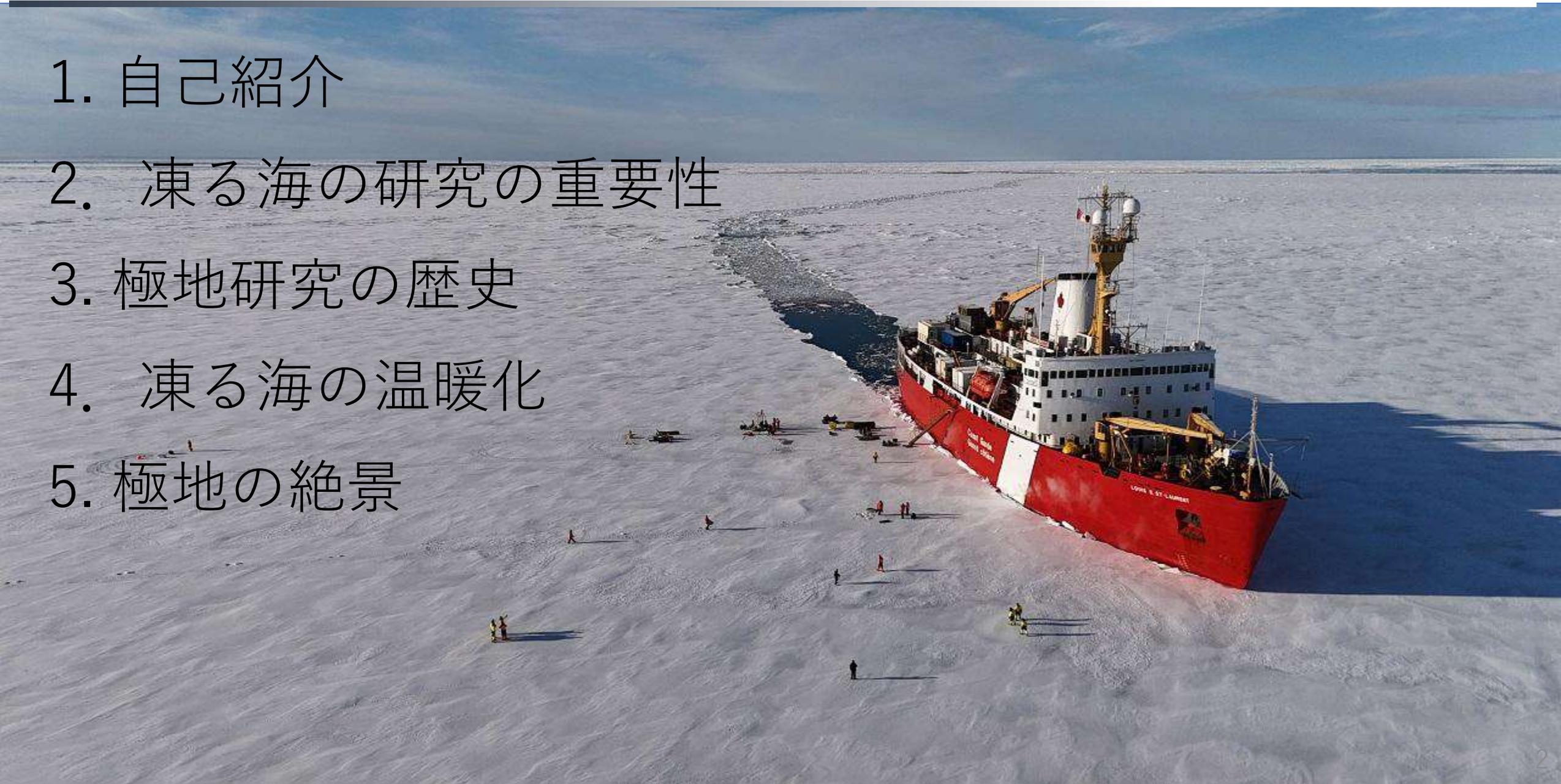


# 凍る海から見た地球温暖化



# 講演内容

1. 自己紹介
2. 凍る海の研究の重要性
3. 極地研究の歴史
4. 凍る海の温暖化
5. 極地の絶景



# 1. 自己紹介

回北海道紋別郡雄武町出身

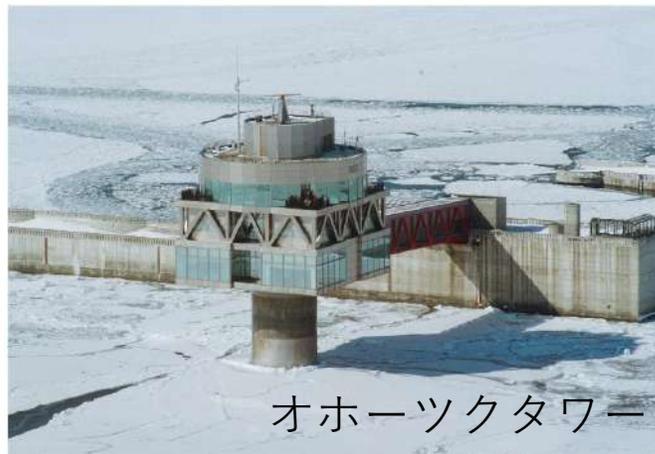
- ▶北見北斗高等学校卒
- ▶弘前大学理学部地球科学科卒
- ▶北見工業大学大学院 修士課程 修了
- ▶スバルバール大学 留学
- ▶北見工業大学 博士号(工学) 取得

北海道

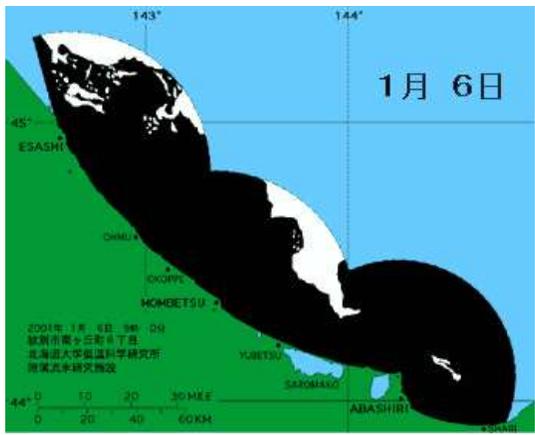


# 職歴

▶1999-2001 オホーツク流氷科学研究所 研究員（現オホーツク・ガリンコタワー株式会社）

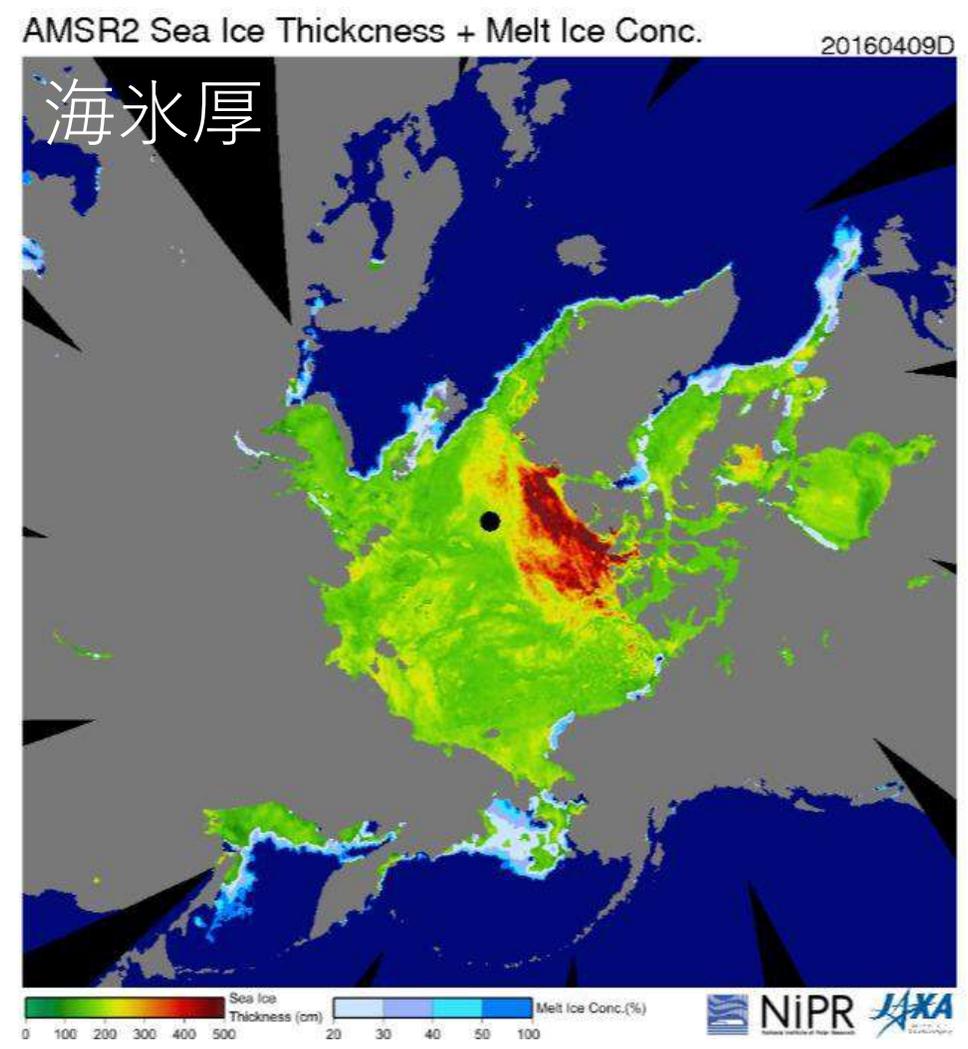
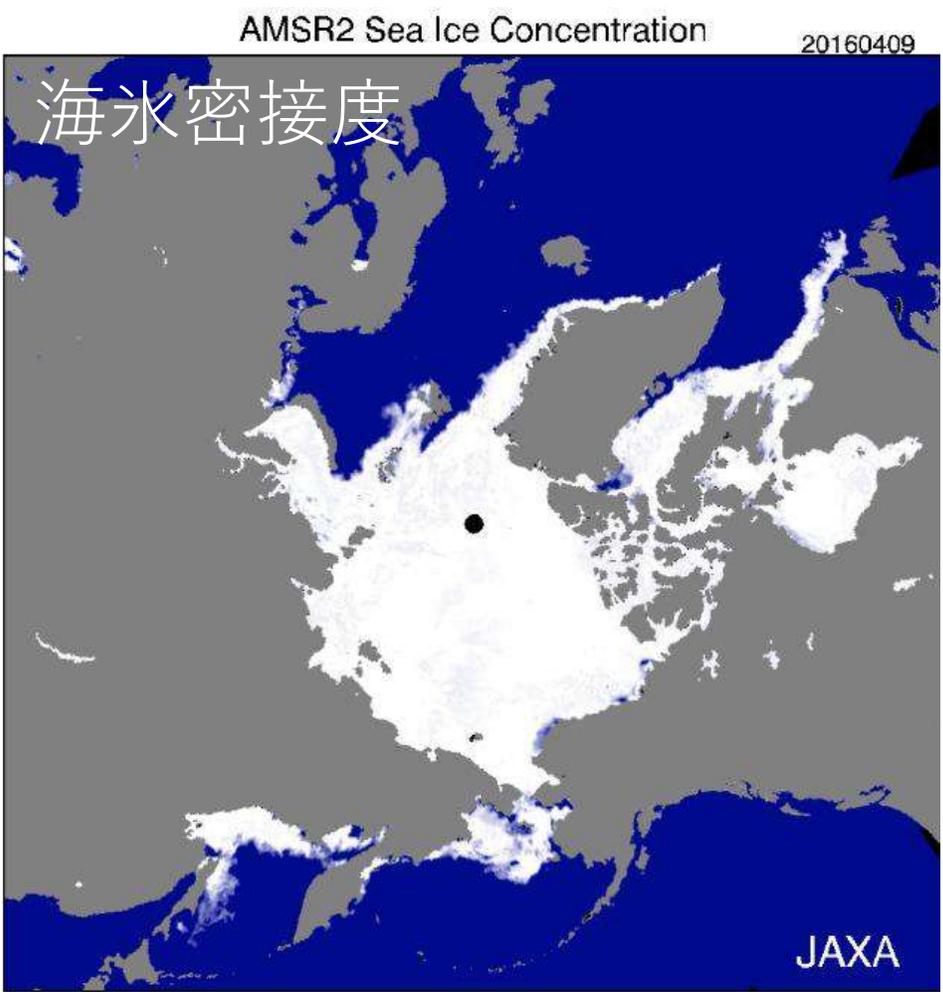


▶2001-2003 北海道大学低温科学研究所 附属流氷研究施設 学振特別研究員



▶2003-現在 北見工業大学社会環境工学科 助手→助教→准教授

## 衛星搭載マイクロ波放射計による海氷厚観測



# 砕氷船による現地観測（海氷・海洋・気象観測）



フィンランド アーランダ  
北極海  
2002, 2011年



巡視船そうや  
オホーツク海  
2004-2014年



米国沿岸警備隊ヒーリー  
北極海  
2004-2005年



海上自衛隊しらせ  
南極海  
2006-07, 2022-23年



豪州極地研  
オーロラオーストリス 南極海  
2003, 2007年



中国極地研 雪龍  
北極海  
2003, 2008年



カナダ沿岸警備隊  
ルイスサンローラン 北極海  
2009～2025年



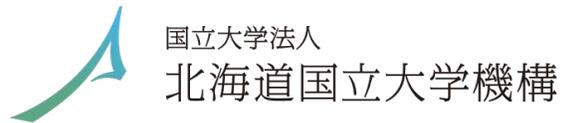
露極地研  
アカデミックロモノフ  
北極海 2021年

# 南極觀測 (豪州隊 2 回, 日本隊 2 回)



# Zekkei プロジェクト

三大学連携の観光プロジェクトとして、地域を活性化する自然景観予測システムの開発と新しい観光モデルの構築を目指すもの



北海道特有の**自然現象が作り出す偶発的な景観（絶景）**に着目し、

- ・潜在的な観光資源として発掘、ブランド化
- ・科学的アプローチによる景観の発生予測
- ・気象観測の空白を埋める広域・遠隔観測機器を独自に開発・運用
- ・高精度な気象予測を観光だけでなく防災、交通、農業等に提供



気象・カメラ観測



観光資源発掘



現象の解明



ブランド化



予測システム構築



情報発信

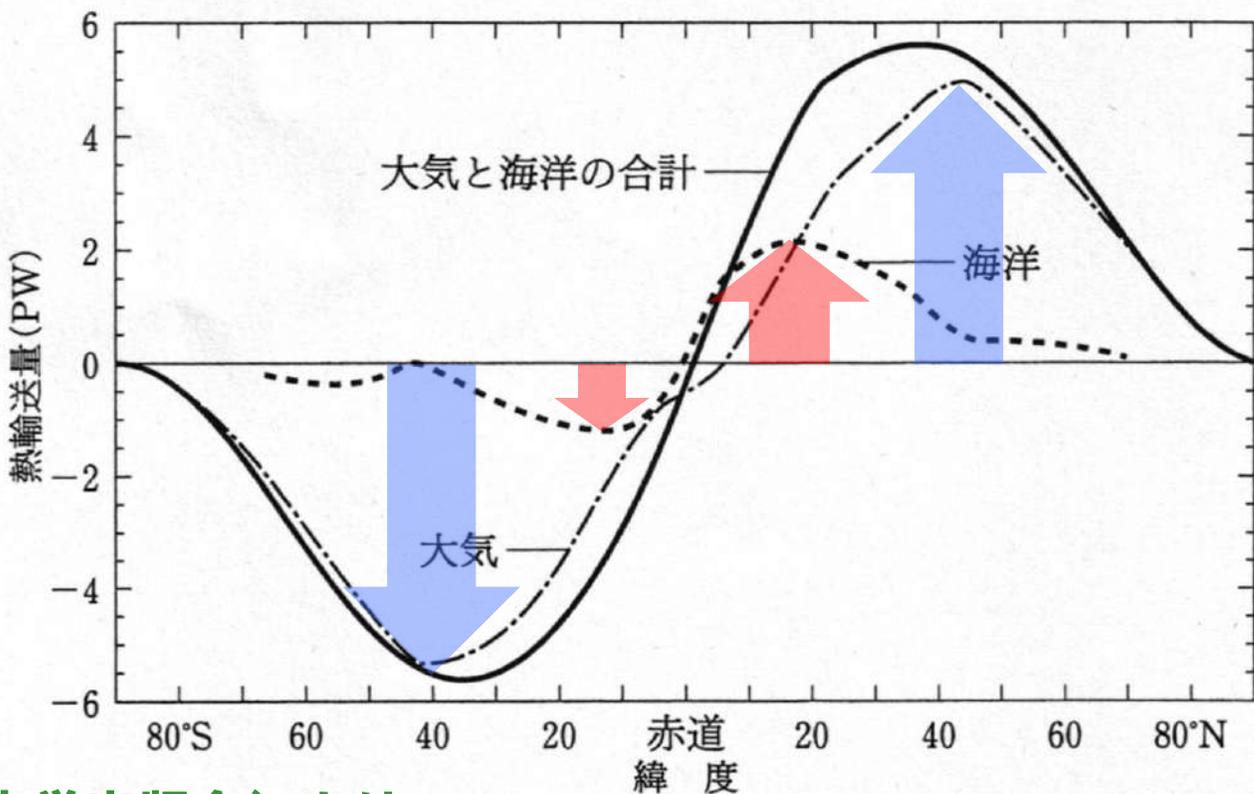
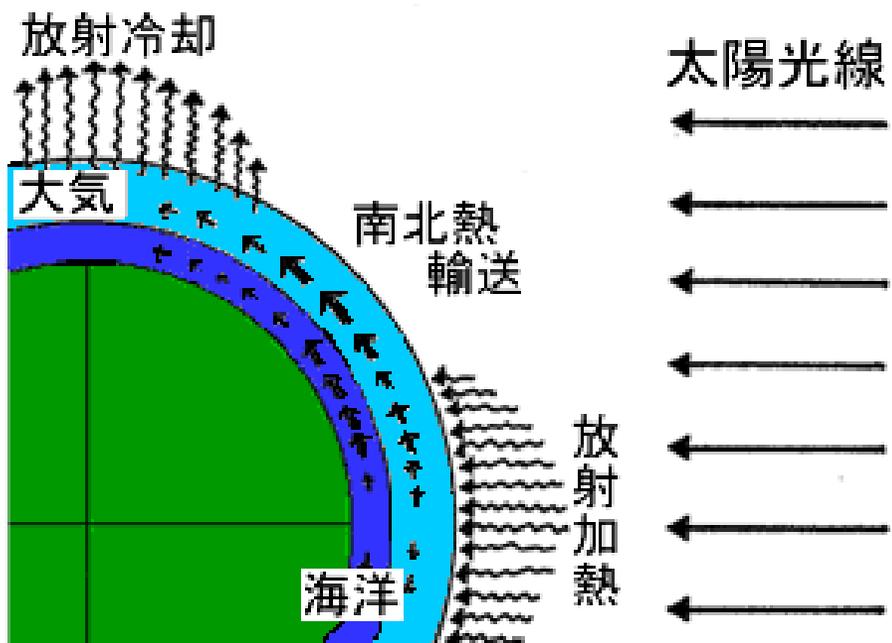


## **2. 凍る海の研究の重要性**

# 2.1 地球の熱輸送

低緯度の**過剰な熱**を、**熱が不足**している高緯度へ**輸送**  
→ **地球気温は一定**

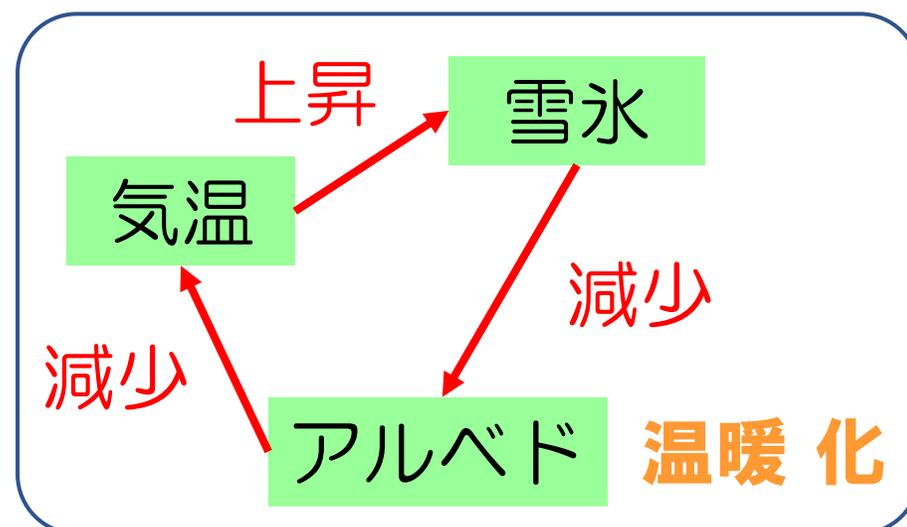
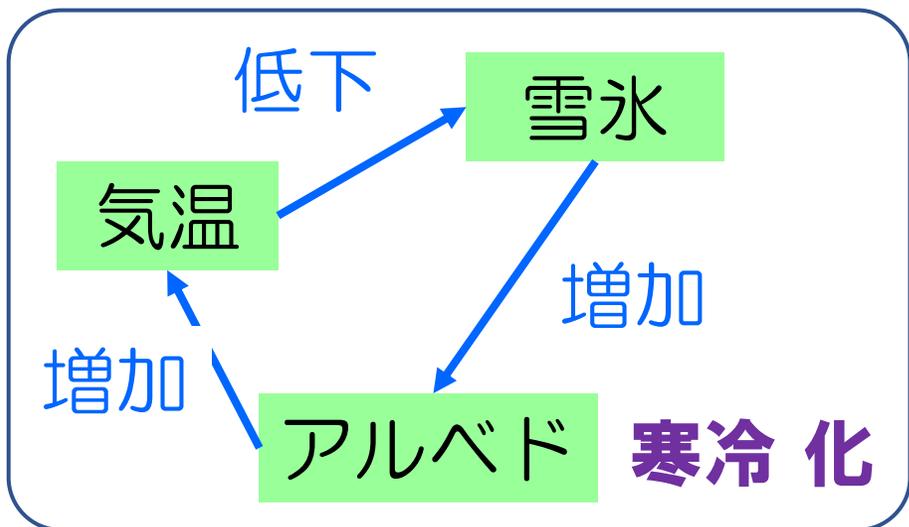
熱の輸送は **海洋（低緯度中心）** と **大気（中～高緯度中心）** を通じて行われる



## 2.2 アイス・アルベド・フィードバック

雪氷は高い **アルベド** と **断熱効果** のため、太陽エネルギーを反射し、熱の移動を抑制する。

したがって雪氷域の拡大は寒気を強め、これがさらに雪氷域を拡大する。これを **自己拡大促進効果**（正のフィードバック）と呼び、特に雪氷によるものを「**アイス・アルベド・フィードバック**」（Ice-albedo feedback）と呼ぶ。



## 2.3 海氷・湖氷面積の減少

2025年2月 **地球上の海水域面積**が衛星観測史上最小値を記録 (JAXA, 2025)

→ **北極海・オホーツク海** (最大面積), **南極海** (2月面積) で**過去最低**を記録

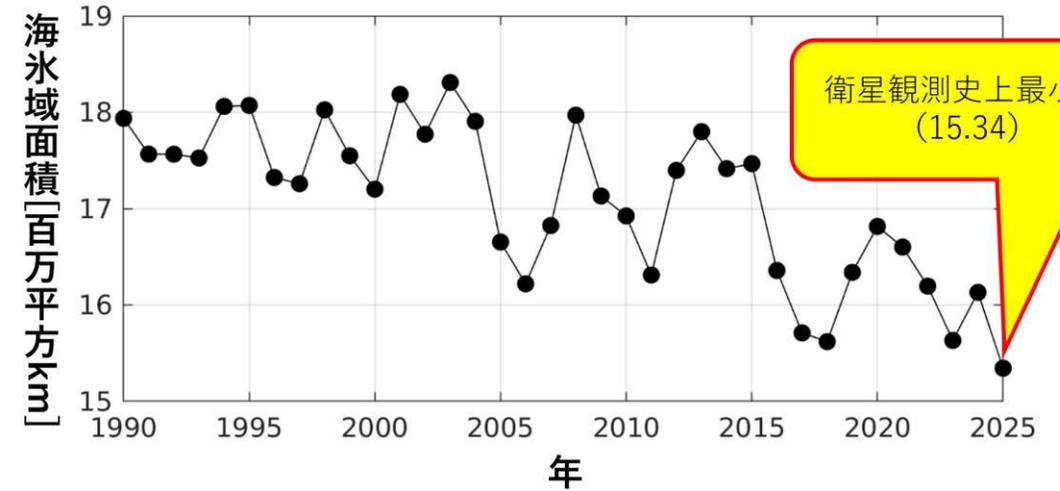
網走では2月15日に「流水初日」が発表された (網走地方気象台, 2025) .

→ **流水初日**: 平年より24日遅れで統計開始以来、**最も遅い**記録

サロマ湖では2016年以来、全面結氷せず1/4の結氷に留まる。湧別漁業では氷下漁を断念 (北海道新聞, 2025) .

→ **結氷面積は過去最低レベル**

全球の海水域面積最小値の経年変化 (1990~2025年)



## 2.4 氷海の需要増加

近年の北極海の海氷減少を受けて利用され始めた**北極海航路**の利用や氷海域における安全な**海底油田開発**のため、衛星・航空機を用いた氷況監視技術の開発が必要とされています。



### 海氷の工学的情報

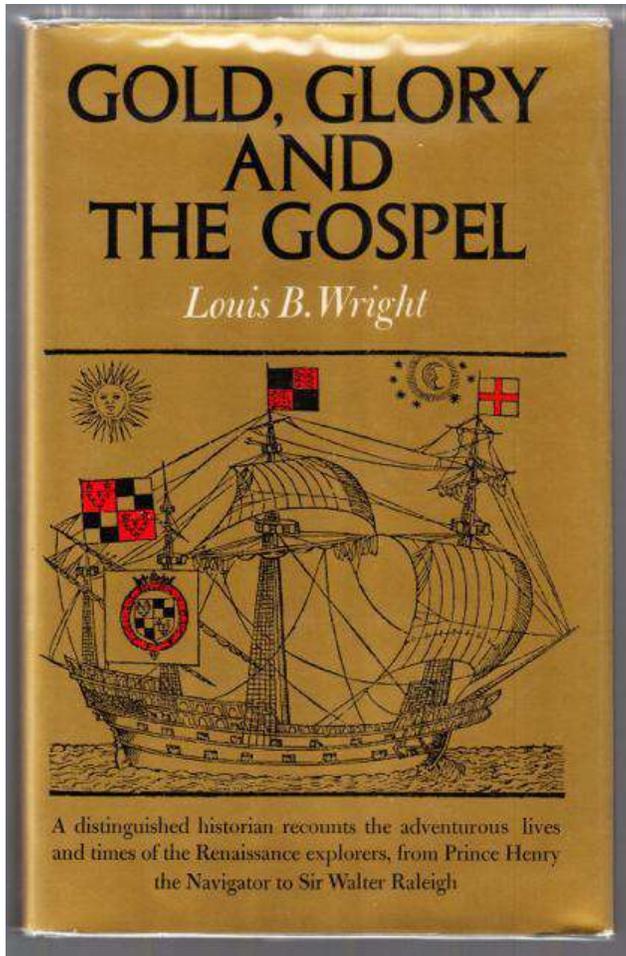
海氷の危険度(厚さ, 強度, 速度), 砕氷困難性(積雪深, 変形度, 収束)  
即時性・高分解能な情報

# 3. 極地研究の歴史

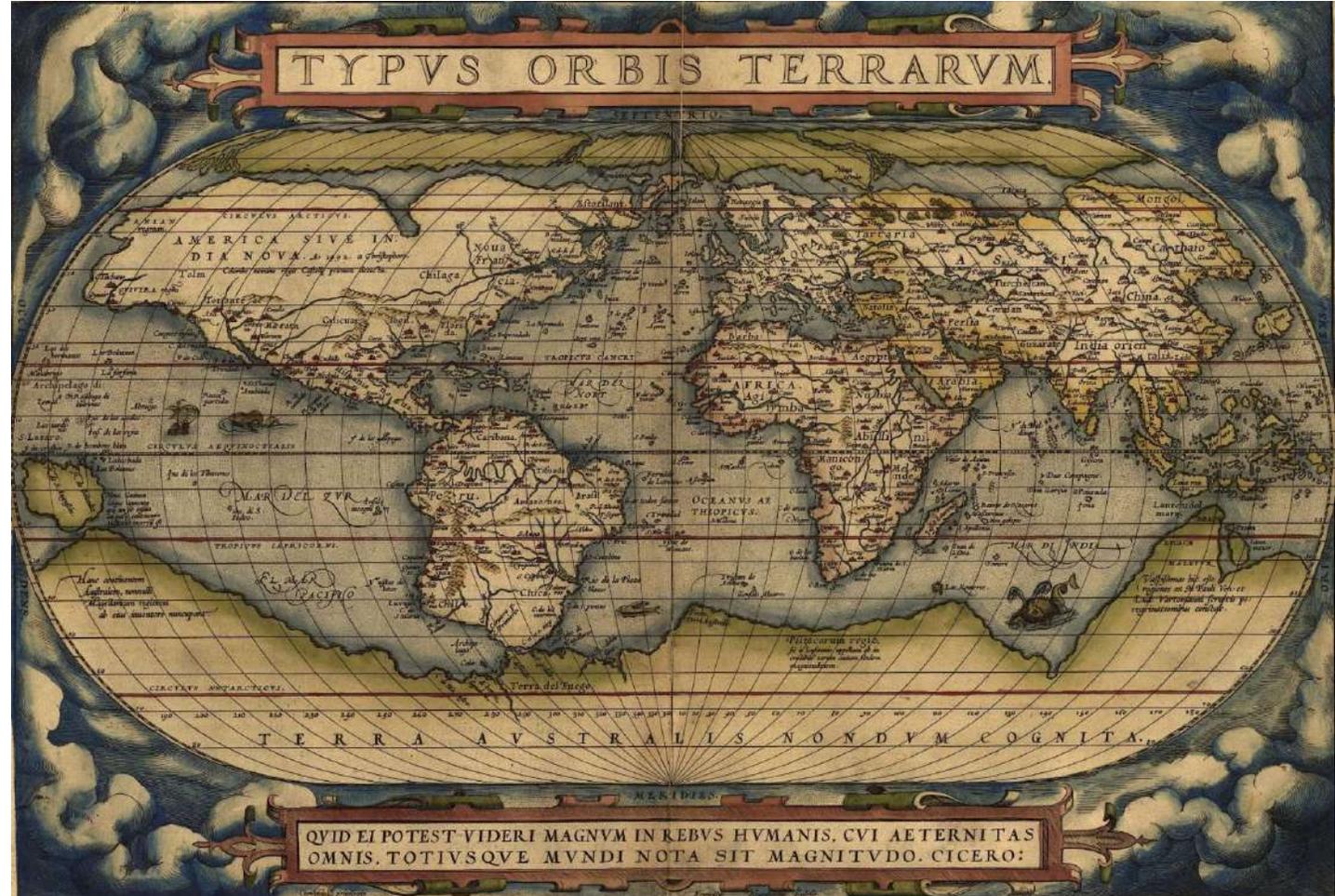
# 3.1 大航海時代（15世紀～17世紀）

ルネサンス期： 科学技術，航海術の発展

探検の動機は金 (Gold), 福音 (Gospel), 栄光 (Glory) の「3つのG」



探検家たちの冒険と動機



オルテリウスの世界地図（1570年）

# 3.2 北極海：新世界のフロンティア

アジアへの新たな貿易航路の開拓，資源（捕鯨，海獣）の獲得



バレンツが作成した地図 (1598年)



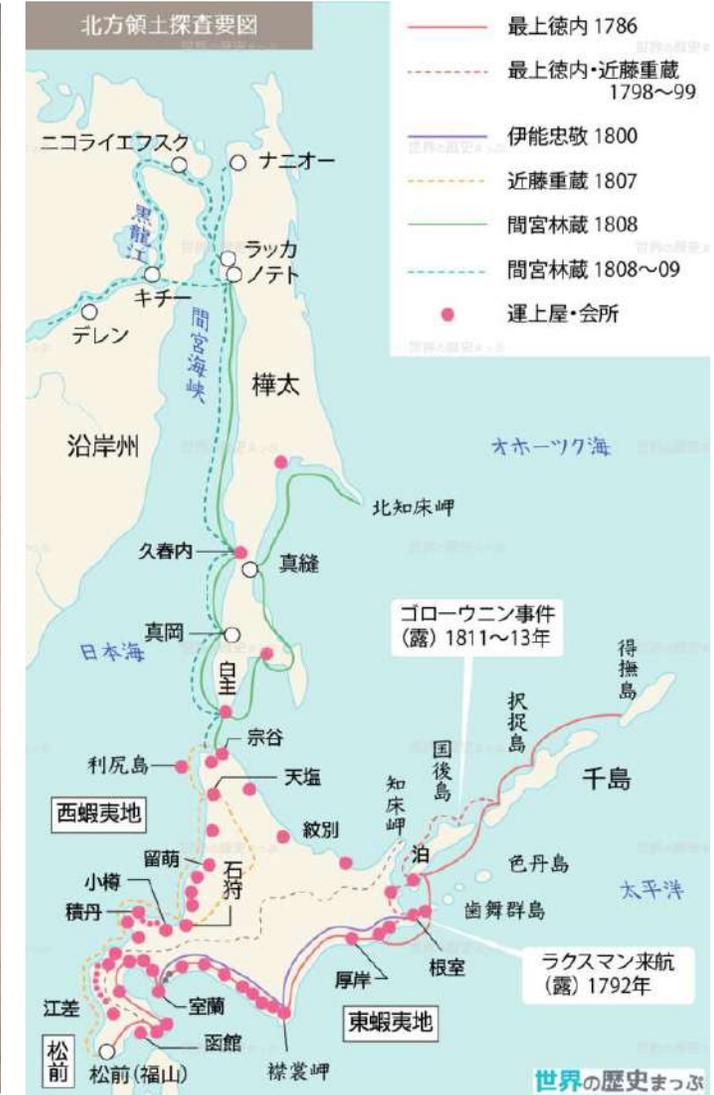
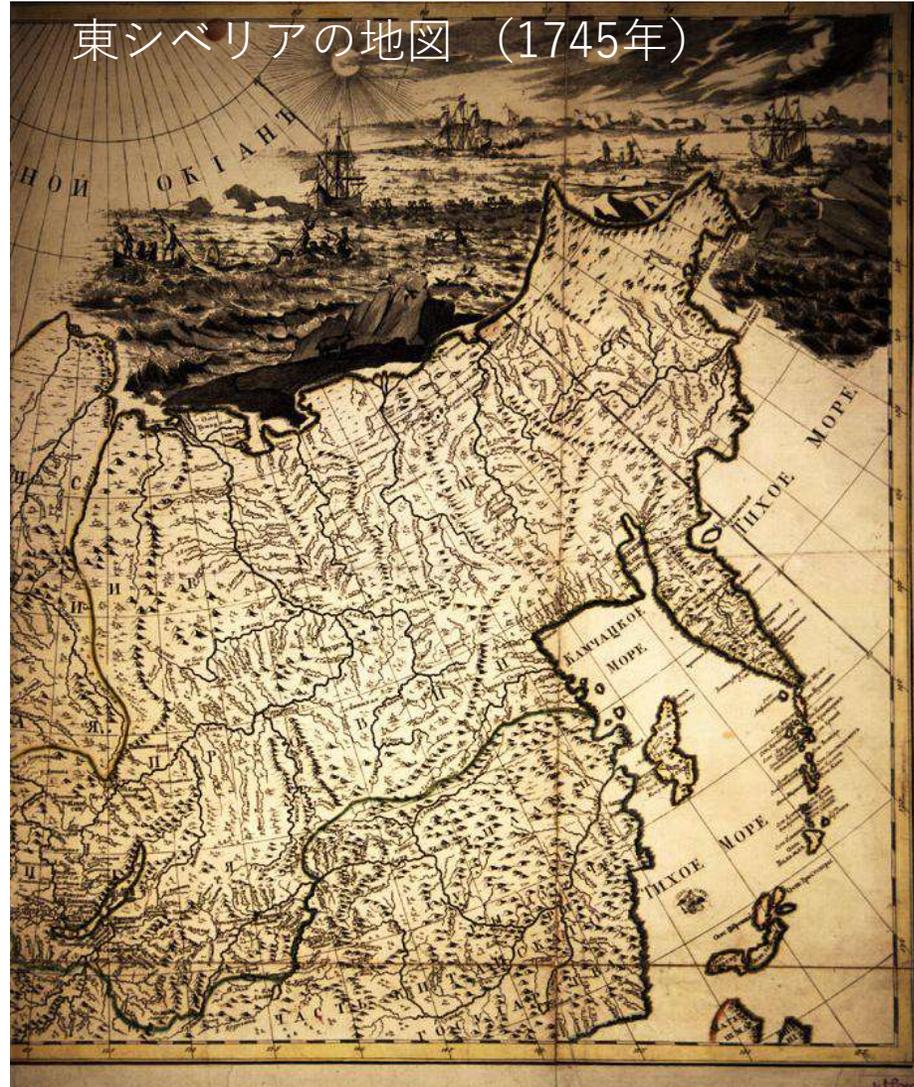
メルカトルが作成した地図 (1606年)

# 3.2.1 ロシアの極東進出（18世紀）

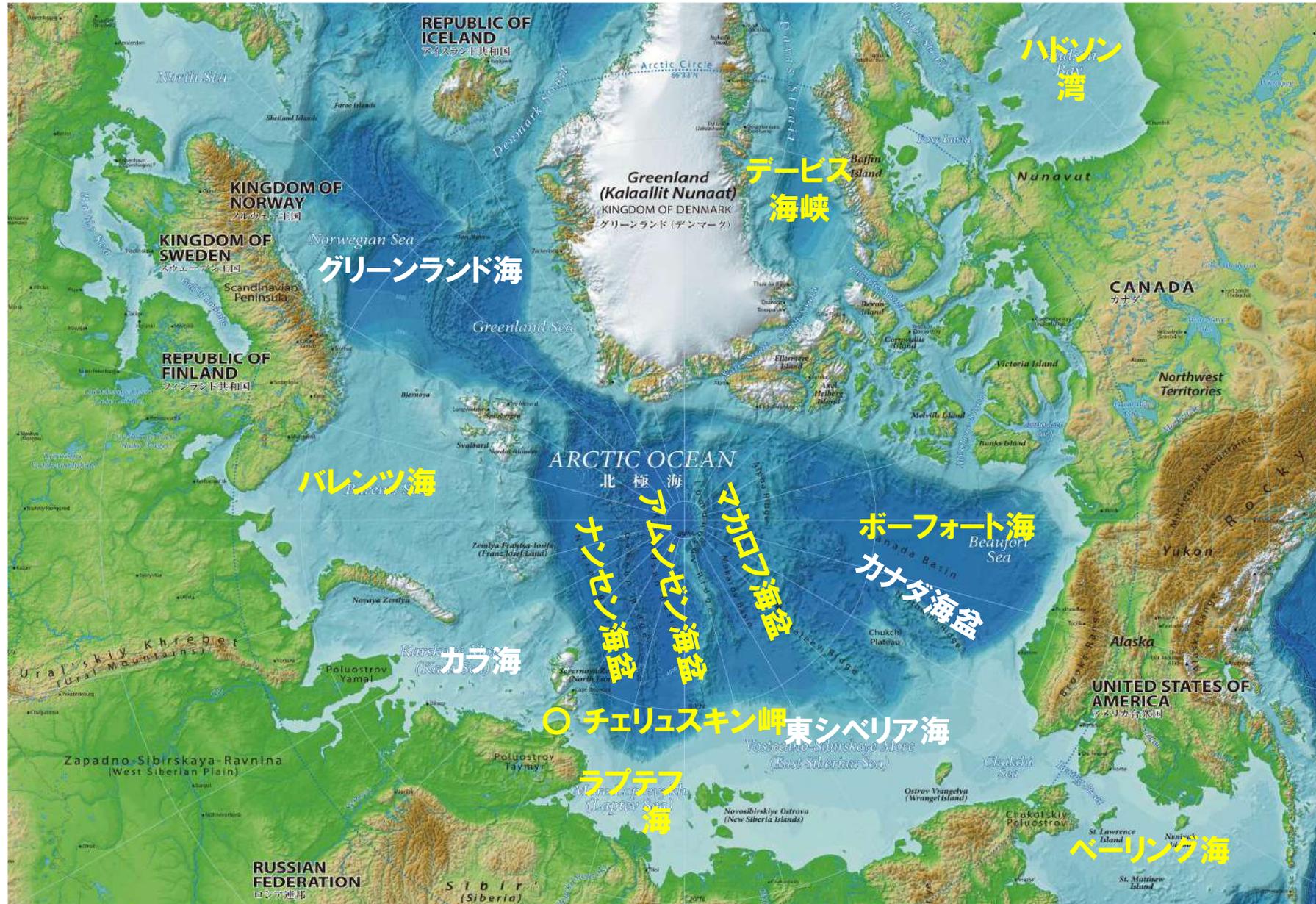
1730年代～1740年代 ロシア 皇帝ピョートル1世 **大北方探検**

ベーリング隊がシベリアを横断してオホーツク海から逆向きに北東航路を調査。ユーラシア大陸と北米大陸が陸続きではないことを確認。副官チリコフとともに北米大陸を調査。

→ 危機感を抱いた幕府は伊能忠敬，間宮林蔵に測量を命じる



# 3.2.2 現在の北極圏地図：探検者由来の地名



## 3.2.3 北西航路の開拓 光と影 (19世紀)

### イギリス ジョン・ロス隊

- 1818年 北西航路探検，蜃気楼の山脈を本物と勘違いして引き返す
- 1829～1833年 カナダ・ブーシア半島に**北磁極**を発見

### イギリス ウィリアム・パリー隊

- 1819年 ロス隊の翌年に北西航路の半分を征服
- 1827年 **北緯82度45分**に到達 **人力橇**

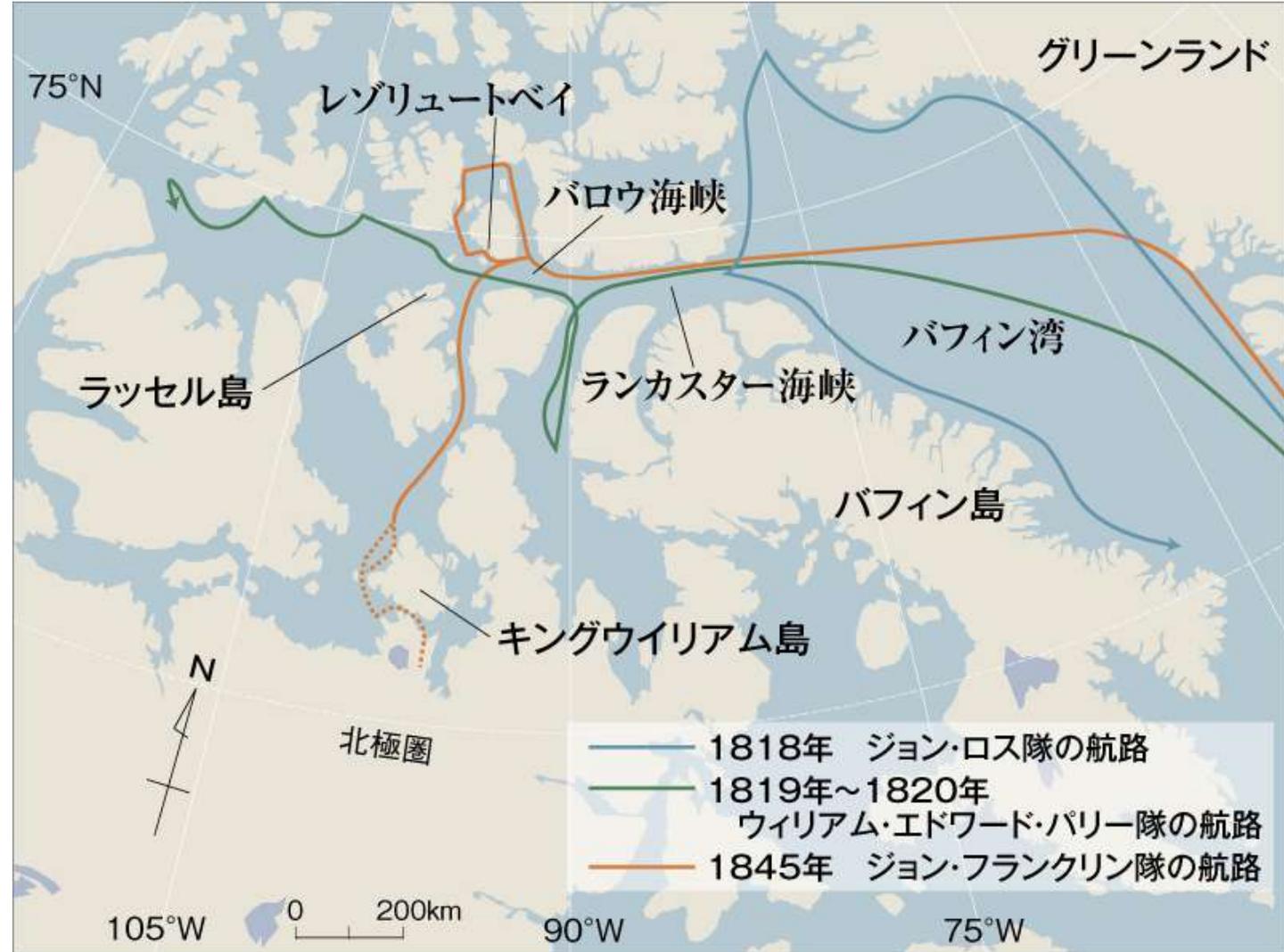
### イギリス ジョン・フランクリン隊

- 1845～1848年 北西航路調査，**129名遭難・死亡** ⇒ 角幡唯介「アグルーカの行方」

### イギリス ジェイムズ・クラーク・ロス 隊

- 1818, 1829～1833年 ジョン・ロス隊参加，
- 1819, 1827年 パリー隊参加
- 1839～1843年 南極海の海岸線測量
- 1848年 フランクリン隊搜索

## 3.2.4 北西航路探検のルート



## 3.2.4 北西航路の制覇

### イギリス ロバート・マクラー 隊

1848～1849年 フランクリン隊捜索に参加

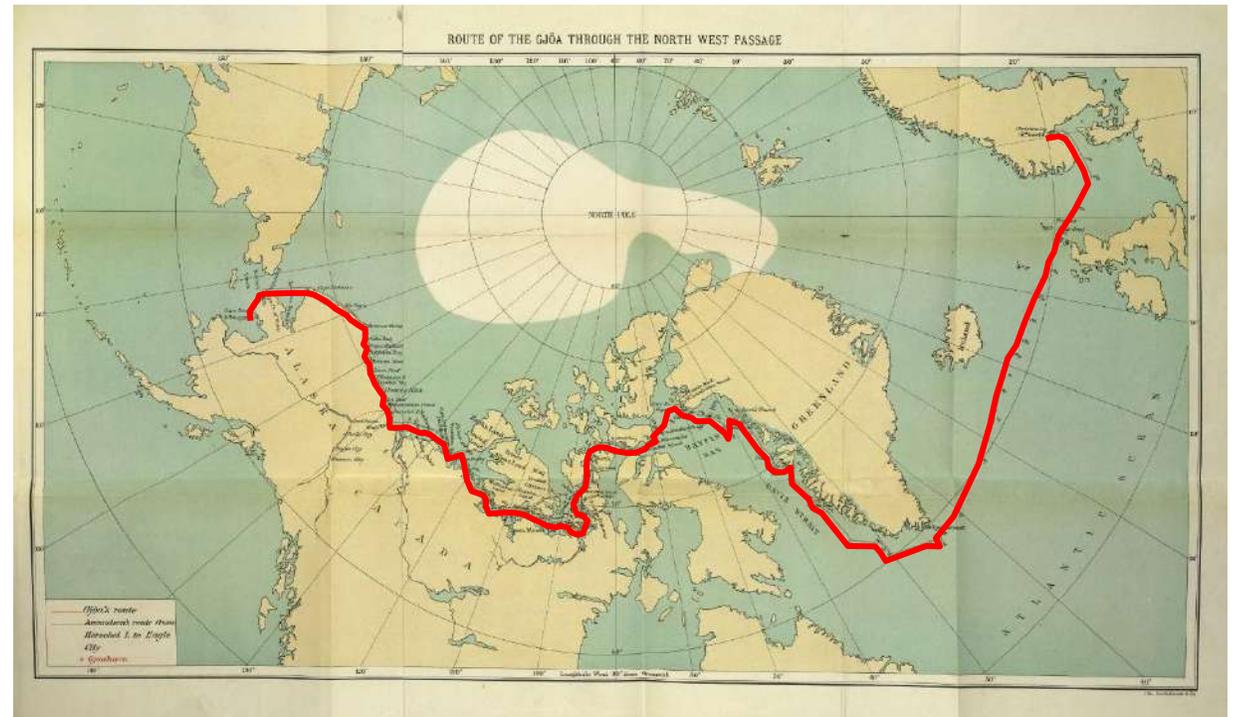
1850～1853年 北西航路踏破 船～櫓

### ★ ノルウェー ロアール・アムンセン 隊

1903～1906年 大西洋～ボーフオート海 初完航



Canadian Geographicより



英国図書館HPより

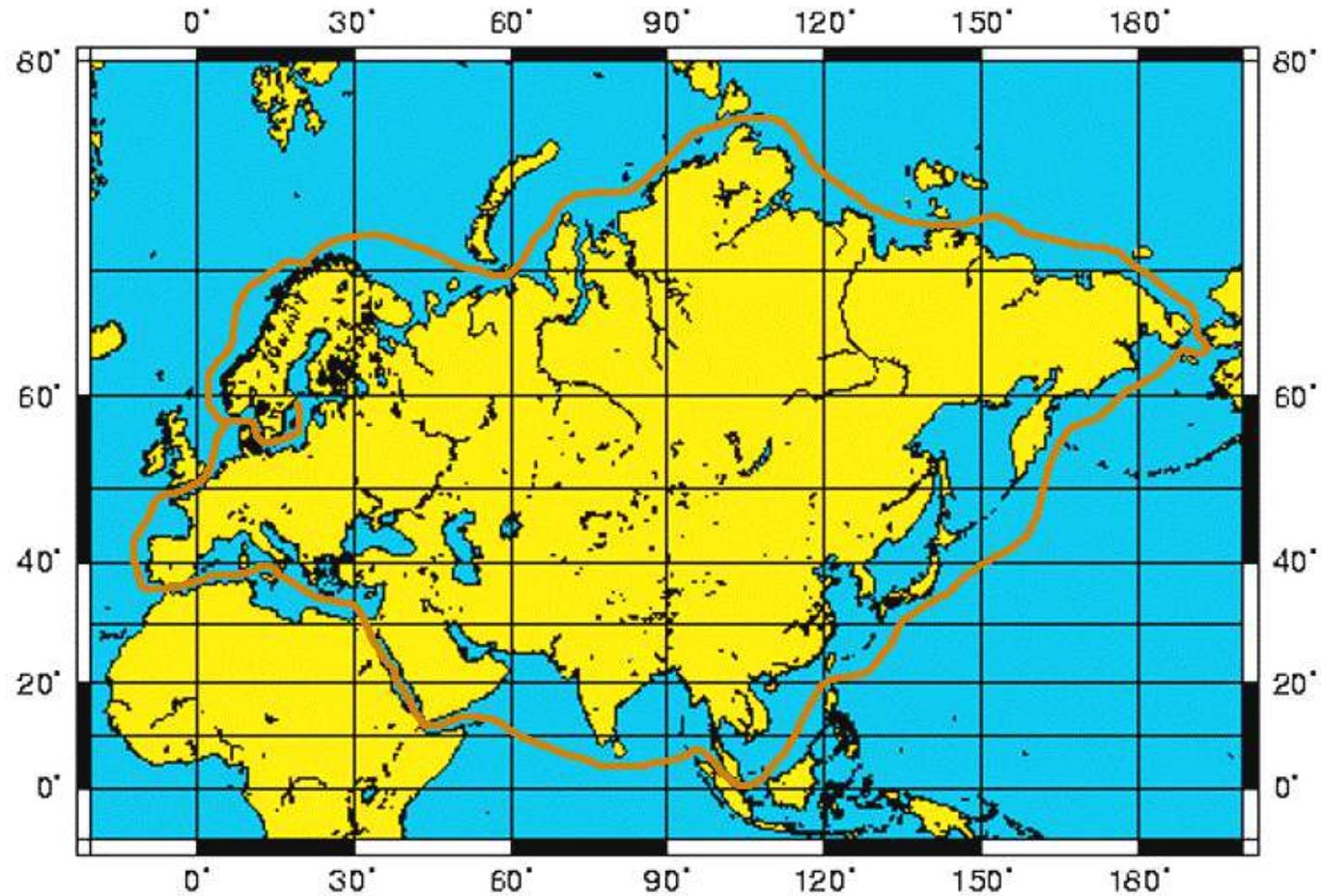
## 3.2.5 北東航路の制覇

★ スウェーデン アドルフ・ノルデンショルド 隊 船舶:ヴェガ号

1878年7月～1879年9月 ストックホルム～横浜 初完航



ノルデンショルドとヴェガ号 (Wikipediaより)



ヴェガ号の軌跡 (Wikipediaより)

## 3.2.6 北極点を目指す闘い (19世紀)

### アメリカ ジョージ・デロング隊

1879～1881年 北極点ルート探索，海氷によって船が破壊・沈没，遭難。  
シベリアの海岸に到達するも多数が餓死。

### アメリカ アドルファス・グリーンリー隊

1881～1883年 フランクリン隊，デロング隊の搜索  
北緯83度24分に到達

### ノルウェー フリチョフ・ナンセン隊

1884年にグリーンランドでジャネット号の残骸が見つかる  
このことからジャネット号と同じ経路で北極点を目指す

1893～1895年 船舶: フラム号

1895～1896年 徒歩 北緯86度12分 → ゼムリャフランツァヨ  
シファで越冬，イギリス探検隊によって救出

# フリチョフ・ナンセン 北極漂流

(ノルウェー 1861-1930年)

1888年

犬橇でグリーンランド横断

1893~1896年

北極漂流探検 **フラム号**, スキ

**北緯86度12分**に到達.

1906~1908年

駐英ノルウェー大使 戦争難民:

1922年

ノーベル平和賞受賞

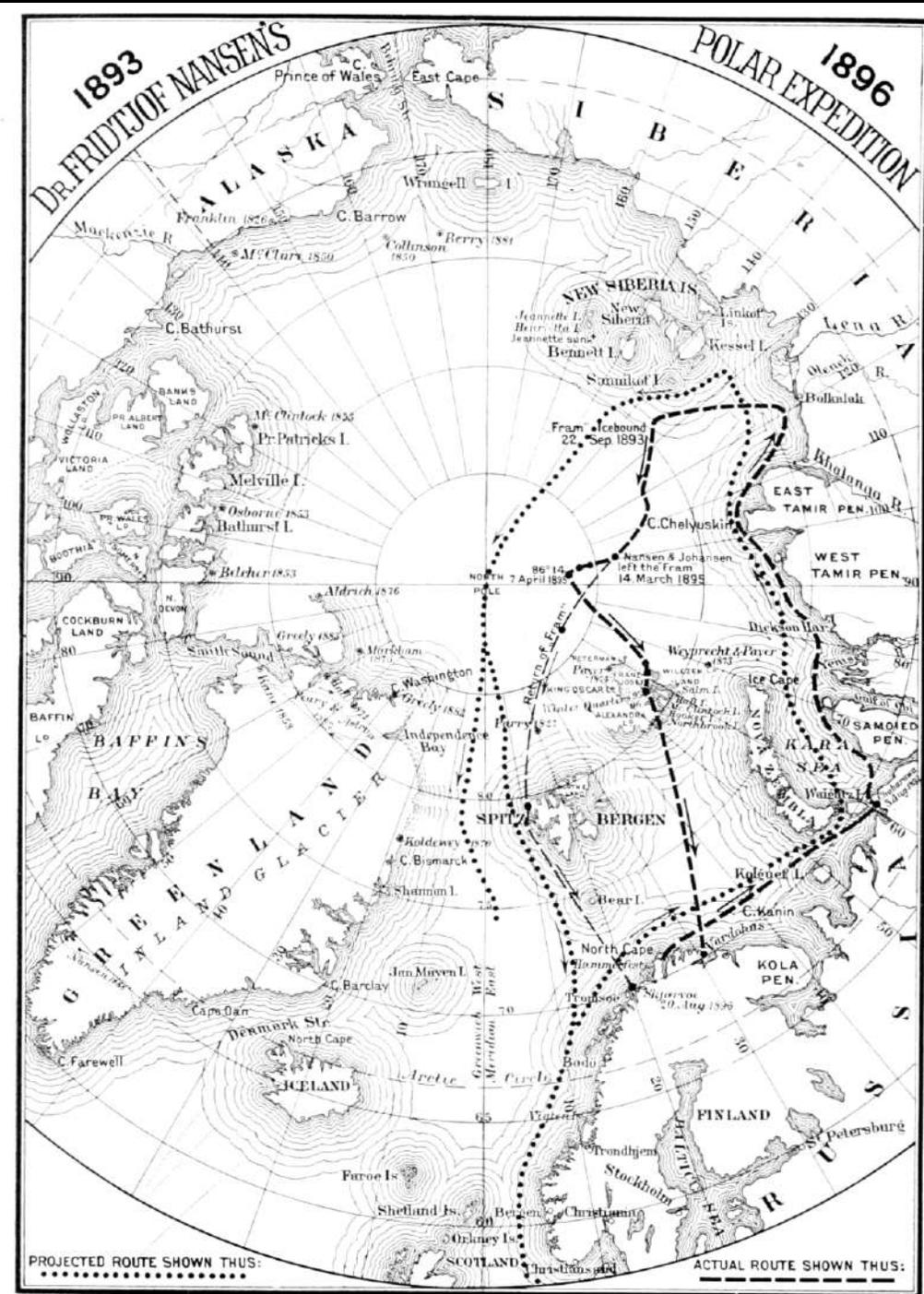


Oslo Museum HPより



**フラム号**

International Affairs HPより



## 3.2.7 北極点の制覇 (20世紀)

### アメリカ フレデリック・クック 隊 犬橇

1908年4月21日 北極点到達を主張 → 実際は数百km手前

### ★ アメリカ ロバート・ピアリー 隊 犬橇

1909年4月6日 北極点到達を主張 北緯89度57分 → 6km手前

### ソ連 ゲオロギー・セドフ 隊 船舶, 犬橇

1912～1914年 ゼムリャフランツァヨシファで越冬, 遭難死

### アメリカ リチャード・バード 飛行機

1926年5月9日 航空機による初の北極点到達を達成

### ノルウェー ロアール・アムンセン 隊

1925年5月21日 飛行艇ドルニエ・ワール 2機で北緯87度44分に着水

★ 1926年5月12日 飛行船ノルゲ号で北極点上空に到達, 両極点到達達成

### イタリア ウンベルト・ノビレ 隊 飛行船

1928年5月 北極点到達後に墜落, 16名中9名救出

# ロバート・ピアリー 北極点初到達

(アメリカ 1856-1920年)

- 1881年 アメリカ海軍に土木技術士として入隊
- 1891～1897年 四度にわたるグリーンランド観測  
クックも医師として参加
- 1898年 初めての北極点挑戦
- 1905～1906年 北極点まで280km地点
- 1908～1909年 北極点到達 (89度57分)**

ルーズベルト号



ピアリー型橇



ピアリー著 北極点より

北極点到達



Britannica HPより

# ロアール・アムンセン 南極点初到達

(ノルウェー 1872-1928年)

1903～1906年 大西洋～ボーフオート海 初完航

1911年 フラム号～犬橇で南極点到達

1925年 飛行艇による北極点付近に着水

1926年 飛行船による北極点通過（北極海縦断）

1928年 北極で遭難したイタリア隊の救出に向かい，行方不明となる

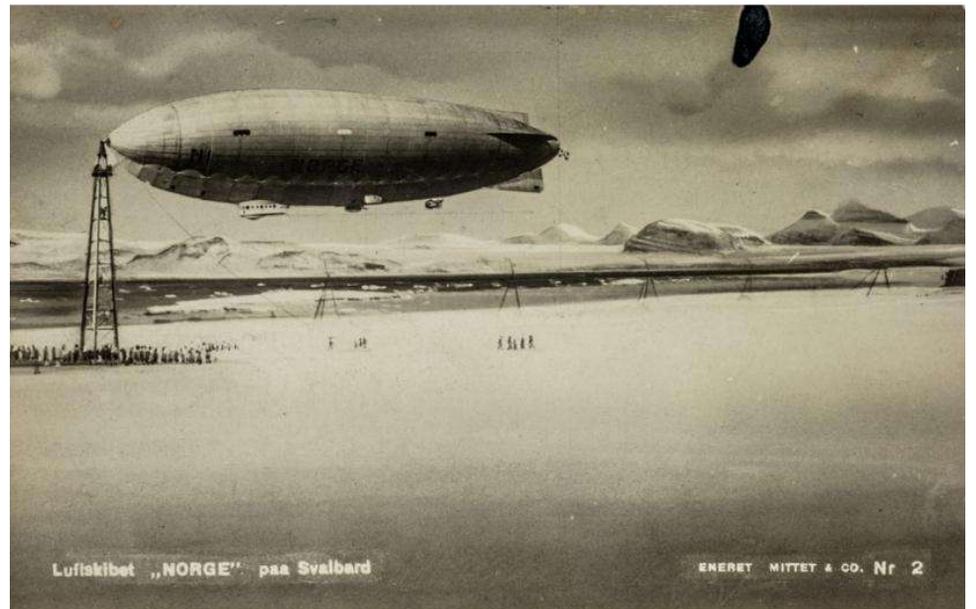


Britannica HPより

ドルニエ・ワール飛行艇



飛行船ノルゲ号



Oslo Museum HPより

## 3.2.8 北極海研究のはじまり

1970年代以前

北極海の海洋や海氷の全体像はまだ把握されておらず、探検と科学調査が並行して行われていた時代。徒歩、犬ぞり、飛行船、潜水艦、航空機などが調査に利用。

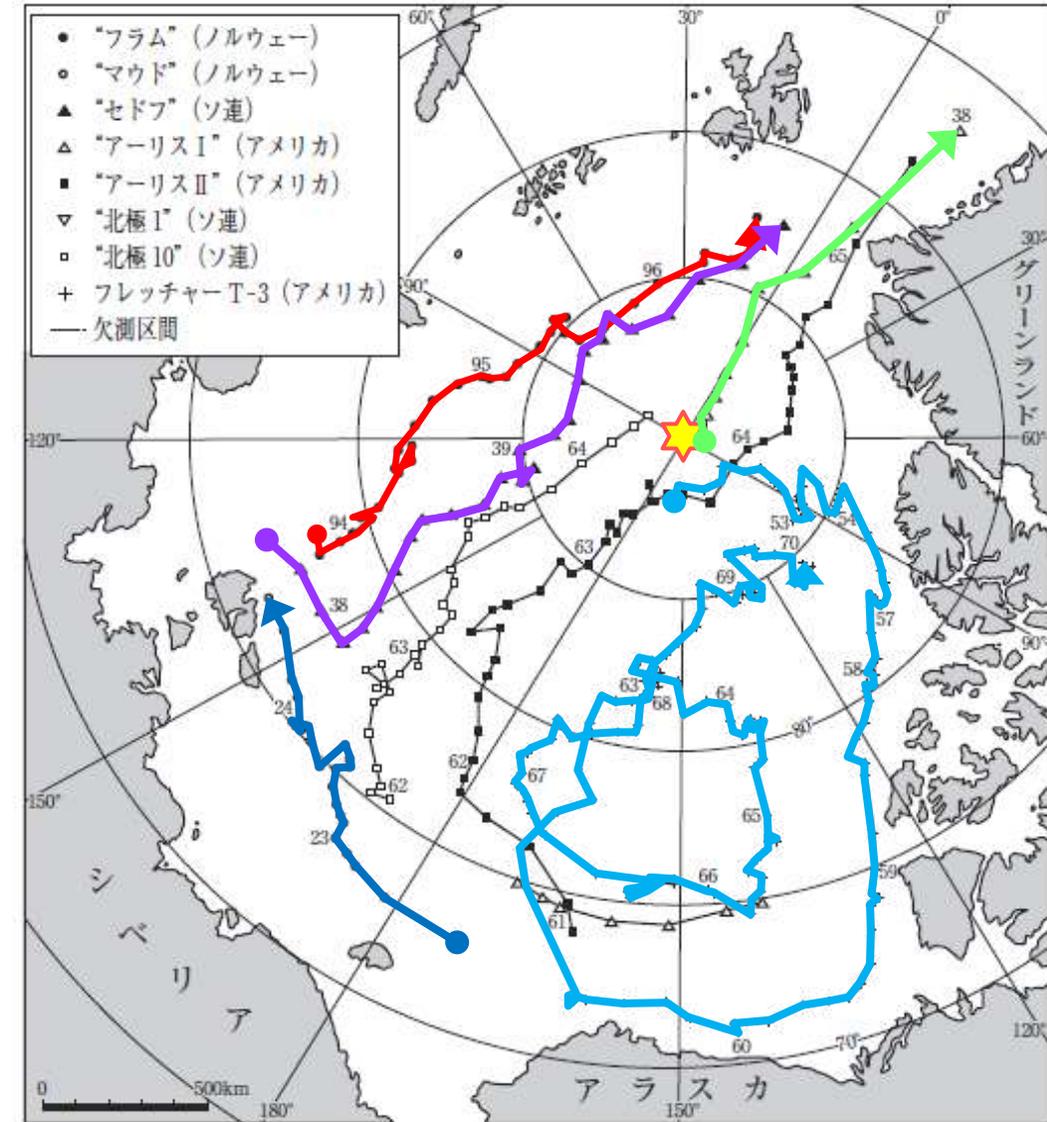
冷戦期

ソ連、米国、カナダなどが海氷上に**基地**を設置し、漂流観測により海氷上および海氷下のデータを取得。北極海が通年で海氷に覆われていることや、海氷が漂流していることが徐々に知られるようになる。

1970年代

人工衛星による観測が極域の海氷観測に利用され始める。Nimbus 5号に搭載されたマイクロ波放射計により、日々の海氷密接度分布が「面」として把握可能になる。**北極海**の海氷の全体像が明らかになった。

雪氷水文現象，古今書院より



# 中谷宇吉郎

(日本 1900-1962年)

1930年 北海道帝国大学理学部助教授

1936年 人工雪の製作に成功

1957年 グリーンランドSite-2観測

1959年 T-3観測

～1961年 越冬観測 (楠宏, 六車二郎, 樋口敬二)



成山堂 HPより



DAUNTLESS AT SEA HPより



朝日新聞 HPより

## 3.2.8 日本人の北極点探検

---

**日本大学山岳部** 1978年4月26日 日本人初

**植村直己** 1978年4月29日 **世界初犬橇単独行**

**風間深志** 1987年4月20日 **史上初バイク**による到達  
1992年 バイクで南極点，両極点制覇

**村山雅美** 1988年 チャーター機で北極点，1968年 南極点

**和泉雅子** 1989年5月11日 スノーモービルで到達  
日本人女性初，世界で2人目

**河野兵市** 1997年5月11日 日本人初 単独徒歩到達

...

**舘山一孝** 2005年9月12日 米国砕氷船ヒーリー

# 2005年北極縦断観測 (Healy, Oden)

2005年9月12日 北極点到達



# 3.3 南極観測の歴史

## 3.3.1 南極点の制覇

### ★ ノルウェー ロアール・アムンセン隊 犬橇・スキー

1903～1906年 大西洋～ボーフォート海 北西航路初完航

北極点探検の準備中にピアリー隊北極点到達の知らせ

を聞き、行き先を極秘に変更して1910年出航

1911年12月14日 南極点到達 → 1912年1月25日 全員帰還

### イギリス ロバート・スコット隊 雪上車・馬橇

1910年～南極探検開始

1912年1月17日 南極点到達 → 3月29日までに全員死亡

### 日本 白瀬矗隊 馬橇

北極点を目指していたが南極点に変更

1912年1月16日 南極大陸上陸



## 3.3.2 日本の南極観測のルーツ

しらせ のぶ  
**白瀬 矗**(1861-1946)

- 秋田県生まれ
- 幼少から北極に憧れ探検家を目指す
- 陸軍中尉
- **1912年** 海南丸 (200t) で南極到達  
南緯80度5分・西経156度37分，大和雪原と命名

### 5つの戒めを生涯守った

①酒，②煙草，③茶，④湯 を絶ち，⑤火にあたらない



### 3. 3. 3 南極観測のはじまり 宗谷～ふじ

---

1882-83年 第1回国際極年

1932-33年 第2回国際極年

1941-45年 第二次世界大戦

1957-58年 国際地球観測年（第3回国際極年）

**1957年** **第1次南極地域観測隊** 昭和基地建設

1962年 宗谷老朽化のため南極観測中断

輸送業務担当が海上保安庁から 海上自衛隊に変更

1962-64年 南極観測中断

1965年 ふじ（5,300t）就航 **第7～24次南極地域観測隊**

## 3.3.4 70年間の南極観測の歴史

1956年 第1次南極地域観測隊（南極地域観測予備隊）出発  
宗谷（3,800t）隊員53名



隊長 永田 武  
東京大学・地球科学者



副隊長兼越冬隊長 西堀栄三郎  
京都大学・登山家/技術者



最初の南極観測船 宗谷



西堀越冬隊長と三毛猫のたけし

写真引用：国立極地研究所

1957年1月29日 **第1次隊** 東オングル島に上陸  
 2月1～15日 昭和基地建設, 4棟完成  
 2月15日～ 初の越冬



1958年 **第2次隊** 接岸断念, 越冬不成立  
 1959年 **第3次隊** タロ・ジロの生存を確認

写真引用: 国立極地研究所

# 3.3.5 南極観測船（砕氷艦）の変遷

**宗谷**  
(海上保安庁)

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

タロ・ジロ

昭和基地  
接岸回数 0/6回



排水量：2,497トン / 全長：78.3m

**ふじ**  
(海上自衛隊)

7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24		

高橋修平

昭和基地  
接岸回数 6/18回



排水量：5,250トン / 全長：100m

**しらせ**  
(海上自衛隊)

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
45	46	47	48	49					

接岸断念

榎本浩之

庄子 仁 亀田貴雄

南極料理人

亀田貴雄

昭和基地  
接岸回数 24/25回

佐々木正史  
岩崎正吾

岩崎正吾 舘山一孝 榎本浩之



排水量：11,600トン / 全長：134m

**しらせ**  
(二代目)  
(海上自衛隊)

51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66				

接岸断念 接岸断念

日下 稜 杉本風子 大野 浩 星野聖太

大野 浩

昭和基地  
接岸回数 14/16回

舘山一孝  
佐藤和敏  
吉田悠嗣

大野 浩



排水量：12,500トン / 全長：138m

# 北見工大からのJARE参加者

1981~1983	JARE23M越冬	高橋 修平	2010~2011	JARE52夏	日下 稜(同行者)
	...		2011~2012	JARE53夏	杉本 風子(同行者)
1992~1994	JARE34越冬	榎本 浩之		...	
1993~1995	JARE35越冬	庄子 仁	2012~2013	JARE54夏	大野 浩(同行者)
1994~1996	JARE36D越冬	亀田 貴雄	2013~2014	JARE55夏	星野 聖太(同行者)
	...			...	
2002~2004	JARE44D越冬	亀田 貴雄	2017~2018	JARE59夏	大野 浩
2003~2004	JARE45夏	岩崎 正吾		...	
2003~2005	JARE45越冬	佐々木 正史	2022~2023	JARE64夏	舘山 一孝 佐藤 和敏 吉田 悠嗣(同行者)
2005~2007	JARE47越冬	岩崎 正吾			
2006~2007	JARE48夏	舘山 一孝			
2007~2008	JARE49夏	榎本 浩之	2024~2025	JARE66先遣隊	大野 浩
	...		2025~2026	JARE67夏	牛塚 貴博(同行者)

のべ20名

## 3.4 道東地域における極域研究への関わり

1956年1月25日～2月14日 ⇒ **1956年11月8日 一次隊出発**

第一次南極観測隊の隊長・永田武、同副隊長・西堀栄三郎ら一行網走入り、  
涛沸湖の結氷上で「南極の家」建設、総合耐寒訓練始まる（網走市歴史年表）



写真引用：網走市

基地設営に関する訓練（極地用建物、食糧、装備、無線）や、飛行機、雪上車などの機能テスト、軽飛行機・ヘリコプターの離着陸訓練などを実施（網走市ホームページより）

1965年～

紋別市に北大低温科附属流水研が設立

1978年2月～

登栄床湾においてアイスアルジー，海水生態系の研究

1987年～

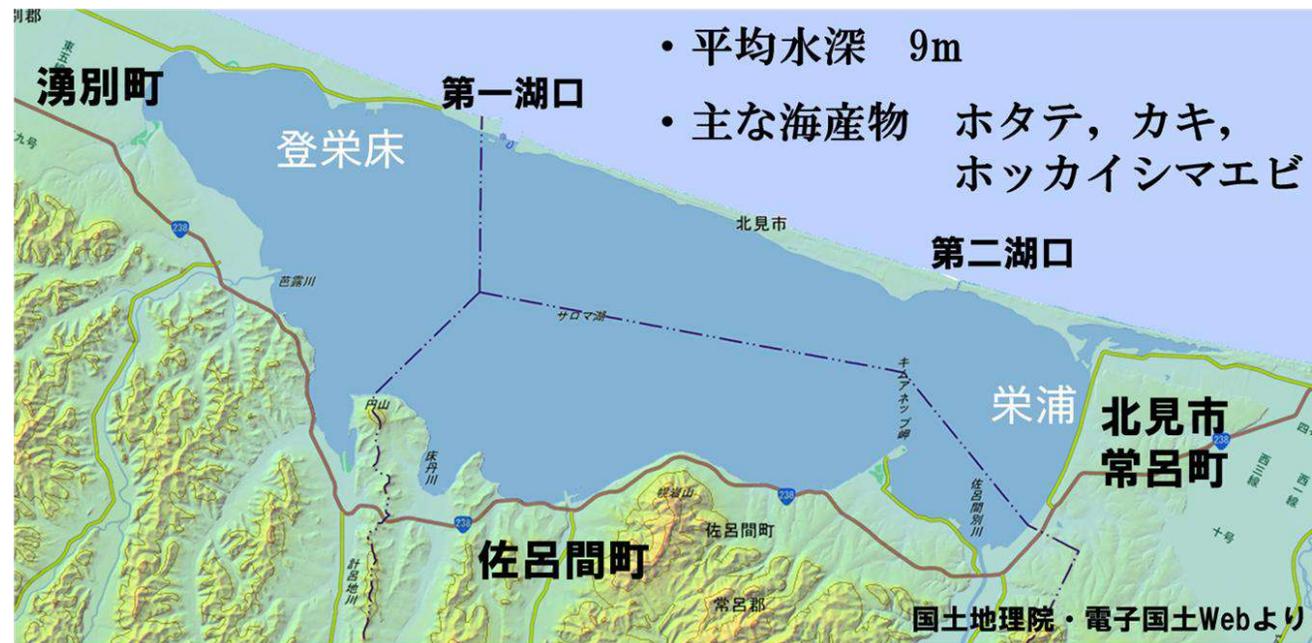
サロマ湖養殖調査研究センターが栄浦に設立

2006年～

世界13カ国・18大学・研究機関のコンソーシアム「国際南極大学」が発足

現在

南極地域観測隊の氷上訓練地



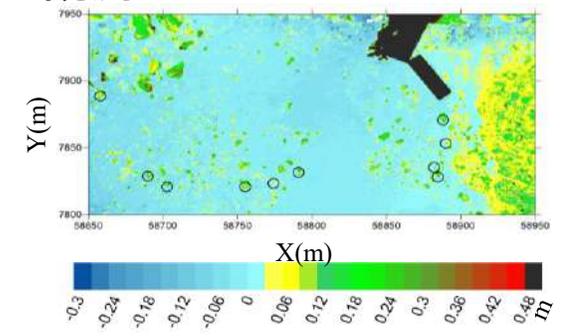
## AST-001



## AUV観測 (写真, 図: 東京大学)



## ドローン観測



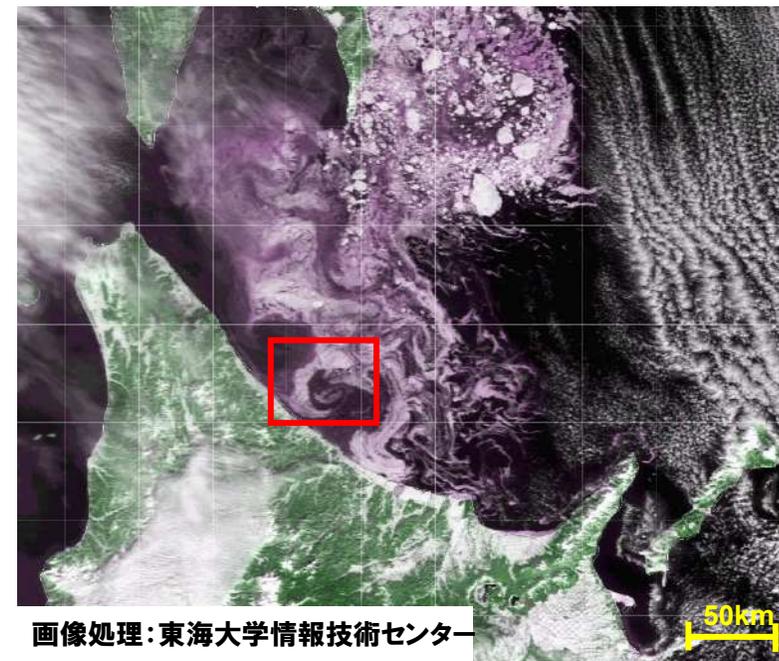
JGD2011/Japan Plane Rectangular CS13  
○: drilling locations

Figure2. Spatial distribution of freeboard over the area of red in Fig.1.

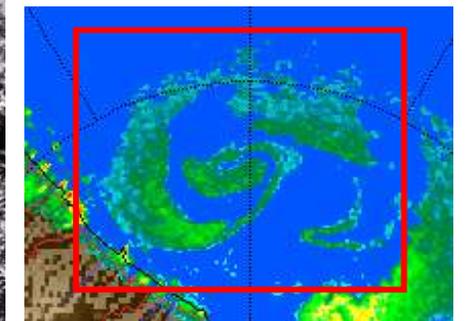
## 航空機観測 (写真: JAXA, NASA)



## 衛星・陸上レーダ観測



画像処理: 東海大学情報技術センター



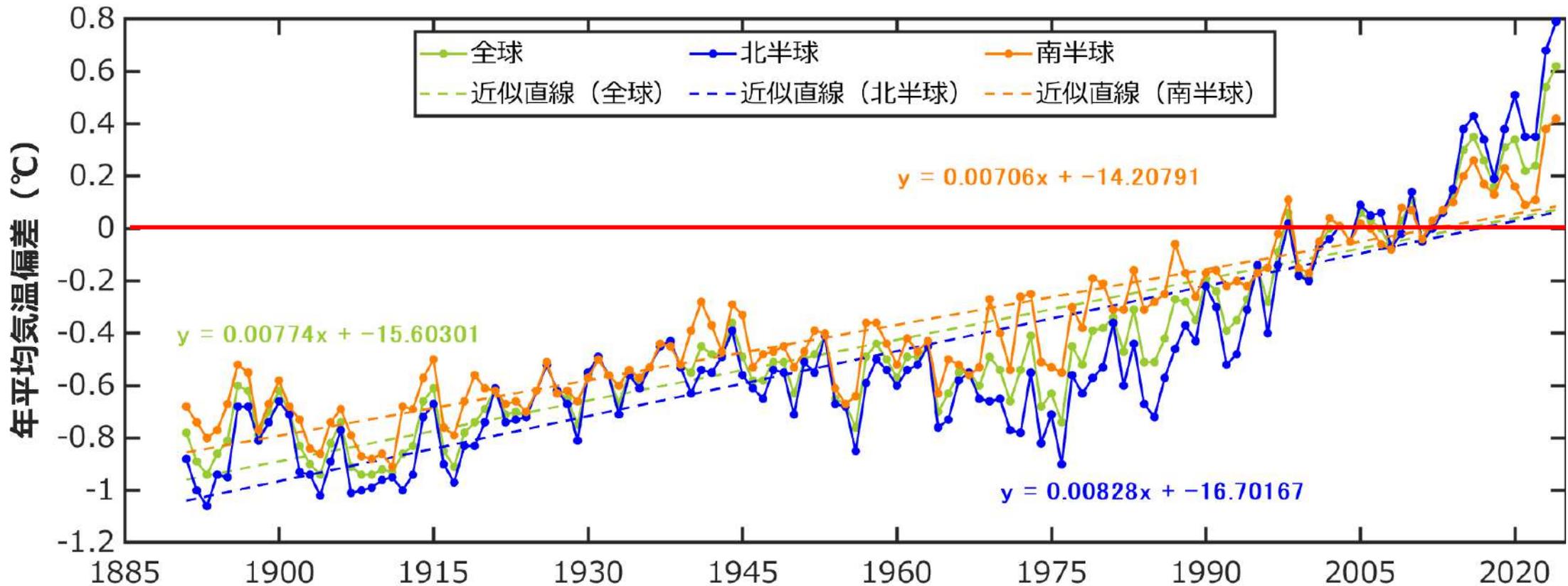
衛星画像: 米国地質調査所提供  
レーダー画像: 紋別市提供

# 4. 凍る海の温暖化

# 4.1 地球の年平均気温の経年変化

1991～2020年を平均基準とした場合の気温偏差の経年変動は、**全球**で約 **0.76 °C/100年**、**北半球**で約 **0.80 °C/100年**、**南半球**で約 **0.70 °C/100年**の割合で上昇している。**2024年**は統計開始以降、最も高い値となった。

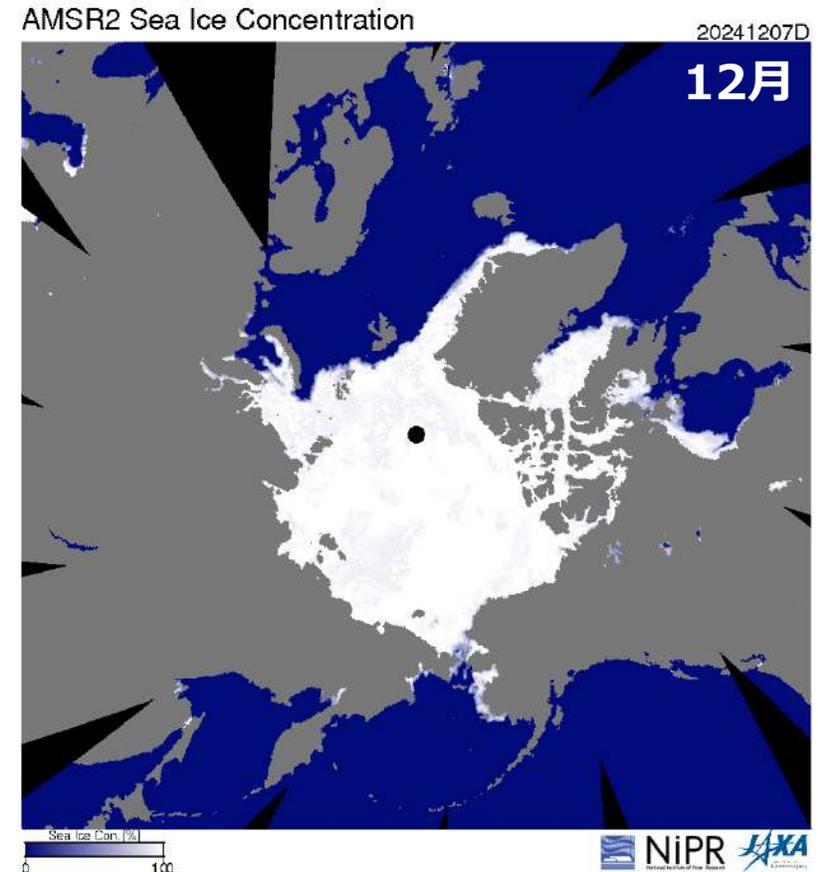
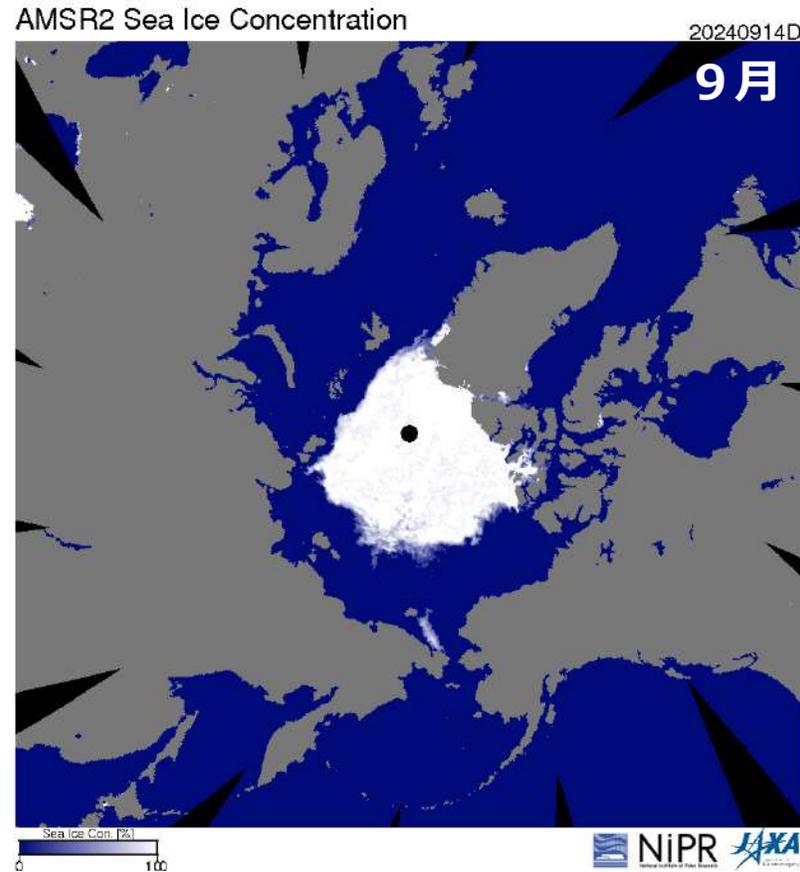
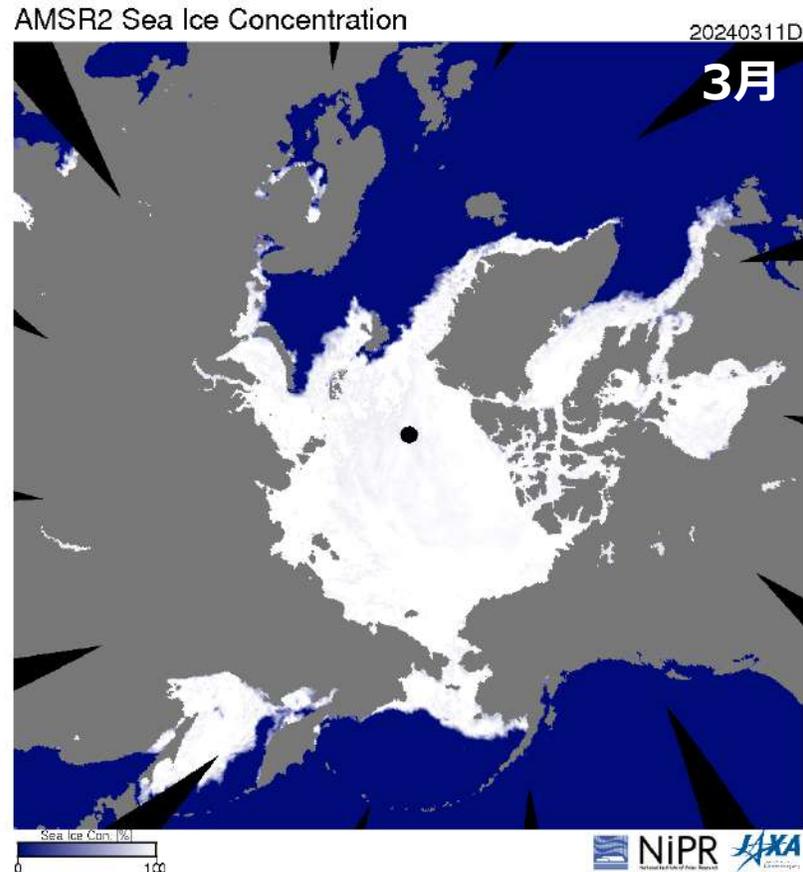
気象庁のデータ（2025）を使用



## 4.2 北極海の海氷

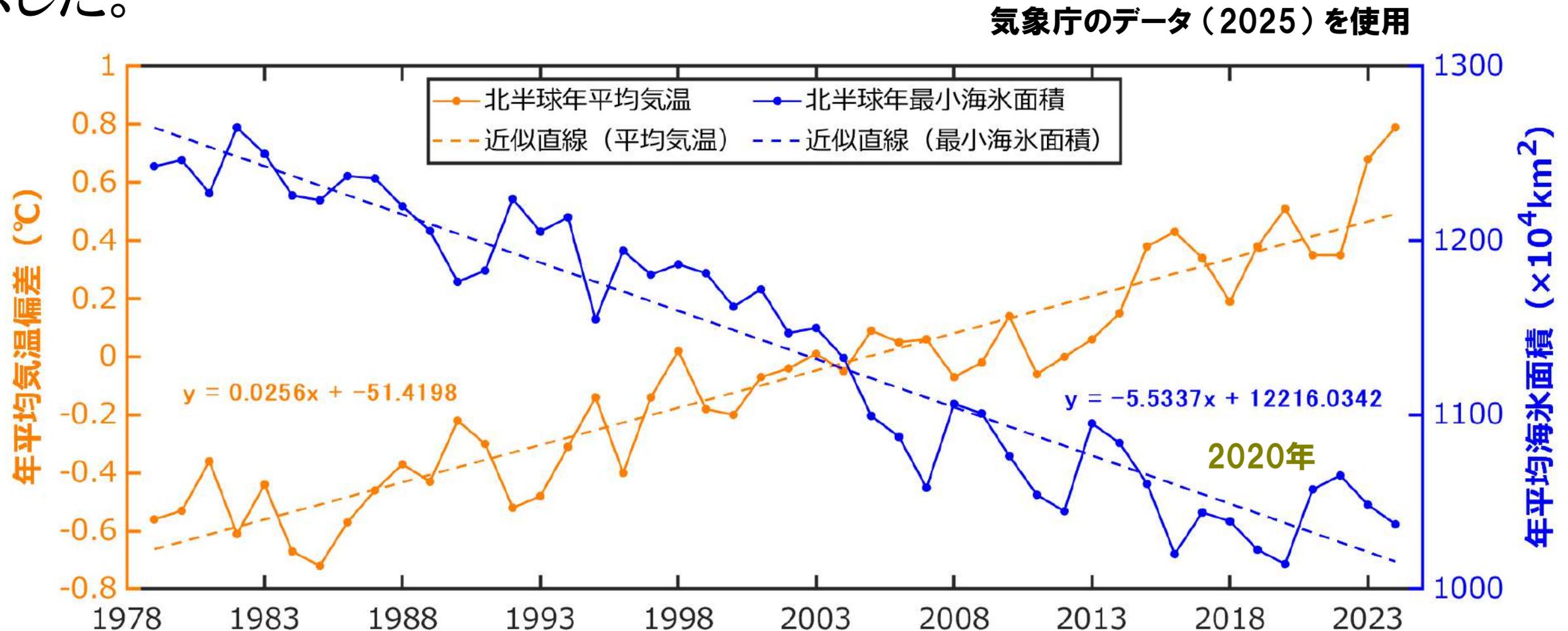
海氷面積は **9 月** に最少，**3 月** に最大を示す。最大面積は北極海の全面積と等しく，**1,500 万km<sup>2</sup>** に達する

2024年の北極海海氷域面積



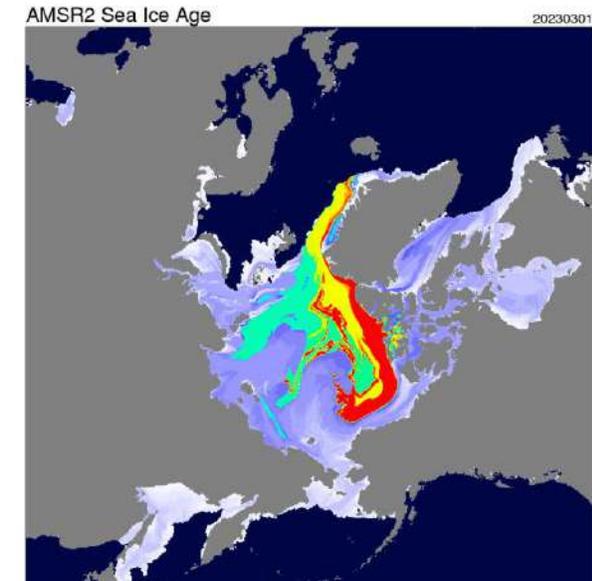
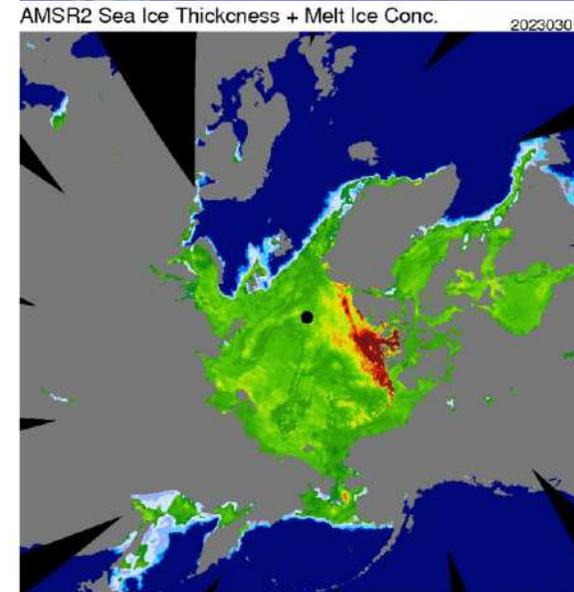
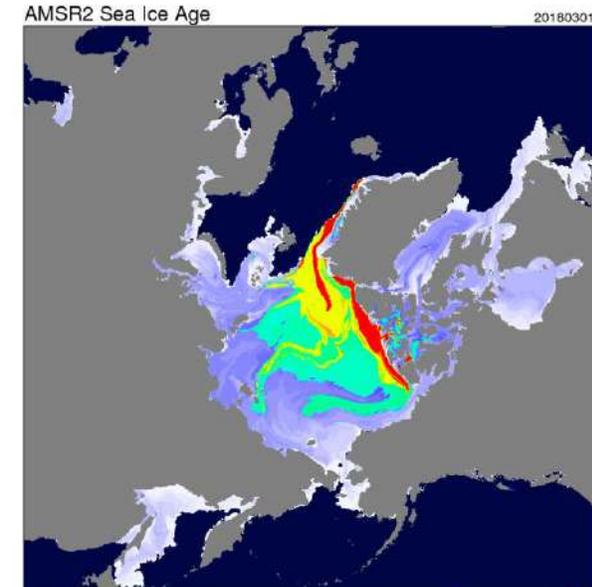
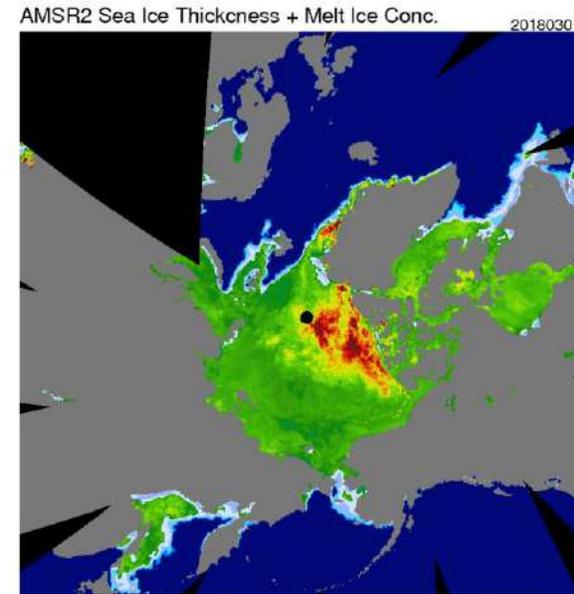
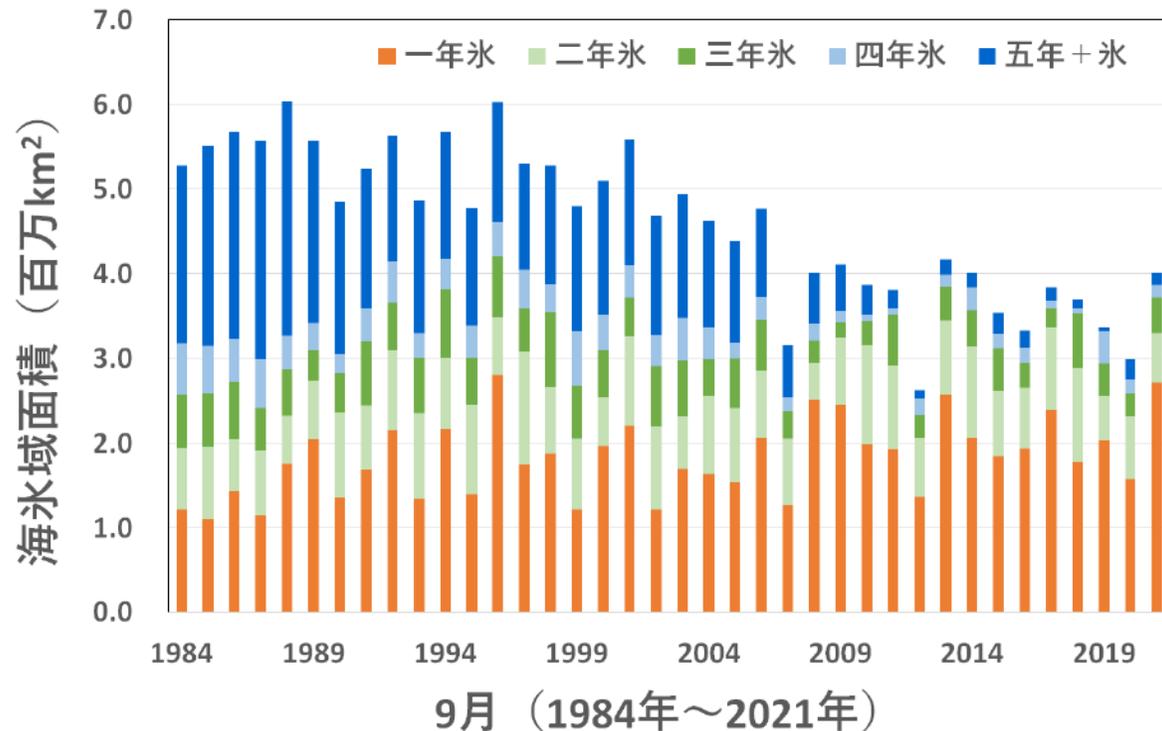
## 4.2.1 北極海の海氷面積の経年変化

地球温暖化の影響で、北極海の海氷の年平均面積が減少している（約 5.6 万km<sup>2</sup>/年）。2020 年は統計開始以降で最も小さい最小面積を示した。



# 4.2.2 北極海の海氷厚さ・氷齡分布の変化

氷齡5年以上の海氷の割合は、1980年代の平均40%以上から2010年以降は10%未満まで激減している。厚い海氷の面積が減少し、夏季に融けて消滅しやすくなっている。



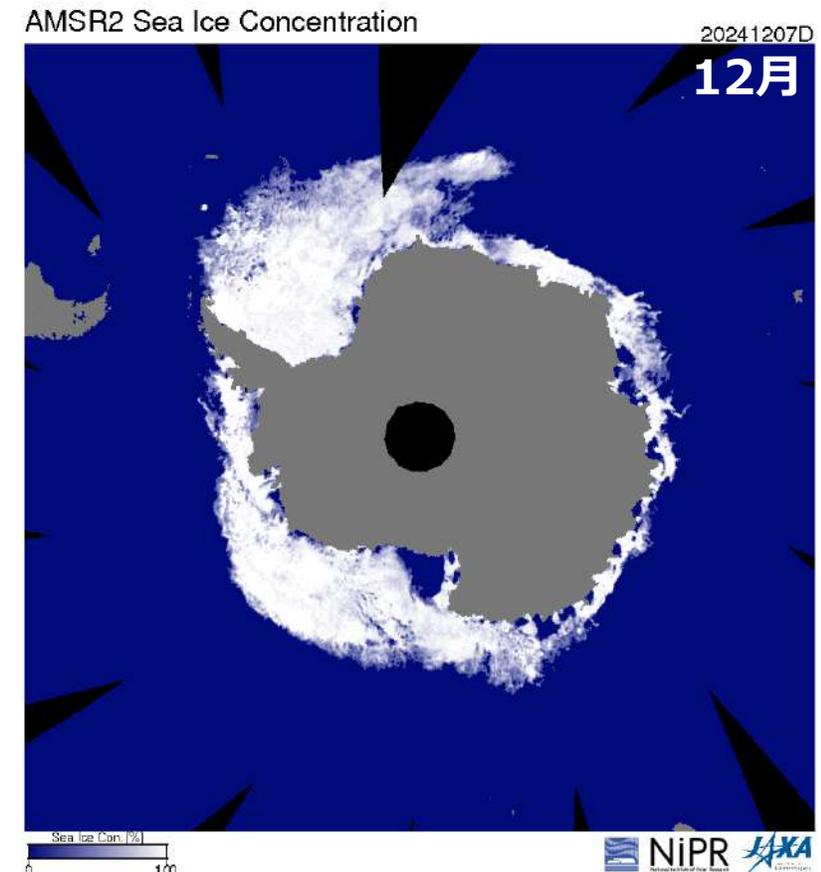
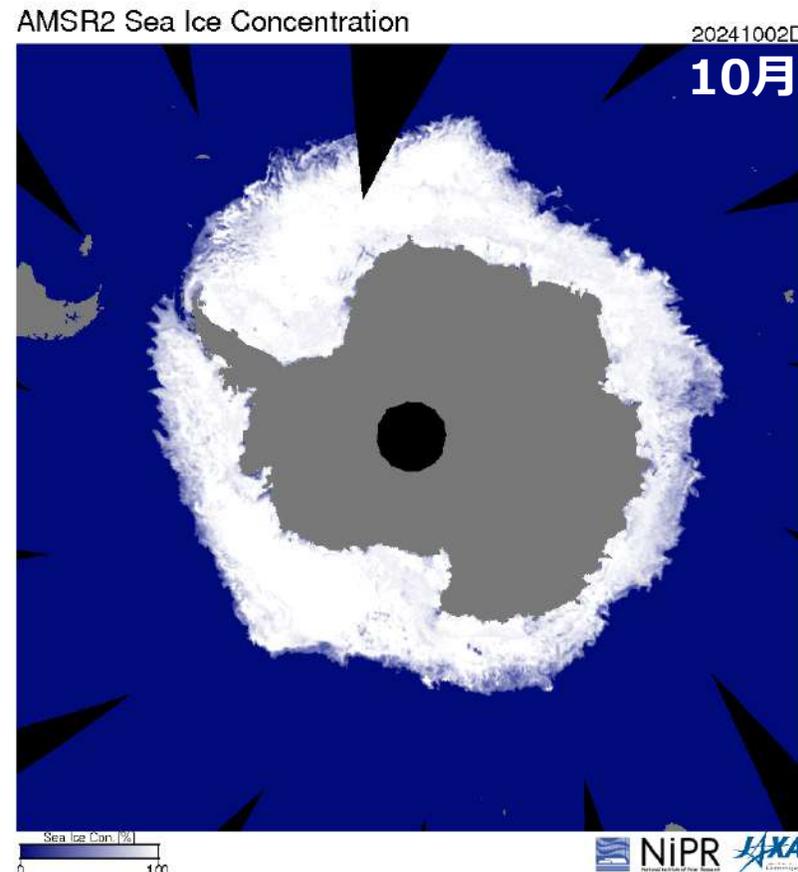
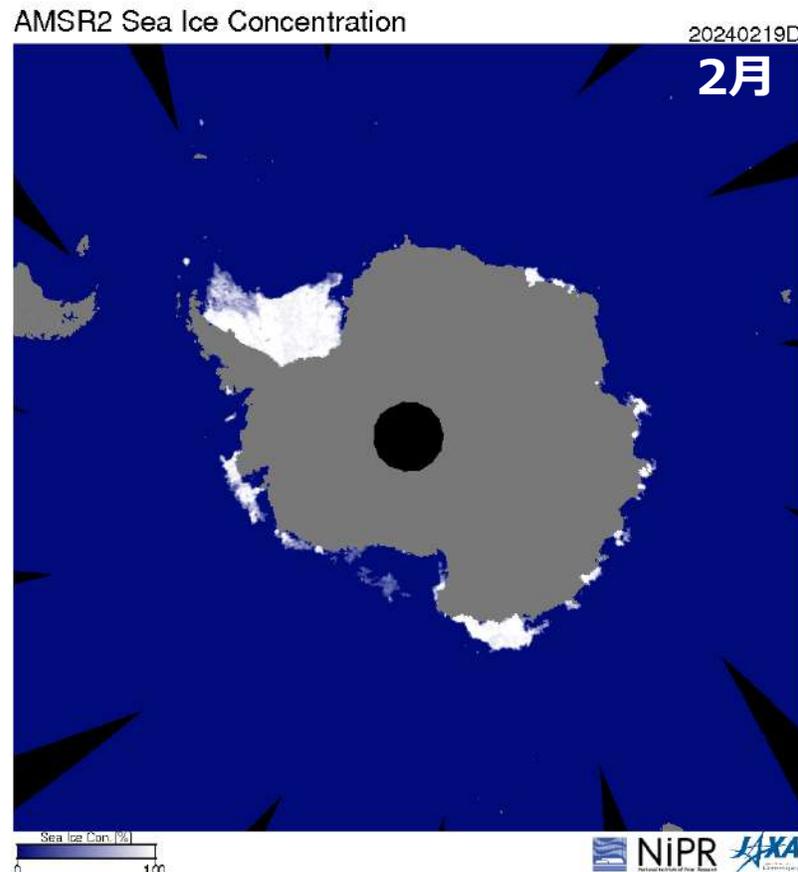
0 100 200 300 400 500 Sea Ice Thickness (cm) 20 30 40 50 100 Melt Ice Conc. (%) NIPR AXA

Sea Ice Age (Years) 1 500 800 1200 NIPR AXA

## 4.3 南極海の海氷分布

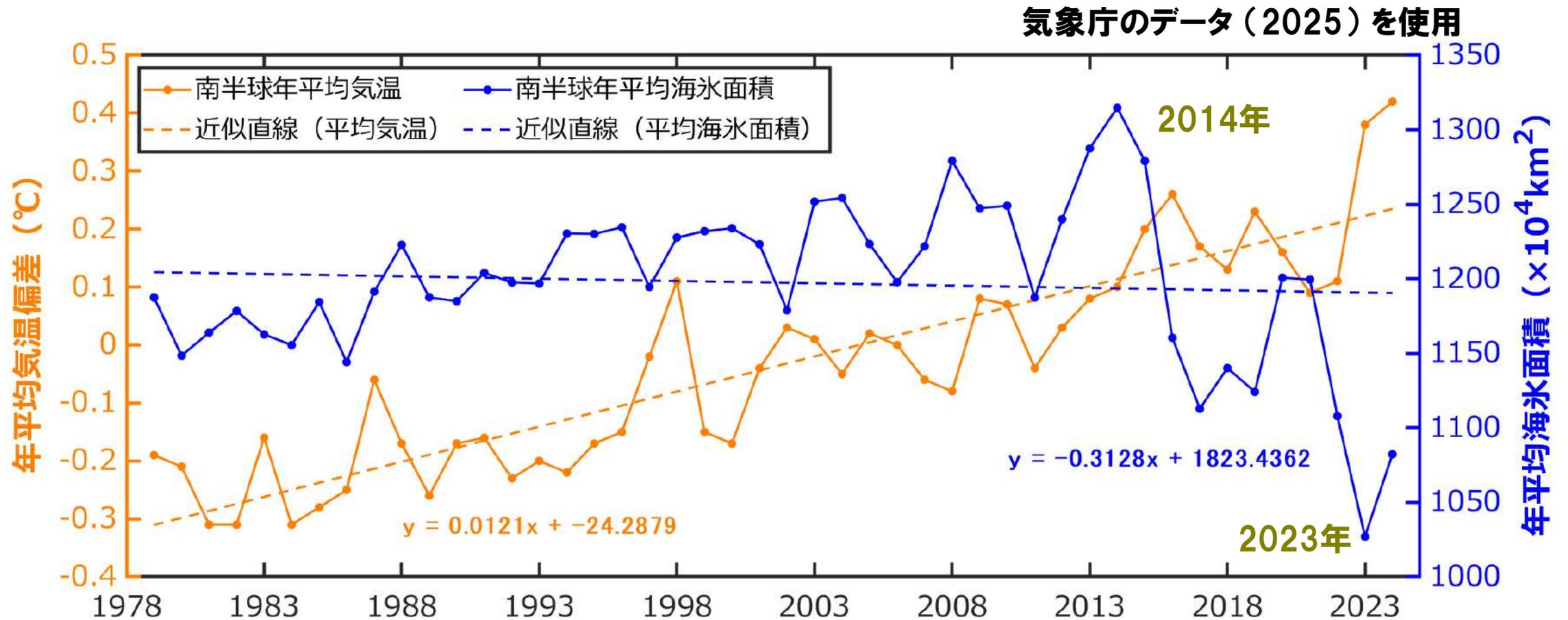
海氷面積は **2月** に最少, **10月** に最大を示す。  
最大面積は南極大陸よりも広い面積である **2,000 万km<sup>2</sup>** に達する。

2024年の南極海海氷域面積



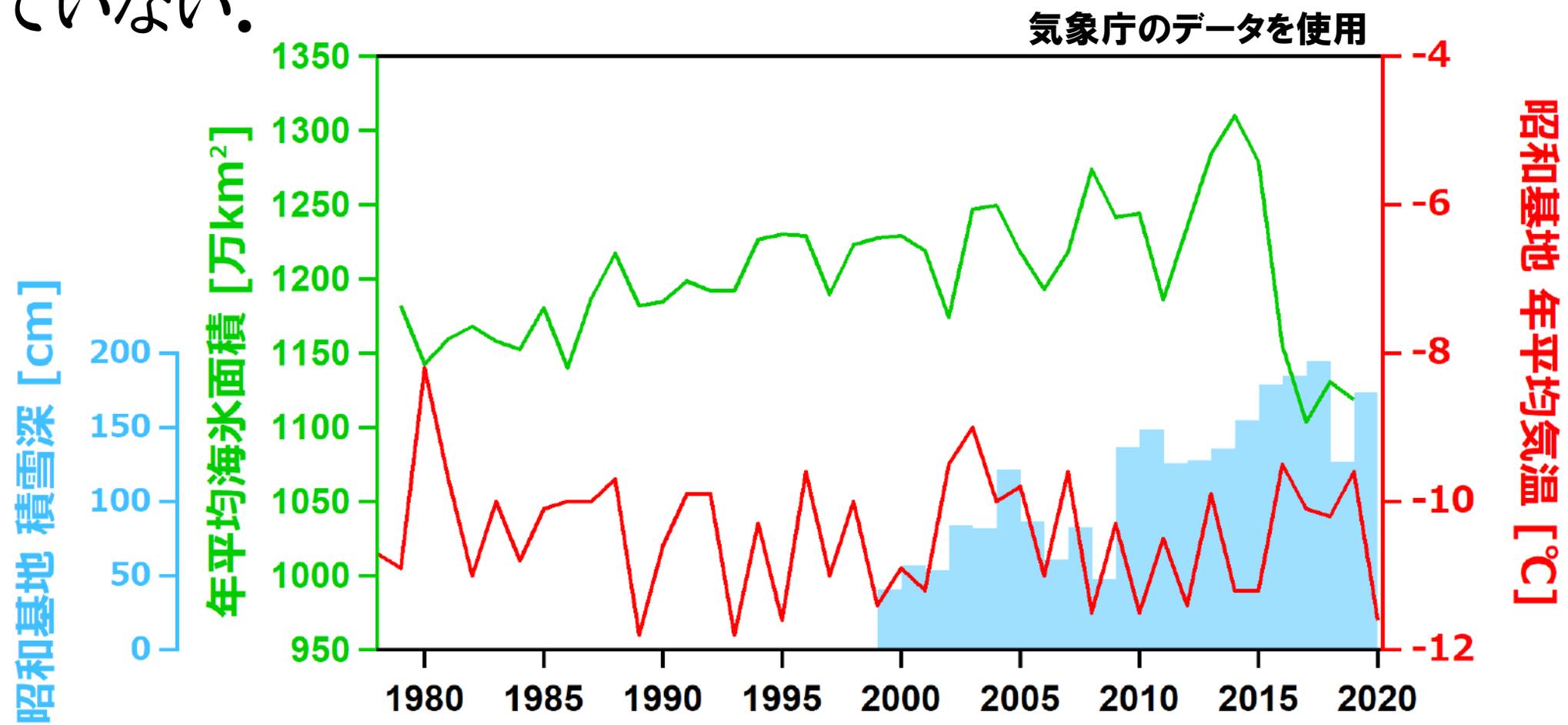
# 4.3.1 南極海の海氷面積の経年変化(2)

1979年以降、南極海の海氷の年平均面積は年々増加していた(0.02万km<sup>2</sup>/年)が、2014年は統計開始以降最大面積、2023年は最小面積を示すなど、変動が大きい。



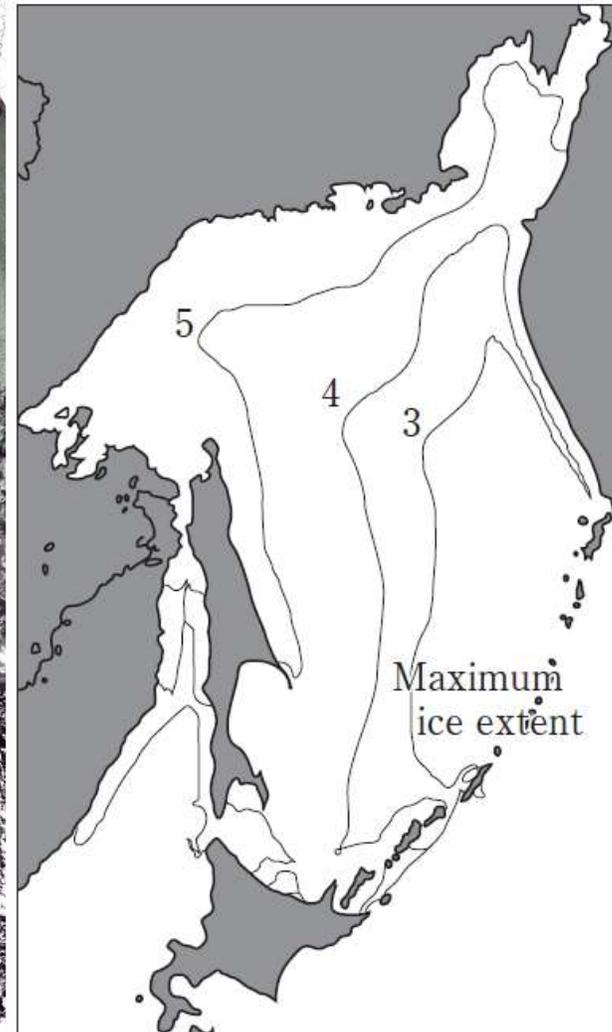
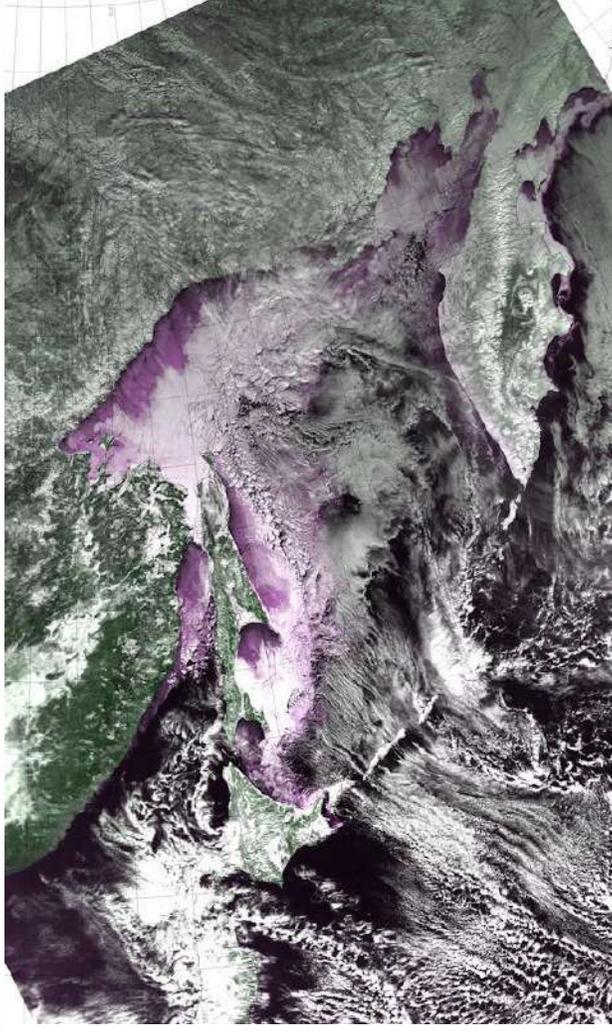
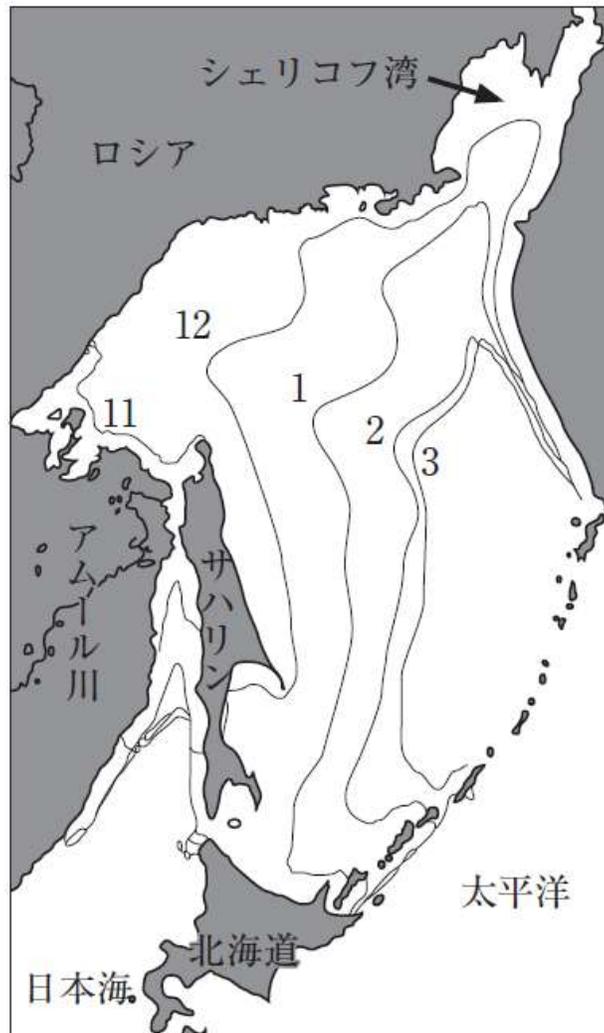
## 4.3.2 昭和基地周辺の環境変化

1979年から2016年は南極海全体の年平均海氷面積は増加している。昭和基地周辺は最大積雪深が増加し，年平均気温には変化傾向はみられていない。



## 4.4 オホーツク海の流氷

**11月**に結氷開始, 3月に最大, **6月**に消滅(**8ヶ月間**)最大面積はオホーツク海の**70 ~ 80%**に達する.

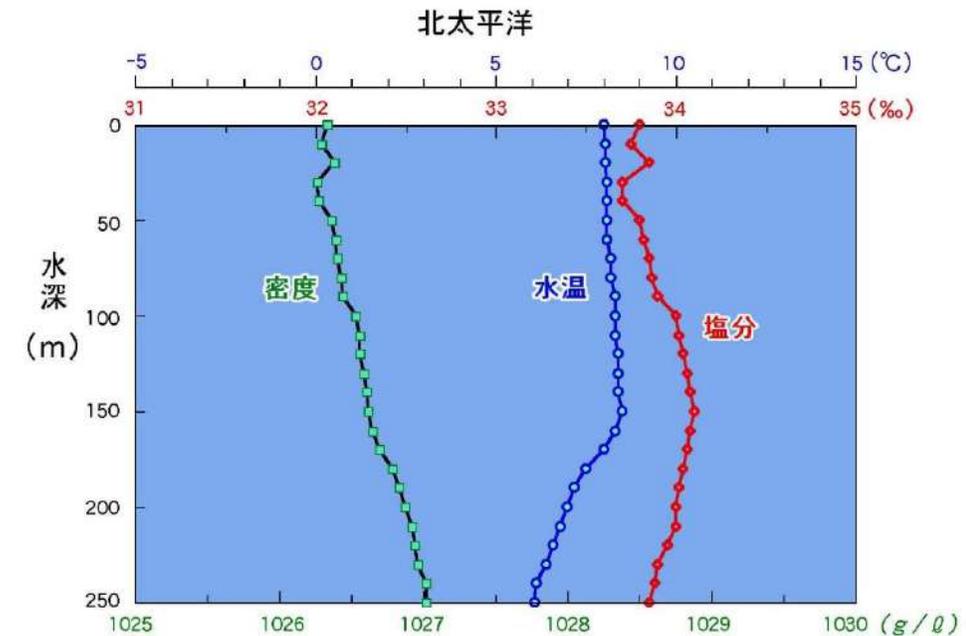
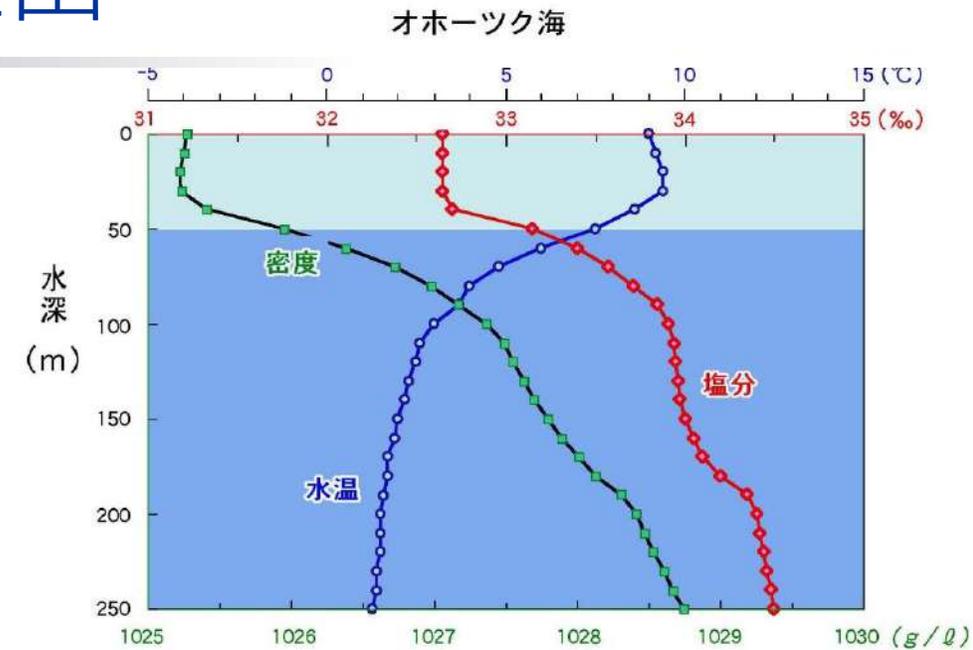
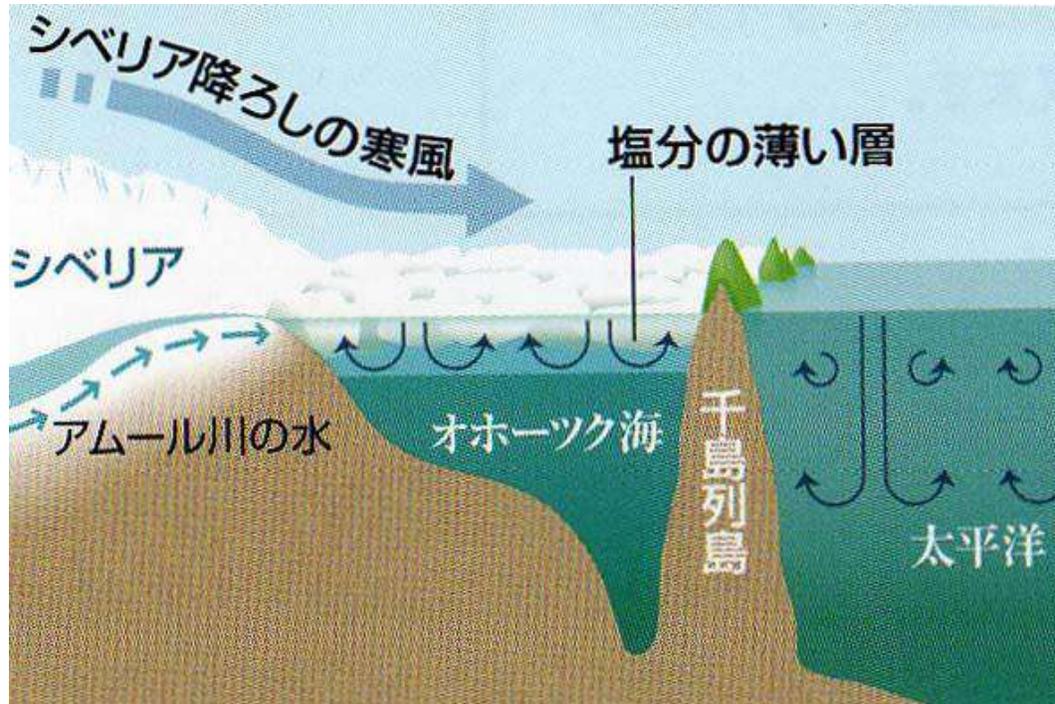


# 4.4.1 オホーツク海が結氷する理由

## 塩分（密度）の二重構造

表層：低塩分層， 中層：高塩分層

1. 低塩分層は冷えても高塩分層より重くないため  が起きない。
2. 北半球で最も寒い **シベリア** からの季節風



## 4.4.2 オホーツク海の海洋循環

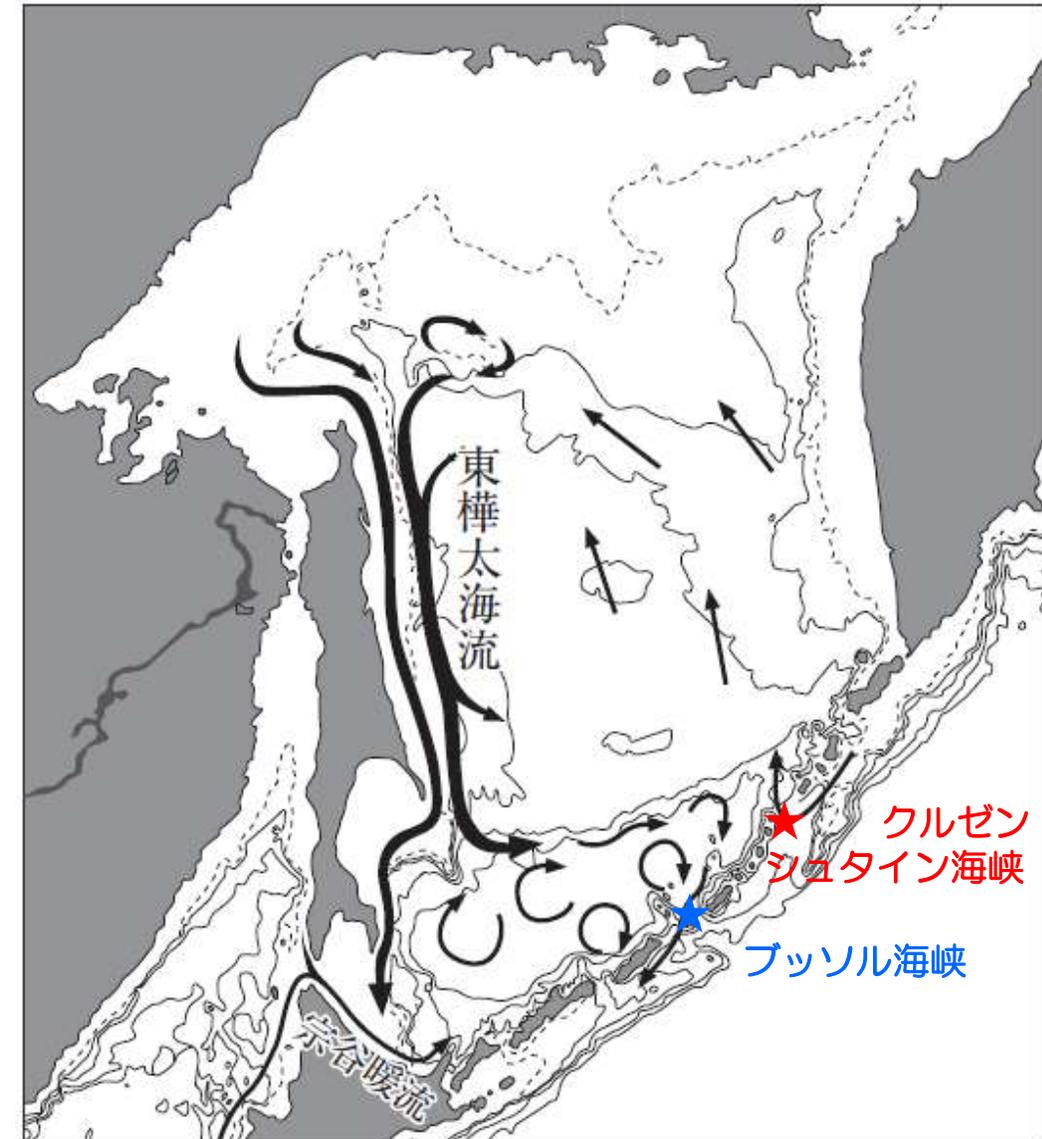
### 東樺太海流：

北部から大陸棚沿って南部の北海道へ流れる寒流

### 宗谷暖流：

日本海から宗谷海峡を抜けて、北海道沿岸を流れる暖流

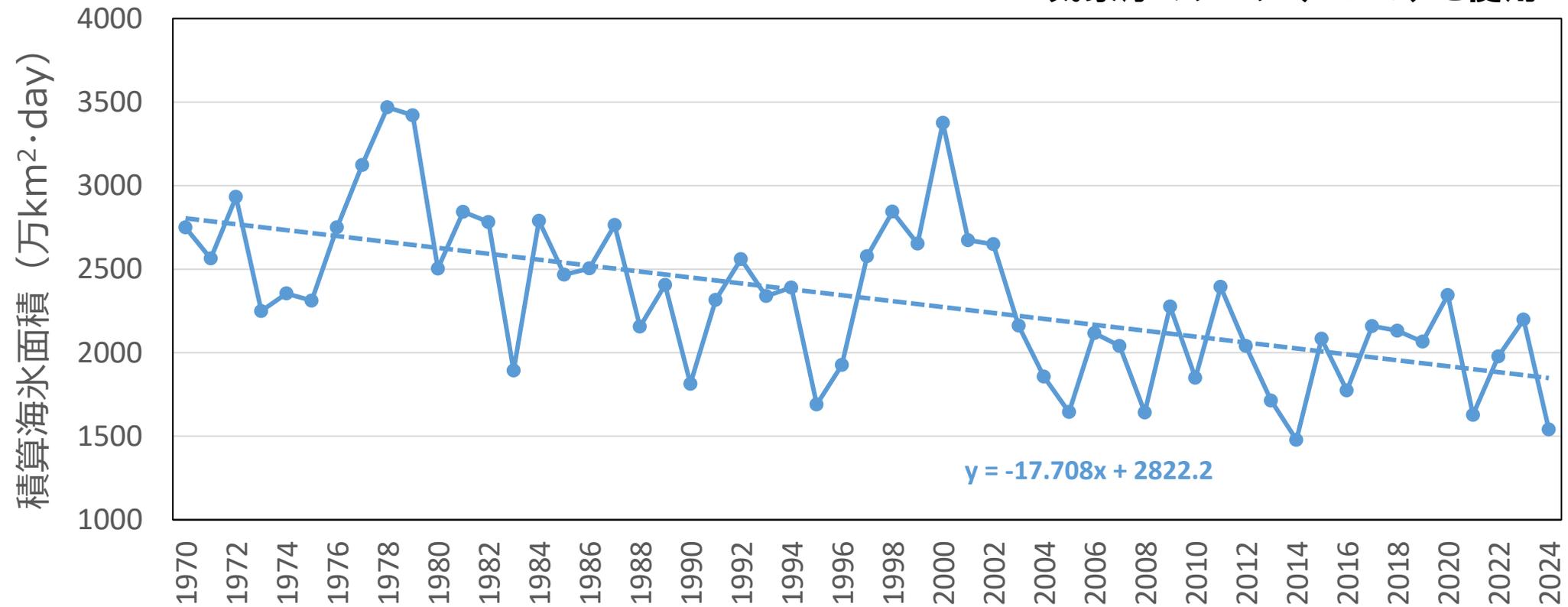
太平洋とは **クルゼンシュタイン海峡** (流入) と **ブツソル海峡** (流出) を通じて水を交換



## 4.4.3 オホーツク海の流氷の積算面積

オホーツク海の流氷面積の年積算値は年最大面積よりも顕著な減少傾向を示しており、約 **18万 km<sup>2</sup>・日/年** の海氷域が消失している。

気象庁のデータ（2025）を使用



オホーツク海の流氷域面積の年積算値（1970年から2024年）

# 5. 極地の絶景









## 5. 2 南極の絶景

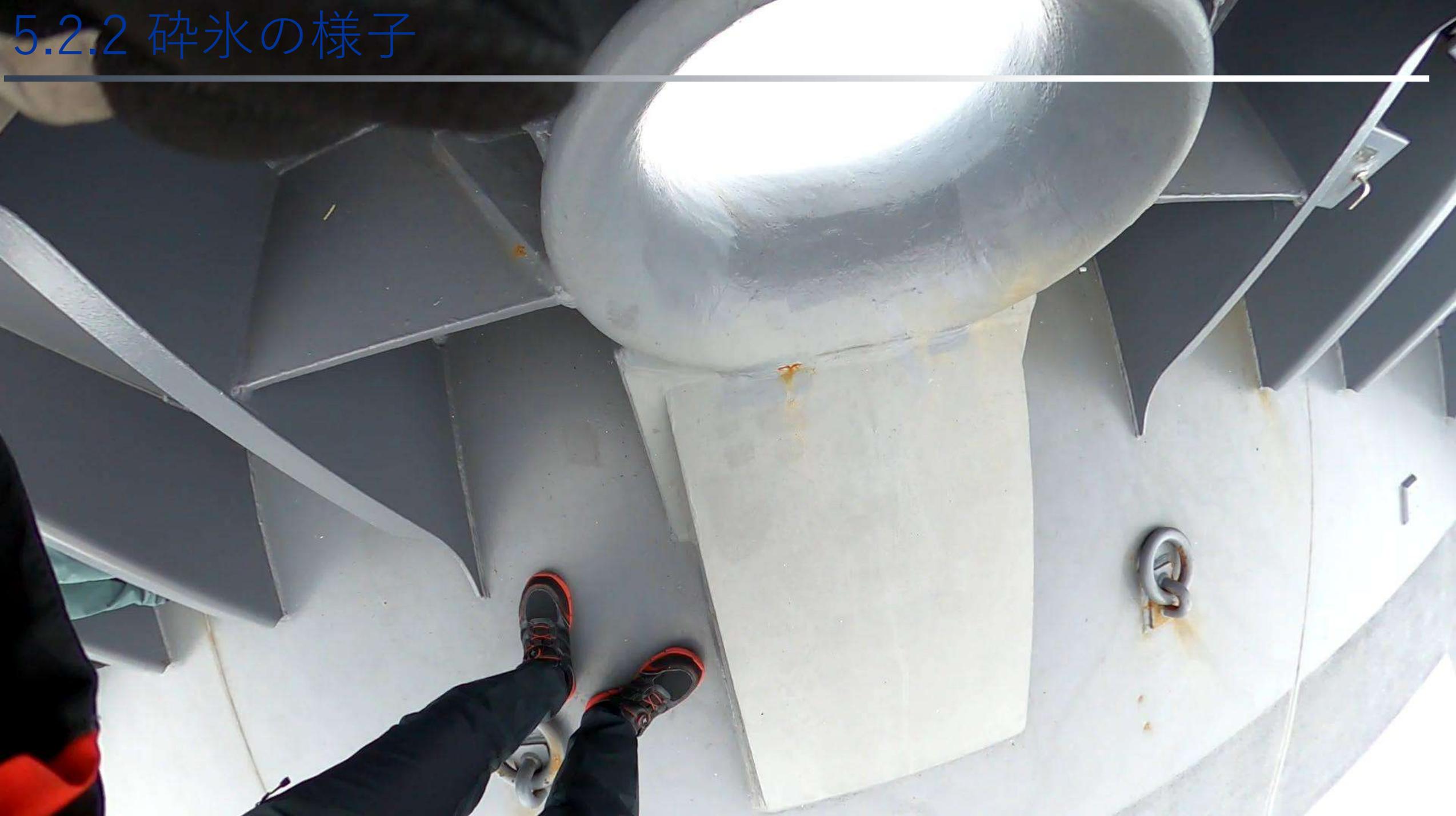


## 5.2.1 吠える40度・狂う50度・叫ぶ60度



## 5.2.2 砕氷の様子

---



## 5.2.3 南極の地面

輝石片麻岩, 石英, 斜長石, 黒雲母など



# 氷河の末端



## 5.2.4 ペンギン

---

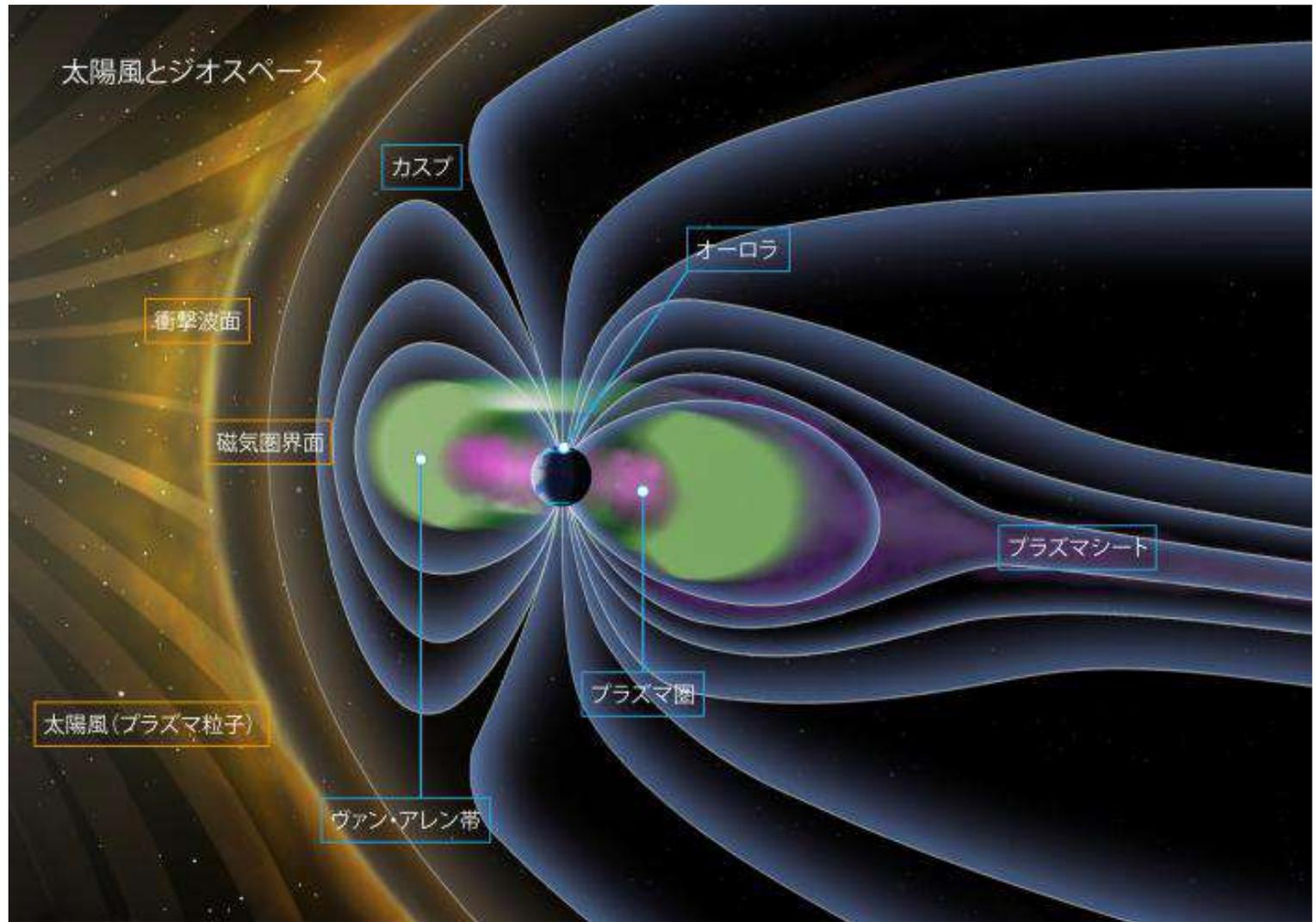


# ペンギンのルッカリー



# 5.3 空の絶景：オーロラ

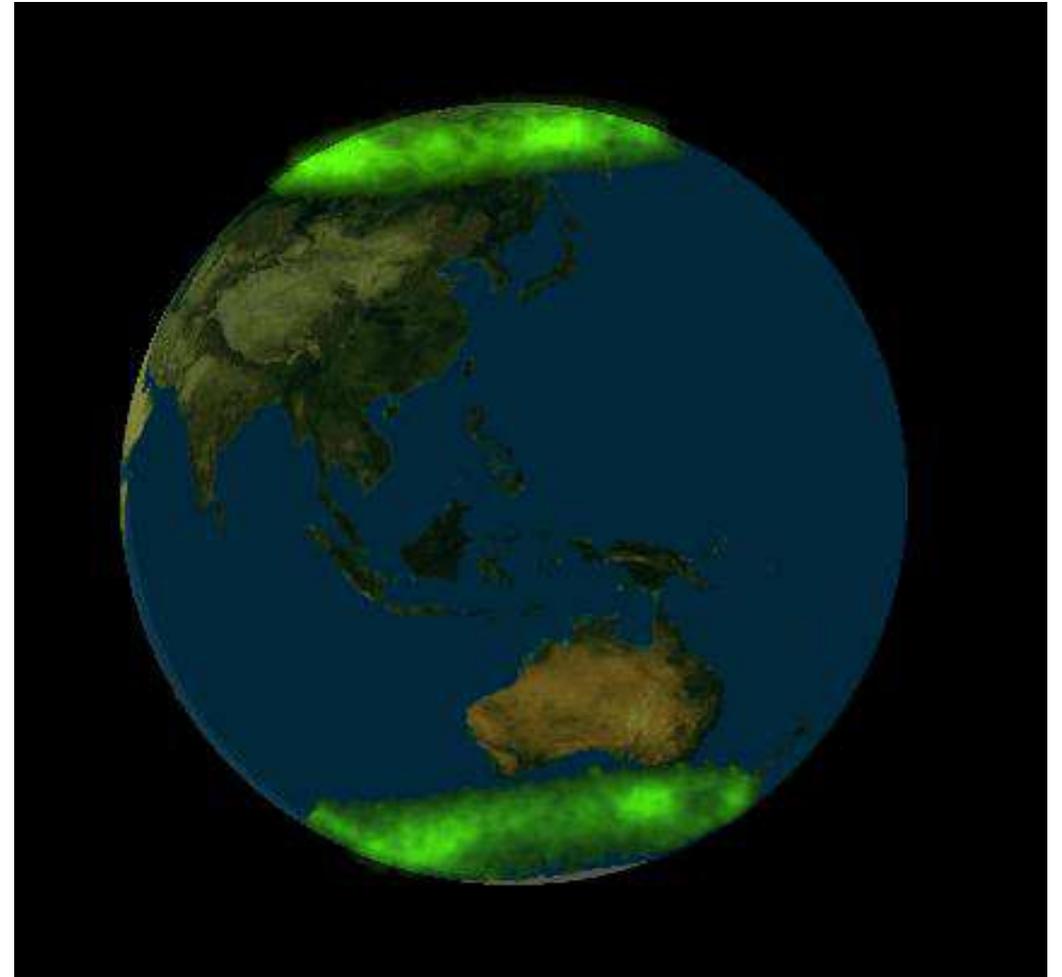
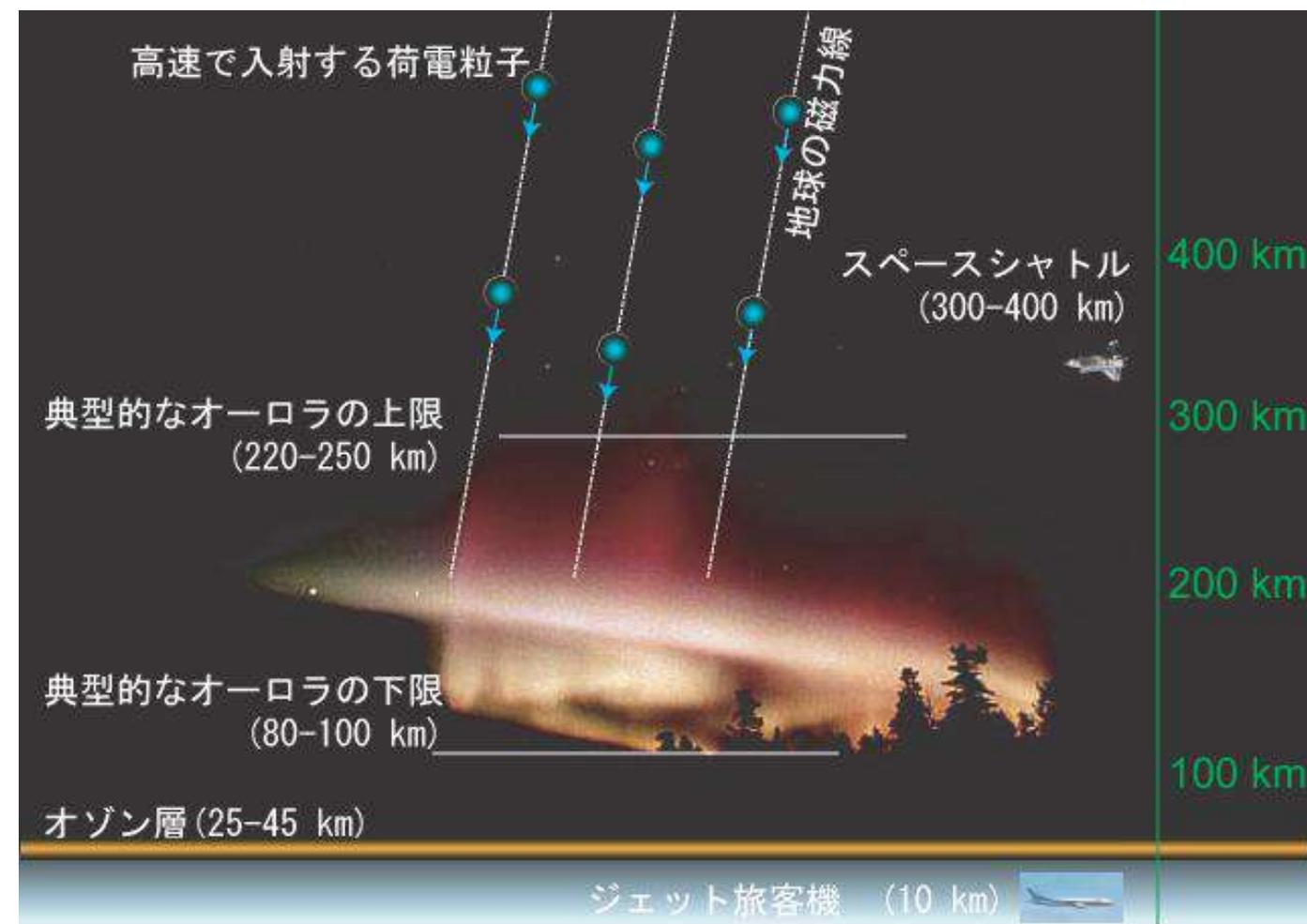
地球の磁力線に沿って太陽から飛んでくるエネルギーの高い電子(太陽風, プラズマ粒子)が移動



図引用：国立極地研究所

## 5.3.1 オーロラが光る理由

プラズマ粒子が酸素(緑色, 赤色)や窒素(ピンク色)の分子にぶつかり発光する



写真引用：理科年表オフィシャルサイト

## 5.3.2 昭和基地で観測されたオーロラ



### 5.3.3 しらせで撮影されたオーロラ





ご清聴ありがとうございました