

平成21年1月23日

地球環境産業技術研究機構（RITE）

モデル分析結果概要

(財)地球環境産業技術研究機構（RITE）



今回行った仮分析に関して

- ◆ モデル分析結果は前提条件によって変化し得るので、幅を持って考えるべきである。
- ◆ 分析結果の概要一覧は別紙の表を参照
- ◆ モデル分析は、エネルギー起源CO₂排出について実施している。
- ◆ 1990年比の排出増減率は、
$$\frac{(\text{2020年エネ起CO}_2 - \text{1990年エネ起CO}_2)}{\text{1990年GHG排出量}} \times 100 \text{ [\%]}$$
として表示している。(2005年比の場合も同様。分母がエネルギー起源CO₂ではないことに注意されたい。例えば、各国別に25%削減ケースなどで、-25%となっていないのは、この表示方法によるものであり、分母をエネルギー起源CO₂にとれば-25%となっている。)
- ◆ 費用としては限界削減費用で示している。限界削減費用が他国に比べて高い場合、海外クレジット購入の可能性が高くなる。また、炭素リーケージ（エネルギー多消費産業の海外移転）の可能性も高くなる。途上国も含めて各国間の限界削減費用の差異に特別の留意を行うことが重要。

モデル前提条件のモデルチーム間の調整

- ◆ 人口：国連2006年中位推計（従来どおり）
- ◆ GDP：日本、世界、主要国について、日本経済研究センター提供値に準拠
- ◆ 化石燃料価格：RITEのモデルでは内生的に決定されるが、エネルギー需給見通しの値に近いものとなるようにパラメータを調整
- ◆ 投資回収年数の想定：3～10年とした（民生3年、発電・エネルギー多消費産業10年など。現実に観測される主観的な投資回収年数からは民生の場合3年でも少々楽観的とも言える。）
- ◆ 原子力発電電力量：エネルギー需給見通しに準拠。分析ケースによらず固定
- ◆ 水力発電電力量：エネルギー需給見通しに準拠。分析ケースによらず固定
- ◆ 交通量シナリオ：乗用車及びトラックのシナリオを国交省の最新見通しに基づいて修正
- ◆ CCS：2020年までは削減ポテンシャルのカウントから除外

今回の仮分析における想定ケース

ケースの分類	想定したケース	注
ベースケース	技術固定ケース 0\$/tCO ₂ ケース (Negative Cost Achieved (NCA)ケース)	
限界削減費用別の削減可能量	20, 50, 100, 150, 200 \$/tCO ₂	それぞれの費用の対策は世界すべての国で一様に想定
主要国の削減目標との比較ケース	EU -20%、EU -20%_クレジット購入 EU -30%、EU -30%_クレジット購入 US ± 0% 需給見通し最大導入	-20%、-30%、± 0%の数値はGHGとして扱い、国立環境研提供のNon-CO ₂ GHG削減ポテンシャルのデータを基にエネ起CO ₂ 削減相当分に換算した上で計算 EUのクレジット購入ケースは削減努力の1/3相当をクレジット購入と想定
附属書I国目標との関係	附属書I国-10% (550 ppm CO ₂ eq.対応) 附属書I国-25% (450 ppm CO ₂ eq.対応)	それぞれ、限界削減費用均等化 (削減率各国異なる)、GDPあたり削減費用均等化* (削減率、限界削減費用共に各国異なる)、各国別 (90年比削減率各国一定)
一人当たり排出量収斂に関するケース	C&C_2050年附属書I国90年比60%減 C&C_2050年附属書I国05年比60%減	一人当たり排出量収斂の考え方は参考資料参照。排出削減目標はモデルの外で決定し、モデルで限界削減費用を推定

* GDPあたり削減費用均等化については、削減費用のバウンダリの取り方がいろいろ考えられ、バウンダリの考え方次第で結果は大きく変動し得ることに注意が必要

日本のCO₂排出削減の分析

図1：各ケースにおける2020年の日本のエネルギー起源CO2排出量

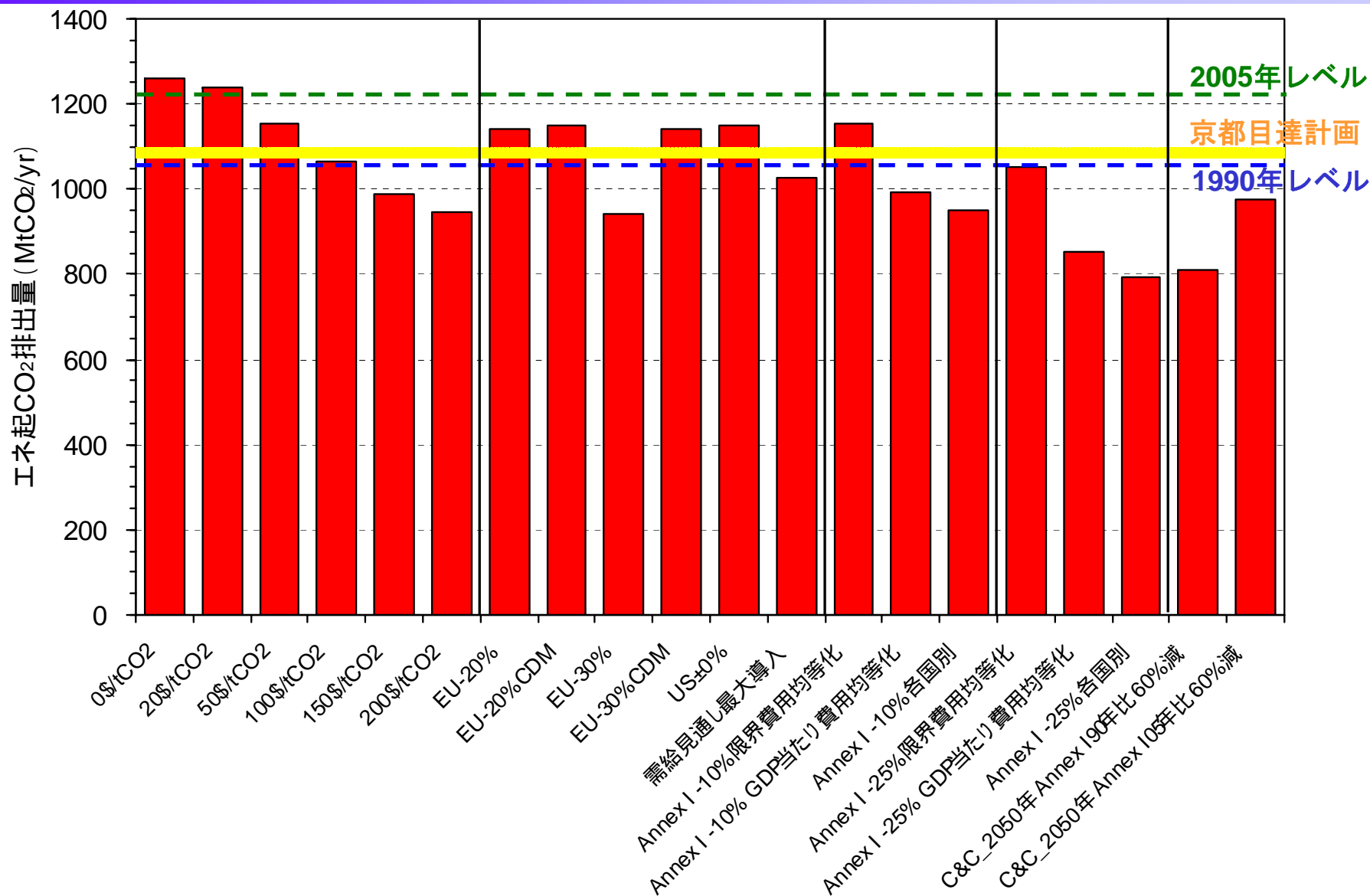
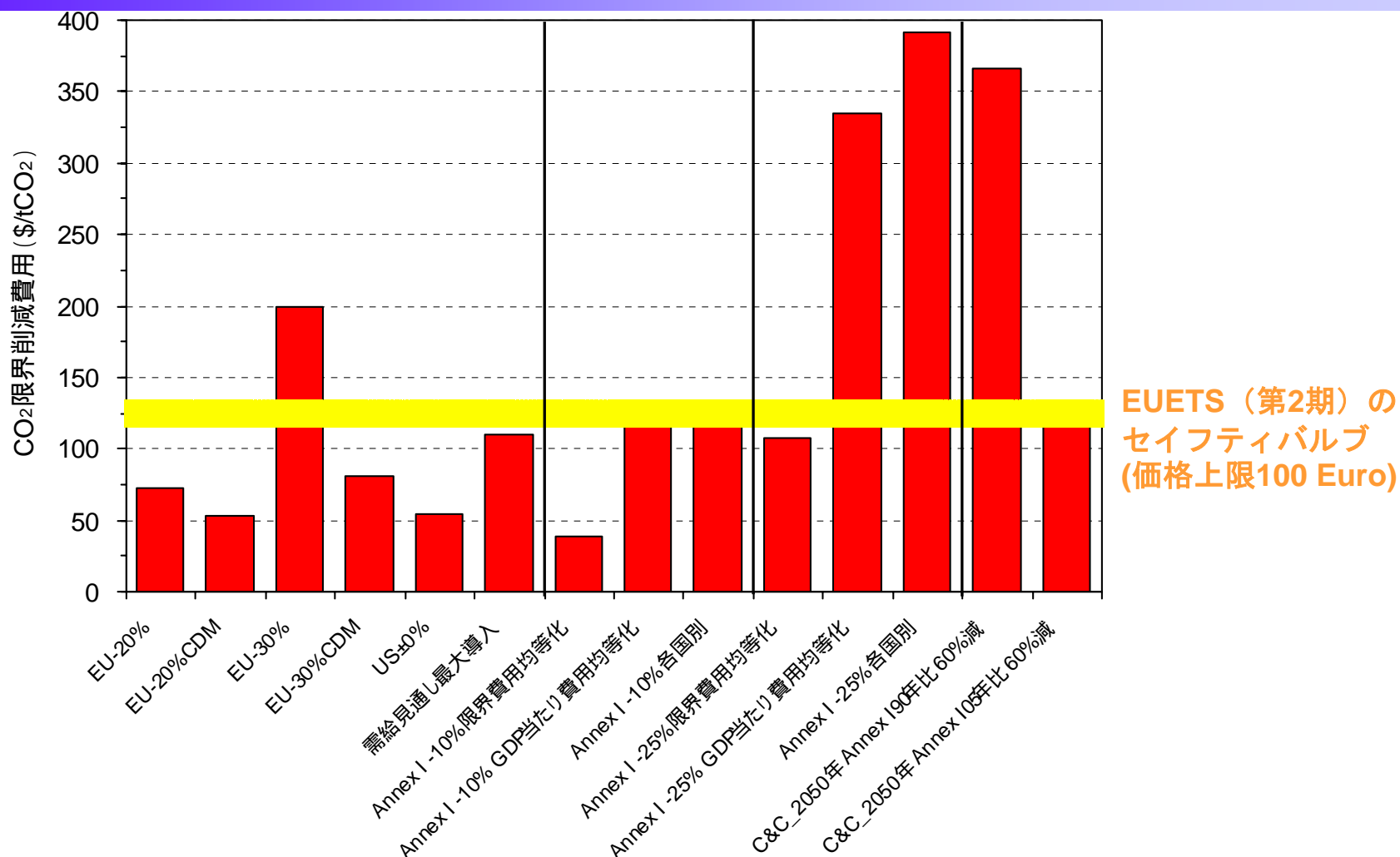
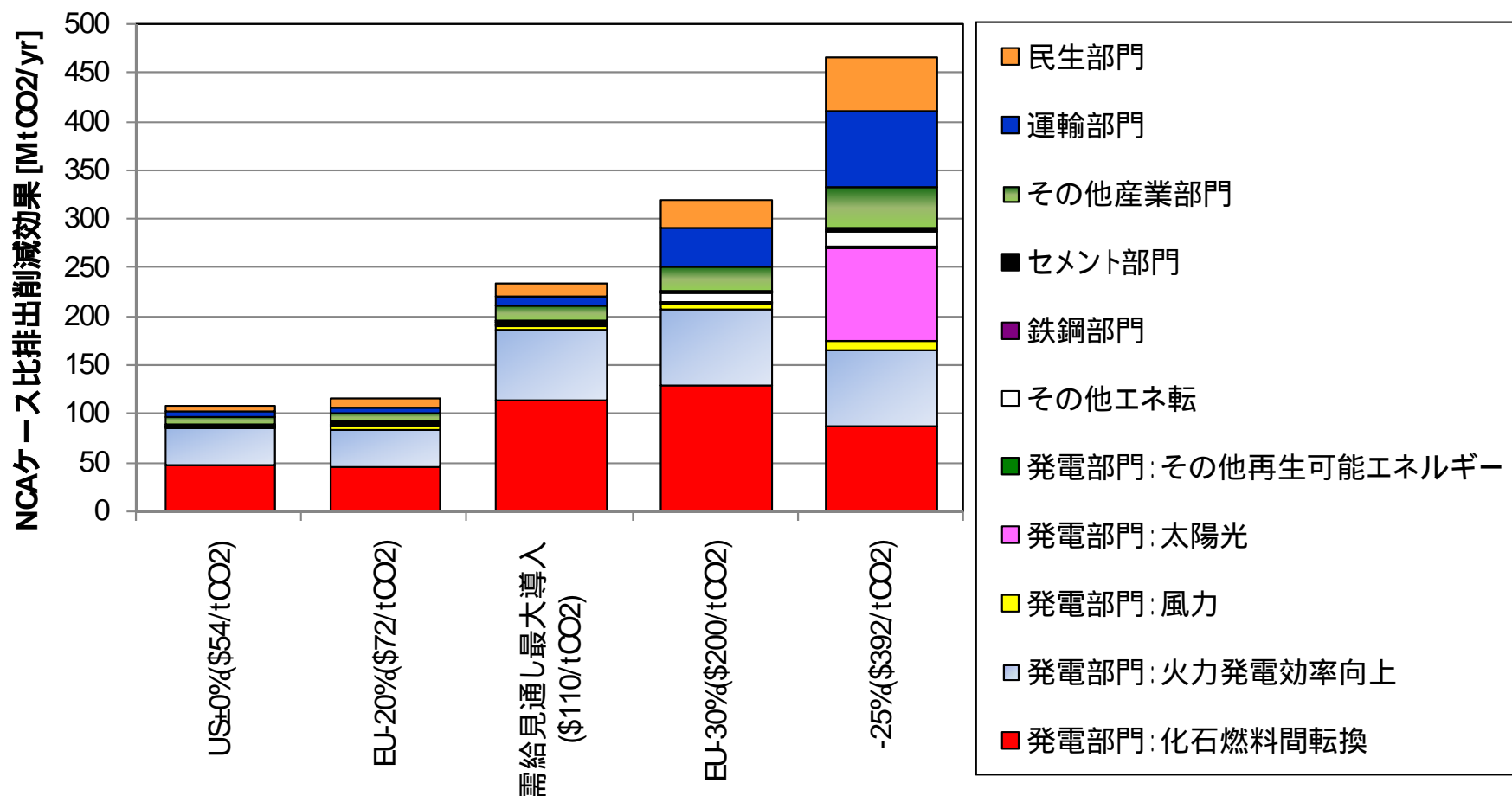


図2：各ケースにおける2020年の日本のCO2限界削減費用



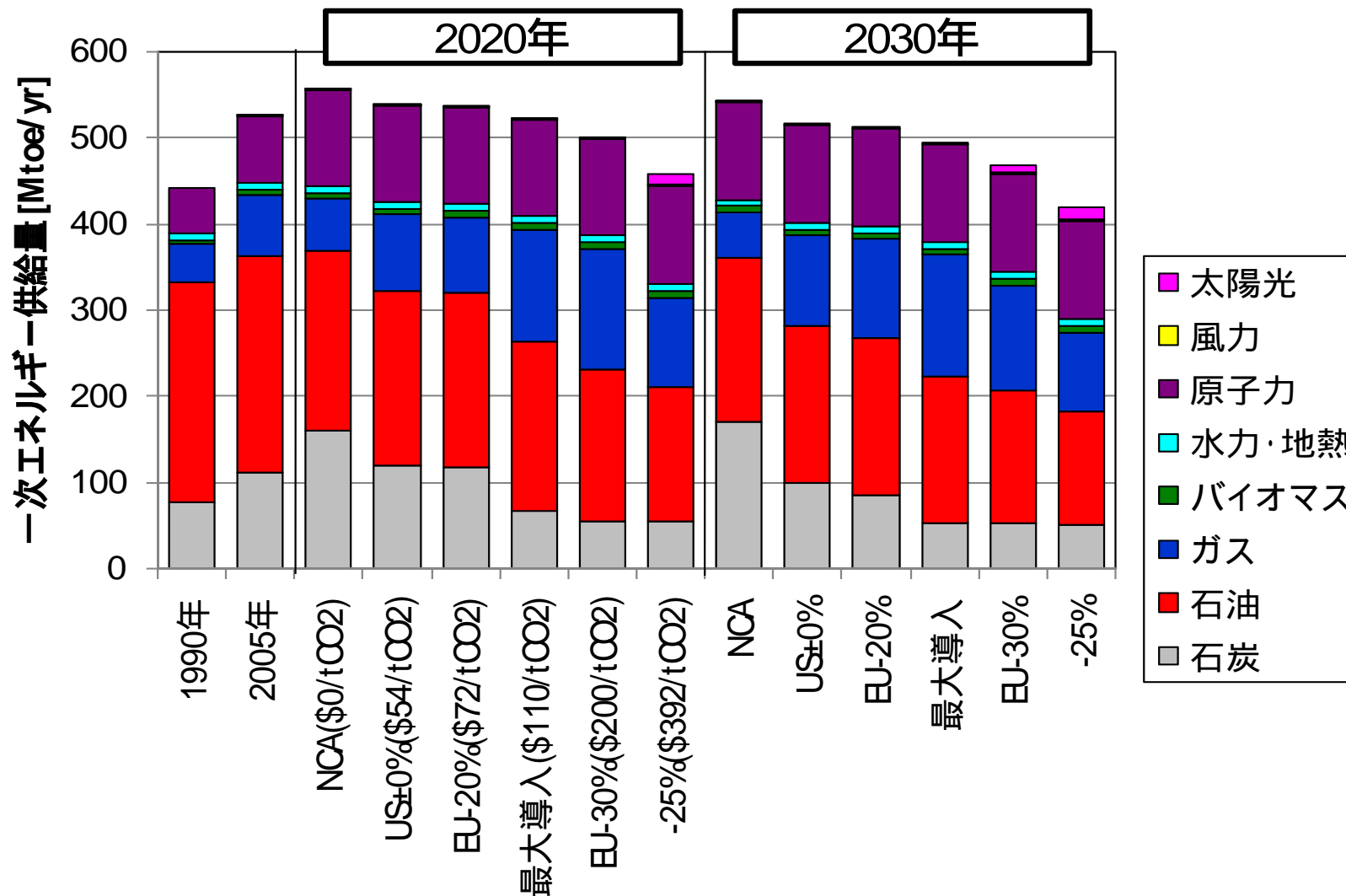
- ◆ 限界削減費用から見ると、需給見通し「最大導入ケース」、附属書 I 国90年比25%減、2050年附属書 I 国60%減で一人当たり排出量均等化（05年基準）などのケースは概ね整合的。
- ◆ 需給見通し「最大導入ケース」は、EUの20%目標や米国の90年横ばいなどのケースよりも限界削減費用が高く、もっとも野心的な目標の一つと言える。

図3：各ケースの日本における 部門別のCO2排出削減量（2020年）



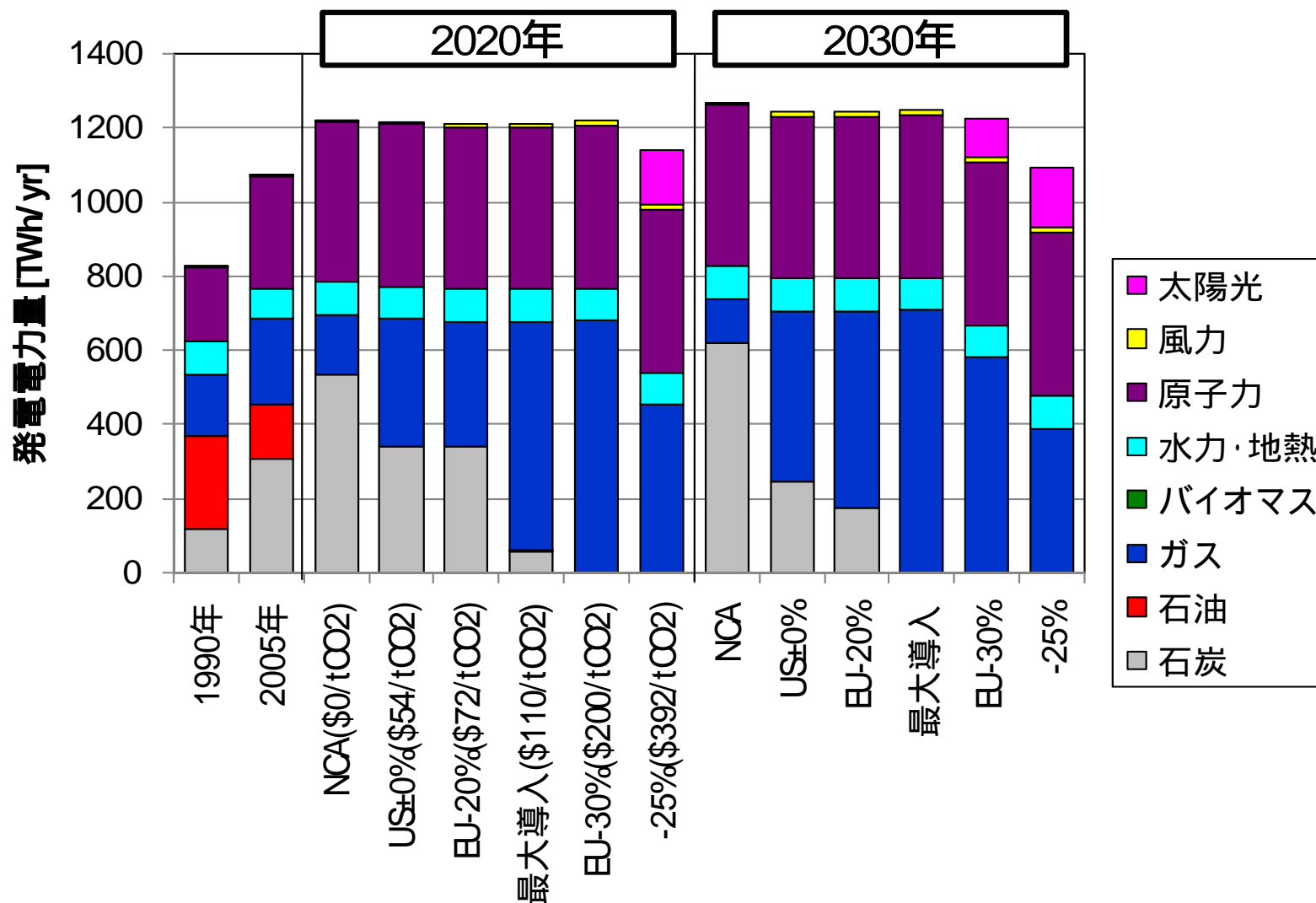
注) 石炭火力からガス複合発電への転換に伴う排出削減効果は、「発電部門：火力発電効率向上」（一般に石炭火力よりもガス複合発電の方が発電効率が高いため）および「発電部門：化石燃料間転換」に分離されて計上されている。ここでの「発電部門：火力発電効率向上」の多くの部分はこの石炭火力からガス複合発電への転換による効果である。

図4：各ケースの日本における一次エネルギー供給量



◆ 一次エネルギーは、大きな削減目標・高い削減費用になるにつれて、化石燃料の転換、省エネルギーを大きく進展させる必要がある。

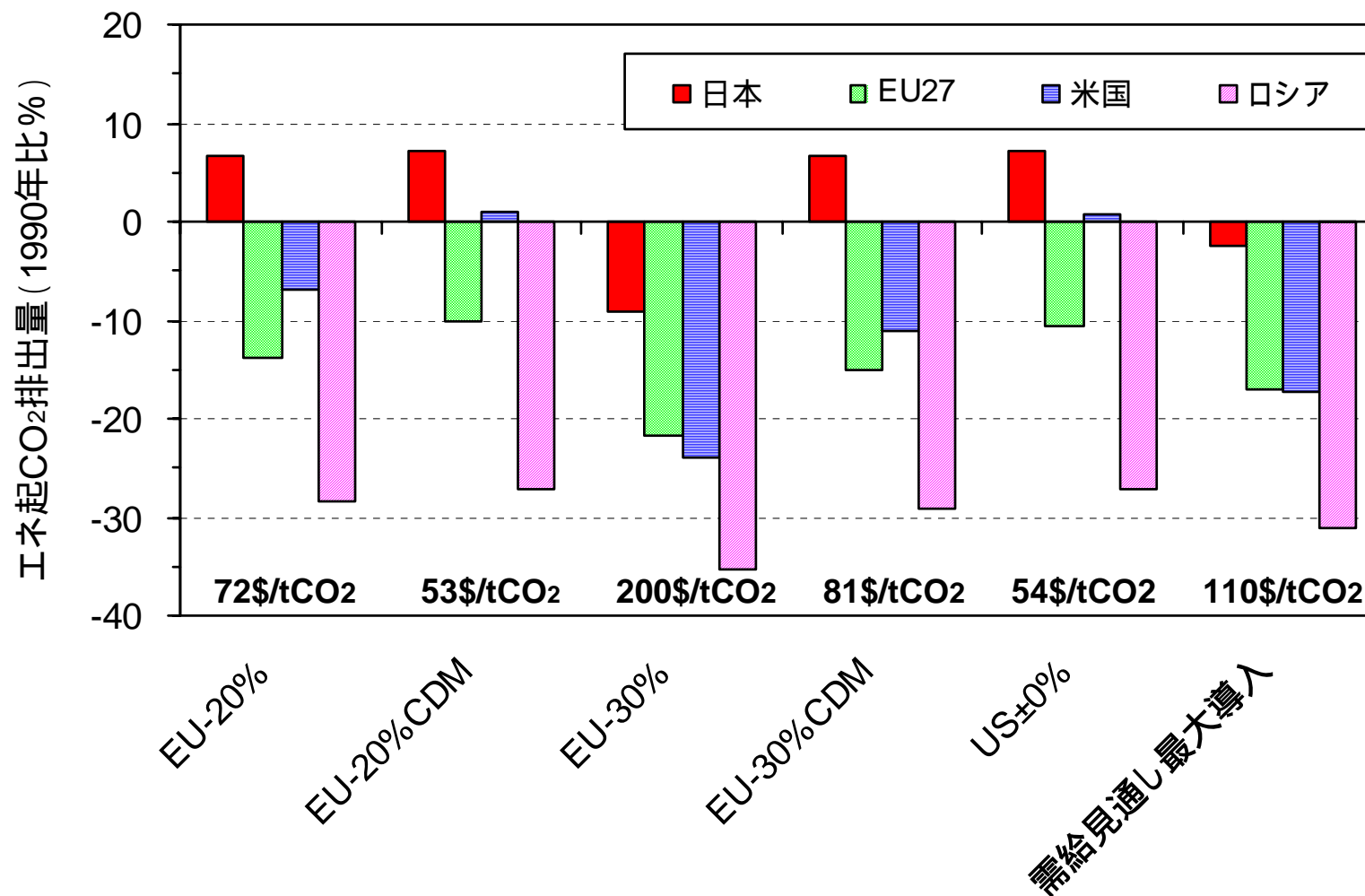
図5：各ケースの日本における発電電力量



- ◆ 電力需要の省エネは、よほど高い限界削減費用にならない限りあまり期待できない。
- ◆ 100 \$/tCO₂を超えるような分析ケースでは、極端な燃料転換が必要となっており、対応期間やエネルギーセキュリティなどの視点を考えると相当非現実的と言え、更に詳細な検討が必要

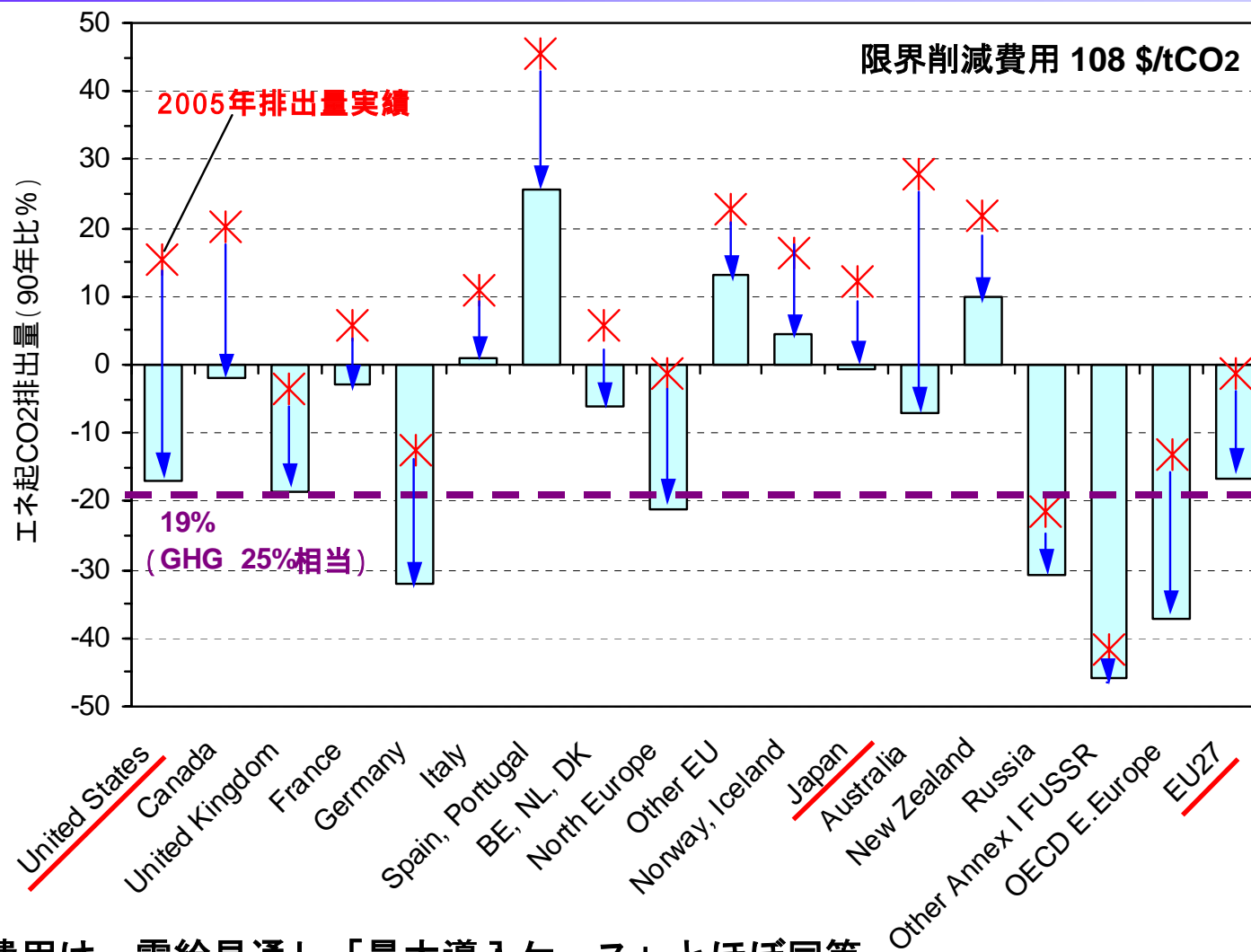
国際的な比較と 世界の排出削減ポテンシャル

図6：各ケースの2020年における日米欧露のCO2排出量



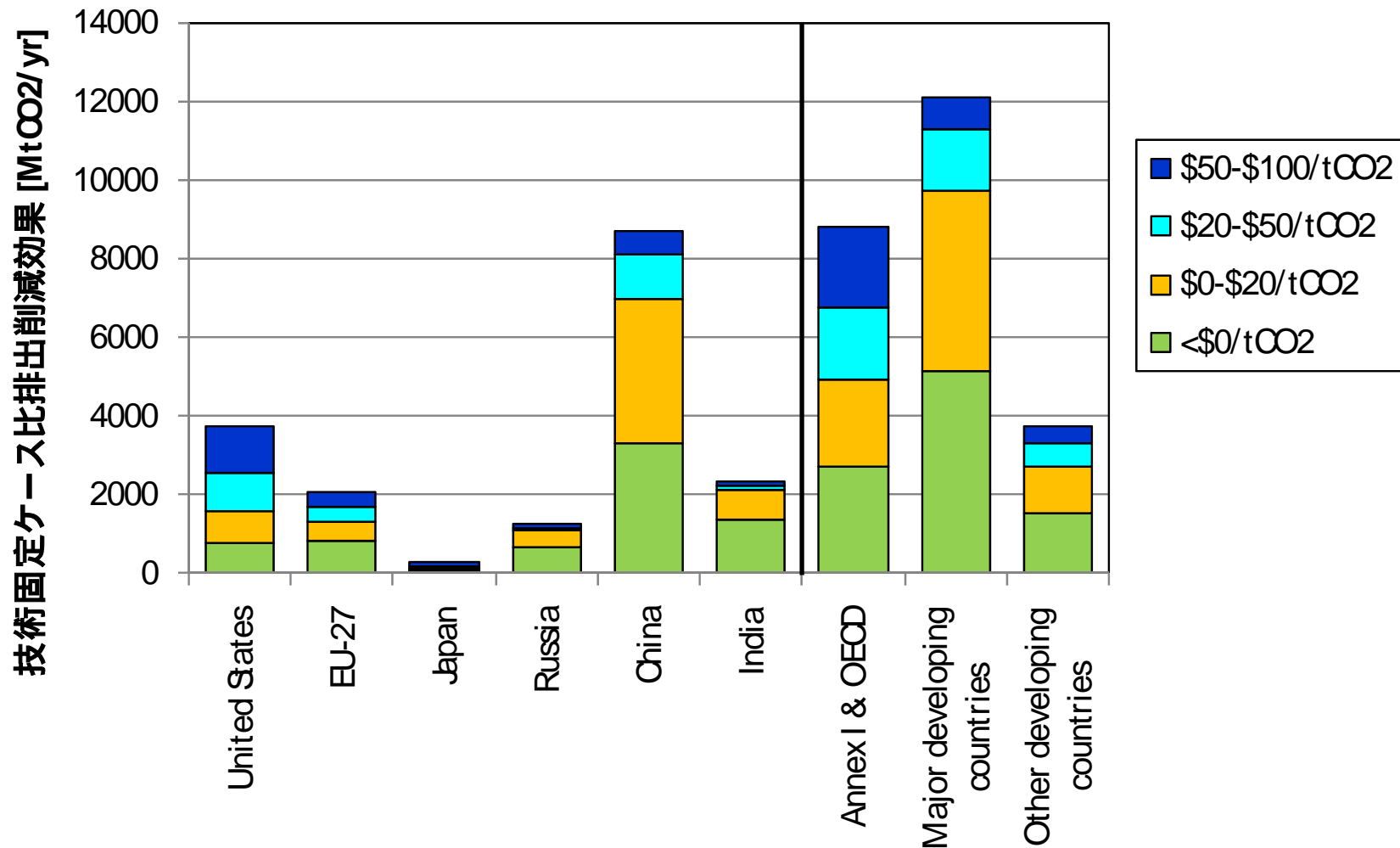
- ◆ 限界削減費用で見ると、厳しい順で、EU-30% > 需給見通し最大導入ケース > EU-20% > US±0%などの順。EUは海外クレジット購入としているので、それを考慮すると、需給見通し最大導入ケースはEU-30%を越える厳しい目標

図7：附属書 I 国 -25% 限界削減費用均等化時の各国の2020年におけるCO₂排出削減量



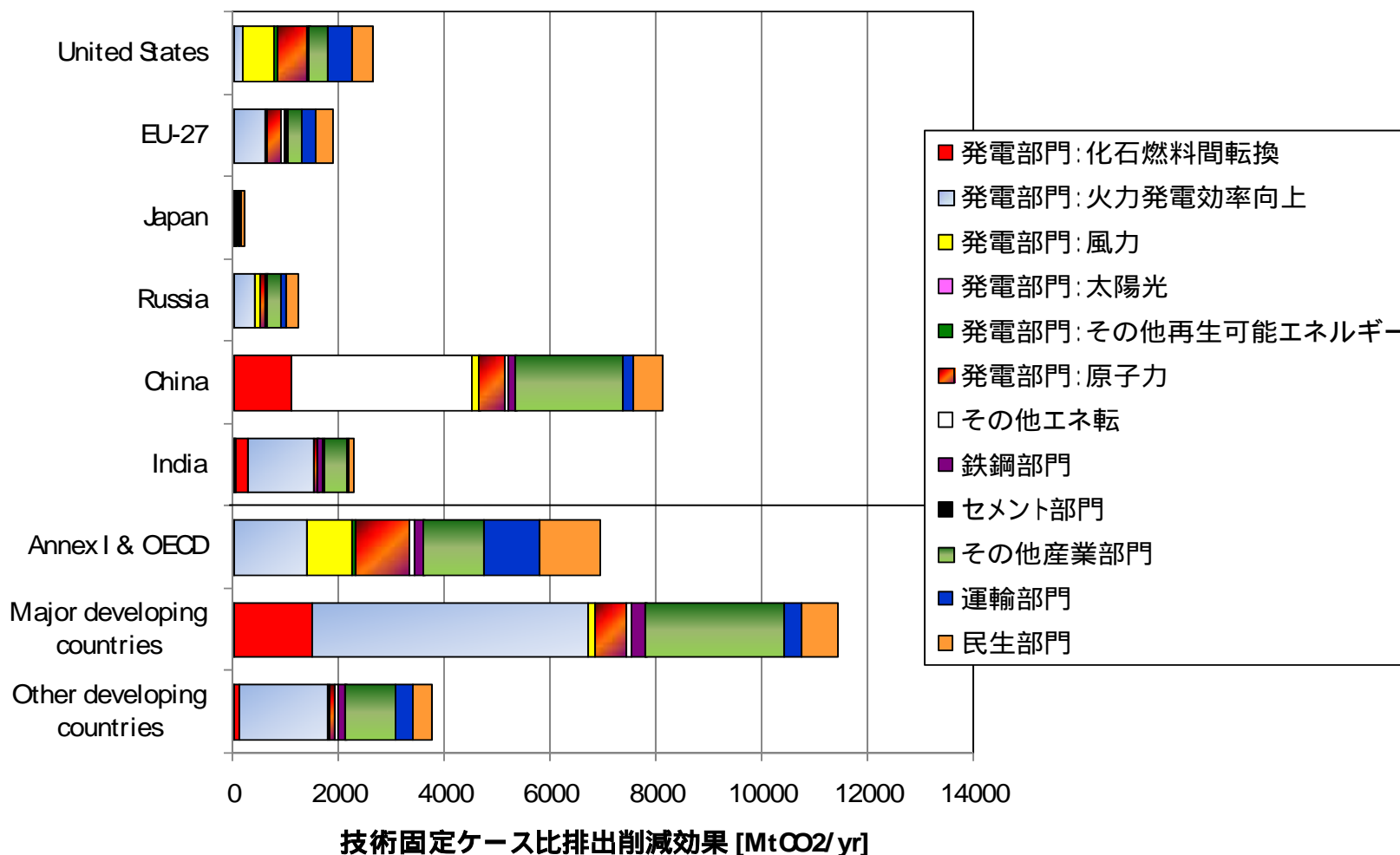
- ◆ 限界削減費用は、需給見通し「最大導入ケース」とほぼ同等
- ◆ EU27、米国と日本を比較すると、1990年削減率では日本のみ削減幅が小さいようにも見えるが、EU内の多くの国やカナダなどでも、日本と同様に削減可能量が小さい国も見られる。

図8：主要国別、費用別の2020年の排出削減ポテンシャル



- ◆ 20\$/tCO₂以下の比較的安価な削減ポテンシャルが、とりわけ中国、インドの主要途上国に多く見られる。これら安価な削減機会の実現を考えていくことが重要

図9：主要国別、セクター別の2020年の 排出削減ポテンシャル（ $\leq 50\$/tCO_2$ ）



- ◆ 中国の削減ポテンシャルが大きい。部門別には、特に中国の石炭火力発電の高効率化による削減効果が大きい。

分析結果に関する留意事項

- ◆ 高い費用もしくは大きな削減を想定したケースにおいては、発電部門の化石燃料転換が主流となる結果が見られる。
- ◆ こういった状況が生じているケースは相当な無理をしなければ達成できないことをモデルが示唆しているということであり、このような目標選択を行う場合には特に相当慎重な検討が必要。
- ◆ このようなケースを目標の候補として選択する場合には、モデルで考慮されていないエネルギーセキュリティ、リードタイムなども含めて、より現実性を踏まえた検討が更に必要である。
- ◆ また、他国の想定シナリオについても妥当性を検討することが引き続き必要である。
- ◆ そして、GDPあたりの削減費用の均等化、一人当たり削減費用の均等化などのその他の指標による国際比較についても、削減費用のバウンダリの取り方も含め、検討を深めていく必要がある。

付録

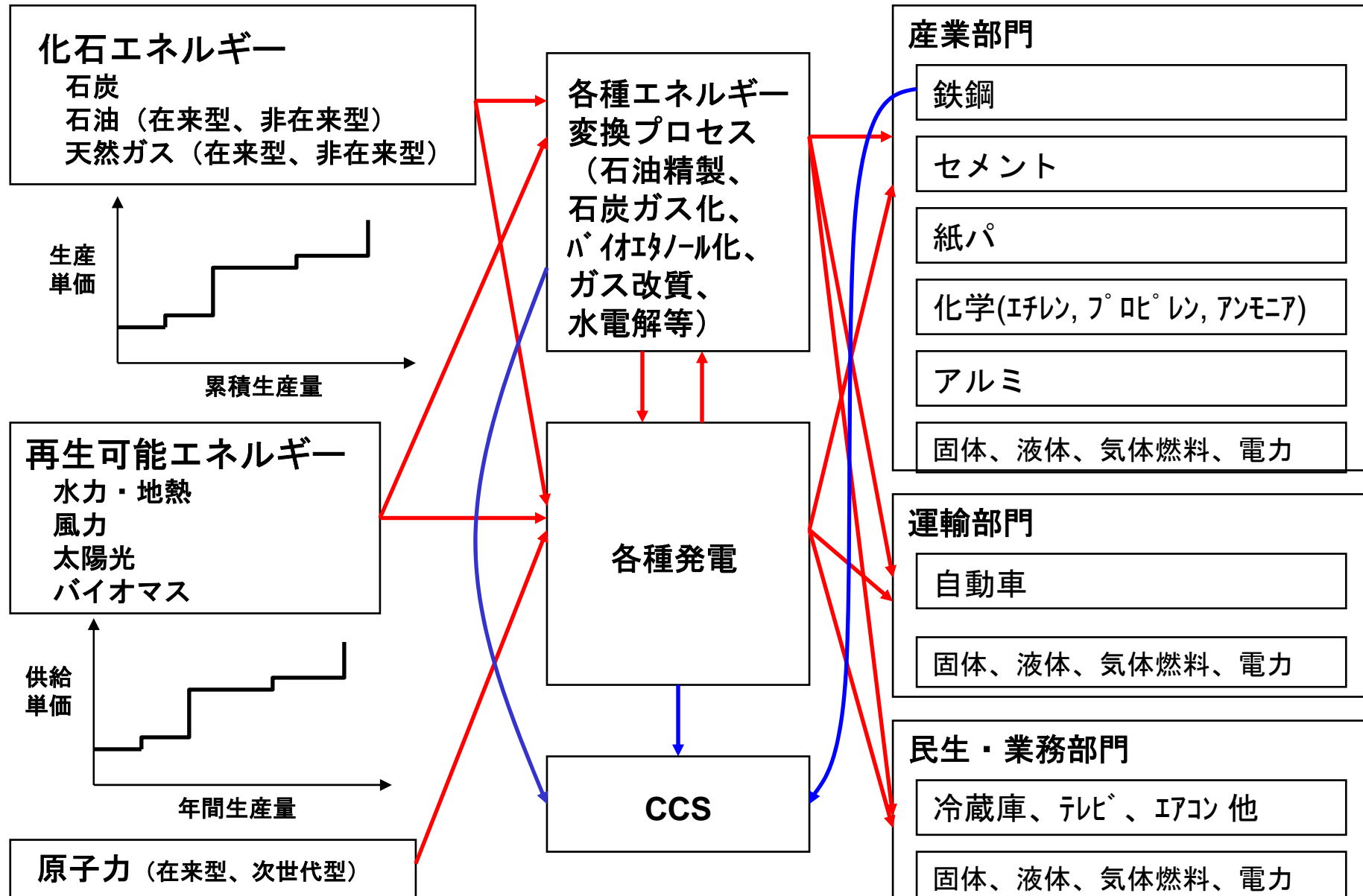
分析に利用したモデルの概要

温暖化対策評価モデルDNE21+の概要

- ◆ 各種エネルギー・CO₂削減技術のシステムのなコスト評価が可能なモデル
- ◆ 線形計画モデル（エネルギーシステム総コスト最小化；複数時点を同時に最適化）
- ◆ モデル評価対象期間：2000～2050年
（評価代表時点：2005, 2010, 2015, 2020, 2025, 2030, 2040, 2050）
- ◆ 世界地域分割：54 地域分割
- ◆ 地域間輸送：石炭、石油、天然ガス、電力、エタノール、水素
- ◆ エネルギー供給（発電部門等）、CO₂回収貯留技術を、ボトムアップ的に（個別技術を積み上げて）モデル化
- ◆ エネルギー需要部門のうち、鉄鋼、セメント、紙パ、化学、アルミ、運輸、民生の一部について、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ それ以外についてはトップダウン的モデル化（長期価格弾性値を用いて省エネ効果を推定）

地域別、部門別に技術の詳細な評価が可能
また、それらが動的な設備の更新を含めて統合的に評価可能

DNE21+のエネルギーフロー概略



DNE21+モデルで考慮している具体的な技術

部門	技術
発電部門	石炭火力{低効率(亜臨界)、中効率(超臨界)、高効率(超超臨界~IGCC/IGFC)、燃焼前CCS付IGCC}、石油火力{低効率(ディーゼル発電等)、中効率(亜臨界)、高効率(超臨界)、CHP}、合成油火力{中効率、高効率}、天然ガス火力{低効率(蒸気タービン)、中効率(通常型NGCC)、高効率(高温型NGCC)、CHP、酸素燃焼発電}、バイオマス火力{低効率、高効率}、原子力発電{在来型、次世代(第IV世代等)}、水力・地熱発電、風力発電、太陽光発電、風力・太陽光発電用蓄電システム、水素発電、送電{在来型、超伝導高効率}、CCS{燃焼後回収。石炭火力、石油火力、合成油火力、天然ガス火力、バイオマス火力に適用可}
産業部門	
鉄鋼	高炉転炉法{低効率(小規模)、中効率(大規模)、高効率(大規模。CDQ、TRT、副生ガス効率回収設備を標準装備)、次世代(高効率設備に加え、SCOPE21等の次世代コークス炉を採用、廃プラ・廃タイヤ利用も考慮)、水素還元製鉄}、COG回収{低効率・中効率高炉転炉法に後付可}、LDG回収、CDQ、TRT{中効率高炉転炉法に後付可}、直接還元法{天然ガスベース(中効率、高効率)、ガス化水素ベース}、スクラップベース電炉法{低効率(小規模)、中効率(三相交流アーク炉)、高効率(直流式水冷炉壁アーク炉。原料予熱装置等も標準装備)}、CCS{高炉転炉法に適用可}
セメント	小規模設備：竖窯、湿式ロータリーキルン、乾式ロータリーキルン、SP/NSP乾式ロータリーキルン{原料予熱装置としてサスペンション・プレヒータ(SP)を装備。一部仮燃炉(NSP)を装備}、新型流動床シャフト炉{SP/NSP及び高効率クリンカクーラを装備} 大規模設備(小規模設備より高効率)：湿式ロータリーキルン、乾式ロータリーキルン、SP/NSP乾式ロータリーキルン、SP/NSP乾式ロータリーキルン(BAT){高効率クリンカクーラに加え、SPの5、6段化もしくは高効率廃熱回収装置等を装備}
紙パ	化学パルプ製造工程{低効率、中効率、高効率、次世代}、古紙再生工程{低効率、中効率、高効率}、抄紙工程{低効率、中効率、高効率、次世代}、黒液回収・利用{低効率、高効率}、製紙スラッジボイラ、蒸気タービン発電システム
アルミ	ゼーターベルグ式アルミ製錬、プリバーク式アルミ製錬
化学	エチレン・プロピレン：ナフサ分解{低効率、中効率、高効率、次世代}、その他生産{エタンクラッカー等。低効率、中効率、高効率} アンモニア：石炭ベース{低効率、中効率、高効率}、石油ベース{低効率、中効率、高効率}、天然ガスベース{低効率、中効率、高効率}
運輸	小型乗用車、大型乗用車、バス、小型トラック、大型トラックに区分。 内燃機関利用{従来型内燃機関自動車(低効率、高効率)、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車。内燃機関はガソリンエンジン及びディーゼルエンジンの二種を考慮}、電気自動車、燃料電池自動車、代替燃料{バイオエタノール、バイオディーゼル、CNG}。バイオエタノールはガソリン、バイオディーゼルはディーゼルへの混合利用を考慮}
民生	冷蔵庫{低効率、中効率、高効率}、照明{小型白熱灯、小型蛍光灯、小型次世代(LED等)、中型中効率蛍光灯、中型高効率蛍光灯、中型次世代(LED、有機EL等)、大型中効率HID(高輝度放電灯)、大型高効率HID、大型次世代(LED等)}、テレビ{小型低効率、小型高効率、大型低効率、大型高効率、大型次世代(液晶、プラズマ、リアプロ、有機EL等で高効率なもの)}、エアコン{低効率、中効率、高効率}、ガス調理器{低効率、中効率、高効率}