

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第75回 北海道大学 低温科学研究所 (2024.2.16)

12:05-12:10(5分) : 研究所・センターの概要

12:10 – 12:25(15分) :

「哺乳類の冬眠の制御に関わる分子・遺伝子に迫る」 山内彩加林 助教

「南極の海と氷の相互作用」 中山佳洋 助教

12:25 – 1 2:45(20分) : 質疑応答

低温科学研究所の概要

- 沿革

- 1941年北大初の附置研究所として設立
- 2010年以降 「寒冷圏及び低温条件下における科学的現象に関する学理及びその応用の研究」を目的とする共同利用・共同研究拠点

- 研究組織・体制

雪氷新領域部門, 水・物質循環部門, 生物環境部門 (32名)

環オホーツク観測研究センター (9名)

共同研究推進部(6名)

技術部(9名)

教授: 14, 准教授: 8, 講師: 1, 助教: 20 合計43名

低温科学研究所の特色

地球惑星科学(環境学, 大気・海洋科学など), 物理学, 化学, 生物学といった広範な分野の研究者が学際的でユニークな研究を展開

■ 低温が鍵となる学際的研究 【ボトムアップ的研究】

氷表面反応, 氷の特異な表面状態, 水中での有機物結晶化, 冬眠の科学 etc



地球惑星科学, 天文学, 化学, 物理学, 生物, 結晶工学, 薬学 etc. に新たな展開

■ グローバルな極域研究 【プロジェクト・トップダウン的研究】



海洋物理学, 化学海洋学, 微生物学, 同位体化学等の研究者の密な関係

なぜできる？

- 独自開発した水・氷に関する世界的に卓越した分析・実験技術
- 所内技術部の充実
- 一人一人が学際的な意識, ユニークさを求める姿勢(人事が重要)

■ 科研費取得率

- 過去5年の大型科研費(代表として): 特別推進研究:1, 基盤S:4, 基盤A:6, 学変A(領域代表):1, 学変B(領域代表):1
- 過去5年の取得状況(代表として)

	R1	R2	R3	R4	R5
総額(億円)	3.3	4.6	4.7	2.8	4.6
教員あたり(百万円)	7.2	10.0	10.3	5.8	9.1
教員あたり課題数	0.81	0.96	1.1	0.93	0.93

■ 共同研究数(公募による)

開拓型，研究集会，一般研究

R2	R3	R4	R5	R6
71	55	54	83	(81)

←→
コロナ禍

■ 共同研究論文数・論文国際共著率





HOKKAIDO
UNIVERSITY



2024.02.16 文部科学省と附置研センターとの定例ランチミーティング

哺乳類の冬眠の制御に関わる分子・遺伝子に迫る

北海道大学低温科学研究所
冬眠代謝生理発達分野 助教
山内 彩加林



 北海道大学低温科学研究所
Institute of Low Temperature Science Hokkaido University



冬眠

食べ物が少なく寒い季節に、代謝と熱発生を抑制して
低体温で生き延びるための適応戦略



シリアン
ハムスター

現象自体は100年以上前から
記述されているが、
その制御に関わる分子・遺伝子は
いまだ全く不明

私は、冬眠の分子機構を
理解すべく研究を進めています。

冬眠する哺乳類のスゴイ能力

省エネな体

全身性の代謝抑制

止まらない心臓

栄養源のリサイクル

低体温耐性

傷まない臓器

体温の設定値変更

燃やせる脂肪

脂肪の効率的な利用

食欲・体重の設定値変更

衰えない筋肉

筋肉の廃用性萎縮への耐性

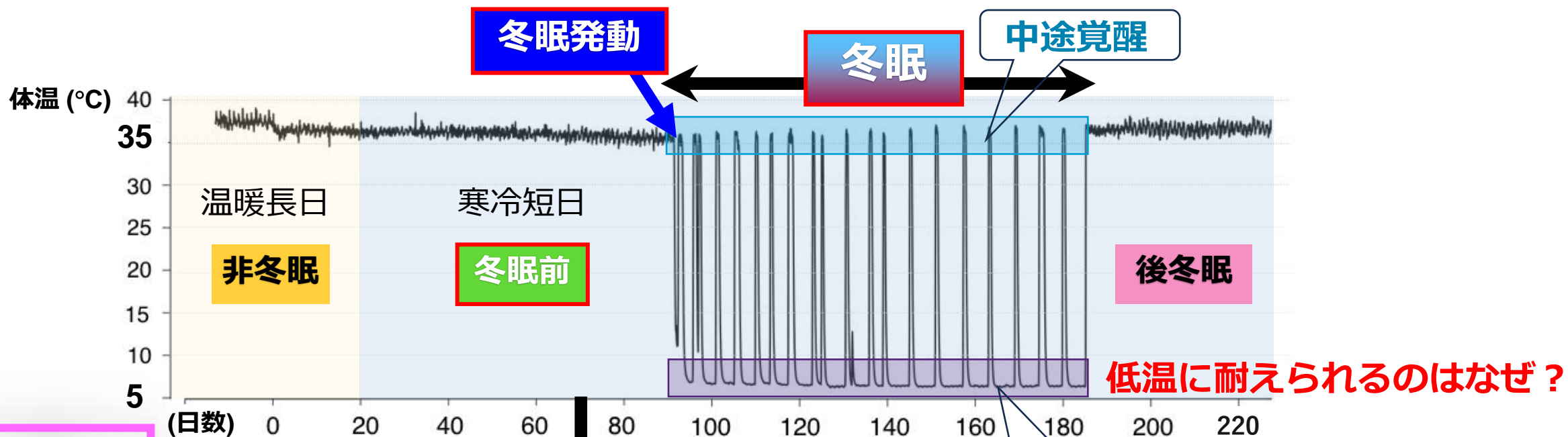
冬期うつ症との関連

季節に応じて変わる脳

etc.

哺乳類の冬眠の不思議

冬眠発動は何で決まる？



環境
or
年周リズム

冬眠できない

体の作りかえ

冬眠できる



夏のからだ



冬のからだ



冬眠に向けて
どんな体になる？

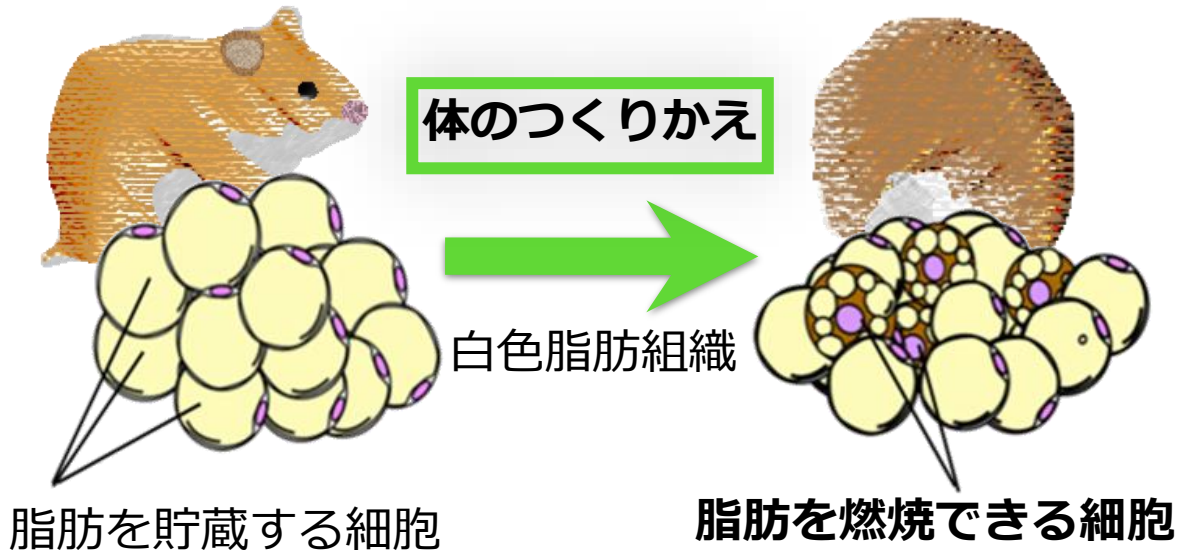
冬眠前・冬眠中の分子機構を独自に発見！

冬眠に向けて

**貯蔵と燃焼を
同時にできる機構の発見！**

冬眠中

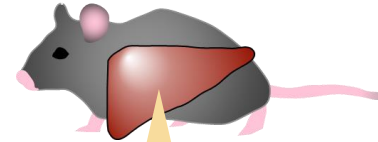
**低温で障害を受けないのはなぜ？
ビタミンEが重要だった！**



Molecular Basis of White Adipose Tissue Remodeling That Precedes and Coincides With Hibernation in the Syrian Hamster, a Food-Storing Hibernator

Yuichi Chayama¹, Lisa Ando¹, Yuya Sato¹, Shuji Shigenobu², Daisuke Anegawa¹, Takayuki Fujimoto¹, Hiroki Taii¹, Yutaka Tamura², Masayuki Miura¹ and Yoshifumi Yamaguchi^{1,4*}

非冬眠哺乳類
(マウス)



低ビタミンE含量

細胞死

冬眠哺乳類 (ハムスター)



高ビタミンE含量

低温で生存可能！

frontiers
in Physiology

communications
biology

ARTICLE

<https://doi.org/10.1038/s42003-021-02297-6>

OPEN

Check for updates

Hepatic resistance to cold ferroptosis in a mammalian hibernator Syrian hamster depends on effective storage of diet-derived α -tocopherol

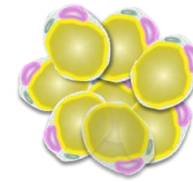
Daisuke Anegawa^{1,2}, Yuki Sugiura³, Yuta Matsuoka⁴, Masamitsu Sone¹, Mototada Shichiri⁵, Reo Otsuka¹, Noriko Ishida⁵, Ken-ichi Yamada⁴, Makoto Suematsu³, Masayuki Miura^{1,2} & Yoshifumi Yamaguchi^{1,6,7}*

Next 冬眠発動に着目

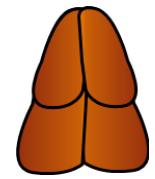
冬眠発動や低温耐性を決める分子は何か？



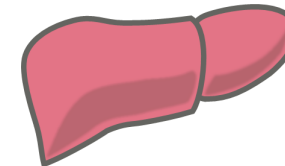
冬眠期には多臓器で脂質代謝に変化がみられる！



白色脂肪組織



褐色脂肪組織



肝臓

冬眠に大事なシグナルを出している？

学際的な研究により、冬眠に重要な脂質を探索中！

これまでの冬眠研究

脂質



エネルギー源
情報伝達

情報伝達としての
脂質の役割は？

どんな脂質がたまる？

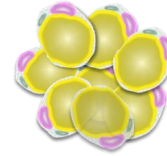
分析化学的手法

融合

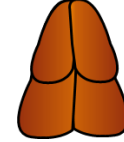
冬眠に重要な
分子を探索中



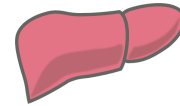
ハムスター



白色
脂肪

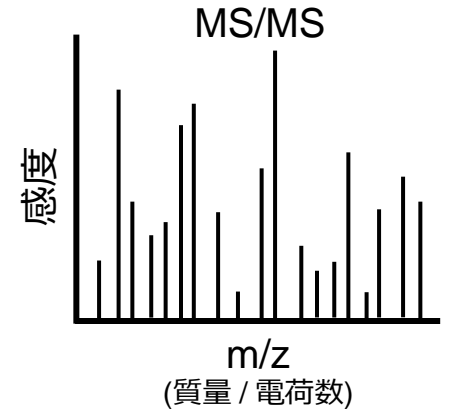
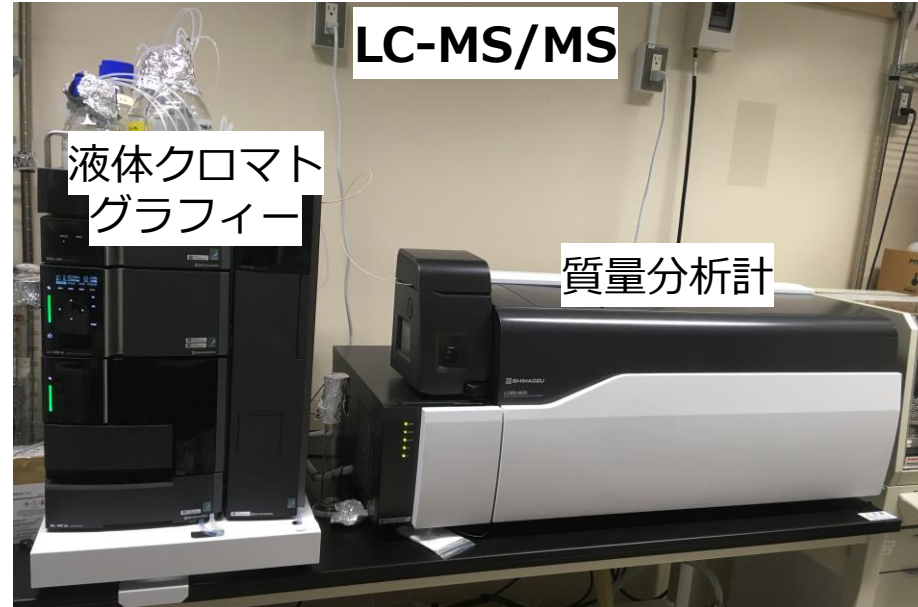
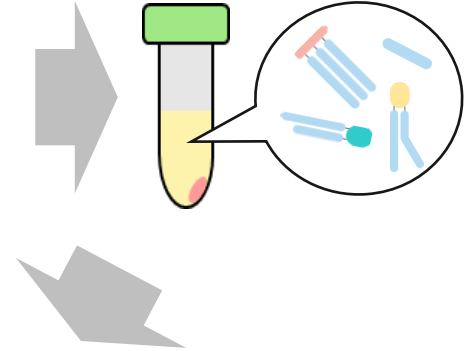


褐色
脂肪



肝臓

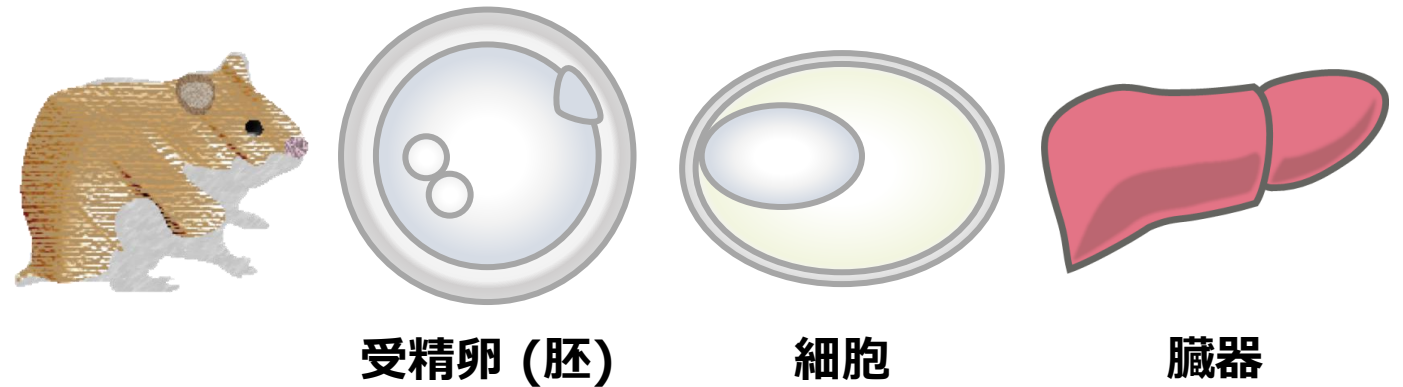
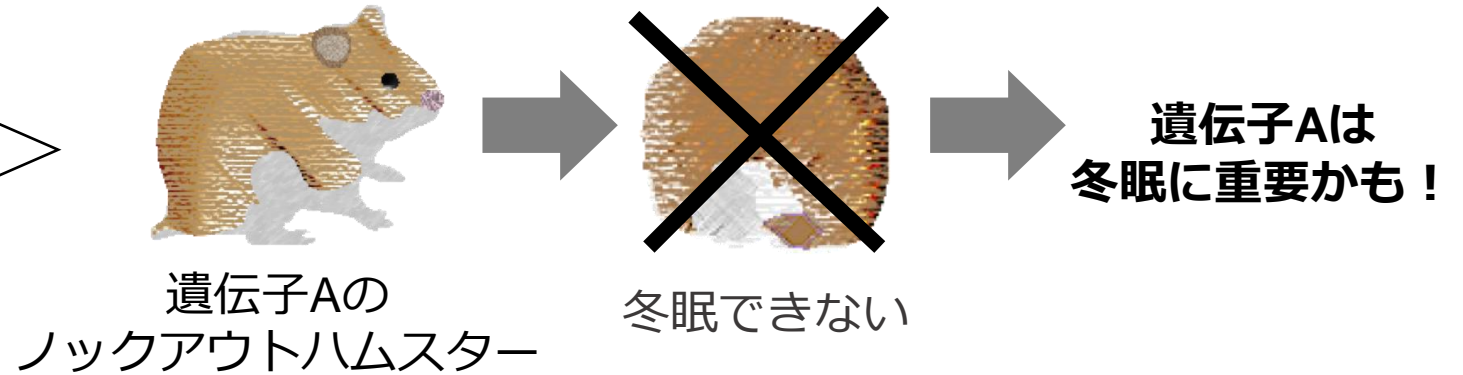
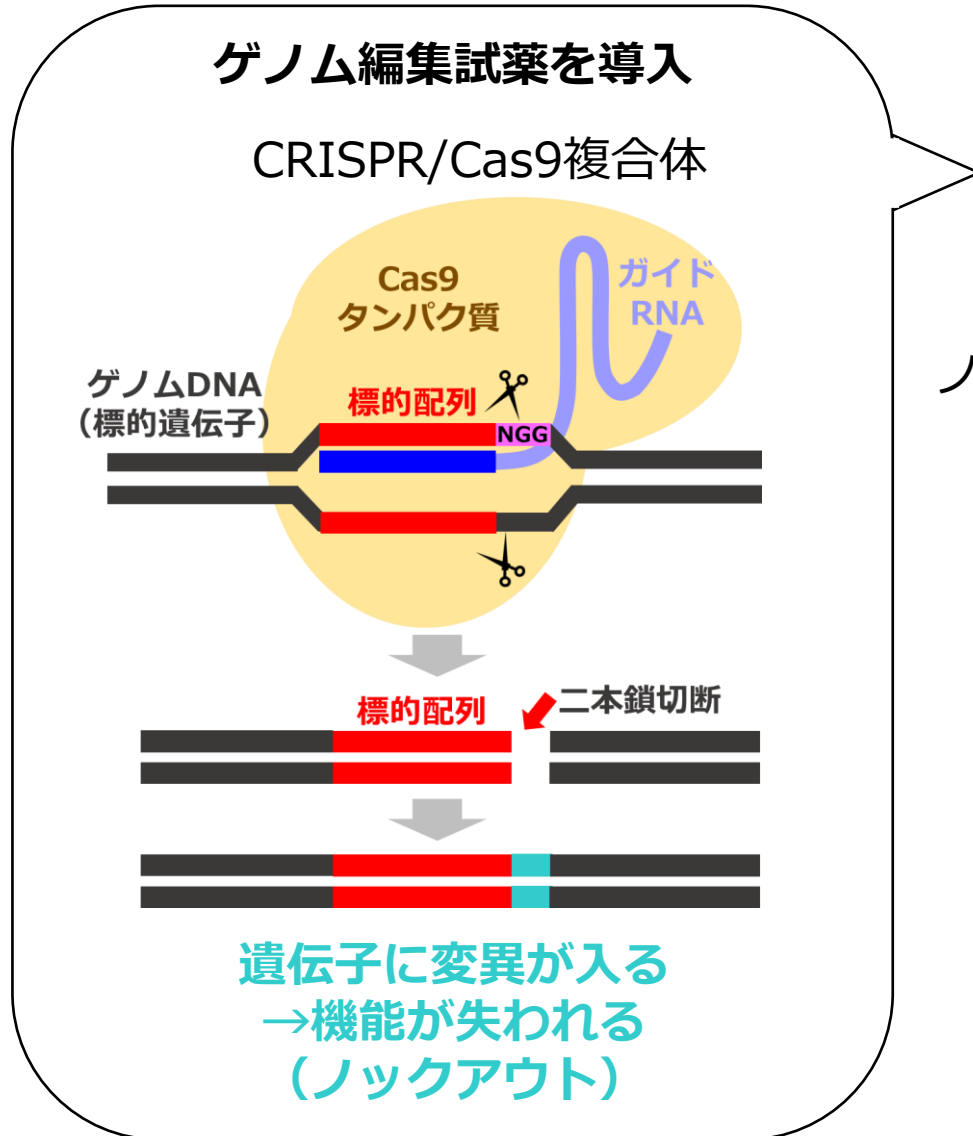
脂質抽出



脂質を同定

冬眠を制御する分子・遺伝子の発見に向けて

冬眠発動のカギとなる遺伝子は不明



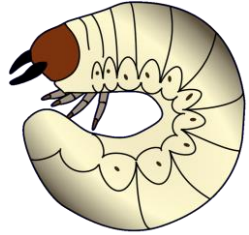
冬眠の制御に関わる遺伝子発見のため、
これまでみつけた候補遺伝子の
ノックアウトハムスターやノックアウト細胞株を樹立

今後に向けて

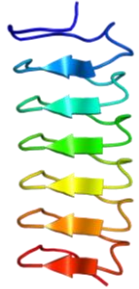
大学院：

変温動物の低温適応を分子レベルで研究

不凍タンパク質



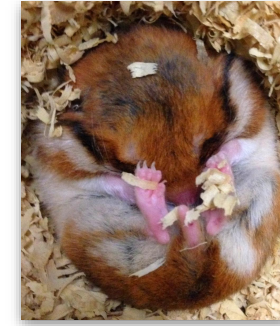
変温動物



低温耐性や
凍結防止の
分子メカニズムを
研究



冬眠研究に興味を持つ



哺乳動物

冬眠の分子機構は
未だ殆ど不明

融合

学際的な研究展開により、冬眠の分子機構を理解できる可能性がある



低温研は
最適な研究環境！

低温環境での様々な自然現象を研究

物理 化学 地球科学 生物学

**ご清聴いただき
ありがとうございました**



南極の海と氷の相互作用

北大低温研 中山佳洋

略歴

2005 学士：名古屋大学工学部機械航空工学科

2009 修士：北海道大学、環境科学院

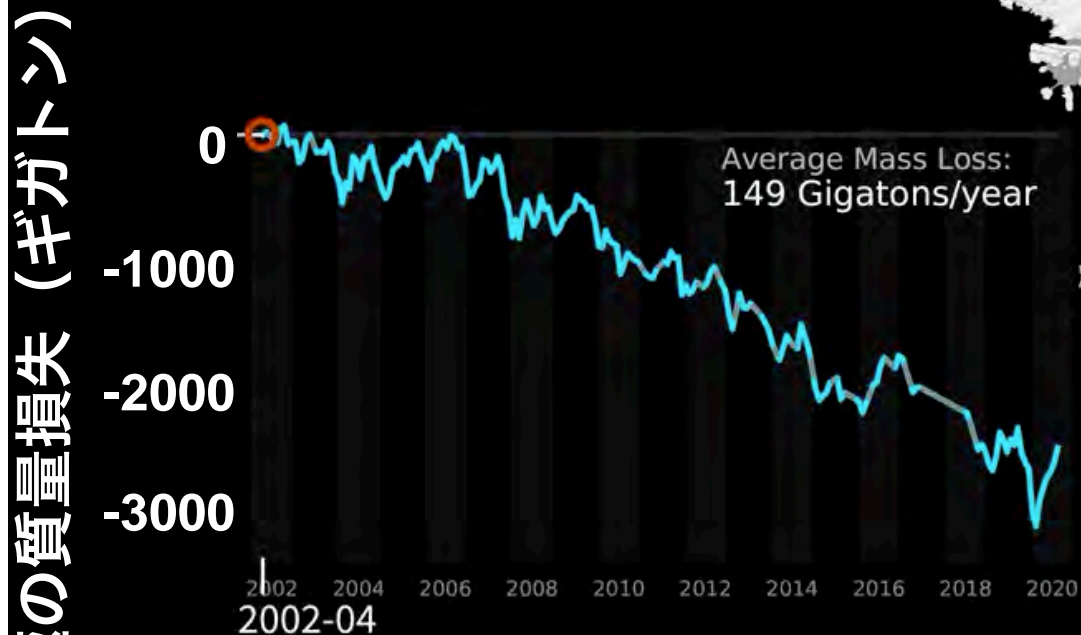
2011 博士：アルフレッドウェゲナー極地海洋研究所、ドイツ

2015 ポスドク：NASAジェット推進研究所、アメリカ

2018 助教：北海道大学低温科学研究所

南極による氷損失は海面上昇に寄与する

人工衛星 (GRACE, GRACE-FO) による観測
南極の質量損失 (2002-2023)



南極の質量損失 (水換算メートル)



NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio

NASA and JPL/Caltech

<https://svs.gsfc.nasa.gov/31158>

南極の海と氷に内在する転換点

南極の海によって氷損失/海面上昇が加速する



南極による海面上昇への寄与のメカニズム

暖かい水塊
流入



棚氷が
薄くなる



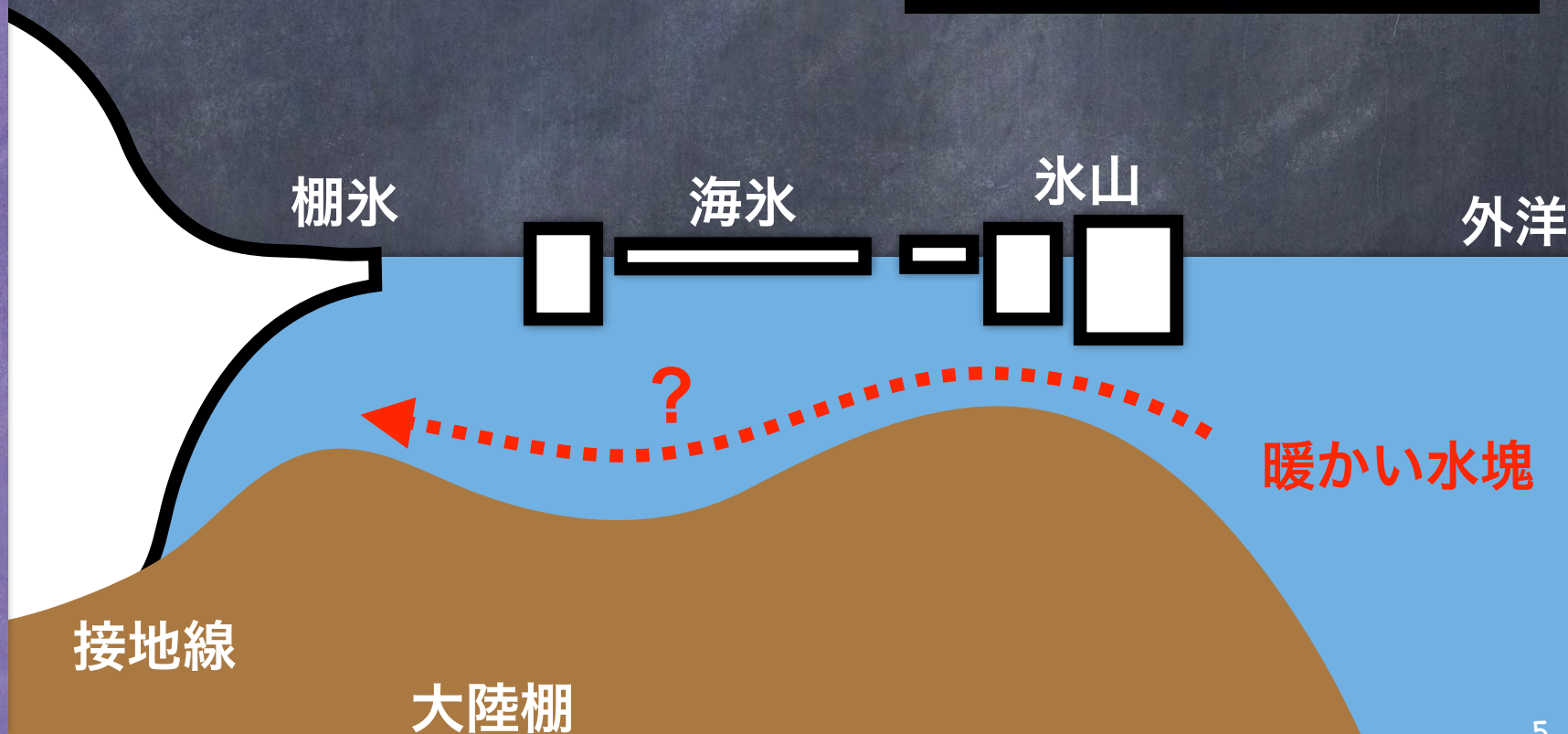
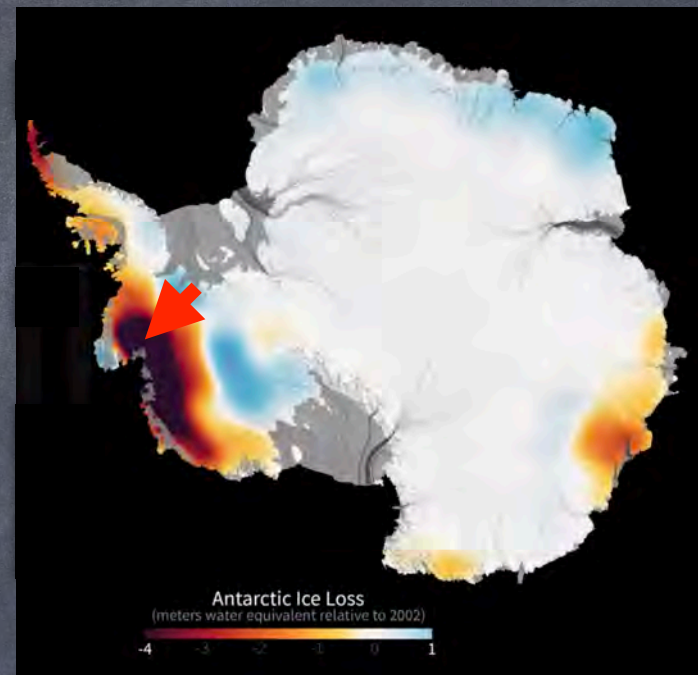
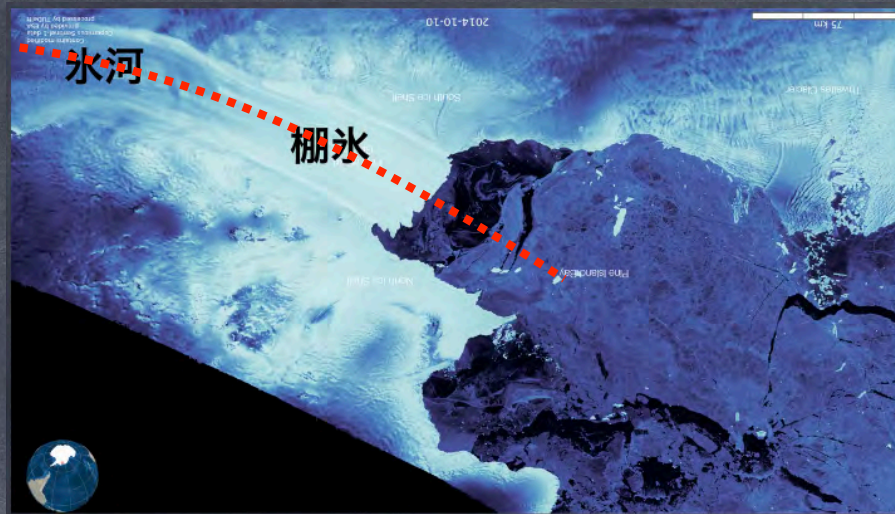
氷河の加速



南極大陸の
氷の流出

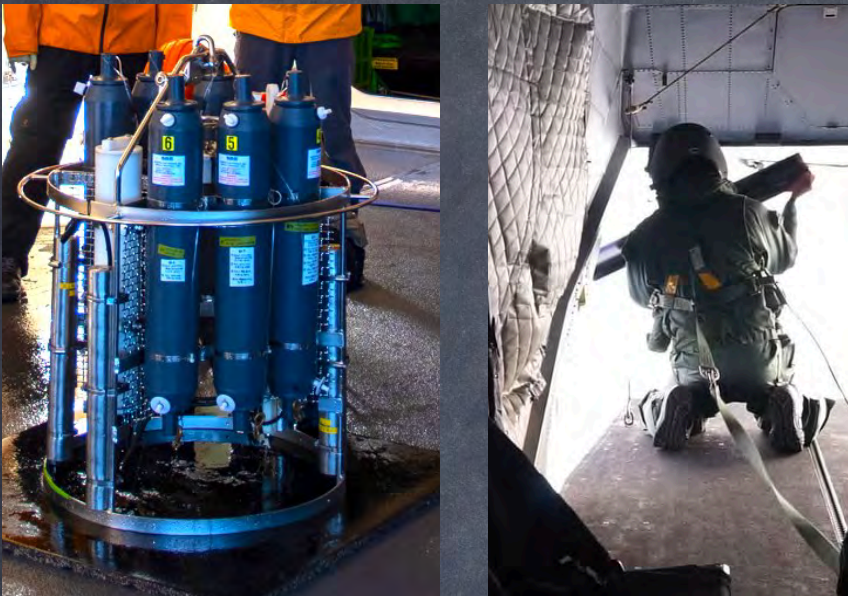


海面上昇



南極に内在する転換点を理解することが難しい要因

観測



観測の問題点：
観測場所/時刻がばらばら。全体像と長期変動を捉えることが困難。

数値モデル



数値モデルの問題点：
平均場などのみで再現性が評価されることが多い。棚氷融解が異なる物理プロセスによって駆動される。

本研究室の研究手法：南極に内在する転換点を理解するための現場観測/モデル開発

- 数値モデルを利用して、重要観測地点を特定。現場観測を実施。
- **観測/モデル/データ同化を融合**し、棚氷融解を引き起こす高温の水塊の空間分布、時間変動、またその物理プロセスを従来に比べ格段に再現できるモデルを開発。

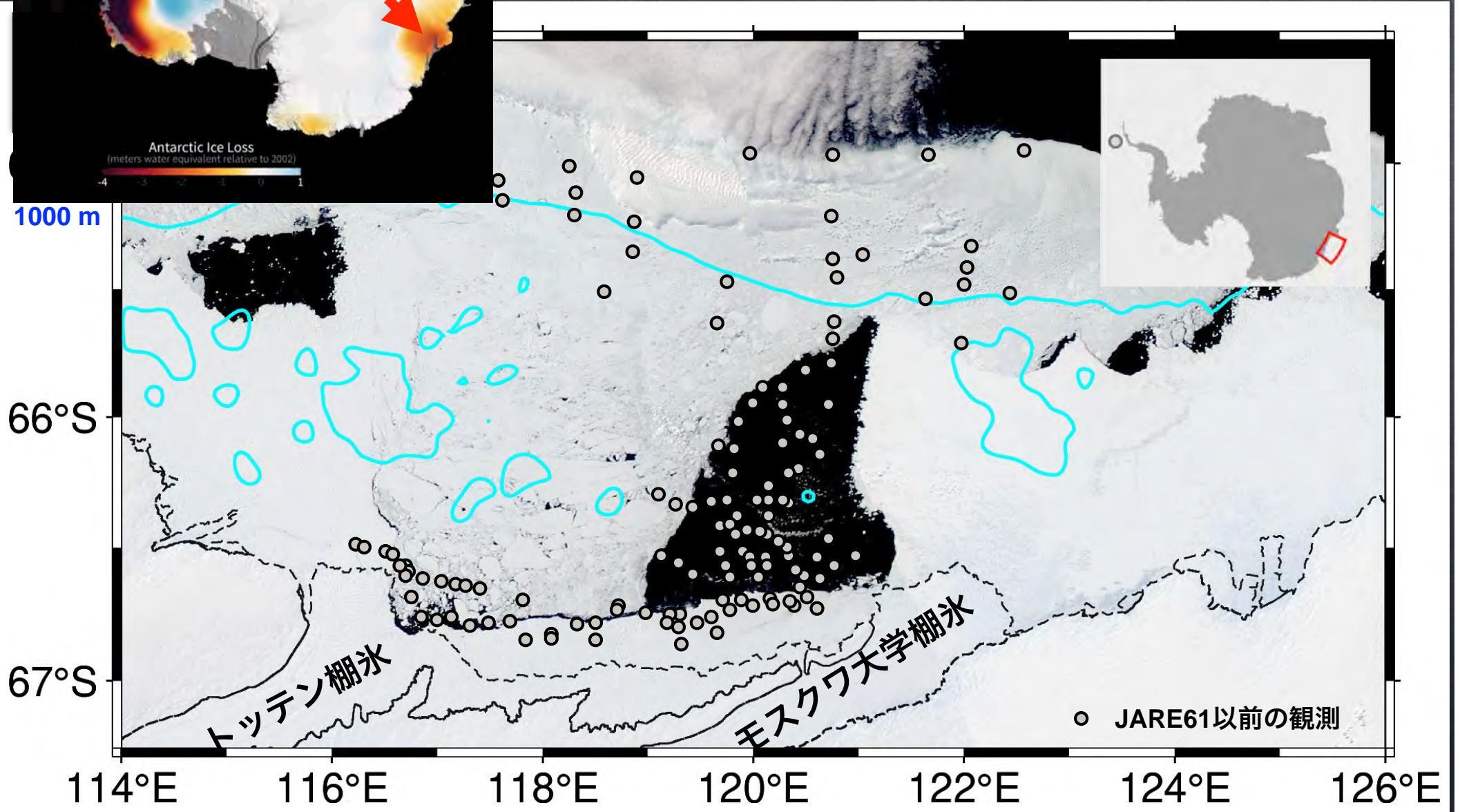
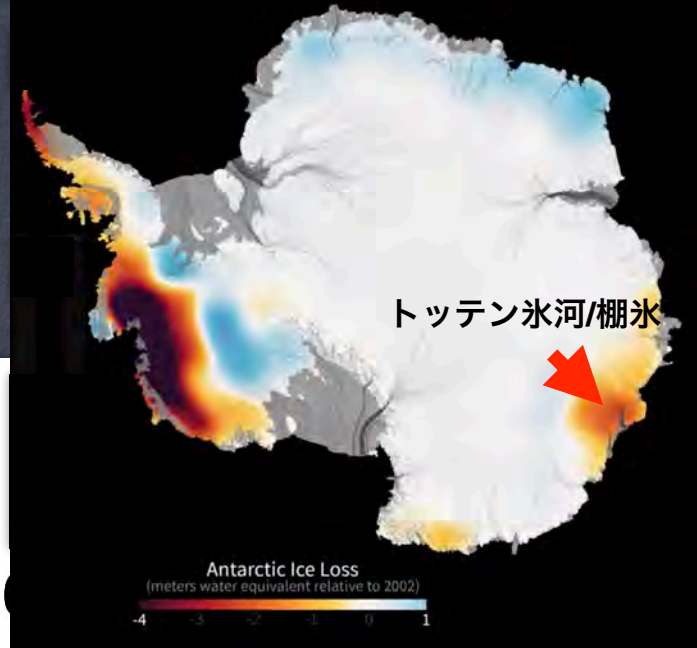
観測

ヘリコプターを用いたトッテン氷河域の観測

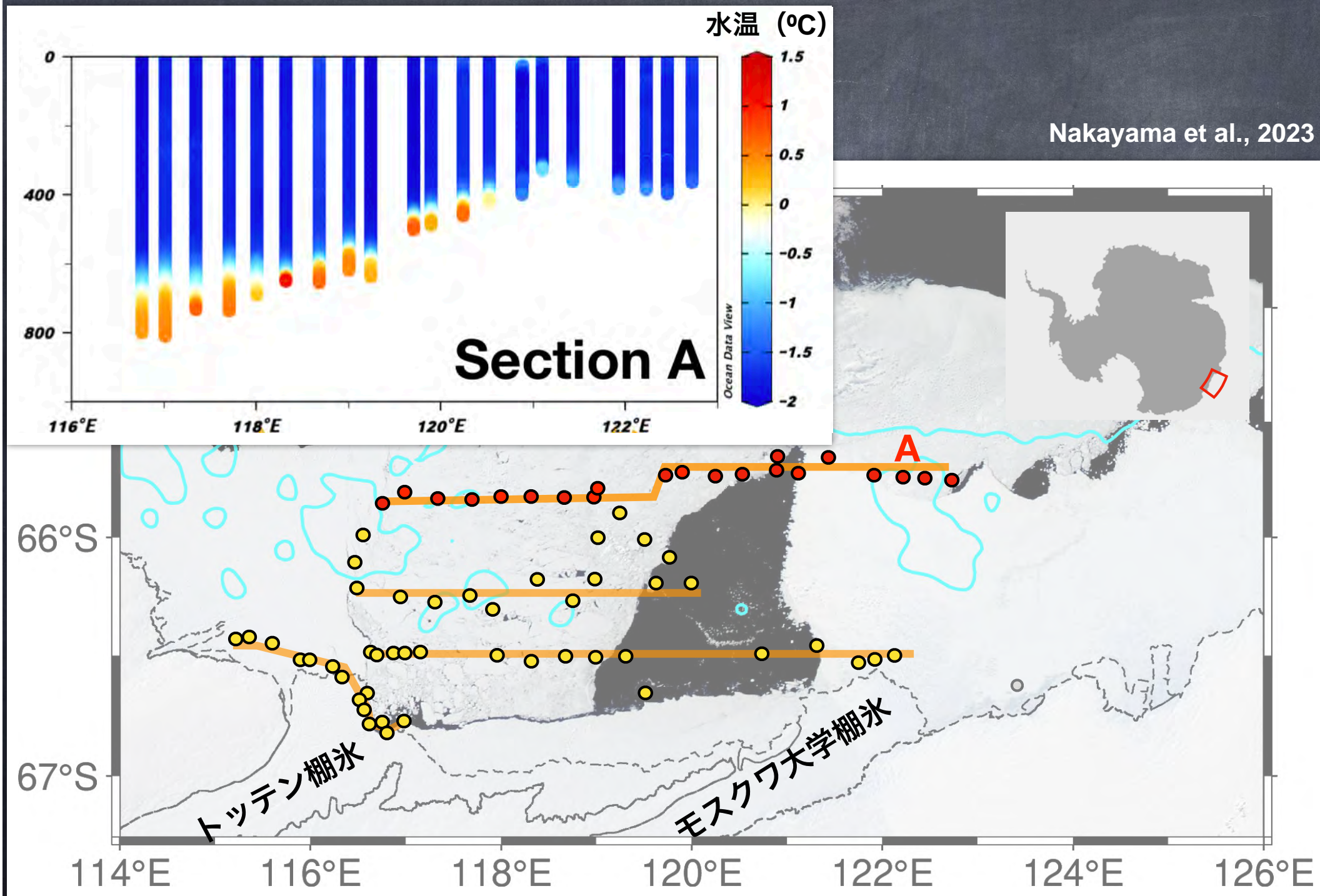


過去の観測

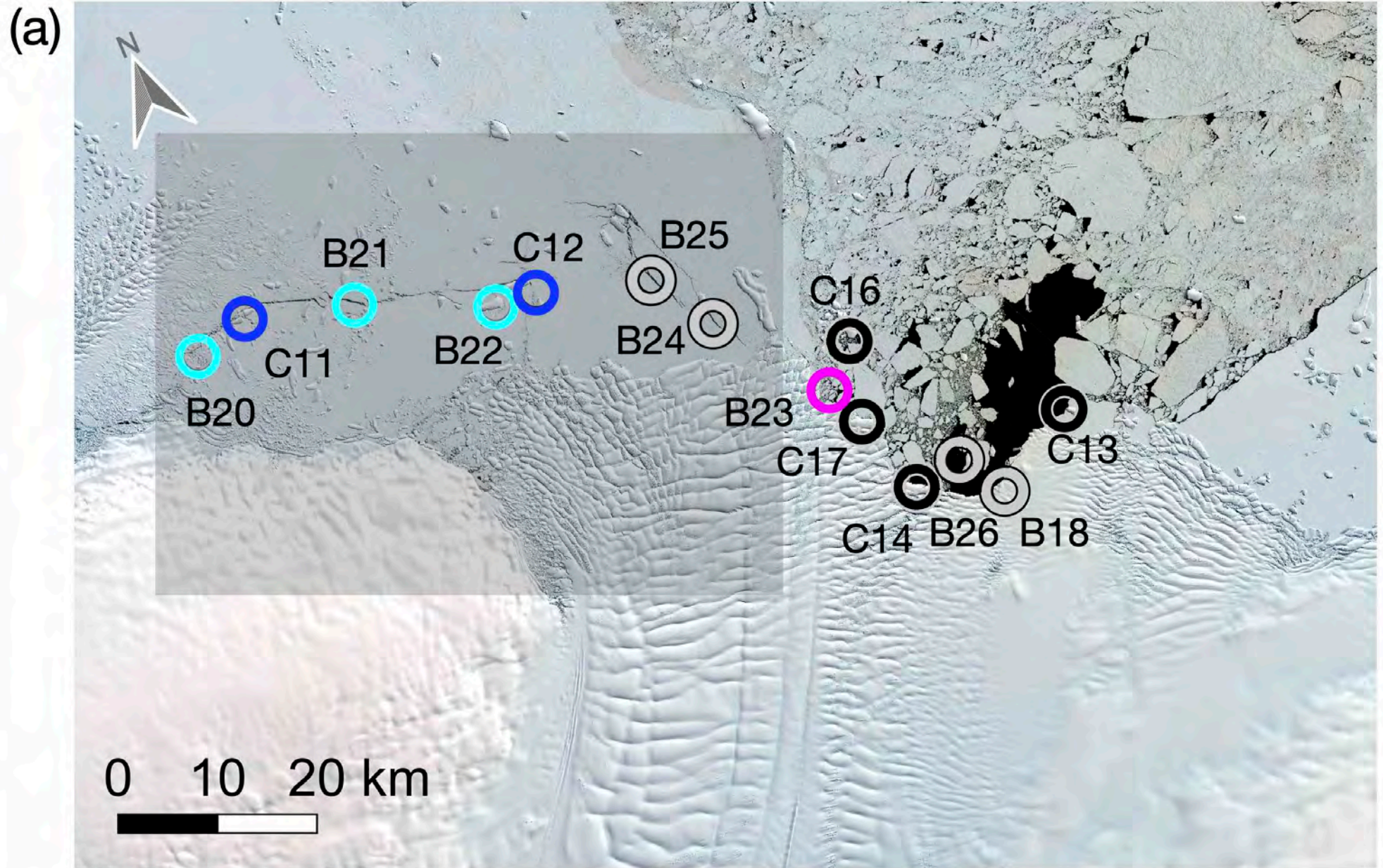
Nakayama et al., 2023



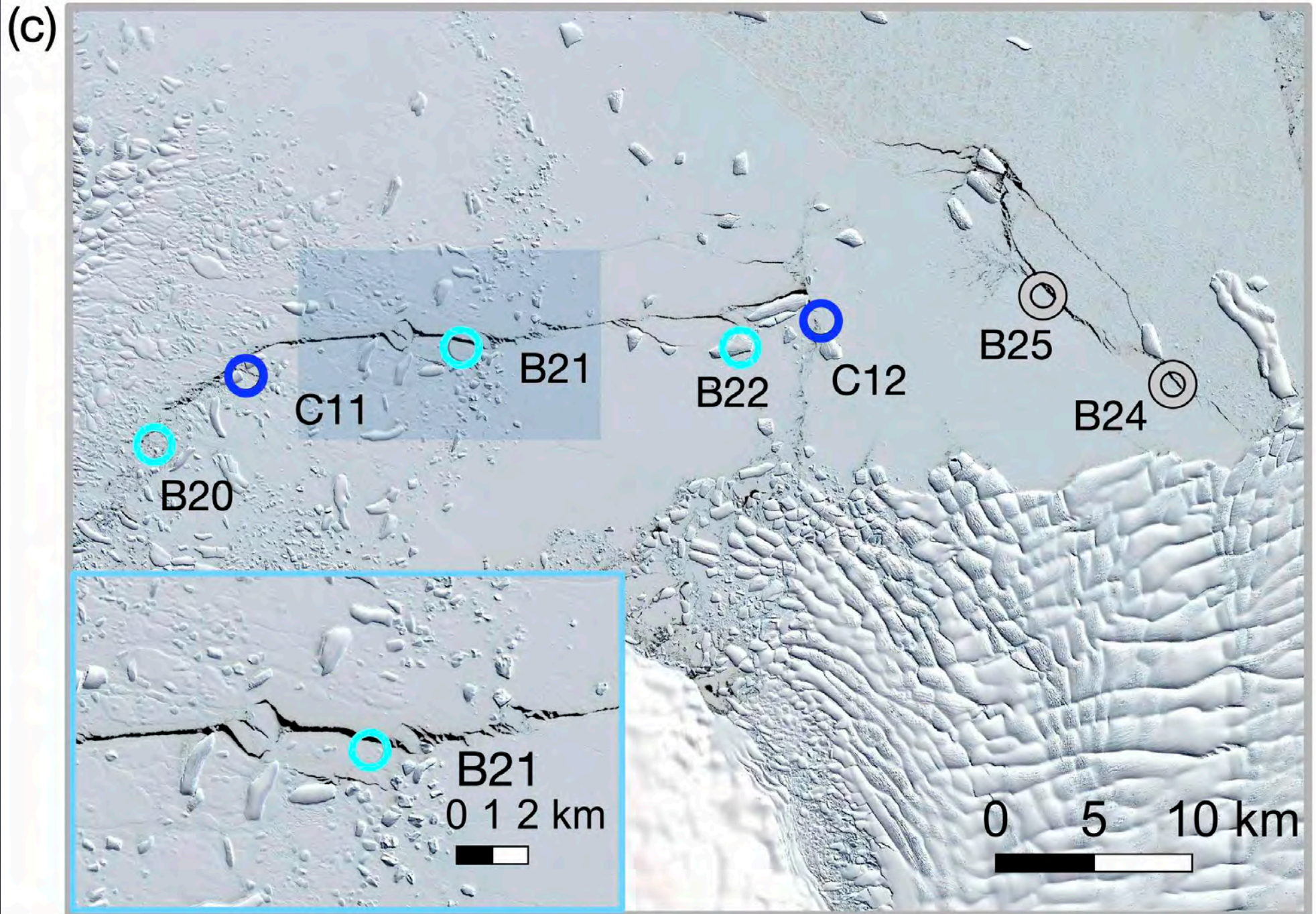
ヘリコプターを用いた68点の観測に6日間で成功！高温水塊の経路を捉える！



ヘリコプターでしかアクセスできない厳しい海氷海域での観測



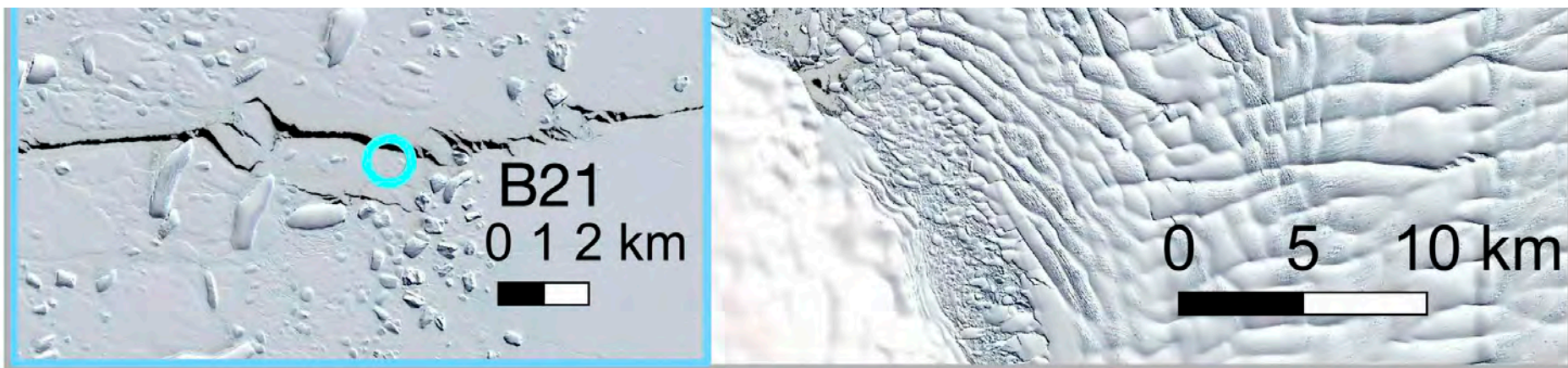
ヘリコプターでしかアクセスできない厳しい海氷海域での観測



ヘリコプターでしかアクセスできない厳しい海氷海域での観測



- **世界初**、南極域のヘリコプター大規模海洋観測！
- **砕氷船が侵入できない領域**でセンサーを投下！
- 東南極で最も融解しているトッテン氷河・棚氷への**高温の水塊の流入経路**を世界で初めて特定。

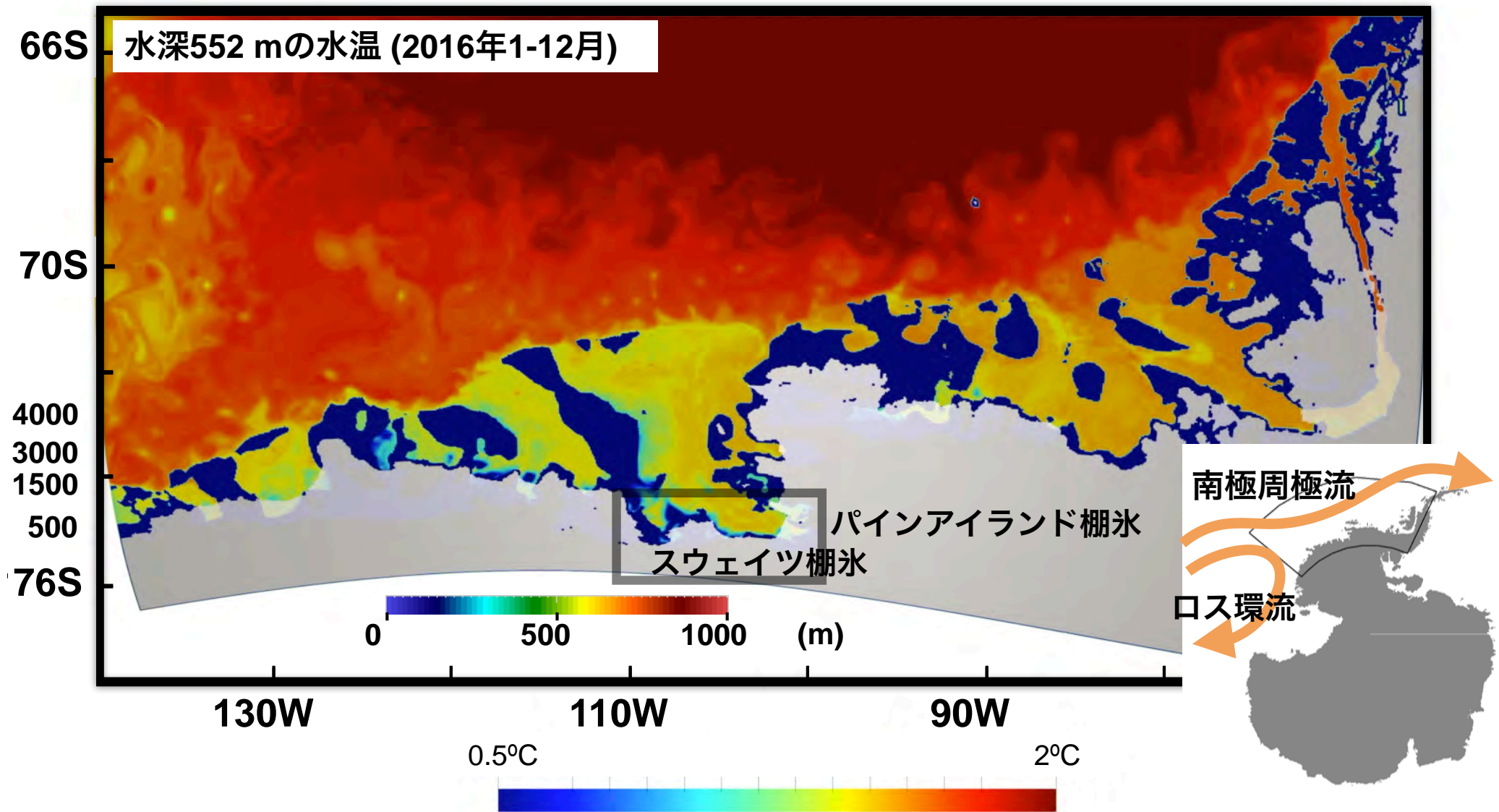


観測/モデルの融合

融合研究を世界各国の研究者とともに牽引

過去の観測を再現できる領域海洋モデルの開発に成功

1992-2020年のアムンゼン-ベリングスハウゼン海シミュレーション



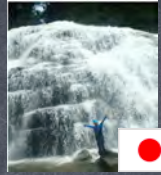
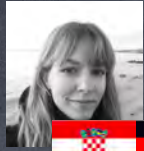
Nakayama et al., 2018 (Nature Communications)、他7編(Nature Geoscienceなど)

大規模な海洋循環の変化が棚氷融解量を急激に増加させる可能性を示唆

観測モデル融合研究を国際的に牽引

南極

ウェッデル海



ウェッデル海モデル開発
ウェッデル海データ同化

Photo: 指導している学生とポスドク及び卒業生

ケープダンレー



南極底層水の形成過程

ベリングスハウゼン海



ベリングスハウゼン海洋循環と
棚氷融解を決定する要因

アムンゼン海

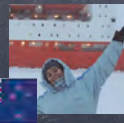


棚氷の形状を決める要因



1940年代のエルニーニョ/ラ
ニーニャが西南極域に与えた
影響の調査

ロス海



ロス海モデル開発

東南極



トッテン氷河/棚氷による海面上
昇への寄与の将来予測



東南極モデルデータ同化



東南極棚氷への潮汐の影響

グリーンランド



グリーンランド縁辺海モデル開発

- 観測モデル融合研究から、南極による海面上昇への寄与をより高精度に見積もる。
- 南極の海と氷に内在する転換点とその物理的メカニズムを理解する。

