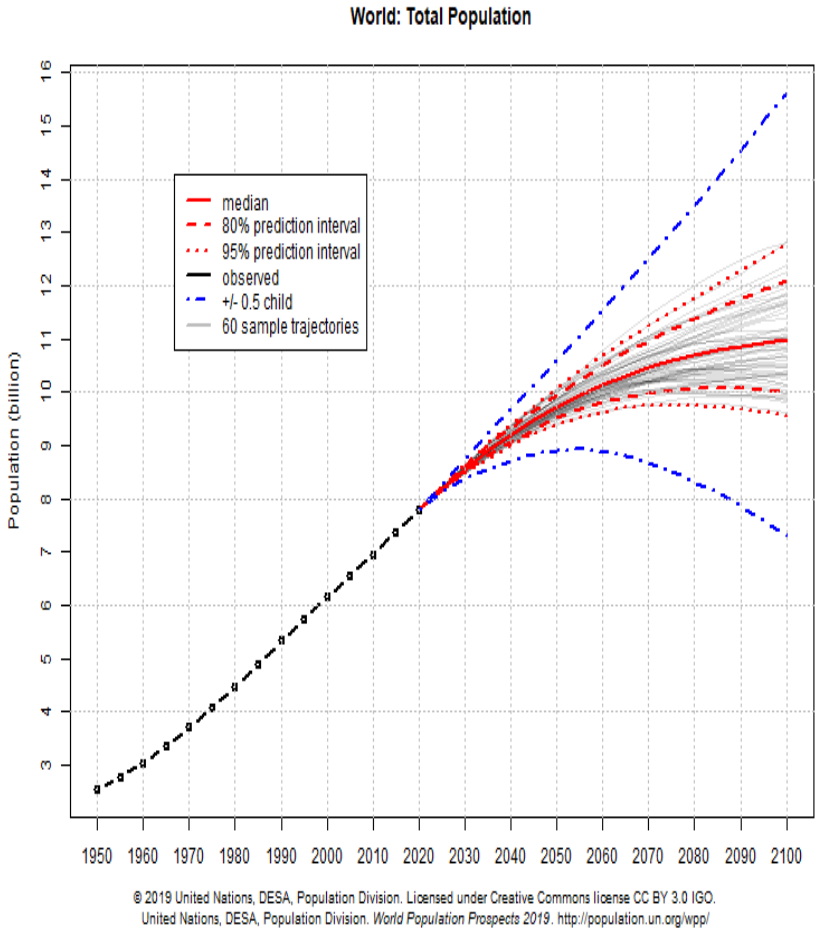
地球環境問題

環境・食品・産業衛生学 2026.7.6

- 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
  - マイクロプラスティック汚染
- 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

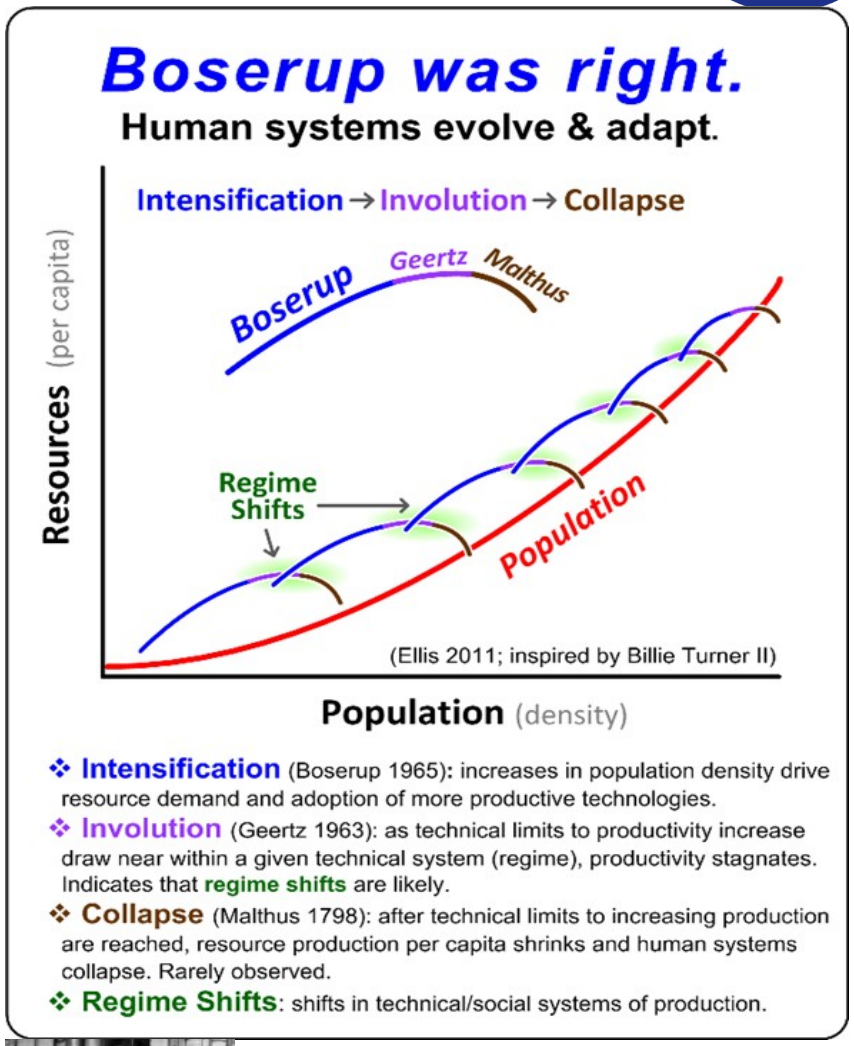
- 近年の地球人口の推移
  - 73.8 億 (2015.11.18) → 75.8 億 (2017.11.29)
    → 77.5 億 (2019.11.24) → 78.3 億 (2020.11.25)
    → 79.1 億 (2021.11.27)→80.4 億 (2023.6.30)
    → 82.3 億 (2025.7.4)→83.0 億(2026.7.1)
    https://www.worldometers.info/world-population/
- 事実上、世界のあらゆる地域で出生率は低下している
  - ヨーロッパ、アジア、北米では急速に減少
    → "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

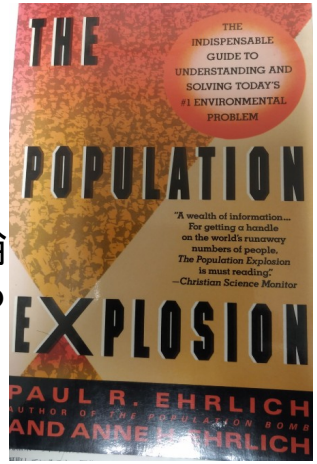


人口の環境への影響

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
- キャナンらの適度人口論：土地と資本が一定なら、人口が増えて労働投下が増えると、当初は労働生産性が上がるが、ある一定点（適度点）を超えると労働の増投に対して労働生産性が低下するので、適度点での人口が適度人口
  https://core.ac.uk/download/pdf/267842755.pdf
- 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、休耕期間の短縮等）の応用を通して農業集約化の引金となる
- 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、先進国は豊かさと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)
    エーリック夫妻 (1990)『人口爆発』
- ロンボルグ『環境危機をあおってはいけない』とScientific American 誌での多数の科学者の反論と再反論（リンク先はロンボルグ本の訳者による点に留意）
  https://cruel.org/kankyou/





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

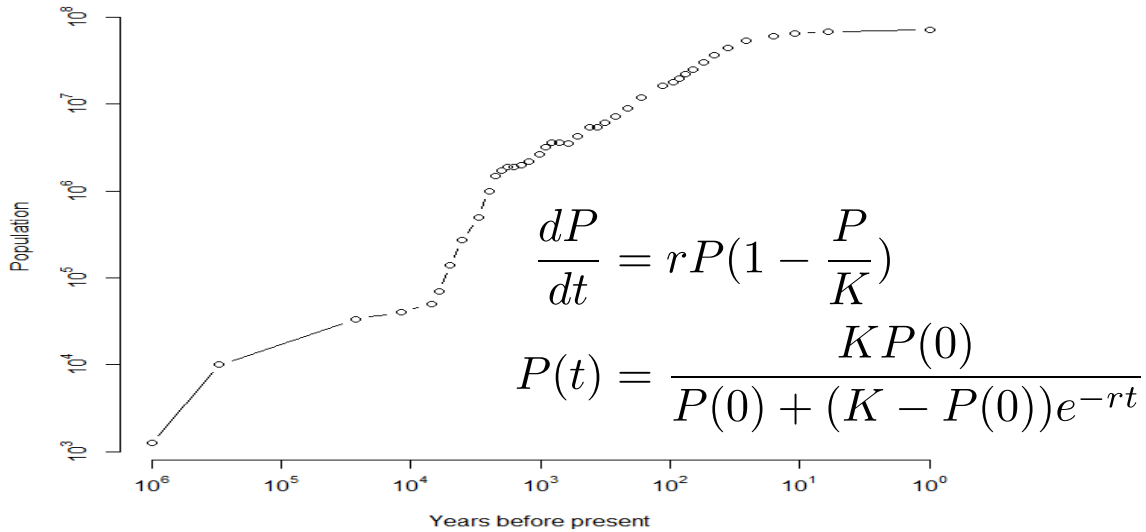
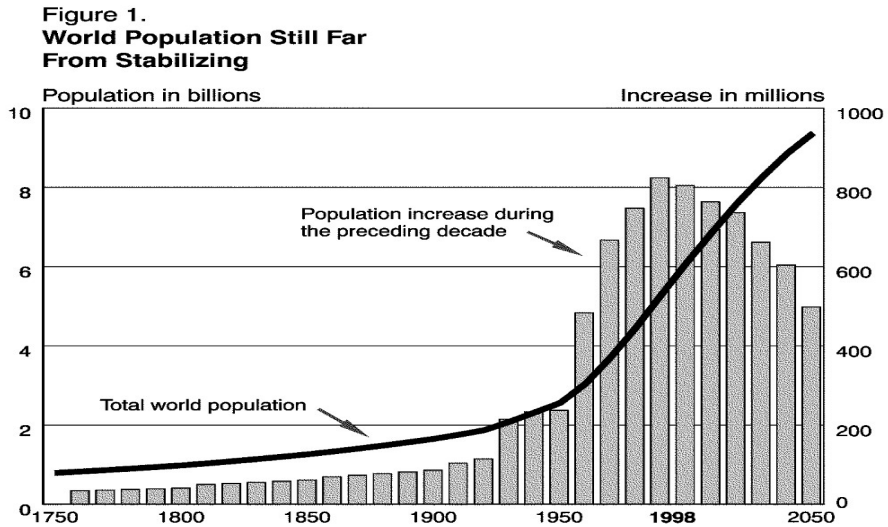


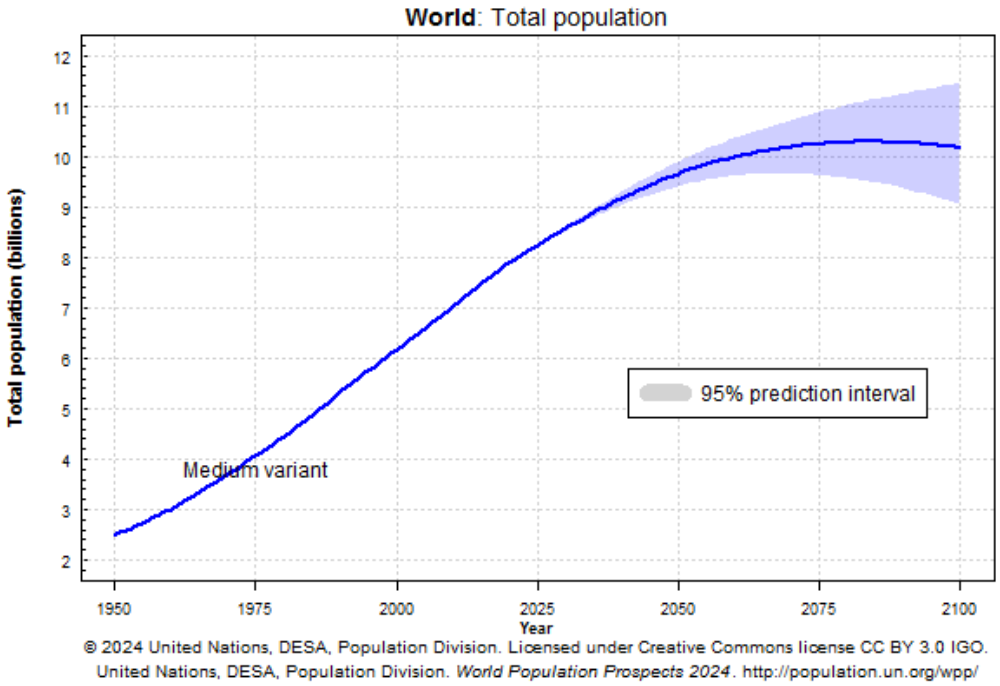
Figure. World population growth (Deevey's steps), based on Cohen 1998 data

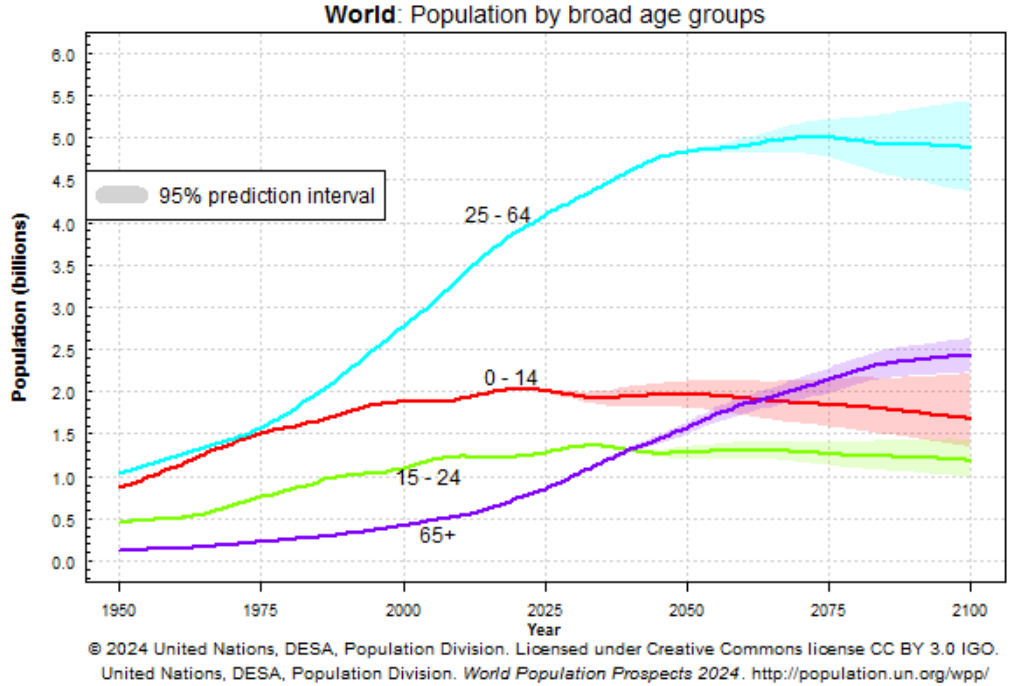


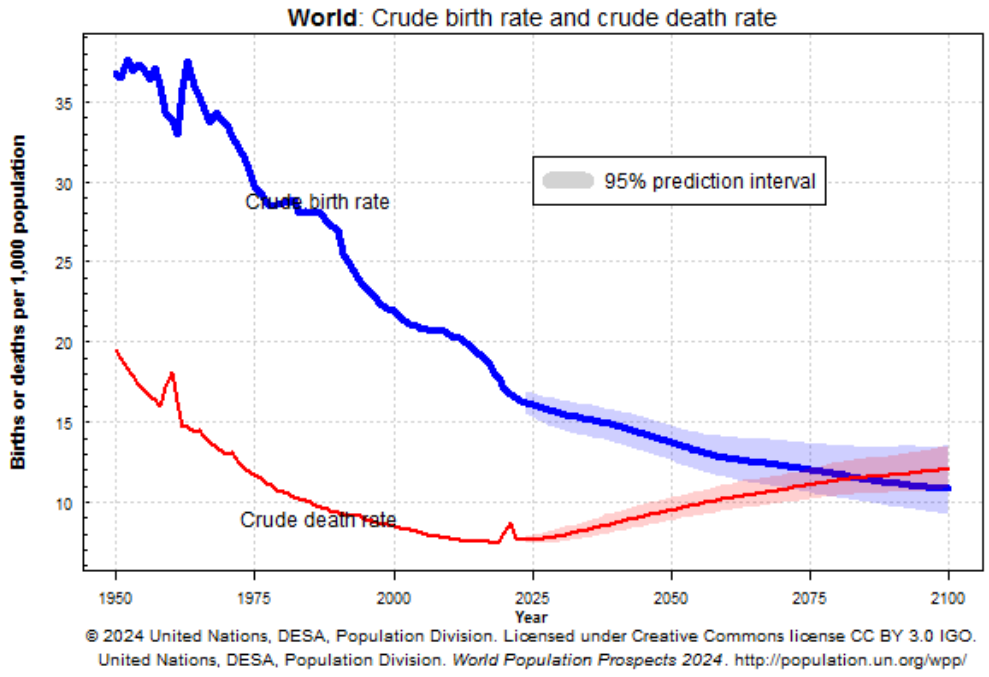
- Deevey (1960) https://www.jstor.org/stable/10.2307/24940623
  - 両対数グラフを描くと一連の多段階のロジスティック成長が見える
  - 「3回の人口急増」は、文化革命(石器の使用)、農耕革命(定住農耕)、科学技術革命(化石燃料と機械の使用)に対応
- 1750 年以降の年人口増加数(右上図の棒グラフ、右の軸、100 万人単位)
  - 1750 年以前は 0.5% 未満
  - 1750-1930 年は 0.5-1%
  - 1950 年以降は 1.6% 超。主に途上国での増加
- 次スライドに示すように、1960 年頃に人口増加率は一時的に急低下した。中国の飢饉のためとされている https://doi.org/10.1136/bmj.319.7225.1619

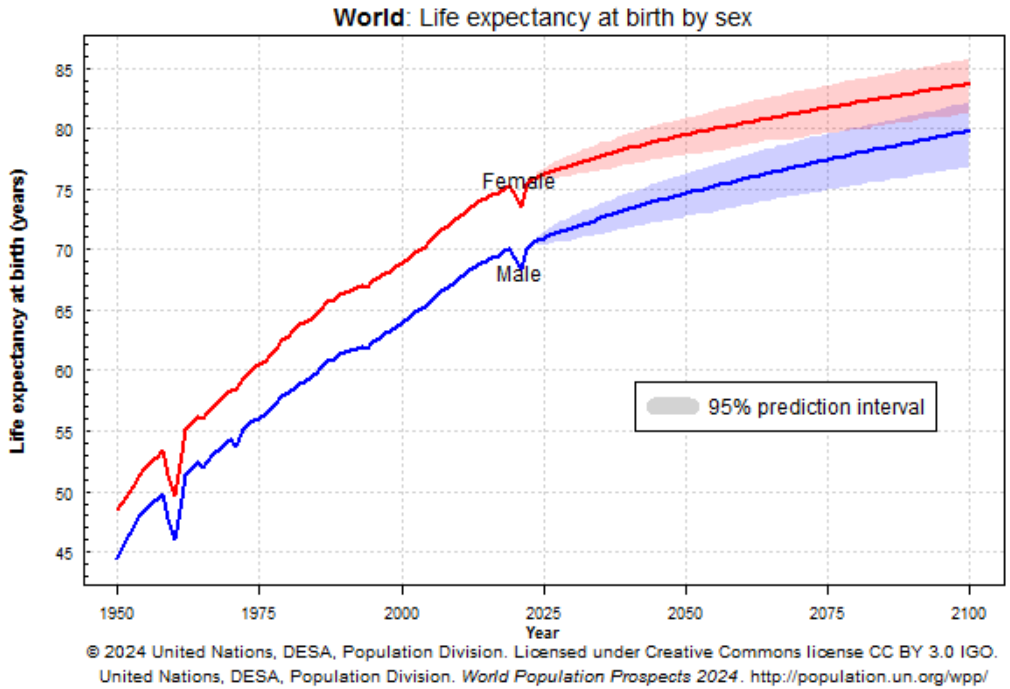
World Population Prospects 2024

- https://population.un.org/wpp/graphs?loc=900&type=Demographic%20Profiles&category=Line%20Charts



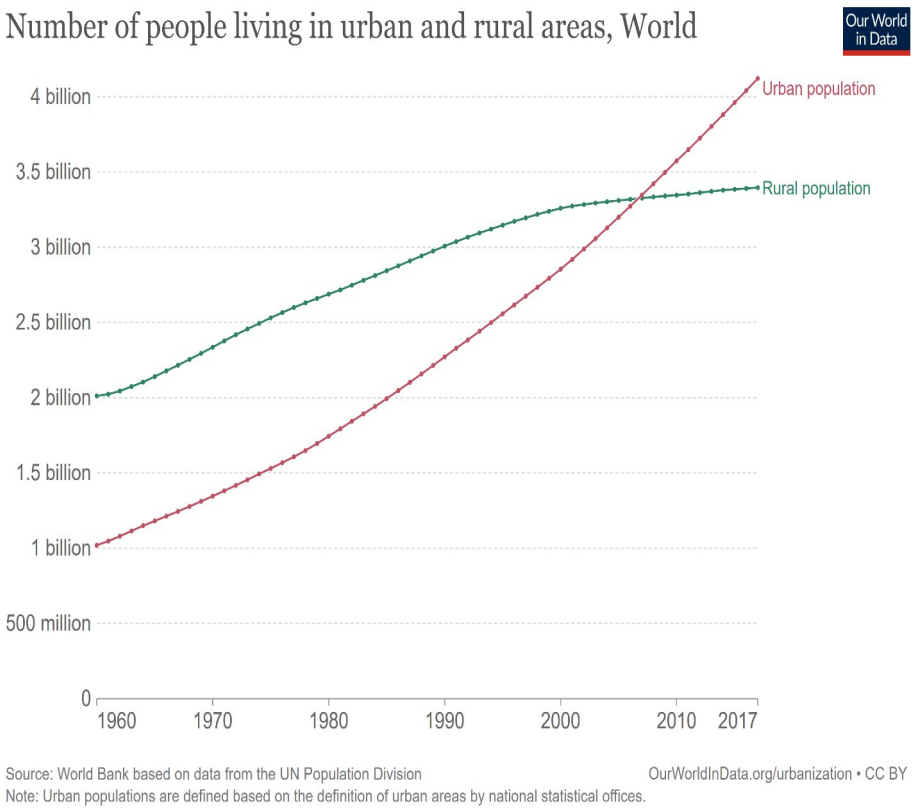


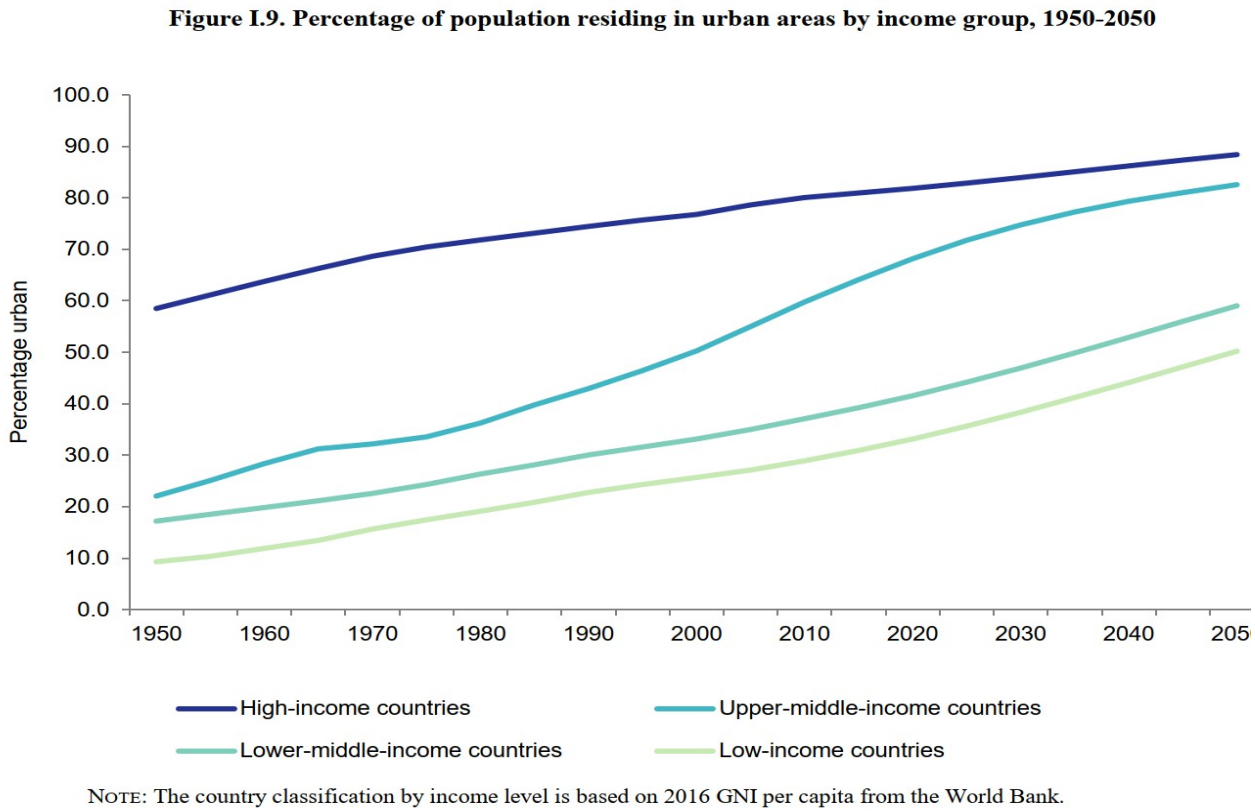




都市化する人口分布

- 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（下図左）https://ourworldindata.org/urbanization
  - World Urban Prospects 2018（下図右）https://population.un.org/wup/assets/WUP2018-Report.pdf
  - 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
- 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

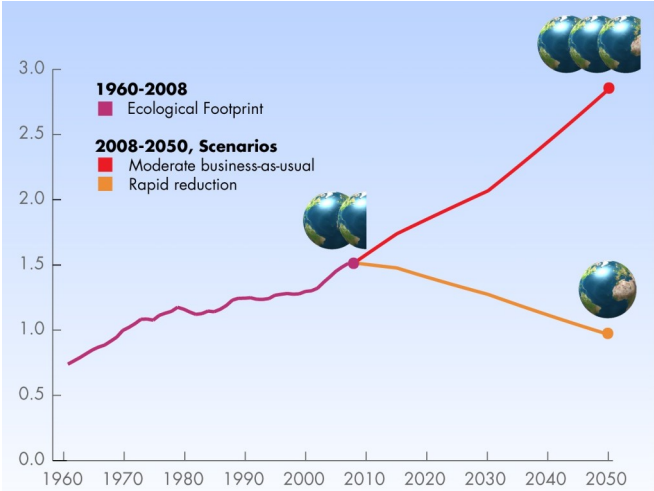




人口と環境の関係

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)



y-axis: number of planet earths, x-axis: years

- 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_2 varies by affluence. 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/i2389e/i2389e.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、2025 年 6 月から3区分され、低所得国は 3.00US ドル以下、低中所得国は 4.20US ドル以下、高中所得国は 8.30US 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 や SDG1 のおかげもあって、近年減少
  - 19 億人(1981 年)
    → 18 億人(1990 年)
    → 14 億人(2005 年)
    → 8.3 億人(2025 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/
  - 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/
  - 2025 年 AR7 の枠組み決定
    https://www.env.go.jp/earth/ipcc/7th/
- 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/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

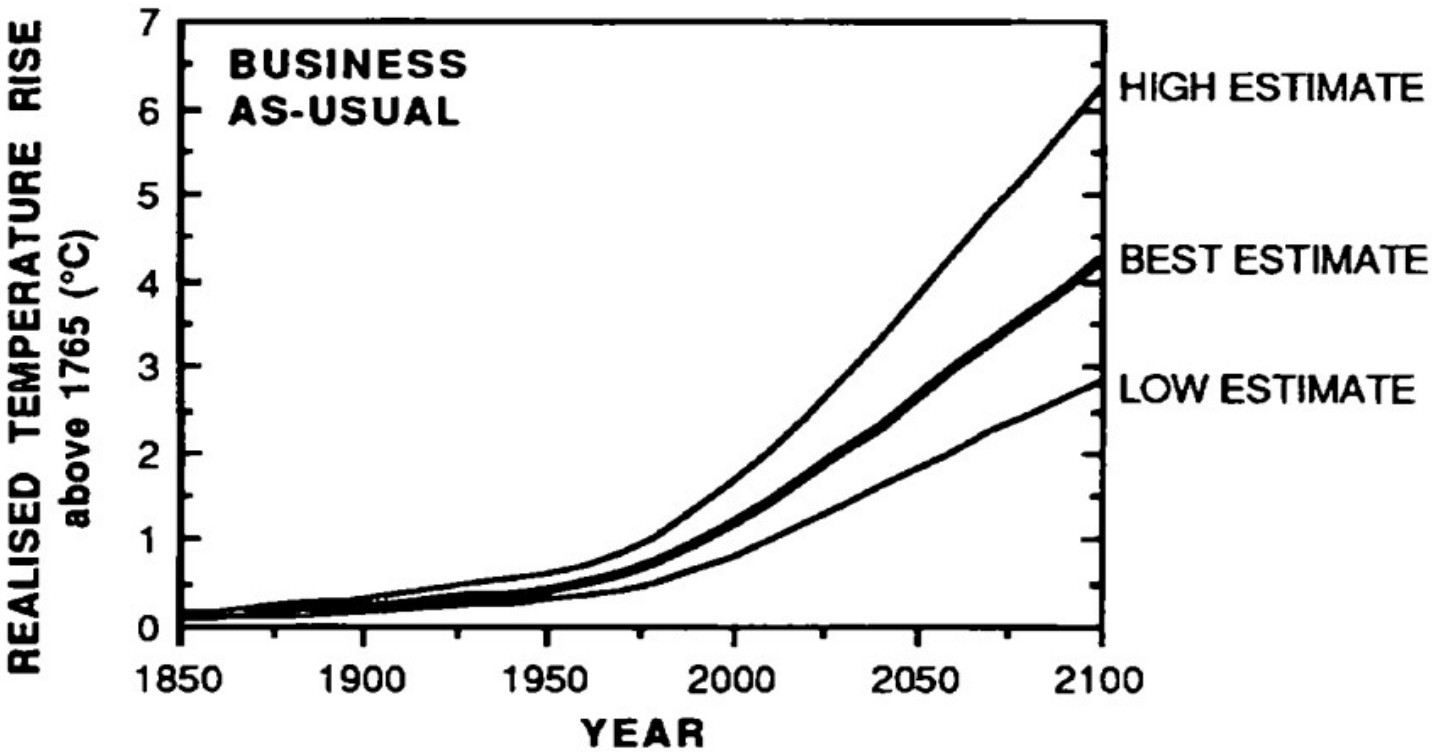
- 1988: UNEP と WMO が IPCC を設立
- 1990: AR1: 科学的評価 (WG1), 影響評価 (WG2), 応答戦略 (WG3); 国連は FCCC の準備開始
- 1992: AR1 の追加報告 ; リオの地球サミットで UNFCCC 創設
- 1995: AR2: 科学 (WG1), 影響、適応、緩和策 (WG2), 経済社会面 (WG3)
- 1996:『国の温室効果ガス目録のための IPCC ガイドライン』
- 1997: COP3 で京都議定書 (https://unfccc.int/cop3/resource/docs/cop3/protocol.pdf) 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 https://www.cop28.com/en/
- 2024: COP29 はバクー（アゼルバイジャン）で開催 https://www.env.go.jp/earth/cop29.html
- 2026: IPCC64 がバンコク（タイ）で開催 https://www.ipcc.ch/meeting-doc/ipcc-64/

第6回評価報告書（AR6）

- https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/
- https://www.env.go.jp/earth/ipcc/6th/index.html
- 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
  - 解説資料 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/
  - 解説資料 https://www.env.go.jp/content/000155003.pdf
  - 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/
  - 解説資料 https://www.env.go.jp/content/000155004.pdf
  - 政策決定者用要約暫定訳 https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/global2/about_ipcc/
- 総合報告書 (2023 年)
  - https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/
  - 解説資料和訳 https://www.env.go.jp/content/000171954.pdf
  - 概要 https://www.env.go.jp/content/000265060.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



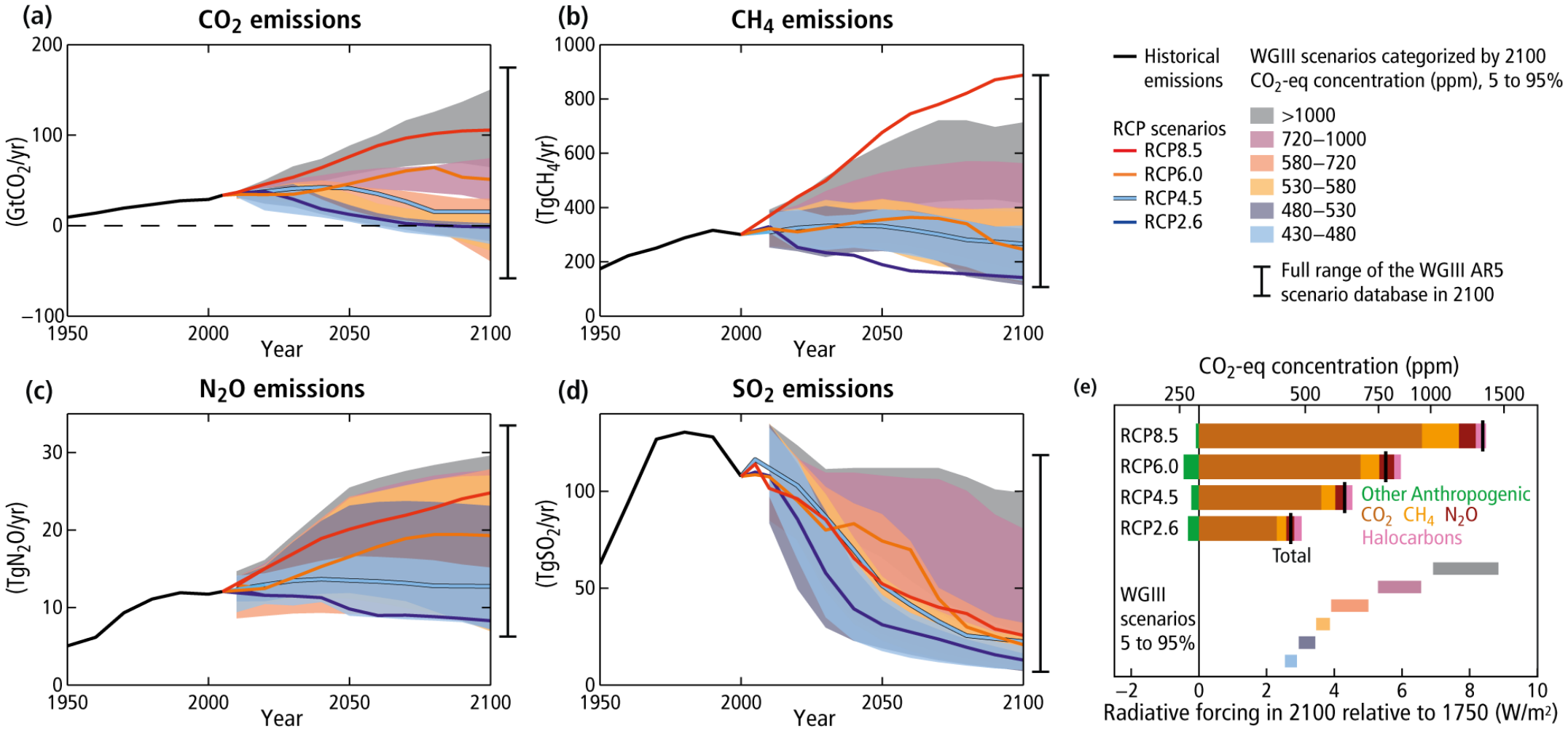
Simulation of the increase in global mean temperature from 1850-1990 due to observed increases in greenhouse gases, and predictions of the rise between 1990 and 2100 resulting from the Business-as-Usual scenario.

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」(**RCP**s)
  - 放射強制力 * で 2.6, 4.5, 6.0, 8.5 W/m^2 (~ 二酸化炭素当量で 450, 650, 850, 1370 ppm)
    * 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

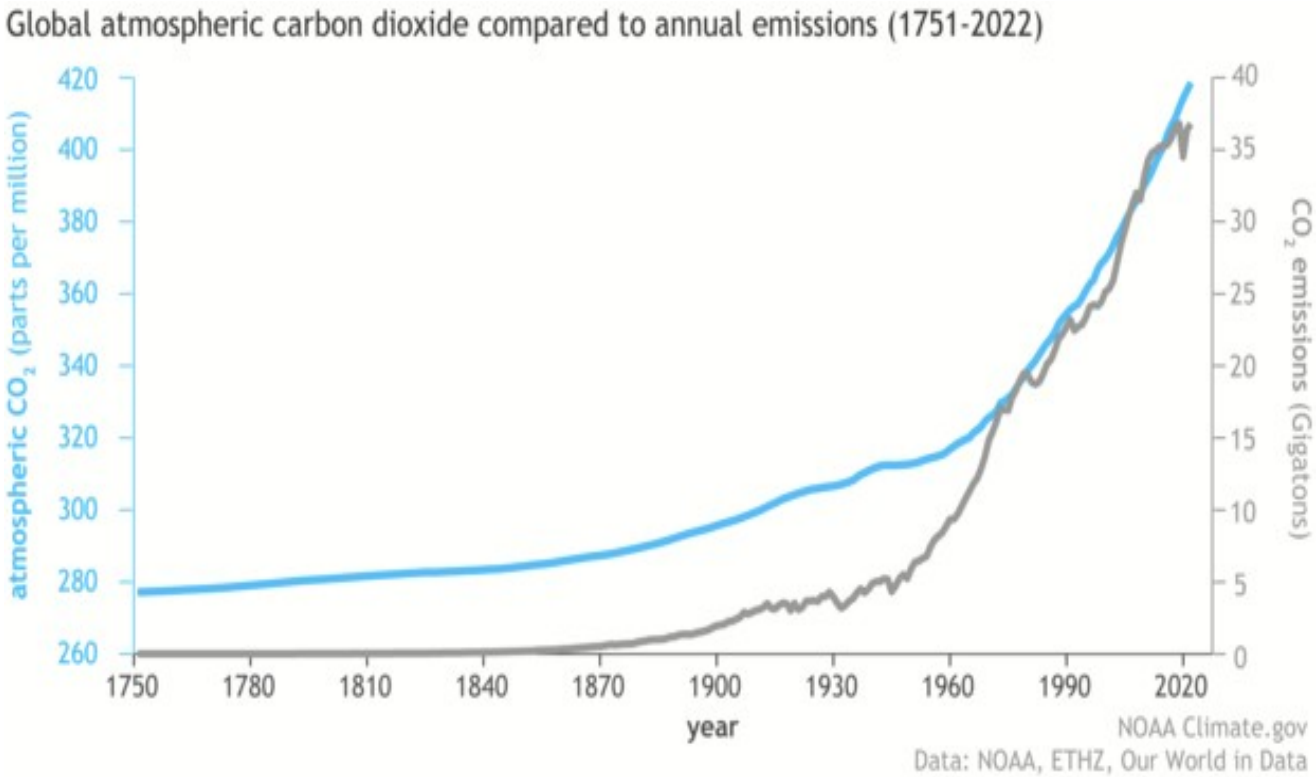
もっともらしいシナリオによって シミュレートされた排出量予測

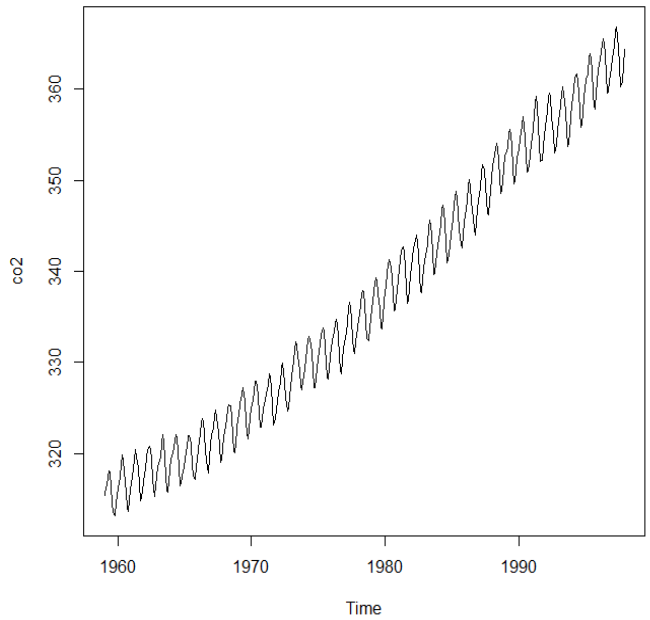
https://ar5-syr.ipcc.ch/ipcc/sites/default/files/download.php?img=AR5_SYR_Box_2.2_Figure_1.png



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_2, CH_4, N_2O が増加
  - https://www.youtube.com/watch?v=gbxEsG8g6BA
  - 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





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

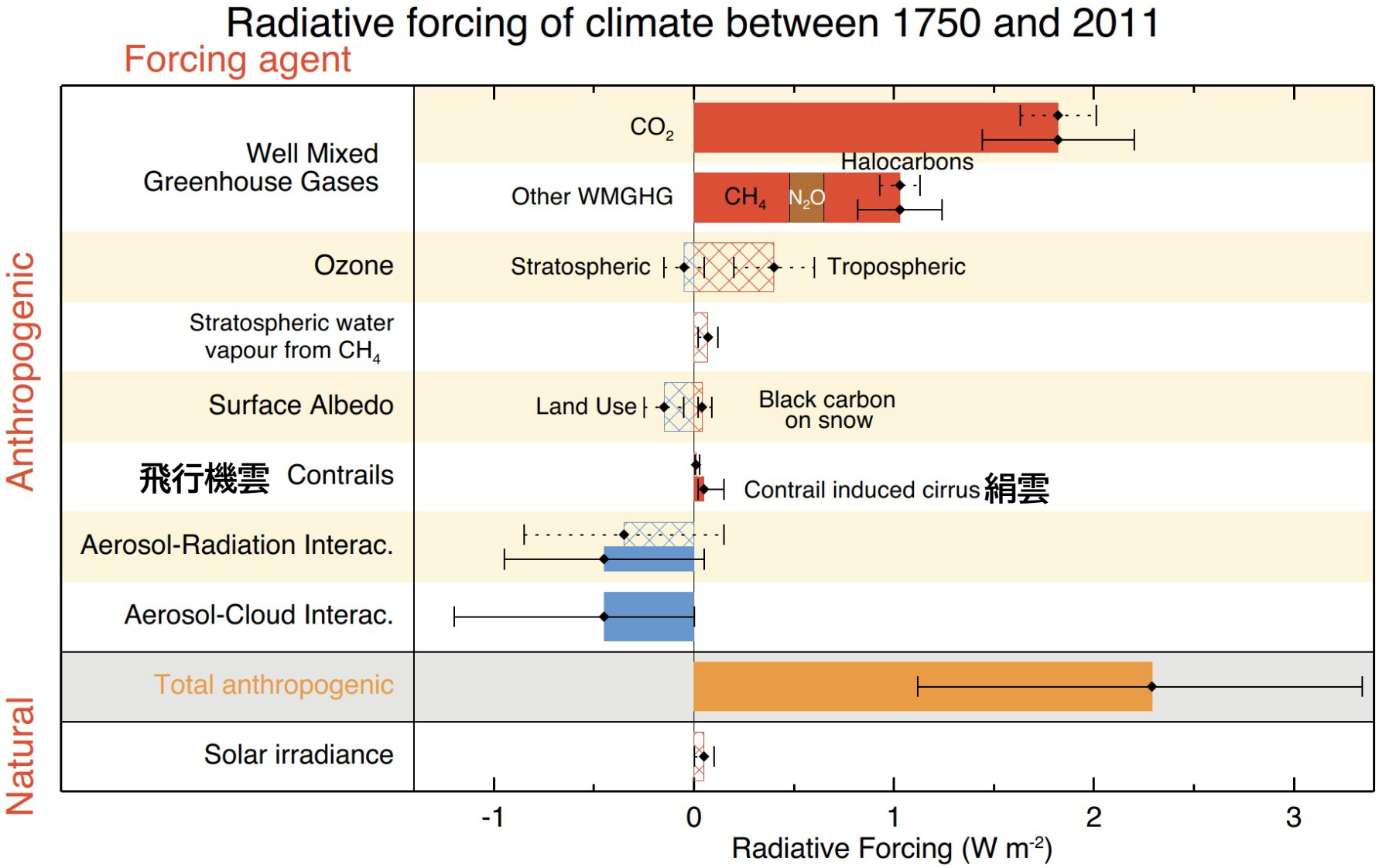


Figure 8.15 | Bar chart for RF (hatched) and ERF (solid) for the period 1750–2011, where the total ERF is derived from Figure 8.16. Uncertainties (5 to 95% confidence range) are given for RF (dotted lines) and ERF (solid lines).

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_2	278,000	379,000	可変	化石燃料、土地利用、セメント	1
メタン	CH_4	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_2O	275	319	120	肥料	310
CFC-12	CCl_2F_2	0	0.538	102	冷媒	6,200-7,100
HCFC-22	$CHClF_2$	0	0.169	12.1	冷媒	1,300-1,400
四フッ化炭素	CF_4	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_6	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
  - 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

- 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ベド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
  - 2026 年 6 月のヨーロッパ熱波でも 1,300 人以上の超過死亡が報告されている
- 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

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

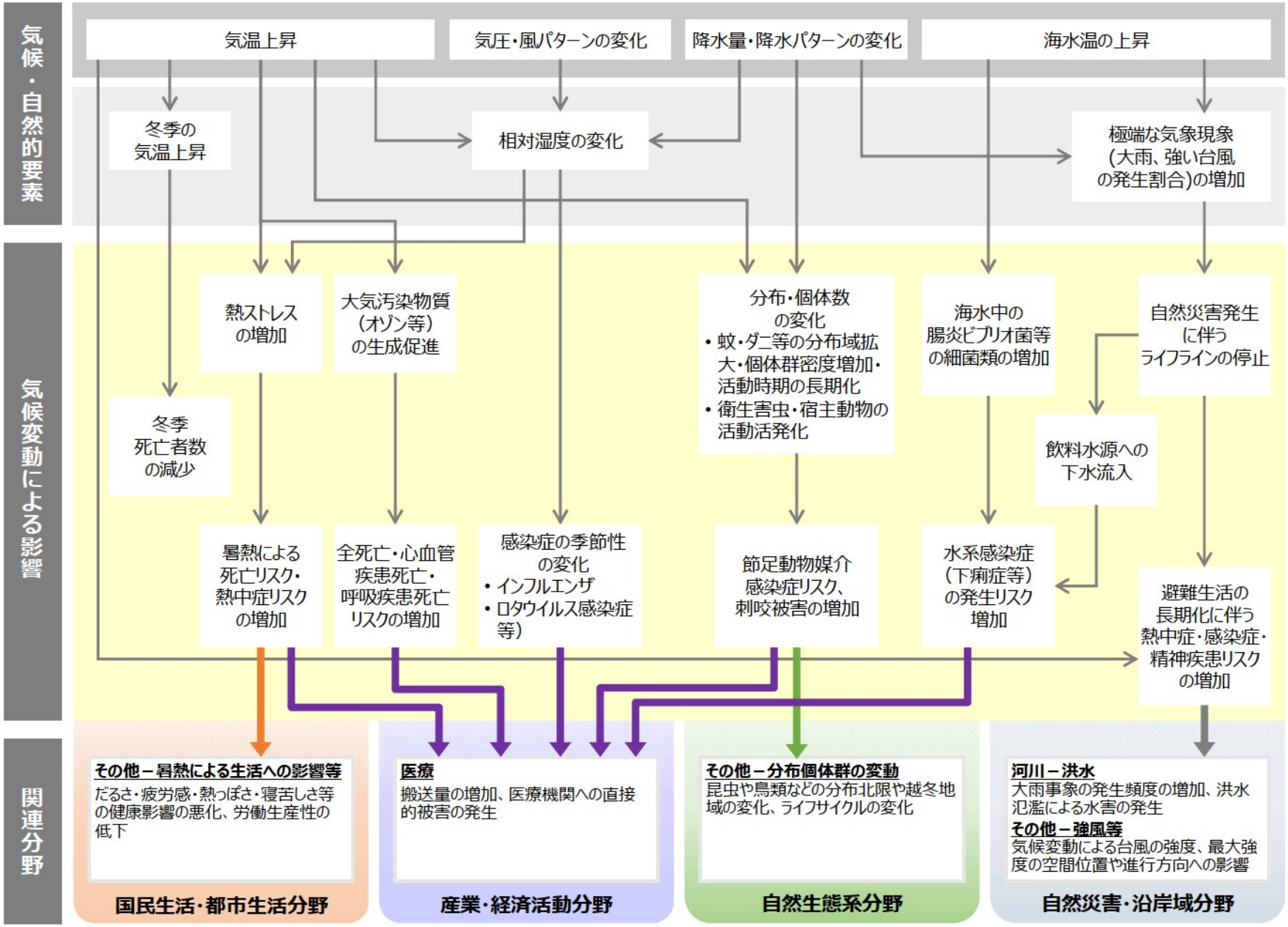
- 緩和方策と適応
  - 緩和方策＝一次予防
    - 温室効果ガスの生産を定常化するか減らす努力
      - 例えば、エネルギー生産を風力、太陽光など再生可能なもので置き換えると温室効果ガスは減る
      - 安定化のための楔：温室効果ガス削減に寄与する技術や行動変容は一種の楔と見ることができ、楔の組み合わせは気候を安定化する戦略となりうる
  - 適応＝二次予防
    - 気候変動の公衆衛生インパクトを減らす努力。例えば災害準備性を高めること
    - 脆弱性評価が必要
- 両得(シナジー)：もし1つの戦略が2つ以上の緩和策や適応策に寄与するなら、政治的に受け入れられやすい
- 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
  - ただし、2026 年にトランプ政権は UNFCCC から離脱した (https://www.climatechangenews.com/2026/01/08/trump-to-pull-us-out-of-un-climate-convention-and-climate-science-body/)
- 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、海氷、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	• 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 • 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 • 気候変動予測、影響評価、適応策立案・実施の連携強化 • 気候変動影響評価及び適応に関する国際協力	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	ー

健康分野への影響の概略（出典：前掲）



マイクロプラスティック汚染

- 現状
  - 最初からビーズ状で海洋廃棄されるもの＋固形プラスティ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ティック塊が存在
  - 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
  - 研究班資料：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
  - 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
    - 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
    - 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

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
- 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