

地球温暖化と海水変動

北見工業大学 社会環境工学科 榎本浩之



近年北極海の海水面積の減少が著しく、夏期の消耗が加速して起きています。

2007年は北極海の海水面積が衛星観測がはじまってから最小となりました。これは気候変動に関する予測を大幅に上回る速いペースでの減少でした。

雪氷圏の自然はダイナミックな変化でしばしば予想を振り切って行きます。

海水域では何が起きているのでしょうか。
北極海では、そしてオホーツク海では？

- 地球温暖化と海氷変動

1. 2007年に急減した北極海の海氷変化
2. オホーツク海の海氷ではどのような変化がおきているか
3. 海氷面積と海氷厚データ取得協力態勢
4. 様々な海氷観測の取り組み

海水分布・移動の様子

季節海氷域：オホーツク海、
ベーリング海など

多年氷域：北極海中央部、
5年から8年程度で北
大西洋に流出

移動速度

Fast Medium Slow

海水移動の衛星観測

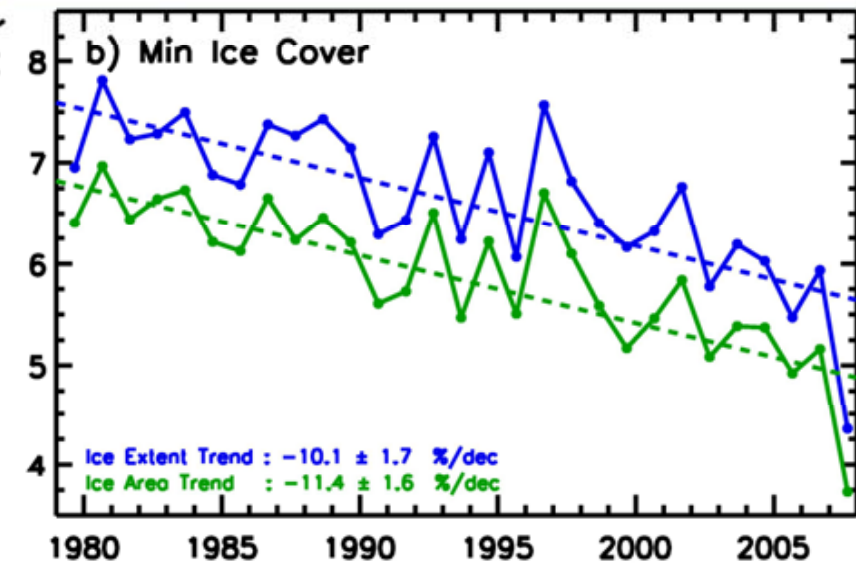
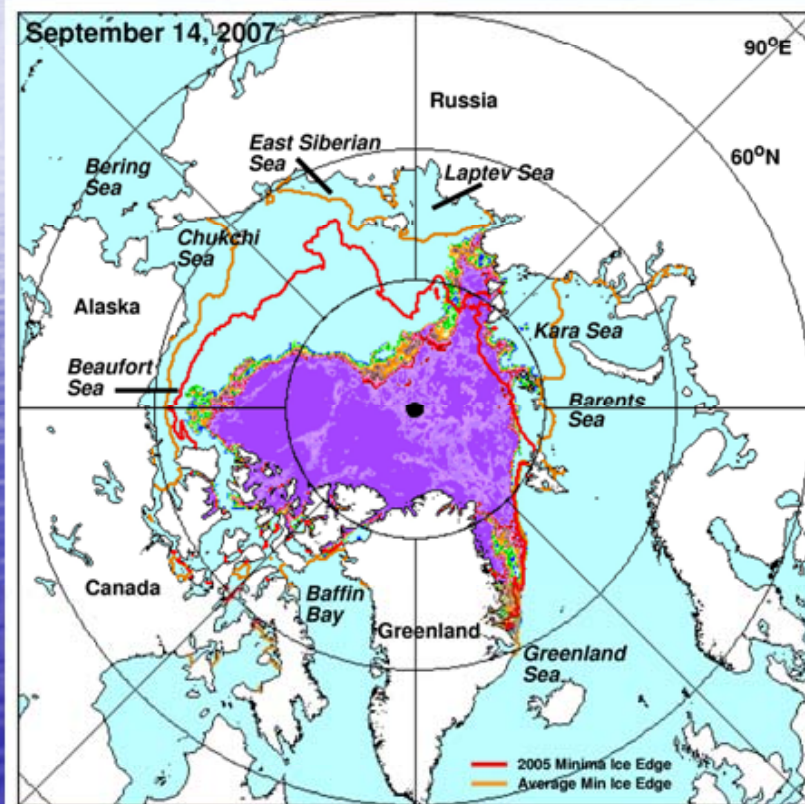
1993—2001年の8冬期の
平均海水移動パターン。
海水の生成域や通過・変
形域などの特徴を見るこ
とができる。氷厚データ
とあわせることにより海
氷生成と変動のプロセス
を検討できる。

○ 通過
□ 生成

夏季の海氷面積の減少

2000年以降になってから、毎年のように最低記録更新していた。(毎年9月に新記録発表)

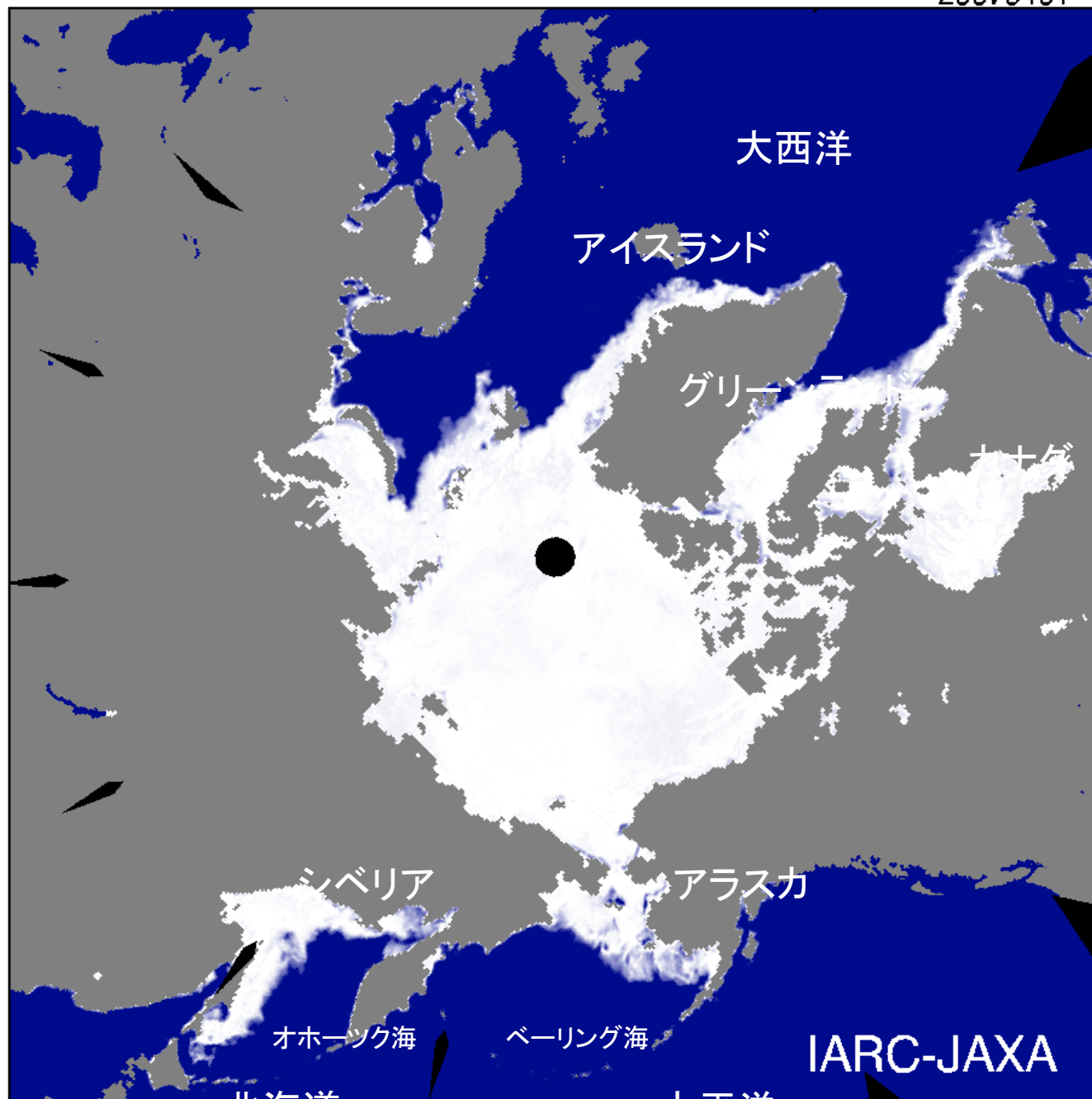
2007年これまでとは違う変化



Comiso et al., GRL 2008

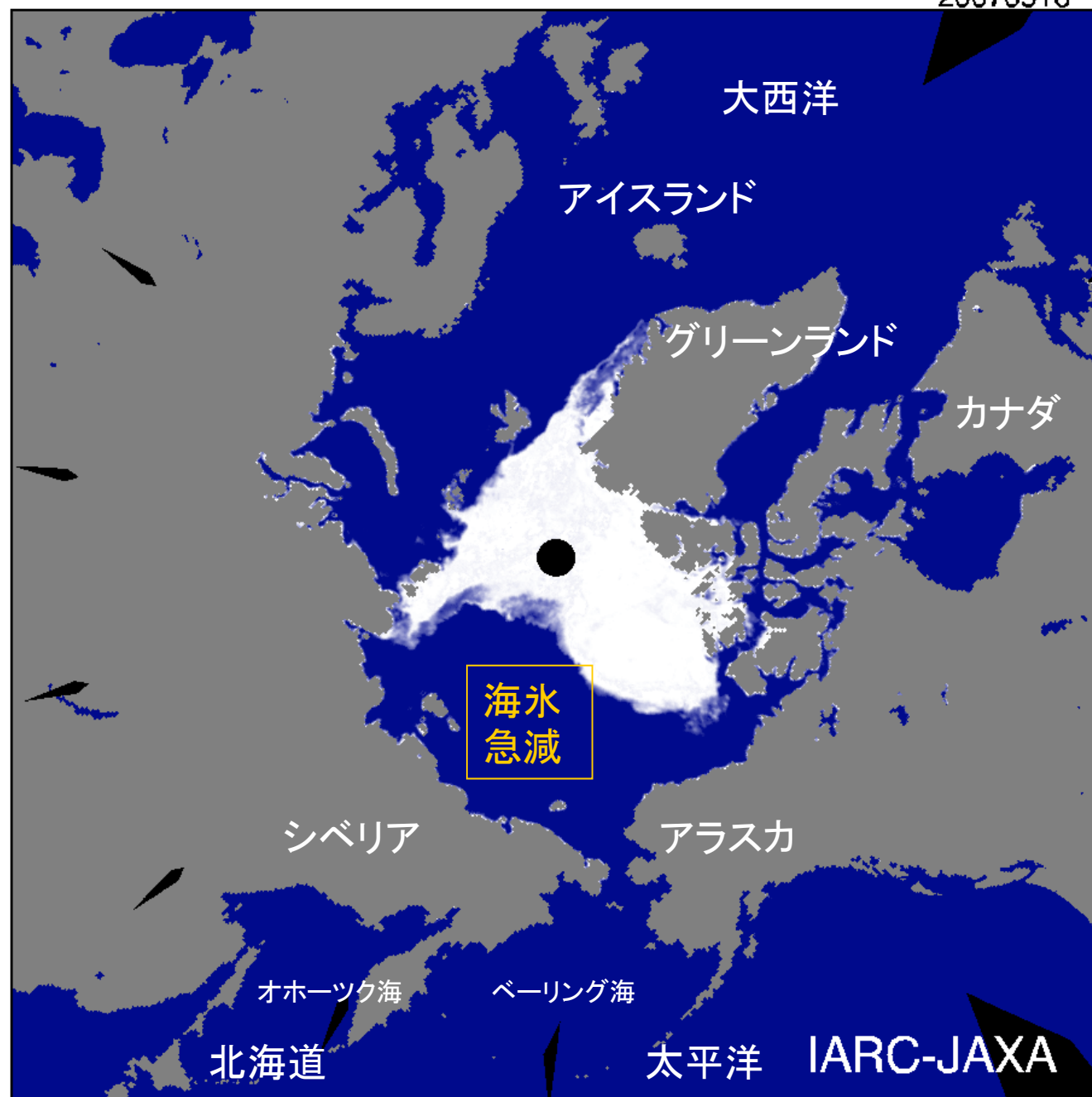
AMSR-E Sea Ice Concentration

20070401



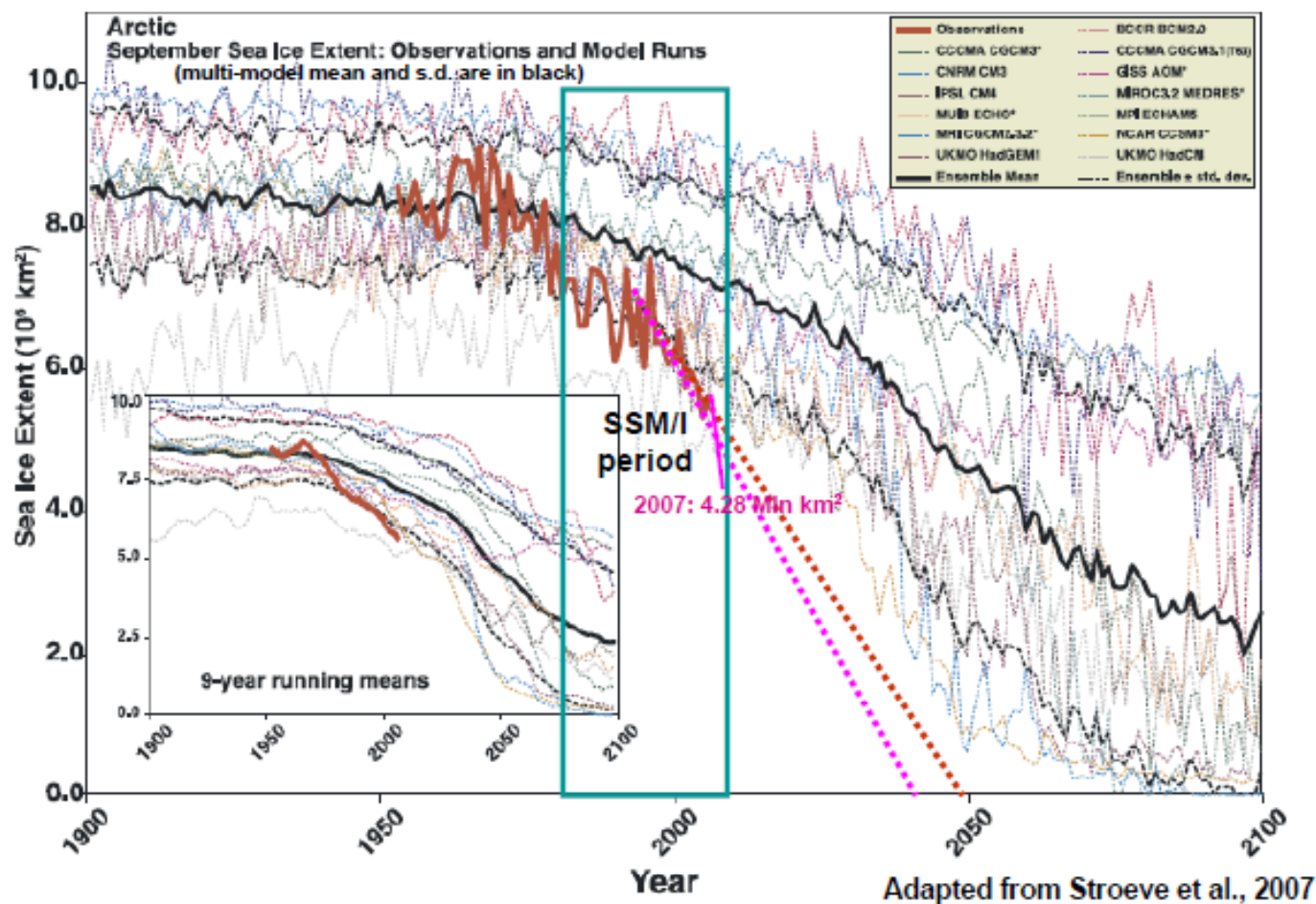
AMSR-E Sea Ice Concentration

20070916



IPCC AR4による北極海の海水変動の予測と近年の変動の様子

Observed rate of loss of Arctic ice extent is faster than IPCC AR4 predictions



どうして氷が減ったのか 融けた？ 流れ出した？ 破壊？

大気に原因あり

2007年が特殊だった？

2007年夏の好天(日射増加)

2007年夏の気圧配置

大気の長期変化傾向の現れ？

夏の気圧配置の長期変化

海に原因あり

太平洋から流入する暖水？

北極海内での循環？

大西洋から流入する暖水？

氷に原因あり

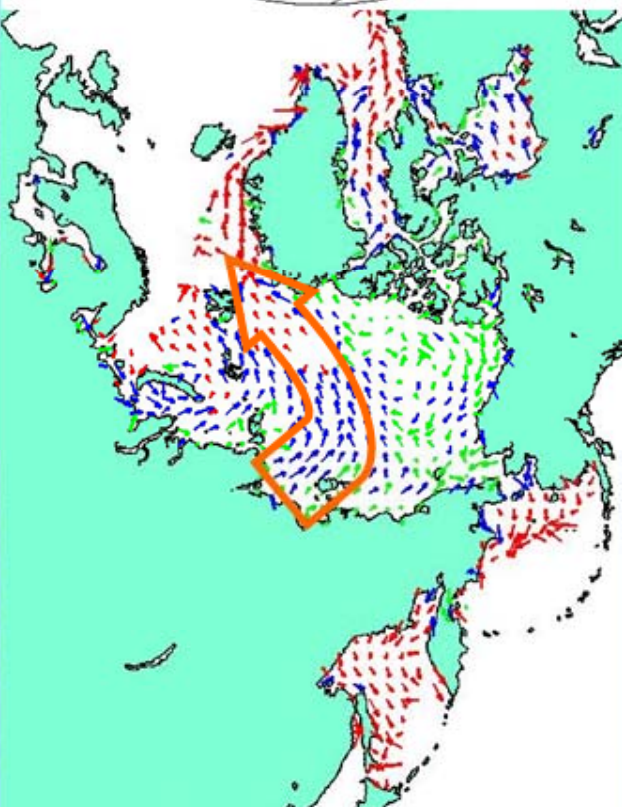
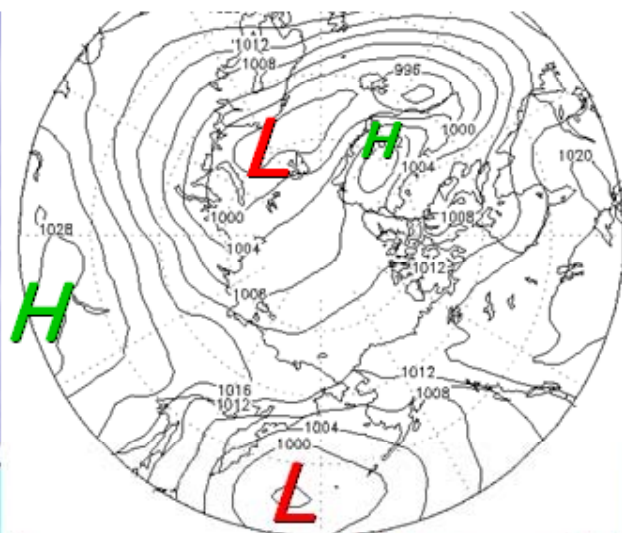
氷が動きやすくなっている？

融けやすくなっている？

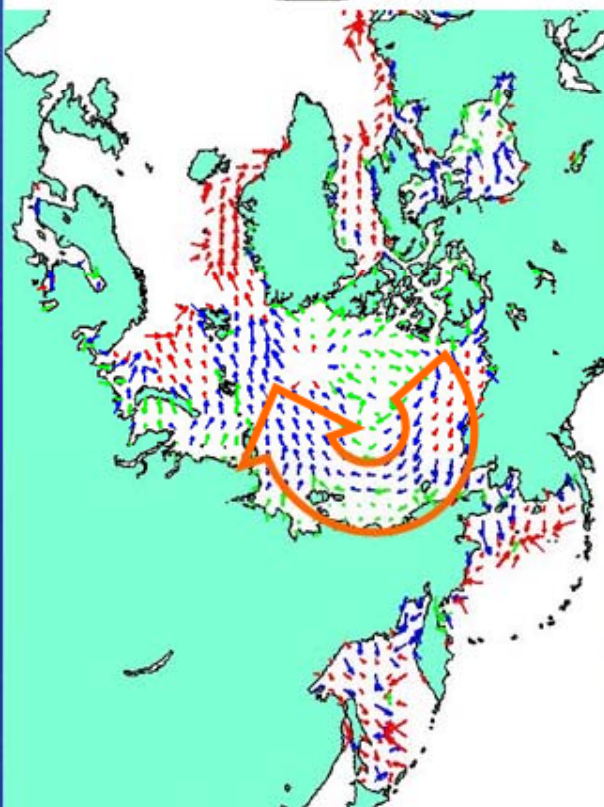
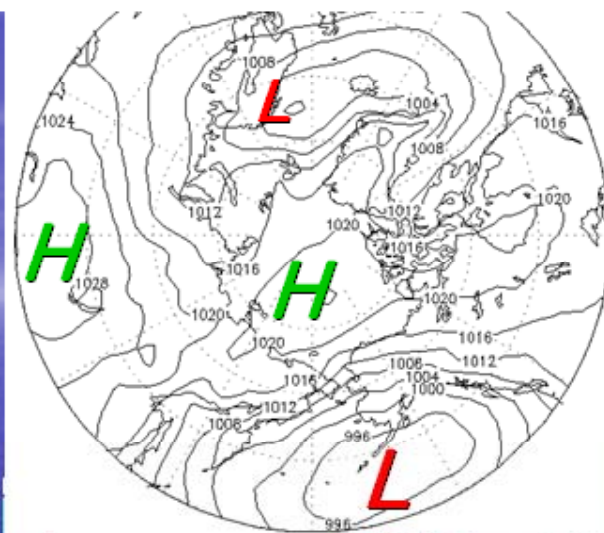


気圧配置と海氷の流れ

1993



1998



どうして氷が減ったのか 融けた？ 流れ出した？ 破壊？

大気に原因あり

2007年が特殊だった

2007年夏の好天(日射増加)

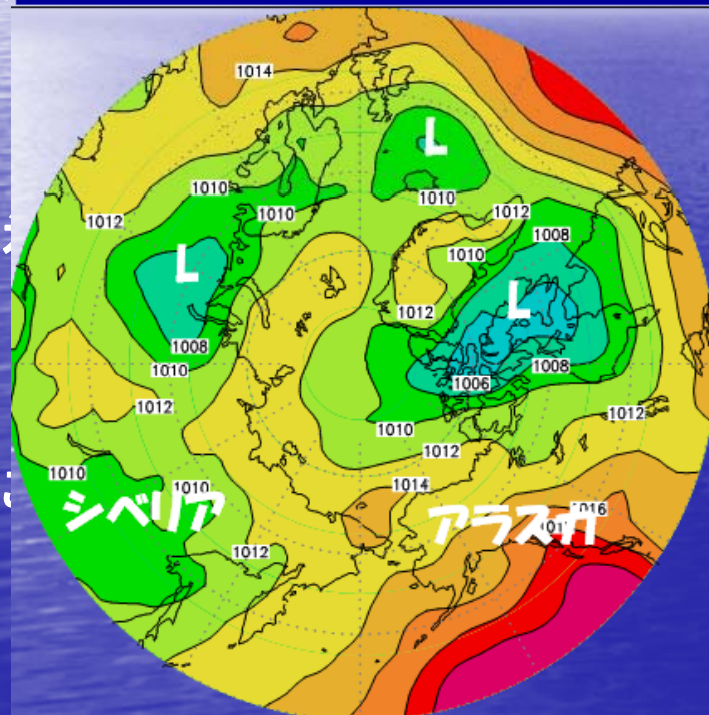
2007年夏の気圧配置

大気の長期変化傾向の現れ

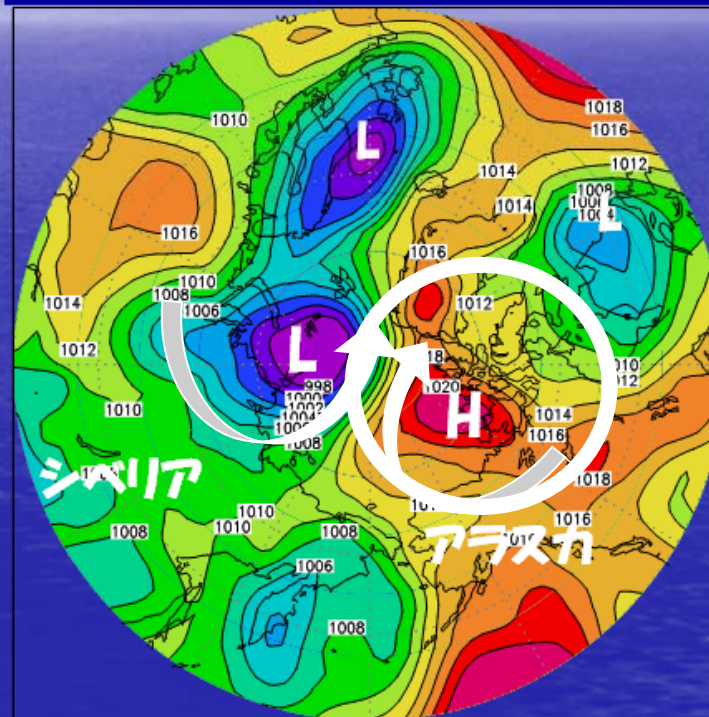
夏の気圧配置(カナダ側の高気圧)が強化



長期平均 (8月中旬)



2007年8月12日~18日の地上気圧



高気圧の
強化

長期傾向

どうして氷が減ったのか 融けた？ 流れ出した？ 破壊？

大気に原因あり

2007年が特殊だった？

2007年夏の好天(日射増加)

2007年夏の気圧配置

大気の長期変化傾向の現れ？

夏の気圧配置

海に原因あり

太平洋から流入する暖水？

北極海内での循環？

大西洋から流入する暖水？

氷に原因あり

氷が動きやすくなっている？

融けやすくなっている？



長期的変動が進行している

どうして氷が減ったのか 融けた？ 流れ出した？ 破壊？

大気に原因あり

2007年が特殊だった？

2007年夏の好天(日射増加)

2007年夏の気圧配置

大気の長期変化傾向の現れ？

夏の気圧配置

海に原因あり

太平洋から流入する暖水？

北極海内での循環？

大西洋から流入する暖水？

氷に原因あり

氷が動きやすくなっている？

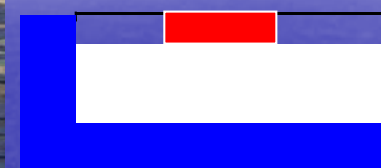
融けやすくなっている？





Melt Pond

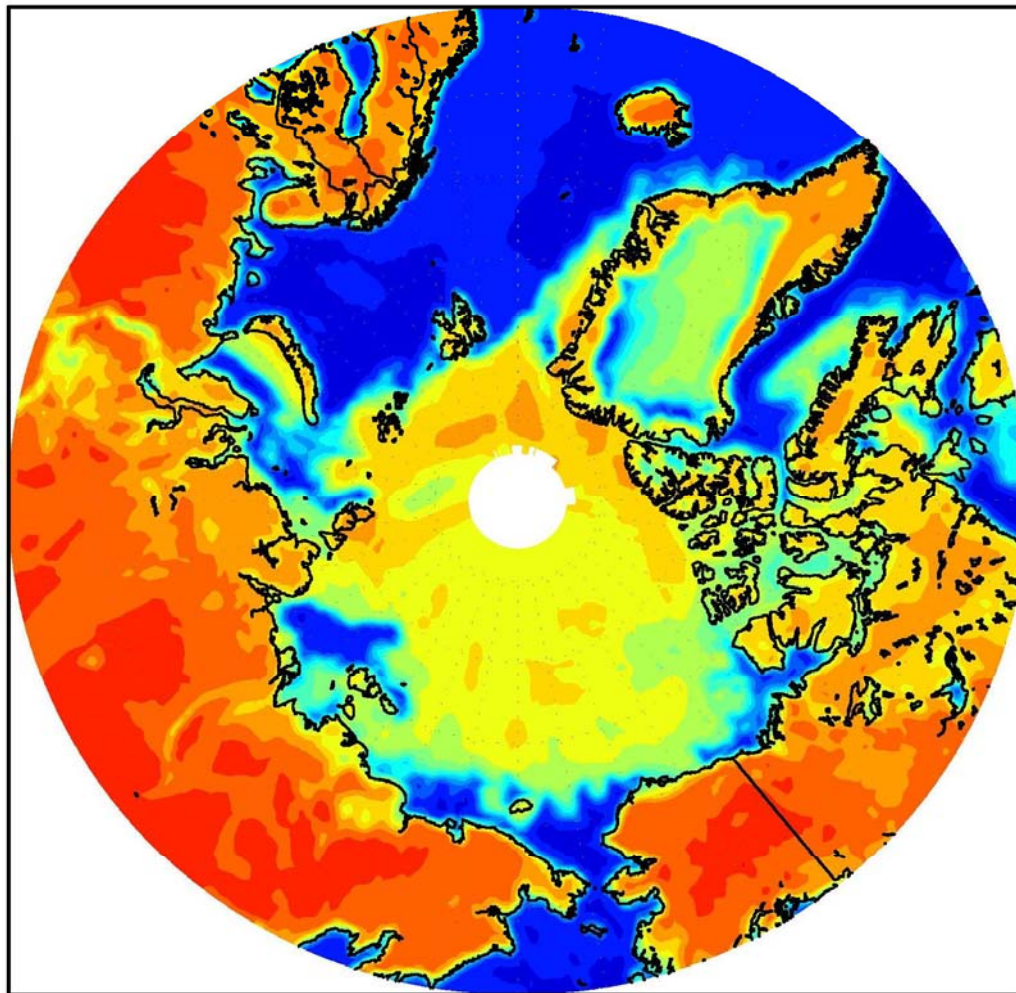
Open water



日射に対する反射率が
地表面でもっとも反射率の高い雪と氷
逆に最も低いのが海水面。
海水融解でこの切り替えが起きる。
メルトポンド(表面のみ)→さらに底なしへ

海水減少に先行する表面融解の拡大

AMSR-E 6GHz V (150K-300K)
2007-06-29 : Ascending : Arctic : 60N-90N



夏の北極圏

陸上の雪、

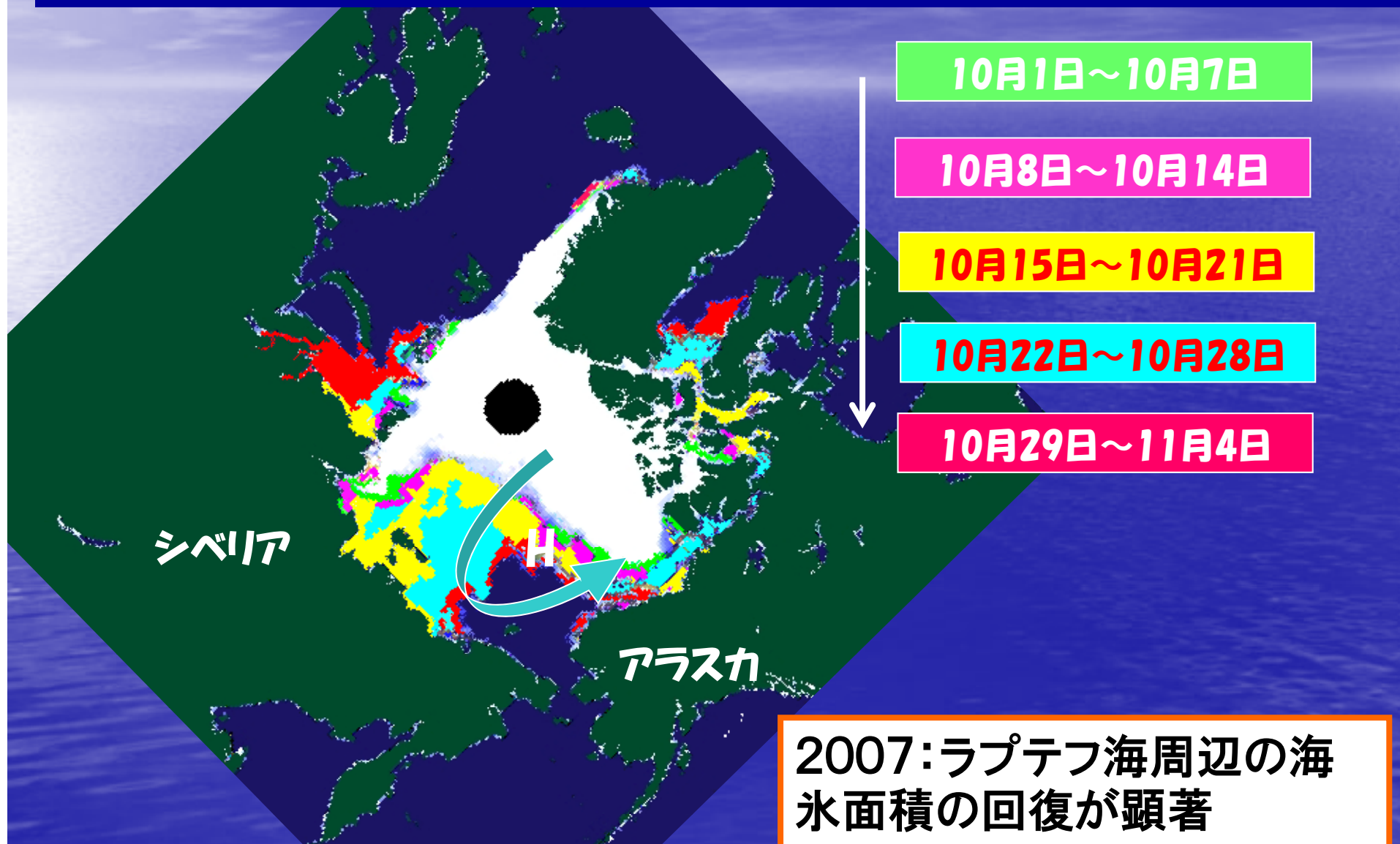
海水表面、

氷床雪原が
融ける。

北極海全域
を約20日で駆け抜ける。

海水の回復力

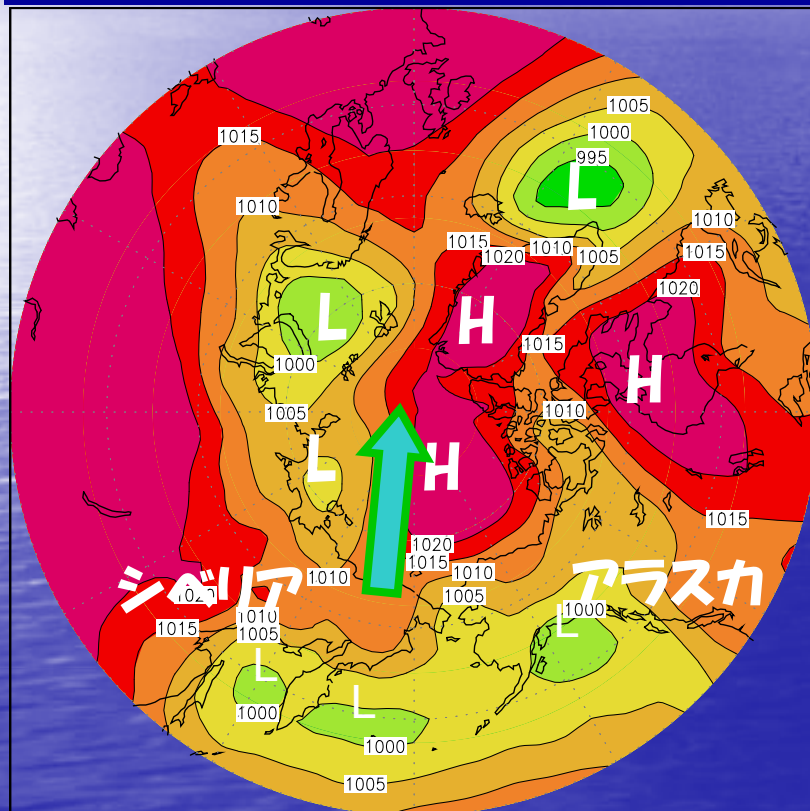
2007年10月～11月にかけての北極海の海水面積の変化



夏の気圧配置の終焉

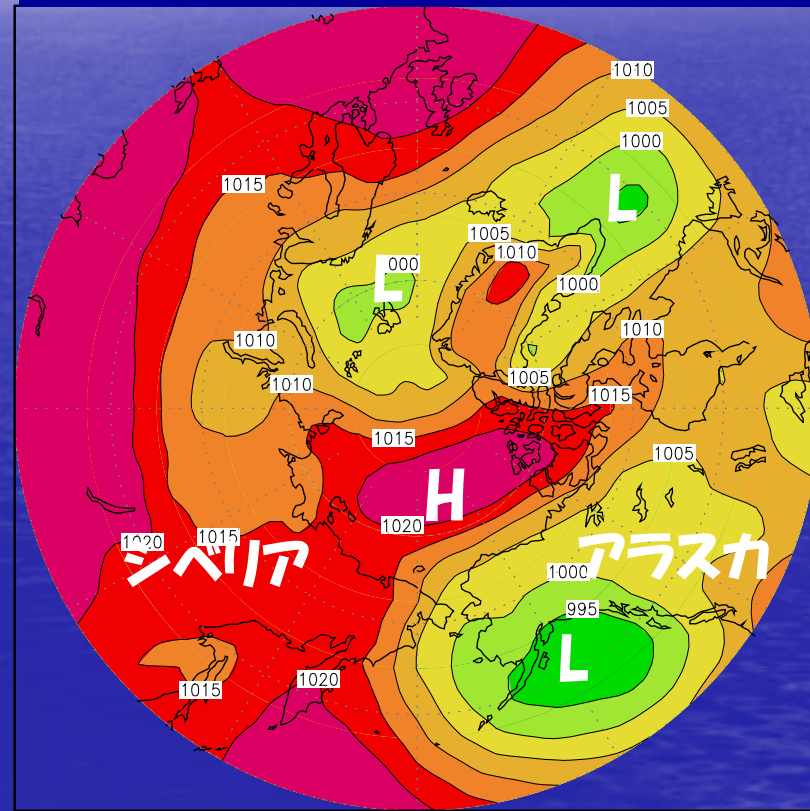
2007年10月～11月にかけての気圧配置の変化

気圧配置 2007年10月8日～14日



高気圧と低気圧のペア

気圧配置10月15日～21日

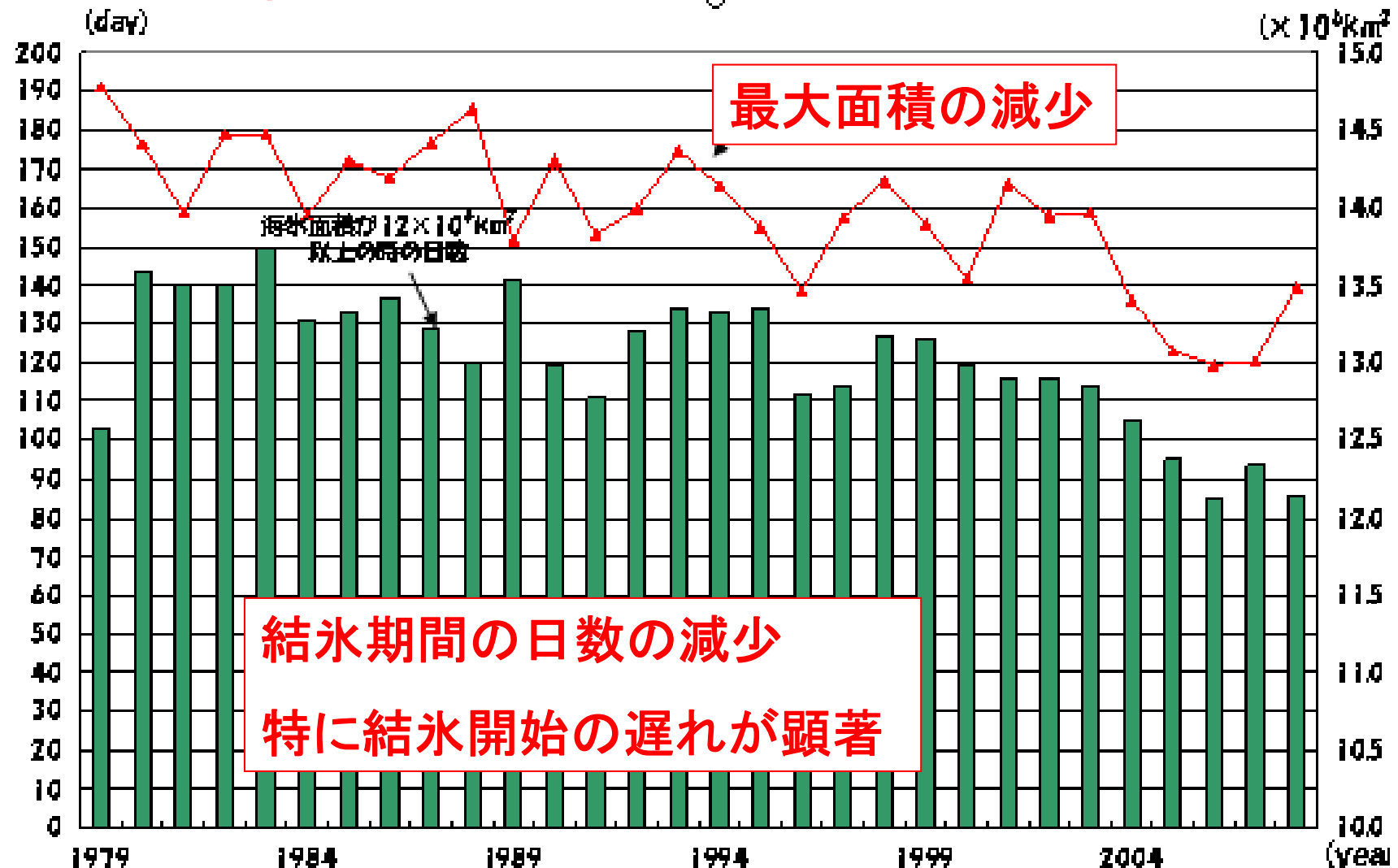


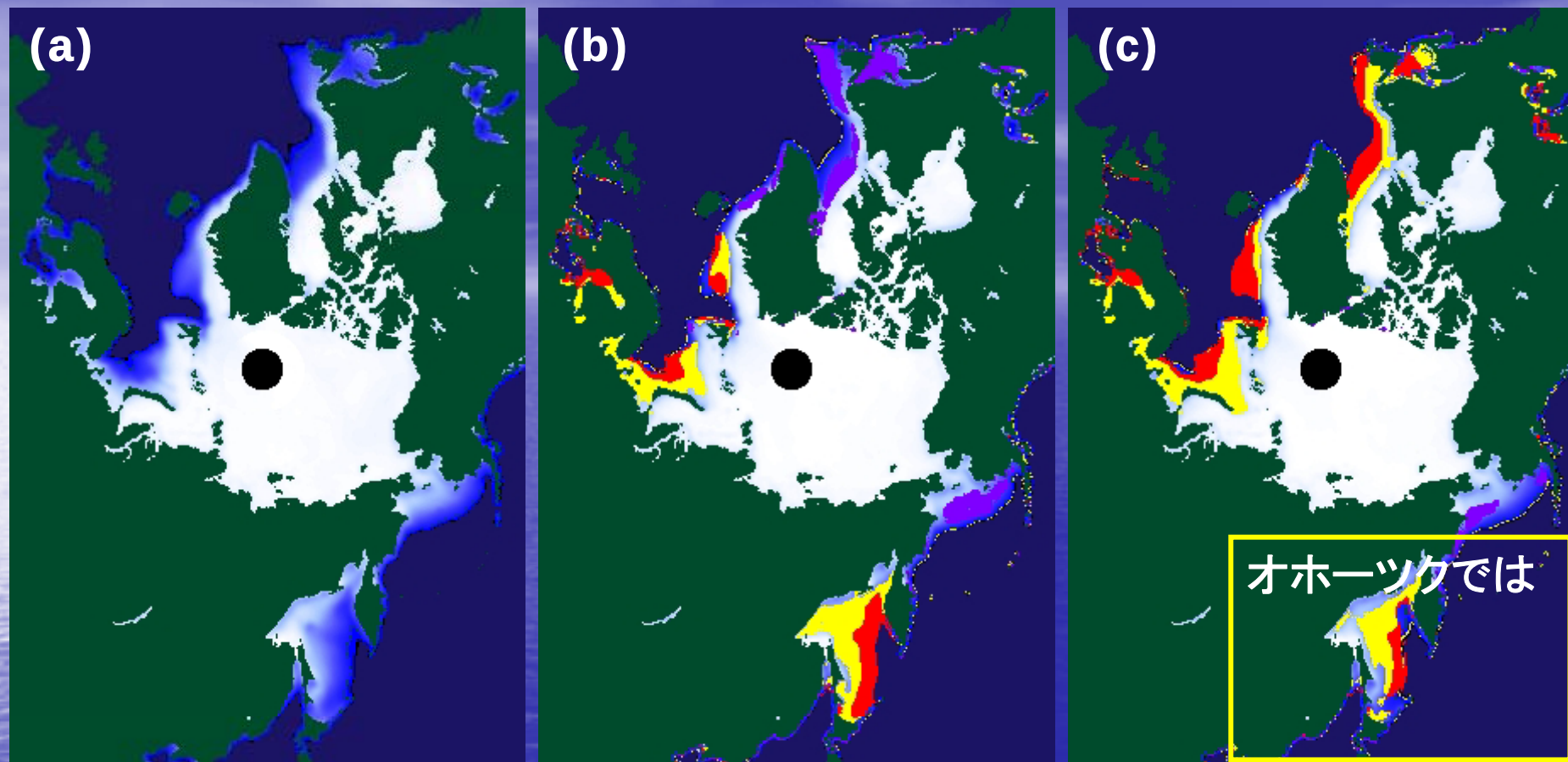
低気圧の消滅

海水を吹き払う原因が消えた

夏季の海氷減少が注目されているが、**冬期の海氷変動**はどうなっているのか。

北半球全体での減少傾向が見られる。どこが減っているのか。





平均海氷分布(1月～4月)

1979～1988

1989～1998

1998～2008

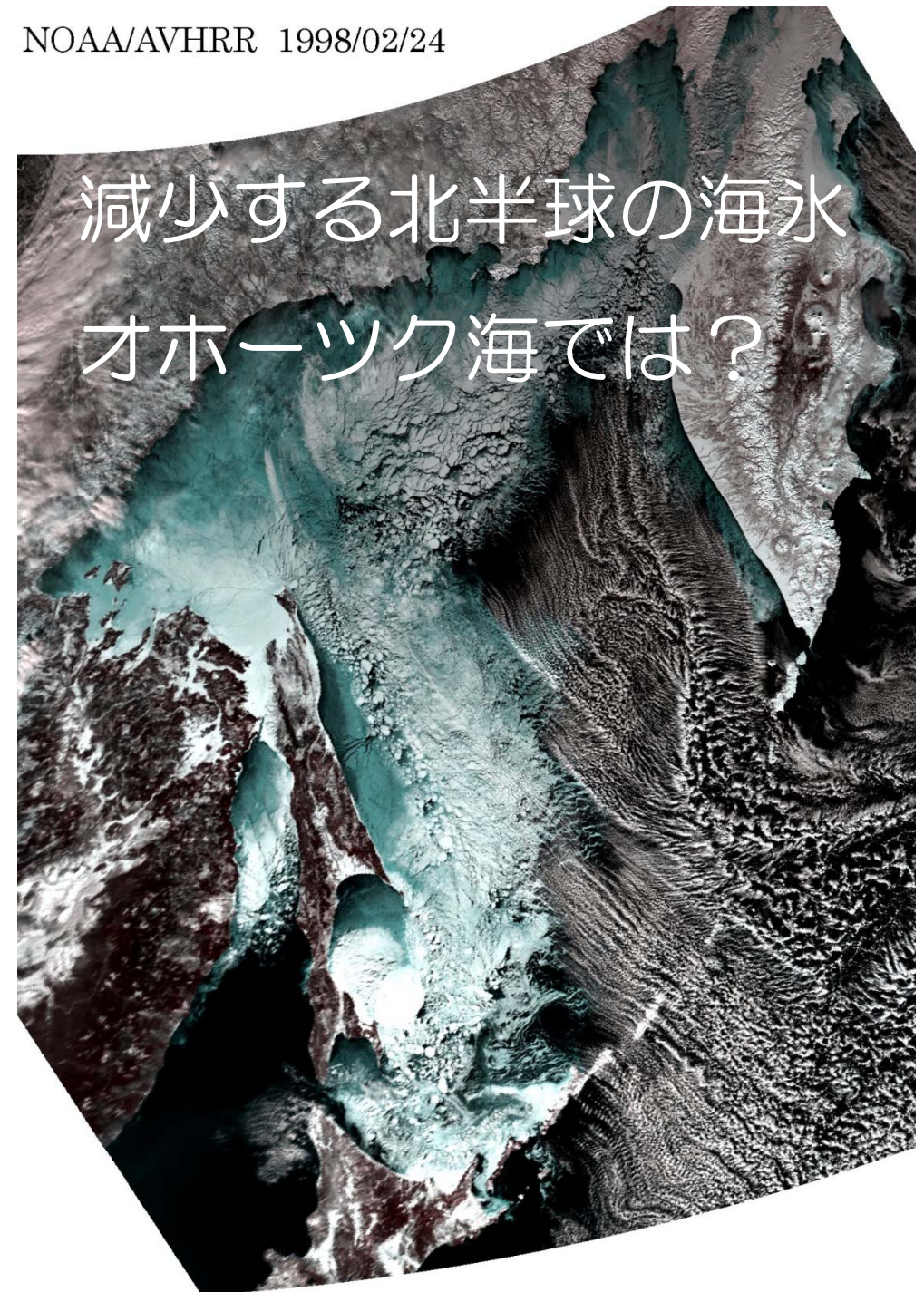
左から、(a)1979～1988年の1～4月における海氷面積の平均。
(b)(a)に対する変化（赤：消失、黄：50%減少、紫：50%増加）、(c)(a)に対する変化

冬期(1月～4月)の海氷変動 最大期の面積変化は、北極海
では顕著でない、周辺海域で変化が見られる。

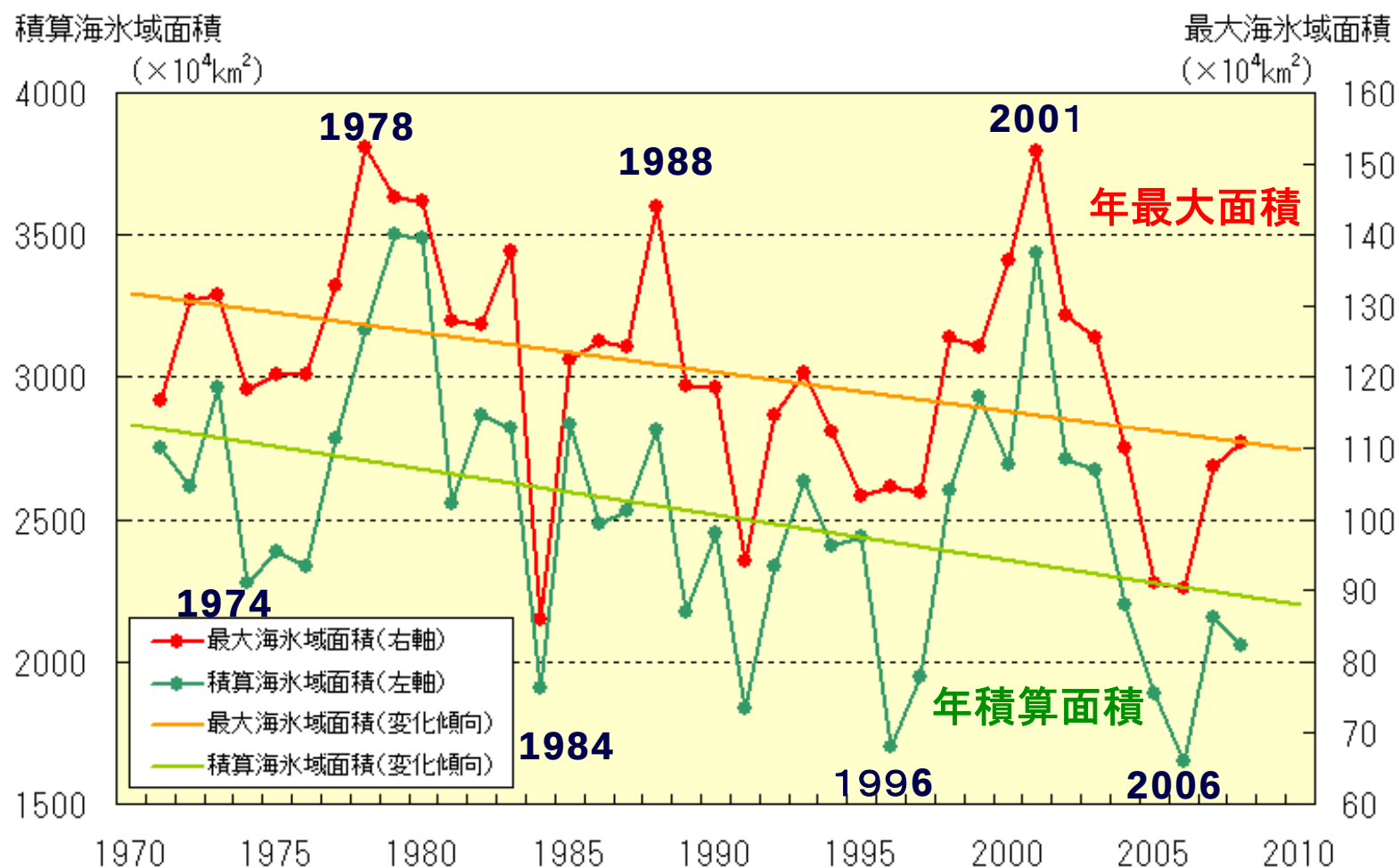
オホーツク圏の独特な自然環境として「流氷」があります。オホーツク海の海氷域は北緯60度から44度に広がり、北半球で最も低緯度で凍る海として知られている。

流氷が豊かなオホーツク海の生産力のために重要な存在であることもわかってきました。

しかし、その大きな変化が観測され、急な生態系への影響も危惧されている。



オホーツク海の海水面積（資料：気象庁）

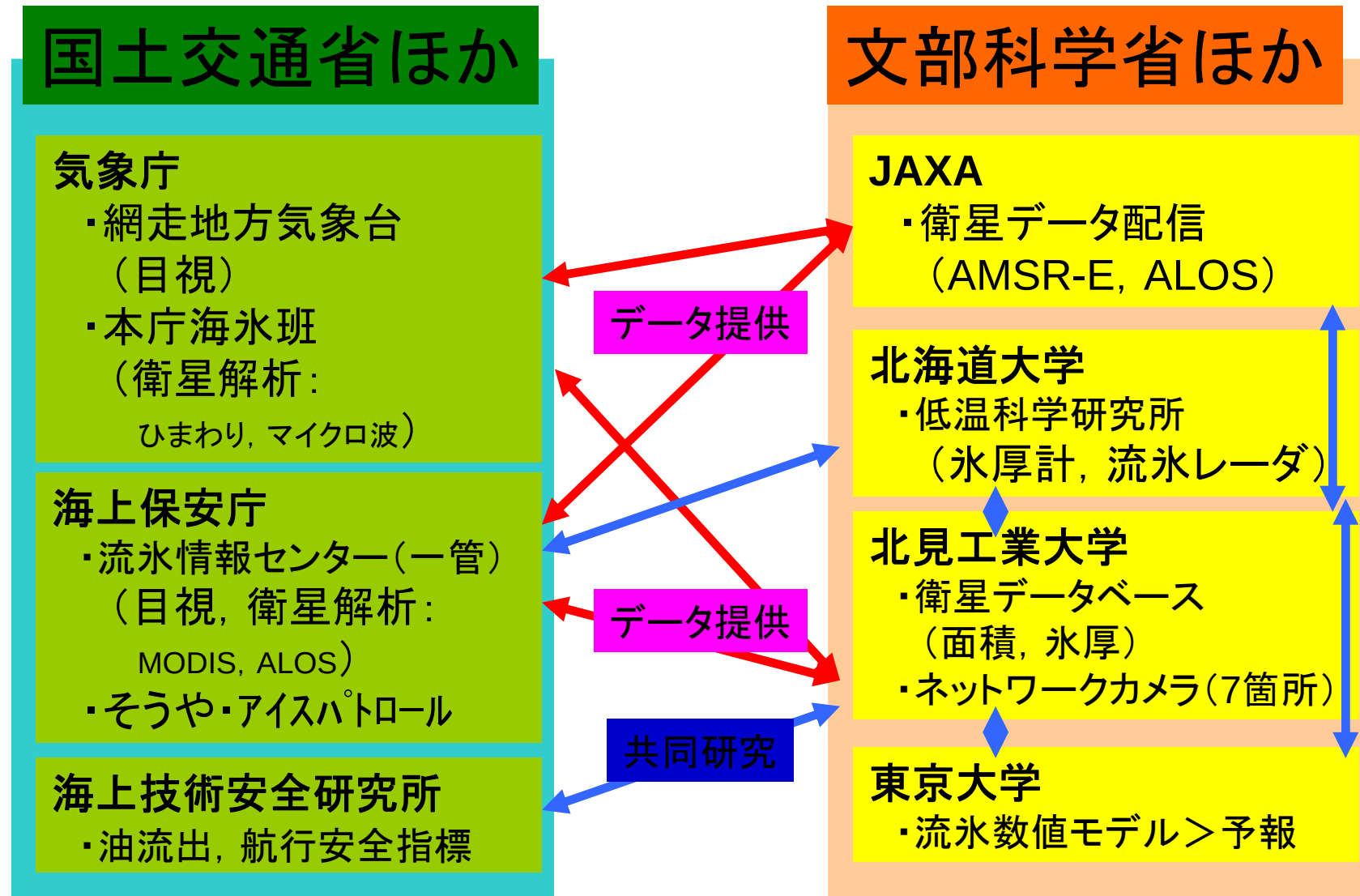


減少傾向、大きな年々変動(振幅増加)と10年程度の周期性

地球温暖化の日本とアジアへの影響予測 (IPCC, 2001、環境省、2001)

	日本	アジア
気候、異常気象	●この100年で1℃上昇 ●異常高温の発生件数の増加 ●台風は減るが風力、降水量が増加の可能性	●温帯・熱帯アジアでは洪水、干ばつ、森林火災、熱帯低気圧などの異常気象が増加
自然生態系・生物多様性	●高山生態系：ハイマツ、オゴジョ、ライチョウ等の分布域の縮小 ●森林：ブナ林のミズナラ林への移行、スギ造林地の競争樹種の増加、病害虫被害の地域移動、ニホンジカ、ニホンザル、イノシシなど大型哺乳動物の分布拡大 ●草地：50年後に亜寒帯植生が石狩低地以南から消滅、冷温帯植生も九州・四国・紀伊半島から消滅 ●生物多様性：山岳、小島嶼、小面積樹林の固有植物群落の消滅による遺伝子プール保持が困難	●アジアの一部では、気候変化、土地利用・被覆変化、人口圧により多様性へのリスクが増大。海面上昇はマングローブ、サンゴ礁などの生態系の安全へ脅威 ●アジアの永久凍土南限の極方向への移動は、社会インフラや産業に悪影響
農業・食糧安全性	●コメは高緯度地域で増産、低緯度地域で高温による生育障害、全体として減産 ●降水量が増加しない場合、林業生産量は低下 ●害虫の越冬範囲拡大や世代交代が早まる可能性 ●穀物輸出国の温暖化影響を間接的に被る可能性	●熱水ストレス、海面上昇、洪水・干ばつ、熱帯低気圧による農業生産と養殖業の減少が、乾燥、熱帯、温帯アジアの食料安全性を低下。北部地域では農業は拡大し、生産力が増加
水資源	●3℃の気温上昇で洪水のおそれが増大 ●積雪地帯で1～3月の河川流量増加、4～6月は減少 ●熱帯・亜熱帯性のプランクトン種の日本近海における出現	●河川流量と水利用可能性は、乾燥・半乾燥アジアで減少するが、北部アジアで増加 ●世界的に貴重なマングローブ林が消滅する可能性
海洋	●熱帯・亜熱帯性のプランクトン種の日本近海における出現 ●海水面積およびアイスアルジー(海水の底や中で生活している藻類)の減少によるオホーシエ海の生産力低下 ●動物プランクトンの小型化 ●マングローブは50cm/100年以下の海面上昇なら維持可能 ●サンゴ礁は40cm/100年以上の海面上昇では危険。水温上昇による白化現象が予測される。	
人間居住・産業	●夏に気温1℃上昇で、夏物商品売上は5%増加、冷房需要は500万kw増加 ●降水量、降雪量の変化による水力発電への影響 ●冷却水温度上昇による火力・原子力発電出力の低下	●アジア地域の一部では、気候変動はエネルギー需要を増加させ、観光の魅力を減少させ、交通に影響
人間健康	●夏季の日最高気温上昇により肺炎罹患率の増加、熱波による高齢者の死亡、罹患率の増加。 ●マラリア、 Dengue 熱など、媒介動物の北上による感染リスクの増加	●人間健康はアジアの一部地域では、動物媒介性感染症や熱ストレスへの曝露が増大する可能性があり、脅威を受ける。
適応力	●夏季の熱波などによる健康被害を低減するための方策が緊急に必要 ●農林水産業の生産性確保のための適応策	●アジアの途上国では、人間社会の適応力は低く、脆弱性は高い。先進国では、より適応力があり、脆弱性も相対的に低い。

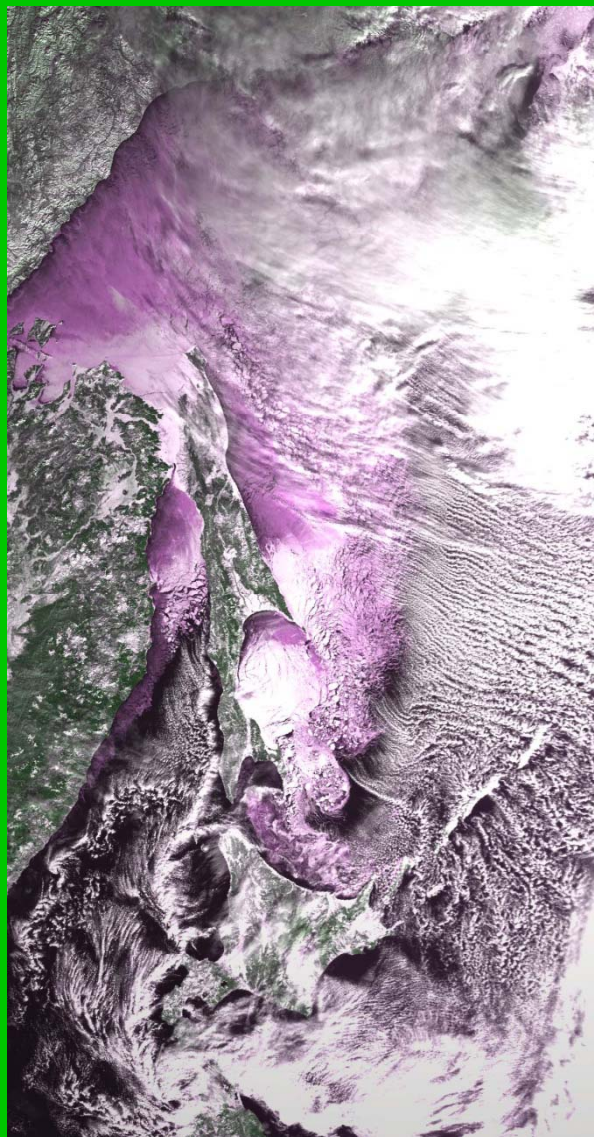
オホーツク海における海水観測態勢



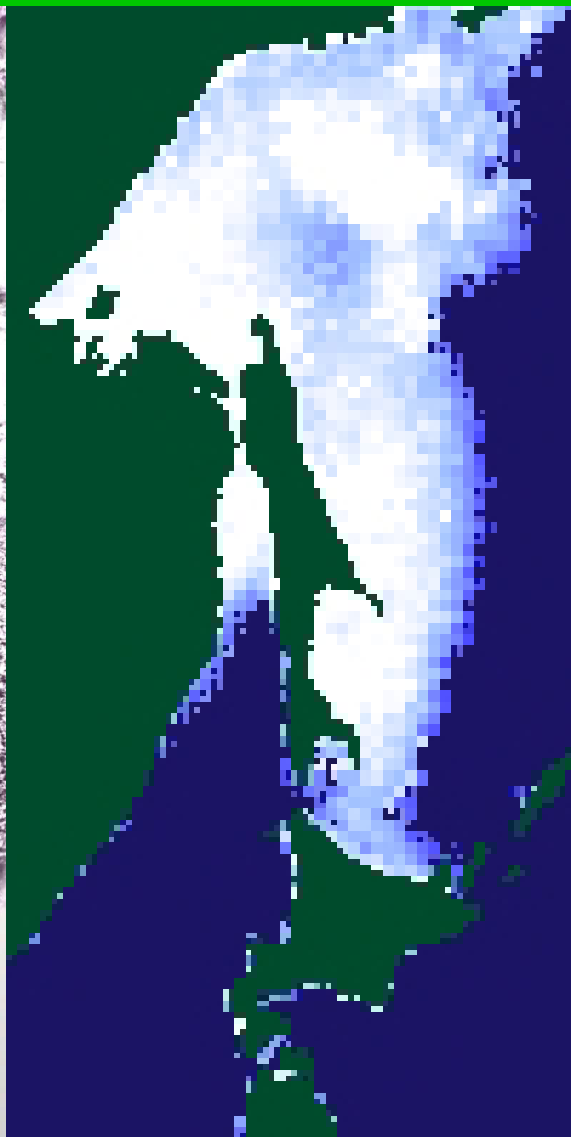
海水情報取得のための近年の取り組みの例

準リアルタイム海氷情報

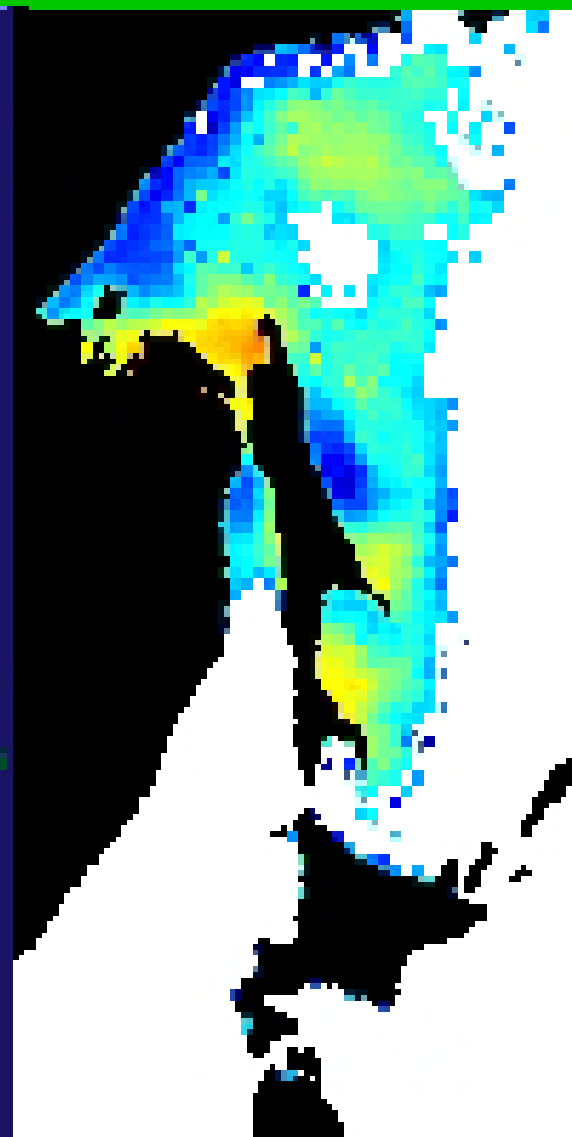
(2003/01/26)



AVHRR



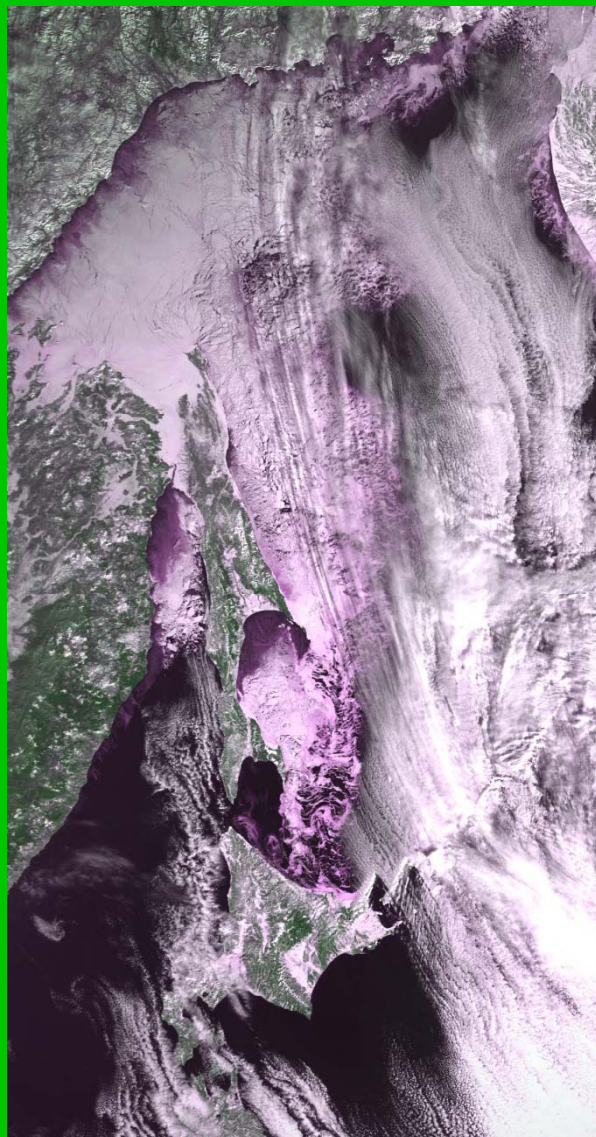
SSM/I concentration



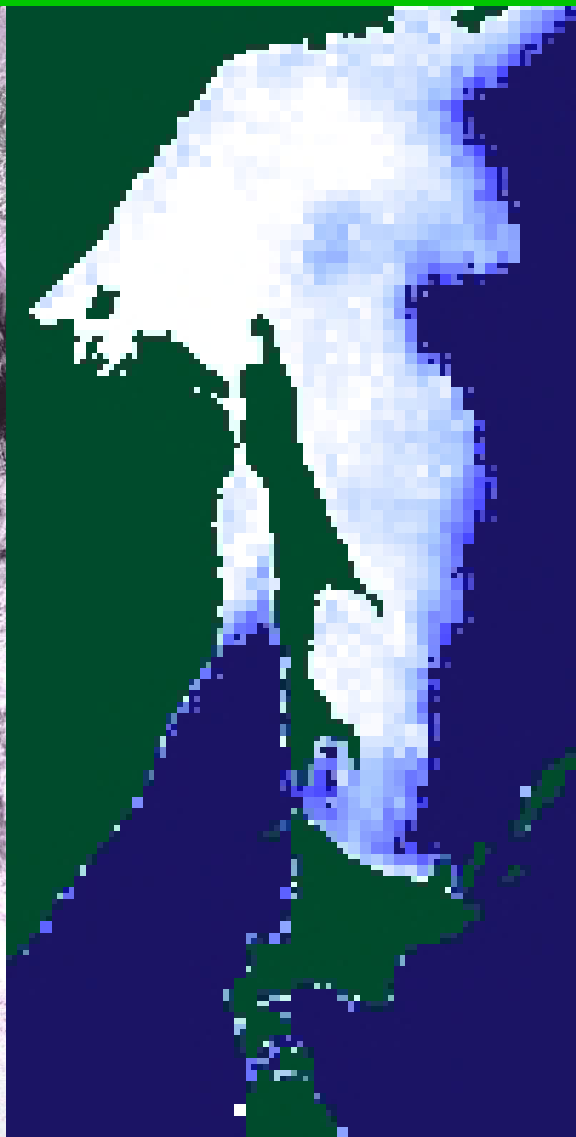
Thickness

準リアルタイム海氷情報

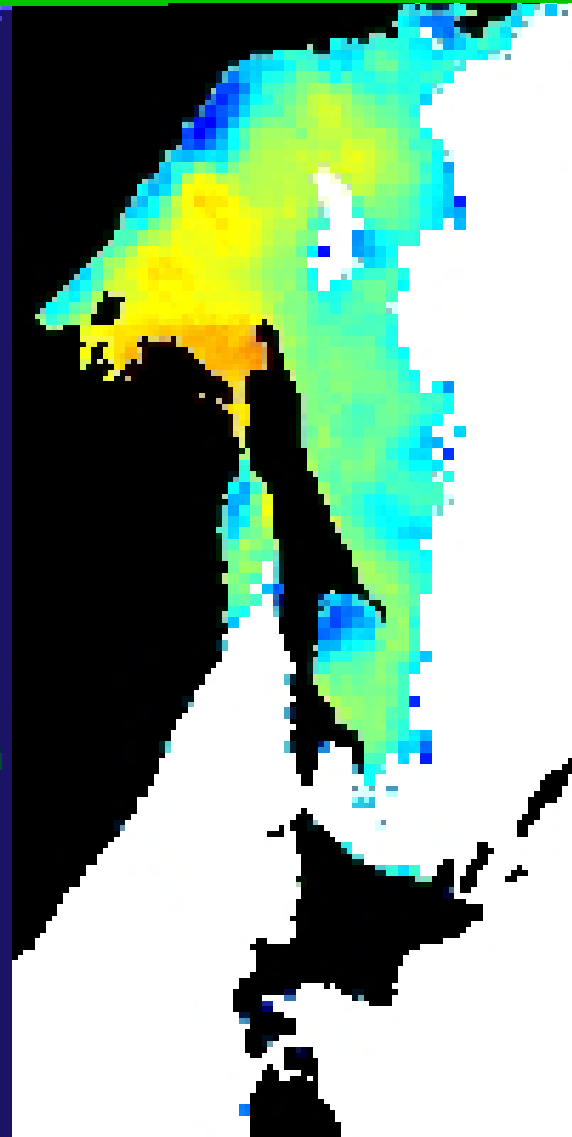
(2003/01/30)



AVHRR

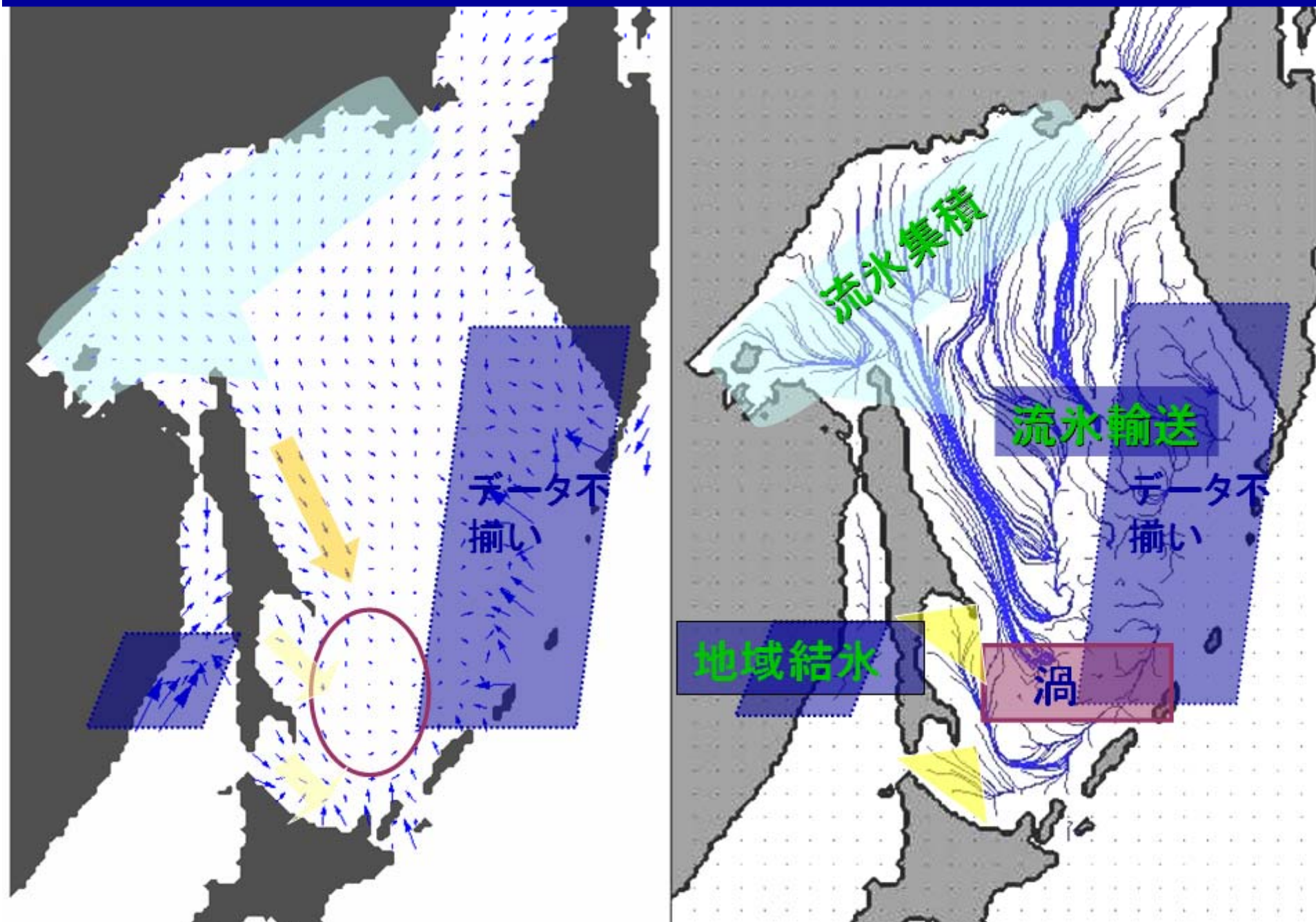


SSM/I concentration

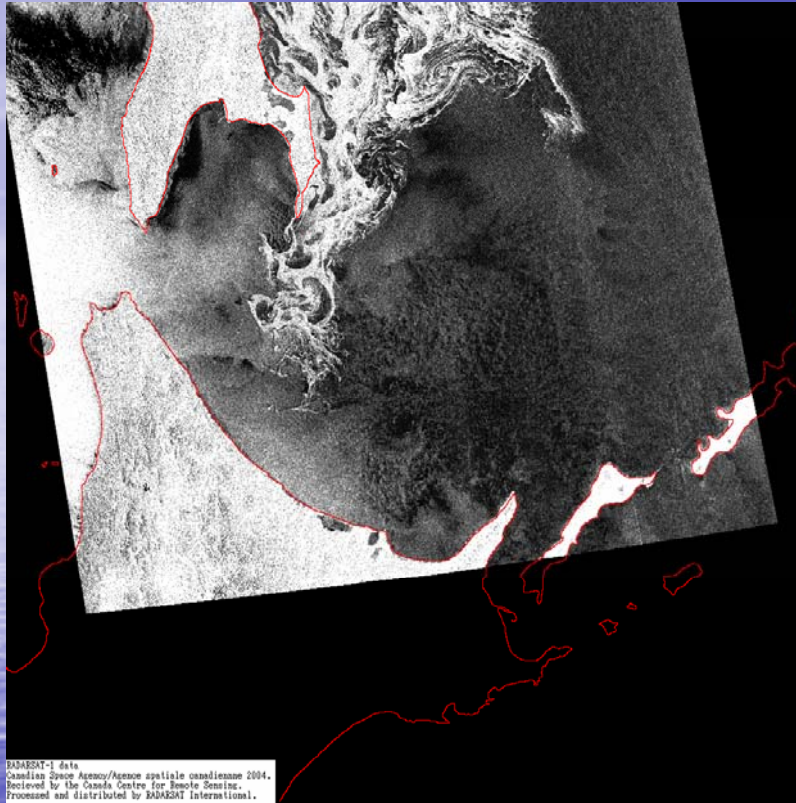


Thickness

海水の移動

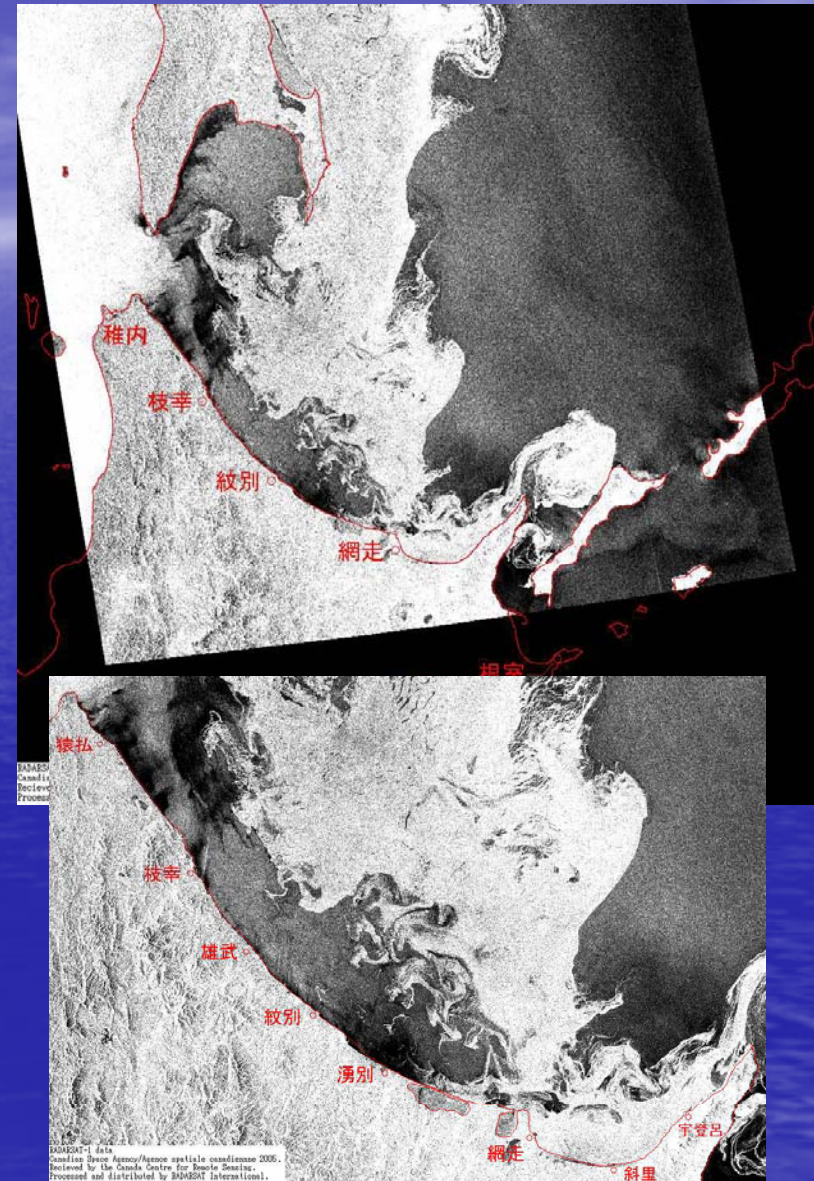


詳細な観測：衛星レーダーの利用（RADARSAT, JAXA/ALOS）



気象庁：RADARSATによる海氷の様子
の観測と画像公開

海上保安庁：JAXA ALOSの合成開口
レーダ画像を使用、公開している。



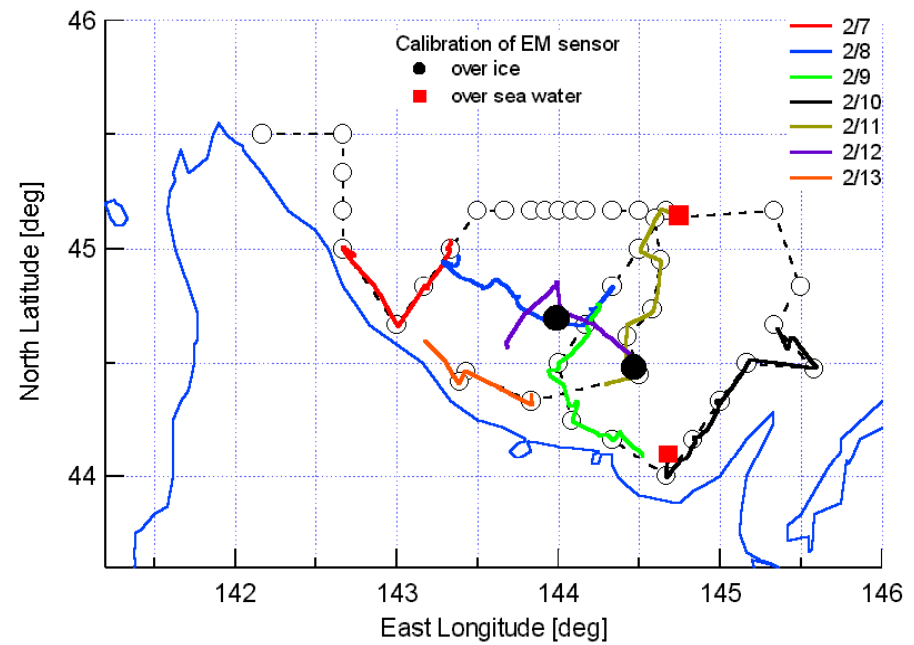
海上保安庁

流氷の海のパトロール

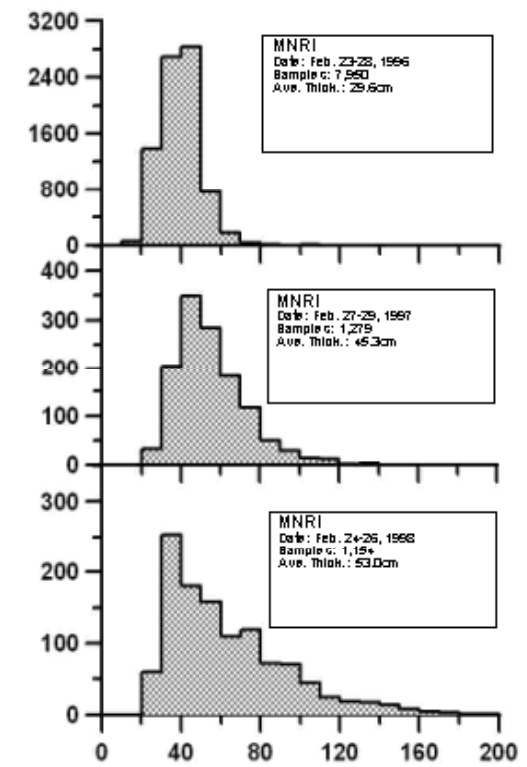
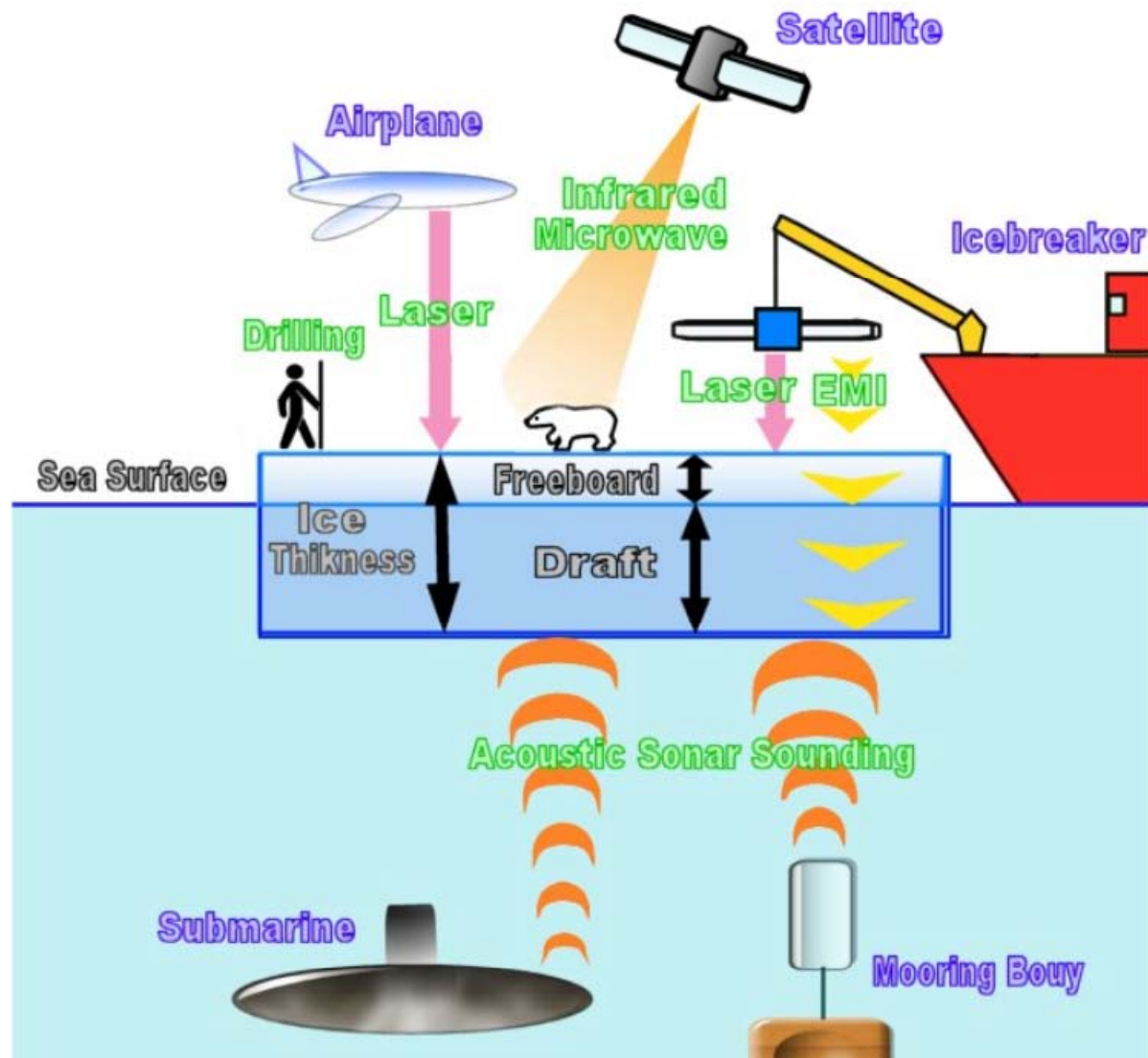
現場観測



Result – 1) The Sea of Okhotsk



氷の厚さを測る取り組み



現場観測

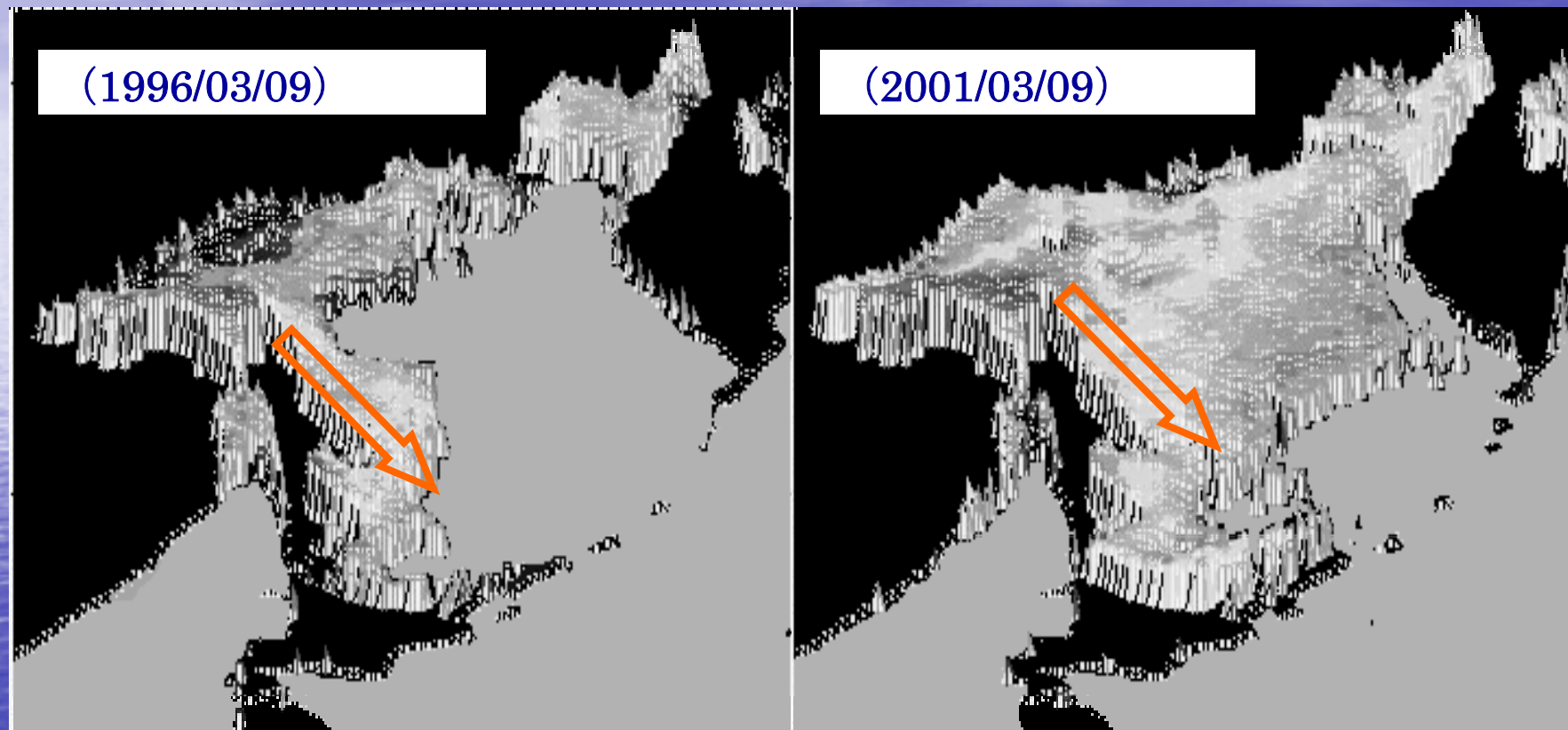
N44° 41' 20.0" E143° 59' 32.4"

海上保安庁の流氷パトロール に乗船した大学研究者らによる 海水現場観測



2004/ 2/12 3:22am

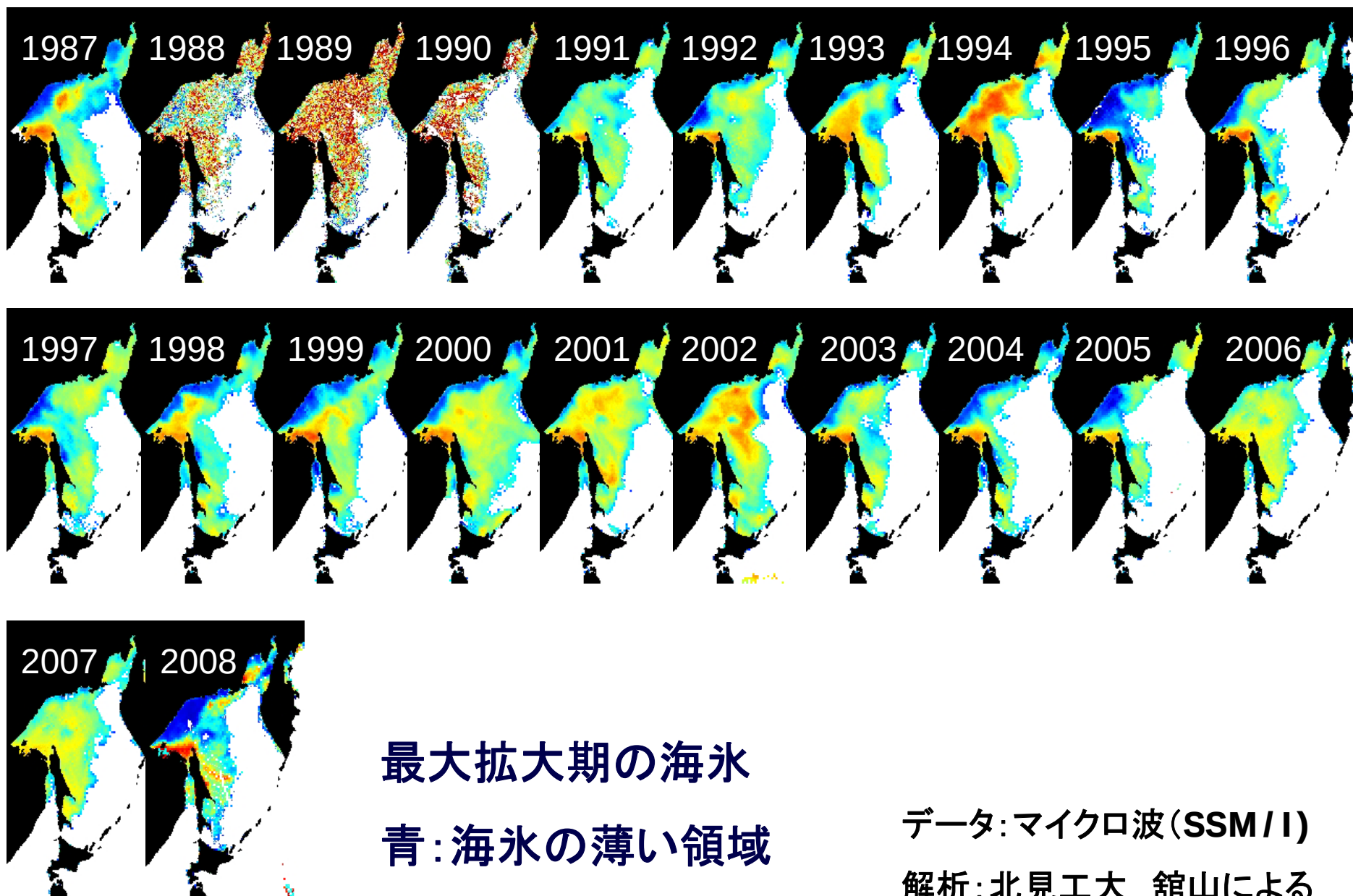
氷の厚さ分布(衛星観測による推定)



1995/1996 (min) and 2000/2001 (max.).

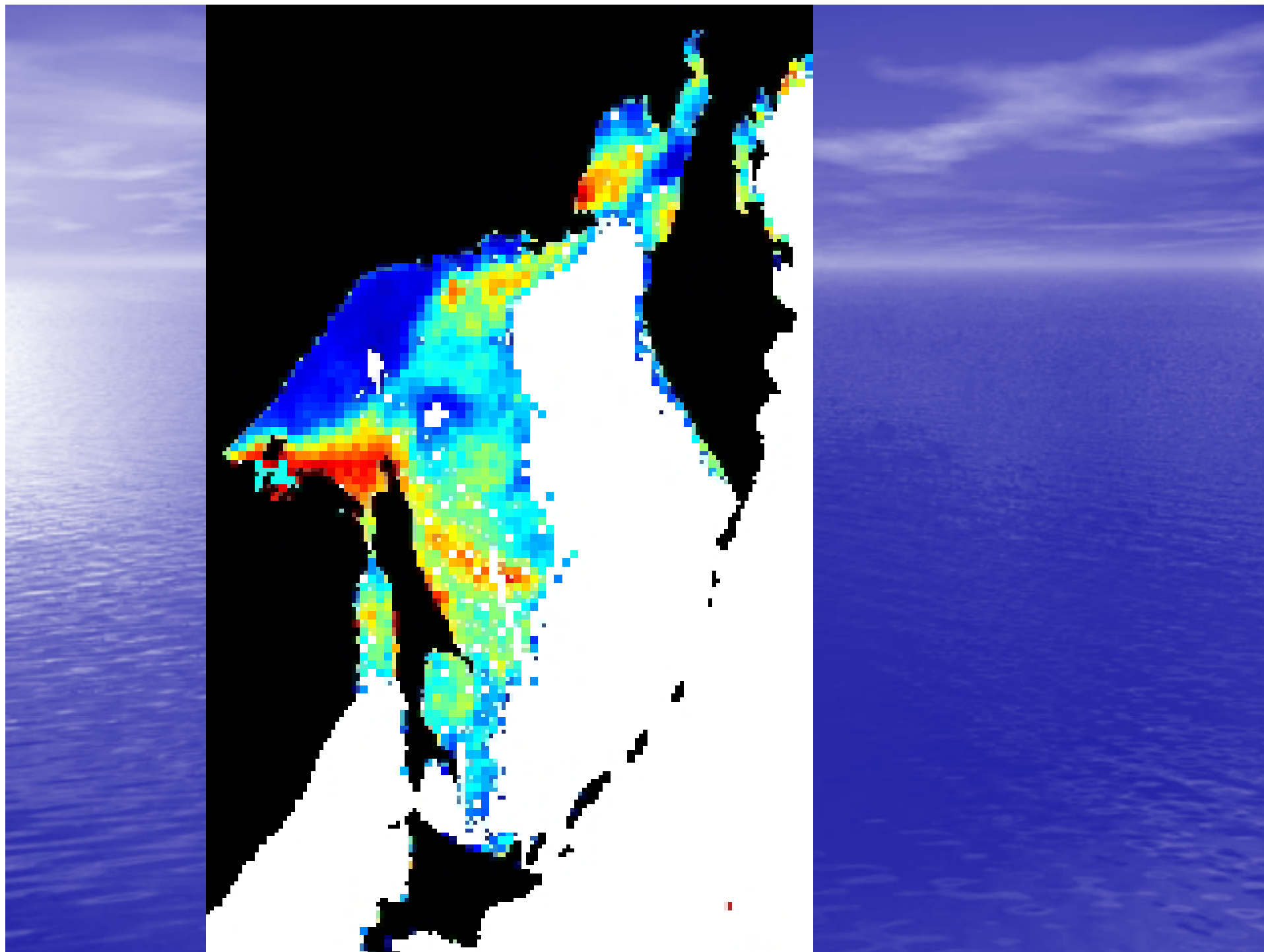
検証データ: 限られた現場観測データ

海氷の体積に関する推定1987年から2008年までの21年間の変化



データ：マイクロ波(SSM/I)

解析：北見工大 舘山による

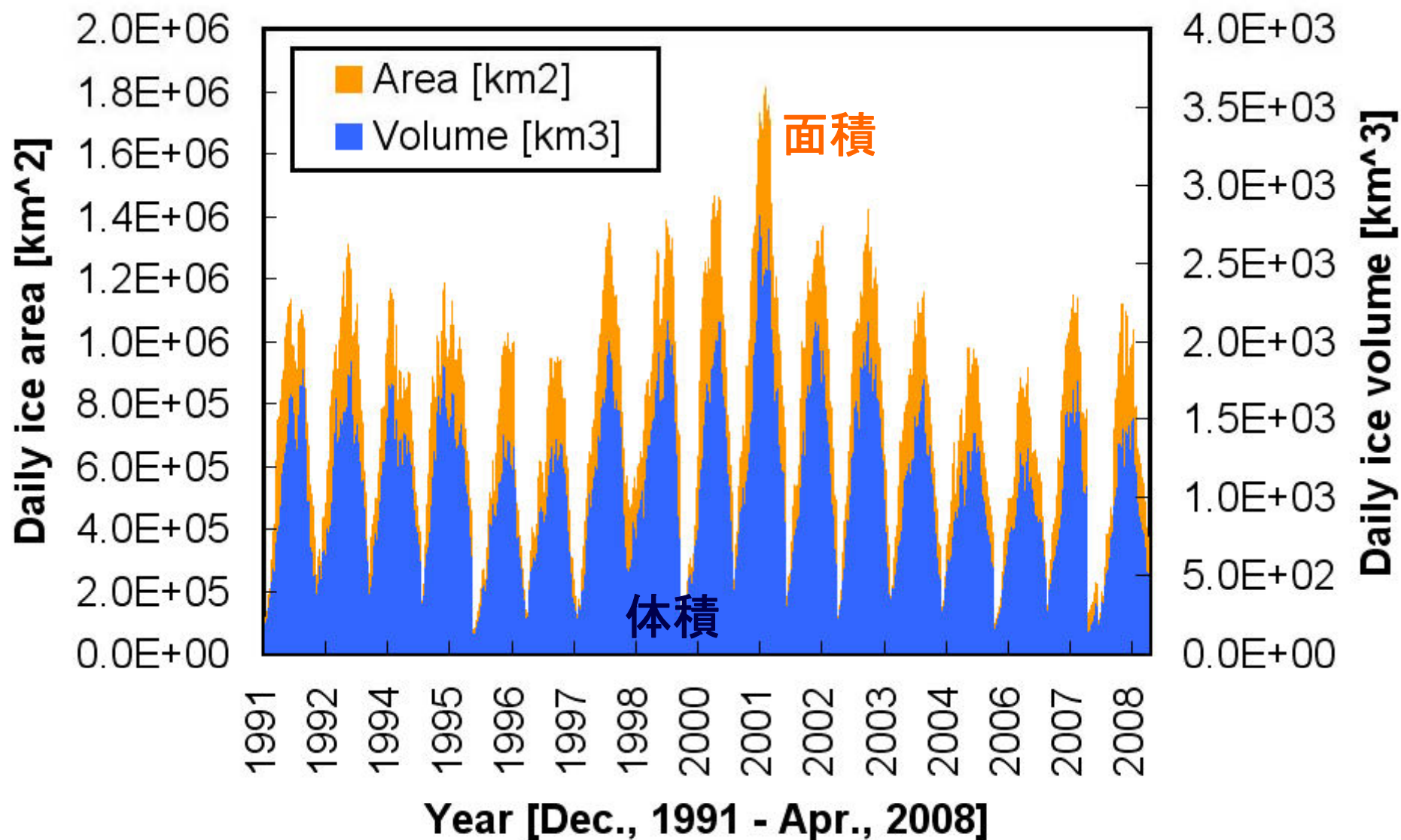


まとめ

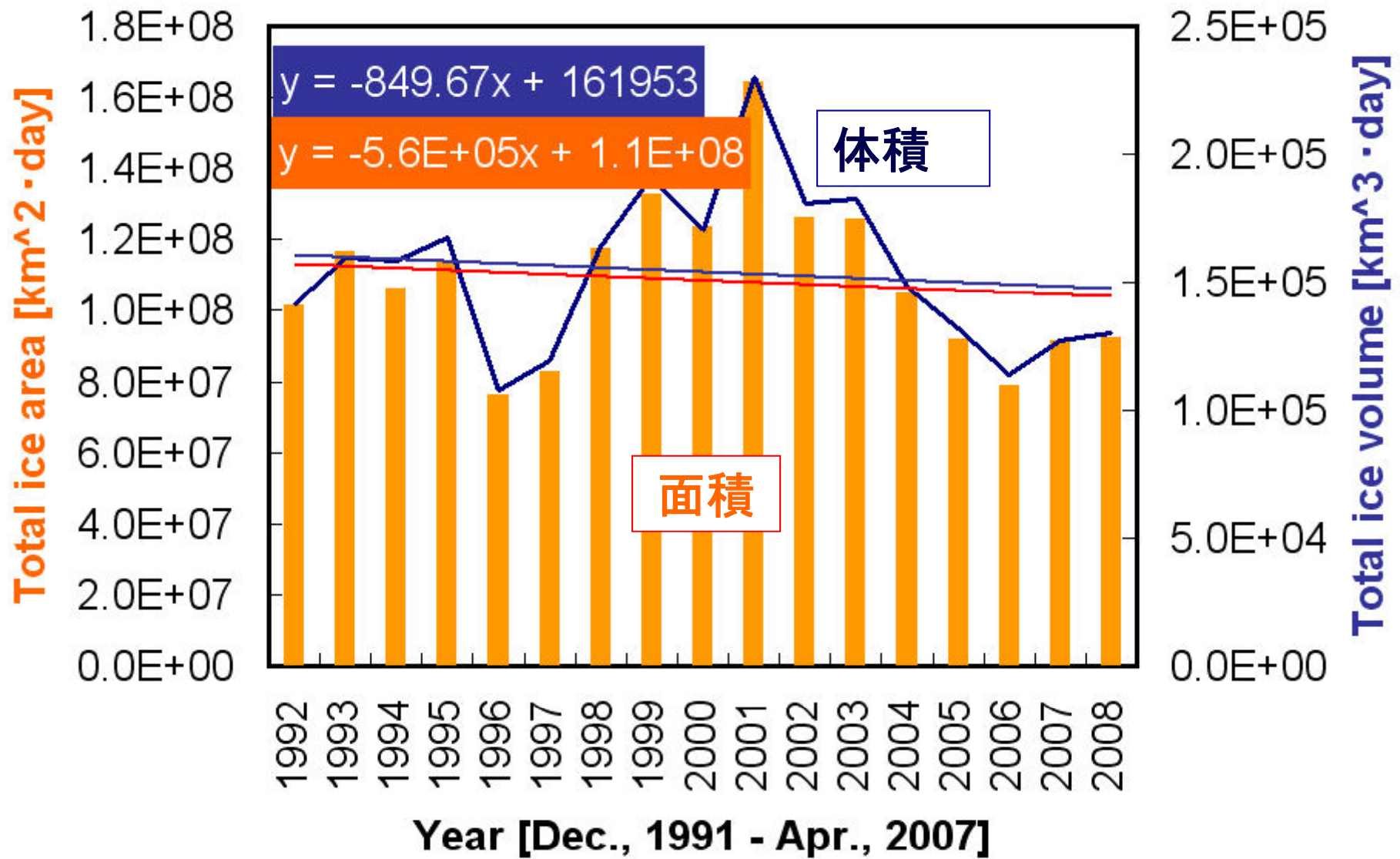
地球温暖化と海氷変動

- ・海氷域は温暖化の影響が出やすいといわれている
- ・北極海では夏季海氷域の顕著な現象が観測されている。
2000年以降の現象が顕著である。大気・海洋・雪氷の変化がかかわっている。
- ・冬期の変化は、オホーツクなど季節海氷域で顕著である。
- ・オホーツクでは、ゆっくりとした減少傾向と10年程度の変動が重なっている。最近十年の間に最大・最小の規模に近い両方の状態が出現している(拡大2001年、縮小1996, 1997, 2006年)。
- ・海氷変動は面積変化だけでは把握できず、それに**先行・増幅**することの多い、厚さ変化の観測が求められている。
- ・観測**手法**の開発と研究機関の**情報**交換、未知の影響の**予測**など、様々な取り組みが必要である。

オホーツク海の海氷面積と体積の推定

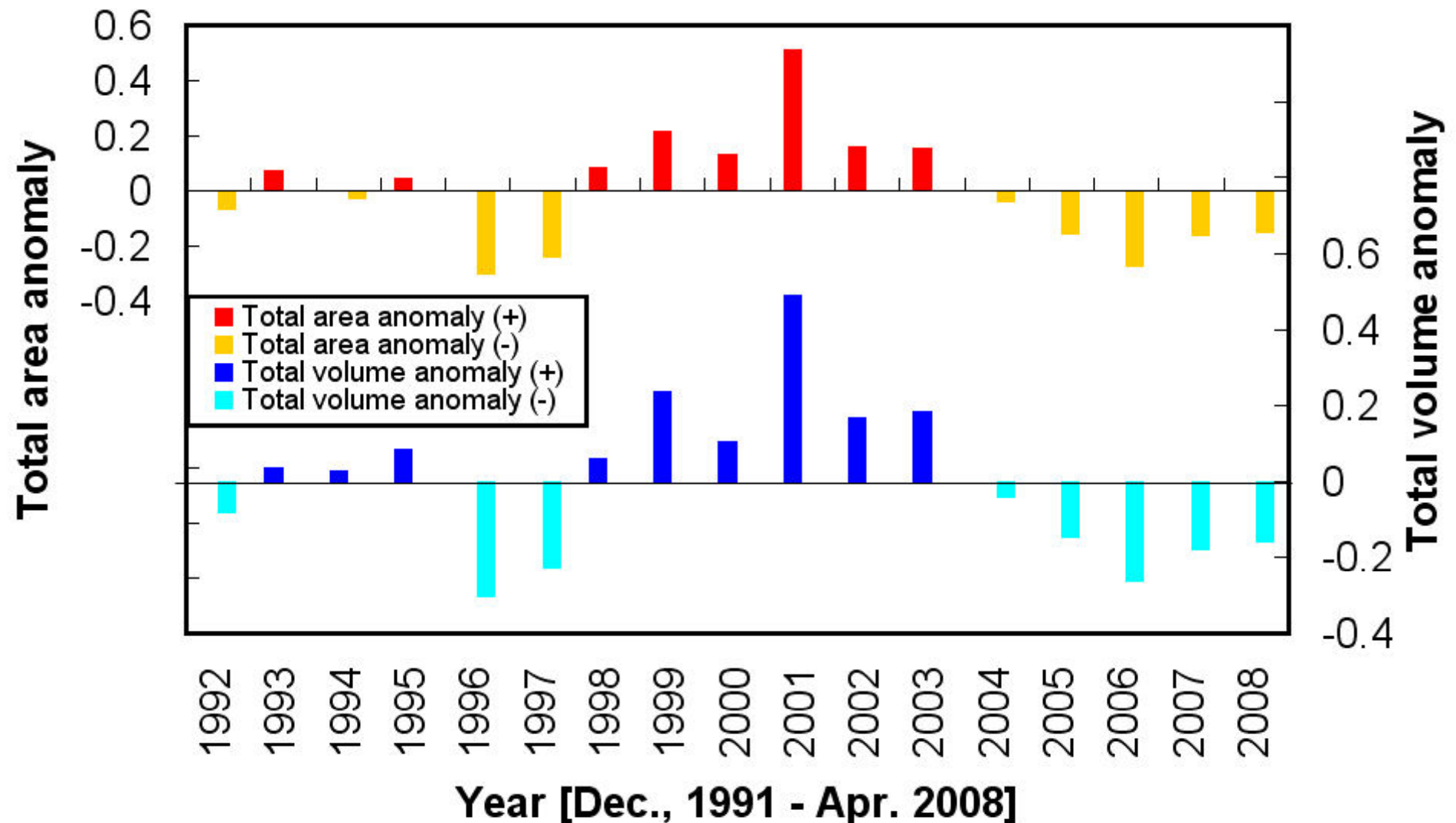


オホーツク海の海氷の変動傾向



面積、体積両方のゆっくりとした減少傾向

オホーツクの海氷面積と海氷体積の変化の推定



大きな年々変動：面積変化、体積変化：面積変化を厚さの変化が増幅

北見工大 舘山による

海水観測と利用

