

# 日本航海学会 海上交通工学セッション

## 「船長が見た極域(北極海)航海の今と未来」

2015. 11. 7(土)13:45~14:25 於:越中島会館2Fセミナー室(3)

海洋地球研究船「みらい」初代船長 赤嶺 正治

現大島商船高等専門学校 客員教授、日本海洋人間学会 理事

(一社)全日本船舶職員協会 副会長(業務執行理事)

写真、映像:JAMSTEC提供

## 北極海航行における特殊性

- ・流水等への衝突接触による船体や舵・推進器などへの損傷
- ・海水閉塞による航行不能
- ・着氷による機能低下
- ・厳しい自然環境
- ・他の船舶や陸上施設からの支援困難
- ・海洋汚染、環境保全への厳しさ 等。

## お話する内容

1. 海洋地球研究船「みらい」
2. 北極海の今～変わりゆく北極海～
3. 北極海航行テクニックとノウハウ
4. 課題と対応(まとめ)

## 結論(これから極海域を航海する海技者への助言等)

- 極海域を航海する場合、創業リスクが伴うが、事前勉強(教育・訓練を含む)でそのリスクを下げる事ができる。氷況により航海環境が大きく変わるので、航海毎に事前勉強が必要である。
- 自船が極海域航行仕様であること、航行支援を含む航路環境が整備されていることを前提とし、その条件に合わないと判断したら、海技者として毅然とした態度を取る。曖昧なまま行動することは危険である。
- 極海域の安全航行は、最新かつ正確な航海情報入手することから始まる。極海域ならではの緊急時対応、環境保全を常に意識して置く。

# 1. 海洋地球研究船「みらい」 海洋観測に従事する船員



写真: JAMSTEC, GODI, Capt. M. Akamine



原子力船「むつ」から

地球環境変動の解明に向けて

## 海洋地球研究船 「みらい」へ

優れた耐氷性、航行性を有し、広域かつ長期間にわたる観測航海を可能にする世界最大級の海洋地球研究船として生まれ変わった。

全長約130m、幅19m、深さ13.2m、喫水6.9m、国際総トン数8,687t、最大速力16ノット、航続距離12,000海里、主機ディーゼル機関1,838x4基

写真: JAMSTEC



# 「みらい」の耐氷構造、寒冷地対策

## (耐氷構造)

- ・耐氷構造 Ice class A (日本船級協会)
- ・設計氷圧  
前方域 2.78[Mpa]  
中央域 1.34[Mpa]
- ・耐氷帯  
外板増厚 フレーム増設 (船級協会鋼船規則)  
外板材質 旧むつ 流用のため外気温度(-)15度 対応  
マイルドスチール
- ・推進器、軸系 Ice class A 外気温度(-)15度 対応 2軸  
プロペラ ハイスキュー 4枚羽根 アルミ青銅鋳物  
予備 左右 各1枚  
CPP時 船尾からみて 外回り  
流氷巻き込み防止等のガード等なし
- ・舵 ICE CLASS NK CLASS 鋼船規則 対応 2舵 **アイスナイフ**
- ・ビルジキール 破損時 船体外板に損傷が及ばない強度としている
- ・シーチェスト 構造を深くして吸水口と段差を付け、氷が入った場合でも吸い込まない構造である。  
(冷却水を内部循環方式に切り替えられない)

## (寒冷地対策)

- ・曝露部管系 適宜 断熱被覆 ヒートトレース施工  
適宜 残水抜きドレン抜きコック設置
- ・船橋 窓ワイパー等曝露部機器 ヒートトレース施工  
窓デフロスター および 電熱板施工
- ・居室 外板側ベッドは壁に電気ヒーター設置
- ・その他 排水/汚水処理室に暖房放熱器設置

耐氷船「みらい」は、NK鋼船規則においては、氷の密接度1/10未満の解放水面、また、カナダの Arctic Shipping Pollution Prevention Regulations (ASPPR)の1年氷(氷厚0.5~0.7m)の氷海を航行できる。

## ASPPRにおける耐氷階級別の氷海航行における氷の限界

耐氷階級	氷のタイプ	氷厚(m)
CACA1	none	
CACA2	multiyear	
CACA3	second-year	
CACA4	first-year, thick	> 1.20
Type A	first-year, medium	0.70 - 1.20
Type B	first-year, 2 <sup>nd</sup> stage thin	0.50 - 0.70
Type C	first-year, 1 <sup>st</sup> stage thin	0.30 - 0.50
Type D	gray-white	0.15 - 0.30
Type E	gray	< 0.15

(備考) 網掛けは、本船の耐氷階級を示す。

出典: GODI, 1998「海洋地球研究船の高緯度海域運航業務に関する調査報告書」

# 船尾構造

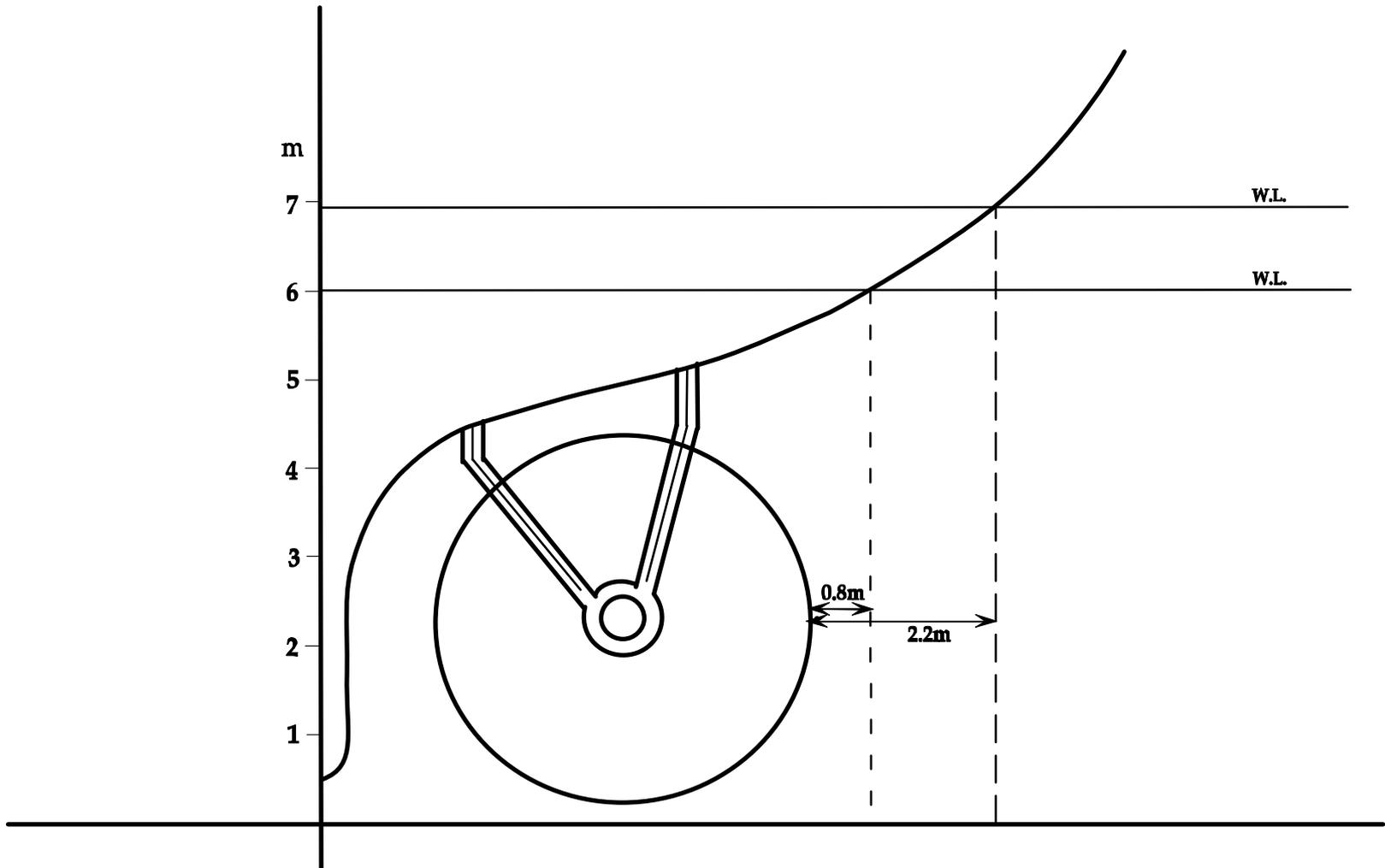
操縦性を高めるため2舵2軸

氷海での超低速航行時、スターンスラスタも併用



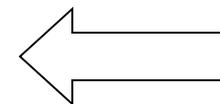
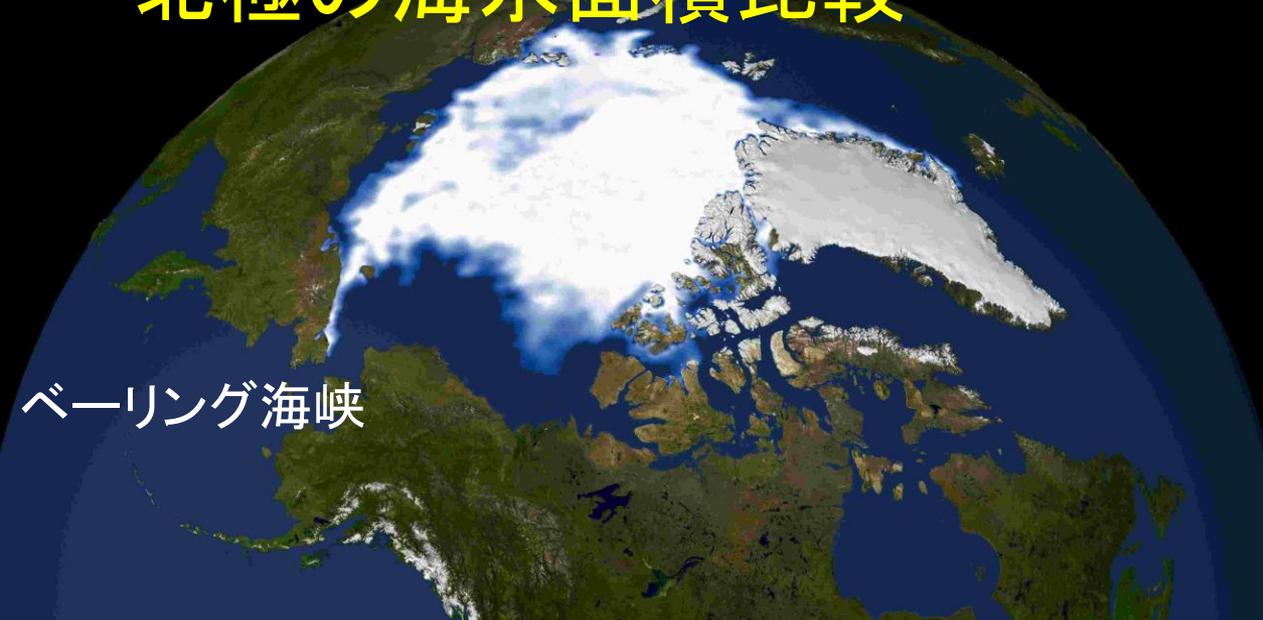
写真：JAMSTEC

# 海氷との接触防止のためプロペラ径を小さくしたハイスキュータイプ採用



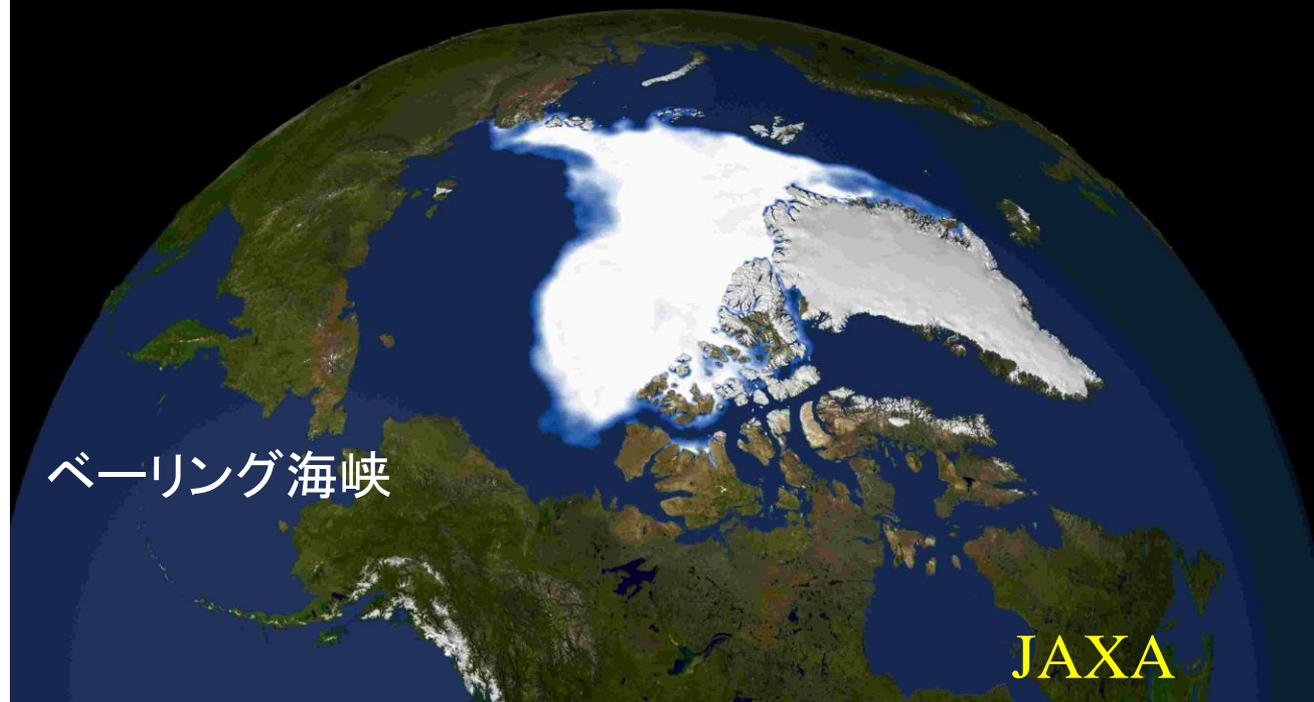
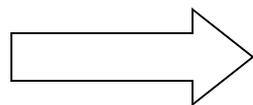


# 北極の海水面積比較



「みらい」が最初に訪れた1998年夏

史上最小面積になった2007年夏



JAXA



1998年



ベーリング海峡 Photo by Capt.M.Akamine



2008年



# 氷のない海 アラスカポイントバロー沖



Photo by Capt.Duke

「みらい」が北極航海を開始した頃は1日に10頭余りの氷上のシロクマに遭遇



Photo by Cap.M.Akamine



Photo by Capt.Duke, et al



今は海氷の減少で海を漂うシロクマに偶に遭遇



写真: JAMSTEC, MWJ



### 3. 北極海航行テクニックとノウハウ

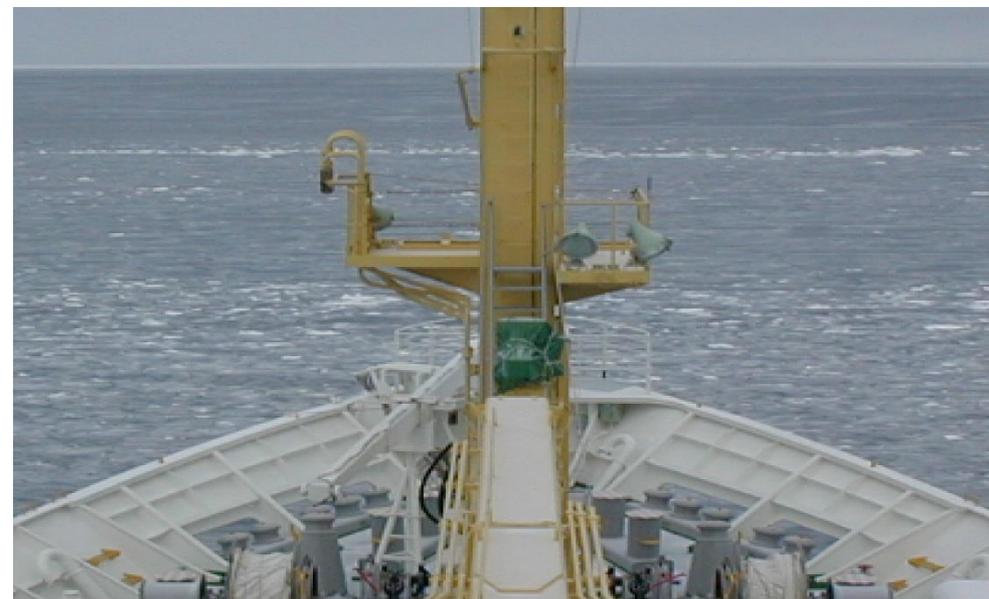
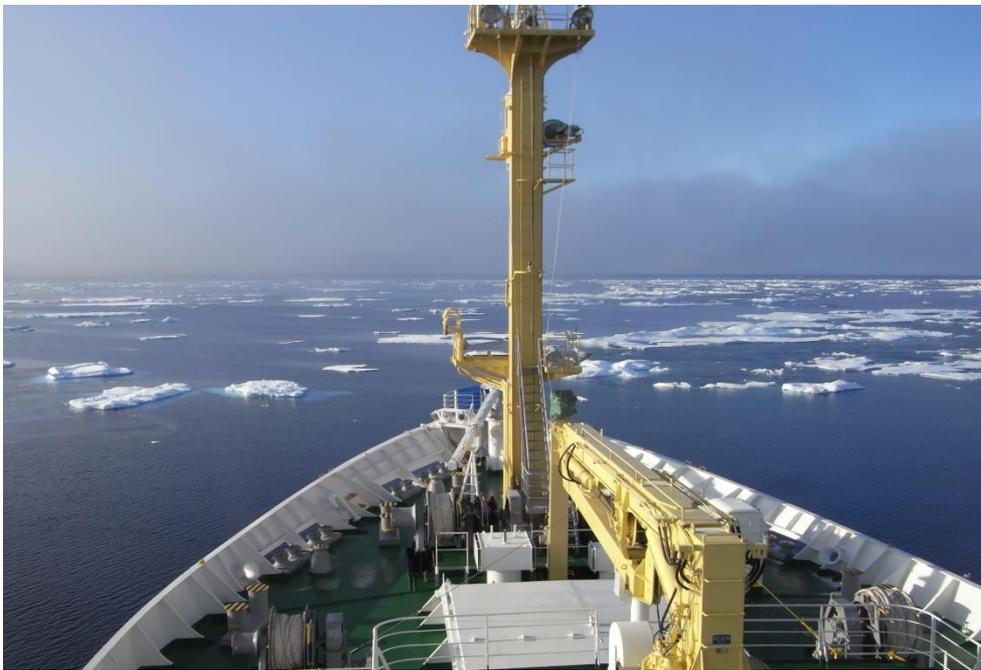


Photo by Capt.M.Akamine

# 操船方法 縫航

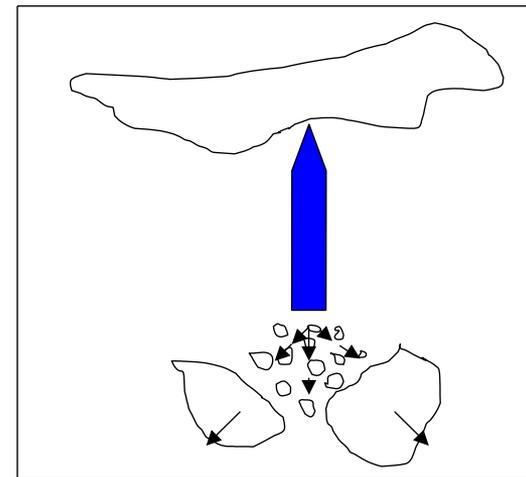
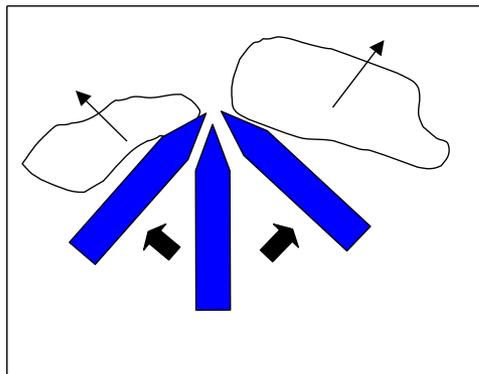
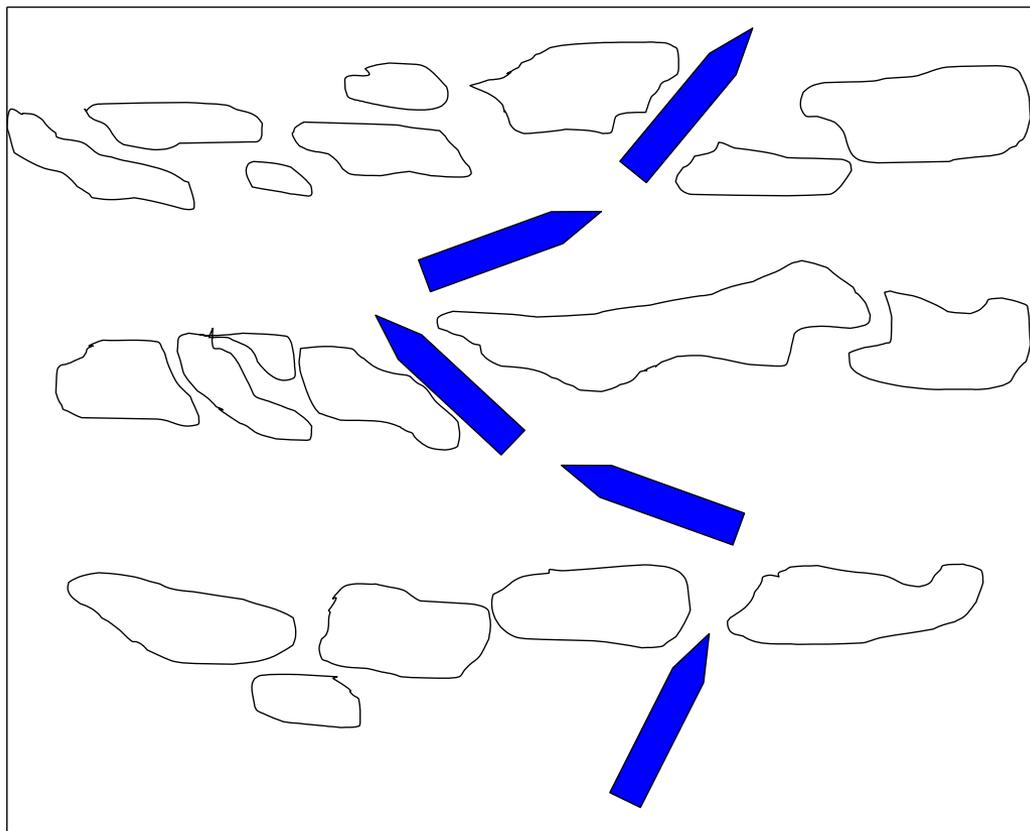


Photo by Capt.M.Akamine

# 氷海夜間航行 光達距離3マイルの強力な サーチライトを照らし安全速力で進行



Photo by Capt.M.Akamine

# 船橋当直風景

見張り最優先 職種問わず時間があれば船橋で見張りに従事。北極海に入ると、船長は船橋に簡易ベットを持ちこみ、食事も船橋で取り24時間体制とする。氷海航海中はアイスナビゲーター(パイロット)のアドバイスを受けながら船長自らが操船指揮を執る。



Photo by Capt.M.Akamine

# 当直配置表例

配置		当直レベル		
当直場所	当直員	第一段階	第二段階	第三段階
船橋	船長	1名	1名	1名
	航海士	1名	1名	2名
	操舵手	1名	1名	1名
	見張員	1名	1名	2名
フォアマスト見張所	見張員	0	1名	1名
プロペラ見張所	見張員	0	1名	2名
機関室	機関長	1名	1名	1名
	機関士	1名	1名	2名
	操機手	1名	1名	2名

## 備考

- (1) 当直レベルの目安は以下の氷海状態とする。
  - 第一段階：氷密接度 1/10 以下で流氷が観測された状態
  - 第二段階：氷密接度 1/10 程度の状態
  - 第三段階：氷密接度 1/10 を超える状態
- (2) 船橋の操舵手と見張員は、互いの業務を一定時間毎に交代する。
- (3) プロペラ見張所での第三段階における見張員は、左右舷に分かれる。
- (4) 当該当直体制は航海時のものであるが、観測作業中／漂泊中であっても船長が必要と判断した場合は当該当直体制を準用する。

# 海水の発見法

## (1) 海水温、気温の急激な下降(2, 3度C)

## (2) 水平線上の氷の空 (Ice blink)

2006年のクルーズでは、「氷の空 (Ice blink)」（白色を帯びた反射またはもっと明るい照り返しが、氷のある水平線近くの雲に映る現象）が顕著に見られ、(1)の水温、気温の急激な下降と併せて容易に氷の出現を知ることができた。「氷の空」は、雲がないとこの現象が起こらないが、雲がない水平線上でもその付近の空が青みを帯びているので、良く観察すれば氷の存在を知ることができる。

## (3) 静穏な海面

これまで航走した時の海面と明らかに違い、穏やかになる。時として砕氷の浮遊を見る。(1)の水温、気温の急激な下降と(5)の風の弱まりと併せ、氷の存在を確実にすることができる。

## (4) 霧

氷海を航行中、必ず霧に遭遇した。つまり、霧が発生しているところには、氷がある確率が高い。

## (5) 風

風が急に弱くなったり、風向が変わると要注意。氷の接近の兆候である。三角波のような裂け波が不規則に入り混じることもあるので、この時、海面の観察も必要である。

## (6) ウネリや波の方向

ウネリや波の来る方向が一定しない場合、氷からの反射波が考えられる。実際、この現象で群氷を発見したことが数回ある。

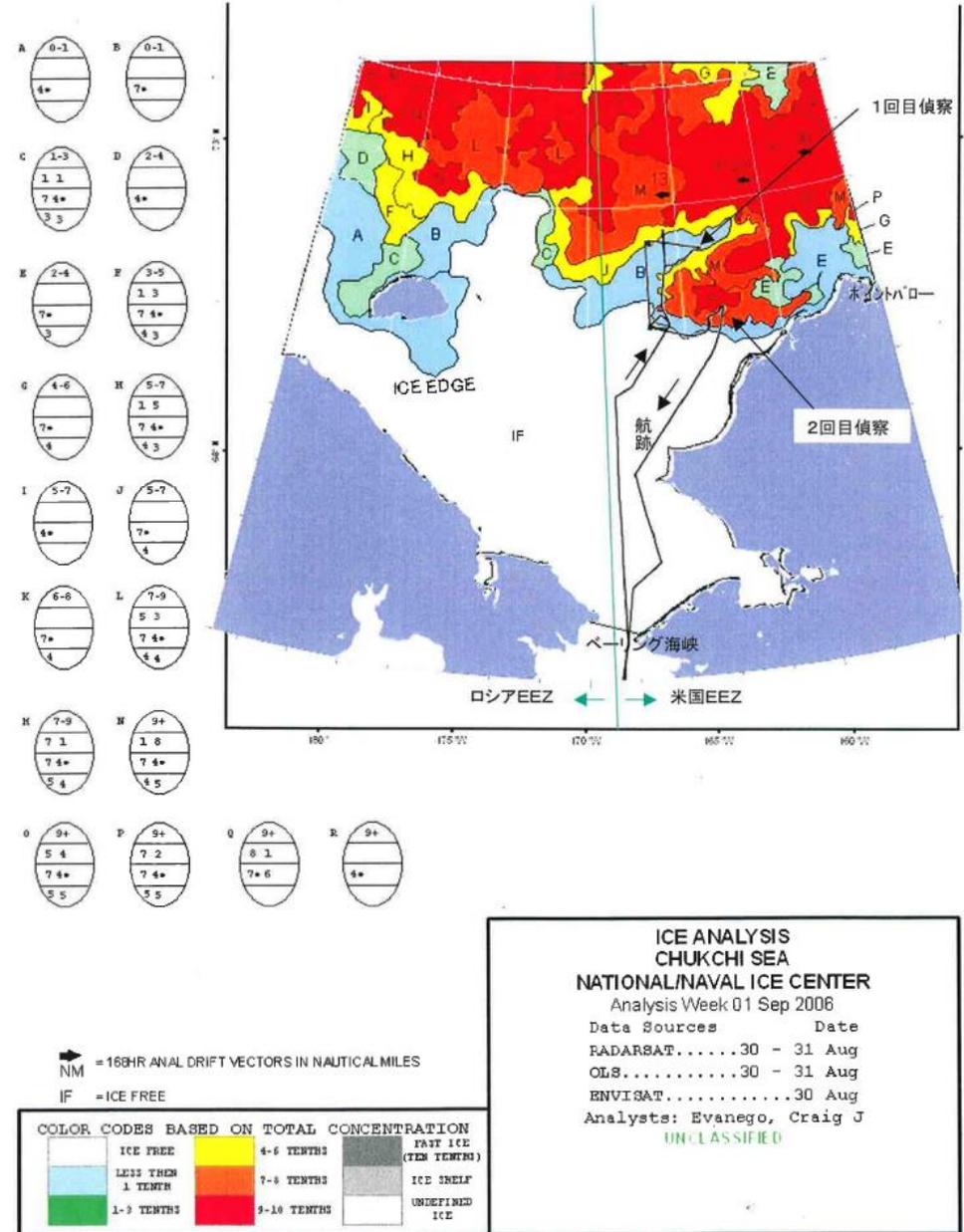
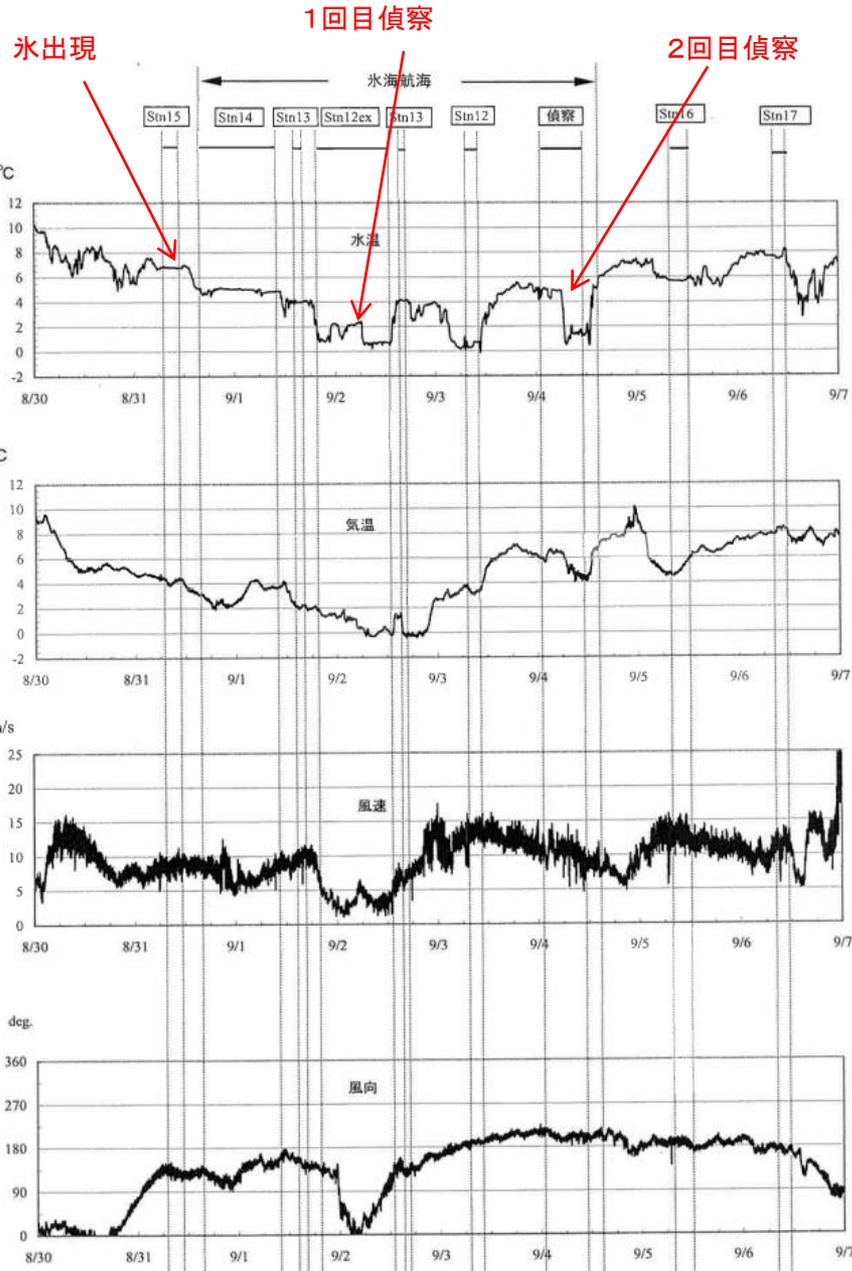
## (7) 鳥、海獣

鳥の群れや海獣の存在で氷を発見したことが何度かあった。

## (8) 音

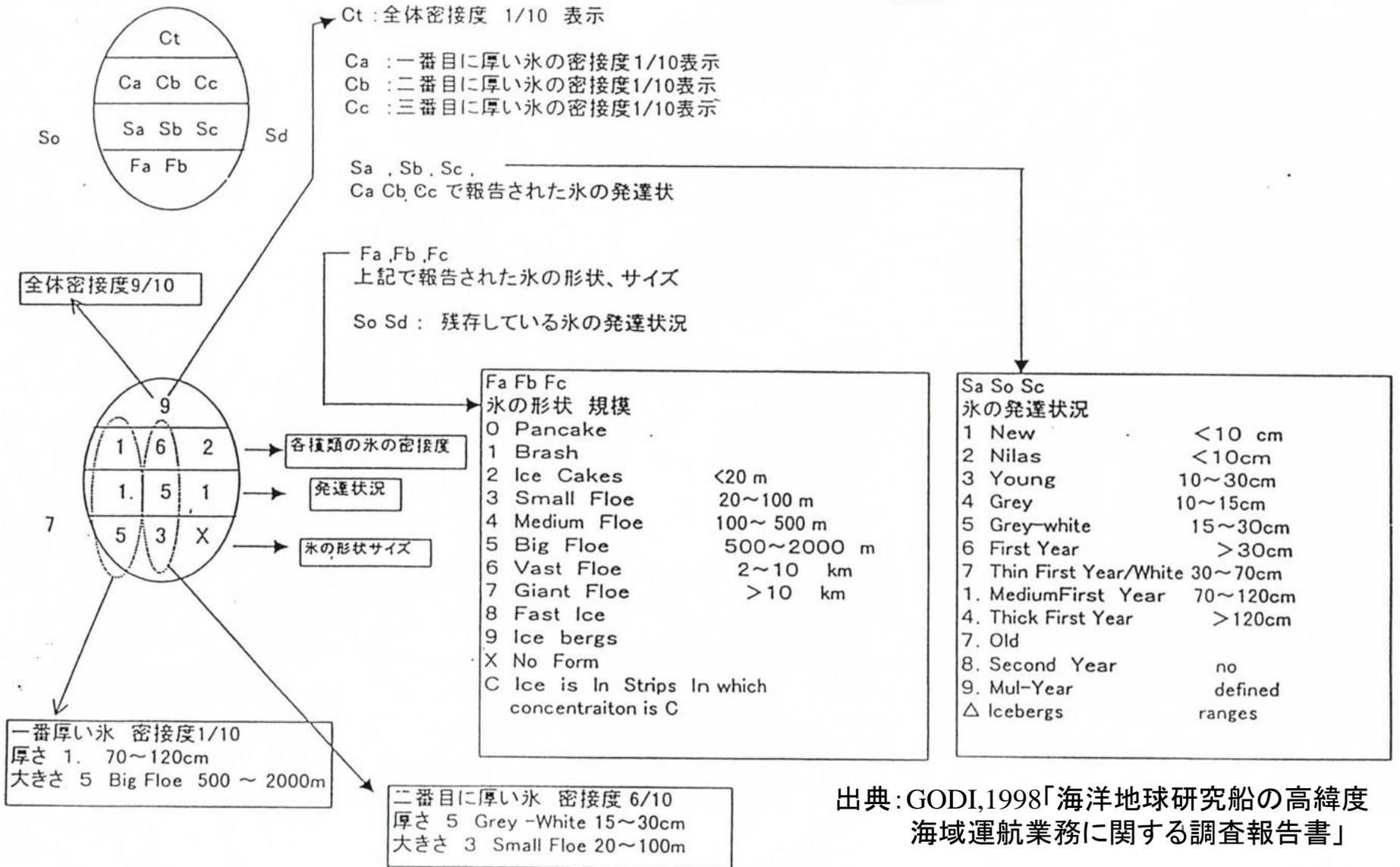
実際、氷山に遭遇したことがないが、亀裂し分砕する時、音がするらしい。「みらい」で氷上調査の際、ホッキョクグマの存在を確認するため、汽笛を鳴らすが、その時氷で起こる反響音を聞くことができるので、音も氷の存在を確認するひとつの手段となる。

# 海水の存在を知る



# EGG コードの見方

## EGG CODE の見方



出典: GODI, 1998「海洋地球研究船の高緯度海域運航業務に関する調査報告書」



### 第一段階

海面がスプーン状または  
油面状になる。



### 第二段階

ハス状になる。色は白  
または灰色。氷厚10cm。



### 第三段階

ハス状の氷はお互いに擦れ合い縁  
が持ち上がった形になる。それらが  
重なり合って厚さを増してゆく。濃灰  
色または淡灰色、徐々に白くなる。  
厚さは15～30cm。



Photo by Capt.M.Akamine

氷片が重なり合い氷の厚さを倍々に増してゆく



Photo by Capt.M.Akamine

数時間で氷の厚さは60cm以上に発達



Photo by Capt.M.Akamine

観測中も常に退路(避難用水路)を確保

避難用水路



採水用プール



**ビセット回避のため 往路の航跡を利用して脱出**



Photo by Capt.M.Akamine

日本の観測船最北記録(2008年9月27日、  
北緯79度)となった地点に向かう「みらい」  
水平線に砕氷船でなければ進めない厚い流氷帯を望む



Photo by Capt.M.Akamine

# 気象・海象・海水の特徴

- (1) 時間経過とともに、低気圧あるいは高気圧の進路軸が徐々に北上していること、
- (2) 風向変化は10時間から20時間と短い間隔であること、
- (3) 略3日間隔で風の弱い日が来ること、
- (4) 天気は目まぐるしく変わり、それは時間単位、時には分単位で現れること、
- (5) 寒波の襲来に注意すること、(氷結速度が速い)

寒波の襲来は、氷海航行を著しく困難にする。2002年のクルーズでは、寒波に遭遇し、観測点で採水作業中に氷結が始まり、採水を終えた2、3時間後には、退路を塞がれてしまった。その時は、砕氷できず復路の設定したコース上を走ることが困難となり、迂回となるが、完全に塞がっていない往路の航跡を辿って緊急避難したことがあった。2008年のクルーズでは、最北地点での調査を成功させたのは、気象担当の乗船研究者や観測技術員のアドバイスを受け、寒波が6時間以内に來ないことを確認できたからである。

- (6) 氷の存在は急激な海水温度の降下(2、3度)で分かること、
- (7) 氷は文献通り風速の1/50程度で移動すること、
- (8) 氷は大体風向の210~230度方向に流れること、
- (9) 氷は風が弱い時には時として風と反対側に流れること、(海潮流に注意)

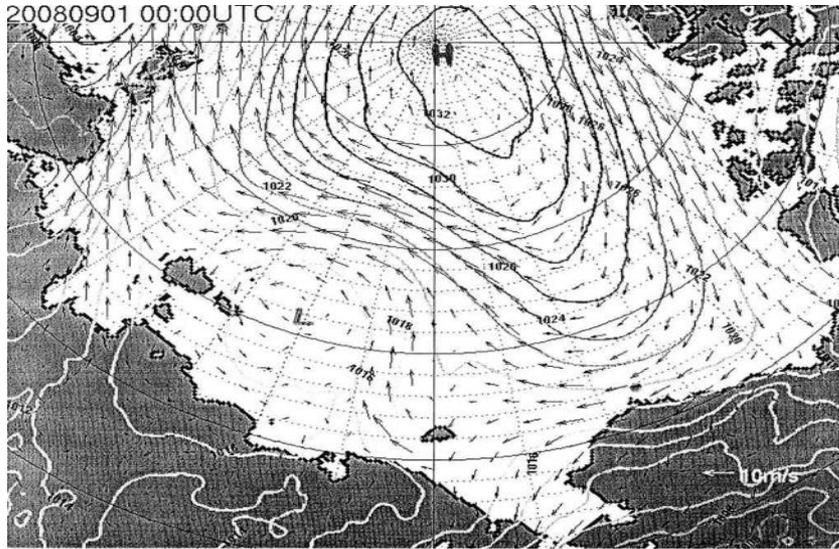
冰山は約85%、大きな流氷でも約70%が海中にあり、海潮流の影響を受けやすい。

- (10) 北極海全体の流れはある程度一定しているが、ローカルでは複雑な流れがあること、

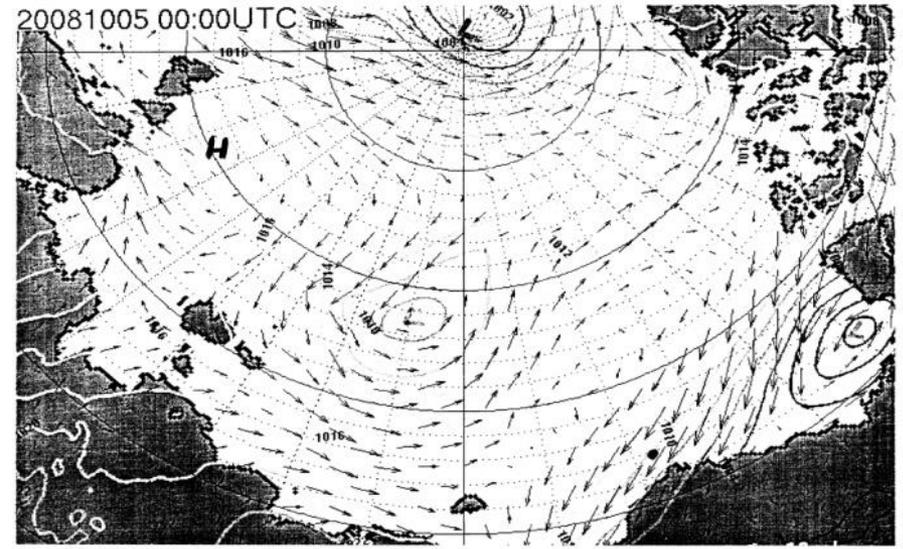
(「みらい」の活動中心であるチュクチ、ノースウインド、カナダ海盆、ポイントバロー沖の流れは、ボーフォートジャイロと呼ばれる時計回りの環流があり、ベーリング海峡からポイントバロー沖の沿岸には、このボーフォートジャイロと逆方向の北東流がある。ベーリング海峡は、北流で流速2~3ノット、時には4ノットを超えることもある。)

- (11) 吹走時間が短い、強風のため一気に高波高となり、近年は氷の減少で解放水面が広がって吹走距離が長くなり、高波高域の範囲が広がっていること。ウネリが遠くまで伝搬していること。高波は甲板上に上がり、気温次第では、着氷が発生するため、減速、あるいは、群氷沿いに航路選定を行う等対策が必要であること、
- (12) 吹雪や霧の発生頻度は高いが、その時間は短いこと。「みらい」活動期である8~10月では、視界制限は全体の3割、氷海では、7割を超える、等など。

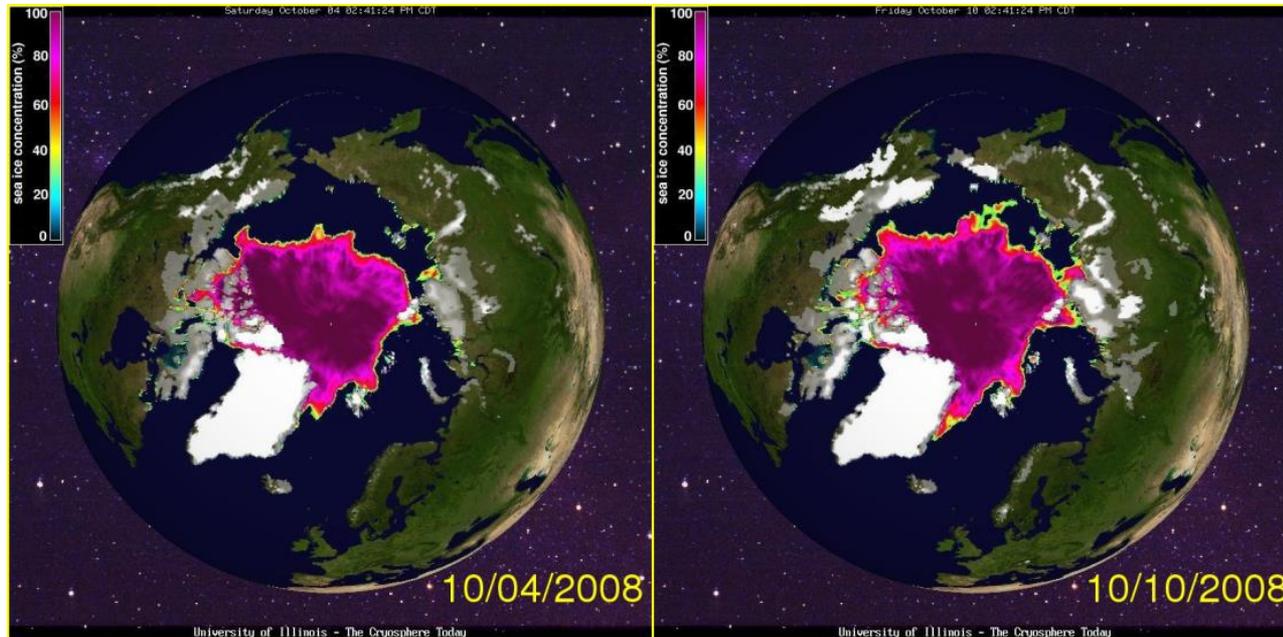
# 天気予想図と氷況写真(季節変化、風と海氷の動き)



JAMSTEC提供天気予想図 船内時8月31日



JAMSTEC提供天気予想図 船内時 10月4日



米国イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校(UIUC)による氷況

## 海氷の動き(流れ方向と速さ)

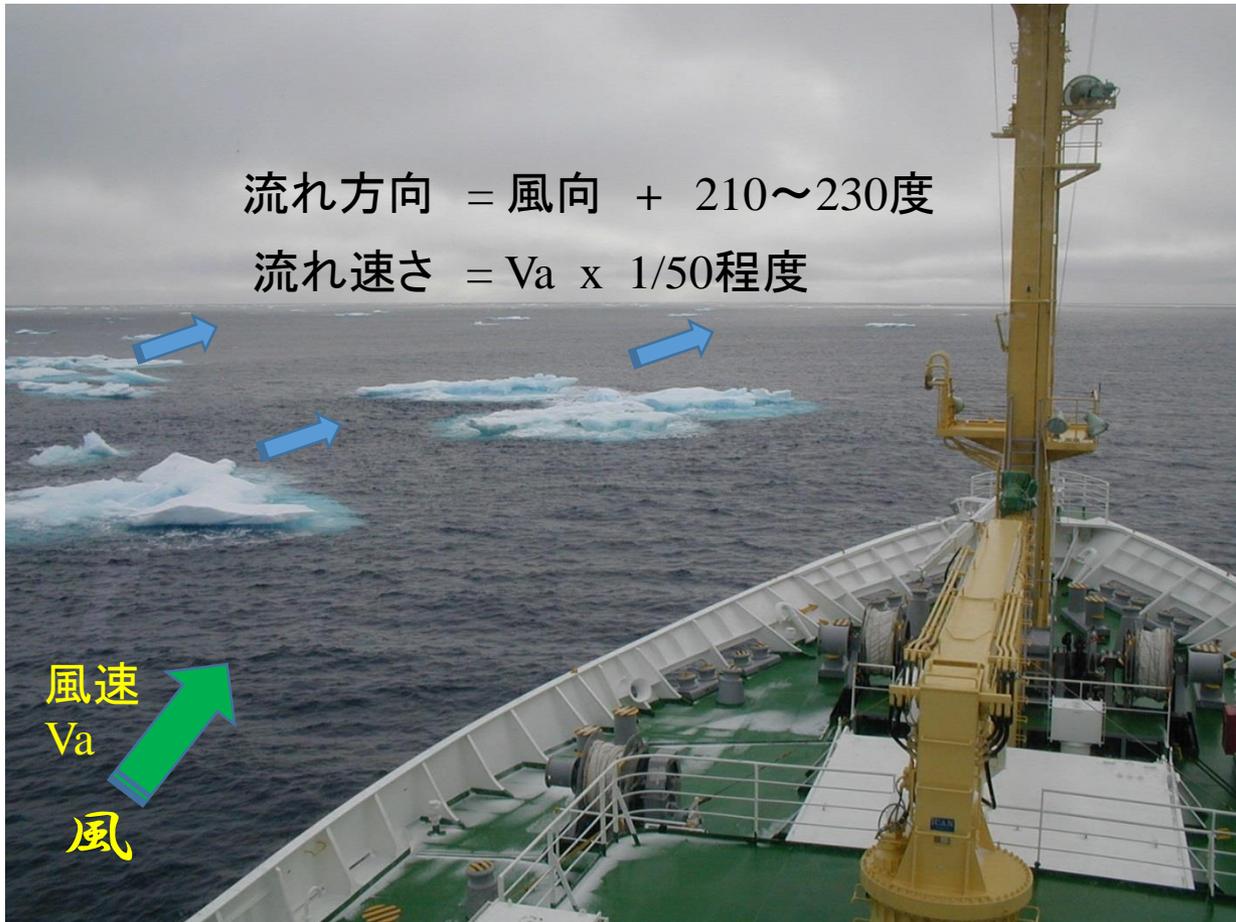


Photo by Capt.M.Akamine

# 顕著な海氷減少が続く北極海 波高4m超の荒天に遭遇(2008年夏)



Photo by Capt.M.Akamine

# 急激な天気変化 突如として強風、強雨、そして、視界悪化



Photo by Capt.M.Akamine

## 氷海経験による群氷帯突破の参考事項

- (1) 群氷帯が逆Vの字に形成されている場合、その奥部に可航水路を見出せる。
- (2) 大きな群氷の傍に可航水路となる隙間がある可能性がある。
- (3) レーダー映像でエッジがはっきり映っている部分に隙間を探した方が、横切る群氷帯の幅が狭く(細い)、縫航の回数が減って時間短縮となる。
- (4) 風下、潮下に流された氷は互いに固く組み合っており、それら水域の群氷帯突破は難しいので、迂回して風上、潮上の部分に突破口を求めるのがいい。
- (5) 氷水域で海水温度分布が周囲に比し比較的高い部分に可航水路を見出せる。
- (6) 海流・潮流の流れに沿って氷の帯が形成されていることが多く、その流れの方向に航走させることによって可航水路をうまく見出せる。但し、帯へ直角進入が原則。
- (7) 大中小と氷の大きさと流れの速さや方向が異なる。流れの遅い大きな海氷の傍を通った方が操船し易い。時間経過で氷の位置関係が一変するので、進入のタイミングや臨機応変に対応するために複数の可航水路を選定して置く必要がある。
- (8) 氷の帯は幾重にもあるので、目先の氷帯のみで、突破口を決めないこと。
- (9) 往路と復路では、群氷帯の位置や形状が大きく変化する。往路にて常に退路を考えながら、群氷帯を横切る航路の選定を行う必要がある。(海図や電波航法装置に航跡を記録し、周囲の流水状況やレーダー映像をデジカメに撮って置く)
- (10) 「氷の空」に対して「水っぽい空(Water sky)」がある。「水っぽい空」は、長い距離、氷がない海が雲に映っている空である。氷があるところは、その上の雲が白色を帯びた「氷の空」に対して、「水っぽい空」は灰色である。晴れた日には、氷があるところより青みが強い。
- (11) 波立ち氷片が互いに軋む場合、群氷海域の航行は危険であり、避けるべき。



# 氷海レーダー一例(2)

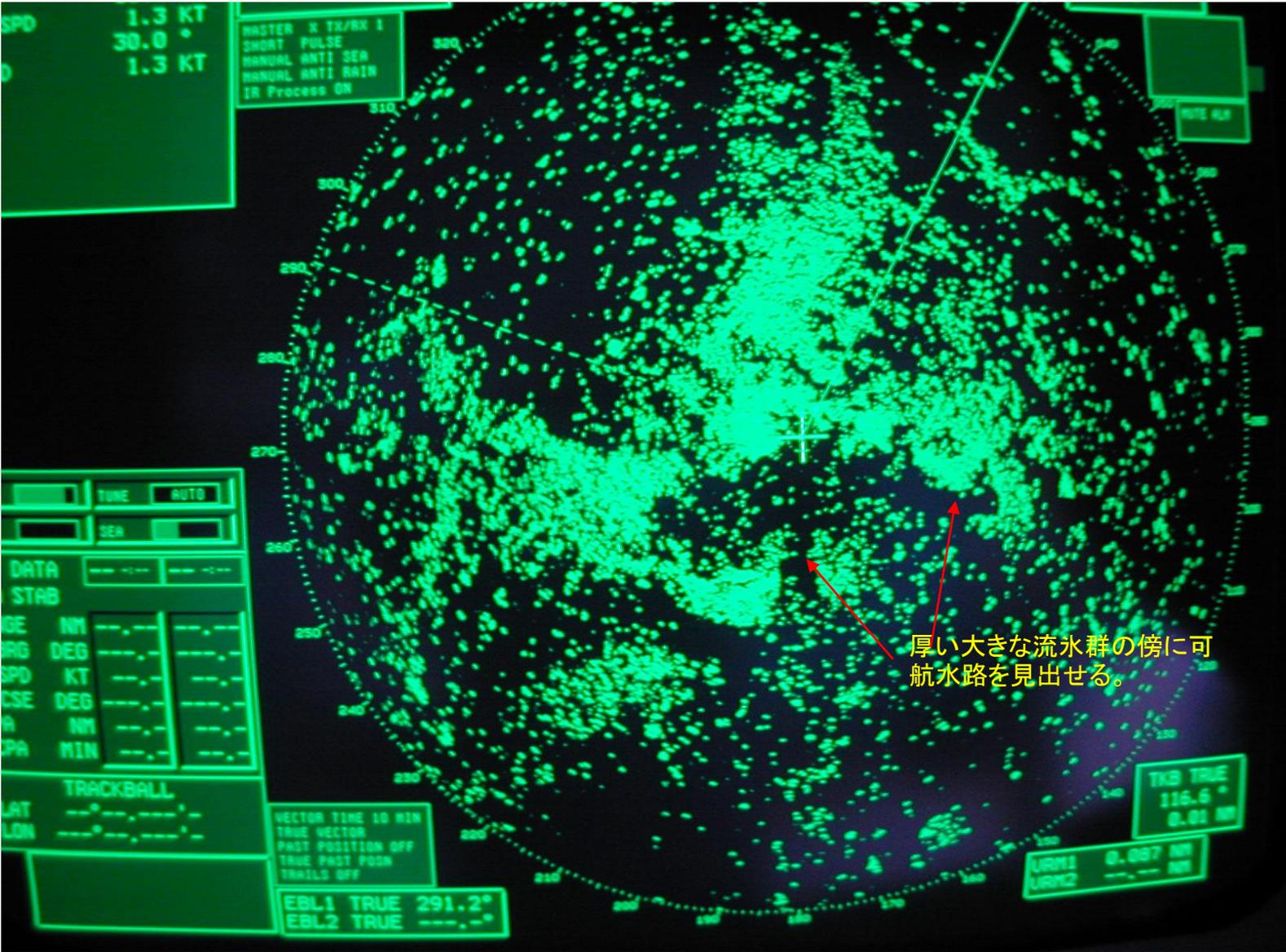


Photo by Capt.M.Akamine

# 氷海レーダー一例(3)



# 氷海航海 流氷帯に沿って航行し、流氷帯突破口を探る

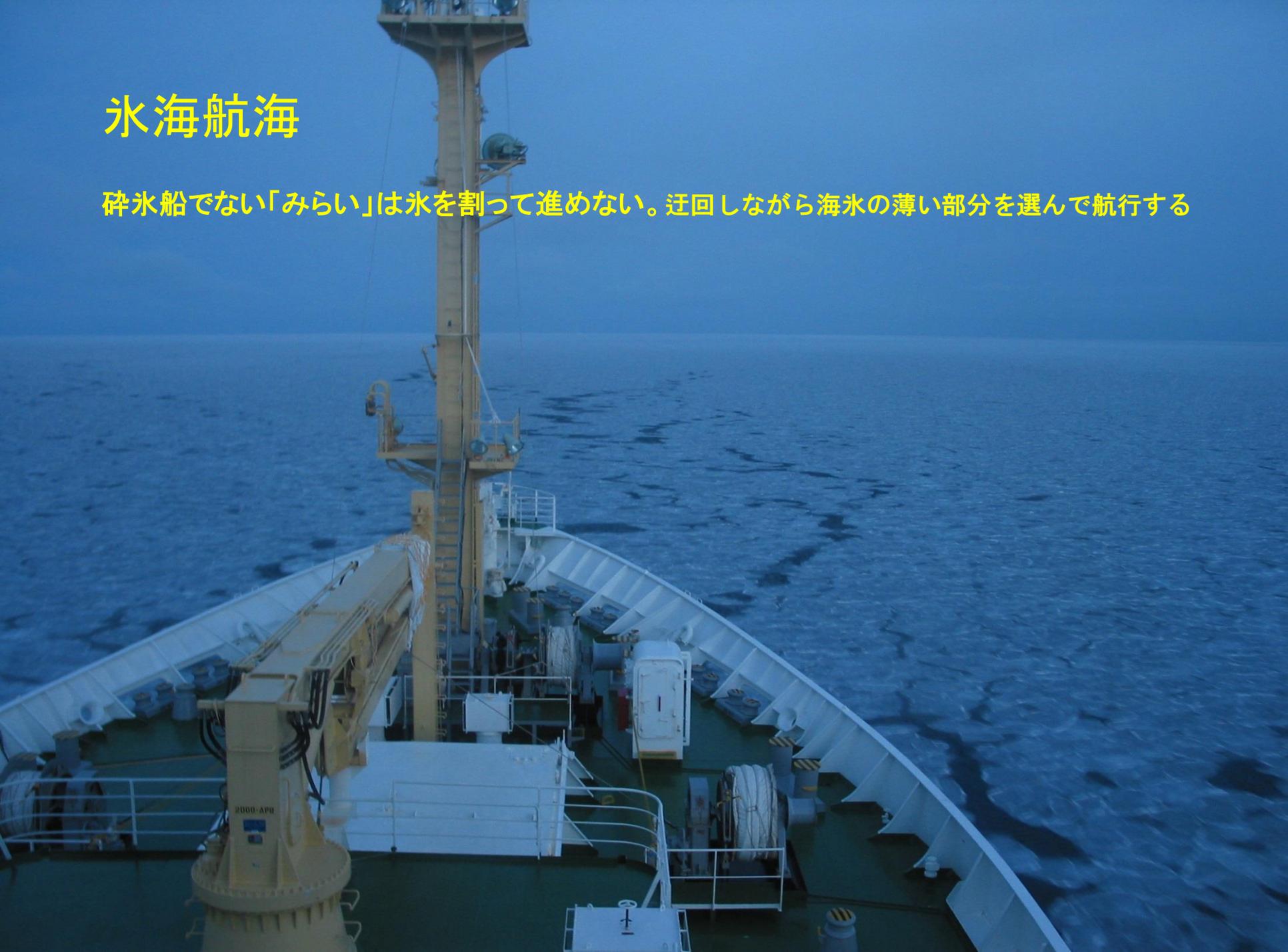


氷海航海（船首部） 海氷域を航行できる限界を知る。この時氷の厚さは60cm以上



# 氷海航海

砕氷船でない「みらい」は氷を割って進めない。迂回しながら海水の薄い部分を選んで航行する



# アイスナビゲーター(パイロット)



緊急時の対応  
高緯度での航海計器の信頼性  
電波航法装置利用のコンパスを独自に作成



Photo by Capt.Ishioka

# 救命設備と生存設備

# 総員退船訓練一例



船間交通に機動性のあるゴムボートを使用

写真提供：JAMSTEC,GODI

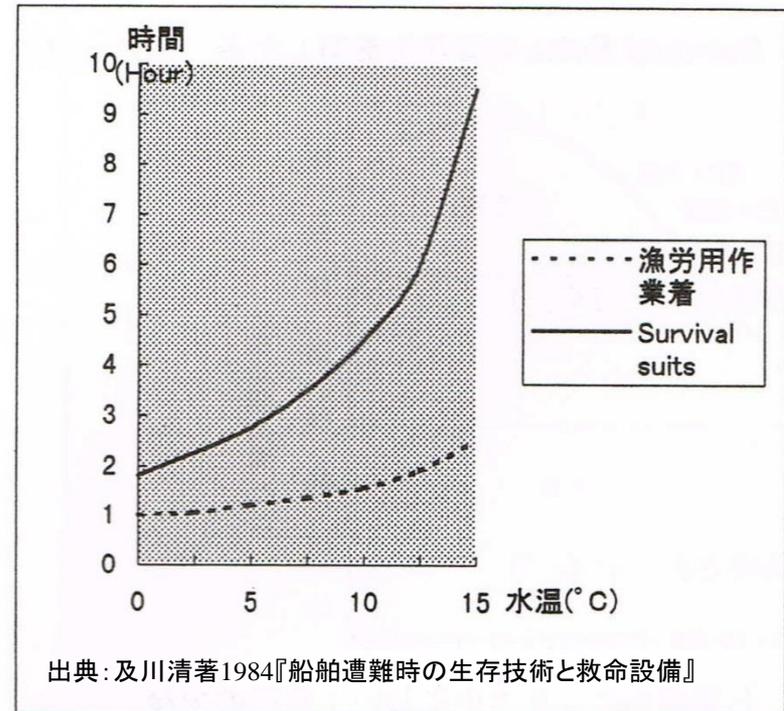
# 着氷対策とサバイバルスーツ

## 国際標準大気の気温減率

(寒気と着氷の目安)

500hpa(高度5,500m)の気温	-45℃ ~ -40℃
700hpa(高度3,000m)の気温	-28℃ ~ -23℃
850hpa(高度1,500m)の気温	-18℃ ~ -13℃
地表面の気温	-8℃ ~ -3℃

850hpaの高層天気図から、-18℃の寒気があれば、着氷現象が顕著になる。(経験値)



<Survival Suits (MS2175 型)着用時>



写真: 日本郵船(株)信濃丸

# シロクマ対策

ロシア規則によれば、救命設備及び生存設備に火器が搭載される場合、最低2名の乗員は火器使用訓練を受けていることになっている



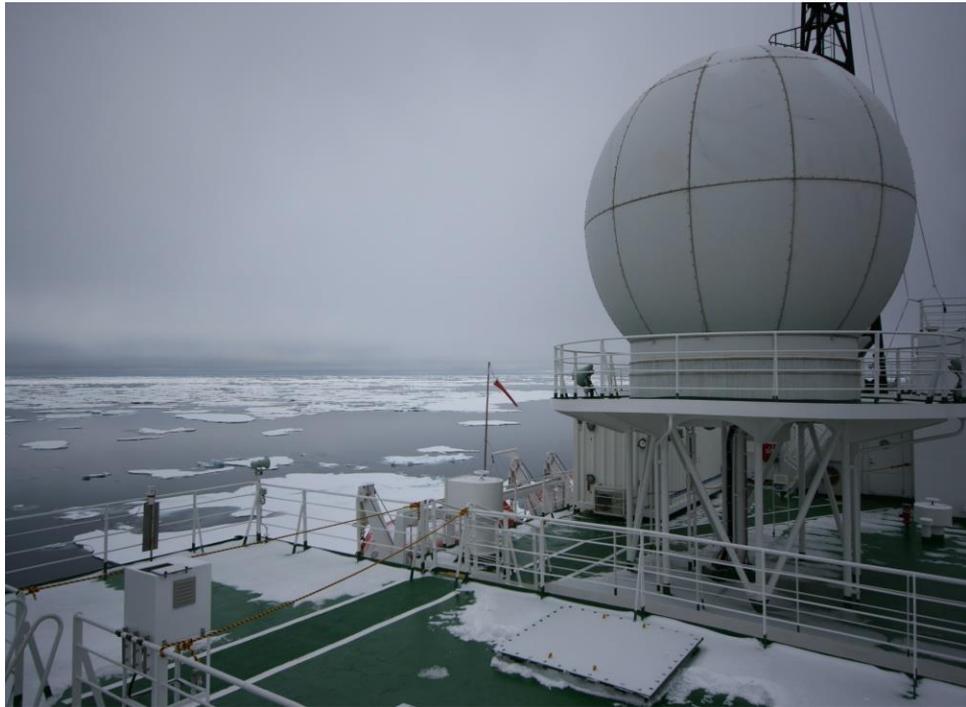
Photo by Canadian scientist



海水減少によりシロクマは陸上に棲みかを移しているというが、北極海航海では船外に出る時シロクマ対策は必要、

写真：JAMSTEC

# 酷寒における安全対策



甲板上のメイン通路を除雪し、  
転倒防止用ロープを張る



甲板作業の安全確保と着氷・  
降雪による船体復原性保持の  
ため、甲板上の雪かきが日課

Photo by GODI

# 多関節式クレーン氷結対策

(内部に暖房器をセットし毛布等で覆う)



Photo by GODI



北極海沿岸にクジラの繁殖地あり、クジラとの接触  
注意（沿岸国には海洋哺乳類保護のルールあり）



Photo by JAMSTEC, GODI, MWJ

# 海洋哺乳類の保護(1例)

現場指示書

現場指示書番号: WI-MR-Z/00-003

発行者月日: 2000年9月6日

発行者: 職名 署名

船長



宛先: 航海士、機関長、機関士、通信長・士

件名: 鯨などの海洋哺乳類の保護について

鯨などの海洋哺乳類(以下鯨などという)の保護を一層徹底するため、下記事項を指示する。

## 記

- (1) 鯨などの保護を目的とした国際的なルールを遵守すること。
- (2) 鯨などが多く生息する海域の航行にあたっては、十分注意を払うとともに、できる限り航海計画(当該海域の迂回や減速の必要性など)立案時に考慮すること。
- (3) 針路付近において、多数の鯨などの群れに遭遇した場合は、減速し、見張を厳重に行ない、鯨などに大きな影響を与えないよう操船すること。操船にあたっては、特に、次のことを考慮すること。但し、緊急避難的な行動時は除く。
  - (イ) 急激な変針、変速を行なわないこと。
  - (ロ) 鯨などの前面をダイレクトに横切らないこと。
  - (ハ) 鯨などに対して並行に航走すること。
- (ニ) 鯨などの至近を航行することを避け、迂回することが原則であるが、それができない場合は、減速して、鯨などをやりすごし、鯨などが400m以上離れたのを確認した上で、増速などの次の動作に移ること。
- (4) 北極海、特に沿岸30海里以内の航行にあたっては、沿岸諸国の捕鯨団体などとの不要な摩擦を避けるため、特別な配慮(適切な速力、鯨などの発見に努める、必要に応じて代理店などへ報告、等々)を行なうこと。

資料提供: GODI 以上

# オーロラ 観測の合間に極寒の 夜空に出現する壮大な美を楽しむ

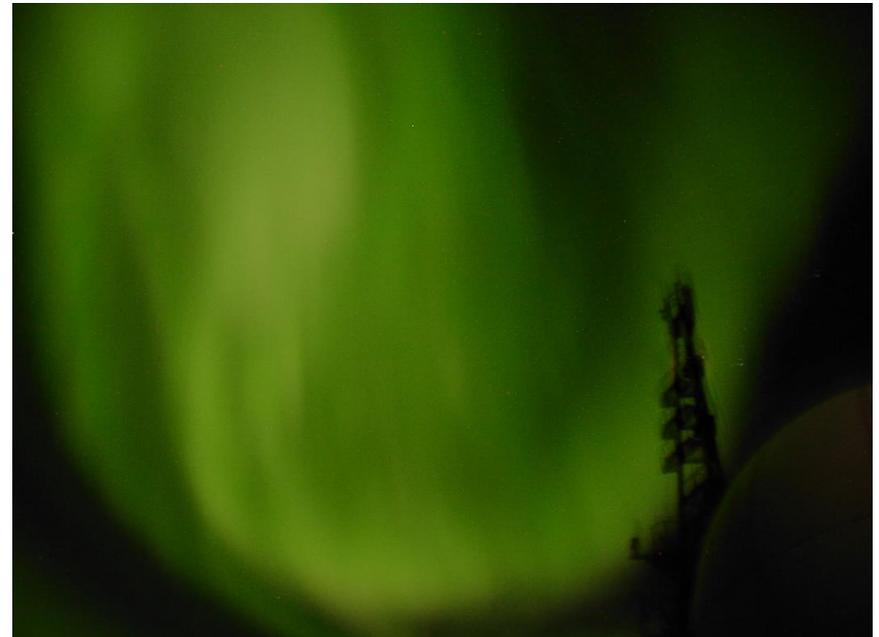
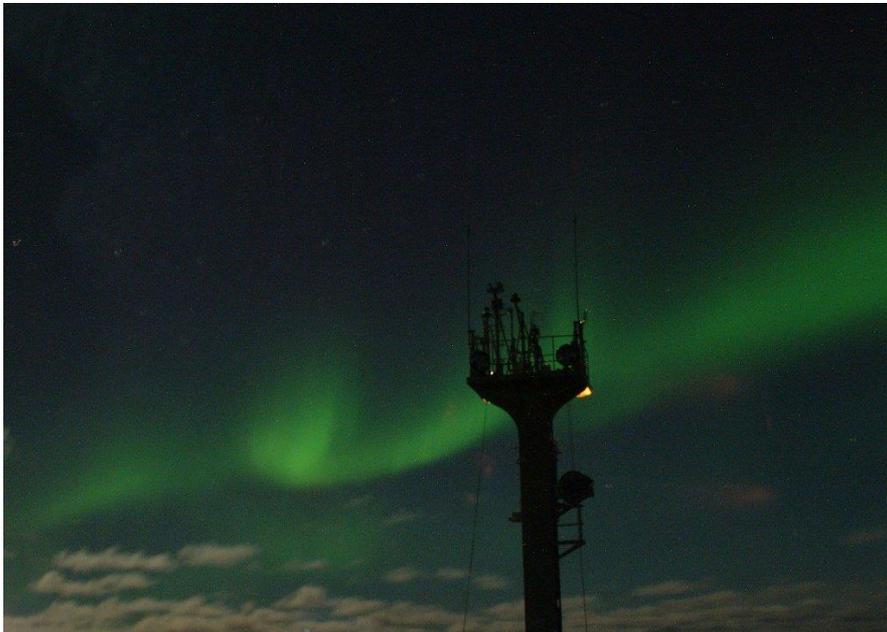


Photo by JAMSTEC, GODI, MWJ

## 課題と対応(まとめ)

1. 極海域航海の専門海技者の人材育成・確保  
(特に、リスクマネジメント、環境保全教育等)
2. リアルタイムの海象・気象情報入手方法確立
3. 氷海航海用船体・機関、航海計器・装置等の整備、充実
4. 緊急寄港地・救難制度の整備、確立
5. 航路環境整備・航行支援システムの構築等

ご清聴ありがとうございました。