



鮑  
大槌  
親潮  
鮫  
潮  
放射性炭素

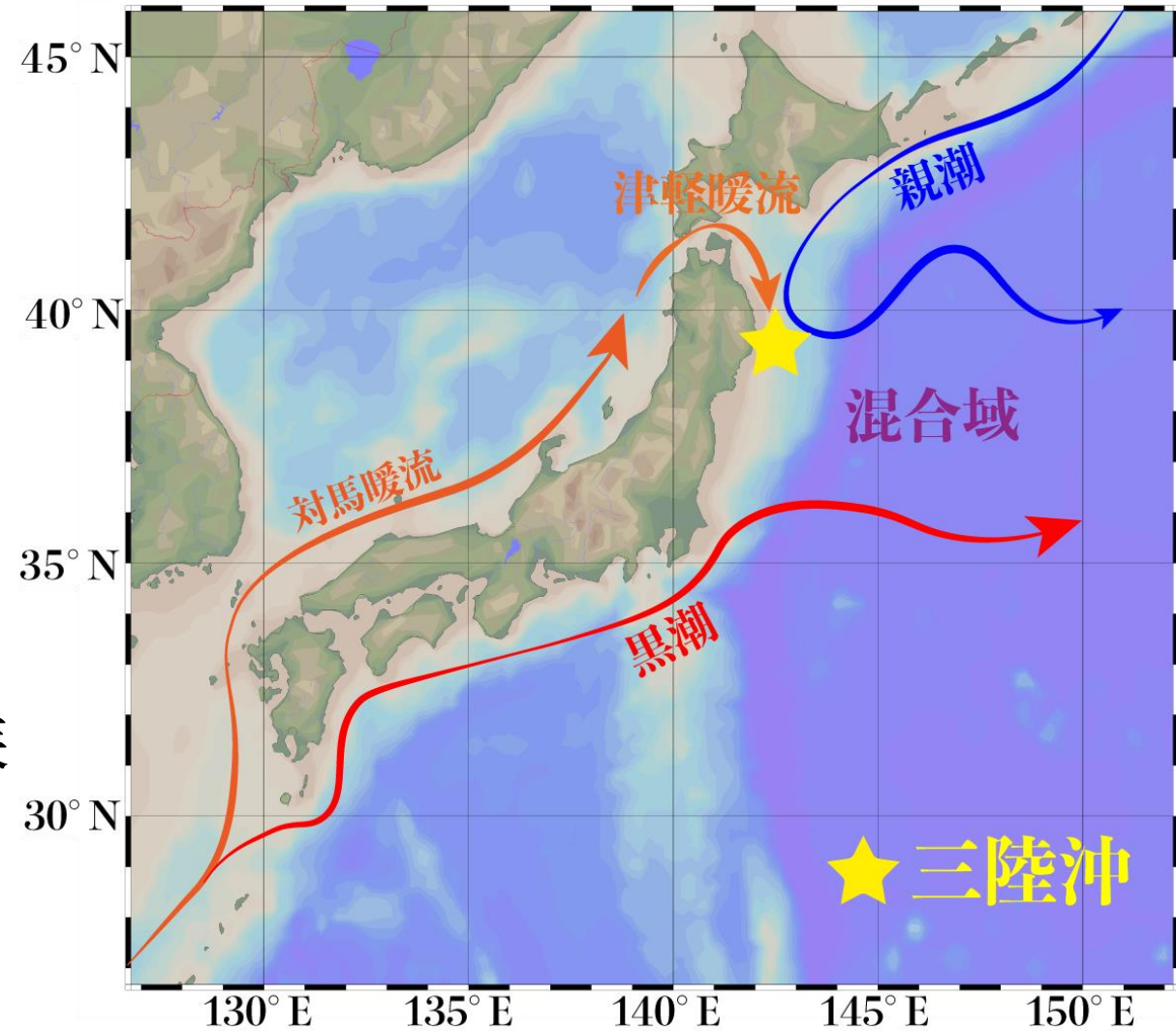
# 大槌湾におけるエゾアワビによる 高精度な海洋環境復元に関する研究

ファンズハン (ミヤ)

東京大学大気海洋研究所 博士1年

1. 背景と目的
2. 研究手法
3. 結果と考察
4. 結論と展望
5. 質問応答

- 黒潮－親潮混合域（北緯35度～40度の海域）
- 複雑な水塊混合
  - 黒潮（暖かく貧栄養、 $\Delta^{14}\text{C}$ が高い）
  - 津軽暖流
  - 親潮（冷たく富栄養、 $\Delta^{14}\text{C}$ が低い）
- 水塊混合が生態系、漁業、文化、気候に影響を与える



(Ocean Data Viewで作成)

背景と目的

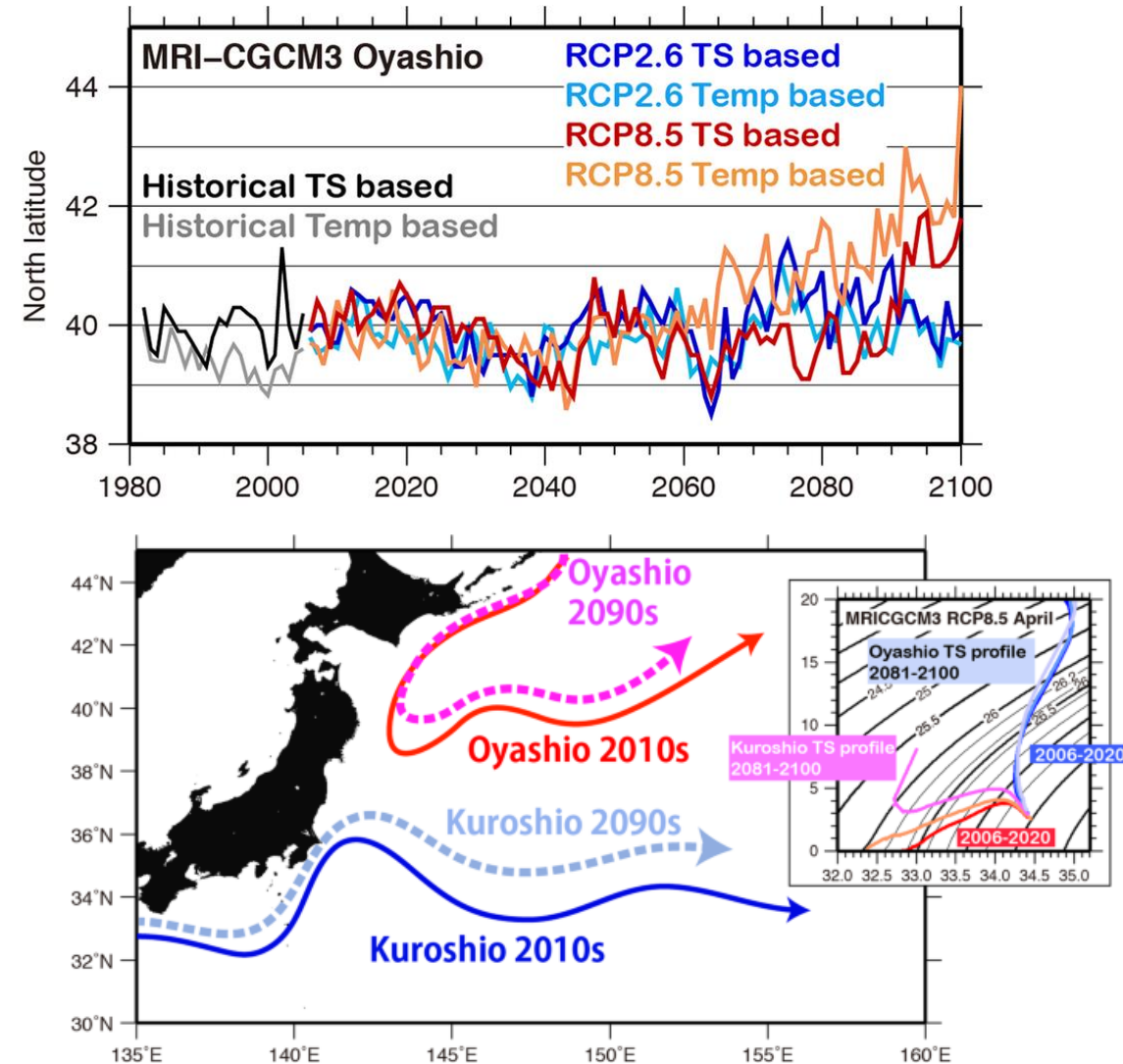
研究手法

結果と考察

結論と展望

# 気候変動と混合域

- 最も温暖化が進む「RCP8.5」シナリオでは、21世紀後半までに親潮の水温が上昇し、黒潮-親潮混合域が最大2度北上する可能性がある
- 魚類の分布や資源量に大きな影響を及ぼす可能性がある
- 親潮上流域での鉛直混合が減少することで、親潮水の栄養分含有量が低下する可能性がある
- 親潮水の変化の原因や、親潮水温上昇が北西太平洋の生態系に与える影響は依然として不明
  - 過去の海洋変動を調べることが、将来的な課題の理解に役立つと考えられる。



(Nishikawa et al., 2020)

背景と目的

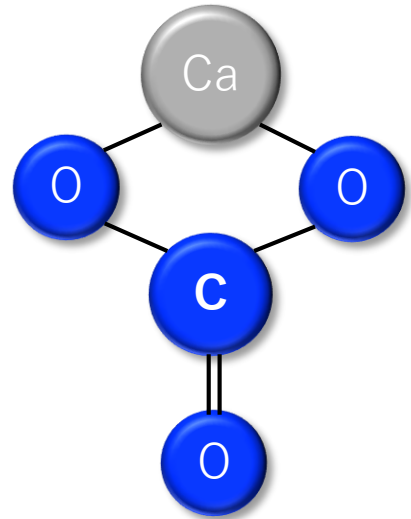
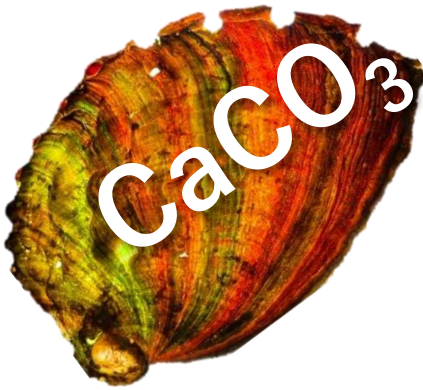
研究手法

結果と考察

結論と展望

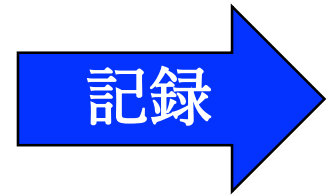


# 炭酸塩 (CaCO<sub>3</sub>)を用いた海洋環境復元手法



古環境プロキシ

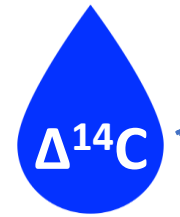
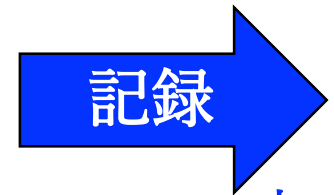
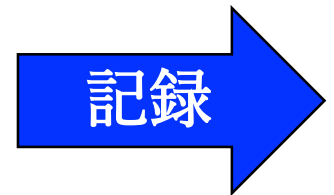
- 安定酸素同位体比  $\delta^{18}\text{O}$
- 安定炭素同位体比  $\delta^{13}\text{C}$
- 放射性炭素14濃度  $\Delta^{14}\text{C}$



+



共変する



共変する

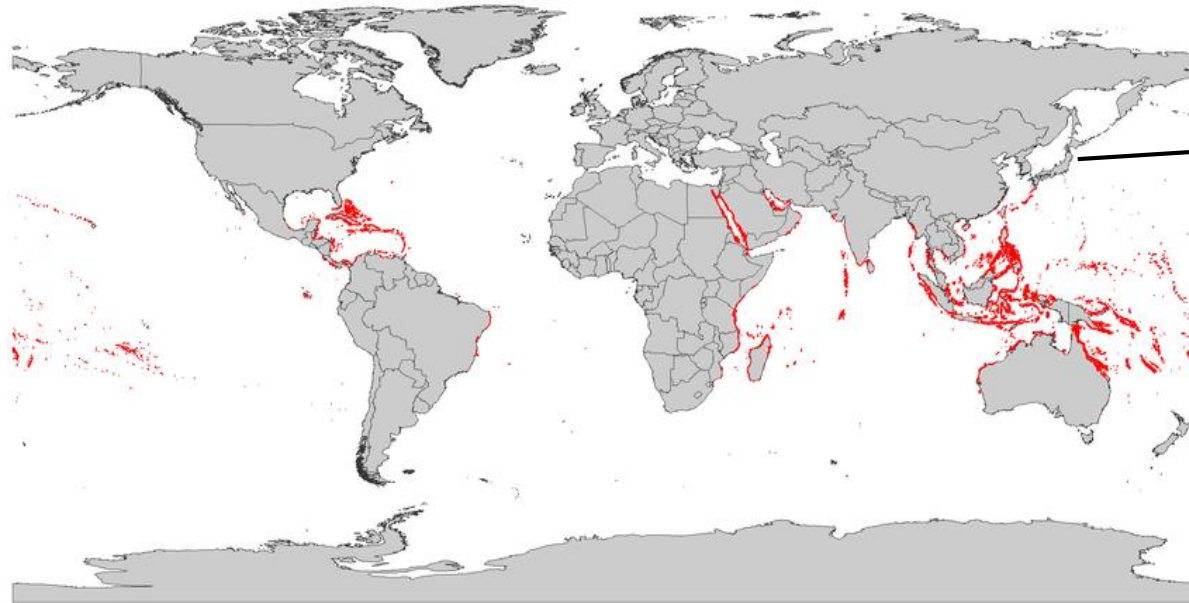


# なぜ三陸でアワビの研究するの？

- 熱帯／亜熱帯海域ではサンゴ骨格を用いた古海洋復元がある  
(Adkins et al., 2002; Hirabayashi et al., 2017; Hirabayashi et al., 2019)
- サンゴが生息しない高緯度海域では古海洋復元に研究可能な生物種が限られている  
(Kubota et al., 2018; Ota et al., 2019)

## 世界中のアワビとサンゴの分布

サンゴ  
アワビ



日本では約10種  
のアワビがいる

Map adapted from Teh et al. (2013), **UNEP-WCMC** & Gregar, D.'s Abalone Mapping Project

Introduction

Methods

Results

Discussion

# 研究問題と目的

研究問題: アワビ貝殻が気候・海洋変動復元のアーカイブとして有効であるか？

achieve  
d by

研究目的:

1. アワビ貝殻を用いた年代決定法を検証（障害輪・ $\delta^{18}\text{O}$ 分析）
2. アワビの殻の酸素同位体（ $\delta^{18}\text{O}$ ）による水温復元可能性の評価
3. 大槌湾における炭素14（ $\Delta^{14}\text{C}$ ）の季節変動と水塊の影響
4. アワビ殻を用いた大槌湾の水塊変動の高精度復元

背景と目的

研究手法

結果と考察

結論と展望

# 研究手法

## 1. サンプルング

## 2. アワビ貝殻

- 障害輪観察
- 安定同位体 ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) 分析
- 放射性炭素 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) 分析

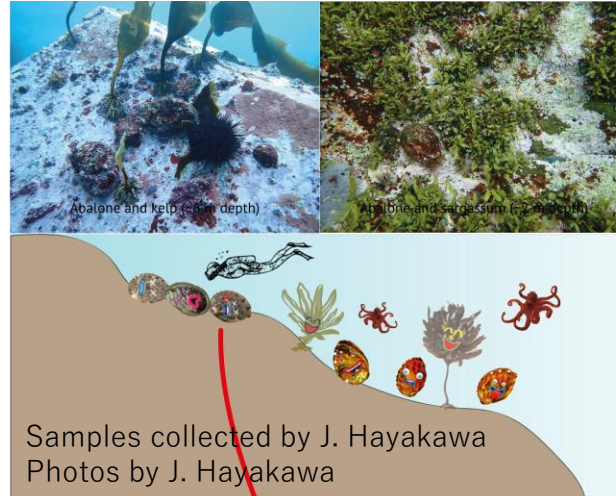
## 3. 海水

- 放射性炭素 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) 分析
- 海面水温と塩分で予測された $\delta^{18}\text{O}_{\text{shell}}$

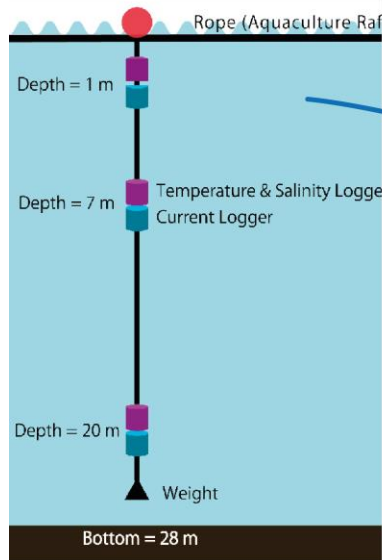


# サンプリング

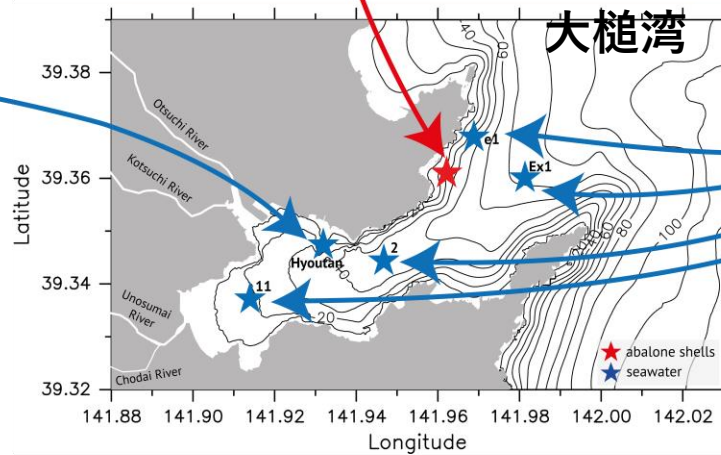
## スキューバダイビング



## 多用筏



Measured by K. Tanaka;  
Figure by K. Tanaka



## CTDセンサーに 接続していたニスキンボトル



Measured by H. Fukuda;  
Photo by S. Hirabayashi

背景と目的

研究手法

結果と考察

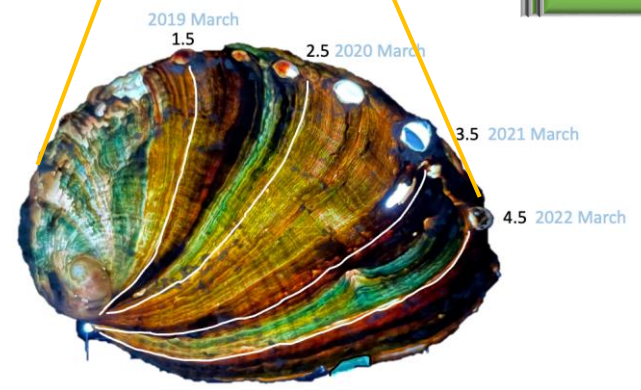
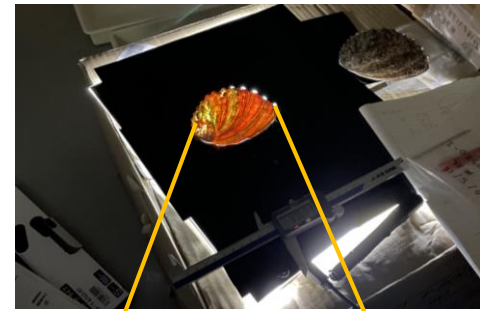
結論と展望

# アワビ貝殻の $\delta^{18}\text{O}$ と $\delta^{13}\text{C}$ 分析

## (1) 真珠層



## (2) 障害輪\* 観察



\*冷水温時期に形成されたと考えられている

## (3) 時系列分析用の貝殻を選ぶ



## (4) 化学分析

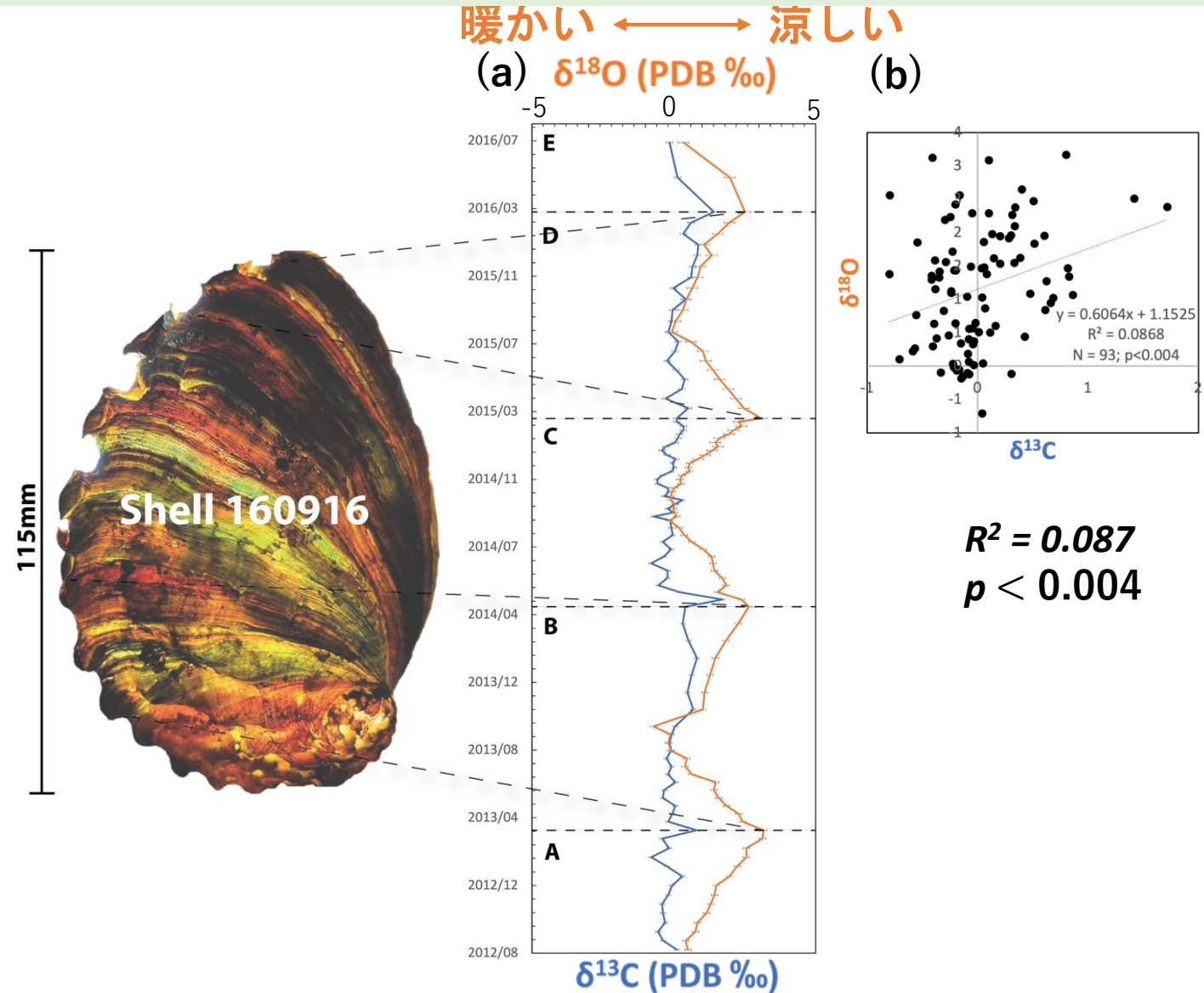
$\delta^{18}\text{O}$

$\delta^{13}\text{C}$

$\Delta^{14}\text{C}$

# アワビ貝殻の $\delta^{18}\text{O}$ と $\delta^{13}\text{C}$ 分析

- 明確な季節変動
- 各貝殻に4つの $\delta^{18}\text{O}$ ピーク（水温最も涼しい）が見られる
  - 大槌湾では3月または4月に対応
- $\delta^{18}\text{O}$ と $\delta^{13}\text{C}$ は有意な相関はなし
  - $\delta^{18}\text{O}$ の変動は主に環境の影響を受け、動力学的な影響ではない（Omata et al., 2005）



背景と目的

研究手法

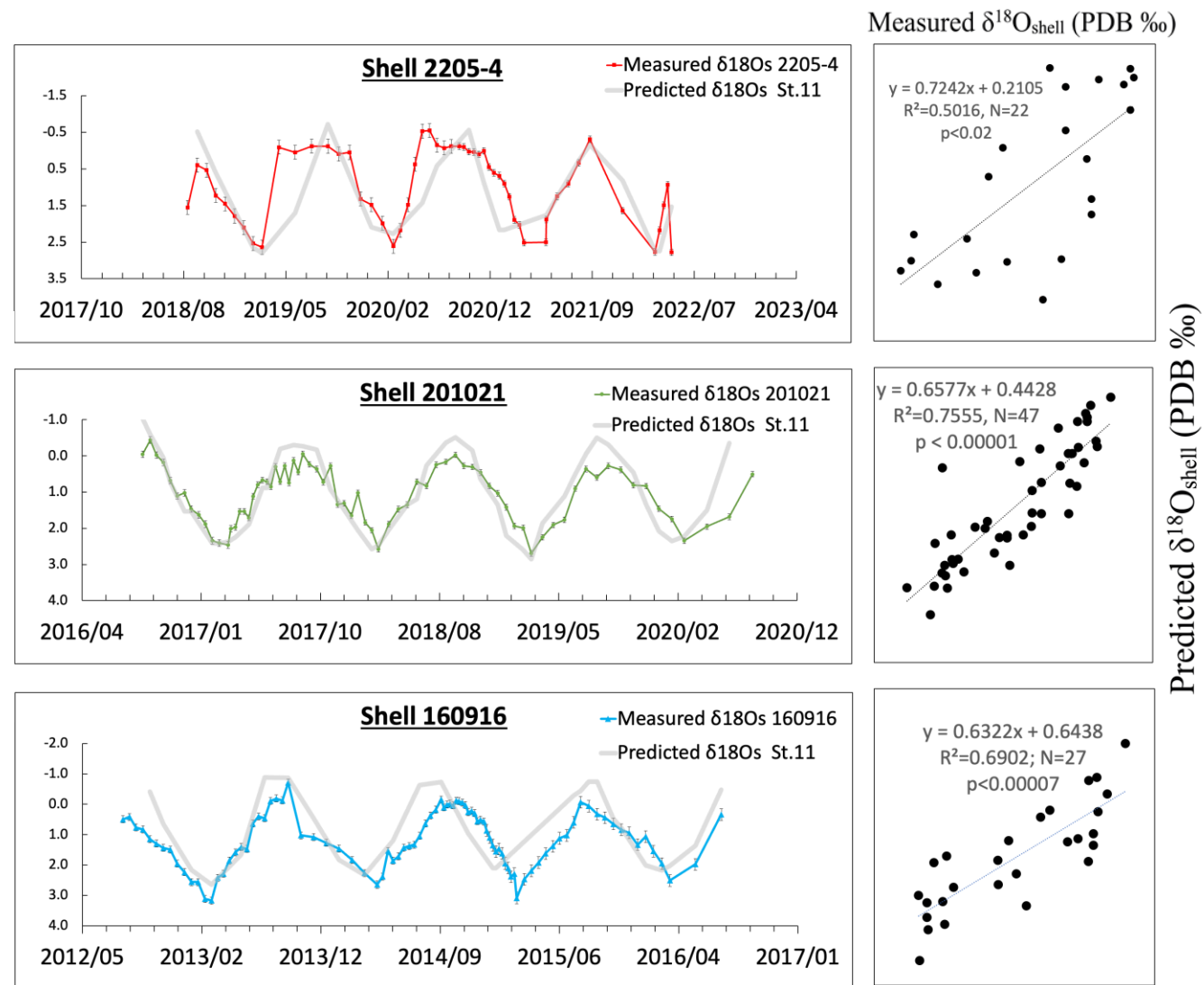
結果と考察

結論と展望



# $\delta^{18}\text{O}_{\text{shell}}$ の分析結果

- 3つのアワビの殻から測定した  $\delta^{18}\text{O}$  の値を、実際の表層海水温 (SST) と塩分 (SSS) のデータと比較
  - アワビの殻の  $\delta^{18}\text{O}$  は、成長速度が遅い冬でも温度変化を継続的に記録していた
- **年輪の観察よりも高い精度でアワビの年齢を推定できる**



背景と目的

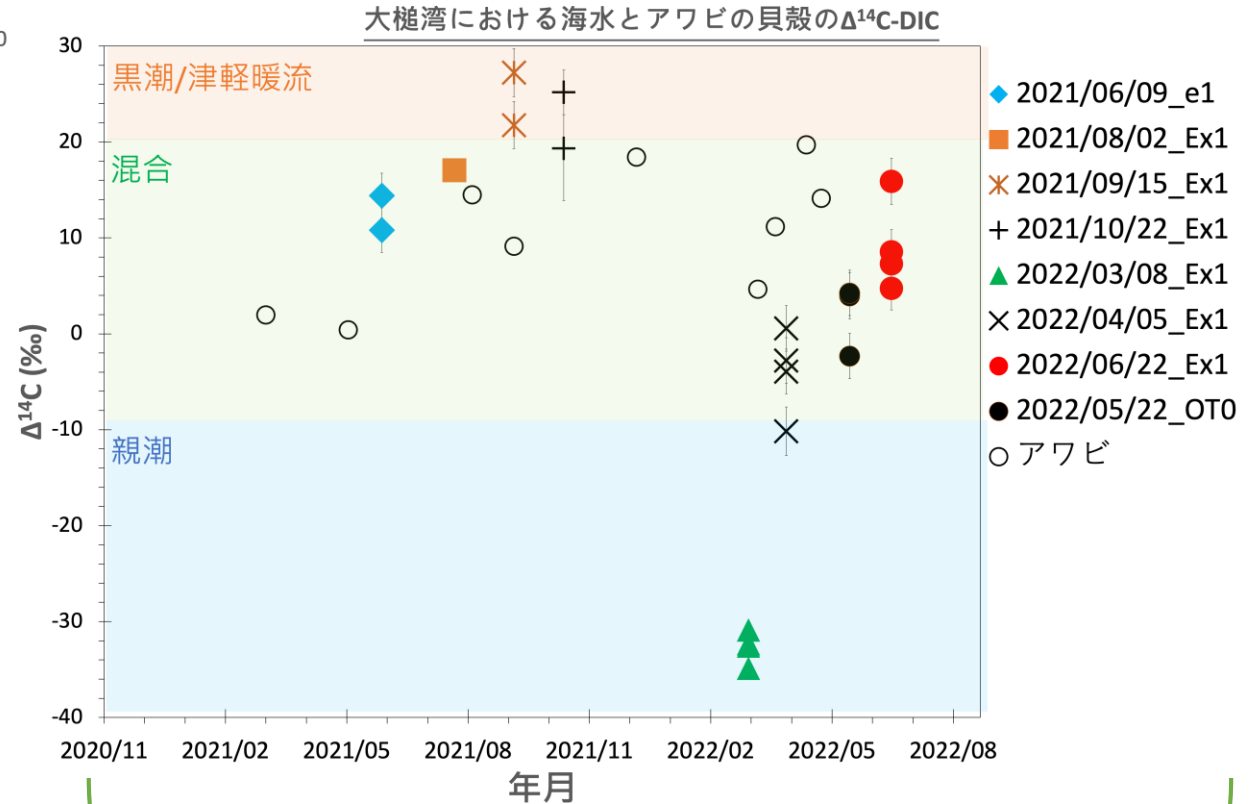
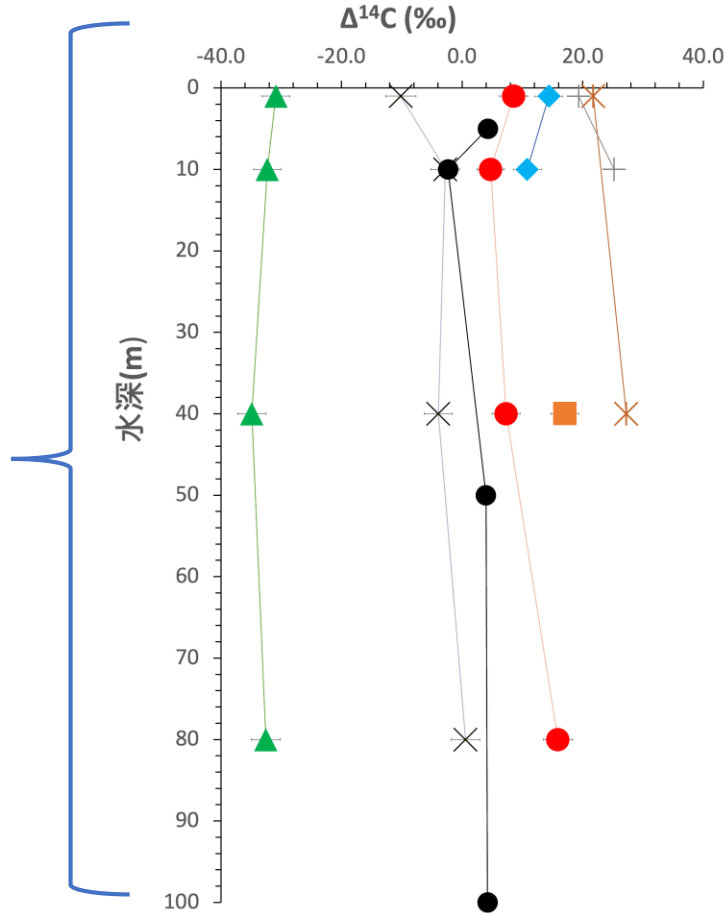
研究手法

結果と考察

結論と展望

# 大槌湾における $\Delta^{14}\text{C}$ -DICの季節変動と水塊の影響

大槌湾の表層  
100mでの水塊  
がよく混合され  
ている



## 明確な季節変動

- 3月： $\Delta^{14}\text{C}$ -DIC値が最も低い（平均：-32.7‰） ←親潮メイン
- 9月： $\Delta^{14}\text{C}$ -DIC値が最も高い（平均：24.5‰） ←黒潮メイン

背景と目的

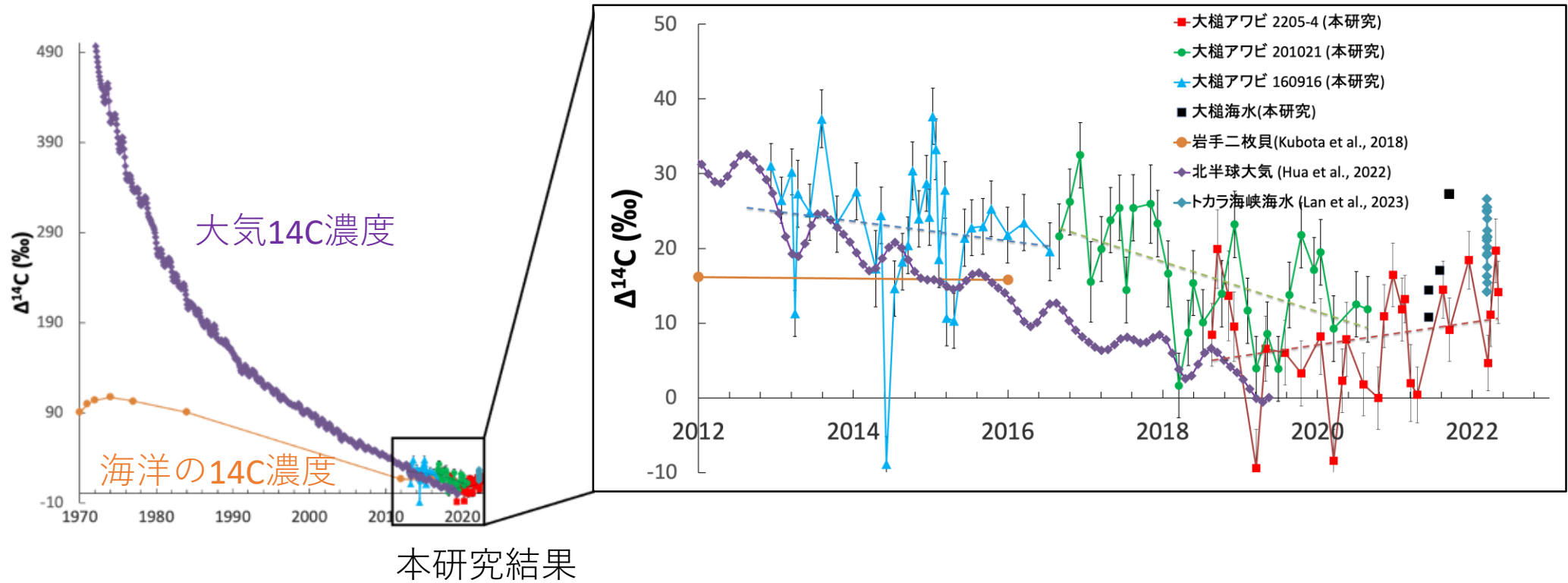
研究手法

結果と考察

結論と展望



# アワビ殻の $\Delta^{14}\text{C}$ で大槌湾の水塊変動の高精度復元



2011年～2019年：アワビ殻の $\Delta^{14}\text{C}$ が減少傾向↓  
2019年～2022年：アワビ殻の $\Delta^{14}\text{C}$ が増加傾向↑



黒潮や津軽暖流の影響の増加によるかもしれない  
気候変動の影響によるかもしれない

背景と目的

研究手法

結果と考察

結論と展望

# 結論

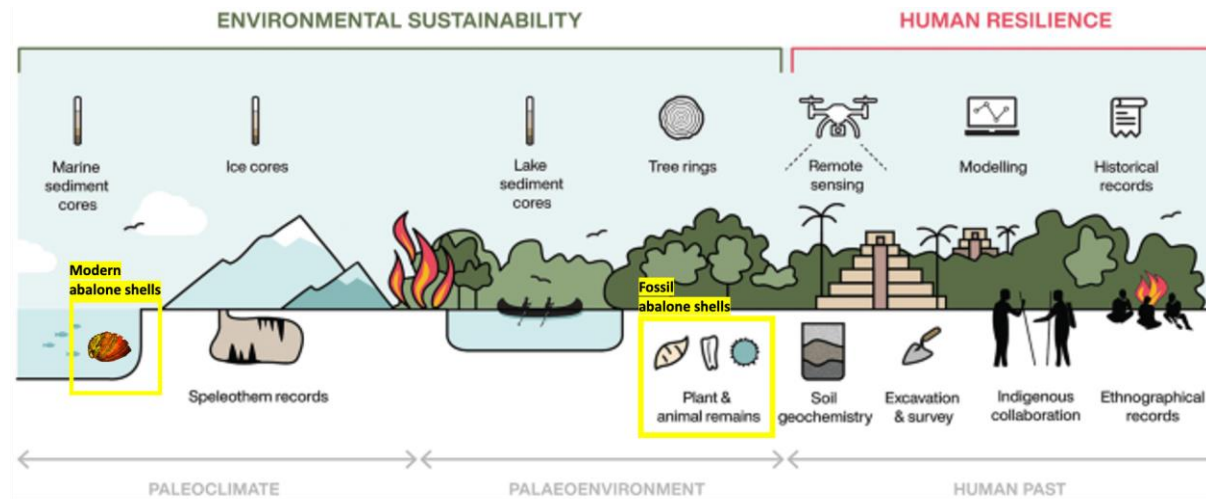
## 研究問題: アワビ貝殻が気候・海洋変動復元のアーカイブとして有効であるか？

### 本研究の成果:

1. アワビの殻に見られる障害輪は、1年に複数回形成される可能性があるため、 $\delta^{18}\text{O}$ 分析と組み合わせることで年齢推定の精度が向上する
2. アワビの殻の $\delta^{18}\text{O}_{\text{shell}}$ は過去の海水温度の信頼できるプロキシである
3. アワビの殻の $\Delta^{14}\text{C}$ 分析により水塊の混合の復元が可能である

### 将来の研究課題:

1. 気候変動が将来の三陸海域に与える影響の予測評価に役立つ可能性
2. 化石化したアワビの貝殻を用いた古海洋環境の復元
3. 古代の人々（例：縄文時代）がどのように自然と調和して生活していたかの解明



(modified from van Dalen & Roberts, 2022)

背景と目的

研究手法

結果と考察

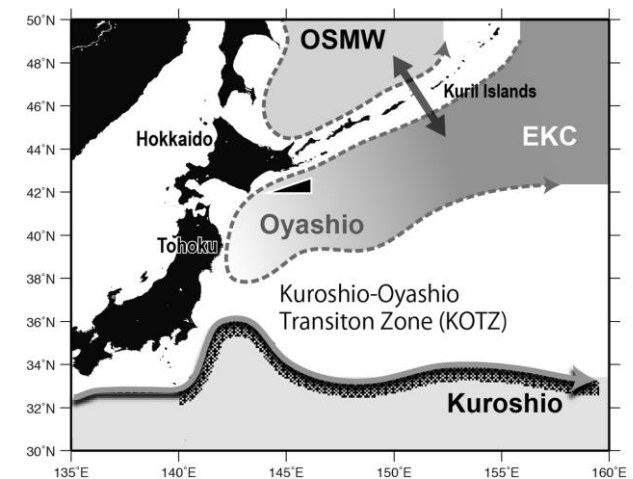
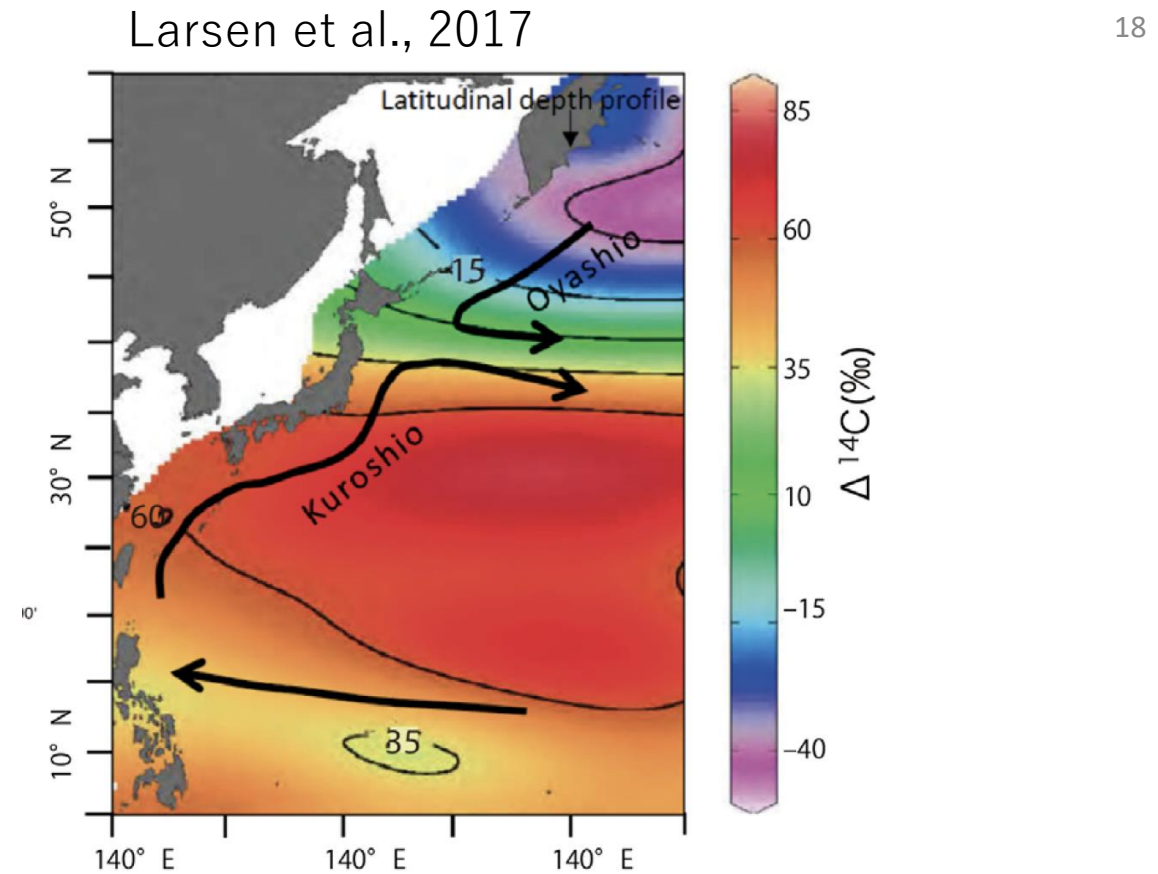
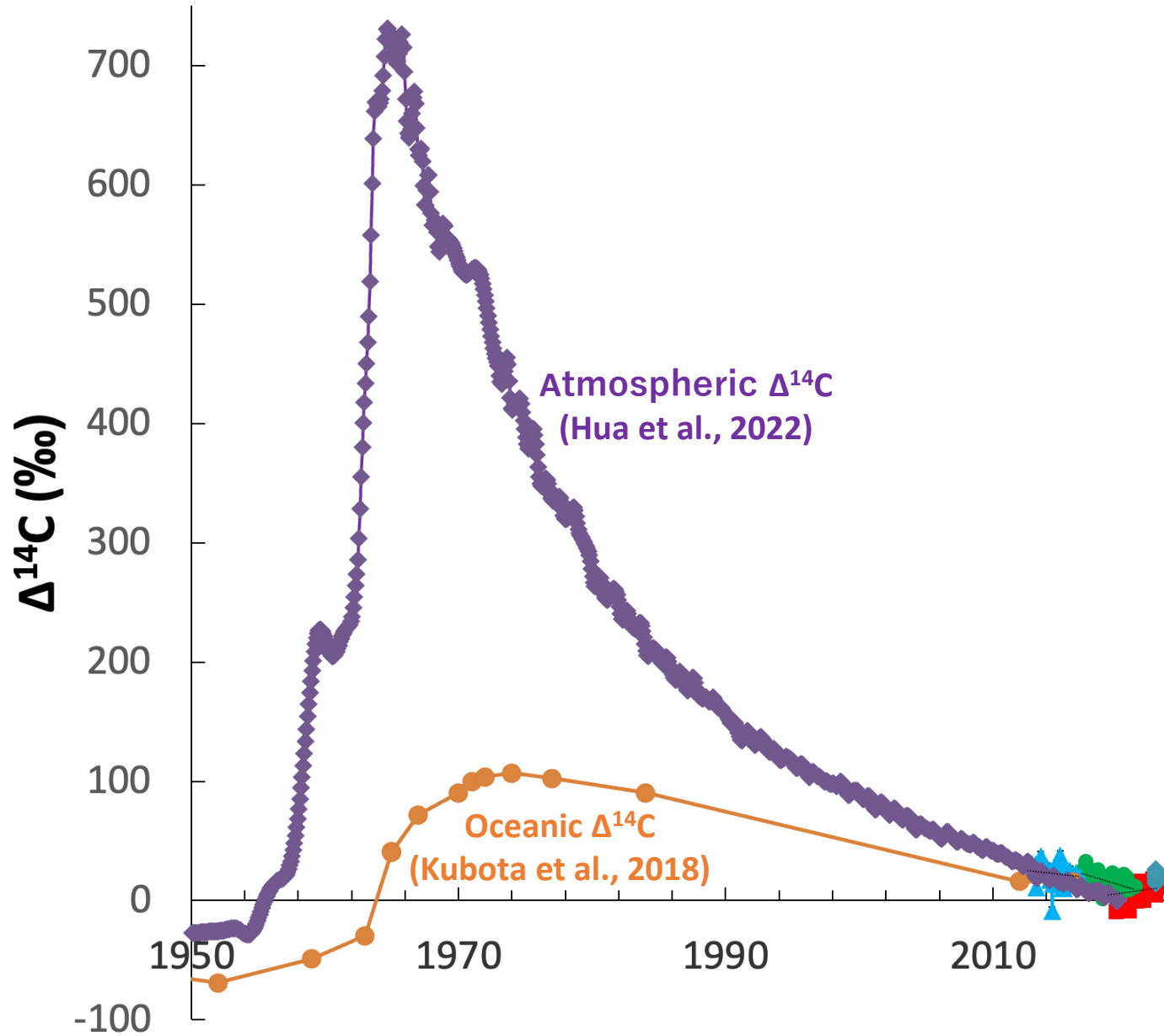
結論と展望

# 出典

1. Adkins, J. F., et al. (2002). Radiocarbon dating of deep-sea corals. *Radiocarbon*, 44(2), 567-580.
2. Gregar, D. (2003). ABMAP: The Abalone Mapping Project.
3. Hirabayashi, S., et al. (2017). Radiocarbon reservoir age in Ryukyu coral skeletons. *Journal of Quaternary Science*, 32(1), 1-6.
4. Hirabayashi, S., et al. (2019). Western Pacific circulation from South China Sea corals. *Radiocarbon*, 61(6), 1923-1937.
5. Kubota, K., et al. (2018). Bomb-14C in North Pacific bivalve shells. *J. Geophys. Res.: Oceans*, 123(4), 2867–2881.
6. Nishikawa, H., et al. (2020). Oyashio and Kuroshio fronts under climate change. *Prog. Earth Planet. Sci.*, 7(1).
7. Omata, T., et al. (2005). Stable carbon isotopes in coral skeletons. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69(12), 3007–3016.
8. Ota, K., et al. (2021). Radiocarbon in abalone shells from Otsuchi Bay. *Radiocarbon*, 63(4), 1249–1258.
9. Satoh, N., et al. (2019). Radiocarbon in macroalgae as ocean indicator. *Journal of Oceanography*, 75(4), 349–358.
10. Teh, L. S., et al. (2013). Global coral reef fishers estimate. *PLoS One*, 8(6), e65397.
11. UNEP-WCMC, WorldFish Centre, WRI, TNC (2021). Global warm-water coral reef distribution. Cambridge: UNEP-WCMC.
12. van Dalen, B., & Roberts, P. (2022). Prehistoric human sustainability. In *Palgrave Handbook of Global Sustainability* (pp. 1-40). Cham: Springer.
13. Yokoyama, Y., et al. (2019). Accelerator Mass Spectrometry at AORI, Univ. of Tokyo. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B*, 455, 311–316.

# 質問応答

# Bomb-14



Nishikawa et al., 2020



# 海面水温 (SST) と塩分 (SSS) で予測された $\delta^{18}\text{O}_{\text{shell}}$ の計算

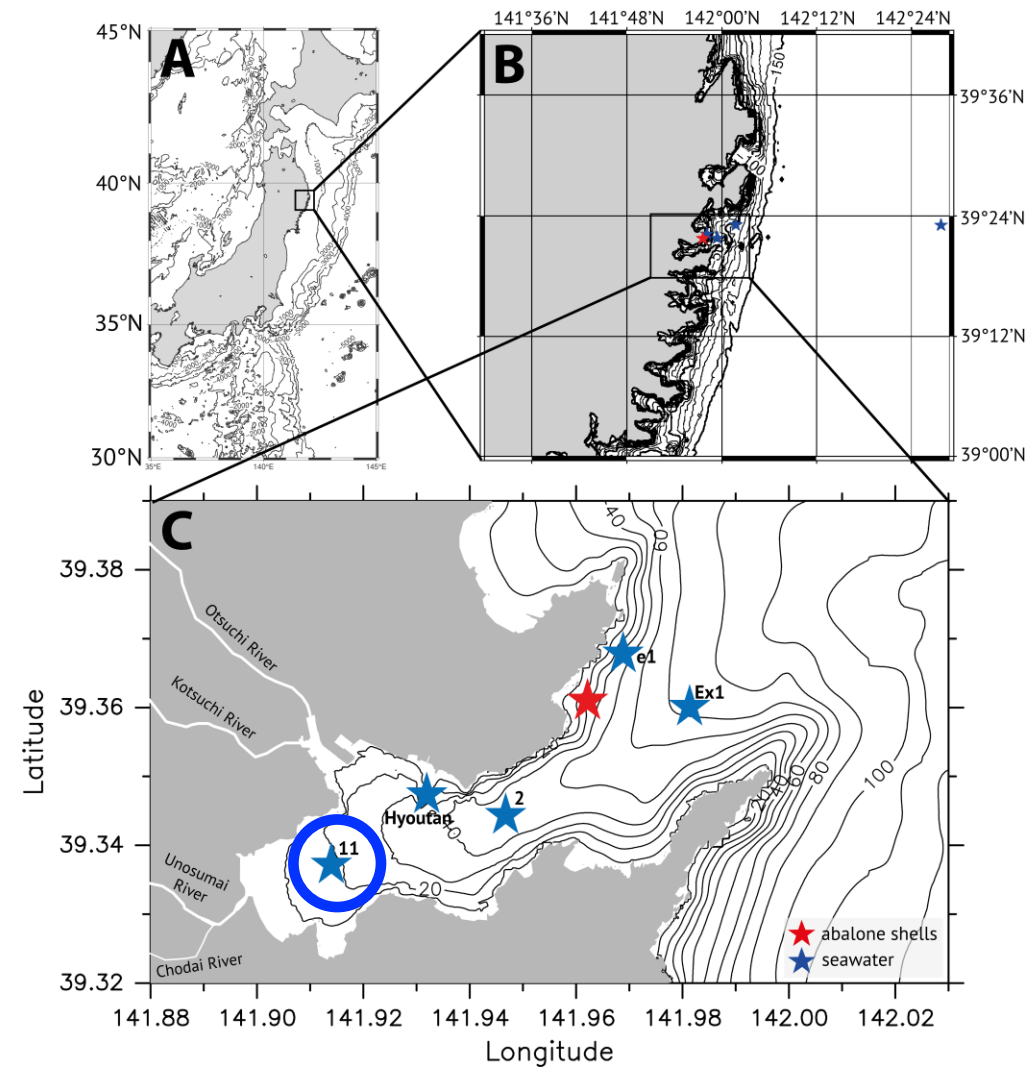
- 予測  $\delta^{18}\text{O}_{\text{shell}}$  の値は、St. 11 (水深約10m) のSSTとSSSデータを使用して算出 (H. Fukuda氏との個人的な連絡で得た)
- 月別/隔月データに基づくKim & O'Neil (1997) の平衡分別方程式と、Yamamotoら (2011) の方程式で計算した  $\delta^{18}\text{O}_{\text{water}}$  を使用

$$10^3 \ln \alpha = 17.88 \times \frac{10^3}{T} - 31.14$$

$$\alpha = \frac{10^3 + \delta^{18}\text{O}_{\text{shell}} (\text{SMOW}\text{‰})}{10^3 + \delta^{18}\text{O}_{\text{water}} (\text{SMOW}\text{‰})}$$

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{water}} (\text{SMOW}\text{‰}) = 0.66 \times \text{SSS} - 22.41$$

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{shell}} (\text{SMOW}\text{‰}) = 1.0304677 \times \delta^{18}\text{O}_{\text{shell}} (\text{PDB}\text{‰}) + 30.4678$$



(Made with GMT)

背景と目的

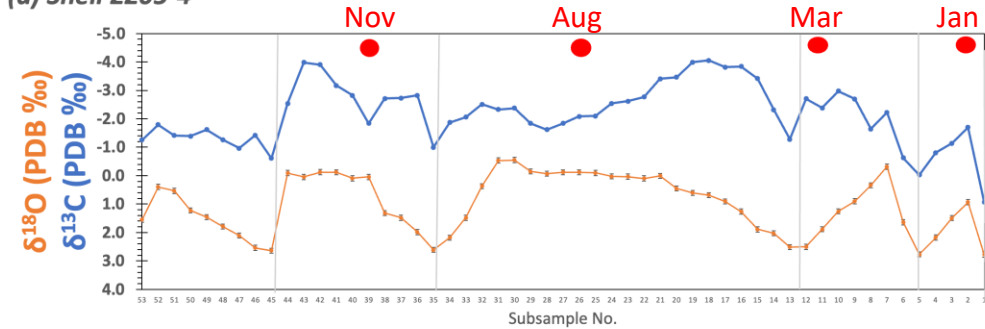
研究手法

結果と考察

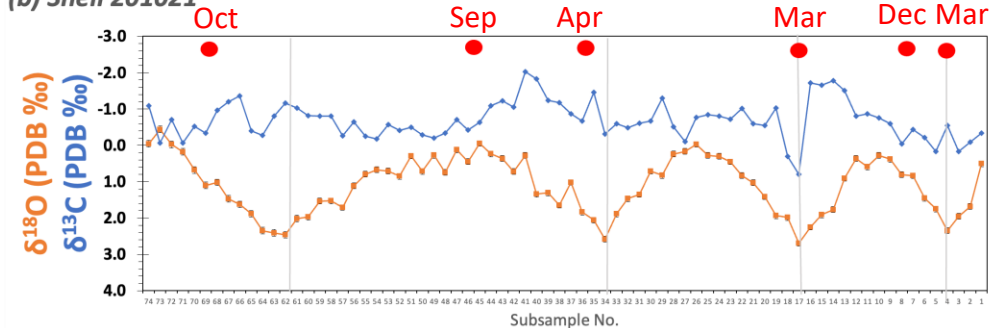
結論と展望

# アワビ貝殻の障害輪と $\delta^{18}\text{O}$

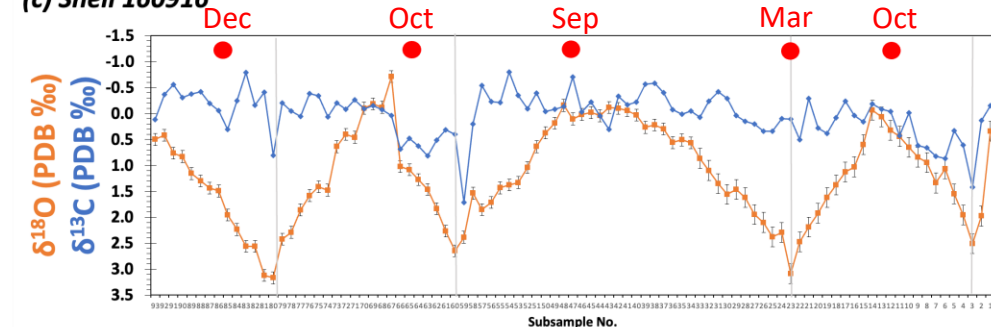
(a) Shell 2205-4



(b) Shell 201021



(c) Shell 160916



- 障害輪と $\delta^{18}\text{O}$ ピークには不一致
  - 障害輪はSST（海面水温）が低い時に形成されると考えられてきたが、 $\delta^{18}\text{O}$ と $\delta^{13}\text{C}$ はこれを支持していない
- 多くの障害輪において、 $\delta^{13}\text{C}$ がストレスのシグナルを示している
- 障害輪は他の季節にも形成される可能性がある
- 正確な年代決定には障害輪および化学的方法の統合が重要である

● 観察された障害輪

—  $\delta^{18}\text{O}$ ピーク（海面水温が一番低い時）

背景と目的

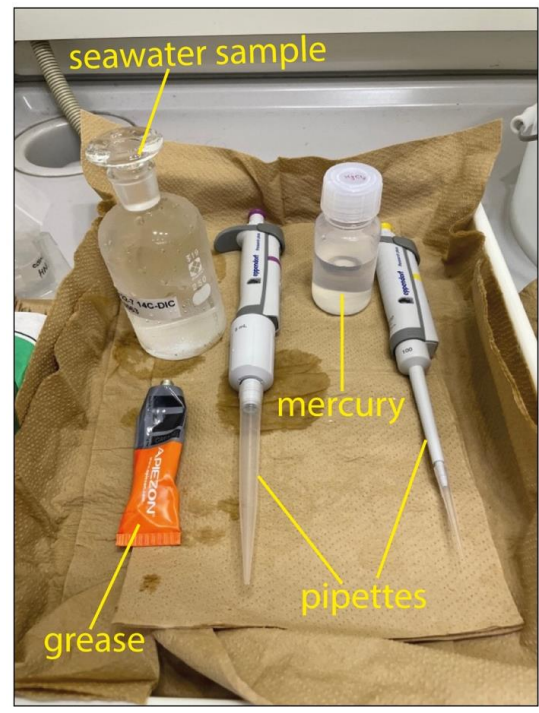
研究手法

結果と考察

結論と展望

# 海水放射性炭素 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) 分析

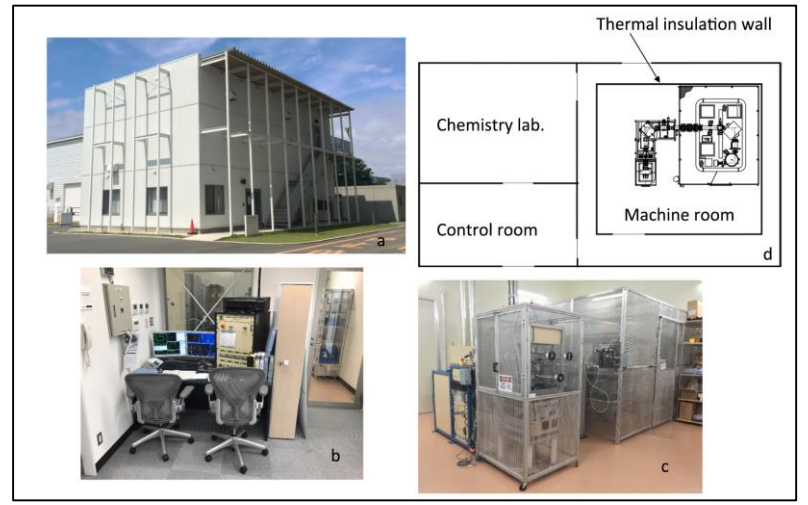
## (1) サンプルング & 前処理



## (2) グラファイト化



## (3) 加速器質量分析計 (AMS)



(Yokoyama et al., 2019)



# アワビと文化

- 日本語の「アワビ」という名前の由来：「**逢わずわびし**」  
伊勢の海人の 朝な夕なに 潜くといふ 鮑の貝の 片思にして  
(万葉集 卷十一 二七九八)
- 2000年前に秦の始皇帝が**不老不死の薬**として探し求めたものが日本の九穴のアワビであったという説もある
  - 大槌湾にある「蓬莱島」は徐福が目指した三つの聖なる山の一つと同じ名前を持っている
- 天草**潜伏キリシタンの信心具**：「内側の模様を聖母マリアに見立てて崇敬した」
- 伊勢志摩地域の**海女さん**
- 海外でも色々アワビと関係ある文化がある
  - 例：トングヴァ族やアカチェメン族にとって、海や自然との深いつながりや尊重を象徴する存在であり、**自然と調和し共存する価値観**を表す文化的シンボル



崎津資料館「みなと屋」に展示されているアワビ貝の信心具（西日本新聞）



The Sea Around Us (Artwork by Rebeca Méndez)

背景と目的

研究手法

結果と考察

結論と展望



