

2024/6/4

北海道釧路湖陵高校出前講義

海洋データでサイエンスを始めよう

北海道大学大学院水産科学研究院・教授・大木淳之

- 0) 自己紹介と海洋学の分野について
- 1) 海洋学の基礎
(海洋大循環と海洋基礎生産)
- 2) 北海道釧路湖陵高校から海洋学へ
(Zoomオンラインでの卒業生対談：PDF版には無い)
- 3) 海洋学の基礎を踏まえて海洋データを見る
(課題研究のテーマに如何でしょうか?)

★ 自己紹介

1973.11.28 埼玉県(旧)大宮市生まれ

東京理科大学理学部物理学科



「うちの研究室来たら、船に乗れるよ」の恩師のひとことで、
大気物理の研究室へ。より海っぽい仕事にシフトしてゆく。

転々としたのち、2011.4北海道大学水産学部（函館）へ
海洋生物科学科の教員になる。

仕事：毎月のように練習船で海洋観測。

コンブのブルーカーボン研究を始める。海の化学を教える。



理科科目における海洋化学の位置づけと適性

理科科目

物理

化学

生物

地学 宇宙、固体地球、古気候学、気象、**海洋**

海洋物理

海洋生物

海洋化学：物理と化学、生物の少しの知識

古海洋学



理科科目における海洋化学の位置づけと適性

理科科目

物理

化学

生物

地学

宇宙、固体地球、古気候学、気象、**海洋**

古海洋学

海洋物理

海洋生物

海洋化学：物理と化学、生物の少しの知識

研究を始めてから得る
知識で十分



理科科目における海洋化学の位置づけと適性

理科科目

物理

化学

生物

地学 宇宙、固体地球、古気候学、気象、**海洋**

海洋物理

海洋生物

海洋化学：物理と化学、生物の少しの知識

研究を始めてから得る
知識で十分

数字と睨めっこの粘り強さ

失敗続きの実験に負けない力

自然に対する洞察力



1) 海洋学の基礎
(海洋大循環と海洋基礎生産)

話しのポイント3つ

- ① 海はつながっている
- ② 海の微生物が物質を循環
- ③ 海と大気は作用しあう



海のほとんどは真っ暗闇



0 m

海洋大循環

1000 m

2000 m

3000 m

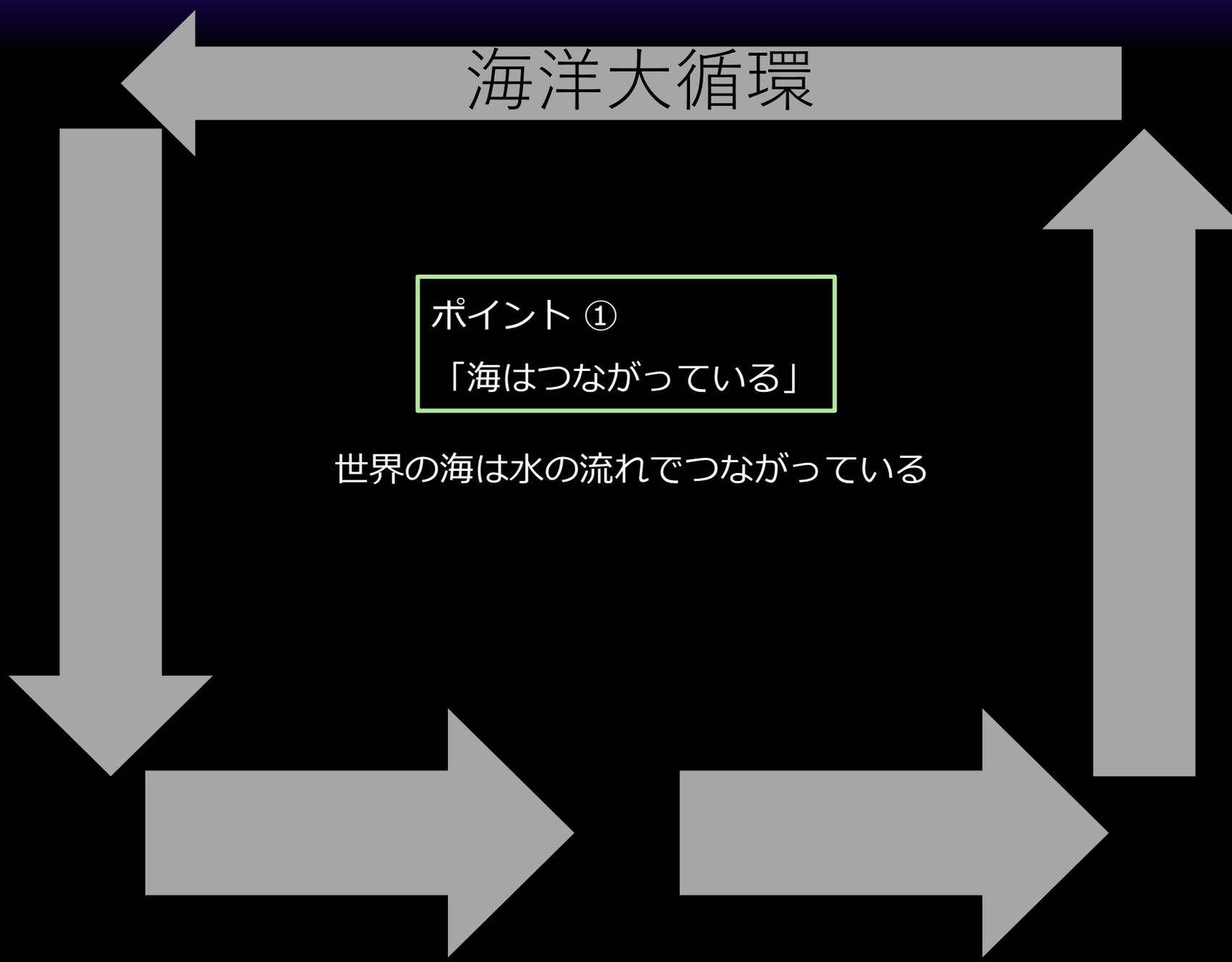
4000 m

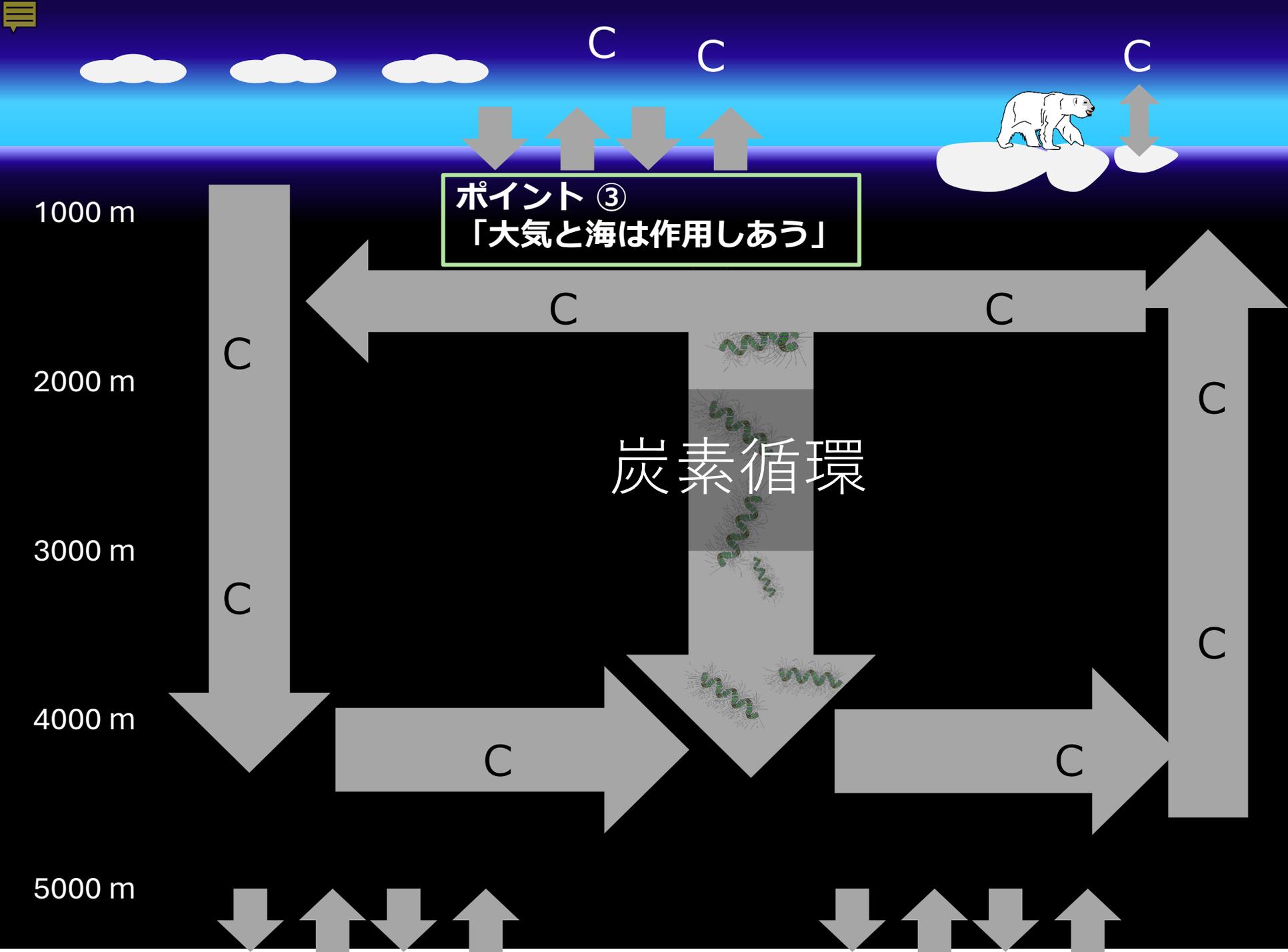
5000 m

ポイント ①

「海はつながっている」

世界の海は水の流れてつながっている





ポイント③
「大気と海は作用しあう」

炭素循環

1000 m

2000 m

3000 m

4000 m

5000 m

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

↓

↑

↓

↑

↓

↑

↓

↑

↓

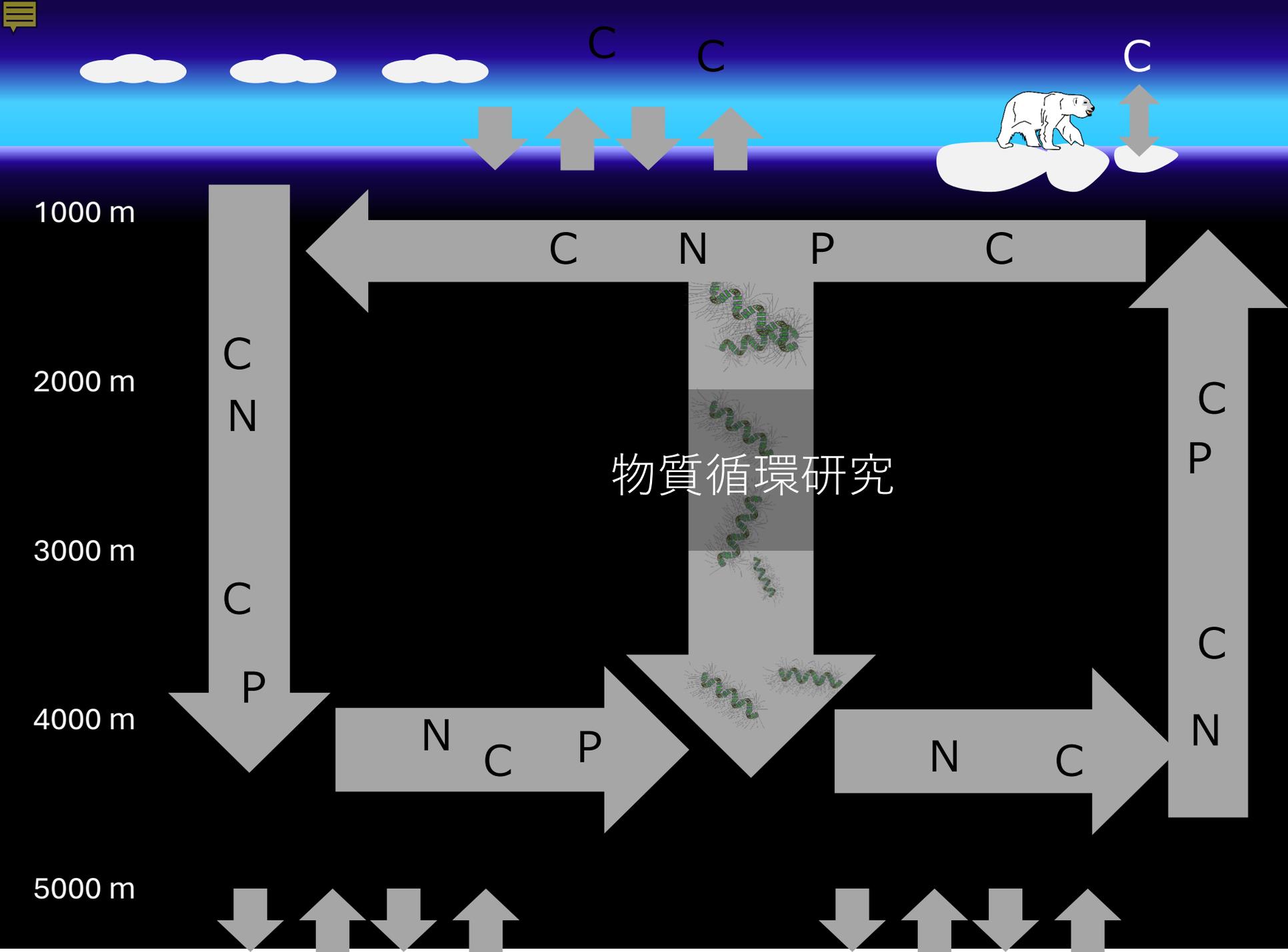
↑

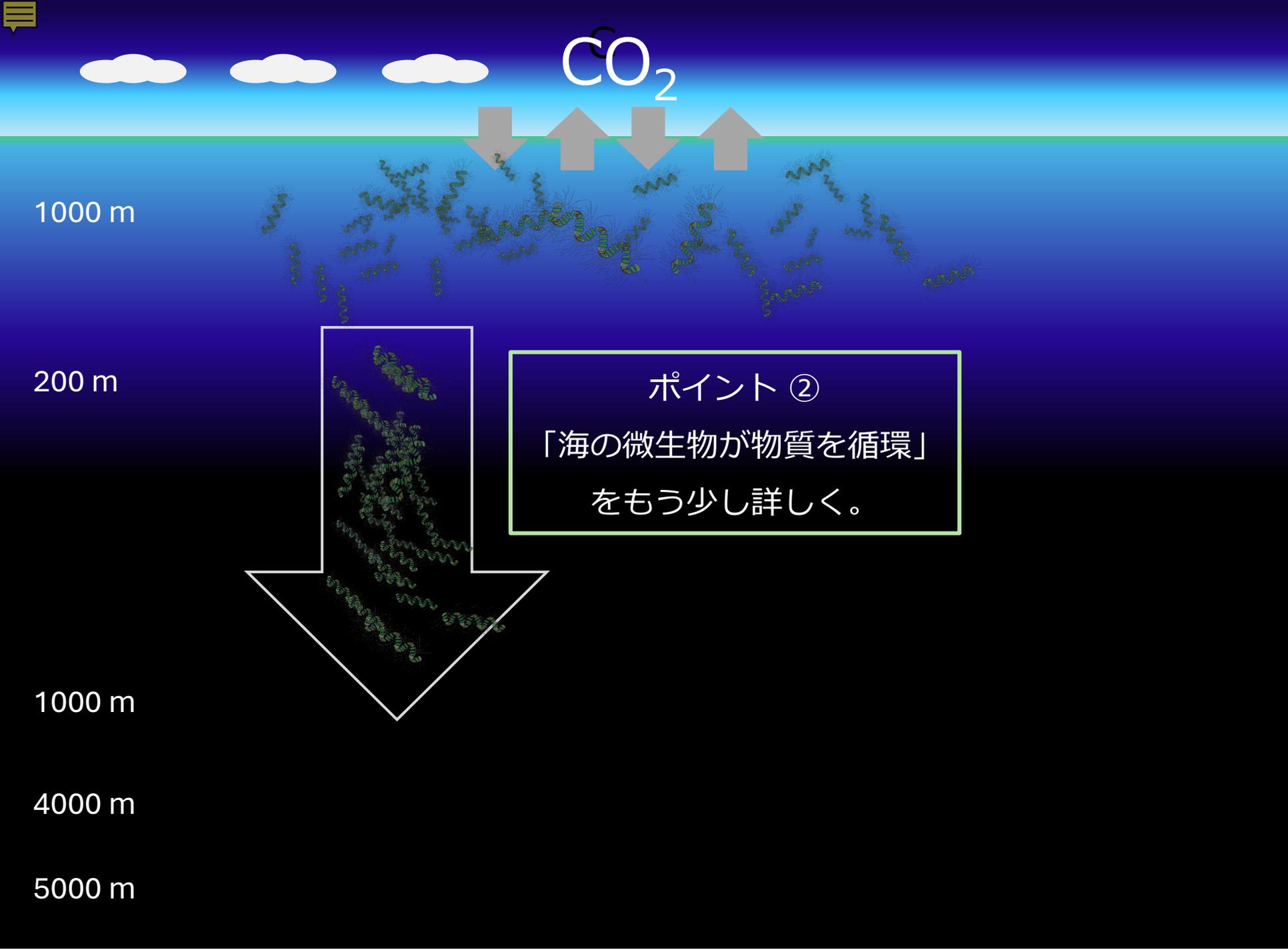
↓

↑

↑

↓





1000 m

200 m

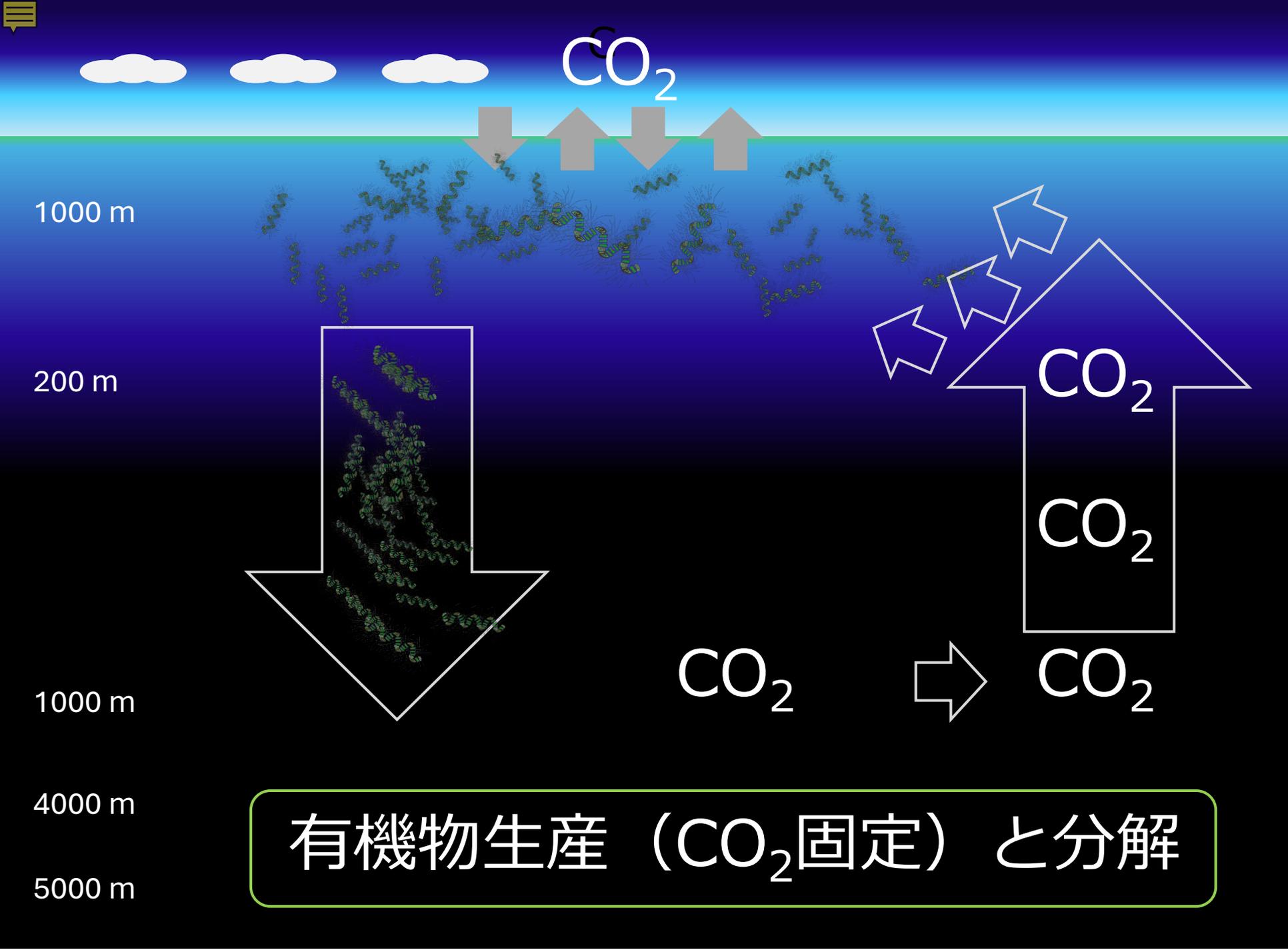
1000 m

4000 m

5000 m

CO₂

ポイント②
「海の微生物が物質を循環」
をもう少し詳しく。



1000 m

200 m

1000 m

4000 m

5000 m

CO_2

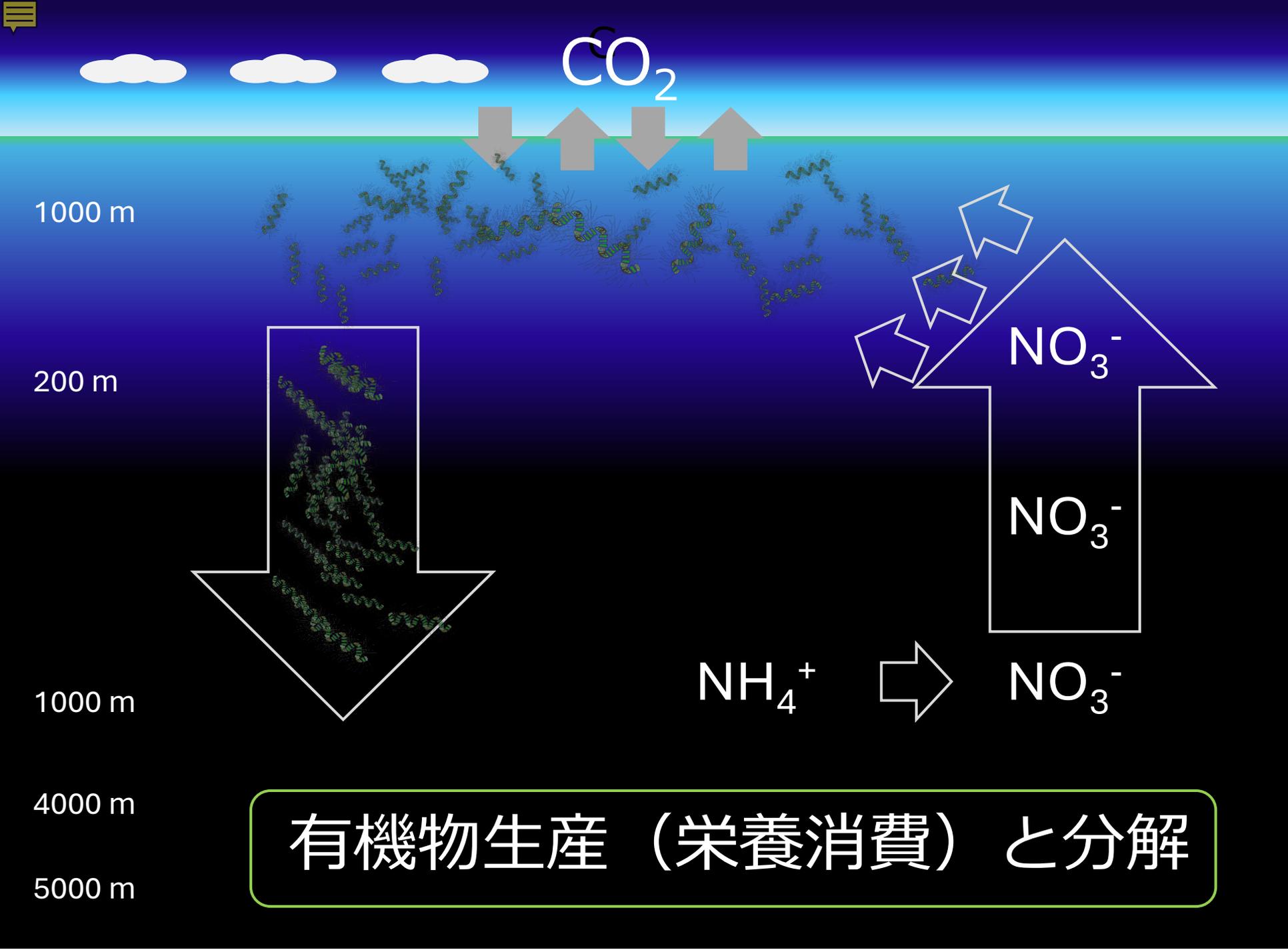
CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

有機物生産 (CO_2 固定) と分解



CO_2

1000 m

200 m

1000 m

4000 m

5000 m

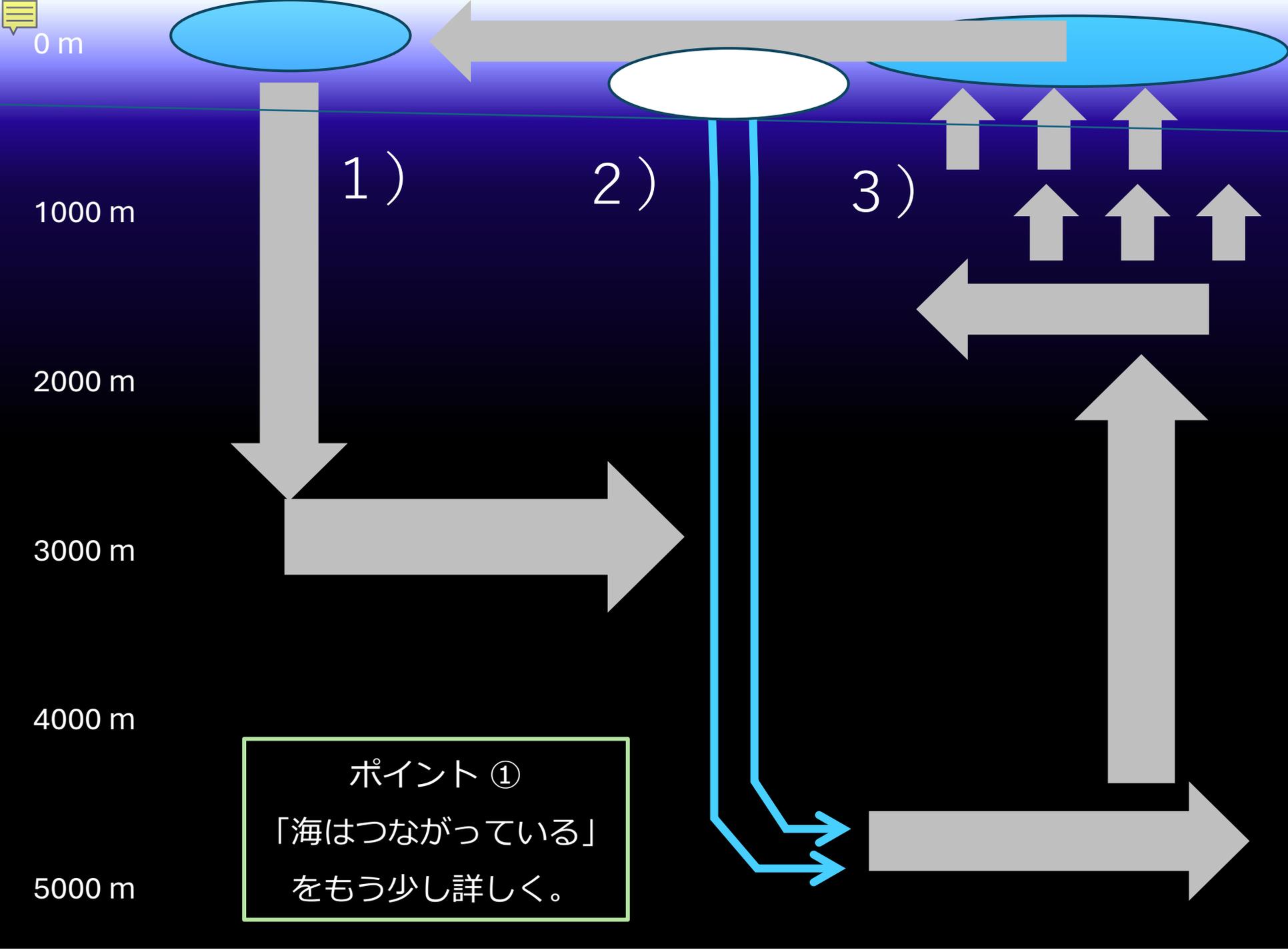
NO_3^-

NO_3^-

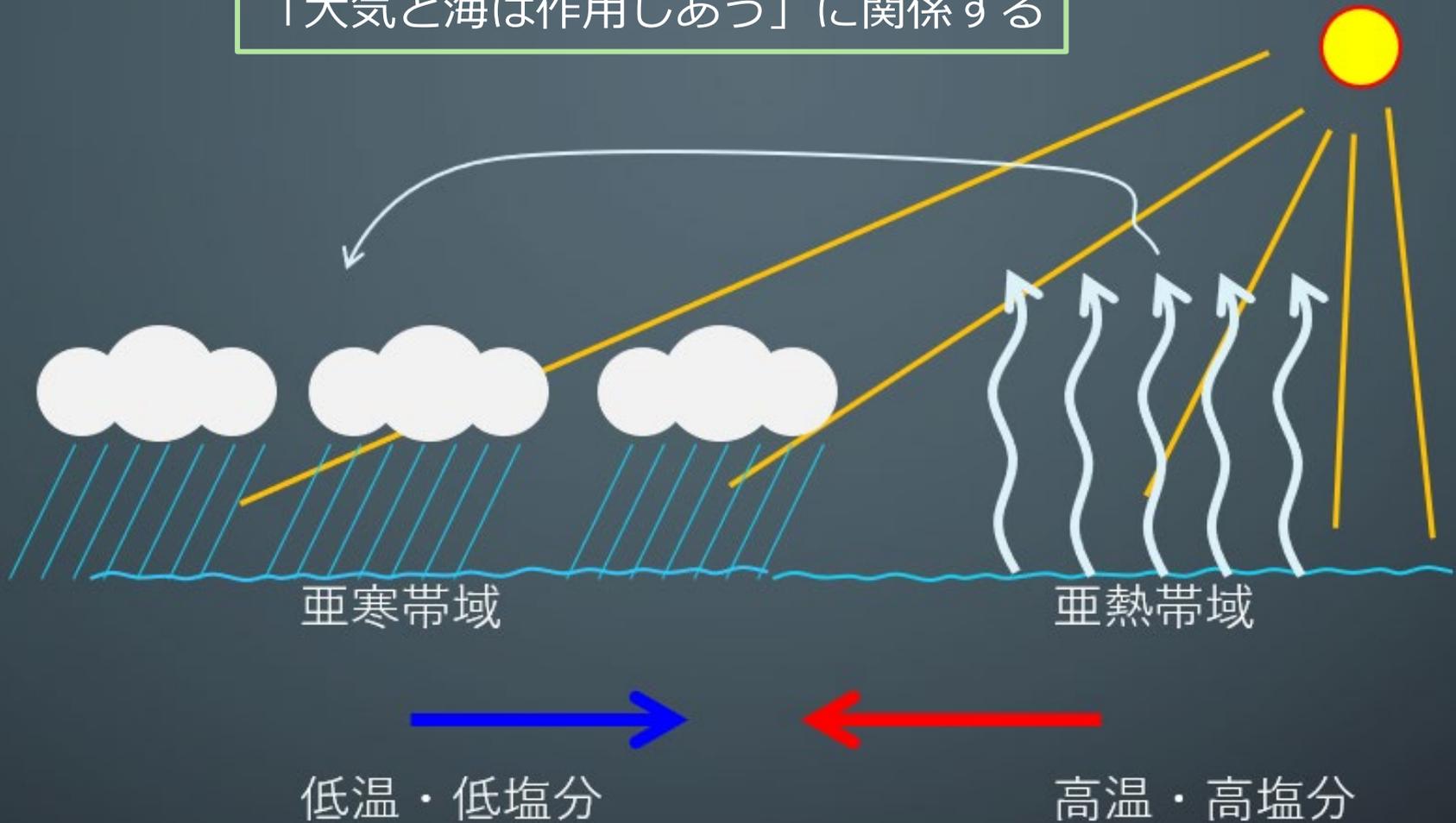
NH_4^+

NO_3^-

有機物生産（栄養消費）と分解

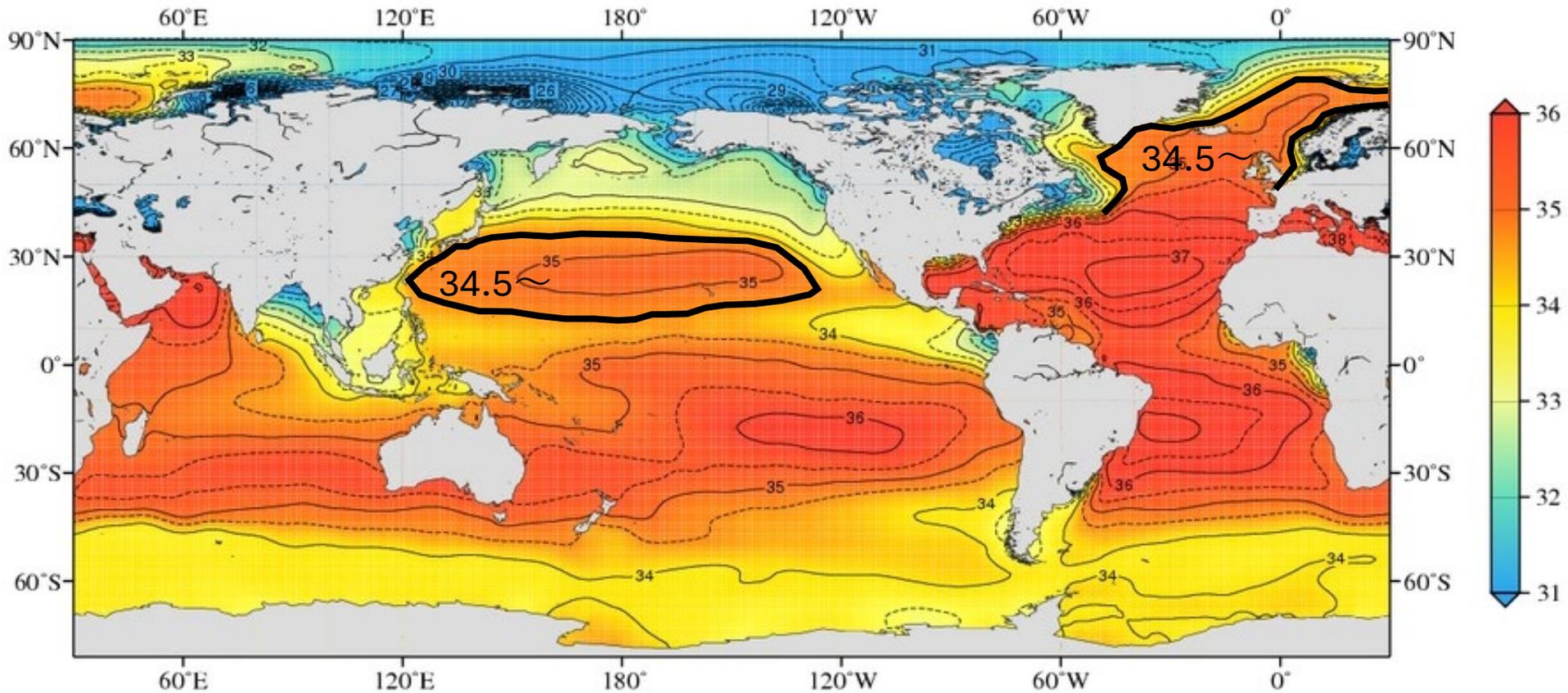


海洋表層の塩分は、ポイント③
「大気と海は作用しあう」に関する



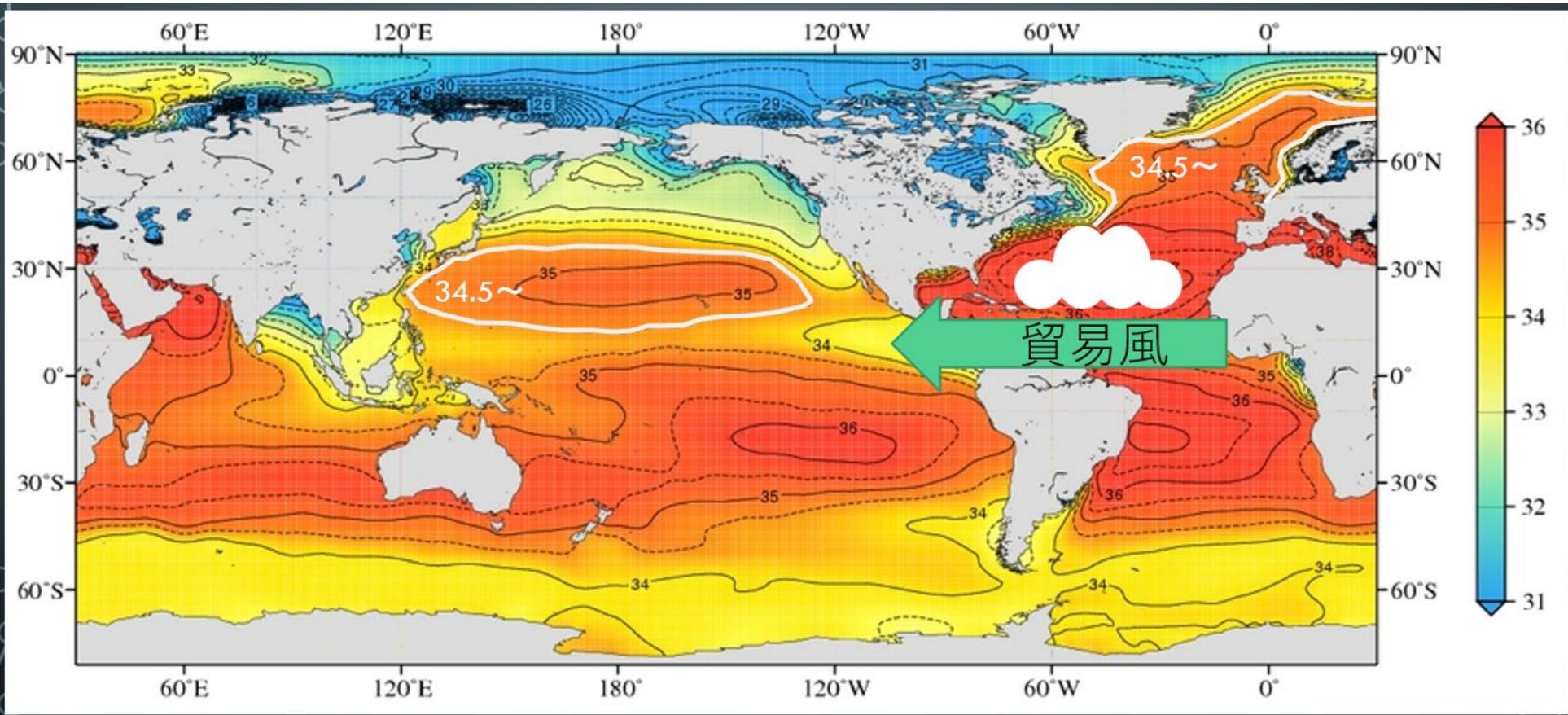
海は、大まかに、(亜)熱帯系水と(亜)寒帯系水の二つに分けられ、水温・塩分で特徴づけられる。

海表面の塩分分布



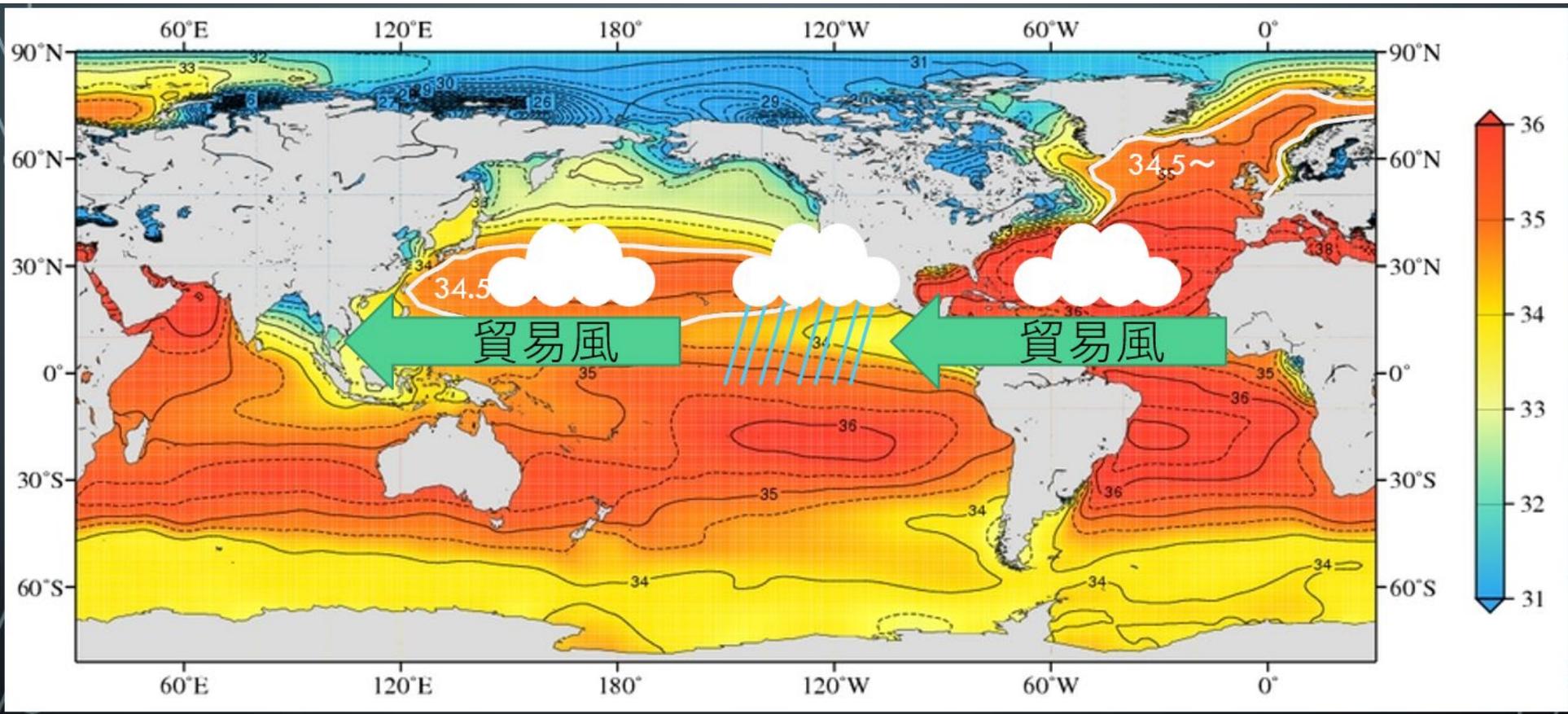
亜熱帯塩分 > 亜寒帯塩分、大西洋塩分 > 太平洋塩分

海表面の塩分分布



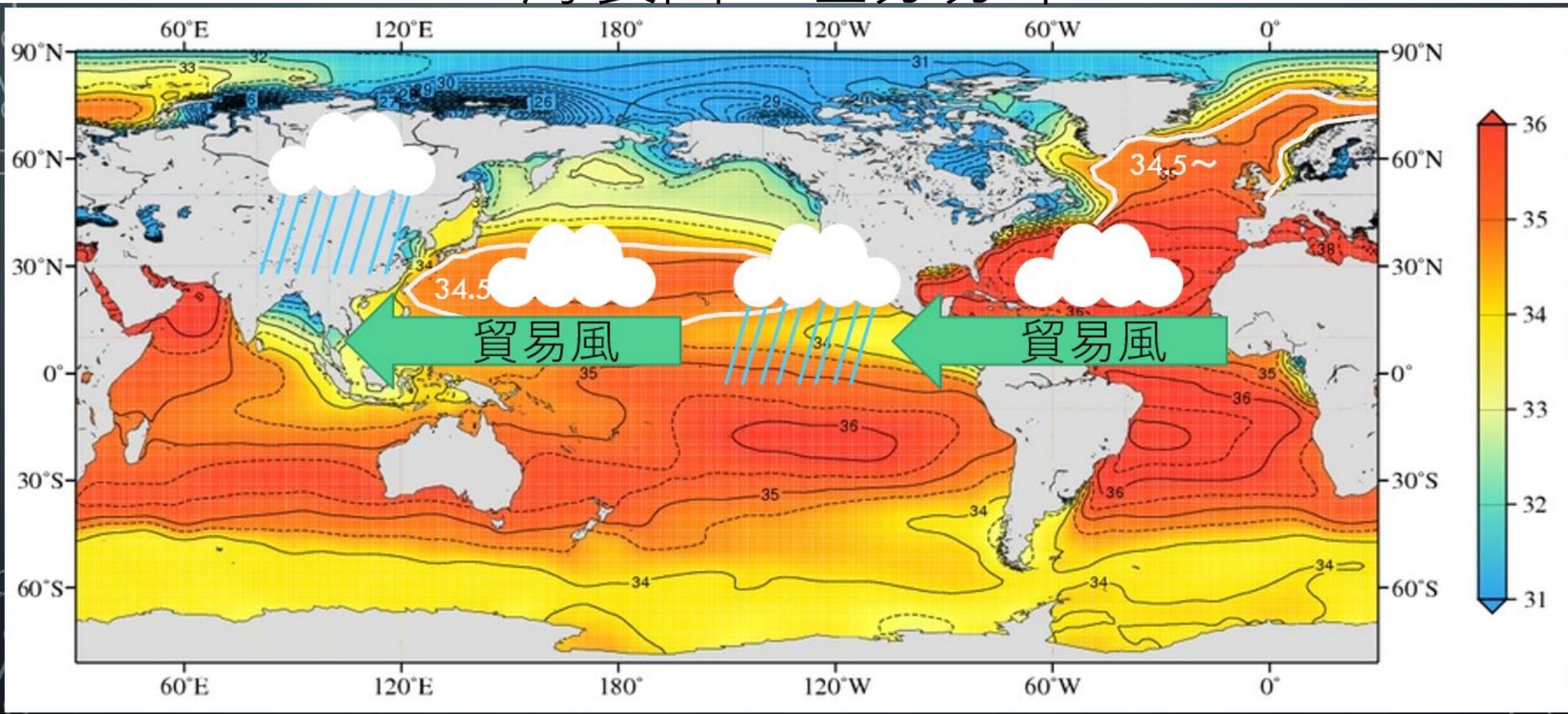
湿った空気が太平洋へ。

海表面の塩分分布



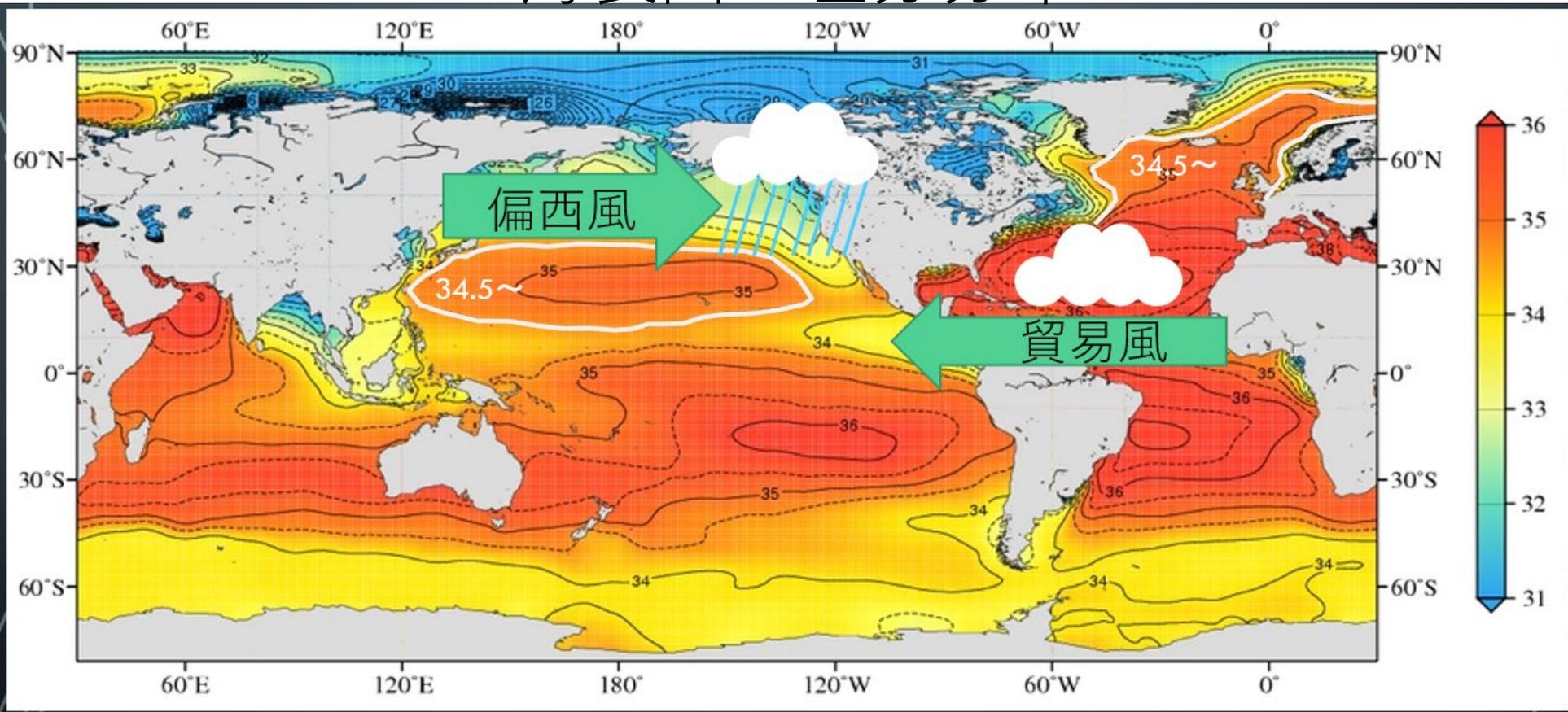
太平洋の湿った空気はアジア大陸へ。

海表面の塩分分布



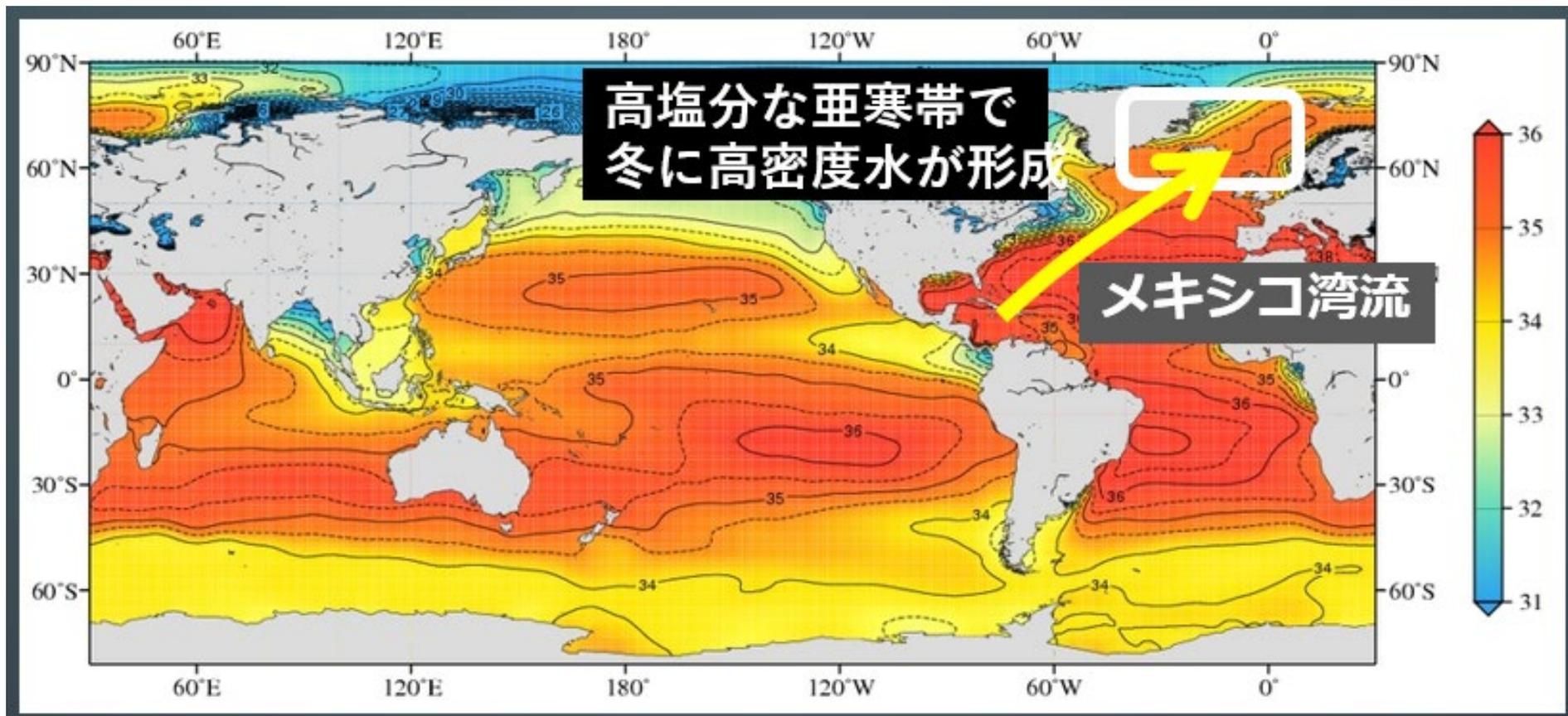
アジア大陸に降った雨は太平洋とインド洋へ。

海表面の塩分分布



太平洋の冷たく湿った空気はロッキー山脈に遮られる。

海表面の塩分分布



高塩分の大西洋水が北極の方へ。
冷やされると、



1) 軽い水

0 m



高密度化

1000 m

2000 m

3000 m

4000 m

重い水

5000 m

1) 軽い水

0 m

1000 m

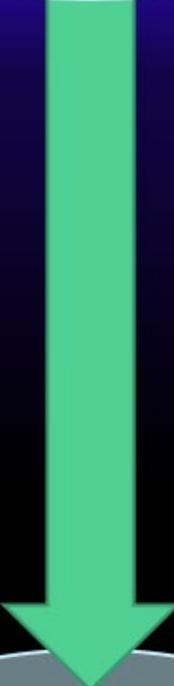
2000 m

3000 m

4000 m

5000 m

重い水



沈降





1) 軽い水

0 m

1000 m

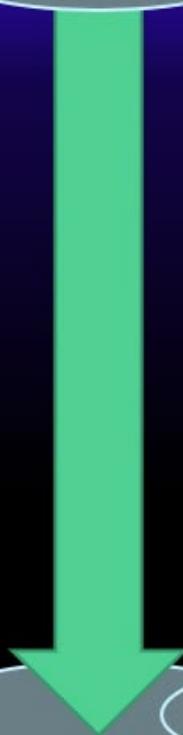
2000 m

3000 m

4000 m

5000 m

重い水



沈降





1)

0 m

1000 m

2000 m

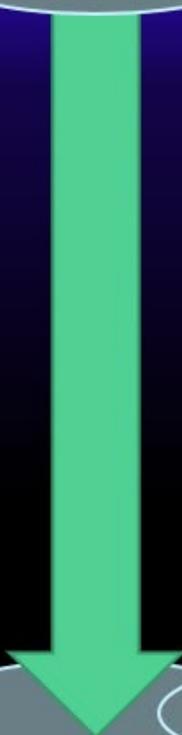
3000 m

4000 m

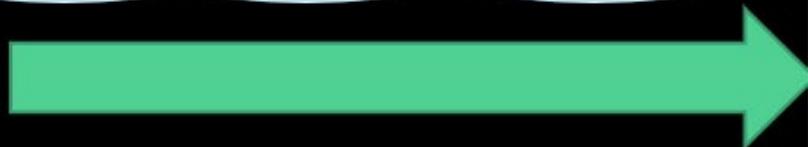
5000 m



高密度化



沈降



1) 北大西洋高緯度域

0 m

1000 m

2000 m

3000 m

4000 m

5000 m

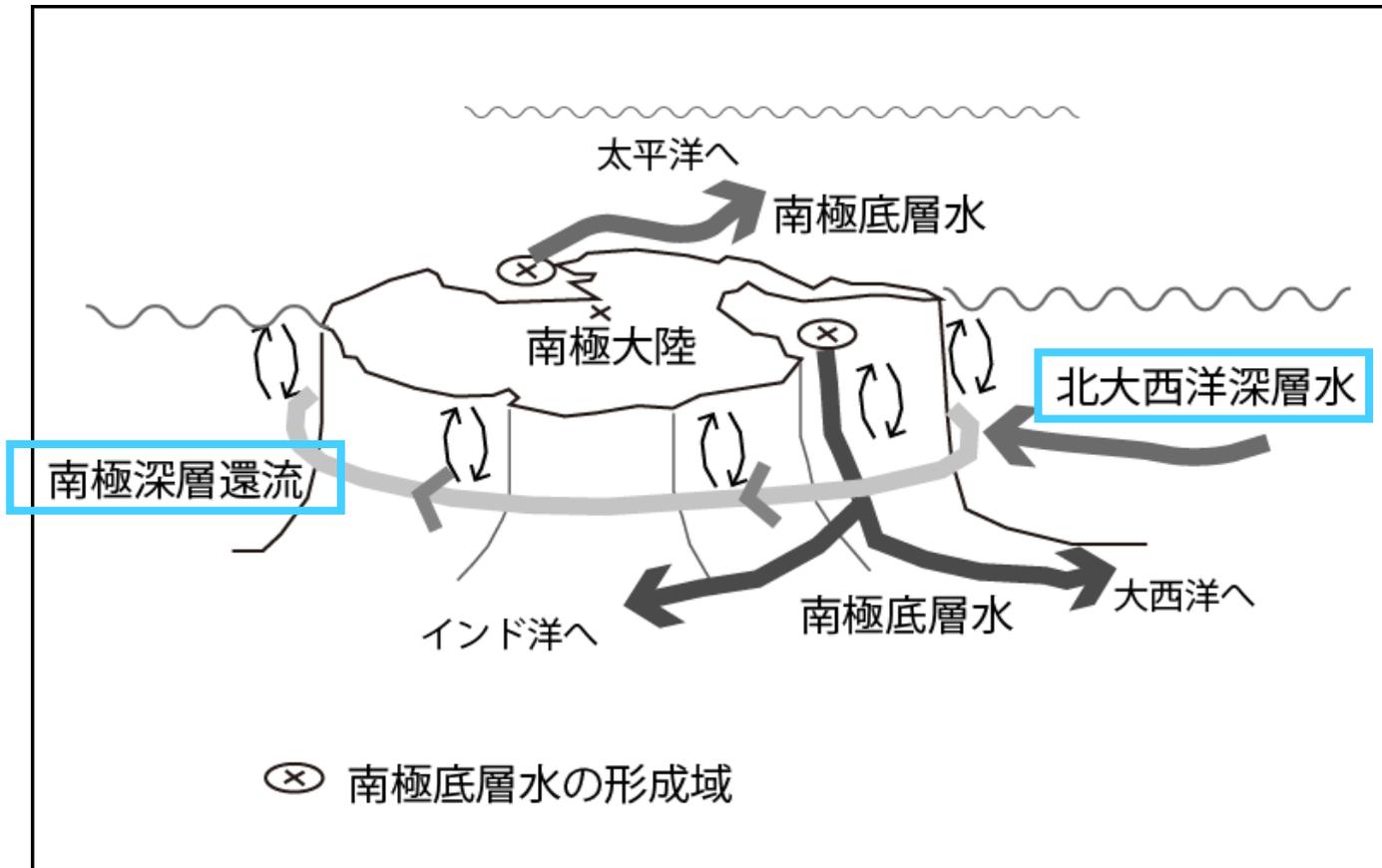
赤道を超えて南下

南大洋



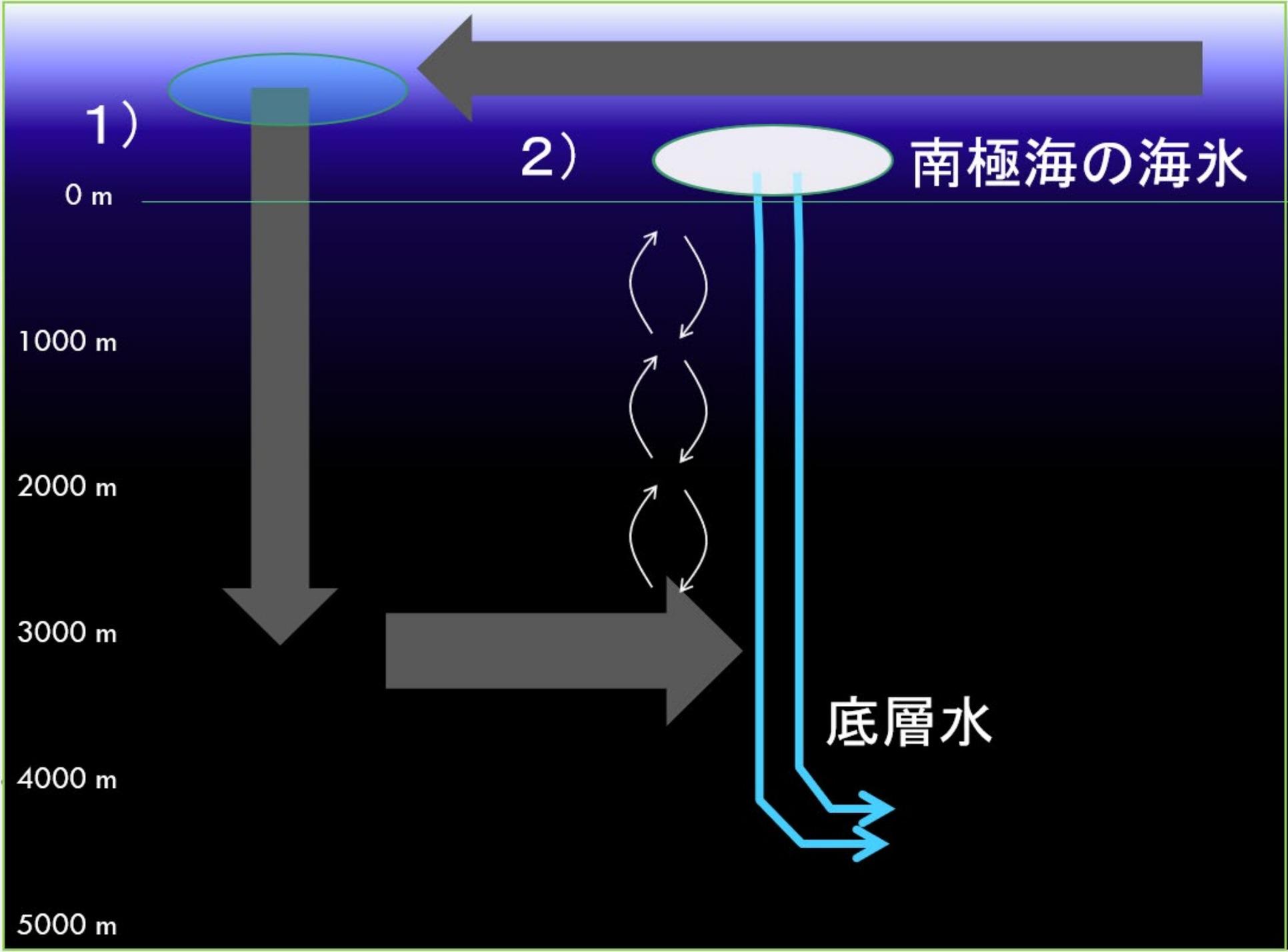
2) 底層水のできる場所

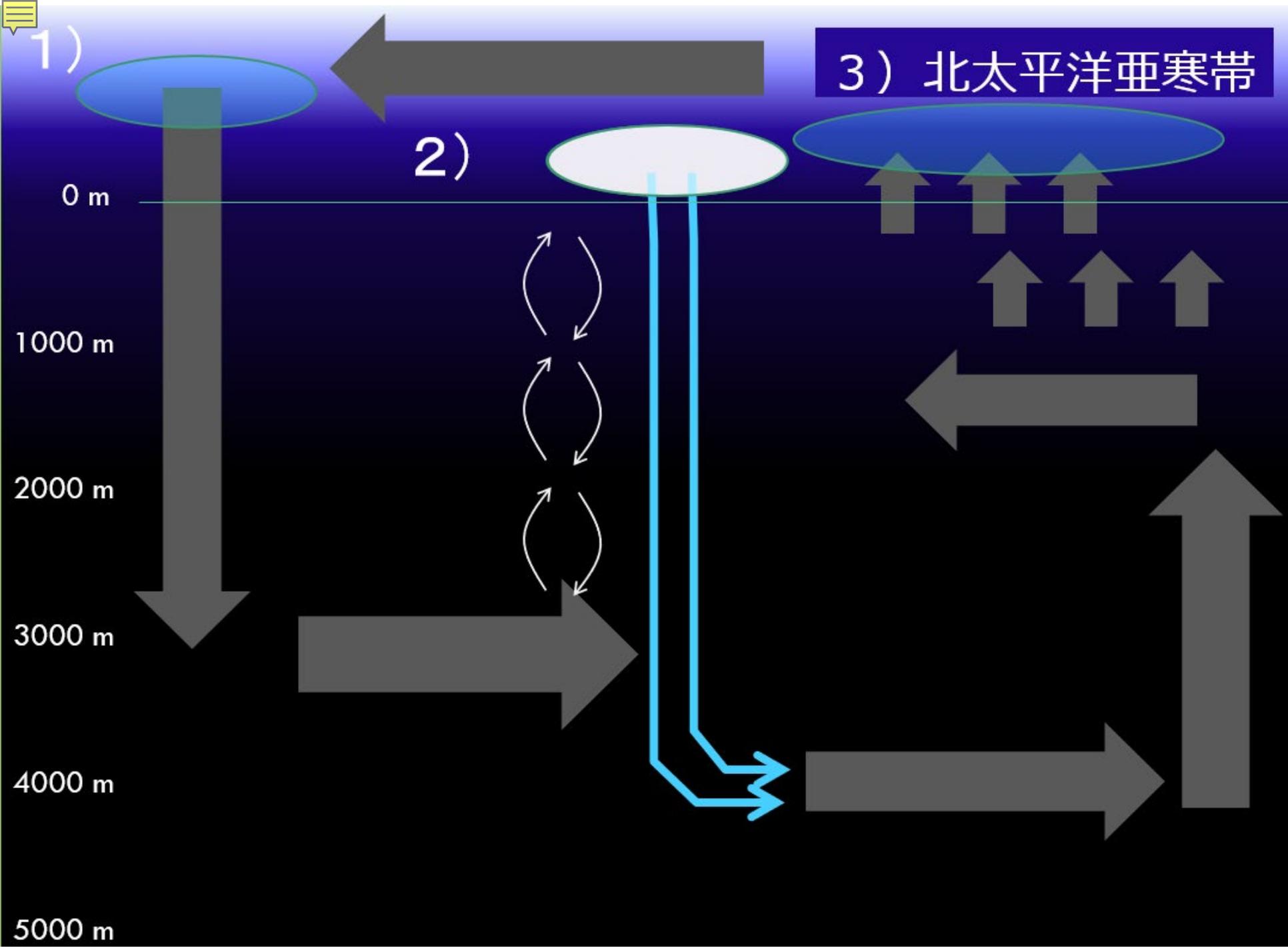
北大西洋深層水と南極深層還流の合流
→ 南極底層水の形成

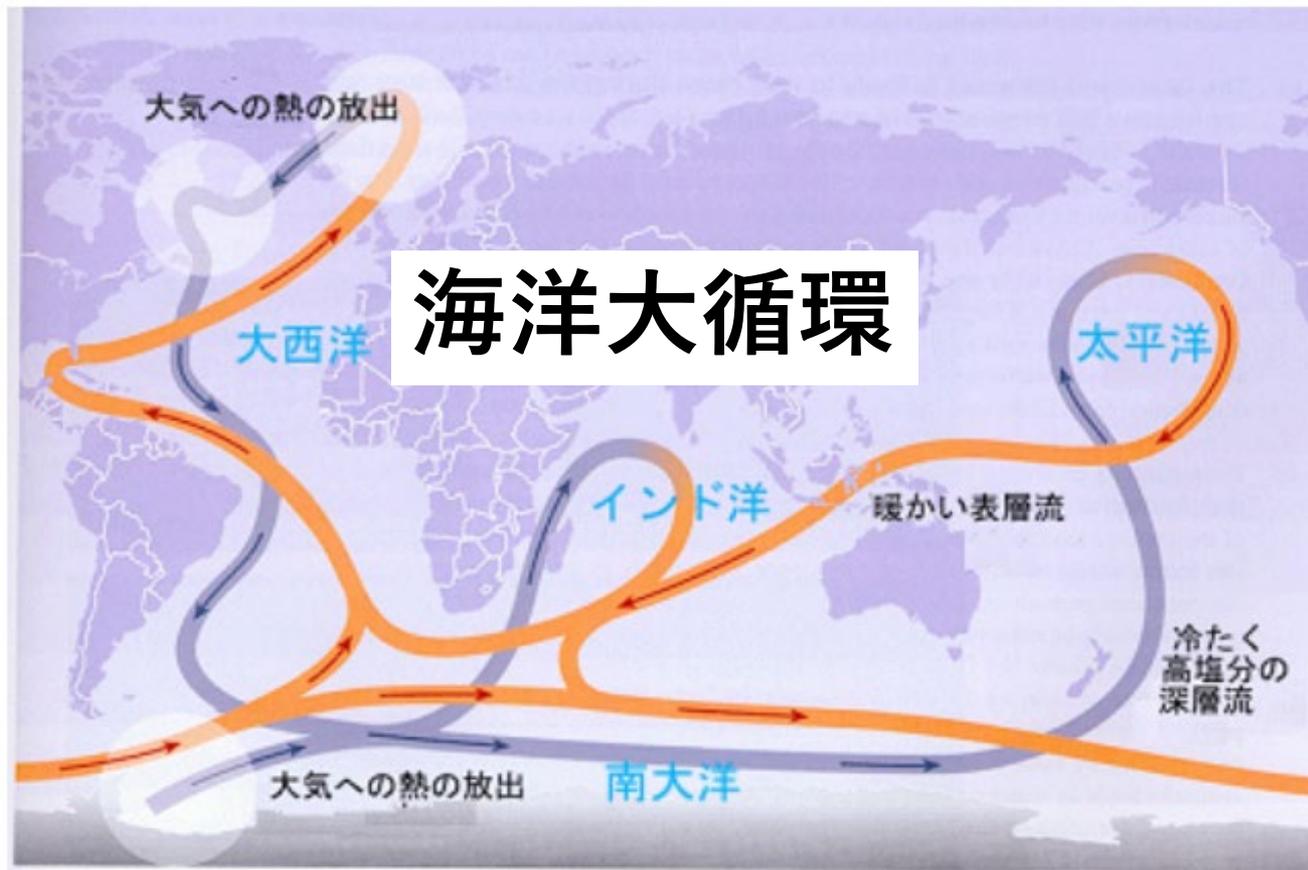




凍る海（野村先生撮影：北極）







話しのポイント ③ 海と大気は作用しあう



① 海はつながっている

ここまでの内容を頭にいれれば、
全海洋の塩分分布が理解できる！

“World Ocean Atlas”検索

Google

world ocean atlas



すべて 画像 動画 ニュース ショッピング : もっと見る

ツール

 National Centers for Environmental Information (.gov)
<https://www.ncei.noaa.gov/products> · [このページを訳す](#) :

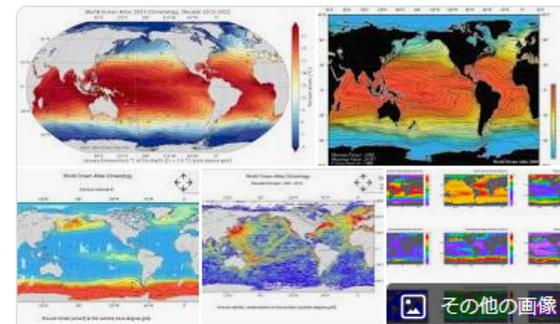
World Ocean Atlas

The **World Ocean Atlas (WOA)** is a collection of objectively analyzed, quality controlled temperature, salinity, oxygen, phosphate, silicate, and nitrate ...

 National Centers for Environmental Information (.gov)
<https://www.ncei.noaa.gov/news> · [このページを訳す](#) :

World Ocean Atlas 2023 | News

2024/02/15 — **World Ocean Atlas**. The WOA data product series contains objectively analyzed climatological fields of in situ sea water temperature, salinity, ...



World Ocean Atlas :



World Ocean Atlas

[WOA 2023](#) >

[WOA 2018](#) >

2018 Access

- [Data](#)
- [Figures](#)

WOA18 Figures Access

[Temperature \(°C\)](#)

[Salinity \(unitless\)](#)

[Density \(kg/m³\)](#)

[Conductivity \(S/m\)](#)

[Mixed Layer Depth \(m\)](#)

[Dissolved Oxygen \(μmol/kg\)](#)

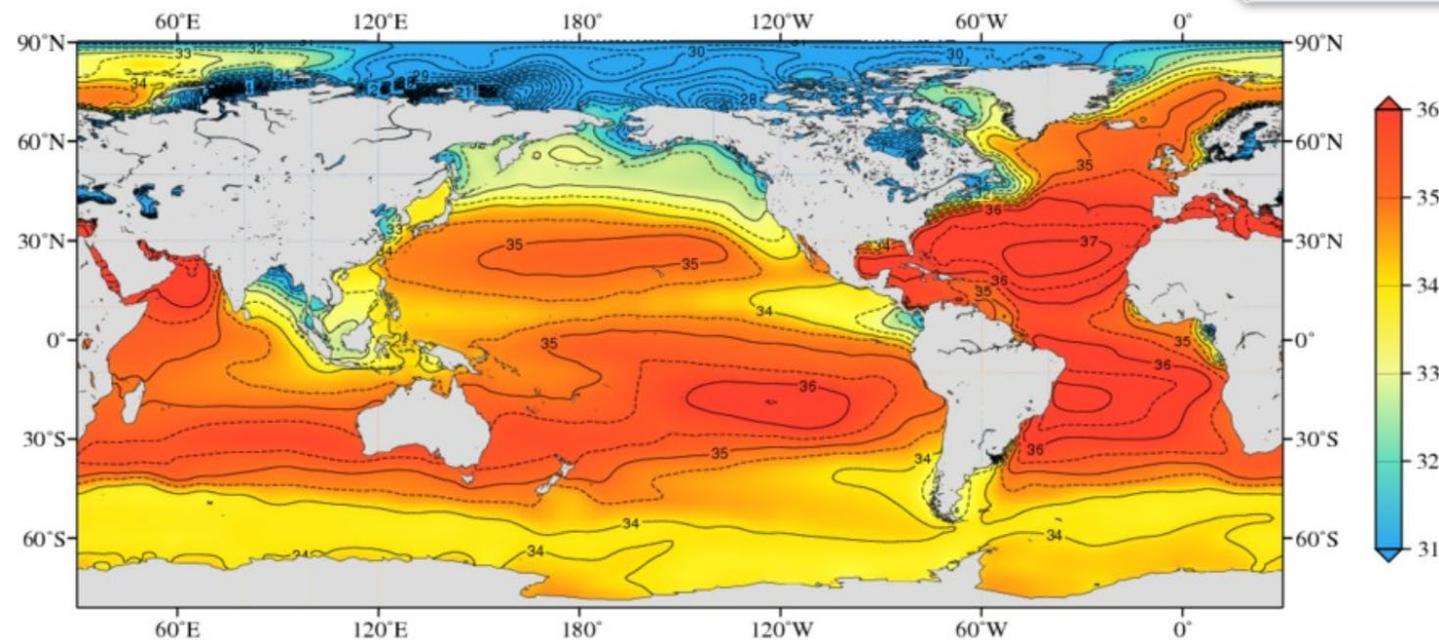
[Percent Oxygen Saturation \(%\)](#)

[Apparent Oxygen Utilization \(μmol/kg\)](#)

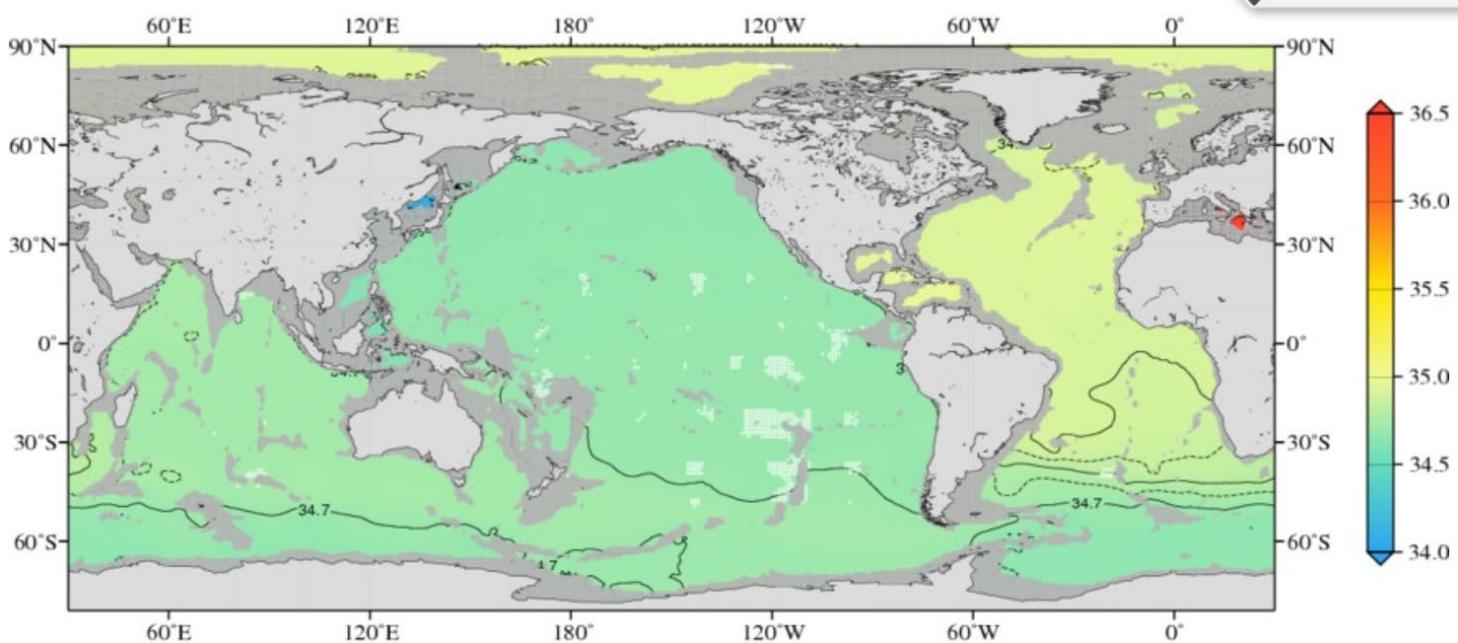
[Silicate \(μmol/kg\)](#)

[Phosphate \(μmol/kg\)](#)

[Nitrate \(μmol/kg\)](#)



表面塩分



塩分
深層3000 m
(比較的均一)



WOA18 Figures Access

Temperature (°C)

Salinity (unitless)

Density (kg/m³)

Conductivity (S/m)

Mixed Layer Depth (m)

Dissolved Oxygen (μmol/kg)

Percent Oxygen Saturation (%)

Apparent Oxygen Utilization (μmol/kg)

Silicate (μmol/kg)

Phosphate (μmol/kg)

Nitrate (μmol/kg)

酸素や栄養成分の
分布も知りたい！

ポイント ②

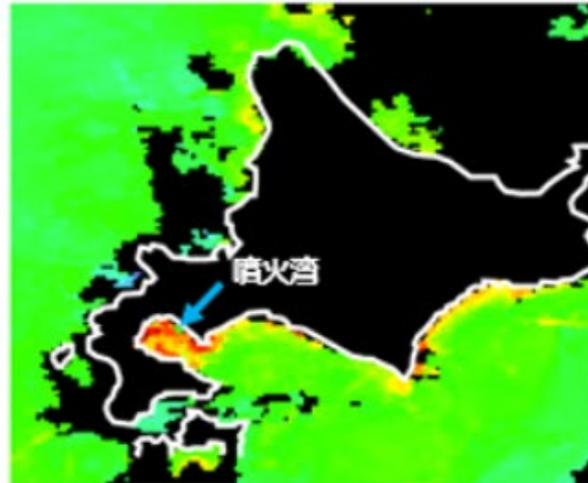
「海の微生物が物質を循環」
が鍵を握る。

人工衛星で捉えられる春季ブルーム

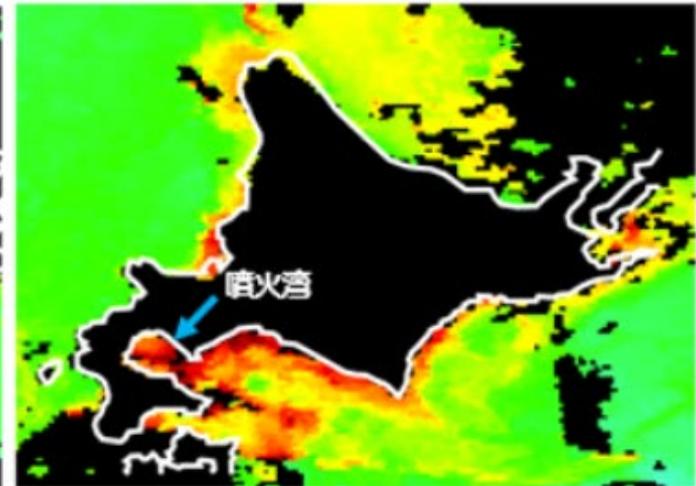
2019.1.25-2.1



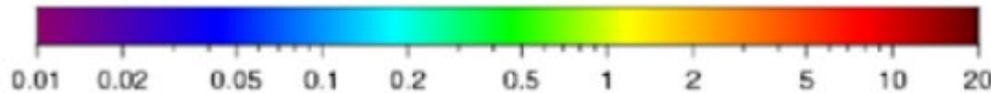
2019.2.18-2.25



2019.3.6-3.13



Chlorophyll Concentration, OCI Algorithm (mg m^{-3})



約 $0.5 \mu\text{g/L}$



約 $5 \mu\text{g/L}$



約 $15 \mu\text{g/L}$

海色衛星による表面クロロフィル濃度の分布 (NASA, ocean color web) ←

植物の栄養成分

陸上植物



植物の栄養成分

陸上植物



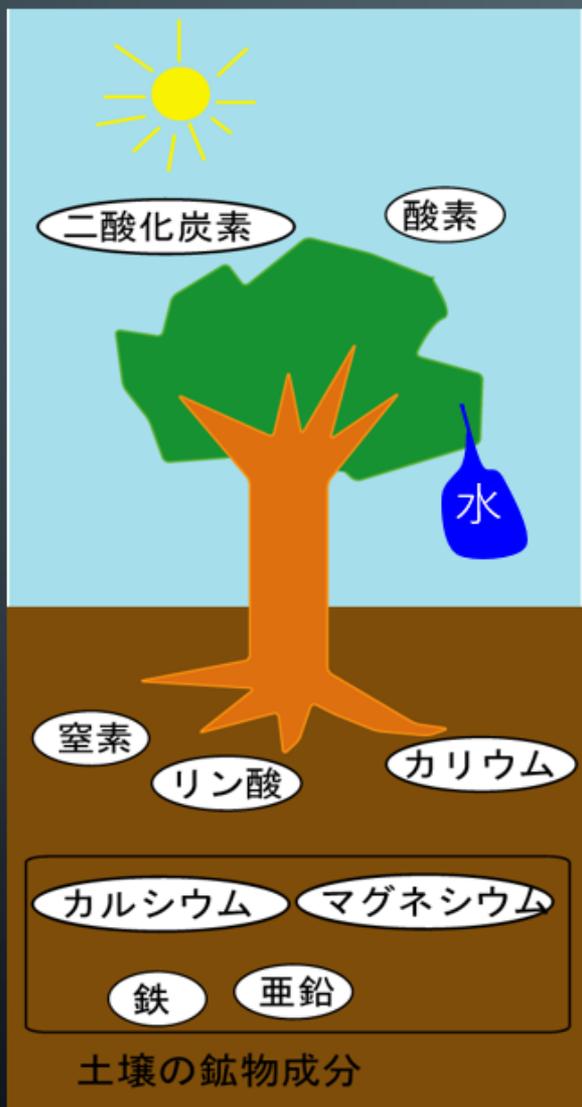
海洋では栄養塩が枯渇して生物生産が抑制される



海水の塩成分は、
栄養塩とは呼ばない

植物の栄養成分

陸上植物



海洋では、
栄養成分が有機物粒子
の沈降とともに、下層へ
運び去られやすい。

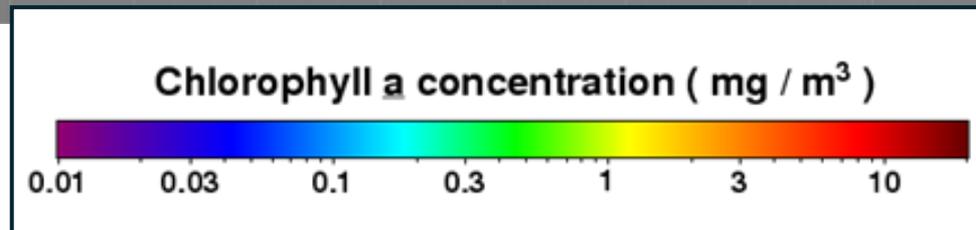
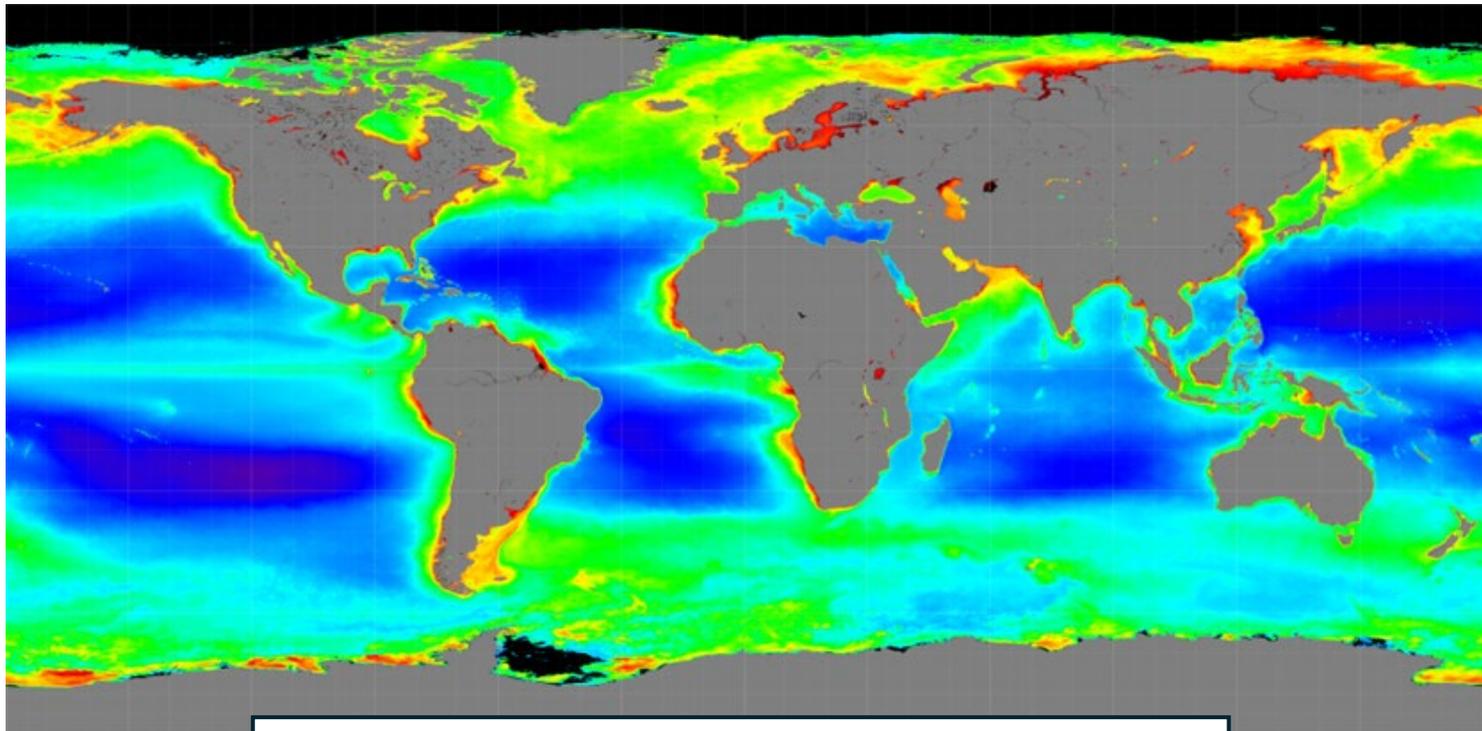
→ 基礎生産を制限する
主な要因が、“栄養成分
の不足”である。

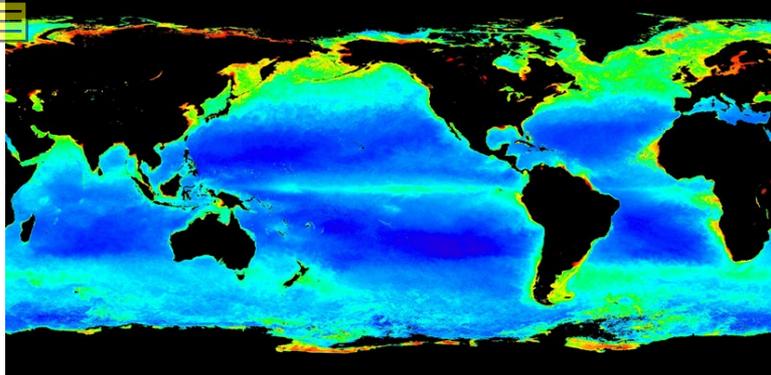
海洋では栄養塩が枯渇して
生物生産が抑制される



海洋の一次生産を左右する要因

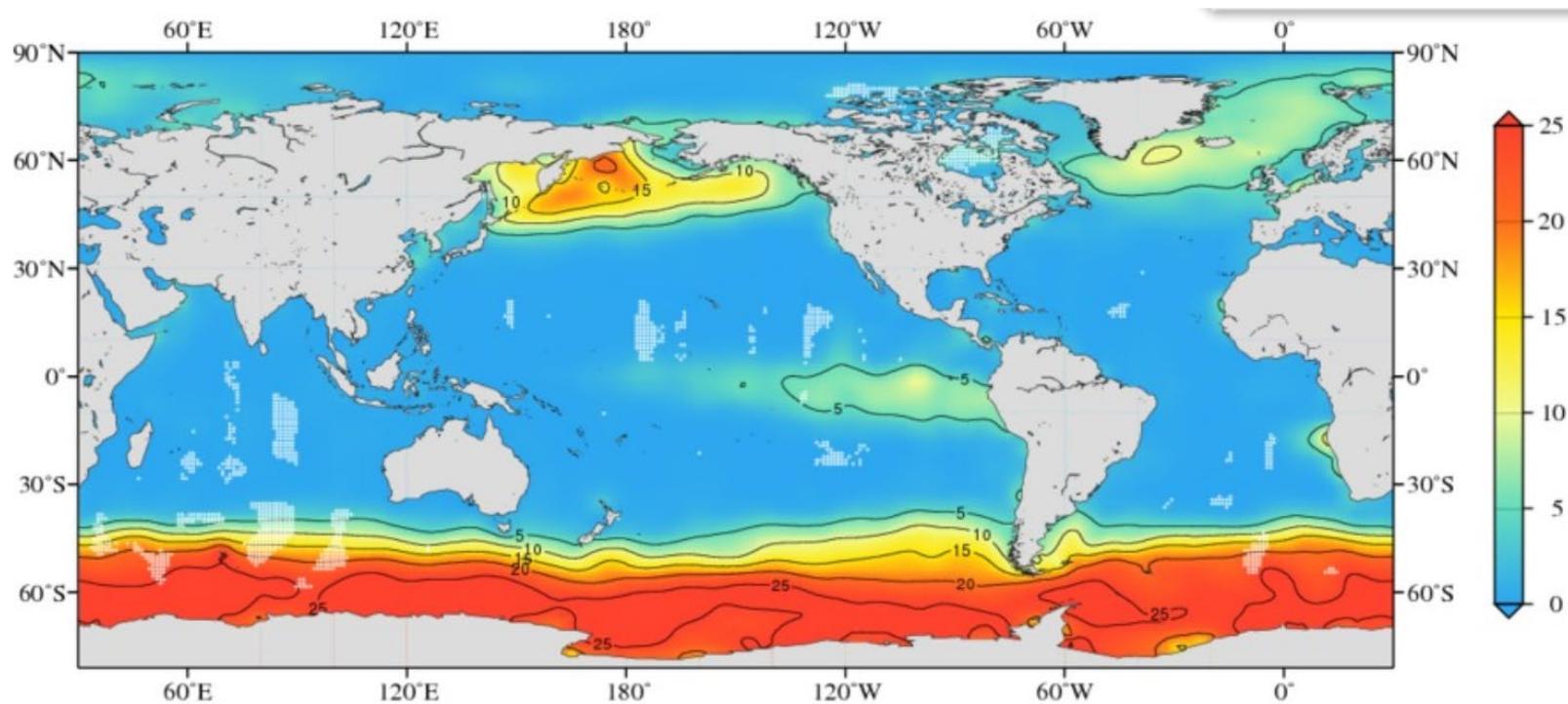
人工衛星による海洋の光合成色素（クロロフィル）の分布測定





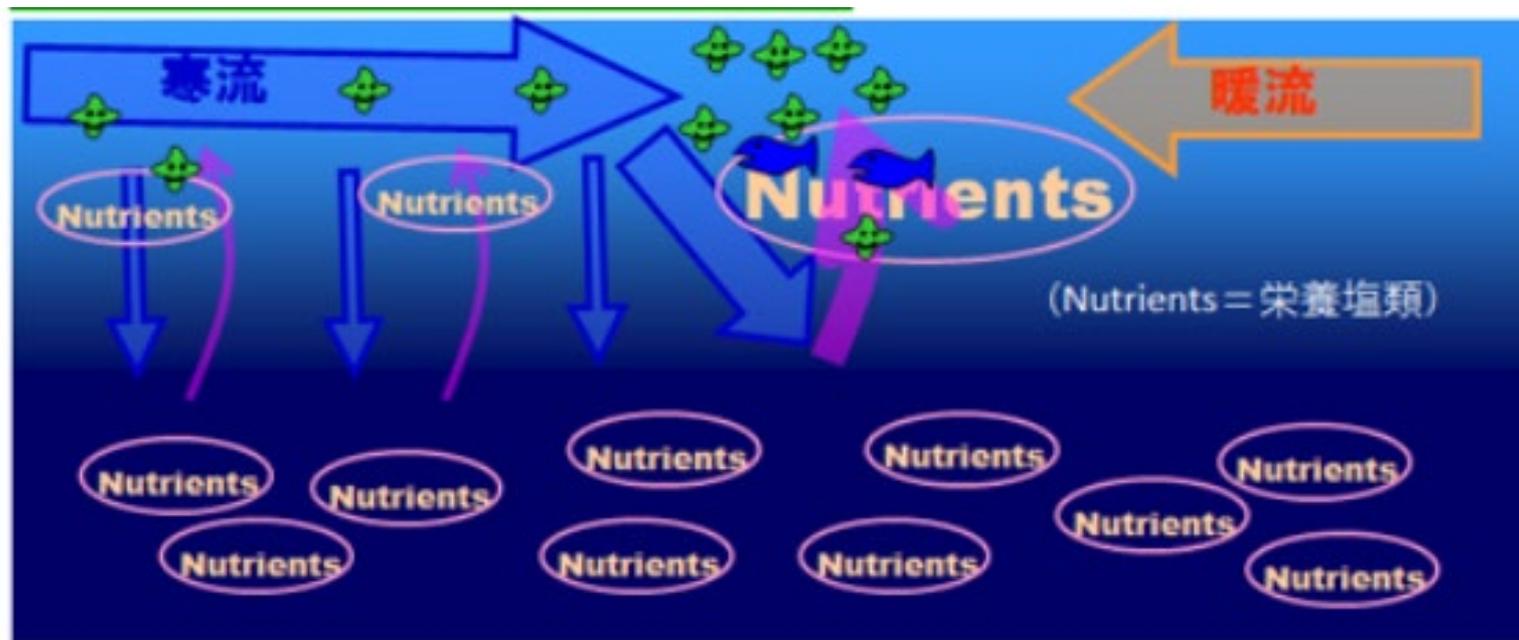
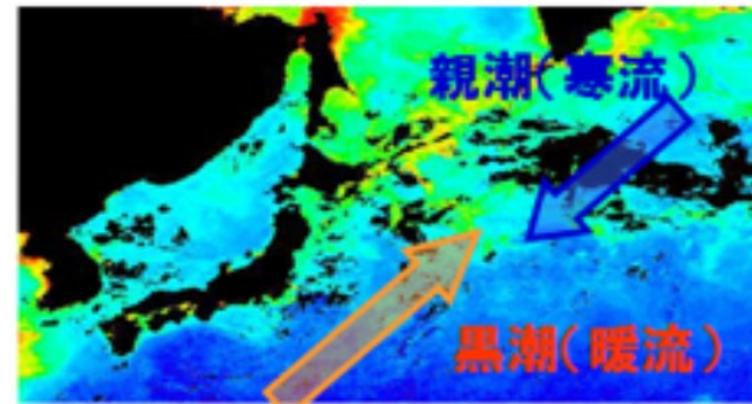
(主要栄養成分)

海洋表面の硝酸塩分布



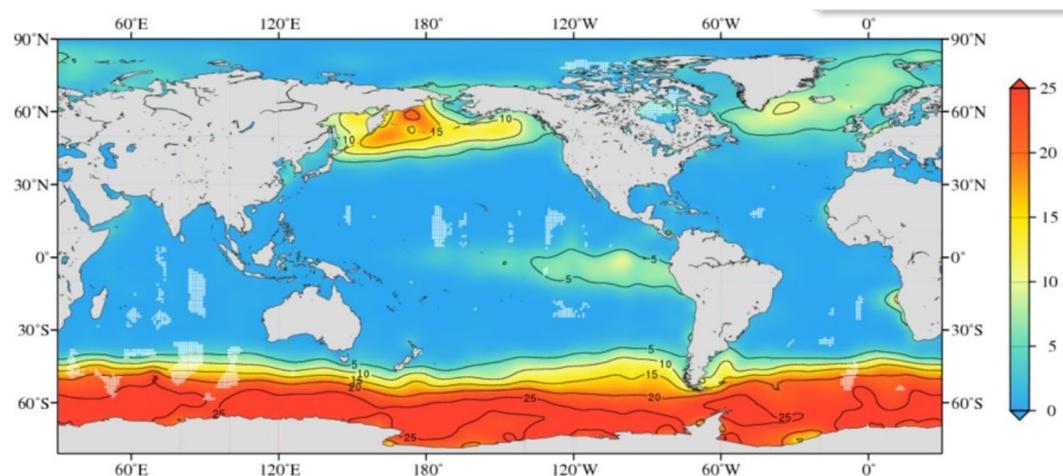


黒潮－親潮域での栄養塩供給

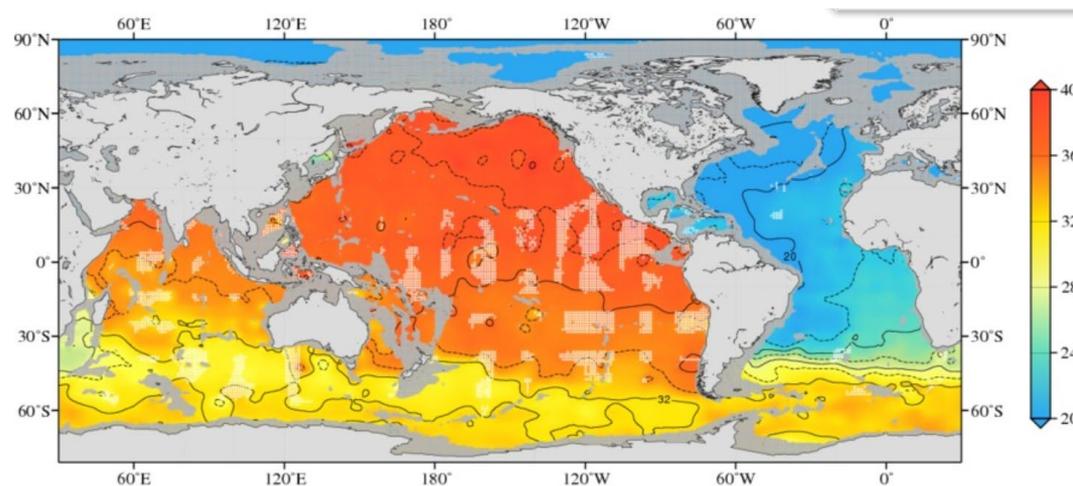


ポイント ①②：「海はつながっている」と「海の微生物が物質を循環」

➡ 合わせ技で理解しよう！



硝酸塩
表面 (0 m)

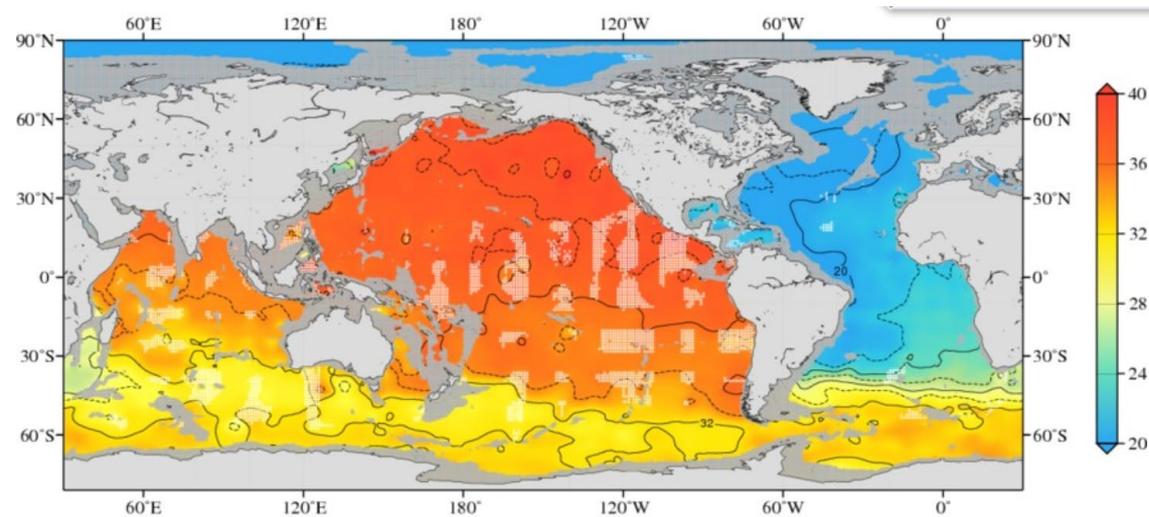


硝酸塩
深層 (3000 m)

深層 (3000 m)

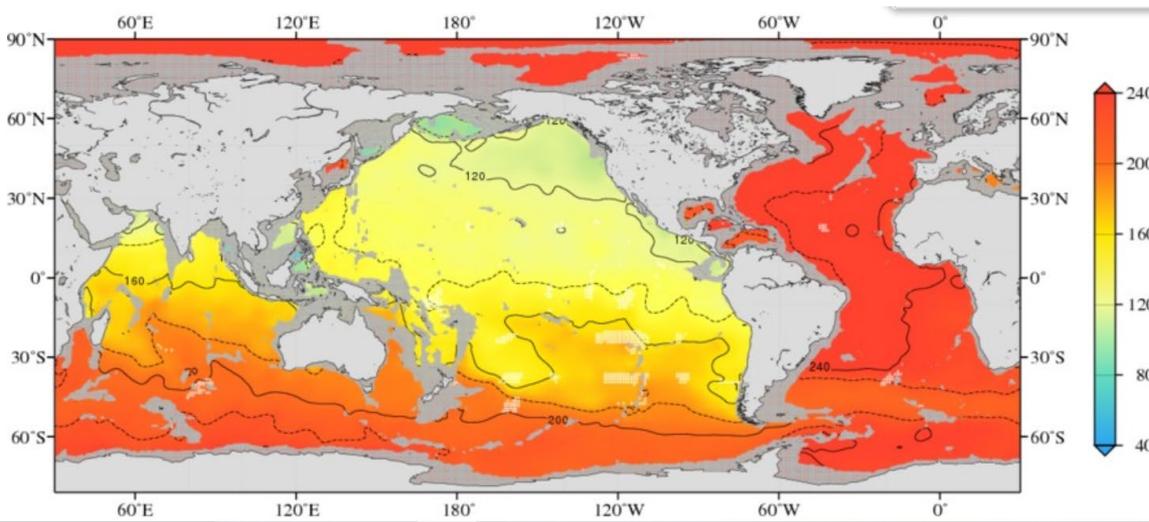
ポイント ①②

➡ 合わせ技で理解しよう！



硝酸塩

(有機物分解で
海水に再生)



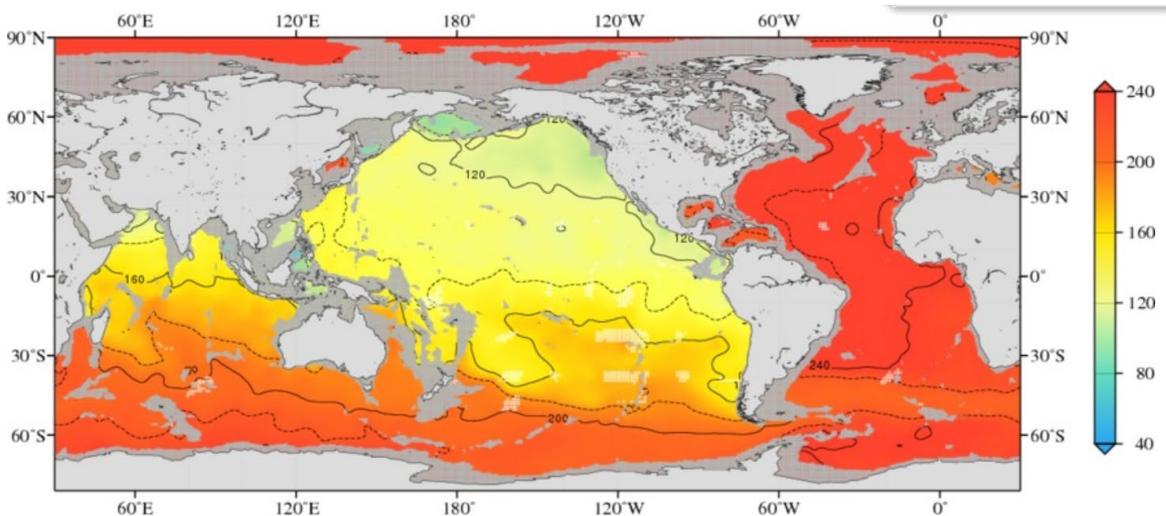
酸素

(有機物分解で
酸素消費)

深層 (3000 m)

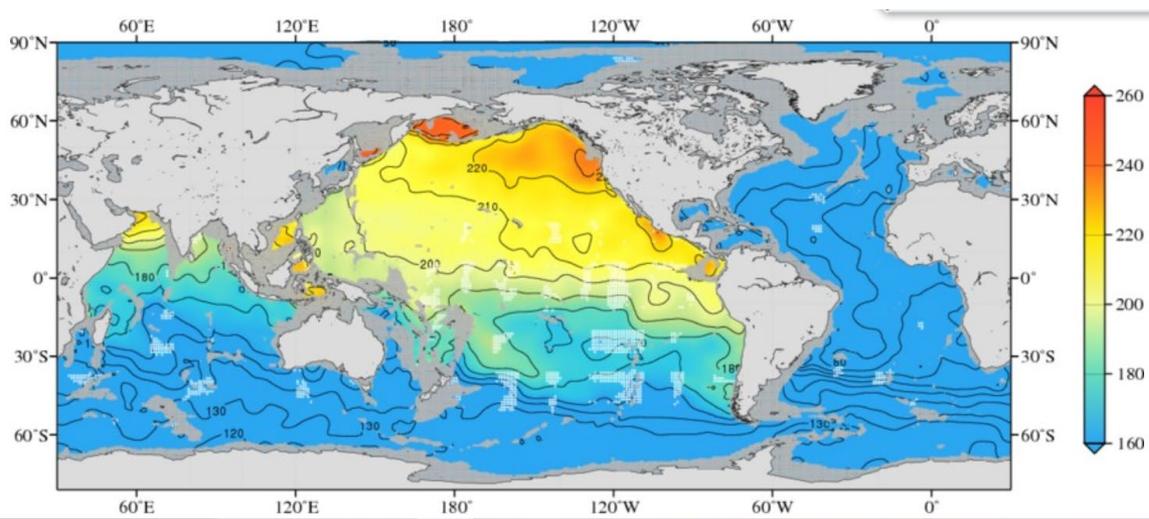
ポイント ①②

➡ 合わせ技で理解しよう！



酸素

(有機物分解で
酸素消費)



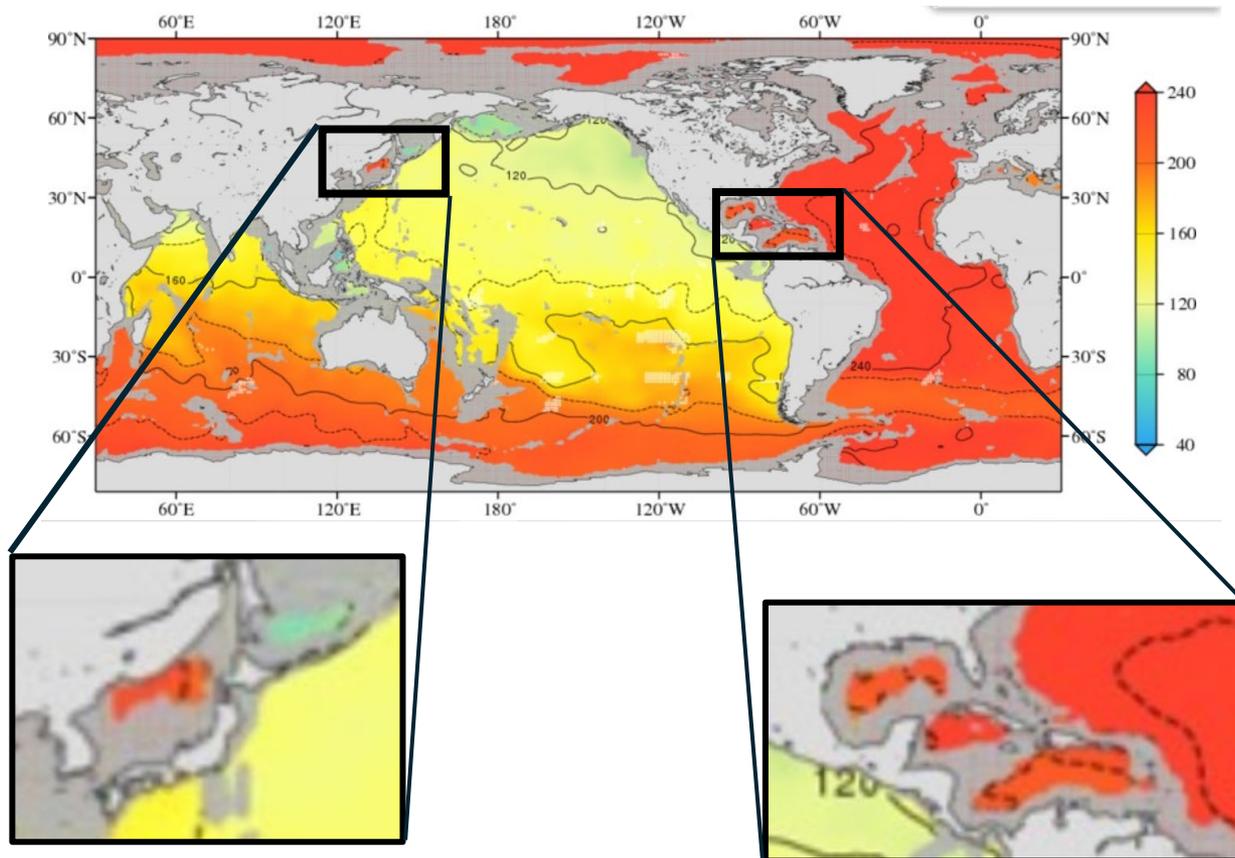
酸素消費量

(有機物分解で
酸素消費)

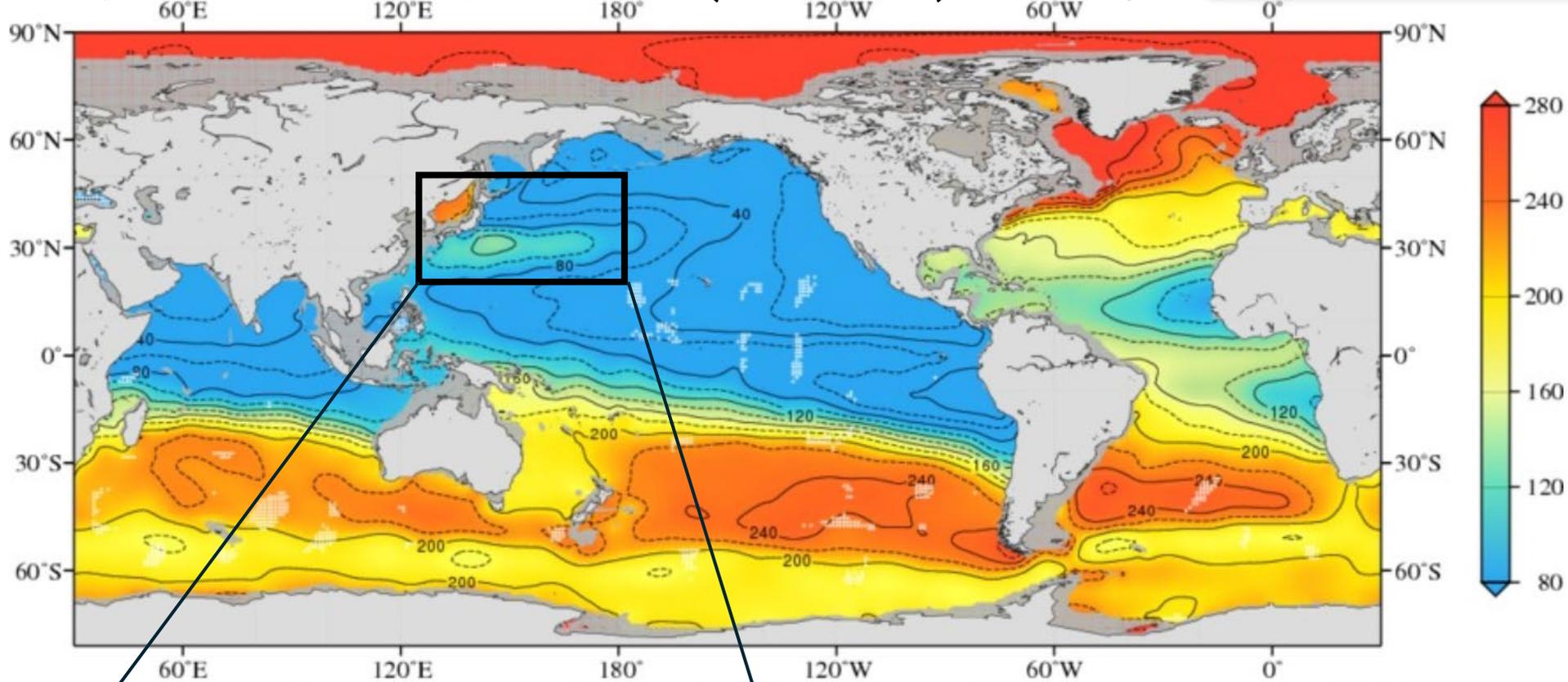
大洋から隔離された縁辺海でも、様子が違う。

なぜだろう？

研究テーマになりそうな予感。

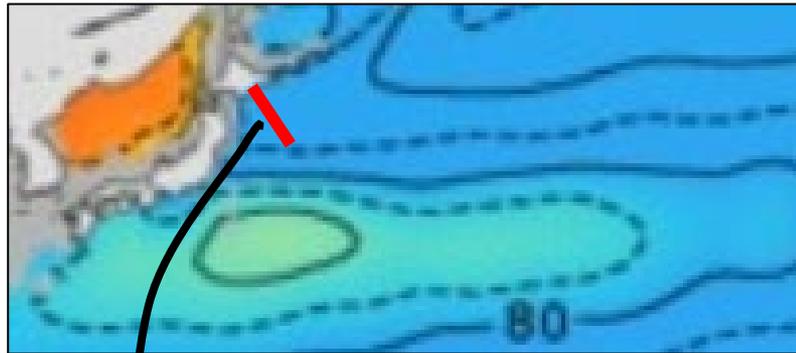


表層と深層の間（750 m）酸素分布



とても複雑！
なぜだろう？
研究テーマの予感。

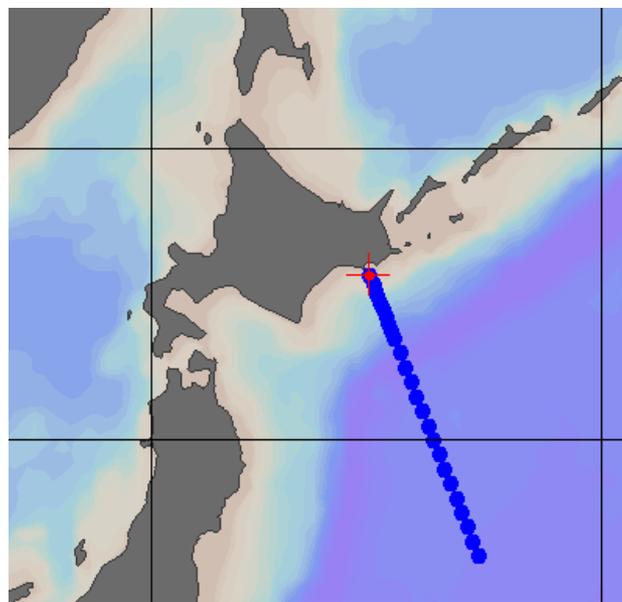
表層と深層の間（750 m）酸素分布



とても複雑！
なぜだろう？

とても複雑な海洋構造、
もっと詳しく見たい！

日本が世界に誇る A-Line 観測モニタリング



黒潮親潮混合水域におけるA-Lineモニタリング観測点（厚岸沖のA）

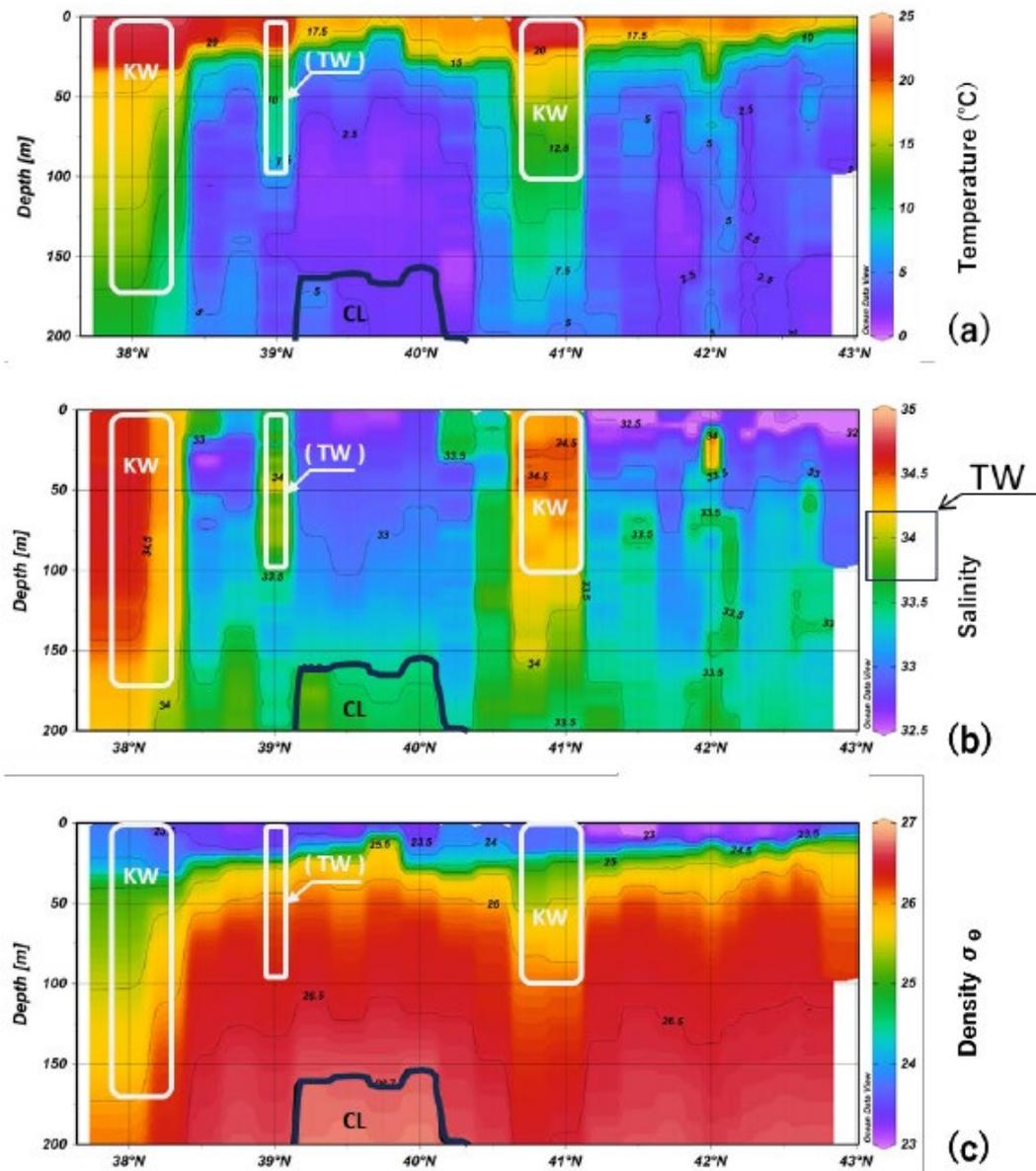
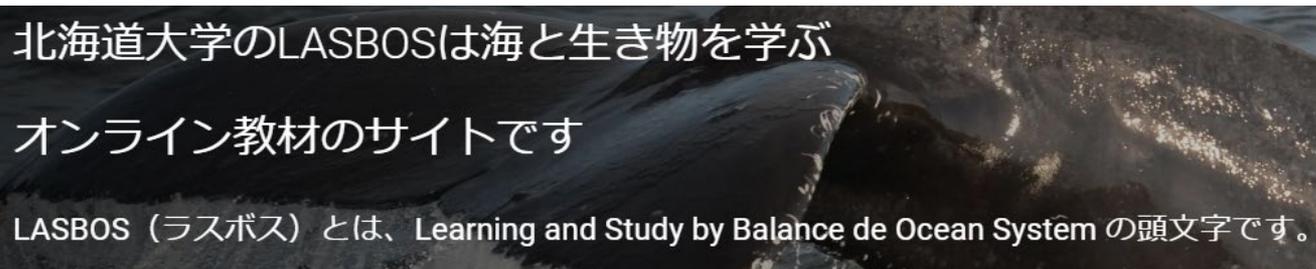


図3 A-Line における水温(a)、塩分(b)、密度(c)の南北鉛直断面図。KW: 黒潮系水、TW: 津軽暖流水、CL: 中冷水

北海道大学のLASBOSサイトを利用して、 課題研究に取り組んでみませんか？

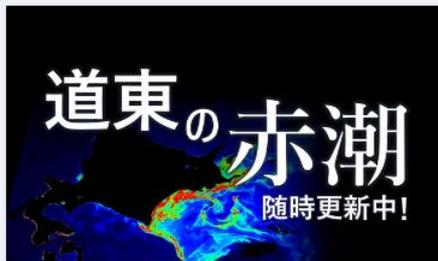
まずは、“LASBOS”検索！



おすすめコンテンツ



プラクトン



道東の赤潮



海洋学でサイエンスを始めよう



厚岸臨海実験所

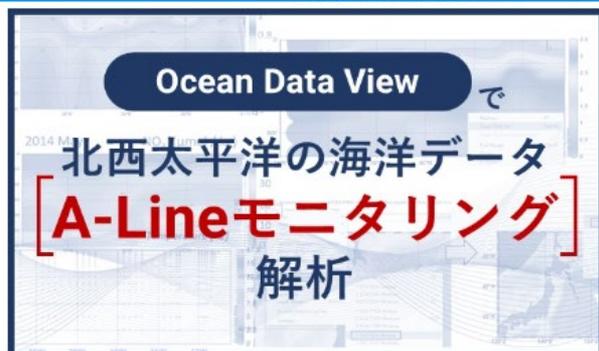


北海道大学のLASBOSサイト内

- ▼ Googleスプレッドシート：データ整理とグラフ作成に慣れる（高校生用）

G1 海洋学のオープンデータを解析したレポートの例（ひな形）

研究が全く始めただと、何から手を付けたらよいか、想像もつかないと思います。まずは、研究の進め方の例をマネしてください。マネしつつ、何か一つでも、あなたオリジナルな要素を散りばめられれば、立派な研究に仲間入り。海洋学調査の方法や現場の様子は、このページ下方にあるので、ご覧ください。





まとめ

北海道大学のLASBOSサイトを利用して、
課題研究に取り組んでみませんか？

- LASBOSで海洋学の基礎を学んだら、
- 海洋オープンデータの使い方を知って、
- 論文レベルのキレイな図を作ろう！
- 解析のヒント、論文レポートの例あります
- 困ったら、大木ほか、北大水産教員に質問OK！