

## 2050年カーボンニュートラルおよび気候変動関連のファイナンスについて

中央環境審議会地球環境部会中長期の気候変動対策検討小委員会・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会地球温暖化対策検討ワーキンググループ合同会合（第2回） 令和2年12月16日

委員意見 杉山大志<sup>1</sup>

## 目次

要旨	2
1 カーボンニュートラルについて	4
1-1 統計データの整理——災害は「地球温暖化のせい」なのか	4
1-2 シミュレーションの問題点	6
1-3 上げ潮シナリオの提案	6
2 気候変動関連のファイナンスについて	9
2-1 ESG投資は人権を重視すべきだ	9
2-2 ESG投資はエネルギー安全保障を考慮すべきだ	10
2-3 ESG投資は開発途上国の経済成長を重視すべきだ	10
2-4 電力インフラへのサイバー攻撃の脅威に対処すべきだ	10
2-5 ESG投資はあらゆる技術を推進すべきだ	11
添付資料	12
A 地球温暖化ファクトシート 第2版（12/16加筆）	12
B 【研究ノート】上げ潮シナリオー「革新的環境イノベーション戦略」実施のあり方	12
C 「CO2 偏重」から「脱中国」に、ESG投資は再編すべきだ	12
D 「CO2 ゼロで高まる日本の中国依存とサイバー攻撃の脅威」	12
E テクノロジー・インクルーシブ・アプローチ：温暖化解決のためには、日米連携で「あらゆる技術の推進」を図れ	12

<sup>1</sup>本稿は個人の見解です。

## 要旨

### 1.

カーボンニュートラルを目指すに当たっては、その経済と科学についてのデータを精査すべきです。国民は誤った情報の氾濫に惑わされています。事務局は何よりもまず、データを精査し、国民に示すべきです。その上で、国民的な議論を仰ぐべきです。

小生の整理したデータは参考資料に「地球温暖化ファクトシート」として添付しましたのでご活用願えれば幸いです。

### 2.

さて RITE の 2016 年の試算に基づけば、カーボンニュートラルの年間費用は国家予算約 100 兆円に匹敵することが示唆されています。しかも試算の中身は未だ実用化されていない技術ばかりです。つまり国内だけで 2050 年にカーボンニュートラルにすることは事実上不可能ということです。

### 3.

では科学的知見は、これほど極端な対策を支持するのでしょうか。

政策決定にあたっては統計データこそを重視すべきです。災害が「激甚化」「頻発化」したといったレトリックや、ある台風で災害があったといったエピソードでは駄目です。

統計データでは、「温暖化による被害」は殆ど確認されていません。台風は増えておらず、強くもなっていません。豪雨や猛暑への地球温暖化の寄与は、あったとしてもごく僅かです。海氷が無くなり絶滅すると言われたシロクマはむしろ増えています。海面上昇で沈没すると言われたサンゴ礁の島々はむしろ拡大しています。

大きな被害が出るというシミュレーションはあります。しかしこれには往々にして問題があります。第 1 に前提となる CO2 排出が多すぎます。第 2 に、モデルは気温上昇の結果を見ながらパラメーターをいじっています。第 3 に、モデルは気温上昇を過大評価しています。第 4 に被害の計算は不確かで、悪影響を誇張しています。政策決定にあたっては、シミュレーションは、一つ一つその妥当性を検証すべきで、計算結果を鵜呑みにするのは大変危険です。

以上から、国民に莫大な費用を強いる政策を支持する程の強固な科学的知見は存在しない、というのが私の見解です。

4.

ただし日本政府はCO<sub>2</sub>を「実質」でゼロにするとしており、またそれは成長戦略の一環である、ともしています。

これを実現するには、日本国内よりも、むしろ日本の技術によって海外で削減されるCO<sub>2</sub>こそが重要です。

日本には発達した製造業があります。経済成長を図りつつ、温暖化対策に限らずあらゆる科学・技術全般の振興を図るべきです。安くて性能の良い温暖化対策技術は、イノベティブな製造業という健全な母体からこそ生まれます。これを私は「上げ潮」シナリオと呼びます。

日本はLED、バッテリー、太陽電池、ハイブリッド車等の技術で世界に貢献してきました。

アフォーダブルな技術さえ出来れば、世界中でCO<sub>2</sub>は減ります。日本のCO<sub>2</sub>排出は世界の3%に過ぎません。その程度を日本発の技術で減らすことは可能と思います。

政府の役割は基礎研究への投資など多々あります。ただし、日本を高コスト体質にしては逆効果です。製造業が衰退してしまい、イノベーションが起きないからです。電気料金は低く抑えねばなりません。このためには原子力も石炭火力も重要です。

5.

ファイナンスについて、現行のESG投資は大きくバランスを欠いており、是正が必要です。

欧州では再エネだけが良いという意見が強く、合理的ではありません。他方で米国では原子力やCCSも推進するという「テクノロジーインクルーシブ」なアプローチが主流です。日本も米国と連携してそうすべきです。

またESGの「S」は社会の意味です。人権、経済開発、安全保障といった、普遍的な価値こそを重視すべきです。端的に言って、いまのESG投資は、中国から太陽電池を買うことを促進しているが、人権問題にはお構いなしです。他方で、アジアの自由諸国の経済開発に必要な化石燃料の利用を妨害しています。

6.

最後に、温暖化対策によってハイテクやレアメタルなどの中国依存が高まらないようにすべきです。分散型の電力設備へのサイバー攻撃への対策も必要です。これは既に米国が先行して対応しており、日本もそうすべきです。

## 本文

### 1 カーボンニュートラルについて

#### 1-1 統計データの整理——災害は「地球温暖化のせい」なのか

(以下は、本稿の添付資料A「地球温暖化ファクトシート」からの抜粋である。詳しくはそちらをご覧ください)

地球温暖化に関する報道を見ていると、間違い、嘘、誇張がたいへんによく目につく。そしてその殆どは、統計データで明瞭に否定できる。

例えば、台風が「激甚化」などしていないことは、下図から分かる。



図 「強い」以上の勢力になった台風の発生数（青：左軸）と全台風に対する割合（赤：右軸）。太線はそれぞれの前後5年間の移動平均。出典：政府資料 (p54)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 環境省 文部科学省 農林水産省 国土交通省 気象庁、気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018、2018年2月。

[http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018\\_full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf)

こういったデータを分かり易く添付資料Aの「地球温暖化ファクトシート」としてまとめた。以下に項目だけ示しておく。

- 1 台風は増えていない
- 2 台風は強くなっていない
- 3 超強力な台風は来なくなった
- 4 地球温暖化は30年間で僅か0.2°Cである
- 5 猛暑は温暖化のせいではない
- 6 短時間の豪雨は温暖化のせいではない
- 7 豪雨は温暖化のせいではない
- 8 再生可能エネルギーの大量導入で豪雨は3ミクロンも減らなかった
- 9 2050年CO2ゼロでも気温は0.01°Cも下がらず、豪雨は1ミリも減らない
- 10 温暖化で死亡リスクは減少する
- 11 東京は既に3°C上昇したが繁栄している
- 12 山火事は温暖化のせいではない
- 13 海面上昇は僅かでゆっくりだった
- 14 シロクマは増えている
- 15 砂浜の消失は温暖化のせいではない
- 16 サンゴ礁の島々は海面上昇で沈まなかった
- 17 エゾシカの獣害は温暖化のせいではない
- 18 災害による損害額の増加は温暖化のせいではない
- 19 CO2は既に5割増えた。だが何も問題は起きていない。
- 20 気温予測の科学的不確実性は大きい
- 21 気温予測の前提となる排出量が多すぎる
- 22 シミュレーションは温暖化を過大評価している
- 23 シミュレーションは気温上昇の結果を見ながらパラメーターを調整している
- 24 食糧生産は増え続けている
- 25 気象災害による死亡は減り続けている
- 26 気候に関連する死亡は減り続けている

観測データを見る限り、地球温暖化による被害は殆ど起きていない。

報道では何か災害があるたびに「温暖化の影響がある」と結ばれることが多い。

だが影響は量として把握しないと認識を誤る。定量的には温暖化の影響は「ごく僅か」であり、「温暖化のせいではない」と言った方が正確なものばかりだ。

## 1-2 シミュレーションの問題点

以上は過去の観測の話だったが、将来の予測はどうか。食糧生産が減るなどの、恐怖を煽る記事をよく見かける。これはたいてい数値モデルに依存している。だがこれも問題が多い。

第1に、気温予測の前提とするCO<sub>2</sub>排出量が、非現実的なまでに多すぎる。

第2に、モデルは気温予測の結果を見ながら内部のパラメーターをいじっている。この慣行はチューニングと呼ばれている。これによって気温の予測は高くなっている。

第3に、農業等への被害予測は不確かな上に、悪影響を誇張している。詳しくは添付資料A「地球温暖化ファクトシート」の22-26をご覧ください。

さてCO<sub>2</sub>の濃度は江戸時代の末期に比べると既に1.5倍になった。その間、気温は0.8℃上がったとされる。

だが観測データで見れば、何の災害も起きなかった。

むしろこの間、経済成長によって、人は長く健康に生きようになり、食糧生産は増え、飢えは過去のものになった。

もしも幕末をスタート地点にして同じようなやり方で数値モデルを回すならば、今の日本はとっくに破滅している筈、という答えが出るのではないか？ 勿論これは現実と全く違う。

仮に過去の気温上昇がすべてCO<sub>2</sub>によるもので、今後もそうだとすると、今から更に0.8℃だけ気温が上がるのは、CO<sub>2</sub>の濃度が現在の1.5倍になった時になる。既存の政策の延長上であっても、これには70年もかかる<sup>3</sup>。

この程度の緩やかな温暖化では何の災害も起きないことは経験済みである。

## 1-3 上げ潮シナリオの提案

(以下は添付資料B「【研究ノート】上げ潮シナリオー「革新的環境イノベーション

---

<sup>3</sup>この計算については、拙稿、【研究ノート】CO<sub>2</sub>による地球温暖化は飽和してゆく  
[https://cigs.canon/article/20201125\\_5492.html](https://cigs.canon/article/20201125_5492.html)

「ゼロエミッション戦略」実施のあり方

[https://cigs.canon/article/20201209\\_5510.html](https://cigs.canon/article/20201209_5510.html)

からの抜粋である。詳しくはそちらをご覧ください)。

RITE の 2016 年の試算に基づけば、2050 年において国内の CO2 排出をゼロにするコストは国家予算 100 兆円に匹敵することが示唆されている。<sup>4</sup>

もしもこの試算の通りであれば、国内だけで CO2 ゼロを達成することを目指すならば、経済破綻は必定となる。

ではどうすればよいか。

いま世界で CO2 削減が進まないのは、そのコストが高過ぎるからだ。アフォーダブルな技術さえ出来れば CO2 は問題なく減らせる。

例えば LED 照明はいま実力で普及しており、白熱電灯や蛍光灯を代替することで、大幅に CO2 を減らしている。

またシェールガスは実力で石炭を代替して米国の発電起源の CO2 を減らしている。

同様の展開が将来にも期待できる。

バッテリーは全固体電池の開発などにより、確実に今よりも安くなり性能も上がる。そうすれば、ガソリン自動車の禁止といった極端な規制や高額補助金など無くとも、電気自動車は実力で社会に普及する。これこそが目指すことだ。

太陽電池も今より安く性能が良くなる。これには例えばペロブスカイト太陽電池などの新技術が有望視されている。

ゆくゆくは太陽電池とバッテリーとの組み合わせがアフォーダブルなものになり、政策的後押し無くとも普及できるかもしれない。

ではこのような「アフォーダブルな CO2 削減技術」はどうすれば生まれるか。必要なのは「イノベーションな経済」だ。

最新の技術は、特定の政策ではなく、経済全体の協同から生まれる。鍵となるのは、市場の力と裾野の広い製造業基盤である。

市場の力が必要なのは、技術進歩には現場での試行錯誤が不可欠だからだ。たとえばバッテリーは、モバイル機器用途、自動車用途、電力需給調整用途など、さまざまなマーケットで鍛えられて進歩を続けている。

裾野の広い製造業基盤は、最新技術の母体である。ふたたびバッテリーを例にすると、まず材料には全固体電池ひとつとっても無数のバリエーションがあり、

---

<sup>4</sup>拙稿、2050 年 CO2 ゼロのコストは国家予算に匹敵する

<http://agora-web.jp/archives/2048975.html>

この製造技術（薄膜製造、粉体技術等）や計測技術（電子顕微鏡、光学散乱等）も数多くある。計算技術（スーパーコンピューター、AI、量子計算機）も駆使されて材料が分析され、設計される。こうした技術を全て有している人は誰もおらず、製造業全体の中に幅広く分布しており、その総合力で新技術が生まれる。

政府がなすべきこととして、民間だけでは不足する基礎研究や実証試験への投資がある。だが一方で、未熟な技術を任意に選び、規制による強制や補助金のばらまきで強引に普及させてはいけない。

日本は太陽光発電を強引に普及させて、結果として電気料金が高騰した。これは経済に悪影響を与え、製造業基盤を損なった。

CO2 削減を名目とした政府の経済統制は、イノベーションを阻害するので、むしろ CO2 削減のためには逆効果である。

以上を図としてまとめておこう。日本が採るべきは「上げ潮シナリオ」であり、避けるべきは無謀な目標を掲げ経済統制によって実現しようとして破綻するという「大躍進シナリオ」である。

ひとたびアフォーダブルな技術が出来れば、世界中で CO2 は減る。日本の CO2 排出は世界の 3%に過ぎない。その程度を日本発の技術で減らすことは出来る。

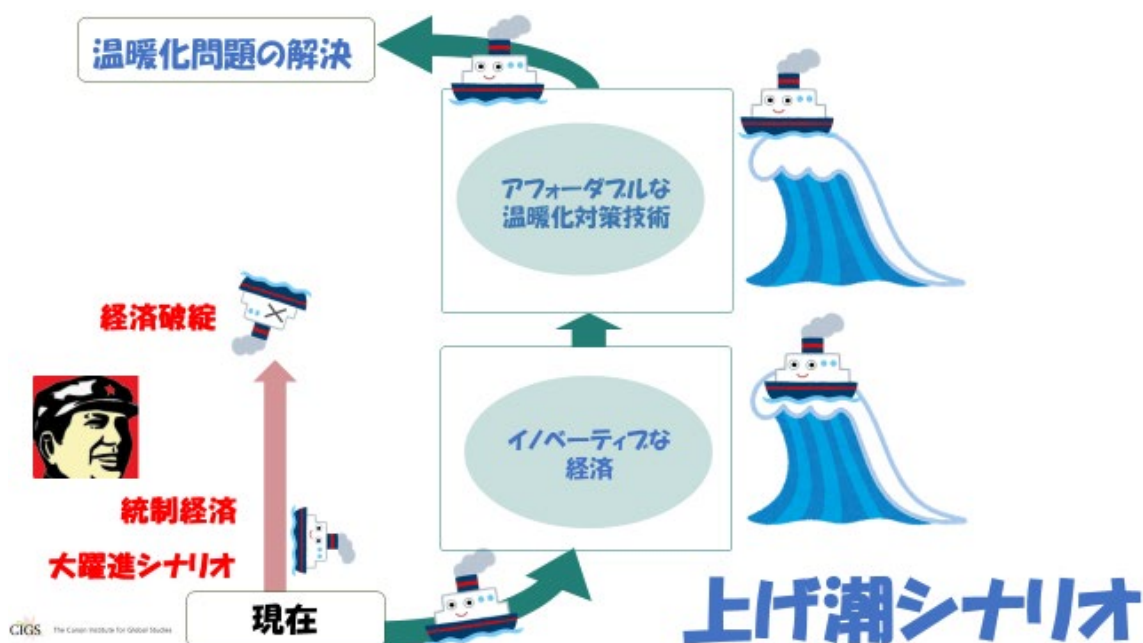


図 CO2 削減の「上げ潮シナリオ」。イノベティブな経済によってアフォーダブルな温暖化対策技術を生み出すことで温暖化問題を解決する。統制経済で CO2 削減を図る「大躍進シナリオ」は失敗する。



## 2 気候変動関連のファイナンスについて

### 2-1 ESG投資は人権を重視すべきだ

(以下は、添付資料C「CO2 偏重」から「脱中国」に、ESG 投資は再編すべきだ <https://web-willmagazine.com/energy-environment/8ZaoY> からの抜粋である。詳しい議論および文献はリンク先をご覧ください)。

近年、ESG 投資ということがよく言われている。環境(E)、社会(S)、企業統治(G)といった、社会的な要請に配慮した投資をすべき、という考え方である。

このコンセプト自体は悪くないのだが、実態としては、バランスを大きく欠いている。

というのは、ESG 投資といっても、実態としては判断基準が CO2 に偏重しており、しかも石炭火力発電バッシングになってしまっているからだ。

だがこれには大いに問題がある。というのは、いまの ESG 投資では、

- 1) 自由主義陣営に属する東南アジアの開発途上国で石炭火力発電事業に投資することが事実上禁止されている。この一方で、
- 2) 中国製の太陽光発電設備や電気自動車用バッテリーの購入が奨励されている。

人権抑圧が事件になると、ごく限定的に、関係者との商取引が問題視されることは、これまでの ESG 投資の枠組みの中でもあった。

だが、そもそも人権抑圧をする国家と商取引をしてよいのか、ということについては、ESG 投資はほぼお構いなしだった。

だから、電力設備、先端技術、重要鉱物についても、ESG 投資は、中国依存を強める原動力として作用してきた。

さほどのリスクでもない CO2 をゼロにしようとして、自由、民主といった基本的人権を犠牲にするのでは、本末転倒である。

残念ながら、今の ESG 投資の殆どは、石炭を憎む一方で、独裁国家を支援している。

けれども、そもそも ESG の S とは、よき社会(Society)の意味である。

今後、政府と金融機関は、ESG 投資の内容を見直し、CO2 偏重を止め、脱中国依存を新たな潮流にすべきである。

## 2-2 ESG投資はエネルギー安全保障を考慮すべきだ

ESG投資のS（社会）には、エネルギー安全保障が含まれる。日本は国策として石炭火力発電をエネルギー安全保障のために利用している。従ってESG投資において石炭火力発電を対象としないという方針は誤りであって、是正が必要である。

## 2-3 ESG投資は開発途上国の経済成長を重視すべきだ

ESG投資のS（社会）には、経済開発とそれに伴う福祉の向上が含まれる。開発途上国にとっては化石燃料利用によってこれを実現する機会が多い。大半の場合これを再生可能エネルギーだけで代替することは出来ない。石炭火力発電を否定するなどの形でESG投資がこの経済開発の機会を奪うことは不適切で、是正が必要である。

## 2-4 電力インフラへのサイバー攻撃の脅威に対処すべきだ

（以下は、添付資料D「CO2ゼロで高まる日本の中国依存とサイバー攻撃の脅威」  
<https://web-willmagazine.com/energy-environment/AHzl4>  
からの抜粋である。詳しい議論および文献はリンク先をご覧ください）。

中国製の太陽光発電や風力発電設備が日本の電力網に多数接続されると、サイバー攻撃のリスクが高まる。

トランプ米大統領は5月1日、米国の電力網をサイバー攻撃から守るための大統領令に署名した。これは中国やロシアからの電力機器輸入の制限を念頭に置いたものだ。

電力網がサイバー攻撃対象となっていることは、今や世界の常識である。2016年にはロシアのサイバー攻撃によってウクライナで停電が起きた。

いまや中国はロシアと並んで、高いサイバー攻撃能力を有し、米国に脅威をもたらしている、と米国家情報長官は、米国とその同盟国に警鐘を鳴らした。

サイバー攻撃の内容は、ウイルスやバックドアによる情報の窃盗から、通信・制御システムの乗っ取り、遂には電力網の停電や、発電所の破壊にも及びかねない。

大統領令の対象は幅広く、送配電設備はもとより、太陽光発電設備も、風力発電設備も対象になっている。

再生可能エネルギーが厄介なのは、その数が極めて多いことである。

原子力などの集中型の発電設備は、通常、重要な施設として、徹底して安全に保護されているので、容易には攻撃できない。

だが、それをわざわざ攻撃するよりも、どこにでも配備されている分散型の太陽光発電・風力発電を攻撃する方が難易度は低い。守る側としては、防御線が伸び切った状態になるので、守りにくい。

日本政府も電力網のサイバーセキュリティの強化に着手している。だが今のところは事業者の善意ある協力を前提としている。日本らしい方法だが、本当にこれで間に合うのか心配である。また中国製品の排除には至っていない。

米国では、太陽光発電用のインバーター市場の殆どは、外国製ないしは外国企業に占められているという。中でも中国のシェアは47%に達する。これには世界最大の太陽光発電用インバーターメーカーであるファーウェイも含まれている。

日本では、一体どの程度、中国製品が入り込んでいるのだろうか。

インバーターは、発電設備電力を送電網に送る部品である。このため、そこがサイバー攻撃の対象になると、停電を引き起こしたり、他の発電設備を損傷させたりする可能性がある。

日本も、太陽光発電等の電力設備から、どのように中国製品を排除してゆくのかが、導入がこれ以上進む前に、早急に検討する必要がある。

## 2-5 ESG投資はあらゆる技術を推進すべきだ

(以下は、添付資料E テクノロジー・インクルーシブ・アプローチ：温暖化解決のためには、日米連携で「あらゆる技術の推進」を図れ

<http://ieei.or.jp/2020/03/sugiyama200317/>

からの抜粋である。詳しくは添付をご覧ください)

大幅なCO<sub>2</sub>の削減を実現するためにはイノベーション、すなわち、新技術の発明と、その大規模な普及の両方が欠かせない。だが現実には、優れた技術が存在するにも拘わらず、反対運動によってその普及が阻まれている。EU、特にドイツではこれが顕著であるが、幸いにして、米国は全技術を推進する超党派の機運がある。日本はこれに連携して、あらゆる技術の推進を図る Technology Inclusive Approach を採り、国際的なリーダーになるべきだ。

## 添付資料

本稿に以下を添付する：

A 地球温暖化ファクトシート 第2版（12/16 加筆）

加筆前のものは以下のリンクに公開してある：

地球温暖化ファクトシート 第2版

[https://cigs.canon/article/20201125\\_5488.html](https://cigs.canon/article/20201125_5488.html)

B 【研究ノート】上げ潮シナリオー「革新的環境イノベーション戦略」実施のあり方

[https://cigs.canon/article/20201209\\_5510.html](https://cigs.canon/article/20201209_5510.html)

C 「CO2 偏重」から「脱中国」に、ESG 投資は再編すべきだ

<https://web-willmagazine.com/energy-environment/8ZaoY>

D 「CO2 ゼロで高まる日本の中国依存とサイバー攻撃の脅威」

<https://web-willmagazine.com/energy-environment/AHzl4>

E テクノロジー・インクルーシブ・アプローチ：温暖化解決のためには、日米連携で「あらゆる技術の推進」を図れ

<http://ieei.or.jp/2020/03/sugiyama200317/>

# 地球温暖化ファクトシート 第2版

(2020/12/16 に加筆)

キャノングローバル戦略研究所 研究主幹 杉山大志

## はじめに

地球温暖化に関する報道を見ていると、間違い、嘘、誇張がたいへんによく目につく。そしてその殆どは、簡単に入手できるデータで明瞭に否定できる。

本稿は、そのようなデータを分かり易くまとめたものだ。

全てのファクトについて、そのポイントを1ページで箇条書きと図で簡潔に書いた。加えて、理解を深め正確を期する読者のために解説と文献を付した。

忙しい方は1ページにまとめたポイントだけでも全項目を読んで欲しい。

なお本稿では主に過去の観測データを論じ、シミュレーション予測について詳しくは扱わない。

観測データを見る限り、地球温暖化による被害は殆ど起きていないことが解る。報道では何か災害があると「温暖化の影響がある」等と結ばれることが多い。だが影響は量として把握しないと認識を誤る。定量的には温暖化の影響は「ごく僅か」であり、「温暖化のせいではない」と言った方が正確なものばかりだ。

他方で、シミュレーション予測には、おどろおどろしいものが多数ある。だがシミュレーションは、前提次第で結果は大きく変わるもので、方法論上の問題がある。「2050年CO2ゼロ」といった極端な政策を正当化できるとは思えない。

## 目次

はじめに .....	1
1 台風は増えていない.....	3
2 台風は強くなっていない .....	5
3 超強力な台風は来なくなった.....	7
4 地球温暖化は 30 年間で僅か 0.2℃である.....	9
5 猛暑は温暖化のせいではない.....	11
6 短時間の豪雨は温暖化のせいではない .....	16
7 豪雨は温暖化のせいではない.....	19
8 再生可能エネルギーの大量導入で豪雨は 3 ミクロンも減らなかった.....	22
9 2050 年 CO2 ゼロでも気温は 0.01℃も下がらず、豪雨は 1 ミリも減らない .....	27
10 温暖化で死亡リスクは減少する .....	31
11 東京は既に 3℃上昇したが繁栄している.....	35
12 山火事は温暖化のせいではない .....	41
13 海面上昇は僅かでゆっくりだった.....	47
14 シロクマは増えている .....	51
15 砂浜の消失は温暖化のせいではない.....	53
16 サンゴ礁の島々は海面上昇で沈まなかった .....	56
17 エゾシカの獣害は温暖化のせいではない.....	58
18 災害による損害額の増加は温暖化のせいではない.....	60
19 CO2 は既に 5 割増えた。(だが何も問題は起きていない。) .....	63
20 気温予測の科学的不確実性は大きい.....	65
21 気温予測の前提となる排出量が多すぎる.....	68
22 シミュレーションは温暖化を過大評価している.....	70
23 シミュレーションは気温上昇の結果を見ながらパラメーターを調整している .....	73
24 食糧生産は増え続けている .....	76
25 気象災害による死亡は減り続けている .....	78
26 気候に関連する死亡は減り続けている .....	80
更に詳しくは.....	83

## 1 台風は増えていない

### ポイント

- ・ 台風は増えていない。これは図 1 から明らかである。
- ・ 「台風が温暖化のせいで頻発している」と言うのはフェイクニュースだ。

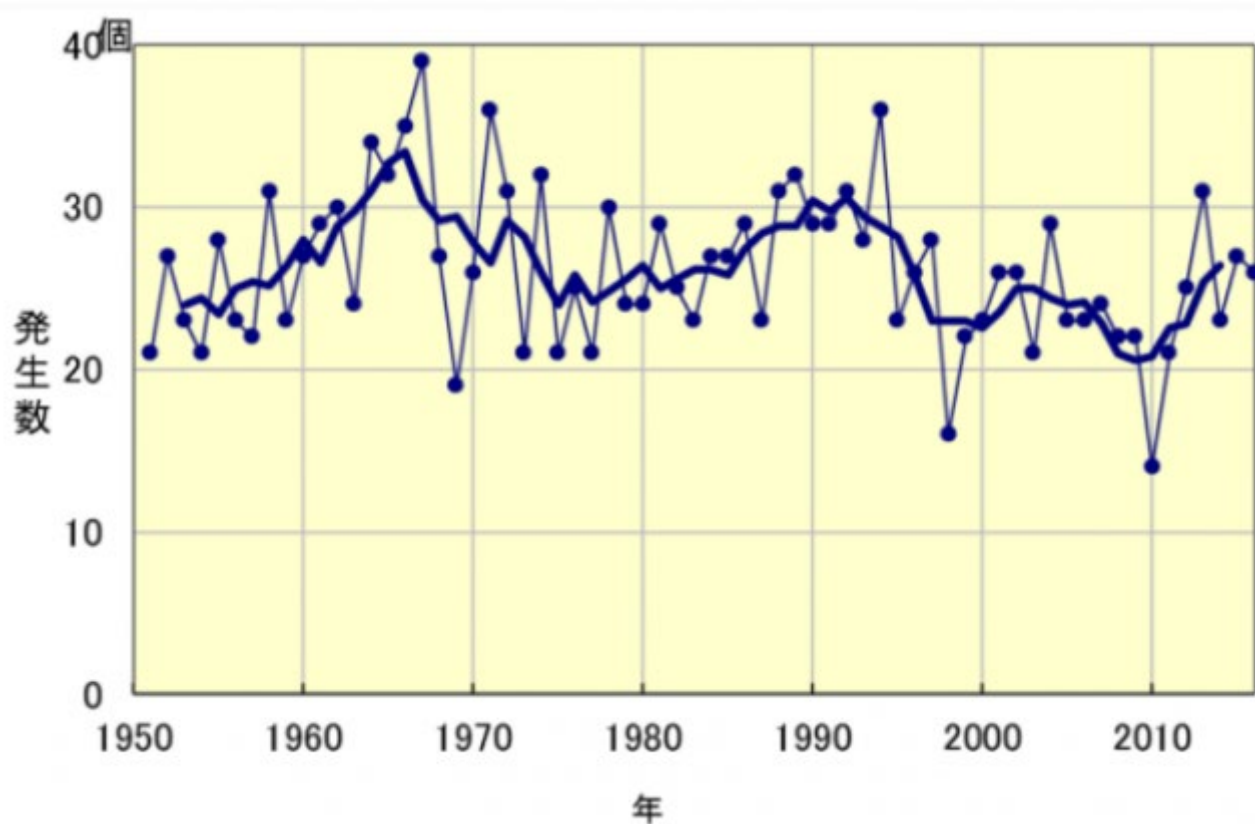


図 1 台風の発生数の経年変化。折れ線グラフが毎年の発生数、太線は前後 5 年間の移動平均。出典：政府資料 (p54)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 環境省 文部科学省 農林水産省 国土交通省 気象庁、気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート 2018、2018 年 2 月。

[http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018\\_full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf)

## 解説

台風シーズンになり、被害が出る度に、「地球温暖化のせいで」台風が「激甚化」している、「頻発」している、といったニュースが流れる。そこには毎度おなじみの“専門家”が登場し、「温暖化すれば台風が激甚化するの当然だ」とのたまう。

だがこれは完全にフェイクニュースであることを見ていこう。

まず、台風が増えていないことは図1の通り。増えていないのは明らかで、むしろどちらかという、減っているように見える。

なお図1のように、台風の数は年々変動している。偶々数が多いとニュースになり、温暖化のせいにされることがまま有る。だが温暖化はゆっくりと起きる事象なので、数十年から百年といった長期的なトレンドを見なければ意味が無い。年々の変動は自然変動に過ぎない。



## 2 台風は強くなっていない

### ポイント

- ・「強い」以上にランク分けされる台風は増えていない（図2）。
- ・その発生割合も増えていない（図2）。
- ・温暖化のせいで台風が「激甚化している」というのはフェイクニュースだ。



図2 「強い」以上の勢力になった台風の発生数（青：左軸）と全台風に対する割合（赤：右軸）。太線はそれぞれの前後5年間の移動平均。出典：政府資料(p54)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> 環境省 文部科学省 農林水産省 国土交通省 気象庁、気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018、2018年2月。

[http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018\\_full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf)

## 解説

台風が強くなっていないことも、図2から明らかだ。

台風は、最大風速が毎秒33メートルを超えると「強い」以上に分類される。図を見ると、その「強い」以上の台風の発生数は明らかに増えていない。どちらかと言うと、減っているように見える。

「強い」以上の台風の発生割合を見ても、増えてはおらず、むしろどちらかと言うと、減っているように見える。

### 3 超強力な台風は来なくなった

#### ポイント

- ・観測史上 12 位以内の超強力台風は、1971 年以降、滅多に来なくなった。
- ・温暖化のせいで台風が「激甚化」しているというのは、フェイクニュースだ。

#### 中心気圧が低い台風 (統計期間 : 1951年～2019年第29号まで)

上陸時 (直前) の中心気圧が低い台風

順位	台風番号	上陸時気圧 (hPa)	上陸日時	上陸場所 *1
1	6118 *2	925	1961年9月16日09時過ぎ	高知県室戸岬の西
2	5915 *3	929	1959年9月26日18時頃	和歌山県潮岬の西
3	9313	930	1993年9月3日16時前	鹿児島県薩摩半島南部
4	5115	935	1951年10月14日19時頃	鹿児島県串木野市付近
5	9119	940	1991年9月27日16時過ぎ	長崎県佐世保市の南
	7123	940	1971年8月29日23時半頃	鹿児島県大隅半島
	6523	940	1965年9月10日08時頃	高知県安芸市付近
	6420	940	1964年9月24日17時頃	鹿児島県佐多岬付近
	5522	940	1955年9月29日22時頃	鹿児島県薩摩半島
	5405	940	1954年8月18日02時頃	鹿児島県西部

\*1 : 当時の市町村名等以示す

\*2 : 第二室戸台風

\*3 : 伊勢湾台風

参考記録 : (※統計開始以前のため)

室戸台風 911.6hPa 1934年9月21日 (室戸岬における観測値)

枕崎台風 916.1hPa 1945年9月17日 (枕崎における観測値)

図 3 中心気圧が低い台風のランキング。出典 : 気象庁 HP<sup>3</sup>

## 解説

上陸時の台風の強さのランキングを気象庁のデータで見てもよう(図3)。

10位までのランキングに、欄外の2つの参考記録の台風を足すと、観測史上で12個の超強力台風があった。

昭和の三大台風(室戸台風、枕崎台風、伊勢湾台風)を初め、戦後から1970年頃までは、超強力台風が頻発していた。1950年代は4件、1960年代は3件がランキングしている。

ところが、1971年を最後に、このような超強力台風は滅多に来なくなった。ランキングに入っているのは、1991年と1993年に1つずつあるだけである。

なぜ超強力台風が上陸しなくなったのか、その理由は誰にも分かっていない。

偶々かもしれない。

数十年規模の気候の自然変動が影響しているのかもしれない。

いずれにせよ、そもそも上陸数が増えていないのだから、論理的に言って「地球温暖化のせいで超強力台風が上陸するようになった」ということはあり得ない。

因みに人類がCO<sub>2</sub>排出を特に増やしたのは1970年以降だから、ひょっとしたらCO<sub>2</sub>を出したら台風の上陸が減ったのかもしれない! まあ、これは半ば冗談だが。

#### 4 地球温暖化は30年間で僅か0.2℃である

##### ポイント

- ・地球温暖化は起きているが緩やかである（図4）。
- ・子供が大人になる30年間程度の期間であれば0.2℃程度で、体感できるような温度差ではない。

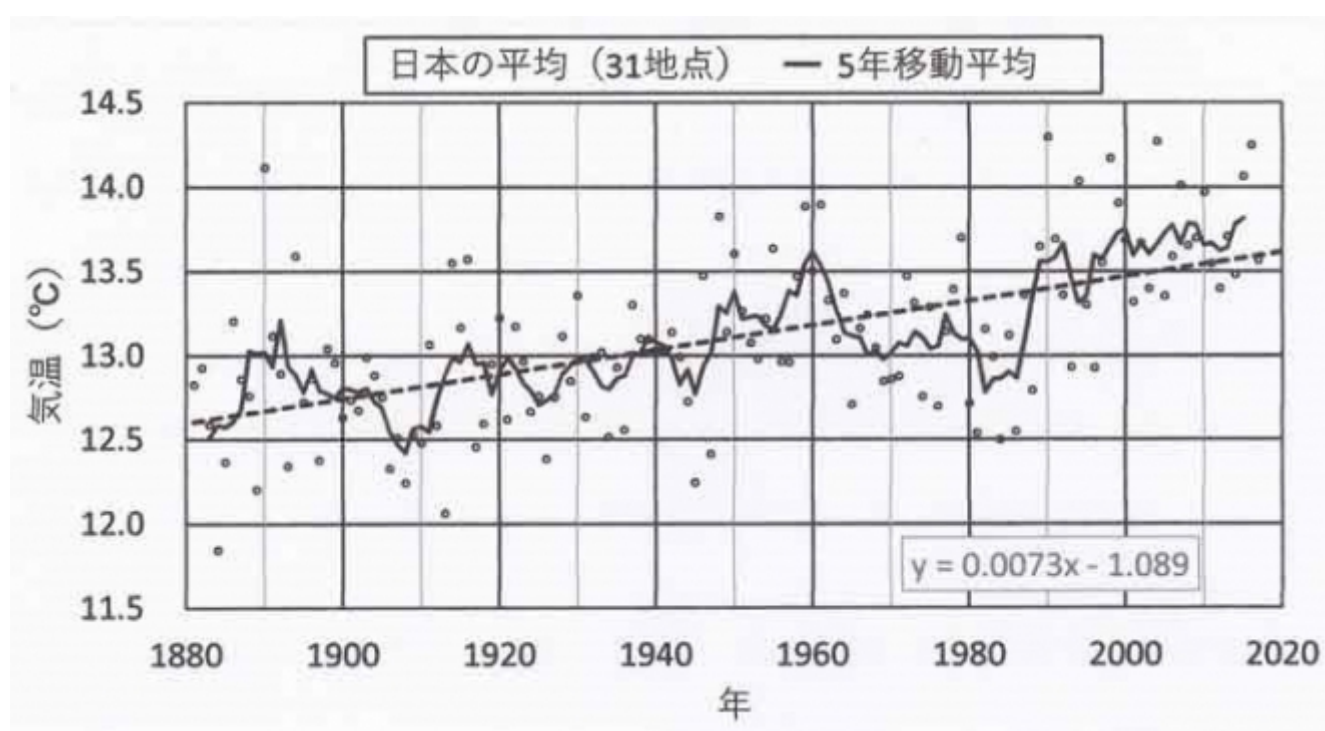


図4 日本平均の気温の推移。都市化等の影響を除き補正したもの。

出典： 近藤純正 HP、K173. 日本の地球温暖化量、再評価 2018<sup>4</sup>

<sup>4</sup> <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke173.html>

## 解説

地球温暖化は、起きているといっても、ごく緩やかなペースである。日本においては、気象庁発表で 100 年あたり 1.1~1.2°C 程度である。

但し、東北大学近藤純正名誉教授によれば、気象庁発表には都市化等の影響が混入していて、それを補正すると 100 年あたり 0.7°C 程度であるとされる（図 4）。

100 年あたり 0.7°C とすると、子供が大人になる 30 年間程度の期間であれば 0.2°C 程度となる。0.2°C と言えば体感できるような温度差ではない。

なお都市化等の補正の方法について、専門的な解説は近藤純正 HP を<sup>5</sup>、平易な解説は筆者によるものを参照されたい<sup>6</sup>。

---

<sup>5</sup> K173. 日本の地球温暖化量、再評価 2018 近藤純正ホームページ  
<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kenkyu/ke173.html>

<sup>6</sup> 杉山大志、日本の温暖化は気象庁発表の 6 割に過ぎない、国際環境経済研究所 HP  
<http://ieei.or.jp/2019/09/sugiyama190930/>

## 5 猛暑は温暖化のせいではない

### ポイント

- ・猛暑の原因は、主に自然変動(図 5)と都市熱である。地球温暖化による暑さの変化は、過去 30 年で  $0.2^{\circ}\text{C}$  に過ぎない(図 4)。これは、感じることも出来ないくらい、ごく僅かしかない。

- ・「地球温暖化が猛暑の原因だ」というのはフェイクニュースだ。

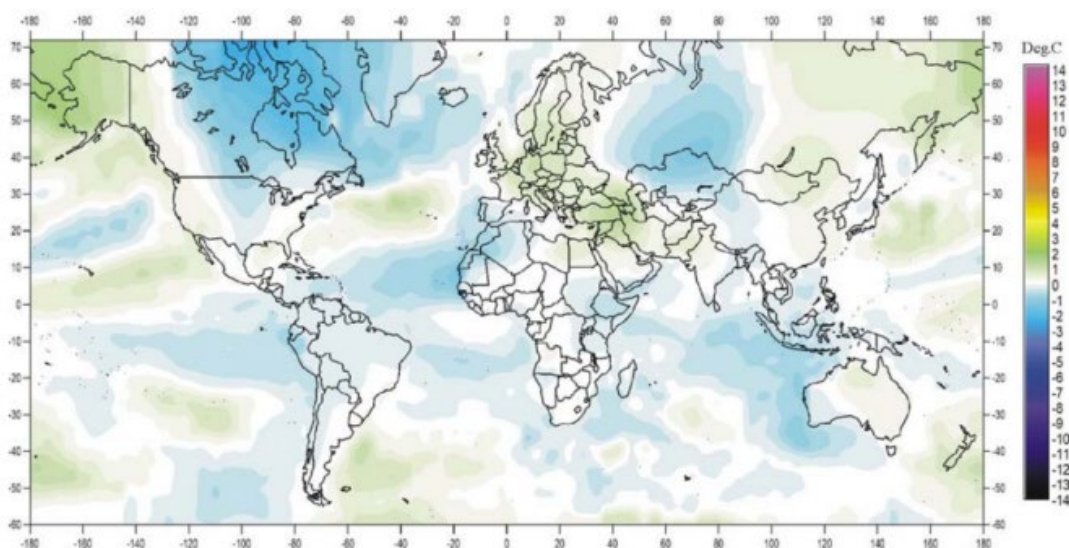


図 5 2018 年の年平均気温の直前 10 年間の平均との比較。(出典 : Ole Humlum <sup>7)</sup>)。2018 年は日本と欧州は確かに暑かった。だがカナダ等は寒かった。地球全体を見ると毎年暑い場所と寒い場所がある。猛暑の原因はこのような自然変動と都市熱であって、地球規模での気温上昇の寄与はごく僅かである。

<sup>7</sup>STATE OF THE CLIMATE 2018, GWPF

<https://www.thegwgf.org/content/uploads/2019/04/StateofClimate2018.pdf>

## 解説

猛暑になるたびに「地球温暖化のせいだ」とよく報道される。だがこれもフェイクニュースだ。

2018年の夏は猛暑だった。日本政府は「東日本の7月の平均気温が平年より2.8℃高くなり、これは1946年の統計開始以降で第1位の高温であった」、「熊谷で最高気温が国内の統計開始以来最高となる41.1℃になった」として、その原因には「地球温暖化の影響があった」としている（政府資料「はじめに」）<sup>8</sup>。

だが前章で見たように、温暖化は過去30年で僅か0.2℃だった。つまり「熊谷で41.1℃になった」が、これへの地球温暖化の寄与は、もし過去30年間に地球温暖化が無ければ40.9℃であった、ということだ。地球温暖化はごく僅かに温度を上げているに過ぎない。

平均気温についても同じようなことが言える。政府発表で東日本の7月の平均気温が平年より2.8℃高かった、としているが、これも、もし過去30年間に地球温暖化が無ければ2.6℃高かった、ということだ。猛暑であることに変わりはない。

では猛暑の原因は何かというと、政府資料では図6のようになっている。図中、第5の要因として地球温暖化を挙げているが、他は全て、気圧配置の変化やジェット気流の蛇行など、自然変動だ。

---

<sup>8</sup> 環境省 文部科学省 農林水産省 国土交通省 気象庁、気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018、2018年2月。

[http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018\\_full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf)



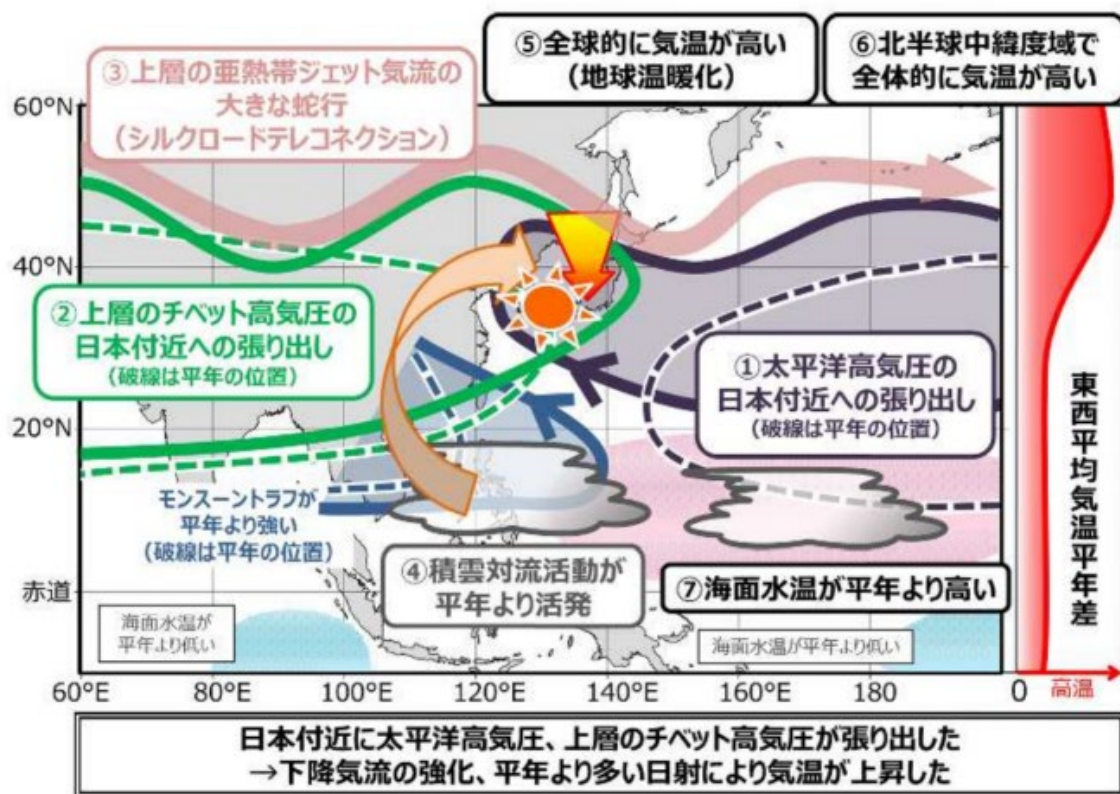


図 6 2018 年 7 月の高温をもたらした要因 出典：気象庁資料<sup>9</sup>

このような自然変動で起きる気温変化とは、地球規模で見てどのようなものなのか、図 5 を見るとよく分かる。図 5 では、2018 年の気温が直近の 10 年間の平均と比較されている。これを見ると、日本と欧州では 2018 年は暑かった（緑色）ことが分かる。他方で北米とカザフスタンなどは寒かった（青色）ことも分かる。

このように、日本が暑かったといっても、別に地球全体が暑くなった訳ではない。気圧配置の変化やジェット気流の蛇行具合など、大規模な大気の流れの変化によって、南方の熱い空気が北方に運ばれて、北方が猛暑に見舞われたり、それと入れ違いに、北方の寒気が南方に運ばれて、南方が酷寒に見舞われたりする。われわれが日常的に体感している「異常な暑さ」や「異常な寒さ」というのは、このような気象の現象である。

これは、図 5 から分かるように、年平均気温にして 2℃程度のプラス・マイナスを地球各地で引き起こす。毎年のように 2℃程度は上下するのだから、

<sup>9</sup> <https://www.jma.go.jp/jma/press/1808/10c/h30goukouon20180810.pdf>

地球温暖化による気温上昇が30年間で0.2℃程度であるのとは文字通り桁違いの変化である。

以上は地球規模の話であったが、日本の中でも、地域によって自然変動がある。図7を見ると、2018年に東日本は猛暑だったといっても、北海道や九州南部では猛暑ではなかったことが分かる。つまり、「日本が地球温暖化のせいで暑くなった」のではなく、「日本の一部が自然変動のせいで暑くなった」のである。

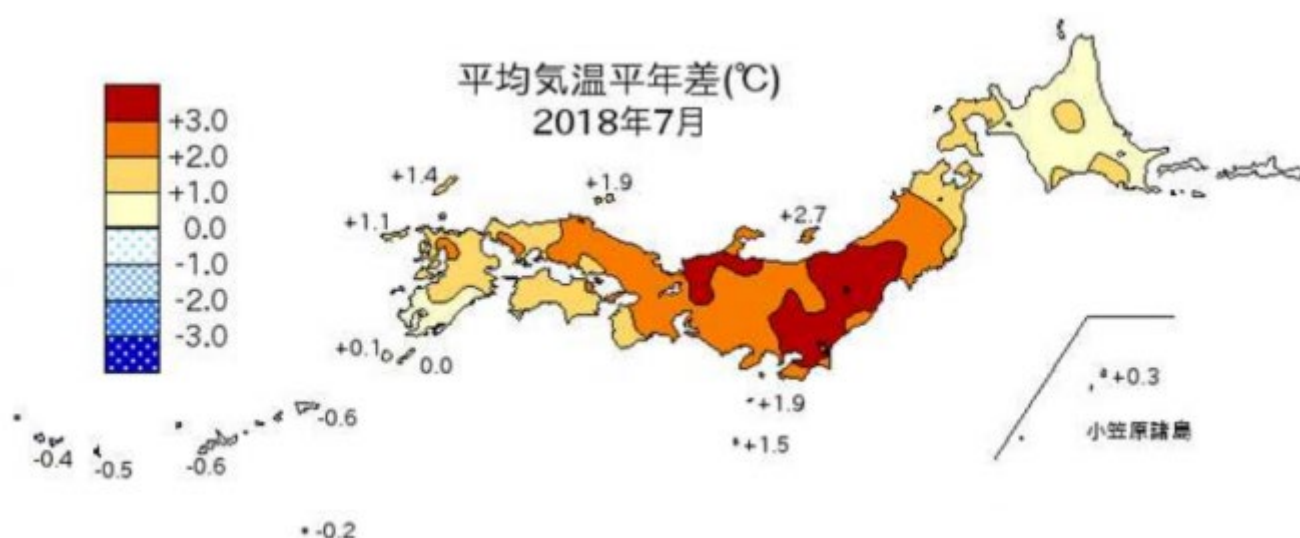


図7 2018年7月の気温の平年との差 出典：気象庁資料<sup>10</sup>

さらに、30年も経てば、局所的に気温を上げる要因は沢山ある。

都市化することで、アスファルトやコンクリートが増えると、ヒートアイランド現象が起きて暑くなる。図8を見ると、東京、大阪、名古屋は随分暑くなったことが分かる。100年あたりでは東京は3.2℃、大阪は2.8℃、名古屋は2.6℃も上昇した。地球温暖化はこのうち0.7℃だから、都市化の方がはるかに大きかった。

<sup>10</sup> <https://www.jma.go.jp/jma/press/1808/10c/h30goukouon20180810.pdf>

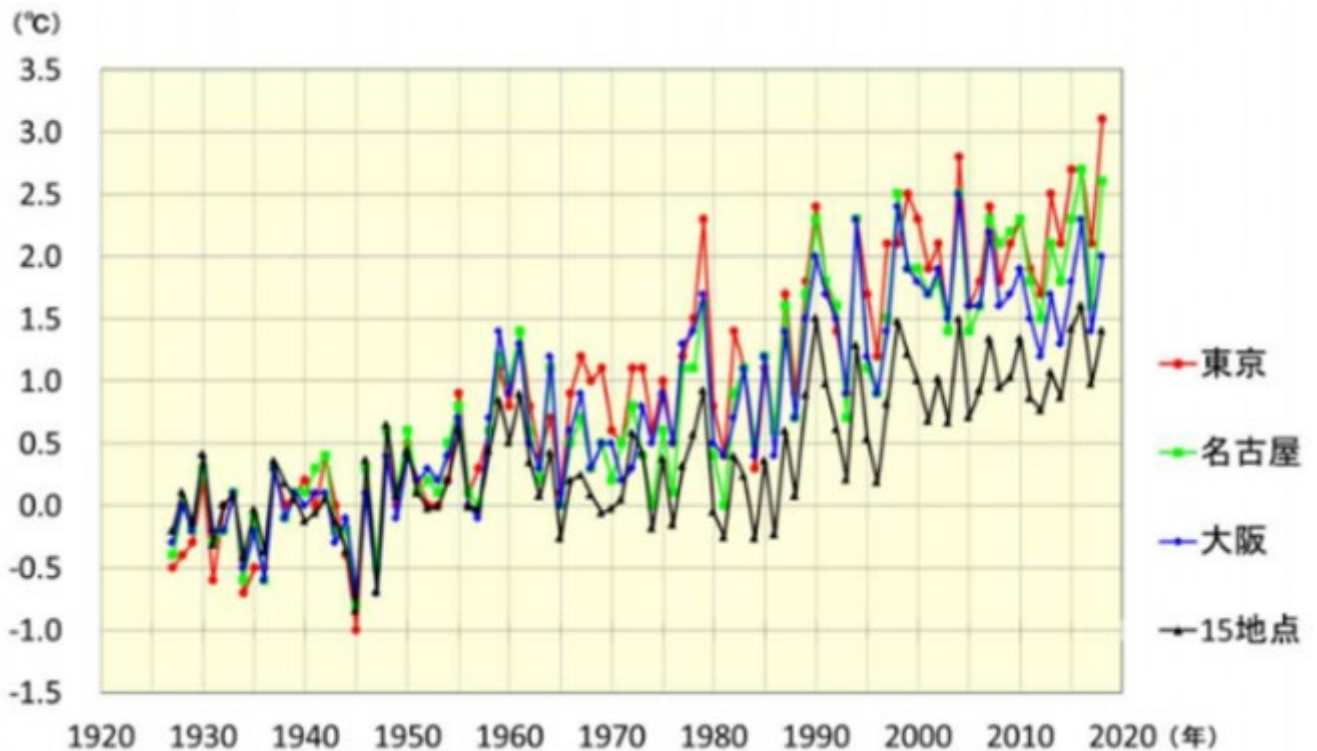


図 8 都市化の年平均気温への影響。東京、名古屋、大阪の年平均気温を、比較的都市化の影響が少ないと見られる全国 15 地点の平均と比較。比較のため 1927-1956 年の平均がゼロになるように調整してある。(出典：前掲政府資料 p33)<sup>11</sup>

気温を上げるのはヒートアイランド現象だけではない。家やビルが建て込むことで風が遮られても 1°C ぐらいは上がる（ひだまり効果という）。水田が無くなるとその周辺では 1°C ぐらいは暑くなる。地球温暖化で 30 年間に 0.2°C 上昇するという影響は、このような局所的な気温変化によってもかき消されてしまう。

熊谷などで、人々が「猛暑」を感じているとしたら、その殆どは、以上のような地球温暖化以外の要因による暑さだ。

<sup>11</sup> [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2018/pdf/ccmr2018\\_all.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2018/pdf/ccmr2018_all.pdf)

## 6 短時間の豪雨は温暖化のせいではない

### ポイント

- ・地球温暖化で豪雨の1時間降水量は増えた。但しその影響は過去30年で1%と僅かだった。
- ・つまり過去30年間の温暖化で、1時間に100ミリの豪雨であれば、それが101ミリになった。
- ・もしも今40歳の大人が10歳の子供だった30年前に地球温暖化が止まっていたら、1ミリばかり雨量が少なくて済む、というだけのことだ。
- ・したがって短時間の豪雨が温暖化のせいだとは言えない。

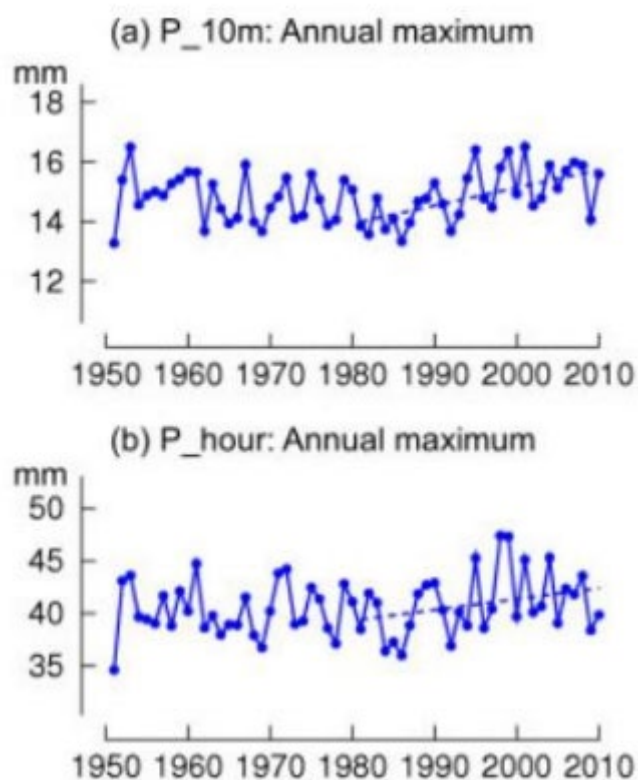


図 9 (a)10 分間雨量 (P\_10m)、(b)1 時間雨量 (P\_hour) の年最大値。期間は 1951—2010 年。全国 92 観測所の平均。点線は 1980 年以降についての回帰直線で、増加傾向が見られる。出典：(Fujibe, 2013)

## 解説

理論的には、地球温暖化で豪雨は増える可能性がある。「気温が上昇するほど飽和水蒸気量が増加し、そのために降水量が増える」という関係(クラウジウス・クラペイロン関係)があるからだ。

だがこれが現実には起きているかどうかは、観測しないと分からない。以下に見てみよう。なお詳細については(Fujibe, 2013)を始めとして幾つかの論文を検討した研究ノート<sup>12</sup>を公開しているので参考にされたい。

1時間降水量の年最大値、および10分間降水量の年最大値の全国92観測所の平均値を図8に示す。

この両者については、クラウジウス・クラペイロン関係が成立していることが、統計的に有意であると確認されている。

ただしその量は僅かである。クラウジウス・クラペイロン関係では1°Cの気温上昇で6%の降水量増大になることが知られている。前述のように、日本における地球温暖化による気温上昇は過去30年で0.2°C程度だったので、 $0.2 \times 6$ で1.2%の降水量増大となる。

つまり、1時間に100ミリの豪雨であれば、それが101.2ミリになった、ということだ。

確かに地球温暖化の寄与はあるが、僅か1ミリしかない。

もしも今40歳の大人が10歳の子供だった30年前に地球温暖化が止まっていたら、1ミリばかり雨量が少なくて済む、というだけのことだ。

以下はやや細くなるが、幾つか補足しておく。

---

<sup>12</sup> 【研究ノート】豪雨の原因は地球温暖化か？  
[https://cigs.canon/article/20200730\\_5252.html](https://cigs.canon/article/20200730_5252.html)

第1に、産業革命の前、つまり日本の江戸時代と比べればもっと増えたという報道があるが、地球温暖化の影響で豪雨がどうなったかと言いたいなら、人間の一生や防災活動に関係ある時間軸で話すべきであろう。

第2に、仮に産業革命前から見ても、せいぜい1°Cしか地球温暖化は起きていないから、それによる豪雨の増加は6%程度である。100ミリの雨が106ミリになったというだけのことだ。

第3に、過去40年程度のデータだけを見て「豪雨が地球温暖化のせいで増加した」とする報道がある。このような間違いは政府資料にも多い。アメダスのデータが充実した期間も偶々過去40年程度なので、この種の間違いを増やす原因になっている。だが大気や海洋は数十年規模の振動をするので、過去40年程だけではなく、もっと長期的なトレンドを見なければならぬ。偶々1980年代前半は豪雨が少なかったが、それ以前は豪雨が多かったから、特に注意が必要だ。（関連して、図9で引いてあるトレンド線は、1980年以降についての回帰直線に過ぎず、更に、地球温暖化の寄与はその一部に過ぎないことに留意が必要である）。

第4に、過去100年以上のデータを見ると、単純な線形回帰で、豪雨が増加傾向にある、とするものがある。日本政府もそのような発表をしている。だがこれは不適切である。地球温暖化の寄与があるというためには、観測方法の変遷に応じてデータを補正し、気温上昇と降水量増加の相関関係であるクラウド・クラペイロン関係があることを確認しなければならないところ、そのような分析は未だなされていない。

豪雨については次章でも引き続き議論する。

## 7 豪雨は温暖化のせいではない

### ポイント

- ・「日降水量が 100 ミリ以上」いったまとまった豪雨についての統計分析では、降水量の増加傾向は統計的に有意では無かった(図 10)。
- ・気温上昇に伴って降水量が増えるというクラウジウス・クラペイロン関係も見出されていない。
- ・仮にもしもこの既往の分析が誤りで、クラウジウス・クラペイロン関係が成立するとしても、過去 30 年間で 500 ミリの雨が 506 ミリになったに過ぎない。

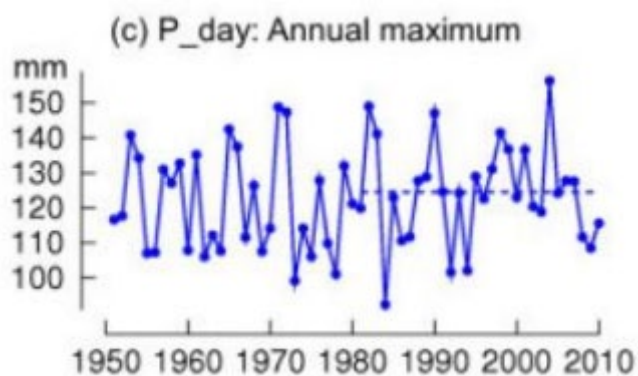


図 10 一日雨量(P\_day)の年最大値。期間は 1951–2010 年。全国 92 観測所の平均。点線は 1980 年以降についての回帰直線で、増加傾向は見られない。

出典：(Fujibe, 2013)

## 解説

日降水量の多いまとまった豪雨が降ると、大規模な水害が懸念される。では観測データはどうなっているか。

「日降水量が 100 ミリ以上」いったまとまった雨についての統計分析では、降水量の増加傾向も無ければ、クラウドジウス・クラペイロン関係も見出されていない。(図 10)

仮に、この既往の分析が誤りで、クラウドジウス・クラペイロン関係が成立するとなればどうか。30 年間で 0.2℃の地球温暖化があったとすると、前章と同様に 6 倍して 1.2%の降水量増大となる。500 ミリの雨であれば 506 ミリになるということである。仮にクラウドジウス・クラペイロン関係が成立していても、たいした量ではない。

では、なぜ、クラウドジウス・クラペイロン関係は 1 時間雨量だと成立するのに、1 日雨量だと成立しないのか。この理由は、1 日雨量は、梅雨前線や台風の活動、高気圧・低気圧の張り出しといった、いわゆる「総観気象」に支配されるからだと考えられている。この年々の変動は大きく、仮にクラウドジウス・クラペイロン関係があったとしても、誤差のうちに埋もれてしまう。

例えば、西日本と沖縄県では、暑い年の方がむしろ豪雨が少ない。つまりクラウドジウス・クラペイロン関係とは逆であることが統計的に観察された。これは、暑い夏は、太平洋高気圧が張り出していて、雨が降らないことに対応している。

さて、ある人のコメントで、「地球温暖化は豪雨の一因である」「豪雨には地球温暖化の影響がある」という表現であれば正確だと言う指摘があった。だが、数ミリとか 1%しかないものをこう表現するのは適切だろうか？

このような表現をしたことで、意図したことかどうかは知らないが、「地球温暖化が豪雨の原因だ」「豪雨は地球温暖化のせいだ」という報道があふれかえる結果を招いているのではないか。



今後は、政府資料もメディアも、これまでの観測に基づくと、「豪雨は温暖化のせいではない」とはっきり言うべきだろう。もしもどうしても「一部」と言いたいのなら、「温暖化は豪雨の原因のごく一部に過ぎない」とすべきだろう。

なお豪雨に関連した更に詳しい議論については、前章、及び筆者による研究ノートとワーキング・ペーパーに書いたので参照されたい。<sup>13</sup> <sup>14</sup>

---

<sup>13</sup>拙稿、【研究ノート】豪雨の原因は地球温暖化か？

[https://cigs.canon/article/20200730\\_5252.html](https://cigs.canon/article/20200730_5252.html)

<sup>14</sup>拙稿、コロナ後における合理的な温暖化対策のあり方

<https://cigs.canon/article/pdf/wp20200626.pdf>

## 8 再生可能エネルギーの大量導入で豪雨は3 ミクロンも減らなかった

### ポイント

- ・過去 10 年にわたり日本は太陽光発電等の再生可能エネルギーを大量導入した。
- ・それによる気温の低下は 0.000087℃、つまり 87 マイクロ℃であった
- ・また一日に 500 ミリの豪雨の降水量は 3 ミクロンも減らなかった。
- ・つまり事実上、全く気温は下がらず、雨量も減らなかった。

ラベル	名称と単位	値	備考
A	CO2排出 1兆トンCあたりの地球の気温上昇 °C	1.6000000	
B	日本の年間CO2排出量約10億トンによる気温上昇 °C	0.0004360	B=A/1000/3.67
C	日本の再生可能エネルギーによる気温減少 °C	0.0000872	C=B*40%*5%*10年
D	日本の再生可能エネルギーによる豪雨の降水量減少 %	0.0000052	D=C*6%
E	1日500mmの豪雨の場合の降水量減少 mm	0.0026158	E=D*500

表 1 再生可能エネルギー大量導入による気温低下と降水量減少

## 解説

太陽光発電等の再生可能エネルギーの賦課金は年々増大しており、今年年間 2.4 兆円に上る。ではこれで、気温はどれだけ下がり、豪雨は何ミリ減ったのか？ 簡単に概算する方法を紹介する。驚愕の結論が待っている。なお技術的詳細については、別途研究ノート<sup>15</sup>にまとめてあるので参照されたい。

計算方法は簡単である。炭素が 1 兆トン、すなわち CO<sub>2</sub> が 3.67 兆トン排出されると、約 1.6°C の気温上昇がある、という比例関係を使うだけである。この係数 (=1.6°C/兆トン炭素。TCRE と呼ばれる<sup>16</sup>) を用いた方法は、国連気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) の 2013 年報告書に基づくものだ。(なお、この 1.6°C という推計は気候モデルを用いたもので過大評価の可能性があるが、本稿では概算のためこの数字を採用して先に進む)。

計算については表 1 にまとめた。以下、順に説明しよう。

まず、日本の CO<sub>2</sub> 排出量は年間約 10 億トンだから、これによる気温上昇は 1.6°C の 3670 分の 1 で 0.000436°C になる。このうち、発電によるものが約 4 割である。再生可能エネルギーが導入されることにより、この CO<sub>2</sub> の一部が削減されたことになる。

発電に占める太陽光発電等の再生可能エネルギーの割合は、大量導入が行われた過去 10 年間程度で平均すると 5% 程度であったので、再生可能エネルギーによる気温の低下は  $0.000436^{\circ}\text{C} \times 40\% \times 5\% \times 10 \text{年} = 0.000087^{\circ}\text{C}$ 、つまり 87 マイクロ°C となる。

これによる降水量の減少はどれだけか。気温が上昇すると大気中の水蒸気量が増え、豪雨が強くなるというクラウジウス・クラペイロン関係を仮定しよう

---

<sup>15</sup> 【研究ノート】CO<sub>2</sub> の削減によって、気温は何度下がり、豪雨は何ミリ減ったのか、簡単に概算する方法——再エネ大量導入の例  
[https://cigs.canon/article/20200929\\_5374.html](https://cigs.canon/article/20200929_5374.html)

<sup>16</sup> TCRE は Transient Climate Response to cumulative carbon Emissions の略。直訳すると累積炭素排出への過渡気候応答。

(なおこの関係自体、前章で見たように統計的に有意に観測されてはいないので過大評価かもしれないが、ここでは仮にこの関係が成り立つとする)。

クラウジウス・クラペイロン関係では1°Cの気温上昇が6%の雨量増大となるから、仮に1日に500ミリの豪雨であれば、上述の気温低下によって $0.000087^{\circ}\text{C} \times 6\%/^{\circ}\text{C} \times 500\text{mm} = 0.002616\text{mm}$ 、つまり3ミクロンの雨量が減少したことになる。

以上をまとめると、過去10年にわたる太陽光発電等の再生可能エネルギーの大量導入による気温の低下は87マイクロ°Cであり、一日に500ミリの豪雨の降水量は3ミクロンしか減らなかった。つまり事実上、全く気温は下がらず、雨量も減らなかった。

### ダムと太陽光発電の何れに投資すべきか？

以上のような試算が重要なのは、日本が今後どのようにお金を使うかを考えるためである。ダムや堤防といった治水事業などの防災に投資すべきだろうか？ それとも太陽光発電等のCO2削減策に投資すべきだろうか？

過去の投資額を見てみよう。再生可能エネルギーの賦課金は増大し、年間2.4兆円を超えている。これに対して、治水事業費はピークより1兆円以上も減少している。

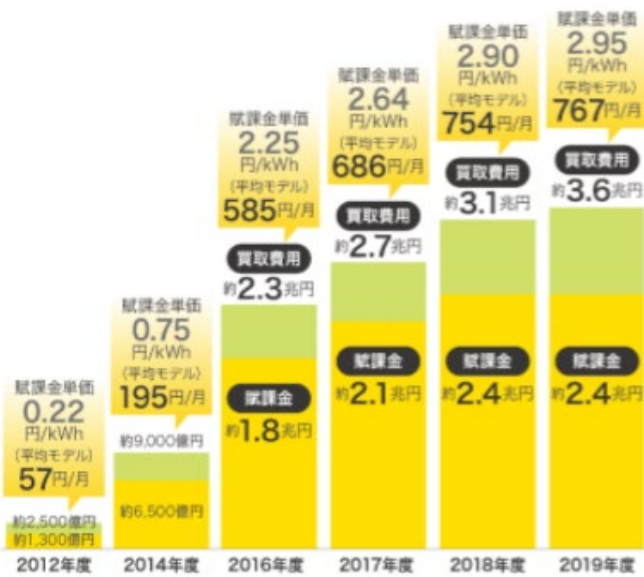


図 再生可能エネルギー固定価格買取制度導入後の賦課金の推移

図 11 再生可能エネルギー固定価格買取制度導入後の賦課金の推移（出典：資源エネルギー庁）<sup>17</sup>



図 12 国内治水・総事業費の推移（出典：藤井聡氏資料）<sup>18</sup>

<sup>17</sup> <https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2019/html/002/>

<sup>18</sup> <https://www.facebook.com/Prof.Satoshi.FUJII/posts/697495460351400>

豪雨災害から国民を守るためには、今後、この両者のバランスをどうすべきだろうか？

昨年の台風 19 号等、近年の災害においては、ダムや堤防等の防災投資が遅延ないし不足していた地域が、より深刻な被害を受けたとの指摘がある。<sup>19</sup>

すると、国民の財産と安全を守るためには、治水事業への投資は重要そうだ。他方で、太陽光発電をいくら導入しても豪雨は事実上全く減らない。

その上で、温暖化問題に合理的に対処するために、ノーベル経済学を受賞したノードハウスが指摘した、費用対効果の 2 つのバランスを検討すべきだ。第 1 は、CO2 削減投資と防災投資のバランス（＝“適応と緩和”のバランスと呼ばれる）であり、第 2 は CO2 削減投資とその他の投資とのバランス（＝機会費用の検討）である。

以上の検討はその一例であった。

---

<sup>19</sup>産経新聞、台風 19 号被害は「人災」である 京都大学大学院教授・藤井聡  
<https://special.sankei.com/f/seiron/article/20191112/0001.html>

## 9 2050年CO2ゼロでも気温は0.01℃も下がらず、豪雨は1ミリも減らない

### ポイント

- ・日本全体で2050年にCO2排出をゼロにすると、気温は何度下がり、豪雨は何ミリ減るか計算した。
- ・気温は0.01℃も下がらず、豪雨は1ミリも減らないことが分かる。
- ・つまり日本が2050年までにCO2をゼロにするかどうかは、日本の防災には全く関係が無い。
- ・ここで紹介する「TCRE」と「クラウドジウス・クラペイロン関係」を用いた比例計算で、どのようなCO2削減策でも、それによる気温変化と、豪雨の降水量変化を簡単に概算できる。

ラベル	名称と単位	値	備考
A	TCRE (=CO2排出1兆トンCあたりの地球の気温上昇) °C	1.6000	
B	CO2削減をしない場合の日本の2021-2050年の累積排出量 億トン	300.0000	B=10億トン/年×30年
C	CO2削減をしない場合の2050年の気温上昇 °C	0.0131	C=B/10000/3.67×A
D	2050年CO2ゼロの場合の2050年の気温低下 °C	0.0065	D=C/2
E	2050年CO2ゼロの場合の1日500mmの豪雨の降水量減少 mm	0.1962	E=D*500*0.06

表 2 2050年CO2ゼロの場合の気温低下と降水量減少の概算。

## 解説

2050年にCO2をゼロにすると宣言する自治体が増えている<sup>20</sup>。

以下では仮に、日本全体で2050年にCO2をゼロにすると、気温は何度下がり、豪雨は何ミリ減るか計算しよう。

すると、気温は0.01℃も下がらず、豪雨は1ミリも減らないことが分かる。

つまり日本が2050年までにCO2をゼロにするかどうかは、日本の防災には全く関係が無い。自治体にせよ、日本政府にせよ、このことをきちんと理解し、住民にも説明すべきである。それ無くして「2050年CO2ゼロ」を安易に宣言してはならない。

### 計算方法

計算方法は前章と同じだが、以下に式の形でまとめておこう。

気温上昇は、TCRE= 1.6 (°C/兆トンC) という係数を使って、累積の排出量を用いて以下のように計算できる。この方法は、気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) の第5次評価報告 (2013年) によるものだ。

$$\text{気温上昇 (°C)} = 1.6 \text{ (°C/兆トンC)} \times \text{累積 CO2 排出量 (兆トン CO2)} \quad (1)$$

降水量は、気温1℃が上がると水蒸気量が増え、引いては降水量が6%増えるというクラウジウス・クラペイロン関係を用いる。(なおこの関係は、前々章で見たように統計的に有意に観測されてはいないので過大評価かもしれないが、ここでは仮にこの関係が成り立つとする)

---

<sup>20</sup> 自治体「2050年CO2ゼロ宣言」の不真面目と罪

<http://agora-web.jp/archives/2048353.html>



$$\text{降水量増加 (\%)} = \text{気温上昇 (}^{\circ}\text{C)} \times 6 (\%/^{\circ}\text{C)} \quad (2)$$

### 計算の実行

式(1)(2)を用いて2050年について計算すると、表2のようになる。順に説明しよう。

まずAはTCREである。TCREは1兆トンCあたりで1.6°Cである。

BはCO<sub>2</sub>排出量が現状(=10億トン)から2050年まで30年間にわたり横ばいで推移したと仮定した場合の累積の排出量である。

Cは、その時の2050年における気温上昇を式(1)を用いて計算したもの。備考のところで、3.67で割っているのは、TCREがトンCあたりで定義されているので、トンCO<sub>2</sub>あたりに直すためである。CO<sub>2</sub>の分子量が44、Cの分子量が12なので、3.67で割っている。

Dは、2050年にCO<sub>2</sub>をゼロにした場合の気温低下である。2021年から直線的にCO<sub>2</sub>をゼロにすると、今後30年間の平均でのCO<sub>2</sub>の排出削減量はBの半分になるから、気温低下DはCの半分になる。

Eは、式(2)を用いて、1日で500ミリの豪雨の降水量が、Dの気温低下によって、どれだけ減少するかを計算したものである。

### 計算結果とその意味

表2から、日本全体で2050年にCO<sub>2</sub>ゼロを達成することによる気温の低下(D)は0.0065°Cであり、つまり0.01°Cにもならないことが分かった。またこのときの豪雨の減少(E)は0.196ミリであり、つまり1ミリにもならないことが分かった。

なぜこのように僅かなのか。理由は2つある。

第1は、温暖化はゆっくりとした僅かな変化だからだ。すでに本稿で見てきた様に、過去にも温暖化は起きてきたが、同じくゆっくりで僅かだった。台風、豪雨、猛暑の何れにも、殆ど温暖化の影響は無かった。

第2は、日本の排出量は世界の内では僅かだからだ。図13を見ると、日本の排出は世界の3%に過ぎないことが分かる。

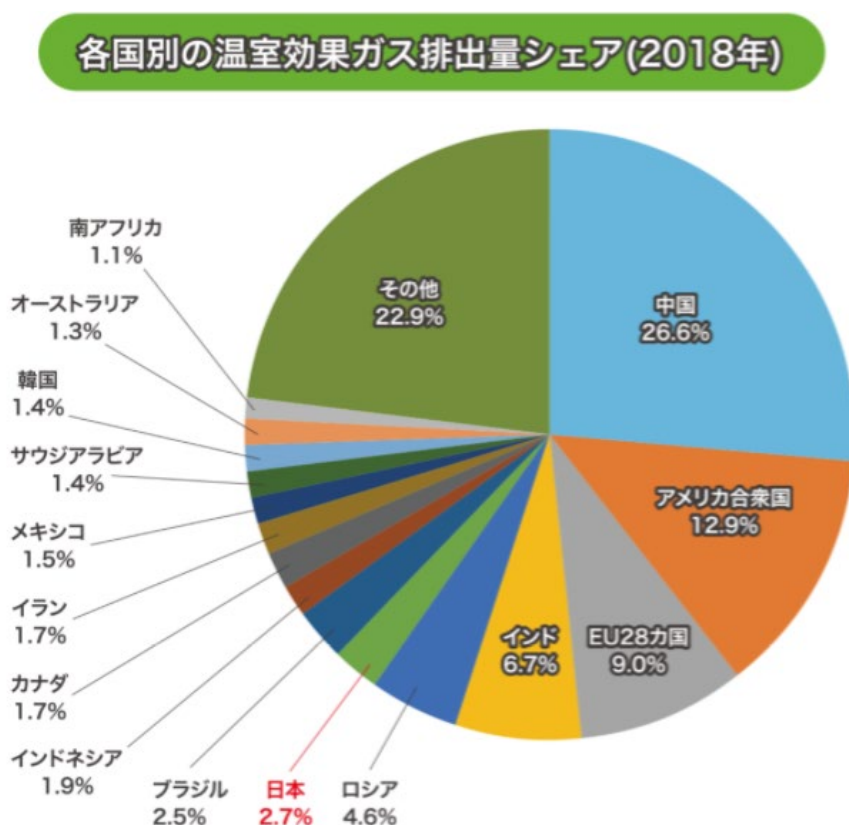


図13 国別の温室効果ガス排出量シェア (出典：資源エネルギー庁 HP) <sup>21</sup>

<sup>21</sup> <https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2018/html/003/>

## 10 温暖化で死亡リスクは減少する

### ポイント

- ・ 東京では、通年の死亡のうち、寒さによるものが 9.81%に上るのに対して、暑さによるものは 0.32%しかない
- ・ つまり寒さによる死亡は暑さによる死亡の 30 倍もある。
- ・ このことは地球温暖化によって死亡リスクが減少することを示唆する。

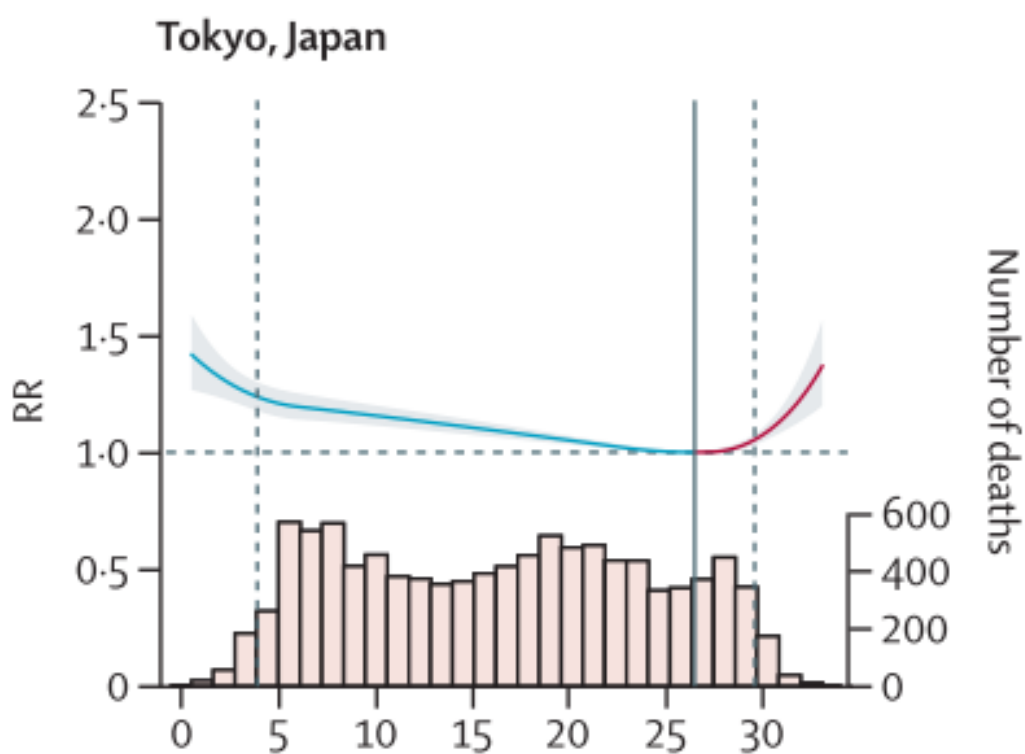


図 14 東京における日平均気温と死亡リスク (Relative Risk, RR) の関係。説明は本文を参照。出典：(Gasparrini et al., 2015)

## 解説

地球温暖化によって、熱中症が増える、という意見があり、日本政府資料にも掲載されている<sup>22</sup>。

しかし他方で、気温が上昇すると、寒さは和らぐので、冬の死亡率は下がるだろう。それでは通年で合計すると差し引きどうなるか。

これを知るには統計的な分析が必要である。

医学誌 Lancet の論文(Gasparrini et al., 2015)によると、東京についての結果は以下の通りになっている。

- ① 東京において、日平均気温で見ると、最も死亡率が低い「最適気温」は、26°Cと高い。
- ② 東京において、大半の日(86%の日)はこれよりも寒く、通年では、「寒さによる超過死亡率」の方が、「暑さによる超過死亡率」よりもはるかに大きい。
- ③ 「極端に暑い日」と「極端に寒い日」の死亡率は確かに高い。しかしそのような日数はさほど多くないので、年間を通じての超過死亡率に及ぼす影響は少ない。

以上の結論は、世界各地でほぼ同じ傾向だった。以下に、グラフで説明する。

図 14 は、東京における日平均気温と死亡リスク(Relative Risk, RR。左軸)の関係である。

ピンクのヒストグラムは年間の日平均気温の分布。曲線は死亡リスクであり、26°Cで最低になり、それより寒くても暑くても死亡リスクは高くなる。

極端に暑い日(30度以上、縦破線の右)と寒い日(3度以下、縦破線の左)の死亡リスクは高いが、日数が少ないことが分かる(なお「極端に寒

---

<sup>22</sup>[https://www.wbgt.env.go.jp/pdf/manual/heatillness\\_manual\\_full\\_high.pdf](https://www.wbgt.env.go.jp/pdf/manual/heatillness_manual_full_high.pdf)

なおこの政府資料には問題点がある。これについては以前書いたので参照されたい：政府報告書「日本の気候変動とその影響」の問題点

<http://ieei.or.jp/2019/05/sugiyama190515/>

い」は気温分布の 2.5 パーセント以下、「極端に暑い」は 97.5 パーセント以上と定義している）。

曲線と RR=1.0 の直線の間で挟まれた面積が、暑さ・寒さによる死亡リスクの増分に相当する（いわゆる超過死亡リスク）。

最適気温が 26°C と高いため、寒さによる死亡に相当する面積が圧倒的に大きくなることが読み取れる（なお右軸はこの論文の分析で対象となった死亡者数で、死亡リスクに比例する）。

地球温暖化による影響については、同論文では定量化はしていないけれども、図 14 を見ると、殆どの日（年間の 86% の日）が「最適気温」である 26°C 以下だから、平均気温が上昇することで、年間の死亡率が減少することが示唆される。

更に同論文では、図 14 のデータを基に、暑さ・寒さによる死亡リスクの増分を計算している。それを世界各地について示したものが図 15 である。

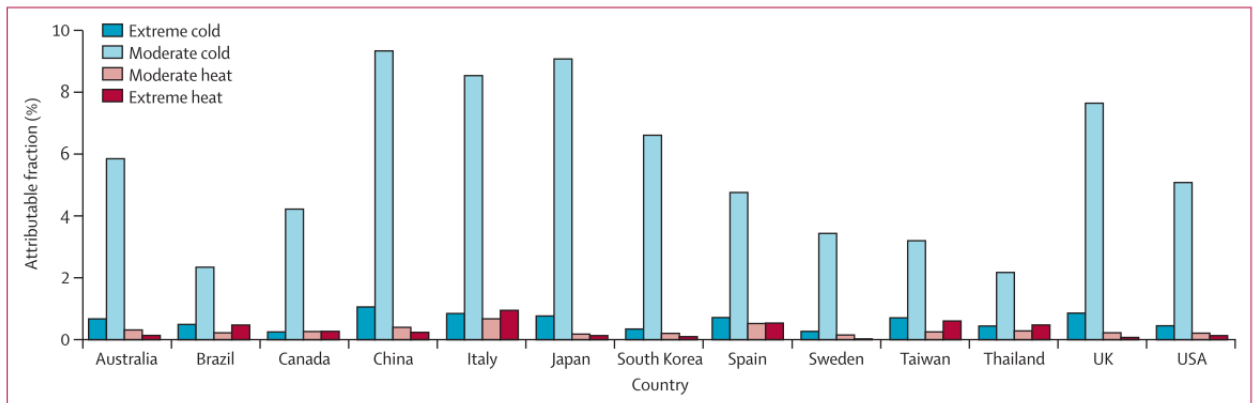
この図では、極めて暑い(extremely hot)、やや暑い (moderately hot)、やや寒い(moderately cold)、極めて寒い(extremely cold)の 4 つに分けて関連する死亡リスクを示している。世界各地に共通して、最も死亡率の増大に寄与するのは「やや寒い」時期である。東京については、寒さによる死亡(=きわめて寒いとやや寒いの和)は全体の 9.81% であるのに対して、暑さによる死亡(=きわめて暑いとやや暑いの和)は全体の 0.32% しかない（数値は同論文の Table 2 による）。

この寒い時期の死亡率の増大は、呼吸器系疾患、循環器系疾患等によるものと考えられている。これは日本人の直感にも合っているだろう。

論文の著者は、「既往の気温と死亡率の関係の研究は、地球温暖化への関心から、極端に暑い日の死亡率増大について偏って焦点を当てていた」、と述べている。

そして「“やや寒い日”を含めて通年での死亡率に着目した研究が重要である」と述べており、医療・保険の公共政策も、地球温暖化への適応政策も、そのような知見の充実を踏まえるべきだ、としている。

尤もな意見と思う。



**Figure 2: Fraction of all-cause mortality attributable to moderate and extreme hot and cold temperature by country**

Extreme and moderate high and low temperatures were defined with the minimum mortality temperature and the 2.5th and 97.5th percentiles of temperature distribution as cutoffs.

図 15 世界各地における暑さ・寒さによる死亡リスクの増大。(Gasparrini et al., 2015)

## 11 東京は既に 3°C 上昇したが繁栄している

### ポイント

- ・ 東京の気温は、過去 100 年で 3°C も上昇した (図 16)。
- ・ 地球温暖化によるものが 1°C、都市熱 (ヒートアイランド現象) によるものが 2°C の合計で 3°C である。
- ・ 3°C の上昇があったが、東京は繁栄し、人々は生活を楽しんでいる。
- ・ 人間はこの程度の気温上昇に全く問題なく対応してきた。

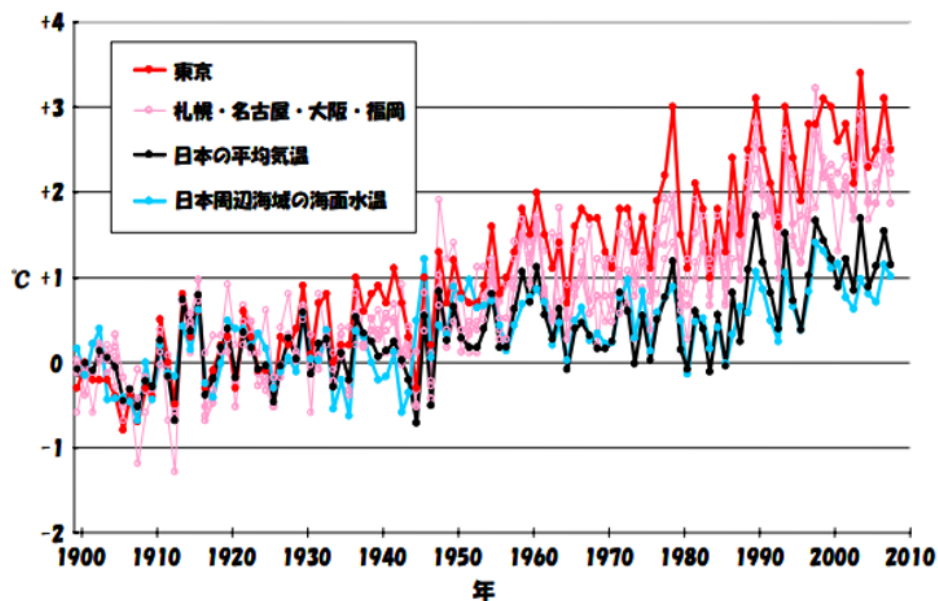


図 16 日本の大都市の気温、日本の平均気温、及び日本周辺海域の海面水温の推移。環境省資料 (データは気象庁による)。<sup>23</sup>

<sup>23</sup> [http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep091009/full.pdf\\_p15](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep091009/full.pdf_p15)

## 解説

世界諸国はパリ協定で温暖化防止の目標を 2 度とした。だが東京の気温は、実は過去に 3 度も上昇している。それでは、温暖化によって甚大なる被害があったのだろうか？ 無いとしたら、どうやって防いだのか？

まず気温のデータを確認する。パリ協定で 2 度と言っているときの原点は「産業革命前」である。すでに地球全体の平均気温は 1 度上昇しているから、現時点から測れば残り 1 度である（小数点以下は本質的で無いので、ここでは一貫して省く）。

東京が 3 度上昇したというのは、地球温暖化によるものが 1 度、都市熱（ヒートアイランド現象）によるものが 2 度の合計である（図 16）。これは 1900 年以来だから、だいたい「産業革命前」と呼んでいるのと同じと思って良い。ついでに言えば、札幌・名古屋・大阪・福岡等の大都市でも、2 度以上の温度上昇があった。

### 熱中症？

さて、東京は灼熱地獄で済めなくなったかという点、そんなことは無い。真夏の日中の東京では、多くの方が働いている。リッチな高齢者は、都心のマンション暮らしを楽しんでいる。エアコンがあるから快適なのだ。

仮にあと 3 度上がるとすると、今の年平均気温 15.8 度が 18.8 度になる。これは現在の鹿児島島の 18.6 度に近い。ところが那覇は 23.6 度でこれより遥かに高い<sup>24</sup>。それで那覇は人間が住めない訳では無く、もちろんのこと、快適に住める。因みにいま長寿の世界 1 位と 2 位の国は香港とシンガポールで、どちらも大変に暑い。

その一方で、東京の冬は暖かくなって、暮らし易くなっている。前章図 15 で見たように、世界のあらゆる場所で、冬季の方が夏季よりも死亡率が高いことが分かっている。地球温暖化で寒い日が減れば、健康への好影響は大きいはずだ。

---

<sup>24</sup> 各都市の気温のデータは気象庁による 2017 年の観測値  
[http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=91&block\\_no=47936&year=2017&month=&day=&view=p1](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=91&block_no=47936&year=2017&month=&day=&view=p1)



## 豪雨？

豪雨が増えていないことは既に述べた。では死者の数はどうか？ 昔は台風が来ると、数千人もの死者が出た。だが、今では大きな台風でも、それほど多くの方が亡くなることは無い。天気予報の精度が向上し、堤防などの防災設備が発達したおかげだ。

図 17 は日本全国の水害による死者数および被害額である。死者数（左軸、対数プロット）は激減している。被害額は減少していないが、これは被害を受けやすい脆弱な場所での家屋の建設等が増えたためである。リスク学の用語では「脆弱性」が増したという。

なお被害額が増加しており、それが地球温暖化のせいであるとする報道があるがこれは間違いである。データによっては被害額が増加するのは事実だ。だがその理由は温暖化ではなく脆弱性の増大である。

環境白書令和 2 年版はこれを温暖化のせいになっているが誤りだ。なお環境白書令和 2 年版は問題が多いことについてはリンクを参照されたい。<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> 環境白書は「気候危機」の根拠を示しているか？

<http://ieei.or.jp/2020/06/sugiyama200629/>

環境白書は印象操作ではなく統計を示すべきだ

[https://cigs.canon/article/20200803\\_5257.html](https://cigs.canon/article/20200803_5257.html)

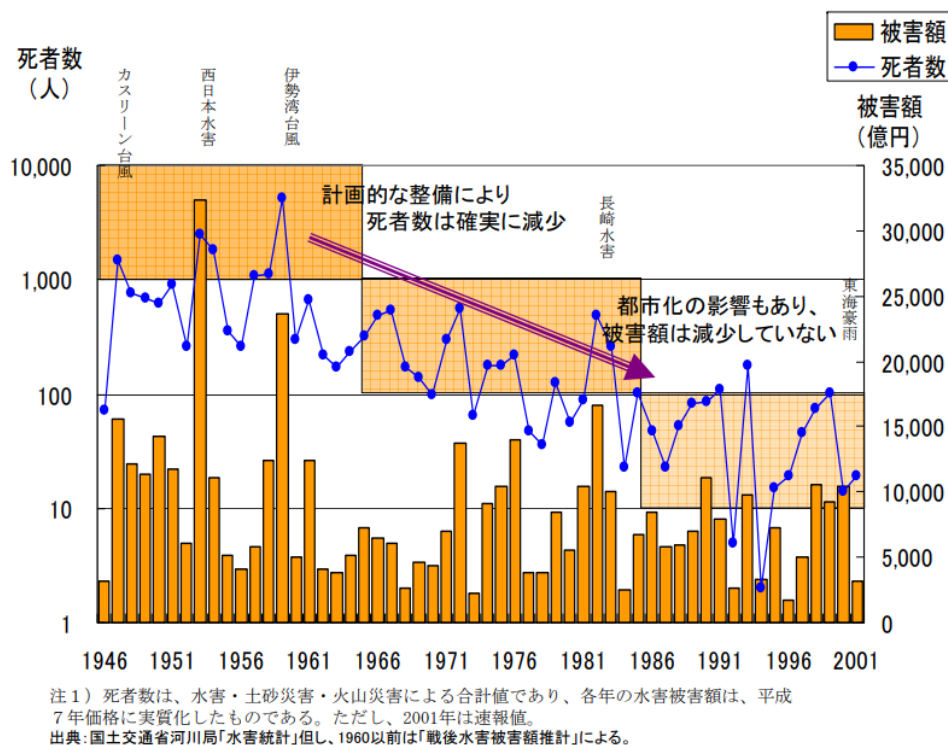


図 17 日本全国の水害による死者数および被害額 出典：国土交通省資料<sup>26</sup>

### 農業被害？

農業はどうか。農家は常に市場の変化に応じ、新しい品種の開発情報を集めて、絶えず作物を変えてきた。東京 23 区内でも、じつに多様な野菜を育てている：トマト、きゅうり、ナス、枝豆、大根、じゃがいも、筍、きゅうり、いんげん、白菜、大根、ねぎ、かぶ、みかん、・・・

もしも「100年間に3度という急激な温暖化への適応は大変だったでしょう」、などと農家に聞いたら、たぶん、「はあ？」と聞き返されるだろう。

農家としては、そんなことはお構いなしに、日々、市場価格を参考にして、あるいは近所の農家の真似をして、そのつど売れる作物を作ってきただけだ。その過程で、おそらくは、温暖化にも知らないうちに適応してしまったのだろう。暑い夏によく育つ作物が選ばれるようになったのであろう。霜害に弱い作物も最近では育てるようになったかもしれない。

<sup>26</sup> [http://www.cbr.mlit.go.jp/shinmaru/101\\_hitsuyou/3.pdf](http://www.cbr.mlit.go.jp/shinmaru/101_hitsuyou/3.pdf)

農家としては、温暖化などよりも、宅地への転用による収入とか、固定資産税とか、農産物輸入自由化、ブランディング、消費者の好みの変化などの方が、遙かに重要事項だったに違いない。

勿論、100年前と同じ作物を、同じ場所で、同じ技術で育てれば、気象条件は変わっているから、うまく育たない場合があるかもしれない。だがそんなことをやって困っている農家というのは、聞いたことがない。

### 温暖化への適応はシミュレーションしきれない

温暖化による被害の予測の殆どは、未来を対象としたシミュレーションに依存している。このとき、気候がどう変わるかというシミュレーション自体が、まずは不確実性を持つ。けれども、それ以上に、人間社会が変わり続けること、そして人間社会が実に柔軟に気候の変化に適応してしまうことは、シミュレーションでは殆ど表現出来ない。このため、温暖化による被害の予測は、頭でっかちのホラーストーリーになりがちである。

例えば、温暖化のせいで、熱射病による死者が増えるという試算がある<sup>27</sup>。もちろん、今と全く同じ様に人が行動していれば、単純に死者は増える。けれど、暑い日に、行動を変えずぼーっとしている馬鹿は滅多にいない。それに、建物の断熱性能は良くなり、エアコンはますます普及する。ICTも活用して健康管理や老人見守りサービスも発達する。こういった人間社会の変化は、シミュレーションには普通は反映されていない。実際には、今から100年掛けてあと3度上がったとしても、東京は鹿児島並みになる程度だから、適応能力の向上を考慮するならば、東京に住む人にとって、熱射病で死亡するリスクは減る一方であろう。

人間社会の変化は温暖化の進行よりはるかに速い。だから、「人間社会の諸事情を現在と同じにして」という前提の下で将来の地球温暖化によるリスク増加を計算しても、現実には殆ど意味の無い結果が出て来る。

### 過去を知ることこそ重要

これまでのところ、温暖化の被害というと、「何となく」怖くて、2度を超えてはならないという認識が広く流布されてきた。だが、本当のところは何が困る

<sup>27</sup> 温暖化が起きると、熱射病による死者が増えるという試算については、例えば環境省：[http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018\\_full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf)

のか、冷静に見極める必要がある。

過去 100 年で、東京に、何が起きたのか。人間は、どのようにして温暖化に適応してきたのか。これこそは、地球温暖化に備えるための、ナマの情報源である。シミュレーションは所詮シミュレーションに過ぎない。

過去 100 年に東京で起きた事は、これから、日本中のあらゆる場所で起きる筈だ。これをもっと詳しく調べることで、これから温暖化問題にどう向き合っていけばよいか、より良い指針が得られるだろう。

## 12 山火事は温暖化のせいではない

### ポイント

- ・メディアでは、山火事が地球温暖化のせいで起きているという意見がよく聞かれるようになった。
- ・今が山火事の多い時期かと言えば、そうではない。アメリカを例にとると、19世紀末以降、人間が自然に介入し、山火事が起きないようにしたことで、山火事の件数はかつてに比べて激減した（図 18）。
- ・近年の山火事の主な原因は森林管理の失敗である。地球温暖化との関係ははっきりしていない。

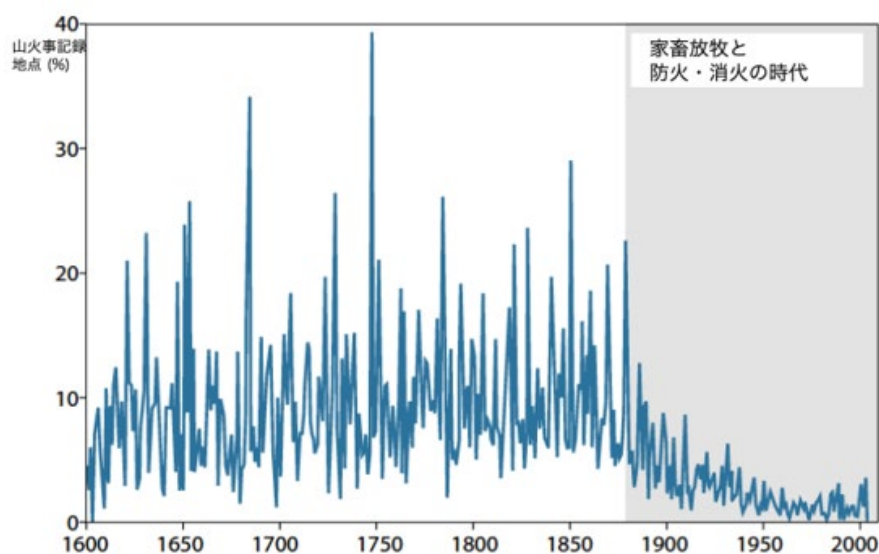


図 18 北アメリカにおける火災の発生。北アメリカ西部 800 地点以上における火災発生統合記録。<sup>28</sup>

<sup>28</sup> ジュディス・カーリー(2019)、自然災害と闘う： 復興、回復力、準備  
<http://ieei.or.jp/wp-content/uploads/2019/10/Curry-Japanese.pdf>

## 解説

### 山火事は自然の一部

山火事についてまず理解すべきことは、それが自然の一部だということだ。日本では秋になると葉が落ちて、春になると草木が芽吹く、というサイクルがある。これと同じように、乾燥した地域では、植物が育つと、山火事が起こり、その後でまた草木が芽吹く、というサイクルがある。

様々な草木が山火事後で芽吹く中で、筆者のお気に入りにはアミガサダケ（ポルチーニ）だ。フランス料理でソースに絡めて食べると絶品。料理研究家マイケル・ポーランの本によると、これが山火事後に大量に発生するため、山火事のニュースを聞くと車を飛ばして駆け付けるグルメが居るそうだ。

山火事のおかげで生息する生物が多いことから、米国のイエローストーン自然公園では、山火事を人が消すことは「不自然である」として止めてしまった。筆者も見に行ったが、本当に、焼け跡がそこかしこにある。知らない人は痛々しく思うようだが、これが自然の本来の姿なのだ。<sup>29</sup>

### 山火事は人間が管理するものだ

だがいくらそれが自然の姿だといっても、山火事が頻発するようでは生活に支障を来すので、人間は山火事を管理するようになった。具体的には、

- ① 森林の一部を帯状に切った防火帯を作る
- ② 火の不始末をしないこと（火の用心！）
- ③ 定期的に伐採ないし火入れをする

等である。このうち①②はよく知られているが、実は③も重要である。要は、時間の経過とともに植物が繁茂すると、山に燃料が溜まってゆくことになるので、山火事が起きた時に大規模に燃えてしまう。そうならないためには、時々、草木を切り出したり、燃やしたりしてやらねばならない。

イエローストーン自然公園は思い切りよく③を（完全では無いが）拒否して山火事に任せているわけだ。他方で、日本中の森林では、①②③を全て実施して、山火事が起きないように管理している（じつは③は近年あまり出来ていないが、幸いにして日本は湿潤なので、大規模な山火事は滅多に起きない）。

---

<sup>29</sup> 拙稿、「山火事が保全するイエローストーンの大自然」

[https://www.canon-igs.org/column/energy/20180905\\_5176.html](https://www.canon-igs.org/column/energy/20180905_5176.html)

## 山火事は増えているのか、山火事の理由は何か

17世紀以来、今が山火事の多い時期かと言えば、そうではない。19世紀末以降、人間が自然に介入し、山火事が起きないようにしたことで、アメリカの山火事の件数はかつてに比べて激減した（図18）。

近年を見ると、1980年以降、確かに山火事は増加している（図19）。これは地球温暖化の傾向と重なっているので、地球温暖化のせいだと短絡的に結論する人が多い。だが、この相関関係は、因果関係とは限らない。

山火事が増えた原因は、幾つか挙げられている：<sup>30</sup>

- ・長年に渡って山火事を抑制したため、山に燃料が増えてしまった。
- ・木材利用が衰退し、山に燃料が増えてしまった。
- ・環境保護名目で山の利用を規制した結果、山に燃料が増えてしまった。
- ・人の居住地が山に拡大して、火の不始末や漏電等で火災が増えた

もちろん、旱魃になれば、山火事は起きやすくなる。しかし、これは山火事の根本的な要因ではない。根本的な要因は、上記の4つだ。

近年、米国の一部で、乾燥して暑い日々が続いたことは確かである。しかし、これと地球温暖化との因果関係はよく分かっていない。IPCCの第5次評価報告書(2013年)では、その政策決定者向け要約の7ページの表1において、旱魃の強度・期間が増えたか否か、「世界規模では確信度は低い(=分からない、ということ)」「地域的には、地中海及び西アフリカでは増加した可能性が高く、北米中部及び北西オーストラリアでは減少した可能性が高い」としている。<sup>31</sup>

他方で、歴史的には、いまカリフォルニアで起きているよりも強烈な旱魃が、地球温暖化とは関係のない自然変動として起きた。ここで言う自然変動とは、エルニーニョ現象や、それに類似した北大西洋振動などの、数十年規模に亘る気候の変化のことである。

第4次全米気候評価報告 NCA4(2019年)は、以下のように述べている：

---

<sup>30</sup> ブレークスルー研究所 HP

<https://thebreakthrough.org/issues/energy/wildfire-causes>

<sup>31</sup> [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_SPM\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf)

「近年の旱魃やそれに伴う熱波は、アメリカの一部では記録的な強度に達した。しかし歴史的には、1930年代のダストボウル時代こそが、干ばつや極端な熱波の最高記録水準であり続けている」<sup>32</sup>

ダストボウルとは、米国を襲った恐ろしい気候変動だった。この時期にアメリカでは山火事が頻発した（図 19）。畑は荒廃し、砂嵐が村を襲い（図 20）、農民は流民となった。

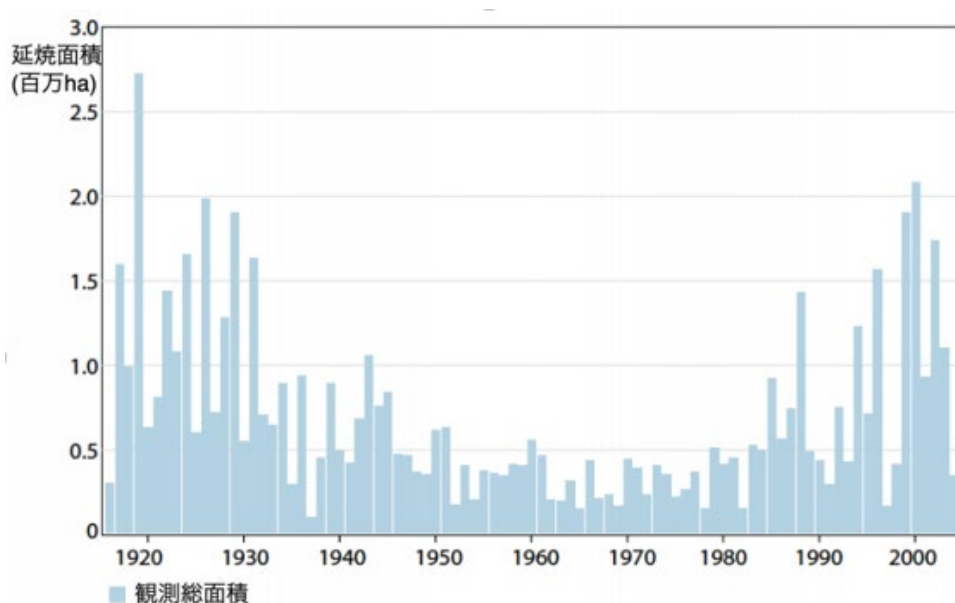


図 19 アメリカの山火事。1916年～1930年ごろにかけて頻発している。アメリカ西部 11 州の山火事延焼面積の時系列観測値<sup>33</sup>

<sup>32</sup> <https://www.globalchange.gov/nca4> ; <http://ieei.or.jp/wp-content/uploads/2019/10/Curry-Japanese.pdf>

<sup>33</sup> ジュディス・カリー、前掲。 <http://ieei.or.jp/wp-content/uploads/2019/10/Curry-Japanese.pdf>





図 20 「ダストボウル」時代の米国の恐ろしい砂嵐。カンザス州 1935 年。米国政府資料<sup>34</sup>

### 世界の燃焼面積は 25%も減った

話を米国から世界に移す。NASA のデータによると、2003 年から 2015 年にかけて、世界の燃焼面積は 25%も減った（図 21）。最大の理由は、人間が、肥料や農業機械を利用して生産性の高い農業を行うようになり、焼き畑や火入れ等の形で火を利用することが減ったためである。<sup>35</sup>

北米カリフォルニアのように山火事が増えている地域もあるが、世界全体では、燃焼面積はむしろ減っているのだ。

---

<sup>34</sup> <https://www.photolib.noaa.gov/Collections/National-Weather-Service/Meteorological-Monsters/Dust/emodule/647/eitem/3016>

<sup>35</sup> Shallemberger, Michael.

<https://www.forbes.com/sites/michaelshallemberger/2019/08/30/forget-the-hype-forest-fires-have-declined-25-since-2003-thanks-to-economic-growth/#2640466c163d>

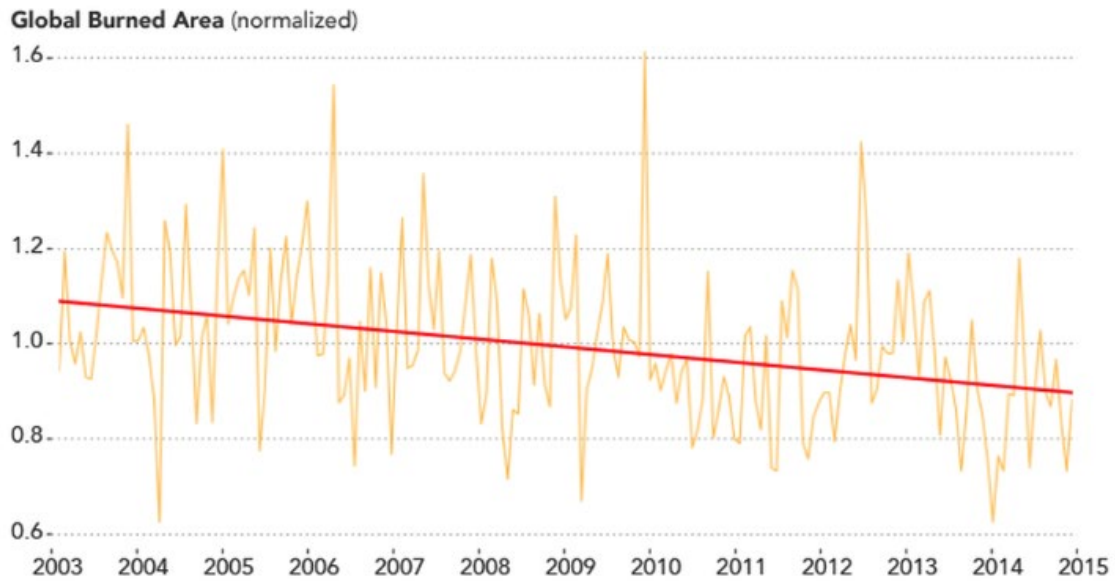


図 21 世界の燃焼面積。2003 年から 2015 年にかけて 25%も減少している。  
NASA 資料<sup>36</sup>。

## まとめ

山火事が起きているからといって、すぐに地球温暖化と結びつけるのは誤りだ。山火事について語るためには、まず以下のことを知っておく必要がある。

第 1 に、山火事は自然現象である。第 2 に、山火事は人間の森林管理が下手だと起きる。第 3 に、乾燥や熱波は山火事のきっかけにはなりうるが、根本的な要因ではない。第 4 に、乾燥や熱波は地球温暖化が無くても起きるものである。地球温暖化との因果関係はよく分かっていない。第 5 に、世界全体で見ると燃焼面積は大きく減っている。

カリフォルニアなど、人々の生活に悪影響を与えるような山火事の悪化に歯止めをかけるためには、根本的な問題である森林管理の失敗を改めねばならない。そのためには、

- ・ 居住地域の拡大を規制する
- ・ 森林を伐採する

といった、森林を好む人々に不人気な政策が必要で、これを採らない限り、今日直面している山火事を防ぐことは出来ない。<sup>37</sup>

<sup>36</sup> <https://earthobservatory.nasa.gov/images/90493/researchers-detect-a-global-drop-in-fires>

<sup>37</sup> ブレークスルー研究所 HP、<https://thebreakthrough.org/issues/energy/wildfire->

### 13 海面上昇は僅かでゆっくりだった

#### ポイント

- ・昭和年間における地盤沈下量は50年間で4mに達した場所もあった(図22)。
- ・関東大震災では4mも隆起した場所があった。東日本大震災では1m近く沈降した場所があった。これらは一瞬の出来事だった。
- ・人類は地盤沈下にも地震による土地の沈降にも対処して繁栄してきた。
- ・地球温暖化による海面上昇は累計で僅か20cmであり、またゆっくりしたものだった。人類は何ら問題なく対処してきた。

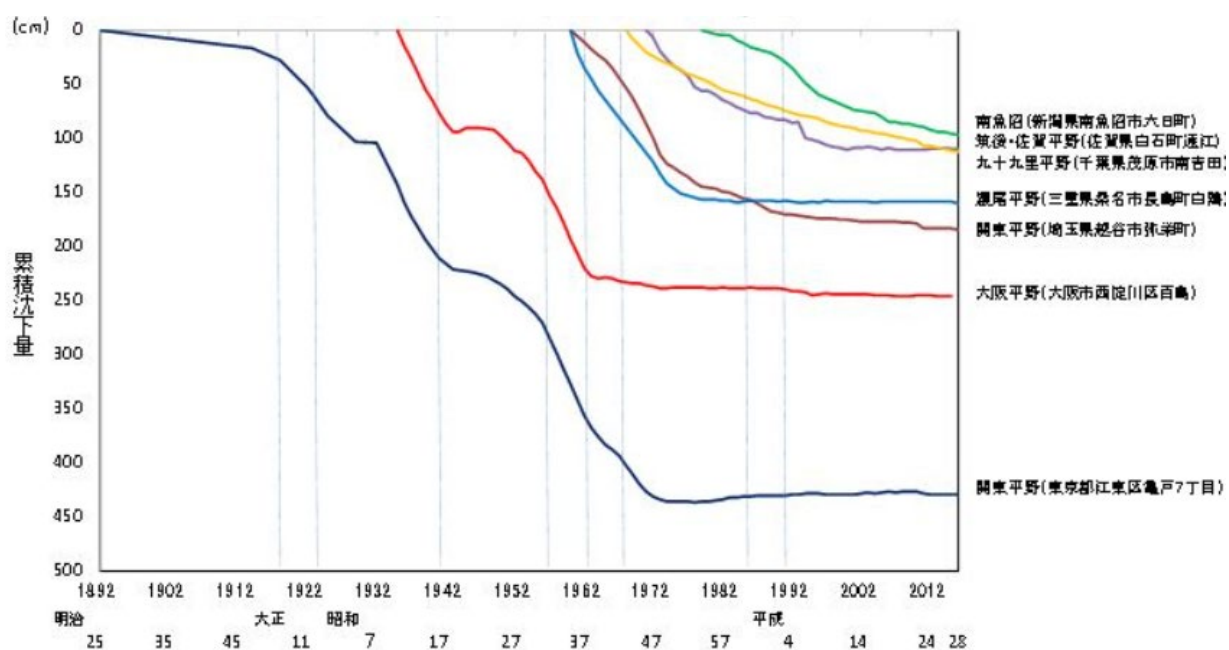


図 22 代表的な地域の地盤沈下。国土交通省 HP<sup>38</sup>

[causes](#)

<sup>38</sup>[https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo\\_mizsei\\_tk1\\_000063.html](https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_tk1_000063.html)

## 解説

地球温暖化による海面上昇は IPCC が図 23 のように過去データの推計とシミュレーションによる予測をまとめている。

過去の海面上昇は累計で 20cm 程度となっていることが分かる。

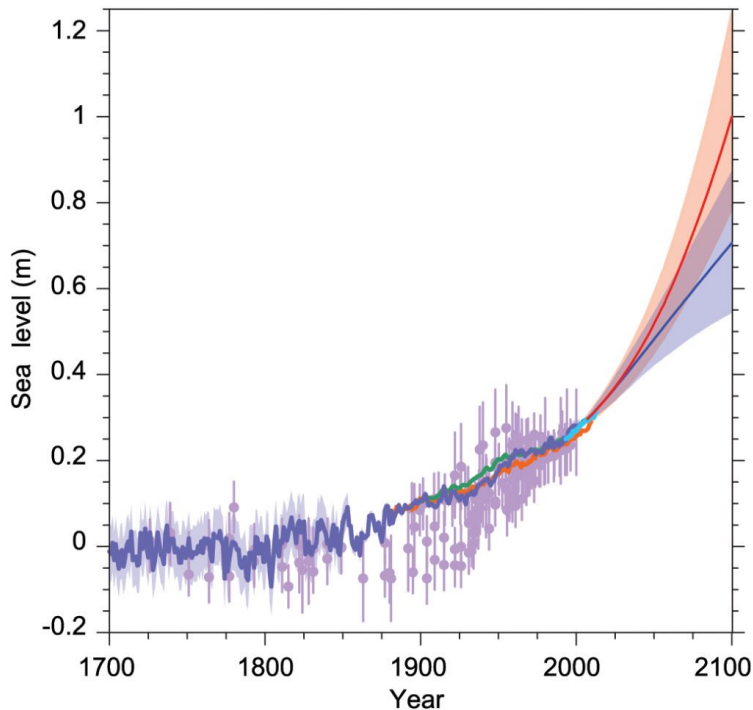


図 23 地球温暖化による海面上昇。IPCC 第五次評価 第一部会報告 テクニカル・サマリー Figure 2 <sup>39</sup>

昭和年間に全国各地で観測された地盤沈下は、これを速さでも大きさでも遥かに上回るものだった。図 22 を見ると、50 年間で 4m に達する地点もあった。

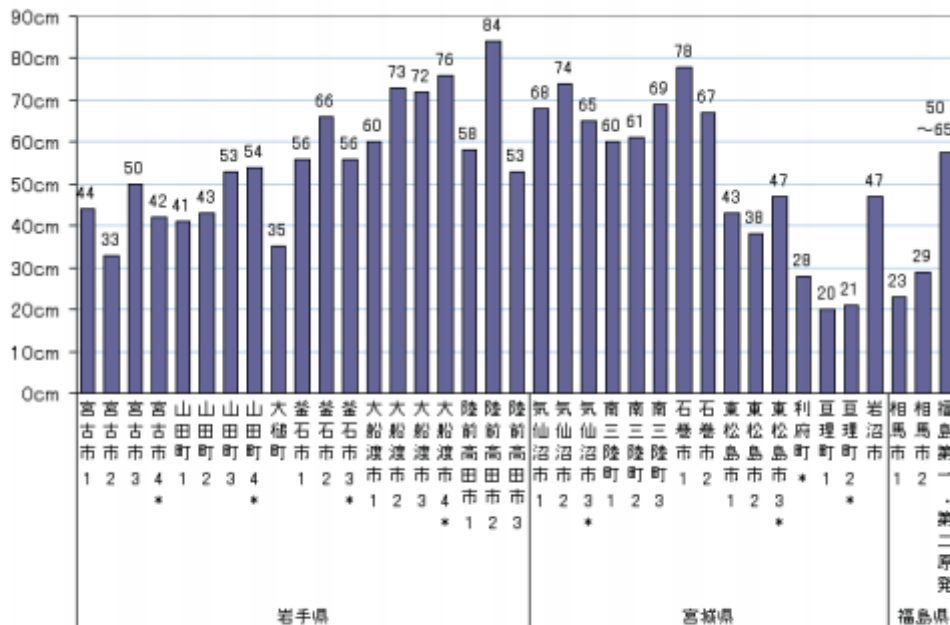
その一方で、日本では地震の度に土地が隆起・沈降する。東日本大震災では 1m 近く沈降した場所もあった(図 24)。

関東大震災では房総半島で 4m 隆起があり、丹沢では 1m 沈降した。現在でもその跡が観察できる。<sup>40</sup> (図 25)。

<sup>39</sup> <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/technical-summary/>

<sup>40</sup> 館山まると博物館資料

[https://twitter.com/awabunka\\_npo/status/1167979129196568576/photo/2](https://twitter.com/awabunka_npo/status/1167979129196568576/photo/2)



(注) 電子基準点(\*)の精度は約1cm, その他の水準点・三角点の精度は約10cm  
 (資料) 国土地理院「平成23年東北地方太平洋沖地震に伴う地盤沈下調査結果について」(2011年4月14日)  
 東京新聞2011.7.9(福島第一・第二原発についての東京電力発表値)

図 24 東日本大震災による地盤沈降量 国土交通省資料<sup>41</sup>

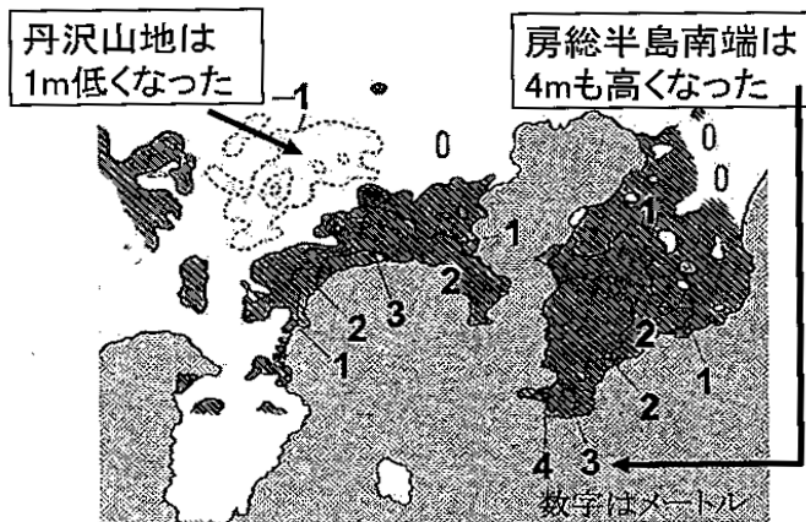


図 25 関東大震災(1923年)による地盤の隆起と沈降。「科学の事典」岩波書店、1982年。

<sup>41</sup> <https://www.mlit.go.jp/common/000206397.pdf>

人間はこのような地盤沈下にも地震による沈降にも対処して繁栄してきた。

地球温暖化による海面上昇は僅かであり、また時間もかかるゆっくりしたものであったので、人類は問題なく適応してきた。というより、殆ど意識されることもなく、自然体で適応がなされてきた。何か不都合が起きたという話は全く聞かない。

## 14 シロクマは増えている

### ポイント

- ・ シロクマは温暖化による被害のアイコンとされ、絶滅の危機にあるとされてきた。
- ・ しかし実は、シロクマの頭数は減っておらず、むしろ増えている（図 26）
- ・ これは動物保護の一大成功事例である。

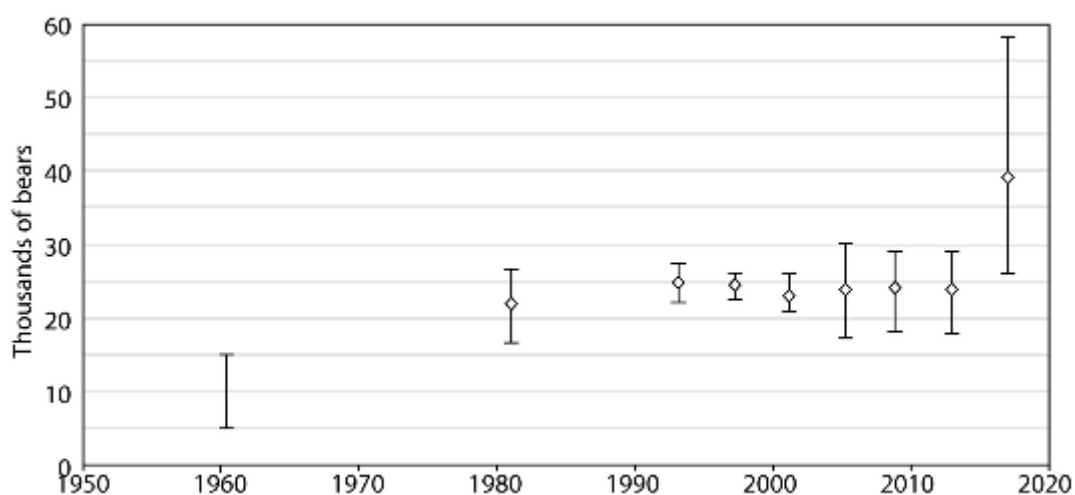


図 26 北極のシロクマの頭数の推計。IUCN PBSG の推計をスーザン・クロックフォードが補正したもの。(Crockford, 2019)

## 解説

北極のシロクマは繁栄していて、いまのところ絶滅の危険は全く無い。

夏の海氷減少で、何万頭ものシロクマが死ぬという意見があったが、そのようなことは起きなかった。

シロクマは過去の温暖期も生き延びてきた。これは温暖化しても生き延びる能力があることを示唆する。

図 26 は、国際自然保護連合北極グマ専門家グループ（IUCN PBSG）の公式統計（図 27）に、スーザン・クロックフォードが補正をしたもの。何れの図も、シロクマの頭数が増大している点では変わりがない。

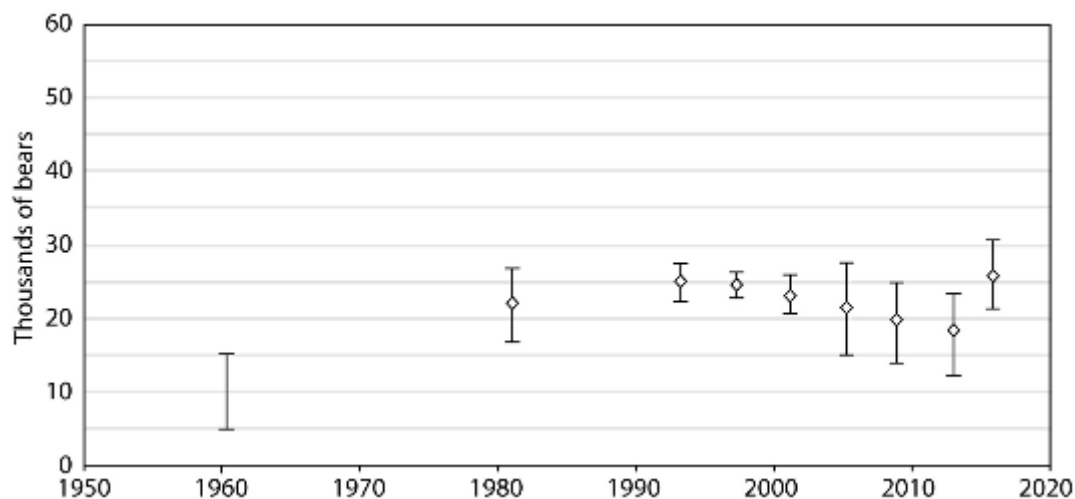


図 27 シロクマの頭数の推計。IUCN PBSG の公式統計。(Crockford, 2019)



## 15 砂浜の消失は温暖化のせいではない

### ポイント

- ・ 日本では広大な面積の砂浜が既に失われた。
- ・ その原因は、河川のダム工事や海岸の護岸工事によって砂の供給が失われた為である(図 28)。
- ・ 温暖化による海面上昇は過去の砂浜消失の理由ではなかった。
- ・ 砂浜を維持・再生する為の活動は養浜(ようひん)と呼ばれ広く行われている。地球温暖化による海面上昇はゆっくりで僅かなので容易に対応できる。



図 28 神奈川県稲村ヶ崎。このような護岸工事によって、かつて崖から供給されていた土砂が無くなった。これに伴って、近隣の砂浜で浸食が起きている。<sup>42</sup>

<sup>42</sup> <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%A8%B2%E6%9D%91%E3%83%B6%E5%B4%8E>

## 解説

日本の砂浜は全国至るところで浸食を受けている。河川におけるダム建設や、海岸における護岸工事等により、砂が海に供給されなくなったためである。砂が供給されなくなると、海流や波による浸食で、砂浜が消失する。

地球温暖化による海面上昇はゆっくりしたもので、かつ累積で 20cm と僅かであった。この海面上昇のせいで砂浜が浸食された訳ではない。

砂浜を維持・再生するためには、砂を運びこんだり(図 29)、砂が溜まるように離岸堤を建設したりする(図 30)。神奈川県茅ヶ崎海岸では、相模貯水池のダムに溜まった砂を浚渫で採取し、砂浜に投入して砂浜を維持している(図 31)。かつて相模川が流れて運んでいた砂を、代わりにトラックで運ぶようになった訳である(図 32)。



図 29 阿字ヶ浦海岸（茨城県ひたちなか市）で行われている砂の投入

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%A4%8A%E6%B5%9C>



図 30 皆生海岸（鳥取県）で行われている離岸堤による養浜

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%A4%8A%E6%B5%9C>



図 31 茅ヶ崎中海岸における養浜、宇多高明氏資料。左が砂の投入前、右が投入後。出典：土木学会 HP <sup>43</sup>



図 32 図 31 における砂の移動ルート。

<sup>43</sup> <https://committees.jsce.or.jp/engineers/w26>

## 16 サンゴ礁の島々は海面上昇で沈まなかった

### ポイント

- ・ 環礁島が海面上昇で水没するという意見があった
- ・ だが観測では環礁島の面積は減っていない。
- ・ サンゴは動物であり成長するので沈まなかった。



図 33 マーシャル諸島におけるある島の例。1943年から70年間で面積が13%増大した。現在、40件の住宅がある。1943年当時の海岸線は赤い線の位置だった。<sup>44</sup>（写真は米国農務省による）

<sup>44</sup> <https://www.stuff.co.nz/science/123559259/the-pacific-islands-which-are-growing-despite-sea-level-rise>

## 解説

太平洋の島嶼国というと、地球温暖化によって海面が上昇することで「水没の危機」にさらされている、という報道がある。

水没が懸念されていたのは海拔が数メートルしかない環礁島だった。だがサンゴは動物であり、海面が上昇するとその分速やかに成長するので、水没はしない。

観測によれば、海面が上昇しても島々の面積は減っていなかったことが判明した。(Webb & Kench, 2010)の研究では、対象とした27の環礁島のうち86%で面積は増大ないし安定していた。減少したのは14%に留まった。環礁島では海岸線の自然変化が大きく、よく島の形が変わるが、全体として面積は増えていた。その後の大規模な調査でも島々の面積が減らなかったという結論は変わっていない(Duvat, 2019)。島の面積が増えた例を図33に示す。

水質汚染などでサンゴが死ぬと勿論成長はしなくなるが、その時は、土地を造成し堤防を造れば水没などしない。それは多くの島で日常的にやっていることの延長だ(図34)。地球温暖化で海面が上昇するといっても、100年かけて数十センチという話なので、時間はたっぷりある。南沙諸島では人工島が数年で出来たぐらいだから、もともと島があるところを維持するのは技術的には全く難しくない。



図 34 砂を採取し土地を造成することはサンゴ礁の島々で日常的に行われている。(キリバスにて筆者撮影)

## 17 エゾシカの獣害は温暖化のせいではない

### ポイント

- ・温暖化によって北海道でエゾシカの頭数が増え、獣害が増えているという意見がある。
- ・エゾシカは、明治初期には70万頭いたと推計されている。乱獲で激減したが、近年になって増えてきた(図35)。
- ・獣害が増えた理由は、温暖化のせいではない。人間がエゾシカを捕獲しなくなった為だ。これにより頭数が増えた上に、エゾシカが人を恐れず農地や民家に侵入するようになった。

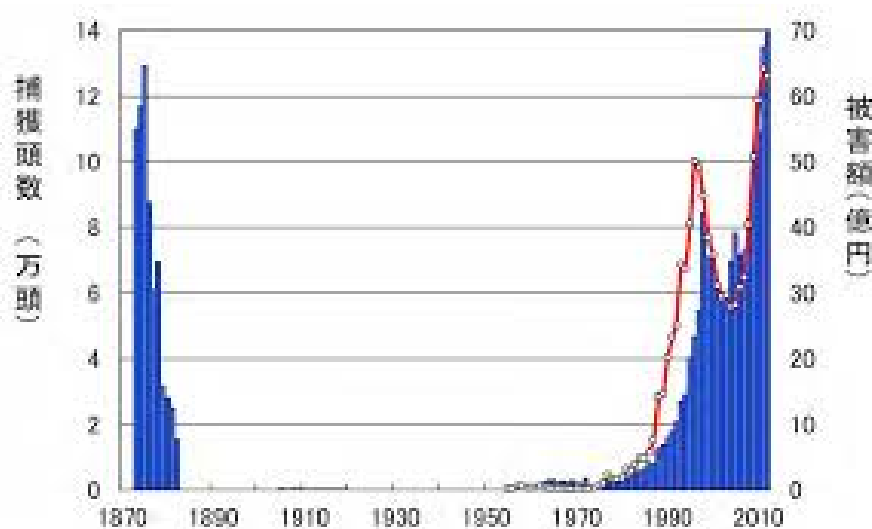


図 35 エゾシカの捕獲頭数の推移。北海道資料<sup>45</sup>

<sup>45</sup> [http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/cks/tok64/64sankou2\\_2.pdf](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/cks/tok64/64sankou2_2.pdf)

## 解説

エゾシカは明治初期には北海道に70万頭も生息していたと推計されている。<sup>46</sup> 当時は勿論地球温暖化はまだ起きていなかった。

その後、食用のための乱獲で大幅にエゾシカの数減り、禁猟になった。

近年になって獣害が増えた理由は、エゾシカを捕獲しなくなった上に、エゾシカが人を恐れずに農地や民家に侵入するようになったためである。また、オオカミが絶滅したことも、エゾシカの増加に影響している。

エゾシカの数を決めてきた主な要因は、人間が捕獲するかしないか、ということである。温暖化ではない。



図 36 エゾシカ。

---

<sup>46</sup>北海道大学資料 [https://www.hokudai.ac.jp/news/180615\\_pr.pdf](https://www.hokudai.ac.jp/news/180615_pr.pdf)

## 18 災害による損害額の増加は温暖化のせいではない

### ポイント

- ・ハリケーンなどの自然災害による世界合計での損害額は、過去、増加してきた。
- ・だがその原因は、地球温暖化による気象の変化ではない。災害に遭いやすい土地における人口と資産が増加したことによるもので、その補正をすると損害額は増加していない。
- ・このことは、IPCC も一貫して述べてきた。

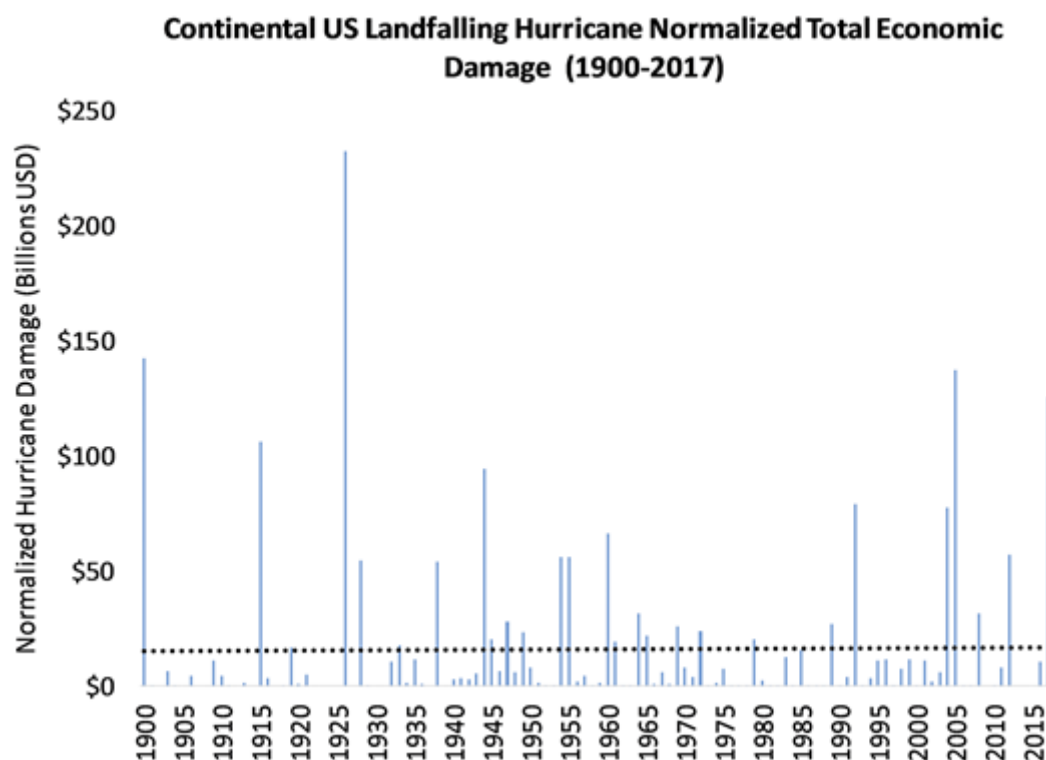


図 37 米国本土に上陸したハリケーンによる被害。災害に遭いやすい土地に人口と資産が増えたことを加味して補正したもの。被害額は増えていない。出典：(Klotzbach, Bowen, Pielke, & Bell, 2018)



## 解説

米国本土におけるハリケーンによる経済的損失は確かに増えている（図 38）。なおここでインフレ率は調整済である。

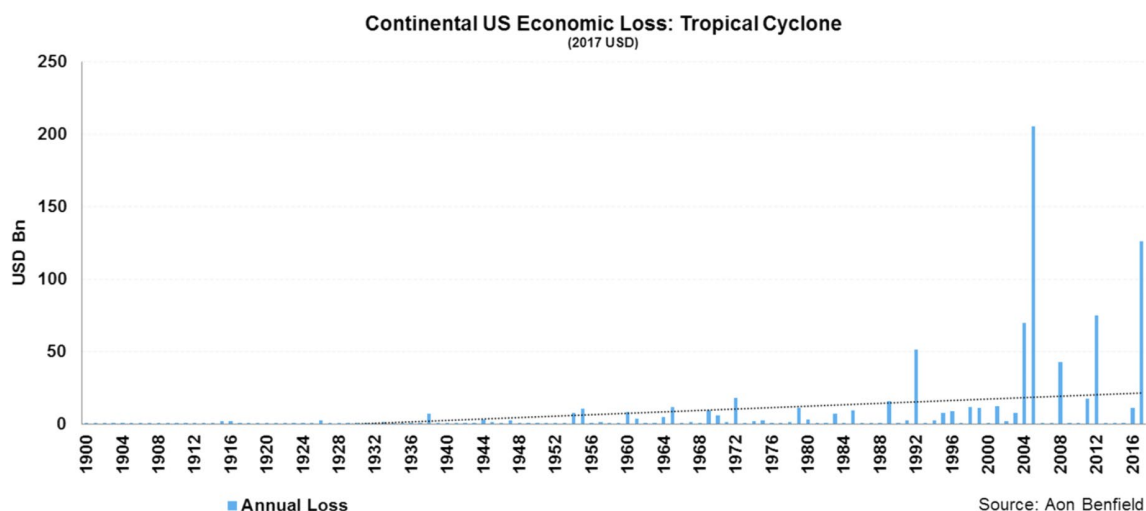


図 38 米国本土におけるハリケーンによる経済的損失。インフレ率は調整済み。出典：(Klotzbach et al., 2018)

だがここで、災害に遭いやすい土地に人口と資産が増えたことを加味して補正をすると、実は損害額に増加傾向は見られないことが解る。（図 37）

環境白書令和 2 年版では災害による損害額の増加が示されている（図 39）。そして、あたかもそれが温暖化の影響によるかのように記述している。

だが温暖化の影響か否かを知るためには、図 37 と同様な補正をしなければならず、現状の記述は不適切で修正が必要である。<sup>47</sup>

さらに詳しくは、拙稿にとしてまとめたので参照されたい<sup>48</sup>

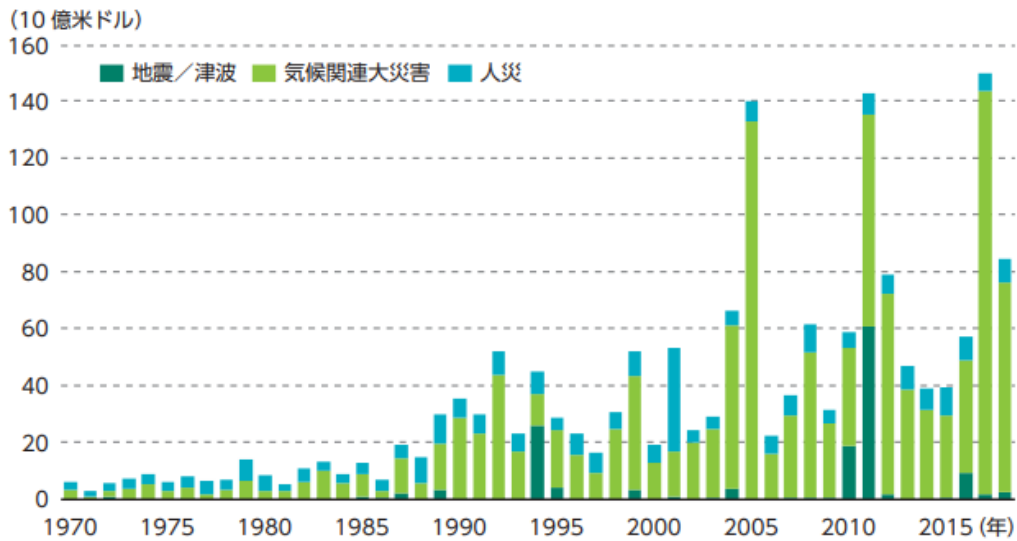
<sup>47</sup>拙稿、環境白書は「気候危機」の根拠を示しているか？

<http://ieei.or.jp/2020/06/sugiyama200629/>

<sup>48</sup>拙稿、研究ノート「災害による損害額の増加は温暖化のせいではない」

[https://cigs.canon/article/20201119\\_5480.html](https://cigs.canon/article/20201119_5480.html)

図 1-2-15 1970～2018年の大災害による保険損害額の推移



注：2018年の物価にスライド。  
資料：スイス・リー・インスティテュート

図 39 保険損害額。環境白書令和 2 年版<sup>49</sup>。災害に遭いやすい土地に人口と資産が増えたことを加味した補正をしていないので、地球温暖化の影響の推移を示すグラフにはなっていない。

<sup>49</sup> <http://www.env.go.jp/press/108093.html>

19 CO<sub>2</sub> は既に 5 割増えた。(だが何も問題は起きていない。)

### ポイント

- ・ CO<sub>2</sub> 濃度はあと 5 年後の 2025 年頃には 420ppm に達するだろう。
- ・ 420ppm と言えば、産業革命前とされる 1850 年頃の 280ppm の 5 割増である。
- ・ これに伴って地球の平均気温も 0.8℃上がったとされるが、何も問題は起きていない。

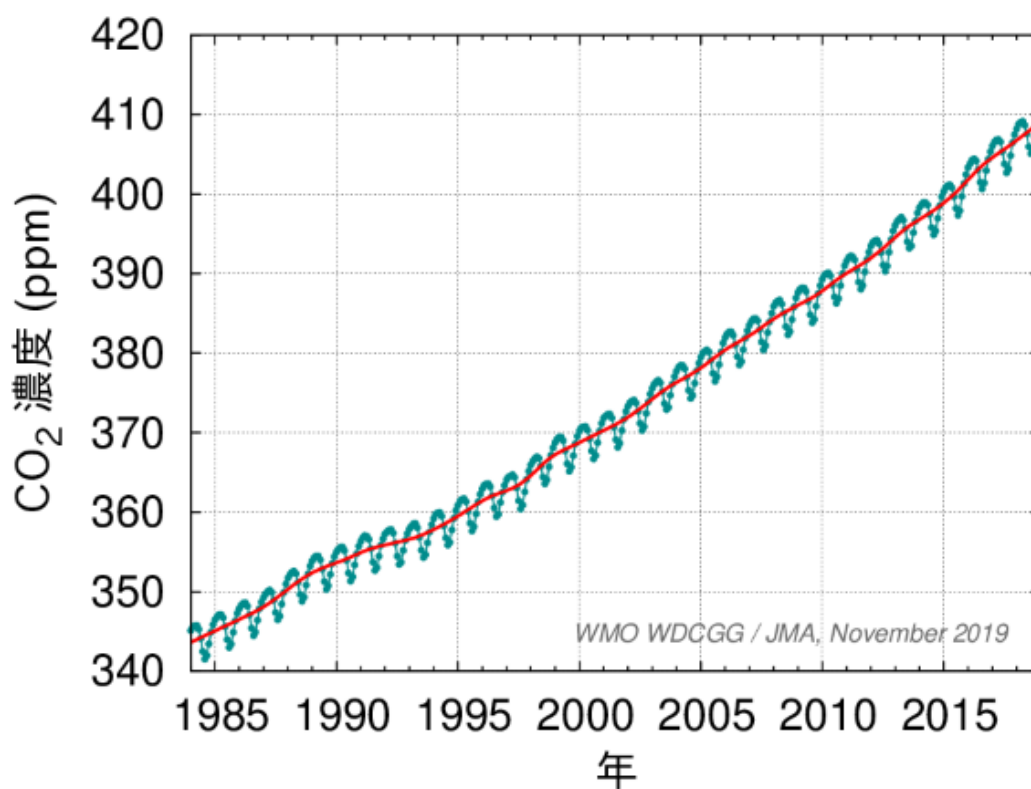


図 40 大気中の CO<sub>2</sub> 濃度。過去 40 年で年間約 2ppm の上昇をしている。気象庁資料<sup>50</sup>

<sup>50</sup> [https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2\\_trend.html](https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html)

## 解説

IPCCによれば、地球の平均気温は産業革命前に比べて約0.8°C上昇した。これがどの程度CO<sub>2</sub>の増加によるものかはよく分かっていないけれども、以下では、仮にこれが全てCO<sub>2</sub>の増加によるものだった、としてみよう。

思い当たることは、この0.8°Cの上昇で、特段困ったことは起きていないことだ。

このファクトシートで分かるように、緩やかなCO<sub>2</sub>の濃度上昇と温暖化は、むしろ人の健康にも農業にもプラスだった。豪雨、台風、猛暑などへの影響は無かったか、あったとしてもごく僅かだった。そして何より、この150年間の技術進歩と経済成長で世界も日本も豊かになり、緩やかな地球温暖化の影響など、あったとしても誤差の内に掻き消してしまった。

これまでさしたる問題は無かったのだから、今後も同じ程度のペースの地球温暖化であれば、さほどの問題があるとは思えないが、今後はどうなるだろうか？

この後の議論は、拙稿「CO<sub>2</sub>濃度は5割増えた——過去をどう総括するか、今後の目標をどう設定するか？」を参照されたい。<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> [https://cigs.canon/article/20201001\\_5376.html](https://cigs.canon/article/20201001_5376.html)

## 20 気温予測の科学的不確実性は大きい

### ポイント

・地球の気温上昇の予測について、大きな科学的不確実性があることを、IPCCは明白に報告している。

・IPCCによれば、CO<sub>2</sub>濃度の倍増時に起きる気温上昇は、1.5°Cと4.5°Cの間、とされていて、大きな幅がある。しかもこの幅の外になる可能性もあるという。

・このように、気温上昇ひとつとっても、地球温暖化の科学には不確実なことが多く、「科学が決着した」などと言うには程遠い。

$$1.5^{\circ}\text{C} < \Delta T_{2\times\text{CO}_2} < 4.5^{\circ}\text{C}$$

(66%幅、IPCC 2013)

CO<sub>2</sub>倍増時の温度上昇 $\Delta T_{2\times\text{CO}_2}$ (:気候感度)

$$= \underset{1.2}{\text{CO}_2\text{による赤外線吸収}} + \underset{0.3\sim 3.3}{\text{水蒸気と雲による増幅}}$$

図 41 CO<sub>2</sub>濃度倍増時の気温上昇(気候感度) $\Delta T_{2\times\text{CO}_2}$

## 解説

地球温暖化に科学的不確実性があり、それが大きいことは、IPCCは明白に報告している。しかしながら、このことは温暖化対策が語られる時に、しばしば（そして意図的に）無視されている。

気候感度（Equilibrium Climate Sensitivity、ECS）とは、「CO<sub>2</sub>濃度を産業革命前に比べて倍増して、そして数世紀経って平衡状態になったときに、何度の気温上昇があるか」、という値である。

最新のIPCCの「専門家判断」による見積もりでは、ECSの範囲は1.5度から4.5度とされており、「最良の推定値」は存在しない、としている。

しかもこの範囲に入る可能性は「66%以上」とされていて、この外になる確率もある、とされる。

気候感度がいったい1.5度なのか4.5度なのかで、温暖化対策の在り様は全く変わる。

パリ協定も日本の温暖化対策計画も、これが3度だと想定した試算に依拠している。

けれども、もし気候感度が1.5度なら、3度の場合に比べて、許容される産業革命前からのCO<sub>2</sub>の累積排出量は2倍にもなる。逆にもし気候感度が4.5度なら、3分の2しか排出できないことになる。

このような大きな不確実性は、水蒸気と雲の振る舞いがよく分からないことによっている。CO<sub>2</sub>だけの寄与であれば、ECSは1.2度に過ぎない。ECSがこれより大幅に大きくなるとすれば、その理由は、水蒸気の増加等である、とされている。増幅の程度が少なければ殆どECSは増えないし、大きく増幅されると4.5度以上にもなる、と言う訳だ。

このように、気温上昇ひとつとっても、地球温暖化の科学には不確実なことが多く、「科学が決着した」などと言うには程遠いことは、IPCCも認めている。

更に詳しくは拙著「地球温暖化問題の探究ーリスクを見極め、イノベーションで解決するー」の第3章1節を参照されたい。<sup>52</sup>

---

<sup>52</sup> [https://cigs.canon/publication/books/20181212\\_5406.html](https://cigs.canon/publication/books/20181212_5406.html)

## 21 気温予測の前提となる排出量が多すぎる

### ポイント

- ・ 温暖化対策なかりせばの「最悪ケース」ないし「なりゆきケース」として用いられている IPCC のシナリオは排出量が高すぎて非現実的である。
- ・ 将来の気温上昇や環境影響評価の試算は、多くの場合、そのような排出シナリオに基づいている為、影響を過大評価している。

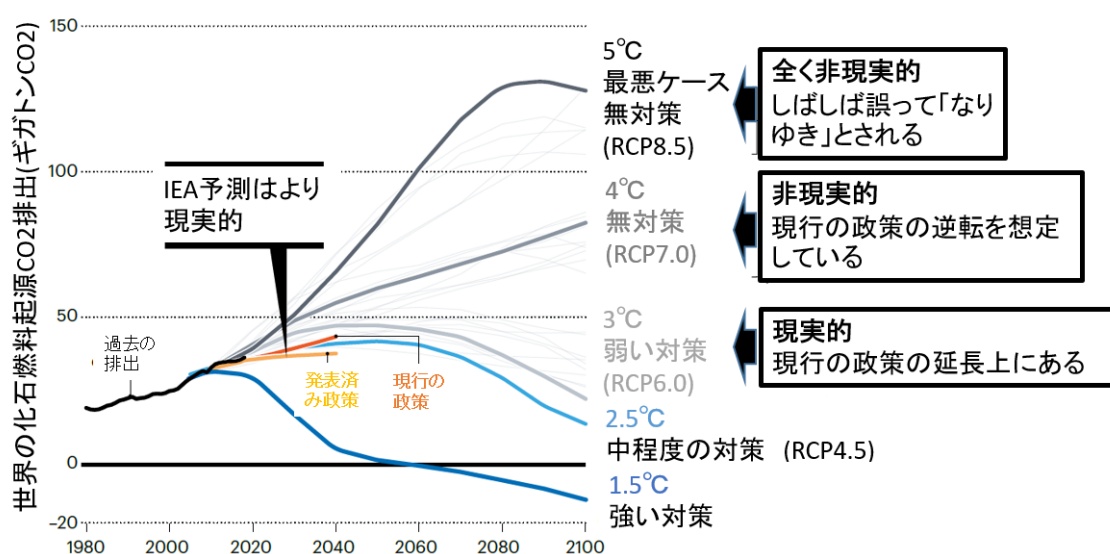


図 42 将来の排出量予測。(Hausfather & Peters, 2020)<sup>53</sup>を基に筆者作成。

53 <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00177-3>



## 解説

事実上ベースライン（＝なりゆき）シナリオとして用いられている IPCC の「RCP8.5 シナリオ」は過大評価であり、現実的な排出量であれば、「地球温暖化による温度上昇はなりゆきでも今後 2°C 程度（産業革命前からだと 3°C 程度）に留まるのではないか」という指摘がいま学界でなされている。

IPCC シナリオの排出量が高くなっている理由として、Zeke Hausfather は、IPCC のシナリオは 2005 年や 2010 年頃の情報に基づいて作成されているため、情報が古いことを指摘している。

RCP8.5 シナリオは、世界の石炭消費量が今後 5 倍になるというシナリオである。しかし、現実には、そこまで石炭消費が増えるとは思えない。その重要な理由として、多くの技術進歩がすでにあったことが挙げられる。近年あったものを幾つか挙げると、シェールガス革命が起きて天然ガスが安くなった。また太陽光発電や風力発電が拡大した。また LED 照明の普及を筆頭に、省エネルギー技術も進歩した。今後もこのような技術進歩は続くだろう。

RCP8.5 シナリオとは、奇妙なシナリオである。非常に高い経済成長率でありながら、技術が殆ど進歩しない。そして人々は、所得水準が高くなったにも拘わらず、他のエネルギー資源ではなく、世界の石炭消費量を今日の 5 倍になるまで増やし続ける、というシナリオだ。

もともと RCP8.5 シナリオは、予言するために作られたのではなく、「考えられ得る限り高い排出のシナリオを研究する」という目的で作られた。しかしその後、環境影響評価の際にもっともよく用いられるようになって、すっかり「温暖化対策なかりせばの場合」としてのベースラインとしての役割が定着してしまった。だが、政策を分析するためには、実現可能性が乏しいシナリオを用いることは適切ではない。環境影響評価は、もっと実現可能性の高いシナリオのもとで分析した結果を示し、政策決定者に示すべきであろう。

更に詳しくは、拙稿をご覧ください。<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup> 拙稿、「コロナ後における合理的な温暖化対策のあり方」

<https://cigs.canon/article/pdf/wp20200626.pdf>

## 22 シミュレーションは温暖化を過大評価している

### ポイント

- ・地球温暖化の予測に用いられるシミュレーションは、過去の気温上昇を過大評価している。
- ・したがって、将来についても気温上昇を過大評価している。
- ・地球温暖化の被害の試算は、殆ど場合、このようなシミュレーションに依存しているので、何れも過大評価になっていることが懸念される。

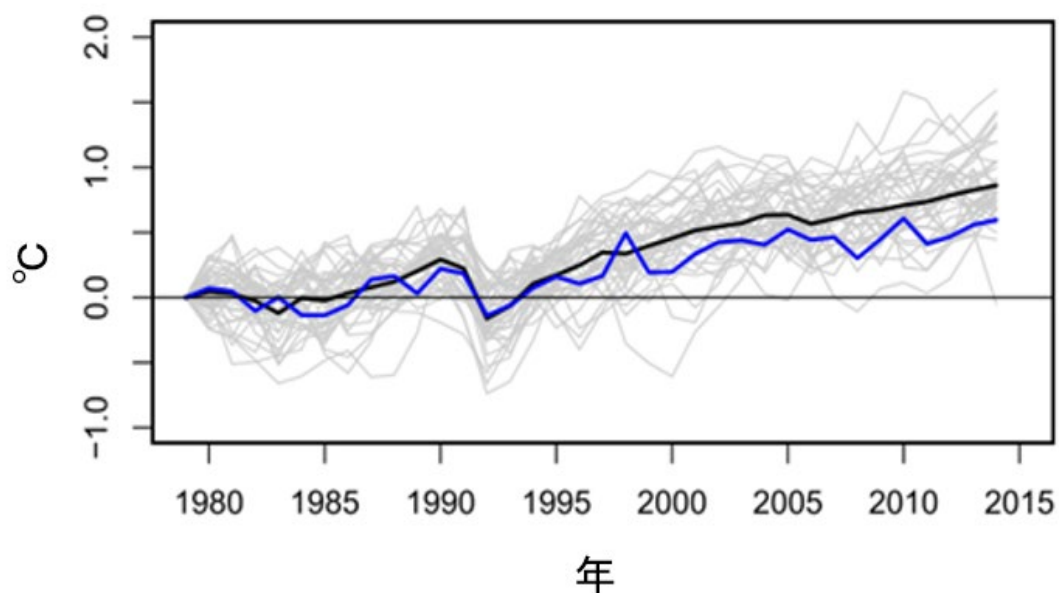


図 43 過去の気温変化の比較。地球全体の地表から高度 9000 メートルまでの平均値。観測値（青線）は殆どのモデルの結果（灰色）を下回っていることが解る。黒線はモデルの平均。 出典：(McKittrick & Christy, 2020)

## 解説

地球温暖化の予測に用いられるシミュレーションが過去の温暖化を過大評価していることはこれまでも何度か指摘されてきたが、最新のシミュレーションでもこれは改善されておらず、むしろ悪化している。

図 43 は、CMIP6 と呼ばれる最新のモデル計算結果と観測結果を比較したものである。縦軸は気温である。気温は地球全体の地表から上空約 9000 メートルまでの平均である（これは Global Lower Troposphere つまり対流圏下層と呼ばれる）。青い線は観測値である。観測値としては、a) 人工衛星、b) ラジオゾンデ、c) 再解析<sup>55</sup>の 3 種類がそれぞれ 4 つずつで合計 12 個のデータセットの平均が示されている。黒い実線はモデルによるシミュレーションの平均である。灰色のスパゲティ状の線は全てのモデルの結果を表している。比較のため 1979 年の気温をゼロとした相対値でプロットしてあり、全ての線が 1979 年でゼロとなるように上限にシフトしてある。

図 43 を見ると観測値（青線）は殆どのモデルの結果（灰色）を下回っていることが解る。

また図 43 から、気温上昇率（10 年あたり $^{\circ}\text{C}$ ）を読み取ると図 44 が得られる。ここで赤はモデルの試算結果である。横軸でデータ系列とあるのは世界の様々な研究グループによる計算結果を表している。赤い太線は平均値である。一番右は全モデルの平均である。

青は観測値であり、人工衛星、ラジオゾンデ、再解析の 3 つの各々の平均と誤差幅が示してある。青い破線は人工衛星による観測の平均値である。

これを見ると、殆どのモデルで、観測値を上回る地球温暖化のトレンドがあり、統計的な誤差範囲を有意に超えていることが解る。

このように、地球温暖化の予測に用いられるシミュレーションは、過去の温暖化を過大評価している。

---

<sup>55</sup> 再解析とは、ラジオゾンデや、GPS 信号観測等の利用可能な複数のデータを用いて推計した値。専用のモデルも使用するので厳密には観測値とは言い切れないが、観測値に基づく値なので論文では観測値に含めている。

このように、過去の気温上昇を過大評価しているということは、将来についても気温上昇を過大評価していることになる。

将来の地球温暖化の気温上昇予測や、それによる環境影響評価の試算は、殆どの場合、このようなシミュレーションに依存しているので、何れも過大評価になっていることが懸念される。

さらに詳しくは拙稿「シミュレーションは温暖化を過大評価している」を参照されたい。<sup>56</sup>

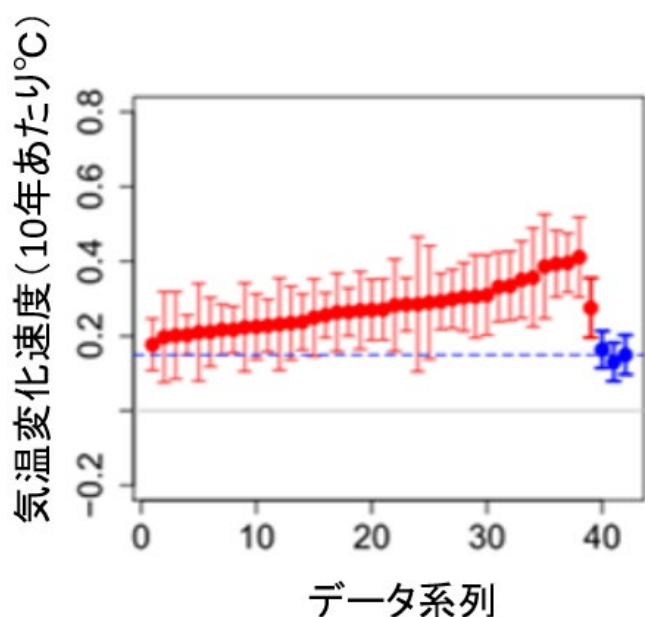


図 44 気温変化速度の比較。赤はモデル計算値、青は観測値。出典：  
(McKittrick & Christy, 2020)

<sup>56</sup> <http://ieei.or.jp/2020/11/sugiyama201109/>

## 23 シミュレーションは気温上昇の結果を見ながらパラメーターを調整している

### ポイント

- ・地球温暖化による気温上昇の予測は数値モデルに頼っている。
- ・けれども、この数値モデルにはパラメーターが沢山あって、それを操作すると予測結果はガラガラ変わる。
- ・数値モデルは、20世紀後半の気温上昇が自然変動ではなくCO<sub>2</sub>によるものとパラメーターの操作(=“チューニング”と呼ばれる)によって教え込まれている。
- ・我々がいつも聞かされている将来の気温上昇予測は、このようなモデルに依存している。

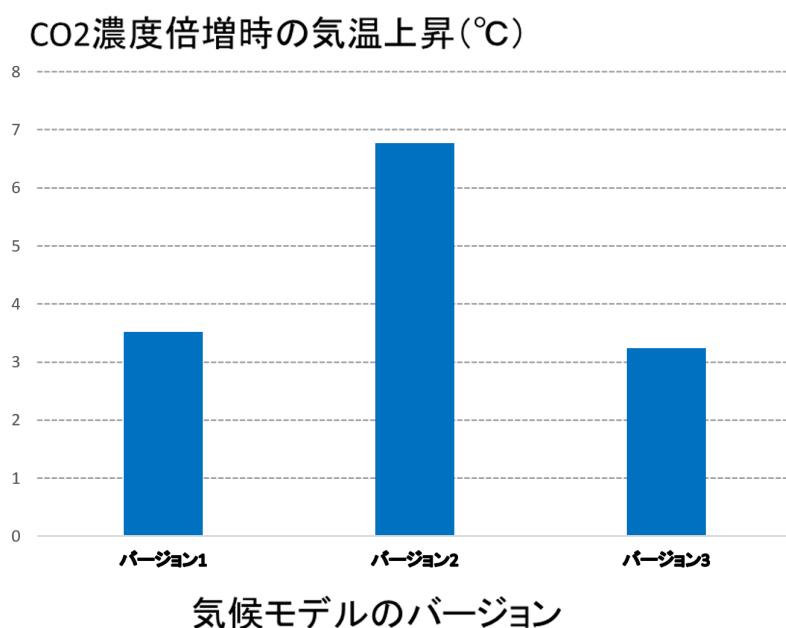


図 45 ドイツの研究グループのモデル。バージョン1は2013年のIPCC予測に使われたモデルだった。だがそのバグを取ったらバージョン2のように気温上昇が倍になってしまった。その後気温上昇が3°Cになる様に雲のパラメーターを調整して、今はバージョン3のモデルを予測に使用している。(Mauritsen & Roeckner, 2020) を元に筆者作成。

## 解説

IPCC の第 5 次評価が 2013 年に発表された後、そこで使用されたマックスプランク研究所のモデルにバグが見つかった。それを直したところ、温暖化が極端に進むようになってしまった。

改良前のモデルでは、気候感度 (=CO<sub>2</sub> 濃度の上昇に対する地球の平均気温の上昇の感度。より正確には、CO<sub>2</sub> 濃度を産業革命前の 280ppm から倍の 560ppm まで仮想的に増やして、十分に長い時間 (数百年) が経過したときの気温上昇) が 3°C であったが、改良後には 7°C になってしまった！このままでは、過去の地球の気温上昇もほぼ 2 倍に過大評価されて、観測値を再現できなくなる。

ところがその一方で、ほぼ時を同じくして、雲に関するパラメーターをチューニングすると気候感度が大きく変わることが、米国海洋大気庁 (NOAA) の研究者らによって発表されていた。

雲は気候モデルの最大の難所である。水は氷や水蒸気に姿を変え、乱流で上下左右に運ばれる。雲粒や雨粒の形成には、空を漂う塵の量や質も関わる。この複雑きわまりない雲を、地球規模の気候モデルで 100 年に亘り計算しようとするのだが、解像度が足りないので、沢山のパラメーターを使って表現せざるを得ない。だがそのようなパラメーターには、観測によって範囲を確定出来ないものが多い。

そしてモデル研究者にとって頭の痛いことに、この最も分からない雲が、地球の気温に最も大きく影響する。雲は太陽光の反射によって地球の温度を下げる一方で、地上からの赤外線を吸収して地球の温度を上げる。更に面倒なことに、この効果の大きさは、雲の形や高さによっても異なる。

そこで何十もあるパラメーターを操作したところ、気候感度は望み通り 3°C になった。その経緯が図 45 に示されている。一番左がバグを取る前、左から二番目がバグをとった直後で、気候感度が倍増して 7°C になっている。その後、パラメーターの調整を繰り返して、最後に右端の様に気候感度は 3°C になった。

このチューニングの過程で、数値モデルは、20世紀後半の温暖化が自然変動ではなくCO2によるものだと教え込まれている。我々がいつも聞かされている将来の温暖化予測は、このようなモデルに依存している。何十兆円という温暖化対策も、このようなモデルで正当化されている。

このようなチューニングは、気候予測をする全てのモデルで行われていると見られている。

さらに詳しくは、拙稿をご覧ください。<sup>57</sup>

---

<sup>57</sup> 拙稿、「数値モデルは「CO2で地球が温暖化する」と教え込まれている」

<http://agora-web.jp/archives/2047345.html>

## 24 食糧生産は増え続けている

### ポイント

- ・ 世界の食糧生産は増え続けている
- ・ これは肥料投入、農業機械利用、品種改良などの技術進歩によるものである。
- ・ この食糧生産増大は、地球温暖化が起きる中で継続してきた。

### 主要な作物の収穫量 (世界、データはFAO)

- トウモロコシ
- 米
- 小麦
- 大豆

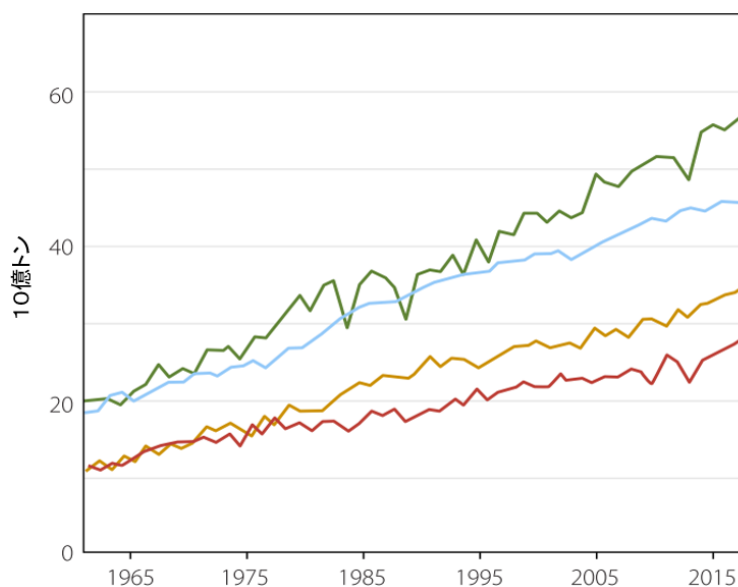


図 46 世界の食糧生産量。(Goklany, 2020)



## 解説

地球温暖化によって食糧生産が損害を受けるという話がしばしば報道される。

しかし世界の食糧生産は技術進歩のおかげで増え続けている（図 46）。

過去に地球温暖化は起きてきたが、この食糧生産量の増加傾向に陰りはない

人類は CO2 の増加と地球の気温上昇に、特段意識することなしに、自然体で適応してきた。

CO2 の増加は植物の生育を早め作物の生産には好影響をもたらした<sup>58</sup>。

気温上昇は、高温障害を起こすことはあるが、逆に低温障害は減少させたと見られる。また寒冷地における農業が可能になった理由の一部は、気温の上昇に適応した結果と見られる。

---

<sup>58</sup> 拙著「地球温暖化問題の探究」

[https://cigs.canon/publication/books/20181212\\_5406.html](https://cigs.canon/publication/books/20181212_5406.html) 第3章4項。

## 25 気象災害による死亡は減り続けている

### ポイント

- ・世界の気象災害による死亡は減り続けている。
- ・この現象は地球温暖化が継続する中で起きてきた。
- ・これは堤防・ダムなどをはじめとして、防災能力が上がった為である。
- ・地球温暖化によってこの死亡減少傾向に陰りはでていない。

### 極端な気象による 死亡数 (10年間合計)

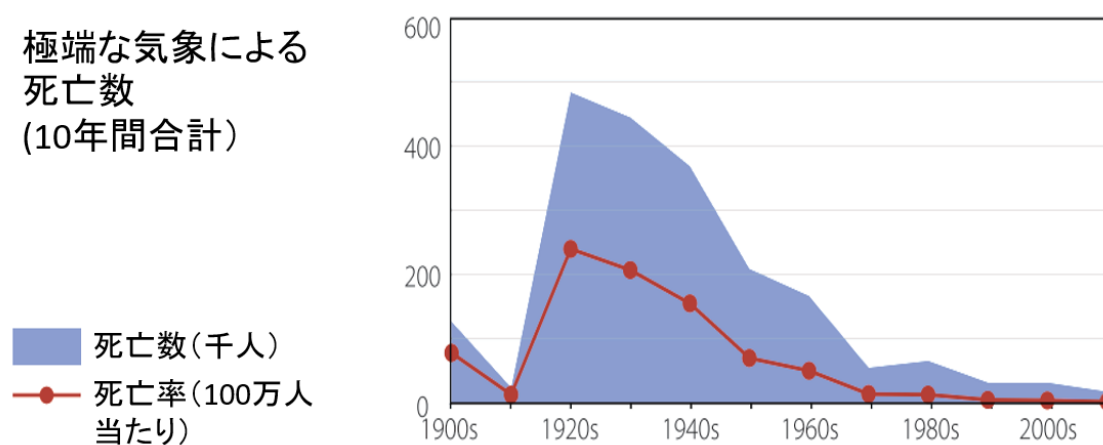


図 47 極端な気象による死亡数の推移 (Goklany, 2020)

## 解説

台風や洪水などの気象災害による死亡は減り続けている。

これは堤防・ダムなどをはじめとして、防災能力が上がった為である。

過去に起きた地球温暖化は、この死亡減少の傾向に陰りをもたらしてはいない。

「地球温暖化によって自然災害が頻発化・激甚化して多くの人々が死亡する」という兆候は全く見られない。

## 26 気候に関連する死亡は減り続けている

### ポイント

- ・ 気候に関連する死亡は減り続けている。
- ・ これは衛生・栄養状態・医療の改善などによる。
- ・ 過去に起きた地球温暖化によってこの死亡減少傾向に陰りはでていない。

### 気候に関連する 死亡率 (データはIHME)

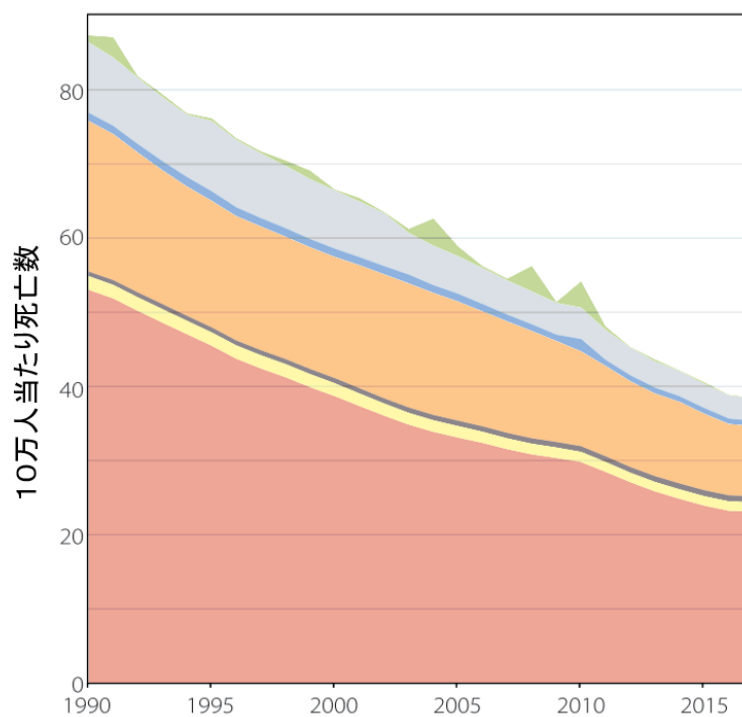
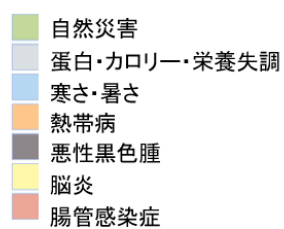


図 48 気候に関連する死亡数の推移 (Goklany, 2020)

## 解説

IHME(The Institute for Health Metrics and Evaluation)のデータによると、気候に関連する疾病および災害による死亡 (Climate Sensitive Diseases and Events, CSDE) は減り続けている。(図 48)

特に項目として大きいのは腸管感染症の減少である。

デング熱など一部の疾病は増加しているが、死亡数は相対的にかなり少ない。デング熱による死者は2017年に4万人だった。これはCSDEの1.4%に過ぎない。のみならず死亡数増加と地球温暖化との因果関係もはっきりしない。

また、そもそも気候関連の死亡数(疾病および災害によるもの)は、死亡数全体から見ると少ないことが解る(図 49)。気候関連の死亡は、不釣り合いにメディアの注目を浴びている。

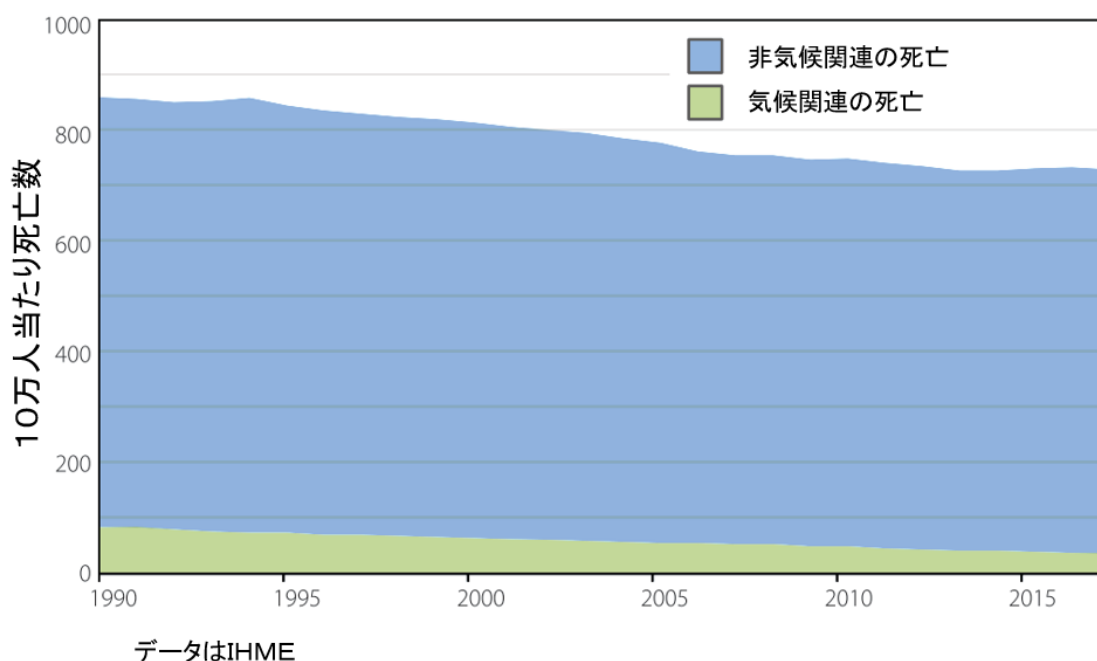


図 49 気候関連の死亡 (Goklany, 2020)

死亡率全体が下がる中であって、気候関連の死亡率については、それよりも速いペースで減少した。人類は、気候関連の死亡については、他の死亡よりも上手く対処して、減少させてきた。

この改善は、衛生・栄養状態・医療の改善などによる。

地球温暖化によってこの死亡減少に陰りはでていない。

## 更に詳しくは

以下、本文の脚注と重複はあるが、主要な参考リンクと引用文献を列挙する。

杉山大志 (2020)、【研究ノート】CO<sub>2</sub> の削減によって、気温は何度下がり、豪雨は何ミリ減ったのか、簡単に概算する方法——再エネ大量導入の例

[https://cigs.canon/article/20200929\\_5374.html](https://cigs.canon/article/20200929_5374.html)

杉山大志 (2020)、【研究ノート】豪雨の原因は地球温暖化か？

[https://cigs.canon/article/20200730\\_5252.html](https://cigs.canon/article/20200730_5252.html)

杉山大志 (2020)、ワーキング・ペーパー (20-003J) 「コロナ後における合理的な温暖化対策のあり方」

[https://cigs.canon/article/20200626\\_6511.html](https://cigs.canon/article/20200626_6511.html)

杉山大志 (2019)、地球温暖化問題の探究ーリスクを見極め、イノベーションで解決するー、デジタルパブリッシングサービス

[https://cigs.canon/publication/books/20181212\\_5406.html](https://cigs.canon/publication/books/20181212_5406.html)

杉山大志 (2012)、環境史から学ぶ地球温暖化、エネルギーフォーラム社

<https://www.amazon.co.jp/dp/4885554063>

杉山大志 (2014)、地球温暖化とのつきあい方、ウェッジ

<https://www.amazon.co.jp/dp/4863101333/>

Crockford, S. J. (2019). *The Polar Bear Catastrophe That Never Happened*. GWPF.

Duvat, V. K. E. (2019). A global assessment of atoll island planform changes over the past decades. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10(1), 1-16. <https://doi.org/10.1002/wcc.557>

Fujibe, F. (2013). Clausius–Clapeyron–like relationship in multidecadal changes of extreme short-term precipitation and temperature in Japan. *Atmospheric Science Letters*, 14(3), 127-132. <https://doi.org/10.1002/asl2.428>

Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., ... Armstrong, B. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *The Lancet*, *386*(9991), 369-375.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0)

Goklany, I. M. (2020). *The Lancet on Climate Change: The need for context GWPF*. Retrieved from  
<https://www.thegwpf.org/content/uploads/2020/05/LancetCountdown-1.pdf>

Hausfather, Z., & Peters, G. P. (2020). Emissions - the 'business as usual' story is misleading. *Nature*, *577*(30 January). Retrieved from <https://www.nature.com/articles/d41586-020-00177-3>

Klotzbach, P. P. J., Bowen, S. G., Pielke, R. G. R., & Bell, M. (2018). Continental U.S. hurricane landfall frequency and associated damage: Observations and future risks. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *99*(7), 1359-1376.  
<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0184.1>

Mauritsen, T., & Roeckner, E. (2020). Tuning the MPI-ESM1.2 Global Climate Model to Improve the Match With Instrumental Record Warming by Lowering Its Climate Sensitivity. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, *12*(5).  
<https://doi.org/10.1029/2019MS002037>

McKittrick, R., & Christy, J. (2020). Pervasive Warming Bias in CMIP6 Tropospheric Layers. *Earth and Space Science*, *7*(9).  
<https://doi.org/10.1029/2020EA001281>

Webb, A. P., & Kench, P. S. (2010). The dynamic response of reef islands to sea-level rise: Evidence from multi-decadal analysis of island change in the Central Pacific. *Global and Planetary Change*, *72*(3), 234-246. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2010.05.003>



以上

## 研究ノート 上げ潮シナリオ

### 「革新的環境イノベーション戦略」実施のあり方

キャノングローバル戦略研究所 杉山大志

#### 要旨

日本政府は地球温暖化問題をイノベーションによって解決するとして、「革新的環境イノベーション戦略」を策定した。この具体的な実施のあり方に日本の温暖化対策の成否が懸かっていると言えよう。

以下、まず同戦略の概略を述べ(1)、その利点(2)、注意点(3)を論じ、最後に将来シナリオ(4)を提示し政策提言(5)をする。

#### 目次

1	革新的環境イノベーション戦略.....	2
1-1	目的.....	2
1-2	イノベーションアクションプラン.....	2
1-3	CO <sub>2</sub> 削減ポテンシャル.....	5
1-4	グリーンイノベーション戦略推進会議.....	5
1-5	予算.....	7
2	「革新的環境イノベーション戦略」の利点.....	9
2-1	世界一「複雑性」が高い日本の経済.....	9
2-2	裾野の広い製造業基盤が温暖化問題を解決する.....	11
2-3	世界規模での問題解決.....	13
3	「革新的環境イノベーション戦略」の実施にあたり注意すべき点.....	14
3-1	イノベーションの予測不可能性.....	14
3-2	予算規模.....	15
4	二つのシナリオ.....	16
4-1	大躍進シナリオ.....	16
4-2	上げ潮シナリオ.....	18
5	政策提言.....	20

## 1 革新的環境イノベーション戦略

日本では、温暖化対策のために策定された「革新的環境イノベーション戦略」（以下、単に「戦略」とすることもある）の下、技術開発のテーマが多岐にわたリリストアップされ、推進体制の整備が始まっている。まずその概要を述べる。

### 1-1 目的

日本政府は地球温暖化対策のためとして「革新的環境イノベーション戦略」を策定した：

統合イノベーション戦略推進会議決定、令和2年1月21日

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/kankyosenryaku2020.pdf>

「戦略」はその目的を以下のように述べている (p5)：

「非連続なイノベーションにより社会実装可能なコストを可能な限り早期に実現することが、世界全体での GHG の排出削減には決定的に重要である。

今般、長期戦略に基づき策定する「革新的環境イノベーション戦略」は、  
①16の技術課題について、具体的なコスト目標等を明記した「イノベーション・アクションプラン」、  
②これらを実現するための、研究体制や投資促進策を示した「アクセラレーションプラン」、  
③社会実装に向けて、グローバルリーダーとともに発信し共創していく「ゼロエミッション・イニシアティブズ」、  
から構成されている。

世界のカーボンニュートラル、更には、過去のストックベースでの CO2 削減（ビヨンド・ゼロ）を可能とする革新的技術を 2050 年までに確立することを目指し、長期戦略に掲げた目標に向けて社会実装を目指していく。」

### 1-2 イノベーションアクションプラン

革新的環境イノベーション戦略におけるイノベーションアクションプランは

以下のようにになっている。これは多岐にわたるものであり、5 分野、16 技術課題、39 技術テーマにわたっている (p13) :

<b>I. エネルギー転換</b>	GHG削減量：約300億トン～
<p>新たな素材や構造による太陽光発電の飛躍的な効率向上と低コスト化等により、再生可能エネルギーの主力電源化を図るとともに、化石燃料による発電へのCCUS／カーボンリサイクル技術の導入を進めるなど、脱炭素かつ安価なエネルギー供給技術を実現。</p>	
<p><b>1. 再生可能エネルギーを主力電源に</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>① 設置場所の制約を克服する柔軟・軽量・高効率な太陽光発電の実現</li> <li>② 地下の超高温・高圧水による高効率発電（超臨界地熱発電）の実現</li> <li>③ 厳しい自然条件に適応可能な浮体式洋上風車技術の確立</li> </ul> <p><b>2. デジタル技術を用いた強靱な電力ネットワークの構築</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>④ 再生可能エネルギーの主力電源化に資する低コストな次世代蓄電池の開発</li> <li>⑤ 系統コストを抑制できるデジタル技術によるエネルギー制御システムの開発</li> <li>⑥ 高効率・低コストなパワーエレクトロニクス技術等の開発</li> </ul>	<p><b>3. 低コストな水素サプライチェーンの構築</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑦ 製造：CO<sub>2</sub>フリー水素製造コスト1/10の実現</li> <li>⑧ 輸送・貯蔵：圧縮水素、液化水素、有機ハイドライド、アンモニア、水素吸蔵合金等の輸送・貯蔵技術の開発</li> <li>⑨ 利用・発電：低コスト水素ステーションの確立や、低NO<sub>x</sub>水素発電の技術開発</li> </ul> <p><b>4. 革新的原子力技術／核融合の実現</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑩ 安全性等に優れた原子力技術の追求</li> <li>⑪ 核融合エネルギー技術の実現</li> </ul> <p><b>5. CCUS／カーボンリサイクルを見据えた低コストでのCO<sub>2</sub>分離回収</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑫ CCUS／カーボンリサイクルの基盤となる低コストなCO<sub>2</sub>分離回収技術の確立</li> </ul>
<b>II. 運輸</b>	GHG削減量：約110億トン～
<p>電化や燃料の脱炭素化の技術開発等、多様なアプローチによって自動車、航空機、船舶等由来のGHGを大幅削減。</p>	
<p><b>6. 多様なアプローチによるグリーンモビリティの確立</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>⑬ 自動車、航空機等の電動化の拡大（高性能蓄電池等）と環境性能の大幅向上</li> <li>⑭ 燃料電池システム、水素貯蔵システム等水素を燃料とするモビリティの確立</li> <li>⑮ カーボンリサイクル技術を用いた既存燃料と同等コストのバイオ燃料・合成燃料製造や、これら燃料等の使用に係る技術開発</li> </ul>	

<b>Ⅲ. 産業</b>	GHG削減量：約140億トン～
CO <sub>2</sub> フリー水素を利用して鉄鉱石を還元する超革新的な技術などにより化石資源依存から脱却。また、カーボンサイクル技術によるCO <sub>2</sub> の原燃料化といった、ゼロカーボン技術を最大限活用。	
<b>7. 化石資源依存からの脱却 (再生可能エネルギー由来の電力や水素の活用)</b> ⑯ 水素還元製鉄技術等による「ゼロカーボン・スチール」の実現 ⑰ 金属等の高効率リサイクル技術の開発 ⑱ プラスチック等の高度資源循環技術の開発	<b>8. カーボンサイクル技術によるCO<sub>2</sub>の原燃料化など</b> ⑲ 人工光合成を用いたプラスチック製造の実現 ⑳ 製造技術革新・炭素再資源化による機能性化学品製造の実現 ㉑ 低コストメタネーション (CO <sub>2</sub> と水素からの燃料製造) 技術の開発 ㉒ CO <sub>2</sub> を原料とするセメント製造プロセスの確立 / CO <sub>2</sub> 吸収型コンクリートの開発 他

<b>Ⅳ. 業務・家庭・その他・横断領域</b>	GHG削減量：約150億トン～
最先端技術を業務・家庭等様々な用途に適用するとともに、情報通信技術の飛躍的な進歩も活用し社会システムやライフスタイルを変革。	
<b>9. 最先端のGHG削減技術の活用</b> ㉓ 分野間の連携による横断的省エネ技術の開発・利用拡大 ㉔ 低コストな定置用燃料電池の開発 ㉕ 未利用熱・再生可能エネルギー熱利用の拡大 ㉖ 温室効果の極めて低いグリーン冷媒の開発 <b>10. ビッグデータ、AI、分散管理技術等を用いた都市マネジメントの変革</b> ㉗ 技術の社会実装の加速化 (スマートシティの実現)	<b>11. シェアリングエコノミーによる省エネ/テレワーク、働き方改革、行動変容の促進</b> ㉘ シェアリングエコノミー/テレワーク、働き方改革、行動変容等の促進 <b>12. GHG削減効果の検証に貢献する科学的知見の充実</b> ㉙ 気候変動メカニズムの解明 / 予測精度向上、観測を含む調査研究、情報基盤強化

14

<b>Ⅴ. 農林水産業・吸収源</b>	GHG削減量：約150億トン～
スマートな生態系利用を通じて農林水産業のゼロエミッションを実現し、加えて革新技術を活用しCO <sub>2</sub> 吸収源を拡大。	
<b>13. 最先端のバイオ技術等を活用した資源利用及び農地・森林・海洋へのCO<sub>2</sub>吸収・固定</b> ㉚ ゲノム編集等バイオテクノロジーの応用 ㉛ バイオマスによる原料転換技術の開発 ㉜ バイオ炭活用による農地炭素貯留の実現 ㉝ 高層建築物等の木造化やバイオマス由来素材の利用による炭素貯留 ㉞ スマート林業の推進、早生樹・エリートツリーの開発・普及 ㉟ ブルーカーボン (海洋生態系による炭素貯留) の追求	<b>14. 農畜産業からのメタン・N<sub>2</sub>O排出削減</b> ㊱ イネ品種、家畜系統育種、及び農地、家畜の最適管理技術の開発 <b>15. 農林水産業における再生可能エネルギーの活用 &amp; スマート農林水産業</b> ㊲ 農山漁村に適した地産地消型エネルギーシステム構築 ㊳ 農林業機械・漁船の電化、燃料電池化、作業最適化等による燃料や資材の削減 (農林水産業のゼロエミッション) <b>16. 大気中のCO<sub>2</sub>の回収</b> ㊴ DAC (Direct Air Capture) 技術の追求

15

図1 イノベーションアクションプランの概要

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou->

### 1-3 CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

革新的環境イノベーション戦略では技術テーマごとに世界全体での温室効果ガス排出削減ポテンシャルを推計している：

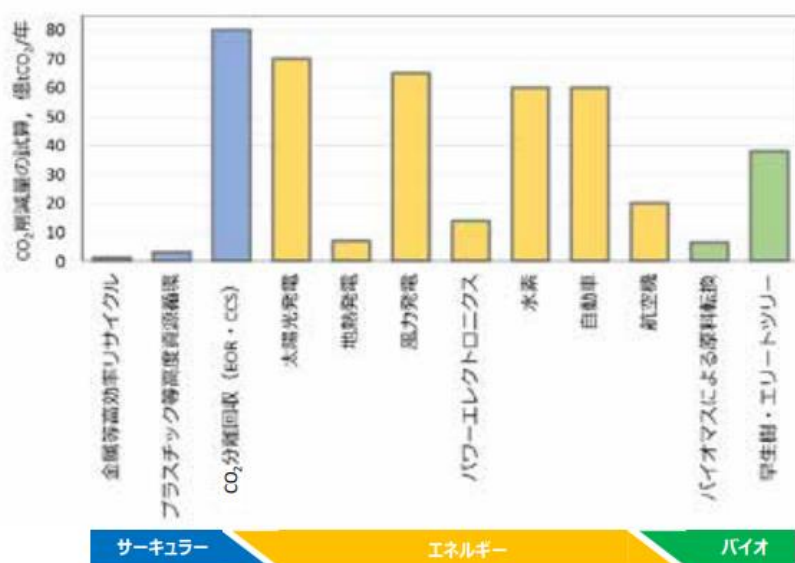


図9 「革新的環境イノベーション戦略」における技術テーマのCO<sub>2</sub>削減ポテンシャル（一部抜粋）  
出典：「革新的環境イノベーション戦略」（内閣府，2020）を基にNEDO技術戦略研究センター作成（2020）

### 図2 CO<sub>2</sub>削減ポテンシャル

<https://www.nedo.go.jp/content/100903678.pdf>

### 1-4 グリーンイノベーション戦略推進会議

「革新的環境イノベーション戦略」をフォローアップする会議が標題のグリーンイノベーション戦略推進会議である。第1回会合は2020年7月に開催された：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/index.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/index.html)

同会議の目的は、「革新的環境イノベーション戦略が着実に実行され最大限の成果を生み出すことを目的として、有識者や専門家による意見交換・情報共有を

行う」となっている。

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/001\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/001_01_00.pdf)

同会議では、第3回会合で、2050年に向けた正味排出量ゼロのイメージが提示された：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/gi\\_003.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/gi_003.html)

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/gi\\_003\\_03\\_04.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_003_03_04.pdf)

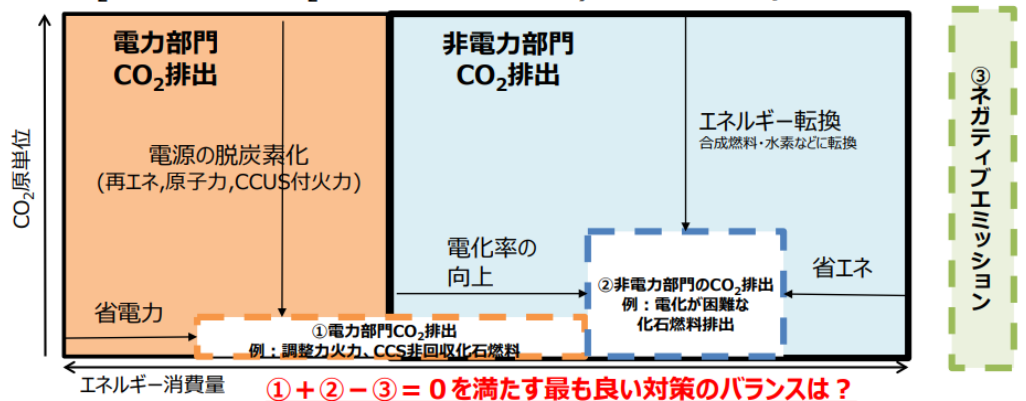
## 正味ゼロ排出のイメージ①



4

- エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量=CO<sub>2</sub>原単位×エネルギー消費量。つまり面積がCO<sub>2</sub>排出量。脱炭素の方策は、
  - ・ 電力部門：電源の脱炭素化（再エネ、原子力、化石燃料+CCUS）と省電力  
※ただし、非電力分野の電化率向上により、電力消費量は増加。
  - ・ 非電力部門：電化・省エネによって、エネルギー消費量は減少、低炭素エネルギーへの転換によって、CO<sub>2</sub>原単位も減少。水素を活用しガス需要をメタネーション、燃料を合成燃料、製鉄の水素還元製鉄等のエネルギー転換に取り組む。
- また、排出ゼロを目指す代替手段として、植林やBECCS、DACCS等のネガティブエミッションも必要。
- 各選択肢をトータルで見て、コスト最小な選択をすることが重要。

CO<sub>2</sub>排出量 = 面積 (CO<sub>2</sub>原単位 × エネルギー消費量) ※色付き四角は現在のCO<sub>2</sub>排出。点線四角はゼロエミッション時のCO<sub>2</sub>排出



## 正味ゼロ排出のイメージ②

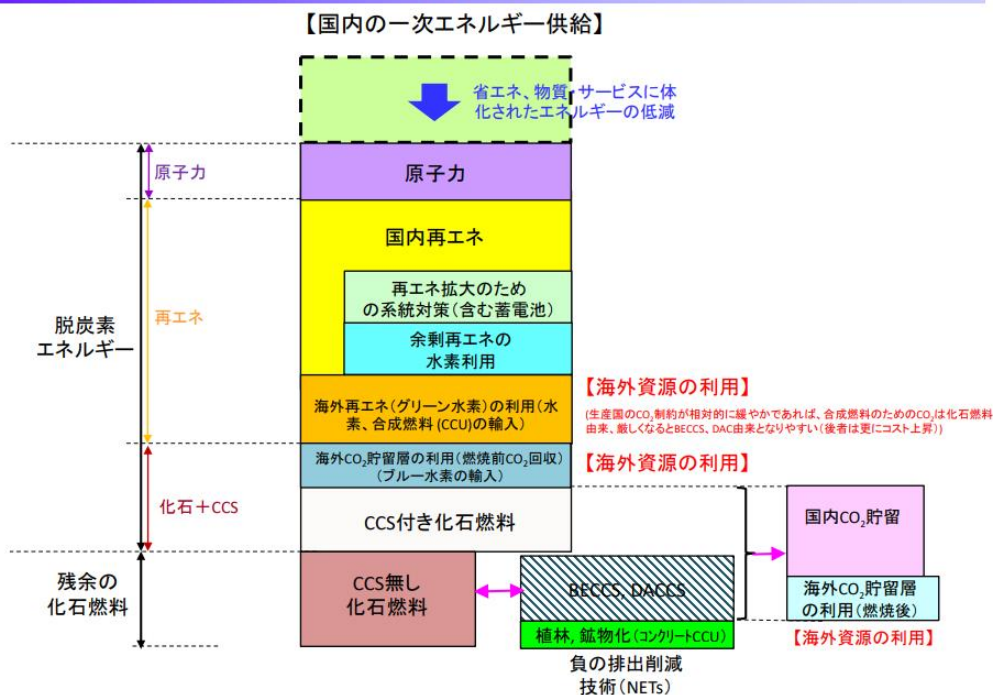


図3 正味ゼロ排出のイメージ

また同資料では「脱炭素社会に必要な技術」として、CCUS、(水素からの)合成メタン、(水素からの)合成石油、産業部門での水素利用、大気CO<sub>2</sub>直接回収(DAC)の5つを例示している：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/gi\\_003\\_03\\_04.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_003_03_04.pdf)

### 1-5 予算

第2回グリーンイノベーション推進会議の資料で、プロジェクト・アウトックと題して「戦略」の予算概要がまとめられている：

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/gi\\_002.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/gi_002.html)

[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/green\\_innovation/pdf/gi\\_002\\_04\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/gi_002_04_01.pdf)



## プロジェクト・アウトック

### 令和3年度 革新的環境イノベーション戦略関連予算

(関連府省 概算要求分)

令和2年度予算額 2,959.3億円 → 令和3年度概算要求額 3,732.3億円

我が国が強みとするエネルギー・環境分野において、革新的なイノベーションを創出し社会実装可能なコストを実現するため、ゼロエミッションを超えた「ビヨンド・ゼロ」の実現を目指す「革新的環境イノベーション戦略」（令和2年1月策定）を推進する。イノベーションアクションプランの39の技術テーマの開発を着実に前進させるとともに、技術開発を実現するための研究体制や投資促進策を示したアクセラレーションプランを強力に実行する。

【経】は経済産業省、【内】は内閣府、【文】は文部科学省、  
【農】は農林水産省、【環】は環境省、【総】は総務省、  
【国】は国土交通省  
※金額は「令和3年度概算要求額（前年度予算額）」

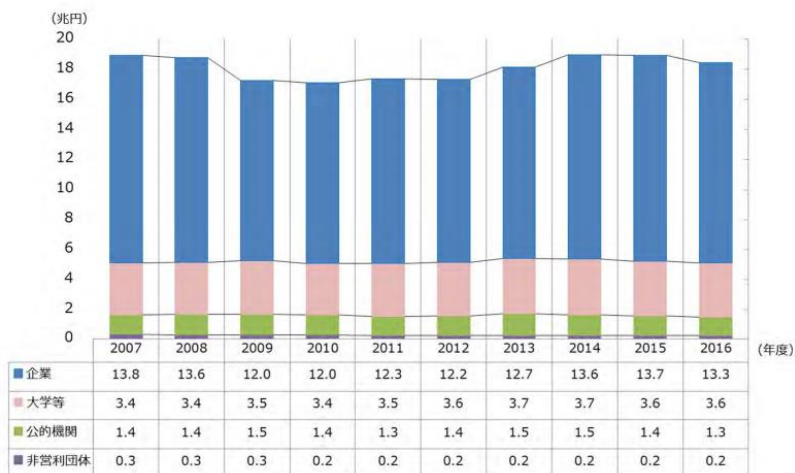
図4 「戦略」の予算

令和2年度予算額 2959.3 億円から、令和3年度概算要求額は 3732.3 億円への増額となっている。

この金額は日本の研究予算全体から比べるとまだ小さい。しかし、大学、公的機関、非営利団体の予算規模（下図）と比較すると、既に無視できない金額となっている：

### 1.1.2.1 日本の研究主体別研究費の推移

- 日本の研究費を研究主体別の使用状況からみると、企業が全体の約70%、大学が約20%、公的機関が約7%を占めており、この比率はほぼ一定。
- 2016年度は、企業13.3兆円（前年度比2.7%減）、大学3.6兆円（1.1%減）、公的機関1.3兆円（同7.3%減）、非営利団体が0.2兆円（同2.7%減）。



（出典）総務省科学技術研究調査（総括／第4表 研究主体、組織、支出源、支出別内部使用研究費（企業、非営利団体・公的機関、大学等）／総額）を基に経済産業省作成。

8

### 図5 日本の研究予算

[https://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu\\_kakushin/tech\\_research/ahon/a17\\_3\\_1.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/tech_research/ahon/a17_3_1.pdf)

## 2 「革新的環境イノベーション戦略」の利点

「革新的環境イノベーション戦略」の利点について2つ指摘する。それは、①裾野の広い製造業基盤に根差しており他国が容易に真似できるものではなく、日本が独自の貢献を果たすこと、②世界に通用する技術の開発を通じて、日本国内だけでなく世界規模での問題解決を意図していること、である。

### 2-1 世界一「複雑性」が高い日本の経済

「革新的環境イノベーション戦略」には日本ならではの説得力がある。39 技術テーマという多岐にわたるものでありながら、そのあらゆるテーマについて実際に技術開発や製造に携わる企業や人材が国内に存在する、ということである。

日本では「何でも自前で製造できる」ということは当然のごとく思われていて、

日本の強みであることが看過されがちであるけれども、こういったことを単独の国で出来る能力がある国はごく僅かである。

日本の製造業基盤の強みは MIT の経済学者ヒダルゴによって可視化・定量化されている。

下図は日本の経済の裾野の広さを表す図形である。図中左側のピンクのクラスターは化学産業の集積を、左下から中央にかけての青のクラスターは機械産業の集積を指している。多様な製造業の集積がここまで発達しているのは日本の強みである。

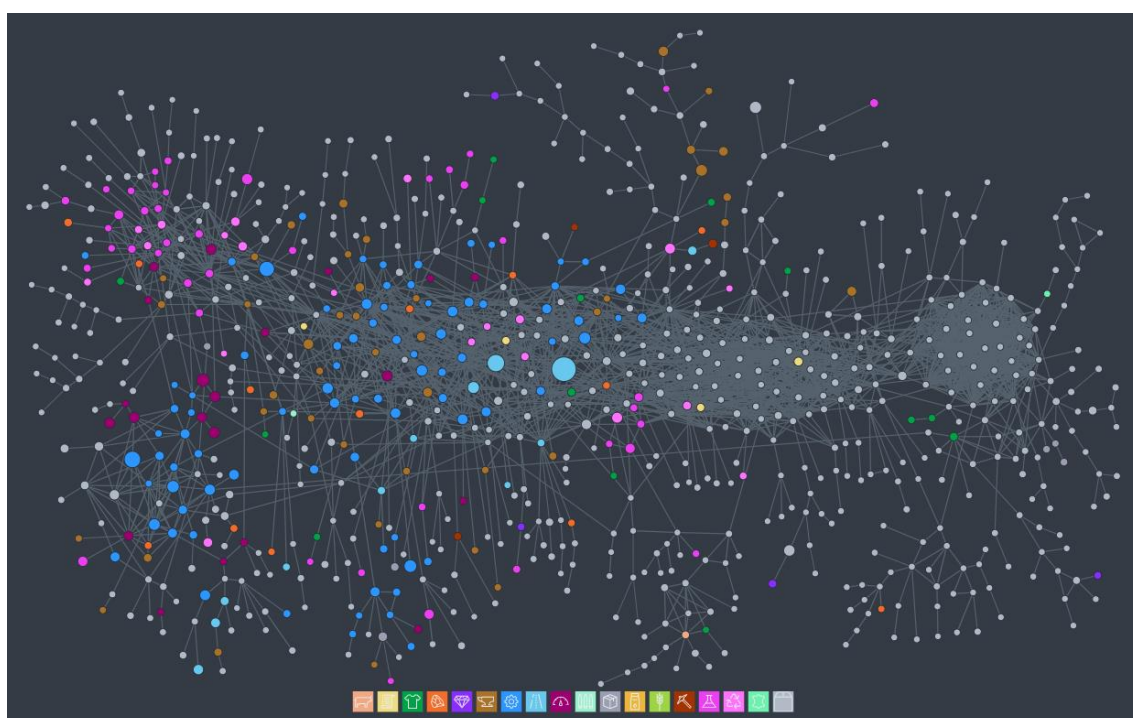


図6 日本の「プロダクト・スペース」

<https://oec.world/en/profile/country/jpn>

このような多様な産業からなるネットワークの発達の様子は「経済の複雑性」と呼ばれる。そのランキングでは日本は世界一位である（下図）

なお以上のヒダルゴの理論について詳しくは拙稿 「イノベーション、経済成長、環境技術」

[https://cigs.canon/article/pdf/190315\\_sugiyama.pdf](https://cigs.canon/article/pdf/190315_sugiyama.pdf)

に解説してあるので参照されたい。

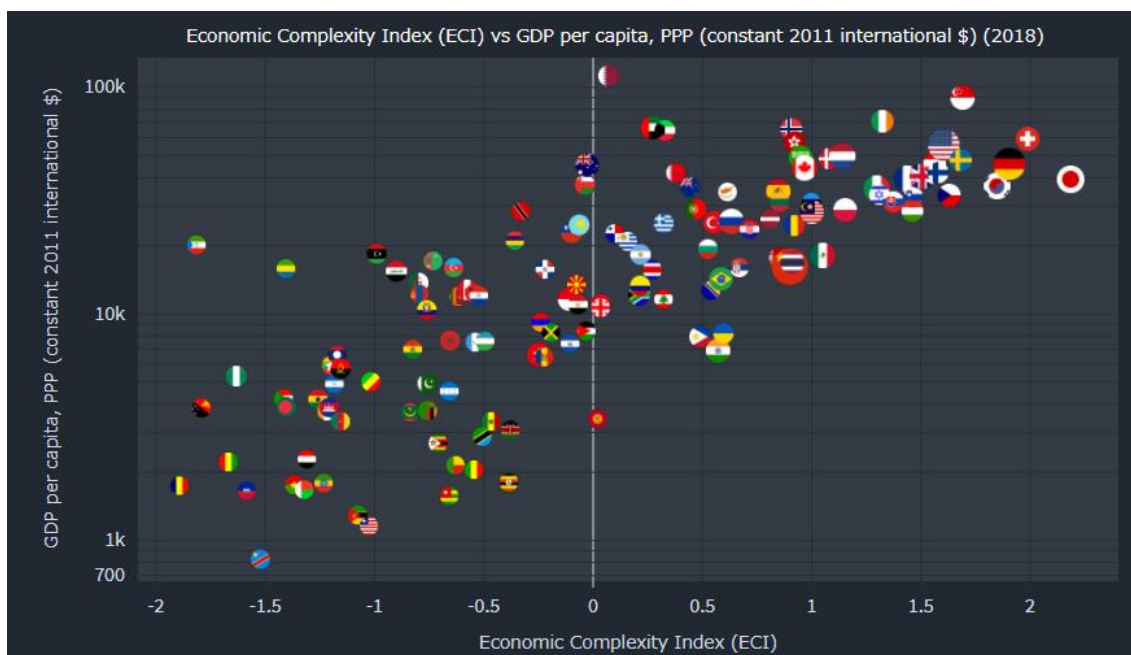


図7 経済の複雑性ランキング（横軸）。縦軸は一人当たりGDP。

<https://oec.world/en/rankings/eci/hs6/hs12>

## 2-2 裾野の広い製造業基盤が温暖化問題を解決する

上述のような多様な産業の集積（＝経済の複雑性）を有していることは、温暖化対策イノベーションを生み出す母体となる。

というのは、どのような温暖化対策技術であっても、温暖化を直接の目的としない、多様な技術を組み合わせて利用することで作られるからだ。

そこでは必ず、何らかの①部品・材料が用いられ、②加工され、③計測されて、④計算機が援用される。以下にいくつか見てみよう。

### ① 部品・材料

風力発電機は、多くの部品からできている。それは、それぞれが得意とする部品メーカーによって供給されている。羽根（ブレード）は炭素繊維強化プラスチック（CFRP）でできているが、これは日本の化学メーカー等が供給している。CFRPは多様な用途に用いられている。自動車・鉄道・船舶、工業・建築等である。ナセルの中の軸受けは、やはり日本メーカー等が供給しているが、これは自動車部品製造による技術の蓄積が活用されている。

液晶ディスプレイや、リチウムイオン電池はどうか。これらには、多くの機能

性フィルムが積み重ねられている。機能性フィルムの役割は様々で、熱、光、水分、電気、分子などの透過・遮断、保護、接着等がある。

液晶ディスプレイはブラウン管を置き換えて大幅な省エネをもたらした。リチウムイオン電池も、太陽電池も機能性フィルムを用いている。もちろん機能性フィルム自体は用途に応じて開発するが、製造工程は類似していて、1つのメーカーが多様なものを供給している。

## ② 加工技術

切断・穴あけ・曲げ等の加工技術には様々あるが、ここではレーザー加工を見てみよう。材料加工用レーザーの用途には、金属の切断・溶接などのマクロ加工と、半導体・電子部品等のミクロ加工がある。今後、さらに高出力のレーザーを実現していくことで、フィルムや金属箔といった材料だけでなく、半導体材料、結晶基板、ガラス、セラミクス、CFRP 等、様々な産業用材料の微細かつ高品位な加工が可能になる。レーザーによるミクロ加工は、情報機器の一層の小型化・高性能化をもたらす。これは同じ電力当たりでの計算量を増やすから、省エネになる。また、CFRP 等の多様な材料の活用が可能になり、これは部品の軽量化を通じた省エネにつながる。

## ③ 計測機器

世間一般で科学技術の研究というと顕微鏡のイメージがあるが、研究の過程においては、何か実験や試作をするたびに、顕微鏡のみならず多様な計測機器を用いて、物質の大きさ、温度、硬さ、その他多様な物理的・化学的な性質を測定し、矯めつ眇めつ観察することになる。またこのような計測は研究のみならず、工場での製品の品質管理においても必須である。半導体製造工程では、無数の微細加工技術が活用されているが、これは同じく電子顕微鏡等の無数の微細な計測技術に支えられている。逆に言えば、微細計測技術があつて初めて微細加工技術が進歩し、それによる省エネも可能になってきた。

## ④ 計算技術

現代の技術開発では、計算機が幅広く利用される。部品・材料の開発では、分子サイズでの第一原理計算から、プラントや製品サイズの強度の計算や空気抵抗の計算まで、様々なスケールでのシミュレーションが行われる。これによって、

材料や製品の性質を理解し、その製造方法の検討や、性能向上が図られる。

このように、温暖化対策技術と言っても、一皮むけば、温暖化を直接の目的とはしない多様な技術を組み合わせ利用し開発されている。

もっと一般的に言うと、諸技術は、生物のような「生態系」を成して進化する。すなわち、ある技術は、他の諸技術を組み合わせ利用することで生み出される。次いで、その新しい技術がまた利用されて、別の技術が生み出されていく。

この時、生み出される技術がCO<sub>2</sub>を削減する技術である場合がある。CO<sub>2</sub>の削減技術というのは、諸技術が進歩していく中で、たまたま、ついでに起こることのようにも見える。

もちろんこれは言い過ぎで、CO<sub>2</sub>を削減するための技術には、それに特化した技術開発が必要である。CFRPと言っても、船舶用途のものと風力発電用途のものは異なる。機能性フィルムも、他の用途のものがそのまま太陽電池に使えるわけではなく、新たに研究は必要だった。

しかし一方で、仮に他産業でCFRPが発達していなかったら、風力発電用にそれが利用されるのは大きく遅れただろう。また、太陽電池の研究開発には、半導体産業やフラットディスプレイ産業で培われたあらゆる技術が活用された<sup>1</sup>。今後どのような革新的な温暖化対策技術が生まれるにしても、裾野の広い製造業基盤がそれを支える。ここに日本の強み、そして使命がある。

## 2-3 世界規模での問題解決

1-3 で紹介した様に革新的環境イノベーション戦略では技術テーマごとに世界規模でのCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルを試算している。例えばCCSでは80億トン/年、太陽光発電では70億トン/年となっている。

この試算は多くの前提を置いた概算ではあるものの、莫大な量である。日本のCO<sub>2</sub>排出量12億トン/年を大幅に上回るものだ。日本の排出量は世界全体の3%しかないために、日本の排出量を減らすよりは、世界全体に日本の技術を

---

<sup>1</sup> 政府の技術開発プログラムよりもシリコン産業の蓄積の方が太陽光発電の進歩にとってより本質的な役割を果たしたかもしれない。

[https://cigs.canon/article/20190219\\_5585.html](https://cigs.canon/article/20190219_5585.html)

広めて排出を削減するほうが量は多くなる。

優れた温暖化対策技術を開発し、アフォーダブルなものにすることが、世界規模でのCO<sub>2</sub>削減に如何に有効なことか、よく解る。

日本はCCSも太陽光発電も技術開発をしている。これには前述の強い製造業基盤が活用されている。

将来についての可能性だけではなく、過去にも、実際に大幅なCO<sub>2</sub>削減に寄与する技術開発に日本は寄与してきた。有名な例を挙げると、LED照明（赤崎勇、天野浩、中村修二らの発明）、リチウムイオン電池（吉野彰らの開発）、ハイブリッド自動車（トヨタ自動車の開発）がある。この3つへの寄与だけでも、おそらく既に世界のCO<sub>2</sub>の3%ぐらいは削減する効果があったのではないか。<sup>2</sup>

もちろん、技術が開発され、普及するに至るには、様々な国が関わるので、にどれだけが「日本の寄与」によるものかを算定することは難しい。けれども、算定が難しいからと言って、本質的なものから目を逸らすのは適切ではない<sup>3</sup>。地球規模の問題解決のためには、アフォーダブルな技術の開発こそが最も重要なのである。

### 3 「革新的環境イノベーション戦略」の実施にあたり注意すべき点

これまで「戦略」の利点を述べてきたが、実施にあたって注意すべき点もいくつかある。

#### 3-1 イノベーションの予測不可能性

イノベーションは本質的に予測不可能であり、政府の計画通りにうまくいくとは限らない。このことを見誤ると巨大な浪費になることがある。

政府の計画が失敗した例としては、たとえば英仏共同開発の超音速旅客機コンコルド<sup>4</sup>がある。かつて諸国は超音速旅客機の技術開発競争にしのぎを削った。

---

<sup>2</sup> LED照明には日本の電力消費の9%を削減するポテンシャルがあるとした推計の例：  
<https://eneken.ieej.or.jp/data/3862.pdf>

<sup>3</sup> 算定が容易な指標にばかり注目すると政策が非効率になったり失敗したりする傾向があることを論じた本として「測りすぎ：なぜパフォーマンス評価は失敗するのか」、ミュラー著、みすず書房。

<sup>4</sup>

それはボーイングB747等の大型旅客機に取って代わることが期待されていた。だが現実にはコンコルドは普及せず、コストも高く、2003年には退役した。1969年に初飛行をしたボーイングB747<sup>5</sup>は今日でも主力の旅客機である。結果として海外旅行にかかる飛行時間は過去50年間にわたりあまり縮まっていない。

もう1つの例としてはフランス政府のミニテル<sup>6</sup>がある。これはインターネットのさきがけの様なもので1979年に運用開始された。フランスの全家庭に端末が配られた。だがインターネットが登場すると競争に敗れ、2012年にサービスを停止した。

「革新的環境イノベーション戦略」にある技術は野心的なものが多いだけに、アフォーダブルな技術になるところまで行き着くかどうかというと、かなり難しいものが多い。実際のところ、「戦略」にある技術開発テーマには、すでに過去30年にわたり日本で実施してきたにも関わらず、アフォーダブルな技術と言えるまでには行き着いていないものが多く含まれている。これが今後30年で実現するという保証はどこにもない。

もちろん、挑戦することは大事である。とくに近年はAI・IoTや材料技術などの「汎用目的技術 general purpose technology」が急速な発達を遂げており、これを受けて今後の環境エネルギー分野におけるイノベーションが大いに進捗する可能性がある。これについては以前拙著で詳しく書いたので参照されたい。

[https://cigs.canon/publication/books/20181212\\_5406.html](https://cigs.canon/publication/books/20181212_5406.html)

だが技術開発に失敗はつきものである。とくにスケールアップして普及段階になると、コンコルドやミニテルのように失敗の規模も大規模になることがあるので、注意が必要になる。

### 3-2 予算規模

予算規模については1-5で述べたように、「戦略」の予算は3700億円超となっている。現状のように、技術開発と実証事業を主に実施している限りは、予算規模はこの程度に留まるのが自然であるし、この金額であれば国としてのエネルギーのコスト全体から比較するとそれほど多くはない。

---

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%82%B3%E3%83%AB%E3%83%89>

<sup>5</sup>

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9C%E3%83%BC%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%B0747>

<sup>6</sup> <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9F%E3%83%8B%E3%83%86%E3%83%AB>



今後、特に費用を気にしなければいけないのは、技術の普及段階の政策である。これはいまのところ「戦略」の中では扱われていないが、普及段階となると、政策の費用が巨額になりうることは既存の政策を見ても分かる。

例えば太陽光発電などの全量買取制度では、いま年間 2.4 兆円の賦課金が発生していて、これは電気料金に上乗せして徴収されている。その他、原子力発電の再稼働が出来ないことで年間 2 兆 3 千億円の便益が失われている。非効率石炭火力の 9 割削減は年間 7 千億円の便益の喪失になる。洋上風力発電を 2030 年までに 1000 万 KW 導入すると、コスト低減が進まない限り、年間 8 千億円の追加費用が発生するかもしれない。(以上の試算は大雑把な概算である。詳細は [https://cigs.canon/article/20200930\\_5394.html](https://cigs.canon/article/20200930_5394.html) )

今後「戦略」が技術の普及段階の政策にまで踏み込んでいくときには、その費用についての注意が必要になる。というのは RITE の 2016 年の試算に基づく 2050 年に CO2 をゼロにするためのコストは国家予算に匹敵する大規模なものになるからだ。

<http://agora-web.jp/archives/2048975.html>

もちろんこれは実行不可能であり、そのような高コストな技術の普及を意図した政策は実施すべきではない<sup>7</sup>。技術が普及するためには、イノベーションによってコストが低減しアフォーダブルになることが大前提である。

## 4 二つのシナリオ

「戦略」の利点と注意点を述べてきた。ここでは将来の展開について、やや戯画的に、二つの異なるシナリオとして提示しよう。

### 4-1 大躍進シナリオ

---

<sup>7</sup> なお単なる費用総額だけではなく、「戦略」に基づく大型プログラムと、運営費交付金のバランスについても配慮が必要である。運営費交付金から大型プログラムへの予算配分のシフトは、所期の意図である大学の効率化よりも、むしろ疲弊を招いてしまっているという指摘が複数なされている。これについて詳しくは拙稿

<https://cigs.canon/article/pdf/wp20200626.pdf>

の 4 章 3 に書いた。

英国の研究所 GWPF のコンスタブルは、同国の急進的な温暖化対策を、毛沢東の大躍進政策になぞらえて警鐘を鳴らしている。

<https://www.thegwpf.com/boriss-green-industrial-revolution-is-economic-lockdown-for-ever/>

大躍進<sup>8</sup>とは、毛沢東が 1957 年から 3 年間に亘り実施した、破滅的な政策であった。

- ・「大製鉄・製鋼運動」では、専門知識なしの人民による製鉄が大規模に行われたが、品質が悪く使い物にならなかった。
- ・「四害駆除運動」では、スズメ等を大量に駆除したが、かえって虫害が増えて農業生産が低下した。
- ・「密植・深耕運動」では、伝統農法も近代農法も無視して、ダーウィン進化論を否定するルイセンコ進化論に従った農法を用いて失敗した。

これらの運動では、3 年で英米に追いつくといった野心的な（＝無謀な）農工業の生産量数値目標が掲げられ、虚偽報告が横行した。その結末は経済破綻であり、飢饉による死亡者は 3000 万人とも 7000 万人とも言われる。

失敗の理由は明らかだ。それは、

- ・科学、技術、経済の現実を無視した実現不可能な目標と政策、
- ・熱狂的・排他的な教義、思想統制、
- ・計画経済、統制経済、であった。

コンスタブルは英国の温暖化対策もかかる状態に陥っているという。

英国は「2050 年 CO2 ゼロ」を達成するためとして、「2030 年洋上風力 4000 万 kW」等の再生可能エネルギー大量導入目標を立てている。これで電力価格の高騰が確実な一方で、その高価になった電気を消費する電気自動車を大量導入し、家庭はヒートポンプの大量導入等で電化しようとしており、これを規制・税・補助金で実現しようとしている。GWPF はこのコストは世帯当たり 1000 万円を大きく超えるもので、経済の破綻は確実だとする。

<http://agora-web.jp/archives/2048761.html>

国民がどの技術を使うべきかを政府が決定する統制経済な方法は、大躍進と同様に必ず失敗する、とコンスタブルは指摘する。

---

8

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E8%BA%8D%E9%80%B2%E6%94%BF%E7%AD%96>

さて日本では、菅首相が 2050 年 CO2 実質ゼロを「目指す」と宣言した。

RITE の試算に基づけば、2050 年における CO2 ゼロのコストは国家予算に匹敵することが示唆されている。<http://agora-web.jp/archives/2048975.html>

もしもこの試算の通りであれば、数値目標を国内企業に割り当て、規制・税による強制や、補助金のばらまきによって CO2 ゼロを達成することを目指すならば、経済破綻は必定となる。

#### 4-2 上げ潮シナリオ

「戦略」では技術開発に注力して、「アフォーダブルな CO2 削減技術」を生み出し、世界全体でそれが普及することで、CO2 削減を進めるとしている。

いま世界で CO2 削減が進まないのは、そのコストが高過ぎるからだ。アフォーダブルな技術さえ出来れば CO2 は問題なく減らせる。

例えば LED 照明はいま実力で普及しており、白熱電灯や蛍光灯を代替することで、大幅に CO2 を減らしている。

またシェールガスは実力で石炭を代替して米国の発電起源の CO2 を減らしている。

同様の展開が将来にも期待できる。

バッテリーは全固体電池の開発などにより、確実に今よりも安くなり性能も上がる。そうすれば、ガソリン自動車の禁止といった極端な規制や高額な補助金など無くとも、電気自動車は実力で社会に普及する。これこそが目指すことだ。

太陽電池も確実に今より安く性能が良くなる。これには例えばペロブスカイト太陽電池などの新技術が有望視されている。

ゆくゆくは太陽電池とバッテリーとの組み合わせがアフォーダブルなものになり、僅かな政策的後押しで普及できるかもしれない。

ではこのような「アフォーダブルな CO2 削減技術」はどうすれば生まれるか。

必要なのは「イノベーティブな経済」だ。

最新の技術は、特定の政策ではなく、経済全体の協同から生まれる。鍵となるのは、市場の力と裾野の広い製造業基盤である。

市場の力が必要なのは、技術進歩には現場での試行錯誤が不可欠だからだ。たとえばバッテリーは、モバイル機器用途、自動車用途、電力需給調整用途など、さまざまなマーケットで鍛えられて進歩を続けている。

裾野の広い製造業基盤は、最新技術の母体である。ふたたびバッテリーを例にすると、まず材料には全固体電池ひとつとっても無数のバリエーションがあり、これの製造技術（薄膜製造、粉体技術等）や計測技術（電子顕微鏡、光学散乱等）も数多くある。計算技術（スーパーコンピューター、AI、量子計算機）も駆使されて材料が分析され、設計される。こうした技術を全て有している人は誰もおらず、製造業全体の中に幅広く分布しており、その総合力で新技術が生まれる。

政府がなすべきこととして、民間だけでは不足する基礎研究や実証試験への投資がある。だが一方で、未熟な技術を任意に選び、規制による強制や補助金のばらまきで強引に普及させてはいけない。

日本は太陽光発電を強引に普及させて、結果として電気料金が高騰した。これは経済に悪影響を与え、製造業基盤を損なった。

CO2 削減を名目とした政府の経済統制は、イノベーションを阻害するので、むしろ CO2 削減のためには逆効果なのだ。

以上を図としてまとめておこう。日本が採るべきは「上げ潮シナリオ」であり、避けるべきは「大躍進シナリオ」である。

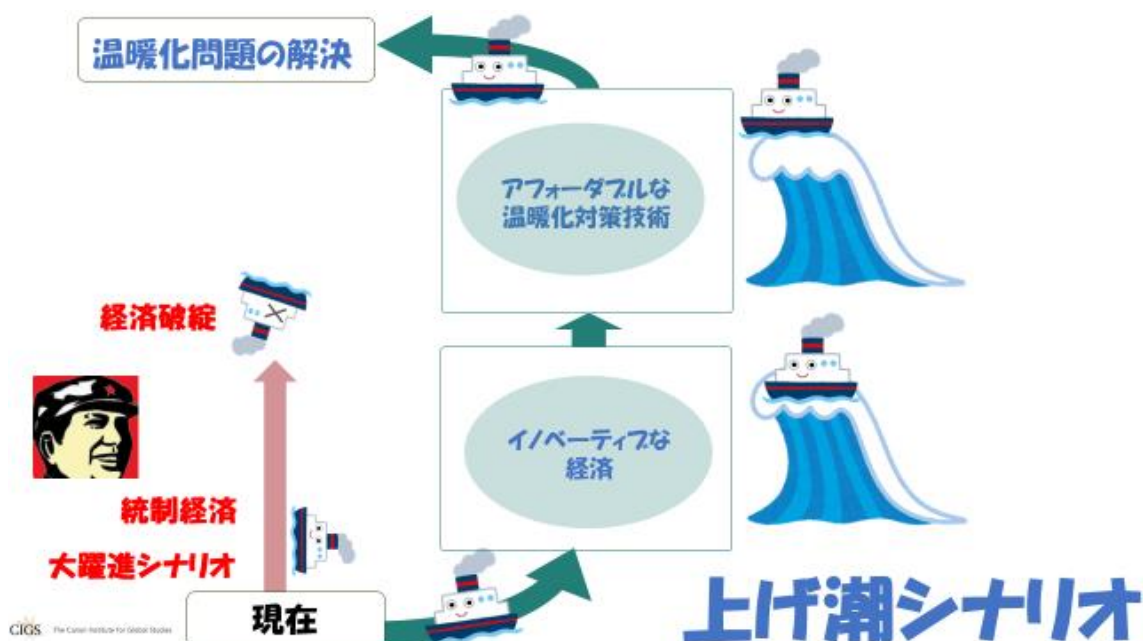


図 8 CO2 削減の「上げ潮シナリオ」。イノベティブな経済によってアフォーダブルな温暖化対策技術を生み出すことで温暖化問題を解決する。統制経済で CO2 削減を図る「大躍進シナリオ」は失敗する。

よくある反論として「これで確実に 2050 年に CO2 はゼロになるか？」という

ものがある。そんな約束は、もちろん出来ない。そもそも「2050年CO2ゼロ」自体が、毛沢東の大躍進の数値目標と同様で、科学、技術、経済を無視した、荒唐無稽な目標に過ぎない。

だが上げ潮シナリオは、大躍進シナリオよりも、イノベーションの本質に根差し経済的・技術的・科学的に優れた方法だ。

それに、アフォーダブルな技術さえあれば、世界中で容易にCO2を減らせる。日本のCO2排出は世界の3%に過ぎない。その程度を日本発の技術で相殺するぐらいのことは期待出来る。

菅首相は2050年CO2「実質」ゼロを目指す、と言った。この「実質」の意味は、「アフォーダブルな技術の開発を通じて、世界全体でのCO2削減によって」目指す、と解釈すべきであろう。そうすればあながち不可能な目標でもなくなる。

「上げ潮シナリオ」について、さらに詳しくは拙稿<sup>9</sup>、拙著<sup>10</sup>（注：上げ潮シナリオは旧称「二重の迂回戦略」として議論してある）をご覧いただきたい。

## 5 政策提言

以上で、本稿での政策提言としては、

- 「大躍進シナリオ」に陥らないようにすること、
- 「上げ潮シナリオ」を採るべきこと

を既に述べた。また、

- 菅首相の「2050年CO2“実質”ゼロを目指す」の解釈としては、「アフォーダブルな技術の開発を通じて、世界全体でのCO2削減によって」目指す、と解釈すべきであること

も述べた。

以下では、これを実現するための政府の役割を4点に亘って述べる。

---

<sup>9</sup> [https://cigs.canon/article/20200406\\_6333.html](https://cigs.canon/article/20200406_6333.html)

<sup>10</sup> [https://cigs.canon/publication/books/20181212\\_5406.html](https://cigs.canon/publication/books/20181212_5406.html)

政府の役割は、上げ潮シナリオに沿って一口に言えば、世界にも類まれな日本の製造業基盤を活性化して、科学技術全般のイノベーションを、経済成長との好循環に於いて実現することである。その上で、科学技術全般のイノベーションの成果を刈り取る形で、温暖化対策技術のイノベーションを促せば良い。

この実現の為に政府が成すべきことは多いが、特に、温暖化対策に関連する範囲では、何が重要か。4点に絞って指摘する。

第1に、温暖化対策の名に於いて、経済とイノベーションの好循環を妨げないことである。勿論、政府がしなければならないことは幾つもある。だが実は、政府は「余計なことをしない」というのも、大事な点である。政府が温暖化問題を解決すると言え、英雄的に聞こえる。しかし実際には、「政府の失敗」も多い。例えば再エネ全量買取制度（FIT）によるPVの導入は電力価格を高騰させた。これは日本産業の体力を奪い、イノベーションの妨げとなった。

なおイノベーションを推進するために過度な政府の介入を控える、という方法は、経済政策としては、何ら新しいものではない。自由経済のイノベーション能力に信頼を置き、政府は裏方に徹するというのは、計画経済との闘争を通じて人類が学んだ、賢明な官民の役割分担である。筆者の意見に新鮮味があるとすれば、これが地球温暖化問題の解決策としても正解であろう、と論じる点にある。

第2の政府の役割であるが、技術開発の補助等による推進も、勿論、一定の役割を果たす。これには、当然、温暖化対策技術の推進も含まれるが、温暖化対策技術だけではなく、より広範な技術開発をするべきであり、それが結局は革新的な温暖化対策につながることも多いだろう。いずれの場合も、補助の対象は基礎研究から実証段階までに絞るべきであり、普及段階に及んではいけない。また経済に悪影響をもたらさぬ様、適正規模で実施する必要がある。

第3に、急速に進む科学技術全般のイノベーションに対して、その可能性を最大限に活かす様、そして新しい技術の導入を妨げることが無い様、タイミング良く制度を改革する、という裏方仕事こそが、政府にしかできない、政府がやるべき重要な仕事である。これには、例えば、自動運転車・リモート教育・リモート診療の導入を可能にする規制体系の整備等、枚挙に暇がない。これらのイノベーションは、ふつうは経済的便益を主目的とするものであり、直接に

はCO2の削減を目的とするものではないが、やがて大幅な削減を可能にする、という視座を持って進めると良い。

第4に、イノベーションの成果を刈り取る形で、安価になった温暖化対策技術の普及を図ることである。安くて良い技術さえ手にすれば、政策手段は奇をてらう必要は無い。官僚制度が肥大化したり問題が政治化して費用が膨大になるといった弊害を小さくするためには、排出量取引等の大袈裟な制度を新たに導入するのではなく、企業の自主的取組、技術実証の補助、省エネに関する技術基準の設定といった、昔ながらの政策手段の方が良い。

以上

Daily WiLL Online (デイリー  

新着記事

政治

経済

米中韓/国際

社会/歴史

環境/エネルギー

[🏠](#) > 環境/エネルギー

# 【杉山大志】「CO2偏重」から「脱中国」に、ESG投資は再編すべきだ

公開日：2020年11月15日 更新日：2020年11月15日

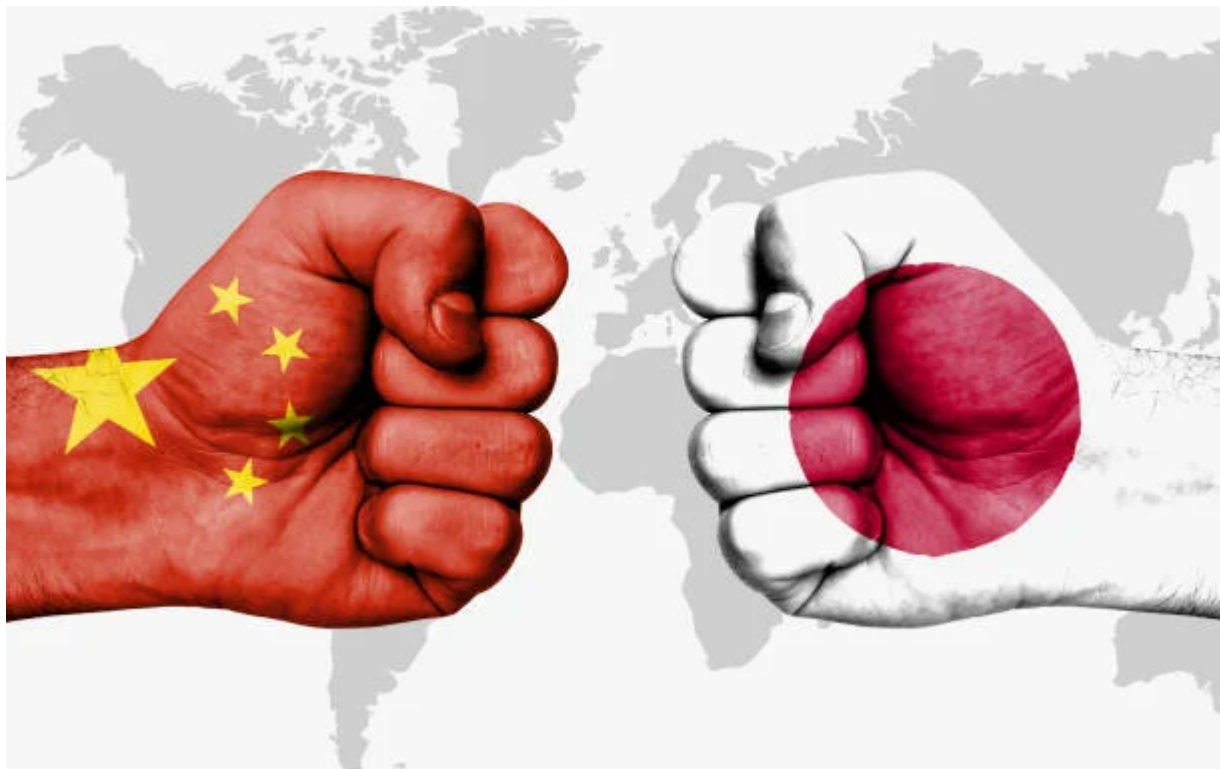
中国への依存を強める結果となるESG投資は本末転倒一。改めて枠組みを考え直す時だ。

[f](#) シェアする[🐦](#) ツイートする[B!](#) はてなブックマーク

## 目次

- ▶ 1 重要鉱物の敵国依存に関する大統領令
- ▶ 2 軍事技術のサプライチェーン
- ▶ 3 軍事技術と民生技術の区別は消失した
- ▶ 4 日本もサプライチェーンの脱中国化は必至
- ▶ ESG投資はCO2偏重から「脱中国投資」に変わるべきだ





【杉山大志】「CO2偏重」から「脱中国」に、ESG投資は再編すべきだ

*Licensed by Getty Images*

前回、太陽光発電・風力発電・バッテリーなどの「グリーン投資」の拡大が、レアアースなどの重要鉱物を筆頭に、日本経済の中国依存を深刻化させることを述べた。今回はその続きで、最後に処方箋を述べる。

## 1 重要鉱物の敵国依存に関する大統領令

---

米国ではサイバー攻撃の防御を理由として、ファーウェイなどの先端技術企業を排除する動きが広がっていることは、周知のとおりである。

一方で、あまり知られていないが、今年5月1日に重要鉱物の「敵対的な」国からの輸入を見直すことを命じる大統領令が署名された。ここで「敵対的な」国というのは中国を念頭に置いていることは間違いない。

ここで「重要鉱物」とは何か。鉄や銅などの大量に使われる金属が「ベースメタル」と呼ばれている一方で、希少な金属を「レアメタル」、さらにその一部が「レアアース」と呼ばれている。これらは先端技術には不可欠な素材となっている。

現在、米国はあらゆる鉱物資源を海外から輸入している。特に中国はその中でも最大の供給国である。

その中国が昨年、米国との貿易交渉において、レアアースの輸出規制をちらつかせた、と報じられている。

レアアースは、米国を含め、世界中に存在する。しかし、先進国では環境規制が厳しく採算が合わないため、採掘されていない。

代わりに起きていることは、中国による独占的な供給状態である。いま、世界全体のレアアースの70%以上が中国国内で、ないしは中国企業によって採掘されているという。

そしてこれは深刻な環境汚染を起こしている、としばしば報道されている。

## 2 軍事技術のサプライチェーン

---

トランプ政権は、鉱物資源を国産化すべく、国内の環境規制の緩和を図ってきた。

米国が「重要鉱物の敵国依存」の低下に真剣になるのは、経済的な理由だけではない。軍事的な影響も大きいからだ。

暗視スコープやGPS搭載通信機等、あらゆる現代の軍事装備はハイテクであって、重要鉱物を多く使用している。

米国地質調査所は（USGS）は、鉱物やそれを利用した部品の貿易が遮断されることで、米国の安全保障が脅かされる、と警鐘を鳴らしている（図）。

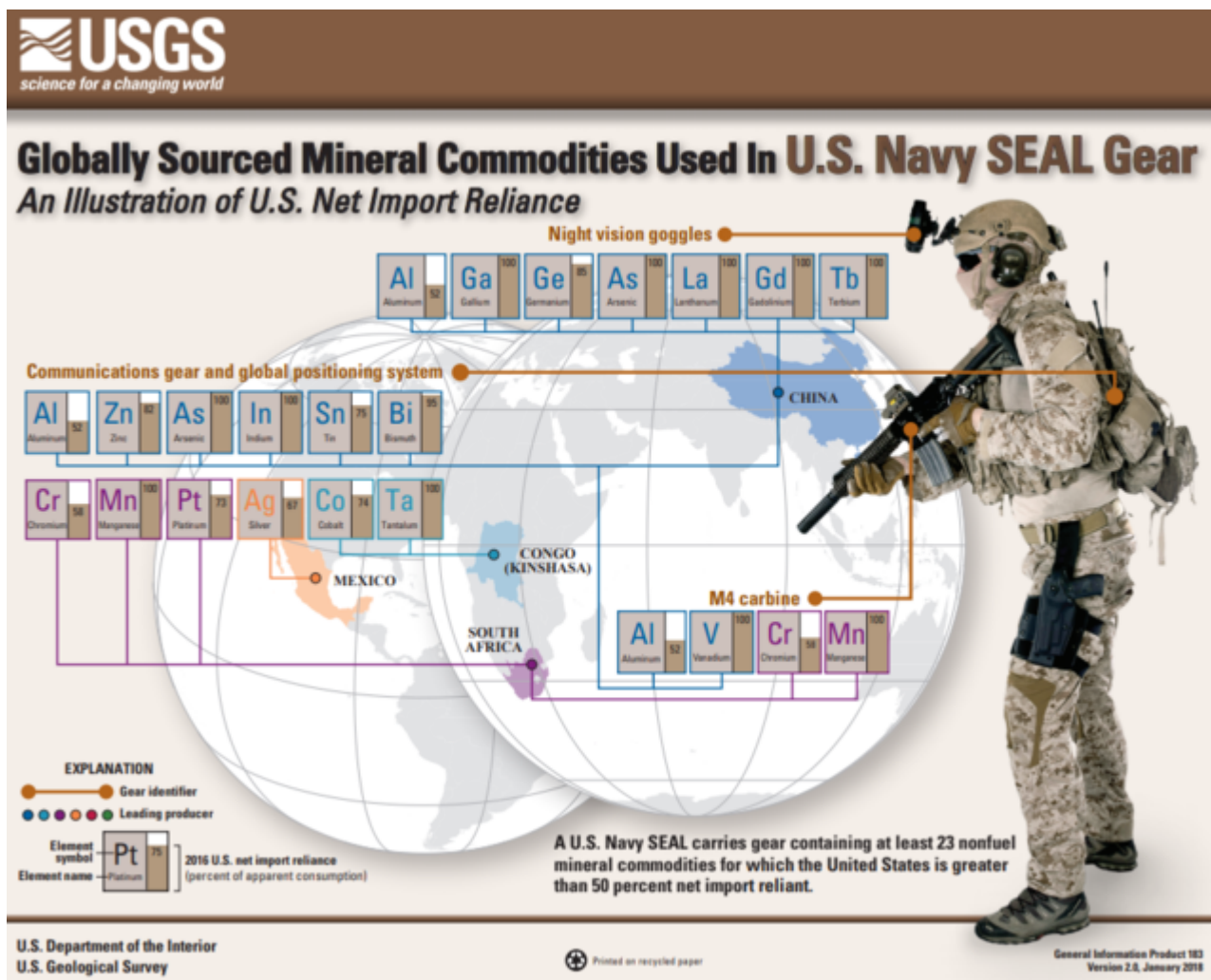


図 現代の米海軍特殊部隊の装備は中国等からの海外鉱物に依存している。米国地質調査所(USGS)資料。

via [pubs.usgs.gov](https://pubs.usgs.gov)

### 3 軍事技術と民生技術の区別は消失した

いわゆる「グリーン投資」としてもてはやされるのは、太陽光発電、風力発電、電気自動車に留まらない。

今後の省エネルギーの有力な手段と目されているのはデジタル化である。冷暖房のAI制御、自動運転技術などである。これらもグリーン投資の対象となる。

厄介なのは、この全てがいわゆるハイテクであり、中国が高い製造能力を有しているのみならず、その産業が育つことは、やがて中国の軍事力強化にも直結することだ。

今日のハイテクは、軍事技術なのか民生技術なのかは紙一重である。例えば、中国深圳はスマホ生産の一大拠点となった。だがその後すぐにドローン生産の一大拠点ともなった。ドローンの部品は、スマホの部品と共通点が多いからだ。周知の様に、ドローンは現代の戦争において重要な武器である。

スマホの生産を中国に委ねたことで、世界は最大のドローン産業を育ててしまった。今後中国でグリーン産業が隆盛するならば、必ずやそれは軍事転用され、更に強力なハイテク軍事技術産業が中国に誕生するだろう。

## 4 日本もサプライチェーンの脱中国化は必至

---

米国がファーウェイ等のハイテク企業排除に続いて、レアアースをはじめとする鉱物資源や太陽光発電設備などの電力設備の調達脱中国化を進める以上、同盟諸国にも歩調を揃えるよう求めることは間違いないだろう。日本も当然その対象となる。

それに日本にとっても決して他人事ではない。いま米中摩擦と呼ばれているものは、中国共産党と自由主義陣営の長い争いの一部であり、日本は自由主義陣営に伍して自由・民主といった普遍的価値を守っていかねばならないからだ。

無論、中国が強大になるとしたら、真っ先にその影響を受けるのは、日本であって、米国ではない。EUも重要鉱物の調達を脱中国化しようという動きが出てきた。だが今のところ、レアアースの98%を中国に依存していると報道されている。

いま中国は日本の輸出入総額20%を超える最大の貿易相手国であり、日本が全体としての依存度を減らすのは容易ではない。

だが安全保障に直結する電力機器、ハイテクおよび鉱物資源については、中国依存からの脱却を速やかに進めるべきではないか。

## ESG投資はCO2偏重から「脱中国投資」に変わるべきだ

---

近年、ESG投資ということがよく言われている。環境(E)、社会(S)、企業統治(G)といった、社会的な要請に配慮した投資をすべき、という考え方である。

このコンセプト自体は悪くないのだが、実態としては、バランスを大きく欠いている。というのは、ESG投資といっても、実態としては判断基準がCO2に偏重しており（政府資料p6）、しかも単なる石炭火力発電バッシングになってしまっているからだ。

だがこれには大いに問題がある。というのは、いまのESG投資では、

- 1) 自由主義陣営に属する東南アジアの開発途上国で石炭火力発電事業に投資することが事実上禁止されている。この一方で、
- 2) 中国製の太陽光発電設備や電気自動車用バッテリーの購入が奨励されている。

人権抑圧が事件になると、ごく限定的に、関係者との商取引が問題視されることは、これまでのESG投資の枠組みの中でもあった。

だが、そもそも人権抑圧をする国家と商取引をしてよいのか、ということについては、ESG投資はほぼお構いなしだった。

だから、電力設備、先端技術、重要鉱物についても、ESG投資は、中国依存を強める原動力として作用してきた。

さほどのリスクでもないCO2をゼロにしようとして、自由、民主といった基本的人権を犠牲にするのでは、本末転倒である。

残念ながら、今のESG投資の殆どは、石炭を憎む一方で、独裁国家を支援している。

けれども、そもそもESGのSとは、よき社会(Society)の意味である。

今後、政府と金融機関は、ESG投資の内容を見直し、CO2偏重を止め、脱中国依存を新たな潮流にすべきである。



杉山 大志 (すぎやま たいし/キヤノングローバル戦略研究所研究主幹)

温暖化問題およびエネルギー政策を専門とする。

国連気候変動政府間パネル (IPCC)、産業構造審議会、省エネ基準部会等の委員を歴任。著書に『地球温暖化問題の探究：リスクを見極め、イノベーションで解決する』(デジタルパブリッシングサービス)等。

f シェアする

🐦 ツイートする

B! はてなブックマーク

## 関連する記事

【朝香 豊】中国政府が認めた！不動産バブル崩壊 (朝香豊の日本再興原論②⑧)

【十市 勉】「2050年CO2排出ゼロ」は原発再稼働なしに実現せず

【白川 司】テクノロジーの国際基準を狙う中国の野望と呼応する竹中・北尾の両氏

【周 庭 (アグネス・チョウ) 氏 インタビュー再掲】香港デモの女神

Daily WiLL Online (デイリー  [新着記事](#)[政治](#)[経済](#)[米中韓/国際](#)[社会/歴史](#)[環境/エネルギー](#)[🏠](#) > [環境/エネルギー](#)

# 【杉山大志】CO2ゼロで高まる日本の中国依存とサイバー攻撃の脅威

公開日：2020年11月11日 更新日：2020年11月11日

「CO2ゼロ宣言」はかえって日本の中国依存を高め、日本の安全保障に危機を招く可能性がある――。

[f](#) シェアする[🐦](#) ツイートする[B!](#) はてなブックマーク

## 目次

- ▶ 1 2050年CO2ゼロは亡国の歌
- ▶ 2 「グリーン投資」で深刻化するサプライチェーンの中国依存
- ▶ 3 電力網がサイバー攻撃に晒されるリスク



## 【杉山大志】CO2ゼロで高まる日本の中国依存とサイバー攻撃の脅威

*Licensed by Getty Images*

菅首相の「2050年CO2ゼロ宣言」を受けて、「グリーン投資を進めるべきだ」、「太陽光発電・風力発電・電気自動車の導入を拡大すべきだ」といった意見が勢いづいている。

だがこれは日本の安全保障を危機に陥れるかもしれない。2回にわたってお届けする。

### 1 2050年CO2ゼロは亡国の歌

---

菅首相が所信表明演説で「2050年までにCO2をゼロにすることを目指す」と述べた。これが実現不可能な目標であり、強引に達成しようとすると経済を破滅させることは以前この欄に書いた。

この「2050年CO2ゼロ」は欧州で流行していたもので、日本はそれに追随したものだ。米国もバイデン政権になれば同様な宣言をすると見られている。中国も2060年と10年遅れでゼロにすると宣言した。



この「CO2ゼロ」という外交ゲームは中国を利するところが大だ。

まず第1にこれは自由主義陣営の経済力を奪う。第2に自由主義陣営内、特に米国の共和党・民主党間の深刻な意見対立を煽り、分断させることが出来る。第3に嫌われ者になった中国が諸外国に好感される機会となる。

そして第4に、中国はレアアースをはじめとした鉱物の供給から、最終製品の製造まで、世界最大の再生可能エネルギー産業を有しており、CO2ゼロ外交が商機を生む。

これに対して、日本ではCO2ゼロを強引に目指すことで、高コスト体質になり、経済が衰退して国の安全が脅かされる懸念がある。

のみならず、日本は、サプライチェーンの中国への依存がいつそう深刻になり、サイバー攻撃にも脆弱になる懸念がある。以下に述べよう。

## 2 「グリーン投資」で深刻化するサプライチェーンの中国依存

---

いま太陽光発電、風力発電、電気自動車などの大量導入を進めるとなると、最終製品はもとより、インバーターやバッテリーなどの半製品の形でも、中国製品が大量に日本に入り込んでくることになるだろう。

仮に中国製品を排除し、国産化したとしても安心できない。というのは、太陽光発電や風力発電の大量導入には莫大な資源が必要となっていて、その資源調達の際に中国依存が高まる懸念があるからだ。米国でも同様な形の資源調達における中国依存に警鐘が鳴らされている。

大変頻繁に誤解されているが、太陽光発電や風力発電は、「脱物質化」などでは決してない。むしろその逆である。

太陽光発電や風力発電は、確かにウランや石炭・天然ガスなどの燃料投入は必要ない。

だが一方で、巨大な設備が数多く必要であるため、鉱物資源を大量に必要とする。セメント、鉄、ガラス、プラスチックはもちろん大量に必要となる。のみならず、希少な鉱物資源であるレアアースも、大量に必要になる。

だから太陽光発電と風力発電を推進すると莫大な鉱物資源が必要になるのだ。

日本も米国も、すでにあらゆるハイテク製造業において、レアアースの調達を中国に依存している。

今後、太陽光発電、風力発電、電気自動車などの大量導入をすると、仮に国産化するにしても、レアアースを筆頭にサプライチェーンの中国依存が深刻化するリスクが大きい。

### 3 電力網がサイバー攻撃に晒されるリスク

---

さて中国製の太陽光発電や風力発電設備が日本の電力網に多数接続されると、サイバー攻撃のリスクが高まる。

トランプ米大統領は5月1日、米国の電力網をサイバー攻撃から守るための大統領令に署名した。これは中国やロシアからの電力機器輸入の制限を念頭に置いたものだ。

電力網がサイバー攻撃対象となっていることは、今や世界の常識である。2016年にはロシアのサイバー攻撃によってウクライナで停電が起きた。

いまや中国はロシアと並んで、高いサイバー攻撃能力を有し、米国に脅威をもたらしている、と米国家情報長官は、米国とその同盟国に警鐘を鳴らした。

サイバー攻撃の内容は、ウイルスやバックドアによる情報の窃盗から、通信・制御システムの乗っ取り、遂には電力網の停電や、発電所の破壊にも及びかねない。

大統領令の対象は幅広く、送配電設備はもとより、太陽光発電設備も、風力発電設備も対象になっている。

再生可能エネルギーが厄介なのは、その数が極めて多いことである。

原子力などの集中型の発電設備は、通常、重要な施設として、徹底して安全に保護されているので、容易には攻撃できない。

だが、それをわざわざ攻撃するよりも、どこにでも配備されている分散型の太陽光発電・風力発電を攻撃する方が難易度は低い。守る側としては、防御線が伸び切った状態になるので、守りにくい。

日本政府も電力網のサイバーセキュリティの強化に着手している。だが今のところは事業者の善意ある協力を前提としている。日本らしい方法だが、本当にこれで間に合うのか心配である。また中国製品の排除には至っていない。

米国では、太陽光発電用のインバーター市場の殆どは、外国製ないしは外国企業に占められているという。中でも中国のシェアは47%に達する。これには世界最大の太陽光発電用インバーターメーカーであるファーウェイも含まれている。

日本では、一体どの程度、中国製品が入り込んでいるのだろうか。

インバーターは、発電設備電力を送電網に送る部品である。なので、そこがサイバー攻撃の対象になると、停電を引き起こしたり、他の発電設備を損傷させたりする可能性がある。

日本も、太陽光発電等の電力設備から、どのように中国製品を排除してゆくのか、導入がこれ以上進む前に、早急に検討する必要がある。





# テクノロジー・インクルーシブ・アプローチ

温暖化解決のためには、日米連携で「あらゆる技術の推進」を図れ

2020/03/17 温暖化の政策科学

杉山 大志

キャノングローバル戦略研究所 研究主幹

大幅なCO<sub>2</sub>の削減を実現するためにはイノベーション、すなわち、新技術の発明と、その大規模な普及の両方が欠かせない。だが現実には、優れた技術が存在するにも拘わらず、反対運動によってその普及が阻まれている。EU、特にドイツではこれが顕著であるが、幸いにして、米国は全技術を推進する超党派の機運がある。日本はこれに連携して、あらゆる技術の推進を図るTechnology Inclusive Approachを採り、国際的なリーダーになるべきだ。

日本はイノベーションを地球温暖化問題解決のための中心手段に据えており、これは全く適切なことである<sup>注1)</sup>。また、IPCCのシナリオ分析を見ても、あらゆる技術を動員することが、経済的・現実的な大幅CO<sub>2</sub>削減のために必須である、とされてきた<sup>注2)</sup>。

しかし、現実はどうか。IPCCでも特に注目されている技術として、太陽・風力発電以外に、①原子力、②CCS、③バイオエネルギーがある。このうち、原子力発電には反対運動が根強い。CCSについても、とくに近年になって、化石燃料を利用すること自体が「自然」ではない、という理由で反対運動が起きている。バイオエネルギーについても、土地を多く利用するので、生態系保全に悪影響がある、として反対運動がある。

このような反対運動は一理ある場合もあるが、大半は感情的なものである。つまり運動家が「自然」だと思ふものについては是であるが、そうでなければ否、というものである。この判断は主観的であり、合理的なリスク評価の視点が無い。現実にはどのような技術にも何等かのリスクがある。そして、その技術を使わなければ、別のリスクが生じる。そのようなリスクトレードオフを合理的に計算することが求められているのに、一部の運動家はその視点を欠いている。もともと大幅にCO<sub>2</sub>を減らすということは、既存の社会経済システムに大きく手を加えることだから、何らかのリスクが起きることは避けようがない。それを受容するつもりがないなら、CO<sub>2</sub>の排出をリスクとして受け入れるしかない。

最も極端なのがドイツの政策だ。ドイツの方針は、脱石炭と脱原子力を同時に進める、というもので、これだけでも無謀だった。だがここに来て、風力発電についても風当たりが強くなり、景観・騒音・野鳥被害のため陸上ではなく遠い洋上に設置する、という方向性だ<sup>注3)</sup>。つまり陸上では禁止に近いニュアンスになった。送電線建設も反対運動に遭って進まない。CCSも禁止、バイオテクノロジーにも反対が根強い。これではロシアの天然ガスに頼るしかなくなるのだが、これはドイツのエネルギー安全保障を脆弱にするのみならず、地政学的に欧州におけるロシアの立場が強化されるという別の大きなリスクを背負うことになる。さらには天然ガスですら、CO<sub>2</sub>が出るからダメだという意見が出てきた。2050年ゼロエミッション宣言を本気で考えると勿論そういう論理的帰結になるのだが、これでは現実的な解が無い。

だが米国は違うようだ。21世紀政策研究所の招聘で来日した、民主党政権に仕えCOPでの国際交渉経験もあるエリオット・デリンジャー氏と、意見交換をする機会があった（同研究所と有馬研究主幹の厚意に感謝する）。その際、今後の米国政治の担い手が共和党・民主党の何れになるにせよ、あらゆる技術を利用するという「technology inclusive」なアプローチを米国は採ることになる、という見通しを示した。

氏の分析では、民主党内にはサンダース氏のような「反原発・2030年までに再生可能エネルギー100%」という極端な意見もあるが、これは少数意見である。多くの民主党候補者は、既存の原子力と、革新的な原子力技術の双方を推進する、としている（化石燃料利用については、補助金を無くす、という表現に留まっており、シェールガス開発・輸出も暗黙裡に認めている）。共和党も、ことイノベーションの推進に関しては、温暖化対策に前向きである。

このように、イノベーションについては超党派のサポートがある。象徴的なのは、トランプ政権下において、大統領は温暖化対策の研究開発費を削減しようとしたにも拘わらず、議会は逆に増額したことだ。これによって、世界においてこれまでで最も先端的なCCSの導入補助プログラムが導入された<sup>注4)</sup>。

また米国ではバイオテクノロジーが発達している。すでに飼料用のトウモロコシ・大豆などはその殆どが遺伝子組み換え作物になっている。政治力も強い農家は主要な受益者であり、いまさらバイオテクノロジーを否定することはあり得ない状況になっている。そして日本ではまだ殆ど知られていないが、バイオテクノロジーは、じつは、温室効果ガスの大幅削減には最重要な技術である。これには2つ理由がある。第1は、それがエネルギーやプラスチック原料として有望であるところ、その生産性・加工性を飛躍的に高めるためには、遺伝子組み換え・遺伝子編集を含むバイオテクノロジーが要るためだ。第2に、温室効果ガス排出のじつに3分の1が人間の食料供給に付随するものであるところ、その排出量を大幅に減らすためにもバイオテクノロジーが必須なのだ。欧州の影響を受け、日本でも遺伝子組み換え技術への反対運動が根強いが、これは温暖化対策の主要な柱をみすみす潰すことになっている<sup>注5)</sup>。

米国でももちろんアンチテクノロジー的な反対運動はある。しかし、政策決定者のレベルにおいては、あらゆる技術を推進する必要があることは、よく理解されている、とデリンジャー氏は言う。対象的に、EUでは、「タクソノミー」等の方法で、どのような技術が環境に良いか悪いかという分類を行政が手掛ける傾向が強い。しかし、このようなやり方は米国にはなじまない、との分析だった。企業には情報公開を求めるが、政府が任意に技術を選ぶことはしないだろう、とのことだった。

日本の環境運動はEUからの強い影響を受けて、アンチテクノロジー色が強くなっている。反原発、反バイオテクノロジー、反化石燃料、反、反、反、・・・といった具合である。だがこれはドイツの轍を踏むことであり、そこに解は無い。既に確立している原子力発電とバイオテクノロジーの普及を図ることに加え、あらゆる技術の開発と普及を進める必要がある。

デリンジャー氏は、仮にパリ協定に米国が戻る場合には、イノベーションを旗印にすることは間違いないだろう、と述べた。バイオテクノロジーに関する態度が鮮明に分かれているのと同様、温暖化対策技術についても、米国は「あらゆる技術」を推進する Technology Inclusiveアプローチであり、対してEUはアンチテクノロジー、という姿勢である。日本がどちらと連携すべきは自明であり、それは米国だろう。そしてこの連携は、日本国内にあるアンチテクノロジーの雰囲気を一変させるのに役立つだろう。米国もそれを歓迎するであろうし、日本も現実的な温暖化対策を出来るようになる。そして、その連携は、現実的な温暖化問題の解決のロールモデルとなって、世界にも福音をもたらすだろう。

注1) 日本がイノベーションを温暖化対策の中心に据えていることについては、例えば、政府資料 革新的環境イノベーション戦略

<https://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihui048/siryo6-2.pdf>

注2) IPCC 第五次評価報告書 第3部会報告 2014年 政策決定者向け要約

注3) 拙稿 <http://ieei.or.jp/2019/09/sugiyama190925/>

注4) 拙稿 [https://www.canon-igs.org/column/181010\\_sugiyama.pdf](https://www.canon-igs.org/column/181010_sugiyama.pdf)

注5) バイオテクノロジーが世界で広く普及していること、および温暖化対策に寄与することについては以下の講演会の発表資料を参照

[https://www.canon-igs.org/event/report/20191209\\_6096.html](https://www.canon-igs.org/event/report/20191209_6096.html)