

海氷情報センター 開設 50 年記念
2019年12月11日

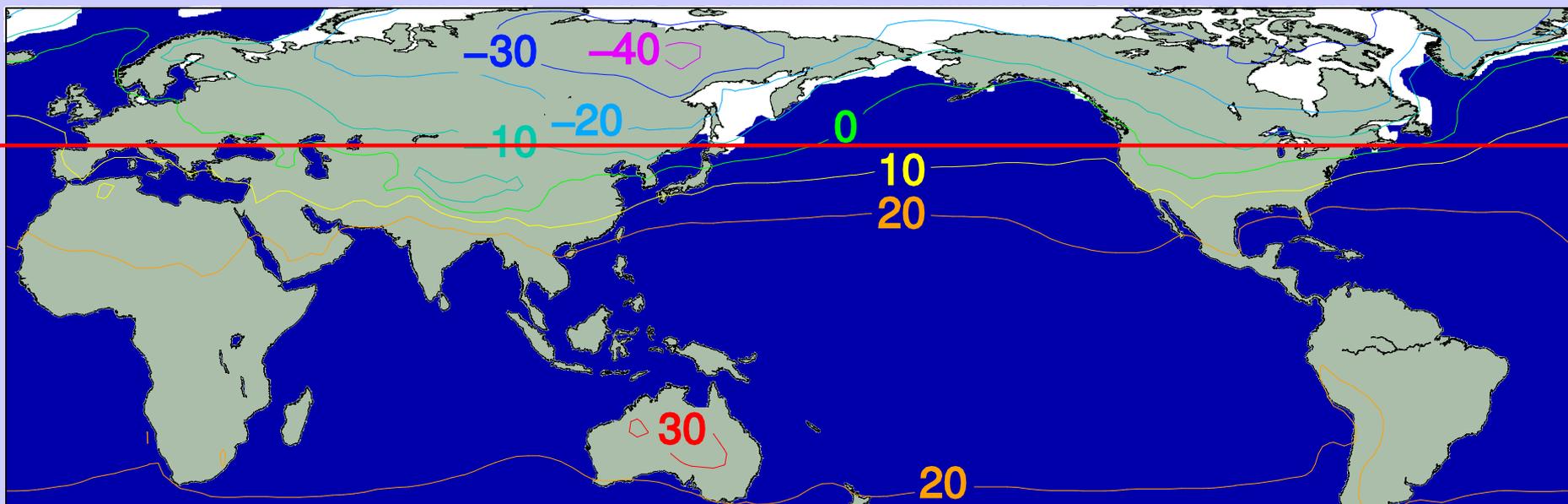
北太平洋の海洋循環・物質循環を 駆動するオホーツク海

オホーツク海の海氷を割って進む
砕氷巡視船「そうや」

大島 慶一郎（北海道大学低温科学研究所）

グローバルな目でみたオホーツク海

2月の海氷分布と平均気温(2001年)



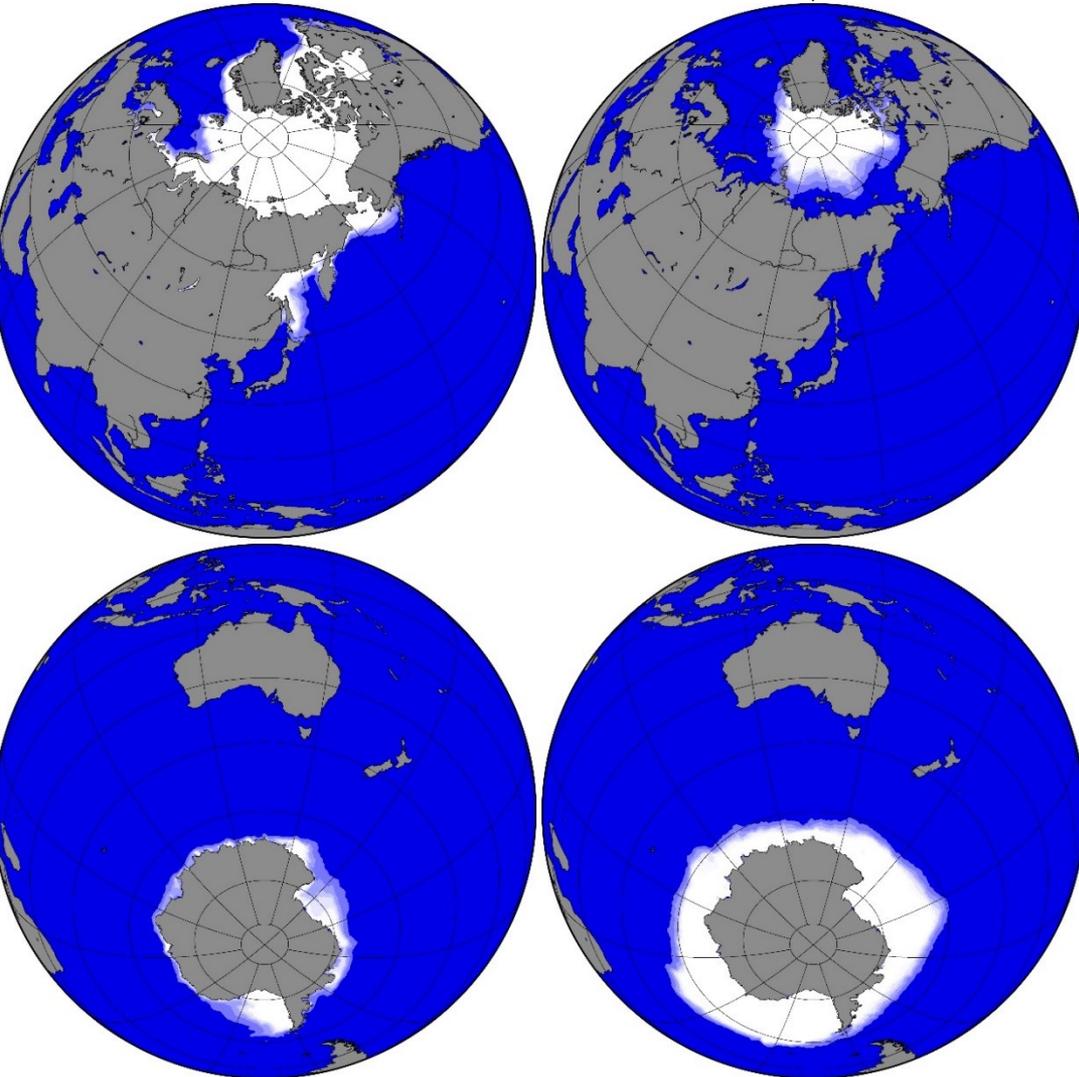
Nihashi et al. (Journal of Geophysical Research, 2009)を加筆

- ・ 北半球における海氷域の南限 ← 風上が北半球の寒極

海水面積 ($\times 10^4 \text{km}^2$)

3月

9月



夏 冬

北極域: 750 - 1650 (1980s)

400 - 1550 (2010s)

南極域: 300 - 1900 (1980s)

300 - 2000 (2010s)

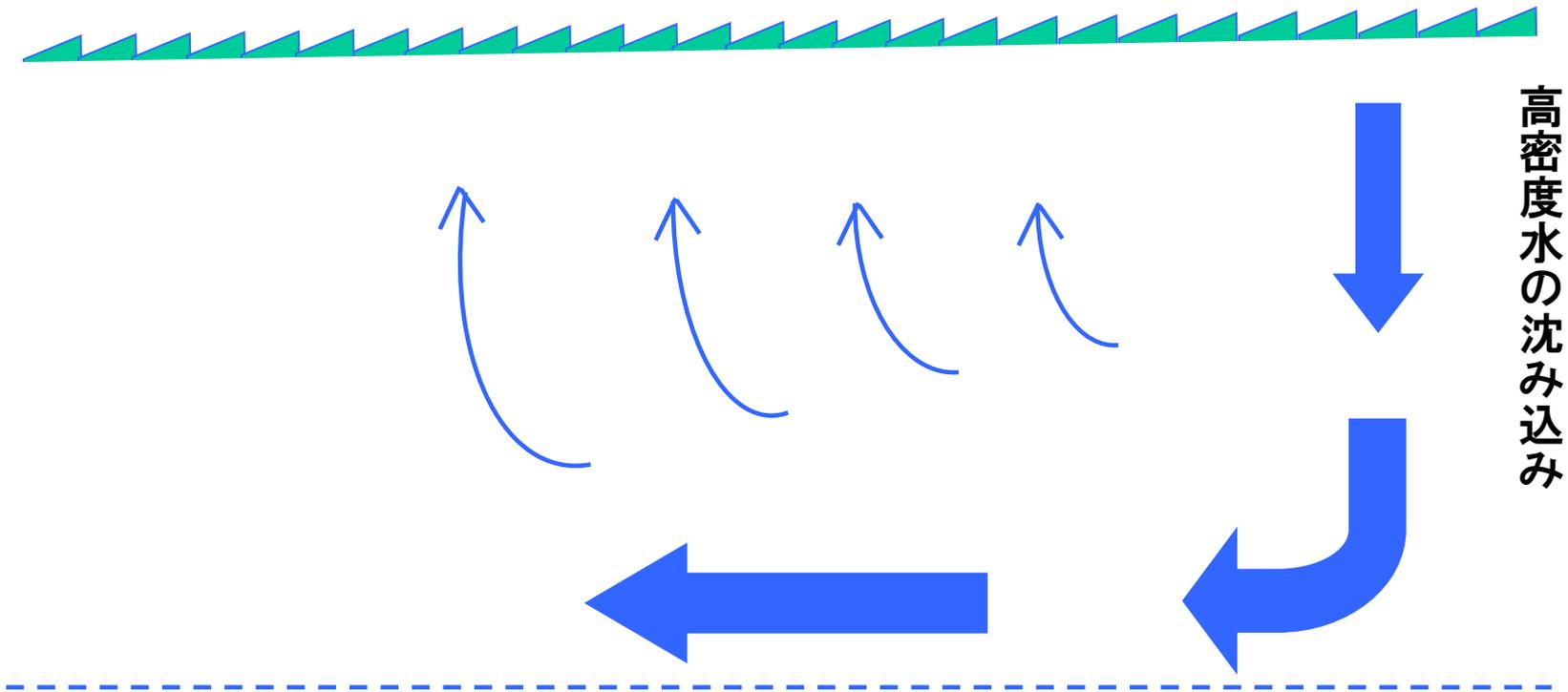
オホーツク海
→ 季節海氷域

海洋の大循環（中深層循環）

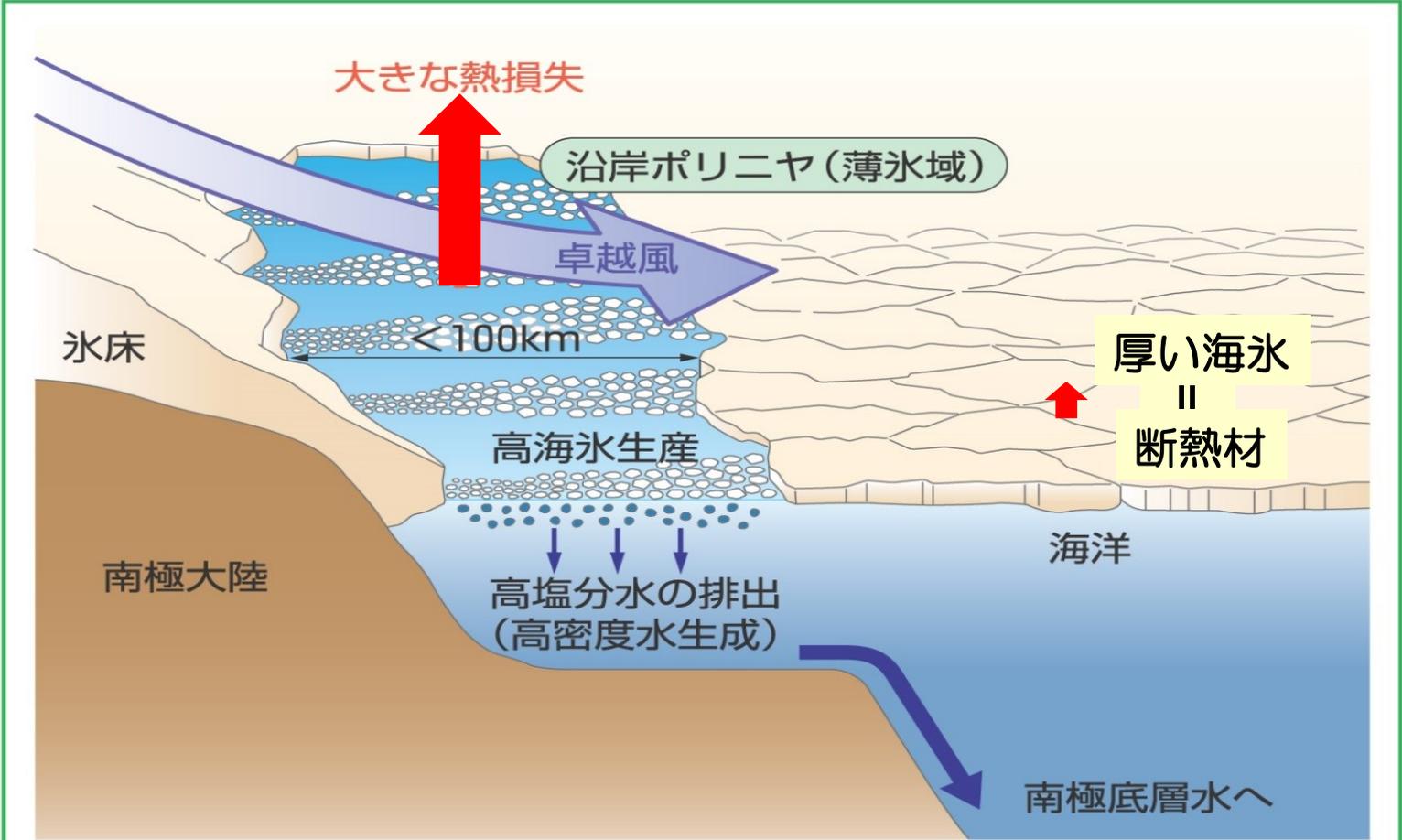
赤道

密度差による循環

極



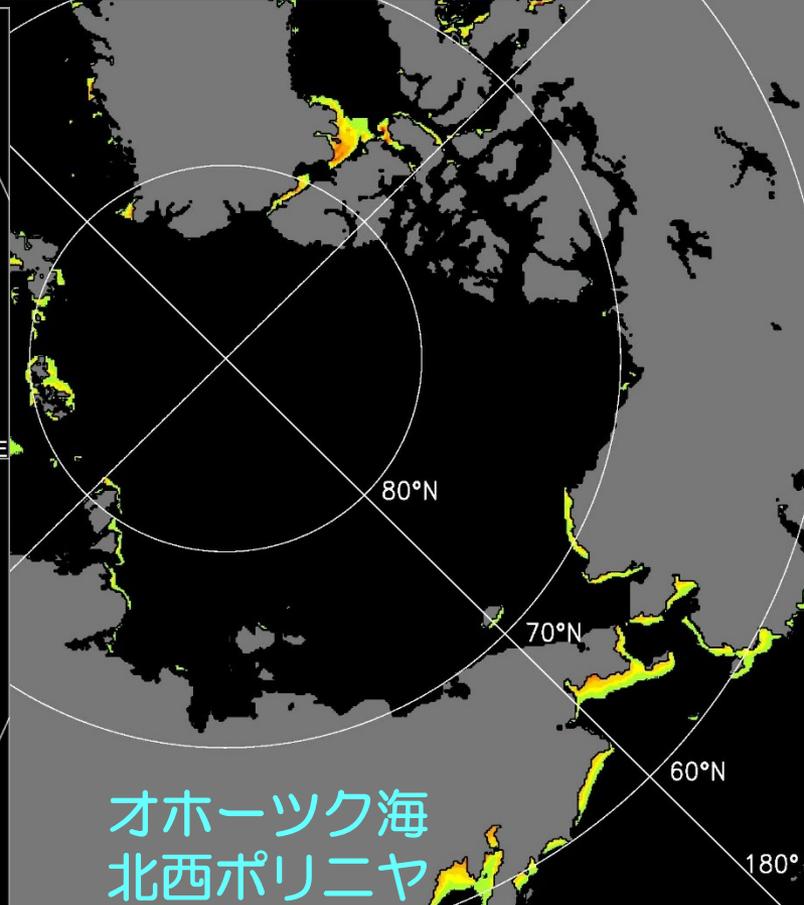
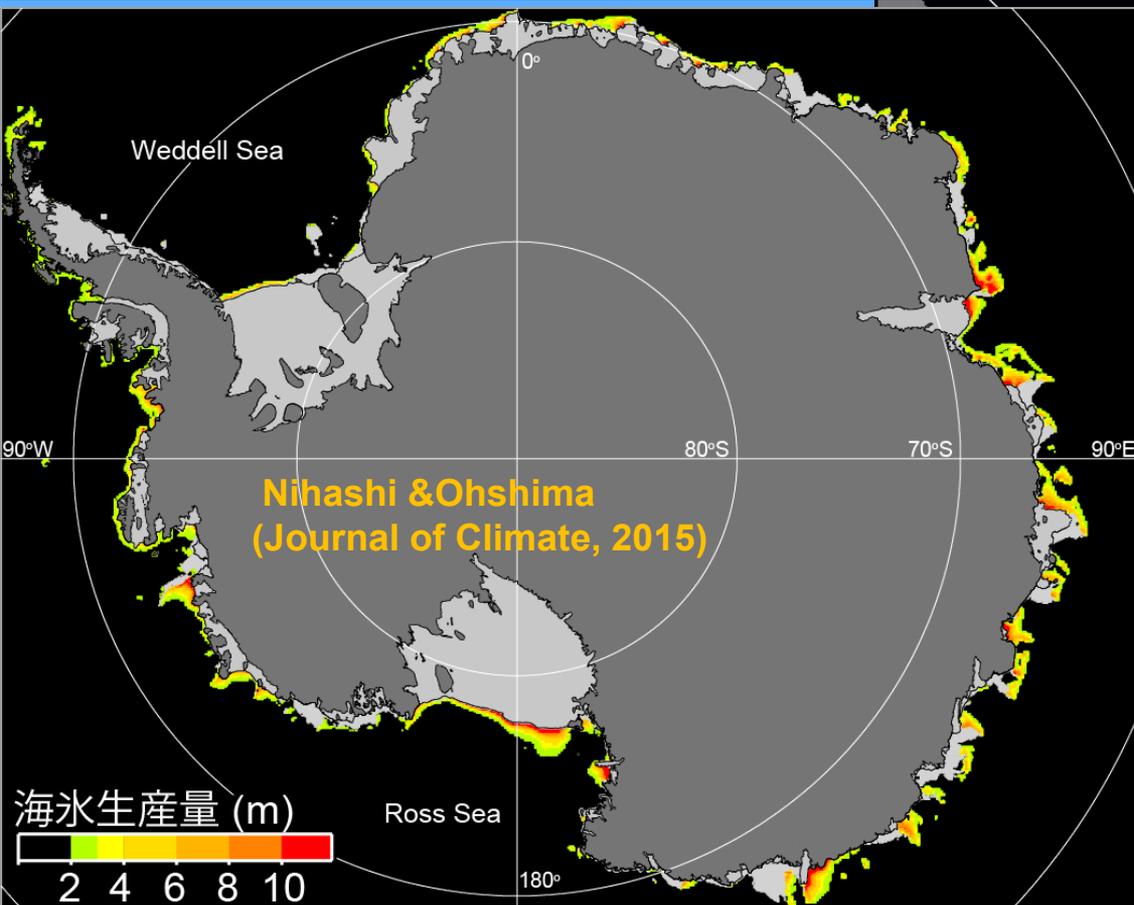
沿岸ポリニヤ → 海氷生産工場



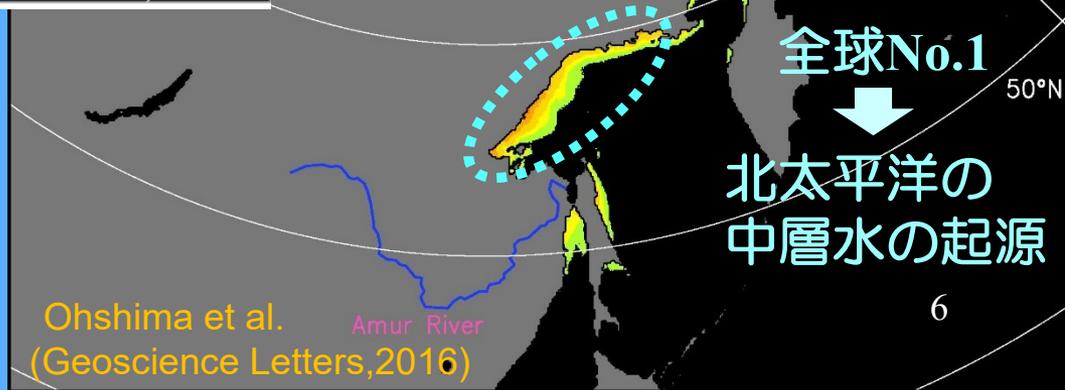
海氷がたくさんできるほど、塩分が排出され、重い水ができる

衛星マイクロ波放射計による薄氷厚アルゴリズム
→ 表面の熱収支計算による熱損失 = 海氷生産量

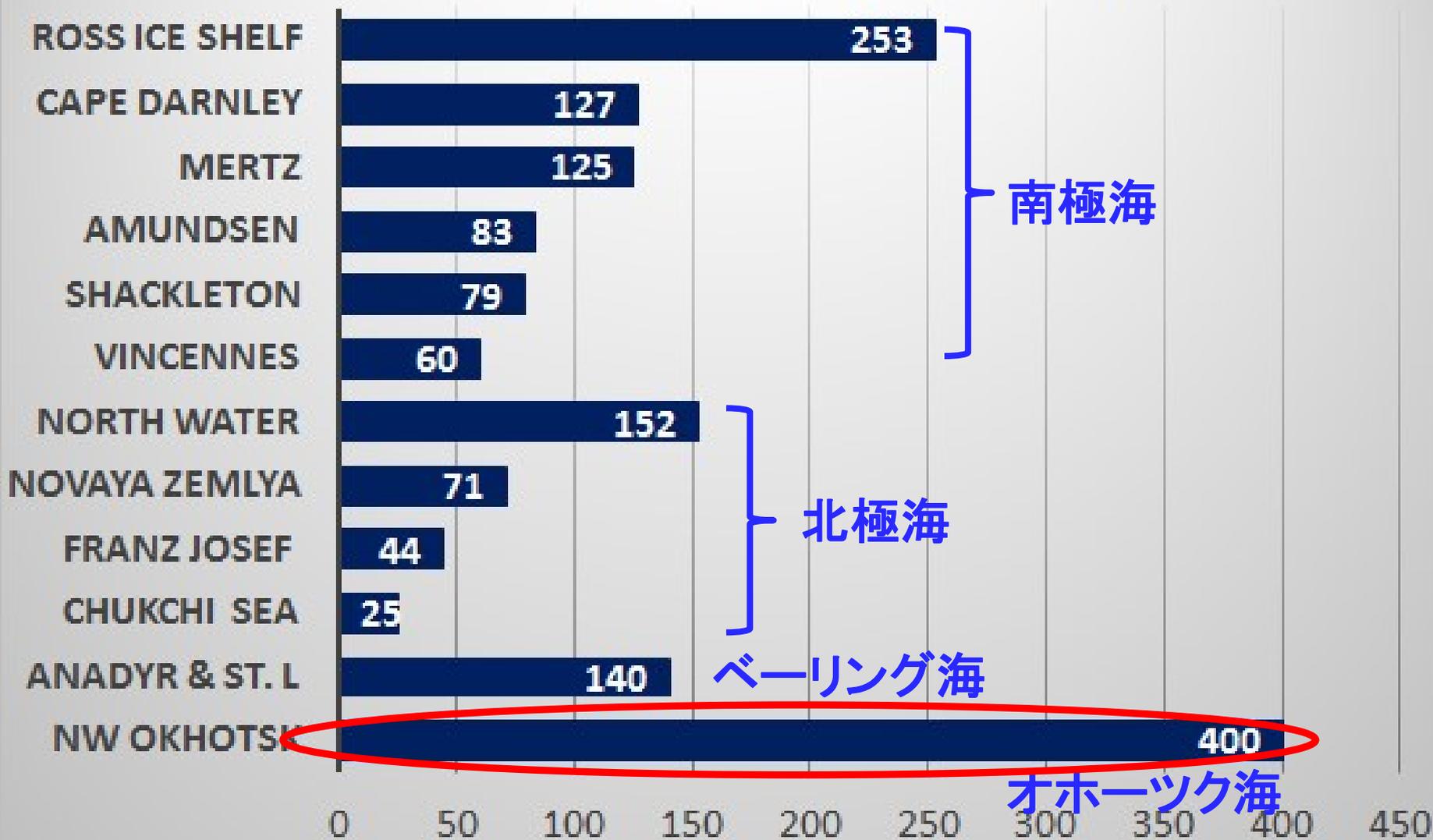
海水生産量のグローバルマッピング(衛星マイクロ波放射計)



オホーツク海北西ポリニヤ
： 全球で最大の海水生産域
重い水 → 中層水生成

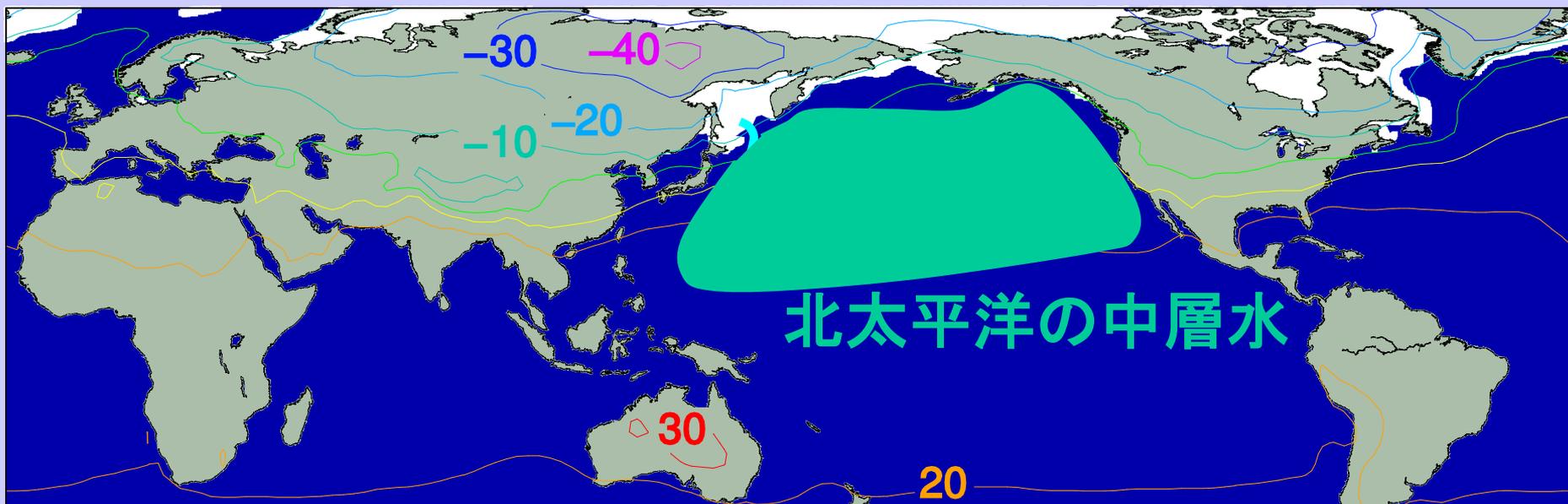


ポリニヤでの年間海氷生産量 (km³/year)



グローバルな目でみたオホーツク海

2月の海氷分布と平均気温(2001年)



Nihashi et al. (2009)

- ・多量の海氷生産 → 北太平洋で一番重い水ができる場所
→ 大気・陸からの熱・物質を北太平洋中層水(200-800m)へ

フロン断面図

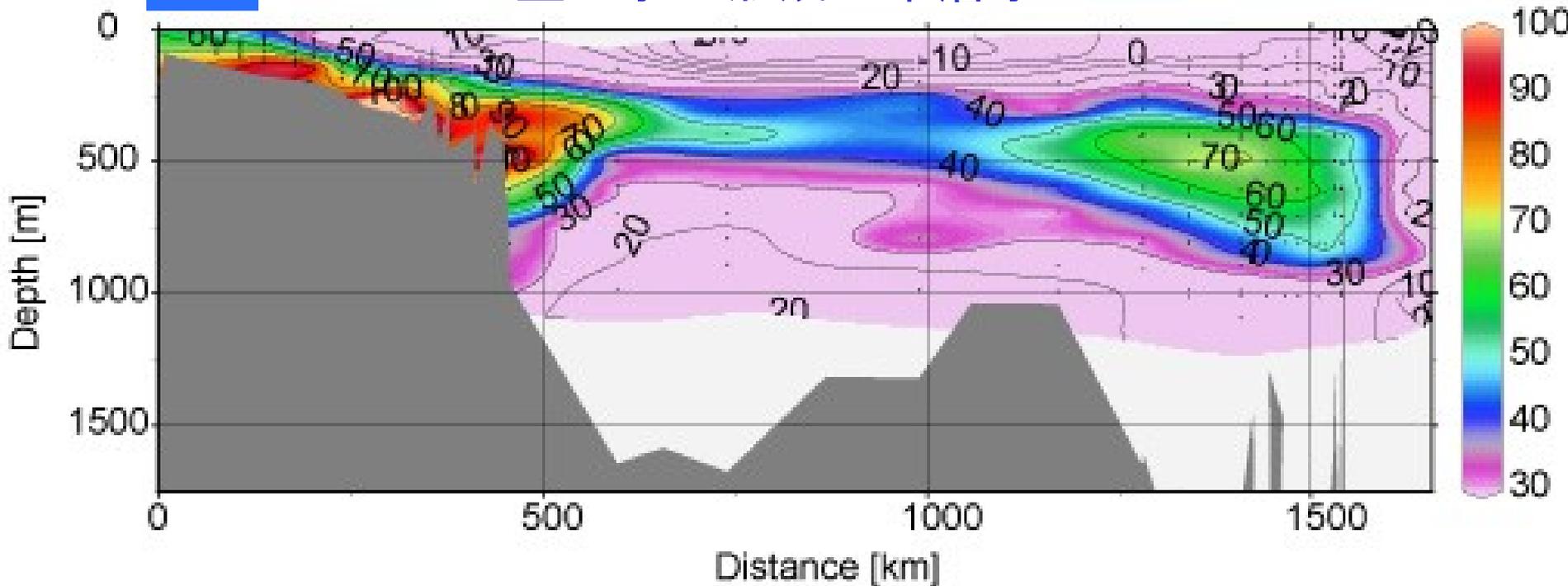
フロンが高い水は大気と接した表面の水が潜り込んだもの

オホーツク海

北太平洋

高海氷生産

重い水の形成→中層水へ

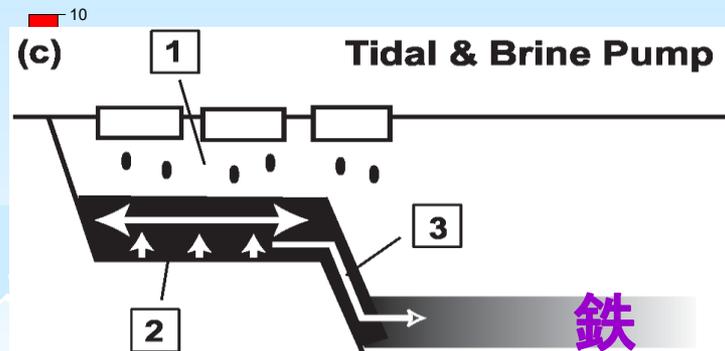
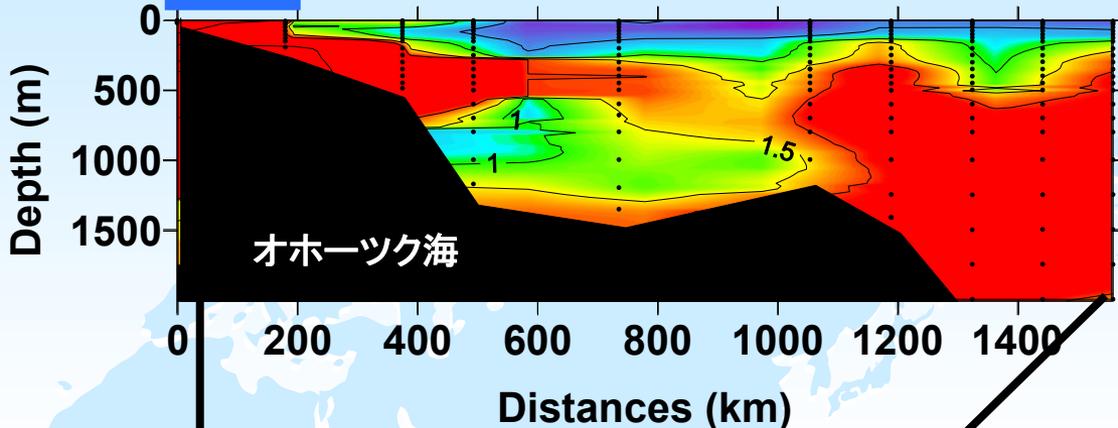


Yamamoto-Kawai et al. (Journal of Geophysical Research, 2004)

オホーツク海は北太平洋の心臓である！

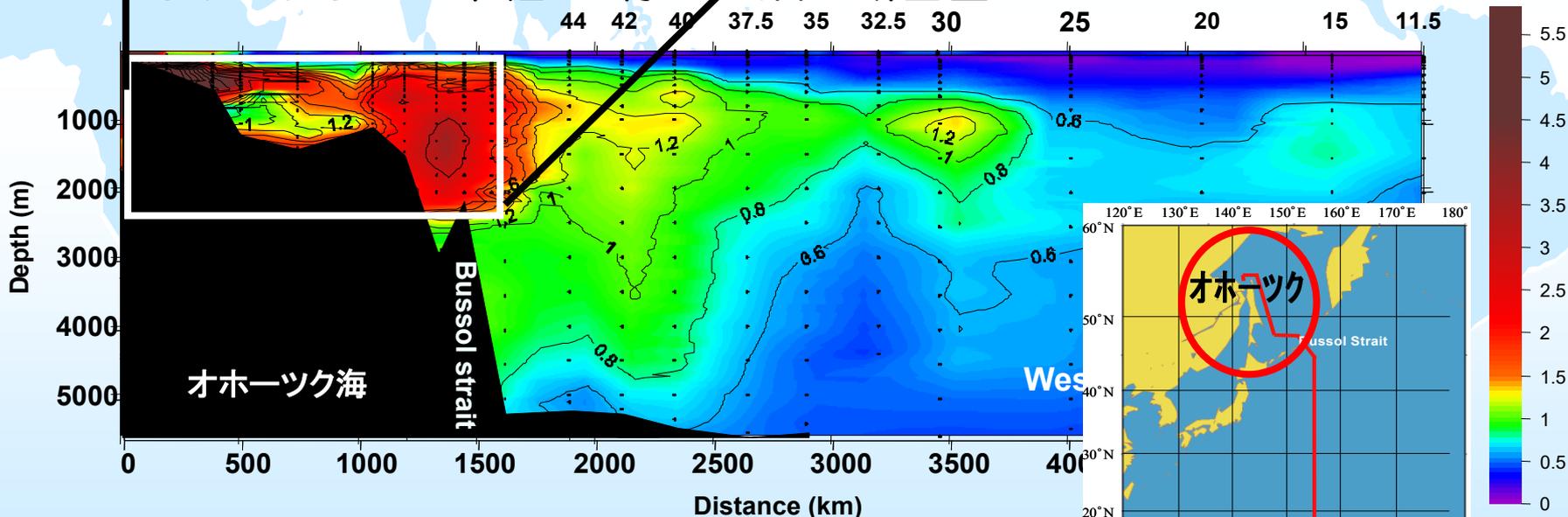
オホーツク海からは重い水と共に鉄も輸送される！

高海氷生産



鉄は生物に不可欠
重要な栄養分

オホーツク — 東経155線での鉄の断面図



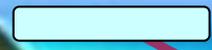
Nishioka et al. (Global Biogeochemical Cycles, 2013)

西岡純氏を中心とする研究

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

鉄

中層への潜り込み

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

Nishioka et al.(2007)

中層鉄仮説

巨大魚付林：うおつきりん
アムールオホーツクシステム

Nakanowatari et al.(2007)

JST提供

オホーツク海から循環

北太平洋に鉄分供給

オホーツク海に豊富に含まれる鉄分が、北太平洋の植物プランクトンの重要な栄養源となり、豊かな漁場を支えていることを北大低温科学研究所の西岡純准教授（水産科学）らが初めて突き止めた。しかし、地球温暖化に伴い、今後、オホーツク海から北太平洋への鉄分供給のメカニズムが崩れる懸念があり、西岡准教授らは温暖化と鉄分含有量との相関などについて研究を進めるとしている。

解明したのは、西岡准教授のほか総合地球環境学研究所（京都）、北海道水産研究所（釧路）の担当者らでつくる研究グループ。近く米科学誌

北大低温研が解明

「ジャーナル・オブ・オフィシカル・リサーチ」の電子版に論文が掲載される。

研究グループは二〇一〇四年にかけて、オホーツク海と北太平洋を結ぶ中層水の成分がほぼ一致することから、オホーツク



温暖化で減少 懸念も

層水の循環ルートがあることが分かった。また、鉄の含有量は一センチあたり最大二百八十ナノグラム（一ナノは十億分の一）と、親潮付近以外の場所よりも三―五倍も高いことが分かった。

親潮が植物プランクトンに富むのは、これまで、主に黄砂などを含んだ大気から鉄が供給されるためと考えられてきたが、鉄の含有量などを具体的に測定した研究はなかった。今回の研究で、オホーツク海から流れてきた中層水に含まれる鉄が親潮付近で巻き上げられ、植物プランクトンの主要な栄養源になっていることが分かった。

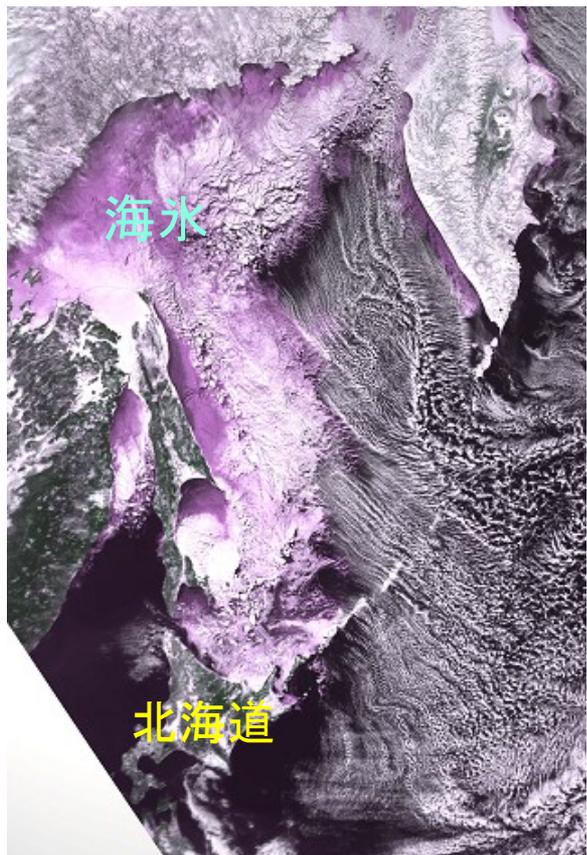
オホーツク海では、海水（流水）ができる際、塩分や鉄分を含んだ比重の重い海面近くの水が沈んで中層水になることが知られている。北大低温研の別の研究グループは一月、地球温暖化の影響で海水が減り、それに伴って中層水の生成量も減っていることを解明している。

このため、西岡准教授は「中層水の量が減れば、北太平洋への鉄分の供給量も減り、魚介類など生態系に影響が出る可能性がある」と話している。

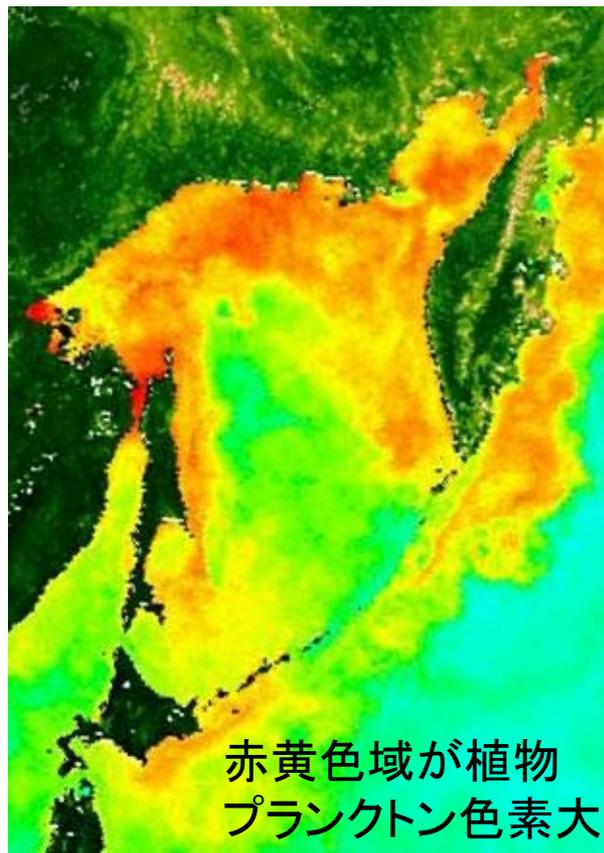
オホーツク海における海氷と春季植物プランクトン増殖

衛星による海氷分布 1998年2月

衛星による海色分布



Kitami Institute of Technology
Snow and Ice Research Laboratory



SeaWiFS satellite image of Ocean
color

春の植物プランクトン
大増殖(ブルーム)



高生物生産が豊かな
水産資源を支える

海氷が融解した海域で
大増殖が起こる



海氷に含まれている何かが
大増殖をもたらす

砕氷巡視船そうや

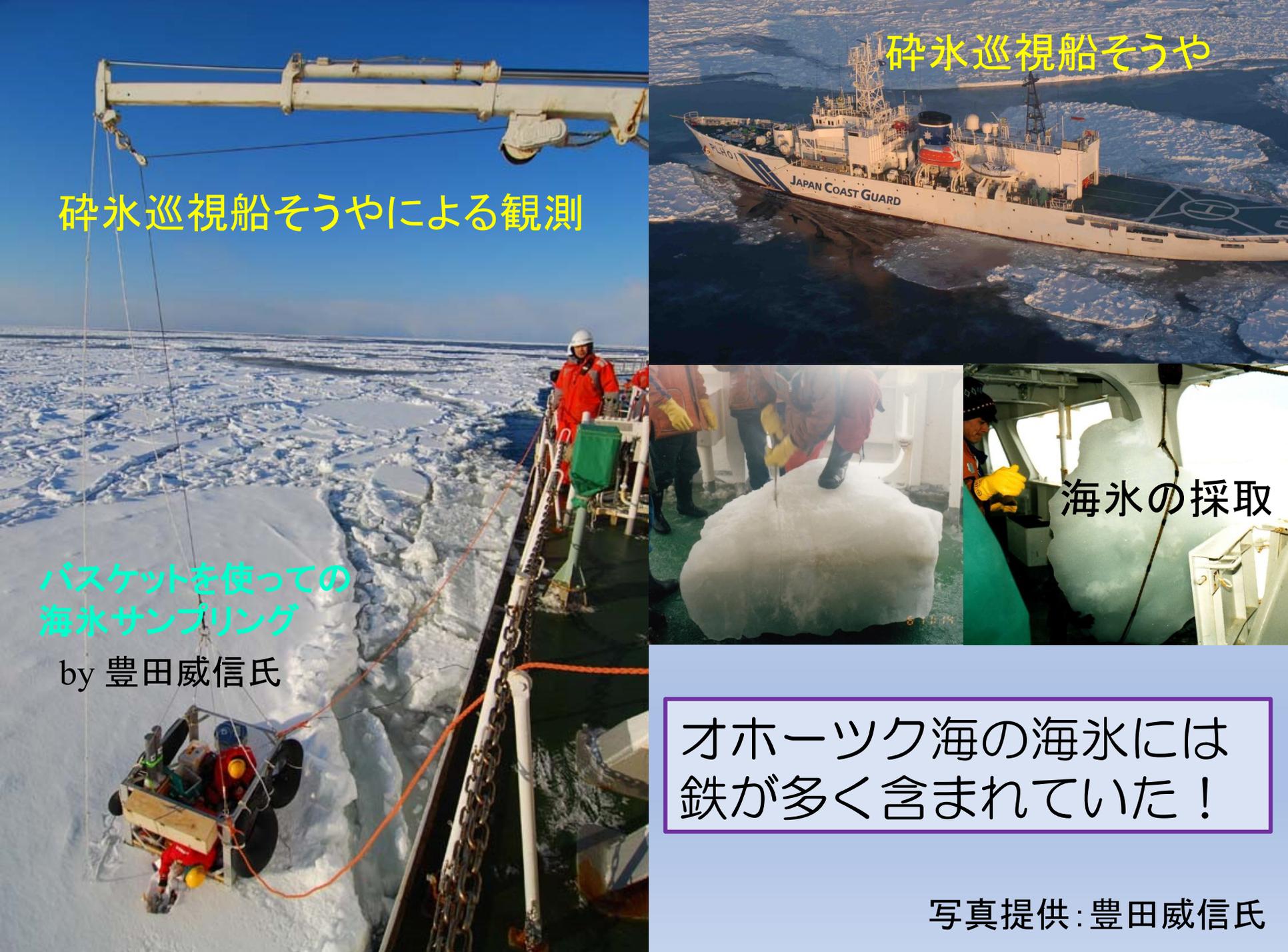
砕氷巡視船そうやによる観測

バスケットを使っての
海水サンプリング

by 豊田威信氏

オホーツク海の海水には
鉄が多く含まれていた！

写真提供：豊田威信氏

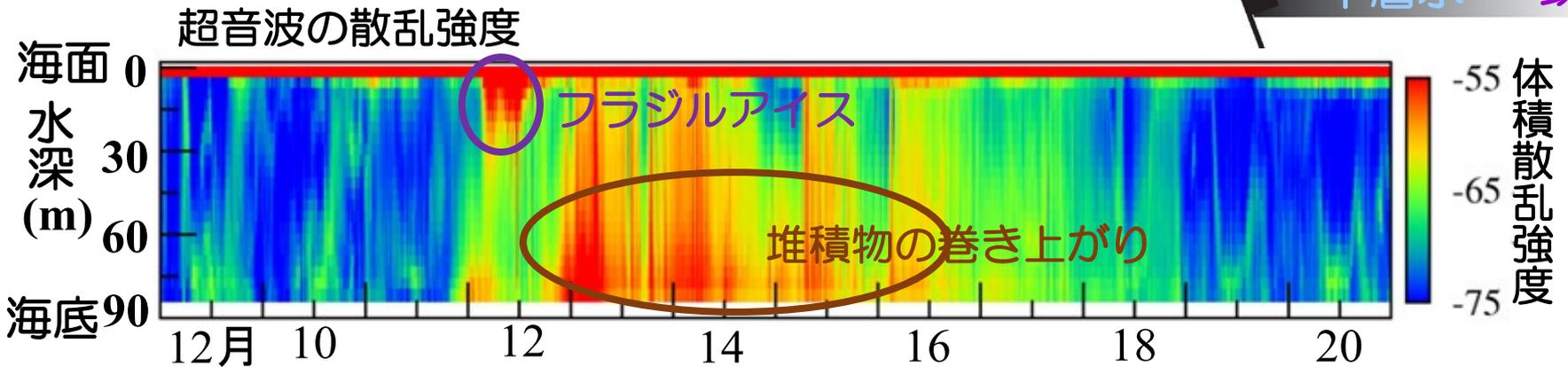
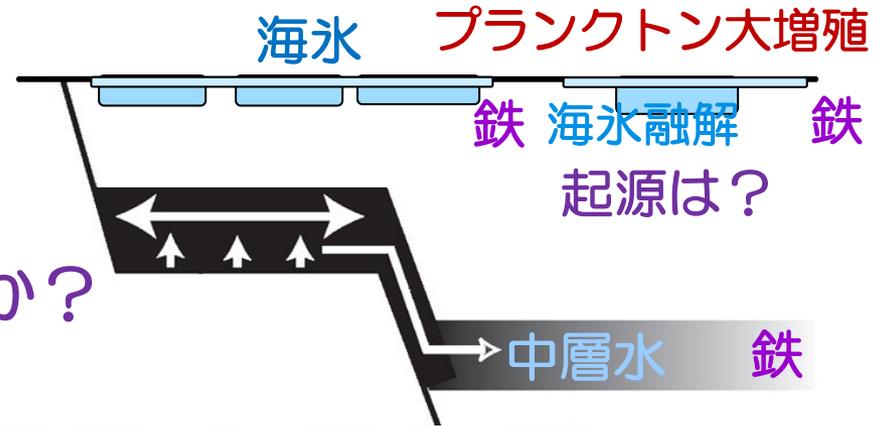


Kanna et al. (2014)

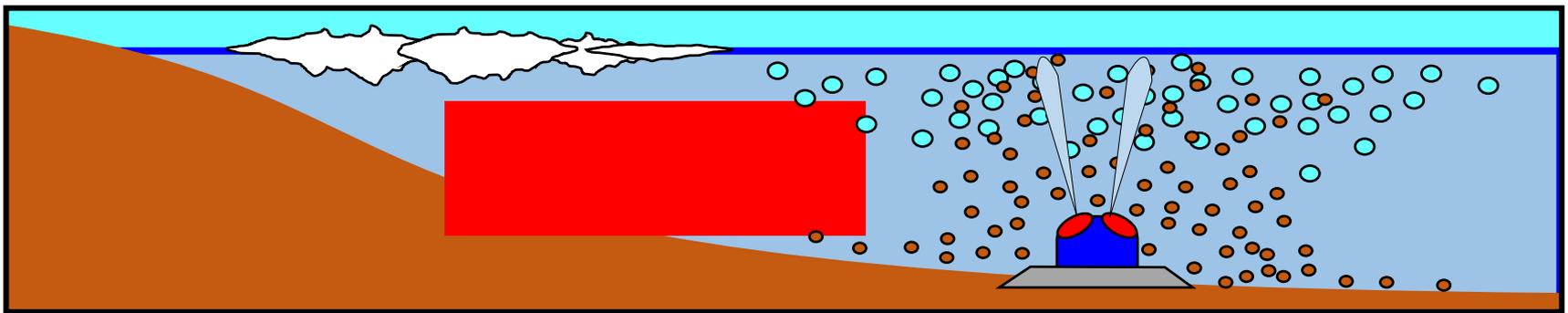
植物プランクトンに不可欠

中層水経由の他に海水からも供給

どうやって海水に取り込まれるか？



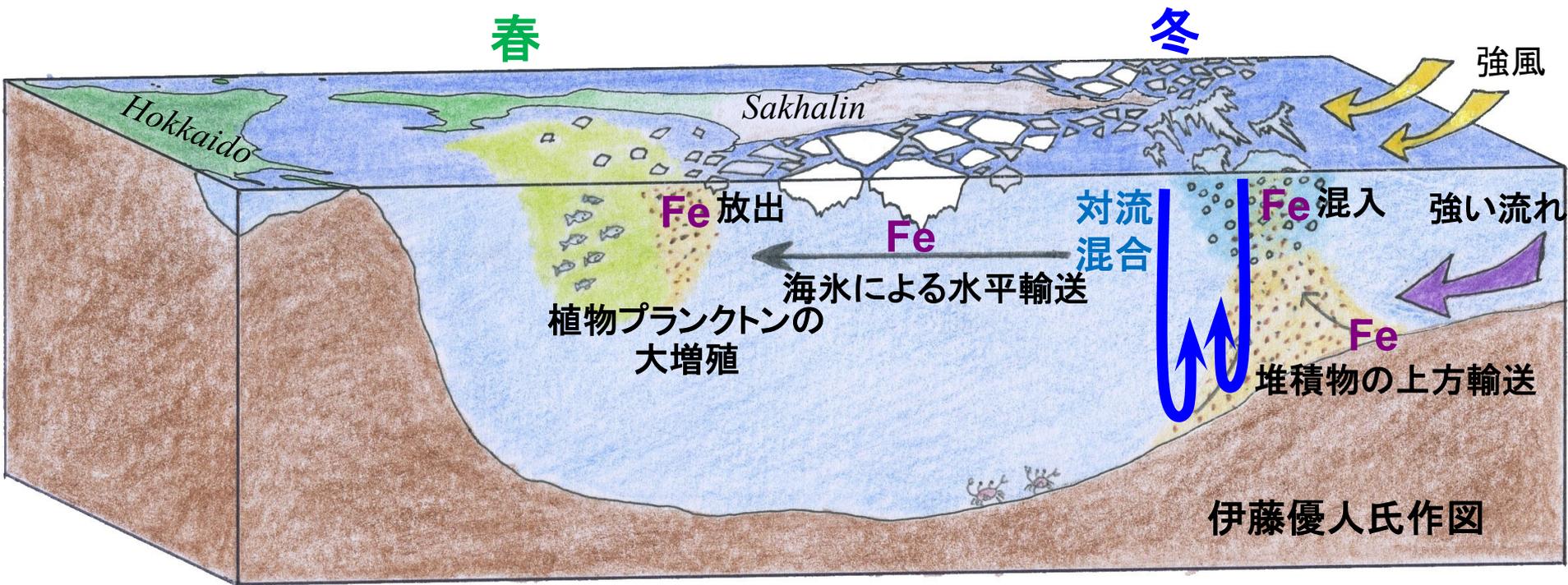
ポリニヤで海水に鉄が取り込まれる過程 (仮説)



Ito et al. (Journal of Geophysical Research, 2017)

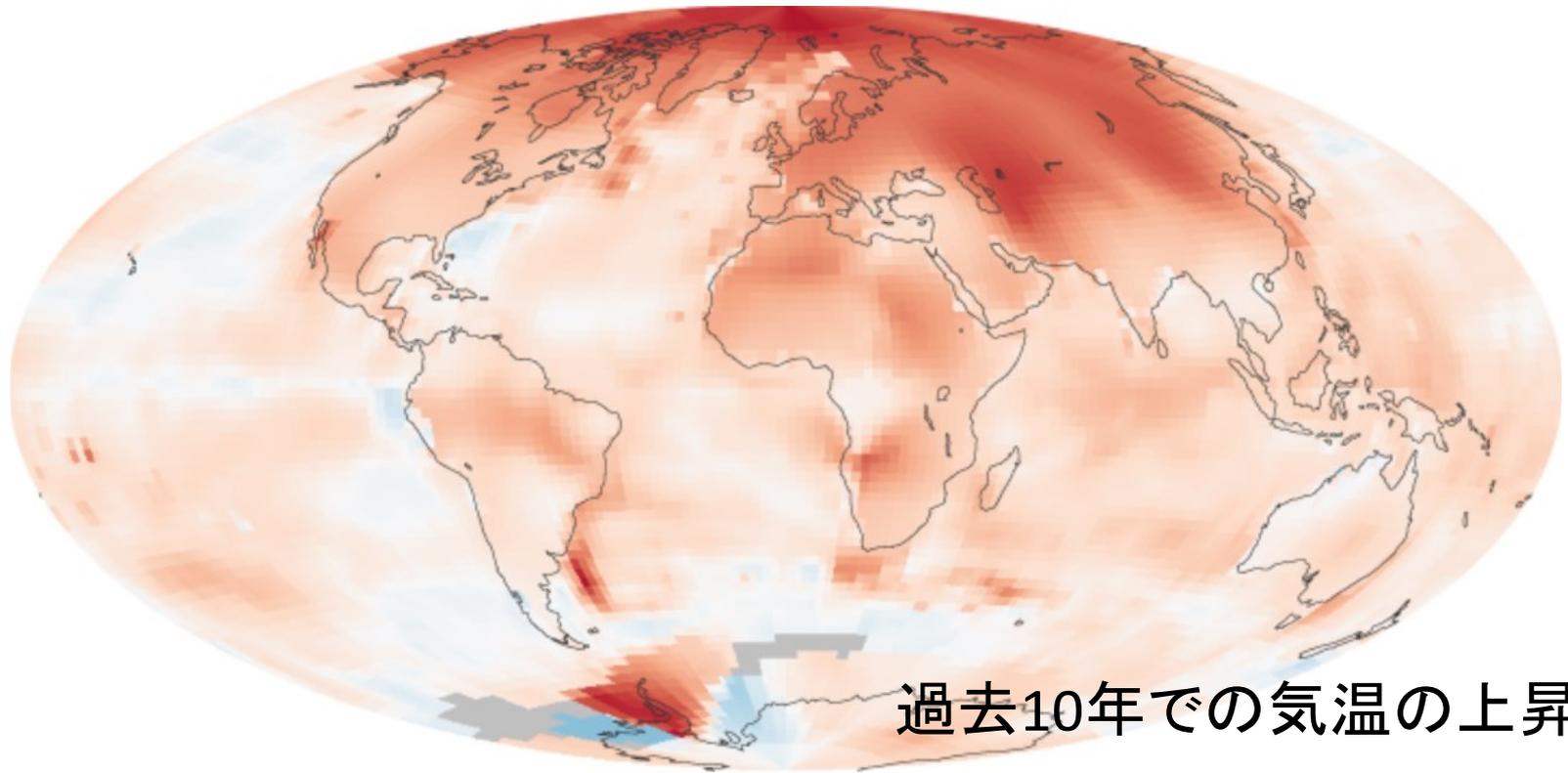
海底設置型超音波流速計

オホーツク海における 海氷を介しての鉄の輸送と植物プランクトンの大増殖

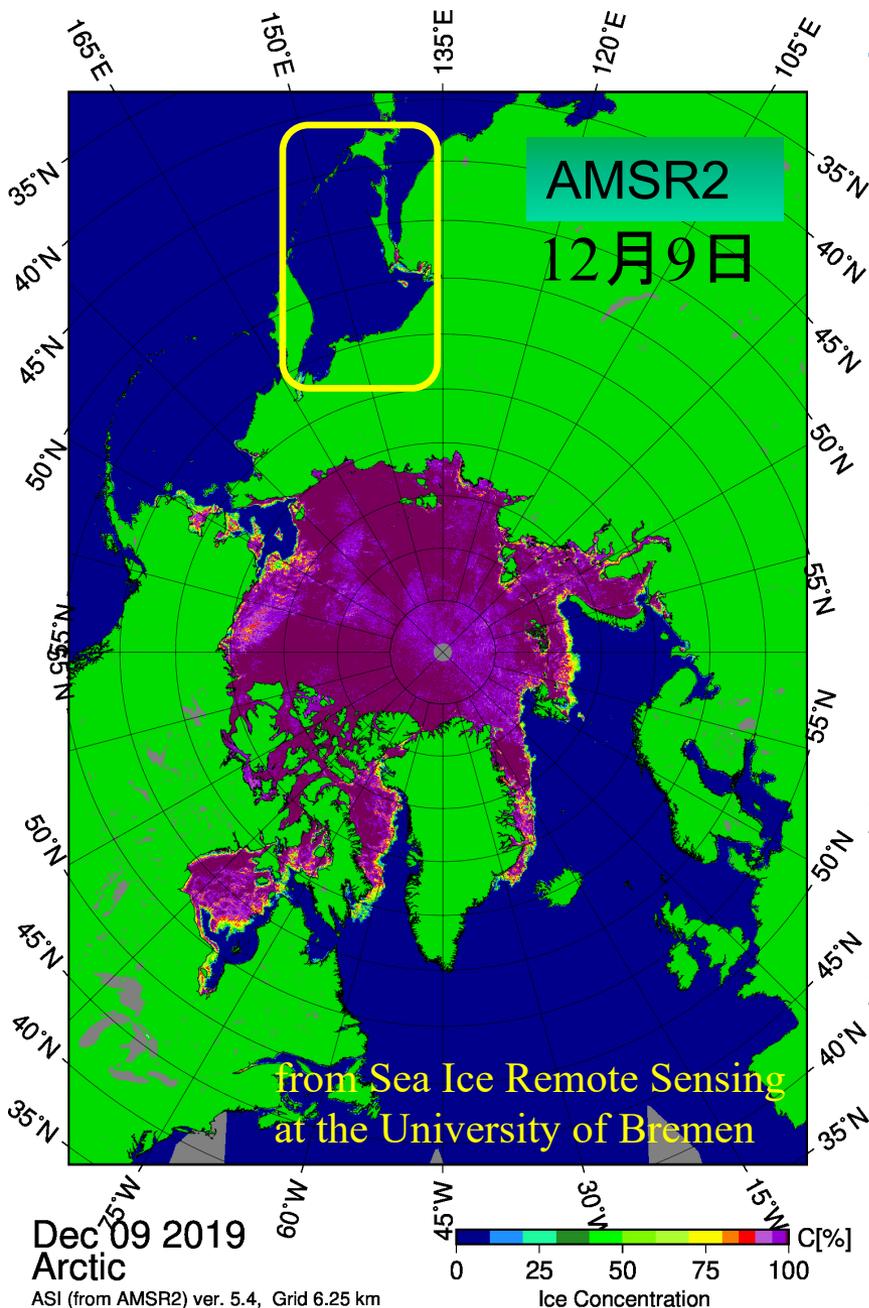


地球温暖化でオホーツク海は変わったのか？

海水が減っている ➡ 重い水の生成も減っている
➡ 心臓の働きも弱くなっている



海水研究は衛星リモートセンシングにより進展してきた



1970 海水情報センター開設

1972年前 種々の沿岸観測データを収集して解析

1972 **ESMR**

マイクロ波放射計により、初めて
全球での海水分布がわかるようになる

1978 **SMMR**

1987 **SSM/I**

分解能 25km
現在も継続

2002 **AMSR, AMSR-E**

日本の衛星センサー
分解能 6.3-12.5km

2012 **AMSR2**

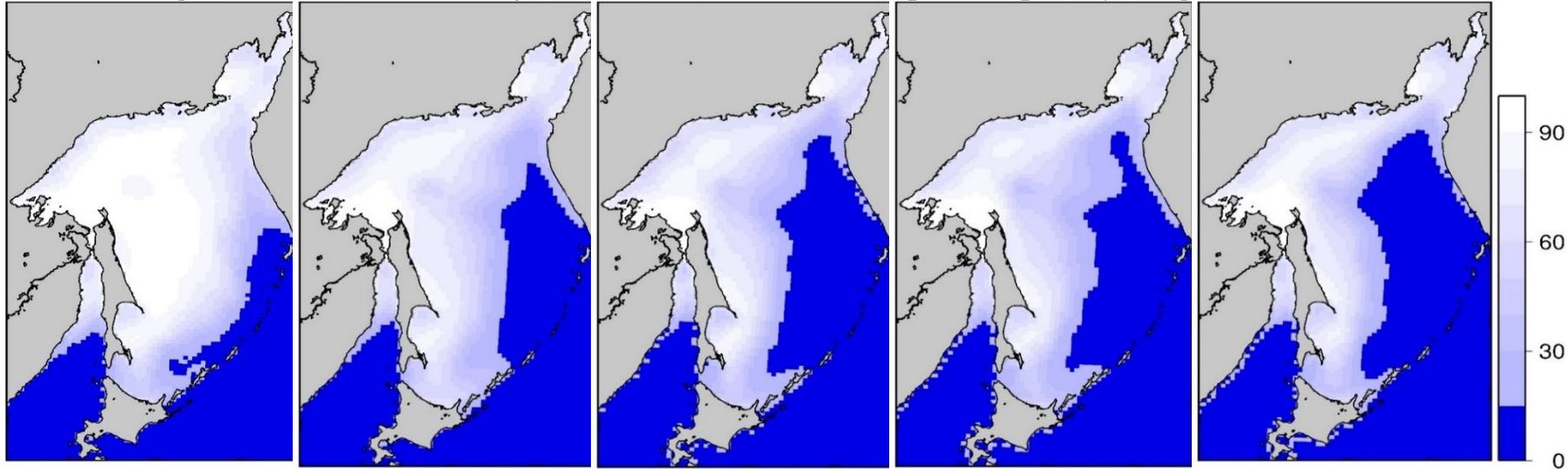
日本の衛星センサー

日本のセンサー
AMSRシリーズは
今や海水研究
の生命線

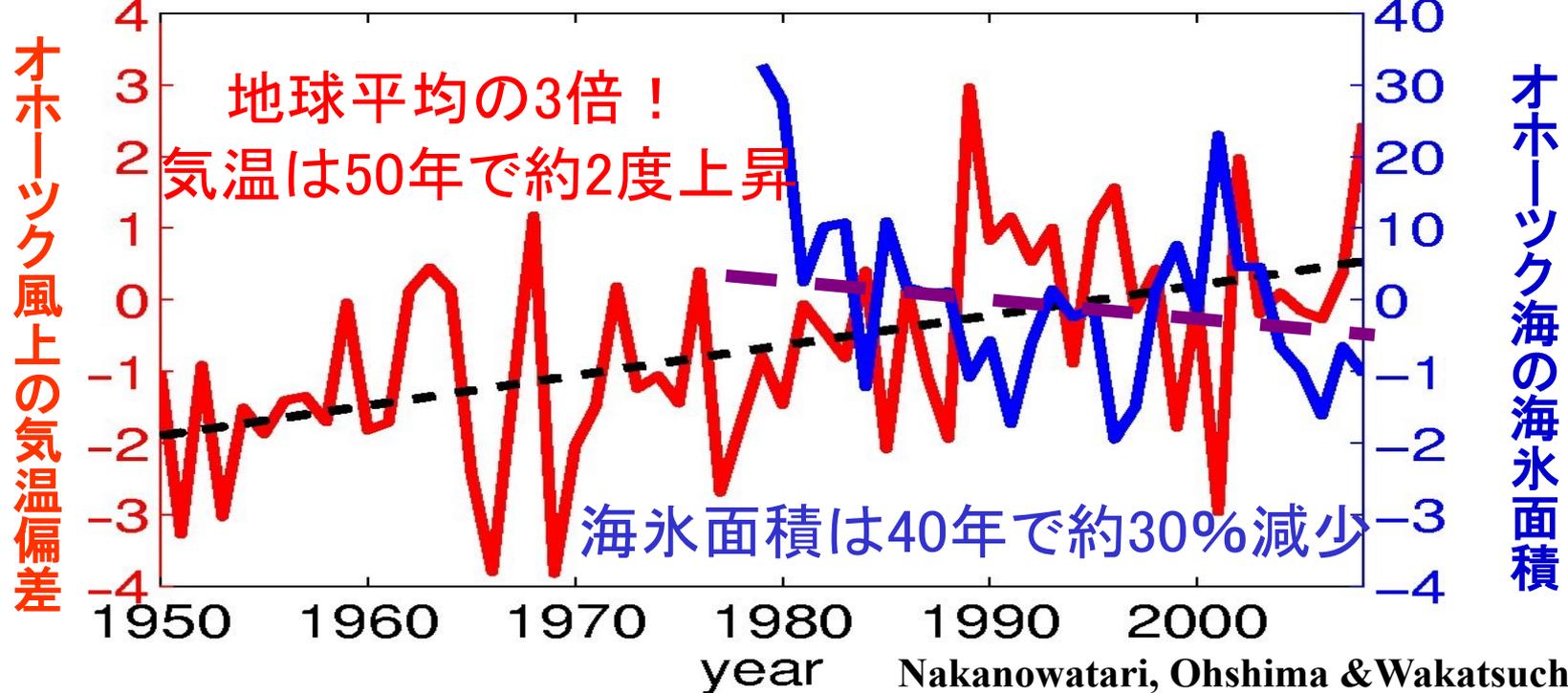
AMSRの後継機 ?

今後

衛星による2-3月のオホーツク海の海水分布 NSIDCより

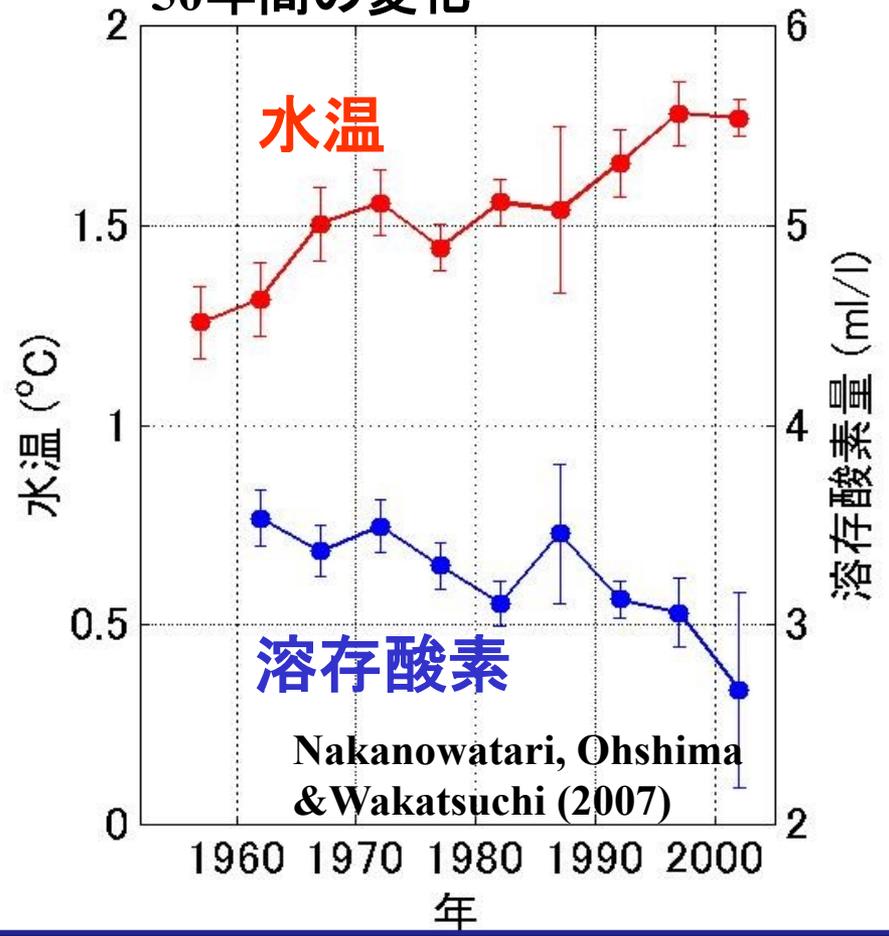


1979-1980 1981-1990 1991-2000 2001-2010 2011-2013



海の中はどう変わっているのか？

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！



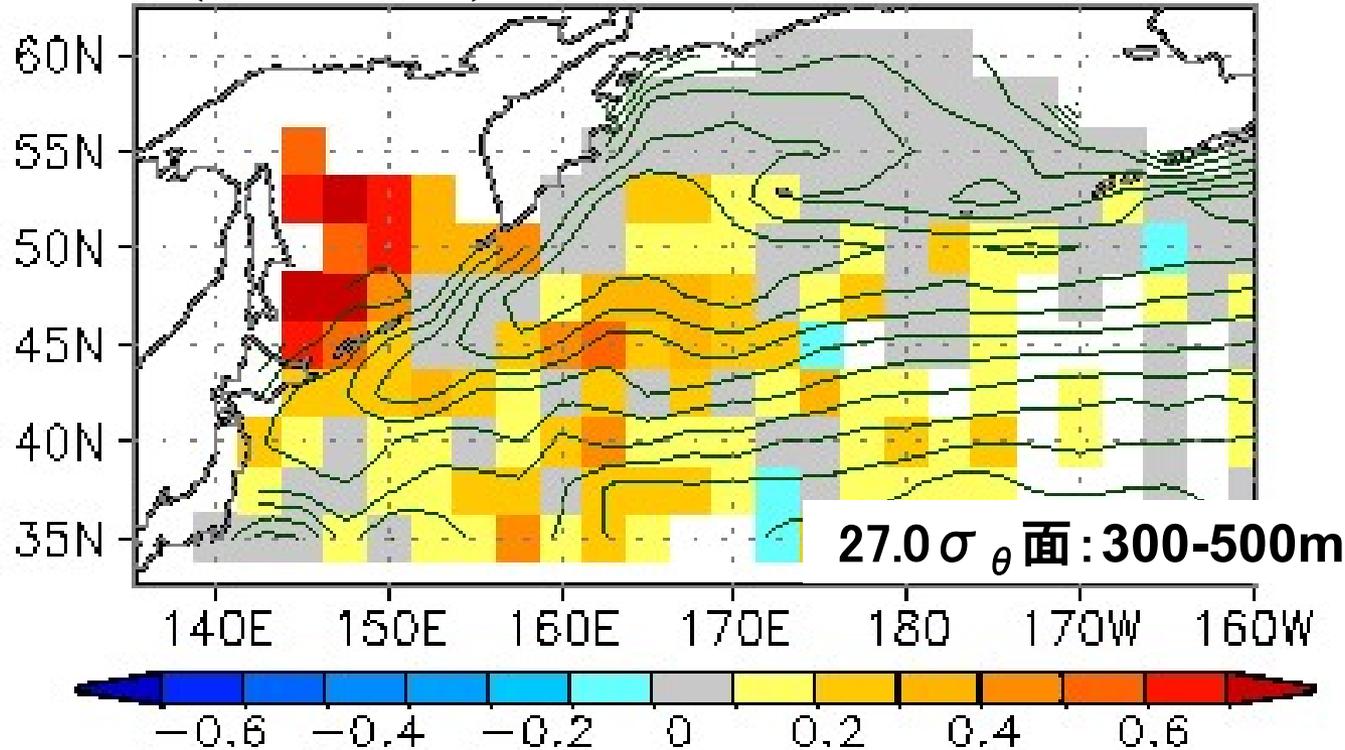
そうやからの採水観測



バイオロギング

トドに測定器を付け
衛星経由でデータ取得

中層水(300-500m)の50年昇温トレンド(50年でどれだけ上がっているか?)



Nakanowatari, Ohshima,
& Wakatsuchi
(Journal of Geophysical
Research, 2007)

- ・オホーツク海で最大の昇温
- ・オホーツク海を起点とする循環(緑線)に沿って昇温
- ・冷たい重い水の潜り込みが減少

- ・オホーツク海を起点とする循環が弱まっている
(北太平洋の心臓の働きが弱まっている!)

オホーツク海

温暖化、酸欠で“悲鳴”

オホーツク海から太平洋北部の水深二〇〇メートルから一〇〇〇メートルの「中層水」と呼ばれる海水の温度が過去五十年間で平均〇・六度上昇し、「海の温暖化」が急速に進んでいることが、北大低温科学研究所の調査で明らかになった。中層水に含まれる酸素量の減少も観測され、資源の豊富な北の海への影響が懸念される。

北大低温研が解析

オホーツク海では海面に近い海水は、海水の影響で塩分が濃く水温が低くなり比重も重くなるため、沈み込んで中層水となり、海水の循環が生まれる。

同研究所の若土正暁所長、大島慶一郎助教、中野渡拓也研究員による研究チームは、同研究所などが測定した最新のデータを含む一九五五

は、オホーツク海で一メートルから一〇・六〇・七メートル減少していた。

地球温暖化の影響で、オホーツク海の海水の生成量は減少が観測されている。研究チームは、海水が減ったために、水温の低い中層水の生成量も減り、結果としてオホーツク海から北太平洋にかけて水温を上げたのでは、と推論する。

50年間で0.6度

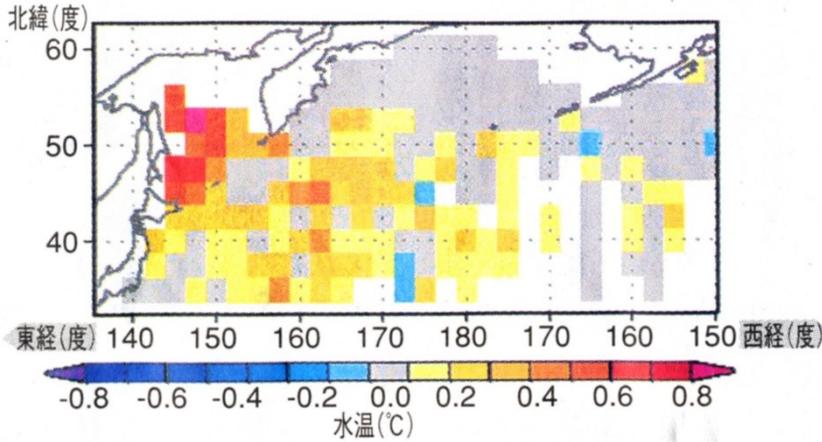
資源に影響懸念

年から二〇〇四年の北太平洋とオホーツク海、六万三千方所の中層水の水温と酸素量のデータを解析した。

その結果、水温が最も上昇していたオホーツク海西部で

若土所長は「オホーツク海は北太平洋に栄養分と酸素を送り込む心臓の役割を果たしているが、温暖化によってこの機能が弱っている。海が地球環境や世界の気候に果たす役割は計り知れない。今後は

さらにオホーツク海の中層水が流入する親潮に沿って、太平洋北西部にも帯状に水温上昇の大きい海域が広がっている。海水に含まれる酸素量

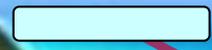


過去50年間の海水温の変化(北大低温研提供)

アムール川

鉄

海水生成による重い水生成



鉄

中層への潜り込み

オホーツク海

北太平洋

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

Nishioka et al.(2007)

温暖化

海水生産量減少

中層循環の弱体化

生物生産への影響?

中層水昇温 = 潜り込み減少

