

日本船舶振興会昭和42年度補助事業
“船舶の経済性向上に関する調査”

研究資料 No. 81

第 105 研 究 部 会

碎氷型商船と北方航路その他に関する調査

昭 和 4 3 年 3 月

社 团 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

はしがき

本報告書は日本船舶振興会の昭和42年度補助事業「船舶の経済性向上に関する調査」の一部として日本造船研究協会が第105研究部会においてとりまとめたものである。

第105研究部会委員名簿(五十音順、敬称略)

部会長	菅 四郎	(日本造船研究協会)
委員	石井 正夫	(浦賀重工業)
"	伊藤 達夫	(川崎汽船)
"	大塚 強	(日本鋼管)
"	大野 檜	(三菱重工業)
"	岡田 宏平	(吳造船所)
"	渋谷 亨	(日本海事協会)
"	菅沼 清	(川崎重工業)
"	塙本 周吉	(函館ドック)
"	徳永 陽一郎	(海上保安庁)
"	長塚 誠治	(石川島播磨重工業)
"	浜田 裕輔	(ノース通信社)
"	平井 敏郎	(大阪商船三井船舶)
討議参加者	白井 淑郎	(ノース通信社)
	木村 俊久	(石川島播磨重工業)
	中村 和夫	(三菱重工業)

緒 言

今日世界の造船界、海運界にとつて残された問題の一つは北極海を初めとし各地方の氷結する水域において一年中継続して航海上を保証する問題をどう解決するかである。

これまで日本ではこの問題は比較的無関心に放置されてきたが、日本と地理的に近いンペリヤ、アラスカ、カナダ北部の天然資源（石油、天然ガス、木材、鉱石など）が次々と開発されつつある折からこれは最早等閑視できない問題になつた。原料資源を市場に送るための海上輸送を解決した国が、これらの膨大な資源の事実上の管理者、利用者となるのであり、北方資源はここ数年来輸送技術の解決待ちの状態である。

まず手近かの問題として砕氷型商船の建造が急務である。日本にこの種の貨物船があればソ連と共同でシベリヤ開発を北方の海域からとりくむことができる。日本船を使ってオホーツク海のナガエボ、北極海のチクシに配船する可能性が生れる。またアラスカのノームやバロー岬向けにも使える。

原子力船は北方の氷海を克服することにまず利用された。ソ連は砕氷船レーニン号で、米国は潜水艦ノーチラス号などで早く実験し未曾有の成果を収めた。高価な原子力船を商業ベースで運営する価値のある水域は普通の海ではない。厚い氷のため通常の輸送船では力の及ばぬ北極海やそれに隣接する氷海に、一年の大部分にわたって使うことができてこそ初めて原子力商船はその効果を最大に發揮できるのである。

日本で原子力商船開発が遅れている理由の一つはその実用化のビジョンがつかめていないからだといわれている。北極を中心とする北方圏の各国経済開発の現状とその成行きをまず知る必要がある。

本調査は米、ソ、加、などすでに北方の開発にスタートを切つた国々の海上輸送とそれに使用する船舶について、また日本に關係の多い北方の経済価値についての基礎的資料をまとめたものである。

なお本調査はノース通信社（社長浜田祐輔氏）に委嘱して行なつたものである。

目 次

第1編 碎氷型商船と北方航路に関する基礎的調査	1
第1章 Polar vessel または ice class boat と呼ばれる商船の船級規則の調査	1
(I) ソ連の規則、特にソ連船級協会(レギストルUSSR)とNKとの関連	1
(a) 耐氷に関するソ連船級協会の要求	1
(b) 氷中航行船の強度について	4
1. 碎氷船のクラス分け	4
2. 氷海航行輸送船のクラス分け	4
3. 船舶の強度と定格氷中荷重との比較	5
4. 耐氷帯外板の寸法と厚さ	5
5. ソ連その他の国々の碎氷船耐氷型輸送船の研究沿革	7
(II) フィンランド耐氷船級の新諸規定(1966年)	8
第2章 日本建造の碎氷型船と日本の建造実績の調査	18
第3章 北方航路などの実態調査	22
(I) 冬期日本海オホーツク海経由シベリヤ沿岸航路	22
1. ソ連の北洋航路	22
2. ソ連政府推薦コースによる距離	24
(II) ア拉斯カ定期航路	31
1. ア拉斯カ北端バロー岬航路	31
2. アラスカー日本間就航予定のLNGタンカー	32
(III) セントローレンス水路の冬期利用	33
(a) アメリカ、カナダが共同で開発している北西航路の実態	34
(b) 若干の技術的问题	41
1. 氷海を航行する船舶の準備	41
2. 輸送船の氷中航行速力について	46
(VI) 北極海沿岸における日米、日ソ、日加共同航路	52
(VII) 南極経由航路の開発および昭和基地向けタンカー配船	53
第4章 主要各国の碎氷型フリートの整備状況と明細の調査	54
第2編 北方潜水航路と潜水商船に関する基礎的調査	65
第1章 潜水商船を利用する航路の調査	65
(I) 北部アラスカ石油、カナダ領北部石油など積取りのための北西航路(北米大陸沿岸迂回)	65
(a) アラスカ北部開発状況と輸送計画	65
(b) カナダ北部の石油、銅の開発と輸送	67
(c) シードラゴン号の潜航の記録と意義	68
(II) シベリヤ北東部迂回ユーラシア大陸北岸に沿つて航行する北東航路	69
(a) 潜水艦による北洋航路初横断	69
(b) ソ連の北極潜水商船に特有な考え方	69
(c) ソ連の潜水商船利用計画	69
(III) 太平洋一ペーリング海峡一北極点一大西洋を結ぶ横断航路	70

1. ノーチラス号潜航航路	7 0
2. スケート号潜航航路	7 2
3. 問題点	7 5
第2章 各航路の氷、水深、海底起伏などの海洋学的諸要素の基礎的調査	8 2
(a) 中央部北極海の海盆における調査	8 2
(b) シベリヤ北東部迂回ユーラシア大陸北岸に沿つて航行する北東航路	8 9
(c) 北西航路	9 0
第3編 参考に使つた資料	9 5

第1編 碎氷型商船と北方航路に関する基礎的調査

第1章 polar vessel または ice class boat と呼ばれる商船の船級規則の調査

(I) ソ連の規則、特にソ連船級協会(レギストルUSSR)とNKとの関連

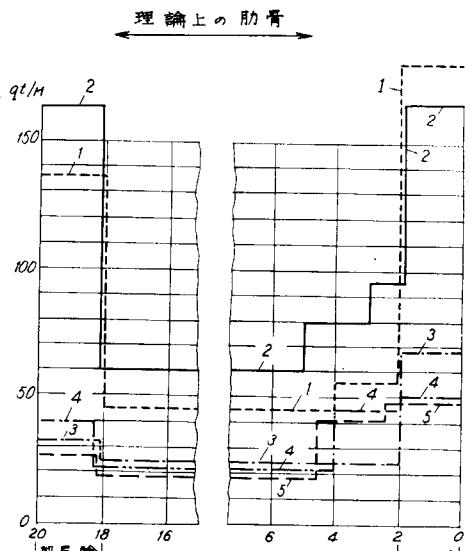
(a) 耐氷に関するソ連船級協会の要求

氷海航行をするために耐氷強化を施すソ連の船が外国の造船所で建造されており、それらの船は各国の船級協会の耐氷船級規則に適合するように建造されている。これらの船が引渡された後色々な氷状の下で運航しうるためには、注文主や船舶運航者は諸外国船級協会の船体の強度に対する要求規則を知悉していることが必要である。別表は耐氷強化を施されていない通常船に対する耐氷強化船の船体強度の程度を示す。別図は各国船級協会およびソ連船級協会の資料にもとづく氷海航行船の肋骨の実際の強度を示す。

氷海航行船の強度に関して各国船級協会の規則が要求している事項や強化工事のカーブ等を比較対象分析してみるとその結論として次のことがいえる。

1. 北極海その他冬期氷結する海域における貨物輸送量の増大および貨物船の貨物積載量と速力の増加は、氷海航行貨物船の強度増加に対する要求が絶えず増大していることを示している。
2. 各国の船級協会の中で英国のロイドが氷海航行船の補強について最も高い要求を出している。
3. 肋骨、外板および耐氷強化区域の長さ高さについては、ソ連船級規則のウエル・クラス船に対する要求はすべての他の船級協会の規則による最高の耐氷クラス船に対する要求より一段高い。
4. 船首部肋骨に関するソ連船級規則のエル級に対する要求は、ロイドの耐氷船級Ⅱに対する要求と同等であるが、船首端部の外板板厚に対するソ連船級規則の要求は、ロイドのそれより薄いから、エル船級の耐氷強度はロイドの規則のⅡ級船より劣る。
5. 船体の氷帶部の外板板厚の増大に関するロイドⅠ、Ⅱ級船に対する要求は、動力装置の大小を考慮に入れているが、これは氷海航行速力が氷海航行時の貨物積載量の大小に影響を与える点から観て論拠のあることであるから、ソ連船級規則が氷海航行船に対する新しい規則を設ける場合には考慮にいれるべきであろう。
6. 氷海を航行する船の外板と肋骨の強度を決める場合、各国の船級協会は氷海航行中の積荷量、船体の形状、氷中における速力、氷の厚さおよび強度等を規定する基本的要素について考慮を払っていない。このことが耐氷補強に関する要求を不十分なものにしている。ソ連船級規則の新規則を定める場合には、上記諸要素の作用を実地に試して、氷海航行時の各部耐氷構造の寸法を決定する方法を検討すべきである。

〔別図〕



重線間長 150 M. 幅 20.5 M. 深 12.0 M.
吃水 8.4 M. 載貨重量 10.000t

各船級協会の最高の耐氷クラスにおける規定による構造の船の強度

1. LR (1958) クラス 1
2. R.USSR クラス UL
3. GL (1956) クラス E+
4. NV (1958) クラス IAIIJs
5. NK (1958) 耐氷補強

〔別表〕

各國船級協会規定に示された氷海航行輸送船の強度に対する基本的補足的諸要求の総合表

船級協会名	規定した年	耐氷クラス	外板					フ		
			耐氷帶の巾 (m)		通常船の中央部の外板厚さに対する外板厚さの増大率および強化区域の長さ			肋		
			L W L より上	空荷 W L より下	船首 (船首材から)	中央部	船尾	船の縦方向における強化区域と肋		
								主肋骨		
								船首舷	船首尾間船艤	
R.USSR	1956	UL(ARKT)		補足的強化は各ケースに応じて許可を受けること。						
		U L	0.5	B W L より下 1.0	0.15 L間 60 但し25mm以下	15	船尾材から 0.15 L間 20	0.15 L間 130	0.25 L間から50 中央部の主肋骨は 基本規定による	
		L	0.4	全上 0.9	0.15 L間 40 但し25mm以下	—	—	(0.25-0.25) L間 中央部の主肋骨は 基本規定の20%増	—	
I. R	1958	1	0.76	0.61	2.5 B 間 50 但し25.5mm以下 12.5mm以上	25	2.5 但し25.5mm以下 12.5mm以上	—	—	
		2	0.76	0.61	B 間 50 但し25.5mm以下 12.5mm以上	15	1.5 但し25.5mm以下 12.5mm以上	—	—	
		3	0.76	0.61	B 間 50	—	—	—	—	
A B	1959	A I (耐氷)	0.915	0.915	0.6 L間、但しL=7.6mの船は 15mm以上 L=15.2mの船は25.5mm以下		—	—	—	
N V	1958	I A I J _s	0.5	0.5	(6+0.11 L) mm 以下でB 間 25mm 以下		—	—	—	
F B N	1958	1 A	0.5	0.5	1.5 B 間 50 但し12mm以上 25mm以下	25	25	—	—	
		1 B	0.5	0.5	B 間 25 但し10mm以上 25mm以下	15	15	—	—	
		1 C	0.5	0.5	全 上	—	—	—	—	
B V	1959	«Ice»	0.61	0.61 B W L より下	L=60~120mにおいて0.2 L間 50 但し25mm以下	—	—	—	—	
		I, II, III級はそれぞれフィンランドの海事協会規定の1A, 1B, 1Cと一致する。								
G L	1956	E +	0.6	0.6	0.15 L間 50 但し25mm以下	—	—	—	—	
		E	0.6	0.6	全 上	—	—	—	—	
N K	1956	耐 氷	0.915	0.915	0.2 L間 (5.1+0.13 L) mm 但し15mm以上 25mm以下	—	—	—	—	
P R	1957		L _A , L _B , Lはそれぞれフィンランドの海事協会規定の1A, 1B, 1Cと一致する。							
R I	1956		補足的強化は特別許可を受けること。							

- 注意 1. 船首尾艤の縦通材はレギストル・U S S Rの規定以外は基本規定によつてきめる。
 2. 氷帶外板の厚さより船の強化されていない部分の外板への移行は漸次でなければならぬ。
 3. 主機関の出力係数の項は1962年の表になかつたが別の資料に基いて追加した。

レーミング			船首尾材	舵	軸		推進器	主機関の出力係数
骨		船側縦通材	船首材 船尾材	舵頭材	クランク軸 推力軸	船尾軸		S H P = C. L. B. の C
骨抵抗率の増加率 %	舷の高さに對して 中間肋骨の高さ	縦通材取付区域(船 首材からの距離)及 び縦通材間隔 m	断面積の 増大率 %	直 径 増大率 %	中間 直 径 増大率 %	直 径 増大率 %	材料の 強度と σ_B	Kg/mm ²
船尾艤	中間肋骨 (船首材から)							
130	全長に亘り 所要区域の主肋骨 の 50	夏期 L WL 上の甲板 から肋板上端まで	枠型フレーム式で 間隔は 1.8 - 2.0 m 以内がよい	50	25	25	8	14 強化
-	(0.20 - 0.25) L 間 主肋骨の 70	全 上	間隔は 1.8 - 2.0 m 以内	25	-	10	-	5 -
-	全長に亘り 主肋骨と全じ	LWL 上 0.76 m から 軽喫水線下 0.915 m まで	中間肋骨が主肋骨の 7.5% のとき長さ 1.5 B 間 1.85 m 以上	25	25	25	8	15 44
-	2.5 B 間又は LWL 上最大横断面まで 主肋骨に全じ	全 上	全 上	25	25	12.5	4	8 44
-	1.5 B 間規定表に よる	》	》	1.0	7.5	7.5	-	5 44
-	0.6 L 間船首艤内 主肋骨の 75	LWL 上の甲板から 肋板迄	-	-	-	10	-	単推進器 5 双 " 10 -
-	1.5 B 間船首隔壁 から船首部で (B/160+10) cm ³ 船尾部で (B/100+10) cm ³ 但し主肋骨の 75 % 以下	LWL 上 0.5 m から 軽喫水線下 1.5 m まで	-	-	-	25	-	5 45
-	全長に亘り 主肋骨と全じ	冬期 LWL 上 0.5 m から二重底縁板又は 肋板まで	-	25	25	11	8	15 50 1.75 (1.40)
-	船首材から 2 B 間 主肋骨と全じ	全 上	-	15	10	6	4	8 - 1.30 (1.05)
-	全 上	》	中間肋骨が主肋骨の 7.5% のとき 2 B の間	-	-	4	-	5 - 1.00 (0.80)
-	(0.20 - 0.25) L 間 規定表による	LWL 上の甲板から 肋板まで	中間肋骨が主肋骨の 7.5% のとき 2 B 間	-	-	10	-	5 -
-	0.075 L 間 船首艤内の主肋骨 の 75	LWL 上 0.9 m から 軽喫水線下 0.9 m まで	最大巾の点まで 間隔は 2 m 以内	溶接鋼板製 船首尾材の厚 さは水帶に接 する外板より 薄くないこと	10	-	-	45
-	B の間 船首艤内 主肋骨の 75	全 上	0.15 L 間 間隔は 2 m 以内	-	-	-	-	-
-	0.2 L 間 船首艤内 主肋骨の 75	補強部上の甲板から 肋板まで	0.2 L 間	-	-	10	-	単推進器 5 双 " 10 -

N K 規則耐氷補強案と U S S R 耐氷補強規則の比較

N K はソ連船級協会と業務提携を行なつてゐるが、1967年にソ連船級協会の耐氷規則をはじめ L R, A B の耐氷規則を参考として、耐氷規則改正案の作製と検討を終り、近く運輸省の承認があり次第正式に規則として採択される由である。ここでは各国耐氷規則について調査を行なつた関係上、N K と U S S R の両規則の比較を行なつてみる。

(1) N K の改正案では A*, A, B, C の 4 クラスの耐氷を考えているが、これは L R, B V, G L, N V, F B N 等の考え方を採つており、U S S R がウー・エル・アルクト、ウーエル、エルの 3 クラスの耐氷を考えているのと異つてゐる。

(2) 規則の内容から見ると、U S S R のウーエルは N K の A IC、また U S S R のエルは N K の B IC に該当する。

(3) 耐氷船の船体の長さ方向の補強の範囲について N K は船体部では船首より満載喫水線最大幅までの距離の 1.1 倍または 0.2 L の中の大なる方をとつてゐるが、U S S R では F P より 0.05 L 後方までとしている。他の船級協会の行き方から考えて、N K の行き方が U S S R のそれより合理的であると考えられる。

(4) 耐氷外板の板厚の算定については、N K は舷側外板に氷塊が接触する場合、外板に垂直に加わる力 P を氷塊の質量と氷塊と舷側との相対速度の積に比例するものとし、U S S R の考え方を採り入れて、速力の修正や舷側外板の傾斜による修正を行なつて板厚を定めている点は、他の L R, B V, G L, N V, F B N の行き方に比較して合理的である。

(5) 艤内肋骨については、U S S R は特設肋骨と舷側縦通材との組合せ方式を採つてゐるのにならつて、N K もこの行き方を採つてゐる。これは他の船級協会の規則に較べて合理的である。

(6) 構造材料については、U S S R 規則には規則があるが、N K も使用材料の低温における亀裂特性を考慮して材料の規格を定めている。他の船級協会の規則には、材料の規格が定められていないので、この点は注目すべきことである。

(b) 氷中航行船の強度について

1. 砕氷船のクラス分け

北極洋砕氷船すなわち 1 級砕氷船は、2 万馬力以上の動力装置をもつ砕氷船で、航行用運河の開設、船舶の誘導、氷の破碎、曳船、北極海での全航海にわたる厚い氷の壁や氷塊などの突破を目的とする。この砕氷船は冬期氷の多い場合に凍結寸前の北極海以外の海（バルト海、白海、オホーツク海）でも利用される。このクラスに属するものとして原子力砕氷船「レーニン」（44,000 馬力）や「モスクワ」型砕氷船（22,000 馬力）がある。

中級砕氷船すなわち第 2 級砕氷船は 9,000 ~ 20,000 馬力の砕氷船を指し、運河開設、船舶の誘導、氷の破碎、曳船、夏秋期に北極海で、冬期に凍結寸前の北極海以外の海で氷の壁や氷塊の突破に用いられる。この砕氷船は北極洋砕氷船と共同で航路の氷状の困難な海域で船舶の誘導をする。このクラスの船として砕氷船「シビーリ」、「クラシン」を挙げることができる。

港用砕氷船すなわち第 3 級砕氷船には各種港湾、夏秋期における北極海の停泊地、冬期に凍結寸前の北極海以外の海での運行作業、1, 2 級の砕氷船と共同で船舶の誘導作業に従事する砕氷船が属する。この級の砕氷船の動力装置出力は非常に広範囲にわたるが、通常 5,000 ~ 6,000 馬力をこえない程度である。このクラスの船舶には砕氷船「イリヤ・モロメツ」（3,700 馬力）と「レダコルー I」（5,400 馬力）が属する。

2. 氷海航行輸送船のクラス分け

ウー・エル 北極海クラスの用途目的は北極海、南極海で航海期の全期にわたり砕氷船の誘導による組織的な航海および厚さ 0.5 m までの一面の氷厚や結合度の高い氷山群の中での単独航海である。このクラスの船舶は船体の外側、少くともその船首を砕氷型とすべきである。

ウー・エル 北極海クラスの船の強度はその船が氷の圧縮に耐えることを可能にし、「レナ」、「アムグエマ」型の強度と同等でなければならない。

ウー・エルクラスの船は北極海、凍結寸前の北極海以外の海での航海期の全期にわたる砕氷船の誘導による航海および破碎された氷中の単独航行をその目的としている。ウー・エルクラスはその数では氷中航海を目途とした輸送船中最大のグループである。近代船舶に対する氷海航行の諸要求の高度化（この要求の原因は新しい強力な砕氷船の導入、北極や凍結寸前の北極海以外の海での航海期間の延長である）を考慮するとウー・エルクラスの船舶の強度はソ連船級規則（1956年発行）ウー・エルクラスのすでに建造された船舶の強度をいくらか上回らなければならない。氷に対する船の質を向上させるには、ウー・エルクラスの船舶に半砕氷船構造の船首をとりつけることが望ましい。

エルクラスの船舶の使用目的は凍結寸前の北極海以外の諸海、夏期における氷結度が中位および軽微な年では北極海で砕氷船の誘導のもとに航行するのである。エルクラスの船舶は氷による圧縮には耐えられない。これらの船舶の船体の強度はソ連船級（1965年発行）エルクラスの要求にもとづいて建造された船舶の強度にはほぼ相応するのである。

3. 船舶の強度と定格氷中荷重との比較

船舶の強度と氷中を航行する場合の実際的条件との対応を評価する場合、氷中荷重を規定する基本的パラメータの大きさをわち氷と衝突する前の船舶速力、氷の強度と厚さを選択しなければならない。これらのパラメータは船体の氷に対する強さが、その船が支障なく航行することを保障するものでなければならない。

船首部の氷中荷重を規定するには、一定の定格速力をもつた船舶の氷原との衝突を、その氷原の屈曲を考慮せず検討すべきである。

一方中央部の荷重は氷原の屈曲を考慮に入れた上で一定の厚さの氷中における船体の圧縮条件から規定されねばならない。そしてこの後理論的荷重図を作り、その曲線部分を直線化することによつて定格氷中荷重を決めることがができる。定格氷中荷重として採用される船の速力は氷塊との衝突において（破壊的な程ではなく衝突部にはほんの部分的皺状変形の生ずる程度の）最大限度に許容される速力である。この仮定では船舶の舷と氷原の端の間には衝撃を緩和するのに役立つ、形の小さな氷塊はこの場合存在していないとしており、また特に比較的薄い氷の中を航行する際、氷中荷重の大きさを軽減する氷原の屈曲も考慮外である。当然のことながらこのような基本的な状態にあつては、船体を損傷することなく船舶が氷中を航行し得る実際の運航速力は定格速力の選択条件より良好となる。

砕氷船用の定格速力、氷厚を決定する際考慮されたのはその船の用途と出力である。経験からして第1クラスの強力な砕氷船の氷との定格衝突速力は12ノットまで可能である。中級砕氷船（第2クラス）、港湾砕氷船（第Ⅲクラス）の定格衝突速力はそれぞれ8ノット、6ノットである。輸送船の定格速力は船舶の耐氷船級に応じて決まり強力な砕氷船に後続して運河を航行する際の運動が考慮される。この際氷中航行において評判の良かつた船舶の氷中航行の経験を考慮に入れてある。上述のことと適応して氷中航行船用に採用されたのが氷との条件つき定格衝突速力である。氷の強度の特性については北極用の資料が用いられた。

輸送船や曳船の衝突時に生じる皺状変形は衝撃の場合 $\sigma_c = 400 \text{ T/m}^2$ 、圧縮の場合 $-\sigma_c = 200 \text{ T/m}^2$ 、屈曲の場合 100 T/m^2 であつた。砕氷船においては、この強度の特性は、短期航海を考慮して25%増加した。

耐氷船級エルの輸送船の場合は圧縮など無い快適な氷中航行を行なうことが必要である。

4. 耐氷帶外板の寸法と厚さ

普通氷の荷重の分布は船の舷に沿つた比較的小ない部分（主として実際の喫水線の部分）に作用し局部的なものである。氷の荷重の加わる範囲は船が氷に締めつけられた時に著しく増大する。直接氷の影響をうけるために継ての氷中航行船や砕氷船には強度の高い耐氷帶が取りつけられている。耐氷帶部分での外板の強化は外板の厚さを増すことと、肋骨と肋骨との間隔をせばめることによつて確保される。

外板の耐氷帶には屢々 $\sigma_T = 4.5 \sim 5.0 \text{ Kg/mm}^2$ までと、それ以上の引張強度の高い鋼鉄が利用される。これによつて氷に対する補強の重量を少なくできる。

耐氷帯の長さ

耐氷帯の長さは船の運用や船型いかんによつて定められ、それぞれの船級協会の規則に定められている。この際載貨状態やバラスト状態で航行する船の喫水の変化、船の傾斜と喫水差の角度、船体を水が圧縮する力、その圧縮の際に舷附近にみられる氷の堆積を考慮に入れなければならない。

浮遊している氷はその体積の大部分が水中にある。すなわち船の喫水線より実質的には下にある。その上舷の傾斜の結果著しい量の氷塊が船体で押し沈められる。このことについては船体の水中部分にみられる数多くの氷との衝突の痕跡で証明される。船体の水中部分を氷が取り巻くのは船首部から中央部にかけて、また喫水線から下にかけての可成りの距離にわたつて起る。それゆえ実際の喫水線より下の耐氷帯の幅は喫水線より上の幅よりかなり大きくならなければいけない。

次の図は異なる船級協会の規定に従つて作つた海上輸送船耐氷帯の配置図である。氷に対し補強されていない船の中央部における外板の厚さに比較した耐氷帯の厚さの増加率がパーセンテージで示されている。

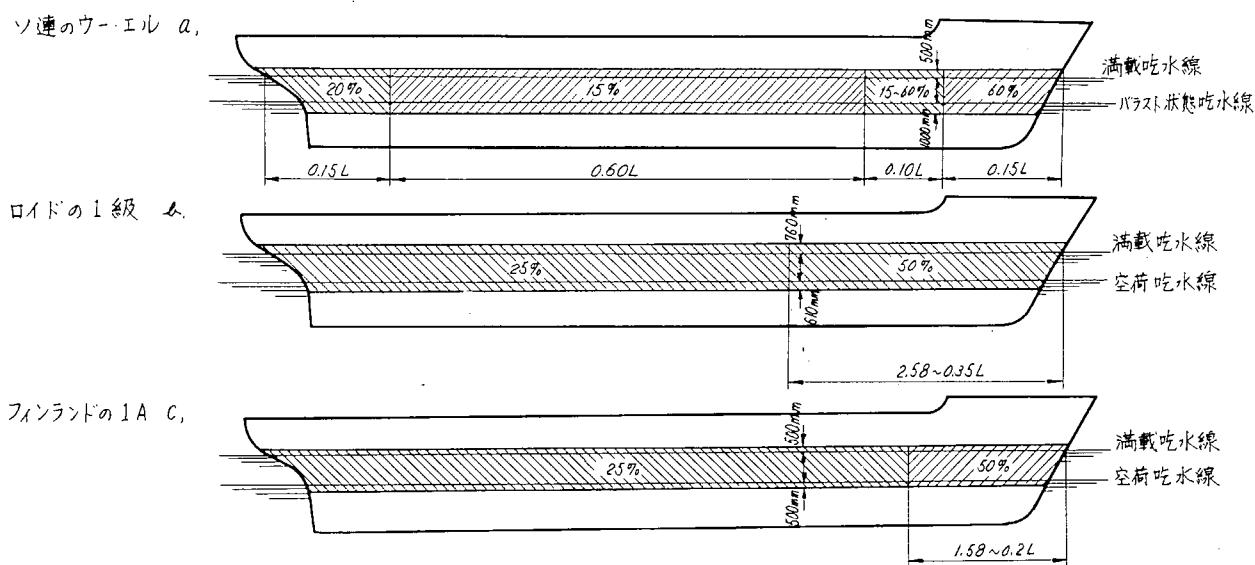


図1 船級協会の規定による耐氷帶

以下のべることはソ連船の建造計画と過去の経験とともにとづいて作られた勧告であり、氷中航行船と砕氷船の耐氷帯の寸法に関するものである。

「勧告案」

I および II 級の砕氷船にとつては、中央部の耐氷帯の下縁端は最大排水量に一致する喫水線の下少くとも 3,500 mm 以上は広がつていなければならない。このように下に向つて深く帯を張ることは、I および II 級の砕氷船が活動を予定する氷海の氷の厚さに対応するためである。また同時にこの帯の深さは水深が浅いため砕氷船が最少限の喫水で航行せねばならぬ時のこととも考えて決めたものである。耐氷帯の上縁端は砕氷船の最大喫水に一致する喫水線から少くとも 800 mm 以上はなければならない。これらの寸法を決定するに際して、砕氷船の起り得る傾斜と海面に現われる大きな氷塊との接触が考慮された。

第3級の砕氷船にとつては、耐氷帯の幅は海面の部分で約 500 mm、水中下の幅は最大排水量に一致する喫水線から水中 1,000 mm 見込まねばならない。

どの級の砕氷船でも船首部の氷による損傷は、耐氷帯の下の部分で多く発生することを考慮して、船首部耐氷帯を船首垂直線から船尾に向け 0.2 L の長さの範囲で竜骨まで延長することを提案する。船首部分から中央に移るに従つて減つてゆく耐氷帯の厚さの減り具合は徐々でなければならない。耐氷帯附近に接する上下の外板の厚さのへり具合も船の全長にわたつてゆるやかでなければならない。

ウー・エル・アルクトとウー・エル・クラスの輸送船では耐氷帯は中央部で夏期満載喫水線より 650 mm 高く、バラスト積載の喫水線よりも 1,200 mm 下に延びていなければならぬ。船体の水中部分と氷塊との衝突の可能性も考慮してウー・エル・アルクト級の船では耐氷帯は船首の垂直線から船尾に向つて 0.2 L の距離だけ竜骨まで延長されなければならない。

5. ソ連その他の國々の砕氷船耐氷型輸送船の研究沿革

北洋航路の征服とソ連邦内の凍結寸前の諸海（バルト海、オホーツク海、白海）における輸送量の増大に鑑み、1930 年代において氷海航行用船舶と砕氷船の急激な建造が、また氷中航行の耐氷性能の組織的研究が開始された。

1933 年～34 年に A.K オスマロフスキイ指導の下にフィンランド湾における輸送船が蒙つた氷の損傷の分析にもとづく労作が完成した。これ等損傷を起す氷の力の強度の数値を査定する試みが行なわれた。氷の荷重の値を決定するために梁の弾性一塑性的屈曲の簡単な理論が利用された。しかしながらこの作業においては外部の力は氷の物理的・機械的性質と関連していないため、この研究で得た成果を他の凍結寸前の海（オホーツク海や白海）の研究のために応用できなかつた。この他かかる方法は十分に強度を有する砕氷船の氷の負荷の決定のために利用することも不可能であつた。

第二次大戦迄は砕氷型汽船サドコ号の船体の結合部の変形の調査によつて氷の荷重の性質と値を実験的に決める試みがなされた。1935 年砕氷船エルマーク号と砕氷型汽船シビリヤコフ号とで実験的作業が続けられた。測定器としてはグーゲンベルガー歪み測定機と可動型一たわみ器と、ガイガー歪み計その他を使用した。上述の計器のうち一つとして自然状態下の力学的な氷の荷重の研究に適したものはないということが実験の過程で判明した。それゆえに 1936 年の砕氷船エルマーク号の学術探検の時には、船体の様々な箇所における歪みの遠隔同期記録を行なうことと可能にさせた接触たわみ器を用いた。この年にまた砕氷船クラシン号と砕氷型汽船サドコ号の耐氷性の研究が行なわれた。この実験の結果、氷の荷重の力学的局部的性格を確め、様々な船にとつてその大きさをおおよそ決定するのに成功した。^{註)}

註) 上述の実験を行なうのにアーラー・カーラ・オスモロフスキイ、エフ・ヴエーヤコフスキイ、ヴエ・ヴエ・ダヴィドフ、テー・オー・タウビン、エル・エム・ノギドその他が参加した。

ユー・アーラ・シマンスキイの 1938 年に公刊された労作「船の耐氷性の条件的指数」はそれらの開発の実験を考慮に入れ、船の耐氷性の比較値のより完全な方法を決めた、初めての科学的業績であつた。この労作は長い間設計者にとつて唯一の指針であつた。

しかしながら、砕氷船や氷上航海用の船の合理的な設計のためには氷の荷重の比較値（条件値）ばかりではなく、その本当の値も知らなくてはならない。この問題に、アーラー・マスロフの労作はあてられていて、それはまず第一に、氷の耐久性を船体にかかる氷の荷重の大きさを決定するファクターの一つとみなした。

ヴエ・ヴエ・ダビドフは偏心的打撃に対する理論的構造を一般的に決めるところから始まつて、舷の弾力性と氷の圧縮歪みの弹性を計算して船の氷に対する打撃の過程を研究した。しかしながらヴエ・ヴエ・ダヴィドフは氷の端が押しつぶされることや、船の傾斜した舷によつて、それが屈曲すること、付加水量の影響というような最も重要なファクターを考慮に入れなかつた。

走つて来て、氷を打撃で粉砕する砕氷船の運動の力学的研究には、エヌ・アーラ・サポートキンの労作があてられている。

ice cover の崩壊過程と砕氷船の船体と氷との相互作用の性格の、重要な実験的および理論的研究は 40 年代初期にヴエ・イー・ネガノフ、エル・エム・ノギド、アーラ・エス・クイシエルによつて行なわれた。少し後になつてユー・アーラ・シマンスキイとエル・エム・ノギドは氷中の船の運動の模型理論の基礎を仕上げた。

1946 年に公刊されたイー・ヴエ・ヴィノグラードフの専攻論文では氷中の砕氷船の作業の分析が行なわれ、船の基本的諸要素の、船の耐久性に与える影響が考慮されている。その他にも氷上航海の輸送船や砕氷船の船体の設計

と構造に関する興味深い事実・資料が集められ概説されている。

1954年～57年にユー・イー・ボスクレセンスキーとアー・ヤー・スホルコフは（ユー・イー・シマンスキーの指導下で）「条件的指数」方法を発展させ正確にした。特に以前に考察された梁線の屈曲のかわりに、弾力のある土台の上にある平板のための決定が用いられた。この際に引用された運動エネルギーの決定は、付加水量を考慮に入れて二つの物体（船と氷塊）の偏心的打撃についての空間的課題を考察したニ・エヌ・ポボフの労作の諸成果を上台に行なつた。残留歪みによる実際的な氷の荷重の人大きさの値の測定のためにはユー・イー・ボスクレセンスキーが可塑帶における船体構造の動きを研究した。氷中航海船の外板の弾力一可塑帶における耐久性はエヌ・エフ・エルショウによつて研究された。

輸送船の氷の圧縮を考察してエヌ・エフ・エルショフは ice cover の崩壊は接線応力から起ると考えた。この際に舷側に垂直の方向の割目が氷中に形成され、その後氷帶が碎けるのである。

氷の荷重の理論的決定は同様にエム・カーラルシスによつて行なわれた。彼は船の氷塊への偏心的打撃の過程を考察し、氷の圧縮の分析に際しては ice cover の流れる力を考慮している。

1959年、氷と接触したときの船体に作用する打撃の荷重を決定する研究にあてられた、エル・エム・ノギドの労作が公刊された。著者は氷の端のしわや氷の屈曲を考慮して動力学的方法によつて、この課題を解決した。最終的算定公式に修正係数を導入して、氷塊の配置と氷の物理的一機械的性質の厳密な選択ができないとの決定の不確定性をエル・エム・ノギドは算定した。

エム・カーラルシスとエル・エム・ノギドの上述の労作の一般的欠点はあらゆる氷の厚さにおいてその端が押しつぶされるというかれらに採り入れられた図式であり、これは自然状態では起らないのである。

氷の条件における船体の耐久性の実験的研究において新しい段階と見なされなければならないのは数地点に設置された送信の指示を同期的に記録するのを可能にした電気抵抗歪測定器の使用である。このような実験は、ディーゼル電気モーター船「レナ号」（1956年）、「バイカル号」（1957年）、「ドネプログス号」（1958年）、「ベンジナ号」（1963年）、モーター船「ボブルイスクレス号」（1964年）、「イワンモクヴィン号」（1965年）、新型砕氷船数隻（1965～66年）において行なわれた。これ等の実験の結果、力学的氷の荷重の付加の大きさと性質について貴重な資料がえられた。水力工学施設に対する氷の作用の研究にあてられたエヌ・エム・シチヤボバの労作、ベー・ヴエ・ズイルフの労作、カエ・エヌ・ユルジヤヴィンの労作、イエ・ペエブチャギンの労作は衆目の関心となり、また氷の物理的一機械的性質と ice cover の耐久性の研究の諸成果があげられているエヌ・エス・ゴルシュヴィツチとベー・アー・クズネソフの労作が関心を集めている。

ソ連以外の国では輸送船や砕氷船の耐氷性の問題にあてられた科学的研究的諸労作の公刊は比較的まれである。有名な外国の労作の中には「ウインド」型の砕氷船の船首の端の外側面の選択を考察したシンプソンの論文が挙げられる。ヤンソンの労作では氷の物理的一機械的性質が研究され、氷を割るときに砕氷船に作用する力が決定され、 ice cover の崩壊の性質が研究された。この労作においてまた砕氷船の一般的および局部的耐久性の問題が考察された。

1962年に現われた砕氷船による氷の粉碎過程の研究にあてられたシラノの労作は氷の耐久性についての実験的資料とアメリカ砕氷船の開発実験にもとづいて得られた経験的系数を使用した観点からのみ興味深い。

(II) フィンランド耐氷船級の新諸規定（1966年）

1966年1月1日附でフィンランドの Bureau of Navigation の耐氷船級に関する規定の第3次改正が発効した。氷海航行のための補強に関する各国船級協会規定の比較表（13～17頁参照）によつて明らかのように、フィンランド耐氷船級の諸規定はその内容がLR（1966年）、BV（1967年）の耐氷規則と全く同じであるといつてよく、各國船級協会の耐氷規定の中で一つの基準となつてゐると考えられる。

年にわたる比較表を比較すれば、各國船級規則の耐氷規定の最近の改正の最大の特色が、最高の耐氷船級であるスーパーの船級の新設であることが認められる。

次にフィンランドの新規定（1966年）の4耐氷船級1Aスーパー、1A、1B、1Cの要點を一覧表にして示す。

フィンランド耐氷規定（1966年）

	1 A スーパー	1 A	1 B	1 C
外 板	<p>船首材から後方へ向つて船首材と冬季満載喫水線上最大幅員到達点との距離（L）より10%長い距離の間垂直にはバラスト状態の水線下600mmから冬季満載喫水線上750mmまでにわかつて中央部の規則の厚さの180%，この点から船首に向つて冬季満載喫水線の直線部の後端まで140%，この点より後方125%とする。</p> <p>補強外板の厚さは14mmより小ではいけないし32mmをこえる必要はない。</p> <p>前部垂線からキールの直線部分がある点の後方5肋骨心距までの範囲は氷帶の下端とキールまたは船首材間の外板は中央部厚さの180%とする。</p> <p>機関出力が垂線間長Lmと最大幅Bmに2.5を乗じた積より大きい場合500馬力または上述の横が超過する部分につき1mm厚くする。</p>	<p>全 左</p> <p>バラスト状態水線下 500mmから 冬季満載喫水線上 500mmまで</p> <p>中央部規則厚さの 150%以上</p> <p>そこから後方にかけて船の中央部の規則の厚さの 125%でなければならない。</p> <p>補強された外板は 12mm はなければならぬ 25mm をこえる必要はない。</p>	<p>500mm</p> <p>500mm</p> <p>150%</p> <p>115%</p> <p>10mm</p> <p>25mm</p>	<p>500mm</p> <p>500mm</p> <p>125%</p>
肋 骨	<p>中央部肋骨心距は規則肋骨心距をこえてはならず、また800mm以上ではいけない。</p> <p>前部垂線から0.25L間は610mm以上ではいけない。</p> <p>(船首尾輪肋骨)</p> <p>中央部肋骨と同じか通常の船首尾輪肋骨の2倍か何れか大きい方とする。</p> <p>(中間肋骨)</p> <p>船の全長に亘つて主肋骨間に取付けれる。</p> <p>下端は肋板の上縁の下までまたは二</p>			

	1 A スーパー	1 A	1 B	1 C
肋骨	<p>重底の場合は縁板から 250 mm までとする。</p> <p>上端は氷帶上の甲板迄達する。</p> <p>中甲板が冬季満載喫水線下にある甲板間では中間肋骨は冬季満載喫水線上最小 1,200 mm の高さにある船側縦通材で了つてよい。この縦通材は肋骨と同じ深さで中間肋骨、主肋骨、外板に固着されること。</p> <p>中間肋骨は主肋骨と同じ強度とする。</p> <p>中甲板では主肋骨、中間肋骨の下端は曲線のあるブレケットをとりつける。</p> <p>外板が規則の 180 % の厚さを持たねばならない所では肋骨と中間肋骨は連続両面溶接で外板に固定されなければならない。</p> <p>肋骨の最小厚さはこれに接する補強外板の厚さの $\frac{1}{2}$ 以下ではいけない。</p>	<p>上端は冬季満載喫水線上 620 mm とする。</p> <p>全 左</p>	<p>全 左</p>	<p>全 左</p>
中甲板	中甲板の梁上側板の厚さは中央部規則の厚さの 120 % とする。	—	—	—
縦通材	<p>船首艤内での縦通材間隔は 1.3 m をこえない。1 本の縦通材は冬季満載喫水線の少し下に取付ける。</p> <p>船首隔壁の後部では船の全長に亘り冬季満載喫水線下約 300 mm の所に 1 本の縦通材を船の全長にわたって取付ける（甲板がここに続いておれば必要ない）。上述の縦通材または甲板のどの側にも 1.3 m の間隔で船の全長にわたる縦通材がとりつけられねばならない。</p> <p>縦通材の強度は主肋骨と同強度である。</p> <p>主肋骨と中間肋骨はこの縦通材に固着されること。</p>	<p>全 右</p> <p>甲板間または縦通材間の肋骨の固着されていない長さが 1.3 m 以上の場合は舷側に肋骨と同じ大きさの縦の固着を取付ける。</p>	<p>150 %</p>	<p>一層甲板船では肋骨を支持する目的のために満載喫水線の 200 ~ 300 mm 下に設ける。 この縦通材は船首材から冬季満載喫水線が最大幅に達する点より 4 肋骨心距後方まで延す。</p> <p>若し中間肋骨が縦通材の伸びる長について主肋骨と同強度ならば船首隔壁の後方では縦通材は省略してよい。</p>
船首材	形状は砕氷型とし、船首材と満載喫水線間の角度は約 22° ~ 35° でなければならない。	—	—	—

	1 A ス - パ -	1 A	1 B	1 C
船首材	<p>高さは冬季満載喫水線上750mmまで、材質は鋳鋼または鍛鋼、横断面積は規則の130%、縦と横の強度の関係は規則通り。</p> <p>冬季満載喫水線上750mmより上は湾曲部鋼板で中央部板厚の180%とするが、25mm以上の要はない。</p> <p>この厚さは上甲板で普通の板状船首材と同じとする。</p> <p>外板と船首材の固着は平滑とする。</p> <p>満載喫水線下と冬季満載喫水線上750mmの高さまで船首材は中心線桁板により補強され、1肋骨心距以内に配置される桁板で横方向に支持される。</p>	<p>船首材の横断面は規則面積の125%でなければならぬ。</p> <p>620mm 165%</p>	<p>115%</p> <p>620mm 165%</p>	
船尾材、舵骨材、船尾錨板、舵頭材、舵軸	<p>横断面積が規則の130%になり縦と横の強度の関係が規則通りになるよう補強する。</p> <p>舵頭材とピントルと舵軸の直径は規則の130%とする。</p> <p>壺金、舵頭材接手および残りの部分は舵頭材の直径に合わせて作られる。</p> <p>複板舵の側板と桁板は規則の150%とする。</p> <p>溶接構造の複板舵の垂直桁と水平桁は直接側板へ溶接固定をしてはならない。</p> <p>側板へ溶接固定された平鋼板へ溶接固定されるのである。</p> <p>舵頭材は氷圧に対し効果的に保護されること。</p> <p>操舵機械の力量と操舵装置の各部は補強された舵頭材と同じ応力に耐えるよう補強のこと。</p>	<p>115%</p> <p>舵頭材、壺金、ピントル、舵の他の各部は規則の150%とする。</p> <p>全 左 125%</p> <p>全 左 115%</p>	<p>110%</p> <p>全 左 125%</p>	
プロペラ軸、クラランク軸	<p>プロペラ軸は規則の直径の120%とする。</p> <p>クラランク軸、推力軸、中間軸は規則直径の112%とする。標準型のモータに対してはクラランク軸の直径の増加を要しない。</p>	<p>115%</p> <p>108%</p>	<p>108%</p> <p>104%</p>	<p>105%</p>

	1 A スーパー	1 A	1 B	1 C
推力軸、中間軸	歯車が推進機関とプロペラ軸の間に設けられるならば本歯車の歯と軸はルールモーメントの150%の回転モーメントに耐えること。 ターピンにより運転される船はターピンとプロペラ軸との間、滑り接手を設けること。 ディーゼル船では滑り接手の使用がすすめられる。	125%	—	—
プロペラ	プロペラは鋳鋼又は同強度の材料製とし固定翼の型とする。 翼の幅は1.5 d の半径で2.5 d (d は補強プロペラ軸の直径) とする。 1.5 d の半径における翼厚 T は $D(\text{プロペラ直径}) \leq 14 d$ のとき $T = \frac{0.65 d}{\sqrt{i}} \text{ mm}$ $D > 14 d \text{ のとき}$ $T = \frac{0.65 d}{\sqrt{i}} \sqrt{\frac{D}{14 d}} \text{ mm}$ i は翼の数 翼端厚さ t は $\frac{D}{2}$ の所で $D > 3,300 \text{ mm} \text{ のとき}$ $t = 0.0065 D \text{ mm}$ $D \leq 3,300 \text{ mm} \text{ のとき}$ $t = 0.003 D + 12 \text{ mm}$ 引張強度 4.8 Kg/mm^2 伸び 2.2%	全 左 全 左	全 左 全 左	全 左 全 左
推進機関の馬力	馬力 $N = 2.1 L \cdot B$ L : 垂線間長 B : 幅 船首部と船首材が構造上冰海航行に特に適している場合は上式の係数は小さくてもよいが1.8以下では不可	$N = 1.75 L \cdot B$ 1.4以下は不可	$N = 1.3 L \cdot B$ 1.05以下は不可	$N = L \cdot B$ —

氷海航行のための補強に関する各國船級協会規定の比較表

氷海航行のための補強に関する各船級協会規定の比較表

船級協会名	規定した年	耐氷クラス	外 板				肋 骨			
			耐氷帶の上下範囲(m)		中央部外板の規定厚に対する補強部外板の板厚増厚率(%)と外板補強区域		肋			
			LWLより上	空荷W Lより下	船首部F.P.から	中央部	船尾部A.P.から	船首艤	船艤	船尾艤
R.USSR	1967	UL (ARKT)								
		UL	0.65	1.0	1.1 ℓ間 $C_c = 6.95(L-15)$	1.1.2式	1.1.2式	FPより0.25Lまで 0.25Lより前部 1.2.6式	1.2.3式	0.25Lより前部 0.25Lより尾水槽隔壁 まで1.2.6式
		L	0.4	0.9	0.15ℓ間 40 中間肋骨あるとき 50 中間肋骨ないとき	—	—	FPより0.2~ 0.25Lまで 20	—	—
LR	1966	1*	0.76	0.61	1.1 ℓ間 80	1.1 ℓより 0.25L後まで 40	0.25Lまで 25	中央部肋骨と全 じか普通の首尾 舷肋骨の2倍の 中大きい方	—	中央部肋骨と全 じか普通の首 尾舷肋骨の2 倍の中大きい方
		1	0.76	0.61	1.1 ℓ間 50	1.1 ℓより 25	→ A.P.まで 25	全 上	—	全 上
		2	0.76	0.61	1.1 ℓ間 50	全 15	上 15	全 上	—	全 上
		3	0.76	0.61	ℓ間 25	0	0	—	—	—
FBN	1966	1 A super	0.75	0.6	竜骨直線部終点 より5FS後まで 80	40	25	中央部肋骨と全 じか普通の首尾 舷肋骨の2倍の 中大きい方	—	船首艤に全じ
		1 A	0.5	0.5	1.1 ℓ間 50	25	25	中央部肋骨と全 じ	—	中央部肋骨と 全じ
		1 B	0.5	0.5	ℓ間 50	15	15	中央部肋骨と全 じ	—	中央部肋骨と 全じ
		1 C	0.5	0.5	ℓ間 25	0	0	中央部肋骨と全 じ	—	中央部肋骨と 全じ
NK (案)	1967	A*	0.5	1.0	1.1 ℓ間 $0.88\sqrt{VSL} + 3.5$	$0.68\sqrt{VSL} + 3.5$	0.25L又は の中大きい方 $0.60\sqrt{VSL} + 3.5$	3.3 S ℓ ² L	5.5Sℓ ² L + 20	3.3 S ℓ ² L
		A	0.5	1.0	1.1 ℓ間 $0.72\sqrt{VSL} + 3.5$	$0.60\sqrt{VSL} + 3.5$	全 上 $0.60\sqrt{VSL} + 3.5$	2.2 S ℓ ² L	3.7Sℓ ² L + 20	2.2 S ℓ ² L
		B	0.5	1.0	$0.72\sqrt{VSL} + 3.5$	$0.40\sqrt{VSL} + 3.5$	全 上 $0.40\sqrt{VSL} + 3.5$	全 上	3.7Sℓ ² L + 20	全 上
		C	0.5	1.0	$0.60\sqrt{VSL} + 3.5$	一般規定厚	一般規定厚	1.6 S ℓ ² L	2.6Sℓ ² L + 20	1.6 S ℓ ² L

1967年9月作製
1968年1月追補訂正

と 縦 通 材			船首尾材		舵	軸		プロペラ	主機関の出力係数	
骨		船側縦通材	船首材	船尾坂	舵頭材 壺 ビントル 直 径	クランク軸 推力 中間直 径 の増大率 (%)	軸径 直 径 の増大率 (%)	プロペラ軸の直 径 増大率 (%)	材料の強度 S.H.P = C.L.B のC	
抵抗率の増大率(%)	中間肋骨取付上下範囲		縦通材取付区域 (船首材からの距離) 及び縦通材の間隔		断面積の増大率 (%)		舵柱 40 船尾材 25		速力12ノット 25 速力22ノット 0	
全長 規則の主肋骨に全じ	内底線下ならびに二重底の縁板より250mmの点より氷帶上の最も近い甲板迄	≥ 1.4 m	1.9.2式				1.0	1.8	炭素鋼 45	2.20
首尾艤内100 船首隔壁後部70	肋板頂部より夏季LWL上甲板または氷帶上縁より低くない船側縦通材まで	≥ 1.8 m	25	—	1.0	—	5			
全長 隣接する主又は甲板間肋骨に全じ	上甲板又はLWL上760mmの所にある第2甲板から肋板又はタンクトップ迄	全長 3条 ≥ 1.3 m	30	30	30	1.2	2.0	4.4	2.1	
全長 隣接する主又は甲板間肋骨に全じ	軽喫水下610mmよりLWL上760mmまで	全長 1条 ≥ 1.85 m 1.1ℓ間	25	25	25	8	1.5	4.4	1.79	
F.P.から1.1ℓ間 全上	全上	1.1ℓ間 ≥ 1.85 m	1.5	1.5	12.5	4	8	4.4	1.31	
F.P.から1.1ℓ間 船首隔壁の前首尾艤 肋骨の50, その後 首尾艤肋骨の75	—	1.1ℓ間 ≥ 1.85 m	1.0	7.5	7.5	—	5	4.4	0.98	
全長 主肋骨に全じ	肋板上端または二重底縁板より250mmの点から氷帶上の甲板まで	全長 3条 ≥ 1.3 m 主肋骨と全強度	30	30	30	1.2	2.0	4.8	2.10 ≤ 1.80	
全長 主肋骨に全じ	肋板上端または二重底縁板より250mmの点から冬季LWL上620mm迄	船首隔壁の前 ≥ 1.3 m	2.5	1.5	2.5	8	1.5	4.8	1.75 ≤ 1.40	
F.P.より最大巾の 4F.S.後まで 主肋骨に全じ	全上	船首隔壁の前 冬季LWL下に設ける	1.5	1.0	1.5	4	8	4.8	1.30 ≤ 1.05	
F.P.より最大巾の 4F.S.後まで 主肋骨の75	全上	ℓ + 4 F.S. 冬季LWL下200 - 300 mmに設ける	—	—	—	—	5	4.8	1.0	
船首0.25ℓ間 船尾0.15ℓ間 主肋骨に全じ	肋板頂部よりLWL上500mm以上位 置にある甲板迄	特設肋骨間で ≥ 2 m間隔	—	30	30	1.2	2.0		2.10	
全上	全上	全上	—	2.5	2.5	8	1.5		1.75	
全上	全上	全上	—	1.5	1.5	4	8		1.30	
全上	全上	全上	—	8	8	—	5		1.0	

船級協会名	規定した年	耐氷クラス	外 板				肋 骨		
			耐氷帶の上下範囲(m)	中央部外板の規定厚に対する補強部外板の板厚増厚率(%)と外板補強区域			肋		
				船首部 F.P. から	中央部	船尾部 A.P. から	船首部 中央部 船尾部 A.P. から	船首艤 艤	船艤 艤
B V	1967	I-S	0.76	0.6	1.1 ℓ間 80	40	m間 25	船側縦通材を考えぬとき、首尾艤肋骨の2倍の中大きい方	— 船首艤に全じ
		I	0.5	0.5	1.1 ℓ間 50	25	25	1表による値にて船側縦通材1本のとき0.5を、2本のとき0.4を乗ずる	— 船首艤に全じ
		II	0.5	0.5	ℓ間 50	15	15	全 上	— 全 上
		III	0.5	0.5	ℓ間 25	0	0	全 上	— 全 上
N V	1967	I s A	0.75	0.60	1.1 (L-ℓ) $t = 9 + 0.13 L \text{ mm}$	0.8 t	0.7 t	普通の首尾艤肋骨の2倍 $\leq 0.5 L d \text{ cm}^3$	— 船首艤に全じ
		I s A	0.5	0.5	1.5 B $t \leq 7 + 0.11 L \text{ mm}$	0.85 t	0.85 t	中央部主肋骨に全じ $\min Z = 0.4 L ds \text{ cm}^3$	— 船首艤に全じ
		I s B	0.5	0.5	B $t \leq 6 + 0.11 L \text{ mm}$	0.8 t	0.8 t	全 上	— 全 上
		I s C	0.5	0.5	全 上	—	—	$\leq 0.25 L d \text{ cm}^3$	— 船首艤に全じ
A B	1967	A	0.5	0.5	1.1 ℓ間 50	25	25	中央部肋骨に全じ	— 船首艤に全じ
		B	0.5	0.5	50	15	15	全 上	— 全 上
		C	0.5	0.5	25	0	0	全 上	— 全 上
G L		E ₄							
		E ₃							
		E ₂							
		E ₁							

註 1. ℓはF.P. からLWLが最大幅に達する点までの距離をいう。

2. mはA.P. からLWLが最大幅に達する点までの距離をいう。

と 縦 通 材			船首尾材		舵	軸	プロペラ	主機関の出力係数	
骨		船側縦通材	船首材	船尾材	舵頭材 蓋 金 属 ビ ン ト ル 直 径 増 大 率 (%)	クランク軸 推力軸 中間軸 の直 径 増 大 率 (%)	プロペラ軸の直 径 増 大 率 (%)	材料の強度度	S H P = C. L. B の C
抵抗率の増大率(%)	中間肋骨 取付上下範囲	縦通材取付区域 (船首材からの距離) 及び縦通 材の間隔	断面積の 増 大 率 (%)	30	70	12	20		1.89
全長 主肋骨と全じ	耐氷帶の直上甲板よ り肋板頂部又は縁板 から250mmまで	冬季LWL直下の ものは全長 ±1.3m 3条	30	30	70	12	20		1.89
全長 主肋骨と全じ	冬季LWL上620mm より肋板頂部又は縁 板から250mmまで	全上	25	15	50	8	15		1.58
ℓより4FS 後より前 主肋骨と全じ	全上	0	15	10	25	4	8		1.17
ℓの前 主肋骨の75	全上	0	0	0	舵頭材のみ 15	—	5		0.90
船の全長 普通の首尾艤装骨の 2倍、 $\leq 0.5 Ld \text{ cm}^3$	冬季LWL上1,200 mm以上の最初の甲板 から縁板又は肋板上 部まで	船首隔壁前 船首隔壁後 2.5m	cm^3 $z < 0.065 L^2$	50	Sec15Bの式 によるもの 120% 舵圧力	12	20		2.1 耐氷船首 (1.8)
船の全長 主肋骨と全じ $min z = 0.4 Ld s \text{ cm}^3$	冬季LWL上620 mmから二重底頂部又 は单底肋板頂部まで	船首艤内 2m 船尾艤内 2.5m	cm^3 $z < 0.061 L^2$	25	全上 85% "	8	15		1.75 耐氷船首 (1.4)
F.Pからℓ又は2B の中大きい方の間 Is Aの項と全じ	全上	—	隣接外板よ り15%厚	15	全上 40% "	4	8		1.3 耐氷船首 (1.05)
船首隔壁の前 $z = L^2 / 160 + 10 \text{ cm}^3$ 船首隔壁の後 $z = L^2 / 100 + 20 \text{ cm}^3$	—	一層甲板船では船 首材から2Bまで 冬季LWL下0.2 ~0.3mに設く	mm $t = 6 + 0.11 L$	7.5	全上 25% "	—	5		1.0 耐氷船首 (0.8)
船の全長 主肋骨に全じ	冬季LWL上620 mm上の点より縁板上 75mm又は肋板頂部 まで	船首艤内 冬季LWL下 約250mm	25	15	36	8	15	4.6	1.75
F.Pより最大巾の 4FS後まで 主肋骨に全じ	全上	全上	15	10	18	4	8	4.6	1.30
F.Pよりℓ間 主肋骨の75%	全上	全上	—	—	舵頭材のみ 12	—	5	4.6	1.00
						12	20	4.8	2.1
						8	15	4.8	1.75 (1.40)
						4	8	4.8	1.30 (1.05)
						—	5	4.8	1.0 (0.8)

第2章 日本建造の砕氷型船と日本の建造実績の調査

I 砕氷船

第2次大戦後我国において改造または新造された砕氷船は海上保安庁の南極調査船「宗谷」と南ア共和国政府注文のR.S.A.および防衛庁南極観測用砕氷艦「ふじ」の3隻である。「宗谷」は国際地球観測年（I.G.Y.）の南極観測に参加する日本隊輸送のため海上保安庁燈台補給船であつたものを改造したもので昭和基地へ前後6回にわたつて観測隊員と物資器材を輸送した。「ふじ」は老朽化した「宗谷」の経験を生かし南極観測に従事する本格的な砕氷船として新造されたもので「宗谷」で問題となつた砕氷能力1mを強化するため船体構造、機関馬力ならびに推進方式の決定に当り十分に余裕をもつて設計された。その結果本船の砕氷能力は「宗谷」の2倍となり、最新の各國砕氷船の中でも上位に位するものとなつた。R.S.A.は「宗谷」が南極航海の途中南アケープタウンに寄港したことが縁となつて我国に発注されたものでJ.Lauritzen Linesの耐氷貨物船に類似する設備をもつ船である。南アの南極基地に毎夏派遣されている。氷量3～5の浮氷海面で20～30cm程度の氷に閉ぢこめられても自力で脱出できるという。

上記3船の要目を別表（I）に示す。

II 耐氷船

戦後国内各造船所で建造された輸出船の中、ソ連向けのもののリストは別表（II）の通りである。U.S.S.R.の耐氷船級をとつているものが多いが、中にはU.S.S.R.のウエーラー船級に準じさらに若干の余裕をもたせた耐氷構造船が含まれている。最近北欧向けの輸出船が多いが、その中で耐氷船級を有しているものはない。

別表1 日本で戦後建造された砕氷船

	宗 谷	R . S . A	ふ じ
船 主	海上保安庁	南阿共和国政府	防衛 府
建 造 所	日本钢管浅野ドック	藤永田造船所	日本钢管鶴見造船所
竣 工 年 月	1956年10月	1961年11月	1965年7月
用 途	南極観測(1次→6次)	夏季3ヶ月南極探險 他、南阿沿岸貨物船	南極観測(7次→9次→)
総 ト ン 数	2,497.61	1,572.92	
全 長	83.285m	68.25m	100.0m
垂 線 間 長	77.53	62.00	
幅	上甲板 12.80 バルジ上線 15.80	12.80	最大巾 22.0
深	7.00	6.50	11.8
喫 水	平均 5.94	客船 5.40 貨物船 5.705	満載平均 8.81
ト リ ム	艉△0.78		0
満 載 排 水 量	4,818.13トン	軽荷排水量 1,183トン	基準 5,250トン 満載 8,838トン
載 貨 重 量	400	客船 1,327トン 貨物船 1,527トン	
貨 物 倉	1次 1,382m ³ 3次 1,533m ³	グレン 1,538.8m ³ ペール 1,395.0m ³	1,490m ³ 500m ³
冷 藏 倉	3次 231.6m ³	38.8m ³	
撃 料	658.66トン	543.09トン	1,900トン
清 水	436.71トン	364.84トン	220トン
主 機	新潟鉄工 2サイクル TN8-E型ディーゼル 2,400(馬力)×2	石川島ズルザー 6 TAD 36 ディーゼル 1,560(馬力)×1	横浜MANV8V30/42 ディーゼル発電機×4 推進電動機
発 电 機	DC 120 KW 3台	AC 445V×150KVA×2 応急用 AC 445V×25KVA×1	DC 2,250 KW×4 1,2000軸馬力 補機 625 KVA×3 応急 150 KVA×1
推 進 器	直径 2.95(m)×2 回転数 210 RPM	直径 2.10(m)×1 回転数 300 RPM	直径 4.9(m)×2
乗 組 員	1次 78人 3次 96人 6次 94人	(客船)35人 (貨物船)35人	{ 200人
観 測 隊 員	1次 52人 3次 34人 6次 36人	(〃)25人 (〃)12人	
速 力	1次 1.3.9 K 3次 1.2.5 K	1.3.7.2 K	1.7 K
航 続 距 離	1.2.5 Kで 11 Kで 14.950 NM 16.400 NM	1.1.5 Kで 20.000 NM	1.7 Kで 15.000 NM
船 級	なし 船首外板 25mm 鋼	LRHOOLAI, + LMC Ice class 1 strengthened 船首外板は中央部側 外板の50%増+4mm	なし 船首外板 45mm 高張力鋼
来歴	1938年、川南香焼島造船所 でロイド船級耐氷貨物船として 竣工、総トン数2,207、往復 動主機間1,450 IHP、速力 10ノット。 戦時中旧海軍特務船、戦後、灯 台補給船、現在、第1管区本部 所属。		

別表Ⅱ 戦後、ソ連向け日本建造船一覧表 (V/O SUDOT IMPORT 発註船)

造船所	番船	船名	船種	船級	総トン数	載貨重量	主機	建造年月
名古屋造船	122	エブク	曳船		165		R 500	30- 9-14
	123	ヤムスク	"		165		R 500	30-10-12
函館船渠		ZI R I YAN T N	貨物船		7,000		R 3,500	30-12-末
	852		起重機船		270		D 240	38- 7-17
日立向島	3576	KONDOR	曳船		190		R 500	31- 3-25
	3757	JAGOCHA	"		190		R 500	31- 3-16
	3760	NORA	鮪船		330		D 500	31- 5- 9
	3860	LAMOT	鮪船	LR 耐氷Ⅲ	4,950	4,100	3,360	34- 9-21
	3861	NIKOLAI TSAENKO	"	"	"	"	"	34-12- 4
	3872	DNEPR	鮪船		500		D 1,210	34- 5-12
	3873	DNESTR	"		500		"	34- 6- 5
	3980	AMYRSKAYA-1	浚渫船	USSR 河川規則	450	200m ³	D 380	38- 5-23
	3981	" -2	"	"	"	"	D 380	38- 5-23
	3982	AMYRSKAYA-201	"	"	"	"	"	
日立桜島	3983	" -202	"	"	"	"	"	
	3984	USSURI	"	"	"	"	"	
	3985	SHLJUZ	"	"	"	"	"	
	4104	LENINSKIJ LUCH	鮪工船	LR 耐氷Ⅲ	5,272	3,005	D 3,450	39- 9- 5
	4015	KRASNYJ LUCH	"	"	5,220	3,062	"	39-10-20
	4016	SOLNECHNYJ LUCH	"	"	5,219.84	3,058	"	39-12-19
	4017	SVETLYJ LUCH	"	"	"	"	"	40- 1
	4018	JARKYS LUCH						
	3921	OMCK	貨物船	LR 耐氷Ⅲ	11,067.31	14,191	D 12,000	36-12- 7
	3922	ORENBURG	"	"	11,057.68	12,011	"	37- 3-29
飯野重工	3923	OKHOTSK	"	"	11,105.87	12,008	"	37- 7-17
	3975	OREKHOV	"	"	11,086.97	12,201	"	38-10-10
	3976	ORSHA	"	"	11,087.53	12,208	"	38-11-26
	3977	O TRADNOE	"	"	11,087.66	12,008	"	39- 3-20
	3978	OLA	"	"	11,092.11	12,028	"	39- 7- 3
	3979	OSTROGOZHSK	"	"	11,092.11	12,257	"	39-10-30
	44	DRVZHBA	油槽船	LR 62年10月マデ	25,000	40,000	T 17,500	35-12-10
瀬戸田	150	テー・シャー-1	土運船		325	340	D 260	38- 7-15
	151	" -2	"		"	"	"	38- 7
	152	" -3	"		"	"	"	38- 9
	153	" -4	"		"	"	"	38- 7
	155	" -5	"		"	"	"	39- 4-末
	156	" -6	"		"	"	"	39- 4
	157	" -7	"		"	"	"	"

造船所	番船	船名	船種	船級	総トン数	載貨重量	主機	建造年月
瀬戸田	158	テー・シャー-8	土運船		325	340	D 260	39-4
"	160	" -9	"		"	"	"	39-6
"	161	" -10	"		"	"	"	"
"	162	" -11	"		"	"	"	"
"	163	" -12	"		"	"	"	"
播磨	529	MIR	油槽船		24,800	39,200	T 17,600	35-11-10
石播相生	591	LISICHANSK	"	LR 耐氷 III 64年8月マテ	23,153.28	34,643	D 18,000	37-1-30
"	592	LENKORAH	"	LR 耐氷 III 64年8月	23,158.70	34,661	"	37-5-25
"	593	LJVBOTIH	"	LR 耐氷 III 64年9月	23,168.54	34,635	"	37-8-21
"	594	LIVHY	"	LR 耐氷 III 65年4月	23,167.94	34,656	"	38-1-8
"	615	LOZODAYA	"	LR 耐氷 III 66年2月	23,138.63	34,807	"	38-9-20
"	616	LISKI	"	LR 耐氷 III 66年2月	23,781.57	35,172	"	38-12-14
"	617	LEHIHABAD	"	LR 耐氷 III 65年12月	23,781.46	35,221	"	39-3-10
"	618	LEHIHAKAH	"	LR 耐氷 III 65年11月	23,781.46	35,113	"	39-6-24
"	619	LUTSK	"	LR 耐氷 III 66年12月	23,780.28	35,170	"	39-9-12
"	620	LJVDIHOVO	"	LR 耐氷 III 64年12月	"	"	"	39-12-12
石播東京	850		起重機船		270		D 240	38-7-17
"	851		"		"		"	"
三菱広島	145	LVGANSK	油槽船	LR 64年8月	22,000	35,200	D 18,000	37-2-24
"	146	LIBEDIH	"	LR 64年12月	22,000	35,200	"	37-7-14
"	161	LIKHO SLAVL	"	LR 65年4月	22,371.10	35,200	"	38-10-5
"	162	LVBNY	"	LR 65年10月	22,345.92	35,205	"	39-3-14
"	163	LJUBERTSY	"	"	22,336	35,208	"	39-7-17
"	164	LJVBLIHO	"	"	22,336.13	35,214	"	39-10-31
"	165	LEHOHO	"	"	22,326.91	35,216	"	40-2-27
"	166	LVHOVITSY	"	"	22,315.18	35,000	"	40-10-14
"	167	KEGMVS	LPG	LR 耐氷 III	3,476.03	2,513.64	D 2,400	40-1-14
"	170	KRASLAVA	"	"	3,492.34	2,516	"	40-3-24
三菱横浜	865	SPASSK	漁工船	USSR ウ・エル船級に準じ 船主要求を加えたもの。	18,000	10,000	D 5,500	40-12-25
"	866	SLAVIAHSK	"		"	"	"	40-2-19
"	867	SHALVA NADIBAIDZE	"		"	"	"	40-3
"	868	SVLAK	"		"	"	"	40-3
"	869	SILVERODOHETSK	"		"	"	"	41-5
"	870	SUZDAL	"		"	"	"	41-7
"	871	SEVEROVRAILSK	"		"	"	"	41-10
"	872	SUKHOHA	"		"	"	"	41-11
"	878							

第3章 北方航路などの実態調査

(I) 冬期日本海、オホーツク海経由シベリヤ沿岸航路

ソ連の沿海部のうちで汐の干満差が最も大きいのはオホーツク海であつて、その東北部のベンジン入江は13mに達し、干潮時には海岸から数km沖まで水が退いてしまい干満差から起こる潮汐流は時には8~9ノットに達する。水深はオホーツク海の北部は500m以内、中部は500~2,000m、南部は2,000~3,657mであつて、千島列島寄りが特に深い。全体としてみると、約55%の区域が500m以下で、約10%の区域が2,000m以上である。オホーツク海沿岸は年間7~8ヶ月は氷で閉され、堅氷はその巾100kmに達し、氷原は3月頃最も大きくなる。しかしオホーツク海の中央部は一年中氷から開放されている。4月になると氷は破れ始め、その氷片はオホーツク海内をカウンタークロツクワイスに流れている潮流によつてだんだんと西北部のシャンタルスキー群島区域に集積し8月頃まで消えないこともある。タタール海峡では11月には沿岸から凍結が始まり、それが次第に沿海州岸を南西方に延び朝鮮の国境にまでおよび、氷原は2月頃最大2.5~3mとなるが春に入ると弛みはじめめる。

コルイマ河とインヂギルガ河の上流方面に拡がつて発展しつつある資源地帯への唯一の出入口であるナガエボ港は、オホーツク海の北端に位置し通常12月から5月にかけて結氷し、タウイスカ湾の氷床の長さは450マイルにおよぶ。

しかし極東海運局が1961年から62年にかけての冬以来主力碎氷船(モスクワ級)をこの方面に配して本式に碎氷活動を行なつてゐるので、これ以後は年間を通じての航海が実施されてソ連シベリヤ開発に大きく貢献している。冬季でも氷状のよいときには、ナガエボ港へはアルクト級耐氷船の誘導により、あるいは耐氷船が独立で出入することもできるが、氷状が悪化した場合には、主力碎氷船の到着するまで碎氷型貨物船でも立往生の止むない状態もおこるのでつと碎氷船を増強することを要望する声もきかれている。

タタール海峡の沿海州側にあるワニノ港も冬季は凍結する。この港はシベリヤを鉄道で横断して日本海へ出る口としてはウラジオや、ナホトカより短い距離にあるので、極東海運局は1961~62年にかけての冬以来碎氷船に本式の活動を行なわせている。これと同時に、港の施設も増強されたので貨物取扱高は著しく増大している。シベリヤ産木材の冬季の日本向け輸送はワニノ港経由で実施される。ただしこの港の氷状は気まぐれでありしばしば発生する氷の圧縮のためウエル級の貨物船でも損傷の危険にさらされるのである。1964年の冬碎氷船第3号(現在の船名ハリトン・ラブチエフ)はタタール海峡で誘導中氷にはさまれて苦闘の末ようやく自船だけが脱出した。本船の要因は排水量2,600トン、4,800馬力、ディーゼル機関電気推進、14.8ノット)であるが、之ではタタール海峡を含めてオホーツク海方面での第一線の作業は無理である。この方面に配するには、船型を若干大型とし7,200馬力程度のディーゼル機関電気推進とすべきであろう。

1. ソ連の北洋航路

1962年から1966年までの最近5ヶ年間の業績について略述すると、次の通りである。

1962年度、この年は11隻の碎氷船がコースに配され、その中5隻はヘリコプターを搭載していた。このシーズン中忙しかつた港はペヴェツクとイガルカで前者は100隻、後者は83隻(内31隻は外国船)を扱つた。8月10日から9月13日までの間北洋コースを通過オビ、エニセイ、レナ、インヂギルカ、コルイマへゆく河川用船は200隻であつて、これは開始以来15年目の集団航行である。レーニン号は6月5日より11月5日まで活動し航行距離は18,000浬(内16,300浬は氷中航行)で100隻の船を誘導した。

1963年度、前年より氷状が悪かつたが貨物輸送量は18%増であつた。輸送に従事した船は約250隻と推定され、95隻(内31隻は外国船)がイガルカで160,000 standards の木材を積んだものとみられる。ペヴェツクは7月9日より10月末まで、イガルカは7月8日から11月6日まで開港した。誘導には13隻の碎氷船が従つた。

1964年度、貨物輸送量は63年より13%増であつた。輸送に従事した船の隻数は200~250隻と推定される。大部分は2~3往復している。誘導は西部では碎氷船レーニン号、レニングラード号、3隻のカピタン級、クラシ

ン号およびM.1、M.3、M.5（何れもソ連建造の港湾用砕氷船で5,400HP）が、東部海域では、モスクワ号、シリヤ号、アドミラル・マカロフ号およびM.2、M.4、M.7が行なつた。シーズンの終りに、モスクワ号とレニングラード号が東西入れ替つた。イガルカには7月5日に第一船が入港し、10月29日に閉港した。航行条件は63年度より悪くなく、今迄にくらべて最も多量の木材が搬出された。北洋航路ではここ6年間無事故だつたが、この年、木材輸送船が7月にエニセイ河口で氷によつて破損し難航し乍らデクソンへ回航してそこで応急修理をうけたし、また乾貨船が9月にシユミット岬附近で座礁しレニングラード号に曳航されて11月にウラジオストスクへ到着した。北洋航路を通過つてシベリアへ行く河船々団は、オビ河区域の石油天然ガス開発工事用のドレッヂヤー、作業工場、エニセイ河用の100トンクレーン船およびレナ河用掘削船を含む150隻以上の船が参加した。

1965年度、7月初旬に西のムルマンスク、アルハンゲリスクと太平洋のワニノから輸送船は7月8日に夫タドウデインカとイガルカに着いた。東部ではレニングラード号が第一便の船団を伴つて6月27日にブロヴィヂエニア着、ついでペーリング海峡を通過、7月1日にはシコミット岬を通過したが、ペヴェツク附近の氷状が悪くレニングラードおよび被誘導船は25日間も立往生し、ようやく7月27日にペヴェツクに到着した。西部区域では7月中はまだ氷が多くレーニン号とモスクワ号はレナ号とオビ号をフランツヨセフ島まで誘導したがその際モスクワ号が洋上でプロペラを取換えるという事態があつた。東部区域の東シベリヤ海とチュコト海ではシーズン中ずっと困難な航行が続いた。アドミラルラザレフ号は8月17日に氷でプロペラブレードを破損し、これを修理するため曳航されてペヴェツクへ行き、レニングラード号はこれと同じ頃氷中でプロペラブレードの交換を行なつた。航行の最も困難な区域はペヴェツクおよびコルイマに接近するあたりであつた。そこである期間には西部区域の6隻の砕氷船のうち5隻がこの方面に増派され、9月中旬頃にはペヴェツク港の出入を確保するため10隻の砕氷船が稼動した。しかしこれでも困難は解消できずそのため太平洋上に基点を持つ30隻の船の来航を止めて西航させるの余儀なきに至つた。116隻の貨物船がイガルカから木材を積出し、その量は1964年よりは1万トン上回り、総量50万トンに達したといわれる。東北部への物資輸送は主としてチュコトおよびコルイマの産金地帯へである。レナ材の日本への輸送は前年度の4倍の予定であつたが、氷状が悪かつたために下回つたらしい。白海からシベリアの諸河への河船の船団航行は、9月中に始まり総数は約100隻だつた。モスクワ級の新砕氷船キエフ号は65年12月ヘルシンキで完成し引渡された。そしてさらに2隻のキエフと同型船の建造が同じ造船所に契約された。

1966年度、14隻の砕氷船が稼動した。西部はレーニン、キエフ以下計7隻、東部はモスクワ、レニングラード以下7隻である。この年は氷状が楽観できない微候が早くから現われていて、ムルマンスク港は通例は氷で邪魔はされないのだが、この年の4月にはそこへ近寄ることができなかつた。オホーツク海では8隻の船がサハリン港で越冬を余儀なくされ、ようやく自由になつたのは6月初めであつた。最初の船団をキエフ号が7月3日にカラ海へ誘導した。カラ海の氷状は広い海面でもエニセイ河口附近でも悪く、エニセイ河口では42マイルにわたつて堅い氷の帶を破らなければならなかつた。貨物船がドヴヂンカとイガルカに到着できたのは7月の後半以後で、1965年より2週間遅れた。レナ河行の最初の船団は7月30日にデイクソンを出発し困難な氷に悩まされて8月7日にチエリュースキン岬を迂回し8月半ばにチクシへ到着した。

東部区域の氷状はいくらかよく、レニングラード号は最初の船団を誘導して6月25日にブロビディニヤを出発し6月29日にペヴェツクに到着した。7月12日までには30隻の船がペヴェツクに着いている。

北洋航路の各地点の有効運航期間を集計してみると次の通りである。

カラ海への乗入れ	7月 3日から11月14日まで (133日)
イガルカ	7月17日から10月31日まで (106日)
チエリュースキン岬	8月 7日から10月 8日まで (62日)
ペヴェツク	6月29日から10月15日まで (109日)
ペーリング海峡	6月25日から10月20日まで (117日)

輸送計画では特にレナ河沿岸コルイマ河沿岸チュコト地方のダイヤモンドその他の貴金属鉱山への物資輸送に重点がおかれた。

東部区域には100隻の輸送船が就航し其中30隻は2度も航行している。チュコト地方に現在原子力発電所を建設中でそのための輸送にも例年より多くの船が稼動した。本年もチクシから日本向け木材の積出しが行なわれた。積出総量は35,000m³で、その一部はチュコト地方向けであつた。

西部区域ではイガルカが貨物取扱高最大で100隻の船で90万m³の木材を輸送する予定をほぼ達成した。(1970年の目標は150万m³) オビ河が海運の重要目的地域となつたが、これは下流地域で石油ガスの開発が盛んに行なわれているからである。ヨーロッパ、ロシアの河船をシベリアの諸河川へ船団で航行させる仕事は、本年は8月25日から10月10日まで行なわれた。75隻が参加し大部分はオビ河、イルツイシユ河、エニセイ河に行き、4隻がレナ河に行つた。荷は主として食料であつた。

66年度の北洋航路の輸送は輸送貨物量、就航船舶数ともに従来の最大であつた。計画遂行率は104%、65年度より20%増であつた。

結論として北洋航路の主要な点は大西洋または太平洋のターミナルとシベリヤ北極海沿岸特に北極海に流れるシベリヤの大河川の河口との間の貨物輸送である。次に氷海中の操船技術についてはソ連とカナダ、米国とは根本的に差がないが、ソ連は砕氷船および砕氷型貨物船の馬力を大きくして氷に対し積極的攻勢をとるのに対し、カナダ、米国は氷状好転を待つ消極戦法である。ソ連が原子力砕氷船レーニン号の完成(1959年)以来、目指す目標は北極航路の航海期間の延長である。過去の4ヶ月間の航海期は約1ヶ月間延長が可能となりつつある。ソ連の第二目標は北極沿岸の航海だけでなく第二の北方高緯度航路の開発である。これは西からノーウセゼムリヤ、セーウエルナヤゼムリア、ノヴォシビリスキ一群島およびウランゲル島の各北方水域を通つてベーリング海峡に出るものでこれは沿岸航路に比較して数百浬短縮される。そして沿岸航路が氷のため通れなくとも高緯度航路が通過できることがある。ただし北方は水量が一般的に密でありレーニン号、モスクワ号級の砕氷船の誘導が前提である。レーニン号はこの航路の開拓を目指している。なおソ連の長期並びに短期氷状予測の技術は進歩しており、その確度は75%位といわれている。

1967年3月ソ連海運省はユー・アルシエネフスキイ技監の名をもつて次の意向を明らかとした。ソ連が今まで堂々と築きあげた北極航路の成果によつて、例えばロンドン横浜間は南方回りに比較して北回りだと4,332マイル短い。北極経由の船が氷海を通過中速力の低下は免れないにしても、北回りの場合の所要日数は平均して13昼夜も節約できる。ソ連海運省は北洋航路經由欧洲太平洋各港を結ぶ航路に沿つて運行の開設を企図している。67年の航海期には数隻が一船団を編成しソ連の北方の港で積荷の上トランジット輸送で太平洋に向かう。外国船の案内用として『北洋航路航海指導書』が刊行されている。

北洋航路(ムルマンスクとベーリング海峡間)は今日すでにソ連の海運組織の一環となつており、氷海航路という独特的の運営区域は存在が薄れてきた。このことは30年以上も存続していた北洋航路総局(特殊行政機関)が昨年解消された事で説明されよう。現在ソ連の海運の最大の目標は外国貿易のための輸送、貿易外収支の改善、要するに外貨を稼ぐにある。したがつて船腹を一隻でも多く外航に回したい。しかしこれまでのように北極を独占していたのでは外貨は獲得できない。そこで思い切つて北極の海を外国船に開放し、ソ連の砕氷船や水先人がこれを誘導する。外国船はこれに頼る他はないから外貨が稼げる。ソ連は『アークティック・ステイムシップ・ライン』と題する英文パンフレットを作成し欧洲極東間北回り航路の有利性を強調すると共に、トランジット海運のために進んで北洋航路を開放する用意があることを示し各国海運界に積極的に働きかけを開始した。

2. ソ連政府推薦コースによる距離

ソ連国防省・1966年

カールスコエワローダ～ペールイ島	268 マイル
ペールイ島～デクソン島	162 "

デクソン島～スコットハンセン島	1 4 4	マイル
スコットハンセン島～ウイルキツキー海峡	2 8 3	"
ウイルキツキー海峡	9 1 5	"
ウイルキツキー海峡～サンニコフ海峡	4 8 4.5	"
サンニコフ海峡～メドヴェジ島	4 7 6.5	"
メドヴェジ島～ビリングス岬	2 8 1.5	"
ビリングス岬～ベーリング海峡	4 0 1.5	"
ベーリング海峡	1 5 2	"

計 2.744.0 マイル

推奨されるコース

変位点	位 置		真 针 路	航行距離 (浬)	備 考
	北 緯	東 經			
1	2	3	4	5	6
カラ海西口よりディクソン島まで					
1	70°40'	58°10'	45° - 225°	268	カールスキーウロータ海峡からペールイ島まで
A	73°50'	68°30'			
2	70°00'	60°43'	32°2' - 212°2'	272	ユゴールスキーシヤールからペールイ島まで
A	73°50'	68°30'	90° - 270°	162	
4	73°50'	78°12'	117° - 297°	35.5	{ ペールイ島からディクソン島まで
B	73°34'	80°04'			
1	70°40'	58°10'	114°5' - 294°5'	142	カールスキーウロータ海峡から氷を南方から迂回してウイルキンノス岬まで
3 1	69°41'	64°34'			
2	70°00'	60°43'	103°4' - 283°4'	82	ゴーゴルスキーシヤールから氷を南方から迂回してウイルキンノス岬へ
3 1	69°41'	64°34'	16°4' - 196°4'	260	ウルキンノス岬からペールイ島へ
A	73°50'	68°30'			
3	76°50'	70°00'	187°2' - 7°2'	181.5	ジエラニニヤ岬からペールイ島へ
A	73°50'	68°30'			
3	76°50'	70°00'	141°8' - 321°8'	249.5	ジエラニニヤ岬からディクソン島へ
B	73°34'	80°04'			
ディクソン島よりウイルキツキー海峡まで					
B	73°34'	80°04'	42°6' - 222°6'	144	ディクソン島からスコットハンセン島へ
5	75°20'	86°08'	25°2' - 205°2'	52	
C	76°07'	87°38'	84°4' - 264°4'	101.5	
6	76°17'	94°42'	62°8' - 242°8'	31	スコットハンセン諸島からエルマーク州の北
7	76°31'	96°38'	86° - 266°	14	方マチソン海峡を経てウイルキツキー海峡へ
8	76°32'	97°38'	46°6' - 222°6'	84.5	
D	77°30'	102°10'			

変 針 点	位 置		真 針 路	航行距離 (浬)	備 考
	北 緯	東 経			
1	2	3	4	5	6
5	75°20'	86°08'	69°4' - 249°4'	55	
3 2	75°31.5'	88°10'	43°2' - 223°2'	55	
3 3	76°11.5'	90°44'	43°2' - 223°2'	58	
-	76°54.2'	93°36'			
C	76°07'	87°38'	60°5' - 240°5'	140	
9	77°16'	96°28'	79°4' - 259°4'	76	
D	77°30'	102°10'			

ウイルキツキー海峡の航行

D	77°30'	102°10'	46°2' - 226°2'	22	
1 0	77°45'	103°23'	90° - 270°	21	チエリユースキン岬に近接して、ウイルキツキー海峡の南部を通り、ラブチエフ海へ
1 1	77°45'	105°00'	112°4' - 292°4'	48.5	
E	77°26.4'	108°28'			

ショカリスキー海峡の航行

9	77°16'	92°28'	25°8' - 205°8'	149	
3 4	79°30'	101°50'	90° - 270°	14	
3 5	79°30'	103°06'	138°4' - 318°4'	93.5	
3 6	78°20'	108°28'	180° - 0°	53.5	
, E	77°26'	108°28'			

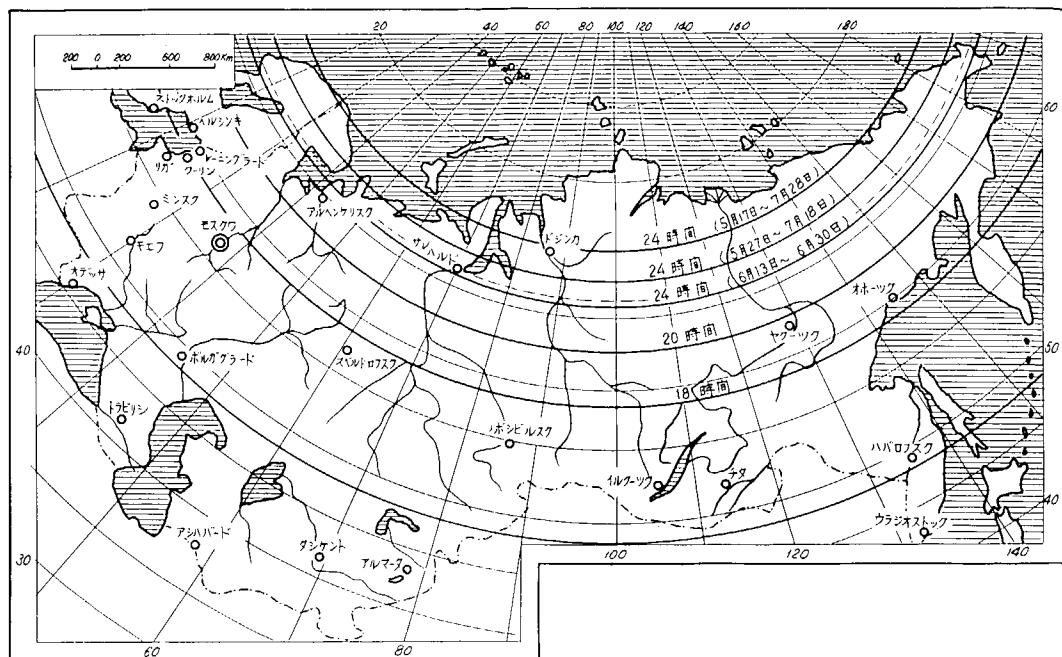
ウイルキツキー海峡からサニコフ海峡およびドミトリイ・ラブチエフ海峡まで

E	77°26.4'	108°28'	112°4' - 292°4'	48.4.5	
F	74°23'	139°06'			サニコフ海峡へ
E	77°26.4'	108°28'	126°4' - 306°4'	451	
1 2	72°59'	132°11'	81°02' - 261°2'	118	ドミトリイ・ラブチエフ海峡へ
G	73°17'	138°52'	3°4' - 183°4'	6.6	ドミトリイ・ラブチエフ海峡をサニコフ海峡の西口の中間点へのコース
F	74°17'	139°06'			
3 7	76°24'	114°40'	180° - 0°	51	
3 8	75°33'	114°40'	142°6' - 322°6'	130.5	
3 9	73°49.5'	119°41'	90° - 270°	37	
4 0	73°49.5'	121°53'	55°5' - 235°5'	65	
4 1	74°26.5'	125°10'			

サニコフ海峡からメドヴェジイ諸島

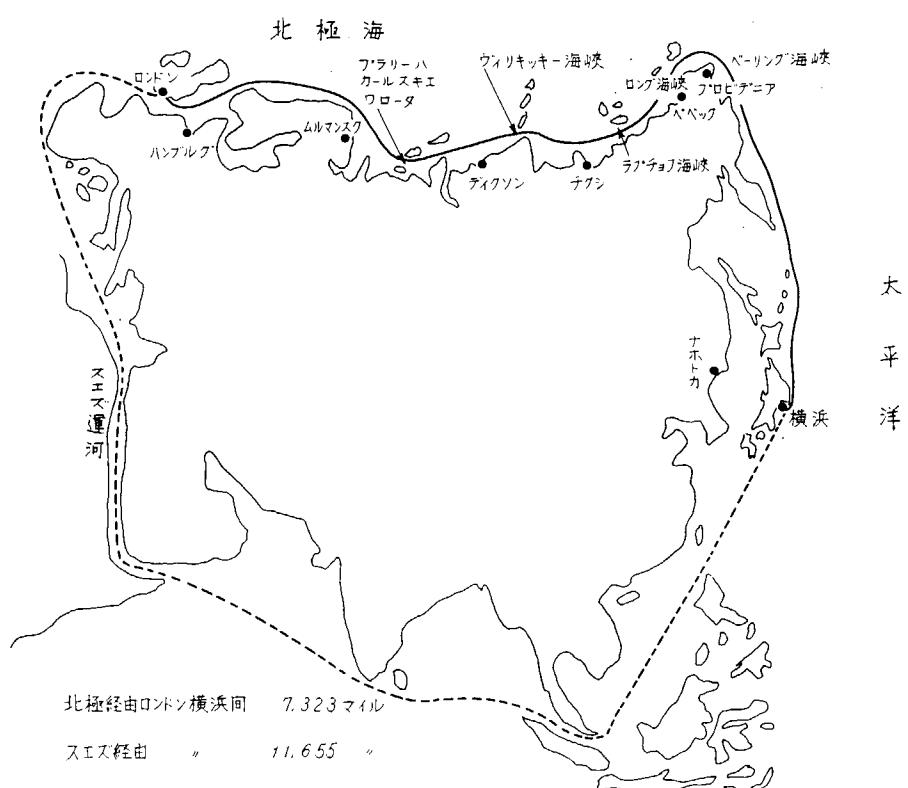
F	74°23'	139°06'	70°2' - 250°2'	32.5	
1 3	74°34'	141°00'	99°6' - 279°6'	90	
1 4	74°19'	146°30'	125°8' - 305°8'	354	
H	70°52'	162°29'			

麥 針 点	位 置		真 針 路	航 行 距 離 (浬)	備 考
	北 緯	東 徑			
1	2	3	4	5	6
ドミトリイ・ラブチエフ海峡からメドヴェジイ諸島					
G	73°17'	138°52'	99° - 279°	96	
15	73°02'	144°20'	90° - 270°	63	
16	73°02'	147°55'	115°6' - 295°6'	300	
H	70°52'	162°29'			
メドヴェジイ諸島からビリングス岬					
H	70°52'	162°29'	100°6' - 280°6'	281.5	
J	70°00'	176°15'			
H	70°52'	162°29'	154° - 334°	62	
42	69°56'	163°50'	90° - 270°	70	氷の南方を迂回する沿岸コース
43	69°56'	167°15'	51° - 231°	50	
44	70°27'	169°08'			
ビリングス岬からベーリング海峡					
J	70°00'	176°15' 0	118°8' - 298°8'	101.5	
K	69°11'	179°30' W	113°2' - 293°2'	158.5	海洋コース
L	68°08'5"	172°50' W	147° - 327°	141	
M	66°10'	169°34' W			
ビリングス岬からベーリング海峡					
J	70°00'	176°15' 0	118°8' - 298°8'	101.5	
K	69°11'	179°30' W	132°6' - 312°6'	175.5	沿岸コース
17	67°12'	173°42' W	103°6' - 283°6'	51	
18	67°00'	171°35' W	136° - 316°	69.5	
M	66°10'	169°34' W			
ビリングス岬からベーリング海峡					
J	70°00'	176°15' 0	50°6' - 230°6'	47	
19	70°30'	178°03' 0	79°4' - 259°4'	86.5	ウランゲリ島に近接する北よりコース
20	70°46'	177°40' W	147° - 327°	328.5	
M	66°10'	169°34' W			
M	66°10'	169°34' W	180° - 0°	10	
21	66°00'	169°34' W	212°2' - 32°2'	142	ベーリング海面へ
22	64°00'	172°33' W			



("フリード " 1956. 6. P126)

北極の日照時間 (F.T. セリヤニーノフによる)



ヨーロッパから極東への航行距離比較

—ノヴォヴォロネジ号船長を中心とした北極航路座談会—

1967年7月31日ハンブルグを出帆したソ連の貨物船ノヴォヴォロネジ号は、シベリヤ沿岸北極航路を経て8月25日横浜に入港した。同船の船長を囲み、この歴史的航海についての座談会が8月26日東京で開かれた。以下は座談会の要旨でありこの航海の記録的資料である。

ソ連邦海洋船隊省北極汽船公社所属ノヴォヴォロネジ号船長アレキサンドル・デジューリン氏挨拶。

今から35年前シビリヤコフ号が初めてこの航路を一夏で開いた。それ以後党および政府はこの航路の開発に努めた。今回の成功も航海者と科学者の不断の研究と多年積重ねた経験の賜である。

欧州と日本との距離はこれで半分になつた。これは意義深いことだ。

この航路は天然の厳しい条件を伴う。然し同航路は日ソ両国の温い気持を通じてその友好に役立つ。皆さんの歓迎と理解を感謝する。

続いて船長との質疑応答

(質問) 今回の航海はどうであつたか。

(回答) ハンブルグ、7月31日発。ムルマンスク、8月4日発。カールスキーワロータ、8月6日通過。カラ海に入るや氷に遭遇、カピタンワローニン号(砕氷船)に誘導されたままディクソンに入港、8月7日同港を出帆独立で東に進みカピタン・メレーホフ号(砕氷船)の力を借り9日ヴィルキツキー海峡通過。一旦単独航行し再び船団に入つてカピタン・ベロウソフ号の誘導を受けた。それから船長の判断で船団を脱し単独で沿岸近くを航行しインディギルカ河口沖やベヴエツク沖を通過した。これら沖合でも氷群に出会つた。8月17日朝ベーリング海峡を通過した。今回の本航海速力は10ノットであつた。

(質問) 北極航路に使用されるソ連貨物船は最近どんな型が多いか。

(回答) アムグエマ号型と本船型である。

(質問) 計画にもとづいた航海を行なうためには氷状予測が大切か、船体の補強が第一か。

(回答) 大切なのは第一に北氷洋の研究であり第二が船の補強である。レニングラードにある北極研究所では年々の北極航海の記録を調査しており、それは海洋気象を基礎にしている。これにもとづいてその年の氷状を予測する。今年の氷状は中(並)である。したがつて原子力砕氷船レーニン号の活躍はあまり必要ない。ムルマンスク号がフィンランドの造船所で明年竣工する。同船は26,000馬力でモスクワ号と同型である。

(質問) 氷上航海での苦労は何か。

(回答) 一番困るのは霧である。視界が悪いと氷が判らない。ただし霧の中ででもレーダーを使用し速力を落さなかつた。オホーツク海はバルト海より霧が多く航海は容易でない。

(質問) 航海中寒気のため甲板作業は困難か。

(回答) 今度の航海は甲板上で12度Cであつた。困難はなかつた。

(質問) 北極航路ではどんな海難が多いか。

(回答) 経験不足で氷の流れの判断を誤ることにもとづくプロペラの損傷、特に翼の折損が多い。エンジンをかけていて航海中それを一旦とめるとプロペラが氷に当る。そして停止したため折れる。氷にぶつかって後進をかけて後進をとめたとき翼を傷める。海難の90%は経験不足が原因である。

(質問) 修繕基地はあるか。

(回答) まづ自力で修繕することに努めねばならぬ。これは機関部の経験者の力による。機関長は優秀でなければならぬ。耐氷船でない船の機関長はすぐには耐氷船の機関長にはなれない。北極でも大修繕でなければ修繕ができる。ドツクはない。機関長として北極航路に特に注意することは冷却水である。この航路では水温の変化がはげしいのに対処せねばならぬ。

(質問) 避難港はあるか。

(回答) デイクソン、チクシ、ペヴェツク、プロビデニヤが主な避難港である。北氷洋では天候が悪い時には回復するまでその位置に停止するがよい。

(質問) 主機はディーゼル、タービン、いづれがよいか。

(回答) 一番良いのはディーゼルエレクトリックである。その次はガスタービン。二軸なら一軸が故障したときでも走れる。北極を通る輸送船は一軸、強力な砕氷船は二軸が普通である。

(質問) 貴船の乗組員は何名か、その内訳は。

(回答) 本船の乗組員は35名。航海科士官は船長以下4名。機関科士官は機関長以下6名。通信科士官2名。船医1名、スチュワーデス3名、甲板員7名、電気技師3名、機関員7名、コック2名、計35名である。

(質問) 電子計算機のような特別装置をもつているか。

(回答) 気象の研究の方が電算機より大切。

(質問) 北極海の高緯度航海は考えられているか。

(回答) ソビエトの強力な砕氷船が試みるであろうが、できてから3~5年もたつた堅い氷があるので難しい。

(質問) 貴船の今後の航海予定は?

(回答) 10月以降はカナダのモントリオールに配船される。それから地中海、黒海に行く。

(質問) 北極の年間航海可能期間は?

(回答) 7月~10月末である。砕氷船は別。木材積取りのため毎年6月25日頃エニセイ河のイガルカに行く。

(質問) 気象局の数は?

(回答) 航海に充分な数はある。モスクワとチクシとチュコト半島を結ぶ航空路には航空基地があつて、ここからも北極の気象サービスを行なつてゐる。

(質問) 本船はどの位までの氷を砕いて進めるか、速力は?

(回答) 厚さ60cmまでの氷なら停止せずに行ける。速力は12ノットないし6ノットで氷状により色々変る。

(質問) 本船の馬力と最高速力は?

(回答) 3,250馬力。14ノット。

(質問) 船長以下の乗組員も氷海航行の経験を必要とするか。

(回答) 総ての乗組員が氷海航行の経験を必要とする。

(質問) プロペラの保護装置は?

(回答) 特はない。

(質問) 北極航路の喫水の限度は?

(回答) 1.0~1.1m、つまり氷が多いときは沿岸近くを通るので最小限この位は必要だ。

(質問) 砕氷型貨物船の最大の型と最小の型はどれ位か。

(回答) エニセイ、レナ型が最大。これは、 D/W 9,000トンである。

フィンランド製の木材輸送船が最小で、 D/W 2,000~3,000トンである。

(II) アラスカ定期航路

1. アラスカ北端パロー岬航路

(航路) アラスカの西岸と北岸向け航路は米国太平洋岸からノーム、コツエビューおよびパロー岬に向つてゐる。これらの航路はアラスカ半島とウニマーク島との間を通つてゐる。

シアトルからノームまでは海路4,850kmであり普通航海所要期間は9~10日である。アラスカの西部および北部沿岸は一年の大半が氷で覆われてゐる海に囲まれてゐる。

(航海期間) ノーム水域では航海は5月~10月まで続けられる。それより北にあるコツエビコ湾では7月の半ばか

ら9月の半ばまでであり、バロー岬附近では航海期間はもつと短い。

(特色) これらの水域ではすべて浅瀬であるためや人工の水深の大きい係船地がないために大型船は海岸に接近することが困難である。

(航海実績) 1967年現在貨物船はアラスカの北極海沿岸に定期配船されている。貨物船やバージがバロー水域に入るのは、8月と9月海氷が破碎して流れ出す2ヶ月間である。67年9月初旬“North Star”号はバロー岬にある米国北極研究所のための資材を輸送した。この揚荷は氷のため何回も中止して11日間で終了した。この他アメリカ曳船会社所有“Arthurs”号と“Theiline W”号がブツシユする3隻のバージが8月23日バローに到着した。これらのバージはシアトルから出帆コルドヴァおよびバルデーツを経由、ダッチャハーバー附近のアリューシヤン Chain を通過して北極海に入った。

アラスカ北岸輸送が困難であるのは氷のためばかりでなくその沿岸が水深が浅いためと設備のある港がないからである。それ故米国もカナダも独航の喫水が少なく水陸兼用のバージを利用している。これらは自力で北極にくるか或はドツク船に数隻搭載して輸送し目的地に着くと進水させるのである。重工業設備や機械をアラスカ西部や北部海岸に運ぶため上陸用舟艇型輸送船の計画もある。

2. アラスカ～日本間に就航予定の LNG タンカー

1969年からアラスカ～日本間 LNG 輸送計画に使用されるタンカーは米国船級協会のクラスをとり、リベリヤ国籍船として登録され、マラソンオイル会社によつて運営される予定である。このタンカーはスエーデンの malmo 市にある Kockums 造船所によつて建造され2隻竣工することになる。タンクを初め、配管および関連設備等船内の冷凍部分はフランスの GAZ Transport 会社によつて設計された。

(一般設計) 2隻共4,250,000m³のガスに相当する LNG 69,960klを積載する容積をもつている。この船は空所で仕切つた6ヶの防熱船倉に分かれている。両船は夫々長さ244m、巾34m、喫水9.45mでこれは70,000トンタンカーと同じ寸法である。

本船は試運転速力18.25ノット、航海速力は17ノットである。アラスカのクツク入江にあるニキスキ港から横浜までの距離、6,500海里であるから、一航海に約20日を要することになる。（これは荷揚所要日数と航海の遅延を含む）一年の間に修繕と維持のため20日の入渠を予定している。そして一隻当たり年に17航海、2隻合計で年間34航海する予定である。

横浜で引渡される容積は沸騰損失（ボイルオフ）のため満載積載量の約9.5%即ち65,985klとみられている。ボイルオフ損失率は平均一昼夜当り載貨容積の約0.25%と見込まれ、これは本船のタービンに蒸気を供給する二基の焚口2つのボイラー内で燃料として使用できる。燃焼装置は燃料油とガスを同時に燃焼させる様に設計されている。

(機関部) 本船は航海速力時には毎分103回転のプロペラ一個で推進する。プロペラは20,000馬力の蒸気タービンで駆動される。蒸気は63.8kg/cm²、510°C (216°C過給) で供給される。各船は揚荷用ポンプ、沸騰除去コンプレッサーのための動力を供給するに必要な1,000KW発電機2台をもつている。

(船殻構造) これらの船が就航するときの気象条件は、他の LNG タンカーの条件より悪い。クツク入江の冬の温度は低く、-43°Cまで下る。同入江には大小様々な海氷があり、これらは6ノットに達する速力で漂流している。このため船体は4Bの耐氷クラスCで設計された。冷い冬の温度に備え水線上の外板には特殊鋼を使用せねばならぬ。この鋼は低温に際し優れた韌性をもち、-43°Cまで脆性のため起る鋼の破壊を防止するのに役立つ、船の内殻はSLT鋼製で、これは外板に用いられる鋼よりもお低い温度でも韌性を保つている。これらの船は空貨時に同じ喫水を維持するに充分なバラストの容積をもつよう設計されている。

(貨物タンク) 貨物タンクの設計は既存の LNG 船に用いられるものとは完全に異つている。本設計はパリの GAZ Transport の特許となつてゐる。タンクは所謂膜の概念でつくられ、液体は余り機械的強度を有しない薄い金

属製壁によつて包まれる。この設計によると、金属壁は Invar (不变鋼) の 0.55 mm 板である。インバールはタンクが温度範囲 (約 -16.2°C から +82.2°C の間) では膨脹あるいは収縮係数を全く有しない 3.5% ニッケル鋼である。膜を構成するインバールの細片を結合するのに特別な抵抗溶接技術が開発された。インバール膜は合板製箱にとりつけられ、また液体容器系をなす。米国コーストガードは現在 LNG 船は二つの金属壁をもつことを要求している。一つは一次のもの、他は二次のものである。第二の壁の目的は、第一の壁は漏れが生じたとき液体容器となるためのものである。

(貨物ポンプ) LNG は二本の積荷腕を通じて積荷揚荷される。また揚荷のとき船にガスを戻し、または積荷のとき岸にガスを送るため一本の蒸気ラインがある。このラインは船と岸のタンク内の圧力を等しくするのに役立ち過圧を防ぐのに用いられる。6ヶの貨物タンクの各々のメインポンプと一つのストリッピングポンプを有する。6つのポンプは船の手摺の所で 3.12 Kg/cm^2 の圧力で毎時 $4,770 \text{ kl}$ の速度で陸揚をする。この結果全体の陸揚げに要する時間は約 1.5 時間となる。他の六台のメインポンプは待機用である。ストリッピングポンプは船が造船所に入る準備をするとき、タンク内の残つた液体を汲み出すために使用される。ポンプは全部電動汲水型でポンプとモーターはタンクの底に固定される。

(乗組員) 本船は元来自動運転として設計されている。機関室は一人の監視によつて運転される。貨物システムは完全に自動化されており、船の中央と船橋からすべての重要な機能を遠隔操縦する。各船には約 37 人の乗組員がいる。

(II) セントローレンス水路の冬期利用

東部カナダでは氷結は西から始つて東に移る。淡水の五大湖が先づ凍るが、この時狭い運河部分と水門が支配的要素となる。オンタリオ湖からモントリオールへの航路は 11 月 30 日に閉鎖する。

Welland 運河と Sault とは 12 月 15 日に閉鎖する。

CCGS Alexander Henry 号は最後の穀物船がカナダの Lake 岬から出るのを見送る。そしてヒューロン湖の Georgia 湾で越冬する。同船はそこで東海岸諸島の氷を砕くことによつて運搬船 leker がウインターバースから穀物倉庫に貨車積み用穀物を荷下しするのを容易にする。

3, 4 隻の旧式の碎氷船は最後の船がモントリオールから出るのを護衛し、川岸に氷が固く張りつめた後は開水路の維持に努め氷の密集とその結果起る洪水の予防をする。

St. Peter 湖では川の流れがゆるいから逆風によつて割られた川の氷は再び氷結しようとする。このため上流の川幅のせまい地点の密氷群から流れてきた氷が停滞しないように碎氷船は開水路維持に絶えず努めなければならない。そしてある期間は川の流れが氷結を防ぎ水位が上る。

ケベックではクリスマスの頃までには海に流れ出る浮氷が問題になる。そして海の沿岸交通と Quebec-Levis フエリー水路の確保に碎氷船の護衛が必要となる。ケベック・ブリッジ近くの川幅の狭い地点では冬期を通じ絶えず氷が密集する恐怖があるので、洪水を予防する為にここは開水路にしておかねばならない。2, 3 隻の中型および小型の碎氷船が開放作業のためにここを根拠地とする。

1 月始めには大型船が冬の海上貨物を輸送するために Baie Comeau 又は Seven Islands および Sydney を冬の基地とする。この貨物は過去 5 年間で 270 万トンにふえた。この輸送はセントローレンス湾のケベック北岸の奥地の天然資源が開発されたため行なわれる。また New Brunswick 北部と Newfoundland 西部と Cape Breton Island の海港が一年中作業する必要のために実施される。中型および小型碎氷船の活動のお蔭で沿岸港と漁港の航海シーズンは延長された。

St. Lawrence 湾の氷は同港内で形成されるものと、僅かな量であるが St. Lawrence 河から流れてくるものがある。Belle Isle 海峡にも小量の氷が流入するがそれらは同じ経路を通りて流れ出る。この水域は風と潮が間断なく氷を移動させてるので綿密な商業輸送にとつては、碎氷船の直々の誘導が必要になる。湾の南方では風下の海岸や浅瀬

に氷が密集する傾向が強い。氷は海へ出ようとしてぶつかりあい、*Breton*岬と*Newfoundland*の間の*Cabot*海峡に集中する傾向がある。一旦この険路を通り抜けると内航の商業船舶はしばしば風に応じて*Anticosti*島又は*North Shore*の風下を通る。氷状は3月初めに最も困難になる。その時は砕氷船の護衛があつても時々交通が止まる。その後湾内の氷は衰退する。*Sydney*は北東風が吹くとき外に流れる氷が押しよせるために一時的ではあるが問題を惹起している。北極の氷は春になつて動き出し湾流の中に消滅する。砕氷船を必要とする最終の区域は北東*Newfoundland*である。この護衛行動は5月下旬まで続く。

夏の北極でみられる如く、また北極と同じ理由のためにセントローレンス湾内の冬の氷の状態は年々相当に変化する。しかしこれらの緯度においてはこの良く整備された商業交通に支障が生ずるのは最も厳しいシーズンに於てさえ極めて限られた期間のみである。

カナダは主にケベックやモントリオール等凍結港のあるセントローレンス河下流、およびセントローレンス湾に於ける冬期航行を実施している。1957年にここに「セントローレンス下流およびセントローレンス湾地域開発協会」が設けられセントローレンス水路が開通した。冬期この地域の水運による貨物輸送量は絶えず増大している。1959～60年の冬28万トンであつたものが次の冬には(60～61年)100万トンを越え一年中間断なく輸送が実施されるようになった。主な荷動きはケベック港とモントリオール港を通じて行なわれている。

次表は冬期セントローレンス湾に於ける輸送量の推移と冬期間湾でカナダコーストガード所属砕氷船の救助を受けた船舶数である。

冬期	輸送貨物量(吨)	航行船数	誘導を受けた船数
1962/63	2,700,000	488	189
1963/64	5,000,000	760	313
1964/65	7,400,000	1,178	519

ケベックでは1964年の1月、2月および3月だけで34万トンの貨物が取扱われたが、これは過去の一年間の貨物取扱数を越えている。1963年秋にはここでタンカー「アウリゴブリモ」号(載貨重量49,000トン)が穀物を積んだ。これはこの様な大型船が一年中いつでも冬期間もケベック港で作業するようになつた最初のケースであつた。

氷中に於ける船舶の誘導はそれぞれ15,000馬力、10,000馬力、6,500馬力の力を持つジョン・A・マクドナルド号、ラプラドル号、マクリン号の三隻の砕氷船によつて行なわれている。以前はケベック迄しか行かれなかつた航路も1964年からモントリオールまで通れるようになつた。セントローレンス河およびセントローレンス湾の氷中航行の為に船体が耐氷帶で強化された特別の船が企画され建造された。将来は新しい強力な砕氷船の建造が考えられている。同時にカナダの他の北方諸港に於ける一年中の航行の実現に関してその可能性が研究されている。

(a) アメリカ、カナダが共同で開発している北西航路の実態

物資輸送の目的で行なうアメリカとカナダの大西洋、太平洋間の北極海航行の検討は1944年に始められたと見てよい。この年砕氷船「エヌ・ペーマックリム」「サウレル」「アーネ・ストラボンテ」は建設資材、燃料等をバロー岬へ輸送する数隻の輸送船を誘導した。1946年には砕氷クラスのディーゼル補給船がこの方面へ加えられた。1946年から1950年に至る間に北極圏方面へのアメリカの補給量は増大されたが砕氷型船、耐氷型船の増派は微々たるものであつた。1947年から北極に対するカナダとアメリカの協同調査が行なわれることになり、その第一着手としてカナダの北極諸島に気象観測所を設置することと、北部カナダの資源調査が始まられたのである。資源を調査するためにはこれまで氷に妨げられ近接が困難であつた北極海沿岸の諸地点に物資を輸送すること、これに連絡して輸送船を氷海で誘導する組織が必要となつた。氷海輸送航海を確実なものにするためにカナダとアメリカの水路部附属の海洋学研究部が設けられた。この部は気象所や電子学研究部と協同して1949年には氷に関する術語や空中海中からする氷上研究調査の組織的な方法をきめた。1950年には上記の海洋学研究部が改組されて海洋観測と学術調査のための船が

つくられた。このフリートによる第1回の長期氷状予測は、1952年にニューファンドランドからグリーンランドの北岸にかけて行なわれた。また従来アメリカが行なつてゐる航空氷状観測をカナダも1950年には行なうようになつた。デーヴィス海峡とバツフィン海の氷状観測は、アルヂエンチイ（ニューファンドランド）および臨時基地グースベイ（ラブラドル）、フロビツシャーベイ（バツフィン島）、トゥーレ（グリーンランド）等から海軍の哨戒機が発進して行つた。カナダ北極海ではカナダとアメリカの氷上観測機がレゾリュートベイを基地として活動した。アラスカに沿つた海の冬の終りから春の初めにかけての氷状観測はコヂヤツク（アラスカ）を基地とするカナダとアメリカの飛行機が行なつた。遠距離偵察機（R-2型）はフェアバンクス（アラスカ）を基地として7月から航行の終期までベーリング海とチュコト海の氷状観測を行なつた。

1954年における氷状観測飛行距離は500,000マイルをこえている。氷中航海船自身がもつてゐるヘリコプターの行動半径はせいぜい15マイルなので上記の観測飛行機の活動は氷中航行船の行動を安全にした。即ち飛行機から氷の新旧重なり具合、破碎状態氷片の大きさ、氷の裂け具合、開き具合等氷についていろいろな情報が送られ、そして又航空観測航行船の報告、沿岸観測所の報告等を基にして氷状観測図が作製された。航行を安全にするために氷状予測が行なわれ（次表参照）、その予測は模写送信装置で航行船舶に送られた。この氷状予測や実情に関する情報のおかげで氷中における船舶の事故の件数は従来の10%ないし15%に減じたのである。

氷海航行安全保証のための予報の種類

作製周期	予測期間	作 製 者	資 料
毎 日	48時間	グースベイ（ラブラドル）、トゥーレ（グリーンランド） レゾリュートベイ（北西地帯）、コヂヤツク（アラスカ）等 の海洋観測所	海洋気象の現状
週 2 回	5昼夜	海洋観測本部	5昼夜の氷の実状と天気予報
月 2 回	30昼夜	全 上	30昼夜の氷の実状と天気予報
3ヶ月に1回	150昼夜	全 上	前年度と対比して気候、氷状等について海底地質的資料の説明

1953年にはカナダの碎氷フリートに新たに碎氷汽船 D'Iberville が加わつた。この年は輸送船の行動範囲はカナダの北極海諸島や北部アラスカ沿岸に及んだから海洋気象観測区域も拡大し氷や無氷海面に関する予測も大いに発達した。極地観測網が増強されたので気圧図、気温図の正確度も高まりアメリカの気象所の5日、30日等の予測も精度が高くなつた。

1954年にはラブラドル号が北西航路を周航したが、その後で船長は氷状予測や航空偵察のおかげで堅氷区域における氷中通過速度が50%増したとのべている。またアメリカの碎氷船バートンアイランドとノースウインドはマククルー海峡の碎氷面を航空偵察と氷状予測のおかげで見事に突破した。1954年の航行期間には北極海における貨物輸送量は僅か8,000トンであつたが1958年迄には年間110,000トンに達し1965年迄大体このレベルを保つてゐる。この貨物輸送の増大はカナダ北極海方面の気象観測所やレーダー所の建設に対する資材の輸送も大いに関係している。

1955年の氷状は53年、54年にくらべて遙かに困難であつたため航行船154隻中63隻が損傷した。そのうちアラスカ沿岸では航行船57隻のうち何等の損傷もなかつたのは僅かに4隻であつた。氷状偵察のため航空機は、3,400時間飛行した。

1961年にはシドニーに氷状情報部が設けられ北極海方面航行の指導に当ることになり、碎氷船の行動の統制、北極水域における船舶の航行計画と安全保証、航路の選定等を行なうことになつた。またカナダ北極海に対する海洋学研究にも大いに配慮されるようになつた。碎氷船上には海洋学、水理学、地球物理学等の調査部が設けられ、碎氷船が航

海中調査隊が派遣され、彼等は色々な学術研究調査や情報資料の蒐集に当つた。1961年には27隻の船が北極洋で輸送任務に服しそのうち4隻はタンカーだつた。この年のカナダ北極海の氷は平年に比して多量の多年氷がラプラドルとニューフアウンドランド海岸に漂い、ハドソン海峡、北ローレンス河口からプリンスエドワルド島に至る間は氷で閉されたが夏季にはグゾノフ湾、デビソフ海峡、北ローレンス湾等は氷から解放された。砕氷船「ジョン・エー・マクドナルド」はナンセン海峡を通つて從来のカナダ北極諸島の航路中最北航路を航行した。又アクセルハイベルグ島には世界で最初の原子力を利用した気象観測所が設けられた。砕氷船ジョン・エー・マクドナルドは海洋調査を行ないながらメルヴィルとランカスターの両海峡を通過した。砕氷船ラプラドルはマククルー海峡を通つてバンカー島のマーシー湾に到り、ついで西径 $116^{\circ} - 22'$ に達し更にヴィクトリアハーバーに赴きそこでジョージロス調査隊の残留隊と出会した。砕氷船カムゼルは再度に亘つて北極西部沿岸を航行した。

1962年にはカナダの北極海方面では気温降下がはげしかつたため結氷開始時期が早く来たが、デビス海峡でも北ローレンス湾でも海面の上層部の温度が高かつたため氷の量は例年より少なかつた。4月頃の氷の厚さはカナダ北極海の西部では2m、クイーンエリザベス島附近では1.5m、フォックスペースンでは約2m、ハドソン湾では1.3mでポートハリソン河口では2.25mの氷がみられた。総体的にはカナダ北極地方の氷は平年並だつた。7隻の砕氷船が輸送船10隻とタンカー3隻を誘導した。砕氷船「ジョン・エー・マクドナルド」と「ディバービル」はユーレカの北極調査所に対する補給を行なつた。「ジョン・エー・マクドナルド」はまたカナダ北極洋諸島の最北地域に赴く目的でタンクエリ・フィヨルドに入り、またはじめてデボン島の北部を就航した。

1963年の氷状は複雑だつた。多年性の氷の量は通常氷より多く、フォックスペースンでは夏のはじめに堅氷がみられた。春になるとハドソン湾とバツフィン島の北東部は徐々に氷から解放された。そして北極の海水と多年性の氷は北極ペースンからケーンペースンを経て移動した。ハドソン湾とハドソン海峡は8月末に漸く氷から解放されたが9月になるとカナダ北極諸島では新しい氷が出来はじめた。この年の氷状は困難であつたが、カナダ沿岸警備隊の7隻の砕氷船は20隻の輸送船を誘導し、この際砕氷船2隻は損傷したが輸送任務には何等支障となることはなかつた。浮遊観測所「ナターク」も氷のために損傷し、現地で修理をして仕事を続けたが2隻の浅喫水船は損傷が甚しかつたので南方へ曳航された。氷状は困難ではあつたが砕氷船ラプラドルは水理学の研究調査を行ないながら北緯 $81^{\circ} - 16'$ に達した。これは1962年に「ジョン・エー・マクドナルド」が航行した最北点に及ばぬこと僅か6マイルであつた。

1964年には砕氷船7隻、砕氷級船1隻、浮遊基地および特殊船「エス・デー・ハウ」ならびに沿岸警備隊の所属船数隻が誘導を行なつた。西部では砕氷船「コーレン」がマツケンジー河口から物資を輸送する補給船を誘導した。砕氷船「ジョン・エー・マクドナルド」はボーフォル海で活動した。船舶誘導司令部は砕氷級船「シモン・フレーゼル」に置かれて仕事をした。この船自身は航路標識の設置にも従事した。特殊船「エス・デー・ハウ」はジエームス湾とエルスミスの間に点在している30ヶ所に補給を行なつた。砕氷船「ドレイヴアービル」は最北点にあるタンクエリ、フィヨルドに貨物を輸送した後、アクセル・ハイベルグ島のシャーウッド湾に立寄つた。この島には原子力発電を使用する気象観測所とカナダアメリカ、ユウレカ観測所が置かれているのである。砕氷船ラプラドルはケイン・ペースンの海峡を通過した。9月にはすべての行動が終つた。1964年のカナダ北極海のハドソン湾、デビス海峡等の氷状は例年より航行に困難で東北部の氷の範囲厚さは平均以上であつたが、セント・ローレンス湾では氷の面が多く春になると氷状は例年より楽で氷のない海面が北緯 70° まで続いた。カナダ北極海一帯の氷状は平年並で氷厚が2mに及ぶ区域は僅かであつた。

アメリカとカナダでは北西航路（北米大陸の北側の海を回る航路）の要望が急に高まつてきた。この年1月に起つたパナマ運河事件の影響と思われる。パナマ運河に代つて自由に使える運河の建設が無理なら①せめて夏の間丈でも北回り航路を実用化する。②原子力潜水商船を建造してこの航路を年中使えるようにする。といつた案があつたがこの年の夏①の方がさしあたり実行されることになり具体化した。駆逐艦を改装したカナダの「ノースランド・プリンセス」号は7月バンクーバーを出港し、ベーリング海峡を経由して北極海へ向つた。この航海の名は「パッセイジ・セブン」

(7番目の航海)という。この航海では“往復”をねらつた事が特色であつた。又初めて民間会社(カナダの北西海運)によつて運営され、カナダ、アメリカの海運、航空、石油、鉱山の各社が後援した。

氷海航行のベテラン「ノースランド・プリンセス」号のアレキサンダー船長は「成功のこつはとにかく氷塊が移動してしまうまで根気よく待つことだ」と語つている。もう一つの成否の鍵は航路の中程にあるペロー海峡が利用できるかどうかにかかる。この海峡の水路調査を行なつたのが7年前であり調査結果から①8月半ばから9月末までは氷から解放され、これを利用すれば北西航路はシーズンに延べ110日位は使える。②最も浅い場所でも大型砕氷船が通過できること等がわかつた。

1965年には北極海一帯に亘る輸送は7隻の砕氷船が保証した。海洋や水理の研究調査隊が砕氷船でその作業を行なつた。砕氷船の外に「エヌ・デー・ハウ」号、浮遊基地船「ナルワール」「シモン・フレーザー」その他6隻の補給船もこれに加わつた。砕氷船「カムゼル」はアラスカ方面迄航行しブチア半島の西側にあるシエツベルト湾に到つた。これらの船の3ヶ月間の航行距離は12,000マイルに達した。砕氷船「ラブラドル」「ジョン・エー・マクドナルド」「モントカルム」はハドソン湾からの誘導に当つた。アラスカからカナダ北方にかけて多年性氷原の上に気象研究調査のための多数の自動計測ブイが設置され、このブイは風や潮流による氷の流動を調べるために役立つた。北極海沿岸の航行確保という任務を持つているカナダの沿岸警備隊は総数200隻に及ぶ fleet を有しておりこの fleet 中心は砕氷船が10隻あり、その中で最も強力なものはジョン・エー・マクドナルドである。

1965年現在カナダ沿岸警備隊の砕氷船は第2表の通りである。1965年6月現在砕氷船の誘導をうけるか、或いはまた氷状が複雑でない時は独立で航行し得る沿岸警備隊の砕氷級補給船は第3表の通りである。冬季ニューファウンドランドの東岸、ノートルダム湾およびセントローレンス湾の安全航行任務は砕氷船「ジョン・マクドナルド」「ラブラドル」「ドノイヴービル」および電気推進船「タッペル」が行ない、これらの船はまたモントリオールに至るセントローレンス河の航行を安全にする任務をも有する。

1967年のソ連の北洋航路の項で記載した通り米国砕氷船ノースウインド号がシベリヤ側北極航路を東進しチュクチ海とボーフォート海を航行中、9月25日アラスカの北端パロー岬の北西480マイル附近でパックアイスにより圧縮され前進を阻まれた。のみならずスター・ボードのプロペラの翼を折損し、船首に長さ4.25インチの亀裂を生じた。そして自力脱出が不可能となつた。急報により米国コーストガード砕氷船ステーテンアイランド号は9月27日アラスカのノームを出帆救援に向つた。一方カナダ北極航路で貨物船を誘導していたカナダコーストガード所属砕氷船ジョン・エー・マクドナルド号(世界第3の大型砕氷船)は予定を変更しノースウインドの救助に向つた。10月初め両砕氷船の協力によりノースウインド号は氷海を脱出し10月17日シアトルに曳航された。ジョン・エー・マクドナルド号は砕氷船ノースウインド号を救助した後、バンクーバーとシアトルに向つた。このためこの年の航行期に思いがけず北美大陸側北極航路の就航を記録した。

カナダ コースト・ガードの砕氷船

船名	建造年	排水量(t)	長さ(フィート)	巾(フィート)	喫水(フィート)	主機	馬力	速力(Kt)	建造地	備考
ジョン・エーマクトナルド	1960	9,160	315'	70	28	M.S.	15,000	15.5	カナダ	
デイバー・ビル	1953	9,930	310	66-6	30-3	S.S.	10,800	14.5	"	
ラブラドル	1958	6,490	269	63-6	29-1	M.S.	10,000	16	"	
エヌ・ピー・マツクリーン	1930	5,034	277	60-4	19-9	S.S.	6,500	15.1	"	
モンカルム	1957	3,005	220	48	16-4	S.S.	4,000	13	"	
サー・ハンフリー・ギルバート	1959	3,000	220	48	16-4	M.S.	4,250	13	"	
カムゼル	1959	3,072	223-7	48	16	M.S.	4,250	13	"	
ウォルフ	1959	3,005	220	48	16.4	S.S.	4,000	13	"	
サウレル	1929	1,892	212	42	14.2	S.S.	3,000	11	"	
アーネスト・ラボンテ	1941	1,675	184	36	15.6	S.S.	2,000	13	"	
ハドソン	1963	4,660	296	50-	20	D.E.	7,500	17.5	"	
	1960	8,974	315	70	28		5,000×3	15.5	"	3軸
	1967	13,300	366.5	80	31		8,000×3	13	"	3軸

カナダ コースト・ガード砕氷級補給船

船名	建造年	排水量(t)	長さ(フィート)	巾(フィート)	喫水(フィート)	主機	馬力	速力(Kt)	建造地	備考
サー・ウイリアム・アレクサンダー	1959	3,555	272-6	45	17.6	D.E.	4,250	15	カナダ	
エトワード・コーンウォリス	1949	3,700	259	43	18	S.S.	2,800	13.5	"	
タッパー	1959	1,872	204-6	42	14	D.E.	2,900			
ウォルター・イー・フォスター	1954	2,718	229-2	42-6	16	S.S.	2,000			
アレクサンダー・ヘンリー	1959	2,497	210	43-6	16	M.S.	3,550	13	カナダ	
シモン・フレーザー	1960	1,876	204-6	42	14	D.E.	2,900			
トーマス・カールトン	1960	1,532	180	42	13	M.S.	2,000			
シンボ	1962	1,300	179-6	38	12	D.E.	2,000			
エス・デー・ハウ	1950	5,170	295	50	18-6	S.S.	4,000	13	カナダ	
ジョン・カボット	1965	5,000	313	60	22	D.E.	9,000	12		
バッファイン		3,700	385	49.5	15			15.5	カナダ	
バッファイン	1946		220	38	3	M.S.	1,000			
アウク	"		"	"	"	M.S.	"			
ラーウエン	"		"	"	"	M.S.	"			
スクーナー	"		"	"	"	M.S.	"			
ガンネット	"		"	"	"	M.S.	"			
エイデル	1949		"	"	"	M.S.	"			

アメリカ コースト・ガード碎氷船

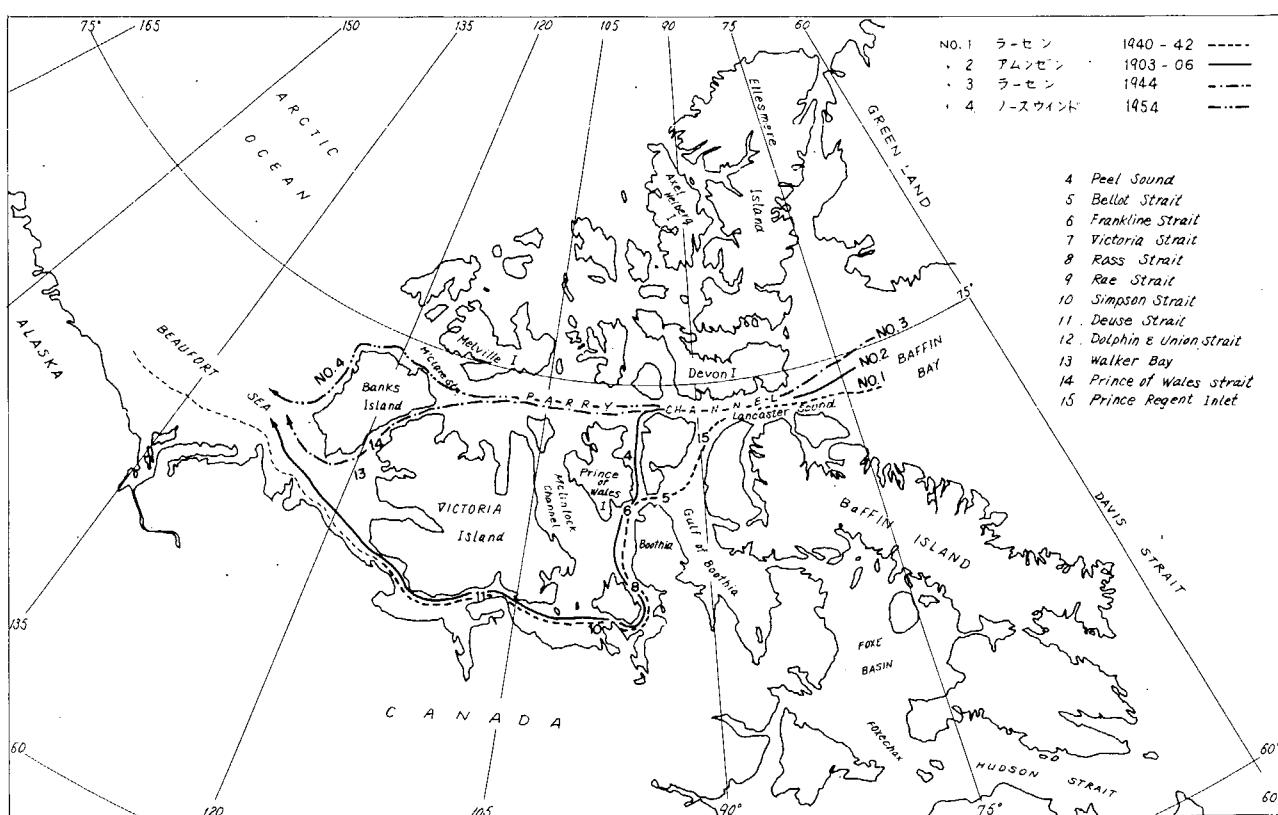
船名	建造年	排水量(t)	長さ(フィート)	巾(フィート)	喫水(フィート)	主機	馬力	速力(Kt)	建造地	備考
グレーシア	1955	8,449	309-10	74	25.75		10,500×2	18.3	アメリカ	
ノース・ウインド	1944	5,300	269	63.5	25-9	D.E.	5,000×2	16	"	
アトカ	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
ステーテン・アイランド	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
バートン・アイランド	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
イースト・ウインド	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
エディスト	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
ウエスト・ウインド	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
マツキノウ	1945	5,252	290	74	19	"	10,000	18.7	"	
ストリス	1942	1,715	230	43	15	D.E.	1,800	14	"	

アメリカ コースト・ガード耐氷級船

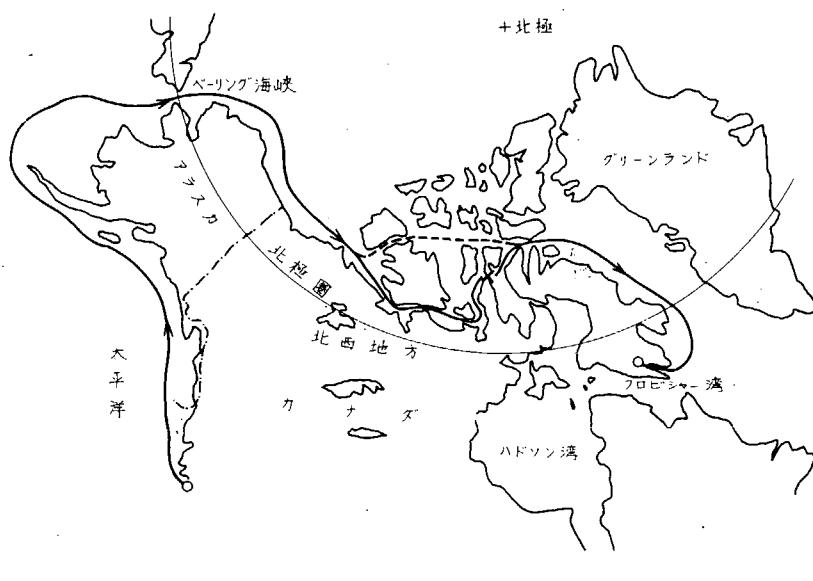
ジョン・ビスコー	1956	1,584	220			M.S.	1,350		イギリス	
シヤツクルトン	1955	1,102	200				780		スエーデン	
アトランタ	1961	D/W 3,200	91	18	5.7		3,400		アメリカ	
カクタス	1941	1,000	180	37	12	D.E.	1,000		"	
ブケイシユレンド	1952	5,500	109 ^m	22.2 ^m	5.8 ^m		9,300	16		

デンマークの J. Lauritzen Lines 耐氷貨物船

グラダン	1956	D/W 5,050	350-2	51-10	24-2	M.S.	4,500	14.5	Cargo Space(cf) 253,000	
ヘルガダン	1957	5,050	350-2	51-10	24-2	"	"	"	253,000	
シリヤダン	1951	4,250	320-7 ³ / ₄	46-7	21-4	S.S.	2,100	12.5	243,000	
フエニヤダン	1958	4,225	323-2	47-6 ⁷ / ₈	22-0	M.S.	3,250	13.0	221,000	
マニヤダン	1959	4,275	323-2	"	"	"	"	"	218,000	
リミヤダン	1960	4,275	"	"	"	"	"	"	"	
ブリタダン	1961	3,700				M.S.			186,000	
シアマダン	1962	3,700				M.S.			186,000	
アニタダン	1956	3,225	298-7	46-0	21-0	M.S.	3,220	14.0	158,000	
フリダダン	1957	3,225	"	"	"	"	"	14.0	159,000	
エリカダン	1958	3,045	"	"	"	"	"	14.0	145,000	
ペルラダン	1959	2,675	275-0	42-6	19-9	"	2,020	12.5	136,500	
ウアルラダン	1960	2,675	"	"	"				136,500	
ライラダン	1961	2,325							113,000	
カイサダン	1961	2,325							113,000	
シルバダン	1961	2,325							113,000	
ネラダン	1961	2,200	246-8	46-11	21-6	M.S.	2,240	13.0	84,000	
サラダン	1957	2,130	246-6	45-0	20-7	"	2,020	12.0	95,000	ice breaking
マガダン	1956	1,855	246-6	45-0	20-7	"	2,020	12.0	62,500	polar vessel
キスタダン	1952	1,265	212-10.5	36-9	19-6	"	1,560	11.5	52,000	
リトバダン	1961	3,700				M.S.			186,000	



カナダ北方海域の横断航路



ノースランド・プリンセス号の予定進路

(b) 若干の技術的問題

1. 氷海を航行する船の準備

A 船体の水線下部の点検

これについては細密な入渠検査、予防検査、修理を行なう。この場合水面から出没する喫水線附近に特に注意する。

(1) 船体の外側

氷域を航行する船の船体には打撃痕や襞状の変形が認められることが多く、そしてそれは特に船首部で目立つ。肋骨間の距離が長い場合には打撃による船体の皺も大きく時として船の全長に亘ることがある。打撃痕は氷につき当つたり、氷塊にかこまれて圧縮されるため生じ大きな凹所となり外板やその取付部は、ここから重大な損傷をおこすのである。

外板の継目が切れたり裂けたりしていなくても、上記の変形部の修理は完全に行なわれなければならない。この場合特に配意することは強度の回復であつて特に氷中航行の場合、船体として大切な部分には必要に応じて補強を施す。（例・船首部の喫水線附近）

例えば船首部の水線下を修理する場合、損傷した外板を取換えるかこれを一旦取外して圧延機にかけるかの何れかによる。損傷部の取外しが内側との関連で大層手間がかかる作業であつたり、極めて困難な場合には二重張りを取り付ける。二重張りを取付ける場合、両方の板の鋸、カナクソ等をすつかり除きその面をピツタリ合せることが必要である。

氷中航行の結果船首部以外の船体が損傷した場合で、その完全修理が困難を時には漏水手當に止めるが、この場合には凹みの修復、外板の部分的補強、二重張り、つき、溶接、継目の加工等とりうるあらゆる修理手段をつくす。外板の割目は通常電気溶接で塞ぐがこの部が船体の重要部である場合には、割目の上に当て板をしてこれを溶接するのがよい。外板の割目は船首の角形の隔壁の水線上下部に張つてある外板の継目に生ずることが多いから水線附近の修理をした部分は入渠して水線の下部を検査する際に注意して検べるべきである。この割目ができる原因是、船首隔壁は非常に堅い材料でできているので、その外側に取付けた外板は氷の圧力を受けるとそれに隣接して他の肋材の上に張つてある外板より氷圧を一段強く受けるためである。このような損傷を修理する場合には、二度と再びこのような損傷をうけぬために強い補強肋材をとりつけるとよい。そしてこの補強肋材は船首隔壁の各玄に施す。

(2) 外板のリベット継手と溶接

水線下のリベット継手と溶接部は細密に検査し疑念がある時はハンマーテストをすべきである。船体の水線下部の検査は、入渠してドックの排水が終り外板が乾いたら直ちに行なうべきである。日が経つと塗り具の剥げた部分が錆びて了うからである。バラストタンク区域の検査はバラスト水が若干残っている間にに行なつた方がよい。それはこの水が二重底の外板の損傷を早く発見するのに役立つからである。またバラスト水を満載してキール盤木の上にきちんと船体の坐つている船は、その船の安定性が正しいことを示している。リベット継手に疑念があつたら直ちにこれをばらし、またこれにより船体の強度が失なわれた場合には直ちにそれを復旧しなければならない。

リベット継手の補強をきめる際には、その部分が船が氷の間で行動する場合どの程度重要であるかを検討すべきであつて、例えはそれが船首部ならば新しくリベットした方がよい。それはこの肋骨や外板はしつかりしておいた方がよいが、コーリングや鍛接ができないからだ。

船体の中央部は船首部ほど堅牢度を要求されていないから、水密が確認されているならリベットのコーリングと鍛接程度でよい。

広範囲にわたつて外板のリベットをやり直す必要がある場合には、そのリベットの状態がよいかといつてた

とえ小部分でも古いものを残さない方がよい。というのはリベット継手をやり直した後で、やり残した古い部分が弱くなり水漏れを生ずるのが通例だからである。

船体のリベット継手をやり直している場合、固い所に突当つてリベットが利かないことがある。船首尾部ではセメントの固つたのに突当つてこの様な状態に出会うことがある。しかしこの場合リベットを取換えるのを止めはいけない。穿孔してタッブリベットの頭部を熱しこれを取出して取換えるのがよい。

縫目のリベットを調べる場合には、まづ割目に注意すべきである。割目はその大小にかかわることなく溶接によつて消滅し、それが拡つたりリベットを弱めたりするのを防がねばならない。

色々な方向に沢山割目が出ている個所は溶接で割目を消した後に補強板をあててその周囲を溶接した方がよい。溶接の部分はよく調べ割目があるならばその両側を割目よりは長目に亘つて新らたに溶接する。異質同士の金属板の溶接部、表面溶接部、内部の見えにくい所に割目があると認められる溶接部もこれと同様の処置をする。

(3) 船首尾材および舵柱

これらは特に精密に検査し小さな損傷、深い傷、割目等を見付け出さねばならない。そしてどんなに小さい損傷であつてもすぐ溶接で修理しなければならない。この場合部材のなかで最も重圧をうける船首材に特に注意を払うべきである。船首材の損傷として特に重大なものは横の（貫通の）割目、局部的（短い距離で）変形、全体的または部分的に重要な部の屈曲、破損等である。横の割目は溶接するのが普通であるが、この場合船首材の頭をザル形の包金を溶接して補強することが望ましい。

部分的損傷は、部分的熱処理で修理するが損傷がひどい時には船首材を取換えることもある。船尾材（舵柱）は、氷中での損傷は船首材よりもはるかに少ない。そして損傷の修理方法は船首材と同様である。但し横の割目を溶接した場合は船尾材の頭部の両側に平板を溶接するとよい。

(4) 船体の突出部

水線近くにある突出部（吐出孔、灰捨口等）リベットされているものは取去るとよい。これらが氷に突当つて船体漏水の原因となることがある。

ビルジキールが船体にしつかりリベット継手してある時は、この剥ぎとれから船体に大きな傷が出来ることがあるから、氷海航行をする船のビルジキールは船体に断続溶接し、この溶接は船が厚い氷とすれば、船体を傷めずに剥ぎとれて了う程度にとめておくべきである。

しかしながら船体に堅牢にとりつけてあるビルジキールは、氷が船体を圧縮したり傾けたりするのを防ぎ氷の圧縮力を殺ぐ上で必要なものであることを忘れてはいけない。

氷海を航行し、しかも砕氷船の誘導をうけ得る船の玄側には、特に水線上には、なんにも突き出していないことが望ましい。それは困難な片状の場合には、砕氷船は被誘導船にピツタリ横付けすることがあるから、外玄にある突出物は毀れたり、砕氷船を傷つけたりするからである。

また2隻の船が並んで碇泊している時、氷が押寄せてきてこれに圧せられた場合には上記と同様あるいは、それ以上に大変な目に遭うことがある。

そこで提案したいことはこれらの損傷を免れるためには、氷海を航行する船は、水線上でも水线下でも突出物はすべて取り外すか切り取つて了うことである。（但しこれは、この処置がその船に大きな損害を与えない場合に限る。）

(5) 推進器

推進器の材質は鋼鉄で翼は取外し可能なのがよい。経験によると氷が当ると、真鍮や錫鉄の推進器は、第1翼が折れ曲り、第2翼が破損するから氷海航行船には不適である。

翼が取りはずし可能な鋼鉄推進器では一翼がこわれたならば、その翼のみを予備品と取換えればよい。入渠中推進器全体の状態を調べる時には、翼がボスにしつかりと取りつけられているかどうかを調べる。

(6) 舵

氷海航行中は舵が氷に圧せられたり流氷が舵に突当つたりする結果、舵幹材のねじれといわれる現象が起る。ねじれが大きい時には舵幹材を取りはずしてよく焼入れした後再び取付け、その上にセンターラインに沿つて舵柄弧を平に取付ける。

換れがあまり大きくない時は、ねじれが戻つた時に舵中央になるように舵柄弧を取付ければよい。

舵装置の検査に際しては舵頭、接手、舵背のとりつけ、ボルトの締具合をよく調べる。この締めが弱いと舵の振動や波や氷による振動促進により結合が緩んだり舵に強い力が加わるとボルトが切断したりすることがある。

氷海航行中は通常航行の場合より操舵がはるかに頻繁に行なわれるから操舵系統の僅かな損傷もそれがだんだん大きくなり船の大きな事故のもとになることがある。舵系統は防水にして軸承の凍結を防ぐべきである。

時としては舵索を使用することがある。これは2本の鋼索で舵骨の両側を後部甲板の両側にとめ、舵柄、舵頭、舵心材がひどく損傷した時でも操舵を可能にし、また舵が氷でもぎとられるのを防ぐために設けるものである。

B 船体内部の検査と修理

(1) 肋骨

肋骨でまず検査すべきは船首倉と第1船倉である。定期的に氷海航行を行なう船のこれらの部には、ひびがでたり曲つたりした助材、変形した縦通材、甲板附近に皺ができる隔壁等が船首部でみられる。

助材を部分的に取替えたり修復したりする場合には、その損傷部だけを切り、そこに換え材をリベット継手または溶接し端部は底部肋材に溶接する。この接手は船体の最も大切な部であるから、この上に更に被せ板を溶接した方がよい。助材の割れ目は溶接しその上を更に被板で補強する。割れ目はできていなくても、少し変形したり延びたりしている助材で船体の大切な部分にあるものは補強した方がよい。助材や縦通材の修復が再三にわたつたため助材の強度が不足していることが明らかになつた場合には、損傷箇所に補強材をとりつけた方がよい。

新型の氷海航行船の船首倉と第1船倉には補強三重肋材がとりつけられている。船首倉と船首船倉に補強用甲板玄側材を取りつけることは極めて有効で、喫水の大きな船ではその水に出没する線の附近では、この補強を上下二段にしていることがある。

補強用縦通材は助材と外側板を一体にして強化するためのもので、その端部は船首倉の船首材では船首水平肋骨材と船首隔壁に、第1船倉では船首隔壁とその反対側の隔壁にとりつける。

(2) 隔壁の水密

船の不沈性を保証する水密横隔壁の役目は、氷中航行の場合は従前よりも一層大きなものとなつたから、氷海航行に出発する前にはすべての横隔壁の水防特に船首尾横隔壁および第1船倉隔壁のそれは念入りに調べなければならない。船首倉隔壁は注水加圧試験をすることが望ましい。この場合二重底やビルジタンクに接する部には特に注意すべきである。

隔壁を調べる場合にはその下部と上部の接合部によく注意し、疑わしい時にはホースで強圧水を注いでみるとよい。隔壁の水密と共にその強度を増加することを忘れてはいけない。全般的または部分的水圧、部分的浸水等の場合船を救うものは隔壁である。継手不良で漏水する隔壁はリベット継手、溶接、鍛接をやり直す。下部隔壁板、角つき管、支柱等で腐蝕のため漏水するものは取換える。

甲板に接する鋼板や山形鋼の変形も時には漏水の原因となるから、その部分を取換えるが、変形の程度が軽いものは補強と漏水防止にとどめる。外部からの圧力も加つてできた隔壁の変形やこれに関連して判明した防撓材の強度不足は、いづれも是正する必要があるがこの場合増強することが必要で、これは修理工場に委託すべきである。

全体的に変形している場合には水密性が害われているおそれがあるから、隔壁を補強した後は必ず綿密な検査を行なうべきである。

隔壁に取つてある水密戸、人孔、mud hole 等はその伝導装置や作動の正常性等を検べ最終的には水圧試験を行なう。

(3) 二重底

これは液体燃料や清水を貯蔵するものであるから、バラスト注水の際には、その水密性には特に注意すべきである。ドックの排水が終り外玄板が乾いたら、直ちに圧力のかかつた水を注入し、二重底の外側板、内側板の水漏れの有無を検べる。二重底の損傷を検べる場合、その区画の上張板を全部取去るとよいが、それが困難な場合でも不審な個所の上張りは取除いてみることが必要である。

二重底の全体の状態を検べる場合には、各船倉で3列に上張板を取除く（1列は船倉の対角線、2、3列は各玄に沿つた端の線）いづれの場合でも、すべてマンホールの上張板とビルジタンクの覆を取除きビルジタンクは念入りに清掃して検査を受けるべきである。ビルジ区画の最も具合の悪い状態を検べ区画の肋骨の状況を観察すれば、二重底の全体の状態を予知することができる。発見した二重底の損傷は、鉛錆直し、鍛接、溶接等で手当をする。二重底の修復が終つたら注水試験をする。これと同時に二重底全部とマンホールの水密を検べる。

氷海航行をする多くの船は荷物が下の方から濡れるのを防ぐため二重底覆をセメントづけにしている。入渠中二重底を通つている各系統の tube を検査することも忘れてはいけない。二重底の肋材が部分的に損傷した場合には、肋板または縦通材の損傷した部分を取換える。損傷部は船底外板を外部から検べれば容易に発見できる。

(4) 貨物倉

氷海航行に出発する船は貨物倉に対して通常航海の場合の準備の外に、ビルジタンクと排水管の受け網をよく掃除し網に溜つてゐる木屑をよく取除くことが必要であるが、穀類を積む場合には網の目を塞ぐ。乾燥系統の力量を倍加するために排水管を増設することがある。これらの管は各玄の cargo batten を隔てて各船倉に設ける。氷海航行中は水温気温のはげしい変化に遭うのが通例で、この場合 cargo batten は積荷が湿気を帯びた玄と直接に触れるのを防いだり、またしめり気や僅かな漏り水からも積荷を護る。それは cargo batten があると水は玄側板沿いでビルジ溜めタンクへ流れ入り積荷の上に落ちないからである。

軸路、特にそれが下側の山形防撓材で二重底と固着する部分はよく検べる必要がある。それはこの部が極めて腐蝕し易いところだからである。疑わしいと思う個所はすべてホースで圧力水を注いで検べるべきである。

C 附屬部の検査と修理

(1) 操舵装置

氷の間を航行中は操舵装置は通常航行に比して遙かに大きい負荷を受けるからこれに対する準備を必要とする。操舵の伝導を舵索で行なわない近代式の船では、舵柄弧および操舵装置には特に注意を払うべきである。弧が鋼鉄製ならばそこ出來た割目は鍛接するが、鋳鉄製なら割目ができた時にはその弧は取換える。緩衝ばねを引張りすぎてはいけない。これが推力に対する緩衝機として作動するためには充分な弾性を保有していかなければならない。停止装置、分離装置、操舵機等を正常にしておくことは勿論、これと共に甲板に取りつけられてある回転止め舵柄の強度にも注意すべきである。

手動操舵装置も技術開発規則に定められた通り整備されておらねばならない。舵柄ろくろを準備しておくことをすべての船に対しますすめる。氷海航行の場合、操舵指揮所はできるだけ高くしかも四周がよく見えるところに設けるのがよい。

(2) 通信装置

氷海航行中に生じる船の事故の多くは操縦用通信装置の突發的事故が原因となつてゐる。特に船出で航行中は、これによることが多いから航海準備に際しては精密な検査と修理を行なわなければならない。船橋と機械室との間の予備通信手段は多い程安心である。頻繁に氷海航行を行なう船のなかには副装置として機械室に打鐘を船橋にその押ボタンを備えているものもある。

(3) 見張台

氷海航行をする船には一般に前橋に見張台が設けられる。この台は樂にすわれて且つ風から保護されることが必要である。そしてできる丈高い位置がよい。船橋との連絡は電話又は伝声管で行なう。

新型の耐氷船の見張台には居住性が極めてよく電気暖房があり、場所もマストの内部で下からの往復もマストの内部からできるものもある。またここに航海に必要な計器と電話を備えた船もある。

(4) 通水装置

キングストン孔、その他水線下にある孔はすべてネットを張つて氷の碎片を吸込まぬようにする。

(5) 露天甲板上の諸機械

これらはすべて低温下の航海に対して手当する。氷海航海中には必要でなく且つ凍結した場合、損傷するおそれのある機械類は取りはずして格納する。

D 属具備品の補給

ここには氷海航行の際に特に必要なもののみを列記するがその他の資材も必要なことは云うまでもない。

1. 予備推進器または推進翼のセット (取りはずしになつている場合) および取付用ボルト、ナット
2. 予備推進器軸
3. 氷原碇泊用錨 2 ケ
4. 区画排水用および氷より吸水用の移動式補助電動ポンプ
5. 全上用ホース (吸水用は 20 ~ 25 m 以上、排水用は 100 m 以上)
6. 氷爆破用アムモニート (100 Kg より 200 Kg) 空所を用いることもある。
7. 爆破要具 (導火索、起爆薬、電気的起爆装置)
8. ブリキ缶、装填用空ビン
9. 氷を船体や甲板からはがしたり、割つたりするための柄付かなてこ (6 ~ 8 丁)
10. 雪や細氷を除くための尖つた鉄シャベル (4 ~ 6 丁)
11. 氷を割るための柄付つるはし (3 ~ 4 丁)
12. 氷上を曳くによい滑木付搭載ポート
13. レギストル U S S R の規定した氷海航行船の海難補給品
14. 早く乾燥するセメント (2 ~ 3 トン)
15. 砂利 (セメントの量に適応する量)

E 氷海航行をする船舶の積荷上の注意事項

氷海方面へ向けて出航する船にとつては、積荷をどの様に組合わせるかということは、極めて重要であつて、その組合せの如何によつて積荷の保管ばかりでなく船全体へ対する損害も起るのである。従来の氷中航行の経験に基いて既に色々な規定がつくられているが、積荷計画はこれらの規定をもとにしてたてなければならない。僅か 40 ~ 50 マイルの間に氷状を異にする数地点が存在していることが実際ある。そして第 1 の地点の状況は荷揚げに不適だが、第 2 第 3 の状況はよろしいことがある。このような場合には第 1 地点でその氷状がよくなるのを待つことをせず、荷揚げのため次の地点へ向つて航行することが望ましい。しかしこのことは、船倉の中にある各地宛の積荷が船内で貨物の積みかえをせずに積出し出来るように積込まれている場合に限つて可能なのである。凍結している沿岸区域のいくつかの地点へ荷揚げのために航海の初期に立寄れないかもしれないということは、積荷計画をたてる場合、大して重要なことではない。このような地点宛の荷物は往航の時でも、復航の時でも荷揚げ出来るよう積込めばよい。この積荷は氷状によつては復航にまわされるかもしれないから、これは復航の途につく前に積込む荷の妨げになつてはいけない。

以上は物資輸送のため往復だけでも 5 ないし 6 地点へ立寄る場合のことである。多量の積荷をしている船の荷揚

げを考える時は、氷海航行の特殊性を計算に入れて、その寄港地点は2ないし3ヶ所に止むべきである。船倉内の積荷の配分は、船の船尾喫水差が正常且つ適当であるようにされねばならない。推進器や舵が氷と衝突するのを防ぐため、船尾喫水を深くする必要がある場合には、この積荷の配分がパラスト状態の船にとつては特に重要である。積荷が少く推進器や舵が水面に近い程、船尾喫水の差は重要な意味を持つのである。実例を見ると氷海航行をする船が荷揚げをすると船尾喫水差は1mないし1.5m変化する。パラスト状態の船の場合は2.5mないし3m変化する。

cargo plan は氷海航行中に変化する喫水差を、安全を保証する範囲内に置けるよう案画されねばならない。即ち積荷をする場合には、荷揚げによつて生じる船尾喫水差が推進器や舵の安全圏内にあるように、貨物を船倉に配分することが必要である。この場合またパラスト水や液体燃料の移動の可能性も考慮すべきである。

氷海航行中しばしば起る船体の損傷は、継ぎ目の離れ、外板の亀裂、リベット部の漏水等であつて、これらのことに対する対策としては、船の乾燥装置や排水手段で処理し、また損傷箇所に人が行ける場合には応急処理も可能である。であるから短時間で損傷部の planking や framing を行なうため損傷箇所へ人が行けるようにする際にのみ許さるべきである。

例えは移動するのに時間がかかるつたり、混札が生じたりするような重量貨物は1船倉に積んではいけない。16. 2船倉は通常重量貨物用であるが、その場合重量貨物はなるべく玄側から離し、そのあいた所へは積みかえ易い荷物を積む。この方針は少量のものであつてもまた他の船倉の場合でもとるべき荷積みの方法である。

船首船倉の特にその玄側と水線附近には満載の時に積換えることが不便な鉄材、レール、長尺の木材等のような貨物を積んではいけない。このような荷物は船倉の下部に積み玄側附近には、袋物や移動し易い荷や濡れてもあまり心配ない箱状の荷を積む方がよい。積荷を配分する場合濡れることに対しても注意し船首倉特にその下部には濡れてもあまり心配ない貨物を積む方がよい。（木材、石炭、缶入燃料、鉄製品等）穀物をバラ積みする場合は、船倉は縦方向に木の薄板を張るか隙間なく木材をギツシリ張る。これは荷を置くため内側を板張りにした玄と同様である。この様にすれば荷が濡れるのを防ぐばかりでなく船倉の乾燥装置が穀物で塞がるのを予防できる。そしてまた僅かな水濡れがあればその水は自由にビルジタンクへ流れ穀物の間には残らない。氷海航行中に起り易い舷側内部の湿気による穀物の腐敗もこの板張りで予防することが出来る。甲板の上に荷を積む時にはその荷が船倉のハッチを塞がないように注意する。ハッチを荷で塞がれると船倉を検査することが出来なくなつて了うからである。

2. 輸送船の水中航行速力について

航行船が氷の中に泳い問いることはそれだけ危険にさらされる機会が多くなるから望ましくない。その意味からして水中航行速力は可能な限り大きくして早く氷の外へ出て了うことが要求される。また運輸の回転率からみても水中航行速力はできる丈大きくすることが必要である。

氷中を3ないし4ノットで航行中、細氷に当つても損傷はないが、厚い多年氷（2年、3年、4年と成長してゆく氷）氷片に当れば損傷を生じがちである。氷の中を安全に航行する速力をきめるファクターは次のようなものである。

1. 排水量が大きくなれば慣性と喫水が大きくなるから安全速力の限度は小さくなる。
2. 船体の強度
3. 船の構造、操縦性
4. 氷の性質即ち堅牢度、厚さ、密度（バーレル）等は極めて大きな影響を与える。
5. しかし右のファクターの上に立つて速力をきめるものは操縦者の技倅と経験である。

ソ連の北極海航行の経験からみると50%程度の分離氷（細かに砕かれた氷）の中の許容航行速力は、古い船、船体の弱い船、大型船（7,000～8,000トン）では3～4ノット、アナドイル号級またはそれ以上の耐氷船級の船ならば5ノット程度とされている。又20～30%程度の分離氷の場合には、アンガラレス号級の新型耐氷船は平水における最高速力が1.5ノットであるから氷中を平均1.2ノットで航行すべきであり（単独でも被誘導でも）もつと

密接した分離氷の中でも、これに応じた速力増加をなすべきであるとされている。分離氷の中を単船で航行する許容速力の標準は大体次の通りである。

氷の密接度の等級	許 容 速 力	
	船体の弱い船・古い船	耐氷クラスの船
1～2まで	通常航行速力	通常航行速力
2～3まで	7～8ノット	10～12ノット
4まで	4～5	6～7
5まで	3～4 〔但し碎氷又は板氷の場合は限る。〕	5～6
6まで	3	5
7まで		3
7以上		1～2(但し分離氷の場合に限る)

氷の密度の等級が8以上の海域を航行するのは特別な場合のみとされているが分離氷の場合には7以上でも船団航行が行なわれたことがある。但しその速力は1乃至2ノット程度であつた。

単船の水中航行速力

単船の水中航行速力を更に各種の氷状について検討してみよう。

全分離氷中（階級1～3、氷30%以下）航行時の船の許容速度

全分離氷が海面に一様に分布している場合には船が正常な敏捷性をもち熟練した舵手によつて操縦されさえしてしたら殆んど速力を落さずに航行することができる。このように階級2までの氷の密接度に際しては、全速力で進むことができ、階級2以上3までの密接度の増大に際しては中程度あるいは幾分その上の速度でさえ航行することができる。

実際にはそれでも船が何等かの理由で氷の間をぬつて自由に進む可能性を失つて、直線進路をとらざるを得ない場合がありうる。この様な場合は、船の速度はその船の型に特有な安全速度の限度によつて制限される。全分離氷の条件下では船の操縦は一見いかに奇妙にみえようとも氷が厚ければ厚い程楽であろうということを特に述べておくなければならない。これは次の様に説明される。この様な一般密度（階級1～3）の場合、large ice pieces やさらに氷野はほとんど海面全体を塞ぎ、それによつて船の移動を非常に困難にするsmall ice pieces よりもずっと大きな氷のない水の領域を、それらが互いに占めあわずに残してくれる。このためかなりな速度で進む船にとつてこの様なsmall ice pieces はいつも危険なわけである。

分離氷（階級4～6、40%～60%）中航行時の船の許容速度

この条件下では船の進行速度は氷の一般分布に直接依存している。氷が海面に一様に分布していれば、船の速度は氷の密接度（と重量）によつて減少するだろう。氷の密接度（と重量）の増大につれていつそう減少していく許容速度は安全速度の限度に近づいていくだろう。例えば階級3の氷の中で船が個別氷塊と衝突する特別な危険もなく、左右迂回しながら進むことが出来るということを考えてみると、これは理解される。しかしすでに階級5の氷の中では、まして階級6の氷の中では氷との衝突は不可避的でしばしば起り、氷が重くなればなる程船の移動は危険になるだろう。それと同時に船の速度を落すと、それによつて船の移動性を損じ従つて氷との衝突や船の氷による破損の確率を高くしてしまうということを考慮しなければならない。そしてこれは安全限度まで速度をいつそうおとすことを余儀なくさせる。

速度を順次止むを得ず落す結果、水中航行に丁度浅瀬の上にいるように“とまつたまま”といわれる運動法をとることが間々生じるのである。これは即ち減少する惰力で動きながら船が続く運動を保ちながら操縦するため、時々非常に短い間小さな前進をするのである。この時出す運動速度は最小限度で、推進機関のこのような作業条件に

於てのみ得られるものなのである。この方法は普通氷のない水から重い氷に入るときや、困難な小水路に近づくとき、big clearing のすぐあと厚い氷野の真中のせまい危険な通路に入るとき、わきにさけて通ることが出来ない重い氷の破片を水路から押しきれたり、片づけたりする時、限界の深さのところを航行するとき等に用いられる。この運動方法はプロペラの少い回転の時船の敏捷性が悪い二三の船や、最小速度に見合つた作業条件をもたない多回転モーターの船にも同様に用いられる。

実際的な観測に基いて引出された近似的数字的資料によつて許容速度の平均値を現わしてみよう。（第5表）あらゆる船は2つに分けられる。第一のグループには、弱くて古い船体を持つた船が入り、第二のグループには耐氷船級の船が入る。このような区分では第一グループの船の速度はある氷の条件下の許容速度の最小限であり、第二グループの船の速度は最大限度である。以上のグループに入らない船は、氷の同じ密接度に際してこれらの中間の速力を用いて差支えない。

第5表 分離氷中の許容速度

氷の密接度階級	運動速度 ノット		傍注
	第1グループ	第2グループ	
3まで	7 - 8	10 - 12	階級2までの氷中は全速
4	4 - 5	6 - 7	力で進むことができる。
5	3 - 4	5 - 6	
6	3※	5	
7		3	
7以上			

※ small ice piece 或いは板状軟氷 (young ice) に於てのみ。

視界がよく中程度の強度の氷のなかでは第5表に示された速度に従うことができる。この場合、これらの速度は海面に氷が一様に分布している場合に算定されたのだということを考慮に入れなければならない。例えば階級4～6の場合に氷が不均一に分布し、即ち全分離氷やbig clearingが散在し、大きな密度が個々に堆積している形であるときには、船はその速度を変えなければならない。全分離氷やbig clearingを通過するときは、殆んど全速力を出すことができるが、氷の密接地帯を通るときは下に示すように速度をおとすことになるだろう。

密接氷（7以上）中の許容速力

船の航行可能なのは5～6階級まで、耐氷船でも7までである。8以上を航行するのは特別な場合に限る。分離氷が7以上の時は船団航行が行なわれるが速力は時には1～2ノットまで落す。新型耐氷船例えばアンガルレス、ベー・カチヤロフ等の様な船は平水最高15ノット以上であるから量の少い分離氷の場合には平均12ノットで航行すべきである。（単独でも被誘導でも）もつと密な分離氷中でも上記に応じた速力増加（第5表に比して）がある。

運動の速度

様々な形態と様々な密接度の氷における耐氷船級の輸送船からなる船団の運動の速度を定めてみよう。進路が階級5までの分離した大小さまざまな氷の中を通つていて充分なbig clearingがあるときには、時速6～7マイルまでの速度を出すことができるが、それは先導する碎氷船の船長が、この水路をあとから来る船が流水と衝突しないと確信する場合である。普通型の汽船はこの速度ではありません大きくなれない氷塊とさえ衝突すると、船体を破損しうるということを考慮しなくてはならない。

夏期には氷塊はしばしば水面下の部分に大きな氷丘氷の突出や衝角をもつてゐるので碎氷船に従う船の舵手は通過する船の舷から数メートル離れている氷でさえも、船に破損をひき起しうるということを考慮して、船が氷塊の

近くを通過しないよう注意すべきである。表面では、氷は水で洗い去られ太陽の影響で早く崩壊するが水面下は、氷はより長く保つのである。その結果時には数メートルも側面に突出した水面下の *ice tongue* を作成することになる。

氷の間を縫つて進む輸送船の船長は、船が氷塊から離れていることが出来なくなつたら砕氷船に船が安全に通過できる通路を広げるように信号すべきである。このようにして大小様々な氷の中を6~7ノットの速度で通過していく時には砕氷船々員にも誘導される船の船長達にも、氷を細心の注意をもつて観察することが要求される。

航行の速度と成功度は何よりも先づ氷の形態とその密接度の段階による。又航行の速度と成功度のために少なからず意義をもつてゐるのは船の型である。砕氷船は通過可能な氷の中を砕氷船型よりも大きな速度で進むことができ、一方後者は耐氷クラスの輸送船よりも速い。そしてこれは氷中航海用に装備されていない輸送船よりも速い。

あらゆる商業航海はそれが速くなればなる程有利である。これは完全に氷中における商業航海にもあてはまる。このため氷の中を船を進ませる舵手は最大限に航行の速度を上げるべきであるが、安全を害する周知の限度よりも速度を出してはならない。砕氷船の船長は砕氷船のために、従つて船団の船のためにもつとも速い進行と最も安全な航行を保障するような速度を選ばなくてはならない。

階級7~8までの密接度をもつ氷原の、あるやや大きな氷の中を行く航行の場合、速度は時速4~5マイル以上出すべきではない。

このような密接度の氷の中では船団はところどころで砕氷船のあとであまり長くはもたない水路を通る。このため船と船との距離は船が出来る丈氷のない状態で水路を利用するため、船の長さの $1\frac{1}{2}$ ~2倍くらいまでちぢめ得る。(通常の距離は船の長さの4~5倍以内である。) この場合大きな速度は単に氷との接触の危険を増大するばかりではなく、砕氷船や船団の船の中の一隻が突然停止した時、船同志の衝突の可能性を高める。

水路のなか自体では、砕氷船が氷を破壊したので、側面からの水面下衝角の危険性は幾分低下する。しかし船がもう少し分離した地帯に出るとすぐにこの危険性は再び増大する。

砕氷船の船長あるいは砕氷船を導く舵手は、砕氷船の前方の氷の状況を注意深く研究すべきである。進路を選ぶときには、砕氷船は後続する船にすぐに全力後進をさせなくともすむようにそれを定めるべきである。前もつて砕氷船の可能な停止を先見し適時に船に速度をおとす様に信号を与え、それから機械を止め、そこで次に後進命令の信号を出すようにしなければならない。氷で埋つてゐる水路を通つてゐる時に、すぐに「全力後進」の信号を出せば先行する船に衝突しないように、この命令を遂行して(右回転のプロペラの場合には)船尾を左に船首を右に投げ出す。このような急回転の結果、船のプロペラ、舵、右舷船首部(船底と舷との間の境面)をひき起すことになりうる。

階級9~10までの小さい氷の密集地帯で氷が圧縮されていずに、その中の運動が可能ならば、船団は砕氷船に形成してもらつた水路の中だけを進んでゆく。この場合通過速度は時には時速1~2マイルまで落す。

氷が氷原をもつて大きければ、砕氷船はこの氷原を強行突破し、多少ともしばしば船団の船のまわりの氷を砕きに戻らなくてはならない。このため速度は1ノット以下に落ちる。

船団の氷中航行速力

誘導の平均速度

砕氷船の誘導下にある船団の航行の平均速力は主に氷の状態に依存している。それによつて第1には氷の密接度によつて、速度は次のように区分される。

(註) 本文中では古い型の砕氷船によつて誘導される船団について考察する。原子力砕氷船「レーニン」や「モスクワ」型の新型強力砕氷船による誘導では船団の速力は当然もつと大きくなる。

1) 全分離氷(等級3まで)の中の航行の場合、船団の速力は船団中の速力の遅い船の速力による。というのは、このような氷は本体としての船団の航行速力を制限するものではない。

2) 分離氷（等級6～7まで）の中の航行の場合には、船団の最後尾船の速力によるというのはこの船が最も困難な条件下で前進するからである。

3) 密接氷（等級7以上）の中の航行の場合には、最後尾にある船の速力が多くの場合に氷を割つて進まざるを得ない誘導碎氷船自身の最大可能速力になる。

これらにもとづいて、様々な氷の状態における船団の平均航行速力と、また最大限可能絶対速力と、最低限可能絶対速力を導き出してみよう。このためには予め一連の仮定をしなければならない。

第1に船団内の隻数は氷の密接度によつて4隻～1隻までの間であることを認めよう。階級5～6までの氷の密接度の場合は、船団の構成に3、4隻入れることができ、階級5～6以上の時には2、3隻、階級7以上の時には2隻、階級8以上の時には1隻ということにする。

第2に船団は満足いく程の耐氷性をもつていて、誘導の条件は氷の性質に対しても、あらゆる種類の外的要因に対しても平均に近いということを仮定しておこう。

第3に氷の密接度ということは、中型船のブリッジからみえる視界における氷が占めている面積の海の全面積に対する比を現わすことにしてよう。この視界内における氷の個々の堆積はより大きい密接度をも、またより小さい密接度をも持ち得るのである。

様々な氷の状態における、碎氷船によつて誘導された船団の速力のもつとこまかい規定に移ろう。等級3までの氷の密接度の場合（全分離氷中航行）は、船団は実際上何によつても制限され得ない速力で航行することができる。従つて船団の絶対速力はもつとも速力のおそい船の速力によつてきめられる。船団の平均航行速力に関しては、それは海面にある氷の分布の性質と、また碎氷船が自分の船団をいかに誘導するかにかかっている。

先づ誘導に関して氷の一般的密接度が階級3より出ないという条件で、氷の仮定された分布の二つの変形における可能速力を分析してみよう。

変形第1、碎かれた氷が全海面に平均して分布している場合

この様な条件下では誘導は幅広い直線航路で、即ち個々の氷塊を迂回せずして進むのが全く有利である。かなりの速力で進む碎氷船は、そのあとに広い氷のない水の帯を残してゆき、それに沿つて船団は完全に自由にあとから行くことができる。個々の氷塊の迂回は、直線航路ではその氷塊を破壊するのが碎氷船の力にあまる場合にのみ勤める。しかし碎かれた氷の中にこのような氷塊は殆んどない。これらすべてによつて碎氷船は氷の間をぬつて行くときは約10%速力を落せば最もおそい船の全速力に合わせながら行くことができる。かなりな速力での航行にとつて唯一の障害となるものは、碎氷船の跡を多少塞ぐ氷の横漂流だけであろう。しかしこの状況も各船が正常な間隔を保つていたならば、船団の速力にそれ程度々は影響を与えない。

碎氷船が個別氷塊を避けて、しばしば航路を変えると船団の航行は著しくおそくなり、その上危険が増すのである。これは船団の船が（殊に大きな船が）碎氷船のように非常に急激な方向転換を常にくり返すことが出来る訳ではないといふ事によつて説明される。この際に船は碎氷船の船跡の境を越えて外に出てしまう事は稀ではない。航行はまた、碎氷船の方向転換の場所でその船跡は小さい氷でもつとも汚されより狭くなるといふ事によつて一層複雑になる。

上述の事から碎氷船について進んでいる時よりも破損をうける危険が増大することになる。とくにこの様な破損がありそうなのは碎氷船によつて細かく碎かれない氷の間のせまい水路を通過している時に氷の横漂流がある場合である。このような状態では旋回半径の大きい船は碎氷船の船跡でその船にとつて危険とみえる場所に近づいた時、その船の速力を落さざるをえず、これは全船団の航行を遅らせることになる。

この様に氷の状態が同一の場合でも、誘導の速度は先導する碎氷船の船長が出会う氷に対しても自分の航路をきめるかにかかっている。

註)

前者の場合は船団の平均航行速力は、もつとも速力のおそい船の速力即ち実際には10ノット近くになるであろ

うが、一方後者の場合には、速力は方向変換中の砕氷船の航跡の危険な場所で船を停止させるためずつと小さくなるだろう。

註) この場合およびこれ以後は氷のない水で12ノット以上速力が出ない遅い船が船団中にあるものを目標とする。

変形第2、砕かれた氷が海の表面に大小の密接度をもつた個々の縞や斑点の形で分布している場合

この様な状態では誘導は氷のない水面に沿つてか或いは階級2～3以下の密接度の氷の中を通つた丈で行をわれるべきである。局部的に密接度が階級3より上になつてゐる堆積の縞は迂回しなければならない。もし迂回すれば、余りにも多くの時間がかかるように此等の氷が分布してゐたり、氷が弱くて細かく砕かれている時には、船を真直ぐ進ませながら、それらを横切つても差支えない。後者の場合船団の速力は氷の中に入る際の速力が4～5ノット以上にならないよう前に落しておくべきである。

このようにしてこの変形の場合にも、船団の航行速力はどのように砕氷船が自分の船団を導いていくかで大いに変つてくる。等級3以上の密接度の氷の堆積を迂回して誘導していく場合には船団の速力は10ノットに達し得る。もし何らかの原因によつて誘導が階級3以上の密接度の氷の堆積を真すぐ通つてなされる場合には、船団の速力が落ちることは明らかである。それはこのような堆積を横切つて行くことは、氷に接近する場合にも、氷を通過する場合にも、船の速力を落す必要があるからである。

船団が等級3以上の密接度の氷の堆積を通過する時は、その速力は普通の船の安全速力の限界以上にすべきではない。この船団は中程度の耐氷性を持つてゐる船から成り立つてゐるとすると、この限界すなわち氷中航行速力は4～5ノット以下にすべきであると考えることができる。氷のない水や全分離水域(大きな密接度の氷の堆積間の)に沿つて船団が航行している時は船団の速力は10ノット近くになるだろうと考えられる。

等級3以上の密接度の氷の堆積の中に入る前に船団の船は、惰性をなくすことを考慮して予め速力を落すべきである。それと共に氷から氷の無い水に出る時も、船はすぐに全速力を出さない。これらすべての為に速力は10ノット以下になるだろう。その場合、階級3以上の密接度の氷の堆積に多く出会えば出合ひ程速力の損失は大きくなる。この損失の大きさを決めるのは非常にむづかしく、このため氷の堆積に接近しつつある船と、そこから出て氷のない水の上で全速力を出すまでの船の速力は、最小限可能速度(4～5ノット)と、最大限可能速度(10ノット)の間の大体の平均値即ち、7ノット位であろうと条件つきで考えておこう。

階級3の氷の区域を直線航路で横断すると、船団は速力4～5ノットに恵まれた条件の下で航行しているであろう。

砕氷船の破碎した氷が依然密接氷であつてもそれはすつと通り易い氷に破碎されているから誘導を受けて航行する場合、被誘導船の速力は若干増大し航路の最も困難な区域でも最小限4～5ノットは出しうるようになる。しかし被誘導航行中に開水面や分離水面やカナルを航行する場合には、船団の最後尾船の平均速力は、その船が自力で航行する場合より遙かに大きい。自力で単独航行をしておれば開水面をつなぐ細路を通るのに非常に多くの時間を費したり、またある場合には、それを通過できない場合もあるからである。

船団の最後尾船の速力は氷状が最も悪い時には4～5ノット、氷状がよい時には6～7ノットとみてよく、そこで平均速力は5～6ノットに近いものとなり、この速力は密接度等級5迄の氷中を航行する船団の平均速力と考えてよいだろう。

氷の密接度が等級6までに増大すれば、船団の航行速力は減少する。特に船団に大きい船や船体の弱い船がある場合には、それが著しい。最後尾船の運動に合わせて航行するならば、船団の氷中航行速力は多くの場合、4ノットをこえず、開水面やい氷の等級6の氷海を6ノットで航行しても平均速力はせいぜい5ノットである。

船団の各船が耐氷級の場合にのみ、平均速力は6ノットに達しうる。然し乍ら、船団の中にたつた一隻でも船体の弱い大型船が加わつてゐる場合には、船団の平均速力は4ノット位に低下するし、また氷が厚い場合には3ノット位にまで落ちて了う。

氷の密接度が等級7迄に増大すれば、船団は耐氷船だけで（碎氷船1隻につき3隻以内）編成するか、あまり大きくない通常船2隻で編成すべきである。止むを得ない場合には、碎氷船の誘導する3隻のうち2隻を耐氷船とすることも許される。このような場合には最後尾船の等級7の氷の中での速力はとても4ノット以上にはなれないし、この速力はその船団の平均速力となるであろう。というのは氷の密接度が7等級の場合には、開水面で出し得るような速力を念頭において、船団の速力を自立つて高めることは禁物であつて現在の氷状では出し得る速力は極めて低くなつているからである。

氷の密接度が等級7～8の場合は、船団の被誘導船は耐氷級2隻か通常船（但し氷海に耐え得るもの）1隻に限定される。この氷状の場合は船団の平均速力と最大速力の差は僅かなものであろう。原則として困難な氷の中で航行する場合には誘導速力は2～3ノットをこえることができないのである。多くの場合、特に耐氷船級1隻のみを誘導する場合、船団の航行速力は誘導碎氷船自体が氷中を直線状に航行したか、どんな速力で航行したかによつてきまるのである。

密接した碎氷の等級9又はそれ以上の場合、被誘導船が1隻であれば、誘導速力は碎氷船がどの程度航行に成功するかにかかっている。最も状態がよく航行した場合でも、航行速力は1.5～2ノットを出ず、時としては1時間に数ケーブルも出ないこともあります、平均速力は約1ノットである。

密接氷海を誘導をうけて航行中、被誘導船が自力で碎氷船に続行出来ず立往生することがあるが、このような場合には、その船の船首を碎氷船の船尾迄しつかり寄せて曳航する。

以上の碎氷船の誘導する船団の航行速力は大体次表に示す様なものである。

氷の密接度 の等級	可能な（許容し得る）速力		平均速力	誘導をうけずに独立で 航行する場合の速力		備 考
	最 小	最 大		耐氷不充分な船	耐 氷 船	
3まで	4～5ノット	10以上	7～10	6～7	9～10	中程度の堅さ の碎氷からなる 密接流水
5まで	4～5	6～7以上	5～6	3～4	5～6	
6まで	3.5～4	6以上	5	3	4～3	
7まで	3～4	5以上	3	—	3	
8まで	1～2	3～3.5以上	2～3	—	—	
8以上	0.5	1.5～2以上	1	—	—	

IV 北極海沿岸に於ける日米、日ソ、日加共同航路

1968年2月現在上記航路のうち具体化したものはない。シベリヤ東部やアラスカ北部、カナダ北極群島には日本が必要とする資源が開発されつつあるが、米国、ソ連、カナダが独自の航路で開発しようとしているに過ぎない。これは日本が氷海航行用輸送船を一隻も所有していないから共同の話し合いをする条件が整わないと認められる。

1967年3月ソ連はシベリヤ沿岸北極航路を主として日本を念頭において世界に対してデクレアした。

しかし日本は次の理由でこれを見送らざるを得なかつた。

1. 日本～歐州間の北極沿岸経由航路はソ連船が集荷するのでは歐州同盟との協定によつて問題が生じる。
2. 日本から歐州向けの貨物はソ連側自体で単独に集荷する建前なので日本側の協力を必要としない。
3. 日本の海運界造船界に北極航路についての基礎的知識が欠けている。

結局現状ではシベリヤ沿岸北極航路は日ソが“共同”で実施できるまでに至つていない。若し敢て行なえば日本がソ連に全面的依存をする他ないことになる。

ソ連は外国船が北極航路を通過する際ソ連の碎氷船、パイロット、航空機の誘導のもとに航行することを義務づけこの為のサービス料として次のレートを公表している。（トン当り）

ネット・レジスター ト ン	ソ連のレギストルが認めたアイス クラスポートまたはそれに見合う 外国船級協会のクラスポート		
	ウ エ ル ク ラ ス 船	エ ル ク ラ ス 船	
2.000 トンまで	4 ループル - 35 コペイカ	6 ループル - 36	コペイカ
2.001～3.000	3 - 54	5	- 15
3.001～4.000	2 - 62	3	- 77
4.001～5.000	2 - 11	3	- 01
5.001～6.000	1 - 86	2	- 63
6.001～7.000	1 - 68	2	- 36

註 (1) ソ連のエルクラス船とそれに見合う外国船級船は8月20日から10月1日まではウーエルクラス船としての料率で特別サービスする。

(2) N R T 7.000 トン以上の船とアイスクラスを持たない船に対する砕氷船とパイロット料はケースバイケースの協定によるものとする。

(V) 南極経由航路の開発および昭和基地向けタンカー配船

今年日本南極観測隊は昭和基地より南極点に達する一大遠征を計画している。その成否いかんにかかわらず雪上車の行進と遠隔地(大陸内部)に基地設営をするには多大の燃料、潤滑油および各種石油製品の消費を必要とする。

更に今後日本は南極に於ける活動を拡張する必要がある。さもない場合には年々観測をつづける効率が少ないのである。また将来南極航空路の開発に伴い昭和基地は空港の一つになる立地条件を具えている。

これらのため今日既に昭和基地に燃料ステーションを設置しておくことを調査してよい段階にあるといえよう。このためにタンカーの配船を研究すべきであるが、日本は未だタンカーを南緯70度以南に配した経験はなく殊に南極大陸に統いて張出している定着氷への接近の例は砕氷船「宗谷」と「ふじ」以外の輸送船に例がない。ソ連の基地は昭和基地とは同じ気象、海象、氷状の下にある。ソ連は黒海からタンカーを配して基地に於ける需要に応じているのでその最近の実例を基にしてこの問題の基礎的調査をしてみる。

ソ連黒海海運公社所属のフリードリッヒエルゲルス号(要目下記の通り)は1966年2月8日黒海沿岸のバツームを出帆約8.000マイルの航程を経て同年3月4日にマラジョージナヤ基地のあるアラシエーフ湾(南極基地)に入りヴォツロジエニヤ入江に到着した。然し強風と吹雪のため直ちに揚荷することは出来ず一旦漂泊し、大きな氷山の蔭に避難した。翌3月5日天候の回復をまつて再び入江の定着氷に揚荷の準備にかかりた。そして2本のホースから数千トンの石油製品(デーゼル油と航空用ベンジン)の揚荷を開始した。南極のインド洋セクターにタンカーがこの様な高緯度に進入したのは歴史上初めてのことである。これ迄オビ号によつて樽入れの状態で石油製品が送られていた。フリードリッヒエルゲルス号の南極海接岸(氷の岸壁)は終始オビ号の援助の下で行なわれた。フリードリッヒエルゲルス号の要目は以下の通りである。

1950年代にソ連で建造

耐氷エル級

総屯数 8,229トン

D/W 11,800t

航海速力 12.2ノット

第4章 主要各国の砕氷型フリートの整備状況と明細の調査

ソ連、デンマーク、フィンランド、アメリカ、カナダ、その他の国々で砕氷船以外にいわゆる polar vessel または ice class boat と呼ばれる船舶があり、これらの船舶に対する関心が世界各国で高まっている。その中でもソ連はこの種の船舶を整備することに対して最大の努力を重ねており、日本の造船所に対して発注する場合にも砕氷型耐氷型等の条件をつけることが多い。そこで代表的なソ連のこの種の船舶について検討してみたい。

ソ連が北極航路に使用する自国船は最近ではウーエルクラスが大部分を占めている。これはソ連邦船級協会の定義によると、ウーエルクラス船はソ連の北方の海面で一（フィンランド湾、白海、北極方面およびオホーツク海）砕氷船の援助を受けて航行できるように耐氷補強された船である。

ソ連国防省水路局が発行した1966年度の「北洋航路航行に関する指導書」の「北洋航行船に対する要望」では、ソ連の砕氷船水先案内の誘導を受けて北極海のシベリア沿岸の航行を許される外国船は、ソ連のウーエル型またはこれに相当する外国の耐氷船クラスを持つていることを条件としているので、ここではエル型船を除いてウーエル型以上の船について検討することにする。エル型船はソ連船級では主としてソ連の南方の海（カスピ海、黒海、アゾフ海等）で砕氷船が破碎した氷海を航行する耐氷性を持つている船であるが、この型の船も北方の諸海で活躍している模様である。

以下の検討は主としてソ連邦船級協会編「ソ連邦レジスター・ツク」1964-65とソ連邦造船誌について行なつたものである。

1967年9月末現在、ソ連邦の旅客、貨客、貨物木材、液体、各種サービスの補助目的各種船（積載能力100トン以上）合計2,549隻の中、ウーエルクラスの船舶は411隻を占め全体の16%になる。その内訳は次の通りである。

ウーエル arctic dry cargo 船	9隻
ウーエル船	376隻
ウーエル砕氷船	26隻
計	411隻

1967年現在でソ連が最も重点を置いて整備（同型のシリーズ化）している船は次の通りである。

- (A) ウーエル arctic アムゲーマ型（乾貨船）
- (B) ウーエル ヴイチエグラレス型（乾貨、木材船）
- (C) ウーエル シビリレス型（石炭、鉱石船） 1966年から建造開始

(A)のアムゲーマ型の優れた点は次の通りである。

(1) 砕氷船の常時援助がなくても独立で北極海を行動することが可能である。その上一定条件の氷状に於ては他の船も誘導することができる。

(2) レナ型と比較するとその性能が高く北極海における輸送コストを8%、北極海以外では12%も引下げることができる。

(B)のヴィチエグラレス型の特色は次の通りである。

(1) 船首肋材は緩いV型で水線部では緩やかなS形であつて満載時における速力は0.1乃至0.2ノット増す。

(2) 船尾肋骨はU型であつてこれによりプロペラと船体の相互作用の改善をした。（61頁第5表）

(3) 倉口の寸法を大きくし荷役能率の改善を図つた。（61頁第6表）

第1表 ウー・エル arctic 乾貨船

船名	建造年	建造国	船籍港	主機	馬力	D/W 速力 (ノット)
エニセート	1954	オランダ	ムルマンスク	D.E	$\frac{8 \times 420}{500}$	7.600
レナ	"	"	"	"	"	6.320
インヂギルカ	1956	"	"	"	"	6.450
アンガラ	1957	"	ウラジオ	"	"	7.430
アムゲーマ	1962	ソ連	"	"	$\frac{10 \times 207}{2 \times 254}$	8.634
ベンジナ	1963	"	"	"	"	7.300
デジネフ	1938	"	ムルマンスク	S.S	$\frac{600 \times 1000 \times 1600}{1000}$	3.323 12
カピタン・ボンダレンコ	1966~ 67	"	"	D.E	"	8.634
カピタン・ゴツキー	全上	"	"	"	"	"

ウー・エル 乾貨船と乾冷船

船名	建造年	建造国	船籍港	主機	馬力	D/W
ヴォルホフグス	1956	ソ連	ムルマンスク	D.E	$\frac{10 \times 207}{2 \times 254}$	7.215
ドニエブログス	"	"	"	"	"	"
リオングス	"	"	"	"	$\frac{2 \times 207}{254}$	"
アンガルグス	1957	"	"	"	$\frac{10 \times 207}{2 \times 254}$	"
イワン・ステバノフ	"	"	ウラジオ	"	"	5.840
クイブイシエフグス	"	"	ムルマンスク	"	"	7.215
ツイムリヤンスクグス	"	"	"	"	$\frac{10 \times 207}{254}$	"
ヤロスラウリ(乾)	1958	"	ウラジオ	"	$\frac{10 \times 207}{2 \times 254}$	58.40
オレネク	1963	"	"	"	"	6.280
シビリ(乾)	"	"	"	"	"	5.340
サムラ(乾)	"	"	リガ	"	$\frac{6 \times 318}{330}$	2.485
エニセイ	1952	スエーデン	ウラジオ	"	$\frac{5 \times 345}{580}$	

ウー・エル 乾貨船

船名	建造年	建造国	船籍港	主機	馬力	D/W 速力 (ノット)
イワン・パブロフ	1956	フランス	オデツサ	S.S		7.560
イワン・セチエノフ	"	"	"	"		"
イリヤ・メチニコフ	"	"	"	"		"
ニコライ・ブルヂエンコ	"	"	"	"		"
ニコライ・ピロゴフ	"	"	"	"		"
セルガイ・ボトキン	"	"	"	"		"
バルタイ	1935	フィンランド	ウラジオ	"	$\frac{558 \times 813 \times 1372}{914}$	28.10 9.7
エス・アー・ラワネフスキ	1940	ソ連	ムルマンスク	"	$\frac{600 \times 1000 \times 1600}{1100}$	4.034 12.0
バシリイ・カチャロフ	1957	ベルギー	レニングラード	M.S	$\frac{6 \times 720}{1250}$	5.660
レオニード・レオニドフ	"	"	"	"	"	5.665 13.5
ネムロウイッチ・ダンチエンコ	"	"	"	"	"	5.516 13.2
スタニスラスキ	1956	"	"	"	"	5.576 13.2
アレクサンドロフスク	1960	フィンランド	レニングラード	M.S	$\frac{9 \times 720}{1250}$	8.664 14.4
ゼーヤレス	1964	"	ペトロ カムチャツカ	"	$\frac{9 \times 500}{1100}$	5.970

船名	建造年	建造国	船籍港	主機	馬力	D/W 速力 (ノット)
クラスナエ・セーロ	1965	フィンランド	レニングラード	M.S	<u>6×760</u> 1,550	12,200 17.3
アンガラレス	1963	ポーランド	ウラジオ	"	<u>10×207</u> 2×254	5,447 15.5
ウラルレス	1964	"	"	"	<u>5×620</u> 1400	6,069 16.1
バストークー4	1964	ソ連	レニングラード	"	<u>9×500</u> 1100	5,969
バストークー3	1963	"	"	"	<u>9×500</u> 1100	"
ブイボルグレス	"	"	"	"	"	6,459
ヴィチエグラレス	"	"	"	"	"	5,970
タスノレス	"	"	"	"	"	5,972
サンガルレス	1965	"	アルハンゲリスク	"	"	5,970 14.0
グヂヤツク	1963	東独	ウラジオ	"	<u>6×570</u> 800	4,150 12.5
ゴルノアルタイスク	"	"	"	"	"	" "
ノヴォヴォロネージ	"	"	ムルマンスク	"	"	"
ペレスラヴリ・ザレツキー	"	"	ウラジオ	"	"	"
パヴァエネツ	"	"	タリン	"	"	" 13.5
ポロナイスク	"	"	ウラジオ	"	"	"
ピヤルヌー	"	"	タリン	"	"	" 13.7
リストナ	"	"	"	"	"	4,226
ヴリヤヌイ	1964	"	"	"	"	4,240 14.5
カムチャツカ	"	"	ウラジオ	"	"	4,226 13.0
ヴィボルグレス	"	"	タリン	"	"	4,026 13.5
ヘリチエルマ	"	"	"	"	"	4,234 14.5
スイクトウイツカル	"	"	ムルマンスク	"	"	4,226 13.5
イワン・モスクビン	1958	ベルギー	レニングラード	"	<u>5×520</u> 1,250	5,655 13.3
ヴァーシャエレクセース	1967			"	<u>9×500</u> 1,100	5,969
ノーヴアヤラドガ	1967	ソ連		"		
バストークー5	1966			"		
バストークー6	"			"		

以上
九
六
五
一
現在

第2表 ウー・エル乾貨、木材船

船名	建造年	建造国	船籍港	主機	馬力	D/W	速力 (ノット)
ヴォルゴレス	1960	ボーランド	レニングラード	M.S	$\frac{5 \times 720}{1250}$	5.895	14.2
ドビノレス	"	"	"	"	"	5.882	"
コミレス	"	"	"	"	"	5.821	"
セベロレス	"	"	"	"	"	5.785	"
アバカンレス	1961	"	"	"	"	5.770	"
アラパエフスクレス	"	"	"	"	"	5.814	"
アルダンレス	"	"	ウラジオ	"	"	5.818	"
アルハンゲリスクレス	"	"	レニングラード	"	"	5.814	"
ブリモルレス	"	"	ウラジオ	"	"	5.895	"
アバグールレス	1962	"	アルハンゲリスク	"	"	6.124	"
アジミレス	"	"	ウラジオ	"	"	5.815	"
アラトウイリレス	"	"	レニングラード	"	"	5.814	"
アナドウイリレス	"	"	ウラジオ	"	"	5.772	"
アンガルスクレス	"	"	レニングラード	"	"	5.814	"
アンドマレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	6.124	"
ボブルイスクレス	"	"	レニングラード	"	$\frac{5 \times 620}{1400}$	5.726	16.1
ブリヤンスクレス	"	"	"	"	$\frac{5 \times 720}{1250}$	5.772	14.2
アルタイレス	1963	"	ホルムスク	"	$\frac{5 \times 620}{1400}$	5.713	16.1
アムールスクレス	"	"	ウラジオ	"	"	5.747	"
バラフナレス	"	"	ホルムスク	"	"	57	"
ベレジーナレス	"	"	ウラジオ	"	"	5.447	"
ブレーイヤレス	"	"	"	"	"	"	"
カンダラクシヤレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	6.035	"
ブリビヤチレス	"	"	"	"	"	6.035	"
サハリンレス	"	"	ホルムスク	"	"	5.713	"
サヤヌイレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	6.044	"
セレンガレス	"	"	"	"	"	6.047	"
ブラツクレス	1964	"	ウラジオ	"	"	6.069	"
バルダイレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	"	"
ペトウルガレス	"	"	"	"	"	6.070	"
ビリュイレス	"	"	ウラジオ	"	"	6.062	"
ヴィチムレス	"	"	"	"	"	"	"
ヴィチエグダレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	5.970	"
コノシヤレス	"	"	"	"	"	6.184	"
セグジヤレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	"	"
タイガ	"	"	ウラジオ	"	"	6.069	"
タボルレス	"	"	"	"	"	"	"
トウロマレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	"	"
パブリンピノグラドフ	1960	ソ連	"	G.T	"	5.921	"

船名	建造年	建造国	船籍港	主機	馬力	D/W	速力 (ノット)
メゼニレス	1961	ソ連	アルハンゲリスク	G.T	$\frac{5 \times 620}{1400}$	5,921	
ウムバレス	1962	"	"	"	"	"	
マラヤノスラヴエツ	1963	"	ウラジオ	M.S	$\frac{8 \times 430}{610}$	3,340	12.3
テオドルネット	"	"	アルハンゲリスク	G.T			5,921
ヴァガレス	1964	"	レニングラード	M.S	$\frac{9 \times 500}{1100}$	5,970	
ヴヤトカレス	"	"	ホルムスク	"	$\frac{5 \times 500}{1100}$	3,770	13.7
エニセイレス	"	"	レニングラード	"	$\frac{9 \times 500}{1100}$	5,970	
ベチヨラレス	"	"	アルハンゲリスク	G.T			5,921
シビリレス	"	"	ホルムスク	M.S	$\frac{5 \times 500}{1100}$	3,770	13.7
チュルイムレス	"	"	ムルマンスク	"	$\frac{9 \times 500}{1100}$	6,459	
イガルカレス	1962	フィンランド	レニングラード	"	$\frac{5 \times 500}{1100}$	3,629	13.1
イジマレス	"	"	"	"	"	3,606	"
インクルレス	"	"	"	"	"	3,607	"
イルビトレス	"	"	"	"	"	3,624	"
イルクーツクレス	"	"	"	"	"	3,598	"
イルシヤレス	"	"	"	"	"	3,607	"
コトラスレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	3,506	"
クラスノゴルスクレス	"	"	ホルムスク	"	"	3,400	"
イジエフスクレス	1963	"	レニングラード	"	"	3,606	"
イジヨラレス	"	"	"	"	"	3,600	"
イリメニレス	"	"	"	"	"	3,606	"
イルチシレス	"	"	"	"	"	3,607	"
ペルミレス	"	"	"	"	"	3,606	"
イストラ	1964	"	"	"	"	3,592	"
カマレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	3,506	"
コンスタンチンオリマンスキ	"	"	レニングラード	"	"	3,456	"
ラドガレス	"	"	"	"	"	3,796	"
レナレス	"	"	ペトロカムチャツカ	"	"	3,506	13.7
シェクスナレス	"	"	アルハンゲリスク	"	"	3,466	"
ベロゼロスクレス	1963	ポーランド	"	"	$\frac{5 \times 620}{1400}$	6,935	16.1
ベロモルスク	"	"	"	"	"	"	"
プラスラウレス	"	"	"	"	"	"	"
ミロヌイチ	1964	"	"	"	"	6,069	"

ウ 一 エ ル

以下はウー・エルであるが要目については未だ不明である。

船名	建造年	建造国	船籍港	主機	馬力	D/W 速力 (ノット)
ノーヴアヤ・ラドガ	1967	ヴィチエグラレス (乾・木材) と同型		M.S		
ヴァシヤアレクセース	"			"		
チエムリュク	1965	バスクンチヤツク (漁業・輸送) と同型				
エキムチヤン	"					
セゲージヤ	1966			M.S		
ノーヴアヤ・ゼムリヤー	1965		(乾、木材)			10.000t
ハイガチ	1966					
セベロドビンスク	"			M.S		
ヴァンカレム	"			D.E		
スンガリー	"					
ボンチャエフスク	"			D.E		
カルゴーポリ	"					
コブダ	建造中らしい		同型で石炭・鉱石輸送船である。			
プロコブリ						
ガルーシン						
コヂノ				M.S		
スピルスク						
チエチューへ						
セレムシユカ				M.S		
チエムリュク (タンカー)						
クングーク				M.S		
ニコライ・ミロノフ				"		
サレハルド						
イオガニ・マフマスタリ						
アルグーン				M.S		
マーラヤ・ヴィチエグラ				"		

第3表 ウー・エル砕氷船

船名	建造年	建造国	船籍港	主機	馬力	D/W 速力(ノット)
ウラジミル・イリイツチ	1916	イギリス		S.S	<u>622×971×1550</u> 990	2,140 15
クラシン	1917	"		"	<u>730×1180×1900</u> 1120	4,115 "
シビリヤコフ	1926	オランダ		"	<u>610×940×1600</u> 1000	1,748 9.5
シビーリ	1938	ソ連		"		4,806
カピタン・ペラウーゾフ	1954	フィンランド		D.E	<u>8×340</u> 570	1,446 14.9
カピタン・ワロニン	1955	"		"	"	" "
カピタン・メレホフ	1956	"		"	"	1,329 "
モスクワ	1960	"		"	<u>7×720</u> 550	4,221 18.3
レニングラード	1961	"		"	<u>9×510</u> 550	" "
レーニン	1959	ソ連		A.S	44,000HP Bog 16,000	18.0
ワシリイ・プロンチエフ	1961	"		D.E		1,092
アブアナーシー・ニキーチン	1962	"		"		"
ハリトン・ラブチエフ	"	"		"		"
ワシリイ・パリヤコフ	1963	"		"		"
エロフェイ・ハバロフ	"	"		"		"
イワン・クルゼンシュタイン	1964	"		"		"
ウラジミル・ルサノフ	"	"		"		"
セミヨン・チエリュスキン	1965	"		"		"
ユーリー・リシャンスキー	"	"		"		"
キエフ	1966					
ドヴイナ	"					
ピヨートルパフトウーゾフ	1967					
ゲオルギーセドフ	"					
ムルマンスク	1968	ソ連		D.E		
ギジガ	1967					
ナワリン	"					

原子力
砕氷船

L-1

L-2

L-3

L-4

L-5

L-6

L-7

L-8

L-9

以上
一九六五
月現在

第 4 表

要目と特徴	ヴィエエグラレス	パウリン・ヴィノグラードフ	ヴォルゴレス
全長 (米)	121.9	121.8	123.8
垂線間長 (米)	113.0	114.0	115.0
幅 (米)	16.7	16.1	16.7
深 (米)	8.3	8.25	8.4
平均喫水 (米)			
木材満載時	7.12	7.00	7.17
穀類満載時	6.77	6.65	6.82
排水量 T			
木材満載時	9,644	9,430	9,570
穀類満載時	9,240	8,900	9,240
関連する主な比率			
L/B	6.77	7.08	6.89
B/T	2.39	2.30	2.39
L/H	13.6	13.8	13.7
機関の配置と構造	中間部	船尾	中央部
主機関			
型	ディーゼル	ガスタービン	ディーゼル
出力 S.H.P	5,200	4,000	4,500
Rpm (分)	170	—	125
航海速力 (節)	14.5	13.0	14.0
D/W	5,970	5,921	5,895

第5表 模型によるプロペラと船体の相互作用

船種	率			
	伴流 ω	推力減少 t	流速分野の不均等 i	船体の影響 k
ヴィエエグラレス	0.42	0.26	1.02	1,305
パウリン・ヴィノグラードフ (通常形状の船尾)	0.33	0.24	1.00	1,130

第6表 木材運搬船倉口の寸法の比較

甲板上の開口	ヴィエエグラレス	パウリン・ヴィノグラードフ	ヴォルゴレス
船倉の寸法 (米)			
No. 1	11 × 8	10.5 × 6.7	12.6 × 7.0
No. 2	13.3 × 9.5	12.6 × 8.2	12.6 × 9.0
No. 3	13.3 × 9.5	12.6 × 8.2	12.6 × 9.0
No. 4	13.3 × 9.5	12.6 × 8.2	12.6 × 9.6
開口面積、平方メートル	46.7	37.9	42.7
開口率	0.38	0.32	0.33

ノ連エル級船種別、建造年別内訳

建造年	乾貨船 (含石炭船)	客 船	貨客船	乾木材船	漁 船 (含運搬船)	石 炭 船	タンカー (含水槽船)	曳 艇	救難船	探險船 (含水路)	練習船
1912			1								
1915	1										
1916											
1923	2		1								
1925			1								
1926					1						
1928			1	2							
1930			2								1
1932	1										
1933					1						
1934					1						
1936	8			1							
1937	2				1						
1938	1		1	1							
1939	2	1									
1942	1				1						
1943	1				1						
1944	3										
1945	2										
1949	2		2		1						
1950	2										
1951	4			2	1		1				
1952	9			5			2	1			
1953	19			5	2		5	3			
1954	18			2	1		12	12			1
1955	15		1	3	8		(1) 14	5	1		
1956	26		1	2	10		12	11			1
1957	12			4	11		(3) 16	12	1	1	
1958	22				19		(2) 8	7		水路 2	
1959	35		1	4	27		12	3			1
1960	46		2	2	72	6	14	4	1		
1961	26		2	3	41	2	8	3			2
1962	43		2	5	43	3	16	2			
1963	30		3	7	57	4	11	2			
1964	30		1		91		12	6			
計	363	1	22	48	390	15	(6) 144	71	3	5	4
総計	1,072										

ソ連エル級建造国別、建造年別内訳表

建造年	ソ連	フィン ラント	東 独	西 独	ドイツ	ボーラ ンド	日本	ハンガ リー	ベル ギー	ユーゴ スラビヤ	オラン ダ	ルーマ ニア	中共	ブルガ リア	英 国	デンマー ク	スエー デン	イタ リヤ	ノルウ エー
1912						1													
1915													1						
1916													1						
1923						2										1			
1925																			
1926						1													
1928	3					1													
1930	1					1												1	
1932	1																		
1933																1			
1934	1																		
1936	2												1			5	1		
1937	1	1															1		
1938	3	1																	
1939		1				1							1					1	
1942																	1		1
1943						2													
1944						3													
1945			2																
1949		1	2						3										
1950		1							1										
1951	1	2	1							3								1	
1952	2	5	2			7				1									
1953	7	6	3			17			1	1									
1954	14	7	1			13			1						2	7			
1955	15	7	9	1		7				1					2	2		1	3
1956	17	4	2	3		16			4	3					2	6		4	1
1957	22	7	6			10			4						5	5		1	
1958	27	8	9			5			9						3				
1959	33	7	16			9	2	8	1							3	4		
1960	46	7	73	2		10			7								3		
1961	52	5	11	1		6	1	6								2			1
1962	49	16	24	1		7	4	6								3		1	1
1963	52	14	25	1		8	2	6							1		4		
1964	81	10	27			9	3	1				1			2		4		1
計	430	112	211	9	12	124	12	57	10	1	4	17	20	19	6	15	9	1	1
総計	1070																		

ノ連 ウー・エル級、船種別、建造年別内訳

建造年	客 船	貨客船	乾貨船	乾 木材船	漁業用船	乾、石炭 鉱石船	液体輸船	タンカー	砕氷船	曳 船	救難船	渡 船	
1916					1				1				
1917									1	1			
1926									1				
1929					1								
1935			1										
1938			1						1				
1940			1										
1943										1			
1944										1			
1946										2			
1947										2			
1948										2			
1949										1			
1950				1						2			
1951										2			
1952			1							1			
1953		1								7			
1954			2						1	10			
1955				3					1	4			
1956			11		4				1	7		1	
1957			8		3					17			
1958		1	2		2	3				8	2	1	
1959		6			4	5			1	19	2		
1960	1	3	1	5	6				1	11	3		
1961		2		6	13		1		2	3	1		
1962		2	1	17	8		1	2	2	5	2		
1963		1	17	20	7				2	1	3		
1964		2	8	24	14		2	1	2	5			
1965			2	1					2				
1966			2+7*						2				
1967			4+10*	2	2	1			4				
1968						→ 3			1				総 計
合計	1	18	62+17*	75	68	12	4	3	26	112	13	2	411

(内アル
クト9)

*印の船
は概測値
確実でな
い輸送沿
なので一
応ここで
いた。

第2編 北方潜水航路と潜水商船に関する基礎的調査

第1章 潜水商船を利用する航路の調査

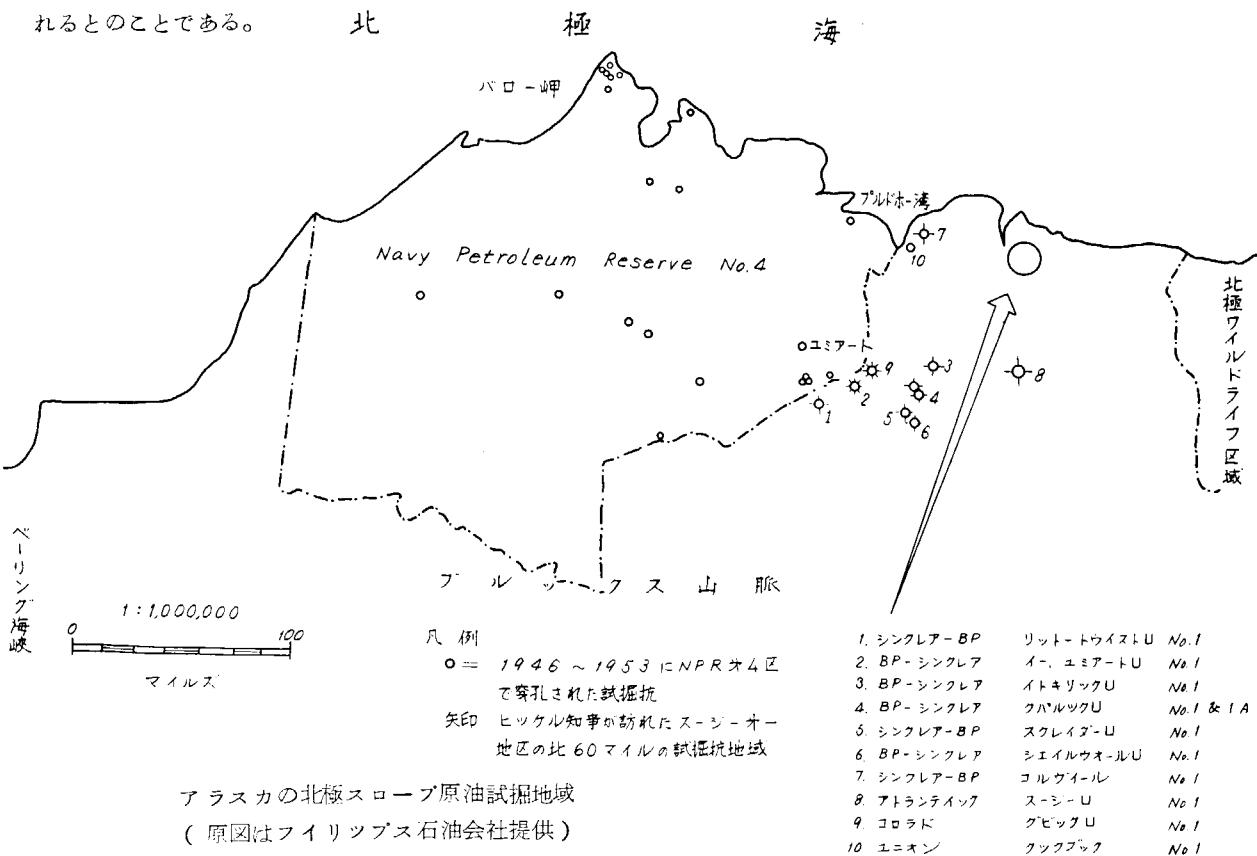
(I) 北部アラスカ石油、カナダ領北部石油等積取りのための北西航路（北米大陸沿岸迂回）

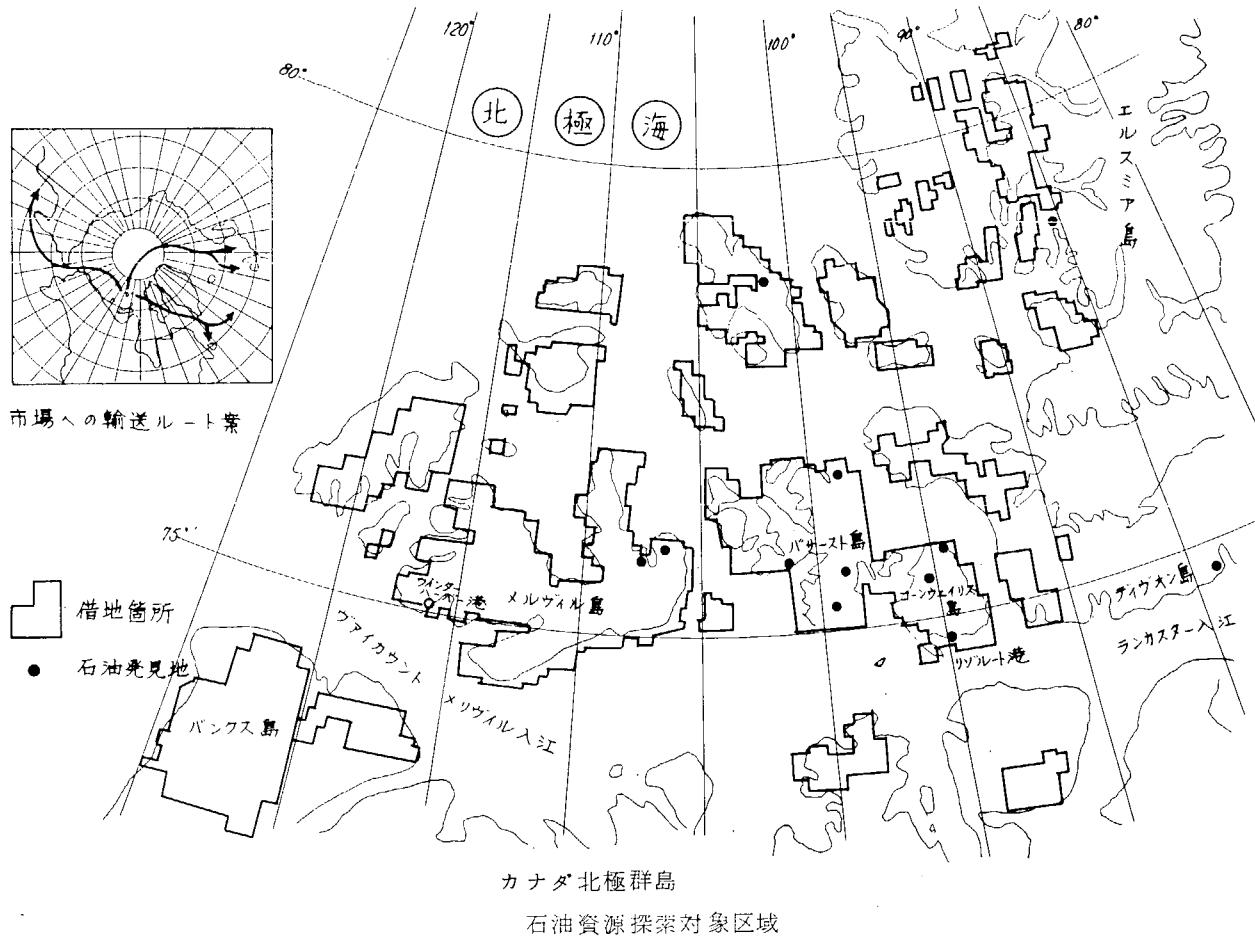
(a) アラスカ北部開発状況と輸送計画

アラスカは太平洋側のクックインレットで石油やガスの開発が盛んに行なわれつつあるが、一方北極海側に面するノーサンスローブ（ブルツクス山脈以北）においても石油、天然ガス資源の開発が様々な悪条件と闘いながら進められている。すでにブリティッシュペトロリューム社を初め、米国のコロラドオイルアンドガス社などによりウミアート（北緯 $69^{\circ}5'$ 、西経 $125^{\circ}5'$ 附近）やその北東に当るグピーク第1号油田の試掘が続けられている。無論理段階では企業として採算の見透しがつかないままだが、ここは北米領土内最大の石油、天然ガス資源の一つに入ることは間違いない。しかし財宝は簡単に入手できない。すなわち輸送や補給に際しては北極圏特有の酷寒、氷、永久凍土帯などの自然条件を克服しさらに開発のためには航空機、ヘリコプタ、耐寒金属、通信設備、潜水（氷）装置、大陸棚ボーリング装置およびパイプ連絡などの特殊技術が必要である。とりわけ重要なのは北極沿岸からの石油やガスの搬出（輸送）方法で、この解決が同地方の資源開発の鍵とみられている。潜水（氷）タンカーの技術的完成がすなわちアラスカノーサンスローブの石油開発の始まるときでもあろう。

1967年5月アラスカ州ヒッケル知事一行はDC-3号機でフェアバンクスを飛立ち、400マイル北方にあるアトランチック・リツチフィールド、ハンブル両社の最新のドリリングを視察した。

北極圏をこえたブルツクス山脈の北側は荒廃したソンドラや泥沼地帯が一面に拡っていた。目的地スージーユニートにはアトランチック・リツチフィールド社が370万ドルを投じて造つた試作場があり、ここはブルードホエ入江に近く北極海からわずか2マイルのところでコルヴィル川とサガバニイルクトク川の両デルタの間に位置している。別掲図はノーサンスローブ一帯の試掘地帯一覧図（原図はフィリップス・ペトロリウム社提供のもの）である。1967年11月10日のFairbanks Daily News-Miner紙によれば融氷で飛行機による重量貨物の輸送ができないため579フィートの深さで一時中止していた。前記のブルードホエ入江附近における石油試掘作業は11月中旬は再開されるとのことである。





アラスカ北部の石油開発のための米国の極地用潜水タンカー建造計画

北極に埋蔵が予想される石油の開発でマイナス要素となるものは輸送コストである。北極地帯の航海期間は年にわずか2～3ヶ月であり、これが海上オイルタンカーを初め船舶の輸送業務をひどく阻害している。経済的輸送方式は2つでその一つは1年中利用できる港まで伸びているパイプラインの建設で、もう一つは潜水タンカーの建造である。前者は石油の汲上げを容易にするためにもしパイプラインを温めれば、永久凍土帯をとかすというやつかいな問題を引き起すので、現在では潜水タンカーの開発に関心が払われている。

General DynamicsのElectric Boat Division 研究開発部の意見

潜水タンカーはきわめて将来性がある。初期の段階においては、政府の補助金なしに潜水タンカーを建造することは、石油産業にとってコストの点で困難であろう。Electric Boat Divisionは米国海輸省(Maritime Administration)の求めで潜水タンカー建造計画が実現可能かどうか調査した。予備的な設計およびコスト見積もりは行なわなかつたが、調査の諸結果は肯定的なものであつた。現在8 0 0 0 0トン～1 0 0 0 0トンD.Wの海上オイルタンカーが使われているが8 0 0 0 0トン以上の潜水艦に関してはまだ同社は建造経験をもつていない。潜水タンカーの試作船(プロトタイプ)は比較的小さなものとなるだろうが石油の生産が増大するにつれて4 0 0 0 0トンD.W、7 0 0 0 0排水トン級の非常に大きな船が使われる可能性がある。海上タンカー航行可能期間は年間2～3ヶ月であるから、1年中航行できる潜水タンカーは1隻で海上タンカー5隻分の輸送ができる。潜水タンカーはかなりの深度の潜航能力が要求される軍事用の潜水艦より大きなPayloadを持つたものが建造できるだろう。潜水タンカーは氷を避けるだけの十分な余裕をもつて潜航しておればよい。

船の動力装置のタイプは航海ルートの距離、要求されるスピード、必要な維持設備、動力装置の信頼性とそのコストによつて違つてくるだろう。

ディーゼルエレクトリック潜水船に対する同社の見解は以下のとおりである。一日に一度バッテリーの充電のため

氷の薄い地点で浮上すればディーゼルエレクトリック動力装置を使うことも可能かもしれない。しかしこの方法は潜水タンカーが全面的に海面に依存するためかなり危険なやり方である。

(積揚方法) 潜水タンカーが潜水したまま積揚作業を行なう可能性があることに注意が払われるべきである。同社が研究した一つの方法は潜水タンカーが水中ターミナルに入つてパイプと連結し深度100フィートまでの水中で荷役をするというやり方である。もう一つの方法は海底に横たわる穴のあいたパイプに空気を送りこんで気泡を発散させる。この気泡が海面に浮上してその一帯の氷を取り除く、そこで潜水タンカーは浮上して係船装置に接続する。石油は水中をパイプによつて送られ係船装置のチューブを通してタンカーに入る。

(修理方法) 水中作業が必要となるであろうから修理作業用の装置を備え水中作業員1~2人が乗れる潜水船が必要となる。Electric Boatは潜水修理作業用の潜水船を現在2隻試作中である。

(タンカーの場合) 貨物潜水船は設計上の制約を受ける。例えば水温が石油貨物を膨脹させたり収縮させたりして船の浮力を変化を引き起す。これを補正するためには補正用釣合タンクを用いなければならない。

(設計上の問題点) 北極のランカスター海峡(考えられている輸送ルート)では最大水深が600フィートでありこのため建造される船の大きさが制限されるのである。操縦性を与えるためにはこれらの水深で航行できるように耐圧船殻が設計されなければならない。

(b) カナダ北部の石油、銅の開発と輸送

カナダ領北極群島に眠る膨大な石油資源はすでに今から10余年前に発見されており、当時カナダ連邦政府ハミルトン北方事業相が下院で表明したところによると10を数える会社や個人がアクセルハイベルグ島およびデボン島附近の開発権取得を出願していた。ハミルトン氏は島の内部から海岸の港までを結ぶパイプラインから直接積込んで原潜タンカーで北極海経由欧洲または極東へ輸送する計画をたてた。北方事業相代理のロバートソン氏は北極海の氷の下を通つてエルスミヤ島(カナダ北極群島北東端の島)とヨーロッパを結ぶ海底送油管の建設を提案した。そしていよいよ1968年夏から向う3年間の予定でその本格的探査の実施が決定した。

北極群島の中で石油資源の予備的調査や試験的ドリリングが行なわれているメルヴィル島を初めバザースト島、コーンウォーリス島などにカナダの石油会社や鉱山会社がすでに合計4,300万エーカーにわたる土地の借用認可をうけている。これらの土地で組織的探査を実施するため政府自体も900万ドルの援助資金を出し、また民間の50社からは1,100万ドルが出資されることが決定している。政府が出す900万ドルはノーザンデベロップメント・ローン・アシスタンスプログラムにもとづくものであり、これによれば政府はその承認した民間会社の探査費用の40%を限度として融資することになつてゐる。

コッパー・マイン銅鉱の開発

カナダ連邦政府北方開発相アーサーライアンク氏は1968年1月アルバータ州の首府エドモントンで開催された北方開発会議の席上で「私が北西地方の北辺コッパー・マインを視察した時その開発が予定されている銅のコンセントレートをベーリング海経由で輸送できるか否かについて熱心に調査している2人の日本人を見た」と述べている。コッパー・マイン銅鉱は高品位の銅である。すなわち斑銅鉱(約40%の銅)と輝銅鉱(約79%の銅)を含むといわれている。西暦1700年代の昔からすでにこの附近の銅は知られていたが、1966年夏にいたりやつと試掘の下準備が始まつた。この地帯は北西地方第一の都市エローナイフからさらに北方350マイルの所にあり、冬期の気温は-40°C~-50°Cに下りしかも風は秒速20~25mにおよぶのでキャンプからの外出はほとんど不可能という。コッパー・マインリバー会社の主要事業に必要な資材は現在エローナイフから、またはノーマンウエルスから空輸される。すなわち有効荷重24トンの性能をもつヘルクレス号型輸送機(車輪つき)がHope湖附近の水上に着陸し、これまでで200トン以上の物資が運ばれた。

Shipping World誌の報によればイギリスのMitchell Engineering社では、近年石油や鉱物の発見が盛んなカナダ北西部沿岸に配船する潜水船の建造計画を進めているとのことである。

(モビーデック号の計画) ノーチラス号、スケート号の北極海潜航の成功に刺戟されてまづ立上つたのは英國である。約40の傘下会社を有するミツチエル・エンジニアリングオーガニゼーションはスコットランドのチャペルクロスに原子力発電所を建設した。同社のフレデリック・G・ミツチエル社長によれば北極海の氷の下の商業航路を開くため自下建造計画中の原子力潜水船の最初のテストはきわめて成功裡に終つたといふ。(UP通信)、このテストは英國のサンダースロー社が南方洋上の英領ワイト島に設けた実験用氷槽で行なつたもので、ミツチエル社長はこのようないてストをなお10ヶ月間続ける予定であると述べ、さらに次のように語つている。「今後のテストでは潜水深度とにらみ合せた経済速度、海上船との運航費の比較、(モビーデック号船価24万ポンドは将来半分位になるであろう)ドック入り、貨物積載などに関する問題点を検討する。このテストの報告がなされた後、原子力潜水貨物船の設計、建造、運航費の計算が可能となる。

ミツチエル社の計画は、英海軍当局の原子力潜水艦の建造計画とは何にも関係はないが、実際の設計は海軍の造船技師が担当することになる。

次に示すのは潜水船モビーデック号の計画主要目である。

自動荷卸鉱石運搬船モビーデック型

長さ185m、幅22m、排水量5万トン、積載量2万8千トン、原動機関は沸騰水型原子炉であつて、これによる深度100mの水中での計画速力は25ノットである。

(c) シードラゴン号潜航の記録と意義

シードラゴン号の潜航の意義は新らしい北西航路を開拓することにあつた。すなわちカナダ領北極群島の狭い海峡または水道や島嶼の間を通り抜け、また氷山の下を潜航しながら、将来いつかはパナマ運河に代るものとして太平洋と大西洋を結ぶルートを開拓することであつた。

1960年8月1日米国大西洋ニューハンプシャー州ポートマス出帆、デビス海峡を北上しバッファイン湾を通過、8月15日にParry Channelに入つた。さらにランカスターSound、メルビル、マクリュー海峡を経て6日後の8月21日にボオフォロト海の海面に浮上した。北極点、チクチ海、ベーリング海峡を通りベーリング海へでている。この航海で氷山の海面下108フィートを潜航、そして長さ1,470フィート、300フィート以上の厚さの巨大な氷山の下を潜航する可能性を生んだのである。5隻の海上船が通過したバンクス島の北方マクリュー海峡を通過して(潜航しながら)ボーフォート海に浮上したことにより北西航路におけるこれまで見失なわれていた連絡路を作り出したことは大きな成果であつた。

この航行は歴史的なできごとである。これまで北極に達するにはどの航海もピクトリヤ島の南岸を迂回しなければならなかつた。

ソナー、海中テレビジョンカメラを使用し、周囲の海洋、海底、艦上の氷を研究しながら進んでいる。同艦に取付けられたテレビジョンカメラは、潜水艦が浮上できるための無氷水面および氷の薄い層を発見した。シードラゴン号の通過したコースは北西航路の中で最短コースである。これによりこのコースが潜水船によつて利用できることが明らかになつた。シードラゴン号が初めて潜航した時の模様は次のとおりである。同号が浮上したのは、バッファイン湾であつた。まわりに浮んでいる45の氷山のうち大きなを氷山探知機が探しあてた。ステール艦長はこの氷山の1,600m前でエンジンを一旦止め、まず氷山をゆつくり一周して測量し写真にとつた。氷山の海面上の大きさは高さ23m、直径は最も長いところで95m、潜水艦に乗組んでいた科学者はこの数字から60m以上もぐれば安全に氷山の下を通れると計算した。潜航開始後600mあまり近づいた時水中聴音器には奇妙な騒音が入ってきた。ついに氷山の真下に来た。人間が初めて見た氷山の底はかなりデコボコで、水中で見える望遠鏡を通して見た氷山の海面下の姿はまるでクローバの葉のようであつた。

海面下の最も深いところは33m、長さ250m、試算すると重量は約60万トンである。シードラゴン号は6回このような氷の下を潜航した。その後海面の下の深さ90m長さ440mの巨大な氷山の下をくぐることにも成功した。

シードラゴン号 2,360トン

艦長 ジョージ・P・スチール大佐

乗組員 75人

士官 8人

科学者 技術者

(Ⅲ) シベリヤ北東部迂回ユーラシア大陸北岸に沿つて航行する北東航路

(a) 潜水艦による北洋航路初横断

潜水艦による氷中航海の先駆者はアメリカであるとの考え方に対して、ソ連側はシチャー型小型潜水艦で1940年すでに北冰洋横断を一航海期なしとげたと発表している。以下はソ連邦船舶試験委員会議長ア・イ・ドウブラヴィン技師の発表である。

シチャー423号の予定された全作業過程が終ると種々のテストをうけ見事にパスした。1940年8月5日夕方になつて繫留索が解かれ同艦はボリヤールヌイを出港した。同艦の航海は67日間であった。航路上の氷の密集はしばしば9パールであった。また太平洋では長期にわたる8~9パールの暴風雨に耐えねばならなかつた。10月11日同艦は技術的に完全な整備状態でウラジオストックに入港した。しばらくたつて同艦は横断に必要であつた補強装備を取り外し太平洋艦隊に編入された。シチャー423号による北冰洋航路初の潜行横断の経験はその後の潜水船にとって貴重な手引となつた。

(b) ソ連の北極潜水商船に特有な考え方

今日たとえ強力な原子力砕氷船があつても北冰洋の巨大な氷に直向から挑戦するという考え方は多少修正を要するようである。それよりもむしろ氷の障害を回避し氷の下の凍らない海中を航海する原子力潜水商船の構想の方がより実現性があるという意見が、ボクロフスキイ教授を中心とする科学者、造船技師等によつてたびたびうちだされてきた。ボクロフスキイ教授によると、この着想は非常に魅力的であるだけでなく、最新の科学水準に確固たる基礎をもち、その実現は困難ではないそうである。砕氷船とちがつて船体の特別補強や堅牢化が不要だし、船体の凍結や氷の圧縮による船体破壊の危険がない。また乗組員や乗客が氷との不愉快な接触を感じないで済む。とくに零下30~40度以上という氷上の酷寒にくらべて極地の海水は零度位であるし、荒れ狂う烈風にさらされることもないから航海はたいへん楽になる。この原子力潜水艦が氷に覆われた海洋の表面へでるために、まず氷原を破壊しなければならないが、そのため特別に明るい閃光を伴つて爆発する魚雷発射装置がついている。これは英國の物理学者ジョン・テインダール(1820~1933年)が100年以上も前に確認した氷に浸透する強烈な閃光は、氷の中に無数の微細な亀裂を生じせしめるという現象を応用したものである。乗組員が氷を破壊しないで氷上にでる場合はまず船を氷原の下まで浮び上らせる。そして大きな円筒状の錐で氷原の下から穴を開け、そこにタラップと昇降機を備えた円筒を差込んで人々は氷上に出る。海中の盲目航海を安全にするためレーダーを備え進路に障害が発見された場合は自動的に船が停止したり、迂回したりすることができるようになつている。また呼吸用の空気が圧縮保存されており、さらに酸素が補給され炭酸ガスや有害なガスは特殊装置で吸収されるようになつている。この原子力潜水商船は現在すでに完全な形態に設計され、建造しうる段階にあるといわれているが、実際に就航するまではまだまだ技術改良が行なわれるだろう。当面の問題は原子力船舶運行のための特別要員の養成である。

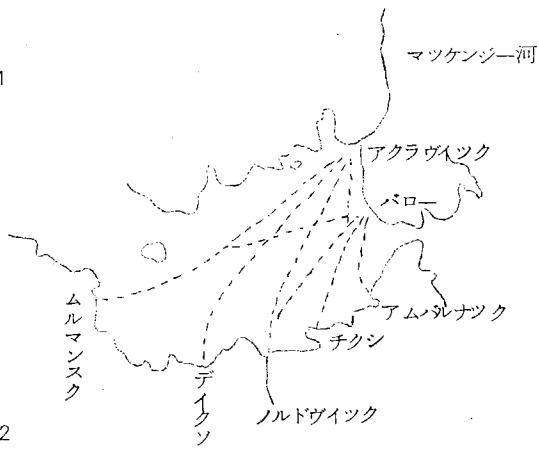
(c) ソ連の潜水商船利用計画

- (1) ヨーラシア側北極航路は沿岸附近でなく高緯度航路すなわちノーワヤゼムリヤ、セーワエルナヤゼムリヤ、ノボシビリスキイ群島およびウランゲル島の北を迂回して結ぶ航路を利用することができる。この結果欧州と極東を北極経由で結ぶ沿岸航路に比べて、距離が6~700キロ短縮され、ウエルクラスの砕氷型船が16昼夜(ムルマンスク~ペーリング海峡間)を要するのに対し、数昼夜で北極(航路)を横断する(エス、ボルガロク)
- (2) 北極点を通過してヨーロッパとアメリカとの間を二昼夜で連結する潜水貨物船の構想が検討されている。

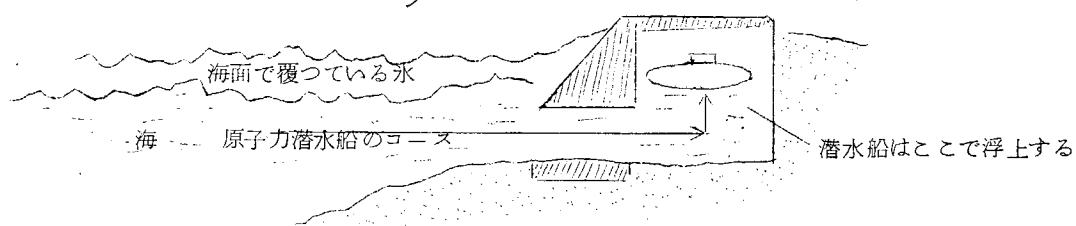
チクシ（ラブチエフ海）
 ノルドヴィック（ラブチエフ海）
 チクソン（カラ海）
 ムルマンスク（バレンツ海）

(3) 海象気象条件のきびしい北極海では海中から出入港できる潜水船用の港（小修繕可能）を特設する必要があろう。

附図 1



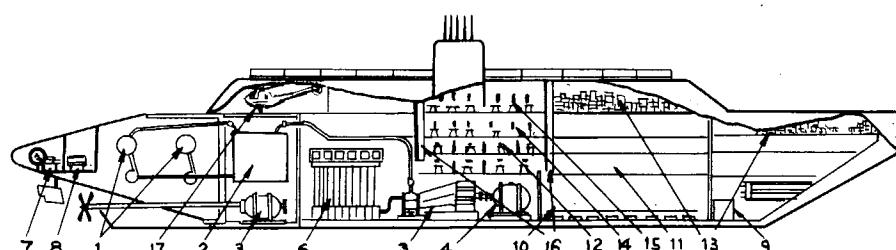
附図 2



(4) 原子力潜水船は漁獵用、捕鯨用等水産のためその他海底電線の敷設や海難救助のための海底作業に利用できる（アブイホフスキイ）

(5) ソ連の設計した原子力潜水貨客船

この国で興味があるのは同船が巨大な錐を頭上に備えていることだ。非常の場合はこの錐で氷に穴を開けて乗組員が氷上に出られるソ連独特のアイディアである。



- | | | | |
|----------------|----------|----------|---------------|
| 1—原 子 炉 | 6—復 水 器 | 11—貨 物 舱 | 16—碎氷の錐をもつてゐる |
| 2—蒸気ガマ | 7—操 舵 機 | 12—乗組員室 | シヤフト |
| 3—タービン | 8—船尾魚雷隔室 | 13—倉 庫 | 17—ヘリコプタ |
| 4—発 電 気 | 9—船首魚雷隔室 | 14—乗 客 室 | |
| 5—プロペラシヤフトのモータ | 10—工 作 室 | 15—司 令 室 | |

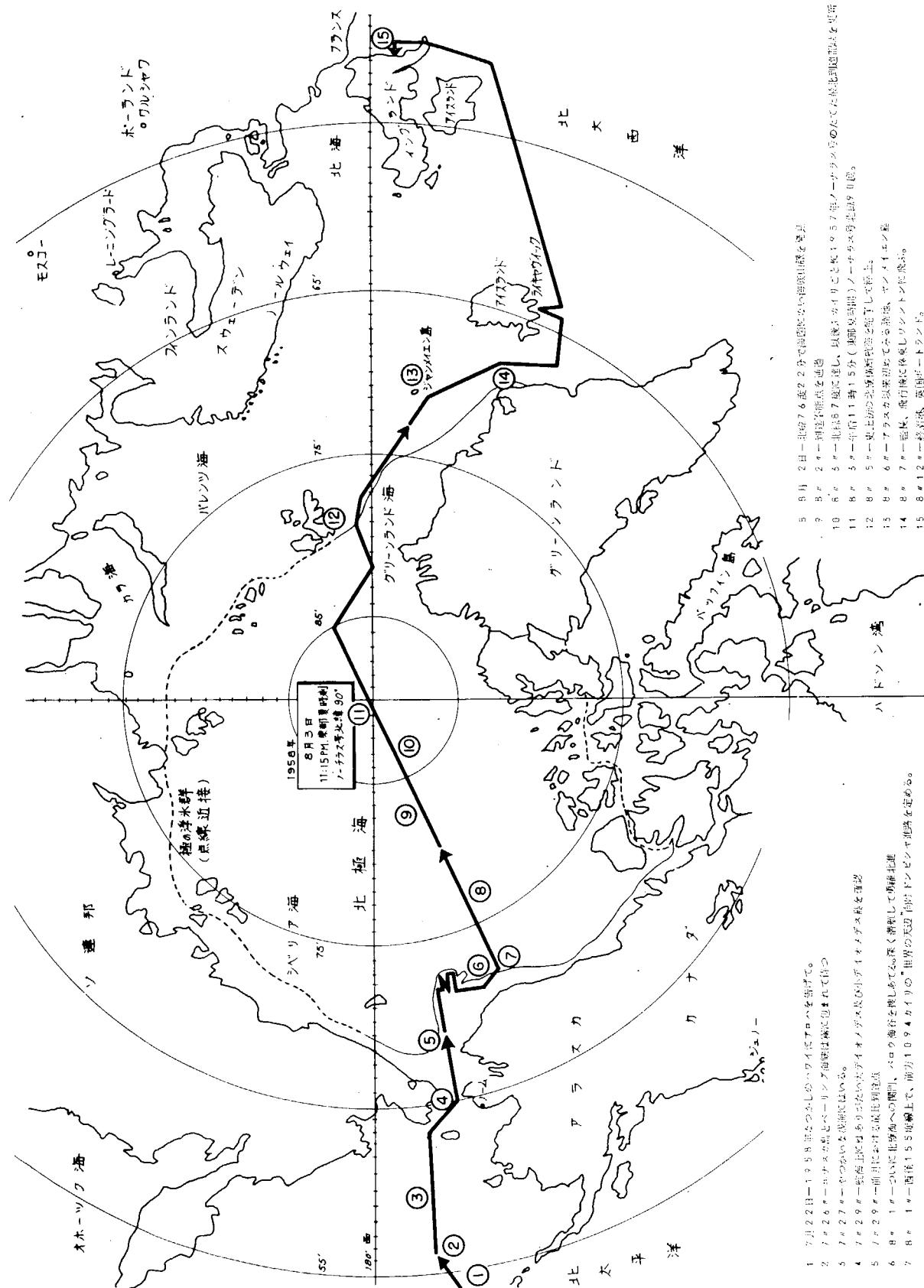
(四) 太平洋——リング海峡——北極点——大西洋を結ぶ横断航路

1 いわゆるノーチラス号潜航航路（太平洋より大西洋へ）

航跡 1958年7月26日 ベーリング海

〃 8月3日 北極点通過

〃 8月13日 ヤン・メイエン島



ノーチラス号の航跡図(1958年8月北極横断溝航時)

2. スケート号潜航航路

スケート号

排水量 2,400トン 全長 265フィートシガー型

ペリスコープとキールとの距離 60フィート

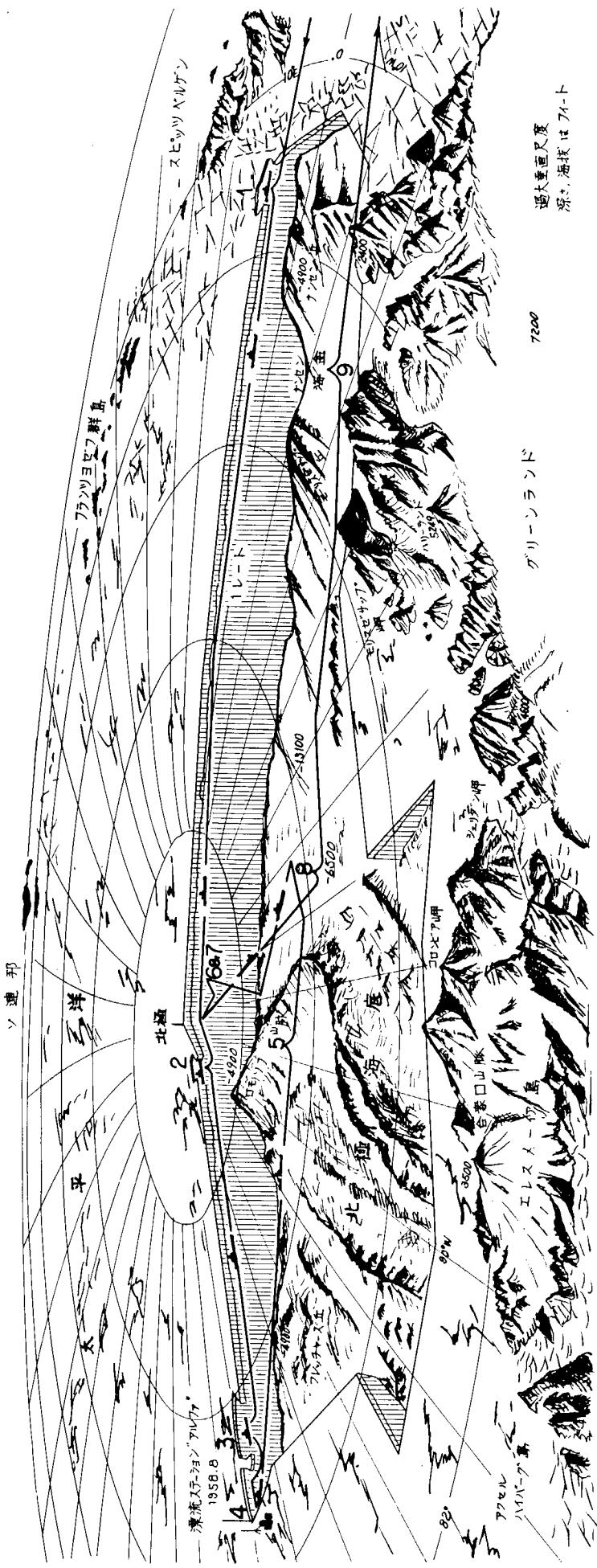
スケート号は1958年7月3日米国コネチカット州ニューロンドンを出帆、大西洋を北上し8月11日北極点を通過、当時アラスカ北方を流れていった。ボーフォート海の米国漂流ステーション“アルファ”へ進み、反転してカナダ北極群島の北方氷海へ向かい、再び北極点を通つて反転、大西洋へ戻つた。

本航海の特徴は北極の氷の中で9回も浮上実験に成功した。

ペーリング海北方海峡の重要な特徴

岬	海峡	幅		深度メートル		切断面積	
		マイル	キロメートル	最大	平均	Km ²	%
ペベツク プリンスオブウェールズ	ペーリング	47.6	88.2	58	38	3.38	—
チユコト ノースイースト	チリコーポ	38.6	71.5	51	36	2.58	33.16
南東 ルメンツエフ	スパンベルグ	120.0	222.2	38	23	5.20	66.84
チリコーポ、シベンベルグ海峡の総計		158.6	293.7	—	—	7.78	—

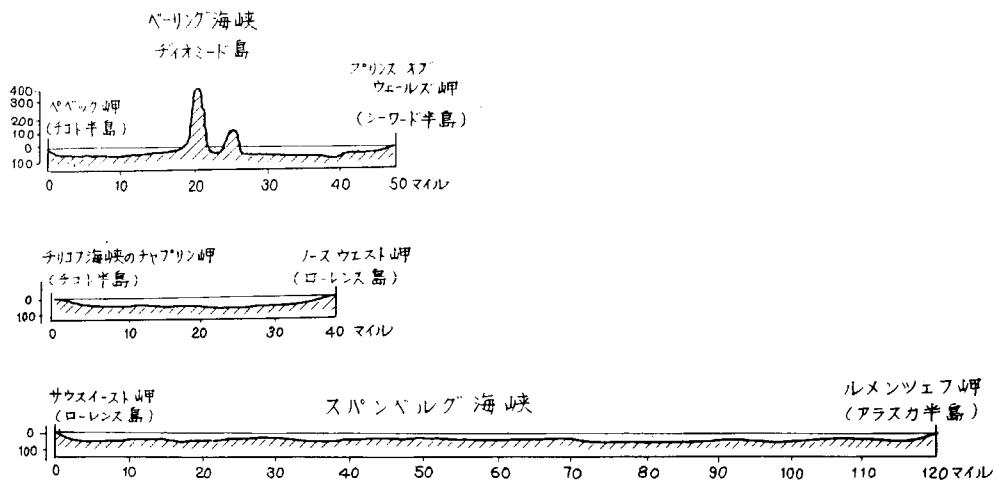
(“グオグラフィーチエスカヤ、ハラクチエリーチエスカヤ、ペーリングゴーバ、モーリヤ” 1959、P31)



スケート号北極海潜水1958年8月、初めての北極巡航コース、浮氷群内で浮上9回、海軍省は1959年3月の正確な巡航コースを公表していない。

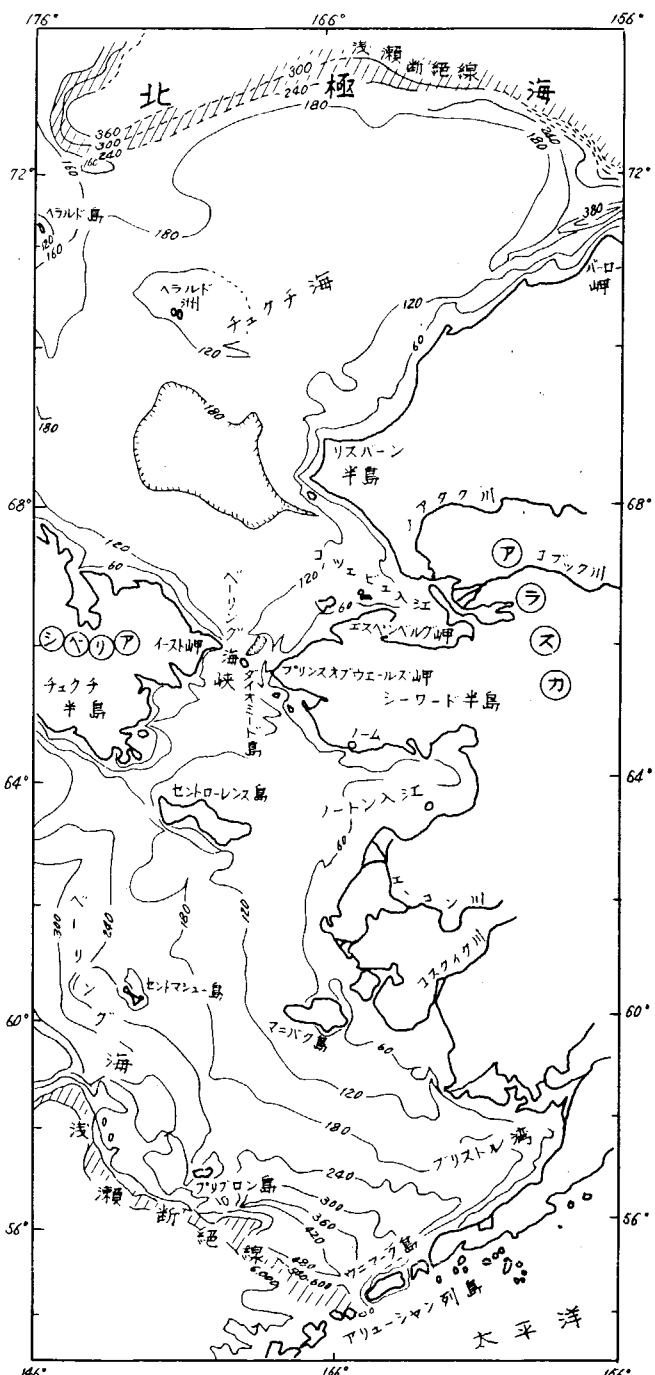
(図はワリアム・バムストロムによる)数字は浮上した場所との順序を示す。

スケート号の航跡図(1958年8月北極潜航時)



(“ゲオグラフィーチエスカヤ・ハラクチエリーチエスカヤ・ベーリングー・モーリヤ” 1959, P 28)

ベーリング、チリコフ、スパンベルグ海峡



ベーリング、チクチ大陸棚の地形

深度はフィート

(ザ・アークチクベイスン 1963, P 234)

1958年8月ノーチラス号が北極海潜航横断に際し
“入口”を探求するのに苦心したベーリング海峡附近、
水深の浅いことを示す図

3. 問題点

(1) 北極横断潜航は大西洋側から開始すべきか、または太平洋側からにするべきか

大西洋すなわちグリーンランドとシユピツベルゲン側の海は水深が大でかつ氷は一定の大きさであり、潜航による出入は楽である。だが太平洋側は状況が全く不利である。ベーリング海から北にかけて水深は120～130フィート以下の浅瀬が発達し潜航の自由は束縛される。しかも氷は不規則で氷底は海中に深く垂れ下つて氷の下をくぐることが難しい。結局潜航ルートの安全な出口を見つけることが困難となる。したがつて北極海に潜航するには太平洋側に入口を探した方が成功の確率は大きい。

もし入口がみつからない場合は再出発すればよい。

(2) 潜航の時期を冬にするか夏にするか

ノーチラスの場合

常識的にみて冬は北極のパックアイスが南下してベーリング海峡を塞ぎ夏はパックアイスの縁端が北へ戻つて行くだろうから北極海に潜入しやすいと判断し夏（6月8日）を選んだ。

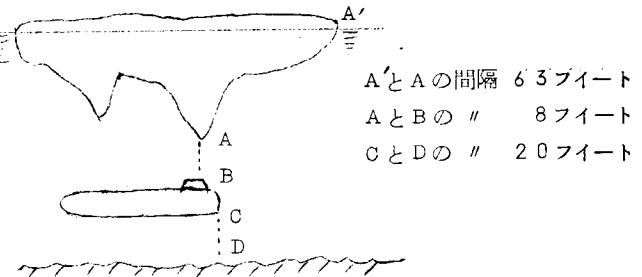
だが結果的にはこの判断は必ずしも当らなかつた。その理由は夏期北極パックアイスは北へ戻るがその代り流氷群の南下が旺盛になること、アラスカやシベリヤ北東端の海岸に厚い層のまま密着していた氷（岸氷ともいう）が夏になるとベーリング海峡水域に流れ出すこと、しかもこの岸氷の厚さは個々によつて相違し予測が困難である。（この岸氷の厚さは60フィートにもおよぶことがある）などである。

現に7月14日ノーチラス号潜航の際、セントローレンス島附近で水面下30フィートにも垂れた岸氷に出合つた。また7月17日チクチ海でノーチラス号は水面下63フィートの氷の下を潜行している。

1960年冬ベーリング海ヒチクチ海

ヒチクチ海におけるサゴ号の経験

1,000マイルの距離において測つた水深は平均180フィート以下であつた。中には105フィートの所もあつた。この附近では平均50マイルの間隔で水面下100フィートも垂れている氷がある。



(3) その他の障害

ベーリング海峡を南下するとラジオ通信（真珠湾との間）が驚くほど早く確保できる。北極地方では送信の連絡が悪いので有名である。

(4) 経済的意義

太平洋と大西洋の間を最短距離で結ぶ潜航航路を開拓したことにより、その経済的意義には限りない可能性を秘めている。

(5) 科学上の貢献

パックアイスはキヤツブ状をなしておらずすなわち北極海の中央を全面的に覆つているのではないことを確認した。

北極の氷は個々の氷原から成つており、それらの氷原の間には多くの無氷海面が存在していることも確認した。

(6) ノーチラス号潜航航路は全部国際水域（インターナショナルウォーター）であつたため、国際法上のクレームの発生の余地はなかつた。

〔添付資料〕

1958年より1960年に至る原子力潜水艦北極海潜航の体験から得たもの。

1. 一般状況

アメリカの原子力潜水艦ノーチラス号、スケート号、サーゴ号、シードラゴン号は北極海の氷の下を潜つて約2万マイルの航海をしたが、氷の下の障害物を避けて航行し、氷の間に浮上したりする場合にその位置を確実にするためには特別なソナーを使用している。これらの潜水艦の調査事項は次のようなことであつた。

(1) 海面の結氷の最も少い状態についての調査

これは潜水艦が開水面に浮上するため夏期には結氷面の約5%のこともある。

(2) 海面の結氷の最も多い状態についての調査

この場合潜水艦は深海から上面の氷を破つて浮上せざるを得ない。冬期には開水面が全く無いこともある。

(3) 視界暗闇期の最も長い時期についての調査

この時には天明日照もなく潜水艦は上部の光明を頼らずに氷を破らねばならない。

(4) 深海部についての調査

潜水艦は上部を覆つている氷の喫水より浅い水深を通過したり、水深が限られている海中へ垂直潜航を行なわねばならぬこともある。

(5) 氷山についての調査

潜水艦は全速で潜航中その行動深度以上に突出している孤立した氷群を発見することが必要である。

(6) 通路の調査

氷山も交つている氷の被覆下の氷島間の通路

アメリカ海軍は大西洋の深い入口、カナダ、北極諸島間の水路、太平洋の浅い入口のどちら側からでも、また年間のどんな時期にでも北極海を潜水艦で往来する能力を持つている。

そしてまた、食料や酸素の補給をうけずに6週間以上北極海に留つてることもできる。

潜水艦が海水下で行動するためには次のことが必要である。

(1) 艦位を確認する

(2) 諸情報を確実にキャッチする

(3) 水中で浮上する。これは偵察や補給のため必要である。

2. 潜水艦の航海通信連絡

潜水艦が北極海を航行する場合には、在来のジャイロコンパスとともに慣性航海計器が使用される。そしてこの慣性航海計器による艦位をチェックするために定期的に天測による艦位算定が行なわれる。しかし北極圏をも含む無電航海システムができたおかげで氷下航行中の艦位をチェックすることができるようになり、天測のためわざわざ浮上する手間が省けるようになつた。

氷下を航行中、一時航行を止めて、浮遊アンテナを出して無電局の通信を受信するのが日課となるが、潜水艦側から発信する場合には浮上を必要とするから、潜航中は北極海のどこかの海岸局との連絡体制をいつも保持しておかねばならない。

3. 氷下の航行、航行上必要視されるソナーの利用

氷下の航行は行動区域の測深と氷状に関する情報をもとにして主としてソナーを使用して行なう。垂直悦角附前投ソナー超音波は潜航深度より深く突出している氷山（氷山や起伏氷）を発見するために用いられる。このような氷は氷山の多いグリーンランドの西岸バツフィン湾、デビス海峡などに特に多い。経験によるとソナーを使用することにより氷山区域を最高巡航速度で航行することは成功している。

中央北極海のように水深が十分にある区域では潜航深度を増して時には水中へ130フィート以上も突出している起伏氷や氷島の突出部を避けることができる。しかしふーリング海および太平洋からの北極海への入口を形成している広い平坦な海底台地は900マイル以上にわたつて水深が130ないし160フィートであつて、これらの区域は冬の間は新氷や多年生氷の群から成る起伏氷で一面に覆われる。

1960年の冬にサーゴ号は氷下の最浅水深部を行動する能力を確かめるため、前述の区域を南から北へ、次いで北から南へ横断することを実施してこれを遂行したのである。サーゴ号が潜航した1000マイル以上におよぶベーリングとチユクチ海域の平均水深は5.5m以内で浅い所は3.0m強に過ぎずその間50マイル間隔位に水中突出部が3.0m以上の流氷に出会い、しかもそこの水深は潜水艦が氷の突出部の下を航行できないような場合もあり、この時にはサーゴ号はソナーを使って氷の突出部の間隙を絶つて航行しなければならず、それはまるで機雷場を通り抜けて航行するのにそつくりであつた。この場合最も有効だつたことは氷状の予測に関する情報だつた。

1960年8月にシードラゴン号は北西航路を大西洋側から見事周航して、原子力潜水船が海中で氷の突出部を発見しこれを回避しながら航行する能力を示したが、この場合もまたアメリカとカナダが氷状に関する情報について非常によく協力したことがこの成功に大きく寄与したのである。

浅海面の特徴である海谷や微小沈下底は氷下を航行する潜水艦にとって特に大切なものであつて、これは艦が行動する余裕区域になり、また艦位を確めたり海岸へ接近したりする場合に役立つ。バーロー岬沖にあるバーロー海谷を利用してノーチラス号、シードラゴン号は夏期に北極海の氷被海域の氷下に入出している。

4. 氷下からの浮上

潜水船は覆氷の間の水面に出る場合垂直浮上を行なう。この浮上は夏期には流氷群の間の開水面に対して、冬期には厚氷や起伏氷の氷縁の間の平坦な薄氷（氷の天窓）に対して行なうのである。巡航速力でソナーを使ひ潜水艦を開水面（夏期）または氷の天窓（冬期）の下に持つてくる。上方に向けた音響測程器は覆水面の下面の状態を間断なく示し、氷の奥水を精密に報ずる。浮上するのに適した開水面（夏期）または氷の天窓（冬期）の下を潜水艦が通過すると、それがこの音響測程器により記録されるから潜水艦は反転してそこへ戻り艦をその直下に持つて行き停止し、垂直ソナーのスクリーンと上方走査ソナーによつて位置を正しながら垂直上昇を行なう。この場合直上の開水面が浮上に最も適したところも求めることが必要である。氷の天窓へ浮上するには氷床を突破する為に十分な艦のモーメントを持つて垂直に上昇する。浮上に慣れるためには色々な氷状で頻繁に訓練し時には危険な体験もするのである。サーゴ号が1960年の冬に31昼夜にわたる氷中氷下航行を行なつた際同艦は3フィートの氷床を20回以上打破つて浮上した。

スケート号級の原子力潜水艦は北極海でどんな季節でも浮上できる船体と計器を持つている。在来のディーゼル電気推進の潜水艦でも必要な計器を装備し船体を補強すれば流氷野で浮上することが可能である。

冬期に低温下で浮上する時は氷床を通る時に受ける横圧と氷床の独特な動きに絶えず注意が必要であつて、この横圧や動きが大きすぎる場合には直ちに潜航して他の場所を探すべきである。サーゴ号もスケート号も冬期の氷圧を経験しあるが浮上することに成功している。

（サーゴ号の冬期浮上の実例）

潜水艦を開水面または氷の天窓の中心の真下に位置させて船の行足を無くす。潜水艦に対して開水面または氷の天窓周辺の流氷が行足を持つてゐる場合は、氷の漂流に対応する距離だけ潜水艦を開水面または氷の天窓の風下側氷縁方向へずらして位置させることが必要な場合が時々生ずる。

次にタンクから排水して浮力をプラスにし艦の上方に向け浮上させる。この場合排水注水を繰返し適切な上昇速度を保つことが必要であつて、速度が遅すぎればSail（増強塔）は氷を突き破らないし、速すぎればSailとマストは破損する。Sailが氷を突き破つたなら、すぐバラストタンクを排水して浮力を増加させる。氷の厚さが3フィート前後ならばSailは氷を突き破つてしまふ。氷が破れたならば艦橋ハッチからSailの上に出てそれから縄梯子を使って氷の上に出ることができる。このような浮上を行なう場合気象海象の追加情報が必要である。3フィートの氷を破つて浮上できる能力を持つてゐる潜水船ならば浮上する機会がたびたびある。事実サーゴ号はこのような浮上を20回も実行したのである。

Ⅳ 北極海潜航の要件〔Iの体験から学びとつた〕

原子力利用
盲目航法（ソナーとジャイロコンパスの併用）

応急浮上能力

北極海の科学的知識

北極海潜航上困難な点

氷の存在（その物理的条件が一様でないこと）

大陸性浅瀬の発達

コンパス問題

海底の形状変化

北極海潜航上の特別の注意事項

氷下潜航中突然の火災発生に対しての安全措置、緊急浮上

III 北極潜航に特有な問題

氷の厚さ

氷島 厚さ 240 フィート

氷面上 40 フィート
氷面下 200 フィート

海水 最大限 氷面下 80 フィート

一冬氷の厚さ 5 フィート

次の冬の間に氷は厚くなるが凍結の度合も緩慢となる。

氷が 8 フィートの厚みになると氷の下部の凍結は止る。

2 年或いはそれ以上の期間を経過すると海流にのつてグリーンランドとシュピツベルゲンの間に運び出される。

北極の氷は普通 1.4 m を越えることはないが特定の場合には氷の厚みは 3.5 ~ 4.5 m に達する。

氷原は氷の上部に積る雪のために 1.5 フィートの厚さになることがある。

積重なり圧縮し合いハンモック状になつた氷の presswe ridge は海面下へ 100 フィート以上ものびることがある（1960 年チュクチ海においてサーゴ号発見）

多くの ridge は 100 フィートの深さをもち、特にカナダ北極群島附近に多い。

海水の水面との高さと氷面下の垂下状況をみると深さは高さの 3 倍から 5 倍大である。

岸氷の海面下の垂下は未だ完全に調査されていない。

氷の漂流速度

氷塊の運動は風と海流に影響される。

氷の氷面下と氷面上の割合にも依存する。

総体的にみて一昼夜 1.5 マイル ~ 7 マイルの間で変化する。

浮上

(1) 潜水状態でその上有る厚い氷と薄い氷の見分け方

デッキから強くほとばしる光をつかえば氷の下部の検査をすることができる。

もし氷の下が粗雑かつ不規則で水中に深く突出していたら、その氷は圧縮による隆起や氷丘性の表面があるとみて間違いない。この氷は数層から成る厚い氷である。

反対に底が平坦な氷は表面もまた平坦である。この平坦な氷は比較的薄い一つの層から成立つている。

潜水船が自身の力で氷を割つて浮上するにはこのような平坦な氷のあるところがよい。

(2) 氷を下から破碎する方法

氷の下に向つて爆発用火薬を装填するのは有効である。氷は引張に対して比較的弱い。

(1)と(2)の組合せによつて潜水船の司令塔を空気中に突き出すに足るほどの大きさの穴を開けることが可能である。

- (3) 氷海航行のための潜水艦は15 フィートの氷のボーリング可能のメカニズムを採用するとよい。
氷の下部と潜水艦の上部とをこの目的にそつて対応せしめるよう設計するとよい(米国海軍作戦部長パーク大将)
○ サーゴ号は1960年冬北極附近で厚さ3 フィート(90 センチ)の氷を割つて浮上した。
○ 潜水艦の司令塔(conning tower)は補強されておりマストは同塔の中に引き込むようになっている。

1960年2月カナダクイーンエリザベス諸島

北方区域における北極海水の断面観測記録

氷下における操縦(underice piloting)に使われる対頂角の狭い前方ソナービームは船の巡航深度にまで垂れ下っているもの、たとえば氷山とか深い氷丘脈を発見(検波する)ために使われる。スケート号はソナーを利用してバツフィン湾の多氷山地帯を高速力で通過し、ロブソン、チャンネル→ケイン、ベイシン→ケネディチャンネルのすばらしい水路を通つて北極洋へと北進することに成功した。水深の十分深い所、たとへば北極洋の中央部では巡航深度はあらゆる氷丘脈また非常に稀に遭遇する氷の島を容易に避けられるように十分な深さ(恐らく160 フィート)におかれる。

しかしながら浅い所、たとえばペーリング海、チュクチ海、東シベリヤ海など、また大陸棚へのその他の接近ルートでは氷丘脈の存在は船の運航に大きな影響を与える。通過中は慎重な操縦と測深器と音波送信の諸条件を正確かつ詳細に知つておこることが必要である。前方ビームは特に深く延びた氷脈(iceridge)のそばを通過する時の潜水艦操縦に使われる。

ビームが下に向けられる音響測深器は海底上の安全を確認するために使われる。船の速力は大きな氷脈(heavy ridge)の分布状態、水深、船の潜水特徴に従つて定められなければならない。

1960年2月にサーゴ号はペーリング海上とチュクチ海の水深125 フィート~180 フィートの非常に浅い所を900 マイル航行し北極洋に入った。冬の間この地域は100 フィート以上も下に延びた多くの氷脈(raftered ridges)を含む流氷に覆われる。ソナーシステムがサーゴ号を誘導(Pilot)するのに使われ、同号は海底から25 フィートで最も深い氷脈の間を縫うように進んでいった。

上方ソナーは船の上方の氷(氷の天蓋)の下面(水中表面)の輪郭を連続的に記録した。図では約2.9 マイル~3.65 マイルのところが横に拡大されている。この小部分はice skylight(氷の天窓→氷の薄くなつている所)だけでなく、ほとんど平らな氷盤となつてゐる深い氷脈をも含んでいる。

北極における潜航時間

Uボート 1941~1944年バレンツ海、カラ海において最大限60時間潜航ただし乗組員は呼吸困難を覚えた。

米国潜艦 1953年アラスカ北方海域において潜航時間8時間の記録がある。

ノーチラス号 1957年グリーンランド海から北極点まで北緯70度からパックアイスの下まで74時間 1958年にはアラスカ北端ポイントバーから潜航96時間

潜航深度

ノーチラス号 1957年深度60~70m

海水の厚さ最高14~35m

同 上 1958年深度80~100m

潜航進路上氷島の海面下喫水66m(氷島との遭遇の可能を考えて)

磁気

- (1) アメリカ側の北極航海ではマグネットイックコンパスは後に立たない。
- (2) 北極から350 マイル附近になるとジャイロコンパス指向力は弱まるが正しく作用する。
- (3) 350 マイル以北ではジャイロおよび天測を併用する。

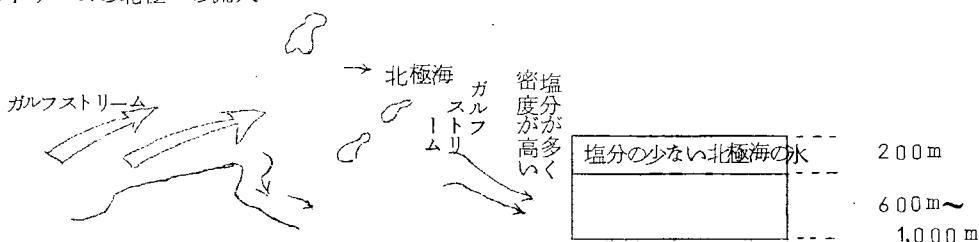
- (4) 北極中心部では天測が唯一の測位方法であるが悪天候はしばしばこの実施を妨げる。
- (5) 1958年8月ノーチラス号は北極横断に際してはdead reckoning（日誌推算法—航海日誌と羅針盤だけで船の位置を推測する方法）を採用して航海した。航海は天測をやらなくてもSIN（Ships inertial navigation system）によつて可能であつた。このことは高く評価されており、羅針盤が開発されて以来の「多分最も急激な進歩」と呼ばれている。
- (6) ノーチラス号が北極点に接近するにつれ操舵手の任務は困難を加えてきた。北極から40マイルにおいて以下のことことが判明した。すなわちノーチラス号は所定のコースから東へ3度はづれていたのである。このことはジャイロコンパス（Mark-19号）は次第に誤差が集積していくことを示すものである。ノーチラス号のコースは直ちに1度矯正された。その後すべてのコンパスの照合によりさらに2度矯正された。ここで興味のあることはほとんど水面に浮び上らず潜望鏡も出さなかつたノーチラス号がどうして正確に北極点まで航海し、予定通りアイスランド沖に出られたかということである。普通潜水艦が正確に自分の位置を知るために夜間水面に浮び上つて星を観測し海図とにらみ合せることが必要である。しかし万年氷の下約100mを潜航したノーチラス号は「潜望鏡とテレビカメラを使って頭上の氷と薄明りのような果てしない青い海水をみていた」（アンダーソン艦長の話）だけでこの様なことはもちろんできなかつた。そこで用いられたのはジャイロコンパスとソナー（音波探信機）を併用した正確無比な推測航法である。これについてワシントンの米海軍当局はノーチラス号がこのため10種類ものソナーと4種類のジャイロコンパスを持つていたことを明らかにしている。

この方法を簡単に説明すると、まず北極洋では磁極が近くなるため普通の羅針盤は狂つてしまつから方向をきめるのには専らジャイロコンパスに頼ることになる。ジャイロコンパスは例のICBM（大陸間弾道弾）の自動操縦装置にも使われるもので、ジャイロごとと同じ原理によりジャイロが回転している限りいつも同じ方向を指す性質をもつてゐる。これによります潜水艦の方向をきめる。このきめられた方向に向かつて潜水艦は走り出すわけだが海流の影響でたゞどちらかに流されるからソナーを使ってあらゆる方向に音波を出し波長の変化で海流の方向と速さを算定する。これにより潜水艦が正確なコースからはずれる率（これを偏流という）がわかるからこれによりその都度コースを修正して元に戻してゆく。この手順が電子計算機を組みこんだ人工頭脳で全自动式に行なわれるわけで、これを使うと最初の出発点の位置さえ正確なら全く何も見えなくても思う通りの方向に正確に行くことができる。

北冰洋におけるボリニヤ（リード、湖水）の形成区域

湾流（ガルフストリーム）は年々15,000,000立方キロの暖かい水を北極に送り込むものと計算されている。それと同時に北極から冷たい水が大西洋へと流出し氷を運び出してくれる。このような旺盛な交流のおかげで北冰洋の海面の約 $\frac{1}{3}$ （2,600,000平方キロ）は毎年氷の被覆を免がれている。（カ.バジギン）

ガルフストリームの北極への流入



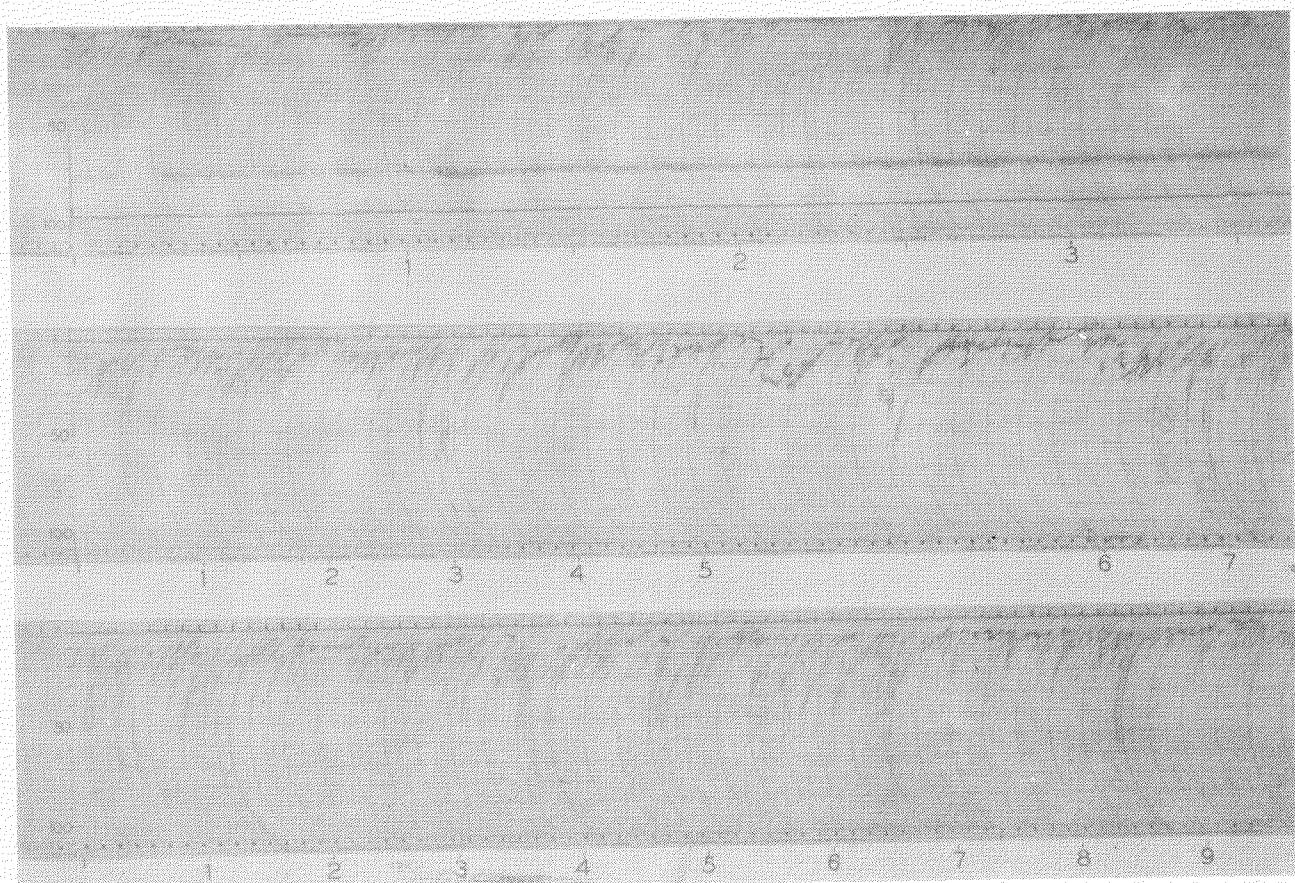
ガルフストリームは東へと運動しユーラシア大陸棚にぶつかりさらにチュクチ海、アラスカに向かうにつれて速度を減じ層の厚さも350~400mに減少する。海流が水深の大なる海盆から大陸棚にのりつける際に速度に変化が生じ、また潮の干満に歪み（デフォルメ）が生ずる。表面の寒冷なる北極の海水とガルフストリームは混合し、ガルフストリームの海水の温度の一部は表面に持ちあげられボリニヤ、リードが発生しやすくなる。

ボリニヤの出現する場所

グリーンランドから北西にかけて幅1マイル以上長さ300mのボリニヤ（無氷水面）を北緯84°30'附近において

て1952年米国飛行士が発見し、その時の状況を「海面から濃い水蒸気が立ち昇り、頭上には黒い雲が発生していた」と語っている。

ラブチエフ海の北方の大陸棚の上の氷海にもポリイニヤがよく出現する（ナンセン発見）



音響測深器はテツキにとりつけられた。目盛で約7.5 feetの深さの巾広い断続性の線跡はテツキの上、約20 feetの船の最上部から後方にひいてあるアンテナ線からの反響音によつてできたものでこれによつて船の最上部のおよその位置が判る。

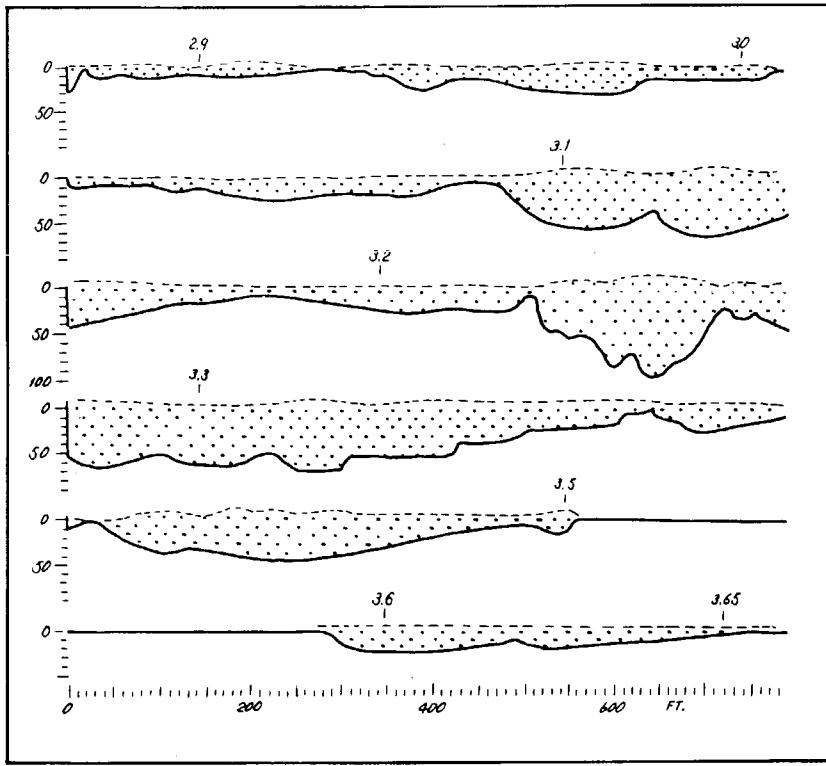
水中の水の断面の例は中段と下段の線跡例にも示されている。

浅い所を通過した際にサーゴ号で得られたプロファイルが写真上段に示されている。水平の目盛はnautical mile垂直の目盛は水面下のfeetで現わしてある。

目盛で約9.5 フィートの深さの黒いほとんど水平の線跡は出てゆく瞬間波動の記録である。

1960年2月カナダ北極群島クイーンエリザベス諸島北方水域で観測した氷の海面下断面を示す。
横の目盛りは海里(nautical mile)級のそれはフィートで示されている。

音波で測定した氷の海面下断面図



潜航中上方にある氷の断面測定図

左図は氷底を潜航中、ある一定の距離、たとえば2.9マイルの位置から3.65マイルの位置に至る距離(0.75マイル)において、ソナーを使って船から上向きにながめた時の氷の断面を示している。(縦の目盛りはフィート)3.5マイルから3.6マイル近くまでは氷はなかつた。この観測記録は1960年2月カナダ北極群島クイーンエリザベス諸島のすぐ北方の区域に於けるものである。

第2章 各航路の氷、水深、海底起伏などの海洋学的諸要素の基礎調査

(a) 中央部北極海の海盆における調査

[海底地形]

ロマノソフ

海床から2,500～3,000mも聳えるロマノソフ海嶺は新シベリヤ群島から北極圏を通過してグリーンランドとエレスメール島(カナダ領)へ延び、所々に1,500～1,600mの凹所があつて最も浅いのは954mである。このロマノソフ海嶺から側方へいくつかの支脈がある。同海嶺区域の水域は5～8km離れたところで水深差が1,500m以上の所もある。海嶺の傾斜は極めて急で25°もある所がある。

メンデレーフ

第2の海嶺はメンデレーフ海嶺でウランゲリ島からグランドランド方面へかけてロマノソフ海嶺と平行して走り、その長さは約1,500km最も浅い所は1,400mの水深である。

マーヴィン

上記2海嶺の間をエルスミル島から北極方面へ向つてマーヴィン海嶺が伸びている。海底隆起の間には深い盆地がありその中でナンセン盆地は大西洋に近く4,000～5,000mの水深がある。

ボフォルト

ボフォルト海盆は3,000～4,000m、マロロフ盆地は(ロマノソフ海嶺とメンデレーフ海嶺の間)は4,000mである。スピツベルゲンの北方では5,450mの凹所がある。新シベリヤ諸島の大陸浅瀬は大陸から北方へ600～700km張出している。グリーンランド方面とボフォルト海では大陸浅瀬の張出しあは極めて短かく、グリーンランドの東北の岬の沖では海岸からわづか75kmである。大陸浅瀬の形状はたとえばグリーンランド沖の傾斜の変化が示すように比較的急である。

チユクチ

チユクチキヤツブ

チユクチ棚から北方に突出しており直径200kmで深海の床面から陥しく聳えており頂上は平らで細く分断されている。

カナダ

カナダ海淵、ビューフォート棚からアルファ海嶺まで約1,100kmにわたる。米潜水艦の音響測深図表によるとこの海盆の3,940mの海床は平坦でただ北東部の一部が二つの小山によつて切断されている。ビューフォート海淵はカナダ海淵からは海底の平坦地の上に突出している高さ350mの巾広い海床によつて分離している。

アルファ海嶺

ロマノソフ海嶺の北米側およびロマノソフ海嶺の下辺と平行して位置しており海面より約1,400mの深度の高さがあり長さ約900km巾は場所によりさまざまである。この海嶺は西端とも広い三角形の海台になつて大陸棚に連絡している。アルファ海嶺の両側は海床があつて次第に深海平坦地に向かつて落ち込んでいるが高さ600mの断崖によつて両側面が遮断されている。

マカロフ

マカロフ海淵、ロマノソフ海嶺、アルファ海嶺およびマーヴィン海嶺に囲まれており、ノーチラス音響測深図表によると、この海床は深度4,030mの所では起伏がなくカナダ海淵より120m深い。

ラム海淵

長さ950km巾350kmであり深海々盆地の中では最も小さくまた最も深く5,180mある。この凹地帯の最深部に接して海底山が海面より730mまで突起している。

[海底地質]

北氷洋中央部の海底は水深3,500m以上の所は暗褐色の粘質の泥土でおおわれている。また丸い小石や氷河から運ばれた大石がいたる所で見られる。ロマノソフ海嶺の海域では海底は褐色の砂まじりの泥土でおおわれているが水深が浅くなるにつれて砂が多くなつて砂のまじる量が多いのは西側の水流が東側より速いためである。水深の深い所の暗褐色の海床には鉄やマンガンの酸化物が存在し深い盆地にも炭酸と酸素があるので有機体生物が存在する条件を与える。

[海水]

北極海の表面層約50mの厚さは水温が比較的低く(夏期-1.5°、冬期-1.8°)塩分は3.0%、冬期は氷ができるため塩分はいくらか増す。この層の下50~200m間に中間寒冷層があつて、その温度は夏期-1.7°、冬期-1.9°塩分は3.4%である。この層は冬期に上の水が重くなつて下がつてきてできる。さらにこの下は第3層で大西洋の水でできており、その温度は+1.5°塩分も3.5%と高くなる。大西洋の水が拡がつている区域は北氷洋の大陸浅瀬におよんでいるからこの水は西から東に流れ大陸斜面に到りそのうちわづかの水が直接北方へ流れている。そして東と北に流れるため次第に冷たくなる。たとえば中央北極海盆のグリーンランド海側の入口では水温は平均3°から4°、北極点のあたりでも+0.8°をこえないがボフォルト海区域では+0.5°ないし+0.6°である。水の層の厚さも北極海盆の入口で600mであるが、ボフォルト海では35.0~40.0mとなる。第3層の下に第4層があつて海底に近い所に存在し、その水温は-0.8°~-1.0°で水深の深い部分の凹所を満たしている。この水はグリーンランド海、ノルウェー海を形成しているばかりでなく大陸浅瀬および北極海の深い所までおよび、中央北極海盆の深い溝へ流れ込んでいる。第5番目の層は太平洋の水で太平洋側からベーリング海峡を通つて北極海盆に流れ込む。この水の層は深度75~100mの所にあつて、温度はその上の層よりやや高く北流する距離も長く北極点をこえている。

[氷]

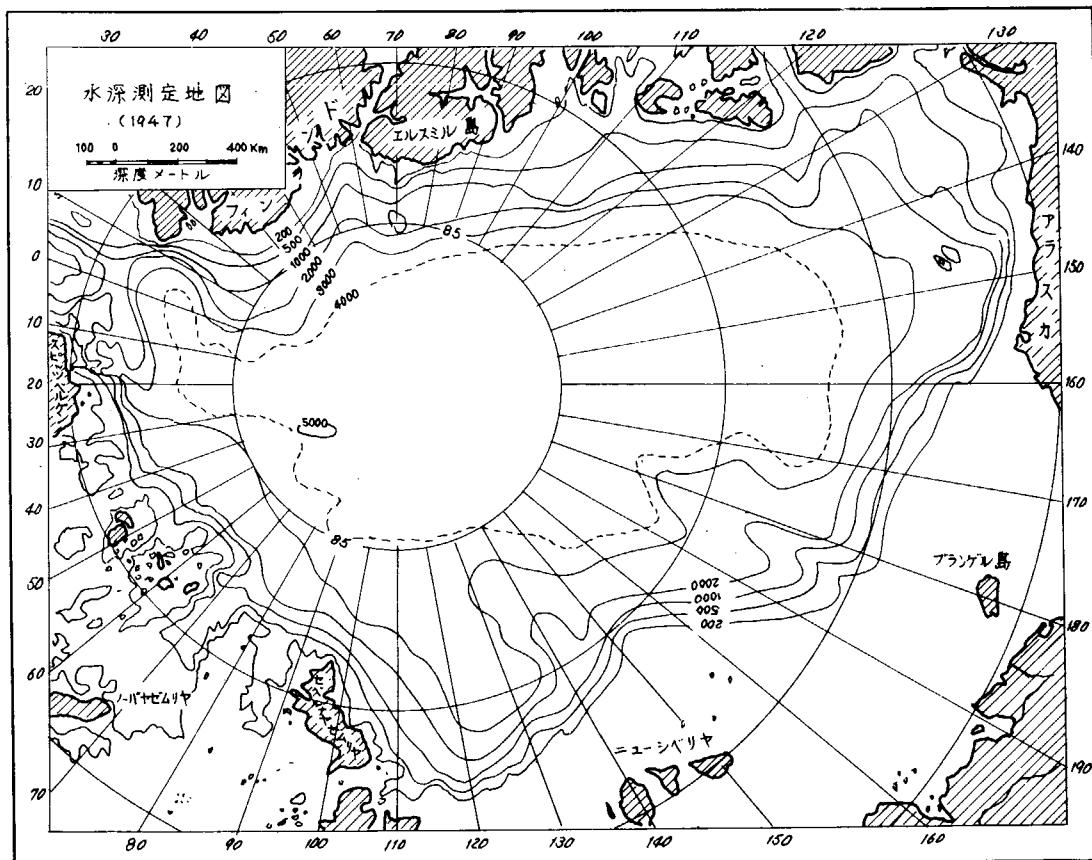
氷の流出や漂流の根本原因は潮流ではなく大気の循環であることと氷の漂流速度は太平洋側より大西洋が大きいことが明らかになつた。中央北極には多年生堅氷ばかりでなくそれよりもつと新しくできた氷が沢山あつて、1年生氷が大部分を占めているばかりでなく、夏でも冬でも氷の間のカナルや、凍つているが氷面が連結していない場所も数多く見受けられる。中央北極海盆における氷の分布は恒常的でなく気象条件によつて堅氷区域は年ごとにあるいは季節ごとに変化する。

北極では多年生氷の厚さは変化しないが全体としては一冬でできた程度の量の氷が一夏の間に融けてしまう。北氷洋で

は一年を通じて氷のない海面が沢山見受けられる。これは潮流、風によつて生じ、ラプチエフ堅氷海の北方、東シベリヤ海、グランドランドからプリツチメン湾にわたる海面の北方等に最も多く現われる。北冰洋の海水の上面には凹凸があり水面下には水面上の高さの5倍から9倍も突出しているから氷の底面は極めて凹凸がはげしい。米国原子力船スケート号の甲板上に取付けられた音響測深器により氷厚を測定したときは、約25フィートも下方に突出した所が認められた。夏期平らな氷の平均厚さは約3mであるが北冰洋の中央部ではこれより厚い。

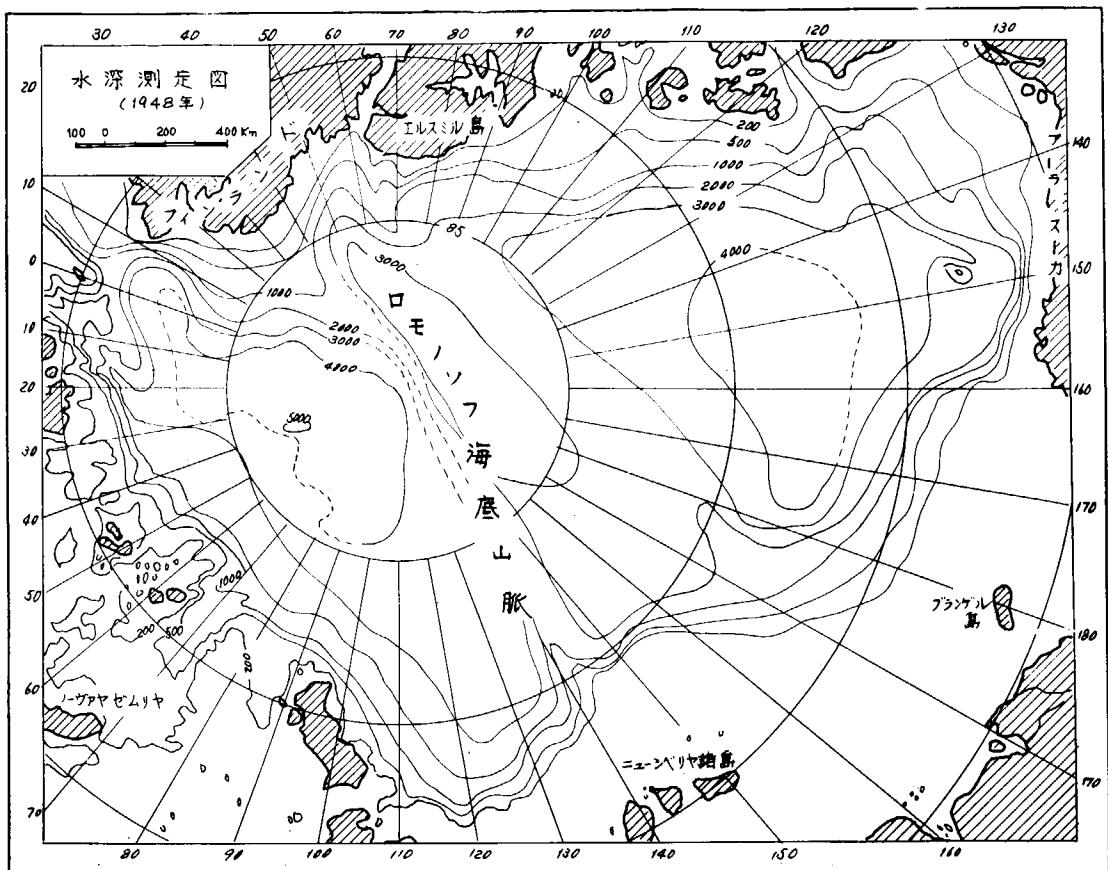
以下三つの測深図は北極海盆の調査の飛躍的発展を示している。

1947年当時北極の海底は単純な皿状と考えられていた。



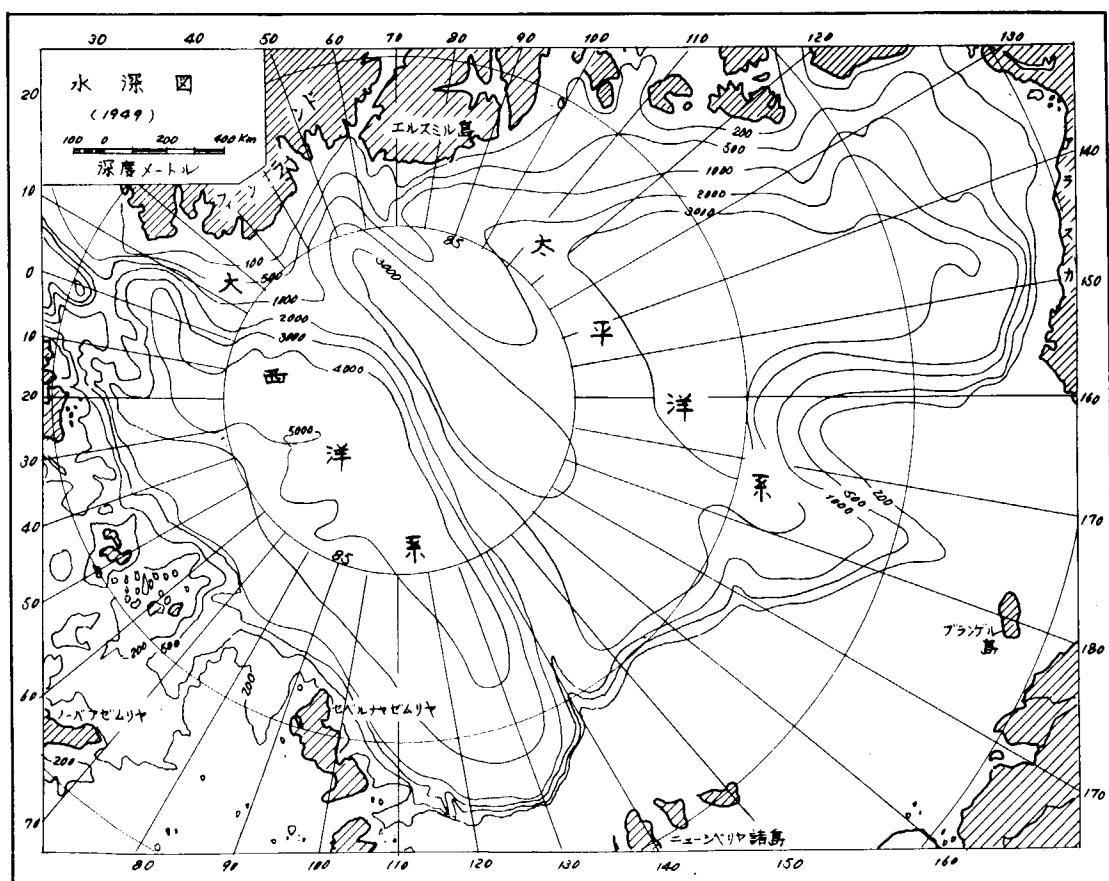
北極海盆の測深図(ソ連側調査)

1948年ロモノソフ海底山脈の存在が発見された。

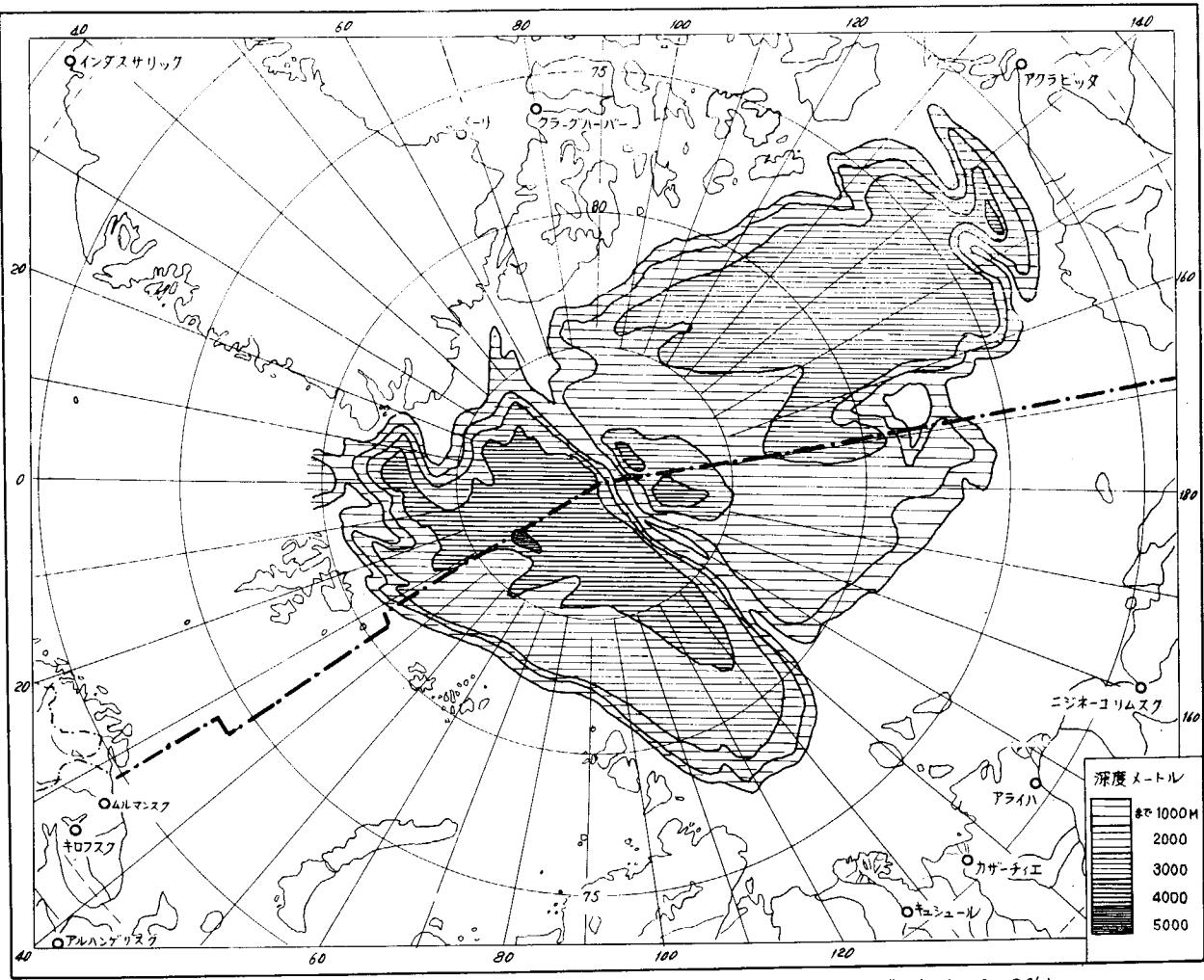


("ナウカ・イ・オスバエニエ アレクナロ" 1957. P86)

ロモノソフ海底山脈の他にも若干の山脈が存在し北極の海盆は大西洋系と太平洋系に分かれていることも判つた。

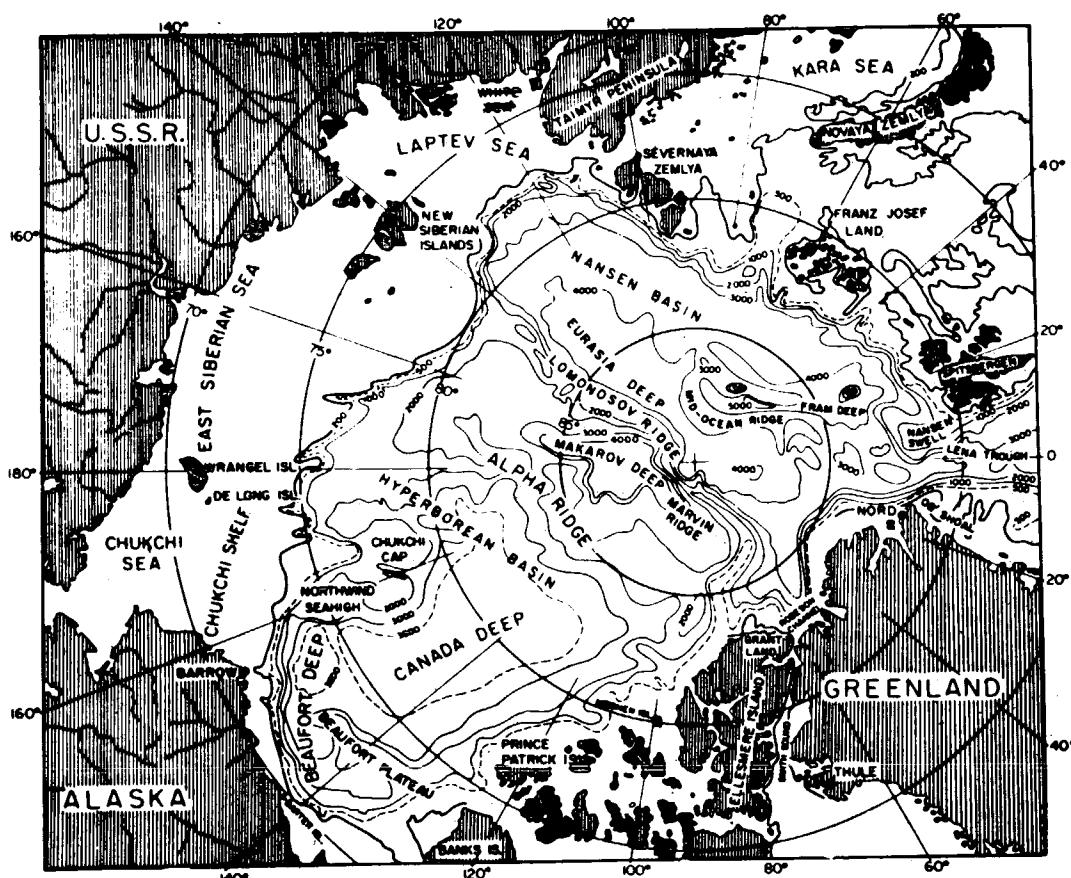


("ナウカ・イ・オスバエニエ" 1957. P90)

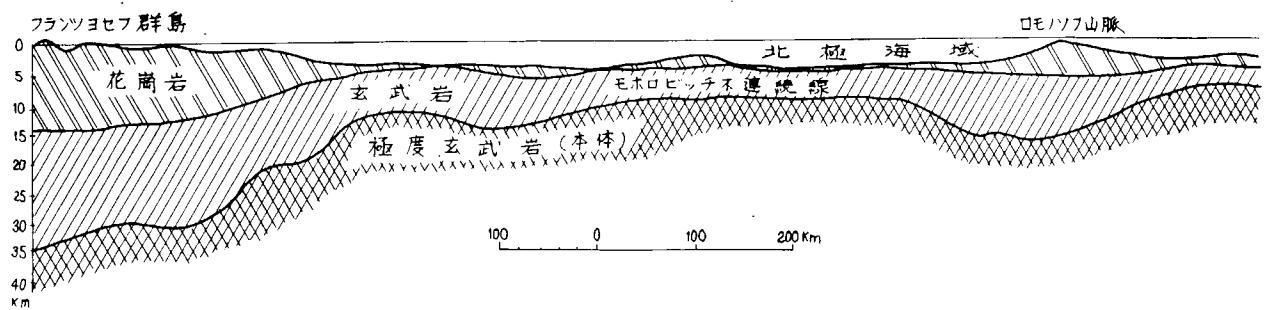


1954年の北極海底図

U. S. Naval Institute Proceedings, May 1964

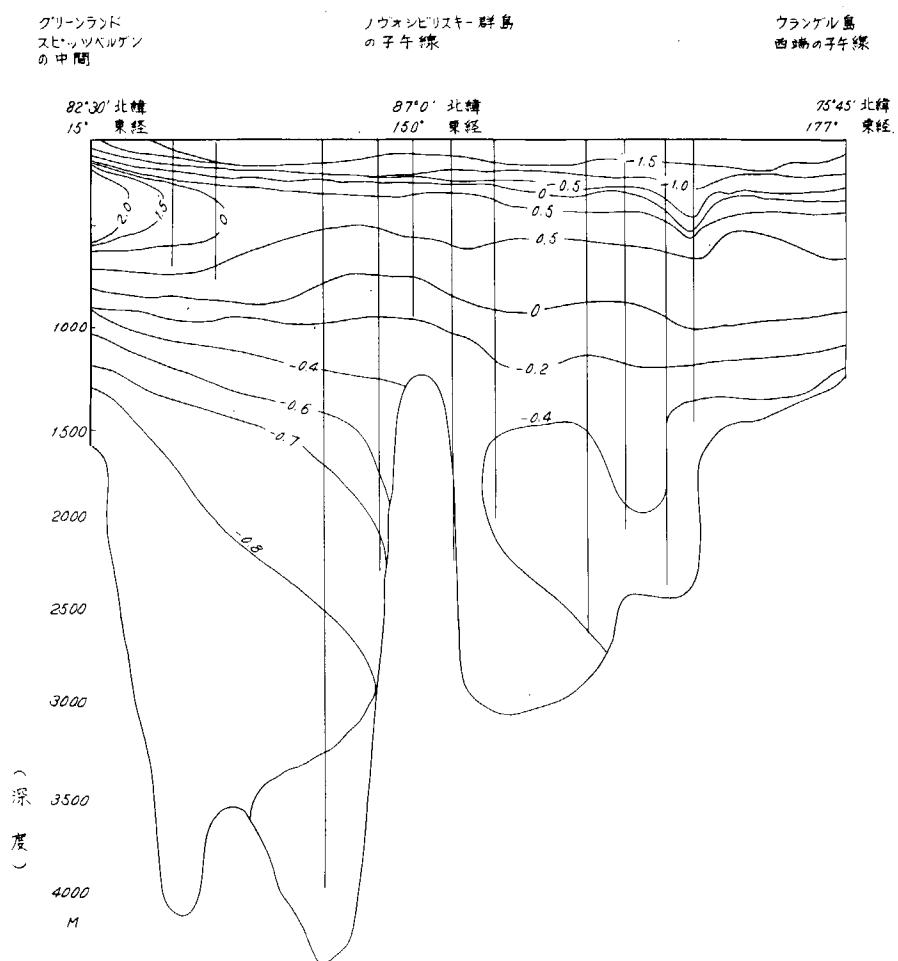


北極海盆の水深図（米国側調査）



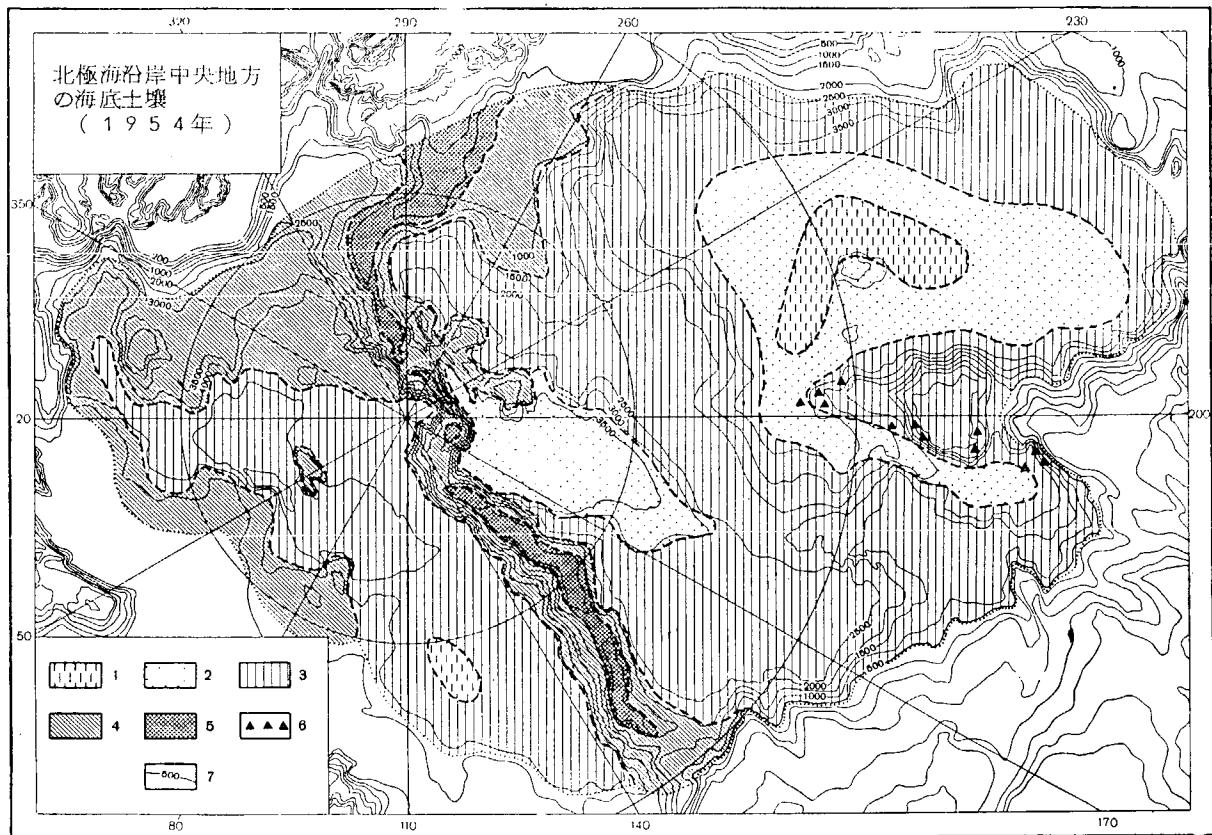
(“ナウカイ・オスバエニエ・アークチキ” 1957, P94)

アラスカ側のロモノソフ山脈を経由フランツ・ヨゼフ群島に至る北極海域地殻断面図

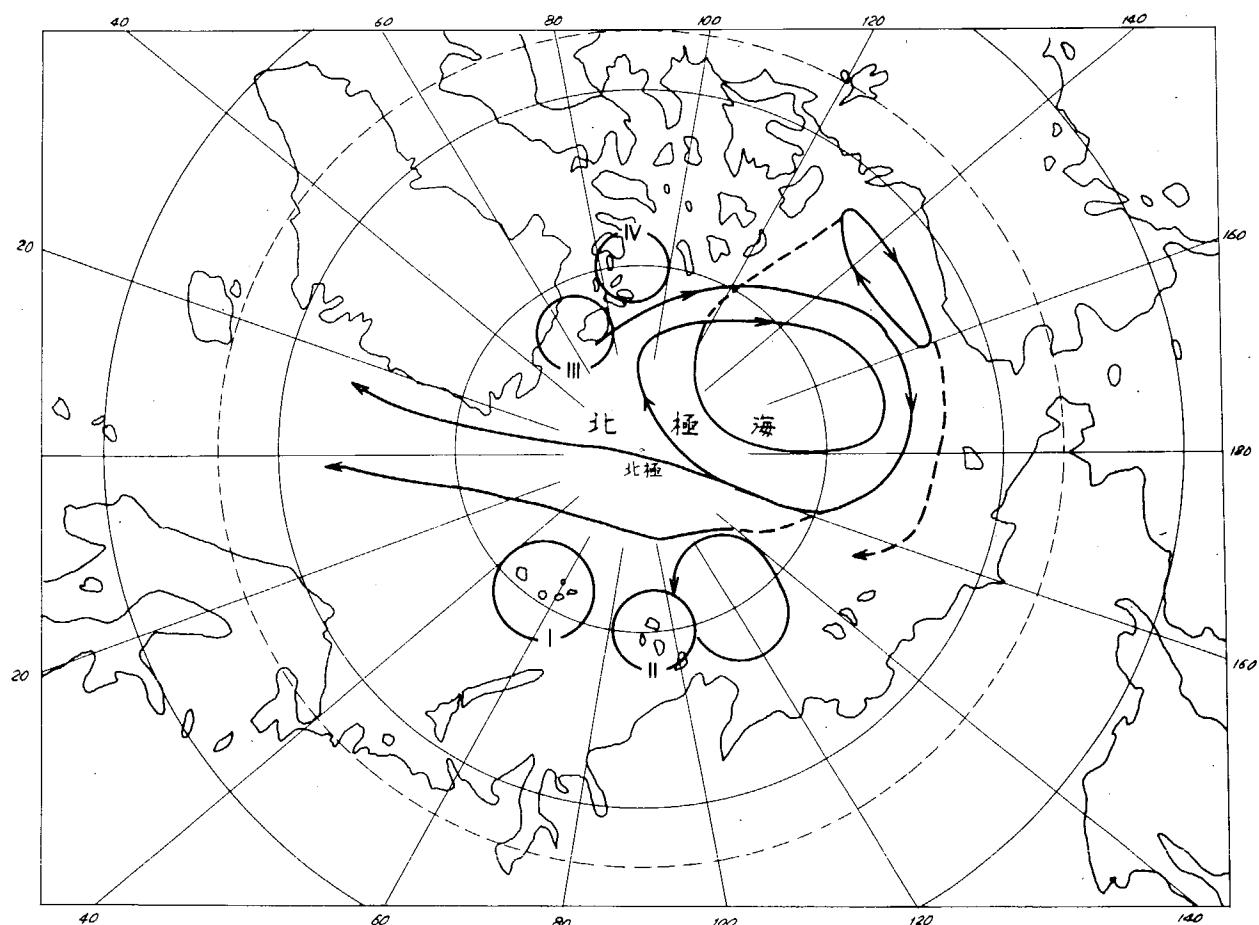


(“ノーボエ・ソペーツキエ・イスレドバニヤ・ブ・アルクチケ” 1955年P37)

ロモノソフ海底山脈を横切つて測つた海中の温度分布
(M.M.サモフの資料による)



1—きわめて灰色の粘泥 2—暗褐色ときわめて褐色粘泥（分留物 $>0.01\text{mm}>70\%$ ） 3—褐色粘泥（分留物 $0.01\text{mm}50-70\%$ ） 4—暗褐色と褐色粘泥 5—褐色砂岩粘泥 6—礫石、砂礫層、瓦礫 7—等深線（メートル）（“ブリローダ” 1955, 7 P18）



氷島の漂流図 円線は氷島形成区域（I—フランツヨセフランド区域、II—ノースランド、III及びIV—グリーンランドとカナダ群島区域） 矢印線はこれら氷島の漂流方向 （ズナーニエ・シーデ 1954, 11, 1611, P10）

(b) シベリヤ北東部迂回ユーラシア大陸北岸に沿つて航行する北東航路

〔海底、水深、底質〕

北氷洋のうち、シベリヤ大陸沿いには島が多くシユピツベルゲン島（ノルウェー領）ノーバヤ、ゼムリヤ、フランツ、イオツシフ群島、セーゲルナヤ、ゼムリヤ、新シベリヤ諸島、ウランゲリ島などは皆大陸から分離したものである。北大西洋の大陸沿岸は大部分がフィヨルドで所々にデルタがある。北氷洋上シベリヤ大陸から北へ東部は平均600km西部は1,300kmの広大な大陸棚が拡がつており水深は極めて浅い。

ことにカラ海以東ラブチフ海、東シベリヤ海、チュコット海は浅く昔は大陸の続きであつたことが推測される。カラ海の海底は極めて不規則であつてその海底の大部分は水深200mに満たない大陸棚となつてゐる。中央部の水深は大体50～70mであるが80～100mの凹所や水深8～15mの暗礁状の水域も存在する。ラブチエフ海の大部分は水深100m以内で西部は東部より深く海底は比較的起伏が少ない。東シベリヤ海には深度200m以内の大陸棚が張り出していてその西部は広範囲にわたつて水深20m以内であり東部はこれよりやや深いが50m以上の所はない。チュコット海の海底は極めて平坦で南部では大部分が水深40～60mであるがウランゲリ島の南東方面には多少暗礁がある。上記諸海の底質の大部分は砂、泥土、小石、砂利、石、岩等である。潜水航行にとりほとんど否定的な水深がサンニコフ海峡とドミトリーラブチエフ海峡に存在している。

北氷洋の気候は極地性が強い。気温は冬季-40℃から-3℃、夏季0°～+6℃雲量は冬季40～50%、夏季90～95%特に夏期は霧が多く船舶は航行が困難である。また北氷洋は夏期でも天候が変り易い。静かな航海の途中忽ち吹雪となり怒濤に襲われることがある。また年によつて気候が変り一定していない。

〔水〕

北氷洋は冬季全面的に結氷し航路は閉されるが夏季は沿岸そいに解氷あるいは融氷して航路を開く。しかし島々から以北、北氷洋全面積の $\frac{1}{3}$ に当たる高緯度では1年中多年生の堅い氷原にほとんど閉ざされており、原子力砕氷船レーニン号のような強力な砕氷船が先導するとしても商船隊の航海には適さない。北氷洋では比較的緯度の低いシベリヤ大陸に近い海面では、春先に気温が上昇しシベリヤ河川の氷の解けた暖い水が流れ込むので融氷について解氷する。その時期は北氷洋の東西海峡、あるいは島々の南北その他障害の有無により非常に差があるが大体6月下旬または7月上旬には航海可能となる。11月初めには再び結氷し1年で1.6～2.0mに達する。氷原は夏季南風で北方に流され2年生から多年生となり次第に厚みを増して3mに達する平坦な大氷原となる。冬季北氷洋の氷原は北よりの風に押し流されて南下し海岸に流されて氷の層が次々に重なり合つて、下の氷は次第に押し下げられついに座氷（岸氷）となる。北氷洋に春が来て氷が南風にのつて北に流れ出しても座氷の移動はおくれる。座氷が流れ出した場合、氷の厚さが15～20mにもなることがある。氷島の成因についてはグリーンランドの西エルスメア島をはじめ、北氷洋諸島から流れ込んだ氷河の先端が北氷洋上を漂流するものという説のほかに、太平洋側の北氷洋を海水原が漂流しているうちエルスメア島附近で、座氷となり、それが堆積して島の形になつたともいわれる。米国がT-3と名付ける氷島は長さ35km、巾20km、海面上5～6mの高さをもつてゐる。このような氷島は時には50年もの間太平洋側の北氷洋上を時計の針と同じ方向に漂流してついにグリーンランド東方海上に流れ出して消える。

また大氷原の中に開水面が現われることがある。これにはリード（lead）とよばれるものと、氷湖（polyna）とよばれるものがある。リードは細長い氷の割れ目で1年のどの季節にも氷原の中に現われる。その巾は2～3mから数kmにおよぶものもあり、長さは数kmに達する。氷潮は夏に多く現われ、北氷洋の中心部が平均気温0℃前後のときに発生する傾向がある。比較的低緯度の区域に多い。

〔磁気〕

1965年に航路の各区域で測定された磁気偏差は次の通りである。カラ海では偏差は東偏でカラ海2.28° ジエラニヤ岬34.2° ヴィリキツキー海峡30.2°と測定され同海西部の東偏の年間増大量は0.02°～0.04°、東部の年間減少量は0.2°～0.12°である。ラブチエフ海では東経119°で偏差は東偏で18°～0まで変化するが子午線以東では西偏で新シベリヤ諸島

の北部へいたる間で 0° から 7.3° まで変化しサンニコフ海峡附近で 14.8° に達する。東偏差の年間減少量は $0.22^{\circ} \sim 0.32^{\circ}$ 、西偏差の年間増大量は $0.18^{\circ} \sim 0.48^{\circ}$ である。東シベリヤ海では東経 164° にいたるまでは偏差は西偏でサンニコフ海峡までは 11.6° から 0° 、子午線以東では偏差は東偏でウラングリ島方面では 0° から 4.4° まで変化し西偏差の年間増大量は $0.1^{\circ} \sim 0.16^{\circ}$ 、年間減少量は $0.06^{\circ} \sim 0.1^{\circ}$ である。チュコト海の南西部では偏差は東偏でウラングリ島附近からペーリング海峡に到る間で $4.40^{\circ} \sim 13.9^{\circ}$ に変化し東偏差の年間減少量は $0.02^{\circ} \sim 0.04^{\circ}$ である。北冰洋航路は幾多の地点で極めて烈しい磁気嵐に遭遇する。その場合磁針は正常状態から 2.5° 程度、時としてはそれ以上の偏差を生じる。

(c) 北西航路

以下は米国潜水艦シードラゴン号が1960年8月15日～8月21日潜航に成功した水路である。

[ランカスター水道とバロー海峡] Pilot of Arctic Canada vol II P 233 (1961年初版)

(水深)

ランカスター水道の最も深い所は東の入口にあり海峡の中央では約 82.29 m の深さである。この深さは西の方へかけて次第に減る。ランカスター水道でも、バロー海峡の東側でも岸に近い所を除いては危険な所はない。

(霧と視界)

霧はレゾルートとウインターハーバーで、7月と8月に平均してそれぞれ6日間、ダンダス港では4日であると報ぜられている。9月にはこのルートの霧の発生頻度は急速に減る。10月には稀に起るだけとなる。沿岸では霧が生じ易い。

(氷)

ランカスター水道とバロー海峡の東部では冬の氷は厚いが風や潮の影響のため固まらず絶えず動いている。氷は6月に減退し始め水路は南デボン海岸に沿つて西へ延び、コーンウォリス島の南東で開水面と合同する。ランカスター水道は、6月中旬から9月中旬または下旬まで航海が可能だがそのうちでも8月は特によい時期といえる。パッフィン島海岸の北に沿つて東に動く密群氷は毎年8月中旬まで無くならない。西または北西の風の強い年にはバリー海峡の西端の氷と北に向う通路の氷が割れる際、厚い氷がバロー海峡とランカスター水道を通り夏の間中漂流する恐れがある。氷は10月に再び厚く張り始める。

[バロー海峡 西海区] Pilot of Arctic Canada vol III P 244-245

(水深)

バロー海峡の西の端は、北側に沿う区域ほど測深が行なわれていない。沖の水深は西の入口で約 36.6 m 、マクドガル水道の入口沖で 29.99 m である。また主な島の間の測深が最小 6.22 m となつてある。海峡の南側ペーリング水道からピール水道の入口へかけての水深はペーリング水道で最小 25.6 m 、ピール水道沖で 170.1 m であつた。

(氷状)

バロー海峡の氷状はランカスター水道からの氷の通過により、またはマクドガル水道やウエリントン水道を通る南への極氷の移動などにより支配される。9月上旬まで海峡は常時 $5/20$ (2.5パール)より少ない氷の掩蔽度である。9月下旬北方の氷の流入によつて氷の集中がわづかに増すことがある。これは一時的現象で砕氷船の通行には本質的な影響はない。

[ヴァイ、カウント、メルヴィル水道] Pilot of Arctic Canada vol III P 233

(水深)

本水道の水深に関する情報は北側に多く南側または中央部では西の端のみ測深がえられる。オースチン海峡の入口で約 91.4 m ビイ、ヤム海峡入口で 237.8 m 、メルヴィル島の南側沖から西の方ウインターハーバー附近までは $54.9 \sim 91.4\text{ m}$ 、ウインターハーバーでは水深は再び増している。ダンダス半島の南側沖 $146.3 \sim 213.3\text{ m}$ である。水道の南側、ブリンス、オブ、ウエールス海峡とリチャードコリンソン入江口で約 91.4 m 、東の方ハドレイ湾沖で 182.9 m に増し、さらにこの水道の西端、中央部では 548.7 m に達する。1947年にギルマン岬の南々東 270 マイル で 36.6 m の水深がえられた。

(氷状)

本水道は年間を通じていつもパックアイスで一杯になつている。状況のよくない夏には点々としてリード(lead)やボリーニヤ(polynya)が現われるに過ぎない。しかしメルヴィル島の南岸に夏には沿岸リードが現われる。氷状がよかつた1954年には夏になるとバンクス島およびヴィクトリア島の北岸沿いに数多くの大小のリードやボリーニヤが現われ、その年の8月中旬ダンダス半島の東岸は多くの沿岸リードを持ち岸に沿つてはほとんど自由に船の活動を許した。

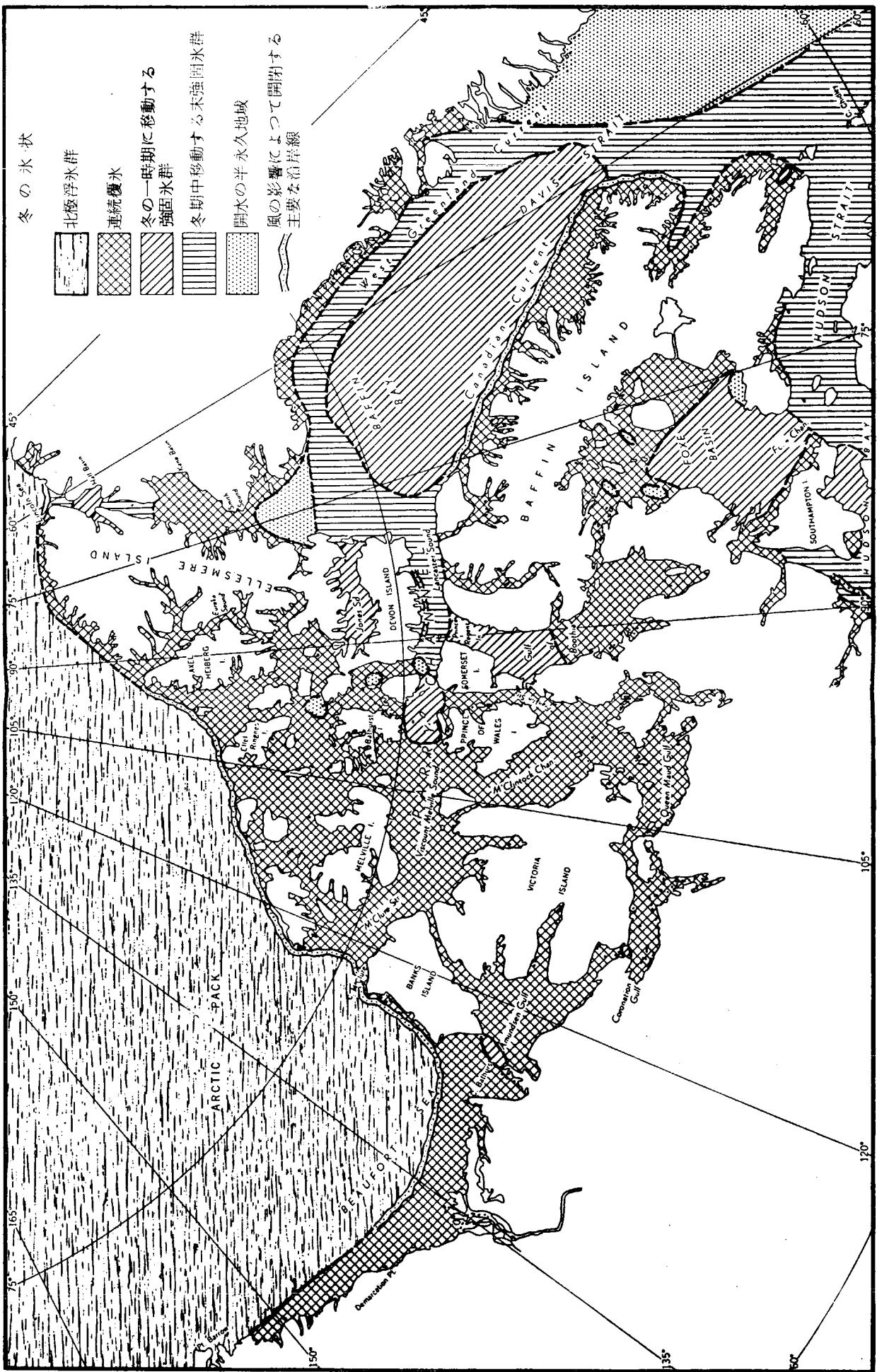
[マクルア海峡] Pilot Arctic Canada vol III P 233

(水深)

本海峡の水深については極めてわづかの情報しか得られない。北側では全く測深は行なわれていない。海峡全体の南側に沿つて岸から2~3マイル以内は18.2.9m以上、また岸から同距離の多くの地点で36.5.8mをこえる水深がえられた。アントラコープ、カステル湾およびマーシイ湾の沖ではわづか2、3個所ではあるが18.2.8m以下の所がある。

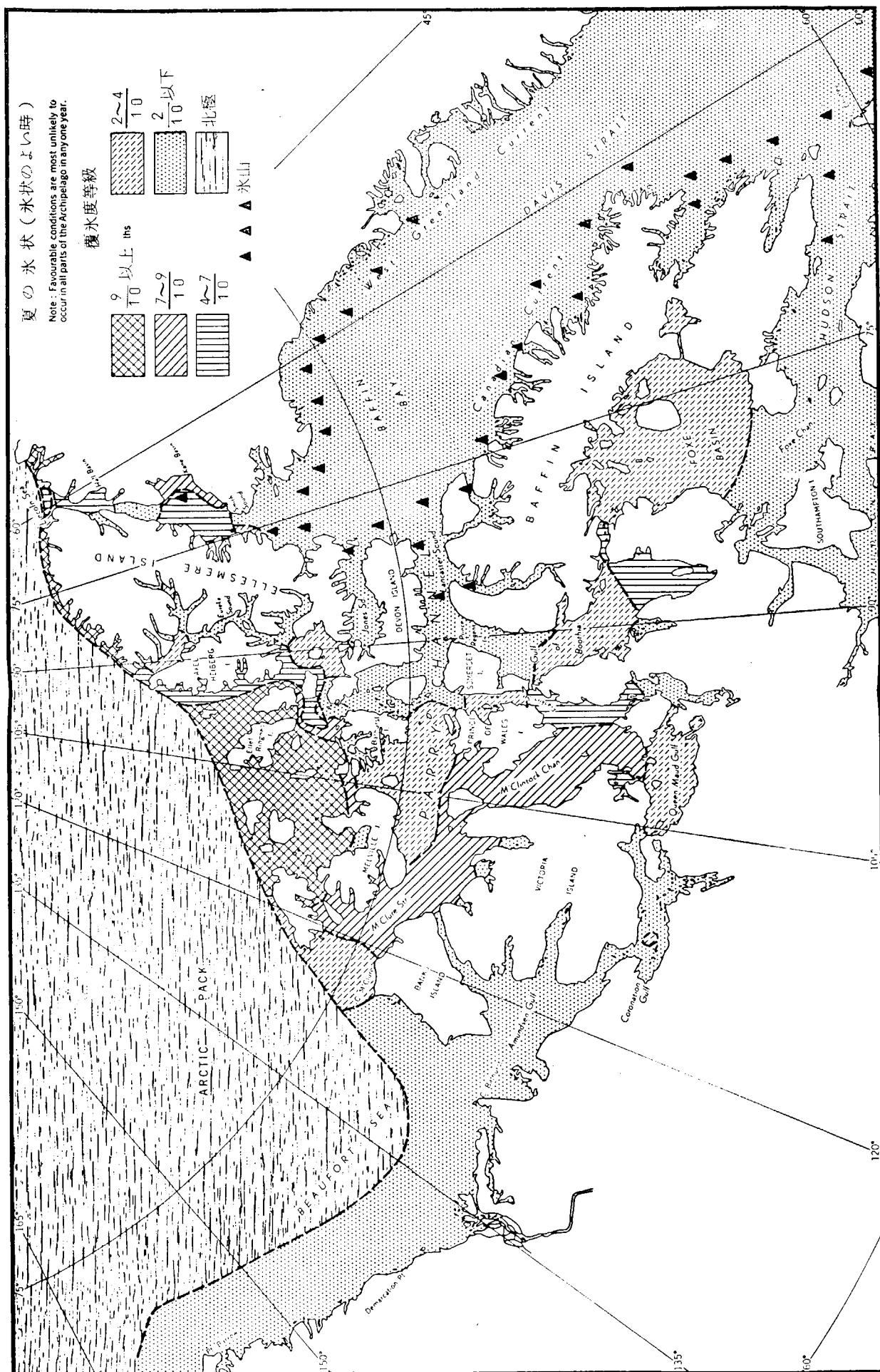
(氷状)

本海峡は年間を通じ常にパックアイスで塞がれている。好ましくない夏にはわづかに点在したリードやクラツクが氷間に生ずる。しかし1946年は8月13日と9月2日の間に相当のパックアイスで一杯になつた。その結果西の入口からは最も強力を碎氷船以外には入ることができなかつた。1948年8月中旬本海峡は再び全く凍つてしまつた。氷の多くは西部区域では特に古い氷であるようだ。1954年のように、よい条件の年には無数のリードとクラツクが存しバンクス島とヴィクトリア島の北岸に沿つて岸辺のリードが発達する。こうした年には平均氷厚が減少しPuddlingかリード、クラツクの発達を伴なう。1954年には氷厚は2.4mであつた。1954年8月14日「ノースウインド」はプリンスアルフレッド岬を廻り1週間後、本海峡の最初の通過を行なつたと信ぜられる航海を成しとげた。



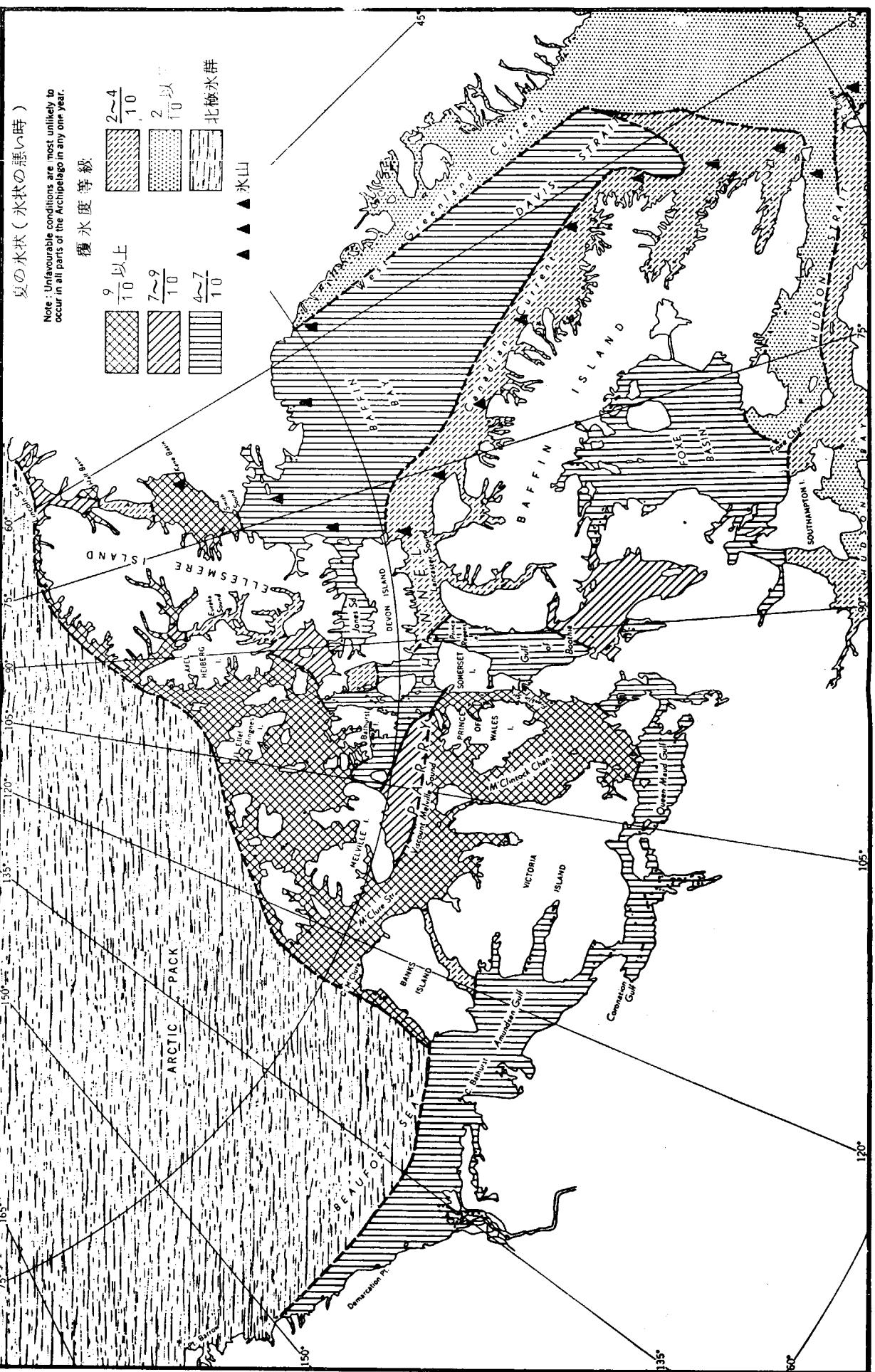
("バイロット・オブ・アークチックカナダ" Vo I , P 106)

カナダ北極海の冬の氷状



カナダ北極海夏の氷状（状況のよい時）

(“バイロット・オブ・アークチックカナダ” Vol. I, P 108)



（“ペイロント・オブ・アークチックカナダ” Vo I, P 110）

カナダ北極海の氷状（状況の悪い時）

第3編 参考に使つた資料

(A) 書籍の部

1 輸送船の氷海航行	ボーリン	1956年	海運誌社刊
2 氷中航行の経験	ゴツキー	1961	"
3 北洋航海指導書		1966	国防省刊行
4 南極の航行	ドウビーニン	1966	交通誌社刊
5 南極へのタンカー航行	バクラーノフ	1965	"
6 海洋交通地理	ブリリアント	1966	"
7 氷中の荷役作業と氷上の貨物輸送	ナザロフ	1958	海運社
8 北極海盆の水理学的研究	チモフエフ	1960	水路気象出版所
9 氷の世界	ジェームス・ダイソン	1966	"
10 北洋の艦隊	カズロフ	1966	国防省刊
11 ソ連の沿海	ペリンスキイ	1956	"
12 潜水船で氷の中へ	スペルドヒツブ	1958	地理書出版所
13 海を征服する	デエリューギン	1965	科学アカデミー出版所
14 氷中航行をする船の強度	ポポフ他	1967	造船誌社
15 北方年史		1957	地理書出版所
16 諸外国の北方	アグラナート	1957	科学アカデミー出版所
17 シベリヤと極東の地理的探査	フラトキン	1967	科学社出版所
18 対氷研究	ペスチヤンスキイ	1967	水路気象出版所
19 海洋における氷の調査	チエリューギン	1954	"
20 困難な航海	ワローニン	1956	海運誌社
21 氷中航行法	ペラウーソフ	1940	北洋航路総局
22 海と大洋		1963	地理書出版所
23 南極の沿岸へ	ブルハーノフ	1956	海運誌社
24 グリーンランド	イグナチエフ	1956	地理書出版所
25 海の音響学	スタシケウイツチ	1966	造船誌社
26 海底を行く	スリオーノフ	1959	水路気象出版所
27 海の世界経済	ミハイロフ	1964	経済誌社
28 北極圏の地域	ゴルバツキー	1964	レニングラード大学出版部
29 北極におけるソ連の研究	ブルハーノフ	1955	地理書出版所
30 ソ連の北東地域とカムチャツカ	パルムージン	1967	思考社
31 極東	科学アカデミー	1966	"
32 北極の征服	ノビコフ	1962	科学アカデミー
33 原子力砕氷船レーニン号	ユヴァドウロ	1960	レニングラード出版所
34 北洋航路	ベーロフ	1957	海運誌
35 砕氷船	スチエバノヴィツチ	1958	"
36 オホーツク海	ミユリヤーミン	1957	地理所出版所
37 将来の船	カラトコフ	1959	国 防 省

38 深海の開発	ヂオミドフ	1964年	造船誌
39 ベーリング海の地理的特質	海洋研究所	1959	科学アカデミー
40 1970年代の船舶		1961	造船工業誌
41 北極の氷被と氷状の測定法		1967	水路気象出版社
42 科学と北極の開発	ゲツケリ	1957	海運誌社
43 レニングラード大学通報		1956	
44 船	スイルマン	1967	科学社
45 水 運		1966	科学情報協会
46 ソ連船登録名簿		1964~65	ソ連造船監督局
47 北方の諸問題	科学アカデミー	1967	科学社
48 Pilot of Arctic Canada VI		1959	カナダ政府運輸省
	VII	1959	
	VIII	1961	
49 Northwest by Sea	エマ・ドツヂ		Oxford Nniu Press
50 Surface at the Pole	G.Calvert		Mc Graw Hill Book Cs
51 The Arctic Frontier	J.Macdonald		Uniu of Tronto Press
52 Nautilus 90 North	W.Andersov		The World Publishing Cs
53 Arctic Sea Ice	W.Thomas		Nationae Academy Sciences
54 Arctic Research			
55 The Arctic Basiu	E.Sater		Arctic Institute of North America

(B) 雑誌の部

1 造船誌(日刊)	1957年1月号以降 1967年12月	ソ連造船工業省刊行
2 海運(〃)	1962年2月号以降 1967年12月	ソ連海運省刊行
3 河運誌(〃)	1963年11月号以降 1967年12月	ロシア共和国河運省刊行
4 北極と南極の諸問題(年3回)	1960年4月号以降 1967年12月	水路気象本部刊行
5 氣象学と水理学	1967年5月以降 1967年12月	"
6 海事集録		
7 自然	1950年以降 1967年12月	科学アカデミー
8 知識は力なり	1957年8月	労働予備力本部刊
9 Harbour and Shipping	(Pub in Vancouver)	
10 European Shipbuilding		
11 International Design and Equipment		
12 Hansa-Shiffahrt-Schiffbau-Hafen		
13 International Shipbuilding Progress		
14 Journae of Institute of Navigation		
15 The Polar Record 1963. 1より		
16 Arctic	1964. 3より	
17 U. S Naval Institute Proceedings 1966. 9より		
18 The National Geographic Magazine		
19 The North		