUES-SPARK, H. (1974) Aufmessung der Strömungen unter dem Eis des Eclipse

* APOA = Arctic Petroleum Operators Association

- Ocean Engineering Under Arctic Conditions. Quebec City, July 27-31, 1981. Vol. 1, p.536.
- SCHWARZ, J. WEEKS, W.F. (1977) Engineering Properties of Sea Ice in J. Glaciology, v.19, p.499.
- TABATA, T. TUSIMA, K. (1981) Friction Measurements of Sea Ice on Some Plates and Coatings. The Sixth International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions. Quebec City, July 27-31, 1981, Vol.1, p.526
- UNITED STATES NAVY, (1974) Marine Climatic Atlas of the World. Volume II, North Pacific Ocean. Naval Weather Service Command, Asheville, N.C.
- UNITED STATES NAVY, (1975) Alaskan Area 15-and 30 Day Forecasting Guide. Naval Oceanographic Office Special Publication 263, Washington, D.C.
- UNITED STATES NAVY, (1977) Marine Climatic Atlas of the World. Volume II, North Pacific Ocean. Naval Weather Service Command. Asheville, N.C.
- UNIVERSITY OF ALASKA, (1975) Alaska Regional Profiles. Arctic Region, Northwest Region, Northwest Region, Southwest Region. University of Alaska.
- VOELKER, R.P. et al, (1979) Operational Assessment of Commercial Icebreaking Ships in Western Alaskan Waters Based on USCG Polar Class Trafficability Test Data. Report submitted by Arctec Incorporated to Maritime Administration, Washington.
- WANG, Y.S. (1979) Crystallographic Studies and Strength Tests of Field Ice in the Alaskan Beaufort Sea. Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, 1979 Vol. 1. Trondheim, Norway.
- WEEKS, W.F. and ASSUR, A. (1967) The Mechanical Properties of Sea Ice. Cold Regions Research and Engineering Laboratory. US Army corps of Engineers, Monograph II-C3.
- Sound (Baffin Island) und Bestimmung von Reibungskoeffizienten zwischen Stahl und Eis. Polarforschung v.44, p.76.
- JANSSON, J.E. (1956) Ice Breakers and their Design. European Shipbuilding Vol.5, p.112, and p.143.
- KIVISILD, H.R. and IYER, S.H. (1976) In Situ Tests for Ice Strength Measurements In Ocean Engineering v.3, p.329.
- KOHENEN, H. (1976) Glaciological Research Relevant to the Construction of Ice-Going Ships In Ocean Engineering. v.3, p.343.
- KOVACS, A. and Kalafut, J. (1977) Brazil Strength Tests on Sea Ice: A Data Report. Cold Regions Research Engineering Laboratory, U.S. Army Corps of Engineers, Hanover, New Hampshire. Report 77-24.
- MARKHAM, W.E. (1981) Ice Atlas, Canadian Arctic Waterways. Atmospheric Environment Service, Environment Canada.
- MILANO, V.R. (1962) Notes on Icebreaker Design. J. American Soc. of Naval Engineers. Vol.74 p.43.
- NATIONAL CLIMATIC CENTER (1977) Climatic Atlas of the Outer Continental Shelf Waters and Coastal Regions of Alaska. Vol.11, Bering Sea and Vol.111, Chukchi-Beaufort Sea. United States Department of the Interior.
- PAIGE, R.A. and LEE, C.W. (1967) Preliminary Studies on Sea Ice in McMurdo Sound, Antarctica during "Deep Freeze 65" J. Glaciology v.6, p.515.
- RYVLIN, A.Ya, and PETROV, Ye.Yu (1965) On Experimental Determination of Ice Friction Coefficients Under Natural Conditions. Problemy Arktiki i Antarktiki, Vol. 21, p.66.
- SAEKI, H., OZAKI, A. and KUBO, Y. (1981) Experimental Study on Flexural Strength and Elastic Modulus of Sea Ice. The Sixth International Conference on Port and

3.2 氷海船舶試験水槽における模型試験

3.2.1 模型船

平坦水中の船体抵抗 R は、船速 V 、船幅 B 、氷厚 h とすれば

$$R = (C_1 + C_2 V^2) B h$$

と表わすことができる。但し、 C_1 、 C_2 は実験係数である。また、流氷中の抵抗 R_c は

$$R_c \sim \rho v^2 \left(-\frac{B}{L}\right)^2$$

と近似的に表わすことができる。従って、氷中の抵抗の支配因子の第一は、船幅 B 又は船長・幅比 L/B と考えられる。本研究部会においても、本年度は先ず B/L の影響を、船体平行部の長さの影響にからめて研究することとした。 B/L の影響を調査する場合、 L を一定として B の変化を見るのが一般であるが、今回のシリーズ計画では、 B を一定として L を変化させた。具体的には、S.S.No.7 より前の船首部および S.S.No.4 1/2 より後の船尾部を不変として、船体平行部の長さを変えたシリーズとなっている。シリーズ模型船の主要目等を表 3.2.1 に示す。模型船番号（船舶技術研究所氷水槽模型船番号）B-003 は一体模型で、ice belt にテフロン薄板を貼付けた構造となっている。B-004 および B-005 は、3分割模型であり、S.S.No.4 1/2 ~ 7 の船体中央部を脱落する構造となっており、船体表面は全面をエポキシ系樹脂でコーティングしてある。模型船表面は、いずれも滑面である。

C p カーブを図 3.2.1 ~ 3.2.3 に、線図等を図 3.2.4 に、off set を表 3.2.2 に示す。

3.2.2 模型プロペラ

前年度設計を行ったプロペラについて模型プロペラの製作を行った。模型プロペラの材質は brass であり、中央および両舷プロペラは、同形、外廻りとした。模型プロペラの off set を表 3.2.3 に、翼形状を図 3.2.5 に示す。なお、翼端については強度との観点から丸めを $0.6R$ と修正している。

3.2.3 模型試験計画

1) 試験法について

氷が弾性体であると仮定すれば、氷中の模型試験では、Froude 則、Reynolds 則、Cauchy 則および Coulomb 則を満足しなければならない。しかし、一般にはこれらの相似則を同時に満足することは不可能であり、何らかの相似則の緩和が必要となる。しかし、現在までのところ合理的な緩和法は見出されておらず、この意味では、氷中の模型試験法は未確立の状態にある。

氷の代表強度として、片持ち梁による曲げ強度が採られるのが一般であるが、この場合には、曲げ強度 σ_f 、曲げ弾性率 E_f を正しく scale down する必要がある。即ち、弾性率と曲げ強度との比 E_f / σ_f を実海水と模型氷とで一致させればよいが、実際には尿素氷の場合でも、縮尺比 α が大きくなれば

$$[E_f / \sigma_f] \text{ full scale} > [E_f / \sigma_f] \text{ model}$$

である。

カナダ NRC、米国 CRREL での研究によれば、 E_f / σ_f の問題は、塩氷を尿素氷 (NH_2CONH_2) に替えることにより可成り改善されることが判っている。しかし尿素氷では、熟成期間が必要で、塩氷の場合でも低い稼働効率が更に劣化することなどから、船舶技術研究所氷水槽では、当分の間塩氷を用いる方針である。

海水も塩氷も、気象低温程度では、弾塑性兼備える材料であり、 σ_f には下限がある。そこで氷中の模型試験法としては

- i) σ_f を Cauchy 則に従って scale down し、 E / σ ができるだけ実海水に近づけた氷で実験を行う。
- ii) Scale down によって生ずる σ_f の低下を避け、充分弾性域に近いところでの σ_f を用いて実験を

行い実船対応の σf での抵抗値を推定する。

iii) σf は Cauchy 則に従って scale down し、 E/σ を含め correlation factor 込みの回帰方程式によって直接、実船抵抗を推定する。

などの方法があり、各氷水槽はそれぞれ独自の手法で実験を行っている。

自航試験は、抵抗試験に比して歴史が極めて浅く、いずれの氷水槽においても尙実験法の研究が続けられているのが現状である。Cauchy 則が完全に満足されていなければ propeller load の修正が必要であり、また、水中での伴流の性状も不詳とあっては、正しい自航点で実験を行うことは至難と言えよう。自航試験においては、船体運動の拘束条件も複雑である。実海面での対応を考えれば all free が望ましいが、一方、抵抗試験との対応を重視すれば yaw, sway の拘束が必要となる。水中においては、一般に船が直進から定常的な運動を行うことはなく、駆動系の動特性も問題となる筈である。しかし、これらの点に関する研究は皆無である。

2) 実験計画

水中の模型試験では、対応実船性能の推定を主務とする場合と、ある氷質条件の下で、船型要素の変化の影響を見ることを主目的とする場合とがある。本研究部会では後者の立場にある。従って実験状態としては、

- i) 載貨状態 満載一状態
- ii) 船速 4点(実船速力 3、5、7、4、10 kt_s)
- iii) 氷厚 level ice 3点(実海氷厚 0.5、1、2 m)
- iv) 氷質 $\sigma f = 500 \text{ kPa}$ 程度
- v) 摩擦係数 0.1

とする。

模型船の拘束条件は、heave, pitch & roll free, yaw & sway fixed とし、抵抗試験および自航試験を行う。但し、自航試験においては模型船の自航点で行うものとする。

3.2.4 試験結果

実験は全て、船舶技術研究所氷海船舶試験水槽にて行うこととしたが、本施設は昭和56年4月稼働開始のため、計測システム等の調整に手間取り、実験計画は大幅に遅れている。本研究部会の実験結果はまとめて次年度に報告することとしたいが、既に実験の終了したものについて速報の形で報告しておく。

1) 平水中抵抗試験

船舶技術研究所三鷹第2船舶試験水槽(400m水槽)において本シリーズの母型M.B-003の平水中抵抗試験を行った。乱流促進としては plate studs の植込みが困難なこともあり、trip wire を用いた。このためやゝ over stimulate の状態となっているが、stimulator なしでは船首部にかなり安定した層流領域の存在が見られた。全抵抗係数 r_T を図3.2.6に示す。

2) 氷中抵抗試験

level ice 中での抵抗試験結果の一例を図3.2.7に示す。模型船は、シリーズ母型M.B-003である。また、ice-clogged channel 中の抵抗試験結果の一例を図3.2.8に示す。この ice-clogged channel は level ice (氷厚36mm) 中を相当実船速力10kt_sで抵抗試験を行って形成されたものである。一般に、level ice 中での船の通行により形成される開水路幅は、船型によって異なるが、船速の増加と共に減少する傾向にある。

当初の模型実験は、International Towing Tank Conference, Ice Committee の recommendation に従って実施されたが、結果は思わしくなかった。平行部を持たず、傾斜舷側の砕氷船と異なり、本研究部会L/Bシリーズ船型のように、長い鉛直舷側平行部を有する砕氷型商船では、横揺

れ又はヒールに特殊な傾向が現われ、一種の非対称横揺れを生じ、砕氷パターンの左右対称性も失われることがある。このため船体運動および抵抗は、数船長にわたって一定とならず、ITTC Ice Committee の勧告のような1船長程度の計測距離では不充分であり、少くとも2~3船長の距離が必要であることが判った。計測距離の長短により、抵抗および船体運動の平均値がどの程度変化するかを調べたものが図3.2.9~3.2.11である。図中の1、2、3の数字は、計測距離が船長のそれぞれ1、2および3倍であることを示す。これらの図から正しい平均値を求めるためには、計測距離は船長の2~3倍必要であることが判る。

Level ice 中の抵抗試験結果(M.B-003, $\sigma_f = 0.59 \text{ kg/cm}^2$) の一例を図3.2.12に示す。また横軸を氷厚としたものが図3.2.13である。Milano humpは必ずしも顕著ではないが、実船速力4~7 kt_sで見受けられる。

Ice-clogged channel中の抵抗試験結果を図3.2.13に示す。なお、このchannelは、それぞれの氷厚におけるlevel ice中の抵抗試験($F_n = 0.087$, 10 kt_s)により形成された水路である。

砕氷片の寸法等は、破壊エネルギーとの対応や、抵抗成分分離と重要なものであるがその計測は容易ではない。一般に氷水槽では、模型氷の結晶粒径を制御する目的で seeding (噴霧)を行うが、この seeding が砕氷片の寸法にどのような影響を与えるかを調べたのが図3.2.15である。Seedingを行わない場合には、氷板の粒界破壊の確率が増し、氷片寸法分布に特異な小峯が現われる。但し、図中のdは、種々の形状の氷片を仮想円板に置換えた時の相当直径であり、Bは船幅である。

一様氷板中を一定速度で船が直進する場合にも、氷片の破壊は断続的であって、このため、抵抗変動記録には氷中特有の周期的変動が現われる。しかし、単純な2次元物体の砕氷現象と異なり、船の場合の氷板の砕氷現象は、氷板の破壊を生ずる部位も広範囲で複雑であり、かつ又、それぞれの部位での氷板破壊には時間的ずれもある。このため氷中での船の変動記録は、卓抜したうねりを含む不規則波中の変動記録に類似したものとなる。抵抗変動のスペクトルの一例を図3.2.16に示す。

3) 氷水槽における模型試験について

氷水槽における模型試験法が未確立であることは周知の事であるが、船舶技術研究所においても、本年4月より氷水槽における模型試験(予備試験)を始めたが、未だ不詳の点も少なくなく、苦慮しているのが実情である。試験技術上の課題を全て解明するためには、更に多くの年月が必要と思われるが、研究計画の問題もあり、試験法の研究と平行して、1月より本格実験に入ることとした。

ここでは、予備実験を通して得た情報の中から、氷水槽における模型試験の概況を知ること役立つと思われる点について報告する。

i) 氷条件

a) 氷厚等

氷厚の均一度は、諸外国の氷水槽を上回るものと思われるが、氷水槽両側端、両端ではかなり落ちる。

氷板下部でのデンドライト結晶の発達はない。

Brine channelの異常分布も見出されていない。

氷中の air content は、北海道沖等の海水に比べるとかなり少ない。

但し、これがどのような影響を有するかは不明である。

天井クーラへの着霜片の落下により、氷板上で発達する雪状霜は、これが氷板上を全面に覆う場合でも、実験結果にはほとんど影響はない。

曲げ強度のばらつきは、氷厚異常範囲を除けば特に傾向的なものはない。

b) 再現性

結氷開始前に十分な攪拌を行えば、再現性は良好であり均質性もよい。但し、水温0℃に下げて

多量の塩分追加時には「十分な攪拌」だけでは不十分である。

c) 雑物混入

通常の土埃は、一時期に多量に混入しなければ自然に沈澱し影響はほとんどない。特に問題なのは浮遊油である。油膜の存在する部分では、結氷初期の seeding が遅れ、場合によっては、seeding の効果が失われることもある。

ii) 模型船

工作時のトラブルの面から、FRP製模型船は望ましくなく、第1船としては、ice belt 相当部分にテフロンシート ($t=5\text{ mm}$) を貼る方法を探ったが、テフロンシートの加工性、色彩の点で問題があり、第2船からは、エポキシ系樹脂モデルブロック MB-107P を木製スケルトンに貼り、更に表面硬度を増すためにコーティング剤 CT-104 を用いて製作した。CT-104 用の顔料に問題があるが、先ず先ずの出来と思われる。

iii) 実験

諸外国においても、長い平行部を持った極海用タンカー船型については、実験経験に乏しく、試験法も存来型の砕氷船模型を対象としたものになっていて、このため、試験法に関する ITTC の勧告も実情にそぐわない部分が見られる。

特に heel を伴う roll により、砕氷片の持上げが起り (図 3.2.17)、これが船体に異常な摩擦抵抗を付加する。

水槽側壁の影響は、水線角の小さな模型船では無視できるが、blunt な物体 (海洋構造物等) では注意を要する。

加速度の影響等については不詳であるが、氷板の弾性振動 (撓み) があり、氷板への衝突速度によって、optimum な加速度があるようである。

4) Soft Surface による氷荷重推定の試み

氷荷重は複雑な固体力であるので波浪外力の計測と同様の手法では厄介である。そこで比較的軟かな模型船表面に残された氷との接触による痕跡群から氷荷重の概要を求めることを試みた。Ai は模型船表面に残された痕跡群の総面積、B は船幅、T は吃水である (図 3.2.18)。

表3.2.1 SR 186 Arctic Class Crude Oil Tanker
Principal Particulars of Models

Model Name		B-003	B-005	B-004
Lpp	(m)	5.000	3.750	6.400
B	(m)	—	0.7222	—
draft	(m)	—	0.2778	—
(Naked)				
V	(m ³)	0.7503	0.5008	1.0297
Cb		0.7480	0.6656	0.8019
Cp		0.7518	0.6690	0.8060
Cm		—	0.9949	—
Cw		0.8674	0.8232	0.8964
∅B(Fore)	(m)	0.058	0.047	0.063
W.S.A.	(m ²)	5.071	3.526	6.801
(With all appendages)				
V	(m ³)	0.7526	0.5031	1.0320
∅B(Fore)	(m)	0.051	0.039	0.057
W.S.A.	(m ²)	5.216	3.671	6.946
(Without side bossings)				
V	(m ³)	0.7509	0.5014	1.0303
∅B(Fore)	(m)	0.055	0.044	0.061
W.S.A.	(m ²)	5.145	3.600	6.875

表3.2.2a Offset Table (Model Size) B - 003
 SR186 200000 DWT Oil Tanker

	B	A	A.P.	1/4	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5
Bottom					5.7	13.9	25.6	54.2	97.0	147.2	199.7	250.1	293.9	312.5
1 WL					14.0	31.5	52.7	102.8	159.0	216.5	267.0	308.4	337.0	346.6
2					19.8	43.2	68.8	126.5	186.1	243.8	290.8	326.0	348.0	356.6
4					26.8	57.4	89.7	157.5	222.0	277.1	318.2	344.5	358.3	361.1
6					30.7	66.4	104.0	179.7	247.0	298.3	333.4	353.7	361.1	"
8					33.9	74.2	116.3	198.2	266.4	313.4	342.6	358.0	361.1	"
10					39.2	84.8	130.8	216.6	282.5	324.8	348.8	359.9	361.1	"
12					50.6	101.8	151.7	236.2	296.7	333.4	352.8	360.8	361.1	"
14				16.5	76.5	130.5	178.8	256.0	309.0	340.0	355.6	361.1	"	"
16				61.8	115.5	164.3	207.0	274.0	319.3	345.3	357.6	361.1	"	"
18		11.1	49.8	104.0	151.5	193.6	230.9	289.1	327.8	349.5	359.0	361.1	"	"
20		47.4	83.3	134.3	178.6	216.5	249.8	301.2	334.3	352.5	360.0	361.1	"	"
22	34.3	72.1	107.8	157.0	199.3	234.2	264.8	310.8	339.5	354.7	360.8	361.1	"	"
24	54.8	91.8	126.3	174.3	214.3	247.8	276.5	318.2	343.2	356.1	361.1	"	"	"
26	71.8	107.8	140.9	187.2	225.8	258.1	285.3	323.5	345.8	357.2	361.1	"	"	"
28	85.7	120.3	152.4	197.3	234.8	265.6	291.1	326.6	347.3	357.9	361.1	"	"	"
30	97.4	130.3	161.3	205.3	241.8	270.9	294.5	328.0	348.2	358.5	361.1	"	"	"

表 3.2.2b B - 003

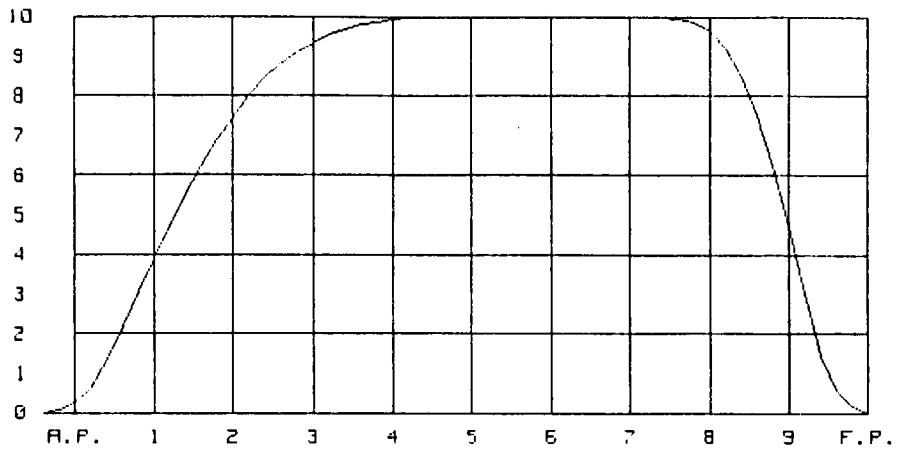
	5	6	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/4	9 1/2	9 3/4	F.P.	C	D	E
Bottom	3125	3125	3125	2960	2360	1463	519							
1 WL	3466	3466	3466	3433	2976	2042	815							
2	3566	3566	3566	3543	3153	2257	952	149						
4	361.1	361.1	361.1	361.1	3347	2534	1144	216						
6	"	"	"	361.1	3445	2722	1319	320						
8	"	"	"	361.1	3502	2867	1496	488						
10	"	"	"	361.1	3543	2987	1684	729						
12	"	"	"	361.1	3570	3092	1883	101.6	82					
14	"	"	"	361.1	3589	3183	2095	1330	47.3					
16	"	"	"	361.1	3601	3266	2317	164.3	86.0					
18	"	"	"	361.1	3609	3343	2543	195.2	124.3	42.0				
20	"	"	"	"	361.1	3418	2768	225.6	161.8	86.8				
22	"	"	"	"	"	3494	2985	254.8	198.9	131.2	544	6.6		
24	"	"	"	"	"	3548	3164	280.4	231.1	174.9	107.0	65.2	24.0	
26	"	"	"	"	"	3555	3263	295.9	254.7	203.0	143.0	106.7	70.4	283
28	"	"	"	"	"	"	3290	300.9	261.8	212.3	154.4	119.2	83.6	47.2
30	"	"	"	"	"	"	330.3	304.3	267.2	219.3	163.2	128.9	93.5	57.7
							330.5	307.0	274.2	228.4	174.8	141.9	107.2	71.4

表3.2.3 Offset M.P. NoB-003 R.C.L

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0.3	X	0	1.09	2.17	4.35	8.70	13.04	17.39	21.74	29.81	45.96	54.04	58.07	62.11
	Yo	(214) 1.59	(241) 2.33	2.66	3.07	3.64	3.99	4.17	4.24	4.10	3.68	2.16	1.68	1.17
	Yu	(104) 0.94	(085) 0.94	0.70	0.46	0.20	0.06				0.07	0.25	0.52	0.72
0.4	X	0	1.18	2.37	4.74	9.47	14.21	18.95	23.68	32.48	50.08	58.87	63.28	67.67
	Yo	(175) 1.30	(200) 1.94	2.23	2.61	3.13	3.46	3.64	3.71	3.60	3.21	1.77	1.28	0.75
	Yu	(085) 0.74	(068) 0.74	0.54	0.35	0.14	0.03				0.06	0.23	0.37	0.55
0.5	X	0	1.26	2.52	5.05	10.09	15.14	20.18	25.22	34.39	52.73	61.89	66.48	71.06
	Yo	(139) 1.02	(162) 1.55	1.81	2.16	2.63	2.95	3.13	3.19	3.09	2.75	1.38	0.91	0.39
	Yu	(065) 0.60	(054) 0.60	0.44	0.28	0.11	0.03					0.06	0.12	0.19
0.6	X	0	1.41	2.81	5.62	11.24	16.87	22.49	28.11	36.94	54.60	63.43	67.84	72.26
	Yo	(103) 0.73	(122) 1.16	1.38	1.68	2.09	2.41	2.59	2.64	2.56	2.27	1.07	0.66	0.23
	Yu	(043) 0.42	(038) 0.42	0.31	0.20	0.07	0.02						0.01	0.03
0.7	X	0	1.57	3.14	6.28	12.56	18.84	25.12	31.40	39.30	55.10	62.99	66.94	70.89
	Yo	0.54 0.52	0.77	0.95	1.21	1.60	1.89	2.07	2.12	2.05	1.82	0.86	0.55	0.20
	Yu	0.34 0.35	0.23	0.17	0.10	0.03								
0.8	X	0	1.56	3.12	6.23	12.46	18.69	24.92	31.16	37.93	51.49	58.26	61.65	65.04
	Yo	0.30 0.27	0.43	0.56	0.78	1.13	1.39	1.55	1.60	1.55	1.38	0.70	0.46	0.20
	Yu	0.10 0.13	0.06	0.02										
0.9	X	0	1.31	2.61	5.23	10.46	15.69	20.92	26.15	31.37	41.83	47.06	49.68	52.29
	Yo	0.20 0.17	0.26	0.34	0.50	0.75	0.93	1.04	1.08	1.04	0.93	0.50	0.35	0.20
	Yu													
0.95	X	0	0.98	1.97	3.94	2.88	11.82	15.76	19.70	23.63	31.52	35.45	37.42	39.39
	Yo	0.20 0.18	0.25	0.31	0.42	0.60	0.73	0.80	0.83	0.80	0.73	0.42	0.32	0.20
	Yu													

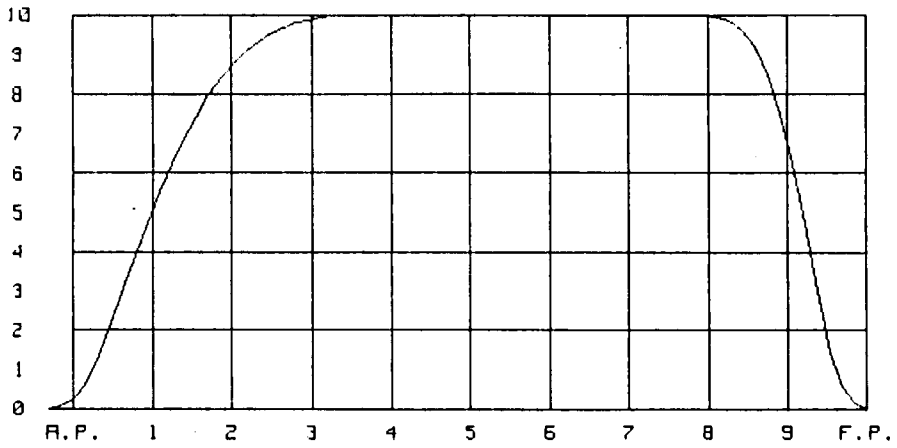
() 仮想ライン

M.B003 Prismatic Curve



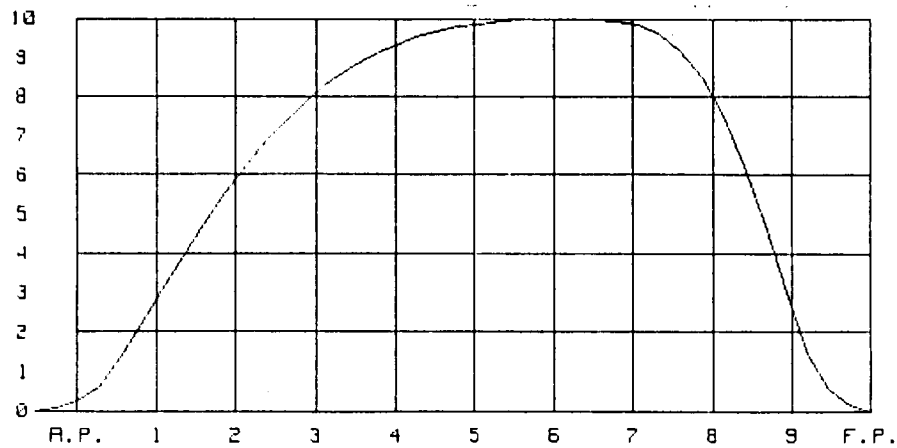
☒ 3.2.1

M.B004 Prismatic Curve



☒ 3.2.2

M.B005 Prismatic Curve



☒ 3.2.3

M.S. No. B-003

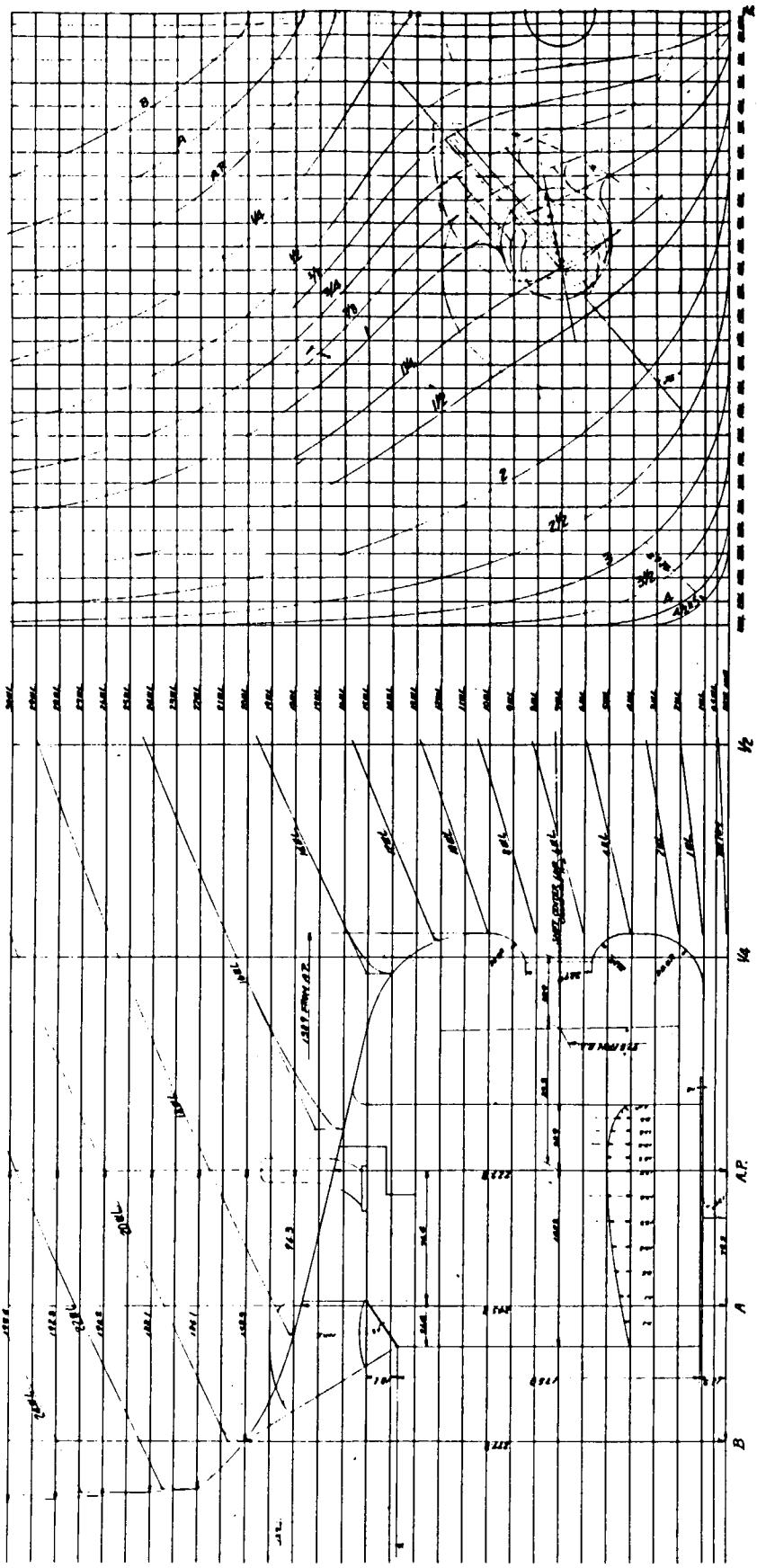


Fig. 3.2.4b

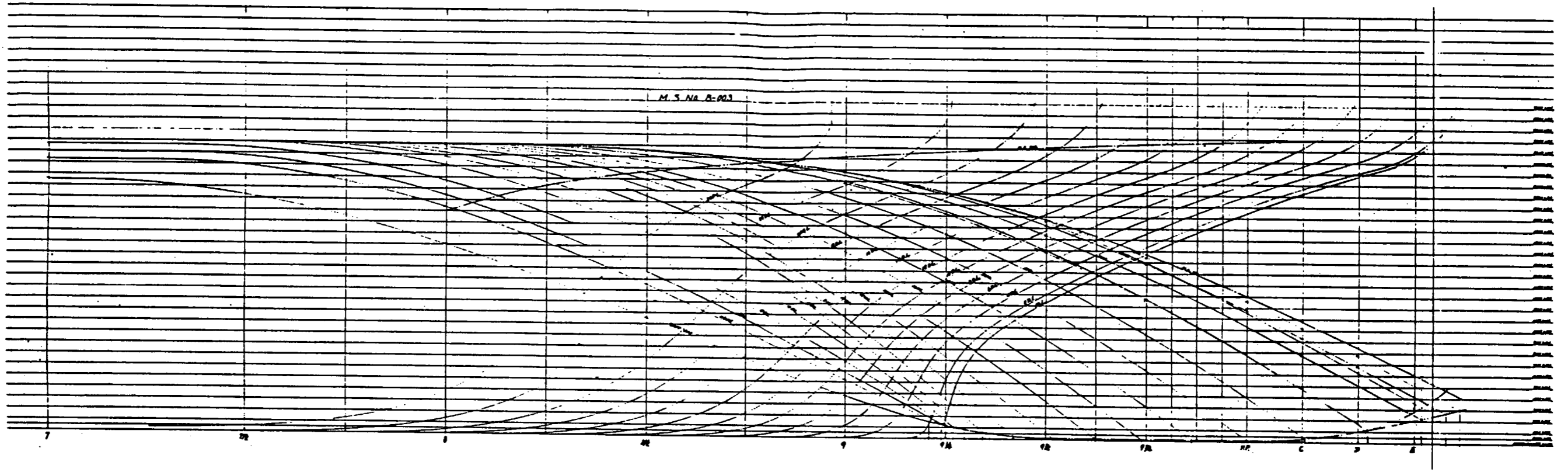


图 3.2.4c

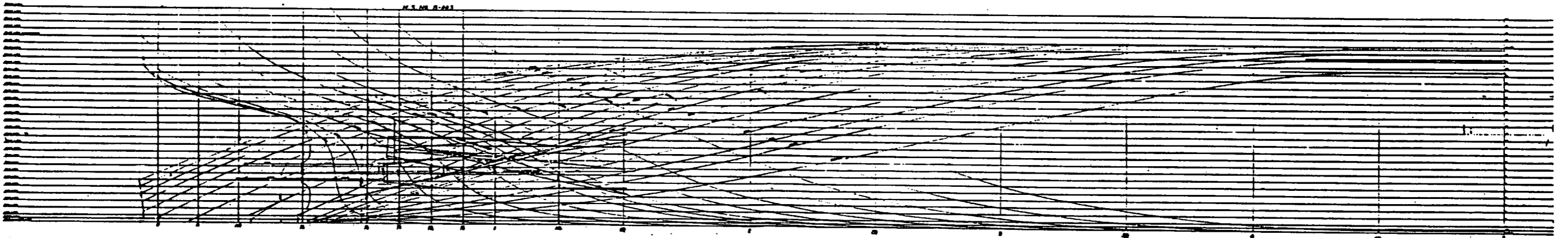
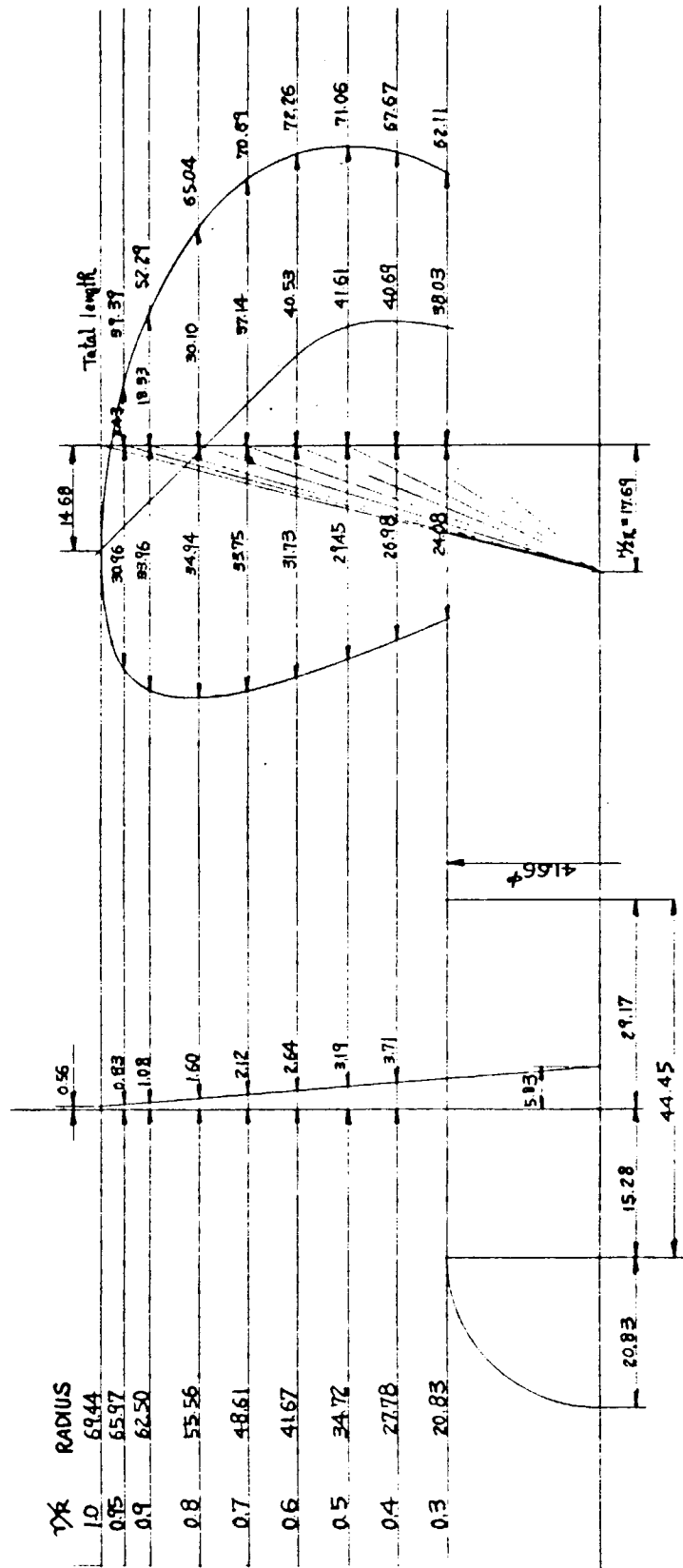


图 3.2.4d



DR RADIUS

1.0	69.44
0.95	65.97
0.9	62.50
0.8	53.56
0.7	48.61
0.6	41.67
0.5	34.72
0.4	27.78
0.3	20.83

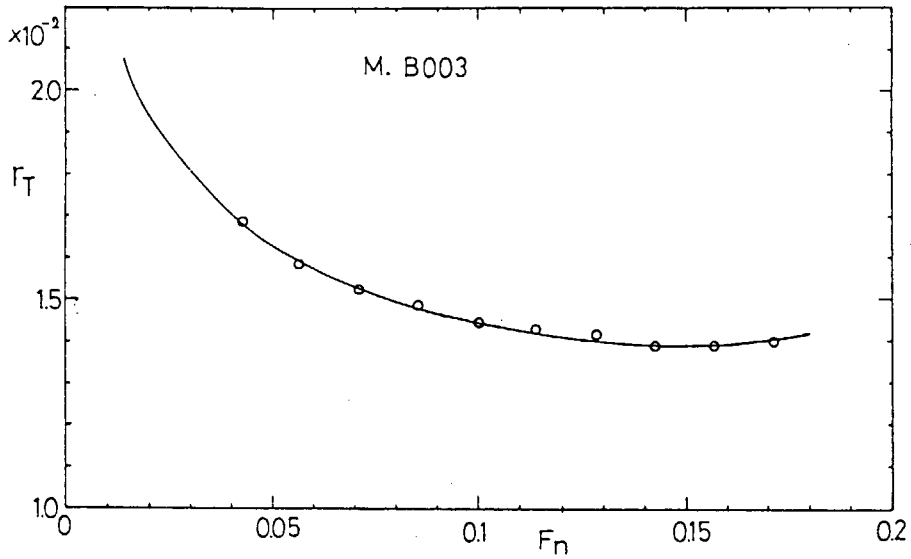
Total length

30.96	57.27
53.96	52.27
64.94	30.10
71.75	97.14
77.25	40.53
77.25	71.06
80.69	40.69
82.11	58.03

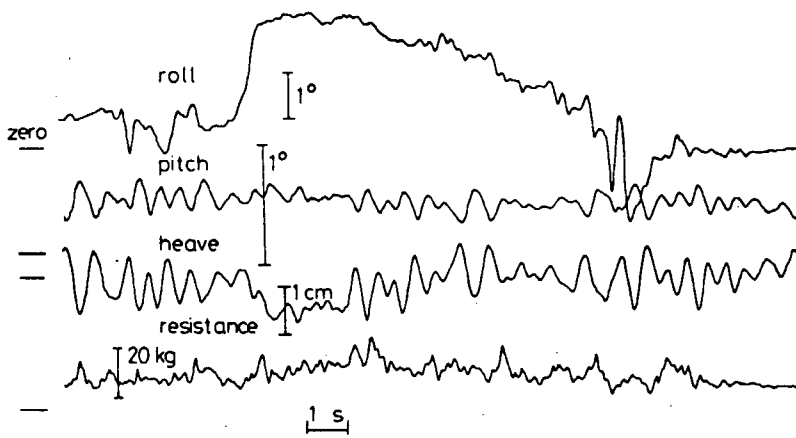
プロペラ主要目

番号	展開面積比	0.81	傾斜角	0°
型式	ホス比	0.3	回転方向	
材質	翼厚比	0.042	表面処理	
直径	最大翼幅比		製作番号	
ピッチ比	断面形状	TR00ST		
ピッチ	翼数	4		

図 3.2.5



☒ 3.2.6

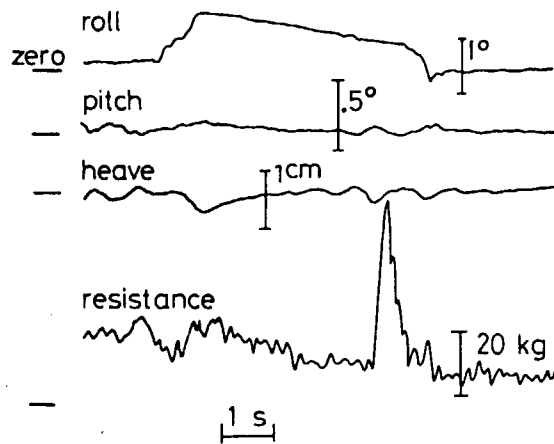


POLAR TANKER MODEL

$L_m = 5.00$, $L/B = 6.92$, $B/d = 2.60$, $C_B = 0.748$
 h (thickness of ice) = 36 mm, $\sigma_f = 58 \text{ kN/m}^2$

$v_s = 3 \text{ kts}$

☒ 3.2.7



☒ 3.2.8

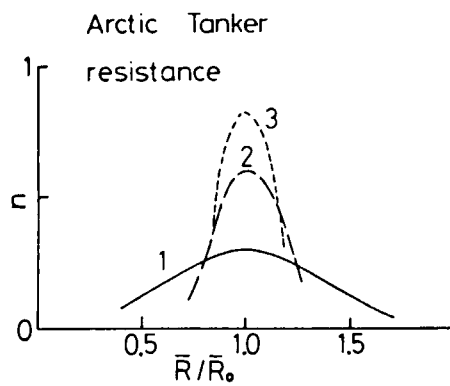
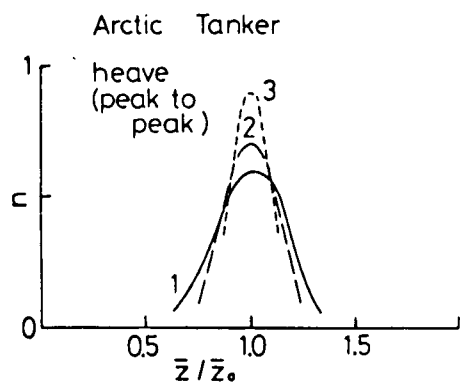


图 3.2.9

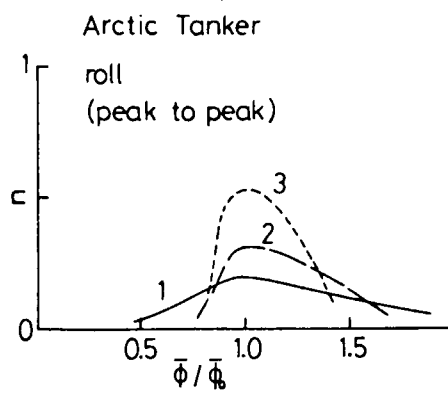
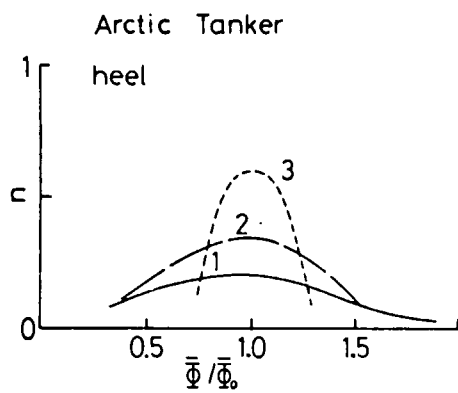


图 3.2.10

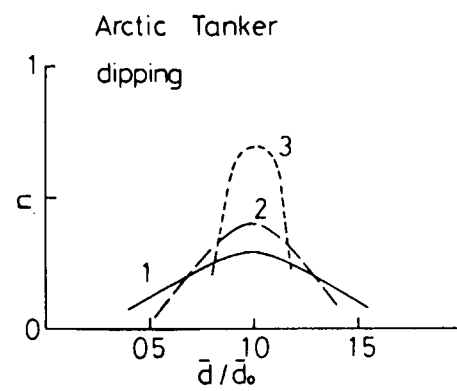
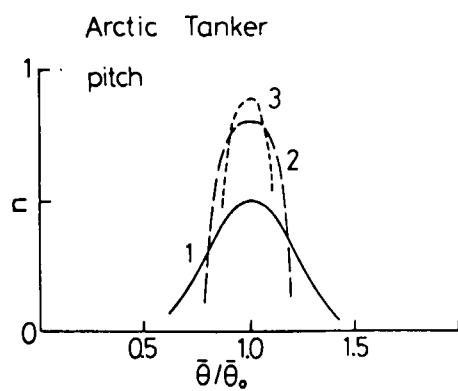
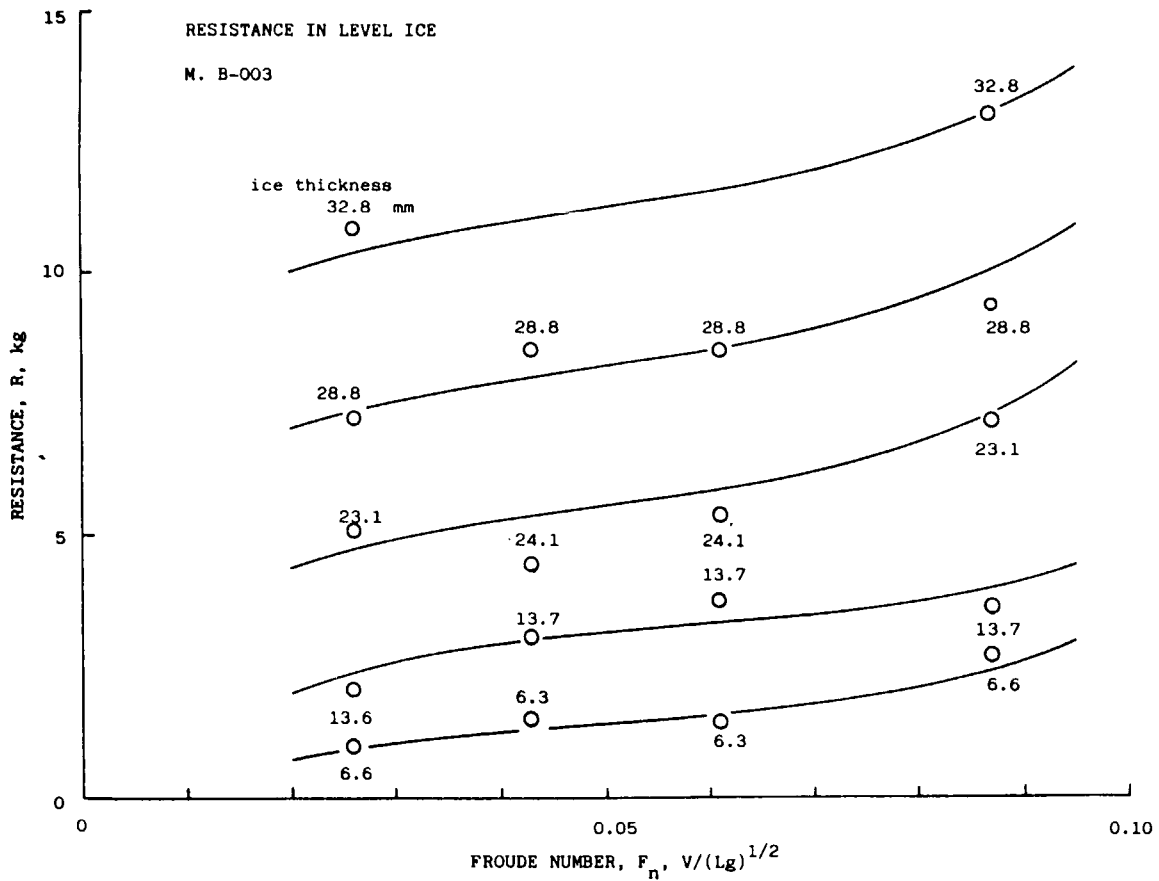
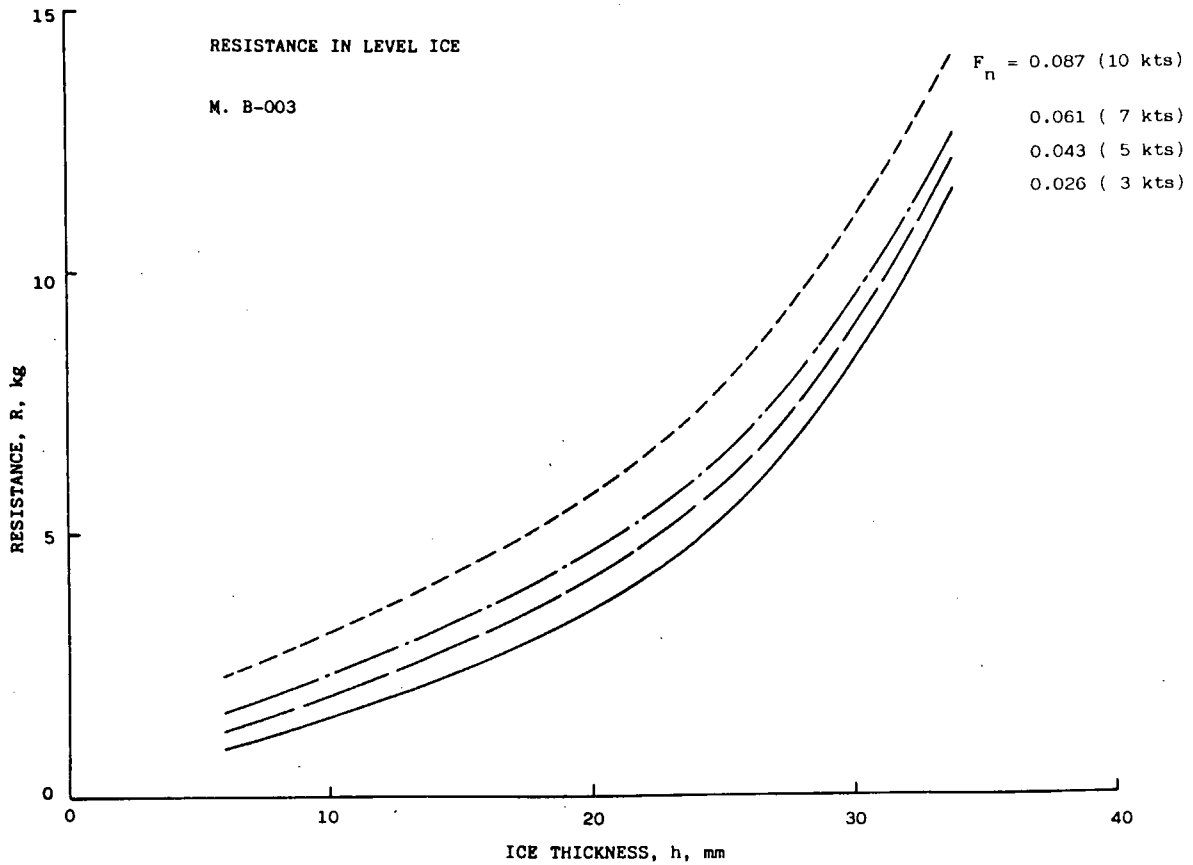


图 3.2.11

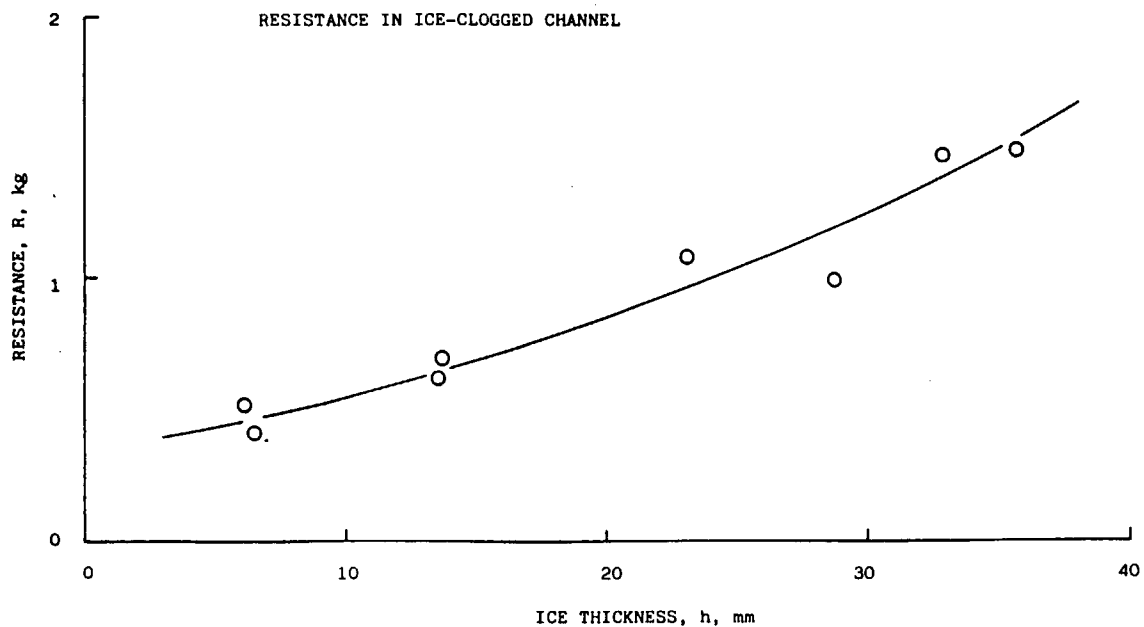


☒ 3.2.12

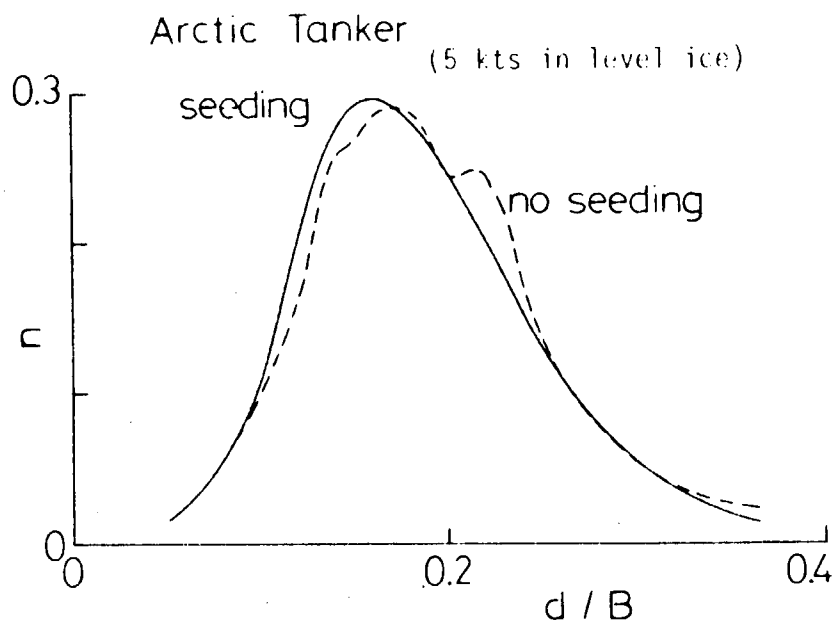


☒ 3.2.13

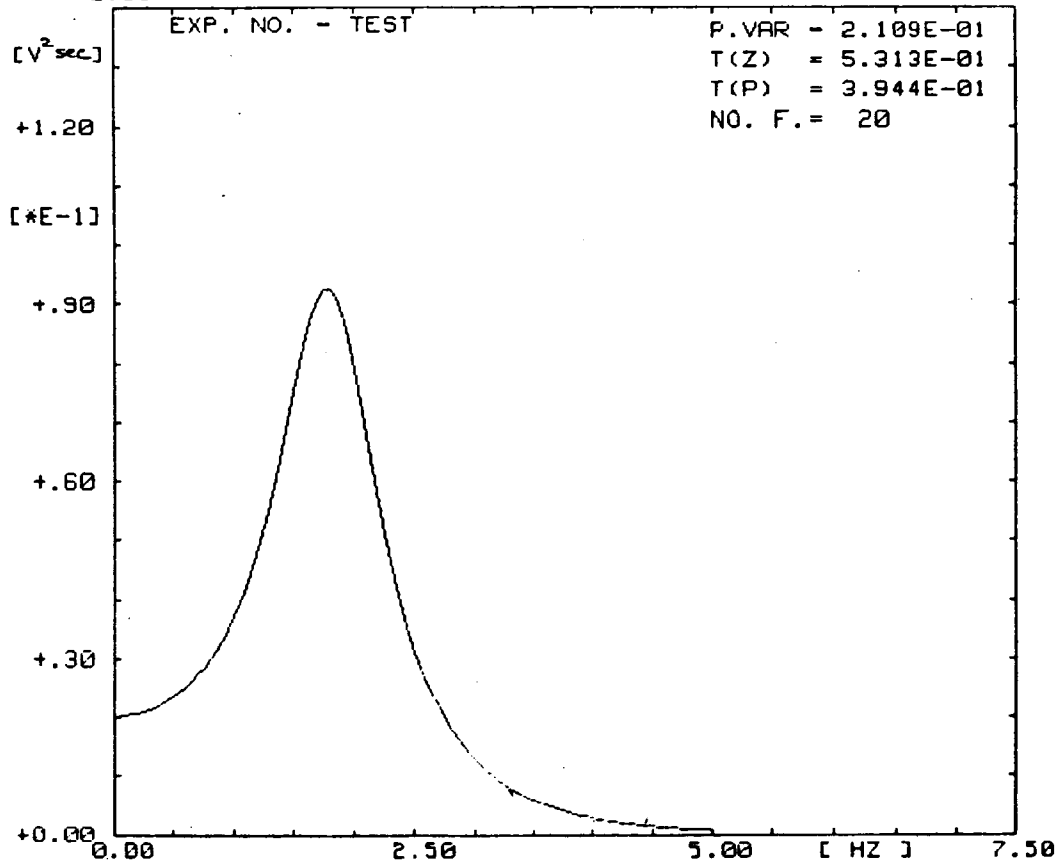
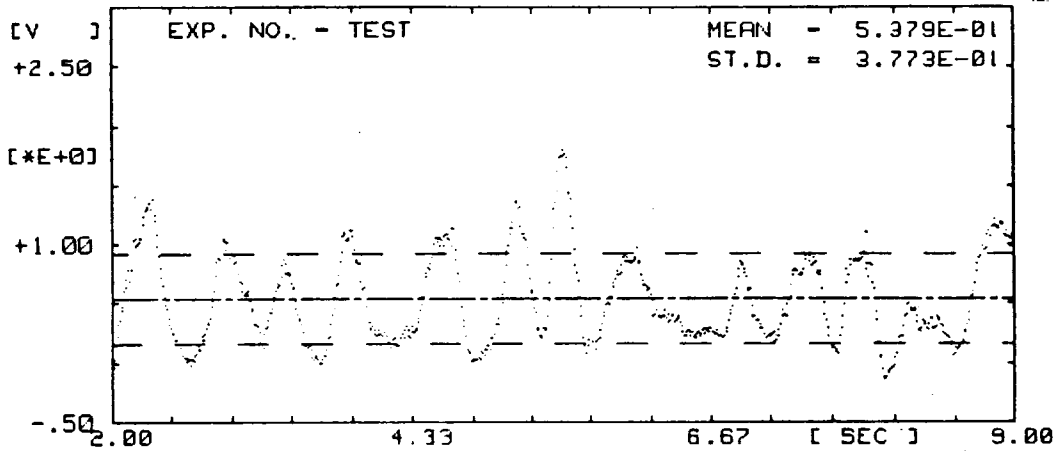
M. B-003



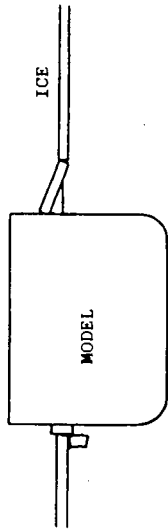
☒ 3.2.14



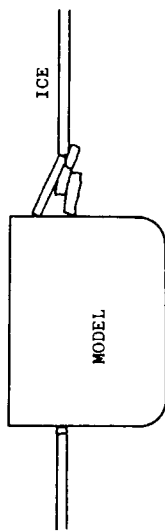
☒ 3.2.15



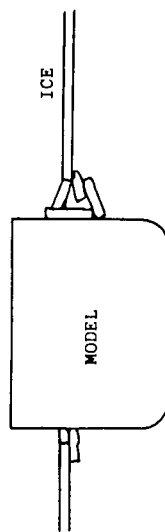
☒ 3.2.16



IN LEVEL ICE

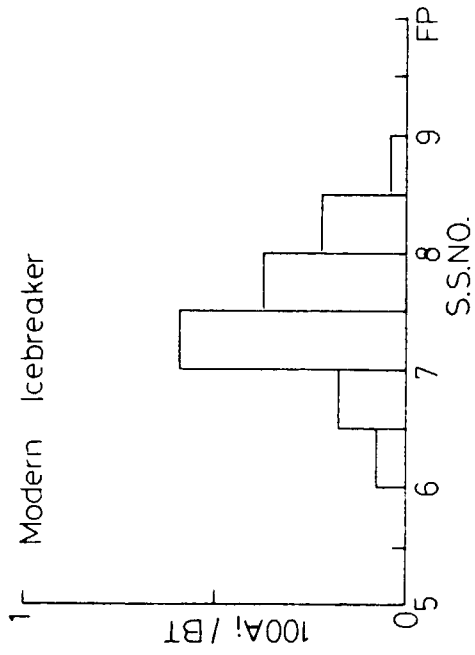


IN ICE-CLOGGED CHANNEL



IN ICE-CLOGGED CHANNEL

☒ 3.2.17



MODERN ICEBREAKER MODEL

$L/B = 6.20$ m, $L/B = 4.59$, $B/d = 2.92$, $C_B = 0.549$

$h = 43$ mm, $f = 6.3$ kcal/m²

☒ 3.2.18

3.3 氷海用海洋構造物の技術的フーズビリティ調査

3.3.1. はしがき

1960年代に初まった北極圏のエネルギー資源開発は陸上を中心に積極的に推進されて来ているが、海上においても、1973年にカナダボーフォート海マッケンジーデルタにおいて初めて海底油田の試掘が行なわれたのを皮切りに、その開発活動は次第に活発化して来ている。

これに伴ない、海底油田開発の主要な手段である人工島の建設海域は、初期の数メートルという浅い所から、1978年に建設されたイスナックD-61の水深19メートルを経て、現在では40メートル付近の水深まで拡大する様相を見せている他、ドリルシップによる船上からの掘削は夏期の開氷期を中心に水深100メートルを越える海域にまで活動範囲を広げている。このような最近の、海上における試掘作業量の増加、試掘海域水深の増大、作業海域の拡大により、土砂盛り型の人工島ではその建設に要する工期や土砂量の面で試掘用プラットフォームとしての建設に制約が強まっており、また船舶による試掘も作業期間が夏の開氷期の短い間に限られるため、北極海での試掘用プラットフォームとしては充分でない。

ところで、こうした制約を解消するため、土砂盛り型の人工島やドリルシップに代わる、鋼やコンクリートを用いた北極海用の特殊な海洋構造物の研究開発が氷海研究の先進国と呼ばれるカナダ、アメリカ、西ドイツ等で盛んに行なわれるようになって来ている。

本研究は、氷海用海洋構造物及び作業船の技術的フーズビリティについて検討するため、これらについて現在各国で発表されている文献等によって調査を行ないその特長を明らかにするとともに、今後我が国として取り組むべき技術課題について検討を行なったものである。

3.3.2 北極海の氷象

(1) 総論

海の氷は平坦ではなく、むしろ、風や潮流などの作用により割れた氷板が積み重なって出きた氷丘脈が到る所にあり、かなり複雑な様相を呈している。北極海の氷状を概略述べると、その最盛期において水深30m程度の沿岸域では一年氷であり、平坦氷で最大厚さ約2m、氷丘で最大厚さ約20mに達する。さらに沖合に出ると多年性の氷があり、平坦氷で3m、氷丘では40mの厚さに達するものもある。一般に多年氷は一年氷に比べ厚く硬い。特に氷丘については同じ厚さの場合でも、一年氷丘の場合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ことが多いが、多年氷丘の場合、ほとんど底まで固まっている事が多い。

氷象データとしては平坦氷の厚さ、強度(圧縮、曲げ、etc)、氷丘脈の厚さ、大きさ、強さ、出現頻度等が考えられる。

(2) 氷象

(i) 北極圏全般

前述のように北極圏の氷は一年性又は多年性の平坦氷、氷丘脈から成る複雑な様相を呈しており、又これらの氷象は季節とともに大きく変動する。これらの氷象に基づき、氷海域をその氷象の度合に依りて厳しいものから順に0から12番までに分けると図3.3.2.1および図3.3.2.2に示すようになる。表3.3.2.1にはこれらの各区分における氷象の季節的変動を示したものである。

さらに各氷海域はその水深、気温、地形、潮流、風向等によりその海域特有の氷象を有している。以下代表的な氷海域における氷象の特徴を述べる。

(ii) ボーフォート海

カナダ、アラスカの北極海に面し、比較的浅い海である。

沖合50マイルまで水深は徐々に増加し、水深90m~120mを起えると急に深くなっている。

図3.3.2.3に示すように海岸から水深18mまでの浅い海域では、沖合の氷丘が海底に接し、着底

丘となるため岸側の海水は定着氷となる。ここでは年間最大氷厚は、20 mを超えることがあるが、定着氷であるため、年間の最大移動距離は30 m以下である。

水深18 m以下の海岸には、一年氷丘及び多年氷丘も含まれている。

最低気温は、 -40°C 以下になる。結氷は10月から始まり、11月中旬には、水深6 mの海域まで広がり、氷厚は30~60 cmに達する。

一年氷丘については、セールの高さが5 mで海面下の深さが19 m程度のものが平均的であるが、氷丘の固まりの程度は弱い。

(iii) カナダ北極諸島

北極諸島周辺の氷海域は、年間を通じてほとんど海水に被われている。またこの海域は、多くの島々に囲まれているために、定着氷となっている。代表的な氷の移動距離は、測定記録では2月から4月の2ヶ月間に3 m以下となっている。水深は、130 m~300 mである。

(iv) カナダ東海岸

カナダ東海岸での開氷期は、デービス海峡の100日間から南側の365日まで幅広い。しかしながら他の海域との違いは、氷山が流れて来ることである。氷山はグリーンランドの西海岸から流れ出て、ラブラドル海流に乗って南下する。流下氷山の数は、平均的には年間15,000個程度発生するがこれらのほとんどは南下の途中で着底し、北緯48度まで達するものは、年間400個程度である。氷山の移動速度は8海里/日程度であり、氷山の平均重量は150万トン程度である。

(v) チャクチ海

チャクチ海は、ベーリング海の北に面し、ポーフォート海の西に面している。海水は一年氷で年間の最大氷厚は、上記2海域の氷厚の間で2 m程度に達する。

水深は、比較的浅い。(50 m以下)

ベーリング海峡から流れこんで来る海流のため、チャクチ海の流水流は、全体に北向きとなるが、ポイントバロー沖からアラスカ沿岸に沿って南下する沿岸流がある。従って海域の全面に氷がある場合には、流氷がベーリング海峡を通り抜けて南下することはほとんどないが、全面に氷のない場合には、流氷の南下を見ることがある。

(vi) ベーリング海

水深は全体的に浅く、45 m程度である。氷厚は、北部では、2.0 m程度にまで成長する。開氷期は平均6ヶ月程度であり、最大波高は、6 m程度である。

ベーリング海南部では、氷厚は1.0 m以下であるが最大波高は22.5 mにも達し、また水深も150 mにもなる。ベーリング海は、南北に長くまた水深も浅いところと、深い所の差が大きいので、氷象も海象も北と南では異なっている。

(vii) オホーツク海

オホーツク海の結氷は、アムール河の河口のシャンタルスキー港で11月に初まる。

以後、氷海域は、北東部及び南部に拡がり1月中旬には、北海道沖に接岸する。平均するとオホーツク海の氷域は、全面積の80%であり、定着氷の最大氷厚は、サハリン島北部で約1.2 m、北海道沿岸では約0.4 mである。

(viii) 中国渤海

氷海域としては、北半球の中で最っも南に位置する海域で、北緯 40° 以下にある。渤海における結氷は、北部遼東海湾に初まり、徐々に南下する。

渤海周辺は、11月になると冬型の気圧配置になり、気温が急激に下降し、12月にはいと結氷水温になる。

北部では、結氷期間は、110~120日にわたる場合が多い。最大氷厚約0.9 mの記録も残されて

いるが、平均的には、最大氷厚は 0.4 ~ 0.5 m 程度である。

(3) 水深及び海底土質

(i) 水 深

各海域の水深は海洋構造物型式決定の大きな要素になることはもちろん、その海域における氷象にも大きな影響を与える。ここでは北極海における水深を図 3.3.2.4 にまとめて示す。

(ii) 海底土質

海洋構造物の安全性の検討にはその海域の海底土質データが必要となる。ここでは一例として代表的なカナダボーフォート海の土質について述べる。

ボーフォート海の浅海域においては、既に多くの人工島方式のプラットフォームが建造されているが、同様に、重力式あるいは着底式の 1 本足プラットフォームあるいはパージの設計提案もある。

特に人工島方式のプラットフォームの場合、海象、氷象に充分耐えるための安全性の検討には、土質データの検討が重要となる。地盤の安全性には、下記事項の検討が必要である。

- ① 地耐力及地盤沈下の可能性
- ② 海岸線の安全性
- ③ 氷荷重に対する抵抗力
- ④ 波浪等による洗掘防止

ボーフォート海域の土質については、西経 133 度以東では、厚い中細砂の層の上に 1.5 m 程度のシルト層が乗っているが、西経 133 度以西（マッケンジー湾）では、厚いシスト層で被われている。一方人工島建造のための埋立て用土質は、今まで、シルトと砂の両方を使用しているがシルト層の場合、締め固まりが弱い欠点もある。マッケンジー付近では、シルト層が大量に有る。

参考までに、人工島設計用の海底地盤の土質条件の一般例を以下に示す。

粘 着 力 $C = 0$

内 部 摩 擦 角 $\phi = 25^\circ$

シルトの単位体積重量 $\gamma_s = 115 \text{ pcf} \quad (0 \sim 20 \text{ feet})$

 " $\gamma_s = 118 \text{ pcf} \quad (20 \sim 40 \text{ feet})$

 " $\gamma_s = 122 \text{ pcf} \quad (40 \sim 60 \text{ feet})$

透 水 係 数 $K = 10^{-6} \text{ cm/sec}$

圧 密 係 数 $C_v = 7 \text{ ft}^2/\text{day}$

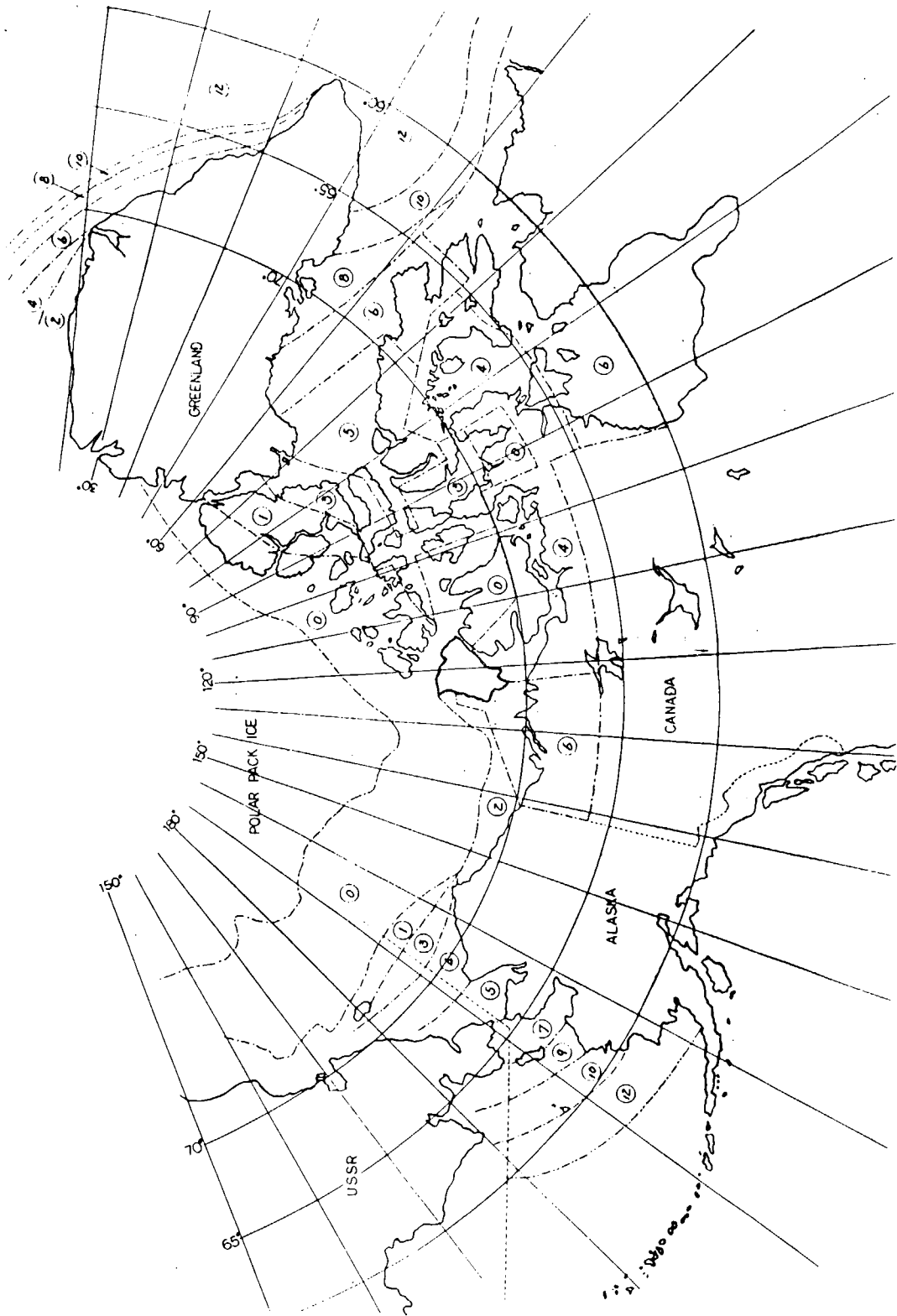


図 3.3.2.1 氷海域の区別 (1)

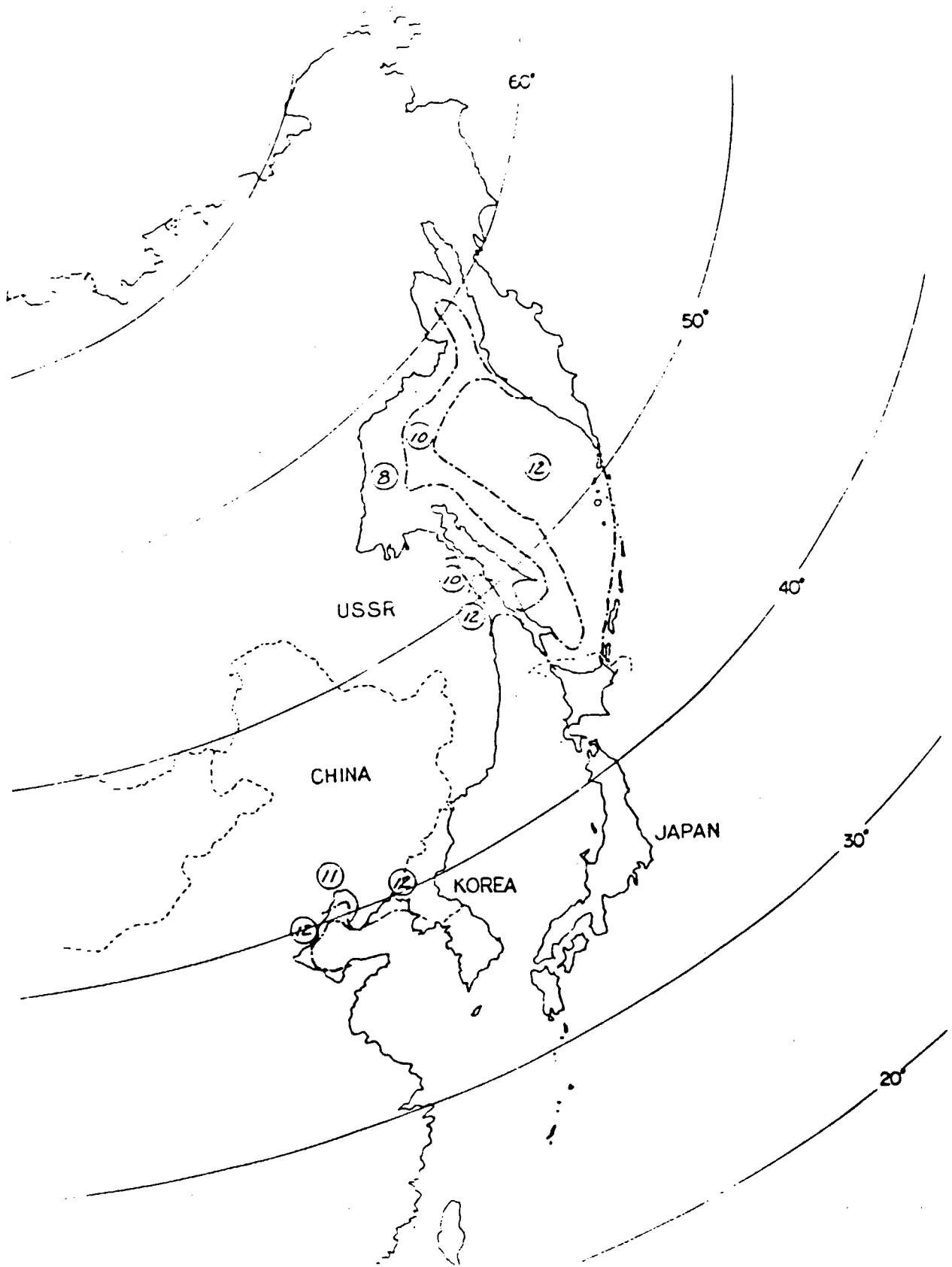


図 3.3.2.2 氷海域の区別 (2)

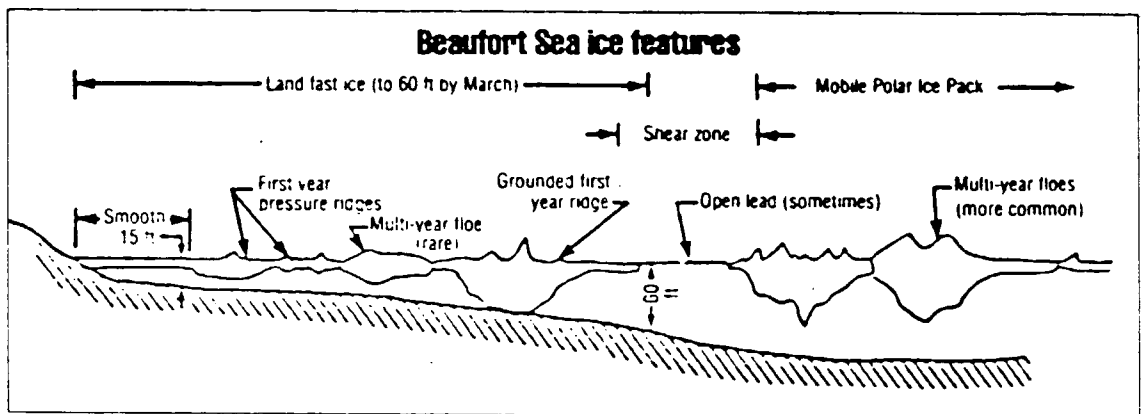


図 3. 3. 2. 3. ポーフォート海の氷の状態

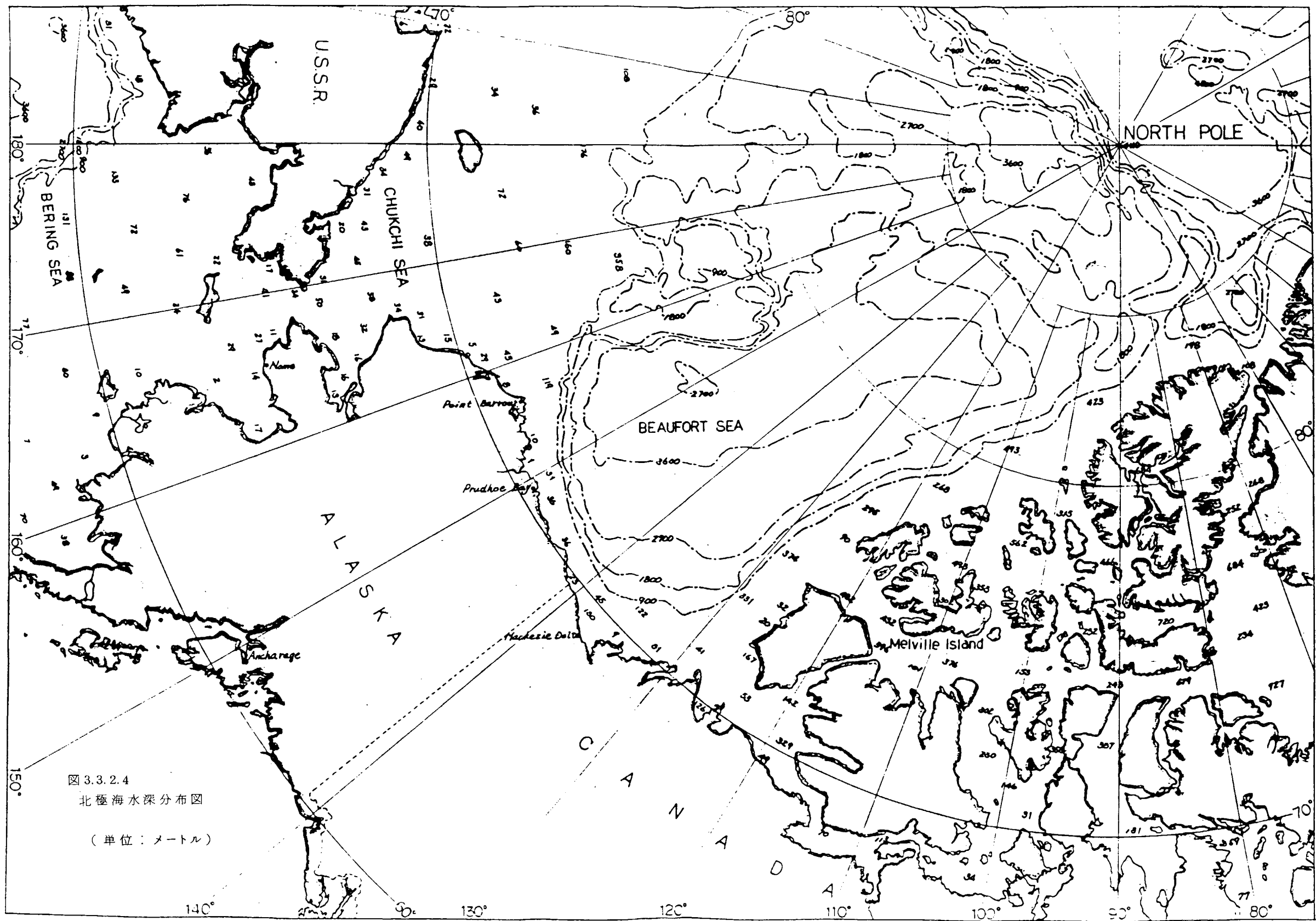


図 3.3.2.4
 北極海水深分布図
 (単位：メートル)

GENERAL GEOLOGICAL PROFILE OF THE SEA-BED IN THE MACKENZIE BAY

POAC 1975

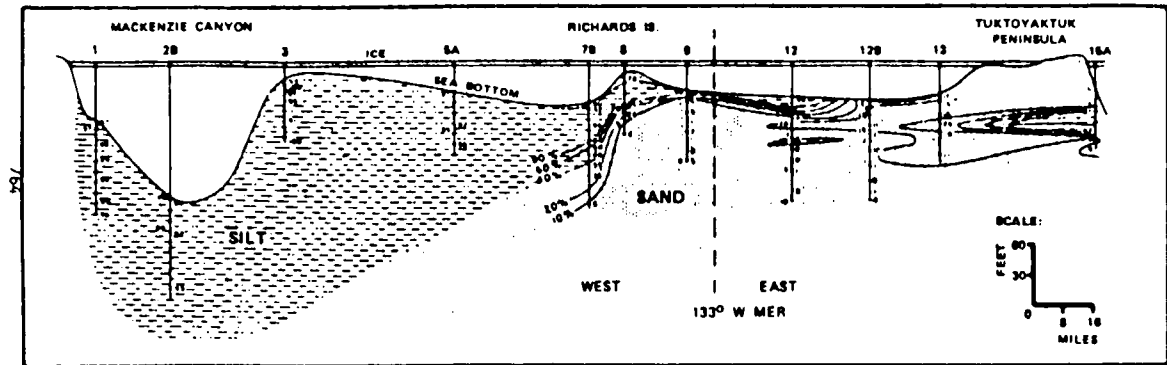
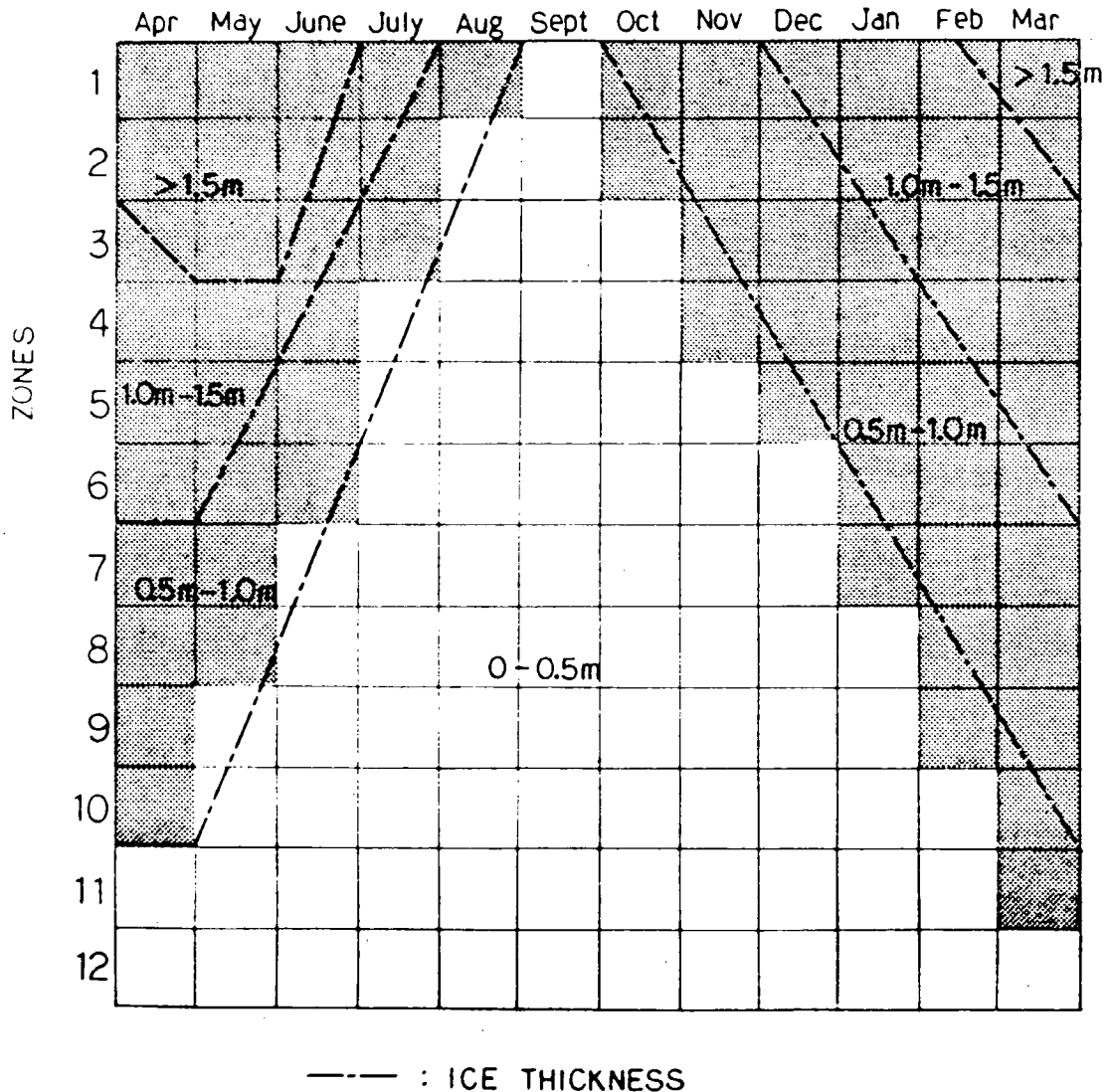


図 3.3.2.5 ポーフォート海の土質

表 3.3.2.1 氷海域区分と氷象

CALENDAR MONTH



3.3.3 極海用海洋構造物の概要

(1) 総論

極海の厳しい自然環境下で稼働する海洋構造物は、構想段階のものを含めれば、様々な形態、様式のものがある。これらは、機能、用途、構造様式、稼働水深などによっての分類が一応可能ではあるが、稼働実績に乏しく、設計手法も未確立の上、稼働海域での氷象、気象及び地理的、地質的条件によって version があり、明確な分類区分ができる訳ではない。ここでは、一応稼働水深別による分類に従い、極海用海洋構造物の特徴、開発上の技術課題等について調査検討した。

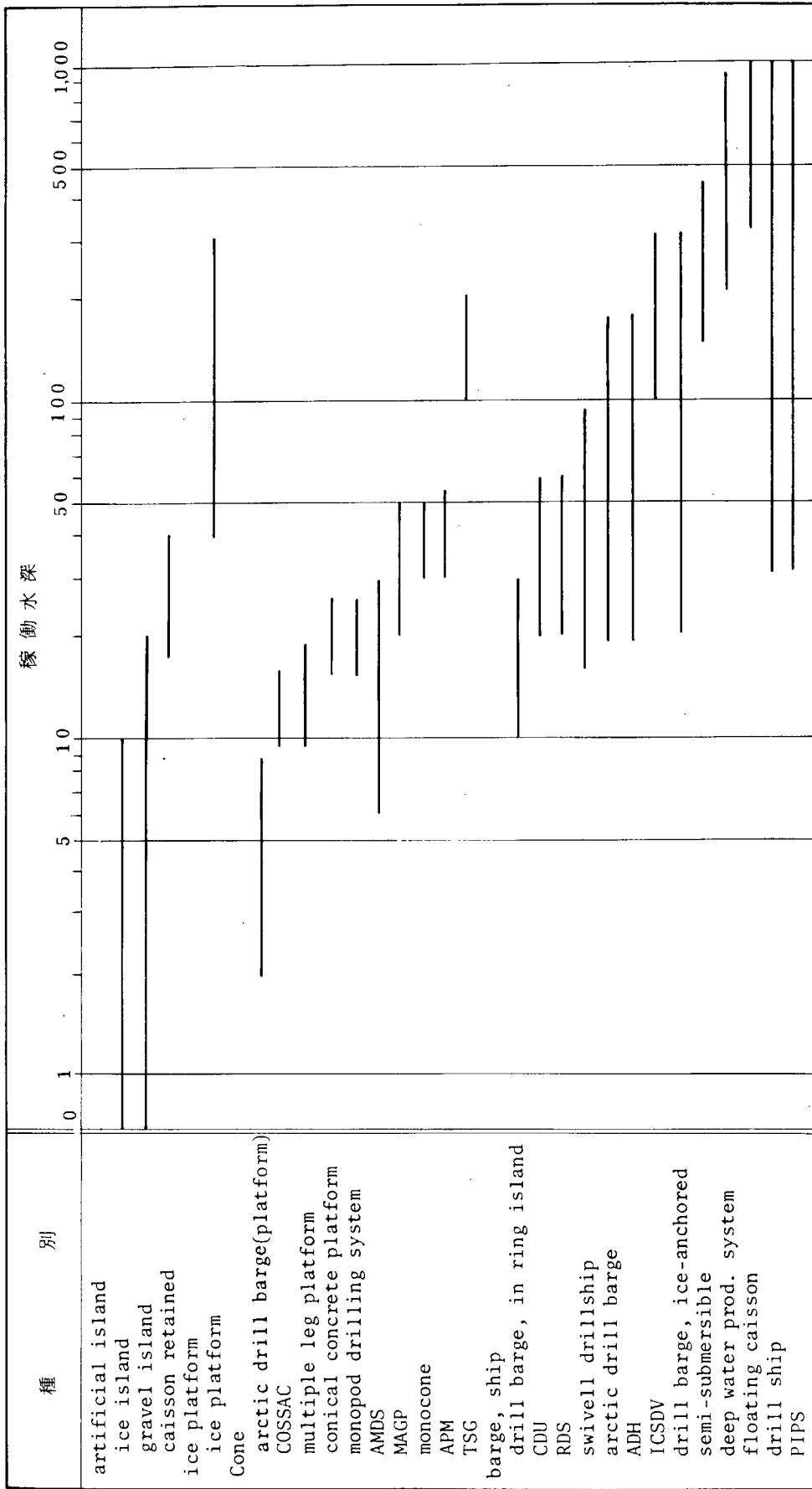
(2) 稼働水深

各種リグの稼働水深（推定）を図 3.3.3.1 に示す。海洋構造物の種類によっては、稼働海域の自然条件によって大幅に変わるものもあり、又、version によっても変化するから、本図は一応の目安を示したものに過ぎない。

(3) 各種海洋構造物一覧

極海用海洋構造物の概要、稼働条件、設計会社、設計建造例等をまとめて図 3.3.3.2 に示す。

図 3.3.3.1



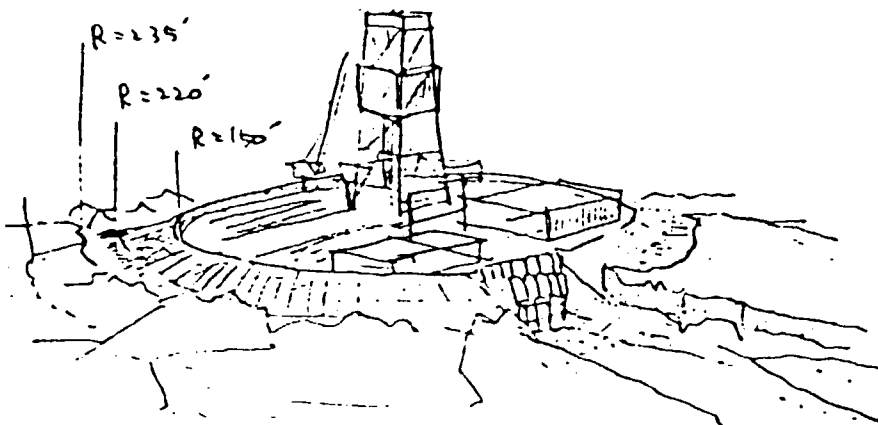
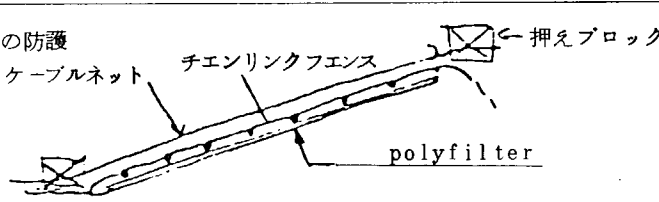
種 別	人工島型試掘場(グラベル アイランド)
設計会社等	Esso Resources Canada Ltd.
概 要	 <p>掘削場面積 300' (90mφ) 6,400 m² 支持地盤 シルト</p>
付 帯 事 項	 <p>法面の防護 ケーブルネット チェンリンクフェンス 押えブロック polyfilter</p>
稼 動 条 件	<p>冬期のみ掘削 気温 -60°F (冬) 80°F (夏) 氷厚 2.1^m max 風速 44 m/sec 氷圧 20万 ton (全体) 局部的 63 kg/cm²</p>
設計建造例	<p>Immerk (1972年 水深 3m) グラベル</p>

図 3.3.3.2 (1)

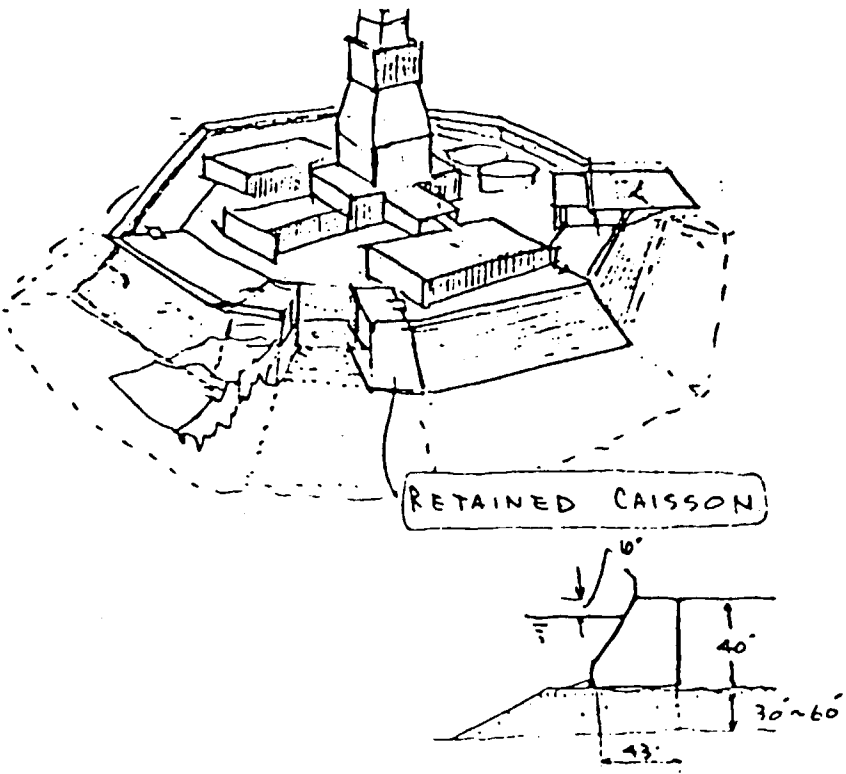
種 別	人工島式掘削プラットフォーム
設計会社等	Esso Resources Canada Ltd. Albery Pullerits Dickson Associates Ltd.
概 要	 <p>鋼種 CSA G4021 Grade 350A</p> <p>暴露部 NCR 他 R011</p>
付 帯 事 項	
稼 動 条 件	設置水深 18m ~ 27m
設 計 建 造 例	

図 3.3.3.2 (2)

種 別	アイス プラット フォーム					
設 計 会 社 等						
概 要	<p style="text-align: center;">Panarctic OEs' ice Island pad for drilling offshore</p> <p>Drill rig Surface BOP stack Natural ocean ice Rig shelter Artificially thickened ice (散水による)</p> <p>220' ~ 330' 16 ft</p> <p>Final position of original ice sheet $t = 1.5 \sim 2.5 \text{ m}$</p> <p>Water depth 421 ft</p> <p>Hydraulic connector</p> <p>Ocean floor</p> <p>Subsea BOP stack</p> <p>10 3/4 in. marine riser 3 1/2 in. drill string</p> <p>13 3/4 in. at 515 ft 9 3/4 in. at 941 ft</p>					
付 帯 事 項	<p>掘削槽下の補強</p> <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>ウレタン</td> <td>30 kg / m³</td> <td rowspan="2">} で発泡状のセルを造成し補強</td> </tr> <tr> <td>水</td> <td>920 kg / m³</td> </tr> </table> <p>接管時の荷重 1630 t</p>	ウレタン	30 kg / m ³	} で発泡状のセルを造成し補強	水	920 kg / m ³
ウレタン	30 kg / m ³	} で発泡状のセルを造成し補強				
水	920 kg / m ³					
稼 働 条 件	<p>冬期のみ掘削 水の移動量 水深 × 5 % 許容する。</p> <p>気温 -50℃ ~ 60℃</p> <p>水の移動がないところで適用される。</p>					
設 計 建 造 例						

図 3.3.3.2 (3)

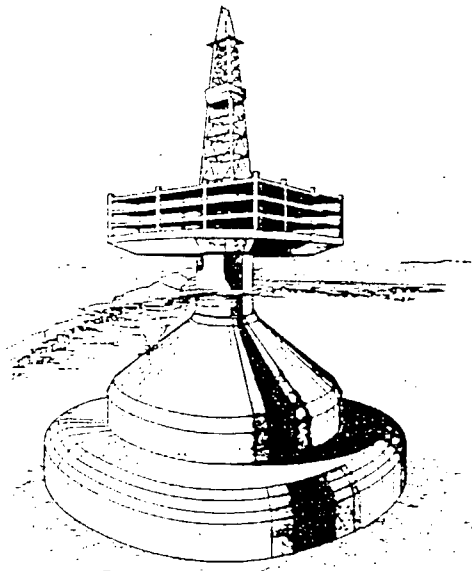
種 別	Arctic Production Monocone (APM)
設 計 会 社 等	Dome 社, Chicago Bridge and Iron 社
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 氷島回避方法考慮 ○ 重力式, パイル式 2 種の基礎構造あり
付 帯 事 項	
稼 動 条 件	水深 150 ~ 200 フィートのポーフォート海 10フィート厚の多年平坦氷(115フィート厚の多年氷脈含む)
設 計 建 造 例	実績なし

図 3.3.3.2 (4)

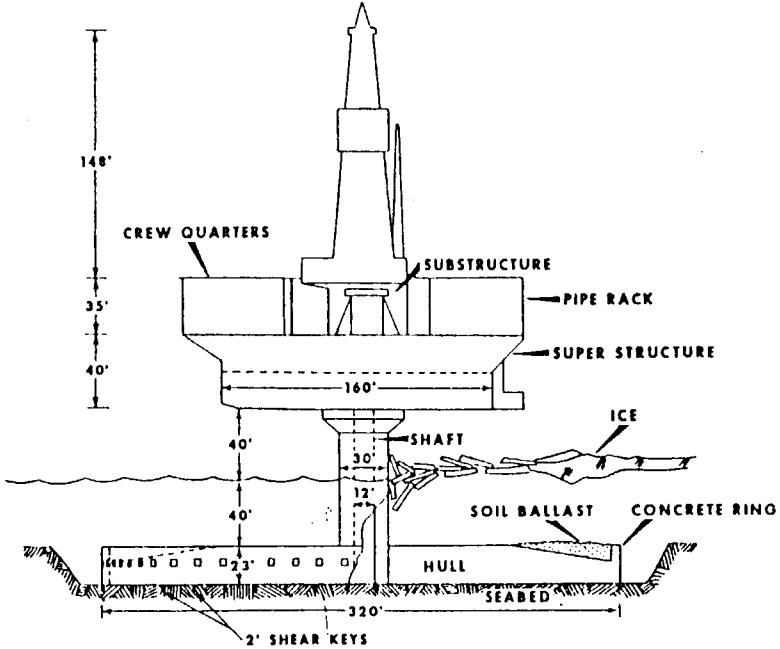
種 別	Monopod Drilling System
設 計 会 社 等	Imperial Oil 社, Swan Wooster 社, Earl & Wright 社
概 要	 <p style="text-align: center;">MONOPOD DRILLING UNIT</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 基礎構造に shear key system 採用 ○ 基礎構造にコンクリート使用
付 帯 事 項	
稼 動 条 件	水深 60フィートのポーフォート海 冬期 45フィート厚の1年氷脈, 夏期 13フィート厚の氷盤 (35フィート厚の氷脈含む)
設 計 建 造 例	実績なし

図 3.3.3.2 (5)

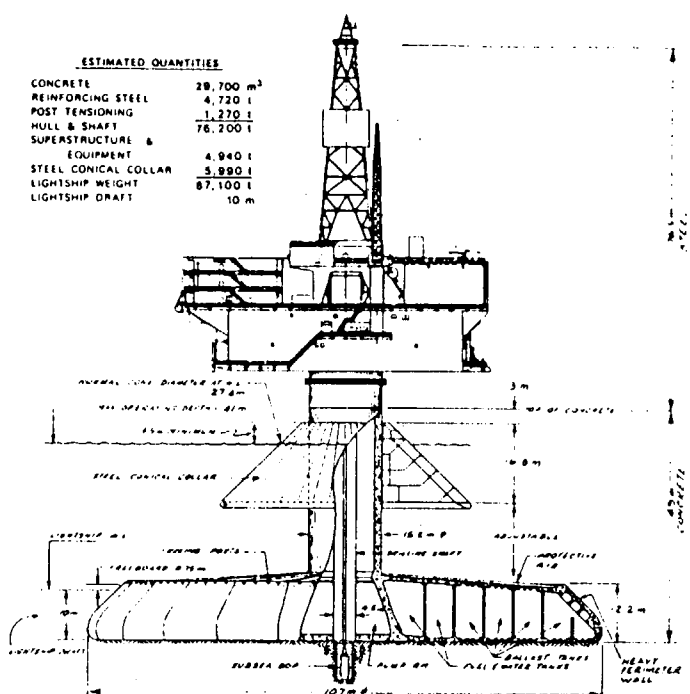
種 別	Monocone																		
設計会社等	Imperial Oil社, Swan Wooster社																		
概 要	<p style="text-align: center;">MONOCONE 41 MAXIMUM DESIGN WATER DEPTH = 41 m</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ESTIMATED QUANTITIES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CONCRETE</td> <td>28,700 m³</td> </tr> <tr> <td>REINFORCING STEEL</td> <td>4,720 t</td> </tr> <tr> <td>POST TENSIONING</td> <td>1,270 t</td> </tr> <tr> <td>HULL & SHAFT</td> <td>76,200 t</td> </tr> <tr> <td>SUPERSTRUCTURE & EQUIPMENT</td> <td>4,940 t</td> </tr> <tr> <td>STEEL CONICAL COLLAR</td> <td>5,880 t</td> </tr> <tr> <td>LIGHTSHIP WEIGHT</td> <td>87,100 t</td> </tr> <tr> <td>LIGHTSHIP DRAFT</td> <td>10 m</td> </tr> </tbody> </table>  <ul style="list-style-type: none"> ○ movable conical collar 採用 ○ プレストレス コンクリート使用 	ESTIMATED QUANTITIES		CONCRETE	28,700 m ³	REINFORCING STEEL	4,720 t	POST TENSIONING	1,270 t	HULL & SHAFT	76,200 t	SUPERSTRUCTURE & EQUIPMENT	4,940 t	STEEL CONICAL COLLAR	5,880 t	LIGHTSHIP WEIGHT	87,100 t	LIGHTSHIP DRAFT	10 m
ESTIMATED QUANTITIES																			
CONCRETE	28,700 m ³																		
REINFORCING STEEL	4,720 t																		
POST TENSIONING	1,270 t																		
HULL & SHAFT	76,200 t																		
SUPERSTRUCTURE & EQUIPMENT	4,940 t																		
STEEL CONICAL COLLAR	5,880 t																		
LIGHTSHIP WEIGHT	87,100 t																		
LIGHTSHIP DRAFT	10 m																		
付 帯 事 項																			
稼 働 条 件	水深 41 m のポーフォート海																		
設計建造例	実績なし																		

図 3.3.3.2 (6)

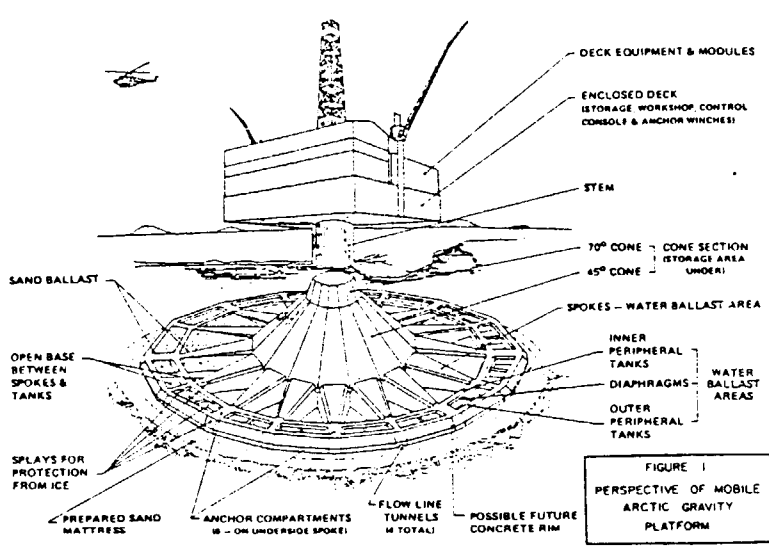
種 別	Mobile Arctic Gravity Platform (MAGP)
設計会社等	Gulf Canada社, Albery Pullerits Dickson & Assoc.社
概 要	 <p>。 spoke型基礎形状</p> <p>。 着床・浮揚制御用アンカー装備</p>
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	水深 20 ~ 50 m のポーフォート海 16 m 厚の平坦水
設 計 建 造 例	実績なし

図 3.3.3.2 (7)

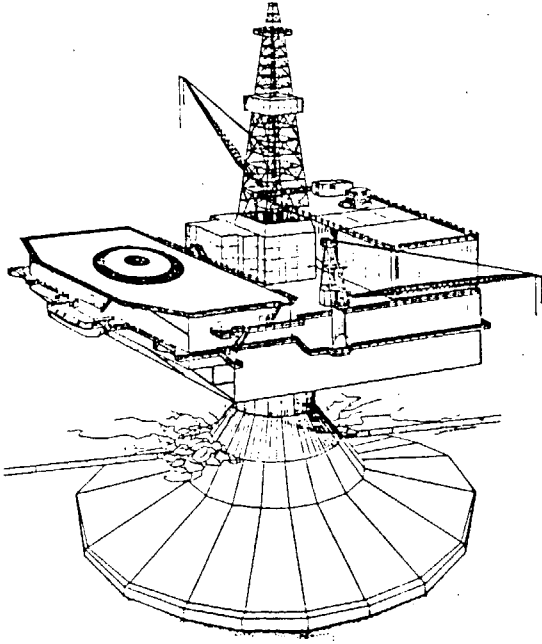
種 別	Arctic Mobile Drilling Structure (AMDS)
設 計 会 社 等	Socal, Chevron社, The Offshore Company
概 要	 <p data-bbox="493 1055 865 1084">○ 外板に heating system 採用</p>
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	水深 20 ～ 60 フィートのポーフォート海
設 計 建 造 例	実績なし

図 3.3.3.2 (8)

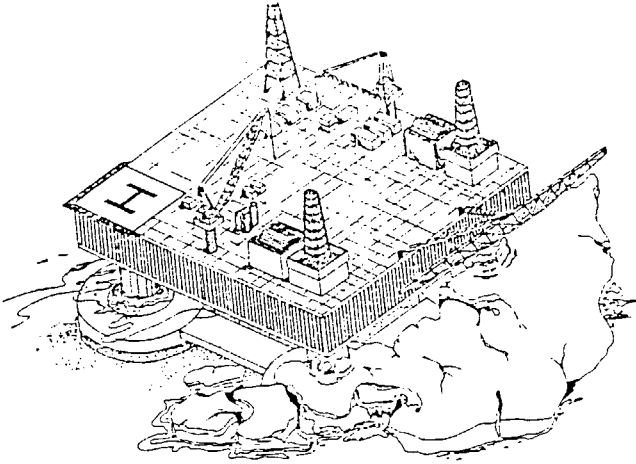
種 別	Multiple Leg Platform
設 計 会 社 等	Brown & Root 社
概 要	 <p data-bbox="476 1077 918 1104">。 重力式, パイル式2種の基礎構造あり</p>
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	水深 30 ~ 60 フィートの北極海
設 計 建 造 例	実績なし

図 3.3.3.2 (9)

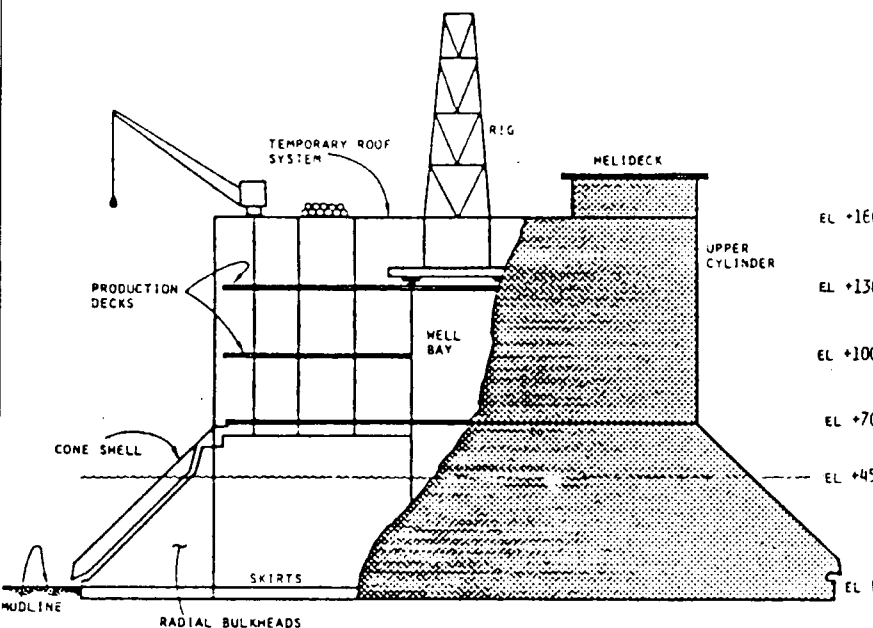
種 別	Controlled Stiffness Arctic Cone (COSSAC)
設 計 会 社 等	Shell Oil社
概 要	 <p>The diagram illustrates the COSSAC structure with the following components and elevations:</p> <ul style="list-style-type: none"> EL +160': HELIDECK EL +130': UPPER CYLINDER EL +100': WELL BAY EL +70': PRODUCTION DECKS EL +45': CONE SHELL EL 0': SKIRTS <p>Other labeled components include: TEMPORARY ROOF SYSTEM, RIG, MUDLINE, and RADIAL BULKHEADS.</p> <p>○ 主要構造部は controlling relative stiffness 概念適用</p>
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	水深 45 フィートのポーフォート海 7 フィート厚の平坦氷及び 50 フィート厚の多年氷脈
設 計 建 造 例	実績なし

図 3.3.3.2 (10)

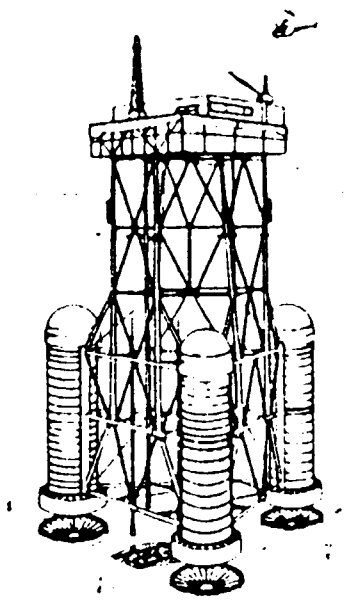
種 別	Tecnomare Steel Gravity Platform (TSG)
設 計 会 社 等	Tecnomare 社
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 海底に特殊支持装置使用 ○ 氷山回避機構考慮
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	水深100～200mの北極海
設 計 建 造 例	コンゴ沖及び北海にて生産用プラットフォームとして使用

図 3.3.3.2 (11)

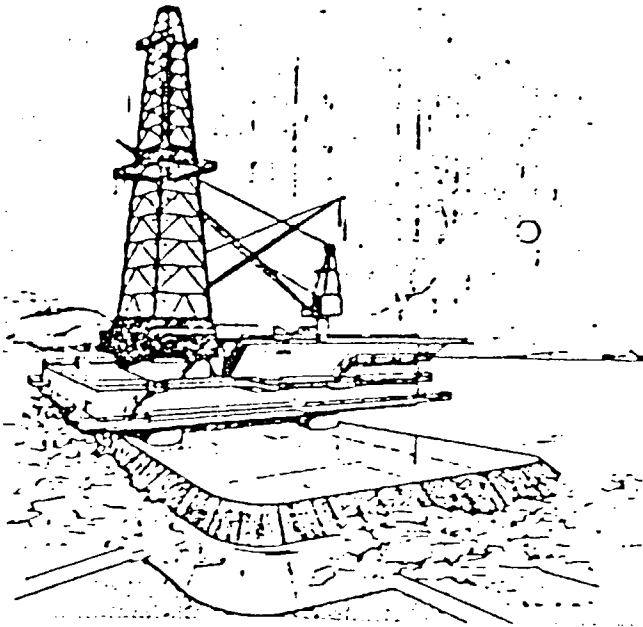
種 別	Arctic Drill Barge
設 計 会 社 等	Offshore 社
概 要	 <p data-bbox="487 1077 754 1106">。 外板氷結防止装置あり</p>
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	水深7～30フィートのポーフォート海
設 計 建 造 例	実績なし

図 3.3.3.2 (12)

種 別	Conically - Shaped Concrete Platform
設 計 会 社 等	ソビエト連邦
概 要	<ul style="list-style-type: none"> ○ 強化コンクリート使用 ○ 居住設備なし
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	水深 65 フィート オホーツク海, 北極海用
設 計 建 造 等	実績なし

図 3.3.3.2 (13)

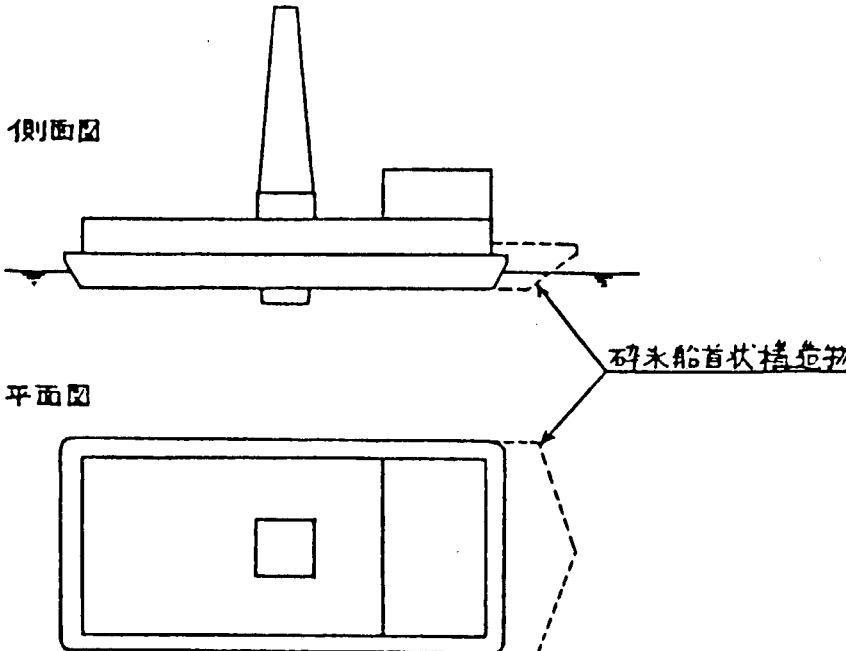
種 別	北極海掘削用バージ
設 計 会 社 等	APOAにて検討
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> 。 鋼製バージ 。 側面は30°傾斜 。 流氷の流れてくる方向が一定の海域では、その方向に対して砕氷船首状構造物を取り付けることにより係留ラインにかかる力を小さくすることができる。
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> 。 係留：8個のアンカーによる多点係留
稼 動 条 件	<ul style="list-style-type: none"> 。 水深：60～600 ft (18～180 m) 。 海域：Beaufort海 。 氷象：開氷期のみ
設 計・建 造 例	<ul style="list-style-type: none"> 。 設計例 <ul style="list-style-type: none"> 長さ 幅 深さ 250 ft × 120 ft × 40 ft (76.2 m) (36.6 m) (12.2 m) 。 建造例 <ul style="list-style-type: none"> なし

図 3.3.3.2 (14)

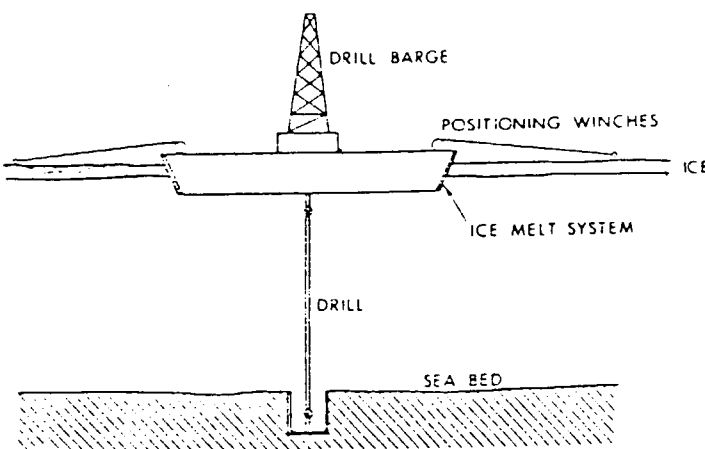
種 別	アイスアンカーにより係留する方法
設計会社等	Arctic Engineers & Constructors 社
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ バージタイプリグをアイスアンカーにより定着氷に対して係留 ○ バージ側面にアイスメルトシステムを装備
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> ○ 係留：アイスアンカーにより定着氷に対して係留 ○ 位置制御：アイスメルトシステムとアイスアンカーにより行なう。
稼 動 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ○ 氷象/海域：定着氷海域 ○ 水深： ～ 20 m (推定)
設計建造例	なし

図 3.3.3.2 (15)

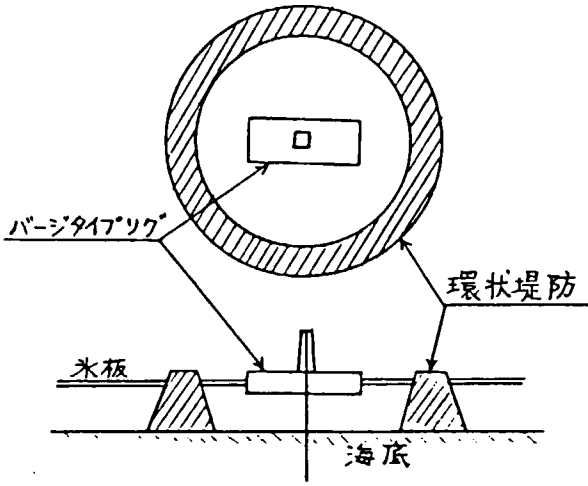
種 別	環状堤防を構築する方法
設計会社等	APOAにて検討
概 要	 <p>。環状堤防を構築し，その内海にバージタイプリングを配置</p>
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ○ 海域：水深の浅い海域 ○ 水深： ～20m(推定)
設計・建造例	なし

図3.3.3.2 (16)

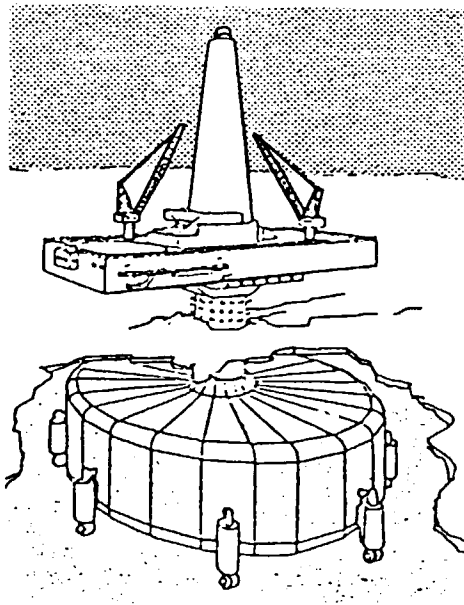
種 別	Ice - cutting Semi - submersible Drilling Vessel (ICSDV)
設計会社等	Sea - Log社 & Sedco社
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ◦ Upper hullのあるmonopodとlower hullよりなる。 ◦ Vertical columnにはice cutterのついたrotating sheath (回転サヤ)を装備
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 係留：DPS ◦ 位置制御：ice cutterとサイドスラスタによる。 ◦ 砕氷能力：Ice cutterにより16m厚さのプレッシャーリッジを切削可能。 Ice cutterとDPS用のサイドスラスタにより多年氷の静止氷板中を4ktで航行可能
稼 働 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 海域/氷象：水深の深い北極海氷海域(多年氷の氷海域も可) ◦ 水深：深海域
設 計・建 造 例	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 設計例 Vertical columnの直径=11.5m 乗組員=120名 ◦ 建造例 なし

図3.3.3.2 (17)

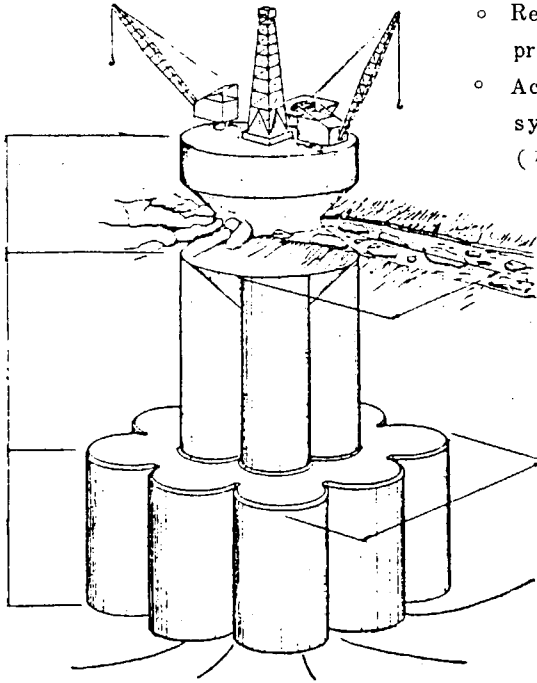
種 別	Floating Caisson						
設 計 会 社 等	Exxon Production Research 社						
概 要	<ul style="list-style-type: none"> ○ 上部の砂時計形構造物と下部の石油貯蔵タンク用大型構造物よりなる。 ○ Reinforced and prestressed concrete 製 ○ Actively - induced heaving system 装備 (砕氷能力を増大させるため) 						
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> ○ 係留：多点係留〔水深 1,500 ft (460 m) 以下〕 またはDPS〔水深 1,500 ft (460 m) 以上〕 						
稼 働 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ○ 氷象：14 m厚さのアンコンソリデートドリッジを含む2.5 m厚さの氷板のある氷海域で稼働可能 ○ 水深：1,000 ~ 3,200 ft (300 ~ 980 m) 						
設 計・建 造 例	<ul style="list-style-type: none"> ○ 設計例 <table style="margin-left: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">深さ</td> <td style="padding-right: 20px;">喫水</td> <td>石油貯蔵量</td> </tr> <tr> <td>157 m</td> <td>× 137 m</td> <td>× 500,000 bbl (79,500 m³)</td> </tr> </table> ○ 建造例 なし 	深さ	喫水	石油貯蔵量	157 m	× 137 m	× 500,000 bbl (79,500 m ³)
深さ	喫水	石油貯蔵量					
157 m	× 137 m	× 500,000 bbl (79,500 m ³)					

図 3.3.3.2 (18)

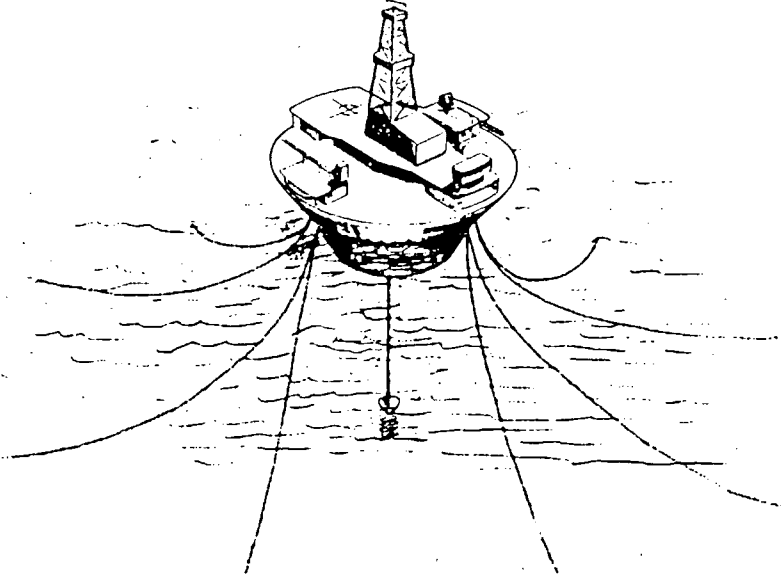
種 別	Arctic Drill Hull (ADH)												
設 計 会 社 等	General Dynamics 社												
概 要	 <p>。 逆円錐台形プラットフォーム</p>												
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> 。 係留：多点係留 。 砕氷能力：無風時 - 5 ft (1.5 m) 厚さの氷板を砕氷可能 風速 100kt の時 - 4 ft (1.2 m) 厚さの氷板を砕氷可能 												
稼 働 条 件	<ul style="list-style-type: none"> 。 海域：Mackenzie delta 沖合 (Beau fort 海) の大陸棚 。 水深：60 ~ 600 ft (18 ~ 180 m) 												
設 計・建 造 例	<ul style="list-style-type: none"> 。 設計例 <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>最大直径</td> <td>深さ</td> <td>喫水</td> <td>排水量</td> </tr> <tr> <td>150ft ×</td> <td>55 ft ×</td> <td>41 ft ×</td> <td>10,900LT</td> </tr> <tr> <td>(45.7m)</td> <td>(16.8m)</td> <td>(12.5m)</td> <td></td> </tr> </table> 。 建造例 なし 	最大直径	深さ	喫水	排水量	150ft ×	55 ft ×	41 ft ×	10,900LT	(45.7m)	(16.8m)	(12.5m)	
最大直径	深さ	喫水	排水量										
150ft ×	55 ft ×	41 ft ×	10,900LT										
(45.7m)	(16.8m)	(12.5m)											

図 3.3.3.2 (19)

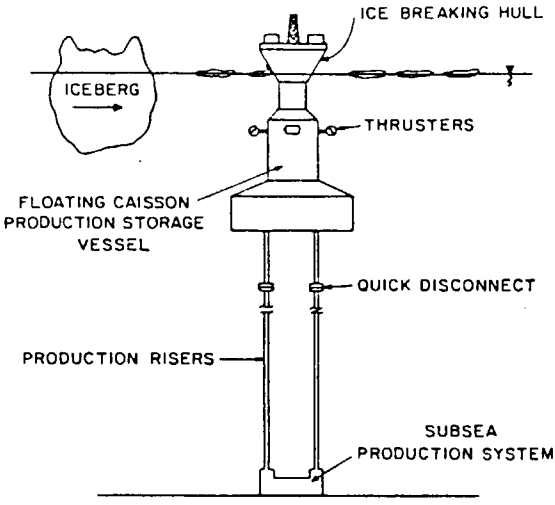
種 別	Deepwater Production System
設 計 会 社 等	
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 上部のicebreaking hullと下部のfloating caisson production storage vesselよりなり，海底生産システムとプロダクションライザーにより結合されている。 ○ 緊急離脱用 quick disconnect 装備
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> ○ 係留：プロダクションライザーにより海底生産システムと結合
稼 動 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ○ 海域：Canada 東岸海域（氷山の多い海域） ○ 水深：深海域
設 計・建 造 例	なし

図 3.3.3.2 (20)

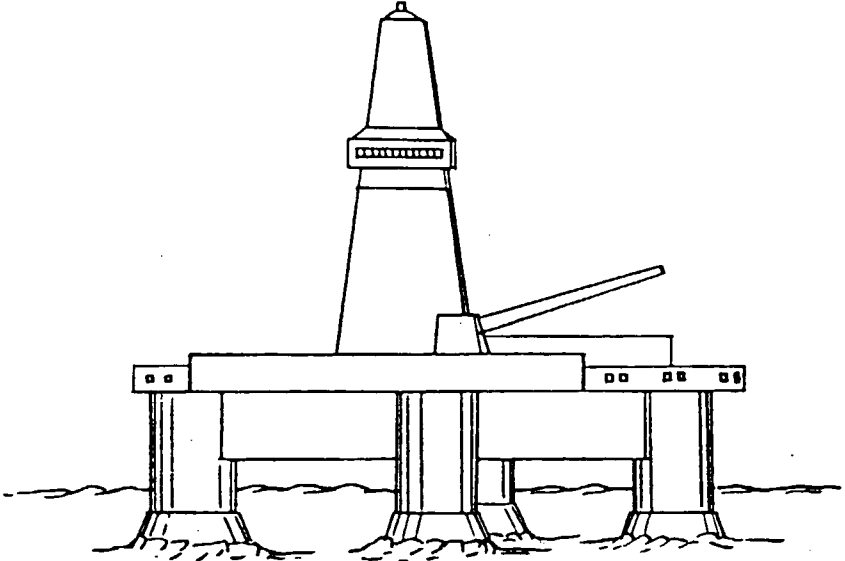
種 別	氷海用セミサブマージブルリグ
設計会社等	Management Audit Control Service社
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 従来のセミサブマージブルリグに砕氷，耐氷構造を適用
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> ○ 係留：DPS
稼 働 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ○ 海域：水深の深い海域 ○ 水深： ～ 470 m
設計・建造例	<ul style="list-style-type: none"> ○ 設計例 重量 = 41,000 t ○ 建造例 なし

図 3.3.3.2 (21)

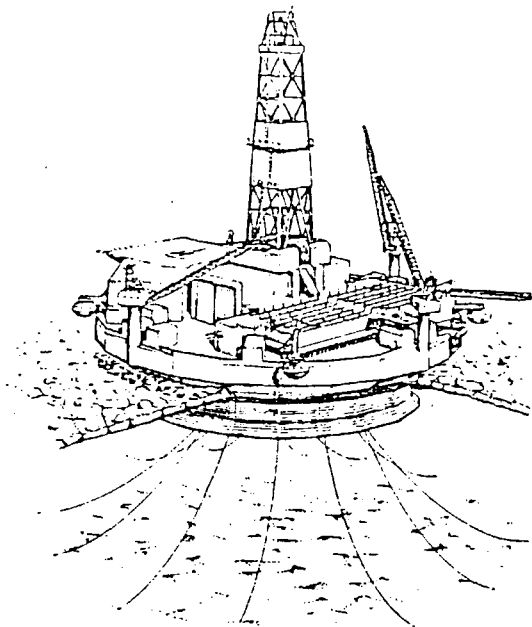
種 別	Conical Drilling Unit (CDU)								
設 計 会 社 等	Gulf Canada Resources 社								
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 逆円錐台形船体 ○ ダブルハル耐氷構造 								
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> ○ 係留：12個のアンカーによる多点係留 								
稼 動 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ○ 海域：Beaufort 海 ○ 水深：18 ~ 61m (59 ~ 200 ft) ○ 船級：AB 								
設 計・建 造 例	<ul style="list-style-type: none"> ○ 設計例 <table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td>船体最大直径</td> <td>深さ</td> <td>喫水</td> <td>人員</td> </tr> <tr> <td>81m</td> <td>× 18.5m</td> <td>× 12.5m</td> <td>× 113名</td> </tr> </table> ○ 建造例 <p style="margin-left: 40px;">なし (三井造船にて建造予定, 納期：昭和58年3月)</p> 	船体最大直径	深さ	喫水	人員	81m	× 18.5m	× 12.5m	× 113名
船体最大直径	深さ	喫水	人員						
81m	× 18.5m	× 12.5m	× 113名						

図 3.3.3.2 (22)

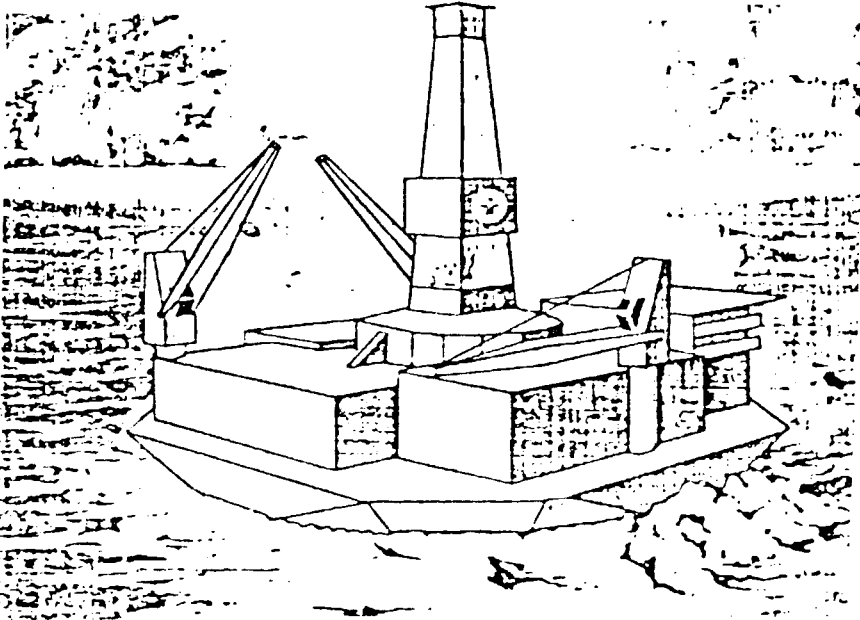
種 別	Round Drillship (RDS)
設計会社等	Dome Petroleum 社
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 円形船体 (実際には多面構成)
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> ○ 係留：16個のアンカーによる多点係留
稼 働 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ○ 海域：Beaufort海 (seasonal polar pack ice zone) ○ 水深：25 ~ 200 m (推定)
設 計・建 造 例	なし

図 3.3.3.2 (23)

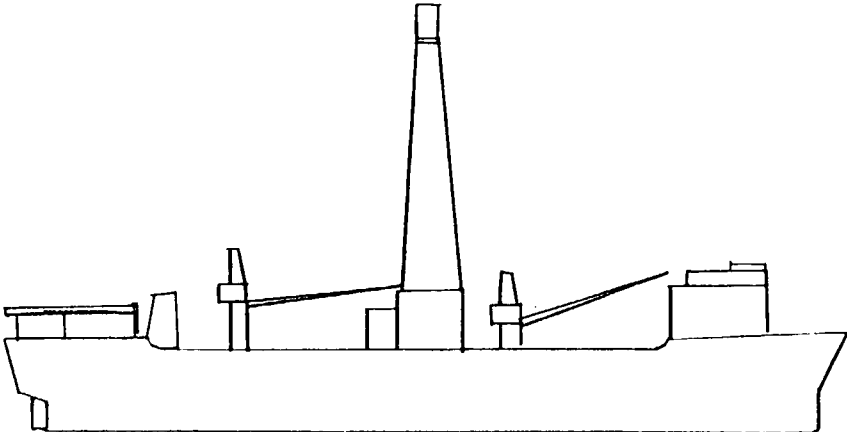
種 別	Drill Ship
設計会社等	
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 通常のdrill shipに耐氷対策を施したもの ○ 冬期の結氷時には稼動できない。 ○ 移動性が良い ○ DPSを装備すると緊急離脱が容易である。 ○ 運動性能が悪いため荒海での稼動には適さない。
付 帯 事 項	<ul style="list-style-type: none"> ○ 通常の8点係留システム, もしくは, DPS (dynamic positioning system) により位置制御を行なう。 ○ Extreme ice やmedium ice 等の耐氷構造
稼 働 条 件	<ul style="list-style-type: none"> ○ 水深: 約50 m ~ 2,000 m ○ 規則: 一般的な船級協会
設計建造例	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dome社が保有するCI-M-AVIを改造したCanmer Explorer $L \times B \times D/d = 114.6 \times 21.3 \times 9.1 / 6.4 \text{ m}$ 2. ソ連用にGusto社が設計し現在Ruma Repola社で建造中 $L \times B \times D = 152.4 \times 24.0 \times 12.5 \text{ m}$

図 3.3.3.2 (24)

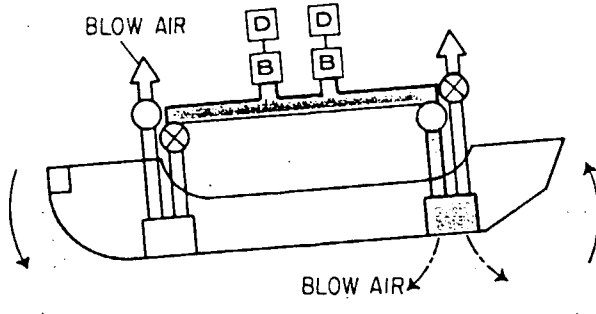
種 別	PIPS (Pneumatically Induced Pitching System)
設 計 会 社 等	Global Marine
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> ○ 2対の free flooding tank を船首、船尾の左右舷に設け圧搾空気により船体を強制的にロール、ピッチ、ヒーブあるいはそれらの組合せの運動をさせて砕氷するシステム ○ 氷板との相対速度が小さいときに、砕氷効率が良いため、drill ship に適している。 ○ PIPS の制御系統及び作動させるために要するエネルギー消費量等に問題がある。
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	
設 計 建 造 例	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実験用にカナダのタグボート Amherstburs に PIPS を装備し Great Lakes で砕氷実験を 1972 年に行なった。

図 3.3.3.2 (25)

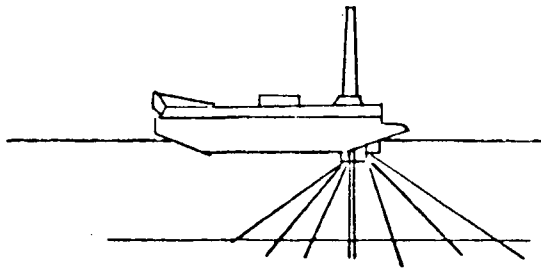
種 別	Swivell Drillship
設計会社等	Dome Petroleum 社
概 要	 <ul style="list-style-type: none"> 。 16ポイントのアンカーラインを船底のturretにとりつけ、そのturretが回転可能なため、氷の卓越方向に船首を向けることができる。 。 船体は通常のdrill shipにice class 10用の補強をしている。 。 Turretの回転部分の強度の信頼性向上、コンパクト化、軽量化等を研究する要あり。
付 帯 事 項	
稼 働 条 件	水深 15 m ~ 90 m
設 計 建 造 例	近い将来達造されるであろうとDome 社が発表している。

図 3.3.3.2 (26)

3.3.4. 氷海用海洋構造物の特徴

(1) 人工島

(i) 概 論

北極海用の主として石油／ガスの開発のための海洋構造物で比較的浅い海域では人工島方式が採用されている。また、深海域でも氷の移動のないところではアイスプラットフォームも試掘には使用されている。

これ等の人工島方式を分類すると次の通りである。

- ・ グラベル アイランド (Gravel Island)
- ・ ケーソン リテイインド グラベル アイランド (Caisson Retained Island)
- ・ アイス アイランド (Ice Island)
- ・ アイス プラットフォーム (Ice Platform)

このうちIce Platformは浮遊した人工氷盤である。

(ii) グラベル アイランド

① 序

Imperial Oil (現在のEsso Resource Canada 社)を中心にボーフォート海にそよぐマッケンジー川のデルタ地帯の水深が1.5m～19mの比較的浅い海域でグラベルアイランドによる試掘活動が行われて来た。表3.3.4.1はカナダのこれまでに築造されたグラベルアイランドの実例を示す。

グラベルアイランドは浅いところに限られ、また試掘期間が冬期に限られるなど制約があるものの経済的であり、実績も多く注目に値する。

② 設計基準 (ボーフォート海 マッケンジーデルタ)

気 温 冬期 -60°F

夏期 80°F

水 象 開氷期間7月中旬～10月初旬

9月下旬より沿岸の水温は氷点下となる。

氷結は48時間で1.8mになる。

氷厚は冬期成長を続け、4月下旬には1.8m～2.1mの最大厚さになる。

氷の移動は殆んどない。年間を通じて30m未満である。

風 波 夏期に最大となり、主に北西風 60～80海里/時 設計100海里/時、

このときの波高は12m。

最大潮位2.4m

地 盤 不攪乱資料の採集が人工島建設現場で行われた。

シルト又は砂質で粘性土は少ない。

標準貫入試験 N値=2～20

海底面は平坦である。

水深が18m～60mの海底には明らかにice scourと思われる凹みがあり、1.8mに達する。

永久凍土は海底面から18m以内にはない。

耐用期間 1～2の試掘する期間耐えればよく、使用期間は2年未満でよい。

所要面積 2～2.5エーカー 直径にして90m～100m。

F.B 4～5mの水深で7.5mのF.Bが必要、夏場は活動しないので4.5mでよい。

氷 圧 400^{psi}(28)～900^{psi}(63kg/cm²)…………… 局部的

表 3.3.4.1 Canadian Gravel Island

島名	水深 (m)	建設期間	備考
Immerk B-44	3	72 夏	
Adgo F-28	2.1	73 "	
Pullen E-17	1.5	73/4 冬	
Unark (Sun Oil)	3.3	73/4 "	
Pelly (Sun Oil)	2	74 夏	
Netserk B-44	4.6	" "	
Adgo P-25	1.5	" "	
Adgo C-15	1.5	74/5 冬	
Netserk F-40	7	75 夏	
Sarpik B-35	4.3	75/6 冬	
Ikkatok J-47	1.5	76 夏	
Kugmallit D-49	5.2	" "	
Adgo J-27	1.8	" "	
Arnak L-30	8.5	" "	
Kannerk G-42	8.5	" "	
Isserk F-27	1.3	77 "	
Issungnak D-61	1.9	78・79 "	
Alerk	10.5	80・81 "	
W Atkinson	7.5	81 "	
Nayak area	1.5	81 "	

' Offshore Engineer '

1981年8月より

③ 構造配置砕氷など

島の形状

水深が比較的深いと円形に近い浅い場合は方形で、この場合の水の動きが予測でき、必要な補強ができるためである。

耐氷性

島全体に加わる横方向の力に対する安定性を検討する。

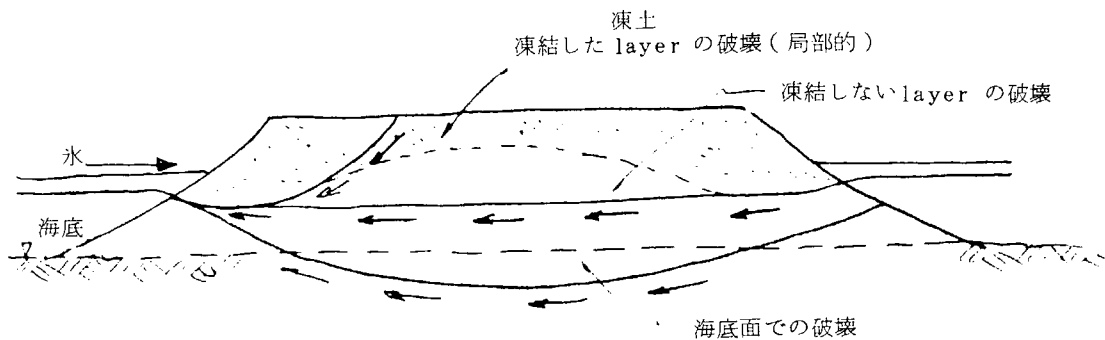


図 3.3.4.1

氷厚 2.1 m に対し、10 万～20 万 t の圧力があるものとして島は設計されている。

安全性のチェック

氷状の厳しいとき機械的に穿孔し、人工島の動き（変位）を知り警報装置として使用する。

法面について

大きな氷圧力に耐えかつ浸蝕に耐えるために傾斜面の防護が必要となる。

• 自然にできる傾斜面

粒径が中位のグラベルに対しては水面下は 1/20 の勾配となる。波のおし寄せ側は更に勾配は緩くなる。従ってこれ以上のグラベルが必要となる。水面上は 1/10 でよい。

Immerk の場合、50 万 yd^3 の土量を必要とした。

工期の遅れのため図 3.3.4.2 に示す様な polyfilter を海面から 1/5 の勾配で敷き 5/8" ワイヤの鎖でつなぎ固定された。

傾斜部の上下端は鋼材と木材で polyfilter の押えのために固着する。

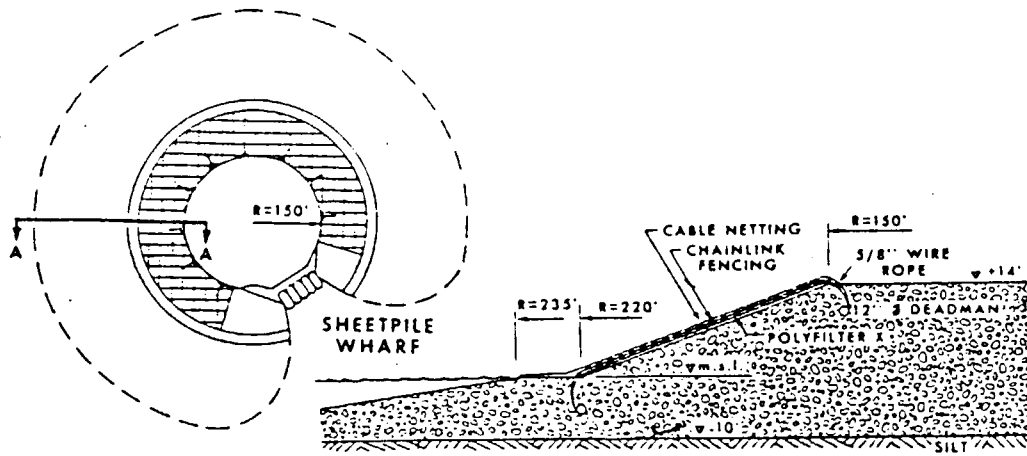


図 3.3.4.2

更に $3/4$ " の鎖を織りあわせた網を 1~2 層を敷き polyfilter の破損と移動を防ぐ役割を持たせる。

• サンドバックによる護岸

限られた工事期間でグラベル埋立を行うためには傾斜面の勾配を急にするためにサンドバックにより図 3.3.4.3 に示す構造がとられる。

2 yd³, 3 ton のサンドバック

蛇籠 (6 t) も開発され鋼索を編んだもので中にサンドバックを充填する。これら一連の安定性試験はデルフト水力研究所で行われた。実験の結果は切り出し石と同じ安定性が得られた。

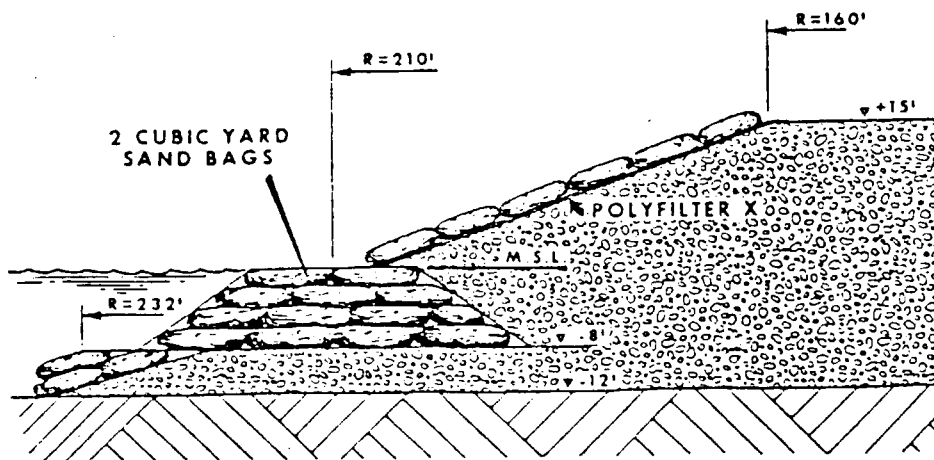


図 3.3.4.3

• 掘削リグの支持構造

掘削リグはおよそ400t～450tの荷重(live load)が加わり、かつ振動荷重が加わる。

このため通常リグ下部構造は礫で固めねばならない。

④ 建設法

マッケンジーデルタの一連の試掘活動のための人工島の建設に用いられる建設機器は次の通り。

- 24Bカッターサクションドレッジャ
- クレーン船
- 2000立方ヤード底開きダンプバージ 5隻
- 曳船 1,500 HP 6隻
- 200tバケット/クレーン船 4隻
- 補助バージ 多数
- ランチ
- 居住船 (200名用)

Immerkの建設

土砂の採取場より1,200m離れており、24Bのドレッジパイプによりポンプ圧送された。

40万yd³の土砂が送られたが12.5万yd³の礫しか残らなかった。これは悪天候により50%の稼働率となりわずか29日であった。

Adgoの建設

現地の堆泥を充填した砂袋で堰がつくられた。この運搬にはバージにより行われ舷外に突出たコンベアより280ポンドの袋(2ft³)が350ヶ/時の割合で3万個必要とした。

リグの下部構造となるグラベルは1万yd³の平底バージで運搬された。

6yd³の容量バケットをクレーンにつけ5万yd³の堆泥でドレッジングをし人工島に埋立て用として利用した。

建設期間は4月に開始し、9月まで可能である。

⑤ その他

• 非常事態

水状が厳しい場合、人工島の変形を計測し安全性をチェックする。

避難用ヘリコプターデッキを備える。

• 恒久設備への転用

人工島方式で石油/ガスの発見をし生産段階になると1～2年の耐久性があればよかつたグラベル人工島も恒久設備として利用できる。その場合所要面積は大きくする必要がある。

• 人工島のコスト

Netserk B-44 水深7mは1,100万\$ (約22億円)、試掘井が700万\$ (14億円) 合計36億円/wellとなる。

(iii) ケーソンリテインドグラベルアイランド

① 序

水深が大きくなり、建設期間も限られてくると、ケーソンリテインド型の人工島が有利となる。

ケーソンはあらかじめ他の場所で建造され夏場に据付ける方法がとられよう。

ケーソンはコンクリート製又は鋼製となる。

形状は八角型など多角型となる。あらかじめ作るためにケーソンのユニットは長方形とした方が作り易いためと思われる。

② 設計基準

グラベルアイランドの場合に比べ水深が大きくなったための違いはあるが氷象を除いて同じである。

氷象：水深が大きくなるとシャーゾーン（トランジットゾーン）になるため氷の移動量は大きくなる。

また、一年氷のほか氷丘、キールの含まれるゾーンに入る。

③ 構造等

・ケーソンの耐氷性

氷との相互作用による大きな力が加わり、ケーソンには大きな圧力が加わる。

通常、氷に面するところはテーバーがあり、その場合の氷圧力の算定はPOAC等で種々提案されているが定説的なものは未だ確立していない。

・材質等

コンクリート：ドーム社などはケーソンの材質をコンクリートで計画している。極寒域でありコンクリートには凍結融解に対する考慮が必要となる。

鋼製 氷圧力に対する構造的強度のほか極寒域で用いられるため、低温鋼が要求される。

通常、タフネスは -60°C で $4.6\text{ kg}\cdot\text{m}$ のシャルピー値を要求されている。

・ストレスド ケーソン リテイインド方式

Esso Resources Ltd. と Albery Pullerits Dickson Associate Ltd. で考慮された本方式は鋼製のケーソン（8角形）8個をたがいにヒンジでつなぎ

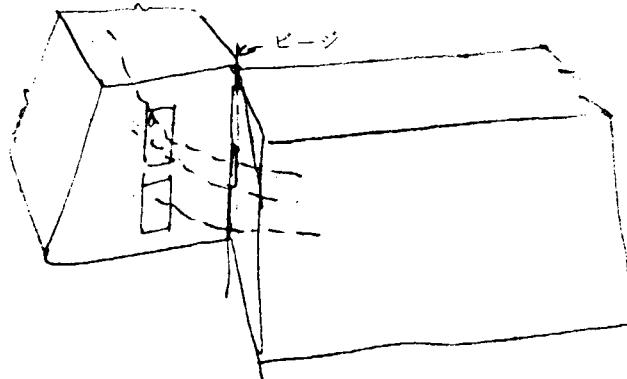


図 3.3.4.4

全周に亘り stressing cable で緊結する。

試掘活動が終れば連結部をはずし、移動することも可能となる、経済性より注目に値する。

④ 建設法

あらかじめ海底面下は $1/15$ の勾配で人工島の造成が行われケーソンが約 $10'$ （ 3 m ）の乾舷がとれる様にしておき、ケーソンを所定の位置まで移動し、バラストを注水して据付ける。



図 3.3.4.5

その後の工程はグラベルアイランドと同じ。

図 3.3.4.6 はその代表例を示す。

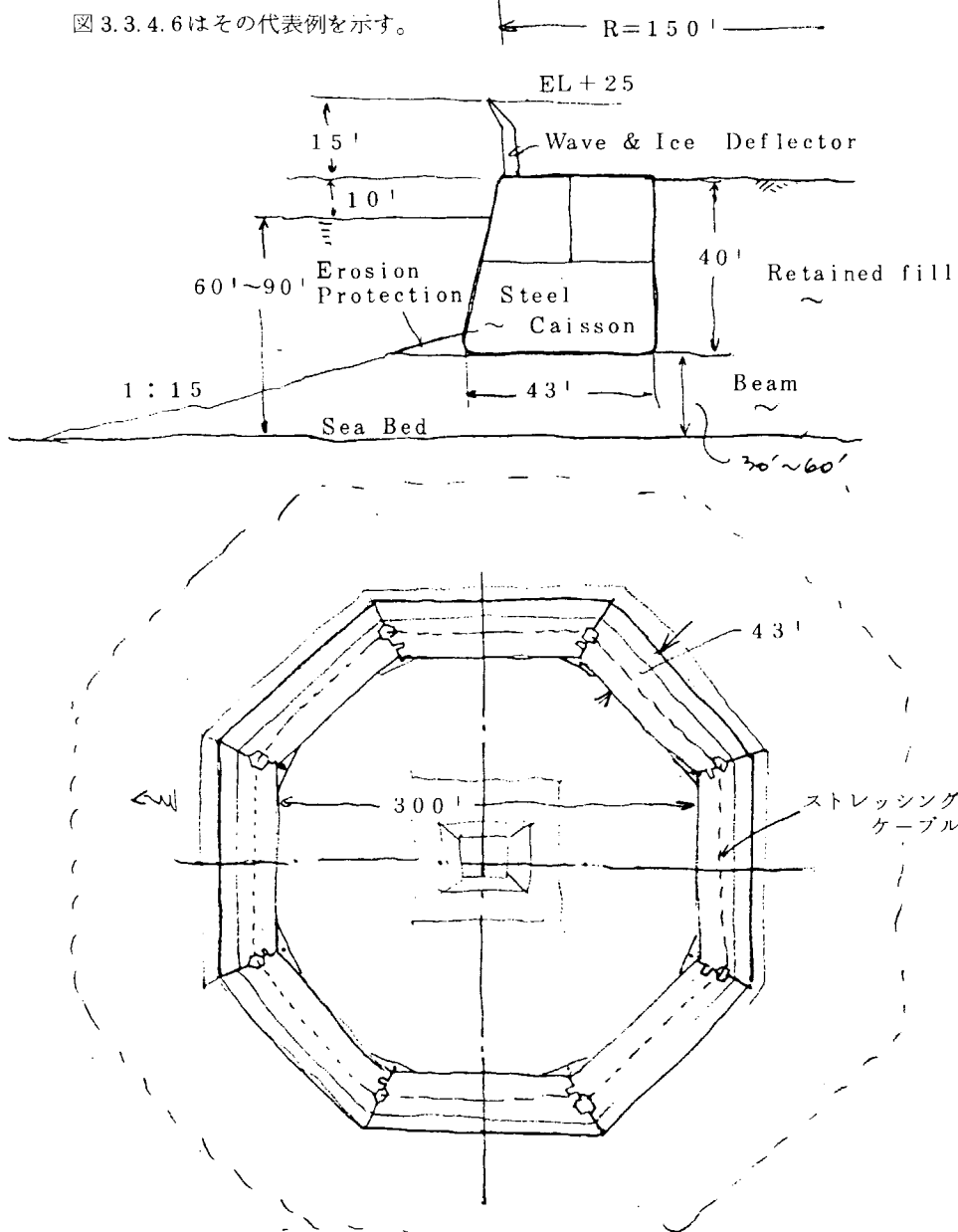


図 3.3.4.6 ストレスド リテイインド ケーソン方式 人工島

(IV) Ice Island

ユニオンオイルのアイスアイランドの例

1976年11月 自然氷の厚さが18" (46cm)以上になって建設に着手された。

この建設に先立ち、アラスカのハリソン湾のAnachlikの12マイル北の水深2.7mのところで事前テストが行われている。

(建設法)

- (1) 自然氷盤が18インチ(45.7cm)以上になる11月に着手。
- (2) $L \quad B \quad H$
114m × 67m × 30cm の雪を盛り、ベースとする。
- (3) 上記のベースの周囲に水供給用の孔をあける。
- (4) 散水により厚さ3.6mの平板を1月中旬までかゝり造成する。平均1.8" (4.6cm/日 気温 -45℃)

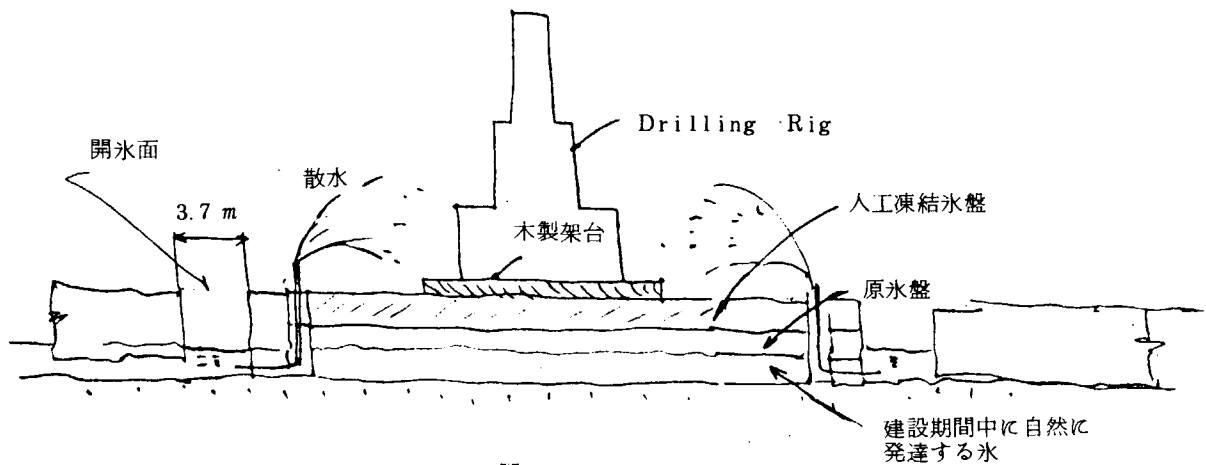


図 3.3.4.7

(掘削期間) 1977年2月17日～4月7日

アイスアイランドは7月まで存続した。

なお、本工法は資料が不足しており例のみ調査した。

(V) Ice Platform

① 序

浮遊式氷盤プラットフォーム (floating ice platform) はカナダの北極諸島海域で実用化されている。

この海域はマッケンジーデルタ、ボーフォート海よりも氷に覆われている期間が長く、開氷期間は8月～9月初旬のわずか1ヶ月である。

この海域の氷はほとんど動かないため逆に動かない氷盤を更に補強し(散水)試掘活動を行う。

② 設計基準

直径およそ130mの自然氷盤を利用する。

その上に更に散水を行い、氷盤を厚くする。外気温は-25℃以下になると開始される。11月下旬頃より開始される。

Panarctic Oil社(加)が行った本方式では氷の引張強度は10kg/cm²～14kg/cm²、安全率2～3

③ 構造など

掘削機下は1,630tの荷重に耐えるため

ウレタン 30 kg/m^3 } の発泡状のセルで補強する。
水 920 kg/m^3

セルは $3 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ 厚のブロック状のもの total 275 m^2 用済後は焼却する。

④ コスト

氷海域での掘削法として最も安く $2.5 \sim 4.0$ ミリオン \$ (5 億 ~ 1 0 億円 / well) 。

問題は恒久構造物となる production 設備にある。

(2) 着底式リグ

着底式リグは比較的水深の浅い場所で海底に着座し、試掘あるいは生産をする目的で開発されたものである。一般的にその構造は上部構造、基礎構造及び支柱部の3つより構成される。

上部構造には掘削・生産設備、居住設備、貯蔵庫等が設けられ、結氷時の補給困難な場合を考慮し、長期にわたり稼働できるだけの能力を有する。

基礎部は広範囲の海底土質に対応できるだけの底面積をもち、軟弱地盤では重力だけでなくパイルも併用する方法が提案されている。又、その内部は通常バラストタンクなどの液体貯蔵タンクとして用いられるが、一方、あるサイトから別のサイトへ移動する場合あるいは冰山との衝突回避のためバラストを排出し浮揚できるだけの十分な容積をも有する。

支柱部は直接氷荷重を受けるので、その部分の形状はできるだけ構造物に掛る荷重が少なくかつ効果的に砕氷可能な様に種々実験・解析が実施されているが円錐形が主流である。

(i) Arctic Production Monocone (APM)

カナダの Dome 社及び米国の Chicago Bridge and Iron 社により水深 $150 \sim 200$ フィートのポーフォート海で年間を通じて使用する目的で開発されたモノコーン型の石油採掘、生産用プラットフォームである。

プラットフォームはドーナツ型基礎構造、ボトル型上部構造及び移動式ジャッキアップ型甲板の3主要部で構成される。

基礎構造部は広い範囲の海底土質に対応できるように重力式とパイル式の2種につき検討されている。即ち、硬土質の場合にはパイル打ちという現地工事をせず短期間に設置できる重力式を採用し、一方軟弱土質の場合にはパイル式とする。

ボトル型上部構造は垂直シャフト部分とコーン部分とから成り平坦氷は前者で砕かれ、氷丘脈は後者の部分で押上げられ曲げにより砕かれるという砕氷パターンを目途としている。尚、構造強度上の最大設計荷重としては厚さ 115 フィートの多年氷丘脈を含む厚さ 10 フィートの多年平坦氷を対象としている。甲板部は単独で浮揚できかつ中央部で2分割できる構造となっている。このため垂直シャフト部を両側より挟み込みジャッキングシステムによりシャフトに沿って上下に移動できるのでプラットフォームから着脱可能である。

本プラットフォームの最大の特徴は氷島衝突対策として上記甲板部をまず離脱させ更にボトル型上部構造をも基礎より切り離して回避可能な構造としていることである。プラットフォームの機能として採掘用及び生産用両者の設備を有し、前者については1回の資材供給により2坑、合計では40坑の掘削が可能である。又、後者に関しては日量 $120,000$ バレルの石油生産に適合する諸設備の配置が可能である。

構造部材の材料は主として鋼が使用されており、ボトル型上部構造の中に一部充填材としてコンクリートが用いられている。

< 参 考 文 献 >

" Arctic Offshore Deepwater Ice Structure Interactions "
1979 OTC 3630 (文献集-8)

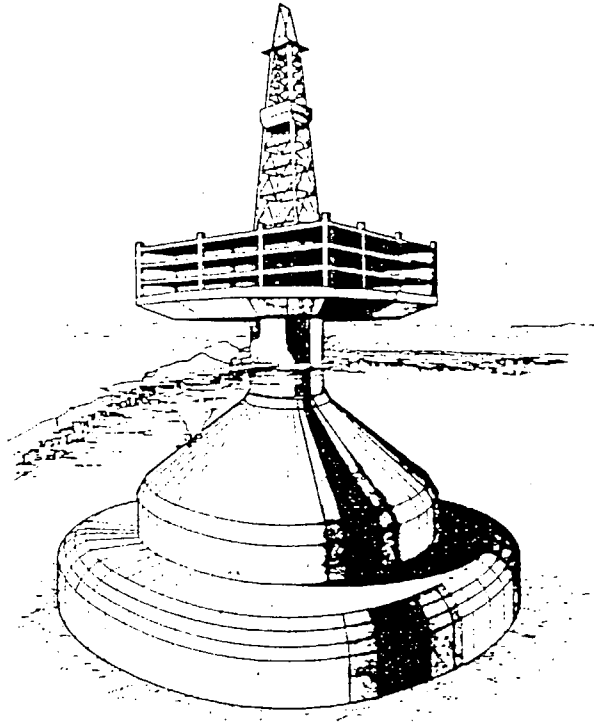


図 3.3.4.8 Arctic monocone.

(ii) Monopod Drilling System

本システムはカナダの Imperial Oil 社により 60 フィート水深のボーフォート海に於て通年稼働可能な探査掘削プラットフォームとして開発された。尚、概念設計はカナダ Swan Wooster Engineering 社、詳細設計は米国 Earl & Wright 社により実施された。

このモノポッド構造物は大円形基礎構造、1本の垂直シャフト及び方形の上部構造より成る。

設計上の最大氷荷重は冬期 4.5 フィート厚さの 1 年氷丘脈、夏期 1.5 マイル/時間で移動する 1,000 フィート幅、3.5 フィート厚さの氷丘脈を有する平均氷厚 1.3 フィートの氷盤によるものとしている。ただし更に大きな氷盤に対しては構造物の損傷を避けるためにそれ自身移動可能なように基礎が設計されている。

基礎構造には弱い土質に対して結合強度を持たせ基盤圧力を増加させる手段として shear key system が採用されている。これは基礎構造下に密な間隔で短い垂直の板組を溶接したものである。

掘削機能としては補給なしで 20,000 フィート深さの井戸を 1 本掘るだけの資機材を保有する。

構造材料は主として鋼であるが基礎構造にはコンクリートが使用されている。

< 参 考 文 献 >

" A Monopod Drilling System for the Canadian Beaufort Sea "
1975 ICE TECH. (文献集-61)

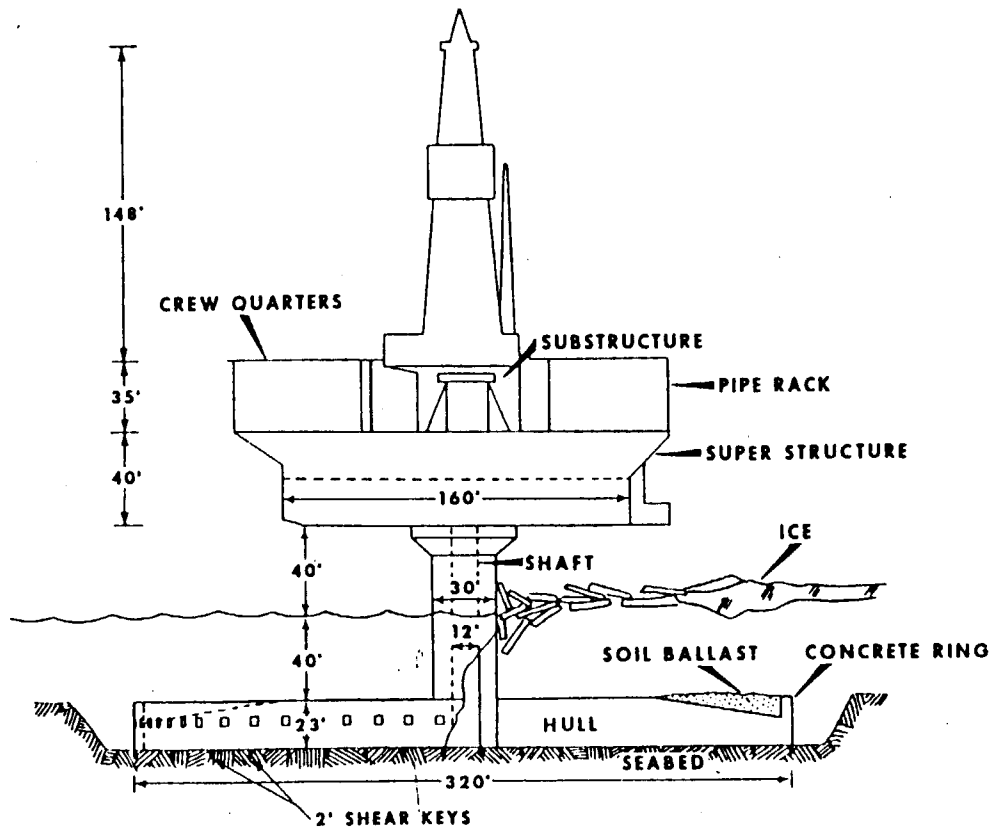


図 3.3.4.9 MONOPOD DRILLING UNIT

(iii) Monocone

カナダの Imperial Oil 社及び Swan Wooster 社が浅水深(60フィート)のポーフォート海用として開発した Monopod Drilling System を基に大型化した最大水深 41.0 m まで使用可能なモノコーン型のプラットフォームである。

構造は monopod と同様に円形基礎、垂直シャフト及び方形上部構造より成っているが、これに movable conical collar が追加される。この目的は垂直シャフト上の適当な高さに台形上の collar を取付けることで氷を曲げにより砕くことにある。collar は 2 分割されておりかつ浮力を有しているのでシャフトを両側から挟み機械的に固着する装置を用いることにより水深に応じてその取付け高さを選択することが可能である。尚、collar 部は skin heating system により氷結を防止する。

構造材料としては上部構造及び collar は鋼製であるが、その他の主部はプレストレス コンクリートが採用されている。

< 参 考 文 献 >

"Monocone - A Mobile Gravity Platform for the Arctic Offshore"
POAC 77 (文献集 - 30)

MONOCONE 41
 MAXIMUM DESIGN WATER DEPTH = 41 m

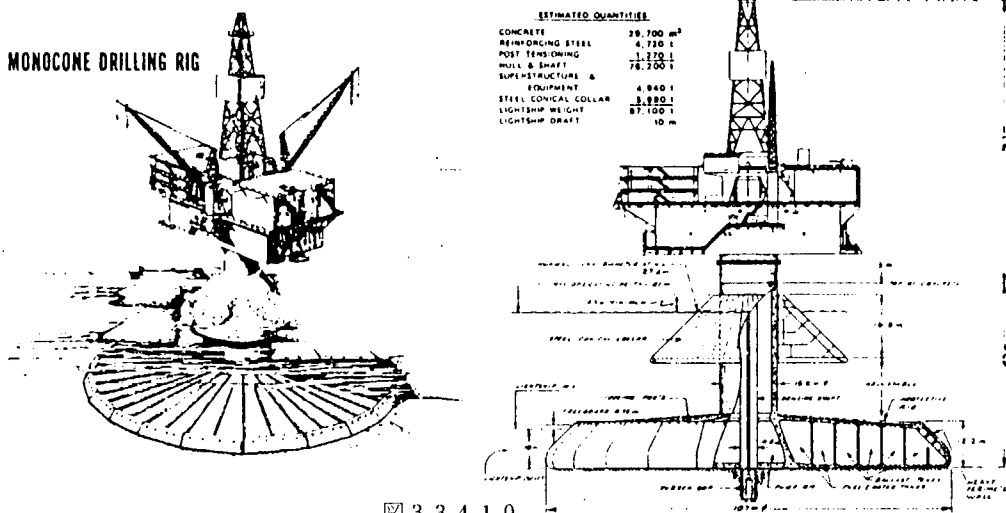


図 3.3.4.10

(iv) Mobile Arctic Gravity Platform (MAGP)

このプラットフォームはカナダのGulf Canada Resources社及びAlbery, Pullerits, Dickson & Assoc.社他により水深20～50mのボーフォート海で年間を通して使用する目的で開発された。構造としてはspoke型基礎、45/70度二段傾斜を有するコーン部分、垂直部であるstem部及び甲板部により構成される。

水深30mまでに於ては平坦氷及び氷丘脈は45度傾斜のコーン部で曲げにより砕かれ、水深30～40mに於ては同様に70度傾斜コーン部で砕かれる。更に深い場合にはステム部の垂直部分で砕氷されるパターンとなる。

氷荷重に関しては次の3つのケースが想定されている。

- a) 16m厚さの平坦氷
- b) 1年及び多年氷丘脈
- c) 1年流氷と相互作用する砕氷群

本プラットフォームの特徴は基礎形状がスポーク型となっていることで、これ自身基礎周囲に配置されるバラスタタンクと接続されバラスタタンクの役割を果たす。スポークとタンク間にある区画は底板がなく開放されており、横方向への移動を防ぐためにサンドバラスタで満たされる。この方式は構造物の重量を軽減するのに有効である。

着底及び浮揚に際しては水深30m迄はtilting方式で可能であるが、それ以上の水深の所ではanchor blockを8個スポーク下に配し甲板上のウインチでプラットフォームを水平に保つよう制御しながら作業を行う。尚、浮揚前にはドレッジ又はエアリフトによりサンドバラスタを排除すると共にwater jetting systemを用いて基礎下部の負圧を無くすことが必要である。

掘削上の能力としては主たる供給なしに同一地点で3坑の掘削が可能だけの資機材を貯蔵できる。構造部材の材料は鋼及びコンクリートである。

< 参 考 文 献 >

" Conceptual Design for a Mobile Arctic Gravity Platform "

POAC 81 (文献集 - 41)

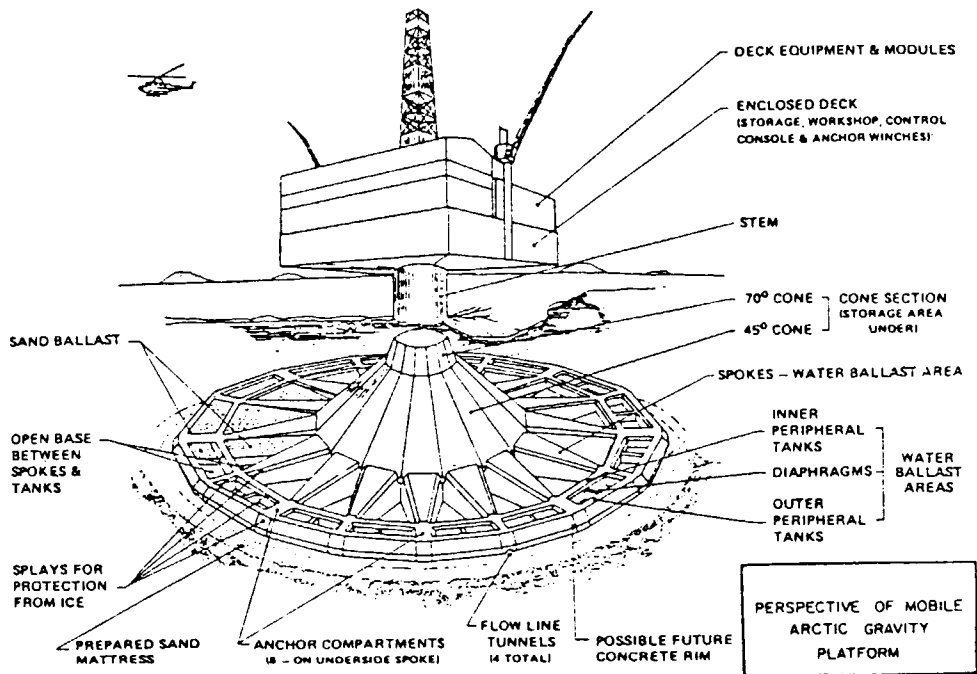


図 3.3.4.1 1

(V) Arctic Mobile Drilling Structure (AMDS)

このプラットフォームは米国のStandard Oil Company of California, Chevron 及び The Offshore Company の各社により水深 20～60 フィートのポーフォート海で掘削を目的として開発されたコニカル型の掘削システムである。

方形の上部構造はコニカル型の主構造により支えられており、前者は居住区、諸機器、消費物の格納区画、後者はバラスト、燃料及びドリルウォータ用のタンクが配置されている。主構造部は放射及び円周方向の隔壁により仕切られる。設置方式は重力式であるが、基礎底部には skirt が装備されかつ単なる配管により浮揚時の高い負圧を減らす suction relief system も設けられている。

本プラットフォームの特徴はコニカル部外板に heating system を採用していることである。これはコニカル部に氷が付着すると過大な水平力を受けることから外板温度を氷点以上にして凍結を防止することを目的としている。コーン下部については hot water system により外板沿いのバラストタンクが温められ、一方バラストタンクの配置されていないコーン上部に対しては electrical resistance heating system が適用される。掘削能力としては掘削深度 20,000 フィート、坑数 2 又は 3、貯蔵能力 120 日分又は補給 1 坑当り 1 回である。

尚、本プラットフォームは一応固定式と見做せるが巨大な水平力により移動させられることを想定し、防噴装置は海底下に設け ice gouging に備えることを考慮している。

< 参 考 文 献 >

" Preliminary Design of the Arctic Mobile Drilling Structure "
POAC 79 (文献集 - 37)

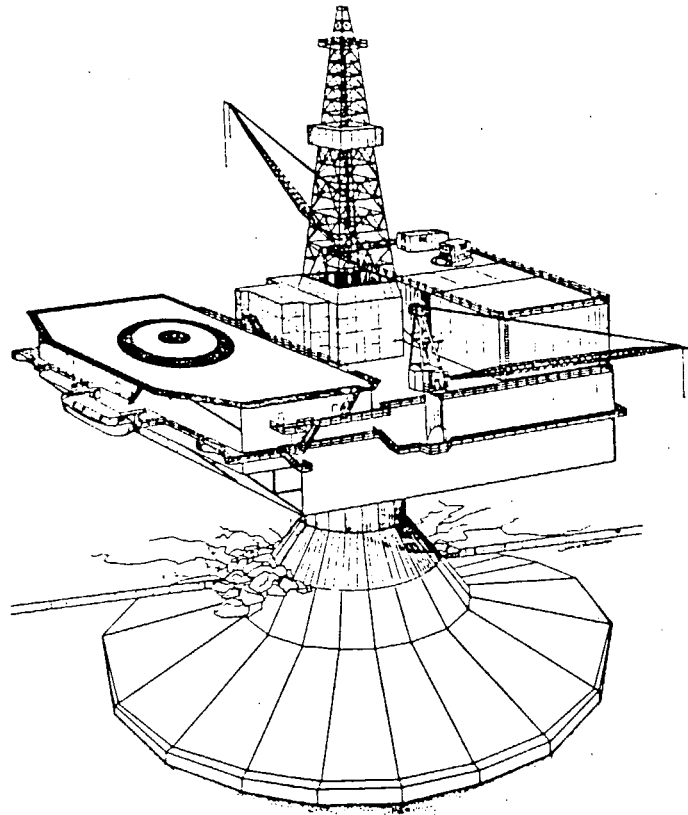


図 3.3.4.1 2 Arctic Mobile Drilling Structure

(V) Multiple Leg Platform

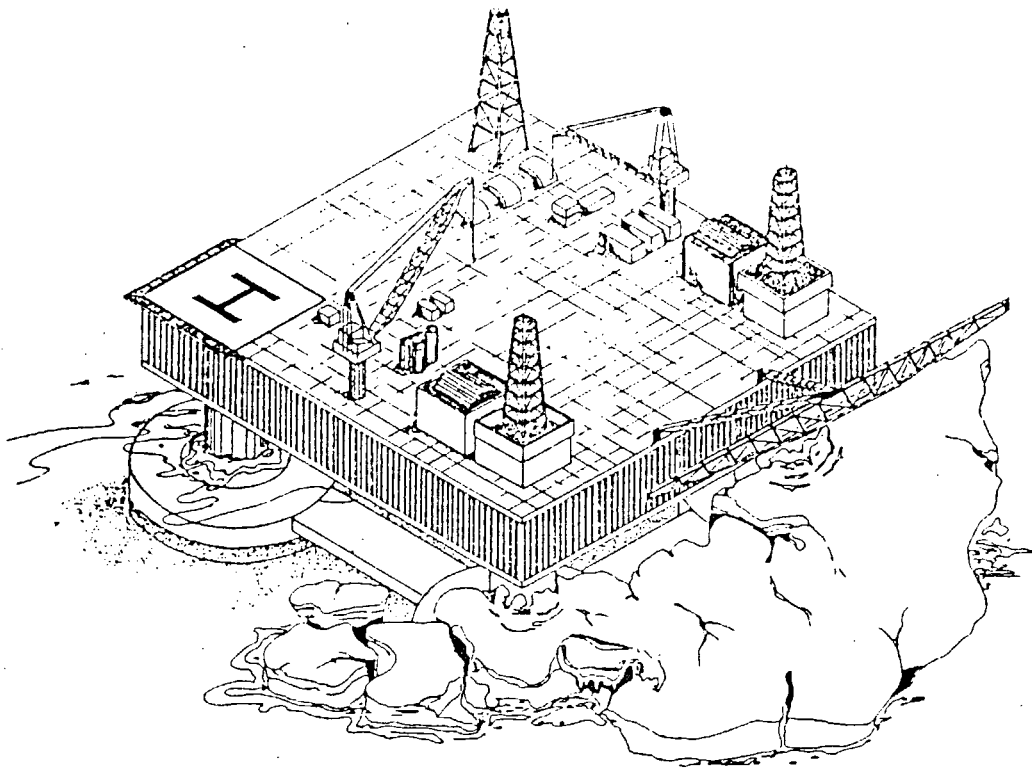
本プラットフォームは米国 Brown & Root 社により提案されたもので、水深 30～60 フィートの北極海域での使用を対象としている。諸機器の搭載されている甲板は 4 本の円柱脚で支持され、各脚の下に円錐形の台があり、これにより海底に着座する。着座方法は、地盤状況により重力のみによる場合とパイルを併用する場合とがある。

円錐形の台はその海域での最大氷厚の平坦氷が届かない深さに位置させ、それより厚い氷を曲げにより砕く様になっている。また平坦氷に対して氷圧受圧面積を減らすことができるため脚には円柱構造が採用されている。円柱脚及び円錐形台は二重殻構造となっており、耐氷圧部には補強の為、強化コンクリートが充填してある。構造材料は鋼であるが吃水面より上部には低温用高張力鋼 A-537 が用いられている。

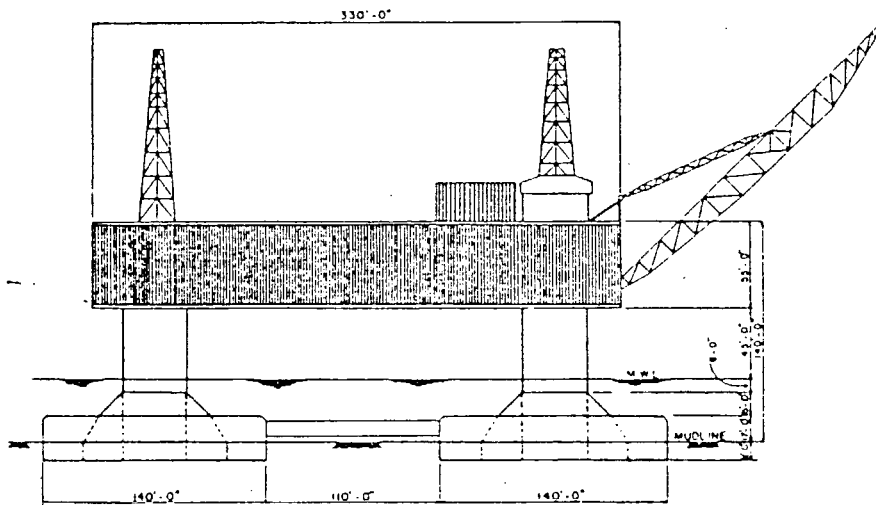
生産能力としては 38 本の生産井より日量 150,000 バレルの原油を集めることができるよう計画されている。

< 参 考 文 献 >

" A Fixed Platform Providing an Integrated Deck on a Multiple Leg Ice Resistant Substructure " 1980 OTC 3886 (文献集 - 12)



General view.



Elevation.

☒ 3.3.4.1 3

(vi) Controlled Stiffness Steel Arctic Cone (COSSAC)

これは米国 Shell Oil 社によりアラスカのボーフォート海（設計水深 45 フィート）を対象として開発された石油生産プラットフォームである。

COSSAC は直径 210 フィート、高さ 90 フィートの上部円柱構造と低部直径 350 フィート、高さ 70 フィート、傾斜 45 度の下部円錐台構造で構成される。生産設備は上部構造の 3 層の甲板区画に設置される。

下部円錐台構造は耐氷構造となっており、放射状隔壁及び円周隔壁とで構成され、外板及び 4 枚の主放射状隔壁以外は下部円錐構造頂部で止まっている。上部円柱部は生産設備関係の作業区画として矩形区画を作るため、矩形コラム及びガーダー方式の構造となっている。

このプラットフォームの特色は、多年氷による集中荷重を分散しまた熱応力を少なくする為主要構造部に controlling relative stiffness の設計概念を適用していることである。即ち、剛性の大きい外板構造と隔壁との間に柔構造を用いることで氷荷重を各隔壁に分散させることができるという基本思想である。

氷荷重としては 7 フィート厚さの平坦氷並びに 50 フィート厚さの多年氷丘脈を対象としている。

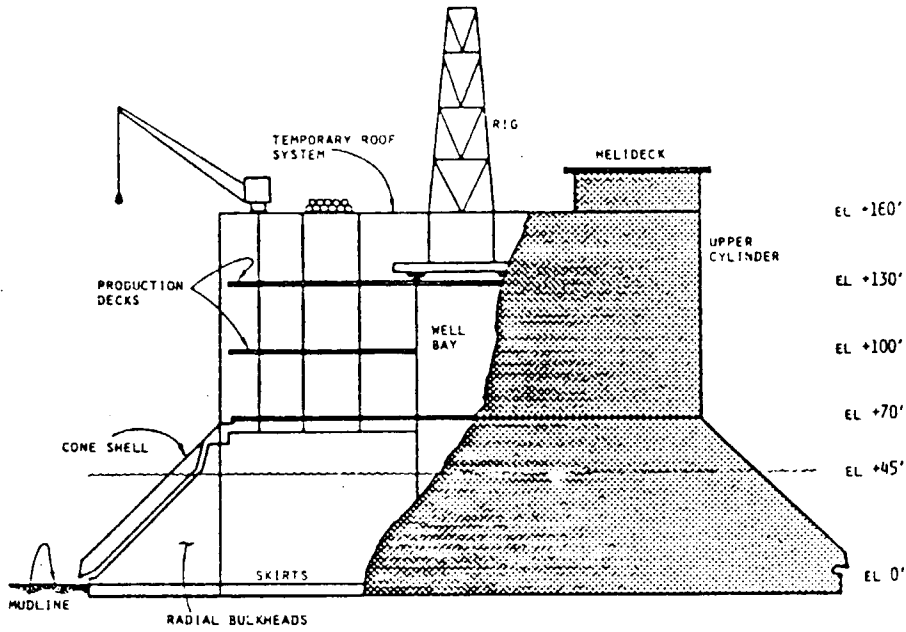
生産能力は日量 60,000 バレルで 60 坑の生産井ベースで計画している。

構造材料は鋼で外気に面した箇所は調質鋼、ニッケル銅合金鋼等のじん性の高い特殊鋼が使用される。

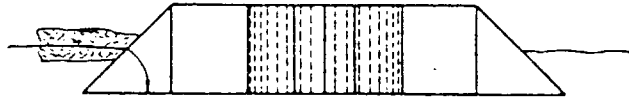
< 参 考 文 献 >

" A Steel Production Structure for the Alaskan Beaufort Sea "

1981 OTC 4113 (文献集 - 14)

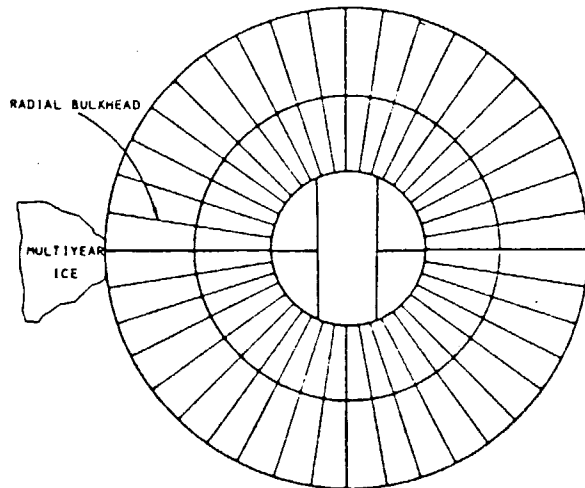


COSSAC Production Platform.



LOAD TRANSFERRED TO
BASE VIA BULKHEAD

ELEVATION OF CONE



PLAN VIEW OF CONE

Structure Base Section.

☒ 3.3.4.1 4

(VIII) Tecnomare Steel Gravity Platform (TSG)

本プラットフォームはイタリアの Tecnomare 社により水深100~200mの北極海 (Labrador 沖) を対象に主に生産用プラットフォームとして提案されたものである。これは既にコンゴ沖と北海に於て使用実績を有する。

構造は六角形の格子構造タワー、3ケの円形タンク (浮揚時は浮力タンク、掘削時は貯蔵タンクとして使用)、円形タンク基部及びプラットフォーム受台としての3ケのパッドで構成される。パッドは海底に固定式支持構造として設置されるが、その他の上部構造は着脱可能な移動式であるため再使用できる。特徴は上記パッドとプラットフォーム基部間に復原性を増すために負圧を生じさせられるような特別の suction system を設けていることである。又これは冰山衝突回避のため上部構造を切離す際、浮揚する時間を短縮する手段としての water injection system としても用いられる。

プラットフォームは冰山による scouring を防ぐため海底下の穴に置かれた海底ウェルヘッド上に設置され、production riser により海底マニホールドと甲板上の生産設備間を接続して生産を行う。貯蔵はプラットフォームの円形タンクの一部を用いるか又は基礎部分と一体となった別の海底貯蔵タンクを使用して行う。生産は100,000バレル/日で貯蔵量は200,000バレルである。

< 参 考 文 献 >

" Production System in Arctic Waters by Using a Fully Integrated TSG Platform " POAC 81 (文献集-39)

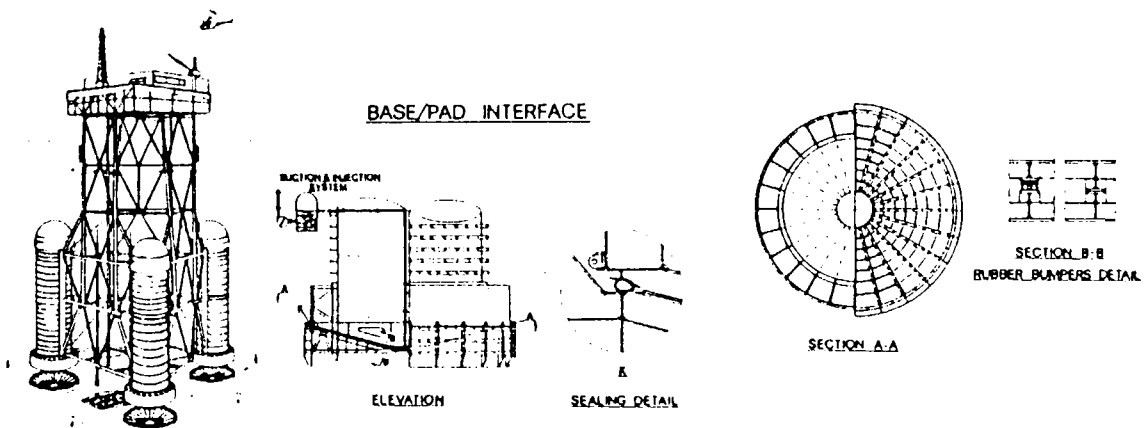


図 3.3.4.15

(IX) Arctic Drill Barge

この掘削用バージは米国 Offshore 社により水深7~30フィートのポーフォート海沿岸で着底させて使用することを目的として開発された。

バージ本体は方形で着底でき、氷荷重は外板に掛るよう設計されている。外板は45度の傾斜を有し氷がせり上って自重により砕かれるように配慮されている。又、外板上の氷結を防止するため船内側に温水を通す装置が設備されている。

上部構造は2本のコラムによりバージュ上20フィートの高さに支えられている。コラムは1本は掘削用のmoon poolとして使用され、もう1本には交通用のエレベータが設備される。掘削能力としては年間2乃至3坑の試掘が可能である。

< 参 考 文 献 >

" Other Platforms Show Possibilities "
Offshore May 1980 (文献集-76)

(X) Conically-shaped Concrete Platform

本プラットフォームはソ連がオホーツク海、更には将来北極海でも使用する目的で設計された。円錐台に似た形状をしており、水線面では45度の傾斜を有しここで氷荷重を受ける。水面下は直径105フィートの大きさを海底までの深さは65フィートである。尚、基礎底面周囲には浅いスカートが設けられており、構造部内下部は碎石とセメントが充填される。上部構造は水面上32フィートの位置に設けられ、直径約100フィート、深さ13フィートの円形をしている。掘削装置は必要最小限のみ設置され、居住区は設けられていない。円錐台部の構造材料として6.5フィート厚さの強化コンクリートが使用されている。

< 参 考 文 献 >

" Arctic Technology "
Offshore May 1980 (文献集-76)

(3) 浮遊式リグ

(i) Vessel Type

(a) Drill Ship

現在ドーム社の4隻のdrill shipがBeaufort seaで稼働しており、さらにソ連の極地用drill ship 3隻がフィンランドのラウマレボラ造船所で建造中である。

(a) ドーム社のdrill ship

船 名	要 目
Canmar Explorer	表 3.3.4.2
Canmar Explorer II	表 3.3.4.3
Canmar Explorer III	表 3.3.4.4
Canmar Explorer IV	表 3.3.4.5

(b) ソ連のdrill ship

yard No 15、16、17 表 3.3.4.6

ドーム社は1976年よりdrill shipにてBeaufort seaのdrillingを開始した。

表 3.3.4.2

1. 氷海リグの種類	Drill Ship	
2. リグ名	Canmar Explorer	
3. オーナー等	オーナー	Dome Petroleum Co.Ltd.
	船 籍	カナダ
	使用者	Canadian Marine Drilling Ltd.
	使用海域	Beaufort Sea
4. 建 造	設計者	
	建造者	改造工事 Todd Shipyard Corp. Calveston, Texas
	建造年月	1976
5. 設計条件	最大稼働水深	1,000フィート (600')
	最大掘削深度	2,500フィート (2,000')
	自然条件	
	船 級	ABS
	アイスクラス	I-AA (extreme ice condition)
6. 適用法規、規準	Interocean, Canadian Government	
7. 主要目	船体寸法	L 376' × B 70' × D 29.75 (100') Operating draft 21' Transit draft 23'
	総トン数	6,041 トン
	排水量	11,470 LT
	バリアブルロード	
	位置保持装置	Skagit DMW-250 8点係留 30,000 lb Anchor 3,300' 23/4" wire
	タンク容量	F.O.:5522bbl, D.W.:3685bbl, Portable W.:271bbl Liquid Mud:3187bbl, Bulk mud:6000c.f., Sacks:8000
	掘削機器	Drawworks:Ideco E-2,100,2,000hp, Pump:Ideco/National 1,400hp
	デリック	P.160F 1,000,000lb
	発電機	7 Cat D399, 7×930 kW 600V AC
	推進装置	4 Electric motors, 3,200hp, Single serew, 10knots
8. その他	CI-M-AVI cargo vessel を改造	
9. 参考文献	H.CLARKSON "THE OFF-SHORE DRILLING REGISTER" 1981 ()内の値は OCEAN INDUSTRY SEP. 1980	

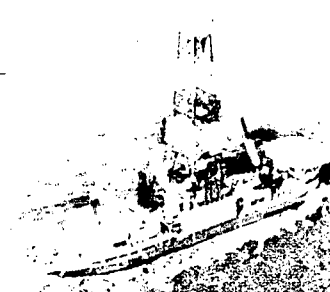


表 3.3.4.3

1. 氷海リグの種類	Drill Ship II	
2. リグ名	Canmer Explorer II	
3. オーナー等	オーナー	Dome Petroleum Co. Ltd.
	船 籍	カナダ
	使用者	Canadian Marine Drilling Ltd.
	使用海域	Beaufort Sea
4. 建 造	設 計 者	
	建 造 者	改造工事 Todd Shipyard Corp. Galveston, Texas
	建造年月	1976
5. 設計条件	最大稼働水深	1,000フィート (600フィート)
	最大掘削深度	25,000フィート (20,000フィート)
	自然条件	—
	船 級	ABS
	アイスクラス	不 明
6. 適用法規、規準	Interocean, Canadian Government	
7. 主要目	船体寸法	L B D Operating draft Transist draft 376' × 70' × 29.75' 21' 23' (100')
	総トン数	6,041 トン
	排水量	11,470 L.T.
	バリアブルロード	
	位置保持装置	Skagit DMW-250 8点係留 30,000lb Anchors, 3,300' 2 3/4" wire
	タンク容量	F.O.:5,522bbl, D.W.:3,685bbl, P.W.:271bbl Liquid mud:3187bbl, Bulk mud 6,000cf, Sacks:8000
	掘削機器	Drawworks:Ideco E-2100, 2,000hp, Pump 2 Nat'l 12p-160
	デリック	P 160 F 1,000,000 lb
	発電機	(930) 7 cat D 399, 7 × 800 kW 600V AC
	推進装置	4 Electric motors, 2800hp, Single screw 6.5 Knots
8. その他	CI-M-AVI cargo vessel を改造 Canmar Explorerと同型	
9. 参考文献	H. CLARKSON "THE OFFSHORE DRILLING REGISTER" 1981 ()内の値は OCEAN INDUSTRY SEP. 1980	

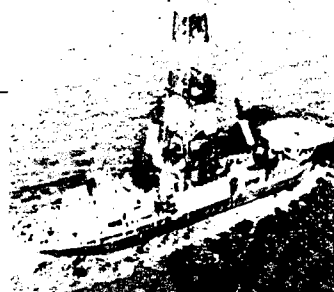


表 3. 3. 4. 4


1. 氷海リグの種類	Drill Ship	
2. リグ名	Canmer Explorer III	
3. オーナー等	オーナー	Dome Petroleum Co. Ltd.
	船 籍	カナダ
	使用者	Canadian Marine Drilling Ltd.
	使用海域	Beaufort Sea
4. 建 造	設計者	IHC Gusto
	建造者	IHC Gusto BV Holland, Schiedam 1973 改造 Yarrows Shipyard, Victoria B.C.
	建造年月	1976
5. 設計条件	最大稼働水深	1,300フィート (1,500フィート)
	最大掘削深度	15,000フィート (25,000フィート)
	自然条件	
	船 級	NV
	アイスクラス	Ice class B (medium ice condition)
6. 適用法規、規準		
7. 主要目	船体寸法	L B D Operating draft Transist draft 490' × 70' × 41' 24' 24' (501') × (78') (25')
	総トン数	11,097 トン
	排水量	
	バリアブルロード	7,700 L.T.
	位置保持装置	Dynamic Positioning: Honeywell Ask 8点係留: 30,000lb Anchors, 3300' 23/4" wire
	タンク容量	F.O.: 3100t, D.W.: 400t, P.W.: 274t Liquid mud: 1761bbl, Drymud & Cement 33700 cf
	掘削機器	Drawworks: Nat' l 1625DE, Pumps: 2 Nat' l 12--P--160
	デリック	P Dynamic 160F, 1,330,000lb
	発電機	5-SACM AGO 16 ESHR 17,000hp, 3,000KVA each
	推進装置	Main screws 7,000hp 12.5kts, 1,750hp each thrusters
8. その他		
9. 参考文献	H. CLARKSON "THE OFFSHORE DRILLING REGISTER" 1981 ()内の値はOCEAN INDUSTRY SEP. 1980 	

表 3. 3. 4. 5

1. 氷海リグの種類		Drill Ship
2. リグ名		Canmer Explorer IV
3. オーナー等	オーナー	Dome Petroleum Co. Ltd.
	船 籍	カナダ
	使用者	Canadian Marine Drilling Ltd.
	使用海域	Beaufort Sea
4. 建 造	設計者	
	建造者	改造 Tampa Ship Repair & D.D.Co, Tampa, Florida 改良 Vancouver B.C.
	建造年月	改造 1973 改良 1979
5. 設計条件	最大稼働水深	700フィート (600フィート)
	最大掘削深度	20,000フィート (25,000フィート)
	自然条件	
	船 級	LR
	アイスクラス	不 明
6. 適用法規、規準		
7. 主要目	船体寸法	L B D Operating draft Transist draft 389' × 78' × 29' 20' 20'
	総トン数	5,755 トン
	排水量	9,366 L.T.
	バリアブルロード	4,286 L.T.
	位置保持装置	8点係留 30,000 lb Anchors, 3,400' 2 3/4" wire
	タンク容量	F.O.: 693t, D.W.: 1,437t, P.W.: 128t Liquid mud: 1,500 bbl, Bulk mud & cement: 12,800 cf
	掘削機器	Drawworks: Emsco C-3, 3,000hp, Pumps 2-EMD F-1600, Triplex
	デリック	P Dynamic 160F 1,000,000 lb
	発電機	3 GM EMD Model 16-E8 6,600hp, 3×1,500kW 600V AC
	推進装置	4×750hp Electric motors, 2,600SHP Single screw 7knots
8. その他		CI-M-AVI cargo vessel の改造
9. 参考文献		H. CLARKSON "THE OFFSHORE DRILLING REGISTER" 1981 ()内の値は OCEAN INDUSTRY SEP. 1980

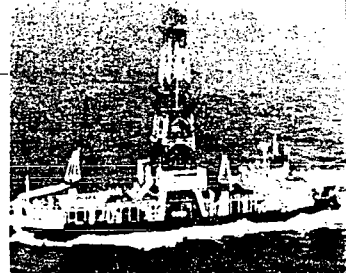
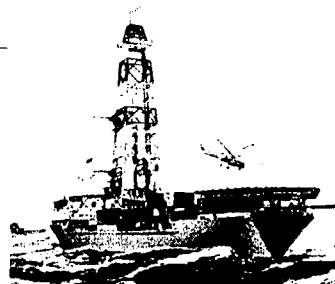


表 3. 3. 4. 6

1. 氷海リグの種類		Drill Ship
2. リグ名		Yard No. 15, 16, 17 (3隻共通)
3. オーナー等	オーナー	ソ連政府
	船 籍	ソ 連
	使用者	ソ連政府
	使用海域	
4. 建 造	設計者	IHC Gusto, modified Perican type
	建造者	Ruma Repola, Mantyluoto, Pori, Finland
	建造年月	1981, 1981, 1982
5. 設計条件	最大稼働水深	2,000フィート (300m)
	最大掘削深度	20,000フィート (6,500m)
	自然条件	
	船 級	RS
	アイスクラス	不 明
6. 適用法規、規準		
7. 主要目	船体寸法	L B D Operating d Transist d 500' × 78.75' × 41' 24' 24' (487')
	総トン数	-
	排水量	-
	バリアブルロード	-
	位置保持装置	Dynamic Kongsberg Vaapenfabric A/S
	タンク容量	F.O.: 16,353bbl, D.W.: 3,522bbl, P.W.: 1,195bbl Liquid mud: 3,107bbl, Bulk mud & cement: 19,317cf
	掘削機器	Drawworks: Oilwell E-3000, Pump: 2-Oilwell A-1700PT
	デリック	
	発電機	6 Waertsilae Vaasa 16V22B, 2,140kW each
	推進装置	2 Diesel electric total 7,500hp c/p 10 knots 5 thrusters 1,800hp each
8. その他		建造中
9. 参考文献		H. CLARKSON "THE OFFSHORE DRILLING REGISTER" 1981 ()内の値は OCEAN INDUSTRY SEP. 1980



(b) PIPS (Pneumatically Induced Pitching System)

Global Marine が開発した新しい砕氷システムで模型試験及びタグボートによる実船実験でその有効性が確認されている。

PIPS とは2対の free flooding tank を船首、船尾部の左右舷に設け圧搾空気を用いて船のピッチングの固有周期より若干短い周期より長い任意の周期でピッチ、ロール、ヒープあるいはそれらの組み合わせの運動をさせて、通常の砕氷船の能力以上の砕氷能力を与えるシステムである。

PIPS を用いてのピッチ運動は図3.3.4.16の如く行なう。

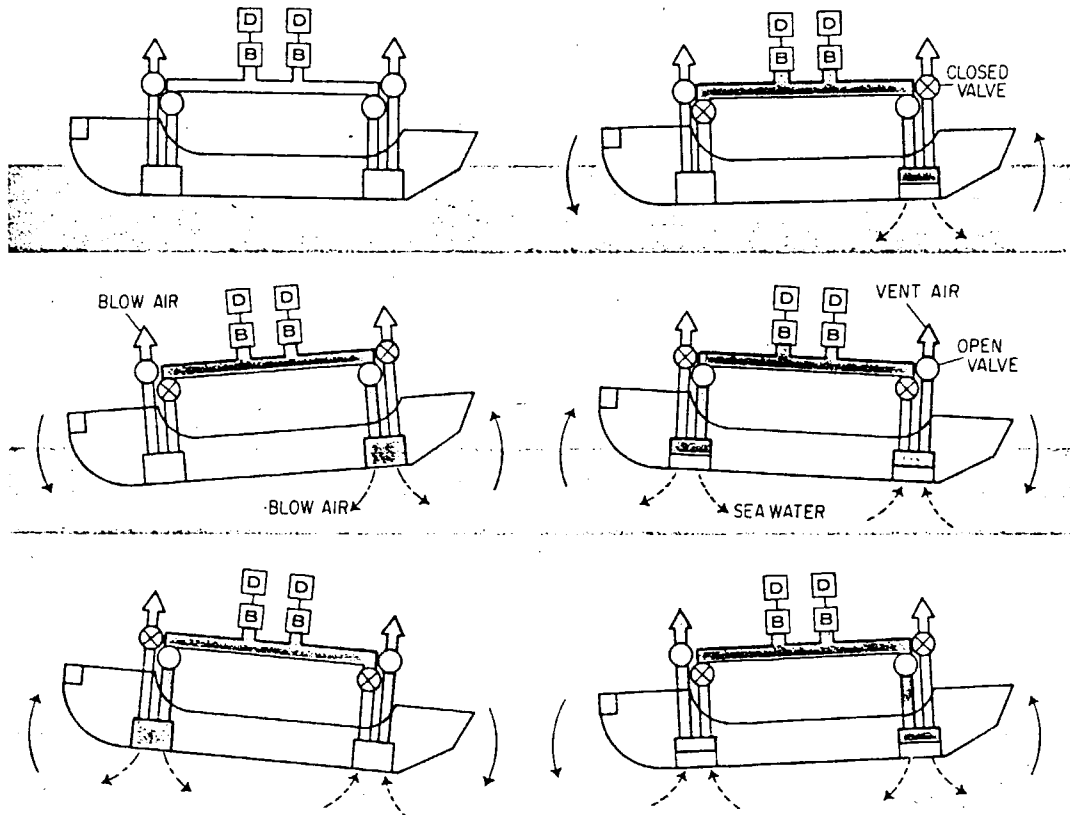


図3.3.4.16

PIPS は船体が係留されている状態で、氷板がゆっくり漂流してきたときに、その砕氷効率が最も良く、掘削船に最も適したシステムと云える。

PIPS を採用することにより砕氷抵抗は通常のラミングに比べて20%~60%減少する。この減少量は船速、ピッチング周期により左右される。

・ 問題点

PIPS の制御システムの信頼性

PIPS を作動させるためエネルギー消費量

< 参 考 文 献

OCEAN INDUSTRY JULY 1973, (文献集-79)

"ICE BREAKING DRILLSHIP FOR ARCTIC EXPLORATION"

(c) Swivel Drillship

Dome 社の Beaufort sea 用として近い将来建造されるであろうとされているリグ

稼働水深 50～300フィート

船体は通常の drill ship と同一形状で ice class 10 用の補強を施してある。

16ポイントのアンカーラインを船底の turret にとりつけ、その turret が回転可能なため、氷の卓越方向に船首を向けることが可能である。

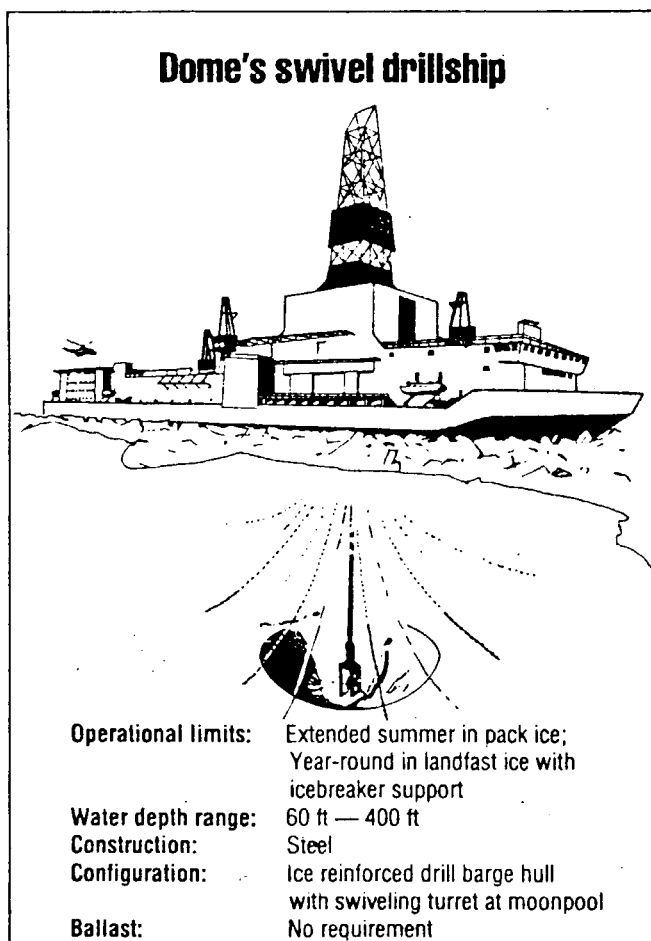


図 3.3.4.17

• 問題点

turret 回転部分のコンパクト化、軽量化、強度

< 参 考 文 献 >

ARCTIC TECHNOLOGY, OFFSHORE MAY 1980 (文献集-76)

"OTHER PLATFORMS SHOW POSSIBILITIES"

(II) バージタイプブリグ

氷海域において浮遊式のバージタイプブリグにより掘削作業を行なう場合、ブリグは氷板や流氷から大きな荷重を受け、特に結氷期には周囲の氷板から受ける水平方向の荷重は非常に大きなものとなる。このため、氷海域における浮遊式バージタイプブリグの掘削地点における位置保持は非常に困難となる。

このような状況において、氷海域にて結氷期を避け開氷期のみ掘削作業を行なうバージタイプブリグが検討されている。一方、掘削可能期間を長くするため、結氷期においてもバージタイプブリグを掘削地点にて位置保持し掘削作業を続けることができる方式についても、いくつかのアイデアが提案されている。

(a) 北極海掘削用バージ

Beaufort 海において開氷期間中できるだけ長く掘削作業を行なうことができる掘削用バージが、APOA にて概略設計されている。このバージは8組のアンカーとアンカーチェーンにより係留され、60～600 ft の水深の海域で稼働可能である。

バージは耐氷補強され、バージに作用する氷荷重を小さくするために側面は垂直面に対して 30° の傾斜がつけられている。流氷の流れてくる方向が一定の海域では、その方向に対して砕氷船首状構造物を取り付けることにより係留ラインにかかる力を小さくすることができる。

バージ上の掘削装置は取りはずし可能となっており、バージによる掘削が不可能である結氷期間中は掘削装置をバージより取りはずし陸上にて使用することにより掘削装置の利用効率を上げることができる。

この掘削バージには、掘削地点へのバージの曳航、アンカーハンドリング、掘削時の支援などのための砕氷サブライボートが必要である。

< 参 考 文 献 >

APOA: "Arctic Drilling Barge Study", (1971年) (文献集-83)

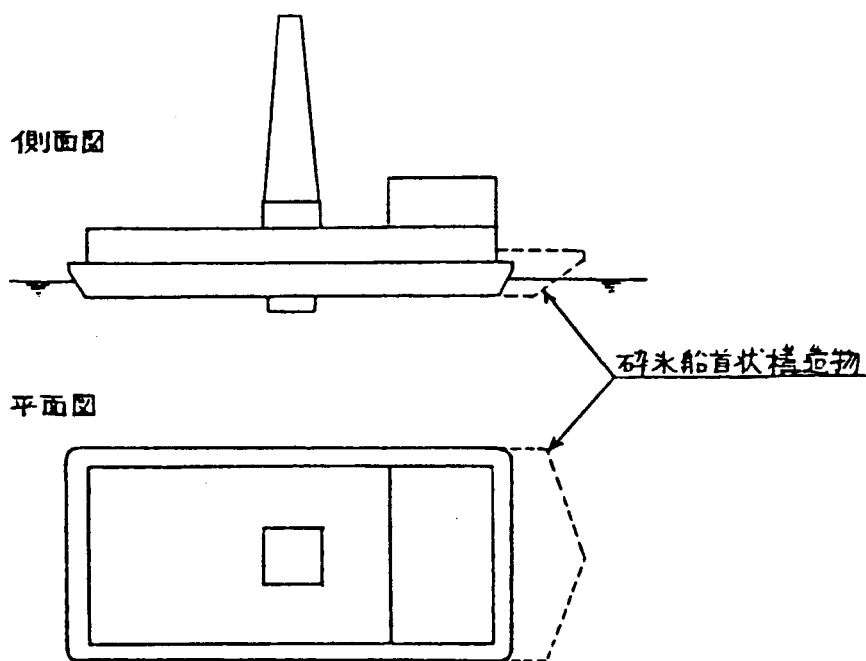


図 3.3.4.18 北極海掘削用バージ

(b) アイスアンカーにより係留する方式

結氷期間において、氷板の移動に対してバージの掘削地点における位置保持を可能にし、掘削を続けることができる方式が Arctic Engineers & Constructors 社により提案された。

この方式は氷板の移動が非常に少ない定着氷海域を対象としており、バージはアイスアンカーにより定着氷板に対して係留される。氷板が水平方向に微小移動した場合、バージは船側面に装備したアイスマルトシステムで氷板を融解させてアイスアンカーによる係留システムにより位置保持を行なうことができる。

< 参 考 文 献 >

K. R. Croasdale : "The Movement of Arctic Landfast Ice :
Its Measurement and Influence on
Offshore Drilling" (POAC 73),
(1973年) (文献集-26)

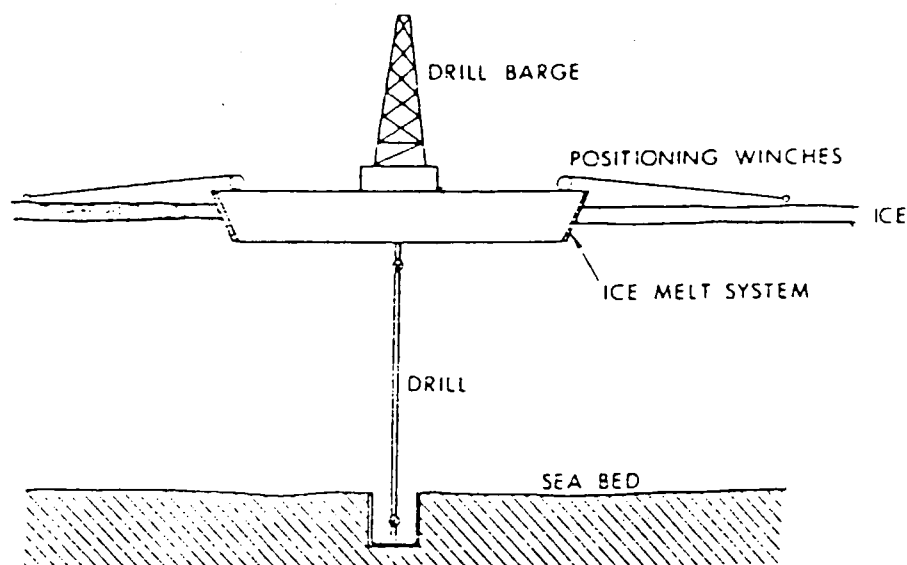


図 3.3.4.19 アイスアンカーにより係留する方式

(c) 環状堤防を構築する方法

水深の浅い氷海域において土砂を浚渫して環状の堤防を構築し、その環状堤防の内側にバージを配置して結氷期間中も掘削を行なう方式である。この方式は人工島と同様に水深の浅い海域に適しており、水深が深くなるに従って堤防の構築は困難となる。氷板の水平方向の移動による氷荷重は堤防により受けとめられ、堤防の内側に配置されたバージは直接作用しない。堤防により取り囲まれた内海は、外側の氷板の影響を受けないので直接内海の氷板上または内海内の別の貯蔵バージ上に掘削用材料を貯蔵することなどに利用できる。

< 参 考 文 献 >

Acres/Santa Fe Pomeroy Arctic Service: "Feasibility Study—Exploratory Drilling Systems—Beaufort Sea" (APOA), (1971年) (文献集—84)

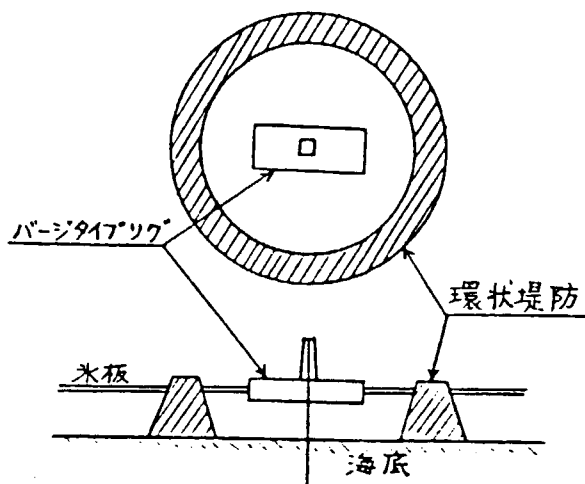


図 3.3.4.20 環状堤防を構築する方式

(iii) Ice Cutter を装備したリグ

Ice cutter を装備した浮遊式リグとしては、Sedco 社と Sea-Log 社により試設計された Ice-Cutting Semi-submersible Drilling Vessel (ICSDV) がある。

(a) Ice Cutting Semi-submersible Drilling Vessel (ICSDV)

この Ice-Cutting Semi-submersible Drilling Vessel (ICSDV) はカナダの石油関係会社 9 社の援助のもとで Sedco 社と Sea-log 社により北極海の水深の深い海域における通年オペレーションを目的として試設計された。

構造は氷板より下の lower hull と、氷板より上の乗組員居住区と掘削装置を設置した upper hull を持った monopod よりなる。

Vertical column には ice cutter のついた rotating sheath (回転サヤ) が装備されており、これにより厚さ 1.6 m までの氷丘脈を切削することができる。

また lower hull には dynamic positioning system 用のスラスタが装備されている。このスラスタと ice cutter により、ICSDV は水平方向に移動する氷板の中でも静止していることが可能である。また多年氷の静止氷板中を 4 knots の速度で航行することができる。Ice cutter の 1/10 スケールモデルによる実験が 1975 年に Resolute Bay にて行なわれ、その氷切削性能が確認された。

< 参 考 文 献 >

H. J. Strain: "Offshore Drilling from Artificial Ice Platform" (POAC 75), (1975年) (文献集—28)
"Offshore Engineer Supplement" (1977年12月) (文献集—87)

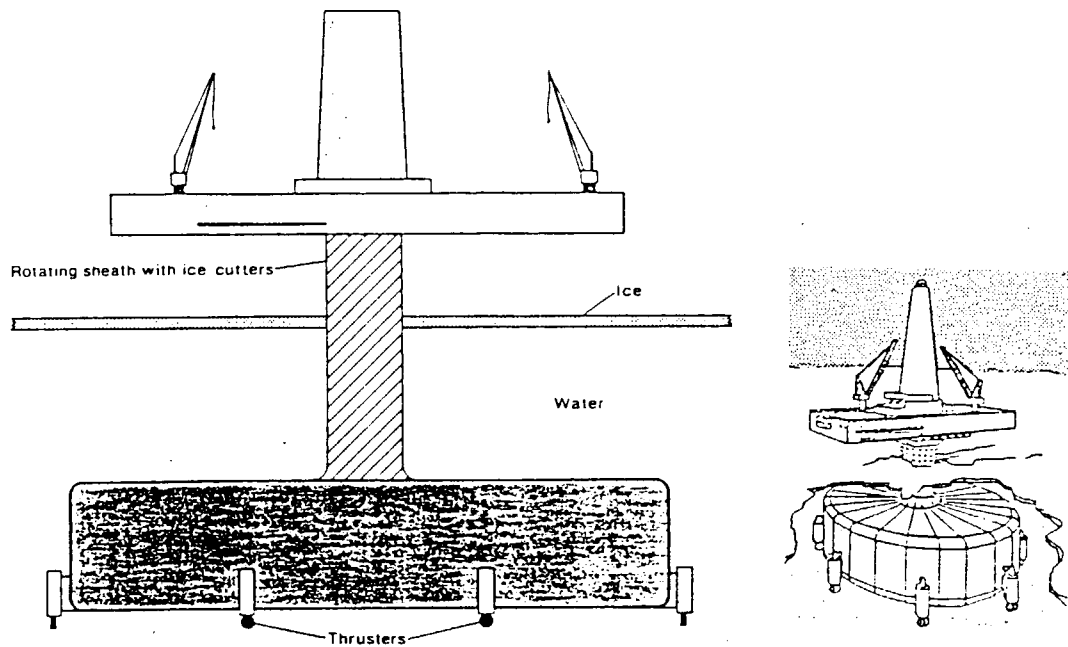


図 3・3・4・21 Ice-cutting Semi-submersible Drilling Vessel

(iv) その他の浮遊式リグ

前述のほかに、水深がある程度以上の氷海域において掘削作業を行なう事を目的とした浮遊式リグについて、様々なアイデアが提案されている。

(a) Floating Caisson

この floating caisson は水深 1000~3200ft の、それ程苛酷でない氷海域での石油掘削、生産、貯蔵を目的として Exxon Production Research 社により試設計された。

全体構造は、砂時計形の上部構造物と石油貯蔵用の大きな下部構造物とからなり、北海での concrete platform の経験をもとにして reinforced and prestressed concrete caisson で建造される。係留は水深約 1500 ft までは多点係留、それ以上の水深の場合には DPS を採用している。氷板を破壊する場合の砕氷モードは、砂時計のネック部の形状を利用することにより上方砕氷、下方砕氷のいずれをも採用することができる。検討の結果下方砕氷が効率的であることがわかり、上部構造物の上部を逆円錐形とした下方砕氷型 floating caisson も試設計された。

Actively induced heaving system が採用されており、このシステムにより砕氷能力を増大させサージングやピッチングを減少させることができる。この actively induced heaving は floating caisson の固有周期に合せ係留ラインを引っぱったり、あるいは圧縮空気を放出したりすることにより行なわれる。

砕氷能力を調査するため Arctec 社で 模型実験を行なった結果、この floating caisson は 14 m 厚さまでのアンコンソリデッドリッジを含む 2.5 m 厚さまでの氷板のある氷海域で可動可能であることがわかった。

またこの floating caisson を使用することにより、掘削とそれに続く 100,000 bbl/day の石油生産、500,000 bbl の石油貯蔵が可能である。

氷山との衝突を避けるためには、それほど大きくない氷山であればタグにより氷山を曳航してその進路を変え、大きな氷山の場合は係留システムや装備されたスラスタを利用して floating caisson 自体を水平方向に移動させて衝突を避けるという方法をとる。非常に大きな氷山との衝突の可能性がある場合は、floating caisson 自体を係留システムから緊急に離脱させてその地点より避難させることができるようにしておく必要がある。

参 考 文 献

- B.C. Gerwick Jr. & H.O. Jahns "Conceptual Design of Floating
Drilling Production and Storage Caisson for Arctic Waters"
(POAC79), (1979年)(文献集-36)
"Offshore" (1980年 5月)(文献集-76)

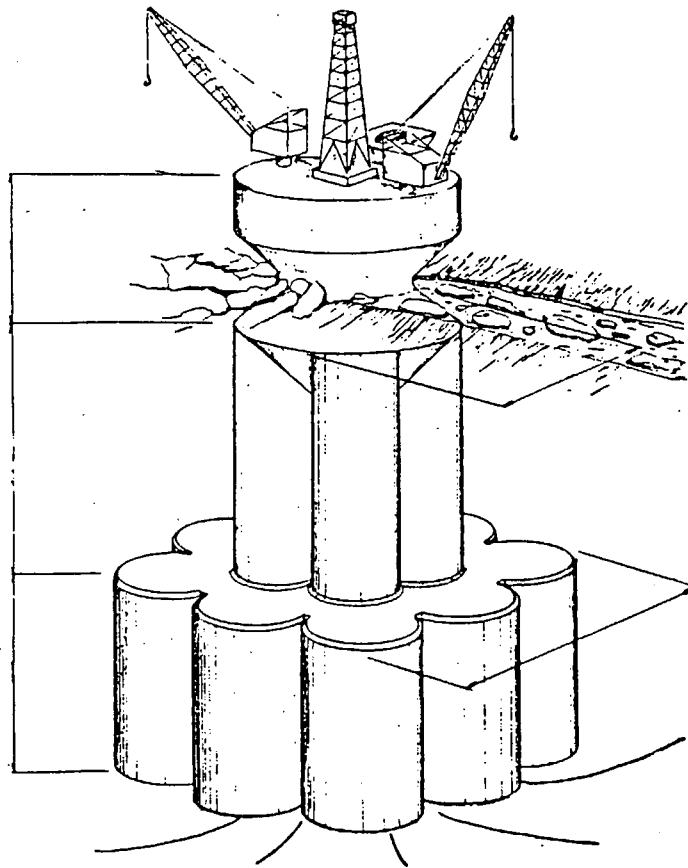
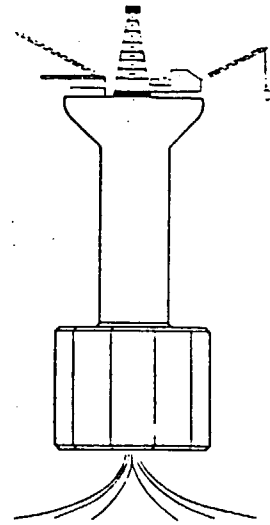
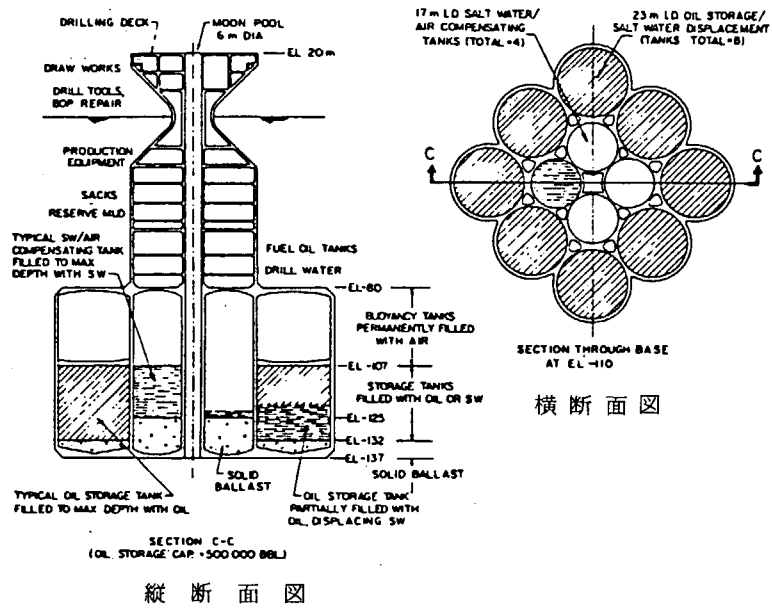


図 3・3・4・22 Floating Caisson



下方砕氷型の Floating Caisson

図 3・3・4・23

(b) Arctic Drill Hull (ADH)

General Dynamics 社によりデザインされた氷海域における掘削用の Arctic Drilling Hull (ADH) は逆円錐台形をした浮遊式プラットフォームであり、多点係留システムにより係留される。

作業海域はMackenzie delta 沖合 (Beaufort 海) の大陸棚を想定しており、稼動可能水深は 60 ft ~ 600 ft、掘削能力は 10,000 ft である。

氷板が水平方向に移動してきた場合、ADH は水平氷荷重の作用により氷板上に乗り上がり、その時の排水量と係留ラインの張力の変化により発生する下向き力にて氷板を破壊する。Arctec 社にて模型試験を行なった結果、ADH は無風の場合で水厚 5 ft の氷板を破壊可能、風速 100 knots の場合では水厚 4 ft の氷板を破壊可能であることがわかった。

この ADH には曳航、係留、砕氷の補助などを行なうサプライボートが必要である。

参 考 文 献

D.W. Carreau "Arctic Offshore Drilling - A Technical Development and Economic Evaluation" (OTC)、(1972年) (文献集-4)

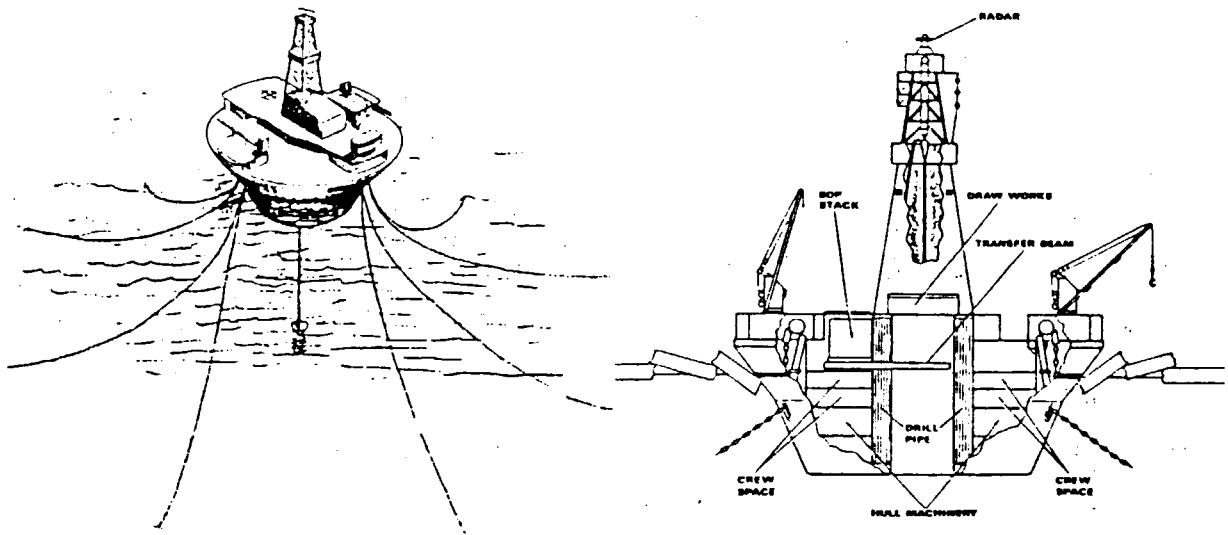


図 3・3・4・24 Arctic Drill

(c) Deepwater Production System

この Deepwater Production System は、カナダ東岸海域における石油生産プラットフォームとして考案された大きな floating caisson 構造物であり、上部の icebreaking hull と下部の floating caisson production storage vessel とからなっている。本体はプロダクションライザーにより海底生産システムと結合されている。

上部の icebreaking hull には氷荷重や波、風、潮流に対抗するためにスラスタが装備されている。

本システムには、砕氷活動を援助したり近づいてくる冰山を曳航してその進路を変えたりするための

砕氷サブライポートが必要である。氷山が非常に大きくてサブライポートにて曳航してゆけない場合には、本プラットフォームは quick disconnect arrangement により自動的にプロダクションライザーより離脱し、自身のスラストにより移動して氷山との衝突を避けるようになっている。

参 考 文 献

K. R. Croasdale : " Ice Engineering for Offshore Petroleum Exploration in Canada " (POAC 77)、(1977 年) (文献集 - 29)

G. R. Peters : " Sea Ice and Icebergs " (POAC 79)、(1979 年) (文献集 - 34)

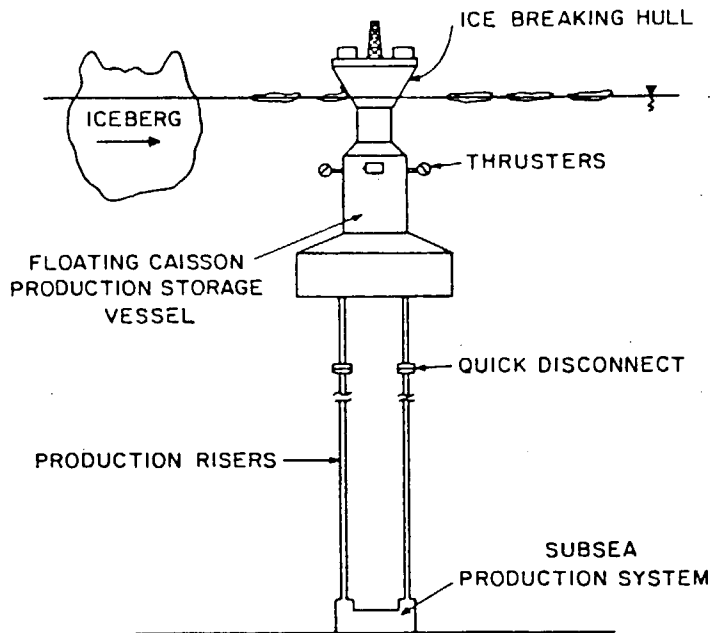


図 3・3・4・25 Deepwater Production System

(d) 氷海用セミサブマージブルリグ

氷海域での掘削用の大型セミサブマージブルリグが Management Audit Control Service 社により試設計された。深海域用であり dynamic positioning system を採用している。

参 考 文 献

" Offshore " (1981 年 7 月) (文献集 - 78)

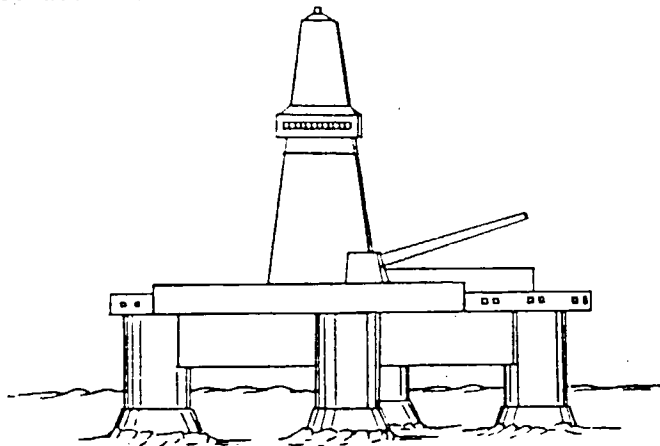


図 3・3・4・26 氷海用セミサブマージブルリグ

(e) Conical Drilling Unit (CDU)

三井造船がBeaufort海の石油開発用としてGulf Canada Resources社より受注（納期：昭和58年3月）したConical Drilling Unit(CDU)は、氷海域で使用される特殊型式の氷海専用リグとしては世界で初めてのものである。船体は、氷海域での氷荷重を減少し苛酷な条件下においても稼動できるよう極めて特異な円錐台形をとるとともにダブルハルの耐氷構造となっており、12個のアンカーによる係留装置を装備している。水深18~61mの海域において稼動可能であり、6,100mまで掘削することができる。

参 考 文 献

三井造船：“News Flash No.42”、（1981年9月3日）（文献集-86）

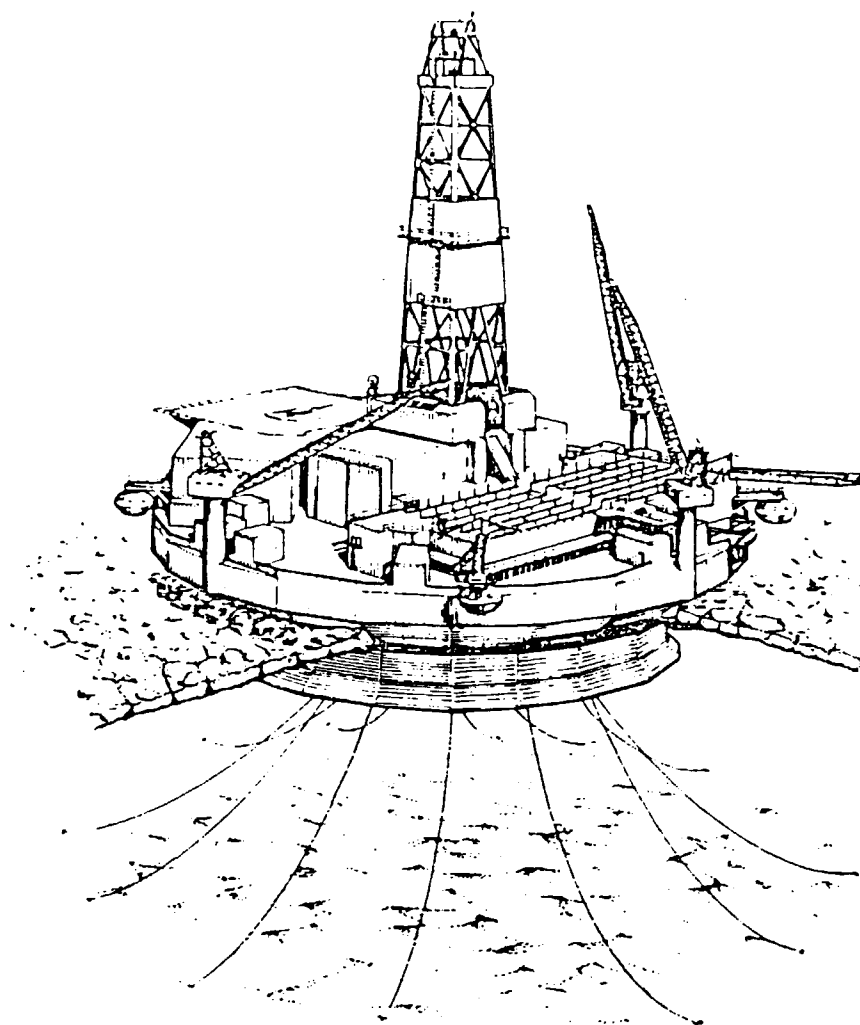


図 3・3・4・27 Conical Drilling Unit

(f) Round Drillship (RDS)

このRound Drillship(RDS)は、Beaufort海における掘削用drillshipの第2世代としてDome Petroleum社によりデザインされた。船体は円形をしており、どの方向からの氷荷重に対しても耐えることができるようになっている。このRDSにより、Beaufort海における掘削期間は、現在の110日間から少なくとも2倍にはなるであろうと期待されている。このRDSは16個のアンカーにより係留され、近づいてくるアイスパックはclass 10の砕氷船により砕氷しておくというシステムをとる。このRDSのデザインは完了し、ice laboratoriceにおける実験も行なわれた。

参 考 文 献

J.P. Gallagher : "North America's Potential to Stabilize the World Energy Supply" (2nd World Congress of Chemical Engineering, 1981年10月5日) (文献集 - 88)

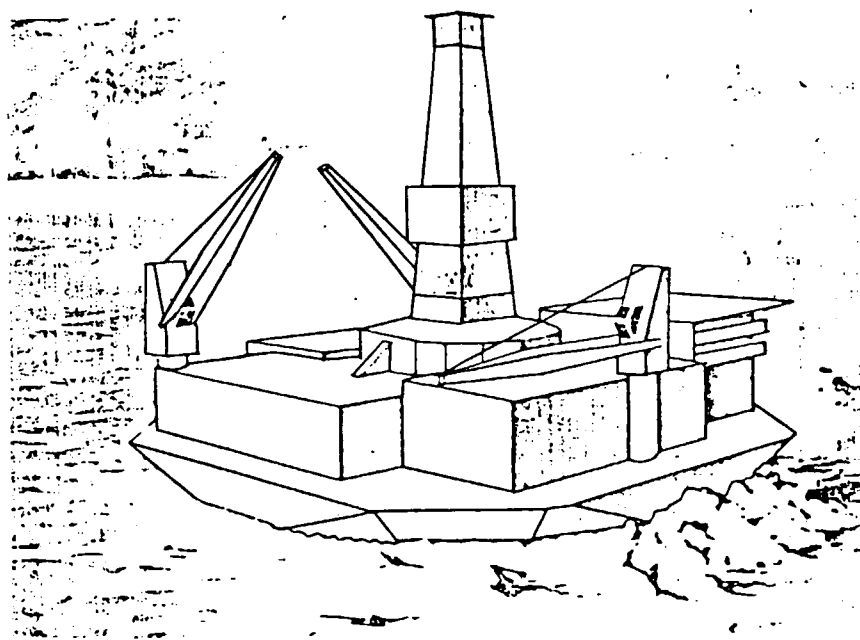


図 3・3・4・28 Round Drillship

(4) 特 殊 装 置

(i) 概 要

氷海用リグのき装において、在来型リグには見られない氷海用リグ特有の装置あるいは在来型リグとは異なる装置について文献調査を行なった。しかしながら、き装に関する文献は非常に少なく、またき装に触れてあってもその詳細がわかるものは殆んどないのが現状である。

このような事情から必ずしも十分とは言えないが、調査した範囲内では氷海用リグの特殊装置として下記のを挙げる事ができる。

- ① 氷の膠着防止装置に関するもの
- ② 着氷防止装置に関するもの
- ③ 氷海用係留装置に関するもの
- ④ 係留ラインの緊急切離装置に関するもの

表 3・3・4・7 にこれらの装置の概要を示す。

なお掘削装置自体については在来型のそれと基本的に異なるところはないと言ってよかろうが、極寒環境を考慮して、作業上止むを得ない部分を除いて建屋内に収納し(またはカバーで覆う)、その内部を暖房するなどの配慮が加えられている。

表 3・3・4・7 主な特殊装置の概要

装 置	機 能 お よ び 目 的	方 法
膠着防止装置	構造物の周囲に氷が膠着するのを防ぎ構造物に過大な氷荷重がかからないようにする。	氷を熱で融かす方法と機械的に破碎する方法がある。前者の方法としては外板を加熱する方法と、外板まわりの氷に温風を吹きつける方法がある。後者の方法には刃物や高圧水などにより active に氷を破碎する方法と、レバー機構などを使い氷板の移動エネルギーを利用して破碎する passive な方法とがある。
着氷防止装置	ばく露部の着氷を除去し、着氷による重量付加や、風圧面積の増大を防ぐ。	加熱により着氷を融かす方法と、電気パルスを機械的パルスに変換して外板を振動させ、着氷を落とす方法がある。
氷海用係留装置	係留ラインを氷から隔離し、係留機能を確保し、また、リグの稼働日数を増加させる。	係留ラインを、水面下まで導設されたホースパイプの内部に通す方法と、船体中央部に回転可能なタレットを設け、ここから係留ラインを船底に出す方法がある。
係留ライン緊急切離装置	流水や氷山の接近などの緊急時に瞬間的に係留ラインを切離し、リグの退避を可能とする。	緊急切離装置には海底のアンカー付近に設けるものと海上のリグに設けるものが考えられている。いずれも係留ライン中に装備され、遠隔操作でラインを切離すようになっている。

(ii) 膠着防止装置

構造物と氷とが接する部分に氷の膠着が生じると、構造物の形状に関係なく、氷荷重が著しく増大するため、構造物表面への膠着防止は氷海用船舶、構造物においては非常に重要な問題の一つである。こう着防止を積極的に行なう方法としては、熱で融氷する方法と機械的に砕氷する方法とがある。

(a) 熱を利用したこう着防止装置

この装置には氷と接する部分の外板を加熱するものと、構造物まわりの氷に温風を吹きつけるものがある。

① 外板加熱装置

この方法は氷海用リグの設計にも取入れられている。加熱方式としては電気ヒーター（電気抵抗板）を設けるものと、温水あるいは加熱油を循環する方法が提案されている。

The Offshore 社の Arctic Drill Barge（浅海用着底式）

外板の内側に沿って設けられた水路に温水を流す。（文献集-76）

Chevron 社の Arctic Mobile Drilling Structure

構造的に、下部コーン、上部コーンおよびコラムに大別されるが、下部コーンは着底時常にバラスト水がはられており、バラスト水を加熱する方式が、また、上部コーンおよびコラムには、電気ヒーター方式が採用されている。（文献集-37）

Arctic Engineers & Constructors 社の Ice Anchor Mooring Barge

船体まわりの氷板を融かす加熱装置が装備されている。ただし、この場合の用途は、バージにか

かる氷荷重の軽減というよりは、船体まわりの氷板を融かすことによりバージの微小移動を可能とし、位置保持を行なうことを主目的としている。(文献集-26)

Acres/Santa-Fe Pomeroy社のConcrete Cone

これは図3・3・4・29のような円錐形鉄筋コンクリート構造物で、壁厚は12フィートで外表面は鋼製カバプレートでしっかりと覆ってある。表面加熱装置は油循環式で、設計条件は次のようになっている。

- 厚さ $\frac{1}{2}$ インチ以上の氷が外板まわりに生成しないこと。
- 外板のいかなる場所においても連続結氷時間は30分未満とする。
- 周囲温度は風も考慮して -60°F
- 水位はベース構造の上部から20~100フィートの間で変化する。

合計で112の加熱パネルがコーン周囲に配置されている。各加熱パネルは平行に並べられた $\frac{1}{2}$ インチ径の鋼管で構成され、コーン表面の内側6インチの場所に取付けられる。

加熱システムの系統図を図3・3・4・30に示す。各加熱パネルは上部構造物内にバルブハウスに設けられた加熱油の供給および回収用のヘッダーに接続されている。回収用ヘッダーにはプラグバルブと流量調節用ニードルバルブ各1個が、また、各供給用ヘッダーには隔離用バルブ1個が装備される。これらのヘッダーは6インチのマニホールドを介して、ヒーター内蔵の加熱油供給タンクに接続されている。同タンク内の油は2基の油だき、または廃熱ボイラから供給される温水によって 120°F に加熱される。重要なポンプおよびボイラには全能力運転が可能な予備を持たせている。

温度制御は油タンク内および回収ラインの油温度を計測し、その結果によって温水システムのバイパスバルブを調節することにより自動的に行われる。油の制御温度はタンク内 120°F 、回収ライン内 110°F である。

燃料消費量は水面におけるコーンの直径にほぼ比例し、平均的な冬期において最大水深の場合で17,000ガロン、水深が浅い場合はコーン直径が大きくなるので45,000ガロンとなる。

(文献集-84)

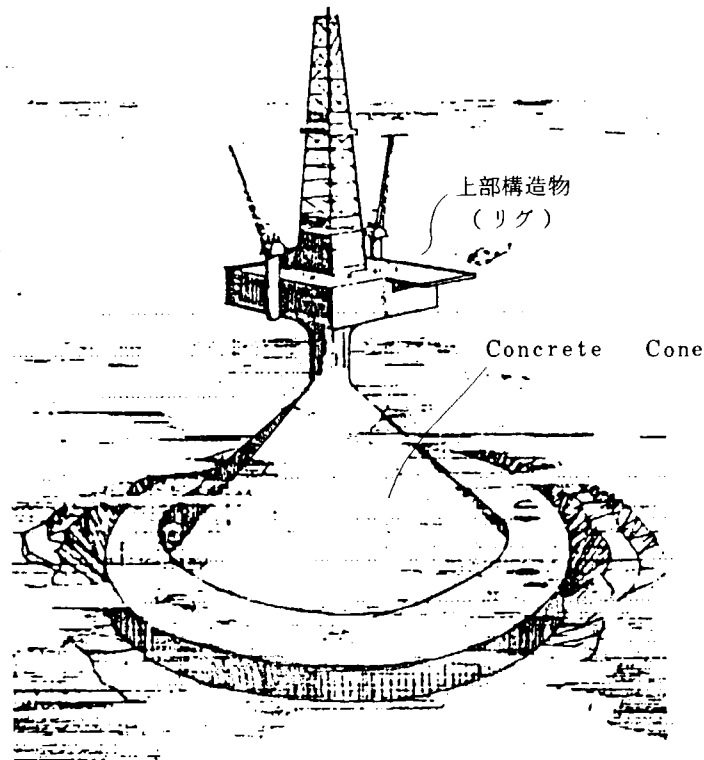


図 3・3・4・29 コンクリート製プラットフォーム

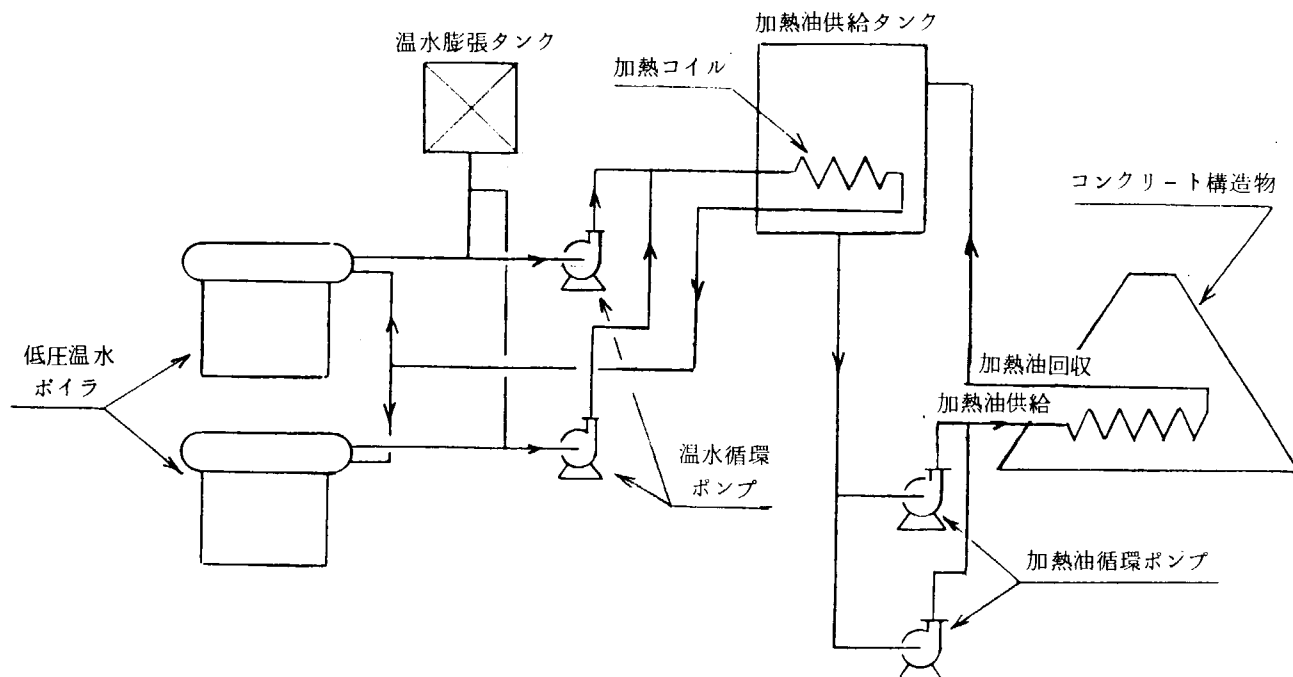


図 3・3・4・30 加熱システム系統図

② 船体水面部融氷装置 (Warm Air Canopy)

ボート海においては在来型掘削船による掘削が行なわれているが、その稼働期間はおおむね夏季の3ヶ月に限られる。このため1坑井の掘削がその期間内に完了せず、来シーズンに持ち越さざるを得ないことも起ってくる。これは単に経済性を損うだけでなく、かなりの危険を伴うことになる。

このため、Dome Petroleum社では従来型の掘削船に“Shorefast Ice Drilling System”と呼ばれる船体まわりの水を融かす装置を考案し、その有効性について実船試験が続けられている。この装置は船体外周の水面付近に幅33フィートのひさし (canopy) を取付け、そこに温風を吹き込んで、掘削船まわりに開水域を作り出そうとするもので、稼働日数延長に寄与しているといわれている。(文献集-76)

(b) 機械的に砕氷する膠着防止装置

船体あるいは構造物自体によって砕氷するという在来の方法は最も単純で信頼できるものであり、砕氷に要する力を軽減すべく、主として形状面で種々の改良研究が行なわれてきているが、砕氷のために大きな水平力を必要とするという本質的な欠点は依然として残されている。

この欠点を克服するため、いくつかの特殊な砕氷装置が考案されている。これらの装置は砕氷原理上、刃物の回転による切削、ハンマーなどによる打撃、高圧あるいは高温水の噴射による切削あるいは融解、および振動による破壊などに分類される。たとえば Sedco社と Sea-Log社が設計した Ice-Cutting Semi-submersible Drilling Vesselの ice-cutter 付きの rotating sheathは刃物回転による砕氷装置である。その他、具体例としては次のようなものがある。

[1] Stoffel.O.O., "Oscillating Ice-breaker" Patent U.S.A. 3,658,024

1972.4.25

[2] Rastorguev, et al, "Ship with Ice-breaking Attachment"

Patent U.S.A. 3,545,396, 1970.12

(3) Waas, H., "Method of Deflecting Ice at Upright Columns submerged in Water of Stationary or Floating Structures in Marine Areas in which the Occurrence of Ice may be expected, and Ice Deflector Assembly Therefore" Patent U.S.A. 4,063,428 1977.12.20

上記(1)および(2)は船首に取付けた舌状の砕氷アタッチメントを振動させて砕氷すると共に船首前方に開水域をつくらうというものであり、(3)は ice-deflector と称して重量物を振動させて構造物付近の水を破碎しようというものである。この他、破碎した水を脇に逃がすいくつかの方法が、提案されている。これらはいずれも何らかのエネルギーを必要とするという意味で能動的 (active) な方法と呼ぶことができよう。

一方、受動的 (passive) な砕氷装置の開発も試みられており、その一例として図 3・3・4・31 ~ 33 に示すものが発表されている。図 3・3・4・31 に示す装置の着想は船首または海洋構造物にヒンジ結合されたレバー機構を設け、氷板から受ける水平力を氷面に垂直に作用する力に変換し、この垂直力で氷板を割ろうとするものである。また破碎された氷のクリーニング機構も受動的で、氷荷重作用過程でばね③を圧縮することにより蓄積された位置のエネルギーを破碎された氷片に運動エネルギーとして与える原理に基づいている。レバー機構の作動を図 3・3・4・31 について説明する。

船が前進するとアーム①が氷板にあたって後方に押される。すると、上部あご②がピボット④を中心として下方に回転し、氷板上に垂直力を加える。船がさらに前進すると、この反力により船首部が次第に水中から立ち上がり、氷板を下方に押す力を増加させる。一方上部あご②に設けられたばね③は上部あご②と氷板の間で圧縮される。そして従来型の砕氷船と同様に、垂直荷重が氷の強度に打ち勝つ時点で、氷は破碎される。破碎された氷片は圧縮されたばね③の伸張力で下方に押し下げられ、船およびアーム①の外に追い出される。ここでアーム①はピボット④付近に設けられたばね⑤の伸張力で船の前方にスイングし、元の位置に戻る。また、上部あご②も、傾斜したリップを持っているので、新しい氷板がこれにあたると、アーム①を前方に戻す働きをする。かようにして氷板破碎のサイクルが繰り返される。

同様の方法はまた、海洋掘削プラットフォームなどの海洋構造物を氷荷重から保護する目的に適用することもできる。この場合は海洋構造物とは分離した砕氷用の障壁構造物を用いる方法が考えられる。図 3・3・4・32 及び 33 にかような構造物を使った 2 つの方法を示す。図 3・3・4・32 に示す砕氷装置は、氷により押されて移動し、海洋構造物の円錐形状の基礎部に沿って傾斜する障壁構造物を利用したものである。傾斜はエッジ②が氷板の下表面に接し、氷板を上方に押し始めるまで続く。この鉛直上方に働く力は氷板の流れによる水平力が増加するにつれて大きくなり、ついには氷板は破碎され、氷片は後続の氷により側方へ追いやられる。次に、後続の氷板が障壁構造物の傾斜したエッジ②に乗り上げこれを押すと、障壁構造物は元の位置に戻る。以下同様なサイクルが繰り返される。この場合も破碎された氷片を追いやるのに図 3・3・4・31 で示した弾性エレメント (ばね) を利用することができる。海洋構造物と障壁構造物の間にはリング状の氷があるが、この氷が接触する障壁構造物の部分③は、海洋構造物の基礎部④と同一中心を持った球面に作られているので、障壁構造物が氷板に押されて傾斜しても、氷リングには水平荷重がほとんどかからず、したがって海洋構造物に氷板の力がかからないようになっている。図 3・3・4・32 に示した方式の欠点としては、海洋構造物の基礎部④に対して障壁構造物がスライドするため、この部分に玉軸受サポートが必要になることがあげられる。

図 3・3・4・33 は、障壁構造物を浮遊式とし、軸受を不要とした方式を示す。

これらの砕氷装置はスケールモデルにより実験も行なわれており、その結果非常に有効な方式であると報告されている。本装置は従来方式のものに比し、次のような長所を持っている。

- より小さな水平力で氷を破碎できる。このことは砕氷船の所要馬力を小さくできるし、また海洋構造物をより軽く、また操業の信頼性を増すことができる。
- 支点部を除き、機構が船あるいは海洋構造物と分離されるので、振動を受けにくい。
- 摩擦力が小さいので、振動や騒音の減少が期待される。
- 破碎された氷片を追いやるのに弾性エレメントを利用できる。
- 浮遊式障壁構造物は、比較的小さな水位変化に対しては自動的に調整が可能であり、また、水位変化が大きい場合でも構造物の浮力を変えることにより対応できる。

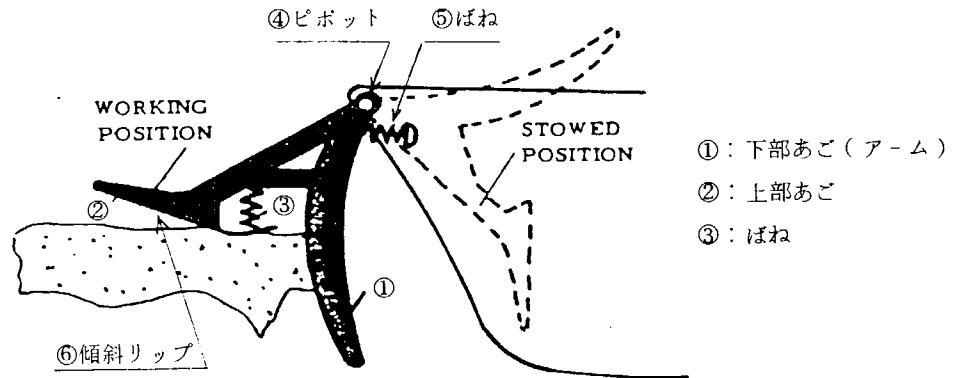


図 3・3・4・31 レバー機構の砕氷装置

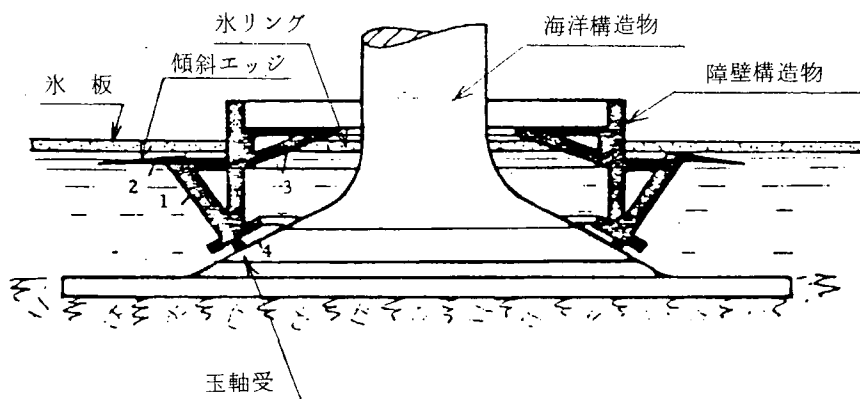


図 3・3・4・32 玉軸受支持型障壁構造の砕氷装置

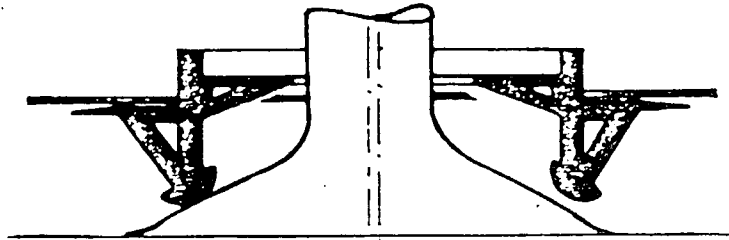


図 3・3・4・33 浮遊式障壁構造の砕氷装置

(iii) 着氷防止装置

船舶、海洋構造物あるいは沿岸施設等の曝露部の着氷を除去するため、電気インパルス技術を利用した基本的に新しい除氷装置が開発されている。これは充電した電氣的なパルスを除きたい薄板構造物の裏側に設けたパルス変換器（電磁誘導コイル）と供給することにより、電氣的なパルスを機械的パルスに変え、構造物表面の着氷を分離するに必要な変形を生じさせるようにしたものである。変形は弾性の範囲内で構造物表面への悪影響はないという。

従来用いられている加熱方式では氷を融かすために莫大なエネルギーを消費するだけでなく長い時間を必要としていたが、この電気インパルス方式では極めて経済的かつ効果的に除氷することができる。例えば加熱方式では厚さ 15 cm の着氷に対し表面 1 m² 当り 45,900 キロジュールのエネルギーを要するが、電気インパルス方式ではわずか 10 キロジュールですむ。そして所要時間は船のタイプによるが 5～30 分、所要出力は 2～10 kW の範囲内であるという。

また本設備がコンパクトであることも特長の一つで、重量は船のタイプにより 100～1,000 であり、また、パルス変換器を含まない所要スペースは 1 m² 以内である。

本装置は種々の実験の結果、有効性が確かめられ、実用段階に達しており、ソ連をはじめアメリカ、イギリス、フランス、東ドイツ、日本その他の諸国で特許を得ていると報告されている。

（ソ連特許 213588 および 213590）図 3・3・4・34 および 35 に本装置の概念を示す。

（文献集—89,90）

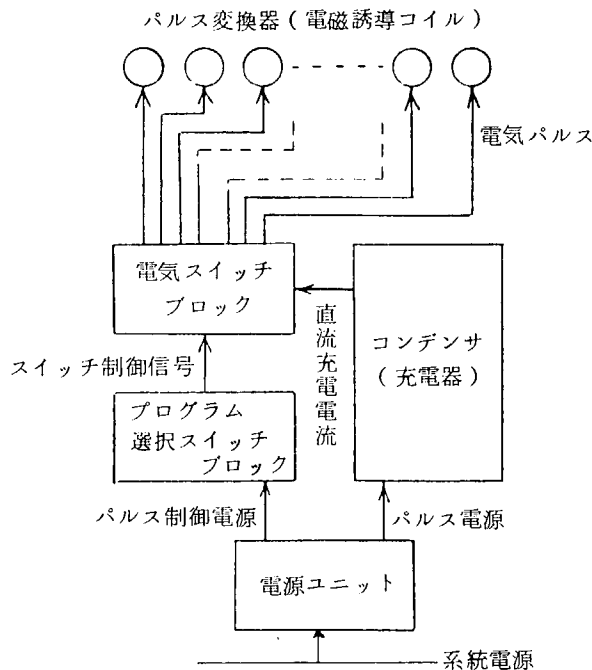


図 3・3・4・34 ソ連の電気インパルス式除氷システム

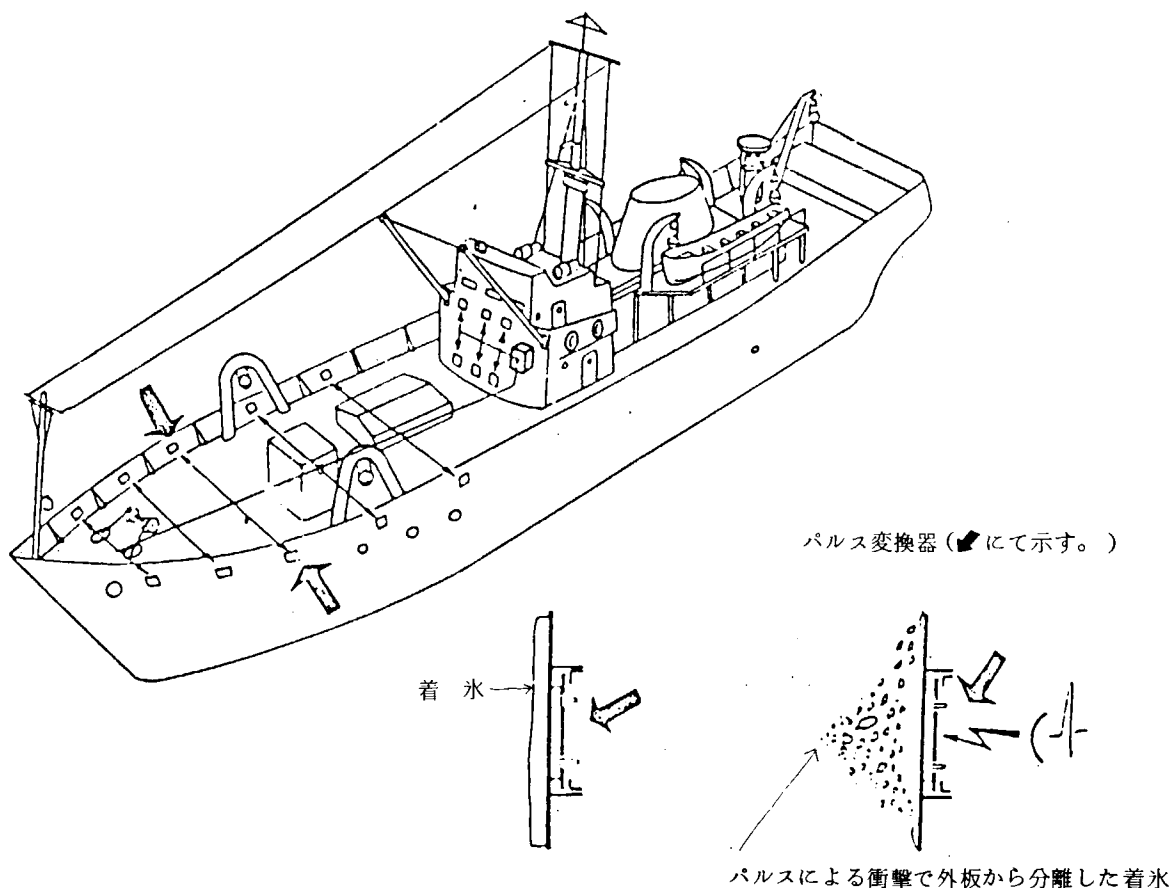


図 3・3・4・35 電気インパルス式除水装置の概念

(iv) 氷海用係留装置

従来型の掘削船では、係留ラインは船体の水面上から水面を横切って展張されるが、氷海においてはこのような方法では係留ラインが氷板に凍りつけにされてしまうので係留機能を果たす上でもまた、稼動日数を増加する上でも問題であり、係留ラインを氷から隔離するための何らかの配慮が必要である。

この対策として2つの方法が考えられている。1つはDome Petroleum社が考えた方法で、係留ラインを船体に沿って水面下まで導設された mooring line tube 内に通すものである（文献集-76）。もう一つは mooring turret を使用する方法である。

Mooring turret は既に船型リグの係留装置として Offshore 社の "Discoverer 534号" や Sedco 社の "Sedco 445号" などに使われているが、係留ラインが船底から出されるので氷海域リグへの適用が考えられている。Dome 社では、ボーフォート海用として計画中のアイスクラスの船型リグに mooring turret の使用を予定している。

図3・3・4・36に "Discoverer 534号" の mooring turret を示す。本装置は船体の中央に設けられたムーンプールと呼ばれる掘削用開口部の外周に垂直にさしこまれる円筒形の構造物で、船体とは玉軸受と同様な機構で接続されている。このため、船体が turret を中心にして、その周りを自由に 360° 回転できるようになっている。turret には係留用ウィンチおよび掘削用のガイドラインテンショナーが装備されており、係留状態で船体が外力を受けても、船体のみ回転し、係留ラインおよびガイドラインテンショナーは元の位置に保持されるので掘削作業を続けることがで

きる。(文献集-76, 91, 92)

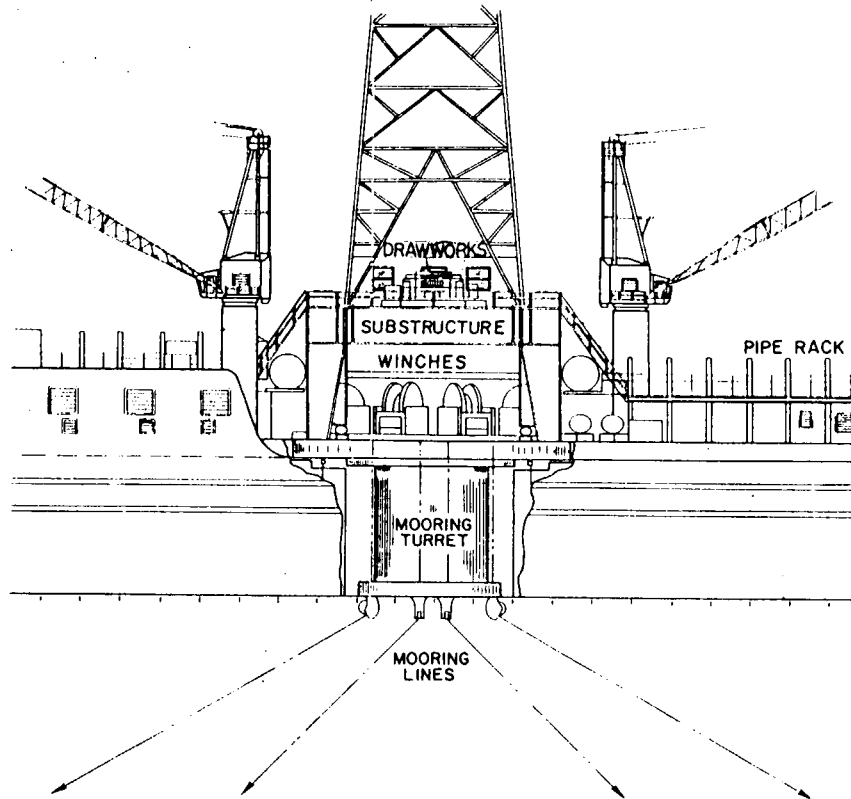


図 3・3・4・36 Discoverer 534 号のモアリングタレット

(V) 係留ラインの緊急切離装置

氷山、流氷などが押寄せてくるおそれのある海域における掘削では、常時水の動きを観測し、掘削地点に接近するものは曳船で排除することが一般に行なわれているが、この方法はいつでも可能とは限らず、掘削船は一時的に掘削地点から退避し、氷山をやりすごすことが必要となる。この場合、掘削地点からの退避を決定する警戒ラインをできるだけ近くに設定するため、アンカーと係留ラインとを遠隔操作により迅速に切離す装置がCFPによって（実施者は Inter-Ocean System 社）開発されている。この装置は上記の目的だけでなく、抗井の暴噴などの緊急事態での避難にも役立つものである。

Inter Ocean Systems社では設計最大過重 1,000,000 lbs、試験荷重 700,000 lbs で、200,000 lbs 荷重時に切離し可能、掘削船から音波による遠隔操作、高い信頼性といった目標を設定して開発をすすめ、各種の陸上および海上試験を経て一応の成功を収めている。ただ 8 点係留の半潜水型リグでの海上試験において、そのうちの一つが不意に切離されてしまったり、逆に切離信号を発したにもかかわらず作動しないことがあった。後者のような不動作に対しては火薬切断などの方法を併用して解決することが可能であるが、前者のごとく意図しない時に切離されるのは大きな危険を招くことになるので、この点の解決が最も重要とされた。

本装置の取付位置としては、アンカーにチェーン 1 連を追加し、その端部とそれに続くチェーンとの間が最適とされている。

上記のように本装置は一種の安全装置であるが、安全装置として一般に要求される信頼度まで

は達していないとして改良努力が続けられた結果、現在では“Rig Anchor Release (RAR)”という商品名で Inter Ocean Systems社で商品化されており、ボート海、ラブラドル沿岸、北海などで5年以上の使用実績を持つに至った。(図3-3-4-37及び38参照)

このシステムは船上に設けられたコマンドユニットと海底の各係留ラインの途中に設けられた切離装置で構成される。コマンドユニットは信号コードの発信、および切離装置からの一連の応答信号を受信するのに使われる。各切離装置は2つの異ったコードを受信するようになっている。一つは海底の切離装置の状態を示す、“診断コード”であり、もう一つは切離機能を働かせる“切離コード”である。コマンドユニットからの“診断コード”が水中トランスデューサを介して切離装置に伝えられると、同装置に内蔵された諸機械の状態、すなわち、電気回路、係留ラインのロック装置、バッテリー電圧、アクムレータの油圧の状態がコマンドユニットに伝送される。一方、“切離コード”が伝えられると、油圧回路が働き、アンロックシリンダが作動し、係留ラインを切離す。シリンダの動きはセンサーでモニターされ、これにより、切離しが行なわれたことを確認するためのソナー信号をコマンドユニットに伝えるようになっている。

各係留ラインに設けられた切離装置は各々、固有のコードを持っており、個別にコントロールおよびモニタリングができるようにしている。これにより、システムを安全に、また、誤って切離装置を作動させないようにしている。また、システムの安全をより高めるために、コマンドユニットには2つのインターロックが設けられている。一つはコマンドユニットに電源を入れるのに使われるロックである。このロックを入れた状態では“診断コード”のみ発信でき、“切離コード”は発信できないようになっている。“切離コード”を発信するには第2のロックを入れねばならない。

切離装置の主要目は下記の通り。

- | | |
|----------------|--------------------------------|
| ・寸法: | 610mm ϕ \times 2,300mmL |
| ・重量(空中/水中): | 1,780/1,669 Kg |
| ・最大荷重/耐力/切離荷重: | 450/275/135 t |
| ・コントロール可能距離: | 4,000m |
| ・最大作動水深: | 1,000m |
| ・電源/動力源: | バッテリー/油圧 |

日本においても類似の装置が開発されている。これは石油の海上備蓄用タンクバージにおいて火災が発生した場合、火災を起したタンクバージを他のタンクバージから緊急に隔離して被害を最小限にとどめるために開発されたものである。(図3-3-4-39参照)

本装置は長期間無保守と信頼性を重視して空気中に設置される条件で開発されており、この点で Inter Ocean Systems社のものとは異っているが、掘削船への応用も可能であろう。

本装置は遠隔制御装置、ガス発生器および切離装置で構成される。遠隔制御装置は切離信号をガス発生器に伝えるもので、信頼性を高めるために、有線あるいは無線信号のいずれによってもガス発生器の点火フィラメントに通電し、これにより固体燃料を加熱し、窒素ガスを発生できるようにしている。発生した窒素ガスは切離装置に導かれ、ここでアンロックシリンダを作動し、係留ラインをとめているクランプをはずして係留ラインを切離す。

最大係留荷重が650t の場合の切離装置の主要目は下記の通り。

- | | |
|---------------|----------------------|
| ・構造: | アンロックシリンダ付クランプ接続方式 |
| ・駆動源: | 固体燃料加熱によって発生する高圧窒素ガス |
| ・制御方式(一次/二次): | 有線/無線 |
| ・作動時間: | 発信後約4秒 |
| ・主要寸法: | エンドピース中心間: 約3,000mm |

直径（防熱材含む）：約1,350mm

（文献集-75,93,94）

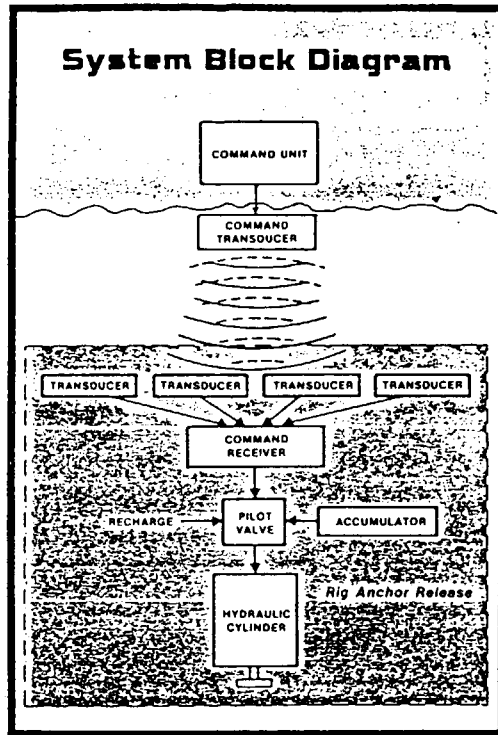


図3・3・4・37 係留ライン緊急切離装置のシステムダイアグラム（Inter Ocean System社）

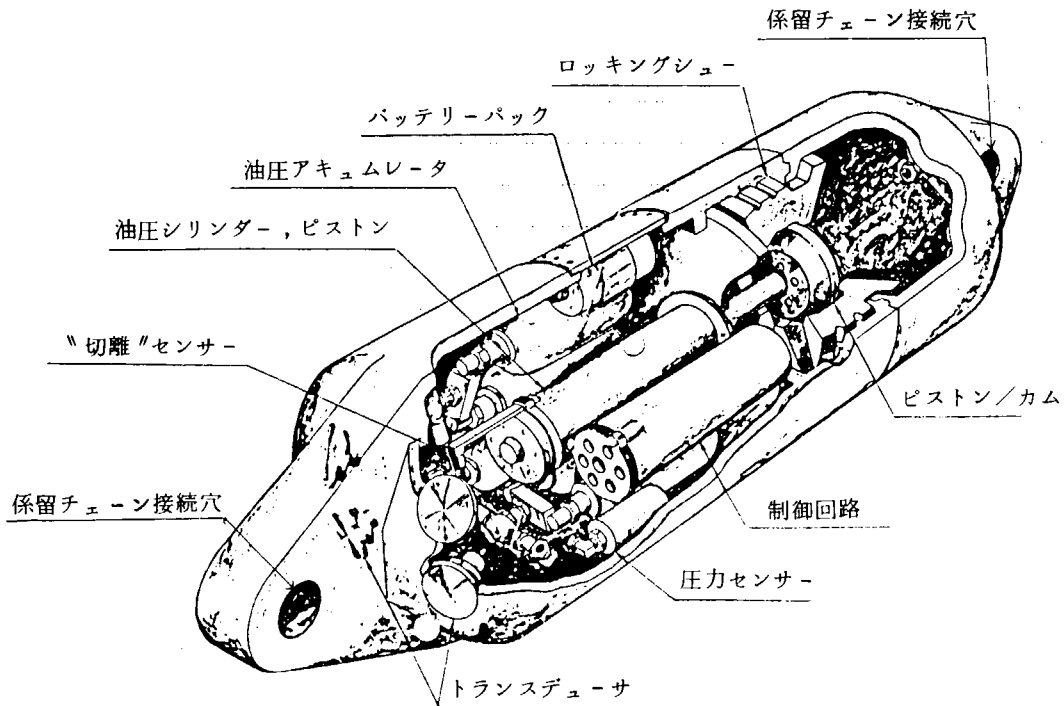


図3・3・4・38 切離装置（Inter Ocean System社）

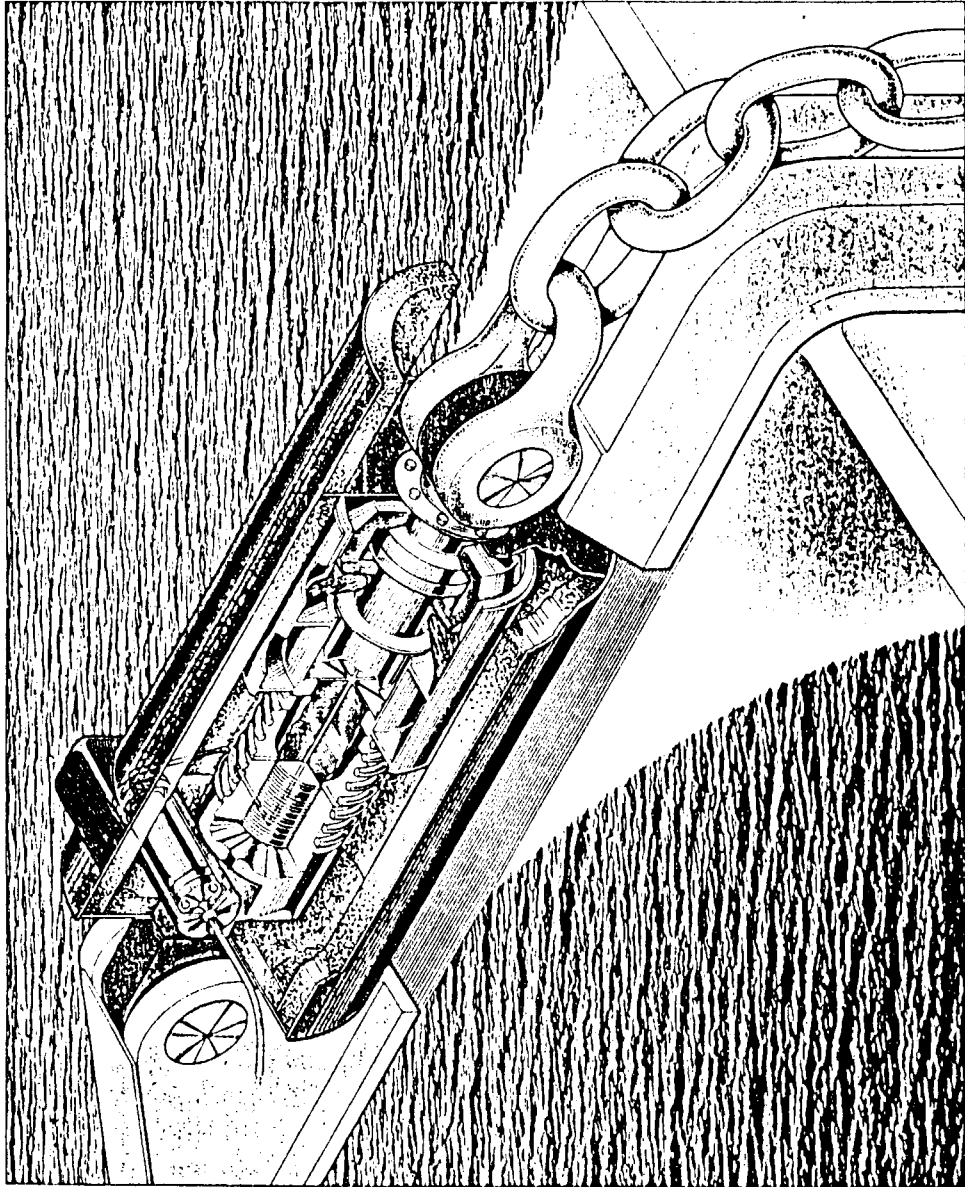


図 3・3・4・39 日本で開発された係留ライン切離装置

3.3.5. 氷海用作業船

(1) 浚 漕 船

氷海石油開発において浚漕船が活動するのは土砂埋立式人工島が造成される場合である。

ポーフォート海の開発鉱区は水深が浅く、人工島方式が最も経済的であるとして広く利用されている。表3.3.5.1に示す通りポーフォート海では1981年までに21の人工島が造成されており、その初期の一部は堅固な氷盤が形成される冬期に、土砂をトラック輸送して埋立てられているが、大部分は夏期に、砕氷型でも耐氷型でもない通常の浚漕船を用いて造成されている。1978/9年に造成されたIssungnak D-61並びに1981年に建設中のTarsiut A-25及びKaglulik P-744用に使われた浚漕船は表3.3.5.2に示す通りであるが、これらに共通した特徴があるとは見受けられない。

浚漕船の任務は、採土海域からの埋立用土砂の採集と共に人工島造成地点の海底地盤がシルトなど不適当なものの場合には、その上層にある不適当な土砂の除去も行うことになる。ポーフォート海での浚漕工事の実績では結氷期を含む通年操業を実施した例はないが、操業期間を延長するため砕氷浚漕船の開発が行われている。

ポーフォート海において使用される浚漕船に関する問題点としては次の点があげられる。

(a) 工事期間の延長

ポーフォート海では、10月初旬に海面の結氷が始まり、冬季は氷に閉ざされる。3月に開水面が現れ6月中旬には氷は消失するので、通常の浚漕船の活動が可能となる。氷象は年による変化が大きい、平均すれば年間工事日数は60～70日と非常に短く、造成が一年で終了せず、結氷が開始したら一旦撤退し、翌年に工事を再開することもある。

工事期間を延ばすためには、極力、開始時期を早め、撤退時期を遅らせる必要があり、この時期には砕氷船による航路開設の支援を受けることになる。

また、氷海中で活動できる砕氷浚漕船の建造も対策の一つと考えられるが、砕氷活動と浚漕活動をいかに両立させるか、運用面でも十分検討されなければならない。パイプラインによるポンプ排送又はホッパーからの捨土についても低温下での操業性は問題となろう。

(b) 浚漕土量の増大

採鉱が沖合に進出するに従って、水深が増し、種々のバーム、リテーナーなどの設置を併用するにしても、所要土砂量の増加は避けられない。水深による土砂量の変化を表3.3.5.3に示す。

また、従来建設された人工島はすべて試掘用であったが、生産用人工島を建設する場合には面積及びフリーボードを増す必要があることから土砂量は飛躍的に増加する。水深60mの地点に造成中のTarsiut 生産用人工島は上面直径600m、フリーボード2.5mと計画され埋立土量は7,000万 m^3 と言われている。試掘用人工島の実績では直径100m、フリーボード3～4mであって埋立土量は200万 m^3 程度が最大であるから生産用人工島の巨大さが窺われる。これらが図3.3.5.4に比較される。一方、この7,000万 m^3 という埋立土量を一般の浚漕工事と比較すると、従来の最大規模のものは、オランダのZuiden Zee Dikeで3,000万 m^3 の砂と1,300万 m^3 のシルトを用いた工事、サウジアラビアのJubai 港で3,500万 m^3 の砂と岩を掘削して造成した工事などと言われており、これらの2倍程の土砂を劣悪な環境下で処理しなければならない工事規模は荘大であると言える。

埋立てが進み、上面が海面に近づくと、土砂が波浪による影響を受けて洗い流されるようになるので、これに打ち勝つ速度で土砂を投入する浚漕能力が必要となる。1979年10月のIssungnak人工島造成工事における荒天時には波高が5mに達し、最悪時には2～3万 m^3 /日の土砂が頂部から流失したと言われている。

従って、短時間に大量の浚漕・埋立を行うため、浚漕能力の格段に大きい浚漕船を開発し、多数準備しなければならない。

(c) 埋立土砂の確保

ポーフォート海の鉞区の海底土質は一般に上層が軟泥であって、埋立用土砂としては不適である。埋立に適した土砂の条件は平均粒径 150μ 以上で、且つシルト含有率 10% 以下である。粒度分布の例を図 3.3.5.5 に示す。

埋立土砂を確保するための採土地を選定する場合、完成した人工島の体積の2倍程度の土砂量が得られることが条件となる。これは、経済的に採取できない土砂が 30% 程あること、埋立てられた土砂のうち約 30% は波や潮流により流失してしまふこと、 $5\sim 10\%$ の土砂は海底地盤の締め固めや沈下に有効に失われること等の理由による。

試算として、水深 $20 m$ の地点に、上面直径 $100 m$ 、フリーボード $5 m$ 、水面下斜面勾配 $1/15$ で体積 $360 万 m^3$ の人工島を造成するためには約 $730 万 m^3$ の土砂を確保する必要があるという例がある。

ポーフォート海においては、カナダ側よりアラスカ側に適当な土砂が得易く、土砂を長距離輸送せざるを得ない。この場合、パイプラインによるポンプ排送が不可能となり、土運船による輸送と投棄作業が必要となる。経済面で比較すると、ポンプ船直接排送で $2 \$/cu yard$ 、土運船による運搬・捨土では $15\sim 30 \$/cu yard$ という試算例、或いは、支援活動に要するすべての費用を含みポンプ船直接排送では $12 \$/m^3$ 、 $40 mile$ の距離を土運船で輸送して埋立てる場合には $20\sim 40 \$/m^3$ という説もあり、コスト差は非常に大きい。採土地が人工島造成地に近く存在することは経済性向上の決め手となる。

ポーフォート海では上層の軟泥を排除して下層の砂又は砂利を利用することもあり、この場合には、浚渫深度の大きいポンプ浚渫船の開発が課題となる。

以上のような問題点を解決すべく Dome Petroleum 社は種々の "Super Dredge" と称する大型砕氷浚渫船の案を発表している。図 3.3.5.6 にそれらを示すが、(1)は $5,000 hp$ のカッター馬力を有し、主船体の一部を海中に降ろし浚渫深度 $80\sim 100 m$ が得られるポンプ浚渫船である。(2)は船体中央のムーンプールから引込式タワーを降ろし浚渫するもので、最大浚渫深度 $80 m$ 、泥艙容積 $25,000 m^3$ でこれを2.5時間で満載できる。船長 $210 m$ 、 $60,000 hp$ の推進機関を持ち、砕氷能力はクラス6と発表されている。(3)は両舷に各2本のドラグアームを持ったドラグサクシオン浚渫船で、浚渫深度 $250'$ 、一夏に $1.100 万 m^3$ の土砂の移送が可能であると言われている。

上記3種の "Super Dredge" の詳細は明らかではないが、Dome 社では1983年より稼働させるために、これらのうちの一隻を間もなく発注しようとしている。

なお、欧米諸国では、大規模浚渫・埋立工事又は海底鉞物資源採取を目的とした大深度浚渫技術が発達しており、Dome 社が現在までに実施した人工島造成工事も、Volker Stevin Dredging B.V., Zanen Verstoep N.V., Royal Boskalis Westminster N.V. など、すべてオランダの浚渫工学会社によるものである。

我国では深い海域での浚渫工事の需要が少く、通常のポンプ浚渫船の浚渫深度は $30 m$ 程度である。(社)日本作業船協会では、昭和54年度より運輸省主管の補助事業として大深度浚渫船の開発に関する調査研究を行っているが、こゝでは最大水深 $50 m$ を対象としている。

人工島建設工事においては、浚渫船以外に種々の補助作業船が必要である。参考として Imperial Oil 社が Issungnak の建設時に使用した作業船一覧表を表 3.3.5.4 (a) に、同じく Netserk 用に使用した作業船を表 3.3.5.4 (b) に示す。

(2) 支援船

氷海石油開発における支援活動は、通常の海洋石油開発と同様の物資補給、人員輸送、曳航、転錨等と、氷海特有の砕氷による航路開設、氷状偵察、救難、氷山曳航等がある。これらの活動を行うために

氷海支援船に次の様な装置を備えることが望ましい。

(a) 船 艙

氷海では着氷により、船体の安定性を損うと共に荷役が困難になるので、すべての荷物は船艙内に搭載できる様にする。大形又は重量物は甲板間貨物倉に搭載することを考慮し、遮浪甲板船とするとうい。

ハッチは荒天でも荷役が容易な様に、可能な限り大きくする。

(b) タ ン ク

掘削又は生産現場へ補給する燃料油、飲料水、セメント及びマッド用薬品等を搭載するために、できるだけ数多くの独立タンクを装備する。

(c) 荷 役 設 備

支援船からの荷揚げは、ヘリコプター、揚陸艇等で行われる場合があるから、支援船自身に荷役装置を持つ必要がある。また、コンテナの搭載設備も必要である。

(d) ヘリポート

氷海においてはヘリコプターを使用する頻度が多いので、支援船にもヘリポートを装備する。可能であれば、格納庫を持ち専用のヘリコプターを搭載しておけば機動力は格段に向上し、氷状偵察にも使用できる。

(e) 居 住 設 備

掘削又は生産現場における作業員交代時の人員輸送は飛行機又はヘリコプターで行われるのが普通であるが、荒天又は温暖などで飛べない場合に支援船で行われることがあり、20～30人用の居住設備を持つことが望ましい。

これらは、現地に停泊して作業員宿舎として利用されることもある。

(f) アンカーハンドリング装置

氷海リグの係留方式がアンカー係留される場合には、転錨船が必要である。支援船にウィンチ、チェーンロッカー、スターゲート、スターンローラーから成るアンカーハンドリング装置を設け兼用せしめれば便利である。

リグがDPS (dynamic positioning system) 装備のものであれば本装置は不要である。

(g) 曳 航 設 備

上記転錨ウィンチを曳航用として共通使用し、リグ、バージ、氷山の曳航に供する。

尚、氷山については、カナダ東岸に多く出現し、ポーフォート海では問題となることは少い。グリーンランド西部の氷河から流れ出し、ラブラドル海流に乗った氷山はニューファウンドランド沖に設置されたリグを襲うことがあるので、リグに危険を及ぼさない位置まで氷山を曳航する。氷山が大きく曳航不可能の場合にはリグ自身が一時避難しなければならない。

(h) 消 火 設 備

非常の際、外部からの救援を容易に受けられない氷海における作業現場に対し、支援船が消火能力を持つことは必須条件である。操舵室頂部にプラットフォームを設け消火設備を設ける。

(i) 油処理設備

氷海は油濁に対して非常に敏感であるから、掘削又は生産現場全体としての環境保全計画を作成し、その一環として支援船に薬品散布用のブーム及び機器を装備して、漏油処理を担当せしめる。

以上の様な装置を備えたDW1,500t 砕氷支援船の試設計例を図3.3.5.7に示す。載貨重量を1,500tとした根拠は、掘削リグに対する補給物資輸送量を月間平均2,000t、一往復10日の距離にあるとし、且つ、氷状、天候により連続運行が阻害されて月2回の補給と仮定したことによる。

砕氷支援船に具備すべき最も重要な機能は、当然、砕氷能力であって、これをいかに効率よく発揮さ

せるかが最大の問題点である。掘削又は生産現場には適度な物資貯蔵がなされているのが普通で、外部からの補給が一時途絶えても短期操業は可能である。従って、支援船の補給活動にも100%の規則性は必要なく、砕氷性能も就航海域の氷象に100%対応したものとする必要はない。

図3.3.5.8はDome Petroleum社がボフフォート海で使用している砕氷支援船“Canmar Kigoriak”で種々の新機軸を採用した結果、計画以上の砕氷能力を発揮していることが実証されている。

“Canmar Kigoriak”の特徴は次の通りである。

① 船 型

スプーン型船首を採用し、最小のエネルギー損失で砕氷できる様にし、また氷に喰い込んで抜けなくなる状態を防止できる。スプーン型船首にすると全長を短くできると同時に肥大部を前方まで延ばせるので排水量を増すことができる。

② ウォーター・スプレー・システム

氷抵抗の大部分は船体と氷との摩擦であって、氷が雪に覆われた状態では特に大きい。シーチェストからポンプで海水を吸い揚げ船首の水面上に設けた多数のノズルから噴射することにより、氷抵抗を約50%減らすことができた。

③ ノズルプロペラ

多軸船では氷片がプロペラ翼に当たりミリングを起こし、推進効率が低下する。そこで、一軸としノズルを設けてプロペラ翼を保護すると同時に推力増加を図った。従来、ノズルを設けるとむしろ氷片の巻込みがあると言われていたが、ノズルの前方にスケグを設けたので、大きい氷片の流入はなくなった。また、この結果、CPP (controlable pitch propeller) の採用が可能となり、操船性の向上にも寄与することになった。

④ 主 機

CPPの採用により、ディーゼル電動方式より効率の高い標準の中速ディーゼルエンジンに減速ギアを組み合わせる方式の採用が可能になった。或る大きさのトルクを越えるとスリップする様なクラッチを介して結合し、アイストルクから保護している。

⑤ 操 縦 性

1軸1舵方式は砕氷前進時の操縦性は非常によいが、開氷域で微妙な操船を行う能力は低い。そこで、船首尾に大形のスラスターを設けた。また、砕氷能力向上のために船首部と中央部の間にリーマーを設け砕氷幅を拡げること成功したが、波及効果として旋回性が向上した。

“Canmar Kigoriak”はASPPR ice class 3で設計され、試験の結果、class 6に近い砕氷性能を発揮することが判った。

Dome社は“Canmar Kigoriak”の実績を参考にしつつ新しい砕氷支援船“Supplier 9”を設計し、カナダのBurrard Dry Dock Co. Ltd.に発注している。図3.3.5.9に主要目と概略配置図を示す通り、2基の変ピッチプロペラをノズル中に設けているところに最大の特徴を持っている。

Gulf Canada Resources社は砕氷船2隻と支援船2隻を発注している。これらの主要目を表3.3.5.5に示す。砕氷船はクラス4で掘削装置を氷から防護することが主たる任務であるほか、掘削装置移動時の曳航、補給、転錨支援などを行う。主機はディーゼル機関で、2軸1舵である。支援船もクラス4の2軸船で、700t積のタンクを持ち、19tまでの錨を処理できる能力を持っている。

(3) そ の 他

氷海は、場所によりまた季節により結氷と解氷を繰り返すので作業船は氷上と水上に両用できれば非常に有用である。氷・海両用艇の例として、ACT (Air Cushion Transporter) とAST (Archimedian Screw Tractor) について述べる。

ACTはいわゆる hovercraft であって、1971年 Arctic Engineers and Constructors of Houston 社は他社と共同して、payload 100tという従来にない大型艇を開発した。これは“ACT-100”と呼ばれ、艇体の大きさは、長さ75'、幅57'、高さ6.5'であり、250tの艇体を4' 浮上させつゝ曳航される。

Hovercraft は氷盤上で砕氷機能を有することが確認されている。“ACT-100”は砕氷船の艀部に取り付けるため、V-notchを設ける様に改造され(これは“Iceater”と呼ばれた)、砕氷実験では“Iceater”が砕氷した後を船が進むので、開氷域における速力に近い速力が出せることが証明された。砕氷機構は、高速走行時は発生する波により、また、低速走行時は図3.3.5.10に示す様にACTが氷端に乗ると氷の下の水が押し下げられ、氷下部に空洞ができて氷が自重で崩落するものである。

ASTは三井造船株式が開発したもので、図3.3.5.11に示す様に艇体下部に、周囲に螺旋状の翼を巻いた一対の円筒を配した形状をしている。

水上走行時、艇体は2本の円筒の浮力により浮上し、円筒を回転することにより、周囲の螺旋状の翼がプロペラとなり推進力を生ずる。また、氷上(又は陸上)走行時は、螺旋状翼が氷盤に食い込み、円筒の回転により氷盤表面をネジと同様の原理で進むことができる。三井造船株式では、昭和53年に2人乗りの小型艇を、54年に5人乗りの大型艇を試作している。

大型艇は長さ8.85 m、幅4.86 m、高さ3.73 mで水上では吃水0.80 mにて浮上する。305PSのエンジンを搭載し、氷上で6.0 Km、水上で4.3 Kmの速力を出すことができ、また、ポラード牽引力は氷上で10t、水上で1tである。

ACTはpayloadは大きい自走できず、ASTは自走するがpayloadが小さい。従って、両者の長短を相補って図3.3.5.12に示す如くこれらを組合わせて用いると有効であろうと思われる。

表 3.3.5.1 ポーフォート海における人工島建設実績

(1000 cu yds = 765m³)

Artificial islands in the Mackenzie Delta									
Name	Operator	Con- struction began	Water depth (ft)	Mode of fill	Con- struction time required (days)	Surface area (ft)	Free- board (ft)	Fill volume (1,000 cu yds)	Cost (\$ million)
Inmerk B-48	Esso Resources	Sum 75	10	Dredge	110	300 dia.	15	240	5.0
Adgo F-28	Esso Resources	Sum 73	7	Dredge	30	150 × 600	3	48	2.5
Pullen E-17	Esso Resources	Spr 74	5	Truck	48	225 × 375	10	84	3.0
Unark L-24	Sun Oil	Spr 74	3	Truck	50	200 × 400	8	57	—
Pelly B-35	Sun Oil	Sum 74	7	Dump barge	50	270 × 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 × 470	2	36	2.5
Adgo C-15	Esso Resources	Win 75	5	Truck	42	165 × 515	10	92	3.0
Netserk F-40	Esso Resources	Sum 75	23	Dredge	100	320 dia.	15	380	15.0
Saroik 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 × 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 × 350	10	90	—
Isserk F-27	Esso Resources	Sum 77	43	Dredge	80	320 dia.	15	2,500	—
Sag Delta	Sohio	Win 77	3	Truck	14	325 × 400	4	52	1.0
Issingnak D-61	Esso Resources	Sum 78/79	65	Dredge Dump barge	158	328 dia.	20	5,362	11.0
Alerk	Esso Resources	Sum 80/81	34						
W. Atkinson	Esso Resources	Sum 81	25						
Nayak area	Esso Resources	Sum 81	49						

表 3.3.5.3 水深と土砂量

(cu yard)

Water depth ft	Sacrificial beach island	Retained fill islands (sandbags)	Caisson retained island 30-ft set-down depth
20	800,000	250,000	150,000
30	1,700,000	500,000	150,000
40	2,500,000	900,000	300,000
50	5,000,000	2,500,000	900,000

表3.3.5.2 北極海で使用された浚渫船の例

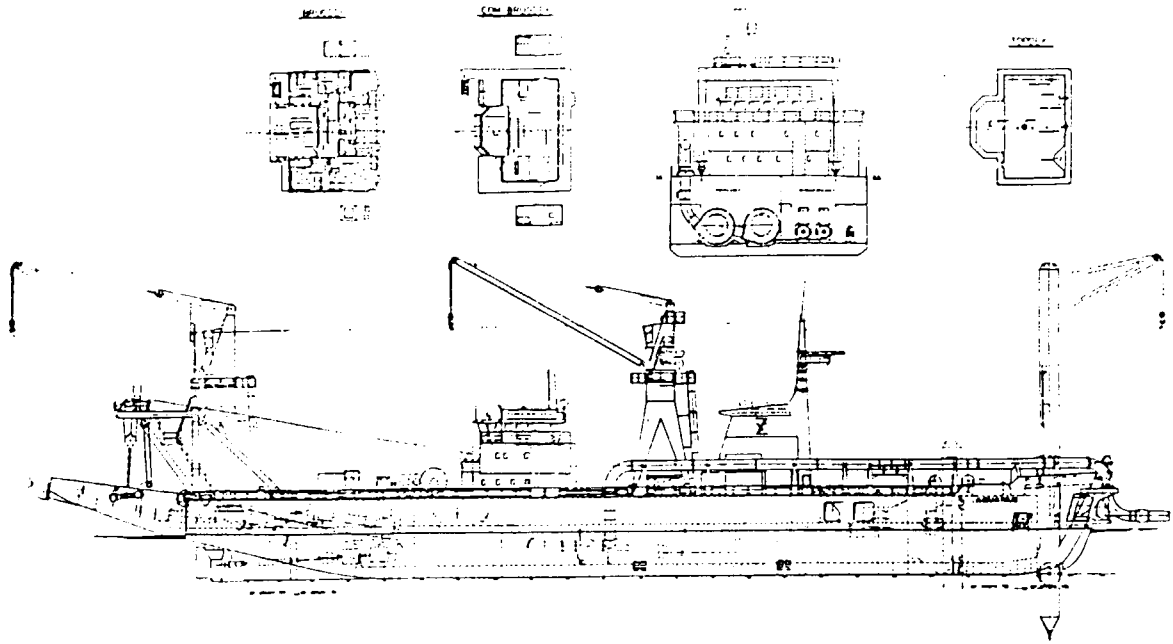
船名	Reaver Mackenzie	Scepter	Arctic Northern	Aquarius	Geopotes X	Hendrik Zanen
船主	Royal Boskalis Westminster N.V.	Scepter Dredging Ltd.	Canadian Rescon Ltd.	Zanen Verstoep N.V.	Volker Stevin Dredging B.V.	Zanen Verstoep N.V.
船種	ポンプ浚渫船	全左	全左	全左	ドラグサクション浚渫船	全左
浚渫深度	45m	53m		25m	35m (60mに拡張可能性確認済)	
浚渫能力	2,500m ³ /hr	420m ³ /hr	850m ³ /hr			
浚渫主管	34'	24'	24'	36'		
浚渫ポンプ出力	1,700HP (+1,700HPポンプ)		3,200HP	7,600HP	6,000HP	
泥艙容積		—	—	—	8,800m ³	5,750m ³
備考	ジェット挿装置付、船尾より排出 (ドラグサクション浚渫船を改造) 図3.3.5.1 参照			図3.3.5.2 参照	全密閉型、船底弁付泥艙 図3.3.5.3 参照	

表 3.3.5.4 (a) 埋立工事用作業船 (1)

24-inch cutter dredge
34-inch stationary suction dredge
five 2,000-cubic yard bottom-dump barges
three 300-cubic yard bottom-dump barges
four 1,500 h.p. tugs
two 600 h.p. tugs
one floating crane
four 6-cubic yard clamshell cranes on spudded barges
barge loading pontoon
floating pipelines
floating camps and repair shop
sandbagging machines
several other barges, launches and auxiliary equipment

表 3.3.5.4 (b) 埋立工事用作業船 (2)

24 inch cutter suction dredge
floating crane
two tug boats
five 2,000 cubic yard bottom dump scows
four 1,500 horsepower tugs
four 200 ton clamshell/cranes
numerous ancilliary barges and launches
floating camps for 200 workers



Aquarius の主要諸

全長	107.00m	ホック径	21.20m
全幅	84.50m	ホック高	7.00m
吃水	19.00m	吸入主管内径	850mm
ポンプ高	7.60m	吐出主管内径	850mm
第2甲板高	5.00m	搭載総馬力	17,000hp
船速	4.50m	カッタ馬力	2,700hp
最大カッタ径	25.00m	排水	11.5kt
最深時吃水(半速)	3.80m	乗員	24名

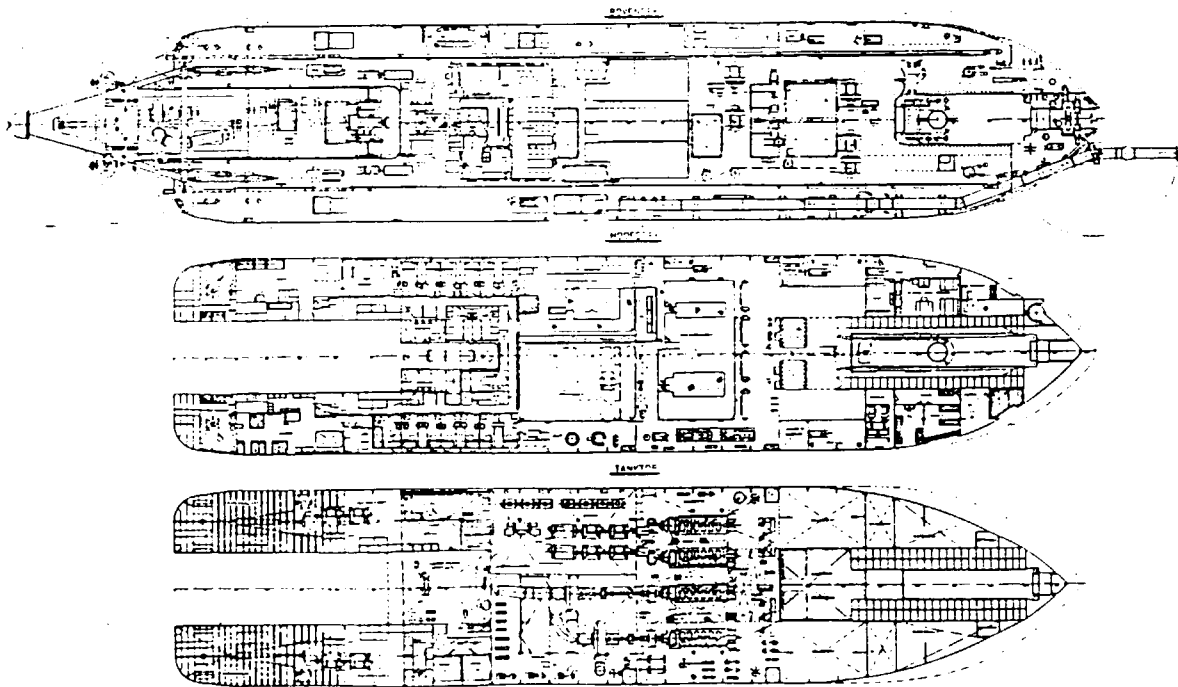


図 3.3.5.2 自航ポンプ浚渫船 "Aquarius"

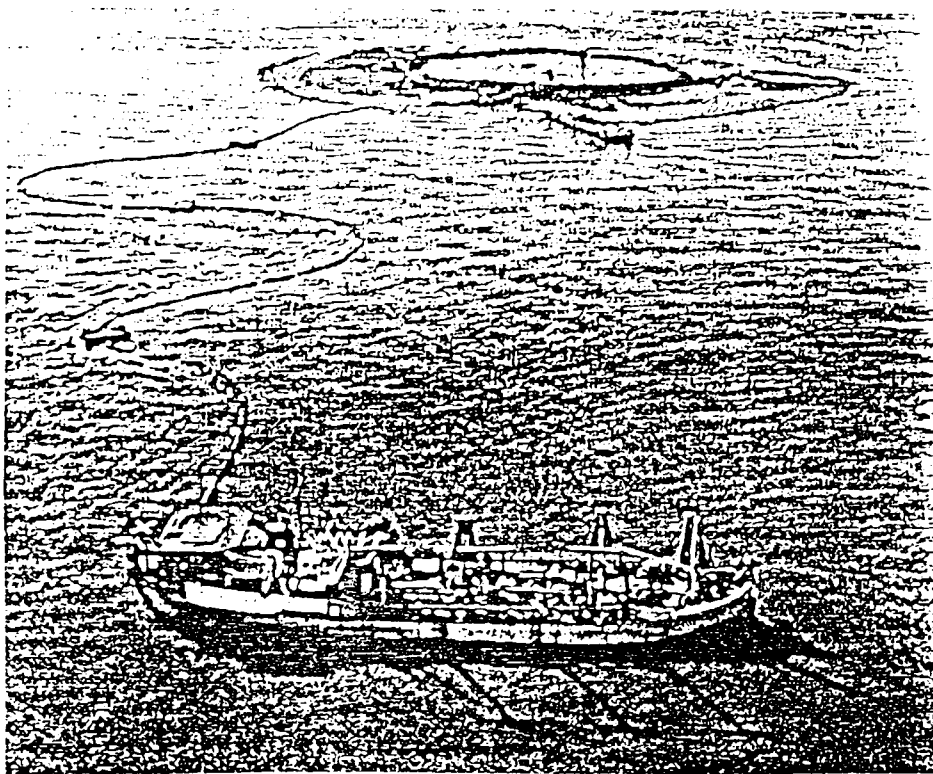


図 3.3.5.1 自航ポンプ浚渫船「Beaver Mackenzie」

主要目	
全長	136m
長さ(飛躍間)	124.8m
幅	21.6m
深さ	12.95m
吃水	9.98m
載貨重量	14,000 t
泥艙容積	8,800m ³
浚渫深度	35m
浚渫ポンプ動力	3,000HP×2
速力	16 kts
推進機関	ディーゼル 3,000HP×2

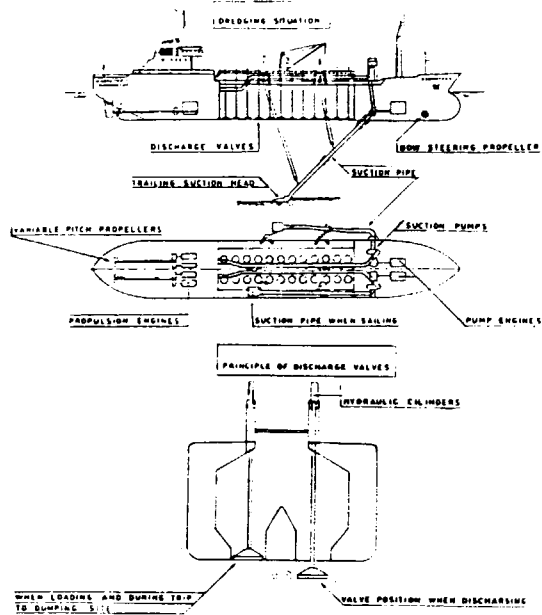


図 3.3.5.3 ドラグサクシオン浚渫船「Geopotes X」

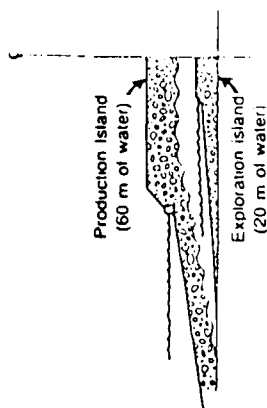


図 3. 3. 5. 4 探査用人工島と生産用人工島

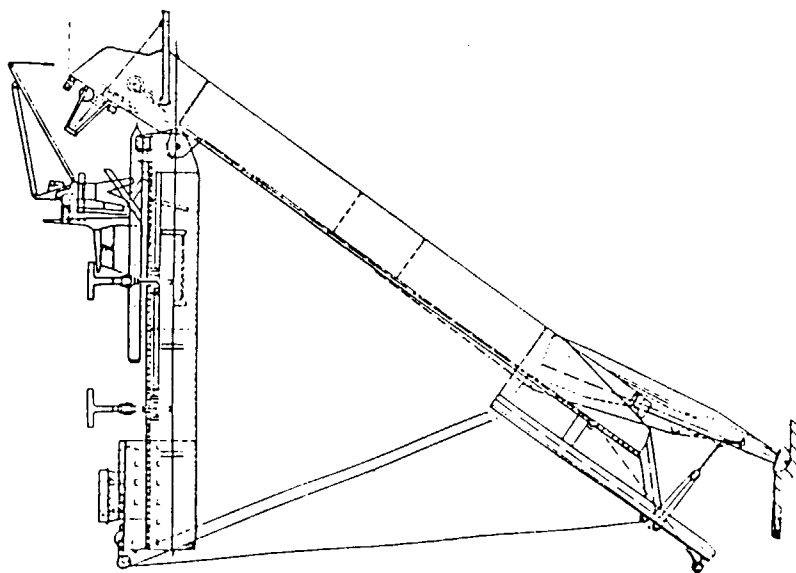


図 3. 3. 5. 6 (a) スーパー・ドレッジ(1)

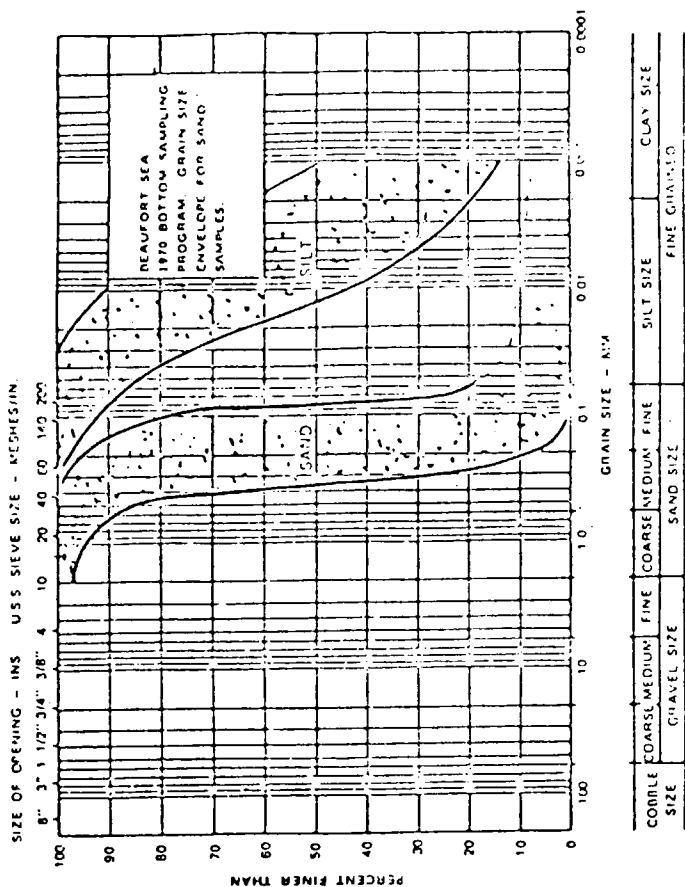


図 3. 3. 5. 5 ポーフォート海の土砂の粒度分布例

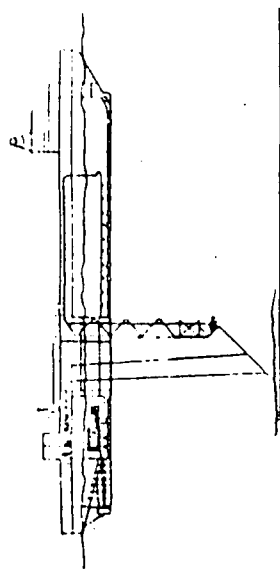
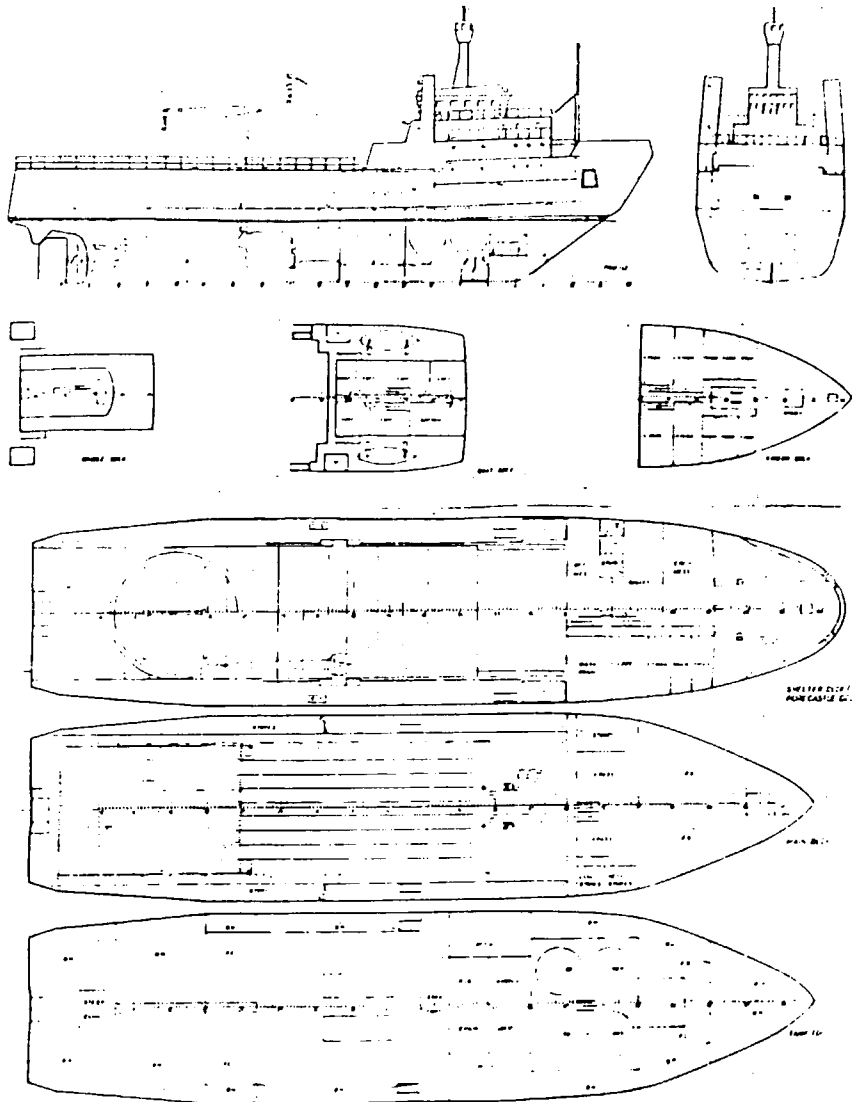


図 3. 3. 5. 6 (b) スーパー・ドレッジ(2)



Length over-all	appr.	67.70 m	Displacement, loaded	appr.	4,000 tons
Length between perp.	-	56.90 m	Deadweight	-	1,500 tons
Breadth moulded	-	15.70 m	Cargo deck, maximum	-	1,200 tons
Depth to shelter deck	-	11.70 m	weight	-	500 tons
Depth to main deck	-	7.70 m	Drilling water	-	250 tons
Draught	-	6.70 m	Potable water	-	600 tons
			Fuel, including fuel	-	50 tons
			for own consumption	-	
			Helicopter fuel	-	
			Cement in pressure		
			tanks		4 x 1500 cu ft

図 3.3.5.7 氷海用サブライボート試設計例

主要目
 全長 91.06 m 垂線間長 79.34 m
 型幅 17.25 m 型深 10.00 m
 喫水(ext.) 8.53 m 容積数 3,641.65 T
 載貨重量 2,000t 牽引力 200t
 主機関 Sulzer 12 Z V 40 / 48型(チ)機関×2
 出力 8,700PS×2 (530rpm)
 発電機 3,400kW
 減速機 RENK ASL 2×187.59型
 (減速比 3.93 : 1)
 フロペラ 4翼(直径 5.3m) CPP×1
 速力(最高) 18.60kn
 乗組員 22名 旅客 12名
 船級 LR 100 A 1 Icebreaker Anchor
 Handling Tug, Arctic Class 3
 適用 Canadian Arctic Waters Pollution
 Prevention Regulations Class 3

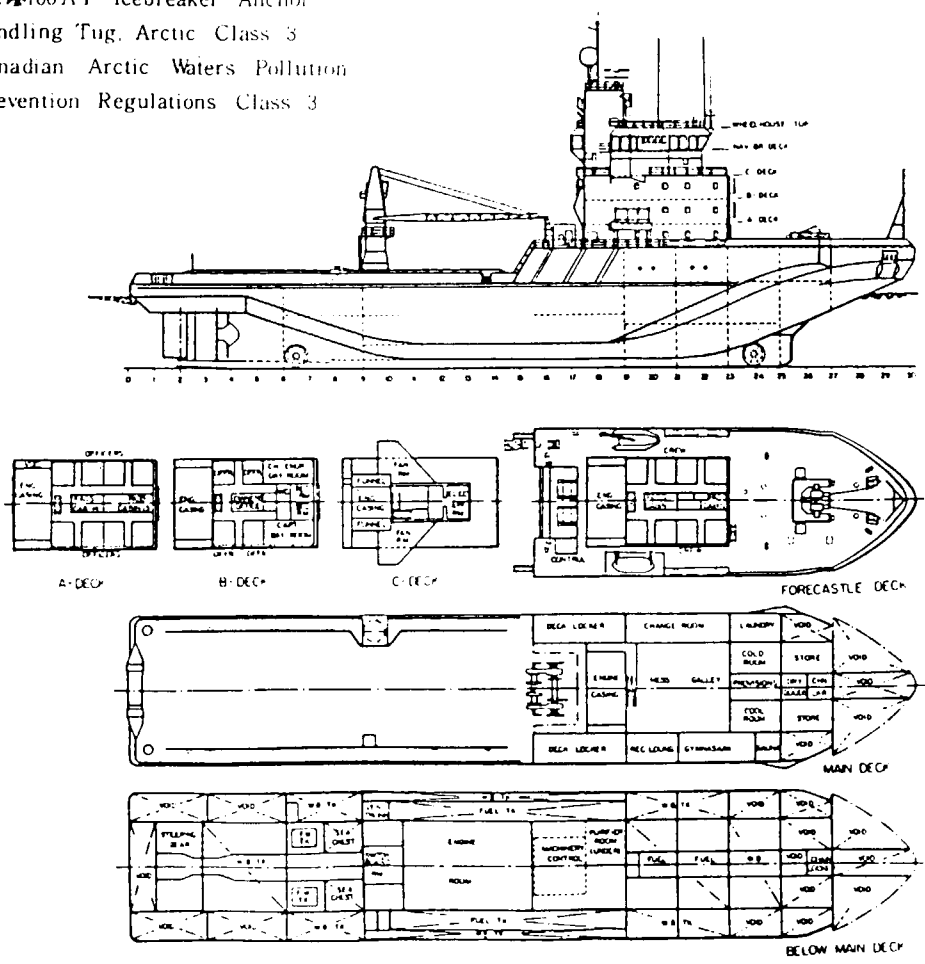
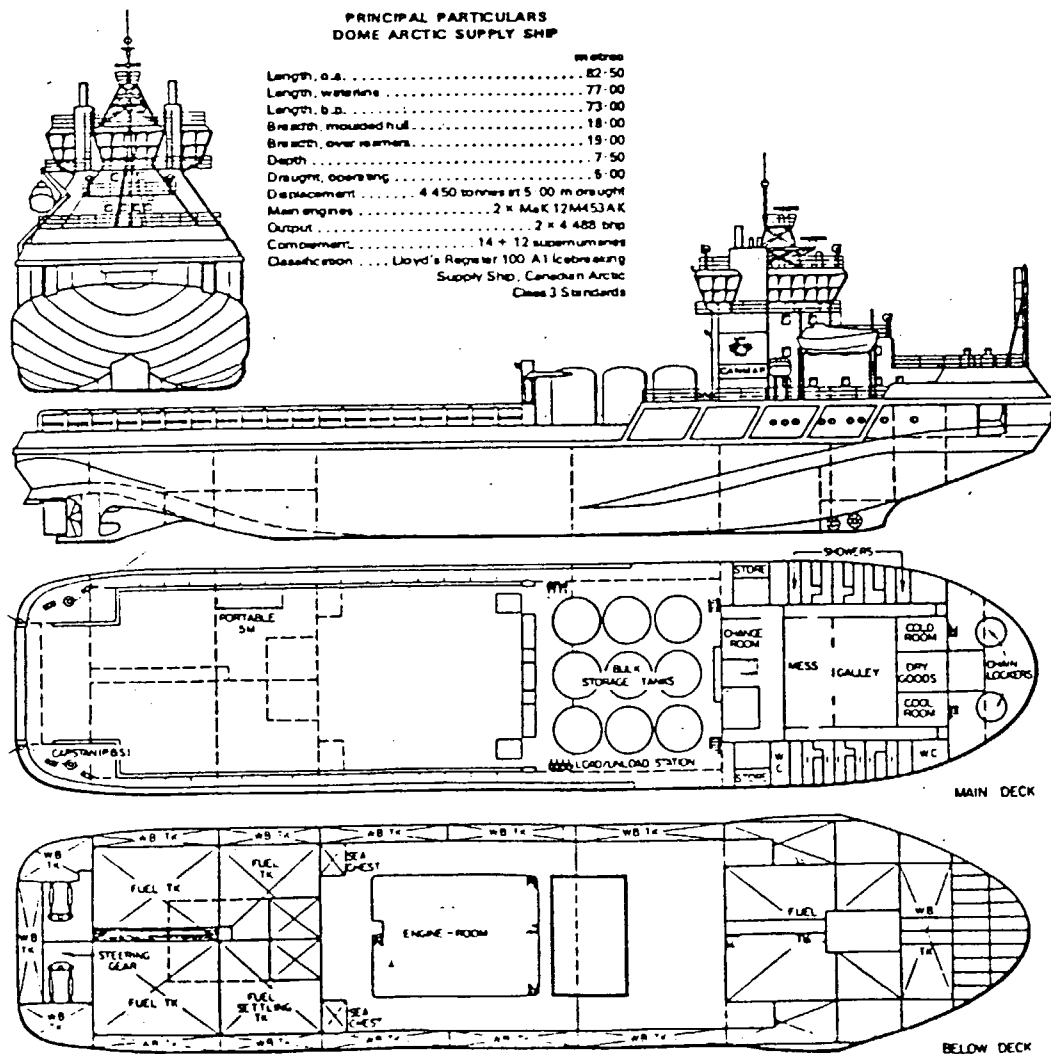


図 3.3.5.8 砕氷サブライトボート「Canmar Kigoriak」

表 3.3.5.5 Gulf Canada Resources 社の砕氷船と支援船

Ice class IV ice-breakers specifications	Supply vessels specifications
Overall length: 290 ft	Overall length: 260 ft
Moulded breadth: 57 ft	Moulded breadth: 54 ft
Moulded depth: 33 ft	Moulded depth: 32 ft
Design draft: 26 ft	Design draft: 19 ft
Displacement: Lightship — 4,860 ton	Displacement: Lightship — 3,200 ton
Full load — 6,860 ton	Full load — 4,400 ton
Horsepower: 18,600	Horsepower: 14,000
Cargo capacity: 2,000 ton	Maximum load: 1,400 ton



☒ 3.3.5.9 Supplier 9

図 3.3.5.6 (c)
スーパー・ドレッジ(3)

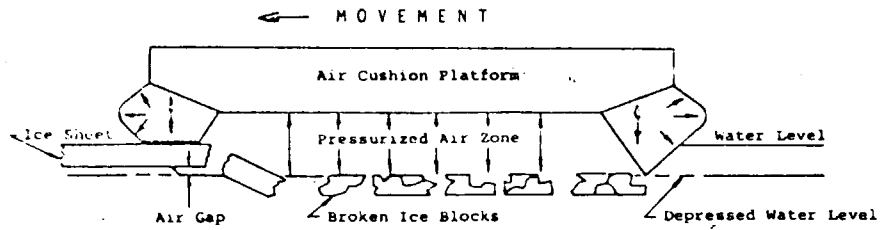
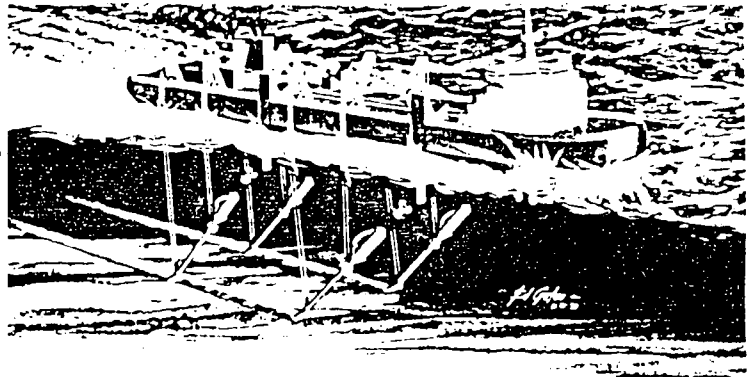


図 3.3.5.10 ACT 低速走行時の砕氷機構

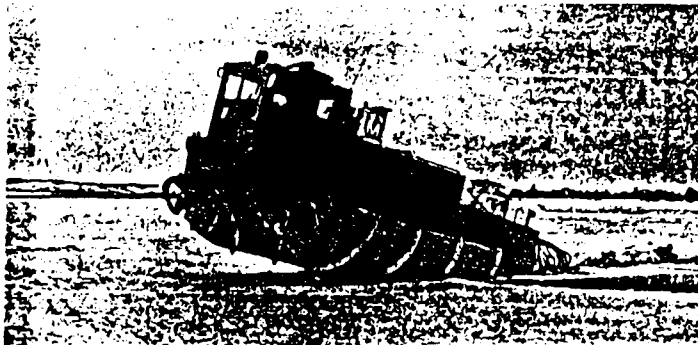


図 3.3.5.11 AST-002

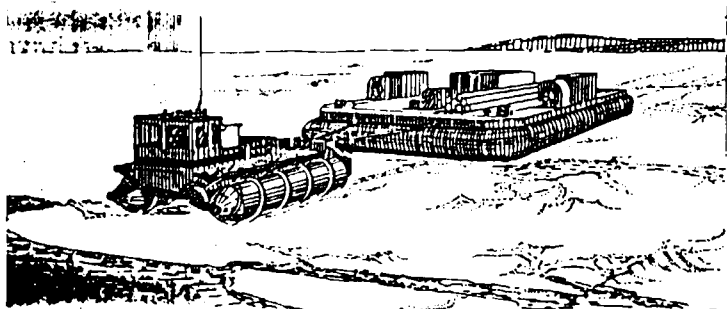


図 3.3.5.12 ASTとACTの組合わせ

3.3.6. 氷海用海洋構造物及び作業船に係わる技術課題

(1) 共通技術課題

(i) 気象・氷象

(a) 気象データの収集と気象予報体制の確立

人工衛星情報の利用が進められつつあるが、海洋構造物等が、特定の海域にて周年又は長期に亘って就役するためには、更に局所的予報システムの確立が必要であり、国際協力体制の整備が望まれる。

(b) 氷象測定法の研究

効果的な氷象測定法を確立するためには、センサー技術、通信法、収集処理システムなどの面で尚多くの研究が必要である。特に、単なる氷量情報からグレードアップして、工学的に役立つ氷象情報を得るためには、急速に発展しつつある、リモートセンシング技術の活用が必須であり、この分野との共同研究が肝要である。

(c) 氷象データの収集

良質かつ詳細な氷象データは充分ではなく、かつ又、我国が自ら氷象測定を行うことは必ずしも得策ではない。このため、今後も外国文献、外国有償資料の収集購入を組織的に行う必要がある。

(d) 氷象予報システムの確立

氷象に関する短期、中期ならびに長期予測と期待値が必要であり、ハード、ソフト両面での研究、施設整備が望まれる。この点に関しては、フォーマルな国際協力が必要である。

(e) Ridges 予測

Ridges に関しては、海洋学的研究が進みつつあり、形態論、出現確率等については見るべき成果が得られているが、工学的に有用な ridges 情報には乏しい。外国資料の収集を行うと共に、我国としても field test を行い、ridges の実態認識を行う必要がある。

(f) 氷質研究

模型氷、海氷について氷質研究を行うと共に、簡易法と代表氷質内の相関を調査する必要がある。特に然るべき field test を行う必要がある。

(ii) 荷 重

(a) 氷荷重の研究

平坦氷の外、ridges 中での氷荷重、膠着時の問題、水位変動による静的荷重などにつき、field test、model test 両面で研究を進める。

(b) 流体力データの入手

海流等による流体力、風圧力、波浪外力等について局所的な問題も含めて検討しておくことが望ましい。

(iii) 材 料

(a) 低温用材料の研究

原材料あるいは部材の現地輸送の場合のメリットを勘案した軽量構造材料の開発が望まれる。

(b) 特殊コーティングの研究

低温環境に耐え、氷摩擦力の低い、非膠着性コーティング法の開発が必要である。

(iv) 支援システム

(a) 維持・保守システムの調査（通信システムを含む）

外国情報の収集を行う。

(b) 救難体制の調査

物的及び人的救難方法を調査する。

- (c) 輸送方法の検討
 - オホーツク、ベーリング海経由での輸送方法を検討しておく。
- (V) その他
 - (a) 海底土質資料の入手
 - 着底式以外の場合でも、海底土質の情報が必要である。外国資料の購入、場合によっては調査依頼を行う。
 - (b) 永久凍土資料の入手
 - 海域によっては、海底部迄に永久凍土が延びている場合があり、又、支援と近傍の陸上土質及び下方永久凍土についても調査しておく。外国資料の購入。
- (2) 種別技術課題
 - (i) 人工島
 - (a) 地盤調査と支持地盤
 - 凍結した砂礫層の支持力および変位量を把握する必要があるが、模型実験は難しく現地周年調査が望まれる。
 - (b) 防護面の構築法
 - のり面の工夫による埋立土量の削減、人工島構築期間の短縮のための防護面の構築法の開発など、現地調査が必要。
 - (c) 人工島の構造安定法
 - 局所的な円弧すべり、全島全断面における剪断抵抗、海底面における剪断抵抗など、局所的な耐永久性および全体の安定性を土質工学的に検討する必要がある。
 - (d) 周年掘削による問題
 - 夏期暴風時の耐波性、経済的な撤去法などの検討
 - (e) 恒久設備への転用検討
 - 石油／ガスの発見をみた場合、1次処理、開発井、貯油、荷役設備、居住区、掘削用資材ヤードなどを備えた生産井への転用が、必要となる。耐用年数10～15年を目途として、人工島拡張工法の考案検討、Dome社APLAの調査などを行うことが望ましい。
 - (f) 人工氷島
 - 安定性、信頼性のあるice islandの実態調査、現地での応力計測などを行う必要がある。
 - (g) Caisson retained型人工島
 - この型式のものは、大水深化、可動性付加、輸送法、据付法、caisson内の結合法など研究すべき課題も少なくないが、将来性、発展性に利があると思われる。浮遊式との比較検討、模型試験などを行うことが望ましい。
 - (ii) 着底式リグ
 - (a) 氷荷重
 - 最適形状、砕氷機構の解明研究の他、特殊砕氷装置の開発などの問題がある。共通の課題を除けば、企業ベースの問題も多い。
 - (b) 着底・浮揚時の問題
 - 軟弱地盤対策、凍土対策、復原性検討、負圧防止装置の開発などについて具体的な研究が必要である。
 - (c) 移動問題
 - 特に、緊急時の着脱・回避対策の検討、輸送・移動方法についての調査・研究が必要である。総合的には模型試験、局所的な問題は実機又は実物大スケールの試験研究を行うことが望ましい。

- (d) 係留方式
緊急時の離脱方法を含めて、保持システムの開発が必要である。
 - (e) 着氷、膠着対策
熱的・機械的除去方法の検討。利用可能なエネルギー形態に合わせた開発が望ましい。又、氷塊排除方法について調査しておく。
- (iii) 浮遊式リグ
- (a) 砕氷能力改善策の検討
砕氷能力を改善向上させるため、付加的な砕氷装置の開発が必要である。PIPS等の既存システムの拡張と新しいシステムの考案の両面から開発を行う。文献調査、模型実験により調査・研究を行う。
 - (b) 係留システムの研究
Chain/wire係留、DPSいずれの方法についても問題が多く、各種係留システムの試設計、実験等により開発。
 - (c) 位置保持システムの開発
DPS等の主システムの他、融氷システム、砕氷装置などの補助システムの開発が肝要。新案の例の収集・検討を行い、有望なものについては実験を行う。
 - (d) 緊急離脱装置の開発
設計荷重以上の大氷山の接近時などに、掘削点からの緊急離脱、及び復帰方法などを文献等により検討する。
 - (e) 着氷対策
着氷による上部荷重の増大、風圧面積の増加のため復原性が悪化する場合がある。氷の膠着力を減少させる特殊コーティングの開発、ヒートパイプ等による着氷除去装置など、効率のよい着氷防止策を開発する必要がある。
- (iv) 掘削船
- (a) 掘削船に作用する氷荷重ならびに最適形状の選定法
船型的には砕氷船、砕氷型貨物船と異なる面もあるが、これらの実験データをdrill shipに利用することも可能。
 - (b) 係留システム等の開発
外力の主方向に船首を向けてシステム、緊急離脱、短期復帰可能な係留システムの開発が必要であるが、殆んどがアイデア段階。文献資料の収集を行うと共に独自開発も心掛ける。
 - (c) 氷海中で使用可能なDPS
船体への流氷衝突などの衝撃的外力に対する動的特性の研究、氷海での苛酷な条件下で使用可能な位置検知システムの開発等が必要。文献資料の収集と共に、電気メーカーとの共同開発が望まれる。
 - (d) 氷圧力にも耐えうる位置保持システムの開発
ある程度まで氷圧力にも耐えうる位置保持システムや、融氷、砕氷装置などの補助装置の開発。既存アイデアの改良、新考案の提案、検証が必要。
 - (e) 支援システム
氷塊等の接近時、曳船等により移動回避するためのシステムの開発。効率の良いシステムが開発されればかなりの需要が期待できる。文献資料の収集・検討。
- (v) 特殊装置
- (a) 膠着防止装置の検討
本装置により、どの程度氷荷重が軽減されるか定量的な検討が必要。効率向上策の研究も必要。

構造物の構造や形状、用途に適した膠着防止装置の検討を行う。

(v) 浚渫船及び作業船

(a) 浚渫船の砕氷性能

浚渫装置固有の作業パターンを確認した上で、具備すべき砕氷能力を検討する必要がある。

(b) 浚渫装置の耐氷性能

浚渫装置が氷荷重を受ける場合には、荷重の推定ならびにこれに耐えうる構造強度の検討が必要。

(c) 浚渫船の大型化

ドラッグサクソン浚渫船とし、浚渫ポンプと泥艙の大型化は可能。

(d) 浚渫深度の増大

長大なドラッグアーム自体の強度とその支持機構の検討。

(e) 支援船の砕氷性能

支援能力の設定が重要であるが、データ不足であり、文献資料の収集、Canmer Kigoriakの実績調査などを行うことが望ましい。

(f) 支援船の冰山曳航及び曳航装置

曳航可能な冰山の大きさに関し、従来の実績から、どの程度まで拡大できるか見極める必要がある。

(g) Payload の大きな氷海・一般海面両用作業艇の開発

ACT, ASTの長所・短所を補って、一基にて大量の荷物を迅速に輸送しうる作業艇の開発が望まれる。

(3) 研究課題

氷海域で稼働する海洋構造物については、設計・建造例は散見するものの確たる設計法はなく解明すべき技術課題が山積している。海洋構造物等に働く氷荷重についても不詳な部分が多く、又、氷荷重予測上不可欠な氷象データも乏しい。従って、種々の条件を勘案し当面行うべき研究課題を敢て策定するとすれば、下記のような研究課題が考えられよう。

(i) 氷象データの収集

(ii) 氷荷重に関する模型実験

(iii) 氷荷重に関する field test data の収集

(iv) 係留システムの調査研究

(v) 輸送方式の検討

(vi) synthetic ice (擬似氷)による模型実験

(vii) caisson retained 型人工島の検討

(viii) 氷海用海洋構造物設計・建造資料の入手

3.3.7. 文献集

1. "Off-the-ice placer prospecting for gold", by A.F. Daily, Global Marine, Inc., 1st OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 1029, 1969.
2. "An engineering challenge - Cook Inlet, Alaska", by B.L. Goepfert, Shell Oil Co., do., P.No.OTC 1048, 1969.
3. "Design and construction procedures for proposed Arctic offshore structures", by B.C. Gerwick and R.R. Lloyd, Santa Fe-Pomeroy, Inc., 2nd OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, P.No.OTC 1260, 1970.
4. "Arctic offshore drilling - a technical development and economic evaluation", D.W. Carreau, General Dynamics Corp., 4th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, P.No.OTC 1687, 1972.
5. "The construction of artificial islands in the Beaufort Sea", by J.G. Riley, Imperial Oil Ltd., 7th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 2167, 1975.
6. "A system for offshore drilling in the Arctic islands", by D.J. Baudais, Panarctic Oil Ltd., J.S. Watts, Westburne Engineering, and D.M. Masterson, FENCO Consultants Ltd., 8th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 2622, 1976.
7. "Completion of an offshore well in the Canadian Arctic Islands", by J.S. Watts, Tri Ocean Engineering Ltd. and D.M. Masterson, Fenco Ltd., 11th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 3445, 1979.
8. "Arctic offshore deepwater ice structure interactions", by D.G. Stenning, Dome Petroleum Ltd. and C.G. Schumann, Chicago Bridge and Iron Co., do., P.No.OTC 3630, 1979.
9. "Arctic offshore deepwater ice-structure interactions", by F.G. Bercha, F.G. Bercha and Assoc. Ltd. and D.G. Stenning, Dome Petroleum Ltd., do., P.No.OTC 3632, 1979.
10. "Design of hydrostatically supported sand islands for Arctic drilling", by B.E.W. Dowse, Sandisle Structures Ltd., do., P.No.OTC 3634, 1979.
11. "Ice forces on conical structures", by J.C. Pearce and G.E. Strickland, Chevron Oil Field Research Co., do., P.No.OTC 3635, 1979.
12. "A fixed platform providing an integrated deck on a multiple leg ice resistant substructure", by R.M. Kliever and G.A. Forbes, Brown & Root, Inc., 12th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 3886, 1980.
13. "Slope protection for artificial exploration islands off Prudhoe Bay", by C.B. Leidersdorf, Tekmarine, Inc., R.E. Potter and R.D. Goff, Sohio Construction Company, 13th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 4112, 1981.
14. "A steel propduction structure for the Alaskan Beaufort Sea", by I.B. Boaz, Shell Oil Company and D.N. Bhula, Brian Watt Associates, Inc., do., P.No.OTC 4113, 1981.
15. "Arctic offshore data gaps and how to fill them", by T.A. Hudson, Chevron Oil Field Research Co., 5th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 1808, 1973.

16. "Results of an environmental research program in the Canadian Beaufort Sea", by J. Hnatiuk, Gulf Oil Canada Ltd., 8th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 2445, 1976.
17. "Environmental baseline study of the Gulf of Alaska by remote sensing", by W.R. McLeod, Marathon Oil Co. and D. Hodder, Esca.Tech Corp., do., P.No.2591, 1976.
18. "Prediction of Arctic ice conditions for operations", by M.D. Coon, R.T. Hall and P.S. Pritchard, AIDJEX, University of Washington, 9th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 3004, 1977.
19. "Permafrost beneath the Beaufort Sea: near Prudhoe Bay, Alaska", by P.V. Sellmann and E.J. Chamberlain, U.S.Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, 11th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.OTC 3527, 1979.
20. "The evaluation of dredging materials for island construction in the Beaufort Sea", by N.R. MacLeod, EBA Engineering Consultants Ltd. and J.H. Butler, Esso Resources Canada Ltd., do., P.No.3633, 1979.
21. "Soil and permafrost conditions in the Alaskan Beaufort Sea", by D.L. Miller and D.E. Bruggers, Harding-Lawson Assoc., 12th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.3887, 1980.
22. "Design and construction of sea ice roads in the Alaskan Beaufort Sea", by R.E. Potter and J.T. Walden, Sohio Petroleum Co. and R.A. Haspel, Fenco Consultants, Ltd., 13th OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, P.No.4080, 1981.
23. "Effect of cone-shaped structures on impact forces of ice floes", by J.V. Danys, Ministry of Transport, Canada, 1st PORT AND OCEAN ENGINEERING UNDER ARCTIC CONDITIONS, Trondheim, 1971.
24. "Utilization of prestressed concrete in Arctic ocean structures", by B.C. Gerwick, Jr., Santa Fe-Pomeroy, Inc., do., 1971.
25. "Fixed offshore platforms in the Arctic ocean", by R.P. Stagg, TERA, Inc., do., 1971.
26. "The movement of Arctic landfast ice: its measurement and influence on offshore drilling", by K.R. Croasdale, Imperial Oil Ltd., 2nd POAC, Reykjavik, 1973.
27. "Sea ice versus Arctic operations in the Alaskan area", by W.S. Dehn and F.D. Hughes, Fleet Weather Facility, do., 1973.
28. "Offshore drilling from artificial ice platforms", by H.J. Strain, Panarctic Oils Ltd., 3rd POAC, Fairbanks, 1975.
29. "Ice engineering for offshore petroleum exploration in Canada", by K.R. Croasdale, Imperial Oil Ltd., 4th POAC, St. John's, 1977.
30. "Monocone - a mobile gravity platform for the Arctic offshore", by W. Jazrawi, Imperial Oil Ltd. and J. Khanna, Swan Wooster Engineering Co., 4th POAC, St. John's, 1977.
31. "Use of thermal piles for offshore frozen embankments", by B.E. Davison and J.W. Rooney, R & M Consultants, Inc., 4th POAC, St. John's, 1977.
32. "Offshore development for oil and gas in Antarctica", by J.F. Splettstoesser, University of Nebraska-Lincoln, do., 1977.

33. "Artificial ice islands for exploratory drilling", by G.F.N. Cox, Oceanographic Services, Inc., 5th POAC, Trondheim, 1979.
34. "Sea ice and icebergs", by G.R. Peters, Memorial University of Newfoundland, do., 1979.
35. "Ice-breaking mechanics for ice-breakers and offshore structures", by O.G. Vinogradov, J.A.C. Kentfield and P.J. Vermeulen, University of Calgary, do., 1979.
36. "Conceptual design of floating drilling production and storage caisson for Arctic waters", by B.C. Gerwick, Jr., University of California and H.O. Jahns, Exxon Production Research Co., 5th POAC, Trondheim, 1979.
37. "Preliminary design of the Arctic mobile drilling structure", by J.A. Hancock, Standard Oil Co, T.A. Hudson and P.H. Van Scherpe, Chevron USA, and R.E. Steddum, The Offshore Co., do., 1979.
38. "Design criteria for nearshore and offshore structures under Arctic conditions", by P. Bruun and G. Moe, Norwegian Institute of Technology, 6th POAC, Quebec, 1981.
39. "Production system in Arctic waters by using a fully integrated TGS platform", by V. D. Tella and G. Sebastiani, Tecnomare, do., 1981.
40. "Ice platforms with urethane foam cells in the neutral axis zone and their application in Arctic offshore drilling", by C. Maclean, Panarctic Oils Ltd., W. Semotiuk, Engineered Urethanes Ltd., A. Strandberg and D.M. Masterson, Fenco Consultants Ltd, do., 1981.
41. "Conceptual design for a mobile Arctic gravity platform", by B.R. Wasilenski, Gulf Canada Resources Inc. and J.C. Bruce, Aibery, Pullerits, Dickson & Assoc., do., 1981.
42. "Ice defense for natural barrier islands during freezeup", K.D. Vaudrey, Vaudrey & Associates, Inc. and R.E. Potter, Sohio Petroleum Co., do., 1981.
43. "Steel selection system and reliability analysis of structures in cold regions", by N. Urabe and A. Yoshitake, Nippon Kokan K.K., do., 1981.
44. "Model simulation of near shore ice drift, deformation and thickness", by W.D. Hibler III, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, 4th POAC; St. John's, 1977.
45. "Morphology and hazards related to nearshore ice in coastal areas", by W.O. Stfinger, University of Alaska, 5th POAC, Trondheim, 1979.
46. "Landfast ice motion observed in the Mackenzie Delta region of the Southern Beaufort Sea in the 1972/73 winter", by L.G. Spedding, Esso Resources Canada Ltd., do., 1979.
47. "Multi year pressure ridges in the Canadian Beaufort Sea", by B. Wright and J. Hnatiuk, Gulf Canada Resources Inc. and A. Kovacs, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, do., 1979.
48. "Sea ice and icebergs", by G.R. Peters, Memorial University of Newfoundland, do., 1979.
49. "Correlation of storms and major ice movements in the nearshore Alaskan Beaufort Sea", by D.J. Agerton, Shell Development Co. and J.R. Kreider, Shell Oil Co., do., 1979.

50. "A five-year sea ice climatology of the Bering Sea derived from satellite observations", by J.C. Barnes and C.J. Bowley, Environmental Research & Technology, Inc., do., 1979.
51. "Iceberg investigation along the west coast of Greenland", by J. Dietrich, R. Zorn and A.H. Nielsen, Danish Hydraulic Institute, do., 1979.
52. "Sea-ice observations by satellite in the Bering-, Chukchi-, and Beaufort Sea". by K. Ahlmas, University of Alaska and G. Wendler, University of Alaska, do., 1979.
53. "Large winter ice movements in the nearshore Alaskan Beaufort Sea", by D.J. Agerton, Shell Oil Co., 6th POAC, Quebec, 1981.
54. "Canadian Beaufort Sea ice characterization", by R.S. Pritchard and M.D. Coon, Flow Research Co., do., 1981.
55. "Beaufort Sea first-year ice features survey - 1979", by R.G. Sisodiya, Gulf Research and Development Co. and K.D. Vaudrey, Vaudrey & Assoc., do., 1981.
56. "Multi-year pressure ridge study Queen Elizabeth Islands", by D.F. Dickins, DF Dickins Engineering and V.F. Wetzel, Suncor Inc. do., 1981.
57. "Ice studies aid in the successful completion of the Norton Sound C.O. S.T. Well", by L. Wolfson and W.M. Evans, ARCO Oil and Gas Co., do., 1981.
58. "Summer ice conditions in the Prudhoe Bay area, 1953 - 75", by G.F.N. Cox, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory and W.S. Dehn, Sea Ice Consultants, do., 1981.
59. "Chukchi Sea ice motion", by R.W. Reimer, J.C. Schedvin and R.S. Pritchard, Flow Research Co., do., 1981.
60. "Aspects of the propulsion power of Arctic vessels, considering their operating environment", by S.T. Mathews, National Research Council of Canada, ICE TECH '75, 1975.
61. "A monopod drilling system for the Canadian Beaufort Sea", by W. Jazrawi and J.F. Davies, Imperial Oil Ltd., do., 1975.
62. "Commercial marine transportation of Arctic natural resources", by J.B. Montgomery and C.R. Jordan, Newport News Shipbuilding, ICE TECH '81, 1981.
63. "Arctic marine shipping route evaluations", by D.F. Dickins, D.F. Dickins Engineering, do., 1981.
64. "A ship transit model for passage through ice and its application to the Labrador area", by R.J. Gill, A. Aboul-Azm and B.F. Terry, NORDCO Ltd., and W.E. Russell, Petroleum Directorate, Government of Newfoundland and Labrador, do., 1981.
65. "Ice conditions affecting navigation in the Beaufort Sea", by B.D. Wright, D.L. Schwab, and D. McGonigal, Gulf Canada Resources Inc., do., 1981.
66. "Evaluating commercial Arctic marine transportation with Polar Class", by R.P. Voelker and F.W. DeBord, Arctec, Inc., T. Brennan, U.S. Coast Guard, and C.W. Parker, U.S. Maritime Administration, do., 1981.

67. "Man-made ice structures for Arctic marine use", by A.R. McKay, University of Alaska, International Symposium on Ice, INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR HYDRAULIC RESEARCH, Reykjavik, 1970.
68. "The morphology and physical properties of pressure ridge: Barrow, Alaska, April 1969", by W.F. Weeks and A. Kovacs, U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory, Ice Symposium, IAHR, 1970.
69. "Offshore mooring structure for the Arctic", by B. Michel, Laval University, do., 1970.
70. "The nutcracker ice strength tester and operation in the Beaufort Sea", by K.R. Croasdale, Imperial Oil Co., do., 1970.
71. "Sea ice pressure ridges in the Beaufort Sea", by B.D. Wright, Gulf Oil Canada Ltd., Ice Symposium, IAHR, Lulea, 1978.
72. "Ice forces on large marine structures", by K.R. Croasdale, Dome Petroleum Ltd., Ice Symposium, IAHR, Quebec, 1981.
73. "The Arctic Circle", OFFSHORE, April, 1976.
74. "Two new rigs conduct Gulf of Alaska program". by R. Robertson, OFFSHORE, December, 1976.
75. "Ice technology (Industry "'crushes'" frozen obstacles. T.G. Tompkins and Thrusters increase maneuverability, H. A. Bach)", OFFSHORE, February, 1979.
76. "Arctic technology", by L. LeBlanc, OFFSHORE, May, 1980.
77. "The United States report (Alaska OCS - game of Giant fields, P.T. Hanley, W.W. Wade and M.L. Feldman, Dames & Moore; Bering basins show good potential, P.T. Hanley and W.W. Wade, Dames & Moore)", OFFSHORE, April, 1981.
78. "Arctic report (Canadian Arctic pace quickens, M. Keeley; Icy past keeps Panarctic in forefront; Arctic LNG project near approval; Arctic survival takes special skills; Arctic tests crack ice theories, J. Bell, OFFSHORE, July, 1981.
79. "Ice-breaking drillship for Arctic exploration", OCEAN INDUSTRY, July, 1973.
80. "Drilling from ice raft in 467-ft water (digest of a paper by H.J. Strain, Panarctic Oils, Ltd.)", OCEAN INDUSTRY, October, 1975.
81. "Production in the Beaufort Sea - feasible by Mid-1980s", by G.R. Harrison, Dome Petroleum Ltd., OCEAN INDUSTRY, August, 1980.
82. "Ice production platform for icy waters ?", OCEAN INDUSTRY, April, 1981.
83. "Arctic drilling barge study", by Westburne International Industries Ltd., The Foundation Company of Canada Ltd. and SEDCO, Inc., Arctic Petroleum Operators' Association, Report 13-1, 1971.
84. "Feasibility study ; Exploratory drilling systems, Beaufort Sea", by Santa Fe-Pomeroy Arctic Services, APOA Rport 12-1, 1971.
85. "Drilling operations guide", by Drilling Subcommittee of APOA, APOA Report 8-1, 1973.

86. 三井造船: "News Flash No.42", 1981
87. Offshore Engineer Supplement, Dec., 1977
88. "North America's Potential to Stabilize the World Energy Supply", 1981, by J.P. Gallagher, 2nd World Congress of Chemical Engineering
89. ソ連 Licensintorg 文献
90. 特許出願公告 昭54-11598, 「薄壁構造体の表面から除氷する除氷装置の電気装置」
91. 三井造船カタログ "Discoverer 534"
92. The Offshore Co. カタログ, "Discoverer 534"
93. Inter Ocean Systems, Inc. カタログ, "Rig Anchor Release"
94. 石川島播磨重工業カタログ, "Remote Releasing Mooring Unit"

3.3.8. 円柱模型に働く氷荷重の研究

氷海中の海洋構造物には、流水等による巨大な氷圧力が作用する。この氷圧力は一般には波力等の流体力に比して著しく大きく、設計上の支配外力となる。従って、構造物に働く氷荷重を正確に推定し、これを軽減する工夫・設計が必要となり、氷荷重に関する研究が各国で進められている。

本研究部会においても、円柱あるいは円錐体等の基本構造要素に作用する氷荷重を調べるため、船舶技術研究所氷海船舶試験水槽において模型実験を行うこととした。昭和56年度においては円柱模型により実験を計画したが、計測システム等の整備に手間取り、実験は、次年度に持越すこととなった。

円柱等に作用する氷荷重を測定する方法としては

- (1) 円柱模型を曳引する方法
 - i) 円柱を水槽底に設置
 - ii) 曳引車より吊下げ
- (2) 円柱模型を固定し、氷板を移動する方法
 - i) 水面に浮ぶ氷板を移動
 - ii) 切出した氷板を使用する。

に大別される。船舶技術研究所においては、氷水槽曳引車より円柱模型を吊下げる方式を採用している。氷水槽曳引車上の計測ルール（ラック併設）上を微速で前後進する補助台車（三分力計ガイド）下部の三分力計に円柱が取付けられ、氷圧力が測定される。補助台車の概要を図3.3.8.1及び2に示す。

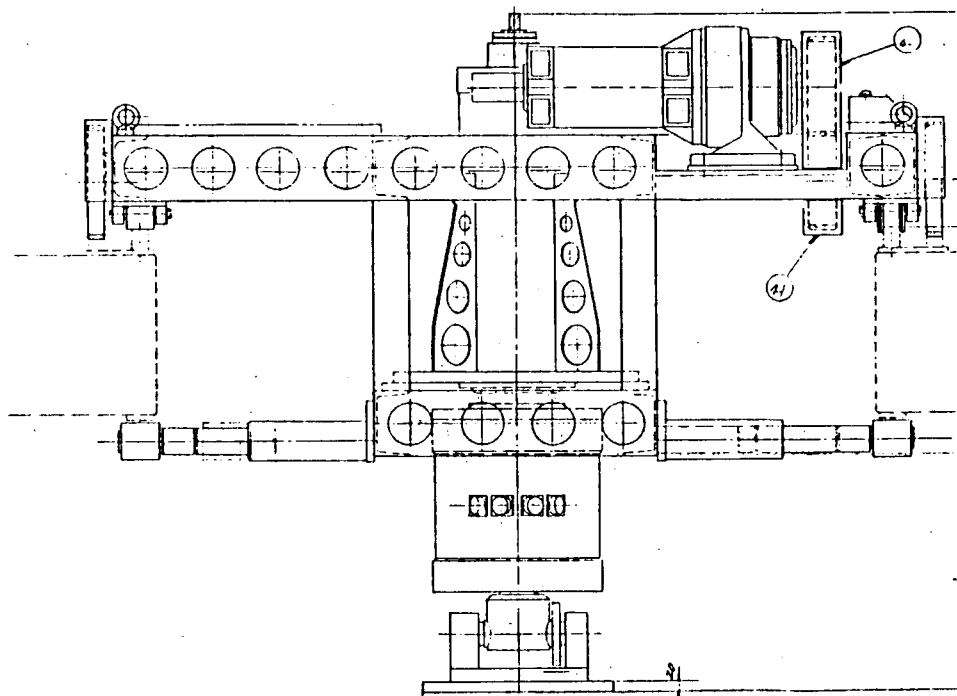


图 3.3.8.1

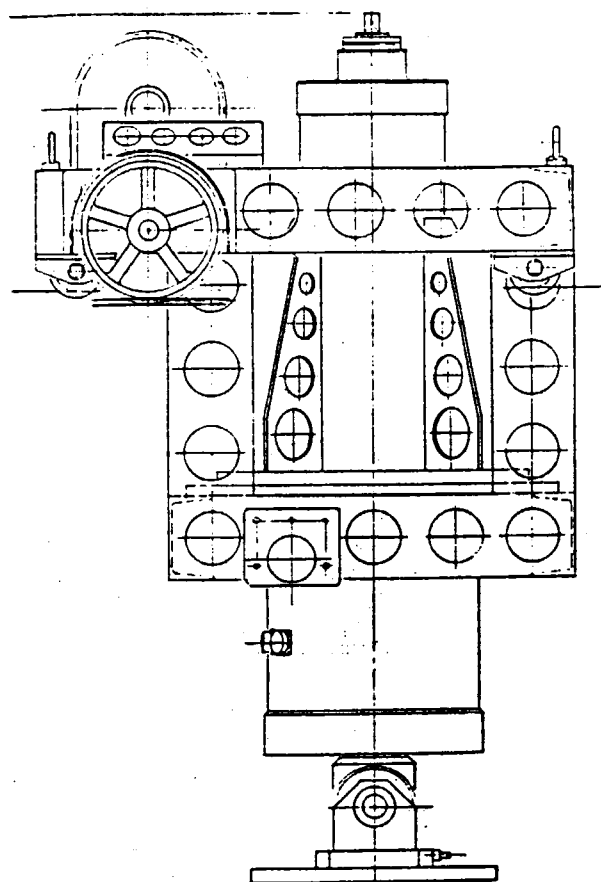


图 3.3.8.2

4. ま と め

4.1 今年度の研究成果について

本研究部会の研究計画は緒言に述べたように、外的状況の変化に対応して計画の見直しが行なわれ、本年度が実質的な初年度となった。このため、本年度に関してみれば未だ本格的成果を得るには至っていないが、船舶技術研究所氷海船舶試験水槽における模型試験も順調に進められつつあるので次年度にはこれらをまとめて報告することとしたい。

氷海用リグについては、実機建造が始まってはいるものの、具体的な設計法は確立されておらず、技術課題は氷海船舶同様山積しているのが実情である。従って、本年度においては代表的な氷海用リグについてその state-of-arts を調査し、次年度以降の研究の指針に資する調査研究を行なった。

4.2 今後の研究方針について

本研究部会の実施した、昭和55年度の氷海タンカーの概念設計及び今年度の氷海リグの調査により、表4.2.1に示すような北方資源の開発輸送に係る様々な技術課題が明らかになった。これに基づいて本研究部会は昭和59年度に至るまでの研究計画を決定したが、全ての課題について研究を行うことは現実問題として不可能である。

しかしながら、わが国としてはこうした技術課題の研究開発に積極的に取り組み、1980年代後半と予想される北極海における原油の商業生産並びに1990年頃と推定される氷海タンカーの就航に対し、設計、建造、運航等の面で対処できるだけの技術を確立しておく必要がある。

このためには、氷海船舶及び海洋構造物の設計建造技術の確立を目的とした長期に亘る総合的な研究計画を策定するとともに、それぞれの研究課題に応じた国立又は民間研究機関を調整、配置して、ムダの無い合理的な研究体制を整える必要がある。

こうした考えにそって、本研究部会で作成した総合研究計画の案を表4.2.2に例として掲げた。

尚、表4.2.3及び4.2.4にそれぞれの研究課題が氷海船舶及び海洋構造物の設計、建造にどのように関わっているか参考として示した。

表4・2・1 北方資源の開発輸送に係る技術課題一覧

	技 術 課 題	調 査 研 究 項 目	実施分担 (案)
共通 技術 課題	① 氷海の実態把握	気象データの収集と予報システムの確立 氷象データの収集と予報システムの確立 海象データの収集と予報システムの確立 海底土質データの収集 実船による調査	造研・官 造研・官 造研・官 民 造研
	② 氷海用材料	低温用材料の研究開発 氷海用ペイントの開発	民 民
	③ 救命・救難システム	氷海域海難救助システムの研究 氷海域用救難器材の開発 氷海域用救難器材の評価	船研 民 船研
	④ 流出油対策	氷海油濁防止システムの研究 流出油回収法の研究 回収船の性能評価 油濁防止機器の開発	船研 海環技研 海環技研 民
	⑤ 氷荷重	氷荷重の研究 氷荷重データの収集 氷荷重を軽減する船型の研究	船研 造研 民
氷海 域 輸 送 技 術	⑥ 氷海船舶の設計	概念設計 概略試設計 試設計	造研 造研 民
	⑦ 船舶の推進・操縦・運動性能	氷海における砕氷能力の研究 氷海船舶の船型の研究 氷海中における操縦性能の研究 氷海中における安定性の研究 砕氷抵抗軽減装置	船研 造研 船研 船研 民
	⑧ 耐氷構造	船体構造の安全評価技術の研究 氷荷重に耐えられる船体構造の研究 野外模型実験	船研 造研・民 民
	⑨ 推進プラント	推進プラントの耐水性の研究 氷海用推進プラントの設計法の研究 氷海用推進プラントシステムの研究	船研 造研 民

	技 術 課 題	調 査 研 究 項 目	実施分担 (案)
水 海 域 輸 送 技 術 (つじき)	⑩ 航海設備等	艤装品の耐寒要件の研究 耐寒艤装品の研究 極地用航海計器の開発	船研 民 民
	⑪ 氷海用特殊装置	砕氷メカニズムの研究 着氷・膠着機構の解明 特殊砕氷装置の研究 着氷・膠着防止装置の研究	船研 船研 民 民
	⑫ 航海技術	乗員訓練法の研究 資格制度の調査策定 氷海航法の研究	
	⑬ 回航・移動法	大型氷海用海洋構造物の回航法の研究 大型氷海用海洋構造物の移動法の研究	造研 造研
	⑭ 位置保持	着底・係留・位置保持法 緊急離脱及び再貫入法 氷塊排除対策	造研・民 民 民
	⑮ 作業船	耐氷・砕氷性能の評価 作業能力の強化 ベイロードの大きい氷海用バージ	造研・民 民 民
	⑯ 耐氷構造	構造の安全評価技術の研究 氷荷重に耐えられる構造様式の研究 野外模型実験	船研 造研・民 民
	⑰ 氷海用特殊装置の研究	砕氷メカニズムの研究 着氷・膠着機構の解明 特殊砕氷装置の研究 着氷膠着防止装置の研究	船研 船研 民 民

表4・2・2 北方資源の開発輸送に係る技術課題総合研究計画(案)

	調査研究項目	実施分担	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
①	気象データの収集と予報システムの確立	造研・官		←	→	→		→	→	→	→	→	→
	水象データの収集と予報システムの確立	造研・官		←	→	→		→	→	→	→	→	→
	海象データの収集と予報システムの確立	官											
	海底土質データの収集	民											
実船による調査	造研			←	→								
②	低温用材料の研究開発	民											
	水海用ペイントの開発	民											
③	水海域海難救助システムの研究	船研									→		
	水海域用救難器材の開発	民			→	→					→		
	水海域用救難器材の評価	船研			→	→			→				
④	水海油濁防止システムの研究	船研											
	流出油回収法の研究	海環技研		←				→					
	回収船の性能評価	海環技研						→	→				
	油濁防止機器の開発	民										→	
⑤	水荷重の研究	船研		←									
	水荷重データの収集	造研		←									
	水荷重を軽減する船型の研究	民										→	→

	調査研究項目	実施分担	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
⑥	概念設計	造研	←	→									
	概略試設計	造研					↔						
	試設計	民								---	→		
⑦	水海における砕氷能力の研究	船研	←	→			→						
	水海船舶の船型の研究	造研	←	→			→						
	水海中における操縦性能の研究	船研						---			→		
	水海中における安定性の研究	船研						---			→		
	砕氷抵抗軽減装置	民						---			→		
⑧	船体構造の安全評価技術の研究	船研						---			→		
	水荷重に耐えられる船体構造の研究	造研・民			←	→		---			→		
	野外機型実験	民	→			→							
⑨	推進ブラントの耐氷性の研究	船研			←	→		→					
	水海用推進ブラントの設計法の研究	造研			←	→		→					
	水海用推進ブラントシステムの研究	民	←	→			→						
⑩	機装品の耐寒要件の研究	船研	←	→						→			
	耐寒機装品の研究	民	---	---				---			→		
	極地用航海計器の開発	民	---	---				---			→		
⑪	砕氷メカニズムの研究	船研	←	→			→						
	着氷・膠着機構の解明	船研	←	→			→						

	調査研究項目	実施分担	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
⑪	特殊砕水装置の研究	民			—	—	—	—	—	—	—	—	—
	着水・膠着防止装置の研究	民					—	—	—	—	—	—	—
⑫	乗員訓練法の研究	官											
	資格制度の調査策定	官											
	水海航法の研究	官											
⑬	大型水海用海洋構造物の回航法の研究	造研			↔								
	大型水海用海洋構造物の移動法の研究	造研			↔								
⑭	着底・保留・位置保持法	造研・民			↔	↔				—	—	—	—
	緊急離脱再買入法	民								—	—	—	—
	水塊排除対策	民								—	—	—	—
⑮	耐水・砕水性能の評価	造研・民			↔	↔							
	作業能力の強化	民											
	ペイロードの大きい水海用パージ	民											
⑯	水荷重に耐えられる構造様式の研究	造研・民			↔	↔							
	野外模型実験	民			↔	↔							
⑰	砕水メカニズムの研究	船研											
	着水・膠着機構の解明	船研											
	特殊砕水装置の研究	民			—	—						—	—
	着水・膠着防止装置の研究	民											—

表 4・2・3 氷海用商船の設計建造に係る技術

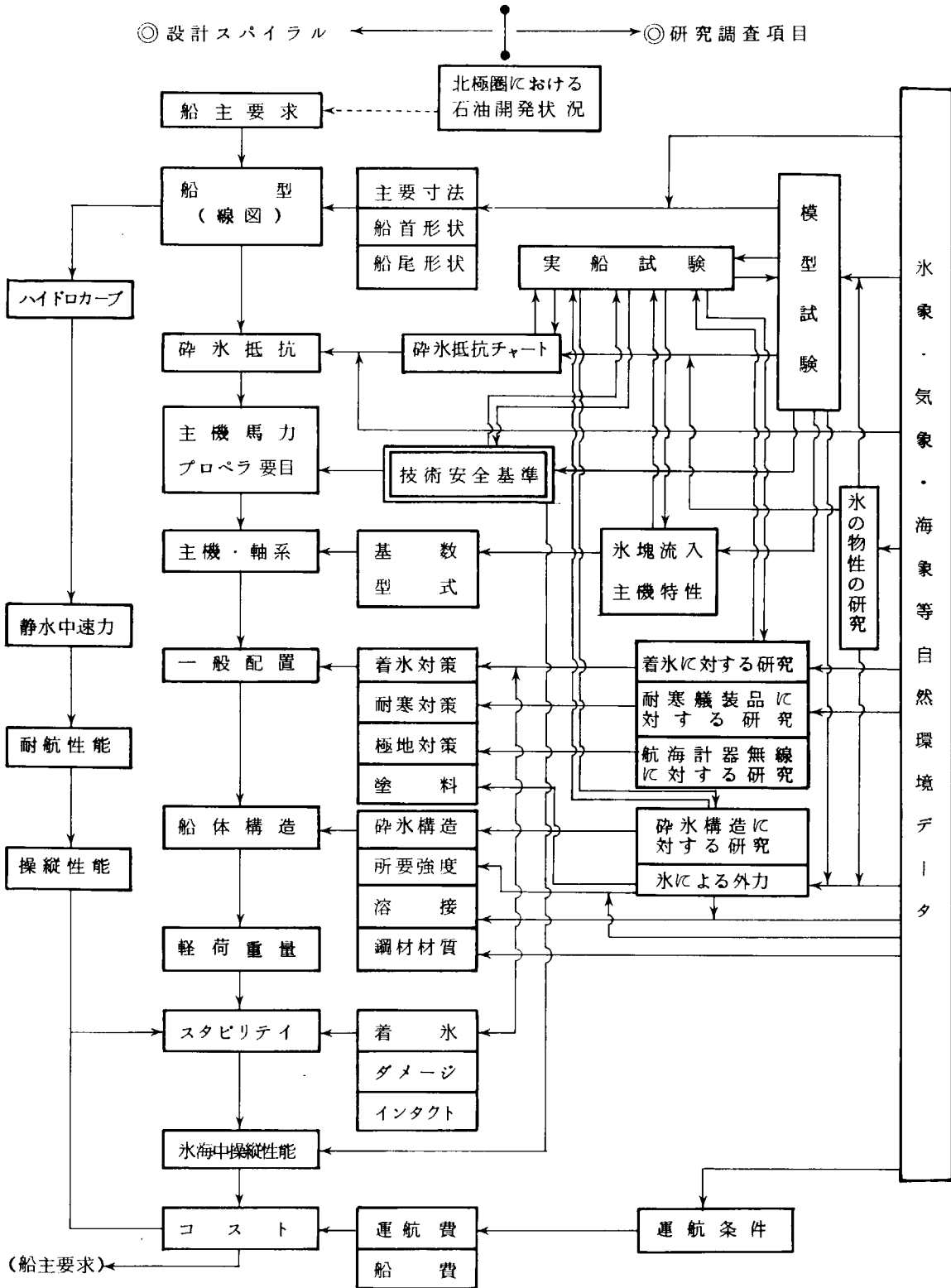


表4・2・4 氷海用海洋構造物の設計建造に係る技術

