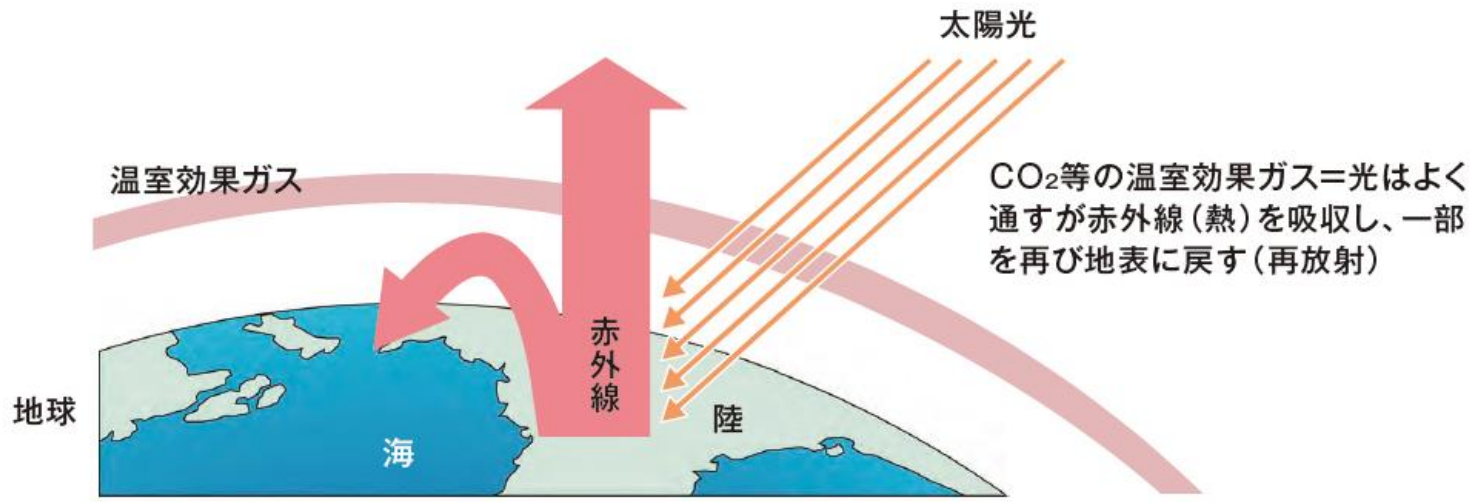


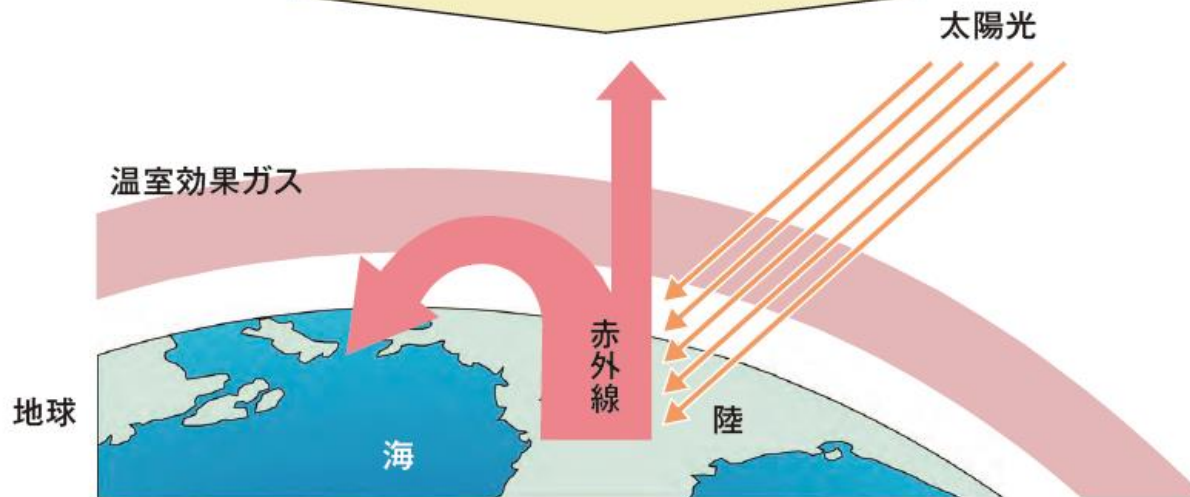
地球温暖化問題とエネルギー問題

2018年5月14日
東京大学公共政策大学院
有馬 純

地球温暖化のメカニズム

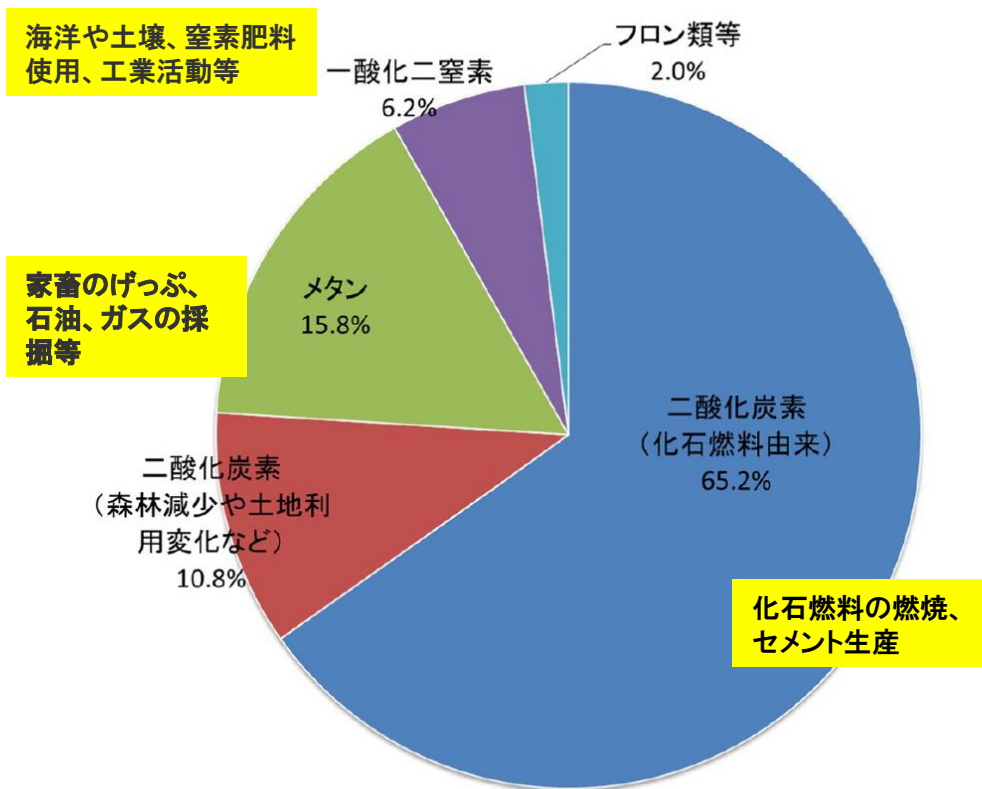


温室効果ガスが増加すると

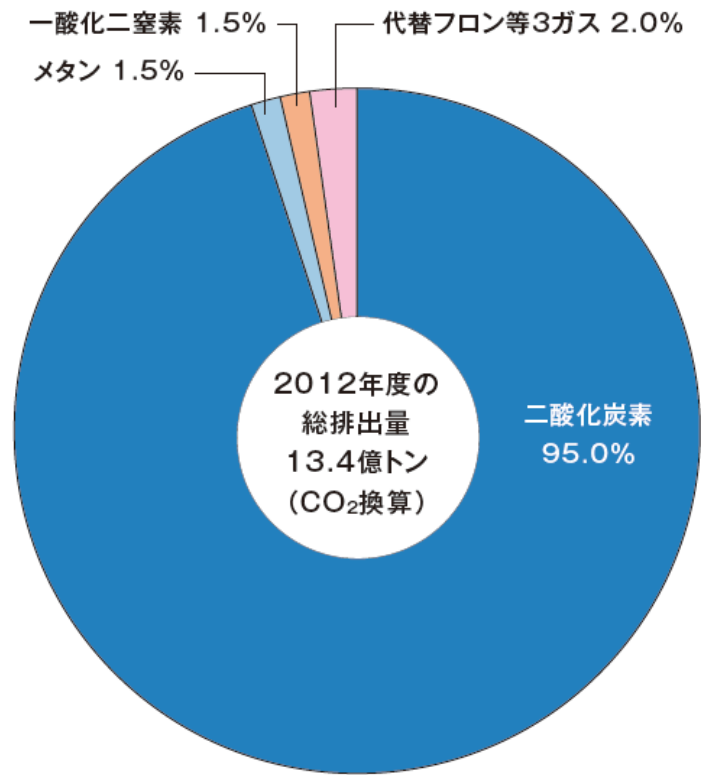


温室効果ガスとは

人類起源の温室効果ガス排出のガス種別内訳(2010年)

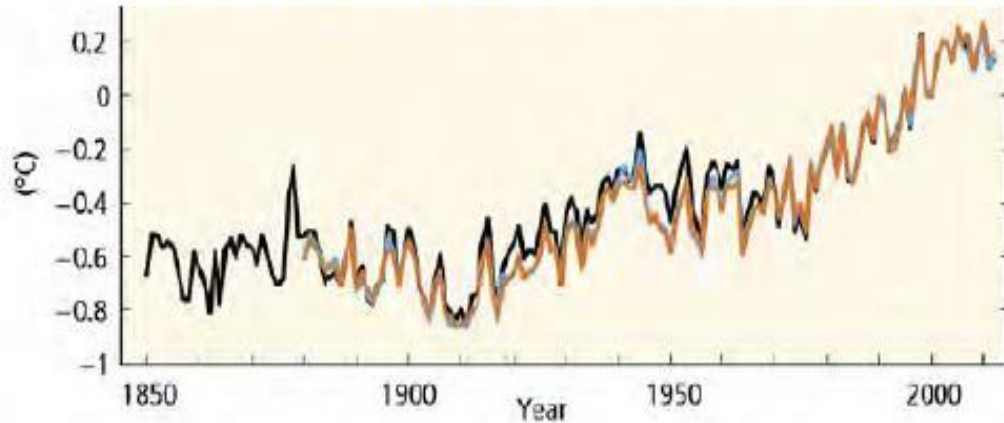


我が国の温室効果ガス排出のガス種別内訳(2012年)

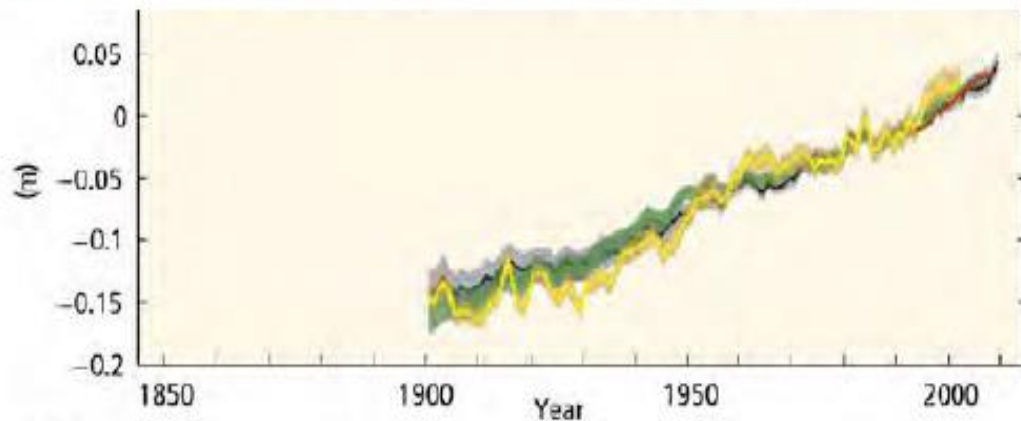


気候システムにおいて観測された変化

(a) 全球地表平均気温の推移 (1880年～2012年の間に0.85°Cの上昇)



(b) 全球平均の海拔の推移 (1901年～2010年の間に0.19mの上昇)



【気候システムの温暖化】

- IPCC第5次評価報告書によると気候システムの温暖化には疑う余地はない。
- 人為起源の温室効果ガスの排出が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な要因であった「可能性が極めて高い」(95%以上の確率)

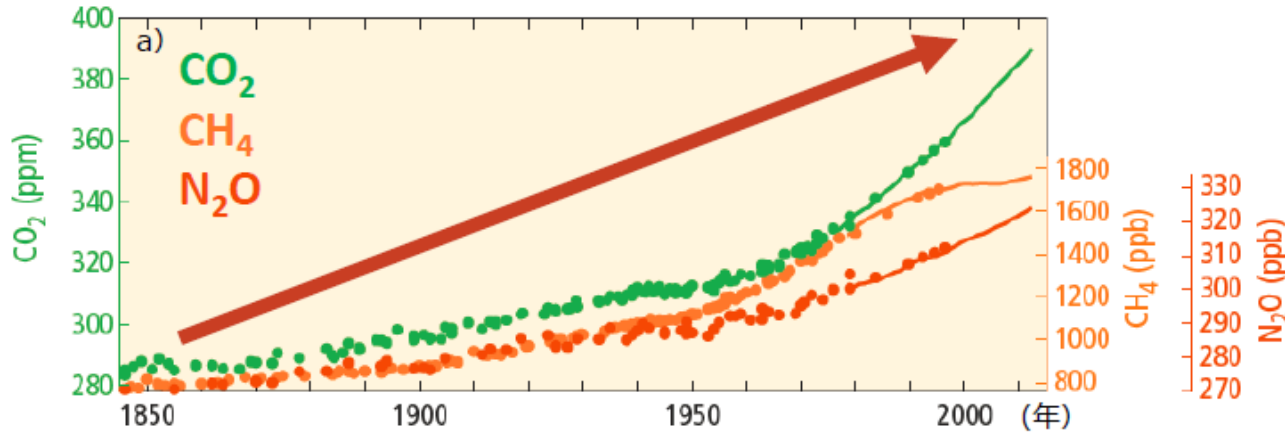
第3次報告(2001年) 66%～

第4次報告(2007年) 90%～

第5次報告(2014年) 95%～

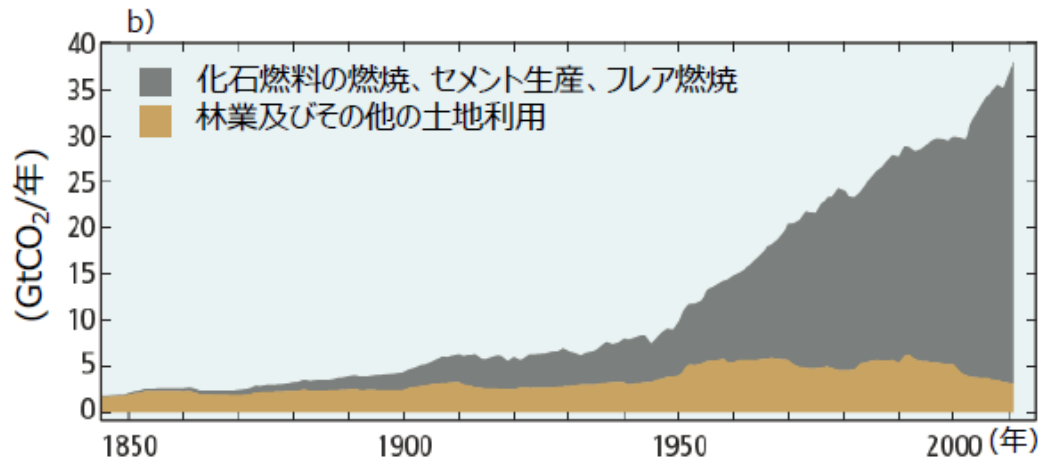
- 気候への人為的影響は、大気と海洋の温暖化、世界の水循環の変化、雪氷の減少、平均海面水位の上昇、気候の極端現象の変化等において検出

産業革命以降の温室効果ガス排出量

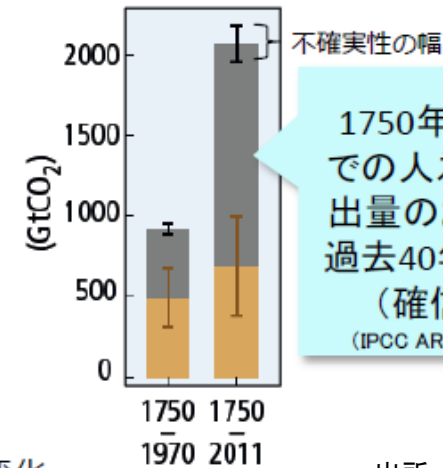


工業化以降、人為起源のGHGの排出は、大気中のCO₂、CH₄、N₂Oの濃度を大きく増加させた

(IPCC AR5 SYR SPM, p.4, 38-39行目)



CO₂累積排出量



1750年から2011年までの人為起源のCO₂排出量のおよそ半分は、過去40年で排出された(確信度が高い)

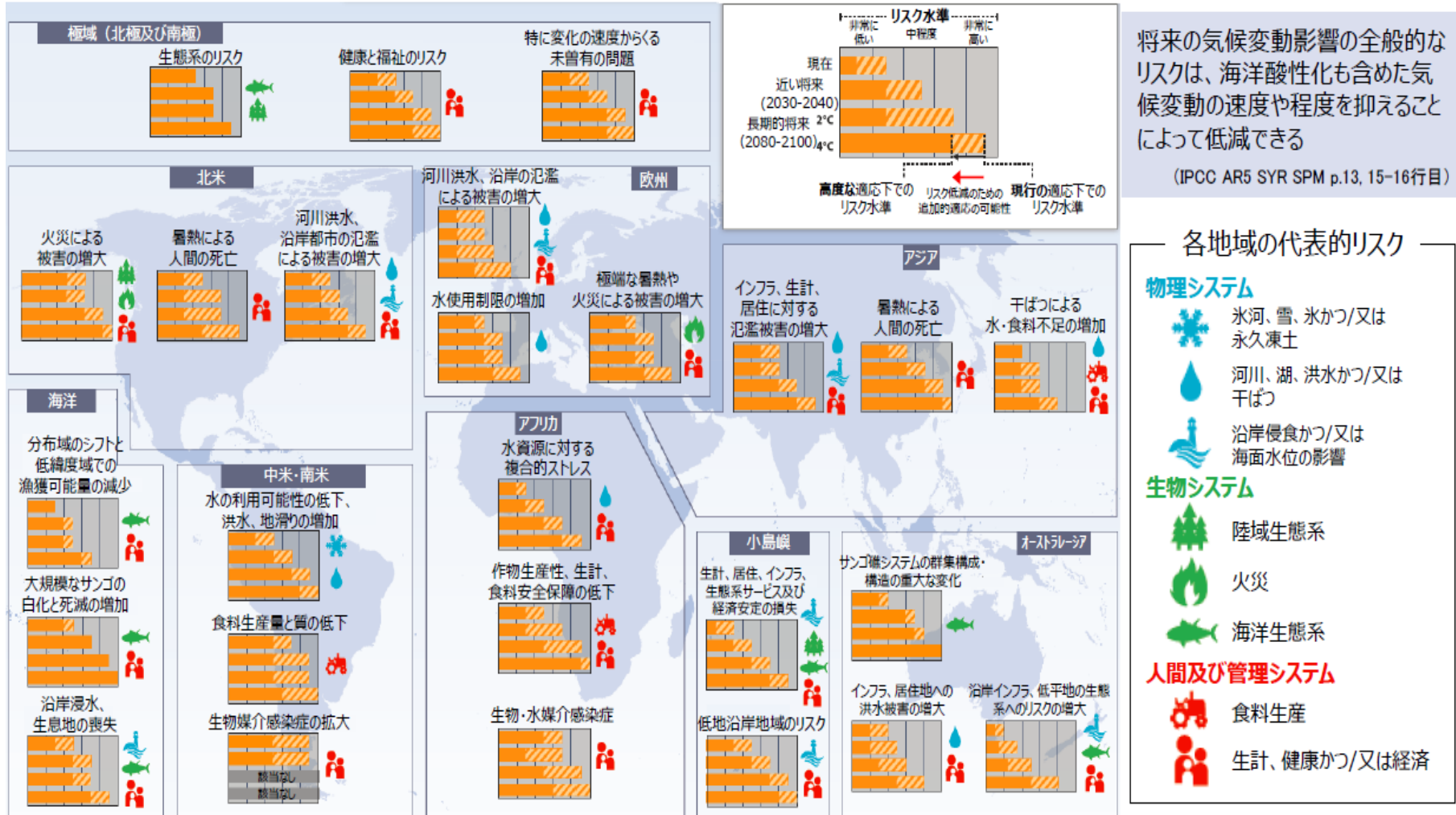
(IPCC AR5 SYR SPM, p.4, 43-44行目)

図a：世界平均GHG濃度の変化、図b：世界の人為起源CO₂排出量の変化

出所：IPCC第5次評価報告書

地球温暖化の影響の地域分布

◆ 温暖化のリスクは地域的に偏在しており、いずれの開発段階においても、恵まれない境遇にある人々やコミュニティに対してより大きくなる (IPCC第5次報告書より)。



図：各地域の主要なリスク及びリスク低減の可能性

気候変動国際交渉の流れ (1)

- 気候変動枠組み条約(1992年)
 - ◆ 附属書 I 国(先進国) / 非附属書 I 国(92年当時のまま現在に至る)
 - ◆ 「共通だが差異のある責任」の原則(先進国途上国二分論)

- 京都議定書(1997年)
 - ◆ ベルリンマンデート(95年) → 先進国のみが義務を負う構造
 - ◆ 第1約束期間(2008-2012)
 - 90年比日▲6%、米▲7%、EU▲8%
 - ◆ EUに一方向的に有利(90年基準)

- 米国の京都議定書離脱(2001年)
バード・ヘーゲル決議(1997年)

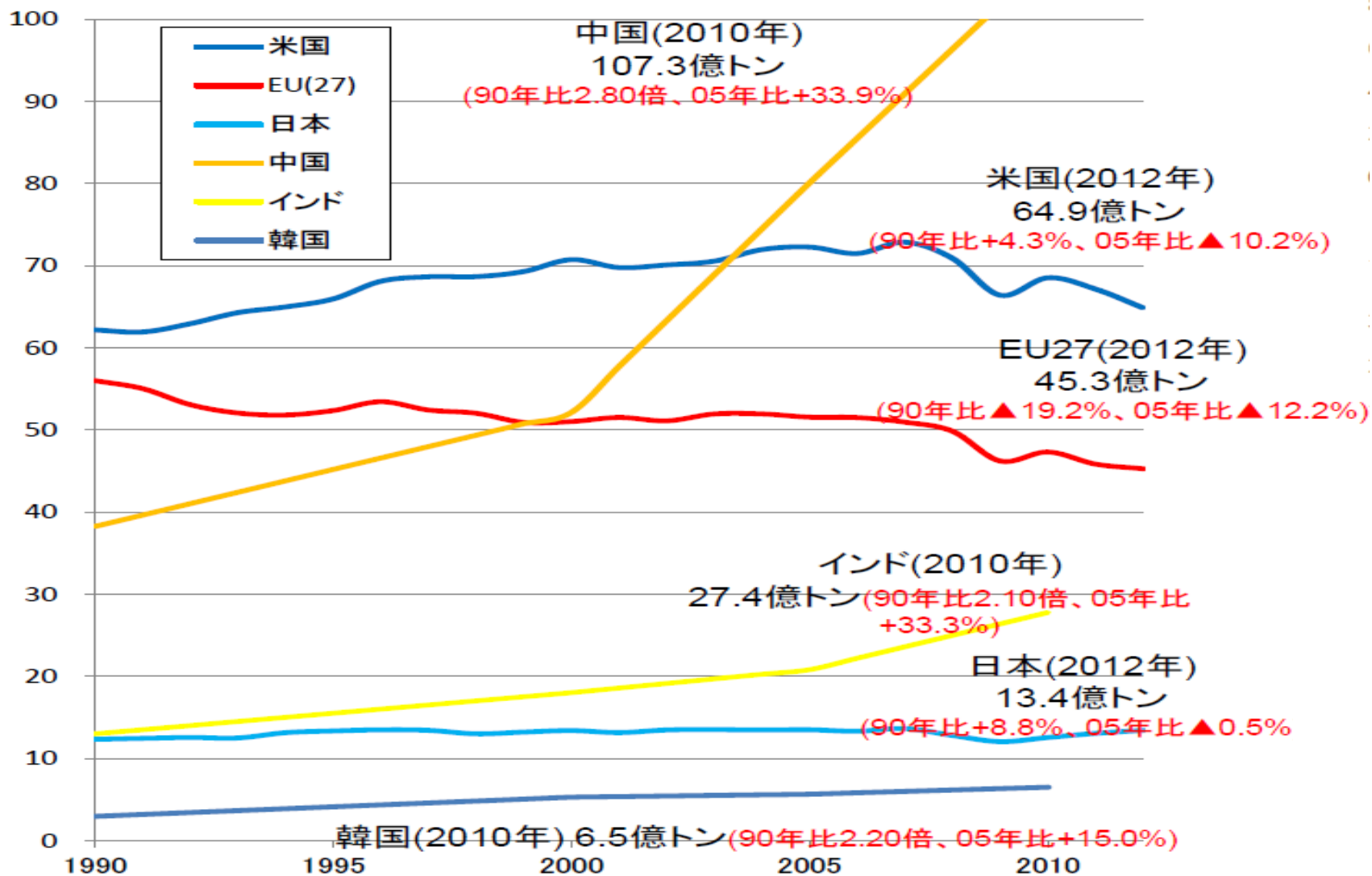
- 京都議定書の米抜き批准(2002年)・発効(2005年)
⇒ **日本の敗北**



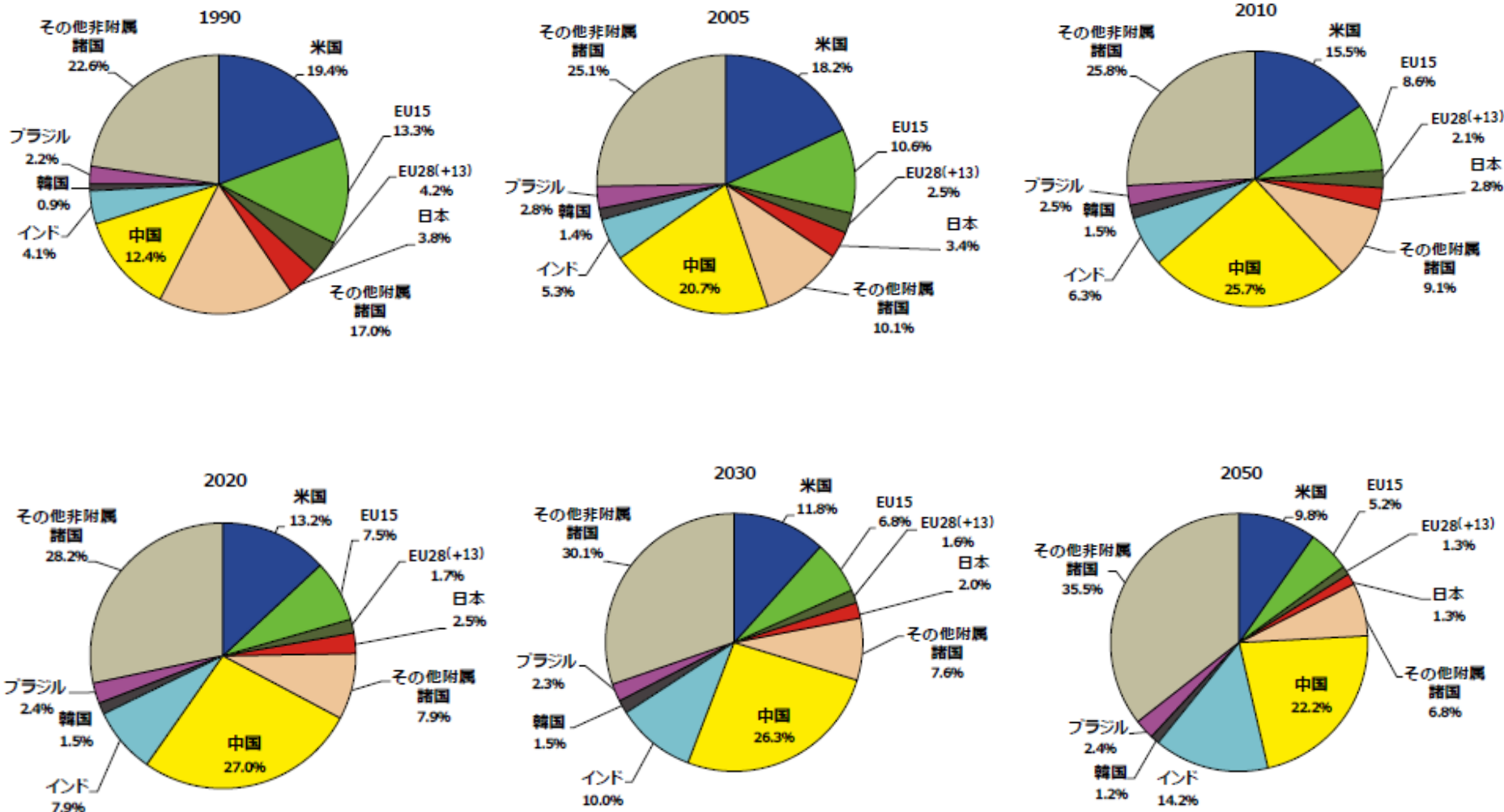
主要国の温室効果ガス排出量の推移

(CO₂換算億トン)

排出総量の推移



温室効果ガス排出量の国別内訳の推移と見通し



気候変動国際交渉の流れ (2)

- バリ行動計画(2007年):ポスト2013年枠組み交渉開始(COP15で合意を!)
- 日本の2020年目標:2005年比▲15%(麻生内閣)→90年比▲25%(鳩山内閣)
- COP15(コペンハーゲン)で合意に失敗(2009年)→京都第2約束期間の参加問題が大きな 이슈に。
- COP16でカンクン合意を採択(2010年)
 - ◆ 先進国、途上国が2020年の削減目標、削減行動を自主的に登録するボトムアップ型の枠組み(京都議定書と大きな違い)
 - ◆ 日本は京都議定書第2約束期間不参加を表明。
- COP17でダーバンプラットフォーム採択(2011年):2020年以降の枠組み検討開始
 - ◆ 「全ての締約国に適用される、枠組み条約の下での議定書、その他の法的文書あるいは法的効力を有する合意成果を作る」
 - ◆ 2020年から発効するよう、COP21(2015年)での採択を目指す



バリ島の気候変動会議で合意に達した……



我々は「誰か他の人が温室効果ガスを削減すべき」との点で意見が一致した。

温暖化交渉はなぜ難航するのか

- ◆ 温暖化交渉の本質は国益を賭けた経済交渉：削減負担分担のマイナスサムゲーム
- ◆ 各国レベルで排出削減、便益はグローバル→ただ乗り構造（通商交渉との大きな違い）
- ◆ 国連ゆえの「南北問題」と1992年当時でフリーズした先進国・途上国二分論→「共通だが差異のある責任」の呪縛
- ◆ 全員一致の意思決定プロセス。全て同時決着しないと前に進まない。
- ◆ 科学の不確実性
- ◆ 劇場型交渉における期待値と現実のギャップの広がり
- ◆ WTO交渉に対する二国間、多国間のFTA、EPA交渉のような競合プロセスの不在



パリ協定のポイント(1)

■ トップダウンの長期目標

- ◆ 世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保つとともに、1.5°Cに抑える努力を追求
- ◆ 出来る限り早期に世界の温室効果ガスの排出量をピークアウトし、今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成

■ ボトムアップのプレッジ&レビュー

- ◆ 各国が自国の国情に合わせ、温室効果ガス削減・抑制目標(NDC: Nationally Determined Contribution)を策定し、条約事務局に提出。
- ◆ NDCを5年ごとに提出。累次のNDCは従前のものから前進し、可能な限り最も高い野心を反映。
- ◆ 各国は目標達成に向けた進捗状況に関する情報を定期的に提供。行動(緩和)のみならず、支援も対象。
- ◆ 提出された情報は、専門家によるレビュー、促進的かつ多国間の検討に参加。途上国の能力と国情に特に配慮。詳細ルールは今後策定。

■ 市場メカニズム

- ◆ ダブルカウントを回避しつつ、自主的かつ参加締約国の承認を踏まえた「国際的に移転される緩和の成果の活用」を許容。アカウンティングのガイドラインを今後策定。

パリ協定のポイント(2)

■ 途上国支援

- ◆ 先進国は緩和と適応に関連して、途上国に対する資金支援を提供。その他の締約国には自主的な資金の提供を奨励。
- ◆ 2025年に先立って、1000億ドルを下限として、新たな定量目標を設定(COP決定)
- ◆ 先進国は、途上国への公的資金支援の見通しを含め、定量的・定性的な情報を2年ごとに提出。

■ グローバルストックテーク

- ◆ 長期目標の達成に向けた全体的な進捗を評価するため、2023年から5年ごとに実施状況(緩和、適応、実施手段、支援)を定期的に確認。その結果を各国の行動、支援の更新・拡充の際のインプットに。

■ 発効要件

- ◆ 世界総排出量の55%以上の排出量を占める55ヶ国以上の締約国が批准

気候変動枠組みの変遷

京都議定書
(トップダウン)

カンクン合意
(ボトムアップ)

パリ協定
(ハイブリッド)

先進国全体の削減目標



各先進国の削減義務を交渉



各先進国の削減義務に合意



国連が排出枠を管理



遵守・不遵守の判定と罰則

トップダウンの要素

全ての国が目標・取組みを自
国決定



取り組み状況の隔年報告



事後レビュー

グローバルな長期目標(温度、
排出・吸収バランス)



世界全体の取組状況の総括
(グローバルストックテイク)



グローバルストックテイクを踏ま
えた自国決定貢献の提出



取組状況の隔年報告



事後レビュー

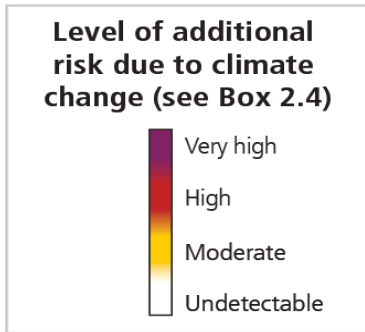
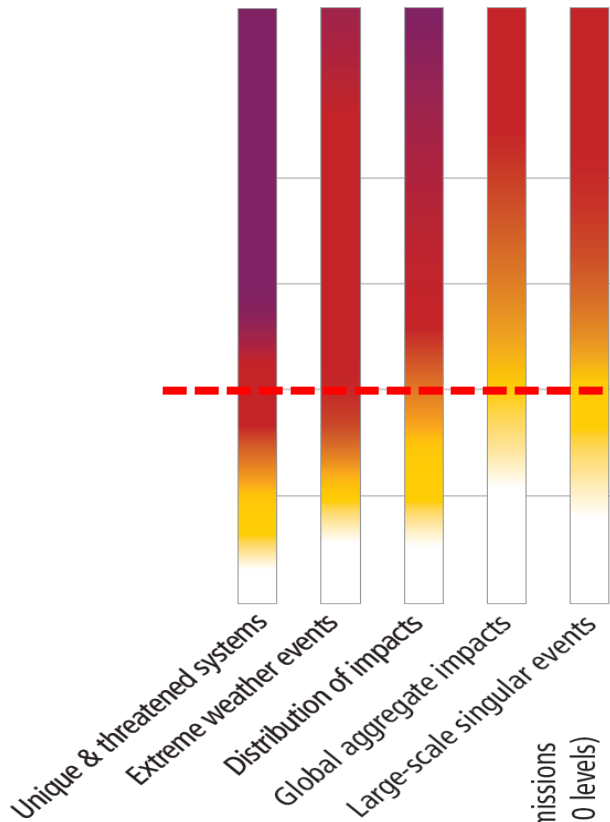
ボトムアップのプレッジ&レビュー

パリ合意をどう評価するか

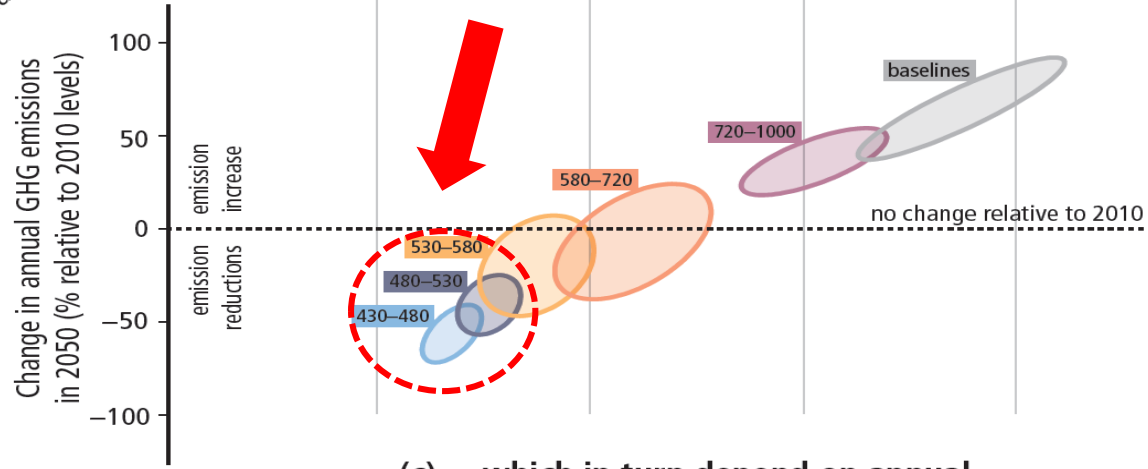
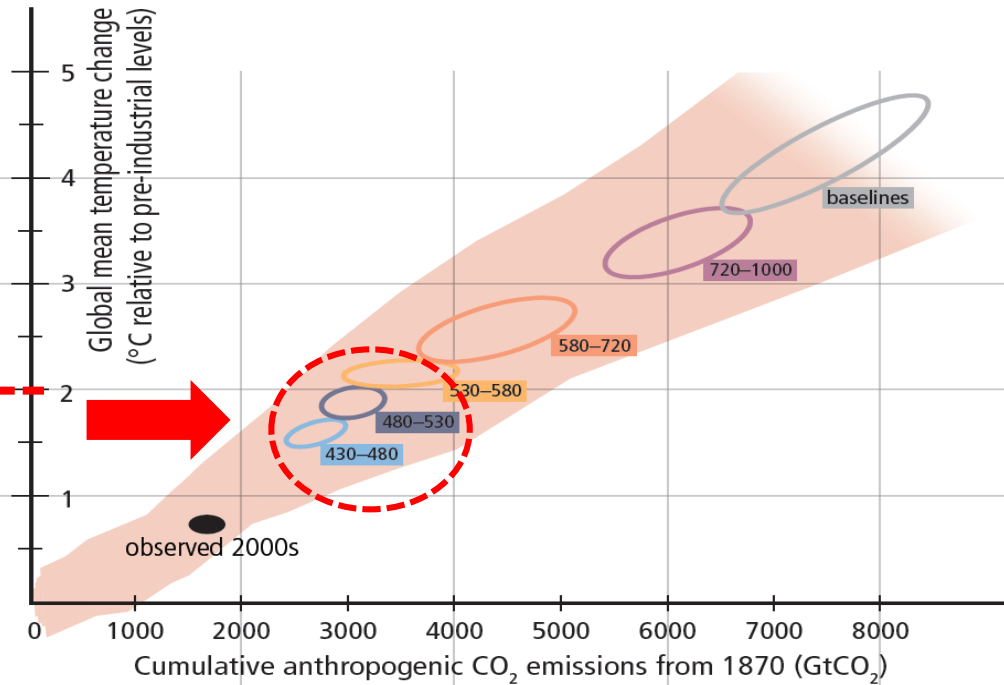
- 先進国も途上国もNDCを提出し、その実現に努力→先進国・途上国二分論の京都議定書からの歴史的転換
- 現実的なボトムアップのプレッジ&レビュー(プロセスに法的拘束力、目標は拘束力なし)。ただしその実効性は今後定められるモダリティ、手続き、ガイドライン次第。
- 途上国は資金援助、「共通だが差異のある透明性フレームワーク」等において多くを獲得(京都議定書レジームからの脱却の代償)
- 非現実的なトップダウンの温度目標と現実的なボトムアップのプレッジ&レビューメカニズムの並存(2°C目標ですら、各国のINDCの合計と150億トン(中国1.5個分)のギャップ。1.5°C目標の場合のギャップは更に拡大)。
- 5年毎のグローバルストックテークで長期目標への進捗を検証し、各国NDCにフィードバックするという設計→しかし両者は永遠に交わらない!
- トップダウンの温度目標を達成するための強制力ある枠組み(炭素予算の配分)は実現可能性ゼロ。
- ギャップを埋めるのは革新的技術開発のみであり、国連プロセスではない。

世界の平均気温変化と追加的リスク

(a) Risks from climate change...



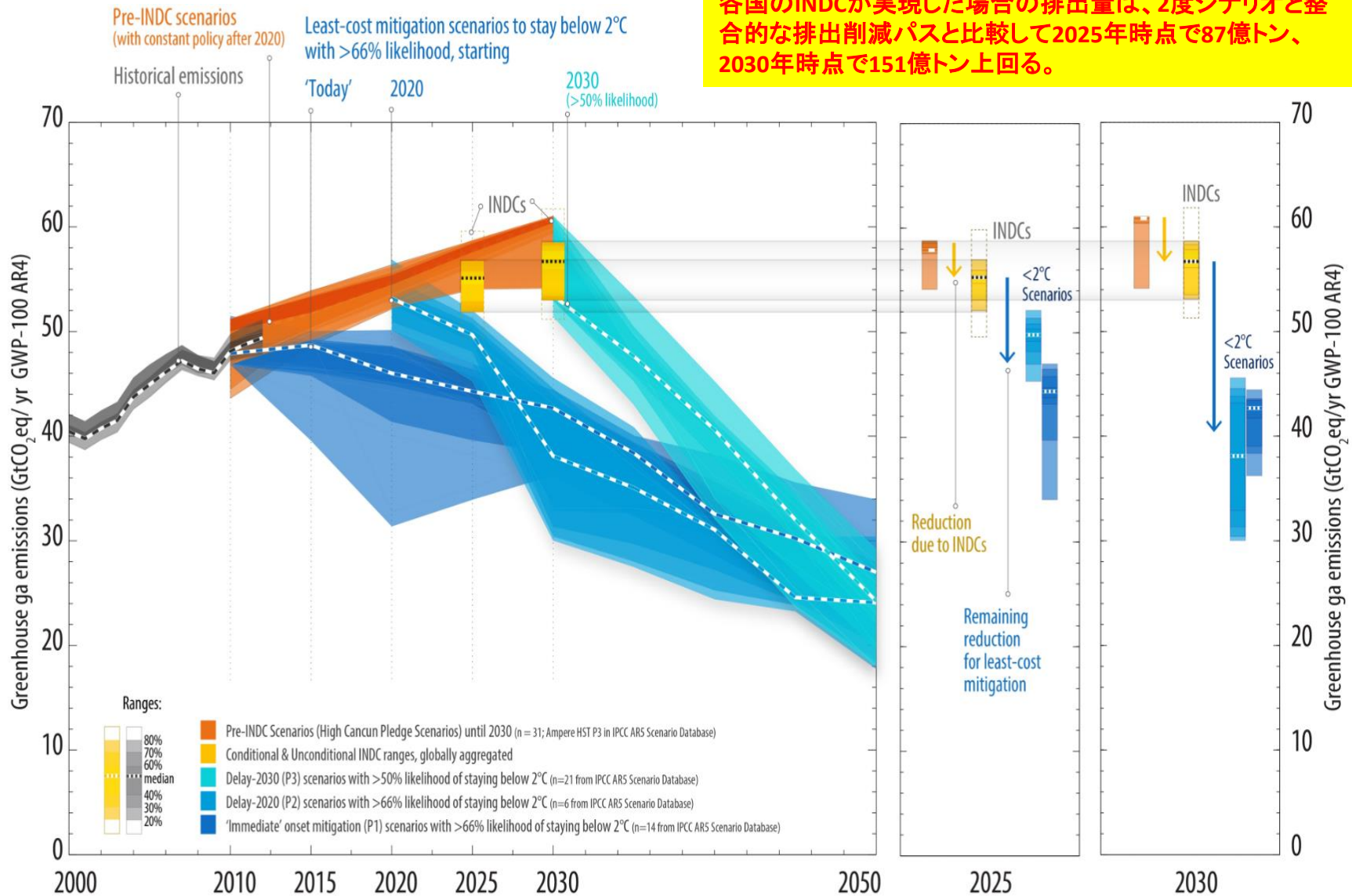
(b) ...depend on cumulative CO₂ emissions...



(c) ...which in turn depend on annual GHG emissions over the next decades

2度目標と各国のINDCとのギャップ

各国のINDCが実現した場合の排出量は、2度シナリオと整合的な排出削減パスと比較して2025年時点で87億トン、2030年時点で151億トン上回る。

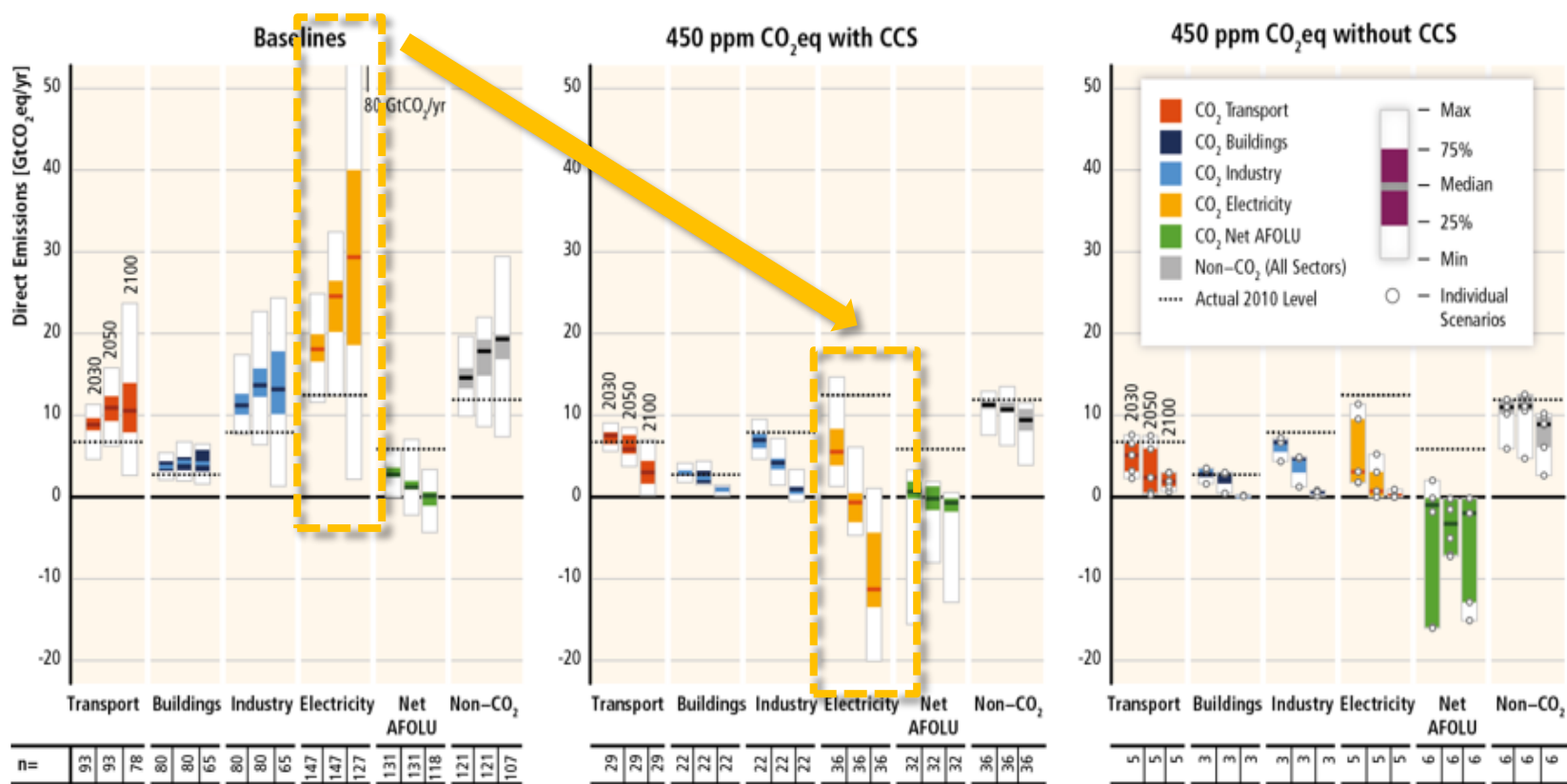


Source: UNFCCC Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions (October 2015)

「2度目標」達成のために必要な部門別排出シナリオ

- ◆ 450ppmシナリオを達成するために発電部門において2100年までにBECCCSの大量導入により、現在の排出量の±の符号を逆にしたようなマイナス排出が必要。
- ◆ 世界各国の迅速な緩和行動、世界単一の炭素価格、大幅な技術革新が前提。
- ◆ 実現可能性ではなく、「2度達成のためには、かくあるべし」とのトップダウンシナリオ

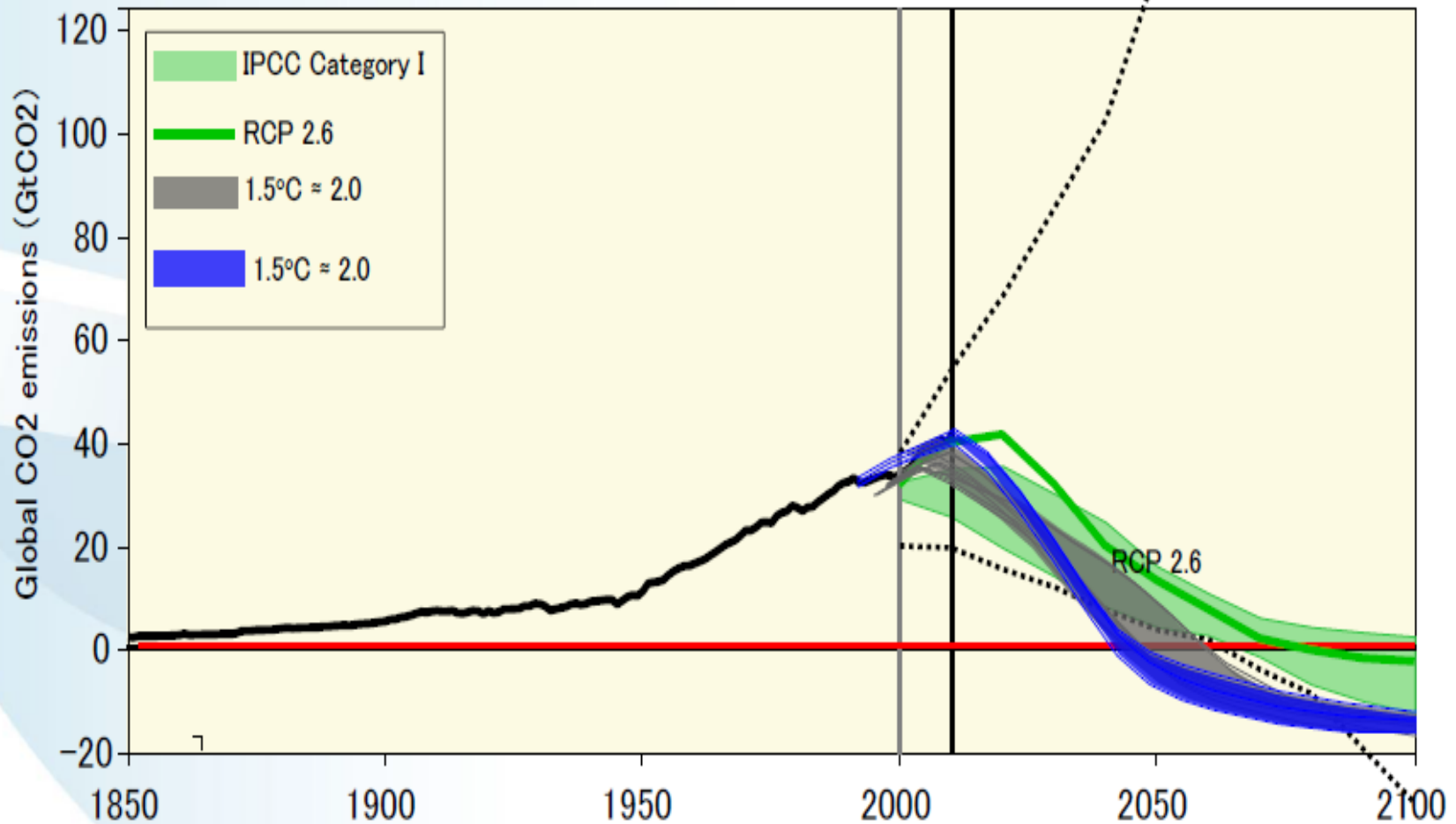
Direct Sectoral CO₂ and Non-CO₂ GHG Emissions in Baseline and Mitigation Scenarios with and without CCS



1.5度目標とは何を意味するのか

- ◆ 1.5度～2度で安定化させるためには2050年前後にネットマイナスにならねばならないという論文あり(→ますますあり得ない世界)

nature
climate change



Source: Rogelj et. al, 2015

世界は低炭素化に向かうのか(皮膚感覚の見通し)

- ◆ 中長期的な方向性として低炭素化に向かうことは確実。
- ◆ しかし、パリ協定の早期発効と、1.5°C~2°Cの温度目標、今世紀後半のネットゼロエミッションの実現は別物。
- ◆ ボトムアップのカンクン合意(2010)でも2度安定化を目指すと言われたが、その後も世界全体の排出量は増加。各国がボトムアップで目標を持ち寄るパリ合意を根拠に状況が劇的に変化するとは考えにくい。
- ◆ 1.5°C~2.0°C目標はグローバルかつ排出削減量に翻訳されていない目標であり、誰も責任をとらない構造(→だからこそ合意できた)
- ◆ 途上国においては(レトリックは別として)、エネルギーアクセスの確保、経済成長、エネルギー安全保障の方が温暖化対策よりもはるかにプライオリティが高い。
- ◆ 先進国においても経済不況や雇用不安が生じた際に、温暖化対策で国民、経済の負担増大をもたらす政策を実施することは政治的に困難(ユーロ危機の際に、欧州で生じたことは高コストの温暖化対策の見直し)。
- ◆ 米国におけるトランプ政権の誕生は国際的な温暖化への取り組みに冷や水効果。

米国のパリ協定離脱表明(2017年6月1日)

- 米国はパリ協定から離脱する。再交渉を行い、フェアなディールができればパリ協定か全く新しい枠組みに再加入する。
- パリ協定は米国の産業、経済、雇用に多大な悪影響を与え、米国の雇用や国富を他国に移転させる。
- 他国が米国のパリ協定残留を期待するのは米国を経済的に不利にできるからであり、米国にパリ協定残留を求める国々は貿易、防衛で米国に多大なコストをかけている。
- パリ協定で米国に様々な制約を加える一方、最大の排出国である中国は今後13年間排出量を拡大することが許され、インドは数十億ドルの資金援助を目標達成の条件としており、アンフェアである。
- 緑の気候基金は米国に今後数百億ドルの負担を強いる。
- パリ協定離脱は米国の主権であり、外国から米国経済についてとやかく言われるべきではない。自分を選んだのはピッツバーグ等の米国市民であり、パリの市民ではない。パリよりもオハイオ、デトロイト、ピッツバーグ等を優先すべき時である。



CO₂排出量とエネルギーの関わり

$$\text{CO}_2 = (\text{CO}_2/\text{PEC}) \times (\text{PEC}/\text{GDP}) \times (\text{GDP}/P) \times P$$

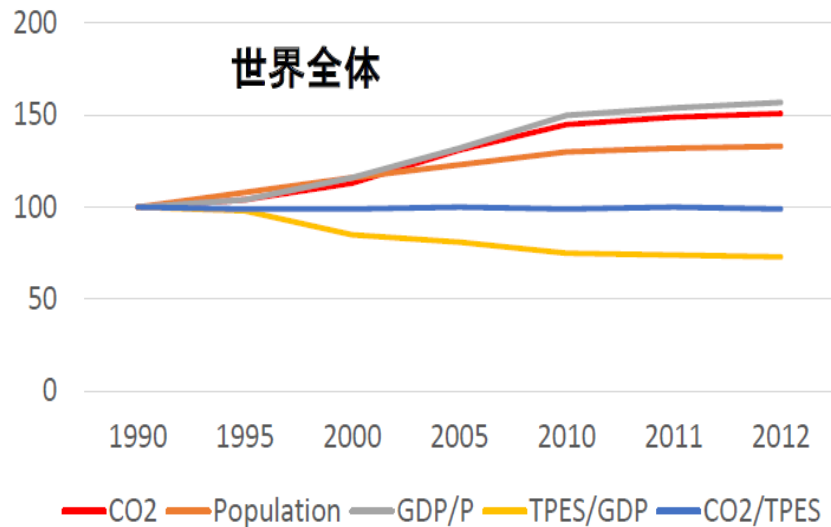
エネルギー
の
炭素集約度 エネルギー原単位 一人当たりGDP 人口



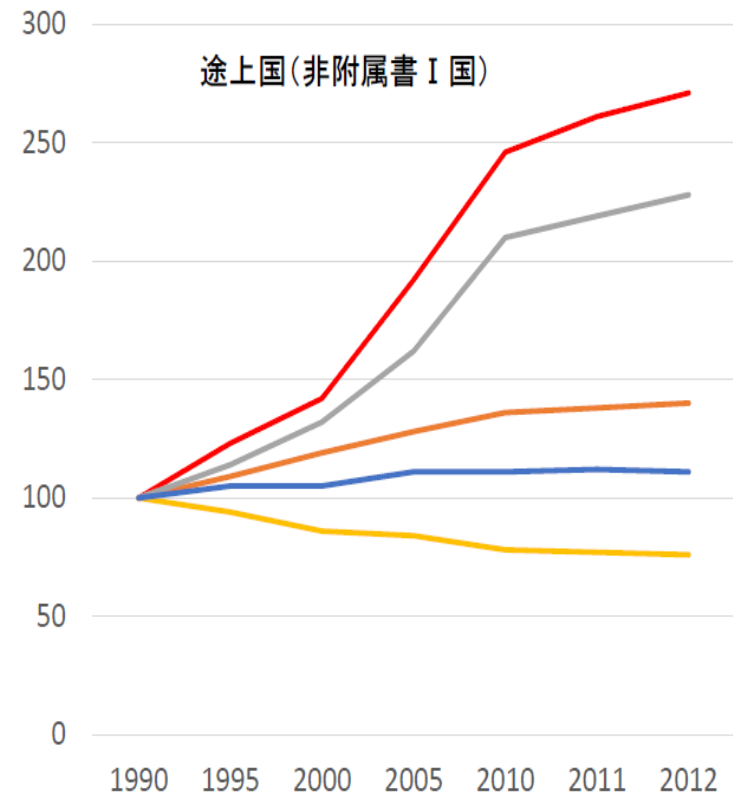
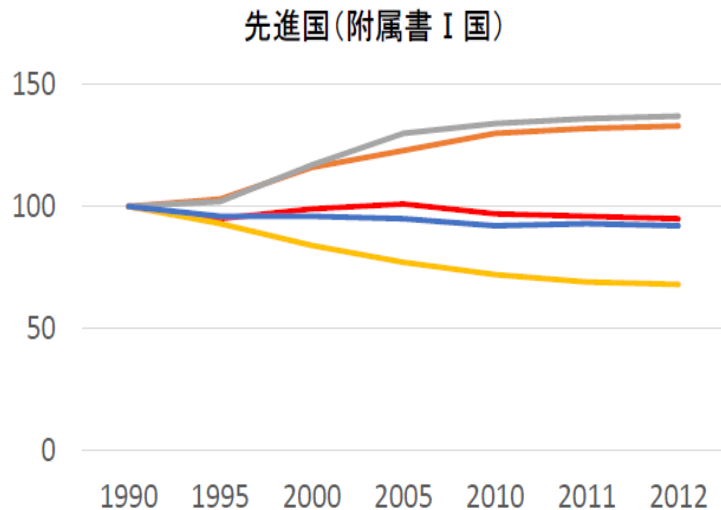
CO₂の排出削減を図るためには、以下のいずれかが必要。

- ① エネルギーの脱炭素化(非化石エネルギーの導入拡大)
- ② エネルギー効率の向上
- ③ 一人当たりGDPの低下
- ④ 人口低下

先進国、途上国のCO₂排出量増加の要因

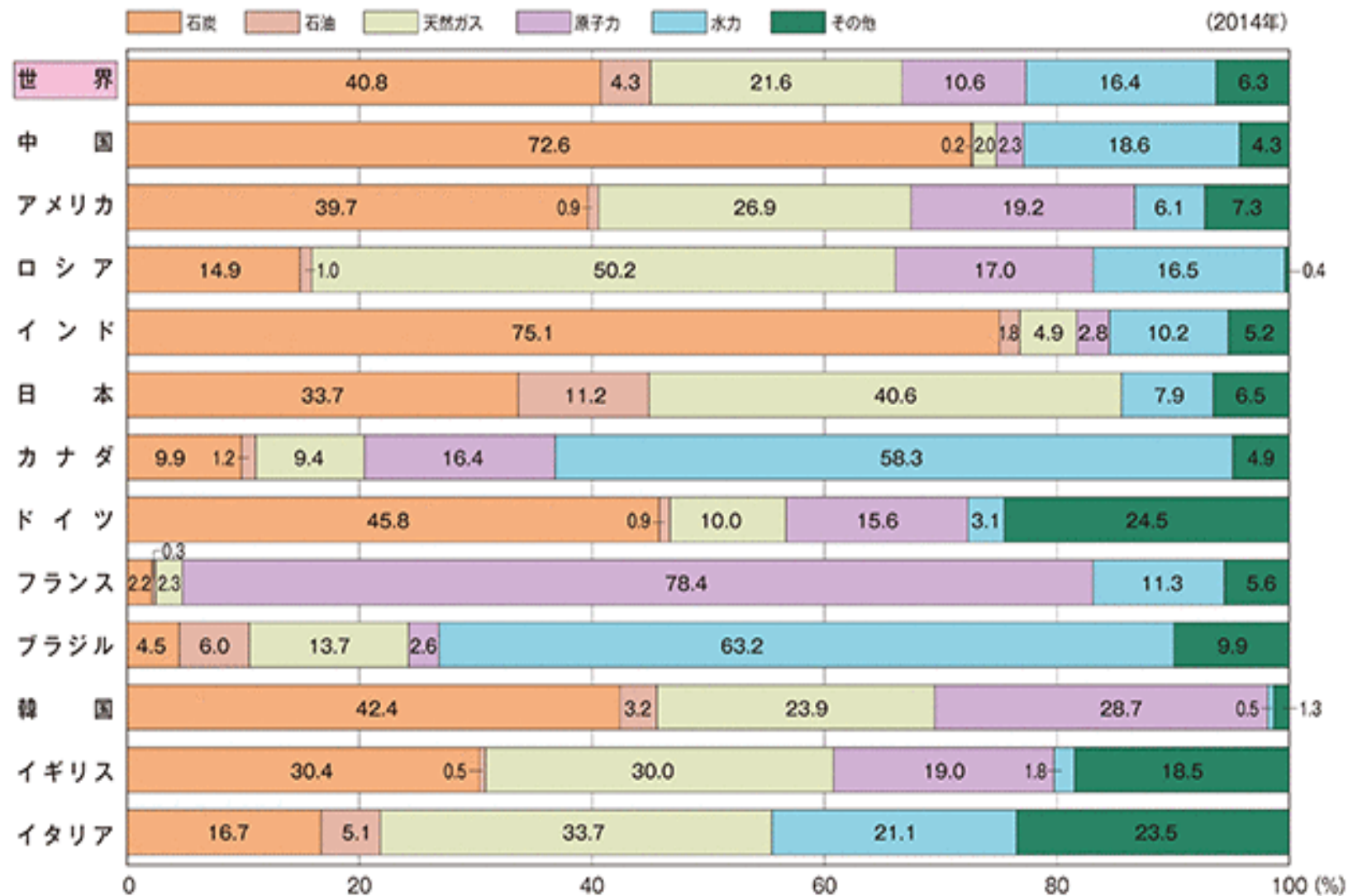


- ◆ 人口増加と一人当たりGDP拡大がCO₂排出増大を牽引
- ◆ 途上国では炭素集約度も上昇



主要国の電源別発電電力量の構成比

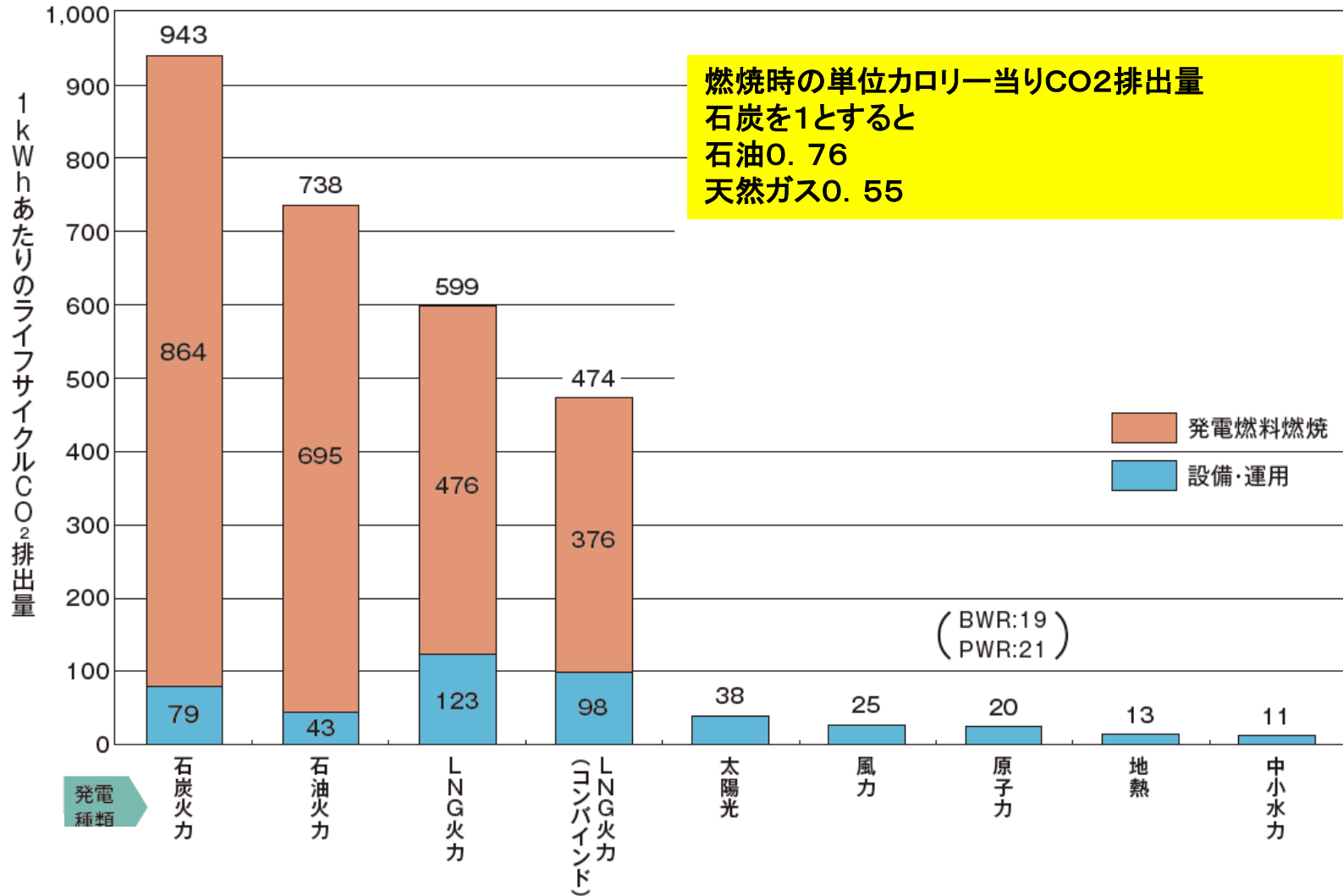
(2014年)



(注)四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

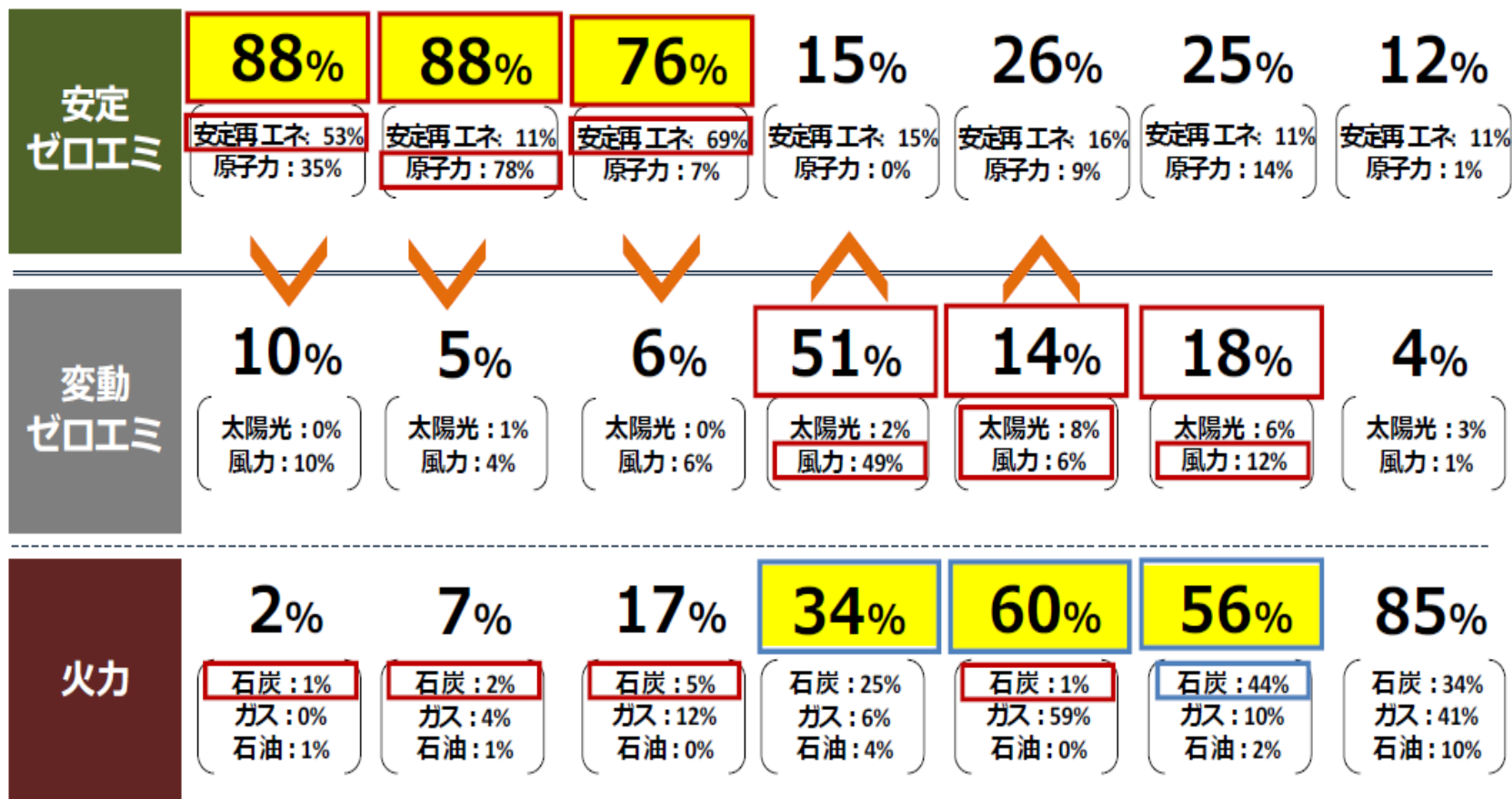
電源別のライフサイクルCO₂排出量

[g-CO₂/kWh(送電端)]



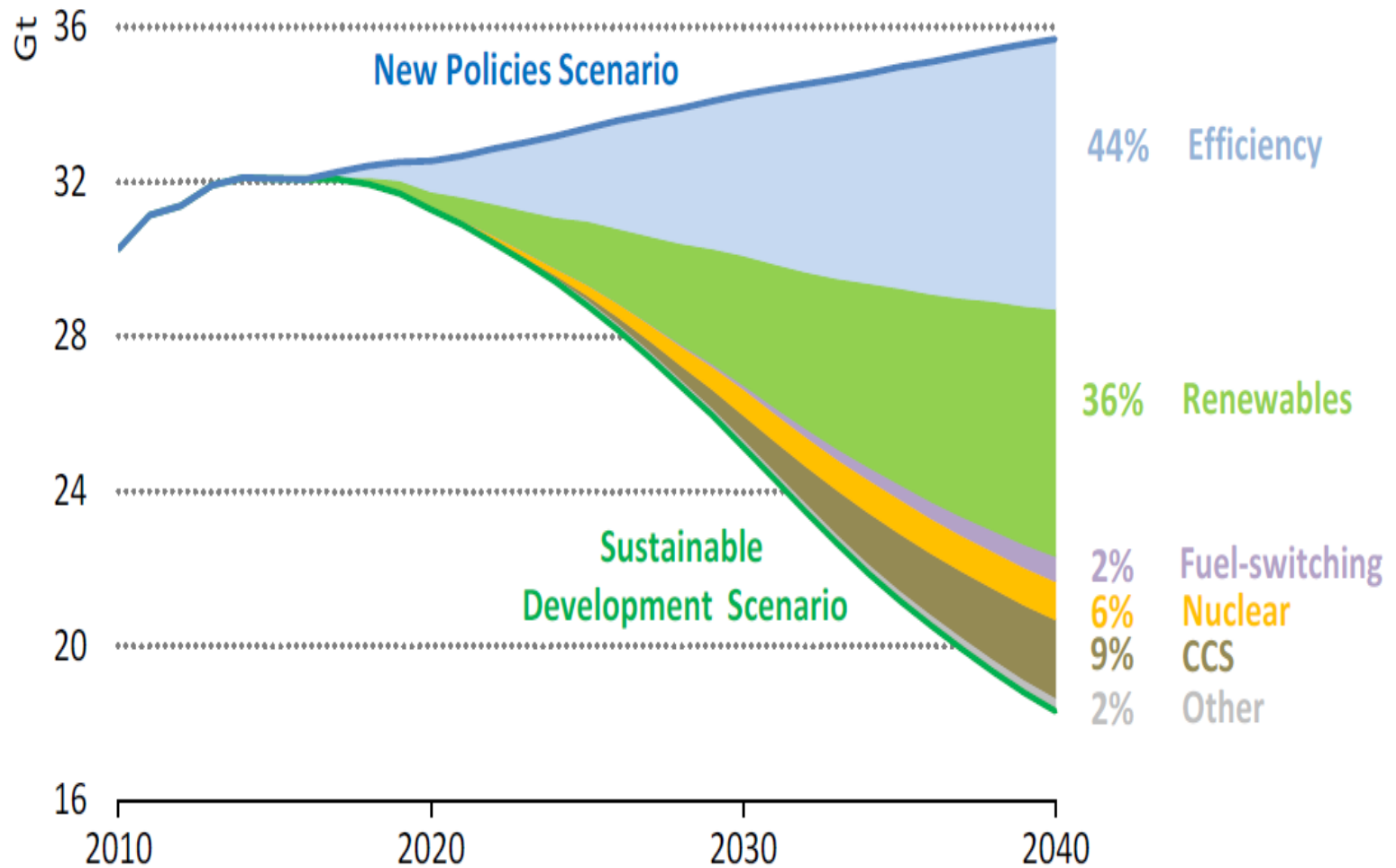
EU主要国・米国主要州・日本のCO2排出係数と発電構成 (2015年)

スウェーデン	フランス	米ワシントン州	デンマーク	米カリフォルニア	ドイツ	日本
11gCO2/kWh	46gCO2/kWh	106gCO2/kWh	174gCO2/kWh	282gCO2/kWh	450gCO2/kWh	540gCO2/kWh
20円/kWh	22円/kWh		41円/kWh		40円/kWh	24円/kWh

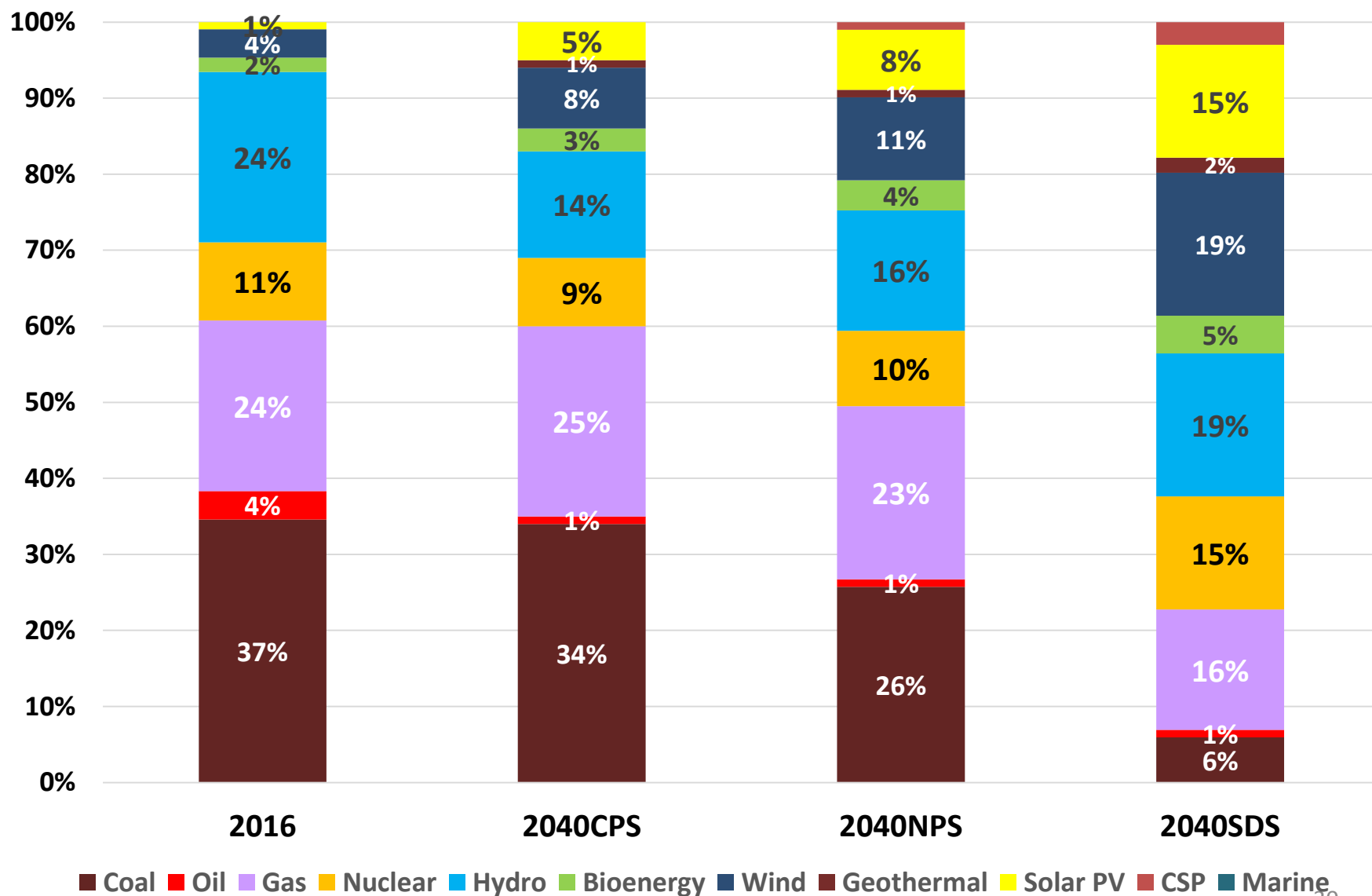


(出所) IEA CO2 emissions from fuel combustion 2017, 総合エネルギー統計より作成

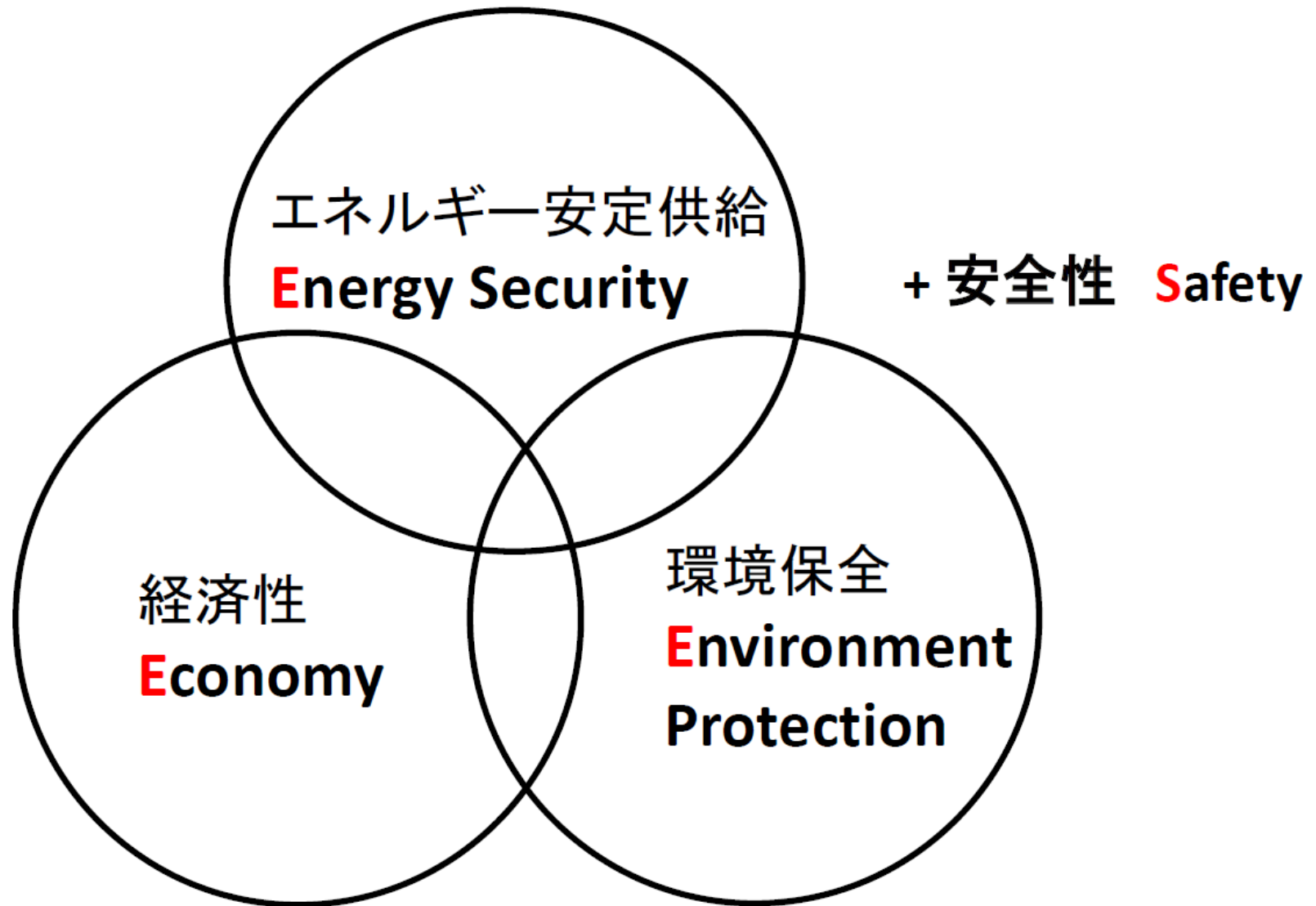
エネルギー起源CO₂排出シナリオと2°C達成に必要な排出パス



2°C目標＝450ppmシナリオ達成に必要なエネルギーミックス



エネルギー政策の3つのEとS



3つのEから見た各エネルギー源の長所・短所

	供給安定性	発電コスト	環境特性 (CO ₂ 排出)	可採年数 (確認埋蔵量)	備考
石油	中東地域に偏在	高	やや多い	53年	非在来型の開発が進展
石炭	世界各地に分散	低	多い	113年	
天然ガス	世界各地に分散	中	少ない	55年 (在来型)	非在来型の開発が進展
原子力	ウラン資源は世界各地に分散	低 ※1	なし	99年(ウラン)	安全性、パブリック・アクセプタンスが課題
再生可能エネルギー (PV、風力)	純国産エネルギー	高 ※2	なし	ほぼ無限	出力不安定性、グリッド、バックアップコストが必要

※1 バックエンド費用等を考慮すると発電コストが増加

※2 技術開発の進展により発電コストが低減する可能性あり。

Leave Them Under Ground

The Carbon Brief

Globally



52% of natural gas reserves

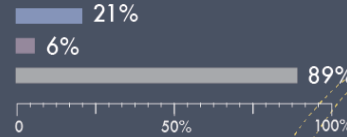


35% of oil reserves

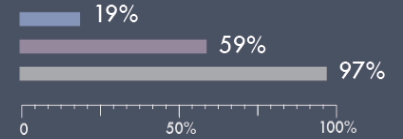


88% of coal reserves

Europe

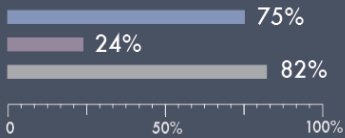


Former Soviet Union countries

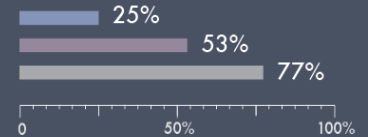


How much oil, gas and coal will we have to leave in the ground to stay under 2 degrees of warming?

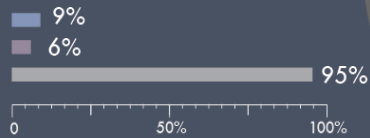
Canada



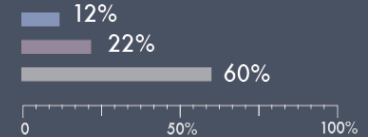
China and India



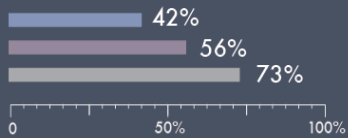
US



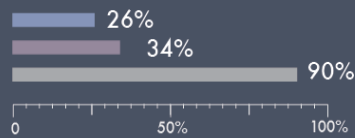
Other developing Asian countries



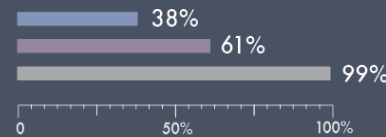
Central and South America



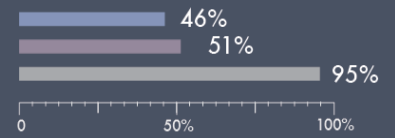
Africa



Middle East

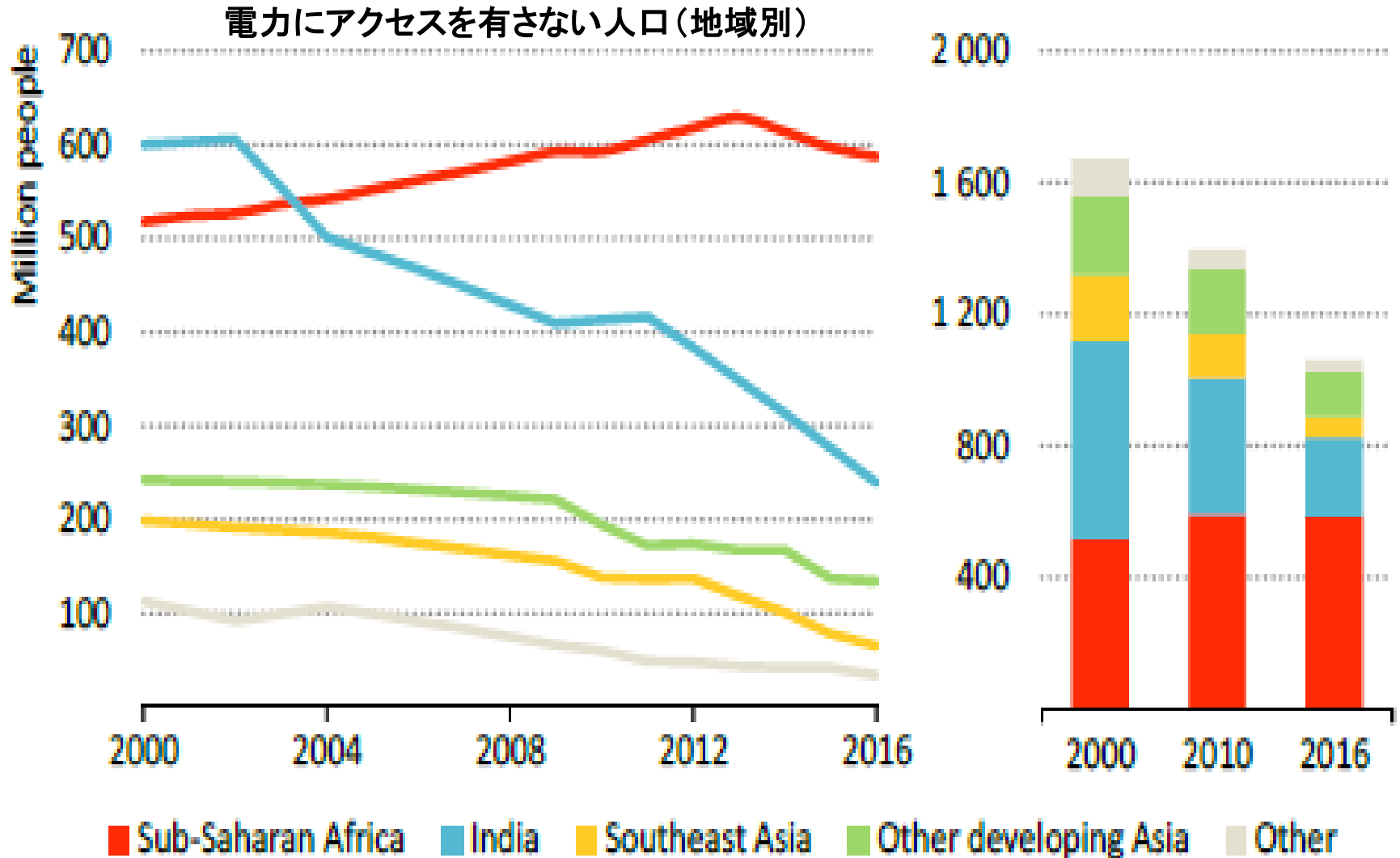


OECD Pacific



エネルギー貧困

◆ 多くの途上国にとって生活水準の向上とエネルギー貧困の克服が課題



世界の石炭資源の分布状況

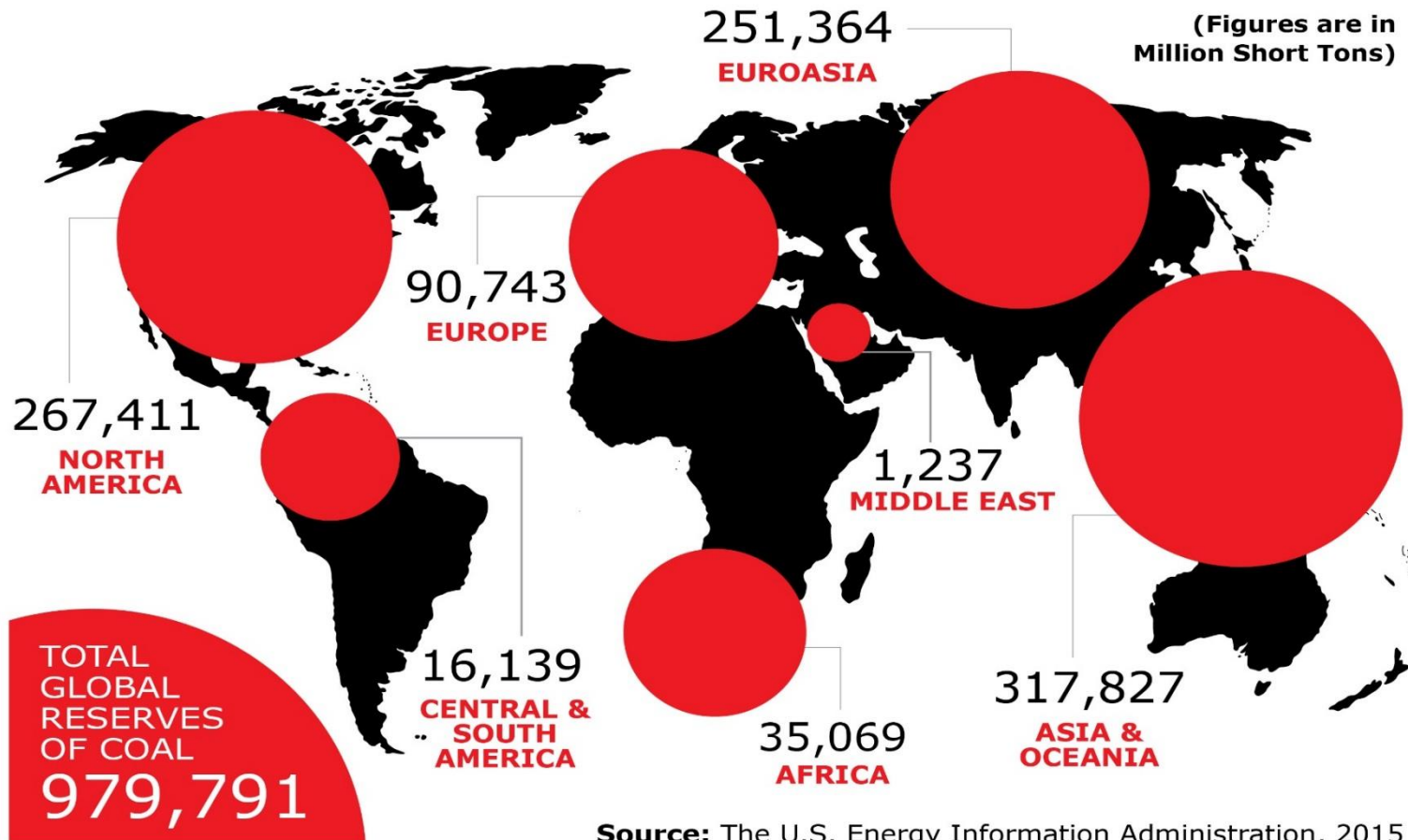
◆ 石炭はこれから需要が急増するアジア地域に潤沢に存在する安価なエネルギー源

WORLD COAL RESERVES BY REGION

Coal reserves are available in almost every country. The biggest reserves are in the Asia & Oceania region.



(Figures are in Million Short Tons)



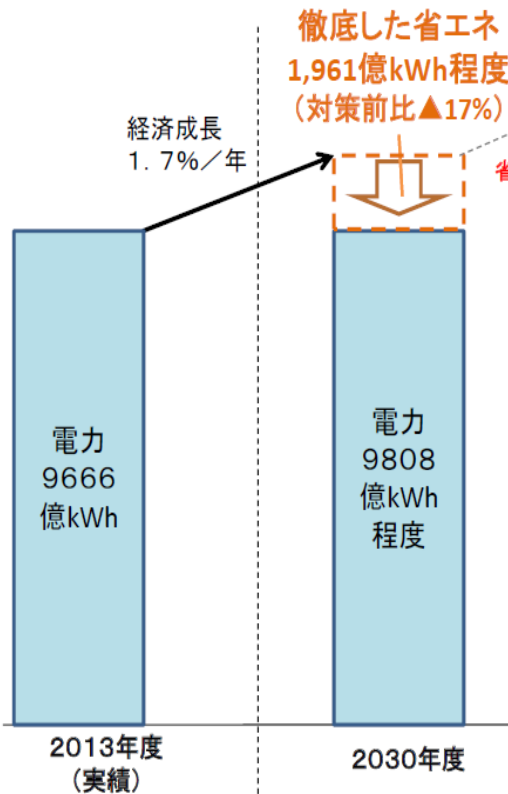
Source: The U.S. Energy Information Administration, 2015

日本の目標の前提となったエネルギーミックス

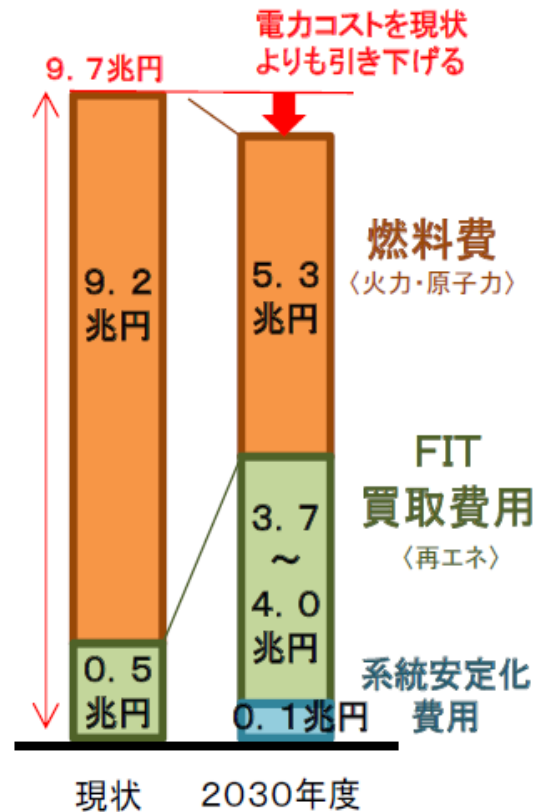
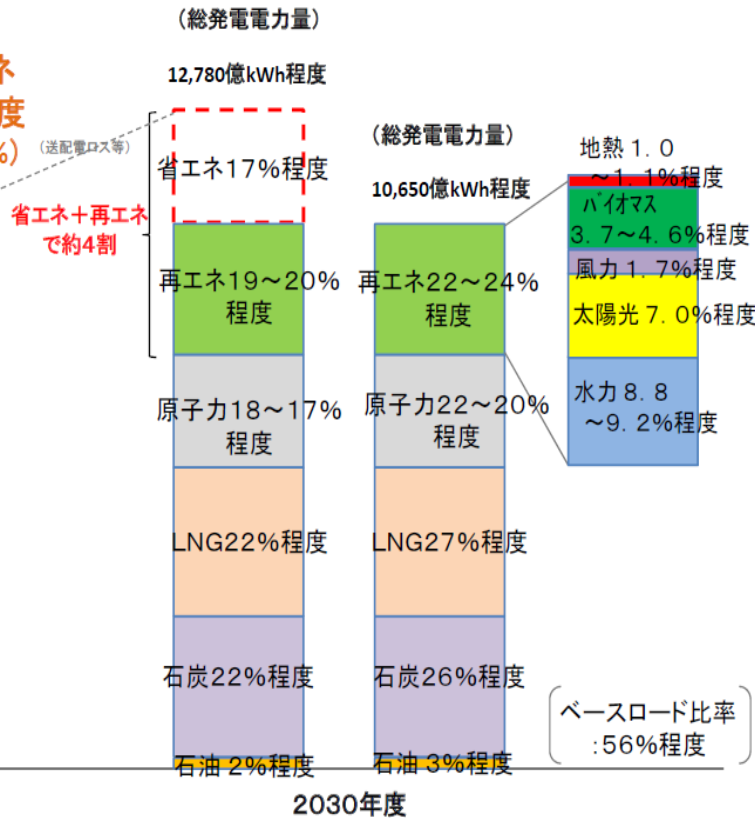
【基本方針】

- (1) 自給率は震災前を更に上回る水準(概ね25%程度)まで改善すること
- (2) 電力コストは現状よりも引き下げること
- (3) 欧米に遜色ない温室効果ガス削減目標を掲げ世界をリードすること

電力需要



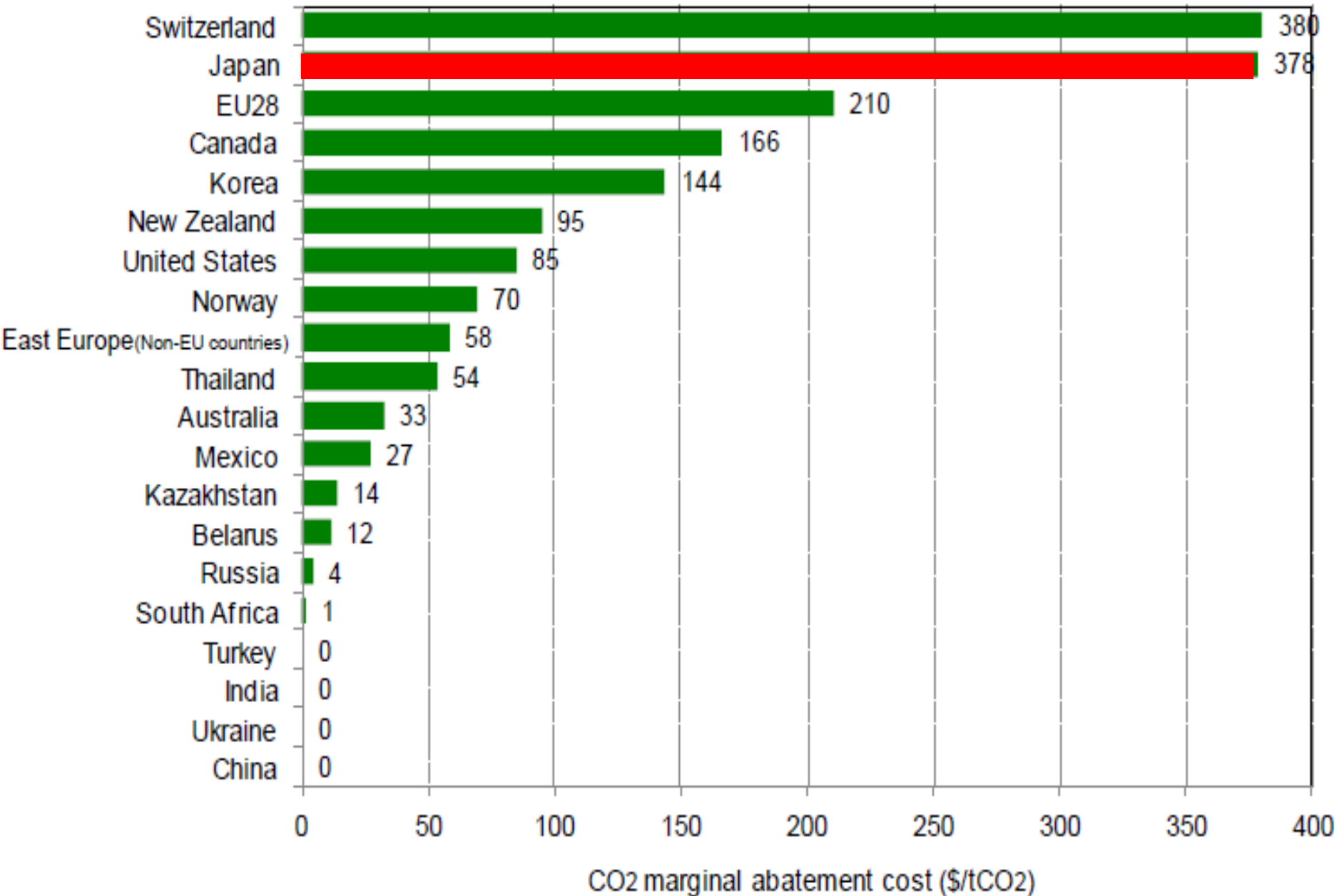
電源構成



主要国の約束草案

日本	2030年に2013年比26%減
米国	2025年に2005年比26-28%減
EU	2030年に90年比40% 減
ロシア	2030年に90年比25%-30%減
韓国	2030年にBAU比37%減
中国	2030年にCO2排出量の対GDP比を2005年比で60-65%減（2030年頃にCO2排出量をピークアウト）
インド	2030年にGHG排出量の対GDP比を2005年比で33 -35% 減

主要国の約束草案の限界削減費用



温暖化問題とエネルギー問題

- 温暖化は生じており、温室効果ガス削減に取り組むことは不可欠。温暖化問題を解決するためにはエネルギー面の対応が決定的に重要。
- 3E(エネルギー安全保障、経済、環境保全)の間にトレード・オフが存在。
 - ◆ 石炭→天然ガス転換: 温暖化防止の上ではプラス。輸入依存度が增大すればエネルギー安全保障上マイナス。経済的にもコスト増
 - ◆ 再生可能エネルギーの増大: 温暖化対策、エネルギー安全保障上はプラス。高コストで経済性、国際競争力面ではマイナス。
- 3つのEのプライオリティは国によって異なり、時に応じても変化。特に途上国はエネルギーアクセス、エネルギー安全保障、経済を重視。
- 温暖化対策を実施するに当たっては、エネルギー安全保障、経済面でもメリットのある対策を講ずることが重要(省エネ、エネルギー価格補助金の削減等)
- 温暖化対策には経済コストがかかるという現実を直視する必要(→単に高い目標を掲げれば良いというものではない)
- 温暖化問題の長期的な解決のためには革新的技術開発が不可欠。
- 技術立国日本にふさわしい貢献は高効率・低炭素技術の海外普及と、革新的技術開発。