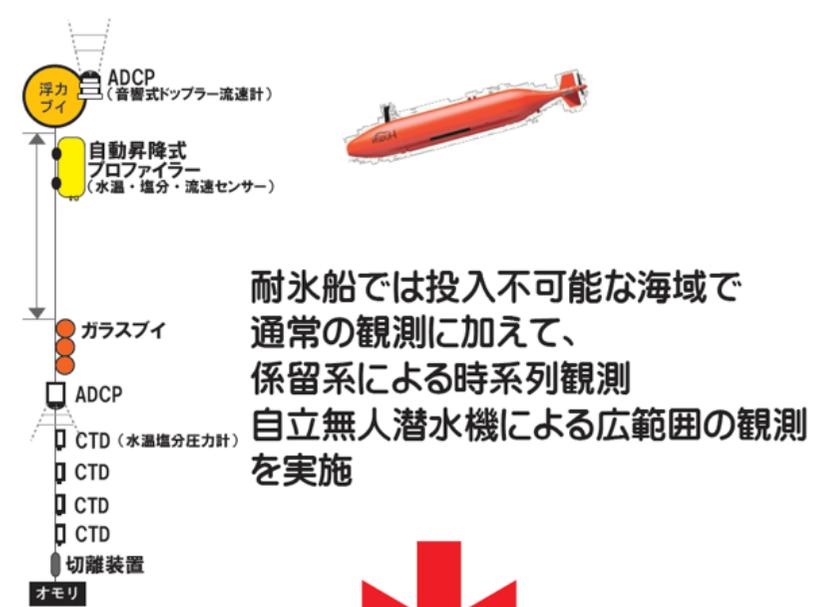
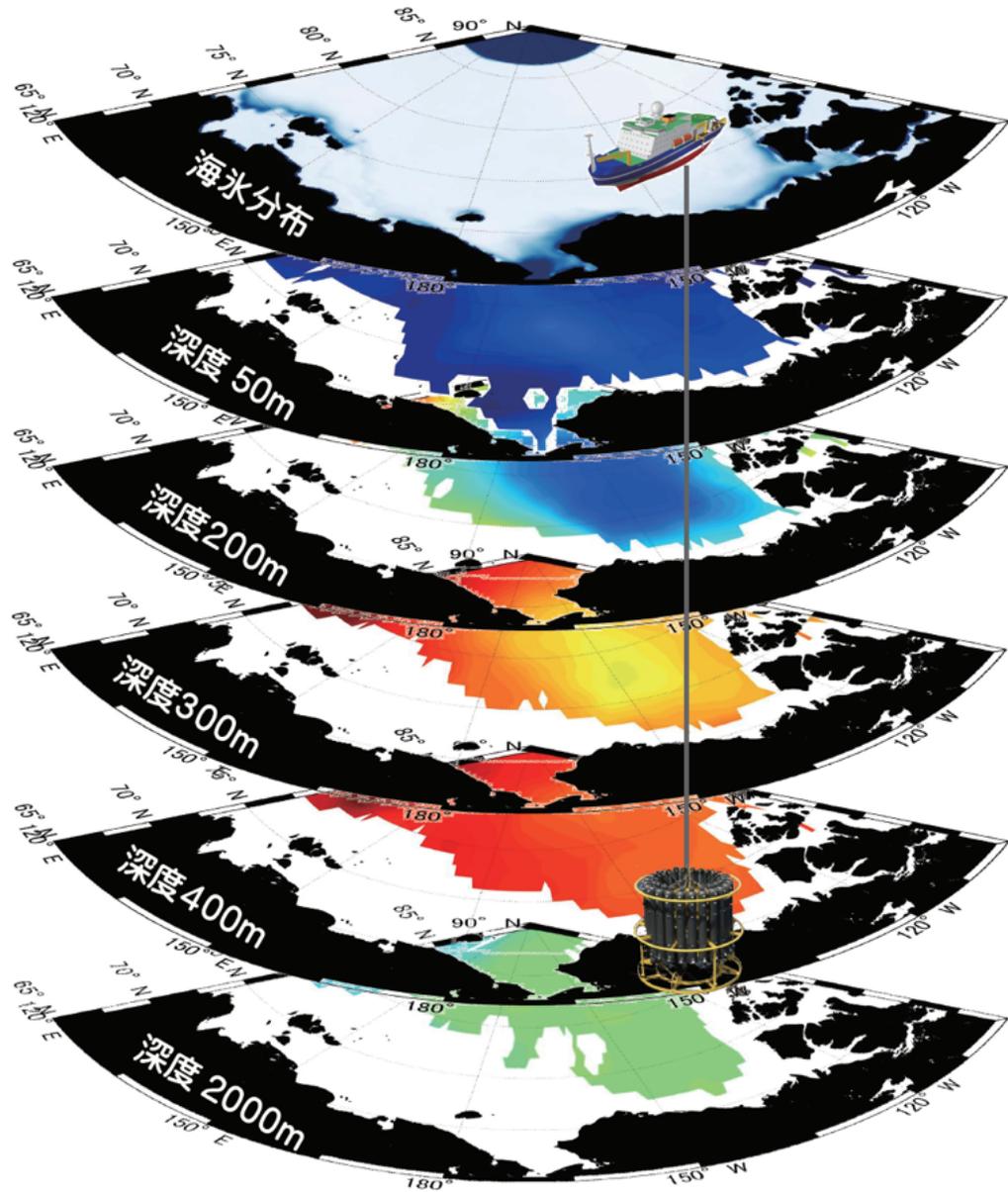


北極海の季節変動観測

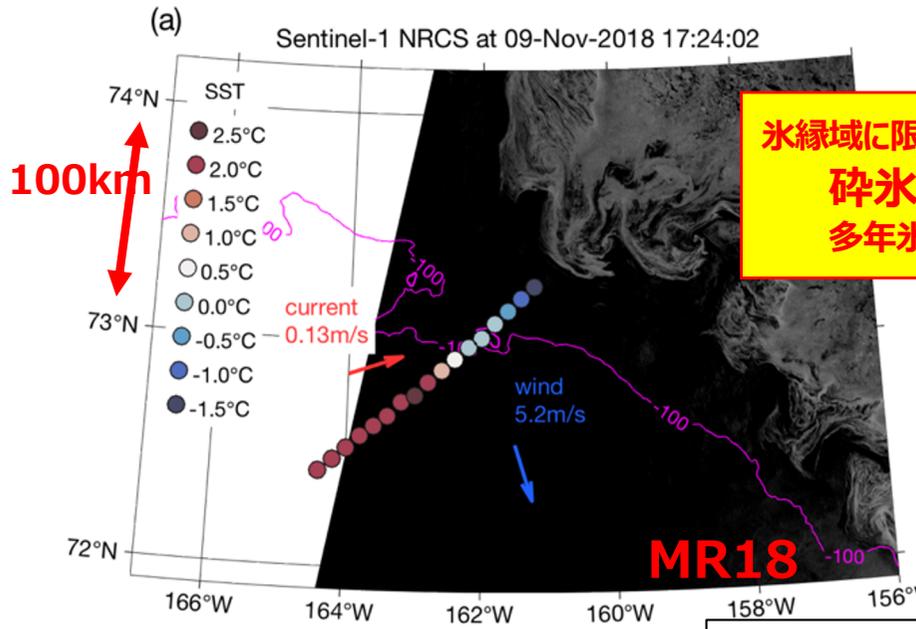
冬季春季の海氷—海洋システムの実態を理解するための実観測データが圧倒的に不足
海氷激減・大気—海氷—海洋相互作用の核心領域を砕氷船観測で射抜く

海氷に覆われる冬季・春季北極海の
「海洋内部」の実態を明らかにする



観測・シミュレーションの融合研究
海氷・気象・温暖化予測の
精度向上へ

氷縁域から多年氷域の波浪と海氷の同時観測



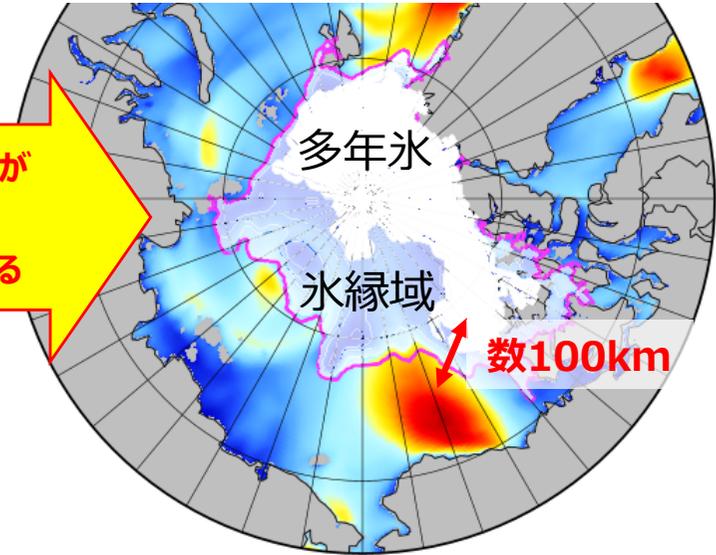
海氷・波浪識別レーダー

ステレオカメラ
可視光・赤外

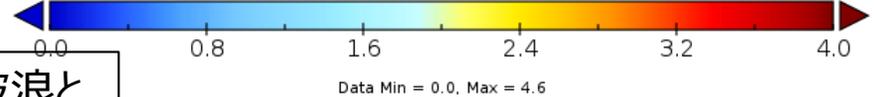
海氷下の波浪の伝搬



氷縁域に限定した波浪海洋観測が
砕氷船を用いることで
多年氷域へ大幅に拡大できる



significant height of wind and swell waves (m)



- 結氷期から融解期の波浪と海氷の相互作用の解明
- 波浪による氷盤の破壊
 - はす葉氷の形成
 - 氷盤サイズの分布と波浪スペクトルの相関
 - 波浪による海洋混合



- ◆ 北極航路の安全
- ◆ 沿岸域の保全
- ◆ 極域の気候変動・変化

氷盤設置波浪計
水温プロファイル
乱流計測



海氷分布



ドローン、
ヘリコプター、
無人機空撮

無人自律
観測機器

Polar Morning (4月~6月) 物質循環・生物生産において劇的な変化が起きる時期

大気-積雪-海氷-海水-海底：フラックス観測により，変化を定量的にとらえる

- * 氷上観測（氷上大気観測タワー，海氷コア採取，フラックス測定）
- * 海洋観測（海上大気観測，海水中生物・化学物質分析，短期係留観測）
- * 海底観測（堆積物コア採取，フラックス測定）

蓄積されたブラックカーボン等
大気由来物質の放出
→大気，生物，融解への影響

海洋起源エアロゾル・有機ガス等の放出
→大気，雲形成，オゾン層への影響

光の透過
→光化学反応，光合成

海氷融解水・大気由来物質の流入

アイスアルジーから外洋性プランクトンへの移行
→生態系，物質の変質・輸送，二酸化炭素の吸収

炭素フラックス

冬 → 季節変化 → 春

北極海

生態系観測を含む太平洋側北極海の総合観測

中央北極海生態系調査 - 「おしよる丸」との連携観測 -

○海氷消失に伴い将来的に漁業活動が行われる可能性がある海域の水産資源調査を含んだ海洋生態系総合観測を実施する。

- ・北極域研究船による海氷域を含む広域海洋観測、低次生態系調査および魚探による水産資源調査
- ・「おしよる丸」による開放水面域でのトロールなどを用いた水産資源調査



おしよる丸 web page より

国際連携同時広域観測 (Synoptic Arctic Survey II)

○国際連携の下に北極海全域をカバーする複数船舶による同時広域観測を実施する。2020/2021年に「みらい」で実施予定の Synoptic Arctic Surveyの再観測。

- ・「みらい」は砕氷船でないため開放水面域しか観測できず、国際貢献は限定的
- ・砕氷能力を持つ北極域研究船では中央北極海を単独横断することができ、日本の国際貢献は飛躍的に増大



太平洋側北極海氷縁追跡観測

○氷縁の北上と共に移動しつつ、開放水面域-氷縁域-海氷域の断面観測を繰り返し実施する。

- ・氷縁付近は観測が困難でデータが少ないため、その特殊な気象・海洋環境や生態系の実態はほとんど知られていない。
- ・氷縁の物理プロセス (大気・海氷・波浪・海洋相互作用、氷縁ジェット、渦、湧昇、水塊混合など)と物質循環・生態系を繋ぐ観測や波浪・海氷短期予測に資する観測が必要



氷海域における観測体制の確立

寒冷環境下における砕氷船観測の諸課題の抽出

○高品質データ取得に資する観測・運航体制の構築

- ・ -10℃以下での船上・氷上作業の習熟
- ・ 測器の適切な選択・運用方法の知見の蓄積

厳冬期のオホーツク海での慣熟航海

○巡視船「そりや」で培われてきた海氷域観測の知見を応用

- ・ 「バスケット」を用いた海氷観測手法の開発
- ・ ヘリ観測に関する運用上の諸問題を確認

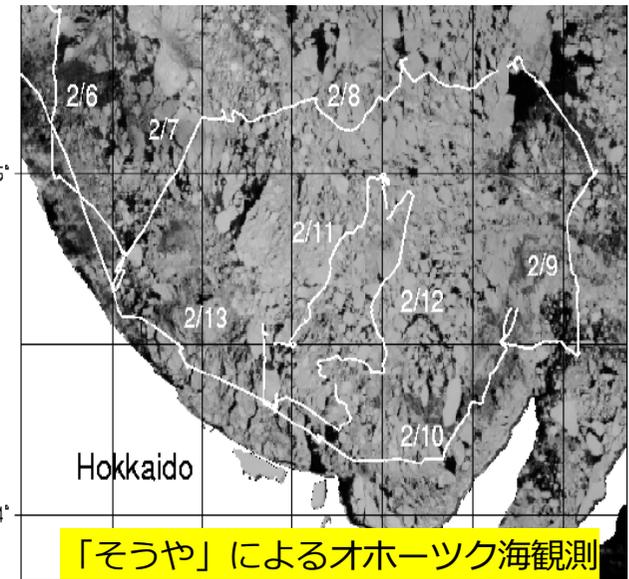
観測計画案

○2月のオホーツク海で1ヶ月間（当該年の北極航海の乗船者対象）

- ・ 砕氷航走観測、漂流観測、氷上観測などの「型」を確認
- ・ 常設機器、新規導入機器の動作確認
- ・ 衛星画像・予報データ取得の通信テスト



MOSAIC Implementation plan (2018)



Inoue and Toyota (2005, JMSJ)

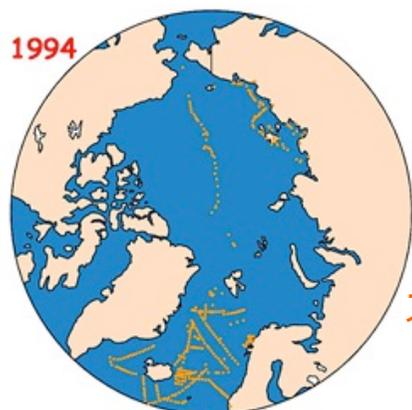


北極域研究砕氷船を持つ日本の存在意義

- ・ 観測時期の国際調整
- ・ 国際共同研究のプラットフォーム
- ・ IASC主導によるポストMOSAICの計画立案

気候モデルによる海氷予測精度向上 を目指した北極海縦断観測

季節海氷域から多年氷域までシームレス
に縦断するような国際連携航海を実施



[AOS94]

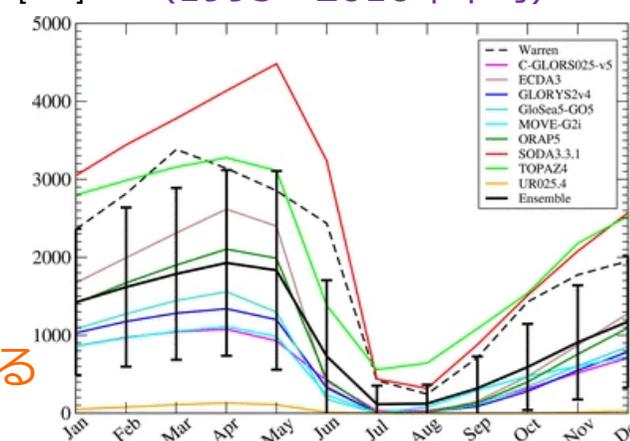
USCGC Polar Sea
CCGS Louis S. St-Laurent

特性が大きく異なる積雪と海氷を
区別して観測することが重要

春季のストームイベント期間に
数日以上の連続観測ができれば
オリジナリティが高い雪のデータが得られる



北極海における海氷上の積雪量
(1993~2010年平均)



Utolia et al. [2019]

海氷海洋同化プロダクトの
不確定性低減も期待される

- ・ 積雪&海氷プロセスの解析研究
- ・ 衛星アルゴリズムの開発&改良
- ・ 大気再解析データの補正

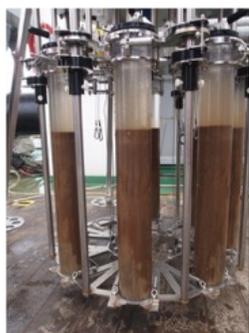


- 海氷を軸とした環境変動の理解
- 北極海航路利用計画策定
- 将来気候予測の精度向上

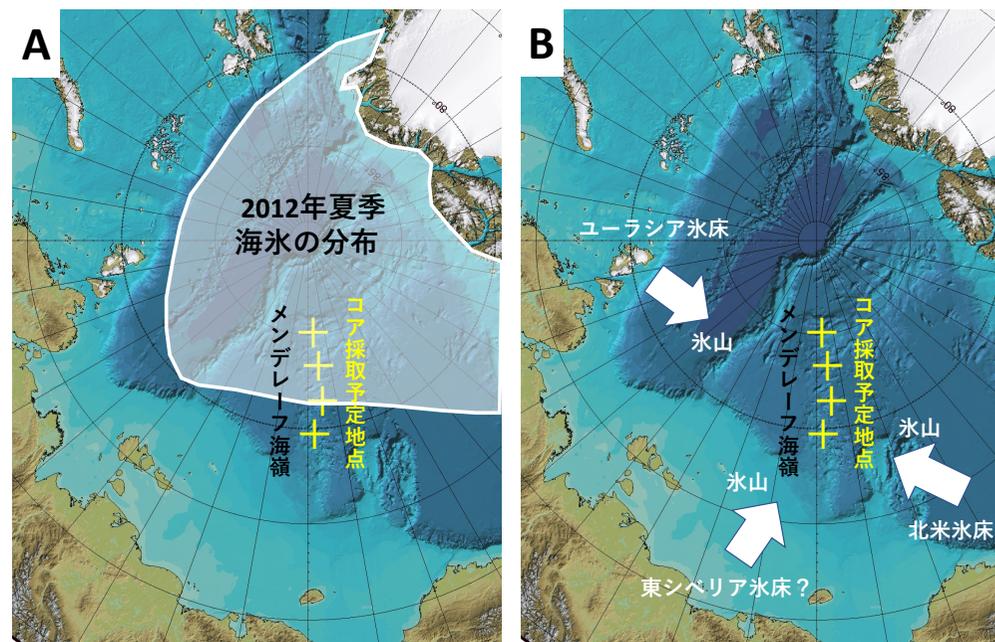
中部北極海の古海洋復元

- ・ 温暖期の海氷分布の復元
- ・ 氷床の消長の復元

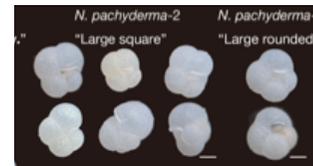
A: 温暖化により北極海夏季海氷分布は縮小している。現在よりも温暖な時代の海氷分布を調べ、異なる温度条件下で、海氷がどこまで退いていたか示す。



B: 北半球氷床は氷期ごとに異なる。海底コアに残された氷山起源物質の分析により氷床の消長を復元する。



漂流岩屑 IRD 山本正伸撮影



北極海の有孔虫殻化石 (朝日博史, 未公表)



山本正伸撮影
アイスアルジと
それに由来するIP25

- ・ 中部北極海メンデレーフ海嶺北緯79度から北緯85度までの範囲で4地点から、堆積物コアを採取する。
- ・ 放射炭素年代, 微化石群集組成, 有孔虫酸素同位体比, 漂流岩屑量, その鉱物組成, バイオマーカーを分析する。



海氷分布の将来予測に役立てる。地球史の理解を深める。

北極海の構造発達史の解明

わかっていること

- 北極海の各海盆のおおよその形成年代
 - ヨーロッパ側のユーラシア海盆の拡大史は詳細に判明
 - アジア側のカナダ海盆の拡大はおおよそ白亜紀と判明

わかっていないこと

- 構造的高まりの形成年代や形成プロセス
 - ジュラ紀～白亜紀のプルーム活動で形成？
 - プルーム活動の継続時間、分布は不確実
 - チュクチ海嶺 (CR)、ノースウインド海嶺 (NR)、アルファーマンデレーエフ海嶺 (AR,MR)の形成時期とプルームの影響



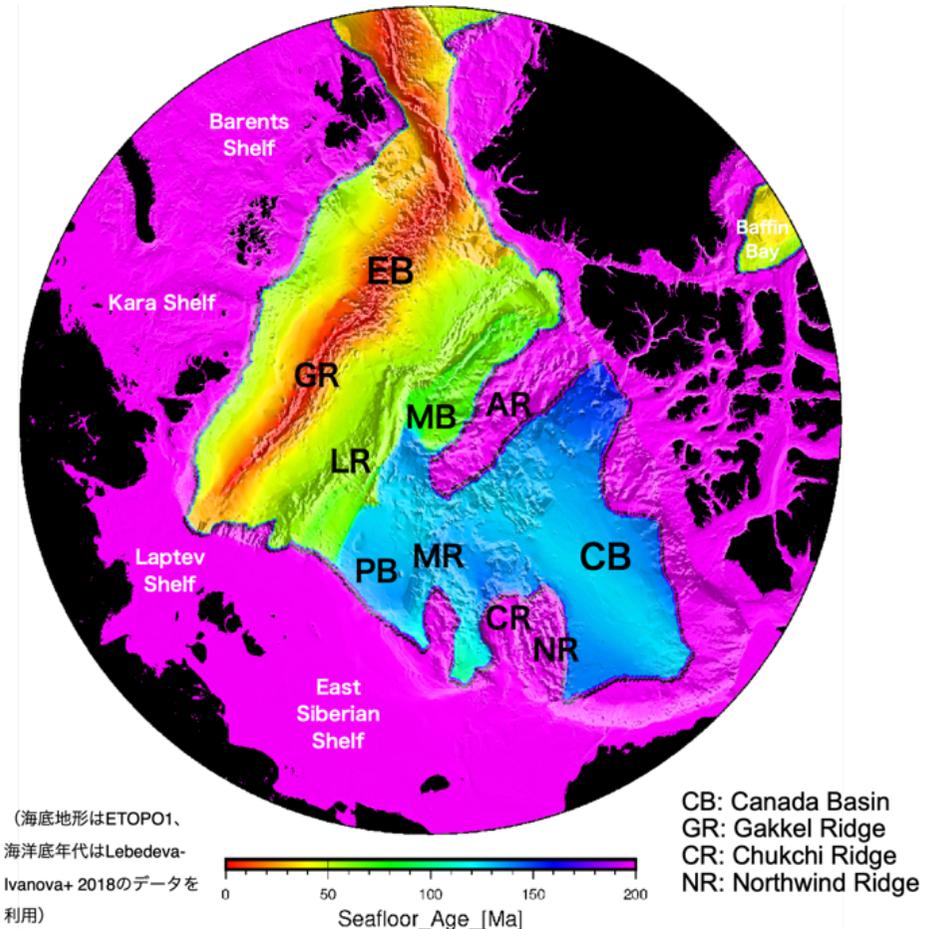
どうやって解明するか

- 系統的かつ効率的な岩石採取
- 系統的な地球物理観測 (海底地形・地磁気・重力)
 - 南極周辺を含む、他海域での日本の観測・研究経験を活かす



何につながるか

- 北極域の形成過程とそれが環境変動に与える影響
- ジュラ紀～白亜紀にかけての両極を含む構造発達史の解明



・北極域研究の基礎データの提供

・南極観測や海洋研究で培った我が国の固体地球研究に基づいた極域研究のイニシアチブ

北極海における船舶運航の安全性と経済性の向上

船舶航行の安全性

- 氷海航行の実績は通常海域より少なく、設計にあたってデータが圧倒的に不足している。
- 船舶関連データの計測・分析手法自体を開発する必要がある。
- 氷況監視・氷荷重計測・機関監視などを行う計測機器を搭載
- 多様な氷況において船自身をセンサとした性能データを取得
- 海氷のサンプリングにより、機械的特性データを蓄積

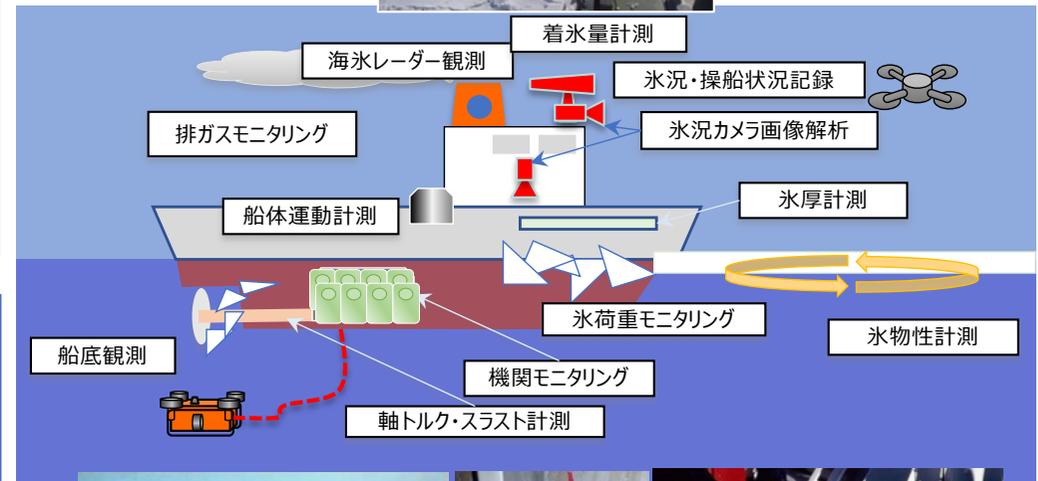
船舶航行の経済性

- 配船計画では、水中性能と氷況の関係を正確に把握・予測する必要がある。
- 氷況に対する航路選択によって、運航コストが大きく異なる。
- 氷況の変化に対応した氷海航行支援システムの活用
- 運航性能推定モデルの高精度化
- 船陸または船上におけるデータマネージメントの高度化

氷海運航技術の向上

- 氷海航行には寒冷地や規制対応に関する専門知識を備えた人材の育成が不可欠。
- 操船技術の不足は安全性・経済性に大きな損失をもたらす。
- 高度な運航支援技術及び航海機器の開発と検証
- 上級訓練にも対応するトレーニングシップとしての活用
- 実用的な極海オペレーションマニュアルの策定

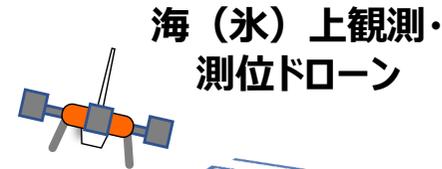
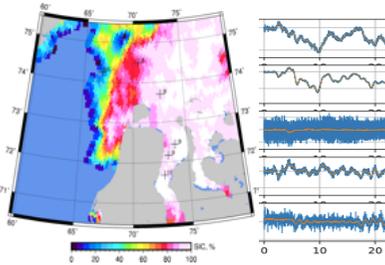
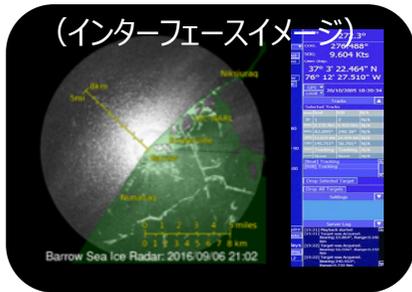
北極海の利活用
と海氷変動の
相互影響の一環
として分析



Polar Code等の国際規則に
対応し合理性検証やデータ提供

我が国独自の先進的な技術開発による海氷域の 統合的観測の実現

北極海海氷域において、網羅的なデータの取得が困難な氷況（分布、氷種、サイズなど）や氷厚、さらには海氷下の物理・化学・生物地球化学・生物学的環境を観測するための先進的な技術開発を実施



② 電磁測位・氷厚観測技術

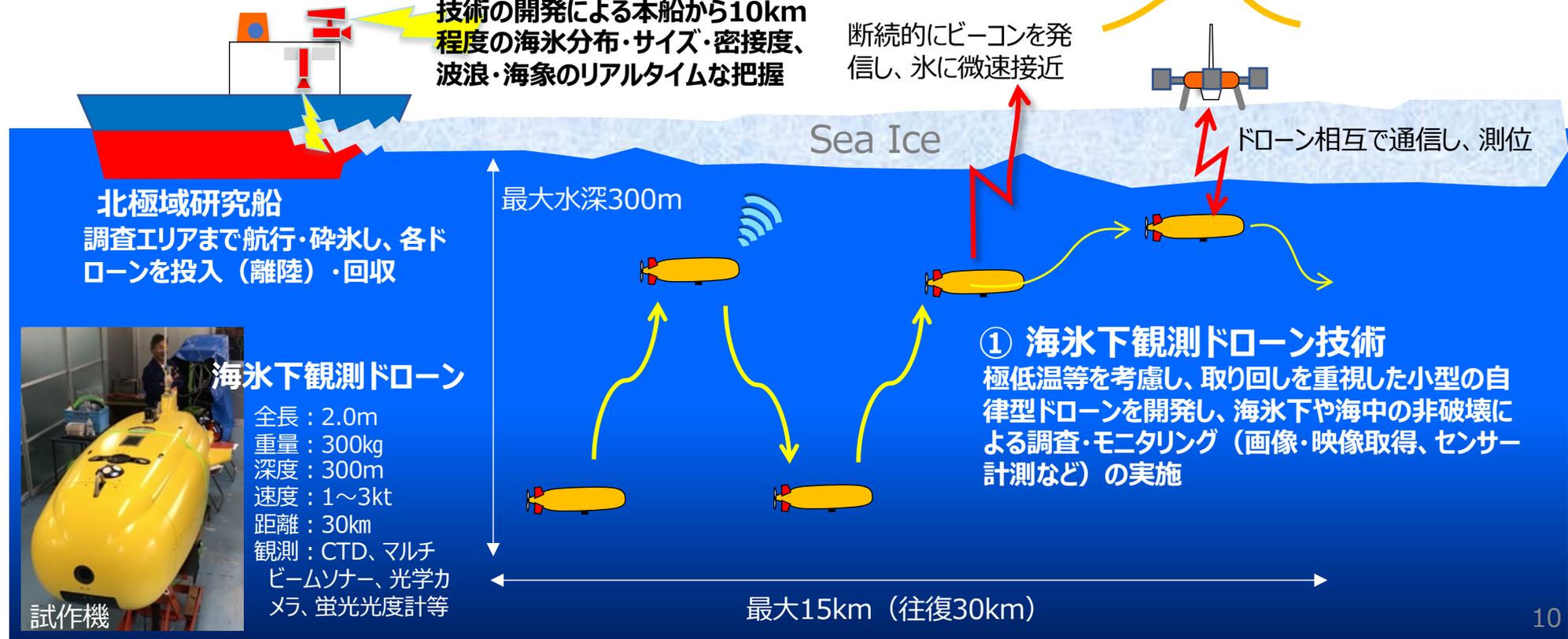
目標海氷域まで移動後、目標エリアの電磁場ベクトルマップを作成。海氷厚観測と海氷下観測ドローンの測位を実施

③ 海氷・波浪識別センシング技術

先進的な海氷・波浪レーダーと解析技術の開発による本船から10km程度の海氷分布・サイズ・密接度、波浪・海象のリアルタイムな把握

断続的にビーコンを発信し、氷に微速接近

ドローン相互で通信し、測位



海氷下観測ドローン

全長：2.0m
重量：300kg
深度：300m
速度：1~3kt
距離：30km
観測：CTD、マルチ
ビームソナー、光学カ
メラ、蛍光光度計等

人文社会科学のフィールドとしての北極域・研究船

人文社会科学

○普遍的な法則を見出すための学問が中心な自然科学と異なり、個性記述的。法則を導くのではなく、一回だけの出来事や人間性、社会について何かを解釈し、語ることが目的。

→自然科学と人文社会科学の連携のためには、理工系の側である程度進めてしまった研究課題を一方向的に投げるのではなく、そもそもの研究プログラムの始まりから複数の分野で一緒に考えることが必要

- 北極船上、ないし移動した先（停泊地含む）の人間の日常的な経験や社会の多様性を記述したり、ある視点から解釈する
- 社会全体で意識化されていない課題の発見

観測内容・概要

○あくまで例として

- 極限環境における科学者の特徴や日常的な行動様式の観察（エスノグラフィー）
- 船舶による科学観測の実施における国際法秩序の適用および運用に係る実務の 観察およびデータ収集
- 北極域の自然に対する芸術的観点に基づく観察とデータ収集
- 極域航行可能な手段の確保のための観察およびデータ収集
- 北極船のELSI (ethical, legal and social implications, 倫理的・法的・社会的な課題) 発見

社会全体で意識化されていない課題は人文・社会系こそが
見つけられる



期待される成果・国際連携

- 科学的知見の一般社会との共有
- 持続可能な発展の達成
- 社会に意識化されていない課題の発見
- 自然科学と人文・社会科学の連携
- 我が国の国際プレゼンスの向上