

# 大転換 Great Transformation

2015⇒2030⇒2050⇒2080の三段跳びか？  
2030⇒1750に戻って再構築か？

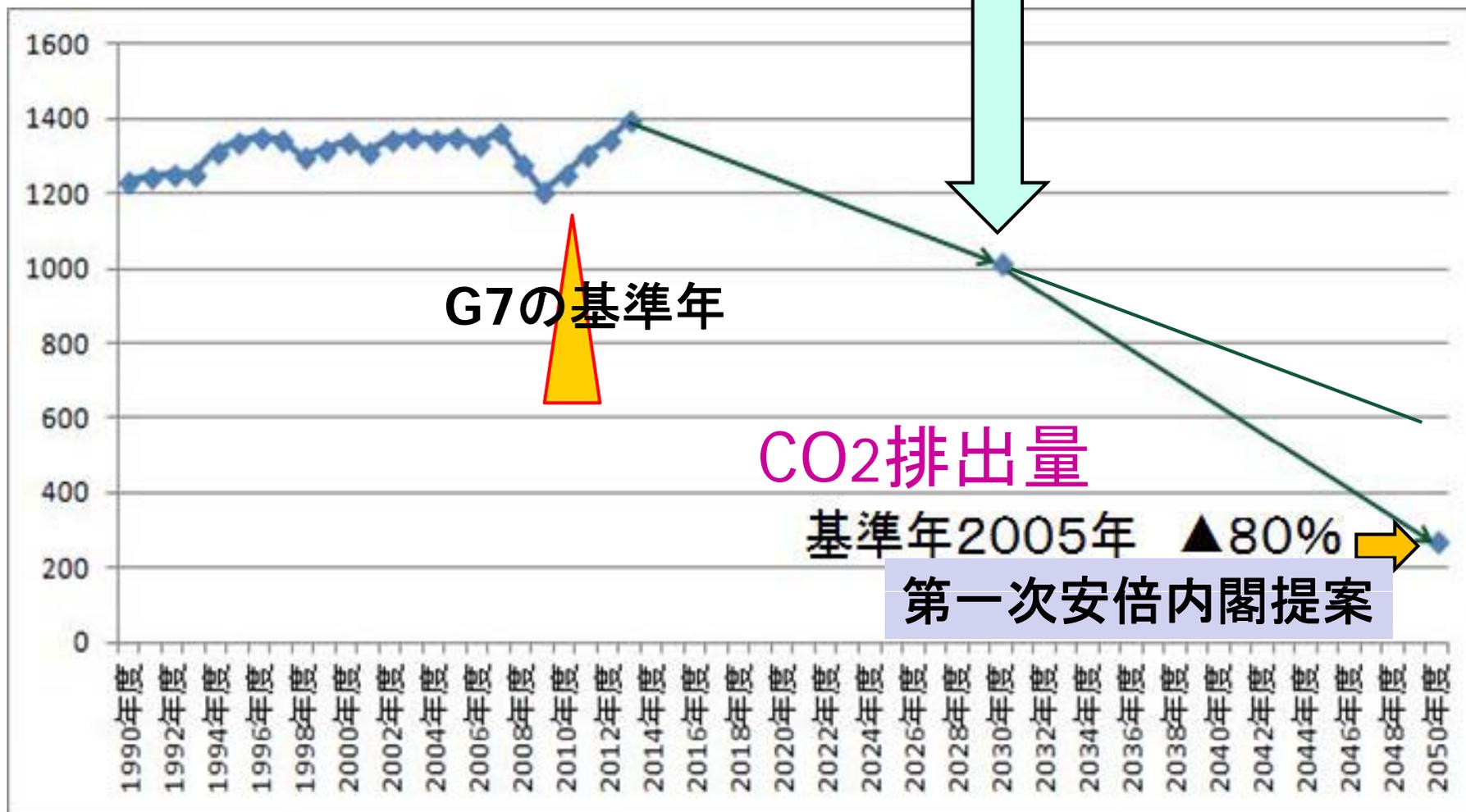
安井 至

(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/>

20年目に突入 886万アクセス感謝

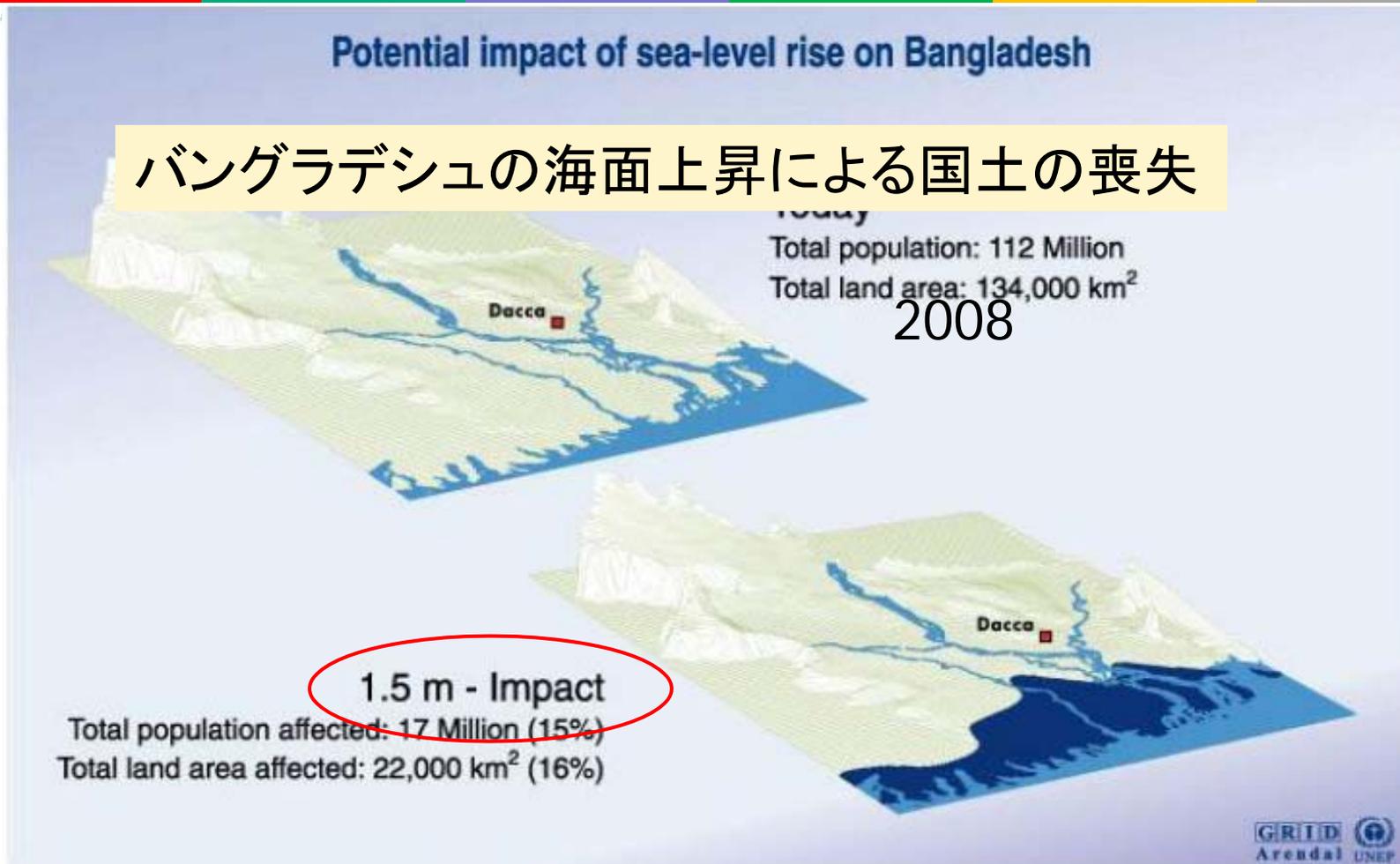
26.0%削減(2013年比)



## 2016.06 エルマウ・サミット首脳宣言

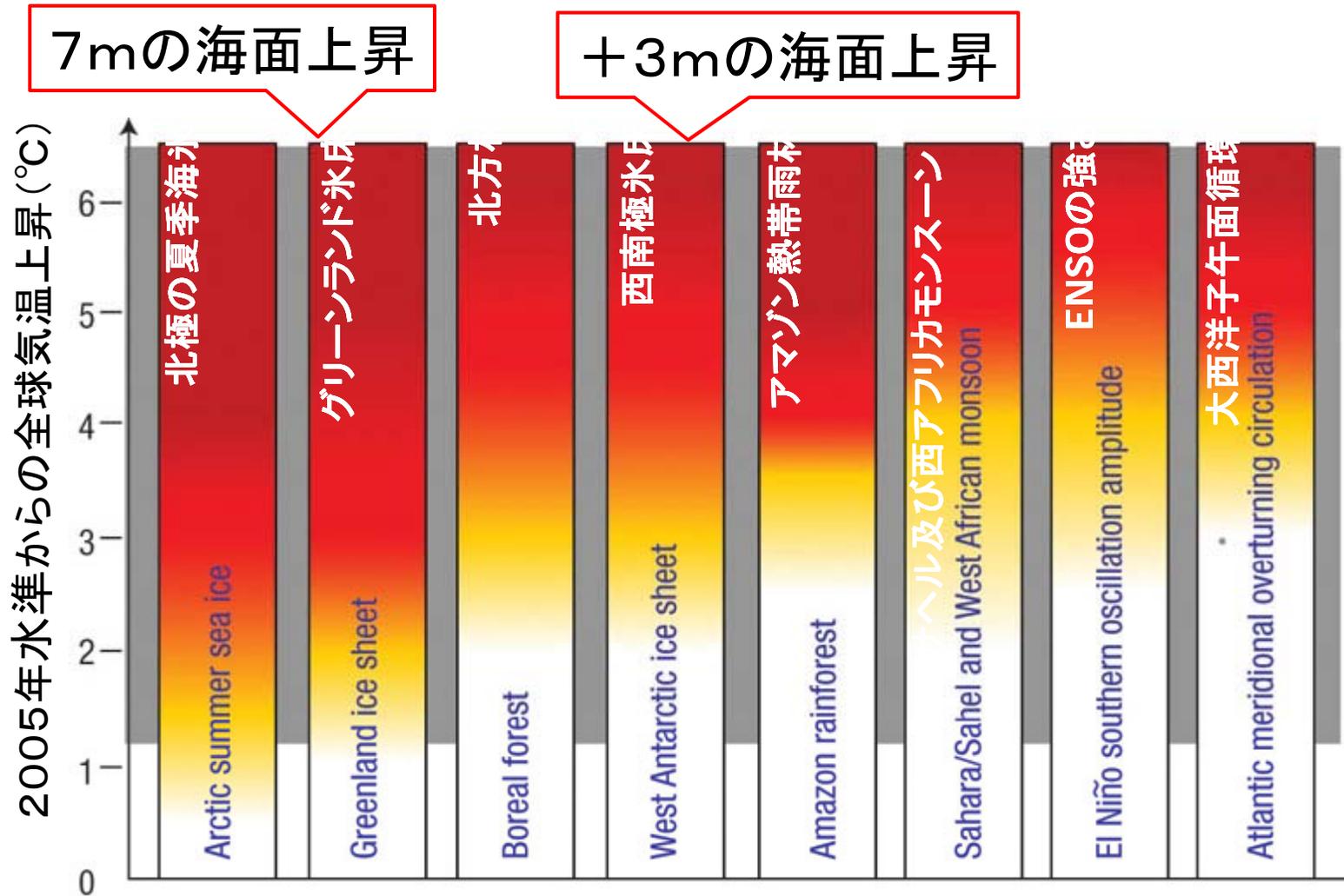
- 世界全体の温室効果ガス排出の大幅な削減が必要であることを強調する。  
=理由: 2. 5°Cを越す温度上昇がもたらすグリーンランド氷床の融解による7mの海面上昇
  - 2050年までに2010年比で最新のIPCC提案の40%から70%の幅の上方の削減とすることを共有することを支持する。=先進国は、2000年比で80%削減ぐらい。⇒ 第一次安倍内閣での決定
- パリ協定の基本は、ここにあった**
- パリ協定の新しい内容は、「温室効果ガスの排出と吸収量を今世紀後半にはバランスさせる=正味のゼロエミッション CO2 Net Zero Emission」

# 国際交渉リスクのために、2°Cは必須の条件 なぜ？



海面上昇と異常気象による環境難民問題  
2. 5°C上昇で始まる(?) 7mの海面上昇  
=「最大のリスク」&「不正義」だから

# 地球システムの大規模かつ非連続的な変化の可能性(tipping elements)



IPCC-AR4での2100年  
までの気温上昇予測幅(°C)

すでに0.8°C程度上昇している

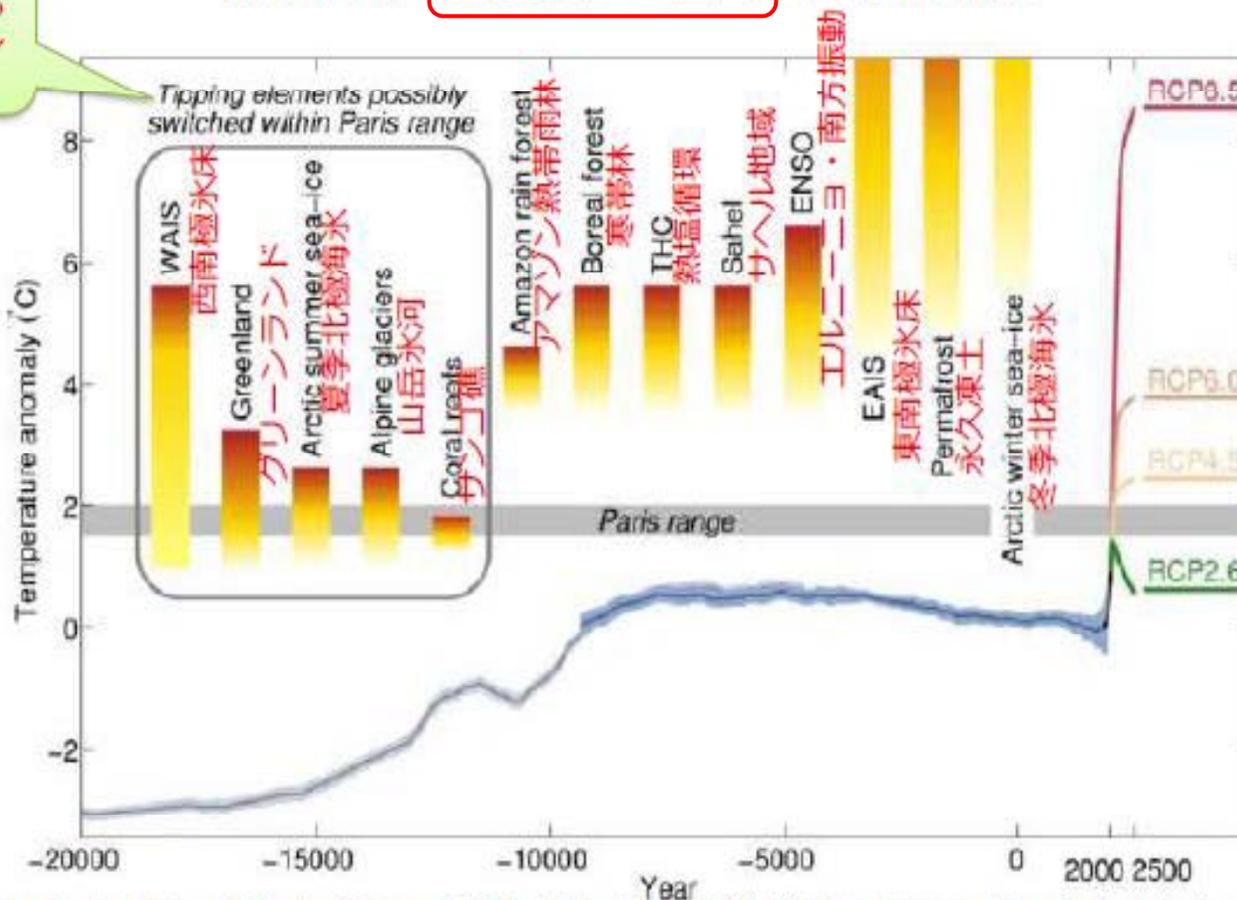
Lenton and Schellnhuber (2007)

- Schellnhuber氏（ポツダム気候変動研究所所長）らの研究では、気温上昇が2℃未満に抑えられたとしても、いくつかの主要なティッピング・エレメント※の損失または変化が生じるとされている。

※ ティッピングエレメント（tipping element）とは、気候変動が進行してある臨界点を過ぎた時点で、不連続といってもよいような急激な変化が生じて、結果として大惨事を引き起こす可能性があるような気候変動の要素を指す（環境省環境研究総合推進費S-10 「ICA-RUS REPORT 2013 リスク管理の視点による気候変動問題の再定義」（2013）より）

1.5℃～2℃の間で転換する可能性のあるティッピング・エレメント

【気温上昇とティッピングエレメントの変化の関係】



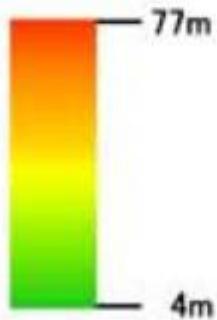
一度スイッチが入ると、止まらない現象を言う。

パリ協定で言及された気温上昇の幅 (1.5℃・2℃)

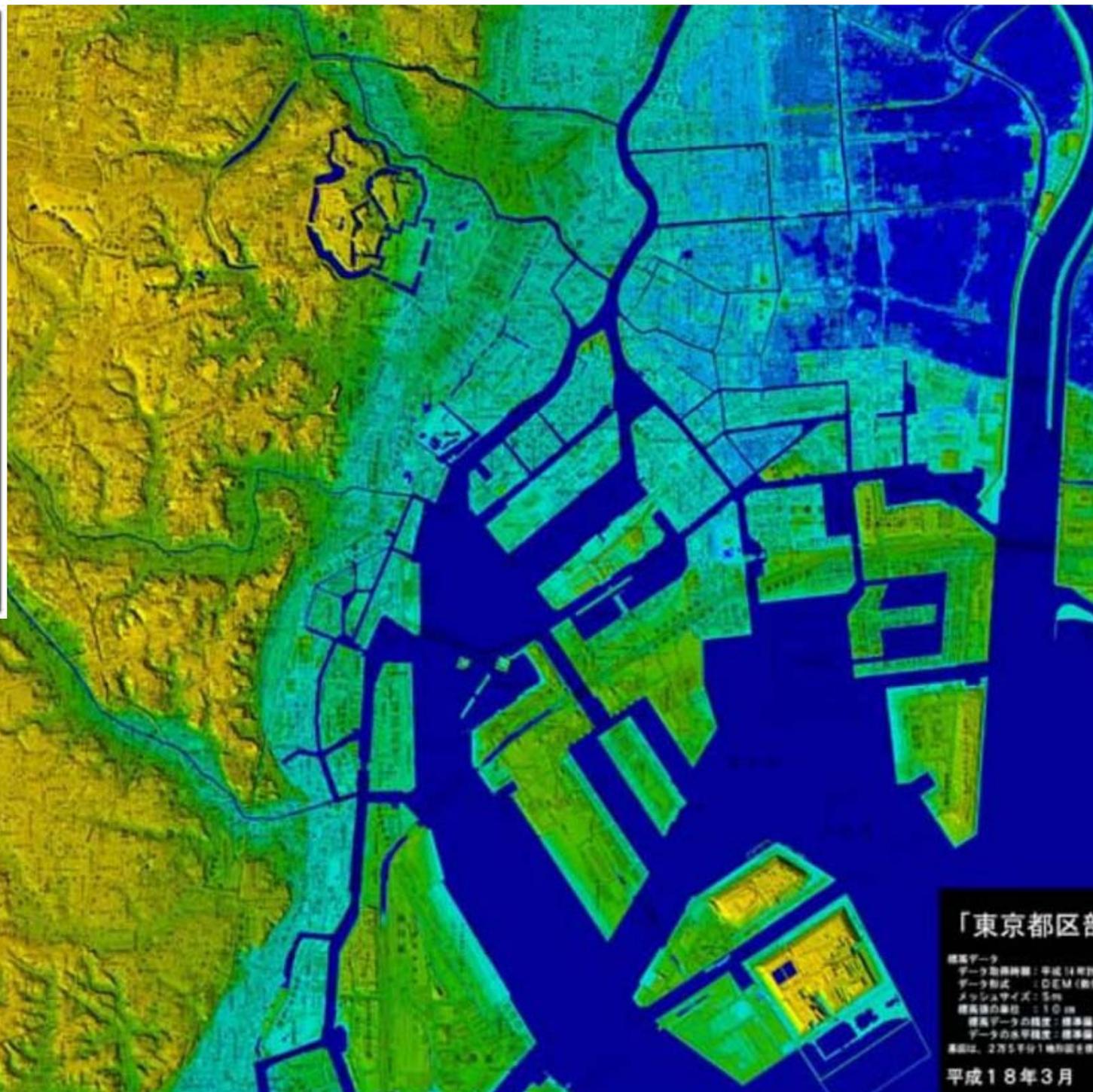
気候変動では、温度上昇が起きると低下することはない

(出所) Schellnhuber et al., Nature Climate Change, 2016, Schellnhuber氏資料 <https://www.pik-potsdam.de/news/press-releases/controlled-implosion-of-fossil-industries-and-explosive-renewables-development-can-deliver-on-paris> (赤字は環境省加筆)

# 標高値

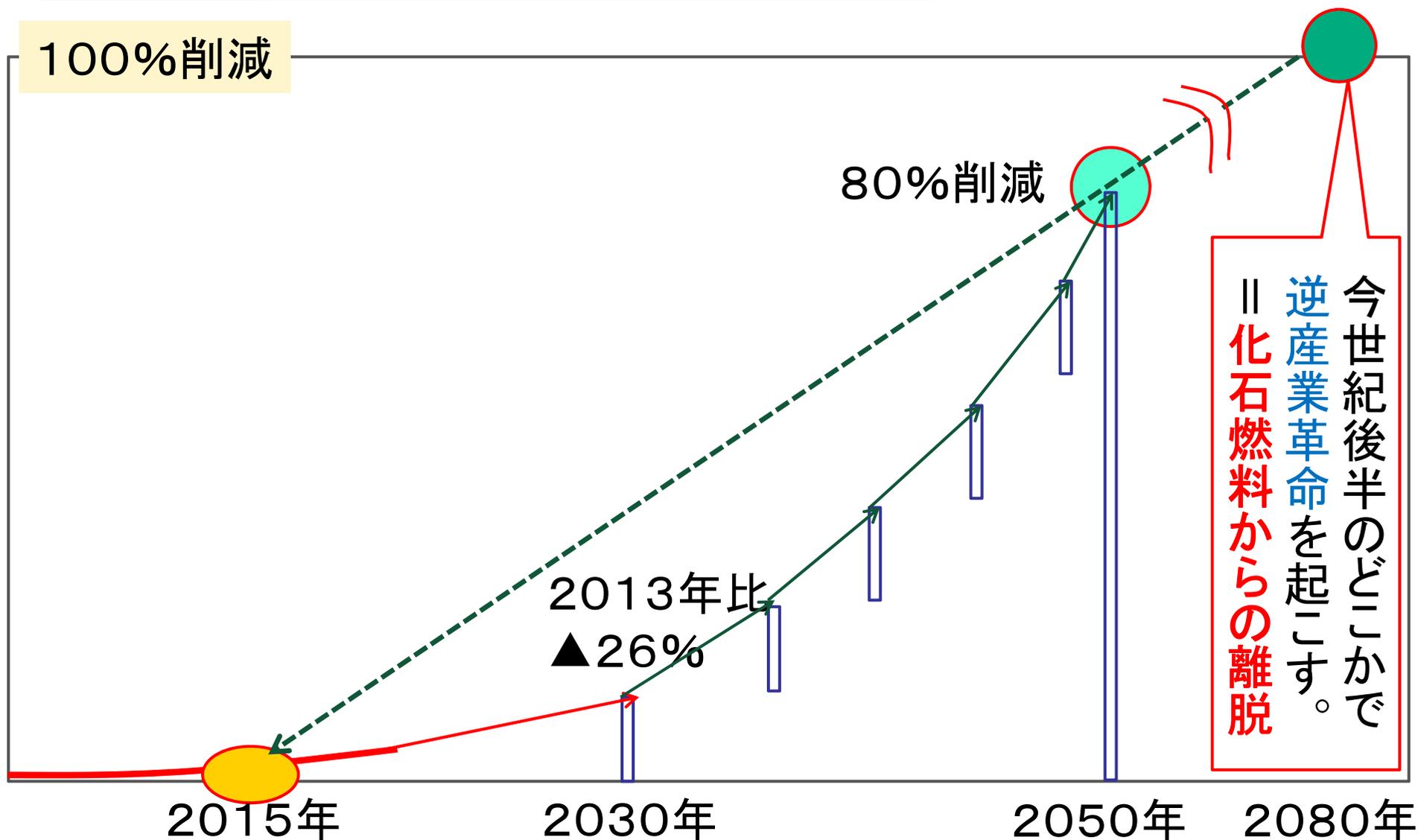


- 3m 以上 4m 未満
- 1m 以上 3m 未満
- 0m 以上 1m 未満
- 1m 以上 0m 未満
- 1m 未満
- 水部



# CO<sub>2</sub> Net Zero Emission

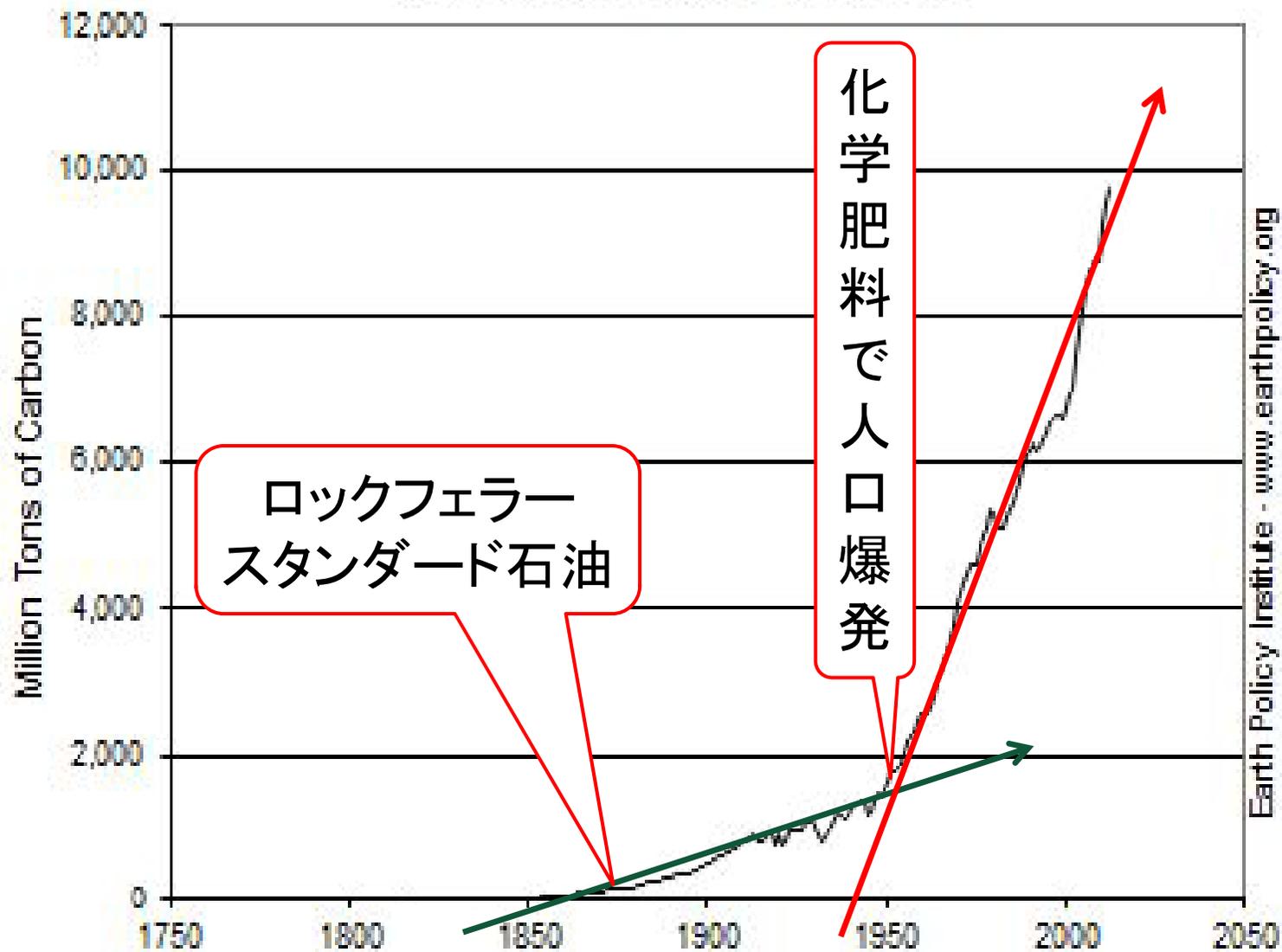
## バックキャスト図解



# 産業革命という言葉

- **自動織機**を核心技術とする考え方
  - 1771年アークライトの水力紡績機
  - ⇒工場というものが意味を持った
  - 1785年卡トライトの力織機(蒸気機関)
- **製鉄**を核心技術とする考え方
  - 木炭による製鉄法は木材不足で衰退
  - 18世紀になりコークス製鉄法
- **動力源**を核心技術とする考え方
  - 1712年ニューコメンが蒸気ポンプが炭坑の排水に
  - 1785年ワットの蒸気機関(円運動をする機関)
- 個人的には**化石燃料の利用技術!**と理解

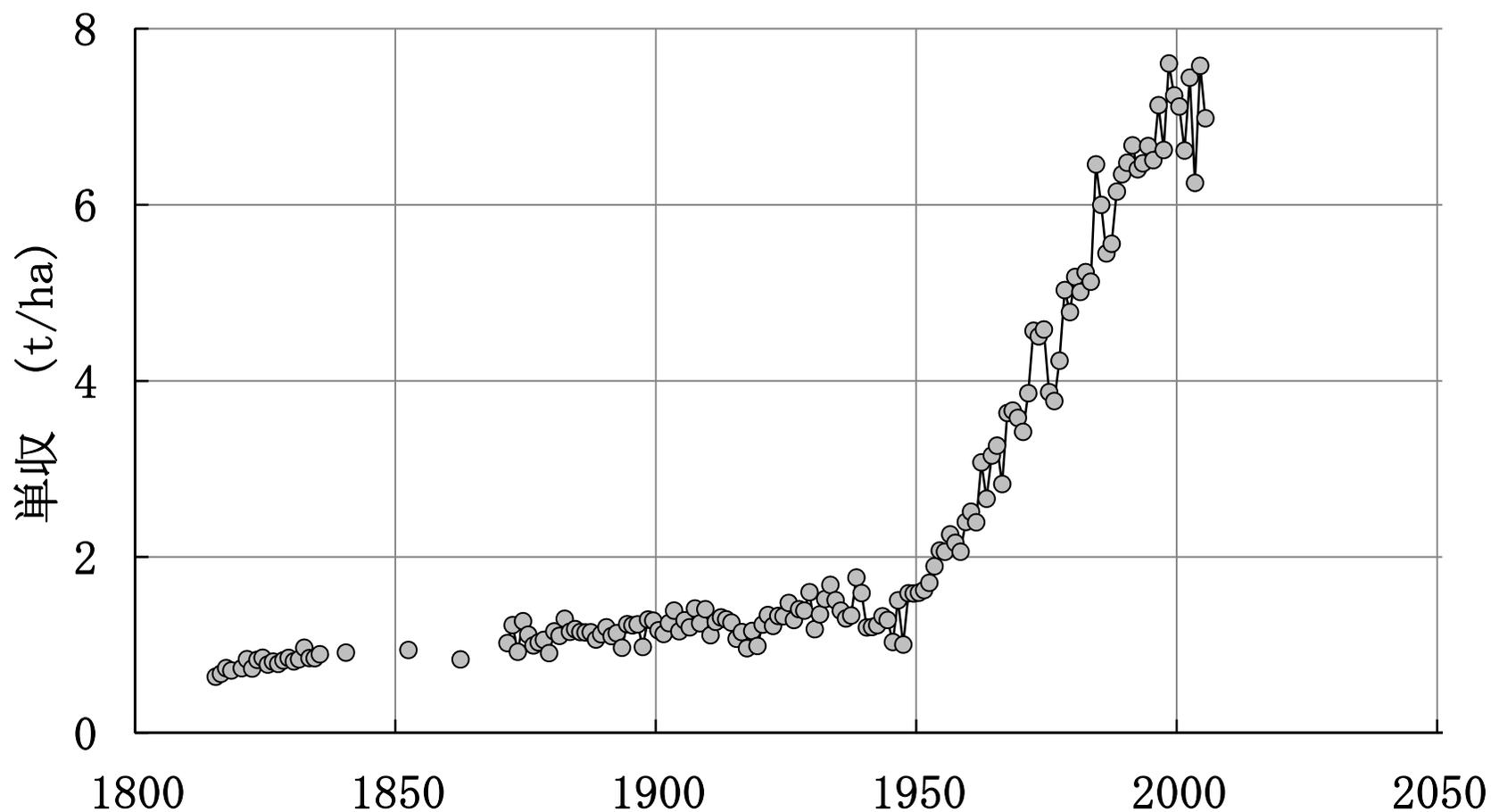
# 化石燃料燃焼による二酸化炭素排出量



Source: EPI from BP; CDIAC; USGS

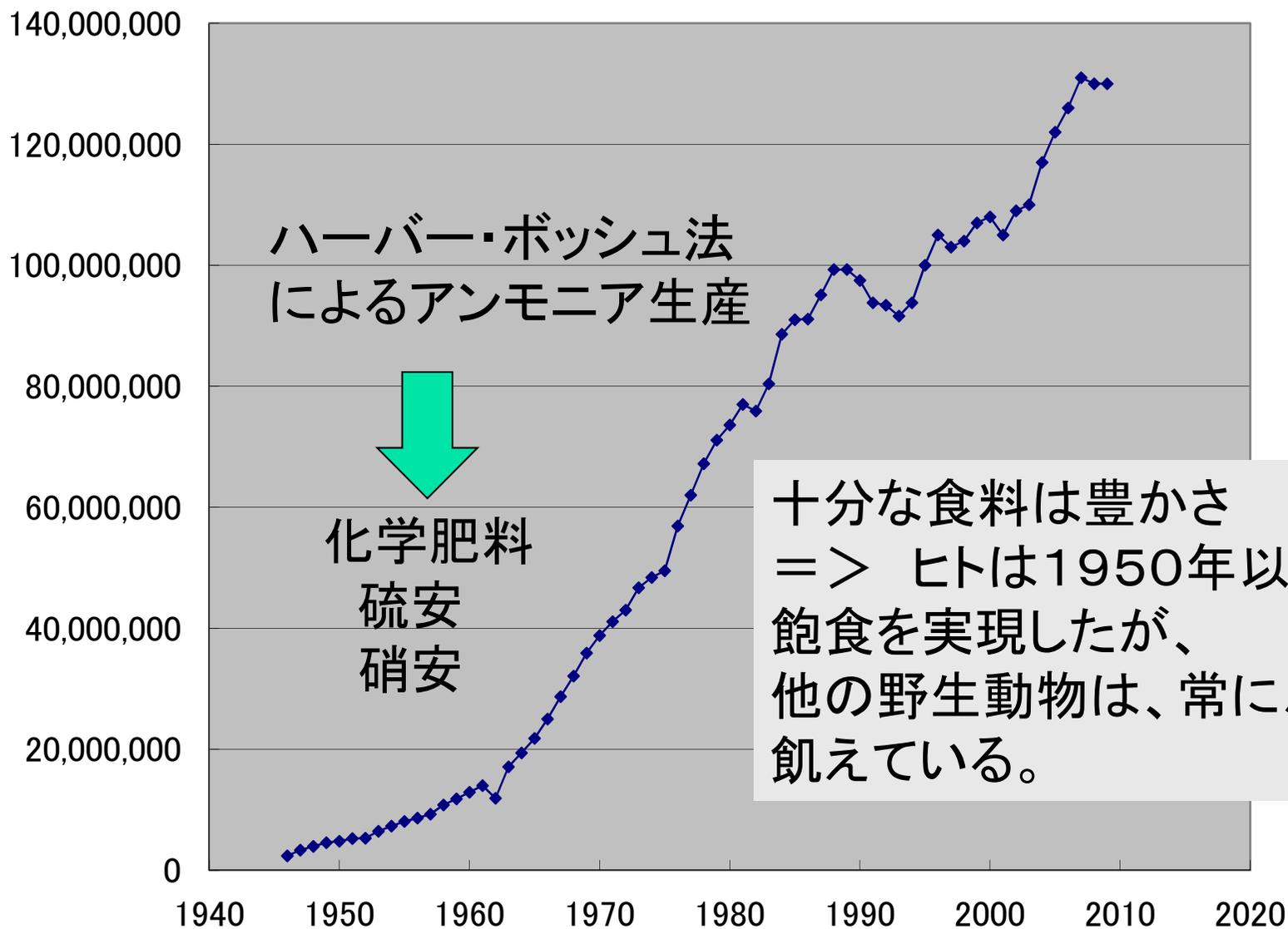
# 20世紀の人口爆発の原因は 穀物単収(単位面積当たりの収穫量)の増加にある

フランスの小麦 出展 Michel & FAO



川島博之氏提供

# Nitrogen Fixed Metric Tons



ハーバー・ボッシュ法は、全エネルギーの1%を消費

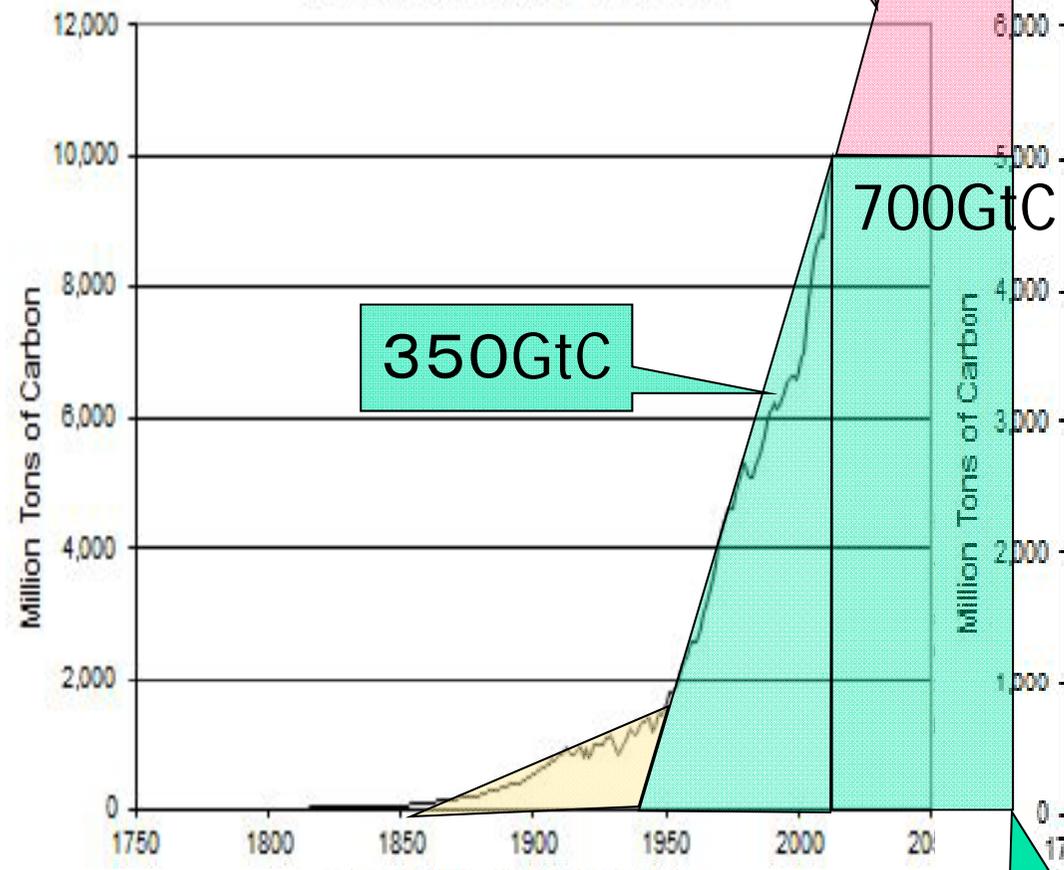
# CO<sub>2</sub>排出量/年 Mton-C/Year

世界全体 350GtC

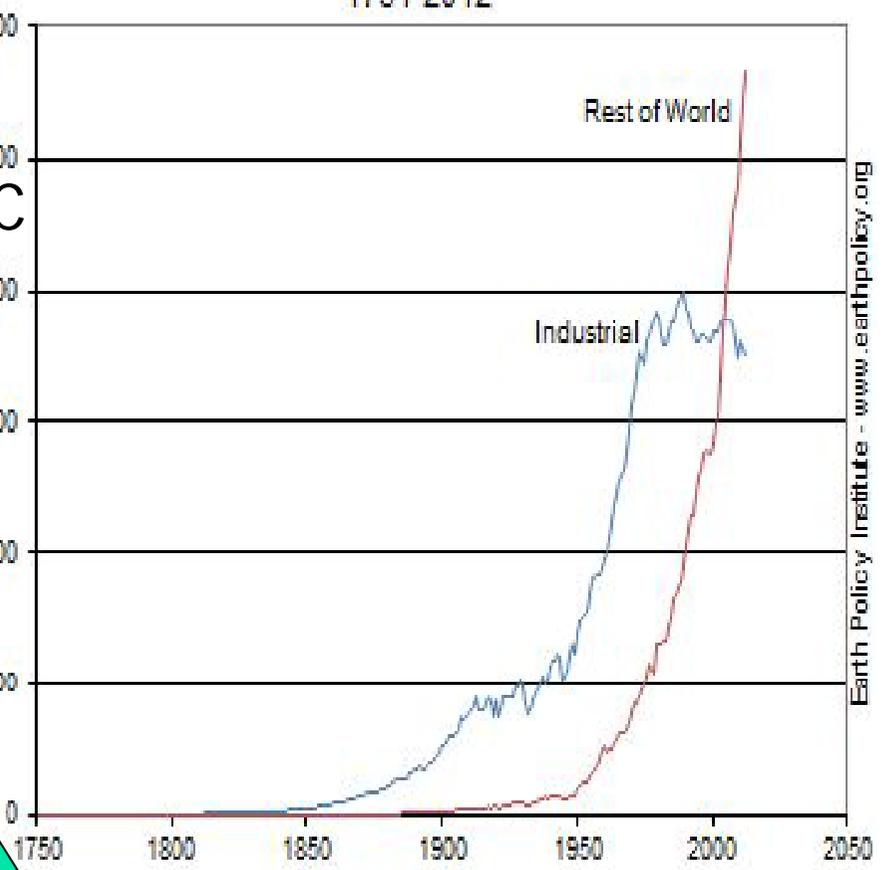
工業国とその他

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



2080年



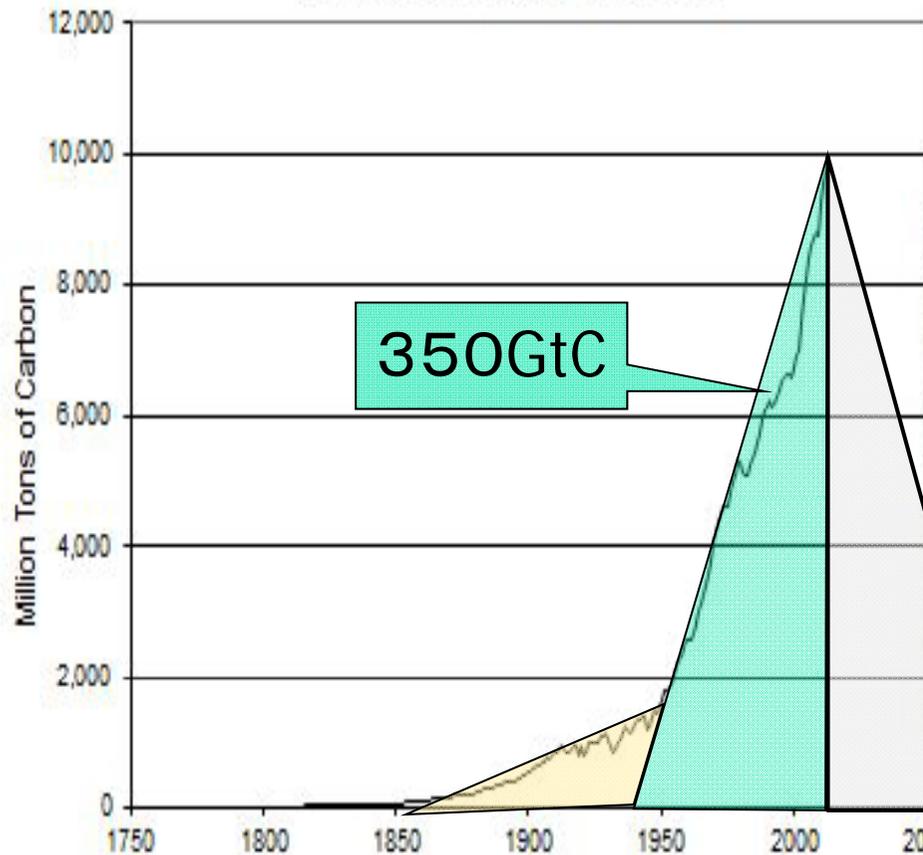
Earth Policy Institute - www.earthpolicy.org

# CO<sub>2</sub>排出量/年 Mton-C/Year

## 世界全体

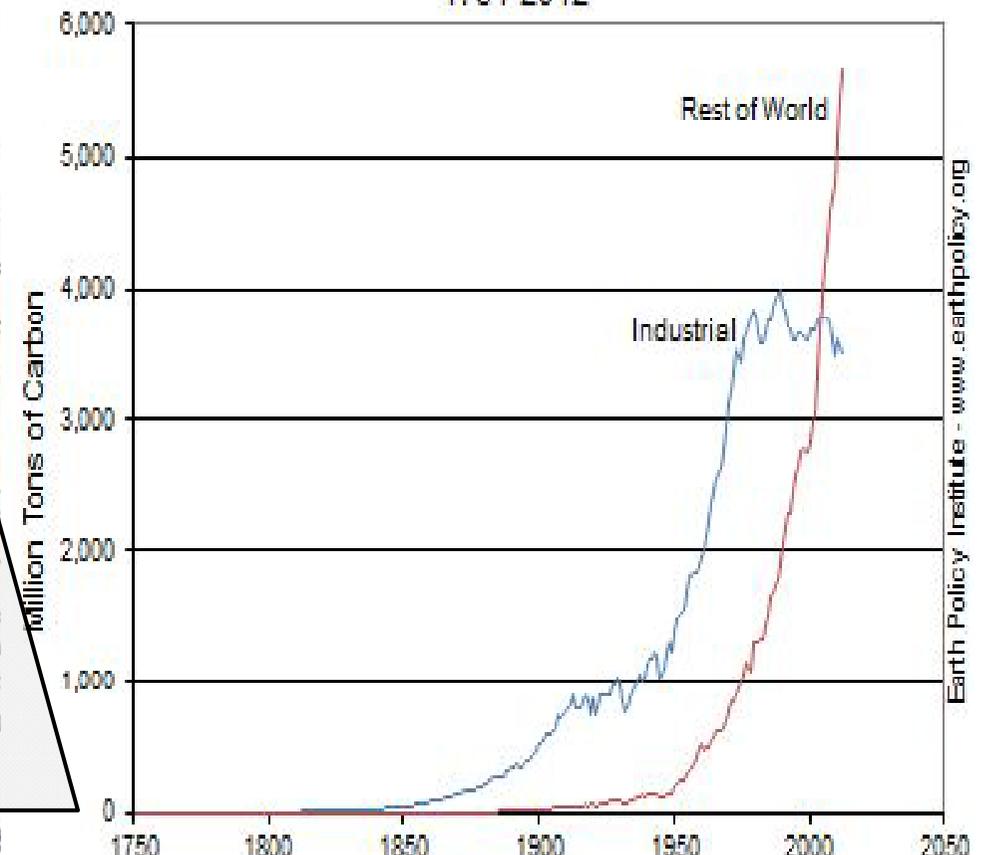
## 工業国とその他

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



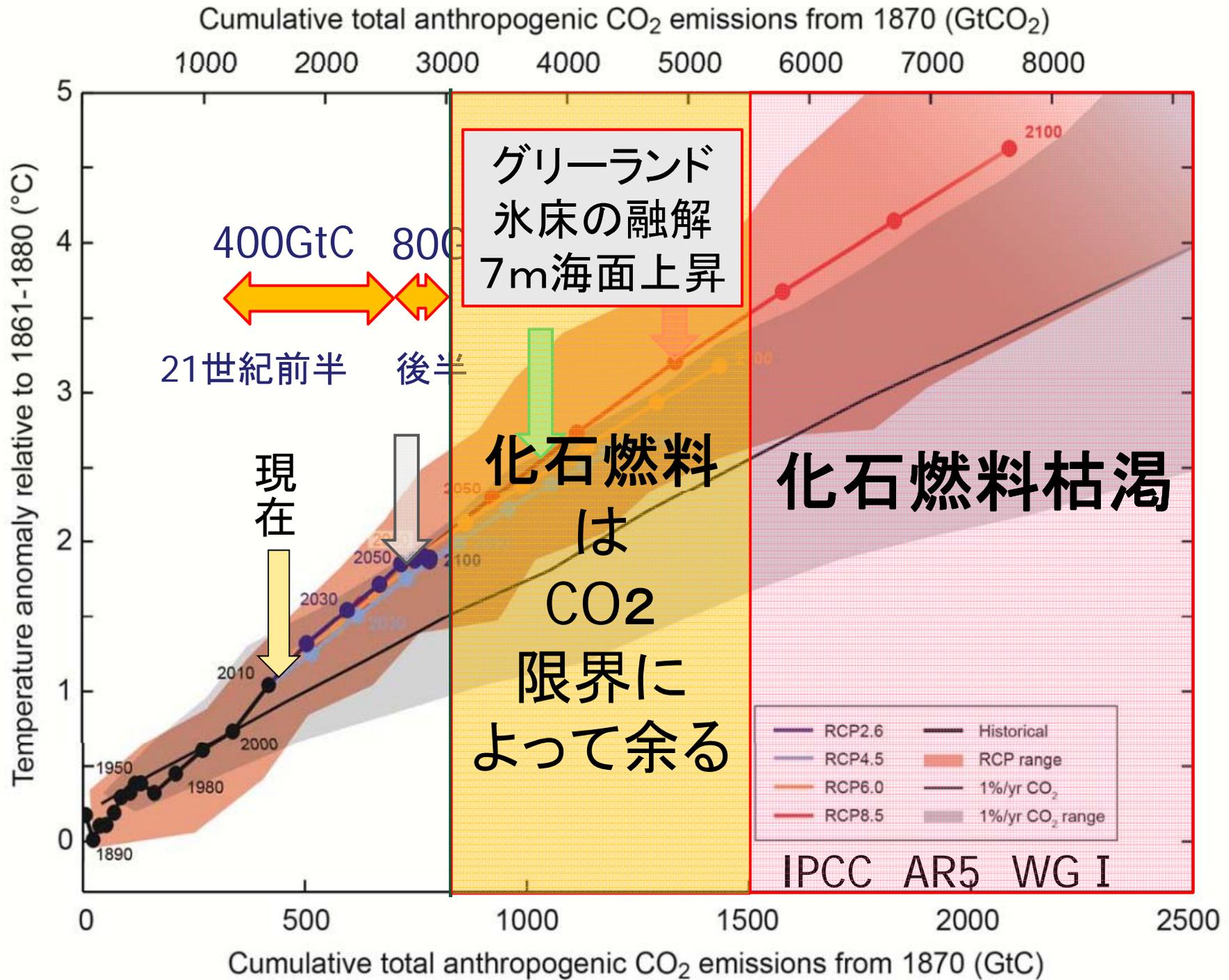
Source: EPI from BP; CDIAC; USGS

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

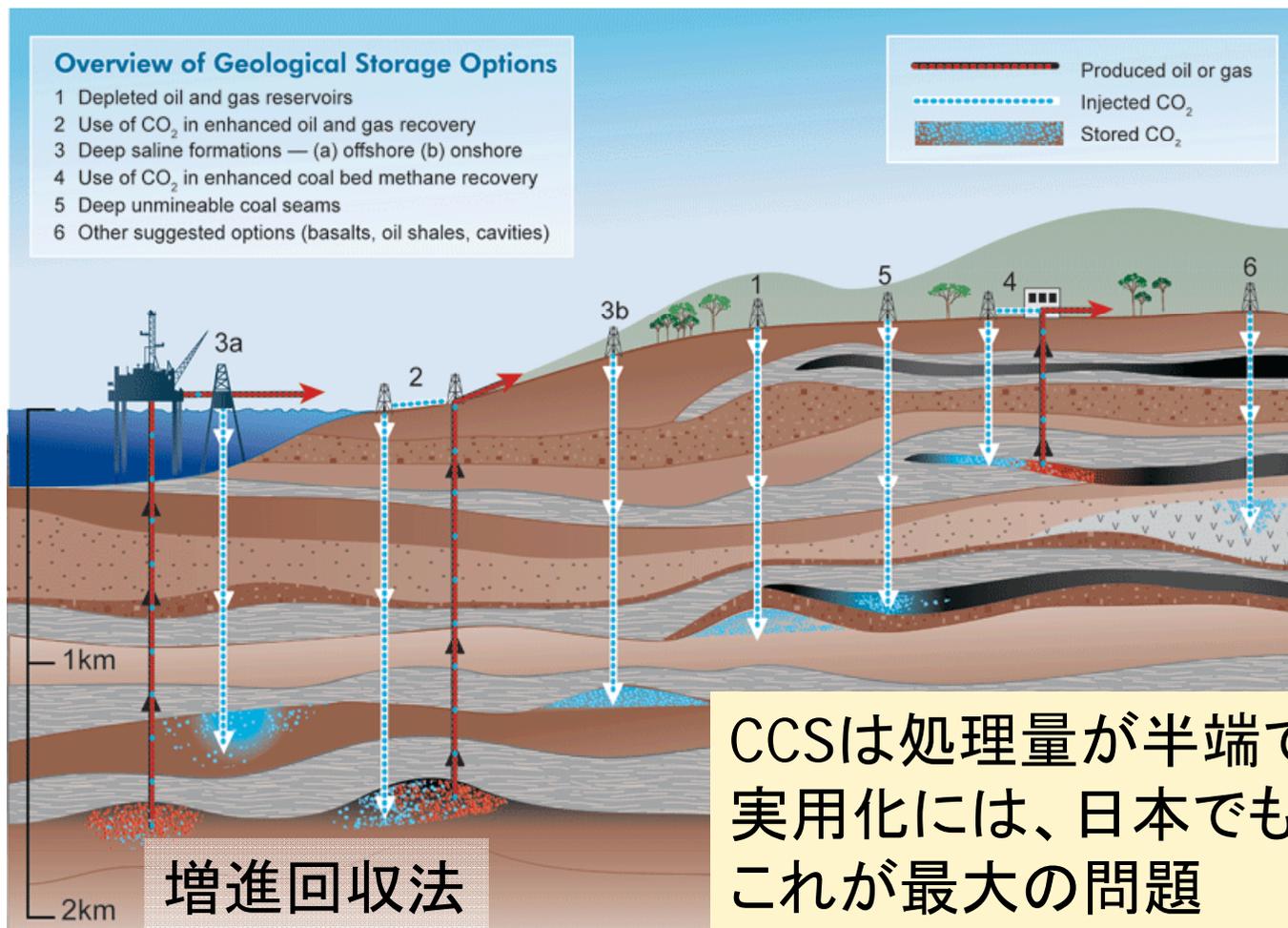


Source: EPI from BP; CDIAC

Earth Policy Institute - www.earthpolicy.org



# CCS = Carbon Capture and Storage



石油は水素とCO<sub>2</sub>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-CO<sub>2</sub> = **\$12.5/Barrel**(for Petro)  
 Cost for separation, liquefy and storage

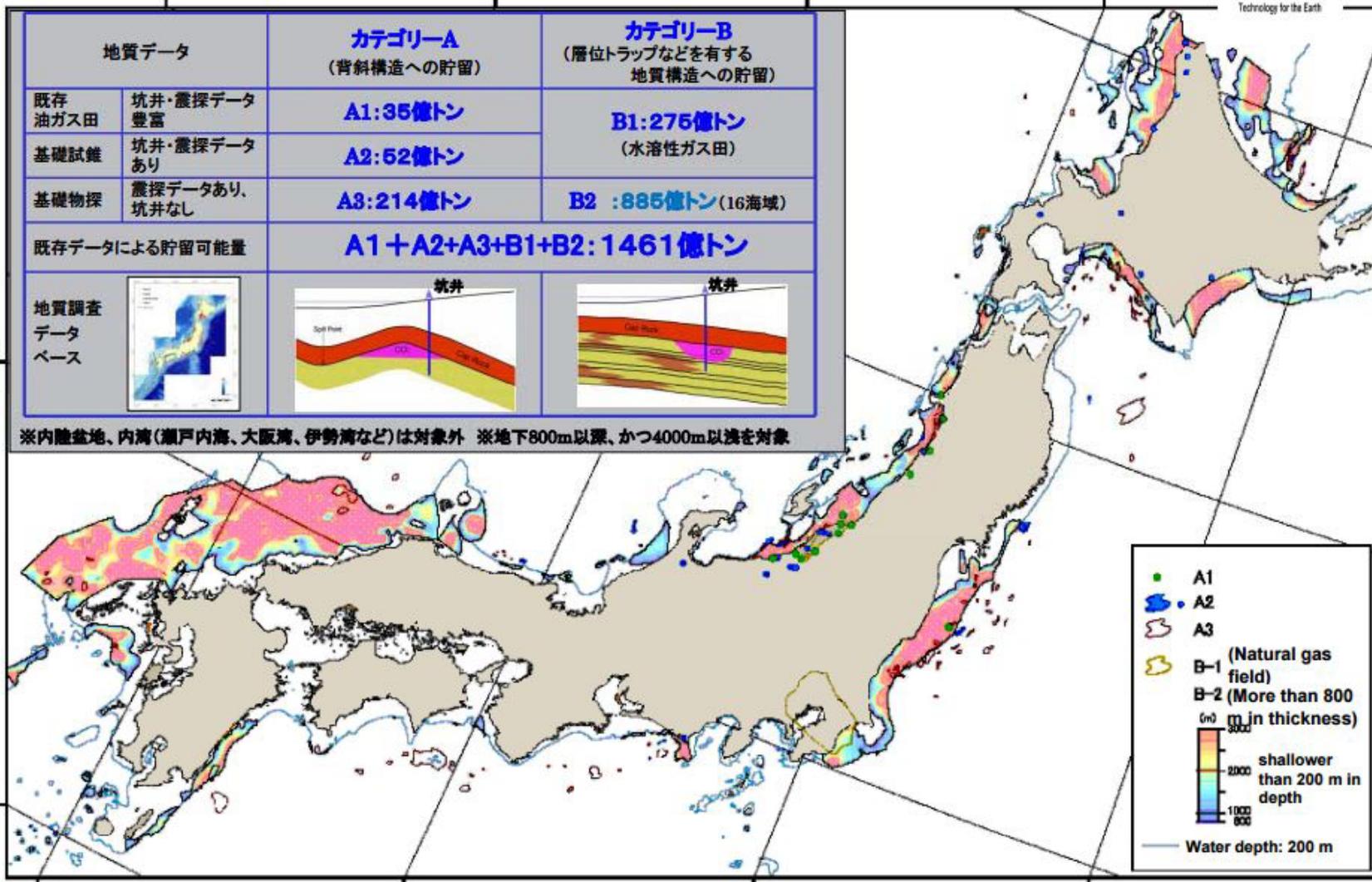
## あり得るNZEシナリオは3種のみ

- 3. 1 “化石燃料+CCS”依存戦略
  - 消費国内でのCCS戦略
  - 産油国内でのCCS戦略+水素輸入
- 3. 2 “自然エネルギー”依存戦略
- 3. 3 “新規原子力”依存戦略
  - 第四、第五世代原発開発
  - 小型核融合などを含めた総合戦略

## あり得ないNZEシナリオ

- “省エネだけで行ける！”戦略
- “大気からの二酸化炭素回収利用”戦略

## 既存の調査例：沿岸域の貯留可能量と帯水層分布



出典：(公財)地球環境産業技術研究機構

## “化石燃料＋国内CCS”戦略の問題は？

---

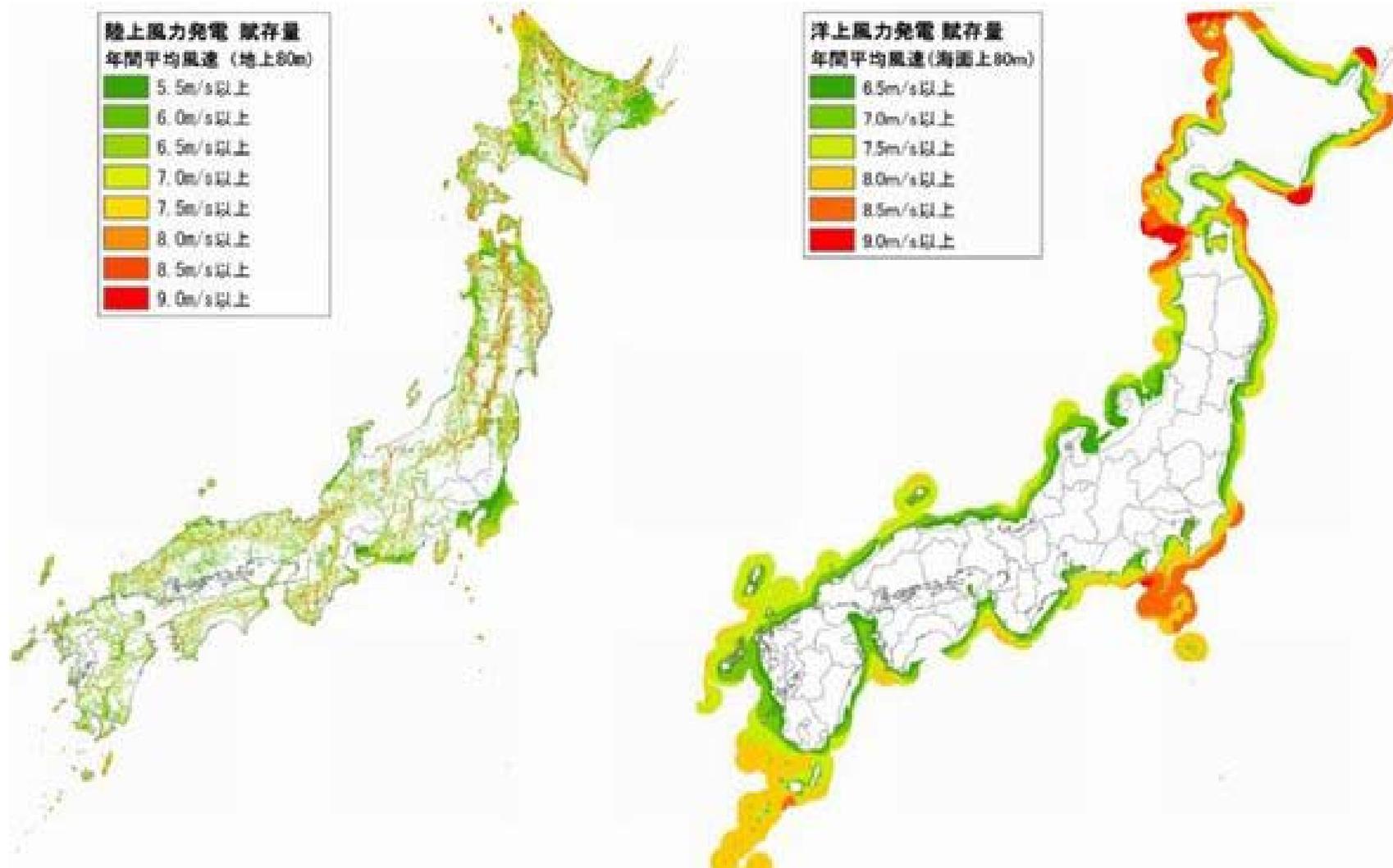
- 民間企業の時間スケールと全く違うこと
  - もしもなんらかの不具合があったとき、誰が責任を取るのか
  - 沿岸域の場合は漁業権などとの整合性
  - 経済的問題
    - どのような費用分担をするか
    - 最終処分地の権利をどう扱うか
    - 超長期の責任体制の確保は
- 
- やはり特殊法人等の仕事かもしれない

# 3. 2 自然エネルギー依存戦略

## 風力ポテンシャルマップ

陸上風力

洋上風力





# 地熱の発電 ポテンシャル

- 北海道
  - 東北
  - 北陸
  - 群馬・長野
  - 静岡
  - 大分・熊本
- ⇩
- 50Hz・60Hz  
共存が大問題  
で西日本は電  
力不足

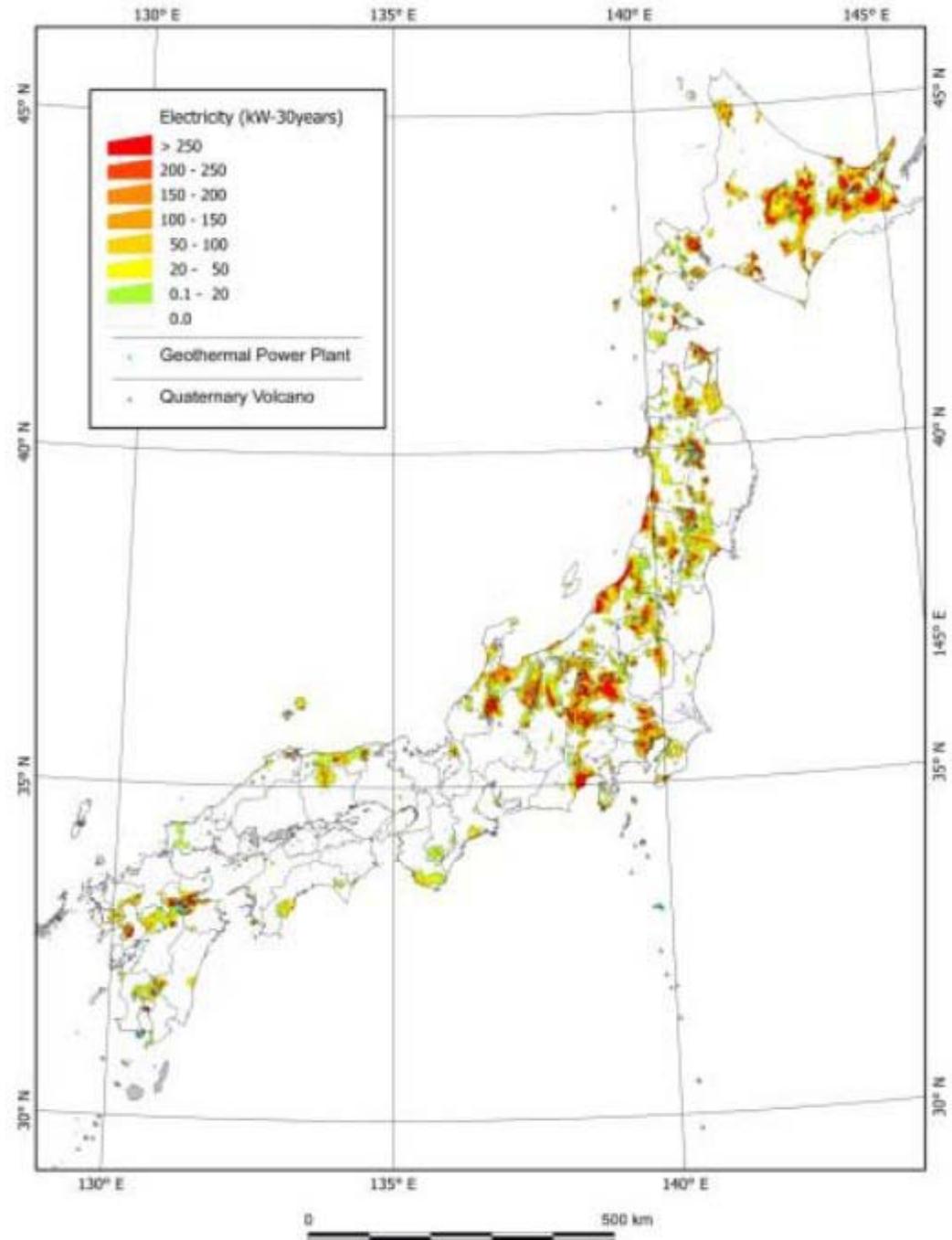


図 6-2 53~120°C以上の熱水系地熱資源量密度分布図

## 3. 3 新規原子力戦略

- 予想
- 2030年：原発の再稼働がほぼ完了
- 2050年：運転期間の60年への延長も完了
- しかし、リプレースの話は進まない
- 理由は、日本人のリスクマインド
  - 天災には「諦め」と「忘却」がツールである
  - 人災は、「穢れ」が消えるまで無理
  - 技術が見えないと、中国・韓国の原発事故があると、日本の原発が止まる

- 中国・韓国は、依存拡大路線
- ヨーロッパ(フランス・英国)、米国は、依存度縮小するが継続の方針
- ドイツと日本が、ゼロ原発を目指す可能性がある国
- 個人的見解は、現在の第3世代原発は超長寿命核種が副生するという点で、欠陥商品である
  - $Np-237 = 214$ 万年、 $Am-241 = 432$ 年
- 日本が近々持つであろう $\approx 50$ トンのプルトニウムは、テロに狙われると危険
- 対応は高速減容炉 & SuperSafe第4世代原発か？
- 特に、前者は必須なので、開発開始をどこで決断
- 現時点だと、ASTRIDプロジェクトが近いのか

# 日本のNZE時代への必須事項 ＝リスクを比較する議論ができるか

## ■ 各種リスク

- 化石燃料燃焼のリスク ⇒ 大きい
- CCSのリスク ⇒ 不確実
- 韓国から電力輸入のリスク ⇒ 嫌な気分
- 水素の輸入のリスク ⇒ 義務
- バイオマスの輸入のリスク ⇒ 量的問題
- 自前の原発開発のリスク ⇒ 国際共同か
- 軽水炉運転継続のリスク ⇒ 2065まで
- プルトニウム所持のリスク ⇒ 増加傾向

# 大転換時代は 「多くのリスクと多くのチャンス」 を生み出す

- 対応法は恐らく5種類
- 1. 全く思考すらしめない
- 2. 思考した上で、流れに身を任せる
- 3. リスクあるいはチャンスのみを事前に読み対応する
- 4. リスクとチャンスを事前に評価し、それらへの準備まで完了した上でタイミングを伺う
- 5. 急いでリスク対応を始める

# 結論

- 大転換時代を乗り越えるには、**技術だけではダメ**
- **欧米の先進企業**と同じ**マインド=正義**による対応がすべての企業に求められる
- **マインドの条件**
  - 人類レベルでの**正義**による“**ゴール**”の設定ができること
  - その実現を推進する姿勢を保ちつつ、適切な環境対応を実現できること
- **時間軸が重要**
  - 2030年、2050年、2080年対応の実像を描くことで、適切なイノベーションを実現する準備をする
  - 『**早すぎず、遅すぎず**』