



International Institute for  
Applied Systems Analysis  
www.iiasa.ac.at

science for global insight



# 持続可能な未来への 大変革： 2050年以降に対する展望

国際応用分析研究所

副所長

ウィーン工科大学

エネルギー経済学名誉教授

ネボイシヤ・ナキチエノビッチ

京都議定書20周年記念

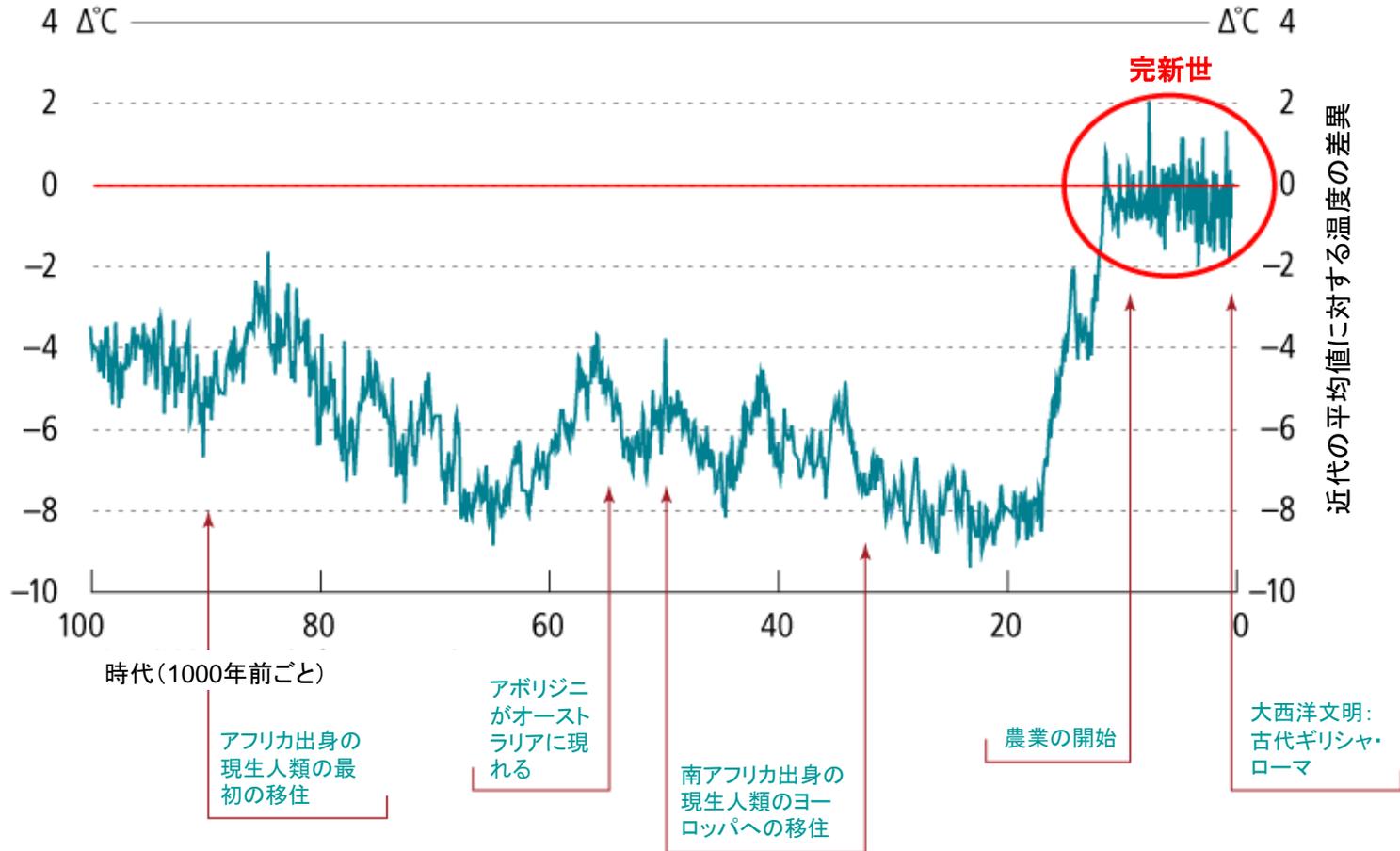
地球環境京都会議2017(KYOTO+20)

国立京都国際会館 一一2017年12月10日



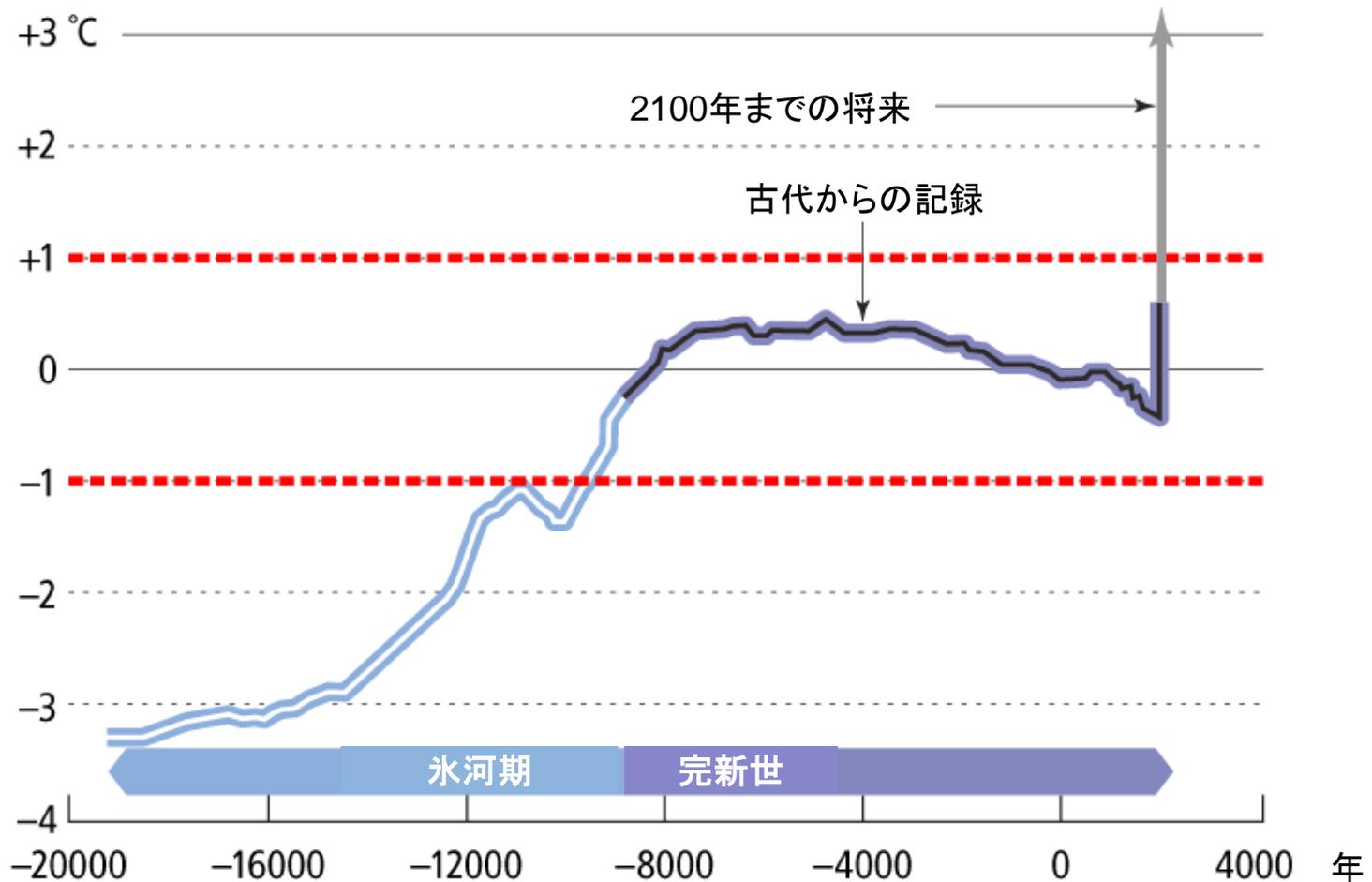
IIASA, International Institute for Applied Systems Analysis

# 100,000年の氷床コアの変遷



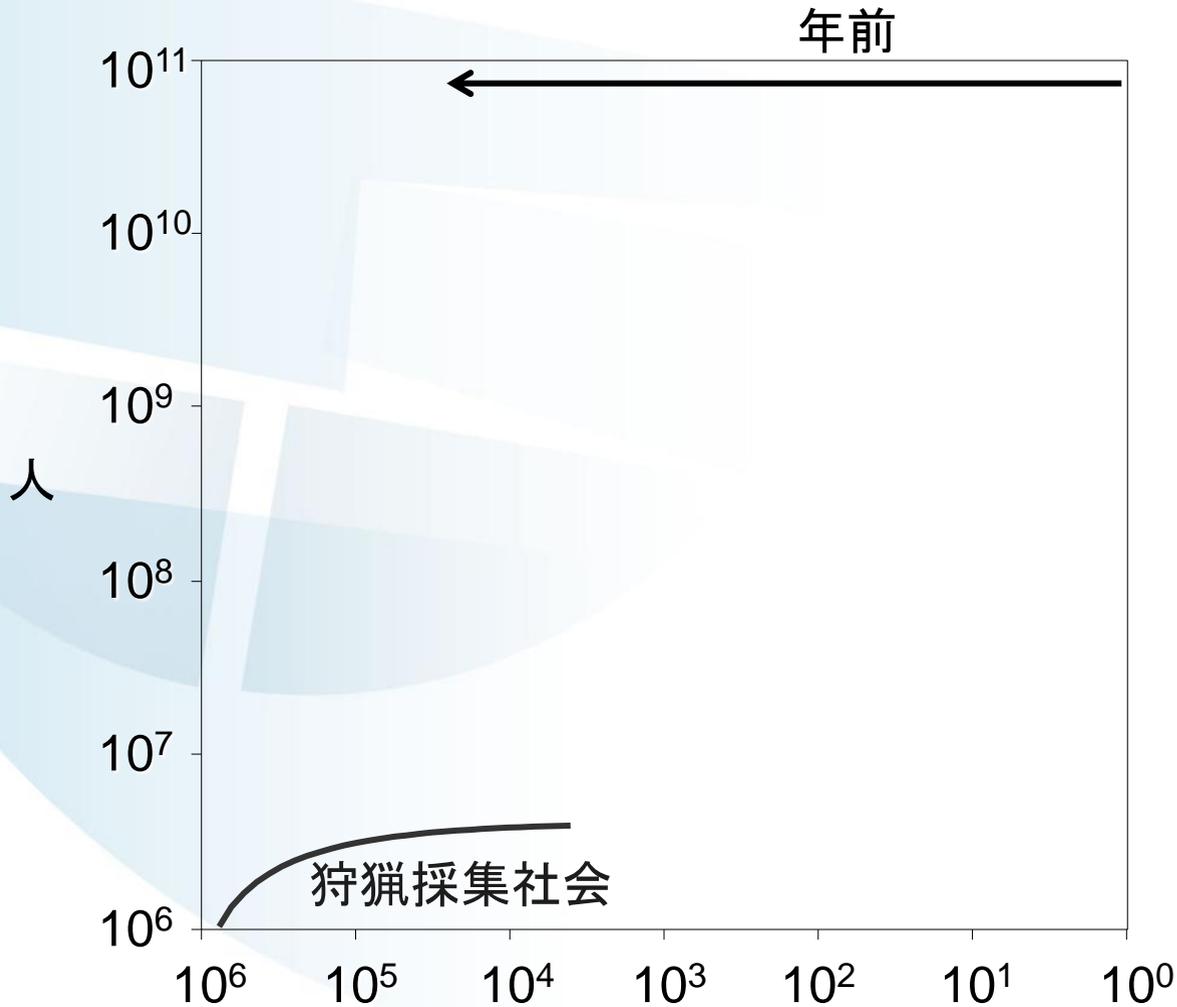
出所：Young and Steffen 2009が出典の Petit et al. 1999からのデータ。

# 完新世の温度の特徴

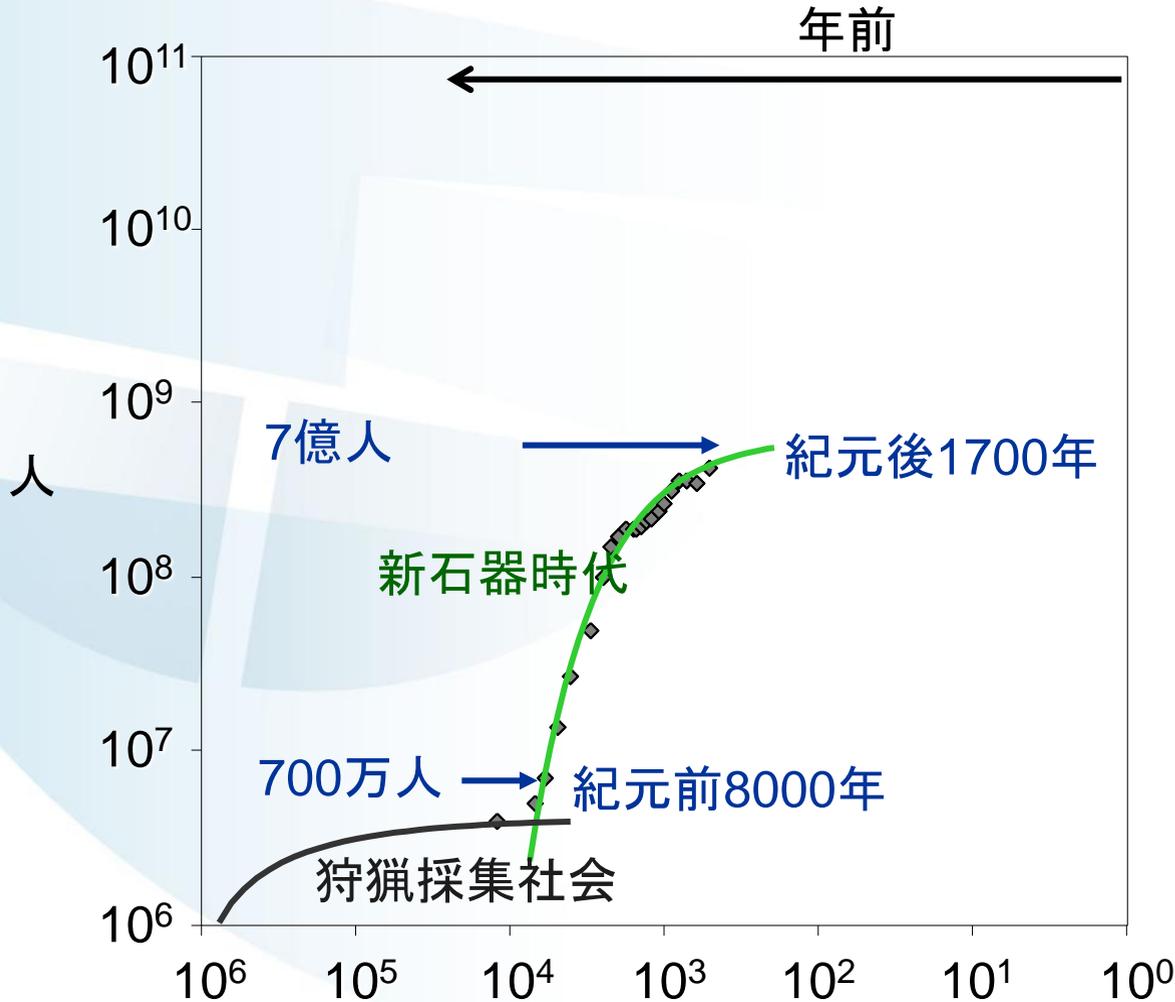


出典 : Shakun et al. 2012 及び Marcott et al 2013.

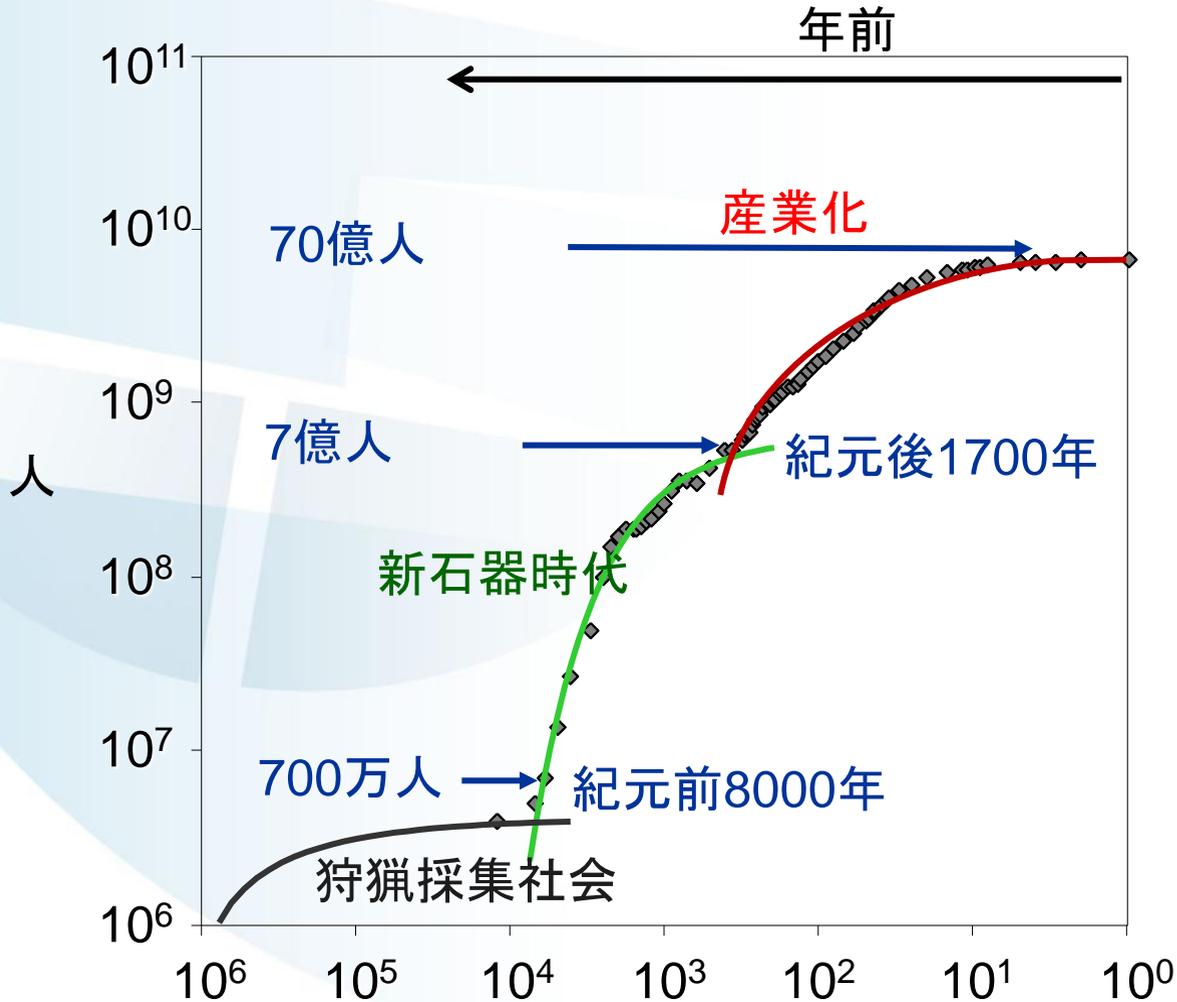
# 世界的轉換期



# 世界的轉換期 新石器革命

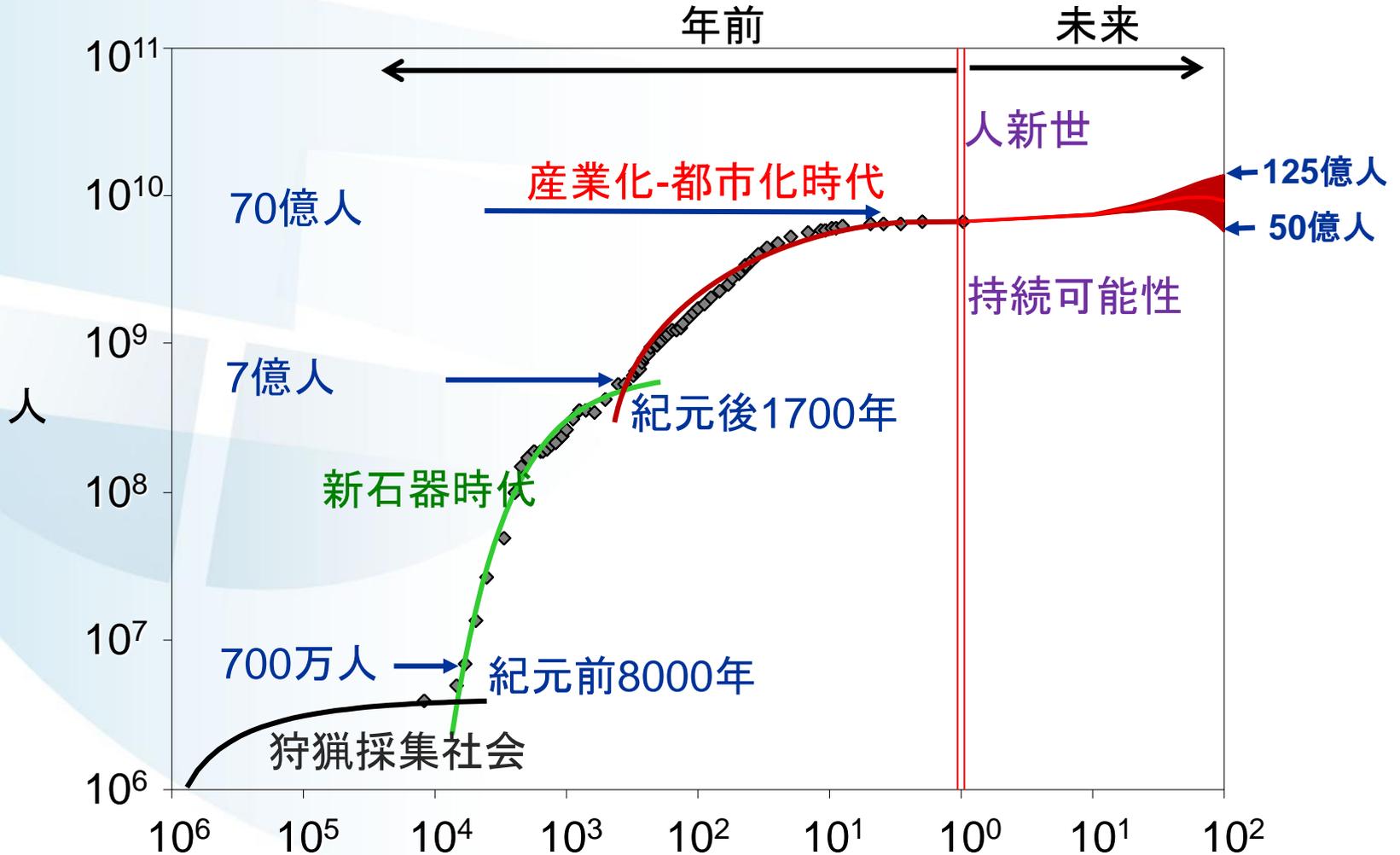


# 世界的轉換期 新石器革命及び産業革命

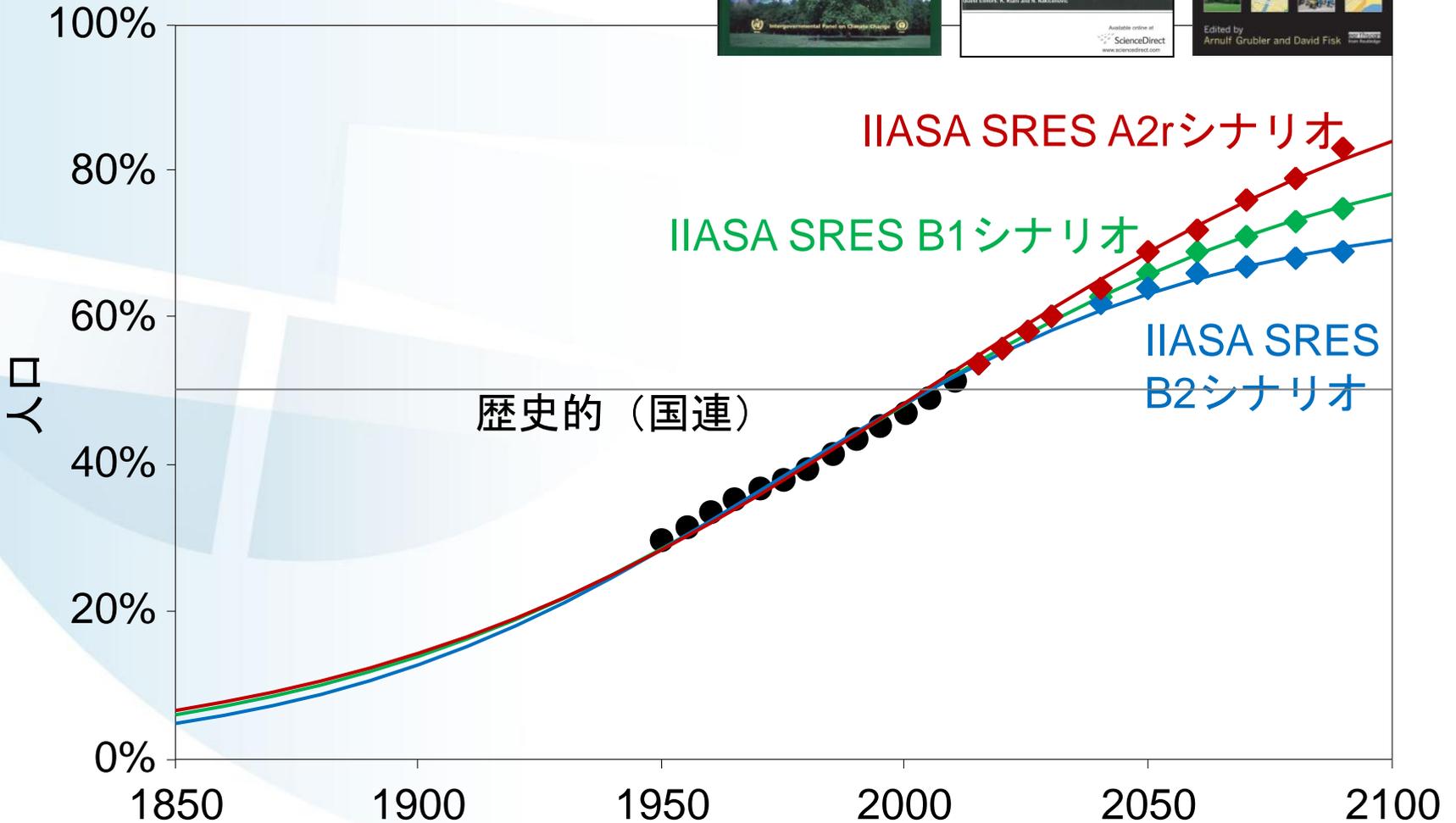
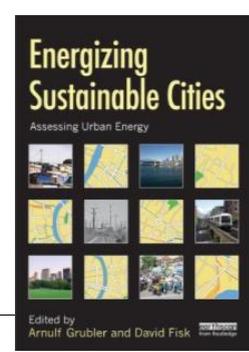
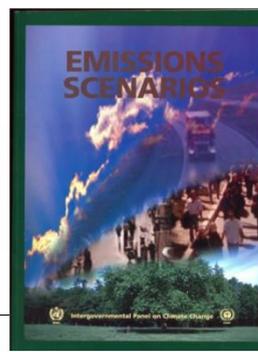


# 世界的轉換期

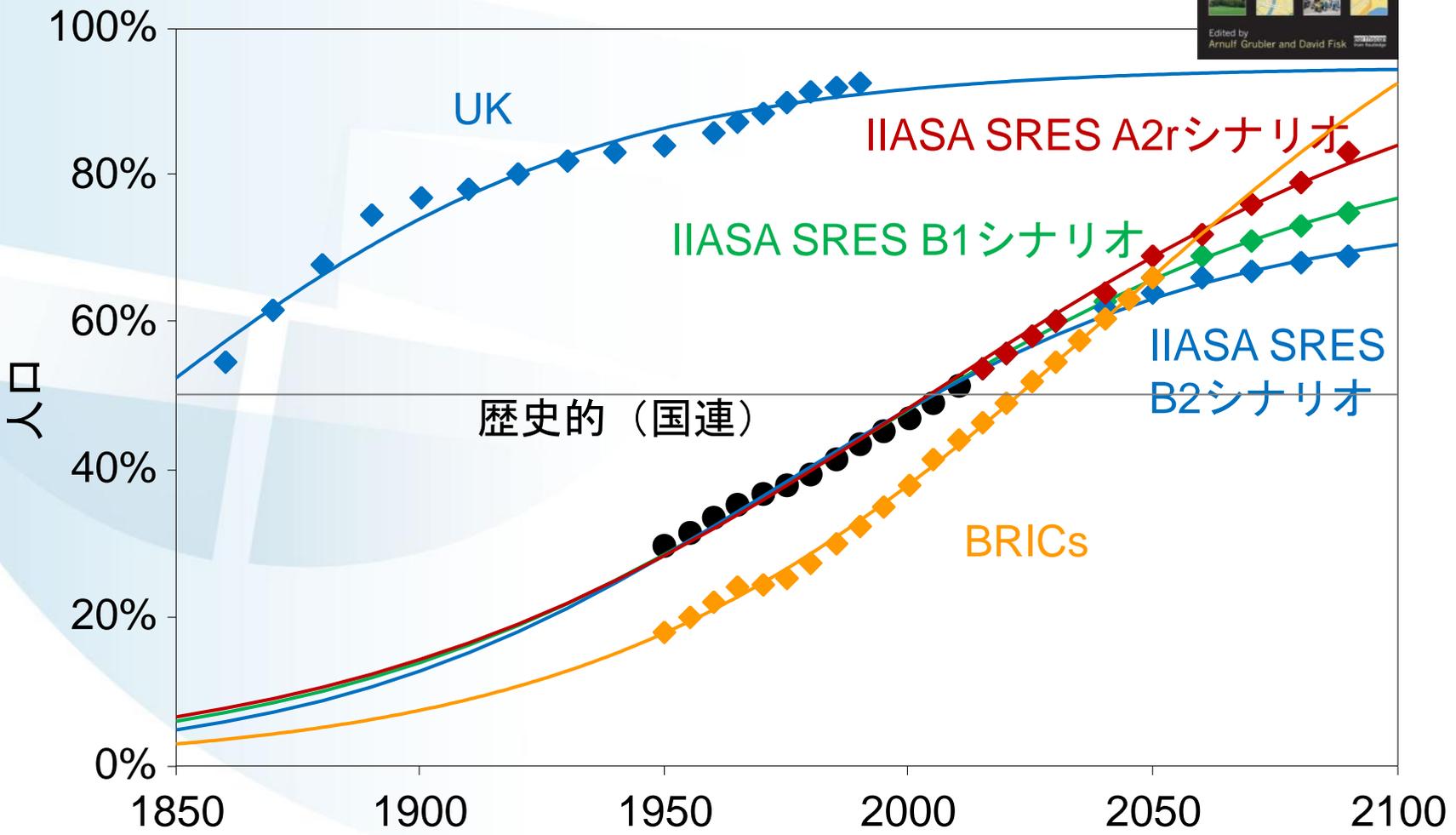
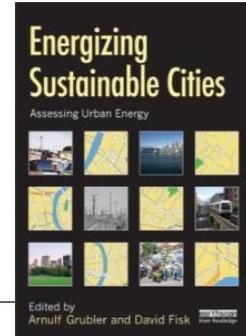
## 人新世— 持續可能性



# 都市化 世界



# 都市化 世界、英国、BRICs

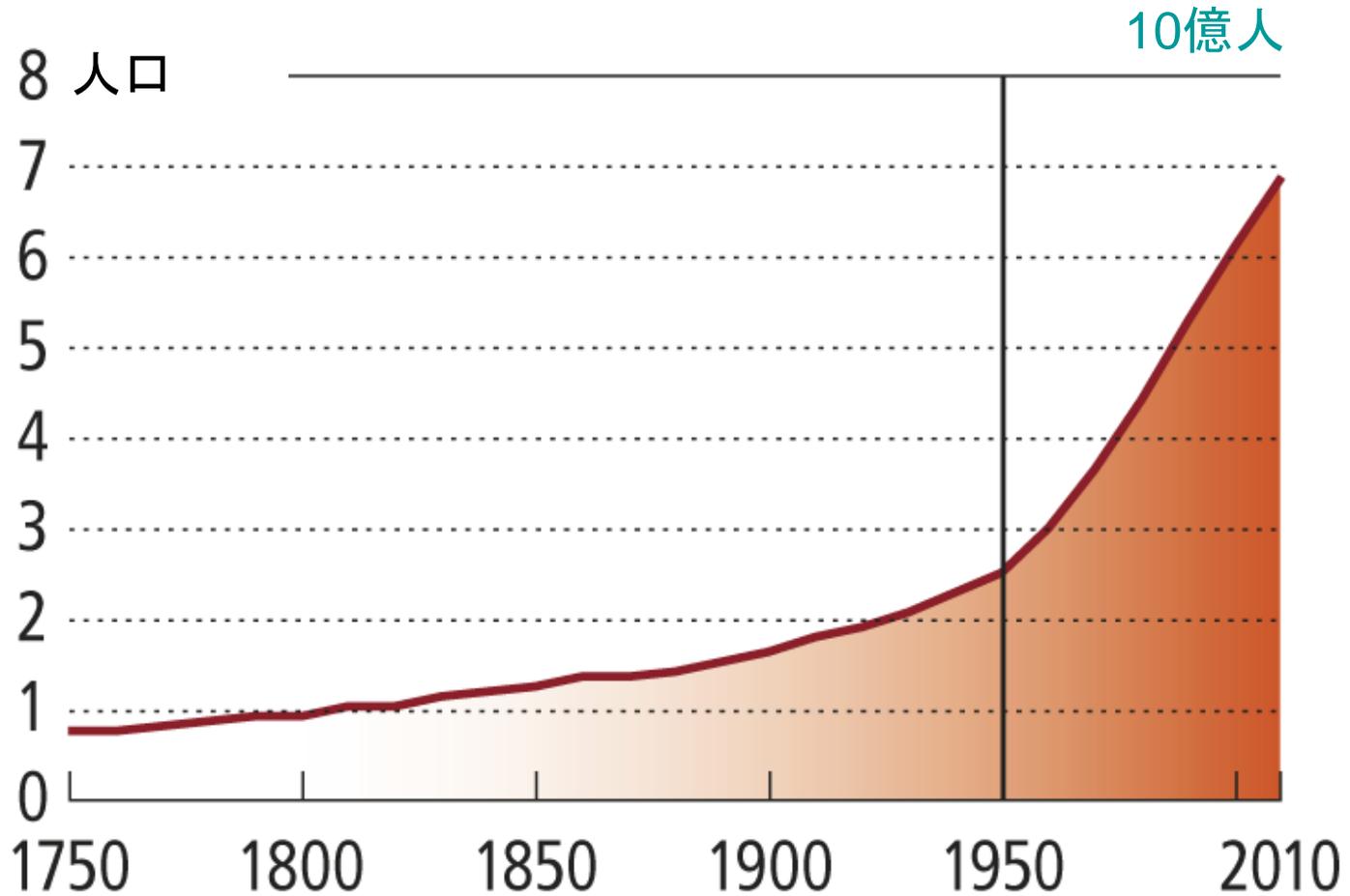


# 2000年の都市世界

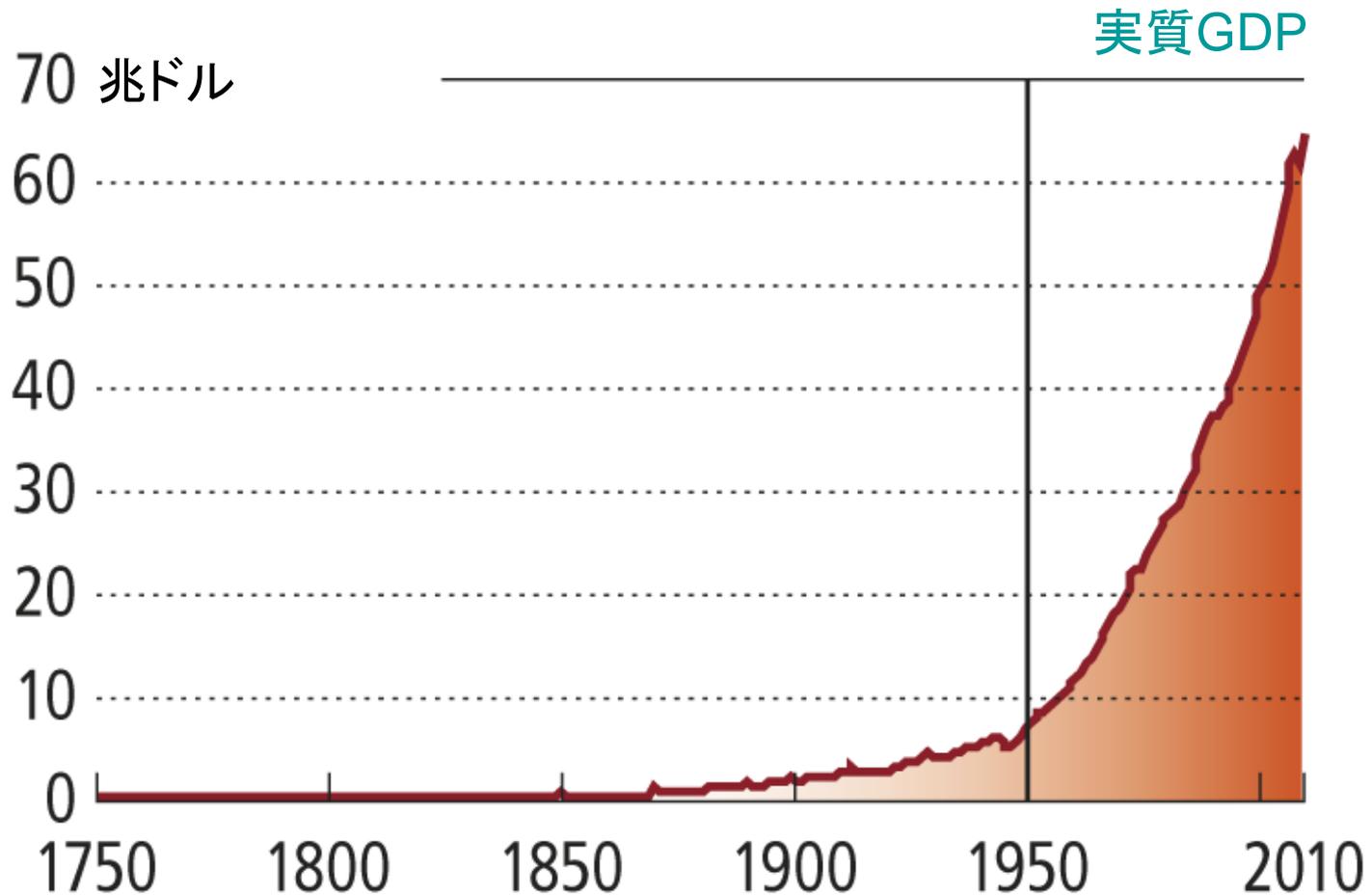
インディケータ		データ出所	範囲	確信のない範囲の参考文献
面積	(1000 km <sup>2</sup> )世界に占める割合(%)	2929 2.2	1 313-3524 0.2-2.7	Schneider et al., 2009 GlobCover-GRUMPデータの範囲
人口	(100万人)世界に占める割合(%)	2855 47	2 2650-3150 44-52	Uchida&Nelson, 2008 規模の閾値: 50,000~100,000人
GDP (MER 2005年ドル建て)	(10億ドル)世界に占める割合(%)	32008 81	1 ??	入手不可能
最終エネルギー使用量	(EJ)世界に占める割合(%)	239 76	1 176-246 56-78	本評価(18.4.1項を参照)
光度	(100万NLIS)世界に占める割合(%)	33 57	3,1 50-82	KM18推定
インターネットルーター	(1000台)世界に占める割合(%)	592 96	4,1 73-97	KM18推定

注: MER: 市場相場、NLIS: 光強度量(指数)

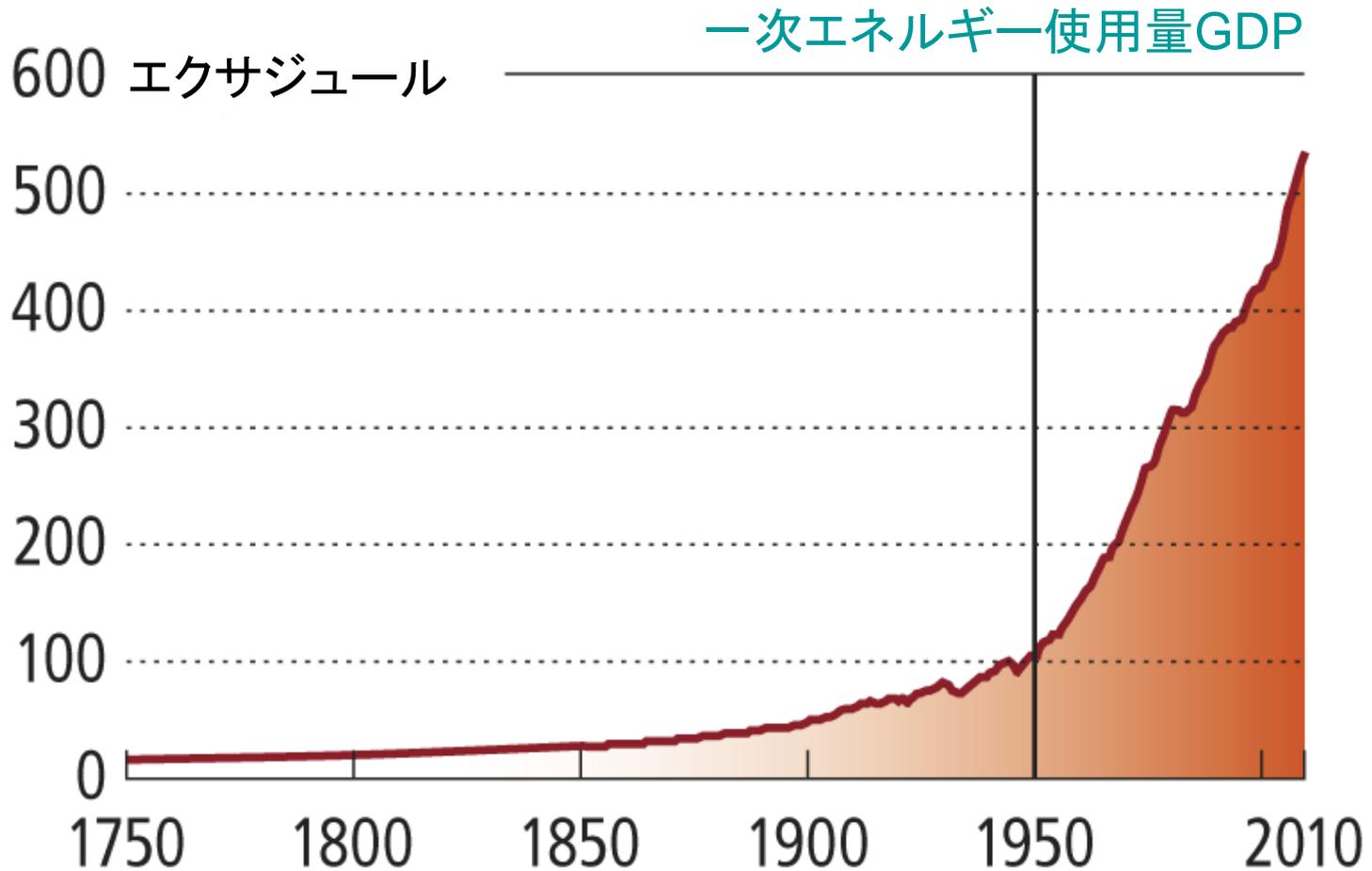
# 大加速



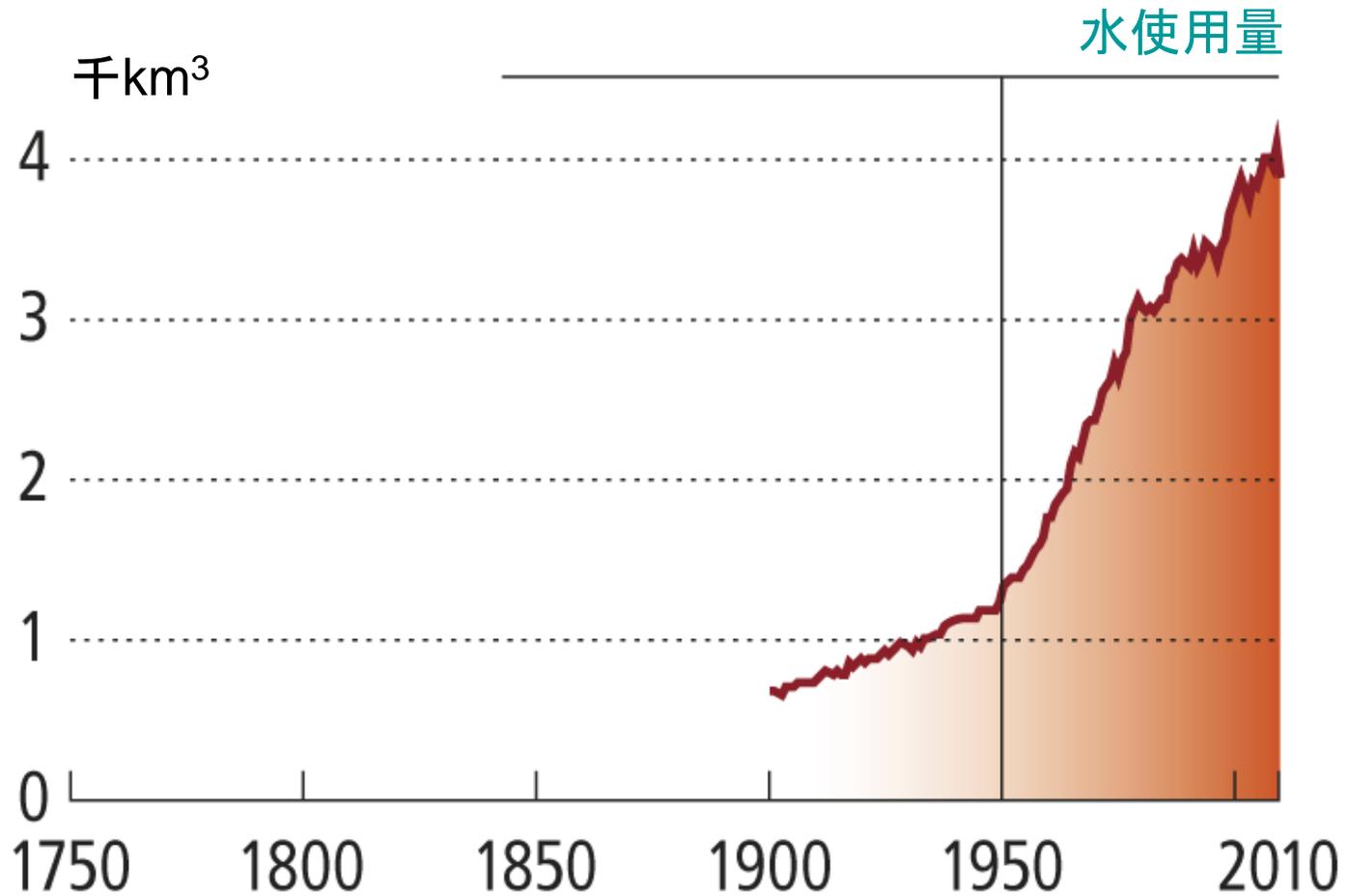
# 大加速



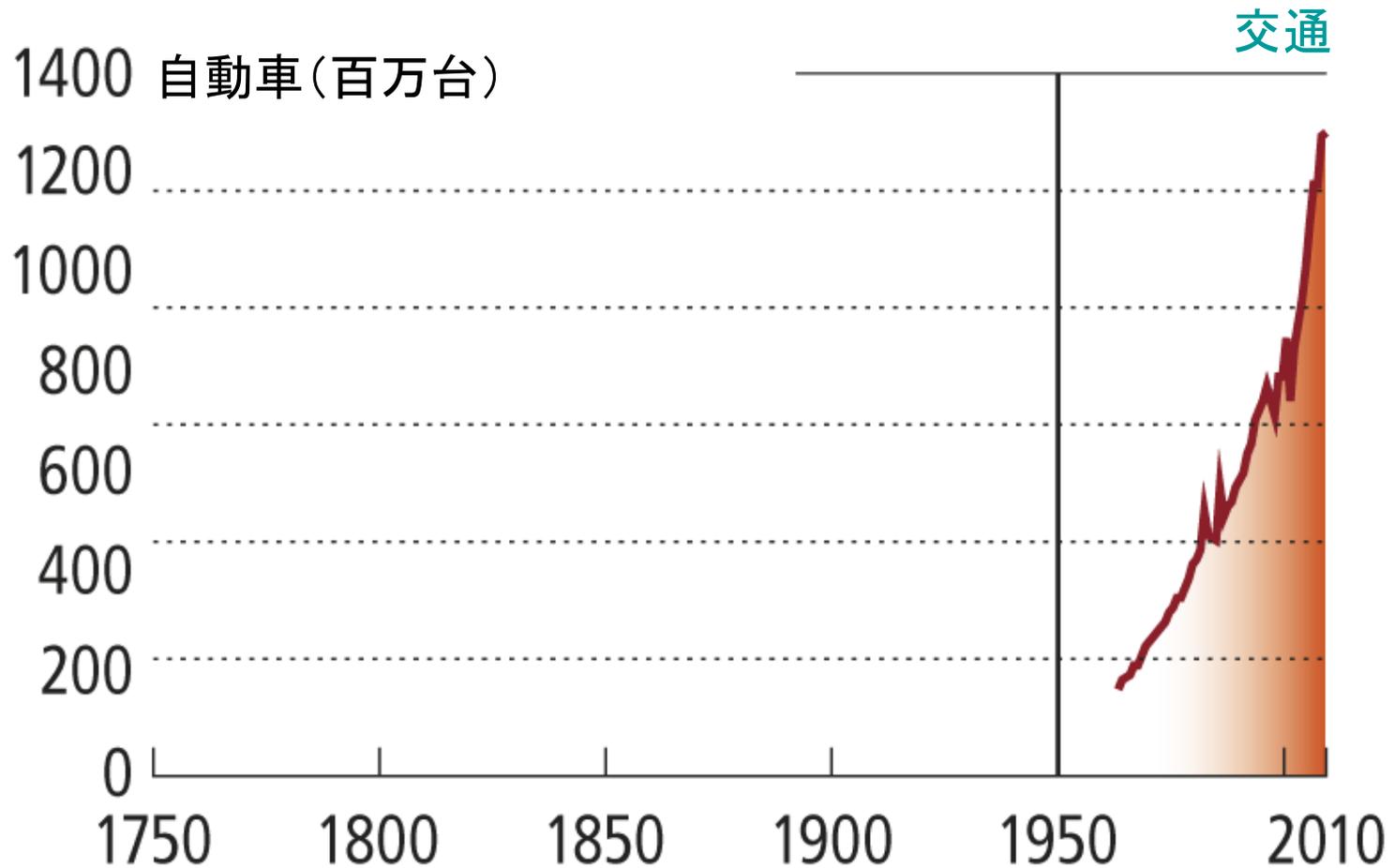
# 大加速



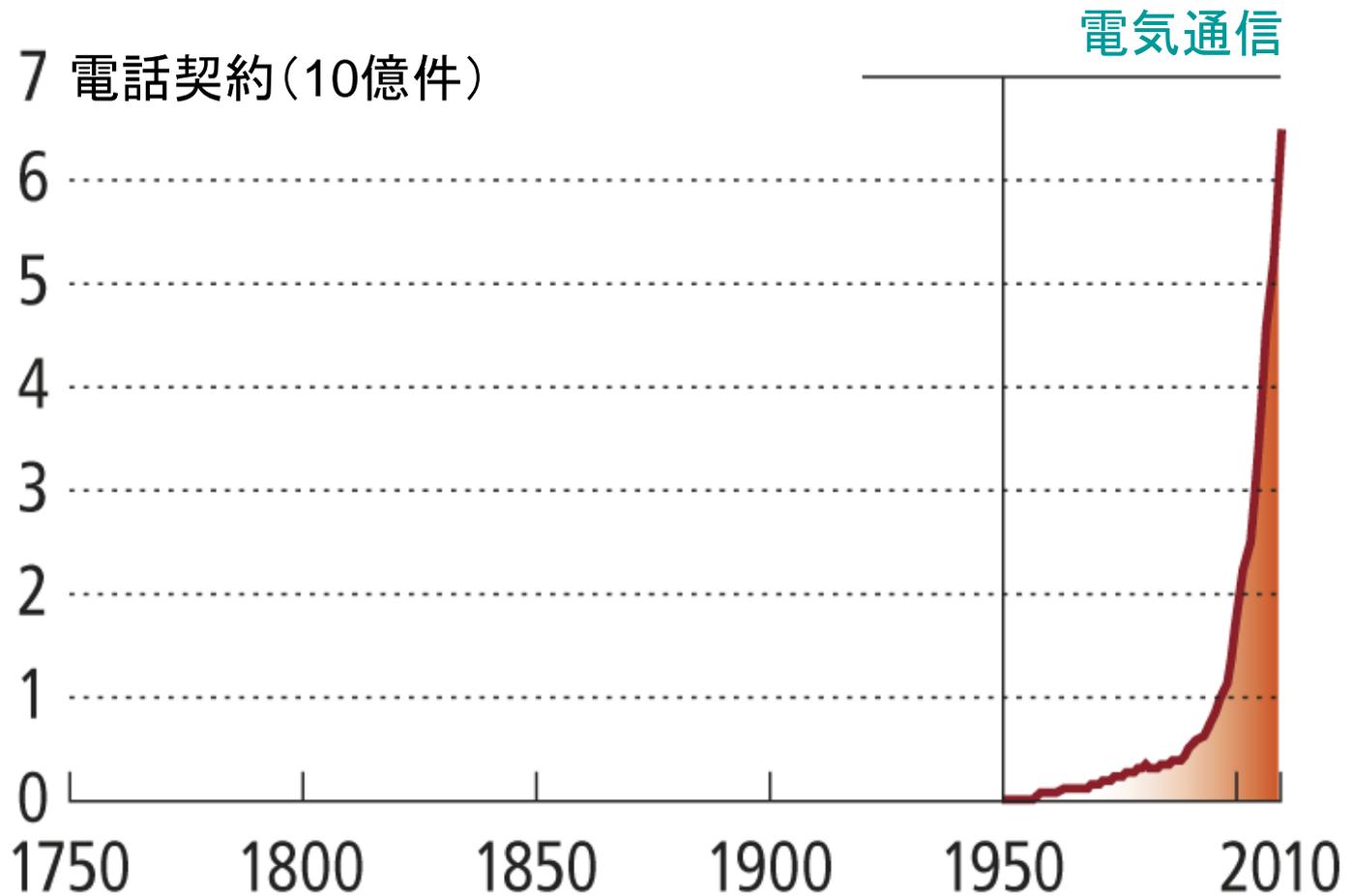
# 大加速



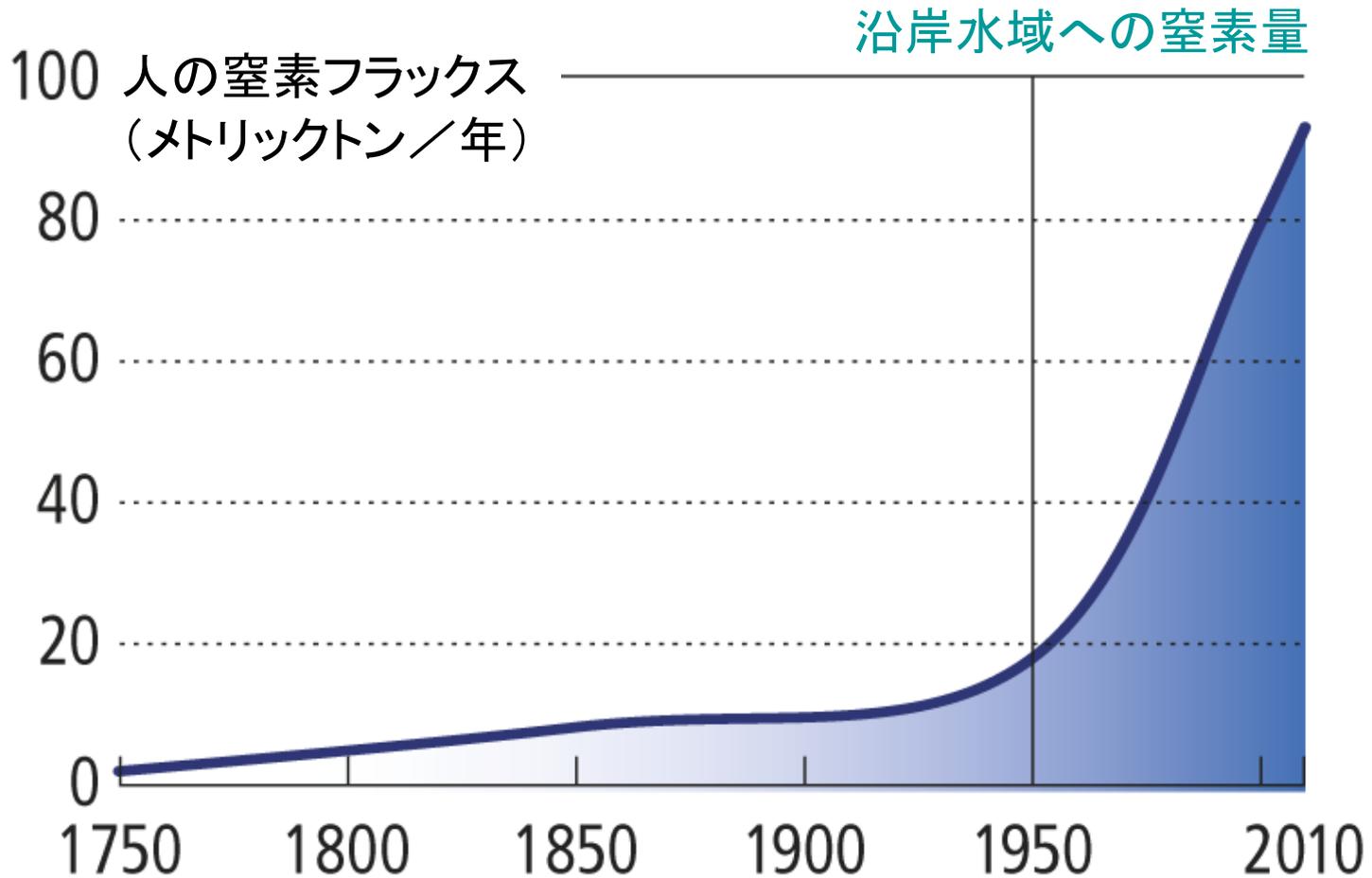
# 大加速



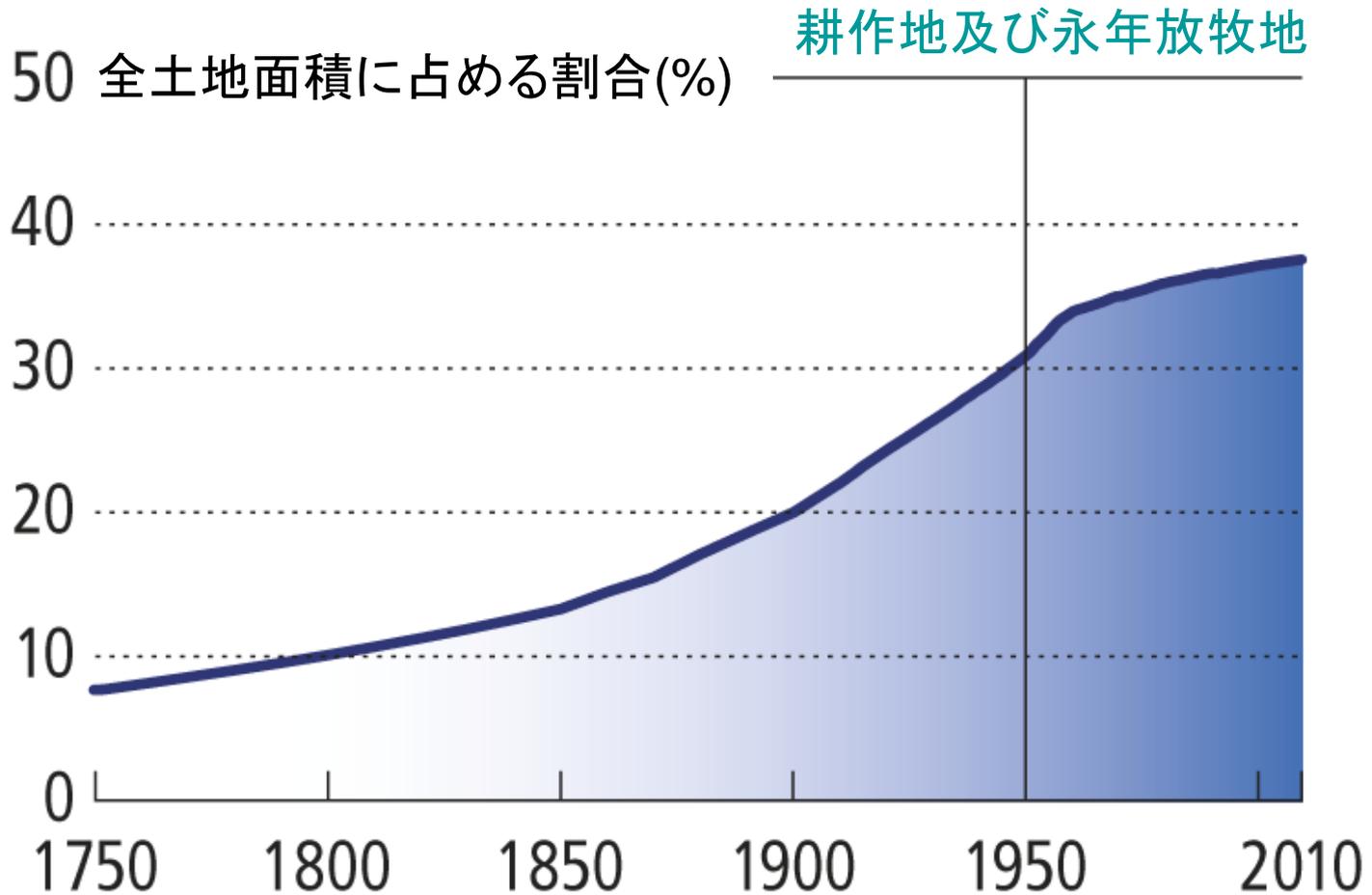
# 大加速



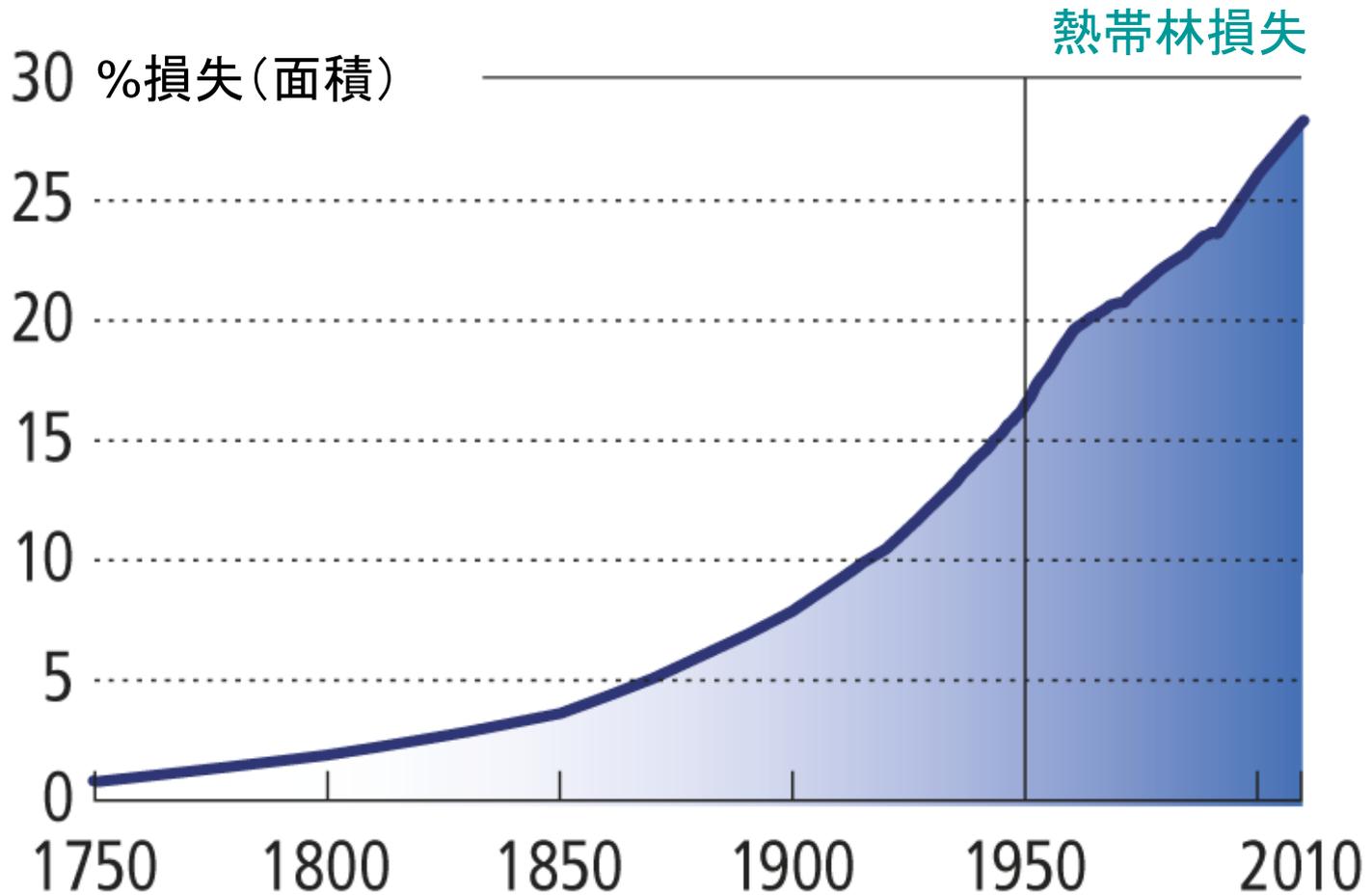
# 大加速



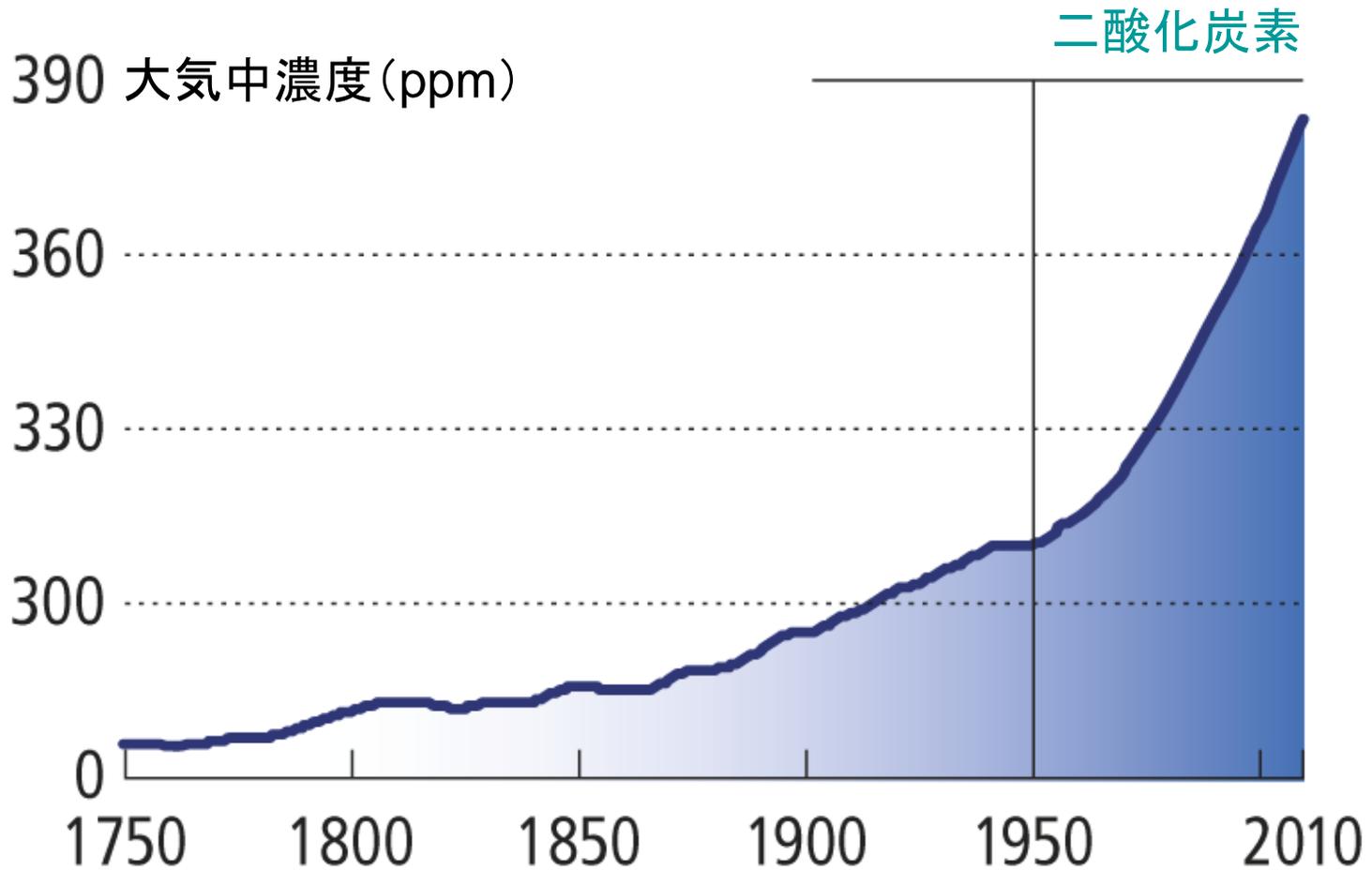
# 大加速



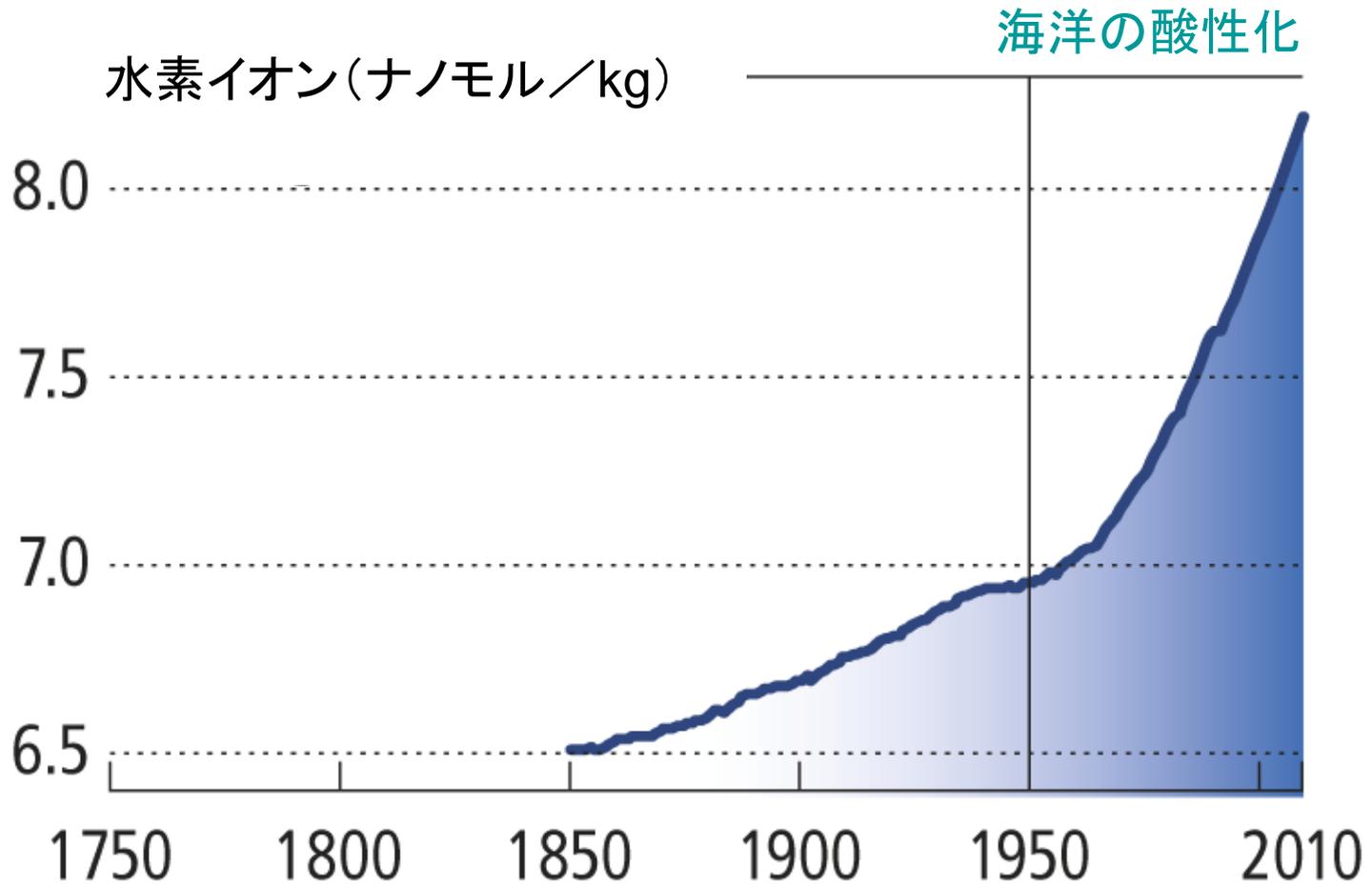
# 大加速



# 大加速



# 大加速

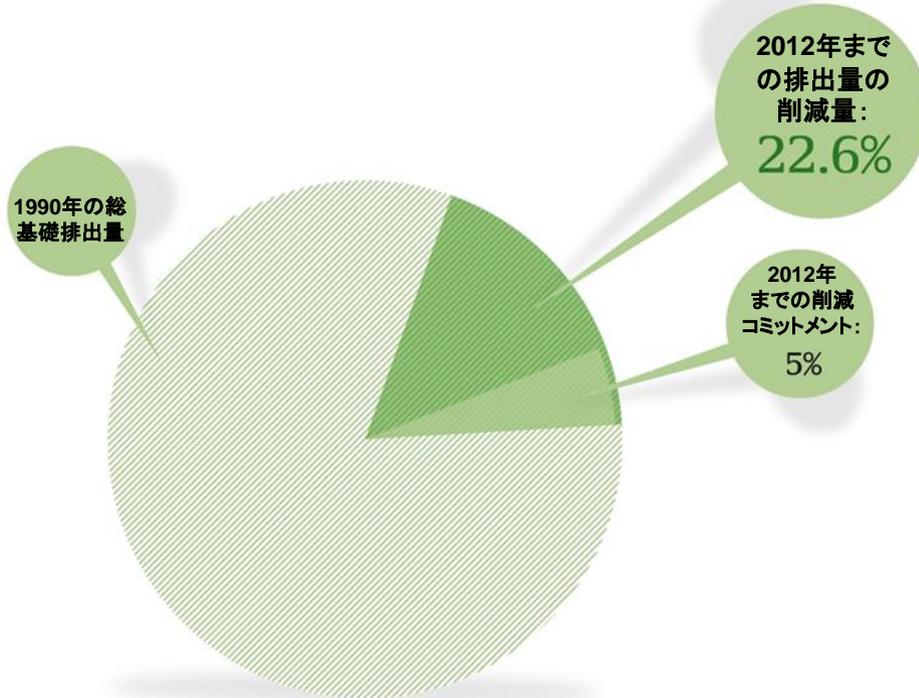


# 京都議定書

- 1997年12月11に採択され、2005年2月16日に発効。  
2008年から 2012年までの最初のコミットメント。
- 「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準」  
まで温室効果ガスを削減する。
- 共通だが差別化した責任原則。  
その結果、附属書 I 国と非附属書 I 国の」区分
- 第一に各国の対策を通じて目標を達成する。  
しかし、議定書は国際排出権取引、クリーン開発メカニズム（CDM）、  
共同実施（JI）という三つの 京都メカニズム によって目標を達成  
する手段も提供している

# 京都議定書の履行

## 最初のコミットメント期間（2008～2012年）



- 議定書の目標を持つ国々はすべて当初抱いていた目標を上回った。
- 条約の目標を引き受けたこれらの国々は、排出量を**22%**超一達成を目指していた**5%**の目標を十分上回って一削減した。

# 世界的な温度異常

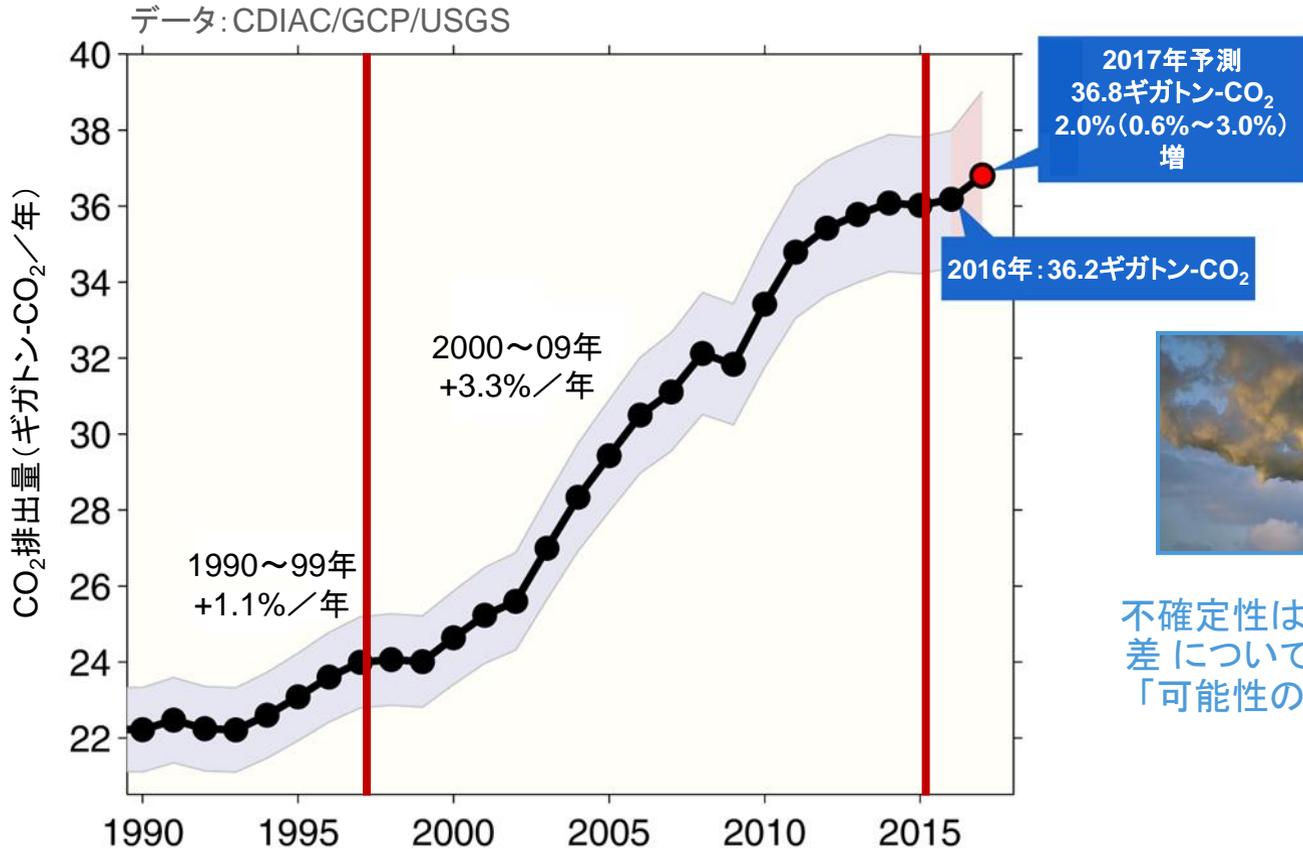
## 1880～2015年



# 化石燃料及び産業による排出

2016年の化石燃料及び産業による排出は  $36.2 \pm 2$  GtCO<sub>2</sub> で、1990年を62%を上回った

- 2017年の予測は  $36.8 \pm 2$  GtCO<sub>2</sub>で、2016年より2.0%高い



不確定性は一つの標準偏差について±5% (IPCC 「可能性の高い」範囲)

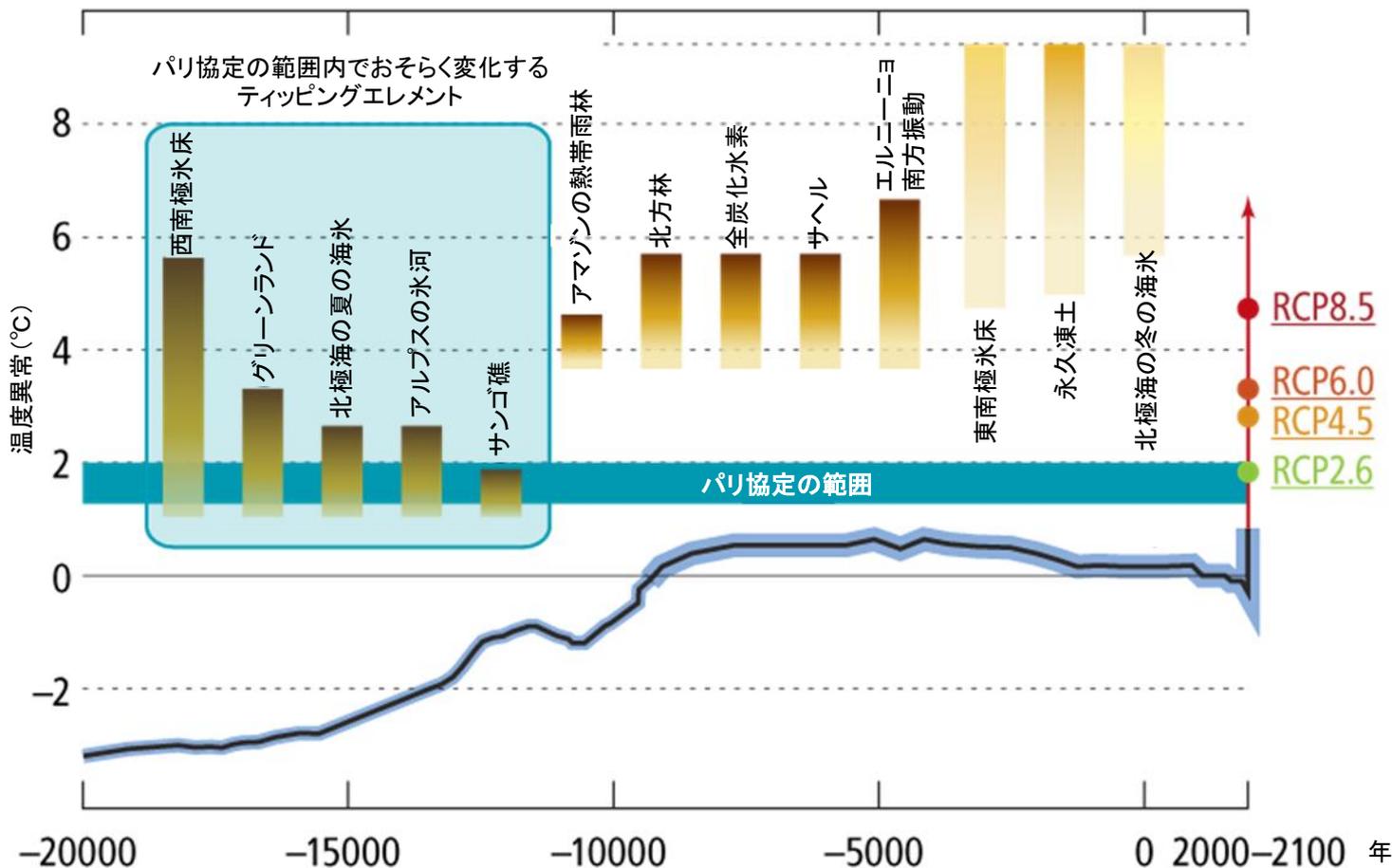
2015年及び2016年の推定は暫定。成長率は、2016年のうるう年については調整してある。



# パリ協定

- 地球温暖化を摂氏2度「未満」に抑える
- 21世紀半ばまでにe温室効果ガスの排出量実質ゼロを達成する
- 約束草案の定期的な見直しと改善
- 2020年まで、さらに継続して2025年まで年間1000億ドルを支援に動員する

# ティッピングエレメントとパリ協定

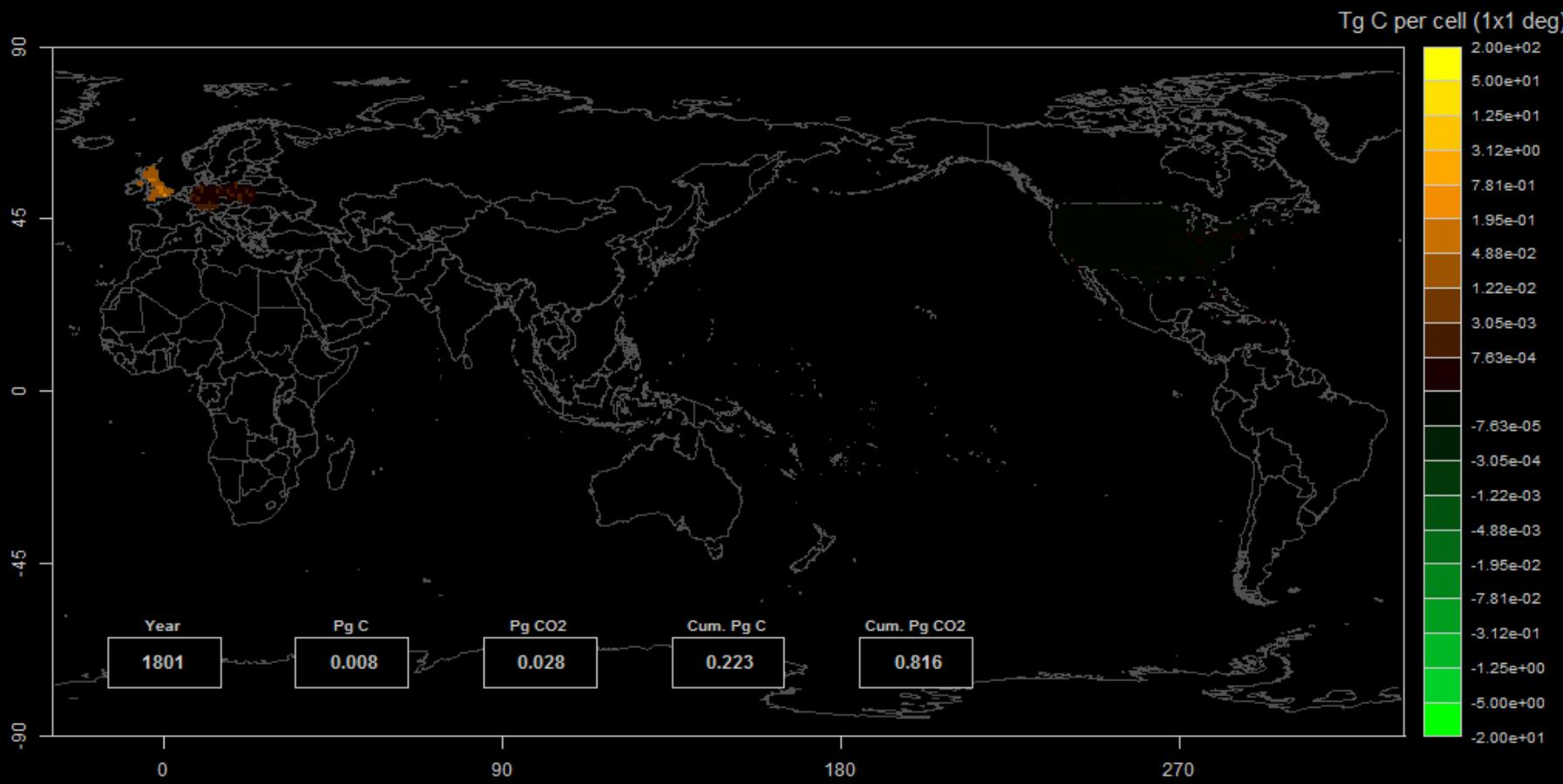


出典： Schellnhuber et al. 2016

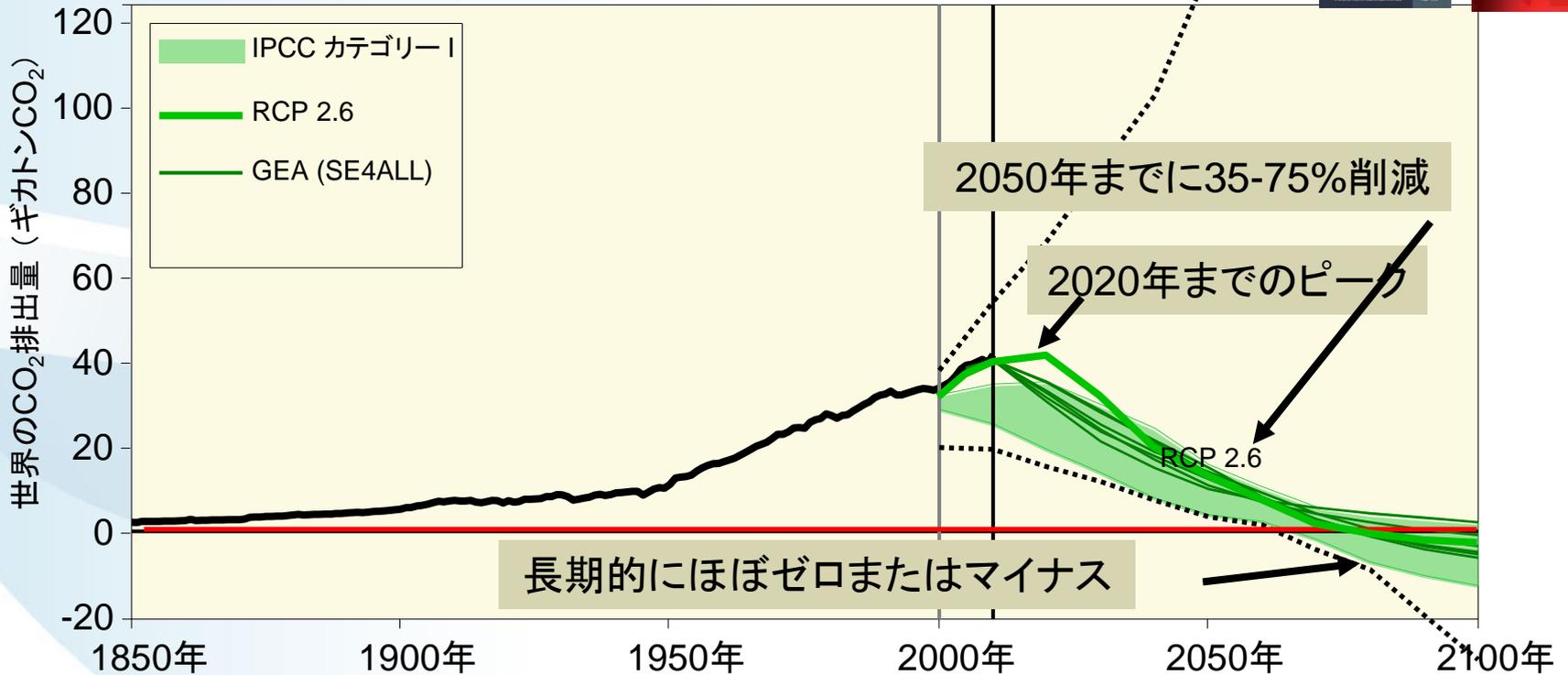
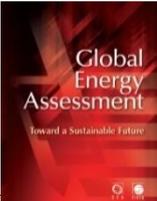
# 世界の平均温度の上昇



# 世界のCO<sub>2</sub>排出量

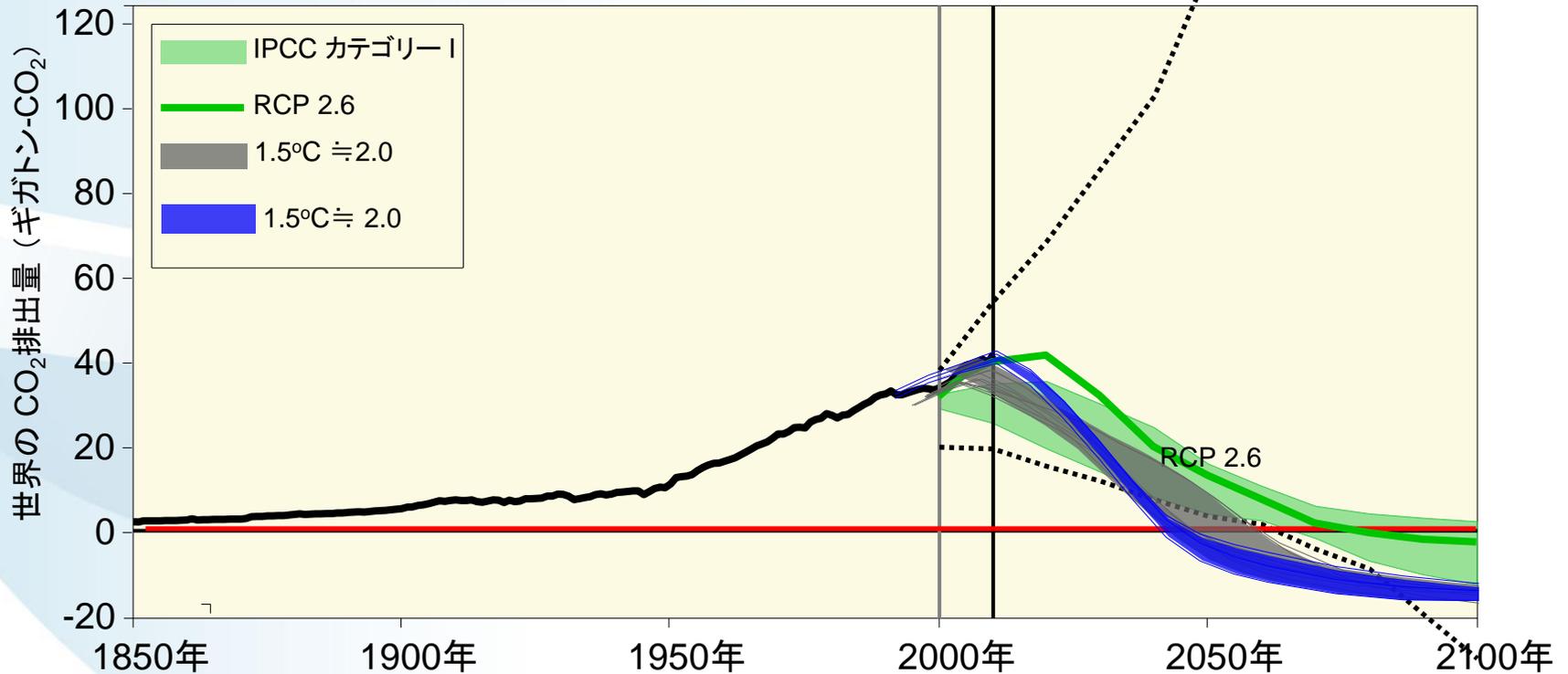


# 世界のCO<sub>2</sub>排出量

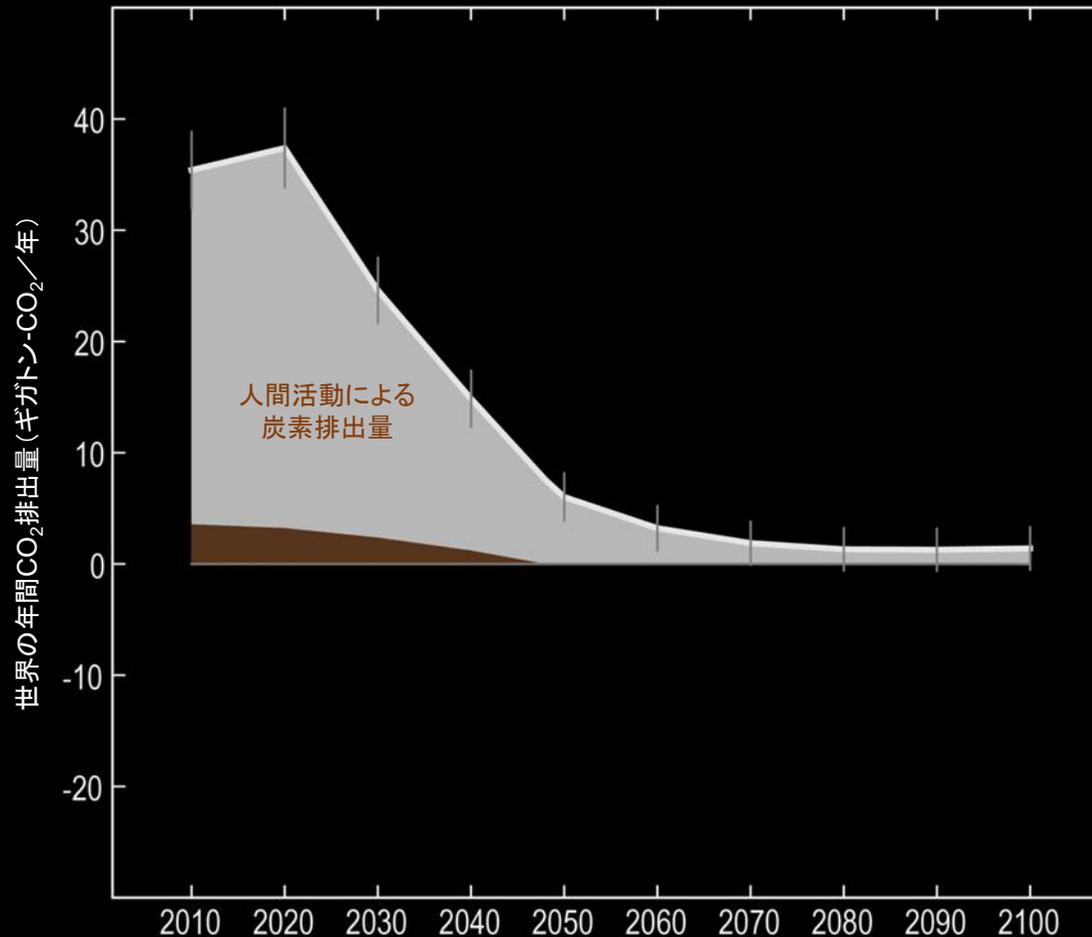


# 世界のCO<sub>2</sub>排出量

自然界の気候変動



# 「炭素の法則」

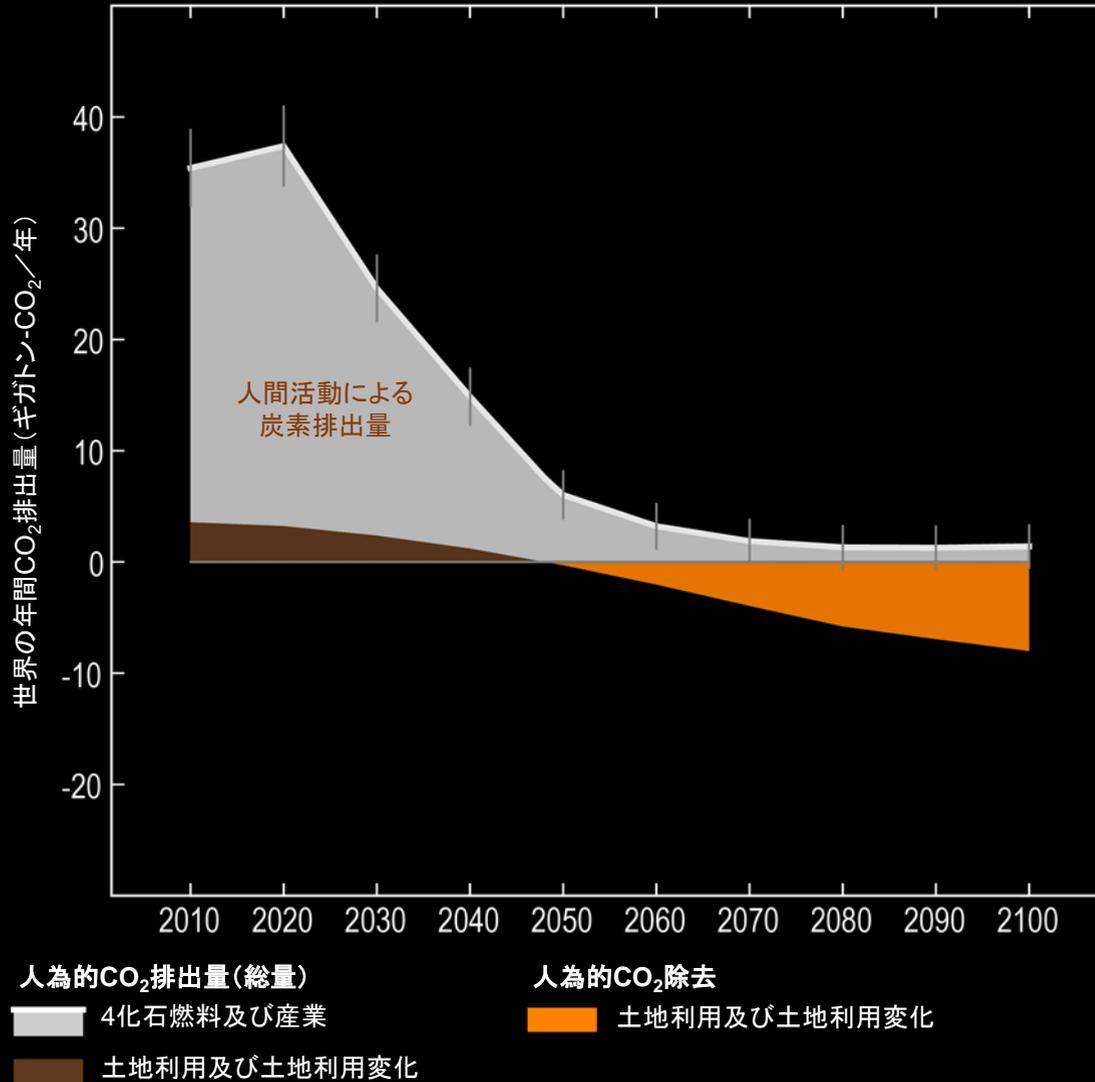


人為的CO<sub>2</sub>排出量(総量)

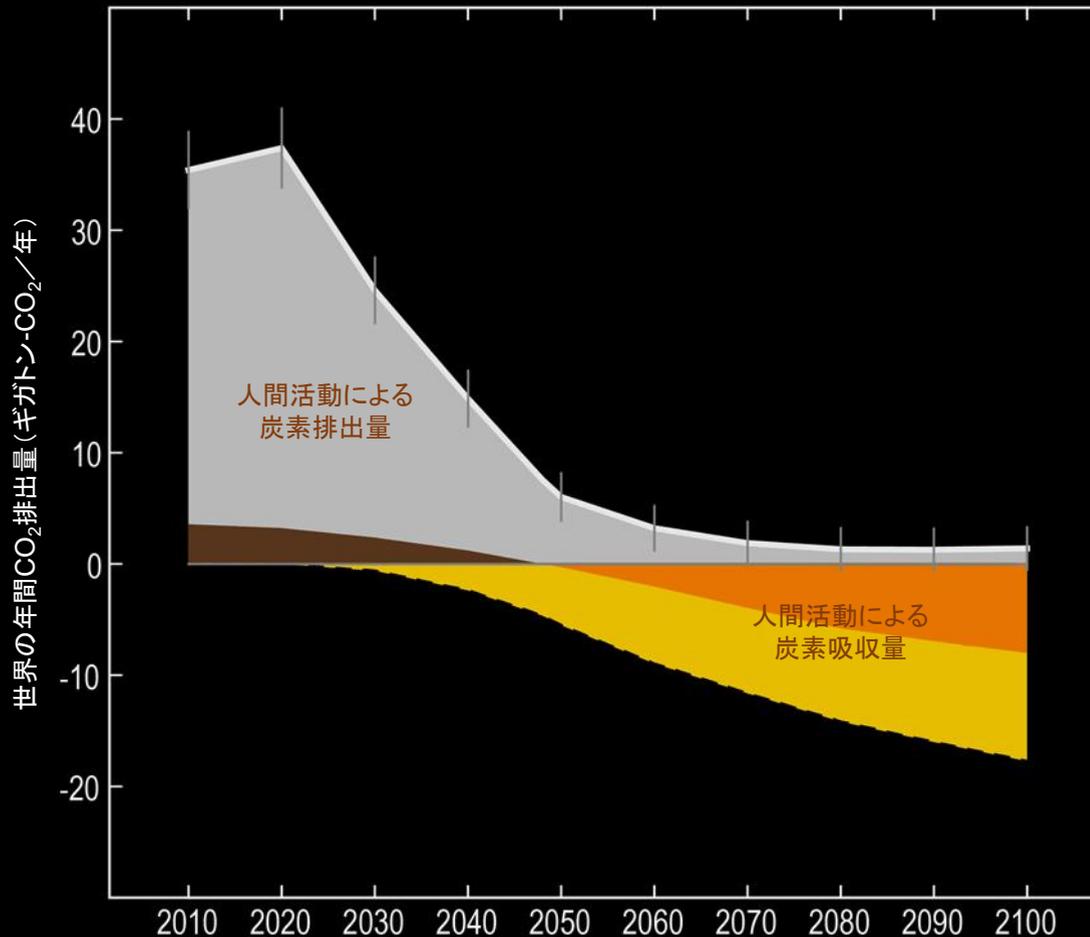
4化石燃料及び産業

土地利用及び土地利用変化

# 「炭素の法則」



# 「炭素の法則」



人為的CO<sub>2</sub>排出量(総量)

4化石燃料及び産業

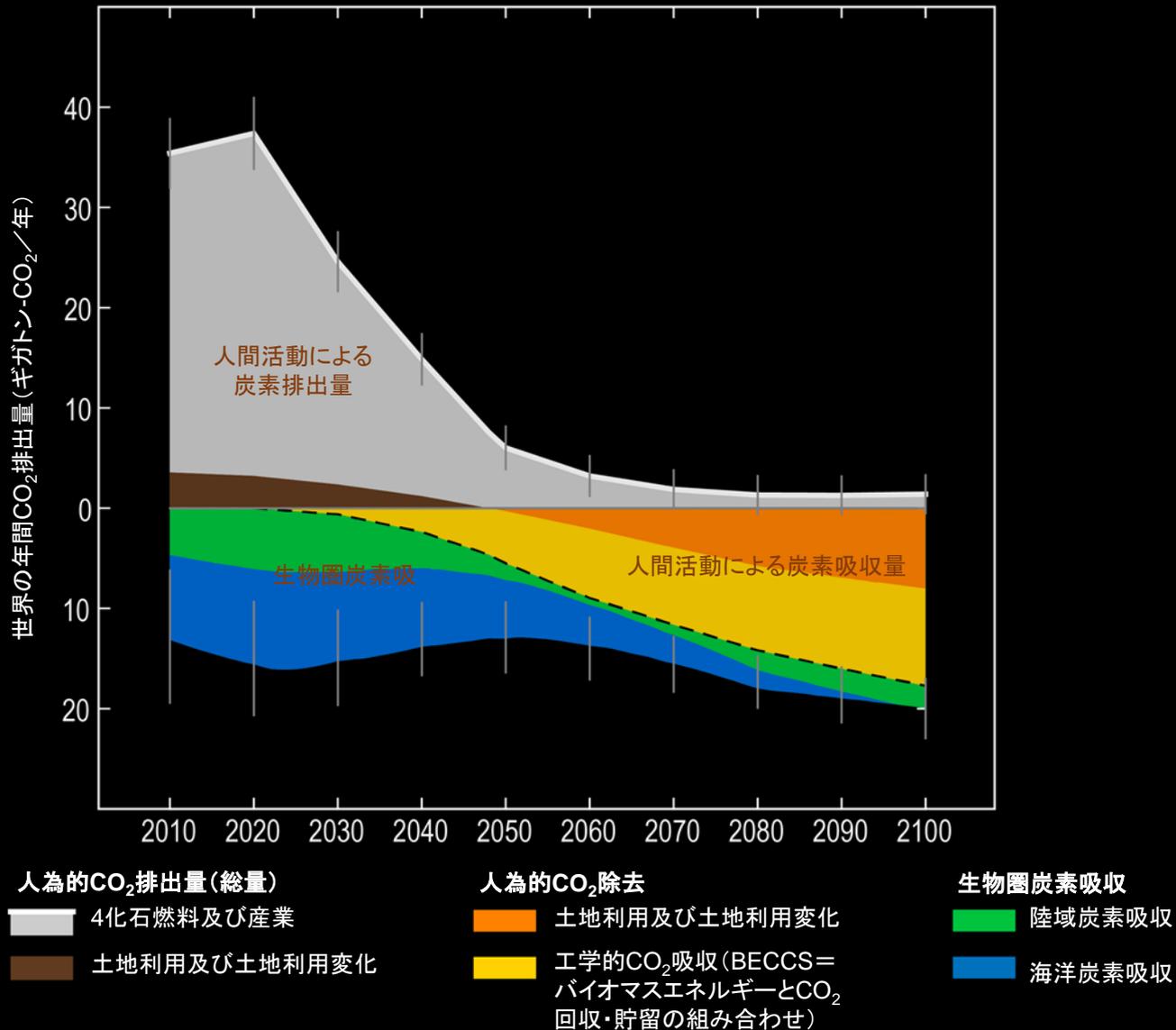
土地利用及び土地利用変化

人為的CO<sub>2</sub>除去

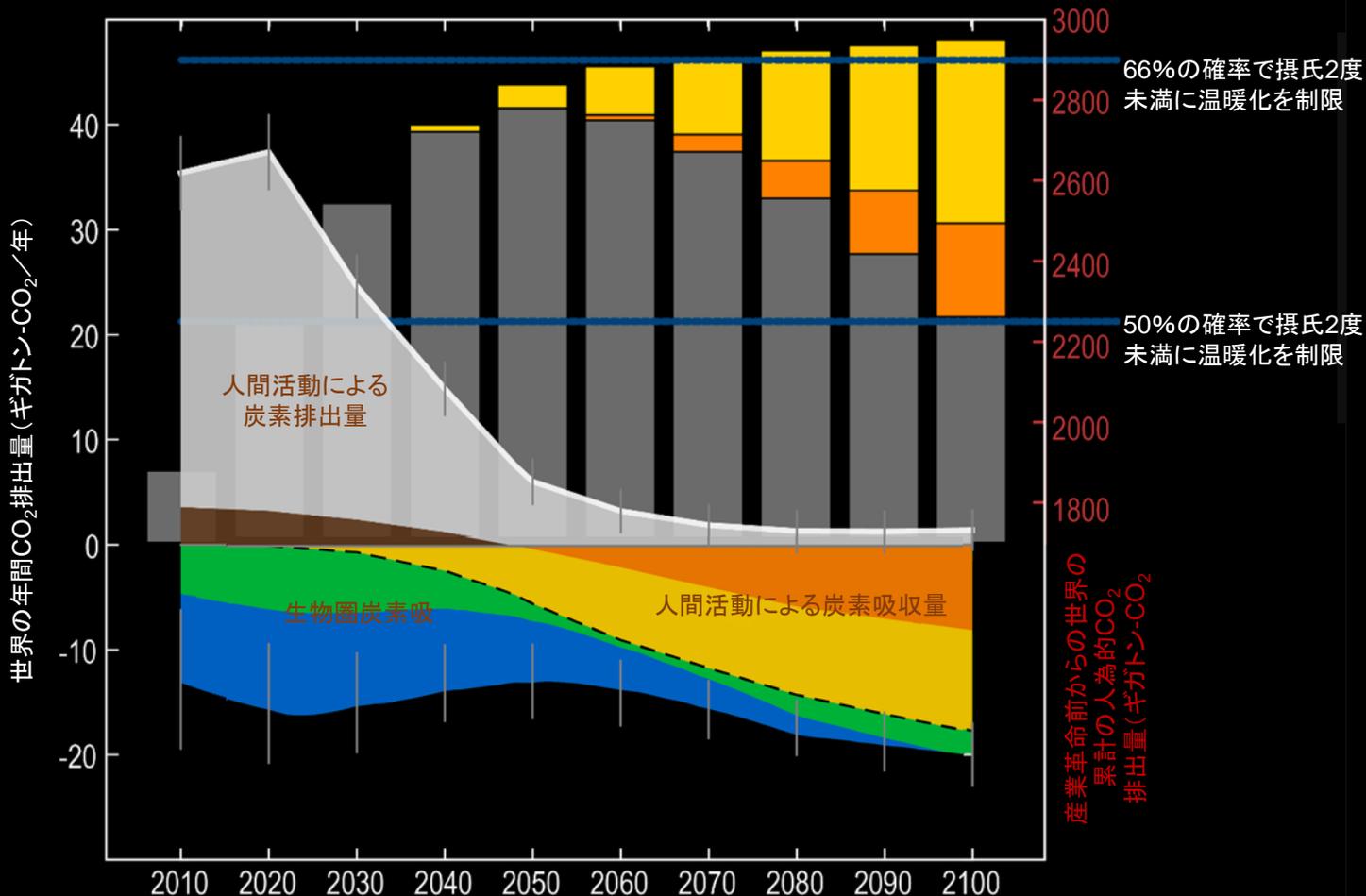
土地利用及び土地利用変化

工学的CO<sub>2</sub>吸収(BECCS=バイオマスエネルギーとCO<sub>2</sub>回収・貯留の組み合わせ)

# 「炭素の法則」



# 「炭素の法則」



## 人為的CO<sub>2</sub>排出量(総量)

- 4化石燃料及び産業
- 土地利用及び土地利用変化

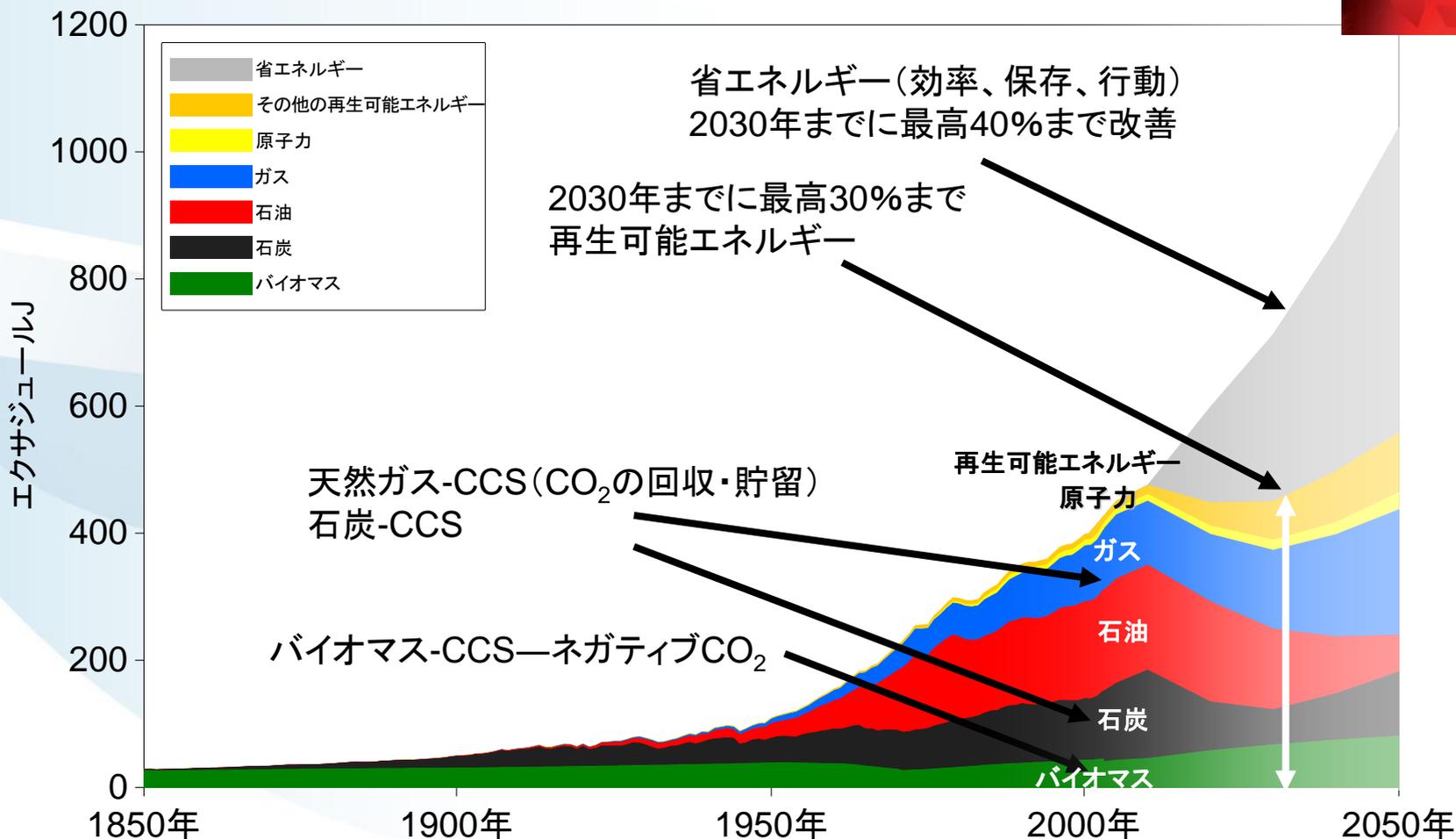
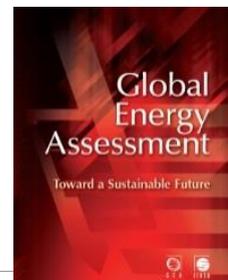
## 人為的CO<sub>2</sub>除去

- 土地利用及び土地利用変化
- 工学的CO<sub>2</sub>吸収(BECCS=バイオマスエネルギーとCO<sub>2</sub>回収・貯留の組み合わせ)

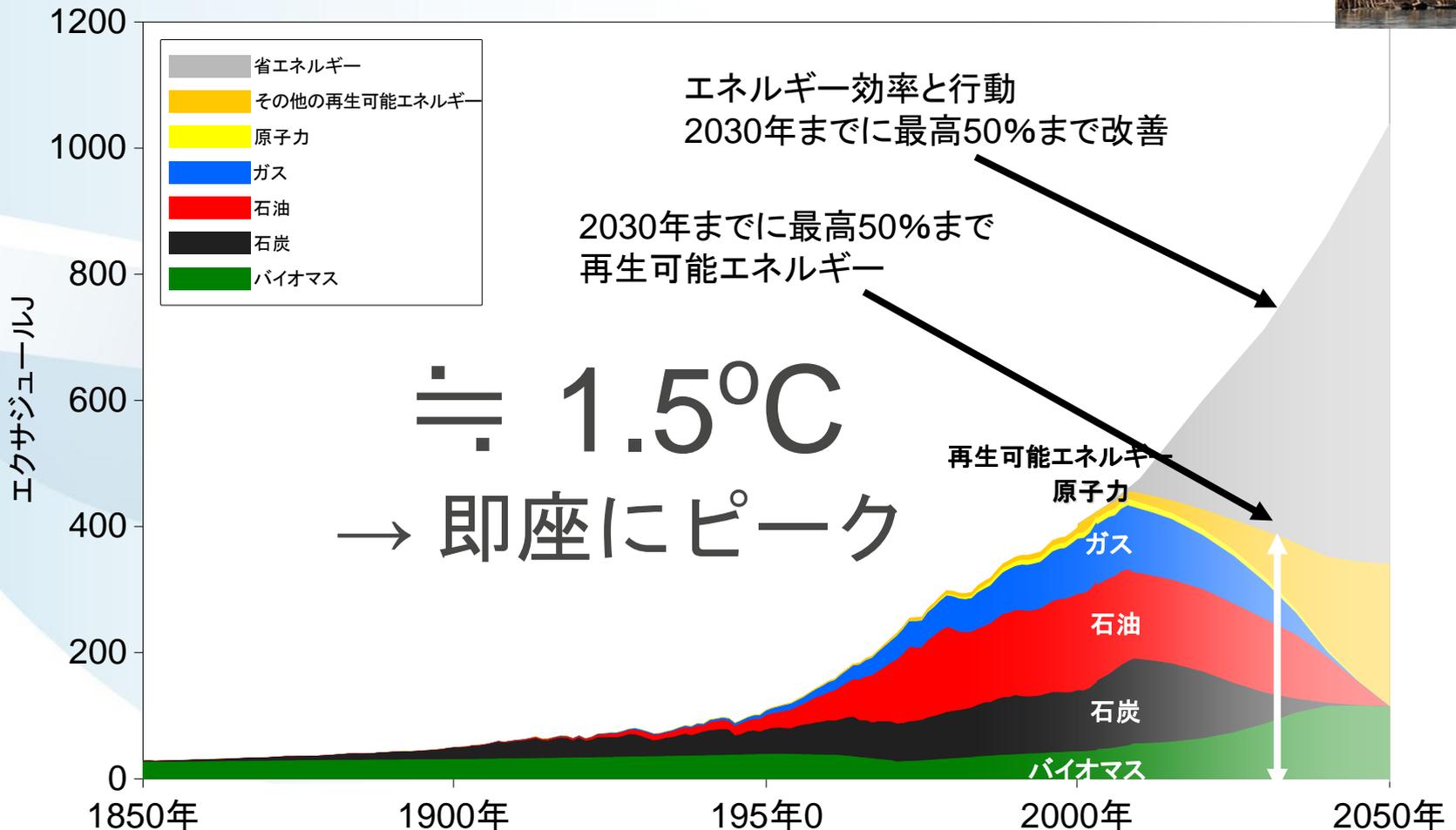
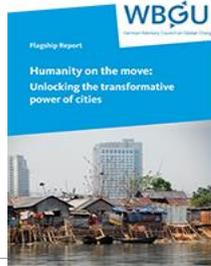
## 生物圏炭素吸収

- 陸域炭素吸収
- 海洋炭素吸収

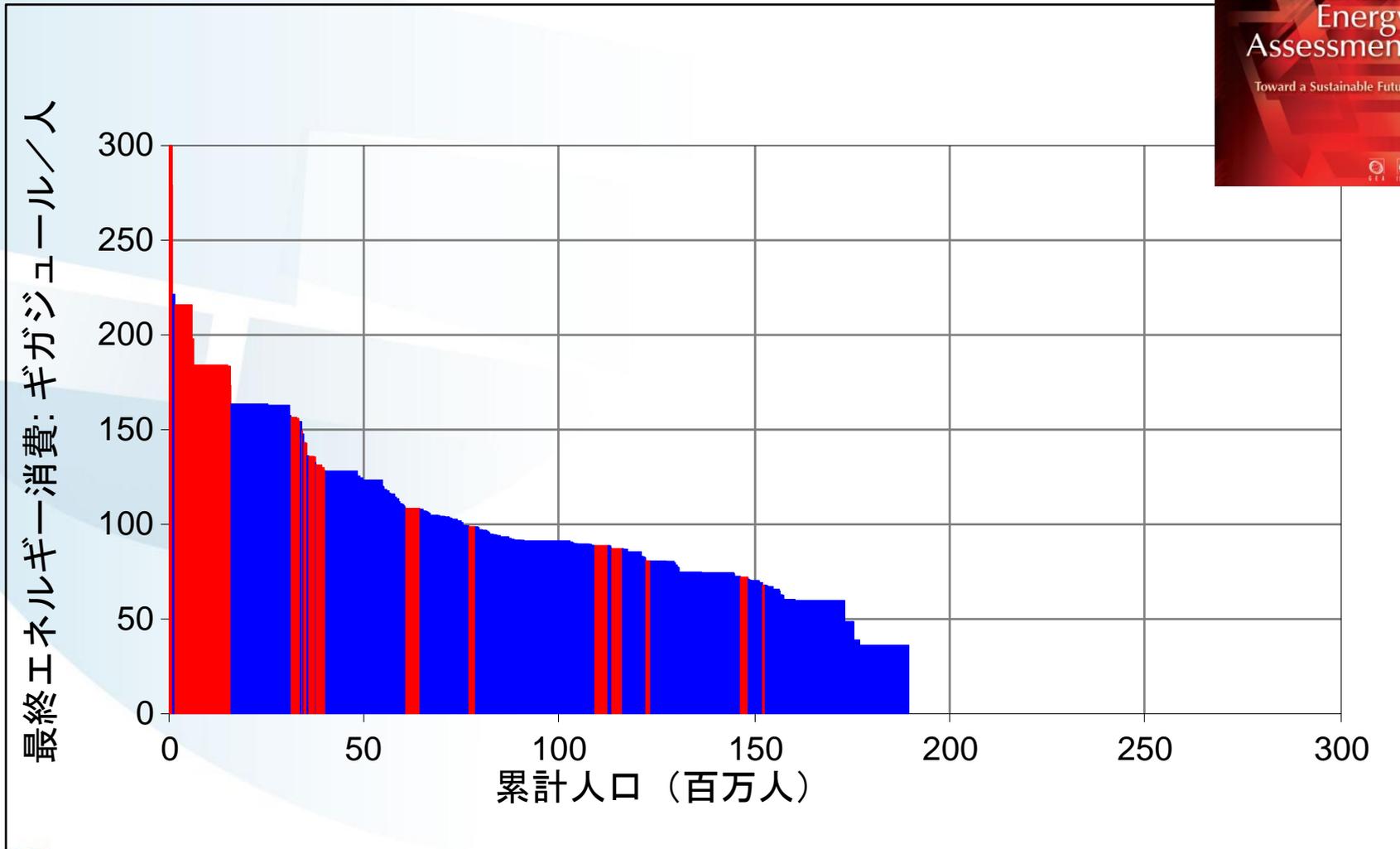
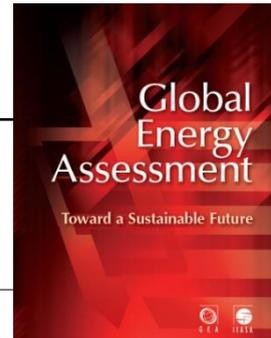
# 世界の一次エネルギー 転換への進路



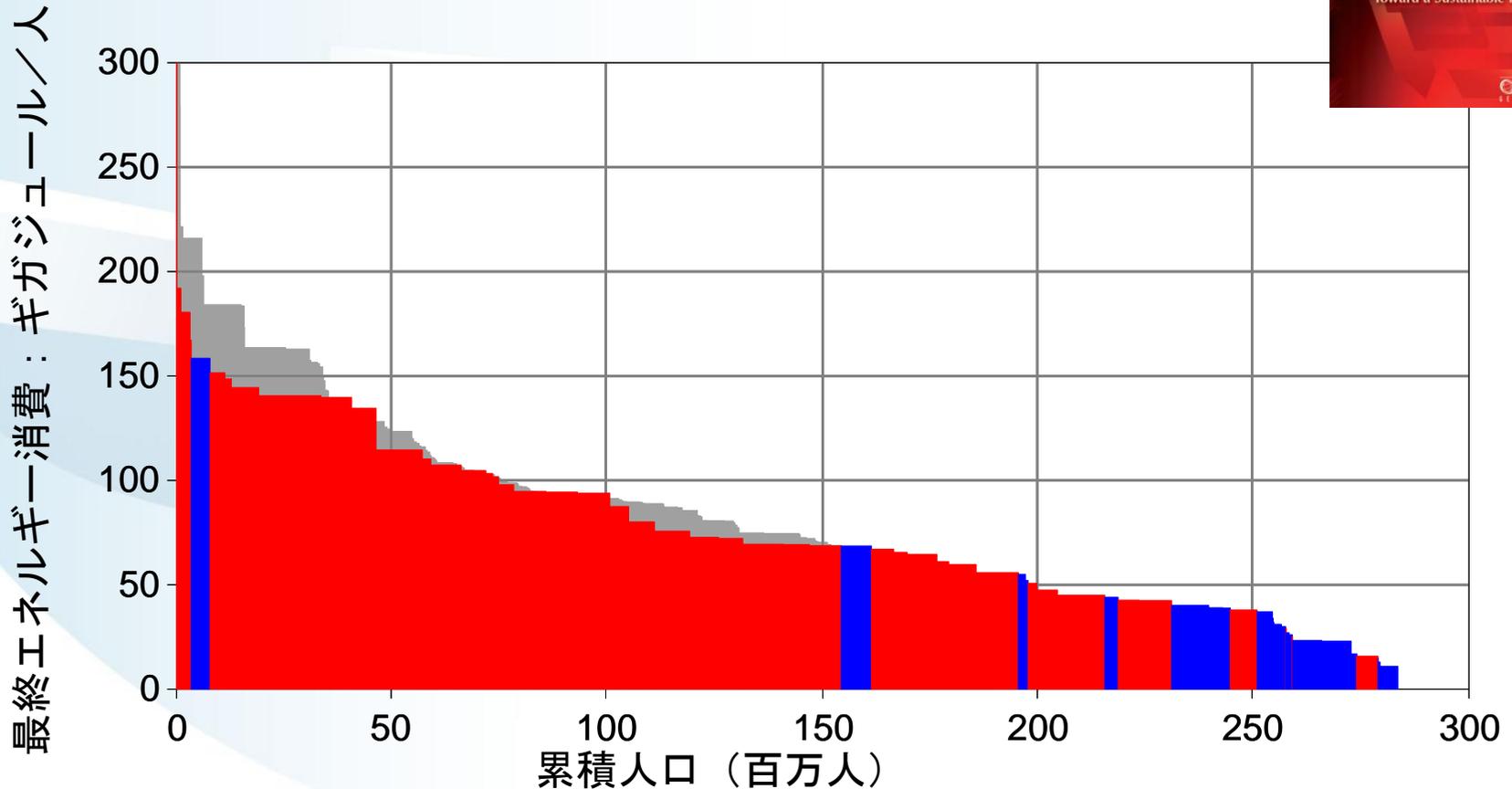
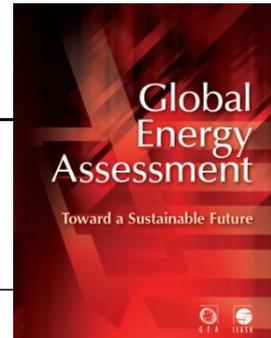
# 世界のエネルギー



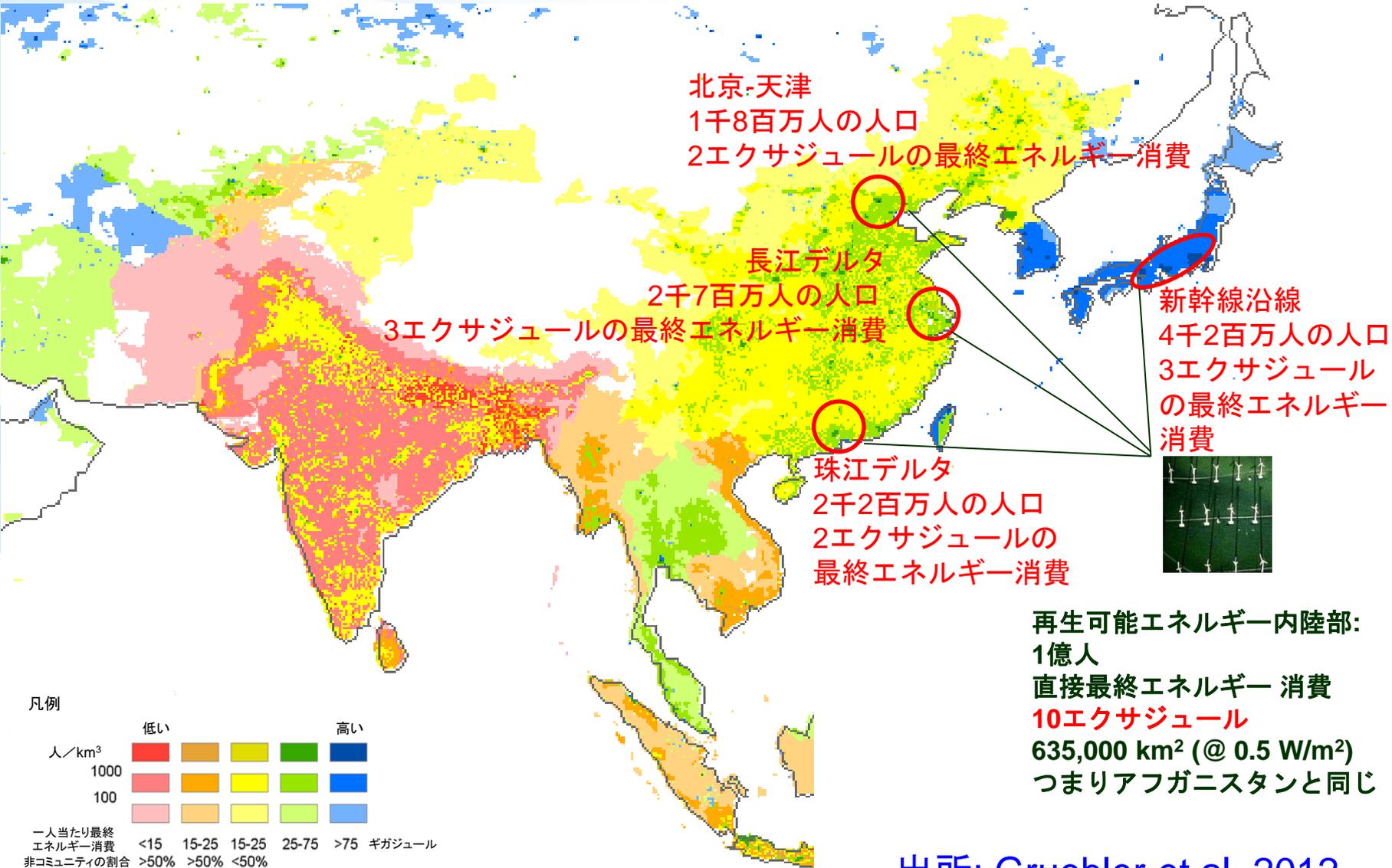
# 一人当たり最終エネルギー消費 「グローバルノース」



# 一人当たり最終エネルギー消費 「グローバルサウス」

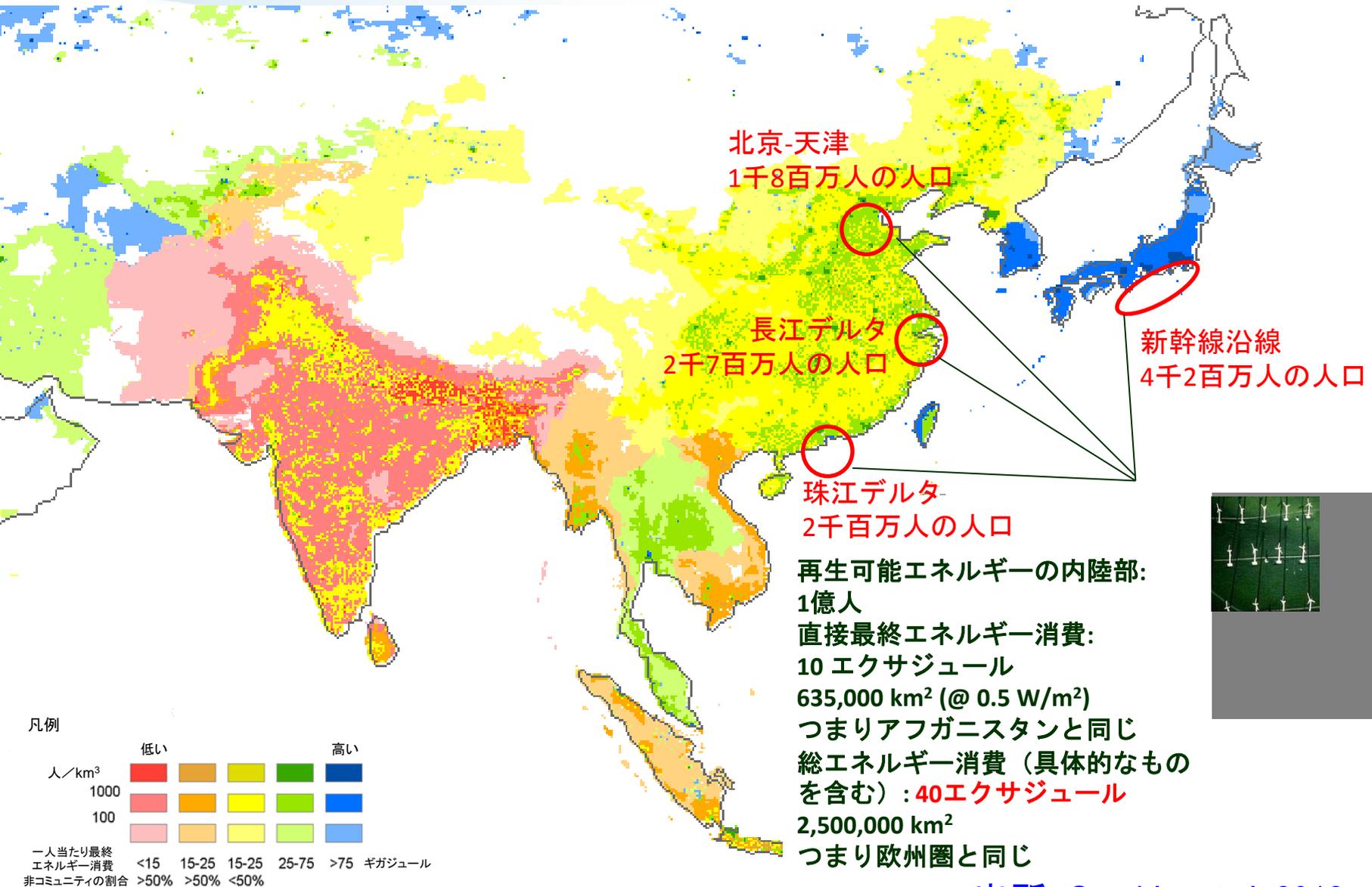


# アジアの大都市圏のエネルギーフットプリント



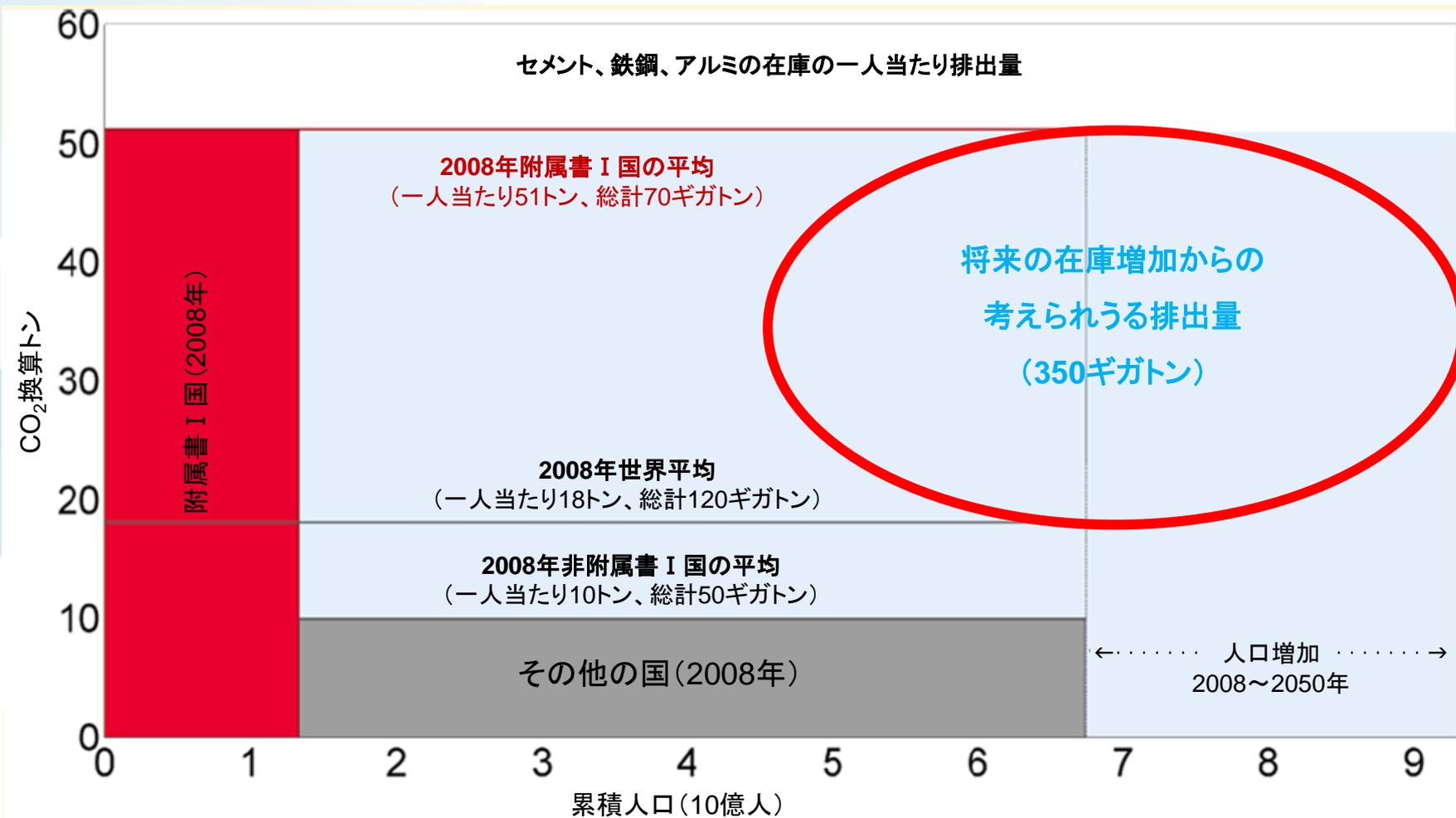
出所: Gruebler et al, 2012

# アジアの大都市圏のエネルギーフットプリント

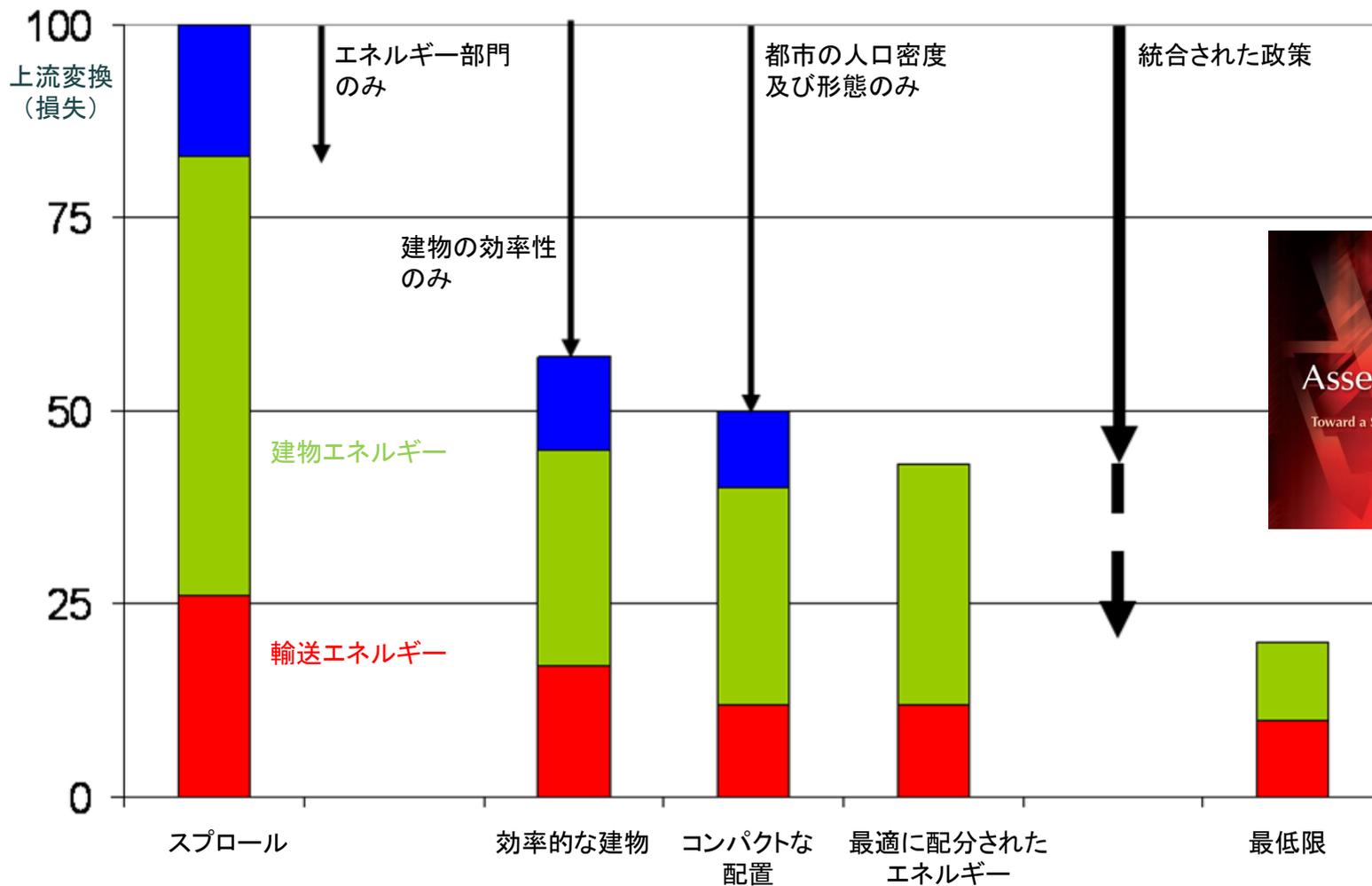


# 都市の具体的な排出量

2°Cにつき800ギガトン-CO<sub>2</sub>というグローバル収支と比較して



# 都市レベルの政策的統合



# ブリュッセルの都市代謝

エコシステム ブリュッセル(16,178ヘクタール)

植物  
1500千トン 非乾燥  
750千トン 乾燥

人間(1,075,000人)  
59千トン非乾燥  
19.千トン乾燥

自然エネルギー

総エネルギー

収支 58

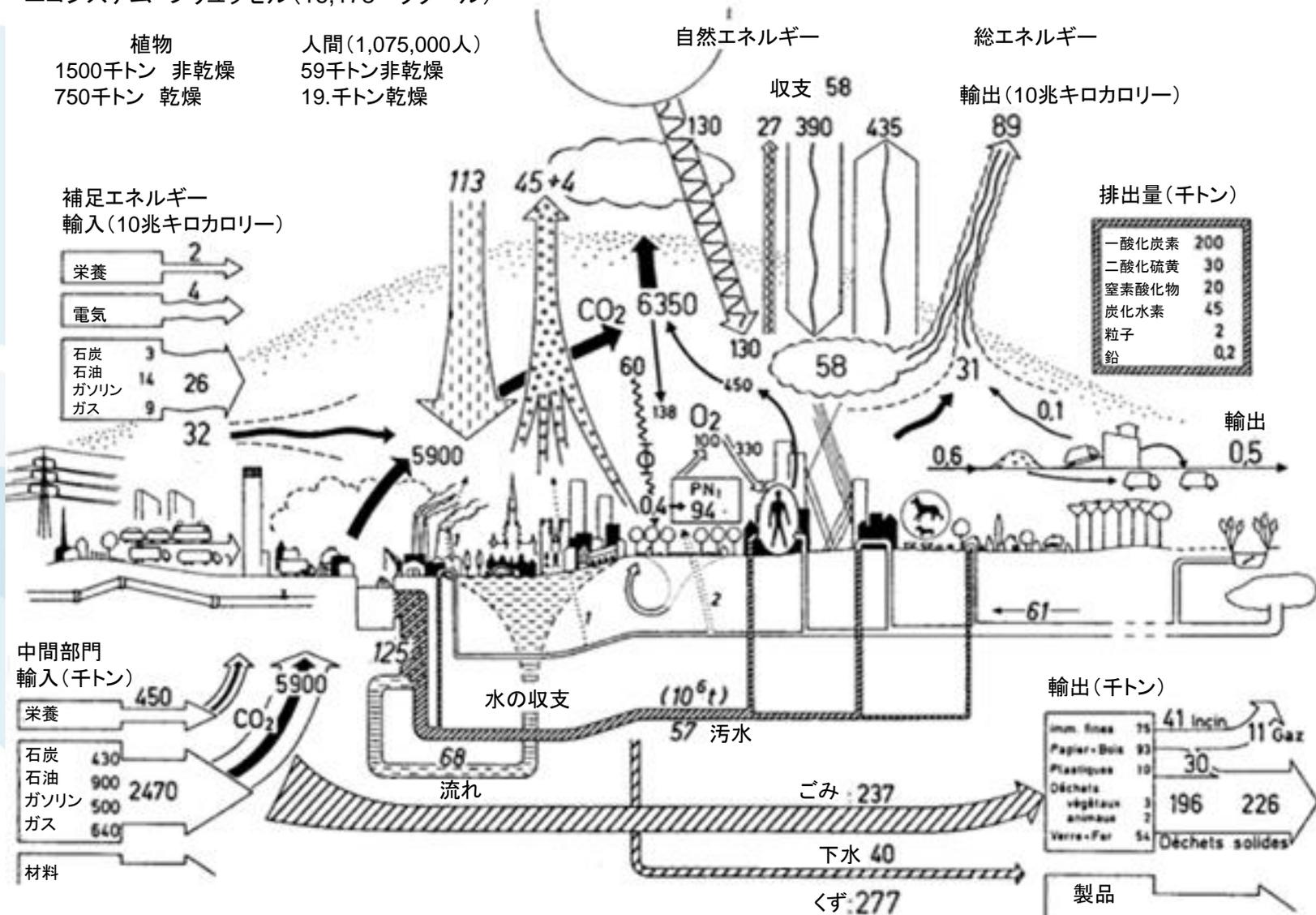
輸出(10兆キロカロリー)

補足エネルギー  
輸入(10兆キロカロリー)



排出量(千トン)

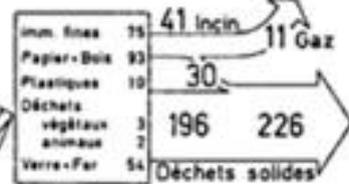
一酸化炭素	200
二酸化硫黄	30
窒素酸化物	20
炭化水素	45
粒子	2
鉛	0.2



中間部門  
輸入(千トン)



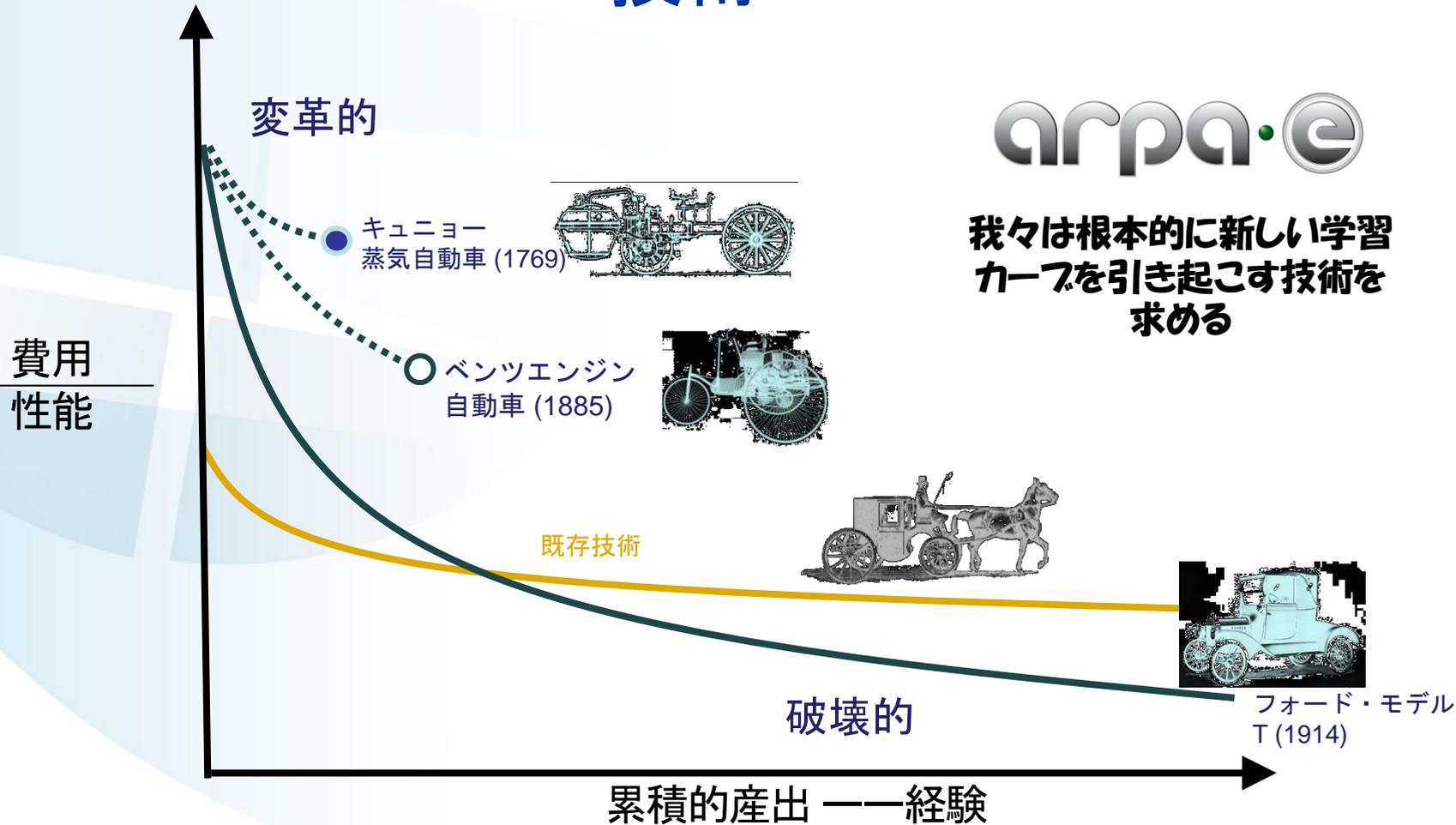
輸出(千トン)



# 漸進的・破壊的 技術

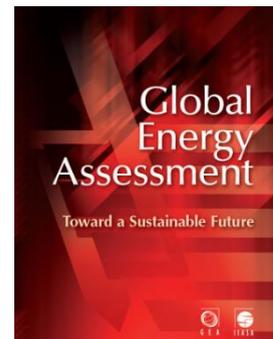
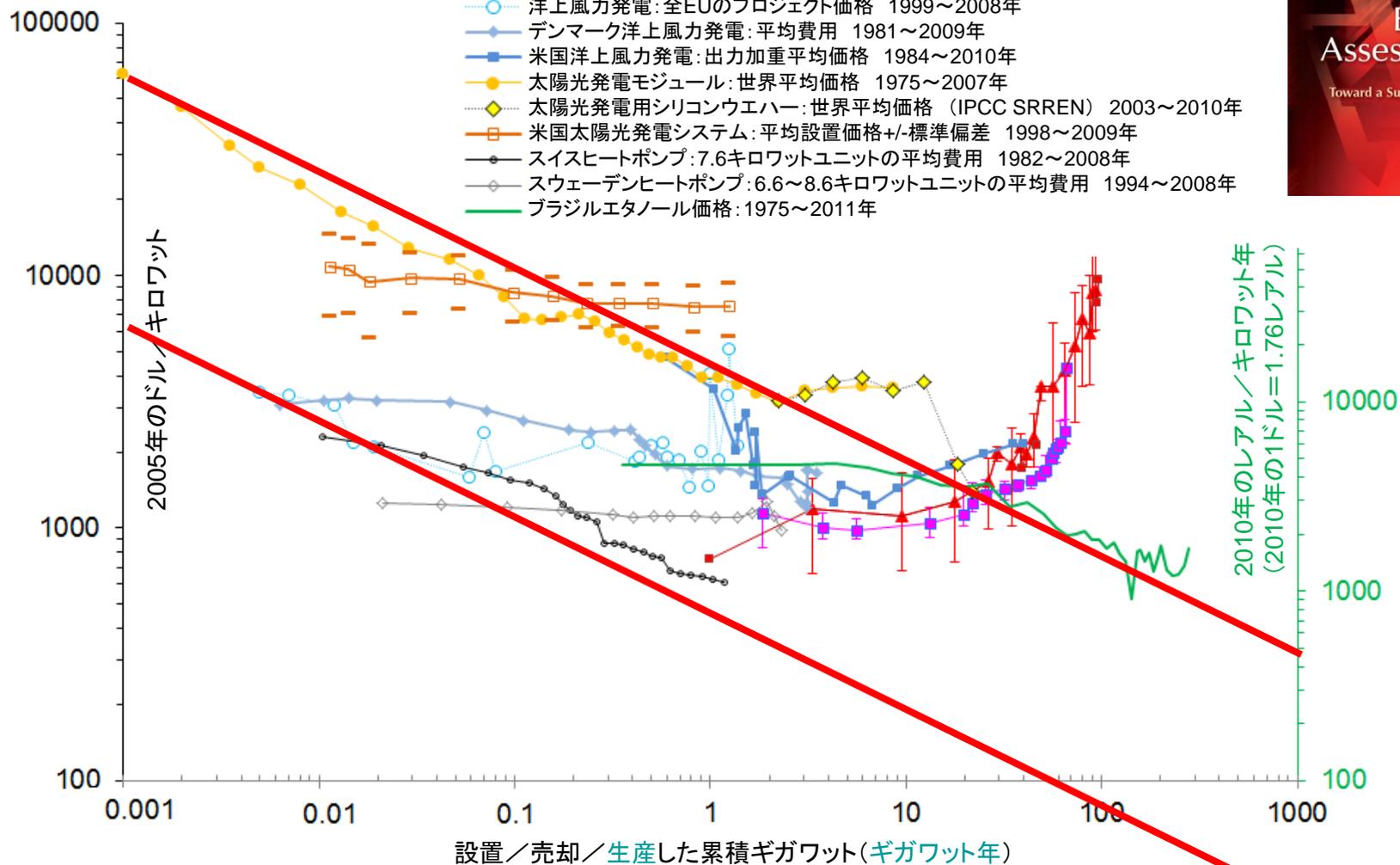


我々は根本的に新しい学習  
カーブを引き起こす技術を  
求める

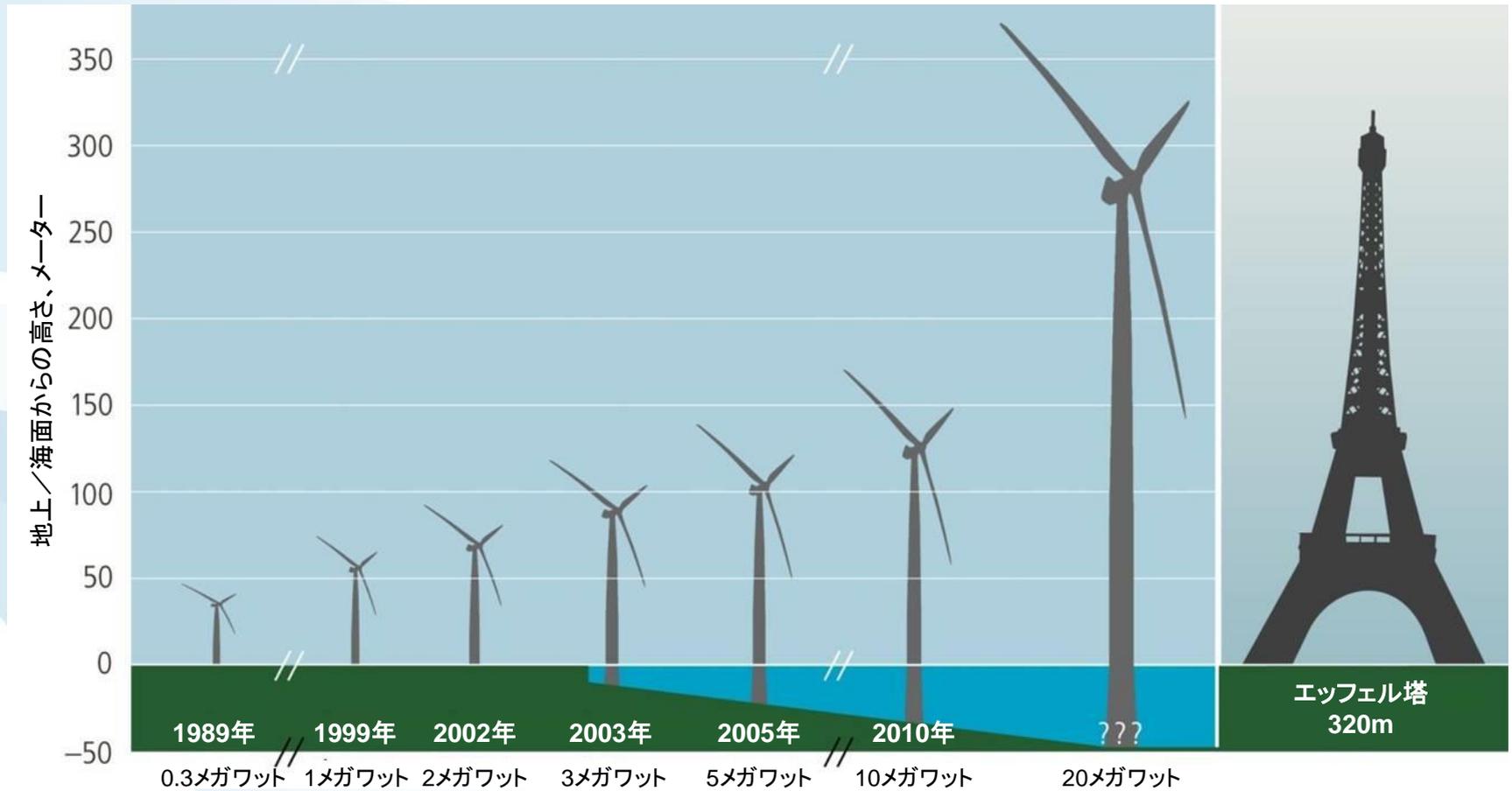


# 供給技術費用の動向

- ▲ 米国原子力: 平均及び最低/最高 1971~1996年
- 米国原子力: 単一原子炉(複数でない) 1971~1996年
- フランス原子力: 平均及び最低/最高 1977~1999年
- 洋上風力発電: 全EUのプロジェクト価格 1999~2008年
- デンマーク洋上風力発電: 平均費用 1981~2009年
- 米国洋上風力発電: 出力加重平均価格 1984~2010年
- 太陽光発電モジュール: 世界平均価格 1975~2007年
- ◇ 太陽光発電用シリコンウエハー: 世界平均価格 (IPCC SRREN) 2003~2010年
- 米国太陽光発電システム: 平均設置価格 +/- 標準偏差 1998~2009年
- スイスヒートポンプ: 7.6キロワットユニットの平均費用 1982~2008年
- ◇ スウェーデンヒートポンプ: 6.6~8.6キロワットユニットの平均費用 1994~2008年
- ブラジルエタノール価格: 1975~2011年

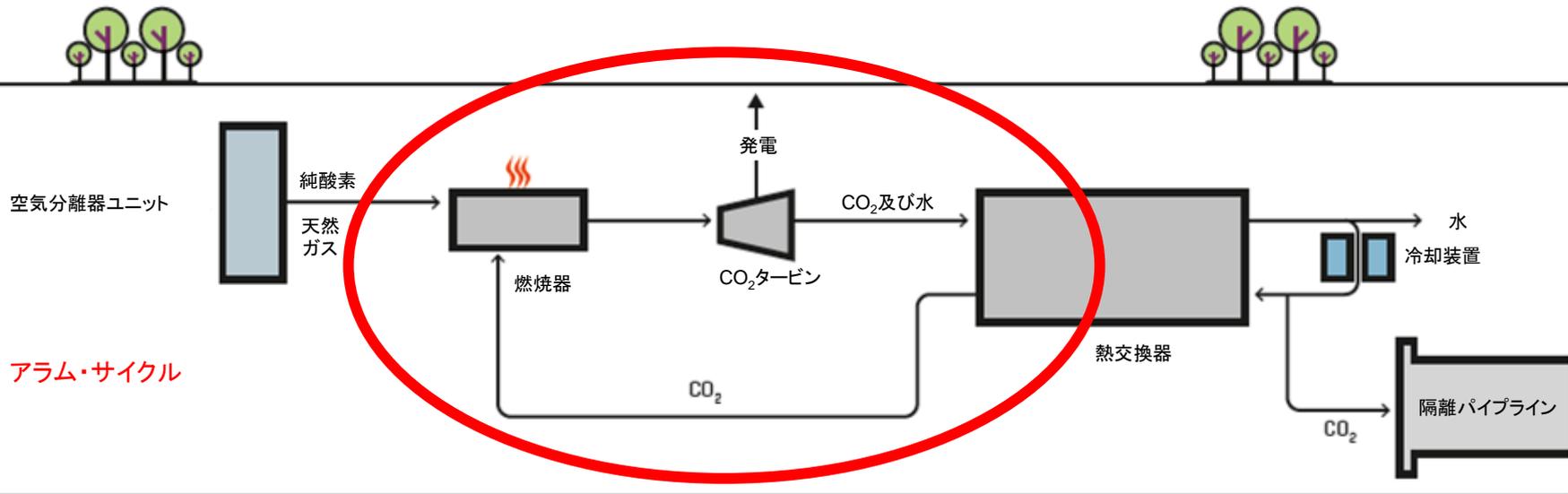


# 規模を通じた学習



## 規模の経済、米国風力タービン

# ネットパワー社は、テキサス州、ラポルテでオキシ燃料・天然ガスによるゼロ・エミッション化石燃料発電所の実証プラントに着手

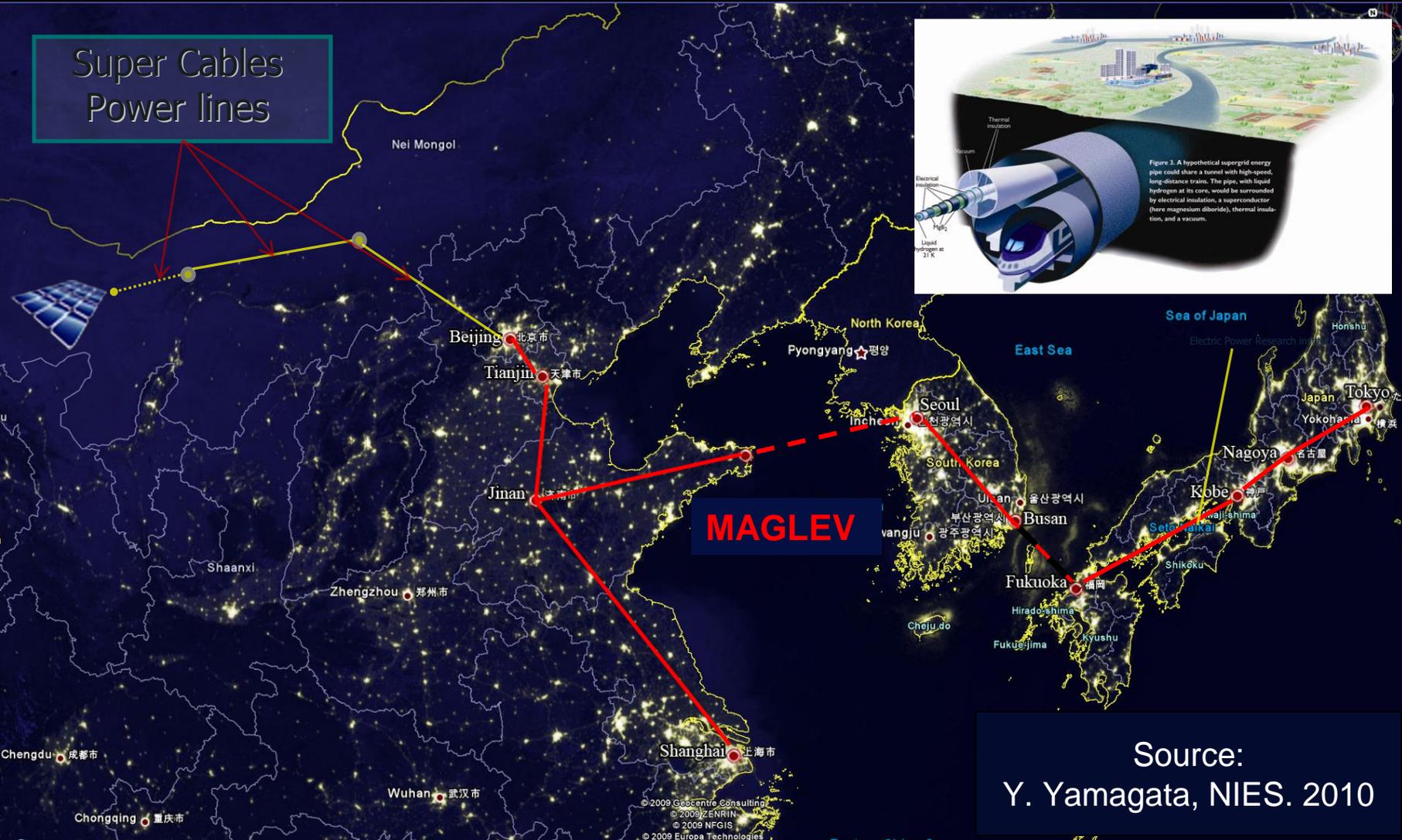


# 北アフリカのデザートテック



# 新エネルギーと交通インフラの潜在的なシナジー： アジアの「スーパーグリッド」

Super Cables  
Power lines

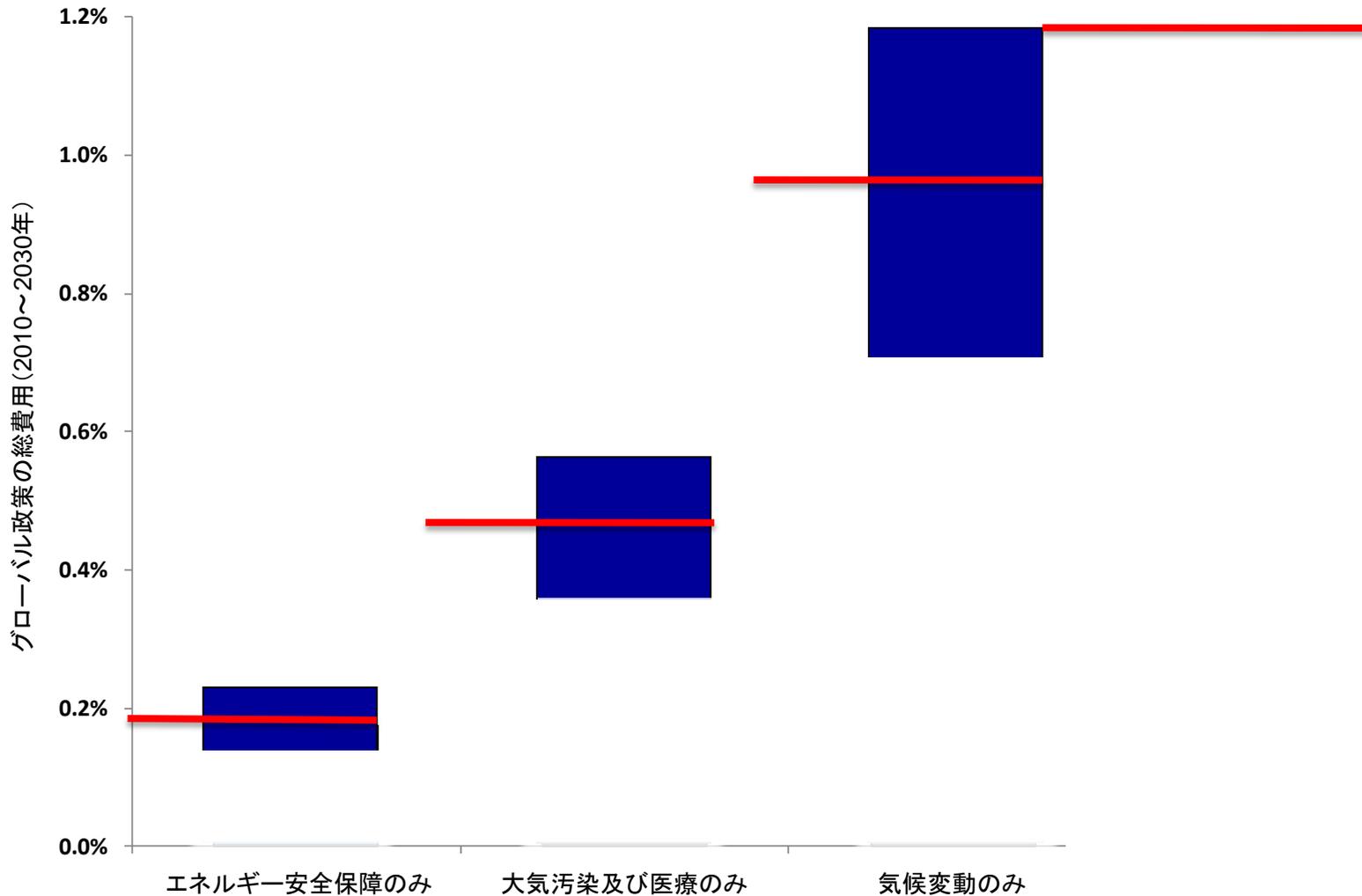


**MAGLEV**

Source:  
Y. Yamagata, NIES. 2010

© 2009 Geocentric Consulting  
© 2009 ZENRIN  
© 2009 NFGIS  
© 2009 Europa Technologies

# 統合的政策の多数の利益



# SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

世界を変えるための17の目標

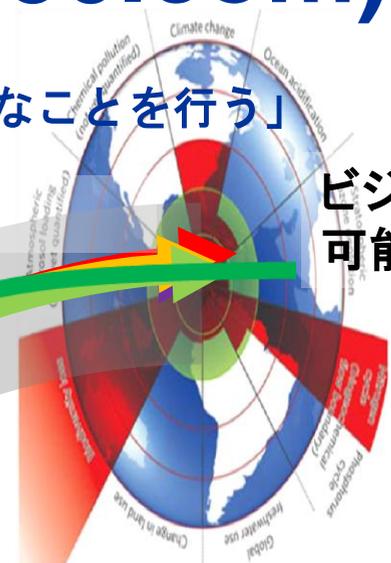


# 2050年の世界 (TWI2050.com)

地球境界内で「より小さなことでより大きなことを行う」

目標空間 2050年+ →

ビジョン: 持続可能な未来



一つの「再構成する」筋書きと多くの変革的進路

変革

いつも通り徐々に損なうことの正当性

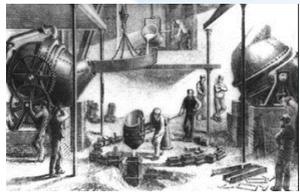
← 目標空間 2030年

2030年

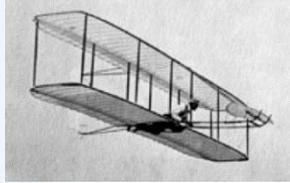
2050年

# 變革的變化

1850



1900



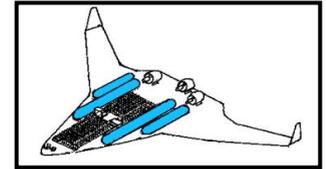
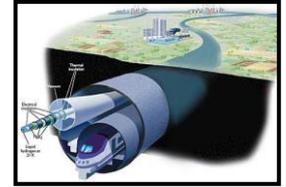
1950



2000



2050



# 破壊的変化

13年違いのニューヨーク市フィフスアベニューのイースターパレード

(1) 1900年: 自動車はどこ?

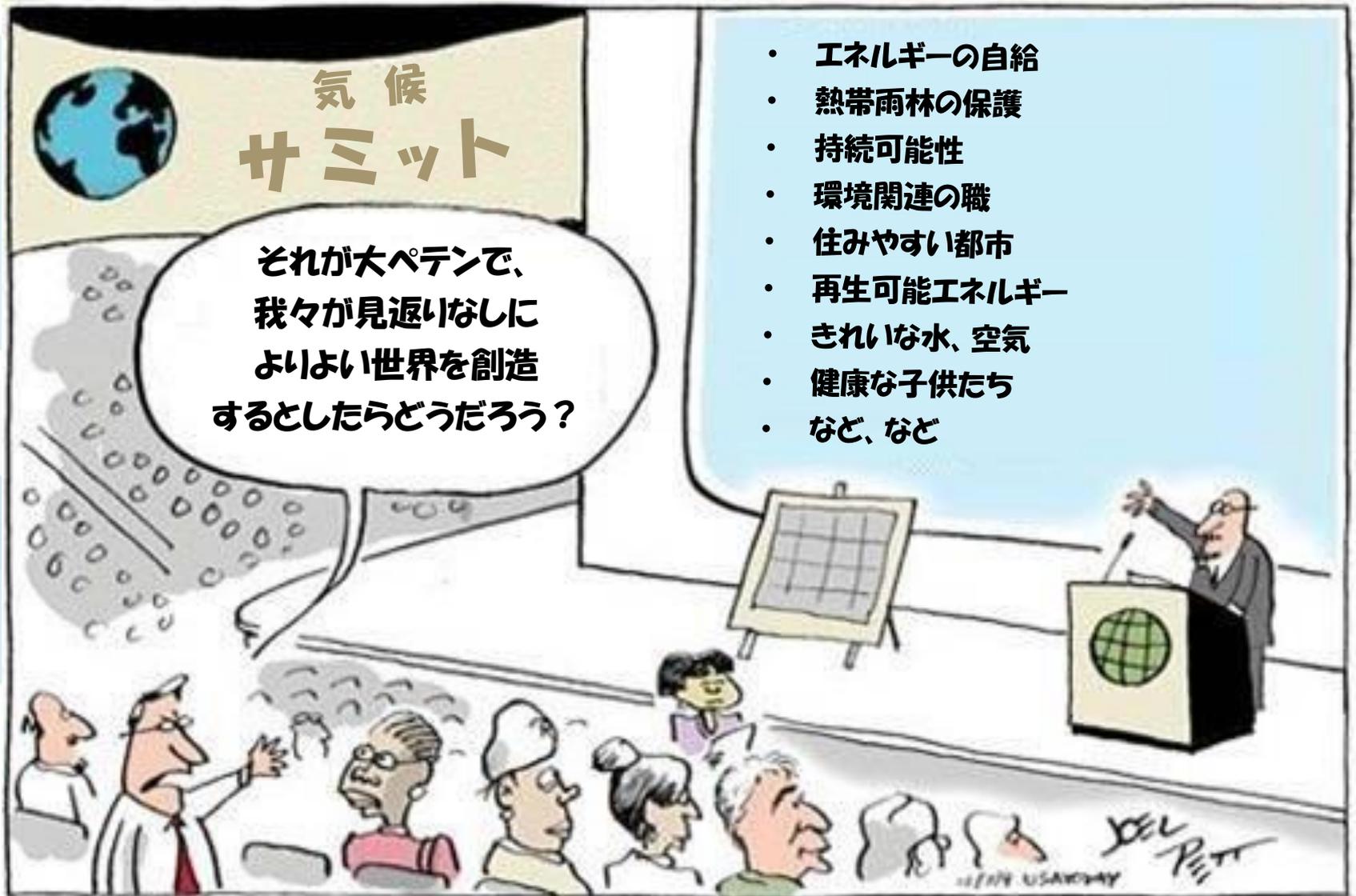
(2) 1913年: 馬はどこ?



Images: L, National Archive, [www.archives.gov/research/american-cities/Images/american-cities-101.jpg](http://www.archives.gov/research/american-cities/Images/american-cities-101.jpg)  
R, shorpy.com/node/204.  
Inspiration: Tona Seba's keynote lecture at AltCar, Santa Monica CA, 28 Oct 2014,  
<http://tonyseba.com/keynote-at-altcar-expo-100-electric-transportation-100-solar-by-2030/>

# サンクトペテルブルク空港の免税店







International Institute for  
Applied Systems Analysis  
www.iiasa.ac.at

# ご清聴ありがとうございました



**naki@iiasa.ac.at**  
**www.twi2050.org**



IIASA, International Institute for Applied Systems Analysis

science for global insight