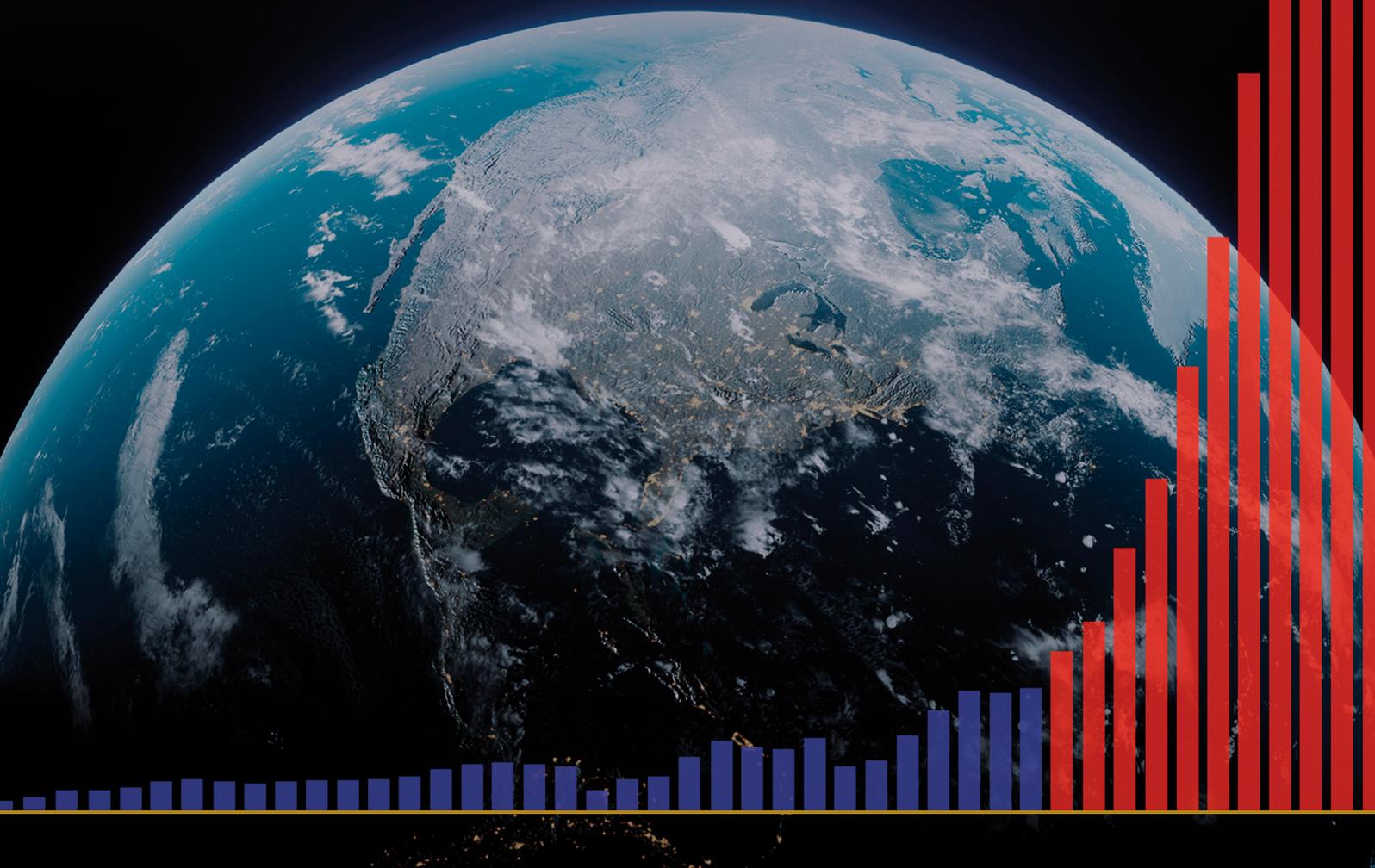


# 地球上の気候災害の進行と

その壊滅的な結果について



# 地球上の気候災害の進行と

その壊滅的な結果について

レポート

# 目次

<b>第1部.自然災害の指数関数的増加</b> .....	4
地震活動の増加.....	5
深発地震の増加.....	10
火山の活性化.....	12
ハリケーン、暴風雨、竜巻の激化.....	20
洪水と干ばつの数の増加.....	25
山火事の増加.....	27
世界的な海洋の温暖化.....	30
南極大陸とグリーンランドにおける異常な氷河融解.....	35
大気下層の温暖化.....	42
大気上層の変化.....	44
<b>パート2.世界的大災害の原因</b> .....	46
1995年の惑星規模の変化.....	48
1998年の地核の変位.....	52
地殻変動と気象の相互関係.....	55
太陽系の他の惑星の変化.....	57
天文的プロセスとその周期性.....	68
シベリアの異常な温暖化.....	71
地球の現在のサイクル.....	73
2036年に後戻りできない段階を迎える予測に関する地質構造物理学および数学的モデリング.....	77
<b>パート3.解決は可能だ</b> .....	80
海洋修復.....	81
<b>結論</b> .....	84
<b>付録1</b> .....	85
<b>参考文献</b> .....	87

# 第1部

## 自然災害の指数関数的増加

最新の科学研究によると、2036年までに地球の生物圏の存続が脅かされる可能性があるという。この仮説は、地球が危機的な状態に陥る可能性を示す厳密な数学モデルと事実に基づくデータに根差している。気候変動には人為的要因、つまり大気中の温室効果ガス濃度の上昇をもたらす人為的活動が重要な役割を果たしている。人為的な影響以外にも、気候変動に大きく影響するのに過小評価されがちな要因がある。地殻変動における自然のサイクルや、太陽活動や地球の軌道変動を含む天文学的プロセスなどである。これらの要因は、長期的な気候サイクルにおいて重要な役割を果たしており、地球の気候システムに対する人為的な影響を増幅または緩和する可能性がある。

近年、地球上で気候変動による大災害が急増している。その勢いは指数関数的な伸びを示すのが特徴である。天変地異は突如として、かつて起きたことのないような場所で発生し、甚大な被害と人命の損失をもたらしている。過去にも、この10年間に見られたものより大規模な気候・地球物理学的大災害はあったが、それも孤立した出来事であった。現在、自然災害は着実な増加傾向を示し、同調性を持ち、地理的な影響が拡大している。

本報告書は、過去30年間における地球の気候変動と地殻変動の増加の進行、および地球上の気候状況を著しく悪化させている人為的要因との関係について分析したもので

ある。この報告書はまた、甚大な災害が指数関数的に増加するという予測も示しており、また極端な自然災害の数と強度の増加に対する、アメリカ合衆国とロシア連邦、そして全世界の顕著な脆弱性を示している。発表された分析はすべて、一般に入手可能な科学的データに基づいている。

新たな人為的要因を詳しく取り上げる前に、地球の岩石圏、水圏、大気圏、磁気圏に影響を与える地殻変動の徹底的な分析が必要である。このようなアプローチは、現在の気候変動の全体像を概説するだけでなく、人間による活動がこれらの複雑で相互に関連するプロセスにどのような影響を与えているかを正確に判断することにもなる。

## 地震活動の増加

地震の規模、頻度、エネルギー放出が増加している。この傾向は、大陸と海底の両方で顕著である。

国際地震センター (ISC) のデータによると、1990年以降、地球上の地震エネルギーは一貫して増加している (図1)。

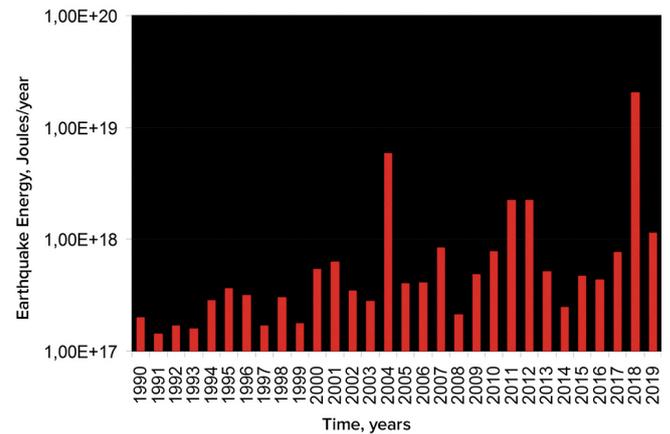
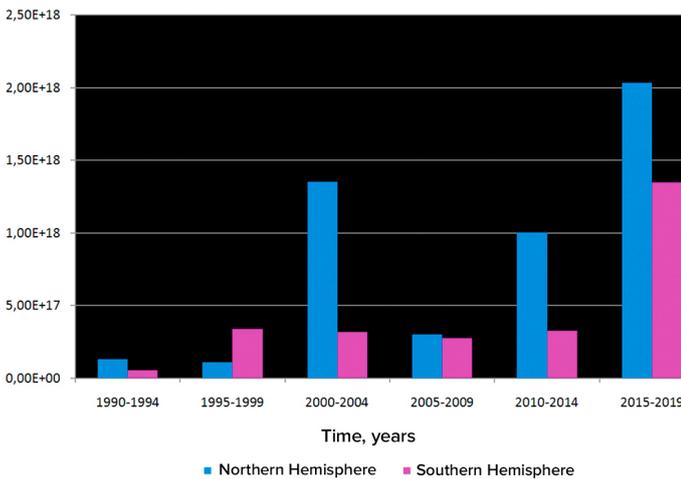


図1

グラフは1990年から2019年までの地震エネルギーをISCデータに基づいて描いたものである。グラフの作者はDr. A. Yu.Reteyum, ロモノソフ・モスクワ国立大学地理学部教授、2020年。グラフの出典: <https://regnum.ru/article/3101660>, <https://regnum.ru/article/2913426>

メリーランド大学のアーサー・ビテリト教授は、1995年以降、海洋中層拡散帯に沿った海底で発生する地震の数が増加していることを観測している<sup>1</sup> (図2)。さらに、このグラフは相関係数0.7で、地球の気温上昇と対応しており、気温

は2年遅れている。中層拡散帯に沿った地震・火山活動は、熱水噴出量の増加や海水の加熱につながり、ひいては温室効果ガスの放出や大気の温暖化につながる。

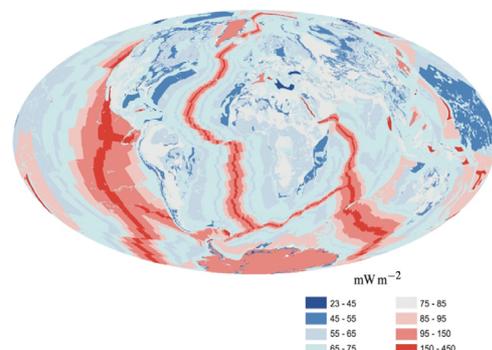
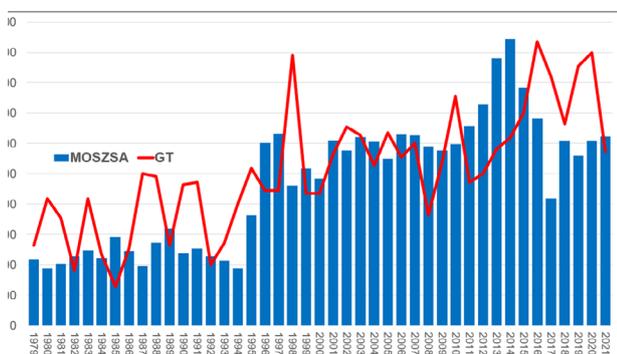


図2

マグニチュード4~6の海底地震と世界気温の同時上昇。Viterito, A. (2022) 1995: 最近の地球物理学史における重要な変曲点。International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, 29(5). <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2022.29.556271>  
この地図は、ミッド・オセアニック・リッジの地熱が増加していることを表している, Davies & Davies, 2010.

<sup>1</sup> Viterito, A. (2022). 1995: 最近の地球物理学史における重要な変曲点。International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, 29(5). <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2022.29.556271>

現代では、過去のデータとは対照的に、有感地震の発生頻度がかつてないほど指数関数的に増加している。米国地質調査所 (USGS) のデータ分

析によると、2000年代以前はマグニチュード6以上の破壊的な地震は年に1~2回しかなかったが、現在ではその数は8倍に増加している (図3)。

### マグニチュードM6.0以上の有感地震の世界的な増加

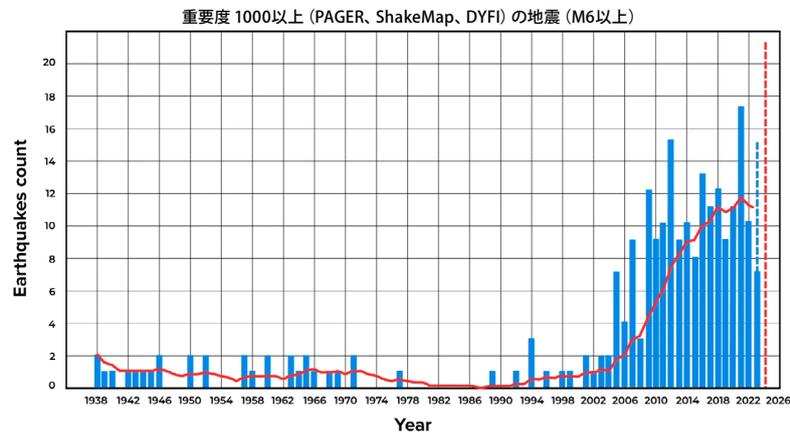


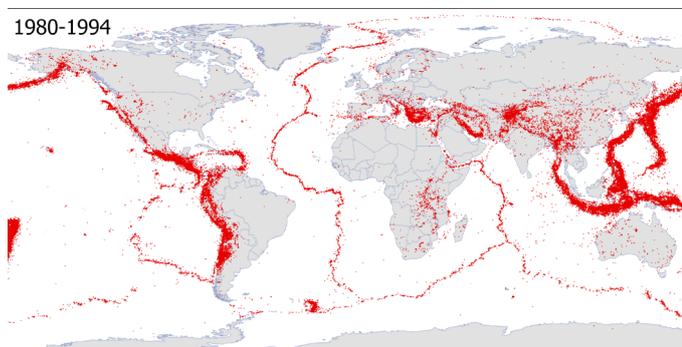
図3

世界のM6以上の有感地震数。地震の選定は、マグニチュード、震度、知覚、被害を考慮し、重大な結果をもたらす事象を特定するために、1,000+の重要度基準に基づいて行われ、軽微なケースや重要でないケースは除外された。データソース米国地質調査所 (USGS)

以前は地震活動が活発であることが知られていなかった地域でも、地震の数が増加している。図4に示された地図は、地震現象の地理的範囲が

拡大していることを明確に示している。地震活動は今やリソスフェアプレートの境界を越え、安定したプラットフォーム内で発生している。

#### 1980年から1994年にかけて世界で発生したM4以上の地震



#### 2009年から2023年にかけて世界で発生したM4以上の地震

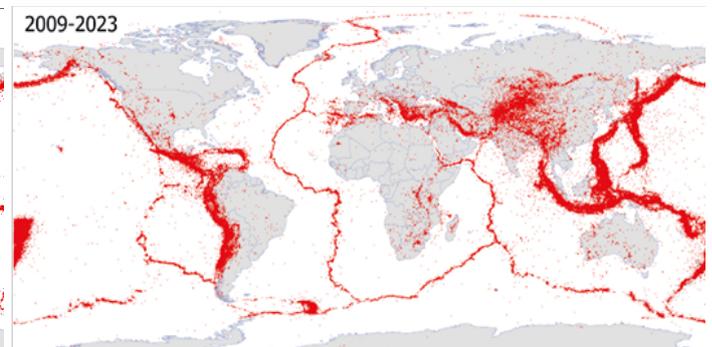


図4

1980-1994年と2009-2023年の2つの期間について、マグニチュード4.0以上のすべての地震を表示した地図。この地図は、IRIS、ISC、USGS、EMCS、VolcanoDiscoveryなどの地震データベースに記録されたすべての固有の地震を考慮して作成された。

地震発生件数の増加は、実際に発生数が増えているのではなく、地震センサー網の拡大によるものだという説もある。時間の経過とともに、地震センサーの数と感度は確かに向上している。しかし、その結果、以前は気づけなかったマグニチュードの小さな地震がより詳細に記録されるようになったに過ぎない。実際、1970年代以降、

マグニチュード4.0以上のすべての地震を記録できるだけの地震センサーが設置されている(図5参照)。したがって、1995年以降に観測された地震の増加傾向は、技術の進歩によるものではなく、現実の変化を反映している。過去25年間、地震活動は確かに劇的に増加し、現在も増加し続けている。

世界のマグニチュード別地震発生密度を示したチャート

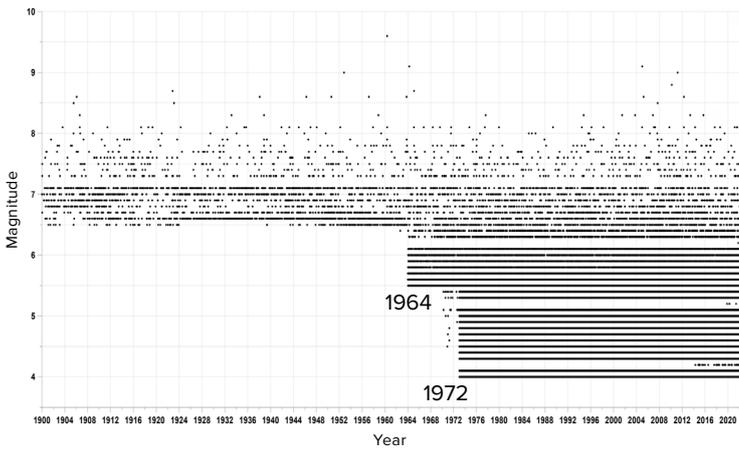


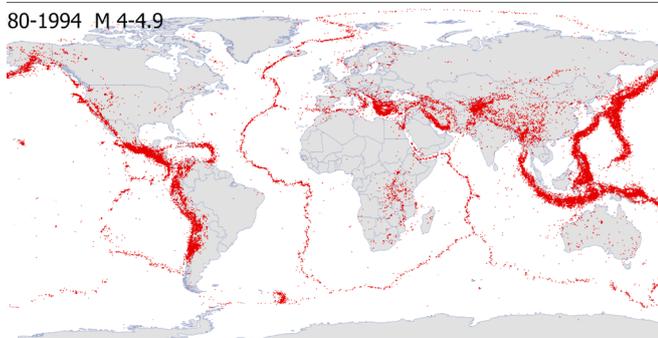
図5

グラフ上の黒い点は、年によって異なるマグニチュードの地震を表している。1964年以前はマグニチュード6.5以上の地震しか記録されていなかった。1964年以降(より感度の高い検出器が設置された)、マグニチュード5.5以上の地震が記録されるようになった。1972年以降は、場所を問わずマグニチュード4.0以上の地震が記録されている。

図6の地図は、地球の様々な地域で発生したマグニチュード4.0-4.9の地震の空間分布を表している。これらの地図はIRIS、ISC、USGS、EMCS、VolcanoDiscoveryの地震データベースに記録された全てのユニークな地震を考慮している。この地図は、マグニチュード4.0-4.9の地震現象が1995年以

前にすでに世界中で記録されていたことを示しており、これらの地域に地震センサーが存在していたことを示している。1995年以降、地震活動が活発な地域の数と面積の増加が観察され、また、地震の数が多き新しい地域が出現している。

1980-1994年に世界で発生したM4.0-4.9の地震



2009年から2023年にかけて世界で発生したM4.0~4.9の地震

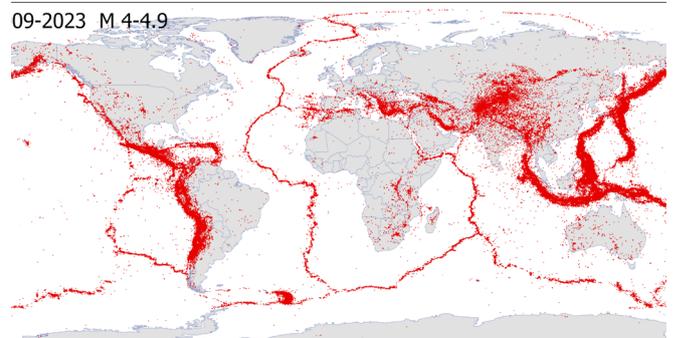


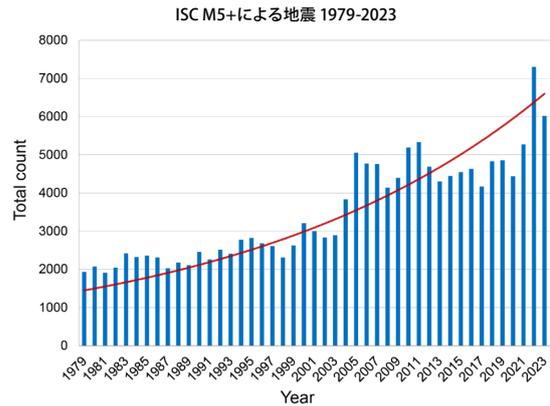
図6

1980-1994年と2009-2023年のマグニチュード4.0-4.9の地震。これらの地図はIRIS、ISC、USGS、EMCS、VolcanoDiscoveryの地震データベースに記録された全ての個々の地震を考慮している。

マグニチュード5.0以上の地震の増加は、国際地震学センターのデータベースによる地震発生回数のグラフにも反映されている(図7)。

図7

ISCデータベースによるマグニチュード5.0以上の地震。1995年の地震件数が大幅に増加していることがよくわかる。



VolcanoDiscoveryのデータベース (<https://www.volcanodiscovery.com>) によると、1980年代にはマグニチュード3.0以上の地震は毎年1万回程度発生していた。しかし、2021年以降は、毎年60,000回を超えるマグニチュード3.0以上の地震が発生している(図8参照)。特筆すべきは、このデータベースには、他のデータベースにはない重

要な地震イベントが含まれていることである。

ゲーテンベルク・リヒターの法則によれば、マグニチュードが小さい地震が増加すれば、マグニチュードが大きい地震も増加する。つまり、マグニチュードの小さい地震が増えれば、マグニチュードの大きい地震も増えるということである。

1979年から2023年にかけて世界で発生したM3-M9地震

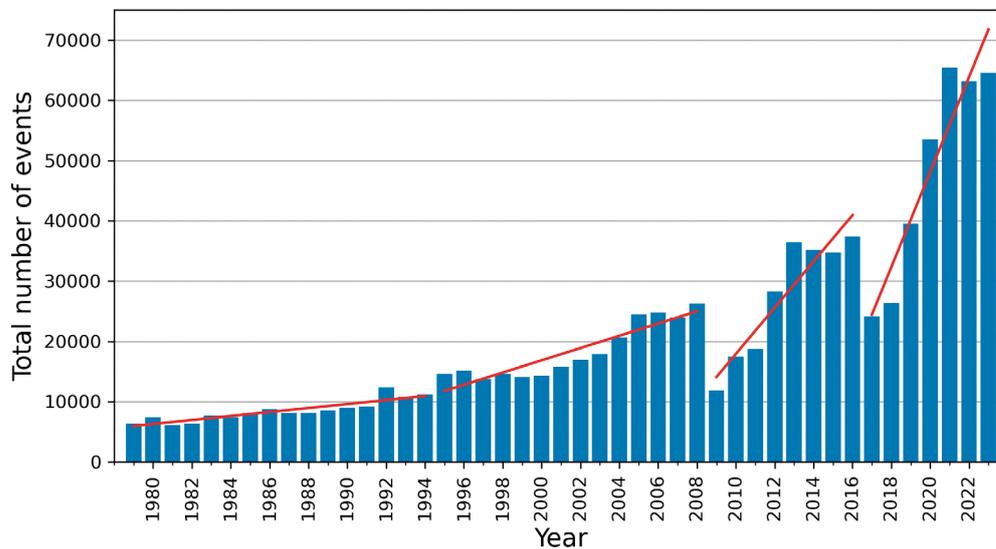


図8

このグラフは、VolcanoDiscovery地震学データベースのデータに基づき、世界におけるマグニチュード3.0以上の地震数の増加を示している。グラフは指数関数的な傾向を示している。

世界的な地震データベースは、その運用の技術的、科学的、実質的側面の違いにより、世界中の地震活動を完全かつ正確に表現することはできないことに注意することが重要である。図9は、1979年以降、様々な国際地震学サービスによって記録されたマグニチュード3.0以上の地震の回数のグラフである。

世界的な地震データベースは、その運用の技術的、科学的、実質的側面の違いにより、世界中の地震活動を完全かつ正確に表現することはできないことに注意することが重要である。図9は、1979年以降、様々な国際地震学サービスによって記録されたマグニチュード3.0以上の地震の回数のグラ

フである。

これらの地震データベースで紹介されているすべての事象を比較すると、2014年以降、地震事象のセットは量(図9参照)だけでなく、特異性(図10参照)においても異なり始めていることが明らかになった。つまり、1つまたは複数のデータベースには存在するが、他のデータベースには存在しない事象があるということである。地震データセットは同じ現実を反映しているはずなのに、である。

世界中の地震活動をより包括的かつ客観的に把握するためには、異なる情報源から得られたデータを、それぞれの特性や限界を考慮しながら比較・調整することが不可欠である。

様々な地震データベースのデータに基づく1979年から2022年までのM3以上の地震数の比較

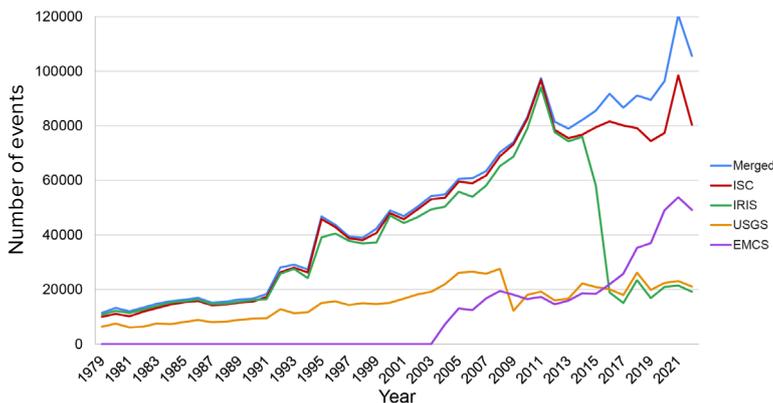
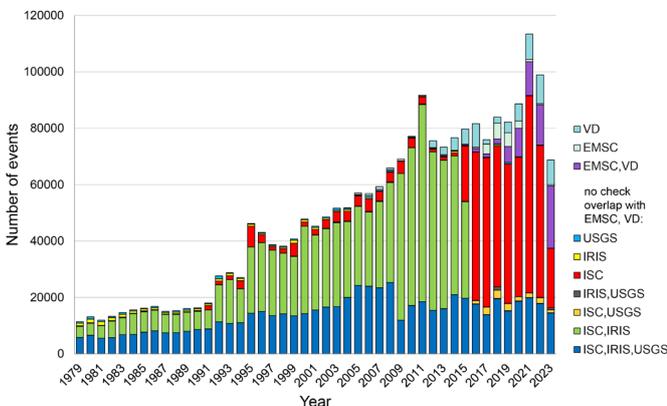


図9

このグラフは、様々な国際地震学サービスによって特定の期間に記録されたマグニチュード3.0以上の地震の数を表している。青い曲線は、各データベースから収集されたすべてのユニークなイベントの合計を表している。選定方法は付録1に詳述されている。

1979年から2023年の間に発生したM3以上の地震で、指定された機関によってのみ報告されたものの数。



1979-2023年に発生したM4以上の特異な地震のうち、指定された機関のみが報告した事象の数。

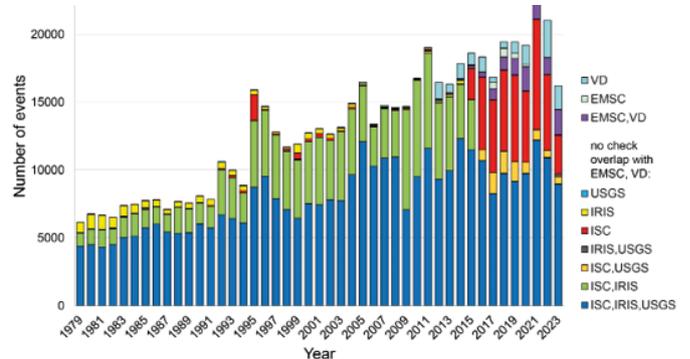


図10

マグニチュード3.0以上(左)とマグニチュード4.0以上(右)の地震が、1979年から2023年にかけて、指定された振動計測地でのみ同時に発生した特異な地震イベントの数を表したグラフ。

# 深発地震の増加

深発地震は、深さ300km以下、場合によっては地表から750kmまでの深さで発生する地震現象である。深部収束型地震は、マントル物質がもろいというよりは塑性変形すると予想される高圧高温条件下で発生するため、地震は発生しないはずである。それにもかかわらず、このような現象は定期的に記録されており、その発生メカニズムは依然として科学的議論の対象となっている。

現在の地震の増加は、地殻の応力だけが原因ではなく、むしろ地球深部でのマグマ活動の上昇が原因である。これは、深発地震の増加という指数関数的な傾向によって示されている(図11-12)。このグラフは、地球の上部マントルにおける深さ300kmを超える地震数の増加を指数関数的に示している。他の多くの地殻変動の異常な飛躍と同様に、1995年に顕著な飛躍が観察される。

1970-2023年に世界で発生したM1以上の深発地震

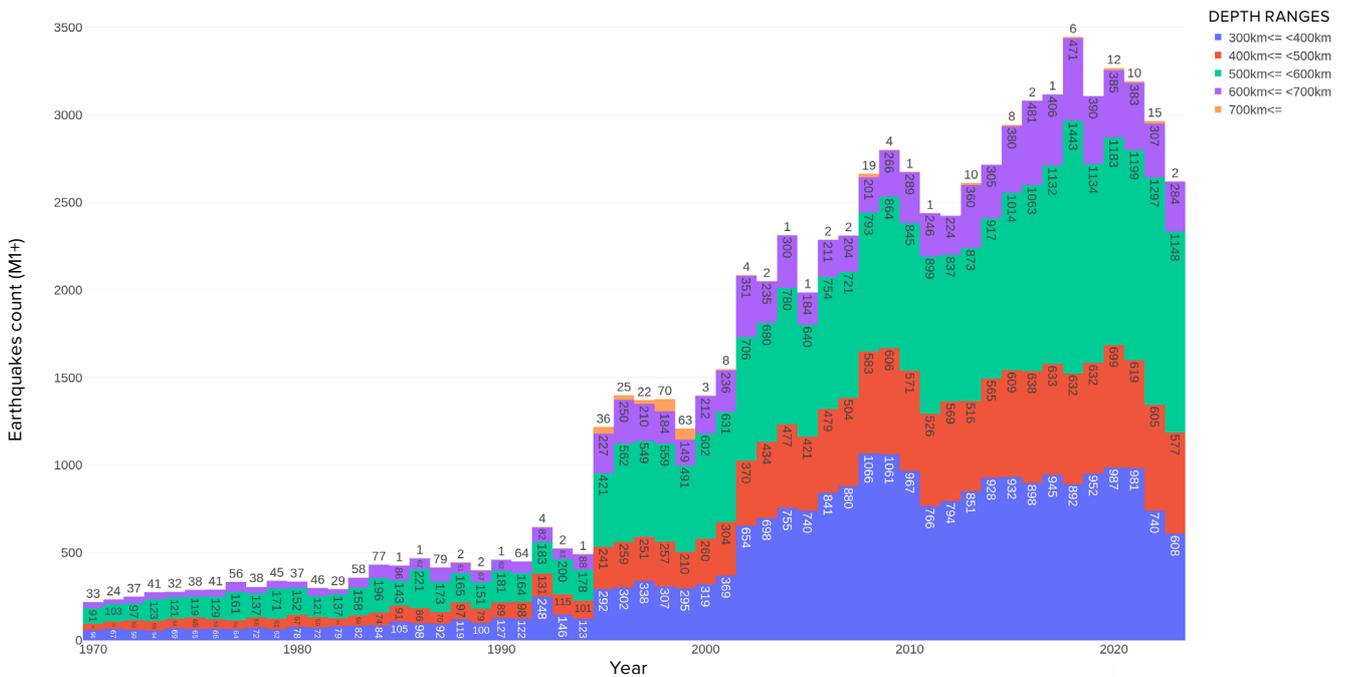


図 11

1970年以降の世界の深発 M1+ 地震数の指数関数的増加。ISCデータベース。

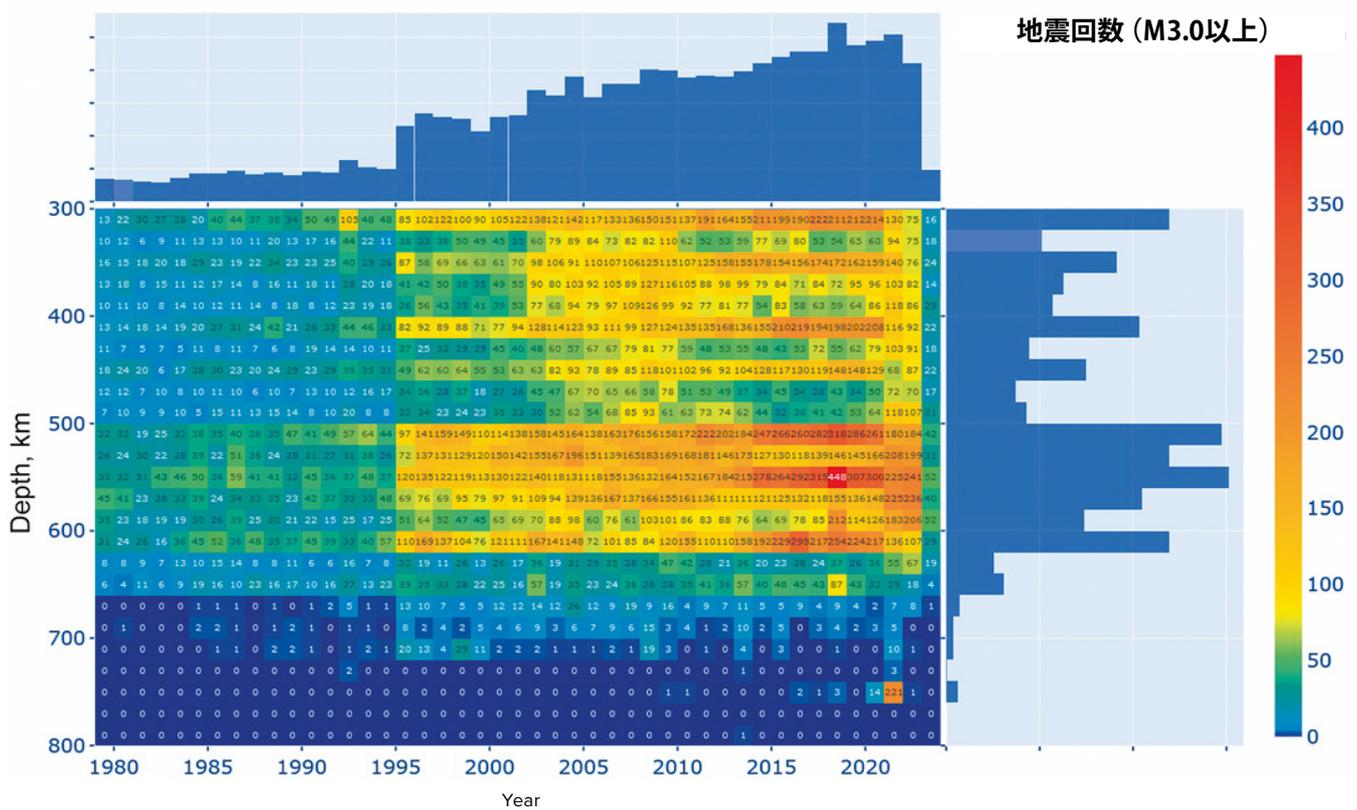


図12

マグニチュード3.0以上の深発地震のヒートマップ。縦軸は震源の深さを表し、横軸は年数を表す。ISCデータベース。1995年に顕著な急増が見られる。深さ500~600kmの範囲で深発地震が最も多い。

この報告書に記載されているモデルによると、深発地震は、地球のマントル深部で同時に爆発した大量の原子爆弾に匹敵する威力の爆発を表している。深発地震の数が指数関数的に増加していることは、地球のマグマ活動が異常であ

ることを示している。マントルにおける地震活動の増加は、深発地震がしばしば地殻内の強力な地震を誘発することであるために、特に懸念されている。<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Mikhaylova R.S. (2014). マントルにおける強い地震と近地域および遠地域におけるその影響。ロシア科学アカデミー地球物理学サービス <http://www.emsd.ru/conf2013lib/pdf/seism/Mihaylova.pdf>

Mikhaylova R.S., Ulubieva, T. R., & Petrova N. V. (2021). 2015年10月26日に発生したMw=7.5, I0~7のヒンドゥークシュ地震：前震と余震シーケンス。北ユーラシアの地震, 24, 324-339. DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.31

## 火山の活性化

多くの大都市は火山カルデラの近く、あるいはその中に位置している。例えば、日本の鹿児島は始良カルデラの中にある。イタリアのナポリやポッツォーリはカンピ・フレグレイ・カルデラの近くにある。さらに、ドイツにはラッハーゼーと呼ばれる巨大なスーパーボルケーノがあり、近年活動の兆しを見せ始めている。

地球深部でのマグマ活動の活発化が、近年見

られる変化の主な原因である。このことは、イタリアのカンピ・フレグレイ (図13参照)、ニュージーランドのタウポ (図14参照)、アメリカのイエローストーン (図15参照)、ハワイのマウナロア (図16参照)、アラスカのトライデント (図17参照)、日本の始良 (あいら) 火山のカルデラ内にある桜島 (図18参照) など、火山や超火山の周辺で地震が増加していることから裏付けられる。



図13

ヴェスヴィオ天文台INGVが2023年4月にカンピ・フレグレイ速報で報告した2005年以降の地震発生頻度の推移。

(出典: <https://www.fanpage.it/napoli/campi-flegrei-675-terremoti-aprile-2023/>)

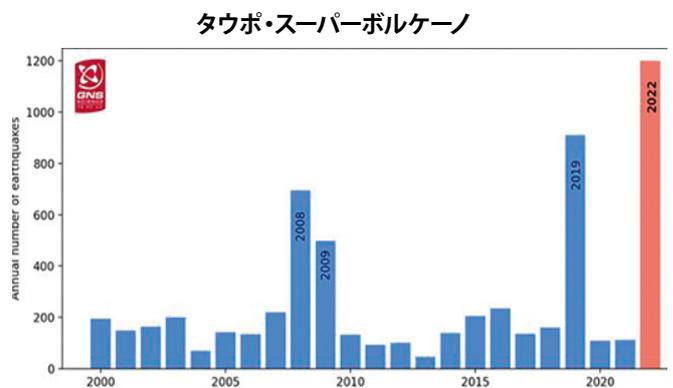


図14

タウポ・スーパーボルケーノ周辺の年間地震回数。GeoNet Volcanic Alert Bulletinからのデータ。(2024年2月14日、URL <https://www.geonet.org.nz/vabs/7tu661DztDnlaYDG0LYSgl>)

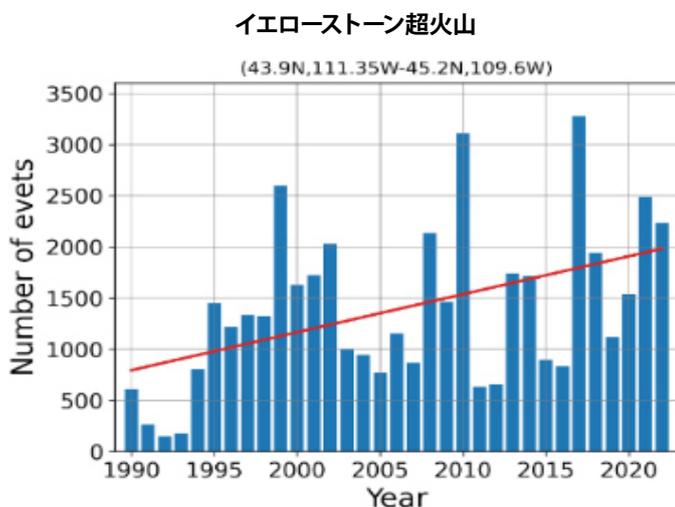


図15

イエローストーン超火山地域の年間地震発生回数の増加。USGSのデータに基づくグラフ。

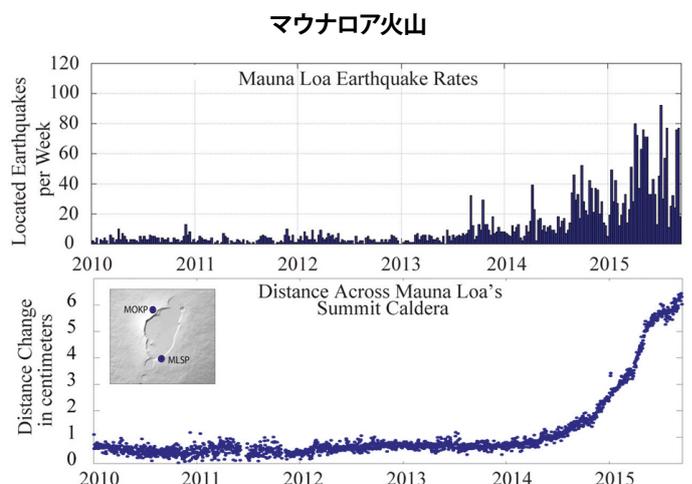


図16

マウナロア火山周辺における2010年から2016年の地震と変形のデータ。データはUSGSより提供。

(出典: <https://www.usgs.gov/media/images/mauna-loa-earthquake-and-deformation-data-2010-2016>)

トライデント火山

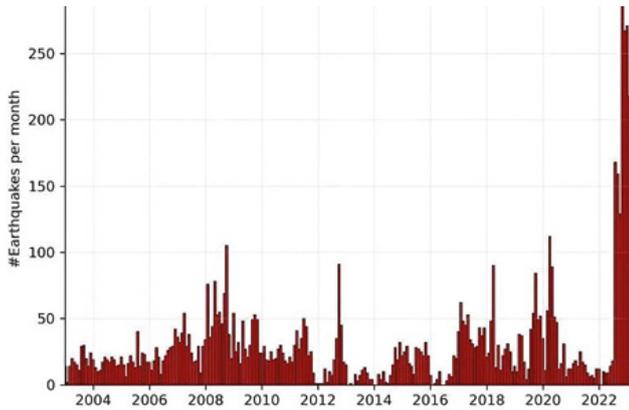


図17

2003年1月1日から2023年2月21日までのアラスカ、トライデント火山下の地震。ヒストグラムは月ごとに記録された地震の回数を示している。データソース：USGS/AVO、Aaron Wech。(出典：<https://watchers.news/2023/02/23/increased-seismic-activity-under-trident-volcano-alaska/>)

桜島火山

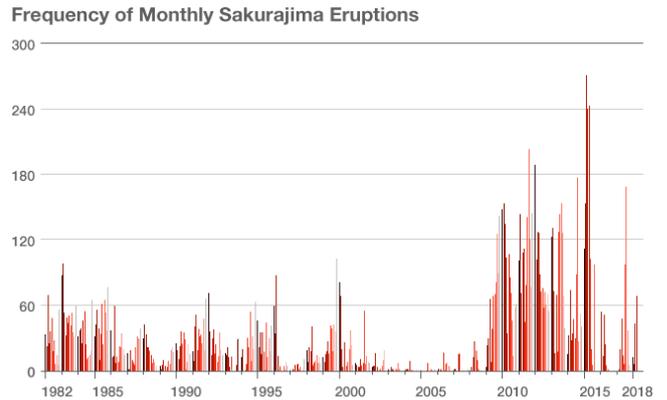


図18

始良超火山のカルデラ内にある日本の桜島火山におけるマグマ活動の上昇を示す噴火回数の増加。(出典：<https://www.nippon.com/en/features/h00194/>)

火山付近の地震活動の増加は、マグマ・プロセスの活性化を示しており、火山のマグマだまりが充満し、噴火の準備をしている可能性が高いことを示唆している。現在の地球深部での変則的なマグマ活動を考えると、1つのスーパーボルケーノの噴火が火山爆発の連鎖反応を引き起こし、地球規模の大災害につながる可能性がある。

火山学者たちは、もうひとつの異変にも気づ

いている。火山から噴出される溶岩は、マントル深部のマグマに似た通常とは異なる組成をしているのだ。

この地図は、過去10年間にさまざまな火山から噴出した溶岩の化学組成や物理的性質の異常を表示している。このデータは、世界各国の科学者による調査に基づいている。



## 北米

### イエローストーン超火山カルデラ (アメリカ)

1995年以降

1995年以降、地震の頻度と強度が増加している。ほとんどの地震の深さが、2010年の11kmから2022年には5kmに減少。

2018年には間欠泉活動の同期化が起こり、カルデラ全体のほとんどの間欠泉が同時に、何倍もの頻度で噴出し始めた。間欠泉の活動は現在も高いままである。

<https://doi.org/10.1073/pnas.2020943118>

2013年から2014年にかけて、突然、隆起率が5倍になった。

<https://doi.org/10.1029/2019JB018208>

2003年以来、表層において過剰に温暖な地域が現れている。

<https://www.usgs.gov/news/thermal-activity-norris-geyser-basin-provides-opportunity-study-hydrothermal-system>  
<https://doi.org/10.3389/feart.2020.00204>



## 北米

### アラスカ、エドゲカム火山 (アメリカ)

2019-2022

800年間休火山だった火山の地盤隆起速度は、アラスカで最も速い。休火山は劇的に再活性化するため、特にこの速度は異常である。マグマは深さ約20キロから約10キロ上昇し、地震や地表の著しい変形を引き起こしている。

<https://doi.org/10.1029/2022GL099464>

## 南米

### チャイテン火山 (チリ)

2008年5月1日

チャイテン火山が突然流紋岩質マグマを噴出した。火山灰が降り注ぎ、大規模な噴火が発生する24時間前に、住民は地震を感じた。大噴火、特に玄武岩の大噴火の前触れがこれほど短いのは、酸性マグマとしては異例である。急速な再浮上は、深さ5km以上の貯留層から地表近くまでの通過時間が約4時間であることを示唆している。これは、マグマが副火山系を通して急速に上昇したことを示唆している。

<https://doi.org/10.1038/nature08458>



## 📍 アフリカ マヨット島近くの海底火山 (フランス)

2019

マダガスカル沖のレユニオン島に近いマヨット島沖で、新たな火山が誕生した。1年間でマグマが地球のマントルから地殻全体を通して地表まで80km移動し、新しい海底火山が誕生した。これは前例のない速さの火山形成である。2019年には、過去最大の活発な海底噴火が記録された。

<https://doi.org/10.1029/2022GL099464>

## 📍 南極大陸 ブランズフィールド海峡のオルカ水中火山

2020年8月～2021年2月

以前は活動を停止していたオルカ海底火山の周辺では、マグマの貫入によって引き起こされた約8万5000回の地震が発生している。マグマは6ヶ月で10キロの地殻を焼いたが、これはマグマ侵入のスピードと激しさにおいて記録的なものである。

<https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>

## 📍 アフリカ ニラゴンゴ火山 (コンゴ・ルワンダ)

2021

前兆のない噴火が、ニイラゴンゴ火山の山頂部の破裂によって引き起こされた。この噴火は上から下へと伝播し、長さ25キロメートルに及ぶ広大な土手を形成するという異常なものであった。

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05047-8>

## 📍 南極大陸 ディセプション火山

2015

深く、長く、大規模なマグマの貫入によって引き起こされる群発地震。過去最大の活動。

<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107376>


**アジア**
**長白山火山 (北朝鮮-中国)**
**2002-2005**

深さ566kmの火山付近でマグニチュード7.2の強い深発地震が発生し、3年にわたる地震擾乱を引き起こした。激しい群発地震は、マントルからの新しいマグマと気相活動の導入によって引き起こされた。

<https://doi.org/10.3389/feart.2020.599329>


**アジア**
**ライコケ火山、大クリール海嶺 (ロシア)**
**2019年6月21日～25日**

この噴火は、21世紀における千島列島の最大規模のものであった。この噴火の特徴は、ライコケ火山に供給しているマグマがマントル起源であること、つまりマグマの発生源が深いことである。噴火は終始爆発的で、降灰と火砕流をもたらした。火砕流は島の面積を0.7平方キロメートル増加させた。

<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107346>


**アジア**
**ムラピ火山 (インドネシア)**
**2010**

VEI4噴火は、ムラピ山を襲った過去80年間で最悪の火山災害であった。噴火の引き金となったのは、比較的短時間に侵入した、揮発性の高い深部マグマの通常よりも大きな流入であった。噴火中および噴火後は、ほとんどすべての主要な谷をラハールが覆い尽くし、これまでの噴火後よりも著しく大きな被害をもたらした。

[https://doi.org/10.1007/978-3-031-15040-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15040-1_12)

📍 オーストラリア、ニュージーランド、オセアニア  
 タウポ超火山のカルデラ  
 (ニュージーランド)

2003-2011

地盤の隆起が観測され、この地域の激しい地震活動と相関している。新しいマグマだまりの誕生。

<https://doi.org/10.1126/sciadv.1600288>

2019

タウポカルデラ内の深さ8kmでマグマの貫入によって引き起こされた一連の地震。

<https://doi.org/10.3389/feart.2020.606992>

2022

地震活動の活発化、火山活動の活発化。

<https://www.geonet.org.nz/news/LuzOzD-mQcQUUmdeiL67oX>

📍 オーストラリア、ニュージーランド、オセアニア  
 ハワイ キラウエア火山  
 (アメリカ)

2018

下部東地溝帯の最大噴火とカルデラ崩壊は少なくとも200年ぶり。

<https://doi.org/10.1126/science.aav7046>



📍 オーストラリア、ニュージーランド、オセアニア  
 フンガ・トンガ=フンガ・ハアパイ火山  
 (トンガ王国)

2022年1月15日

これは、これまでに記録された中で最も激しい火山噴火の記録である。この爆発的噴火による噴煙は、中間圏を突き破り、最高地点で58kmまで上昇した。この噴火はまた、あらゆる自然現象で記録された最多の落雷をもたらした。2009年と2014年のトンガの過去の噴火では、同様の組成の溶岩は流れなかった。以前の噴火では、マグマは中間の震源に閉じ込めら



れていたが、今回は新鮮なマグマが素早く上昇し、瞬く間に化学変化を起こした。

<https://doi.org/10.1038/d41586-022-00394-y>

<https://www.xweather.com/annual-lightning-report>

<https://doi.org/10.1126/sciadv.adh3156>



📍 ヨーロッパ  
 ファグラダルスフィヨール火山  
 (アイスランド)

2021

火山の溶岩の主要な化学パラメータの変化速度は、他の噴火の1000倍以上であった。この1回の噴火による化学組成の全体的な範囲は、過去10,000年間にアイスランド南西部で起きたすべての噴火に類似している。さらに、深部マグマの噴出の位相は、溶岩の噴出が400メートルの高さまで上昇した噴火の時期と一致している。噴火の最初の50日間に噴出した玄武岩の地球化学的分析は、関連するガスの放出とともに、上部マントルのマグマ貯蔵帯からの直接の起源を示している。レイキャネス半島のファグラダルスフィヤル火山系は、800年以上の休火山の後、2021年以来3回噴火している。

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04981-x>



📍 ヨーロッパ  
 ボルゲラウン火山  
 (アイスランド)

2014

千年もの間休火山だった火山におけるマグマ上昇の前代未聞のスピード。マグマが深さ24kmの貯水池から地表まで上昇するのにかけた日数はわずか10日だった。

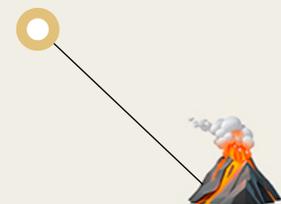
<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0376-9>

📍 ヨーロッパ  
 クンブレ・ビエハ火山  
 (スペイン)

2021

最初の爆発の後、移動性の活発なマグマが数時間で流れ出した。この溶岩は超流動性で、歴史的な玄武岩の噴火の中では最も液状であった。この火山はマントル・プルムからのメルト、つまり深いマントルから供給されている。おそらくマグマは、地球のより深い層、コアから流速の低下したゾーンを通過してきたのだろう。これが、2021年9月の噴火で地表に流れ出した溶岩が超流動的で可動的な理由である。

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-21818-9>



## ヨーロッパ ラッハーゼー超火山 (ドイツ)

2013-2018

12,900年前に噴火した超火山のカルデラ付近の深さ10~40kmで地震活動が発生し、カルデラ周辺では火山ガスが継続的に放出されていることから、マグマシステムが活発で、上部マントル融解帯と関連している可能性がある。

<https://doi.org/10.1093/gji/ggy532>



## ヨーロッパ カンピ・フレグレイ超巨大火山のカルデラ (イタリア)

2004-2024

ガス圧が地面を持ち上げ始め、火山が活発化していることを示す。ブレディセイズム (マグマ活動による隆起や陥没) は今日まで続いている。

2016-2024

火山性地震の指数関数的増加とすべての噴火前兆現象の同期化。

<https://doi.org/10.1038/s43247-023-00842-1>



## ヨーロッパ エトナ火山 (イタリア)

2020年12月~2022年2月

2020年から2022年にかけての噴火は、過去10年間のどの噴火よりも激しいマグマの上昇によって煽られた。この時期は噴火の頻度が高いことが特徴であった。玄武岩質のマグマが記録的な速さで最深部から急速に移動していることがわかった。

<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104563>

## ヨーロッパ 海底火山コロンボ (ギリシャ)

2006-2007

深部からの溶融マグマの頻繁な湧昇は、加熱と新しいマグマだまりの形成につながる。異なる時間帯の地震活動の記録は、より深い場所からのマグマが貯留層に継続的に補充されていることを示している。

<https://doi.org/10.1029/2022GC010420>

<https://doi.org/10.1029/2022GC010475>

ここ10年、アイスランド、イタリア、インド洋のマヨット島、ラ・パルマ島（カナリア諸島）など、多くの火山地域で地殻深部からのマグマの上昇が加速している。これは地球規模での火山活動の活発化を示している。

火山学者たちは、マグマが地底から上昇してくる速度が急速に速くなっていることを非常に懸念している。以前は何百年、何千年もかかっていたプロセスが、今では地域によってはわずか半年で起こっているのだ。この劇的な加速は、2021年のブランズフィールド海峡で観測された。深さ10km

からのマグマの上昇に伴い、8万5000回の地震が発生した<sup>3</sup>。この地域の地殻の厚さは約15kmであり、地震の局在は、地殻の10kmがすでに活発なマグマによって侵食され、地表に達するまでに5kmしか残っていないことを示していた。

マグマがかなり深いところから急速に上昇するのは、地球内部で危険で前例のないプロセスが起きていることを示している。火山の活性化は、膨大なエネルギーが地球内部の奥深くに蓄積され、外部に噴出しようとしていることを示唆している。

## ハリケーン、暴風雨、竜巻の激化

2023年、史上初めて、カテゴリー5の熱帯低気圧がすべての海域で発生した。このカテゴリーに属するほぼすべてのハリケーンは、強さ、継続時間、急速な強化において、過去のハリケーンの記録を更新した<sup>4</sup>。

例えば、ハリケーン「オーティス」は、通常の熱帯性暴風雨からわずか12時間で最も破壊的なカテゴリー5のハリケーンに変貌した。このようなハリケーン風速の悲惨な増大は、海洋の異常な温暖化と後述する人為的要因によるものである。この海洋の加熱により、より多くの水分が大気中に放出される。

1995年以降、海洋上の大気水分の著しい増加

が記録されている（図19）。このグラフは、1975年から2020年までの海洋蒸発量と海洋上の気温の変化を示している。1995年以降、両指標は一貫して上昇を示し、世界の海洋とその上空の大気の温暖化を示している。しかし1995年以前は、どちらの指標も減少していた。1995年以降、北磁極の移動速度の3.5倍、地球の自転軸の移動、自転速度の増加、海底地震や深発地震（詳細は後述）の回数と強度の増加など、地球内部でも重大な地殻変動が観測されていることは注目に値する。このように、海水温の上昇と蒸発は、人為的な要因とマントルからのマグマの上昇の両方が関係しており、海水の温度と循環に影響を与えている。

<sup>3</sup> Cesca, S., Sukan, M., Rudzinski, L., Vajedian, S., Niemz, P., Plank, S., Petersen, G., Deng, Z., Rivalta, E., Vuan, A., Plasencia Linares, M. P., Heimann, S., & Dahm, T. (2022). 南極ブランズフィールド海峡におけるマグマ貫入による群発地震. *Communications Earth & Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>

<sup>4</sup> Mersereau, D. (2023, 9月9日). ウェザー・ネットワーク、2023年に世界で初めて全ての熱帯海域でカテゴリー5の暴風雨が発生. <https://www.theweathernetwork.com/en/news/weather/severe/world-first-every-tropical-ocean-saw-a-category-5-hurricane-cyclone-in-2023>

大気中の水分量

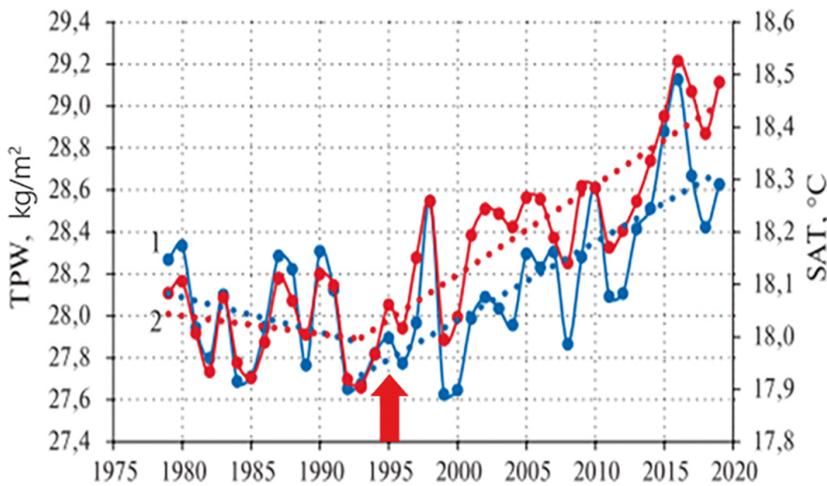


図19

1979年から2019年までの世界海上の大気水分量 (1) (kg/m<sup>2</sup>) と気温 (2) (°C) の経年変化。  
 出典: Malinin V. N. & Vaynovsky P.A. (2021).地球温暖化条件下における海洋大気系の水分交換成分の傾向」、Reanalysis-2. Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa [Current problems in remote sensing of the Earth from space] 18(3), 9-25.  
 DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-9-25)

海洋蒸発による大気中の湿度の上昇は、熱帯ハリケーン、暴風雨、竜巻、異常気温、降水量、洪水などの水に関連した気象現象の激化につながる。

欧州では、欧州悪天候データベース (European Severe Weather Database: ESWD) のデータを基にした図 20 に示すように、1970 年から 2023 年にかけて竜巻の発生数が増加傾向

にある。1970 年代には年間約 45 件であった竜巻が、2014 年から 2023 年にかけては年間 800 件以上と大幅に増加している。これは、ヨーロッパの年間平均竜巻発生数が18倍に増加したことを意味する。竜巻やハリケーンは、これまで発生したことのない地域で発生しており、大きな経済的損失をもたらしている。

ヨーロッパにおける竜巻の増加

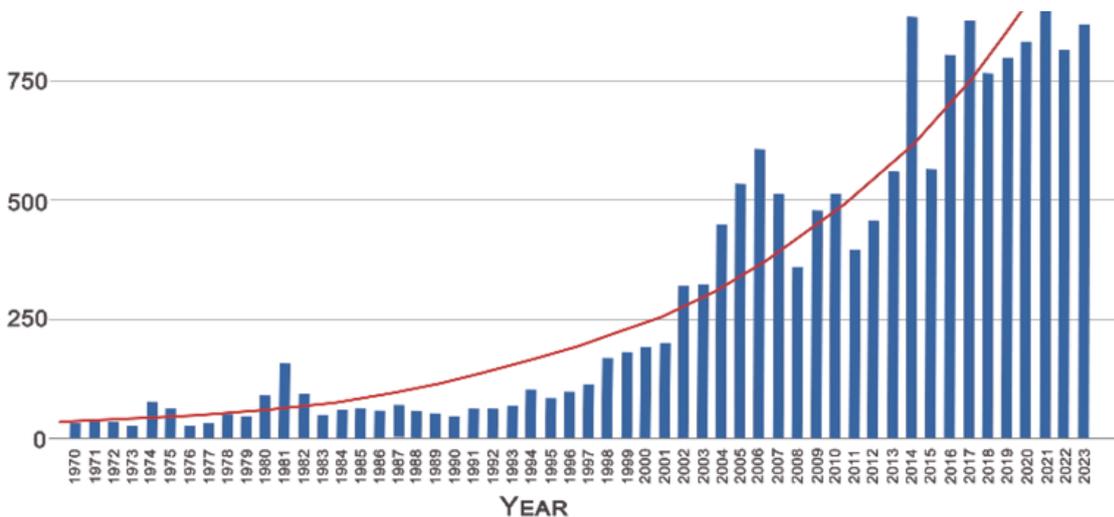


図20

ヨーロッパにおける年間竜巻発生数のグラフ。データソース欧州悪天候データベース (ESWD)

過去10年間で、竜巻、雹、豪雨、雷雨を伴う対流性暴風雨が主流となり、北米やオーストラリアで大きな被害をもたらした。

図21に示すNOAAのデータ分析によれば、1981年から2023年にかけて、米国で10億ドル規模の

被害をもたらす暴風雨が指数関数的に増加している。1981年から1990年までは、このような暴風雨は年間2回以下であった。しかし、近年は急激に増加しており、2023年だけで19件の暴風雨が発生している。

米国の10億ドル災害規模の暴風雨

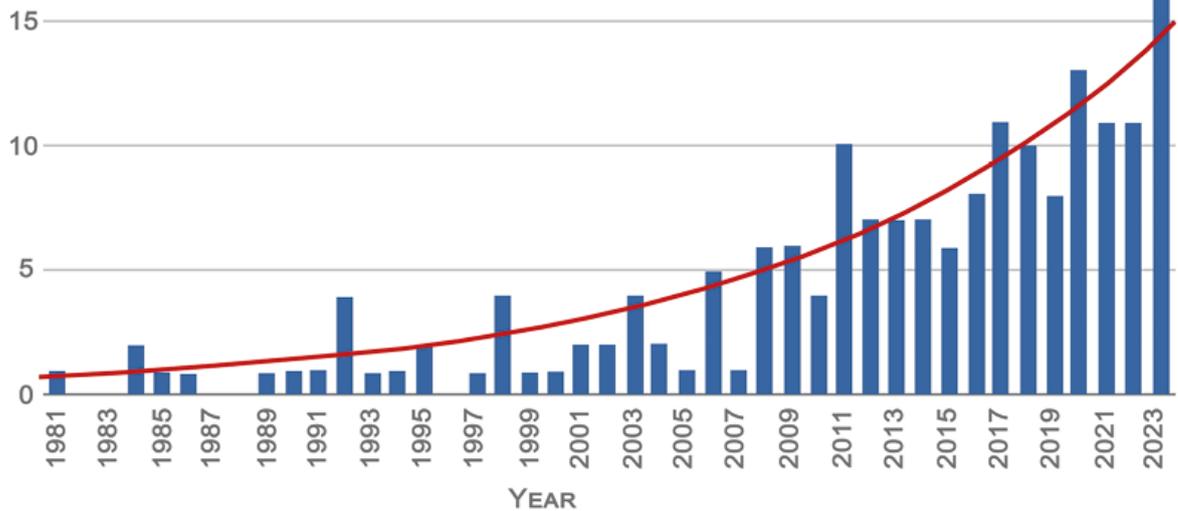


図21

米国で10億ドル以上の損害をもたらした暴風雨の数。データソースNOAA

対流性暴風雨の被害は、熱帯ハリケーンのそれに匹敵するようになった(図22)。グラフの主な傾向は、両カテゴリーとも保険損害額が増加していることである。これは、これらの災害の被害額が増加し続けていることを示している。

米国海洋大気庁(NOAA)によると、1990年からの10年間で、対流性暴風雨は米国に約400億ドルの損害をもたらした。しかし、この10年間で、被害総額は6倍に増加し、2400億ドルを突破した(図23)。2023年だけでも、暴風雨による被害額は新記録を更新し、540億ドルに達する。

2001年から2021年までの累積保険損害額(YTD)

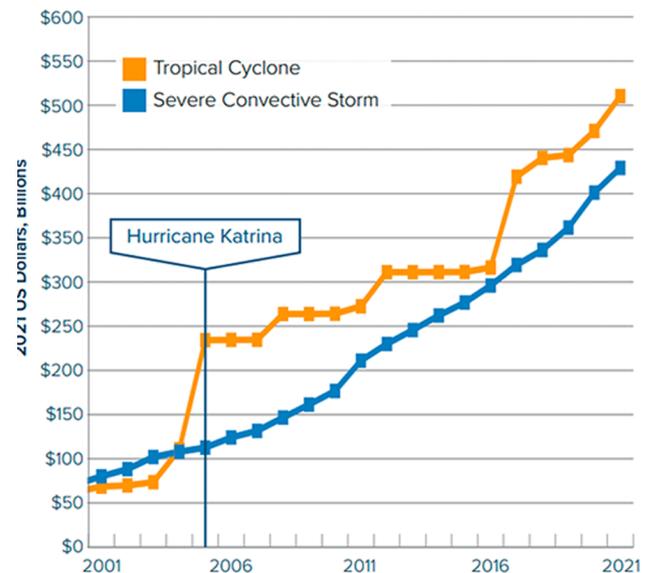


図22

2001年から2021年までの米国における対流性暴風雨と熱帯性ハリケーンによる損害の推移。

オレンジ色の線は熱帯ハリケーンを、青色の線は激しい対流性暴風雨を表している。

データソースエーオン (Catastrophe Insight)

### 1980-2023年 米国における災害の年間発生額 (CPI調整後)

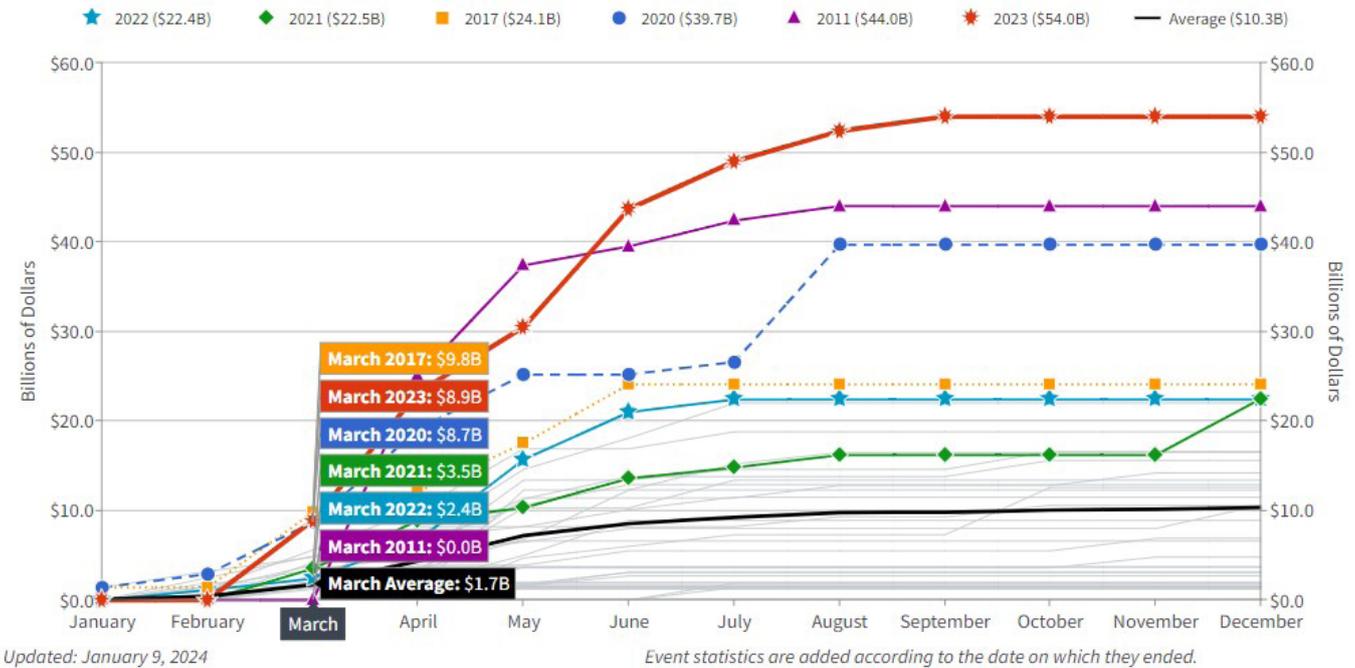


図23

米国で激しい暴風雨による損害が10億ドルを超える増加。  
出典: アメリカ海洋大気庁 (NOAA)

NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters. (2024). (<https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>), DOI: 10.25921/stkw-7w73

グラフはさまざまな色の線で表示され、それぞれが特定の年を表している。赤い線で示した2023年は、激しい暴風雨による被害が最も大きく、500億ドルを超える。グラフは1980年から2023年までの期間をカバーし、インフレ調整済み (CPI) である。グラフの最終更新日は2024年1月9日である。

AONの気候災害に関する報告書<sup>(5)</sup>によると、過去10年間にヨーロッパで最も大きな経済損失をもたらしたのは、激しい対流性暴風雨であった。これらの暴風雨は、従来この地域の主要な脅威と考えられてきた冬の暴風雨よりも破壊力が大きいことが判明した。

スイス再保険研究所の調査<sup>(6)</sup>によると、最近、激しい対流性暴風雨は、二次災害（雹嵐、鉄砲水、竜巻、地滑り、干ばつ、山火事など、被害が低～中程度の頻度で発生する災害）の中で最大の経済損失源となっている。2018年から2022年にかけて、激しい対流性暴風雨による世界の経済損失は1,770億米ドルに達し、過去5年間と比べて60%増加した（図24）。これは、これらの災害の頻度と影響が増大していることを示している。

2013年から2022年までの5年間における世界の激しい対流性暴風雨による損失額

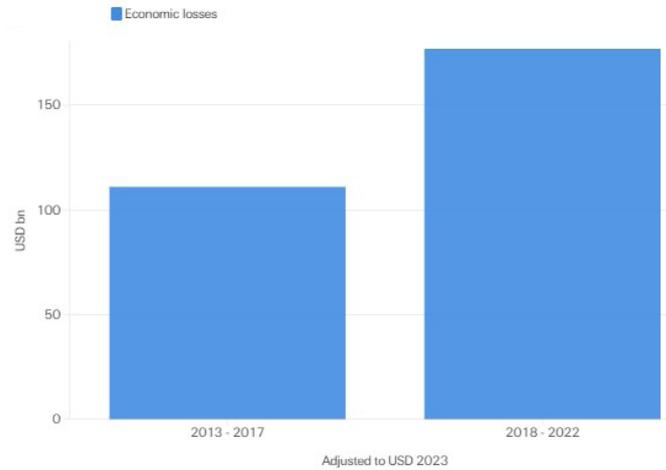


図 24

2013-2017年と2018-2022年の2つの5年間の対流性暴風雨による世界の経済損失の比較。スイス再保険研究所のデータに基づく

<sup>5</sup> 気象、気候、大災害の洞察。(2023)。(出典: <https://www.aon.com/getmedia/f34ec133-3175-406c-9e0b-25cea768c5cf/20230125-weather-climate-catastrophe-insight.pdf>, p.42)

<sup>6</sup> スイス・リー研究所: 注目される自然災害竜巻、雹、雷雨。(出典: <https://www.swissre.com/risk-knowledge/mitigating-climate-risk/tornados-hail-thunderstorms.html>)

## 洪水と干ばつの数の増加

また、世界中で深刻な洪水の数も大幅に増加している（図 25）。深刻な洪水とは、人とインフラの両方に重大な被害をもたらすものと定義される。1970年代には、10年間で260件しかなかった激甚洪水が、2014年から2023年にかけては

1,500件に増加しており、6倍の洪水が発生していることになる。このデータは、洪水の主な原因のひとつである異常降水現象の頻度と強度が増加していることを示している。

世界における大規模洪水の総発生数

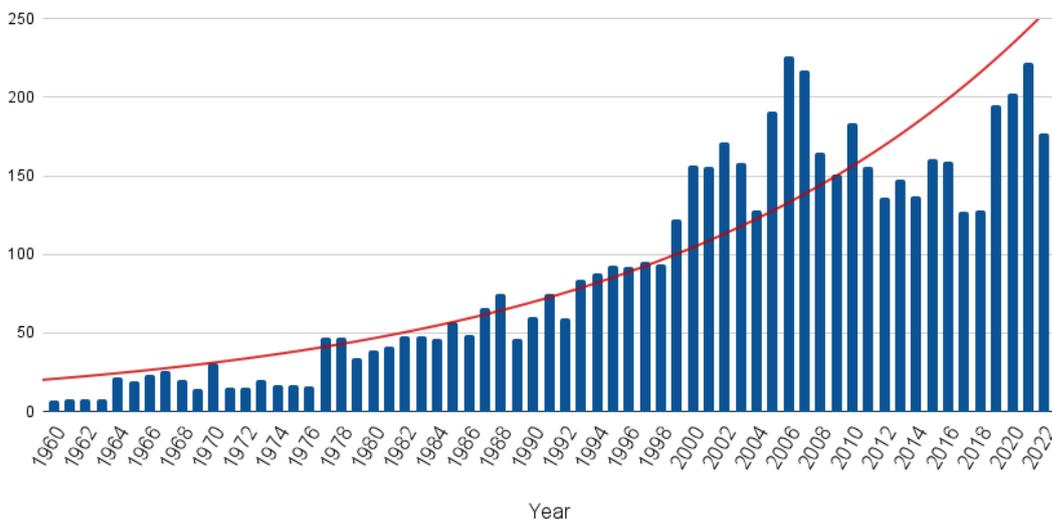


図25

1960年から2022年までに世界で発生した大規模洪水の数。データソース国際災害データベース (EM-DAT)

さらに、洪水に苦しむ地域の数も大幅に増加している（図26）。1970年代には年間約20カ国が洪水の被害を受けていたが、2000年代以降は状況が一変し、毎年80カ国以上が洪水の影響に直面しており、その数は4倍に増加している。

洪水被害を受けた国の総数

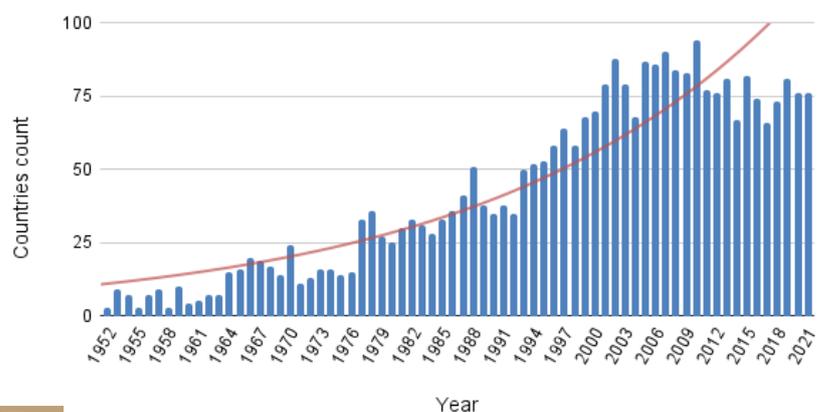


図26

1970年以降、洪水の被害を受けた国の数。データソース国際災害データベース (EM-DAT)

異常降水や記録的豪雨の頻度も世界的に増加している。欧州悪天候データベース (ESWD) によると、欧州では2000年から2004年の間に661件の異常降水が発生したが、2019年から2023年の

間には29,031件発生している (図27)。これは、異常降水が44倍になっていることを意味する。異常降水とは、強さ、期間、頻度において標準を超える事象である。

### ヨーロッパにおける異常降水

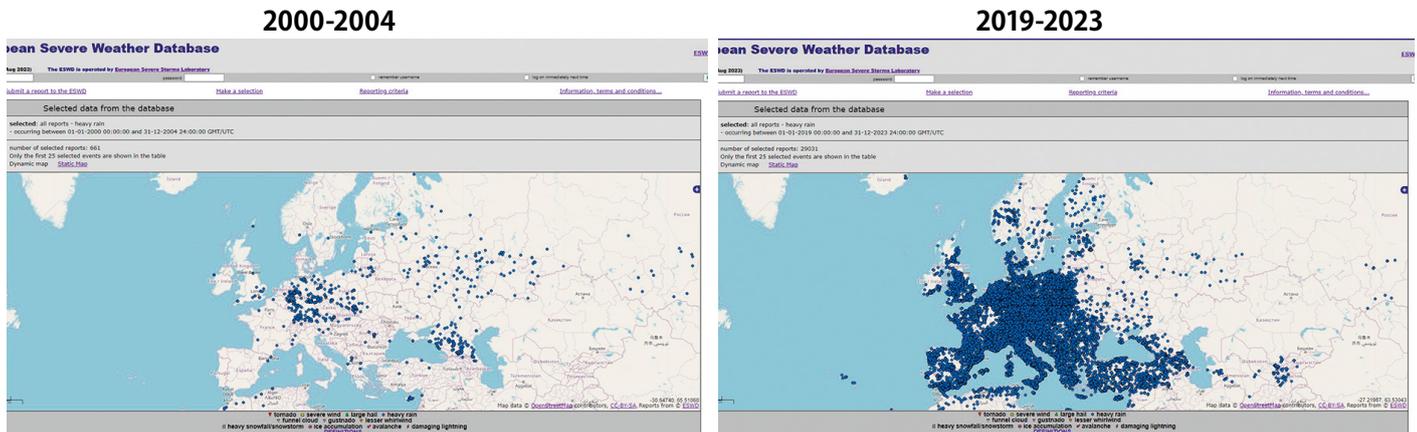


図27

ヨーロッパの異常降水：a)2000-2004年、b)2019-2023年。  
データソース欧州悪天候データベース (ESWD)

この地図は、2000～2004年と2019～2023年の2つの5年間に於けるヨーロッパの異常降水分布を示している。ヨーロッパの地図上では、青い点が異常降水が発生した場所を示している。点の数が多ければ多いほど、その地域で異常降水が発生したことを示している。

干ばつの数も記録的に増加している。国連 (7) によると、世界的に干ばつの数は過去20年間で29%増加している。国連の報告書によると、2022年と2023年には、世界で18億4000万人、つまり世界人口の4分の1近くが干ばつの状況下

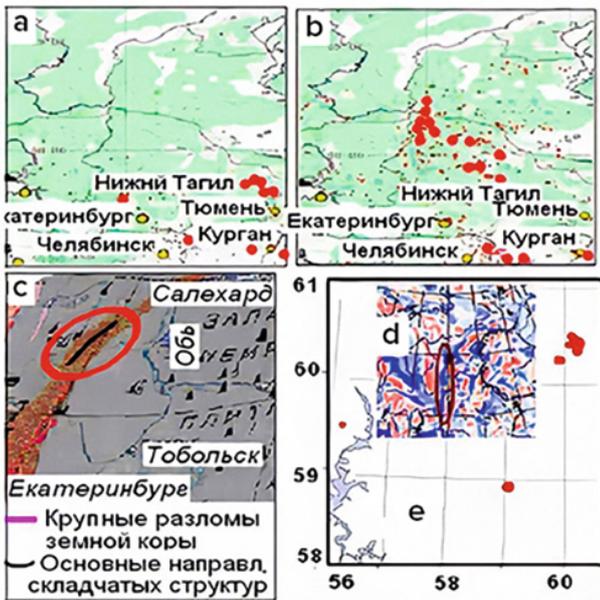
で生活している。過去最高の2億5800万人がすでに干ばつによる「深刻な飢餓」に直面しており、飢餓の瀬戸際にいる人もいる。

2023年、多くの国が壊滅的な干ばつに見舞われ、莫大な経済的損失を被った。

## 山火事が増加

最近、自然の山火事の消火は、近代的な消火設備をもってしても、ますます困難になってきている。科学者のペトル・ウラジミロビッチ・リュシュヴィン (Petr Vladimirovich Lyushvin) <sup>8</sup>によると、こうした火災は地殻の断層帯で発生し、水

素やメタンなどの可燃性ガスが地中深くから漏れ出す (図28~29参照)。その結果、これらの火災を消し止めるのは極めて困難である。集落や都市全体が炎に包まれる。雪に覆われた北部地域でも火災が発生する。



— Major faults in the Earth's crust  
 — Main directions of fold structures

図28

ウラル地方における山火事、地震、地殻断層、磁気異常の位置の一致。

- (a) - 2009年夏の山火事；
- (b) - 2010年夏の山火事；
- (c) - 地殻の主な断層と褶曲構造の主な方向；
- (d) - 1995年から2013年までの地震の震源地；
- (e) - 磁場偏差 (青は正、赤は負の偏差を示す)。

出典: <https://regnum.ru/article/2395754>

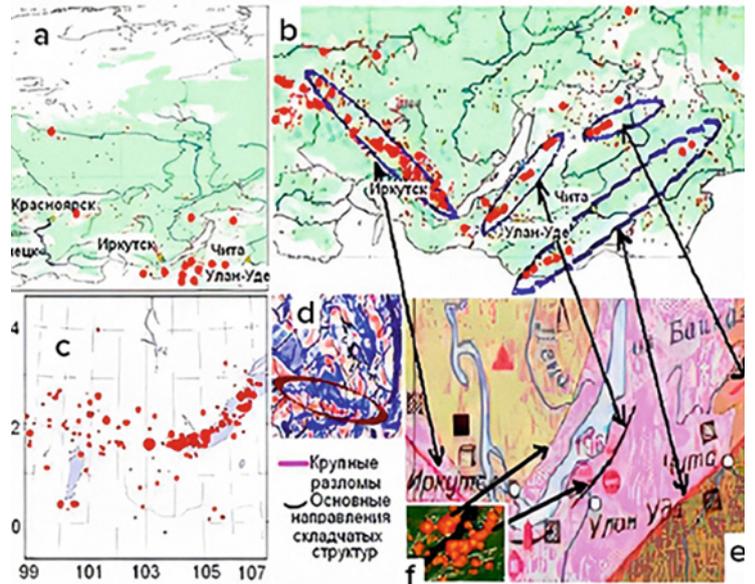


図29

南シベリアにおける山火事、地震、地殻断層、磁気異常の位置の一致。

- (a) - 2009年夏の山火事；
- (b) - 2010年夏の山火事；
- (c) - 1991年から2017年までの地震の震源地；
- (d) - 磁場偏差 (青は正、赤は負の偏差を示す)；
- (e) - 主要な断層と褶曲構造の主な方向；
- (f) - バイカル地方の山火事。地殻の断層付近で火災が発生していることを示す矢印。

出典: <https://regnum.ru/article/2395754>

<sup>8</sup>参考までに:

Lushvin, P. (2018). 自然平野の火災とそれを最小限に抑える方法。モスクワ大学地質・地理学部全ロシア学際セミナー会議第26回会合「惑星地球システム」(2018年1月30日~2月2日)での発表。

Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). メタン中の水域における氷被覆の発達。International Journal of Geosciences, 12(9), 927-940.

<https://doi.org/10.4236/ijg.2021.129047>

Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). 大気中の地震発生現象の観測の歴史とその復号化の定式化。International Journal of Atmospheric and Oceanic Sciences, 5(1), 13-19. <https://doi.org/10.11648/j.ijaos.20210501.13>

<https://doi.org/10.11648/j.ijaos.20210501.13>

極端な山火事の被害地域が各国で急増している。過去3年間で、カナダ、オーストラリア、スペイン、米国、欧州の山火事被災地域はかつてないほど増加している（図30-34参照）。

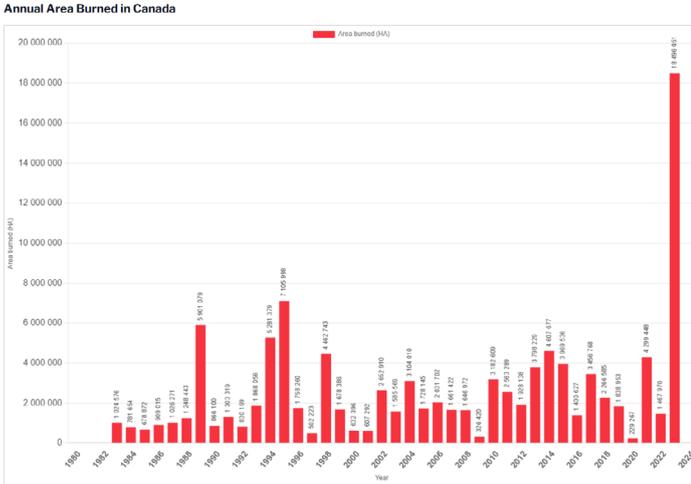


図30

カナダの年間焼却面積  
出典: カナダ省庁間森林火災センター (CIFFC)

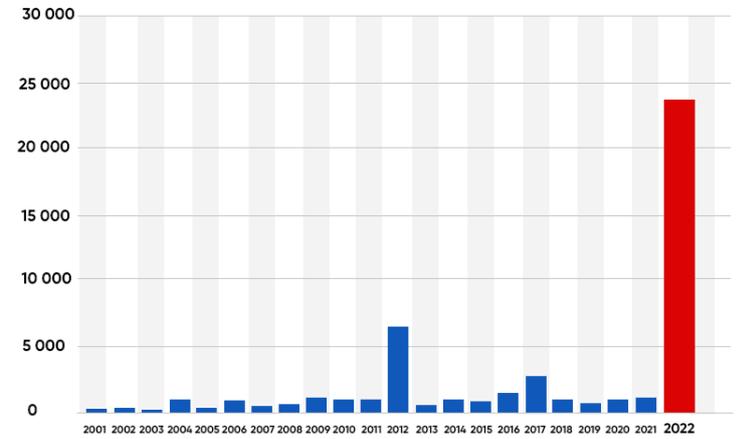


図31

2001年から2022年までのスペインにおける山火事による樹木被覆の損失。  
出典: グローバル・フォレスト・ウォッチ

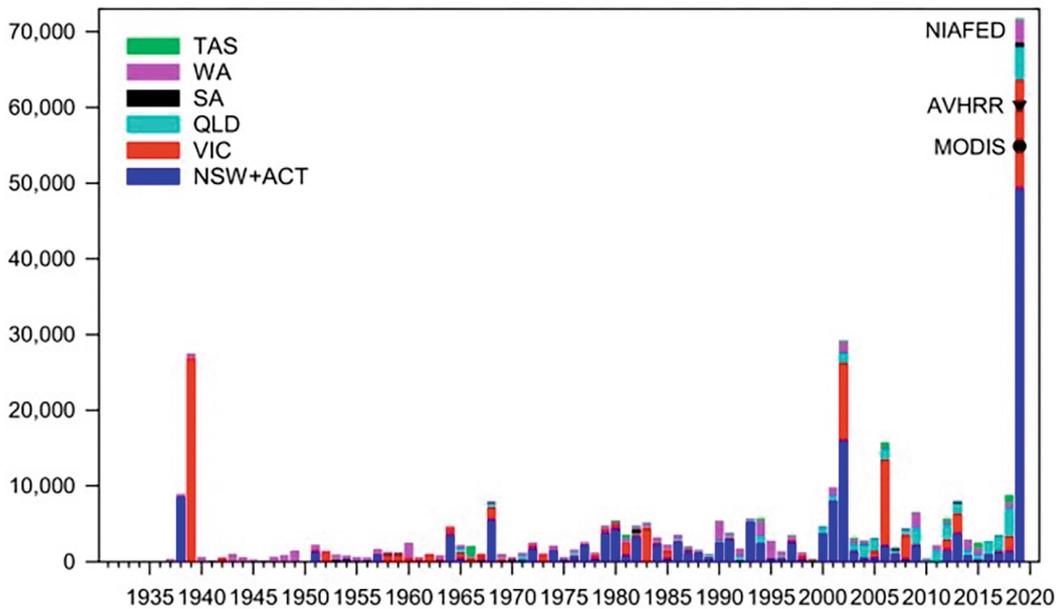


図32

1930年から2019年までの火災多発年における、ニューサウスウェールズ州とオーストラリア首都特別地域（紺色）、ビクトリア州（赤色）、クイーンズランド州（水色）、南オーストラリア州（黒色）、西オーストラリア州（紫色）、タスマニア州（緑色）の森林火災による森林生態系の焼失面積。  
出典: Canadell, J., Meyer, C., Cook, G., Dowdy, A., Briggs, P., Knauer, J., Pepler, A. & Haverd, V. (2021). オーストラリアにおける森林焼失面積の10年ごとの増加は、気候変動と関連している。 Nature Communications, 12, 6921 (2021). DOI: 10.1038/s41467-021-27225-4.

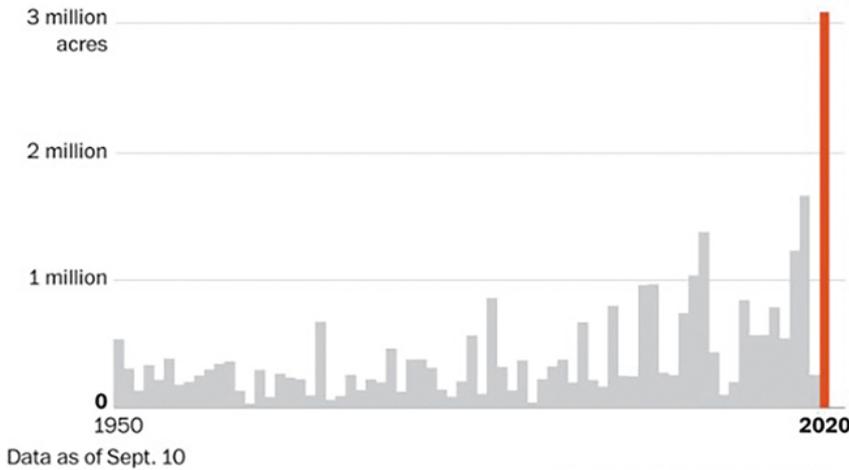
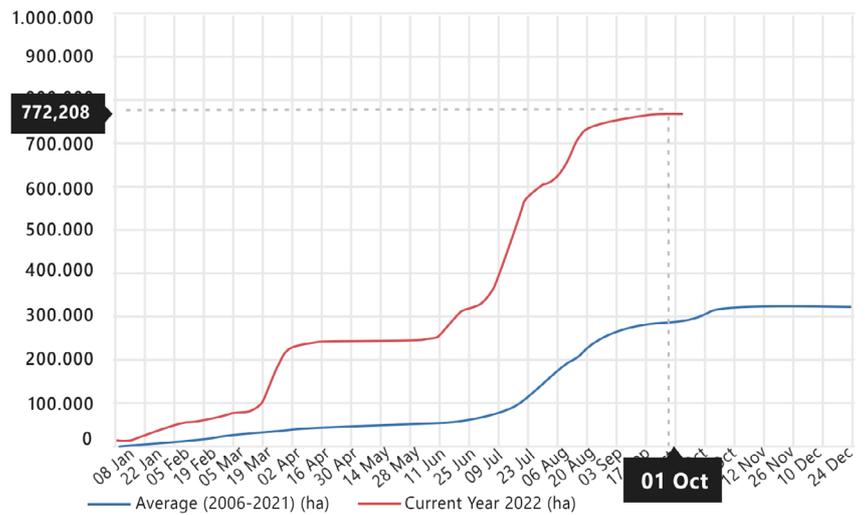


図33

カリフォルニア州の火災による総焼失面積。2020年、カリフォルニア州は310万エーカーを超える焼失面積を記録した。  
 出典: カリフォルニア州森林火災予防局 (CAL FIRE)

図34  
 2022年のヨーロッパにおける山火事による累積焼失面積 (赤) と2006年から2021年の年間平均焼失面積 (青)。  
 出典: 欧州森林火災情報システム



火災を拡大させるもう一つの重要な要因は、亀裂や断層に沿って水が流出することによって引き起こされる干ばつである。この干ばつは、地震活動の増加や、地球の赤道方向と極方向の直径の変化によって引き起こされる地殻の変形によって、あらゆる場所で発生する。衛星観測や気

候・水文モデルによると、過去30年間で、大規模な自然湖や貯水池の50%以上で水量が減少している<sup>9</sup>。この現象は、地殻変動による地殻上部の流体力学的変化を考慮に入れなければ、大洪水の悲惨な増加を考えると、特に逆説的である。

<sup>9</sup> Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Jean-François Crétau, Wada, Y., & Berge-Nguyen, M. (2023). 衛星は、世界の湖水貯水量の広範な減少を明らかにした。 *Science*, 380(6646), 743–749. <https://doi.org/10.1126/science.abo2812>

## 世界的な海洋の温暖化

海洋の温暖化は、記録的な洪水、台風、異常降水などの極端な水文気象現象の頻度と規模の増加をもたらす。

2020年現在、海洋の温暖化は過去30年間で450%も増加している(図35参照)。調査によると、1955年から1986年までは海洋は着実に温暖化していたが、ここ数十年で温暖化が急速に加速している。

科学者たちの試算によれば、現在の海洋温暖化の進行速度を達成するには、広島に投下されたような原子爆弾7個を1秒間ごとに1年間放出した場合と同程度のエネルギーが必要だという。この事実から、次のような疑問が自ずと浮かぶ：「そのような大量のエネルギーの源は何なのか？」

地球の海洋の上層2,000mにおける質的变化

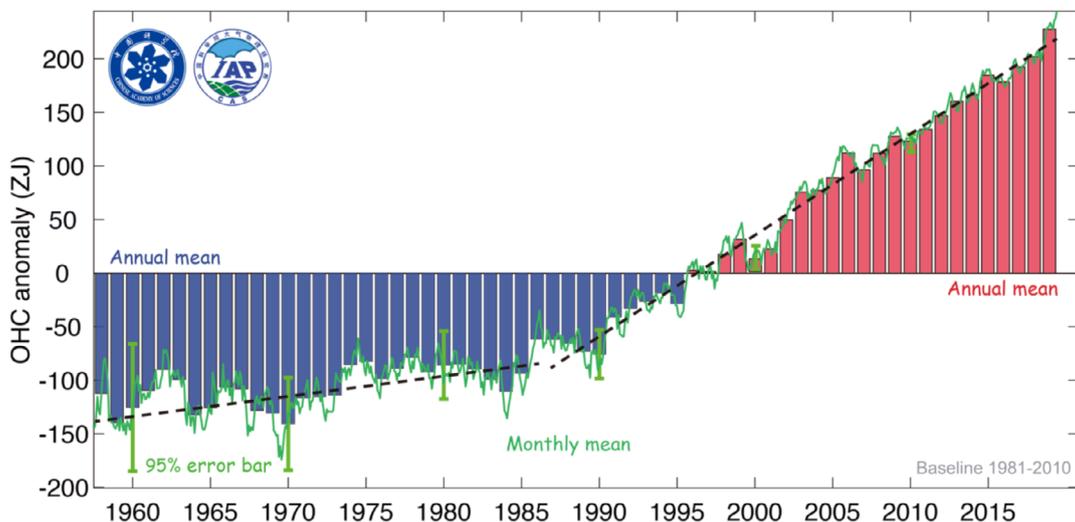


図35

世界の海洋の上層2000メートルにおける熱量の変化。

出典: Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). 記録的な海洋の温暖化は2019年も続いた。 *Advances in Atmospheric Sciences*, 37(2), 137–142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>

異常な海洋の温暖化は、人為的な要因と、1995年以降上昇を強めているマグマの影響によるものである。海洋下の地殻は大陸地殻よりも薄いため、マグマがより効果的に海底を加熱し、結果として海そのものを温める。

深海が温暖化していることを示す兆候はいくつ

かある。米国の研究者グループによると、過去60年間で、平均深度は過去1万年間の15倍の速さで温暖化している<sup>10</sup>。そしてこの進行は年々加速している。太陽光が届かない深海の温度を上げるには、膨大なエネルギーが必要だ。

<sup>10</sup> Rosenthal, Y., Linsley, B. K., & Oppo, D. W. (2013). 過去10,000年間の太平洋の熱量。 *Science*, 342(6158), 617–621. <https://doi.org/10.1126/science.1240837>  
 Oppo, D. (2013, October 31). 地球温暖化は海洋に潜んでいるのか <https://www.earth.columbia.edu/articles/view/3130>

海水温上昇の要因のひとつは、メタンの放出である。北極海の海底には、ガスハイドレート（クラスレート）の形をした巨大なメタンが埋蔵されている。地熱の影響により、これらの堆積物が融解し、ガス状のメタンが放出されている。このようなメタンの放出は爆発的に起こり、メタンブルームまたはメガバーストと呼ばれている。北極圏における異常なメタンバーストは、2014年4月にNOAA衛星によって大気中で検出された<sup>11</sup>。海底の地質構造によると、メタン濃度が上昇している地域は北極圏の中海洋海嶺の断層と一致している。地震は断層の活動、マグマだまりの移動、熱流束の放出を示す。

海洋深層部の温度上昇を示すデータは、海洋

が上部と下部の両方から加熱していることを示している。アルゼンチン海盆<sup>12</sup>、水深4,500m以上の2つの深海域で顕著な温暖化傾向が観測されている：2009年から2019年にかけて、10年当たり0.02°C±0.01°Cである。

0.02°C±0.01°Cの温度上昇は、海底の冷たい水量を温めるために必要な膨大なエネルギー量に相当する。

海洋表面水温の観測史上最高記録は2023年に更新された（図36）。2024年はすでに2023年に記録されたすべての記録を超えており、その後の変化の傾向はグラフに示された範囲を超える可能性があるようだ。

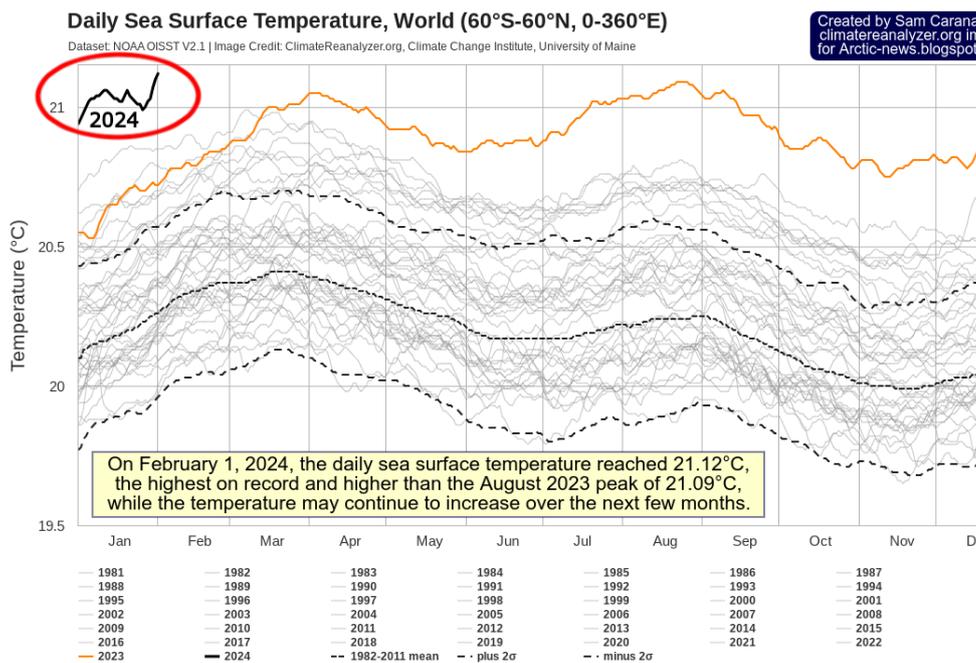


図36

1981年から2024年までの1日平均海面水温。

データソースデータセット NOAA OISST V2.1 | Image Credit: ClimateReanalyzer.org, Climate Change Institute, University of Maine, Dataset. NOAA OISS

<sup>11</sup> Yurganov, L. N., Leifer, I., & Sunil Vadakkepuliambatta. (2017). 2014年以降、大気中のメタン濃度の上昇が加速している証拠：北極圏の衛星データ。 *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa* [Current problems in remote sensing of the Earth from Space] 14(5), 248–258.

[https://www.researchgate.net/publication/317587506\\_Evidences\\_of\\_accelerating\\_the\\_increase\\_in\\_the\\_concentration\\_of\\_methane\\_in\\_the\\_atmosphere\\_after\\_2014\\_satellite\\_data\\_for\\_the\\_Arctic](https://www.researchgate.net/publication/317587506_Evidences_of_accelerating_the_increase_in_the_concentration_of_methane_in_the_atmosphere_after_2014_satellite_data_for_the_Arctic)

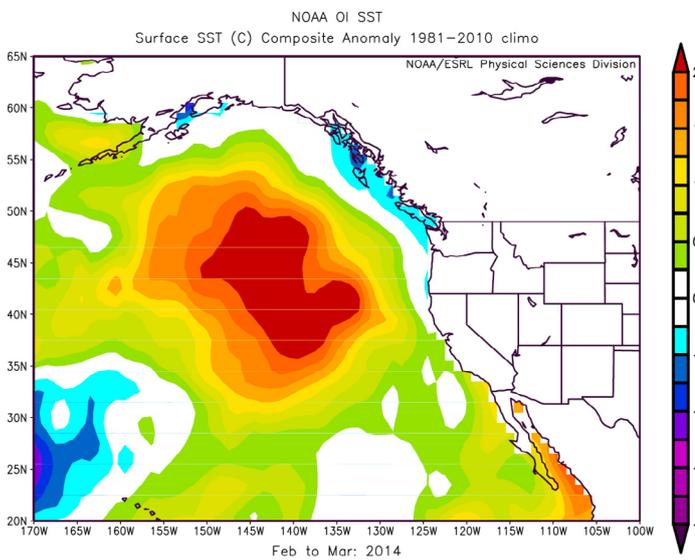
<sup>12</sup> Meinen, C. S., Perez, R. C., Dong, S., Piola, A. R., & Campos, E. (2020). アルゼンチン海盆北西部の4地点における海底水温変動の観測：2009年～2019年における時間毎から経年変動の中での10年毎の深海・海底温暖化を示す証拠。 *Geophysical Research Letters*, 47(18). <https://doi.org/10.1029/2020gl089093>

世界の海水温の上昇を示すもうひとつの証拠は、海洋熱波の発生である。これは、海水が局所的かつ長期的に高温化する現象である。その代表的な例が、巨大な海面水域を覆い、異常な高温を示す「塊 (blob)」である。1995年以降、ブロブの数は大幅に増加し<sup>(13)</sup>、ニュージーランド沖、南西アフリカ沖、南インド洋沖など、世界のさまざまな海域で見られるようになった。

2013年にアラスカ湾で形成され、太平洋全域に急速に広がった、最も有名で最大のブロブのひ

とつである。その面積は4,000,000平方キロメートル以上（インドの面積より大きい）に及び、水温は場所によっては平均より5~6℃も高かった（図37）。ブロブは2016年までの3年間、アラスカからメキシコまで海を横断した（図38）。この現象はこの地域の海洋生態系と気候に悪影響を与えた。

この塊の起源は、アラスカ沖の活発な火山活動とコブ (Cobb)<sup>14</sup> のマグマ噴出物であるとする説が有力である。



**図37** 2014年3月に北東太平洋で発生した海面水温の異常、通称「ブロブ」の位置を示す地図。(画像提供: [NOAA/ESRL Physical Sciences Division at Boulder, Colorado](http://www.noaa.gov))



**図38**

2015年3月までに西海岸に沿って海面水温 (SST) 偏差がどのように移動・拡散したかを示す地図。(画像提供: [NOAA/ESRL Physical Sciences Division at Boulder, Colorado](http://www.noaa.gov))

<sup>13</sup> Laufkötter, C., Zscheischler, J., & Frölicher, T. L. (2020). Science, 369(6511), 1621–1625. <https://doi.org/10.1126/science.aba0690>  
<sup>14</sup> Chadwick, J., Keller, R., Kamenov, G., Yogodzinski, G., & Lupton, J. (2014). コブのホットスポット：HIMU-DMMの混合と融解は、徐々に薄くなるリソスフェアの蓋によって制御されている。Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 15(8), 3107–3122. <https://doi.org/10.1002/2014gc005334>

2019年12月、南太平洋のニュージーランドの東にプロブが出現し、気温が平年より6°C高い日があった。この塊は100万平方キロメートル以上の面積を占め、これはテキサス州のほぼ1.5倍、ニュージーランドの4倍に相当する(図39)。当時、世界の海で最大の塊であったと報告されている。また、この海域で記録された中で2番目に大きな現

象でもあった。ウェリントンにあるビクトリア大学の地理・環境・地球科学学部長、ジェームズ・レンウィックは言う：「今、地球上で平均以上の温暖化が起こっている最大の地域です。通常、この地域の気温は約15°Cですが、今は約20°Cです」。<sup>15</sup>

このプロブ形成の原因は、おそらくニュージーランド沖の古代の火山台地の活動であろう。<sup>16</sup>

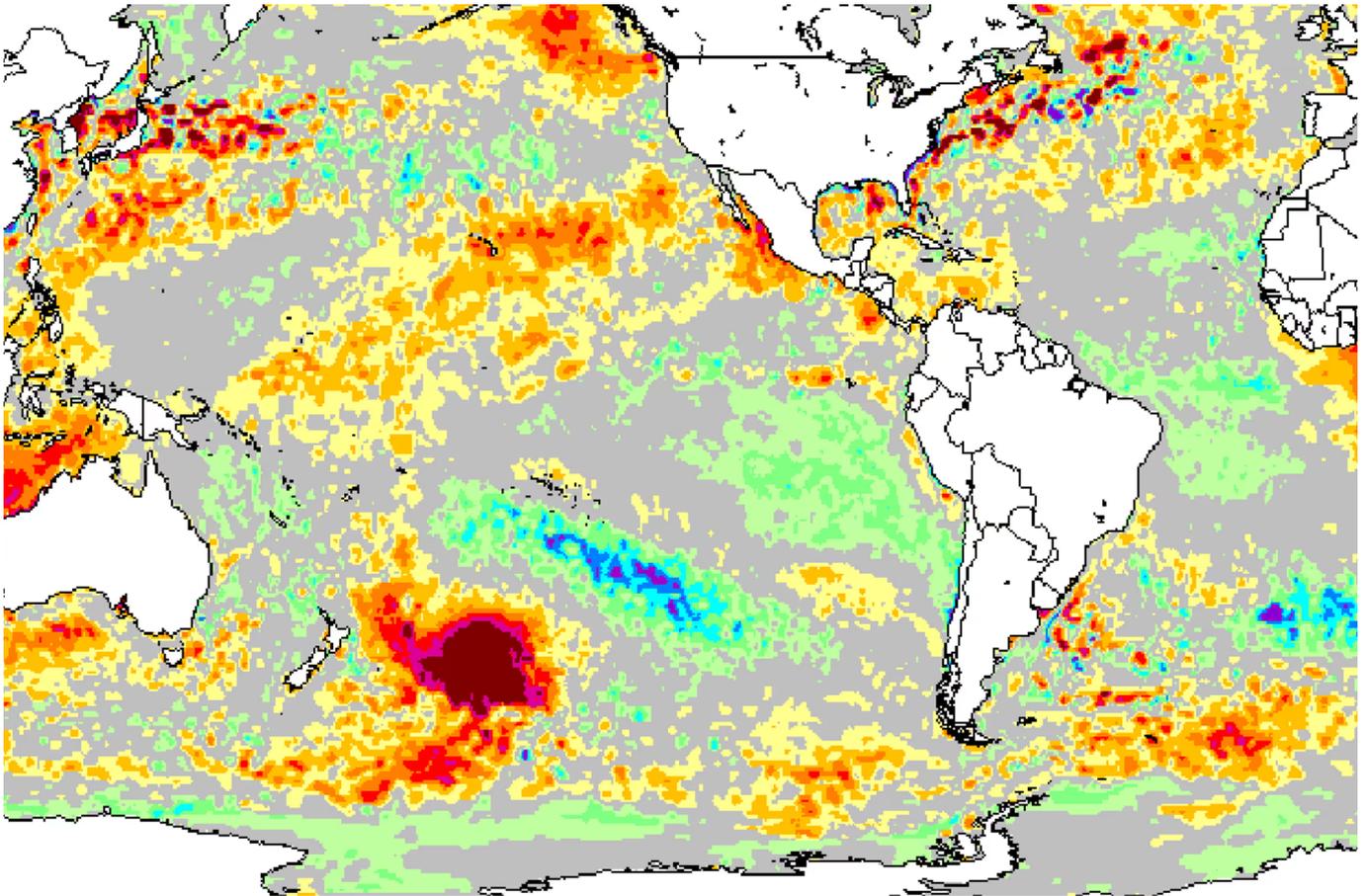


図39

2019年12月25日の南太平洋の海面水温偏差。

出典: Morton, A. (2019, 12月 27). Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. ガーディアン紙。  
<https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>

<sup>15</sup> Morton, A. (2019, December 27). Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. ガーディアン紙。 <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>

<sup>16</sup> Gase, A., Bangs, N. L., Saffer, D. M., Han, S., Miller, P., Bell, R., Arai, R., Henrys, S. A., Shiraiishi, K., Davy, R., Frahm, L., & Barker, D. (2023). 沈み込む火山砕屑物に富む上部地殻は、浅いメガスラストとスロースリップに流体を供給する。 Science Advances, 9(33). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0150>

海洋熱波や海洋プロブの出現は、海底の深層水の加熱によって引き起こされるという説は、中国海洋大学の科学者が行った新しい研究<sup>(17)</sup>と一致している。彼らは、海洋熱波の3分の1は海洋表層でその姿を現さず、約半数は活動期すべての段階でその姿を現さないことを示している。過去30年間の海洋温暖化により、このような海面下の海洋熱波の年間発生数は著しく増加している。海洋熱波のかなりの割合が海面でさえ観測されないという事実は、おそらく大気からの暖かさによって引き起こされるものではないことを示している。

したがって、プロブを含む海洋熱波の形成原因は、人為的要因に加えて、1995年から始まった海底火山活動と地球内部から海洋地殻に上昇するマグマである。このため、海底から海面まで垂直に上昇する深層水層が加熱され、海洋に異常加熱域が形成される。海洋のプロブは、気圧の変化、風や海流の異常、海洋の全体的な温暖化、生態系の破壊につながる。マグマ活動が活発化するにつれて、こ

のような海洋熱波の数と規模は増大するだろう。

2010年5月から8月にかけてメキシコ湾流が減速するなど、海洋熱波による重大な影響のひとつは、海流のパラメーターの変化である。地質学者のジェームズ・カミスによれば、火山噴火の原因となったマグマの上昇によって、海底の海水が温められた可能性が高いという。<sup>18</sup> その結果、観測によると、2010年5月、大量の高温の海水がグリーンランド下の構造帯の上に浮上し、メキシコ湾流の進路をしばらくの間遮ったと考えられている(図40)。これにより、ヨーロッパと北米の気象パターンが一時的に変化した。メキシコ湾流がさらに大きく弱まったり停止したりすれば、ヨーロッパと北米の気候、生態系、経済に大きな変化をもたらす可能性がある。

現在、深海層の温暖化に寄与する人為的要因とマグマ活動の増加により、メキシコ湾流は弱まるか、停止するか、あるいは完全に消滅する危機に瀕している。

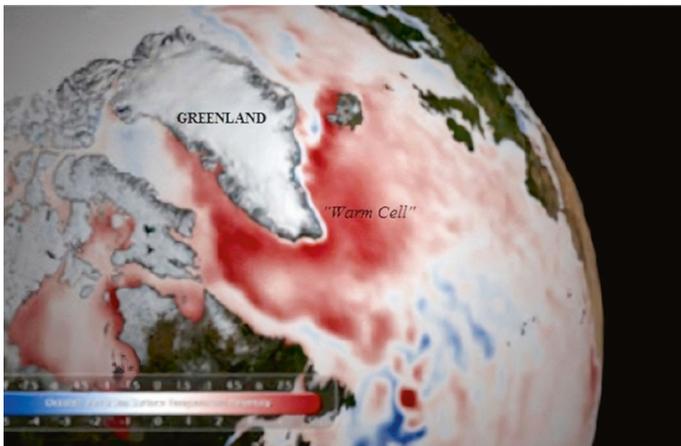


図40

2010年5月の海洋表面温度マップ。2009年から2010年にかけての北大西洋の海洋熱波(赤で表示)を示している。

出典: Kamis, J. E. (n.d.). 地質学的に誘発された大西洋北部の「プロブ」がグリーンランド南部の氷床を溶かす。プレート気候学 <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet?rq=Alaska>

<sup>17</sup> Sun, D., Li, F., Jing, Z., Hu, S., & Zhang, B. (2023). 世界の海面下に隠された頻繁な海洋熱波。 *Nature Geoscience*, 16(12), 1099–1104. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01325-w>

<sup>18</sup> Kamis, J. E. (n.d.). 地質学的に誘発された大西洋北部の「プロブ」がグリーンランド南部氷床を融解。プレート気候学 <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet?rq=Alaska>

## 南極大陸とグリーンランドにおける異常な氷河融解

過去29年間で、主要な氷床の氷の減少は加速している。グリーンランドの氷の減少率は現在400%、南極大陸の氷の減少率は1990年代初頭に比べて25%も増加している。<sup>19</sup>

南極の例を考えてみよう。調査によると、1992年以来、南極大陸は3兆トン近い氷を失っている<sup>20</sup>、これはオリンピックサイズのプール12億個分に相当する。南極で最も脆弱とされるパインアイランド氷河では、毎年約450億トンの氷が失われてい

る<sup>21</sup>。南極で2番目に目立つ氷河は、スウェイツ氷河の巨大な棚氷である。

南極大陸の全氷損失の86%は西南極で発生しており、そこではパイン島氷河とスウェイツ氷河の急速な後退と融解が起こっている (Rignot et al.2014; Shepherd et al.2002) (図41-43)。

驚くべき事実は、氷河が溶けているのは大陸の西部だけだということだ。

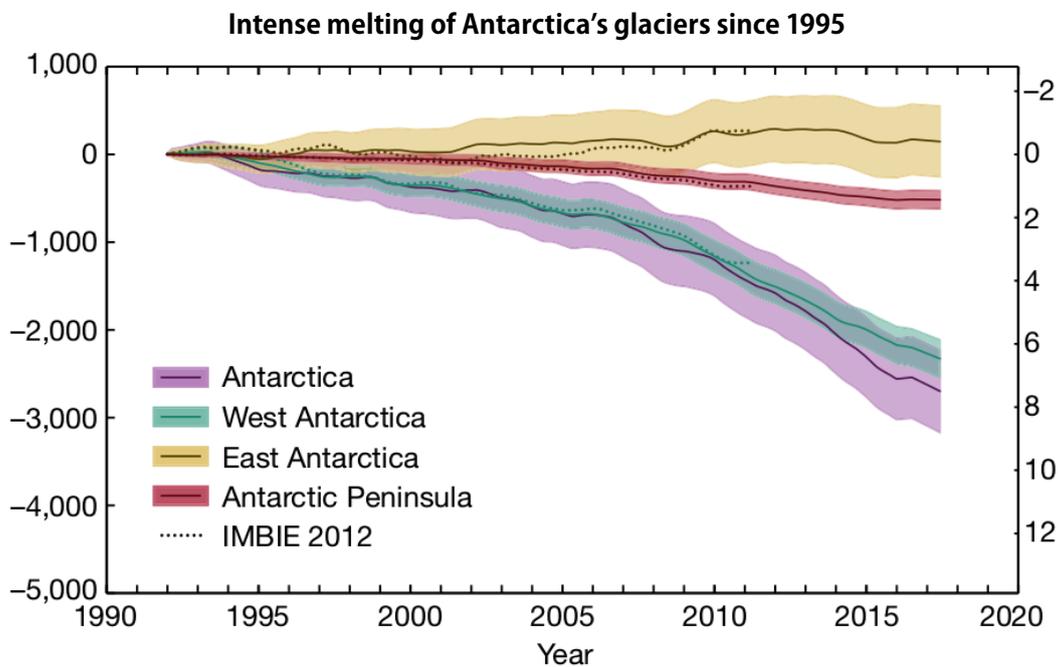


図41

1992～2017年の南極大陸の氷量と海面変動。紫色の曲線は南極大陸の平均氷減少率。緑の曲線は西南極の氷減少率。黄色の曲線は東南極大陸の氷の増加、つまり正のトレンドである。

ソースIMBIEチーム。(2018).1992年から2017年までの南極氷床の質量収支。 Nature, 558, 219–222.

<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>

<sup>19</sup> Otosaka, I. N., Horwath, M., Mottram, R. & Nowicki, S. (2023). 宇宙から観測された南極とグリーンランドの氷床の質量バランス。 Surveys in Geophysics, 44:1615–1652.

DOI: 10.1007/s10712-023-09795-8

<sup>20</sup> IMBIEチーム。(2018). 1992年から2017年までの南極氷床の質量収支。 Nature, 558, 219–222. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>

<sup>21</sup> Seroussi, H., Morlighem, M., Rignot, E., Mouginot, J., Larour, E., Schodlok, M., & Khazendar, A. (2014). 今後50年間の気候強制に対する西南極/パインアイランド氷河のダイナミクスの感度。 The Cryosphere, 8(5), 1699–1710. <https://doi.org/10.5194/tc-8-1699-2014>

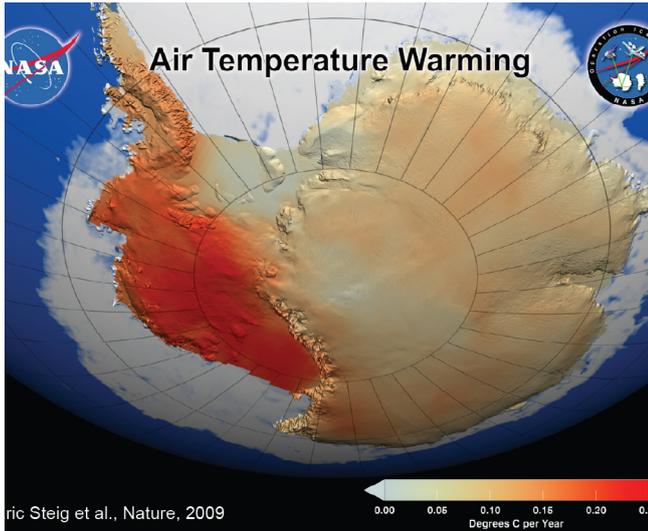


図42

NASAの地図は、西南極氷床と南極半島の著しい温暖化を示している。この温暖化はこれまでの報告よりもかなり激しく、10年間で0.1°Cを超え、冬から春にかけて最も大きな影響が観測された。この画像は、1957年から2006年までの50年間に収集された気温データを組み込んだものである (NASA/GSFC Scientific Visualization Studio 2008)

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/36736/antarctic-warming-trends>

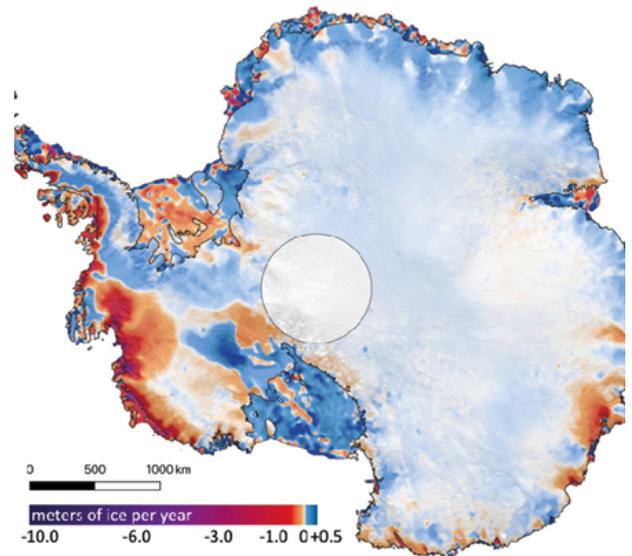


図43

この地図は2003年から2019年までの南極大陸の氷の蓄積量と減少量を表している。紫色と濃い赤色はそれぞれ南極沿岸の氷の減少率が高いことと中程度であることを示し、青色は内陸の氷の増加率を示している。

出典: Smith, B., Fricker, H. A., Gardner, A. S., Medley, B., Nilsson, J., Paolo, F. S., Holschuh, N., Adusumilli, S., Brunt, K., Csatho, B., Harbeck, K., Markus, T., Neumann, T., Siegfried, M. R., & Zwally, H. J. (2020). 広範な氷床の質量減少は、海洋と大気の競合プロセスを反映している。 *Science*, 368(6496), 1239–1242. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5845>

興味深いことに、西南極は地球上で最大級の火山地帯であり、140以上の火山が氷の下で発見されている (図44)。

この空中磁気観測に基づき、ドイツと英国南極観測所の科学者は西南極における地熱の流れの地図を作成し、スウェイツ氷河<sup>22,23</sup>の下に地球内部から大量の地熱が流入している地帯を発見した。西南極の地熱の流れは、氷河の融解が進んでいる地帯に対応している。

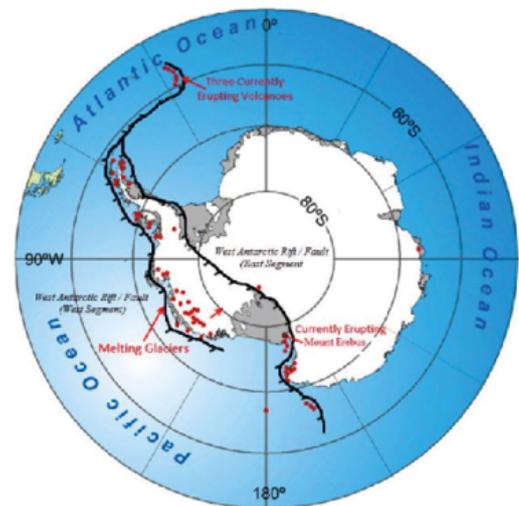


図 44

南極大陸にある「活火山」(現在噴火中)または「休眠火山」(活動する可能性がある)の地図で、広大な西南極地溝系に沿って位置している。この活断層帯は大陸を分断し、海底の高温のマグマが断層を遡上して火山に供給される。

<https://www.plateclimatology.com/west-antarctic-glacial-melting-from-deep-earth-geological-heat-flow-not-global-warming>

<sup>22</sup> Damiani, T. M., Jordan, T. A., Ferraccioli, F., Young, D. A., & Blankenship, D. D. (2014). スウェイツ氷河下の変動する地殻厚が空中重力測定から明らかになり、西南極の地熱流束に影響を与える可能性がある。 *Earth and Planetary Science Letters*, 407, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.09.023>

<sup>23</sup> Dziadek, R., Ferraccioli, F., & Gohl, K. (2021). 空磁データから推定される西南極のスウェイツ氷河下の高地熱流。 *Communications Earth & Environment*, 2(16). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00242-3>

ロードアイランド大学とイースト・アングリア大学の科学者チームが、南極のパインアイランド氷河の急速な融解の新たな要因を発見した。それは、氷の奥深くに埋もれている、これまで知られていなかった活火山である<sup>24</sup>。科学者たちは氷床の下に火山活動を発見し、休火山の25倍の熱エネルギーを示した。

NASAの科学者たちは、西南極の地下にマリー・バード (Marie Byrd) <sup>25</sup> と呼ばれる、ほぼ100万平方キロメートルに及ぶ巨大なマグマだまりを確認した (図45)。マリー・バード・ランド火山地域

は、高い火山活動を特徴とする西南極の地域である。マリー・バードの火山活動は、マントル・プルーム (地球のマントル深部から上昇する高温のマグマの流れ) が地殻に到達し、火山活動を引き起こすホットスポットに起因している。科学者たちの計算によると、マントル・プルームからの熱は、イエローストーンのスーパージョルケーノ (1平方メートルあたり150mW、断層帯では1平方メートルあたり180mWに達する) とほぼ同じエネルギーで、その上の岩石や氷の層を加熱している。これは近隣の岩石層の約3倍の熱量である。

西南極のメアリー・バード・マグマだまり

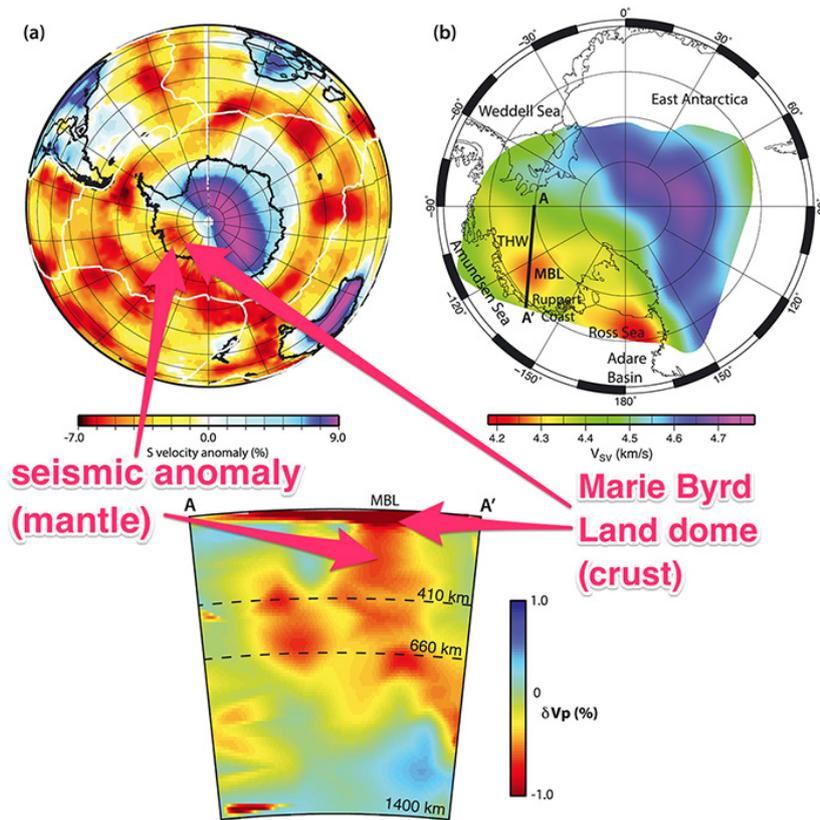


図45

地震波トモグラフィによって示された、西南極マリー・バード地域の地下に存在する高温のマントル・プルーム。(Helene Seroussi et al./JGR Solid Earth; Business Insider)。

出典: Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). 西南極マントルプルームの氷床底質への影響。 Journal of Geophysical Research: 固体地球, 122(9), 7127–7155. <https://doi.org/10.1002/2017jb014423>

<sup>24</sup> Loose, B., Naveira Garabato, A. C., Schlosser, P., Jenkins, W. J., Vaughan, D., & Heywood, K. J. (2018). パインアイランド氷河下の活発な火山熱源の証拠。 Nature Communications, 9(2431). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04421-3>

<sup>25</sup> Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). 西南極マントルプルームの氷床底質への影響。 Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 122(9), 7127–7155. <https://doi.org/10.1002/2017jb014423>

ブレーメン大学、ドイツ極地海洋研究所、英国南極観測所の科学者たちは、主要な氷河の融解は、地球内部からの熱流が上昇している地域で起こることを確認した(図46)。

2019年の前回調査(左の地図)と比較する

と、2021年(右の地図)に大きな変化が起きており、地熱の熱流が増加していることがわかる。これは、地球内部のマグマだまりに由来する熱流が増加していることを示している。

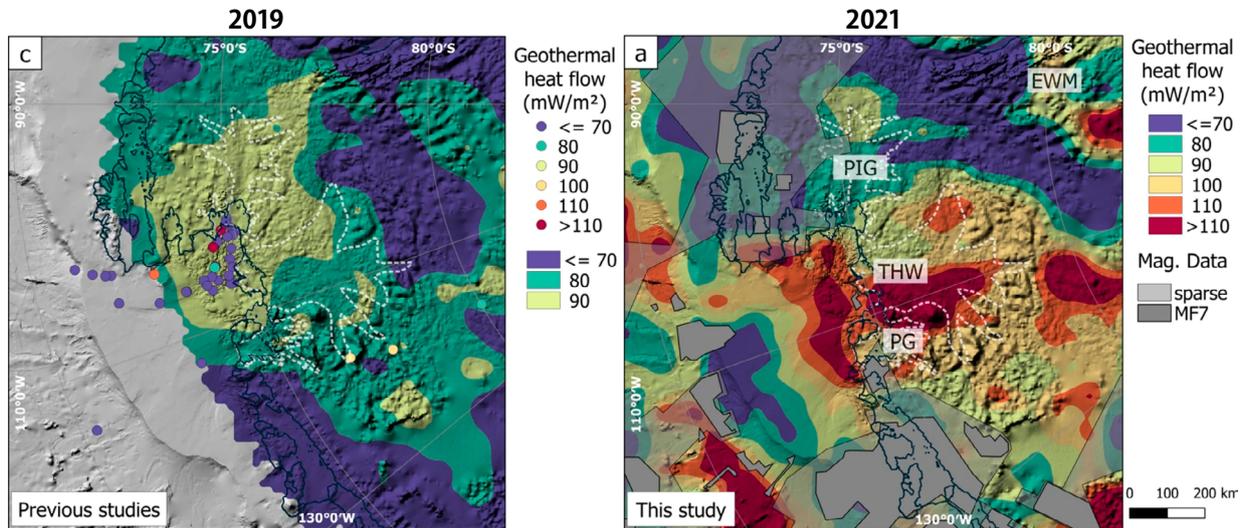


図46

2019年(左)と2021年(右)の地熱流量分布。

出典: Dziadek, R., Ferraccioli, F., & Gohl, K. (2021). 空中磁気データから推定される西南極のスウェイツ氷河下の高地熱流。Communications Earth & Environment, 2(16). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00242-3>

新たな国際的研究により、西南極の一部で地殻がこれまでで最も早い速度で隆起していることが明らかになった。パインアイランド氷河の対岸にあるアムンゼン海での隆起速度は年間41ミリメートルで、これは他の地域よりも3倍速い<sup>26</sup>。アイスランドやアラスカのように急速な隆起が見られる場所でも、典型的な隆起速度は年間20~30ミリ程度である。したがって、科学者たちは、西南極の地下のマントルは以前予想されていたよりも高温で流動的であると結論づけている。

したがって、南極氷床の激しい融解は、人為的要因による水加熱と、1995年以降著しく増加し、現在

も増加し続けている火山・マグマ活動による地熱の両方に起因している。

西南極の直ぐ沖合では、ウェッデル海の深海に異常な加熱が見られる<sup>27</sup>。水深700mの上部ではほとんど温暖化が見られないが、深部では一貫して水温が上昇している。ウェッデル海は一方では西南極地溝に接し、他方ではサウスサンドイッチ諸島のある海底火山帯に隣接している。南サンドイッチ諸島の地域は、地球上で最も地震活動が活発な地域のひとつであることは注目に値する。ここでは地震活動が急速に増加しており、マグマの隆起を示している。

<sup>26</sup> Barletta, V. R., Bevis, M., Smith, B. E., Wilson, T., Brown, A., Bordoni, A., Willis, M., Khan, S. A., Rovira-Navarro, M., Dalziel, I., Smalley, R., Kendrick, E., Konfal, S., Caccamise, D. J., Aster, R. C., Nyblade, A., & Wiens, D. A. (2018). Amundsen Sea Embaymentで観測された急速な岩盤隆起は、氷床の安定性を促進する。 Science, 360(6395), 1335–1339. <https://doi.org/10.1126/science.aao1447>

<sup>27</sup> Strass, V. H., Rohardt, G., Kanzow, T., Hoppema, M., & Boebel, O. (2020). 南極大陸のウェッデル海深部における数十年にわたる温暖化と密度減少。 Journal of Climate, 33(22), 9863–9881. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-20-0271.1>

グリーンランドの氷床の融解について考えてみよう。現在、グリーンランドの氷は過去12,000年間のどの時期よりも急速に溶けている<sup>28</sup>。図47は、1992年から2018年までのグリーンランドの氷の減少が指数関数的に増加していることを表したグラフである。グリーンランドの氷の減少は1990年代から始まったが、2006年から2012年までの

期間が全体の半分近くを占めている。グリーンランド地域の大気の状態が寒冷化したにもかかわらず、この期間以降も氷の減少率は高いままだった。2019年7月だけで、グリーンランドの氷床は1,970億トンの氷を失ったが、これはおよそオリンピックサイズのプール8,000万個分に相当する。

グリーンランド氷床のマスバランス

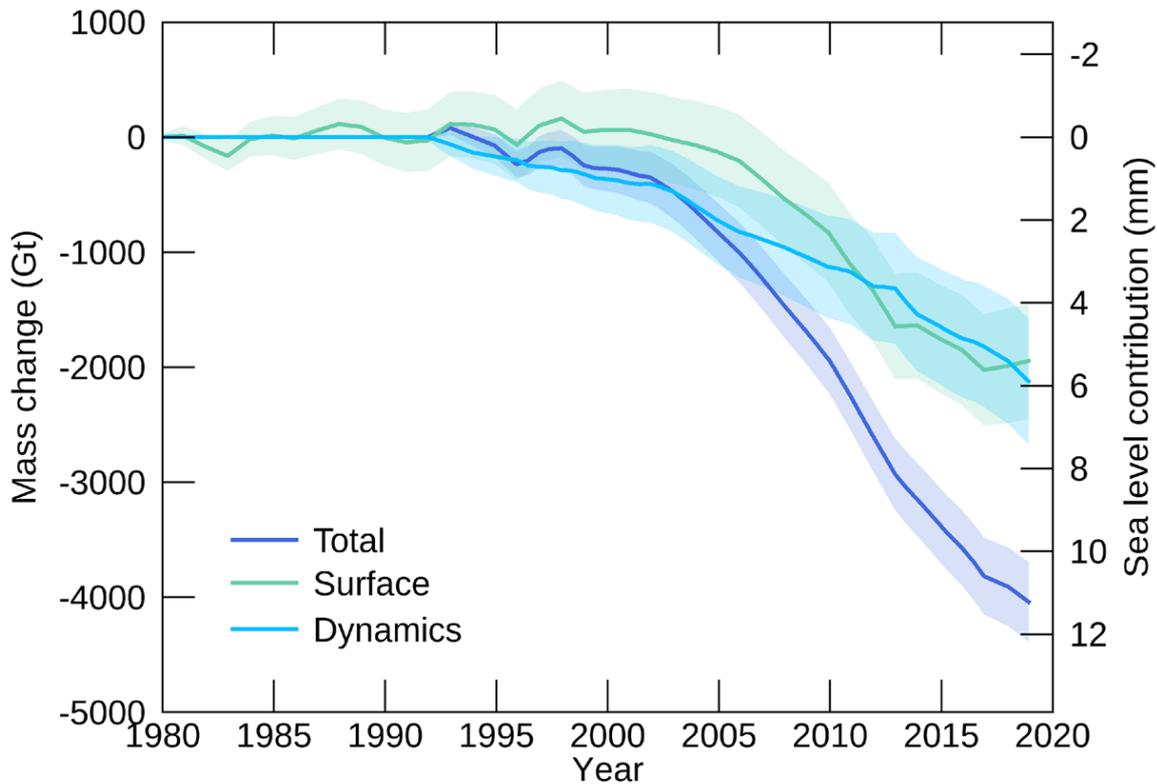


図47

グリーンランド氷床の累積総質量変化を、表面氷床と動的氷床（氷河の移動と氷山の分水による氷床質量の減少）の2つの要素に分けて表示。1992年との比較。

データソース：IMBIE (Shepherd et al., 2020), Credit: IMBIE/ESA/NASA.

グリーンランドの氷床の表面には川が流れ、湖が出現しているが、驚くべきことに、厚さ約1.5kmの氷床の下にも川や湖が発見されている。現在までに約60の氷河下湖が発見されている<sup>29</sup>。これら

の湖が形成される理由として一般的に知られているのは、地熱と雪解け水が割れ目から流れ込むことである。これらの湖が形成されるのは、氷床が上部と下部の両方から溶けているからである。

<sup>28</sup> Briner, J. P., Cuzzzone, J. K., Badgeley, J. A., Young, N. E., Steig, E. J., Morlighem, M., Schlegel, N.-J., Hakim, G. J., Schaefer, J. M., Johnson, J. V., Lesnek, A. J., Thomas, E. K., Allan, E., Bennike, O., Cluett, A. A., Csatho, B., de Vernal, A., Downs, J., Larour, E., & Nowicki, S. (2020). グリーンランド氷床からの質量減少速度は、今世紀中に完新世の値を超えるだろう。 *Nature*, 586(7827), 70–74. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2742-6>

<sup>29</sup> Bowling, J. S., Livingstone, S. J., Sole, A. J., & Chu, W. (2019). グリーンランド氷河下湖の分布と動態。 *Nature Communications*, 10(2810). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10821-w>

オハイオ州立大学のラルフ・フォン・フリース教授率いるアメリカの科学者グループは、グリーンランドの地下の地殻の厚さを推定するために重力調査を行った。その結果、氷河の融解が最も著しいのは、地殻が最も薄い島の北部であることが判明した。この地域では、マントル・プルーム<sup>30</sup>の上昇により、地熱の上昇流が観測されている。

さらに、シュミット地球物理学研究所 (Irina Rogozhina and Alexey Petrunin<sup>31</sup>) の研究者が率いる科学者グループも同じ結論に達した。地震波トモグラフィーのデータに基づき、研究者たちは

グリーンランド内部のマントル・プルームを発見した。

マグマ流はコア・マントル境界から上昇し、島の中央部直下で地表に接近する。この現象が、氷解のさらなる要因となっている可能性が高い。最も多くの氷河下湖が存在するのもこの地域である (図48-49)。

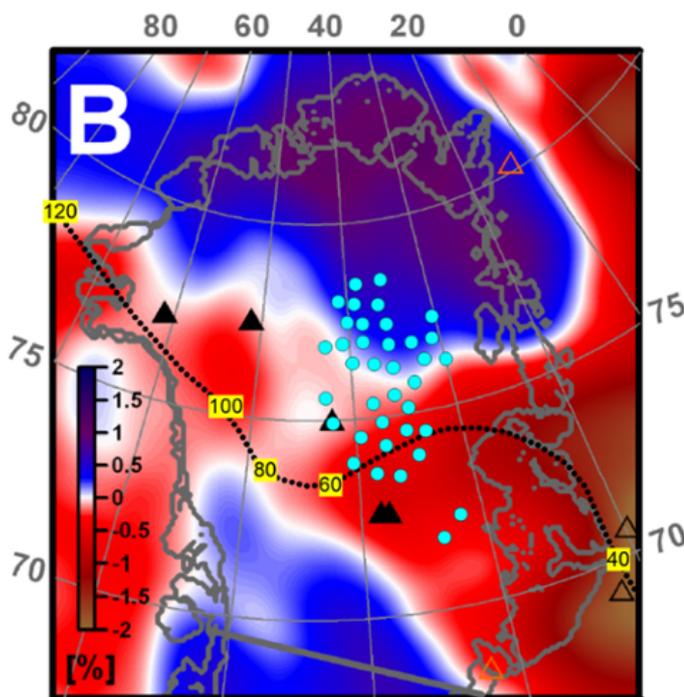


図48

深さ150kmのグリーンランドの地震波トモグラフィ。温度が上昇した領域に対応する低速度領域が赤色で強調されている。点線はプルーム「軌道」の復元図の一つで、年代は数百万年単位で示されている。青い点は、レーダー調査の結果、氷河の下に水が存在することが示された領域である。

出典: Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). グリーンランド氷床基部の融解はアイスランドホットスポットの歴史によって説明される。 *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>

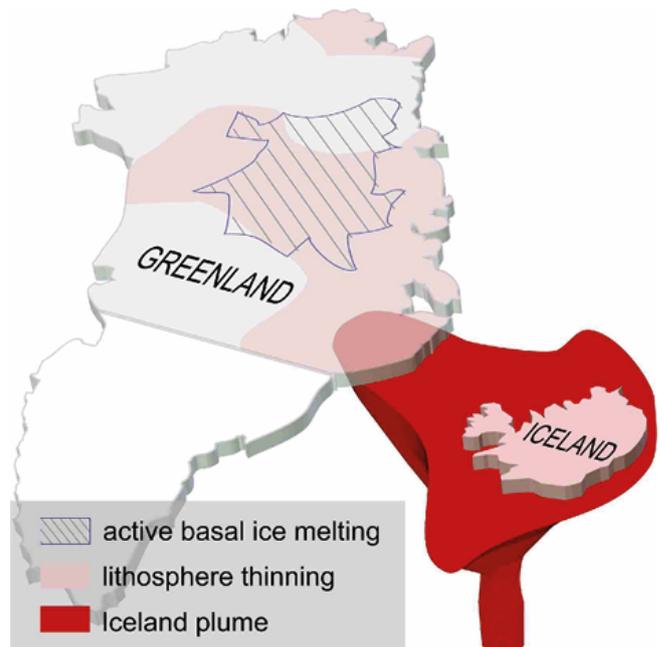


図49

イラスト: イワン・クラコフ、ロシアの地球物理学者、地球物理学と地力学の専門家、ロシア科学アカデミー会員。

出典: [https://www.vsegei.ru/ru/about/news/97448/?sphrase\\_id=1444325](https://www.vsegei.ru/ru/about/news/97448/?sphrase_id=1444325)

<sup>30</sup> van der Veen, C. J., Leftwich, T., von Frese, R., Csatho, B. M., & Li, J. (2007). 氷河下地形と地熱流束: グリーンランド氷床の排水との相互作用の可能性。 *Geophysical Research Letters*, 34(12). <https://doi.org/10.1029/2007gl030046>

<sup>31</sup> Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). グリーンランド氷床基部の融解はアイスランドホットスポットの歴史によって説明される。 *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>

科学者たちは、このマグマだまりの理論的な熱流量を計算し、この熱量が氷河の底部を氷を溶かすほど暖めるのに十分であることを突き止めた。機械学習技術を活用した研究者を含む多くの研

究者たち<sup>(32,33)</sup>は、後に同様の結果を得た。日本の東北大学の科学者たちによる研究は、グリーンランド<sup>34</sup>の地下にあるマグマだまりの構造について、さらなる洞察をもたらした(図50-51)。

グリーンランド地下のマグマ・プルーム、モデル

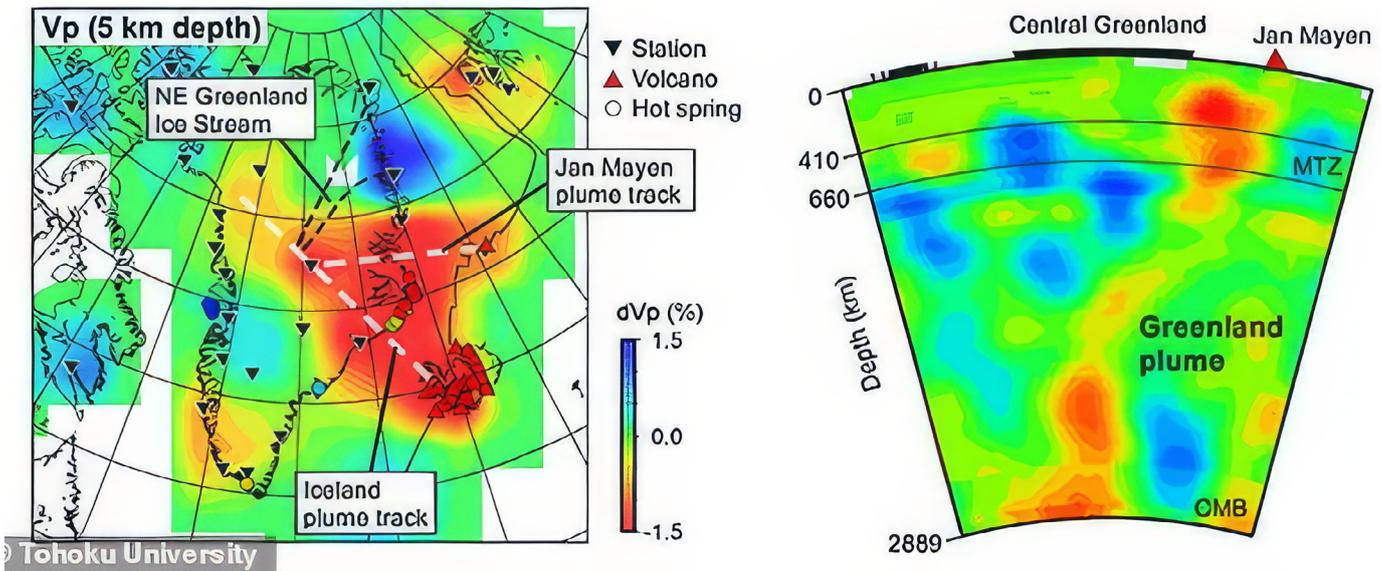


図50

地震波速度構造と地熱フラックスの比較。青色は縦波の速度が高いことを、赤色は縦波の速度が低いことを示す。赤色はマグマだまりの溶融流に伴う低速度帯を示す。

出典: Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). グリーンランドとその周辺海域のP波トモグラフィ: 1.地殻と上部マントル。地殻と上部マントル: 固体地球, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>

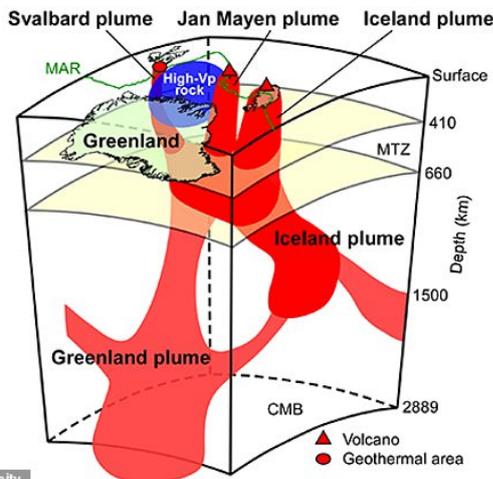


図51

グリーンランドとその周辺の主な地殻変動とマグマ・プルームの図。グリーンランド・プルームは、アイスランド、ヤンマイエン、スバルバル諸島の地熱地帯の活動帯に熱を供給する2つの枝を持つ。溶融した岩石はコア・マントル境界から上昇し、グリーンランド中央部の氷の融解を促進し、海面を上昇させる。

データソースデータ出典: Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). <https://doi.org/10.1029/2020JB019837>

<sup>32</sup> Rezvanbehbahani, S., Stearns, L. A., Kadivar, A., Walker, J. D., & van der Veen, C. J. (2017). グリーンランドの地熱流束の予測: 機械学習アプローチ。 Geophysical Research Letters, 44(24), 12,271-12,279. <https://doi.org/10.1002/2017gl075661>

<sup>33</sup> Rysgaard, S., Bendtsen, J., Mortensen, J., & Sejor, M. K. (2018). 北東グリーンランド氷流に近接する高地熱流束。 Scientific Reports, 8(1344). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19244-x>

<sup>34</sup> Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). グリーンランドとその周辺海域のP波トモグラフィ: 1.地殻と上部マントル。地殻と上部マントル: 固体地球, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>

このように、日本、ロシア、ドイツの科学者の研究によれば、グリーンランドでも南極大陸と同じように、中央部にマグマの噴出口があり、これがここ数十年のグリーンランドの氷河の滑走加速の原因になっている可能性がある。

世界の2大氷河地帯である南極大陸とグリーンランドは、人為的な要因だけでなく、地球内部からの地熱の増加によっても融解している可能性が高く、氷河融解の指数関数的なトレンドが示すように、その熱は強まっている。このことは、1995

年以降、西南極と中央グリーンランドの地下でマグマの噴出が活発になっていることを示唆している。

この情報を提供する目的は、地球内部に異常な量のエネルギーが蓄積していることに注意を喚起するためである。エネルギーレベルが非常に高いため、マグマの噴出が活性化し、氷河が指数関数的な速度で溶け始めている。このプロセスは加速しており、これは惑星のマグマ活動の上昇を示している。

## 大気下層の温暖化

大気下層の前例のない温暖化は、世界の海洋温暖化の結果である。図52は、1850年から2023年までの世界の平均気温の前例のない上昇を示すグラフである。2023年には歴史的な気温の新記

録が樹立された。コペルニクス気候変動サービス (CCCS) の副所長サマンサ・バージェスによると、2023年は少なくとも過去10万年間で最も暑い年となった<sup>35</sup>。

### 2023年は世界史上最も暑い年だった

1850-1900年の産業革命前平均に対する世界の気温上昇 (°C)。

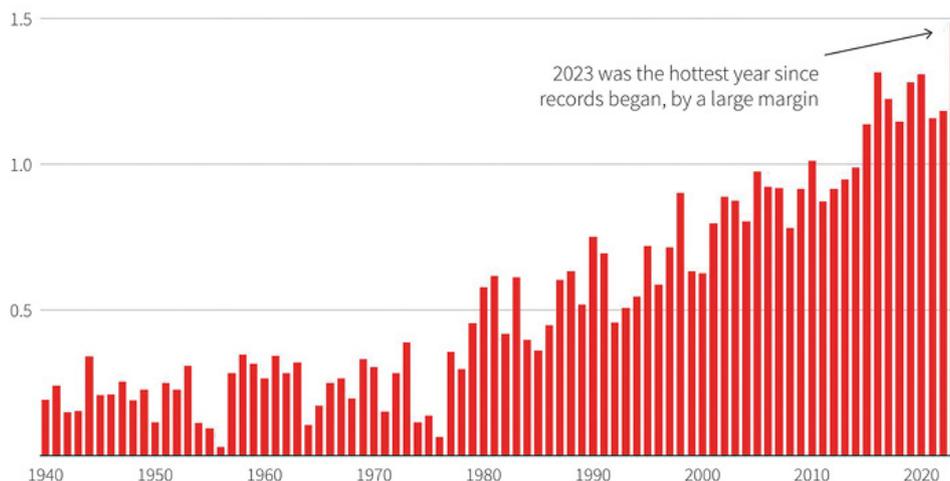


図52

1850-1900年の産業革命前平均に対する世界の気温上昇 (°C)。  
出典: コペルニクス気候変動サービス/ECMWF

<sup>35</sup> 出典: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>

NASAのトップ気候学者ギャビン・シュミットは、2023年の記録的な高温について懸念を表明した。ギャビン氏によれば、これらの気温はこれまでの記録を上回るだけでなく、これまでのモデルの典型的な長期トレンドを上回る未知の加熱プロセスが存在することを示しているという。長期的なトレンドは我々が理解しており、温室効果ガスや人為的影響によってもたらされている。しかし、2023年に起こったことは、それプラス何かである。そして、その「プラス何か」は、我々が予想するよりも、あるいはまだ説明できないほど大きいのです」。<sup>36</sup>

さらに、入ってくる太陽放射と地球から出る放射のバランスが崩れてきている(図53)。このグラフは、地球の大気が指数関数的にエネルギーを蓄積していることを示している。これは、温室効果ガスの排出による熱の増加、さらに地下からのマグマの上昇によるもので、地表の熱を効率的に宇宙に放出する海洋や大気の機能が低下しているためである。2023年3月現在、年間の地球エネルギー不均衡 (EEI) は1平方メートルあたり1.61ワットと測定されており、これは1秒間に地球上に投下される原爆(広島で爆発したもの)約13個分のエネルギーに相当する。

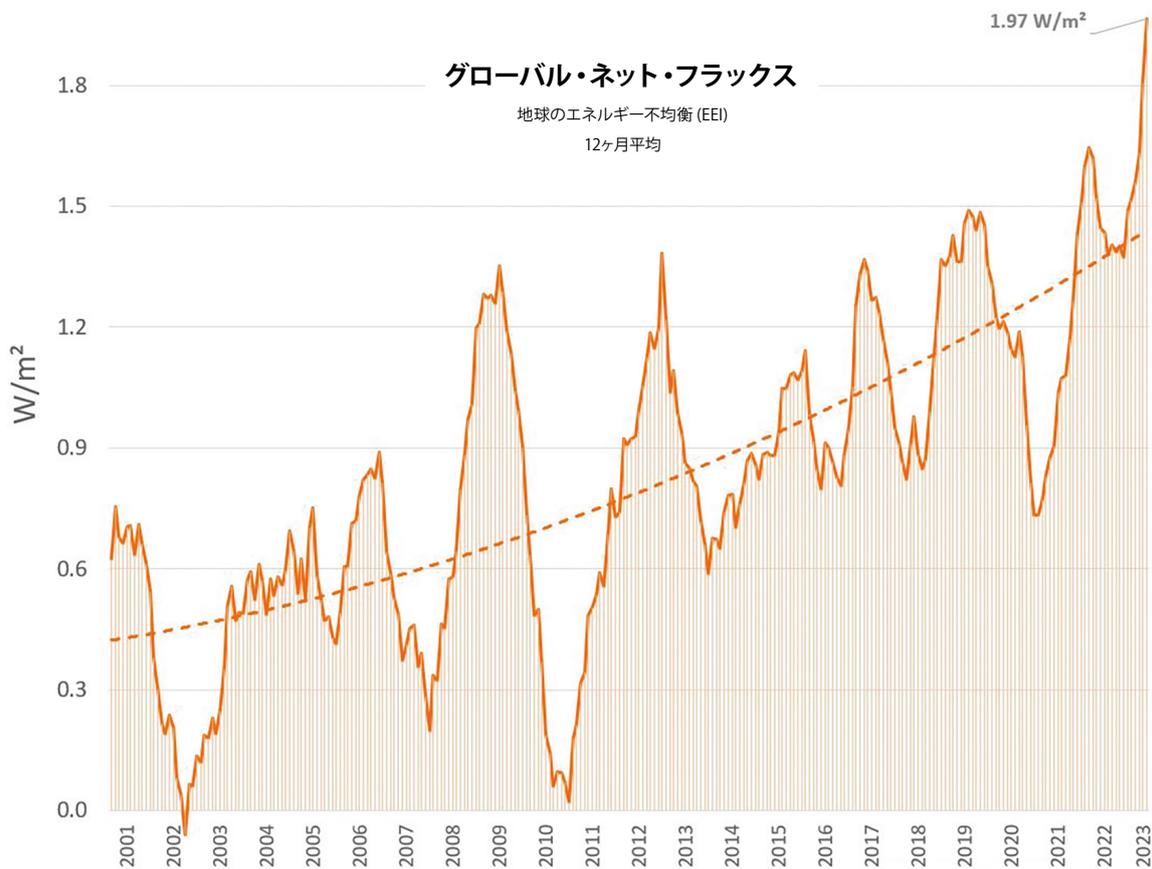


図53

地球エネルギー不均衡 (EEI) の指数関数的成長。入射する太陽放射とすべての放射源からの出射放射の差を示す。レオン・サイモンズデータソース: NASA CERES EBAF-TOA 全天 Ed4.2 ネットフラックス、2000/03-2023/05。

<sup>36</sup> 出典: <https://phys.org/news/2024-01-driven-mystery-nasa-scientist.html>

## 大気上層の変化

この変化は、大気の下層（対流圏）だけでなく、中層や上層でも起きていることに注意することが重要である。図54は、大気構造の一般的な図解である。

大気の最上層のひとつである熱圏は、記録的な密度の減少を経験している<sup>37</sup>。2007年以来、科学者たちは高度400kmの熱圏密度が10年間で1.7~7.4%減少していることを観測している<sup>38</sup>。これは、熱圏を横断する10,000以上の衛星軌道からのデータによって確認されている。熱圏密度の低下が続けば、衛星の衝突や故障のリスクが非常に高くなる可能性がある。さらに、熱圏は太陽フレアによって引き起こされる地磁気嵐の際に、大きな密度変動を起こす。熱圏の菲薄化がそのまま続けば、強い太陽フレアと相まって、インターネットを含むすべての航法・衛星ネットワークが完全に破壊される可能性がある。

また、中間圏（高度50~90km）<sup>39</sup>と成層圏（高度18~50km）でも変化が起きており、過去30年間で著しく冷え込んでいる（図55~56）。中層大気の温度低下は、様々な方法による観測に基づいて立証されている<sup>40</sup>。1980年から2018年までのデータによると、成層圏の厚さは平均400メートル減少している。<sup>41</sup>

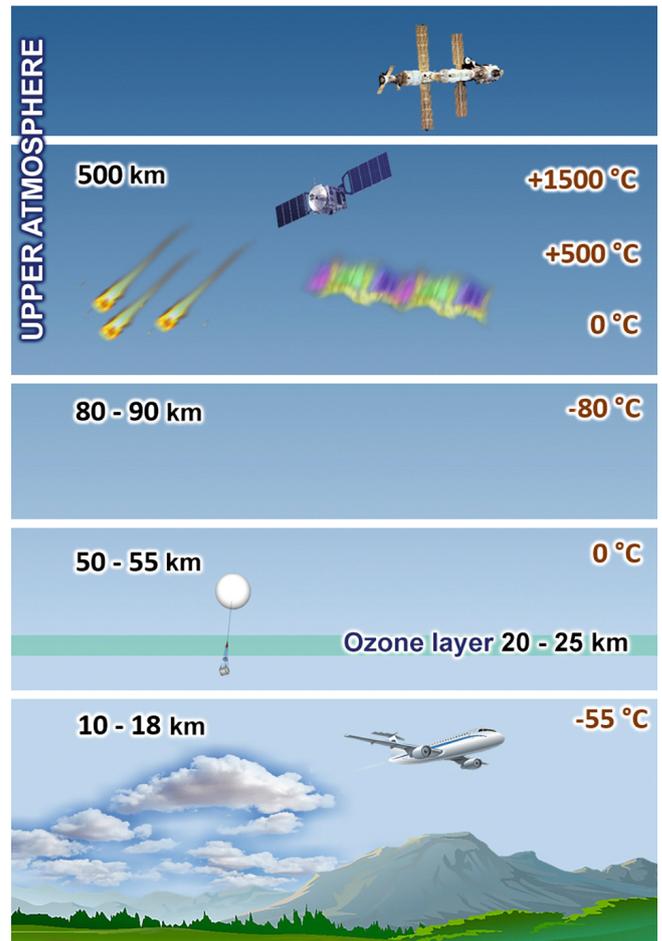


図54  
大気層

<sup>37</sup> Emmert, J. T., Lean, J. L., & Picone, J. M. (2010). 2008年太陽活動極小期における熱圏密度の記録的低下。 *Geophysical Research Letters*, 37(12). <https://doi.org/10.1029/2010gl043671>

<sup>38</sup> Danilov, A. D., Konstantinova, A. V. (2020). 中層・上層大気と電離層のパラメータの長期変動（総説）。 *Geomagnetizm i Aeronomija [Geomagnetism and Aeronomy]*, 60; 397–420. <https://doi.org/10.1134/S0016793220040040>

<sup>39</sup> Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). 中緯度夏季中間圏の気温傾向。 *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>

<sup>40</sup> Danilov, A. D., Konstantinova, A. V. (2020). 中層・上層大気と電離層のパラメータの長期変動（総説）。 *Geomagnetizm i Aeronomija [Geomagnetism and Aeronomy]*, 60; 397–420. <https://doi.org/10.1134/S0016793220040040>

<sup>41</sup> Pisoft, P., Sacha, P., Polvani, L. M., Añel, J. A., de la Torre, L., Eichinger, R., Foelsche, U., Huszar, P., Jacobi, C., Karllicky, J., Kuchar, A., Mikovsky, J., Zak, M., & Rieder, H. E. (2021). 温室効果ガスの増加による成層圏の収縮。 *Environmental Research Letters*, 16, 064038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfe2b>

密度と温度の低下と同時に、大気の化学組成の変化も記録されており、特に上層大気（熱圏）の酸素濃度が最大60%減少している。中緯度の

高度130kmでは、O<sub>2</sub>（分子状酸素）の濃度が2~4倍減少している<sup>42,43</sup>。さらに、上層大気中の原子状酸素濃度の減少も観測されている。<sup>44</sup>

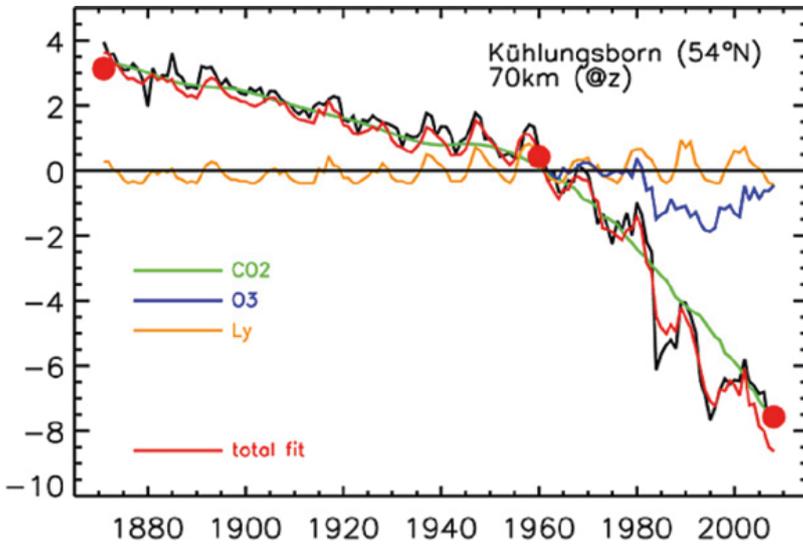


図55

中間圏の温度異常。中間圏の温度は、気圧高度では約5~7K、幾何学高度ではそれ以上（最大10~12K）低下している。  
出典: Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). 中緯度夏季中間圏の気温傾向。 Journal of Geophysical Research: 大気, 118(24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>

### 成層圏の年間気温偏差

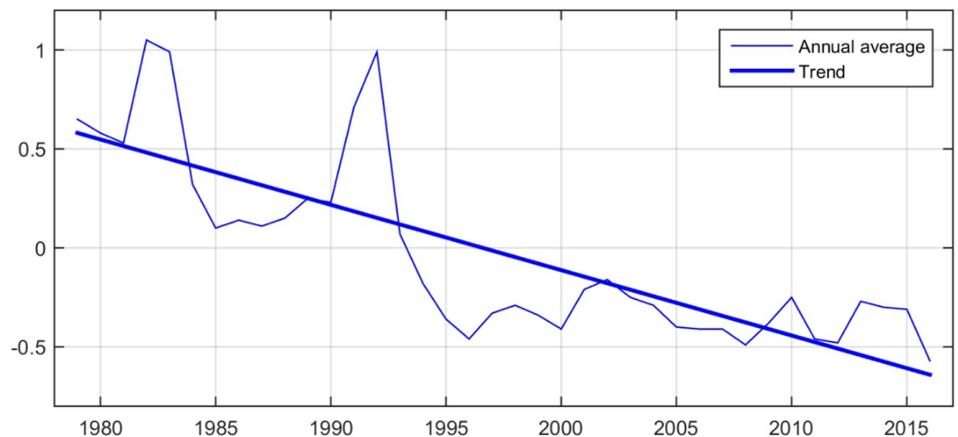


図56

成層圏の年間気温年差。NOAA極軌道衛星によるUAH気温年差(1981~2010年)。  
出典: [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov)

中高層大気の変化はすべて、地球システム内の地球規模の変化のプロセスを示している。

<sup>42</sup>Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). 太陽フレアに対する電離層 E 層応答の長期的傾向。 Solnechno-Zemnaya Fizika [Solar-Terrestrial Physics], 8(1): 51–57. <https://doi.org/10.12737/szf-81202206>

<sup>43</sup>Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). 中高層大気の冷却と沈降の原因について。 Izvestija. RAN. Fizika atmosfery i okeana. [News. Russian Academy of Sciences. Atmospheric and Ocean Physics], 58(5), 601–614. <https://doi.org/10.31857/S0002351522050042>

<sup>44</sup>Danilov, A. D., & Konstantinova, A. V. (2014). 上層大気の原子状酸素含有量の減少。 Geomagnetizm i Aeronomija. [Geomagnetism and Aeronomy], 54(2), 224–229. <https://doi.org/10.1134/S0016793214020066>

## パート2

# 世界的大災害の原因

世界中で気候変動、大気の変化、地殻変動による大災害がこのように急速かつ急激に増加していることは、人為的な要因に加え、地球内部に莫大なエネルギーが追加されていることを示唆している。地殻の下には、何十億年も機能してきた複雑な熱力学的システムがある。その安定性のおかげで、地球上の生命は成り立っている。しかし、地下のいずれかの層に何らかの変化が生じると、人間が住む表層を含むシステム全体に影響を及ぼす。

# 地球の構造

## 地球の大気圏

**外気圏**  
この層は地球の大気の最も外側の部分である。大気を熱圏から隔てている。

**熱圏**  
太陽の放射線の多くを吸収するため、非常に高温の層。

**中間圏**  
中間圏は、ごく少量の酸素とその他の気体を含む希薄な空気構成されている。

**成層圏**  
下層に冷たい重い空気、上層に暖かい空気を含む層。オゾン層は成層圏にある。太陽の紫外線から私たちを守っている。

**対流圏**  
地球の大気の最下層。ほとんどの雲の形成と気象はこの層で起こる。

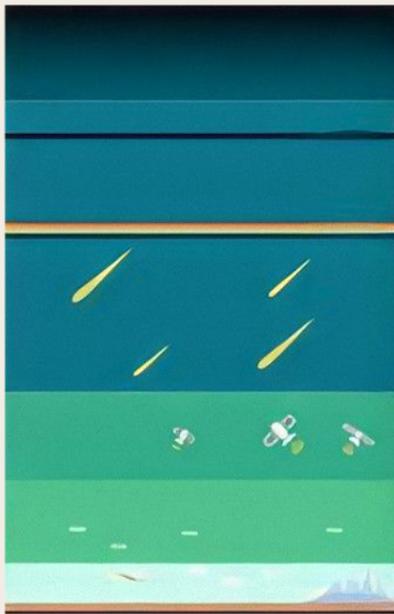
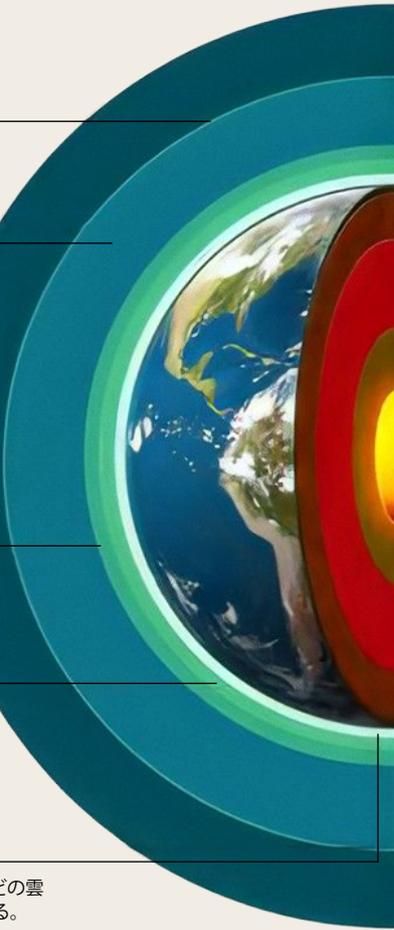
**外気圏**  
700-10,000 キロ / 140-6,200 マイル

**熱圏**  
80-700 キロ / 50-440 マイル

**中間圏**  
50-80 キロ / 31-50 マイル

**成層圏**  
12-50 キロ / 7.3-31 マイル

**対流圏**  
0-12 キロ / 0-7.5 マイル



## 地球内部

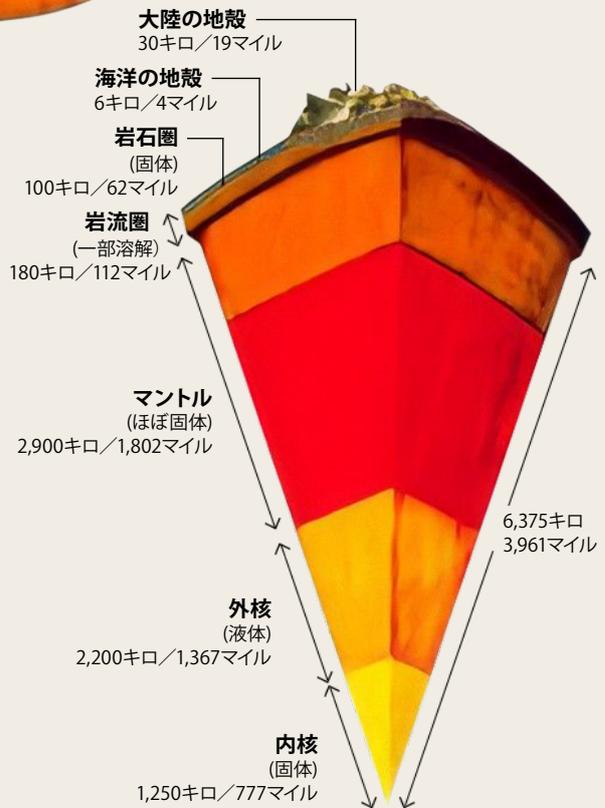
**岩石圏**  
地殻とマントルの上部を含む地球の硬い外側部分。

**岩流圏**  
岩石圏の下にある、部分的に溶けた岩石からなる非常に高温の地帯。

**マントル**  
上部マントルと下部マントルは、ほとんどが固い岩石で構成されている。

**外核**  
鉄とニッケルのような金属を主成分とする液体層。

**内核**  
鉄を主成分とする高温で密度の高い固体のボール。



## 1995年の惑星規模の変化

1995年以降に起こった地球の地球物理学的・地力学的パラメータの変化について考えてみよう。この年、世界中の科学研究所が独自の研究で憂慮すべき惑星の異常を発見した。

例えば、それまで年間10kmの速度で常に漂

っていた北磁極は、突然55kmまで速度を上げ、シベリアのテイミル半島に向かう軌道を変えた(図57-58)<sup>45</sup>。現在、北磁極はシベリアの方向に1000km以上移動している。このような急激な磁極の移動は、過去1万年間記録されていない。<sup>46</sup>。

北磁極速度 (km/年)

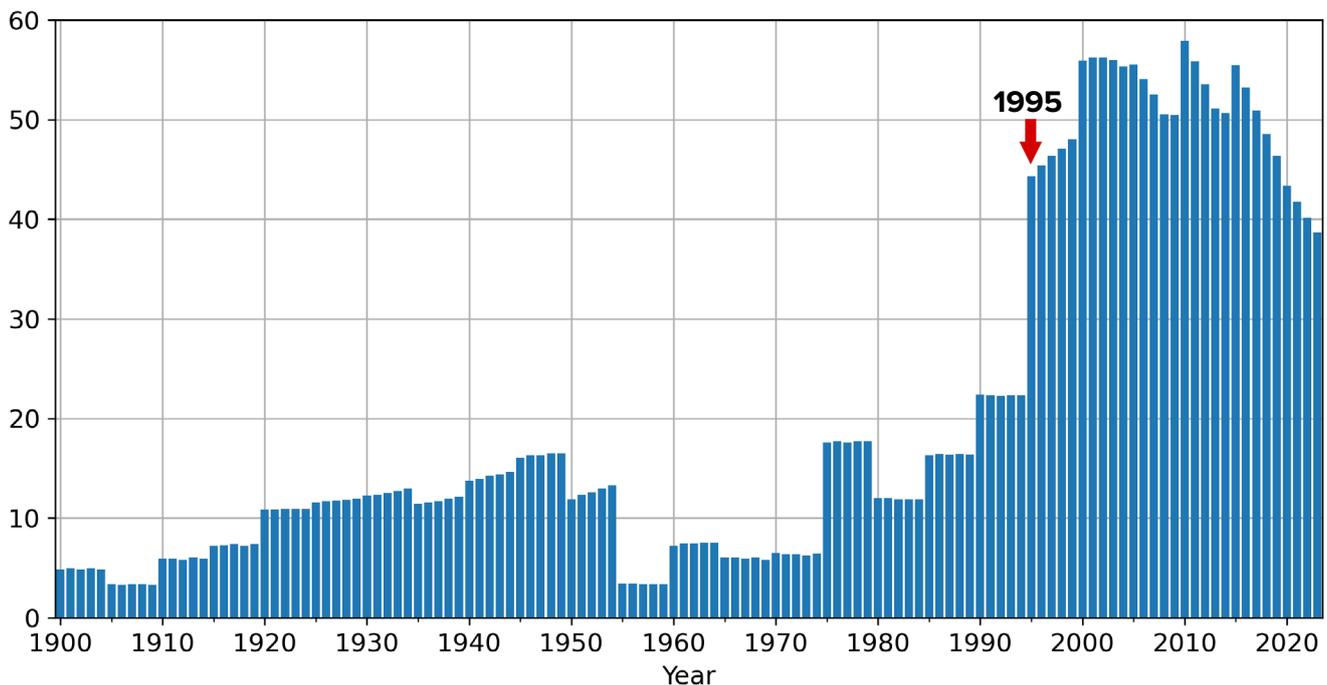


図57

北磁極のドリフト速度、km/年。

北磁極の位置に関するNOAAのデータ: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/data/poles/NP.xy>

<sup>45</sup> Dyachenko, A. I. (2003). 地球の磁極。 Moscow: MCCME. 48 p.

<sup>46</sup> Androsova, N. K., Baranova, T. I., & Semykina D.V. (2020). 地球磁極の地質学的過去と現在。 EARTH SCIENCES/ "Colloquium-journal", 5(57). DOI:10.24411/2520-6990-2020-11388

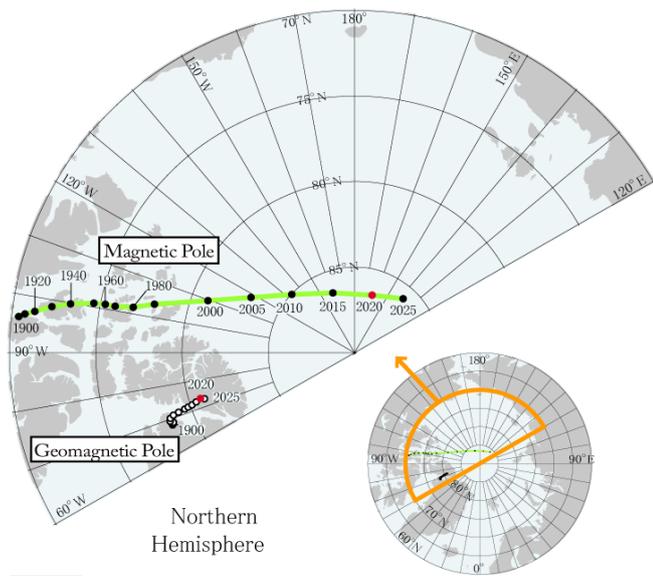


図58

IGRF-13に基づく1900年から2015年までの5年ごとの地磁気極と磁極の位置、および2020年（赤）と2025年（予測）。  
 出典: 世界地磁気データセンター（京都）

「残留極地漂流の節目が1995年10月に設定される」<sup>47</sup>という調査報告によれば、1995年に地球の自転に異変が起きたことが確認された。地球の自転軸の方向が変わり、移動速度が17倍になったのだ。

さらに、科学者たちは1995年以前に地球の自転が遅くなっていることを指摘していたが、1995年と2016年に自転の加速度が観測史上前例のないほど急激に跳ね上がった（図59）。パリ天文台の地球オリエンテーションセンターのデータによると、1995年と2016年に、1日の長さが数ミリ秒ずつ短くなり始め、地球が通常より速く回転していることを示している。日の長さは、地球が自転するのに要する時間として定義されている。

1962年から2023年までの1日の長さの偏差

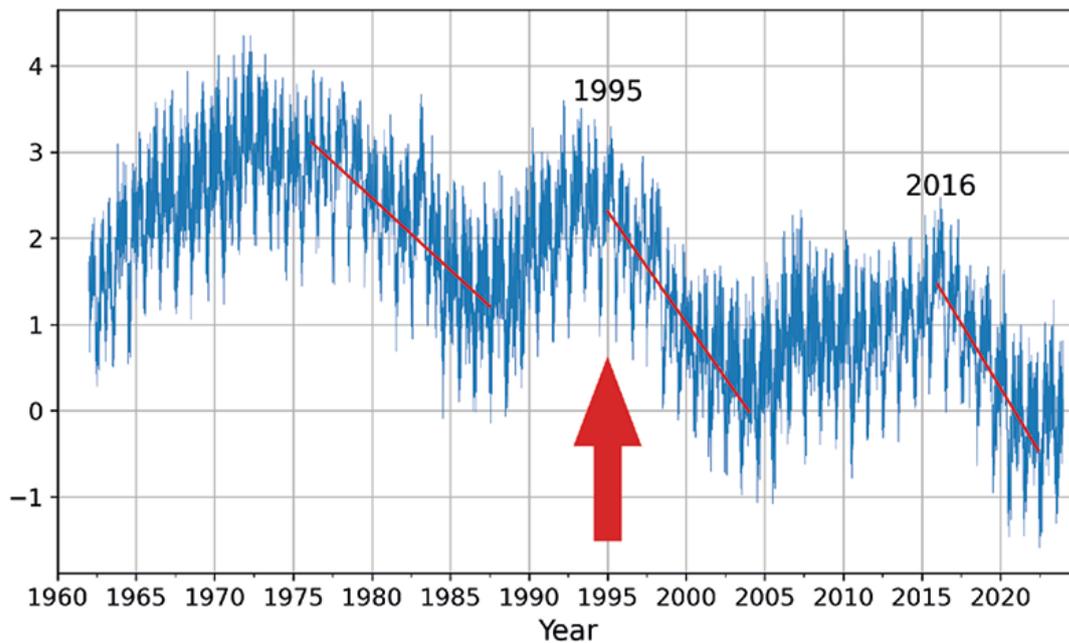


図59

1962年から2023年までの1日の長さの偏差（ミリ秒）。グラフの赤い線は傾向線を表し、日が短くなる速度を示している。例えば、左の線はあまり急ではないが、2016年からの加速度を表す右の線はほぼ垂直で、これは日が大幅に短くなっていることを意味し、惑星の自転が速くなっていることを示している。

データソースパリ天文台IERS地球指向センター。

一日の長さ - 地球の方位パラメータ:

[https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04\\_14\\_62-NOW\\_IAU1980-LOD&id=223](https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223)

<sup>47</sup>Deng, S., Liu, S., Mo, X., Jiang, L., & Bauer-Gottwein, P. (2021). 1990年代の極移動は陸域の貯水量の変化で説明される。 Geophysical Research Letters, 48(7). <https://doi.org/10.1029/2020gl092114>

こうして1995年、地球の3つの地球物理学的パラメータに突然の同時変化が起こった：

- ・ 北磁極のドリフトの加速
- ・ 地球の自転軸の方向と加速度の変化
- ・ 地球の自転の加速

すなわち、磁場は地核のジオダイナモによって作られ、惑星の自転速度と自転軸は地球の質量中心（内核）に依存している。このことから、1995年に地球のコアで重大かつ異常な変化が始まり、そのプロセスには莫大なエネルギーが必要であると結論づけることができる。

すべての生物種を致命的な宇宙線や太陽放射から守っている地球の磁場の弱体化も、地核の

こうした変化と関連している。科学者たちは、地磁気に起きている変化を懸念している。過去50年間で、磁場の強度<sup>48</sup>が急激に低下しており、これは磁場が弱まっていることを意味し、予測によるとこの傾向は続くとされている（図60）。過去100年の間に、磁場の強度は10～15%減少し、近年、このプロセスは顕著に加速している。しかもこの問題は、過去12,000～13,000年で最大の弱まり方をしている。磁場の弱まりは地球上で不均一に起こっている。磁場が30%弱まった地帯があり、これは大西洋の南部と南米の南大西洋異常地帯と呼ばれる地域で起こっている。

双極子モーメントと軸双極子モーメントの時系列

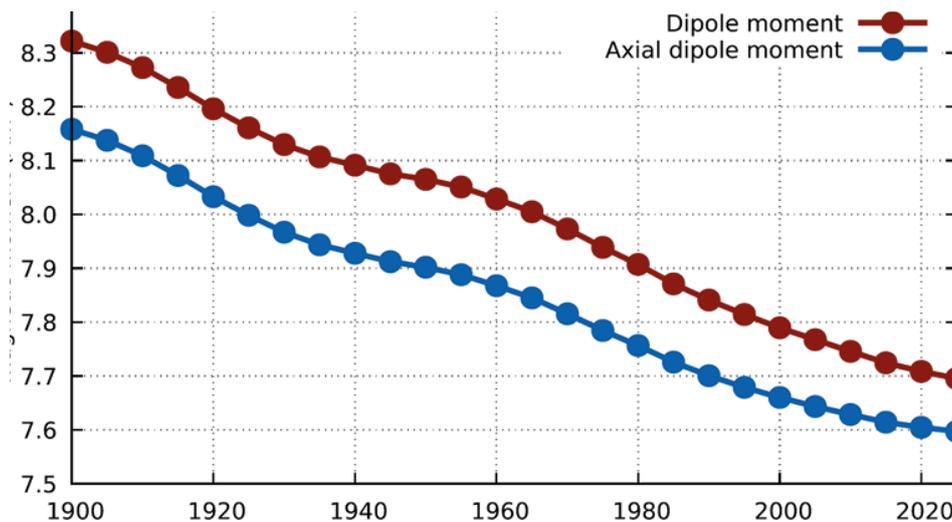


図60

1900年から2020年までの地球の双極子磁気モーメントの大きさ。

このグラフは、地球の双極子磁場の強さが1900年以降どのように減少してきたか、そして今後さらに減少すると予測されていることを示している。赤色は、この減少傾向が2020年まで続き、2025年まで続くと予測されていることを示している。

出典: Alken, P., Thébault, E., Beggan, C.D. et al. (2021). 国際地磁気基準磁場：第13世代。 Earth Planets Space 73, 49. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01288-x>

<sup>48</sup> Tarasov, L. V. (2012) 地球磁気学：教科書。 Dolgoprudny: Intellect Publishing House, 184 p.

Channell, J. E. T., & Vigliotti, L. (2019). 人類と大型哺乳類の第四紀後期進化における地磁気強度の役割。 Reviews of Geophysics, 57 <https://doi.org/10.1029/2018RG000629>

デンマークの科学者たちは、デンマークの衛星エルステッドから得られた地球の磁場の観測結果を分析した結果、同様の結論に達した。大西洋の南部と北極に、「磁気ホール」と呼ばれる磁場の強度が異常に低い地帯を発見したのだ。科学者たちは、このような「磁気ホール」の存在は、人工衛星、飛行機、船舶の航行装置の作動、無線通信の妨害、渡り鳥の方向感覚の喪失、その他多くの問題、さらに恐ろしい予測不可能な問題を引き起こすと考えている。

ここ数年、磁場の弱まりによる異常な現象が

観測されている。赤いオーロラは、地球上の特徴的でない地域や、これまでオーロラが発生したことのない場所でも記録されており、特に2023年以降活発に発生している。

現在の理論によれば、地球の固体コアの周りを移動する溶けた鉄の流れが磁場の形成に関与している。2013年、リーズ大学の科学者たちは、1995年に始まったと思われる地球外核<sup>49</sup>(図61)の液体鉄の流れの加速によって、磁場のこれらすべての変化が起こり始めたことを発見した。

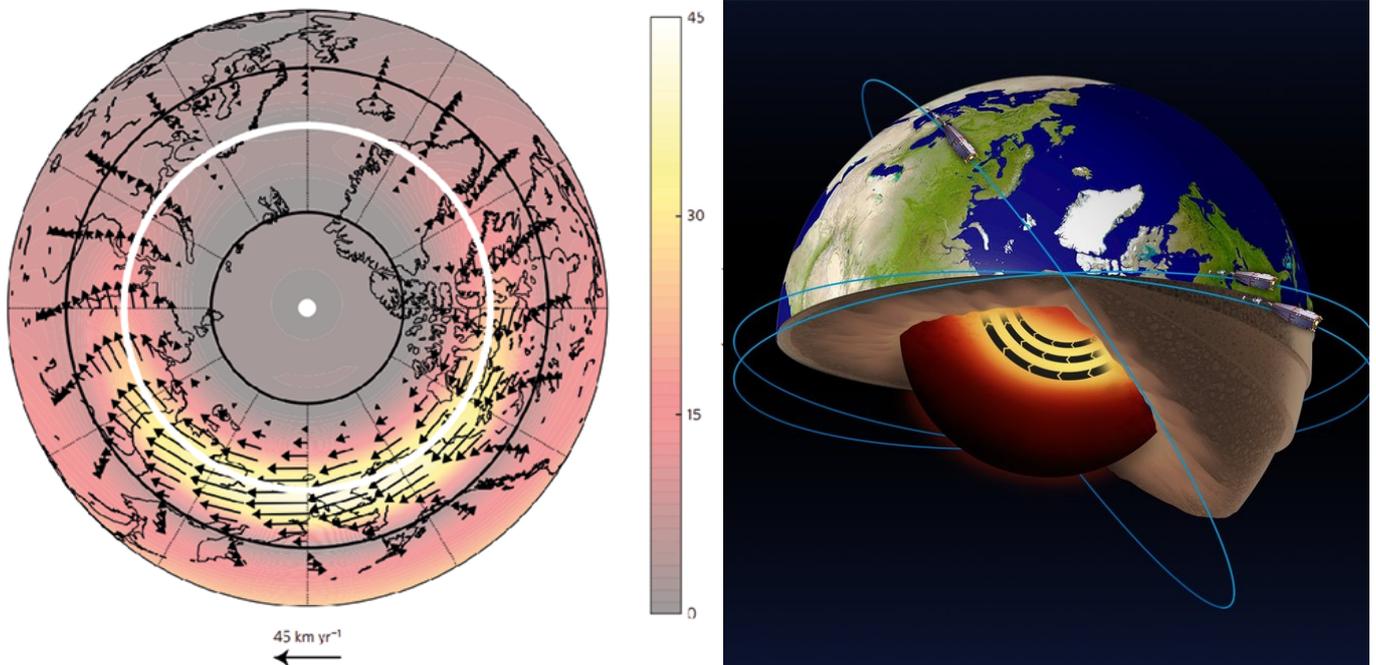


図61

ESAのSwarm衛星データの解析により、地下3000kmの地球コアの液体鉄部分にジェット気流が存在し、このジェット気流が加速していることが明らかになった。出典: ESA

Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). 地球のコアで加速する高緯度ジェット。Nature Geoscience, 10, 62–68. <https://doi.org/10.1038/ngeo2859>

<sup>49</sup>Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). 地球のコアで加速する高緯度ジェット。Nature Geoscience, 10, 62–68. <https://doi.org/10.1038/ngeo2859>

## 1998年の地核の変位

1997年から1998年にかけて、科学者たちは人工衛星を使って地球の重心を調査し、他に類を見ない現象、すなわち地球の内核の変位<sup>(50)</sup>を記録した。その結果、地球のコアは、西南極から西シベリアの線に沿って、ロシアのタイミル半島に向かって北上した(図62)。

同時に、4つの異なる研究チームが、地球のさまざまな地球物理学的パラメータの異常な変化を独自に記録し、この出来事を証明した。衛星データによると、モスクワ大学とロシア科学アカデミー地球物理学研究所の著者チームは、1998年<sup>51</sup>

(図63)に地球の質量中心の変位を記録した。同じ時期に、国際地球回転サービス(IERS)は地球の自転の急激な加速を記録した(図64)。同じ頃、イタリアのメディシナ観測所では、科学者たちが重力<sup>(52)</sup>の急激な変化を記録した(図65)。同時に、地球の形状<sup>(53)</sup>の急激な変化が観測された(図66)。これは、アメリカの人工衛星のレーザー距離計システムを使って記録されたものである。以前は逆の傾向であったが、地球は赤道付近で異常に膨張し始めた。

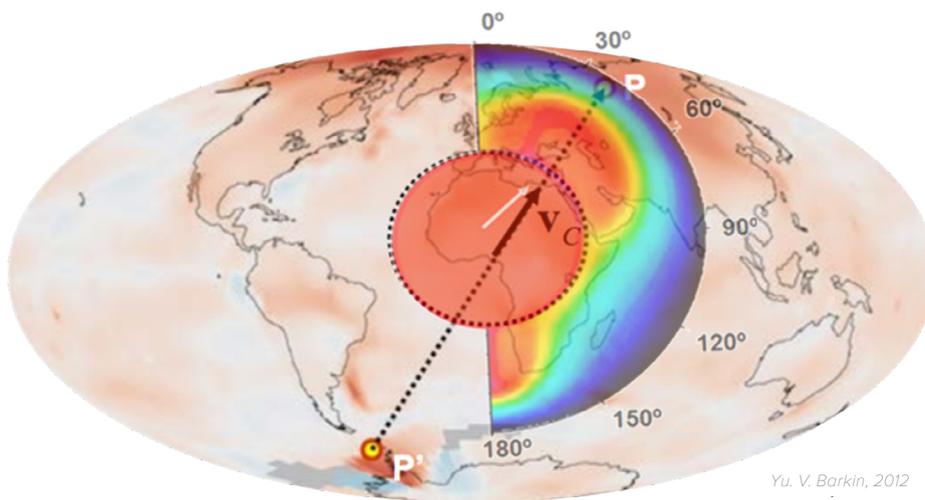


図62

1997-1998年の炉心変位と炉心変位によるマグマの熱波。(バーキン, Yu. V.)

この図は、西南極から西シベリア、タイミル半島に向かう内核の変位ベクトルを描いている。この図式は、大気温度偏差の地図と重なっている。

出典: 地球のコアとマントルの相対的変位と振動の地球物理学的意味。Yu.V.Barkinによるプレゼンテーション、モスクワ、IFZ、OMTS。2014年9月16日。

<sup>50</sup>Barkin, Y. V. (2011). 1997-1998 gg. ih edinyj mekhanizm [Synhronnyye skachki aktivnosti prirodnyh planetarnykh processov v 1997-1998 gg. ih edinyj mekhanizm [Synchronous spikes in the activity of natural planetary processes in 1997-1998 gg. and their unified mechanism]. in Geologiya morej i okeanov: Materialy XIX Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii po morskoy geologii [Geologiya morej i okeanov: Materialy XIX Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii po morskoy geologii : 海洋地質学に関する第十九回国際学術会議資料.] Moscow: GEOS, 5, 28-32 Smolkov, G. Ya. (2018). 太陽系と地球への外部からの影響の告発. Physics & Astronomy International Journal, 2(4), 310-321. <https://doi.org/10.15406/paij.2018.02.00104>

<sup>51</sup>Zotov, L. V., Barkin, Y. V. & Lyubushin, A. A. (2009). Dvizhenie geocentra i ego geodinamika [The motion of the geocenter and its geodynamics]. In 3rd. conf. 宇宙ジオダイナミクスと地球規模のジオダイナミクスプロセスのモデリング、ノボシビルスク、2009年9月22-26日、ロシア科学アカデミーシベリア支部。(pp. 98-101). Novosibirsk: Geo.

<sup>52</sup>Romagnoli, C., Zerbini, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). 高さと重力の変化に対する土壌圧密と熱膨張効果の影響. Journal of Geodynamics 35(4-5), 521-539. [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(03)00012-7)

<sup>53</sup>Cox, C., & Chao, B. F. (2002). 1998年以降の地球系における大規模な質量再分布の検出. Science, 297(5582), 831-833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>

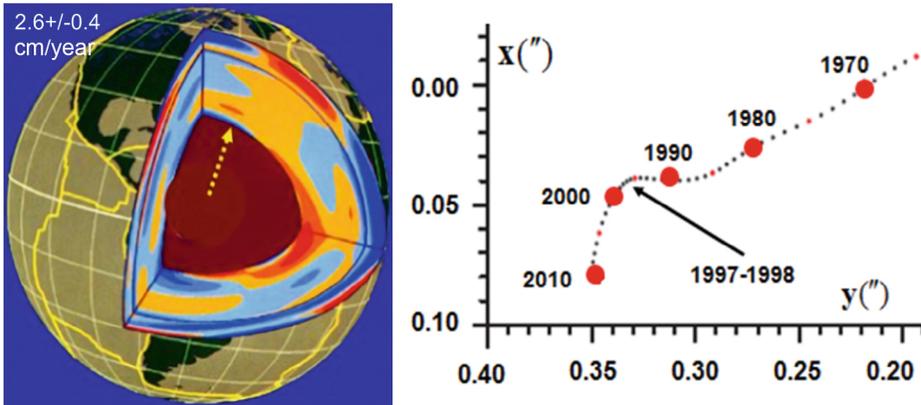


図63

地球の内部構造；1990年から2010年にかけての地球の重心の経年的移動の方向と、1997年から1998年にかけてタイミル半島に向かってほぼ90度回転した地球表面を横切る重心の軌跡 (Barkin Yu.V., Klige R.K., 2012)

1962年から2023年までの1日の長さの偏差 (単位：ミリ秒)

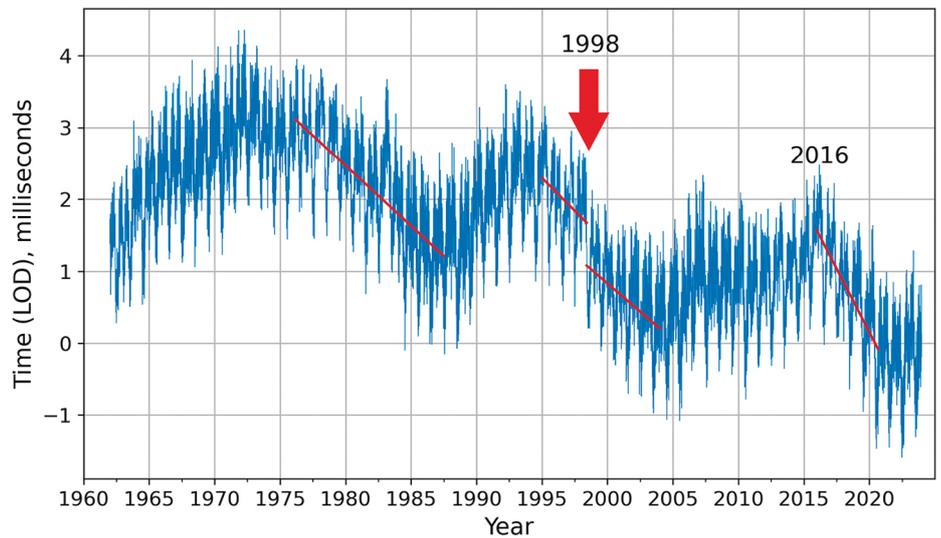


図64

1998年、国際地球回転・基準系サービス (IERS) が地球の自転の急激な加速を記録した。  
 データソース地球方位センター、パリ天文台。一日の長さ - 地球方位パラメータ:  
[https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04\\_14\\_62-NOW\\_IAU1980-LOD&id=223](https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223)

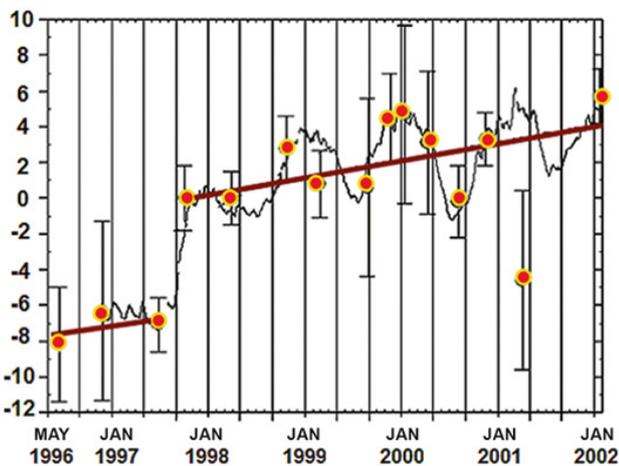


図65

1997年から1998年にかけて、イタリアのメディシナにある重力測定所が、地球の重力が突然跳ね上がったことを記録した。  
 出典: Romagnoli, C., Zerbini, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). 高さと重力の変化に対する土壌圧密と熱膨張効果の影響。 *Journal of Geodynamics*, 35(4-5), 521-539.  
[https://doi.org/10.1016/s0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/s0264-3707(03)00012-7)

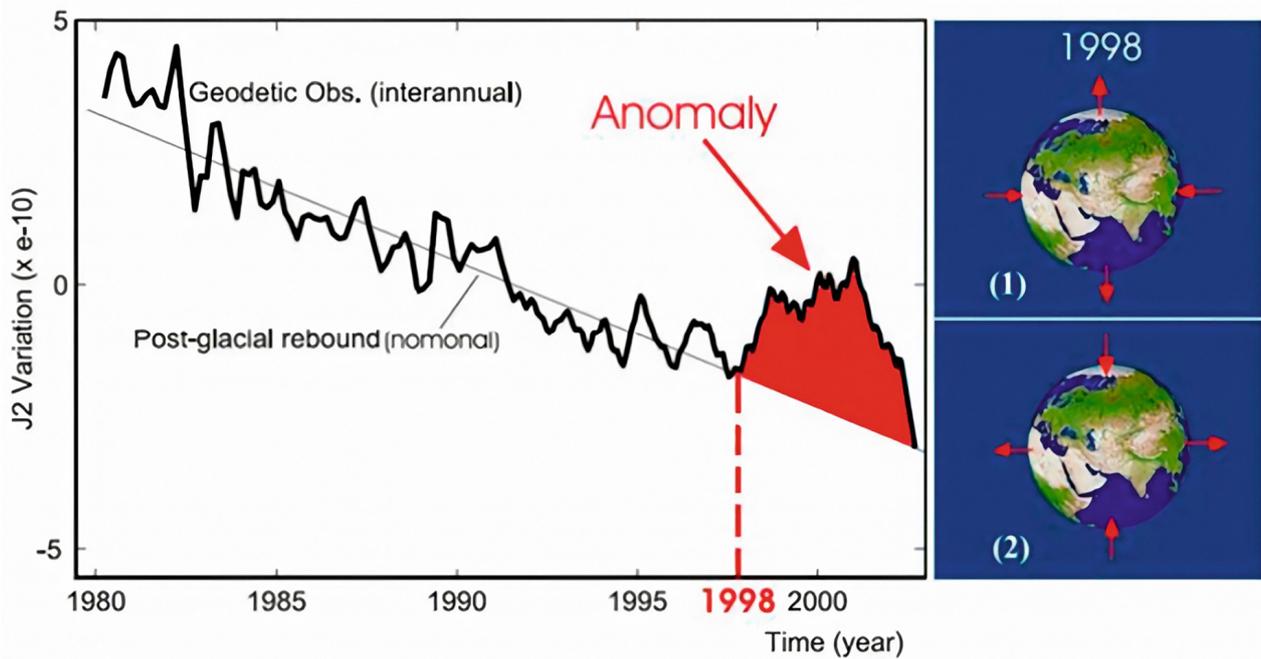


図66

1998年、フランスのレーザー距離計システムDORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) のデータによると、地球の形状に急激な変化が観測された。

出典: Cox, C., & Chao, B. F. (2002). 1998年以降の地球系における大規模な質量再分布の検出。 *Science*, 297(5582), 831–833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>

物理数学博士のユーリ・バーキン教授、技術科学博士のゲンナディ・スモルコフ教授<sup>(54)</sup>、地理科学博士のミハイル・アルシャノフ教授<sup>(55)</sup>、ロシア科学アカデミーのアカデミシャンでありロモノソフ・モスクワ国立大学の名誉教授、地質鉱物学博士のヴィクトル・カイン教授<sup>(56)</sup>、その他多くの

研究者によると、コアの変位は地球のすべての殻に変化をもたらした。

月に匹敵する大きさの地球のコアがかなり変位していることは、惑星の内部構造にそのような変化を引き起こすことができる影響や力の性質や規模について疑問を投げかけるものである。

<sup>54</sup> Barkin, Yu. V. & Smolkov, G. Ya. (2013). 1997-1998 年における地力学的・地球物理学的現象の傾向の急激な変化。 In All-Russian Conf. on Solar-Terrestrial Physics, dedicated to the 100th anniversary of the birth of a corresponding member of the Russian Academy of Sciences Stepanov V.E. (September 16-21, 2013, Irkutsk), Irkutsk, 2013.

<sup>55</sup> Arushanov, M. L. (2023). 地球の気候変動の原因、宇宙からの影響として、人為的地球温暖化についての神話を払拭する。 *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 53, 4–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>

<sup>56</sup> Khalilov, E. (Ed.). (2010). 地球環境の変化：文明の進歩を脅かすもの。 *GEOCHANGE: Problems of Global Changes of the Geological Environment*, 1, London, ISSN 2218-5798.

## 地殻変動と気象の相互関係

以上の事実をまとめると、ここ数十年の間に、地球のさまざまな層の殻で次のような異常な変化が起こり始めている:

### 1.惑星の地球物理学的パラメータの変化

1995年以降の地球の自転加速度の異常。

1995年、惑星の自転軸の急激なずれと加速。

### 2.地核における地磁気パラメータの変化

1995年の北磁極ドリフトの急激な加速。

磁場強度の減少、磁気異常の面積の増加。

### 3.コア

1995年以降の外核における液体鉄の流れの加速。

1997年から1998年にかけて、西南極から西シベリア、タイミル半島に向かう線に沿って内核が急激に移動した。

### 4.マントル

1995年以降、深さ300~750kmの深発地震が激増。

### 5.リソスフェア (岩石圏)

1995年以降の地震活動の増加。これまで地震が記録されたことのない地域で地震が発生している。

異常な火山・マグマ活動;噴出する溶岩の組成の変化。

1995年以降、マグマ噴出孔の上方、内部からの熱の増加により、氷河の融解が加速している。

### 6.海洋

海洋表面温度と海洋水蒸発量のかつてない増加。

### 7.大気

成層圏と中間圏の冷却、熱圏の薄層化、大気各層における原子・分子酸素濃度の減少。対流圏の気温の上昇。

ハリケーン、洪水、山火事、干ばつ、竜巻の威力と数の極端な増加。

本報告書では、地殻変動と気候変動の相互作用を示すモデルを紹介する。このモデルは、地球の全層にわたる平衡の同時崩壊と、地球の地力学的な異常の出現を解明するために開発された。この現象は、地球表面における極端な気候現象の頻度の上昇を伴っている。このモデルの本質的な側面は、これらのプロセスと人為的活動による脅威との関連性を強調している。

明らかに現在、地核には不均衡が生じ、温度上昇が起こっているようだ。それは1995年の外核の液体鉄の流れの加速と1998年の内核の変位として現れた。この外核の液体鉄の流れの加速は、北磁極がより速く移動し始めたまさにその理由であった。

この仮説によると、コアの変位によって惑星の自転が加速され、惑星の遠心力と赤道に沿った変形が増大する。遠心力の増加により、マグマがマントルの中で地表に向かって急激に上昇し始め、通常よりも内側から岩石圏を浸食し加熱する。海洋地殻は薄いため、上昇するマグマの圧

力を受けやすい。おそらくマグマは海底下のいたるところに浸透している。海水温度が上昇し、海水温度が上昇した異常域が出現する。おそらく、マグマの上昇によって地球内部からの地熱流が増加し、西南極やグリーンランド中央部の氷河の下でマグマの噴出が高まり、温室効果ガスの排出と連動して氷河の融解が下から上に加速しているのだろう。西シベリアなど地殻の薄い地域では地下水の温度が上昇している。マグマの上昇が火山、地震、地殻変動プロセスの活性化を引き起こしていることは明らかであり、異常降水、ハリケーン、洪水、山火事の頻度増加といった破局的気候現象の頻度と規模を増大させている可能性も高い。モデルによると、コアの変化の結果、磁場が極端に弱まり、大気上層部の変化、薄層化と冷却、太陽風の侵入の激しさによる酸素濃度の減少を引き起こしている。これらの要因が、異常で変則的なオーロラに現れている可能性が高い。

## 太陽系の他の惑星の変化

観測によると、太陽系の他の惑星では、“死んだ”とされる惑星でさえも、その内部で地球と同じプロセスが同期して起こり始めた。本レポートで述べられている仮説によれば、このような現象は、太陽系惑星のコアに地球と同じような変化が起きている場合にのみ起こりうる。

先に述べたように、内核の位置を変え、外核の鉄の流れを加速させるには、膨大な量の追加エネルギーが必要である。このエネルギーは、1995年に地球のシステムに大量に入り始めたと考え

られる。このように、太陽系の他の惑星における同期的な変化は、惑星のコアに影響を与える何らかの外部からの宇宙的影響があることを示唆している。

以下のインフォグラフィック画像は、ここ数十年の間に太陽系惑星とその衛星で起こった同期的変化を示している。この情報を確認・補足するために、関連する科学的情報源へのリンクが張られている。



### 水星

**2011-2015** 内生活動による水星表面の19の変化  
[DOI: 10.1029/2022GL100783](https://doi.org/10.1029/2022GL100783)



### 金星

**2006-2012** 風の強まり  
[DOI: 10.1016/j.icarus.2013.05.018](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.05.018)

**2006-2009** マグマのホットスポットが発見される  
[DOI: 10.1126/science.1186785](https://doi.org/10.1126/science.1186785)

**2012-2018** 火山活動が活発化  
[DOI: 10.1051/0004-6361/201833511](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833511)

**2020** 行われた調査で、金星は現在火山活動が活発であることが確認された。  
[DOI: 10.1126/sciadv.aax7445](https://doi.org/10.1126/sciadv.aax7445)  
[DOI: 10.3847/PSJ/ab8faf](https://doi.org/10.3847/PSJ/ab8faf)  
[DOI: 10.1038/s41550-020-1174-4](https://doi.org/10.1038/s41550-020-1174-4)



## 地球

- 1995

**地球北磁極の加速ドリフト**  
[DOI: 10.19080/IJESNR.2022.29.556271](https://doi.org/10.19080/IJESNR.2022.29.556271)
- 1995年以来

**大西洋のハリケーン活動は著しく増加している。**  
[DOI: 10.1038/nature06422](https://doi.org/10.1038/nature06422)
- 1997

**(2月28日、M7、5月10日、M6) のイランの地震では、2,600人以上が死亡した。**
- 1998

**(2月4日と5月30日) アフガニスタンで地震-7,000人以上が死亡。**
- 1998

**バングラデシュ史上最も深刻な洪水 - 国土の65%が浸水。**
- 1998

**インドのマルパ地滑り。**
- 1998年5月26日

**インドで50°Cに達する猛暑**
- 1998年5月30日

**アフガニスタンでマグニチュード7の地震**
- 1998年7月17日

**パプアニューギニアでマグニチュード7の地震と15メートルの津波**  
<https://pubs.usgs.gov/publication/70022643>
- 1998年7月

**中国での豪雨により290万戸の家屋が倒壊し、900万ヘクタール以上の農作物が壊滅的な被害を受けた。**  
[https://earth.esa.int/web/earth-watching/natural-disasters/floods/content/-/asset\\_publisher/zaop2IUloYKv/content/flood-yangtze-china-july-1998/](https://earth.esa.int/web/earth-watching/natural-disasters/floods/content/-/asset_publisher/zaop2IUloYKv/content/flood-yangtze-china-july-1998/)
- 1997-1998

**惑星コアの移動**  
 Zotov L.V., Barkin Yu.V., Lyubushin A.A. (2009)
- 1998

**地球の動的扁平率 (J2係数) の変化**  
[DOI: 10.1126/science.1072188](https://doi.org/10.1126/science.1072188)
- 2004

**インドネシア津波**  
[DOI:10.1785/gssrl.76.3.312](https://doi.org/10.1785/gssrl.76.3.312) and [DOI:10.1186/s40562-014-0015-7](https://doi.org/10.1186/s40562-014-0015-7)
- 2005

**累積サイクロンエネルギー (ACE) 指数が最も高い2005年ハリケーンシーズン**  
[DOI:10.1175/2007MWR2074.1](https://doi.org/10.1175/2007MWR2074.1)
- 2005

**ハリケーン・カトリーナ**  
[DOI:10.1257/jep.22.4.135](https://doi.org/10.1257/jep.22.4.135)



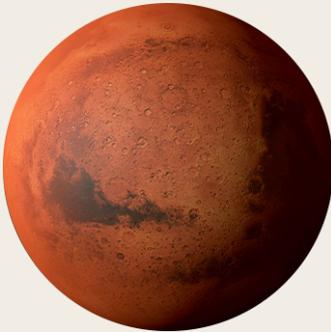
## 地球

- 2008** 中国地震  
[DOI:10.19044/esj.2023.v19n13p49](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n13p49)
- 2010** ハイチ地震  
[DOI:10.1029/2011GL049799](https://doi.org/10.1029/2011GL049799)
- 2011** 日本の地震。日本の東海岸沿いで共地震的な重力変化が検出される  
[DOI:10.1016/j.geog.2015.10.002](https://doi.org/10.1016/j.geog.2015.10.002)
- 1979-2017** ハリケーン活動の激化  
[DOI:10.1073/pnas.1920849117](https://doi.org/10.1073/pnas.1920849117)
- 2012-2017** 強い地震と相関する地球の自転速度の異常  
[DOI:10.1016/j.geog.2019.06.002](https://doi.org/10.1016/j.geog.2019.06.002)
- 2020** 北大西洋で記録上最も活発なハリケーン・シーズンが到来する(数量ベース)  
[DOI:10.3390/atmos13121945](https://doi.org/10.3390/atmos13121945)
- 2016-2023** 地球の自転速度の加速  
[datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOP-C04\\_14\\_62-NOW\\_IAU1980-LOD&id=223](https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOP-C04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223)
- 2021-2022** 溶岩の異常な化学組成と特性。大深度から噴出。異常に速い噴火  
[DOI:10.1038/s41586-022-04981-x](https://doi.org/10.1038/s41586-022-04981-x)  
[DOI:10.1038/s41467-022-30905-4](https://doi.org/10.1038/s41467-022-30905-4) [DOI:10.1029/2023GL102763](https://doi.org/10.1029/2023GL102763)



## 月

- 1997-1998** 月コアの変位  
[DOI:10.18698/2308-6033-2014-10-1335](https://doi.org/10.18698/2308-6033-2014-10-1335)
- 2022** コンプトン・ベルコビッチ領域で熱異常が検出される  
[DOI:10.1038/s41586-023-06183-5](https://doi.org/10.1038/s41586-023-06183-5)
- 2023** 南極における月土壌の熱異常  
[isro.gov.in/Ch3\\_first\\_observation\\_ChaSTE\\_Vikram\\_Lander.html](https://isro.gov.in/Ch3_first_observation_ChaSTE_Vikram_Lander.html)
- 2023年8月26日** 月の地震を検知  
[https://www.isro.gov.in/Ch3\\_ILSA\\_Listens\\_Landing\\_Site.html](https://www.isro.gov.in/Ch3_ILSA_Listens_Landing_Site.html)



# 火星

- 2003-2006** 火星内部から検出された活発なメタン放出  
[DOI:10.1126/science.1165243](https://doi.org/10.1126/science.1165243)
- 2014-2020** 火星内部から検出された活発なメタン放出  
[DOI:10.1029/2021EA001915](https://doi.org/10.1029/2021EA001915)
- 2004** 新しいタイプの火星オーロラが南半球で初めて観測される  
[DOI:10.1038/nature03603](https://doi.org/10.1038/nature03603)
- 2005** 南極冠の突然の収縮  
[DOI:10.1007/978-1-4614-4608-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4608-8_10)
- 2014-2021** 火星で278の個別の極オーロラが記録された。  
[DOI:10.1029/2021JA029495](https://doi.org/10.1029/2021JA029495)
- 2015** プロトンオーロラの発見  
[DOI:10.1038/s41550-018-0538-5](https://doi.org/10.1038/s41550-018-0538-5)
- 2018** 南極の氷冠の下に液体の水が発見される。  
[DOI:10.1029/2018GL080985](https://doi.org/10.1029/2018GL080985)
- 2019-2021** 1,300回以上の火山性地震が発生した。  
[DOI:10.1029/2022JE007503](https://doi.org/10.1029/2022JE007503)
- 2019-2020** ケルベロス海底の火山活動に関連した低頻度の繰り返し火山性地震  
[DOI:10.1038/s41467-022-29329-x](https://doi.org/10.1038/s41467-022-29329-x)
- 2022** エリシウム平原下の巨大マントル・プルームを示す惑星物理学的証拠  
[DOI:10.1038/s41550-022-01836-3](https://doi.org/10.1038/s41550-022-01836-3)
- 2022年5月4日** 最大M4.7の地震を観測  
[DOI:10.1029/2023GL103619](https://doi.org/10.1029/2023GL103619)
- 2022** 北極のオーロラが火星の半分を覆う  
[twitter.com/HopeMarsMission/status/1519311155768008704](https://twitter.com/HopeMarsMission/status/1519311155768008704)



# 木星

1992-1996,  
2005-2007

木星の北半球で磁気異常が強まった。

[DOI:10.1029/2008JA013185](https://doi.org/10.1029/2008JA013185)

2000-2001

ボイジャーの調査が行われた1980年以降、木星の内部温度は37%増加した。そして、この内部の温度上昇は太陽から受けるエネルギーよりも大きい。

[DOI:10.1038/s41467-018-06107-2](https://doi.org/10.1038/s41467-018-06107-2)

2005-2006

初めてもう一つの強力な赤い斑点、ジュニアが形成された。

[DOI:10.1088/0004-6256/135/6/2446](https://doi.org/10.1088/0004-6256/135/6/2446)

2009-2020

大赤斑内の風速が8%増加した。

[DOI:10.1029/2021GL093982](https://doi.org/10.1029/2021GL093982)

2012

大赤斑を覆う木星の大気圏上層部の異常な温度上昇は、下方からの影響を受けている。

[DOI:10.1038/nature18940](https://doi.org/10.1038/nature18940)

2016-2020

大気の上層部で異常な雷が記録された。

[DOI:10.1029/2020JE006659](https://doi.org/10.1029/2020JE006659)

2017

強い赤道ジェット気流を検出

[DOI:10.1051/0004-6361/202141523](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141523)

2017

木星の磁場は1980年代と比べ、特に大青斑の領域で惑星規模的な変化を遂げた。

[DOI:10.1038/s41550-019-0772-5](https://doi.org/10.1038/s41550-019-0772-5)

2019

南の極に別のハリケーンが出現した。

[nasa.gov/missions/juno/nasas-juno-navigators-enable-jupiter-cyclone-discovery](https://nasa.gov/missions/juno/nasas-juno-navigators-enable-jupiter-cyclone-discovery)

2022

風速約515KM/Hの狭い赤道成層圏ジェット気流が検出された。

[DOI:10.1038/s41550-023-02099-2](https://doi.org/10.1038/s41550-023-02099-2)



## イオ

**2000年代に入り** イオ最大の火山ロキの噴火サイクルが乱れ、噴火が頻発するようになった。

[EPSC Abstracts Vol. 13, EPSC-DPS2019-769-1, 2019](#)

**2003-2005** 4つの新しい若い火山の噴火

[DOI:10.1016/j.icarus.2015.12.054](#)

**2000, 2006, 2007** トヴァシュタール火山の大噴火

[DOI:0.1126/science.1147621](#)

**2013-2018** 新たに特有のホットスポットと噴火が発見された。

[DOI:10.3847/1538-3881/ab2380](#)

[DOI:10.1016/j.icarus.2014.06.006](#)

[DOI:10.1016/j.icarus.2014.06.016](#)

[DOI:10.1016/j.icarus.2016.06.019](#)

**2016-2022** 新たに発見された最も強力な7つの火山現象

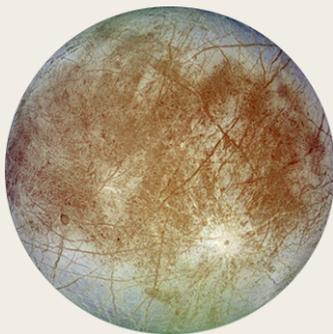
[DOI:10.3847/PSJ/acf57e](#)

**2022** 強力な火山噴火

[DOI:10.1029/2023JE007872](#)

**2022** 地下マグマの海が発見される

[DOI:10.3847/PSJ/ac9cd1](#)



## エウロパ

**1997** 加熱により発生したプルームの最初の証拠

[DOI:10.1038/s41550-018-0450-z](#)

**2016-2017** 地表上空の水蒸気を発見

[DOI:10.1038/s41550-019-0933-6](#)

**2018** ALMA観測で検出された地表の熱異常

[DOI:10.3847/1538-3881/aada87](#)

**2022** エウロパで内因性二酸化炭素が検出される

[DOI:10.1126/science.adg4270](#)



## 土星

- 2004-2006 雷雨観測  
[DOI:10.1016/j.icarus.2007.03.035](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2007.03.035)
- 2004 土星の南極に“ホットポイント”を発見  
[DOI:10.1126/science.1105730](https://doi.org/10.1126/science.1105730)
- 2006 広範囲のオーロラ  
[science.nasa.gov/resource/saturns-polar-aurora](https://science.nasa.gov/resource/saturns-polar-aurora)
- 2007-2010 23-26のサイクロンの連鎖  
[DOI:10.1016/j.icarus.2013.10.032](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.10.032)
- 2010 惑星を取り囲む白い大嵐が発生。結果は3年以内に現れた  
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.12.013](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.12.013)  
[DOI:10.1038/s41550-017-0271-5](https://doi.org/10.1038/s41550-017-0271-5)
- 2011 成層圏渦の起源と進化  
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.08.024](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.08.024)
- 2018 新しい中間タイプの嵐  
[DOI:10.1038/s41550-019-0914-9](https://doi.org/10.1038/s41550-019-0914-9)
- 2020 初めて極緯度に近い場所で対流性暴風雨が発生し、今年の新たな暴風雨のエピソードとなる  
[DOI:10.1029/2021GL092461](https://doi.org/10.1029/2021GL092461)



## 天王星

- 1999, 2004, 2005, 2011 明るい雲の特徴の検出  
[DOI:10.1016/j.icarus.2004.11.016](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2004.11.016)  
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.04.009](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.04.009)
- 2014 記録的な暴風雨  
[DOI:10.1016/j.icarus.2014.12.037](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.12.037)
- 2014 個々の観測間の大気の最高測定温度  
[DOI:10.1098/rsta.2018.0408](https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0408)
- 2014 雲のパターンの数が例年より大幅に多い  
[DOI:10.1016/j.icarus.2015.05.029](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2015.05.029)
- 2021, 2022 北極低気圧の強まり  
[DOI:10.1029/2023GL102872](https://doi.org/10.1029/2023GL102872)



## タイタン

1995, 2004,  
2008

突発的な雲の発生 - 暴風雨の活動

[DOI:10.1038/26920](https://doi.org/10.1038/26920) [DOI:10.1038/nature08193](https://doi.org/10.1038/nature08193)

[DOI:10.1016/j.icarus.2005.12.021](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2005.12.021)

2009

砂嵐の観測

[DOI:10.1038/s41561-018-0233-2](https://doi.org/10.1038/s41561-018-0233-2)

2009

極渦が形成され、2010年から2011年にかけて中間圏のホットスポットが発生し、中間圏の極端な冷却を引き起こした。

[DOI:10.1038/s41467-017-01839-z](https://doi.org/10.1038/s41467-017-01839-z)

2010

赤道付近のストームアロー

[DOI:10.1038/ngeo1219](https://doi.org/10.1038/ngeo1219)

2012

今起きているかもしれない火山活動の証拠

[DOI:10.1029/2019JE006036](https://doi.org/10.1029/2019JE006036)

2016

初めて記録された12万平方キロメートルの地域に影響した降雨現象 (メタン雨)

[DOI:10.1029/2018GL080943](https://doi.org/10.1029/2018GL080943)



## エンケラドス

2005

南極ホットスポットの発見

[DOI:10.1126/science.1121661](https://doi.org/10.1126/science.1121661)

2005

南極地形下の熱生産・輸送システムを発見

[DOI:10.1038/s41550-017-0063](https://doi.org/10.1038/s41550-017-0063)

2022

エンケラドスの熱流の分析から、熱の起源が内因性であることが判明

[DOI:10.5194/epsc2022-219](https://doi.org/10.5194/epsc2022-219)

2023

NASAウェブ望遠鏡チームが、6000マイル以上に及ぶ新たな大噴煙を観測

[nasa.gov/solar-system/webb-maps-surprisingly-large-plume-jetting-from-saturns-moon-enceladus](https://nasa.gov/solar-system/webb-maps-surprisingly-large-plume-jetting-from-saturns-moon-enceladus)



## 海王星

2015 新たな暗黒の渦が発見され、2017年まで観測される

[DOI:10.3847/1538-3881/aaa6d6](https://doi.org/10.3847/1538-3881/aaa6d6)

2017 赤道直下で嵐が発生

[DOI:10.1016/j.icarus.2018.11.018](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2018.11.018)

2018 新たな大暗点の形成

[DOI:10.1029/2019GL081961](https://doi.org/10.1029/2019GL081961)

2018-2020 気温の異常な急上昇、南極の劇的な温暖化

[DOI:10.3847/PSJ/ac5aa4](https://doi.org/10.3847/PSJ/ac5aa4)



## 冥王星

2002 1988年以降、気圧が2倍に上昇

[DOI:10.1038/nature01762](https://doi.org/10.1038/nature01762)

2015 大気中のCOとHCNを検出

[DOI:10.1016/j.icarus.2016.10.013](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2016.10.013)

2015 気圧はピークに達し、その後わずかに低下し、2020年には2015年に観測されたレベルとほぼ同等になる

[DOI:10.1051/0004-6361/202141718](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141718)

2015 表面に多数の氷の火山帯地形が発見された

[DOI:10.1038/s41467-022-29056-3](https://doi.org/10.1038/s41467-022-29056-3)

2019 地下の海を発見

[DOI:10.1038/s41561-019-0369-8](https://doi.org/10.1038/s41561-019-0369-8)



# 太陽

- 1972年8月  
4日

大規模な太陽フレアが米国の一部の州で長距離通信を中断させた  
[DOI:10.1029/2018SW002024](https://doi.org/10.1029/2018SW002024)
- 1989年3月  
13日

20世紀最大の磁気嵐。キューバやフロリダまでオーロラが見えた  
[DOI:10.1029/2019SW002278](https://doi.org/10.1029/2019SW002278)
- 2000年7月  
14日

太陽フレア。軌道上の衛星がショートし、いくつかの無線局が停止した  
[DOI:10.1029/2002GL014729](https://doi.org/10.1029/2002GL014729)
- 2003年10月  
28-31日

地磁気スーパーストーム。衛星システムの障害、スウェーデン南部の高圧送電システムの一部ダウン  
[DOI:10.1029/2004SW000123](https://doi.org/10.1029/2004SW000123)
- 2005年9月

中間圏と熱圏の温度と組成に影響を与えた強力な地磁気嵐  
[DOI:10.1029/2018JA025294](https://doi.org/10.1029/2018JA025294)
- 2006年12月  
5日

過去に報告された太陽フレアの約10倍の規模。太陽極小期に近い時期に発生。GPSシステムに大きな影響  
[DOI:10.1029/2007SW000375](https://doi.org/10.1029/2007SW000375)
- 2012年7月  
23日

地球軌道に向かう2つの大きなコロナ質量放出。この嵐の威力は、1859年のキャリントン嵐の推定値を上回った  
[DOI:10.1002/swe.20097](https://doi.org/10.1002/swe.20097)
- 2015年6月  
21日

地磁気嵐により南北アメリカ大陸の電波が遮断  
[DOI:10.1007/s11207-018-1303-8](https://doi.org/10.1007/s11207-018-1303-8)
- 2017年9月  
6日

第24太陽周期で最も強力なフレアが記録された  
[DOI:10.1029/2018SW001969](https://doi.org/10.1029/2018SW001969)
- 2019年12月

第24太陽周期が終わり、第25太陽周期が始まった  
[weather.gov/news/201509-solar-cycle](https://www.weather.gov/news/201509-solar-cycle)
- 2022

SPACEX STARLINKは、1月29日のコロナ質量放出による地磁気嵐により、軌道への打ち上げ中に38基の衛星を失った  
[DOI:10.1029/2022SW003193](https://doi.org/10.1029/2022SW003193)
- 2023

太陽嵐はさらなる飛行遅延を引き起こすことが明らかになった。  
[DOI:10.1038/s41598-023-30424-2](https://doi.org/10.1038/s41598-023-30424-2)
- 2023年6月  
22日

1日に現れる黒点数 (240) が第24太陽周期の最大値 (220) を上回る  
[sidc.be/silso/dayssnplot](https://sidc.be/silso/dayssnplot)

太陽系のこのような現象が太陽活動によって引き起こされるという仮定は、事実によって裏付けられていない。太陽系惑星とその衛星の異常な変化は1995年の太陽活動の極小期に始まった。図67の太陽活動周期図を見ると、1995年の太陽活動は極小であり、太陽活動によってこれらの変化が引き起こされたとは考えられない。

したがって、太陽が他の惑星にこれほどの影響を与えることはありえない。さらに、太陽系全体の中で、太陽が宇宙の影響に反応したのは一番最後であるというのは、その巨大な質量のためであろう。太陽系のすべての惑星と太陽で同期して変化が起きていることから、惑星内で膨大なエネルギーが発生するきっかけとなる、近傍または深宇宙からのある特定の要因があると考えるのが自然である。このエネルギーは惑星系内で発生し、惑星の他の層を素通りして、コアの周りに集中する。その結果、仮説によれば、惑星のコアは温度上昇し、変位が起こる。重力、電磁気、音響、宇宙放射線など、既知の科学的影響は、コアに直接影響を与えながら同時に我々の測定器に検知されないということはない。したがって、この理論によれば、太陽系内のすべての惑星で現在観測されている変化を、上記のどの影響も引き起こすことはできない。

上記の事実に基づき、この影響は未解明の物理的原理に基づいて作用していることを示唆する

太陽周期の変動

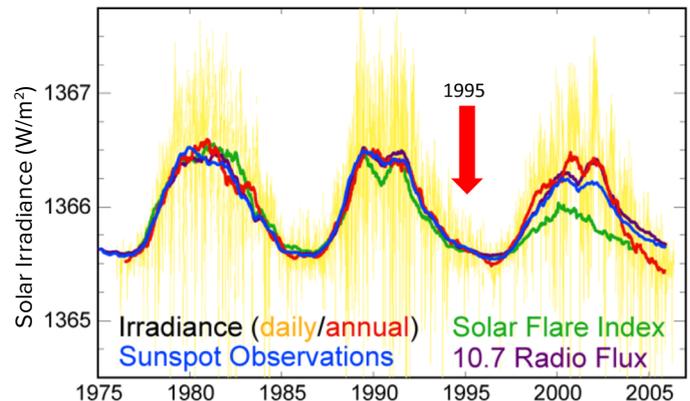


図67

過去30年間の太陽周期の変動

この図は、太陽放射、黒点の数、太陽フレア活動、10.7cm電波フラックスによって測定された、1975年から2005年間の3つの太陽サイクルを示している。このグラフは、1995年に太陽の活動が最小であったことを明確に示しており、それゆえ1995年の地球のコアや他の惑星のコアの変化の原因にはなり得ない。

出典: 画像は公表データを基にロバート・A・ローデが作成。

データソース: <https://www.pmodwrc.ch/en/research-development/solar-physics/tsi-composite/>

仮説が立てられた。現代科学はこのような現象に初めて遭遇している。公式には登録されていない現象だが、その現れは観察することができる。このエネルギーは、地震やマグマ活動が活発化し始めている死滅した惑星をも復活させるという仮説がある。これは、地震<sup>57</sup>、マグマ<sup>58</sup>活動が増加し始めた火星で確認されている。

<sup>57</sup>Dahmen, N., Clinton, J. F., Meier, M., Stähler, S., Ceylan, S., Kim, D., Stott, A. E., & Giardini, D. (2022). MarsQuakeNet: ディープラーニング技術によって得られた、より完全な火星地震カタログ。 *Journal of Geophysical Research: Planets*, 127(11). <https://doi.org/10.1029/2022je007503>

Sun, W., & Tkalčić, H. (2022). 火星上部マントルで繰り返し起こった地震。 *Nature Communications*, 13, 1695. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29329-x>

Fernando, B., Daubar, I. J., Charalambous, C., Grindrod, P. M., Stott, A., Abdullah Al Ateqi, Atri, D., Ceylan, S., Clinton, J., Fillingim, M. O., Hauber, E., Hill, J. R., Kawamura, T., Li, J., Lucas, A., Lorenz, R. D., Ojha, L., Perrin, C., S. Piqueux, & Stähler, S. C. ... Banerdt, W. B. (2023). InSight が観測した最大の火星地震のテクトニック起源。 *Geophysical Research Letters*, 50(20). <https://doi.org/10.1029/2023gl103619>

<sup>58</sup>Broquet, A., & Andrews-Hanna, J. C. (2022). 火星エリジウム平原下の活発なマントル・ブルームに関する地球物理学的証拠。 *Nature Astronomy*, 7, 160–169. <https://doi.org/10.1038/s41550-022-01836-3>

## 天文的プロセスとその周期性

仮説によると、ある種のエネルギーからなるこの影響は、地球の他の殻に影響を与えることなく、地球の内核のみに直接的かつ単独で相互作用する。このような相互作用は、内核の密度が非常に高く、その構造が一般に受け入れられている鉄・ニッケル理論とは異なることに起因している可能性がある。物理数理論科学博士のI.M.ベロゼロフ博士の仮説によると、内核は全く異なる構造をしており、中性子星の構造に近い<sup>59</sup>。一方、外核はニッケル、鉄、その他の金属合金で構成されている可能性が高い。仮定によれば、太陽系の他の惑星、ガス惑星でさえも、コアは似たような構造をしている。

本報告で提案する仮説は、暗闇の中の懐中電灯の光線を連想させる例で、この地球への影響の本質を考察するものである。散乱光に囲まれた集中光線を想像してみよう。すべてのデータを総合的に分析すると、現在地球に届いているのは光の散乱部分だけである。現在進行中のプロセスの観測によると、集中光線はまだ地球に到達していないが、地球ではすでに激変の頻度と強度が急激に増加している。さらに数理モデルによ

ると、この傾向は今後もエスカレートしていくと予想されている。地球がこの種の影響に遭遇するのは初めてではないことに注意することが重要である。地球の地質学的な歴史は、地球が地球規模の気候変動と地殻変動という同じような局面を繰り返し経験してきたことを示している。

第四紀堆積物の地質年代学的研究、氷床コアの調査、および人類種の絶滅を含む大規模な絶滅の痕跡に基づくと、過去において地球は、およそ12,000年ごとに大規模な気候の激変に直面していたと結論づけることができる<sup>60</sup>。氷床コアに含まれる火山噴火の火山灰層の調査や他の年代学的研究によって証明されているように、24,000年ごとの惑星災害は、おそらく何倍も強力であった。<sup>61</sup>M. Arushanov, V. Bubnenkov, A. Baturin<sup>62</sup>, V. Bushuev<sup>63</sup>, I. Kopylov<sup>64</sup>, N. Petrov<sup>65</sup>, Ye. Smotrin<sup>66</sup>, Douglas Vogt<sup>67</sup>,そして他の多くの研究者たち<sup>68,69,70,71</sup>は、地球上の大異変が約12-13,000年の周期で起こっていることを理解するようになり、現在、データの総合的な分析によると、人類はこの周期の活動期に入りつつある。

<sup>59</sup> Belozerov, I. M. (2008). 物理学者が見た自然. International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, 12(68).

<https://cyberleninka.ru/article/n/priroda-glazami-fizika/viewer>

Hruzdov, V. I. (October 2021). Nejttronnaja Vselennaja, Gl. 10. Raschjot nejtronnogo jadra Zemli [Neutron Universe. Ch. 10. Calculation of the Earth's neutron core]. モスクワ: Libmonster Russia.

<https://libmonster.ru/m/articles/download/17227/4846>

<sup>60</sup> Arushanov, M. L. (2023). 地球の気候変動の原因、宇宙からの影響として、人為的地球温暖化についての神話を払拭する. Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft, 53, 4–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>

Arushanov, M. L. (2023). Dinamika klimata. Kosmicheskie faktory. [Climate Dynamics. Cosmic Factors]. Hamburg: LAMBERT Academic Publishing.

<sup>61</sup> Sawyer, D. E., Urgeles, R., & Lo Iacono, C. (2023). テレニア海、マルシリ海盆における5万年にわたる火山砕屑物のメガベッド堆積. Geology, 51(11), 1001–1006. <https://doi.org/10.1130/g51198.1>

<sup>62</sup> Baturin, A. M. (2001). Periodichnost globalnykh katastrof - 12166 let. [地球規模の大災害の周期性-12166年] Monograph. Kursk CSTI.

<sup>63</sup> Bushuev, E. V., & Kopylov, I. P. (2005). Kosmos i Zemlja. Elektromekhanicheskie vzaimodejstvija. [宇宙と地球。電気機械的相互作用]. Monograph. モスクワ: エネルギー.

<sup>64</sup> Kopylov, I. (2001, November 1) Elektromekhanika Solnechnoj sistemy [太陽系の電気力学]. NVO.

<sup>65</sup> Petrov, N. V. (2015). 地球の気候: 宇宙における生命保存の法則の立場から見た地球の気候変動問題の解決策. Ecology and Society Development: Journal of the International Academy of Ecology, Human and Nature Safety Sciences, 4, 11–23. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001d/2551-ptr.pdf>

<sup>66</sup> Smotrin E. G., 軍事科学候補生. (1998). 自然災害と大災害-西暦3千年紀を迎えるに当たり、惑星とユーラシアの安全保障に対する主な脅威。地球戦略と技術XXIから取得: <http://www.geost-21.ru/ru/node/1>

<sup>67</sup> Vogt, D. B. (2007). 神の審判の日: 地球温暖化の本当の原因 (第1版). Vector Associates. ISBN-13:978-0-930808-08-2

Vogt, D. B. (2015). 多次元現実の理論。ベクター・アソシエイツ。Vector Associates. ISBN-13: 978-0-930808-10-5.

<sup>68</sup> Davidson, B. (2021). 次の世界の終わり宇宙天気ニュース。ISBN 9781098357788

<sup>69</sup> Thomas, C. (1993). アダムとイブの物語: 激変の歴史。Bengal Tiger Pr, ISBN 9781884600012

<sup>70</sup> White, K. W. (1992). 危機の世界: 第46/72偵察飛行隊の起源、任務、科学的発見, K. White, ISBN 0962891681.

<sup>71</sup> Hapgood, C. H. (1958). 地球の地殻変動: 地球科学の基本問題への鍵。Pantheon Books, - Science.

地質学、古生物学、考古学の分野では、このサイクルの過去の災害を示す証拠が数多く存在する。これらの大災害はいずれも、地球の気候の急激な変化だけでなく、磁場の弱体化と極ドリフト、

広範囲にわたる壊滅的な火山噴火、地殻変動、大気温度差10°Cの変動(72)、世界的な海面水位の変化、それに続く大規模な氷河といった、完全な地力学的再編成を特徴としていた(図68~72)。

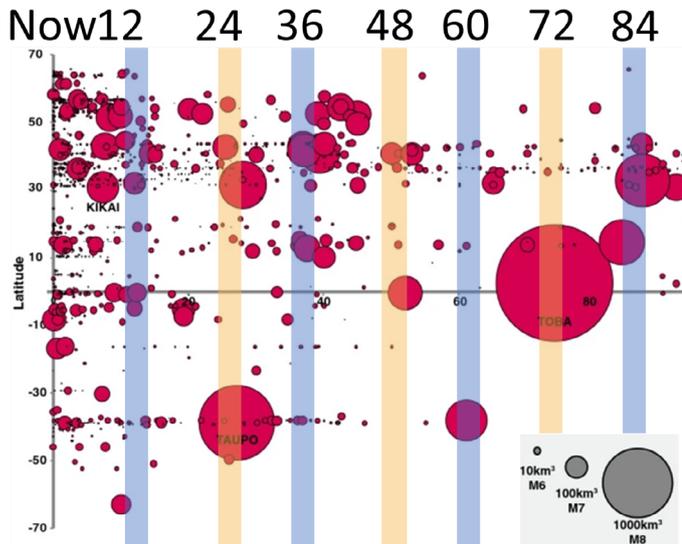


図68

西暦2013年から10万年前までの地球規模の噴火。北緯70度から南緯70度にかけての紀元前10万年にわたる世界規模の噴火。写真では、そのような噴火がいつ起こったかを見ることができる。円の大きさは噴火の規模を反映している。大きな赤い丸は、24,000年ごとに火山噴火がより壊滅的であることを示している。

出典: Brown, S. K., Crosweller, H. S., Sparks, R. S. J., Cottrell, E., Deligne, N. I., Guerrero, N. O., Hobbs, L., Kiyosugi, K., Loughlin, S. C., Siebert, L., & Takarada, S. (2014). 第四紀噴火記録の特徴: 大規模爆発的火山噴火 (LaMEVE) データベースの解析。 *Journal of Applied Volcanology*, 3(5). <https://doi.org/10.1186/2191-5040-3-5>

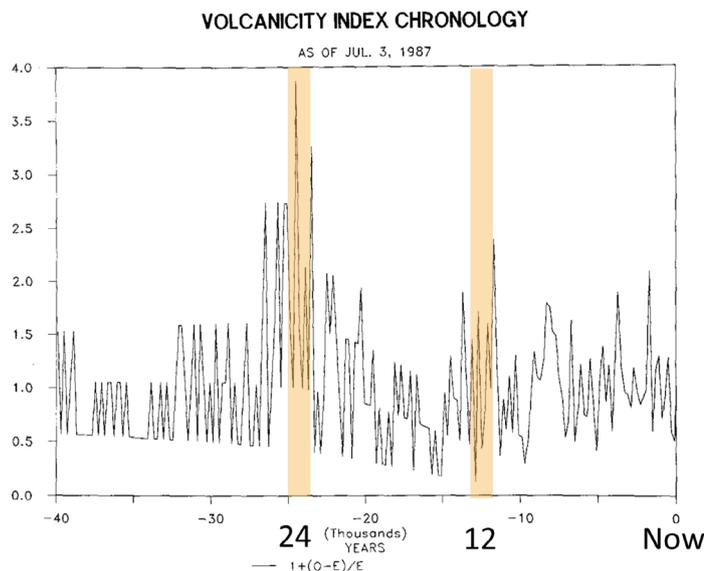


図69

氷床コアのデータによる過去4万年間の火山活動の規模。放射性炭素年代測定に基づく火山噴火回数の年表。

出典: Bryson, R. A. (1989). ミランコビッチ気候強制の第四紀後期の火山調節。 *Theoretical and Applied Climatology*, 39, 115-125. <https://doi.org/10.1007/bf00868307>

Now 12 24 36 48 60 72 84 96 108 120

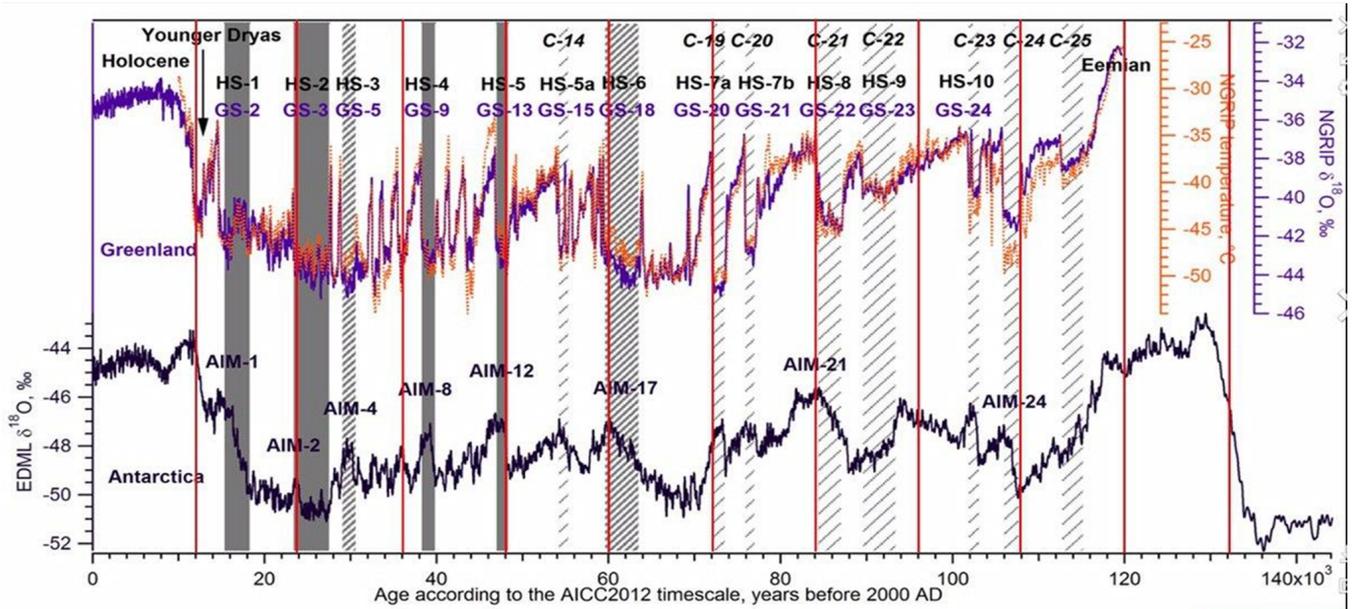


図70

グリーンランドと南極の氷床コアの温度偏差。

出典: Heinrich, H. (1988). 過去13万年間の北東大西洋における周期的な氷筏形成の起源とその結果。第四紀研究, 29(2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)

Event	Age in thousands of years before present		
	Hemming (2004)	Bond & Lotti (1995)	Vidal et al. (1999)
H0	~12		
H1	16.8		14
H2	24	23	22
H3	~31	29	
H4	38	37	35
H5	45		45
H6	~60		

H1 and H2 are identified using radiocarbon dating, H3-6 are correlated with GISP2.

図71

北大西洋の海洋堆積物コアに最初に記録されたハインリッヒ現象のおおよその相対位置。

出典: Heinrich, H. (1988). 過去13万年間の北東大西洋における周期的な氷筏形成の起源とその結果。第四紀研究, 29(2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)

Time (Years Ago)	Magnetic Event	Volcanic Candidates	Biosphere Stresses
~12,000	Gothenburg	Eifel Complex (German), Phlegrean Fields (Italy)	Mega-Faunal Extinction, Global
~25,000	Lake Mungo	Aira Caldera (Japan), Taupo (New Zealand)	Mega-Faunal Extinction, Australia/Eurasia, W.Africa Human Abandonment
~36,000	Mono Lake	Campi Flegrei (Italy), Gorley (Russia)	Mega-Faunal Extinction, North America
~47,000	Laschamp	Kulje Lake (Russia), Lake Shikotsu (Japan)	Mega-Faunal Extinction, Global, Neanderthal Extinction
~60,000	Vostok	(None VEI 7 or Greater)	(No Major Discoveries)
~72,000	Toba	Toba (Indonesia), Santorini (Greece)	Largest Human Bottleneck, <5000 Humans Survived
~84,000	(unnamed)	Atitlan (Guatemala)	(No Major Discoveries)
~96,000	(unnamed)	Mount Aso (Japan)	(No Major Discoveries)
~105,000	Blake?	(None VEI 7 or Greater)	Mega-Faunal Extinction?
~120,000	Blake?	Mount Aso (Japan)	Mega-Faunal Extinction?

図72

磁極ドリフト、磁場の弱体化、壊滅的火山噴火、1万2千年ごとの絶滅

この仮説は、地球上の地殻変動は主に天文的プロセスとその周期性から派生したものであることを示唆している。以前のサイクルと同様、今日の大災害の増加の重要な要因は、外部からの宇宙的影響による地球内部への追加エネルギーの蓄積である。しかしこのサイクルは、地球深部の熱量を増加させる人為的な地球システムへの影響によって悪化している。エントロピー (付加的なエネルギー

が熱に変換されること) の結果、地球のマントルは高温になり、マグマはより流動的になり、内部から地表への内因性熱の流れが増加し、新たなマグマ・プルームが形成される。例えば今日、このような巨大な噴煙がシベリアの地下で非常に急速に上昇しているが、これはコアがこの方向にシフトしていることが一因である。

## シベリアの異常な温暖化

シベリアとシベリア北極圏は、温暖化率が世界平均の2〜3倍高い地域である(図73)。仮説によると、これは地球のコアのシフトによるマグマ噴出物の形成と関連しており、この地域のマントルにストレスを与えている(図74-76)。このことは、中国の科学者たちによる最近の研究でも裏付けられている。彼らは、シベリアの地下の地殻が、マグマの活動によって融解し、薄くなっていることを発見している<sup>73</sup>。このプロセスは進行性で、プレート強度を低下させる。マグマだまりの活動は、永久凍土の底からのさらなる融解、地域の地

震活動の増加、高温の海水の地表への上昇、断層帯の上の雪の下での火災などにも現れる可能性がある。北半球の緯度では、深部からのメタンや水素の放出が増加し、天然ガスの爆発によるクレーターの数が増え、北極圏の棚では泥火山活動が激化している。地殻物理学モデルによれば、シベリアの地下でマグマが破裂すれば、熔融した物質が高圧下で地表に押し出されることになる。これは、ロシアと全世界の存続に直接の脅威をもたらす可能性がある。

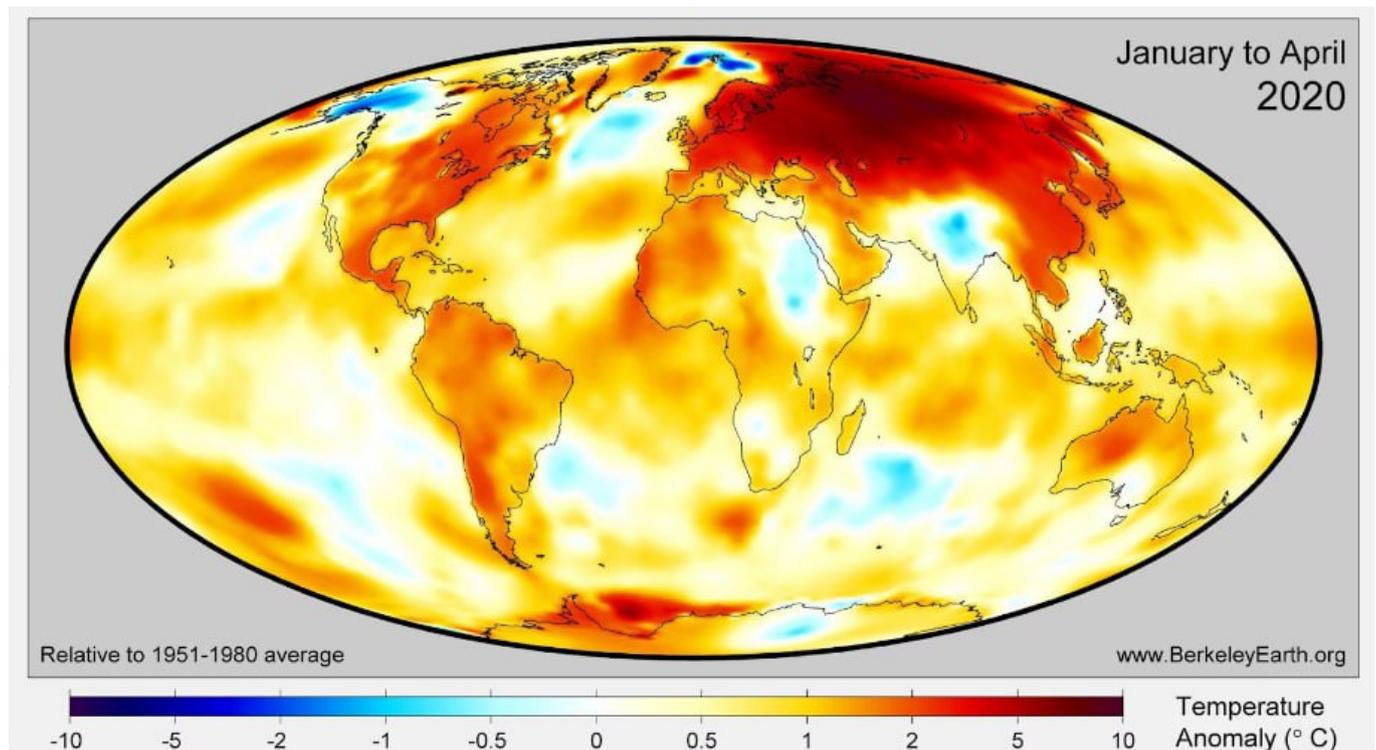


図73

1951〜1980年基準に対する2020年1〜4月の世界の気温偏差。シベリア地域の温暖化は、世界の気温偏差を3〜6倍上回っており、この地域の温暖化を引き起こしている新たな要因があることを示している。

出典: [BerkeleyEarth.org](http://BerkeleyEarth.org)

<sup>73</sup>Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). 地磁気データから推定されるシベリアのトラップを生成したペルム紀後期スーパーブルーム残骸。Nature Communications, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>

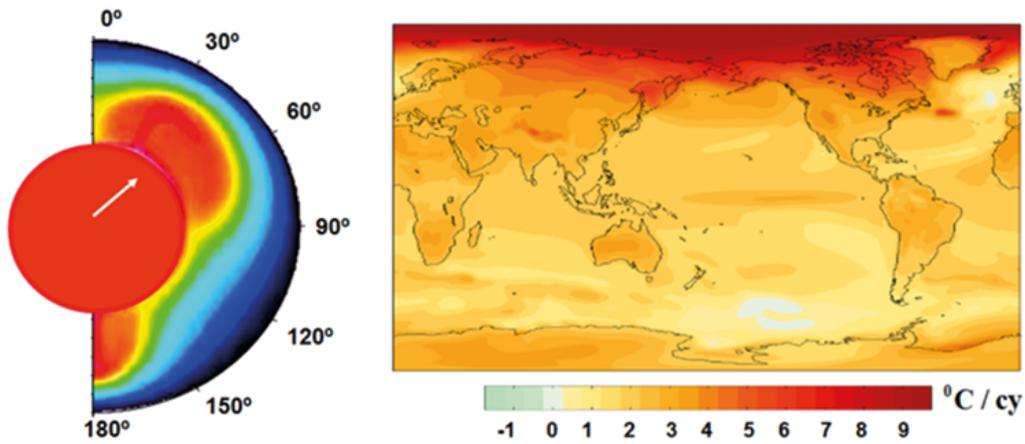


図74

コアとマントルが強制的に相対移動した様子と、マントル上層への非対称な熱供給を表した図(左)。NCAR CCSM3のデータを特別なシナリオ ([http://www.realclimate.org/bitz\\_fig3.png](http://www.realclimate.org/bitz_fig3.png)) に従って平均化した地表面温暖化の線形トレンド(単位:°C/世紀)(右)。出典: Barkin, Yu.V. (2009). Ciklicheskie inversionnyye izmeneniya klimata v severnom i juzhnom polushariyah Zemli [Cyclic Inversion Climate Change in the Northern and Southern Hemispheres of Earth]. 海と海洋の地質学: 海洋地質学に関する第18回国際学術会議(スクール) 資料.第3巻.- モスクワ: GEOS.4-8.

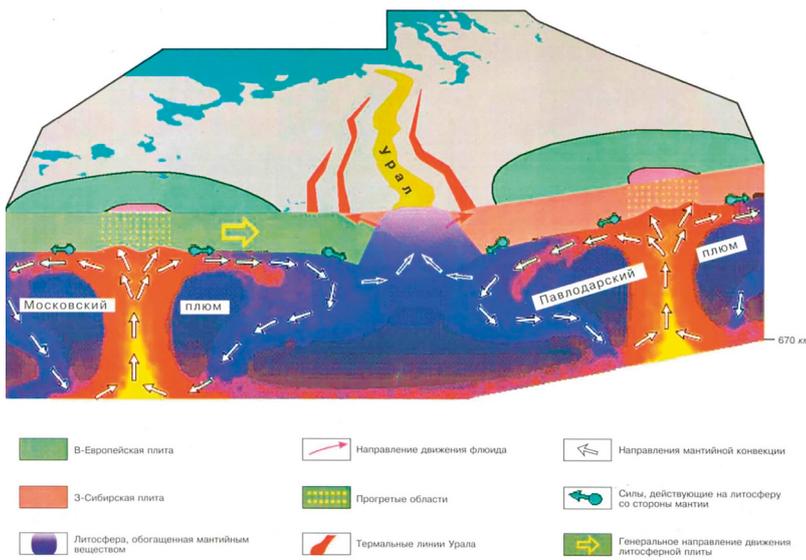


図75

モスクワとパヴロダールのプルームテクトニック構造における炭化水素流体の移動のスキーム。出典: Gorniy, V. I. et al. (2001) 地震学と遠隔地熱探査のためのウラルシー・ジオトラバースのデータに基づくマントル-リソスフェア相互作用のモデル.南ウラルの深部構造とジオダイナミクス.Tver. pp.

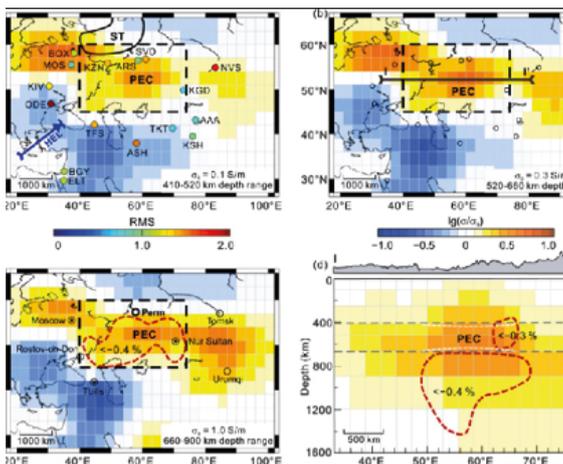


図76

吉林大学と石家荘ティエダオ大学の科学者たちは、北アジアの16の観測点から得られた地磁気データを用いて、様々な深さにおけるマントルの電気伝導率を計算した。その結果、シベリアの震の下の領域(図の黄色と茶色の領域)で、世界平均の導電率に比べて導電率が顕著に増加していることを発見した。研究者たちは、深さ400kmから900kmのこれらの領域が、周囲のマントルよりも平均して250度も高温であることを突き止めた。これらの地域では、溶けたマントルの一部が存在している。出典: Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). 地磁気データから推定されるシベリアのトラップを生成したペルム紀後期スーパーブルーム残骸。 Nature Communications, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>

それに比べれば、同じく異常活動の兆候を示しているアメリカのイエローストーン超巨大火山が活動すれば、アメリカ大陸全体が破壊される可能性があるが、それでも人類が生き残るチャン

スはある。しかし、シベリアの地下の岩石圏のプレートがマグマが突き破った場合、地球上のすべての生物の生命は不可能になると断言できる。

## 地球の現在のサイクル

2024年末までに、マグマの上昇とマグマ流による地殻プレートの侵食によって引き起こされる火山活動が増加する可能性がある。その結果、地震や火山噴火が頻発する可能性がある。この結論は、以下の観測に基づいている：1995年と1998年に地球の地球物理学的および地力学的パラメータが急激に変化し、地震活動の増加と惑星内部の不安定化において指数関数的な傾向を引き起こした。これは、地球の深部でエネルギーと張力が蓄積され、エネルギーの放出が指数関数的に増加していることを示している。海洋と大気は深部でのプロセスから遅れて反応するが、その変化のグラフには指数関数的な傾向がすでに現れている。

世界的に地震が指数関数的に増加している現状を踏まえ、グラフの指数関数的な傾向を分析し、それを基に今後数年間の地震数の増加を予測するモデルを構築した(図77)。

モデル計算の結果、2028年には地球上でマグニチュード3.0以上の地震が1日あたり1,000回発生

する。モデルの計算によれば、2030年までには、変化した状況への適応が不可能になるほど地震が増加する可能性が高い。

マグマ活動の高まりや火山活動の活発化を示すマグニチュードの小さな地震が増えれば、強い地震も増える可能性が高い。2023年2月6日にトルコとシリアで発生した地震と同等の破壊力を持つ地震が、6年以内に毎日のように発生する可能性が高い。

予想される変化の結果、多くの都市や州が深刻な破壊に直面するかもしれない。指数関数を適用して気候災害による損害を評価すると、世界経済は今後4~6年以内に損失を補うのに苦労し、経済危機に陥る可能性があることがわかる。予測では、この期間に世界的なビジネスが崩壊する可能性がある。数理モデリングによれば、今後10年以内に、地球上の生物の生息条件は大きく変化する可能性がある。

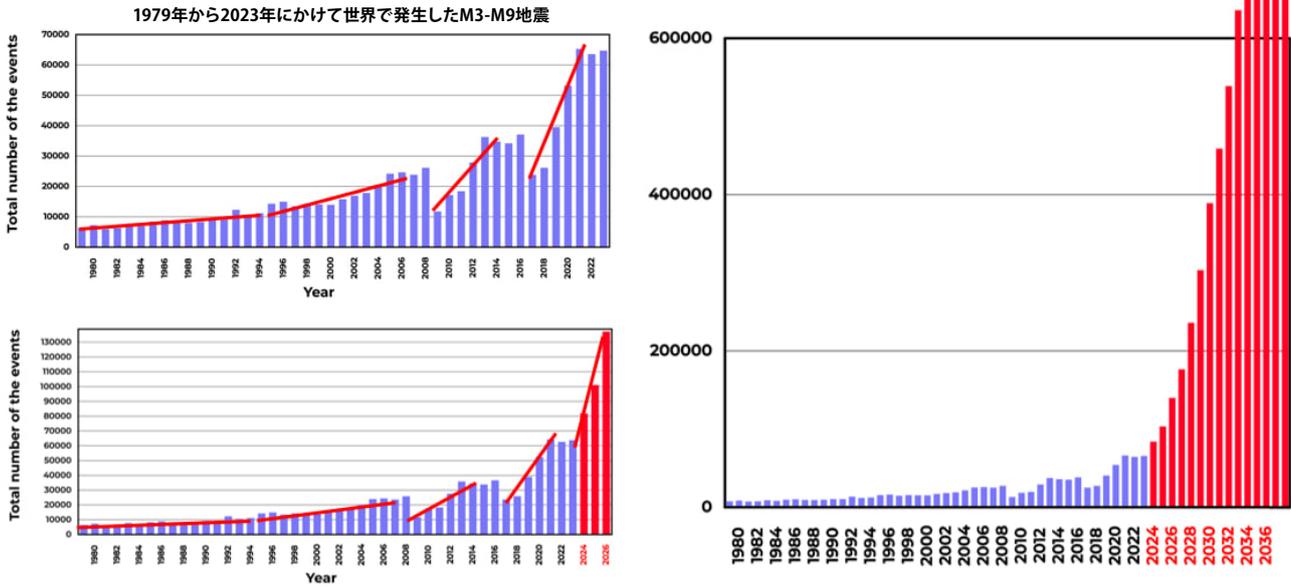


図77

2036年までの地震を例とした自然災害の指数関数的増加モデル。

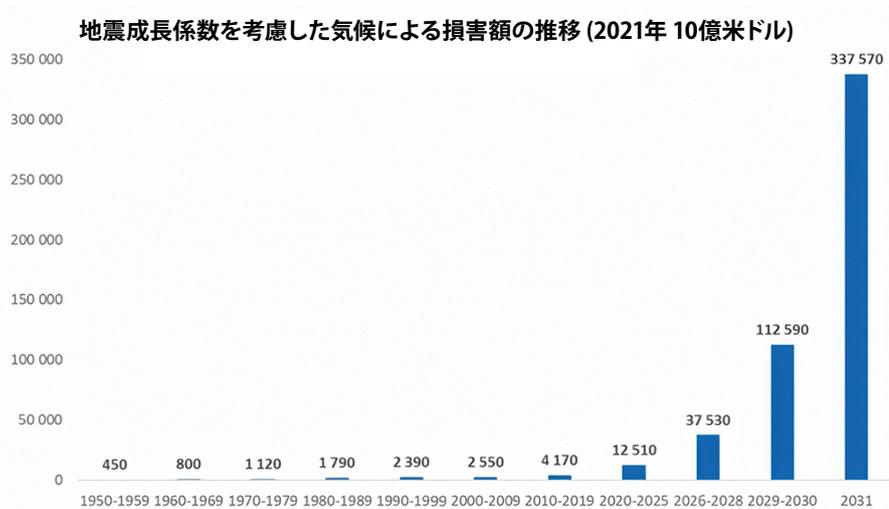


図78

自然災害による経済損失額の予測 (地殻変動および気候変動による大災害の件数が指数関数的に増加するモデルによる) (2021年 10億米ドル)。データソースAON (Catastrophe Insight)。

この傾向から、近い将来、世界中で自然災害が増加することが予測される。科学的事実、気候災害の必然的な進行を裏付けるものであり、今日のところ、世界中で大災害の拡大を阻むものは何もない。太陽フレアは、今日すでに人工衛星の運用に障害を引き起こす可能性があり、潜在的な

技術的問題に備えることの重要性を強調している。予測によれば、今後4~6年以内に大きな変化が起こり、多くの地域の存続に影響を及ぼす可能性がある。記述されたモデルのさらなる進行によれば、地球の完全性に影響を与えうる重大な出来事が起こるかもしれない。

12,000年ごとに起こる過去の大きな災害のサイクルでは、種の絶滅があったが、地球はそのシステムの完全性に大きな変化を起こすことなく、これらのサイクルを通過した。24,000年周期により、より深刻な災害を特徴とする現在のサイクルでは、居住可能な存在としての地球の存続を脅かす別の要因が加わっている。報告書でも触れたこの人為的要因は、地球の状況を著しく悪化させる重要な役割を果たしている。この人為的な影響は、地球の主要な冷却メカニズムであるマイクロプラスチックによる世界の海水の汚染に現れている。

海洋は地球の体温調節に重要な役割を果たしている。海洋は地球表面の約70%を覆い、地殻の奥深くまで広がっている。かつては、海洋が地球の熱収支を調整する主要なメカニズムとして機能し、余分な熱を地球内部から大気圏へ、ひいては宇宙空間へと放散していた。しかし、人間の生産活動の結果、海洋の熱伝導率は著しく低下した。これは、石油製品や合成ポリマーによる海洋汚染の増加によるものだ。汚染の結果、海洋は、12,000年周期の大災害の際にマグマの上昇によって暖められた地殻プレートからの熱を放散する効果が低下している(図79)。世界の海がこれほどまでに汚染されたことはない。石油採掘、輸送、関連事故の結果、年間3000万トンもの炭化水素が海洋に流入している<sup>74</sup>。海面に浮かぶゴミの「プラスチック島」の総面積は、アメリカとオーストラリアの国土面積を合わせた面積

にほぼ匹敵する。しかし、プラスチックの99%は海水中に分散しているため、これは汚染全体の1%にすぎない。<sup>75</sup>

マイクロプラスチックによる海洋汚染に加えて、炭化水素の燃焼を含む人為的活動は、大気中のメタン(CH<sub>4</sub>)や二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)などの温室効果ガス濃度の上昇をもたらす。氷河や永久凍土の融解はこの影響を悪化させ、大気中のメタン濃度を増加させる。メタンの温室効果は二酸化炭素の25倍で、1トンのメタンが25トンの二酸化炭素と同じ温暖化効果をもたらすからである。

さらに、海洋酸性化はマイクロプラスチックのナノプラスチック化への分解を早め、海洋への熱の蓄積を増加させることで状況をさらに悪化させる。

炭化水素、特にメタンと石油の燃料燃焼とプラスチック生産への使用は、地球の生態学的状況を著しく悪化させ、海洋と大気の両方に過剰な熱の蓄積をもたらした。大気と海洋の温度の異常な上昇は、地球の深部からの熱を吸収する海洋の能力がかつてないほど低下していることを示している。

海の中のサンゴ礁を研究することで、かつては海が効率的に熱を放散していたことも理解できる。サンゴ礁は何千年も前から存在し、過去1万2千年の自然災害のサイクルを生き延びてきたにもかかわらず、現在、過剰な温暖化によって死滅しつつある<sup>76</sup>。

<sup>74</sup> Alexeev, G. V., Borovkov, M. I., & Titova, N. E. (2018). Sovremennye sredstva dlja ochistki vody ot maslo-zhirovyyh jemul'sij i nefteproduktov. [油脂エマルジョンと石油製品から水を浄化する現代的手段]. *Colloquium-journal*, 7(18), 4-6.

<sup>75</sup> Lebreton, L., Egger, M., & Slat, B. (2019). 海洋における正浮力のマイクロプラスチック破片のグローバル質量予算. *Scientific Reports*, 9, 12922.

<https://doi.org/10.1038/s41598-019-49413-5>

<sup>76</sup> Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., Heron, S. F., Hoey, A. S., Hoogenboom, M. O., Liu, G., McWilliam, M. J., Pears, R. J., Pratchett, M. S., Skirving, W. J., Stella, J. S., & Torda, G. (2018). 地球温暖化はサンゴ礁の群集を変容させる. *Nature*, 556, 492-496.

<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0041-2>

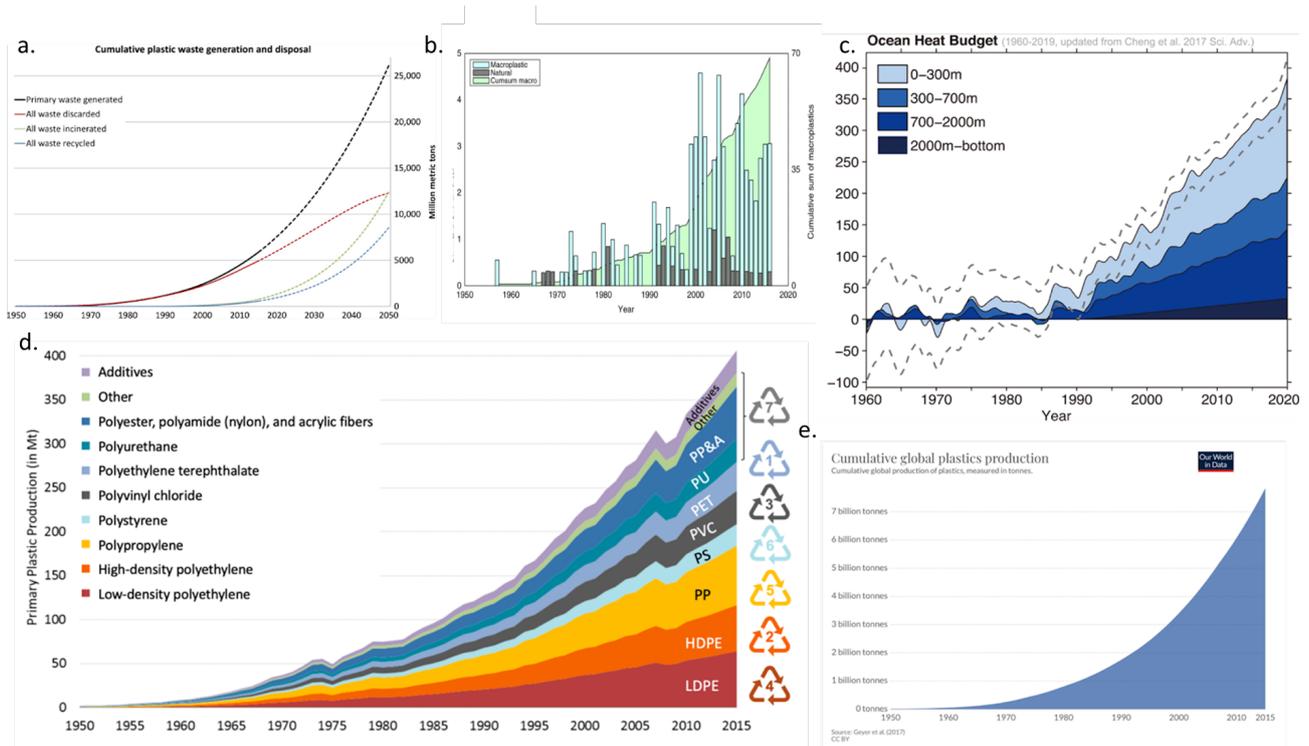


図79

1960年から2019年までの海水温の変化の図と、合成ポリマーの生産量の増加、経済のさまざまな分野での使用、海洋におけるプラスチック廃棄物の処理（さまざまな原因による）の図との比較。

#### a. プラスチック廃棄物の累積発生量と処分量

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). 「これまでに作られたすべてのプラスチックの生産、消費、廃棄状況」。 *Science Advances*, 3(7).

<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

#### b. 海洋中のマイクロプラスチックの累積量と年間総数

Ostle, C., Thompson, R. C., Broughton, D., Gregory, L., Wootton, M., & Johns, D. G. (2019). 60年間の時系列から見た海洋プラスチックの増加。 *Nature Communications*, 10(1622).

<https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>

#### c. 1960年から2019年までの海洋熱収支 (Purkey and Johnson, 2010; updated from Cheng et al., 2017)

Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). 記録的な海洋温暖化は2019年も続いた。 *Advances in Atmospheric Sciences*, 37, 137-142.

<https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>

#### d. 世界の一次プラスチック生産量 ポリマー種類別

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). これまでに作られたすべてのプラスチックの生産、使用、運命。 *Science Advances*, 3(7).

<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

#### e. 1950年以降のプラスチックの世界累積生産量

データソースプラスチック海洋汚染グローバルデータセット

地球内部の加熱が進み、人為的な要因によって惑星の冷却機能が失われているため、今度は地球が破局的な出来事のサイクルに対応できなくなり、火星と同じような運命をたどる恐れがある。地質構造物理学的モデリングによって、この先予想される「戻れない地点」に至るまで、どのようなシナリオがあり得るかを検討することが可能になった。

地球内部で現在観測されている上記のプロセスは、人為的な要因と、宇宙からの過剰なエネルギーの流入による惑星のコアの過熱によって引き起こされている。コアはマグマを過熱し、マンツルの融解を引き起こし、マグマは地殻に圧力をかける。この圧力の結果、地殻は割れ、壊れ、深部に沈んだマグマが放出される経路を形成する。

## 2036年に後戻りできない段階を迎える予測に関する地質構造物理学的および数学的モデリング

地球には、地球全体にとって重大な脅威となる特定の場所がある。それは、最も薄い地殻とその下にある高いマグマ活動という、ユニークな条件が組み合わさった地球上で唯一の地点である。さらにこの場所では、下から上昇するマグマと、その上にある厚さ約11kmの海水の層の両方によって、地殻が激しく圧縮されている。マリアナ海溝として知られるこの場所は地球上で最も深く、現在地球にとって最大の脅威となっている。

最初のグラフ(図80)は、過去30年間のマリアナ海溝地域における深発地震の増加傾向を示している。1995年以降、マリアナ海溝域での深発地震が急増している。

マンツルの深さ300~800kmで発生する深発地震は、核爆発に匹敵する巨大な破壊力を持つエネルギーを放出する可能性がある。マリアナ海溝は、このような現象が起こる地殻変動が世界で最も活発な地域のひとつである。これは、マリアナ海溝の下のマンツルで活発なプロセスが起きていることを示している。

図81の2番目のグラフは、マリアナ海溝における地表層の地震数の増加を示している。この増加は指数関数で表すことができる。今のところ、この傾向に減少の兆しはない。

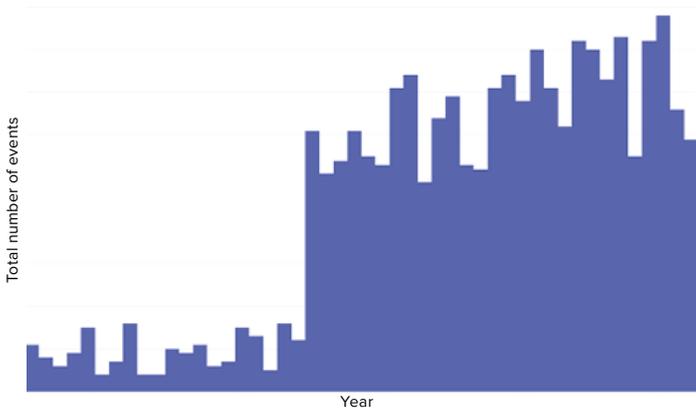


図80

1970年から2023年までのマリアナ海溝地域におけるM1以上の深発地震の総発生回数  
データソース国際地震センター  
<http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>

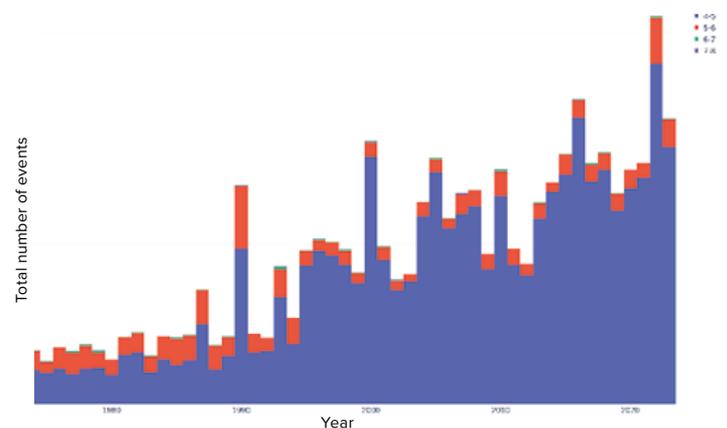


図81

1970年から2023年までのマリアナ海溝地域におけるM4以上の浅発地震の総発生回数  
データソース国際地震センター  
<http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>

USGSのデータ<sup>77</sup>によると、2023年11月24日から25日にかけて、マリアナ海溝地域でマグニチュード4.0以上の地震が120回以上連続して記録された。これは観測史上、この地域で1日に発生した地震の回数としては最多である。この最近の地震活動は、マリアナ海溝の地下の状況が悪化の一途をたどっていることを示唆している。

数学的およびテクトノ物理学的モデルによると、地震とマグマ活動は指数関数的に増加し続け、2036年には次のような現象が起こるといわれる。

地球内部の地質活動が活発化した結果、マリアナ海溝の領域でマグマが地殻を貫通する可能性がある。この地帯の極度の圧力下では、全面的な破裂が起こる可能性がある。約0°Cの数十億立方メートルの水が、1,600°Cの数十億立方メートルのマグマと出会うと、地球上のすべての核兵器の何千倍もの爆発を引き起こすだろう。この現象は、塵と混じった巨大な水蒸気の柱を500km以上の高さまで上昇させ、熱圏を突破する可能性がある。モデリングによれば、完全性を失った大気は、表面張力の変化によって惑星を包み込み、太陽風によって簡単に押し流される可能性がある。このようなシナリオが展開されると、大気、海洋、磁場が失われ、火星で起こったと考えられているのと同様に、地球のコアの自転が停止する可能性が高いことに注意すべきである。

地球のマリアナ海溝は、火星のマリナー渓谷と同様に、比較的薄い地殻を持つ地域である。マリナー渓谷周辺では、火山溶岩の広大な流れが見られ、マリナー渓谷が火星の状態の悪化に影響するような重大な地質学的変化の場所であったことを示している。同様の地質学的プロセスは、現在マリアナ海溝で観察されており、火星のマリナー渓谷で起こった可能性が高い。このようなプロセスは、地球とその生物学的生命体に重大な結果をもたらす可能性が示唆されている。

しかし、地球上の変化の進展における現在の指数関数的な傾向がこのまま進行すれば、人類は地球が火星のような状態に移行するのを目撃する前に滅びてしまうかもしれない。

最新のデータによると、大災害の増加率は最も悲観的な予測をも上回っている。このことは、人為的な海洋汚染や宇宙からの影響に対処する時間が、人類に残されていないことを意味する。地球の気候的・地力学的災害の数と強度が指数関数的に増加する傾向にあるため、人類は今後10年以内に絶滅の危機に瀕することになる。

現在の気候変動が自力で止まると信じる根拠はあるのだろうか？科学的データによれば、人為的な二酸化炭素の排出を今すべて止めたとしても、現在進行中の気候変動を止めることはできない。マイクロプラスチックやナノプラスチックによる海洋汚染によって、海洋の熱拡散機能が損なわれているのだ。

その結果、産業活動が完全に停止しても、地球内部を加熱する地球規模のプロセスがすでに始まっているため、気候バランスが根本的に改善されることはない。したがって、この危機的状況に対する解決策のひとつは、現在地球のコアや太陽系の他の惑星のコアに影響を与えている外部からの宇宙的影響を研究することである。

この脅威を軽減するには、効果的な解決策を開発する必要がある。この影響に関する科学的知識は限られているが、惑星のコアがこの影響と相互作用していることは観察できる。したがって、外部からの宇宙的影響は未知の物理現象であると結論づけることができる。この問題は物理学的な性質のものであるため、その解決策も物理学の範疇にある。この問題に取り組むためには、世界中から一流の科学者を集め、この物理的問題の研究に全力を注いでもらう必要がある。

<sup>77</sup>USGS. (n.d.). 検索結果：USGSデータによるマリアナ海溝地域の地震活動。

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=-15.62304,98.08594&extent=45.39845,196.52344&range=search&search=%7B%22name%22%22Search%20Results%22%22params%22%7B%22starttime%22%222023-11-23%2000:00:00%22%22endtime%22%222023-11-26%2023:59:59%22%22maxlatitude%22:29.075%22minlatitude%22:6.49%22maxlongitude%22:155.215%22minlongitude%22:133.242%22minmagnitude%22:2.5%22orderby%22%22time%22%7D%7D>

この目標を達成するためには、国際社会にこの問題を認知させることが極めて重要である。私たちの未来と子どもたちの未来のために、私たちが生きるチャンスを得る唯一の方法は、気候問題

の解決策を模索するために世界の科学者を団結させるための条件を作り出すよう、今の権力者に促す普遍的な要求が現れることである。



## パート3

### 解決の糸口

おそらく、なぜ気候変動の脅威の本当の深刻さについての情報が一般に広まらず、科学者や政治家の間でハイレベルの議論がなされないのかという疑問が生じるだろう。その答えは、人間の潜在意識の働きの特異性にある。潜在意識は、危機的状況を打開する方法が見つからない場合、単に現実を遮断し、脅威の存在を否定するような構造になっている。

このような理由から、上記の事実を知り、差し迫った惑星災害の徹底的な証拠を得た人々の多くが、この状況に適切に反応していない。彼らは、人類がこの難局に対処し、生き残ることができるとは信じていないのである。この報告書の主な目的は、気候崩壊の問題に対する解決策が存在するという証拠を提供することである。

## 海洋修復

人類の生存に不可欠なのは、地球内部の熱を放散する海洋の機能を回復させることである。そうでなければ、先に述べたように、地球はこのサイクルの間に想定される帰還不能地点に達するかもしれない。マリアナ海溝のマグマ突破という破滅的な危険を現実化させる上で、最も重要な役割を果たしているプロセスを掘り下げてみよう。

12,000年周期では、外部からの宇宙的影響によって惑星のコアがマントルを過熱する。今回のサイクルでは、人為的な要因による海洋の冷却機能が働かないため、マントルから過剰な熱が逃げない。このため、マグマの温度が異常に上昇し、マントルが著しく融解する。

コアの近くに位置するマグマは非常に高温で流動的になり、マントルを積極的に浸食し、地表への新しい経路を形成する。このモデルによると、マントルにはその経路やマグマ河川が形成される。その証拠に、この動向はシベリアですでに観測されている。

この仮説によれば、マグマ河川同士が衝突すると、核反応によって大量のエネルギーを放出するマントル内爆発が起こる。これらの爆発は地球のコアを不安定にし、地球内部の温度をさらに上昇させ、地殻内の地震活動を活発化させる。

数学的な計算によると、地球のマントル融解の速度は加速している。コアに対する外部からの宇宙的影響が強まる2024年末までには、マグマの加熱と融解が著しく増加するだろう。マグマは時間の経過とともに、ますます地表に近づいて上昇すると予想されている。

地殻物理モデリングによれば、マントル全体が融解してしまえばもはや深発地震はなくなり、マリアナ海溝周辺ではマグマによって地殻が容易に破壊される可能性がある。

だからこそ、海の機能を回復させることは、人類と地球の存続に不可欠な条件なのだ。

海洋の熱放散機能が人為的要因によって阻害された結果、大気中の水分が過剰になった。

世界の海水温が上昇すると、水分が大量に蒸

発する。水が蒸発するとき、熱エネルギーも海から大気に放出される。湿った空気が上昇し、大気の冷たい層に達すると、水蒸気は凝縮し、液体の水に戻る。これが雲の形成につながり、やがて異常降雨、春の洪水、氾濫を引き起こす。

大気中の水蒸気量が増え、世界中で異常な洪水が増加しているが、同時に地球の半分は干ばつに悩まされているというパラドックスが生じている。これは大気温度の上昇に起因する。大気の高ければ高いほど、より多くの水分を保持することができる。水分が蒸発すると、その水分は降水という形で地上に戻ることなく、長い間大気中に留まる。このため、世界の特定の地域では長期間にわたって干ばつが続く。

暖かく湿った大気は熱帯低気圧の形成にも有利で、その破壊力を増大させる。暖かく湿った空気は密度が低いため、上昇して低圧帯を形成し、風速を増加させる。大気中の水分が凝縮すると、蒸発の際に吸収された蓄積された熱エネルギーがすべて放出される。

この熱エネルギーが熱帯低気圧の主なエネルギー源である。風、水、熱エネルギーが組み合わせると、破壊力が増す。

地球内部の熱を除去し、環境の安定を維持する能力などの海洋の機能を回復させるには、大気から水を抽出する装置、すなわち大気水生成装置 (AWG) を普及させればよい。AWGは、世界の人口に十分な水を供給するだけでなく、世界の海からマイクロプラスチックやナノプラスチックを一掃するのに役立つだろう。本レポートのパート2ですでに述べたように、プラスチックやマイクロプラスチックは、その独特な化学組成のために海洋の熱伝導率を乱し、内部からの熱の放散を妨げている。AWGの大量導入により、海洋から蒸発し、マイクロプラスチックを含む水は、装置のフィルターを通過し、すべての汚染物質が除去される。フィルターに残った物質はリサイクルされ、再利用される。

これらの汚染物質を除去することで、地殻から大気へ、さらには宇宙へと熱を放散する海洋の能力が回復する。また、大気の熱伝導率が向上し、大気から余分な水分、メタン、CO<sub>2</sub> がなくなるため、熱がより効率的に宇宙へ放散されるようになる。

現在、大気の密度の低下と上層の低下が記録されている。一方、大気中の水分が集中的に抽出されれば、大気は高さごとに正常化し、上層の密度が高くなる。大気中の水分量も安定し、極端な降水や風の発生が減少する。これは、現在の地表水や地下水の消費から、これらの装置から得られる大気中の水の使用への完全な移行によって、家庭用と工業用の両方のレベルで可能になる。

海、大気、地殻の間の湿気と熱交換を回復させるために必要なステップを探ってみよう。

第一段階として、地球全域で大気圧水生成装置 (AWG) の使用に完全に移行する必要がある。これにより、地表や地下から水を採取する必要がなくなる。AWGは、飲料水と工業用水の両方に必要な量の水を生成することができる。AWGは、水危機の状況下で不可欠となり、水供給の回復力を確保し、以下のような国連の持続可能な開発目標の完全な実現を可能にする：

- **目標 6.** すべての人が水と衛生設備を利用できるようにする。
- **目標 9.** 強靱なインフラを構築し、持続可能な産業化を推進し、イノベーションを促進する。
- **目標 13.** 気候変動とその影響に対処するための緊急行動をとる。
- **目標 14.** 海、海洋および海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する。
- **目標 15.** 森林の持続可能な管理、砂漠化との闘い、土地の劣化の阻止と回復、生物多様性の損失の阻止。
- **目標 17.** 持続可能な開発のためのグローバル・パートナーシップを活性化する。

第二の重要なステップは、燃料を使わない発電機 (FFG) の採用である。AWGは消費電力が大き

いため、AWGに必要なかつ安価な電力を供給するためにFFGは不可欠である。さらに、大気圧水生成設備に必要な水分は、あらかじめ浄化された天然資源から補給されなければならない。そのためには、ダムとともに開放貯水池も廃止すべきである。FFGの導入は、水力発電への依存を減らし、ダムを開放する機会を提供する。河川は自然の流路に戻り、自然の流れを取り戻す。これにより、水の停滞が解消され、河川に活気が戻り、きれいな水が海に流れ込むようになり、汚染物質が大陸から海に流入するのを防ぐことができる。

これらの措置は、国連総会で採択された以下の「持続可能な開発目標」の達成にも貢献する：

- **目標 7.** 安価で信頼でき、持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する。
- **目標 8.** すべての人のための包括的で持続可能な経済成長、雇用、やりがいのある仕事を促進する。
- **目標 9.** 強靱なインフラを構築し、持続可能な産業化を促進し、イノベーションを育成する。
- **目標 11.** 包括的で安全、強靱で持続可能な都市を実現する。
- **目標 13.** 気候変動とその影響に対処するための緊急行動をとる。

海洋、大気、地表の間の水分と熱交換を回復させる第三段階では、下水システムを再構築する必要がある。廃水は水域に捨ててはならない。排水は土壌に流れ込み、水域に到達する前に土壌層を通して自然浄化を受けるべきである。

提案されている研究と実践的なアプローチは、新たな科学技術革命となりうる。それらは、持続可能な水の供給と水資源のバランスの取れた利用を保証することを目的としている。しかし最も重要なことは、地球の気候システムへの悪影響を軽減することである。これらの対策は、環境状況を大きく変化させ、私たちの地球を気候変動問題により強くする大きな可能性を秘めている。

大気から水を抽出することで期待される効果は以下のように見積もられている：気候の悪化に関する問題の70%は、大気から水を取り出すことで解決できる。残りの30%は廃水処理によって解決されるため、この課題も重要である。

提案された対策が実施されれば、事前の見積もりによれば、2～3年後には目に見える成果が現れるだろう。実施後1年間は状況が悪化する可能性があるが、約8カ月から14カ月で、海洋と大気間の熱と水分の交換が改善し始める。最初の好結果が期待できるのは2年後である。自然は活性化し始め、大気現象はよりバランスのとれたものになるだろう。5年から8年後には、海水がどれだ

け浄化され始めるかがはっきりと目に見えるようになるだろう。これにより、地球を冷却する海の機能が回復する。洪水や干ばつは過去のものとなり、不要な風や気温の変動は減少する。気候はより穏やかで予測しやすくなると予想される。

ここで注意すべきは、これらの対策が地殻変動の問題を解決するわけではないことを理解することが重要である。なぜなら、地殻変動の原因は大気にあるわけではないからである。

しかしAWGsが広く実施されることで、気候変動の影響を緩和し、地球環境の回復を加速させることができる。

## 結論

---

自然災害の頻度と強度の増加に比例して、経済損失も増加する。世界的な大災害の増加傾向に対応する指数関数的な進行を考慮に入れて、今後の気候災害による潜在的な損害を計算することは極めて重要である。

したがって、極端な気候変動が激しく、広範囲に及べば及ぶほど、物価が高騰する確率は高くなり、世界全体の経済が安定しなくなる。このことは、本報告書で述べたような、地殻変動や人為的要因によって引き起こされる世界的な大災害の流れでは特に重要である。

この問題の効果的な解決には、包括的な対策を開発し、講じるための努力と資源を結集できる

科学者の国際協力が必要である。今日、現代の科学は、密接に協力し合うことのない狭い目的の科学分野や学問領域に分断され、分断されている。このような世界的な不統一の状況では、現在の惑星の脅威を包括的に分析し、完全に調査することは当然不可能である。もし開かれた協力のための条件を整えば、科学者はゼロから始める必要はなくなる。なぜなら、この分野にはすでに実際の発展があり、因果関係の理解もあるからだ。

今は、迅速に行動し、残された時間を賢く使うことが必要だ。

## 付録 1

### 地震データベースの統合方法

国際地震学センター (ISC) <sup>78</sup>、米国地質調査所 (USGS) <sup>79</sup>、地震学研究機関 (IRIS) <sup>80</sup>、欧州地中海地震学センター (EMSC) <sup>81</sup>、地震集積リソース Volcano Discovery (VD) <sup>82</sup> などの複数のデータベースから地震データを収集した。地震状況の最も完全なビューを得るために、我々はこれらすべてのソースからのイベントを併合するデータベースを作成する。当然ながら、いくつかの事象は複数のデータベースに存在するので、そのような同一の事象を識別し、統合しながらグループ化したい。しかし、それぞれの地震機関は、独自のアルゴリズムと地震計を用いて、震源地、地震発生時刻、マグニチュードなどの地震パラメータを評価している。したがって、時刻、震源、マグニチュードのパラメータだけを用いて、厳密で正確な比較を行うことは不可能である。そこで、以下のアルゴリズムを用いて、2つのデータベース間の事象のファジー照合法を採用する。

震源の距離( $D_{diff}(A,B)$ )が300km以下、発生時刻の差( $T_{diff}(A,B)$ )が90秒以下、推定マグニチュードの差( $M_{diff}(A,B)$ )が1以下の場合、第1データベースD1の事象Aは第2データベースD2の事象Bと関連している可能性があるとして定義する。地震マグニチュードにはいくつかの種類があり、例えばISCカタログでは同じ事象に対して複数のマグニチュード推定値が示されている。したがって、 $M_{diff}(A,B)$ は、マグニチュードの最小差 $\min(\text{abs}(M_a - M_b))$ として定義される。ここで、 $M_a$ は事象Aのマグニチュード、 $M_b$ は事象Bのマグニチュードであり、以下のアルゴリズムによって制約される：

AとBがMwタイプのマグニチュードを持つ場合、 $M_a$ と $M_b$ はMwタイプから選択される；

もしAとBがMsタイプのマグニチュードであれ

ば、 $M_a$ と $M_b$ はMsタイプから選択される；

もしAとBがmbタイプのマグニチュードであれば、 $M_a$ と $M_b$ はmbタイプから選択される；

もしAとBがMLタイプのマグニチュードであれば、 $M_a$ と $M_b$ はMLタイプから選択される；

$\text{abs}(M_a - M_b)$ が最小であるという条件を満たすために、Aからの任意の大きさとBからの任意の大きさが選ばれる。

関連する2つの出来事AとBについて、その関係値を次のように定義する：

$$V(A,B) = 36 - 16 * T_{diff}(A,B)^2 / 8100 - 16 * D_{diff}(A,B)^2 / 90000 - 4 * M_{diff}(A,B)^2,$$

ここで、 $T_{diff}(A,B)$ は秒単位、 $D_{diff}(A,B)$ はキロメートル単位、 $M_{diff}(A,B)$ はマグニチュード単位で測定される。全く同じ2つの事象A,Bについて、 $V(A,B)$ の値は36に等しい。2つの事象A,Bが関連している可能性の境界線上にある場合、 $V(A,B)$ の値は0に等しい。

データベースD1とD2のイベント間の一致を見つけるには、一方のデータベースからの各イベントが他方のデータベースからの1つ以上のイベントに対応しないこと、および、選択されたイベントのペアのすべての値の合計 $V(A,B)$ が最大であることが必要である。

技術的には、D1とD2のすべてのイベントによって形成される頂点のセットと、関連する可能性のあるイベントのペアによって形成されるエッジのセットでグラフGを定義することができる。頂点AとBの間の辺の値を $V(A,B)$ とする。上で定式化した最適化問題は、二部グラフにおける最大重みマッチングとして知られており、標準的な

<sup>78</sup>ISC 会報：イベントカタログ検索 <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/>

<sup>79</sup>USGS Search Earthquake Catalog <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

<sup>80</sup>IRIS Wilber 3: イベントの選択 [http://ds.iris.edu/wilber3/find\\_event](http://ds.iris.edu/wilber3/find_event)

<sup>81</sup>EMSC 地震検索 [https://www.emsc-csem.org/Earthquake\\_information/](https://www.emsc-csem.org/Earthquake_information/)

<sup>82</sup>火山発見 地震 <https://www.volcanodiscovery.com/earthquakes/lists.html>

アルゴリズムで解くことができる。<sup>83</sup>

このアルゴリズムから、 $D_1$  と  $D_2$  のイベント間の最大重みマッチングが得られ、マッチしたイベントは同一であるとみなす。したがって、併合されたデータベース  $D_m$  は、 $D_1$  のイベントと  $D_2$  のマッチしないイベントから形成される。 $D_1$  のイベントが  $D_2$  のイベントにマッチする場合、 $D_2$  のマッチしたイベントのマグニチュード推定値は、 $D_m$  のマッチしたイベントのマグニチュード推定値のセットに追加される。

ISCデータベースから始まり、USGS、IRIS、EM-SC、Volcano Discovery (VD)のデータベースを順次併合することで、最終的な併合データベース (Merged)を得た。

異なるデータベースの地震数を比較する様々なグラフをプロットするためには、通常、データをあるマグニチュードの範囲に制約する必要がある。データベース間のマグニチュード推定値の違いによる地震カウントの違いを避けるために、私たちは併合されたデータベースを使用して、あるマグニチュード範囲内のイベントを選択し、グラフを描く。(併合されたデータベースには1つのイベントに対して複数のマグニチュード推定値が含まれている可能性があるため、選択にどの推定値を使用するかは明らかではない)。我々は2つの異なるアプローチを採用している：

1. 第一の方法は、ある事象のマグニチュード推定値が所望のマグニチュード範囲に含まれる場合、その事象を事象の選択に含めることである。
2. 2つ目の、より複雑な方法は、好ましいマグニチュードの推定値を選択し、好ましい推定値が望ましいマグニチュードの範囲にある場合、その事象を選択に含めることである。好ましいマグニチュード推定値を選択するには、推定値の中から以下のマグニチュードタイプを探す (好ましい順) : Mw, ML, MS, mb, MVD (これはVolcano Discoveryデータベースからのマグニチュード推定値である。1つの事象につい

て、あるタイプのマグニチュード推定値が見つかった場合、その事象について選択されたタイプのすべてのマグニチュード推定値が使用される。そしてそれらの中央値が計算され、中央値を持つ推定値が選択される。上記のタイプの推定値がない場合 (これは稀で、データベース全体の全事象の数パーセントしかない)、この事象のすべてのマグニチュードについて計算された中央値と一致する任意のタイプのマグニチュード値が選択される。

あるマグニチュード範囲内の事象を選択する第一の方法と第二の方法を使用した場合に得られる事象数の差は些細なもので、原則として数パーセント以下である。

各データベースの年間地震発生回数のグラフ (図7.9) については、統合されたデータベースからイベントを選択する第1の方法を使用した。異なるデータベースに存在するユニークな地震イベントの数のグラフ (図10) については、指定されたマグニチュードの範囲内で地震を選択する第2の方法が用いられた。

<sup>83</sup> Nitish Korula, 組み合わせ最適化. 二部グラフにおける最大重みマッチング <https://courses.engr.illinois.edu/cs598csc/sp2010/lectures/lecture10.pdf>

## 参考文献

- Alexeev, G. V., Borovkov, M. I., & Titova, N. E. (2018). Sovremennyye sredstva dlja ochistki vody ot maslo-zhirovyyh jemul'sij i nefteproduktov. [油脂エマルションと石油製品から水を浄化する現代的手段]. *Colloquium-journal*, 7(18), 4-6.
- Alken, P., Thébault, E., Beggan, C.D. 他 (2021). 国際地磁気基準磁場：第13世代。 *Earth Planets Space* 73, 49. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01288-x>
- Androsova, N. K., Baranova, T. I., & Semykina D.V. (2020). 地球磁極の地質学的過去と現在。 *EARTH SCIENCES/ "Colloquium-journal"*, 5(57). DOI:10.24411/2520-6990-2020-11388
- AON. (2023). 天気、気候、災害に関する洞察。 <https://www.aon.com/getmedia/f34ec133-3175-406c-9e0b-25cea768c5cf/20230125-weather-climate-catastrophe-insight.pdf>, p.42.
- Arushanov, M. L. (2023). 地球の気候変動の原因、宇宙からの影響として、人為的地球温暖化についての神話を払拭する。 *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 53, 4–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>
- Arushanov, M. L. (2023). *Dinamika klimata. Kosmicheskie faktory*. [Climate Dynamics. Cosmic Factors]. Hamburg: LAMBERT Academic Publishing.
- Aubourg, L., (2024, January 12). 編集部注 2023年の記録的な暑さは、部分的には「謎」のプロセスによって引き起こされた：NASAの科学者 <https://phys.org/news/2024-01-driven-mystery-nasa-scientist.html>
- Barkin, Yu.V. (2009). Ciklicheskie inversionnye izmenenija klimata v severnom i juzhnom polusharijah Zemli [Cyclic Inversion Climate Change in the Northern and Southern Hemispheres of Earth]. *海と海洋の地質学：海洋地質学に関する第18回国際学術会議（スクール）資料第3巻- モスクワ：GEOS*. pp. 4-8.
- Barkin, Yu.V., & Barkin, M. Yu., (2014). Novaja analiticheskaja teorija vrashhenija Zemlistat'ja [New Analytical Theory of Earth's Rotation]. *Engineering Journal: Science and Innovation*, 12(36). <https://istina.msu.ru/publications/article/7735956/>
- Barkin, Yu. V. & Smolkov, G. Ya. (2013). 1997-1998年における地力学的・地球物理学的現象の傾向の急激な変化。 In All-Russian Conf. on Solar-Terrestrial Physics, dedicated to the 100th anniversary of the birth of a corresponding member of the Russian Academy of Sciences Stepanov V.E. (September 16-21, 2013, Irkutsk), Irkutsk, 2013.
- Barletta, V. R., Bevis, M., Smith, B. E., Wilson, T., Brown, A., Bordoni, A., Willis, M., Khan, S. A., Rovira-Navarro, M., Dalziel, I., Smalley, R., Kendrick, E., Konfal, S., Caccamise, D. J., Aster, R. C., Nyblade, A., & Wiens, D. A. (2018). Amundsen Sea Embaymentで観測された急速な岩盤隆起は、氷床の安定性を促進する。 *Science*, 360(6395), 1335–1339. <https://doi.org/10.1126/science.aao1447>
- Baturin, A. M. (2001). Periodichnost globalnykh katastrof - 12166 let. [地球規模の大災害の周期性-12166年] Monograph. Kursk CSTI.
- Belozеров, I. M. (2008). 物理学者が見た自然。 *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*, 12(68). <https://cyberleninka.ru/article/n/priroda-glazami-fizika/viewer>
- Bowling, J. S., Livingstone, S. J., Sole, A. J., & Chu, W. (2019). グリーンランド氷河下湖の分布と動態。 *Nature Communications*, 10(2810). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10821-w>
- Briner, J. P., Cuzzone, J. K., Badgley, J. A., Young, N. E., Steig, E. J., Morlighem, M., Schlegel, N.-J., Hakim, G. J., Schaefer, J. M., Johnson, J. V., Lesnek, A. J., Thomas, E. K., Allan, E., Bennike, O., Cluett, A. A., Csatho, B., de Vernal, A., Downs, J., Larour, E., & Nowicki, S. (2020). グリーンランド氷床からの質量減少速度は、今世紀中に完新世の値を超えるだろう。 *Nature*, 586(7827), 70–74. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2742-6>
- Broquet, A., & Andrews-Hanna, J. C. (2022). 火星のエリジウム平原下の活発なマントル・ブルームに関する地球物理学的証拠。 *Nature Astronomy*, 7, 160–169. <https://doi.org/10.1038/s41550-022-01836-3>
- Brown, S. K., Croweller, H. S., Sparks, R. S. J., Cottrell, E., Deligne, N. I., Guerrero, N. O., Hobbs, L., Kiyosugi, K., Loughlin, S. C., Siebert, L., & Takarada, S. (2014). 第四紀噴火記録の特徴：大規模爆発的火山噴火 (LaMEVE) データベースの解析。 *Journal of Applied Volcanology*, 3(5). <https://doi.org/10.1186/2191-5040-3-5>
- Bryson, R. A. (1989). ミランコビッチ気候強制力の第四紀後期の火山調節。 *Theoretical and Applied Climatology*, 39, 115–125. <https://doi.org/10.1007/bf00868307>
- Bushuev, E. V., & Kopylov, I. P. (2005). *Kosmos i Zemlja. Elektromekhanicheskie vzaimodejstviya*. [宇宙と地球。電気機械的相互作用]。 Monograph. Moscow: Energy.
- Canadell, J., Meyer, C., Cook, G., Dowdy, A., Briggs, P., Knauer, J., Pepler, A. & Haverd, V. (2021). オーストラリアにおける森林焼失面積の10年ごとの増加は、気候変動と関連している。 *Nature Communications*, 12, 6921. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27225-4>
- Cesca, S., Segan, M., Rudzinski, Ł., Vajedian, S., Niempz, P., Plank, S., Petersen, G., Deng, Z., Rivalta, E., Vuan, A., Plasencia Linares, M. P., Heimann, S., & Dahm, T. (2022). 南極ブランズフィールド海峡におけるマグマ貫入による群発地震。 *Communications Earth & Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>
- Chadwick, J., Keller, R., Kamenov, G., Yogodzinski, G., & Lupton, J. (2014). コブのホットスポット：HIMU-DMMの混合と融解は、徐々に薄くなるリソスフェアの蓋によって制御されている。 *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15(8), 3107–3122. <https://doi.org/10.1002/2014gc005334>

- Channell, J. E. T., & Vigliotti, L. (2019). 人類と大型哺乳類の第四紀後期進化における地磁気強度の役割。 *Reviews of Geophysics*, 57. <https://doi.org/10.1029/2018RG000629>
- Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). 記録的な海洋の温暖化は2019年も続いた。 *Advances in Atmospheric Sciences*, 37(2), 137–142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>
- コペルニクス(2024年1月9日) コペルニクス:2023年は史上最も暑い年、世界の気温は1.5°Cの限界に近づく <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>
- Cox, C., & Chao, B. F. (2002). 1998年以降の地球系における大規模な質量再分布の検出。 *Science*, 297(5582), 831–833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>
- Dahmen, N., Clinton, J. F., Meier, M., Stähler, S., Ceylan, S., Kim, D., Stott, A. E., & Giardini, D. (2022). MarsQuakeNet: デイブリング技術によって得られた、より完全な火星地震カタログ。 *Journal of Geophysical Research: Planets*, 127(11). <https://doi.org/10.1029/2022je007503>
- Damiani, T. M., Jordan, T. A., Ferraccioli, F., Young, D. A., & Blankenship, D. D. (2014). スウェイツ氷河下の変動する地殻厚が空中重力測定から明らかになり、西南極の地熱流束に影響を与える可能性がある。 *Earth and Planetary Science Letters*, 407, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.09.023>
- Danilov, A. D., & Konstantinova, A. V. (2014). 上層大気原子状酸素含有量の減少。 *Geomagnetizm i Aeronomija*. [Geomagnetism and Aeronomy], 54(2), 224–229. <https://doi.org/10.1134/s0016793214020066>
- Danilov, A. D., Konstantinova, A. V. (2020). 中層・上層大気と電離層のパラメータの長期変動 (総説)。 *Geomagnetizm i Aeronomija* [Geomagnetism and Aeronomy], 60; 397–420. <https://doi.org/10.1134/S0016793220040040>
- Davidson, B. (2021). 次の世界の終わり宇宙天気ニュース。 ISBN 9781098357788
- Deng, S., Liu, S., Mo, X., Jiang, L., & Bauer-Gottwein, P. (2021). 1990年代の極域ドリフトは陸域の貯水量の変化で説明される。 *Geophysical Research Letters*, 48(7). <https://doi.org/10.1029/2020gl092114>
- Dyachenko, A. I. (2003). 地球の磁極。 Moscow: MCCME. 48 p.
- Dziadek, R., Ferraccioli, F., & Gohl, K. (2021). 空磁データから推定される西南極のスウェイツ氷河下の高地熱流。 *Communications Earth & Environment*, 2(16). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00242-3>
- 地球観測所. (n.d). 南極の温暖化傾向。 <https://earthobservatory.nasa.gov/images/36736/antarctic-warming-trends>
- Easterbrook, D. J. (2016). Evidence-based climate science, data opposing CO2 emissions as the primary source of global warming, (2nd Ed.) Elsevier. Bellingham, USA. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-02097-4>
- EM-DAT. (n.d.). 1988年以降の世界の危険と災害の目録 <https://www.emdat.be>
- Emmert, J. T., Lean, J. L., & Picone, J. M. (2010). 2008年太陽活動極小期における熱圏密度の記録的低下。 *Geophysical Research Letters*, 37(12). <https://doi.org/10.1029/2010gl043671>
- EMSC. (n.d.). EMSC 地震検索。 [https://www.emsc-csem.org/Earthquake\\_information/](https://www.emsc-csem.org/Earthquake_information/)
- Fernando, B., Daubar, I. J., Charalambous, C., Grindrod, P. M., Stott, A., Abdullah Al Ateqi, Atri, D., Ceylan, S., Clinton, J., Fillingim, M. O., Hauber, E., Hill, J. R., Kawamura, T., Li, J., Lucas, A., Lorenz, R. D., Ojha, L., Perrin, C., S. Piqueux, & Stähler, S. C. ... Banerdt, W. B. (2023). InSight が観測した最大の火星地震のテクトニック起源。 *Geophysical Research Letters*, 50(20). <https://doi.org/10.1029/2023gl103619>
- Frattasi, P. (2023, May 8). Ai Campi Flegrei 675 terremoti ad aprile 2023: è il mese con più scosse degli ultimi 20 anni. [フレッジレイ原野では、2023年4月に675回の地震が発生:過去20年間で最も揺れの大きかった月である]。 [Fangage.it](https://www.fanpage.it/napoli/campi-flegrei-675-terremoti-aprile-2023/) <https://www.fanpage.it/napoli/campi-flegrei-675-terremoti-aprile-2023/>
- Gase, A., Bangs, N. L., Saffer, D. M., Han, S., Miller, P., Bell, R., Arai, R., Henrys, S. A., Shiraiishi, K., Davy, R., Frahm, L., & Barker, D. (2023). 沈み込む火山砕屑物に富む上部地殻は、浅いメガスラストとスロースリップに流体を供給する。 *Science Advances*, 9(33). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0150>
- ジオネット(2022年12月2日)。M5.6の強い地震は、Taupōでの小規模な火山性不安の継続と一致。火山警戒レベルは引き続きレベル1。火山活動速報 <https://www.geonet.org.nz/vabs/7tu661DztdnlaYDG0LYSgl>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). これまでに作られたすべてのプラスチックの生産、使用、運命。 *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). 太陽フレアに対する電離層E層応答の長期的傾向。 *Solnechno-Zemnaya Fizika* [Solar-Terrestrial Physics], 8(1): 51–57. <https://doi.org/10.12737/szf-81202206>
- Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). 中高層大気冷却と沈降の原因について。 *Izvestija. RAN. Fizika atmosfery i okeana*. [News. Russian Academy of Sciences. Atmospheric and Ocean Physics], 58(5), 601–614. <https://doi.org/10.31857/S0002351522050042>
- Gorny, V. I. et al. (2001) Uralseys Geotraverse for prospecting seismology and remote geothermal method のデータに基づくマントル-リソスフェア相互作用のモデル。南ウラルの深部構造とジオダイナミクス Tver. pp. 227–238.
- Hapgood, C. H. (1958). 地球の地殻変動: 地球科学の基本問題への鍵。 Pantheon Books, - Science.
- Heinrich, H. (1988). 過去13万年間の北東大西洋における周期的な氷筏形成の起源とその結果。 *Quaternary Research*, 29(2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)
- Hruzdov, V. I. (October 2021). Nejtronnaja Vselennaja, Gl. 10. Raschjot nejtronnogo jadra Zemli [Neutron Universe. Ch. 10. Calculation of the Earth's neutron core]. モスクワ: Libmonster Russia. Retrieved from: <https://libmonster.ru/m/articles/download/17227/4846>

- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., Heron, S. F., Hoey, A. S., Hoogenboom, M. O., Liu, G., McWilliam, M. J., Pears, R. J., Pratchett, M. S., Skirving, W. J., Stella, J. S., & Torda, G. (2018). 地球温暖化はサンゴ礁の群集を変容させる。 *Nature*, 556, 492–496. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0041-2>
- パリ天文台IERS地球指向センター.(n.d.).  
一日の長さ - 地球の方位パラメータ [https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04\\_14\\_62-NOW\\_IAU1980-LOD&id=223](https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223)
- 国際地震学センター.(n.d.). Bulletin of the International Seismological Centre. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin> <https://doi.org/10.31905/D808B830>
- IRIS. (n.d.). IRIS ウィルバー 3: 選択イベント [http://ds.iris.edu/wilber3/find\\_event](http://ds.iris.edu/wilber3/find_event)
- Kamis, J. E., (n.d.). 地質学的に誘発された大西洋北部の「暖かい塊」による南グリーンランド氷床の融解。プレート気候学 <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet>
- Kamis, J. E., (2016, November 3). 地球温暖化ではなく、地球深部の地質熱流による西南極氷河融解。プレート気候学 <https://www.plateclimatology.com/west-antarctic-glacial-melting-from-deep-earth-geological-heat-flow-not-global-warming>
- Khalilov, E. (Ed.). (2010). 地球環境の変化：文明の進歩を脅かすもの。 GEOCHANGE: Problems of Global Changes of the Geological Environment, 1, London, ISSN 2218-5798.
- Kopylov, I. (2001, November 1) Elektromekhanika Solnechnoj sistemy [太陽系の電気力学]. NVO.
- Korula, N. (2010, 2月 18). 組み合わせ最適化.二部グラフにおける最大重みマッチング.CS 598CSC: 組合せ最適化における講義。 <https://courses.engr.illinois.edu/cs598csc/sp2010/lectures/lecture10.pdf>
- Laufkötter, C., Zscheischler, J., & Frölicher, T. L. (2020). *Science*, 369(6511), 1621–1625. <https://doi.org/10.1126/science.aba0690>
- Lebreton, L., Egger, M., & Slat, B. (2019). 海洋における正浮力のマクロプラスチック破片のグローバル質量予算。 *Scientific Reports*, 9, 12922. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49413-5>
- Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). 地磁気データから推定されるシベリアのトラップを生成したペルム紀後期スーパーブルーム残骸。 *Nature Communications*, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>
- Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). 地球のコアで加速する高緯度ジェット。 *Nature Geoscience*, 10, 62–68. <https://doi.org/10.1038/ngeo2859>
- Loose, B., Naveira Garabato, A. C., Schlosser, P., Jenkins, W. J., Vaughan, D., & Heywood, K. J. (2018). パインアイランド氷河下の活発な火山熱源の証拠。 *Nature Communications*, 9(2431). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04421-3>
- Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). 中緯度夏季中間圏の気温傾向。 *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>
- Lushvin, P., (2018, March 27). Prirodnye ravninnye pozhary i kak ih minimizirovat' — 2 [草原の自然火災とそれを最小限に抑える方法 - 2]. Regnum. <https://regnum.ru/article/2395754>
- Lushvin, P., (2019). 自然平原の火災とそれを最小限に抑える方法。2018年1月30日～2月2日、モスクワ大学地質・地理学部全ロシア学際セミナー会議第26回「惑星地球システム」での発表。
- Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). メタン時の水域の氷被覆の発達。 *International Journal of Geosciences*, 12(9), 927-940. <https://doi.org/10.4236/ijg.2021.129047>
- Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). 大気中の地震発生現象の観測の歴史とその解釈の形式化。 *International Journal of Atmospheric and Oceanic Sciences*, 5(1), 13-19. <https://doi.org/10.11648/j.ijaos.20210501.13>
- Malinin V. N. & Vaynovsky P. A. (2021). 地球温暖化条件下における海洋大気系の水分交換成分の傾向」、 *Reanalysis-2. Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa [Current problems in remote sensing of the Earth from space]* 18(3), 9-25. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-9-25
- Meinen, C. S., Perez, R. C., Dong, S., Piola, A. R., & Campos, E. (2020). アルゼンチン盆地北西部の4地点における海底水温変動の観測：2009年から2019年にかけての時間変動から経年変動の中で、10年単位で深層／海底の温暖化が進行している証拠。 *Geophysical Research Letters*, 47(18). <https://doi.org/10.1029/2020gl089093>
- Mersereau, D., (2023年9月9日)。世界初、2023年に全ての熱帯海域でカテゴリー5の暴風雨が発生。ウェザー・ネットワーク <https://www.theweathernetwork.com/en/news/weather/severe/a-world-first-every-tropical-ocean-saw-a-category-5-hurricane-cyclone-in-2023>
- Mikhaylova R.S. (2014). マントルにおける強い地震と近地域および遠地域におけるその影響。ロシア科学アカデミー地球物理学サービス <http://www.emsd.ru/conf2013lib/pdf/seism/Mihaylova.pdf>
- Mikhailova, R. S., Ulubieva, T. R., & Petrova N. V. (2021). 2015年10月26日に発生したMw=7.5、10~7のヒンドークシュ地震：前震と余震シーケンス。 *Earthquakes of Northern Eurasia*, 24, 324–339. <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.31>
- Morton, A. (2019, December 27). Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. ガーディアン紙。 <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>
- 米国海洋大気庁 (NOAA) (2024 年)。 NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters. (<https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>), DOI: 10.25921/stkw-7w73
- ニッポン。 (2018, 5月 16). Sakurajima, Japan's Most Active Volcano. <https://www.nippon.com/en/features/h00194/>
- Oppo, D. (2013, October 31). 地球温暖化は海洋に隠れているのか? コロンビア気候スクール。地球研究所。 <https://www.earth.columbia.edu/articles/view/3130>

- Ostle, C., Thompson, R. C., Broughton, D., Gregory, L., Wootton, M., & Johns, D. G. (2019). 60年間の時系列から見た海洋プラスチックの増加。 *Nature Communications*, 10(1622). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>
- Otosaka, I. N., Horwath, M., Mottram, R. & Nowicki, S. (2023). 宇宙から観測された南極とグリーンランドの氷床の質量バランス。 *Surveys in Geophysics*, 44:1615–1652. <https://doi.org/10.1007/s10712-023-09795-8>
- Petrov, N. V. (2015). 地球の気候：宇宙における生命保存法の立場から見た地球の気候変動問題の解決策。 *Ecology and Society Development: Journal of the International Academy of Ecology, Human and Nature Safety Sciences*, 4, 11-23. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001d/2551-ptr.pdf>
- Pissoft, P., Sacha, P., Polvani, L. M., Añel, J. A., de la Torre, L., Eichinger, R., Foelsche, U., Huszar, P., Jacobi, C., Karlicky, J., Kuchar, A., Miksovsky, J., Zak, M., & Rieder, H. E. (2021). 温室効果ガスの増加による成層圏の収縮。 *Environmental Research Letters*, 16, 064038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfe2b>
- PMODWRC. (n.d.). 太陽定数：1978年から現在までの合成全太陽日射量 (TSI) 時系列の構築。 <https://www.pmodwrc.ch/en/research-development/solar-physics/tsi-composite/>
- Reteyum, A. Yu. (2020, 4月 11). Epidemii v obstanovke bol'shogo solnechnogo minimuma [Epidemics in the context of a major solar minimum]. *Regnum*. <https://regnum.ru/article/2913426>
- Reteyum, A. Yu. (2020, 4月 11). Opasnyj mif antropogennogo potepnenija [人為的温暖化の危険な神話]. <https://regnum.ru/article/3101660>
- Rezvanbehbahani, S., Stearns, L. A., Kadivar, A., Walker, J. D., & van der Veen, C. J. (2017). グリーンランドの地熱フラックスの予測: A machine learning approach. *Geophysical Research Letters*, 44(24), 12,271-12,279. <https://doi.org/10.1002/2017gl075661>
- Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). グリーンランド氷床基部の融解はアイスランドホットスポットの歴史によって説明される。 *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>
- Romagnoli, C., Zerbini, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). 高さと重力の変化に対する土壌圧密と熱膨張効果の影響。 *Journal of Geodynamics*, 35(4-5), 521–539. [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(03)00012-7)
- Rosenthal, Y., Linsley, B. K., & Oppo, D. W. (2013). 過去1万年間の太平洋海洋熱量。 *Science*, 342(6158), 617–621. <https://doi.org/10.1126/science.1240837>
- Rysgaard, S., Bendtsen, J., Mortensen, J., & Sejr, M. K. (2018). 北東グリーンランド氷流に近接する高地熱流束。 *Scientific Reports*, 8(1344). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19244-x>
- Sawyer, D. E., Urgeles, R., & Lo Iacono, C. (2023). ティレニア海、マルシリ海盆における5万年にわたる火山砕屑物のメガベッド堆積。 *Geology*, 51(11), 1001–1006. <https://doi.org/10.1130/g51198.1>
- Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). 西南極マントルプルームの氷床底質への影響。 *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(9), 7127–7155. <https://doi.org/10.1002/2017jb014423>
- Seroussi, H., Morlighem, M., Rignot, E., Mouginot, J., Larour, E., Schodlok, M., & Khazendar, A. (2014). 今後50年間の気候強制に対する西南極バインアイランド氷河のダイナミクスの感度。 *The Cryosphere*, 8(5), 1699–1710. <https://doi.org/10.5194/tc-8-1699-2014>
- Smolkov, G. Ya. (2018). 太陽系と地球の外部影響への暴露。 *Physics & Astronomy International Journal*, 2(4), 310–321. <https://doi.org/10.15406/paij.2018.02.00104>
- Smotrin E. G., 軍事科学候補生。(1998).自然災害と大災害-西暦3千年紀を迎えるに当たり、惑星とユーラシアの安全保障に対する主な脅威。地球戦略と技術 XXI. <http://www.geost-21.su/ru/node/1>
- Strass, V. H., Rohardt, G., Kanzow, T., Hoppema, M., & Boebel, O. (2020). 南極大陸のウェッデル海深部における数十年にわたる温暖化と密度減少。 *Journal of Climate*, 33(22), 9863–9881. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-20-0271.1>
- Sun, D., Li, F., Jing, Z., Hu, S., & Zhang, B. (2023). 世界の海面下に隠された頻繁な海洋熱波。 *Nature Geoscience*, 16(12), 1099–1104. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01325-w>
- Sun, W., & Tkalčić, H. (2022). 火星上部マントルにおける繰り返し火星地震。 *Nature Communications*, 13, 1695. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29329-x>
- スイス再保険研究所。(2023年12月14日)。注目される自然災害：竜巻、雹、雷雨。 <https://www.swissre.com/risk-knowledge/mitigating-climate-risk/tornados-hail-thunderstorms.html>
- Tarasov, L. V. (2012) 地球磁気学：教科書。Dolgoprudny: Intellect Publishing House, 184 p.
- Thomas, C. (1993). アダムとイブの物語：激変の歴史。Bengal Tiger Pr.
- Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). グリーンランドとその周辺地域におけるP波トモグラフィ：1. 地殻と上部マントル地殻と上部マントル：固体地球, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>
- IMBIEチーム。(2018). 1992年から2017年までの南極氷床の質量収支。 *Nature*, 558, 219–222. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>
- ザ・ウォッチャーズ(2023年2月23日)。アラスカ、トライデント火山で地震活動が活発化 <https://watchers.news/2023/02/23/increased-seismic-activity-under-trident-volcano-alaska/>
- van der Veen, C. J., Leftwich, T., von Frese, R., Csatho, B. M., & Li, J. (2007). 氷河下地形と地熱流束：グリーンランド氷床の排水との相互作用の可能性。 *Geophysical Research Letters*, 34(12). <https://doi.org/10.1029/2007gl030046>
- 国連.(n.d.).「私たちの大地。私たちの権利」。 <https://www.un.org/en/observances/desertification-day>

- USGS. (n.d.). 検索結果: USGSデータによるマリアナ海溝地域の地震活動。  
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=-15.62304,98.08594&extent=45.39845,196.52344&range=search&search=%7B%22name%22:%22Search%20Results%22,%22params%22:%7B%22starttime%22:%222023-11-23%2000:00:00%22,%22endtime%22:%222023-11-26%2023:59:59%22,%22maxlatitude%22:29.075,%22minlatitude%22:6.49,%22maxlongitude%22:155.215,%22minlongitude%22:133.242,%22minmagnitude%22:2.5,%22orderby%22:%22time%22%7D%7D>
- USGS. (n.d.). USGS Search Earthquake Catalog. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
- Viterito, A. (2022). 1995: 最近の地球物理学史における重要な変曲点。 *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 29(5). <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2022.29.556271>
- Vogt, D. B. (2007). 神の審判の日; 地球温暖化の本当の原因 (第1版)。ベクター・アソシエイツ。
- Vogt, D. B. (2015). 多次元現実の理論。ベクター・アソシエイツ。
- Volcano Discovery. (n.d.). 火山ディスカバリー地震。 <https://www.volcanodiscovery.com/earthquakes/lists.html>
- Volcano Hazards Program. (2015, 9月 17). Mauna Loa - earthquake and deformation data 2010-2016. <https://www.usgs.gov/media/images/mauna-loa-earthquake-and-deformation-data-2010-2016>
- Vsegei. (n.d.). Tajaniju Idov Grenlandii sposobstvuet Islandskij pljum [グリーンランドの氷の融解はアイスランドの噴煙によって促進されている] [https://www.vsegei.ru/ru/about/news/97448/?sphrase\\_id=1444325](https://www.vsegei.ru/ru/about/news/97448/?sphrase_id=1444325)
- White, K. W. (1992). *World in peril: The origin, mission, and scientific findings of the 46th/72nd Reconnaissance Squadron*, K. White, ISBN 0962891681.
- Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Jean-François Crétaux, Wada, Y., & Berge-Nguyen, M. (2023). 衛星は、世界の湖水貯水量の広範な減少を明らかにした。 *Science*, 380(6646), 743–749. <https://doi.org/10.1126/science.abo2812>
- Yurganov, L. N., Leifer, I., & Sunil Vadakkepuliymbatta. (2017). 2014年以降、大気中のメタン濃度の上昇が加速している証拠: 北極圏の衛星データ。 *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa* [Current problems in remote sensing of the Earth from Space] 14(5), 248–258.  
[https://www.researchgate.net/publication/317587506\\_Evidences\\_of\\_accelerating\\_the\\_increase\\_in\\_the\\_concentration\\_of\\_methane\\_in\\_the\\_atmosphere\\_after\\_2014\\_satellite\\_data\\_for\\_the\\_Arctic](https://www.researchgate.net/publication/317587506_Evidences_of_accelerating_the_increase_in_the_concentration_of_methane_in_the_atmosphere_after_2014_satellite_data_for_the_Arctic)
- Zotov, L. V., Barkin, Y. V. & Lyubushin, A. A. (2009). Dvizhenie geocentra i ego geodinamika [The motion of the geocenter and its geodynamics]. In 3rd. conf. Space geodynamics and modeling of global geodynamic processes, Novosibirsk, September 22-26, 2009, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. (pp. 98-101). Novosibirsk: Geo.