

—2019年度ALPS国際シンポジウム—

虎ノ門ヒルズフォーラム

2020年2月13日

脱炭素化社会に向けたエネルギー システムの変革とイノベーションの役割

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)

システム研究グループ グループリーダー

秋元 圭吾



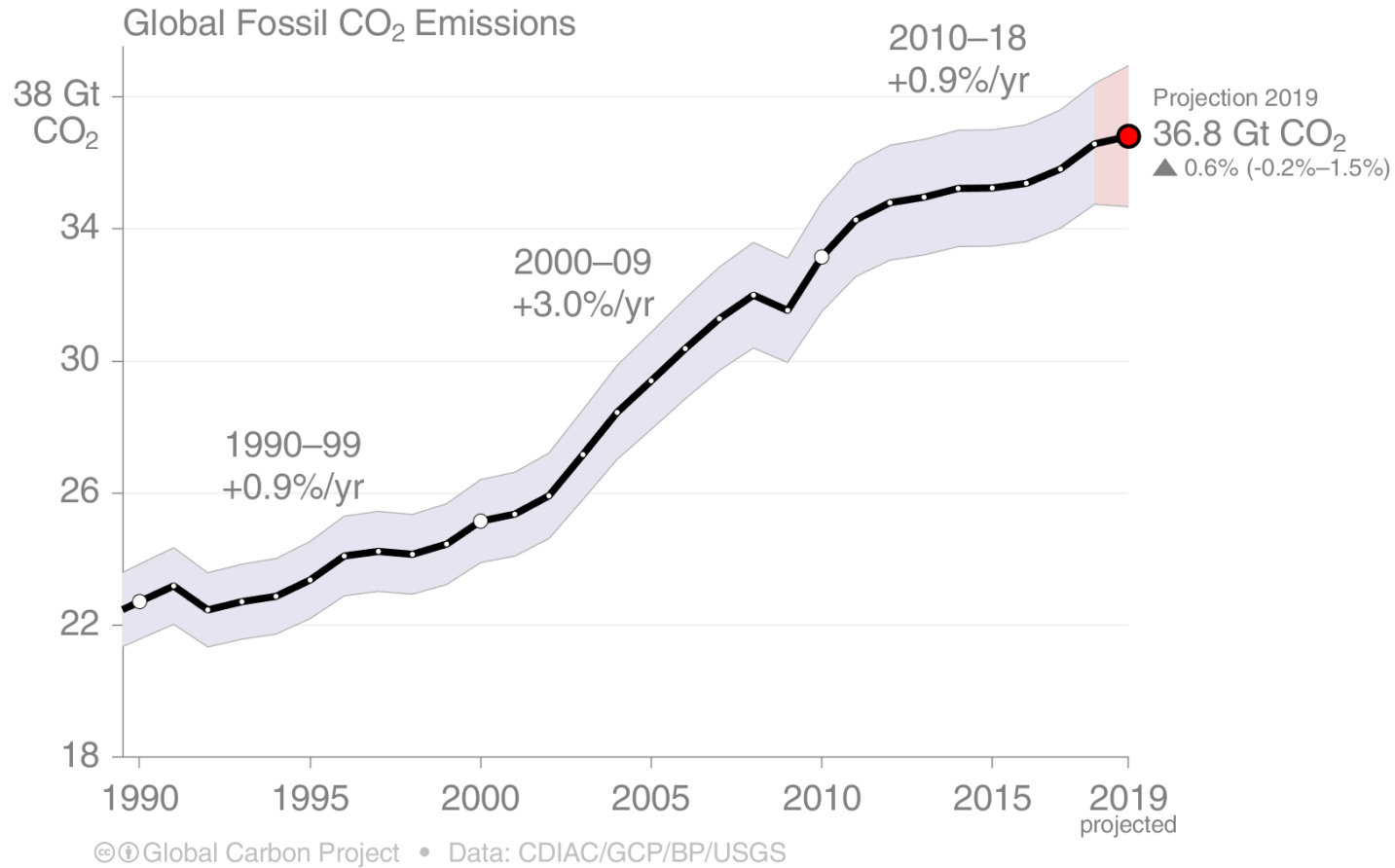
1. 地球温暖化対応の状況と方向性
2. 蓄エネルギーの役割と課題
3. デジタル技術の進展による社会構造変化の可能性
4. 脱炭素化に向けたシステム分析
5. まとめ



1. 地球温暖化対応の状況と方向性



世界のCO₂排出量の推移



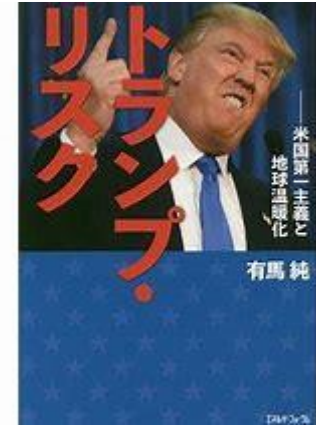
出典) Global Carbon Project

- 世界CO₂排出量の伸びは、京都議定書締結(1997年)にも関わらず2000年以降、むしろ急速だった。
- しかし、2013年頃から伸びが抑制されてきている。しかし、この主要な要因は、中国を中心に、鉄鋼、セメント等の生産調整、および、米国シェールガスシフトの影響が大きい。再エネの増大の影響もあるが、これらに比べると相対的な寄与度は小さい。
- 2017年以降、世界CO₂排出量は再び増大傾向に。中国の生産調整が一段落の影響大。

国際政治、国内政治の複雑性

◆ 米国トランプ政権

- 米国の産業、経済、雇用に悪影響を与え、他国を有利にするものであるとの理由で、2017年6月にパリ協定から離脱する意向を正式に表明。（「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」）
- 製造業労働者の雇用問題も一要因でトランプ政権誕生につながった。
- シェールガス開発、石炭利用など、エネルギー価格を安価に導く政策を推進。CO2排出規制的な政策は廃止の方向に。
- G20大阪サミットでも、気候変動に関する文言は最も調整が難航した議題となった。



◆ フランス イエローベスト運動

- 燃料税の引き上げに反対して、2018年11月から大規模な抗議活動に発展。特に車の代替手段が乏しい、地方の不満が噴出。
- グローバル化の中で、製造業の労働者（地方の中産階級）の雇用環境の悪化と連動していると見られ、米国トランプ政権、英国ブレグジットと似た背景がある。

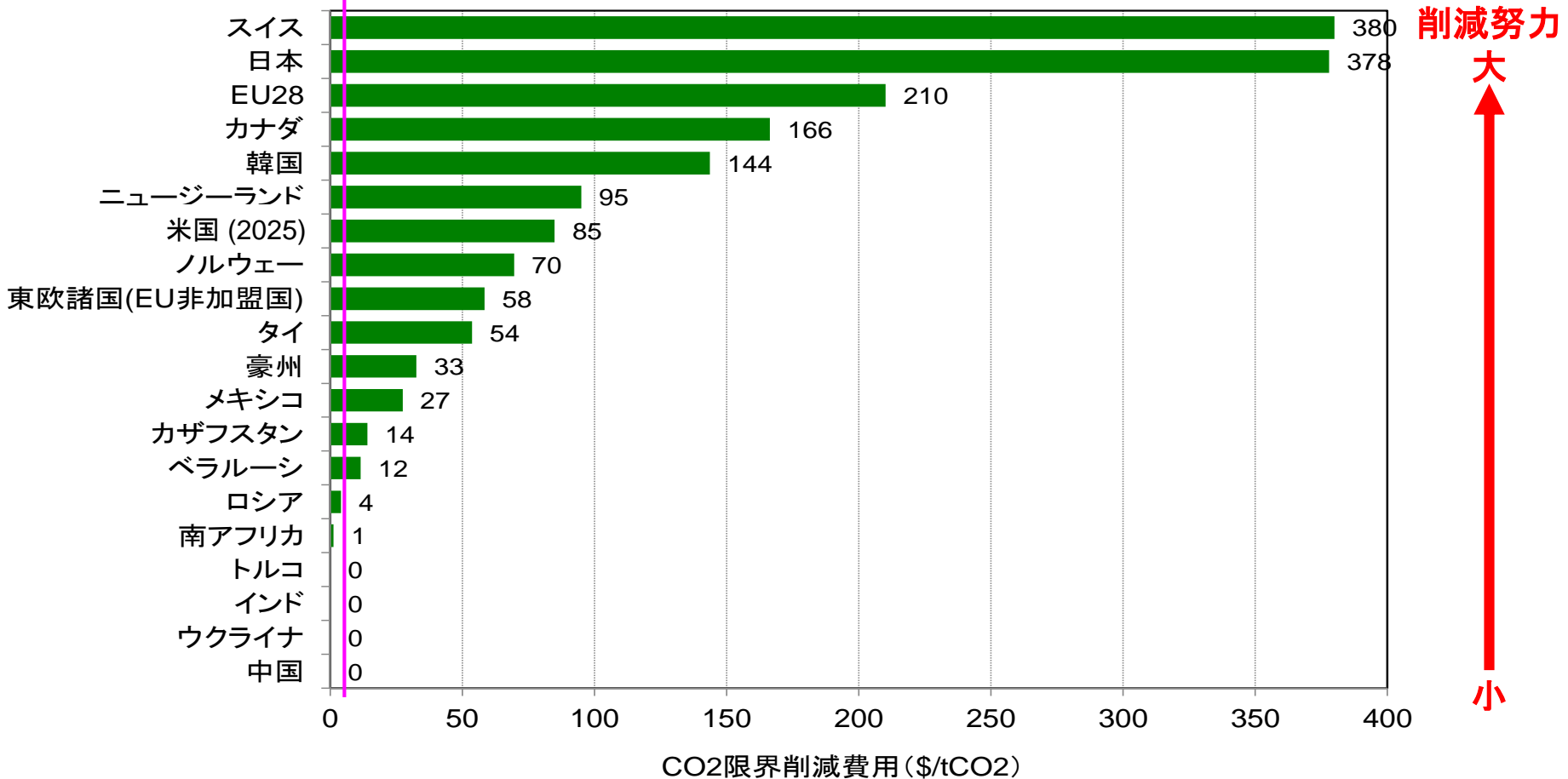


- 2019年1月に誕生したブラジルのボルソナロ政権も、パリ協定には否定的とされる。（本来、2019年のCOP25はブラジル開催が予定されていたが、チリに変更（その後、地下鉄運賃値上げに反対する暴動が原因で、開催地をスペインに変更））
- 2019年12月のCOP25も事実上、交渉は主要な論点で合意を見なかった。

NDCsのCO₂限界削減費用：国際的な協調の困難性からの費用増

【世界GDP比削減費用】NDCs:0.38%、最小費用:0.06%

最小費用(限界削減費用均等化):6\$/tCO₂

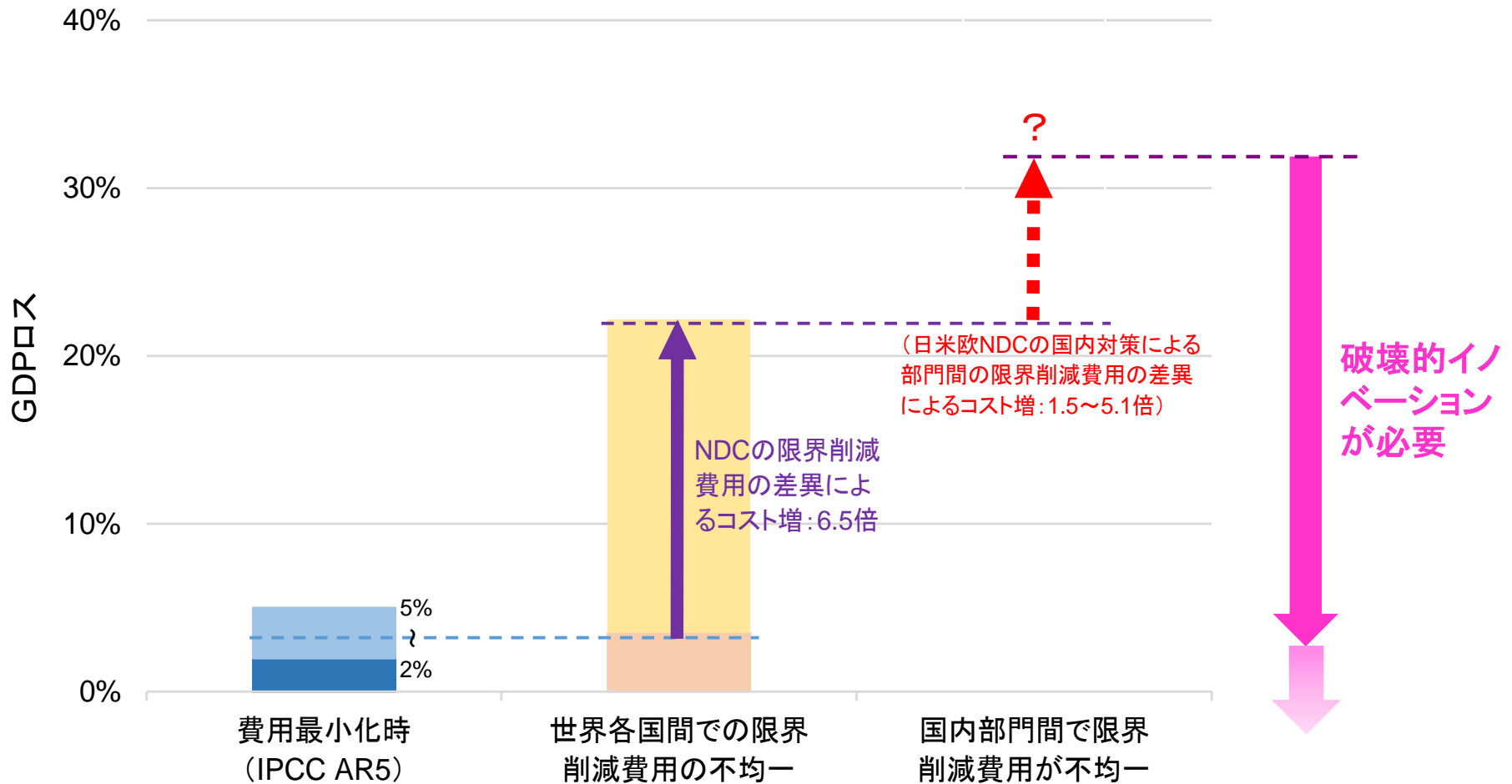


* 上下限で幅がある国は平均値を表示

Source: K. Akimoto et al., Evol. Inst. Econ. Rev., 2016

- NDCsの排出削減費用は各国間で大きな差異あり。
- もしNDCsで期待できる世界全体での排出削減を費用最小化(限界削減費用均等化)で実現できるとすれば、RITEモデルでは限界削減費用6\$/tCO₂で済む。また、2030年時点の総削減費用は費用最小化に比べ6.5倍程度高い。

2°C目標時の2050年の世界GDPロスのイメージ と破壊的イノベーションの必要性



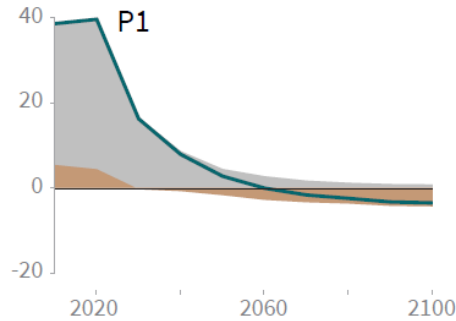
- ◆ 最終エネルギーは、原則、電気か、水素（+バイオエネルギーおよび太陽熱等の直接熱利用）の利用とする必要あり。なお、水素も燃料電池で利用するケースは多く、この場合、最終的な利用形態は電気とも言える。
- ◆ ただし、CO₂フリー水素と回収CO₂によってメタネーションしたメタンでの利用は可（事実上、都市ガスをCO₂フリー水素で代替した効果でCO₂の削減となる。回収CO₂は水素の輸送媒体の役割を果たす。）
- ◆ 電気、水素製造においては、脱炭素化が必要（再生可能エネルギー、原子力、CCS）。
- ◆ なお、完全に炭化水素を使わないことは現実的ではないので、正味ゼロ排出においても、ある程度の排出は許容し、植林、バイオエネルギー、CCS（BECCS）、DACs（直接大気回収・貯留）等の負の排出技術（NETs）活用はあり得る。
- ◆ 一方、NETsへの過度に依存するシナリオは、実現可能性が低くなる可能性や生物多様性への悪影響の可能性もあるため、脱炭素社会実現のためには、（経済自律的な）低エネルギー需要社会の実現も重要
- ◆ 脱炭素化に向けた移行過程も重要。気候変動影響被害、技術発展動向に伴う緩和費用を総合的に考え、実効ある低炭素化を進めることが必要

大幅排出削減シナリオの類型化と特徴

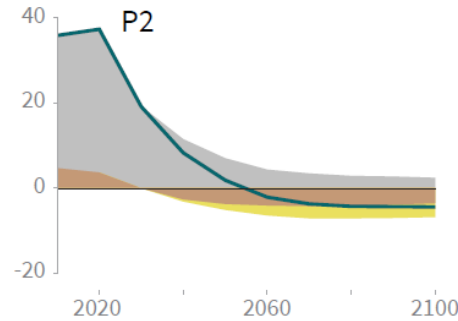
● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS

出典) IPCC 1.5°C特別報告書

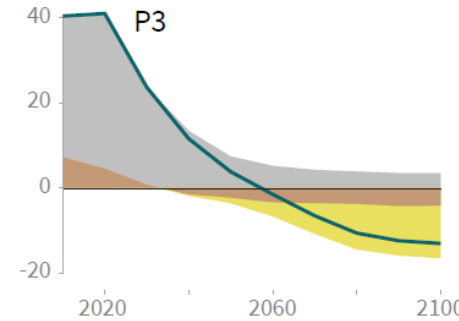
Billion tonnes CO₂ per year (GtCO₂/yr)



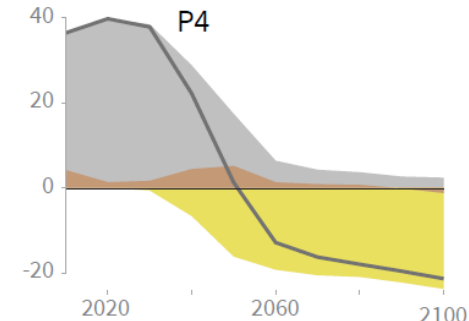
Billion tonnes CO₂ per year (GtCO₂/yr)



Billion tonnes CO₂ per year (GtCO₂/yr)



Billion tonnes CO₂ per year (GtCO₂/yr)



LED

(低エネルギー需要シナリオ: 需要サイドの技術・社会イノベーション大)

SSP1

(サービス産業化加速)

SSP2

(中位シナリオ)

SSP5

(化石燃料採掘技術進展大)

技術開発のハードル

技術開発・普及のハードル

大?

大?

ネガティブ排出技術への依存

小



大

最終エネルギー需要の大きさ

小



大

緩和費用(緩和の困難さ)

小



大

温暖化適応策への依存

小



大

(緩和の実現可能性の下で)

SDGsの同時達成

比較的容易



比較的困難

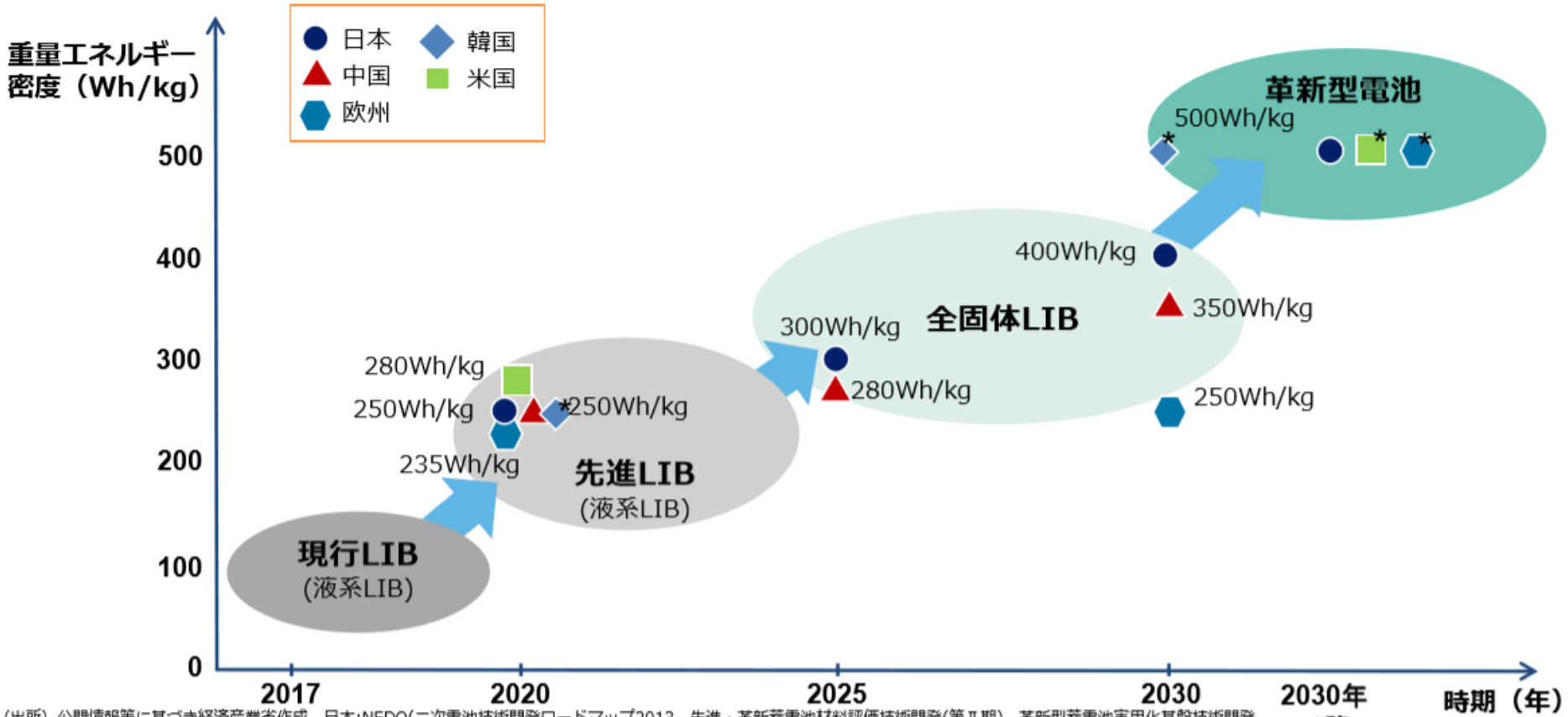
✓ 技術開発・普及の見通しは不確実であり、全体のリスクマネジメントが重要で、各技術に役割有

2. 蓄エネルギーの役割と課題



蓄電池の技術開発目標

電池技術進化に関する各国の目標

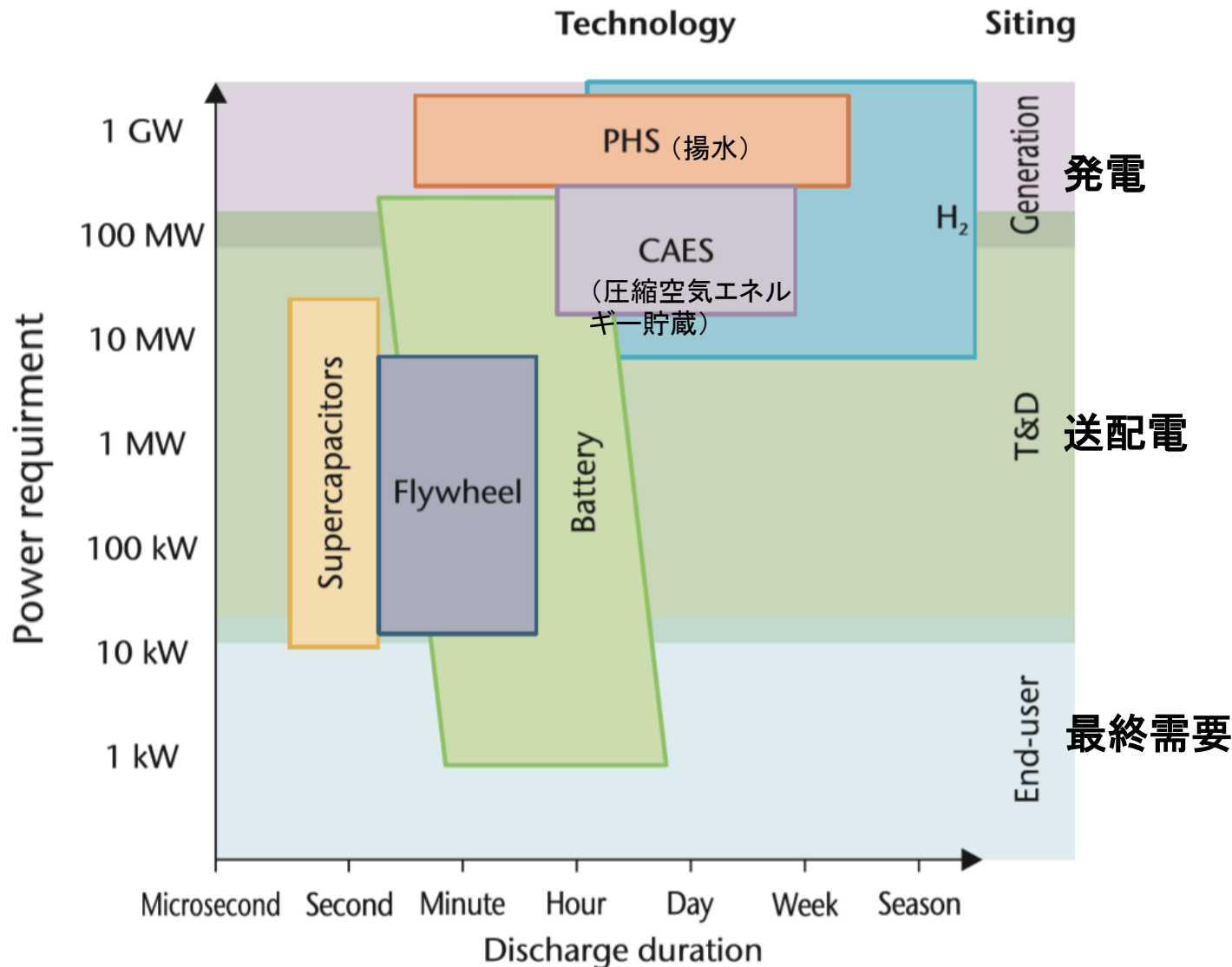


(出所) 公開情報等に基づき経済産業省作成。日本: NEDO(二次電池技術開発ロードマップ2013、先進・革新蓄電池材料評価技術開発(第Ⅱ期)、革新型蓄電池実用化基盤技術開発、中国: 中国汽車工程学会(省エネルギー車と新エネルギー車の技術ロードマップ)、欧州: 欧州委員会(Set-Plan/Action7/Declaration on Batteries and E-mobility、「Horizon2020 (ALISE)」、米国: DOE(Annual Merit Review and Peer Evaluation Meeting(2016), Battery500 project)、韓国: エネルギー技術評価院(エネルギー技術ロードマップ2013)、
※電池セル値である場合は、0.8掛けをしてパック値として算出。*は電池セルかパックが不明。

出典) 経済産業省 自動車新時代戦略会議資料

蓄電池の性能向上は進んでいる。約束された未来ではないが、更なる進展も期待できる。

各種エネルギー貯蔵技術のカバー領域



出典: IEA Technology Roadmap-Hydrogen and Fuel Cell, 2015

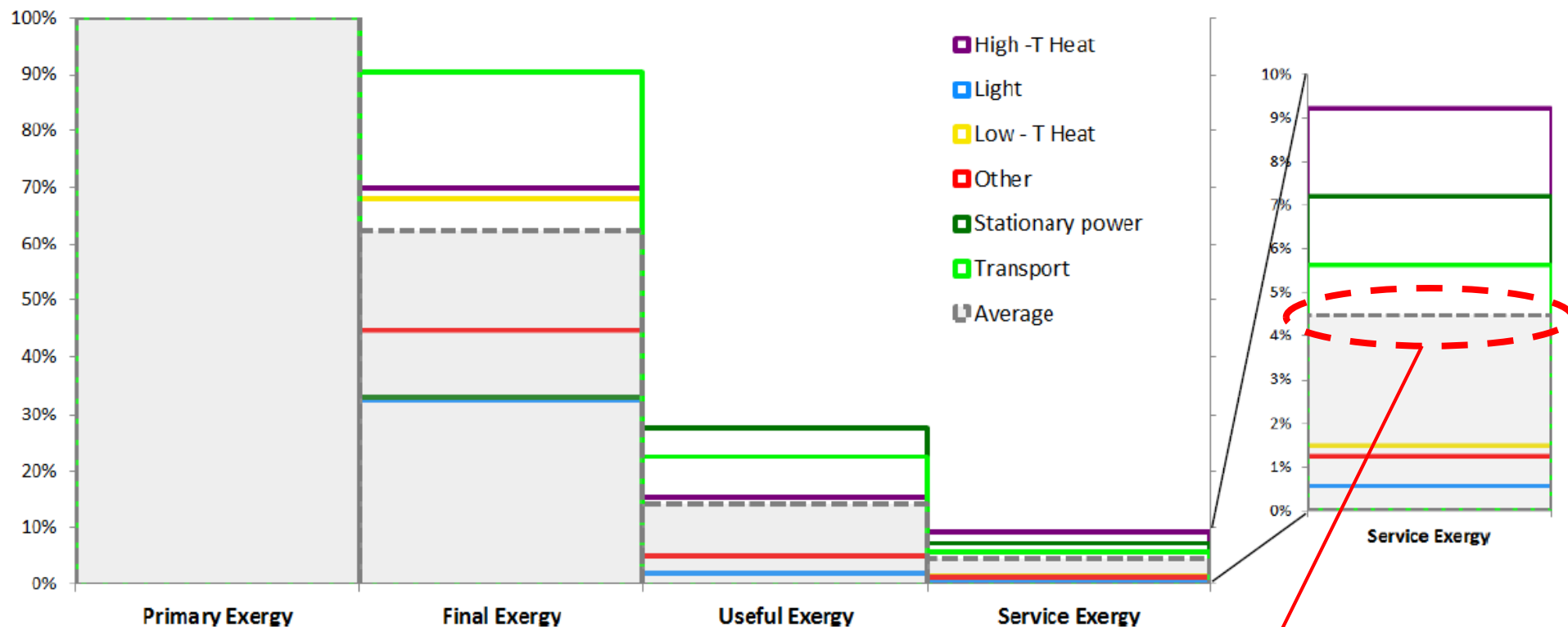
技術、エネルギー種によって、エネルギー貯蔵における得意領域は異なる。

3. デジタル技術の進展による 社会構造変化の可能性



部門別の世界のエクセルギー効率

一次エネルギーのエクセルギーに対する比率



出典) A. Grubler, ALPSシンポジウム(2016)

最終的なサービスとしては、一次エネルギーの4~5%程度しか活用できていない。

エネルギー需要サイドに特に効率化の改善余地が大きい。従来は隠れたコストのような障壁があってその効率化は難しかったが、情報技術の発達によって、その改善の可能性が高まってきている。

運輸部門: CASE



Connected; Service & Shared



WHAT IF ALL
TRANSPORTATION
WAS
CONVERGED...



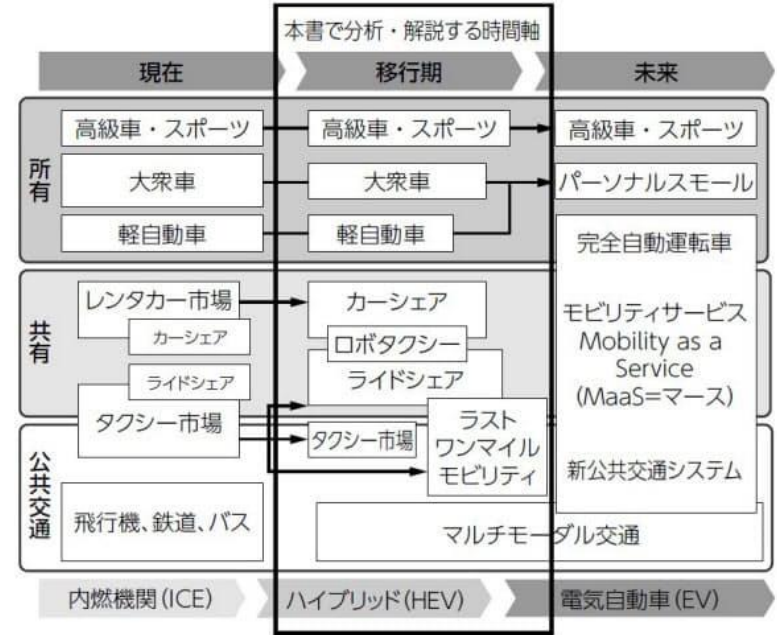
Autonomous; Electric



自家用車の稼働率は5%前後。
完全自動運転でシェアリングで
稼働率上昇の余地大

Autono-MaaS専用EV「e-Palette」

出所: ナカニシ自動車産業リサーチ



車の形が変わる

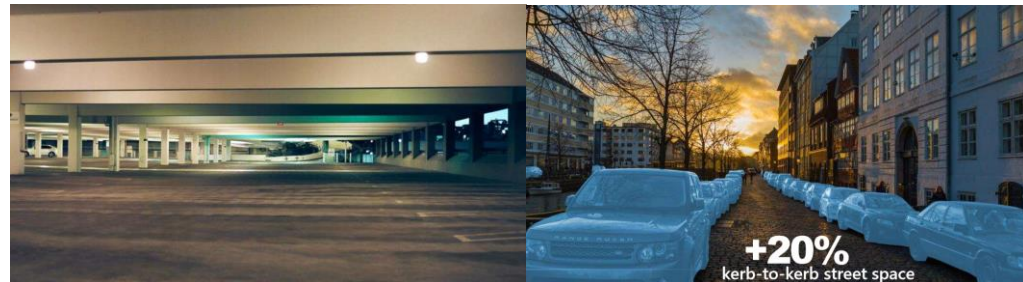
photo

自動車と近距離航空の
融合の可能性も

シェア化に伴い、車両台数低減
が、素材生産量を低減し、また
都市の形を変える可能性も



Airbus, Audi

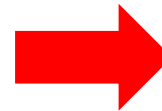


+20%
kerb-to-kerb street space

出典) Jari Kauppila, ALPSシンポジウム(2019)

出版関連

- 電子化の進展
- 紙媒体の書籍、新聞発行部数の減少(紙の低減、体化されるエネルギーの低減)
- 書店の減少(書店建設、維持等におけるエネルギー低減。書店への移動のためのエネルギー低減等)
- 新聞配達がなくなっていく？(輸送エネルギーの低減)



アパレル関連

- 服の50%は使われずに廃棄されているとも言われている。
- 若年層を中心とした嗜好の変化(スーツをあまり着なくなった等)、Eコマースの進展(百貨店以上になんでも手に入る。移動の不便を解消 等)
- AI、ICTを使った、必要なだけ生産できるような技術変化(需要を的確に把握可能に。大量生産で価格を下げる必要性の低下)
- 百貨店などでは、「見せる」ために多くのスペースを用意、そしてその建設に体化されるエネルギー、設備利用率が低いにも関わらず暖冷房、といったエネルギーの削減に。
- また、百貨店や大型ショッピングセンターが求められなくなると、そこへの移動のマイカーも求められなくなり、一層、シェアカーを促すようになり得る。



Eコマース
(中古品の売買(事実上のアパレル製品のシェア化)を含む)

amazon

Alibaba

rakuten

mercari



**百貨店、大型
ショッピングセ
ンターの変化**



温暖化対策とはほぼ無関係の技術変化、社会変化

- 食料システムで排出されるGHGは30%前後（バウンダリーによっては更に大きい）とされる。一方、食品廃棄・ロスの世界全体では1/3にも上るとされる（ただし日本の食品廃棄・ロスは世界平均よりもずっと小さいとの評価有）。
- AI、ICTで食料需要をより正確に予測できるなどできれば、食品廃棄・ロスが減り、エネルギー消費・GHG排出の低減につながる可能性あり。
- プラスチック容器の低減、スーパーのスペース低減、冷蔵・冷凍エネルギー、輸送エネルギーの低減 などに波及し得る。



SDGsの同時達成にも大きな寄与となり得る。

4. 脱炭素化に向けたシステム分析



温暖化対策評価モデルDNE21+の概要

(Dynamic New Earth 21+)

- ◆ 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。決定変数:約1千万個、制約条件:約1千万本)
- ◆ モデル評価対象期間: 2000~2100年(代表時点:2005, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 70, 2100年)
- ◆ 世界地域分割: 54 地域分割(米国、中国等は1国内を更に分割。計77地域分割)
- ◆ 地域間輸送: 石炭、原油・各種石油製品、天然ガス・合成メタン、電力、エタノール、水素、CO₂(ただしCO₂は国外への移動は不可を標準ケースとしている)
- ◆ エネルギー供給(発電部門等)、CO₂回収・利用・貯留技術(CCUS)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
- ◆ 国際海運についても、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ 400以上の技術を具体的にモデル化
- ◆ それ以外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、それらが統合的に評価可能

- ・中期目標検討委員会およびタスクフォースにおける分析・評価
 - ・国内排出量取引制度の検討における分析・評価
 - ・環境エネルギー技術革新計画における分析・評価
- はじめ、気候変動政策の主要な政府検討において活用されてきた。またIPCCシナリオ分析にも貢献

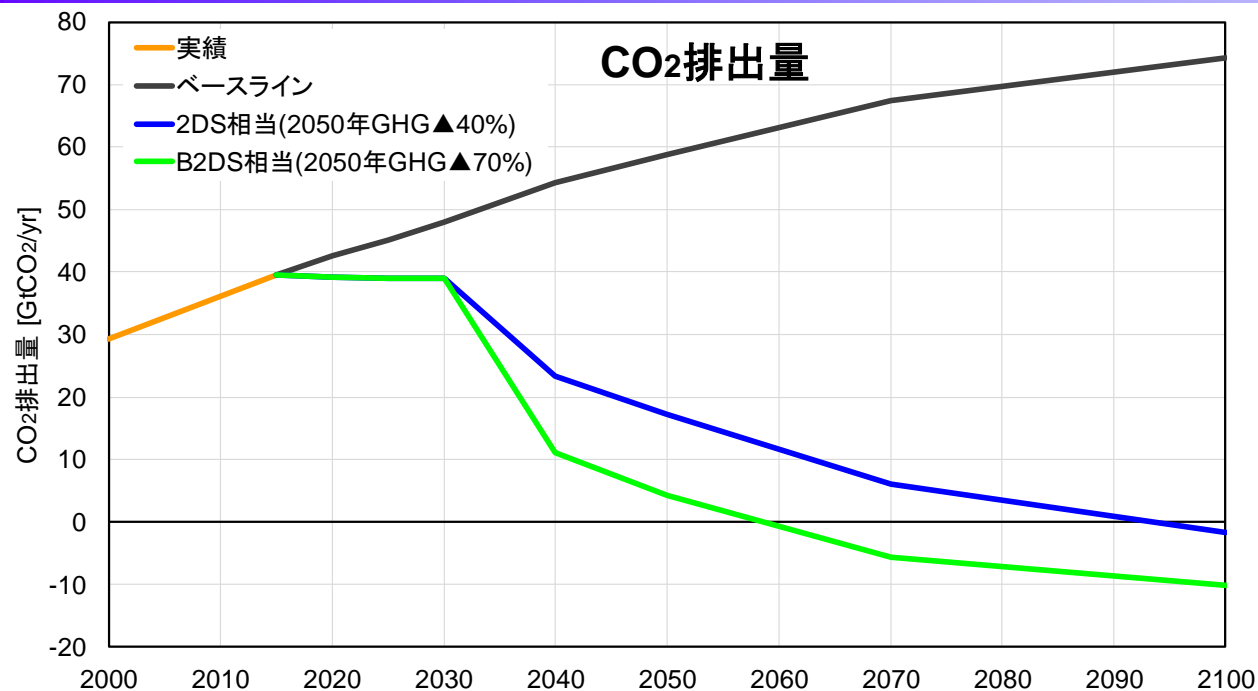
モデル分析のシナリオ想定

シナリオ名	世界排出シナリオ	再エネコスト (太陽光発電コスト)	シェアモビリティ進展 (完全自動運転車実現)
REF_1	ベースライン (特段のCO ₂ 排出制約なし)	標準	想定せず
2DS_1	2°C未満(>50%): IEA ETP2017の [2DS]相当	標準	想定せず
2DS_2		低コスト(中東・北アフリカ中心に)	シェアモビリティ進展 (完全自動運転車実現)
2DS_3			
B2DS_1	2°C未満(>66%): IEA ETP2017の [B2DS]相当	標準	想定せず
B2DS_2		低コスト(中東・北アフリカ中心に)	シェアモビリティ進展 (完全自動運転車実現)
B2DS_3			

【社会経済シナリオ(SSPs: Shared Socioeconomic Pathways)】

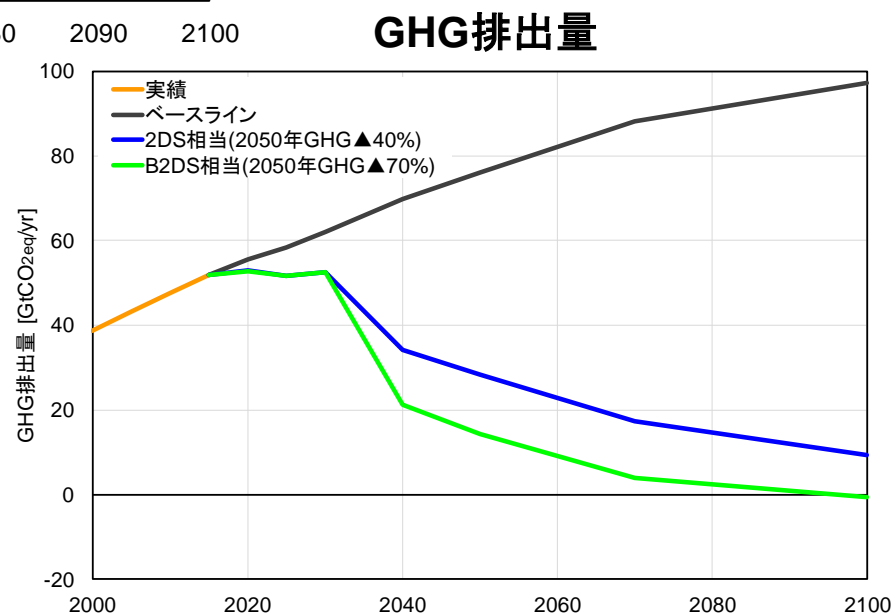
- **SSP2(中位シナリオ)ベース:** 世界人口 92億人 in 2050、世界GDP成長率 2.4%/yr(2000-50年)
- **SSP1(持続可能シナリオ)ベース:** 世界人口 86億人 in 2050、世界GDP成長率 2.6%/yr(2000-50年)

ベースラインの世界排出量と想定した2°C排出シナリオ

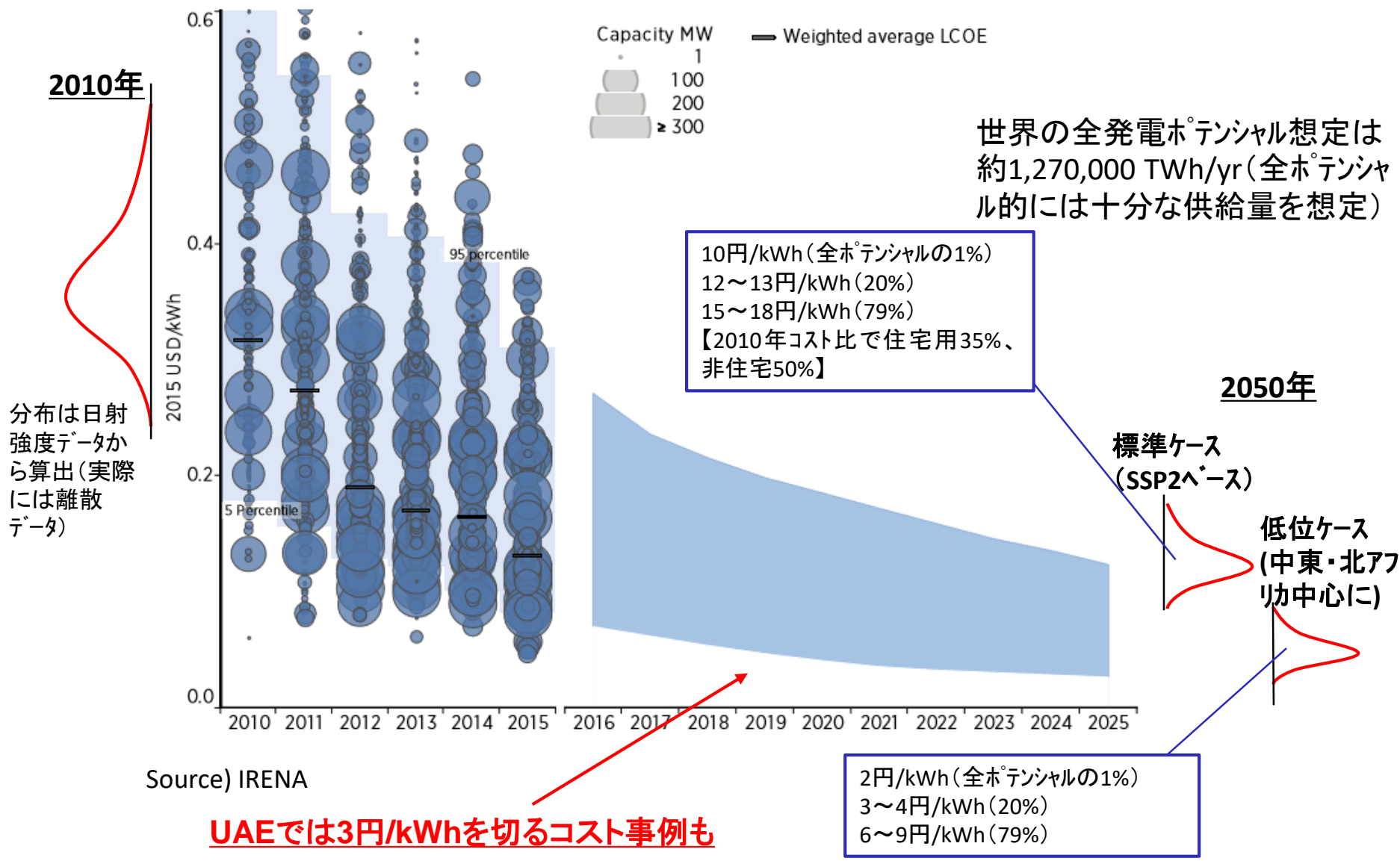


注)ベースライン排出量は前提とする想定シナリオではなく、モデル計算結果(SSP2シナリオを表示)

※ 2DS、B2DSシナリオについては、2030年までは各国NDCs相当の排出制約を想定



太陽光発電コストのケース想定イメージ： 標準ケースとコスト低位ケース



※ なお、DNE21+モデルでは、VREのシェアが増すに従い、系統安定化のための追加費用が別途必要と想定している。

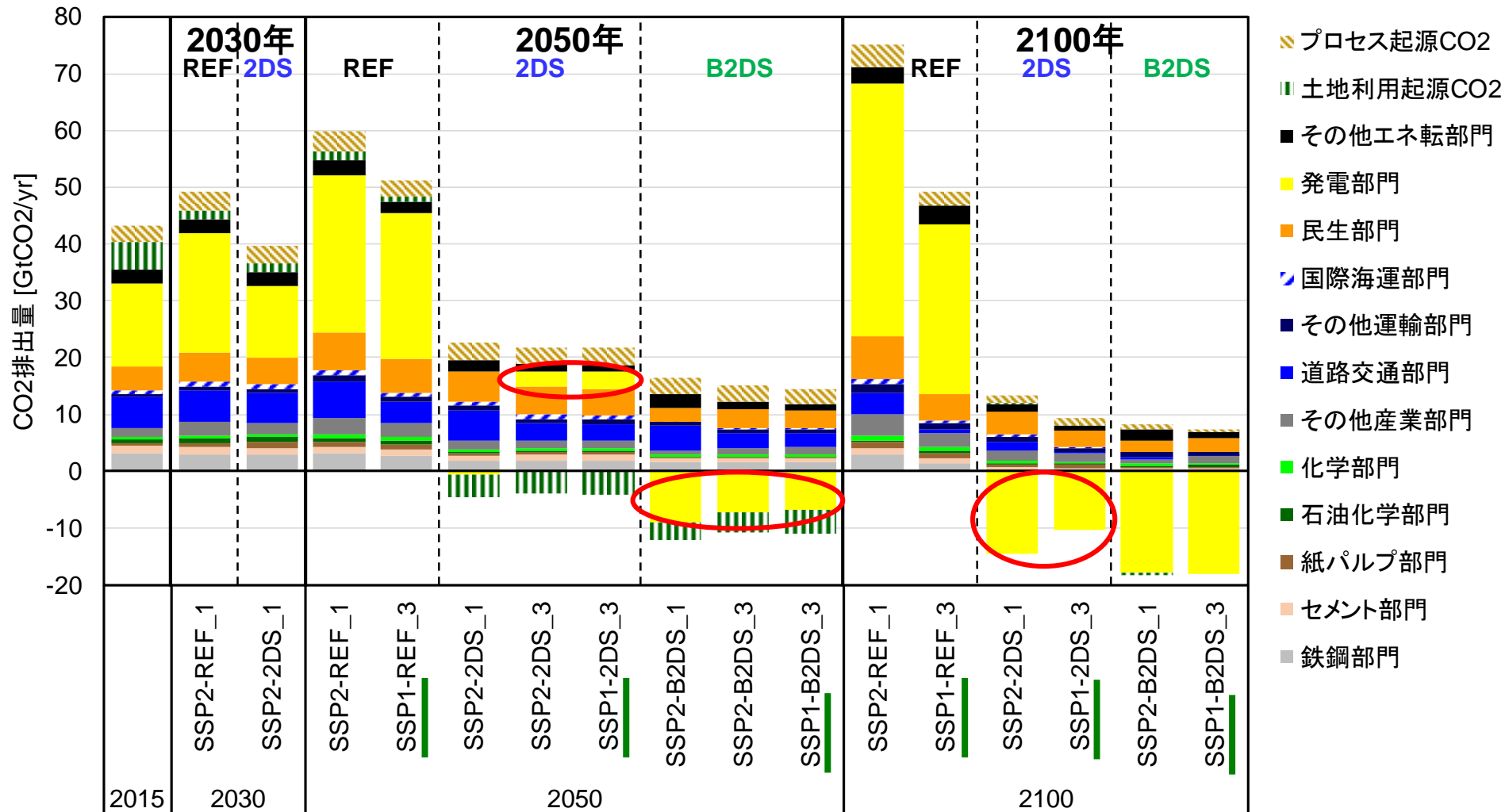
- ◆ **完全自動運転シェアカーは2030年以降利用可能と想定**し、主要なパラメータはFulton他(2017)等を参考にしつつ、以下のように想定
 - 自動化の費用：自動化のために1台当たり10,000\$の費用と想定(2030年)。技術進歩による価格低減も見込んだ(2050年：5,000\$、2100年：2,800\$)。
 - 自動車の稼働率：国土面積当たりの自動車による旅客輸送サービス需要が多いほど、自動車の稼働率が高いと想定（国土面積当たり乗用車旅客輸送サービス需要と一台当たり年間走行距離の関係を想定）
 - 自動車の寿命：従来の自家用車を13～20年と想定しているのに対し、シェアカーは6～20年と想定
 - 一台当たり乗車人数：従来の自家用車は将来に向けて乗車人数の低減を見込んでいるのに対し(2050年：1.1～1.5人、2100年：1.1～1.3人)、ライドシェアリングを見込み、シェアカーは2050年1.75人、2100年2人と想定
- ◆ 運転に要する時間の機会費用、安全性に関する費用を想定
- ◆ **カーシェア・ライドシェアリングによる乗用車台数減少の影響を考慮**
 - 【粗鋼生産】乗用車1台当たり1000kg、小型トラック2500kg、バス5000kg、大型トラック5000kgと想定(平戸他、2009)し、新車ベースの鉄重量に換算すると、78%程度に。全体の粗鋼生産は98%程度に。
 - 【エチレン・プロピレン生産量】エチレン・プロピレンに占めるプラスチックのシェアは85%、そのうち自動車のシェアは8%と想定。結果、エチレン・プロピレンの生産量は99%に（これに伴い、ナフサ、エタン共に減少）。

2050年の排出削減費用

	SSP2			SSP1	SSP2			SSP1
	2°C、>50%				2°C、>66%			
	2DS_1	2DS_2	2DS_3	2DS_3	B2DS_1	B2DS_2	B2DS_3	B2DS_3
CO ₂ 限界削減費用 (\$/tCO ₂)	166	158	129	120	530	483	299	252
CO ₂ 削減費用 (billion US\$/yr)	1761	1313	ネガティブ費用	ネガティブ費用	5601	4757	ネガティブ費用	ネガティブ費用

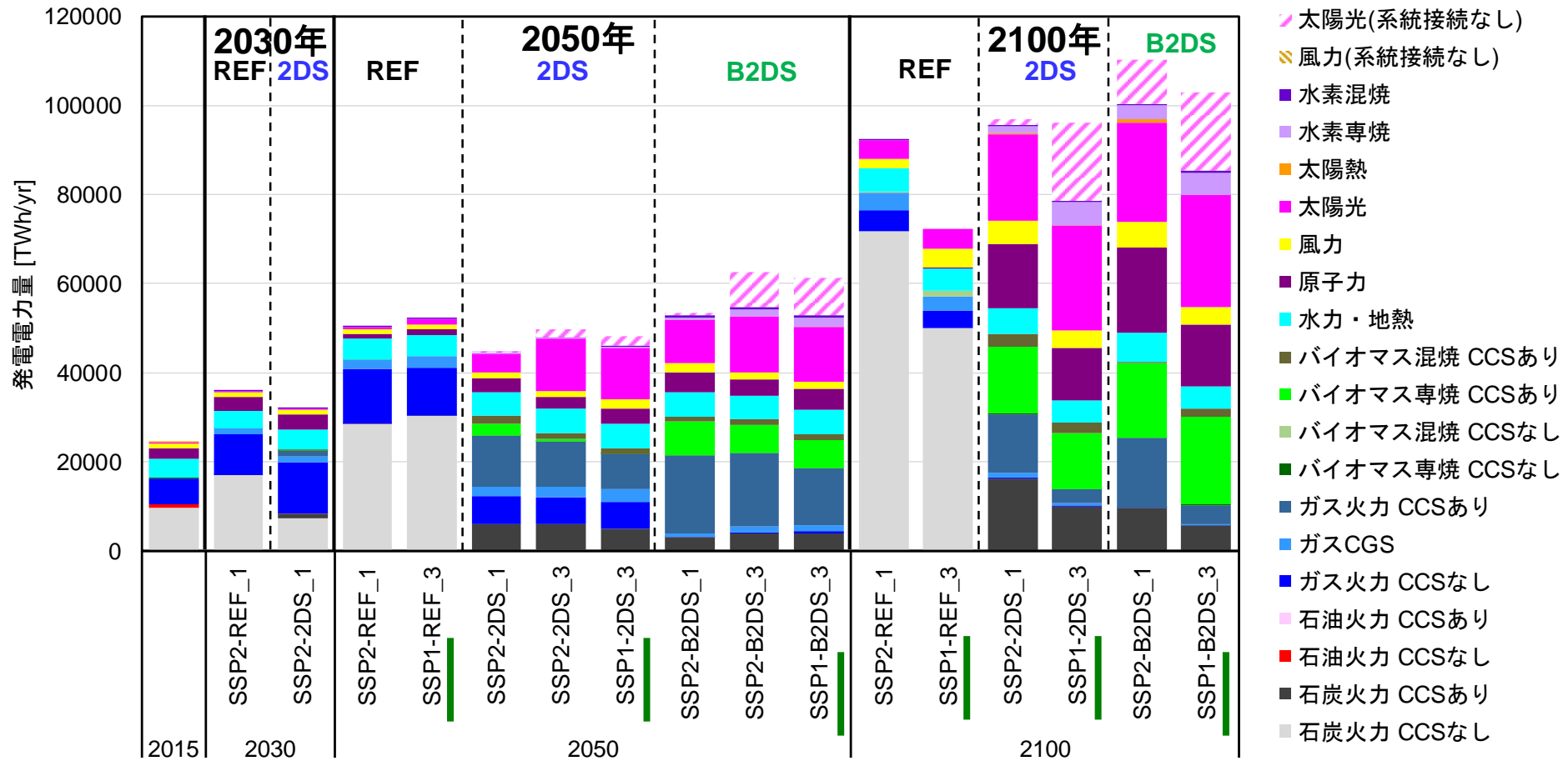
- ✓ 2°C目標でも、>50%確率(2DS)か、>66%確率(B2DS)かで世界の削減費用に大きな差あり。
- ✓ 中東等を中心とした再エネコスト低位ケースの場合(ケース2、3)、世界の対策費用低減に大きな効果あり。
- ✓ シェアモビリティ実現ケース(ケース3)では、限界削減費用が大きく低下し、シェアモビリティ非実現ケース比では負の削減費用に。

世界の部門別排出量



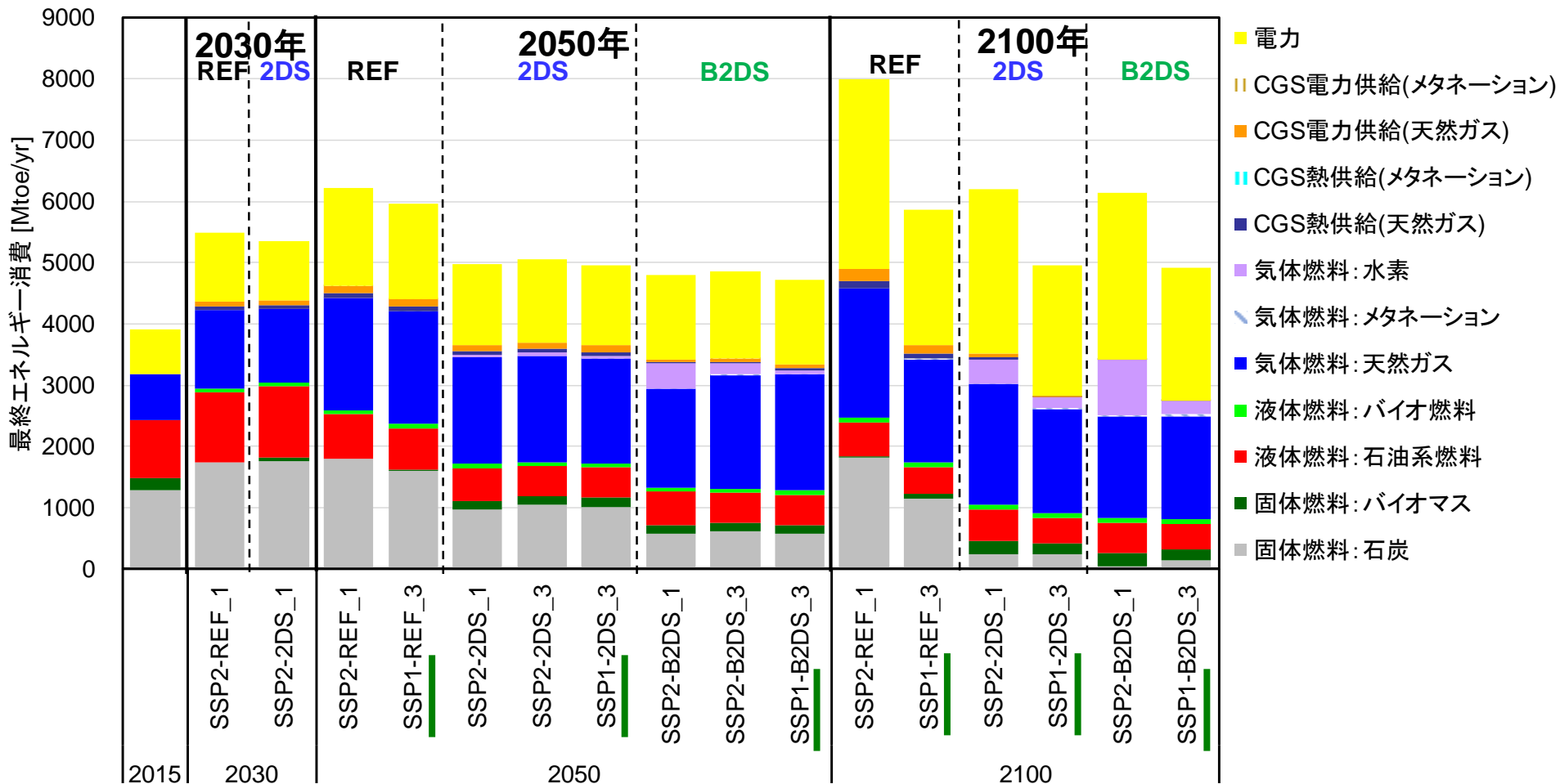
- ✓ 排出削減が厳しくなるにつれ、まず発電部門での削減(再エネ、原子力、CCS等)、また、植林でのCO2固定、運輸部門でのHV, PHVの拡大等が見られる。
- ✓ 更に厳しい削減が必要となると、BECCS、鉄鋼部門でのCCS、自動車のEV, FCV化等が費用効率的に。
- ✓ 更に厳しく正味ゼロから負CO2排出となると、運輸部門トラックのFCV化、メタネーション利用等が費用効率的に。
- ✓ シェアモビリティ想定ケースでは、特に2050年頃の発電での排出削減を緩和する。

世界発電電力量



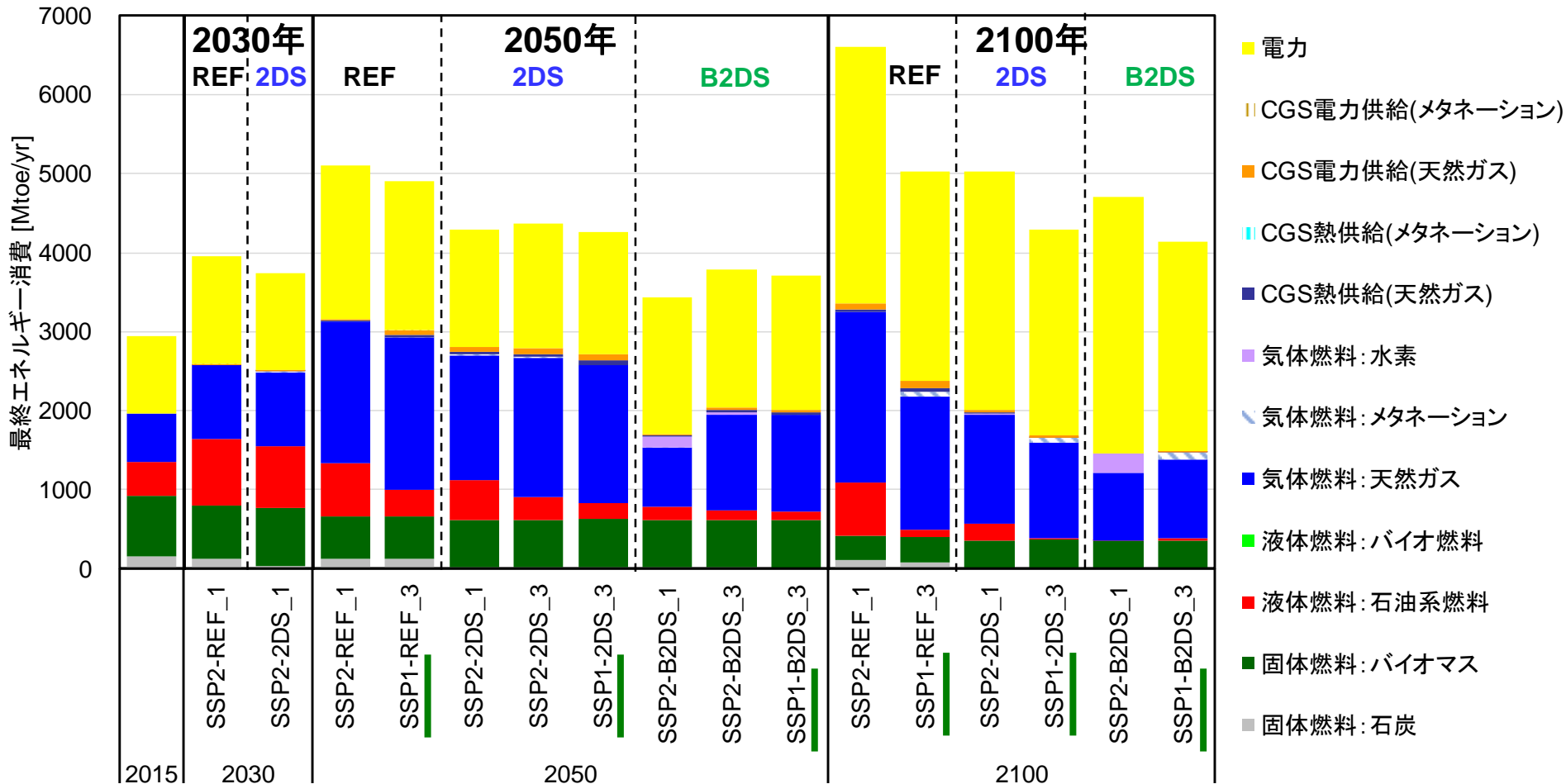
- ✓ 世界の発電電力量の伸びは大きい。
- ✓ 2°Cシナリオでは、2030年に向けてはガスの拡大、2050年以降は、再エネ、原子力の拡大、CCS利用が費用効率的に。2DSでは特に2050年に向けてコジェネの役割の重要性が増す。
- ✓ 2DSでは2100年頃、B2DSでは2070年頃のCO2排出ゼロに対応して、BECCSの利用の増大が見られる。(現実的にこのような大規模なBECCS利用が可能かどうかは検討、議論が必要)
- ✓ シェアモビリティケースでは、特に2050年前後においてはBECCSの役割が低下
- ✓ 特にPVコスト低位シナリオでは、水素製造用も含め、2100年の太陽光発電のシェアは大きく増大

世界の部門別の最終エネルギー消費量：産業部門



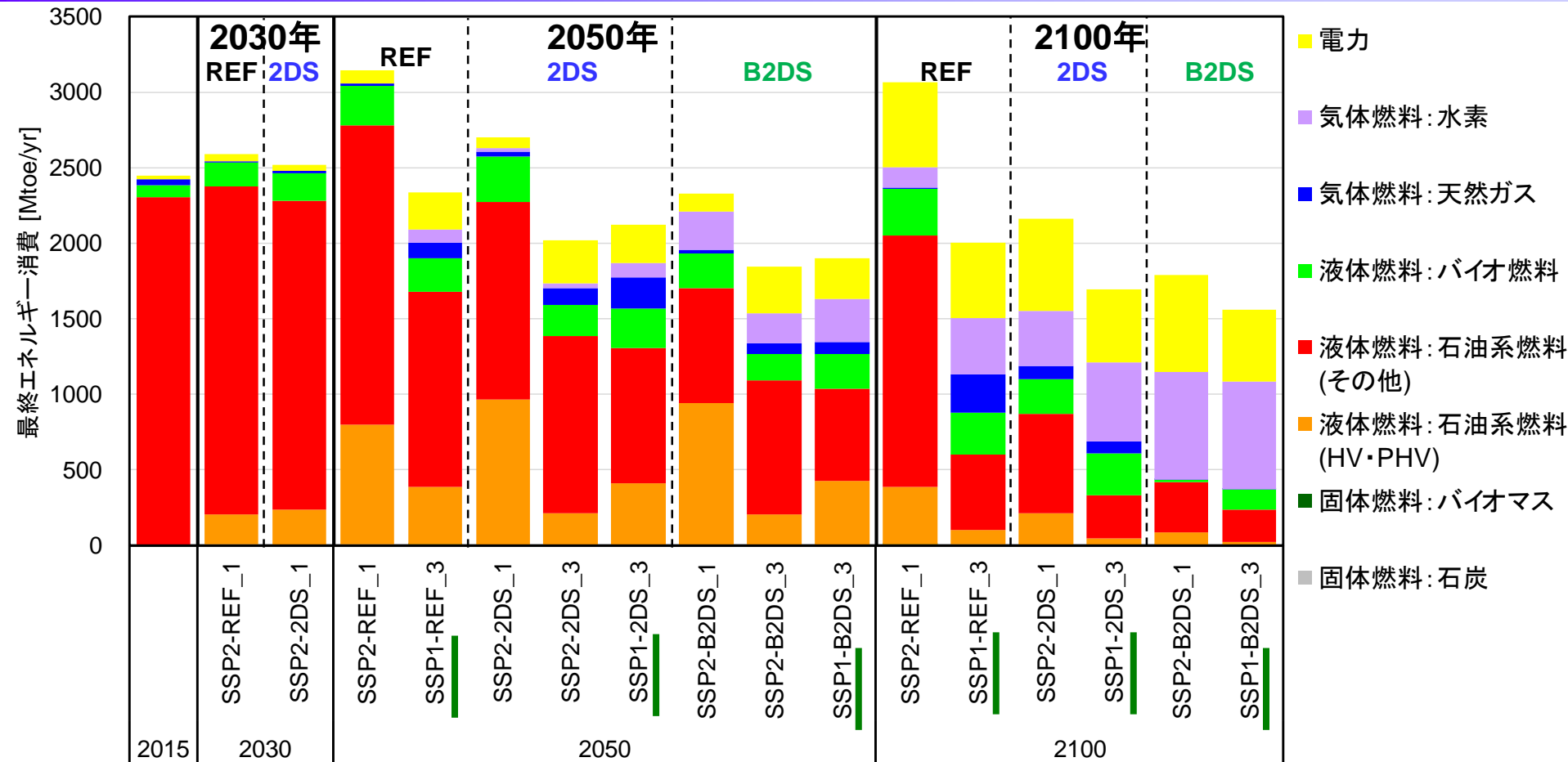
- ✓ いずれのシナリオにおいても、電力、ガス比率の増大が見られる(B2DSにおける2100年頃のガスは除く)。
- ✓ 2°Cシナリオでは、21世紀後半では、鉄鋼部門で、高炉・転炉法から直接水素還元製鉄への転換も見られる(石炭から水素利用に)。
- ✓ 2°Cシナリオでは、21世紀半ば頃から、セメント生産のガス利用増大が見られる。
- ✓ 2100年に向けて、一部メタネーションの利用も見られる。

世界の部門別の最終エネルギー消費量：民生部門



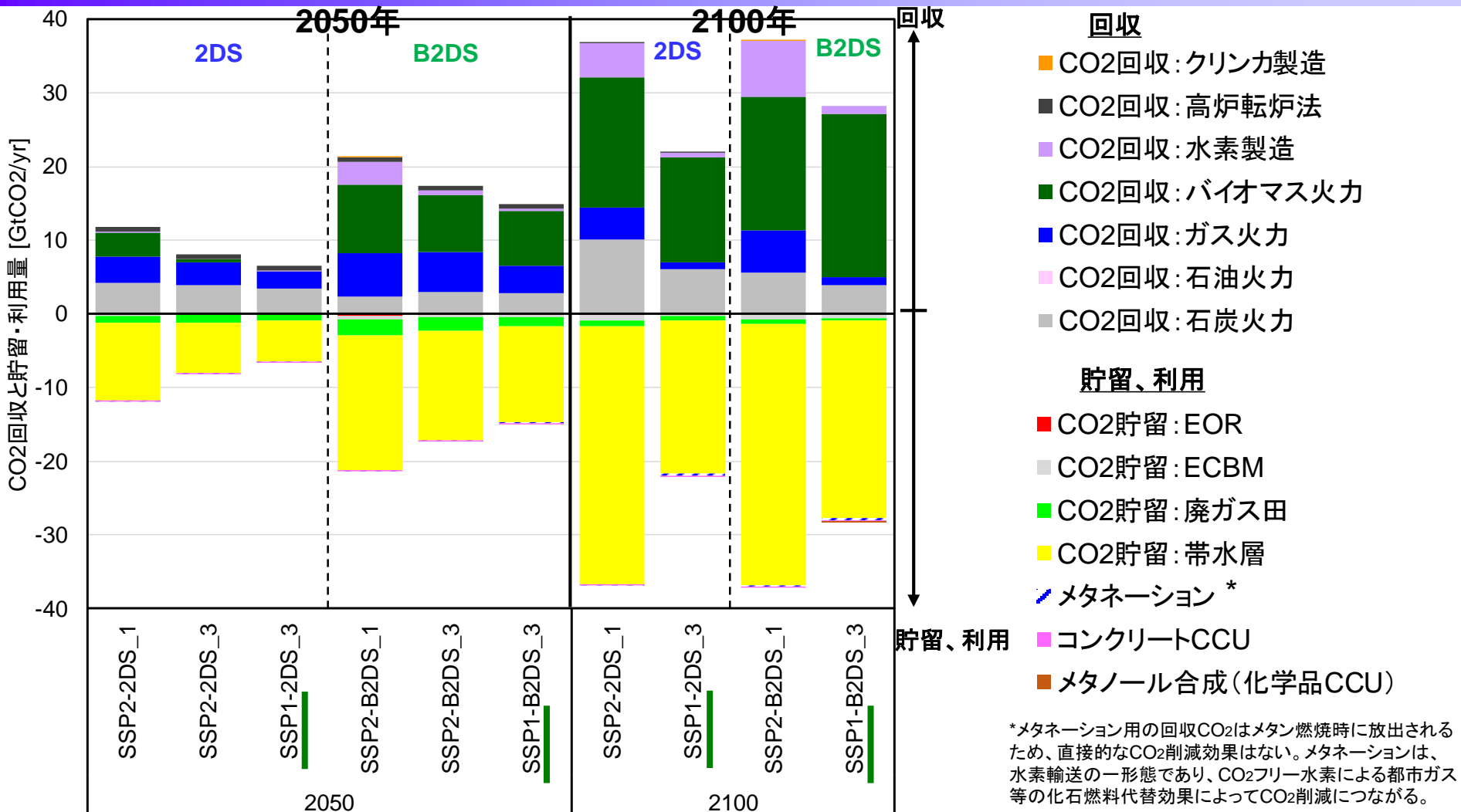
- ✓ いずれのシナリオにおいても、電力、ガス比率の増大が見られる。
- ✓ 2°Cシナリオでは、REFシナリオに比べ、特に電力化比率の増大が見られる。2DSの2050年ではコジェネ増大。
- ✓ B2DSになると、2050年以降、ガス利用は相当抑制が必要になってくる。シェアモビリティを想定したケース3では特に2050年において、MAC低下することでガス利用に余裕が生まれる。
- ✓ 2°Cシナリオで再エネコスト低位のケースでは、2100年頃には都市ガスの一部をメタネーション利用に

世界の部門別の最終エネルギー消費量：運輸部門



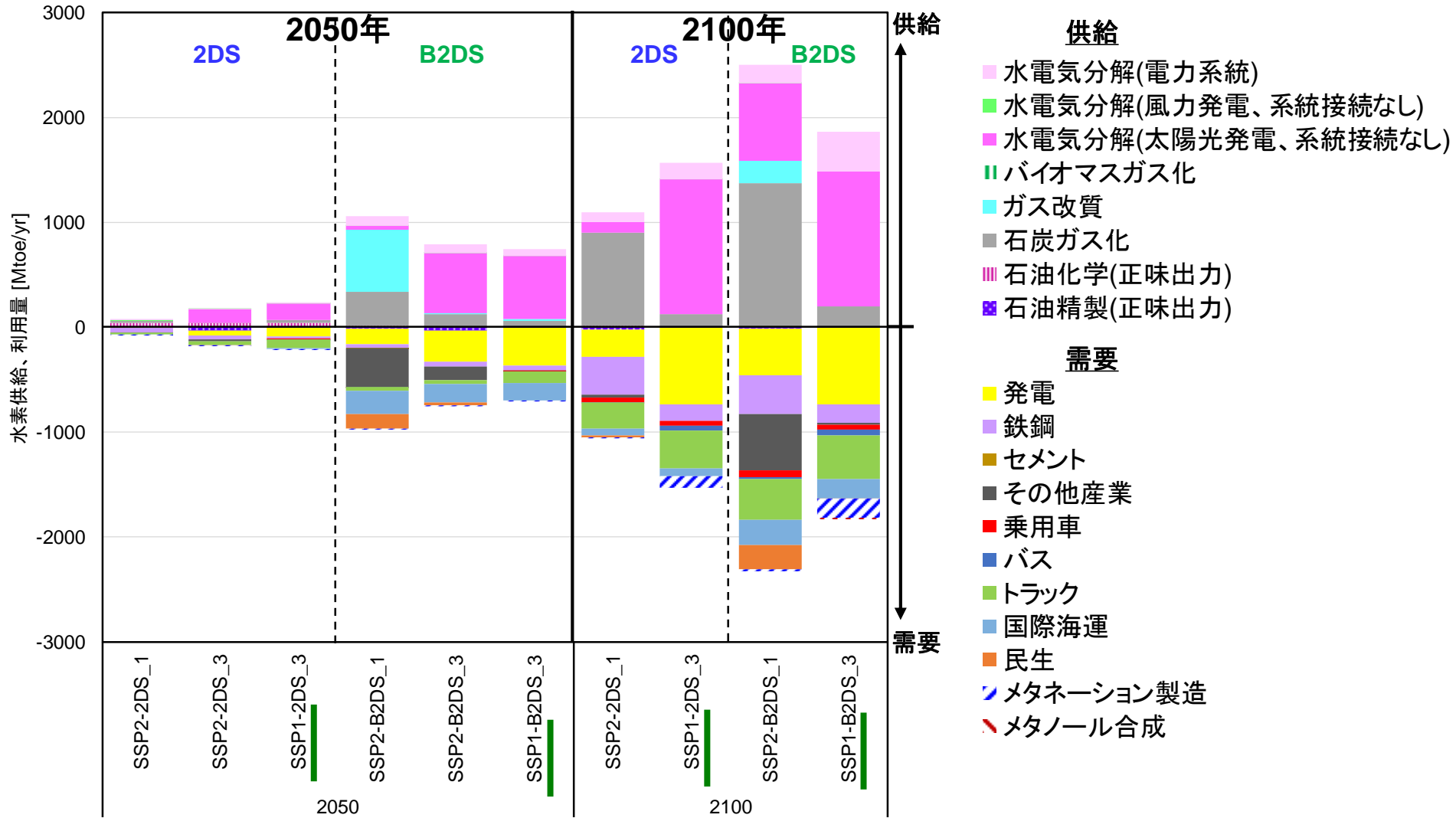
- ✓ 2°Cシナリオでは、EV、燃料電池自動車(FCV)、バイオ燃料の拡大が見られる。
- ✓ 特にB2DSの2050年以降は、FCTトラックを含め水素燃料の利用が拡大
- ✓ 2050年頃の一部ガス利用は国際海運での利用が主。2100年に向けては水素利用等に変遷。
- ✓ B2DSの2100年になるとバイオ燃料が減少。発電部門でのBECCS利用が費用対効果高いため
- ✓ 運輸部門全体では、最終利用段階での電気利用(HV、PHV、EV、FCV)は、2050年には2DSで35%、B2DSで55%程度。

世界のCO₂回収、利用、貯留バランス（2050、2100年）



- ✓ 当然ながら、排出削減が厳しいB2DSでは、CO₂回収量が増加する傾向あり(特にBECCS)。
- ✓ 完全自動運転車実現、シェアモビリティを想定したケース3では、CO₂限界削減費用が低下し、バイオマス発電からのCO₂回収や、水素製造時におけるCO₂回収量が減少し、CO₂貯留が低下する傾向に。
- ✓ 量的には大きくないが、2°Cシナリオでは、各種CCUの利用も経済合理的に。

世界の水素需給バランス (2050、2100年)



- ✓ 水素製造は、PVコストが標準ケースの場合(ケース1)は、石炭(褐炭含む)からのガス化+CCSが経済合理的な傾向。一方、PVコスト低位ケースの場合(ケース2、3)は、PV+水電解が経済合理的な傾向あり。
- ✓ 水素利用先は多様。メタネーションでの利用も経済合理的に。

5. まとめ



まとめ

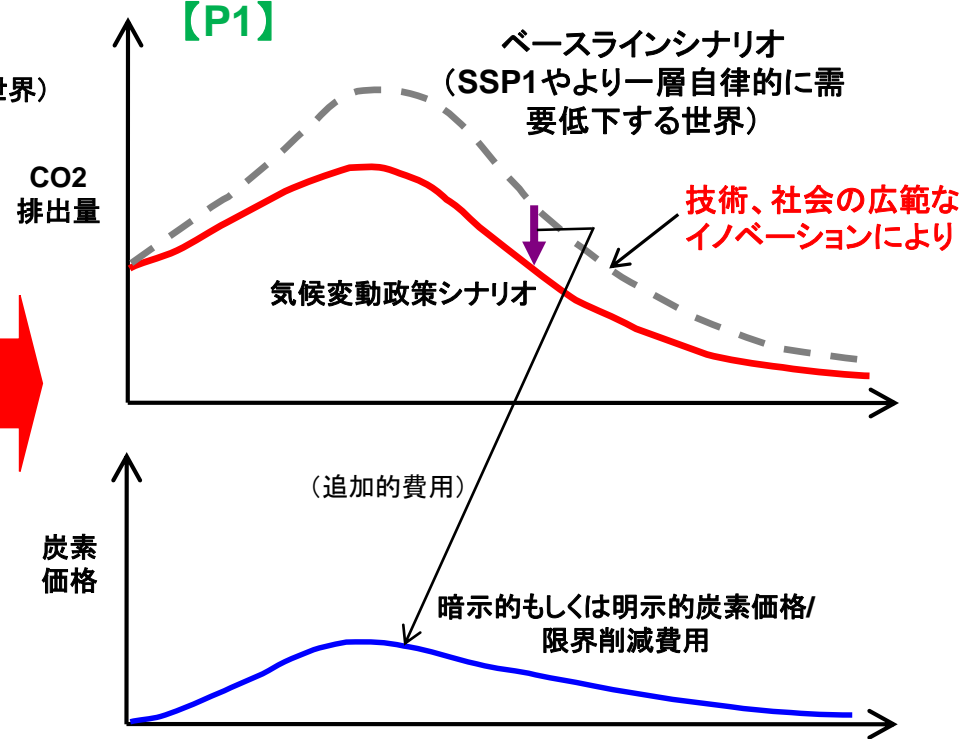
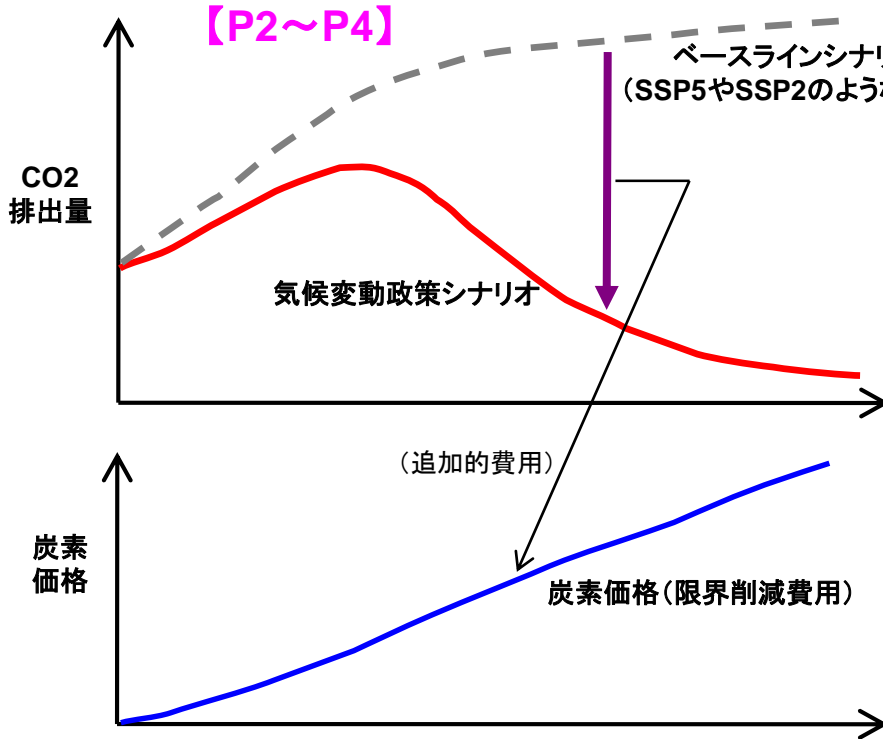
- ◆ パリ協定では、2°C目標や21世紀後半に実質ゼロ排出目標等に言及。ただし、2°C目標としても、気候変動科学の不確実性によって、その排出許容量には大きな幅がある。また国際政治情勢も不確実性が大きい。不確実性を前提としつつ、賢いリスクマネジメントが必要。ただし、気温安定化のためにはいずれはCO₂排出の実質ゼロが必要。
- ◆ 電力化率の向上と、低炭素、脱炭素電源化は、対策の重要な方向性。最終的には電気利用の大幅拡大が重要だが、どのエネルギーキャリアをどの段階で利用すべきかは、全体システムで評価することが重要。
- ◆ 脱炭素化に向けた各種技術の有用性は、想定する排出削減シナリオ、各技術の将来見通し等によって異なる。現時点では、気候変動科学、気候変動影響、気候変動対応の国際情勢を見極めながら、低炭素化を進める過程の中で、複数のオプションについて技術開発を行って、経済性の成立を徐々に見極めていくというリスクヘッジをせざるを得ない。
- ◆ 水素も、エネルギー、電力の脱炭素において重要なオプション。一方、水素を現実に大規模に展開するためには、コストの大幅な低減が不可欠。ただし需要が拡大しなければ、コスト低減は容易ではなく、コストを見極めながら、適切な需要拡大を志向することは重要。
- ◆ 2°C目標、実質ゼロ排出等のためには、強力な国際協力が困難と見られる中で、漸進的な技術進展を見込んだとしても緩和費用は相当高い可能性があり、広範かつ破壊的なイノベーションが必須。エネルギー供給サイドは無論のこと、デジタル技術等を利用したエネルギー需要サイドの技術イノベーションとそれに誘発される社会イノベーションは極めて重要。この芽は、気候変動対策とは離れてビジネスベースで(経済自律的に)、既に育ちつつあり、それを加速させることが重要。

付録

モデル分析によってIPCC等で示されてきた大幅排出削減シナリオと現実社会でよりあり得る大幅排出削減シナリオ

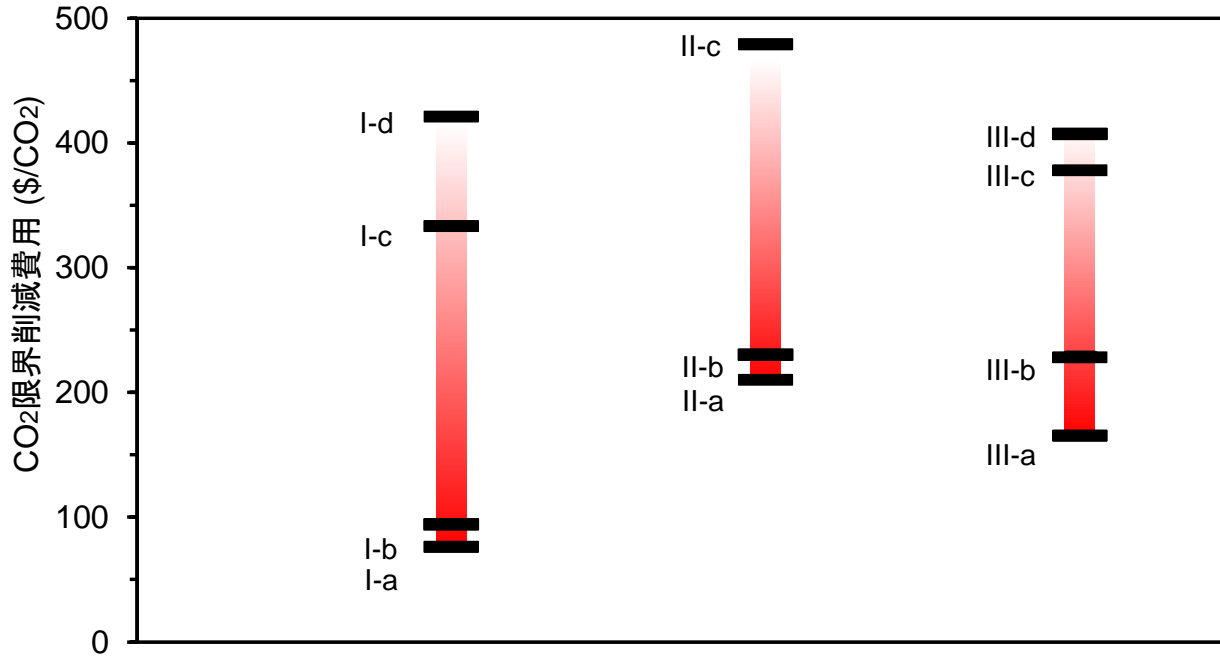
モデル分析による典型的シナリオ: 通常の技術進展の想定

現実社会で要求される世界: 技術革新がより大きく誘発、実現される必要あり



- 現実世界においては、高い明示的な炭素価格をつけるようなことは非現実的(世界で高い炭素価格で協調することは不可能であり、一方、国際協調無しに高い炭素価格付けを行えば、製造業は産業移転を起こし、炭素排出は他国にリーケージを起こし、温暖化抑制効果は期待できない)。
- 高くない(暗示的もしくは明示的な)炭素価格であっても(2次エネルギー価格の世界的な協調を含め)結果として、排出が大幅に減るように誘発するような技術、社会の大幅なイノベーションが起こらなければ、現実世界では大幅な排出削減は不可能と考えられる。
- ただし、気候変動影響被害が極めて甚大、かつ、イノベーションがうまくいかなかったときの備えとしてのシナリオ検討、技術(BECCS, DACSなど)の準備は必要と考えられる。

日米欧NDCsのCO2限界削減費用：国内政策の複雑性からの費用増



Source: RITE DNE21+モデルによる推計

I. 米国

- I-a: -26%; 最小費用
- I-b: -28%; 最小費用
- I-c: -26%; 発電部門がCPPに従った場合の非発電部門の限界削減費用
- I-d: -28%; 発電部門がCPPに従った場合の非発電部門の限界削減費用

II. 欧州

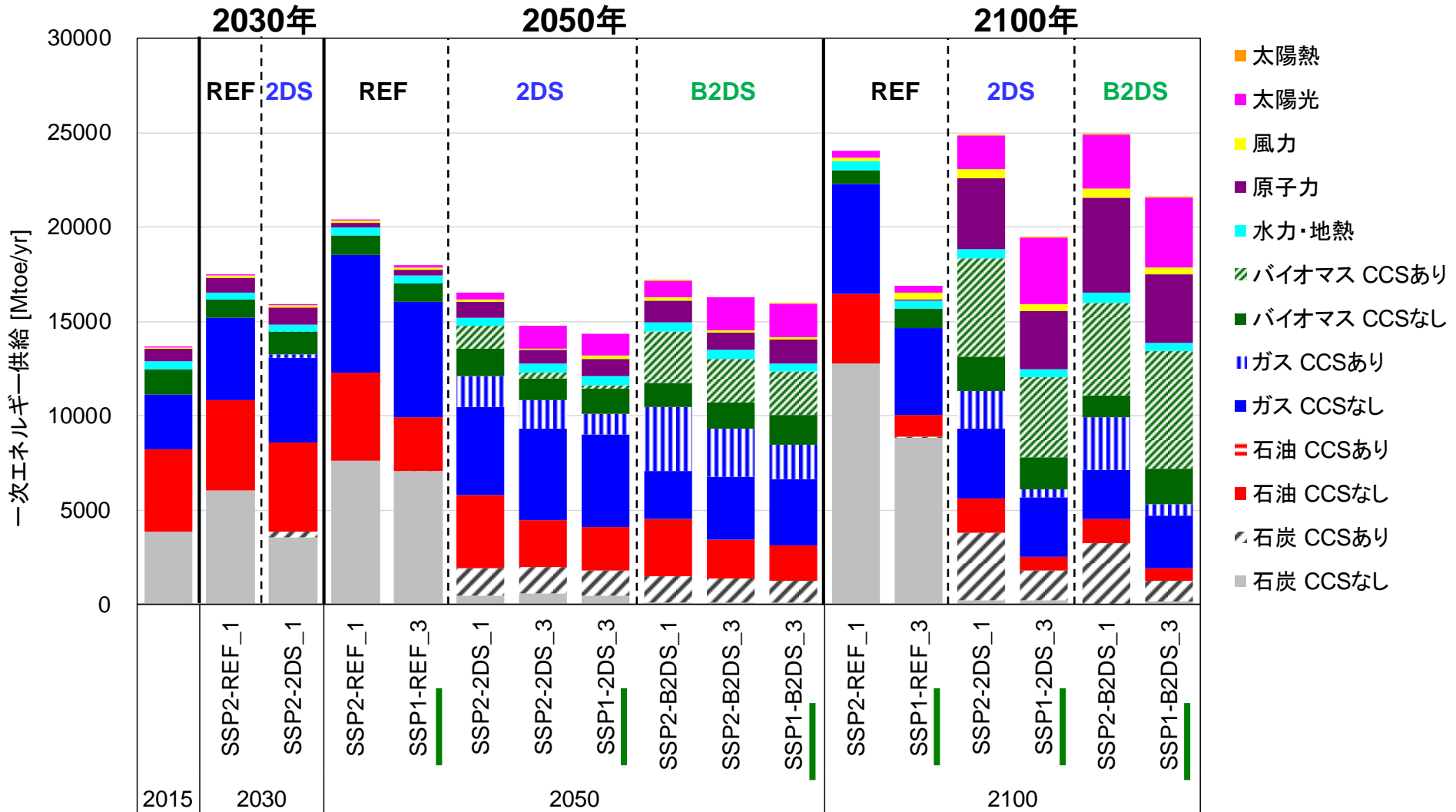
- II-a: 最小費用
- II-b: ブレグジット(英国が-40%に留まる場合の英国以外の限界削減費用)
- II-c: ETS部門での排出削減が計画に従った場合、非ETS部門での限界削減費用

III. 日本

- III-a: 最小費用(ただし原子力比率は20%が上限の場合)
- III-b: 最小費用(ただし原子力比率は15%が上限の場合)
- III-c: 電源構成を含むNDC目標(原子力比率20%の場合)
- III-d: 電源構成を含むNDC目標(原子力比率15%の場合)

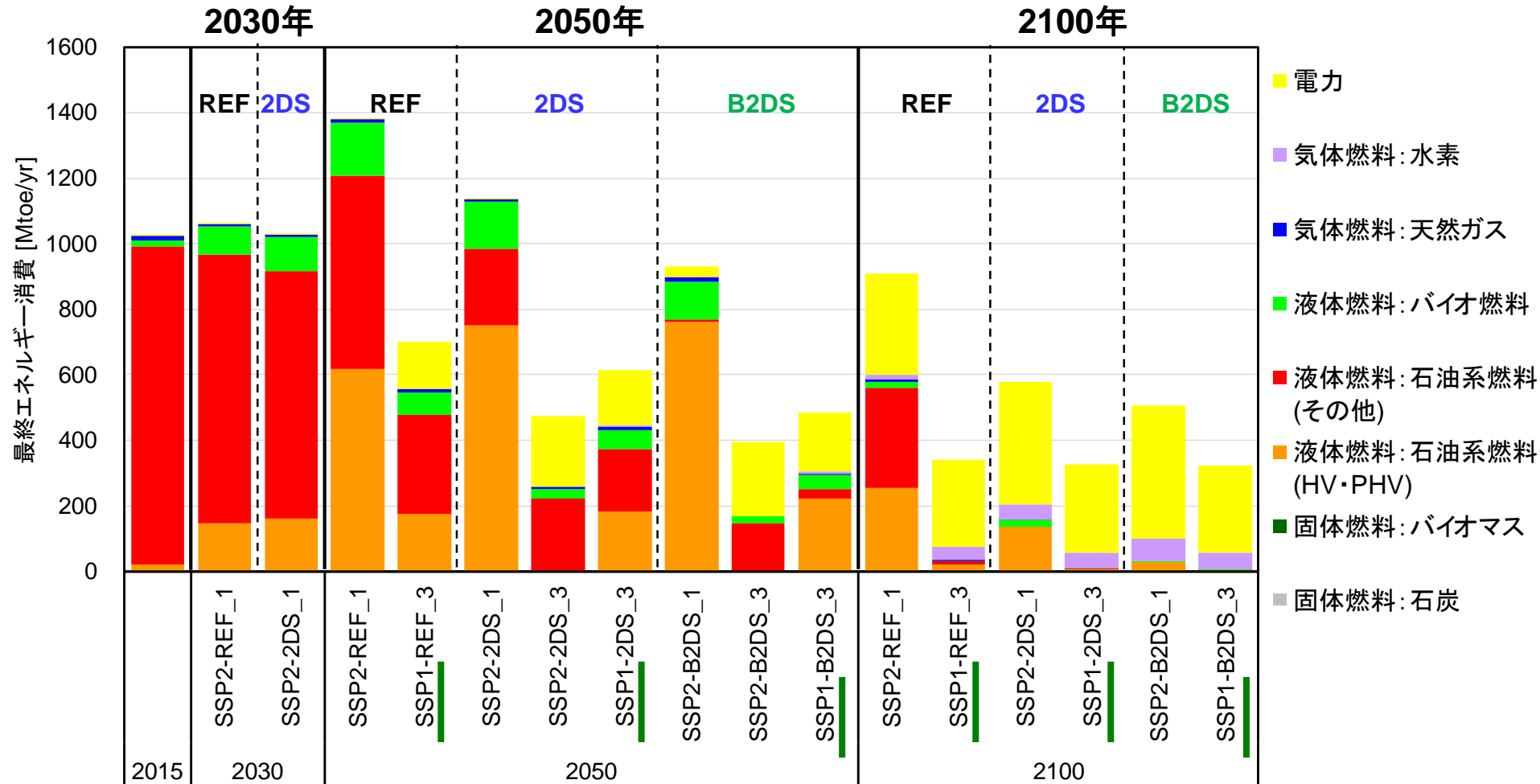
- 各国の対策について、現実には、社会的な制約や、政治システムの制約などもあり、費用最小となる効率的な対策をとることは容易ではない。
- 通常の長期モデル分析で示されるような費用で排出削減はできず、ずっと大きな費用が必要となる可能性も高い。

世界一次エネルギー生産量



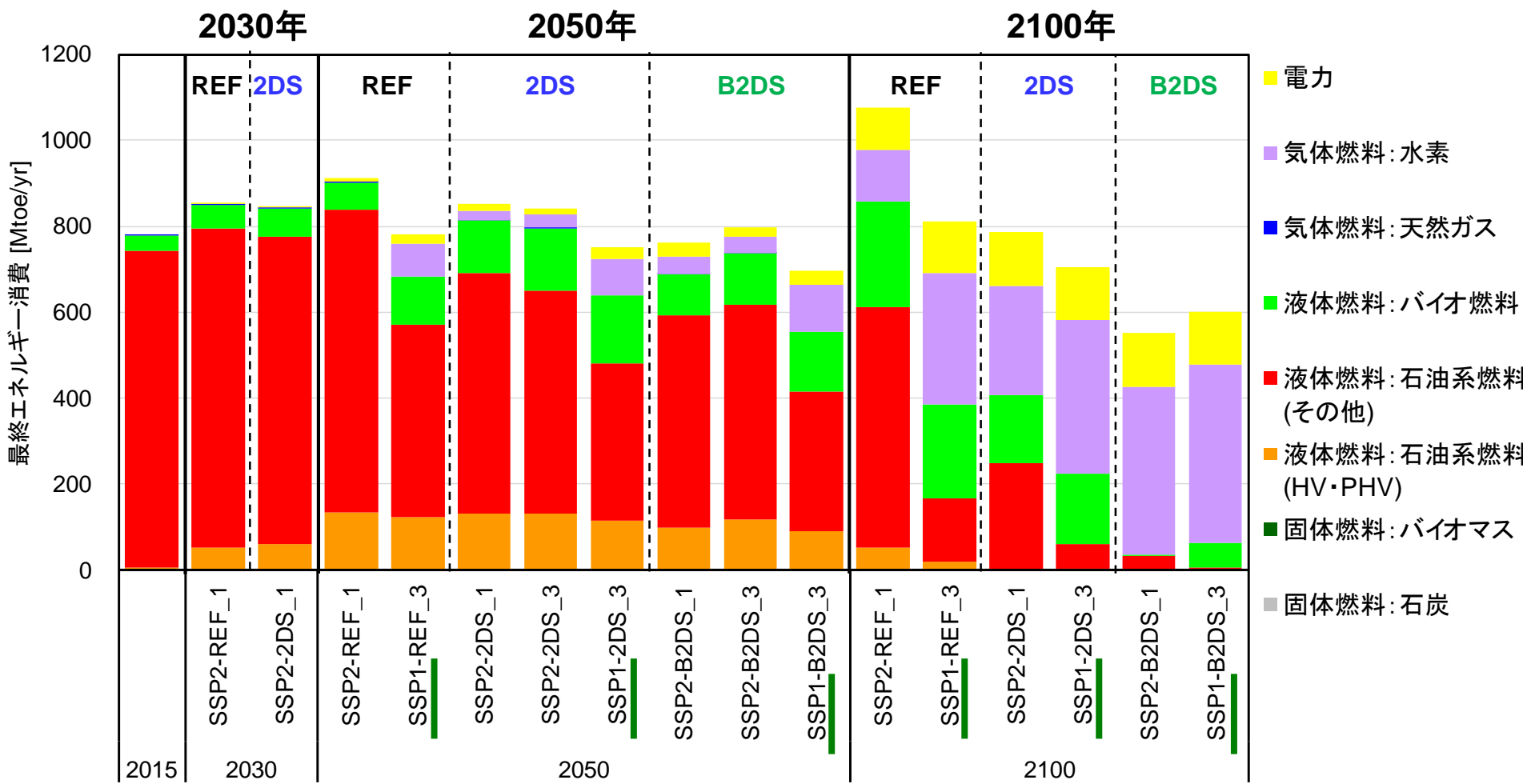
✓ 2°C目標のいずれのシナリオにおいても、2100年に向けて、再エネ、原子力、CCSの拡大が見られる。
 ✓ ただし、2100年においても、CCS無しの化石燃料利用は一定量残る。

世界の部門別の最終エネルギー消費量：乗用車



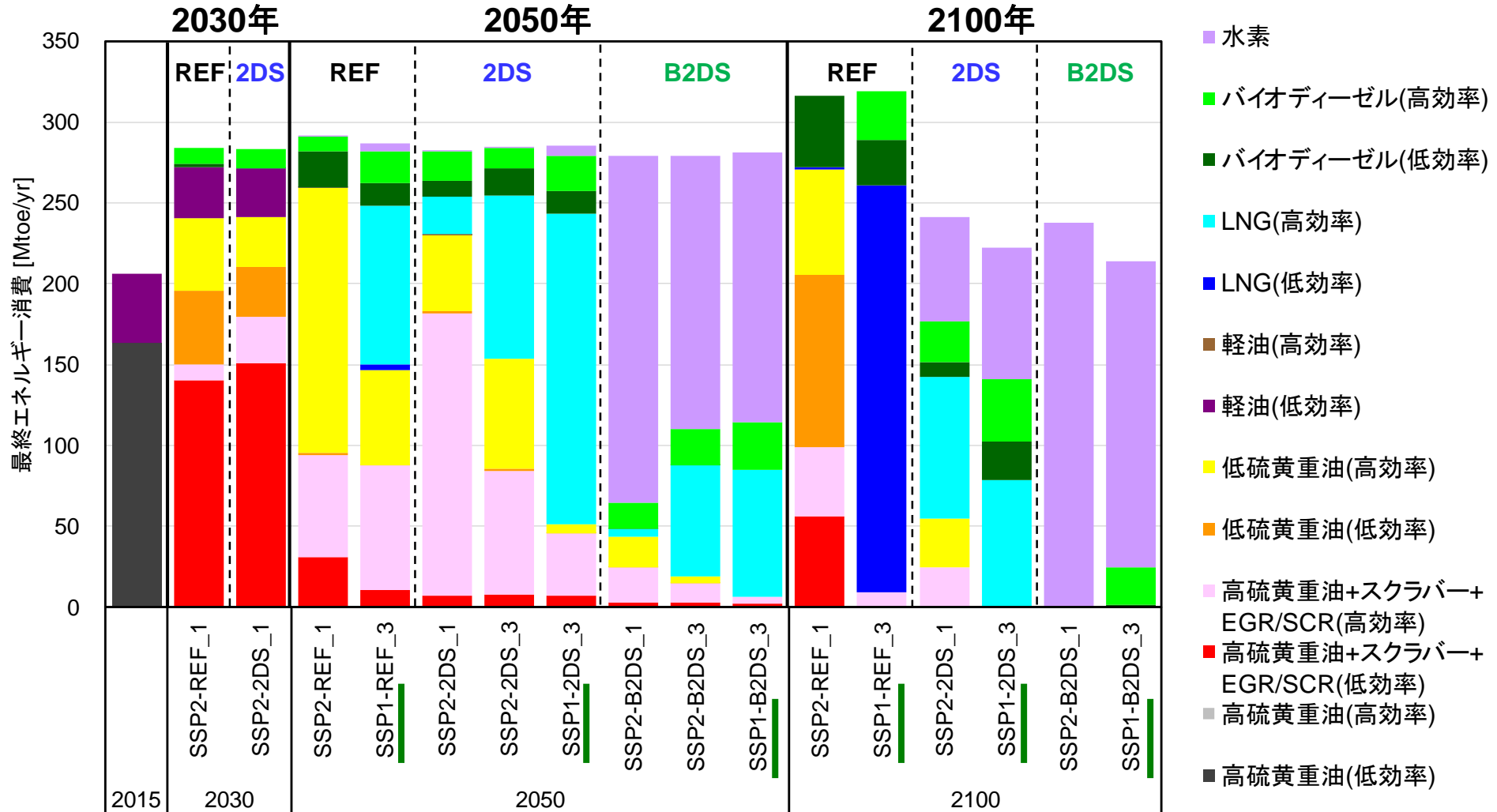
- ✓ 2°Cシナリオでも、2050年頃までは石油系燃料（HV, PHV）が主流のシナリオが多い。
- ✓ シェアリング想定シナリオ（ケース3）では、EVの比率が増大。
- ✓ 2100年では、EVが主に。

世界の部門別の最終エネルギー消費量：トラック



✓ 2°Cシナリオでも、2050年頃までは石油系燃料が支配的。バイオ燃料利用も一定程度見られる。
 ✓ 2°Cシナリオの2100年では、水素燃料(FCV)が主に。

世界の部門別の最終エネルギー消費量：国際海運



✓ 国際海事機関(IMO)によるSOx、NOx規制をすべてのシナリオで想定。
 ✓ 2DSでは2050年頃以降はLNG利用の経済効率性が大。B2DSでは2050年以降、水素利用が支配的。