

7. 極域海洋と気候変動：地球温暖化のホットスポット

極域海洋→地球温暖化の高感度域→全球への影響

Polar amplification

正のフィードバック

- 北極海の海氷の激減
 - 夏には海氷がなくなってしまう？
 - 温暖化を加速する？

中深層水の形成

- 北大西洋深層水の低塩化
 - 熱塩循環が弱まってしまう？
- 南極底層水の低塩・低密度化
 - 熱塩循環が弱まってしまう？
- オホーツク海での海氷生産減少
 - 北太平洋の中層循環が弱まってしまう？

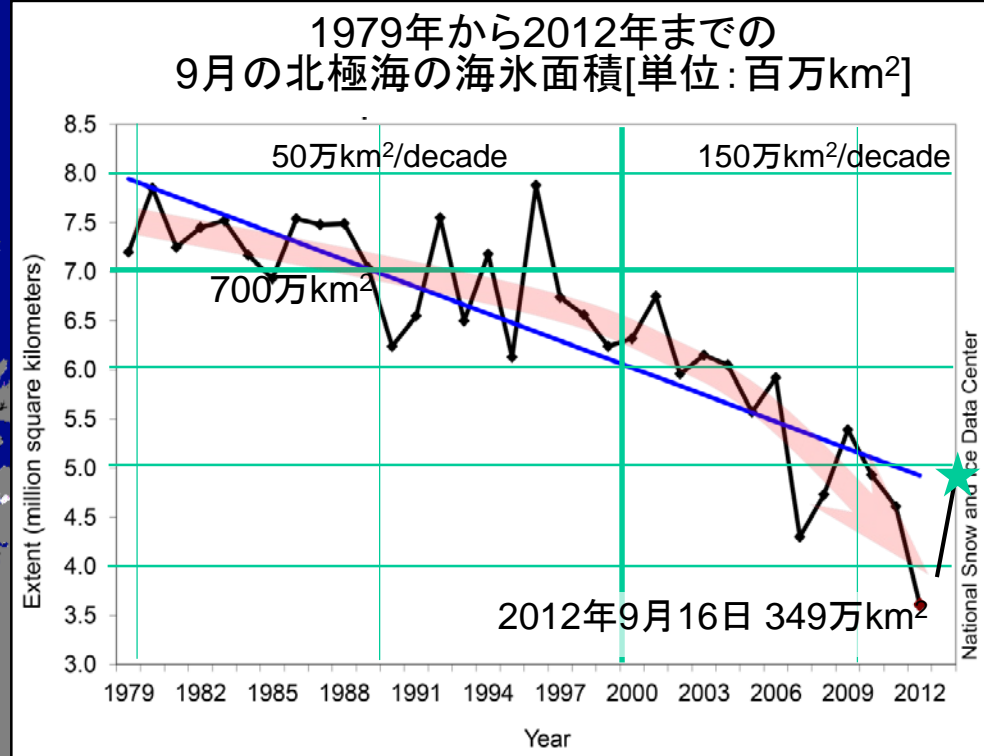
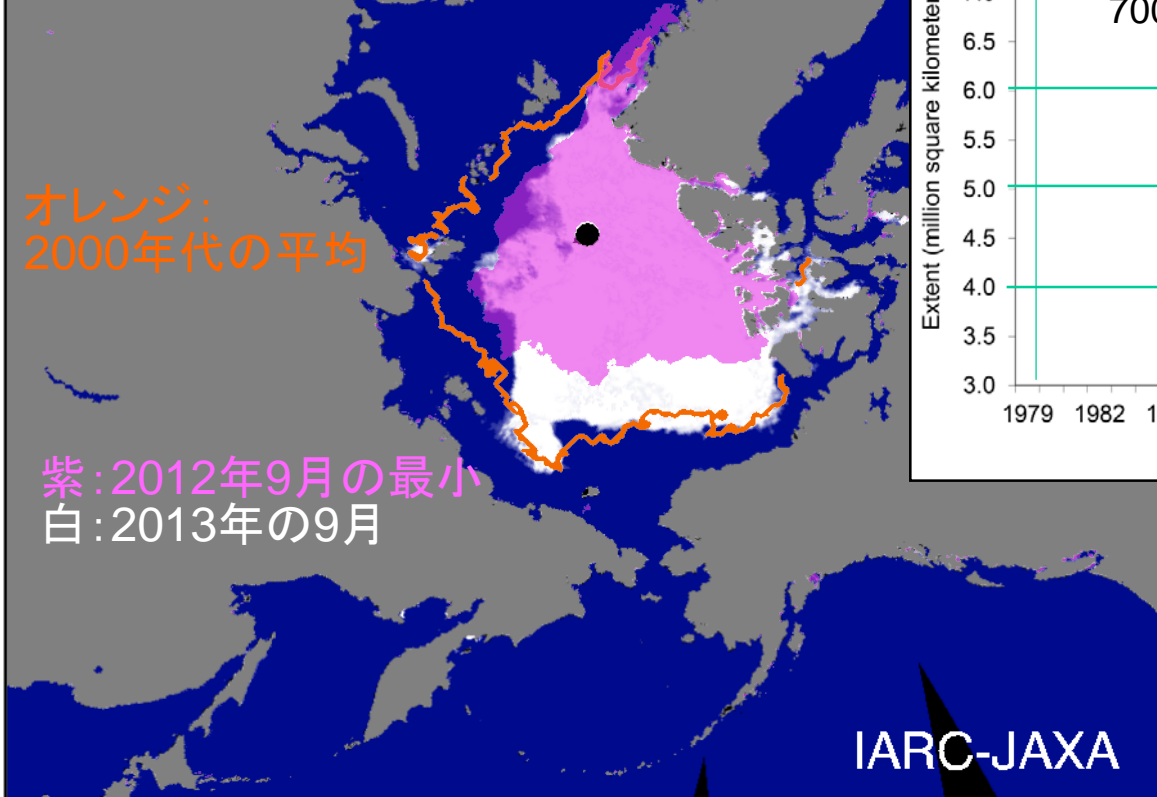
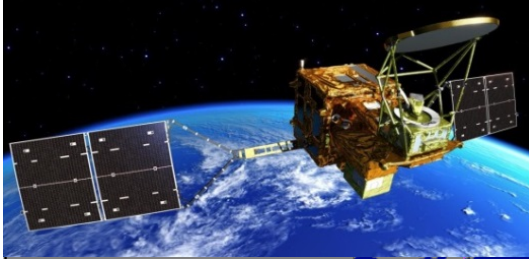
北極海の海水の現状：夏季の面積が激減している

AMSR2 Sea Ice Concentration

20130917

第一期水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W1)

overlay:20120920

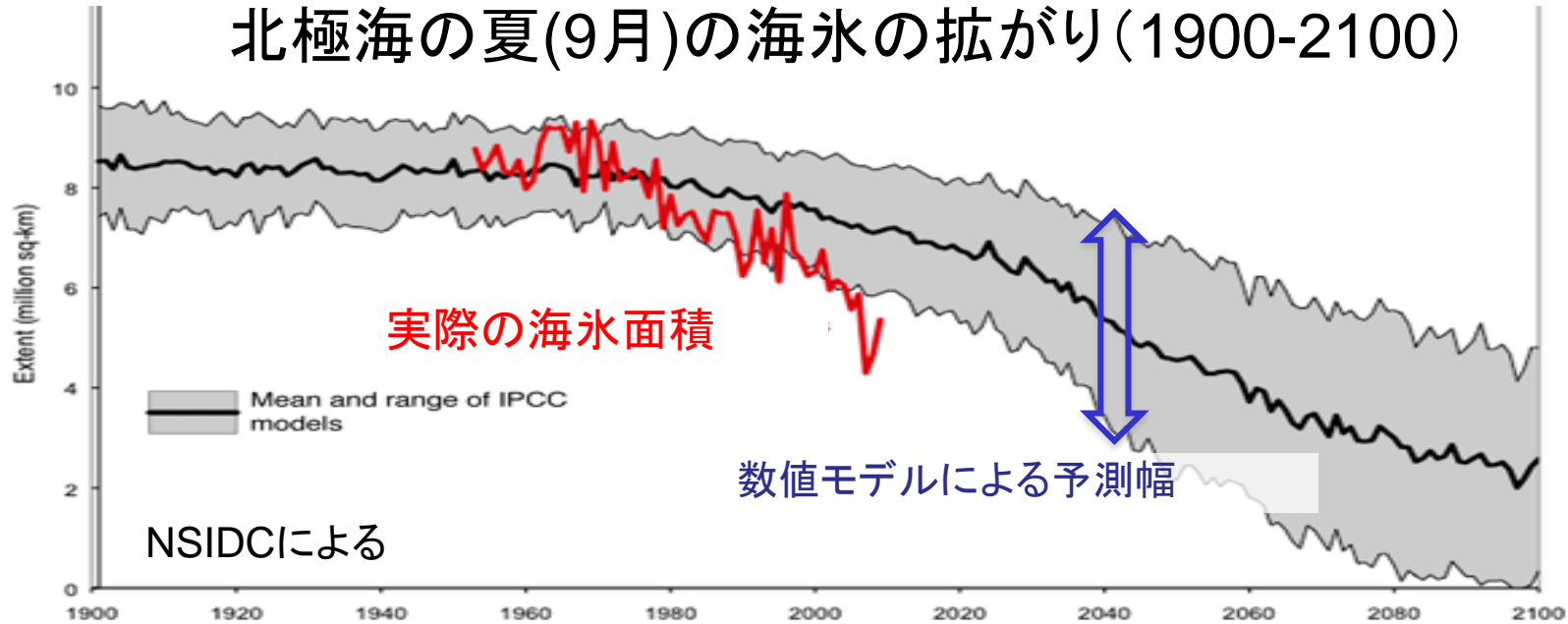


日々の海氷のモニターは
日本の人工衛星センサー
AMSR2が担っている！

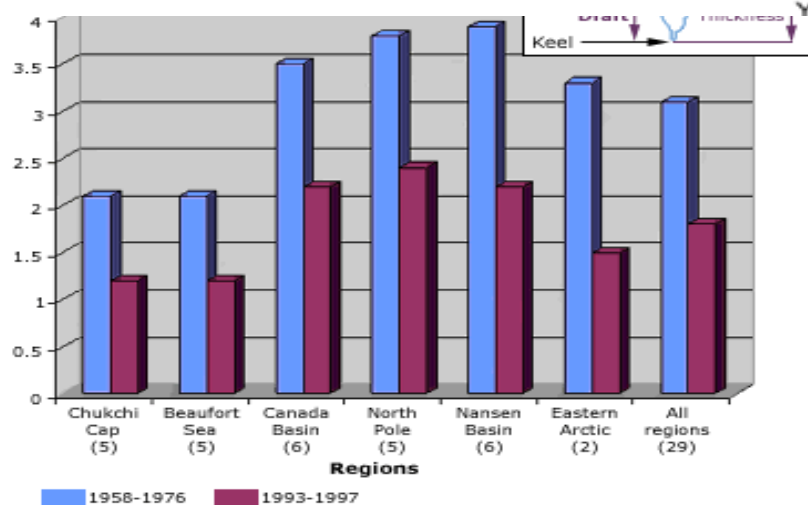


北極海の海水の現状：予測より早い減少、厚さも減少

北極海の夏(9月)の海水の拡がり(1900-2100)



海水の厚さ



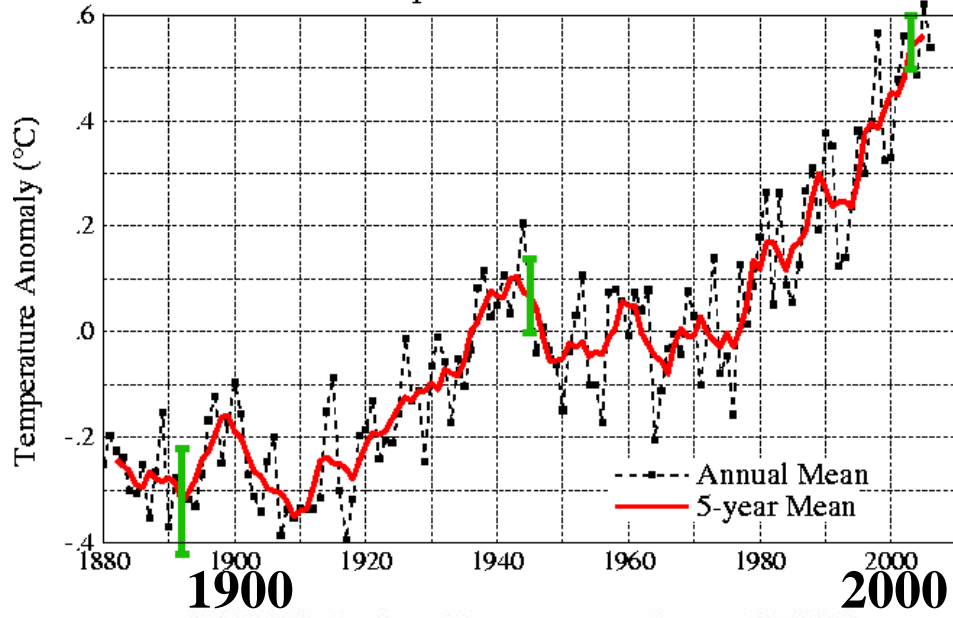
北極の海水(衛星と潜水艦の観測)面積・厚さとも減少(面積は特に夏)

面積は10年で約10%の減少
この10年での減少大

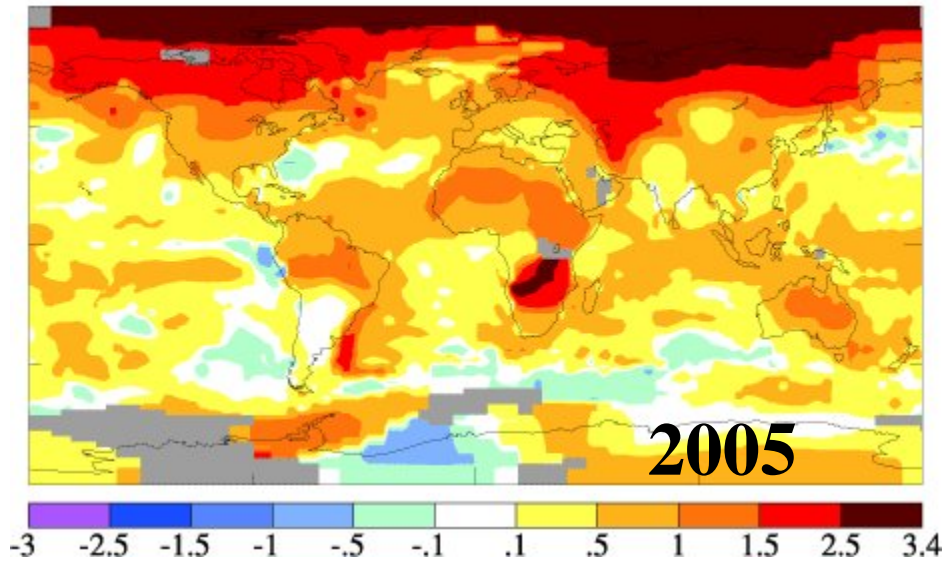
1958-76 1993-97 Rothrock (1999)
潜水艦ソナーの観測

NASA Goddard Institute for Space Studies
 GISS Surface temperature analysis web site (<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>)

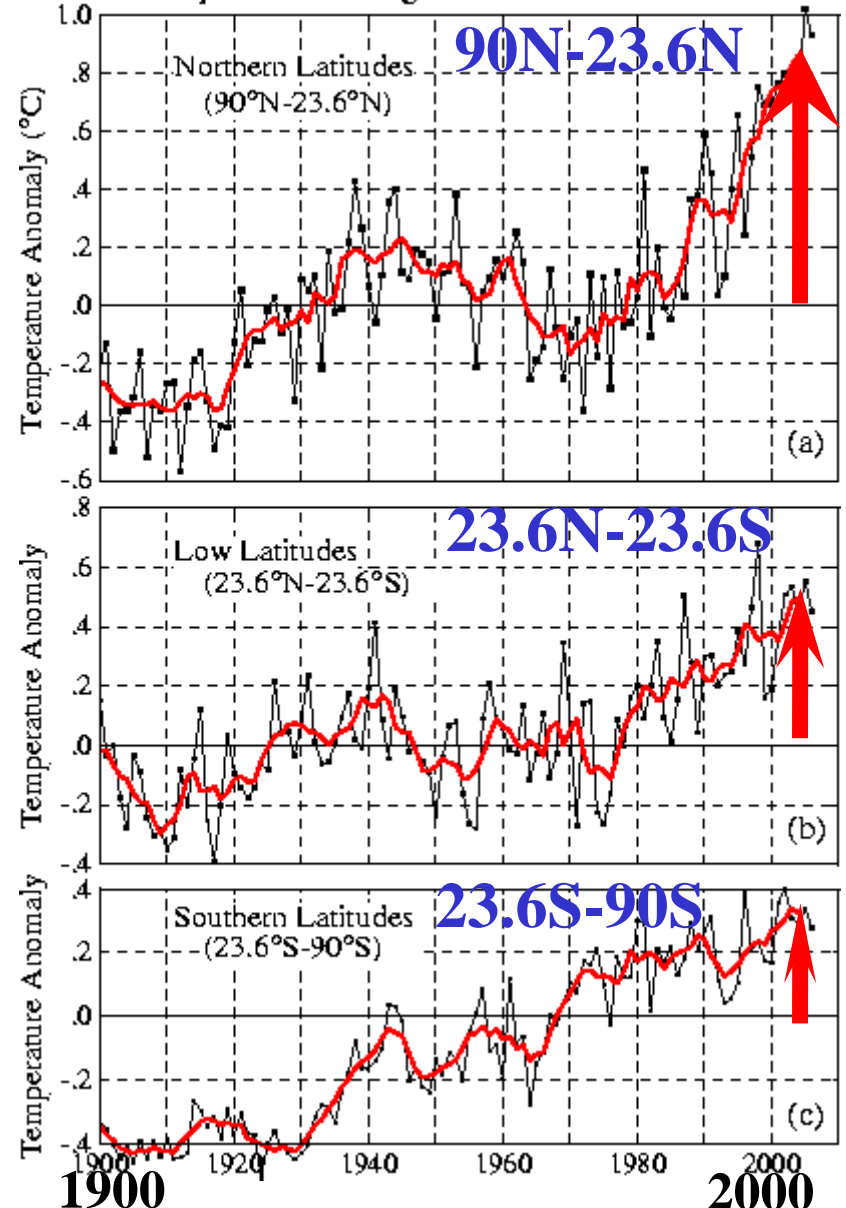
Global Temperature: Land-Ocean Index



(b) 2005 Surface Temperature Anomaly (°C)



Temperature Change for Three Latitude Bands



(海氷・海洋)アルベドフィードバック効果とは

- アルベドとは、日射に対する反射率。
- 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、開水面は黒っぽいいため日射の1割しか反射しない。
- 一旦何らかで海氷面積が減少すると、開水面は日射の反射率(アルベド)が低いため多くの熱を海が吸収する。その海の熱によって海氷融解が加速され、ますます開水面、日射の吸収が増え、さらに海氷が減少する、という正のフィードバック効果。
- この効果によって北極海は温暖化の影響を最も受ける(加速する)と言われている。ただし、その定量的な理解は十分にはなされていない。

海氷面積が減少(開水面の割合が増加)

海洋表層での日射の吸収が増加

暖まった海によって海氷融解を促進

低アルベド
(~ 0.07)

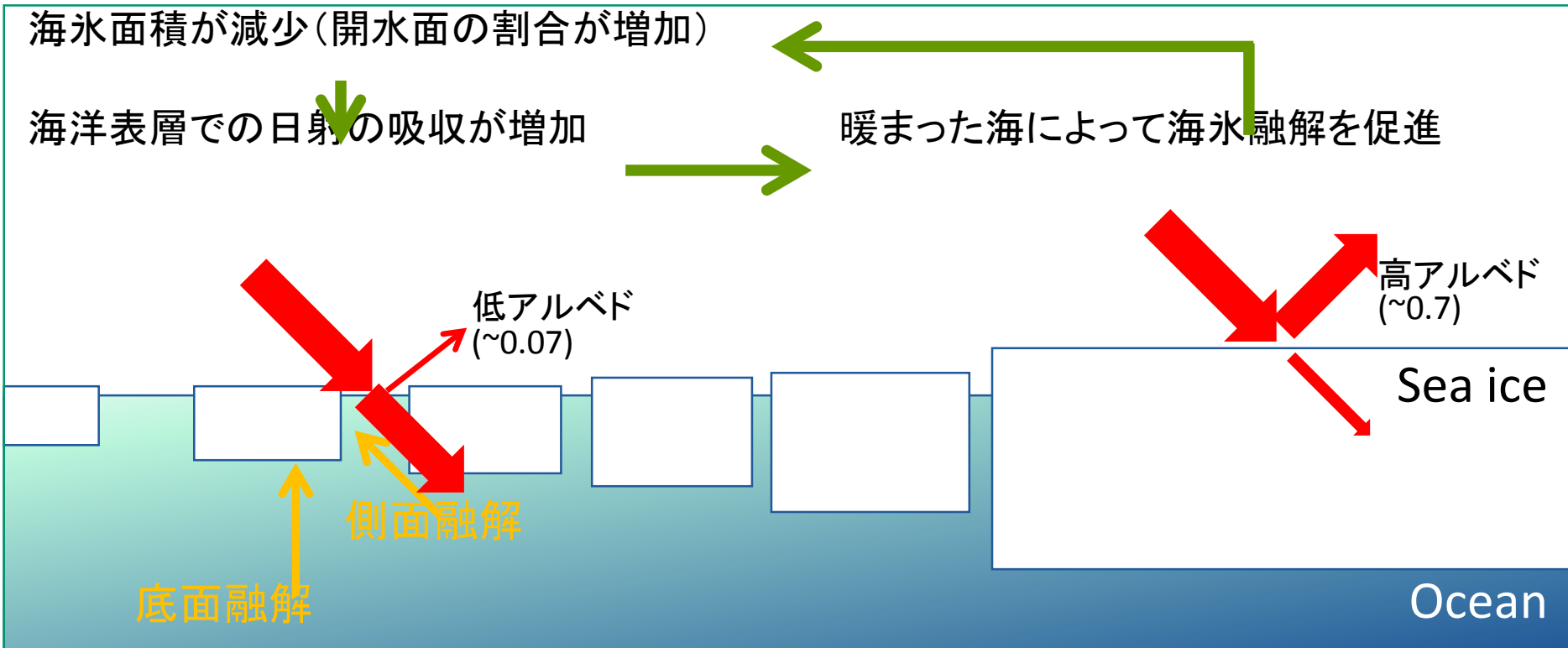
高アルベド
(~ 0.7)

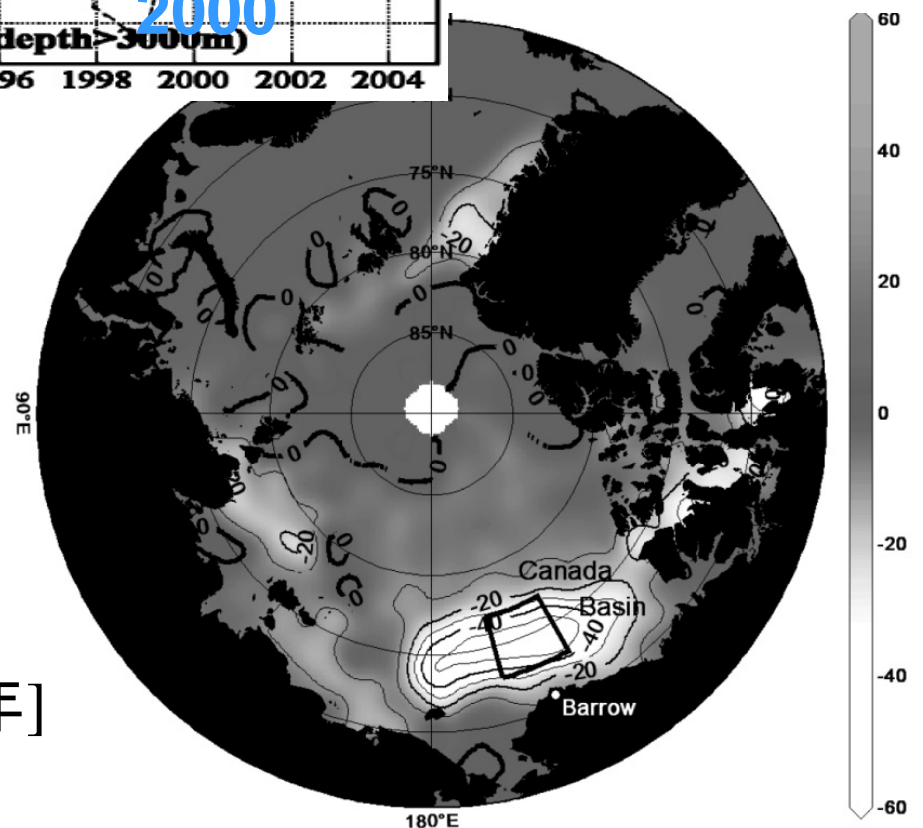
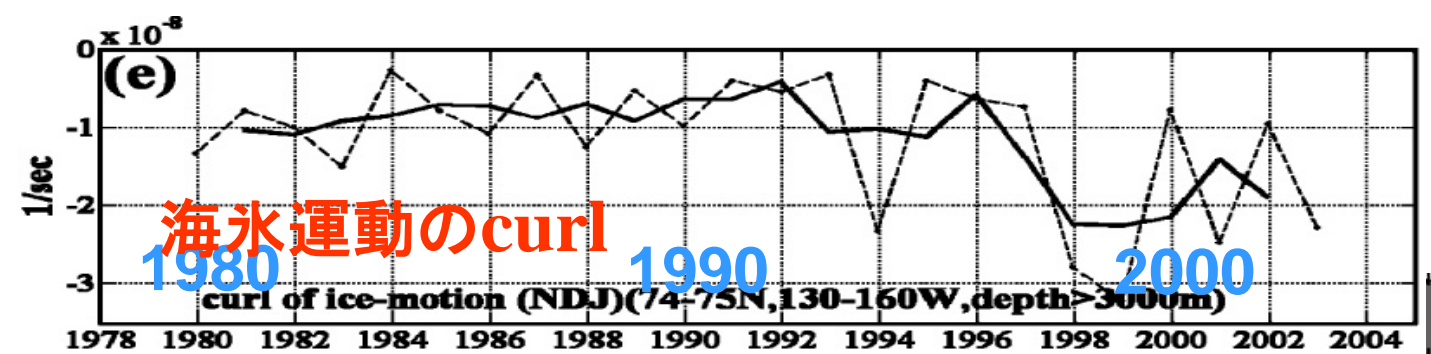
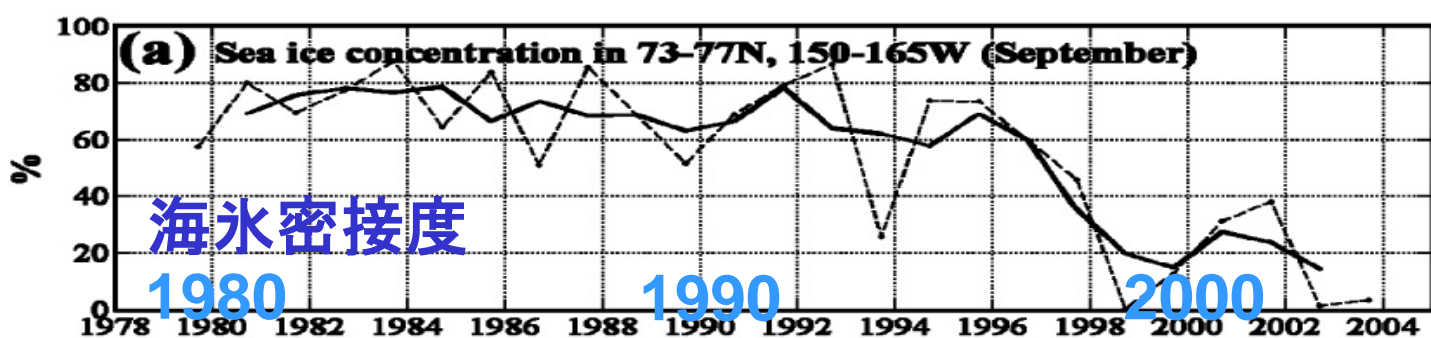
Sea ice

Ocean

側面融解

底面融解





9月の海水密接度変化 →
[1998-2003年]-[1979-1997年]

大気圏

南北循環パターンの
強化・形成

極渦の変動

(北極振動パターンの変化)

半球スケールの
気候変動

海洋・海水圏



①海水融解

海水が減少

②海水形成量の減少

海の温暖化

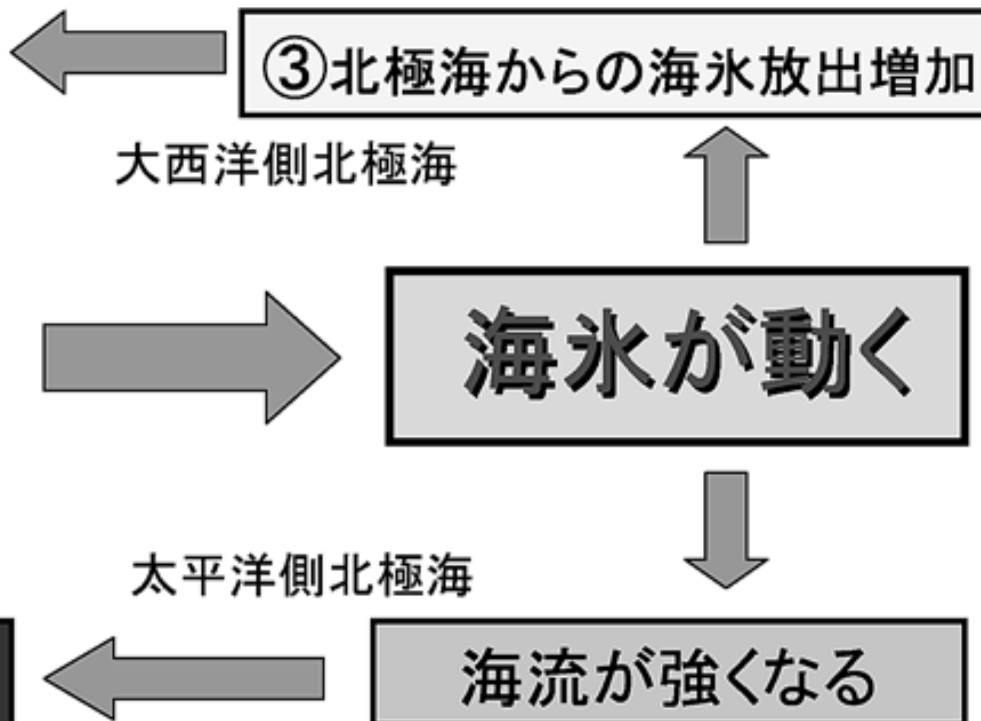
③北極海からの海水放出増加

大西洋側北極海

海水が動く

太平洋側北極海

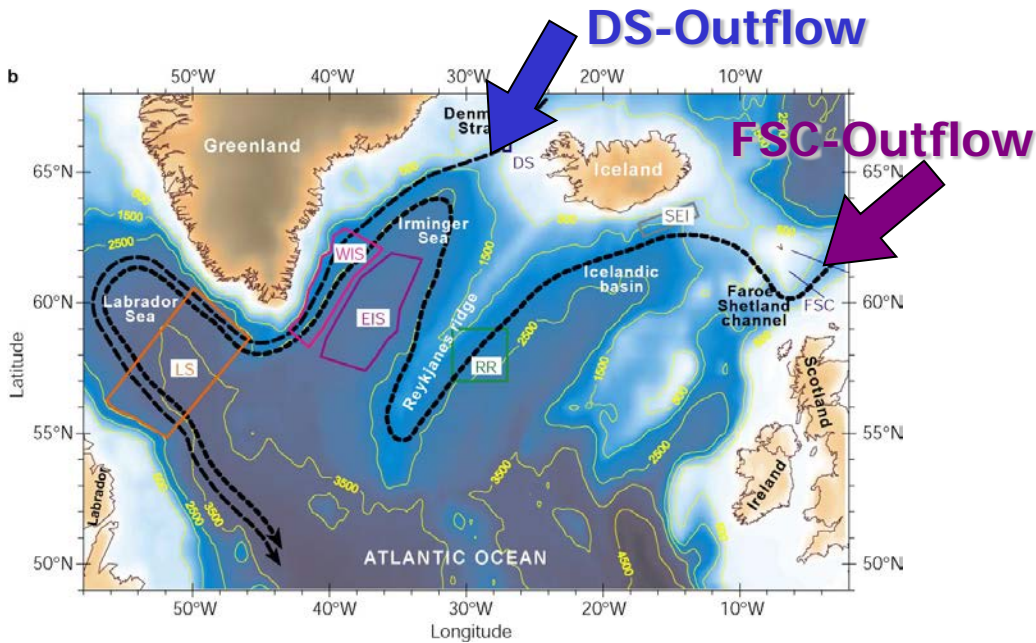
海流が強くなる



北極・夏の海氷の激減のメカニズム

- 熱力学的: アルベドフィードバック効果
多くが定性的な議論が→定量的な議論へ
海氷・海洋結合システムとしての理解
- 力学的: 風応力→海氷運動→海洋運動
→海氷運動

北大西洋深層水の変動



Dickson et al. (2002, Science)

1970年代からNADWの流路での塩分が、
 おおよそ 0.01 per decade (もしくはそれ以上)の
 割合で、広い範囲で減少し続けている。

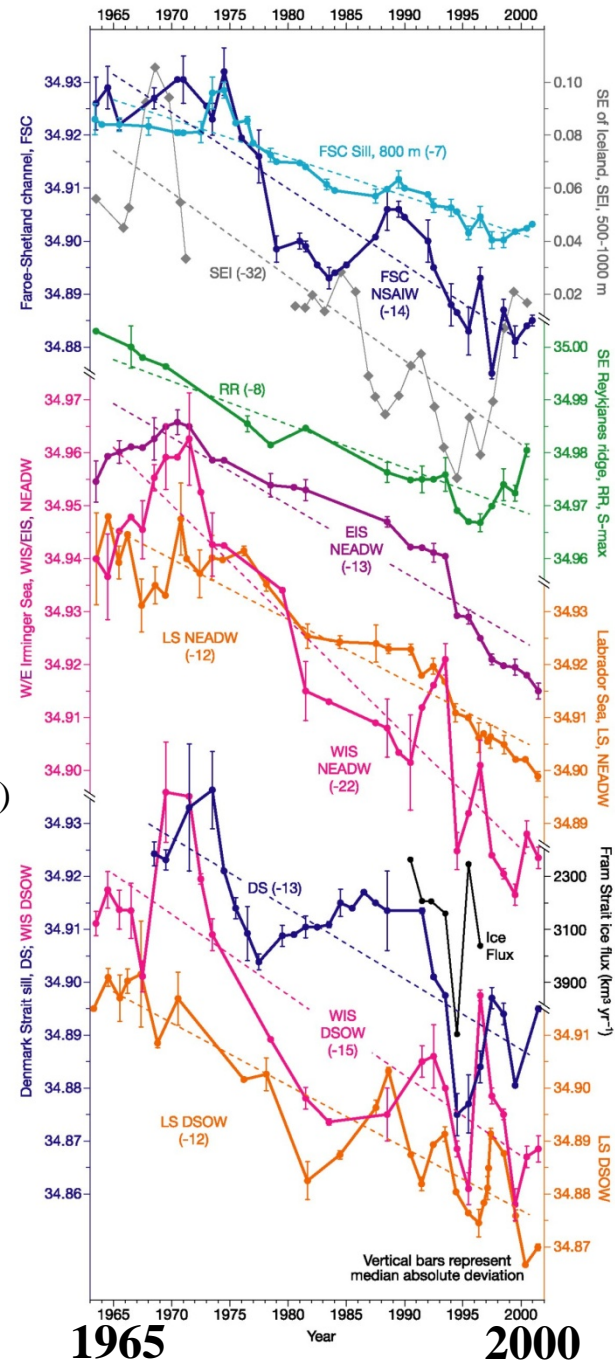
⇒ **NADWの継続的な広範囲での低塩分化**

Denmark Strait Outflow (DS-Outflow)

一様な塩分減少傾向と共に、海水輸送量変動に伴う
 比較的短期の変動が見られる

Faroe-Shetland Cannel Outflow (FSC-Outflow)

一様な塩分減少傾向が見られる。Iceland付近では
 より強い低塩分化の傾向も見られる。



FSC-Overflow

DS-Overflow

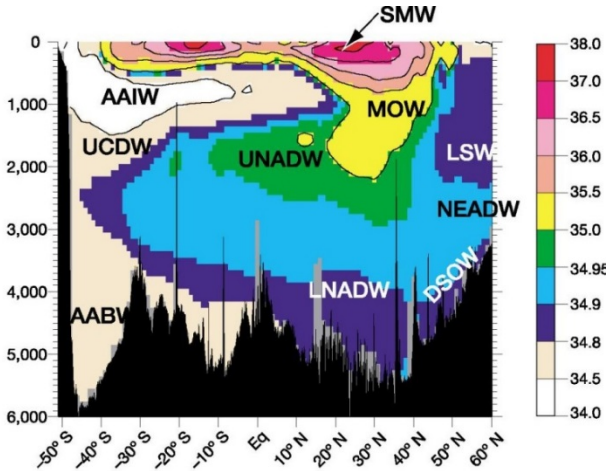
1965 Year 2000

北大西洋深層水の変動

JAMSTEC菊地さんのスライド

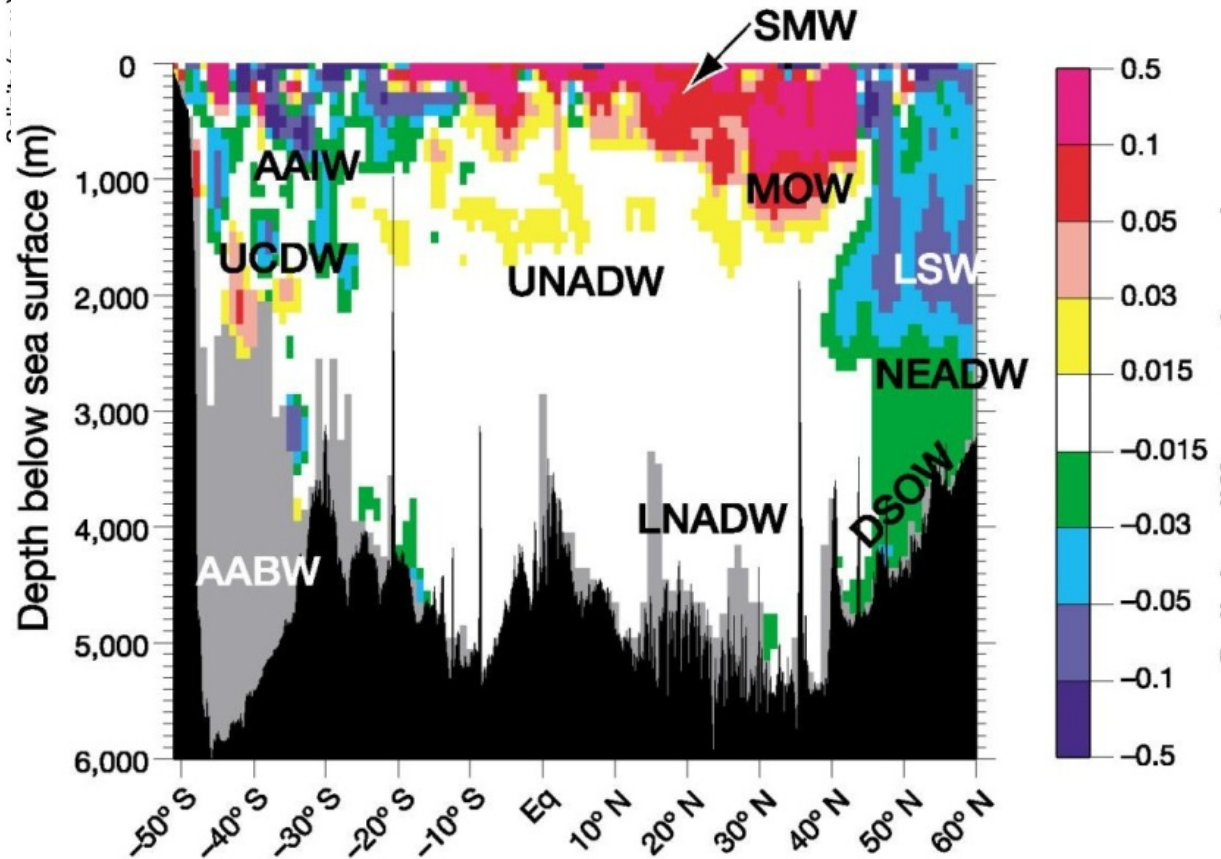
大西洋西部での1955-69と1985-99の間の塩分比較

低塩分化・低温化したLSW,NEADW,DSOWが北緯40付近まで広がっている。



平均塩分断面

Curry et al. (2003, Nature)
(1985-99) - (1955-69)の塩分差

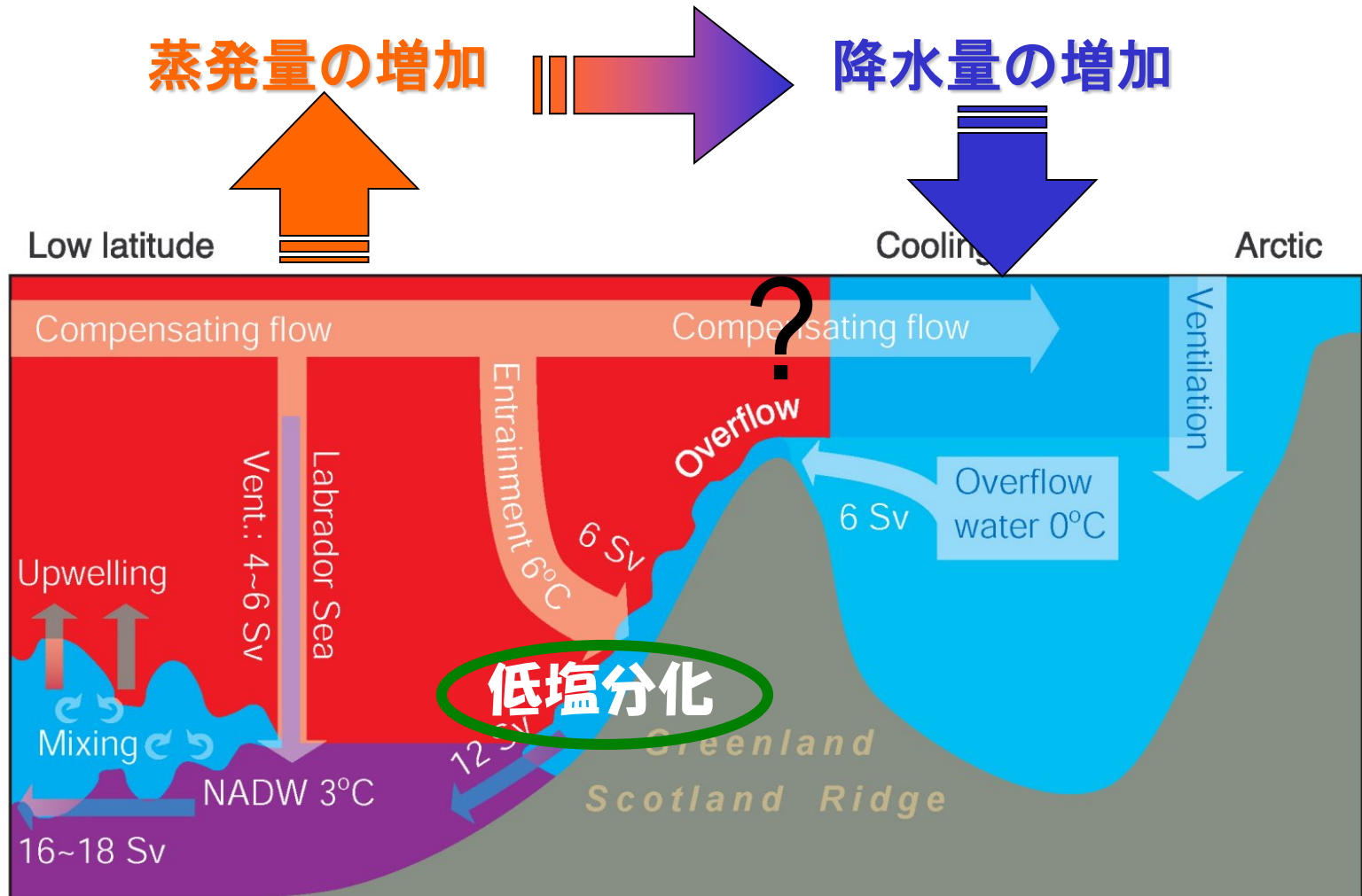


- 大西洋全体で見ると、
- ・25S以南の海域で低塩分化が見られる。
- ・熱帯、亜熱帯域表層水の高塩分化も顕著である。

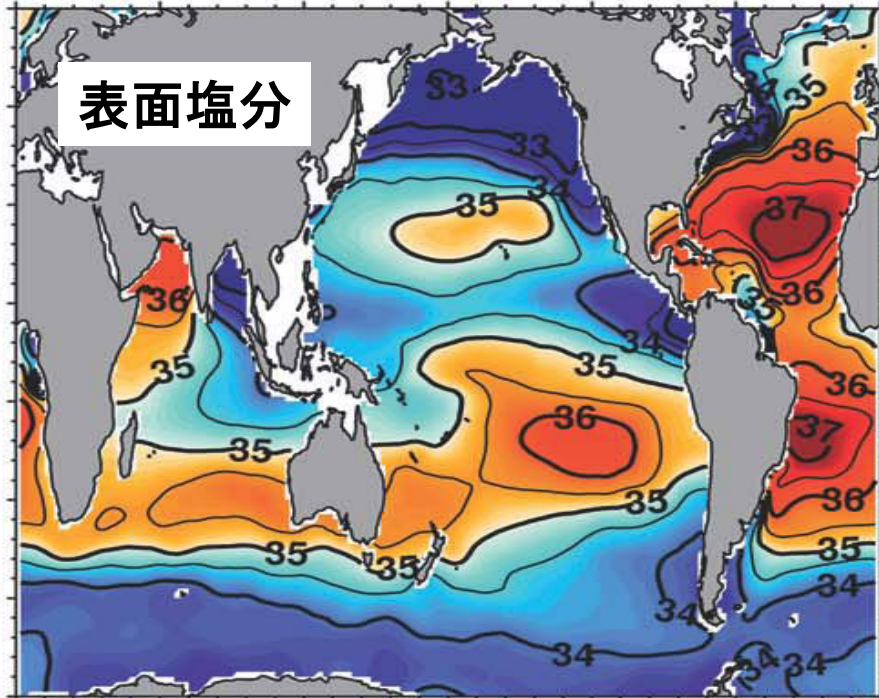
北大西洋深層水の変動と関連して...

JAMSTEC菊地さんのスライド

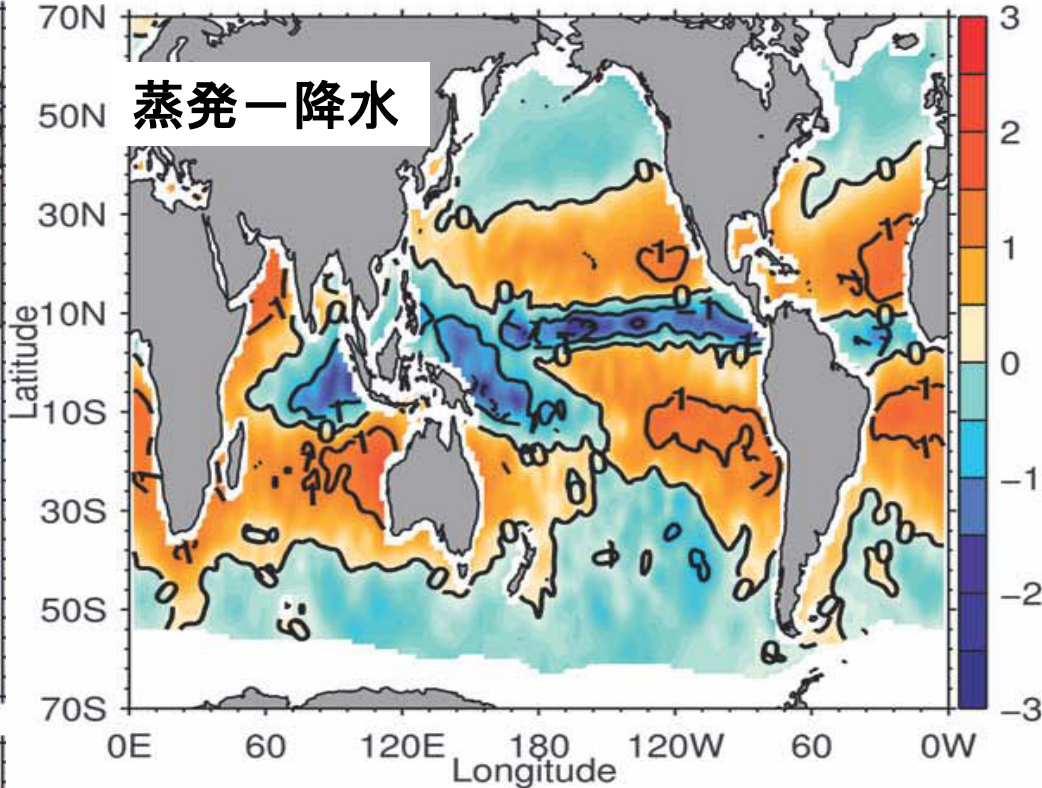
Global Warmingと全球的な水循環の変化の影響



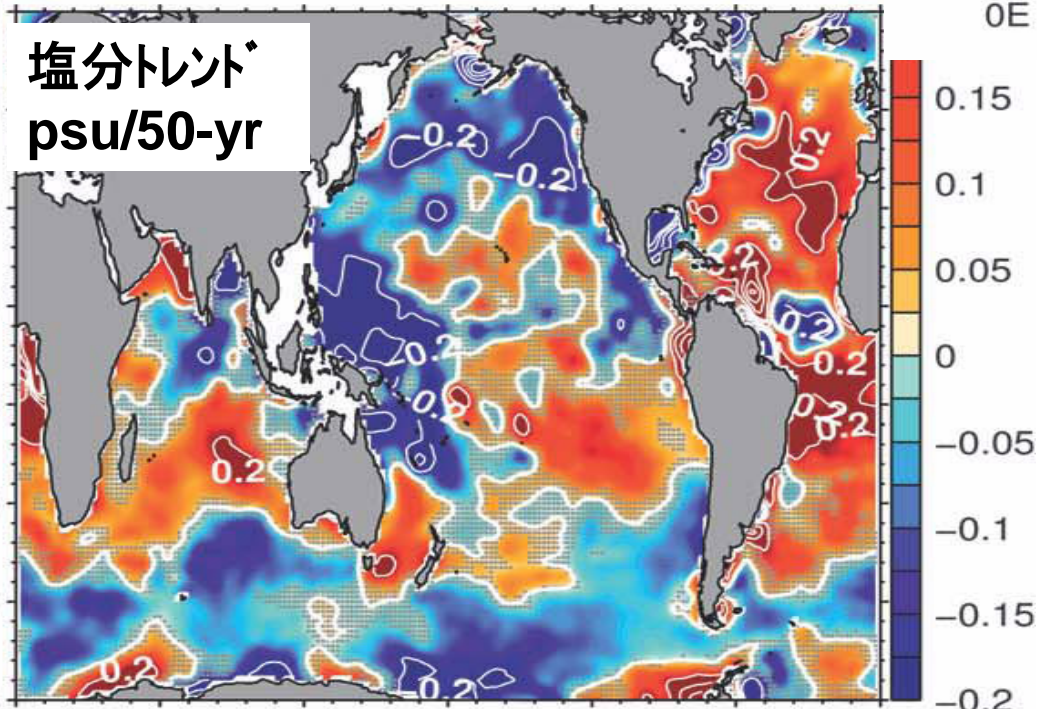
表面塩分



蒸発-降水



塩分トレンド
psu/50-yr



Durack and Wijffels(2010)

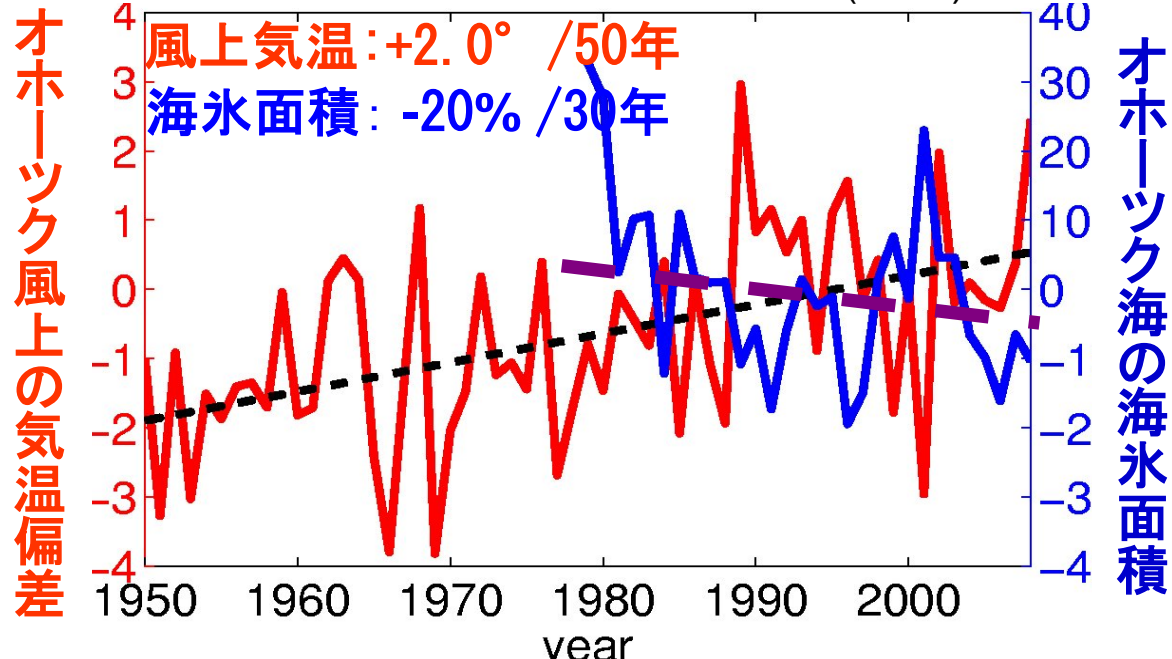
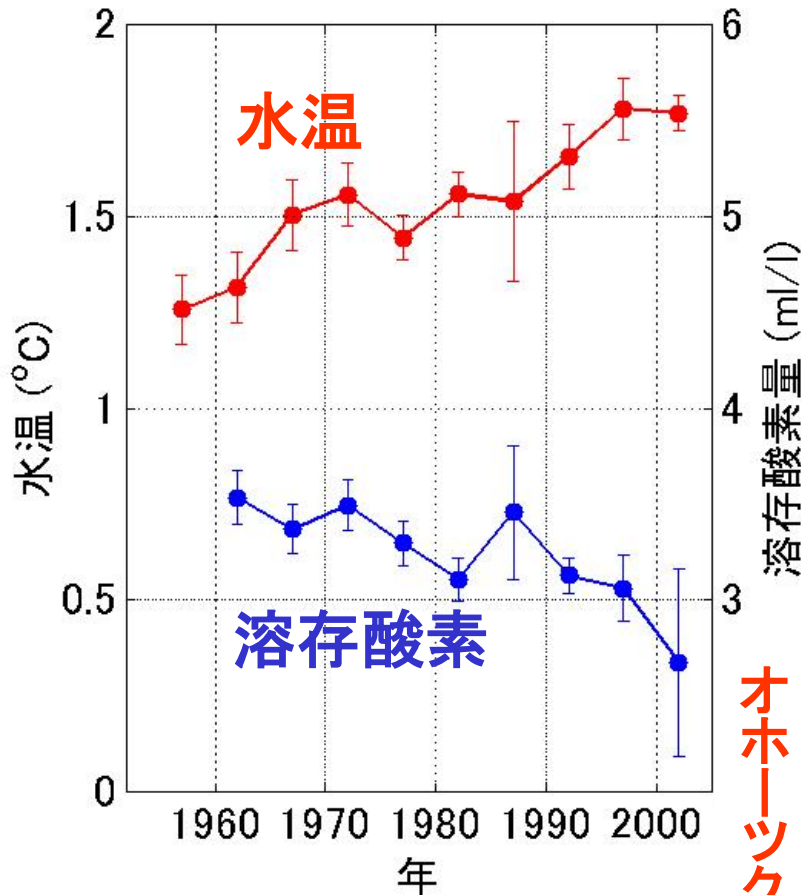
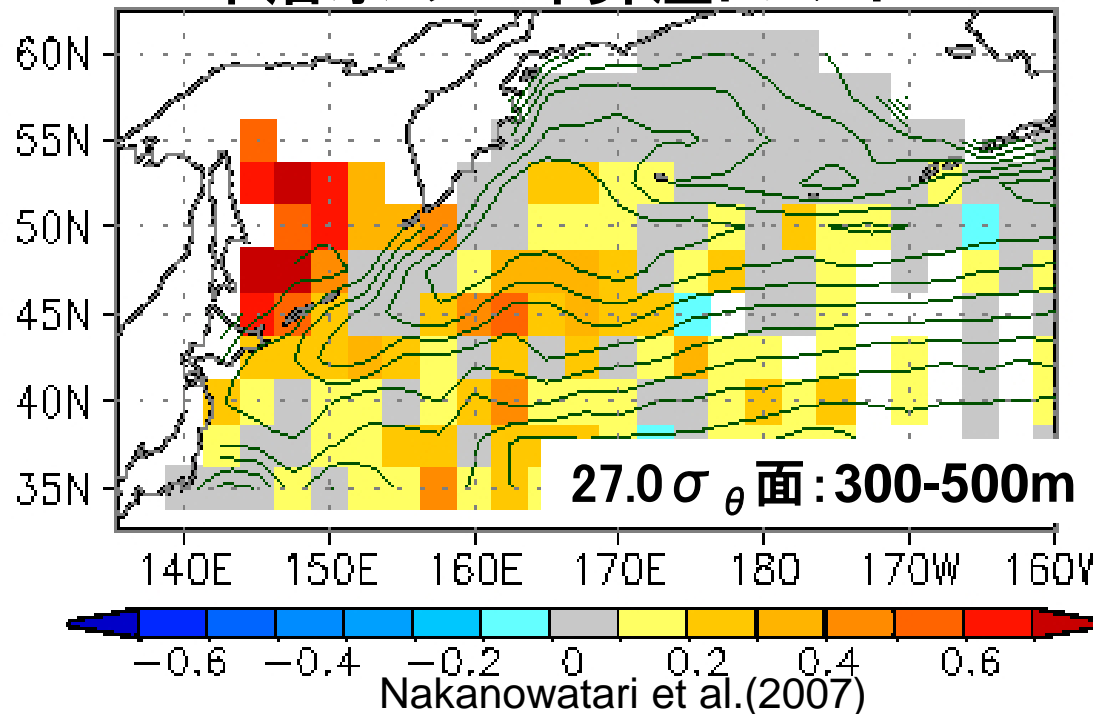
降水過剰域(両極側)での低塩分化と、
蒸発過剰域(熱帯・亜熱帯)での高塩分化

**Global Warmingに伴う
全球的な水循環の活発化**

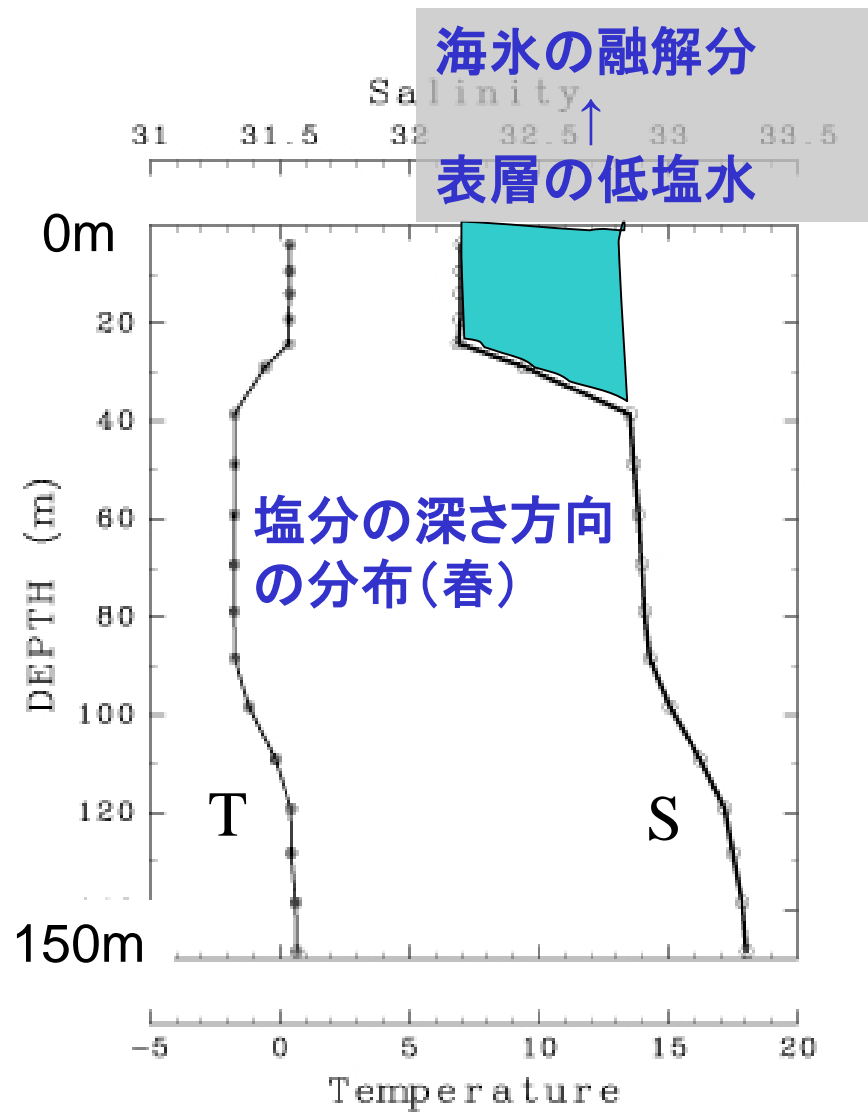
今後どうなる北大西洋深層水？

- 低塩化により深層水の生成が減少
→熱塩循環が弱化→停止
(ゆっくりとDay After Tommorrowへ)
- 高塩化した亜熱帯系水が北上し、
低塩化は止まり、深層水も元のように生成

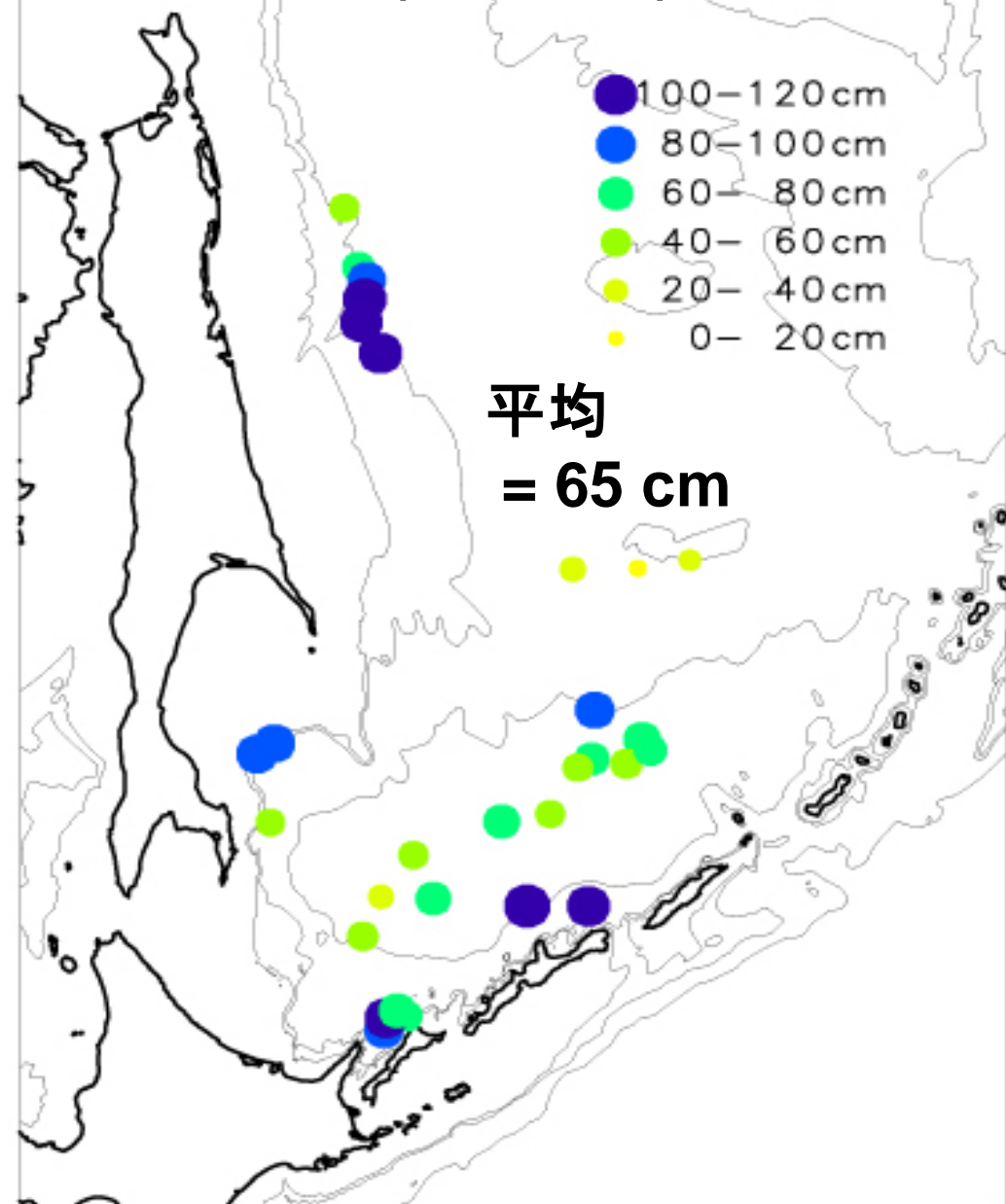
中層水の50年昇温トレンド



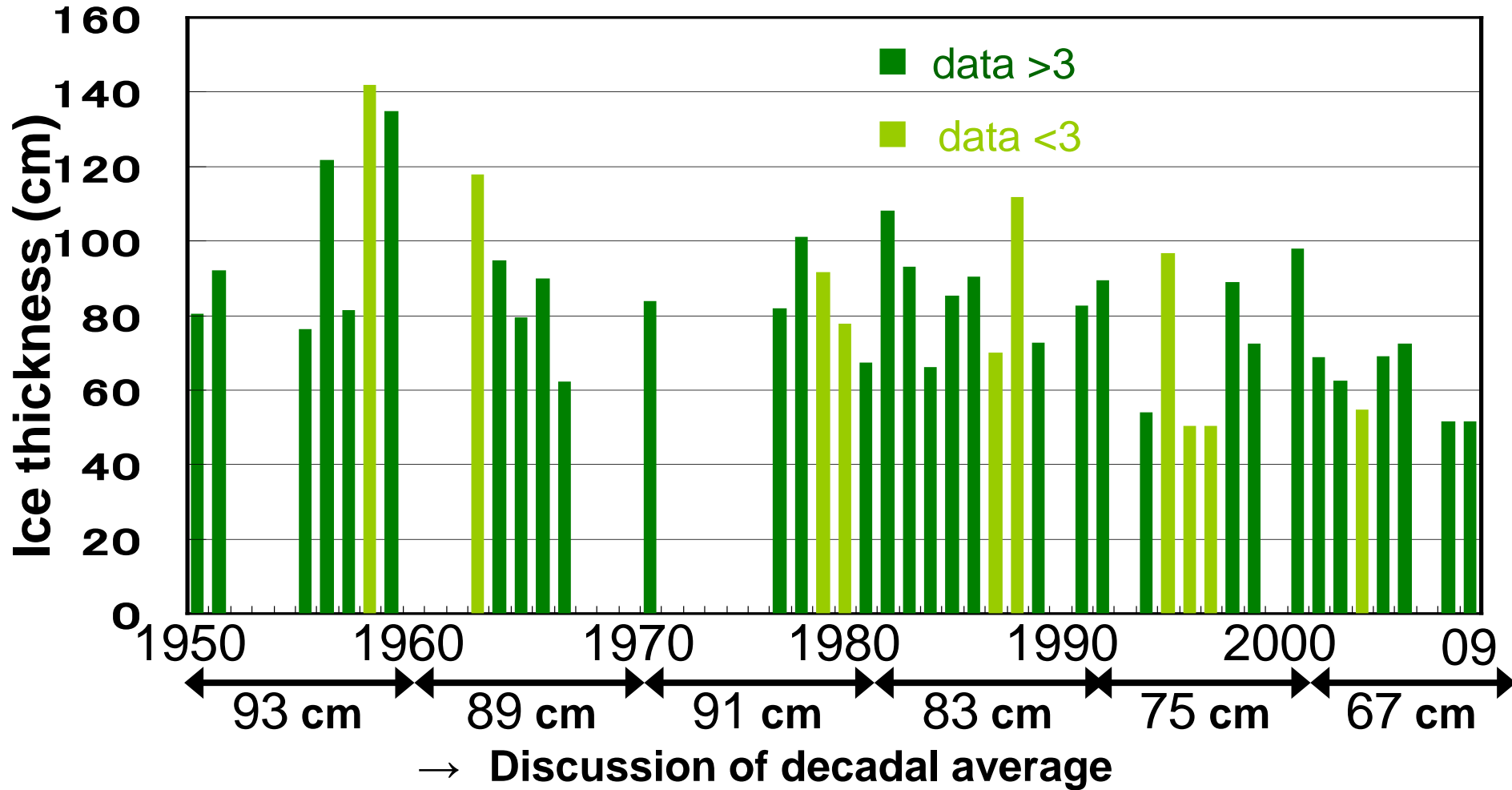
オホーツク海の中層水の50年間の変化



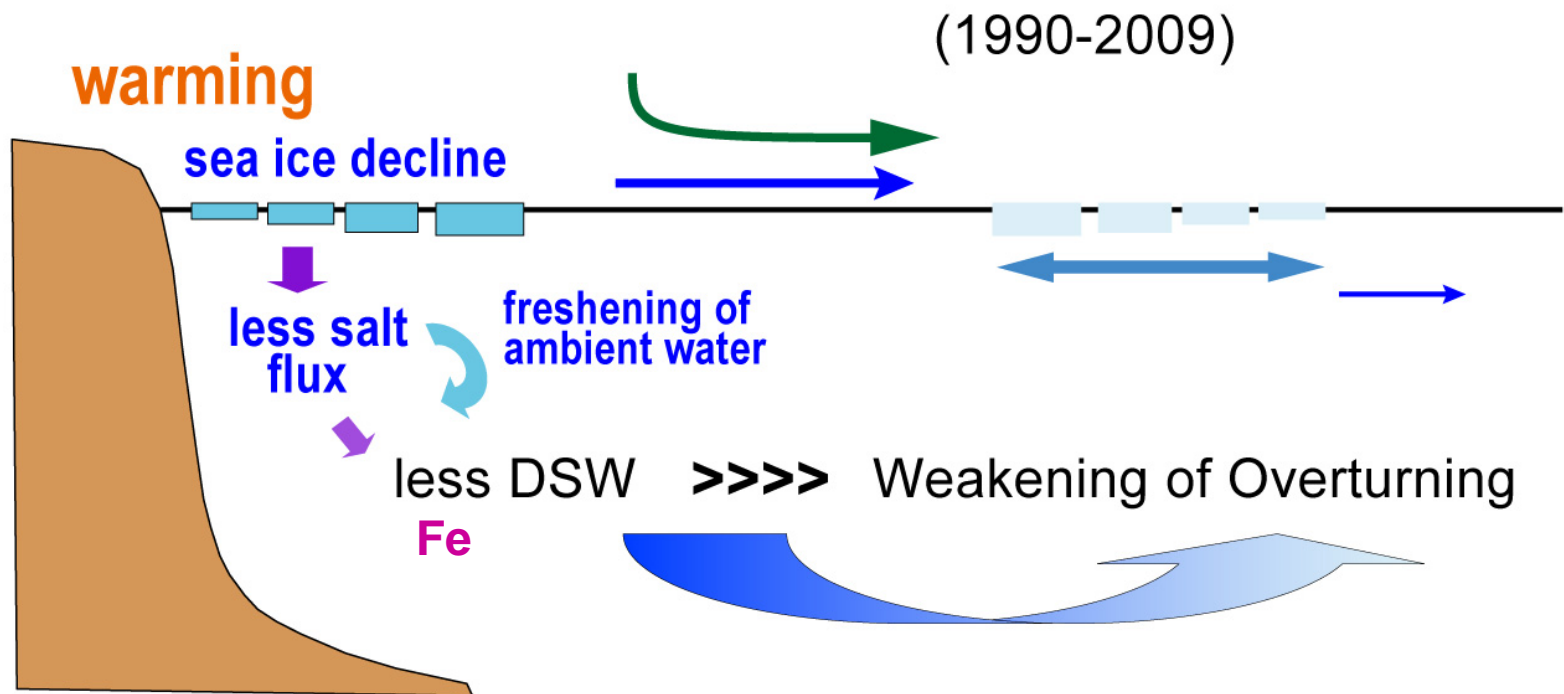
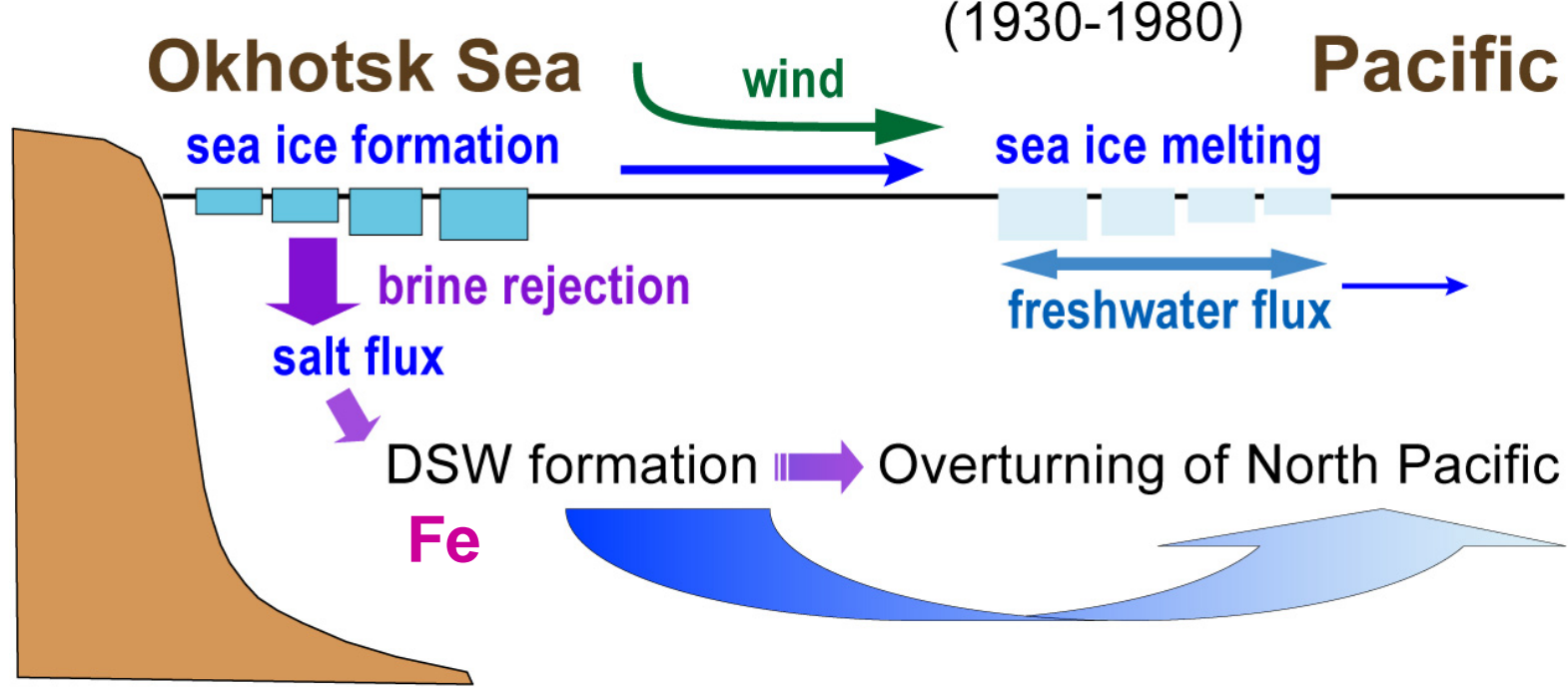
春の塩分から海氷の厚さを推定した例 (2001-2009): 42点



Yearly averaged ice thickness



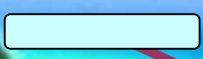
Data number is limited for statistical discussion of year- to – year variability



巨大魚付林：
アムールオホーツクシステム

アムール川

鉄 海水生成による重い水生成



オホーツク海

北太平洋

中層への潜り込み

鉄

鉄

生物生産に不可欠
西部北太平洋の高い
生物生産を支えている

温暖化

海水生産量減少

中層循環の弱化

鉄分の供給の弱化？

生物生産への影響？

中層鉄仮説