

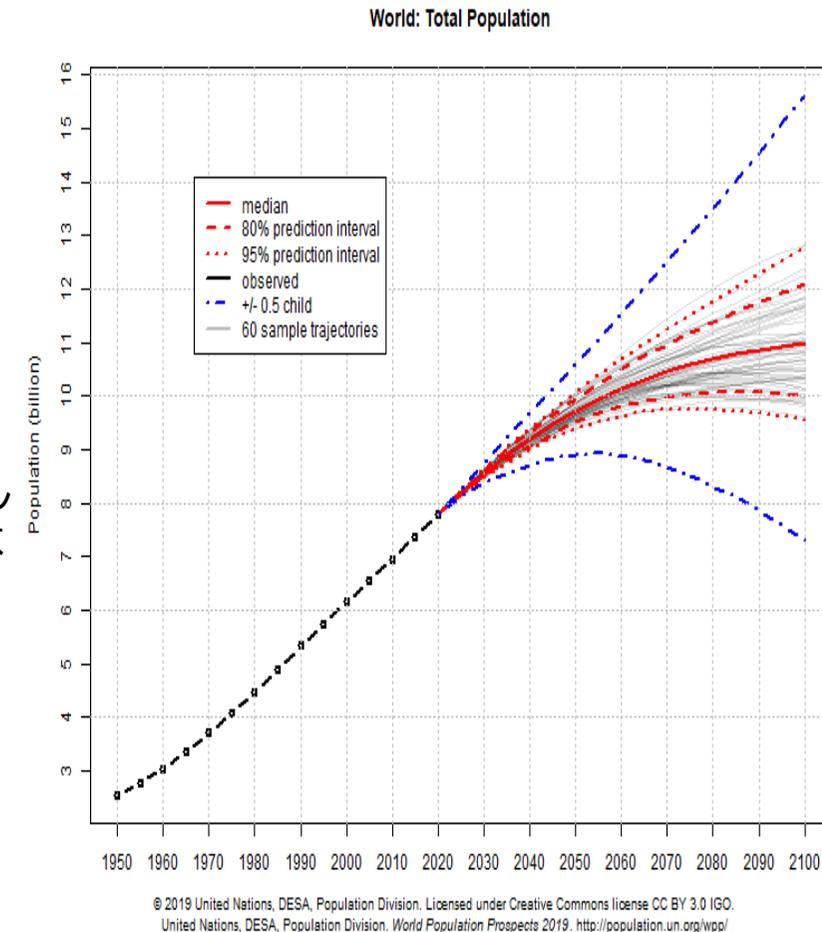
# 地球環境問題

環境・食品・産業衛生学 2024.7.8

- 地球環境問題の特徴
  - 因果関係の経路が長く、確率的で、原因特定が難しい
  - タイムスパンが長い
- 典型的な地球環境問題
  - 人口増加による地球環境への負荷
  - 森林減少
  - 地球温暖化
  - マイクロプラスチック汚染
- 国際的取組み
  - COP
  - POPs 条約
  - Planetary Health

# 地球上の人口と資源利用は不均等

- 近年の地球人口の推移
  - 73.8 億 (2015.11.18) → 75.8 億 (2017.11.29)
  - 77.5 億 (2019.11.24) → 78.3 億 (2020.11.25)
  - 79.1 億 (2021.11.27) → 80.4 億 (2023.6.30)
  - <https://www.worldometers.info/world-population/>
- 事実上、世界のあらゆる地域で出生率は低下している
  - ヨーロッパ、アジア、北米では急速に減少 "birth dearth" (出生不足)
  - アフリカ諸国の出生率は HIV/AIDS により低下(アフリカで 4,000 万人が HIV 陽性、その 75% はサハラ以南に居住)、ただし UNAIDS などによる国際的な対策プログラムにより低下速度は緩和
- UN-DESA (国連経済社会局)の人口部門の報告によると、
  - 年人口増加は、2014-2017 年には 1 億人を超えた
  - 人口予測: 2025 年までに 80 億、2050 年までに 91 億
  - 99% growth occurs in the world's poor, developing countries (sub-Saharan Africa, Middle East, South Asia).
  - 90% of 1.2 billion teenagers live in developing countries
- <https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/TOT/900>

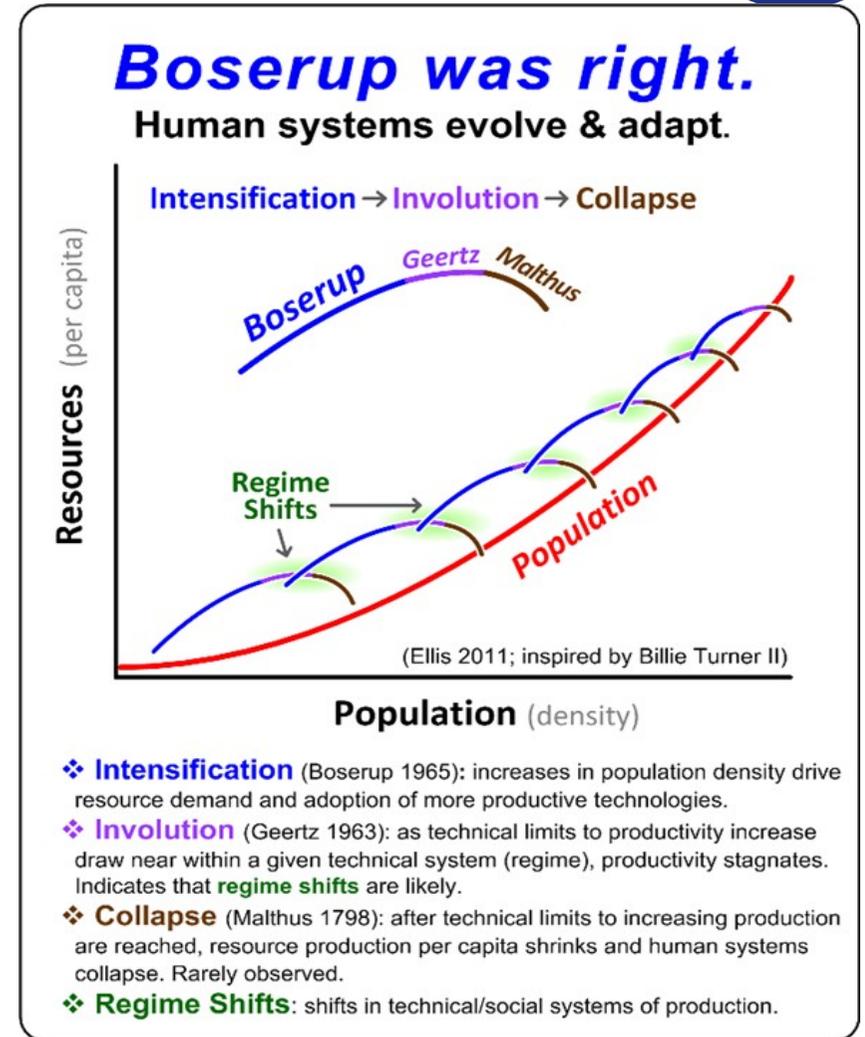
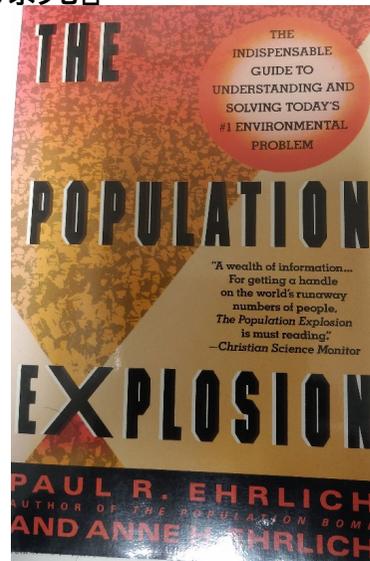


# 人口の環境への影響



See, <https://ecotope.org/blog/saved-by-ester-boserup/>

- トーマス・マルサス (1803) : 人口は、飢餓、病気、出生制限政策によって制限されない限り指数関数的に増える傾向をもっているが、農業生産は線形にしか増えないので、結果として飢饉に至る
  - 新マルサス主義者: 人口は負の環境変化をもたらす動因
  - エスター・ボゼラップ (1965) : 人口増加は技術革新と集約化を刺激する力。人口密度の増加は土地不足につながり、それが改良された技術(より良い農業器具、灌漑、棚田/段々畑、休耕期間の短縮など)の応用を通して農業集約化の引き金となる
  - ポール・エーリックとジョン・ホールドレン (1971) : 途上国は急速な人口増加によって環境に大きな影響を与え、先進国は豊かさや技術水準の高さによって環境に大きな影響を与えている
- \* 環境影響 = 人口 x 豊かさ x 技術 (I=PAT)  
see, エーリック夫妻 (1990) 『人口爆発』



エスター・ボゼラップ  
1910-1999  
デンマークの経済学者

# 世界の人口成長の長期的歴史

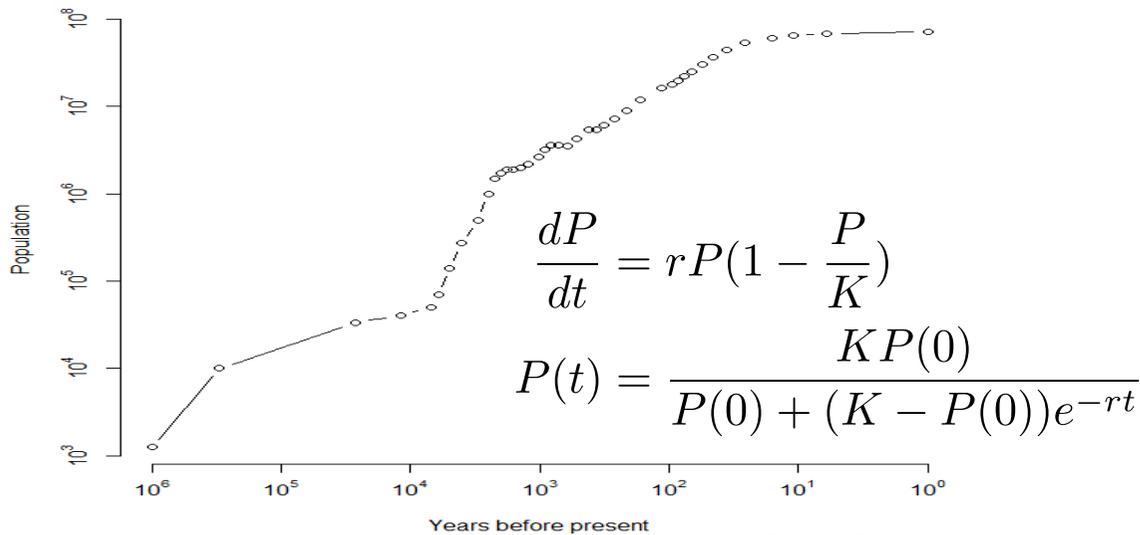
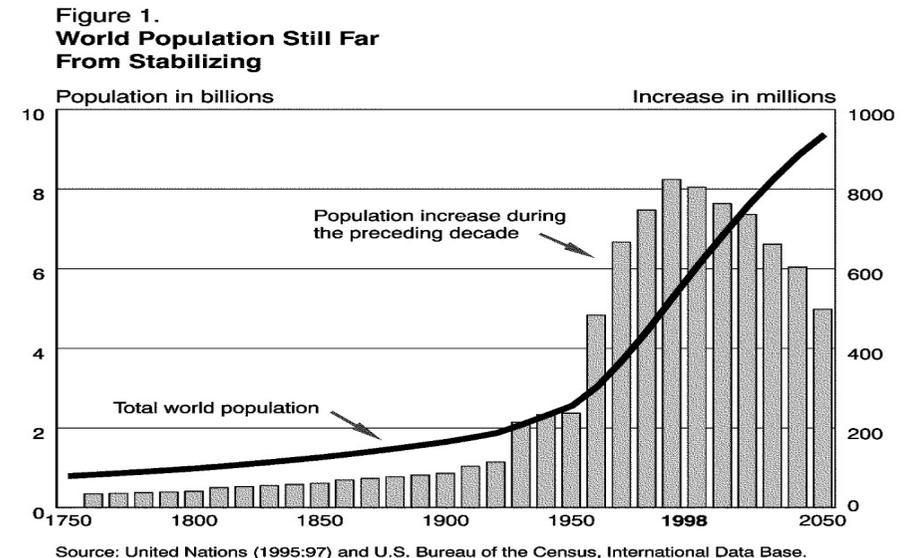


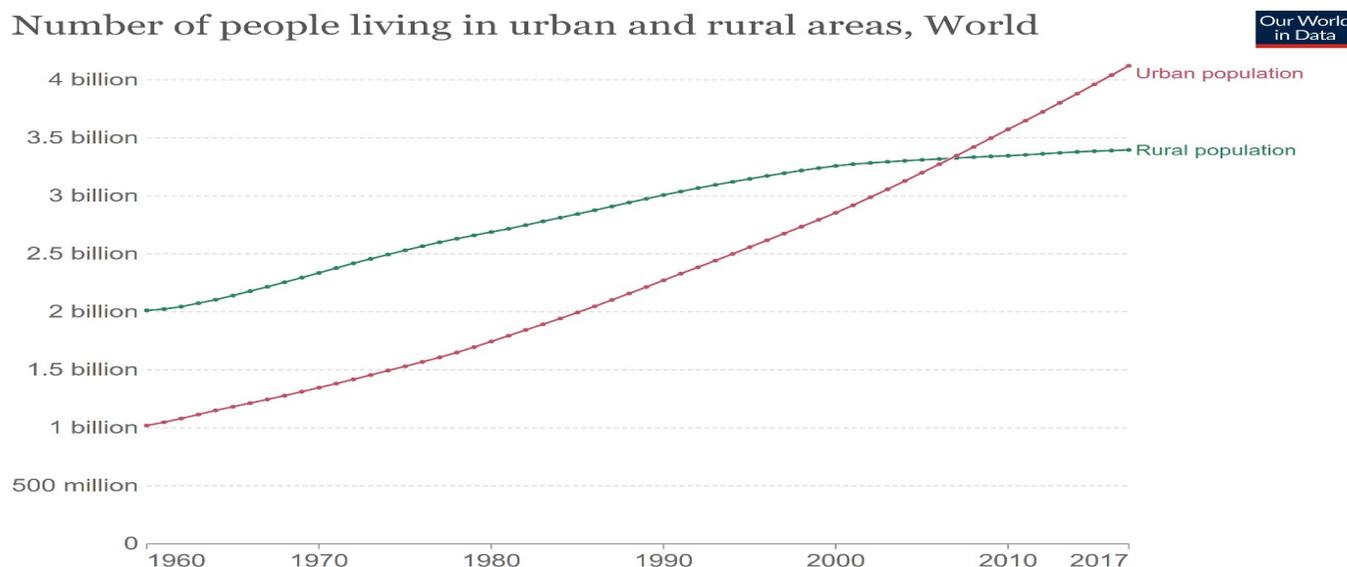
Figure. World population growth (Deevey's steps), based on Cohen 1998 data



- Deevey (1960) <https://www.jstor.org/stable/10.2307/24940623>
  - 両対数グラフを描くと一連の多段階のロジスティック成長が見える
  - 「3回の人口急増」は、文化革命(石器の使用)、農耕革命(定住農耕)、科学技術革命(化石燃料と機械の使用)に対応
- 1750年以降の年人口増加数(右上図の棒グラフ、右の軸、100万人単位)
  - 1750年以前は0.5%未満
  - 1750-1930年は0.5-1%
  - 1950年以降は1.6%超。主に途上国での増加

# 都市化する人口分布

- 世界は都市化革命の最中にある
- 地球人口のうち都市居住人口とその割合の推移
  - Our World in Data (下図)  
<https://ourworldindata.org/urbanization>
  - UN-DESA 予測: 39.8 億人 =53.9% (2015) → 51.7 億人 =60.4% (2030) → 66.8 億人 =68.4% (2050)  
[https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr\\_2022.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf)
- アフリカの大都市の年人口増加率は4%で、20年で倍増するレベル
- 途上国では、都市のインフラが急速な人口増加の持続のペースについていけないところが大半
- 都市の人口増加は、破綻する農村部の経済、インフラやサービスの不足、土地不足、就業機会不足からの逃避による(プッシュ要因)
  - 一方では、都心部のスプロール現象が起こっている場所もある

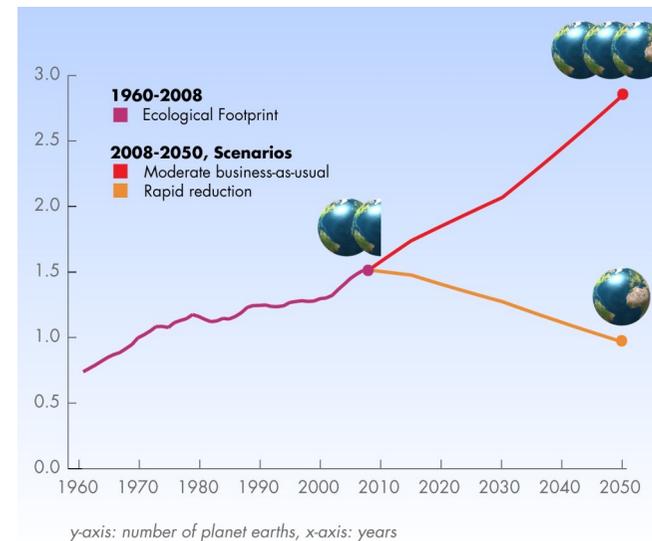


Source: World Bank based on data from the UN Population Division  
 Note: Urban populations are defined based on the definition of urban areas by national statistical offices.  
 OurWorldInData.org/urbanization • CC BY

# 人口と環境の関係

[https://assets.wwf.org.uk/downloads/city\\_footprint2.pdf](https://assets.wwf.org.uk/downloads/city_footprint2.pdf)

- エコロジカル・フットプリント(ワケナゲルとリース, 1997年)
  - 個人、集団、あるいは活動が、一般的な技術と資源管理を用いて、それらが消費するすべての資源を生産し、そこで生成される廃棄物を吸収するために必要な、生物学的に生産性のある土地と水として必要な面積の尺度
- 通常、グローバルヘクタール単位で測定
  - 貿易が地球規模で行われていて、ある個人や国のフットプリントは世界中の土地や海を含むため
  - <https://footprint.info.yorku.ca/data/> によると、2020年の各国の1人あたりエコロジカル・フットプリント(カッコ内はグローバルヘクタール)は多い順に  
 カタール(11.47)、NZ(11.21)、フィンランド(10.37)、カナダ(10.09)、オーストラリア(9.78)、ラトビア(9.47)、ウルグアイ(9.46)、ノルウェー(8.38)、エストニア(8.18)、モンゴル(8.08)、バーレーン(7.81)、クウェート(7.39)、スウェーデン(7.08)、ブルネイ(7.02)、米国(7.01)



- 人口支持力 (carrying capacity)
  - 地球(または特定地域)が支えることができる人口。推定値はどこまでの資源を必要と考えるか、どうやって測定するかに依存
  - 地球の人口支持力の推定値(コーエン、1998年)
    - 一日 2,500kcal の菜食主義者だけなら 400 億人
    - 同じ摂取カロリーでも肉食するなら 100 億人
    - もしすべてのヒトが現在の先進国並みの生活水準で暮らすなら 20 億人

人口 → 土地利用 (← 都市化、政策、経済成長) → 生物多様性損失、二酸化炭素排出  
というフレームの論文多数



- Weber H, Sciubba JD (2019) The Effect of Population Growth on the Environment: Evidence from European Regions. *European Journal of Population*, 35(2): 379-402. <https://dx.doi.org/10.1007%2Fs10680-018-9486-0>
- de Leon Barido DP, Marshall JD (2014) Relationship between urbanization and CO2 emissions depends on income level and policy. *Environmental Science & Technology*, 48: 3632-3639. <https://doi.org/10.1021/es405117n>
- Foley JA et al. (2005) Global consequences of land use. *Science*, 309: 570-574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>
- Regression model in IUSSP conference (2001) states that the impact of population on CO<sub>2</sub> varies by affluence. [https://iussp.org/sites/default/files/Brazil2001/s00/S09\\_04\\_Shi.pdf](https://iussp.org/sites/default/files/Brazil2001/s00/S09_04_Shi.pdf)
- Casey G, Garol O (2017) <https://doi.org/10.1088/1748-9326/12/1/014003>
- D'Sauza R (2022) <https://www.orfonline.org/expert-speak/population-drives-climate-change/>

# 人口 = 環境得点表

- 地球サミット (at Rio de Janeiro, 1992) が定めたゴールについて
  - \* Rio+5 (UN General Assembly, 1997): 少しの進捗または後退
  - \* Rio+20 (UN Conference on Sustainable Development, 2012)

- 貧困は増加。人口増加による部分もある
- 環境の状況

- 可耕面積:劣化。小規模農民は家族を養うだけの食料を生産できない
- 淡水:人口増加により淡水の供給に圧が掛かっている。1995年には23億人が水不足地域に居住。清潔な水が不足している人は、1990年には10億人、2007年に12億人。慢性の水不足は将来の経済成長への最大の制限要因となる。世界資源研究所 (WRI) は2025年までに水不足の状況で生きる人口を35億と予測している
- 海洋:海岸の湿地は劣化している。サンゴ礁の40%は失われた。FAO (2009, 2011) は、世界の主な商業漁業資源の3/4が完全採取または過剰採取されるか枯渇したと報じている。20億人がタンパク源を海産物に依存している <https://www.fao.org/3/i/2389e/i/2389e.pdf>
- 森林:森林減少が進行している(ブラジルのアマゾン川流域では1992年から2002年の間に森林減少率が70%上がった)。2000年から2005年の間に3700万haの森林が失われた。
- 生物多様性:自然の種の消滅よりも100倍から1000倍速く種が消滅している。1990年代に毎年2万7000種の動植物種が絶滅した。IUCNの絶滅危惧種リストには41,415種が載っている。種の多様性は医薬品や食糧の原材料としてヒトの健康に必須である。
- 気候変動:人口増加によってエネルギー消費が増え、その分二酸化炭素が増え、地球温暖化が起こる。二酸化炭素排出抑制のためにCOP3京都議定書が締結されたが、COPが今でも開催され続けていることからわかるように解決していない

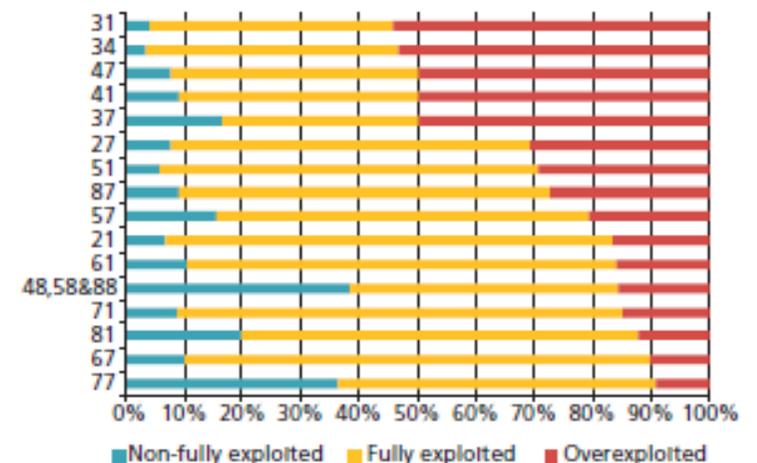
※ COP27 (エジプト、2022年11月)

<https://www.env.go.jp/earth/cop27cmp16cma311061118.html>

FIGURE A1  
FAO marine major fishing areas for statistical purposes



FIGURE A12  
Percentages of fish stocks in different status by major fishing areas in 2009



# 貧困と人口



- 急速で持続不可能な人口増加は貧困の最大の寄与因子
- 地球上の人々の 1/4 から 1/5 は極度な貧困(絶対貧困レベル: 1985 年には1人1日使える金が 1USドル以下、2008 年から 1.25USドル以下、2015 年から 1.90USドル以下、2022 年 9 月から 2.15USドル以下)  
(cf.) 相対貧困レベル (人口のうち相対的に貧しい 1/5 か 2/5、または所得の中央値の半分未満の所得)も重要  
<https://www.worldbank.org/en/news/factsheet/2022/05/02/fact-sheet-an-adjustment-to-global-poverty-lines>
- 低出生と人口増加の緩速化は、平均的な所得の人の生活水準を改善しない。1980 年には約 25 億人が一日 2USドル未満を使って生活していた
- 極度な貧困は、MDG1 のおかげもあって、近年減少している
  - 19 億人(1981 年)
    - 18 億人(1990 年)
    - 14 億人(2005 年)

# 環境疲労困憊症候群



- 人口圧と過剰な資源利用は、環境の健康に脅威を与える
- 環境条件の悪化とそれに付随するヒトの健康への脅威を、環境疲労困憊症候群 (Environmental Distress Syndrome) と呼ぶ
- 5つの症状として
  - 新興／再興感染症
  - 生物多様性の損失
  - (多様な環境に適応できる) 万能な種の優占進行
  - 花をつける植物の拡大に必須な花粉を運ぶ動物の減少
  - 世界の海岸線に沿った有毒鞭毛藻類の増加

# 森林減少

- <https://www.youtube.com/watch?v=A0pB1qw8SMs>  
( 10 Major Current Environmental Problems, No.8 が森林減少)
- 世界の森林面積は約 35 億 ha 。森林減少は約 1,100 万 ha/ 年(日本の面積の 1/3 に相当)
- 熱帯林が減少。温帯林はやや増加
- 原因:材木用伐採, 焼畑や放牧のための伐採, ダムや道路の建設に伴う伐採, プランテーションのための伐採, 森林火災, 酸性雨や病害虫による立ち枯れ等
- 影響:生物多様性の減少, 地下水位低下, 洪水増加(東南アジア, 南アジア), 土壌流出, 砂漠化等
  - (火災の場合)喘息, 呼吸器疾患等
- 対策
  - ITTO (国際熱帯木材機関)の guidelines  
[https://www.itto.int/ja/policy\\_papers/](https://www.itto.int/ja/policy_papers/)
  - UNFF (国連森林フォーラム)  
<https://www.un.org/esa/forests/>

# 地球温暖化



- 化石燃料使用による二酸化炭素濃度急増
- 濃度の絶対値は過去にもあった水準だが増加速度が速いため影響大
- 温室効果ガスとしては二酸化炭素の他, メタン, フロン, 亜酸化窒素なども含まれ, これらも増加。メタンは資源開発や家畜増産によっても増加する
- 温暖化にともなう海面上昇も問題視されている
- 疾病分布の変化も問題と言われる
- IPCC (気候変動に関する政府間パネル)

<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/knowledge.html>

- これまで6回のAR (Assessment Report) が発表されている
- 2014年AR5 <https://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/>
- 2021-2年AR6 <https://www.env.go.jp/earth/ipcc/6th/index.html>  
<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

## • 法律

- 気候変動適応法 (2018年、2023年改訂で熱中症対策追加)  
[https://www.env.go.jp/earth/earth/tekiou/page\\_00608.html](https://www.env.go.jp/earth/earth/tekiou/page_00608.html)  
<https://www.env.go.jp/content/000138098.pdf>
- 地球温暖化対策推進法 (1998年にCOP3を受けて成立、その後何度も改訂)  
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keii.html>

# IPCC の歴史

[https://www.ipcc.ch/news\\_and\\_events/docs/factsheets/FS\\_timeline.pdf](https://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/factsheets/FS_timeline.pdf)

- 1988: UNEP と WMO が IPCC を設立
- 1990: AR1: 科学的評価 (WG1), 影響評価 (WG2), 応答戦略 (WG3); 国連は FCCC の準備開始
- 1992: AR1 の追加報告; リオの地球サミットで UNFCCC 創設
- 1995: AR2: 科学 (WG1), 影響、適応、緩和策 (WG2), 経済社会面 (WG3)
- 1996: 『国の温室効果ガス目録のための IPCC ガイドライン』
- 1997: COP3 で京都議定書 (<https://unfccc.int/cop3/resource/docs/cop3/protocol.pdf>) 採択  
→「2008 ~ 2012 年期までに二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素を 1990 年レベルから最低 5% 削減」
- 1998: 国の温室効果ガス目録のタスクフォース (TFI) 創設
- 1999: 日本が TFI サポート開始
- 2000: 『国の温室効果ガス目録における Good Practice ガイダンスと不確実性管理』
- 2001: AR3: 科学 (WG1), 影響、適応、脆弱性 (WG2), 緩和策 (WG3)
- 2003: 『土地利用、土地利用変化、林業についての Good Practice ガイダンス』
- 2007: AR4: 自然科学 (WG1), 影響、適応、脆弱性 (WG2), 緩和策 (WG3); IPCC がノーベル賞受賞
- 2011: WG3 から『再生可能エネルギー資源と気候変動緩和についての特別報告』
- 2013: WG1 から『気候変動 2013 :物理学に基づいて』
- 2014: AR5、『気候変動総合報告 2014 』 (<https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>)
- 2019: マドリードで COP25 開催 (<https://unclimatesummit.org/>)
- 2021-2: AR6 (<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>)
- 2022: シャルム・エル・シェイク(エジプト)で COP27 開催
- 2023: COP28 はドバイで開催予定 <https://www.cop28.com/en/>

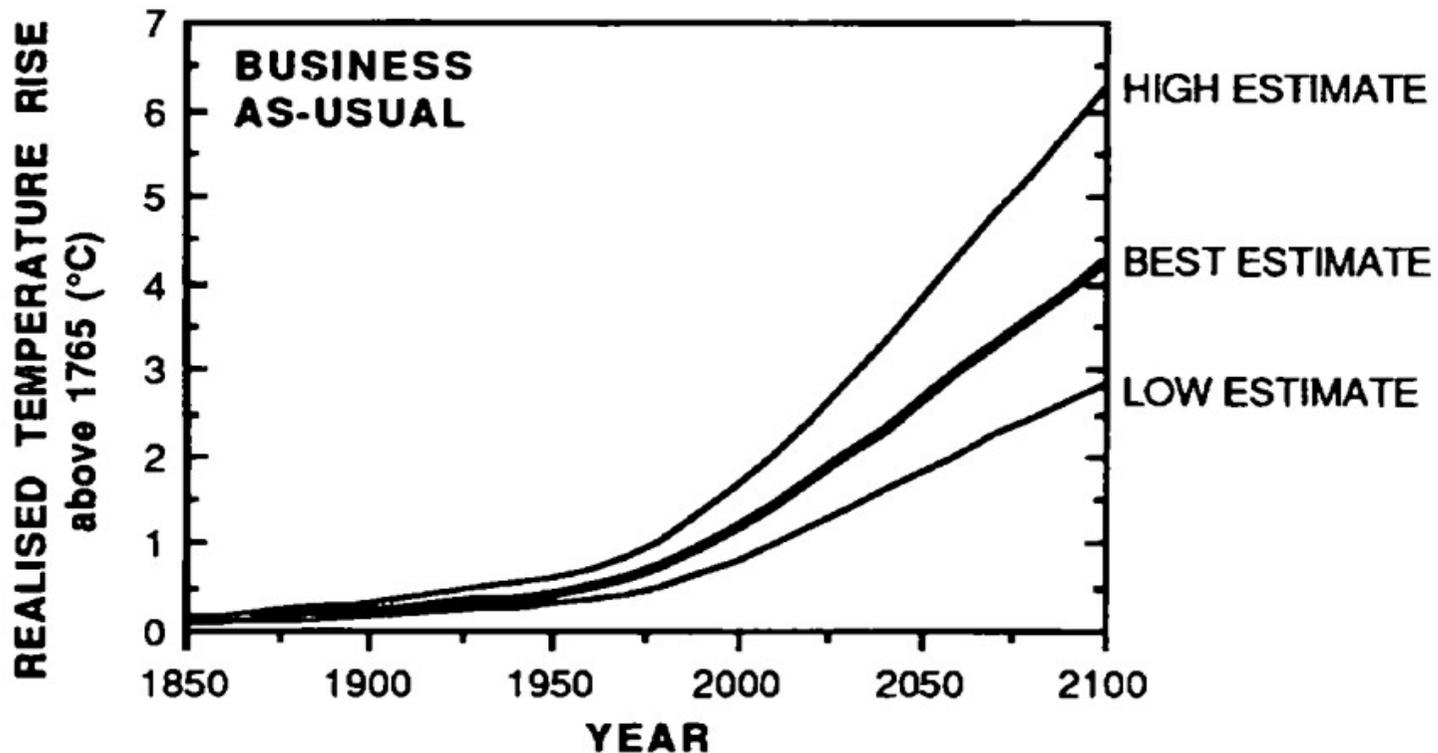
# 第6回評価報告書 (AR6)

- <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- 第1作業部会 (WG1) 報告 = 自然科学に基づく = は 2021 年 8 月 9 日に出版 (4000 ページを超える pdf ファイルとして)
  - <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
  - <https://www.youtube.com/watch?v=e7xW1MfXjLA>
  - 概要 <https://www.env.go.jp/content/000116424.pdf>
- 第2作業部会報告 (影響、適応、脆弱性) は 2022 年 2 月 28 日出版
  - <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>
  - 日本語リリース [https://www.unic.or.jp/news\\_press/info/43676/](https://www.unic.or.jp/news_press/info/43676/)
  - 政策決定者向け要約日本語版 <https://www.env.go.jp/content/000138044.pdf>
- 第3作業部会報告 (緩和策) は 2022 年 4 月 4 日出版
  - <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
  - 日本語リリース [https://www.unic.or.jp/news\\_press/info/43792/](https://www.unic.or.jp/news_press/info/43792/)
  - 暫定訳  
[https://www.meti.go.jp/policy/energy\\_environment/global\\_warming/global2/about\\_ipcc/202302IPCCWG3SPMsecondversion.pdf](https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/global2/about_ipcc/202302IPCCWG3SPMsecondversion.pdf)
- 総合報告書 (2023 年)
  - <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
  - 暫定訳 <https://www.env.go.jp/content/000127495.pdf>
  - 概要 <https://www.env.go.jp/content/000126429.pdf>

# IPCCによる地球温暖化予測 (産業活動に変化がない場合)



[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc\\_90\\_92\\_assessments\\_far\\_wg\\_i\\_spm.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_wg_i_spm.pdf)



*Simulation of the increase in global mean temperature from 1850-1990 due to observed increases in greenhouse gases, and predictions of the rise between 1990 and 2100 resulting from the Business-as-Usual scenario.*

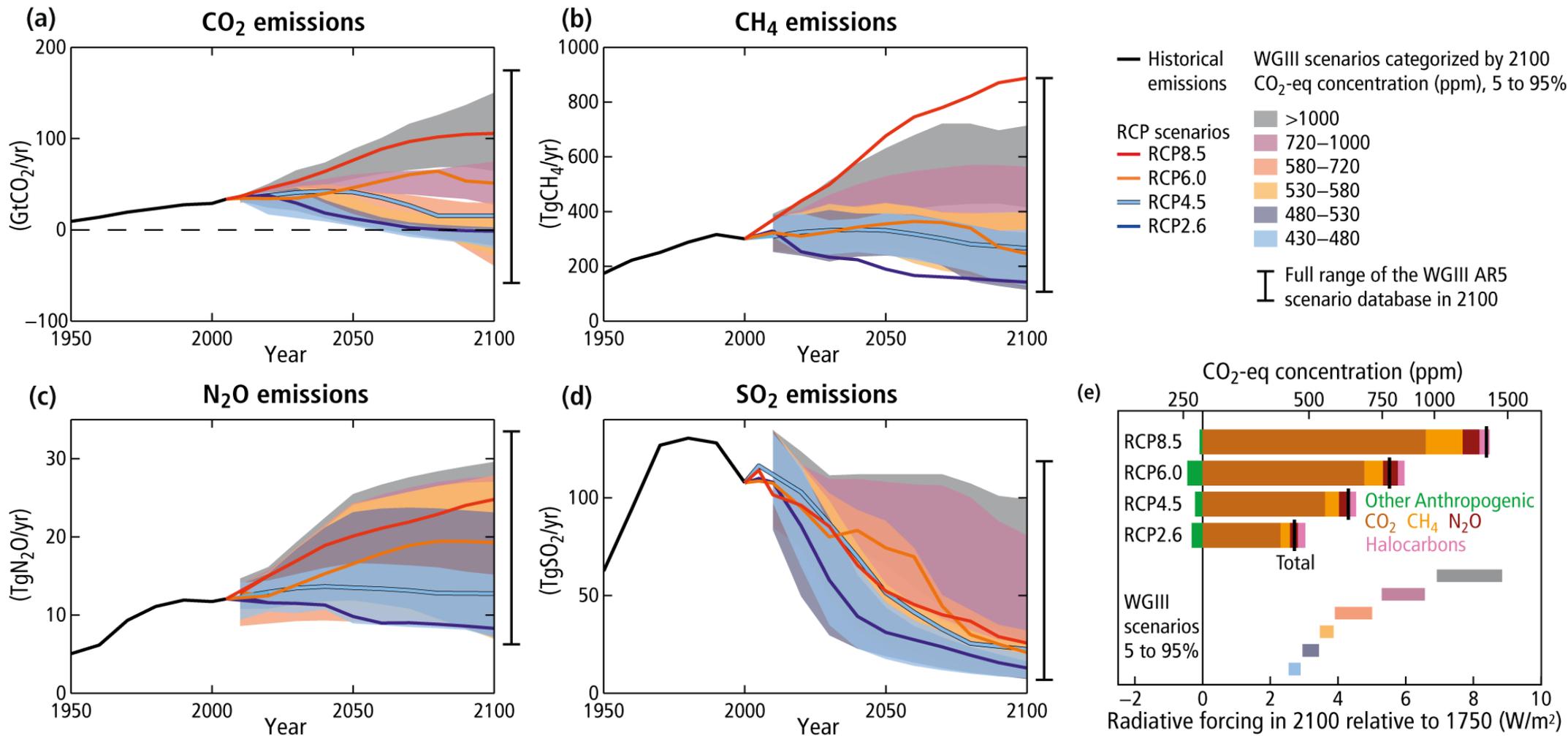
# さまざまなシナリオによる将来予測

- ありそうな将来像についてさまざまなシナリオ
- 気候システムへの介入レベルに応じて4つの「代表的な二酸化炭素濃度シナリオ」 (**RCPs**)
  - 放射強制力\* で 2.6, 4.5, 6.0, 8.5 W/m<sup>2</sup> (~ 二酸化炭素当量で 450, 650, 850, 1370 ppm)
  - \* [https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2009/2009\\_12\\_0029.pdf](https://www.metsoc.jp/tenki/pdf/2009/2009_12_0029.pdf)
  - 4つのRCPsは、WG1が示した気候変動予測セットに基づく
- ベースラインシナリオ: 気候変動を緩和するための付加的で明示的な努力なし
- 緩和シナリオ: 温室効果ガス排出を制限する努力の(何段階かの)導入
- 1200以上の緩和シナリオとベースラインシナリオに基づく予測を収集してデータベースに
  - 大抵の予測では、気候変動予測モデルの元となる社会経済予測が、気候政策がなかった場合の将来をどのように概念化するかについてのモデリングチームの選択を反映している
  - ベースラインシナリオでの仮定の範囲が広い: 経済成長について2100年までに3倍から8倍、エネルギー需要について2100年までにエネルギー集約度\*\*で40%から80%減、エネルギーの炭素集約度\*\*についても幅広い
  - \*\* <https://imidas.jp/genre/detail/K-108-0003.html>
  - 大多数のシナリオは2100年までに人口90億から100億という低・中レベルの範囲に集中している。文献で扱われているベースラインを含む二酸化炭素排出レベルの幅は広いけれども、おそらく潜在的にありうる範囲のすべてはカバーしていない
- WG3が評価したベースラインと緩和シナリオはRCPsの全範囲をカバーしている。しかし、低い側をより詳細に調べていて、多くのシナリオは2100年までに二酸化炭素当量で450、500、550 ppmという範囲を目指している

# もっともらしいシナリオによって シミュレートされた排出量予測



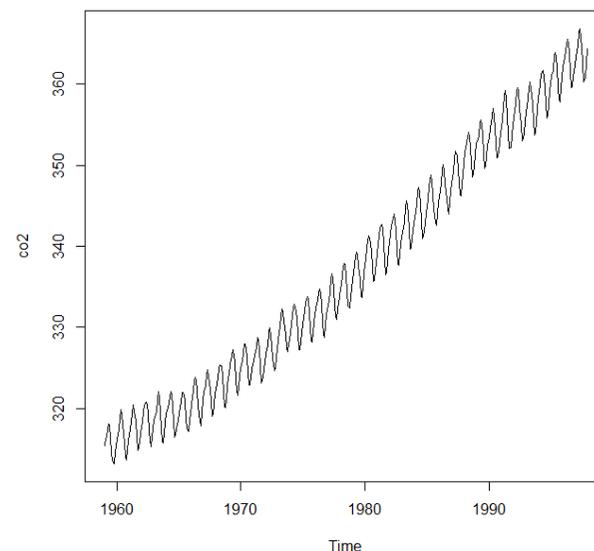
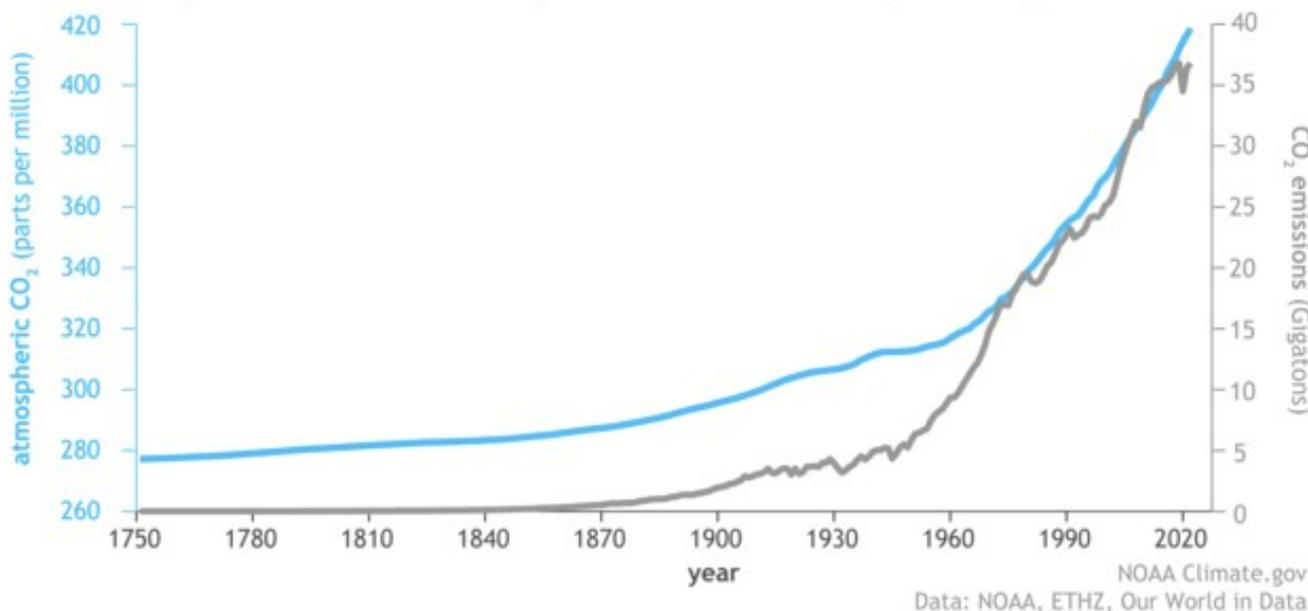
[https://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/sites/default/files/download.php?img=AR5\\_SYR\\_Box\\_2.2\\_Figure\\_1.png](https://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/sites/default/files/download.php?img=AR5_SYR_Box_2.2_Figure_1.png)



# 温室効果ガス排出の過去データ

- 地球の大気の組成は 18 世紀半ばから変化し始めた: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O が増加
  - <https://www.youtube.com/watch?v=gbxEsG8g6BA>
  - [https://gaw.kishou.go.jp/publications/global\\_mean\\_mole\\_fractions](https://gaw.kishou.go.jp/publications/global_mean_mole_fractions)
- 南極の氷床(過去の気体が泡として含まれる)の分析から、18 世紀末には 280ppm だった二酸化炭素濃度が 21 世紀には 380ppm と 35% 上昇したことが明らか
  - <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
  - 下図のように 20 世紀に加速(左の出典は上 URL。水色が二酸化炭素濃度 ppm、灰色が排出量 Gt)
- 温室効果ガス濃度が高いと地球温暖化が進む。大気下層部と地球表面での赤外線吸収の再放出に対する比が正 (=放射エネルギー収支が正=放射強制力が正)になるため

Global atmospheric carbon dioxide compared to annual emissions (1751-2022)



上図は R で `plot(co2)` と打つ  
(<https://www.r-project.org>).

# 放射強制力の構成成分

(IPCC AR5 WG1, Fig. 8.15)



[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter08\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf)

Radiative forcing of climate between 1750 and 2011

Forcing agent

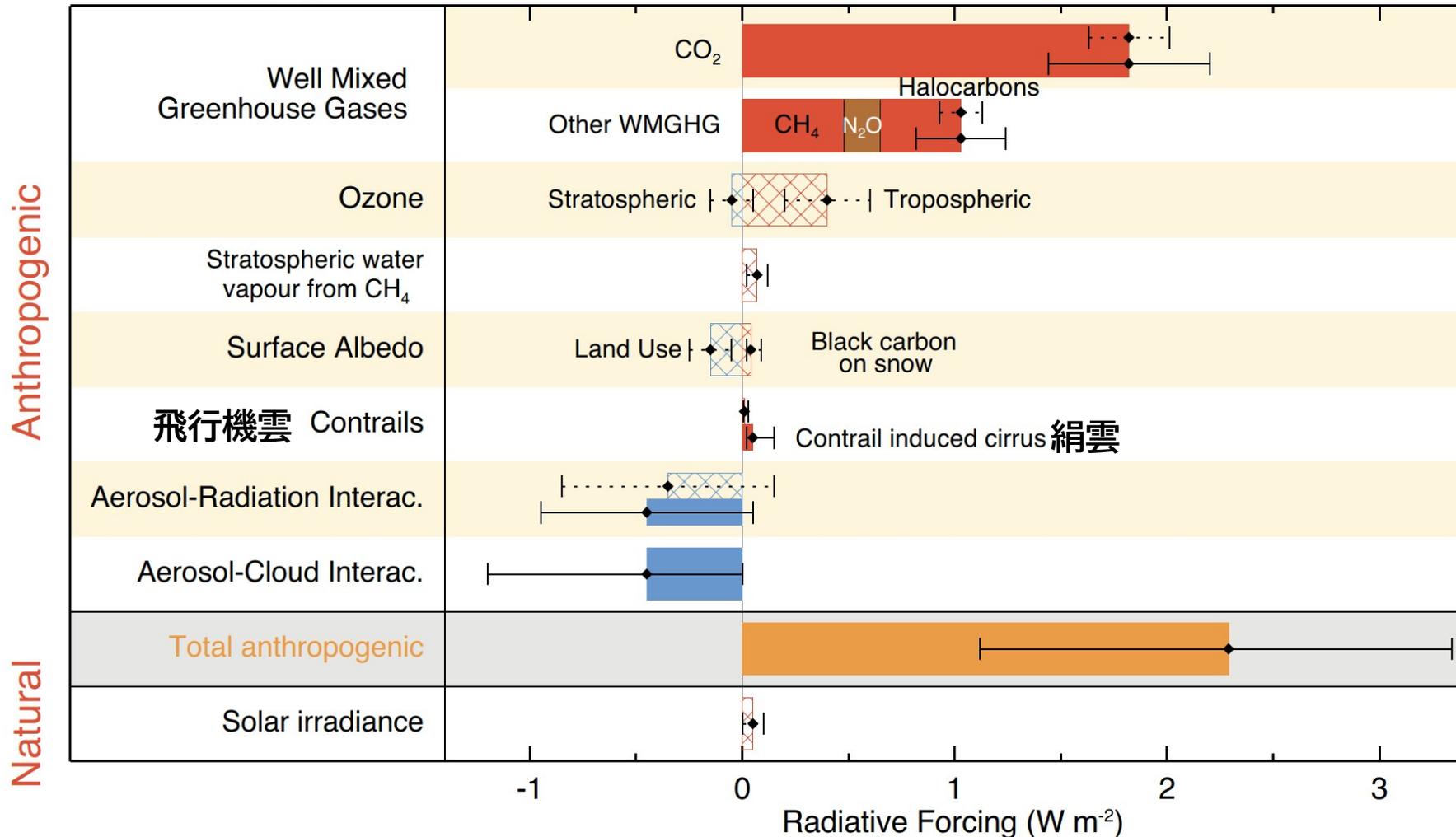


Figure 8.15 | Bar chart for RF (hatched) and ERF (solid) for the period 1750–2011, where the total ERF is derived from Figure 8.16. Uncertainties (5 to 95% confidence range) are given for RF (dotted lines) and ERF (solid lines).

# 主な温室効果ガス



Frumkin H [Ed.] 2010 "Environmental health: from global to local 2nd ed.", Jossey-Bass より

気体の種類	化学式	産業革命以前の濃度 (ppb)	2005 年の濃度 (ppb)	大気中保持期間 (年)	主な人為的発生源	地球温暖化能 (GWP)
二酸化炭素	CO <sub>2</sub>	278,000	379,000	可変	化石燃料、土地利用、セメント	1
メタン	CH <sub>4</sub>	700	1,774	12.2±3	化石燃料、水田、廃棄物、家畜(とくに牛)	21
亜酸化窒素	N <sub>2</sub> O	275	319	120	肥料	310
CFC-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0	0.538	102	冷媒	6,200-7,100
HCFC-22	CHClF <sub>2</sub>	0	0.169	12.1	冷媒	1,300-1,400
四フッ化炭素	CF <sub>4</sub>	0	0.074	50,000	アルミニウム製造の副産物	6,500
六フッ化硫黄	SF <sub>6</sub>	0	0.006	3,200	誘電性流体	23,900

# 気候変動にとくに脆弱な地域

- 気候に敏感な病気(例えばマラリア)が高度常在している地域内や境界地域やそこに住む人々
  - 温暖化によりハマダラカのライフサイクルが短縮したり、分布域が拡大すると、マラリア患者が増える
- 極端な気象と流行病の間に関連が認められる地域(例えば、マラリアやデング熱のような蚊媒介感染症の流行がエルニーニョと関連していること)
- 健康に関連した複合的な気候の影響でリスクが上昇している地域(例えば、食料供給や水の供給へのストレスや海岸の洪水リスクなど)
- 環境ストレスや社会経済ストレスが高いことと適応能力が低いことが同時にあることで脆弱な地域(例えば、土地利用に関するストレスや、貧困あるいは健康に関するインフラが低開発であること)

# 食糧生産への影響と低栄養

- 干ばつは低栄養を悪化させる
  - 水不足進行 [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10826](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10826)
  - 水不足(使える淡水が1人 1700t/yr 未満)の国に住む人は 2025 年に 50 億人
  - 中央アジアとアフリカ南部では川の流量が減少中
    - チベット高地の氷河は 2035 年まで融けると予測
    - 下痢、疥癬、結膜炎、トラコーマが、水不足のために衛生状態が悪化することを通して増加
  - 穀物生産と家畜も影響を受ける
- Rosenzweig and Perry (1994) は、2060 年までに、人為起源の温暖化による低栄養のリスクに瀕する人口が 6.4 億人というベースライン推定よりも 0.4-3 億人多くなると予測  
<https://www.nature.com/articles/367133a0>
- 海水の温度上昇と水の酸性化(海洋の pH は 21 世紀中に 0.14-0.35 低下すると予測され、それによってプランクトンも減ると予測されている)によって漁業も影響を受ける

# 極端な気象

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3\\_FINAL-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX-Chap3_FINAL-1.pdf)

- 熱波
  - 2003年8月の熱波により、ヨーロッパ諸国(ベルギー、スイス、ドイツ、スペイン、フランス、イタリア等)で44,878人の超過死亡があった
  - 都市のヒートアイランド(建物や黒いアスファルトはアルbedoが低く蓄熱しやすいことやヒトの活動によって蓄熱され、樹木が少なく風の道がないことにより放熱しにくいいため、周辺に比べて都市は気温が高くなりやすい)が状況をさらに悪化させる
- 極端な低温の減少
  - 脳卒中を減らすかもしれないが、インフルエンザとは関係していない。健康への悪影響は限定的
- 自然災害
  - 洪水、干ばつ、森林火災は増加している。自然災害で直接健康被害を受けるヒトだけではなく、自然災害後には、PTSDの患者や感染症が増加することも報告されている(交絡因子も調整しなくてははっきりいえないが)
- 海面上昇
  - 18世紀までの2000年間は海水面の高さはほとんど変わらなかった。
  - 19世紀から、年平均1.7 mm上昇している。主な原因は、海水が温度により膨張すること、氷河が融けること
  - 太平洋島諸国では居住面積の減少が問題となっている
  - [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter13\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter13_FINAL.pdf)

# 大気汚染

- 対流圏オゾン
  - USA の 95 の大都市で 1987 年 -2001 年に得られた日毎の死亡率と大気中オゾン濃度のデータを解析した結果、前週のオゾン濃度が 10 ppb 上昇すると、一日当たり総死亡率が 0.52% 上昇し、心血管と呼吸器系疾患の死亡率が 0.64% 上昇していた (Bell et al., 2004)  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3546819/>
  - USA 東部で、2020 年代、2050 年代、2080 年代にそれぞれ 5 回の夏のシミュレーションをした結果、夏の平均日最高 8 時間オゾン濃度が、1990 年代のそれに比べて、それぞれ 2.7、4.2、5.0 ppb 上昇した (Hogrefe et al., 2004).  
<https://doi.org/10.1029/2004JD004690>
  - 2050 年までにオゾン濃度が基準値を上回る日が増えるという予測もある (Patz et al., 2004)。夏の 89 日間のうち、良い日は 9.9 日減り、中程度の日が 2.5 日増え、不健康な日が 7.4 日増えるとされた(とくに感受性の高いグループにおいて)
- 大気中のアレルゲン (Haines and Patz, 2004)  
<https://doi.org/10.1001/jama.291.1.99>
  - 二酸化炭素濃度上昇により花粉が増えるという予測
- アレルゲンと接触皮膚炎
  - ツタウルシ (poison ivy) が増え、それに触ったヒトの接触皮膚炎が増える

# 感染症

- 水系または食品由来感染症
  - 気候変動は淡水と海の生態系に影響する
  - 腸管出血性大腸菌 O157 や他の細菌は、大雨でインフラが壊れると飲料水が汚染されて増える
  - 海水は有害な渦鞭毛藻類で汚染されている。シガテラ汚染された魚類や、ビブリオ属の細菌（コレラ菌など）も温水で増える
  - 暖かい日と湿度が高い日が増えると、サルモネラ菌感染やカンピロバクターのような食品由来の感染症が増える
- 動物媒介感染症
  - 蚊媒介感染症: マラリア (An.)、デング熱 (Ae.)、西ナイル熱 (Cu.)、ジカ熱 (Ae.)、チクングニア (Ae.)、リフトバレー熱 (Ae.) は高温で蚊のライフサイクルが短縮したり、大雨の後の水たまり増加で蚊の繁殖場所が多くなるため増える
  - ダニ媒介感染症
    - ライム病が増える。ダニの生存に必要な、月平均最低気温が摂氏マイナス7度を上回る地域が広がるため
    - マダニ媒介感染症の SFTS は新興の致死的な疾患  
<https://www.youtube.com/watch?v=U01Bpg6xEXc>
  - げっ歯類媒介感染症(げっ歯類につくノミが媒介するものを含む): ハンタウイルス感染とペストは増えるかもしれない

# 公衆衛生対応



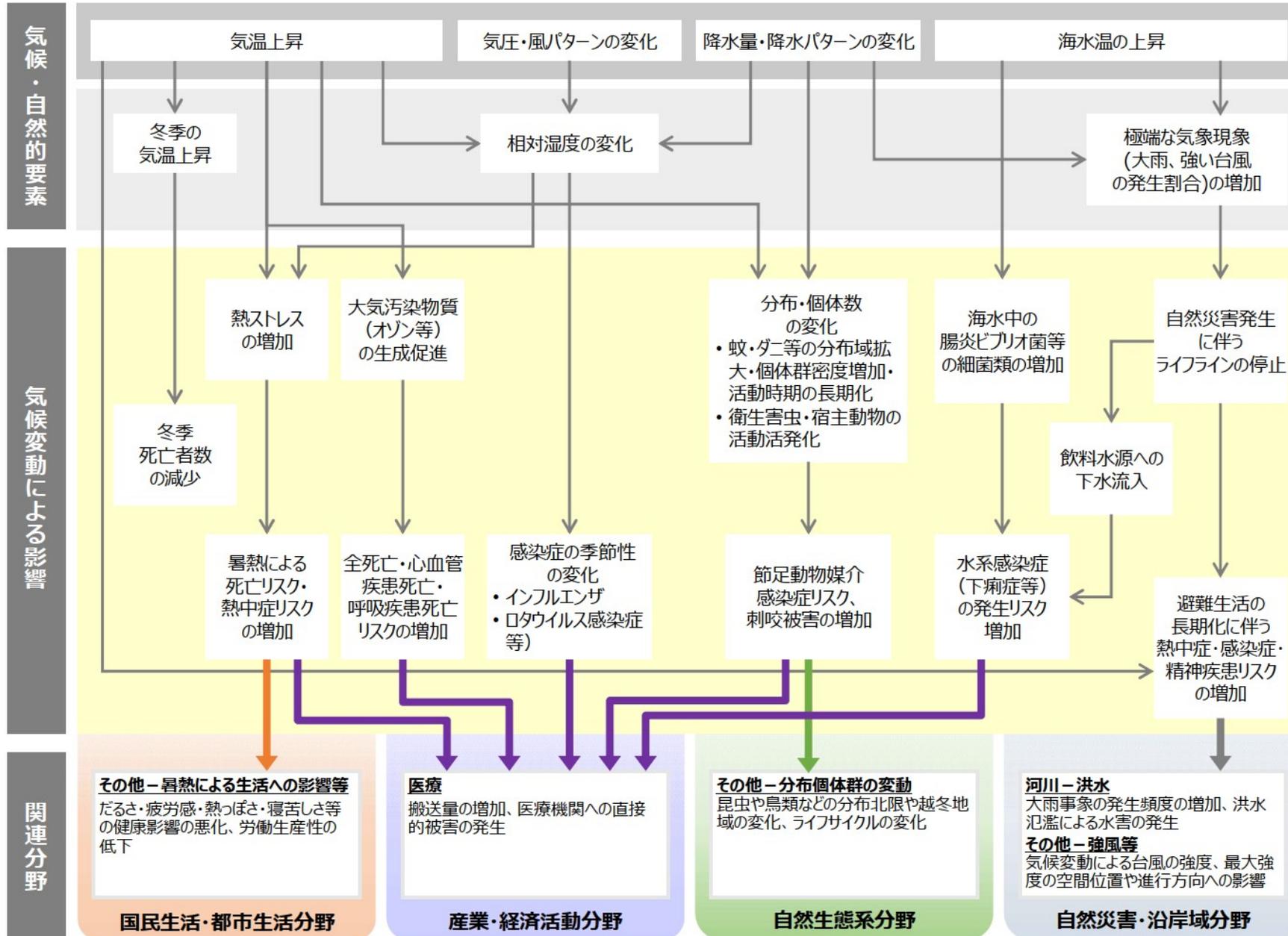
- 緩和方策と適応
  - 緩和方策＝一次予防
    - 温室効果ガスの生産を定常化するか減らす努力
      - 例えば、エネルギー生産を風力、太陽光など再生可能なもので置き換えると温室効果ガスは減る
      - 安定化のための楔: 温室効果ガス削減に寄与する技術や行動変容は一種の楔と見ることができ、楔の組み合わせは気候を安定化する戦略となりうる
  - 適応＝二次予防
    - 気候変動の公衆衛生インパクトを減らす努力。例えば災害準備性を高めること
    - 脆弱性評価が必要
- 両得(シナジー): もし1つの戦略が2つ以上の緩和策や適応策に寄与するなら、政治的に受け入れられやすい
- 意図しない結果: 例えば、生物燃料の生産は、おそらく今後 15-20 年の間に 4 倍になると、逆に食物としての穀物が不足し、穀物価格が上昇するかもしれない
- 気候変動政策: 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) は、1992 年以来 COP という枠組みを設定した。1997 年の COP3 では京都議定書ができた。2007 年の COP13 では、USA が批准しない唯一の国だったが、2008 年の選挙で大統領が代わり、USA も批准した
- 倫理的考慮: 先進国は温室効果ガスの排出に間違いなく責任があるが深刻な影響を受けていない。逆に、途上国は大きな影響を受けている。同じような矛盾は各国内の富裕層と貧困層の間にも存在する

# 気候変動影響評価報告書 (2020年、環境省)

- <https://www.env.go.jp/content/900440669.pdf>

タイトル	内容	本資料のページ	報告書の参照ページ
	気候変動影響評価報告書の6つのポイント	1	総説 1~4
	背景及び目的	2	総説 5~8
日本の気候変動の概要	気候変動の観測・予測に関する主な取組	3	総説 9~10
	大気中の温室効果ガス濃度の状況	4	総説 11
	気候変動（気温）の観測結果と将来予測	5~6	総説 12~15
	気候変動（降水量）の観測結果と将来予測	7~8	総説 16~20
	気候変動（積雪・降雪）の観測結果と将来予測	9	総説 21~23
	気候変動（海水温、海水、海洋循環、海洋酸性化、台風）の観測結果と将来予測	10~12	総説 24~31
日本の気候変動影響の概要	気候変動影響の評価手法	13~14	総説 33~41
	農業、森林・林業、水産業分野における気候変動による影響の概要	15~30	詳細 14~80
	水環境・水資源分野における気候変動による影響の概要	31~39	詳細 81~105
	自然生態系分野における気候変動による影響の概要	40~57	詳細 106~176
	自然災害・沿岸域分野における気候変動による影響の概要	58~69	詳細 177~216
	健康分野における気候変動による影響の概要	70~81	詳細 217~244
	産業・経済活動分野における気候変動による影響の概要	82~93	詳細 245~277
	国民生活・都市生活分野における気候変動による影響の概要	94~99	詳細 278~291
	分野間の影響の連鎖	100~101	総説 64~69
	気候変動影響の評価手法に関する課題と展望	102~103	総説 70~71
気候変動影響の評価に関する現在の取組と今後の展望	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気候変動影響評価及び適応策立案に関する分野横断的な取組</li> <li>・ 気候変動影響評価及び適応策立案に関する分野別の取組</li> <li>・ 気候変動予測、影響評価、適応策立案・実施の連携強化</li> <li>・ 気候変動影響評価及び適応に関する国際協力</li> </ul>	104~111	総説 72~81
参考資料	気候予測に用いられている各シナリオの概要	112	総説 82~86
	気候変動分野における関連ウェブサイトの紹介	113	—

# 健康分野への影響の概略(出典:前掲)



# マイクロプラスチック汚染

## • 現状

- 最初からビーズ状で海洋廃棄されるもの+固形プラスチックとして廃棄され海で細粒化されるもので太平洋の真ん中にもマイクロプラスチック塊が存在
  - 魚などの海洋生物が体内に取り込み死亡する例も
  - 映画 "A Plastic Ocean" : <https://www.youtube.com/watch?v=6zrn4-FfbXw>
  - ナショナルジオグラフィック: <https://www.youtube.com/watch?v=HQTUWK7CM-Y>
  - NBC ニュース: <https://www.youtube.com/watch?v=nf8QHkSZr88>
  - UNEP : <https://plasticoceans.org/wp-content/uploads/2017/11/UNEP-research.pdf>
  - 海洋ごみに関する国際動向について(環境省資料, 2018年3月)  
[https://www.env.go.jp/water/marine\\_litter/conf/c02-12/mat05.pdf](https://www.env.go.jp/water/marine_litter/conf/c02-12/mat05.pdf)
  - 研究班資料: [https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/pdf/h30\\_s2-2\\_gaiyou.pdf](https://www.erca.go.jp/suishinhi/koubo/pdf/h30_s2-2_gaiyou.pdf)
- 2018年6月, G7 サミットで「海洋プラスチック憲章」がまとめられたが, 日本と米国のみ署名しなかった
- グリーンピース声明  
( <https://www.greenpeace.org/japan/sustainable/press-release/2018/06/11/875/> )は「日本と米国が同憲章に署名すらしなかったことは恥ずべき」と批判
  - 環境大臣会見( <https://www.env.go.jp/annai/kaiken/h30/0612.html> )は「同憲章が目指す方向性を共有しつつも、生活用品を含め、あらゆるプラスチックを対象とした使用削減の実現にあたっては、市民生活や産業への影響を慎重に調査・検討する必要があることから、今回の参加を見送ることとした」と弁明

# PFAS 問題

- 公衆衛生学の「環境保健 (2)」の最後のスライドでも触れたが、PFAS と総称される有機フッ素化合物は分解されずに環境中を循環するため、世界中で飲料水や地下水、食物などに含まれ、血中からも検出されることで大問題になっている
- アップデートとして、食品安全委員会からの 2024 年 6 月 25 日報告
  - [https://www.fsc.go.jp/osirase/pfas\\_health\\_assessment.html](https://www.fsc.go.jp/osirase/pfas_health_assessment.html)
  - 審議経過 <https://www.fsc.go.jp/senmon/sonota/pfas.html>
  - 座長インタビュー [https://www.fsc.go.jp/osirase/pfas\\_interview.html](https://www.fsc.go.jp/osirase/pfas_interview.html)
    - PFAS のうち PFOA、PFOS、PFHxS の食品健康影響評価を行う目的
    - 既存の文献をレビューするとデータが少なく矛盾も多い現状
    - EU の 2020 年基準では、PFAS の Tolerable Weekly Intake (耐容週摂取量) が 4.4 ng/kg 体重  
[https://food.ec.europa.eu/safety/chemical-safety/contaminants/catalogue/pfass\\_en](https://food.ec.europa.eu/safety/chemical-safety/contaminants/catalogue/pfass_en)
    - 今回の評価書では、PFOA と PFOS について、Tolerable Daily Intake (耐容一日摂取量) をそれぞれ 20 ng/kg 体重とした
  - 評価書  
<https://www.fsc.go.jp/fsciis/attachedFile/download?retrievalId=kya20240625001&fileId=201>
  - 評価書の概要  
[https://www.fsc.go.jp/osirase/pfas\\_health\\_assessment.data/pfas\\_hyoukagaiyou.pdf](https://www.fsc.go.jp/osirase/pfas_health_assessment.data/pfas_hyoukagaiyou.pdf)

# 国際的取り組み

- 地球環境問題への取り組みは、国連の、例えば国連環境開発計画 (UNEP) を中心として、各種の政府間パネルや、NGO によって活発に行われている。以下は例
  - フロンガス排出を規制するモントリオール議定書(1987年)
  - IPCC (気候変動に関する政府間パネル)
  - COP (気候変動枠組み条約締約国会議)
  - POPs 条約(残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約):環境中での残留性、生物蓄積性、人や生物への毒性が高く、長距離移動性が懸念される PCB, DDT 等の残留性有機汚染物質 (POPs: Persistent Organic Pollutants) の、(1) 製造及び使用の廃絶, (2) 排出削減, (3) これらの物質を含む廃棄物等の適正処理等を規定
    - 1992年地球サミット(RIO会議)→1995年UNEPで12種類のPOPsを規制する国際条約策定を求める決議→2001年採択, 2004年に締約国が50になり発効。日本は2002年に加入。
    - PFASへの国際的な取り組みもPOPs条約の枠組みで行われている。
    - [https://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/int/pops.html](https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/int/pops.html)
- 2012年に開催されたRIO+20ではsustainability強調→2015～SDGs
- 2015年からロックフェラー財団とLancetが音頭をとったPlanetary Health  
[https://www.nagasaki-u.ac.jp/ja/pickup/ph\\_3.html](https://www.nagasaki-u.ac.jp/ja/pickup/ph_3.html)