

近年の北日本周辺における海洋環境について

○黒田 寛（水産機構資源研 釧路）

キーワード：親潮・沿岸親潮・極端現象・海洋熱波・道東赤潮

1. 太平洋における近年の海況

北海道太平洋の海洋環境（海流や海水温）は、太平洋サケ稚魚の移動や生残、親魚の回遊や母川への回帰過程などに重要な影響を与える。このため、太平洋サケにとって、特に春～秋季の北海道太平洋海域における海洋環境が重要になると考えられる。当海域における 2000 年以降の特徴として、冬春季と夏秋季の海洋環境（例えば、海面水温環境）の特徴が大きく異なることが指摘されており、海況変動の季節性を考えることが近年の海況を正確に把握するための重要なポイントである（例えば、Kuroda et al., 2020, FRAMS, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.574904>）。そこで、まず、北海道太平洋沿岸での冬春季の海況を支配する海流「沿岸親潮」ならびに夏秋季の海況に大きな影響を及ぼす海流「親潮」について、近年の変動特性を紹介する。なお、両海流に対する支配要因は異なっており、前者に対してはオホーツク海における海上風や海流の循環が、後者については北西太平洋のそれらが重要であると考えられている。

1.1. 冬春季の沿岸親潮

1990 年代以降、冬春季の北海道太平洋沿岸での海洋環境に重要な影響を与えているのが沿岸親潮である。沿岸親潮は、極低温・極低塩の沿岸親潮水と呼ばれるオホーツク海を起源とする水塊を輸送する。最近の研究によると、この沿岸親潮水の起源水はオホーツク海北部から樺太東岸に沿って南下しており、オホーツク海沿岸に沿った海上風の積算がこの流れの主要な駆動力である。さらに、樺太東岸沖を南下する起源水の一部は、その後、太平洋に漏れ出して沿岸親潮水に変質するため、樺太東岸沖を南下する起源水流量を推定することで、太平洋沿岸域における沿岸親潮水の勢力、あるいは、そこでの冬春季の海面水温を 1 カ月以上前に予測することが可能である。

ところで、この沿岸親潮水ならびにその起源水の勢力は 2000 年～2014/2015 年の間に徐々に強まっていた。このため 2010 年代前半の太平洋沿岸における冬春季の海面水温は寒冷期の代表である 1980 年代に匹敵する低水温であった。一方、2016 年以降はこうした強勢の傾向が一旦解消されたように思われていた。しかし、2022 年の冬春季は再び勢力が強まり、冬春季の沿岸親潮水による低水温の影響は三陸～常磐海域にも及んだ。

1.2. 夏秋季の親潮

冬春季から夏秋季に季節が進むと、太平洋沿岸域における沿岸親潮水の影響はほぼ消滅する。それに代わって、

夏秋季の親潮勢力の強弱が、北海道太平洋沿岸、特に、道東沿岸の海洋環境に強く影響する。

2010 年代以降の特徴として、夏秋季の親潮のうち道東沖陸棚斜面に沿った南下成分が弱化的にしていることである（Kuroda et al., 2015, JGR, <https://doi.org/10.1002/2014JC010402>）。2010 年代前半は、毎年夏秋季になると、道東沖千島海溝付近に黒潮系暖水塊が分布・停滞して親潮をブロックし、道東陸棚斜面に沿った親潮の南下を弱めていた。さらに 2010 年代中盤までは親潮を含む西部亜寒帯循環の強度自体も弱化的にしていた。しかし、2010 年代後半には西部亜寒帯循環は再加速している。にもかかわらず、2010 年代後半以降も親潮は弱化的に続けている。というのも、2010 年代後半以降、西部亜寒帯循環の強度は強まっているが、循環の南側境界が南に張り出さない状態が続いている。冬季の北太平洋における海上風の分布が北緯 40～41°帯に高水位偏差を作り、これが西部亜寒帯循環の循環境界の北偏の主要因となっている。したがって、これらの状態（北緯 40～41°帯の高水位偏差や冬季の海上風分布）が解消されない限り、1990 年代にみられたような強い親潮は戻ってこないことが推察される。

2. 近年頻発する極端現象

近年、2010 年代以降の夏秋季、道東太平洋沿岸域では極端現象が頻発している。先に述べたように、2010～2016 年の夏秋季において、黒潮系暖水塊が道東沖千島海溝付近にほぼ毎年、到来・停滞・発達したことにより、局所的な高水温化（海洋熱波）を発生した（Miyama et al., 2021, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.576240>）。さらに、2016 年初夏～夏季にはこの暖水塊が道東沿岸に急接近した。同時に、2016 年 8 月には 6 つの台風（一部は台風崩れの低気圧）が道東に襲来し、年平均の 3～5 倍以上、100 年に 1 度の大降水を記録し、結果として道東沿岸には特異な海洋環境が形成された（Kuroda et al., 2021a, Atmosphere, <https://doi.org/10.3390/atmos12070888>）。

さらに、2021 年 7～8 月には、観測史上最強で最大規模の海洋熱波が北海道周辺海域を含む北西太平洋で発生した。主な要因は大気変動にあり、偏西風の極端な北偏が引き金となり海洋の極端現象である海洋熱波を誘発した（Kuroda and Setou, 2021, Remote Sensing, <https://doi.org/10.3390/rs13193989>）。加えて、この海洋熱波が終息した約 1 カ月後、道東太平洋沿岸域では前例のない大規模なカレンシア赤潮が発生して甚大な漁業被害を生じた（Kuroda et al., 2021b, JMSE, <https://doi.org/10.3390/jmse9121335>）。これらの詳細については講演時に述べる。

近年の北日本周辺における海洋環境について

国立研究開発法人水産研究教育機構
水産資源研究所 水産資源研究センター
海洋環境部 寒流第1グループ
グループ長 黒田 寛

本日の話題

○主要な海流の状態

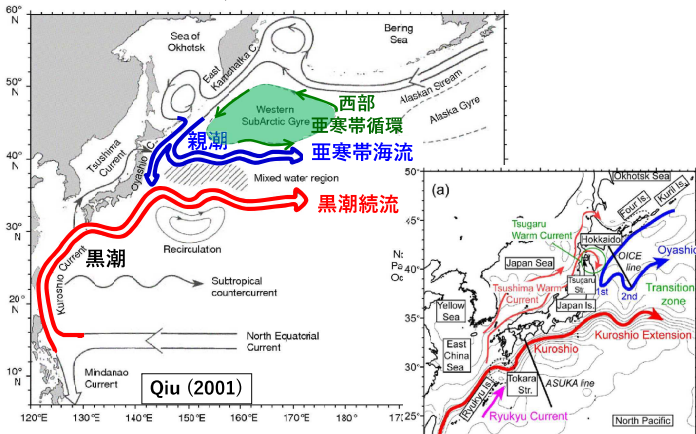
- さけ稚魚の 沿岸滞在期間 ↑ ↓
- 夏～秋季の親潮
- 冬～春季の東樺太海流&沿岸親潮

○夏～秋に頻発する特異現象

- ①極端に接岸する暖水塊&豪雨2016
- ②観測史上最大級の海洋熱波2021
- ③過去に例をみない道東赤潮2021

主要な海流の状態：夏～秋季の親潮

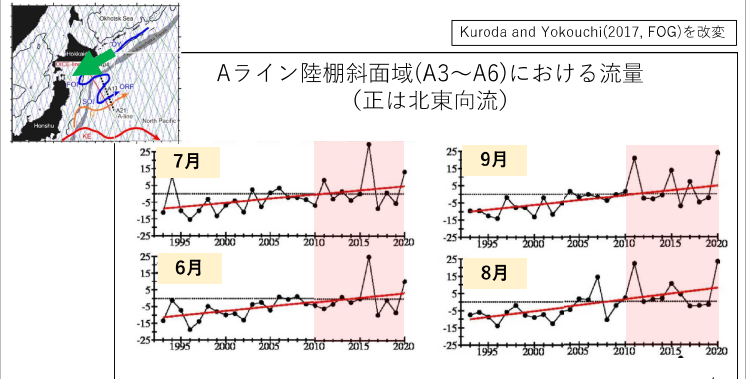
親潮とは？



主要な海流の状態：夏～秋季の親潮

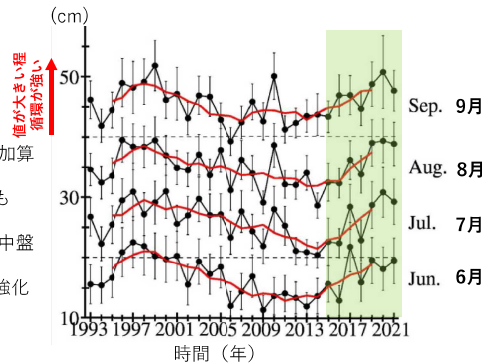
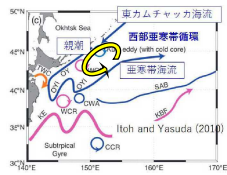
道東厚岸湾沖A-lineの陸棚斜面を横切る月別親潮流量の変動

- ・陸棚斜面を南下する親潮流量をAラインCTDと衛星海面高度から推定
- ・流量の減少には季節性があり、6～9月に最も顕著。



主要な海流の状態：夏～秋季の親潮

西部亜寒帯循環の強さ (衛星海面高度から推定)

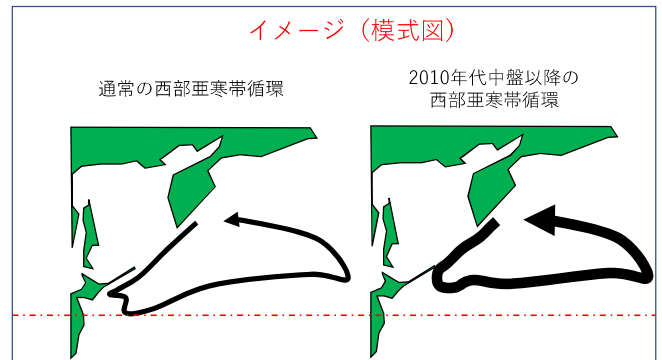


- ※各月の循環強度に10cmを加算して表示
- ※1990年代後半に循環が最も強まる
- ※1990年代後半～2010年代中盤にゆっくりと弱体化
- ※2010年代中盤以降、再び強化

Kuroda et al. (2021, DSR-1) を改変

主要な海流の状態：夏～秋季の親潮

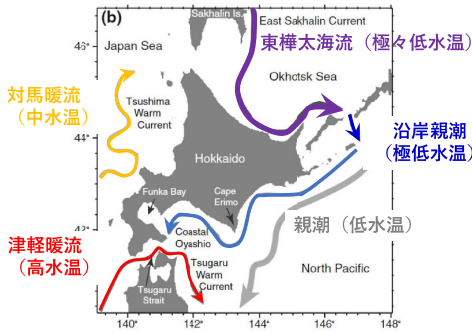
イメージ (模式図)



- 2010年代中盤以降、西部亜寒帯循環 (回転) は強い、一方、循環境界が南に張り出さない=道東陸棚斜面を横切る親潮が弱い
- ※原因は冬季の北西太平洋における海上風分布

主要な海流の状態：冬～春季の東樺太海流&沿岸親潮

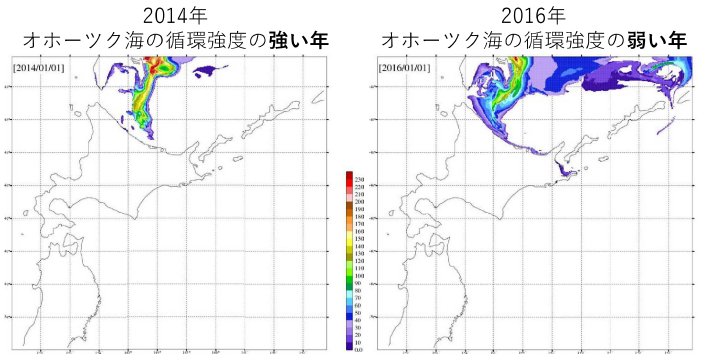
冬春季の北海道周辺における海流の模式図



1990年代以降、冬春季のオホーツク海&太平洋の海況に対して、**東樺太海流&沿岸親潮**の勢力が強く影響 (オホーツク海の上層風と海の循環がこれらの勢力を支配)

主要な海流の状態：冬～春季の東樺太海流&沿岸親潮

高解像度1/50°モデルによる
オホーツク海を起源とする極低温水
(沿岸親潮水：水温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$, 塩分 ≤ 33)の層厚

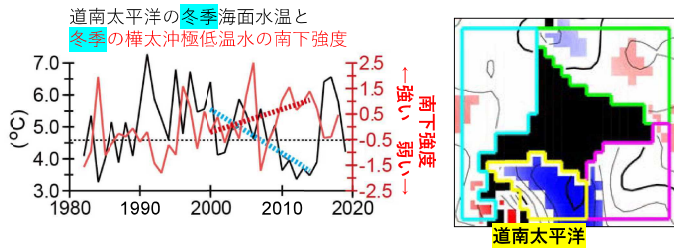


冬春季の道南海域が低水温の年

冬春季の道南海域が高水温年

主要な海流の状態：冬～春季の東樺太海流&沿岸親潮

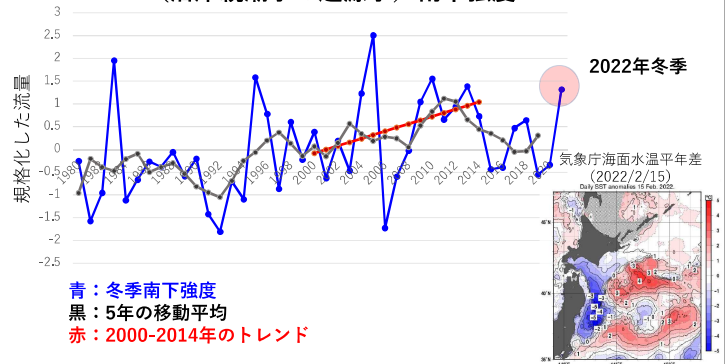
冬季における道南太平洋における海面水温と
東樺太沖を南下する極低温水 (沿岸親潮水の起源水)
の南下強度との関係



1990年代以降 (特に、2000年以降)、オホーツク海&太平洋の循環の強化にともない東樺太沖での極低温水 (沿岸親潮の起源水) の南下が徐々に強まり、道南太平洋の冬季の海面水温が徐々に低下。

主要な海流の状態：冬～春季の東樺太海流&沿岸親潮

1980～2022年冬季の東樺太沖を南下する極低温水
(沿岸親潮水の起源水) 南下強度



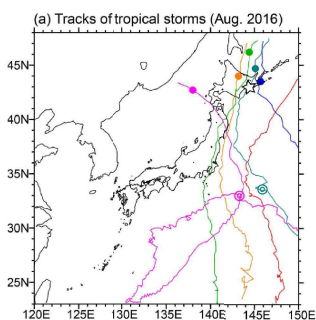
※2021-2022年冬季の樺太沖極低温水の南下が2010年代前半並みに強化
※噴火湾～三陸周辺の海面水温が低水温化していること (右上図) とも整合

夏～秋に頻発する特異現象：

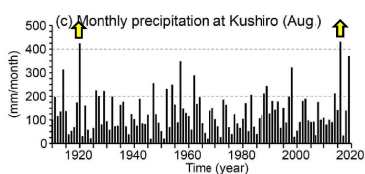
①極端に接岸する暖水塊&豪雨2016

[気象&海洋の極端現象によるダブルパンチ]

2016年8月の台風の進路



8月の降水量 (釧路)



100年ぶりの大雨
※1920年8月には釧路川が氾濫。
その後、新釧路川を人工的に掘削。
※2016年8月には道東～北方四島周辺
で平年の5倍以上の降水量。

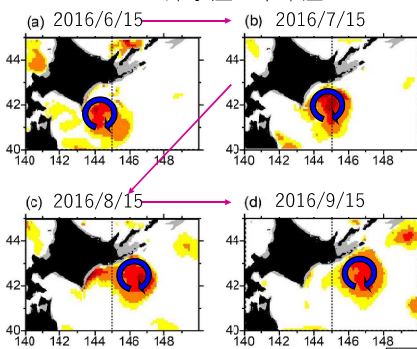
Kuroda et al. (2021, Atmosphere)

夏～秋に頻発する特異現象：

①極端に接岸する暖水塊&豪雨2016

[気象&海洋の極端現象によるダブルパンチ]

50m深水温の平年差

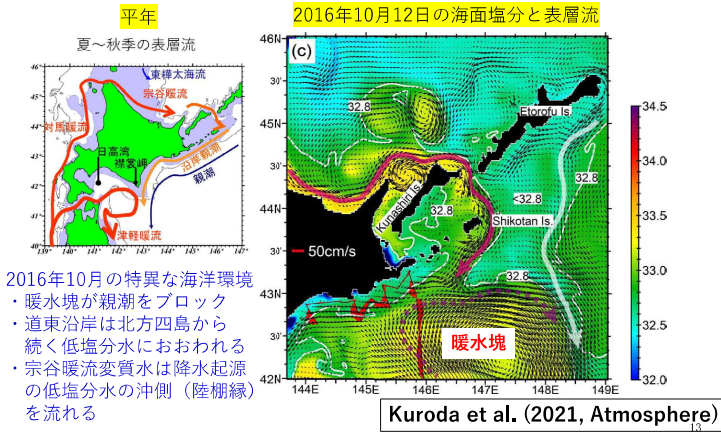


2016年6月～10月、黒潮系の暖水を抱えた暖水塊 (だんすいかい) が道東沿岸に極端に接近

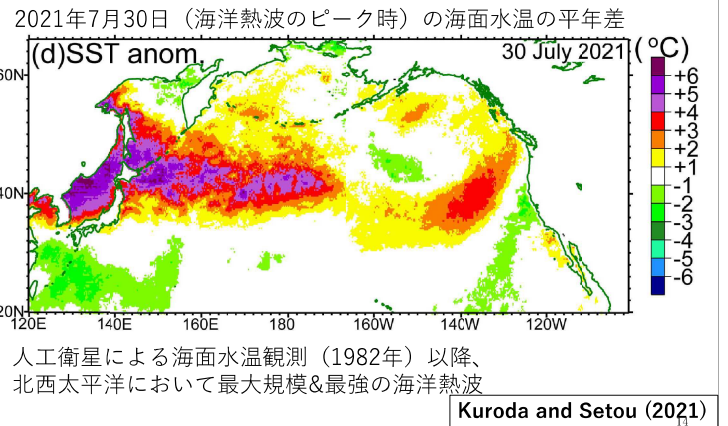
粒子追跡に基づくと、暖水塊による流れにより沿岸に分布するサケ稚魚が沖へ輸送された可能性

Kuroda et al. (2021, Atmosphere)

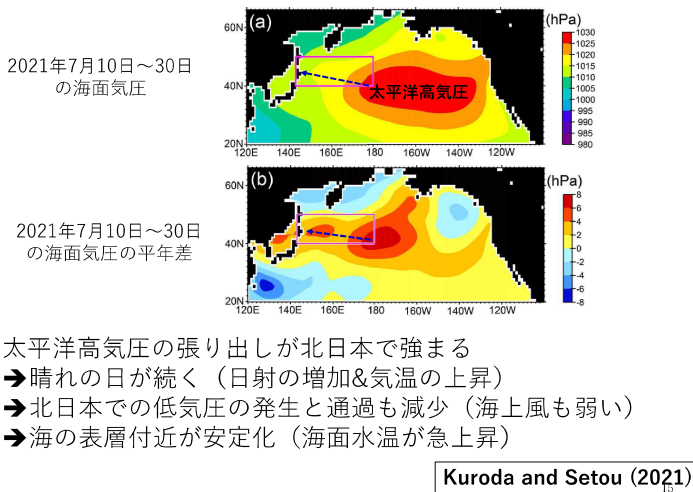
夏～秋に頻発する特異現象：
①極端に接岸する暖水塊&豪雨2016
[気象&海洋の極端現象によるダブルパンチ]



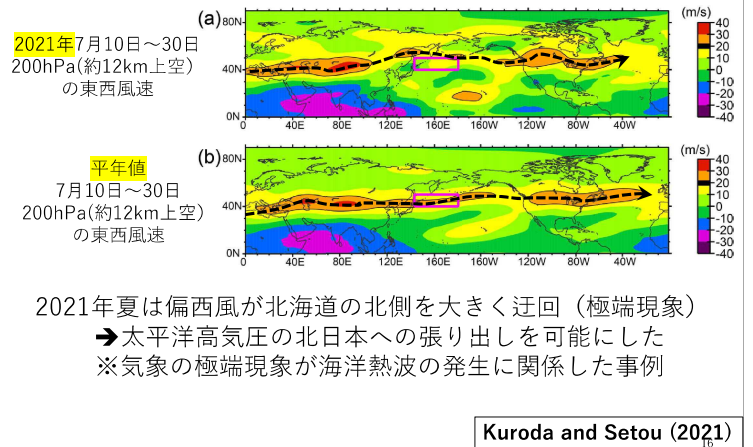
夏～秋に頻発する特異現象：
②観測史上最大級の海洋熱波2021
[気象の極端現象が海洋の極端現象を誘引]



2021年夏の極端な気象条件が海洋熱波の発生と関係



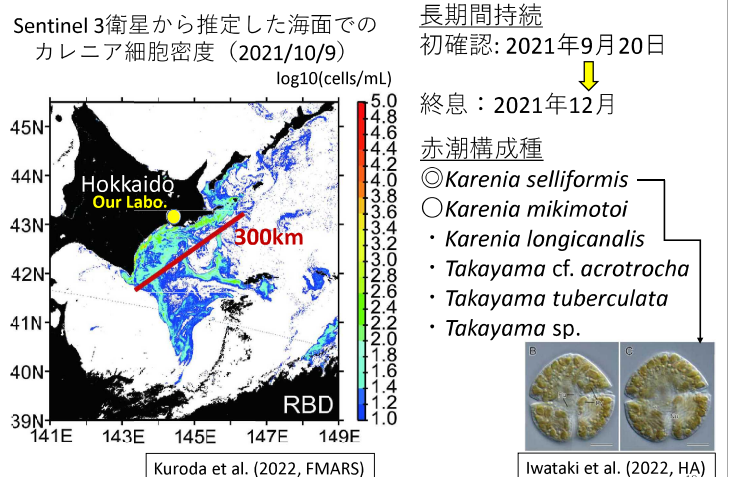
約12km上空を吹く偏西風の位置



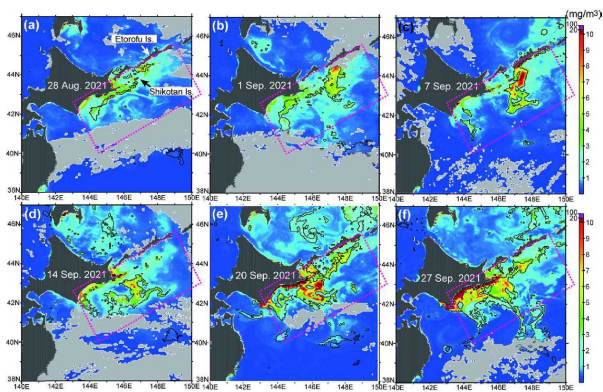
夏～秋に頻発する特異現象：
③過去に例をみない道東赤潮2021
[海洋熱波2021の1か月後に生じた外来生物の異常発生]



道東のopen coastで生じた前例のないカレニア赤潮

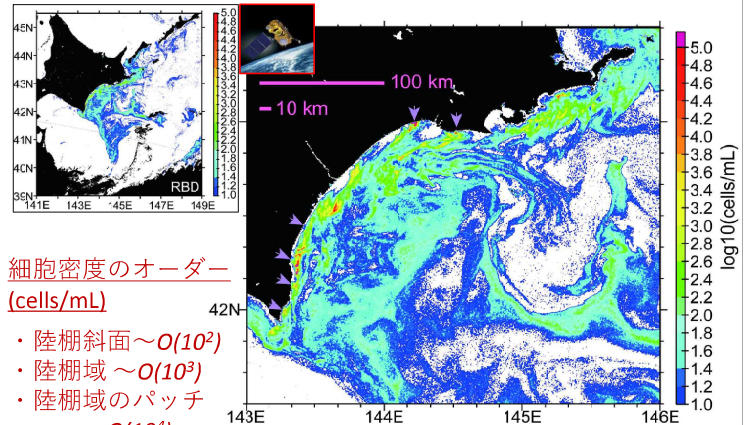


衛星クロロフィル濃度からみるカレニア赤潮の発達過程 (2021年8月末～9月末)



Inside of black polygons, the daily satellite-derived CHL exceeded the monthly mean plus 3 standard deviations for September 1998–2020 at each grid point. Kuroda et al. (2021, JMSE)

Sentinel 3人工衛星から推定したカレニア細胞密度 (2021/10/9:赤潮が最も拡大した日)



細胞密度のオーダー (cells/mL)

- ・陸棚斜面 $\sim O(10^2)$
- ・陸棚域 $\sim O(10^3)$
- ・陸棚域のパッチ $\sim O(10^4)$

Kuroda et al. (2022, FMARS)

まとめ

○主要な海流の状態

- ・夏～秋季の親潮
 - 2010年代中盤以降、西部亜寒帯循環（回転）は強化。一方、循環境界が南に張り出さないため、道東陸棚斜面を横切る親潮は相変わらず弱い。
- ・冬～春季の東樺太海流&沿岸親潮
 - 2010年代中盤に東樺太海流と沿岸親潮が最も強化され、その後、弱体化傾向で推移。一方、2022年の冬季に再強化（さけ稚魚への影響は？）。

○夏～秋に頻発する特異現象

- ① 極端に接岸する暖水塊&豪雨2016
- ② 観測史上最大級の海洋熱波2021
- ③ 過去に例をみない道東赤潮2021