

参考資料 3-2

平成29年8月4日(金)
科学技術・学術審議会
海洋開発分科会(第54回)

北極域研究船の建造

平成29年8月4日

海洋研究開発機構

研究担当理事補佐

(兼) 北極環境変動総合研究センター長

河野 健

北極海観測の重要性

北極域で現在進行している環境・気候変化

- 北極域は、地球温暖化に対して極めて敏感に応答している。
- 北極域の環境変化は、予測を上回る速さで進行している。
- 北極域の環境・気候変化は、様々な課題に対して大きな影響を及ぼしている。

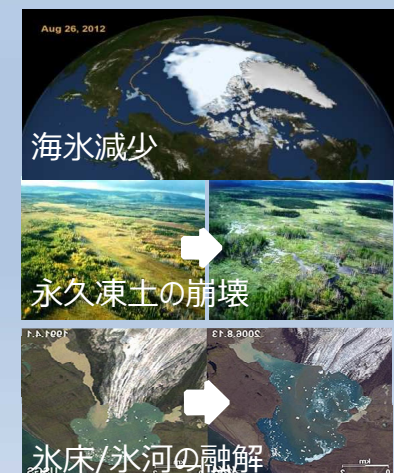
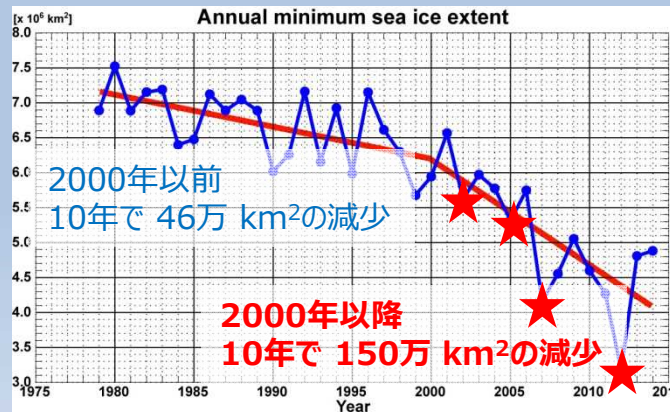
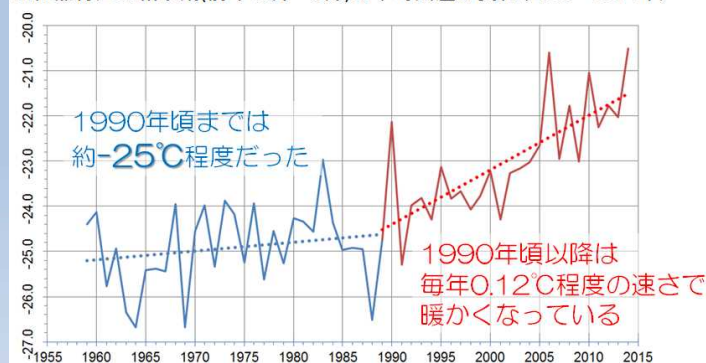
例えば、我が国を含む全球気候変動に対するフィードバック、生態系の変化、北極海航路の利活用、生活や社会活動への影響など

- 北極域の環境変動は、このあと他の地域・海域で起きる環境変化に先駆けて起きている現象である可能性

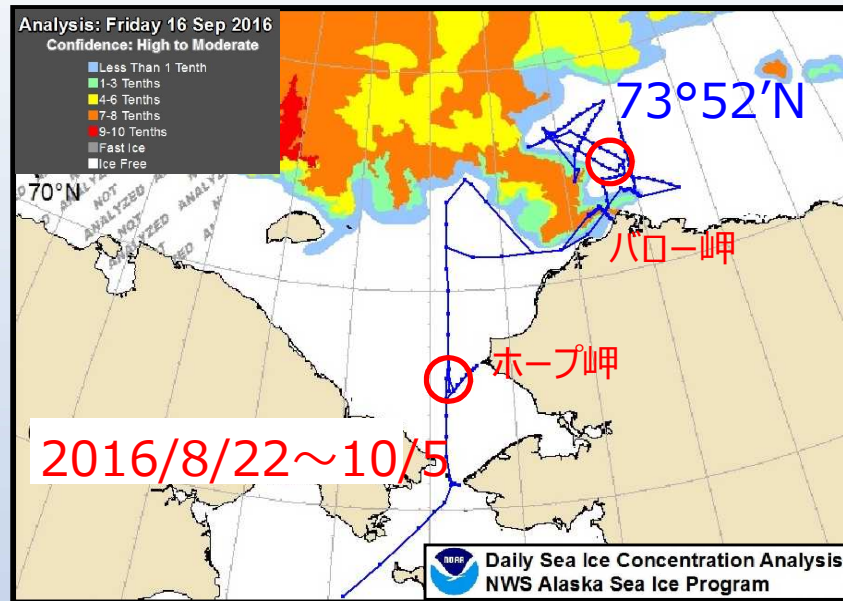
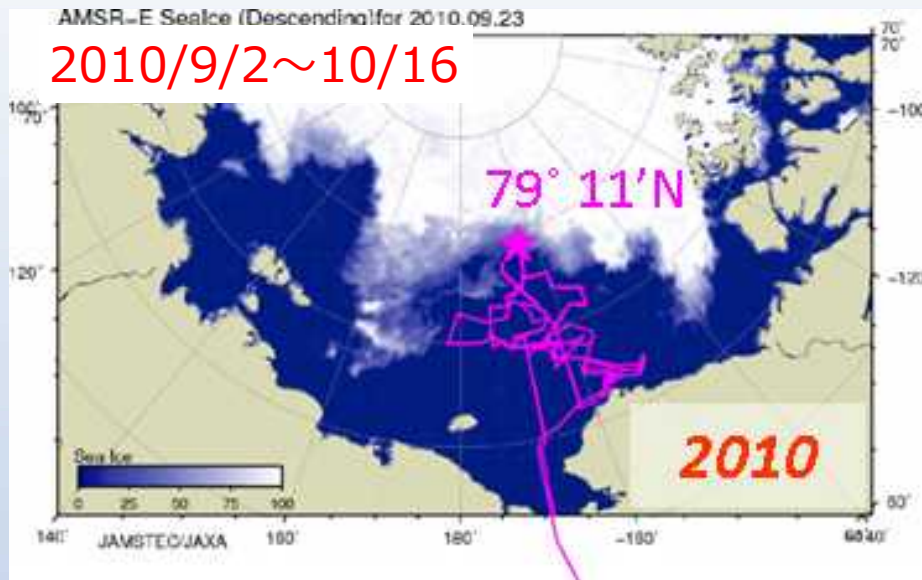
例えば、海洋酸性化の進行、海洋（水産）生物移動など

北極海観測は、正確な現状把握と将来予測の精緻化にとって生命線

北極点付近の結氷期(前年10月～5月)の平均気温の変化(1959～2014年)



我が国の北極海観測 –「みらい」による実績–



「みらい」による研究成果の例

- 北極域における低気圧活動の活発化
- 海氷減少と北極温暖化・大陸寒冷化・日本における豪雪などの関係
- 海氷融解による生態系活動活発化
- 海洋酸性化の進行（炭酸カルシウム未飽和の海域の存在と微生物の骨格密度低下）

など



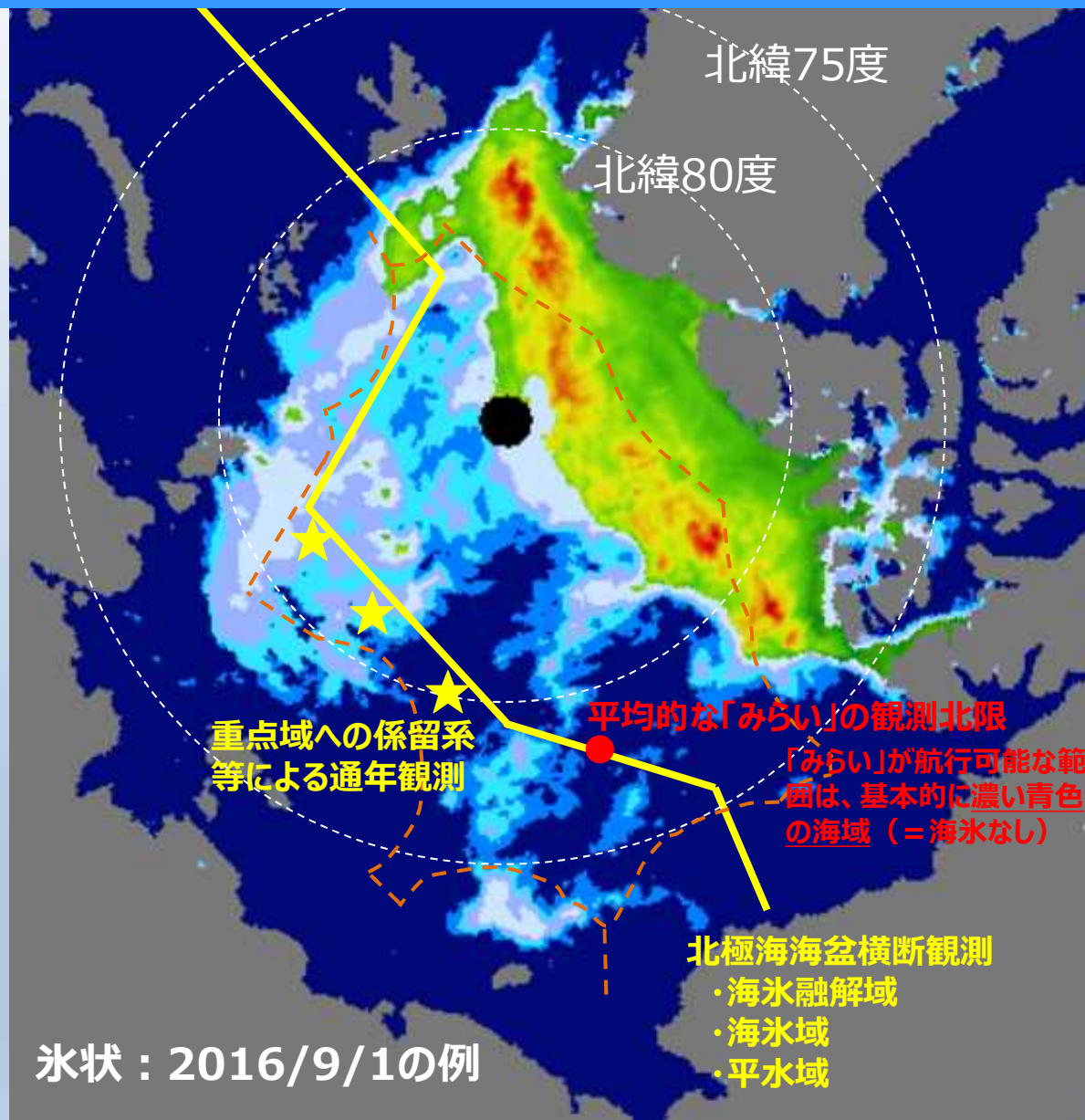
- 1998年以來、2016年までに14回の北極海航海を実施（今夏に15回目を実施予定）
- 観測は夏季の融氷期を中心に、海氷を避けながら実施（北緯80度を越える観測は困難）

北極海において今後推進すべき研究テーマ例

テーマ	① 温暖化によって広がる結氷・融解域における現象の解明に係る研究	② 夏季海氷減少のメカニズム解明に係る研究
概要	氷縁ブルームと海氷後退／融解の影響 海氷を介した物質循環と生物生産 陸棚斜面での湧昇、渦形成と陸棚水の輸送過程 上記過程による二酸化炭素吸収や海洋酸性化への影響 生態系への影響	マルチポンドの実態把握 海氷厚分布の実態 海氷・海洋相互作用把握
観測データ例	塩分、水温、溶存酸素、栄養塩、溶存無機炭素、微量金属、pH、クロロフィル、基礎生産、ベントス・プランクトン・ネクトンの分布・組成、光環境、炭酸塩生物の殻密度、沈降粒子など	氷厚、熱フラックス、海洋混合層貯熱量（水温・塩分分布）・海洋循環など（通年観測が必要。特に冬期のデータは不足）
テーマ	③ 北極海航路の活用にあ資するための海氷予測の高度化等に係る観測研究	④ 氷海航行する船舶の建造技術の高度化にあ資する船体挙動、着氷等の船舶工学的モニタリング研究
概要	海氷域における季節ごとの氷状と氷厚の観測による（リアルタイム）データ発信と海氷状況の実例蓄積 定期的な気象観測・高層気象観測	船体モニタリング 水中（船底）の海氷挙動モニタリング
観測データ例	一般海上気象、高層気象、氷厚、氷状、エアロゾル	船体構造材の歪み、船体運動、衝撃、着氷状況、氷破壊挙動
テーマ	⑤ 北極古海洋研究	⑥ 北極域のテクトニクスの解明に係る研究
概要	氷期間氷期変動において両極の氷床が海面変動に対し寄与した割合を解明 ベーリング海峡の地史の解明、ベーリング海峡通過流の気候への影響の解明	北極海の発達過程に伴う海洋循環の変遷・大陸氷床の発達との関係 熱水活動・海底地質構造の詳細を解明
観測データ例	層序、堆積物、古環境指標、海底地形、重力・磁力	層序、堆積物、古環境指標、海底地形、重力・磁力、水温・塩分、溶存元素

ブレイクスルーに必要な北極海観測

- ・北極海は多くが観測データの空白域であり、統合的な環境変化の把握と将来予測の精緻化に向けて、**その解消が課題**となっている。
- ・例えば図に示したような北極海中央部の横断観測や、融氷期から結氷期における海氷域内外での観測など、**「みらい」では困難であった観測を可能**とすることにより、今後推進していくべき**研究テーマの実施を実現**させることが可能となる。
- ・これらの取り組みによって、北極域の統合的理解が進むことにより、**我が国を含む中緯度への影響などの解明**にも大きく貢献するとともに、新たな観測や研究テーマを我が国のリードによって推進していくことで、国際的なプレゼンスの向上を掲げた**北極政策の具現化**にも大きく寄与することが可能



JAMSTECにおける北極域研究船に係る調査検討（H29年度）

- ◆ 我が国では初めての本格的な**砕氷機能付きの研究船**となることから、船体の概念設計だけでなく、ポーラーコード等の法規制、運用体制まで含めて**網羅的に調査検討**
- ◆ 調査検討にあたっては、機構だけではなく、東京大学山口教授をはじめ、**有識者にもご協力いただく体制を構築**
- ◆ 機能設備の検討については、**理学・工学のみならず、人材育成など広い観点から検討**
- ◆ **文科省による検討結果を踏まえ、以下の4項目の調査検討を実施中**

（1）観測環境・運用条件等の調査

北極域研究船の建造や運用にあたり法規制、環境条件、運用条件等の各種要件を調査

（2）北極域研究船の機能・設備の検討

北極域研究船の機能・設備に係る以下の検討を行い、主要目、主要設備を提示するとともに概略配置図を作成

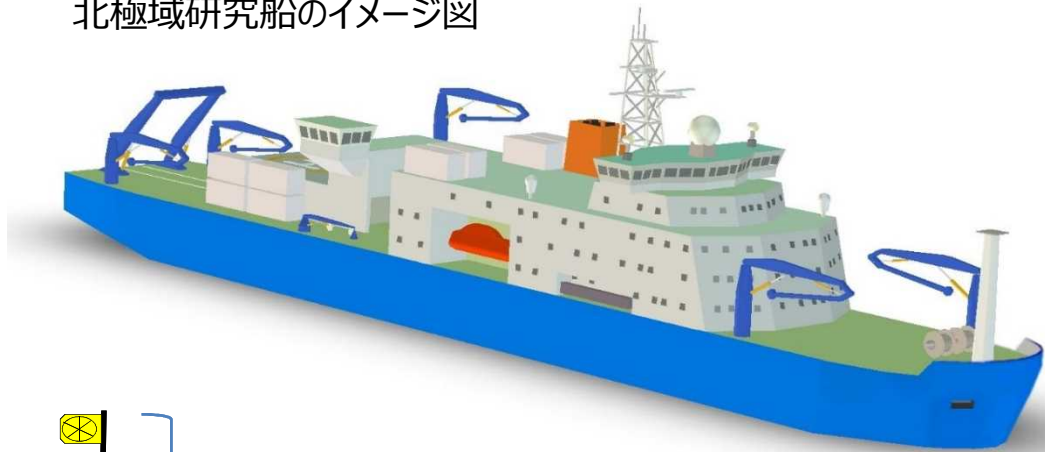
（3）北極域研究船の運航及びヘリコプター運用に係る調査検討

（4）北極域研究船の運航・維持費用に係る検討

（1）から（3）の調査検討を踏まえ、北極域研究船に係る年間の運用費（ヘリコプター運用含む）等の諸費用について算出するとともに、建造費が予算化された場合に実施する造船メーカーを選定するための船主要求事項（案）をとりまとめ

北極域研究船の主要目等イメージ

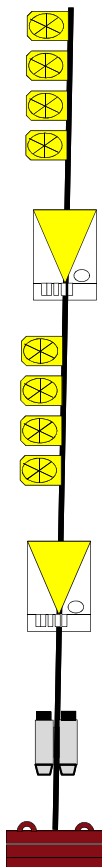
北極域研究船のイメージ図



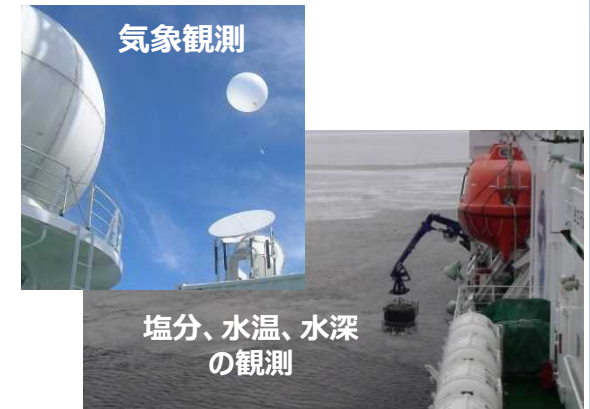
北極域研究船の想定要目	
全長	120m
幅	22m
深さ	15m
喫水	8m
連続砕氷能力	平坦1年氷 1.2mを3ノットで砕氷
耐氷能力	PC4相当
乗員	90名（研究者・技術者含む）
建造費	約338億円（H30～34年度）
運用経費（概算）	約28億円

○北極域研究船の主要要件

- 「みらい」レベルの高精度・多項目観測
- 十分な定点保持機能と効率的な推進システム
- 安全確保、海水等観測用のヘリコプター運用
- 貴重な極海航行船として船体モニタリング機能、船員などの教育機能
- 環境負荷低減、安全対策、ポーラコード等の法規制対応
- 十分なラボスペース、優れたネットワーク等の研究・分析環境
- 海氷域における必要十分な砕氷・耐氷性能
- ROV、AUV、観測ブイ等の大型機器運用
- 低燃費、省エネ等の工夫による運航費低減



係留系による定点鉛直観測
(水深～2,000m)
生物、化学、物理など観測
目的に応じて測器を構成



北極域研究船の建造スケジュール想定

項目	H30	H31	H32	H33	H34
設計・全体管理	基本設計	機能設計・詳細設計		全体管理	
船体		材料調達	材料調達／建造	建造	
機関			機器類組立／設置	設置・調整	
電気		機器類調達	機器類組立／設置	設置・調整	
観測・調査機器			機器類調達／設置	設置・調整	
海上公試					海上公試

北極域研究船の主な設備想定

研究設備	船体設備	観測機器	運用可能機器 (必要に応じて搭載)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 気象観測室、放球コンテナ ◆ 生物・化学分析室 ◆ オートサル室 ◆ クレーンルーム ◆ CTD室 ◆ 表層海水分析室 ◆ 低温実験室 ◆ ウェットラボ ◆ 堆積物試料保管室 ◆ ドライラボ、セミドライラボ ◆ 重力計室 ◆ 薬品保管庫 ◆ 研究機器・観測機器用倉庫 ◆ その他 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Aフレームクレーン（船尾） ◆ 汎用クレーン（船尾、船中央、船首など） ◆ CTDクレーン（船中央） ◆ 甲板蓋、船底開閉式ムーンプール ◆ CTDウインチ ◆ ピストンコアラール用ウインチ ◆ ネット用ウインチ ◆ トロール用ウインチ ◆ 係留系用ロープ用ウインチ ◆ ROV用ウインチ ◆ 小型ウインチ ◆ クリーン採水用ウインチ ◆ その他 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ マルチナロービーム音響測深儀 ◆ サブボトムプロファイラー ◆ 多層流向流速計（ADCP） ◆ CTD採水器 ◆ クリーン採水設備 ◆ ピストンコアラール（20m） ◆ プランクトンネット ◆ ドレッジ ◆ XBT ◆ ラジオゾンデ自動放球装置 ◆ 赤外線放射温度計 ◆ 重力計 ◆ 磁力計 ◆ EM氷厚計 ◆ 極海航行モニタリングシステム ◆ スラスト計 ◆ ドップラーレーダー ◆ 雨量計 ◆ 日照計 ◆ シーロメータ ◆ マイクロ波放射計 ◆ ライダー ◆ 衛星データ受信システム ◆ その他 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ヘリコプター：2機程度搭載 ◆ 無人観測機（UAV）：2機程度搭載 ◆ 自律型巡航探査（AUV）：2機程度搭載 ◆ 無人探査機（ROV）：1機程度搭載 ◆ 大型観測ブイ：4基程度搭載 ◆ その他係留系等の運用

「みらい」設備＋極海観測設備（氷厚計、船体モニタリング等）
＋大型機器運用（ヘリ、ROV、AUV等）



ありがとうございました。

補足資料

(参考) 北極域研究の国際政策上の位置づけ

北極航路利用活発化の可能性
新たな資源開発の可能性

環境保全のための国際的な枠組みづくり

地球温暖化

北極海の
海氷減少

北極域の
温暖化増幅

北極海は、2030年代後半頃には夏季に海氷がない季節海氷域になる可能性も指摘
(ただし現状では予測のふれ幅が大きい)

北極域の温暖化は
全球平均の2～3倍の速さで
進行している

さらなる北極域の環境変化

全球規模への影響、今後

- 極端な気象現象の多発
- 氷床の融解
- 生態系・生物多様性への影響
(海氷異存種の絶滅の可能性、生態系分布の北方への移動など)
- 積雪面積・期間の減少
- 永久凍土の融解と、温室効果ガスの排出

AMAP Assessment Report
Snow, Water, Ice, and
Permafrost in the Arctic
(SWIPA)
Summary for Policy Maker
(SPM版)より

- ✓ 北極圏の範囲を超える気候変化への影響(* 海氷減少と日本の豪雪など)
- ✓ 全球規模での海水面の上昇 (* 現在の海面上昇量の約1/3は北極圏の影響)
- 今後少なくとも今世紀中ごろまで変化は進行する。
- しかしパリ協定を順守することで、その変化を安定させることができる。
- 必要な施策を取るためにも、監視・評価・理解する努力を続けるべき。

(参考) 文部科学省による北極域研究船に係る検討結果

背景

- 北極域は気候変動の影響が最も顕著に表れていることや、地球全体の環境や生態系に大きな影響を与えることが科学的に指摘されており、**「我が国の北極政策」**（平成27年10月 総合海洋政策本部）等において、我が国の強みである**科学技術を基盤として国際社会に貢献**していくことが求められている。
- 文部科学省「北極域研究船検討会」において、我が国が北極域研究船を保有する場合、どのような研究船が必要か等について検討され、「今後の北極域研究船の在り方の検討結果について」としてとりまとめられた（平成29年1月）。



海洋地球研究船「みらい」
(ポーラークラス (PC) 7相当)

検討結果概要

- 我が国が北極域研究をリードしていくためには、「みらい」で実施してきた高精度観測を継続しつつ、**北極海及び北部太平洋・ベーリング海等における観測時期や範囲の拡大が期待**される。
- さらに、北極海の沿岸国だけではなく、欧州や中国、韓国等の非沿岸国においても、北極海で活動する砕氷研究船を有し、あるいは建造を進めていることから、**我が国としても、砕氷能力を有する研究船を、遅くとも2020年代前半に保有**していることが望まれる。
- その砕氷能力として、**北極海における通年航行が可能であり、かつ「みらい」相当の高精度観測を実施可能なバランスを考慮し、ポーラークラス (PC) 4～5程度**を想定。
- 今後、北極域研究船の保有に係る政策判断に向けて、より具体的な項目の調査検討が必要。



北極で活動する主な観測船 (写真：各機関ウェブサイトより)

▶ **本結果を踏まえてJAMSTECにおいて北極域研究船の調査検討の実施を期待**

(参考) 海洋地球研究船「みらい」による北極海観測

建造以来14回の北極海航海を実施（15回目を今月から実施予定）

回数	年度	出港	出港地	入港	入港地	航海日数	備考
1	1998	7/31	八戸	8/31	タッチルハー	32日間	
2	1999	8/25	八戸	10/3	釧路	40日間	
3	2000	8/27	ビクトリア	10/3	タッチルハー	38日間	
4	2002	7/25	八戸	10/1	タッチルハー	38日間	
5	2004	9/1	タッチルハー	10/12	タッチルハー	42日間	
6	2006	8/28	タッチルハー	9/19	タッチルハー	23日間	
7	2008	8/20	タッチルハー	10/9	タッチルハー	51日間	
8	2009	9/7	タッチルハー	10/16	タッチルハー	40日間	
9	2010	9/2	タッチルハー	10/16	タッチルハー	45日間	
10	2012	9/4	八戸	10/16	八戸	43日間	GRENEで実施
11	2013	8/28	タッチルハー	10/7	タッチルハー	41日間	
12	2014	8/31	タッチルハー	10/10	横浜	41日間	
13	2015	8/26	八戸	10/21	八戸	57日間	
14	2016	8/22	八戸	10/5	八戸	45日間	ArCSTで実施
15	2017	8/23	タッチルハー	10/2	八戸	41日間	ArCSTで実施

海洋地球研究船「みらい」
Class IA（PC7）相当の耐氷船

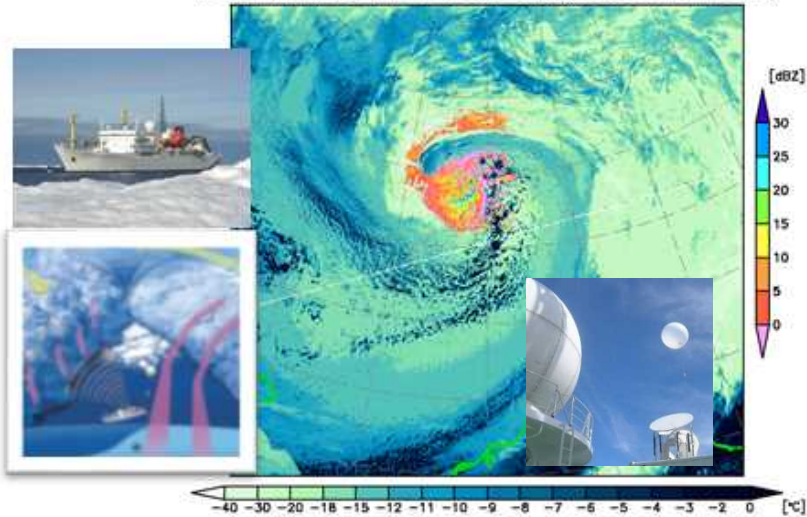


- 「みらい」による多項目・高精度観測は国際的に高い評価を得ており、「みらい」の観測レベルを維持することは極めて重要
- 我が国の北極研究において、北極海観測を実施するための研究船は重要な研究基盤であり、運航費の安定的な確保が必須

(参考) 我が国の北極海観測 –「みらい」を用いた研究成果例–

観測から捉えた低気圧活動の活発化

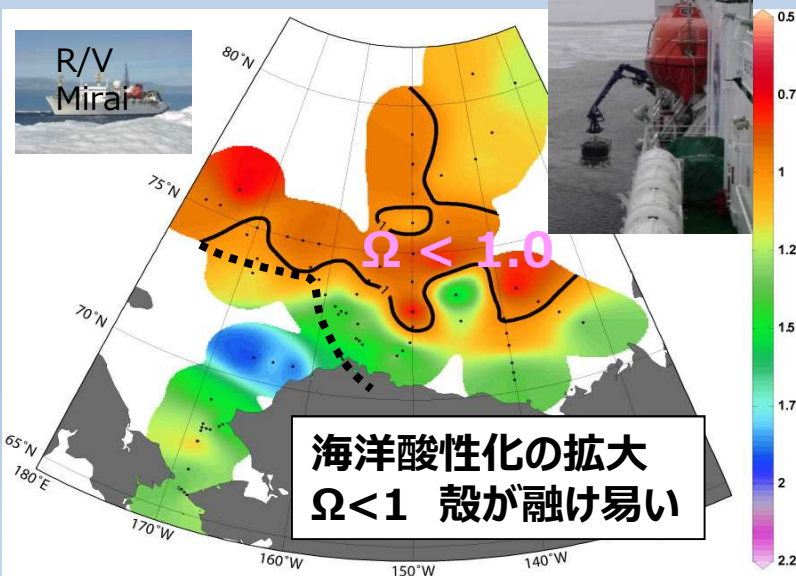
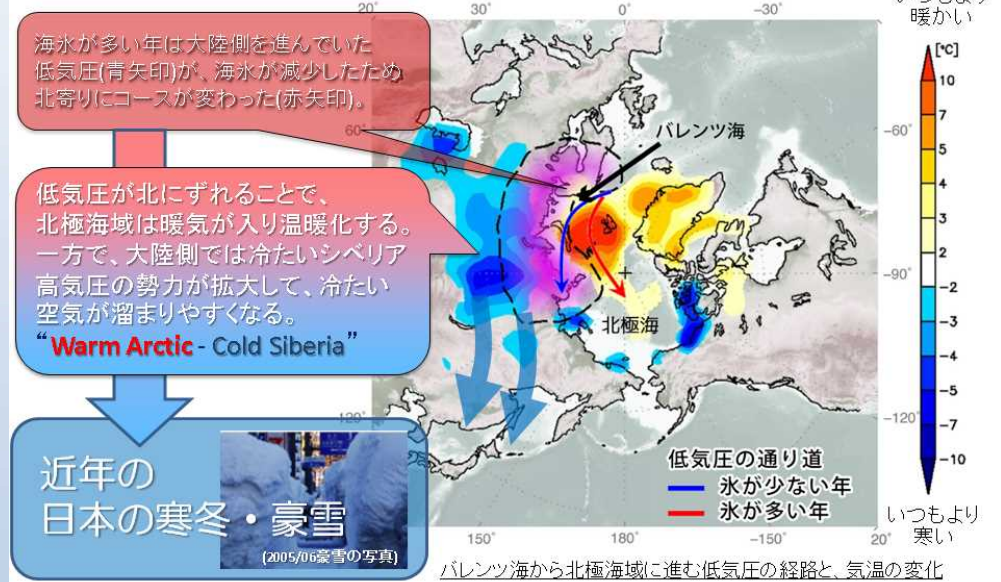
NOAA/AVHRR Ch.4, & Radar Ref. (23:29Z24SEP2010)



Inoue and Hori, *Geophys. Res. Lett.*, 2011.

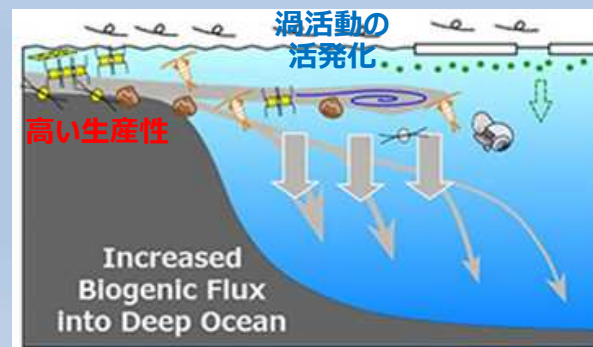
海水減少と北極温暖化/大陸寒冷化、日本の気候

Inoue et al., *J. Climate*, 2012 (JAMSTEC 2012年2月1日プレスリリース)



北極海の渦が育む海洋生態系

海水減少後

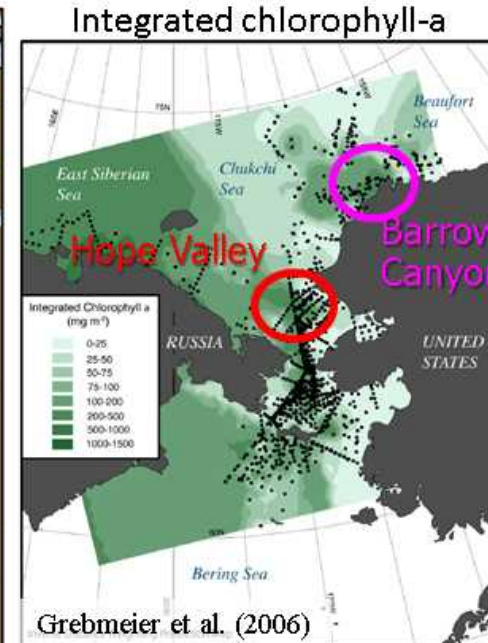


渦の移動に沿ってプランクトンの生息域が拡大している。

After Watanabe, Onodera, et al., *Nature Comm.*, 2014.

(参考) 国際的な観測枠組みへの参画例 (PAG)

Distributed Biological Observatory (DBO)/ Pacific Arctic Group (PAG)



- 生物生産が高い“hotspot”に設定した観測線においてPAG各国が連携して観測を行い、その物理・化学環境の変動や高い生産性、海洋生物への影響を明らかにする

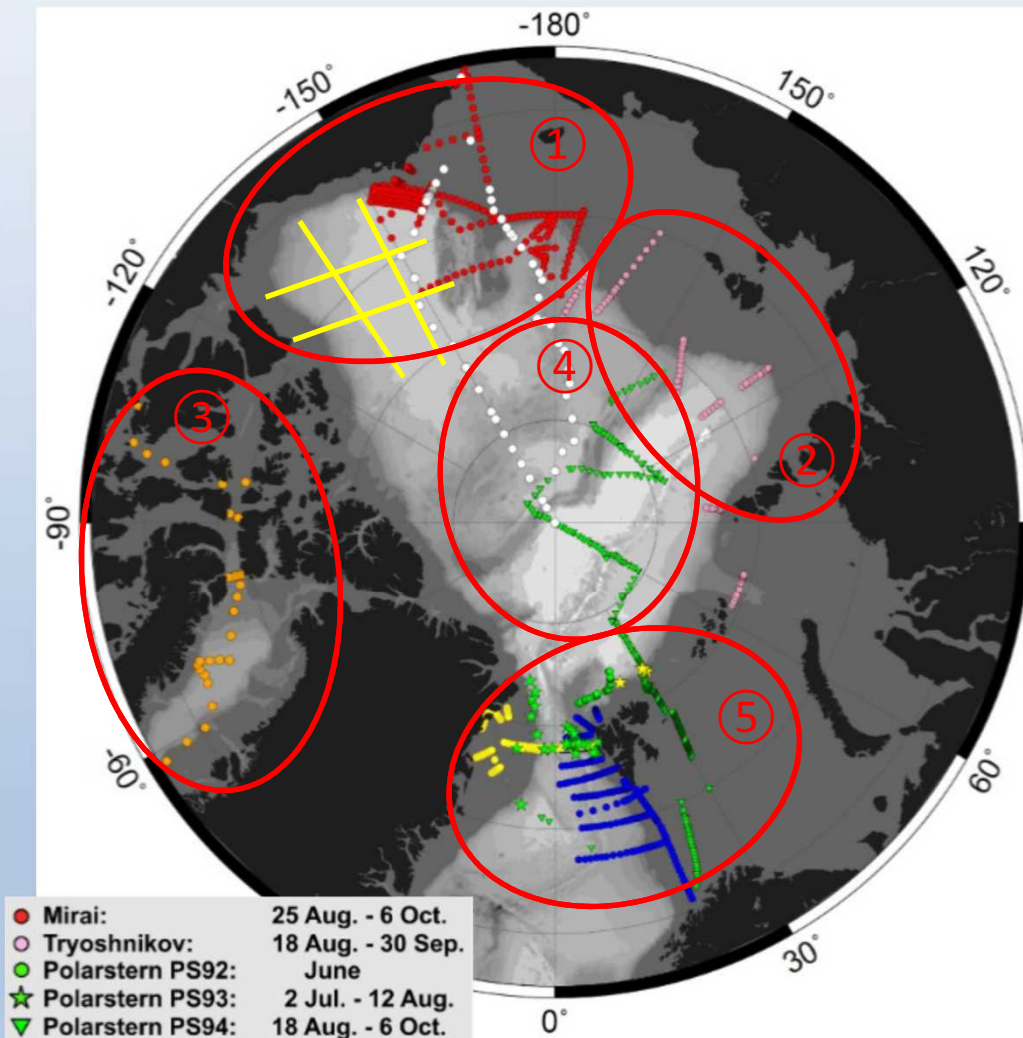
[modified by Karen Frey from Grebmeier et al. 2010, EOS 91]



PAGではH28秋からJAMSTECの研究者が議長
AMAP 太平洋側北極海(ポーフォート、チャクチ、ベーリング) 評価報告書執筆者

(参考) 北極海における国際共同観測/プロジェクト

Map of Arctic cruises 2015



● Mirai:	25 Aug. - 6 Oct.
○ Tryoshnikov:	18 Aug. - 30 Sep.
● Polarstern PS92:	June
★ Polarstern PS93:	2 Jul. - 12 Aug.
▼ Polarstern PS94:	18 Aug. - 6 Oct.
● Oceania:	20 Jun. - 22 Jul.
● Lance:	20 Aug. - 21 Sept
★ Lance (moorings):	13 Sep. - 25 Sep.
○ Geotraces:	13 Jul. - 18 Aug.
○ Healy:	

①太平洋側及びカナダ側北極海

- Distributed Biological Observatory (DBO)
under Pacific Arctic Group (PAG)
※「みらい」参加
- Joint Ocean Ice Study (JOIS; Canada)
& Beaufort Gyre Exploration Project (US)

②シベリア側北極海

- Nansen Amundsen Basins
Observation System (NABOS; IARC/UAF)

③カナダ多島海

- ArcticNet (Canada)
- デービス海峡モニタリング

④北極海中央部

- GEOTRACES - Arctic
- UNCLOS - Arctic

⑤大西洋側北極海/バレンツ海/グリーンランド海

- フラム海峡モニタリング
- バレンツ海回廊モニタリング

Originally compiled by Dr. U. Schauer (AWI)
Modified by Dr. T. Kikuchi (JAMSTEC)

(参考) 新たな国際観測プロジェクトの検討

PLAN: Synoptic Arctic Survey (SAS) International coordinated cruises in summer 2020

Synoptic Arctic *Survey*



- ◆ SASは、北極海における観測研究構想で、2020年の同時期に国際連携による複数の砕氷船/研究船を用いた北極海をカバーする集中観測を実施しようとするもの（その後も数年おきの継続を検討）
- ◆ SASのゴールは、北極海の包括的なデータセットを作成し、近年の急速な環境変化に伴って広く興味を持たれている北極海の海洋物理環境や循環の変化、二酸化炭素の取り込みや海洋酸性化の進行状況、化学物質の分布と輸送、そして生物生産性や海洋生態系の変化を明らかにすることにある。
- ◆ 現在具体的なScience Planの最終調整段階



SAS workshop in Sept 2016
Gothenburg, Sweden

(参考) JAMSTECにおける北極域研究船に係る調査検討 (H29年度)

文部科学省による北極域研究船に係る検討結果を踏まえ4項目の調査検討を実施中

(1) 観測環境・運用条件等の調査

北極域研究船の建造や運用にあたり法規制、環境条件、運用条件等の各種要件を調査

1) 観測環境 (観測対象海域) の調査

① 観測海域の時期ごとの氷況、波浪、温度等の情報

2) 法規制等の調査

① 法規制 (SOLAS、POLARコード等)、適用規則等の情報

② 砕氷船に関する船級協会等の情報

3) 運用条件の調査

① 北極域研究船の運用方法 (行動パターン、所要航続距離等)、運航方法 (海務要件、工務要件、船員要件・観測要件等) について調査

② ヘリコプターの運用に関する基本事項 (空域の運用環境、法規制等)、ヘリコプターの機種及び装備の選定、運用計画 (チャーター方式、運用パターン、航続距離等) 及び施設計画 (基本施設、運用施設、格納庫等) について調査

(2) 北極域研究船の機能・設備の検討

北極域研究船の機能・設備に係る以下の検討を行い、主要目、主要設備を提示するとともに概略配置図を作成

1) 船体・設備の検討

① 必要とされる砕氷能力・推進機関 (燃料含む)・推進装置・船体設備・全体配置について検討し、北極域研究船の主要目、主要設備及び概略配置図を作成

② 検査認証機関である船級協会からの情報収集を通して、検査内容、検査方法等の確認

2) 観測設備の検討

① 観測設備について装備・搭載機器 (投・揚収方法、ムーンプール要否含む) を検討し、運用方法を踏まえて概略配置を検討

3) ヘリコプター設備の検討

① ヘリコプター運用の検討結果を踏まえつつ、北極域研究船側のヘリ設備・配置を検討

(参考) JAMSTECにおける北極域研究船に係る調査検討 (H29年度)

(3) 北極域研究船の運航及びヘリコプター運用に係る調査検討

1) 北極域研究船の運航

北極域研究船を運航するために必要な要員・体制など所要条件について、海外の氷海域での運用実態をヒアリング調査し、砕氷時の操船、乗組員の状況、運航体制、初期訓練、ヘリ支援業務等について検討し、研究船の運用及び維持・管理体制についてとりまとめる。

2) ヘリコプターの運用

北米、北欧の北極圏におけるヘリコプターの運用知見を持つ航空会社、運用施設等のヒアリング調査を行い、砕氷船等のヘリコプター運用実態、運用要員、運航体制、整備内容について検討し、ヘリコプターの運用方法等についてとりまとめる。

3) 北極域研究船の整備費用

砕氷船の整備について、砕氷型巡視船やしらせ等の国内事例を中心に調査し、必要な整備費を検討

(4) 北極域研究船の運航・維持費用に係る検討

(1) から (3) の調査検討を踏まえ、北極域研究船に係る年間の運用費 (ヘリコプター運用含む) 等の諸費用について算出するとともに、建造費が予算化された場合に実施する造船メーカーを選定するための船主要求事項 (案) をとりまとめ

(参考) 北極域研究船の特徴 (相対比較)

	北極域研究船 (砕氷)	みらい (耐氷)
氷海航行	○ 通年で、一年氷が卓越し、多年氷が一部混在するような海域で航行可能	× 基本的に氷海航行は不可
平水域航行	◎ ほぼ一般の船舶と同等	◎
多年氷卓越海域における観測	△~○ 多年氷卓越海域の観測は係留系やAUVなどの活用の必要あり	×
一年氷卓越海域における観測	◎ 一年氷が卓越している海域における観測には支障無し	×
環北極海等の開氷域における観測	○ 砕氷能力を抑えることにより、「みらい」に近い耐航性能を付与することが可能	◎ 例えば、WMO Sea State Code 4でもCTD観測可能
氷海航行に係る船体モニタリング	◎ 当初から想定	△ 持ち込みによる観測
AUV、ROV等の探査機運用	◎ 当初から想定	△ 建造時は運用を想定せず

(参考) ポーラークラスについて

Polar Class				
等級	定義			
PC1	全ての極地氷水域を周年航行する極地氷海船			
PC2	中程度の厳しさの多年氷が存在する氷水域を周年航行する極地氷海船	しらせ		
PC3	多年氷が一部混在する二年氷の中を周年航行する極地氷海船			
PC4	多年氷が一部混在する厚い一年氷の中を周年航行する極地氷海船	北極域研究船		
↑ 多年氷 ↑ 周年航行	PC5	多年氷が一部混在する中程度の厚さの一年氷の中を周年航行する極地氷海船	Class-NK	
			等級	定義
	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	NK-IA-Super	砕氷船の支援無しに厳しい海水域を航行する能力を有する
	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	NK-IA	砕氷船の支援のもとに厳しい海水域を航行する能力を有する
			NK-IB	必要に応じて砕氷船の支援を受けることにより、穏やかな海水域を航行する能力を有する。
		NK-IC	必要に応じて砕氷船の支援を受けることにより、軽い（航行が容易な）海水域を航行する能力を有する	
		NK-ID	鋼船で一般海域を航行できる構造強度を有し、耐氷補強は行われていないものの、非常に軽い（非常に航行が容易な）海水域を自船の推進システムで航行する能力を有する	

ポーラークラスは、国際船級協会連合 (IACS) により制定

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	一年氷がとけずに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

(参考) ポーラークラスと砕氷能力の関係

- ◆ポーラークラス（PC）別の砕氷能力の目安は以下の通り。なお、PCはあくまで海氷に対する安全性（船の構造や機関設計）に関する規定であり、砕氷能力についての規定はないが、砕氷船としての性能を考慮した場合、結果として下表のような砕氷能力が目安となる。

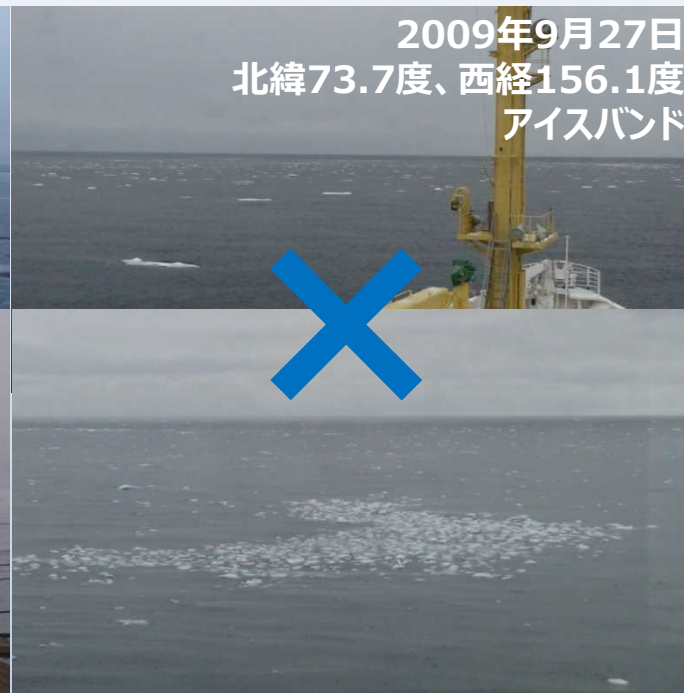
ポーラークラス	3ktにおける砕氷能力概算※
PC2	2.25m～2.81m
PC3	1.68m～2.24m
PC4	1.19m～1.65m
PC5	0.82m～1.18m
	積雪20～25cm, 氷強度500kPa

※CNIIMF（ロシア中央船舶海洋設計研究所）資料（2010年10月22日）に基づき概略換算

- ◆非氷海船を1とした場合の同寸の船舶におけるPC別の船殻（船の骨格及び外郭構造）の重量、機関の出力、船価（観測・特殊装置を除く）の対比は下表の通り。あくまで概算の目安値であることに留意。

	非氷海	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1
船殻重量比	1.00	1.09倍	1.15倍	1.25倍	1.45倍	1.70倍	2.00倍	2.35倍
機関出力比	1.00	1.00倍	1.23倍	1.54倍	2.28倍	3.60倍	5.30倍	8.35倍
船価比	1.00	1.20倍	1.30倍	1.45倍	1.77倍	2.50倍	3.50倍	5.20倍

(参考) 北極域研究船に求められる砕氷能力



「みらい」の極海航行実態



「北極域研究船」の極海航行能力

想定する耐氷・砕氷能力	
耐氷能力	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
連続砕氷能力	1.2m/3ノット



← 厳しい海氷の例 (ridge氷)

「ridge氷」は海氷どうしが重なって生成される厚い海氷。氷上で見えている5~7倍程度の厚さが水中にあると推測され(右写真)、平坦氷の中に水平に細長く連なっていることが分かる(左写真)。「ridge氷」が観測海域など目的地の手前に存在している場合、迂回することは難しく、突破することが基本的な対応となるが、これまでの砕氷船の実績から勘案するとPC4程度の耐氷能力と1.2m程度の連続砕氷能力が必要。

(参考) 各国の砕氷観測船等に係る状況

- ◆ 各国の砕氷船は北極・南極の両極で活用されているものが多数。北極海においては冬季の結氷期を除く時期に観測活動。
- ◆ 最近の新造船は砕氷能力だけでなく、定点保持機能など、観測船としての機能も重視する傾向。
- ◆ 中国の新砕氷船は2016年12月に建造着手。雪龍よりはやや小型の船体になるが、雪龍よりも強力な砕氷能力を有する見込み（1.5m/3knot）。

Sikuliaq (米) PC5



0.8m@2kt

Kronprins Haakon PC3



1.0m@5kt 建造中

Sir David Attenborough (英) PC4



1.0m@3kt 建造中

Louis S. St-Laurent (加)
PC2



1.2m@3kt

Polarstern (独) PC2
1.5m@5kt



Araon (韓) PC4.5



1.0m@3kt

(参考) 北極で活動する主な観測船等 (欧米)

所有国	船名	所有機関	建造年	全長 (m)	排水量 (t)	砕氷能力 (m*kt)	船員数	その他乗員数	ヘリ搭載	目的	主な特徴
米国	Healy	アメリカ沿岸警備隊	1999	128.0	16,257	1.4*3	19	116	2	観測 資源 救助	別途詳細
	POLAR STAR	アメリカ沿岸警備隊	1976	122.0	13,842	1.8*3	15	172	2	輸送 観測	・両極（北・南）活動 ・2012年に再生工事済み
	Sikuliaq	アメリカ国立科学財団（運航：アラスカ大学）	2014	79.6	3,724	0.8*2	22	24	—	観測 教育	別途詳細
カナダ	Amundsen	カナダ沿岸警備隊	1979	98.2	5,911	1.0*3	31		1	観測	・ムーンプール設備 ・運航計画はArcticNetが策定
	Louis St. S-Laurent	カナダ沿岸警備隊	1969	119.8	15,324	1.2*3	46		2	救助 観測	・2017年廃船（代船建造予定） 別途詳細
	Sir Wilfrid Laurier	カナダ沿岸警備隊	1986	83	3,812 (gross)		17	10	1	救助 観測	
スウェーデン	oden	スウェーデン海事局	1988	107.8	12,929	1.9*3	15	65	可 (数不明)	観測	・両極（北・南）活動 ・代船の検討開始
ノルウェー	Kronprins Haakon (新規建造中)	ノルウェー極地研究所（運航：IMR）	2017 (予定)	100.0	10,900 (gross)	1.0*5	55		2	資源 観測	別途詳細
ロシア	Academic Fedorov	北極南極研究所	1987	141.0	16,200	1.0*2	80	172	2	資源 観測	・両極（北・南）活動
	Akademik Tryoshinikov	北極南極研究所	2012	133.6	16,539	1.1*2	60	80	2	観測	
イギリス	Sir David Attenborough (新規建造中)	NERC(イギリス自然環境研究会議)	2019 (進水予定)	128.0	15,000 (gross)	1.0*3	90		2	観測	・両極（北・南）活動 ・ムーンプール設備
ドイツ	Polarstern	アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所	1982	118.6	17,300	1.5*5	44	50	2	観測	・両極（北・南）活動 別途詳細
フランス	Astrolabe	P&O Maritime Services	1988	65.5	1,700	—	12	35	2	輸送 観測	・両極（北・南）活動
スペイン	Hesperides	スペイン海軍	—	82.5	2,665	0.4*5	58	30	1	輸送 観測	



(参考) 北極で活動する主な観測船等 (アジア諸国)

所有国	船名	所有機関	建造年	全長 (m)	排水量 (t)	砕氷能力 (m*kt)	船員数	その他 乗員数	ヘリ搭載	目的	主な特徴
中国	雪龍	中国極地研究所	1993	167.0	21,250	1.1*1.5	34	128	1	資源 観測	・1993年にウクライナで建造されたが、翌年、中国が購入後、極域用観測船として改造 ・両極(北・南)活動
	不明 (新規建造中)	中国極地研究所	-	122.5	13,390	1.5*3	90 (定員)		2	資源 観測	・2016年12月に着工
韓国	ARAON	韓国極地研究院	2009	109.5	9,071	1.0*3	25	60	1	観測 資源	・両極(北・南)活動 別途詳細
	新規建造予定 (未着工)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	・2013年7月25日に新たな砕氷研究船の建造計画を盛り込んだ「北極総合政策推進計画」を発表
インド	新規建造予定 (未着工)	ministry of Earth Sciences	-	-	-	-	-	-	-	観測	・2013年に、砕氷船建造計画を発表 ・両極(北・南)観測
日本	みらい	海洋研究開発機構	1997 (1970)	128.5	8,687	-	34	46	-	観測	・耐氷船 別途詳細
	しらせ (参考)	防衛省海上自衛隊	2009	138.0	12,650	1.5*3	175	80	3	輸送	・南極観測支援(人員・物資輸送) 別途詳細

(参考) 北極で活動する主な観測船等の詳細

船名		Healy (米国)	Sikuliaq (米国)
ポークラス		PC 2	PC 5
巡航速度		12ノット (Max 17ノット)	11ノット(Max 14.2ノット)
航続距離		情報無し	45日 (11ノットで9,000マイル)
主な観測 設備	ラボスペース	有り	有り
	Hydrography観 測機器	電気伝導度水温水深 (CTD) ・採水/投下式水温 水深計 (XBT) /音響ドップラー流向流速計 (ADCP)	CTD・採水/XBT/ADCP
	海上気象	一般海上気象	一般海上気象
	Geology観測	ボトムプロファイラー、サブボトムプロファイラー、エコーサウ ンダー	マルチナロービーム測深器、サブボトムプロファイラー
	その他		
	設備など	Aフレーム (振り出し式) クレーン、ピストンコアリング 可能、コンテナ搭載、ヘリコプター	Aフレームクレーン
推進方式		固定ピッチプロペラ×2軸	アジマス (旋回式) スラスタ×2基
機関		ディーゼル機関×4基 計34,560kW	ディーゼル機関×4基 計5,750BHP (4,290kW) (+ 発電機あり?)
傭船や相乗り情報		JAMSTECでは、アメリカの研究者が行う北極海での 観測研究に共同研究と言う形で参加(2005, 2011 年)。 ともに分担金(傭船費)は発生せず、こちらの旅費や機 材輸送に係る実費のみ。 乗船するためには、前年度(もしくはそれ以前)から共 同研究相手と話し合っておく必要がある。 ただ、急なリクエストにも可能な範囲で柔軟に対応して くれる場合あり。	研究者のネットワークによる相乗り乗船は可能との情 報有り。


(参考) 北極で活動する主な観測船等の詳細

船名		Louis S. St-Laurent (カナダ)	 Polarstern (ドイツ)
ポーラークラス		 PC 2 (Arctic Class 4)	PC 2
巡航速度		16ノット (Max20ノット)	16ノット
航続距離		23,000マイル	19,000マイル
主な観測設備	ラボスペース	有り	有り
	Hydrography観測機器	CTD・採水/XBT/ADCP	CTD・採水/XBT/ADCP
	海上気象	一般海上気象	一般海上気象
	Geology観測	?	ハイドロスウィープ、サブボトムプロファイラー、船上重力計、エコーサウンダー
	その他		
	設備など	ヘリコプター	Aフレームクレーン、ピストンコアリング可、ヘリコプター
推進方式		固定ピッチプロペラ×3軸	可変ピッチプロペラ×2軸
機関			ディーゼル機関×4基 計14,000kW
備船や相乗り情報		JAMSTECが砕氷船航海に参加する場合は、カナダ海洋科学研究所(IOS/DFO)と調整し、JAMSTECとDFOとの間でMOUに基づくIAを結んで実施。乗船のためには、航海の分担金(備船費)の形で、必要日数に応じた費用を支払う必要があり、本船の場合は、1日当たりCAN\$ 95K(2014年実績)程度。航海に参加する場合には、前年度の1月頃にはIOS/DFOとの間で計画策定の話し合いを行い、2月から始まるDFOでの計画立案に提案していく必要がある。	アルフレッドウェゲナー研究所(AWI)が行う航海に共同研究や相乗りの形で参加することができる。分担金(備船費)などは発生せず、旅費・機材輸送費など実費のみで参加可能。本船の航海は、数年前から計画立案が始まるため、その段階で加わっていれば円滑な乗船が可能であるが、遅くとも前年のPlanning meetingまでにはAWIの研究者と合意できている必要がある。

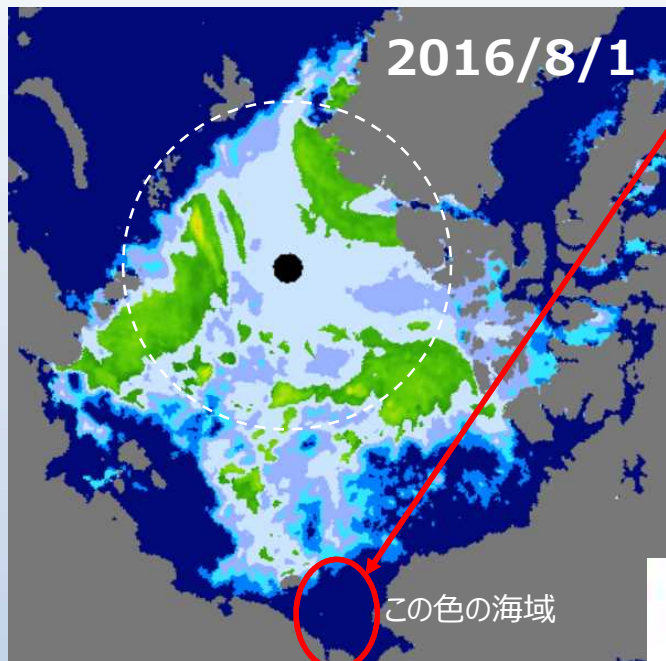
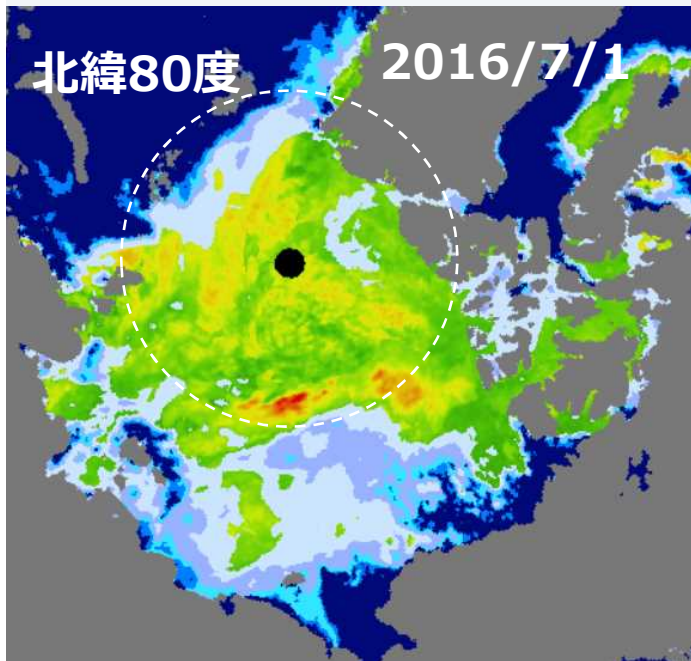
(参考) 北極で活動する主な観測船等の詳細

船名		 Araon (韓国)	 K.Haakon (ノルウェー)
ポークラス		PC 4.5	PC 3
巡航速度		12ノット (Max16ノット)	12ノット
航続距離		20,000マイル	15,000マイル
主な観測 設備	ラボスペース	有り	有り
	Hydrography観測機器	CTD・採水/XBT/ADCP	CTD/採水・XBT
	海上気象	一般海上気象	一般海上気象
	Geology観測	マルチナロービーム測深器、マルチチャンネル音波探査システム (MCS)、船上重力計	マルチビーム測深器 (浅、中、深) 測深器、サブボトムプロファイラー、エコーサウンダー
	その他		ソナー
	設備など	Aフレームクレーン、ピストンコアリング可、無人探査機 (ROV)、ヘリコプター	ムーンプール、AUV・ROV運用可、ヘリコプター
推進方式		アジマススラスタ×2基	アジマススラスタ×2基
機関		ディーゼル機関 5,000kW×2基	ディーゼル機関×4基 計15,000kW
備船や相乗り情報		研究者のネットワークによる相乗り乗船は可能との情報有り。	※建造中 (2017年完成予定)

(参考) 北極で活動する主な観測船等の詳細

船名			みらい (日本)
ポークラス			PC 7
巡航速度			16ノット (Max 18ノット)
航続距離		約12,000マイル	
主な観測 設備	ラボスペース	有り	
	Hydrography観測機器	CTD・採水XBT/ADCP	
	海上気象	一般海上気象/ドップラーレーダ	
	Geology観測	マルチナロービーム測深器、サブボトムプロファイラー、船上重力計	
	その他		
	設備など	Aフレームクレーン、ピストンコアリング可	
推進方式		可変ピッチプロペラ×2軸	
機関		ディーゼル機関 1,838kW×4基 推進電動機 700kW×2基	
傭船や相乗り情報		<p>基本的に運航スケジュールが空いており、JAMSTECが受託できる趣旨の航海であれば、運航費の負担があれば傭船可能。費用は傭船の目的や依頼元に応じて算出。</p> <p>通常の公募航海における外国人の乗船については、日本人との同行であれば可能であり、特別な分担金等は不要。</p>	

(参考) 北極域研究船で航行可能な海域例



「みらい」が航行可能な範囲は、基本的に濃い青色の海域 (= 海氷なし)

想定する北極域研究船であれば、薄い青色や濃い緑色の海域 (= 氷厚1.2m程度まで) は基本的に航行可能

