

# 極域海洋学：熱塩循環・気候変動との関わりを中心として

## 講義計画

1. イントロ：世界の気候における海氷の役割
2. 深層水形成：海洋熱塩循環の起点
3. 海氷生成と南極底層水：全海水の30－40%の起源水
4. 海氷域における熱塩収支
5. オホーツク海での海氷生成：北太平洋中層・物質循環の起点
6. 海氷・海洋アルベドフィードバック：北極海氷激減のメカニズム？
7. 極域海洋と気候変動：地球温暖化のホットスポット
8. 海洋・氷床相互作用：全球環境変動の鍵
9. 衛星観測：海氷研究の生命線
10. 地球流体力学の海氷域・極域海洋への応用

# 1. イントロ:世界の気候における海氷の役割

海氷＝海水が凍ったものの総称。

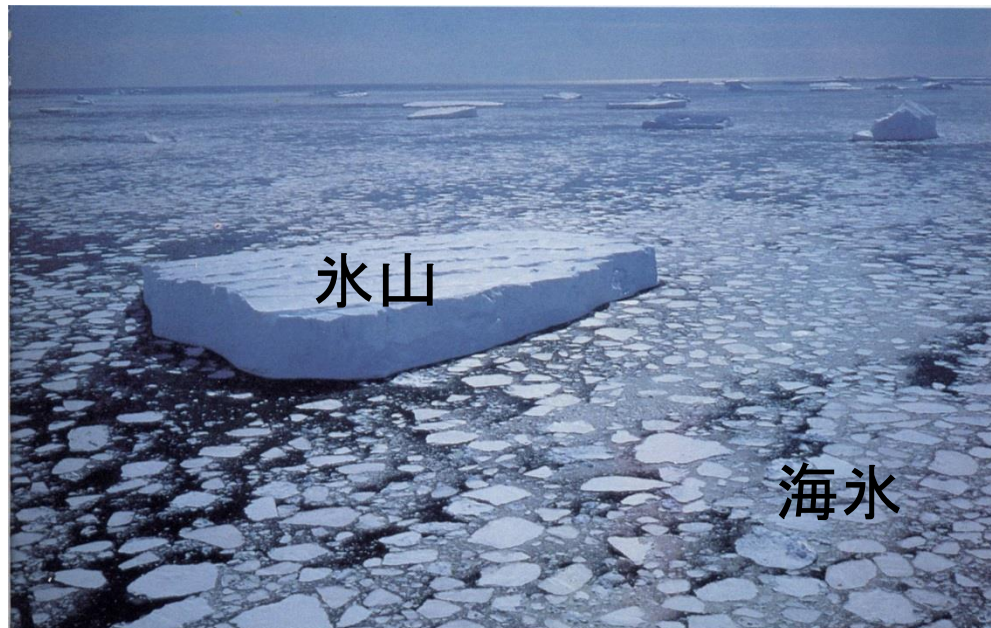
流氷＝海氷のうち、流動しているもの pack (drifting) ice

定着氷＝海氷のうち、固定されて動かないもの landfast ice

海氷（流氷）と冰山とは違う！

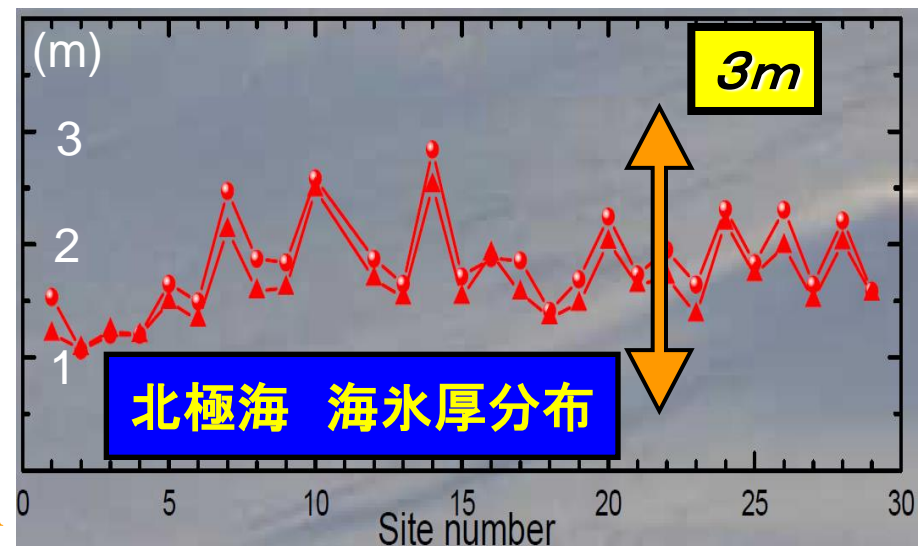
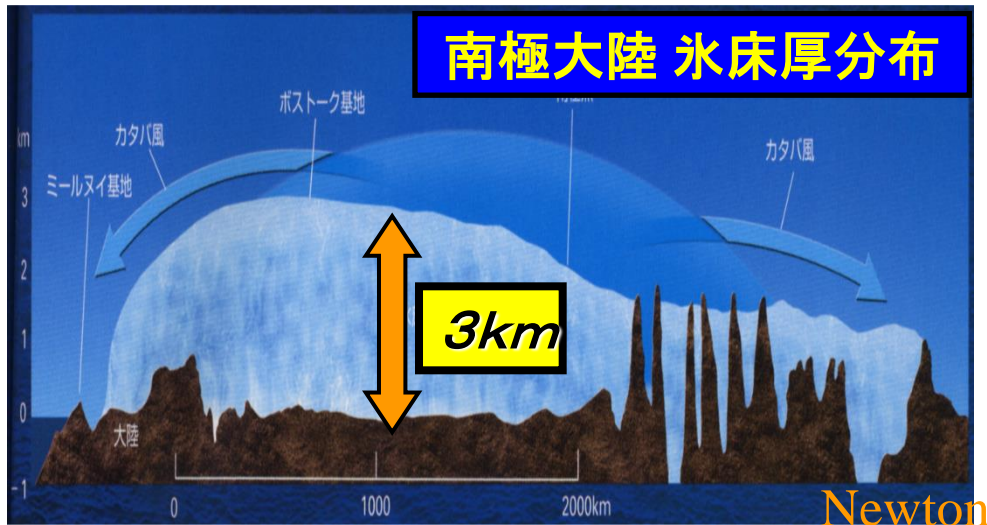
海氷＝海水が凍ったもの 少し塩っ辛い 1-3m

冰山＝南極などで厚く積もった雪が圧縮されてできた氷(氷河)が  
海に流れ出たもの 真水が凍ったもので塩っ辛い 200-300m



# 地球上の氷の存在量

- 氷河・氷床として
  - 南極 89%
  - グリーンランド 9%
  - その他 1%
- 海氷として 0.1%
- 永久凍土 1%





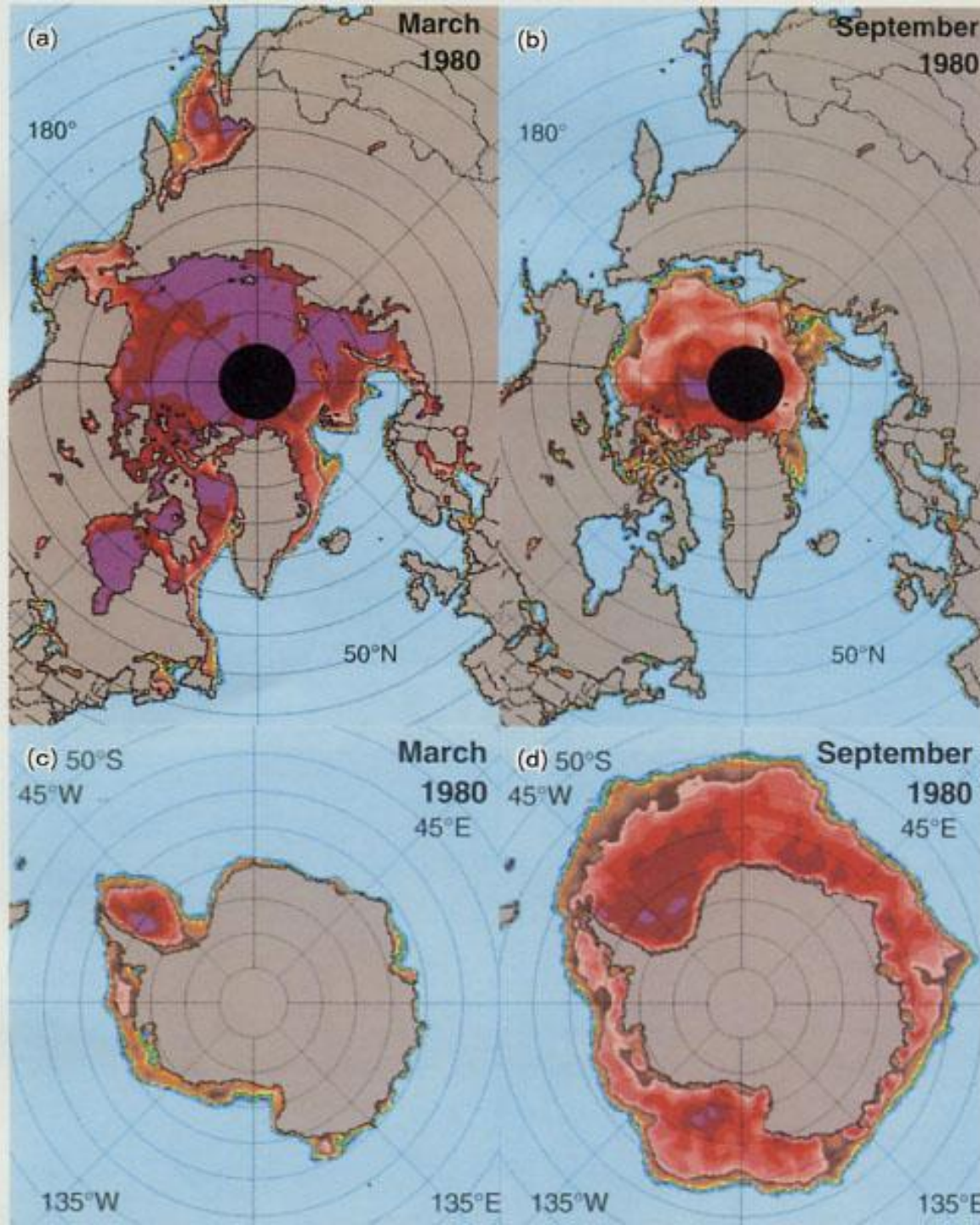
# マイクロ波放射計による 北極・南極の海氷分布

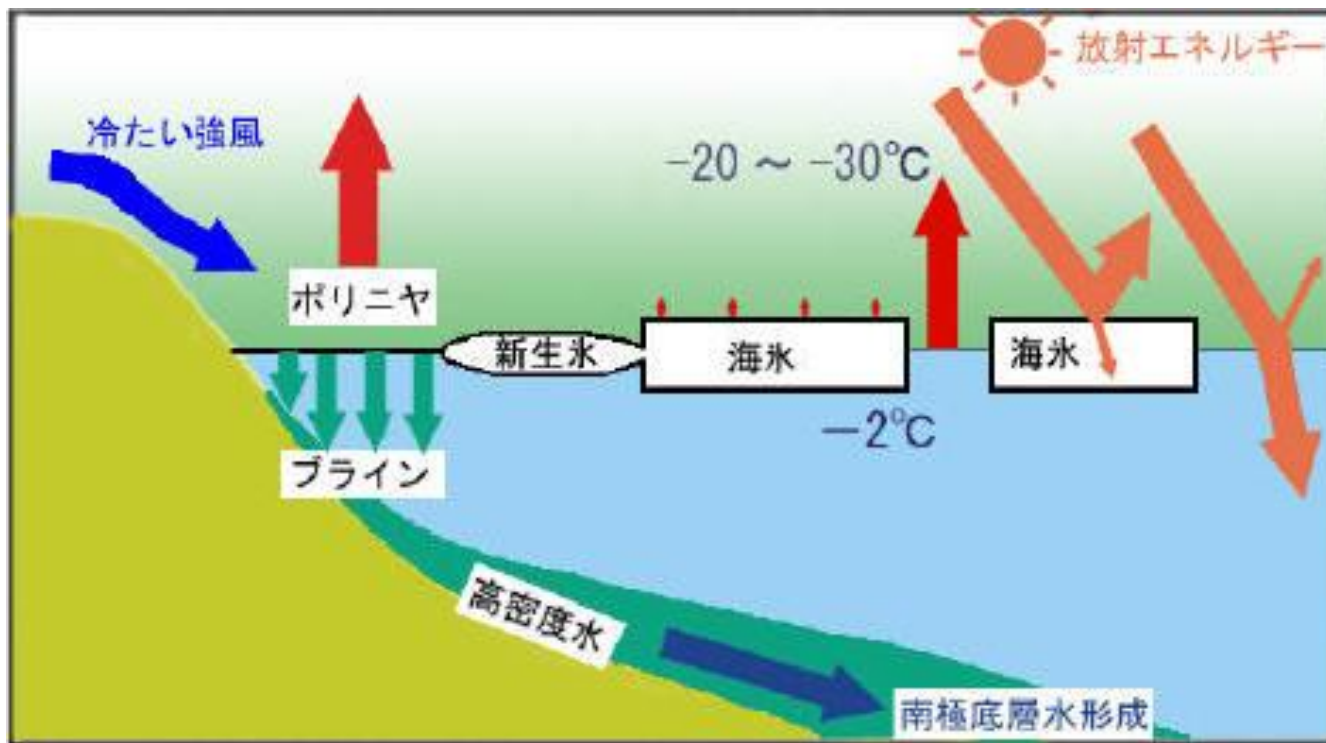
北極海：多年氷域

multi-year ice zone

南極海・オホーツク海：

季節海氷域 seasonal ice zone





## 1) 高アルベド（日射に対する反射率が大きい）

海氷は、通常白い雪が載っているため、日射の6～7割を反射する。これに対して、海水は黒っぽいいため日射の1割しか反射しない。いったん海氷が増えると多くの太陽エネルギーを反射するため寒冷化させることになり、寒冷化すると海氷がさらに増えるという**正のフィードバック**が働くことになる。このように海氷は、ある地域ひいては地球の気候を大きく変える可能性がある。

## 2) 大気—海洋間の断熱材

海氷は断熱材として働き、大気と海洋間の熱交換を大きく抑制する。従って、海氷の有無・変動は海洋・大気間の熱輸送に大きな影響を与える。これもよっても**正のフィードバック**が働く。

## 3) 熱と塩の再分配・輸送

海氷生成の際に高塩分（従って高密度）の水（ブライン）が排出され重い水ができるため、それが海洋の底層や中深層に潜り込む。地球上の海の中深層に占める水のほとんどが、海氷ができるような極域で作られたものである。この水の出来具合が変わると地球規模の海洋循環も変わって気候が大きくシフトすると考えられる。

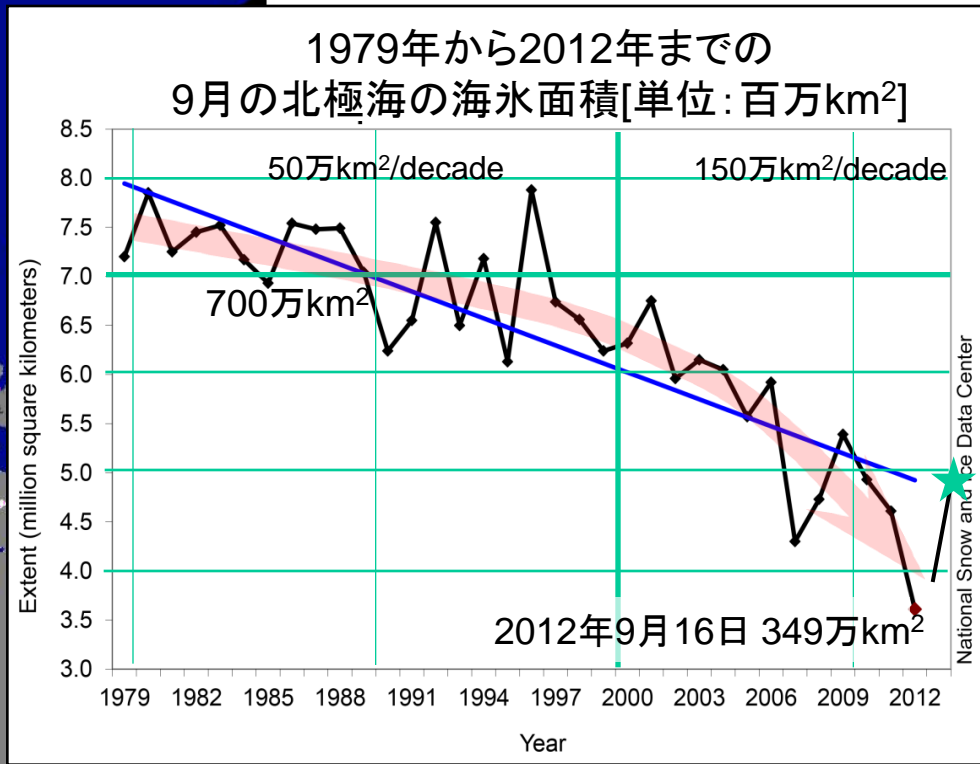
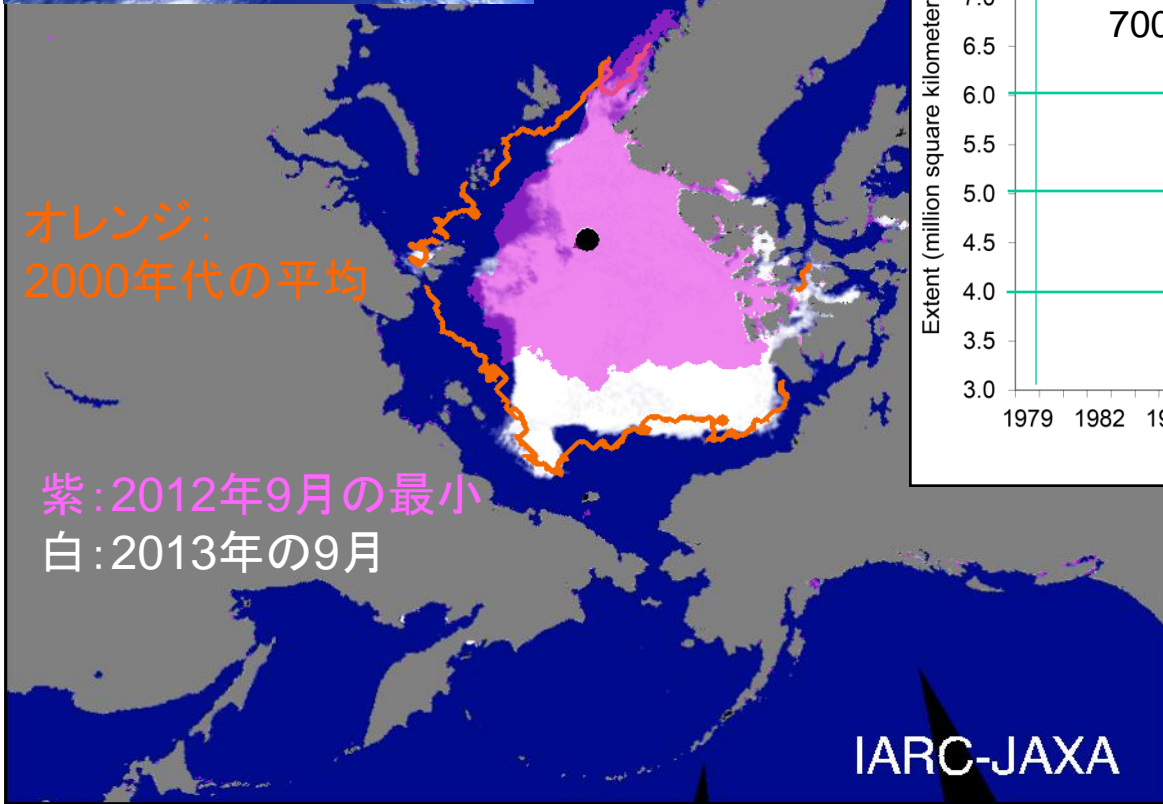
# 北極海の海氷の現状：夏季の面積が激減している

AMSR2 Sea Ice Concentration

20130917

第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)

overlay:20120920

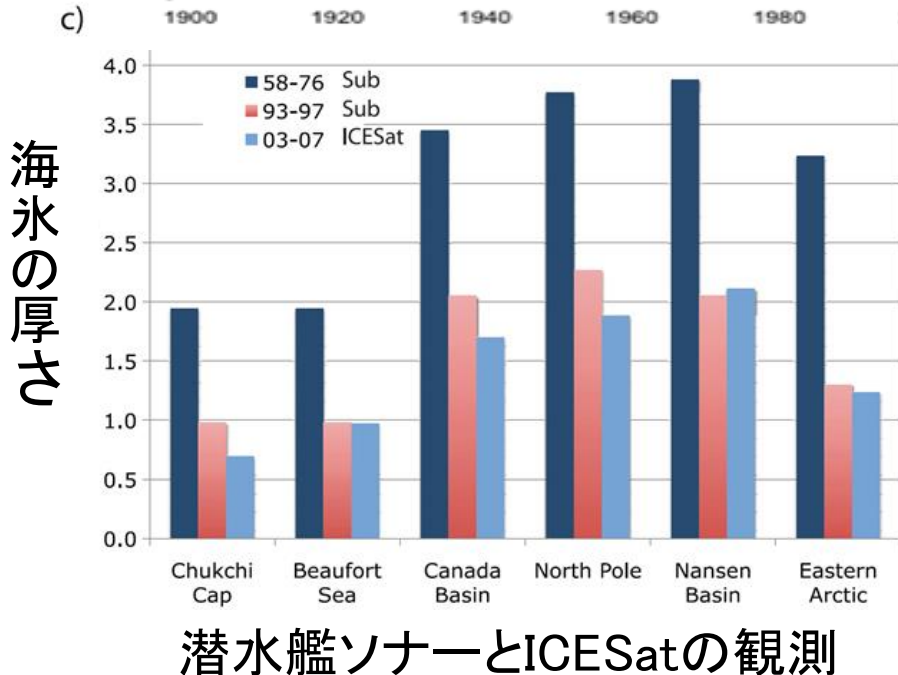
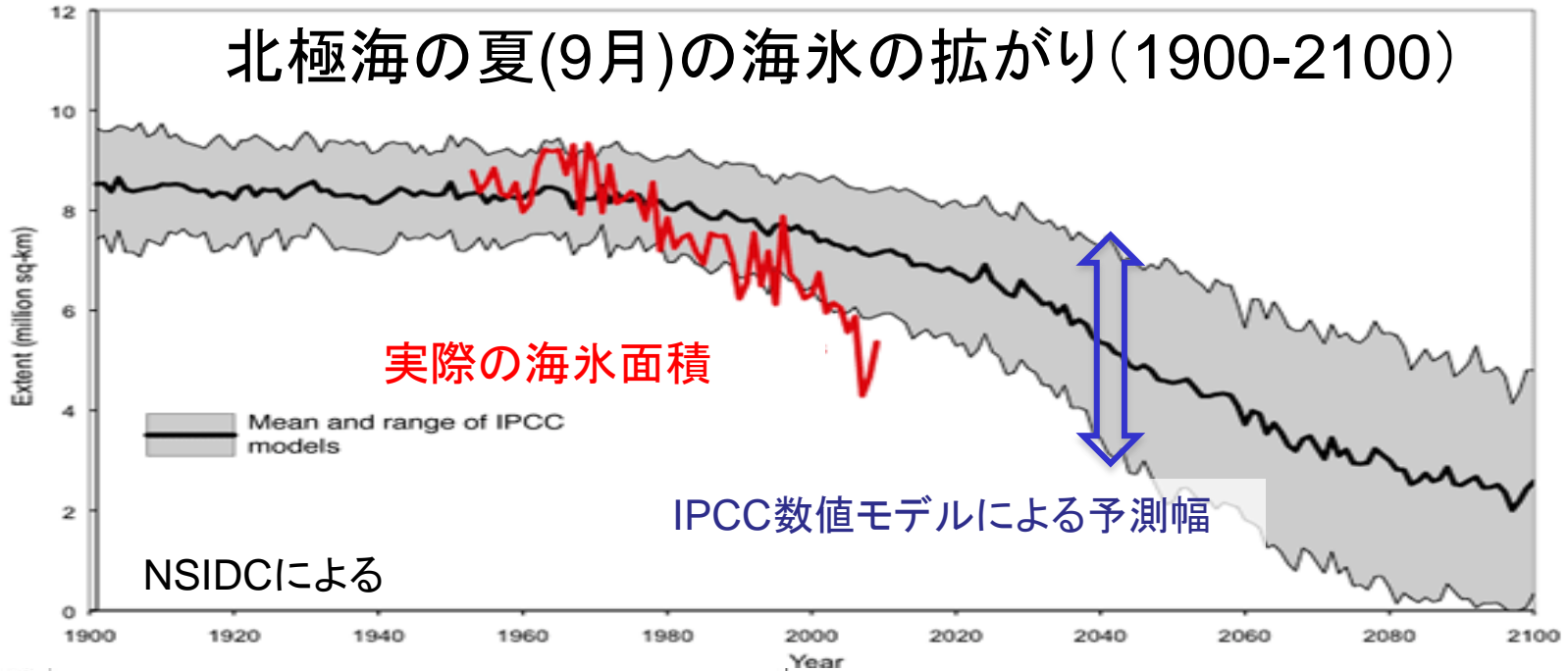


日々の海氷のモニターは日本の人工衛星センサーAMSR2が担っている！





# 北極海の海氷の現状：予測より早い減少、厚さも減少

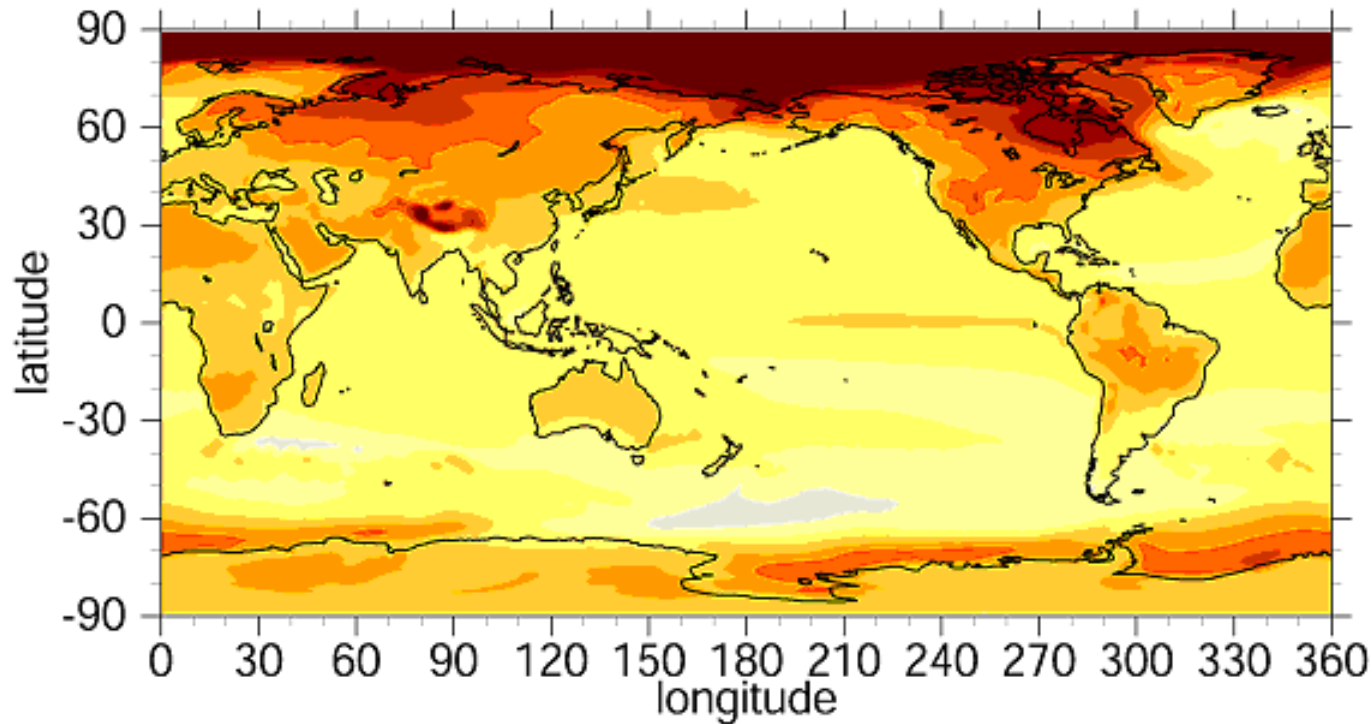


北極の海氷(衛星と潜水艦の観測)面積・厚さとも減少(面積は特に夏)

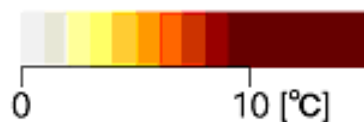
面積は10年で約10%の減少  
この10年での減少大

北極域研究センターが今年4月より  
北大に設置される

# 地球シミュレーターによる温暖化予測実験



(2071～2100平均気温)－(1971～2000平均気温)



**北極域が特に昇温**  
**北極の海氷が減少**

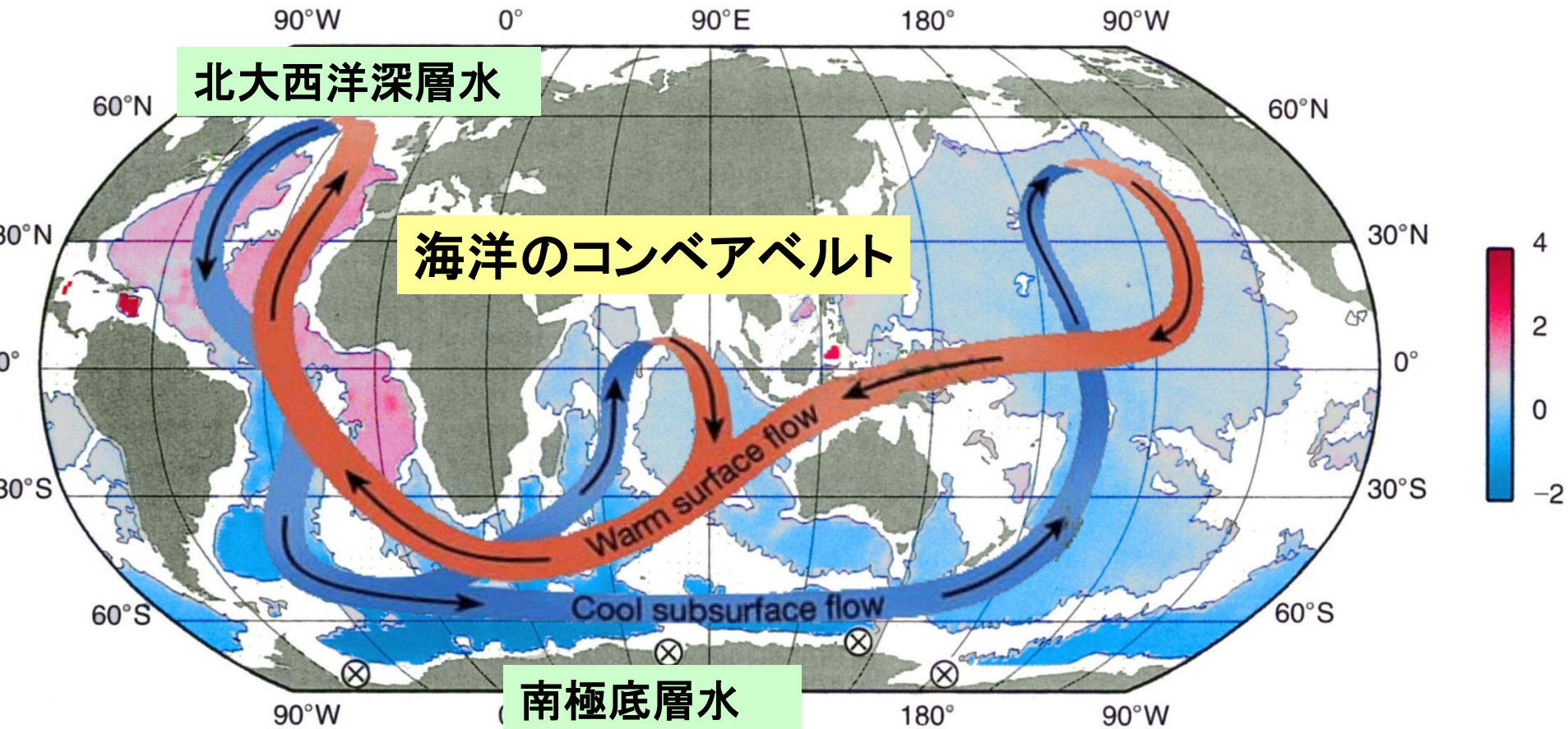
**正のフィードバック効果**

→アルベド低下 → 日射の吸収大 → 融解促進

→海氷の断熱効果減 → 海からの熱 → 大気を加熱



# 世界の海洋の海底近くの水温分布



全海水の約75%は4°C以下。世界で一番**重い冷たい水**は南極海で作られ(南極底層水)、全世界の底層に広がっていく。深層循環(2000年の時間スケール)の源

海洋の子午面循環 (MOC: Meridional Overturning Circulation )  
北大西洋深層水の南下; 南極底層水の北上

## 用語の解説

**ポリニヤ(polynya)**: 海氷野内にできる大きな開水面・疎氷・薄氷域。語源はロシア語。

**沿岸ポリニヤ(coastal polynya)**: 沖向きの風などより、生成された海氷が次々と吹き流されて疎氷・薄氷域が維持されるできる、沿岸でのポリニヤ。

**ブライン(brine)**: 海氷が生成される際に排出される高塩分水。このブラインが沿岸ポリニヤ域での高密度水形成の原因となっている。

**北大西洋深層水(North Atlantic Deep Water)**: 北大西洋北部で沈み込む深層水。高塩の水が低緯度から海流(ガルフストリーム)に乗って北へ運ばれ、冷却されて重くなり深層水が形成される。

**南極底層水(Antarctic Bottom Water)**: 南極の沿岸ポリニヤでの高密度水形成などによってできる世界で最も重い水。ほぼ全海洋の底層に広がっている。

**北太平洋中層水(North Pacific Intermediate Water)**: 北太平洋の中層(200-1000m)に広がっている海水で、オホーツク海で沈み込んだ水が起源と考えられ、沈み込む際にいろいろの物質が大気から海洋中層に運ばれる。

---

## 参考となる図書

青木茂: 南極海ダイナミクスをめぐる地球の不思議

SUPERサイエンスシリーズ C&R研究所、2011年7月初版、256ページ、1500円＋税

低温科学便覧: 低温および寒冷環境における自然科学の便覧

北海道大学低温科学研究所編、丸善出版、2015年10月初版、400ページ。

青田昌秋: 白い海、凍る海 ―オホーツク海のふしぎ― 東海大学出版会。63pp.