

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD

化学物質管理の2050年ビジョン

～時間・トレンド・リスク～

安井 至

(一財)持続性推進機構 理事長

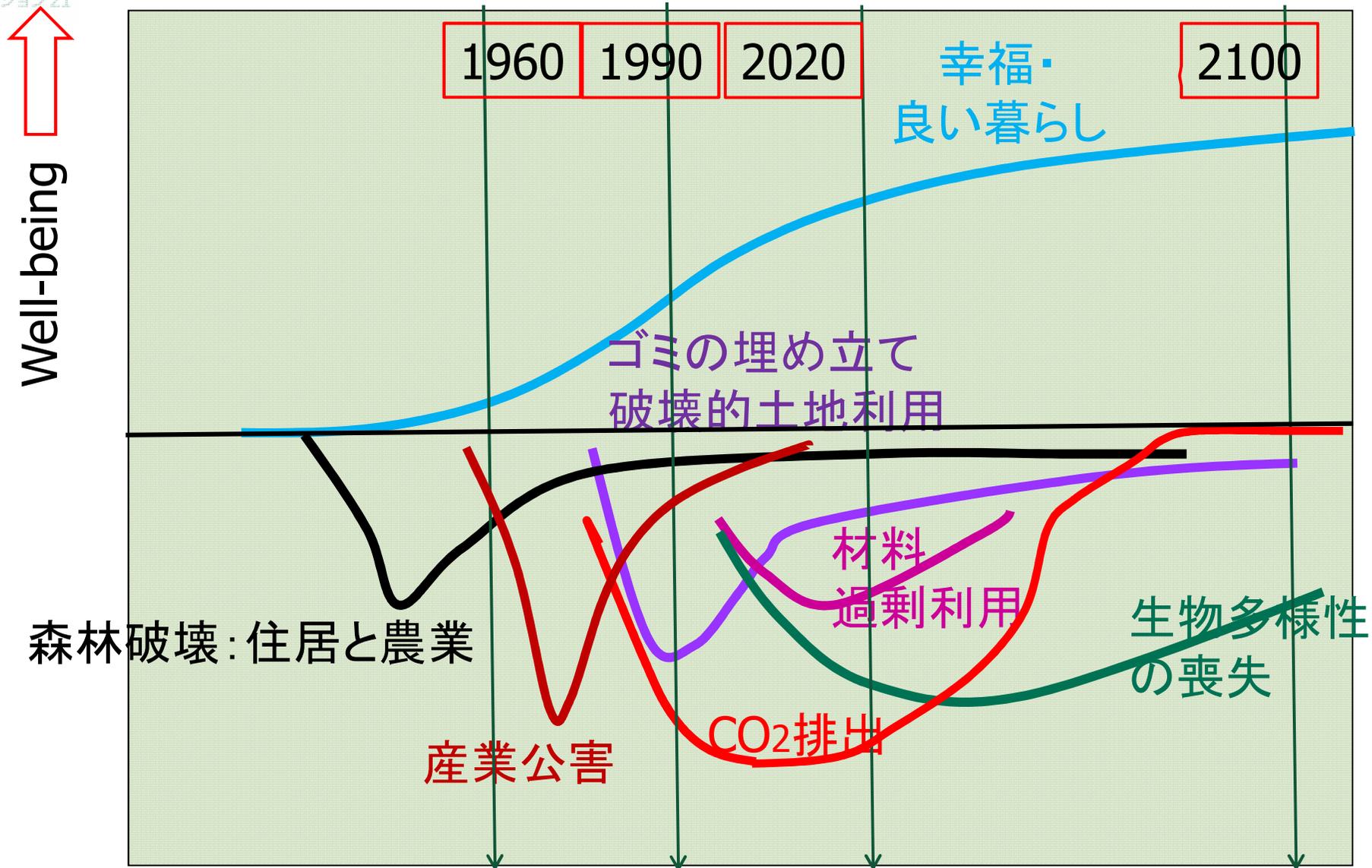
(独)製品評価技術基盤機構名誉顧問

東京大学名誉教授

国際連合大学元副学長

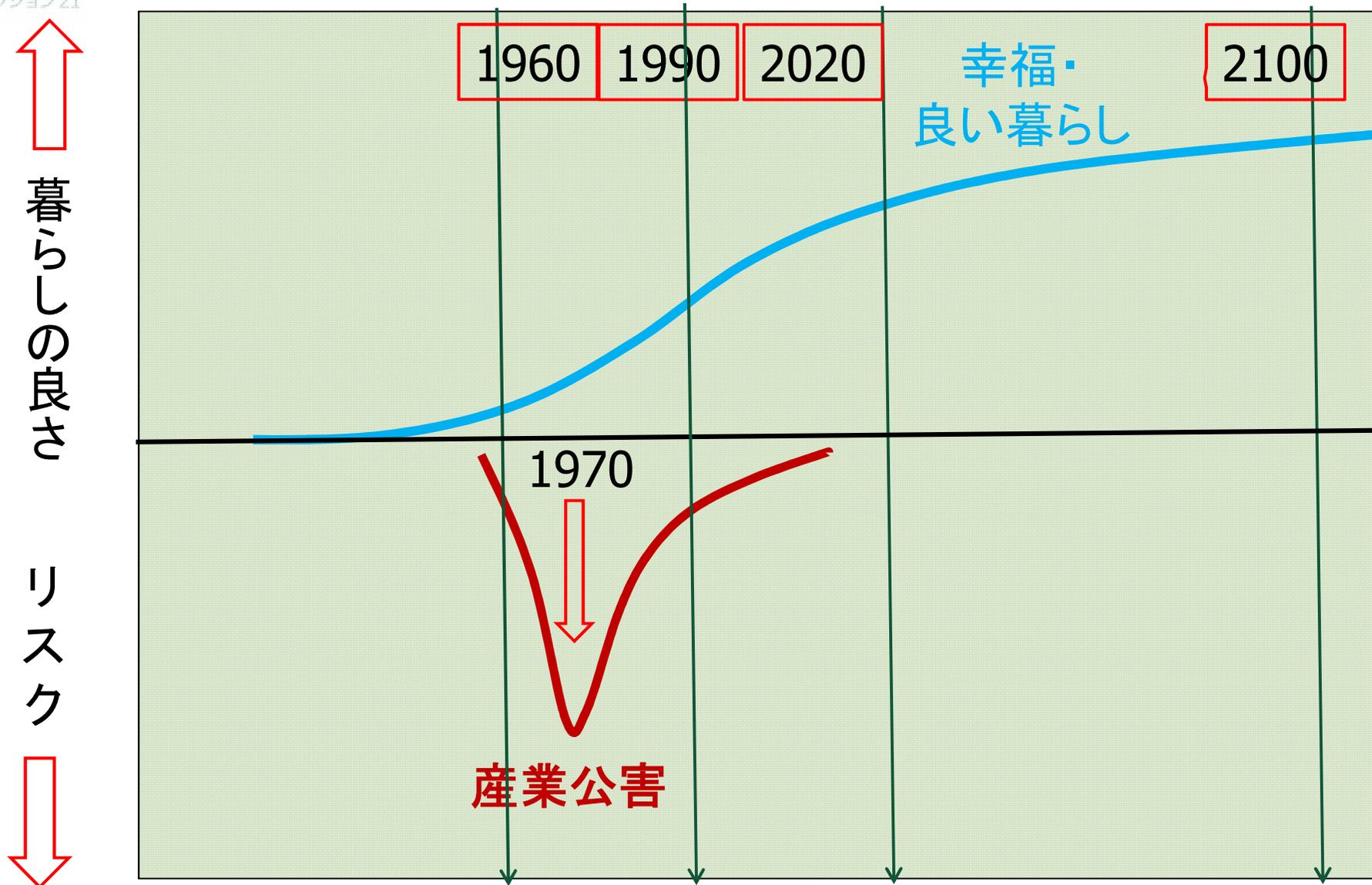
<http://www.yasuienv.net/> 896万アクセス感謝

環境問題の推移: 六項目モデル(日本)

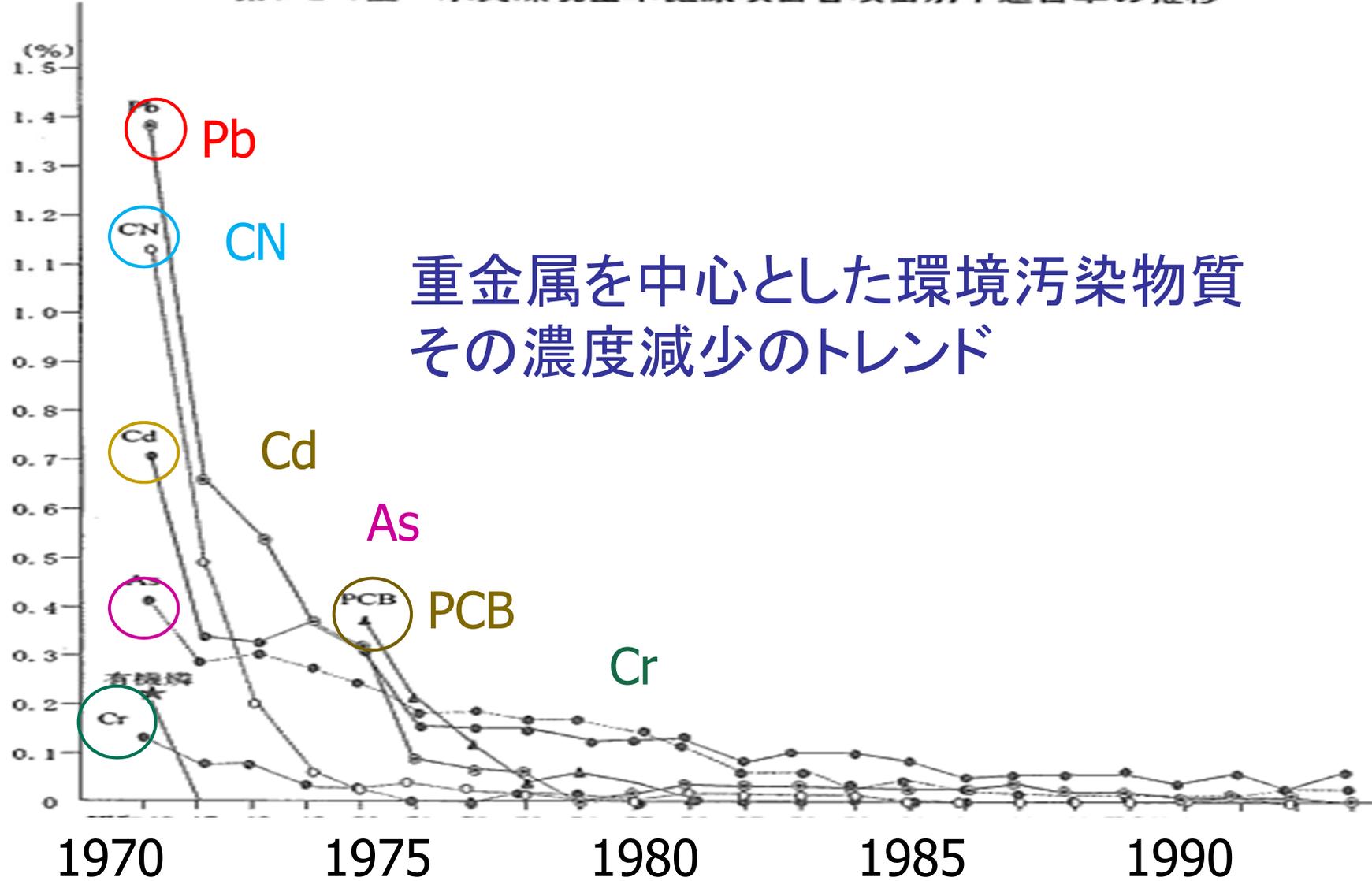


=環境に関連する負の要素

環境問題の推移: 六項目モデル



第5-2-1図 水質環境基準健康項目各項目別不適合率の推移



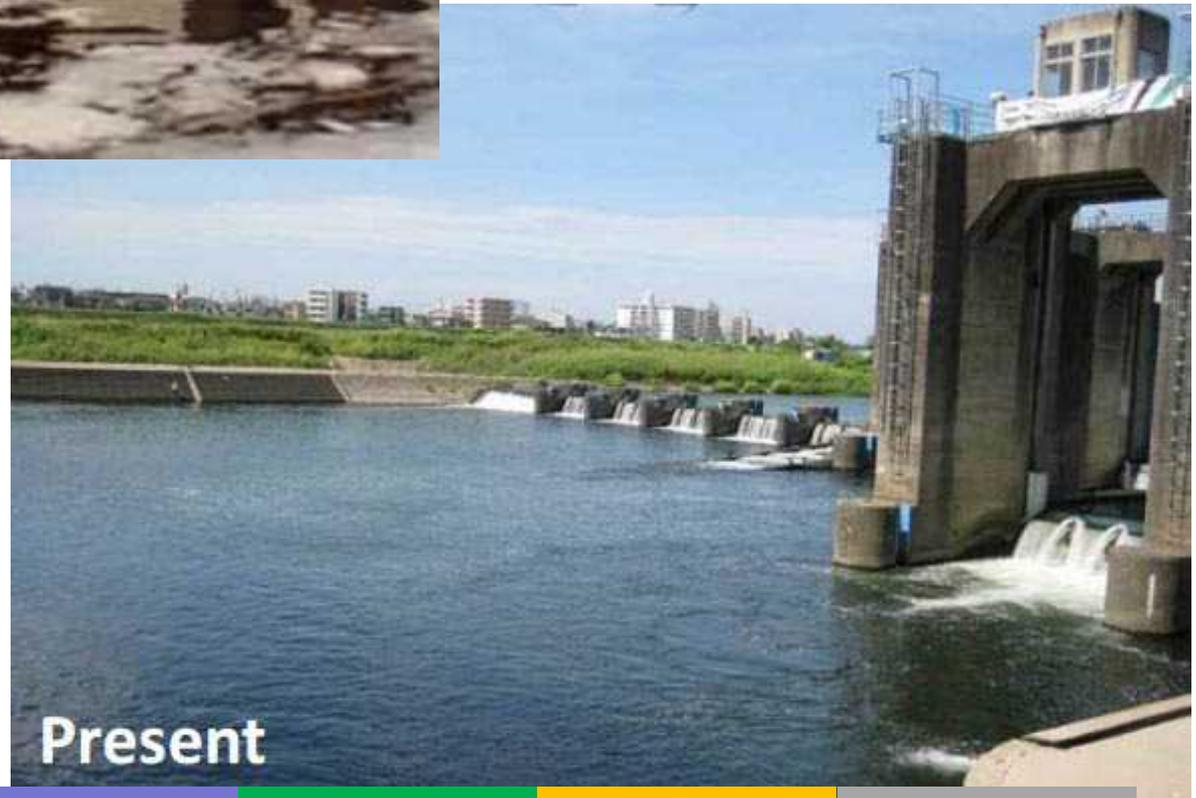
(資料) 環境庁

多摩川
東京都と神奈川県の間



1960s

合成洗剤による
泡の発生



Present



Paris Agreement 序文の一部

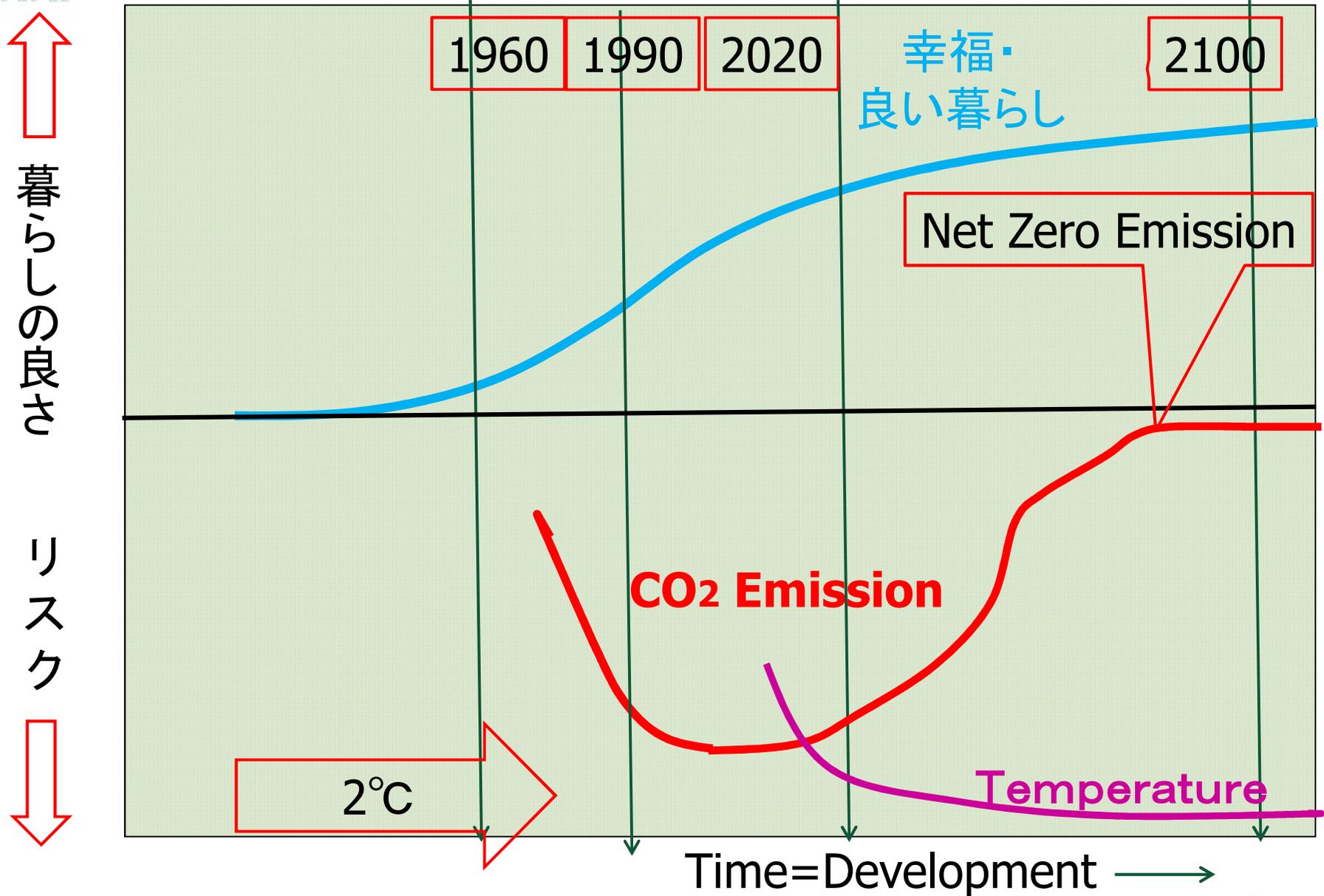
- Recognizing the importance of the conservation and enhancement, as appropriate, of sinks and reservoirs of the greenhouse gases referred to in the Convention,
- Noting the importance for some of the concept of "**climate justice**", when taking action to address climate change,

気候正義

パリ協定の3つの要素

- 1. **2030年**までの約束草案を各国が提出し、その通り決定。しかし、2023年以降、5年ごとの見直しが入る。
- 2. **2050年**には、世界全体で40～70%の削減。先進国は、**80%削減**に相当。
- 3. 今世紀まで、恐らく**2080年頃**以降は、CO2排出量を**実質的にゼロ**にする。

環境問題の推移: 六項目モデル





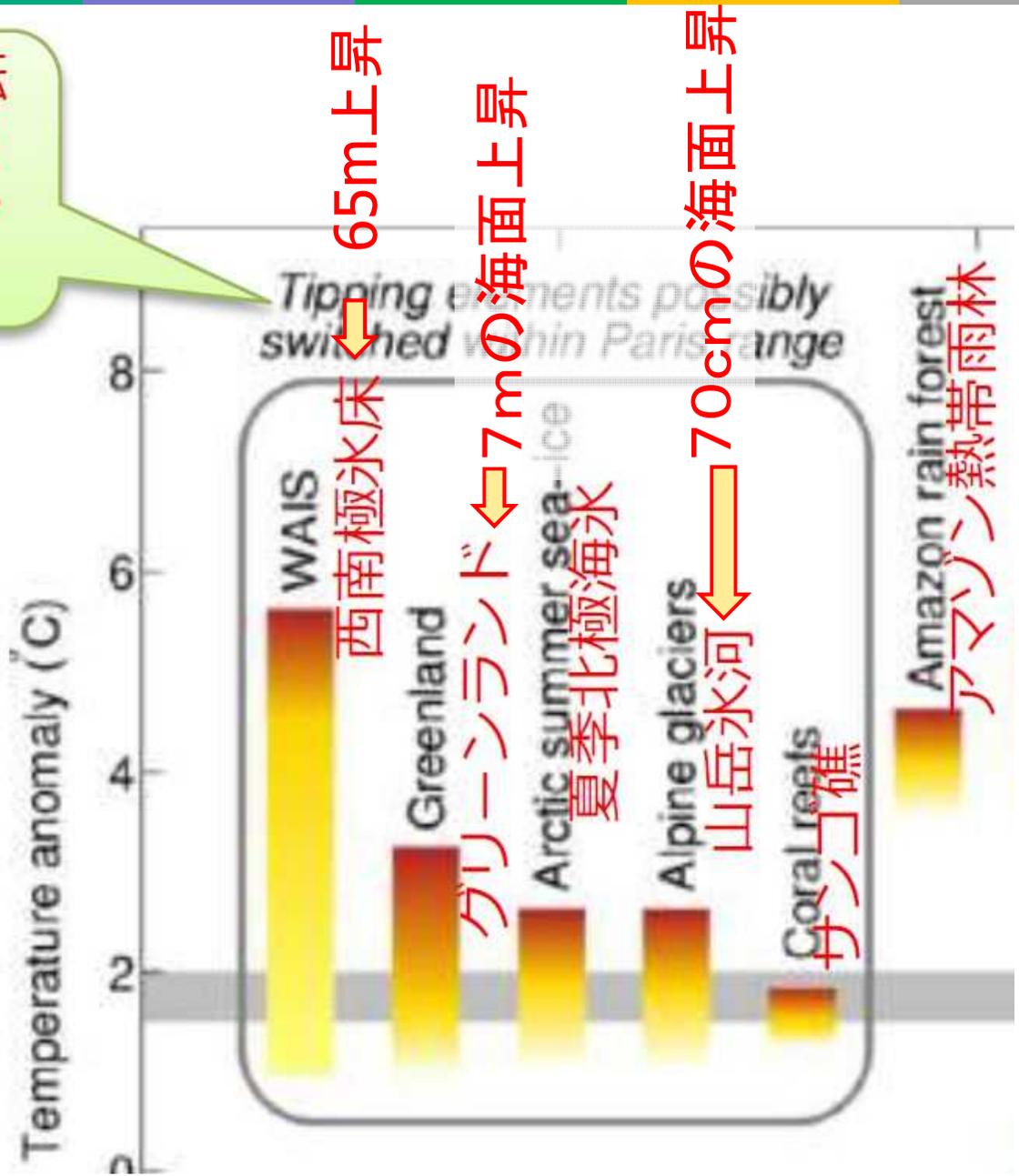
Paris Range

気温上昇とティッピングエレメント

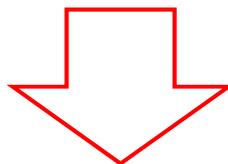


1.5°C~2°Cの間で転換する可能性のあるティッピング・エレメント

グリーンランド
7mの海面上昇の予測
ただし、4°Cで
700~1000
年後??

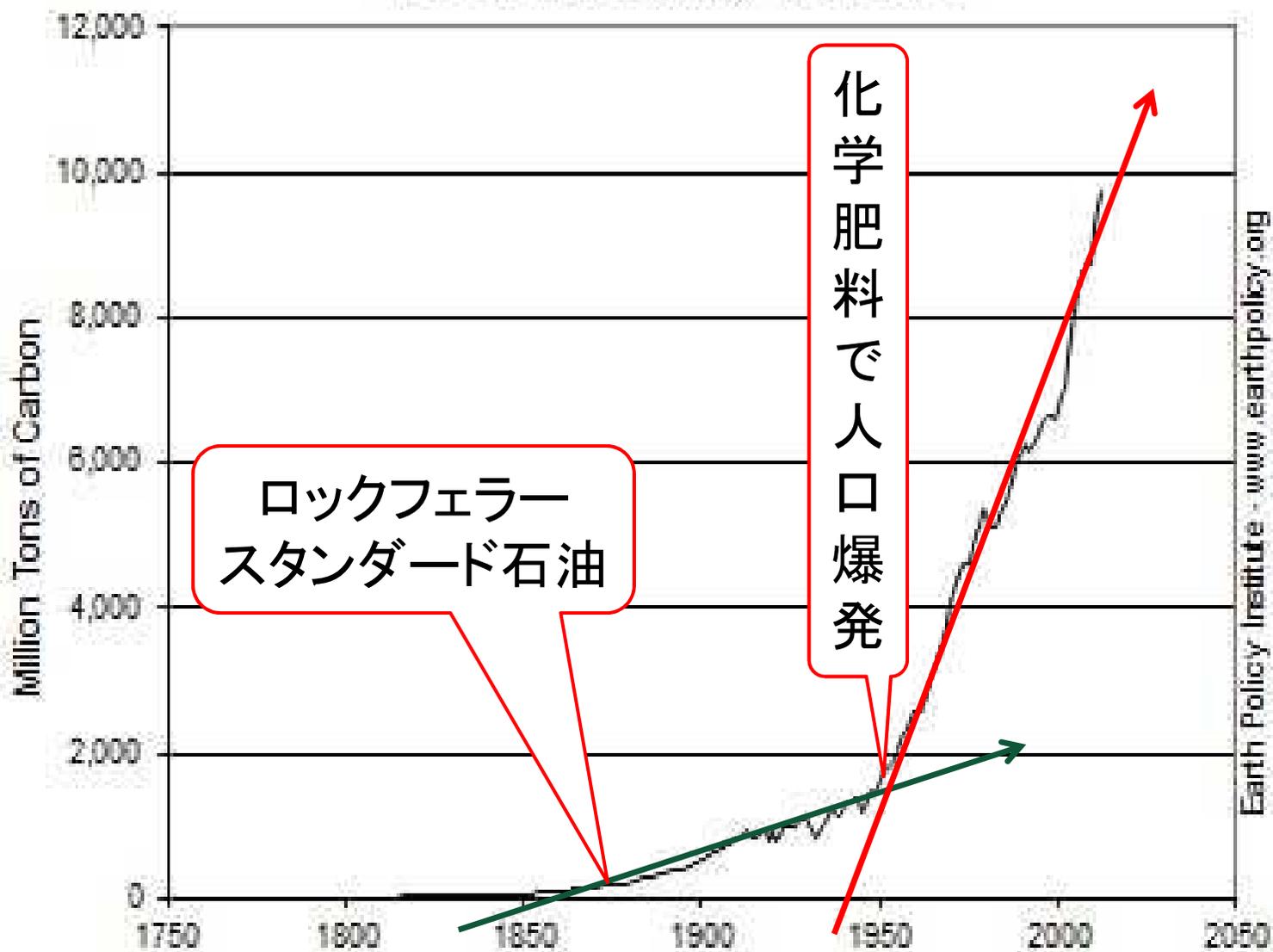


- 産業革命＝化石燃料大量使用と食糧大量生産
- CO₂の半減期は**3万年ぐらい？**
- ⇒ 一度温度が上昇すると、下がらない
 - 過去：「環境問題」の半減期は、10～20年
- 今世紀中にNet Zero Emissionを実現しないと
 - グリーンランド氷床の融解によって7mの海面上昇



非化石燃料文明の創出

化石燃料燃焼による二酸化炭素排出量



大量消費社会

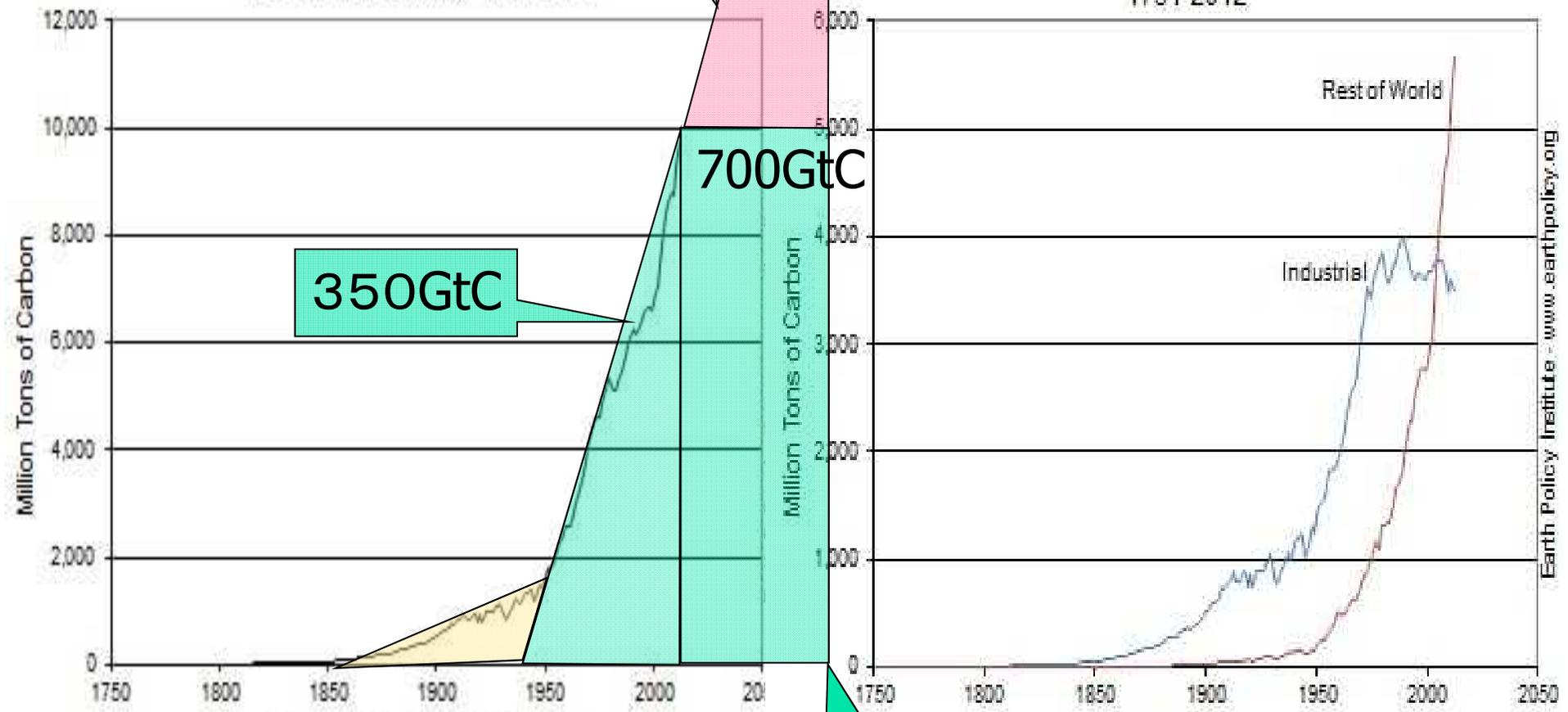
CO₂排出量/年 Mton-C/Year

世界全体 350GtC

工業国とその他

Global Carbon Dioxide Emissions from Fossil Fuel Burning, 1751-2012

Carbon Dioxide Emissions from Fossil Fuel Burning in Industrial Countries and the Rest of the World, 1751-2012



Source: EPI from BP, CDIAC, USGS

Source: EPI from BP, CDIAC

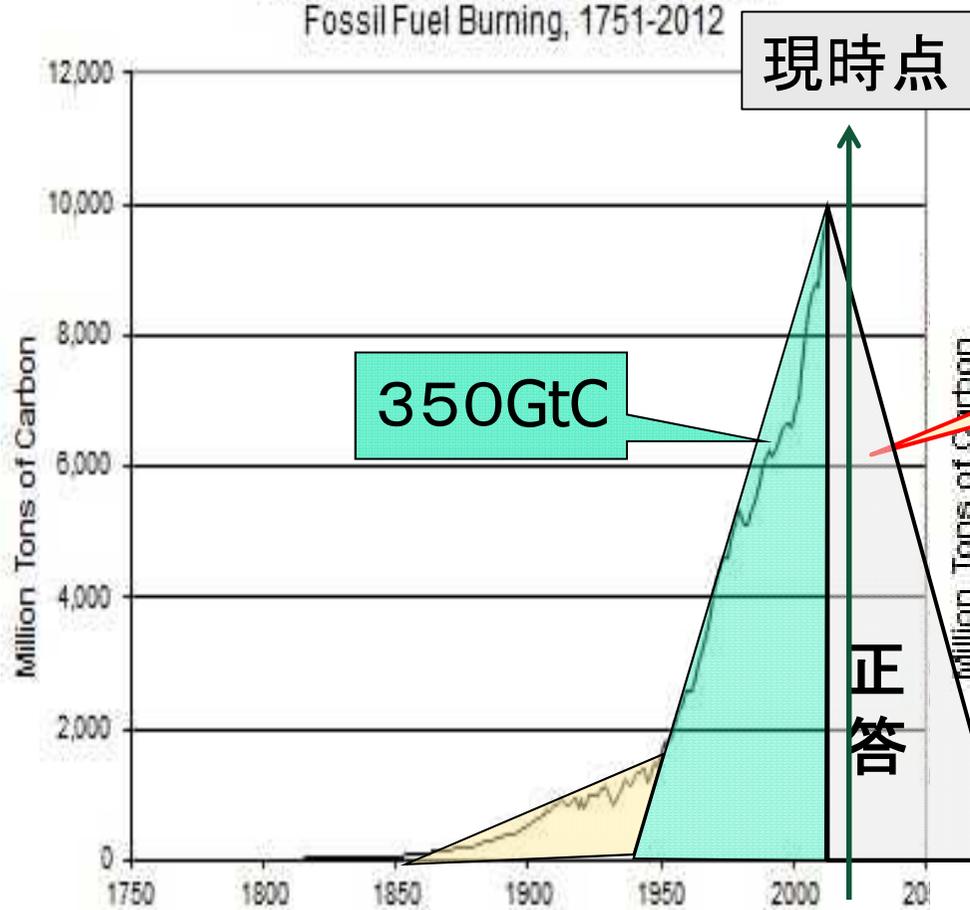
Earth Policy Institute - www.earthpolicy.org

CO₂排出量/年 Mton-C/Year

世界全体

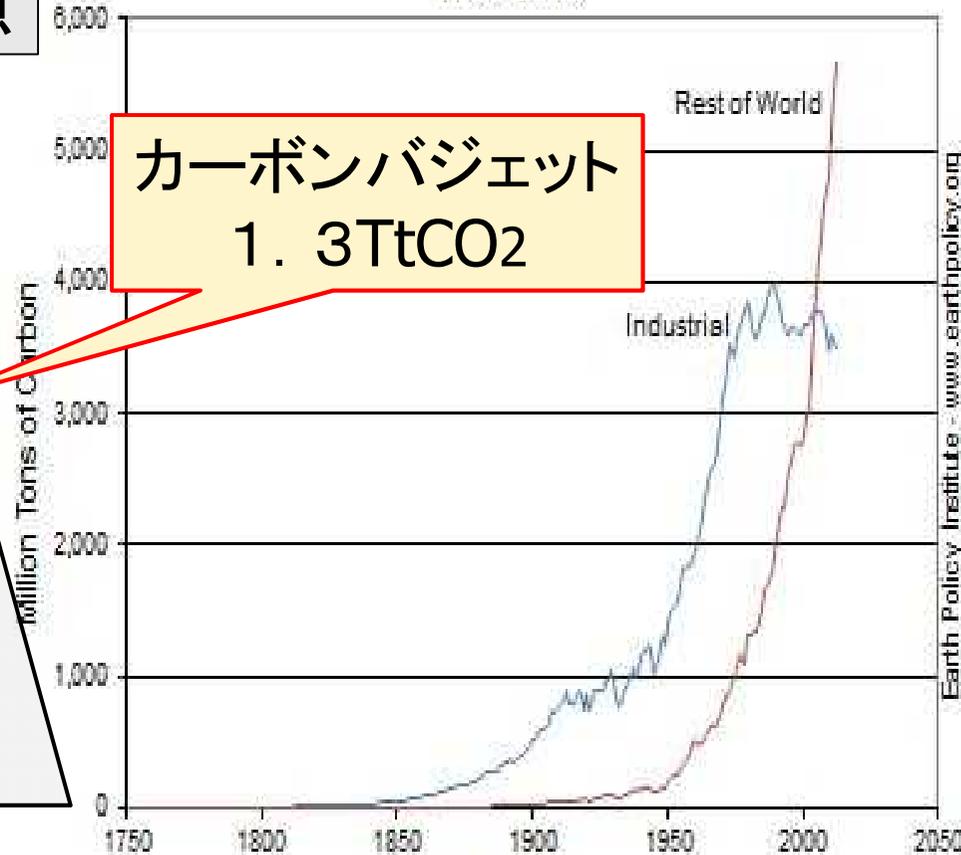
工業国とその他

Global Carbon Dioxide Emissions from Fossil Fuel Burning, 1751-2012



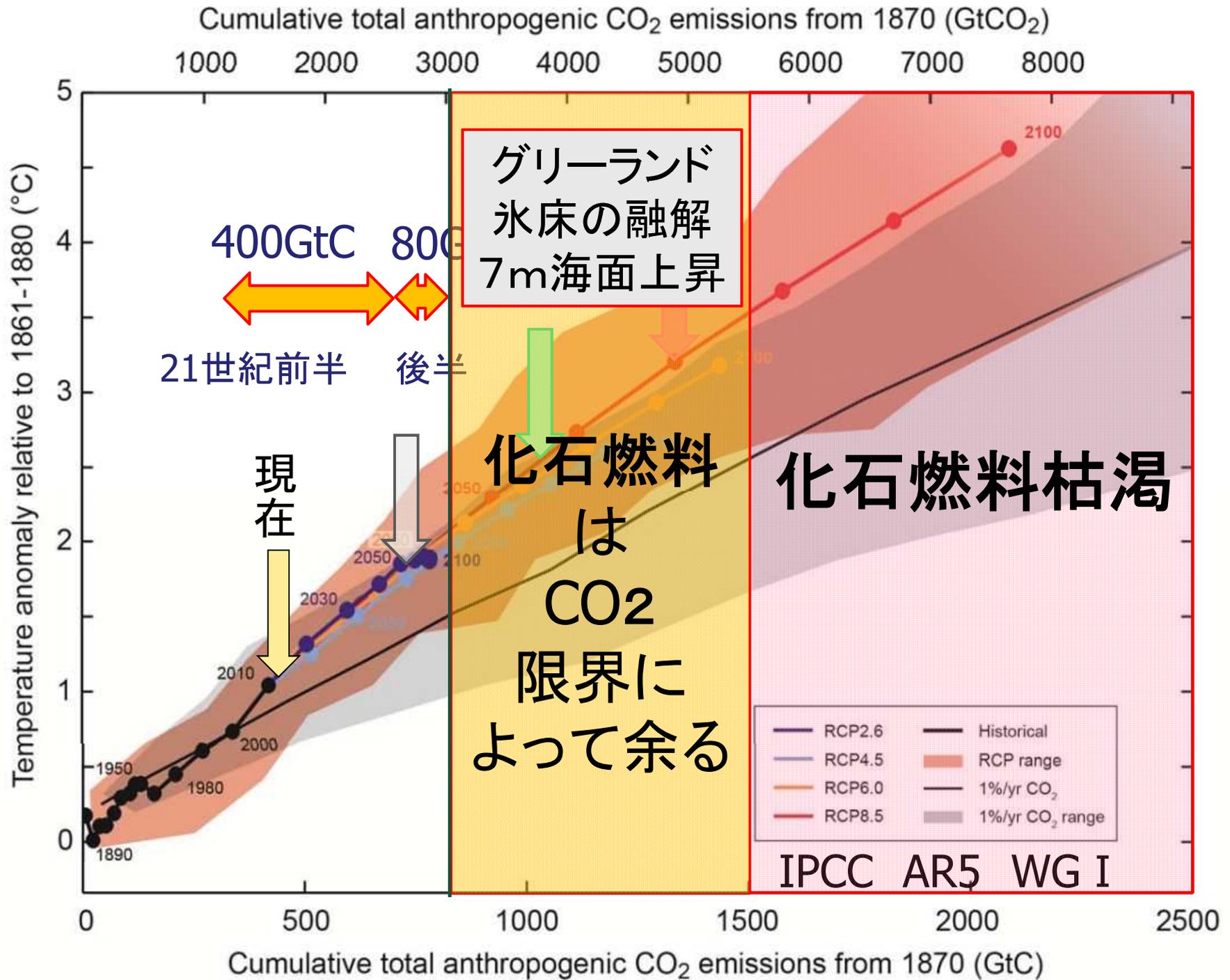
Source: EPI from BP, CDIAC, USGS

Carbon Dioxide Emissions from Fossil Fuel Burning in Industrial Countries and the Rest of the World, 1751-2012

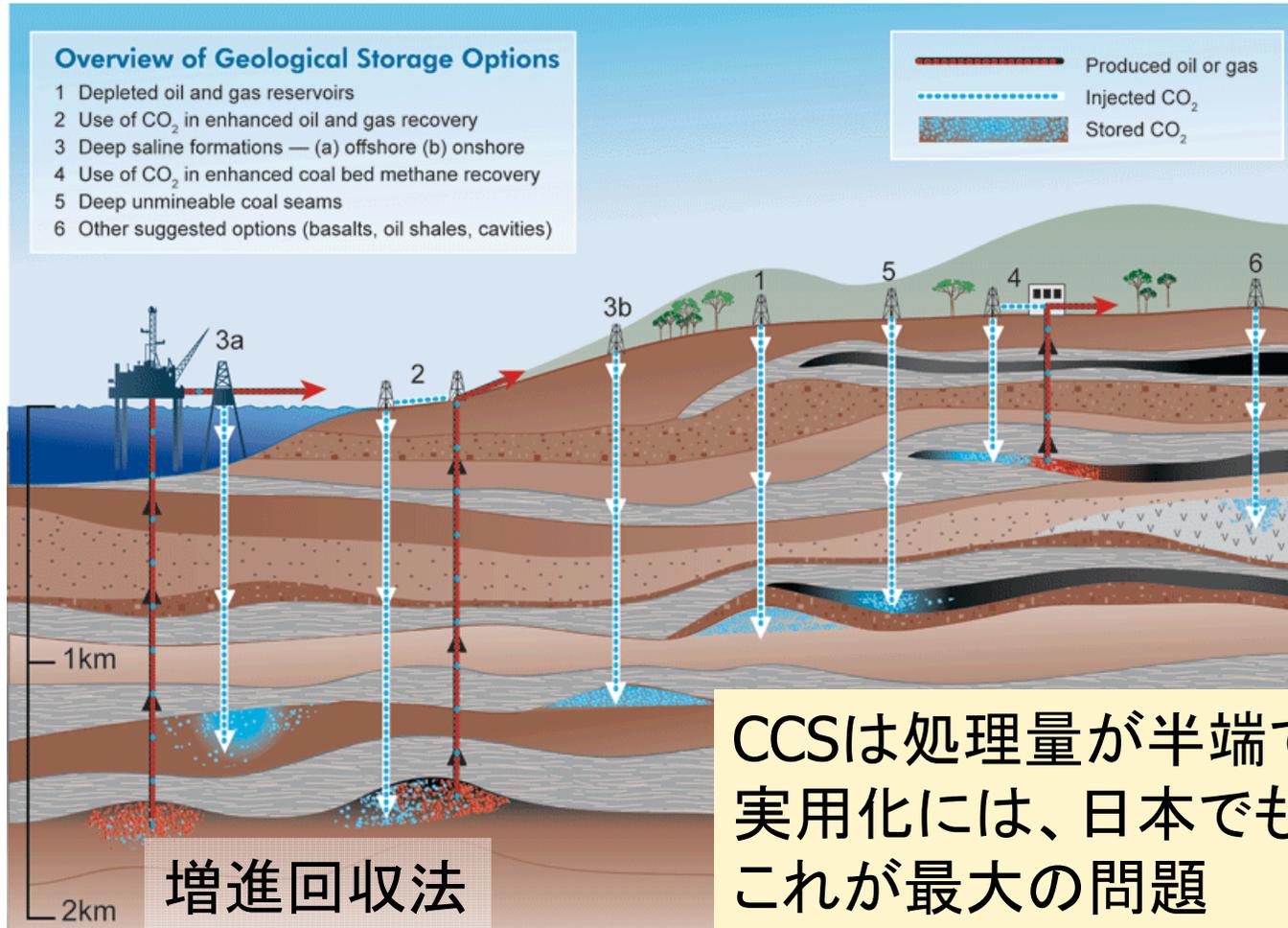


Source: EPI from BP, CDIAC

Earth Policy Institute - www.earthpolicy.org



CCS=Carbon Capture and Storage



石油は水素とCO₂に分離し水素を輸出

CCSは処理量が半端ではない
 実用化には、日本でも1億トン／年
 これが最大の問題

Cost of CCS = \$30/ton-CO₂ = **\$12.5/Barrel** (for Petro)
 Cost for separation, liquefy and storage

液体水素運搬船 川崎重工



現在：人工知能の進化

- ディープラーニングの進化
- 代表選手： GoogleのAlpha碁
- **英グーグル・ディープマインド社**が開発した囲碁の人工知能(AI)「**アルファ碁**」と、世界で最も強い棋士の一人、韓国の李セドル九段(33)の最終第5局が15日午後、ソウル市内のホテルで行われ、アルファ碁が勝った。
- ヒトが記憶能力が、コンピュータの記憶能力にかなう訳はない、ということは、ネット検索で証明済み
- 盤面を図形として記憶し、適切な図形をハンドリングできる能力が拡大されたことが鍵

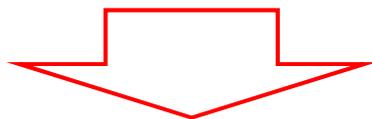
現在:

IBMのWatson=コグニティブ・テクノロジー

- IBM Watson は、自然言語処理と機械学習を使用して、大量の**非構造化データ**から**洞察**を明らかにするテクノロジー・プラットフォーム
- Watson は非構造化データ、例えば、
 - ニュース記事、調査レポート(学術論文)、ソーシャル・メディアへの投稿、およびエンタープライズ・システム・データなど
- 情報収集能力・解析能力がWatsonレベル以下であれば、多くのコンサルタント業務は不要になる

2050年医療の進化 プレジジョン・メディシンの完成

- がん細胞のDNA解析に基づく抗がん剤
- この方法が完成すれば、がんによる死亡数は激減する可能性がある



- ヒトの平均寿命は、100歳に近づく
- 死亡原因となる疾病は、血管・心臓系にほぼ限られる
- むしろ、「死ねないリスク」の重大性が認識されるようになっている??

- エネルギーキャリアが増える 安全？
 - 水素、アンモニア、メチルシクロヘキサン など
- 金属資源の大部分は枯渇：新規製造が難しい
 - 鉄、銅、錫、鉛、ニッケル、コバルト、金、銀のリサイクルプロセスに使用される物質群
- 人口増加により、農業に使用される物質は増加する
 - 化学肥料、農薬類、遺伝子操作
- バイオプラが増加する（石油起源は焼却不可）
 - PETからPEF（ポリエチレンフラーノエート）へ
 - 果糖を脱水素後酸化 ⇒ フランジカルボン酸
- 情報化社会実現のための物質は増加
 - 有機EL（液晶は消滅する）

現在：企業活動に対する思想の変化

- 2015年 パリ協定合意、国連持続可能な開発目標、GPIF(年金積立金管理運用独法)のUN-PRIサイン
- これらをまとめて、“ESG重視の姿勢増大”
- Environment、Society、Governance
- 最初に普及したのは、ESG投資
- 最大の影響を受けたのが、石炭関連企業で、すでに「石炭は座礁資産」と呼ばれている
- ノルウェーの政府年金機構は、日本の三社への出資を引き上げた

ESG重視の姿勢は他分野への波及必至

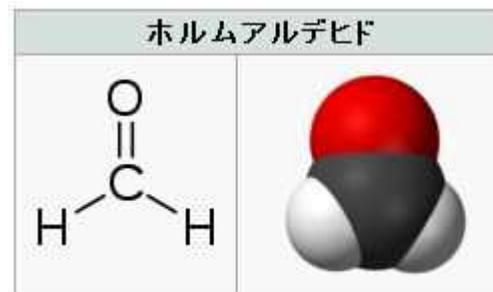
- 日本のESGは、やや周回遅れでSocietyへの対応も、「**社会的非難の回避**」型になっている。
- 要するに、**投資リスクを下げる**ことに重点。
- 環境＝気候変動が、「正義」を前面に出したので、今後は、「**社会正義**」が前面に出る？
- 2050年の未来を十分に予測して、それに適切に対応する**本業の**方向性か？ ≡「**正義**」
- 化学物質に関しては、**歴史を引きずっているいくつかの問題点**がある ≡「**過剰な安全**」が正義になっていたこと。
 - **豊洲事件もその延長線上にある**

その1:ヘキサメチレンテトラミン事件

水道水にホルムアルデヒド検出

- 千葉県流山市で水道水にホルムアルデヒドが検出され、取水がストップ
2012年5月18
- ホルムアルデヒド問題「排出元告知せず」
2012年05月26日
- ホルムアルデヒド、化学会社9年前も同物質排出 2012年5月26日

加水分解でホルムアルデヒド生成



- $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{H}_2\text{C}=\text{O} + 4\text{NH}_3$
- 水道水の基準値 **0.08mg/L**
- cf. WHOの基準値は **0.9mg/L**
- **日本は11倍も厳しい**
- 厳しい規制は、国民へのサービスか？
- それとも、、、????

水道法第四条

■ (水質基準)

第四条 水道により供給される水は、次の各号に掲げる要件を備えるものでなければならない。

- 一 病原生物に汚染され、又は病原生物に汚染されたことを疑わせるような生物若しくは物質を含むものでないこと。
 - 二 シアン、水銀その他の有毒物質を含まないこと。
 - 三 銅、鉄、弗素、フェノールその他の物質をその許容量をこえて含まないこと。
 - 四 異常な酸性又はアルカリ性を呈しないこと。
 - 五 異常な臭味がないこと。ただし、消毒による臭味を除く。
 - 六 外観は、ほとんど無色透明であること。
- 2 前項各号の基準に関して必要な事項は、厚生労働省令で定める。

小さなリスクに**囚われ**すぎて、 他の大きなリスクを考慮しない

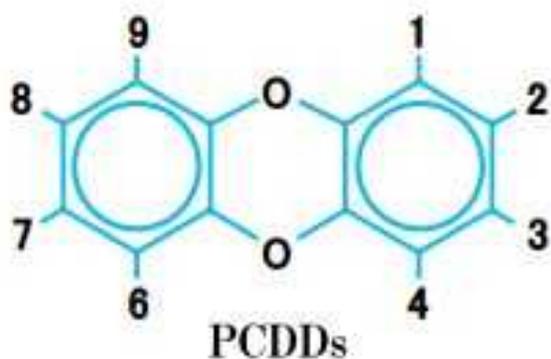
- 真夏における熱中症
 - 取水中止になれば、水道は早晚断水
 - 給水車に真夏に行列を作ることに
 - 行列の長さにもよるが、熱中症発症
- 水道水の厳しすぎる規制値は、命の危機を招く可能性がある
- むしろ、水道の給水を継続した方が良い？
なぜなら、トイレの水に困るのが普通
- 飲料水はペットボトルを供給？

その2:カネミ油症事件 1968年

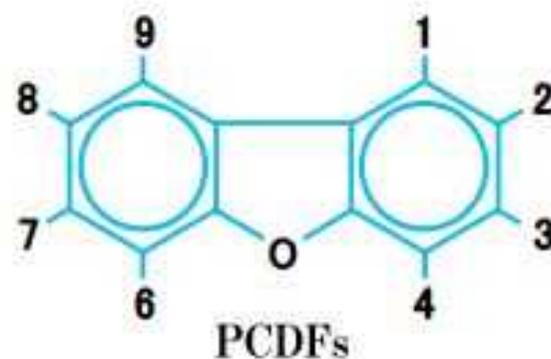
- 食用油(米糠油)に加熱媒体のPCBが混入
(原因:パイプにピンホール)
- コプラナーPCBはダイオキシン類
- 平均154ngTEQ/kgの摂取(135日)
- その後の追跡調査で、発ガンなどに有意差は無いとされた
 - cf. 台湾の油症では、有意差あり
- 2002年 坂口厚労大臣、「カネミ油症の原因物質は、Co-PCBよりもPCDFの寄与が大きい」
15 : 85

ダイオキシン類

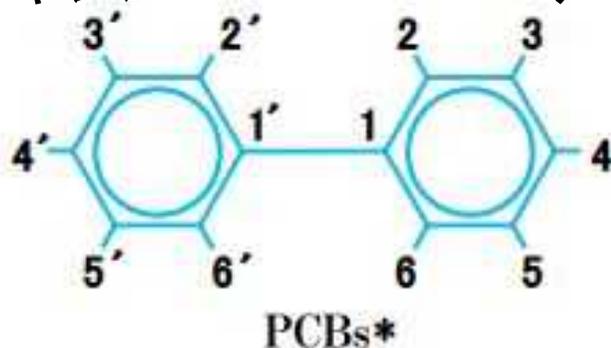
図1 ダイオキシン類の構造図



ダイオキシン



ディベンゾフラン



コプラナーPCB

* PCBsの中で2つのベンゼン環が同一平面上にあって扁平な構造を有するものを「コプラナーPCB」といいます。
 なお、PCBsの中には、同一平面上にない構造を有するものについてもダイオキシンと似た毒性を有するものがあり、我が国では現在、これらも併せてコプラナーPCBとして整理していません(詳細は22頁の表1のとおり。)

PCB処理施設着工報道

04.24.2003

- **毎日福岡版**: 毒性、発がん性が指摘され、**死者約300人**を出した**カネミ油症**事件の表面化(68年)を契機に、72年から製造、使用が禁止された。
- **PCB = 猛烈な急性毒性** という誤解を与える記事を書く記者たち

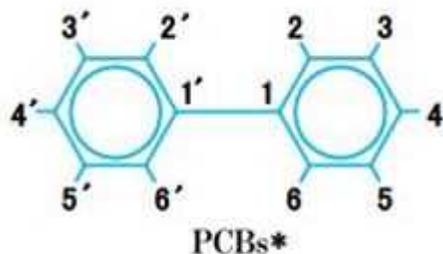
なぜ毎日の林田記者が、このような間違った記事を書いたか？ 推理・解析記事は、「**PCB 死者 300人 安井至**」で**検索**して見てください。

CIが3個以下は毒性が分かっていない: 多分低い

Table 1 Estimated half-lives in the body and accumulation factors of Co-PCBs, PCDDs, and PCDFs

| | | Gastrointestinal absorption ^a (ABS) [-] | Half-life ^b ($T_{1/2}$) [year] | Accumulation factor ^c (AF) [-] | Toxic equivalency factor ^d (TEF) [-] | TEF/AF [-] | Ortho # |
|---------|---------|--|---|---|---|---------------|---------|
| Co-PCBs | PCB-77 | 0.99 | 0.33 | 0.060 | 0.0001 | 0.0017 | NO 4 |
| | PCB-81 | 0.99 | 0.75 | 0.14 | 0.0003 | 0.0022 | NO 4 |
| | PCB-126 | 0.98 | 2.4 | 0.42 | 0.1 | 0.24 | NO 5 |
| | PCB-169 | 0.94 | 6.3 | 1.1 | 0.03 | 0.028 | NO 6 |
| | PCB-105 | 0.98 | 3.6 | 0.65 | 0.00003 | 0.000047 | MO 5 |
| | PCB-114 | 0.98 | 8.0 | 1.4 | 0.00003 | 0.000021 | MO 5 |
| | PCB-118 | 0.98 | 3.5 | 0.64 | 0.00003 | 0.000047 | MO 5 |
| | PCB-123 | 0.98 | - | - | 0.00003 | - | MO 5 |
| | PCB-156 | 0.95 | 9.7 | 1.7 | 0.00003 | 0.000018 | MO 6 |
| | PCB-157 | 0.97 | 6.3 | 1.1 | 0.00003 | 0.000027 | MO 6 |
| | PCB-167 | 0.96 | 5.4 | 0.96 | 0.00003 | 0.000031 | MO 6 |
| | PCB-189 | 0.92 | 5.7 | 0.96 | 0.00003 | 0.000031 | MO 7 |

毒性
高い



コプラナーPCB

2, 2' をOrtho
3, 3' をMeta
4, 4' をPara

NO
=Non Ortho
MO
=Mono Ortho

ダイオキシンとダイベンゾフラン

Table 1 Estimated half-lives in the body and accumulation factors of Co-PCBs, PCDDs, and PCDFs

| | | Gastrointestinal absorption ^a (ABS) [-] | Half-life ^b ($T_{1/2}$) [year] | Accumulation factor ^c (AF) [-] | Toxic equivalency factor ^d (TEF) [-] | TEF/AF [-] |
|-------|----------------------------------|--|---|---|---|---------------|
| PCDDs | 2,3,7,8-T ₄ CDD | 0.98 | 5.6 | 1 | 1 | 1 |
| | 1,2,3,7,8-P ₅ CDD | 0.94 | 7.3 | 1.3 | 1 | 0.80 |
| | 1,2,3,4,7,8-H ₆ CDD | 0.87 | 7.2 | 1.1 | 0.1 | 0.087 |
| | 1,2,3,6,7,8-H ₆ CDD | 0.86 | 25 | 3.9 | 0.1 | 0.026 |
| | 1,2,3,7,8,9-H ₆ CDD | 0.85 | 6.9 | 1.1 | 0.1 | 0.093 |
| | 1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDD | 0.71 | 3.7 | 0.49 | 0.01 | 0.021 |
| | O ₈ CDD | 0.53 | 7.2 | 0.70 | 0.0003 | 0.00043 |
| PCDFs | 2,3,7,8-T ₄ CDF | 0.99 | 0.73 | 0.13 | 0.1 | 0.76 |
| | 1,2,3,7,8-P ₅ CDF | 0.98 | 1.3 | 0.23 | 0.03 | 0.13 |
| | 2,3,4,7,8-P ₅ CDF | 0.97 | 7.6 | 1.4 | 0.3 | 0.22 |
| | 1,2,3,4,7,8-H ₆ CDF | 0.94 | 5.4 | 0.93 | 0.1 | 0.11 |
| | 1,2,3,6,7,8-H ₆ CDF | 0.94 | 7.6 | 1.3 | 0.1 | 0.076 |
| | 1,2,3,7,8,9-H ₆ CDF | 0.91 | - | - | 0.1 | - |
| | 2,3,4,6,7,8-H ₆ CDF | 0.93 | 3.8 | 0.64 | 0.1 | 0.16 |
| | 1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDF | 0.86 | 4.1 | 0.64 | 0.01 | 0.016 |
| | 1,2,3,4,7,8,9-H ₇ CDF | 0.79 | - | - | 0.01 | - |
| | O ₉ CDF | 0.61 | - | - | 0.0003 | - |

ダイベンゾフランは毒性が比較的高い

顔料に非意図的PCB⇒社会不安

- PCB濃度が50ppmを超した製品が7種
- その後、分析法によっては2000ppm
- 同 0.5ppmを超した製品が23種
- 有機顔料の主な用途は、印刷インキ、塗料、樹脂着色料など

ピグメントレッド-2

ピグメントレッド-9

ピグメントレッド-38

ピグメントレッド-112

ピグメントレッド-254

ピグメントブラウン-25

ピグメントオレンジ-13

ピグメントオレンジ-16

ピグメントバイオレット-23

ピグメントグリーン-7

ピグメントグリーン-36

ピグメントグリーン-58

ピグメントイエロー-12

ピグメントイエロー-13

ピグメントイエロー-14

ピグメントイエロー-17

ピグメントイエロー-55

ピグメントイエロー-81

ピグメントイエロー-83

ピグメントイエロー-87

ピグメントイエロー-124

ピグメントイエロー-152

ピグメントイエロー-165

そろそろPCBの毒性のすべてを科学的に説明するデータを用意すべきではないか

- **209種類**ある個々の毒性を、なんらかの方法で、ひと通りチェックし、懸念の有無を判定することに、若干の支援を用意すべきではないか。特に、2塩化物は副生しやすいようだが、その毒性はどの程度のものなのか、という情報が、**社会的不安を一掃する**ために必要ではないか。
- 方法論は、**AhR** (Aryl Hydrocarbon Receptor) と個々の分子との相互作用を解明する。手段は、現時点では、**第一原理分子動力学**になるか？
 - ◆ 宮城慧 (博士論文、豊橋技術科学大学、2014)
- **ESG科学と命名!** Environment, Society, Governance

- 大量に使用される物質は、既存化学物質か
- 新規に登録される物質は、そのほとんどが、**ポリマー用か、少量新規**のジャンルになるか。
- ヒト、その他の生物のレセプターに対する知識が増大
- データ量が莫大になり、人工知能の方が信頼されるので、そのための技術開発が不可欠になる
- **分子構造からの毒性判定法が完成**している
- リスクの判定もビッグデータによる人工知能が優位
- 他のジャンルのリスク(地球レベル、生活レベル、医療レベル、などなど)との比較が不可欠になる
- 同時に、合理的なリスク比較法の確立が必須

- 現時点の日本には、**2050年以降の気候変動の危機的な状況の認識ができない市民・企業が多すぎる。**
- CO₂の大気中寿命を理解していないからか？
- 「**地球的正義**」を理解することに慣れていないからか？
= 宗教的背景が西欧と異なることが原因か？
- しかし、**リスクというものの正しい見方**が普及していないことも大きな原因ではないか？
- **複数のリスクを比較しつつ、全体観により最適解を示すこと**に、日本の行政は、これまで成功していない。
- あらゆる**リスクの科学的な基礎を築き直し**、国民に基本的な考え方の修正を求める時期である。
- **ESG科学**というものを創生する時期なのではないか？
- メディアの**ESG教育**も、勿論、最重要課題。