

海氷分布予測の鍵

～風と海流と氷が奏でる旋律～

島田浩二・吉澤枝里（東京海洋大学）

植村直己 北極点到達 1978年4月29日
オーロラ号と犬たちと

文藝春秋社

日本発の北極船『オーロラ号』は、
「自然に遊ばせてもらっている」という言葉を残した
多田雄幸の協力により完成する



こころの遺伝子
白石康次郎×多田雄幸

海の冒険に
挑んだ師匠

多田雄幸

第一回 (1982年)世界一周単独ヨットレース「アラウンド・アローン」優勝

NHK『こころの遺伝子』白石康次郎×多田雄幸 より

植村直己は、16世紀以来、北まわり航路を探し求めた冒険者たちがつらなる長い列の、いちばん末端に位置している。いちばん最後ではあったけれど、「単独であること」が、植村をその位置につけた。

『植村直己 夢の奇跡』（湯川豊）



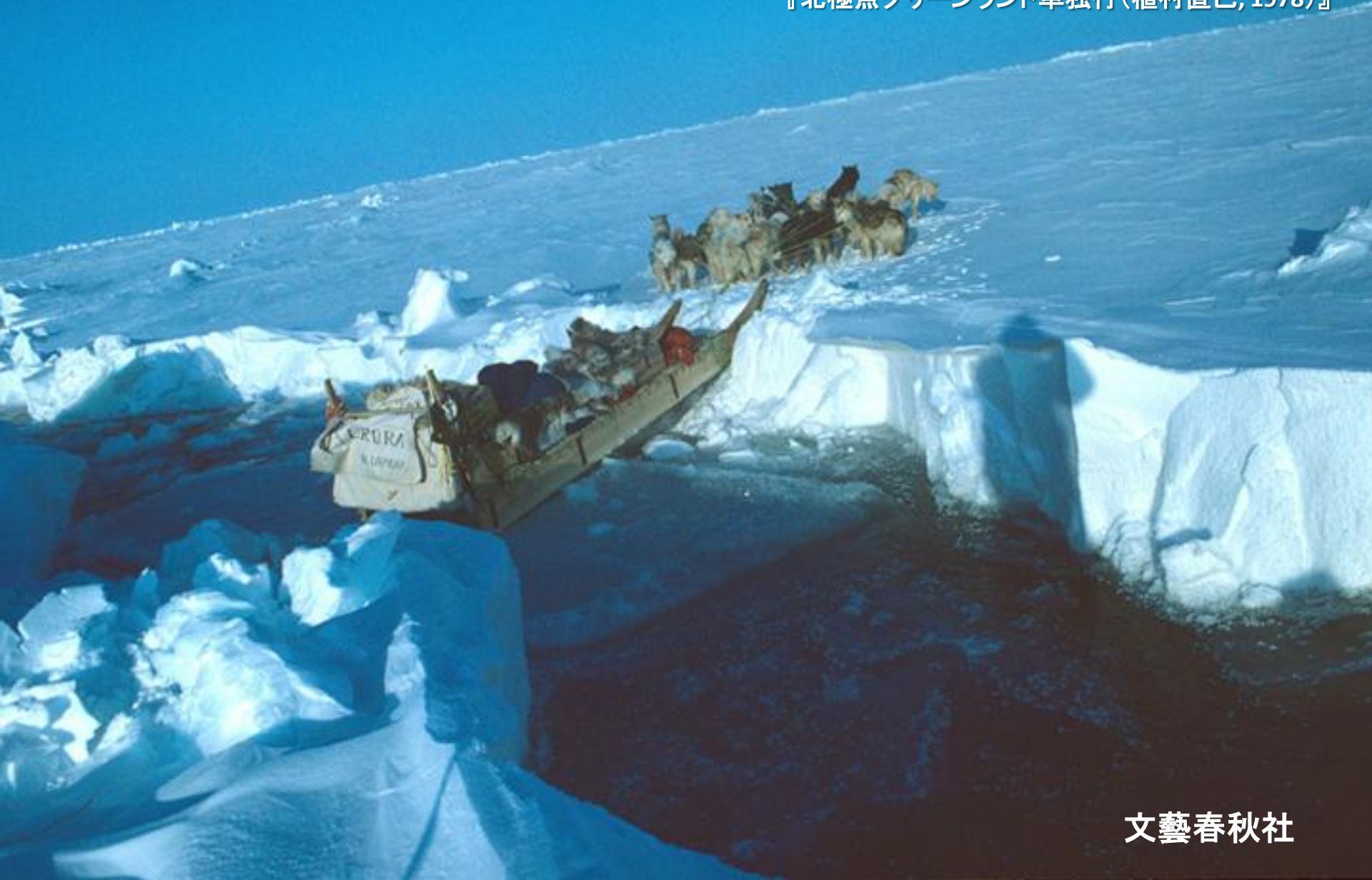
自然に遊ばせてもらおう

白石康次郎

NHK『こころの遺伝子』 白石康次郎×多田雄幸 より

進退きわまった。孤島に取り残される。**大きな氷の動き**にまきこまれる。死の危険がキナクさくにおった。(中略).....**黒い北極海**が口をあける。凄惨な光景だった。映画のスローモーションを見るような非現実的な光景だった。私はうろたえ、なす術がなかった。

『北極点グリーンランド単独行(植村直己, 1978)』



飛行機の上から何度か観察して、ある程度覚悟はしていたつもりだが、やはり愕然とした。なんと**いうものすごい乱氷帯**なのだろう。機上から見た乱氷は、けっしてその正体を見せてはいなかったのだ。いま私の行く手に、ひとつとして同じ形のない大小の氷のブロックがひしめきあっていて、視界の果てまで続いている。薄明の中に濃淡の変化をつけて浮びあがる**氷のブロックの堆積**は、あまりに圧倒的で、むしろ幻想の中の光景のようだ。

『北極点グリーンランド単独行(植村直己, 1978)』



海水分布の変動を知る鍵、予測の鍵

全体的な変動

局所的な変動

突発的な変動

大局的にはもとに戻らない

氷の動きの強化
(アイスクリーム理論)

氷の移動 (ワイパー) 氷の激突 (積木)

氷の動きの強化
(くるくるダンス)

Shimada et al.
2006

島田のポスター

吉澤のポスター

観測に成功

近日公開

海洋循環の強化
(北極の黒潮)

スカスカ・動きやすい

海の温暖化
(床下暖房)

氷ができず減少
⇒薄氷化⇒融けきる

基礎研究から鍵の提供

北極航路上の
チョークポイントを予測
(吉澤のポスター)

床下が温まり、海氷減少が
起きるまでにどれだけの時間を
要するのか? (吉澤のポスター)

床下が冷え、海氷で閉ざされる
までに、どれだけの時間を
要するのか? **熱の貯金**
(Mizobata & Shimada, 2012)

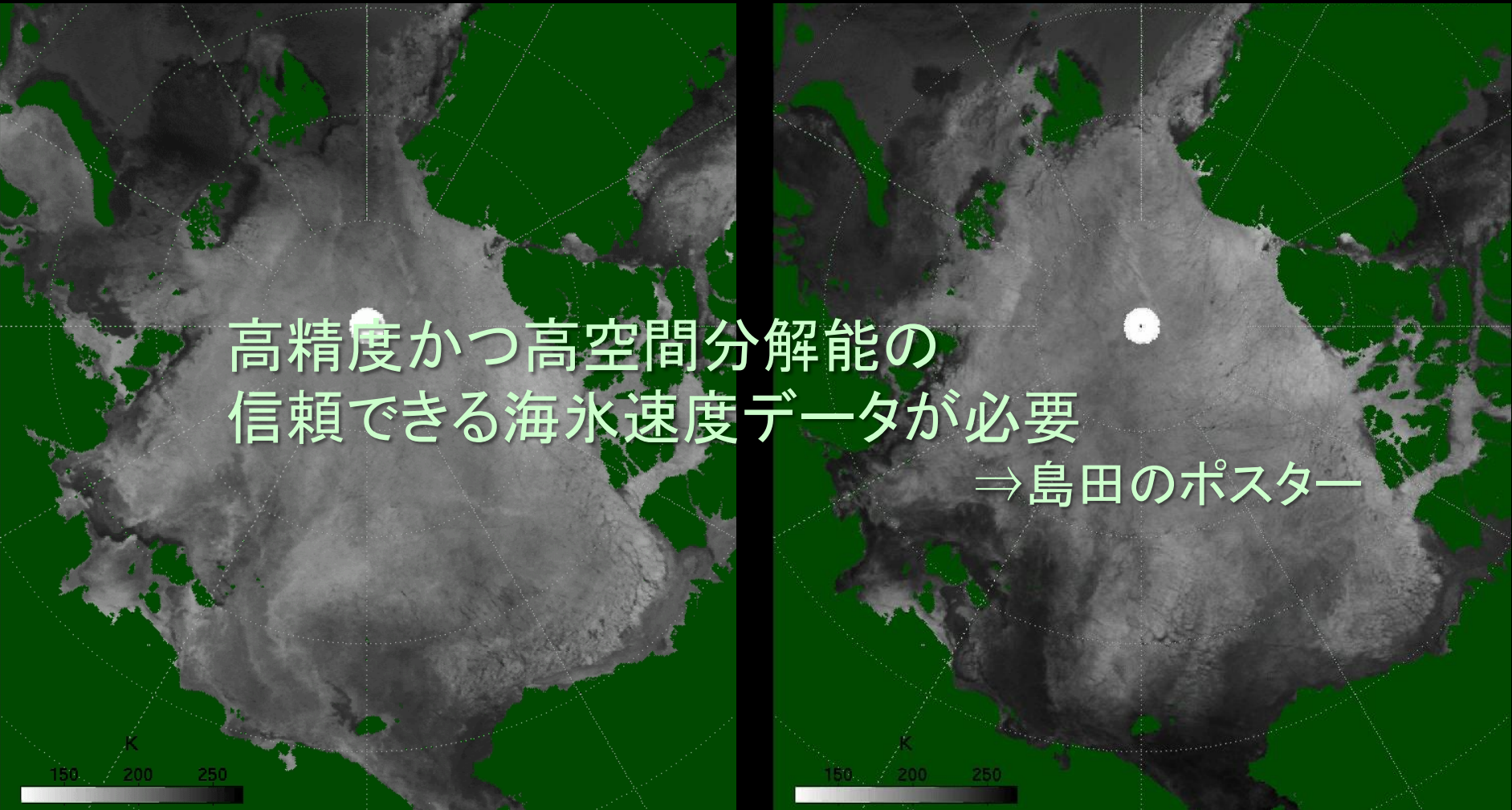
海水のかき混ぜ
(床下暖房の
配管破裂)

海水分布
予報・予測
に活かす
(山口チーム)

海水厚の推定
(館山チーム)

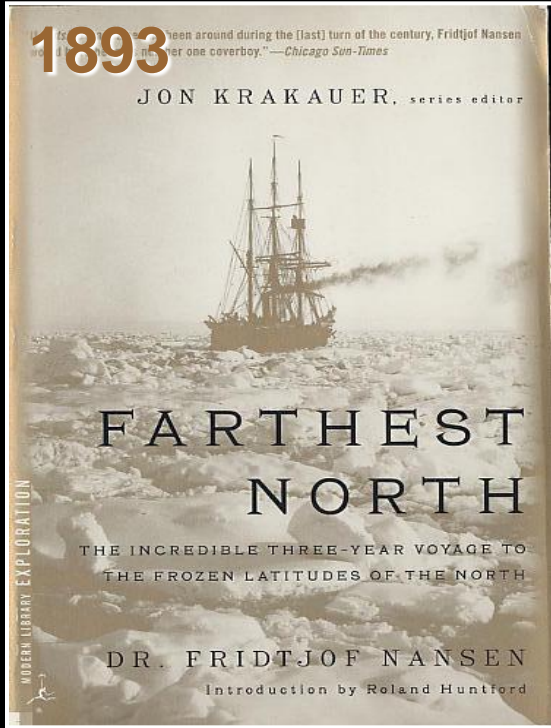
1978年、衛星観測がないころ、既に、植村直己さんは鍵を残してくれていた
全体的なイメージと現場のイメージ、その一体化と定量化に科学がある。

鍵の中心：海氷運動



高精度かつ高空間分解能の
信頼できる海氷速度データが必要

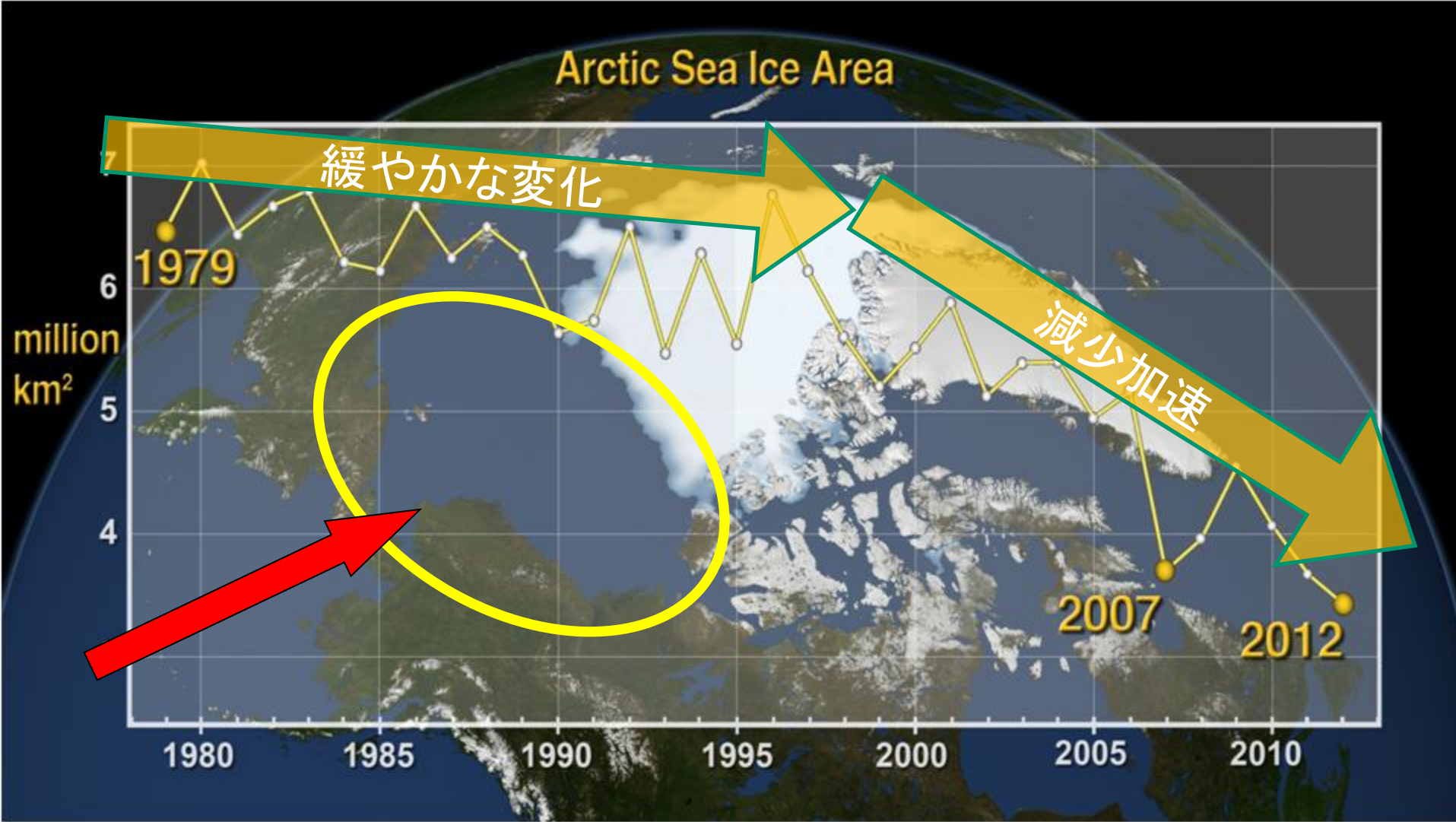
⇒島田のポスター



全体的な変動



海水面積の変化1979~2012

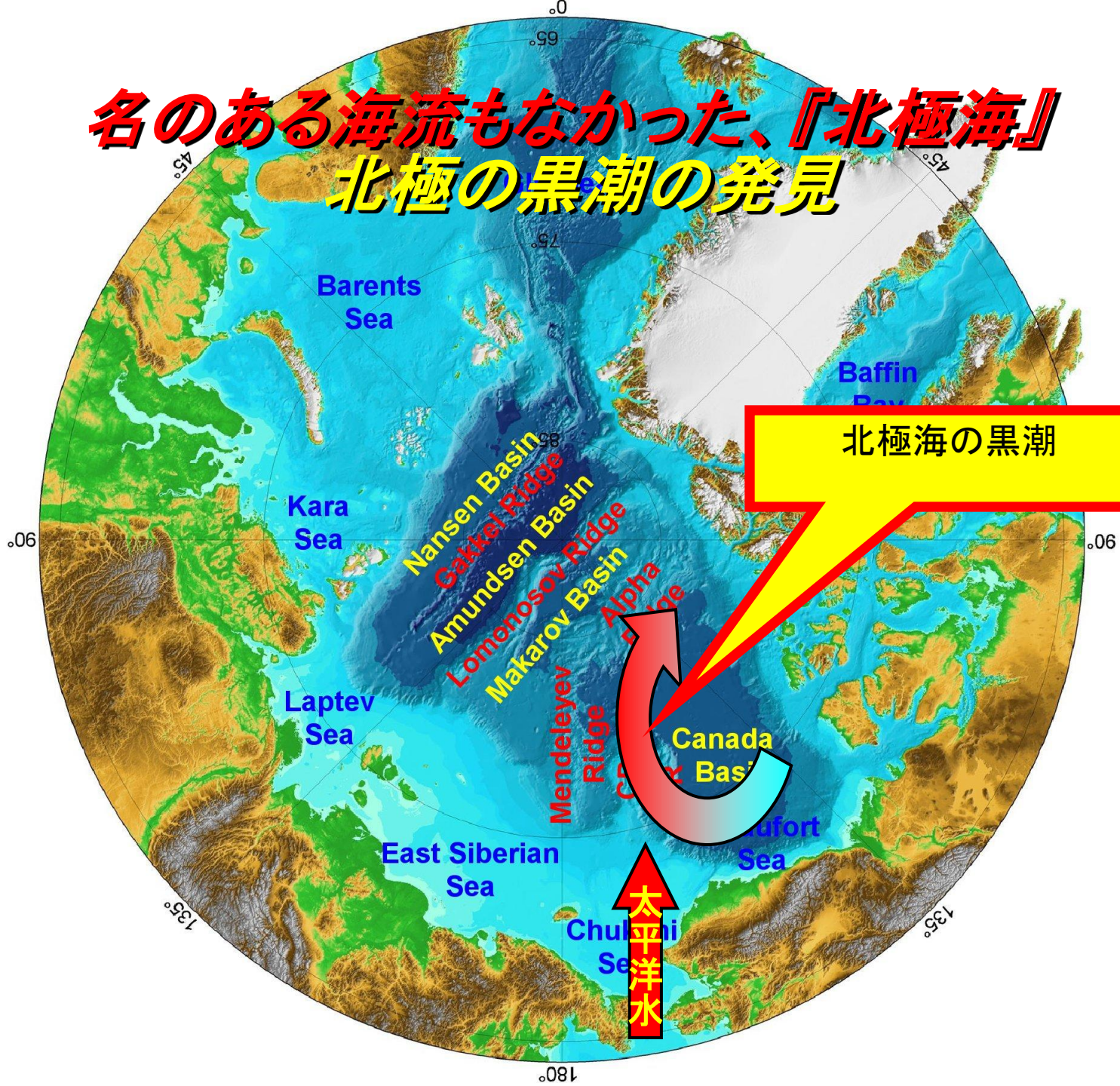




**多年氷域における、日本の最初の
砕氷船北極研究(1997-1998)**

Photo by Koji Shimada

名のある海流もなかった、『北極海』 北極の黒潮の発見



SHEBA/ARM 1997-1998

DRIFTING BUOYS

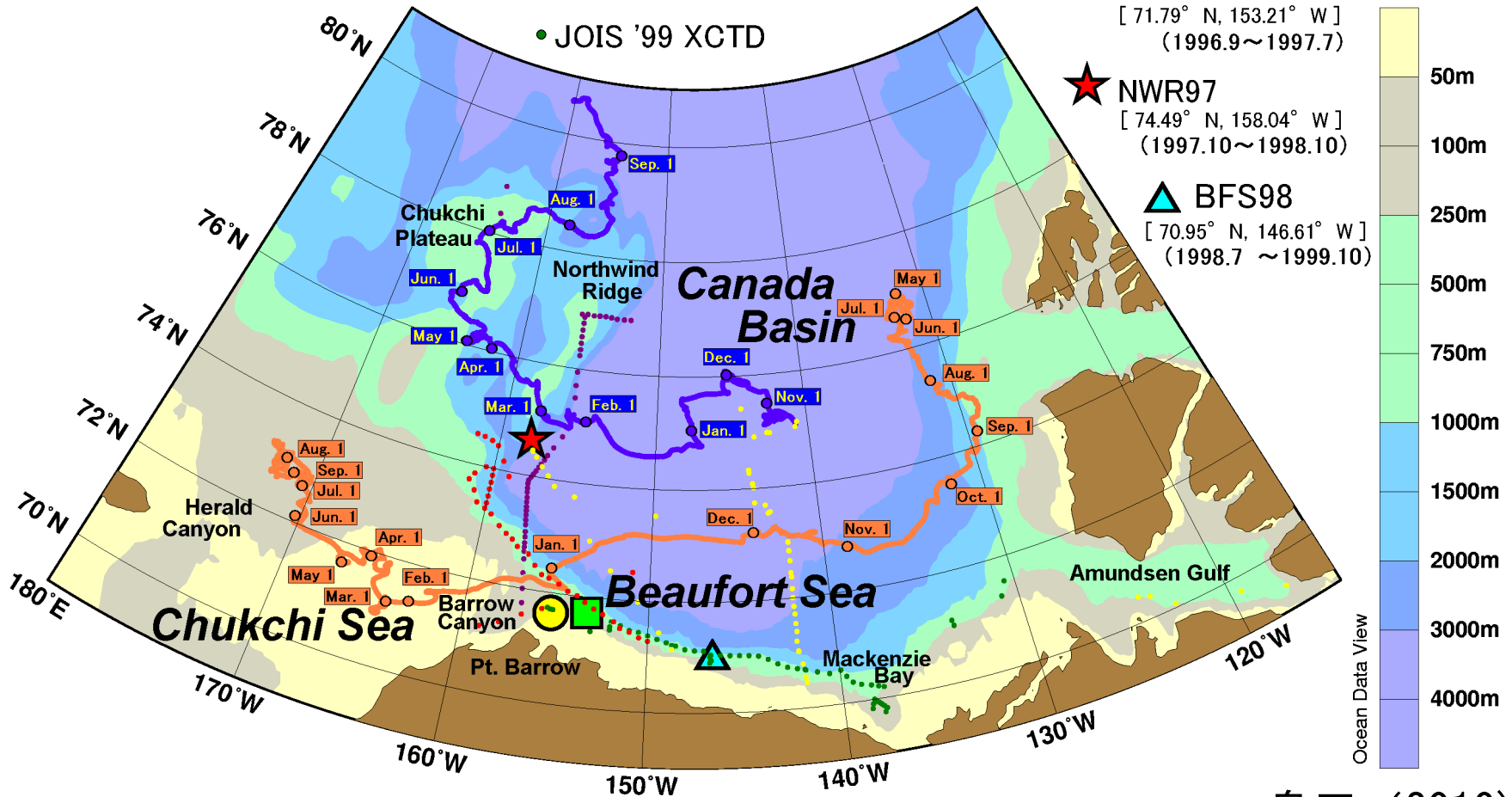
- IOEB1B97
- IOEB2S97

XCTD/CTD

- SHEBA/JOIS '97 XCTD
- SHEBA/JOIS '98 XCTD
- MIRAI '99 CTD
- JOIS '99 XCTD

MOORINGS

- CBE96
[71.76° N, 155.23° W]
(1996.9~1998.7)
- CBW96
[71.79° N, 153.21° W]
(1996.9~1997.7)
- ★ NWR97
[74.49° N, 158.04° W]
(1997.10~1998.10)
- ▲ BFS98
[70.95° N, 146.61° W]
(1998.7 ~1999.10)

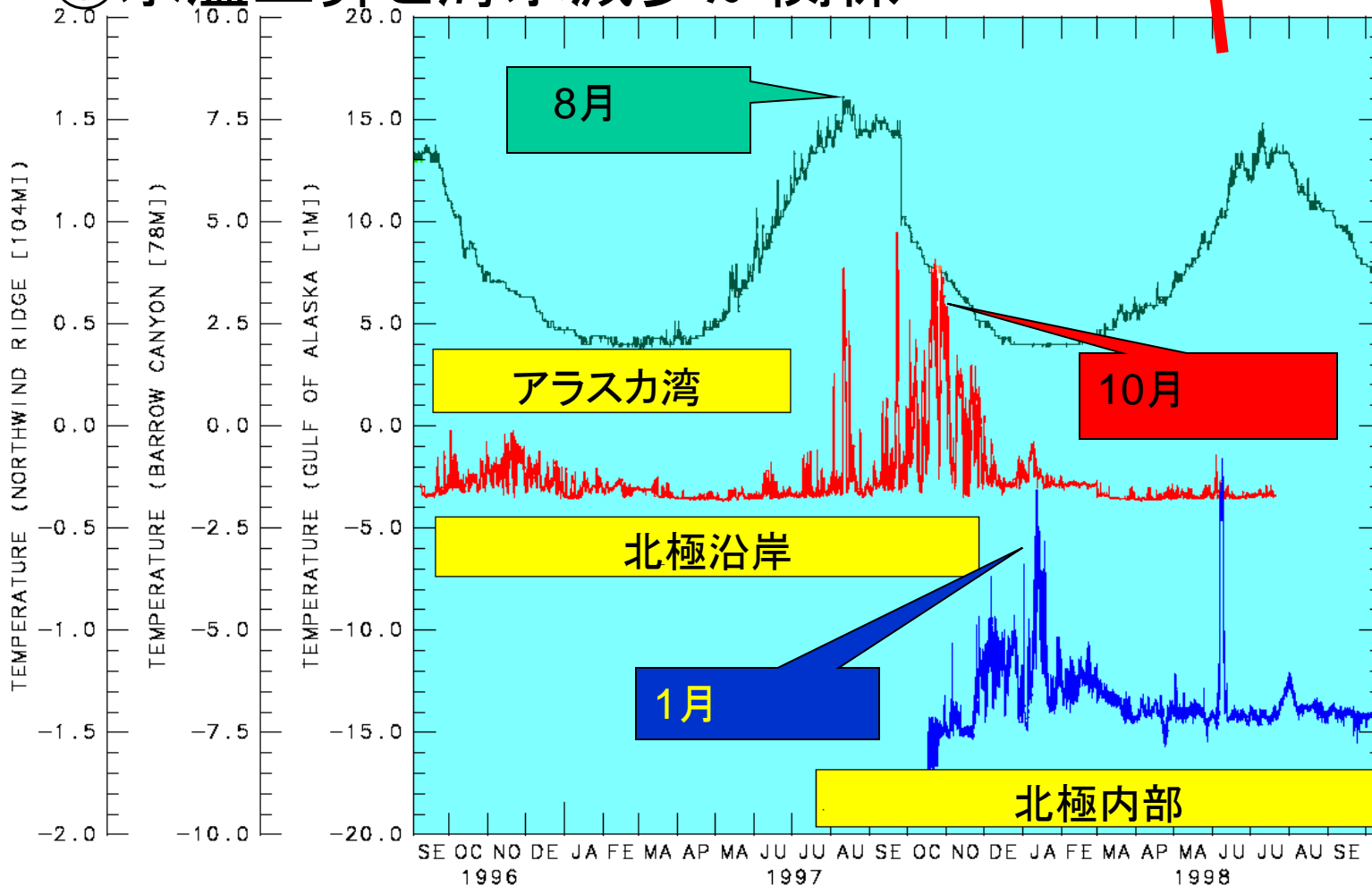
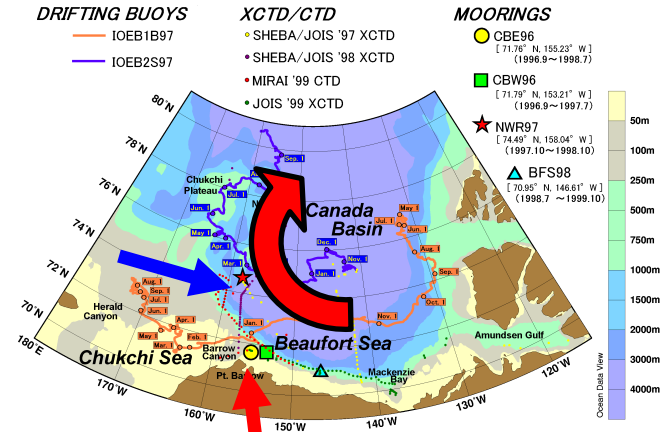


①北極海の黒潮を発見

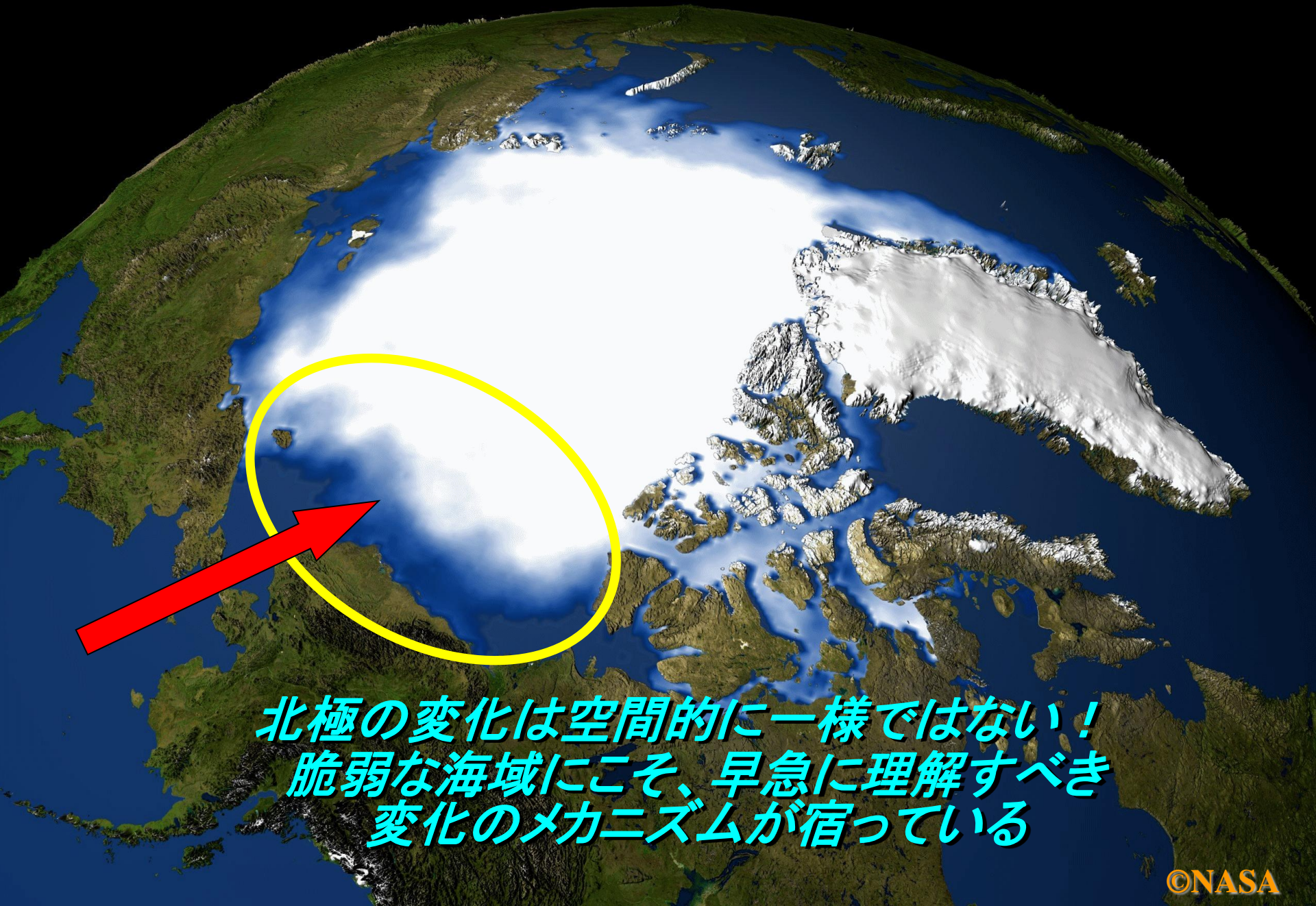
(暖かい太平洋夏季水の海流)

②北極海の海氷の下では、
冬に最も水温が上昇する

⇒③水温上昇と海氷減少が関係

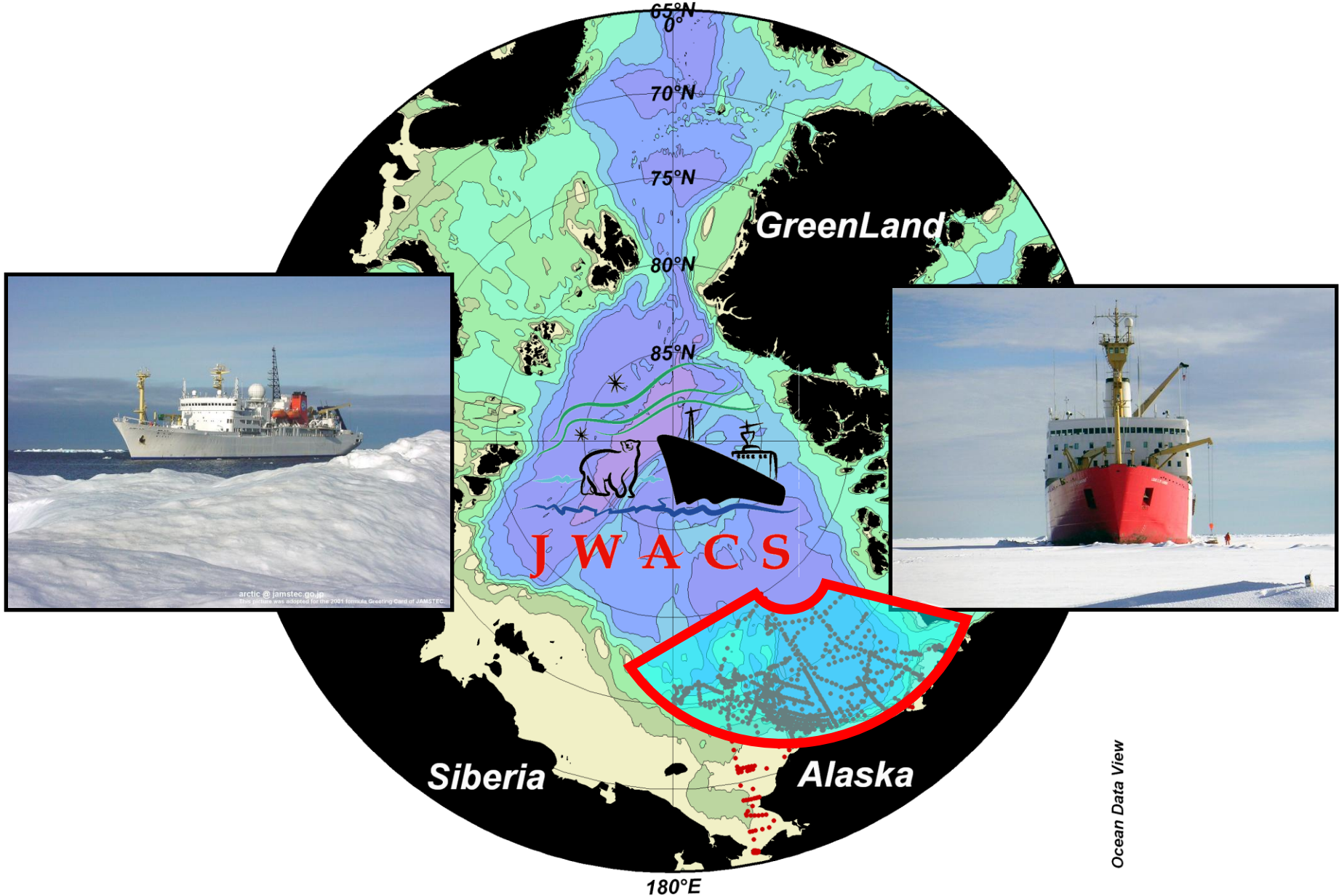


1979-1982



北極の変化は空間的に一様ではない！
脆弱な海域にこそ、早急に理解すべき
変化のメカニズムが宿っている

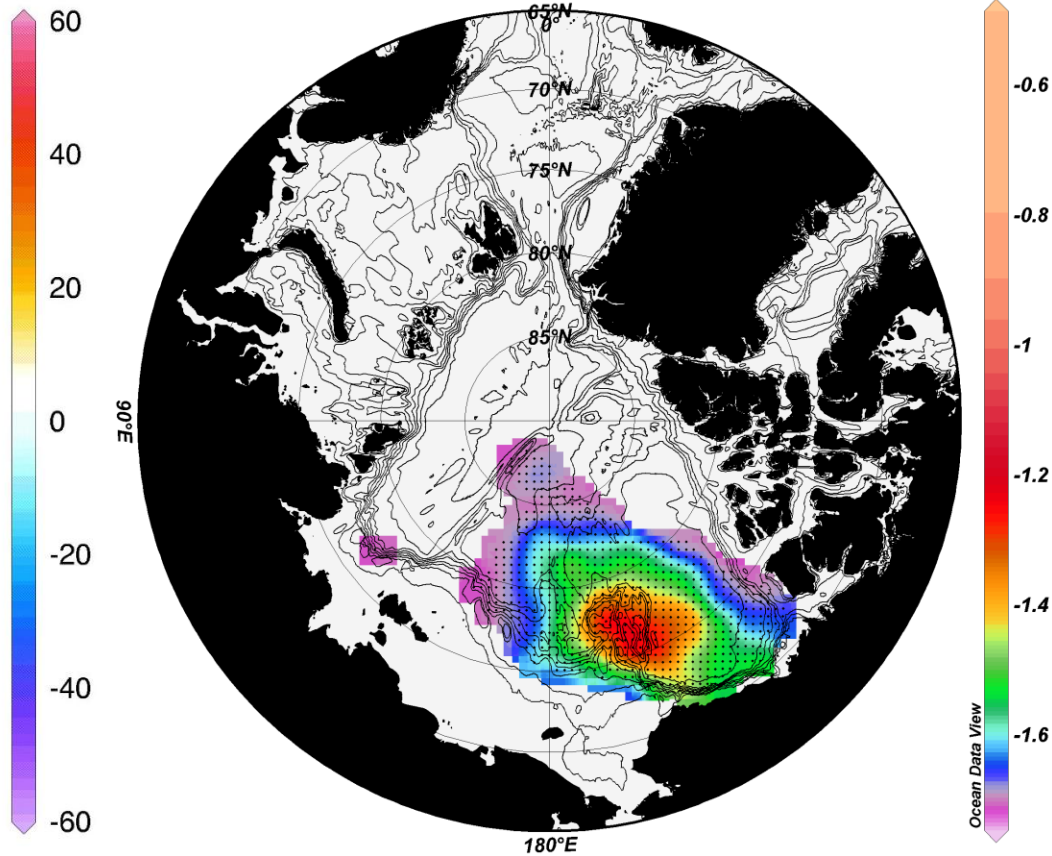
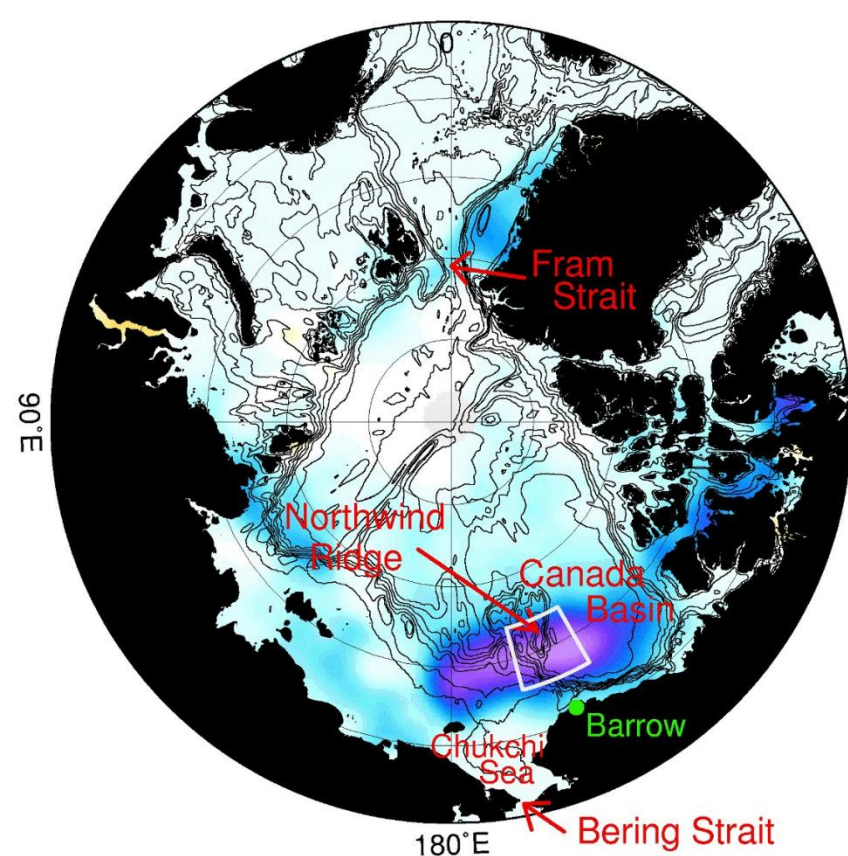
JWACS stations



JWACS: Joint Western Arctic Climate Study (日加科学技術協定プロジェクト)

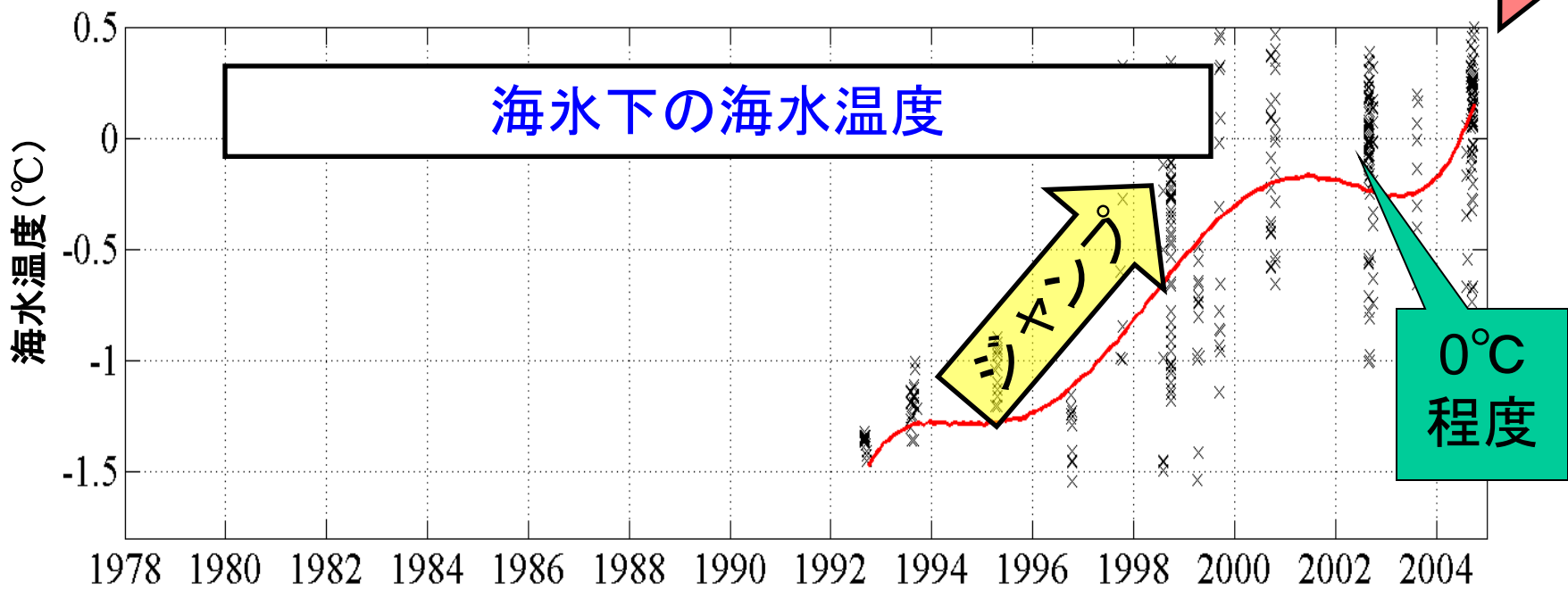
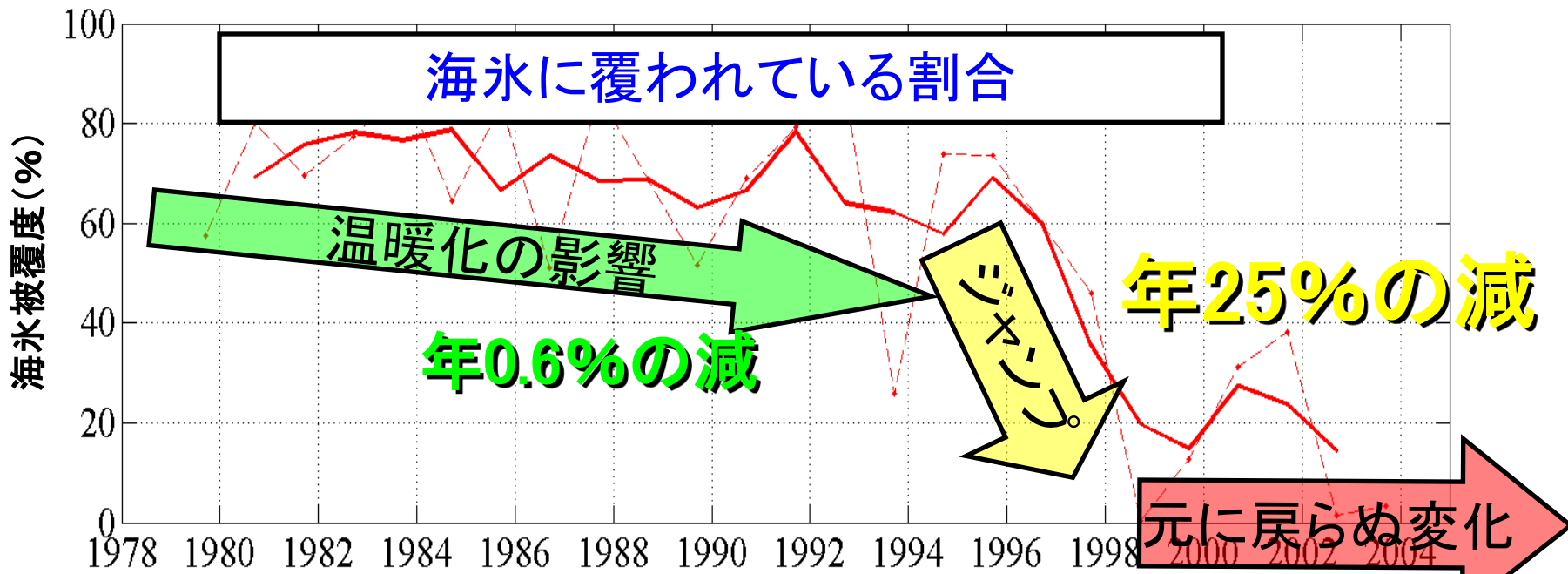
9月の海水密度差
1998~2003平均 マイナス 1979-1997平均
背景の等値線は海底深度

亜表層の水温(気候値)
【太平洋夏季水水温分布】



海水減少の空間パターンは
海洋のHOT SPOTと酷似している！

Shimada et al. (2006)



海水氷減少

融けるから減少する？

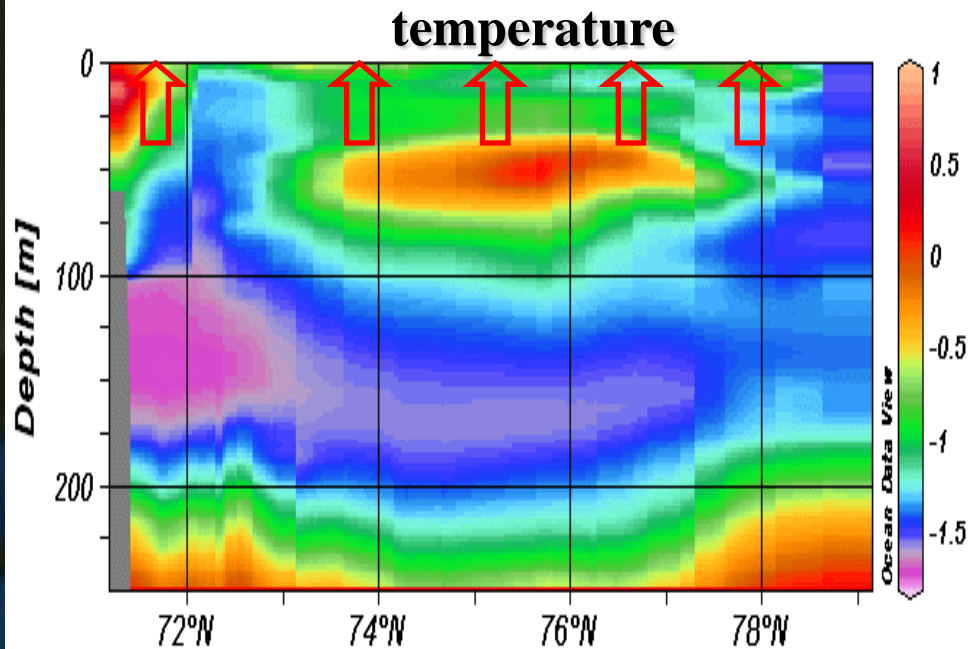
凍りにくいから減少する？



大事なこと！

融ける氷 ≠ 出来る氷

海の温暖化 (床下暖房)



星野道夫

Hoshino Michio

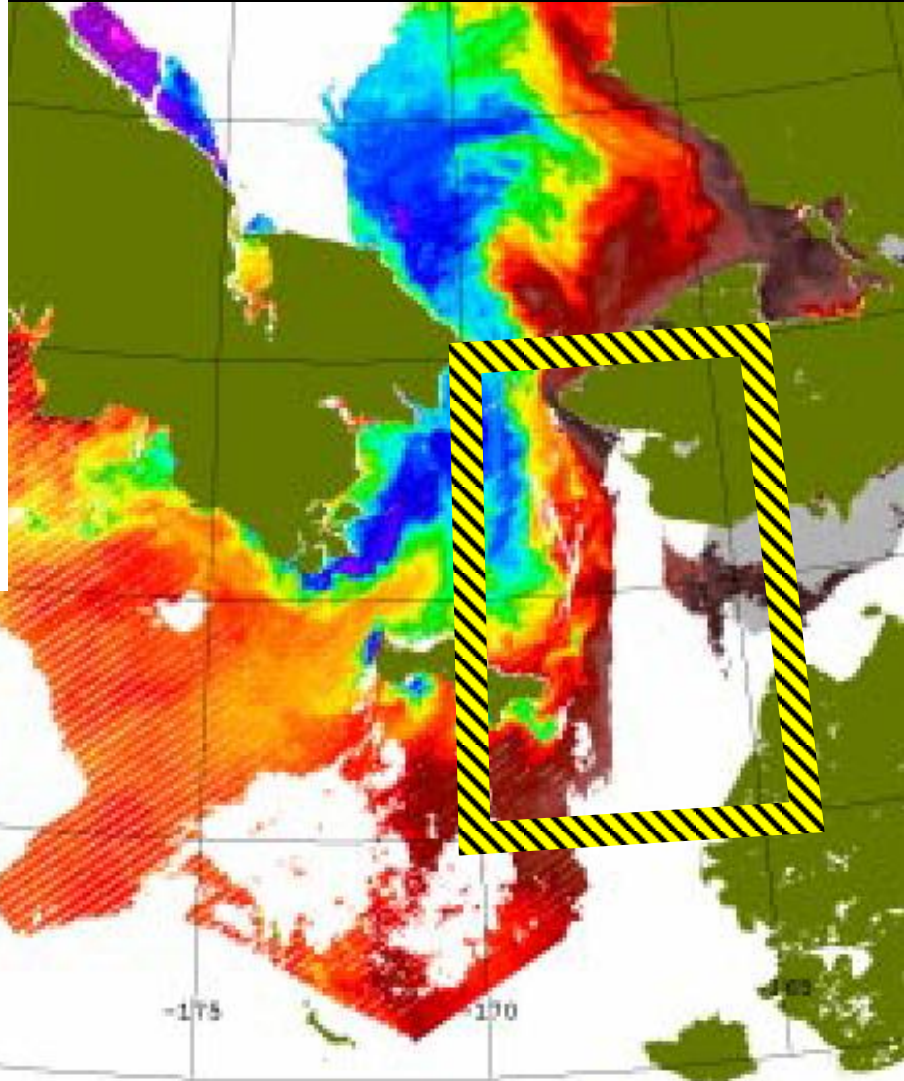
ベーリング海峡
ユーラシア大陸最東端より



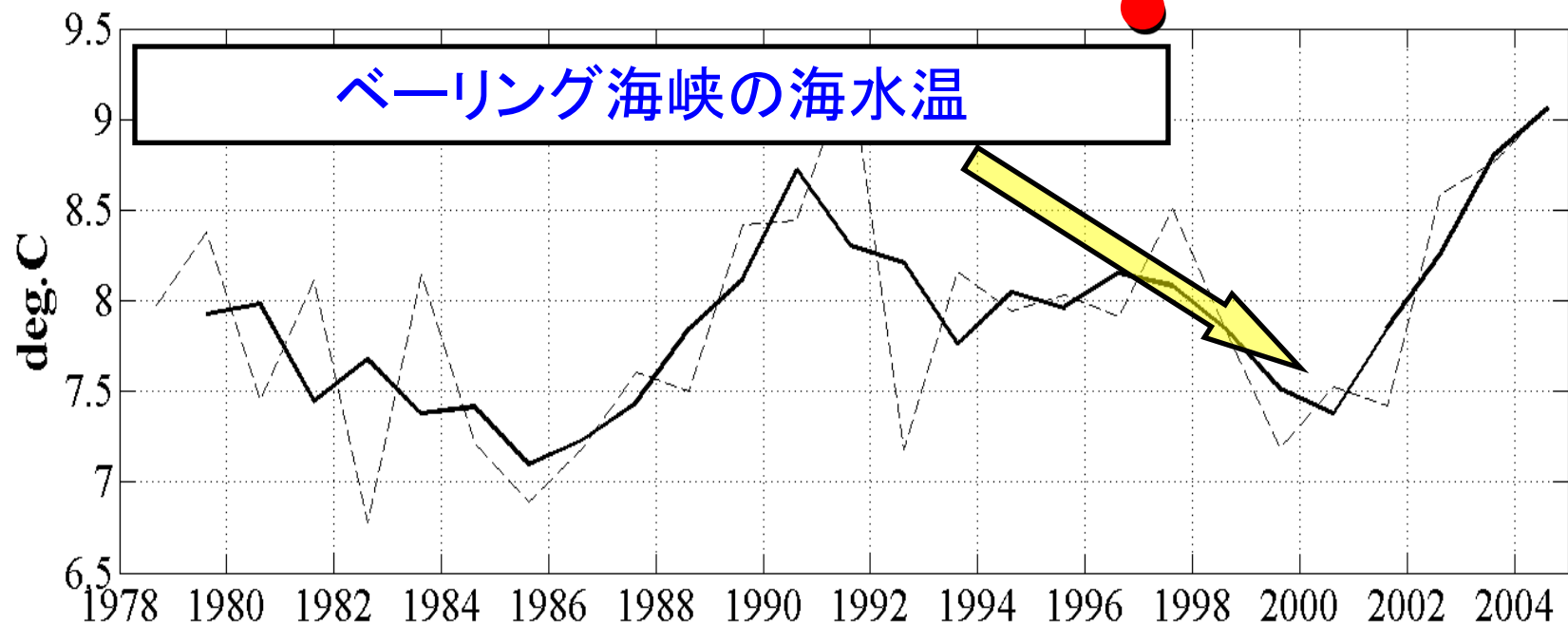
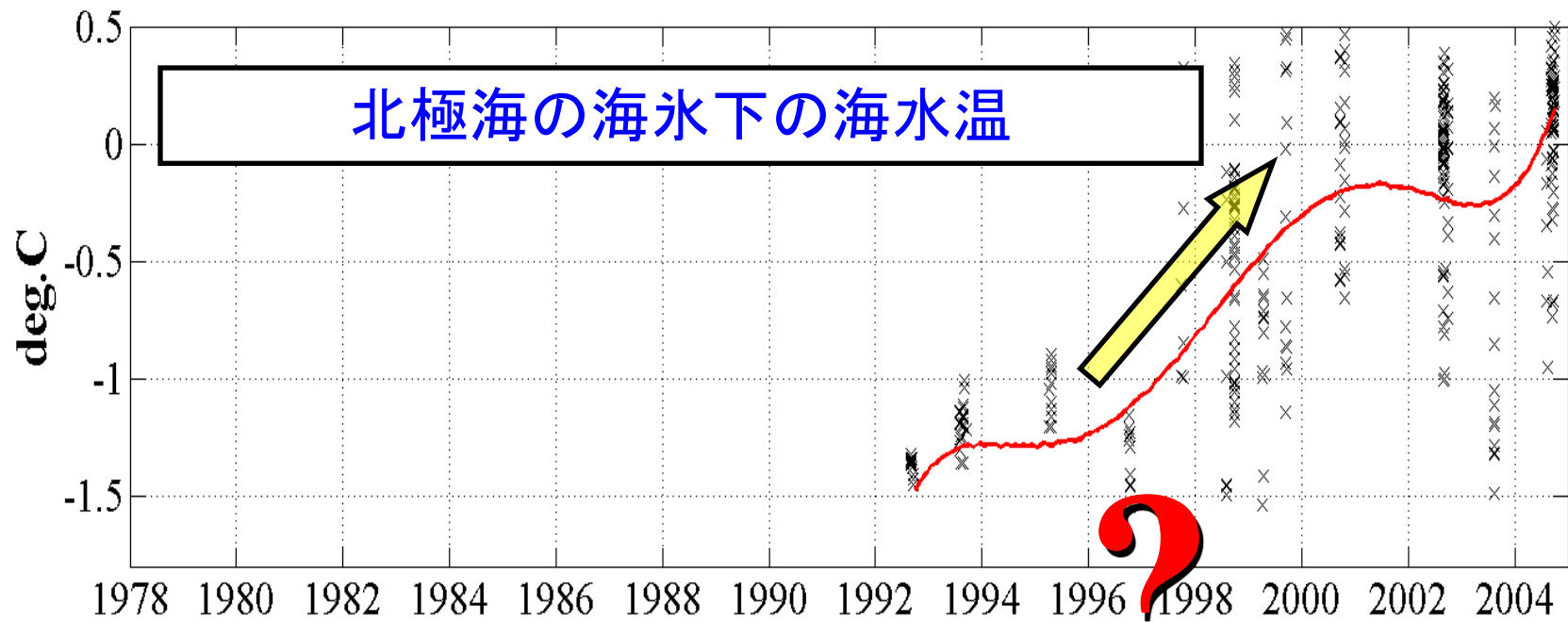
北極海に流入する太平洋水の
水温が上昇したのか？

「森と氷河と鯨」表紙 星野道夫 1996年夏

北極海に入ってくる海水の温暖化が原因ではないかと考えがちだが



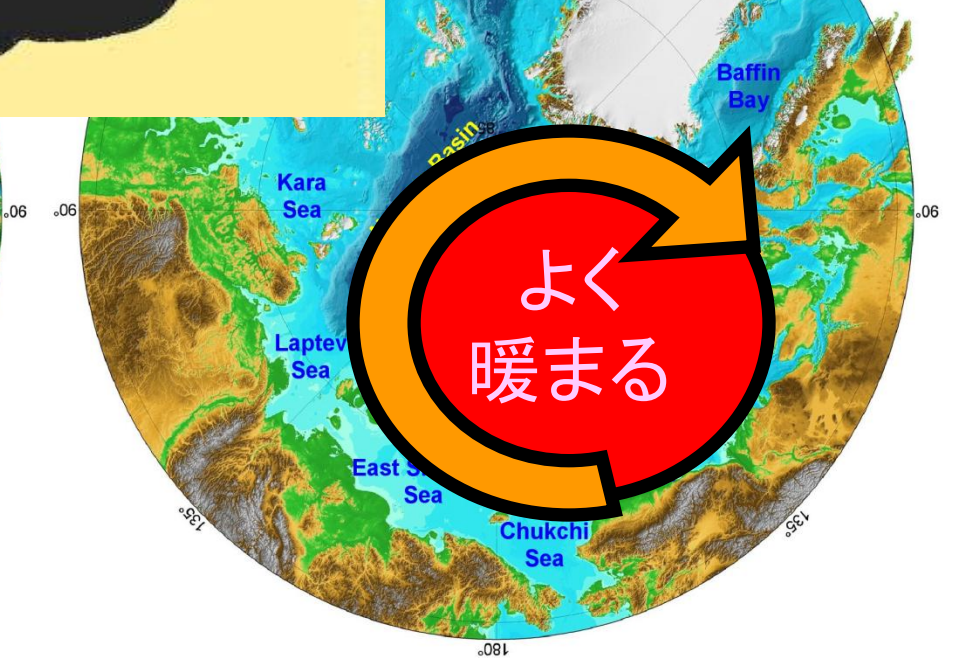
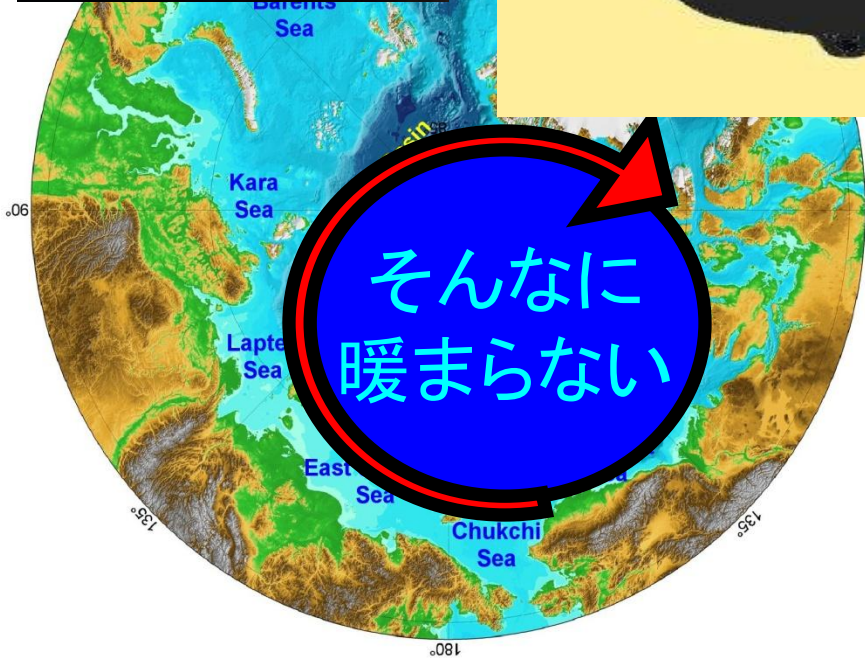
2245 26th Aug (239) 2004

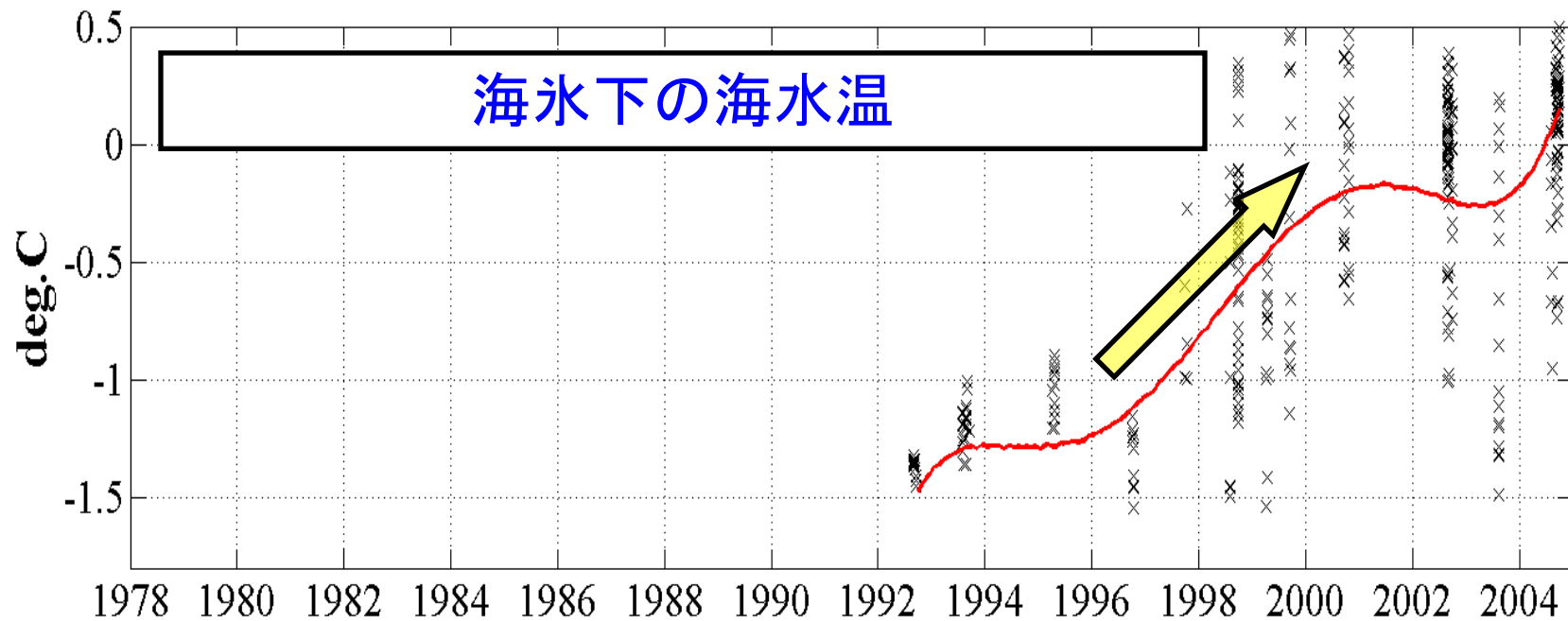


湯のみ一杯の熱いお湯

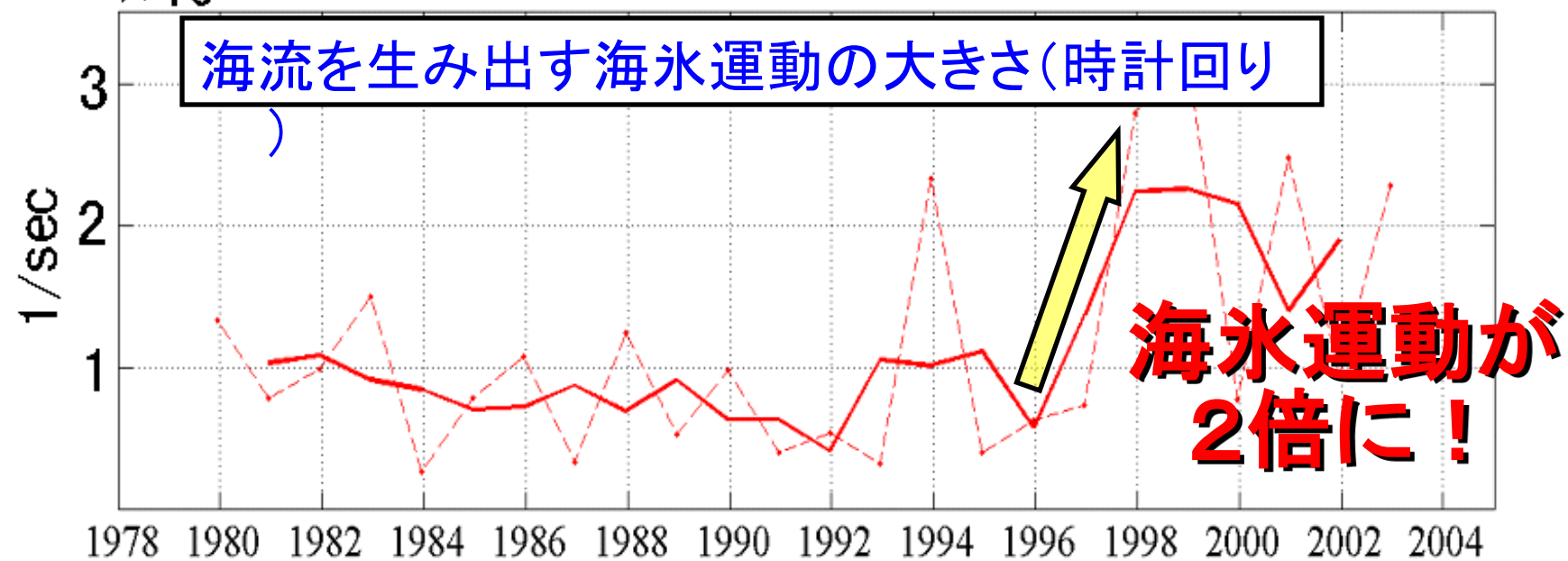
バケツ一杯の温いお湯

どっちがあたたまる？





$\times 10^{-8}$



Shimada et al. (2006)

冷たく固まったアイス
をスプーンでまわせない



北極海

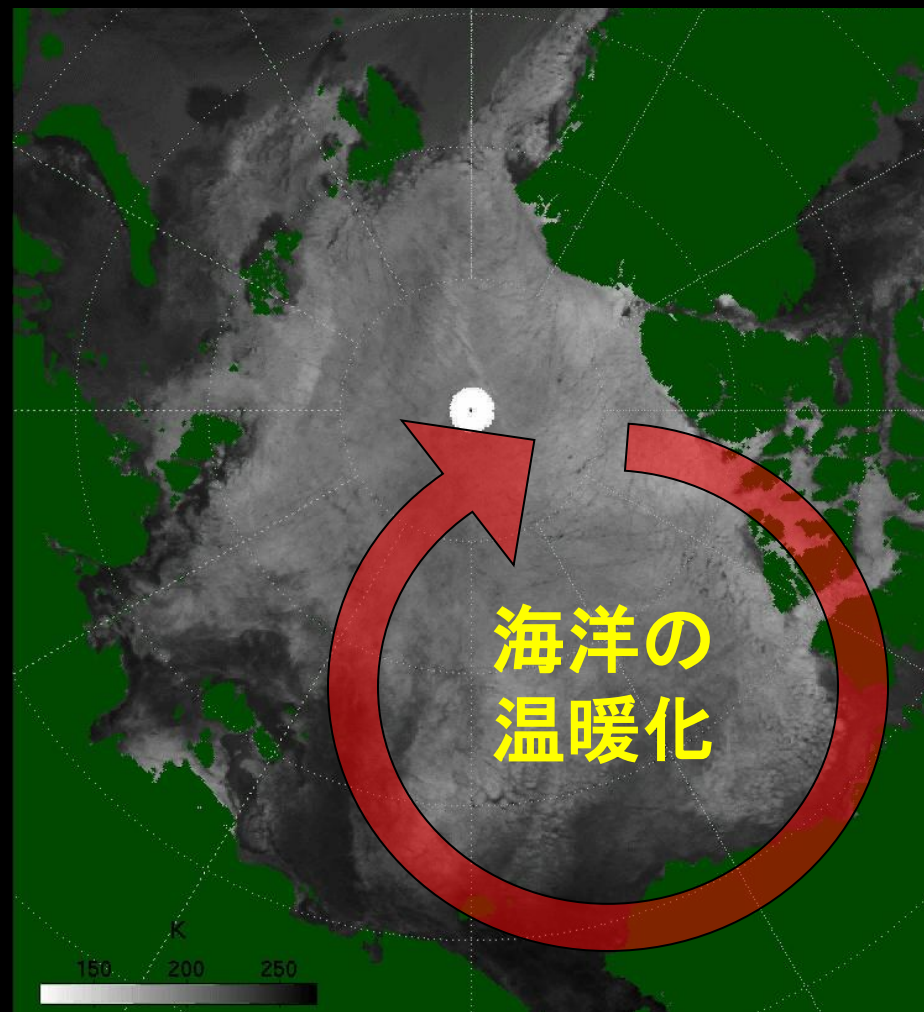
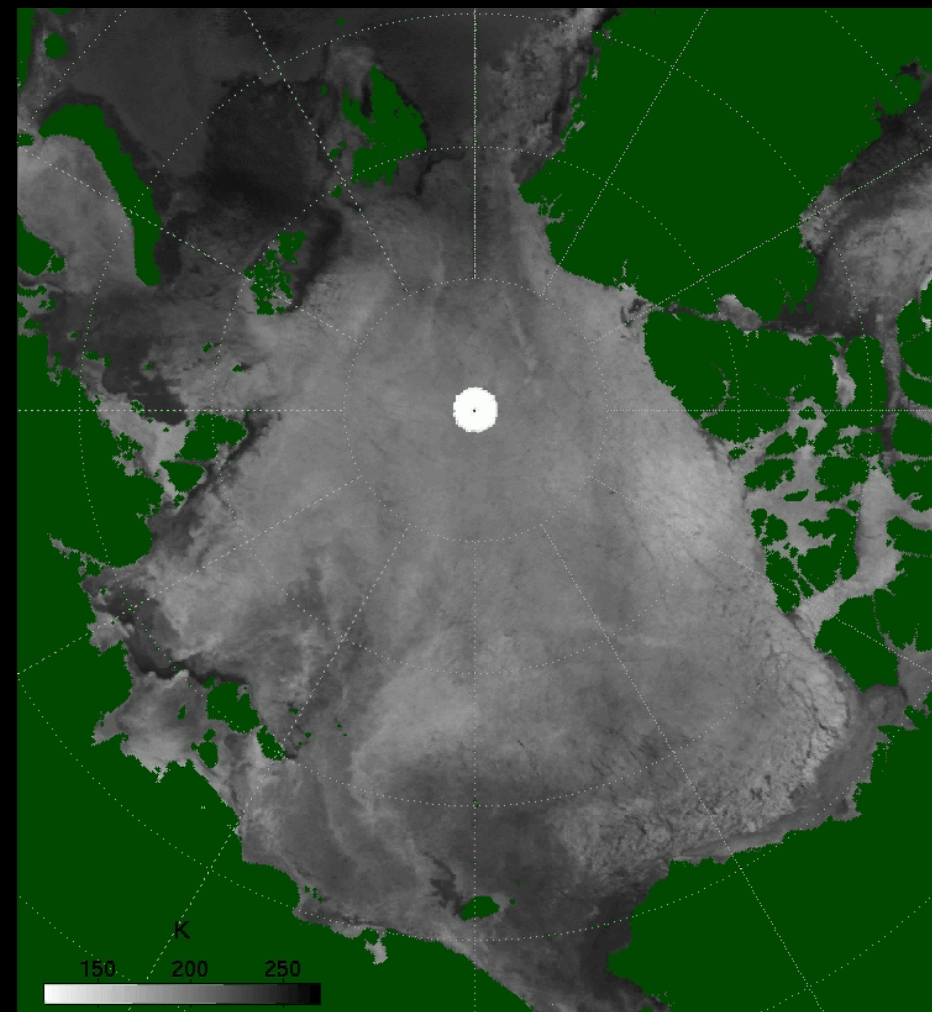
Arctic Ocean

少しの変化→急激で大きな変化

氷の動きの強化
(アイスクリーム理論)

沿岸まで海水が張り詰めている場合

沿岸付近の海水が疎な場合





南極の氷は石鹼

降り積もる雪が氷になる

割れにくい～変化が緩やか

北極の氷はシャボン玉

海が氷になる

割れやすい～急激な変化

不均一な海氷減少

大気循環場の変化

①氷が融ける

氷が減少

②氷ができない

③北極海から氷が出てゆく

大西洋側
北極海

氷が動く

太平洋側
北極海

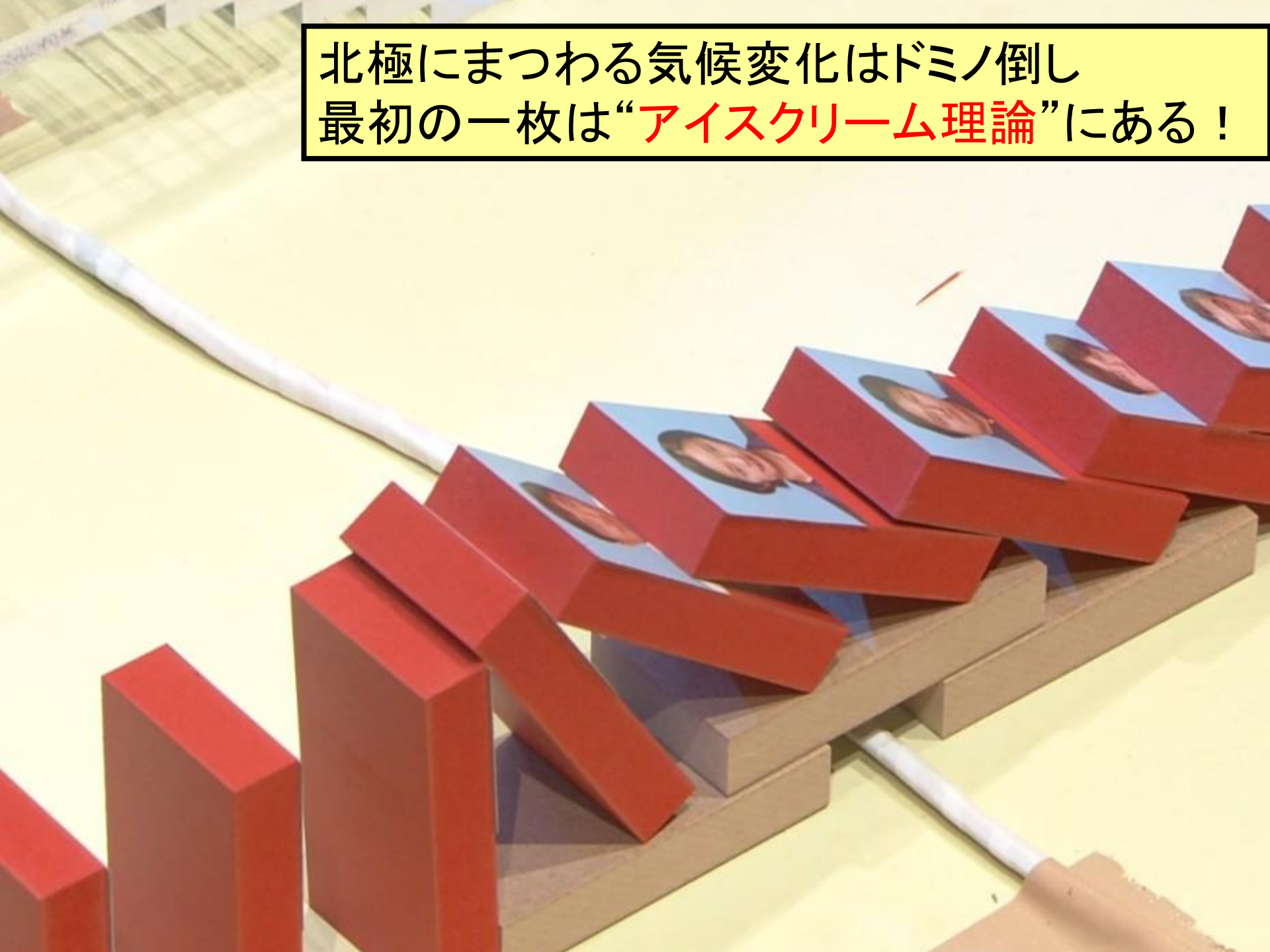
海の温暖化

海流が強くなる

2008年9月30日「みらい」国際極年北極観測
北緯74度58分、西経176度30分

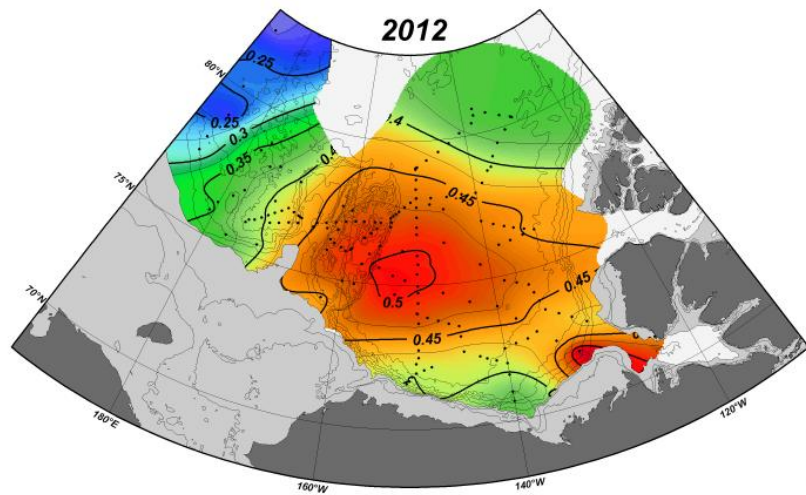
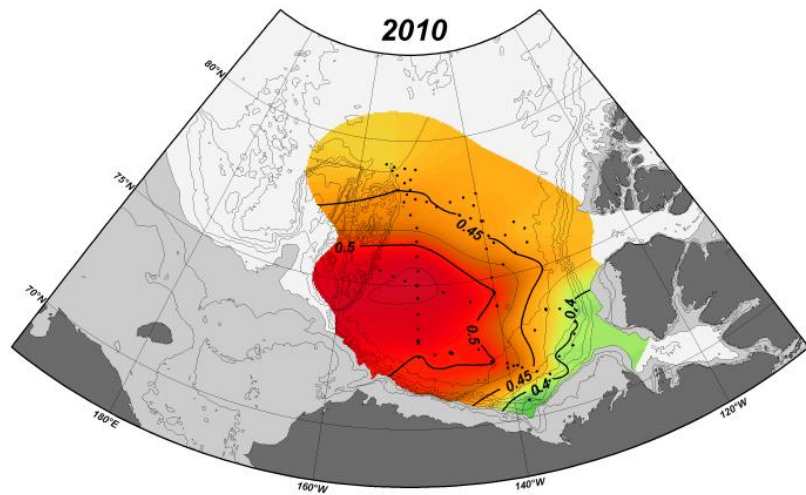
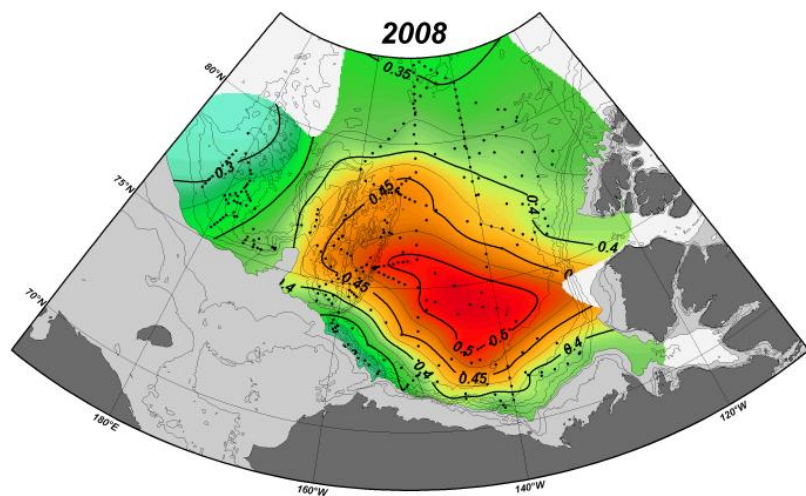
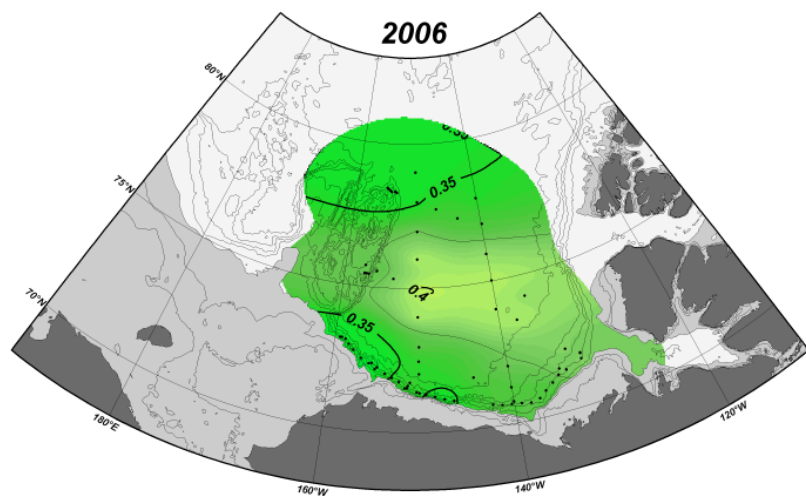
島田浩二 (2009), 北極海の急激な海氷減少,
パリティ「特集: 物理科学、この1年」

北極にまつわる気候変化はドミノ倒し
最初の一枚は“アイスクリーム理論”にある！

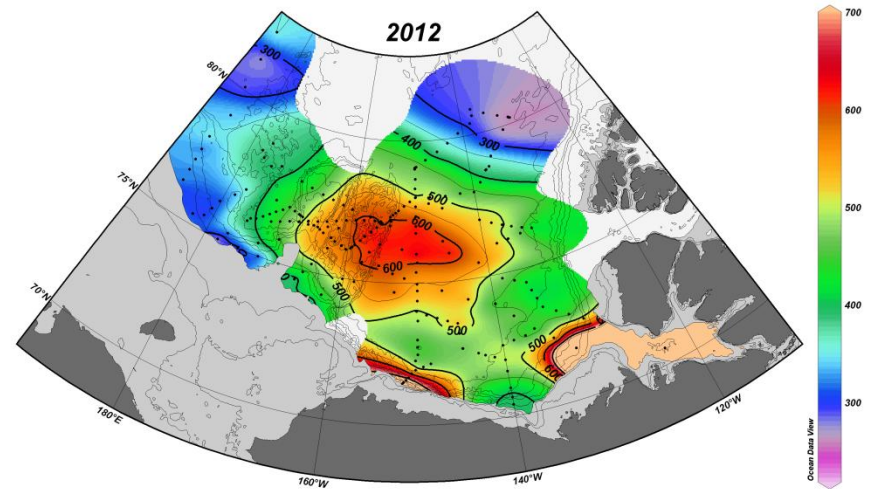
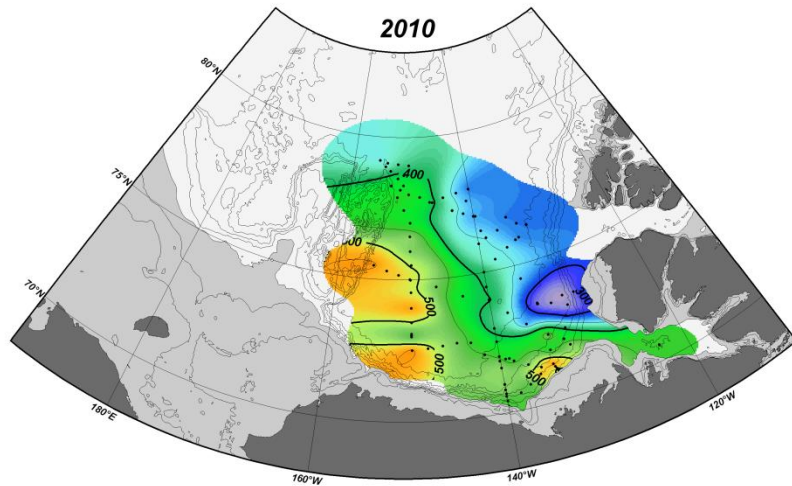
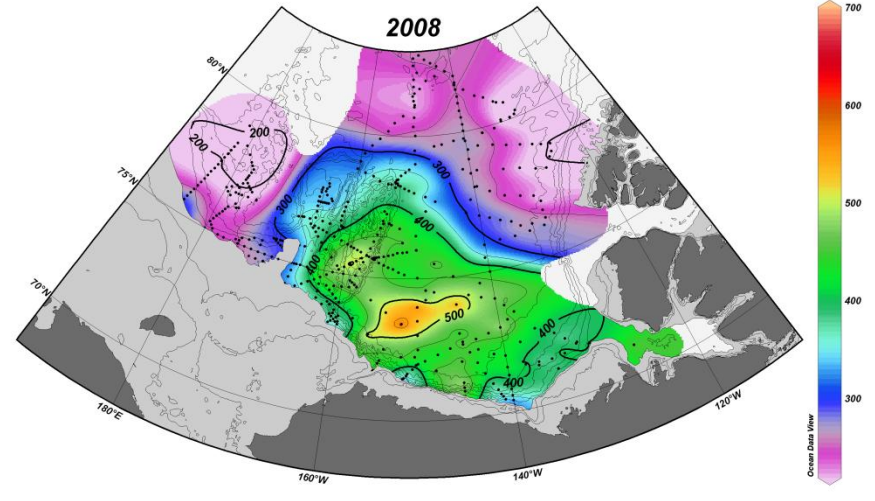
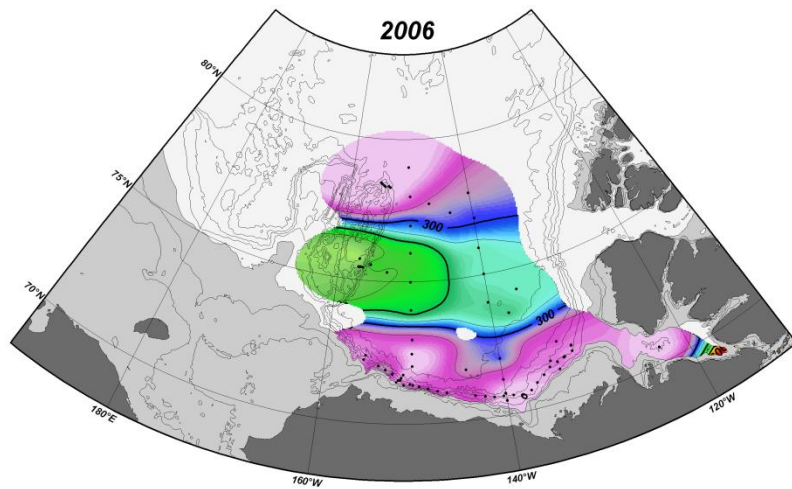


海洋循環

800dbar基準の50dbarにおける海洋力学高度偏差



海洋貯熱量 (20-150m)

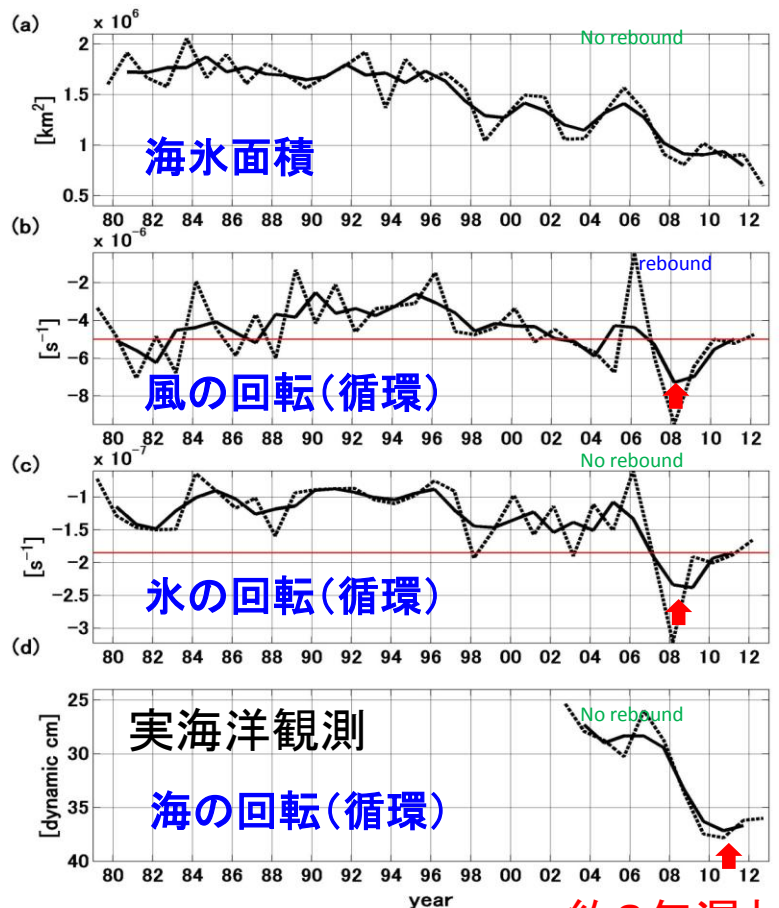
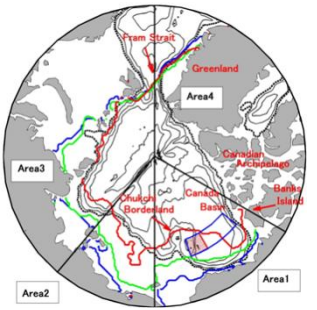


戦略研究目標に対する進捗状況

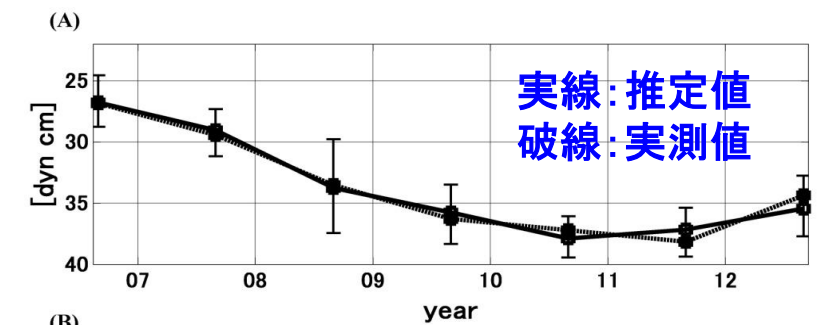
戦略研究目標に対し現時点で何をどこまで達成できたか、重点推進テーマ等への取り組みも含め進捗状況や成果を示してください。

海洋循環の外力応答 【吉澤(2014) 投稿中】

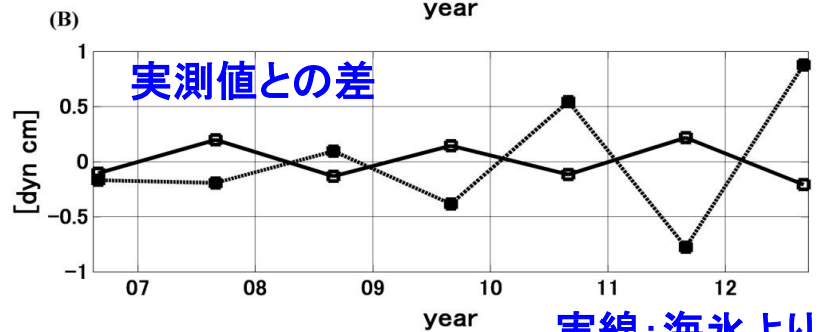
海洋データを用いず、準リアルタイムの衛星データ(海水速度)もしくは海上風速のみで上層の海洋循環を“定量的に”推定することに成功
(海洋ボーフート循環の中心域での海洋力学高度の推定)



約3年遅れ



実線: 推定値
破線: 実測値



実測値との差

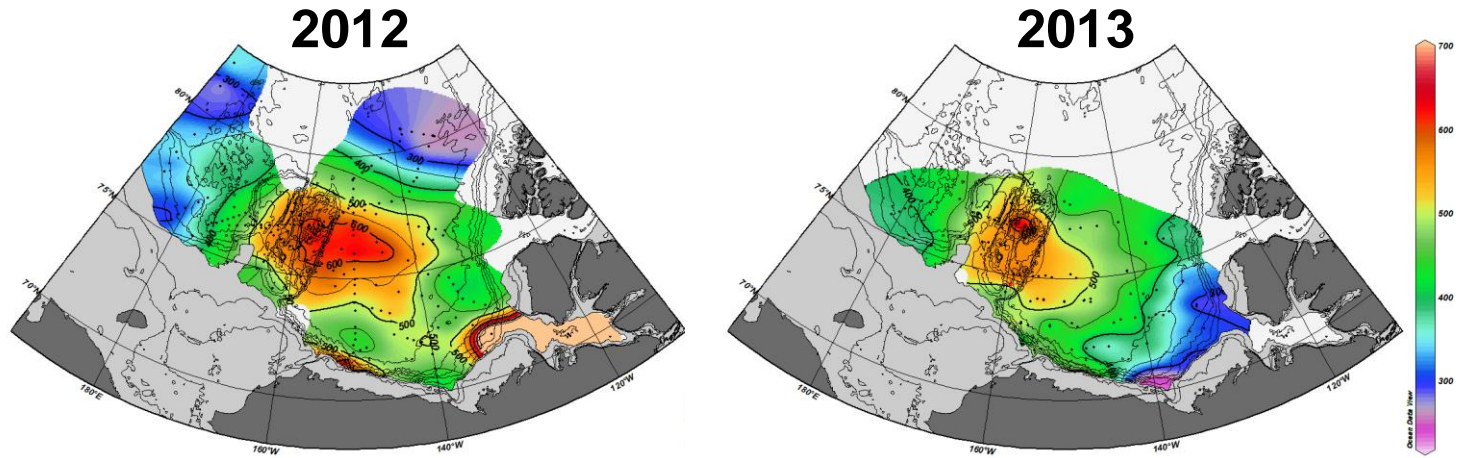
実線: 海水より推定
破線: 大気より推定



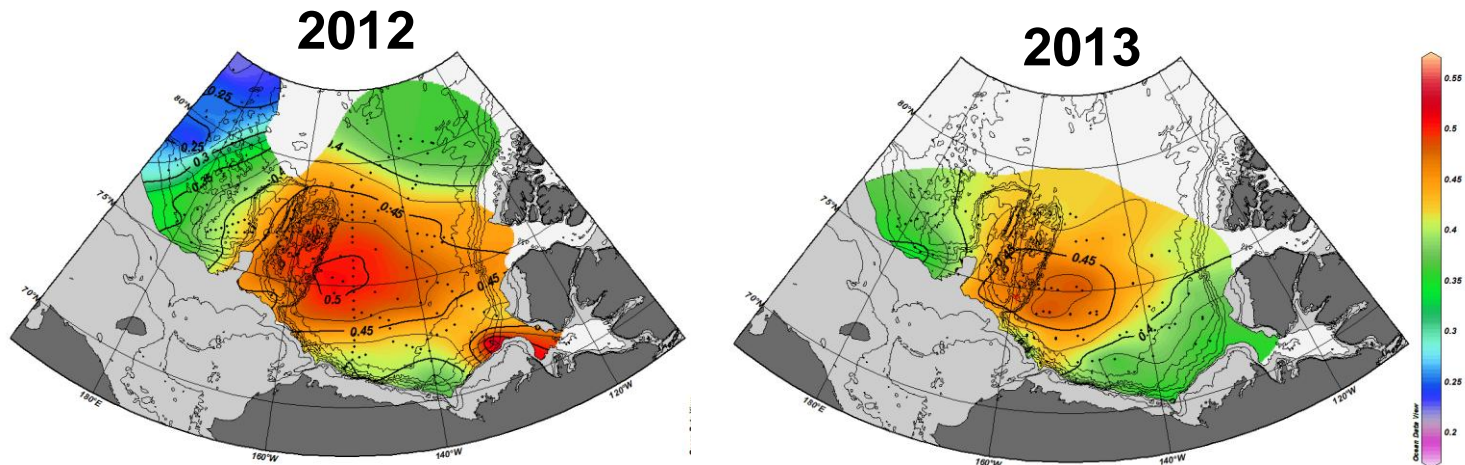
定量化

6年間で10cmの変動事象
衛星高度計等の直接観測データなしで
0.2cmの精度で推定可能(精度98%)

何故、2013年は海氷増になったのか？⇒ 床下暖房の変化にある



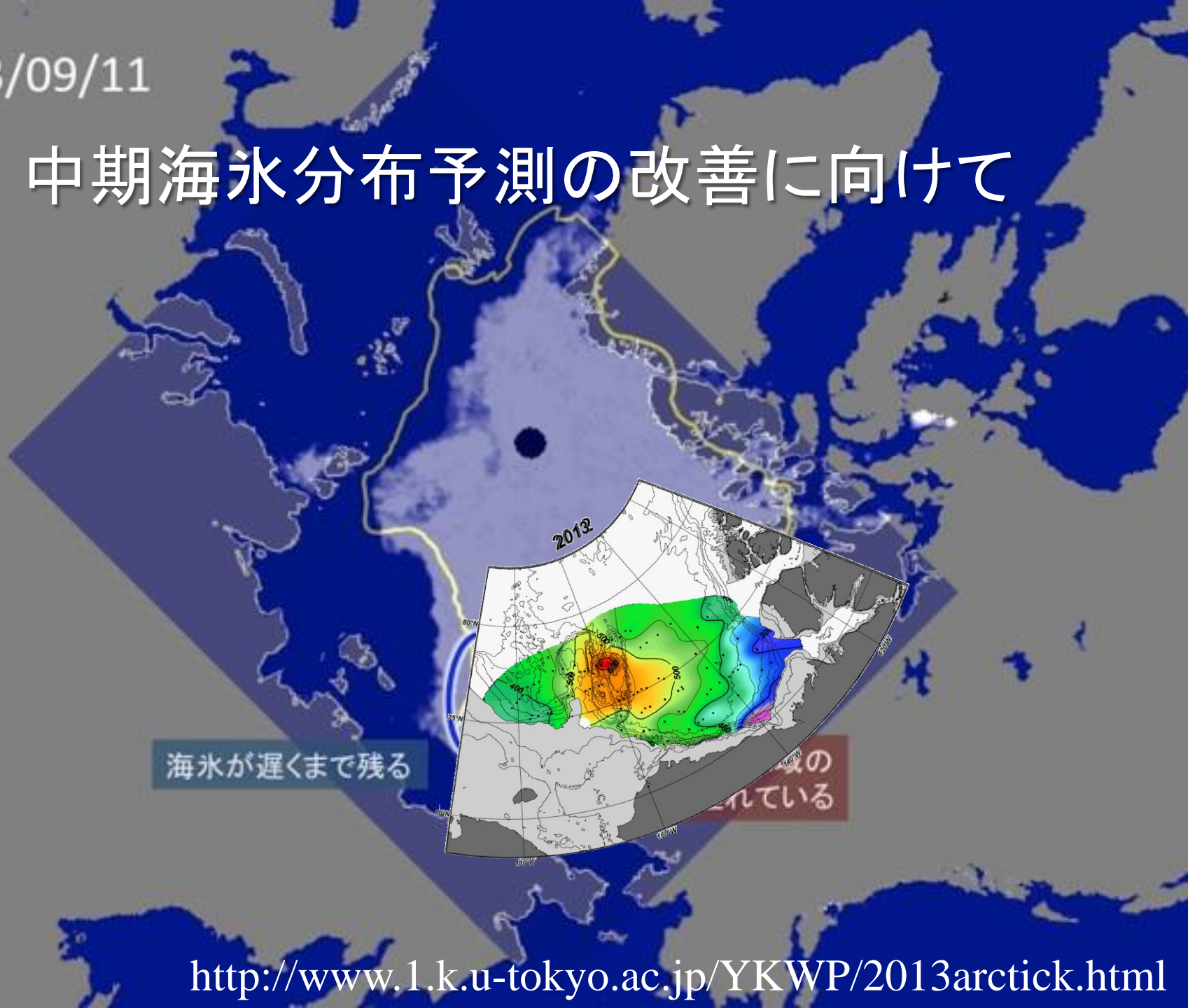
海洋熱量 減少 → 床下暖房があまり効かなかった
→ 冬季の海氷成長量復活 → 同じ夏の加熱でも融けきれない！



熱輸送を担う海洋循環が弱くなっていた

2013/09/11

中期海氷分布予測の改善に向けて



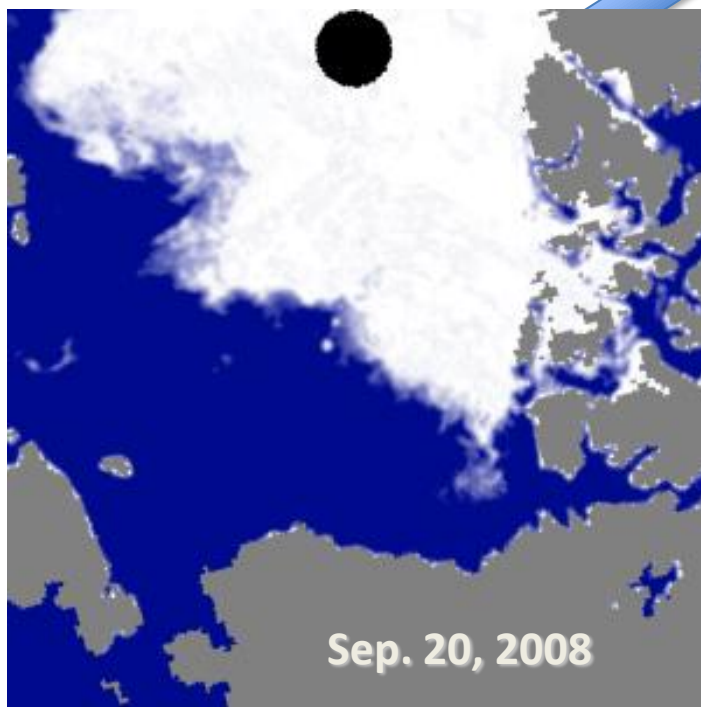
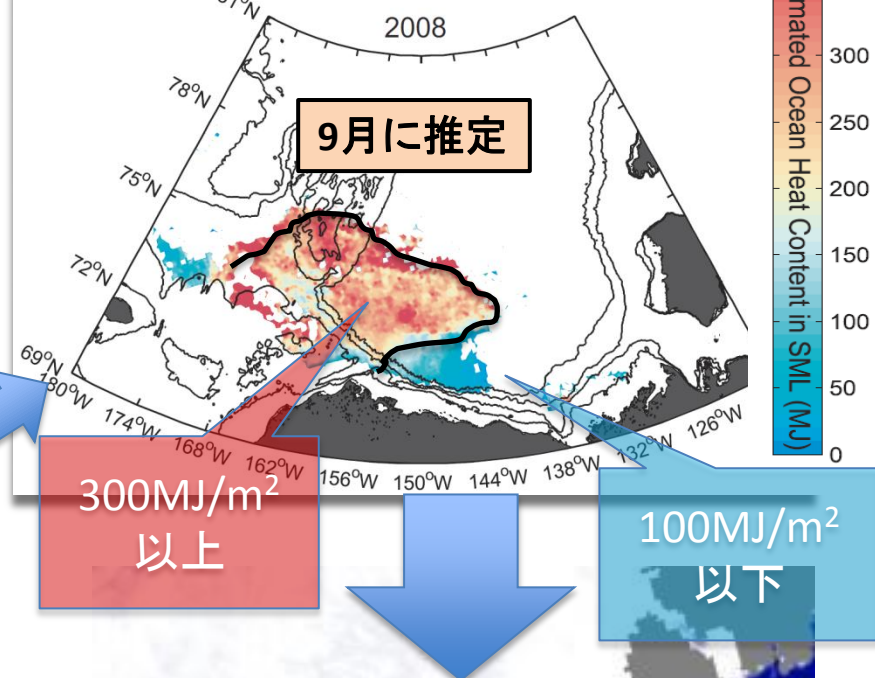
海氷が遅くまで残る

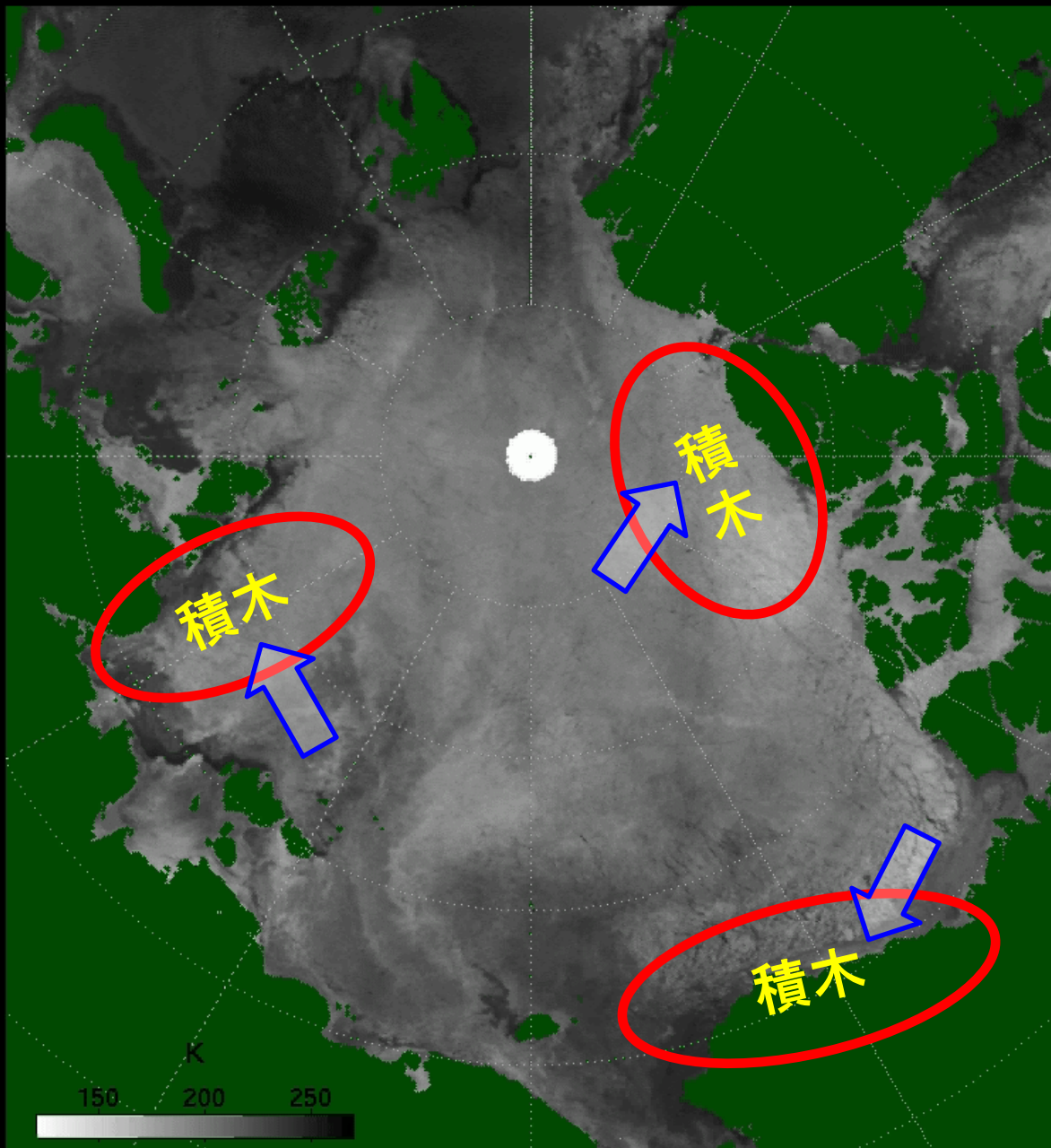
の
れている

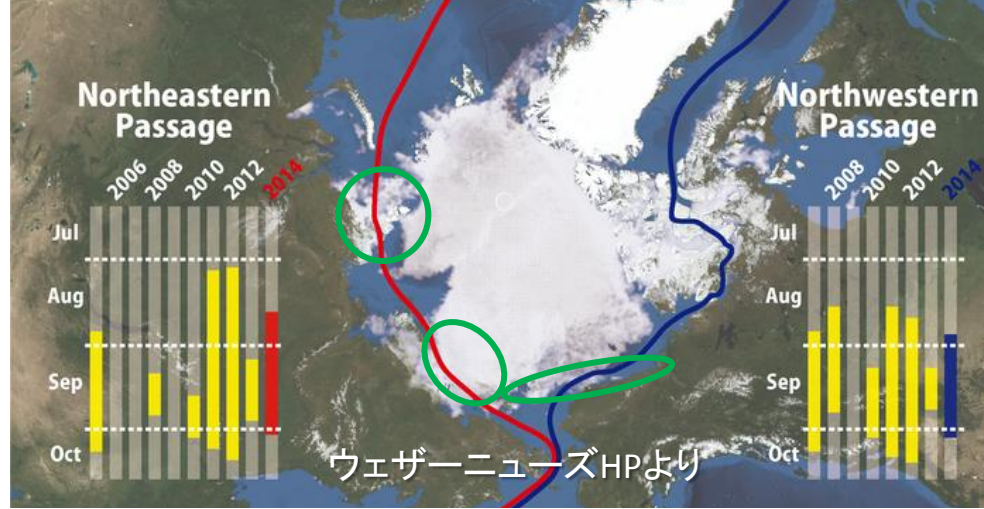
航路閉鎖予測 (海洋熱の影響/鉛直混合)

海水面積最小直後(冷却開始時)に表層混合層厚、表層混合層貯熱量を衛星データ(AMSR-E)から推定。
現場海洋観測データにてチェック

表層混合層貯熱量分布推定

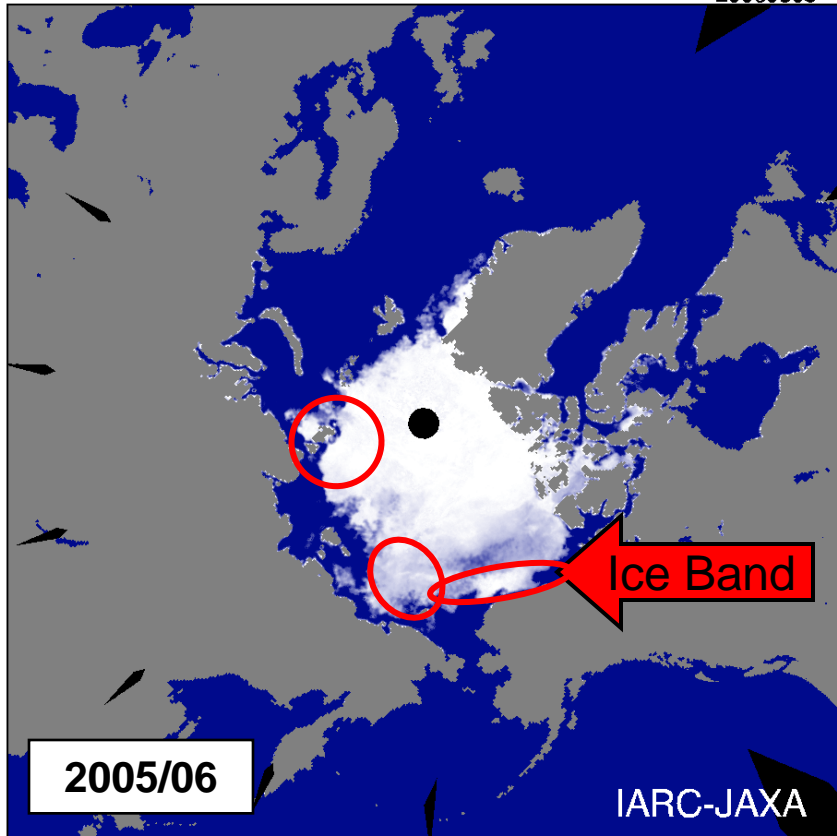






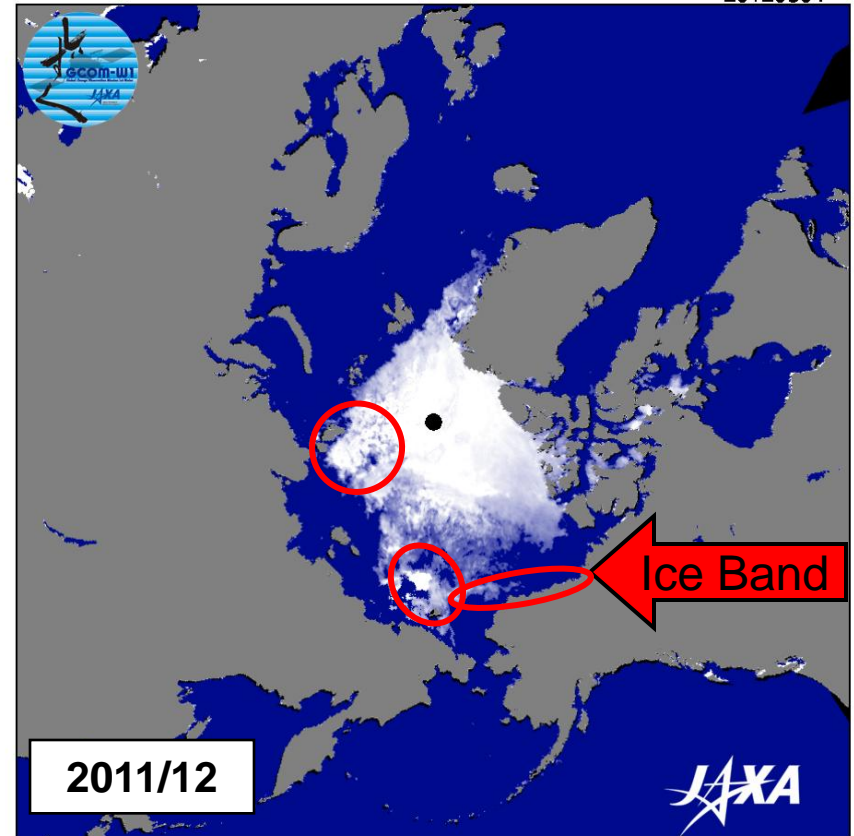
AMSR-E Sea Ice Concentration

20060805



AMSR2 Sea Ice Concentration

20120804

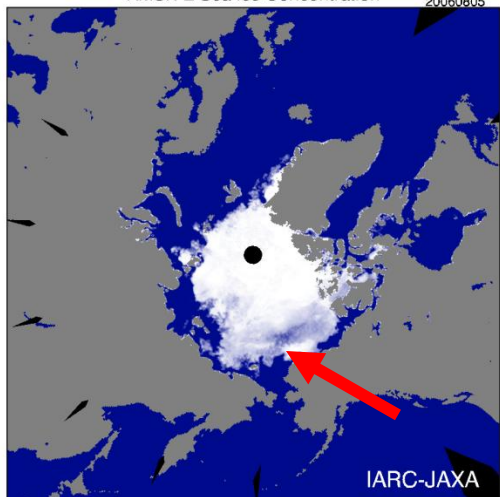


Sea ice data validation is in progress.
The value of sea ice concentration may change after the validation process in future.

積木効果による、 航路上のチョークポイント(関所)予測への応用



AMSR-E Sea Ice Concentration 20060805



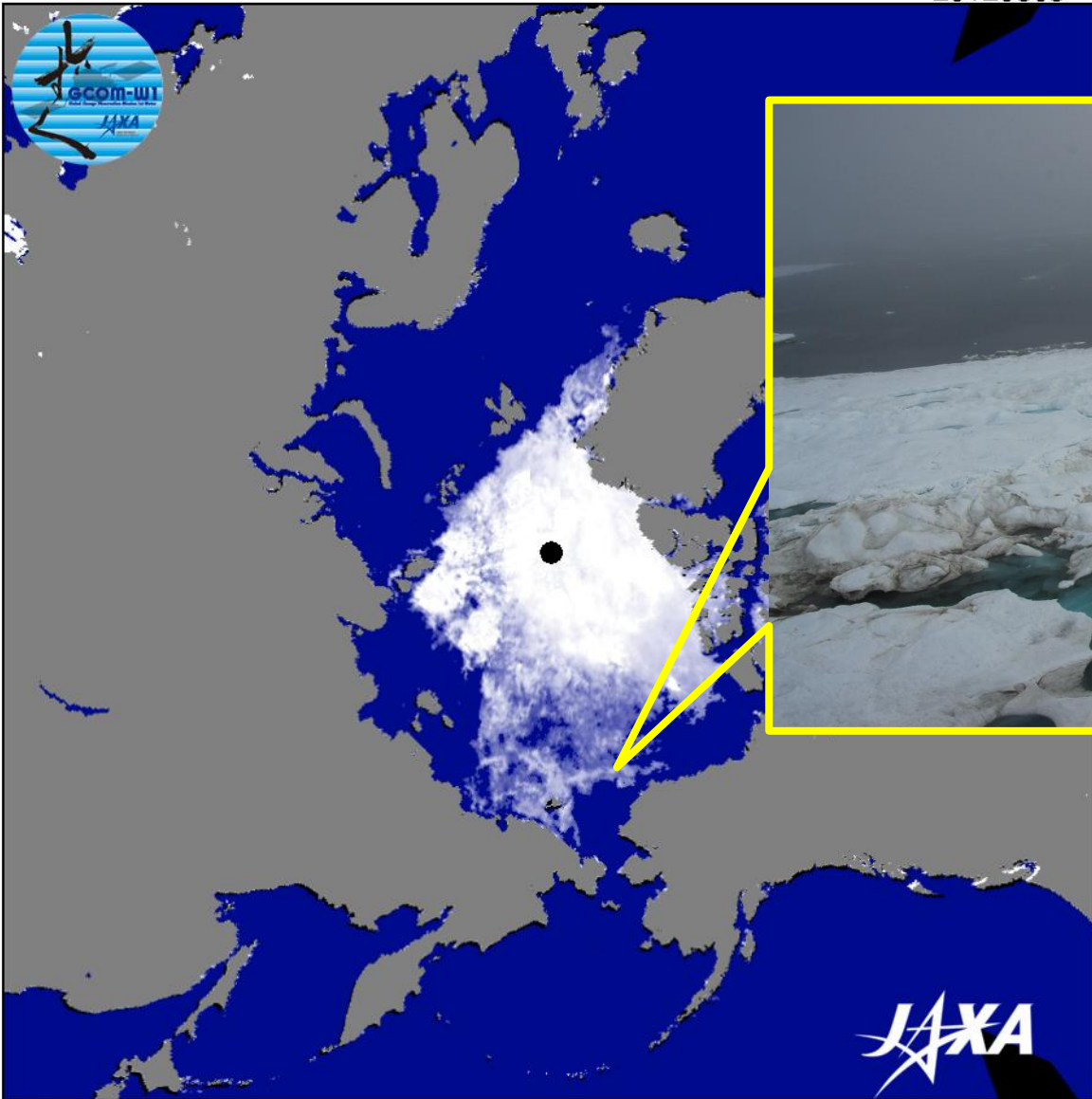
2006 northern Chukchi Sea

Photo by Koji Shimada



2006 northern Chukchi Sea

Photo by Koji Shimada



Sea ice data validation is in progress.
The value of sea ice concentration may change after the validation process in future.

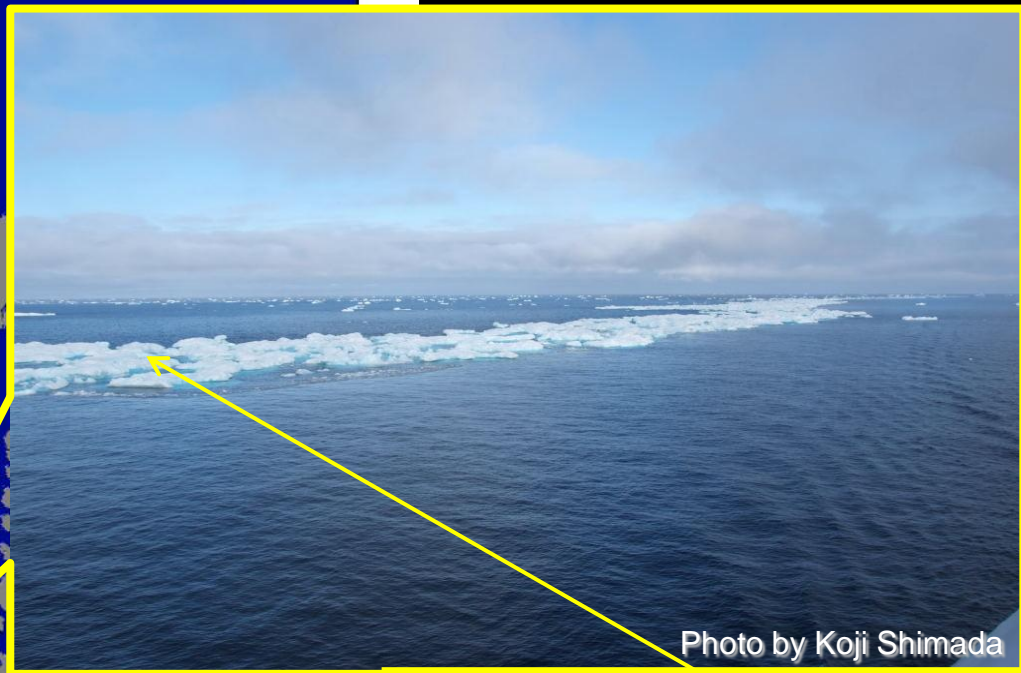
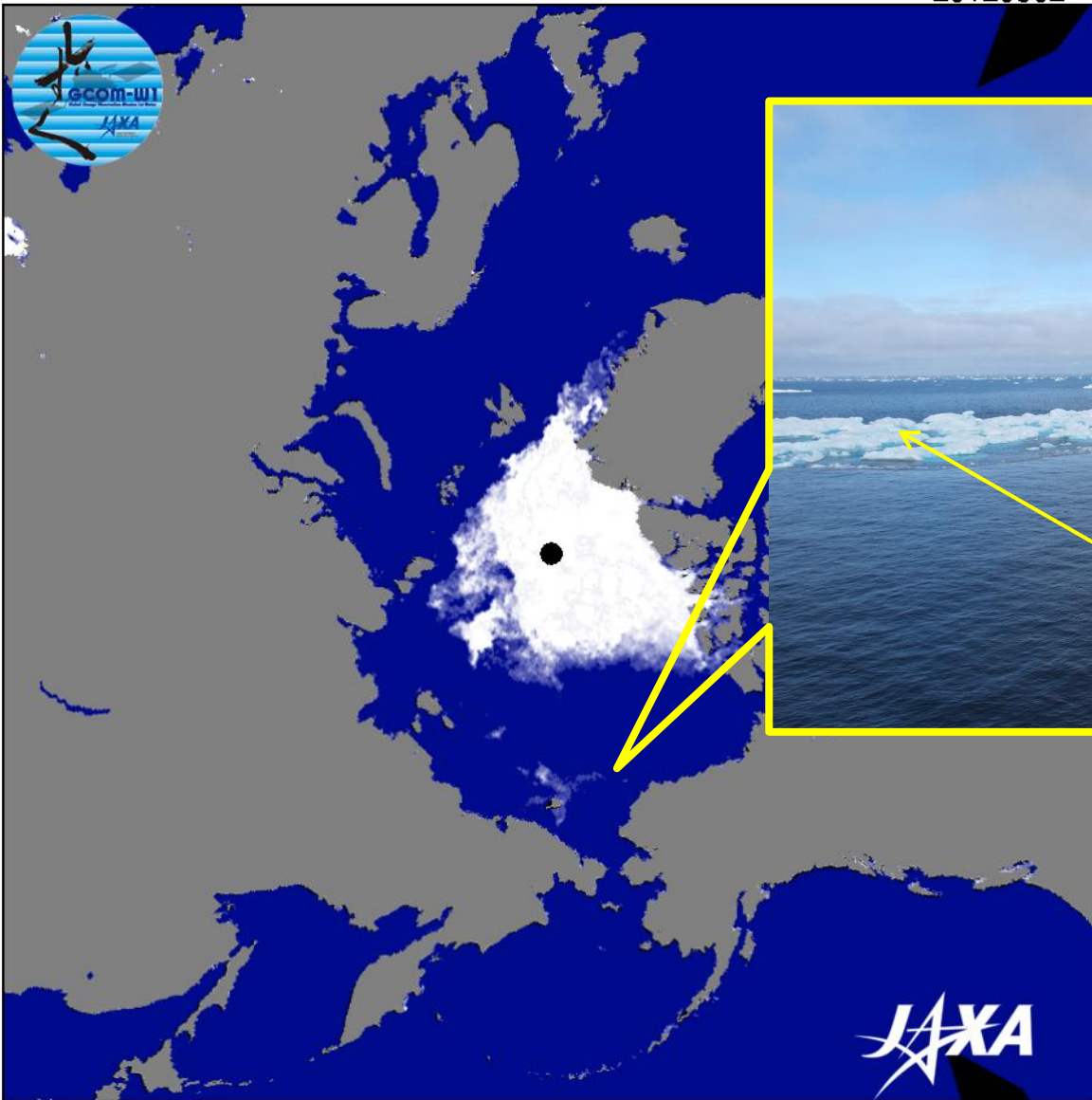


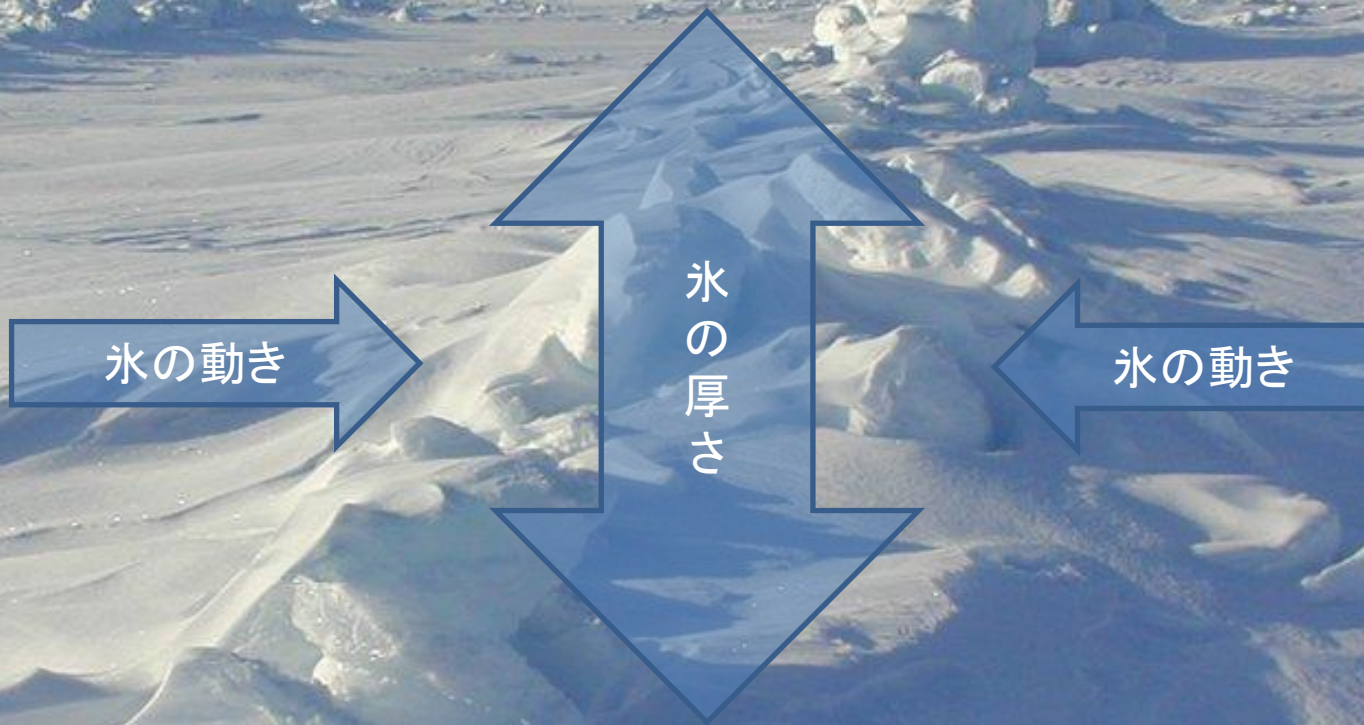
Photo by Koji Shimada

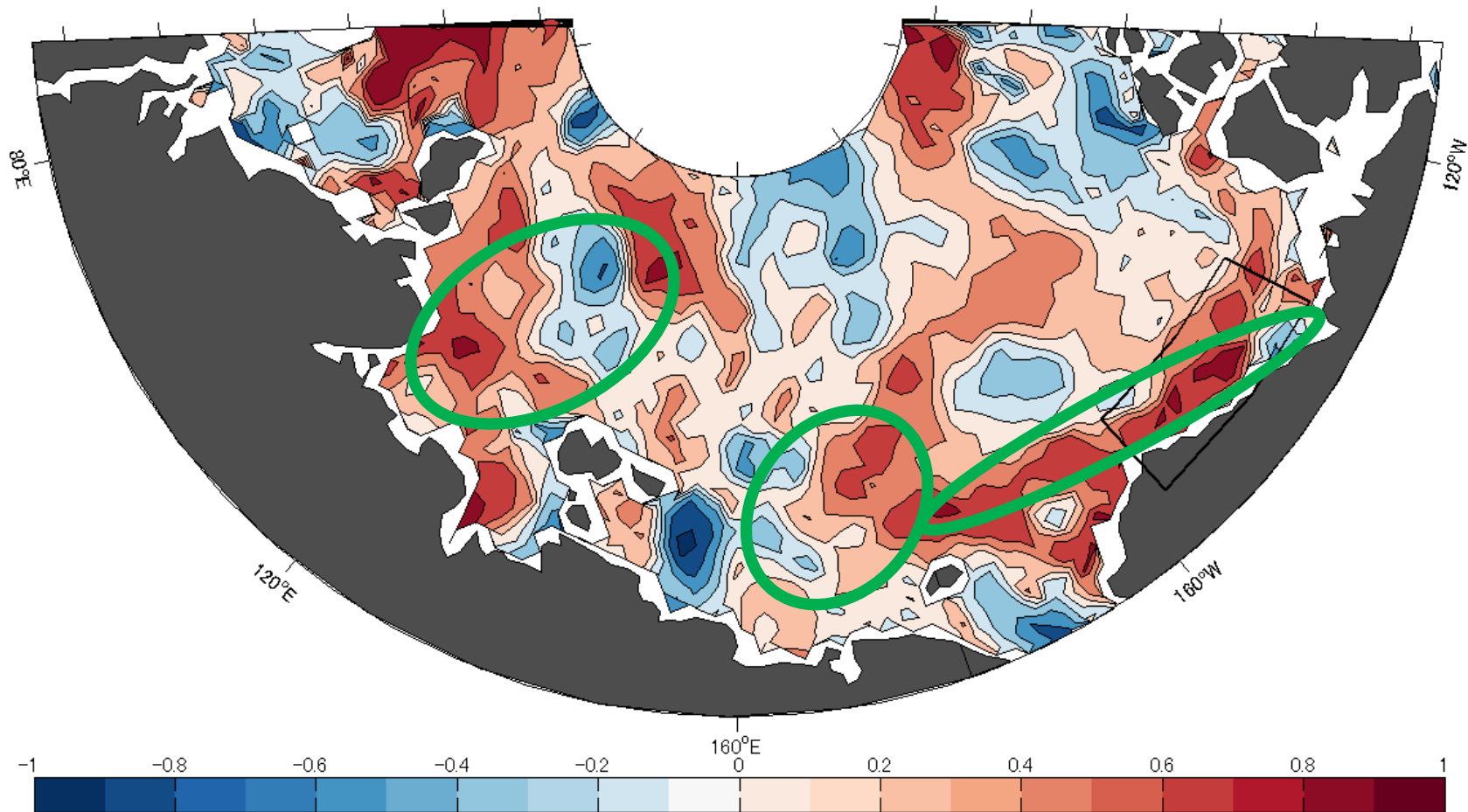


Photo by Koji Shimada

Sea ice data validation is in progress.
The value of sea ice concentration may change after the validation process in future.

高精度かつ高空間分解能の
信頼できる海氷速度データの構築が必要
⇒島田のポスター





冬の間の「厚い氷の積み重なり」と
夏の「海水密接度（海水の被覆度）」の相関

詳細は吉澤のポスター

予測式

Spring GR only (using just thickness in spring, without sea ice motion)

$$SIC_{GR} = 4.3542 \times GR + 0.2556.$$

$$(r = 0.2717)$$

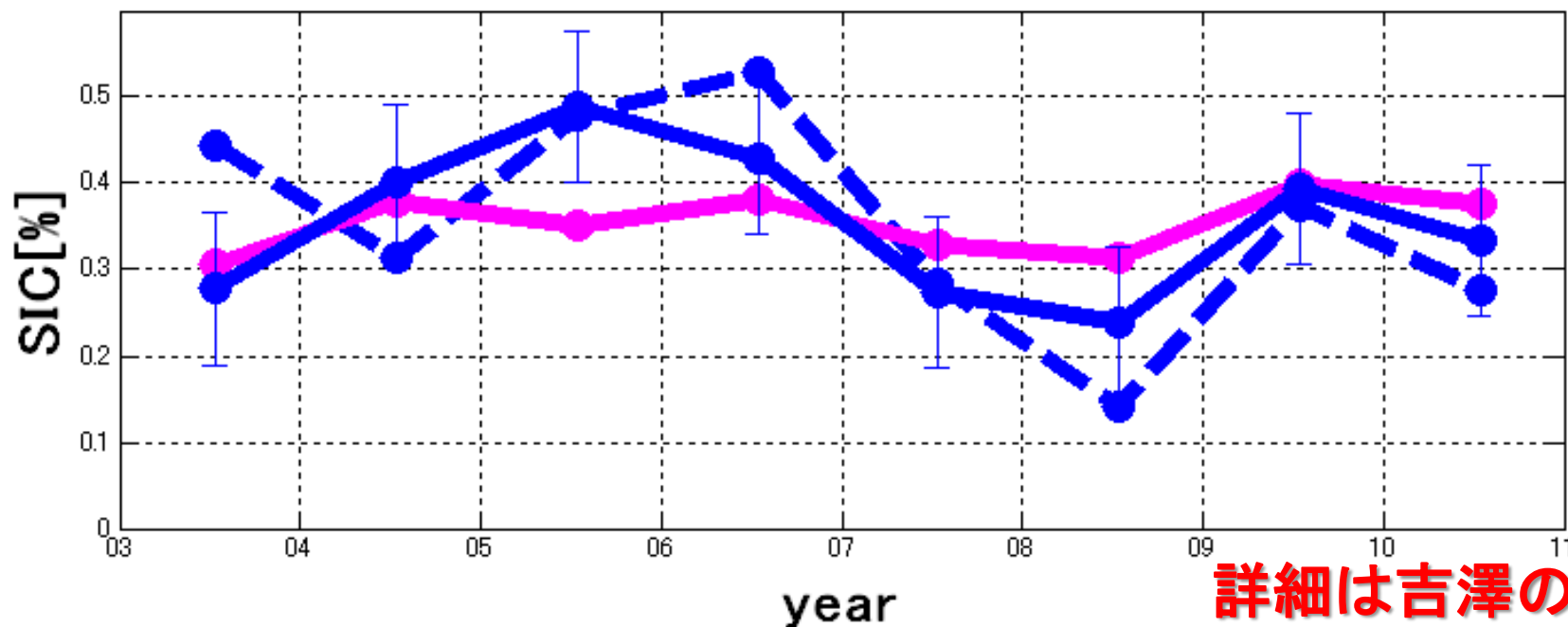
GR and integration of effective convergence for rafting (iECR)

$$SIC_{Yoshi} = 0.6924 \times iECR + 0.1547$$

$$(r = 0.6924)$$

予測結果

— SIC_{Yoshi} — SIC_{GR} - - - observed



詳細は吉澤のポスター

長い目で見れば、人々が今抱えている問題も、次の時代へたどり着くための、通過しなければならない嵐のような気もしてくる。一人の人間の一生が、まっすぐなレールの上をゴールを目指して走るものではないように、人間という種の旅もまた、さまざまな嵐に出会い、風向きを見ながら、手さぐりで進む、ゴールの見えない航海のようなものではないだろうか。

星野道夫『ノーザンライツ』

