

A large, jagged blue iceberg dominates the background, its surface textured with cracks and ridges. In the foreground, the deck of a white ship is visible, with several crew members in winter gear. A Norwegian flag flies from the ship's mast. The water is a deep, clear blue, with smaller ice floes scattered around.

# 北極圏の 気候変動

今、注目されている旬な話題！

SWIPA 2011:  
*Snow, Water, Ice and  
Permafrost in the Arctic*

AMAP

# 用語集

## AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme)

北極圏監視評価プログラム

## 北極圏 (Arctic)

およそ北緯 66 度以北の地域と定義されることが多い。

## 北極評議会 (Arctic Council)

北極圏 8 カ国と北極圏先住民が直面する問題を検討する高官レベルの組織。

## 二酸化炭素 (Carbon dioxide)

人間の活動により排出される主要な温室効果気体。

## 気候 (Climate)

数か月から数千年あるいは数万年といった長期間を平均した代表的な気象状態。

## 気候変動 (Climate change)

気候の顕著な変化をいう。

## 気候モデル (Climate model)

過去、現在、将来の気候要素の計算に使用される数値モデル。

## 雪氷圏 (Cryosphere)

地球表面で、1 年のうち凍結している期間がある地域。

## フィードバック (Feedback)

プロセス間の相互作用。

## ギガトン (Gigatonne)

10 億トン。

## 氷河 (Glacier)

重力で(山地の)斜面を流下する氷雪。

## 温室効果気体 (Greenhouse gas)

大気中の赤外線を吸収する気体。

## 氷帽 (Ice cap)

全方向に広がるドーム型の氷河氷の塊。

## 氷床 (Ice sheet)

広範囲にわたって地表を覆っている厚い氷河氷。

## IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)

気候変動に関する政府間パネル (国際連合)。

## メタン (Methane)

自然生成される強力な温室効果気体。

## 永久凍土 (Permafrost)

2 年以上継続して凍結している土壌。

## 予想 (Prediction)

今後、確実性の多少はともかくも、起こると考えられる事象。

## 予測 (Projection)

ある条件を想定した場合に起こる可能性がある事象。

## 海水 (Sea ice)

海水の凍結により生成された氷。

## 気象 (Weather)

人に影響を及ぼす大気状態の短期的変化。

## はじめに

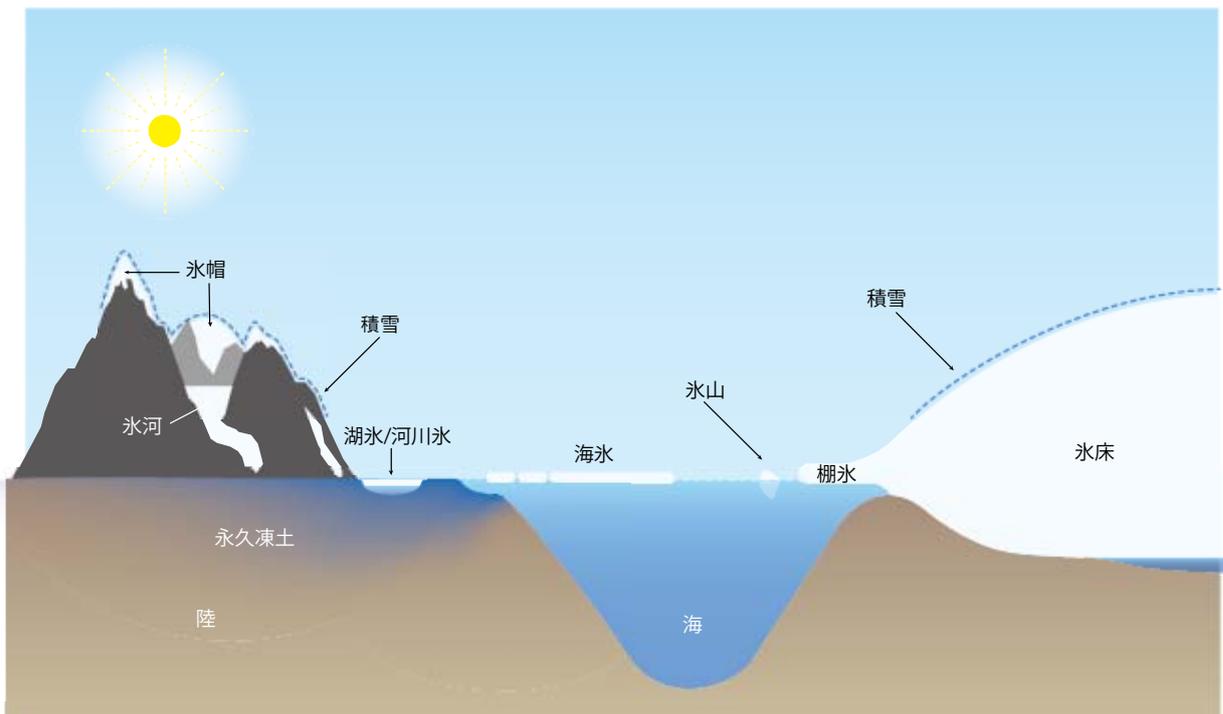
世界は温暖化傾向にあり、北極圏の氷は融解している。世界各国の科学者は、北極圏の温暖化がそこに生息する植物や動物、そこに生きる人々、さらには世界各地にどのような影響を及ぼすのかを見極めようとしている。科学者がとりわけ関心を示しているのは北極雪氷圏の変化に関する研究である。雪氷圏とは地球表面で1年のうち凍結している期間のある地域のことで、積雪、永久凍土（永続して凍っている土壌）、河川や湖沼表面の氷、氷河、氷帽、海氷を含む。

SWIPA プロジェクト - Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic - は、北極評議会により次の6つの重要な問いに対して、科学者が協力して入手可能な情報を検討し、答えを見出して合意することを目的として設置された。

- ・なぜ北極圏は変化しているのか。
- ・北極雪氷圏はどのように変化しているのか。
- ・こうした変化は将来も続くのか。
- ・北極雪氷圏の変化は自然や人々にどのような影響を及ぼすのか。
- ・なぜ北極圏の変化が地球全体にとって問題なのか。
- ・北極圏の温暖化に関してわれわれは何ができるのか、どうすればよいのか。

SWIPA アセスメントでは、北極雪氷圏の各構成要素が変化している状態に関する最新の科学知識を結集し、こうした変化が北極圏全体と北極圏や世界各地に住む人々にどのように影響を及ぼすかを検証している。SWIPA プロジェクトの詳細については、SWIPA ウェブサイト：[www.amap.no/swipa](http://www.amap.no/swipa) を閲覧されたい。

### 北極雪氷圏



北極圏の気候変動—今、注目されている旬な話題

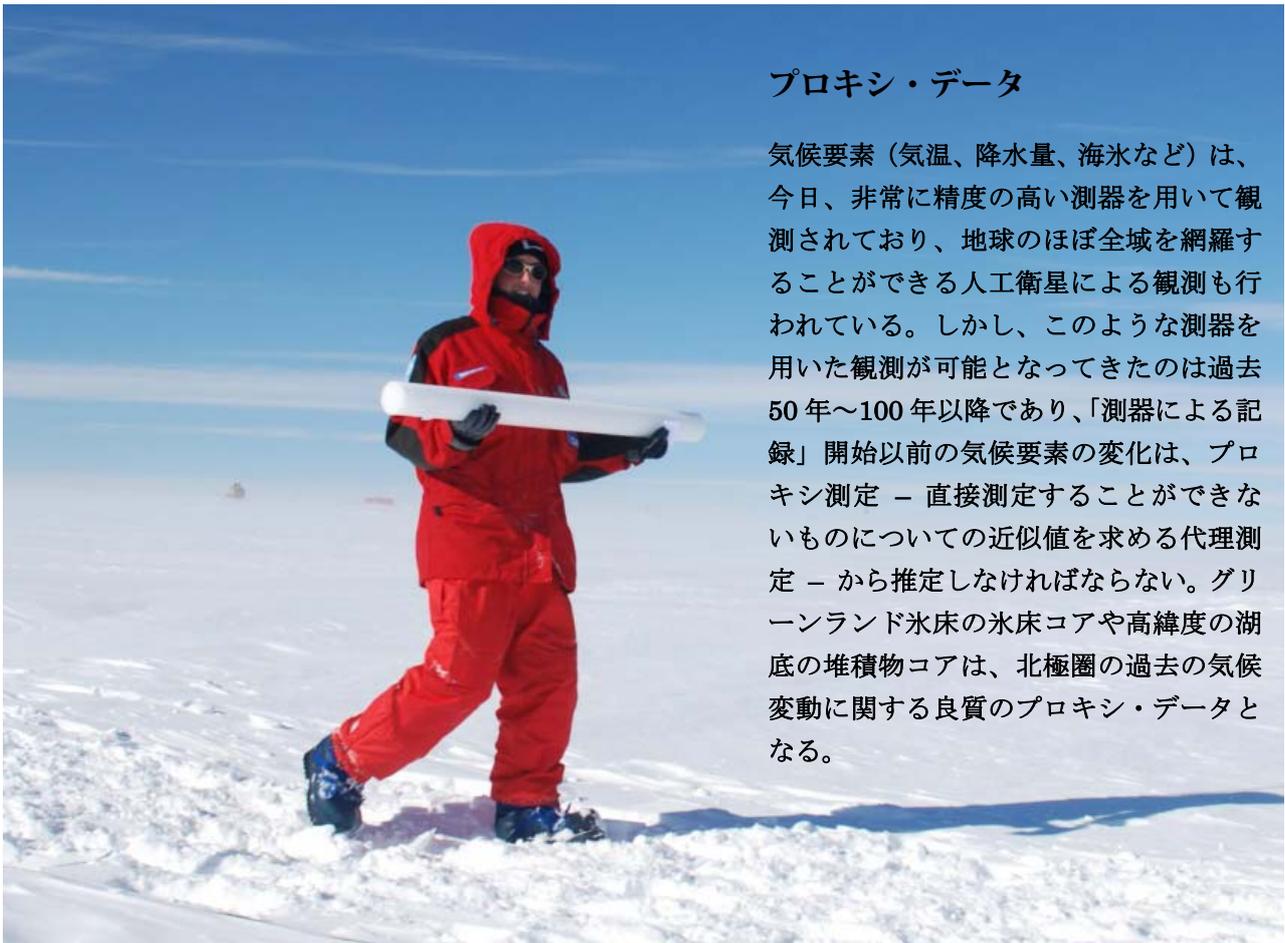
## なぜ北極圏は変化しているのか？

地球が誕生して以来、地球の気候は常に自然変動している。これまでも地球表面の大部分が氷で覆われていた非常に寒冷な時期（「氷期」）と、ほとんど氷がない温暖な時期があった。しかし現在の温暖化の速さは自然変動の範囲を超えている。

北極圏の温暖化は、地球上のどこよりも速い速度で進行している。1980年以降の年間平均気温の上昇は北極圏では世界の他の地域の2倍となっている。実際に、最近7年間（2005年～2011年）の気温が、北極圏の過去の記録の中で最高であったことが測定値によって示されている。

さらに過去にさかのぼると湖の堆積物、年輪、氷コア（プロキシ・データ）から、北極圏の夏の気温は、過去2000年のどの時点よりもここ数十年のほうが高いことが分かる。

観測されている全地球の気温上昇の主な原因は、化石燃料（石炭、石油、天然ガス）の燃焼など、人間の活動により排出された「温室効果気体」による可能性が非常に高い。気温上昇の原因となる主要な温室効果気体は二酸化炭素である。天然ガス（メタン）もまた強力な温室効果気体である。

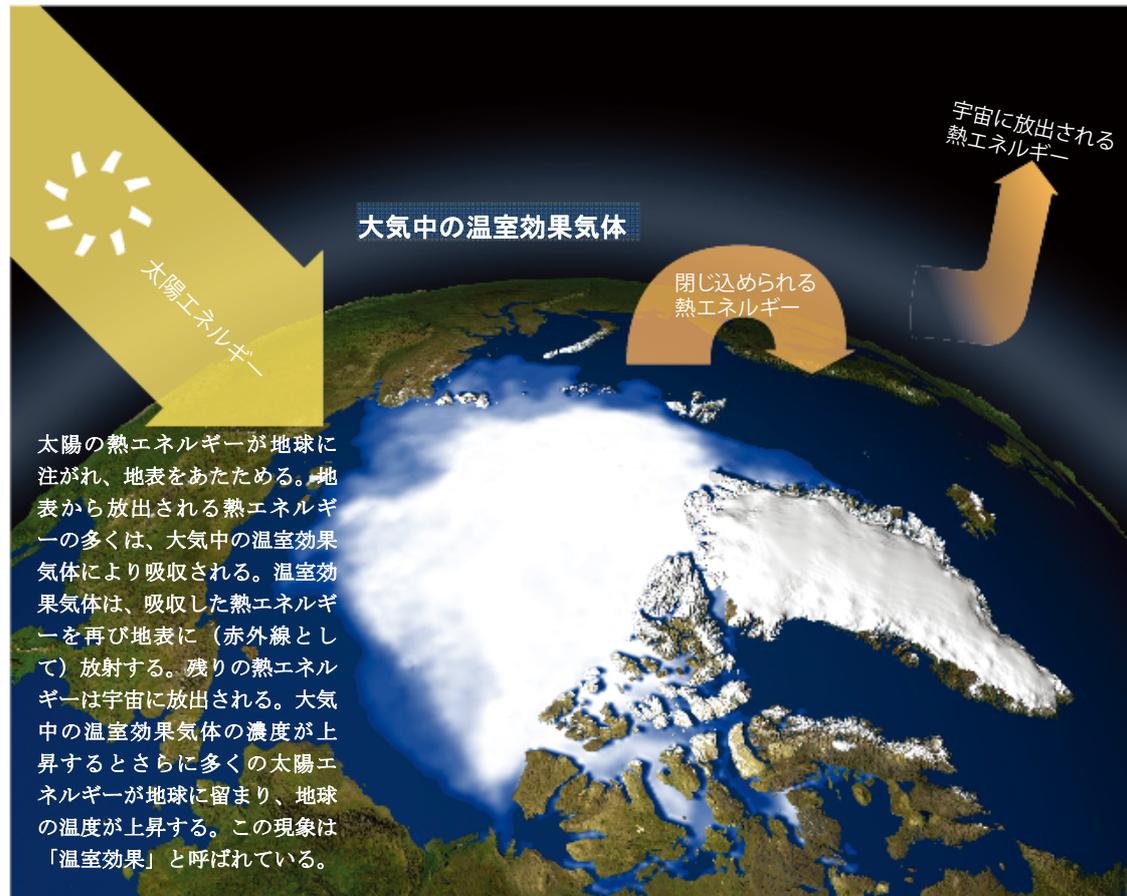


### プロキシ・データ

気候要素（気温、降水量、海氷など）は、今日、非常に精度の高い測器を用いて観測されており、地球のほぼ全域を網羅することができる人工衛星による観測も行われている。しかし、このような測器を用いた観測が可能となってきたのは過去50年～100年以降であり、「測器による記録」開始以前の気候要素の変化は、プロキシ測定 - 直接測定することができないものについての近似値を求める代理測定 - から推定しなければならない。グリーンランド氷床の氷床コアや高緯度の湖底の堆積物コアは、北極圏の過去の気候変動に関する良質のプロキシ・データとなる。

氷コア内に閉じ込められた空気は、過去の気温や大気中の温室効果気体濃度についての情報を得るために分析されている。

## 温室効果



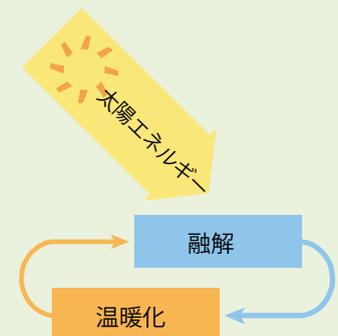
気温が上昇すると当然北極雪氷圏の氷は融解する。しかしそれだけではなく、科学者は、雪氷圏の一部～雪と氷～が気候システムそのものと相互に作用し温暖化を速めているという証拠を目の当たりにしており、この特別な関連性を「フィードバック」と呼んでいる。積雪のフィードバックについては以前から認識されているが、海氷によるフィードバックの証拠については北極圏で最近5年間に認識されるようになった。

雪氷圏と気候システムとの関連性のほかに、雪氷圏の異なる要素間の関連性も見られる。したがって、雪氷圏の一要素（雪など）が変化すると、もう一方（永久凍土など）に変化を引き起こす可能性がある。

### フィードバックはいかに作用するのか

雪や氷のような明るい地表面は、水、土、植生のような暗い地表面よりも太陽エネルギーを多く反射する。雪と氷でもはや覆われなくなった陸上や海上では（反射が少ないことから）太陽エネルギーの吸収量が大きくなる。従って雪や氷に覆われていたときよりもあたたかくなる。このようにして蓄えられた余剰分の熱は、その後大気中に放出されて、新しい積雪や氷の生成を遅らせる。

右図は、雪と氷のフィードバックが北極圏でどのように作用するかについて大まかに（全てではないが）説明している。温暖化は雪や氷の融解を引き起こし、これによって温暖化が一層進むと、さらに融解が進行する、というものである。



## 北極雪氷圏はどのように変化しているか？

北極圏の積雪、永久凍土、川や湖沼表面の氷、氷河や氷帽、海氷に変化が生じていることが認識され、観測されている。そういった変化には、(いくつかの季節やほんの数年で) 急速に進行している変化もあれば、(何世紀にもわたって) 非常にゆっくりと進行している変化もある。また、それらの変化は北極圏の非常に広い範囲にわたって影響を及ぼすこともあれば(例えば海氷の変化)、非常に狭い範囲にのみ影響を及ぼす場合もある。

### 現在生じている変化

**積雪**は北極圏の主要な特徴であり、1年の約四分之三の期間、地面を覆っている。雪に覆われている面積は縮小しており、雪が地面を覆う期間も短くなっている。過去50年間で、雪に覆われていた面積のほぼ五分の一が減少しており、春の雪解け時期は、特に海に近い場所で次第に早まっている。

**永久凍土**(永続して凍っている土壌)は、北極圏の多くの陸域の地下や一部の海底下に見られるが、それらも融解し始めている。永久凍土の温度は現在、20~30年前よりも2°C高くなっている。永久凍土全体の面積も縮小している。永久凍土の表層部に出現する夏の融解層の厚さは、ロシアとスカンジナビア半島の一部で、過去20年間に最大20cm厚くなっている。



科学者は、雪氷圏の変化を記録すべく精密な測定を行っている。人工衛星のおかげで変化を観測する能力が向上しているが、地表での測定も必要である。





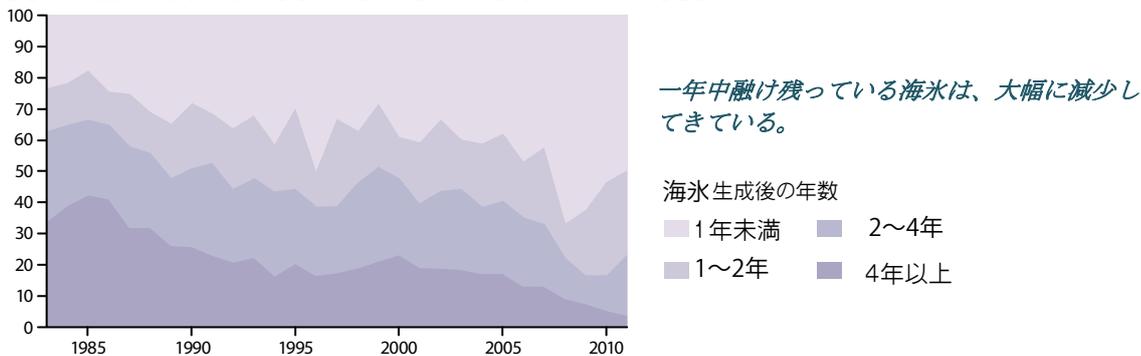
アラスカ州ミュア氷河の末端部。1941年(左)から2004年(右)に12km以上後退した。

北極圏には何千もの湖沼、小川、河川がある。そのほとんどが1年のうちの6カ月以上氷で覆われている。北極圏全域の中で違いはあるものの、こうした水域が氷で覆われている期間は100年前よりも短くなっている。その理由は、秋の結氷が遅くなり、春の融解が早まっているからである。

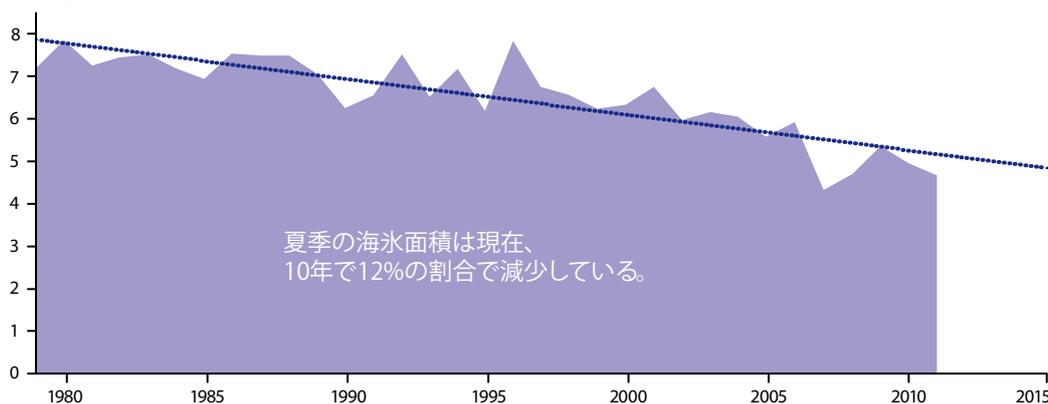
北極海では、海氷が一年中見られるところもあれば、冬には凍結するが夏には(氷が融解した場合には)開水面が見られるところもある。冬の海氷は夏の3倍にもなる。夏の海氷分布面積は、過去30年間、とりわけこの10年間に劇的に減少している。実際、現在の北極圏の海氷の減少はほんの数年前のコンピュータ・モデルによる予測よりもはるかに速くなっている。また、夏に融けてしまわず冬を何度か経て長い時間をかけて作り上げられる厚い海氷が少なくなっていることから、海氷は薄くなってきている。

北極圏のほぼ全ての氷河や氷帽が過去100年間で縮小している。多くの場所で、この縮小はこの10年間に一層速まっている。グリーンランド氷床 – 北半球で最も大きい単体の陸上の氷 – は、特に急速な変化を示している。氷床が表面から融解して融氷水となったり、氷山となって海に流入したりして消滅する量が、現在は10年前に比べて約4倍になっている。

#### 海氷生成後の年数別、海氷全体に対する割合(%)、9月(夏季)



#### 9月(夏季)の海水面積 (100万 km<sup>2</sup>)





## この変化は将来も継続するのか？

科学者は、コンピュータ・モデルを用いて北極圏で起こりうる変化を予測している。一般に、現在北極圏で起こっている変化は今後も継続して起こる可能性が高く、さらに進行が速まる場合があることがモデルによって示されているが、ここで重要なのは、モデルの結果に基づいて科学者が提示していることは確固たる**予想**ではなく、複雑なプロセスと相互作用について現時点での理解に基づく「最良推定値」(best estimates)である点に留意することである。この最良推定値は**予測**と呼ばれている。この予測は、北極雪氷圏がどのように変化しうるのか、その変化がいつどこで起こりうるのかを示している。

**予想 (prediction)** は、将来、確実性の多少はともかくも、起こると考えられる事象を対象としている。一方、**予測 (projection)** は、起こる可能性が他のものより高い、将来の事象を表している。たとえば、科学者は、地球の海面は地球温暖化の結果上昇すると予想しており、将来の温室効果気体排出のさまざまなシナリオに基くモデルを使用して海面上昇の予測を行なう。

モデル予測の不確実性については、いくつか理由がある。たとえば、科学者は、雪、氷、大気の関係（とりわけフィードバック～3 ページを参照）に関して現在も解明を進めており、知見の高度化に伴ってモデルが改良される。また、(気候モデルが精密に機能するために必要な) 将来の大気中の温室効果気体の量を予想するのは極めて難しく、それ自体予想困難な多くの要素に依存している。こうした要素には、インドや中国のような新興国の経済の発展速度、将来においてエネルギー生成に使用される燃料の種類と量などがある。

科学者は、モデル予測の不確実性をできるだけ低く抑えるために、過去の気候変動の再現性と雪氷圏のさまざまな領域における応答の再現性に優れたモデルを使用している。



## 気候変動の予想

気候変動を評価し、その結果生じる可能性のある影響について各国政府に伝達する責任を負っている主要な科学的組織は、国際連合の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）である。世界各国の何千という科学者がこの作業に参加している。IPCC の科学者は、温室効果気体の排出が将来どのように変化するのかを述べた「シナリオ」を構築してきた。このシナリオは、将来世界の気候がどのように変動する可能性があるのか、特に、いかに急速に変動が起こるのか、どこでどのような影響がみられるのかを予測するため、コンピュータ・モデルで使用される。この情報は、政府が予想される変動に対策を立て、準備を整え、決断を下す上で重要である。IPCC 第五次評価報告書は 2013/2014 年に提出される予定である。

## 現在の科学的な予測

- ・ 北極圏の気温は、世界のどこよりも速い速度で上昇し続ける。今世紀末までに現在の気温よりも 3～6℃ 高くなる可能性があることがモデルによって示されている。気温が最も上昇するのは、夏季に海氷が消失する地域の秋季と冬季である。
- ・ 北極圏の多くの地域では、特に冬季に降雪量と雨量が増大する可能性がある。多くの場所で積雪量が増すが、積雪期間は北極圏の大部分で短くなり、最大 20% 短縮する。雪に覆われた地面への降雨がより頻繁に起こるようになる。
- ・ 北極域の広い範囲で永久凍土が融解し続ける。「パルサ」（8 ページを参照）と呼ばれる、永久凍土地域に特有の一種の湿地帯が急速に減少し、今後 30～40 年以内に完全に消失する可能性がある。
- ・ 巨大なグリーンランド氷床は融解し続けるが、進行速度ははっきりしていない。北極各地の氷河と氷帽の氷の最大三分の一が今世紀末までに失われる可能性がある。
- ・ 海氷の厚さと面積は引き続き減少し、今世紀半ばまでには夏季の北極海のかなり大きな海域が海氷に覆われなくなる。このようなことが今後 30 年～40 年以内に生じると予想されており、各年、夏季の海氷の量は大幅に変動するようになる（予想以上の量となる年もあれば、予想を下回る年もある）。夏季に開水面（氷がない状態）があるということは、長年にわたって融け残っていた氷が冬ごとに新たに生成される氷に置き換えられることを示している。この新たに生成された氷は、古くて厚い氷よりも融解しやすい。

## 北極雪氷圏の変化は、自然にどのように影響するのか・・・

北極雪氷圏で起こっている変化は、これらの氷で囲まれた環境での生活に適応している植物や動物に多大な影響を及ぼしている。夏季に北極圏へ移動してくる生物も影響を受けている。中には、生息地全体が消失するような変化も含まれる。本節では、北極圏の生態系がどのように影響を受けているかについての事例を示す。

### 雪

雪に覆われる陸地の範囲と積雪期間の長さは、北極圏の植物と陸生動物にとって非常に重要である。積雪期間が短ければ（植物が成長するうえで十分に暖かい）「生育期間」が長くなり、生育期間が長くなると植物の混合状態が変化する。たとえば、低木が増えて、地衣類が減少する。このことは、特定の動物にとっては食物が増えるが、他の動物にとっては食物が減少することを意味する。

気温が上昇すると、降水は雪ではなく雨で降る機会が増える。雪の上に雨が降ると表面に氷の層が形成されるため、草食動物が雪の下の植物を食むのが難しくなる。2003年の冬季に、カナダ北極圏のバンクス島では約20,000頭のジャコウウシが死んだが、これは氷の層の下にある草を食むことができなかったためである。

雪がより深くなると、その下の土壌は、上の冷たい空気からよりしっかりと保護されるようになる。従って雪が深いほど、レミングスなど雪の下で生息し繁殖する小動物はより一層保護される。時には冬季に突然雪が融解して、雪が消えることがある。その後、凍結する環境に戻ると、積雪で保護されていない低木や樹木が凍結によって枯れてしまう可能性がある。

### 永久凍土

永久凍土が融解すると、主に水循環の変化によって北極圏の生態系に大きな影響を及ぼす。多くの池や小さな湖は、鳥類やその他の動物の餌となる昆虫の重要な供給源であるが、その下の永久凍土が融解すると水が流出して干上がってくる。特殊な湿地帯であるパルサは、毎年夏になると北極圏へと移動してくる数億羽の鳥類の一部にとって、重要な生息地となっている。もし、予想通り、今後30～40年以内にパルサが大規模に消えてしまうと、パルサのある地域のみにも移動してくる渉禽類（ツルやシギ等）のような鳥は、世界各地で生息数に多大な影響を受けかねない。

場合によっては、融解している永久凍土の水が流出できずに、水浸しになって、新たな湿地帯が形成される。

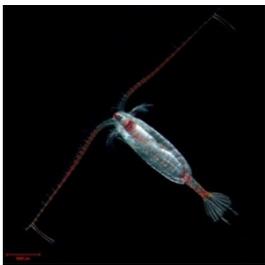


**永久凍土が融解して地面が不安定になると、森林の樹木が傾き始め、倒れる可能性がある。**

## ホッキョクグマと消失しつつある海水

ホッキョクグマは海水への依存度が極めて高く、好物の獲物であるワモンアザラシを海水上から捕獲する。海水が減少すると、北極圏のホッキョクグマ頭数は劇的に減少することが予想される。夏に海水が全て消失すると、ホッキョクグマには壊滅的な打撃となり、現在普通に見られている地域でも絶滅する可能性がある、と述べている科学者もいる。

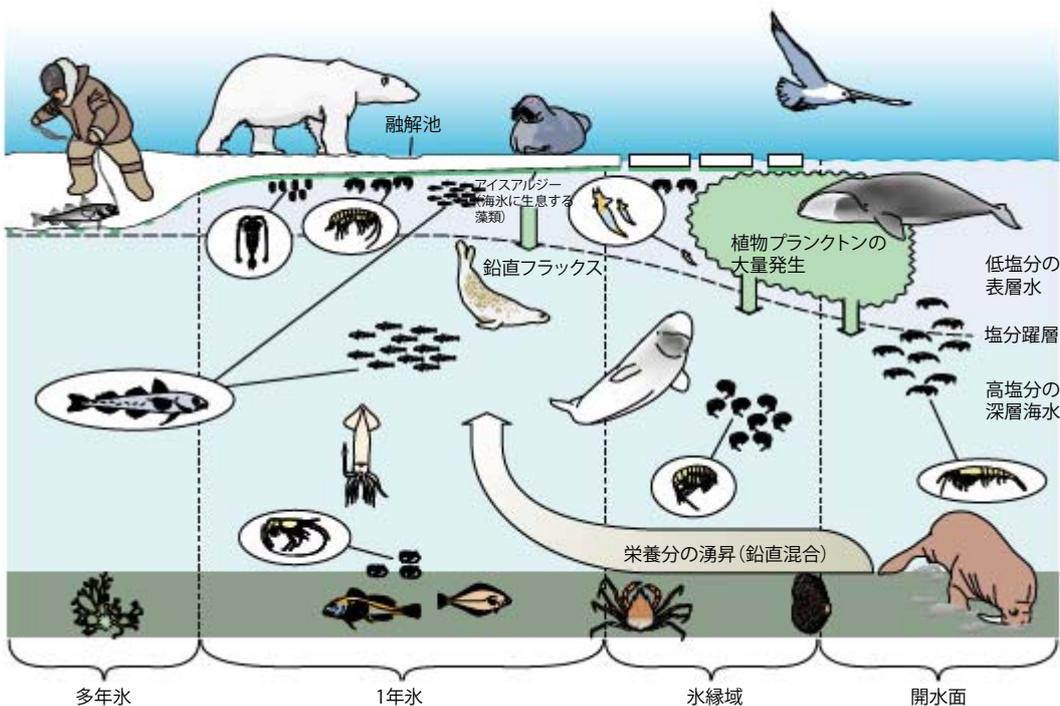
海水上でアザラシを捕獲することができずに飢えたホッキョクグマは、他の餌を探さざるを得ない。



## 海水

微小な種のプランクトンは、氷縁付近の水中に生息しており、氷縁での食物連鎖の重要な要素である。海水が減少すると、氷で覆われた水中や水辺で食物を捕獲する鳥類、アザラシ、クジラ、魚類の餌が減少することになる。しかし、数種の動物、とりわけある種類の魚は、海水が減少するにつれ生息地が拡大するであろう。水産資源として増加する魚もあるかもしれない。

海水は特異な生息環境を形成しており、ホッキョクグマや複数のアザラシなど多くの種の生存に重要な生息地である。ズキンアザラシ、タテゴトアザラシ、クラカケアザラシ、ゴマフアザラシは全て氷上で出産する。休息に海水を利用する動物もいる。たとえば、セイウチは海底にあるハマグリを常食としており、潜水の合間に海水上で休息する。海水が消失すると、海水上または海水付近での生息に適応している動物の数が大幅に減少する可能性が高い。



北極雪氷圏の変化によって、海洋食物連鎖が大幅に変化する可能性がある。

## そして、人々への影響は？

北極雪氷圏の変化は、北極圏に居住したり、北極圏で働いたりしている人々にも影響を及ぼしている。変化によって利益を得る人もいれば、損害を被る人もいる。本節では、北極圏の人々がどのような影響を受けているのか、実例を挙げる。

### 伝統的な生活様式

何千年もの間、人々は北極圏で生活している。沿岸から広大な内陸地域に至る北極圏に転々と居住する人々は、狩猟、遊牧、漁業、採集によって命をつないできた。こうした伝統的な活動の多くは今でも行われているが、現地社会での日常生活は変化している。

猟師たちは、陸上や海氷上の状況が徐々に予測しにくくなってきていることから、陸上や海氷上での移動が困難かつ危険になってきていることを感じている。積雪／結氷期が短くなるとスノーモービルがあまり役に立たなくなり、氷上の移動路が利用できる期間も短くなって、離れた集落への移動が1年のうちのある期間できなくなる可能性がある。狩猟の移動中に作られる臨時小屋を建てるのがより困難となっているほか、食用に狩猟される生物(ホッキョクグマやワモンアザラシなど)の種類は生息地の消失に伴って減少している。春季や秋季に海氷が減少すると、アザラシやセイウチを狩猟するための移動が制限される。トナカイはあちこちの牧草地に移動するようになり、放牧者はトナカイを見つけるためにより遠方までしばしば行かなければならない。

これらの変化は急速に、また予期せぬ形で起こっているため、代々継承されてきた狩猟や移動についての伝統的な知識が当てにできなくなっている。

### 北極圏の資源

魚、材木、水力発電などの再生可能資源（補給できる資源）は、変化する様々な状況の影響を直接受ける。商業上重要な魚種の中には漁獲量が増加するものもあれば、減少しているものもある。漁場もまた変化している。北極圏の南部では林業が重要である。（主に水循環の変化により）樹木の生長が遅くなって材木生産量が減少している地域があるが、永久凍土が融解して生長条件が好転し、森林が北方へと拡大している地域もある。氷河や氷床が融解し続けたり雨量や降雪量が増加しているため、水力発電の潜在的可能性も増大している。

石油、ガス、鉱物のような再生不能資源の入手が容易になってきている地域もあれば、難しくなっている地域もある。たとえば、海氷の減少によって船舶が北極海を航行できるようになって、沖合の海底油田やガス田を採掘したり、石油・天然ガス・その他の商品を北極圏から輸送したり、北極圏を通過して運んだりすることが容易になっている。とはいえ、氷山が増えたり、暴風雨がより激しくなったりすると、タンカーや石油掘削施設からの石油漏れなど事故のリスクが高まる可能性がある。陸地での石油と天然ガスの採取は、その大部分が永久凍土上に建設された施設とパイプラインによって行われている。永久凍土が融解すると、建造物、パイプライン、道路、その他のインフラ設備が損害を被る可能性が高い。

遠い南方にある工業地域に起因する汚染物質は風や海流によって北極圏に輸送されてきて、何十年間も北極圏の水や永久凍土中に蓄積されてきた。氷が融け、永久凍土が融解するに伴ってこうした汚染物質が排出されつつある。汚染物質の中には、北極圏の動物が食べる食物に取り込まれるものや、さらにその動物を狩猟して食する人々の体内に入り込むものもある。



## その他の課題と機会



北極圏の海岸地帯の三分の二は永久凍土に覆われ、海水で保護されている。この中には氷河が海に達している地域も含まれる。もし、海岸地帯の海水が消失したり、出現期間が短くなったりすると、海岸線が暴風雨に襲われる頻度が高まる。北極圏の一部では暴風雨が陸地に激しく当たって永久凍土が消失するに伴い、海岸線が浸食されている。アラスカだけでも、現在約 30 の村が沿岸地域の洪水と浸食の被害にさらされている。



永久凍土地域には多くの人々が居住している。彼らの家や道路、橋、ダムなどの主要なインフラ設備は凍土上に建設されている。永久凍土が融解すると地面は弱く不安定となり、こうした構造物を支えることができなくなる。そうなると建物が倒壊したり、道路やパイプラインが機能しなくなる可能性がある。こうした問題の解決は通常は可能であるが、非常に高額な費用がかかる。建物は大量の雪の重さに耐えかねて倒壊する可能性もある。



永久凍土や氷上の移動ルートが（全天候型道路の亀裂や氷上移動ルートの融解によって）より困難になるのに伴い、ボートで河川を移動する人が増えている。

北極圏への移動、特にクルーズ船による移動が容易になるにつれ、観光旅行が増加している。観光旅行が盛んになると、北極圏に住む人々に狩猟や魚釣りのツアー案内を務めたり、観光客に宿泊施設を提供したり、工芸品を販売するなどの機会をもたらすかもしれない。しかし、事故の可能性に関する懸念がある。遠方の地で大型船がトラブルを起こした場合、救助の可能性は限定的である。

北極海航路（北東航路）と北西航路は、商船にとって夏の間、北極圏を横切る近道となっており、より頻繁に利用されるようになってきている。北極海航路は欧州と太平洋間の通常の航路よりも 40% 短く、海水が減少するにつれて極域横断輸送が増加するものと思われる。しかし、極域横断ルートでは船舶が冰山や漂流する海水、暴風雨に遭遇するため、通常の航路よりも危険である。

北極海航路(北東航路)

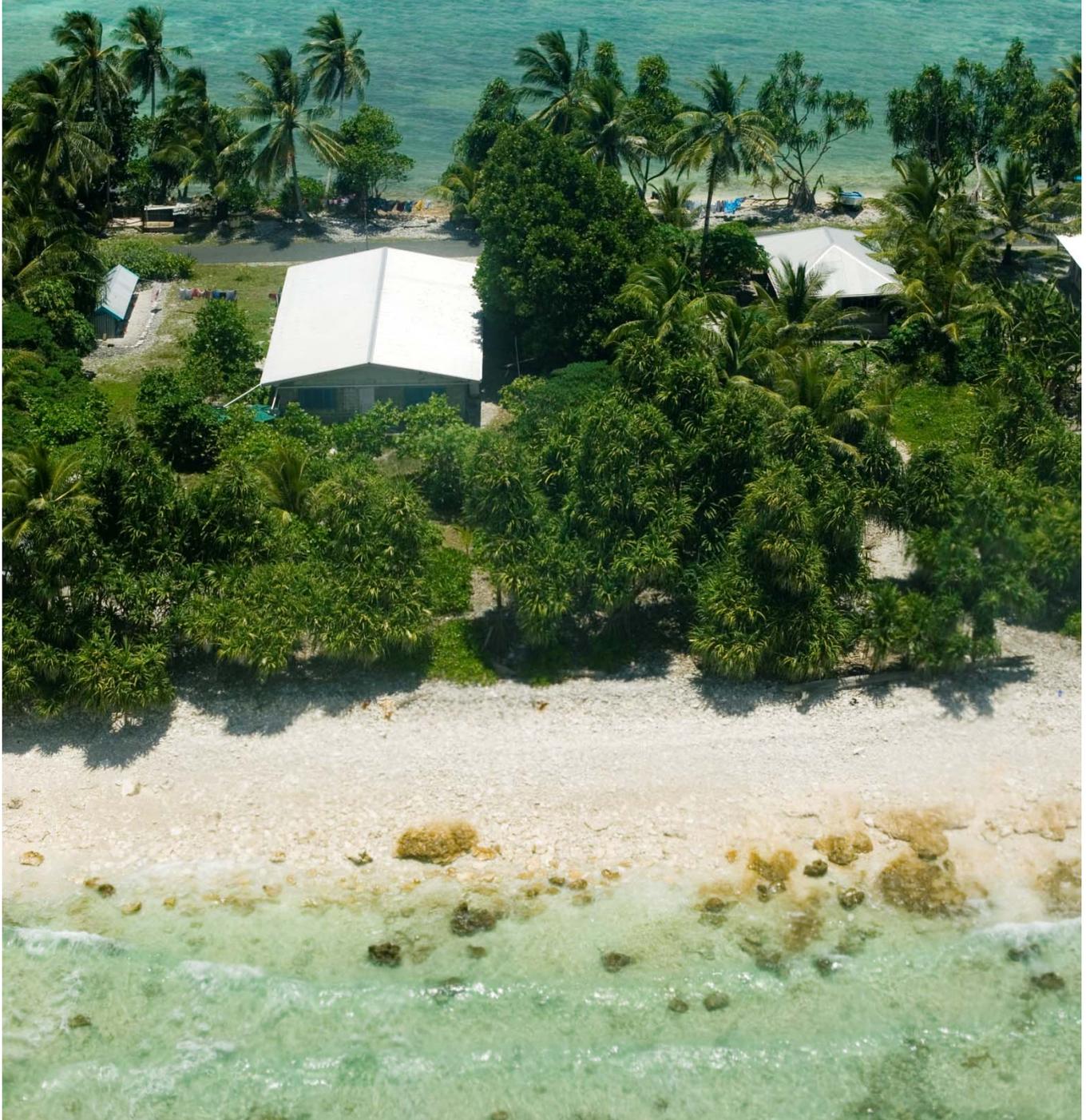


北西航路





ツバルは、ハワイとオーストラリアの中間に位置する、太平洋上のポリネシアの島国である。面積は26km<sup>2</sup>しかなく、世界で最も小さな国の一つである。フナフティ環礁（写真）は、最も高い地点で海拔わずか5mである。海面上昇によって、ツバルに居住する10,000人が危険にさらされている。この小さな島国は気候変動によって消える、恐らく最初の国になろう。



北極圏の気候変動一今、注目されている旬な話題

## なぜ北極圏の変化が地球全体にとって問題なのか？

北極雪氷圏の変化は北極地方に最も顕著にその影響が出るが、主に地球規模の気候や海面上昇への影響を介して、世界各地でもその変化が検出されている。

### 地球規模の気候

雪や氷は太陽エネルギーを反射して宇宙に放出することにより、北極圏の気温を低く保つことに寄与している。雪や氷に覆われる面積が減少し、期間が短くなるに従って、北極圏の「白さ」(whiteness)が低下し、太陽光を反射する力が減少する。その結果、北極圏が地球の他の地域を冷却する効果が弱くなる。

低緯度では、太陽が地球の陸面、大気、海洋をより強く暖めている。地球に降り注ぐ熱エネルギーのこうした地域差は、温暖な地域から南北両極に熱エネルギーを（特に海流によって）輸送することにより、ある程度緩和されている。北極圏は、こういった広域での熱エネルギーの地球をとりまく輸送において重要な地域である。具体的には、冷たい海水を深層海流によって南へ送り込み、温かい海水を表層の海流によって北に引き寄せる「ポンプ」の役割を果たしている。北極海の塩分が薄まると、このポンプの役割が弱まる可能性がある。北極海には、ここ数年、過剰な淡水が河川、雪解け水、降雨によって供給されており、その量は膨大で、オーストラリアと同じ面積で深さ 1 メートルの湖にほぼ相当する。広域での海流の強度やパターンの変化は、熱エネルギーの全世界への伝わり方に影響を及ぼし、ひいては地球全体の気象や気候に大きな影響を及ぼす可能性がある。

北極圏の土壌、河川、湖沼があたたまり、海底下の永久凍土が融解し始めると、現在凍土に閉じ込められている炭素が大気中に放出される可能性がある。この炭素は、二酸化炭素やメタンという形で大気中に放出されるが、それらは共に重要な温室効果気体である。この放出が地球全体の気候にどう影響するのかについては未だ明らかではないが、これら両方のプロセスによって温暖化が確実に加速される可能性が高い。

海底の永久凍土中には大量のメタンが貯蔵されている。メタンは温室効果気体として二酸化炭素の 20 倍以上も強力であるため、特に懸念されている。



北極圏の土壌には、全地球の大気に含まれる炭素の約 2 倍の炭素が含まれている。広範囲にわたる永久凍土の融解によって、大量の炭素が大気中に放出される可能性がある。

## 海面上昇とグリーンランド氷床

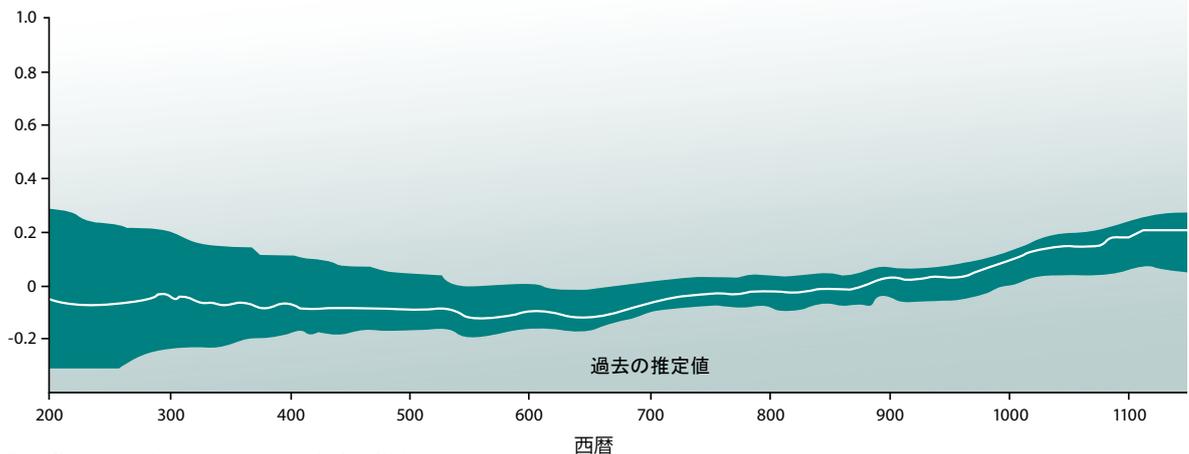


グリーンランド氷床は、地球の気候変動に応じて何度も拡大・縮小してきているが、この陸域に蓄積された巨大な氷体は、今後数十年・数世紀にわたって起こることが予想されている強力な地球温暖化の影響を非常に受けやすい。グリーンランド氷床には約 300 万 km<sup>3</sup>の氷が蓄積されており、膨大な量の淡水が貯蔵されていることになる。(今後数千年以内に生じる見込みはないが) この氷が完全に融解した場合、地球の海面はおおよそ 7m 上昇すると見積もられている。

1990 年以前、毎年雪によって氷床に追加される氷の量は、融解および氷床周辺の氷河からの氷山の分離によって失われる氷の量とほぼ同量だった。それ以降、グリーンランドでの最近の温暖化の直接的な影響を受けて状況が急激に変化し、氷床から失われる氷の量が追加される氷の量を次第に上回ってきている。現在では、グリーンランド周辺の海に流れ込む融解水の量は膨大になり、地球規模で海面水位に影響を及ぼしている。1990 年代後半には、グリーンランド氷床の融解水は、地球規模での海面上昇の約 5%に寄与したとされており、2005 年頃の最新の推定値によれば、いまや海面上昇への寄与率は約 20%に及んでいる。

概算として、地球規模で海面を 1mm 上昇させるには約 3600 億トンの陸上の氷の融解が必要となる。2005/2006 年には、グリーンランド氷床からの氷の融解量は涵養量を約 2050 億トン上回った。これによって、地球規模で海面が 0.57mm 上昇することになる。

2000年の海面と比較した  
地球規模の海面変化、m



北極圏の気候変動—今、注目されている旬な話題

## 海面水位

地球規模での気候の自然変動は、長きにわたって海面上昇と海面低下に関連してきた。寒冷期（氷河期）には水が氷として閉じ込められ、海面は下がる。温暖期（間氷期）には水が放出されて海に流れ込むため、海面が上昇する。

最近の海面上昇には2つの主要な原因がある。1つは陸上の氷河や氷帽の融解水が海に流れ込んで水量が増えるためであり、もう1つは、気候変動により温められた海水そのものが膨張する（「熱膨張」）ためである。海水は海水そのものから生成されているため、その融解によって海面が上昇することはない。

1800年代中期以降、海面は上昇しているが、現在の上昇率は数年前にモデルによって予想されたものよりも著しく大きい。

現在の推定では、地球規模での海面水位は今世紀末までに最大1.5m上昇する可能性があり、北極雪氷圏の変化がこの海面上昇の重要な原因の一つになるだろう、と見込まれている。



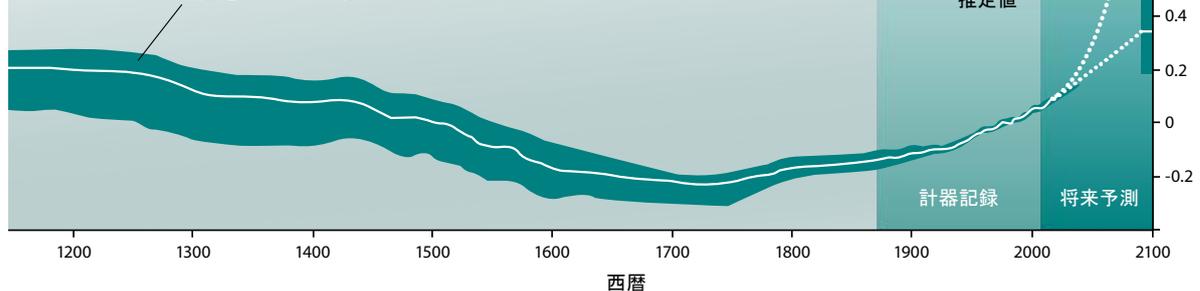
2011年8月には、 Bangladesh の街で1日に2度、潮の干満によって住宅が浸水した。

## 社会

海面の上昇は世界各地の何百万という人々に影響を及ぼす可能性がある。約2億人が現在海拔1m未満のところに居住している。Bangladesh やオランダの低平な沿岸地域に居住している人々が暴風雨による高潮や洪水に遭遇する頻度が増し、太平洋諸島には、完全に海中に沈む恐れのある島もある。



濃色部分は、不確実性の範囲を示している。



北極圏の気候変動—今、注目されている旬な話題



北極圏の気候変動—今、注目されている旬な話題

# 北極圏の温暖化に対してわれわれは何ができるのか？

## あらゆるレベルで適応策を取ることが急務である

北極雪氷圏の変化を誰よりも感じているのは現地の人々であり、すでに北極圏の現地コミュニティでは、変化していく環境で生活する新たな方法を編み出して対応し始めているが、北極圏に居住または働いている全ての人々は遅かれ早かれこの変化に適応する必要がある。しかし、北極圏に見られる変化はほんの始まりに過ぎない。より劇的な変化が、特に北極圏外で（海面上昇などが）生じるものと思われる。北極圏の範囲を超えた適応には、政府や国際組織のリーダーシップが必要である。

## 温室効果気体排出の全地球的削減が急務である

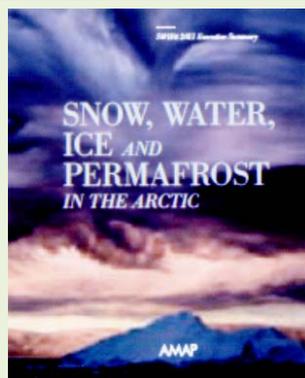
今後北極雪氷圏がいかなる速さで変化していくのか、また、それらの変化の最終的な影響はどのようなものなのかについては未だにはっきりしていない。北極雪氷圏の各要素と地球規模の気候システムとの相互作用（「フィードバック」）については特によくわかっていない部分が多い。これらのモニタリングを強化し、研究を進めることはこうした不確実性を減らすことに貢献するだろう。とはいえ、今後百年くらいの間に起こると予想される変化は、人間社会にとって緊迫した回復できない可能性のある世界的規模の脅威であることは明らかである。地球規模での温室効果気体排出の早急かつ大幅な削減が必要であることが気候モデル計算によって示されている。

## 変化は続く

温室効果気体排出量を削減する有効な対策が講じられたとしても、北極雪氷圏に見られる変化は今後何年にもわたって継続するだろう。もし温室効果気体排出量の削減に向けた対策が講じられない場合、変化は一層速まり、その中のいくつかは回復不能になる可能性もある。

## 責任ある組織化された対策

人間が引き起す気候変動への対処は国際社会にとって緊急かつ共通の課題であり、ただちに地球規模の行動と国際公約が必要である。今これに対応すれば、地球規模の気候変動の将来の道筋をまだ変えることができるであろう。



AMAP は、北極圏諸国と国際組織による今後の対策に向けた多数の勧告を行うにあたり、SWIPA アセスメントの結果を活用している。このアセスメントの結果は、「政策立案者のための SWIPA 概要報告書」(SWIPA Summary Report for Policy Makers) に記載されており、SWIPA ウェブサイト [www.amap.no/swipa](http://www.amap.no/swipa) から入手可能である。

## 北極圏の気候変動 – 今、注目されている旬な話題！

ISBN:

978-82-7971-072-1 (原著英語版)

### 製作

著者

Carolyn Symon ([carolyn.symon@btinternet.com](mailto:carolyn.symon@btinternet.com))

製作管理

Carolyn Symon, Simon Wilson (AMAP)

レイアウト、グラフィックス、技術製作管理

Burnthebook Design, Derby DE24 8HR, United Kingdom ([burnthebook.co.uk](http://burnthebook.co.uk))

印刷

Narayana Press, Gylling, DK-8300 Odder, Denmark ([www.narayanapress.dk](http://www.narayanapress.dk))

### 写真提供

表紙：©Frans Lanting/Corbis. スピッツベルゲン島のモノコ氷河の崩壊を眺める観光客。

2 ページ：©NEEM 氷床コア掘削プロジェクト。 [www.neem.ku.dk](http://www.neem.ku.dk)

4 ページ：©B&C Alexander/ArcticPhoto (左)、©ESA/AOES Medialab (右)

5 ページ：©National Snow and Ice Data Center, W.O. Field, B.F. Molnia

6 ページ、7 ページ：©Lars Witting/ARC-PIC.COM

8 ページ：©National Resources Canada/Geological Survey of Canada, Linda Dredge

9 ページ：©Kerry Woo (上)、©Russ Hopcroft – University of Alaska Fairbanks & CoML (下)

10 ページ：©B&C Alexander/ArcticPhoto

11 ページ：©Gazprom (上)、©Ryerson Clark (中)、©B&C Alexander/ArcticPhoto (下)

12 ページ：©Ashley Cooper/Corbis

13 ページ：©George Burba

14 ページ：©Paul Souders/Corbis

15 ページ：©Jashim Salam/Demotix/Corbis

16 ページ：©Paul Souders/Corbis

教育利用：本書（一部または全体）および [www.amap.no/swipa](http://www.amap.no/swipa) で入手可能なその他の SWIPA 製作品は、教材およびその他の教育目的で自由に利用することができます。利用にあたっての唯一の条件は、資料の出典が AMAP/SWIPA であることを明示することです。引用にあたっては、推奨する方法に従ってください。教育利用に関するご質問がある場合には、AMAP 事務局 ([amap@amap.no](mailto:amap@amap.no)) までお問い合わせください。

注記：本書には、使用に際して、元の著作権所有者(上記参照)からの許可が必要な画像(写真など)が掲載されています。

### 監修

この刊行物への和訳の監修は以下の SWIPA レポート翻訳監修委員会委員によって行われた。

山内恭 (国立極地研究所)

高田久美子 (国立環境研究所/国立極地研究所)

兒玉裕二 (国立極地研究所)

神田啓史 (国立極地研究所)

本書の原著は英語で書かれ、数か国語に翻訳されている。英語で書かれた原著のみが唯一の公式なものである。

### AMAP 事務局

Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway

電話 +47 22 95 83 40 ファクス +47 22 60 44 27

[www.amap.no](http://www.amap.no)



北極評議会

AMAP  
北極圏監視評価プログラム

AMAP-IASC-IASSA-WCRP-ClIc

