

# 極域海洋→地球温暖化の高感度域 →全球への影響

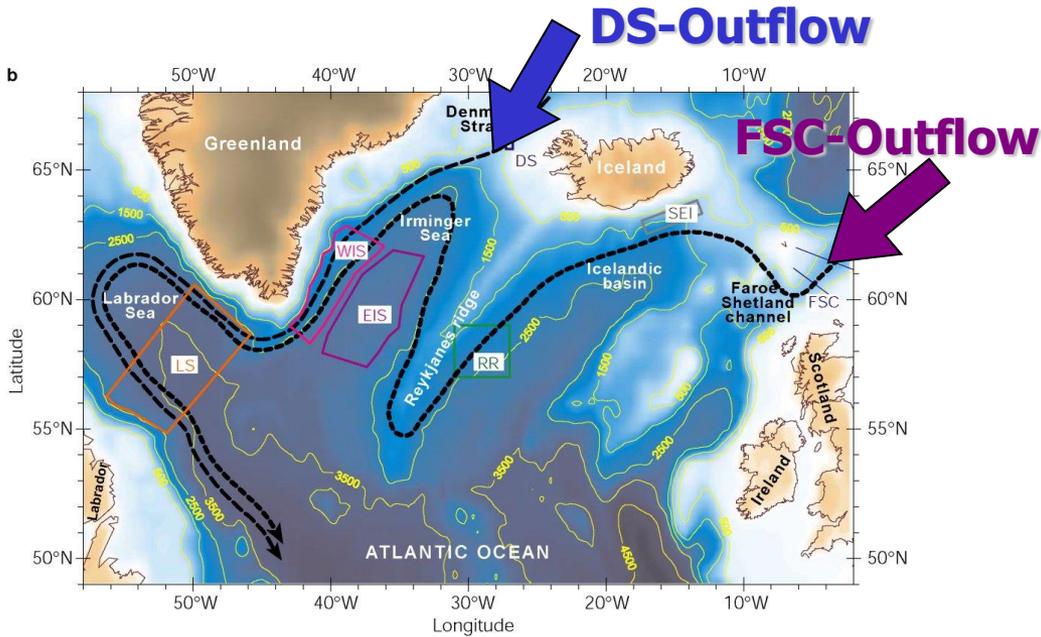
正のフィードバック

- 北極海の海水の激減
  - 夏には海水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:氷床融解の影響？
  - 熱塩循環が弱まってしまう？
- オホーツク海での海水生産減少
  - 北太平洋の中層循環が弱まってしまう？

# 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。

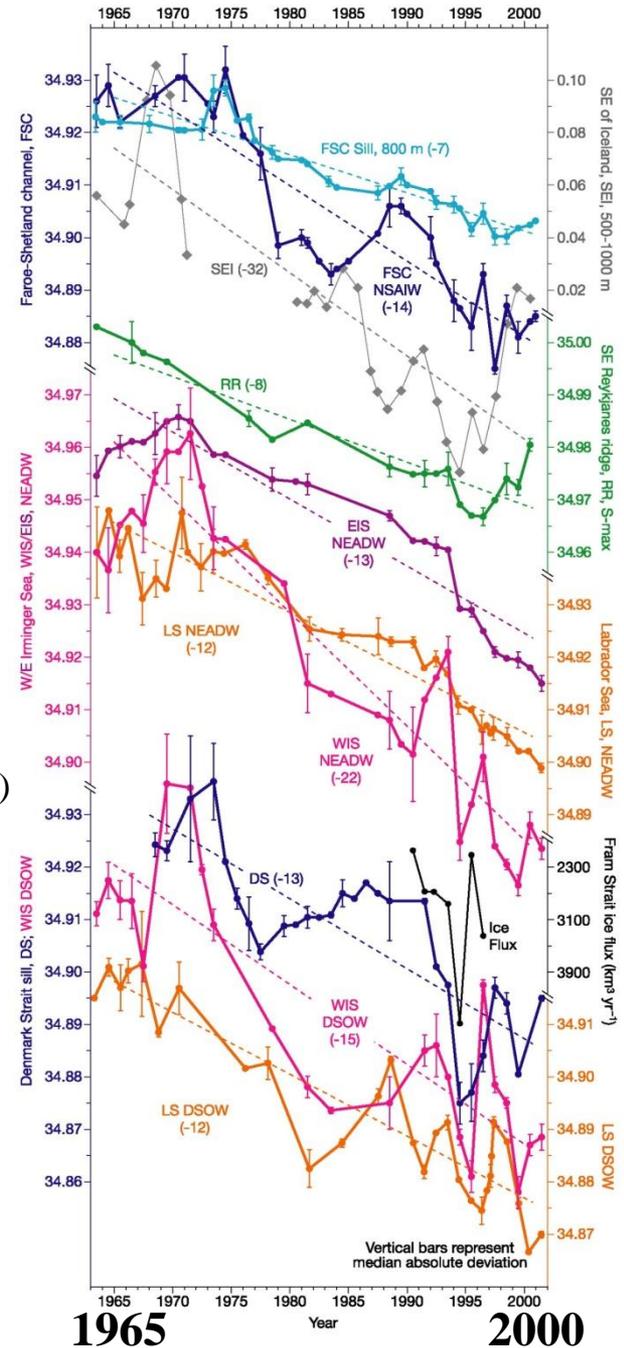
⇒ **NADWの継続的な広範囲での低塩分化**

## 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

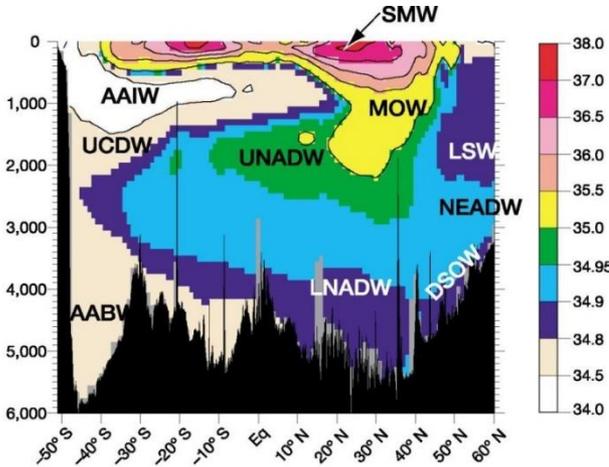
2000

# 北大西洋深層水の変動

JAMSTEC菊地さんのスライド

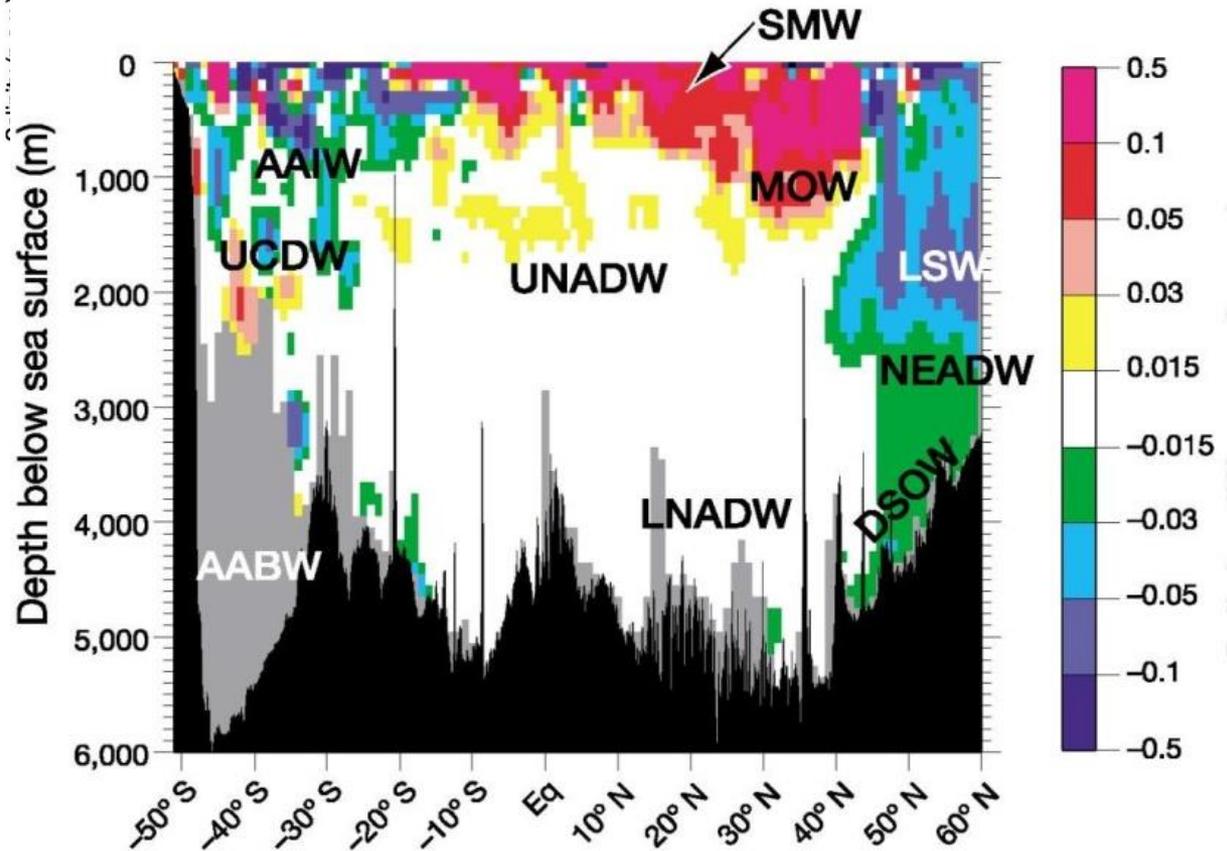
大西洋西部での1955-69と1985-99の間の塩分比較

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

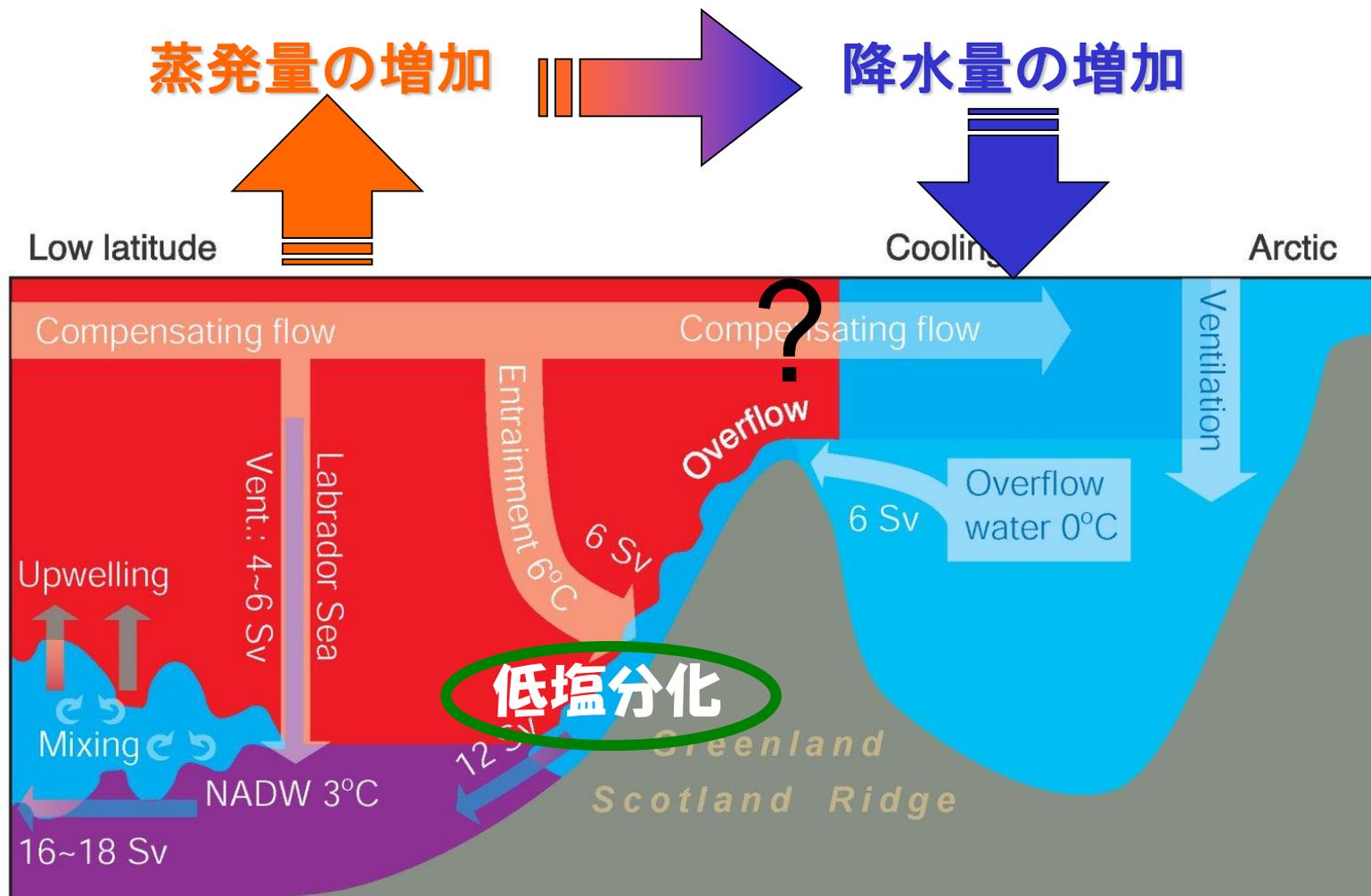


- 大西洋全体で見ると、
- ・25S以南の海域で低塩分化が見られる。
- ・熱帯、亜熱帯域表層水の高塩分化も顕著である。

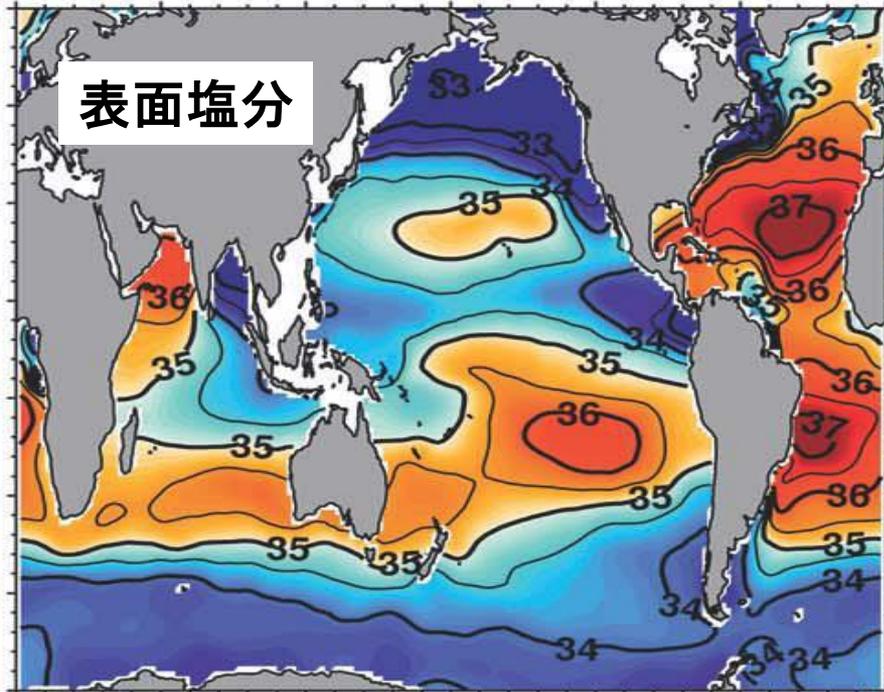
# 北大西洋深層水の変動と関連して...

JAMSTEC菊地さんのスライド

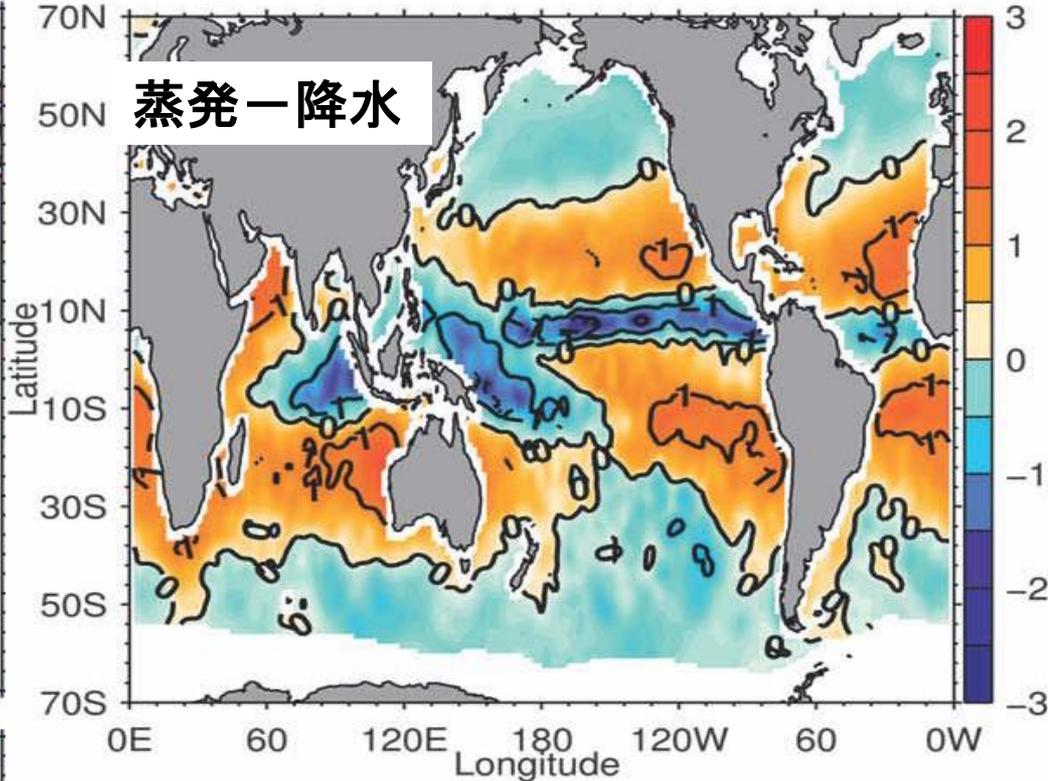
## Global Warmingと全球的な水循環の変化の影響



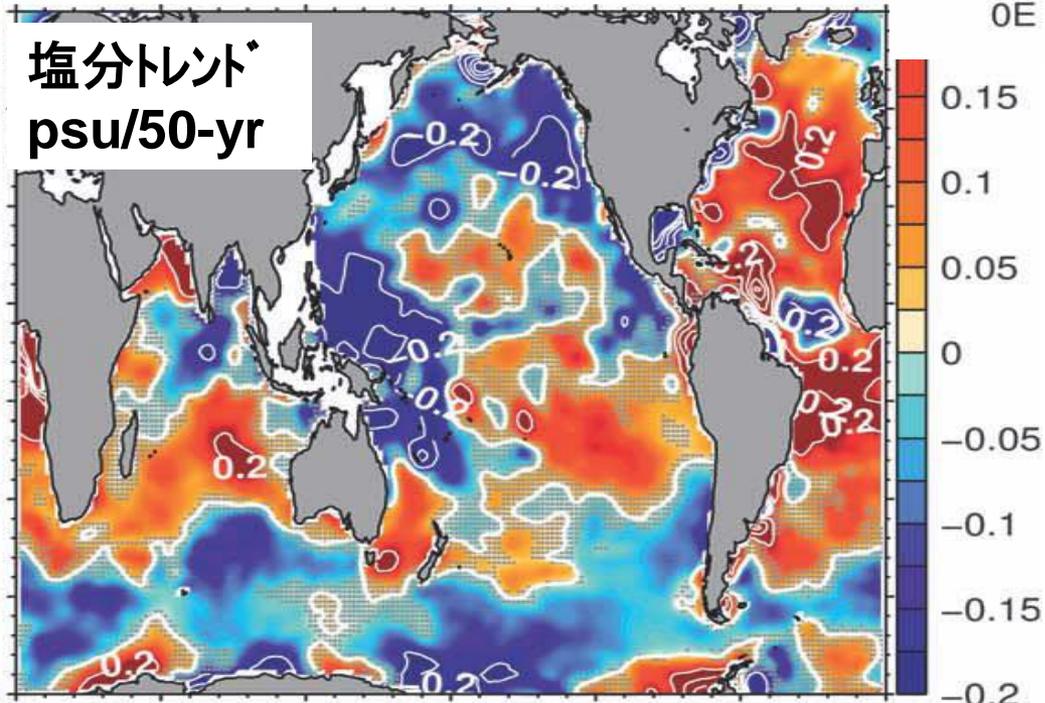
表面塩分



蒸発-降水



塩分トレンド  
psu/50-yr



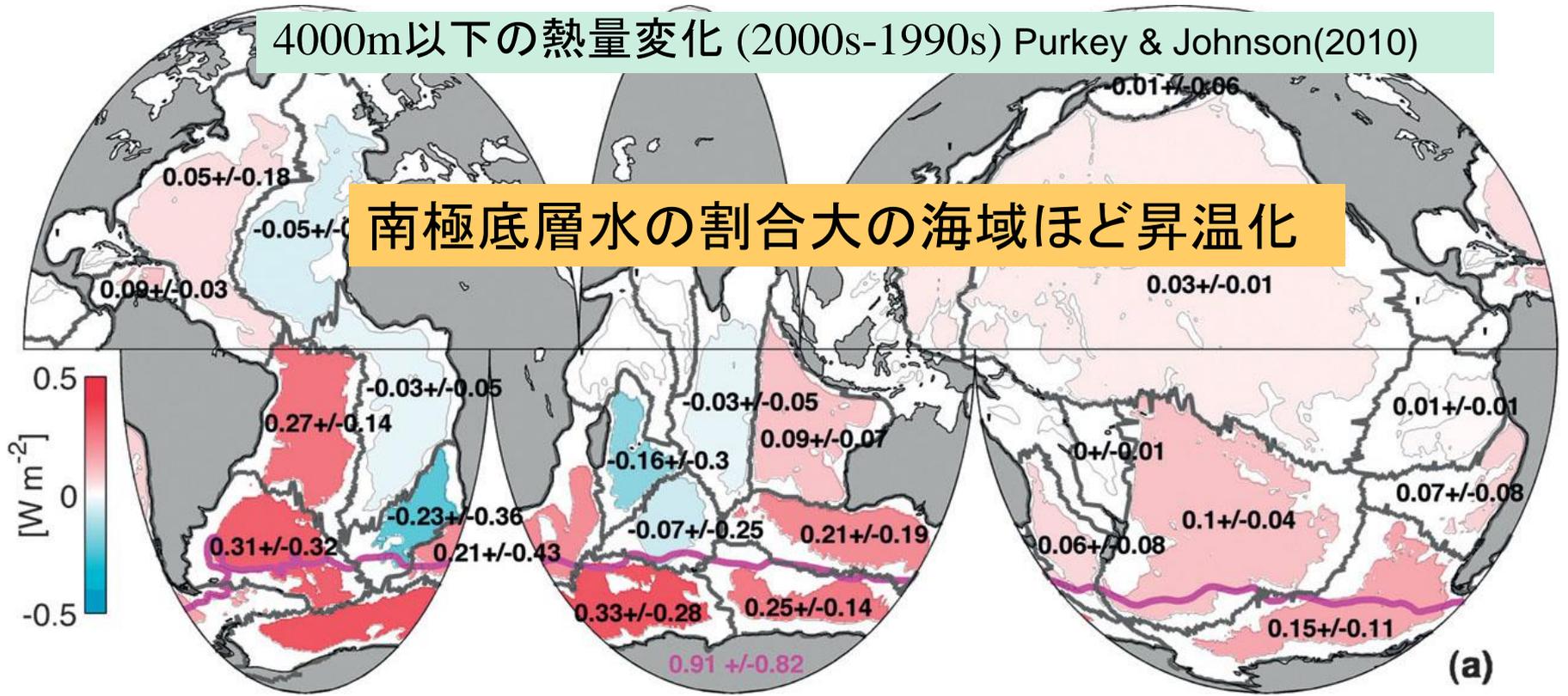
Durack and Wijffels(2010)

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**

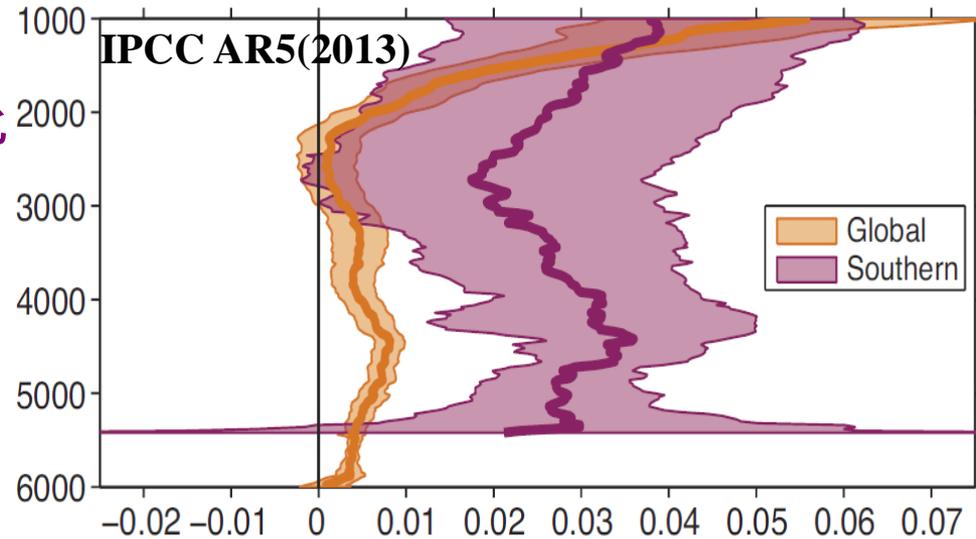
# 今後どうなる北大西洋深層水？

- 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



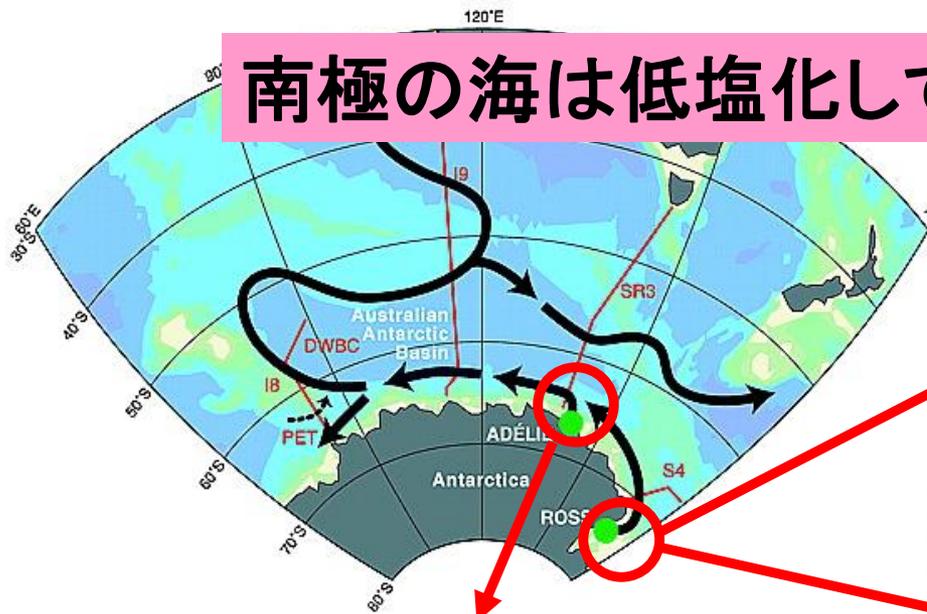
南極底層水の昇温化・低塩化・低密度化

- 底層水生成の減少？
- 海洋熱塩循環の弱化??
- 全球気候のダイナミックな変化???

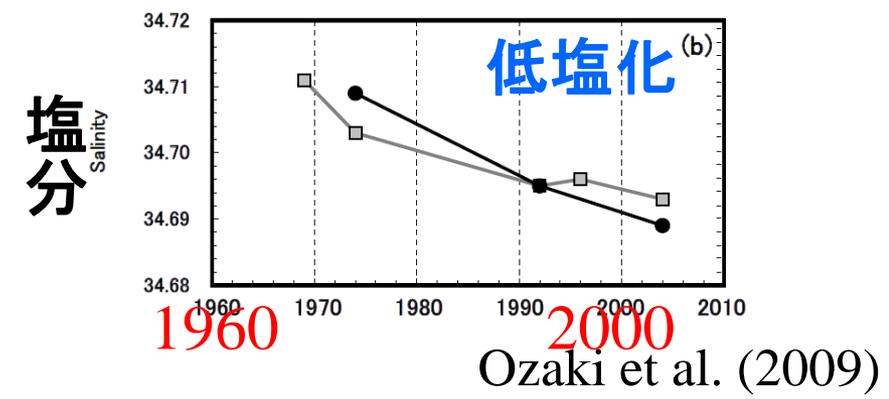
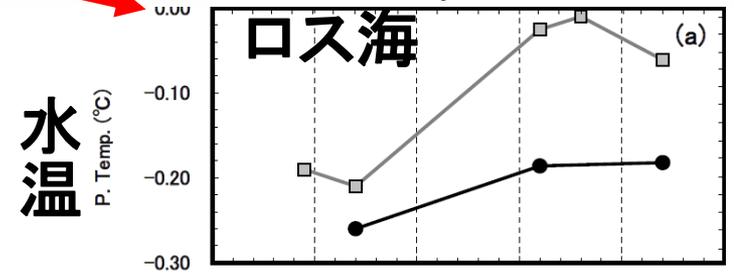
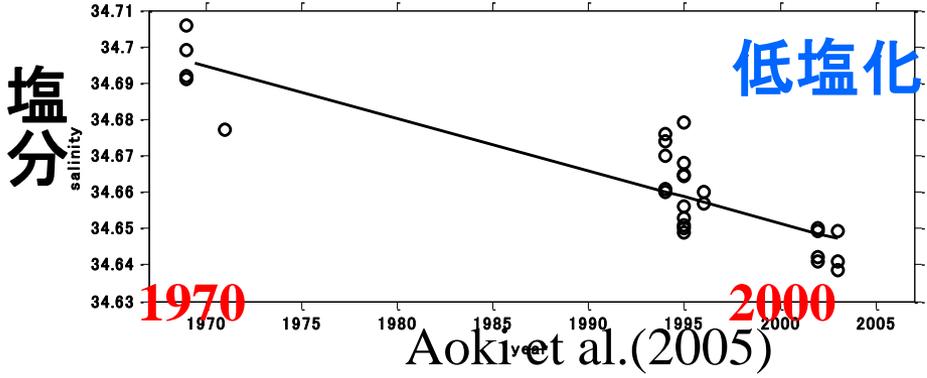
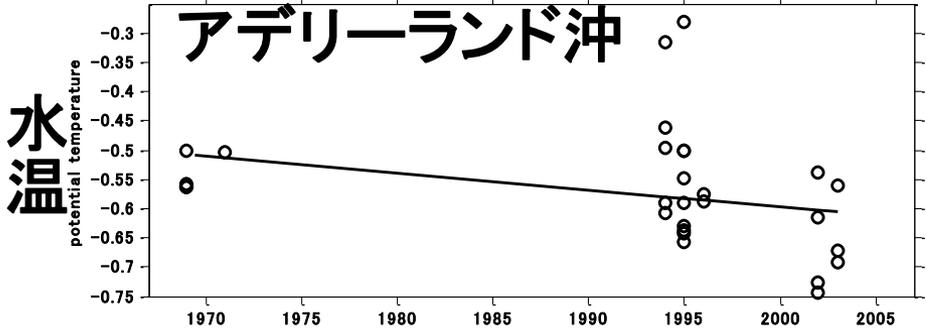
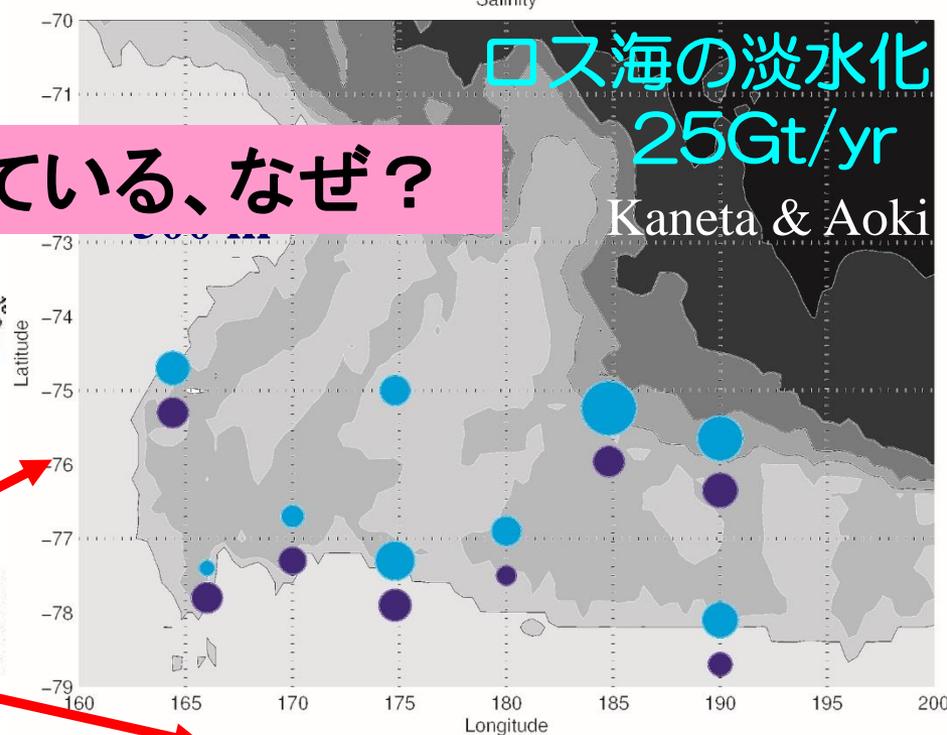


# 南極底層水の変質

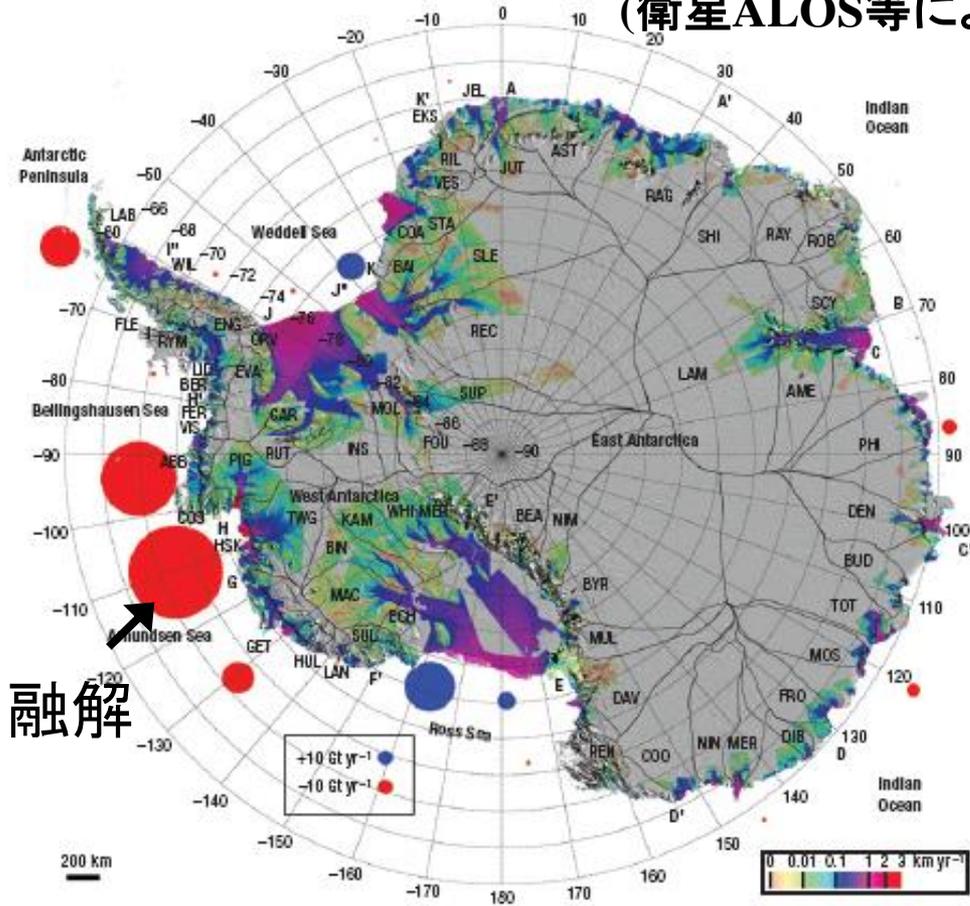
南極の海は低塩化している、なぜ？



ロシア海の淡水化  
25Gt/yr  
Kaneta & Aoki

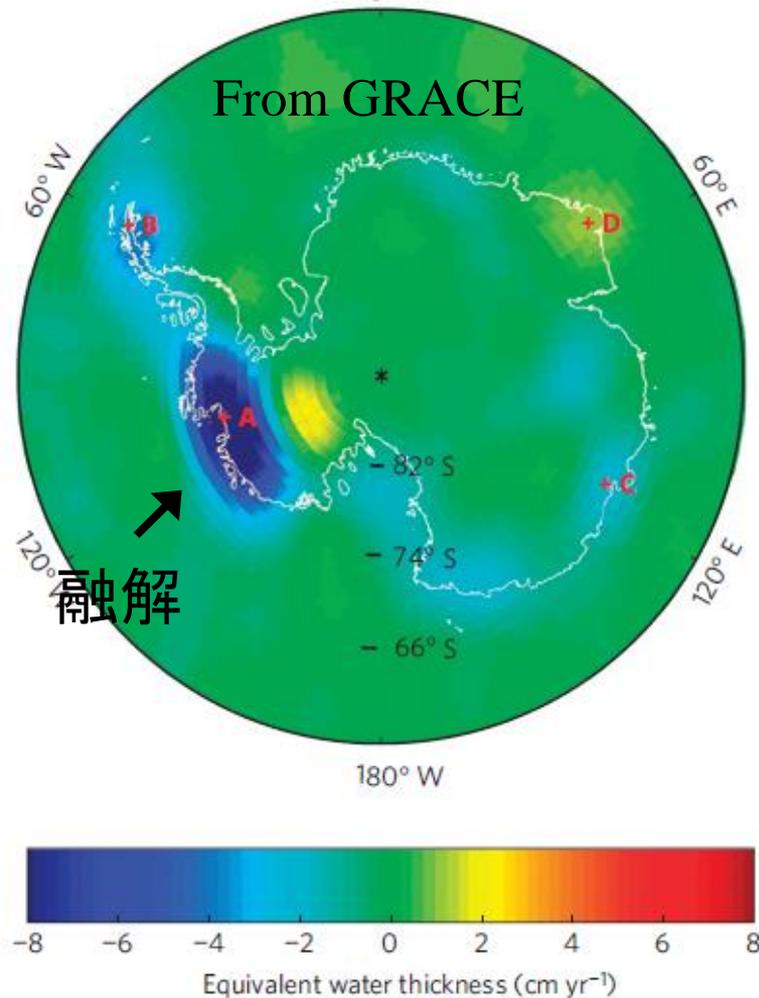


# 氷床の速度などから推定 (衛星ALOS等による)



(Rignot et al. 2008)

# 重力の変化から推定

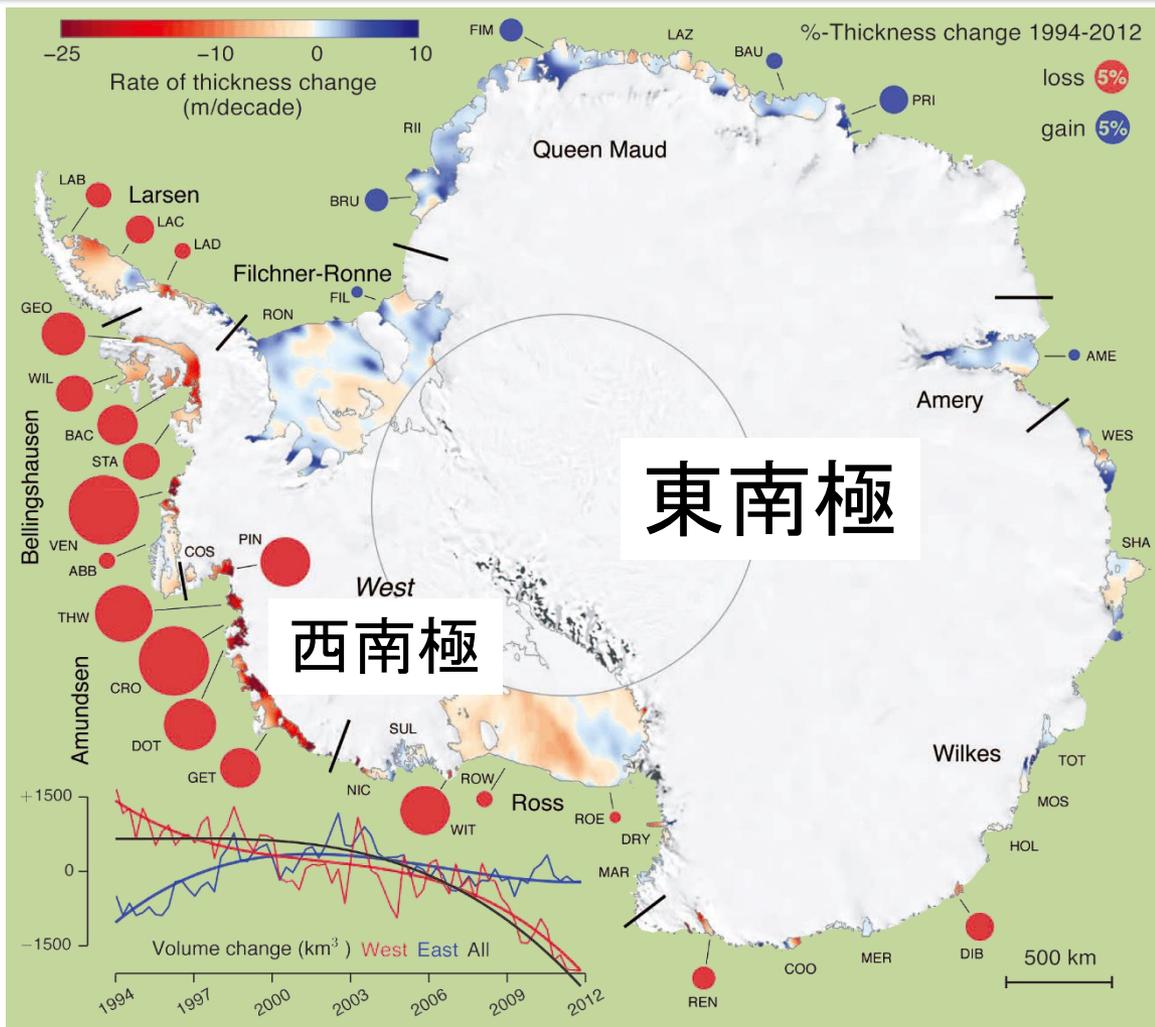


(Chen et al., 2008)



# 南極氷床の融解が加速

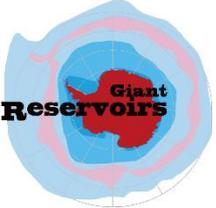
## 1994年から2012までの氷床厚の変化



氷床厚減少

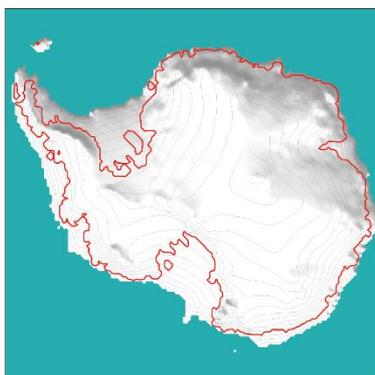
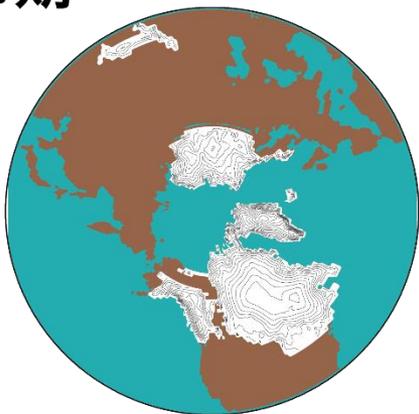


氷床厚増加

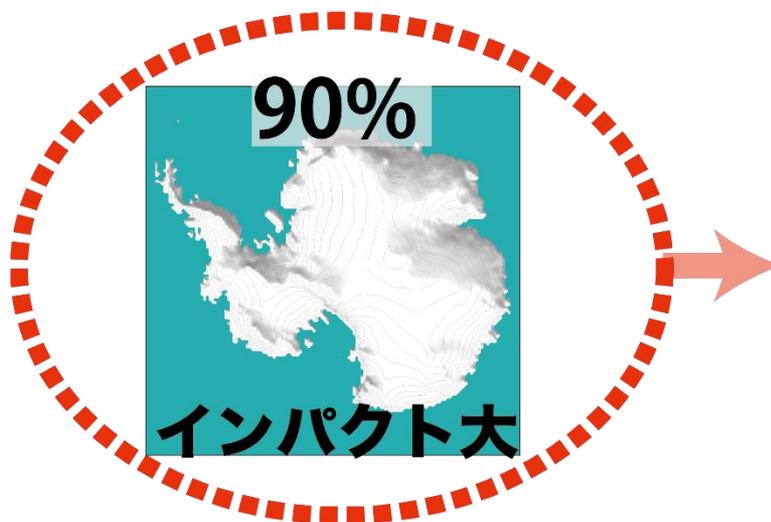
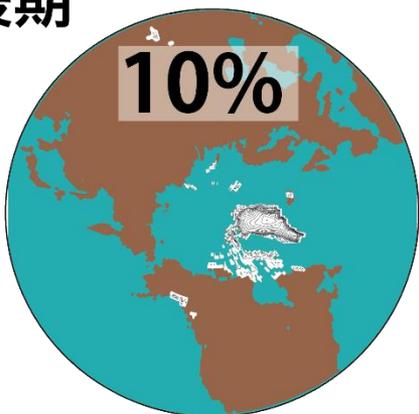


# 南極氷床

寒冷期



温暖期



+5 m



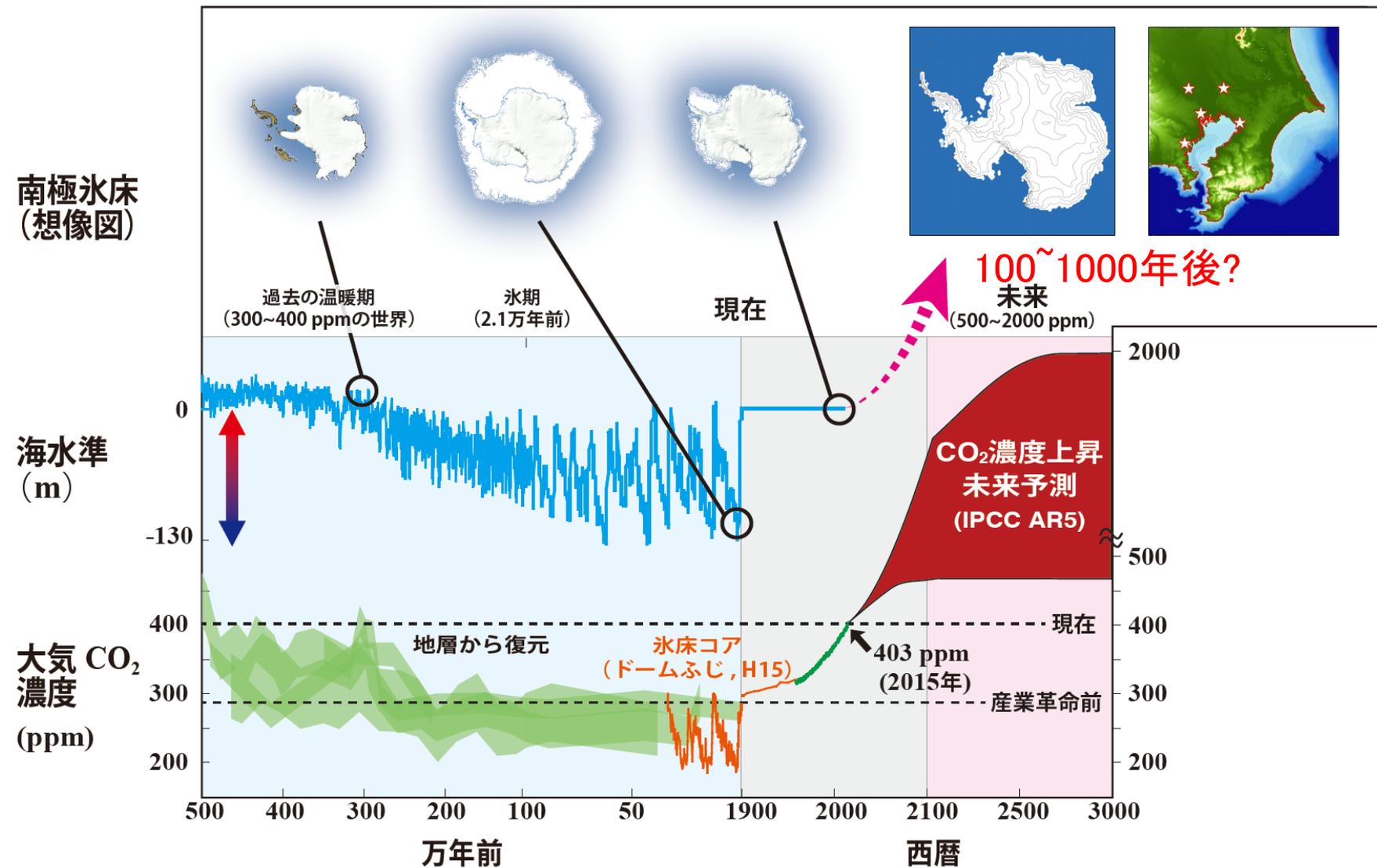
相互作用：大気・氷床・地殻 + 南大洋

Abe-Ouchi et al., 2013 Nature



# 南極氷床の過去と将来

## 海水準、大気CO<sub>2</sub>濃度、南極氷床のこれまでの変遷と未来予想図

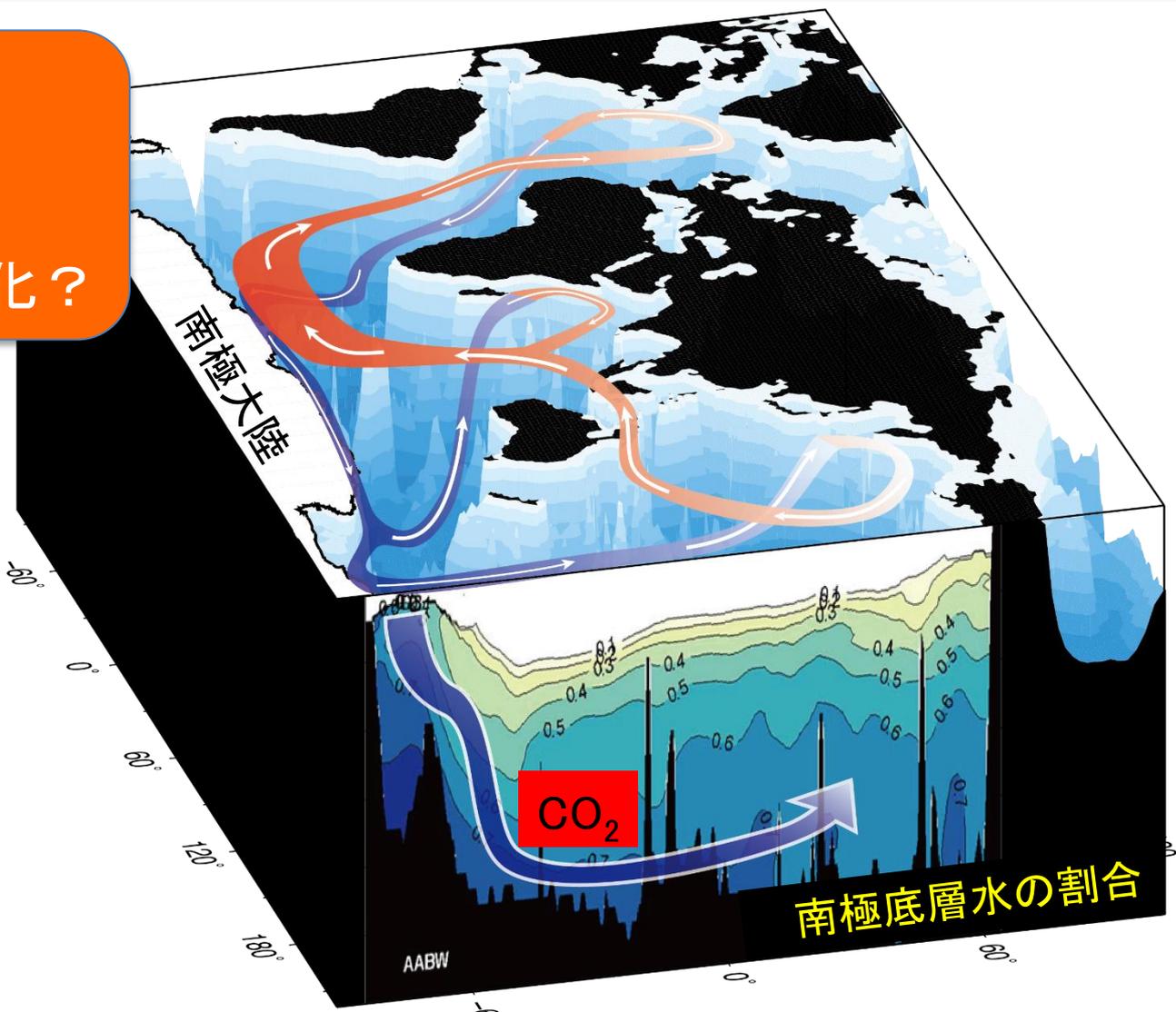




# 南大洋と気候

氷床融解が南大洋を通じて気候の大変化を引き起こす？

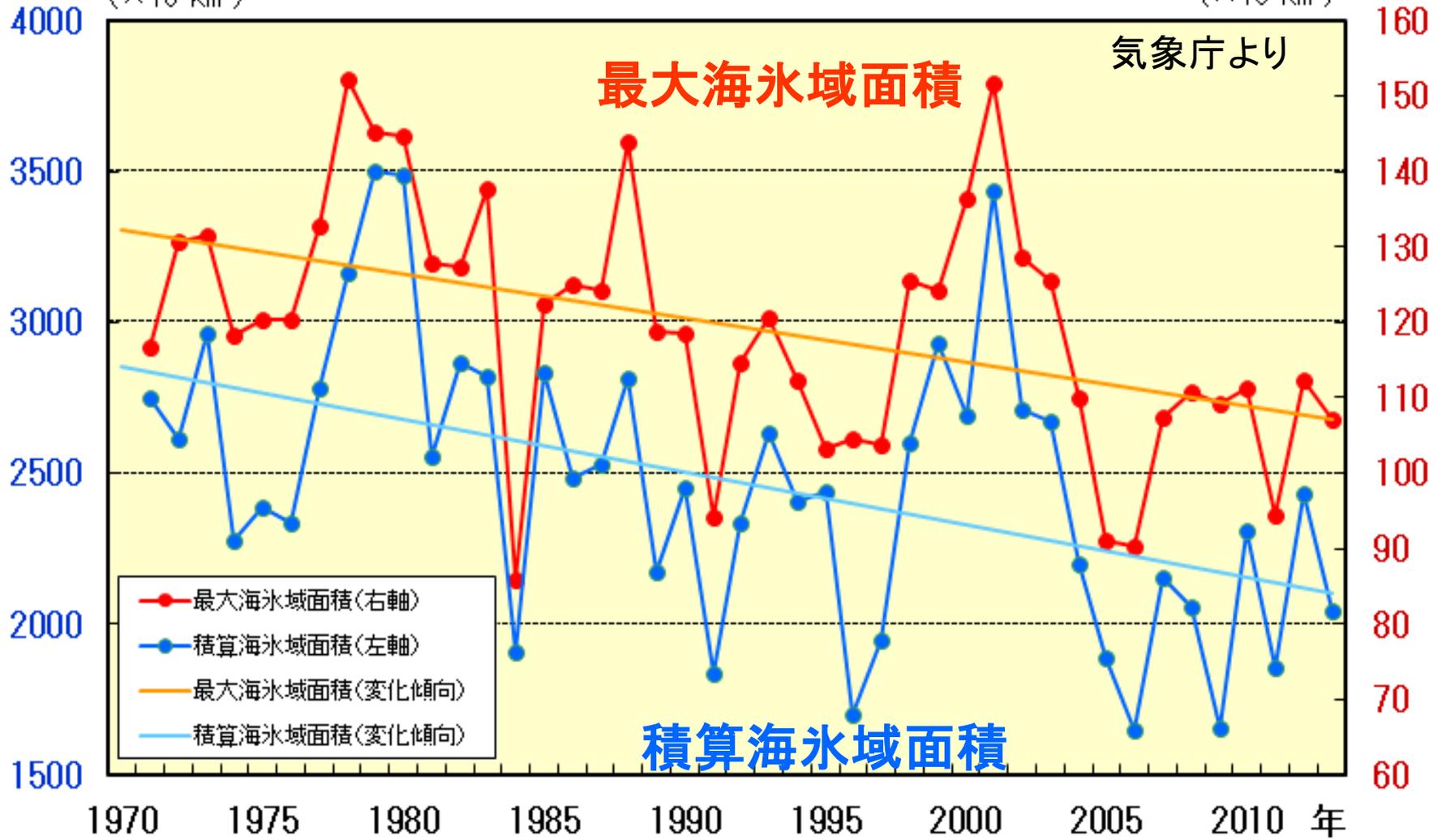
氷床融解加速で  
→海水の低塩化  
→底層水弱化  
→海洋大循環弱化？





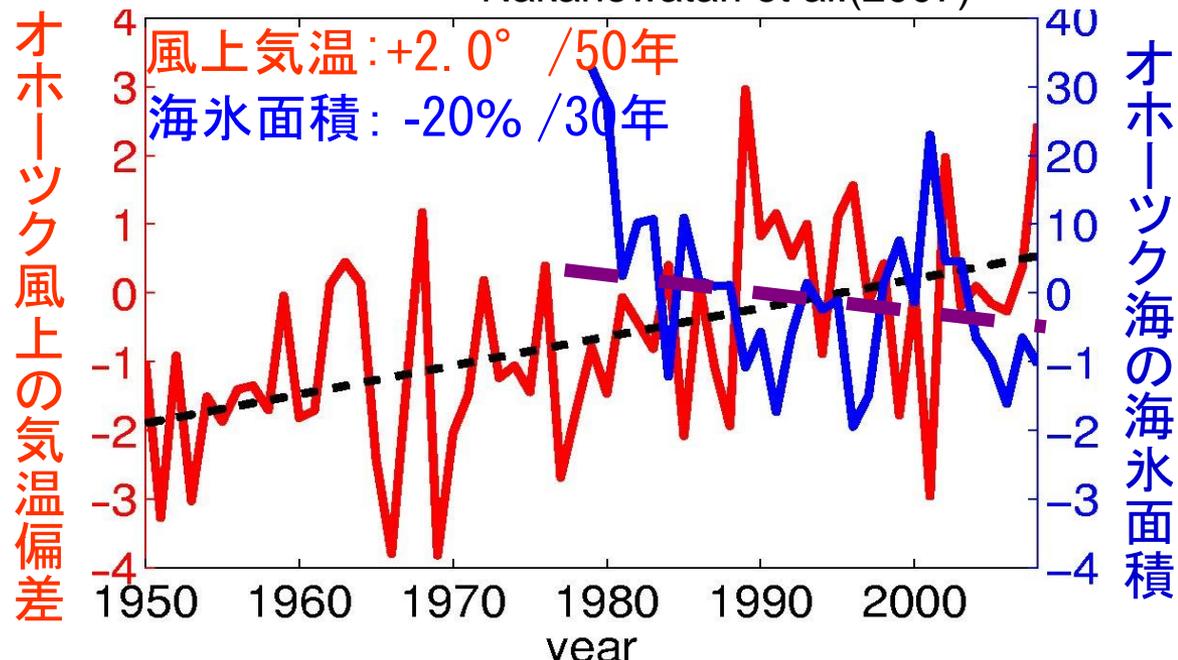
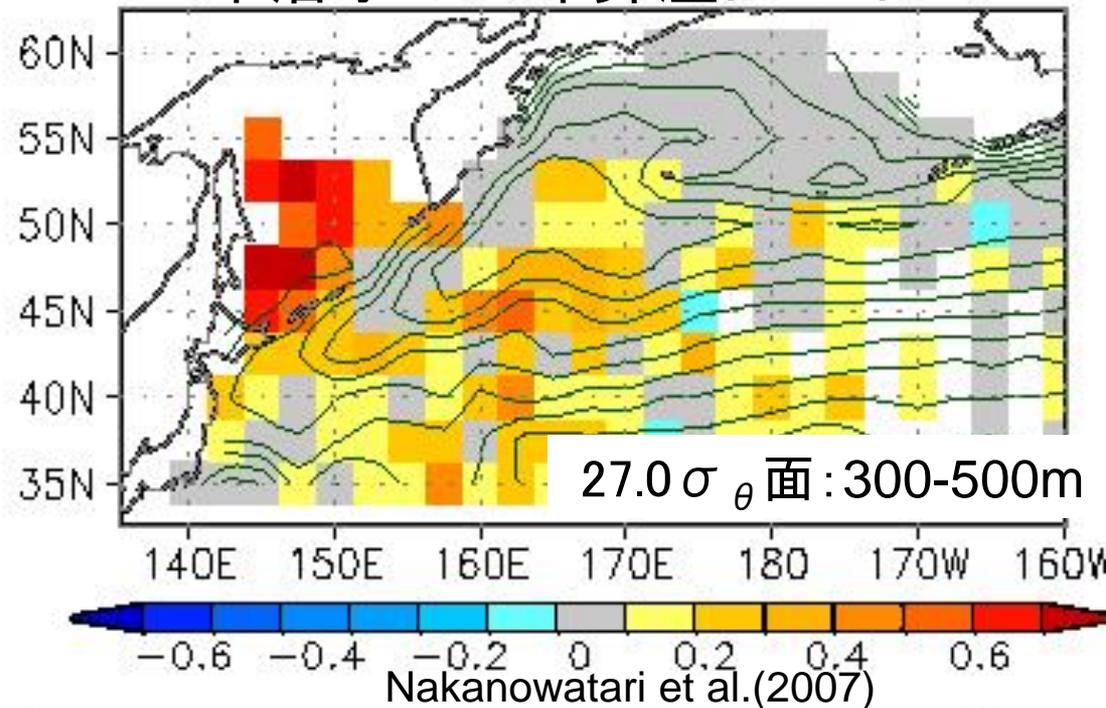
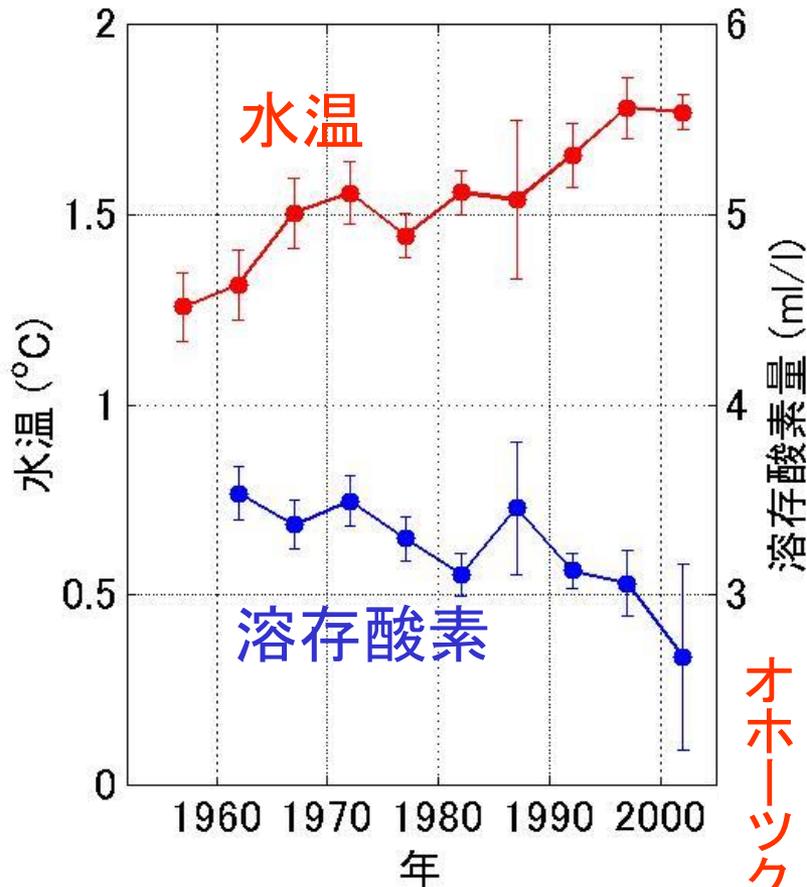
積算海氷域面積  
( $\times 10^4 \text{km}^2$ )

最大海氷域面積  
( $\times 10^4 \text{km}^2$ )



オホーク海の海氷面積は40年で約25%減少している

# 中層水の50年昇温トレンド



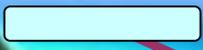
オホーツク海の中層水の50年間の変化

重い水の潜り込みは減っている！

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

海氷生産量減少

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