

鋼船規則

規
則

I 編 極地氷海船等

2016 年 第 1 回 一部改正

2016 年 12 月 27 日 規則 第 74 号

2016 年 7 月 27 日 技術委員会 審議

2016 年 9 月 20 日 理事会 承認

2016 年 12 月 16 日 国土交通大臣 認可

規則の節・条タイトルの末尾に付けられたアスタリスク (*) は、その規則に対応する要領があることを示しております。

「鋼船規則」の一部を次のように改正する。

I 編 極地氷海船等

1 章 通則

1.1 を次のように改める。

1.1 一般

1.1.1 適用*

-1. 本編の規定は、極海又は氷で覆われたが存在する水域（氷水域）での運航を計画する船舶に適用する。

-2. ~~IMO Resolution MSC/Circ.1056 及び MEPC/Circ.399 “Guideline for ships operating in Arctic ice covered waters”~~にある極地氷海船階級を有する船舶として登録を受けようとする船舶（以下、本編において「極地氷海船」という。）~~極海を航行する船舶（以下、本編において「極海航行船」という。）~~の材料、構造、艤装、設備及び機関等については、他の編の該当規定並びに海洋汚染防止のための構造及び設備規則、安全設備規則及び無線設備規則の極海航行船に関する規定によるほか、本編 1 章から 47 章の規定によらなければならない。

-3. ~~前-2.にかかわらず、次の(1)又は(2)に該当する船舶にあつては、原則として本編 1 章から 7 章を適用する必要はない。ただし、漁船及び総トン数 500 トン未満の船舶にあつては、2 章の規定を考慮し本会が適当と認めた極海域運航手順書を船舶に備えなければならない。~~

(1) SOLAS 条約第 I 章に従い、同条約の適用が除外される船舶（総トン数 500 トン以上の船舶（漁船を除く）であつて、国際航海に従事しない船舶を除く。）

(2) 船籍国政府に所有又は運用され、かつ、非商用目的にのみ使用される船舶であつて、主管庁が適当と認めるもの

-4. 1.2.1(20)に定義する極地氷海船階級を有する船舶として登録を受けようとする船舶（以下、本編において「極地氷海船」という。）にあつては、附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艤装及び機関の特別要件」に適合しなければならない。

~~-5. Finnish-Swedish Ice Class Rules, 2010 が適用される北バルト海の氷水域を航行する船舶又は Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations が適用されるカナダの氷水域を航行する船舶として登録を受けようとする船舶（以下、本編において「耐氷船」という。）の構造、艤装及び機関については、他の編の該当規定によるほか、本編 1 章（1.3 から 1.5 を除く。）及び 58 章の規定によらなければならない。~~

1.1.2 提出図面への記載事項*

-1. 1.2.21(20)に定義する極地氷海船階級及び 1.2.2(1)2-3に定義する耐氷船階級を、B

編 2.1.2 に規定される一般配置図，中央横断面図，船首尾倉及びその他付近の防撓構造及び外板展開図，プロペラ関係の図面に記載されなければならない。

-2. 極地氷海船にあつては，~~1.2.1(23)4-1~~に定義する最大氷海喫水線及び ~~1.2.1(24)4-2~~に定義する最小氷海喫水線並びに 附属書 1「極地氷海船の材料，構造，艤装及び機関の特別要件」1.2.35-1に定義する船体区域が，**B 編 2.1.2** に規定される外板展開図に記載されなければならない。また，附属書 1「極地氷海船の材料，構造，艤装及び機関の特別要件」2.3 に規定する予備厚が，中央断面図，船首尾の構造図及び外板展開図に記載されなければならない。

-3. 耐氷船にあつては，~~1.2.1(23)4-1~~に定義する最大氷海喫水線及び ~~1.2.1(24)4-2~~に定義する最小氷海喫水線並びに ~~1.2.2(2)2-5-2~~に定義する船体区域が，**B 編 2.1.2** に規定される外板展開図に記載されなければならない。また，~~5.4.18.4.2~~ で定義される主機出力，最大氷海喫水線における型排水量及び主機出力を算定するために必要な寸法は，**B 編 2.1.2** に規定される一般配置図に記載されなければならない。

1.1.3 低温に対する考慮

本編の規定を適用する船舶の安全及び航行に必要な構造，艤装及び諸施設の計画に際しては，航行水域の空気温度が低いことを考慮しなければならない。特に，油圧系統の機能，水管及び水タンクの氷結，非常用ディーゼル機関の始動等に対して配慮しなければならない。

1.1.4 同等効力

-1. 本編 3 章，6 章及び 7 章の規定によりがたい該当しない船体構造，設備機関等並びにこれらの配置及び寸法であつて，~~については，本会が本編の規定に適合するものと同等の効力があると SOLAS 条約第 XIV 章第 4 規則の規定に従い認められるものに限りる場合，本編 3 章，6 章及び 7 章の規定によらないことができる。これを本編に適合するものとみなす。~~

-2. 本編 8 章の規定によりがたい構造，設備等については，本会が本編の規定に適合するものと同等の効力があると認める場合，本編 8 章の規定によらないことができる。

1.2 定義

1.2.1 を次のように改める。

1.2.1 適用用語の定義*

本編における用語の定義及び記号は，他の編において特に定める場合を除き，次の(1)から(27)本節の定めるところによる。

- (1) 「A 類の船舶」とは，古い氷が一部混在する，少なくとも中程度の厚さの一年氷の中を航行する船舶をいう。
- (2) 「B 類の船舶」とは，古い氷が一部混在する，少なくとも薄い一年氷の中を航行する船舶をいう。
- (3) 「C 類の船舶」とは，開放水面又は A 類の船舶又は B 類の船舶よりも氷況が穏やかな氷水域を航行する船舶をいう。
- (4) 「一年氷」とは，0.3 m から 2.0 m の厚さの氷で，一年目の冬を超えてそれ以上は成長しない海氷をいう。
- (5) 「無氷海面」とは，海氷及び陸氷が全く存在しない海面をいう。どのような種類で

あっても氷が存在している場合はこの用語は使用しない。

- (6) 「陸氷」とは、陸上又は棚氷で形成され、水に浮いている氷をいう。
- (7) 「中程度の厚さの一年氷」とは、70 cm から 120 cm の厚さの一年氷をいう。
- (8) 「古い氷」とは、少なくとも一回の夏季を溶けきらずに越えた氷をいう。通常、厚さは 3.0 m 又はそれ以上にもなる。残存した一年氷、二年氷及び多年氷に分類される。
- (9) 「開放水面」とは、氷の密接度が 1/10 以下で、支障なく航行可能な広い海域をいう。陸氷は存在しない。
- (10) 「海氷」とは、海水が凍結して形成され、海上に見られる氷をいう。
- (11) 「薄い一年氷」とは、30 cm から 70 cm の厚さの一年氷をいう。
- (12) 「氷山海面」とは、支障なく航行可能な海域であって、海面上に存在する陸氷が 1/10 未満のものをいう。海氷が存在するものであっても差し支えないが、すべての氷の密接度は 1/10 を超えてはならない。
- (13) 「エスコートを行う船舶」とは、他の船舶を先導する高い砕氷能力を有する船舶をいう。
- (14) 「エスコートを受ける航行」とは、エスコートを行う船舶により支援された航行をいう。
- (15) 「居住可能な環境」とは、低体温症を防止する換気された環境をいう。
- (16) 「砕氷船」とは、専ら氷水域において、エスコート又はアイスマネージメント作業を行い、氷で覆われた水域を自力で航行することのできる動力及び大きさを有する船舶をいう。
- (17) 「最大救助想定時間」とは、生存を支援する装置及び設備の設計のために定める時間をいい、5 日以上とする。
- (18) 「機関」とは、機器、機械装置及びそれに付属する管及びケーブルであって、船舶の安全な航行に必要なものをいう。
- (19) 「日平均最低気温」とは、少なくとも 10 年間に渡る各日の最低気温のデータを基にして求めた、各年同月同日の最低気温の平均値をいう。10 年間分のデータが入手できない場合、本会の認めるデータセットを使用して差し支えない。
- (20) 「極地氷海船階級」とは、船級符号に付与するものであって、**附属書 1**「極地氷海船の材料、構造、艤装及び機関の特別要件」に基づき、海氷環境を航行するために設計された船舶であることを示すものをいう。
- (21) 「極地航行気温」とは、低気温環境下での航行を行う船舶に対し設定される気温をいい、当該船舶が極海域において航行する最も低い日平均最低気温から少なくとも 10°C 低く規定したものをいう。
- (22) 「低気温環境下での航行を行う船舶」とは、最も低い日平均最低気温が -10°C 未満となる区域を航行又は通過する船舶をいう。
- (23) 「最大氷海喫水線 (UIWL)」とは、氷水域を航行する際の船首、中央及び船尾のそれぞれにおける最大喫水から定まる喫水線をいう。
- (24) 「最小氷海喫水線 (LIWL)」とは、氷水域を航行する際の船首尾における最小喫水より定まる喫水線をいう。最小氷海喫水線は氷水域でのバラスト航海時の航行能力（例えばプロペラの没水等）を考慮して決定される。
- (25) 「極海」とは、南極海域及び北極海域をいう。
- (26) 「南極海域」とは、南緯 60 度以南の範囲をいう（**図 II.1** 参照）。

(27) 「北極海域」とは、北緯 58°00.0′西経 42°00.0′から北緯 64°37.0′西経 35°27.0′まで、そこから航程線で北緯 67°03.9′西経 26°33.4′まで、そこから航程線でヤンマイエン島南端まで、ヤンマイエン島南端からビュルネイ島まで、ビュルネイ島からカニン・ノス岬の大圏線まで、そこからアジア大陸の北岸を東方にベーリング海峡まで、そこからベーリング海峡から北緯 60° を西方にパラポリスキーまで、そこから北緯 60° に平行に東方にエトリン海峡を含む箇所まで、そこから北米大陸の北岸を南方に北緯 60° まで、そこから北緯 60° に平行に東方に西経 56°37.1′まで、そこから北緯 58°00.0′西経 42°00.0′までの線以北の水域をいう（図 I1.2 参照）。

1.2.2 から 1.2.7 を削る。

~~1.2.2 極地氷海船階級*~~

~~極地氷海船階級とは、表 I1.1 に示すように 7 つの階級に分類され、登録申込者が選択するものとする。~~

~~表 I1.1 極地氷海船階級~~

極地氷海船階級	記号	氷の状況及び季節
Polar Class 1	PC1	すべての極地氷水域を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 2	PC2	中程度の厳しさの多年氷が存在する氷水域を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 3	PC3	多年氷が一部混在する二年氷の中を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 4	PC4	多年氷が一部混在する厚い一年氷の中を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 5	PC5	多年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 6	PC6	多年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を夏季又は秋季に航行する極地氷海船。
Polar Class 7	PC7	多年氷が一部混在する薄い一年氷の中を夏季又は秋季に航行する極地氷海船。

~~(備考)~~

~~ここで、多年氷、二年氷及び一年氷とは、世界気象機関 (World Meteorological Organization) の海氷用語に基づくもので、次による。~~

~~多年氷：二年日の発達サイクルを終えて存続した浮氷~~

~~二年氷：一年氷が夏季に解けることなく二年日の発達サイクルに達した浮氷~~

~~一年氷：最初の年間発達サイクルにある浮氷~~

~~1.2.3 耐氷船階級*~~

~~耐氷船階級とは、以下の 5 つの階級に分類され、耐氷船の就航目的に応じ、登録申込者が選択するものとする。~~

~~(1) I4 Super~~

~~(2) I4~~

~~(3) I3~~

~~(4) I2~~

~~(5) I1~~

~~1.2.4 喫水線~~

~~1. 最大氷海喫水線 (UIWL) とは、氷水域を航行する際の船首、中央及び船尾のそれぞれにおける最大喫水から定まる喫水線をいう。~~

~~2. 最小氷海喫水線 (LIWL) とは、氷水域を航行する際の船首尾における最小喫水より定まる喫水線とする。最小氷海喫水線は氷水域でのバラスト航海時の航行能力（例えばプロペラの没水等）を考慮して決定される。~~

~~1.2.5 船体区域*~~

~~1. 極地氷海船の船体区域とは、設計氷荷重の大きさに応じて区分される船体構造の範囲をいい、次のように分類する（図 I1.1 参照）。ただし、特殊な砕氷船尾構造及び推進機構を備え、氷水域を後進により航行する極地氷海船については本会の適当と認めるところによる。~~

~~(1) 船首域~~

- ~~(a) 極地氷海船階級が PC1 から PC4 の極地氷海船の船首域
最大氷海喫水線上で水線面外板角が 10° となる位置（船首域の後縁）より前方の船体区域のうち、船首域の後縁上で最大氷海喫水線から上方に $1.5m$ の点と、船首材上で最大氷海喫水線から上方に $2.0m$ の点を結ぶ線の下方に位置する船体区域とする。~~
- ~~(b) 極地氷海船階級が PC5 から PC7 の極地氷海船の船首域
最大氷海喫水線上で水線面外板角が 10° となる位置より前方の船体区域のうち、船首域の後縁上で最大氷海喫水線から上方に $1.0m$ の点と、船首材上で最大氷海喫水線から上方に $2.0m$ の点を結ぶ線の下方に位置する船体区域とする。
ただし、船首域の後縁は、いかなる場合にも船首材の延長線と船の基線との交点より前方としてはならない。また、船首域の後縁は、船首垂線から船尾方向に最大氷海喫水線での船の長さの 0.45 倍の位置よりも後方とする必要はない。~~

~~(2) 船首中間域~~

- ~~(a) 極地氷海船階級が PC1 から PC4 の極地氷海船の船首中間域
船首域の後縁から、最大氷海喫水線上で水線面外板角が 0° となる点より最大氷海喫水線での船の長さの 0.04 倍後方の位置（船首中間域の後縁）より前方の船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に $1.5m$ の線より下方に位置する船体区域とする。~~
- ~~(b) 極地氷海船階級が PC5 から PC7 の極地氷海船の船首中間域
船首域の後縁から、最大氷海喫水線上で水線面外板角が 0° となる点より最大氷海喫水線での船の長さの 0.04 倍後方の位置より前方の船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に $1.0m$ の線より下方に位置する船体区域とする。~~

~~(3) 船尾域~~

- ~~(a) 極地氷海船階級が PC1 から PC4 の極地氷海船の船尾域
最大氷海喫水線上で船尾垂線から船の幅が最大になる位置までの距離の 0.7 倍を船尾垂線から船首方向に向かって計測した点（船尾域の前縁）より後方に位置する船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に $1.5m$ の線より下方に位置する船体区域とする。~~
- ~~(b) 極地氷海船階級が PC5 から PC7 の極地氷海船の船尾域
最大氷海喫水線上で船尾垂線から船の幅が最大になる位置までの距離の 0.7 倍を船尾垂線から船首方向に向かって計測した点より後方に位置する船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に $1.0m$ の線より下方に位置する船体区域とする。
ただし、船尾垂線から船尾域の境界点までの距離は最大氷海喫水線での船の長さの 0.15 倍以上としなければならない。~~

~~(4) 中央域~~

- ~~(a) 極地氷海船階級が PC1 から PC4 の極地氷海船の中央域~~

~~船首中間域の後縁から、船尾域の前縁までの間の船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に1.5mの線より下方に位置する船体区域とする。~~

~~(b) 極地氷海船階級がPC5からPC7の極地氷海船の中央域
船首中間域の後縁から、船尾域の前縁までの間の船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に1.0mの線より下方に位置する船体区域とする。~~

~~(5) 船底域~~

~~船底域とは船首中間域、中央域及び船尾域において、船底外板が水平より7°傾斜する位置（船底域の上縁）より船体中心線側に位置する外板区域をいう。~~

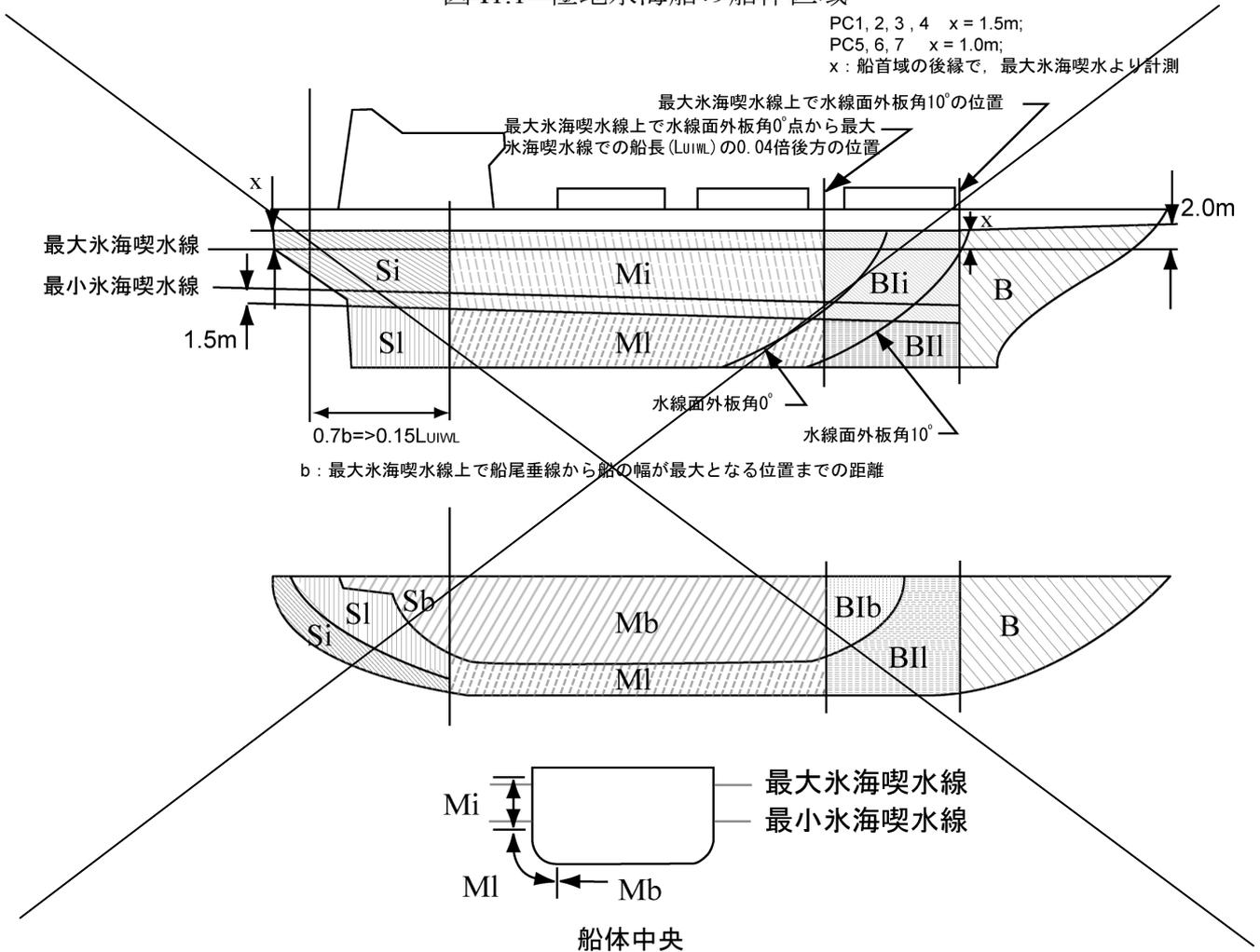
~~(6) 下部域~~

~~下部域とは船首中間域、中央域及び船尾域において、船底域の上縁から最小氷海喫水の1.5m下方の線（下部域の上縁）までの外板区域をいう。~~

~~(7) 耐氷帯域~~

~~耐氷帯域とは船首中間域、中央域及び船尾域において、下部域の上縁から、極地氷海船階級がPC1からPC4の極地氷海船にあつては最大氷海喫水の1.5m上方、極地氷海船階級がPC5からPC7の極地氷海船にあつては最大氷海喫水の1.0m上方の線までの外板区域をいう。~~

~~図 11.1 極地氷海船の船体区域~~



~~(備考)~~

~~ここで、図中の記号は以下のとおりとする。~~

~~B : 船首域~~

~~B_{li} : 船首中間耐氷帯域~~

~~B_{ll} : 船首中間下部域~~

~~B_{lb} : 船首中間船底域~~

~~M_i : 中央耐氷帯域~~

~~M_l : 中央下部域~~

~~M_b : 中央船底域~~

~~S_i : 船尾耐氷帯域~~

~~S_l : 船尾下部域~~

~~S_b : 船尾船底域~~

~~2. 耐氷船の長さ方向にわたって、耐氷船階級 L1-Super, L1, IB 及び IC を選択する耐氷船にあっては、船首域、中央域及び船尾域を、また、耐氷船階級 ID を選択する耐氷船にあっては船首域を、それぞれ、次のように区分する。~~

~~(1) 船首域~~

~~船首端と船体平行部の前縁から後方 0.04L の距離にある線との間。ただし、船体平行部の前縁からこの船首域の後縁までの距離は、耐氷船階級が L1-Super 及び L1 の耐氷船の場合は 6m、耐氷船階級が IB, IC 及び ID の耐氷船の場合は 5m をそれぞれ超える必要はない。~~

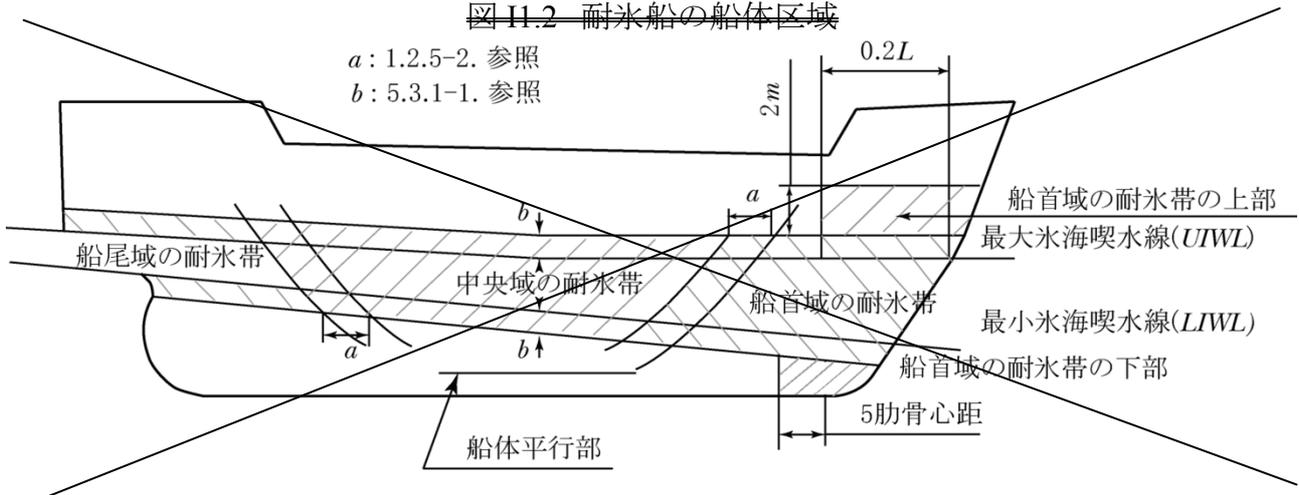
~~(2) 中央域~~

~~船首域の後縁と、船体平行部の後縁から後方 0.04L の距離にある線との間。ただし、船体平行部の後縁から後方への距離は、耐氷船階級が L1-Super 及び L1 の耐氷船の場合は 6m、耐氷船階級が IB 及び IC の耐氷船の場合は 5m をそれぞれ超える必要はない。~~

~~(3) 船尾域~~

~~中央域の後縁と船尾端との間。~~

図 I1.2 耐氷船の船体区域



~~1.2.6 水線面外板角~~

~~水線面外板角とは、各喫水面における船体外板の接線と船長方向のなす角をいう。(図 I1.3 参照)~~

~~1.2.7 主機出力~~

~~主機出力 (H) は、主機の連続最大出力時の出力とする。ただし、主機出力が技術的な理由又は適用規則により制限される場合は、その制限された出力とする。~~

~~図 I1.3 水線面外板角 α~~

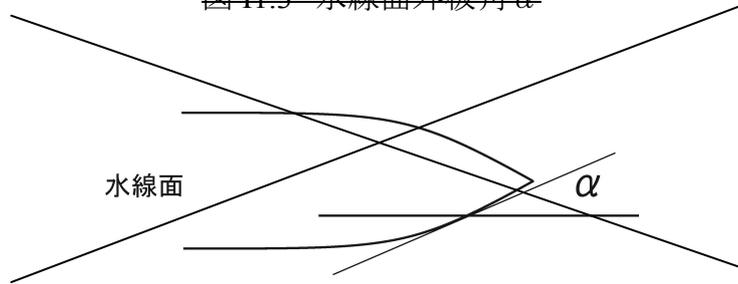


図 I1.1 及び図 I1.2 として次の 2 図を加える。

図 I1.1 南極海域の最大範囲

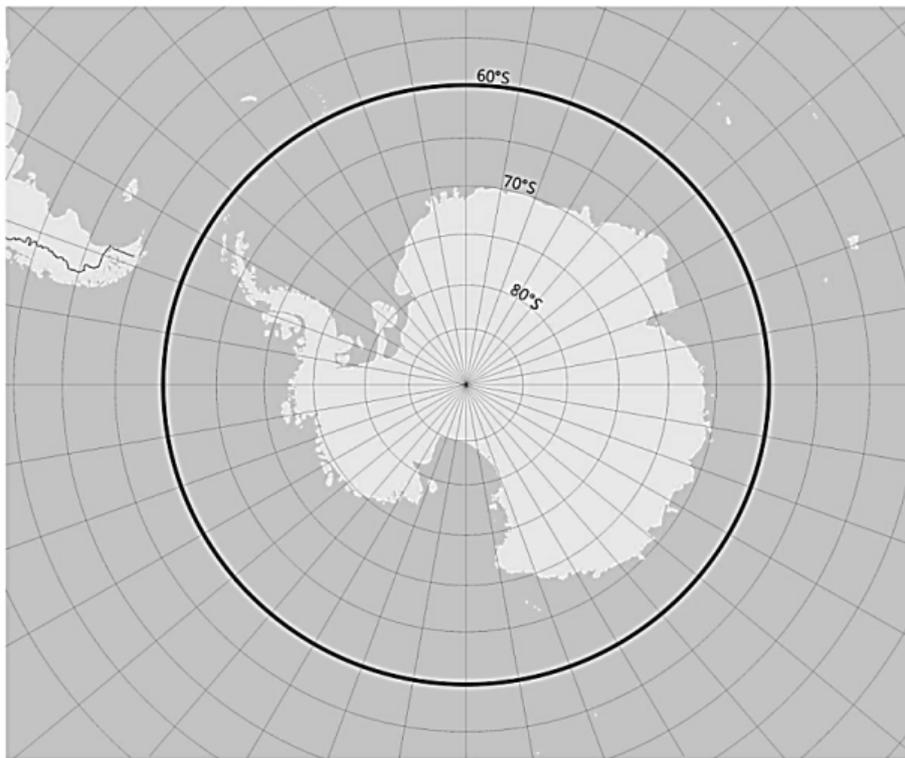


図 I1.2 北極海域の最大範囲



1.2.2 として次の 1 条を加える。

1.2.2 耐氷船*

本編 8 章の適用上、用語の定義及び記号は、他の編において特に定める場合を除き、本条の次の(1)から(3)に定めるところによる。

(1) 耐氷船階級

耐氷船階級とは、以下の 5 つの階級に分類され、耐氷船の就航目的に応じ、登録申込者が選択するものとする。

(a) IA Super

(b) IA

(c) IB

(d) IC

(e) ID

(2) 船体区域

耐氷船の長さ方向にわたって、耐氷船階級 IA Super, IA, IB 及び IC を選択する耐氷船にあっては、船首域、中央域及び船尾域を、また、耐氷船階級 ID を選択する耐氷船にあっては船首域を、それぞれ次のように区分する。

(a) 船首域

船首端と船体平行部の前縁から後方 $0.04 L$ の距離にある線との間。ただし、船体平行部の前縁からこの船首域の後縁までの距離は、耐氷船階級が IA Super 及び IA の耐氷船の場合は $6 m$ 、耐氷船階級が IB, IC 及び ID の耐氷船の場合は $5 m$ をそれぞれ超える必要はない。

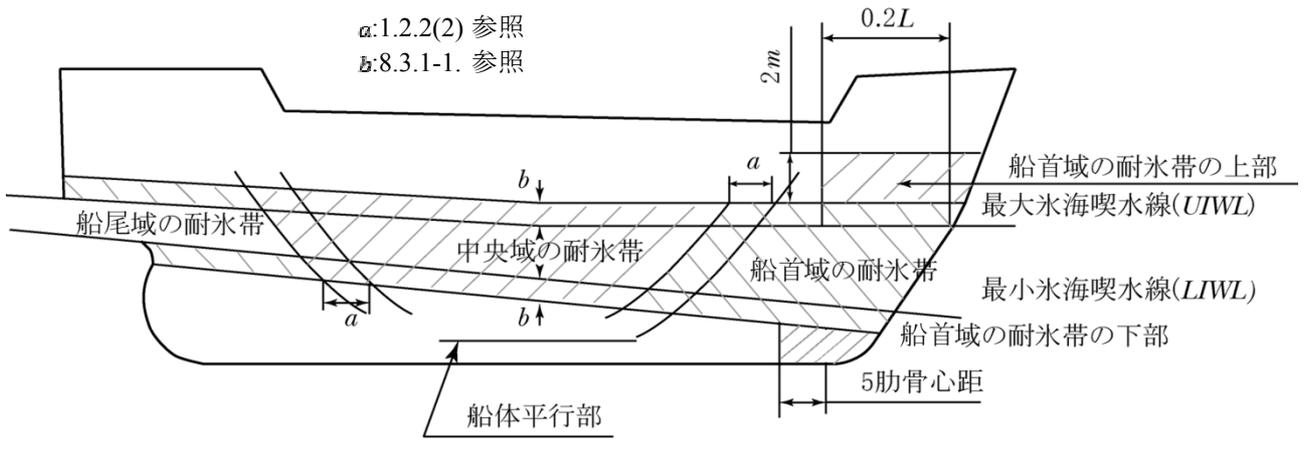
(b) 中央域

船首域の後縁と、船体平行部の後縁から後方 $0.04L$ の距離にある線との間。ただし、船体平行部の後縁から後方への距離は、耐氷船階級が *IA Super* 及び *IA* の耐氷船の場合は 6 m 、耐氷船階級が *IB* 及び *IC* の耐氷船の場合は 5 m をそれぞれ超える必要はない。

(c) 船尾域

中央域の後縁と船尾端との間

図 I1.3 耐氷船の船体区域



(3) 主機出力 (H) は、主機の連続最大出力時の出力とする。ただし、主機出力が技術的な理由又は適用規則により制限される場合は、その制限された出力とする。

1.3 から 1.5 として次の 3 節を加える。

1.3 性能基準 (極海コード I-A 部 1.4)

1.3.1 一般*

特に規定されない限り、本編 2 章から 7 章、安全設備規則及び無線設備規則で取り扱う船舶の設備及び装置は、それぞれ少なくとも鋼船規則、安全設備規則及び無線設備規則の関連規定で要求される性能基準を満たすものでなければならない。

1.3.2 低気温環境下での航行を行う船舶

-1. 低気温環境下での航行を行う船舶に対して、極地航行気温を定めなければならない。当該気温は、当該船舶が航行予定の区域及び時期に応じた日平均最低気温から少なくとも 10°C 低いものとしなければならない。本編 2 章から 7 章、安全設備規則及び無線設備規則で要求される設備及び装置は、極地航行気温下において機能するものでなければならない。

-2. 低気温環境下での航行を行う船舶について、安全設備規則 6 編で要求される救命設備及び装置は、極地航行気温下において、最大救助想定時間内において機能するものでなければならない。

1.4 危険因子（極海コード INTRODUCTION 3 関連）

1.4.1 危険因子

-1. 本編 2 章から 7 章並びに海洋汚染防止のための構造及び設備規則、安全設備規則及び無線設備規則の極海航行船に関する規定は、発生確率の増加又は影響の深刻化によりリスクレベルを引き上げうる次の(1)から(10)の危険因子を考慮している。

- (1) 構造、復原性、機関、航行、船上での作業環境、機器の保守、緊急時への備え及び安全設備へ影響を与える恐れのある氷
- (2) 設備機能及び復原性を減少させる可能性がある甲板等の上部への着氷
- (3) 作業環境、人体影響、機器の保守、緊急時への備え、材料特性、設備、安全設備及び装置の性能及び生存時間へ影響を与える恐れのある低温
- (4) 人体及び航行に影響を与える恐れのある夜間又は昼間の長期化
- (5) 航行システム、通信システム及び氷画像情報の品質へ影響を与える恐れのある高緯度
- (6) 遠隔地域であるため、航行補助及び航路標識が減少し、座礁の可能性が高くなる。また、捜索救助施設が限られた数しかなく、緊急時の応答遅延、通信能力の制限等が事故対応へ影響を与える恐れのある遠隔地域であること並びに正確かつ完全な海況に関するデータ及び情報の不足
- (7) 潜在的な人為的ミスが発生に繋がる恐れのある船員の極地航行における経験の欠如
- (8) 緩和措置の有効性の制限に繋がる恐れのある緊急時の最適な対応装置の欠如
- (9) 事故の深刻化に繋がる恐れのある天候の過酷さ及び急激な変化
- (10) 有害物質及びその他の環境に対する影響を受けやすく、汚染された場合、より長い回復期間が必要となる環境

-2. 極海におけるリスクレベルは地理的な場所、日照時間を考慮した時期及び氷量等に依存するため、前-1.(1)から(10)の危険因子に対処するために要求される対策は、同じ極海内で、また、北極海域と南極海域で異なる場合がある。

1.5 航行アセスメント（極海コード I-A 部 1.5）

1.5.1 航行アセスメント*

手順又は航行制限を策定するため、次の(1)から(3)を考慮し、船舶及び搭載される装置の評価を行わなければならない。本会は、これらの評価に関する資料の提出を要求することがある。

- (1) 次の(a)から(d)に示す、想定される航行及び環境条件の範囲
 - (a) 低温環境下での航行
 - (b) 氷水域での航行
 - (c) 高緯度域での航行
 - (d) 氷上又は陸上への船体放棄の可能性
- (2) 1.4.1 に規定する危険因子の内、該当するもの
- (3) 追加の危険因子（認識された場合）

2章から4章を削り，5章を8章に改め，2章から7章として次の6章を加える。

2章 極海域運航手順書

2.1 目的（極海コード I-A 部 2.1）

本章は，船主，オペレータ，船長及び船員による意志決定を支援するため，船舶の航行能力及び制限に関する十分な情報を提供することを目的とする。

2.2 機能要件（極海コード I-A 部 2.2）

2.2.1 機能要件

2.1を達成するため，次の機能要件を満足しなければならない。

- (1) 極海域運航手順書には，1.5に規定する航行アセスメントに関する船舶特有の航行能力及び制限についての情報を含めること。
- (2) 極海域運航手順書には，通常航行時及び船舶の能力を上回る状態を避けるために従うべき特定の手順を参照又は含めること。
- (3) 極海域運航手順書には，極海域での事故時において従うべき特定の手順を参照又は含めること。
- (4) 極海域運航手順書には，前(1)に規定する船舶の能力及び制限を超える状態において従うべき特定の手順を参照又は含めること。
- (5) 極海域運航手順書には，必要に応じて，砕氷船による支援を受ける際に従うべき特定の手順を参照又は含めること。

2.3 規則（極海コード I-A 部 2.3）

2.3.1 極海域運航手順書*

2.2.1の要件に適合するため，船舶には，極海域運航手順書を備えなければならない。

2.3.2 航行アセスメント

2.2.1(1)の要件に適合するため，極海域運航手順書には，該当する場合，氷水域における能力と制限を決定するための手法を含めなければならない。

2.3.3 通常航行時における手順

2.2.1(2)の要件に適合するため，極海域運航手順書には，必要に応じて，次の(1)から(5)に関するリスクに基づく手順を含めなければならない。

- (1) 船舶の設計能力及び制限を超える氷況及び/又は温度をさけるための航海計画
- (2) 環境条件に関する予報を受信するための手配要領
- (3) 利用可能な海図，気象及び航行に関する情報の制限事項への対応手段
- (4) 本編に規定する装置の操作
- (5) 低気温，甲板着氷及び海氷の影響下において，装置及びシステムの機能を維持するための特別措置の実施

2.3.4 極海での事故時における手順*

2.2.1(3)の要件に適合するため、極海域運航手順書には、次の**(1)**及び**(2)**に関するリスクに基づく手順を含めなければならない。

- (1) サルベージ，搜索救助（SAR），漏えい対応等，必要に応じた措置のための緊急対応プロバイダーとの連絡
- (2) 本編**3**章に従い氷荷重に対し補強される船舶の場合，氷に閉ざされた状況になった際の船舶の健全性及び人命を維持するための手順

2.3.5 能力及び制限を超える状態における手順

2.2.1(4)の要件に適合するため、極海域運航手順書には、船舶の設計能力及び制限を超える氷及び/又は温度に陥った場合に従うべきリスクに基づく手順を含めなければならない。

2.3.6 砕氷船による支援を受ける場合の手順*

2.2.1(5)の要件に適合するため、極海域運航手順書には、必要に応じて、エスコートを受ける航行や砕氷船による支援のためのあらゆる要件といった、氷水域航行中の安全性を監視し、維持するためのリスクに基づく手段を含めなければならない。船舶が単独で航行するか砕氷船によるエスコートを受けるかに応じて異なる航行制限が適用される場合がある。必要に応じて、極海域運航手順書には両方のオプションを含めなければならない。

3章 船体構造

3.1 目的（極海コード I-A 部 3.1）

本章は、構造の材料及び寸法が環境条件及び荷重による応答に対して、十分な構造の健全性を確保することを目的とする。

3.2 機能要件（極海コード I-A 部 3.2）

3.2.1 機能要件

3.1 を達成するため、次の(1)及び(2)の機能要件を満足しなければならない。

- (1) 低気温環境下での航行を行う船舶にあっては、使用される材料は、極地航行気温に適合すること。
- (2) 船体構造は、予想される氷況において、氷荷重に対して全体及び局部荷重に耐えるように設計すること。

3.3 規則（極海コード I-A 部 3.3）

3.3.1 構造部材の材料*

3.2.1(1)に適合するため、大気暴露となる構造部材の材料は、**附属書 1**「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」、**C 編 1.1.12** 又は同等の安全性を確保できる他の基準（極地航行気温に基づくもの）を考慮し、本会が承認したものでなければならない。

3.3.2 船体構造*

3.2.1(2)の機能要件に適合するため、以下の要件を適用しなければならない。

- (1) A 類の船舶の寸法は、次の(a)又は(b)のいずれかとする。
 - (a) **附属書 1**「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」に従い PC1 から PC5 のいずれかの船体構造の要件に適合し、かつ、本会の承認を得ること
 - (b) 同等の安全性を確保できる他の基準に適合し、かつ、本会の承認を得ること
- (2) B 類の船舶の寸法は、次の(a)又は(b)のいずれかとする。
 - (a) **附属書 1**「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」に従い PC6 又は PC7 の船体構造の要件に適合し、かつ、本会の承認を得ること
 - (b) 同等の安全性を確保できる他の基準に適合し、かつ、本会の承認を得ること
- (3) 氷荷重に対し補強される C 類の船舶の寸法は、航行海域における氷の種類や氷の密接度に対して適切な基準を考慮し、かつ、本会の承認を得ること
- (4) C 類の船舶は、主管庁が当該船舶の構造が航行海域に適切な構造であると判断した場合には、氷荷重に対する補強をする必要はない。

4章 区画及び復原性

4.1 目的（極海コード I-A 部 4.1）

本章は、適切な区画並びに非損傷時及び損傷時の復原性を確保することを目的とする。

4.2 機能要件（極海コード I-A 部 4.2）

4.2.1 機能要件

4.1 を達成するため、次の(1)及び(2)の機能要件を満足しなければならない。

- (1) 非損傷状態において、着氷した場合に十分な復原性を有すること。
- (2) 2017年1月1日以降に建造開始段階にある A 類及び B 類の船舶にあっては、氷による損傷を受けた場合にあっても十分な復原性を有すること。

4.3 規則（極海コード I-A 部 4.3）

4.3.1 非損傷時復原性

4.2.1(1)に適合するため、次の(1)から(4)を適用しなければならない。

- (1) 航行する海域及び期間により、着氷が想定される船舶は、その復原力計算に際しては次の(a)及び(b)の着氷量を考慮すること。
 - (a) 暴露甲板上及びギャングウェイに対し、 30 kg/m^2
 - (b) 喫水線上の船舶の両側の投影側面積に対し、 7.5 kg/m^2 、ただし、手すり、種々のブーム、円材（マストを除く）及び索類の不連続な表面における投影側面積並びに他の小さい物体の投影側面積は、連続表面の合計投影面積を 5%増加し、この面積の静的偶力を 10%増加することにより計算する。
- (2) 航行する海域及び期間により、着氷が想定される船舶は、次の(a)及び(b)に適合すること。
 - (a) 着氷量が最小となる設計とすること。
 - (b) 例えば、ブルワーク、手すり及び支柱等の着氷を取り除くための電動及び圧縮空気式の装置並びに／又は斧、木製の棍棒等、必要に応じ、着氷を取り除くための設備を有すること。
- (3) 復原性計算において考慮された着氷量に関する情報を極海域運航手順書に記載すること。
- (4) 極海域運航手順書に記載される許容量を超えないよう着氷状況を監視し、適切な処置を施すこと。

4.3.2 損傷時復原性

4.2.1(2)に適合するため、2017年1月1日以降に建造開始段階にある A 類及び B 類の船舶にあっては、氷の衝突により、次の(1)から(3)に掲げる損傷範囲によって生ずる浸水に耐えなければならない。氷による損傷時の残存復原力として、C 編 4.2.1-2.又は CS 編 4.2.1-2.に規定する到達区画指数 A の計算に用いられるすべての積付状態において、C 編 4.2.3-1.又は CS 編 4.2.3-1.に規定する残存確率 s_i が 1 とならなければならない。ただし、それ以外

に規定される区画及び損傷時復原性に関する規則が適用される貨物船については、各積付状態において、当該規則の残存復原力に関する要件に適合すること。

- (1) 船長方向の損傷範囲は、最大氷海喫水線上で船の幅が最大になる点より前方に損傷箇所を中心が位置している場合、最大氷海喫水線での船の長さの 0.045 倍とし、それ以外の場合、船長方向の損傷範囲は最大氷海喫水線での船の長さの 0.015 倍とする。船長に沿ったあらゆる位置で損傷が生ずると想定すること。
- (2) 幅方向の貫通範囲は、損傷部の全範囲にわたり船体外板から船体外板に対して垂直に 760 mm までとする。
- (3) 鉛直方向の損傷範囲は、最大氷海喫水の 0.2 倍又は船長方向の損傷範囲のうちいずれか小さい方の長さとし、船底キール部から最大氷海喫水の 1.2 倍の高さまでの間のあらゆる位置で損傷が生ずると想定すること。

5章 水密及び風雨密性の保全

5.1 目的（極海コード I-A 部 5.1）

本章は、水密及び風雨密性の健全性を維持する為の方法を提供することを目的とする。

5.2 機能要件（極海コード I-A 部 5.2）

5.2.1 機能要件

5.1 を達成するため、船体の水密及び風雨密における健全性に関連する全ての閉鎖装置及びドアが操作可能でなければならない。

5.3 規則（極海コード I-A 部 5.3）

5.3.1 一般

5.2.1 に適合するため、以下の要件を適用しなければならない。

- (1) 着氷の可能性のある海域及び期間を航行する船舶にあつては、倉口及びドア周辺の着氷及び着雪を除去又は防止するための手段を備えること。
- (2) 前(1)に加えて、低温環境下での航行を行う船舶は以下の要件に適合しなければならない。
 - (a) 油圧操作の倉口及びドアにおいては、液体の氷結又は粘度増加を防止するための手段を備えること。
 - (b) 海上において居住不可能な環境にあり、航海中にアクセスが要求される水密及び風雨密の倉口、ドア及び閉鎖装置は、厚い手袋を含む防寒着を着用した船員が操作可能となるよう設計すること。

6章 機関

6.1 目的（極海コード I-A 部 6.1）

本章は、船舶の安全な航行のために必要となる機能を機関が供給できることを確保することを目的とする。

6.2 機能要件（極海コード I-A 部 6.2）

6.2.1 機能要件

6.1 を達成するため、次の(1)から(3)を満足しなければならない。

- (1) 機関は、次の(a)から(e)を考慮して予想される環境条件においても機能するものであること。
 - (a) 着氷及び／又は雪の蓄積
 - (b) 海水からの氷の侵入
 - (c) 凍結及び液体の粘度の増加
 - (d) 海水の取入れ温度
 - (e) 雪の侵入
- (2) 前(1)に加え、低気温環境下を航行する船舶にあつては、次の(a)及び(b)に適合すること。
 - (a) 機関は、次の i) 及び ii) を考慮し予想される環境条件においても機能するものであること。
 - i) 吸気用空気の温度の低下及び密度の増加
 - ii) 蓄電池又は他のエネルギー貯蔵装置の性能の低下
 - (b) 使用される材料は、船舶の極地航行気温での使用のために適当なものであること。
- (3) 前(1)及び(2)に加え、本編 3 章の規定に従い氷荷重に対し補強される船舶にあつては、機関は、氷との相互作用により直接負荷される荷重を考慮し予想される環境条件においても機能するものであること。

6.3 規則（極海コード I-A 部 6.3）

6.3.1 一般*

6.2.1(1)に適合するため、予想される環境条件を考慮し、次の(1)から(3)を適用しなければならない。

- (1) 機関及び関連機器は、着氷及び／又は雪の蓄積、海水からの氷の侵入、凍結及び流体の粘度の増加、海水の取入れ温度並びに雪の侵入から保護すること。
- (2) 作動液の粘度が機械装置の作動を確保できる範囲内に保たれるよう、措置を講じること。
- (3) 機械装置の系統は、供給される海水に氷が侵入しないような設計のもの又は機能性を確保するための他の措置が講じられたものとする。

6.3.2 低気温環境下での航行を行う船舶*

6.3.1 に加え、低気温環境下での航行を行う船舶には、次の(1)から(3)を適用しなければならない。

- (1) 6.2.1(2)に適合するため、暴露された機関及び電気設備は、極地航行気温において機能するものであること。
- (2) 6.2.1(2)(a)に適合するため、重要な機械装置を作動させる内燃機関に供給する燃焼用空気を機関製造者の設定する基準に適合した温度に保つための手段を備えること。
- (3) 6.2.1(2)(b)に適合するため、暴露された機械装置及び支持構造の材料は、次の(a)又は(b)のいずれかであること。
 - (a) 附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艤装及び機関の特別要件」に従い機関の材料に適用される要件に適合し、かつ、本会の承認を得たもの
 - (b) 同等の安全性を確保できる他の基準（極地航行気温に基づくもの）に適合し、かつ、主管庁の承認を得たもの

6.3.3 氷荷重に対し補強される船舶*

6.3.1 及び 6.3.2 に加え、本編 3 章の規定に従い氷荷重に対し補強される船舶には、6.2.1(3)に適合するため、次の(1)から(3)を適用しなければならない。

- (1) A 類の船舶のプロペラの羽根の寸法、推進系統、操舵装置及びその他の付属物は、次の(a)又は(b)のいずれかであること。
 - (a) 附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艤装及び機関の特別要件」に従い PC1 から PC5 のいずれかの極地氷海船のプロペラの羽根の寸法、推進系統、操舵装置及びその他の付属物に適用される要件に適合し、かつ、本会の承認を得たもの
 - (b) 同等の安全性を確保できる他の基準に適合し、かつ、主管庁の承認を得たもの
- (2) B 類の船舶のプロペラの羽根の寸法、推進系統、操舵装置及びその他の付属物は、次の(a)又は(b)のいずれかであること。
 - (a) 附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艤装及び機関の特別要件」に従い PC6 又は PC7 の極地氷海船のプロペラの羽根の寸法、推進系統、操舵装置及びその他の付属物に適用される要件に適合し、かつ、本会の承認を得たもの
 - (b) 同等の安全性を確保できる他の基準に適合し、かつ、主管庁の承認を得たもの
- (3) 氷荷重に対し補強される C 類の船舶のプロペラの羽根の寸法、推進系統、操舵装置及びその他の付属物は、当該船舶の航行する海域における氷の状態及び密度に適した容認された基準を考慮し、主管庁又は本会の承認を得たものであること。

7章 火災安全

7.1 目的（極海コード I-A 部 7.1）

本章は、火災安全設備及び装置が効果的かつ十分に機能することを確実なものとするこ
と及び予測される環境下において乗員が救命艇及び救命いかだの乗艇場所まで安全か
つ迅速に脱出できるよう脱出設備を使用可能な状態に保つことを目的とする。

7.2 機能要件（極海コード I-A 部 7.2）

7.2.1 機能要件

7.1 を達成するため、次の(1)から(5)の機能要件を満足しなければならない。

- (1) 暴露部に設置される火災安全設備及び装置の全ての構成要素は、着氷及び雪の蓄積
から防護されていること。
- (2) 設備及び機械装置の機側の制御装置は、凍結、雪の蓄積及び着氷がないように設置
され、それらが設置される場所は常時近づくことができるものとする。
- (3) 火災安全設備及び装置の設計は、乗員が分厚く動きにくい防寒着を適宜着用する必
要性があることを考慮したものとする。
- (4) 出入り口の着氷及び着雪を除去又は防止するための手段を備えること。
- (5) 消火剤は目的に適したものとする。

7.2.2 低気温環境下での航行を行う船舶

低気温環境下での航行を行う船舶にあつては、7.2.1 に加え、次の(1)及び(2)の機能要件
を満足しなければならない。

- (1) 火災安全設備及び装置の全ての構成要素は、極地航行気温の下で使用可能かつ実効
性を保つよう設計されたものとする。
- (2) 暴露された火災安全設備に使用される材料は、極地航行気温の下での使用に適した
ものとする。

7.3 規則（極海コード I-A 部 7.3 関連）

7.3.1 暴露部に設置される火災安全設備及び装置

7.2.1(1)の要件に適合するため、次の(1)及び(2)の要件を適用しなければならない。

- (1) 暴露部の遮断弁及び圧力・真空逃し弁は、着氷から防護されており、常時近づくこ
とのできるものとする。
- (2) 全ての持運び式双方向無線通信装置は、極地航行気温の下で動作可能なものとする
こと。

7.3.2 設備及び機械装置の機側の制御装置

7.2.1(2)の要件に適合するため、次の(1)から(4)の要件を適用しなければならない。

- (1) 非常用消火ポンプ、水煙消火装置用ポンプ及び水噴霧装置用ポンプを含め、消火ポ
ンプは、氷点を超える温度に保たれた区画に設置すること。
- (2) 消火主管の暴露部には、隔離できるような措置を講じるとともに、排水手段を備え

ること。消火ホース及びノズルは、常時消火主管に接続されている必要はなく、消火栓付近の保護された場所に保管して差し支えない。

- (3) 消防員用装具は、船内の温かい場所に保管すること。
- (4) 固定式水系消火装置が主消火ポンプと異なる区画に設置され、かつ、独立した海水吸入口を使用するものである場合、当該海水吸入口は、着氷しないように配置すること。

7.3.3 低気温環境下を航行する船舶*

低気温環境下を航行する船舶にあつては、7.3.1 及び 7.3.2 に加え、次の(1)及び(2)の要件を適用しなければならない。

- (1) 7.2.2(1)の要件に適合するため、持ち運び式及び移動式消火器は、氷点下となる温度に対し可能な限り保護された場所に配置すること。凍結の恐れのある場所には、極地航行気温の下で使用できる消火器を備えること。
- (2) 7.2.2(2)の機能要件に適合するため、暴露部の火災安全設備の材料は、本会が適当と認めるものとする。

8章を次のように改める。

58章 耐氷船

58.1 一般

58.1.1 適用*

- 1. 本章の規定は、耐氷船の構造、艤装及び機関等に適用する。
- 2. 本章の規定は、*Finnish-Swedish Ice Class Rules 2010* が適用される北バルト海の氷水域を航行する船舶又は *Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations* が適用されるカナダの氷水域を航行する耐氷船について定めたものである。

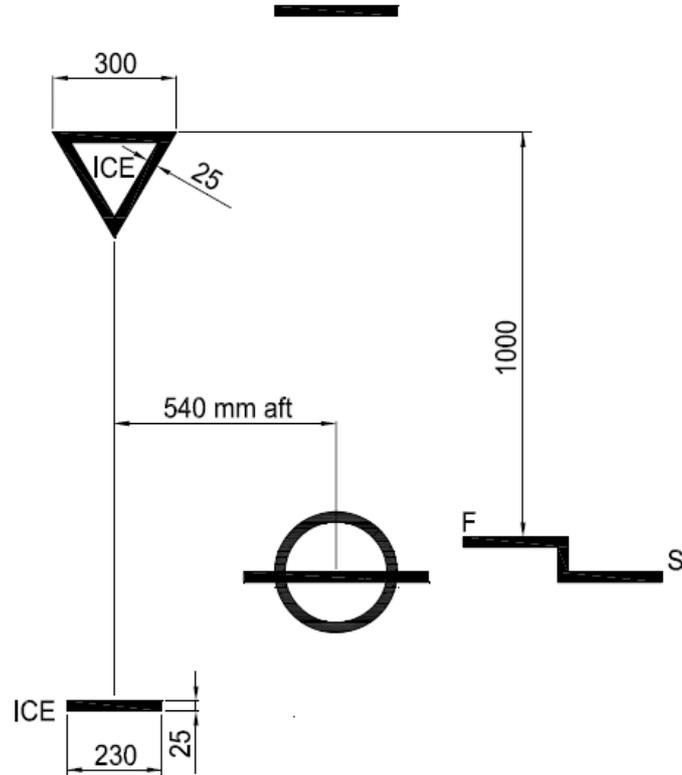
58.1.2 最大喫水及び最小喫水

- 1. 氷水域を航行する際の船首部及び船尾部での喫水は、最大氷海喫水線及び最小氷海喫水線に基づき制限される。
- 2. 氷水域を航行する際の喫水制限が明示された資料を作成し、船長が利用できるよう船上に保管されなければならない。
- 3. ~~夏期淡水満載喫水線がいかなる位置においてもいずれかの位置において~~最大氷海喫水線より上方にある場合、船体中央部での最大氷海喫水線に対応する喫水及び、注意標識を船側部に標示しなければならない。（図 I58.1 参照）
- 4. 船舶が最小氷海喫水線を確保するために必要なバラストタンクを最小氷海喫水線より上方に配置する場合には、当該タンクのバラスト水の氷結による損傷を防止するために、適切な措置を施さなければならない。
- 5. プロペラは完全に没水するようにし、可能な限り氷面下にあるようにしなければならない。
- 6. 船首部最小喫水は、次の算式による値以上としなければならない。
 $(2.0 + 0.00025\Delta)h_0$ (m) , ただし、 $4h_0$ を超える必要はない。
 Δ : 最大氷海喫水線に対する型排水量 (t)
 h_0 : 耐氷船階級に応じ、表 I58.1 に掲げる値

表 I58.1 h_0 の値

耐氷船階級	h_0
IA Super	1.0
IA	0.8
IB	0.6
IC	0.4
ID	0.4

図 I58.1 喫水の標示



(備考)

1. 注意標識は一辺 300mm の下向きの正三角形とし、氷水域を航行する際の最大氷海喫水線表示の直上で、注意標識の上端が夏期淡水満載喫水線標示の上端から 1,000mm の高さの位置に標示すること。ただし、デッキラインを超える必要はない。
2. 氷水域を航行する際の最大氷海喫水線標示の位置は満載喫水線の標示より 540mm 後方とすること。ただし、木材満載喫水線を標示する船舶については、その木材満載喫水線の標示の垂線部分より 540mm 後方とする。
3. 標示は 5mm から 8mm の板材を切断して作成したものを船側外板に溶接し、視認性を高めるために赤又は黄色の反射塗装を施すこと。
4. すべての標示は、満載喫水線の標示と等しい寸法とすること。

58.2 設計氷圧

58.2.1 設計氷圧

-1. 設計氷圧 p は、次の算式による値以上としなければならない。

$$C_d C_p C_a p_0 \text{ (MPa)}$$

C_d : 次の算式による値。ただし、1.0 を超える必要はない。

$$\frac{ak + b}{1000}$$

$$1000$$

k : 次の算式による値

$$\frac{\sqrt{\Delta H}}{1000}$$

$$1000$$

Δ : 58.1.2-6.に定義される排水量 (t)

H : 主機出力 (kW)

a 及び b : 考慮する位置及び k の値に応じ、表 I58.2 に掲げる値

C_p : 係数で、耐氷船階級及び考慮する位置に応じ、表 I58.3 に掲げる値

p_0 : 公称氷圧で、5.6MPa とする。

C_a : 次の算式による値。ただし、0.35 以上とし、1.0 を超える必要はない。

$$\sqrt{\frac{0.6}{l_a}}$$

l_a : 対象部材の種類に応じ、表 I58.4 に掲げる値 (m)

-2. h は、前-1.に規定する設計氷圧 p が作用する範囲 (m) で、耐氷船階級に応じて、表 I58.5 に掲げる値とする。

表 I58.2 a 及び b の値

	船首域		中央域及び船尾域	
	$k \leq 12$	$k > 12$	$k \leq 12$	$k > 12$
a	30	6	8	2
b	230	518	214	286

表 I58.3 係数 C_p

耐氷船階級	船首域	中央域	船尾域
IA Super	1.00	1.00	0.75
IA	1.00	0.85	0.65
IB	1.00	0.70	0.45
IC	1.00	0.50	0.25
ID	1.00	-	-

表 I58.4 l_a の値

構造部材	肋骨配置	l_a (m)
外板	横式	肋骨の心距
	縦式	肋骨の心距の 1.7 倍
肋骨	横式	肋骨の心距
	縦式	肋骨の支点間距離
耐氷縦桁	—	縦桁の支点間距離
特設肋骨	—	特設肋骨の心距の 2 倍

(注)

肋骨の心距及び支点間距離は、通常、外板にあっては外板に沿って測った値、面材付部材にあっては面材に沿って測った値、平鋼防撓材にあっては遊辺に沿って測った値とする。なお、曲縁した部材の場合、心距又は支点間距離は支点間の直線距離とすること。なお、支点とは面材又は肋骨上端と支持部材との交点とする。(図 I58.2 参照)

図 I58.2 曲縁部材における肋骨の支点間距離 l 及び心距 s の定義

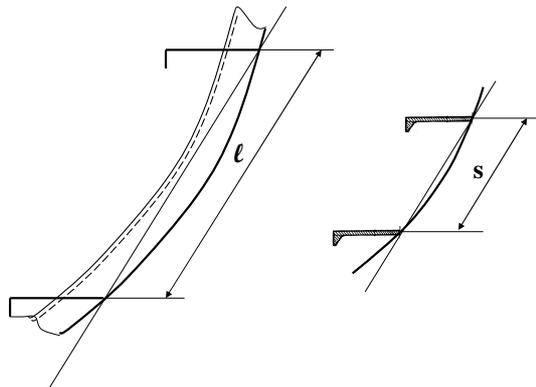


表 I58.5 h の値

耐氷船階級	h
IA Super	0.35
IA	0.30
IB	0.25
IC	0.22
ID	0.22

58.3 船体構造及び艤装

58.3.1 外板

-1. 耐氷帯の上下方向の範囲は、耐氷船階級に応じ、表 I58.6 に掲げる範囲とし、次の(1)から(4)についても考慮しなければならない。

(1) 船首域の耐氷帯の下部

耐氷船階級が IA Super の耐氷船にあっては、船首材が竜骨から立ち上がる箇所から 5 主肋骨心距後方の箇所より前方の耐氷帯の下方の外板は、少なくとも中央域の耐氷帯に対して要求される板厚以上の厚さとする。

(2) 船首域の耐氷帯の上部

耐氷船階級が IA Super 又は IA であって、氷のない状態における船の速力が 18 ノット以上の船舶にあっては、前部垂線から後方 0.2L の箇所より前方で、かつ、耐氷帯上縁から上方 2m の箇所までの外板は、少なくとも中央域の耐氷帯に対して要求される板厚以上の厚さとする。なお、モデル試験等により船首部に高波を被ることが明らかである場合は、速力が 18 ノット未満の船舶であっても同様の補強を施す必要がある。

(3) 耐氷帯には舷窓を設けてはならない。

(4) 曝露甲板が耐氷帯上縁より下方にある場合、ブルワーク及び放水口周辺構造の強度は、耐氷帯の外板に対して要求される強度と同等以上とすること。

表 I58.6 耐氷帯の上下方向の範囲

耐氷船階級	船体区域	UIWL の上方	LIWL の下方
IA Super	船首域	0.6m	1.20m
	中央域		
	船尾域		1.0m
IA	船首域	0.5m	0.90m
	中央域		
	船尾域		0.75m
IB IC	船首域	0.4m	0.70m
	中央域		
	船尾域		0.60m
ID	船首域	0.4m	0.70m

-2. 前-1.に定める耐氷帯内における外板の厚さは、肋骨の配置に応じて次の算式による値以上としなければならない。

$$\text{横肋骨式構造} : 667s \sqrt{\frac{f_1 p_{PL}}{\sigma_y}} + t_C \quad (\text{mm})$$

$$\text{縦肋骨式構造} : 667s \sqrt{\frac{p}{f_2 \sigma_y}} + t_c \quad (\text{mm})$$

s : 肋骨心距 (m)

p_{PL} : 次の算式による値 (MPa)

$$0.75p$$

p : 58.2.1-1.の規定による値

f_1 : 次の算式による値。ただし、1.0 を超える場合は、1.0 とする。

$$1.3 - \frac{4.2}{(h/s + 1.8)^2}$$

f_2 : h/s の値に応じ、次の算式による値

$$h/s < 1.0 \text{ の場合} : 0.6 + \frac{0.4}{h/s}$$

$$1.0 \leq h/s < 1.8 \text{ の場合} : 1.4 - 0.4 (h/s)$$

h : 58.2.1-2.の規定による値。

σ_y : 材料の降伏応力 (N/mm^2) で次による。

軟鋼の場合 : $235 N/mm^2$

高張力鋼の場合 : $315 N/mm^2$

ただし、上記と異なる降伏応力の鋼材を使用する場合にあっては、本会が適当と認めるところによる。

t_c : $2mm$ とする。ただし、氷による摩耗に対して有効な特殊加工が表面に施され、かつ、維持される場合は $2mm$ 未満として差し支えない。

58.3.2 肋骨に関する一般規定*

-1. 肋骨を補強する上下方向の範囲は、耐氷船階級及び当該肋骨の位置に応じて、少なくとも表 I58.7 に掲げる範囲としなければならない。ただし、58.3.1-1.に規定する船首域の耐氷帯の上部に対する規定が適用される場合、肋骨の補強範囲は少なくとも当該耐氷帯の上端まで延長しなければならない。なお、補強する範囲が甲板又はタンク頂部から $250mm$ を超えない場合は、補強する範囲を甲板又はタンク頂部までとして差し支えない。

表 I58.7 肋骨を補強する上下方向範囲

耐氷船階級	肋骨の位置	UIWL の上方 (m)	LIWL の下方 (m)
IA Super	船首域	1.2	二重底又は肋板の頂部まで
	中央域		2.0
	船尾域		1.6
IA	船首域	1.0	1.6
IB	中央域		1.3
IC	船尾域		1.0
ID	船首域	1.0	1.6

-2. 補強する範囲の肋骨は、すべての支持部材に有効に固着しなければならない。縦通肋骨については、その両端を特設肋骨又は隔壁に肘板により固着しなければならない。横肋骨については、その端部が縦桁又は甲板に固着されている場合、固着部に肘板又は同様の部材を設けなければならない。また、肋骨がそれを支持する構造部材を貫通する場合、

肋骨のウェブ両側を直接又はカラッププレートを介して構造部材に溶接しなければならない。肘板を設ける場合、肘板は肋骨のウェブ以上の板厚とし、かつ、遊辺を座屈に対して適当に補強しなければならない。

-3. 耐氷船階級が *IA Super* の耐氷船にあつては船首域、中央域及び船尾域において、耐氷船階級が *IA* の耐氷船にあつては船首域及び中央域において、また、耐氷船階級が *IB*、*IC* 及び *ID* の耐氷船にあつては船首域において、次の(1)から(4)によらなければならない。

- (1) 肋骨は、外板と両面連続溶接により固着すること。また、外板の継手部と交差する場合を除き、スカラップを設けてはならない。
- (2) 肋骨のウェブの厚さは、次の(a)から(d)のうち、最も大きい値以上でなければならない。

$$(a) \frac{h_w \sqrt{\sigma_y}}{C}$$

h_w : ウェブ高さ (mm)

C : 形鋼の場合 805
平鋼の場合 282

σ_y : 58.3.1-2の規定による値

- (b) 横肋骨の場合、肋骨心距の 2.5%
- (c) 外板のネット板厚 $t-t_c$ の 1/2。この場合の外板要求板厚は、 σ_y を肋骨に使用する材料の降伏応力として、58.3.1-2.に従い計算しなければならない。
- (d) 9mm
- (3) 肋骨の代わりに甲板、タンク頂板又は隔壁を設ける場合、これらの板厚は、隣接する肋骨の高さに相当する深さまで前(2)の規定による値以上とすること。
- (4) 肋骨のウェブと外板のなす角が小さい場合又は肋骨断面が非対称の場合であつて、肋骨の支点間距離が 4.0m を超える場合にあつては、肋骨に 1.3m を超えない間隔で、肘板、部分桁板、縦通桁又は他の類似の方法で倒れ止めを施さなければならない。肋骨の支点間距離が 4.0m を超えない場合にあつては、適当な間隔で倒れ止めを施すこと。

58.3.3 横肋骨

-1. 58.3.2-1.に定める範囲内における主横肋骨又は中間横肋骨の断面係数及び有効せん断面積は、次の算式による値以上としなければならない。

$$\text{断面係数} : \frac{pshl}{m_t \sigma_y} \times 10^6 \quad (\text{cm}^3)$$

$$\text{有効せん断面積} : \frac{\sqrt{3}f_3phs}{2\sigma_y} \times 10^4 \quad (\text{cm}^2)$$

p : 58.2.1-1.の規定による値

s : 肋骨心距 (m) (表 I58.4 の (注) を参照)

h : 58.2.1-2.の規定による値

l : 肋骨の支点間距離 (m) (表 I58.4 の (注) を参照)

m_t : 次の算式による値

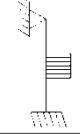
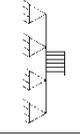
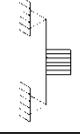
$$\frac{7m_0}{7-5h/l}$$

f_3 : 荷重位置に対する最大せん断力及びせん断応力分布を考慮に入れた係数で、1.2とする。

σ_y : 58.3.1-2.の規定による値

m_0 : 表 I58.8 に掲げる値

表 I58.8 m_0 の値

境界条件	m_0	例
	7.0	トップサイドタンクを有するばら積貨物船の肋骨
	6.0	二重底頂部から単層甲板に達する肋骨
	5.7	数個の甲板または縦通材間にわたって連続している肋骨
	5.0	二つの甲板間にもみ設けられる肋骨

(備考)

この境界条件は主肋骨及び中間肋骨に対するものである。荷重は、支点間距離の中央に加えられるものとする。

-2. 前-1.にかかわらず、耐氷帯の範囲内に位置する部分が肋骨支点間距離の15%未満である場合には、当該肋骨は通常の肋骨寸法として差し支えない。

-3. 主横肋骨及び中間横肋骨の上端は、58.3.5 に規定する耐氷縦桁又は甲板に固着しなければならない。ただし、肋骨が、耐氷帯の上縁より上方に位置する縦桁又は甲板より上方に延長されている場合、この部分の肋骨は、次の(1)及び(2)によることができる。

(1) 肋骨に対する通常の規定寸法として差し支えない。

(2) 肋骨の上端は、耐氷帯の上縁より上方に位置する縦桁又は甲板より上方の甲板に固着すること。中間肋骨については、主肋骨と同じ寸法を有する水平部材により隣接する主肋骨に固着することとして差し支えない。

-4. 主横肋骨及び中間横肋骨の下端は、二重底頂板、肋板の頂部、耐氷縦桁又は甲板に固着されなければならない。ただし、中間横肋骨が、耐氷帯の下縁より下方に位置する縦通材又は甲板より下に延長されている場合、その下端は、主肋骨と同等の強度を有する水平部材により隣接する主肋骨に結合して差し支えない。

58.3.4 縦通肋骨*

-1. 58.3.2-1.に定める範囲内の縦通肋骨の断面係数及び有効せん断面積は、それぞれ次の算式による値以上としなければならない。ただし、実際のせん断面積の計算においては、肘板の面積を考慮してはならない。

$$\text{断面係数} : \frac{f_4 p h l^2}{m \sigma_y} \times 10^6 \quad (\text{cm}^3)$$

$$\text{有効せん断面積} : \frac{\sqrt{3}f_4f_5phl}{2\sigma_y} \times 10^4 \text{ (cm}^2\text{)}$$

f_4 : 隣接した肋骨との荷重分布を考慮に入れた係数で、次の算式による値
($1-0.2h/s$)

f_5 : 荷重位置に対する最大せん断力及びせん断応力分布を考慮に入れた係数で、
2.16 とする。

h : 58.2.1-2.の規定による値

s : 肋骨心距 (m) (表 158.4 の (注) を参照)

p : 58.2.1-1.の規定による値

l : 肋骨の支点間距離 (m) (表 158.4 の (注) を参照)

m : 境界条件を表す係数で、連続梁と見なせる場合は 13.3 とする。境界条件が連続梁と著しく異なると認められる場合、この値を適当な値まで減じること。肋骨端部に肘板を設けない場合は 11.0 とする。

σ_y : 58.3.1-2.の規定による値

58.3.5 耐氷縦桁*

-1. 耐氷帯の範囲内にある縦桁の断面係数及び有効せん断面積は、それぞれ次の算式による値以上としなければならない。

$$\text{断面係数} : \frac{f_6f_7phl^2}{m\sigma_y} \times 10^6 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\text{有効せん断面積} : \frac{\sqrt{3}f_6f_7f_8phl}{2\sigma_y} \times 10^4 \text{ (cm}^2\text{)}$$

f_6 : 横肋骨の荷重分布を考慮に入れた係数で、0.9 とする。

f_7 : 縦桁に対する安全率で、1.8 とする。

f_8 : 荷重位置に対する最大せん断力及びせん断応力分布を考慮に入れた係数で、1.2 とする。

p : 58.2.1-1.の規定による値

h : 58.2.1-2.の規定による値

ただし、 p と h の積は 0.15 以上とすること。

l : 縦桁の支点間距離 (m)

m : 境界条件を表す係数で、58.3.4-1.による。

σ_y : 58.3.1-2.の規定による。

-2. 耐氷帯の範囲外の位置にあり、補強された肋骨を支持する縦桁の断面係数及び有効せん断面積は、それぞれ次の算式による値以上としなければならない。

$$\text{断面係数} : \frac{f_9f_{10}phl^2}{m\sigma_y} (1-h_s/l_s) \times 10^6 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$\text{有効せん断面積} : \frac{\sqrt{3}f_9f_{10}f_{11}phl}{2\sigma_y} (1-h_s/l_s) \times 10^4 \text{ (cm}^2\text{)}$$

f_9 : 横肋骨の荷重分布を考慮に入れた係数で、0.8 とする。

f_{10} : 縦桁に対する安全率で、1.8 とする。

f_{11} : 荷重位置に対する最大せん断力及びせん断応力分布を考慮に入れた係数で、1.2

とする。

p : 58.2.1-1.の規定による値

h : 58.2.1-2.の規定による値

ただし、 p と h の積は 0.15 以上とすること。

l : 縦桁の支点間距離 (m)

h_s : 考慮する縦桁から耐氷帯までの最短距離 (m)

l_s : 隣接する耐氷縦桁までの距離 (m)

m : 境界条件を表す係数で、58.3.4-1.による。

σ_y : 58.3.1-2.の規定による値

-3. 幅の狭い倉口側線外の甲板であって、耐氷縦桁としての役割を果す甲板は、前-1.及び-2.に規定される断面係数及びせん断面積の規定にそれぞれ適合したものでなければならない。長大な倉口を有する場合は、 p と h の積を 0.15 未満として差し支えない。ただし、この場合であっても 0.1 未満としてはならない。また、 $B/2$ を超える長大な倉口を有する場合は、曝露甲板、倉口蓋及びそれらの付属品の設計の際には、氷圧による船側のたわみに注意を払わなければならない。

58.3.6 特設肋骨

-1. 耐氷縦桁及び縦通肋骨から特設肋骨に伝達される荷重 F は、次の算式による値以上としなければならない。

$$f_{12}phS \text{ (MN)}$$

f_{12} : 特設肋骨に対する安全率で、1.8 とする。

p : 58.2.1-1.の規定による氷圧 (MPa)

ただし、規定の算式の適用にあたり、 C_a を計算する際に l_a は、 $2S$ とすること。

h : 58.2.1-2.の規定による値

ただし、 p と h の積は 0.15 以上とすること。

S : 特設肋骨の心距 (m)

-2. 特設肋骨が支持する耐氷縦桁が耐氷帯の外にある場合、特設肋骨に伝達される荷重 F は、-1.にかかわらず、次の算式によることができる。

$$f_{12}phS(1-h_s/l_s) \text{ (MN)}$$

h_s 及び l_s : 58.3.5-2.の規定による値

-3. 特設肋骨の断面係数及び有効せん断面積は、それぞれ次の算式による値以上としなければならない。

$$\text{有効せん断面積} : \frac{\sqrt{3}cf_{13}Q}{\sigma_y} \times 10^4 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\text{断面係数} : \frac{M}{\sigma_y} \sqrt{\frac{1}{1-(\gamma A/A_a)^2}} \times 10^6 \text{ (cm}^3\text{)}$$

f_{13} : せん断力分布を考慮に入れた係数で、1.1 とする。

Q : -1.又は-2.に規定する耐氷縦桁及び縦通肋骨から伝達される荷重 F による最大せん断力で、次の算式による値。

$$Q = F$$

M : -1.又は-2.に規定する耐氷縦桁及び縦通肋骨から伝達される荷重 F による最大モーメントで、次の算式による値。

$$M = 0.193Fl$$

l : 特設肋骨の支点間距離 (m)

α 及び γ : 特設肋骨の断面形状に応じ、表 I58.9 により定まる係数で、 A_f / A_w の値が表の中間にあるときは、補間法による。

A : 本-3.により定まる要求せん断面積 (cm^2)

A_a : 実際の特設肋骨の断面積で、次の算式による値。 (cm^2)

$$A_a = A_f + A_w$$

A_f : 実際の面材の断面積 (cm^2)

A_w : 実際のウェブの有効断面積 (cm^2)

σ_y : 58.3.1-2.の規定による値

-4. 本会が適当と認める場合、直接強度計算により特設肋骨の寸法を定めても差し支えない。この場合、次によること。

- (1) 設計氷圧は $1.8p$ (MPa) を用い、その作用点は、部材に対する曲げモーメント及びせん断力の組合せ影響が最小となる位置に適用すること。
- (2) 直接強度計算の評価は、垂直方向にあっては、最大氷海喫水線の位置、最小氷海喫水線下方 $0.5h_0$ (m) の位置及びその間におけるいくつかの適当な位置、水平方向にあっては、支点間中央又は心距の中央におけるいくつかの適当な位置において確認すること。構造配置により l_a を直接決定できない場合にあっては、 C_a の連続性を考慮して、 l_a を決定して差し支えない。
- (3) 直接強度計算の評価において、ミーゼスの等価応力は σ_y より小さい値としなければならない。梁理論に基づく直接強度計算にあっては、許容せん断応力は $0.9\tau_y$ 以下としなければならない。ここで、 $\tau_y = \sigma_y / \sqrt{3}$ とする。

σ_y : 58.3.1-2.の規定による値

表 I58.9 α 及び γ の値

A_f / A_w	0.00	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
α	1.50	1.23	1.16	1.11	1.09	1.07	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04
γ	0.00	0.44	0.62	0.71	0.76	0.80	0.83	0.85	0.87	0.88	0.89

58.3.7 船首材

-1. 船首材は、図 I58.3 に示すような構造とすることを推奨する。

-2. 成型した鋼板船首材及び 58.4.2-1.に規定する角度 α 及び ψ がそれぞれ 30° 及び 75° 以上となる球状船首の外板の板厚は、58.3.1-2.に規定する算式に次に示す値を用いて定まる値以上としなければならない。

s : 外板の支持部材の間隔 (m)

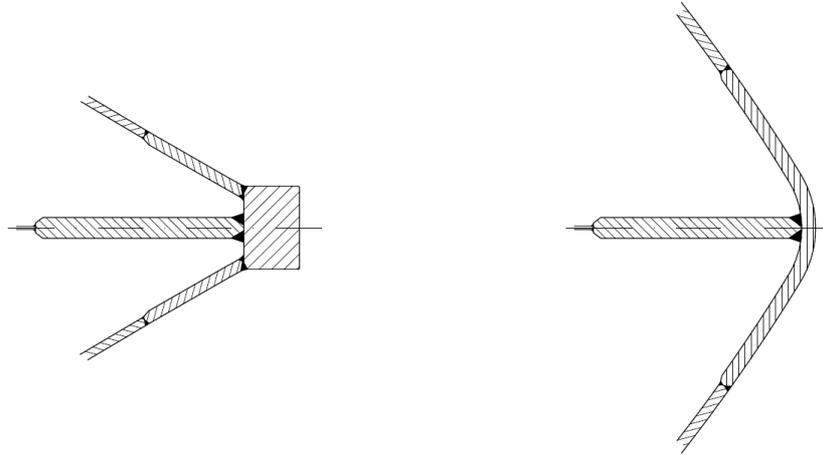
p_{PL} : 58.2.1-1.の規定による氷圧 (MPa)

l_a : 垂直方向の支持部材の間隔 (m)

-3. 前-2.に規定する船首材及び外板の部分の板の厚さは、少なくとも船首材の板の厚さの $1/2$ 以上の肋板又は肘板により $0.6m$ を超えない間隔で支持されなければならない。

-4. 船首材を補強する範囲は、竜骨から最大氷海喫水線上 $0.75m$ の位置までとする。ただし、58.3.1-1.の規定により船首域の耐氷帯の上部まで補強が要求される場合は、その上限までとしなければならない。

図 I58.3 耐氷船首材の例



58.3.8 曳航装置*

耐氷船の曳航装置にあつては、その強度及び配置に適切な考慮を払わなければならない。

58.3.9 船尾材*

- 1. プロペラ翼の先端に過大な応力が発生することを防止するため、プロペラ翼の先端と船体（船尾材を含む）との間隔は、58.1.2-6.に規定する h_0 以上としなければならない。
- 2. 2 軸船及び 3 軸船の場合、外板及び肋骨を補強する範囲は、サイドプロペラの前後 1.5m の間において二重底まで拡張しなければならない。
- 3. 2 軸船及び 3 軸船の場合、サイドプロペラの軸系及び船尾管は、ボス外板により囲まれたものでなければならない。ただし、張出し軸受構造とする場合には、その設計、補強方法及び船体との固着方法について特別に考慮しなければならない。
- 4. 旋回式推進装置、ポッド式プロペラ等の新形式の推進装置を採用する場合には、操縦性の向上をもたらす反面、船体後部及び船尾域において氷荷重が増加することがあるので、船尾部の設計について特別に配慮しなければならない。

58.3.10 ビルジキール*

ビルジキールを設ける場合にあつては、その設計に適切な考慮を払わなければならない。

58.4 機関に関する基本要件

58.4.1 材料

-1. 海水に触れる機関の材料

プロペラ羽根、プロペラボス及び羽根取付けボルトのような海水に触れる材料は、**K 編**に規定する U14A 号試験片による伸び率が 15% 以上のものでなければならない。また、青銅及びオーステナイト鋼以外の材料にあつては、**K 編**に規定する U4 号試験片による吸収エネルギー値が -10°C において 20J 以上の値を有するものでなければならない。

-2. 海水温度に曝される機関の材料

海水温度に曝される材料は、鋼又はその他の承認された延性材料であつて、**K 編**に規定する U4 号試験片による吸収エネルギー値が -10°C において 20J 以上の値を有するものでなければならない。

58.4.2 主機出力

-1. 主機出力 (H) は、最大氷海喫水及び最小氷海喫水の状態において次の算式により得られるそれぞれの値のうち、いずれか大きい値以上としなければならない。ただし、耐氷船階級が *IA Super* の耐氷船については $2,800kW$ 、耐氷船階級が *IA*, *IB*, *IC* 又は *ID* の耐氷船については $1,000kW$ を下回ってはならない。

$$H = K_e \frac{(R_{CH} / 1000)^{3/2}}{D_P}$$

H : 主機出力 (kW)

K_e : 表 **I58.10** に掲げる係数

D_P : プロペラ直径 (m)

R_{CH} : 砕け氷と凍結密氷域がある水路中の抵抗 (N) で、次式による値。

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3 C_\mu (H_F + H_M)^2 (B + C_\psi H_F) + C_4 L_{PAR} H_F^2 + C_5 (LT / B^2)^3 (A_{wf} / L)$$

L : 最大氷海喫水線における船舶の垂線間長 (m)

B : 最大氷海喫水線における船舶の最大幅 (m)

T : 氷水域での喫水 (m) で、通常、**1.2.4-1(23)**に規定する最大氷海喫水線における L_f の中央での喫水及び **1.2.4-2(24)**に規定する最小氷海喫水線における L_f の中央での喫水とする。

ただし、いずれの場合も、 $(LT/B^2)^3$ の値は 5 以上、20 以下とすること。

L_{PAR} : 船体平行部分の長さ (m) で、それぞれの喫水線における船体平行部前端と後端の水平距離とする。(図 **I58.4** 参照)

A_{wf} : それぞれの喫水線上の船首部面積 (m^2) (図 **I58.4** 参照)

ψ : 次の算式による値 (deg)

$$\psi = \arctan(\tan \varphi_2 / \sin \alpha)$$

φ_1 , φ_2 , α : それぞれの喫水線において船体と喫水面のなす角度 (deg) で図 **I58.4** による。ただし、球状船首を持つ耐氷船の場合、 φ_1 は、 90 (deg) とする。

C_1 及び C_2 : 凍結した砕け氷の上層を考慮した係数で、次の算式による。

(1) 耐氷船階級が *IA Super* の耐氷船の場合

$$C_1 = f_1 B L_{PAR} / (2T / B + 1) + (1 + 0.021 \varphi_1) (f_2 B + f_3 L_{BOW} + f_4 B L_{BOW})$$

$$C_2 = (1 + 0.063 \varphi_1) (g_1 + g_2 B) + g_3 (1 + 1.2T / B) B^2 / \sqrt{L}$$

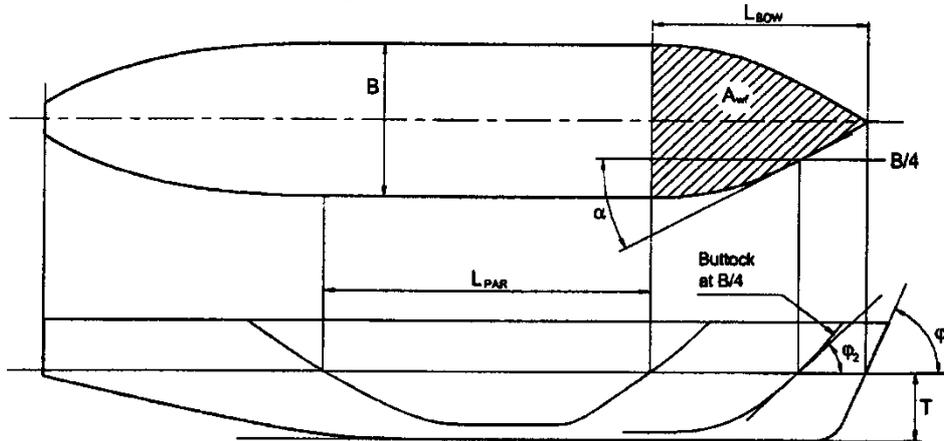
(2) 耐氷船階級が *IA*, *IB*, *IC* 及び *ID* の耐氷船の場合

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = 0$$

L_{BOW} : 船首部の長さ (m) で、それぞれの喫水線における船体平行部前端と最大氷海喫水線における船首垂線との水平距離とする。(図 **I58.4** 参照)

図 I58.4 各部寸法のとり方



C_3 , C_4 及び C_5 : 表 I58.11 に掲げる値

表 I58.10 係数 K_e

推進方式	可変ピッチプロペラ又は 電気推進/油圧推進	固定ピッチ プロペラ
1 軸船	2.03	2.26
2 軸船	1.44	1.60
3 軸船	1.18	1.31

C_μ : 次の算式による値。ただし、0.45 以上とすること。

$$C_\mu = 0.15 \cos \varphi_2 + \sin \psi \sin \alpha$$

C_ψ : 次の算式による値。ただし、 $\psi \leq 45^\circ$ の場合は 0 とすること。

$$C_\psi = 0.047\psi - 2.115$$

f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , g_1 , g_2 及び g_3 : 表 I58.11 に掲げる値

表 I58.11 f_1 , f_2 , f_3 , f_4 , g_1 , g_2 , g_3 , C_3 , C_4 , C_5 の値

f_1 :	23.0 (N/m^2)	g_1 :	1,530 (N)	C_3 :	845 (N/m^3)
f_2 :	45.8 (N/m)	g_2 :	170 (N/m)	C_4 :	42 (N/m^3)
f_3 :	14.7 (N/m)	g_3 :	400 ($N/m^{1.5}$)	C_5 :	825 (N/m)
f_4 :	29.0 (N/m^2)				

H_M : 水路内の砕け氷層の厚さ (m) で、次による。

(1) 耐氷船階級が *IA Super* 及び *IA* の耐氷船の場合

$$H_M = 1.0$$

(2) 耐氷船階級が *IB* の耐氷船の場合

$$H_M = 0.8$$

(3) 耐氷船階級が *IC* の耐氷船の場合

$$H_M = 0.6$$

(4) 耐氷船階級が *ID* の耐氷船の場合

$$H_M = 0.5$$

H_F : 船首により排除される砕け氷層の厚さ (m) で、次の算式による。

$$H_F = 0.26 + (H_M B)^{0.5}$$

-2. 現存船に対する特別規定

2003年9月1日前に建造開始段階にある船舶であって、耐氷船階級が *IA Super* 又は *IA* の耐氷船の主機出力 (H) は、建造後経過年数が 20 年に達する年の 1 月 1 日までに前-1. の規定又は同等の規定に適合しなければならない。なお、計算に必要な船体パラメータの値が特定し難い場合には、次の算式を使用して差し支えない。この場合、算式に示す船の寸法は **1.2.4-1(23)** に規定される最大氷海喫水線において測られる値とする。

$$H = K_e \frac{(R_{CH} / 1000)^{3/2}}{D_P}$$

H : 主機出力 (kW)

K_e : 表 **I58.10** に掲げる係数

D_P : プロペラ直径 (m)

R_{CH} : 砕け氷と凍結密氷域がある水路中の抵抗 (N)

$$R_{CH} = C_1 + C_2 + C_3(H_F + H_M)^2(B + 0.658H_F) + C_4L H_F^2 + C_5(LT/B^2)^3(B/4)$$

L : 船舶の垂線間長 (m)

B : 船舶の最大幅 (m)

T : 氷水域での喫水 (m)

ただし、 $5 \leq (LT/B^2)^3 \leq 20$ とすること。

C_1 及び C_2 : 砕け氷と凍結密氷域の上層を考慮した係数で、次の算式による。

(1) 耐氷船階級が *IA Super* であって、球状船首を持つ耐氷船

$$C_1 = f_1BL / (2T/B + 1) + 2.89(f_2B + f_3L + f_4BL)$$

$$C_2 = 6.67(g_1 + g_2B) + g_3(1 + 1.2T/B)B^2 / \sqrt{L}$$

(2) 耐氷船階級が *IA Super* であって、球状船首を持たない耐氷船

$$C_1 = f_1BL / (2T/B + 1) + 1.84(f_2B + f_3L + f_4BL)$$

$$C_2 = 3.52(g_1 + g_2B) + g_3(1 + 1.2T/B)B^2 / \sqrt{L}$$

(3) 耐氷船階級が *IA* の耐氷船

$$C_1 = 0$$

$$C_2 = 0$$

$f_1, f_2, f_3, f_4, g_1, g_2, g_3, C_3, C_4$ 及び C_5 : 表 **I58.12** に掲げる値

H_M : 水路内の砕け氷層の厚さ (m) で、次による。

$$H_M = 1.0$$

H_F : 船首により排除される砕け氷層の厚さ (m) で、次の算式による。

$$H_F = 0.26 + (H_M B)^{0.5}$$

表 **I58.12** $f_1, f_2, f_3, f_4, g_1, g_2, g_3, C_3, C_4, C_5$ の値

f_1 :	10.3 (N/m^2)	g_1 :	1,530 (N)	C_3 :	460 (N/m^3)
f_2 :	45.8 (N/m)	g_2 :	170 (N/m)	C_4 :	18.7 (N/m^3)
f_3 :	2.94 (N/m)	g_3 :	400 ($N/m^{1.5}$)	C_5 :	825 (N/m)
f_4 :	5.8 (N/m^2)				

-3. 氷海航行能力の向上が期待できる船型を有する船舶又は-1.に規定する算式中のパラメータが表 **I58.13** に示す範囲を超える船舶については、本会が適当と認める場合、次に掲げる厚さの氷がある水路において 5 ノット以上の速力を与えられることを条件に、-1.

に規定する出力未満の主機出力としても差し支えない。

- (1) 耐氷船階級が *IA Super* の耐氷船：1.0m の砕け氷及び 0.1m の凍結密氷域
- (2) 耐氷船階級が *IA* の耐氷船：1.0m の砕け氷
- (3) 耐氷船階級が *IB* の耐氷船：0.8m の砕け氷
- (4) 耐氷船階級が *IC* の耐氷船：0.6m の砕け氷
- (5) 耐氷船階級が *ID* の耐氷船：0.5m の砕け氷

表 I58.13 船体パラメータの許容範囲

船体パラメータ	下限値	上限値
α (deg)	15	55
φ_1 (deg)	25	90
φ_2 (deg)	10	90
L (m)	65.0	250.0
B (m)	11.0	40.0
T (m)	4.0	15.0
L_{BOW}/L	0.15	0.40
L_{PAR}/L	0.25	0.75
D_P/T	0.45	0.75
$A_{wf}/(LB)$	0.09	0.27

58.4.3 舵及び操舵装置*

-1. 舵柱、舵頭材、ピントル及び操舵装置等は、**C 編 3 章**及び**D 編 15 章**の規定を適用するにあたって寸法算定に用いる速力は、耐氷船階級に応じ、表 I58.14 に掲げる値未満としてはならない。

-2. 舵の局部寸法は、舵全体が耐氷帯にあると仮定して決定しなければならない。舵板及び舵骨は、中央域における外板及び肋骨に対する氷圧を用いて設計しなければならない。

-3. 耐氷船階級が *IA Super* 及び *IA* の耐氷船の舵頭材及び舵の上縁は、最小氷海喫水線下まで延びたアイスナイフ又はこれと同等の方法により、氷と直接接触することのないよう保護しなければならない。フラップタイプの舵を有する船舶にあつては、舵及びアイスナイフの設計に特別な配慮を払わなければならない。

-4. 耐氷船階級が *IA Super* 及び *IA* の耐氷船においては、氷水域を後進する際に氷によって舵に作用する荷重に耐えるよう次の(1)から(3)によらなければならない。

- (1) 油圧式操舵装置の圧力逃し弁を設けなければならない。
- (2) 操舵装置の構造部分の寸法は、舵頭材に生じるトルクに耐えるよう決定しなければならない。
- (3) 舵には回転止め等の適当な装置を設けなければならない。

表 I58.14 最小速力

耐氷船階級	最小速力 (kt)
<i>IA Super</i>	20
<i>IA</i>	18
<i>IB</i>	16
<i>IC</i>	14
<i>ID</i>	14

58.5 推進装置の設計荷重

58.5.1 一般

-1. プロペラ，軸系及び動力伝達装置の強度は，次の(1)から(8)の荷重について考慮しなければならない。

- (1) プロペラ羽根後方荷重
- (2) プロペラ羽根前方荷重
- (3) プロペラ羽根のスピンドルトルク
- (4) プロペラアイストルク
- (5) プロペラアイススラスト
- (6) 推進軸系の設計トルク
- (7) 軸スラスト
- (8) プロペラ羽根損傷荷重

-2. 前-1.に定める荷重は次の(1)から(3)の仮定に基づくものとする。

- (1) 船尾の位置に取付けられるプロペラ(旋回式のものを含む)に作用する荷重とする。ただし，船首プロペラ及びプリング型(トラクター型)のプロペラに作用する荷重並びに旋回ケーシングに作用する荷重については特別に考慮しなければならない。
- (2) 当該荷重は船舶の全航行において通常の運転時に発生する最大荷重とし，通常の運転以外の条件において発生する荷重(例えば，プロペラ停止状態においてプロペラが氷の中を引きずられるときに発生する荷重)については考慮しない。
- (3) 当該荷重は特に規定されない限り氷が作用する間に発生する全荷重であって，プロペラ，軸系及び動力伝達装置の強度計算用の荷重とする。なお，それぞれの荷重は各プロペラ単独に作用するものとする。

-3. プロペラの設計荷重

- (1) 与えられる荷重は，部品の強度計算に利用され，プロペラと氷の相互作用による氷の誘導荷重及び流体力学的荷重を含む総荷重としなければならない。
- (2) 58.5.2 及び 58.5.3 に定める F_b 及び F_f は，異なるプロペラと氷の相互作用により発生し，同時には作用しないと仮定する。この仮定に基づき一枚の羽根について別個に適用しなければならない。
- (3) 耐氷船階級が IB 及び IC の船舶の推進系にあっては，プロペラがバラスト状態において十分に没水しない場合は，IA の船舶に対する設計基準によらなければならない。

58.5.2 プロペラ羽根後方荷重

-1. プロペラ回転時に氷の作用によってプロペラ羽根に作用する船尾方向の荷重(以下，「プロペラ羽根後方荷重」という。)は，次の算式による。

- (1) ノズルを有さないプロペラにあっては次式による値

$$D \leq D_{\text{limit}} = 0.85(H_{\text{ice}})^{1.4} \quad (m) \text{ の場合}$$

$$F_b = 27 \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^2 \quad (kN)$$

$$D > D_{\text{limit}} = 0.85(H_{\text{ice}})^{1.4} \quad (m) \text{ の場合}$$

$$F_b = 23(H_{ice})^{1.4} \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D \quad (kN)$$

(2) ノズルを有するプロペラにあっては次式による値
 $D \leq D_{limit} = 4H_{ice}$ (m) の場合

$$F_b = 9.5 \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^2 \quad (kN)$$

$D > D_{limit} = 4H_{ice}$ (m) の場合

$$F_b = 66(H_{ice})^{1.4} \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^{0.6} \quad (kN)$$

ここで、

F_b : 全航行期間における最大のプロペラ羽根後方荷重 (kN)

力の方向は $0.7R$ における翼弦に対して垂直な方向とする。(図 I58.5 参照)

H_{ice} : 氷の厚さ (m) で、表 I58.15 による。

D : プロペラ直径 (m)

EAR : 展開面積比

d : プロペラボスの直径 (m)

Z : プロペラ羽根の数

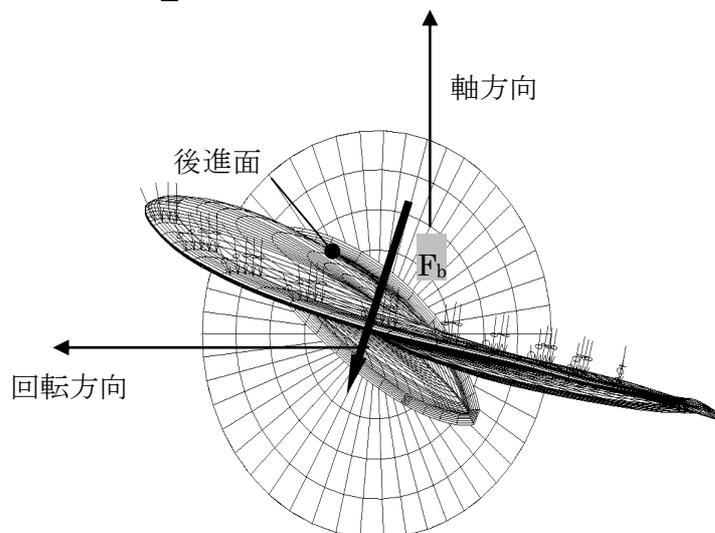
n : プロペラ回転数 (rpm)

ただし、可変ピッチプロペラの場合は、連続最大出力で自由航走をしているときの回転数とし、固定ピッチプロペラの場合は連続最大出力で自由航走しているときの回転数に 0.85 を乗じた値とする。

表 I58.15 氷厚 H_{ice}

	IA Super	IA	IB	IC
プロペラに侵入する設計最大氷厚 H_{ice} (m)	1.75	1.5	1.2	1.0

図 I58.5 プロペラ羽根に作用する力の方向



-2. プロペラ羽根後方荷重 F_b は、次の荷重ケースについてプロペラ羽根の表面に等分布荷重として作用させなければならない。

- (1) ノズルを有さない場合
 - (a) 前-1.(1)に定める荷重 F_b を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4章表 14.2.2-2.のケース 1 参照)
 - (b) 前-1.(1)に定める荷重 F_b の 50% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.9R$ から先端の部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4章表 14.2.2-2.のケース 2 参照)
 - (c) 後進時にプロペラが逆転する場合にあつては、前-1.(1)に定める荷重 F_b の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4章表 14.2.2-2.のケース 5 参照)
- (2) ノズルを有する場合
 - (a) 前-1.(2)に定める荷重 F_b を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4章表 14.2.2-3.のケース 1 参照)
 - (b) 後進時にプロペラが逆転する場合にあつては、前-1.(2)に定める荷重 F_b の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4章表 14.2.2-3.のケース 5 参照)

58.5.3 プロペラ羽根前方荷重

-1. プロペラ回転時に氷の作用によってプロペラ羽根に作用する船首方向の荷重（以下、「プロペラ羽根前方荷重」という。）は、次の算式による。

- (1) ノズルを有さないプロペラにあつては次式による値

$$D \leq D_{\text{limit}} = \frac{2}{(1-d/D)} H_{\text{ice}} \quad (m) \quad \text{の場合}$$

$$F_f = 250 \left(\frac{EAR}{Z} \right) D^2 \quad (kN)$$

$$D > D_{\text{limit}} = \frac{2}{(1-d/D)} H_{\text{ice}} \quad (m) \quad \text{の場合}$$

$$F_f = 500 H_{\text{ice}} \left(\frac{EAR}{Z} \right) \left(\frac{1}{1-d/D} \right) D \quad (kN)$$

- (2) ノズルを有するプロペラにあつては次式による値

$$D \leq D_{\text{limit}} = \frac{2}{(1-d/D)} H_{\text{ice}} \quad (m) \quad \text{の場合}$$

$$F_f = 250 \left(\frac{EAR}{Z} \right) D^2 \quad (kN)$$

$$D > D_{\text{limit}} = \frac{2}{(1-d/D)} H_{\text{ice}} \quad (m) \quad \text{の場合}$$

$$F_f = 500H_{ice} \left(\frac{EAR}{Z} \right) \left(\frac{1}{1-d/D} \right) D \quad (kN)$$

ここで、

F_f : 全航行期間における最大のプロペラ羽根前方荷重 (kN)
力の方向は $0.7R$ における翼弦に対して垂直な方向とする。

H_{ice} , D , EAR , d , Z : **58.5.2** による。

-2. プロペラ羽根前方荷重 F_f は、次の荷重ケースについてプロペラ羽根表面に等分布荷重として作用させなければならない。

(1) ノズルを有さない場合

- (a) 前-1.(1)に定める荷重 F_f を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4 章表 **14.2.2-2.** のケース 3 参照)
- (b) 前-1.(1)に定める荷重 F_f の 50% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.9R$ から先端の部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4 章表 **14.2.2-2.** のケース 4 参照)
- (c) 後進時にプロペラが逆転する場合にあつては、前-1.(1)に定める荷重 F_f の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4 章表 **14.2.2-2.** のケース 5 参照)

(2) ノズルを有する場合

- (a) 前-1.(2)に定める荷重 F_f を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.5 倍までの部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4 章表 **14.2.2-3.** のケース 3 参照)
- (b) 後進時にプロペラが逆転する場合にあつては、前-1.(2)に定める荷重 F_f の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4 章表 **14.2.2-3.** のケース 5 参照)

58.5.4 プロペラ羽根のスピンダトルク

プロペラ羽根の回転軸まわりのトルク (プロペラ羽根スピンダトルク) は、**58.5.2** 及び **58.5.3** に定める F_b 及び F_f のそれぞれのケースについて計算しなければならない。ただし、計算されたプロペラ羽根のスピンダトルクは、次の算式による値を下回ってはならない。

$$Q_{smax} = 0.25FC_{0.7} \quad (kNm)$$

ここで、

$C_{0.7}$: 半径位置 $0.7R$ における翼弦長さ (m)

F : **58.5.2-1.** に定める F_b 又は **58.5.3-1.** に定める F_f のうち、いずれか大きい方の荷重 (kN)

58.5.5 プロペラ羽根の荷重の頻度分布

-1. 羽根の疲労設計は、氷荷重 (F_{ice} が $(F_{ice})_{max}$ を超える確率の頻度分布) として図 **158.6** に示す Weibull 分布により評価しなければならない。

$$P\left(\frac{F_{ice}}{(F_{ice})_{max}} \geq \frac{F}{(F_{ice})_{max}}\right) = e^{-\left(\frac{F}{(F_{ice})_{max}}\right)^k \ln(N_{ice})}$$

ここで、

F_{ice} : 羽根に作用する氷荷重 (kN) で、 $0 \leq F_{ice} \leq (F_{ice})_{max}$ の関係を満たす任意の変数

$(F_{ice})_{max}$: 全航行期間における氷荷重の最大値 (kN)

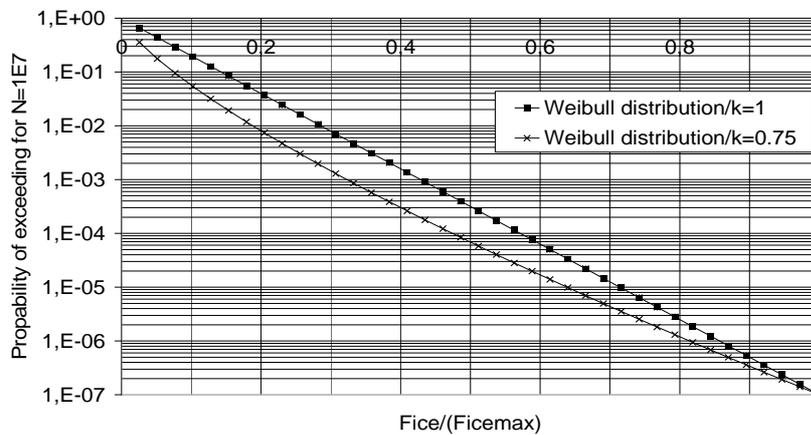
k : Weibull 分布の形状母数で、次による。

ノズルを有さないプロペラの場合 $k=0.75$

ノズルを有するプロペラの場合 $k=1.0$

N_{ice} : プロペラ羽根に作用する氷荷重の繰り返し数

図 I58.6 疲労設計に用いられる Weibull 分布 (F_{ice} が $(F_{ice})_{max}$ を超える確率)



-2. 変動荷重の繰り返し数

(1) プロペラ羽根 1 枚当たり作用する変動荷重の繰り返し数は、次の算式による。

$$N_{ice} = k_1 k_2 k_3 k_4 N_{class} \frac{n}{60}$$

ここで、

N_{class} : 耐氷船階級別のプロペラ回転数毎の衝撃の基準数で、表 I58.16 による。

k_1 : プロペラの配置に関する係数で、表 I58.17 による。

k_2 : プロペラの型式に関する係数で、表 I58.18 による。

k_3 : プロペラの取付け方式に関する係数で、表 I58.19 による。

表 I58.16 耐氷船階級に対する荷重の基準数 N_{class}

Class	IA Super	IA	IB	IC
衝撃荷重の総数 / n	$9 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	$3.4 \cdot 10^6$	$2.1 \cdot 10^6$

表 I58.17 プロペラの配置に関する係数 k_1

係数	センタープロペラ	ウィングプロペラ
k_1	1	1.35

表 I58.18 プロペラの型式に関する係数 k_2

係数	ノズルを有さない場合	ノズルを有する場合
k_2	1	1.1

表 I58.19 プロペラの取付け方式に関する係数 k_3

係数	固定式	旋回式
k_3	1	1.2

k_4 : 没水係数で、次の算式による。

$$k_4 = \begin{cases} 0.8 - f & : f < 0 \\ 0.8 - 0.4f & : 0 \leq f \leq 1 \\ 0.6 - 0.2f & : 1 < f \leq 2.5 \\ 0.1 & : f > 2.5 \end{cases}$$

ここで、

$$f = \frac{h_0 - H_{ice}}{D/2} - 1$$

h_0 : 最小氷海喫水線からプロペラ中心線までの高さ (m)

H_{ice} , D : 58.5.2 による。

- (2) プロペラと氷の相互作用がすべての羽根に生じる荷重を受ける部品にあっては、変動荷重の繰り返し数は、前(1)の荷重繰り返し数(N_{ice})に羽根の枚数(Z)を乗じたものとしなければならない。

58.5.6 プロペラアイススラスト

プロペラに作用する最大アイススラストは、次の算式による。

- (1) 船尾方向アイススラスト

$$T_b = 1.1 F_b \text{ (kN)}$$

- (2) 船首方向アイススラスト

$$T_f = 1.1 F_f \text{ (kN)}$$

ここで、

F_b : 58.5.2-1.により求めたプロペラ羽根後方荷重 (kN)

F_f : 58.5.3-1.により求めたプロペラ羽根前方荷重 (kN)

T_b : 後方の最大プロペラアイススラスト (kN)

T_f : 前方の最大プロペラアイススラスト (kN)

58.5.7 軸スラスト

プロペラ軸方向に作用する設計スラストは次の算式による。

- (1) 船首方向軸スラスト

$$T_r = T + 2.2T_f \text{ (kN)}$$

- (2) 船尾方向軸スラスト

$$T_r = 1.5T_b \text{ (kN)}$$

ここで、

T_b 及び T_f : 58.5.6 により求めたプロペラアイススラスト (kN)

T : ボラードプル状態におけるプロペラスラスト (kN)

ただし、当該値が不明の場合は表 I58.20 の値を用いて差し支えない。

表 I58.20 T の値

プロペラ型式	T
可変ピッチプロペラ (ノズルを有さない場合)	$1.25 T_n$
可変ピッチプロペラ (ノズルを有する場合)	$1.1 T_n$
タービン又は電動モータ駆動の固定ピッチプロペラ	T_n
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ (ノズルを有さない場合)	$0.85 T_n$
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ (ノズルを有する場合)	$0.75 T_n$

(備考)

T_n は開水域を連続最大出力で自由航走しているときの公称プロペラスラスト (kN)

58.5.8 プロペラアイストルク

氷の衝撃によりプロペラに作用するトルクは、次の算式による。

(1) ノズルを有さないプロペラにあつては次式による値

$D \leq D_{\text{limit}} = 1.8H_{\text{ice}}$ (m) の場合

$$Q_{\text{max}} = 10.9 \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{n}{60} D\right)^{0.17} D^3 \quad (\text{kNm})$$

$D > D_{\text{limit}} = 1.8H_{\text{ice}}$ (m) の場合

$$Q_{\text{max}} = 20.7(H_{\text{ice}})^{1.1} \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{n}{60} D\right)^{0.17} D^{1.9} \quad (\text{kNm})$$

(2) ノズルを有するプロペラにあつては次式による値

$D \leq D_{\text{limit}} = 1.8H_{\text{ice}}$ (m) の場合

$$Q_{\text{max}} = 7.7 \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{n}{60} D\right)^{0.17} D^3 \quad (\text{kNm})$$

$D > D_{\text{limit}} = 1.8H_{\text{ice}}$ (m) の場合

$$Q_{\text{max}} = 14.6(H_{\text{ice}})^{1.1} \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{n}{60} D\right)^{0.17} D^{1.9} \quad (\text{kNm})$$

ここで、

H_{ice} , D 及び d : 58.5.2 による。

$P_{0.7}$: 半径位置 $0.7R$ におけるピッチ (m)

ただし、可変ピッチプロペラの場合にあつては、ボラードプル状態における連続最大出力時のピッチとし、当該値が不明の場合は連続最大出力で自由航走しているときのピッチに 0.7 を乗じた値とする。

n : ボラードプル状態におけるプロペラ回転数 (rpm)

ただし、当該回転数が不明である場合は表 I58.21 に掲げる値を用いなければならない。

表 I58.21 プロペラ回転数 n

プロペラの型式	n
可変ピッチプロペラ	n_n
タービン又は電動モータ駆動の固定ピッチプロペラ	n_n
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ	$0.85n_n$

(備考)

n_n : 連続最大出力で自由航走しているときのプロペラ回転数 (rpm)

58.5.9 推進軸系の設計トルク

-1. 軸系の過渡状態におけるねじり振動の動的解析に用いるプロペラアイス起振トルク（以下、「起振トルク」という。）は、次によらなければならない。

(1) 起振トルクは半正弦波の形で羽根に発生する連続した氷の衝撃によって評価する。また、起振トルクは1枚の羽根に作用するトルクをプロペラ回転角を考慮して全ての羽根について合計するものとし、羽根と氷塊1個の衝撃によるトルクは次の算式による。（図 158.7 参照）

(a) $0^\circ \leq \varphi \leq \alpha_i^\circ$ の場合

$$Q(\varphi) = C_q Q_{max} \sin(\varphi(180/\alpha_i))$$

(b) $\alpha_i^\circ \leq \varphi \leq 360^\circ$ の場合

$$Q(\varphi) = 0$$

ここで、

C_q : 表 158.22 に掲げる値

Q_{max} : 58.5.8 で算出されるプロペラアイストルク (kNm)

α_i : 回転角度で表したプロペラ羽根と氷の作用時間で表 158.22 に掲げる値 (°)

表 158.22 係数 C_q 及び α_i

起振トルクのケース	プロペラと氷の相互作用の概要	C_q	α_i
ケース 1	氷塊 1 個	0.75	90
ケース 2	氷塊 1 個	1.0	135
ケース 3	氷塊 2 個 (位相のずれ $360/Z^\circ$)	0.5	45

(備考)

起振トルクの合計値は、位相のずれ $360/Z^\circ$ を考慮した1枚の羽根のトルクの合計とする。また、連続して砕氷している間の始めと終わりの回転角 270° においては、直線的な傾斜を用いること。

(2) プロペラが連続して砕氷する間のプロペラの総回転数及び衝撃回数は次の算式による。ただし、船首プロペラにあっては特別に考慮しなければならない。

(a) プロペラの総回転数

$$N_Q = 2H_{ice}$$

(b) 衝撃回数

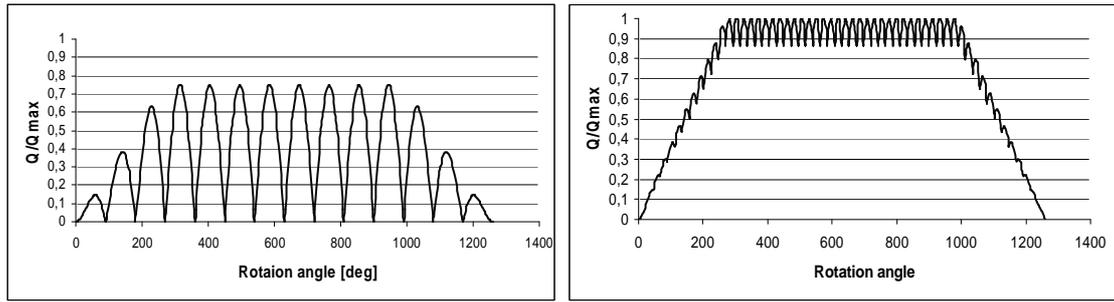
$$ZN_Q$$

ここで、

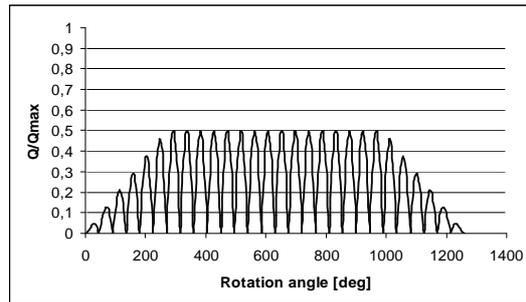
H_{ice} : 表 158.15 に掲げる値

Z : プロペラ羽根の数

図 I58.7 プロペラに作用するアイス起振トルクの例（4翼の場合）



(a) ケース 1 氷塊 1 個 ($\alpha_i = 90^\circ$) (b) ケース 2 氷塊 1 個 ($\alpha_i = 135^\circ$)



(c) ケース 3 氷塊 2 個 ($\alpha_i = 45^\circ$)

-2. プロペラ軸系部品の設計トルク

- (1) 支配的なねじり共振が設計上の運転回転数の上下 20%以内に含まれない場合にあつては、次の最大トルクの値を用いることができる。

$$Q_r = Q_{emax} + Q_{max} \frac{I}{I_t} \quad (kNm)$$

Q_{emax} : 最大主機トルク (kNm)

Q_{emax} が不明な場合は、表 I58.23 の値を用いてよい。

I : 考慮する構成要素の主機側の全部品の等価質量慣性モーメント (kgm^2)

I_t : 推進系全体の等価質量慣性モーメント (kgm^2)

表 I58.23 最大主機トルク Q_{emax}

プロペラ型式	Q_{emax}
電動モータ駆動のプロペラ	Q_{motor}
電動モータ駆動以外の可変ピッチプロペラ	Q_n
タービン駆動の固定ピッチプロペラ	Q_n
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ	$0.75 Q_n$

(備考)

Q_{motor} : 電動モータのピークトルク (kNm)

Q_n : MCR で自由航走する時の公称トルク (kNm)

Q_r : プロペラ軸方向に作用する最大の応答トルク (kNm)

- (2) 支配的なねじり共振が設計上の運転回転数の上下 20%以内に含まれる場合にあつては、部品の設計トルク(Q_r)は推進軸系のねじり振動解析によって評価されなければならない。

58.5.10 プロペラ羽根損傷荷重

-1. プロペラ羽根の損傷荷重は、次の算式による。

$$F_{ex} = \frac{300ct^2\sigma_{ref}}{0.8D - 2r} \quad (kN)$$

ここで、

σ_{ref} : 基準応力 (MPa) で、次式による。

$$\sigma_{ref} = 0.6\sigma_{0.2} + 0.4\sigma_u$$

ここで、

σ_u : 羽根材料の引張強さ (MPa)

$\sigma_{0.2}$: 羽根材料の降伏応力又は 0.2%耐力 (MPa)

c : 翼弦長さ (m)

F_{ex} : 塑性曲げの羽根損傷によって生じる極限の羽根荷重 (kN)

r : 翼断面の半径 (m)

t : 最大の翼断面厚さ (m)

-2. 前-1.に定める損傷荷重は、羽根の半径位置 $0.8R$ において羽根の最も弱い方向に作用するものとし、荷重作用点から羽根の回転軸までの距離は、羽根の回転軸と半径位置 $0.8R$ における前縁又は後縁までの距離のいずれか大きい方の値の $2/3$ としなければならない。

58.6 プロペラ及び軸系の設計

58.6.1 一般

プロペラ、軸系及び動力伝達装置は次の(1)から(3)について考慮して設計しなければならない。

- (1) 58.5 に定める設計荷重に対して十分な強度を有さなければならない。
- (2) プロペラ羽根に塑性変形が生じた場合においても、他の推進軸系の部品に重大な損傷が発生しないようにしなければならない。
- (3) 十分な疲労強度を有するものでなければならない。

58.6.2 プロペラ羽根の強度

-1. 58.5.2 及び 58.5.3 に定める荷重により羽根に生じる応力は、有限要素解析により算定しなければならない。

半径比 $r/R < 0.5$ の場合、プロペラ羽根の付け根部分の応力は、以下の式により算定して差し支えない。算式により決定された付け根部分の寸法が、有限要素解析により当該箇所が高い応力を生じさせる場合でも、それを認めることがある。

$$\sigma_{st} = C_1 \frac{M_{BL}}{100ct^2} \quad (MPa)$$

ここで、

C_1 : $\frac{\text{有限要素解析による応力}}{\text{梁の理論に基づく式による応力}}$ による。

ただし、有限要素解析の値が利用できない場合は、 C_1 は 1.6 としなければならない。

ここで、

M_{BL} : 羽根の曲げモーメント (kNm) で、半径比 $r/R < 0.5$ の場合、次式による。

$$M_{BL} = (0.75 - r/R)RF$$

ここで、

F : F_b と F_f の最大値のいずれか大きい荷重とする。

- 2. 前-1.により得られる応力 σ_{st} は次を満足しなければならない。

$$\frac{\sigma_{ref2}}{\sigma_{st}} \geq 1.5$$

ここで、

σ_{st} : F_b 又は F_f によって生じる最大応力 (MPa)

σ_u : 羽根材料の引張強さ (MPa)

σ_{ref2} : 基準応力 (MPa) で、次式のいずれか小さい方とする。

$$\sigma_{ref2} = 0.7\sigma_u \text{ 又は } \sigma_{ref2} = 0.6\sigma_{0.2} + 0.4\sigma_u$$

- 3. プロペラ羽根の疲労設計

- (1) プロペラ羽根の疲労設計は、船舶の全航行期間において評価された荷重の頻度分布及び羽根材料の SN 線図に基づかなければならない。予想される荷重の頻度分布と同じ疲労損傷を与える等価応力を計算しなければならない。また、 10^8 回の繰り返し数に対して標準化された等価応力は本項で与えられる疲労に関する許容基準を満足しなければならない。ただし、以下の基準を満足する場合にあっては、本項による疲労計算は要求されない。

$$\sigma_{exp} \geq B_1 \sigma_{ref2}^{B_2} \log(N_{ice})^{B_3}$$

ここで、

B_1 、 B_2 及び B_3 は係数で表 I58.24 による。

表 I58.24 係数 B_1 、 B_2 及び B_3

係数	ノズルを有さないプロペラ	ノズルを有するプロペラ
B_1	0.00270	0.00184
B_2	1.007	1.007
B_3	2.101	2.470

- (2) 等価応力の算出においては、以下の 2 種類の SN 線図のいずれかを用いなければならない。
- (a) 2 つの勾配で表される SN 線図 (勾配 4.5 及び 10) (図 I58.8 参照)
- (b) 一定勾配の SN 線図 (図 I58.9 参照)
- (3) SN 線図の種類は羽根の材料の特性に応じて選択されなければならない。SN 線図が不明な場合は、2 つの勾配で表される SN 線図を用いなければならない。

図 I58.8 2つの勾配で表されるSN線図

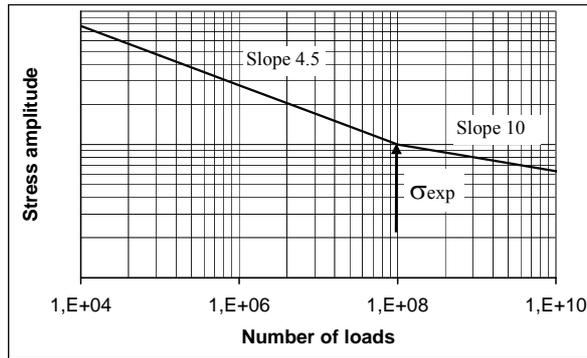
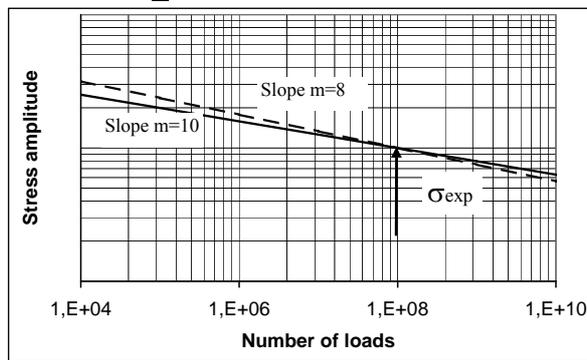


図 I58.9 一定勾配のSN線図



- (4) 等価応力は、荷重の頻度分布と同じ疲労損傷を生じさせる 10^8 回の応力の繰り返し数に対する疲労応力振幅で、次による。

$$\sigma_{fat} = \rho(\sigma_{ice})_{max}$$

ここで、

ρ : 適用する SN 線図に応じ、(5)又は(6)による。

$$(\sigma_{ice})_{max} = 0.5((\sigma_{ice})_{fmax} - (\sigma_{ice})_{bmax})$$

$(\sigma_{ice})_{max}$: 検討する場所における前方及び後方の羽根荷重によって生じる主応力振幅の平均値

$(\sigma_{ice})_{fmax}$: 前方荷重によって生じる主応力

$(\sigma_{ice})_{bmax}$: 後方荷重によって生じる主応力

- (5) 2つの勾配を有する SN 線図に対する変数 ρ の計算は次による。

変数 ρ は、最大応力振幅を 10^8 回の応力サイクルに対する等価疲労応力に換算するための疲労に関する減少率であり、以下の式による。

$$\rho = C_1(\sigma_{ice})_{max}^{C_2} \sigma_{fl}^{C_3} \lg(N_{ice})^{C_4}$$

ここで、

$$\sigma_{fl} = \gamma_\varepsilon \gamma_v \gamma_m \sigma_{exp}$$

σ_{fl} : 羽根材料の固有疲労強度 (MPa)

γ_ε : ばらつき及び供試体の寸法効果に関する減少率

γ_v : 変動振幅荷重に関する減少率

γ_m : 平均応力に関する減少率

σ_{exp} : 海水中での 10^8 サイクルにおける羽根材料の平均疲労強度 (MPa)
 実際の値が得られない場合は、次の値を減少率として用いること。

$$\gamma_\varepsilon=0.67$$

$$\gamma_v=0.75$$

$$\gamma_m=0.75$$

C_1, C_2, C_3 及び C_4 は、係数で、表 I58.25 による。

表 I58.25 係数 C_1, C_2, C_3 及び C_4

係数	ノズルを有さないプロペラ	ノズルを有するプロペラ
C_1	0.000711	0.000509
C_2	0.0645	0.0533
C_3	-0.0565	-0.0459
C_4	2.22	2.584

- (6) 一定勾配の SN 線図に対する ρ の計算
 一定勾配の SN カーブ (図 I58.9 参照) を有する材料については、 ρ は次の式による。

$$\rho = \left(G \frac{N_{ice}}{N_R} \right)^{1/m} (\ln(N_{ice}))^{-1/k}$$

ここで、

k は Weibull 分布の形状母数で、次による。

(a) ノズルを有するプロペラの場合は $k=1.0$

(b) ノズルを有さないプロペラの場合は $k=0.75$

N_R : 荷重サイクルの基準数 ($=10^8$)

m : 対数で表示された SN 線図の勾配

G : m/k の値に対する表 I58.26 による。 m/k の値が表 I58.26 の中間となる場合は、線形補間により求めて差し支えない。

表 I58.26 m/k に対する係数 G の値

m/k	G	m/k	G	m/k	G
3	6	5.5	287.9	8	40320
3.5	11.6	6	720	8.5	119292
4	24	6.5	1871	9	362880
4.5	52.3	7	5040	9.5	1.133E6
5	120	7.5	14034	10	3.623E6

-4. 疲労に関する許容基準

羽根のすべての位置において等価疲労応力は、次の許容基準を満足しなければならない。

$$\frac{\sigma_{fl}}{\sigma_{fat}} \geq 1.5$$

58.6.3 プロペラボス及び可変ピッチ機構*

- 1. 羽根ボルト、可変ピッチ機構、プロペラボス及びプロペラの取付物は、58.5 に定め

る最大荷重及び疲労荷重に耐え得るよう次の(1)及び(2)に掲げる安全率より大きい値で設計しなければならない。

- (1) 降伏に対する安全率は 1.3
- (2) 疲労に対する安全率は 1.5

-2. **58.5.10** に定める塑性曲げによるプロペラ羽根の損傷によって生じる荷重は、降伏に対する安全率を 1.0 より大きな値としなければならない。

58.6.4 推進軸系

-1. 軸及び軸部品（軸受、船尾管軸受、継手、フランジ、シール装置等）の強度はプロペラが氷に衝突することにより発生する曲げ、ねじり及び軸方向の力について考慮しなければならない。ただし、安全率は 1.3 以上としなければならない。

-2. **58.5.10** に定める羽根の全損傷による極限荷重により、軸及び軸部品に降伏が生じてはならない。軸方向の荷重、曲げ荷重及びねじり荷重の影響が大きい場合は、これらを組合せたものとしなければならない。また、曲げ及びねじり応力に関しては、降伏に対する安全率を 1.0 以上としなければならない。

58.6.5 旋回式推進装置

旋回式推進装置を有する場合にあっては **58.6.1** の要件に加え、次の(1)から(5)について考慮して設計しなければならない。

- (1) 推進装置に作用する特有の荷重ケースについて考慮しなければならない。当該荷重ケースは船舶及び推進装置の運転を考慮したものでなければならない。
- (2) プロペラ羽根に損傷が発生した場合であっても推進装置が損傷しないように設計しなければならない。
- (3) プロペラ羽根の塑性変形は、考慮する部品に対して最大荷重を発生させるような羽根の位置に生じるものとして考えなければならない。
- (4) **附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艀装及び機関の特別要件」4 章 3.5.10** に定める旋回部ケーシングに作用する氷荷重についても考慮しなければならない。
- (5) 氷の厚さは表 **I58.15** で定めるプロペラに侵入する最大の氷塊の厚さとしなければならない。

58.6.6 振動

推進系は、全ての動的系統が、設計上の最大及び最小の運転回転数の上下 20%まで拡張した設計上の運転速度範囲において、支配的なねじり、軸力及び曲げによる共振が存在しないように設計しなければならない。この条件を満足しない場合にあっては、構成要素の強度が許容強度を満足していることを確保するため、詳細な振動解析を行わなければならない。

58.7 代替設計

58.7.1 代替設計*

推進装置は、**58.5** 及び **58.6** の代替として包括的な検討を行い、設計評価することができる。

58.8 機関に関するその他の要件

58.8.1 主機の始動装置

- 1. 空気タンクの容量は、後進のために主機を逆転する場合には 12 回以上、後進のために主機を逆転しない場合には 6 回以上、途中で充気しないで主機を連続始動できる十分なものでなければならない。
- 2. 空気タンクは、主機の始動以外にも使用される場合、それらのための十分な容量を加えたものでなければならない。
- 3. 空気圧縮機の容量は、1 時間以内に空気タンクを大気圧状態から最高圧力まで充気できるものでなければならない。ただし、耐氷船階級が *IA Super* であって後進のために主機を逆転する耐氷船の場合には、空気圧縮機の容量は、30 分以内に空気タンクを充気できるものでなければならない。

58.8.2 海水吸入口及び冷却水装置

- 1. 冷却水管装置は、氷海航行中に冷却水を十分に供給できるものでなければならない。
- 2. 前-1.のために、少なくとも 1 つの冷却水吸入用シーチェストは、次の(1)から(5)の要件によらなければならない。ただし、耐氷船階級が *ID* の耐氷船にあっては、次の(2)、(3)及び(5)の要件に適合しなくてもよい。
 - (1) 海水吸入口は、船体中心線付近に設け、かつ、できるだけ船尾に設けること。
 - (2) シーチェストの体積は、船舶の航行に必要な補機の出力も含めて、機関出力 $750kW$ につき $1m^3$ 以上を標準とする。
 - (3) シーチェストは、氷が吸入口の上方に集積するように、十分に深いものであること。
 - (4) シーチェストは、冷却水の全量を排出できる排出管を連結したものであること。
 - (5) 海水吸入口の格子の通過面積は、吸入管の面積の 4 倍以上とすること。
- 3. 複数個のシーチェストを設ける場合、各シーチェストは前-2.(2)及び(3)の要件に適合する必要はない。ただし、冷却水の吸入及び排出は互いに切り換えて使用できるものとしなければならない。なお、耐氷船階級が *ID* の耐氷船を除き、各シーチェストは、前-2.(1)、(4)及び(5)の要件を満足しなければならない。
- 4. ヒーティングコイルは、シーチェストの上部に装備して差し支えない。
- 5. 冷却にバラスト水を用いる装置は、バラスト状態において予備として用いて差し支えないが、上記のシーチェストの代替としては認められない。

附属書 1 として次の附属書を加える。

附属書 1 極地氷海船の材料、構造、艤装及び機関の特別要件

1 章 通則

1.1 一般

1.1.1 適用

本附属書は、規則 I 編 1.1.1-4., 3.3 及び 6.3.3 並びに検査要領 I 編 I7.3.3 の規定に基づき、極地氷海船の材料、構造、艤装及び機関に適用する。

1.2 定義

1.2.1 適用

本附属書における用語の定義及び記号は、規則の他の編において特に定める場合を除き、本節及び規則 I 編 1.2.1 の定めるところによる。

1.2.2 極地氷海船階級

- 1. 極地氷海船階級とは、表 1.2.2-1. に示すように 7 つの階級に分類され、登録申込者が選択するものとする。
- 2. 船体構造に適用する極地氷海船階級と機関構造に適用する極地氷海船階級が異なる場合は、低い方の極地氷海船階級を船級符号に付記する。ただし、船級登録原簿には、それぞれの極地氷海船階級を注記する。

表 1.2.2-1. 極地氷海船階級

極地氷海船階級	記号	氷の状況及び季節
Polar Class 1	PC1	すべての極地氷水域を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 2	PC2	中程度の厳しさの多年氷が存在する氷水域を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 3	PC3	多年氷が一部混在する二年氷の中を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 4	PC4	多年氷が一部混在する厚い一年氷の中を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 5	PC5	多年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を通年航行する極地氷海船。
Polar Class 6	PC6	多年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を夏季又は秋季に航行する極地氷海船。
Polar Class 7	PC7	多年氷が一部混在する薄い一年氷の中を夏季又は秋季に航行する極地氷海船。

(備考)

ここで、多年氷、二年氷及び一年氷とは、世界気象機関 (World Meteorological Organization) の海氷用語に基づくもので、次による。

多年氷： 二年目の発達サイクルを終えて存続した浮氷

二年氷： 一年氷が夏季に解けることなく二年目の発達サイクルに達した浮氷

一年氷： 最初の年間発達サイクルにある浮氷

厚い一年氷： 厚さ 120-250cm 程度の一年氷。強度の高いこの氷は強い圧力を受けた場合に限り氷上に高さ 150-250cm 程度の氷丘を形成する。

中程度の厚さの一年氷： 厚さ 70-120cm 程度の一年氷。極地以外の氷水域では、この種の一年氷は発達の極限段階であり、最も厳しい冬期に形成される。交差した氷丘脈が多く、氷丘の高さは 170cm に達することもある。

この種の氷は夏期には解けてほぼ完全に消滅する。
薄い一年氷： 厚さ 30-70cm 程度の一年氷。この種の氷上に見られる氷丘は平均で 30-75cm であり、直線状の氷丘脈を形成する。薄い一年氷を第 1 段階の薄い一年氷（厚さ 30-50cm）と第 2 段階の薄い一年氷（厚さ 50-70cm）とに細分する場合もある。

1.2.3 船体区域

極地氷海船の船体区域とは、設計氷荷重の大きさに応じて区分される船体構造の範囲をいい、次のように分類する（図 1.2.3-1.参照）。ただし、特殊な砕氷船尾構造及び推進機構を備え、氷水域を後進により航行する極地氷海船については本会の適当と認めるところによる。特殊な砕氷船尾構造及び推進機構を備え、氷水域を後進により航行する極地氷海船の船体区域は、図 1.2.3-2.を参考とする。

(1) 船首域

(a) 極地氷海船階級が PC1 から PC4 の極地氷海船の船首域

最大氷海喫水線上で水線面外板角が 10° となる位置（船首域の後縁）より前方の船体区域のうち、船首域の後縁上で最大氷海喫水線から上方に 1.5 m の点と、船首材上で最大氷海喫水線から上方に 2.0 m の点を結ぶ線の下方に位置する船体区域とする。

(b) 極地氷海船階級が PC5 から PC7 の極地氷海船の船首域

最大氷海喫水線上で水線面外板角が 10° となる位置より前方の船体区域のうち、船首域の後縁上で最大氷海喫水線から上方に 1.0 m の点と、船首材上で最大氷海喫水線から上方に 2.0 m の点を結ぶ線の下方に位置する船体区域とする。ただし、船首域の後縁は、いかなる場合にも船首材の延長線と船の基線との交点より前方としてはならない。また、船首域の後縁は、船首垂線から船尾方向に最大氷海喫水線での船の長さの 0.45 倍の位置よりも後方とする必要はない。

(2) 船首中間域

(a) 極地氷海船階級が PC1 から PC4 の極地氷海船の船首中間域

船首域の後縁から、最大氷海喫水線上で水線面外板角が 0° となる点より最大氷海喫水線での船の長さの 0.04 倍後方の位置（船首中間域の後縁）より前方の船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に 1.5 m の線より下方に位置する船体区域とする。

(b) 極地氷海船階級が PC5 から PC7 の極地氷海船の船首中間域

船首域の後縁から、最大氷海喫水線上で水線面外板角が 0° となる点より最大氷海喫水線での船の長さの 0.04 倍後方の位置より前方の船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に 1.0 m の線より下方に位置する船体区域とする。

(3) 船尾域

(a) 極地氷海船階級が PC1 から PC4 の極地氷海船の船尾域

最大氷海喫水線上で船尾垂線から船の幅が最大になる位置までの距離の 0.7 倍を船尾垂線から船首方向に向かって計測した点（船尾域の前縁）より後方に位置する船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に 1.5 m の線より下方に位置する船体区域とする。

(b) 極地氷海船階級が PC5 から PC7 の極地氷海船の船尾域

最大氷海喫水線上で船尾垂線から船の幅が最大になる位置までの距離の 0.7 倍を船尾垂線から船首方向に向かって計測した点より後方に位置する船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に 1.0 m の線より下方に位置する船体区域と

する。

ただし、船尾垂線から船尾域の境界点までの距離は最大氷海喫水線での船の長さの0.15倍以上としなければならない。

(4) 中央域

(a) 極地氷海船階級が *PC1* から *PC4* の極地氷海船の中央域

船首中間域の後縁から、船尾域の前縁までの間の船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に1.5 mの線より下方に位置する船体区域とする。

(b) 極地氷海船階級が *PC5* から *PC7* の極地氷海船の中央域

船首中間域の後縁から、船尾域の前縁までの間の船体区域のうち、最大氷海喫水線から上方に1.0 mの線より下方に位置する船体区域とする。

(5) 船底域

船底域とは船首中間域、中央域及び船尾域において、船底外板が水平より7°傾斜する位置（船底域の上縁）より船体中心線側に位置する外板区域をいう。

(6) 下部域

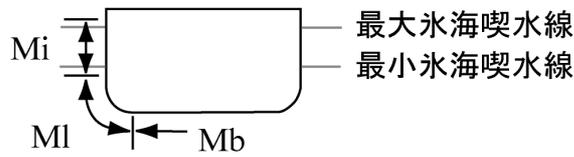
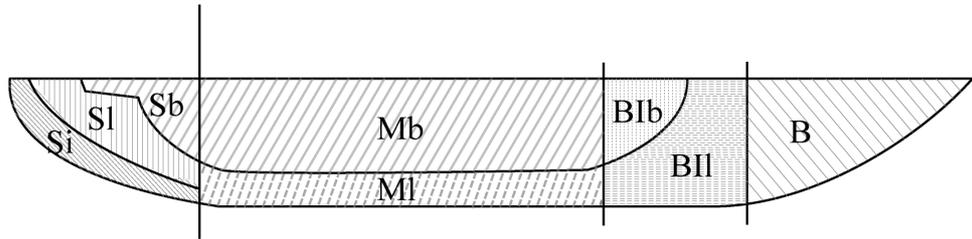
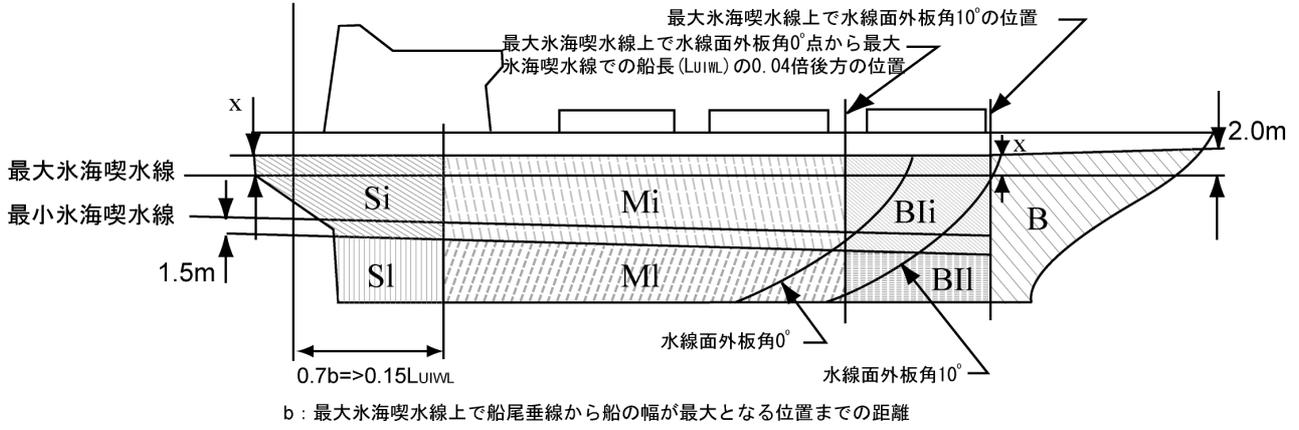
下部域とは船首中間域、中央域及び船尾域において、船底域の上縁から最小氷海喫水の1.5 m下方の線（下部域の上縁）までの外板区域をいう。

(7) 耐氷帯域

耐氷帯域とは船首中間域、中央域及び船尾域において、下部域の上縁から、極地氷海船階級が *PC1* から *PC4* の極地氷海船にあつては最大氷海喫水の1.5 m上方、極地氷海船階級が *PC5* から *PC7* の極地氷海船にあつては最大氷海喫水の1.0 m上方の線までの外板区域をいう。

図 1.2.3-1. 極地氷海船の船体区域

PC1, 2, 3, 4 $x = 1.5\text{m}$;
 PC5, 6, 7 $x = 1.0\text{m}$;
 x : 船首域の後縁で、最大氷海喫水より計測



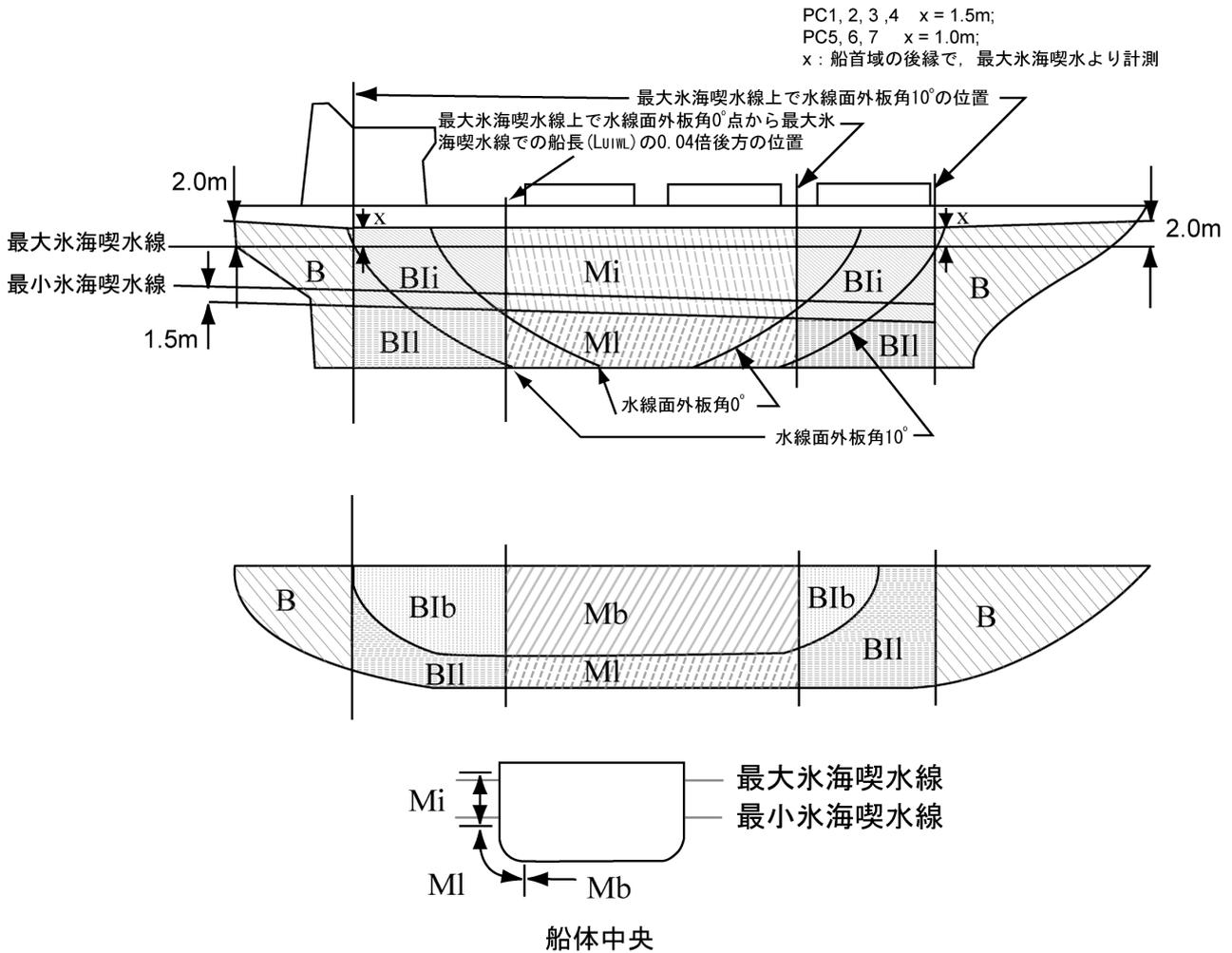
船体中央

(備考)

ここで、図中の記号は以下のとおりとする。

- B: 船首域
- Bli: 船首中間耐氷帯域
- Bll: 船首中間下部域
- Bib: 船首中間船底域
- Mi: 中央耐氷帯域
- Ml: 中央下部域
- Mb: 中央船底域
- Si: 船尾耐氷帯域
- Sl: 船尾下部域
- Sb: 船尾船底域

図 1.2.3-2. 船体区域



(備考)

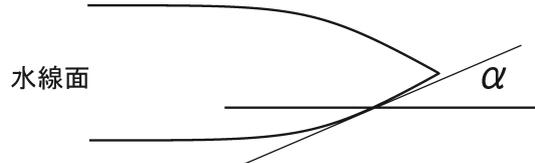
ここで、図中の記号は以下のとおりとする。

- B : 船首域
- Bli : 船首中間耐氷帯域
- BII : 船首中間下部域
- Blb : 船首中間船底域
- Mi : 中央耐氷帯域
- Ml : 中央下部域
- Mb : 中央船底域

1.2.4 水線面外板角

水線面外板角とは、各喫水面における船体外板の接線と船長方向のなす角をいう。(図 1.2.4-1.参照)

図 1.2.4-1. 水線面外板角 α



2章 材料及び溶接

2.1 材料

2.1.1 船体構造用材料

船体構造用材料は、規則 K 編 3 章の規定に適合するものでなければならない。

2.1.2 材料区分

- 1. 船体構造に使用される船体構造用材料の構造部材の分類及び材料区分は、表 2.1.2-1. から表 2.1.2-4.によらなければならない。
- 2. 表 2.1.2-1.から表 2.1.2-4.に規定する構造部材のうち、風雨曝露部及び、海水と接する構造部材並びに、これらに取付けられる部材の材料区分は表 2.1.2-5.によらなければならない。
- 3. 設計温度を設定して設計する極地氷海船にあつては、その船体に使用する鋼材の使用区分は C 編 1.1.12 の規定によらなければならない。ただし、設計温度にかかわらず、本附属書に規定する鋼種より低いものを使用してはならない。
- 4. 板厚が 50 mm を超える圧延鋼材及び降伏強度が 390 N/mm^2 以上の圧延鋼材の使用区分は、本会の適当と認めるところによる。
- 5. ステンレスクラッド鋼を船殻に用いる場合、板厚を母材厚さとして表 2.1.3-1.から表 2.1.3-3.を適用する。

表 2.1.2-1. 材料の使用区分

構造部材の分類	材料区分及び鋼種
二次部材 A1. 縦通隔壁の板，ただし，一次部材に該当するものを除く。 A2. 曝露甲板，ただし，一次部材又は特殊部材に該当するものを除く。 A3. 船側外板	-中央部 $0.4L$ 間は材料区分 I -上記以外は $A/AH^{(2)}$
一次部材 B1. 船底外板及び竜骨板 B2. 強力甲板，ただし，特殊部材に該当するものを除く。 B3. 貨物倉口縁材以外の強力甲板上方の縦通連続構造部材 B4. 縦通隔壁の最上部の板一条 B5. 垂直の板一条（倉口桁板）及びトップサイドタンクの斜板の強力甲板に隣接する板一条	-中央部 $0.4L$ 間は材料区分 II -上記以外は $A/AH^{(2)}$
特殊部材 C1. 強力甲板の舷側厚板 ⁽¹⁾ C2. 強力甲板の梁上側板 ⁽¹⁾ C3. 縦通隔壁板に隣接する甲板の板一条 ⁽¹⁾ ，ただし，二重船側部を形成する縦通隔壁付近の甲板は除く。	-中央部 $0.4L$ 間は材料区分 III -上記を除く中央部 $0.6L$ 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I
C4. コンテナ船及び同様な倉口配置の船舶の強力甲板の貨物倉口隅部	-中央部 $0.4L$ 間は材料区分 III -上記を除く中央部 $0.6L$ 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I -ただし，貨物区域内は材料区分 III とする。
C5. ばら積貨物船，鉦石運搬船，兼用船及び同様な倉口配置の船舶の強力甲板の貨物倉口隅部	-中央部 $0.6L$ 間は材料区分 III -上記を除く貨物倉区域は材料区分 II
C6. 全幅にわたり二重船底構造であって，船の長さが $150m$ 未満の船舶におけるビルジ外板 ⁽¹⁾	-中央部 $0.6L$ 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I
C7. C6 以外の船舶におけるビルジ外板 ⁽¹⁾	-中央部 $0.4L$ 間は材料区分 III -上記を除く中央部 $0.6L$ 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I
C8. 長さが $0.15L$ を超える貨物倉口の縦通縁材 C9. 縦通縁材の端部肘板及び甲板室との取り付け部	-中央部 $0.4L$ 間は材料区分 III -上記を除く中央部 $0.6L$ 間は材料区分 II -上記以外は材料区分 I -ただし， $D/DH^{(3)}$ 以上としなければならない。

(備考)

- (1) 船の中央部 $0.4L$ 間において材料区分 III が要求される鋼材の一条の幅は，船舶の設計の形状による制限がない場合， $800+5L$ (mm) 以上とすること。ただし， $1,800mm$ を超える必要はない。
- (2) A は材料記号 KA ， AH は材料記号 $KA32$ 及び $KA36$ を示す。
- (3) D は材料記号 KD ， DH は材料記号 $KD32$ 及び $KD36$ を示す。

表 2.1.2-2. 船の長さが 150 m 以上の一層の強力甲板を有する船舶における最低鋼種

構造部材の分類	材料区分及び鋼種
強力甲板の縦強度部材	中央部 0.4 L 間は B/AH ⁽¹⁾
強力甲板上方にある連続した縦強度部材	中央部 0.4 L 間は B/AH ⁽¹⁾
船底と強力甲板の間に連続的な内殻縦通隔壁を有しない船舶における単船側部の外板	貨物区域内は B/AH ⁽¹⁾

(備考)

(1) B は材料記号 KB, AH は材料記号 KA32 及び KA36 を示す。

表 2.1.2-3. 船の長さが 250 m 以上の船舶における最低鋼種

構造部材の分類	材料区分及び鋼種
強力甲板の舷側厚板 ⁽¹⁾	中央部 0.4 L 間は E/EH ⁽²⁾
強力甲板の梁上側板 ⁽¹⁾	中央部 0.4 L 間は E/EH ⁽²⁾
ビルジ外板 ⁽¹⁾	中央部 0.4 L 間は D/DH ⁽³⁾

(備考)

(1) 船の中央部 0.4 L 間において E/EH 級が要求される鋼材の一条の幅は、船舶の設計の形状による制限がない場合、800+5 L (mm) 以上とすること。ただし、1,800 mm を超える必要はない。

(2) E は材料記号 KE, EH は材料記号 KE32 及び KE36 を示す。

(3) D は材料記号 KD, DH は材料記号 KD32 及び KD36 を示す。

表 2.1.2-4. BC-A 船又は BC-B 船における最低鋼種

構造部材の分類	材料区分及び鋼種
倉内肋骨の下部肘板部 ⁽¹⁾⁽²⁾	D/DH ⁽³⁾
船側外板とビルジホップタンク斜板又は内底板との交差部から上下にそれぞれ 0.125 l の範囲における、貨物倉内に面する船側外板 ⁽²⁾	D/DH ⁽³⁾

(備考)

(1) 「下部肘板部」とは、船側外板とビルジホップタンク斜板又は内底板との交差部から 0.125 l 上方の範囲にある下部肘板のウェブ及び倉内肋骨のウェブをいう。

(2) l は、倉内肋骨の支点間距離。

(3) D は材料記号 KD, DH は材料記号 KD32 及び KD36 を示す。

表 2.1.2-5. 極地氷海船の構造部材に対する材料の使用区分

構造部材の分類	材料区分
船首域及び船首中間耐氷帯域 (B, B _{II}) 内の外板	II
表 2.1.2-1. の二次部材又は一次部材で、中央部 0.4L 間以外に位置するもの	I
船首域及び船尾骨材, ラダーホーン, 舵, プロペラノズル, 張出し軸受け, アイススケグ, アイスナイフ及び氷衝撃荷重を受けるほかの付加物用の板材	II
暴露甲板及び外板に取付けられるすべての内部材並びに暴露甲板及び外板から 600 mm 以内の箇所にある内部材	I
氷水域を航行中に貨物倉ハッチを開けた場合、大気に曝される板部材及びそれに取付けられる防撓材	I
表 2.1.2-1. の特殊部材, FP から 0.2 L 以内に位置する構造部材	II

2.1.3 鋼種

-1. 最小氷海喫水線の 0.3 m 下方の線より下方に位置する船殻部材及び付加物並びにこれらに取付けられる防撓材に使用する鋼材は、極地氷海船階級にかかわらず、表 2.1.2-1. から表 2.1.2-5. の構造部材の分類及び材料区分に応じ表 2.1.3-1. に規定する鋼種以上のものとしなければならない。

-2. 最小氷海喫水線の 0.3 m 下方の線より上方に位置する風雨曝露部の船殻構造及び付

加物に使用する鋼材は、表 2.1.2-1.から表 2.1.2-5.の構造部材の分類及び材料区分に応じ表 2.1.3-2.に規定する鋼種以上のものとしなければならない。

-3. 風雨曝露部の船殻部材に取付けられる防撓材及び船殻部材から 600 mm 以内にある構造部材 (例えば、隔壁及び甲板並びにそれらに取付けられる防撓材) に使用する材料は、極地氷海船階級に応じ、表 2.1.3-3.に規定する鋼種以上のものとしなければならない。

表 2.1.3-1. 最小氷海喫水線の 0.3 m 下方の線より下方に使用する鋼材の鋼種

鋼材の厚さ t (mm)	材料区分 I		材料区分 II		材料区分 III	
	MS	HT	MS	HT	MS	HT
$t \leq 15$	A	AH	A	AH	A	AH
$15 < t \leq 20$	A	AH	A	AH	B	AH
$20 < t \leq 25$	A	AH	B	AH	D	DH
$25 < t \leq 30$	A	AH	D	DH	D	DH
$30 < t \leq 35$	B	AH	D	DH	E	EH
$35 < t \leq 40$	B	AH	D	DH	E	EH
$40 < t \leq 50$	D	DH	E	EH	E	EH

表 2.1.3-2. 風雨曝露部に使用する鋼材の鋼種

鋼材の厚さ t (mm)	材料区分 I				材料区分 II				材料区分 III					
	PC1-5		PC6&7		PC1-5		PC6&7		PC1-3		PC4&5		PC6&7	
	MS	HT	MS	HT	MS	HT	MS	HT	MS	HT	MS	HT	MS	HT
$t \leq 10$	B	AH	B	AH	B	AH	B	AH	E	EH	E	EH	B	AH
$10 < t \leq 15$	B	AH	B	AH	D	DH	B	AH	E	EH	E	EH	D	DH
$15 < t \leq 20$	D	DH	B	AH	D	DH	B	AH	E	EH	E	EH	D	DH
$20 < t \leq 25$	D	DH	B	AH	D	DH	B	AH	E	EH	E	EH	D	DH
$25 < t \leq 30$	D	DH	B	AH	E	EH	D	DH	E	EH	E	EH	E	EH
$30 < t \leq 35$	D	DH	B	AH	E	EH	D	DH	E	EH	E	EH	E	EH
$35 < t \leq 40$	D	DH	D	DH	E	EH	D	DH	-	FH	E	EH	E	EH
$40 < t \leq 45$	E	EH	D	DH	E	EH	D	DH	-	FH	E	EH	E	EH
$45 < t \leq 50$	E	EH	D	DH	E	EH	D	DH	-	FH	-	FH	E	EH

(備考)

最小氷海喫水線の 0.3 m 下方の位置からの、幅 1.8 m 以内の船側外板の板一条については鋼種 D, DH 以上とする

表 2.1.3-3. 風雨曝露部の船殻部材に取付けられる船側肋骨部材の鋼種

鋼材の厚さ t (mm)	PC1 - PC5		PC6 及び PC7	
	MS	HT	MS	HT
$t \leq 20$	B	AH	B	AH
$20 < t \leq 35$	D	DH	B	AH
$35 < t \leq 45$	D	DH	D	DH
$45 < t \leq 50$	E	EH	D	DH

(備考)

表 2.1.3-1., 表 2.1.3-2.及び表 2.1.3-3.中, MS は、軟鋼を、HT は高張力鋼を意味し、A, B, D, E 及び AH, DH, EH, FH は以下の材料記号を示す。

A : KA

B : KB

D : KD

E : KE

AH : KA32 及び KA36

DH : KD32 及び KD36

EH : KE32 及び KE36

FH : KF32 及び KF36

2.1.4 圧延鋼材以外の材料

圧延鋼材以外の材料は、使用される温度に適した化学成分を有するものでなければならない。

2.1.5 海水に触れる機関の材料

プロペラ羽根、プロペラボス及び羽根取付けボルトのような海水に触れる材料は、規則 K 編に規定する U14A 号試験片による伸び率が 15%以上のものでなければならない。また、青銅及びオーステナイト鋼以外の材料にあっては、規則 K 編に規定する U4 号試験片による吸収エネルギー値が -10°C において 20J 以上の値を有するものでなければならない。

2.1.6 海水温度に曝される機関の材料

海水温度に曝される材料は、鋼又はその他の承認された延性材料であって、規則 K 編に規定する U4 号試験片による吸収エネルギー値が -10°C において 20J 以上の値を有するものでなければならない。

2.1.7 低温空気に曝される機関の材料

低温空気に曝される重要な部品の材料は、鋼又はその他の承認された延性材料であって、規則 K 編に規定する U4 号試験片による吸収エネルギー値が使用される温度より 10°C 低い温度において 20J 以上の値を有するものでなければならない。

2.2 溶接

2.2.1 一般

1. 溶接については規則 M 編の規定による。
2. 氷荷重に対し補強される箇所全てのすみ肉溶接は、規則 C 編表 C1.4 に規定する F2 以上の脚長を有する二重連続方式としなければならない。
3. 全ての構造接合部、特に氷荷重に対し補強される箇所とその他の構造区域の境界において強度の連続性が確保されなければならない。

2.3 防食措置及び耐磨耗措置

2.3.1 外板の保護

外板の腐食及び氷との接触により生ずる摩耗を低減するために、外板の全外面に対し効果的な保護を施すことを推奨する。

2.3.2 外板の予備厚

外板に対する予備厚 t_s は、極地氷海船階級に応じ表 2.3.2-1. に掲げる値以上としなければならない。外板の予備厚は、船体外板と氷との衝突による船体部材の磨耗及び腐食による衰耗を考慮して、あらかじめ寸法に加えられる予備厚とする。

表 2.3.2-1. 外板の予備厚

船体区域	予備厚 t_s (mm)					
	効果的な保護 ⁽¹⁾ あり			効果的な保護なし		
	PC1 - PC3	PC4 及び PC5	PC6 及び PC7	PC1 - PC3	PC4 及び PC5	PC6 及び PC7
船首域, 船首中間耐氷帯域	3.5	2.5	2.0	7.0	5.0	4.0
船首中間下部域, 中央耐氷帯域, 船尾耐氷帯域	2.5	2.0	2.0	5.0	4.0	3.0
中央下部域, 船尾下部域, 船底域	2.0	2.0	2.0	4.0	3.0	2.5

(備考)

- (1) 氷海塗料等の氷水域での使用を考慮した塗装もしくは本会がこれと同等とみなす措置が施されている場合、効果的な保護があるとみなす。
- (2) 耐氷補強部については計測板厚が $t_{net}+0.5\text{ mm}$ を下回った時点で切替が要求される。

2.3.3 防撓材の腐食予備厚

外板に隣接する板部材, 防撓材ウェブ及びフランジを含む氷荷重に対する補強箇所内の全内部構造部材の腐食予備厚 (t_s) は, 1.0 mm 以上としなければならない。

3章 船体構造

3.1 適用

3.1.1 一般

- 1. 本章に規定する設計氷荷重は砕氷船首形状を有する極地氷海船に適用する。
- 2. 砕氷船首形状以外の船首形状の船舶については、本会の適当と認める設計氷荷重とすること。

3.1.2 荷重シナリオ

本章に規定する設計氷荷重は、氷が船首に衝突する衝突荷重シナリオに基づくもので、次の(1)から(4)を考慮して算定される。

- (1) 高さ b と幅 w の矩形の荷重作用面に一様分布する平均圧力 P_{avg} を設計氷荷重とする。
- (2) すべての船舶の船首域並びに、極地氷海船階級が $PC6$ 及び $PC7$ の船舶の船首中間耐氷帯域において、設計氷荷重算定のための荷重変数は、船首形状の関数として取扱う。平均圧力 P_{avg} 並びに荷重作用面の高さ b 及び幅 w は、船首域の分割領域に対する形状係数 f_{a_i} 、衝突力 F_i 、線荷重 Q_i 、及び圧力 P_i を用いて算定される。
- (3) すべての船舶の中央域、船尾域、船首中間下部域、船首中間船底域及び極地氷海船階級が $PC1$ から $PC5$ の船舶の船首中間耐氷帯域において、平均圧力 P_{avg} 並びに荷重作用面の高さ b_{NonBow} 及び幅 w_{NonBow} は、船体形状にかかわらず荷重作用面のアスペクト比の固定値 ($AR = 3.6$) に基づいて決定される。
- (4) 氷が船体に衝突する荷重を直接受けない船体構造であっても、氷が船首に衝突したときに生ずる加速度により、積載貨物及び艀装品等の慣性荷重が無視できない場合、本会が適当と認める慣性荷重を考慮しなければならない。

3.2 復原性

3.2.1 非損傷時復原性

-1. 極地氷海船の非損傷時復原性については、規則 U 編の規定に適合するほか、次の(1)及び(2)に掲げる事項を確認するため、復原性計算が実施されなければならない。また、大気曝露部への着氷の影響を考慮しなければならない。

- (1) 船舶の旋回又はその他の要因による横揺、縦揺、上下揺又は横傾斜において、十分な正の復原力を有していること。
- (2) 船体が船首材の下端部まで氷に乗り上げ、モーメントが平衡している状況で、正の復原性を有していること。

ここで、十分な正の復原性とは、船舶が少なくとも 150 mm の正のメタセンタ高さを有し、正の平衡状態にあり、かつ、規則 V 編に定める乾舷甲板の端部から 150 mm 下方の線が没水していない状態のことをいう。

-2. 船体が氷に乗り上げた状態での復原性計算については、本会の適当と認める手法による。

-3. 運航形態や船型等を考慮して、船体が氷に乗り上げる運航形態がないと本会が認め

る極地氷海船については-1.(2)の状態の復原性を考慮する必要はない。

-4. 極地氷海船の復原性計算に当たって、少なくとも次の(1)及び(2)に示す着氷影響について考慮すること。

(1) 曝露甲板上等の風雨曝露部の水平構造面においては、 30 kg/m^2 の着氷影響を最小とする。

(2) 風雨曝露部の垂直構造面については、 7.5 kg/m^2 の着氷影響を最小とする。

-5. 更に厳しい着氷の影響が考慮される船舶について、その復原性計算に用いる着氷影響は設計者によって定める値とする。

3.2.2 損傷時復原性

-1. 極地氷海船は次の(1)から(4)に掲げる寸法の損傷箇所の貫通によって生ずる浸水に対し、十分な安定状態を確保しなければならない。

(1) 最大氷海喫水線上で船の幅が最大になる点より前方に損傷箇所の中心が位置している場合、船長方向の損傷範囲は最大氷海喫水線での船の長さの0.045倍とする。

(2) 最大氷海喫水線上で船の幅が最大になる点より後方に損傷箇所の中心が位置している場合、船長方向の損傷範囲は最大氷海喫水線での船の長さの0.015倍とする。

(3) 鉛直高さ方向の損傷範囲は、最大氷海喫水の0.2倍及び船長方向の損傷範囲のうちいずれか小さい方の長さとする。

(4) 損傷範囲の奥行きは、損傷の全範囲に亘って船体外板に対し垂直に計測し760 mmとする。

-2. 氷との接触による損傷範囲の中心は、船底キール部から最大氷海喫水の1.2倍の高さの位置にまで生ずると想定しなければならない。

-3. 極地氷海船階級がPC5、PC6及びPC7の極地氷海船であって、汚染物質又は危険物質の輸送に用いない船舶にあつては、損傷範囲を水密隔壁間に制限して差し支えない。ただし、水密隔壁が損傷範囲の寸法より短い間隔で配置されている場合は除く。

3.3 区画

3.3.1 一般

極地氷海船の区画は、他編の該当規定及び条約の規定に適合するほか、本節の規定に適合しなければならない。

3.3.2 二重底構造

-1. 極地氷海船は、船首隔壁から船尾隔壁までの全船長方向及び全幅方向にわたり二重底構造としなければならない。

-2. 砕氷船船首形状を有し、船首部が短い極地氷海船にあつては、船首材とキールとの取り合い箇所の隔壁と船首隔壁との間に汚染物質を積載しない場合において、船首材が傾斜している箇所の二重底を省略することができる。

3.3.3 汚染物質の積載

-1. 極地氷海船は、船体外板と直接接する区画に汚染物質を積載してはならない。

-2. あらゆる汚染物質は、船体外板から760 mm以上離れた区画に積載されなければならない。

-3. 極地氷海船階級がPC6及びPC7の極地氷海船にあつては、船体中央部より後方に

位置する船底が平らな箇所の二重底タンクに燃料油を積載することができる。ただし、他編の該当規定及び条約にて禁止されている場合を除く。

3.4 設計氷荷重

3.4.1 衝突荷重特性

衝突荷重特性に関する係数は表 3.4.1-1.による。

表 3.4.1-1. 衝突荷重特性に関する係数

極地氷海船階級	破砕係数 (CF_C)	曲げ破壊係数 (CF_F)	荷重作用面係数 (CF_D)	排水量係数 (CF_{DIS})	縦強度係数 (CF_L)
PC1	17.69	68.60	2.01	250	7.46
PC2	9.89	46.80	1.75	210	5.46
PC3	6.06	21.17	1.53	180	4.17
PC4	4.50	13.48	1.42	130	3.15
PC5	3.10	9.00	1.31	70	2.50
PC6	2.40	5.49	1.17	40	2.37
PC7	1.80	4.06	1.11	22	1.81

3.4.2 船首域

-1. すべての極地氷海船の船首域並びに極地氷海船階級が PC6 及び PC7 の極地氷海船の船首中間耐氷帯域において、衝突荷重シナリオに関連する衝突力 F 、線荷重 Q 、圧力 P 及び荷重作用面のアスペクト比 AR は最大氷海喫水線上の水線面外板角を用いて計算しなければならない。船首角度の影響は、考慮する個所の船首形状係数 fa_i を用いて計算しなければならない。

-2. 船首部は一般に最大氷海喫水線上において、等しい長さの4つの小区域に分割する。それぞれの小区域の長さ中央において、力 F 、線荷重 Q 、圧力 P 及び荷重作用面アスペクト比 AR を計算しなければならない。各小区域における各値の最大値を用いて氷荷重変数 P_{avg} 、 b 及び w を計算しなければならない。

-3. 形状係数 fa_i は、以下の2つの式より得られる値のうち最小値としなければならない。ただし、形状係数 fa_i が 0.6 以上の場合、0.6 とする。

$$fa_{i,1} = \left\{ 0.097 - 0.68 \left(\frac{x}{L'} - 0.15 \right)^2 \right\} \frac{\alpha_i}{\sqrt{\beta_i}}$$

$$fa_{i,2} = \frac{1.2CF_F}{\sin(\beta'_i)CF_C \left(\frac{\Delta_1}{1000} \right)^{0.64}}$$

ここで、

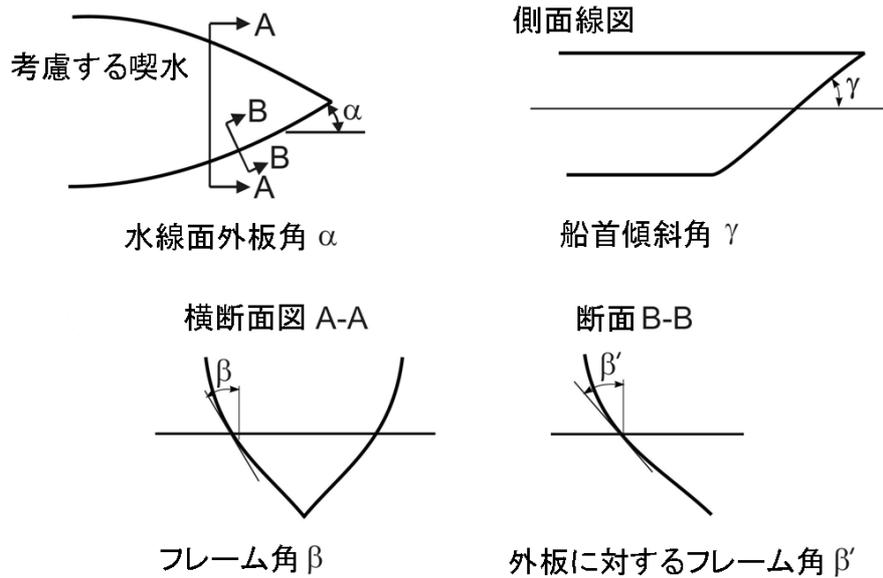
i : 対象とする小区域

L' : 最大氷海喫水線における船首材の前面から、舵柱のある船舶ではその後方まで、また、舵柱の無い船舶では舵頭材の中心までの距離 (m)。ただし、最大氷海喫水線における全長の 96%以上とするが、97%を超える必要はない。

x : 船首垂線から対象箇所までの距離 (m)

- α : 水線面外板角 (deg) , 図 3.4.2-1.参照
 β' : 外板に対するフレーム角 (deg) , 図 3.4.2-1.参照
 Δ_1 : 最大氷海喫水での排水量 (t) ただし 5,000 t 未満としてはならない
 CF_C : 表 3.4.1-1.による破砕係数
 CF_F : 表 3.4.1-1.による曲げ破壊係数

図 3.4.2-1. 船体角度の定義



(備考)

β' : 外板に対するフレーム角 (deg)

α : 水線面外板角 (deg)

γ : 船首傾斜角 (水平方向を基準に計測する) (deg)

$$\tan(\beta) = \tan(\alpha) / \tan(\gamma)$$

$$\tan(\beta') = \tan(\beta) \cos(\alpha)$$

-4. 力 F は以下の算式による。

$$F_i = fa_i CF_C \left(\frac{\Delta_1}{1000} \right)^{0.64} \times 1000 \quad (kN)$$

ここで

i : 対象とする小区域

fa_i : 小区域 i の形状係数で, 前-3.による。

CF_C : 表 3.4.1-1.による破砕係数

Δ_1 : 最大氷海喫水での排水量 (t) ただし, 5,000 t 未満としてはならない

-5. 荷重作用面アスペクト比 AR_i は以下の算式による。ただし, AR_i の値が, 1.3 未満となる場合, 1.3 とする。

$$AR_i = 7.46 \sin(\beta'_i)$$

ここで

i : 対象とする小区域

β'_i : 小区域の外板に対するフレーム角 (deg)

-6. 線荷重 Q は以下の算式による。

$$Q_i = \left(\frac{F_i}{1000} \right)^{0.61} \frac{CF_D}{AR_i^{0.35}} \times 1000 \quad (kN/m)$$

ここで

i : 対象とする小区域

F_i 及び AR_i は、それぞれ前-4.及び-5.による。

CF_D : 表 3.4.1-1.による荷重作用面係数

-7. 圧力 P は以下の算式による。

$$P_i = \left(\frac{F_i}{1000} \right)^{0.22} CF_D^2 AR_i^{0.3} \times 1000 \quad (kN/m^2)$$

ここで

i : 対象とする小区域

CF_D : 表 3.4.1-1.による荷重作用面係数

F_i 及び AR_i は、それぞれ-4.及び-5.による。

-8. 船首域並びに、極地氷海船階級が $PC6$ 及び $PC7$ の極地氷海船の船首中間耐氷帯域において、設計荷重作用面は次により定義する幅 w_{Bow} 及び高さ b_{Bow} の寸法とする。

$$w_{Bow} = F_{Bow} / Q_{Bow} \quad (m)$$

$$b_{Bow} = Q_{Bow} / P_{Bow} \quad (m)$$

ここで

F_{Bow} : -4.より得られる船首域における最大力 F_i (kN)

Q_{Bow} : -6.より得られる船首域における最大線荷重 Q_i (kN/m)

P_{Bow} : -7.より得られる船首域における最大圧力 P_i (kN/m^2)

-9. 設計荷重作用面内の平均圧力 P_{avg} は以下のとおりとする。

$$P_{avg} = F_{Bow} / (b_{Bow} w_{Bow}) \quad (kN/m^2)$$

3.4.3 船首域以外の船体区域

-1. 中央域、船尾域、船首中間下部域、船首中間船底域並びに、極地氷海船階級が $PC1$ から $PC5$ の極地氷海船の船首中間耐氷帯域において、荷重作用面の寸法 b_{NonBow} 、 w_{NonBow} 及び設計圧力 P_{avg} の決定に用いる荷重 F_{NonBow} 及び線荷重 Q_{NonBow} は次の算式による。

(a) 荷重 F_{NonBow}

$$F_{NonBow} = 0.36 CF_C DF \times 1000 \quad (kN)$$

ここで

CF_C : 表 3.4.1-1.による破砕係数

DF : 排水量係数で、次による。

$$\frac{\Delta_2}{1000} \leq CF_{DIS} \text{ の場合, } DF = \left(\frac{\Delta_2}{1000} \right)^{0.64}$$

$$\frac{\Delta_2}{1000} > CF_{DIS} \text{ の場合, } DF = CF_{DIS}^{0.64} + 0.10 \left(\frac{\Delta_2}{1000} - CF_{DIS} \right)$$

ここで、

Δ_2 は最大氷海喫水での排水量 (t) とし、10,000 t 未満としてはならない。

CF_{DIS} : 表 3.4.1-1.による排水量係数。

(b) 線荷重 Q_{NonBow}

$$Q_{NonBow} = 0.639 \left(\frac{F_{NonBow}}{1000} \right)^{0.61} CF_D \times 1000 \quad (kN/m)$$

ここで

F_{NonBow} : (a)より得られる荷重 (kN)

CF_D : 表 3.4.1-1.による荷重作用面係数

-2. 中央域, 船尾域, 船首中間下部域, 船首中間船底域並びに, 極地氷海船階級が PC1 から PC5 の極地氷海船の船首中間耐氷帯域において, 設計荷重作用面は次により定義する幅, w_{NonBow} 及び高さ b_{NonBow} の寸法とする。

$$w_{NonBow} = F_{NonBow} / Q_{NonBow} \quad (m)$$

$$b_{NonBow} = w_{NonBow} / 3.6 \quad (m)$$

ここで

F_{NonBow} : 3.4.3-1.(a)より求められる荷重 (kN)

Q_{NonBow} : 3.4.3-1.(b)より求められる線荷重 (kN/m)

-3. 設計荷重作用面内の平均圧力 P_{avg} は以下の算式による。

$$P_{avg} = F_{NonBow} / (b_{NonBow} w_{NonBow}) \quad (kN/m^2)$$

ここで

F_{NonBow} , b_{NonBow} 及び w_{NonBow} はそれぞれ前-1.及び-2.による。

3.4.4 局部圧力

荷重作用面内に圧力の集中した高い領域が存在し, 一般に小さな作用面ほど高い局部圧力を受ける。局部構造部材の圧力を表すための局部圧力係数は表 3.4.4-1.による。

表 3.4.4-1. 局部圧力係数

構造部材		局部圧力係数 (PPF _i)
板材	横式構造	$PPF_p = (1.8 - s)$, ただし, 1.2 以上とする。
	縦式構造	$PPF_p = (2.2 - 1.2s)$, ただし, 1.5 以上とする。
横式構造の防撓材	荷重伝達桁がある場合	$PPF_t = (1.6 - s)$, ただし, 1.0 以上とする。
	荷重伝達桁がない場合	$PPF_t = (1.8 - s)$, ただし, 1.2 以上とする。
荷重伝達桁, 船側肋骨及び船底肋骨及び特設肋骨等		$S_w \geq 0.5w$ の場合, $PPF_s = 1.0$ $S_w < 0.5w$ の場合, $PPF_s = 2.0 - 2.0S_w / w$
ここで	s = 肋骨心距 (m) S_w = 特設肋骨の心距 (m) w = 氷荷重作用面の幅 (m)	

3.4.5 船体区域係数

-1. 考慮する船体区域に対し, その区域に想定される荷重の相対的大きさに応じて与えられる区域係数 AF は, 表 3.4.5-1.による。

-2. 考慮する構造部材が船体区域の境界にまたがる場合には, 最大となる船体区域係数をその部材寸法決定に用いなければならない。

-3. アジマススラスト又はポッド付きプロペラを装備する船舶の船尾耐氷帯域 S_i 及び船尾下部域 S_l については本会の適当と認めるところによる。

表 3.4.5-1. 区域係数 AF

船体区域		区域	極地氷海船階級						
			$PC1$	$PC2$	$PC3$	$PC4$	$PC5$	$PC6$	$PC7$
船首域 (B)	全域	B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
船首中間域 (BI)	耐氷帯域	BI_i	0.90	0.85	0.85	0.80	0.80	1.00*	1.00*
	下部域	BI_l	0.70	0.65	0.65	0.60	0.55	0.55	0.50
	船底域	BI_b	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
中央域 (M)	耐氷帯域	M_i	0.70	0.65	0.55	0.55	0.50	0.45	0.45
	下部域	M_l	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.25
	船底域	M_b	0.30	0.30	0.25	**	**	**	**
船尾域 (S)	耐氷帯域	S_i	0.75	0.70	0.65	0.60	0.50	0.40	0.35
	下部域	S_l	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.25	0.25
	船底域	S_b	0.35	0.30	0.30	0.25	0.15	**	**

(備考)

* 3.1.2(2)参照

** 氷荷重に対する補強の必要がない事を示す

3.5 局部強度

3.5.1 船体外板

-1. 船体外板の板厚 t は次の算式による値以上としなければならない。

$$t = t_{net} + t_s \quad (mm)$$

ここで

t_{net} : -2.に規定するネット板厚 (mm)

t_s : 2.3.2 に規定する外板の予備厚 (mm)

-2. 船体外板のネット板厚 t_{net} は、構造形式 (防撓材の取り付け角度) に応じ、次の(1)から(3)による値以上としなければならない。

(1) 横式構造 ($\Omega \geq 70 \text{ deg}$) の場合

$$t_{net} = 500s \sqrt{\frac{AF \times PPF_p \left(\frac{P_{avg}}{1000} \right)}{\sigma_y}} \frac{1}{1 + \frac{s}{2b}} \quad (mm)$$

(2) 縦式構造 ($\Omega \leq 20 \text{ deg}$) の場合

$$b \geq s \text{ のとき} \quad t_{net} = 500s \sqrt{\frac{AF \times PPF_p \left(\frac{P_{avg}}{1000} \right)}{\sigma_y}} \frac{1}{1 + \frac{s}{2l}} \quad (mm)$$

$$b < s \text{ のとき} \quad t_{net} = 500s \sqrt{\frac{AF \times PPF_p \left(\frac{P_{avg}}{1000} \right)}{\sigma_y}} \sqrt{\frac{2b}{s - \left(\frac{b}{s} \right)^2}} \frac{1}{1 + \frac{s}{2l}} \quad (mm)$$

ここで

Ω : 図 3.5.1-1. に示す喫水線と肋骨との最小角度 (deg)

s : 横肋骨式船舶における横式構造肋骨心距又は縦肋骨式船舶における縦式

構造肋骨心距 (m)

AF : 表 3.4.5-1.より得られる船体区域係数

PPF_p : 表 3.4.4-1.より得られる局部圧力係数

P_{avg} : 3.4.3-3.による平均作用面圧力 (kN/m^2)

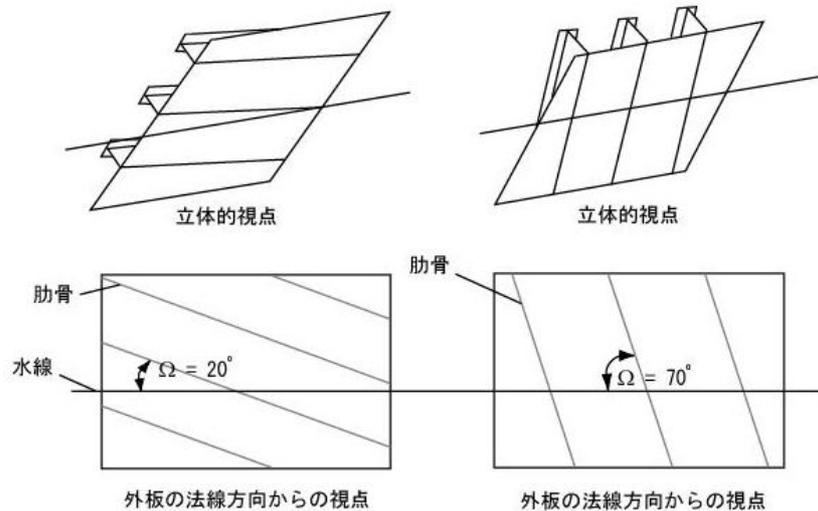
σ_y : 材料の降伏応力 (N/mm^2)

b : 設計荷重作用面の高さ (m)。ただし横式構造の場合 ($a - s/4$) 以下としなければならない。

l : 肋骨支持間の距離 (m) で、肋骨スパンとする。荷重分担桁が取り付けられる場合、 l は桁から最も離れた支持構造までの距離以上とする必要はない。

- (3) $70 \text{ deg} > \Omega > 20 \text{ deg}$ の状態に配置される防撓板材の場合、そのネット寸法は線形補間により求めなければならない。

図 3.5.1-1. 外板の防撓材角度 Ω



3.5.2 肋骨構造

-1. 桁部材、防撓部材などの肋骨部材は 3.4 に定義する氷荷重に対し適切に配置されなければならない。

-2. 肋骨部材がその支持部材を貫通して連続しているか又は固着肘板付き支持型鋼が取り付けられるかのいずれかの場合に固着度があると見なす。その他の場合では、その固着によって効果的に回転を抑制できることが実証できない限り単純支持と見なされる。耐氷補強部の範囲内で終端する任意の肋骨と支持部材との固着度は十分に確保されなければならない。

-3. 肋骨部材のネットせん断面積 A_w は次の算式による。

$$A_w = \frac{ht_{wn} \sin \varphi_w}{100} \quad (cm^2)$$

ここで

h : 肋骨部材の高さ (mm) , 図 3.5.2-1.参照

t_{wn} : ウェブ材のネット板厚 (mm) で、 $t_{wn} = t_w - t_c$ とする

t_w : ウェブ材の建造時板厚 (mm) , 図 3.5.2-1.参照

t_c : 腐食予備厚 (mm) で、ウェブ材又は面材の板厚からの控除する量 (他の規則で定められている場合は、その値とするが 2.3.3 にて要求される t_s 未満としてはならない)

φ_w : 防撓材の長さ中央にて計測した外板と防撓ウェブ材との最小角度, 図 3.5.2-1.参照。この角度 φ_w は 75° 以上の場合, 90° と見なして差し支えない。

- (1) 肋骨に取り付けられる板の断面積が肋骨構造の断面積を超える場合, そのネット塑性断面係数 Z_p は次の算式による。

$$Z_p = \frac{A_{pn} t_{pn}}{20} + \frac{h_w^2 t_{wn} \sin \varphi_w}{2000} + \frac{A_{fn} (h_{fc} \sin \varphi_w - b_w \cos \varphi_w)}{10} \quad (cm^3)$$

ここで,

s : 肋骨心距 (m)

A_{pn} : 肋骨構造のネット断面積 (cm^2)

t_{pn} : 3.5.1-2.の要求値 t_{net} を満たす取付け板材のネット板厚 (mm)

h_w : 肋骨構造のウェブの高さ (mm) , 図 3.5.2-1.参照

A_{fn} : 面材のネット断面積 (cm^2)

h_{fc} : 面積中心から計った肋骨の高さ (mm) , 図 3.5.2-1.参照

b_w : 肋骨構造のウェブ材から面材の面積中心までの距離 (mm) , 図 3.5.2-1.参照

- (2) 肋骨に取り付けられる板の断面積が, 肋骨構造の断面積より小さい場合, 取付け面材外に位置する塑性中性軸 z_{na} は次の算式による。

$$Z_{na} = \frac{100 A_{fn} + h_w t_{wn} - 1000 t_{pn} s}{2 t_{wn}} \quad (mm)$$

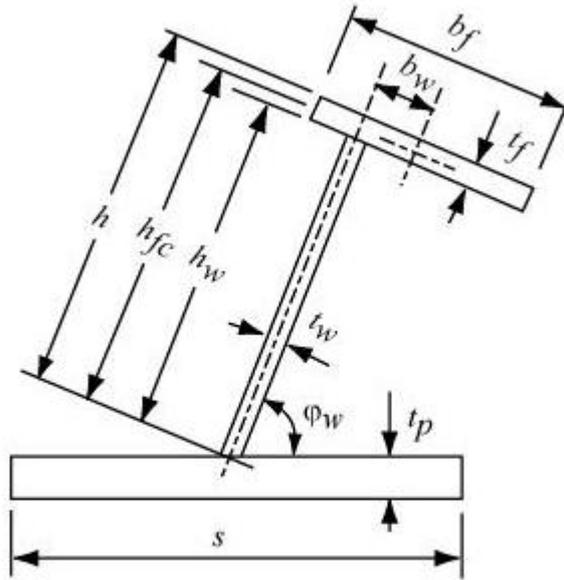
ただし,

s : 肋骨心距 (m)

この場合, ネット有効塑性断面係数 Z_p は次の算式による。

$$Z_p = t_{pn} s \left(z_{na} + \frac{t_{pn}}{2} \right) \sin \varphi_w + \left(\frac{((h_w - z_{na})^2 + z_{na}^2) t_{wn} \sin \varphi_w}{2000} + \frac{A_{fn} ((h_{fc} - z_{na}) \sin \varphi_w - b_w \cos \varphi_w)}{10} \right) \quad (cm^3)$$

図 3.5.2-1. 防撓材の寸法



3.5.3 横式の船側構造及び船底構造

- 1. 船首中間船底域，中央船底域及び船尾船底域にある横式構造の船側部肋骨及び船底肋骨のせん断強度及び曲げ強度は，当該部材のスパン中央において，その部材の塑性強度を超えてはならない。
- 2. 3.5.2-3.に定義される肋骨構造のネット有効断面積 A_w は，次の算式による A_t 以上としなければならない。

$$A_t = \frac{100^2 \times 0.5LLsAF \times PPF_t \frac{P_{avg}}{1000}}{0.577\sigma_y} \quad (cm^2)$$

ここで

LL : スパン長のうち荷重がかかる部分の長さ (m) で，次の a , b のうち小さい方の値とする。

a : 防撓材のスパン長さ (m)

b : 3.5.1-2.による設計氷荷重作用面の高さ (m)

s : 横式肋骨の心距 (m)

AF : 表 3.4.5-1.より得られる船体区域係数

PPF_t : 表 3.4.4-1.からの局部圧力係数

P_{avg} : 3.4.3-3.による荷重作用面内の平均圧力 (kN/m^2)

σ_y : 材料の降伏応力 (N/mm^2)

- 3. 3.5.2-3.に定義される，板一防撓材構造のネット有効塑性断面係数 Z_p は，次の算式による Z_{pt} 以上としなければならない。

$$Z_{pt} = \frac{100^3 \times LL \times YsAF \times PPF_t \frac{P_{avg}}{1000} aA_1}{4\sigma_y} \quad (cm^3)$$

ここで

AF , PPF_t , P_{avg} , LL , b , s , a 及び σ_y は **3.5.3-2** 参照

$$Y = 1 - 0.5 (LL / a)$$

A_l : 次の(a)及び(b)の最大値とする

(a) 氷荷重が横式肋骨のスパン中央において作用する場合

$$A_l = \frac{1}{1 + \frac{j}{2} + \frac{k_w j}{2(\sqrt{1 - a_1^2} - 1)}}$$

(b) 氷荷重が支持構造付近に作用する場合

$$A_l = \frac{1 - \frac{1}{2a_1 Y}}{0.275 + 1.44k_z^{0.7}}$$

j : 耐氷補強部の外部に一つの単純支持を持つ肋骨の場合 $j = 1$
 単純支持を持たない肋骨の場合 $j = 2$

$$a_l = A_l / A_w$$

A_l : **3.5.3-2** による横式肋骨の最小断面積 (cm^2)

A_w : **3.5.2-3** による横式肋骨のネット断面積 (cm^2)

$k_w = 1 / (1 + 2A_{fn} / A_w)$ ただし A_{fn} は **3.5.2-3.(1)** による

k_z : 断面係数比

一般的な場合 : $k_z = z_p / Z_p$

防撓材に端部ブラケットが取り付けられている場合 : $k_z = 0.0$

z_p : フランジ及び外板の塑性断面係数の合計 (cm^3)

$$z_p = (b_f t_{fn}^2 / 4 + b_{eff} t_{pn}^2 / 4) / 1000$$

b_f : フランジ幅 (mm) , 図 **3.5.2-1** 参照

t_{fn} : ネットフランジ厚 (mm)

$$t_{fn} = t_f - t_c \quad (t_c \text{ は } \mathbf{3.5.2-3} \text{ による})$$

t_f : 建造時フランジ厚 (mm) , 図 **3.5.2-1** 参照

t_{pn} : 取り付け外板のネット板厚 (mm) , ただし, **3.5.1** の t_{net} 未満としてはならない。

b_{eff} : 外板フランジの有効幅 (mm)

$$b_{eff} = 500s$$

Z_p : 横式肋骨のネット有効塑性断面係数 (cm^3) (**3.5.2-3.(1)** 及び **(2)** による)

3.5.4 縦式構造の肋骨

-1. 縦式構造の肋骨は, スパン中央での荷重がその部材の塑性強度を超えない寸法としなければならない。

-2. **3.5.2-3** に定義される防撓材のネット有効断面積 A_w は, 次の算式による A_L 以上としなければならない。

$$A_L = \frac{100^2 \left(AF \times PPF_s \frac{P_{avg}}{1000} \right) \times 0.5b_1 a}{0.577\phi_y} \quad (cm^2)$$

ここで

AF : 表 **3.4.5-1** による船体区域係数

PPF_s : 表 3.4.4-1.による局部圧力係数

P_{avg} : 3.4.3-3.による荷重作用面内平均圧力 (kN/m^2)

$b_1 = k_o b_2$ (m)

$k_o = 1 - 0.3 / b'$

$b' = b / s$

b : 3.4.2-8.又は 3.4.3-2.より得られる設計氷荷重作用面の高さ (m)

s : 縦式肋骨の心距 (m)

b_2 : 次による。

$b' < 2$ の場合, $b_2 = b (1 - 0.25 b')$ (m)

$b' \geq 2$ の場合, $b_2 = s$ (m)

a : 縦式肋骨の設計スパン (m)

σ_y : 材料の降伏応力 (N/mm^2)

-3. 3.5.2-3.(1)にて定義される防撓板構造のネット有効塑性断面係数 Z_p は, 次の算式による Z_{pL} 以上としなければならない。

$$Z_{pL} = \frac{100^3 \left(AF \times PPF_s \frac{P_{avg}}{1000} \right) b_1 a^2 A_4}{8 \sigma_y} \quad (cm^3)$$

ここで

AF , PPF_s , P_{avg} , b_1 , a 及び σ_y は 3.5.4-2.参照

$$A_4 = \frac{1}{2 + k_{wl} \left(\sqrt{1 - a_4^2} - 1 \right)}$$

$a_4 = A_L / A_w$

A_L : 3.5.4-2.による最小断面積 (cm^2)

A_w : 縦通材のネット有効断面積 (cm^2) で 3.5.2-3.による。

$k_{wl} = 1 / (1 + 2A_{fn} / A_w)$ ただし, A_{fn} は 3.5.2-3.(1)による。

3.5.5 特設肋骨及び荷重伝達桁

-1. 特設肋骨及び荷重伝達桁は, 3.4 に定義する区画の氷荷重に耐えるように設計しなければならない。この場合, 荷重作用面はこれらの部材のせん断と曲げの組み合わせによる耐荷力が最小となる位置に作用させなければならない。

-2. 特設肋骨及び荷重伝達桁の強度は, 部材の塑性強度を超えない寸法としなければならない。これらの部材が格子構造の一部を形成する場合, 有限要素法などの適切な解析手法により構造応答を確認しなければならない。これらの部材が格子構造の一部を形成しない構造配置の場合, 表 3.4.4-1.からの適切な局部圧力係数 PPF を用い, 3.5.2 から 3.5.4 の規定を準用して評価しなければならない。

-3. 交差部材近傍にある軽目孔及びカットアウト部分でのせん断容量に特別な注意を払わなければならない。

3.5.6 構造安定性

-1. すべての肋骨部材及び桁材の局部座屈を防止するため, 任意の肋骨ウェブ材の正味厚さ t_w に対するウェブ高さ h_w の比率が次の値を超えてはならない。

平鋼形材の場合：
$$\frac{h_w}{t_{wn}} \leq \frac{282}{\sqrt{\sigma_y}}$$

球形材，T形材及び山形材の場合：
$$\frac{h_w}{t_{wn}} \leq \frac{805}{\sqrt{\sigma_y}}$$

ここで

h_w ： ウェブ材の高さ

t_{wn} ： ウェブのネット厚さ

σ_y ： 材料の降伏応力 (N/mm^2)

-2. **3.5.6-1.**の規定を満たすことができない肋骨部材（例えば，荷重伝達桁又はウェブの深い肋骨）については，それらのウェブ材を有効に防撓しなければならない。特設防撓材の寸法は肋骨部材の構造安定性を確保するものであること。防撓材の最小ネットウェブ厚さは次の**(a)**及び**(b)**の大きい方の値以上とすること。

(a)
$$t_{wn} = 2.63 \times 10^{-3} \times c_1 \sqrt{\frac{\sigma_y}{5.34 + 4(c_1/c_2)^2}} \quad (mm)$$

ここで

$c_1 = h_w - 0.8 h \quad (mm)$

h_w ： 桁材もしくは肋骨のウェブ高さ (mm) (図 3.5.6-1.参照)

h ： 対象部材を貫通する肋骨部材の高さ（当該肋骨が無い場合 0 とする。）(mm) (図 3.5.6-1.参照)

c_2 ： 対象部材に対して直角に向けられた支持構造間の心距 (mm) (図 3.5.6-1.参照)

σ_y ： 材料の降伏応力 (N/mm^2)

(b)
$$t_{wn} = 0.35 t_{pn} \sqrt{\frac{\sigma_y}{235}} \quad (mm)$$

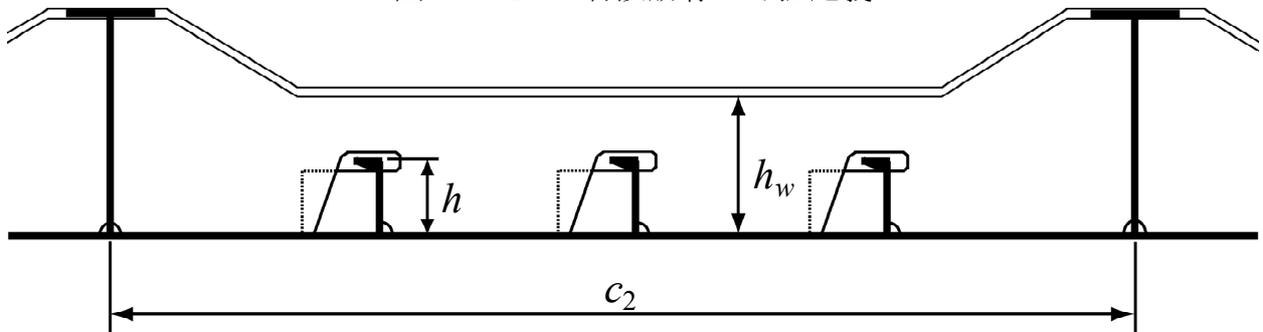
ここで

σ_y ： 防撓材を取り付ける外板に使用する材料の降伏応力 (N/mm^2)

t_{wn} ： ウェブ材のネット板厚 (mm)

t_{pn} ： 防撓材を取り付ける外板のネット板厚 (mm)

図 3.5.6-1. 特設肋骨の寸法定義



-3. 溶接により取付けられた面材の局部座屈を防止するために，フランジの寸法は，次の**(1)**及び**(2)**を満足しなければならない。

- (1) フランジ幅 $b_f(mm)$ はウェブ材のネット厚さ t_{wn} の5倍より小さくしてはならない。
- (2) フランジの張り出し幅は次の要件を満たすものとする。

$$\frac{b_{out}}{t_{fn}} \leq \frac{155}{\sqrt{\sigma_y}}$$

ここで

t_{fn} : フランジのネット厚さ (mm)

σ_y : 材料の降伏応力 (N/mm^2)

3.5.7 板構造

-1. 船殻に取付けられ、かつ、氷荷重を受ける補強板構造の板部材であって、次のうちのいずれか小さい方の距離だけ船内側にある部材は、適当に補強しなければならない。

- (1) 隣接して平行な特設肋骨又は縦材のウェブ高さ
- (2) 板構造と交差する肋骨の深さの2.5倍の値

-2. 板材の厚さ及び取付けられた防撓材の寸法は外板肋骨に必要な端部固着度が確保されなければならない。

3.5.8 船首及び船尾骨材

船首及び船尾骨材は、本会の適当と認める規定に従い設計しなければならない。極地氷海船階級が PC6 及び PC7 の極地氷海船にあっては、規則 I 編 8 章の船首材及び船尾材規定についても考慮する必要がある。

3.5.9 ビルジキール

-1. ビルジキールと船体との接合部は、ビルジキールが損傷を受けた際の船体の損傷を最小限に抑えるよう設計し、取付けられなければならない。

-2. ビルジキールはいくつかの独立した部分に分割することを推奨する。

3.5.10 付加物

-1. すべての付加物は船殻構造への取付け位置又は船体区域内のそれらの位置に応じた荷重に耐えるようにしなければならない。

-2. 付加物に関する荷重定義及び強度基準は本会の適当と認めるところによる。

3.5.11 局部詳細

-1. 局部設計の詳細は本会の適当と認めるところによる。

-2. 耐氷補強区域のロンジ貫通部カットアウト箇所には、原則としてカラークラッププレートを設置しなければならない。

-3. 桁部材及びそのブラケットの近傍にカットアウト箇所がある場合、適切に補強されなければならない。

3.5.12 直接計算

-1. 直接計算は規定に定める寸法算式に対する代替として利用してはならない。

-2. 構造応答を確認するために直接計算を用いる場合、3.4 に規定する荷重作用面を用いること。

3.6 縦強度

3.6.1 一般

- 1. 氷水域を航行する際の縦強度の検討に用いる荷重は、氷荷重と静荷重との組合せとして差し支えない。
- 2. 組合せ荷重に関し、船の長さ方向に沿った、異なる位置における許容曲げ応力及び許容せん断応力との比較を行わなければならない。
- 3. 局部座屈強度についても、考慮しなければならない。

3.6.2 船首部における設計垂直氷荷重

設計垂直氷荷重 F_{IB} は次の $F_{IB,1}$ 及び $F_{IB,2}$ のうち小さい方の値とする。

$$F_{IB,1} = 1000 \times 0.534 K_I^{0.15} \sin^{0.2}(\gamma_{stem}) \sqrt{\frac{\Delta_2}{1000} \frac{K_h}{1000}} CF_L \quad (kN)$$

$$F_{IB,2} = 1000 \times 1.20 CF_F \quad (kN)$$

ここで

K_I は、船首形状に関する係数で、 $K_I = 1000 \frac{K_f}{K_h}$ とする。

ここで、

(a) 丸みを帯びた船首形状の場合

$$K_f = \left(\frac{2CB^{1-e_b}}{1+e_b} \right)^{0.9} \tan(\gamma_{stem})^{-0.9(1+e_b)}$$

(b) 楔型船首形状で $\alpha_{stem} < 80 \text{ deg}$ の場合 ($e_b = 1$ の場合)

$$K_f = \left(\frac{\tan(\alpha_{stem})}{\tan^2(\gamma_{stem})} \right)^{0.9}$$

$$K_h = 10 A_{WP} \quad (kN/m)$$

CF_L : 表 3.4.1-1.による縦強度係数

e_b : 水線面を最も良く代表する船首形状指数で次による値。(図 3.6.2-1.及び図 3.6.2-2.参照) 図 3.6.2-2.を参考に決定しても差し支えない

単純な楔型船首形状の場合 $e_b=1.0$

スプーン型船首形状の場合 e_b は 0.4 から 0.6 までの値を取る

揚陸艇型船首形状の場合 $e_b=0$

γ_{stem} : 最大氷海喫水上で、水平軸と船首材接線との間で計測される船首傾斜角 (deg) (図 3.4.2-1.のように船首傾斜角は船体中心線上で計測される)

α_{stem} : 最大氷海喫水線における水線面外板角 (deg) (図 3.6.2-1.参照)

$$C = \frac{1}{2 \left(\frac{L_B}{B} \right)^{e_b}}$$

B : 船の型幅 (m)

L_B : 船首長さ (m) (図 3.6.2-1.及び図 3.6.2-2.参照)

Δ_2 : 最大氷海喫水での排水量 (t) で 10,000 t 未満としてはならない

A_{wp} : 船の水線面積 (m^2)

CF_F : 表 3.4.1-1.による曲げ破壊係数

積付状態毎の各喫水に応じた値で計算すること。

図 3.6.2-1. 船首部形状

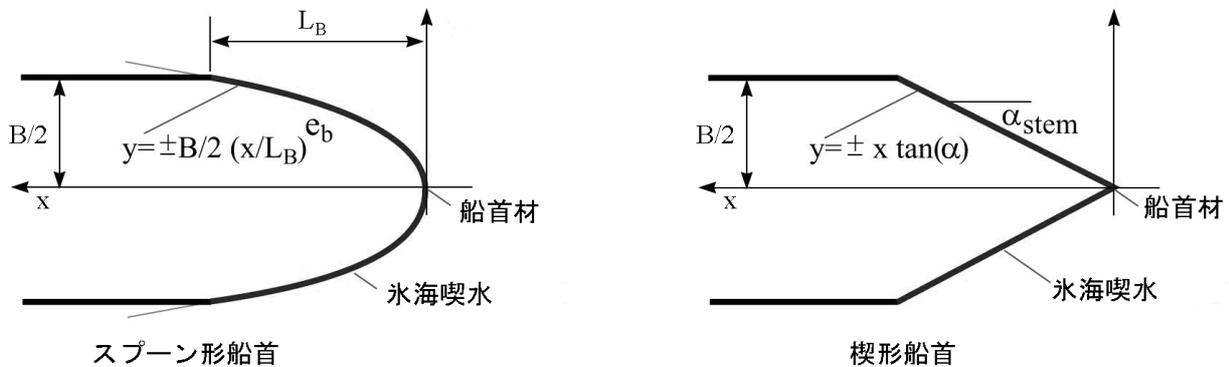
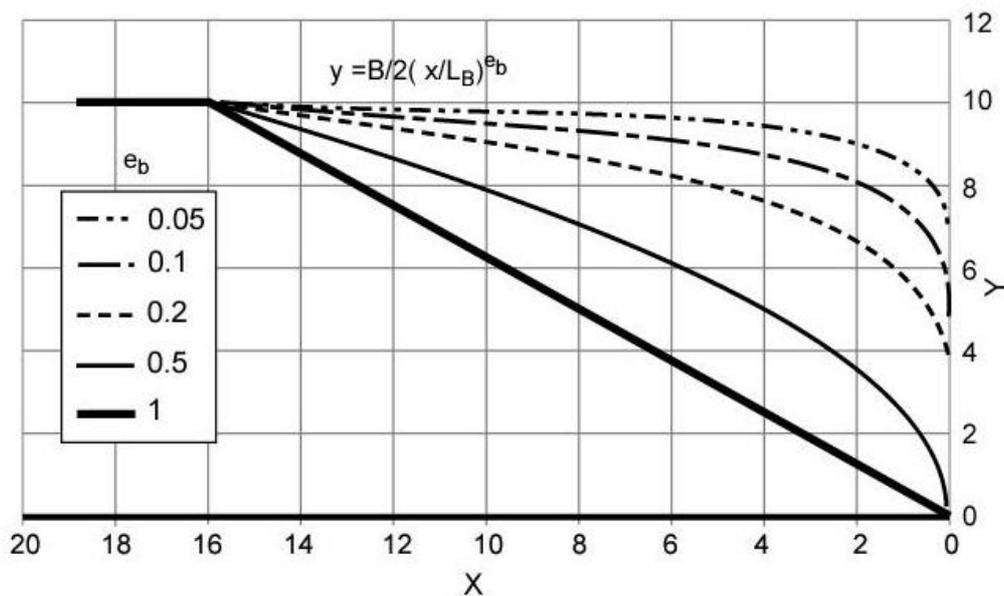


図 3.6.2-2. $B=20, L_B=16$ での e_b と船首形状



3.6.3 設計垂直せん断力

-1. 設計垂直せん断力 F_I は次の算式による。

$$F_I = C_f F_{IB} \quad (kN)$$

ここで

C_f は、縦方向の分布係数で次のとおりとする。

(a) 正方向のせん断力

$C_f = 0.0$ 船尾端から船尾より $0.6L$ の箇所までの間

$C_f = 1.0$ 船尾より $0.9L$ の箇所から船首端までの間

(b) 負方向のせん断力

$C_f = 0.0$ 船尾端

$C_f = -0.5$ 船尾より $0.2L$ の箇所から船尾より $0.6L$ の箇所の間

$C_f = 0.0$ 船尾より $0.8L$ の箇所から船首端の間

中間領域の値は線形補間を用いて決定すること

-2. 垂直せん断応力 τ_a は規則 C 編 15.4.2-2.と同様な方法で、設計垂直氷せん断力を用いて決定しなければならない。

3.6.4 設計垂直氷曲げモーメント

-1. 船体梁に沿った設計垂直氷曲げモーメント M_I は次の算式による。

$$M_I = 0.1 C_m L' \sin^{-0.2}(\gamma_{stem}) F_{IB} \quad (kNm)$$

ここで

L' : 最大氷海喫水線における船首材の前面から、舵柱のある船舶ではその後面まで、また、舵柱のない船舶では舵頭材の中心までの距離 (m)。ただし、最大氷海喫水線における全長の 96%以上とするが、97%を超える必要はない。

γ_{stem} : 3.6.2 による

F_{IB} : 3.6.2 による設計垂直氷荷重 (kN)

C_m : 次のとおり定める設計垂直氷曲げモーメントの縦方向分布係数で

船尾端において $C_m = 0.0$

船尾より $0.5L$ の箇所と $0.7L$ の箇所との間 $C_m = 1.0$

船尾より $0.95L$ の箇所において $C_m = 0.3$

船首端において $C_m = 0.0$

上記範囲の中間値は線形補間を用いて決定すること。

積付状態に応じた喫水毎に計算すること。

-2. 垂直曲げ応力 σ_a は、規則 C 編 15.4.2-1.と同様な方法で、設計垂直氷曲げモーメントを用いて決定しなければならない。

3.6.5 縦強度規準

縦強度は表 3.6.5-1.に示す基準を満足しなければならない。作用応力は許容応力を超えてはならない。

表 3.6.5-1. 縦強度規準

破壊モード	応力	$\sigma_y / \sigma_u \leq 0.7$ での許容応力	$\sigma_y / \sigma_u > 0.7$ での許容応力
引張	σ_a	$0.8 \sigma_y$	$0.8 \times 0.41 (\sigma_u + \sigma_y)$
せん断	τ_a	$0.8 \sigma_y / \sqrt{3}$	$0.8 \times 0.41 (\sigma_u + \sigma_y) / \sqrt{3}$
座屈	σ_a	σ_c 板材及び防撓材のウェブ材 $\sigma_c / 1.1$ 防撓材	
	τ_a	τ_c	

ここで

σ_a : 垂直曲げ応力 (N/mm^2)

τ_a : 垂直せん断応力 (N/mm^2)

σ_y : 材料の降伏応力 (N/mm^2)

σ_u : 材料の引張強度 (N/mm^2)

σ_c : 規則 C 編 15.4 の規定による圧縮における臨界座屈応力 (N/mm^2)

τ_c : 規則 C 編 15.4 の規定によるせん断における臨界座屈応力 (N/mm^2)

4章 機関

4.1 一般

4.1.1 適用

本章の規定は、人命及び船舶の安全に重要な主推進装置、操舵装置、非常設備及び重要な補機に適用する。

4.1.2 図面及び資料

本章の規定に関連する提出図面及び資料は、一般に次のとおりとする。

- (1) 使用する環境条件の詳細及び機関に要求される極地氷海船階級（機関の極地氷海船階級が船体構造の極地氷海船階級と異なる場合のみ）
- (2) 主推進機関の詳細図及び資料（重要な負荷制御機能に関する資料を含む）
- (3) 主推進装置、操舵装置、非常設備及び重要な補機の操作上の制限に関する資料
- (4) 凍結、氷及び雪による悪影響を回避するための機器又は装置の配置並びに保護方法を示した詳細な資料
- (5) 使用する環境条件において運転するために必要となる性能を示した資料
- (6) 本章の規定に適合していることを示した計算書及び資料
- (7) その他本会が必要と認める図面及び資料

4.1.3 システム設計

-1. 機関の火災安全対策に関する追加要件として、規則 R 編 5.2.3, 7.4, 10.2.1-2., 10.5.3-1. 及び 10.5.5-2.に定める定期的に無人の状態に置かれる機関区域に対する規定を準用しなければならない。

-2. 重要な装置の制御システム、警報システム及び安全システムについては、自動化設備規則 4 章の規定に準じて設計しなければならない。

-3. 水の凍結により損傷を受けるおそれのある装置については、水分が滞留しないようにしなければならない。

-4. 極地氷海船階級が PC1 から PC5 の極地氷海船のうち 1 軸船にあつては、可変ピッチプロペラのボス内の変節機構の損傷を含むプロペラの損傷時に十分な操船能力を確保するための措置を講じなければならない。

4.2 設計荷重

4.2.1 一般

-1. プロペラ、軸系及び動力伝達装置の強度は、次の(1)から(8)の荷重について考慮しなければならない。

- (1) プロペラ羽根後方荷重
- (2) プロペラ羽根前方荷重
- (3) プロペラ羽根のスピンダルトルク
- (4) プロペラアイストルク
- (5) プロペラアイススラスト

- (6) 推進軸系の設計トルク
- (7) 最大スラスト
- (8) プロペラ羽根損傷荷重

-2. 前-1.に定める荷重は次の(1)から(4)による。

- (1) 船尾の位置に取付けられるプロペラに作用する荷重について適用する。ただし、船首プロペラ及びプリング型（トラクター型）のプロペラに作用する荷重については特別に考慮しなければならない。
- (2) 当該荷重は船舶の全航行において通常の運転時に発生する最大荷重であって、通常の運転以外の条件において発生する荷重（例えば、プロペラ停止状態においてプロペラが氷の中を引きずられるときに発生する荷重）については考慮しない。
- (3) 旋回式推進装置に作用する荷重についても適用する。ただし、旋回部ケーシングに作用する荷重については特別に考慮しなければならない。
- (4) 当該荷重は特に規定されない限り氷が作用する間に発生する全荷重であって、プロペラ、軸系及び動力伝達装置の強度計算のみに使用できる。ただし、それぞれの荷重は単独に作用させなければならない。

4.2.2 プロペラ羽根後方荷重

-1. プロペラ回転時に氷の作用によってプロペラ羽根に作用する船尾方向の荷重（以下、「プロペラ羽根後方荷重」という。）は、次の算式による。

- (1) ノズルを有さないプロペラにあつては次式による値
 $D < D_{\text{limit}}$ の場合

$$F_b = 27S_{\text{ice}} \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^2 \quad (kN)$$

$D \geq D_{\text{limit}}$ の場合

$$F_b = 23S_{\text{ice}} (H_{\text{ice}})^{1.4} \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D \quad (kN)$$

ただし、 $D_{\text{limit}} = 0.85(H_{\text{ice}})^{1.4} \quad (m)$

- (2) ノズルを有するプロペラにあつては次式による値
 $D < D_{\text{limit}}$ の場合

$$F_b = 9.5S_{\text{ice}} \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^2 \quad (kN)$$

$D \geq D_{\text{limit}}$ の場合

$$F_b = 66S_{\text{ice}} (H_{\text{ice}})^{1.4} \left(\frac{n}{60} D \right)^{0.7} \left(\frac{EAR}{Z} \right)^{0.3} D^{0.6} \quad (kN)$$

ただし、 $D_{\text{limit}} = 4H_{\text{ice}} \quad (m)$

ここで、

H_{ice} : 氷の厚さであつて、表 4.2.2-1.に掲げる値 (m)

S_{ice} : 氷荷重に対する氷の強度指数であつて、表 4.2.2-1.に掲げる値

D : プロペラ直径 (m)

EAR : 展開面積比

n : プロペラ回転数 (rpm)。ただし、可変ピッチプロペラの場合は連続最大出力で自由航走をしているときの回転数とし、固定ピッチプ

ロペラの場合は連続最大出力で自由航走しているときの回転数に 0.85 を乗じた値とする。

表 4.2.2-1. H_{ice} 及び S_{ice} の値

極地氷海船階級	H_{ice}	S_{ice}
PC1	4.0	1.2
PC2	3.5	1.1
PC3	3.0	1.1
PC4	2.5	1.1
PC5	2.0	1.1
PC6	1.75	1
PC7	1.5	1

-2. プロペラ羽根後方荷重 F_b は、次の荷重ケースについてプロペラ羽根の表面に等分布荷重として作用させなければならない。

- (1) ノズルを有さない場合
 - (a) 前-1.(1)に定める荷重 F_b を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 4.2.2-2.のケース 1 参照)
 - (b) 前-1.(1)に定める荷重 F_b の 50% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.9R$ から先端の部分に作用させる。(表 4.2.2-2.のケース 2 参照)
 - (c) 後進時にプロペラが逆転する場合にあつては、前-1.(1)に定める荷重 F_b の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 4.2.2-2.のケース 5 参照)
- (2) ノズルを有する場合
 - (a) 前-1.(2)に定める荷重 F_b を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 4.2.2-3.のケース 1 参照)
 - (b) 後進時にプロペラが逆転する場合にあつては、前-1.(2)に定める荷重 F_b の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる。(表 4.2.2-3.のケース 5 参照)

4.2.3 プロペラ羽根前方荷重

-1. プロペラ回転時に氷の作用によってプロペラ羽根に作用する船首方向の荷重（以下、「プロペラ羽根前方荷重」という。）は、次の算式による。

- (1) ノズルを有さないプロペラにあつては次式による値

$D < D_{limit}$ の場合

$$F_f = 250 \left(\frac{EAR}{Z} \right) D^2 \quad (kN)$$

$D \geq D_{limit}$ の場合

$$F_f = 500 H_{ice} \left(\frac{EAR}{Z} \right) \left(\frac{1}{1 - \frac{d}{D}} \right) D \quad (kN)$$

ただし,
$$D_{limit} = \frac{2}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} H_{ice} \quad (m)$$

- (2) ノズルを有するプロペラにあっては次式による値
 $D \leq D_{limit}$ の場合

$$F_f = 250 \left(\frac{EAR}{Z} \right) D^2 \quad (kN)$$

$D > D_{limit}$ の場合

$$F_f = 500 H_{ice} \left(\frac{EAR}{Z} \right) \left(\frac{1}{1 - \frac{d}{D}} \right) D \quad (kN)$$

ただし,
$$D_{limit} = \frac{2}{\left(1 - \frac{d}{D}\right)} H_{ice} \quad (m)$$

ここで,

H_{ice} , D 及び EAR : **4.2.2-1.**による。

d : プロペラボスの直径 (m)

Z : プロペラ羽根の数

-2. プロペラ羽根前方荷重 F_f は, 次の荷重ケースについてプロペラ羽根表面に等分布荷重として作用させなければならない。

- (1) ノズルを有さない場合

- (a) 前-**1.(1)**に定める荷重 F_f を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって, かつ, 前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる (表 **4.2.2-2.** のケース 3 参照)
- (b) 前-**1.(1)**に定める荷重 F_f の 50% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.9R$ から先端の部分に作用させる (表 **4.2.2-2.** のケース 4 参照)
- (c) 後進時にプロペラが逆転する場合にあっては, 前-**1.(1)**に定める荷重 F_f の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって, かつ, 後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる (表 **4.2.2-2.** のケース 5 参照)

- (2) ノズルを有する場合

- (a) 前-**1.(2)**に定める荷重 F_f を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって, かつ, 前縁から翼弦長さの 0.5 倍までの部分に作用させる (表 **4.2.2-3.** のケース 3 参照)
- (b) 後進時にプロペラが逆転する場合にあっては, 前-**1.(2)**に定める荷重 F_f の 60% に相当する荷重を羽根の半径位置 $0.6R$ から先端であって, かつ, 前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させる (表 **4.2.2-3.** のケース 5 参照)

表 4.2.2-2. ノズルを有さないプロペラに作用させる荷重

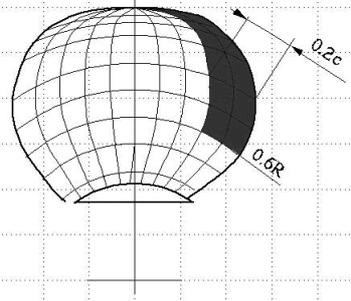
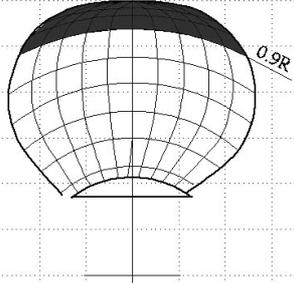
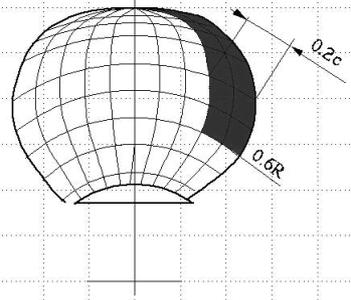
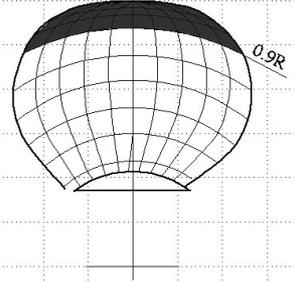
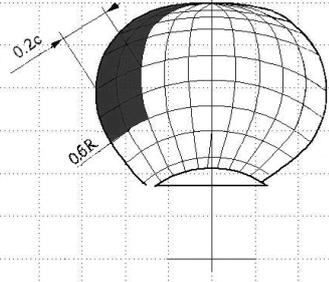
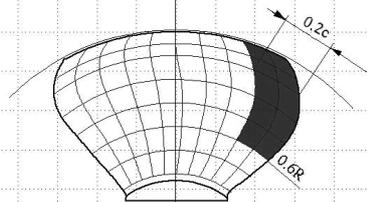
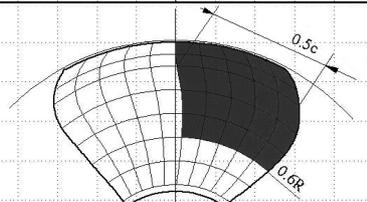
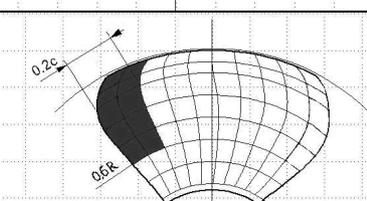
	荷重	荷重領域	後方から見た右回りプロペラの羽根
ケース 1	F_b	羽根後進面側の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させた等分布荷重	
ケース 2	F_b の 50 %	羽根後進面側の半径位置 $0.9R$ から先端の部分に作用させた等分布荷重	
ケース 3	F_f	羽根前進面側の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させた等分布荷重	
ケース 4	F_f の 50 %	羽根前進面側の半径位置 $0.9R$ から先端の部分に作用させた等分布荷重	
ケース 5	F_f 又は F_b の 60% のうち、いずれか大きい方	羽根前進面側の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させた等分布荷重	

表 4.2.2-3. ノズルを有するプロペラに作用させる荷重

	荷重	荷重領域	後方から見た右回りプロペラの羽根
ケース 1	F_b	羽根後進面側の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させた等分布荷重	
ケース 3	F_f	羽根前進面側の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、前縁から翼弦長さの 0.5 倍までの部分に作用させた等分布荷重	
ケース 5	F_f 又は F_b の 60% のうち、いずれか大きい方	羽根前進面側の半径位置 $0.6R$ から先端の部分であって、かつ、後縁から翼弦長さの 0.2 倍までの部分に作用させた等分布荷重	

4.2.4 プロペラ羽根のスピンダトルク

プロペラ羽根の回転軸まわりのトルク（プロペラ羽根スピンダトルク）は、4.2.2 及び 4.2.3 に定める F_b 及び F_f のそれぞれのケースについて計算しなければならない。ただし、次の値を下回る場合にあっては次の値を用いること。

$$Q_{s\max} = 0.25FC_{0.7} \quad (kNm)$$

ここで、

$C_{0.7}$: 半径位置 $0.7R$ における翼弦長さ (m)

F : 4.2.2-1. に定める F_b 又は 4.2.3-1. に定める F_f のうち、いずれか大きい方 (kN)

4.2.5 プロペラアイストルク

氷の衝撃によりプロペラに作用するトルクは、次の算式による。

(1) ノズルを有さないプロペラにあっては次式による値

$D < D_{\text{limit}}$ の場合

$$Q_{\max} = 105S_{\text{gice}} \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{t_{0.7}}{D}\right)^{0.6} \left(\frac{n}{60}D\right)^{0.17} D^3 \quad (kNm)$$

$D \geq D_{\text{limit}}$ の場合

$$Q_{\max} = 202S_{qice} (H_{ice})^{1.1} \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{t_{0.7}}{D}\right)^{0.6} \left(\frac{n}{60}D\right)^{0.17} D^{1.9} \quad (kNm)$$

ただし、 $D_{\text{limit}} = 1.81H_{ice}$ (m) とする。

- (2) ノズルを有するプロペラにあっては次式による値
 $D \leq D_{\text{limit}}$ の場合

$$Q_{\max} = 74S_{qice} \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{t_{0.7}}{D}\right)^{0.6} \left(\frac{n}{60}D\right)^{0.17} D^3 \quad (kNm)$$

$D > D_{\text{limit}}$ の場合

$$Q_{\max} = 141S_{qice} (H_{ice})^{1.1} \left(1 - \frac{d}{D}\right) \left(\frac{P_{0.7}}{D}\right)^{0.16} \left(\frac{t_{0.7}}{D}\right)^{0.6} \left(\frac{n}{60}D\right)^{0.17} D^{1.9} \quad (kNm)$$

ただし、 $D_{\text{limit}} = 1.8H_{ice}$ (m) とする。

ここで、

H_{ice} , D 及び d : 4.2.2-1.及び 4.2.3-1.による。

S_{qice} : アイストルクに対する氷の強度指数であって、表 4.2.5-1.に掲げる値

$P_{0.7}$: 半径位置 0.7R におけるピッチ (m)。ただし、可変ピッチプロペラの場合にあっては、ボラードプル状態における連続最大出力時のピッチとし、当該値が不明の場合は連続最大出力で自由航走しているときのピッチに 0.7 を乗じた値とする。

$t_{0.7}$: 半径位置 0.7R における最大羽根厚さ (m)

n : ボラードプル状態におけるプロペラ回転数 (rpm)。ただし、当該回転数が不明である場合は表 4.2.5-2.に掲げる値を用いなければならない。

表 4.2.5-1. S_{qice} の値

極地氷海船階級	S_{qice}
PC1	1.15
PC2	1.15
PC3	1.15
PC4	1.15
PC5	1.15
PC6	1
PC7	1

表 4.2.5-2. プロペラ回転数

プロペラの型式	n
可変ピッチプロペラ	n_n
タービン又は電動モータ駆動の固定ピッチプロペラ	n_n
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ	$0.85n_n$

(備考)

n_n : 連続最大出力で自由航走しているときのプロペラ回転数 (rpm)

4.2.6 プロペラアイススラスト

プロペラの位置で軸に作用する最大アイススラストは、次の算式による。

- (1) 船首方向アイススラスト

$$T_f = 1.1 F_f \text{ (kN)}$$

(2) 船尾方向アイススラスト

$$T_b = 1.1 F_b \text{ (kN)}$$

ここで,

F_f : 4.2.3-1.により求めたプロペラ羽根前方荷重 (kN)

F_b : 4.2.2-1.により求めたプロペラ羽根後方荷重 (kN)

4.2.7 推進軸系の設計トルク

-1. 軸系の動的解析に用いるプロペラアイス起振トルク (以下, 「起振トルク」という。) は, 次によらなければならない。

(1) 起振トルクは半正弦波の形で羽根に発生する連続した氷の衝撃によって表現されなければならない。また, 起振トルクは1枚の羽根に作用するトルクをプロペラ回転角を考慮してすべての羽根について合計するものとし, 羽根と氷塊1個の衝撃によるトルクは次の算式による。(図 4.2.7-1.参照)

(a) $\varphi = 0 \dots \alpha_i$ (deg) のとき

$$Q(\varphi) = C_q Q_{\max} \sin(\varphi(180/\alpha_i))$$

(b) $\varphi = \alpha_i \dots 360$ (deg) のとき

$$Q(\varphi) = 0$$

ここで,

Q_{\max} : 4.2.5による値

C_q 及び α_i : 表 4.2.7-1.に掲げる値

(2) プロペラが連続して砕氷する間のプロペラの総回転数及び衝撃回数は次の算式による。ただし, 船首プロペラにあっては特別に考慮しなければならない。

(a) プロペラの総回転数

$$N_Q = 2H_{ice}$$

(b) 衝撃回数

$$ZN_Q$$

ここで,

H_{ice} : 表 4.2.2-1.に掲げる値

Z : プロペラ羽根の数

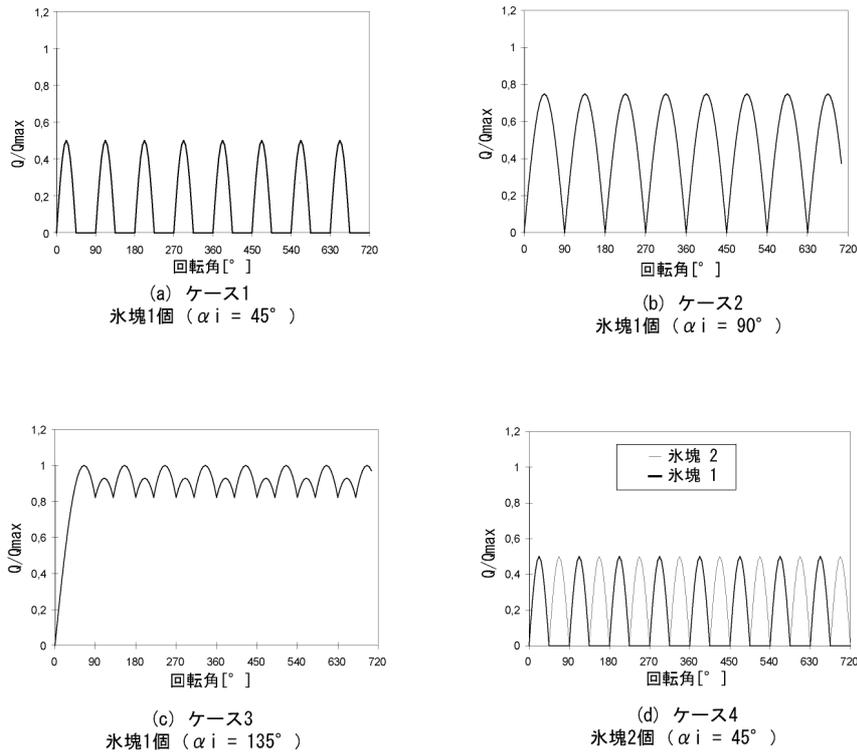
-2. 応答トルクは前-1.に定めるプロペラの起振トルク, 考慮している回転数における機関のトルク及び質量弾性系を考慮して解析しなければならない。

-3. 軸系の設計トルクは, 表 4.2.7-1.に定める起振トルクのすべてのケースについて軸系のねじり振動解析によって求めなければならない。また, 応答は考慮しているプロペラ回転数におけるボラードプル状態での平均流体力学的トルク (氷による衝撃のない場合のトルク) に加えなければならない。

表 4.2.7-1. C_q 及び α_i の値

起振トルク	プロペラ-氷相互作用	C_q	α_i
ケース 1	1 個の氷塊	0.5	45
ケース 2	1 個の氷塊	0.75	90
ケース 3	1 個の氷塊	1.0	135
ケース 4	2 個の氷塊	0.5	45

図 4.2.7-1. プロペラに作用するアイス起振トルクの例 (4翼の場合)



4.2.8 最大スラスト

プロペラ軸系に沿った最大スラストは次の算式による。

- (1) 船首方向軸スラスト

$$T_r = T_n + \alpha T_f \quad (kN)$$

- (2) 船尾方向軸スラスト

$$T_r = \beta T_b \quad (kN)$$

ここで、

T_n : ボラードプル状態におけるプロペラスラスト (kN)。ただし、当該値が不明の場合は表 4.2.8-1.の値を用いなければならない。

T_f 及び T_b : 4.2.6 により求めたプロペラアイススラスト (kN)

α 及び β : 縦振動による動的拡大係数であって次の値とする。ただし、次の値の代わりに動的解析によって求めた値を用いて差し支えない。

$$\alpha = 2.2$$

$$\beta = 1.5$$

表 4.2.8-1. T_n の値

プロペラの型式	T_n
可変ピッチプロペラ (ノズルを有さない場合)	$1.25T$
可変ピッチプロペラ (ノズルを有する場合)	$1.1T$
タービン又は電動モータ駆動の固定ピッチプロペラ	T
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ (ノズルを有さない場合)	$0.85T$
ディーゼル機関駆動の固定ピッチプロペラ (ノズルを有する場合)	$0.75T$

(備考)

T : 開水域を連続最大出力で自由航走しているときのプロペラスラスト (kN)

4.2.9 プロペラ羽根損傷荷重

-1. プロペラ羽根の損傷荷重は、次の算式による。

$$\frac{0.3ct^2\sigma_{ref}}{0.8D-2r} \times 10^3 \quad (kN)$$

ここで、

σ_{ref} : $0.7\sigma_u$ 又は $0.6\sigma_{0.2} + 0.4\sigma_u$ のうち、いずれか小さい方 (MPa)

ただし、

σ_u : 羽根材料の引張強さ (MPa)

$\sigma_{0.2}$: 羽根材料の降伏応力又は 0.2%耐力 (MPa)

c , t 及び r : 羽根の根元すみ肉部より先端側の部分のうち最も弱い部分 (通常は羽根すみ肉端部) におけるそれぞれ翼弦長さ、羽根厚さ及び円筒断面の半径 (m)

-2. 前-1.に定める損傷荷重は、羽根の半径位置 $0.8R$ において羽根の最も弱い方向に作用するものとし、荷重作用点から羽根の回転軸までの距離は、羽根の回転軸と半径位置 $0.8R$ における前縁又は後縁までの距離のいずれか大きい方の値の $2/3$ としなければならない。

4.3 軸系の設計

4.3.1 一般

プロペラ、軸系及び動力伝達装置は次の(1)から(3)について考慮して設計しなければならない。

- (1) 4.2 に定める設計荷重に対して十分な強度を有さなければならない。
- (2) プロペラ羽根に塑性変形が生じた場合においても他の推進軸系の部品に損傷が発生しないようにしなければならない。
- (3) 十分な疲労強度を有するものでなければならない。

4.3.2 旋回式推進装置

旋回式推進装置を有する場合にあつては 4.3.1 の要件に加え、次の(1)から(4)について考慮して設計しなければならない。

- (1) 推進装置に作用する特有の荷重ケースについて考慮しなければならない。当該荷重ケースは船舶及び推進装置の運転を考慮したものでなければならない。
- (2) プロペラ羽根に損傷が発生した場合であっても推進装置が損傷しないように設計しなければならない。
- (3) プロペラ羽根の塑性変形は、考慮する部品に対して最大荷重を発生させるような羽根の位置に生じるものとして考えなければならない。
- (4) 3.5.10 に定める旋回部ケーシングに作用する氷荷重についても考慮しなければならない。

4.3.3 プロペラ羽根の強度

-1. 4.2.2 及び 4.2.3 に定める荷重により羽根に生じる応力を有限要素法又はこれと同等の方法により求めなければならない。ただし、プロペラ羽根前方荷重及び後方荷重はそれぞれ独立して作用させなければならない。

-2. 前-1.により得られる最大の応力 σ_{calc} は次を満足しなければならない。

$$\sigma_{calc} < \frac{\sigma_{ref}}{S}$$

ここで、

$$S = 1.5$$

σ_{ref} : 4.2.9-1.による値 (MPa)

4.3.4 プロペラ羽根の厚さ

-1. プロペラ羽根の前縁、後縁及び先端部分（半径位置 $\geq 0.975R$ ）の厚さは、次の算式による値以上でなければならない。ただし、後縁の厚さの規定についてはノズルを有さないプロペラが逆転する場合についてのみ適用する。

$$S \times S_{ice} \sqrt{\frac{3 p_{ice}}{\sigma_{ref}}} \quad (mm)$$

x : 翼弦長さの 2.5% (mm)。羽根の先端部分（半径位置 $\geq 0.975R$ ）については、半径位置 $0.975R$ における断面長さの 2.5%とする。ただし、45mm を超えてはならない。

S : 安全率であって以下の値

$$S = 2.5 \quad (\text{後縁})$$

$$= 3.5 \quad (\text{前縁})$$

$$= 5.0 \quad (\text{先端})$$

S_{ice} : 表 4.2.2-1.による値

p_{ice} : 氷圧であって 16MPa とする。

σ_{ref} : 4.2.9-1.による値

-2. 前-1.において羽根の先端部の厚さは、半径位置 $0.975R$ から先端までの最大実厚さをいう。また、羽根の先端部と $0.975R$ における前縁又は後縁の間の厚さは、滑らかな曲線となるように補間しなければならない。

4.3.5 可変ピッチプロペラ及び組立形プロペラ

可変ピッチプロペラのボス内の変節機構並びに可変ピッチプロペラ及び組立形プロペラの羽根取付け用ボルトの強度は、4.2.4 及び 4.2.9 に定める荷重が作用することによって生じる応力について評価しなければならない。ただし、安全率については本会が適当と認める値としなければならない。

4.3.6 推進軸系

-1. 軸系の強度はプロペラに氷が衝突することにより発生する曲げ、ねじり及び軸方向の力について考慮しなければならない。ただし、降伏及び疲労に対する安全率については本会が適当と認める値としなければならない。

-2. スラスト軸、中間軸、プロペラ軸及び船尾管軸の強度は、軸系に作用する最大の曲げモーメント及び応答トルクを考慮してミーゼスの等価応力により評価しなければならない。

-3. プロペラ軸及びプロペラ取付け部の強度は、プロペラ羽根に 4.2.9 に掲げる荷重が作用することによって生じる応力についても評価しなければならない。

4.4 原動機

4.4.1 主機

可変ピッチプロペラを備える船舶の主機にあつては、プロペラの翼角が最大の状態で始動及び運転ができなければならない。

4.4.2 非常発電装置の始動

非常発電装置は船舶の極地氷海船階級に適した環境温度において容易に始動できるものでなければならない。また、非常発電装置には当該温度における容易な始動を確保するために加熱措置を講じなければならない。

4.5 固定負荷加速度

4.5.1 機関の固定負荷加速度

重要な装置及び主推進機関の支持部は、次の(1)から(3)に掲げる船体への氷の衝突によって生じる加速度に適したものでなければならない。ただし、それぞれの加速度はそれぞれ独立して作用するものとして考えなければならない。

- (1) 船体梁に沿った任意の位置における縦衝撃加速度

$$a_l = \left(\frac{F_{IB}}{\Delta} \right) \left\{ [1.1 \tan(\gamma + \phi)] + \left[\frac{7H}{L} \right] \right\} \quad (m/s^2)$$

- (2) 船体梁に沿った任意の位置における垂直衝撃加速度

$$a_v = 2.5 \left(\frac{F_{IB}}{\Delta} \right) F_X \quad (m/s^2)$$

ただし、

$$F_X = 1.3 \text{ (船首垂線の位置)}$$

$$= 0.2 \text{ (船体中央)}$$

$$= 0.4 \text{ (船尾垂線の位置。ただし、砕氷後進を行う極地氷海船にあつては 1.3 とする。)}$$

中間の値については直線補間により求めるものとする。

- (3) 船体梁に沿った任意の位置における横衝撃加速度

$$a_t = 3F_t \frac{F_X}{\Delta} \quad (m/s^2)$$

ただし、

$$F_X = 1.5 \text{ (船首垂線の位置)}$$

$$= 0.25 \text{ (船体中央)}$$

$$= 0.5 \text{ (船尾垂線の位置。ただし、砕氷後進を行う極地氷海船にあつては 1.5 とする。)}$$

中間の値については直線補間により求めるものとする。

ここで、

ϕ : 鋼と氷の間の最大摩擦角であつて、通常は 10° とする。 (deg)

γ : 最大氷海喫水線と船首材のなす角度 (deg)

Δ : 最大氷海喫水線に対する排水量 (t)

- L : 規則 A 編 2.1.2 に定義される船の長さ (m)
- H : 最大氷海喫水線から対象となる位置までの距離 (m)
- F_{IB} : 3.6.2 で定義される垂直衝撃力 (kN)
- F_i : 3.4.2-4. で定義される力 (kN)

4.6 補助装置及び管装置

4.6.1 補助装置

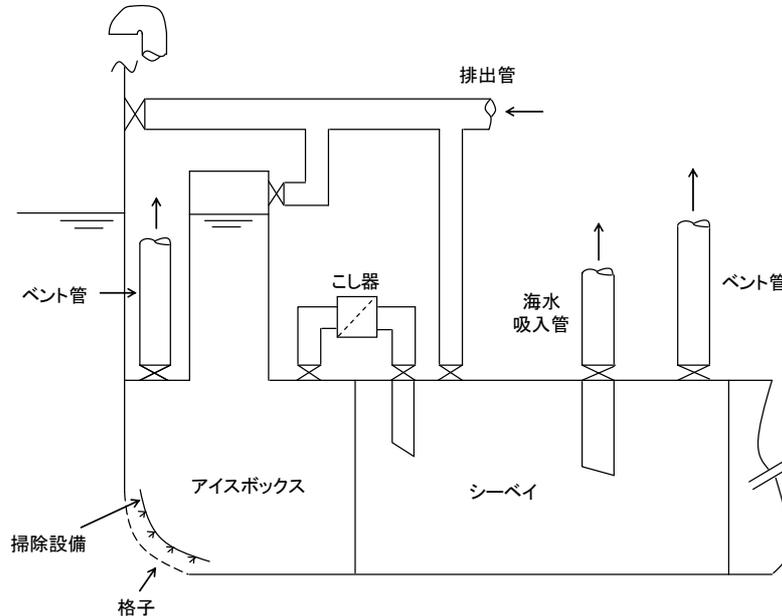
- 1. 機関は氷もしくは雪の浸入又は蓄積による有害な影響から保護されなければならない。また、連続運転が必要な場合にあつては、蓄積した氷又は雪を除去するための措置を講じなければならない。
- 2. 液体を搭載するタンクについては凍結による損傷を避けるための措置を講じなければならない。
- 3. ベント管、吸入管及び排出管並びにこれらの管系については、凍結又は氷及び雪の蓄積により管が閉塞することがないように設計しなければならない。

4.6.2 海水取入口及び冷却水管装置

- 1. シーチェストの取入口を含む推進及び船舶の安全のために重要な機器の冷却水管装置については、極地氷海船階級に応じた環境条件を考慮して設計しなければならない。
- 2. シーチェストの構造は次の(1)から(4)によらなければならない。
 - (1) 極地氷海船階級が PC1 から PC5 の極地氷海船にあつては、少なくとも 2 つのアイスボックスを設置しなければならない。
 - (2) 極地氷海船階級が PC6 及び PC7 の極地氷海船にあつては、少なくとも 1 つのアイスボックスをできるだけ船体中心線に隣接して設置しなければならない。
 - (3) それぞれのアイスボックスの体積は、すべての搭載される機関の合計出力 750kW につき 1m³ 以上としなければならない。
 - (4) アイスボックスは有効に氷の分離及び空気抜きができるものでなければならない。
(図 4.6.2-1. の例参照)
- 3. 海水吸入弁はアイスボックス又は氷を取り除いた海水を溜めるシーベイに直接取付けること。ただし、当該弁は全量式のものでなければならない。
- 4. アイスボックス及びシーベイにはベント管を設けるとともに、遮断弁を取付けなければならない。
- 5. シーベイ、アイスボックス、外板に取付ける弁及び最小氷海喫水線より上に位置する取付け物の凍結を防ぐための措置を講じなければならない。
- 6. 冷却用海水をアイスボックスに再循環させるための有効な措置を講じなければならない。また、循環用の管の合計断面積は冷却水排出管の合計断面積以上としなければならない。
- 7. アイスボックスには上側から接近できるように取外し可能な格子又はマンホールを備えなければならない。ただし、マンホールは最大氷海喫水線より上に設けなければならない。
- 8. アイスボックスの船体外板側の開口には、格子、穴又はスロットを設けなければならない。これらの通過面積は、吸入管の断面積の 5 倍以上とし、穴の直径及びスロットの幅は 20 mm 以上としなければならない。

-9. アイスボックスの格子には掃除設備（低圧蒸気を使用するものとする。）を設けなければならない。また、掃除用管には、ねじ締め逆止弁を設けなければならない。

図 4.6.2-1. 海水取入れ設備の例



4.6.3 バラストタンク

最小氷海喫水線より上に位置する船首尾タンク，舷側タンク及びその他必要なタンクについては，凍結を防止するための有効な措置を講じなければならない。

4.7 通風装置

4.7.1 機関区域及び居住区の通風装置

- 1. 機関区域の通風装置の通気口及び居住区の通気口は船舶の両舷に設けなければならない。
- 2. 前-1.の通気口には加熱措置を講じなければならない。
- 3. 機関区域の空気取入口から機関に供給される空気の温度は，機関の安全な作動に適したものでなければならない。

4.8 舵及び操舵装置

4.8.1 舵及び操舵装置

- 1. 氷による荷重から舵を保護するためのアイスナイフを設けなければならない。また，アイスナイフは最小氷海喫水線下まで延長させなければならない。
- 2. 操舵装置を保護するための回転止めを設けなければならない。
- 3. 操舵装置の構造部分の寸法は，舵に氷が衝突することによって舵頭材に発生するトルクに耐えるように決定しなければならない。
- 4. 油圧式操舵装置の圧力逃し弁は有効なものでなければならない。

附 則

1. この規則は、2017年1月1日（以下、「施行日」という。）から施行する。
2. 施行日前にキールが据え付けられる船舶又は特定の船舶として確認できる建造が開始され、かつ、少なくとも50トン又は全建造材料の見積重量の1%のいずれか少ないものが組み立てられた状態にある船舶については、この規則による規定にかかわらず、なお従前の例による。ただし、遡及して適用される要件がある場合はこの限りではない。

鋼船規則検査要領

I 編

極地氷海船等

要
領

2016年 第2回 一部改正

2016年 12月 27日 達 第76号

2016年 7月 27日 技術委員会 審議

2016年12月27日 達 第76号
鋼船規則検査要領の一部を改正する達

「鋼船規則検査要領」の一部を次のように改正する。

I 編 極地氷海船等

II を次のように改める。

II 通則

II.1 一般

II.1.1 適用

専ら氷水域において、他の船舶のエスコート又はアイスマネージメント作業を行う砕氷船については、規則 I 編の規定に適合することに加え、本会が適当と認める追加の要件が要求される場合がある。

II.1.2 提出図面等への記載事項

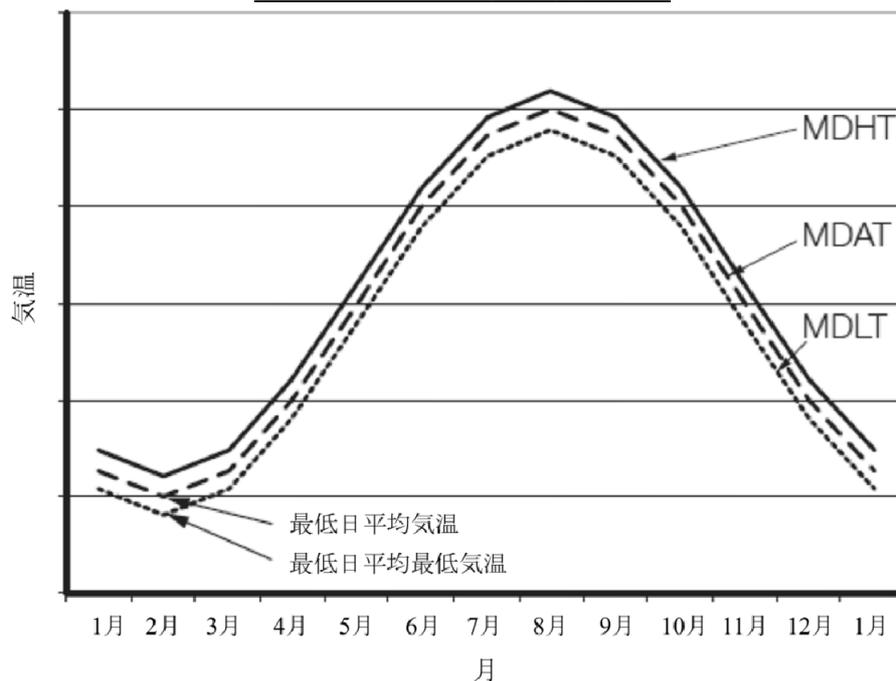
- 1. 極地氷海船にあつては、規則 I 編 1.1.2-1.及び-2.の適用上、最大氷海喫水及び最小氷海喫水（船首、中央及び船尾における値）を船級登録原簿に注記する。
- 2. 耐氷船にあつては、規則 I 編 1.1.2-1.及び-3.の適用上、最大氷海喫水及び最小氷海喫水（船首、中央及び船尾における値）並びに主機出力を船級登録原簿に注記する。

II.2 定義

II.2.1 用語の定義

規則 I 編 1.2.1(19)に規定する「日平均最低気温」については、図 II.2.1-1.を参考とする。

図 I1.2.1-1. 日平均最低気温



(備考)

1. ここで、図中の記号は次による。

MDHT : 日平均最高気温

MDAT : 日平均気温

MDLT : 日平均最低気温

2. 日平均最低気温は、以下のように求める。

(1) 10年間を単位とし、当該期間中における各日の最低気温を求める。

(2) 10年間を単位とし、当該期間中における各日の最低気温の平均値を求める。

(3) 各年の日平均気温を描画する。

(4) 航行する季節において最低となる平均値を求める。

I1.2.2 極地氷海船階級

~~1. 船体構造に適用する極地氷海船階級と機関構造に適用する極地氷海船階級が異なる場合は、低い方の極地氷海船階級を船級符号に付記する。ただし、船級登録原簿には、それぞれの極地氷海船階級を注記する。~~

~~2. 規則I編表I1.1中の氷の状況に関する用語は以下による。~~

~~(1) 厚い一年氷~~

~~厚さ120-250cm程度の一年氷。強度の高いこの氷は強い圧力を受けた場合に限り氷上に高さ150-250cm程度の氷丘を形成する。~~

~~(2) 中程度の厚さの一年氷~~

~~厚さ70-120cm程度の一年氷。極地以外の氷水域では、この種の一年氷は発達極限段階であり、最も厳しい冬期に形成される。交差した氷丘脈が多く、氷丘の高さは170cmに達することもある。この種の氷は夏期には融けてほぼ完全に消滅する。~~

~~(3) 薄い一年氷~~

~~厚さ30-70cm程度の一年氷。この種の氷上に見られる氷丘は平均で30-75cmであり、~~

~~直線状の氷丘脈を形成する。薄い一年氷を第1段階の薄い一年氷（厚さ30-50cm）と第2段階の薄い一年氷（厚さ50-70cm）とに細分する場合もある。~~

~~I1.2.23~~ 耐氷船階級

- 1. 規則 I 編 ~~1.2.32~~ に定める耐氷船階級と *Finnish-Swedish Ice Class Rules 2010* に定める階級の対応を表 ~~I1.2.32-1~~ に示す。
- 2. 規則 I 編 ~~1.2.32~~ に定める耐氷船階級と *Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations* に定める階級の対応を表 ~~I1.2.32-2~~ に示す。

表 ~~I1.2.23-1~~. *Finnish-Swedish Ice Class Rules 2010* における階級と本会の耐氷船階級との対応

<i>Finnish-Swedish Ice Class Rules 2010</i> における階級	本会の耐氷船階級
<i>IA Super</i>	<i>IA Super</i>
<i>IA</i>	<i>IA</i>
<i>IB</i>	<i>IB</i>
<i>IC</i>	<i>IC</i>
<i>II</i>	<i>ID</i> 耐氷船階級なし

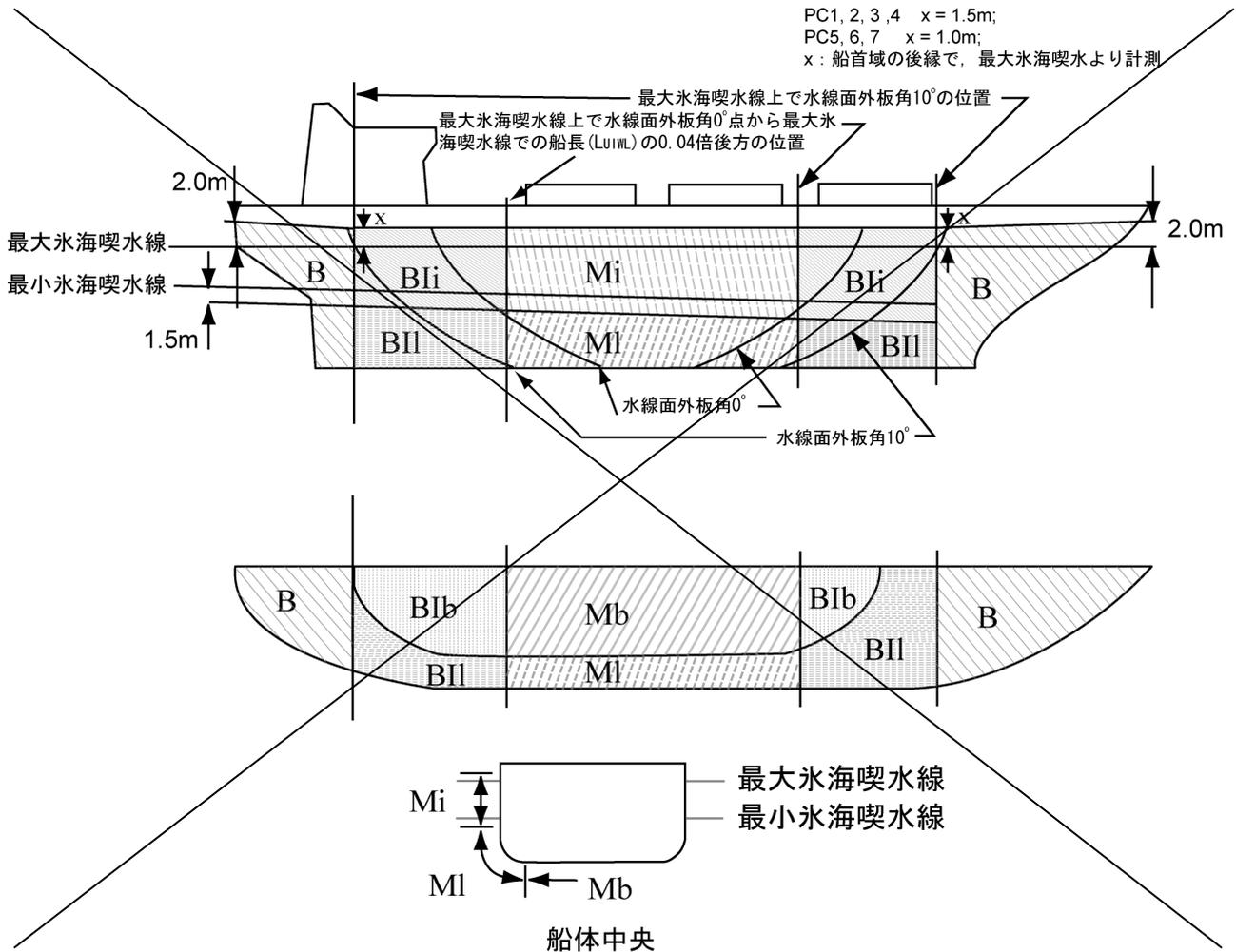
表 ~~I1.2.23-2~~. *Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations* における階級と本会の耐氷船階級との対応

<i>Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations</i> における階級	本会の耐氷船階級
Type A	<i>IA Super</i>
Type B	<i>IA</i>
Type C	<i>IB</i>
Type D	<i>IC</i>
Type E	<i>ID</i> 耐氷船階級なし

~~I1.2.5~~ 船体区域

- ~~1. 規則 I 編 1.2.5-1. のただし書きに該当する特殊な砕氷船尾構造及び推進機構を備え、氷水域を後進により航行する極地氷海船の船体区域は、図 I1.2.5-1 を参考とする。~~
- ~~23. 規則 I 編 58 章の適用上、それぞれの喫水線における船首尾垂線については、 L_f にならう。規則 I 編 1.2.41-4.(23) に規定する最大氷海喫水線は、通常、船首尾で喫水の異なる折れ線となる。~~

図 I1.2.5-1 船体区域



(備考)

ここで、図中の記号は以下のとおりとする。

- B: 船首域
- BIi: 船首中間耐氷帯域
- BII: 船首中間下部域
- BIb: 船首中間船底域
- Mi: 中央耐氷帯域
- MI: 中央下部域
- Mb: 中央船底域

I1.3 性能基準 (極海コード I-B 部 2.3)

I1.3.1 一般

規則 I 編 1.3.1 に規定する「性能基準」については、製造者の証明書、本会による証書に基づき既に承認されたシステム及び／又は十分に機能している既存のシステムであれば、性能基準及び試験基準が IMO により容認されたものでなくても、新造船及び就航船に搭載して差し支えない。

I1.5 航行アセスメント（極海コード I-B 部 2.1, 2.2）

I1.5.1 航行アセスメント

-1. 規則 I 編 1.5.1 に規定する「航行制限」は、当該船舶の耐氷船階級、季節による氷の強度の変化、砕氷船による支援、氷の種類、厚さ及び密度等を考慮した上で、予測される海氷環境が当該船舶に与えるリスクを評価できるシステム、ツール又は分析方法を用いて決定すること。また、氷による負荷に耐える構造強度及び予定航路についても考慮すること。航行制限は、氷水域の航行決定支援システムに取り入れること。

-2. 規則 I 編 1.5.1 に規定する「航行制限」は、既存の手法、長年にわたり用いられている手法又は実績により有効性が証明されている手法等の適切な手法により決定すること。既存の手法及びその他のシステムについては、本会に事前に提出すること。

-3. 規則 I 編 1.5.1 の適用上、氷水域での航行について以下を考慮すること。

- (1) 当該船舶に対するあらゆる航行制限
- (2) 極海域運航手順書に記載される氷水域における航行に関する手法についての広範な情報
- (3) 当該船舶及び搭載されるシステムの状態
- (4) 過去の気象及び海氷に関するデータ
- (5) 航行が予定される海域の気象及び海氷環境の予報
- (6) 視認可能な氷、海象、視界等を含む航行時の状況
- (7) 資格を有する船員による判断

-4. 規則 I 編 1.5.1 に規定する「航行アセスメント」は、以下の手順により実施すること。

- (1) 航行計画を基に、規則 I 編 1.4.1 に規定する危険因子（氷、着氷、低温、夜及び昼の時間の拡張、高緯度、遠隔地であること、情報不足、船員の経験不足、緊急時支援体制の欠如、天候、有害物質による影響）及びその他の危険因子を特定する。
- (2) 以下を考慮し、リスクを分析するためにモデルを策定する。モデルについては、“Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO Rule-Making Process” (MSC-MEPC.2/Circ.12)の Appendix 3 及び IEC/ISO 31010 “Risk management - Risk assessment techniques” を参照すること。
 - (a) 事故シナリオの策定
 - (b) 各事故シナリオの発生確率
 - (c) 各事故シナリオにおける最終状態
- (3) リスクを分析し、容認基準を決定する。
 - (a) 選択したモデルアプローチに従い、リスクレベルを推定する
 - (b) リスクレベルが容認可能であるかを評価する
- (4) 前(1)から(3)により決定されたリスクレベルが高すぎる場合、現状のリスク制御オプションを確認もしくは新たに策定し、以下のうち1つ以上を達成する。
 - (a) よりよい設計、手順及び訓練等により、欠陥の発生頻度を減少させる
 - (b) 事故防止のため、欠陥による影響を軽減させる
 - (c) 欠陥の発生しうる状況を制限する
 - (d) 事故の影響を軽減させる
 - (e) 設計、手順、訓練及び制限等のためのリスク制御オプションを適宜取り入れる

I2 及び I3 を削り，I5 を I8 に改め，I2，I3，I6 及び I7 として次の 4 章を加える。

I2 極海域運航手順書

I2.3 規則

I2.3.1 極海域運航手順書（極海コード I-B 部 3.1）

規則 I 編 2.3.1 に規定する「極海域運航手順書」は，規則 I 編 2 章に規定される航行面におけるあらゆる点に対処することを目的としている。適切な情報，手順又は計画が，既に本船に搭載される資料のいずれかに記載されている場合，極海域運航手順書に重複して記載する必要はないが，関連する資料との相互参照を可能にすること。極海域運航手順書の記載内容については，IMO 決議 MSC.385(94)及び MEPC.264(68)により採択された極海コード Appendix 2 の書式（改正を含む。）を参照すること。ただし，当該書式は，一般的な構成を示すものであるため，記載される内容が全ての船舶に適用されるとは限らない。極海域の航行頻度が臨時的又は限定的である多くの C 類の船舶にあっては，発生確率の極めて低い事態に関しては手順を策定しなくても差し支えない。しかしながら，極海域運航手順書を共通の構成にしておくことは，想定する状況に変化があり，極海域運航手順書の更新が必要となった場合に有用である。また，「非適用」と記載することにより，当該項目について考慮した上での結論であり，単純に省略したのではないことを本会に示すことにもなる。

I2.3.4 極海での事故時における手順（極海コード I-B 部 3.3）

規則 I 編 2.3.4 の適用上，緊急時対応策を策定する場合，液体の緊急移動に関する損傷制御手段及びサルベージ作業中のタンク及び区域への交通経路を考慮すること。

I2.3.6 砕氷船による支援を受ける場合の手順（極海コード I-B 部 3.2）

規則 I 編 2.3.6 に規定する「砕氷船による支援」については，以下を考慮すること。

- (1) 1 隻又は数隻の砕氷船とコンボイを組むための始点に接近する又は砕氷船との合流地点までである船の砕氷船によるエスコートを受ける場合，VHF チャンネル 16 の無線通信により，砕氷船の指示に従うこと。
- (2) コンボイにおいて支援を提供する砕氷船は，コンボイ中の船舶を統制すること。
- (3) コンボイ中の船舶の位置は，支援を提供する砕氷船が決定すること。
- (4) コンボイ中の船舶は，支援を提供する砕氷船の指示に基づき，砕氷船の指示する VHF チャンネルにより，砕氷船と連絡をとれる状態とすること。
- (5) コンボイ中の船舶は，砕氷船の指示に従うこと。
- (6) コンボイの位置，速度，先行する船舶との距離については，砕氷船の指示に従うこと。
- (7) 指示された位置，速度及び／又はコンボイにおけるその他の船舶との距離の維持に困難が生じた場合は，迅速に砕氷船に通知すること。
- (8) 損傷を受けた場合，迅速に砕氷船に通知すること。

I3 船体構造

I3.3 規則（極海コード I-B 部 4 関連）

I3.3.1 構造部材の材料

-1. 規則 I 編 3.3.1 の適用上「同等の安全性を確保できる他の基準」については、次の-2. から-7.による。

-2. 「同等の安全性を確保できる他の基準」の決定は以下による。

- (1) A 類及び B 類の船舶の基準と同等な他の基準を考慮する際、基本的には新船及び就航船について同様の手法で考慮することができる。
- (2) C 類の船舶と同等な他の基準を考慮する際、強度レベルを比較することで得られる情報を指針として利用できる。
- (3) 同等性の要求及び追加の情報に対する責任は、船主及びオペレータが負うこと。
- (4) 同等性の承認は本会により行われる。
- (5) 完全かつ直接的に準拠しない場合、同等レベルのリスクは、本会の適当と認めるところによる。
- (6) 事象の発生確率の増加は、その結果の影響を減ずることによってバランスをとることができる一方、事象の発生確率の減少が、より深刻な結果を招く可能性がある。船体区域を例に用いると、材料の強度又は等級が局所的に基準を満たさないというような事態は、内部の区画が空所であり、局所的な損傷を受けても船体全体の安全性を脅かさない又は汚染物質の流出を招かないものであった場合に許容される。

-3. 次の-5.(1)から(3)に規定する簡便な同等性の評価手法により、材料、構造及び機関の要件が限定される場合がある。

-4. 就航船においては、航行実績をリスク評価の一助とすることができる。極海を航行した実績のある就航船において、耐氷帯の範囲が不足している場合でも、不足した範囲に損傷実績がなければ、認められる場合がある。原則 PC5 の要件を満足するが、限られた範囲において PC7 の要件を満足する船舶は、A 類の船舶である PC5 として考えることができる。そういった場合には、書類に PC7 を適用している範囲及び性質を明確に記載する必要がある。

-5. 同等性の評価手法

- (1) 同等性の対象とする極地氷海船階級を選定する。
- (2) 設計に用いた材料と選定した極地氷海船階級の最低要件を比較し、要件を満足しない箇所を特定する。
- (3) 船体及び機関の強度レベルと選定した極地氷海船階級の要件を比較し、適合性を検証する。

-6. 前-5.(1)から(3)において、選定した極地氷海船階級と差異が認められた場合、同等性を示すために以下の追加評価を行うこと。

- (1) 本船の設計に採用されている本編の要件を上回るリスク低減の方法を明確にする。
- (2) 必要に応じ、選定した極地氷海船階級に相当する環境下における航行実績に関する文書を提出する。
- (3) 前-5.(1)から(3)並びに-6.(1)及び(2)の情報のうち該当する情報を考慮し、-2.から-5.に基づき評価を行う。

-7. 同等性を申請する際の文書には，評価の各段階及び評価の正当性を示すための十分な補足情報が明示されること。

I3.3.2 船体構造

規則 I 編 3.3.2(1)(b)及び(2)(b)に規定する「同等の安全性を確保できる他の基準」については，I3.3.1 による。

I6 機関

I6.3 規則（極海コード I-B 部 7 関連）

I6.3.1 一般

規則 I 編 6.3.1(3)の適用上、「氷が侵入しないような設計」については、*MSC/Circ.504*による。

I6.3.2 低気温環境下での航行を行う船舶

規則 I 編 6.3.2(3)(b)にいう「同等の安全性を確保できる他の基準」については、**I3.3.1**による。

I6.3.3 氷荷重に対し補強される船舶

規則 I 編 6.3.3(1)(b)及び(2)(b)にいう「同等の安全性を確保できる他の基準」については、**I3.3.1**による。

I7 火災安全

I7.3 規則

I7.3.3 低気温環境下での航行を行う船舶

規則 I 編 7.3.3(2)にいう「本会が適当と認めるもの」とは、次の(1)又は(2)をいう。

- (1) 規則 I 編附属書 1「極地氷海船の材料、構造、艤装及び機関の特別要件」2章を考慮したもの
- (2) 前(1)と同等の安全性を確保できる他の基準（極地航行気温に基づくもの）を考慮したもの

18 を次のように改める。

I58 耐氷船

I58.1 一般

I58.1.1 適用

-1. *Finnish-Swedish Ice Class Rules 2010* が適用される北バルト海を航行する船舶に対して、同規則の適用に関する指針 (*Guidelines for the application of the Finnish-Swedish Ice Class Rules*) 中に次のような規制等がある旨記載されている。

- (1) フィンランド政府及びスウェーデン政府は、冬期において両国内の港に向かう船舶に対して砕氷船の支援を用意する。この場合、氷の状態に応じて、砕氷船の支援を受ける資格のある船舶の寸法と耐氷船階級について規制を行う。
- (2) 本規程を満たしているというだけで、砕氷船の支援なしで氷中を航行したり、ひどい氷の *jamming* に耐えられる能力があることを保証されているのだと考えてはならない。
- (3) 小さな船は、同じ耐氷船階級のより大きな船に比べて、氷中を航行する能力が若干下回ることに注意しなければならない。
- (4) 中型船舶 (排水量が 30,000 トン以下) に対しては、ノッチ曳航が多くの場合、氷水中で最も有効な支援方法であることに注目すべきである。
- (5) 前部垂線から前方に 2.5 m 以上突き出ているバルブを持つ船舶、船首形状に大きな丸みを有する船舶又はバルブ上方にアイスナイフを持つ船舶は、通常、ノッチ曳航が困難である。
- (6) バラスト状態において船首部の喫水が浅い船舶は、ノッチ曳航時に船首を下げるように傾斜させて差し支えない。
- (7) 耐氷船は、氷厚 h_0 を超えない平坦氷のある開放水面を航行することを前提としている。しかしながら、いかなる時点においても実際の氷圧が船体に作用する部分の設計厚さ h は、氷厚 h_0 の一部にすぎないと考えられる。 h_0 及び h の値を表 I58.1.1-1. に示す。

-2. 耐氷船として登録を受けようとする船舶に搭載する主推進機関にあつては、規則 D 編 2.1.2(2)に定める参考用図面及び資料のほか、主機出力計算書を提出すること。

表 I58.1.1-1.

耐氷船階級	h_0 (m)	h (m)
IA Super	1.00	0.35
IA	0.80	0.30
IB	0.60	0.25
IC	0.40	0.22

I58.3 船体構造及び艤装

I58.3.2 肋骨に関する一般規定

-1. 規則 I 編 58.3.2-2.の適用上、縦通肋骨が特設肋骨又は隔壁を貫通する場合にあっては、当該特設肋骨又は隔壁の両側に肘板を取り付けること。（図 I58.3.2-1.参照）横肋骨が補強範囲内で甲板又は耐氷縦桁を貫通する場合にあっては、甲板等の上部にも肘板を取り付けることを推奨する。（図 I58.3.2-2.参照）肘板の腕の長さは、肋骨のウェブの深さ以上とすることを標準とする。

図 I58.3.2-1. 縦通肋骨への肘板の取り付け

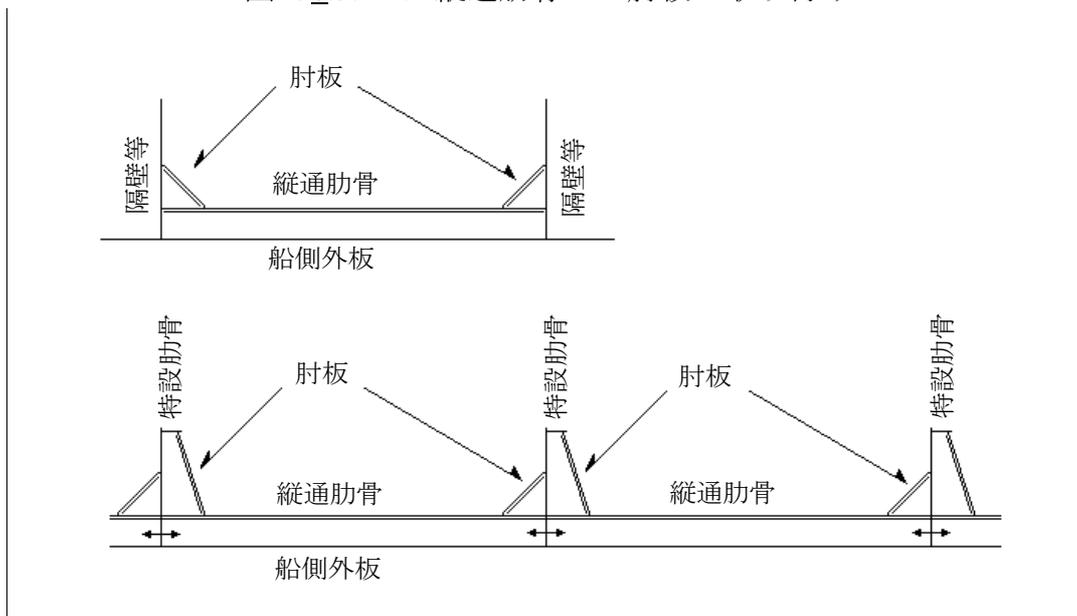
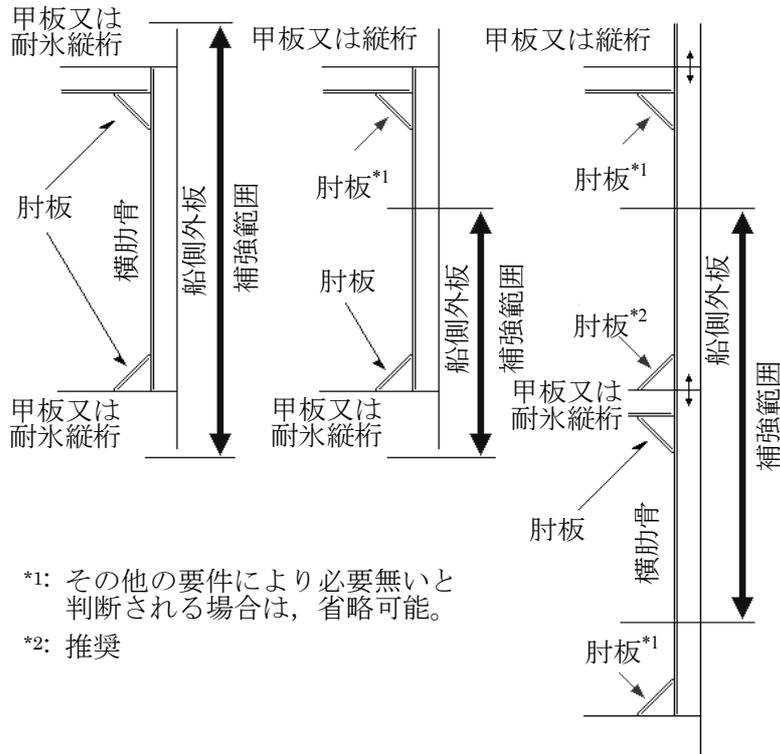


図 I58.3.2-2. 横肋骨への肘板の取り付け



I58.3.4 縦通肋骨

-1. 規則 I 編 58.3.4 の適用上、縦通肋骨の上下方向の補強範囲については、本会が特に必要と認める場合を除き、規則 I 編 58.3.1-1.に規定する耐氷帯の範囲内並びにその上縁直上及び下縁直下の縦通肋骨として差し支えない。この場合、耐氷帯範囲内最上の肋骨とその直上の肋骨及び耐氷帯範囲内最下の肋骨とその直下の肋骨の心距は、耐氷帯範囲内における肋骨心距と等しくすること。また、耐氷帯上縁とその直上の肋骨又は耐氷帯下縁とその直下の肋骨との距離が耐氷帯範囲内における肋骨心距の 50%未満の場合、耐氷帯直上の肋骨と上記肋骨補強範囲直上の肋骨及び耐氷帯直下の肋骨と上記肋骨補強範囲直下の肋骨の心距についても、耐氷帯範囲内における肋骨心距と等しくすること。

-2. 規則 I 編 58.3.4-1.の適用上、当該縦通肋骨が連続梁と見なせない場合、係数 m は次によること。

- (1) 両端固定と見なせる場合は 12 とする
- (2) 両端支持と見なせる場合は 8 とする
- (3) (1)又は(2)以外の場合については、単純梁モデルにより m の値を決めること。ただし、いかなる場合も 13.3 を超えないこと。

I58.3.5 耐氷縦桁

規則 I 編 58.3.5 の適用上、当該耐氷縦桁が連続梁と見なせない場合の係数 m は、I58.3.4-2.によること。

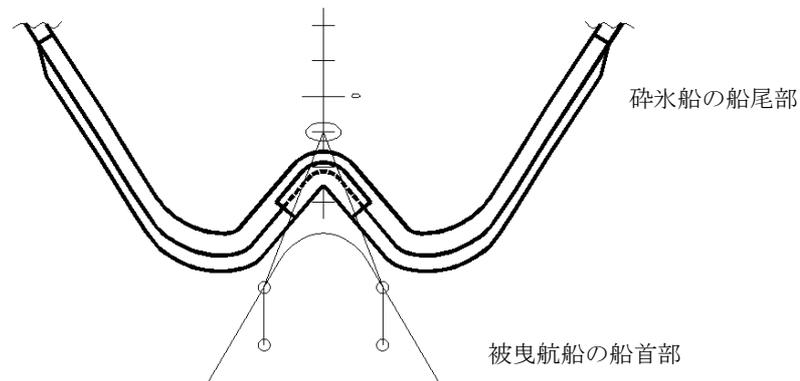
I58.3.8 曳航装置

規則 I 編 58.3.8 にいう「適切な考慮」とは、次をいう。

- (1) 曳航装置の引綱は、図 I58.3.8-1.のように 2 本のワイヤロープに分けることができ

- る大きな径のワイヤロープを用いること。
- (2) 2組のフェアリード及びボラードを船体中心線に対称に配置すること。
 - (3) ボラードは、船体中心線から約3mの距離に位置し、引綱を直線状に固定できるように、フェアリードに対し一直線となるような配置とすること。(図 I58.3.8-1.参照)
 - (4) ボラード等の引綱を固定する装置及びその支持構造は、引綱の破断荷重に耐え得る強度を有すること。

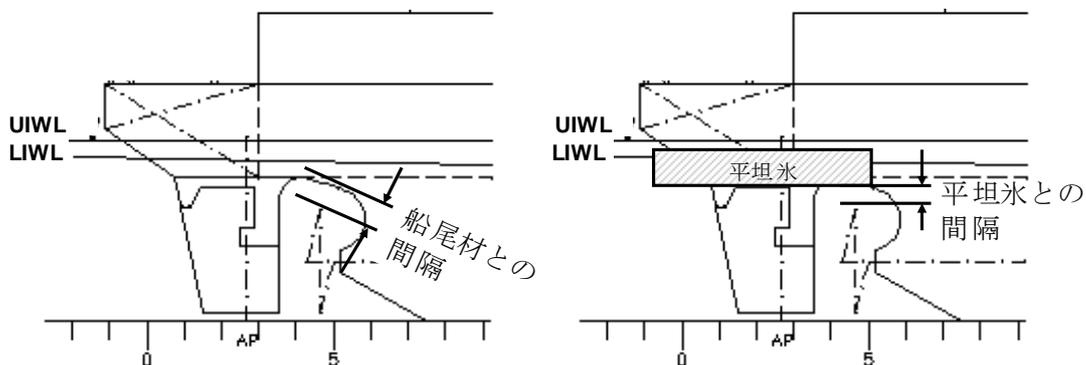
図 I58.3.8-1. 標準的な曳航装置



I58.3.9 船尾材

- 1. プロペラ翼の先端に過大な応力が発生することを防止するため、プロペラ翼の先端と船尾材との間隔は、0.5m以上とする。また、平坦氷の板氷厚を表 I58.1 の値とした場合、プロペラ翼先端と平坦氷の底部との間隔は、正の値とすること。(図 I58.3.9-1.参照)
- 2. トランサム型船尾を有する船舶においては、氷水域における後進能力の低下を防ぐために、トランサムを最大氷海喫水線下まで延ばすことはできる限り避けること。止むを得ずトランサムを最大氷海喫水線下まで延ばす場合には、その幅をできる限り小さくし、耐氷帯内にあるトランサムは、中央域と同程度の補強を施すこと。

図 I58.3.9-1. 船尾材とプロペラ翼の先端との間隔 (左) 及び
最小氷海喫水時における平坦氷の底部とプロペラ翼の先端との間隔 (右)

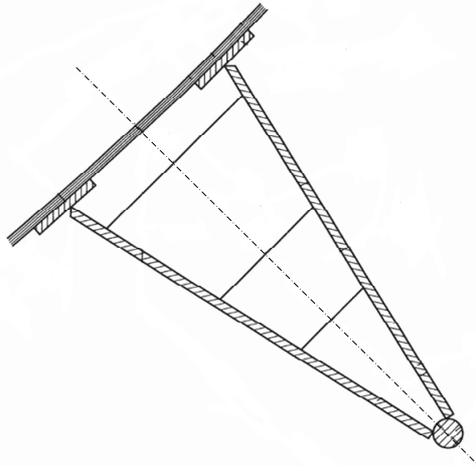


I58.3.10 ビルジキール

規則 I 編 58.3.10 について「適切な考慮」とは、次をいう。

- (1) ビルジキールと船体との接合部は、ビルジキールが損傷を受けたときに船体の損傷を最小限に抑えるように設計すること。
- (2) ビルジキールの構造は、図 I58.3.10-1. に示すような構造とすることを推奨する。
- (3) ビルジキールを幾つかの独立した部分に分割することを推奨する。

図 I58.3.10-1. ビルジキールの構造の例



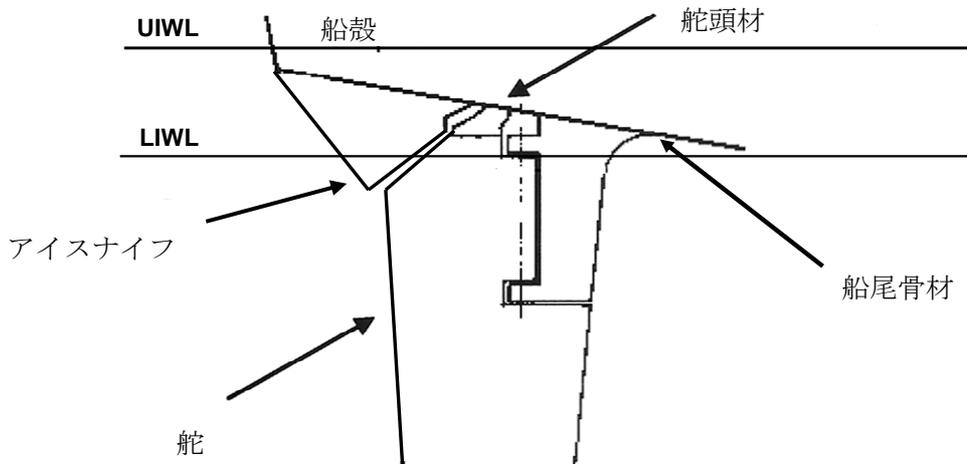
I58.4 機関に関する基本要件

I58.4.3 舵及び操舵装置

規則 I 編 58.4.3-3. について「アイスナイフ」は、次の(1)から(3)を考慮し、その強度及び形状に注意を払うこと。(図 I58.4.3-1. 参照)

- (1) すべての喫水状態においてアイスナイフの下端が水面下に達すること。
- (2) 特定の喫水状態下において後進航行することを計画しない船舶にあっては、小型のアイスナイフを用いて差し支えない。
- (3) 耐氷船階級が *IA Super* 及び *IA* の耐氷船については、アイスナイフを備え付けることを推奨する。

図 I58.4.3-1. アイスナイフの例



I58.6 プロペラ及び軸系の設計

I58.6.3 プロペラボス及び可変ピッチ機構

キーを用いずに、プロペラを圧入によってプロペラ軸に取り付けるときの押込量の下限值は、規則 D 編 7.3.1-1 において F_V に替えて次式により与えられる F'_V により算出される値とし、スラスト T は規則 I 編 58.5.7 により算出される最大のスラスト T_r とする。

$$F'_V = F_V + 4.46 \frac{Q_{max}}{R_0} \times 10^5 \quad (N)$$

Q_{max} : 規則 I 編 58.5.8 に定める最大のプロペラアイストルク (kNm)

R_0 : プロペラ軸のテーパ部の軸方向長さの中央部におけるプロペラ軸の半径 (mm)

F_V : 規則 D 編 7.3.1-1 により与えられるテーパ接触部における接触方向力 (N)

I58.7 代替設計

I58.7.1 代替設計

規則 I 編 58.7 に規定する検討は、次の(1)から(3)によること。

- (1) 規則 I 編 58.5 とは異なる耐氷船階級に与えられる氷の条件に基づくこと。代替設計には、疲労及び最大荷重の設計計算を含み、規則 I 編 58.5.1 に定める要件を満足すること。
- (2) 荷重
プロペラ羽根及び推進系に作用する荷重は、流体力学的荷重及び氷荷重の評価手法として本会が適当と認める手法に基づくものとする。
- (3) 設計レベル
 - (a) プロペラ羽根を除くランダムな力を伝える全ての部品が、合理的な安全率を与えられた上で部品材料の降伏応力を超えない応力レベルにあることを解析により確認すること。
 - (b) 累積疲労被害度計算において、合理的な安全率が示されること。材料特性、応

力を増加させる要因及び疲労被害度の増加についての必要な考慮がなされたものとする。

- (c) 振動解析を行い、動的システムに、プロペラと氷の相互作用によるねじり振動の有害な共振が存在しないことを示すこと。

附 則

1. この達は、2017年1月1日（以下、「施行日」という。）から施行する。
2. 施行日前にキールが据え付けられる船舶又は特定の船舶として確認できる建造が開始され、かつ、少なくとも50トン又は全建造材料の見積重量の1%のいずれか少ないものが組み立てられた状態にある船舶については、この達による規定にかかわらず、なお従前の例による。ただし、遡及して適用される要件がある場合はこの限りではない。