

(昭和 18 年 4 月 3 日造船協會、造船協會阪神俱樂部聯合大會に於て講演)

# 砕 氷 船

造船協會 正員 工學士 南 波 松 太 郎<sup>※</sup>  
阪神俱樂部 々員

## Abstract

Ice-Breaker.

By M. Namba, *Kogakusi, Member.*

The purpose of this paper is to explain a portion of the experience on design and construction of Ice-Breakers. The author is pleased to express his wish to expect further theoretical and experimental research to be made by the experts on various points mentioned in this paper.

目	次
1. 緒 言	6. 基 本 計 畫
2. 雪と氷の性質	7. 構 造
3. 氷海の航海	8. 機 装
4. 砕氷船の沿革	9. 機 關
5. 砕氷船の種類	10. 砕氷船關係参考文献

## 1. 緒 言

砕氷船は我國の如き北邊の海面が氷結する國に在りては、平時、冬期交通線の確保の爲めのみならず、軍事上にも亦必要缺くべからざるもので、特に大東亞戦争下皇威極北の地に及ぶに至りては益その必要性の大なるを感ずる次第である。

三菱神戸造船所にては大阪商船株式会社より砕氷型貨客船建造の受註ありて設計着手に當り、造船所内に砕氷船研究委員會を組織し種々の文献を調査研究し、或は先輩並に諸経験者の御教示を仰い次第である。今日茲に貴重なる時間の割愛を乞ひ、これ等の整理一括したるものを開陳し大方諸賢御叱正と御指導とを賜らんことを切望する次第にて御参考の一助ともなれば洵に幸である。

## 2. 雪及氷の性質

見渡す限り平坦なる氷野で犬橋や馬橋が通つて居る様な平和な景觀もあるが、又冰雪相交り氷塊累りて表面凸凹激しく到底犬や馬と雖も通れない氷原もある。又氷の厚さも多種多様で、厚いので

※ 三菱重工業株式会社神戸造船所造船設計部長參事。

數米に及ぶものさへある。或は風や潮に漂流する無数の流水が海を覆ひ、或は氷そのものが場所や時期により非常に其の性質を異にして千差萬別の相貌を形成する氷海の航行は實に困難なるもので、只管熟練な船長の手腕に俟たねばならないのである。そこで吾々設計者の立場から此の様な状態も一應心得置く必要があると同時に是等の雪や氷に就いても、その性質を精細に探求する必要があると思はれる。

(1) 雪

雪は一見碎氷船に無關係の如く見えるが決して然らず、氷上に雪がある時は仲々破碎し難く、氷の厚さも見分け難く後述の如く航海を困難ならしめるのである。更に氷と雪が混じて水面に浮いてる様な場合は往々船の進行を止めしめることさへあるのである。

(イ) 積雪の分類

名		稱		摘	要
新 雪	乾 雪	灰	雪	軟風 (風速 1.5~3.4米/秒) 程度で吹き上げられるもの 和風 (風速 3.5~5.4米/秒)           " 疾風 (風速 6.0~9.9米/秒)           " 霰の積つたもの	
		粉	雪		
綿	雪				
玉	雪				
雪	濡 雪	餅	雪	握り締めて固くなる程度	
		潤	雪	押し乍ら撫れば光澤を出す   ベタベタする感じ	
		水	雪	半透明な感じを有し握れば水分が滴り落ちる	
締 雪	締 雪	小	締 雪	足跡が付かないもの	
		硬	締 雪		
雪	濡 締 雪	濡	締 雪	濕氣の程度により區別する 同上	
		水	締 雪		
粒 雪	粗 目 雪	小	粗 目 雪	米粒程度以下	
		大	粗 目 雪	脚力により割れない程度	
		氷	板	殆ど透明な氷に近い状態のもの	

(ロ) 雪の温度及密度

雪の密度とは自然に積つたまゝの雪の體積と重量より得らるべきものであるから、積雪として永く期間を経たものは同一に論ずることが出来ないが大體の數字を示すと次の如くなる。(密度單位はgr/m<sup>3</sup>にて示す、以下凡て之に同じ)

地域別による雪の密度表

地 域	平均密度
神 戸	0.073±0.0046
伏 木	0.083
船 崎	0.13
十日町	0.083
高 田	0.935
福 島	0.08~0.10
札 幌	0.05~0.06
豊 原	0.028

歐洲アルプスに於ける月別密度

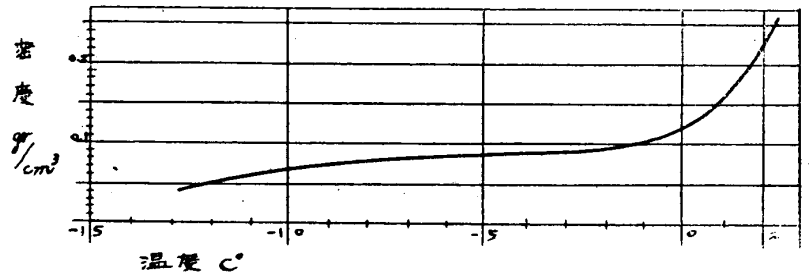
月	密度	月	密度
1	0.08	7	0.24
2	0.08	8	0.18
3	0.09	9	0.15
4	0.11	10	0.15
5	0.16	11	0.10
6	0.18	12	0.08

温度による密度の變化

温 度 C°	密 度
-15~-10	0.046
-10~-5	0.082
-5~-3	0.086
-3~-1	0.089
-1~0	0.103
0~1	0.140
1~3	0.235

(ハ) 積雪の温度及密度等

積雪を單なる物體と考へずに現象と解釋し、密度  $\rho$  は壓力  $p$  と夫れが働く時間  $t$  の函數



$$\rho = f(p, t)$$

とせるものもあるが、一般に密度  $\rho$  (gr/cm<sup>3</sup>) は雪の表面からの深さ  $Z$ (cm) の函數とし、 $a$  及  $b$  を常數とすれば

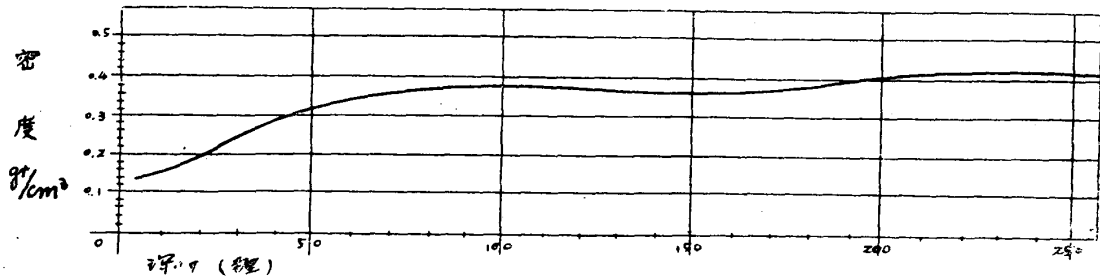
$$\rho = a + bZ$$

なる型の種々の實驗式がある。次の如し

實 驗 式	適用範圍	實 驗 者	實 驗 式	適用範圍	實 驗 者
$\rho = 0.101 + 0.0055 Z$	$Z = 45$ 程度	岡田武松氏	$\rho = 0.069 e^{0.0102Z}$	$Z = 10$ 以内	鷺坂清信氏
$\rho = 0.1695 + 0.0037 Z$			$\rho = 0.1616 + 0.0030 Z$	$Z = 55$ 程度	國井幸次氏
$\rho = 0.0738 + 0.1453 \log Z$	$Z = 70$ 程度	阿部幸次氏	$\rho^{2.930} = 0.0027 + 0.0009 Z$	$Z = 20$ 程度	北國道男氏
$\log \rho = \log 0.1854 + 0.00545 Z$			$\rho = 0.049 + 0.298 e^{-226.4Z^{-2}}$		
$\rho = 0.12365 + 0.00375 Z$		米田智眼氏	$\rho = 0.1449 + 0.0031 Z$		赤井清康氏
$\rho = 0.1410 + 0.0470 Z$	$Z = 55$ 程度	高 新保氏	$\rho = 0.116 e^{0.0469Z}$		

密度の深さに對する實測値を示せば次の如くなる。

深 さ (cm)	0~5	20~25	45~50	70~75	95~100	145~150	195~200	245~250
密 度	0.14	0.2	0.31	0.35	0.39	0.37	0.41	0.42



積雪密度の時間的變化

時刻	2	6	10	14	18	22	平均
平均密度 I	0.37	0.37	0.38	0.41	0.39	0.38	0.38
II	0.41	0.41	0.41	0.41	0.42	0.42	0.42

但し I は 2 月 22 日~26 日 臥雪期例

II は 3 月 4 日~8 日 融雪期例

積雪の温度は表面よりの深さを増すに従つて上昇する傾向にある。今表面温度に就いては次の諸式がある。

$$T = 1.047t - 0.475 \quad (\text{勝谷 稔氏}) \dots\dots\dots (i)$$

但し  $T$ : 表面雪温 °C,  $t$ : 気温 °C

$$\theta_s = 32 \frac{\theta_g - 32}{\theta_g - \theta_1} + \frac{32 - \theta_1}{\theta_g - \theta_1} \left[ \frac{32 + (\theta_1 + \Delta)}{2} \right] \dots\dots\dots (ii)$$

但し  $\theta_s$ : 一日平均雪面温度 °F

$\theta_g$ : 最高気温 °F

$\theta_1$ : 最低気温 °F

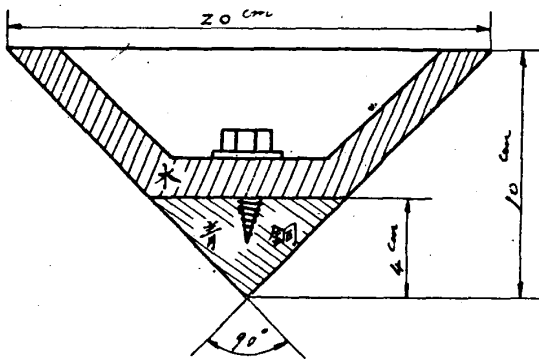
$\Delta$ : 気温と最低雪面温度との差 °F, 實測では 4°C

次に或る深さ  $Z$ (cm) に於ける雪の温度  $T_z$  は次の諸式で表はされる。

實 驗 式	適 用 範 圍	實 驗 者
$T_z = -15.383 + 0.4321 Z - 0.00425 Z^2$	50cm以下	阿 部 氏
$= -12.893 + 0.2070 Z$	10cm以下	
$= -14.805 + 0.3416 Z - 0.00178 Z^2$	100cm以上	
$= -10.05 + 5.453 \log Z$	100cm以上	
$= -7.714 + 0.2889 Z - 0.00271 Z^2$	30cm以下	
$= -12.035 + 0.1678 Z - 0.00073 Z^2$	60cm以下	高 信 氏
$= 98.0 Z^{0.007} - 100.0$		勝 谷 氏

積雪の熱傳導率 (cal/sec per cm<sup>2</sup>/1°C per cm) につきては次の諸實驗値がある。

積雪の熱傳導率	積雪の密度	實驗者
0.00028	0.18	岡田武松氏
0.00045	0.24	
0.00019~0.00045	0.212~0.250	岡田・阿部・山田氏
0.00021~0.00032	0.179~0.271	
0.00051		黒田正夫氏
0.000422	0.324	福田・金家氏
0.000048	0.112	
0.00045	深さ 10cm~20cm	藤原・宮澤氏
0.00075	20cm~30cm	



(二) 積雪の物理的性質

一般に積雪は抗張力も剪斷力も非常に小さいが、多少時間を経て融けたものは殊に抗張力が減ずる。然し硬さは寧ろ増大する。又日射により少し融けたものが日没後再凍結する様になると、抗張力も剪斷力も共に増大する。殊に剪斷力の増加が著しい。これの實驗値を示すと次の如くなる。

状態	雪温 °C	抗張力(gr/cm <sup>2</sup> )	剪斷力(gr/cm <sup>2</sup> )	硬度
10時 粉雪、氣温 -5°C	9.0	63	3	20
13時 濡雪	0	33	2.5	20
15.5時 締雪	2.0	93	20.0	15.5

但し硬度とは右に示す如き圓錐形の測錘を雪の上に落した時に表面に出来る孔の直径を cm で表した數字である。

(2) 氷

(1) 氷の種類

名		稱		摘	要
人	造	水		清水を冷凍装置にて凍らしたもの	
河	水	面	氷	表面に張れる氷にして上面と下面とにて多少機械的性質異なる	
		軟	氷	水中に氷の微細結晶の浮きしアイスクリーム状氷のもの	
		底	氷	川底に塊となつてアイスクリーム状氷の凍結したもの	
海	水	軟	氷	波頭、海面に生ぜる泡又は降雪等が水中に氷の微細結晶として浮けるアイスクリーム状氷のものにして結氷時の初期又は解氷時に発生す薄氷が破れ風又は潮に依り集まり蓮葉状をなせるもの	
		(第四圖)			
		蓮葉状氷(第三圖)		静かなる状態にて海面が凍りたるものにして厚さ1米位のものあり	
		一枚氷(第一圖)		一枚氷が風波等により累積したもので厚さ3米~10米位に及ぶ	
		累氷(第二圖)		累氷が破壊され浮けるもの	
		大	浮	大浮氷が混亂累積して氷原をなせるもの	
		氷	丘	氷河の海中に入りて浮べるもの	
		氷	山		
氷	河	水	空	純粹氷にて内部に空氣のなきもの	
			色	氣泡を含めるもの	
			氷	泥土を含めるもの	
			氷		
			白		
			黒		
			氷		
薄	氷			地面の濕氣が凍結したるもの	
霰	電			或種の雷雲の中で出來た氷の球の集り	
霰				一旦雨になつた點滴が凍結したもの	

但し一般に海水は無色透明なるべきも、天候、厚さ、含有物によりその色を異にし、厚く透き通るたる硝子色や、青色のものもあり、赤砂を含むものは赤色を呈し、泥を含むものは黒色となり、或は氣泡を含めば白色となる。

#### (口) 氷の摩擦抵抗

##### (i) V. I. Arnold-Alabieff の實驗

今、静止摩擦係數 =  $f_r$ , 運動摩擦係數 =  $f_m$  とすれば

濕つた氷では  $0.15 < f_r < 0.25$      $0.10 < f_m < 0.20$

乾いた氷 ( $t = -5^\circ\text{C}$ ) では  $0.30 < f_r < 0.50$ ,  $0.30 < f_m < 0.50$  となり、又荷重が増加すると  $f_r$  と  $f_m$  は接近して来る。

##### (ii) C. H. Marphy の實驗

傾いた石の上にある氷塊が  $0.07\text{kg/cm}^2$  の Bearing Pressure を受けて居る場合次の様な速度で滑り出す。但し  $20^\circ\text{C}$  以上になると加速する。

支持面の傾き	3°	6°	9°	12°	15°
滑り出し速度(糧/時)	0.78	1.32	2.44	5.10	8.90

(ハ) 氷の融解熱及熱傳導率

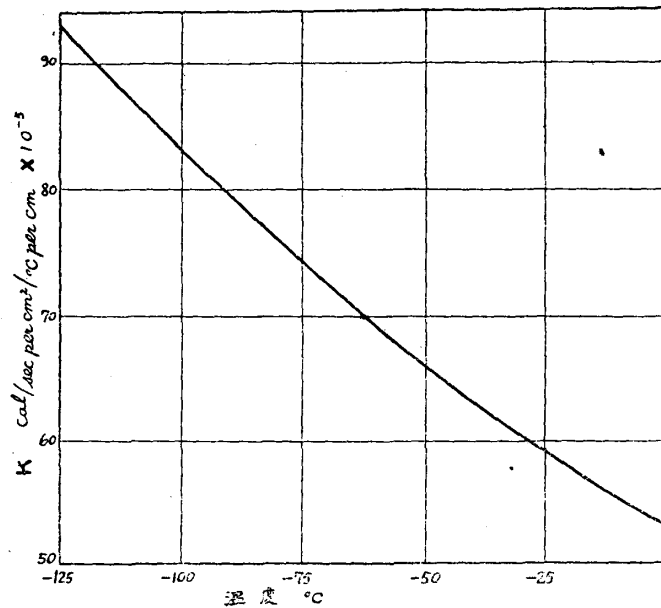
氷の融解熱は温度に比例して増減するが 0°C では 74.4 cal/gr である。熱傳導につきては Jakob の式によると 0°C では水よりも大で約次の如くなる。

$$K = 0.053(1 - 0.0057t)$$

但し  $K$ : 傳導率 cal/sec per cm<sup>2</sup>/1°C per cm

$t$ : 温度 °C

これを表示すると次の如くなる。



(ニ) 静な水面の氷の凍る速さ

實驗式の一を示すと次の如きものがある。

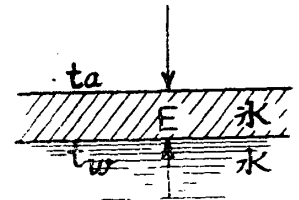
$$T = 12865 \frac{E}{t} \left[ 1 + \frac{E}{2} \right]$$

但し  $E$ : 氷の厚さ(糧)

$t$ : 氷の上下面に於ける温度差(°C)

$$\text{即 } t = |t_a - t_w|$$

$T$ : 厚さ  $E$  の氷が凍るに要する時間(秒)



氷の厚さと結氷時間の關係は Barnes の調べによると次の如くなる。(第九圖参照)

厚 さ (cm)		2.5	15	25	30	60	90
空 気 温 度	- 10°C	2 時	2 日	5 日	7 日	28 日	63 日
	- 20°C	1 時	23 時	2.5 日	3.5 日	14 日	31 日
	- 30°C	40 分	15 時	1.5 日	2.5 日	9.5 日	21 日
	- 40°C	30 分	11.5 時	1 日	1.75 日	7 日	15 日

又氷の形成される場合について次の如き式がある。

$$x + \frac{x^2}{2} = -\frac{\tau K t}{LS} \quad (\text{A. E. Nordenskjold})$$

$$x^2 = -K\tau t \quad (\text{P. Vedel})$$

但し  $\tau$ : 時 間 (秒)

$t$ : 大気温度 (°C)

$x$ : 氷の厚さ(種)

$K$ : 熱傳導率 = 0.0057 cal/sec per cm<sup>2</sup>/1°C per cm

$L$ : 潜 熱 = 80 cal/gr

$S$ : 氷の密度 = 0.9166 gr/cm<sup>3</sup>

(木) 氷の膨脹

(i) 氷の體膨脹

これに関しては次の諸氏の實驗値がある。

實 験 者	$\beta \times 10^{-6}$	溫度範圍°C	實 験 者	$\beta \times 10^{-6}$	溫度範圍°C
Brunner	122	0.8 ~ -19.5	Zakrzewski	77	-0.7 ~ -4.7
Plückergeiss'er	155	0 ~ -2.4	Vincent	152	-0.4 ~ -10
Petterson	170	-3 以下	3×線膨脹係數	155	0 ~ 20

(ii) 氷の線膨脹

次式により下表の如き實驗値が求められて居る。

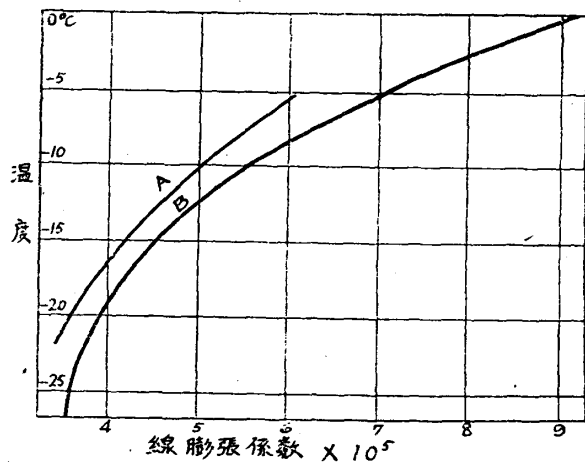
$$\text{線膨脹係數} = \frac{1}{l} \frac{dl}{dt}$$

但し A 曲線は Sawyer 氏實驗

B 曲線は Andrews 氏實驗

(へ) 氷の強度

溫度による氷の強力の變化は相等大なるものがあるが、Königsberg, Frühling が氷柱について modulus of rupture を測程したる所





次の如き結果を得た。

温度の變化  $-1^{\circ}\text{C}\sim-2^{\circ}\text{C}$  に對し Modulus of rupture は  $11.1\sim 28\text{ kg/cm}^2$

$+1^{\circ}\text{C}\sim+4^{\circ}\text{C}$  " "  $7.1\sim 9.4$  "

抗張力 =  $13.3\text{ kg/cm}^2$ 、抗壓力 =  $15\sim 27.26\text{ kg/cm}^2$

又 Philadelphia, W. Ludlow 氏實驗によれば Kennebec 川の氷は温度によつて  $23\sim 70.7\text{ kg/cm}^2$  の間を上下する由、又 Helsingfors, Kolster の教授は  $-20^{\circ}\text{C}$  に於て  $78\sim 68\text{ kg/cm}^2$  なる値を發表して居るがこれは少し高い様である。

#### (ト) 氷の相

同じく氷と一口に稱せられるものゝ内でも、温度と壓力との關係によりて種々の相を有す。(第五圖参照) 又氣體たる蒸氣と、液體たる水と、固體たる氷との關係は第六圖に之を示す。

#### (チ) 海水の鹽分と氷點との關係

蒸溜水では其の氷點は  $0^{\circ}\text{C}$  なるも鹽分を含んで居る時には  $0^{\circ}\text{C}$  以下となり、その含有量の増加につれて、氷點も降下する。海水の場合は大體  $-2^{\circ}\text{C}$  前後で結氷する。又緯度の高い程海水の濃度小さく氷點が上る。(第七圖参照)

尙食鹽溶液の比重と氷點との關係は第八圖に示す。氷の厚さと結氷時間の關係は第九圖に示す。

### 3. 氷海の航海

#### (1) 氷海の航海

氷原は見渡す限り一面に同じ厚さの氷で覆はれて居る所もあり、或は厚さ一様でなく厚き所では十數米に及ぶ様な場合もある。一般に氷原と言つてもその内部には大小の割目あり、且池や沼の如きものがあり、時によると湖の如き大水面をも包含せるものすらあり、又氷原の表面は凹凸激しく氷の土手の如きものが連る場合もある。之等の氷海を無事航海する秘訣は厚き氷や、氷の土手を碎きながら突進することではなく、氷の割目、池、沼或は薄氷部を捜し求めて所謂縫行することである。この割目や池沼等の水面には海鳥が澤山群れ、飛び交ふ事により、或は表面の色により遠方より探し求められる。又氷の表面の色によつて氷の厚さが識別出来るので、航路を發見する目当てとするが、この氷の色は前述の様に其の日の天候、含有不純物の種類等によつて、一様でなく相等變化のあるもので、殊に雪で覆はれて居る様な場合はこの水路發見も仲々困難なものである。

この間に處して適當な水路を求めて安全なる航海をなすことは、相等の熟練と經驗を要するもので、一に老練なる船長の手腕に俟たねばならないのである。

氷海航海中薄い氷の場合は船は普通状態で押し乍ら進んで行けば宜しいが、厚い氷の場合は船首を氷に押し上げて押し潰し乍ら航行するのである。今氷の種類による航行状態を例示すれば

#### (イ) 軟氷の場合

軟氷は前述の通りアイスクリーム状の細粒結晶で、これが船體並に推進器に附着し、その能率を阻害すること甚だしく、時には船の自由を奪ふことさへあるため、船は出来る丈に推進器を深く沈めて航行する要がある。

#### (ロ) 一枚氷の場合

一枚氷を砕氷航海する場合には艀部より龜裂が瞬時に稻妻の様に何哩も先に走り、且砕けた氷片が氷上を走る様は實に壯觀である。斯の様な時には天氣も概ね晴朗で、航行中は波の心配もなく、従つて動搖、振動も少く、愉快的航海が味へる。この場合に於ける速力は如何になるか一例を擧ぐれば

(例) 總噸數 2,900噸、主機出力 2,000 I.H.P. 速力約 10 節の砕氷装置付商船で

(i) 氷の厚さが 15~16 糎程度ならば普通航海時と同様に動搖もなく、氷を押し潰して直行することが出来る。但し速力は幾分減少する。

(ii) 氷の厚さが 15~16 糎を超ゆる場合には縦及横の動搖を起し、船は 7 節位の速力に減る。

(iii) 氷の厚さが 30 糎位迄は砕氷しながら、速力 5~6 節位で直行することが出来る。

#### (ハ) 累氷の場合

この場合の航行が最も困難なるもので、氷の厚さも厚く、砕氷による割目が走らない。従つて艀を突進して氷上に乗上げ、船の重みで割り、それで尙不充分の時は逆行して反復突進する故に、その都度船體に衝撃、振動を與へ不愉快的航海である。

一般に氷海航行中特に注意を要するのは、航跡水道の開き具合で、水道が長く開いて居れば心配はないが、割合早く詰り來る様な場合は、氷の横壓を受ける前兆であるから注意を要す。

#### (ニ) 二船以上共に航行する場合

一船が後續船を誘導する場合、その間隔は 500 米位を常に保持し乍ら航行することを要す。これは先導船が氷に乗り上げた場合急停止するので、この時後續船が追突しない爲めであり、更に先導船が反復突進して砕氷するため後進した場合、後續船と衝突しない爲めである。

氷海中で曳航する時は、普通の曳船作業と異り、先導船の艀に後續船の艀を突き付け、二船が一體となつて前進、停止、後進等をなし、追突、衝突の危険を防ぐのである。

砕氷船が普通船(砕氷設備なき船)を連れて航海する時は、更に一隻の砕氷船と共に普通船の前後を護つて航行せねばならぬ。この先頭の船は水路を作り、後續のものは普通船が難航した時、進んで砕氷するのである。

#### (2) 破碎された氷の流れ方に就いて

砕氷船の航跡の幅は船の速力によつて相違するが、大體船の幅の 1.5 倍乃至船幅より 1 米位廣い程度である。船が前進する場合、砕かれた氷片は船體に沿つて流れるが、船體の幅より廣目に押し流され、且周圍の氷盤の上から下へ累り込むから、双螺旋の場合と雖も、推進器には氷片が觸れること

は餘りない。但し船底より來るものは自然推進器にあたり之を急停止せしめたりすることもあり、又船底海水吸入口を塞ぐこともある。この氷片のため船底のペンキが剥げて、ぴかぴかになつて居ることもある由である。船の後進の場合も氷片は前進の場合と同じく船側より離れて押流されて居るので、推進器にあたることは餘りないとの事である。

### (3) 氷中の横壓

水中航行の際注意を要することは、氷の横壓である。之は風又は潮によつて氷に壓縮力が加はつて居る時に起るもので、航跡が直ちに閉されるのでわかる。之によつて船體に故障を起すことが多く、或船の如きは水線附近外板が45 糎程凹み、その壓力で船體が7°の傾斜を起した例がある。

### (4) 砕氷並に離氷作業

前述の様に餘り厚くない氷の場合は破碎しながら普通航行を續けて行けるが、相當厚い氷、特に累氷の如き場合は砕氷作業も仲々困難である。又氷に閉された場合の離氷作業も容易ではない。更に氷面上に雪が有ると益々破碎し難くなるのである。

#### (イ) 前進、後進反復法

氷の抵抗で船の進行が鈍りたる時には、船の停らない前に全力後進をかけて適當距離後進し、次に全力前進をかけ同一航跡を突進する方法で、これでも破碎されない時は之を5~10分置きに反復繰返すのである。但しこの後進時には舵を正中に置いて、同じ航跡を後退せねばならぬ。

#### (ロ) 縦動搖及横動搖法

艀水艀の水を艀水艀に移して船の縦傾斜による艀の壓力で氷を破碎し、又逆に艀水艀の水を艀水艀に移して艀を浮かせ、艀を沈めて後進をかけ離氷する。又横傾斜用水艀の水を左右交互に移動せしめて、その横動搖によつて離氷するのである。

#### (ハ) 船體浮揚法

船側の傾斜せる船では急速に脚荷水を排除して船の重量を軽くし、船體を浮揚せしむることによつて砕氷船の特殊船型を利用して離氷することが出来る。前記縦横傾斜を與へる場合と共に水の移動を速にせねばならぬ爲め、強力なる海水移動ポンプを備へ縦横傾斜並に浮揚に備へて居るが、最近優秀砕氷船では1,000 噸/時のものを裝備して居る。又此種船舶で脚荷水を滿載排水量の15%以上の容量を保有して居るものもある。

#### (ニ) 氷錨使用

船の前方又は後方の氷上に氷錨を打込み揚錨機又は揚貨機で牽引すると同時に全力後進をかけて離氷する。

#### (ホ) 蒸氣噴射又は温水注流法

離氷には前記各種の方法を用ふると共に、船體と氷との間に蒸氣又は温水を注流して氷を融すことがある。蒸氣よりも温水の方が温度の降り方が遅く結果が良好である。又この温水は温度よりも量

問題で普通 40°~50°C 位のものを甲板洗滌用ホースで出来る丈け多量放水するのがよい。一例を挙げれば 55°C の温水を 3 吋布管より毎時 20 吨放水して好結果を得てゐる。

#### (5) 砕氷時の振動

砕氷時の振動は、船の運動の大小、船の形状、氷の状態、主機の出力等に依つて自ら相違するものであるが、氷塊のため推進器が急停止せしめられたる場合、及砕氷により船材に加へられる振動等によつて砕氷船は一般船に比して振動の原因となるものが多いのみならず、相當その量も大きい。然しこの中でも一番激しいのは流氷が衝突した時の振動である、即ち流氷と衝突のため船體が急停止せしめられた時の衝撃の程度は、數字的の測定結果は無いが實地經驗者の言によれば、絲尻の小さい茶碗が轉び、甚だしき時で立つて居る人が坐つたことがある程度で、何れにしても電車や汽車が急停車した時の様なことはない。又流氷が推進器に衝つた場合の如きは船橋では若干感ずる程度のもので、コップの中の水が踊る程度である。

### 4. 砕氷船の沿革

砕氷船は外車船時代より存在し、其の歴史も可成り古いものであるが、今日の如き發達をなした基は、北歐殊に Baltic 海諸港にあると思はれる。木船時代又は帆船時代には、冬期或る特別の重要物資運搬の要ある時の場合は、爆薬を用ひたり、氷を鋸る方法、或は又使用法は詳でないが砕氷櫓(第 13 圖)を用ひたりして、辛うじて其の目的を達して居たが、汽船の發明から、特に螺旋推進器使用の時代となるに及んで、水中航海と言ふものが科學的見地より取上げられ、急速なる發達をなしたが、初期時代には第十圖に示す如く外輪船で前部に 5 箇及側部に片舷各 1 個宛の砕氷用車輪を備へ、後部に推進用車輪 1 箇を備へたもの、又は第十一圖に示す如く、推進用車輪は船の内部に入れ、船は Ram 式にして砕氷せんと試みられたこともある。然し今日の砕氷船の前身として最初に建造されたのは Polhem である。これは 1857 年 Motala Varv. Norrköping にて建造し、當時蒸氣船と雖も冬期の航海は全く不可能視されて居た Gotland 島 (Sweden 東海岸) と歐洲大陸間の郵便物運搬に従事し、爾來 1871 年迄全然故障なしに航行を續けた船である。

この前後獨逸では Weedermann の發明になる砕氷靴船(第十二圖及第十四圖参照)を河川等で使用した様である。これは圖面及寫眞に示す様に船材の前に靴の如き船を取付け、この靴船は外面は全く滑かな卵形をなし、幅は後の船より若干大とし、これを後の船が押して進むと、靴船の重量と外形とから、或程度の氷が砕かれ、且後の船の幅以上に氷片は左右へ押し除かれるから、これによつて航行出来る譯である。然しこれも今日の砕氷船迄に發達する過渡的現象としての存在で、間もなく今日に見るが如き特殊船のものが現はれたのである。

英國でも歐洲大陸からの依頼で、砕氷船を作つたことはあるが、自國の風土溫和なる關係上、砕氷船の必要性とか、重要性に對する認識は、北歐諸國程ではない様である。然し英國としては、Arm-

strong 會社が最も豊富な経験を有し、嘗て露帝國よりの註文で、Sviatogor (297'×71'×41'-4 $\frac{1}{2}$ ')及 St. Alexander Nevsky (273'×63'-10"×31'-11") を建造したが、Sviatogor は年内に Archangel に到着し相當有効に働いたが、第二船の方は露西亞革命のため遂に英政府に渡され、H. M. S. Alexander となつたが、何れも設計上及實際上優秀なる成績を表はして居る。

露國に於ては、北國なる關係上獨逸と同じく、Baltic 海方面では早くから碎氷の必要もあり、且發達もし 1900 年前後には、既に今日見るが如き碎氷船は、主として小型ではあるが、續々建造されつつあつた状態である。然し 1899 年露帝國は其の巨大主義から、其の當時としては劃期的な大型碎氷船 Ermak(排水量 8000t, 10,000 I.H.P.)を建造し、Petrograd 港の碎氷に使用したが、これは設計上種々の缺點を生じて、失敗に終つたのみならず、却而その當時既にあつた Finland の碎氷船 Sampo (排水量 1,850t, 3,000 I.H.P.)の方が、同じ港で有效且多量の仕事をした。この碎氷船 Sampo は、當時の新型として出現した米國型の設計を採用して、歐洲で初めて建造(1893 年)したもので、これは船にも推進器を有し、碎氷には極めて有効と稱せられて居る。

米國にはこの當時米國型としての碎氷船は、St. Ignace 及 St. Marie 等二三隻既に出來て居たが、爾來この型は漸次歐米に擴り、今日では世界各地で建造されて居る。最近に至り新造碎氷船として注目されたのは加奈陀の N. B. McLean, 瑞典の Ymer, 獨逸の Göta Lejon 等で何れも割合小型のものである。

日本に於ては碎氷船は主として北海道、樺太方面に使用せられ、此方面が又最も早くより發達した様である。現在この他北支方面へは、對氷構造船等が用ひられて居るが、本格的の碎氷船を使用し、且碎氷に最も關心を有するのは矢張この北海道、樺太方面である。この方面に使用の碎氷船としては明治 38 年(1905)鐵道省註文により三菱長崎造船所で壹岐丸、對島丸(總噸數何れも 1,680噸)を建造し樺太、北海道間の鐵道連絡船として活躍して居たが、この頃北海道でその方面の權威たる北日本汽船で千歳丸(總噸數 2,670噸)を横濱船渠に註文建造した。これは前記壹岐丸等よりも進歩し、船材が碎氷型となつたものである。この後昭和二年亞庭丸(總噸數 3,355噸)を播磨造船で、昭和七年宗谷丸(總噸數 3,593噸)を横濱船渠で建造し、何れも碎氷貨客船として鐵道省の稚泊連絡に當り、又昭和 15 年には北日本汽船にて白海丸(總噸數 2921噸)を浦賀船渠に注文し小樽、眞岡、惠須取航路に従事したが、これ等は何れも碎氷船として相當の設備は有するが、航路の難易に従つて未だ完全なる碎氷船としての設備は備へて居ない實情にあつたが、昭和 17 年三菱重工業の横濱船渠で高島丸(日本郵船)を、神戸造船所にて白陽丸(大阪商船)を建造し、初めてこの方面に使用される碎氷船として、完全に近い設備のものが出來たのである。

我國は北歐の如く河川、港灣の凍結する所が少ないので、小型の純碎氷船はあまり發達して居ない。前述の碎氷船は凡て相當大型の碎氷設備を有する商船で、自力で碎氷をやると同時に、貨客の運搬に當るものである。しかし關東州方面に使用されるものには、小型のものが相當建造されて居り、例を

擧ぐれば滿鐵所有の大連丸（横濱船渠製 435 噸）を初め南島丸（三菱神戸製 180 噸）の薪島丸（三菱神戸製 85 噸）等何れも曳船兼碎氷船で、大連港に用ひられて居る。尙この程度のものならば北支方面にも河川、港灣用として曳船兼用のものが活躍して居る。我國は將來北滿及シベリヤ河川を對照として小型碎氷船の建造に尙大いに研究を要すると思はれる。

尙北支方面航路の貨客船は、嚴冬期には渤海灣の大半が氷に閉されることあるも、幸大した厚さでない爲め、普通商船の艀部の外板、防撓構造等を丈夫にし且外板を平滑にした程度の對氷構造が多く、南嶺丸、北嶺丸、天津丸、北京丸、萬壽丸、北海丸等は凡てこの種に屬するが、この種の船は將來大いに發達せねばならぬと考へらる。更に北洋向き大型碎氷船も、今後大いに研究を積まねばならぬと思はれる。

## 5. 碎氷船の種類

碎氷船には大小種々あり、又その使用目的、設備等の上にも多種多様であるが、今之を類別すれば次の如くなる。

- |                |                   |
|----------------|-------------------|
| (1) 使用目的による分類  | イ 河川型             |
|                | ロ 港灣型 (第十五、十六圖)   |
|                | ハ 海洋型 (第十七圖)      |
| (2) 推進器位置による分類 | イ 歐洲型             |
|                | ロ 米國型 (第十七圖)      |
| (3) 裝備による分類    | イ 純碎氷船 (第十五乃至十七圖) |
|                | ロ 碎氷裝置付商船 (第二十二圖) |
|                | ハ 對氷構造付商船         |

### (1) 使用目的による分類

#### (イ) 河川型

この型は本邦の如く、溫暖地方には餘り見られないが、寒冷なる地方、殊に北歐方面では相等發達して居る。これ等の地方では結氷によつて河川の堤防決潰、洪水等が起り得るので、先づ河口では比較的小型のもので、絶えず航走して氷の結成を防止し、且碎かれた氷を清掃し、航路の常態維持に努め、大體河口及下流に於ける氷塊の除去が完成すれば、船隊を組んで遡航し、組織的に上流の碎氷を行ふのである。排水量は概ね 100 噸前後から 250 噸程度のものであるが、萬一氷に閉ぢ込められたる場合を考慮して、先導の船には無電の設備を有し、沿岸には之と連絡して、陸上機關を動員さす設備が完備して居る。之等の内小型のものは不凍期には浚渫、曳船等に利用される。

北歐に於ける實例を示せば次の如きものがある。

#### (ロ) 港灣型

船名 目	Ossa	Ferse	Noget	Schwarz- wasser	Drewoig	Brake	Jedroga	Bug	Eisfuchs Eisbrecher	Eisbär Eisbrecher	Walroß
建造年	1884	1884	1889	1894	1896	1896	1904	1930	1871	1892	1925
長 L	30.4	29.7	27.7	36.4	33.0	28.0	41.18	35.5	37.2	41.75	27.75
巾 B	5.50	4.75	5.20	6.10	6.60	5.50	8.45	7.25	9.20	10.55	6.00
深 D	2.80	2.62	2.97	2.50	2.50	2.70			5.00	5.75	
満載吃水	2.00	1.60	1.80	1.41	1.40	1.60	1.06	1.50	4.00	4.60	2.10
指示馬力	200	152	330	473	440	302	400	400	592	1200	254
排水量	152	92	108	187	152	128	227	230	573	865	200
$\frac{L}{B}$	5.53	6.26	5.33	5.97	5.00	5.10	4.88	4.90	4.04	3.96	4.62
排水量 指示馬力	1.81	1.41	2.78	2.52	2.63	2.35	1.76	1.74	0.87	1.16	1.27
推進器数	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1
使用場所	Weichsel 川								Elbe 川 及 Hamburg 港		
国籍	Danzig								独逸		

長 + 1 単位、米、排水量、噸ヲ示ス。

港灣内の結氷を出来る丈け長期間防ぎ、その航路を維持し、又萬一氷結した場合は、一般商船を氷中より引出す任務がある。この爲めに港灣型碎氷船は、一般に河川型よりも大型のものを用ひて居り、排水量も 200 噸前後から 1,000 噸程度が多いが、嚴冬期には更に大型の海洋型の助力に俟たねばならない。不凍期には消火船、曳船、水先船等に利用される。

北歐に於ける實例を示せば次の如きものがある。

船名 目	Stettin	Preussen	Pommern	Berlin	Königs- berg	Ost- Preussen	Baldur	Wal	Georg	James de Rouvier	Perkunas
建造年	1933	1920	1905	1889	1885	1937	1938	1938	1924	1925	1930
長 L	48.5	47.02	40.50	39.00	31.50	43.00	41.50	42.50	23.80	23.40	28.00
巾 B	12.55	12.55	11.00	10.60	7.00	11.66	9.70	11.50	6.00	5.49	7.80
深 D	6.45	5.47	5.30	5.30							
満載吃水	5.40	5.00	4.90	4.88	2.70	5.60	2.40	5.25	1.50	2.33	3.67
指示馬力	1,800	1,650	1,200	1,000	450	1,600	1,100	1,200	300	250	530
排水量	1,135	1,023	716	640	269	933	509	941	124	138	270
$\frac{L}{B}$	3.86	3.75	3.681	3.68	4.50	3.69	4.27	3.70	3.96	4.26	3.59
排水量 指示馬力	1.59	1.61	1.68	1.56	1.67	1.60	2.16	1.28	2.42	1.81	1.97
推進器数	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
使用場所	Stettin 灣				Früsch 灣		Kuudi 灣	北東湖 運河	Stettin 港	Danzig 港	Memel 港
国籍	独				逸		逸				

長 + 1 単位、米、排水量、噸ヲ示ス

但し本表中の△印は上甲板上の垂線間の長さを示し他は満載吃水線上の長さを示す

(ハ) 海洋型

これに屬する碎氷船は、一般に海洋の氷海を航行するもので、碎氷船中最も大型のものである。純碎氷船では嚮導船として外洋に活躍し、他船の航路を氷中に作るのみならず、氷中に凍結された船の救出にも努力する。碎氷装置を附した大型商船も、この種に屬するが、何れの場合も程度の差こそあれ、自力で外洋を碎氷しつゝ航行出来る設備を有するものである。

この種碎氷専門船を例示すれば次の如きものがある。

船名 要目	Leonid Kassin	Ormah	Lenin	Jääkarhu	Ymer	Luur Tööl	N. B. M. S. Dean	Voima	Atle	Keisjanin Valdmar	Store Bjorn
建造年	1917	1899	1917	1926	1932	1914	1929	1924	1926	1925	1931
長 L	90.52	94.56	83.21	75.00	75.00	72.00	78.94	61.25	59.30	56.30	55.00
中 B	21.50	21.38	19.21	18.50	18.60	17.10	17.93	14.00	16.20	16.45	15.00
深 D											
満載吃水	7.93	7.32	7.00	6.50	6.40	5.70	5.94	5.10	6.00	6.70	5.55
指示馬力	10,000	7,500	7,500	7,500	9,000	4,500	6,500	3,600	4,000	2,800	5,400
排水量	8,870	7,875	6,000	4,825	4,330	3,620	5,190	2,130	2,470	2,670	2,540
吃水	4.20	4.42	4.33	4.05	4.04	4.21	4.40	4.38	3.66	3.42	3.66
排水馬力	1.12	0.95	1.25	1.57	2.08	1.24	1.25	1.69	1.62	1.05	2.13
推進器数	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1
国籍	ソ 聯		芬 蘭	瑞 典	エストニア	加拿大	芬 蘭	瑞 典	ソビエト	丁 林	

長々単位、米、排水量ハトンヲ示ス

(2) 推進器による分類

従來の碎氷船は一般船舶と同じく、艀に推進器を有するのみであつたが、嘗て米國 Great Lakes に於て、或る碎氷船が碎氷中、氷の爲め前進が出来なくなつた場合でも、後進が樂に出来ることから暗示を得て、研究の結果、氷は上から壓力を加へた場合は下の水と相俟つて、極めて頑丈なる剛性體となり、破壊困難なるに反し、下部より壓力を加へたる場合は、一枚の板として割合簡単に破壊出来る事が判り、碎氷船の場合も後進の時は推進器によつて水を掻き廻し、下部より氷に衝擊を與へるのみならず、氷の下部の水を他へ押しやる爲めに、碎氷船がその部分に乗り上げた場合、その部の氷は下部からの水の支へを失つて居るので、樂に碎氷出来ることを發見し、米國の一技師 Frank E. Kirley が、鐵道連絡船 St. Ignace 及 St. Marie を設計し、艀にも推進器を附した所、極めて成績が良好であつたため、歐州でも直ちにこの設計の寫しをとり、Finland 政府などは、直ちに技師を米國へ派遣して研究せしめ、1893 年前述の通り Sampo を建造した。この艀にも推進器を有するものは、米國で初めて出来た關係で米國型と稱し、これに對し従來の艀のみに推進器を有するものを、歐州型と稱して居る。

(3) 裝備による分類

(イ) 純碎氷船

前述の如く碎氷のみを以て目的とするもので、其の横斷面は特殊の型をなして氷の外壓に耐へ、氷線附近には氷帯を備へ、又凍結せる場合水中より抜け出すために、横傾斜及縦傾斜用水艀を備へ、其他艀裝品等に至る迄、特殊の裝備をなせるもので、殊に海洋型にては碎氷船として完全に近いものである。

(ロ) 碎氷裝置付商船

前項純碎氷船に比し、その裝備の點につきては同等以下で、一般に稍々劣るが、貨物船又は貨客船



として、他船の助力なしに外洋の氷海を航行し得るものである。

本邦にはこの種の砕氷船は、相等優秀なるもの多く、宗谷丸、亞庭丸、白海丸、高島丸、白陽丸等がある。

#### (ハ) 對氷構造附商船

冬期砕氷船の助力を得ずとも、普通商船で砕氷出来る程度の薄氷中を航行する船には、前記の如く砕氷船としての特殊装備迄は必要としないので、主として艀部外板を丈夫にし、且又外面を平滑にしたもので、我國では北支航路の南嶺丸、北嶺丸、天津丸、北京丸、萬壽丸、北海丸等がある。

## 6. 基本計畫

### (1) 大きさの決定

砕氷船の大きさを決定するには、種々の方法がある。

#### (イ) 砕氷すべき氷の厚さによる決定

或る砕氷船が、どの程度の氷を砕氷し得るかと言ふことに關しては、Runeberg<sup>(1)</sup> の論文があるのみである。これによると

$$t = C \sqrt{\frac{V}{\sqrt{B}}}$$

但し  $t$ : 氷の厚さ(吋)

$V$ : 氷上に於ける艀部の垂直壓力(封度)

$$= \frac{12 \cdot 395 \text{ I.H.P.} (\cos \phi \cos \beta - f \sin \phi)}{N.P. (\sin \phi \cos \beta + f \cos \phi)}$$

$f$ : 摩擦係數 約 0.05

$\beta$ : buttock line に垂直の横断面と水線との平均傾斜角

$\phi$ : buttock line と水線との平均傾斜角

$P$ : 推進器の螺距(呎)

$N$ : 推進器の毎分回轉數

係數  $C$  は多數の砕氷船の實績より考へて 0.18 が適當と思はれる。然し氷上に僅かでも雪があれば相當な影響があるが、これは氷の正味の厚さとする。雪のない氷のみの場合は 0.3 でも可である。もし上記各數字が米突法による場合は 0.18 の代りに 16 を、0.3 に對し 26.7 を用ふることとなる。但しこれは氷自身の溫度による變化は考慮して居ない。

上記の Runeberg の公式を更に書き改めると次の様になる<sup>(2)</sup>。今 Runeberg の公式を米突法で表せば

$$t = 16 \sqrt{\frac{V}{\sqrt{B}}}$$

(1) Minutes of Proceedings Inst. C. E., Jan. 30. 1900

(2) 造船協會雜纂 203 號昭和 14 年 2 月 115 頁

但し  $t$ : 破碎される氷の厚さ (cm)

$B$ : 船の幅 (米)

$V$ : 船の垂直反力 (噸)

今  $V$  を トリム  $1^\circ$  に對して排水量の  $0.025 \sim 0.035$  とすればこの式は次の如くなる

$$t = a \sqrt{\frac{D}{\sqrt{B}}}$$

但し  $D$ : 船の排水量 (噸)

$a$ : 係數

$t, B$ : は前に同じ

$a$  は垂直反力が  $0.025 \times D$  のときは  $a = 2.53 \sim 2.50$

$0.030 \times D$  "  $a = 2.77 \sim 2.75$

$0.035 \times D$  "  $a = 3.00 \sim 2.99$

となり且この數字は妥當なるものと言はれて居る。

この見地よりすれば船が大きい程、即排水量の大きい程、厚い氷の碎氷が可能であるから、船型の大きい程碎氷船として具合がよいことになる。しかし河川、港灣使用のものに就ては當然其の使用場所の廣さに應じて、大さは制限されるし、海洋型又は廣い港灣に使用のもので、大さに制限のない場合でも次の様な事實があるから一考を要す。

嘗て露政府で 1899 年に排水量約 8,000 噸の碎氷船 Ermak を建造せる所、餘り巨大なる爲、氷中の操縦思ふに委せず、相當の不評を蒙つたのである。即ち Petrograd 港内の碎氷に従事して、却つてそれより小型の碎氷船 Sampo (1850 噸) の方が多量の仕事をしたと言はれて居る。これは船長の熟練さにも依ること乍ら、只無闇に巨大なることは考へものである。徒つて本式のみを以て船の大きさを決定することは勿論危険である。然し我國の如き、碎氷装置付商船にては、相當大型もあるが、碎氷専門船に非ざる故に自ら條件が異つて來る。

#### (口) 從來の經驗を基とする決定

碎氷専門船では、海洋型は排水量 1,000 噸以上で、大なるものは 9,000 噸近くのものもあるが、これはその作業場所に於ける氷の状態、海洋の廣さ等により選擇せらるべきものであるが、一般に特例を除いては 5,000 噸程度迄である。

河川型及港灣型は 1,000 噸以下のもののみであるが、これも河川、港灣の大きさ、氷の状態及不凍期使用目的等をも併せ考へて、大きさが決められるのである。一般に河川用としては最大 250 噸程度、港灣型は港灣の大きさに従ひて 1,000 噸程度から河川型位まで種々ある。然し今日は碎氷船を必要とする方面には大概、既に碎氷船の就役を見て居るので、それ等の実績から判斷して、新船の大きさを決定する。

#### (2) 長さとの割合 (第十八乃至第二十一圖参照)

砕氷船は何れも幅が普通船に比して著しく大である。外海へ行かぬものは、艀を出来る丈け深くして、推進器に氷が衝らぬ様にするので、自然排水量が増加する。従つて復原性を得るためと、狭水路に操縦性を良好ならしむるためと伴流の見地から、更に砕氷幅を得る爲等種々の理由から船幅を大にする。海洋型も同様の見地から、幅を大にして居る。又一方砕氷船は船體中央部の平行部分を無くする方がよいので、その線圖關係から水線の形は全長に互り彎曲させることが望ましい。この様に種々の見地から、砕氷船は凡て船幅が大となるが、幅の長さに対する割合は、色々な意見もあるが、大體次の如き傾向にある様である。

	河川型	港灣型	海洋型	
長さ L (米)	20~40	20~55	50~65	65 以上
長さ と 幅 の 比 L/B	4~5	3.5~4	3.5~4	4~4.5

但しこれは砕氷専門船の場合で、砕氷装置付商船の場合はこれ等の値も變つて来る。即ち船の長さも我國にては 100 米前後にて  $L/B$  は大體 6~6.8 程度となる。

### (3) 船型 (第二十三、二十四圖参照)

#### (イ) 艀並に艀

最近の砕氷船は、凡て艀を氷に乗上げて砕氷するので、艀の形はこれに適應する様、特殊の型となつて居ると同時に、大きな垂直應力をかけて砕氷するので、極めて丈夫な艀となつて居る。艀に推進器を有する場合でも水線部の艀材の傾斜角度は、艀に推進器なき場合と同様で、大抵の場合  $30^\circ$  前後である。

艀も砕氷船は、後進の時砕氷の必要も起るし、後續船の艀を密着せしめて一體となつて前進する場合も起る。又舵頭を砕氷片により破損せざる様に保護せねばならぬので、以上の各種の要求を満足さす爲めに特殊な型をなして居る。

艀及艀の形に就ては尙構造の部を参照され度し。

#### (ロ) 船側の形

船側線は船體中央部に於ても、水線に對して或る程度の傾斜を持つて居る。これは氷壓による壓潰の防禦及碇泊中氷結される場合を考慮して、豫め脚荷水を満載して出来る丈け吃水を深くして置き、出港時氷結して居れば、短時間に船脚を軽くして浮上り、行動の自由を得る爲め等の目的を有し、水面に對しその傾斜角は  $70^\circ$  以上となつて居る。實例を見ると  $67^\circ \sim 85^\circ$  程度でこの傾斜は水線より少し上迄延び、それ以上は船によつては重量軽減等の目的から、タンブル・ホームを有するものもある。この水線に對する傾斜は前後部は更に大となる。この傾斜は砕かれた氷片が、氷原の縁から下へ押しやられる効果もある。

#### (ハ) 水線以下の形

水線以下では、凹部は極力避けることが肝要である。これは船底へ吸込まれた砕氷が、出来る丈け早く浮上つて、側部へ押しやられる様にする爲めである。彎曲部龍骨は凹部を形成するし且破損し易き爲め、一般には付けないことになつて居る。

船底部へ入つた氷が、速かに水面上に流れ出る必要のあることは前述したが、尙具體的に述べると、船底勾配、彎曲部半径は、出来る丈け大なる方がよい。満載吃水線下に於ける艀部はこの程度の  $L/B$  を有する一般船よりもずつと瘦せて居り、且又肥瘠係数も大體 0.5 前後で非常に扁平になつてゐる。従つて水流が平行になつて舵又は推進器に當ることとなる。但し艀満載吃水附近以上では急に肥り水線の幅を廣くし且適當の大きさの Counter (又は巡洋艦型艀の場合もあるが) を附して、艀が氷に乗上げた時、艀が沈み過ぎない様、又氷中航行中艀波によつて、出来る丈け氷を細く砕く様にするのである。

## (二) 水線の形

砕氷船に於ては船體中央部の平行部は極力少くし、出來得れば全廢すべきである。之は砕氷又は軟氷が、船側に附着するのを避けるためである。元來砕氷船の基本的の考へ方としては、船の長さが出力と釣合ふ様することである。例へば米國型に於ては、前部推進器の投げ出した水の力と、後部推進器の吸引力とが船體中央附近で充分な力に出會ひ、船體が停止中でも、氷片を艀から艀へ押しやること出来る様にする事で、大部分の氷が普通なら舷側に固着して摩擦を増すが、この方法によつて氷塊が船底部か艀へ運ばれるのである。

## (ホ) 復原力

砕氷船は幅が廣く、GM が非常に大なるため、海上では普通船よりも輕頭となり、船としては悪性能のものとなる故に、一般船とは反對に復原性を減ずる爲めに、色々の對策を施して居る。例へば脚荷水艀を出来る丈け高所に設け、横傾斜水艀に利用したりする。又動搖防止装置をしたものもある。

## (4) 載貨重量について

これは砕氷専門船としての場合よりも、砕氷装置をなせる商船の場合に、考へられることであつて、前述の如く、一般船よりも肥瘠係数を大となし得ざる事情もあり、且又砕氷構造並にその設備のため、船體重量は當然増加するので、載荷重量は多くを期待することは出来ぬ。この重量増加は船側線を水面に對して傾斜させた場合と、然らざる場合とで多少の相異がある。即ち船側線を傾斜させた場合は垂直なる場合に比してそれ丈け重量増加は少ない。又砕氷構造による重量増加も其の補強程度如何による爲め、一般的には言へないが、浦賀船渠建造の射水丸(普通型)と白海丸(砕氷型)は村田義鑑氏の御説によれば、兩船共船側は垂直であるが、白海丸の船殼重量増加は約 16 % になつて居る。又 Hugo G. Hammer 博士の計算によると、船側線の傾斜したる砕氷船の場合で、船幅を基線上の幅と第二甲板の幅の平均にとつた場合、重量増加は約 5 % と稱して居る。

何れの場合でも補強の程度によるものであるから、一概には言ひ得ざる數字であるが、氷砕船設計

の場合は根本的概念として、従來の多數の實例より次の結論が得られる。即砕氷船建造の場合は建造費や載貨重量はある程度犠牲にしても、寧ろ材料寸法を増加した方が有効である。

#### (5) 歐洲型と米國型の選擇

最初砕氷船は普通船の如く、歐洲型であつたが、米國型の發明により何れを選擇すべきかの問題が起つて來る。米國型は累積せる氷原、殊にその上に雪を被れる如き場合、最も有效なるもので、船の大きさに比して、極めて樂に氷原突破が可能である。然し例へば極地専用の砕氷船 (Leonid Krasin 及 Ermak の如き) では、艀部が場合によつては氷上高くせり上るため、艀に推進器をつけるよりも寧ろその分を艀へ廻して、艀推進力を増強した方が有効な様であるが、普通の氷海では米國型の方が確に優れて居る。艀推進器は船の推進力としては大した價値はないが、其の吸込の力により氷の下面を眞空とするため、一枚氷などの場合、厚さ 100 耗~150 耗程度のものならば、艀がその氷に觸れぬ内に碎けてしまふ程度である。又累氷に乗入れて甚大なる氷の水平力と、其の摩擦により船が停止した場合は、自力のみで再び動き始めることは不可能で、氷錨を用ひたり種々の工夫をなさねばならぬが、この様な場合米國型は極めて有効で、連續的攪拌により氷雪を艀に押しやるため、船の自由を取返すことが多い。

斯く論ずれば砕氷船としては、殆どの場合米國型を選擇すべきこととなり、現に露國では殆ど全部の砕氷船は米國型にて建造して居る。然し我國の如き砕氷裝置付商船では、勿論米國型にすれば結構であるが、砕氷専門船と異り、一般配置に、相當の犠牲を拂はねばならないし、我國稚泊航路程度ならば、今日の連絡船の大きさを以てすれば、米國型にする程の必要もない所から、凡て歐洲型を採用して居る。然し更に北方の海面用として、將來計畫をなす場合は、米國型も大いに考慮せねばならぬと思はれる。

#### (6) 低温度と諸資材

海水の結氷温度は  $-2^{\circ}\text{C}$  程度であるから、氷海の水中温度は概ねこの程度と見て可なるも、水面上の空氣温度は我國附近では、 $-40^{\circ}\text{C}$  位迄降下するから、水中では低温に對しては大した問題はないが、空氣中に於ては、鋼材初め諸資材に如何なる影響を及ぼすかを取調べ、その對策を講ずる要がある。

##### (1) 鋼材

低温度に於ける鋼材の諸性質 (物理的及機械的) については、種々なる研究論文が發表されて居る。それ等によると、抗張力は温度降下と共に幾分宛増加するも、その衝擊値は著しく減少し脆くなる。この衝擊値は炭素含有量の小なる程大であるが、同時に温度降下による減少も大きい。然し常に高炭素鋼よりは大きい値を持つて居るから、低温時には炭素含有量の小なる程宜い事になる。又鋼材は低温に於ては電氣抵抗が減じ、強磁性體となり、線膨脹係數は減少する。機關室並に諸室内は煖房にて、温められてゐるから問題はないが、水上部の外界に曝されてゐる部分は、以上の諸點を考慮せね

ばならぬ。諸金屬中我々の體驗し得る範圍の低溫度にて、相當な衝擊荷重を受ける部分に安心して使用し得る工業用材料は銅、アルミニウム、ニッケル及其の合金並にオーステナイト鋼等である。又一般に船體用諸鋼材は、壓延鋼材にても鑄鍛鋼にても低炭素鋼と見て差支なき故、この程度の低溫度では左程問題とはならないが、船材の如く氷に衝き當る部分はこの點を考慮せねばならぬ。

#### (ロ) 鋼材の電氣熔接部

熔接部の低溫に對する影響は、三菱重工業の氏家竹次郎氏の實驗結果によれば、該部は母材よりも優秀なる結果を示してゐるので、低溫に對する心配はない。又實際船に使用する場合も全然心配は要らぬ。

#### (ハ) セメント

丁寧に塗裝すれば割れることはない様である。一般に曝露部では厚セメントより水セメントの方が安全である。

#### (ニ) 諸管パツキング

皮ならば申分はないが上等のゴムなら十分である。

#### (ホ) 曝露部甲板機械の潤滑油

極寒には凍ることもあるが、普通品で結構である。

## 7. 構 造

### (1) 對氷構造と船級規則

對氷構造に關して各船級規則には、その補強方針が指示されてゐるが、幾何の厚さの氷に對して如何なる補強をなすべきかは、判然と示されてゐない。以下其の概要を記す。

#### (イ) 遞信省鋼船構造規程

第二十七章「對氷構造」の下に舵（操舵装置を含む）肋骨、外板、舷側縱通材の補強方針並に艀部外板の縱縁鋸列、船材との取付方法が指示されを居る。

#### (ロ) 帝國海事協會鋼船規則

第三十三章「對氷構造」として肋骨、外板、舵（操舵装置を含む）、螺旋軸の補強方針並に推進器翼の材質等が指示されて居る。

#### (ハ) 英國 B. C. 規則

第三十三章 Strengthening for Navigation amongst Ice として Ice Class A, B 及 C の 3 種の他に Ice Class C 以下の Ice Strengthening として 1 種、合計 4 種に分類し、規則では前者 3 種につき夫々補強方針が示されて居る。その内容は外板、肋骨、船側縱通材、船材、艀骨材、推進器軸、中間軸、スラストカラー等の面積の増大方針及推進器翼の材質、主機馬力數或は艀部外板の縱縁鋸列、外板と船材との取付方等が指示されて居る。

#### (ニ) 英國ロイド規則

第四十章 Strengthening for Ice Navigation として肋骨、外板、船側縦通材、舵(操舵装置を含む)、推進器軸の増大方針、艀部外板縦縁の鉄列、推進器の材質等が指示されて居る。

上記各規程、規則を通じて、海水に通ずる弁、排水管等は氷又は寒気のため破損しない様装置すること、並に循環水ポンプの吸水口は、之に蒸氣を送り込み得る装置をなすか、その他適当な方法で、凍結防止法を講ずる様なすべしと記載されて居る。

斯の如く各規程、規則にては概略の方針で他は設計者に委して居る状態である。

## (2) 船 首

艀の種類 (i) 衝角型船首

(ii) 筥型船首(第十五圖参照)

(iii) 折衷型船首(第十六圖、十七圖、二十五圖参照)

碎氷するに最も重大なる役割りをする艀の形状に上記の3種類がある。

(i) は Ram 式艀にて、楔形によりて氷を切る方法で、二氷原の間を開く際に、浮氷など多き場合は役に立つ。

(ii) は断面が圓形の艀で、これで氷の上に乗上げて船體の重量で碎くものであるが、この後者の方法では、氷の小片が艀の後に集つて、船の前進を妨げるし、船の航路を定めることが六ヶ敷い。累氷の場合等では殊に航行困難である。一方 Ram 式のものでは、構造が弱過ぎる等の意見もあり、嘗ては其の何れを選ぶかについて相當議論せられたこともある。

(iii) 結局今日では、前述の兩者の折衷形とも稱すべきもので、殆ど全部の碎氷艀が採用して居る。即艀材は水面に對し 25°~30° 程度の傾斜とし、其の断面形は楔形となつて居る。この艀材の傾斜角は極めて重要なもので、理論的に取扱つたものに D. R. Simonson の論文<sup>(3)</sup>があるが、實例を示せば次の如くなる。

但し米國型のは、下部に推進器が付いて居るが、水線部の艀材の傾斜が、前述の様なれば良いのであつて、米國型では艀材は S 字型となつて居る。

船 名	傾 斜 角	船 名	傾 斜 角	船 名	傾 斜 角
宗 谷 丸	27°	Tarmo (A)	22°	Atle (A)	24°
白 海 丸	30°	Sleipner	30°	Jääkarhu (A)	25°~30°
高 島 丸	30°	Murtaja	33°	Ymer (A)	25°
白 陽 丸	30°	Ermak	22°	Göta Lejon (A)	23°
St Ignace	25°	Lenin (A)	18°	Nadeschny	30°
Sampo	25°	Voima (A)	23°		

表中 (A) は米國型を示す

<sup>(3)</sup> Journal of the American Society of Naval Eng. May 1936. 又は造船協會雜纂第 176 號(昭11年11月) 18 頁

### (3) 艫及艫骨材 (第二十六圖参照)

砕氷船は氷海にて反復前後進を爲す故に、艫も亦氷盤或は流氷に耐ゆる爲めに、其の艫材は艫材同様に構造せねばならぬ。即水線との角度も考慮せねばならぬし、後進に對しても、出来る丈け抵抗を少くするやうな型を選び、且舵頭部分が氷塊にて破損しない様に保護せねばならぬ。一方艫の水線上の形は、茶碗型で艫が氷に乗上げて、艫が沈み過ぎない様にすると同時に、水面に廣い水路を開けるのにも役立つのである。一般に一枚氷の時は、この水路は船の幅より相當大であるが、累氷の時はこの幅はずつと狭くなるし又長さも短い。この水路は双螺旋の場合は單螺旋の場合よりも長く且幅も廣くて、後續船にとり都合が良い。艫の推進器は出来る丈け深く沈めて氷塊による破損を起さぬ様にせねばならぬ。

砕氷船の艫骨材 (第二十六圖) は、普通船舶の如く艫の固めと舵の支へ以外に、舵を防護する使命がある。その爲め特殊形状の砕氷船形艫をなすものが多くの後進の際氷塊が舵に當るのを防ぐので、その爲めこの艫骨材は強固に構成されねばならぬ。B. C. 規則にては Ice Class A に對しては、斷面積を 10% 増す様に定めて居る。双螺旋の場合の車軸支肘は車軸の防護と支肘の強力の関係上 A 型よりも眼鏡型 (第二十七圖) が良い。

### (4) 舵

氷海航行中狹隘なる水路内に於ては、速力は一般に低下してゐるし、又縫行或は流氷を避くる等のため、急轉舵を爲す場合が屢々起る。又船幅が一般船より廣きことゝ相俟つて、砕氷船の舵は充分な舵效を必要とするのである。舵效を大とする爲めには、舵の面積を大とすると共に、有效なる舵型を採用せねばならぬ。舵の面積は純砕氷船にては、普通船より約 15% 大きくして居るし、その舵型は流線型で相當の厚みある複板式が適し、又平衡舵よりも普通型の方が宜いのである。舵頭材、舵骨等の諸寸法は流氷の衝突等を考慮して、其の構造も特別の注意を以て頑丈に構成せねばならぬ。その寸法増大に就ては各船級規程にて大體の方針を示して居る。

船 級	舵頭材徑増加の割合
逓信省鋼船構造規程	+10%
帝國海事協會鋼船規則	+10%
B. C. 規則	+50% (Ice Class A)
	+25% ( " B)
	+15% ( " C)
ロイド規則	+15% (規則上徑 200 耗未滿)
	+10% ( " 200 耗以上)

#### (イ) 舵頭材

#### (ロ) 舵 腕

各規程共寸法増大の割合は、夫々の舵頭材徑の増加割合と同じになつて居る。

#### (ハ) 舵面積

純砕氷船の舵面積 ( $a$ ) と吃水線下縱截面積 ( $A$ ) との割合の實例は次の如くである。 ( $A=L \times d$ )



船名	長 (L)	幅 (B)	深 (D)	満載吃水線 (d)	A/a
—	194'-7"	55'-9"		19'-8"	38.4
Sisu	194'-113/8"	45'-9"	26'-3"	16'-1"	40.3
Ymer	246'-0"	63'-3"	31'-8"	21'-0"	37.4
N.B. McLean	260'-0"	60'-0"	31'-0"	19'-6"	43.3

### (5) 縦及横傾斜用水艙

近代の砕氷船は、横傾斜用水艙及縦傾斜用水艙を備へて居る。船が氷中で凍結し閉された際、多量の水を一方の船側から他方へ、又は船の一端から他端へポンプで速かに送り、横傾斜又は縦傾斜を起させ、それによつて船は氷を砕いて離氷するのである。これに関する二三の實例を挙げると

(イ) Atle は中甲板の汽罐部に各 45 噸の横傾斜水艙を備へ、それに對し毎分 60 噸の能力ある遠心ポンプを設備し、45 秒にて片舷から片舷へ、全水量を移動し得る。

(ロ) Sviatogor は縦横傾斜水艙の量は不明であるが、ポンプとして毎時 1000 噸の能力のものを備へ、このポンプは二重底水艙にも連結して居り、二重底水艙の水を満水又は空水にすることによつて、平均吃水を變じ得る様になつて居る。

(ハ) 白陽丸は縦傾斜用水艙として 160 噸、横傾斜用水艙として 70 噸のものを備へ、毎時 1000 噸の能力あるポンプで海水の移動をなさしめ、縦傾斜は 9 分 30 秒にて約 1° の縦傾斜角度が得られ、又 3 分 10 秒にて 6.5° の横傾斜角を變化させ得る様になつて居る。

一般的に見て横傾斜は 5~10 分間に 10° 傾斜させ得る程度のものである。又一般に砕氷船の脚荷水艙の總量は普通排水量の 15% 程度と言はれて居るが、これ等に用ひられる強力なるポンプは、又一方で救難用として氷中等で破損浸水時に、又は後續船が破損した時等に役に立つ。尙配管には、縦傾斜を容易ならしむるために、傾斜用水艙が何個あつても、その各から舷外へ水を放出出来る様、又一組の水艙から反對位置にある一組の水艙へ水を移せる様に配し、且水管は充分なる大きさのものとして短時間に數千噸、數百噸の水の移動を可能ならしめる。又この縦傾斜用水艙が、どの程度に漲水せるかを示す指示器を、機關室及操舵室に設置の要がある。これは氷中難航の際は機關室と操舵室の兩方で、管制しつゝ適切に運航する必要があるからである。

船名	幅	厚さ
Lenin	6'-6"	1 1/4"~1 1/8"
Krisjanis Valdemars	水線上 6'-0", 水線下 9'-0"	1 "
獨逸港灣型	—	20~25
獨逸海洋型	—	25~28
白陽丸	3 米 600	25
白海丸		25~17

### (6) 氷帯

水線部分の外板は大なる氷の横壓に耐へられる様にし、船の全長に渡り同一の厚さの連續帯をなして居る。これを氷帯と稱する。これの幅及厚さ

は種々船により異なるが、數隻の實例を擧ぐれば前表の如くなる。

此の幅の必要量は満載吃水線から上へ 600 耗程度、輕吃水より下へ 100 耗程度で充分である。その縦横縁は内側より覆板を取付け、外面は完全平滑の状態とする。然しこれでも水中では、絶えず氷片により表面を磨かれ、場合によつては相當大きな衝撃を受けることもあり、ペンキは剥げて光澤を生ずる程で、鋳もこの部分が一番弛みやすい。

### (7) 一般船殼構造

砕氷船の外板は、規程に定められたる砕氷船としての條件を、満足させねばならぬばかりでなく、一般船としての要求をも満足させねばならぬ。尙其上肋骨等は規程より大きくし、肋骨心距は普通船よりずつと狭くする。又艀部は殊に丈夫に構造して、氷壓等に耐へる様にせねばならぬ。しかし厚さは水線部の氷帯が最も厚く、それより上下に離れるに従つて次第に薄くなり、艀側厚板にては殆ど普通船と同様となつて居る。第二甲板は出来る丈水線附近に設けて、氷壓に對する外板を補強する。又船首尾を通じて船側縦通材を 2 列又は 3 列を相當近距離に取付け、外板並に肋材を補強するのである。この船側縦通材の心距は種々の意見はあるが、歐洲の砕氷専門船の外洋型は、大體 1 米程度の間隔にして居る。砕氷装置付の商船としての白陽丸は、2 米程度の間隔であり又耐氷構造附商船はもつと廣くなつて居る。この外肋骨心距を前述の如く狭くするが、その程度は大體普通船の肋骨間に中間肋骨を 1 本宛取付けた程度とし（従つて肋骨心距は約 300 耗~400 耗程度となる）、船側縦通材と相俟つて、丁度障子紙を障子の棧で支へてゐる様に、外板を支へ補強するのである。

艀材並に艀材は、共に外板との取付部にはラベツトを附して、表面を平滑にする必要がある。従つて外板の鋳頭も出来る丈低くして氷による摩滅を少くし、且氷の衝突によつて鋳の緩むことが多いから、鋳孔は出来る丈丁寧施工し、孔が揃ふ様にせねばならぬ。

### (8) 曳航構造

水中にて難航、遭難等のために後續船を曳航し、或は後續船に押されて航行することがあるが、氷海中では全力前進、停止、全力後進等を繰返すので、普通曳航の如く曳索を以てするときは、追突其他の危険多く、且互に砕氷作業を協力してやるなどのことは考へられない。従つて艀に曳航用として、後續船の艀が嵌入するやうなリセスを設け、このリセスは鑄物等で凹型を作り艀へ取付けたものが多いが、近代は逆に艀の外板を V 型に凹ましたものがある。この V 型の凹みに後續船の艀を押當て、曳船と被曳船が一體となつて行動するので、斯くするときには前進、停止も同時に行はれるので、追突等の心配もなく、又前進力不足の時は後續船の推進力をも附加することが出来る利點がある。

## 8. 艀 装

### (1) 對寒施設

## (イ) 低温に対する考慮

甲板上取付けの諸艤装品の熔接部分、又は水溝内のセメント等が  $-40^{\circ}\text{C}$  程度の低温に對して果して差支なきや否やの問題は、相當研究せねばならぬことであるが、熔接部分、水セメント部等は全然差支なきことが、實際使用者側からも、又實驗者側からも確め得たことは前述の通りである。但し荷役用鋼索、諸鑄物類の如きはこの様な低温に對しては、本來の強度に對して 50~70 % 程度の強度として扱ふこと、又マニラ索の如きは凍結せる場合はそのまま使用することは絶對不可で、必ず融かして(水分のみ含んで居るのは差支なし)使用のこと。又無電用アンテナの如きは水分が凍つて徑 300 耗程度の太さになることもあるから、強力上一段上の大きさのものを用ふことを要す。羅針船橋上の羅針儀は液體式のものゝ絶對不適當であるし、外界に面した扉の握りは金屬を避けて木製のものにする、窓は出来る丈け二重窓とすること等、種々なる細いことが擧げられるが、尙この外以下の各項目に互つて説明せんとす。

## (ロ) 防寒装置

砕氷船はそれ自身が寒冷なる地方で活躍するものであるから、乗組員、乗客等の防寒装置、煖房装置が相當重大な問題となつて來る。外國船のものには適當なる詳細が得られないが、我國では亞庭丸の如きは居室の外壁は、防撓材の深さ丈け間隙を置いて板張りとし、その内側に 1 吋フェルト 2 枚を入れ、その内側を核板内張として居る。天井はフェルトを用ひず、所によつてコルクペイント、又は内張を施して居る。コルクペイントは防露にも相當有效である。

白陽丸に於ては要約すれば次の如き要領で防寒工事をして居る。

- (i) 中央部甲板室及船樓内居住區前面の鋼壁で、直接外氣に曝露せる部分は炭化コルク板(厚 75 耗 1 枚)使用。
- (ii) 上記以外の居室鋼壁で直接外氣に接する部分中、防寒工事施工後熔接付を豫想せらるる部分は、岩綿板(厚 18 耗)、其他の部分はテツキスボード(厚 24 耗)を夫々鋼壁面に糊付す。
- (iii) 曝露部甲板裏(居室天井のみ)の水溝下部は岩綿板(厚 18 耗)、其他はテツキスボード(厚 18 耗)を直接鋼甲板裏面に糊付し、肘板、梁も同種材料によりて包み、板にて押へること。
- (iv) 浴室、洗面所、便所等の直接外氣に接する鋼壁裏面(天井共)及天窗等の必要なる部分にはコルクペイントの厚塗りをなす。

更に細部に互つて注意すべき點を擧ぐれば、給水管の室外の部は充分の防熱を施すと共に、出来る丈け室内を通すこと。又甲板機械は汽筒蓋及弁箱等は、諸管と共にアスベスト式の防寒装置を施し、更に航海中は出来るれば、カンバス製の覆をした方が望しい由である。甲板機械用潤滑油は凍ることあるも普通品を使用して差支なく、又甲板機械を使用せざる時例へば航海中の如きは時々空轉の必要ありと稱せられるも、實行して居ない船もあり、必ずしも必要ではない。但し始動には充分注意して豫熱の要がある。

各水艙に関しては、海水艙は蒸氣吹込装置を、清水艙には加熱管を装置すれば、充分であると思はれるが、この設備なきものもある。又二重底内の管は殆ど凍ることはないが、水艙が空の時に稀に凍ることがあるから、空にしない様に注意を要す。但水艙の水面は凍るから、トリム又はヒール用水艙の如きは、表面凍結のまま水を吸引せんとしても不可であるから、空気口内の氷面を破つてから、ポンプをかけるべきである。其他日用水槽の如きも防寒の見地より出来る丈け室内に置き、汽罐室の餘熱を利用する様考慮した方が好都合である。

#### (ハ) 防露装置

防寒と共に防露装置もこの種の船としては相當大きな問題で、居住區の天井、側壁で殊に外部に接する部は相當の露を生ず。白陽丸にては外部に接する居室側壁は内側に防寒装置を施すと共に、下部に水溝を通じて露を受ける様にし、又天井は上面が曝露されて居る部分は岩綿板(厚 18 耗、幅 610 耗)で圍み、その内側に 15 耗核板を施した上に内張を張つて居る。又居室や倉庫内露出の給水管は、防露の見地から、フランジ共充分包む必要がある。又便所、浴室、洗面所等は前記防熱工事要領で述べた如く、コルクペイント厚塗りとなして居る。

#### (ニ) 煖房装置

一般に防寒装置には二種の方法があり、その一は完全なる防寒装置をなし、その區劃を丁度冷蔵庫の如くしてしまふ方法と、防寒装置を或程度に止めて多少にても室内を廣く、又重量輕減に資し、一方積極的煖房に力を入れるものとある。白陽丸の如きは寧ろこの後者に屬する方針に依つたもので、煖房に就きては、普通船以上に注意を拂つて、其の完全を期した次第であるが、特に注意すべき點を擧ぐれば、極寒地航行のため航海船橋に於ける夜間監視、又は繫船其他の作業を終へて居室に戻つた乗組員等の暖をとるには、普通の蒸氣煖房にては不充分なる爲め、特にストーブを設備して居る。一般に碎氷船の煖房蒸氣は普通の 1.5 倍位である。尙 Air Conditioning を採用すれば通風を兼ねて結構と思はる。

#### (2) 荷役設備

荷役用甲板機械は凍結の見地から判断すれば、凡て電動の方が好都合であるが、それには主機が内燃機等であれば好都合であるが、碎氷作様中氷塊のため主機が急停止せられることもあり、其他種々の見地から蒸氣機關の方が望ましい。従つて碎氷船の大部分は蒸氣機關を主機として居る。そのため甲板補機も汽動のものが多いから荷役が済めば、直ちに滄水を完全に抜く必要がある。これは最も肝要なことである。荷役用鋼索は前述の如く低温にては 50~70 %程度の強度しか保證出来ないから、最初から設計で考慮して大きな材料を用ふるか、又は常温で必要な大さを出して置いて、使用者側で注意するかの要がある。冬期は本船を岸壁に横付けに出来ない爲め、氷上荷役することが多い。氷上荷役は一例を擧ぐれば、先づ荷役に都合の良い場所で、一進一退をやり、周圍の氷を船幅の 2 倍位割つて氷中に池を作り、艀を少し氷上に乗上げて、氷岸に横付けとし、艀に氷錨を入れて荷役するので

ある。この池は一般にコンデンサーの排水で結氷しない。假に夜中に氷結しても精々100耗程度のものであるから、翌朝コンデンサーの排水で解けるし、解氷しなくても薄氷であるから問題ではない。

氷錨とは片爪の日本錨の如き型のもので、これを氷を掘つてその穴に爪を挿して氷片で埋めて置くと、そのまま氷結する。これは氷に對して船を定位置に保たしめ、又は離氷の場合に使用する。普通は3個用ひて居るが、離氷時には艀に入れた1個の氷錨を使用して捻る様にして後進をかけると、簡単に離氷出来る由である。但し船によりては全然氷錨を使用しないものもある。氷上荷役の際は氷上の荷物運搬は主に馬橋であるが、1臺につき1~1.5 吨位は積める様である。荷役時に船客も昇降せねばならぬが、周囲の状態によりては船客も荷物同様番で吊つて降すことがある。

### (3) 救命設備

一般商船としての救命具一式を備ふるは勿論であるが、外國の碎氷船では更に飛行機やモーターボート迄備へたものがある。然し碎氷船用の特殊設備としてはIce Boatがある。これは規定の救命艇の外に所有して居るもので、本船が氷中で凍結又は其他の事故で海岸や燈臺と連絡する必要がある場合、普通の端艇では水のある所丈けしか行けぬが、實際は氷原を縫ふて行かねばならぬので、水の部は端艇として進み、氷の部は橋として進み得る様に設備したものである。従つて船底は扁平で、銅板張りの軽い端艇で、艀は強力なせり上つた型をなし、橋用の滑り木が船體補強骨兼用で付いて居る。これを普通2隻程装備して居る。

### (4) 通風装置

防寒装置を施し、窓も二重としたる場合、殊に寒冷時には窓や扉を開放する事は殆どない爲、通風装置は一般船と異り相當考へさせられる問題である。殊に普通の通風筒の如きは結氷のため孔が詰ることもあるので、完全通風には機械通風による他なきこととなる。何れにしても極寒時には、自然通風で外氣を入れることは困難であるし、又一方機械通風の點必ずしも完全ならざるものが相當ある。しかし一般に寒冷地方に居住する人の通性として、室内空氣の悪いこと、即換氣不十分には割合無關心である。従つて換氣の悪い室に居住しても、習慣になつて居るので、保健上も支障はない様である。船としては自然通風のみでも一般船以上に通風筒其他を設備して居るが、寒冷地方航海の時は自然に通風が悪くなり、又乗客も別にそれで差支へを起さぬと言ふ現状である。この爲船室内にオゾン發生器を設備して、これ等の缺點を補ふ様に考慮をしたものもある。又機械通風も外の寒冷なる空氣を直接入れることは具合が悪いので、専ら排氣とする必要がある。

### (5) 諸管装置

碎氷船の配管中一番重大なのは縦横傾斜用の管配置である。この管を通じて普通毎時1,000 吨程度の容量のポンプで送水するから、管自身も相當大きくなり、白陽丸では徑340 耗となつて居る。従つてこの管を艀艀水艀間及兩舷の横傾斜用水艀間を通す方法に相當の苦心を要するが、船艀内の船側部(防寒工事の内側)を通し、艀は軸路内又はその附近を通すのが一般となつて居る。この管は別に防寒

工事は施さなくても差支ない。又この管のポンプは機關室内にあるが、ポンプの位置によりてはこの大徑の管を機關室内に適當に配置せねばならぬため、補機の配置取付に困難を生ずる場合があるから注意を要す。

尙管に關し注意すべき細い點を擧げると、低溫のためゴムパッキングは餘程上質のものでなければ破れて用をなさぬから、寧ろ皮の方がよい。蒸氣管は出来る丈け室内を配管するの要がある。水管も同様であるが、甲板洗滌管は充分塗水を切る要はあるが、甲板上配管で差支ない又一般に蒸氣管は充分なる伸縮用彎曲部を取る要がある。更にテレモーターパイプ等は  $-20^{\circ}\text{C}$  程度迄は差支ないが、それ以下になると中の液の凍結する恐れがあるから、出来る丈け蒸氣管に沿ふて配管の要がある。

### (6) 其の他の特殊装置

#### (イ) 水艙内水深指示装置

碎氷時及離氷の場合、船體を縦又は横に傾斜せしむることがあるのは、前述の通りであるが、この際満水又は空水となる各水艙の水深を船橋にて直ちに知り、機關室と連絡の要があるので、水艙の水深指示装置として氣壓測深計を操舵室に裝備することを望む次第である。操舵室と機關室の連絡は高聲電話又はランプ信號装置等による。

#### (ロ) 電氣サイレン

一般に冬期結氷時は同時に荒天時で吹雪が多い。又夏期は濃霧が多い。殊に我が北洋方面は一層激しい所であるから、普通の蒸氣サイレンではこれ等の時期には不充分であるため、急停、急發装置付の霧中信號装置を兼ねたる電氣サイレンを是非共裝備したきものである。その馬力も 10~15 馬力程度の相當大馬力のものがよい。

#### (ハ) 其 他

其他出來得れば檣燈、舷燈、信號燈等には、ネオンサインの採用が望ましい。

## 9. 機 關

碎氷船は前述の様に狭き水路内で而も常に反復前後進をせねばならぬし、時には氷塊が推進器にあたることもある。従つて普通船に比し主機に異狀な衝擊を與へ、或は急停止を來す様なことが多い。又碎氷時船體の無理な動作、或は氷海に入る前後の荒海にて、船の過度の傾斜等によりその機關に及ぼす影響を充分に考へ合せ、是等の特殊條件に對して満足出来るものでなければならぬし、其の取扱ひも萬全の注意を要する。例へば寒冷氣溫の場合主機の煖機は充分入念に行ふべきで普通初めは補機の排氣で行ひ、起動約 1 時間前から生蒸氣を入れる。碎氷時は碇泊中에서도常に煖機し、主機を嚴寒に曝さざる様にし、且何時でも起動出来る用意をせねばならぬ。汽機室の溫度は天窓、通風筒、扉等を加減して、 $20^{\circ}\text{C}$  以下にならぬ様に注意を要する。又主機としては、推進器が氷を敲き又はその爲め急停止した時が一番大きな衝動で、運轉にも構造にも特別の注意が要る。

## (1) 主機關係

## (イ) 主機の性能

碎氷船としての主機の性能は、船體が碎氷型であることと相俟つて重大なものである。即ち主機の性能の劣つて居るものは、碎氷船としての性能が半減されるのである。今碎氷船主機として優れて居らねばならぬ性能を列記すれば次の如きものがある。

- (i) 操縦容易にして確實なること。
- (ii) 起動、前後進切換へ等の操縦敏活なること。
- (iii) 起動力並に過負荷出力大なること。
- (iv) 構造堅牢で衝撃振動に對して安全なること。

## (ロ) 主機の選擇

上記性能に最も適した主機を選ばねばならぬが、船用機關として優秀なるタービン機は碎氷船には不適當である。従つて本機を採用して居るものはない。専ら往復動機關が採用されて居る。最近は大イール機裝備のものが現れ、その成績も良好との事であるが、寒地航行船としては種々の點より矢張り蒸氣の方が宜しく、その蒸氣機關としては普通の滑弁式のものよりもレンツ機關が碎氷船には最も適して居るのである。即レンツ汽機は前記諸性能の卓越せるは勿論のこと、機械效率高く、蒸氣消費量も少く、優秀最適の機關である。

## (ハ) 汽 罐

蒸氣機關を採用するものとせば、必ず汽罐が問題となる。碎氷船としてはその罐は主機の出力に對し充分なるもので、而も堅牢なるものでなければならぬ。又碎氷船の如き前後進操縦又は發停の頻繁なるものにありては、水管式よりも圓罐の方が好ましい。特にレンツ汽機に對しては圓罐の中でも乾燃室圓罐が最も適して居る。水面計は丸型の普通のものを使用するが、取付も罐の中央に1個のみで宜し。兩側に2本付ける事もあるが、船が傾斜の状態で走る時は有効でも、横揺れに對しては效果なく、寧ろ1本の方が實用的である。又動揺激しき時は焚火(投炭、運炭、灰棄)並に給水操作(特に罐水準面の確認)等に能率低下は免れないが、一方主機もこの様な場合は全力を出すことはないから、罐の方が追はれると言ふことはない。従つて之に對する特別の考慮は要らぬ。但し冬期は北方の石炭は雪がかゝり、水が凍つたままに載炭されるので、この雪や氷は石炭庫の中では融けず、罐に投炭後融けるので、石炭の發熱量が落ち、石炭消費量が増加する。

## (ニ) 復水装置及アイスタック

復水器は背部支柱等に取付けられて居るのみにて、別に横動揺に對する支への如きものは、考慮の要なき様である。アイスタックなき場合、冷却水温度は海水と同一であるから $0^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 位になるが、普通アイスタックを備へ温度を適當に保持出来るもので、 $2^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ 程度にて平均 $10^{\circ}\text{C}$ 位である。

アイスタックが無いと、冷却水温度が低いため、海水吸入弁、冷却水ポンプ、冷却水管、主復水器

冷却水入口室の外部は白く霜が出来るし、少し暖い水の流れる部分は管系の表面に露が出来て、下の床板、管等を腐蝕させるから、冷却水温度の調整装置と共に、管系の防露装置が必要である。又アイスタック無き場合は、氷片に対する濾器は海水吸入弁入口のローズプレートのみであるから、氷で詰まらぬ様注意を要する。何れにしても砕氷船には出来る丈けアイスタックの装備が必要である。

アイスタックの構造は普通二重底の一部を劃し、外海と格子を通じて接し、海水吸入用諸弁は總てこのタンクの二重底頂板に装備し、尙別に格子を付けて居るから、このタンク内に氷の小片が入つて来たとしても、之が弁内に入らぬ様になつて居る。更に蒸氣管（例へば主復水器の冷却水出口を導くもの）を導いて、タンク内に集積した氷を除き、或は循環水ポンプの水によつて除くこともある。しかし之等の設備を完全にしても例へば、エストニアの砕氷船 Sunr Tööl の如きは、Reval 沖でアイスタック氷結のため、36 時間動けなかつたことがある程で、構造には細心の注意を要す。タンク底部の格子が荒いと、氷片のみならず魚、芥等も流れ込んで、復水器の冷却水管を詰らせるから注意を要す。又主復水器の冷却水出口をアイスタックに導く場合、時に温度が上り過ぎたり、吸水中に空気が混りポンプの吸水を不能ならしめ、冷却水を短絡する場合があるから注意を要す。又氷片が復水器細管の口を塞ぎ又は海水吸入弁口を塞ぎたる場合、細管の衛帯部を損傷することもある。

## (2) 補機其他艙装關係

### (イ) 海水移動ポンプ

之は砕氷並に離氷作業中、船の縦横傾斜水艙に急速に充排水して船の傾斜を變じ、又は脚荷水を急速浮揚のため排水する爲めのもので、その目的上大容量のものを要するので、優秀砕氷船では毎時 1,000 噸位のものを装備して居る。

### (ロ) 温水装置

解氷用として蒸氣を使用するよりも、前述の通り温水利用の方が効果があるので、この温度装置が必要である。一例を挙げれば機關室内に海水用カロリファイヤを設置し、甲板洗滌管より 130°F の温水を毎時 20 噸供給し得る如くせば 3 吋布管 1 本より放水するに充分なものである。

### (ハ) 機關艙装

極寒地航行の砕氷船として特に留意せねばならぬものを挙げれば下の如くなる。

#### (i) 保温装置

各管系共配管には熱による膨脹收縮を特に考慮し、又蒸氣管系の熱放散損失を極力減少せしむる爲めに、保温装置は特に丁寧に施工するを要す。

#### (ii) 海水吸入弁の解氷用並に加熱装置

外板取付の諸弁は凍結の場合を考慮して、解氷用蒸氣管を連結して置くこと、又各水艙を吸入口附近には加熱装置を施すこと。

#### (iii) 疏水装置



凍結し易い清水管系並に傾斜用海水管系中、配管の都合上水溜りとなる部分には十分疏水栓を設けること。

### (3) 推進器及車軸

#### (イ) 推進器

砕氷船と雖も實際砕氷に従事し、又は氷海を航行することは一年中ある譯でなく、夏期は普通の航海である。特に我國に於ては大部分は普通の航海と見做し得るが故に、普通航海時を考慮して、推進器は普通航海用と砕氷時用の2種を持ち、季節により使ひ分けするを原則として居る。

普通航海時用のものは、マンガン青銅で、推進効率優秀なる設計のものを用ひ、砕氷時用のものは氷塊に衝き當り或は船體との間に氷が挟ることあるため、其の徑を小さくし、翼の肉を厚くし、材料も鑄鋼製(又は4%ニツケル鋼)として丈夫なものが採用されて居る。従つて頑丈なることを第一義とし、速力は第二である。一例を挙げると

	普通航海時用	砕氷時用		普通航海時用	砕氷時用
型	飛行機翼型組立式	圓弧型組立式	投影面積	6.179	5.940
徑 (米)	4.600	4.300	面積比(展/全)	0.465	0.534
螺距(米)平均	6.100	6.400	材 質	マンガン青銅	鑄鋼
螺距比	1.326	1.488	重 量 (斤)	10.320	11.120
展開面積(米 <sup>2</sup> )	7.733	7.750	翼の厚 { 尖端	13	26
全圓面積	16.619	14.522	{ 根本	140.4	188.8

尙米國型砕氷船で艙部にある推進器は、一體型に作製する方が萬事に好都合であるが、直徑は艙のものと同等かそれより小さくて結構である。この艙部の推進器は船の速力を増加さす事の期待は出来ない。只砕氷を容易ならしめる爲めのものである。

#### (ロ) 車 軸

推進器には前述の通り、相當の力がかゝつて來るから、車軸も之に應じて丈夫にせねばならない。Dr. Hugo G. Hammer の説によれば、軸は斷面を 25 %増加させるのが適當であると稱して居る。尙各船級協會規則では次の如く大體の方針を決めて居る。

	推進器軸	其他の軸		推進器軸	其他の軸
鋼船構造規程			B.C.規則 Ice Class A	8%	4%
帝國海事協會	5%		" C	5%	
B.C.規則 Ice Class A	15%	7.5%	ロイド規程	5%	

上記表中數字は何れも直徑の増加割合を示す。

#### (4) 主機馬力

一般に砕氷能力は船の運動量に依ることは前述の通りであるから、速力の大なる程結果が良い。従

つて馬力の大きなる方がよいのであるが、それも一定の限度があつて排水量と馬力との関係は前掲の表に示されて居る通りで、砕氷船では排水量に對し河川型は約 1.5~2.5、港灣型は約 1.5~2.0、海洋型は 1.0~1.5 程度である。

尙 B.C. 規則では下の通りに規定して居る。

	船首が普通型の時の I.H.P	船首が砕氷型の時の I.H.P
Ice Class A	$L \times B + 6.1$	$L \times B + 7.6$
B	" + 8.25	" + 10.3
C	" + 10.75	" + 13.4

但し L 及 B は呎單位とす。

尙 Hugo G. Hammer の説によれば砕氷装置付貨物船の馬力は次の如くなる。

排水量 1,000ton の貨物船の場合	0.4 I.H.P./排水量 (ton)
" 2,000 "	0.35 "
" 6,000 "	0.25 "
" 12,000 "	0.2 "

## 10. 砕氷船に関する参考文献

造船協會	頁
1 2,450 噸砕氷船	雜纂 44 號 大正 14 年 8 月 16
2 砕氷船 Krisjanis Valdemars	雜纂 51 號 大正 15 年 6 月 41
3 加奈太政府の新砕氷船 N.B. McLean	雜纂 107 號 昭和 6 年 2 月 12
4 砕氷船	雜纂 161 號 昭和 10 年 8 月 8
5 砕氷のための艀の特性	雜纂 176 號 昭和 11 年 11 月 18
6 ディーゼル電氣砕氷船	雜纂 185 號 昭和 12 年 8 月 5
7 砕氷船	雜纂 203 號 昭和 14 年 2 月 115
8 砕氷船の設計	雜纂 231 號 昭和 16 年 6 月 353
モータシップ又は船舶	
9 宗谷丸	昭和 8 年 2 月 24
10 砕氷船	昭和 14 年 7 月 123
11 ディーゼル電氣砕氷船 Sisu	昭和 14 年 9 月 554
12 白海丸	昭和 16 年 4 月 254
Shipbuilder and Marine Engine Builder	
13 The Ice Breaker Krisjanis Valdemars	1925 447
14 The Swedish Ice Breaker Ymer	1925 298
15 The Construction of Cargo Vessel intended for winter traffic and Navigation in Ice (Hugo G. Hammer)	1931 175
16 The Canadian Ice Breaker N. B. McLean	1931 31
17 The Ice-breaking car-ferry "Charlottetown"	1931 813
18 The Ice Breaker "Göta Lejou"	1933 91

19 Ice Breaker	1935	143
20 Ice Breaker (Dr. Ing. Waladimir)	1938	543
Shipbuilding and Shipping Record		
21 Ice Breaker Väderen	1916	64,414
22 Article by A. Kari, The design of Ice-breakers	1921	
23 Ice Breaker of 2,450 ton displacement and 6,000 I. H. P. for the Swedish Government	1925	310
24 The Ice Breaker Krisjanis Valdemars	1925	764
25 DO.	1927	41,71
26 Canadian Government Ice-Breaker N. B. McLean	1930	487
27 Diesel Electric Ice-Breaker Ymer	1932	176
International Marine Engineering		
28 Ice Breaker Swan	1899	64
29 Recent European Ice Breaking Steamer and their performances	1899	106
30 Details of Construction and Operation of Russian Ice Breaker "Ermak"	1900	113
31 Light draft river ice breaker (International no.)	1903	292
32 A New Mail Passenger Steam Ship "Newfoundland"	1913	292
Marine Engineering and Shipping age		
33 Ice Breakers	1920	707
34 Blds asked for Coast guard Cutter for Article Service	1926	133
35 The Ice Breaker N. B. McLean	1930	610
36 Swedish Ice Breakers	1931	514
37 Ice Breaking Ship	1933	165
38 "Soya Maru"	1933	163
The Engineer		
39. Ice Breaker (Swan)	1899	64
40 Railway-ferry Steamer and Ice-breaker Scottia	1901	308
41 Ice Breaking Train Ferry Steamer	1915	49
42 The Ice-breaker Lenin ex Alexander Nevsky, ex Alexander	1919	Dec,
43 The Ice-breaker Leonid Krasin, ex Sviatogor	"	"
44 Ice Breaker for Archangel	"	632
45 The Ice-breaker Krisjanis Valdemars	1925	686
Engineering		
46 The Ice-breaking-Steamship Ermak	1899	252,412
47 A Canadian Ice-breaking Steamer	1906	261
48 The Canadian Ice Breaking Steamship Feodor Litka, ex Canada, ex Earl Grey	1909	390
49 Canadian Ice-breaking and Passenger Steamer	1909	829
50 The Ice-breaking Steamship Petro Velikij	1912	674,764
51 Ice-breaking Railway Train Ferry "Leonard"	1914	210
Motor Ship		

52	Ice Breaker	1921	268
53	Latest Ice Breaker	1933	7
54	9,000 B. H. P. Machinery for a Diesel Electric Ice Breaker	1933	268
55	Ice Breaker	1930	22
Proceedings of the Institution of Civil Engineer			
56	Steamships for Winter Navigation and Ice-breaking	1888	277
57	Steamers for Winter Navigation and Ice-breaking	1900	—
58	Ice Breakers and their Service	1904	—
T.I.N.A.			
59	Danish Steam Railway Ferries and Ice Breaking Steamers	1897	105
60	Ice Breakers	1899	325
U. S. Naval Institution			
61	Ice Steamship	1923	92
Canadian Machinery			
62	The Ice Breaker "Mikula Selianovitch" ex "I. D. Hazen"	1916	may
Modern Transport			
63	The Ice Breaker "Lenin," ex "Alexander Nevsky," ex "Alexander"	1919	Oct
64	The Ice Breaker "Leonid Krasin", ex "Sriatogor"	"	"
V. D. I.			
65	Über die Schraubenbugsierböte auf der Elbe und die Hamburger Eisbrecher	1888	692
66	Eisbrecherarbeiten früher und die jetzigen Dampfeisbrecher	1896	734
67	Eisbrecher "Trouvor", ex "Sleipner"	1897	981
68	Der Eisbrecher, Bergungs-und Lotsdampfer "Daidamak"	1900	—
69	Eisbrecher I	1939	Feb
Schiffbau			
70	"Haidamak" Eisbrecher und Bergungsdampfer	1900	349
71	Dampffährenwesen in den Vereinigten Staaten	1904	1165
72	Isbrytaren II-Eisbrechen für Stockholm	1913	15
73	"Scotia II" Kanadischen Eisbrecher und Ferry	1915	203
74	"J. D. Hazen" Eisbrecher	1916	16
75	"Väderen" dänischer Eisbrecher von 2,000 I.P.S.	1916	52
76	Über Versuche an Ferudrehungsanzeigen	1916	705
77	Der Entwarf von Eisbrechen (A. Kari)	1922	769
78	Eisbrecher "Krisjanis Valdemars" 1932 Grosston	1926	245
79	Eisbrech-Bergungs-u. Lotsendampfer "Perkunas" u.s.w.	1931	315
80	Die Eisbrecherflotten der Ostsee	1931	456
Werft Reederei Hafen			
81	Der Eisbrechen Krisjanis Valdemars	1925	515
82	Eisbrecherfragen in Schweden	1925	150,414
83	Konstruktionsbedingungen für d. im Eisgang u. Eisbrechdienst zu verwenden der Schiffe	1929	27

84 Der Eisbrechdienst auf der Unterelbe	1929	432
Morskoi Sbornik (St. Petersburg)		
85 Ice Breakers (Sjönian)	1894	No. 12
86 Ice Breaker "Murtaja." (Sjönian)	1896	No. 6
87 The Ice Breakers "Nadeschuij (Jessen)	1897	No. 6
88 The Ice Breakers "Trouvor" ex "Sleipner"	1898	No. 11
Teknisk Tidskrift Skeppsbyggnadskonst (Stockholm)		
89 Forslag till ett statens Isbrytarfartyg (S. G. Bremberg)	1924	No. 9
90 Riga stads isbrytare "Peter den Store"	1913	No. 5
91 Finlands nya isbrytare "Voima"	1924	"
92 Några synpunkter rörande statsisbrytarens Konstruktion	1924	No. 9
93 Statsisbrytarens driftmaskinezi Göteborgs isbrytarfårgå	1924	No. 9
94 Förslag till ett statens isbrytarfartyg (S. G. Bremberg)	1924	No. 9
95 Statsisbrytaren "Ymer" (G. Holldin)	1932	No. 12
96 Statsisbrytare Ymer's maskinella utrustning	1932	No. 8, 9
Tekniska Föreningens i Finland Förhandlingar (Helsingfors)		
97 Jääkarhu (K. Tallqvist)	1927	No. 1
Teknillinen Aikakanslehti (Helsinki)		
98 Suomen valtion unsi jäänmurtaja S. S. Jääkarhu	1927	No. 5, 6
Kotlin (Kronstadt)		
99 Influence of the Position of the Propeller on Energy of the Ice-Breaker	1897	No. 123, 127
100 Estimating the Horse-Power of the Engine for Breaking Ice of Known Thickness at a Given Speed	1897	
Verkstäderna (Stockholm)		
101 Rysk isbrytare under byggnad vid Götaverken "Peter den Store"	1911 1912	124 47
102 Ice Breaker of 2450 tons displacement and 6,000 I.H.P. for the Swedish Government	1926	No. 3
單行本		
103 Das Eisbrechweisen im Deutschen Reich, Berlin 1910. M. Görz u. M. Buchheister (Dieses Buch kan auch jetzt noch als standardwerk Betrachtet werden)		
104 Germanischen Lloyd, Vorschriften für Klassifikation und Bau von stahlernen Seeschiffen, Berlin 1938 S. 2. 20. 39. u. 43		
105 Die Stettiner Eisbrecher 1889-1939, 1938 von Alfred Berger		
106 Tekniska Samfundets Handlingar Om Isbrytaretyper 1912		
107 日本海近海の海水に関する物理的諸問題 日本氷雪協會 第3卷		宇田道隆
108 雪と氷		野口龍雄

(昭和 18 年 4 月 3 日造船協會、造船協會阪神俱樂部に於て講演)

## 碎 氷 船

造船協會正員 工學士 南 波 松 太 郎  
阪神俱樂部々員

第十八~二十一圖附表の一

世界主要碎氷船要目表

船 名	建造年	國籍	長	幅	深	總噸數	排水量	L/B	B/D	$\frac{B}{2}+D$	馬 力	$\frac{\text{馬力}}{\text{排水量}}$	推進器	速 力
Molch	1892		16-00	3-60	1-70		25-35	4-47	2-12	3-50	60	2-37	2	15-1
Salamander	"	"	"	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"
Eidechse	1896		17-50	3-80	2-00		28-32	4-60	1-90	3-90	80	2-82	2	15-5
Scorpion	1895		19-50	3-70	2-00		30-42	5-27	1-85	3-85	80	2-63	2	17-3
Fribbe	1898		16-50	3-20	1-35		35	5-16	2-37	2-95	80	2-29	2	15-0
Steknity	1891		15-30	4-00	1-90		38	3-83	2-11	3-90	75	2-08	1	13-2
Wakenity	1899		15-50	4-88	2-44		60	3-18	2-00	4-88	110	1-83	1	15-7
Lunebury	1890		20-00	4-80	2-20		70	4-17	2-18	4-60	250	3-57	1	18-5
Jageteufel	1903		18-50	4-90	1-80d		73	3-78		4-25	160	2-19	1	
Prussina	1894		23-30	4-50	2-25		90	5-17	2-00	4-50	30	3-33	1	11-4
Ferse	1884		30-60	4-75	2-62		91	6-44	1-81	4-995	152	1-67	1	16-66
Delphin & Robbe	1889		23-50	5-00	2-30		94	4-70	2-17	4-80	110	1-17	1	17-75
Widder	1892		29-40	5-00	2-34		99	5-87	2-14	4-84	200	2-02	1	16-66
Möve	1889		21-25	5-25	2-50		100	4-05	2-10	5-125	330	3-30	2	18-5
Trave	1879		24-87	5-44	3-05		100	4-57	1-78	5-77	200	2-00	1	16-66
Nogat	1889		28-80	5-20	2-97		106-6	5-54	1-81	5-57	330	3-10	1	19-4
Weichsel	1880		26-50	4-75	2-55		110	5-58	1-86	4-925	120	1-09	1	14-81
Welle	1896		26-00	5-00	2-50		110	5-20	2-00	5-00	110	1-00	1	14-82
Schurmaun	1951		21-00	5-30	2-00d		112	3-96		4-65	200	1-79	1	
Georg	1924		23-80	6-00	1-50d		124	3-96		4-5	300	2-42	1	
Wal	1889		25-30	5-50	2-50		125	4-60	2-20	5-25	270	2-16	1	19-6
Brahe	1896		29-50	5-50	2-70		125	5-36	2-04	5-45	302	2-42	1	19-22
James de Reynier	1925		23-40	5-49	2-33d		138	4-26		5-075	250	1-81	1	
Montau	1882		31-10	5-50	2-86		140	5-65	1-92	5-61	189	1-35	1	16-66
Ossa	1884		33-00	5-50	2-80		150	6-00	1-96	5-55	200	1-33	1	16-66
Drewenz	1896		34-00	6-60	2-50		151	5-15	2-64	5-89	440	2-91	2	20-37
Hofe	1878		25-70	6-45	2-02		155	3-45	2-14	6-245	410	2-65	1	19-4
Simson	1883		27-40	6-40	2-98		168	4-28	2-15	6-18	330	1-96	1	18-5
Eisbar & Walross	1892		29-50	6-00	2-80		170	4-92	2-14	5-80	300	1-76	1	18-5
Schwz&awassar	1894		39-50	6-10	2-60		185	6-48	2-44	5-55	473	2-56	2	20-9

世界主要碎氷船要目表(續き)

船名	建造年	國籍	長	幅	深	總噸數	排水量	L/B	B/D 又ハd	$\frac{B}{2} +$ (D又ハd)	馬力	馬力 排水量	推進器	速力
Walroß	1923		27.75	6.00	2.10d		200	4.63		5.10	254	1.27	1	
Siegfried	1888		27.40	6.40	2.88		200	4.28	2.22	6.08	300	1.50	1	15.0
Wodan	1889		27.00	5.40	2.98		201	4.22	2.15	6.18	300	1.49	1	16.0
Gardenga	1904		41.18	8.45	1.06d		227	3.88		5.285	400	1.76	2	
Bug	1930		35.50	7.25	1.50d		230	4.90		5.125	400	1.74	2	
Königsberg	1885		33.50	7.00	船艙 3.35		270	4.79			500	1.85	1	16.60
Perkunas	1930		28.00	7.80	3.67d		270	3.59		7.57	530	1.96	1	
Elbe	1892		29.90	7.10	3.70		275	4.21	1.92	7.25	360	2.63	2	17.5
Stettin 及 Swinemünde	1888		32.00	8.50	3.90		300	3.76	2.18	8.15	400 <sup>dic</sup>	1.33	1	18.5
Baldur	1938		41.50	9.70	2.40d		509	4.27		7.25	1100	2.16	2	
Eisbrecher I	1871		40.50	9.75	5.00		570	4.15	1.95	9.875	592	1.04	1	20.0
" II	1877		41.10	10.05	5.13		570	5.08	1.96	10.155	500	0.88	1	19.6
Berlin	1889		43.00	10.80	5.30		630	3.98	2.04	10.70	900	1.43	1	21.0
Donar	1892		45.50	10.50	5.05		703	4.33	2.08	10.30	950	1.35	1	18.0
Pommern	1905		40.50	11.00	4.90d		716	3.68		10.40	1200	1.68	1	
Eisbrecher III	1892		44.60	10.67	5.73		860	4.18	1.86	11.065	1200	1.40	1	21.5
Ostpreußen	1937		43.00	11.66	5.60d		933	3.69	2.08	11.43	1600	1.71	1	
Wal	1938		42.50	11.50	5.25d		941	3.70	2.19	11.00	1200	1.28	1	
Preußen	1920		47.20	12.55	5.00d		1023	3.75	2.51	11.275	1650	1.61	1	
Stettin	1933		46.05	12.55	5.40d		1135	3.66	2.32	11.675	1800	1.59	1	
Jsbjorn	1923		47.60	11.60	5.64d		1380	4.10	2.06	11.44	2500	1.81	1	
Göta Lejon	1933		53.00	14.30	6.00d		1930	3.70	2.38	13.15	3800	1.97	1(前1)	
Voima	1924		61.25	14.00	5.10d		2130	4.38	2.75	12.10	3600	1.69	1(前1)	
Atle	1926		59.30	16.20	6.00d		2470	3.66	2.70	14.10	4000	1.62	1(前1)	
Store Bjorn	1931		55.00	15.00	5.55d		2540	3.66	2.70	13.05	5400	2.13	2(前1)	
Krisjanis Valdemars	1925		56.30	16.45	5.70d		2670	3.42	2.46	14.925	2800	1.05	1(前1)	
Suur Töö	1914		72.00	17.10	5.70d		3620	4.21	3.00	14.25	4500	1.24	2(前1)	
Ymer	1932		75.00	18.60	6.40d		4330	4.04	2.91	15.70	9000	2.08	2(前1)	
Jääkarhu	1926		75.00	18.50	6.50d		4825	4.05	2.85	15.75	7500	1.55	2(前1)	
NBM c Lean	1929		78.94	17.93	5.94d		5190	4.40	3.02	14.905	6500	1.25	2	
Lenin	1917		83.21	19.21	7.00d		6000	4.33	2.74	16.605	7500	1.25	2(前1)	
Ermak	1899		94.56	21.38	7.32d		7875	4.42	2.92	18.01	7500	1.95	3	
Leonid Krasin	1917		90.52	21.50	7.93d		8870	4.20	2.71	18.68	10,000	1.13	3	

第十八～二十一圖附表の二

本邦主なる砕氷及對氷構造附商船要目表

船名	建造年月	長	幅	深	總噸數	L/B	B/D	$\frac{B}{2}+D$	馬力	馬力 總噸數	推進器	速力	摘要
間宮丸	昭 4-11	64.0	10.0	6.1	1127	6.40	1.64	11.1	公 1100	975	1	—	—
壹岐丸	明 38- 9	79.2	11.0	6.7	1773	7.20	1.64	12.2	—	—	2	14.9	現存せず
對島丸	明 38-10	"	"	"	"	"	"	"	—	—	2	"	"
北京丸	昭 12-12	79.8	12.8	6.4	2265	6.23	2.00	12.8	2890	1.275	1	15.1	對氷構造のみ
萬壽丸	昭 15- 1	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1	"	"
北海丸	昭 15- 5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1	"	"
南嶺丸	大 13- 5	83.6	12.6	6.9	2407	6.63	1.83	13.2	公 1700	705	1	"	"
北嶺丸	大 13- 6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1	"	"
千歳丸	大 10- 4	91.4	13.1	7.6	2668	6.98	1.72	14.15	公 2400	90	1	15.2	船首傾斜す
白海丸	昭 15- 2	93.0	13.7	7.5	2921	6.79	1.83	14.35	3700	1.26	1	15.6	船首尾は 砕氷型
亞庭丸	昭 2-11	94.5	13.8	9.15	3355	6.85	1.51	16.05	6400	1.90	2	16.4	"
宗谷丸	昭 7-12	94.5	14.15	9.15	3393	6.68	1.55	16.225	5850	1.72	2	17.1	"
永福丸	昭 14- 4	104.6	14.7	8.5	3520	7.12	1.73	15.85	2300	655	1	13.5	對氷構造のみ
太福丸	昭 15- 7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1	"	"

公は公稱馬力を示す



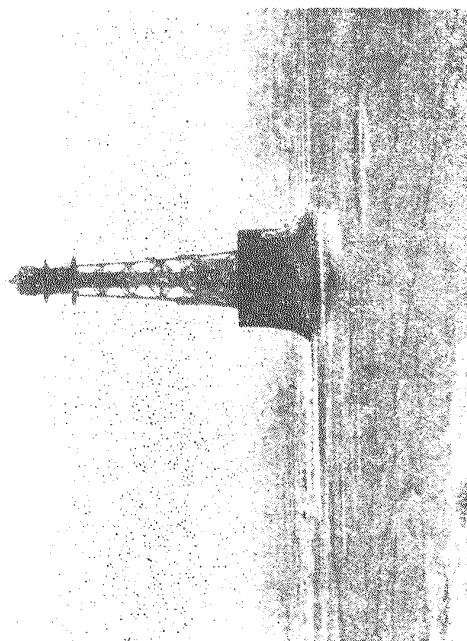
第二圖 重ね氷の例



第四圖 軟氷の例



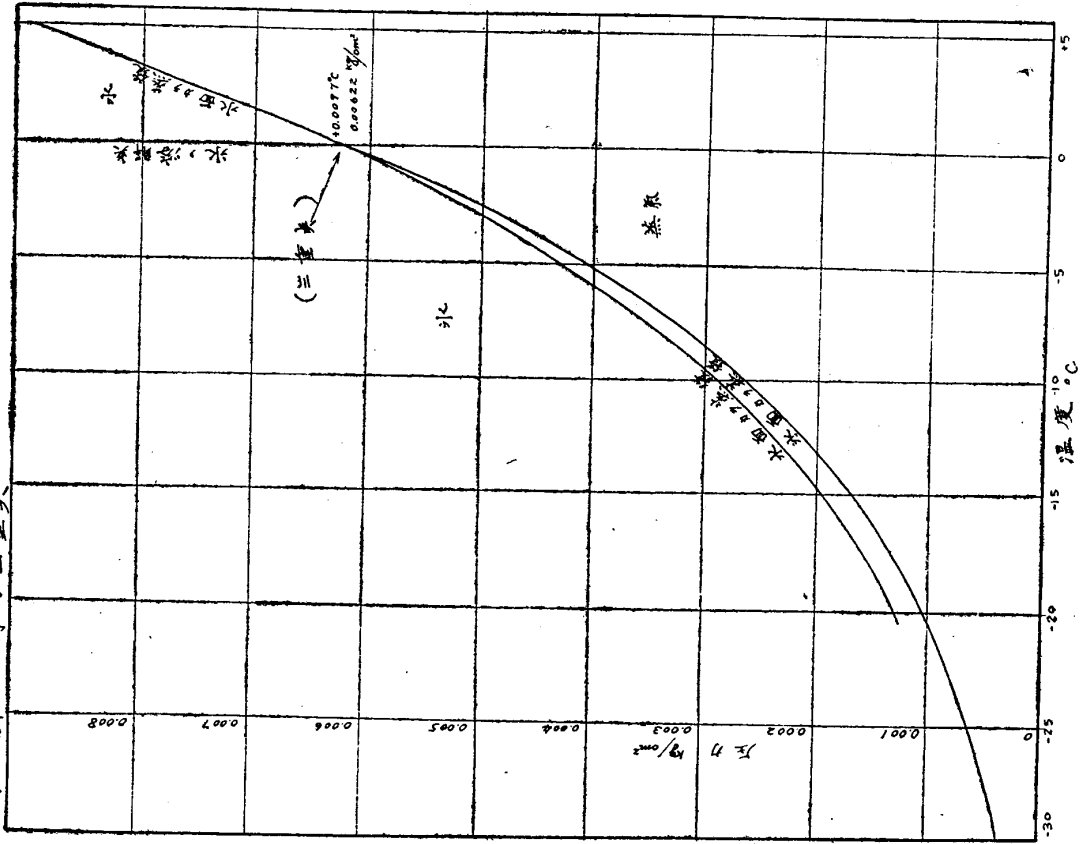
第一圖 一枚氷の例



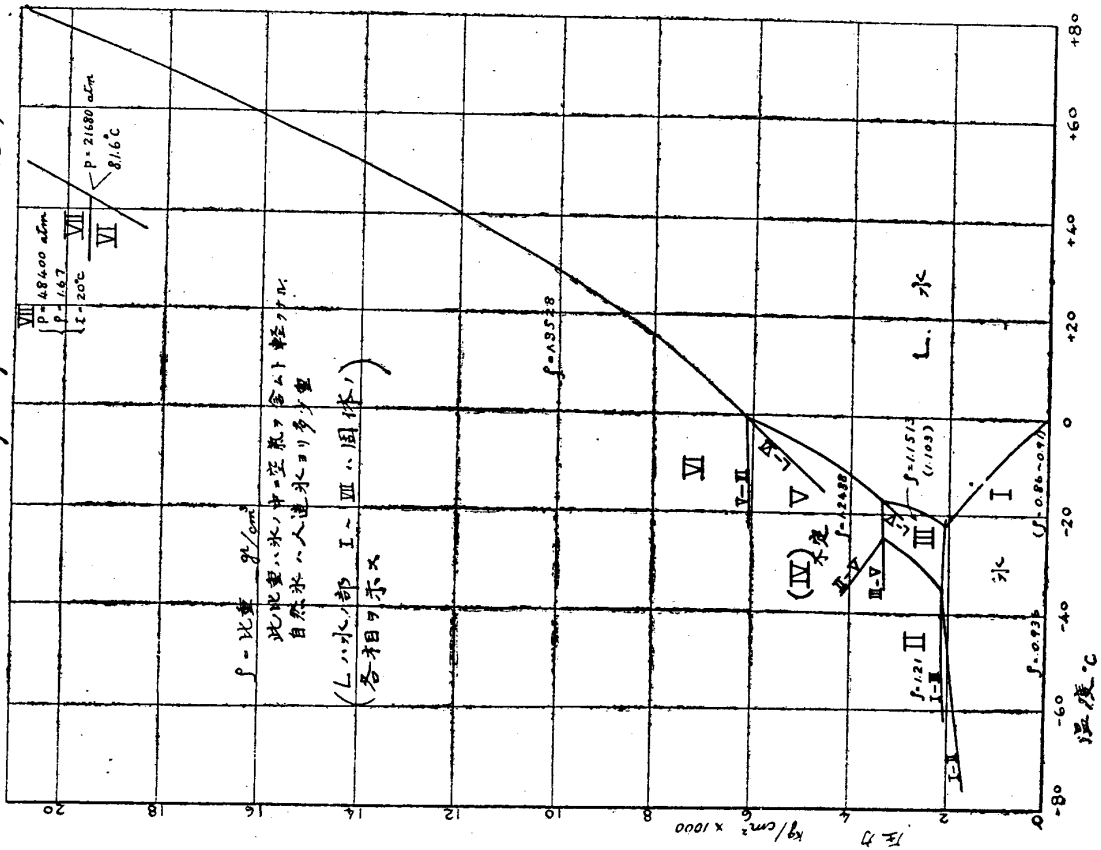
第三圖 連葉氷の例



第六圖 氷、三重氷

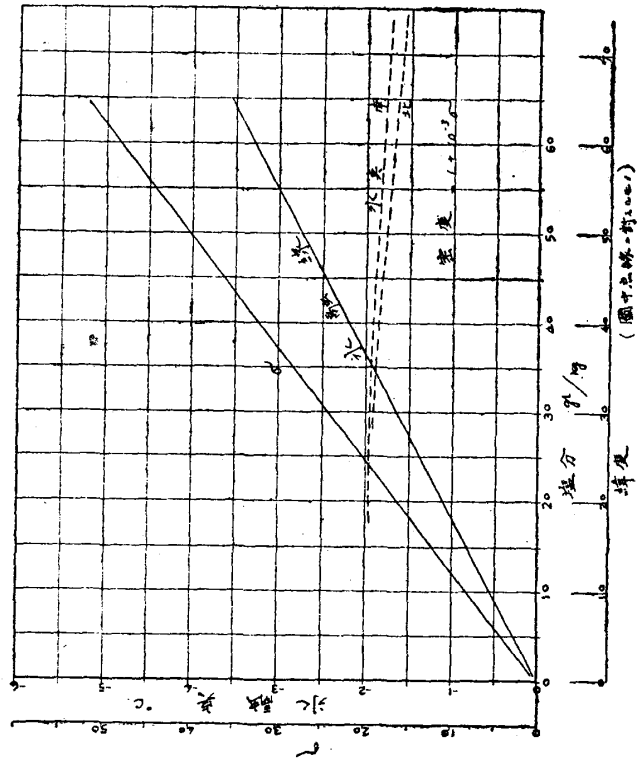


第五圖 氷、相 (Phase diagram for water and ice)

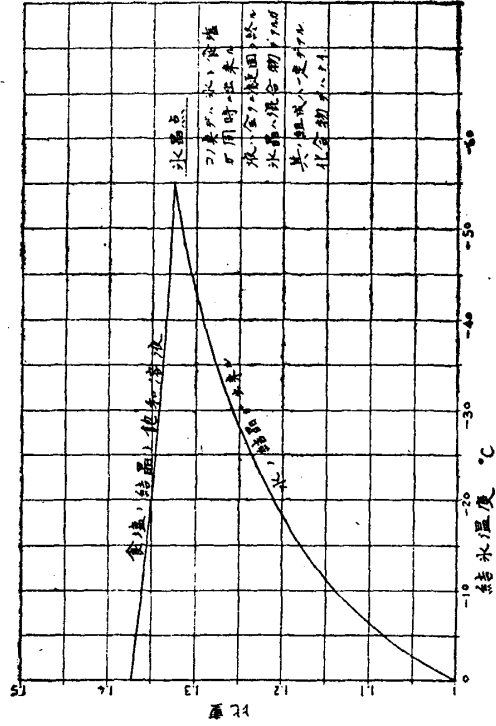


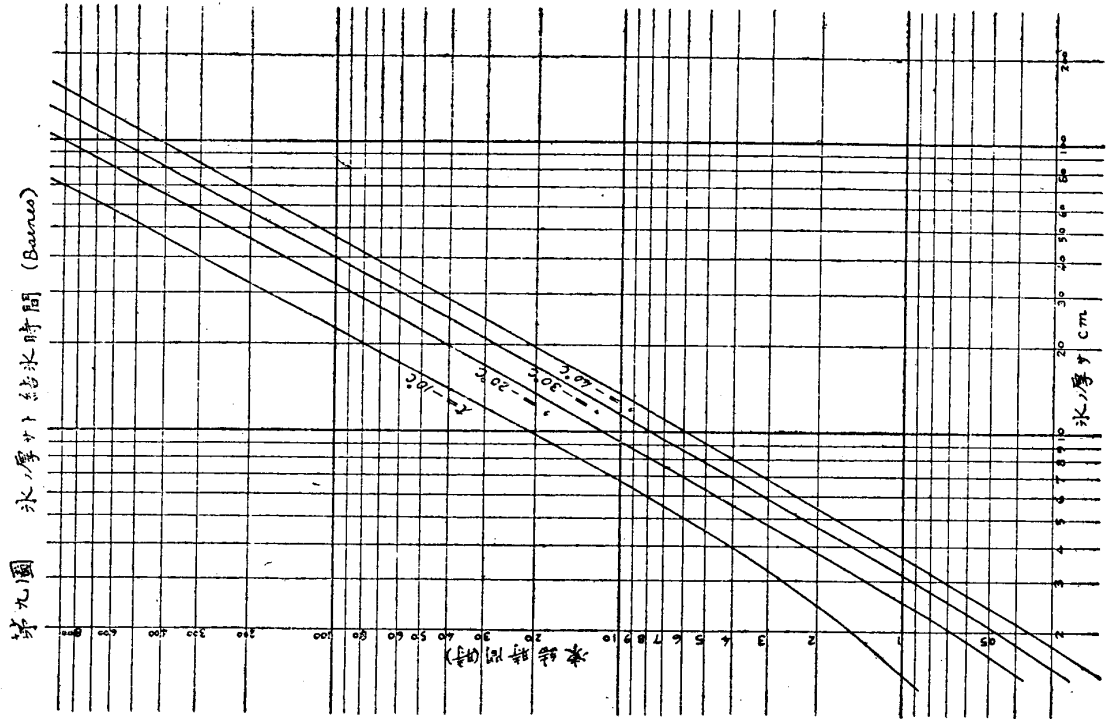
第七圖 海水、塩分、氷融點關係  
 O. Reissner

塩分  
 G.Water  
 $S = 35.72 + 0.0126(E-P)$   
 式中 E = 蒸發度 mm/day  
 P = 沈澱度 ,  
 S = 海水1980の塩分(g/l)  
 海洋平均塩分 日本海 341 389 303  
 大洋 349

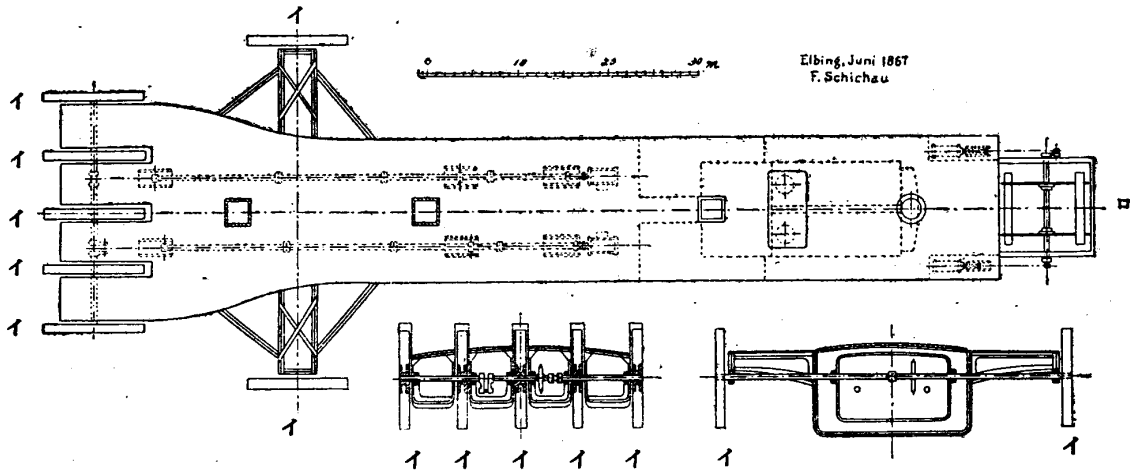
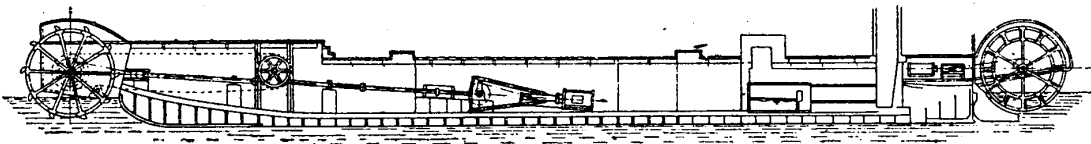


第八圖 全塩濃度、比重、結氷率



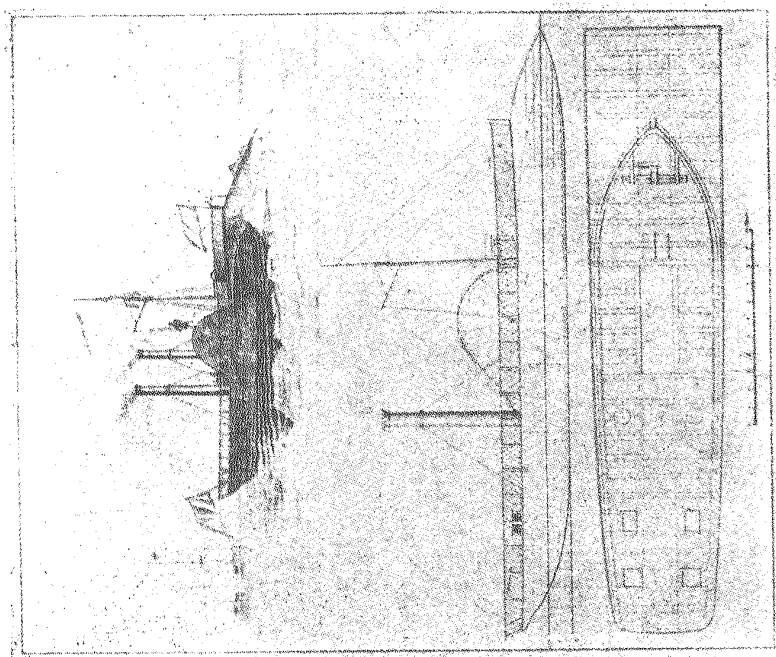


第十圖 外輪碎氷船一例

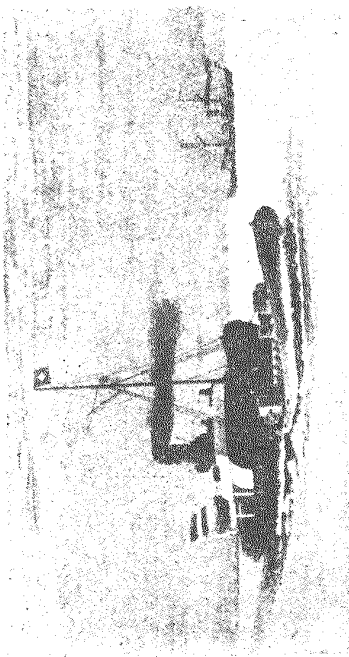


イ：碎氷用車輪    ロ：推進用車輪

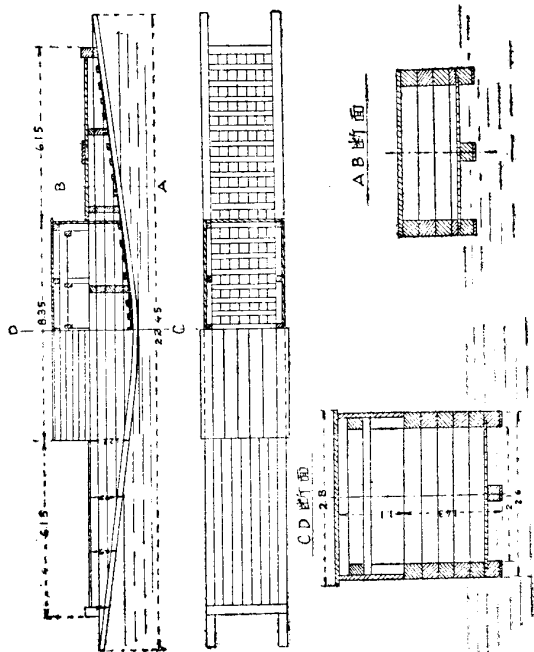
第十一圖 Spilledt 氏による碎氷船の一例



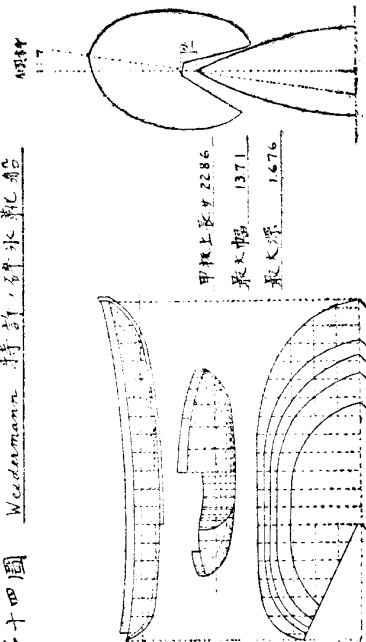
第十二圖 Weekermann 特許の碎氷靴使用の圖



第十三圖 碎氷靴



第十四圖 Weekermann 特許の碎氷靴船

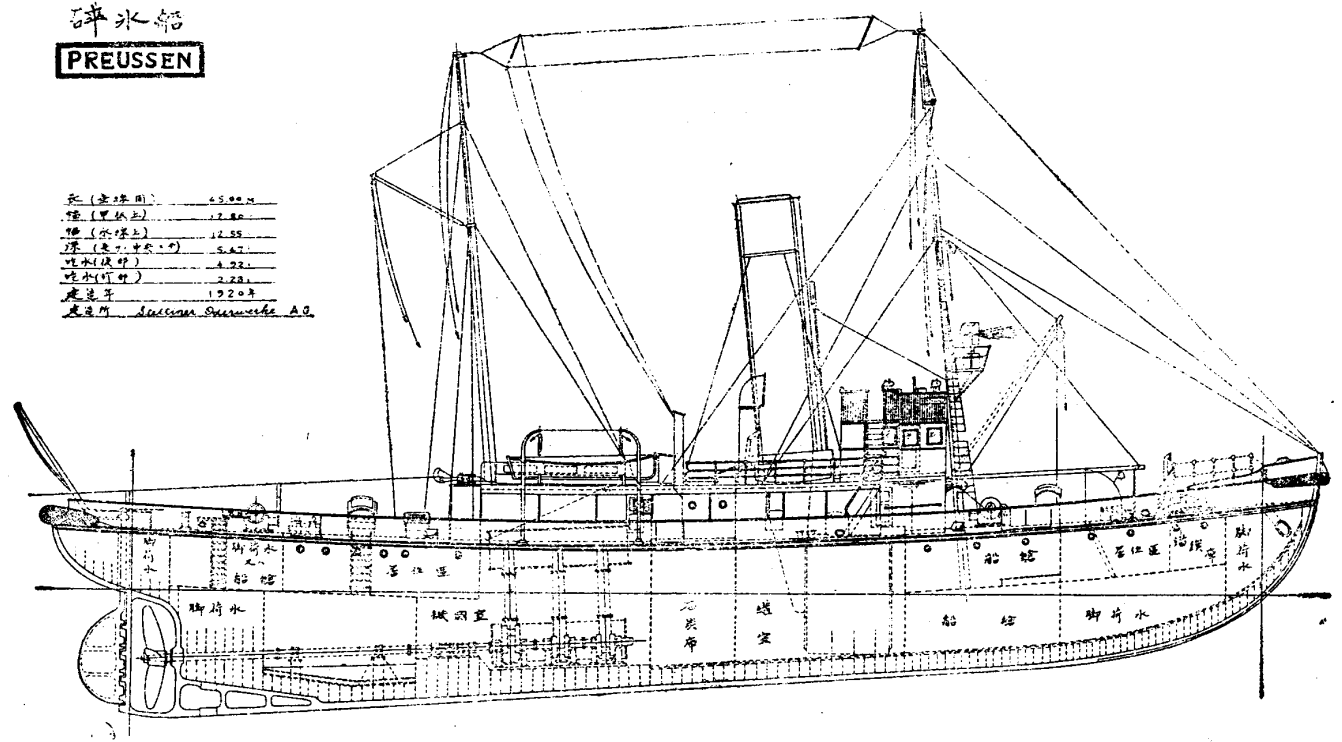


第十五圖

碎冰船

**PREUSSEN**

長 (全長)	43.00m
幅 (甲板)	12.80
幅 (水線上)	12.55
深 (最大中位)	5.67
吃水 (設計)	4.22
吃水 (實際)	2.28
建造年	1920年
建造所	Swansea Shipyard A.S.



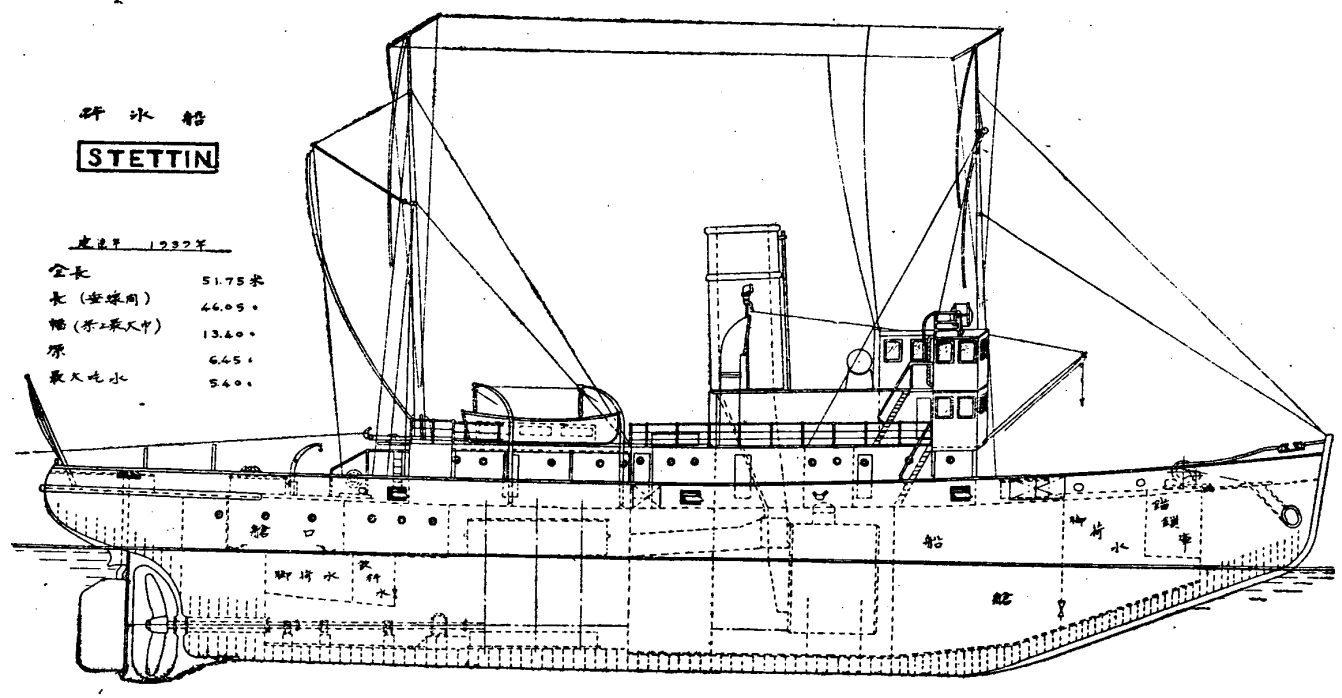
第十六圖

碎冰船

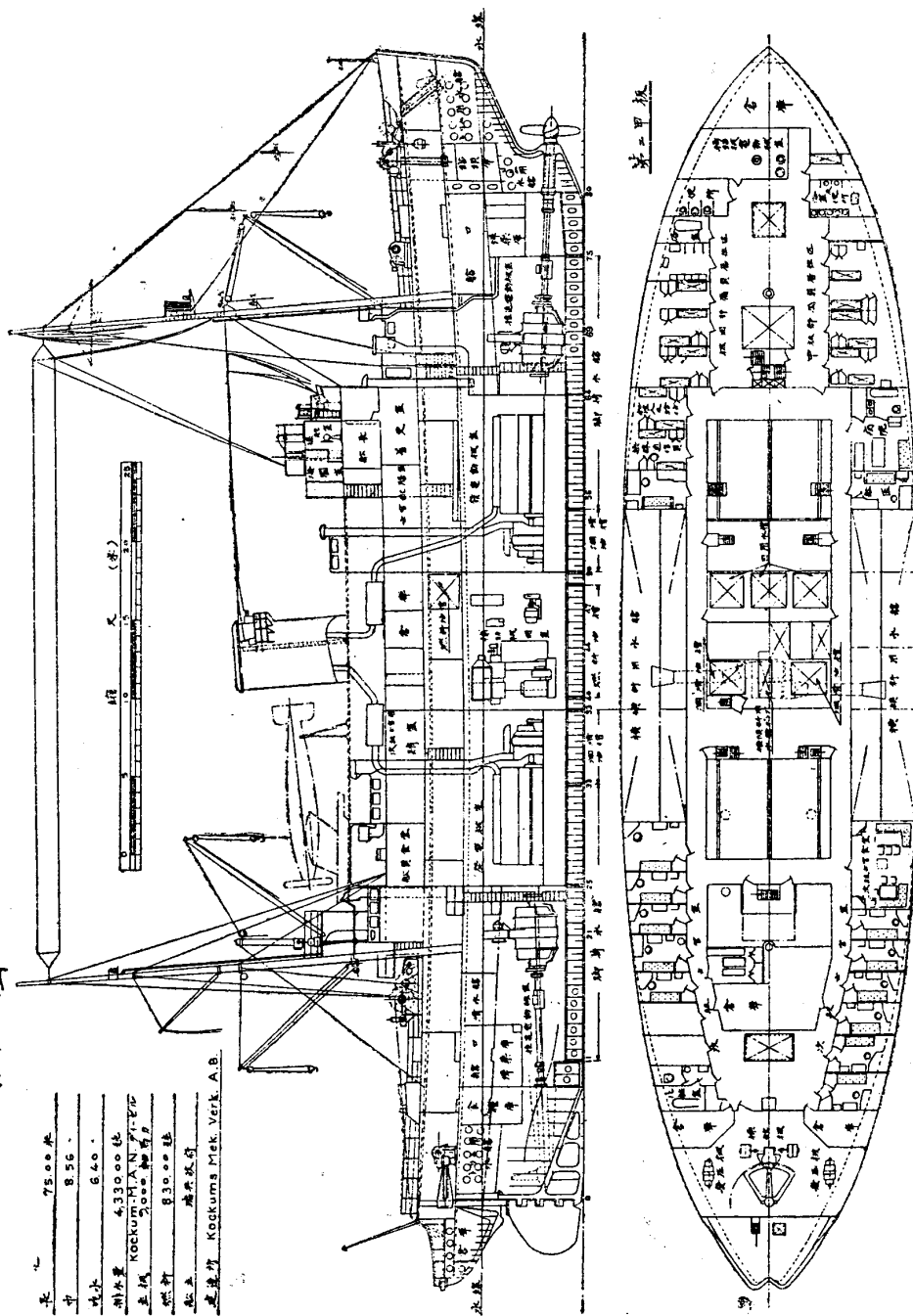
**STETTIN**

建造年 1937年

全長	51.75米
長 (安棧用)	46.05
幅 (最大中位)	13.60
深	6.65
最大吃水	5.40

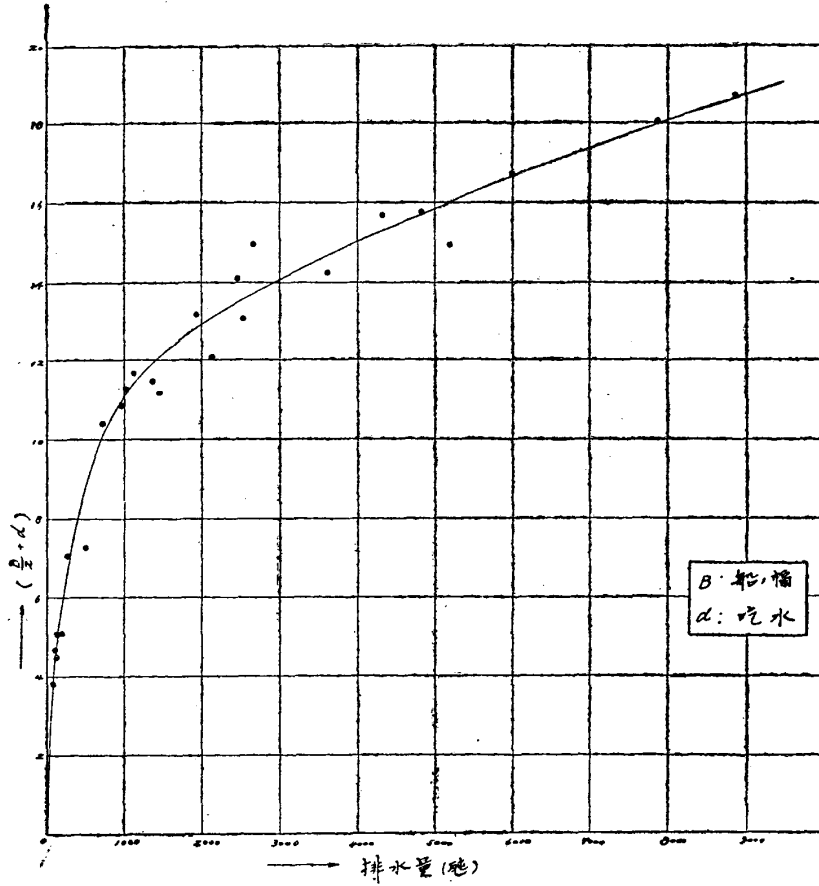


第十七圖 碎冰船 YMER

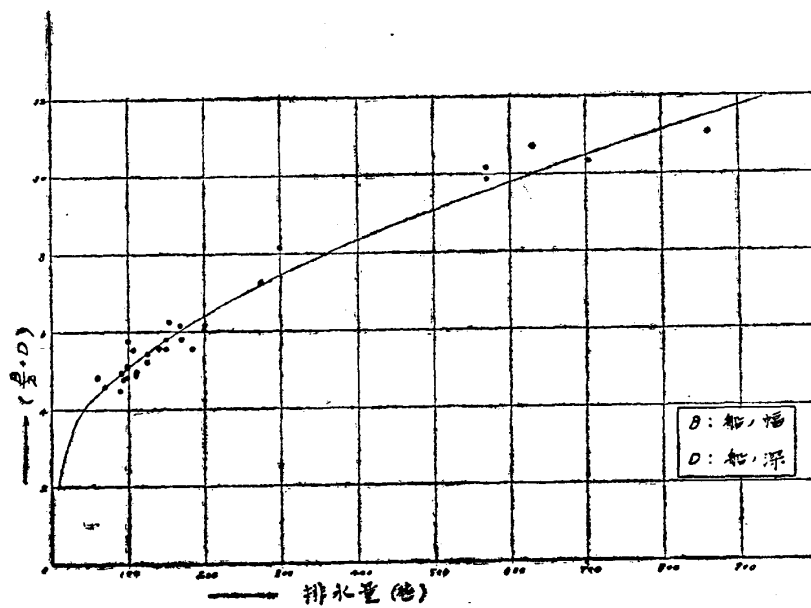


全長	75.00 米
中長	8.56 .
吃水	6.40 .
排水量	4,330.00 吨
主機	ROCKUMS M. A. N. P. I. - E. P.
燃料	2,000 噸
燃料	830.00 吨
船主	瑞興洋行
建造廠	Rockums Mek. Verk. A. B.

第十八圖 碎氷専用船  
 $(\frac{B}{L} + d)$  排水量 関係

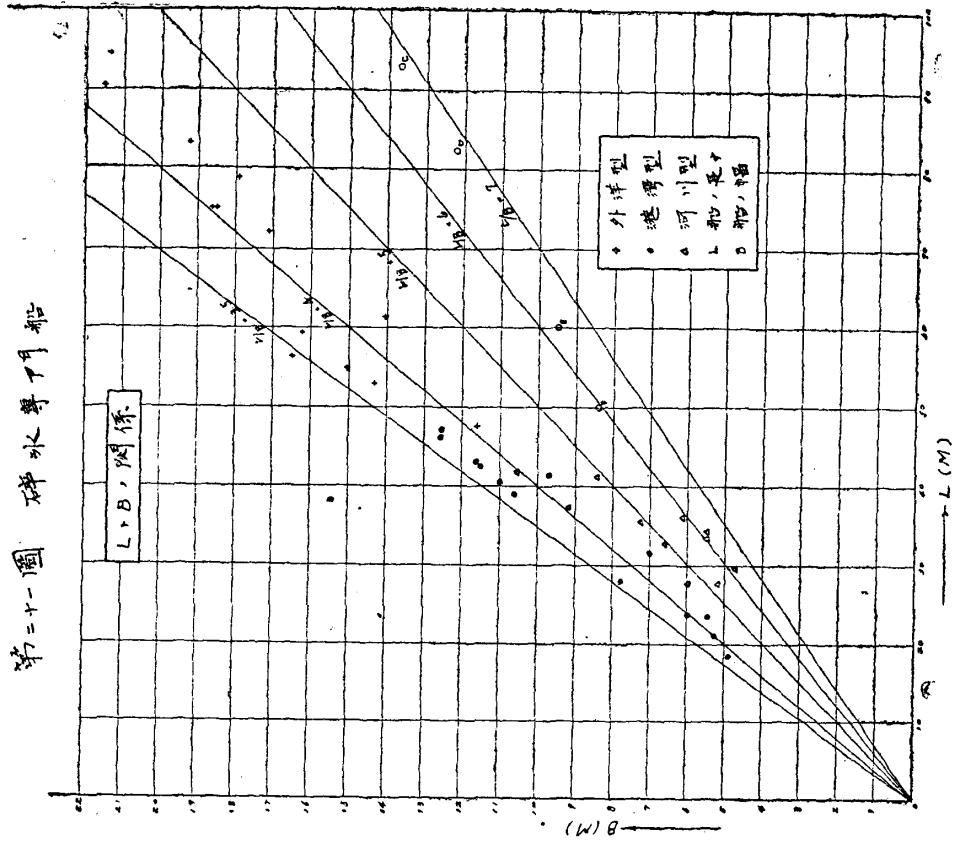


第十九圖 碎氷専用船 (排水量 1,000 噸未満)  
 $(\frac{B}{L} + D)$  排水量 関係



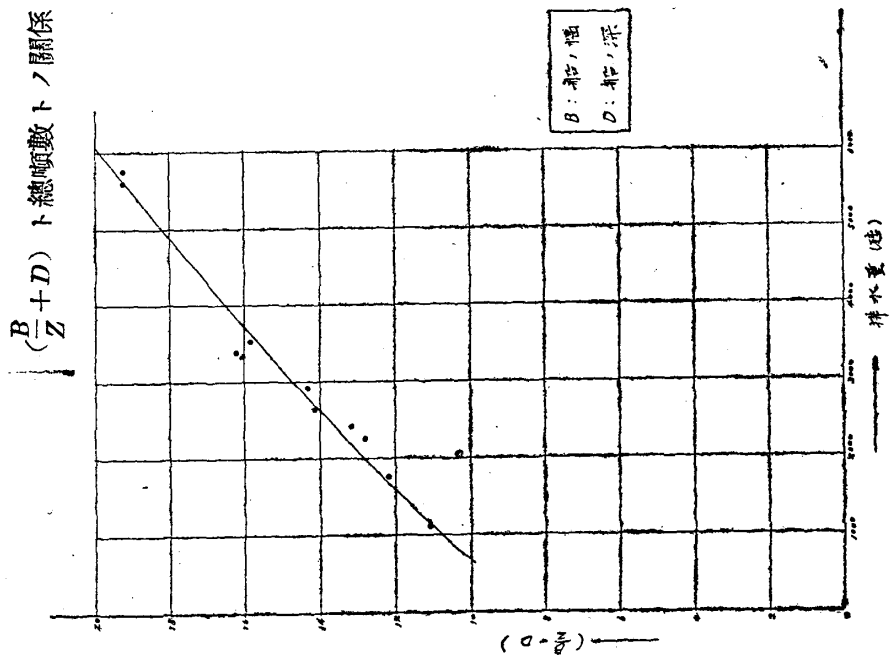


第二十一圖 碎氷専門船



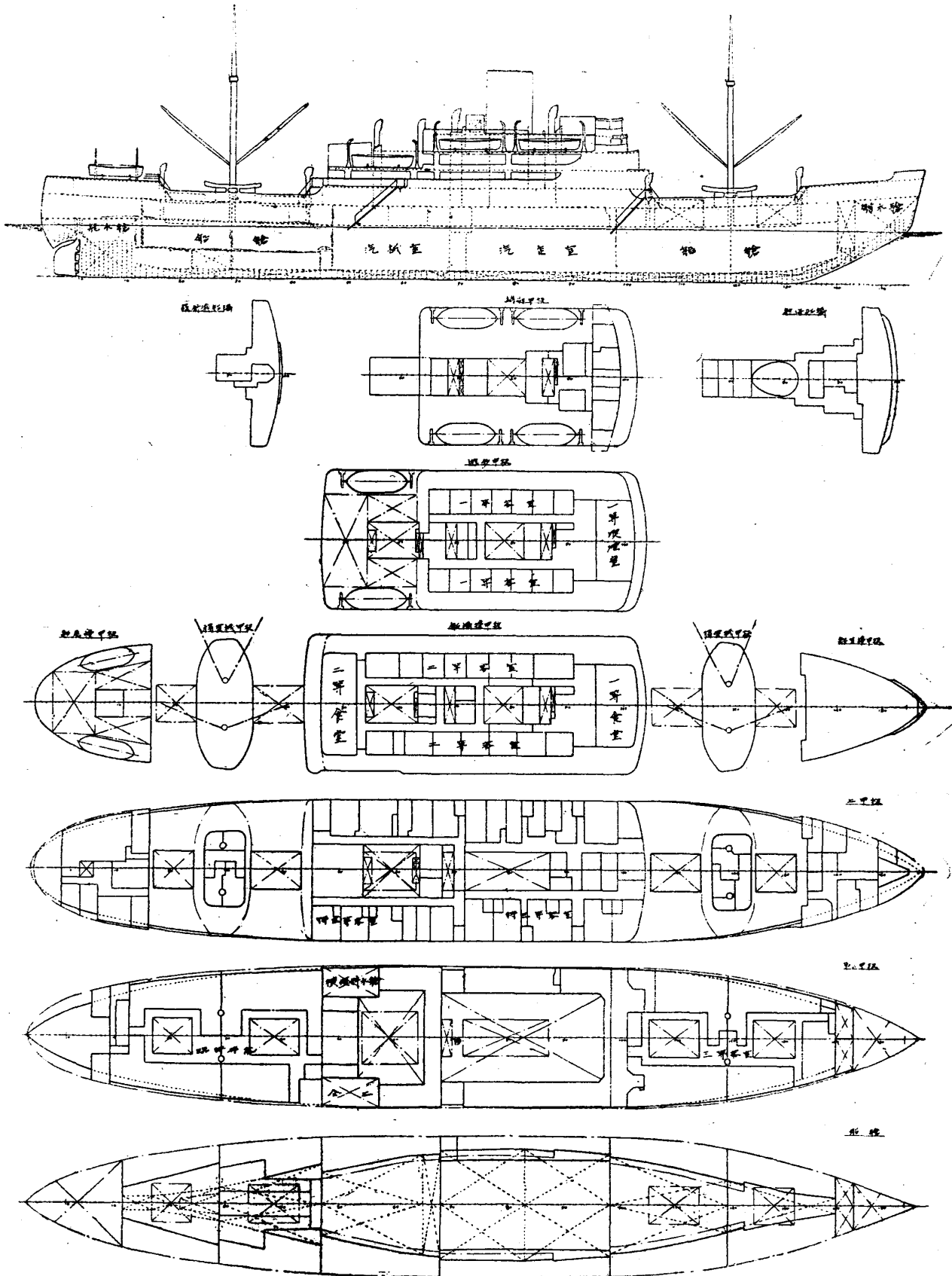
表中 C, D, E, F. は平時標準船を示す

第二十圖 碎氷装置付商船 (本邦分)



第二十二圖

鋼製雙螺旋碎水裝置付貨客汽船  
一般配置圖

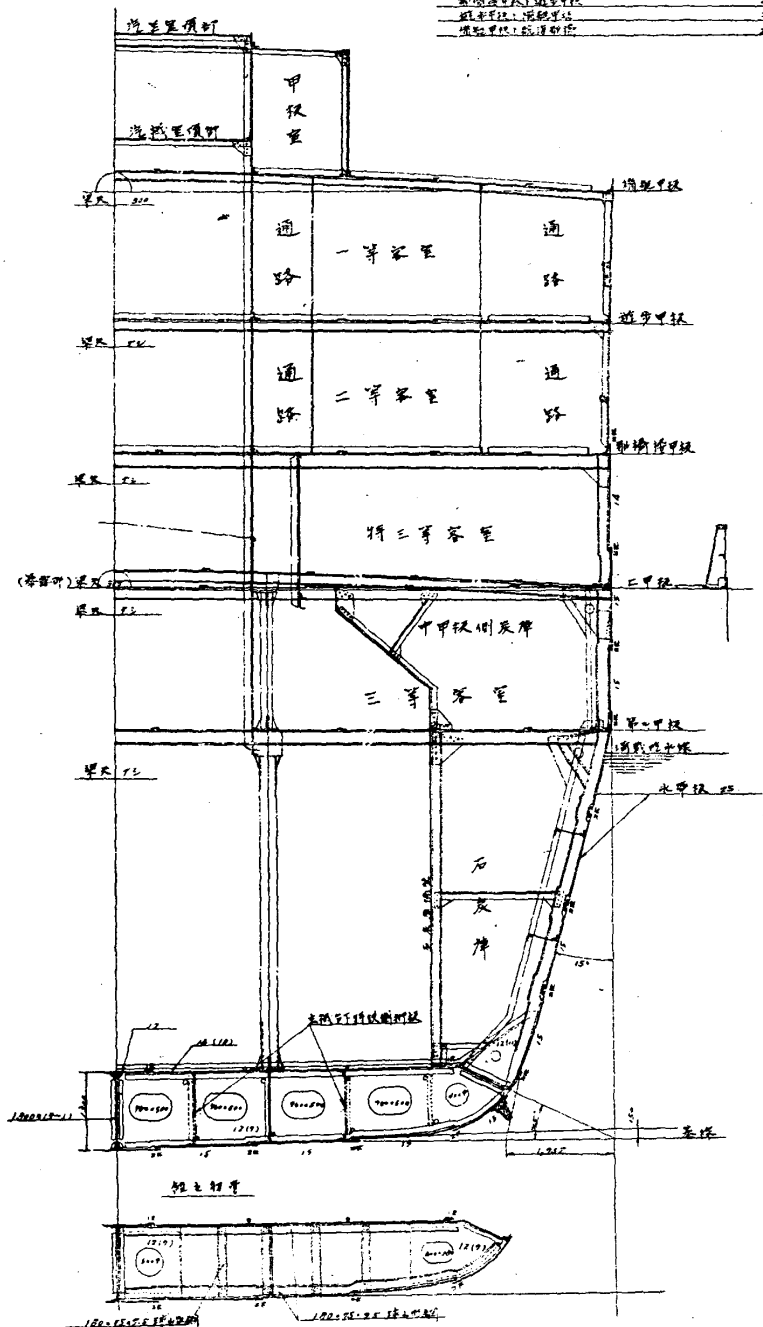




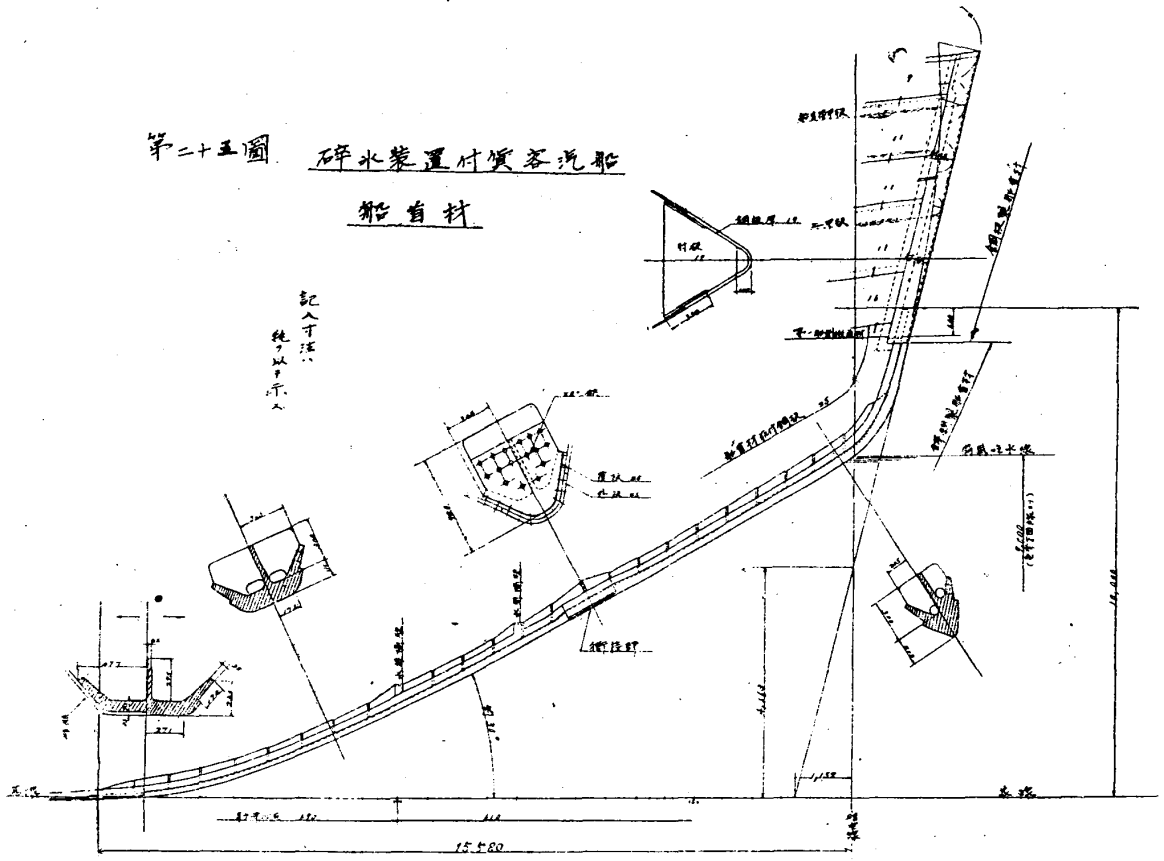
第二十四圖 碎冰裝置付貨客汽船

中央橫載面圖

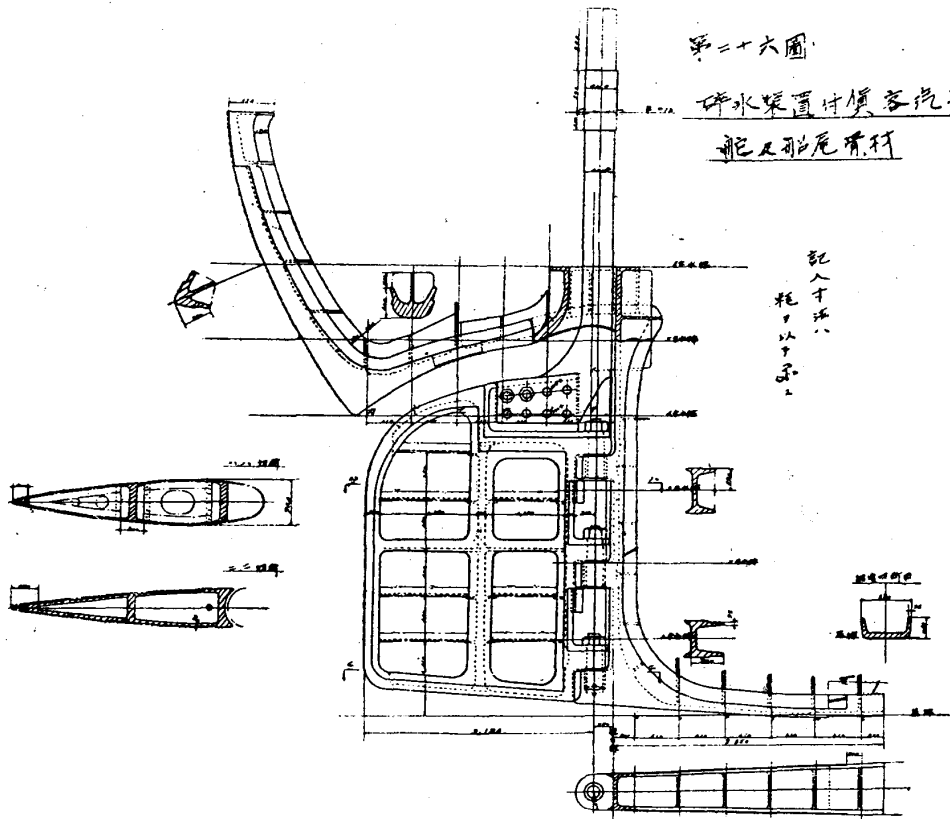
船級	海軍省第一級船(海軍)
船名	海軍省第一級船(海軍)
五等子船等一	
長(船長)	112.05米
寬(船寬)	18.20米
深(吃水)	12.00米
噸位	9,000
甲種前部	
第一甲種(三等艙)	2.60米
第二甲種(二等艙)	2.20米
第三甲種(一等艙)	2.40米
第四甲種(二等艙)	2.20米
第五甲種(三等艙)	2.20米
第六甲種(二等艙)	2.40米
第七甲種(三等艙)	2.20米
第八甲種(二等艙)	2.20米



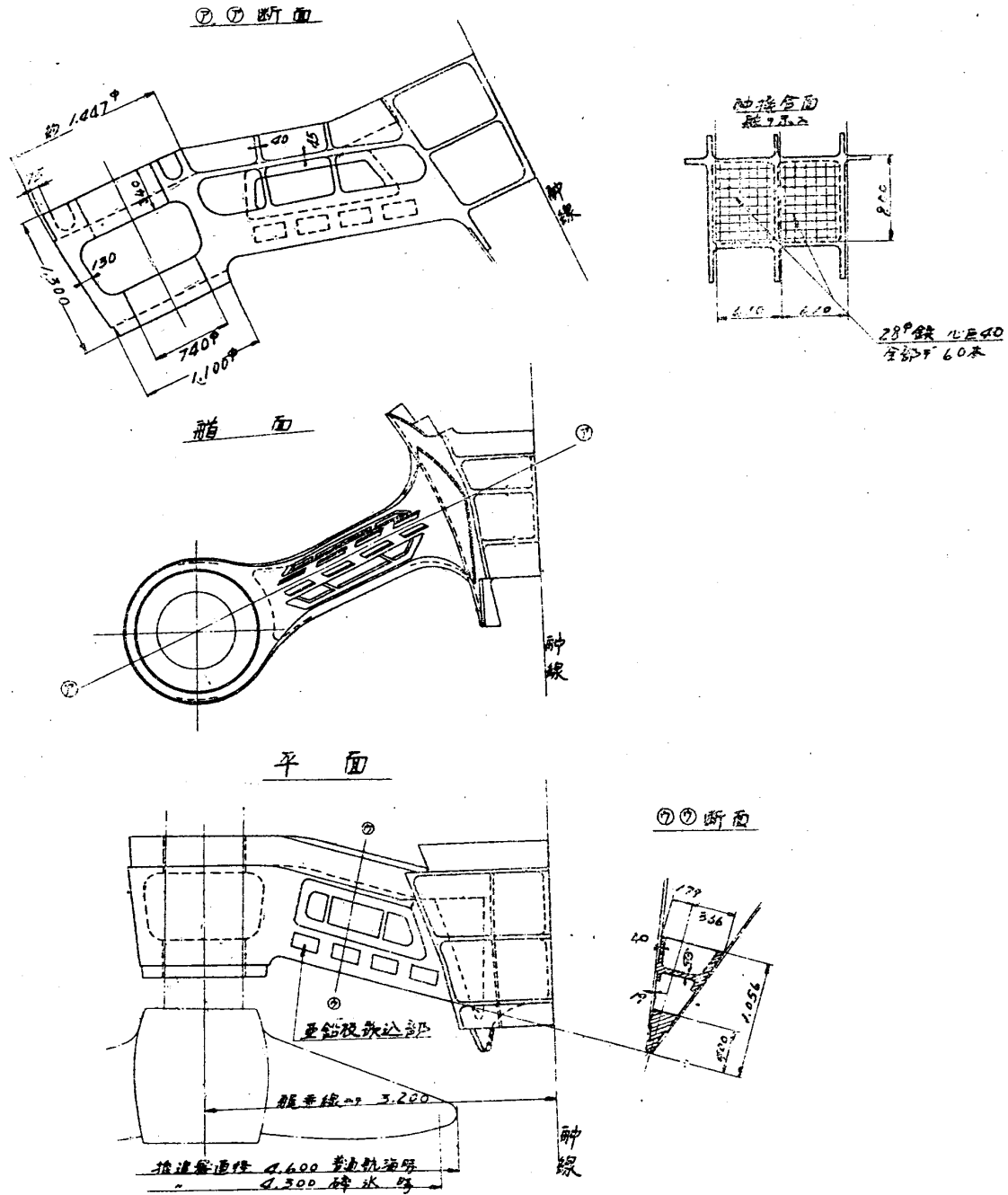
第二十五圖 碎水装置付貨客汽船  
船首材



第二十六圖  
碎水装置付貨客汽船  
船尾形尾骨材



# 第二十七圖 碎氷裝置付貨客汽船 螺旋軸支肘



## 討 論

- 座長(和辻春樹君) 只今の御講演に對しまして御質問御討論がありましたら御發言を願ひます。
- 村田 義鑑君 南波さんは非常に詳しく御調査になり、砕氷船設計上参考となる事柄を種々御發表になりましたことに對し深く敬意を表する次第であります。されど茲に1つ残念なことは1部のデータが消されてゐることです。之は固より防諜上の問題であらうと思ひますが、今後それが解禁された際には更に詳細な御發表をして戴く様御願ひ致します。砕氷船はその設計上多少具合の悪い點、完全に解決のつかぬ點が多々ある様に思ひます。例へば、推進器、後進、操縱或は主機の回轉效率等々の問題であります。推進器は侵蝕によるよりも溝蝕によつて翼を損ふ場合が多い。何故にかかることが起るかについての問題があり、又推進器と主機との間に緩衝装置の問題もあります。操舵装置について申せば、舵頭材の切斷面積を倍以上にしたとて矢張り捩れます。之は多くは後進發令と同時に舵を中央に戻すことを忘れるからであります。自動的に中央に戻る工夫が望ましいと思ふ。氷海中では操縱がもつと意の如くなる對策、もつと効率が高くて砕氷船に適する機關等についても御研究あらば御發表を御願ひ致します。
- 南波松太郎君 實の處此度の講演は、當所建造の白陽丸の詳細に就いて御報告の積りで居たのですが、時局柄防諜上差控へまして、砕氷船計畫の一般的調査事項に就て申し上げた次第です。それで1部のデータの消してゐるのも、矢張りその關係からですので、不惡御了承願ひます。何れ發表してもよい時期になれば發表したと思ひます。尙推進器、操舵機についても舵と相俟つて研究致し度いと思つて居りますから宜しく御援助の程御願ひ申します。
- 座長(和辻春樹君) 外にどなたか御座いませんか。……ない様ですから私から御禮を申し上げます。御勤務の造船所に於ては新型優秀なる砕氷船を設計するに當り極めて廣汎な研究調査をなされまして、樺太にまで調査員を派遣された外、あらゆる文獻を廣範圍に互つて研究になり、その1端を今日本會に御發表下さされたことを厚く御禮申し上げます。誠に細微に互り周到な詳しい結果を御提示になりましたのですが、日本に於ても、將來北方に發展致しますには砕氷船について充分に研究する必要があると思ひますが、此の意味におきまして南波君の御研究は非常に貴重な資料であると考へる次第であります。最後に皆様と共に拍手を以て御禮に代へ度いと思ひます。(一同拍手)