

# 北極気候変化 アップデート 2019

SWIPA2017の主要な調査結果のアップデート

1. 本報告書の英語オリジナル版はAMAPより出版されました。
2. 本報告書の日本語翻訳版はArCS IIにより作成されました。
3. 日本語翻訳版では、表現をわかりやすくするために意識された箇所があります。
4. 日本語翻訳版と英語オリジナル版の間に不一致箇所がある場合は、英語オリジナル版が有効となります。
5. 日本語翻訳版に掲載されている見解は、必ずしもAMAPの見解ではありません。
6. 本プロジェクトに関する詳細については、AMAPウェブサイト ([www.amap.no](http://www.amap.no)) をご覧いただくか、ArCS IIウェブサイト (<https://www.nipr.ac.jp/arcs2/>) までお問い合わせください。

北極圏監視評価プログラム (AMAP) による評価

**AMAP**  
ARCTIC MONITORING AND  
ASSESSMENT PROGRAMME

## 一目でわかるアップデート

- 1 北極で観測され予測されている年々の平均的な気温上昇は、引き続き世界平均の2倍以上であり、冬はより大きな増加を示している。
- 2 北極の2014年から2017年まで、そして2018年の年間地上気温は、1900年以降のどの年より高かった。
- 3 2015年から2018年までの北極海の海水域面積の冬季最大値は記録的に低いレベルであり、9月の海氷の体積は1979年以来75%も減少している。
- 4 上昇する気温と極端イベントの発生は、低木のツンドラへの拡大、虫害に対する脆弱性の増加、ツンドラ植生の地域的な衰退、そして激しい森林火災が起こる年の増加を通じて北極の陸域の景観に影響を与えている。それは海洋環境にも影響し、たとえば、海氷の喪失が海洋藻類の開花の変化の引き金となったり、海洋生態系を構成するオキアミ、魚類、鳥類、哺乳類を含む食物連鎖全体が潜在的な影響を受けている。
- 5 グリーンランド氷床に代表される北極の氷河は、世界の海面上昇において最大の要因となっている陸上氷である。パリ協定が成功を収めたとしても、これらは今世紀中に渡って質量を失い続ける。

# 概要

本冊子は、AMAPのSWIPA2017評価書に書かれている調査結果を基に、最新の観測・観察結果、最近の他の評価活動の情報、および北極の変化傾向と各種指標について最新のレビューで得られている結論などを提供する。北極の変化のペースは非常に速いため毎年新しい記録が見られ、データが1年増えるごとに北極の急速な変化が説得力のある証拠によって補強される。

本冊子のアップデートは、政策、計画策定、および意思決定に対して具体的に関連する次の5つの幅広い話題に焦点を当てている。

- 気象および気候の変化傾向
- 海水
- 陸域および海域の生態系への影響
- 社会経済的影響とその意味
- 海面上昇に対する北極氷河の寄与率

アップデートで得られた結果は、SWIPA2017報告書の以下の基本的な結論を補強している。

- 北極は、大気中の温室効果ガス濃度の増加によって引き起こされる温度上昇によって、急速に新しい状態に移行している。
- 今後数十年の傾向は主として過去、現在、および近い将来の排出量によって決定されるため、各地域やグローバル規模での適応のための計画を必要とする。
- 今後の温室効果ガス排出量削減の取り組みは、特に今世紀半ば以降の北極の気候変化の範囲を限定的にする可能性はあるが、将来の北極は、排出シナリオに関係なく確実に大きく異なるものになってしまうことには変わりない。
- 北極の氷河、氷帽およびグリーンランド氷床は、意欲的な排出削減の下でも融け続け、長期的な海面上昇の大きな要因となっている。

以下の章では、これらの各項目に関する新しい観測・観察と成果について説明し、北極とその他の世界に対する意味合いについて説明する。





# 北極の気候と天気のパターンが変化している

## 何が起きているか？

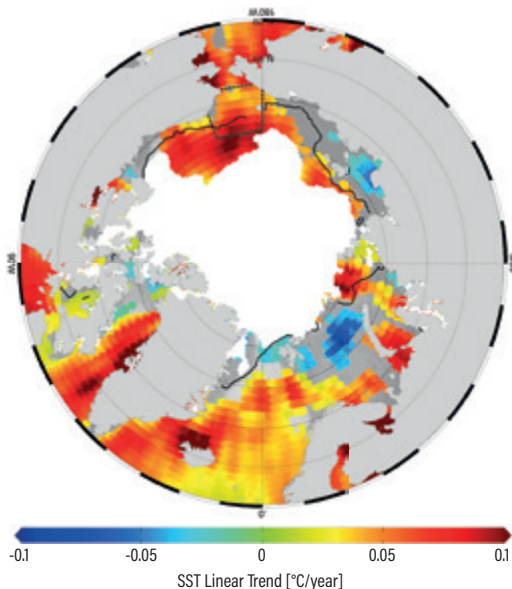
SWIPA 2017で報告された急速な温暖化傾向やその他の気候変化は継続していて、場合によっては強化されているように見える。

## 気温

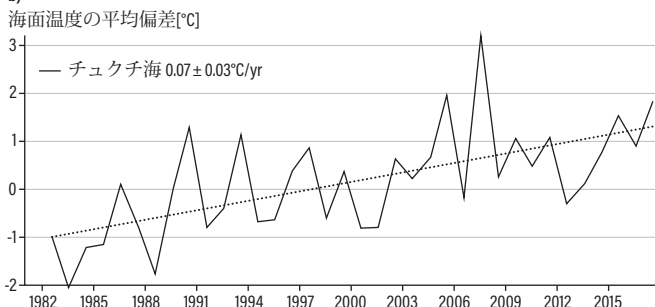
A2014年、2015年、2016年、2017年、2018年の北極での年平均地上気温は、1900年に観測記録が開始されて以来の全ての年よりも高く、2017年10月から2018年9月までの地表気温は1900年以降としては2015～2016年に次ぎ2番目に高かった。北極の地上気温は1971年から2017年にかけて2.7℃上昇したが、寒候期については3.1℃の上昇であり、暖候期については1.8℃の上昇であった。

北極で観測され予測された温暖化は、引き続き世界平均の2倍以上であり、冬にはさらに大きい。1971年から2017年にかけて北極の年地上気温は北半球の平均の2.4倍の速さで上昇した。

a)



b)



北極海の大部分で海面温度も上昇している。シベリアとアラスカの間のカムチャツカ海の8月の海面温度は、1982年から2017年にかけて10年ごとに0.7℃の割合で上昇している。

## 降水量と湿度

北極では年間降水量が10年ごとに推定1.5～2.0%増加しているようであり、最も大きな増加は10月から5月の寒候期に起きていた。スカンジナビアやバルト海盆地などの一部の地域では、降雪として降る降水が減り、降雨が増えている。

北極の地上と大気中の湿度は、開水面である季節が長くなっていること、また中緯度から湿った空気が流入することが原因となり増加している。

## なぜ重要か？

温度の変化が北極で進行中の多くの変化の元になっている要因である。大気、地上、海洋の温度の上昇は、雪と氷（氷河を含む）の融解を加速し、北極の相互作用を起こしている物理的、化学的、生物学的システムに直接および間接的に影響を及ぼす。北極の温暖化は、この地域の範囲を遥かに超えて影響を与える可能性もある。たとえば、最近の北極の急速な温暖化は、北半球の異常で極端な温度イベントを引き起こすジェット気流の持続的パターンに有利な状況を作り出しているようである。降水量と湿度の増加も北極の変化の重要な要因である。降水の様相の変化（頻度、強度、分布の変化を含む）は、北極海への淡水の流れに影響を与える可能性があり、それが次に海洋循環、栄養レベル、酸性化、生物学的生産性に影響を及ぼし、遥か遠くの南方の気象パターンに影響を与える可能性がある。降水量の増減は土壌水分に影響を与える可能性があり、それが北方の動物の食物となる植物を含む植物一般の成長に影響を与える可能性がある。大気中の湿度が高いと、北極の温暖化と融雪が増幅されるのである。

1982年から2017年までの8月の北極の海面温度（SST）の変化傾向。白い陰影は2017年8月の平均海水の範囲である。下のグラフは、チュクチ海の8月の海面温度について1982年から2010年までの長期平均に対する差（偏差）としてその変化傾向を示している。出典：NOAA Arctic Report Card 2017

# 北極の海氷は一層脆弱になっている

## 何が起きているか？

北極の海氷域面積の冬期最大値は2015年、2016年、2017年、2018年と記録的に低レベルの状態であり、しかも直近12年間で衛星観測開始以来の12の最も低いレベルの年となっていた。9月に存在する北極海の氷の体積は1979年以来75%減少した。

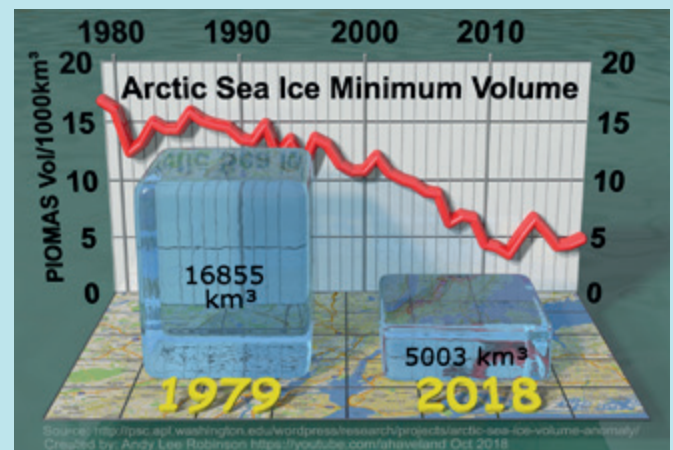
海氷は、ほとんどが厚い多年氷からより若くて薄い季節性海氷に移行した。地球温暖化が1.5°Cで安定した場合、ある年の夏季に氷のない状態が発生する確率は約2%である。2°Cでの確率は19~34パーセントに上昇する。一部のモデルは、北極海が今後数十年以内に夏季に氷がなくなる可能性があることを示唆している。海氷の減少は、大気温暖化と南方からのより暖かい海水の流入の組み合わせによって引き起こされる。

## なぜ重要か？

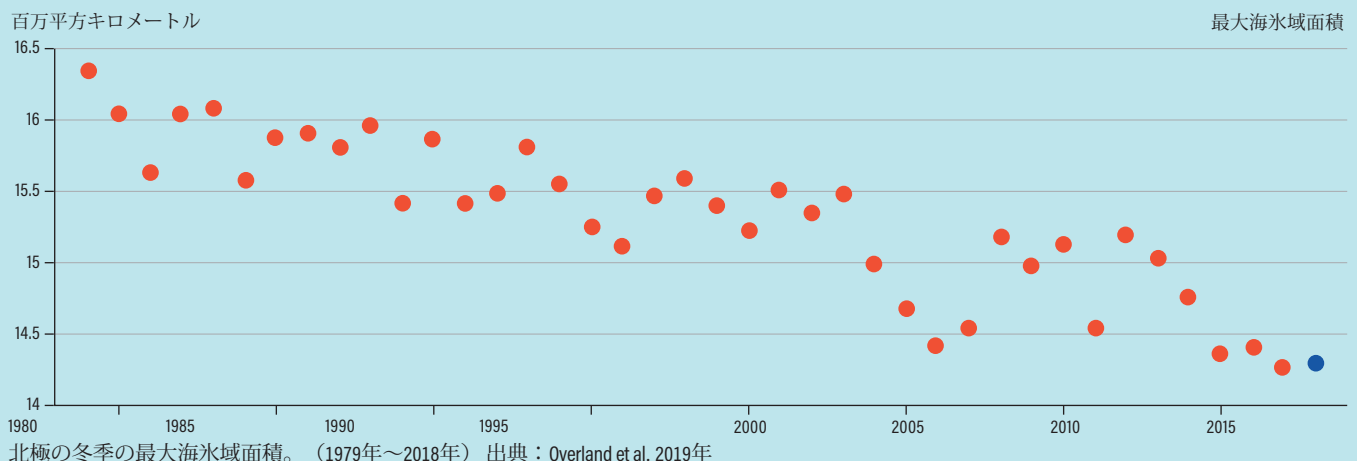
多年氷の分布、範囲、および厚さは、数年から数十年にわたる気候条件を反映していて、その減少は北極および世界的な気候変化の指標となっている。その後続く海氷の凍結の遅れは、寒候期の北極の気温の上昇の要因となり、北極のシステム全体の状態に影響を及ぼす。これは、北極の生態系、人間社会と経済、および中緯度の気象条件など広範囲にわたる影響を与える可能性がある。たとえば、ベーリング海では2017~2018年の冬の海氷範囲が持続的に少なかったことを含め海氷の減少が起こっているが、これは魚類の個体数の劇的な変化、海鳥の死滅、アザラシやセイウチなどの海洋哺乳類の局地的な死滅に関連する可能性がある。また別の研究は北極海の海氷減少が北大西洋の海洋循環に影響を及ぼしていることを示唆している。

陸地に接している定着氷が減少すると、嵐、波浪、潮汐の活動の増加と相まって、より暖かい大気と海水の影響により、沿岸の侵食が大きくなる。海氷は海上輸送や海運や天然資源の採掘などの商業活動の障壁となるため、海氷の減少は新たな経済活動をもたらすことが期待されている。

北極での海氷の減少は、海氷生息地での生物多様性の減少に関連すると思われる一方、観察によると一部の種（シャチ、シロナガスクジラ、セミクジラ、ナガスクジラ、シロイルカなどの様々なクジラ）が、その範囲を拡大しているか、年間のより長い期間生活している。



北極海の氷の体積の最小値（1979～2018年）。ワシントン大学 Polar Science Center の Pan-Arctic Ice Ocean Modeling and Assimilation System のデータを使用して Andy Lee Robinson が視覚化した。アニメーション版は YouTube で入手可能。(https://youtu.be/GZzEUJ86PCg)





# 気候変化は北極の陸域および海洋環境に影響を与えている

## 何が起きているか？

北極で進行中の変化は、北極の生態系の基本的な特性を変え、場合によっては全ての生息地の消失を引き起こす。これは北極の生態系に依存しその恩恵を受ける人々に影響を及ぼす。温暖化は、低木がツンドラに拡大し、虫害に対する脆弱性が高まり、激しい火災の年が増加することで、北極の陸域の景観に影響を与えている。近年には多くの永久凍土の観測点で地下10～20メートルの平均温度が過去最高を記録し、その中でも北極北部のより冷たい永久凍土で最大の上昇が見られている。

2017年にグリーンランド西部で山火事が発生した。それらには、発生から数週間続き、少なくとも1,200エーカーのツンドラを燃やした異常に大規模な火事も含まれる。2018年、スウェーデンは記録上最も暑い5月を経験し、その後、異常に激しい山火事の季節が続いた。雷によって発火する山火事の数、1975年以降、カナダの北西部地域とアラスカ内陸部で増加している。気温と降水量の増加は、雷による山火事の発生数の増加と相関がある。

夏の温暖化の傾向により、主要な植物種がシーズンの早い時期に短時間で開花し、花粉媒介者やそれらを捕食する種に影響を及ぼしている。真夏のツンドラのバイオマスの密度は1980年代初頭から増加しているが、最近ツンドラの植生は、水や栄養素の制約、永久凍土の減衰、または極端な冬のイベントのために多くの地域でいくらかの減少を示している。



2017年8月、西グリーンランドのNordre Strømfjordでの山火事。衛星(Sentinel-2B)からの写真でありPierre Markuseが編集。

気温とツンドラのバイオマスは相関があり、暖かい夏にはバイオマスが増加し、ツンドラ生態系からのメタン放出が温度とともに増加するといういくつかの証拠がある。

事実はまた、北極の気候変化がジャコウウシなどのいくつかの動物種の分布と個体数に影響を及ぼしていることを示している。ロシアの北西部では、秋と冬に雪上雨〈レイン-オン-スノー〉のイベントがより頻繁かつ激しくなっている。これはバレンツ海とカラ海での海水氷の減少に関連して発生している傾向であるが、これにより牧草地に厚い氷の層ができることによってトナカイの大量餓死が引き起こされている。暖かくて雨の多い冬のせいによりスバルバル諸島では野生のトナカイの死亡率が増加し、北極全体に渡ってのカリブーと野生のトナカイの個体数が過去20年間でほぼ50%減少したと言われている。

海洋環境も影響を受けている。河川流量の増加は、北極の海岸線近くへの炭素と栄養素の輸送の増加につながる。2017～2018年の海水氷域面積の記録的な縮小のせいで2018年のベーリング海地域では一次生産（光エネルギーの有機物への変換）が通常よりも最大500%高かった。

海水氷の減少は、海洋藻類の大増殖のタイミングと強度に変化を引き起こし、海洋生態系のオキアミ、魚類、鳥類、哺乳類を含む食物連鎖全体に潜在的な影響を及ぼしている。海水氷の損失が最も多い地域では、二度の大増殖（春に1つ、秋に1つ）が発生する地域が増えている。いくつかの藻類は大増殖の際に毒素を生成し、その後貝や海洋哺乳類の体内で観察され、北極の公衆衛生上の懸念を引き起こしている。海水氷の減少は、ホッキョククダラ、クジラ、アザラシ、ホッキョクグマなどの種にも直接的な影響を及ぼす。

一次的に大気中のCO<sub>2</sub>濃度の上昇によって引き起こされる海洋の酸性化は、カラフトマス、カレイ、ニンジンなどの魚種を含む海洋生態系にも影響を与える可能性がある。いくつかの海洋魚種の生息範囲は、暖かくなっている海水に対応して北に移動している。過去15年間で、チュクチ海とボーフォート海で20の新種と59種については生息範囲の変化が確認された。



## なぜ重要か？

進行中の変化は、一部の種の範囲の拡大、他の種の縮小、生息場所の喪失、および関連のある北極の生態系とそれらが提供するサービスに対するその他のさまざまな影響につながっている。多くの北極の国々は、陸域と海域の両方の生態系の変化の影響を受けている漁業に大きく依存している。山火事の頻度と強度の変化は、カリブーとトナカイの分布に影響を与える可能性があり、これは北方のコミュニティでの家畜の飼育と生計に影響を及ぼす。

永久凍土の融解は、水文学、植生、生物地球化学的循環、および人間の居住地とインフラに大きな影響を与える可能性がある。山火事は大量のCO<sub>2</sub>とブラックカーボンを放出する可能性がある。極端な冬の温暖化や乾燥などの極端なイベントによって引き起こされる北極の褐変は、植物が枯死していない場合でも、北部の生態系の炭素吸収能力を大幅に低下させる可能性がある。

これらおよび他の北極の気候変化の影響は、別個ないし場合によっては同時に、世界の気候システム全体に影響を及ぼすとともに、多くの生態系サービスに根本的な脅威をもたらす形で先住民や他の高緯度の住民の生活に影響を及ぼすのである。



アムンセン湾の春の氷の中を航行する北極調査船でもあるカナダ沿岸警備隊砕氷船CCGSアムンセン号。写真：Lee Thomas / Alamy Stock Photo



トナカイの群れとともにいるスウェーデンのサーミトナカイ遊牧民。2018年夏のスウェーデン北部の山火事は、トナカイの牧草地の広い範囲を焼き尽くした。それは特に冬の餌場に影響し、スウェーデンのサーミ社会の半分に強い影響を与えた。破壊した生態系の回復には何十年かかる。写真：Jannie Staffansson

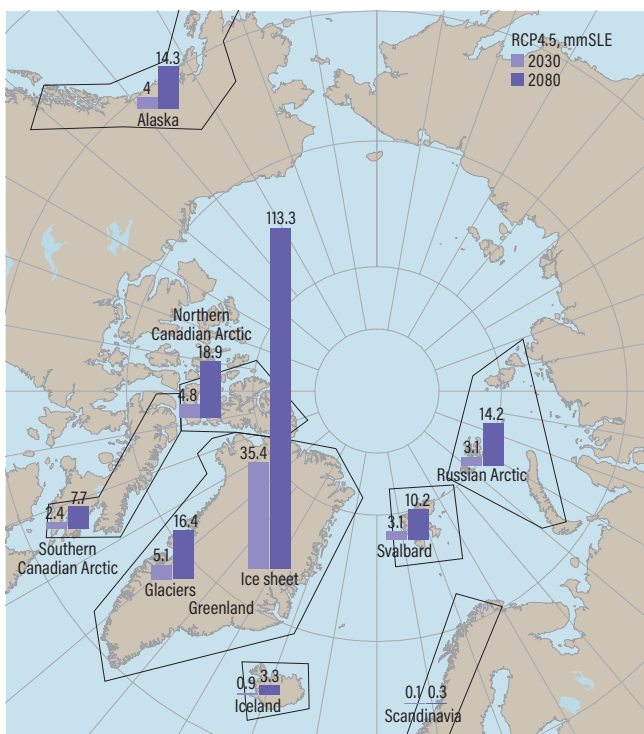
# 北極氷河は世界的な海面上昇の大きな要因である

## 何が起きているか？

最近の研究は、グリーンランド氷床に代表される北極の氷河が世界の海面上昇を引き起こす最も大きな要因であることを示している。北極からの影響は、1850年から2000年の世界全体の海面上昇における48%（10 cm）を占め、1992年から2017年の間の海面上昇の30%を占めている。

北極の氷河での氷の損失は過去数十年にわたって気候変化とともに加速していて、特にグリーンランド氷床の損失は今後数十年でさらに加速すると予想されている。科学者たちは、1991年から2010年の間に世界全体で失われた氷河の質量の70%の原因は人間が引き起こした気候変化であると推定している。

将来の海面上昇に対して北極が及ぼす影響は、現在および将来の排出量に大きく依存するが、北極が今後も海面上昇に対する世界の陸水の寄与率のうち大部分を占め続けると予想されている。2100年までの世界の平均海面上昇は、2°Cの温暖化と比較した場合1.5°Cの場合には約10cm低くなる。



中程度の温暖化シナリオ（RCP 4.5）の下での氷河、氷帽およびグリーンランド氷床の質量損失の予測。2030年（薄い色）と2080年（濃い色）の予測であり、損失量が海面上昇の等価量mmで表されている。SWIPA2017の図を改変。

パリ協定が温暖化を2°Cをはるかに下回る目標に制限することに成功したとしても、グリーンランドと南極の氷床は今世紀の間に質量を失い続けるでしょう。グリーンランドと南極大陸の両方からの将来の氷の損失の予測は、重要な知識の不足のために相当不確実なままであるため、より多くの氷の損失が発生する可能性があることを認識しておくことが重要である。

気候変化は氷河からの流出水のタイミングと規模に影響を与えると予想されている。予測は、当初には初夏の流出の増加が見られるが、その後は減少することを示しているため、下流の流域に強い影響を与える。

## なぜ重要か？

北極は海面上昇に重要な役割を果たし、世界中の沿岸地域や生態系に重大な危機をもたらしている。海面上昇は、沿岸の洪水、海岸の侵食、インフラの損傷、生態系への環境上の影響、地下水への塩水の侵入を増加させる。これらの影響は、嵐による潮汐と重なると悪化する。氷河が海面上昇に対する寄与率は主に極地から発生するものであるが、重力および熱関連の効果により熱帯地域で最大の海面上昇を引き起こす。氷河からの淡水の流出増加は、栄養素や汚染物質の変化などの要因によって下流の陸域および海洋の生態系に大きな影響を与える可能性がある。

## 2017年と2018年のグリーンランド氷床

モデル推定に基づくと、グリーンランド氷床は2017年と2018年に全体的にほとんど質量を失わなかったと言えるが、実際にはわずかに増加した可能性がある。どちらの年も北極の他の場所や中緯度全般では暖かく乾燥した状態であったにもかかわらず、グリーンランドでは異常に寒い夏であり大雪が見られた。2018年の氷床の総質量収支を計算するための衛星データはまだ利用できないため、見積もりにはある程度の不確実性がある。

これらの異常な状態は、ジェット気流の位置に影響を与える北極の急速な温暖化によって引き起こされた可能性があり、そのような時には北ヨーロッパとグリーンランドでは異常で持続的な気象パターンになる。北大西洋ではジェット気流の位置が北大西洋振動（NAO）によって変化することも知られていて、それによって擾乱の経路が影響を受けることがある





グリーンランドのイルリサットフィヨルド(Illussat Fjord)で行われているイヌイット漁師の延縄漁業。写真: Norbert Eisele-Hein / Alamy Stock Photo.



アラスカ州バローのチュクチ海沿いの海岸で氷上を歩くイヌピアク・エスキモーの猟師。写真: Kevin G Smith / Alamy Stock Photo

# 変化する気候は北極の社会、 公共の健康、および経済に 影響を及ぼす

気候変化は、北極の性質を基本的に変えてしまう社会的、経済的、政治的要素（移住、資源採取、地域開発、レクリエーション、観光など）などに加え、その他の環境や健康に関するストレス要因（汚染、海洋の酸性化、侵食など）と相互に影響する。これらの変化は、適応し回復力を維持することが求められている北極社会に挑戦を突きつけている。

北極の雪の季節が短くなる傾向は、狩猟や特定の食料源の確保などの伝統的な活動に影響を及ぼし、健康、可処分所得、先住民の文化や経済にも影響を及ぼす。北極の多くの沿岸地域社会は、海水（狩猟と釣りのプラットフォームとして機能する）の減少、ならびに嵐、沿岸侵食および沿岸湿地の氾濫に直面する機会の増加の影響を受けている。

永久凍土の融解は交通を遮断し、パイプライン、空港、産業施設などの建物やインフラ、および上下水道の配水・排水システムに影響を及ぼす。

山火事は天然資源の損失を加速し、人間の健康と安全に直接的な危険をもたらす。煙にさらされる風下の人々の健康に影響を及ぼし、先住民や他の住民による伝統的な土地利用に影響を与える可能性がある。

海氷の減少は特に海運と資源採取のための新しい経済活動を可能にし、より暖かい冬の気温はアラスカの暖房の需要の減少につながるということが文書に記述されている。ただし、気候変化は多くの経済的経費の増加をもたらす。商業漁業への影響に関連するもの、山火事抑制の経費の増加、脆弱な生活地域とインフラの移転の経費、公衆衛生、建物、輸送ネットワークへの影響に関連する経費などがある。たとえば、アラスカの公共インフラの修理と交換の積算経費は、気候変化に対する積極的な適応策の場合、現在の20億～25億ドルに対し、今世紀末までには37億～45億ドルとなることが予想されている。



# 推奨する行動

2017 SWIPAの「政策立案者のための要約」で「将来の変化を抑えること、短期的な影響に適応すること、理解の向上を支援すること、国民の意識を高めること」に焦点をあてたが、その推奨事項は引き続き妥当で重要である。以下で説明するが、新しい発見と新たな優先事項は、それらの推奨事項を補強し、とるべき行動を指し示す。

## 変化を抑制する

- 温室効果ガス排出量を削減するために現在取られている政策措置は、今世紀の残りの期間およびそれ以降に展開する実際のシナリオを決定する。
- 北極の将来の変化を抑える必要性は、北極とその住民への深刻な影響が生じるということだけではなく、北極の変化がより低い緯度帯に影響（たとえば、海面上昇、温室効果ガスの放出、海洋および大気循環の変化）を及ぼすこと、および北極の温度フィードバックが安定した地球気候を達成するための努力を妨げる可能性があるという事実に基づく。
- 北極評議会は、ブラックカーボンやメタンなどの短命の気候変動因子の排出を削減する機会を特定するための努力を継続する必要がある。この分野での進展が、長期的な影響を減らすための作業が進行している間、北極の現在の変化のペースを遅らせるのに役立つ可能性がある。ブラックカーボンは現在、CO<sub>2</sub>に次ぐ最も重要な人為的気候因子の1つと見なされている。北極では、それによる影響が他の場所よりもさらに強い可能性がある。AMAPは現在、意思決定者に情報を提供することを最終目的として、世界における大気汚染法と気候政策の最近の進展に役立つブラックカーボンの影響の見積もりを改定している。

## 影響に適応する

- 北極の変化の速度と大きさを考慮し、ますます多くの国、地域および社会が適応活動の優先順位付けをするためにリスク評価を実施している。リスク評価では、潜在的な影響（たとえば、永久凍土融解および熱波や山火事などの極端なイベント）に関する確率と結末が考慮されるが、その中の高い確率/高い結末である影響の優先度が最も高くなる。リスク評価は、たとえば、適応の際に優先的に注意を払う必要のある資産を特定するなど社会のインフラ基盤に適用することができる。







イルリサット (Ilulissat) の北にある Camp Victor 近くのグリーンランド氷床上の融解水。写真: Ashley Cooper pics / Alamy Stock Photo

## 我々の理解を向上させる

- 北極の気候と極端気象は、多大な経済的経費など北極社会に壊滅的な結果をもたらす可能性がある。しかし、北極の変化に関係した他の側面と比較して、極端な気候と天気については相対的に少ししか分かっていない。同様に、気候変化が北極の生態系にどのように影響するかについても、相対的に少ししか知られていない。これらのリスクとその影響についての理解を深めることは、北極の気候変化に効果的に適応するための基本的な要件である。
- 北極の変化が中緯度の天気と気候に与える影響も十分には理解されていないので、これも科学的理解の向上という点では、もう1つの優先課題である。
- 北極の国々は、北極の既存の観測および社会による監視ネットワーク (CBM) の観測網が少なくとも維持され、できれば強化されるようにする必要がある。観測データの網羅範囲の不足は、北極システムの構成要素間の相互作用を理解し、現在の傾向を特定して将来の変化を予測する科学者の能力を制限してしまう。

## 推奨する読み物

SWIPA 2017, Summary for Policy-makers  
<https://www.amap.no/documents/doc/snow-water-ice-and-permafrost-summary-for-policy-makers/1532>

SWIPA 2017 Fact Sheets  
<https://www.amap.no/documents/doc/swipa-2017-press-material/1544>

Overland, J. et al., 2019. The Urgency of Arctic Change. *Polar Science*, ISAR5 Special Collection.  
<https://doi.org/10.1016/j.polar.2018.11.008>

Box, J. et al., 2019. Key Indicators of Arctic Climate Change: 1971–2017. *Environmental Research Letters*.  
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/aafc1b>

NOAA Arctic Report Card 2018

# 北極気候変化 アップデート2019

## SWIPA2017の主要な調査結果の アップデート

AMAPは8カ国の北極環境保護戦略(AEPS)の下で1991年に設立され、汚染と気候変化に関する北極地域の状況を監視および評価している。AMAPは、科学に基づいた政策関連の評価と社会向けアウトリーチ文書を作成して、政策と意思決定の過程に情報を提供している。AMAPは1996年以来、北極評議会の6つのワーキンググループの1つとして機能してきた。

この文書は、北極圏監視評価プログラム（AMAP）によって作成されたものであり、必ずしも北極評議会、そのメンバー、またはそのオブザーバーの見解を表すものではない。

原文書名：AMAP Arctic Climate Change Update 2019  
発行者・発行年：Arctic Monitoring & Assessment Programme (AMAP)、2019年  
日本語訳発行者：ArCS II事務局（国立極地研究所 国際北極環境研究センター内）  
翻訳協力者：大畑哲夫、榎本浩之（国立極地研究所）  
WEB掲載年：2021年

**AMAP Secretariat**  
The Fram Centre,  
Box 6606 Langnes,  
9296 Tromsø, Norway

Tel. +47 21 08 04 80  
Fax +47 21 08 04 85

amap@amap.no  
www.amap.no



ARCTIC COUNCIL

**AMAP**  
Arctic Monitoring and  
Assessment Programme