

基礎研 レター

南極の温暖化

南極では温暖化が遅延している?

保険研究部 主席研究員 篠原 拓也
(03)3512-1823 tshino@nli-research.co.jp

1—はじめに

気候変動問題が世界中で議論されている。地球温暖化の影響は、ハリケーン、豪雨、海面水位上昇、大規模な干ばつなど、様々な形であらわれつつある。ただし、その進み具合は、各地で一様ではない。

極域をみると、海洋で構成される北極のほうが、大陸のある南極よりも温暖化が進んでいるとされる。南極大陸においては、西部では南極半島を中心に急速に温暖化が進む一方、東部では気温が上昇傾向にあるわけではないといわれる。南極半島での氷河の融解がメディアで衝撃的に報じられる一方、南極大陸自体はあまり温暖化していないとの声もある。どうやら、話は、単純ではなさそうだ。

本稿では、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)のWG1(第1作業部会)が公表した第6次評価報告書をはじめ、いくつかの温暖化に関する資料をもとに、南極の温暖化の実態を見ていくこととしたい。

2—南極の特徴

まず、南極の特徴を列挙して見ていこう。

1 | 南極大陸は広い

南極というと、雪氷に覆われた真っ白な大陸というイメージを持つ人が多いものと思われる。しかし、その広さについて意識することは少ないのではないだろうか。南極大陸は、ユーラシア、アフリカ、北アメリカ、南アメリカについて、5番目に広い。面積は約1400万平方キロメートルで、陸地全体の約9%を占めている。ヨーロッパ大陸の約1.3倍、オーストラリア大陸の約1.8倍に相当する。

2 | 南極大陸は高い

南極大陸の約97%は、厚さが平均1800メートル以上の分厚い氷床・氷河に覆われている。その氷床・氷河を含んだ平均標高は約2000メートルで、最高地点のヴィンソン・マシフ山(標高4892メートル)をはじめ、3000メートル級の山脈が複数ある。南極点も標高約2800メートルの高い位置にある。緯度が高いうえに標高が高いことで、世界屈指の寒冷地域となっており、気候区分上、南極大陸のほぼすべてが氷雪気候¹⁾に属する。(各数値は、稿末に記載の参考資料による。)

¹⁾ ケッペンの気候区分で樹木の生育を許さない寒帯気候のうち、特に寒さが厳しく最暖月平均気温が0℃未満の気候。南極

3 | 南極周極流があることで、鉛直方向の海流循環が発生

南極海は、東西方向に陸地に遮られることなく地球を一周できる、世界で唯一の海である。南極大陸の周りには東向きに(時計回りに)一周する南極周極流がある。太平洋の黒潮や、大西洋のフォークランド海流のような大洋の西側に発達する海面に近い層の海流はないが、そのかわりに南極周極流は、鉛直方向に2000メートル以上の深い海流循環となる。つまり、海水が上下に混ざり合うこととなる。

3—南極の地域ごとの温暖化

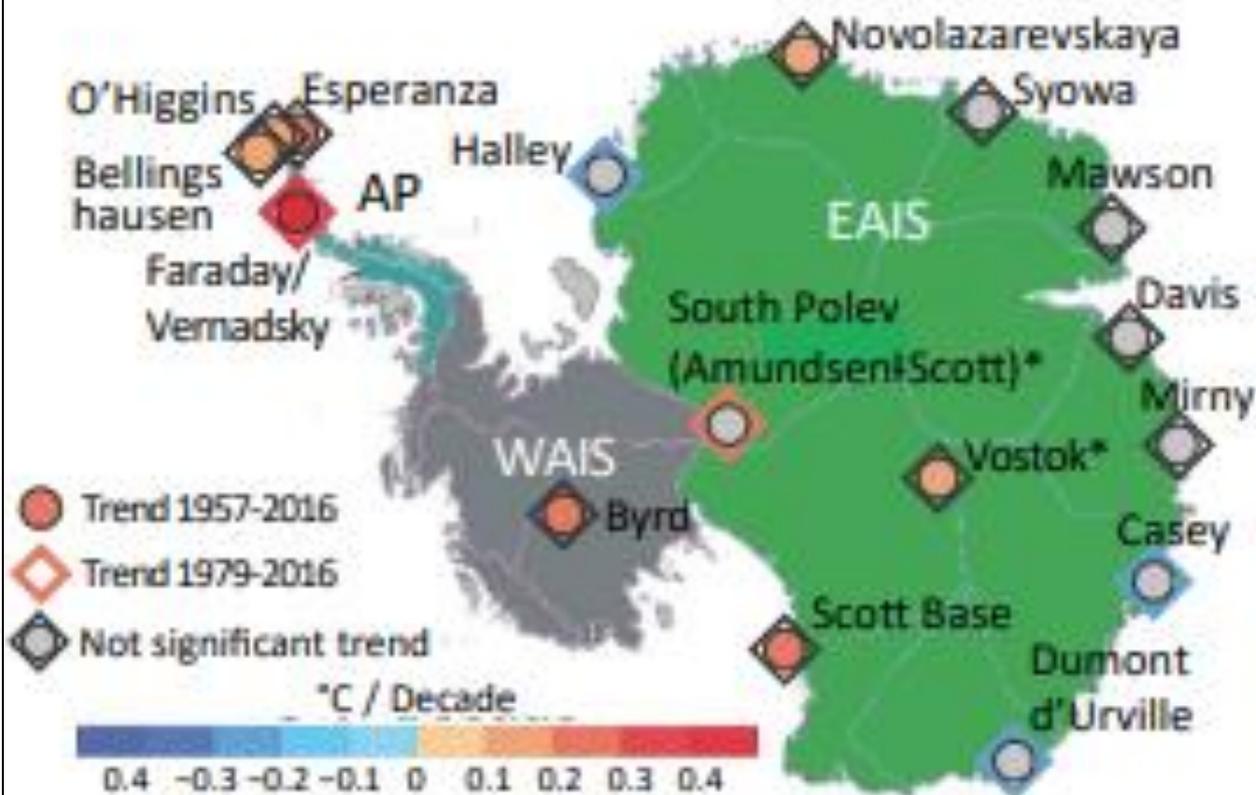
つぎに、南極の温暖化の様子を地域ごとに見てみよう。

1 | 南極は西部で温暖化が進んでいる

前章で見たとおり、南極大陸は広く、標高は高い。温暖化の進み具合は、地域ごとに異なっている。IPCC WG1の第6次評価報告書では、南極を東南極氷床(East Antarctic Ice Sheet, EAIS)、西南極氷床(West Antarctic Ice Sheet, WAIS)、南極半島(Antarctic Peninsula, AP)の3つの地域に分けたうえで、それぞれの地域で50年以上に渡り気象観測を続けている各国基地の平均気温のデータをもとに、気候変動の様子を下記のように図示している。

EAISでは、昭和基地を含む東部海岸沿いで、統計的に有意な傾向はないとされている基地が多い²。一方、WAISやAPでは、1957～2016年に気温の上昇傾向がある模様だ。特に、APでは大きな上昇が観測されている。南極大陸では、西部、特に南極半島を中心に温暖化が進んでいるものと見られる。

図表1. 南極の基地の温暖化傾向



* 稿末に記載の2つの文献のデータをもとに作成されている。基地名に*がついているものは、文献間で有意な差異が見られるもの。

※ “Climate Change 2021 - The Physical Science Basis” (IPCC WG1)のFigure Atlas 30下段の差し込み地図より引用

大陸のほか、グリーンランドの大部分、シベリアの極北部、北アメリカ大陸の北岸地方に分布。

² 信頼係数は90%とされている。

2 | 西部では氷床の消失が進んでいる

温暖化の結果、氷床が融解して消失している。国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センターの資料によると、温暖化が進む西南極、特にアムンゼン海沿岸では、氷床の消失が大きい。一方、昭和基地のある東南極では、これまでのところ、あまり大きな氷床の変化は見られていない。

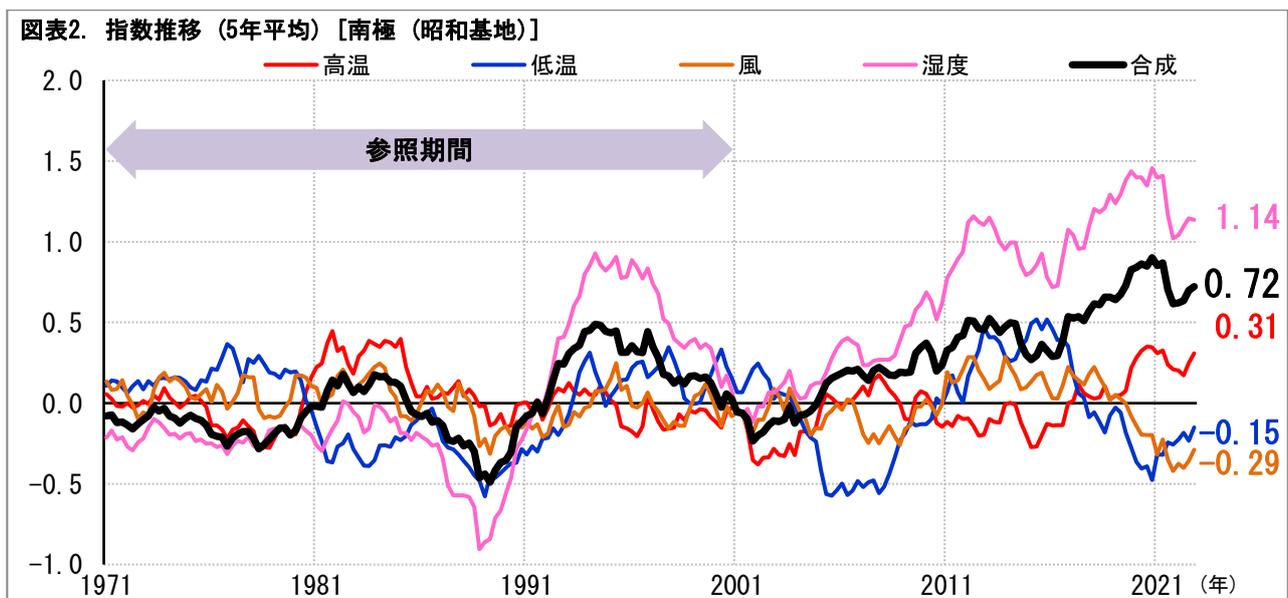
4—南極の温暖化

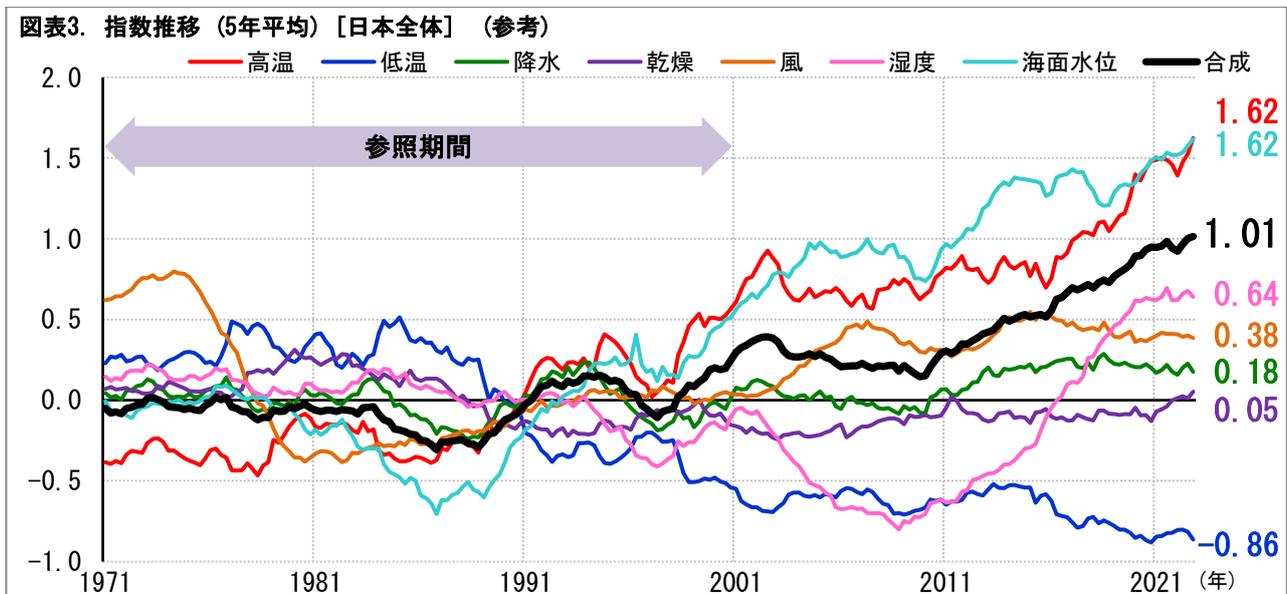
つづいて、昭和基地の気候指数の推移をみて、南極の温暖化について考えてみよう。

1 | 気候指数を見ても、昭和基地では温暖化はあまり進んでいない

筆者は、気候変動の慢性リスクを数量的に捉えるために、気候指数の作成に取り組んでいる。これは、1971～2000年の30年間を参照期間として、この期間の平均値から何標準偏差分乖離しているか、という乖離度を用いて気象の極端さを定量化しようとする試みだ。指数作成の詳細については、稿末に列挙している(筆者の過去の関連レポート)をご覧ください。

この気候指数を南極の昭和基地について作成してみる。昭和基地では、最高気温、最低気温、平均風速、平均湿度が半世紀以上に渡って毎日計測されており、そのデータは気象庁のホームページ上で公開されている。今回、このデータをもとに、気候指数を作成した。





※ 図表2と図表3は、「過去の気象データ・ダウンロード」(気象庁HP)のデータをもとに、筆者作成

昭和基地と、日本全体の気候指数を比較してみよう³。前章までに見たとおり、昭和基地の位置する南極大陸の東部では、温暖化はそれほど進んでいない。この様子は、高温指数が日本全体よりも低く、低温指数が日本全体よりも高い点にあらわれている。また、風の指数は、ゼロ近辺で上下に推移しており、目立った特徴は見られない。

やや注目すべき点として、湿度指数の推移が挙げられる。同指数は、2000年代以降上昇傾向にあり、2020年には1.5に迫る時期もあった。直近(2022年秋季(9-11月))では、1を超えており、日本の湿度指数と比べて高い水準となっている。本来、南極は寒冷でかつ乾燥しているとされる。湿度の上昇という形で、乾燥が弱まることで、気候変動の端緒があらわれつつあると言えるのかもしれない。⁴

2 | 南極では温暖化が遅延している?

昭和基地のある南極東部では、これまでのところ顕著な気候変動は見られていない。広く、南極と北極を比べると、北極は海からなり、海氷やその上の積雪が後退して太陽放射の反射が弱まり、温暖化が進んでいる。⁵ これに対して、南極は大陸からなり、内陸部は標高も高い。また、南極周極流の存在により、対流の上下の混合が生じることで、海水の温暖化が進みにくい。これらのことから、南極では温暖化の程度は北極よりも小さかった。

ただし、南極では温暖化が遅延しているとする見方もある。2021年にノーベル物理学賞を受賞した真鍋淑郎氏らによるモデルを用いた地球温暖化実験によると、温暖化の応答の遅延は南大洋で40年

³ 日本全体の気候指数の詳細については、「気候指数 [全国版] の作成ー日本の気候の極端さは1971年以降の最高水準」 篠原拓也著(基礎研レポート, ニッセイ基礎研究所, 2023年4月6日) <https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=74427?site=nli> をご参照いただきたい。

⁴ 湿度に関する記載内容は、筆者の私見である。

⁵ 天体の外部からの入射光の強さに対する、反射光の強さの比率を「アルベド」という。海のアルベドは10%以下で太陽光をよく吸収する。海水では40~60%、その上に積雪があると60~90%にもなるという。(「海の教科書一波の不思議から海洋大循環まで」 柏野祐二著(ブルーバックス B-1974, 講談社, 2016年)より) アルベドが大きい雪や氷は、太陽エネルギーを反射するため、あまり暖まらない。気温が下がれば、氷の面積が大きくなり、さらに気温が下がる。これは「アルベド効果」と呼ばれる。逆に、気温が上がると、海氷や積雪が後退すると、太陽放射の反射が弱まって、さらに気温が上がる。すなわち、温暖化が増幅される。北極では、こうした温暖化の増幅が起きているとされる。

を超え、南極大陸沿岸近くでは60年よりも長いとの結果が得られたとされている。⁶

3 | 南極の氷床が消失すると…

このまま、地球規模の温暖化が進めば、やがて南極にもその影響があらわれる。そうなれば、南極の氷床の融解、そして海面水位の上昇という、気候変動の深刻な影響が世界中に及ぶ。将来の氷床変化については、世界中の研究者が様々なモデルを使ってシミュレーションを行っている。例えば、2021年にIPCC WG1が公表した第6次評価報告書では、温暖化ガスの排出が非常に高いシナリオ(SSP5-8.5⁷)の下で南極の氷床が融解・崩壊すると、1900年からの海面水位の上昇が2100年までに2メートル、2150年までに5メートルに近づく可能性がある、と示されている。⁸

5——おわりに (私見)

本稿では、南極の温暖化を中心に、気候変動について見ていった。南極は、北極に比べると温暖化の影響があまりあらわれていない。南極半島など西部では氷床融解・消失等の影響が生じているが、東部ではこれまでのところ影響は限定的と言えるだろう。

ただし、南極の温暖化は遅延しているとの有識者の見方もある。いずれ本格的な温暖化が南極に及べば、海面水位の上昇など、世界中で甚大な被害が生じかねない。

引き続き、南極を含む、世界の気候変動の状況について、ウォッチしていくこととしたい。

⁶ 「地球温暖化はなぜ起こるのか—気候モデルで探る 過去・現在・未来の地球」真鍋淑郎、アンソニー・J・ブロッコリー 著(ブルーバックス B-2202, 講談社, 2022年)より。同著では、深海の層がない「大気・混合層海洋モデル」の平衡応答と、深海の層を持ちその熱慣性を加味した「大気・海洋結合モデル」の過渡応答の比の値をもとに、応答の遅延年数を算定している。

⁷ SSPは、Shared Socioeconomic Pathwaysの略で、共有社会経済経路を指す。SSP5-8.5は、温暖化を引き起こす可能性が非常に高いとされ、5つのシナリオのなかで最も温暖化が進むシナリオ。2100年に、産業革命前に比べて4℃以上温暖化が進むとされる。

⁸ ただし、その確信度は低い(low confidence)とされている。氷床プロセスには、深い不確実性があり、除外できないとされている。(“Climate Change 2021 - The Physical Science Basis” (IPCC WG1, 2021)のB.5.3より)

(参考資料)

“Climate Change 2021 - The Physical Science Basis” (IPCC WG1, 2021)

「南極点」(南極キッズ, 環境省 HP)

https://www.env.go.jp/nature/nankyoku/kankyohogo/nankyoku_kids/encyclopedia/na/south_pole.html

「南極から見る地球の営み」石川尚人氏資料(京都大学総合人間学部・地球科学, 「地球の歴史、地球の構造と仕組み」)

「ヴィンソン・マシフ」(ウィキペディア フリー百科事典)

「南極の過去と現在、そして未来 - 研究最前線からのレポート」(地質標本館 特別展, 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター)

“Antarctic Ice Loss 2002-2016” (NASA’s Goddard Space Flight Center, 2017)

<https://svs.gsfc.nasa.gov/30880>

「海の教科書-波の不思議から海洋大循環まで」柏野祐二著(ブルーバックス B-1974, 講談社, 2016年)

「地球温暖化はなぜ起こるのか-気候モデルで探る 過去・現在・未来の地球」真鍋淑郎、アンソニー・J・ブロッコリー著(ブルーバックス B-2202, 講談社, 2022年)

「絵でわかる地球温暖化」渡部雅浩著(講談社, 2018年)

「過去の気象データ・ダウンロード」(気象庁 HP)

<https://www.data.jma.go.jp/risk/obsdl/index.php>

(図表1のデータ元とされている2つの文献)

“Sixty Years of Widespread Warming in the Southern Middle and High Latitudes(1957-2016)”
Megan E. Jones, David H. Bromwich, Julien P. Nicolas, Jorge Carrasco, Eva Plavcová, Xun Zou, Sheng-Hung Wang (Journal of Climate, 32(20), pp6875-6898, 2019)

“Antarctic temperature variability and change from station data”
John Turner, Gareth J. Marshall, Kyle Clem, Steve Colwell, Tony Phillips, Hua Lu
(International Journal of Climatology, 40(6), pp2986-3007, 2019)

(筆者の過去の関連レポート)

「気候変動指数化の海外事例ー日本版の気候指数を試しに作成してみると…」篠原拓也著(基礎研レポート, ニッセイ基礎研究所, 2022年9月8日)

<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=72284?site=nli>

「気候変動指数の地点拡大ー日本版の気候指数を拡張してみると…」篠原拓也著(基礎研レポート, ニッセイ基礎研究所, 2022年12月28日)

<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=73405?site=nli>

「気候指数 [全国版] の作成ー日本の気候の極端さは1971年以降の最高水準」篠原拓也著(基礎研レポート, ニッセイ基礎研究所, 2023年4月6日)

<https://www.nli-research.co.jp/report/detail/id=74427?site=nli>