

福岡県地域エネルギー政策研究会

2023年8月30日

需要側から考えるカーボン ニュートラル

(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

(東京工業大学科学技術創成研究院 特任教授)

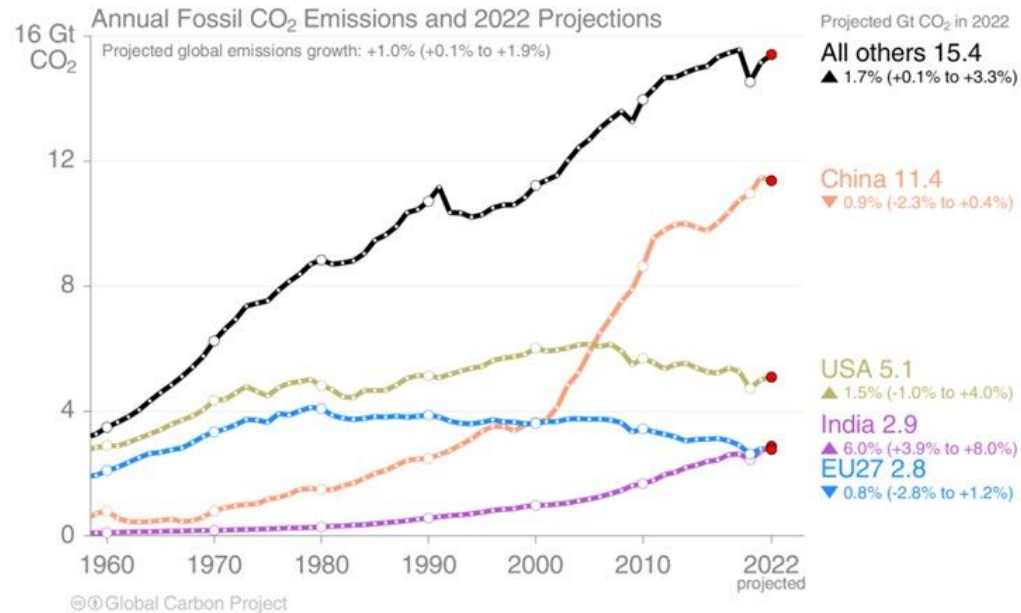
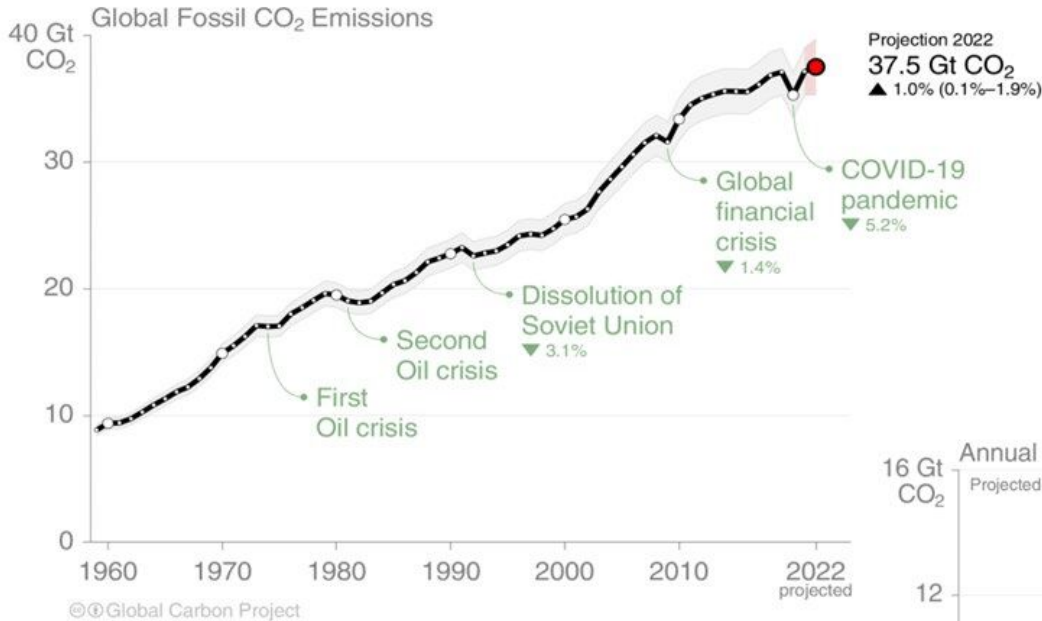


1. 世界の温室効果ガス排出動向とカーボンニュートラル対策の方向性
2. カーボンニュートラルに向けた各種対策の役割と課題
3. DXによる需要側対策の効果
4. まとめ

1. 世界の温室効果ガス排出動向と カーボンニュートラル対策の方向性



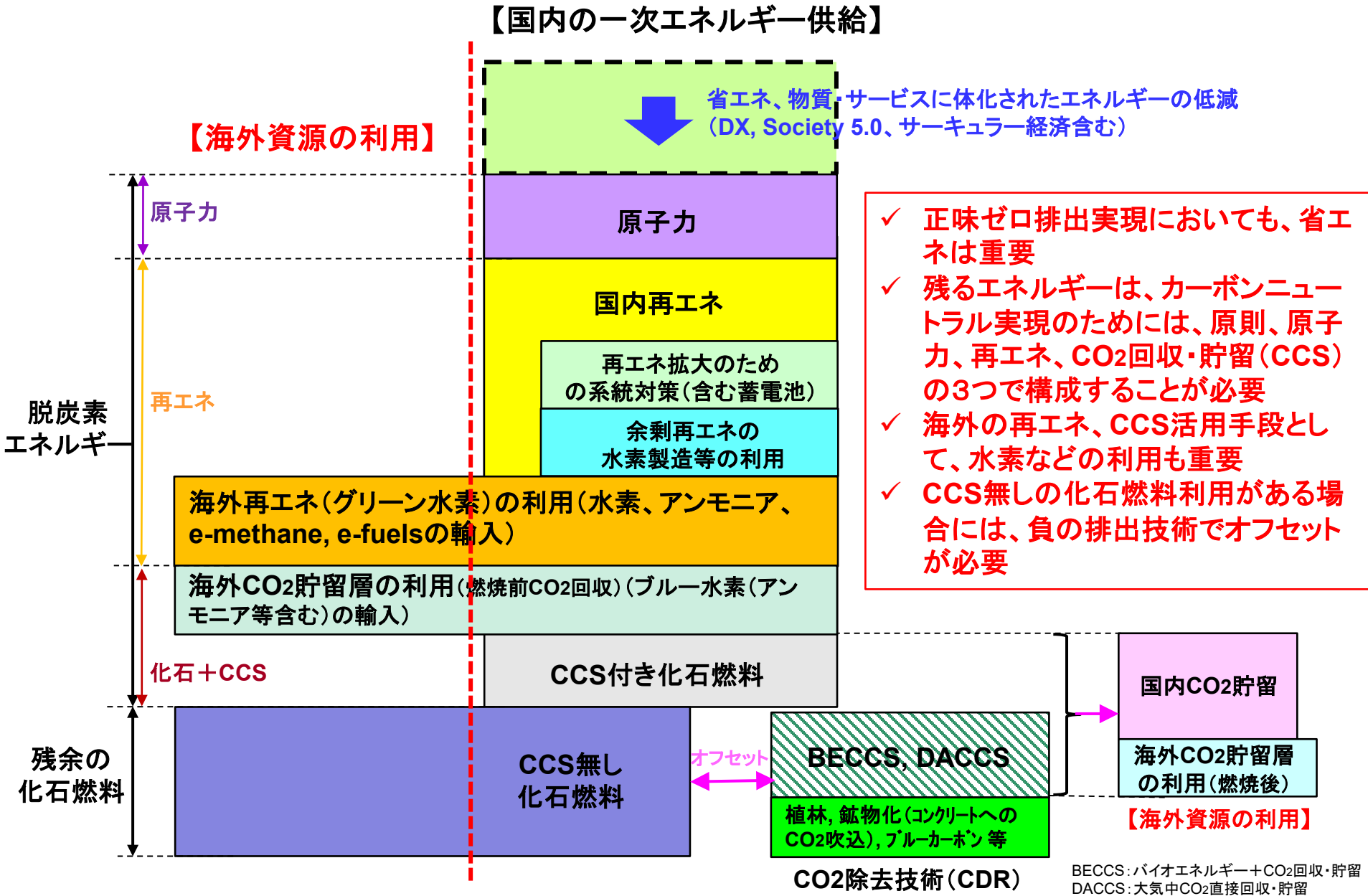
世界のCO2排出量の推移



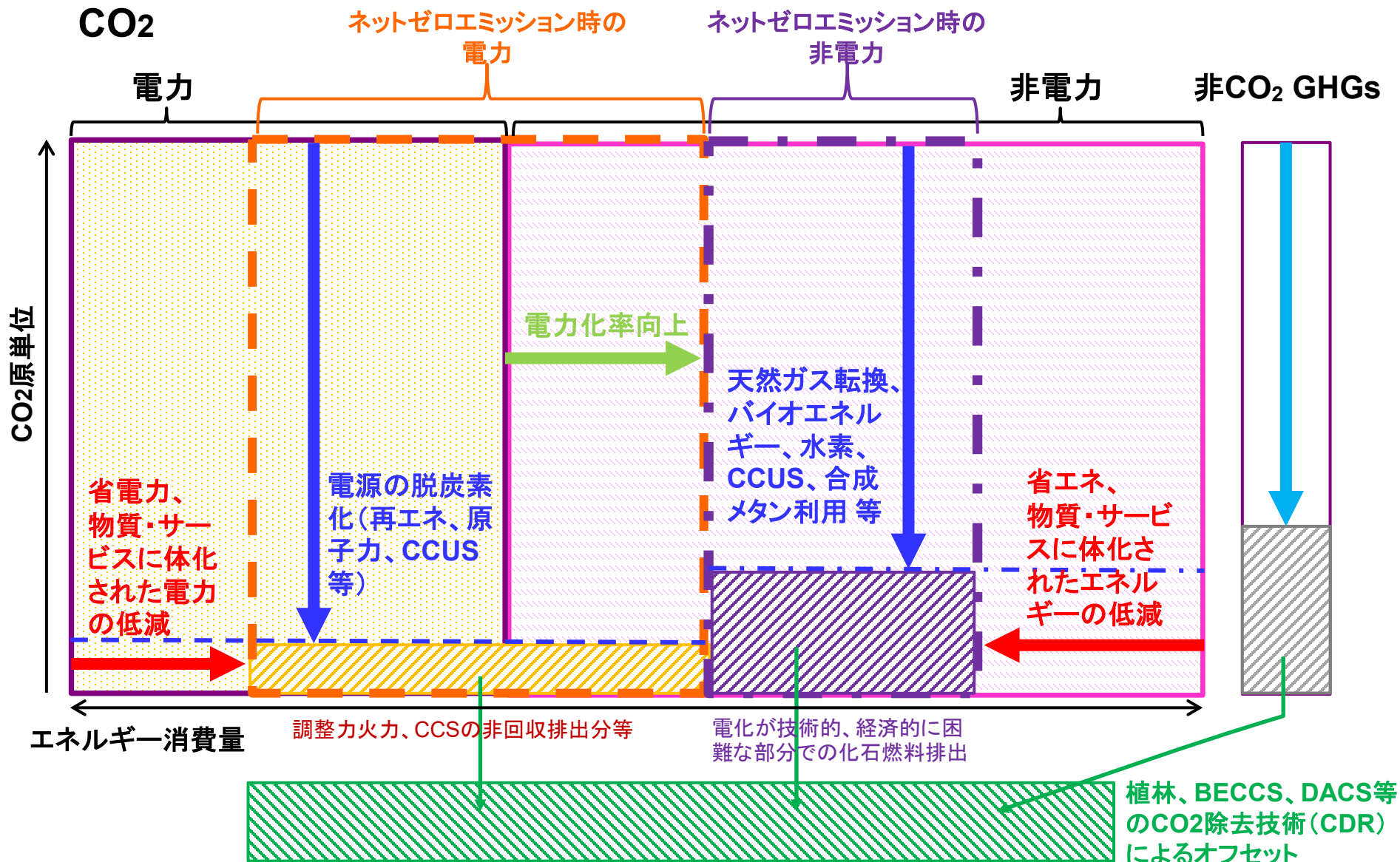
出典) Global Carbon Project, 2022

- 経済とCO2排出量のカップリングは続いている。CO2排出も大きく減少したときは、経済(GDP、所得)も悪化している状態。世界の排出量を簡単に減らせる状況にはない。
- 先進国から途上国への産業のリーケージ、炭素のリーケージが見られる。

正味ゼロ排出のイメージ (1/2)

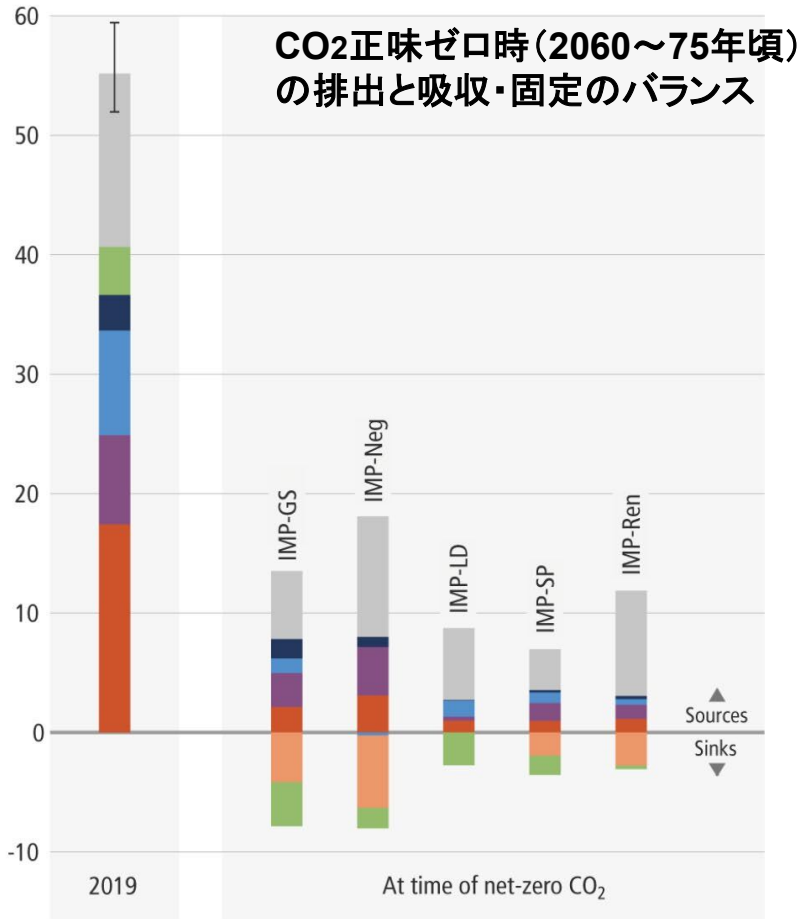


正味ゼロ排出のイメージ (2/2)



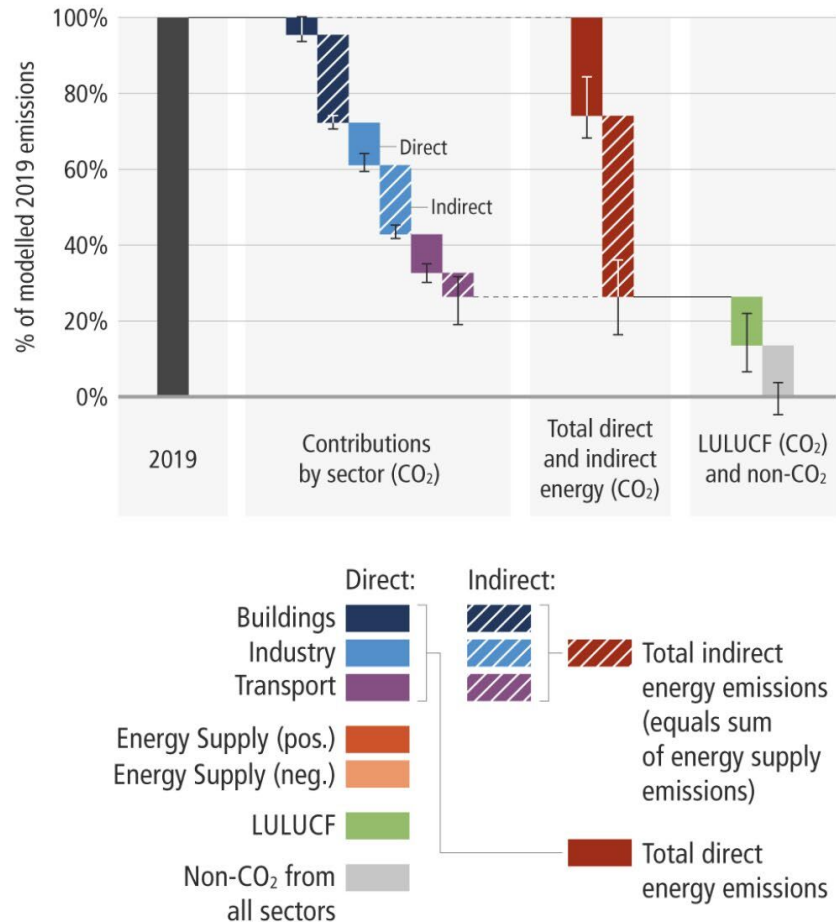
IPCC報告書：シナリオで異なるCNの達成手段

e. Sectoral GHG emissions at the time of net-zero CO₂ emissions (compared to modelled 2019 emissions)



f. Contributions to reaching net zero GHG emissions (for all scenarios reaching net-zero GHGs)

Fig. SPM.5



「CO₂又はGHGの正味ゼロを達成しようとするならば、削減が困難な残余排出量を相殺するCDRの導入は避けられない。」(SPM C.11)

- ✓ LD(低需要)を除くいずれのシナリオにおいても、正味CO₂ゼロ時に、大規模植林以外のCDRも活用
- ✓ 更に温室効果ガスでの正味ゼロにおいては、CDRが不可欠

IPCC第報告書：部門別の需要対策の効果

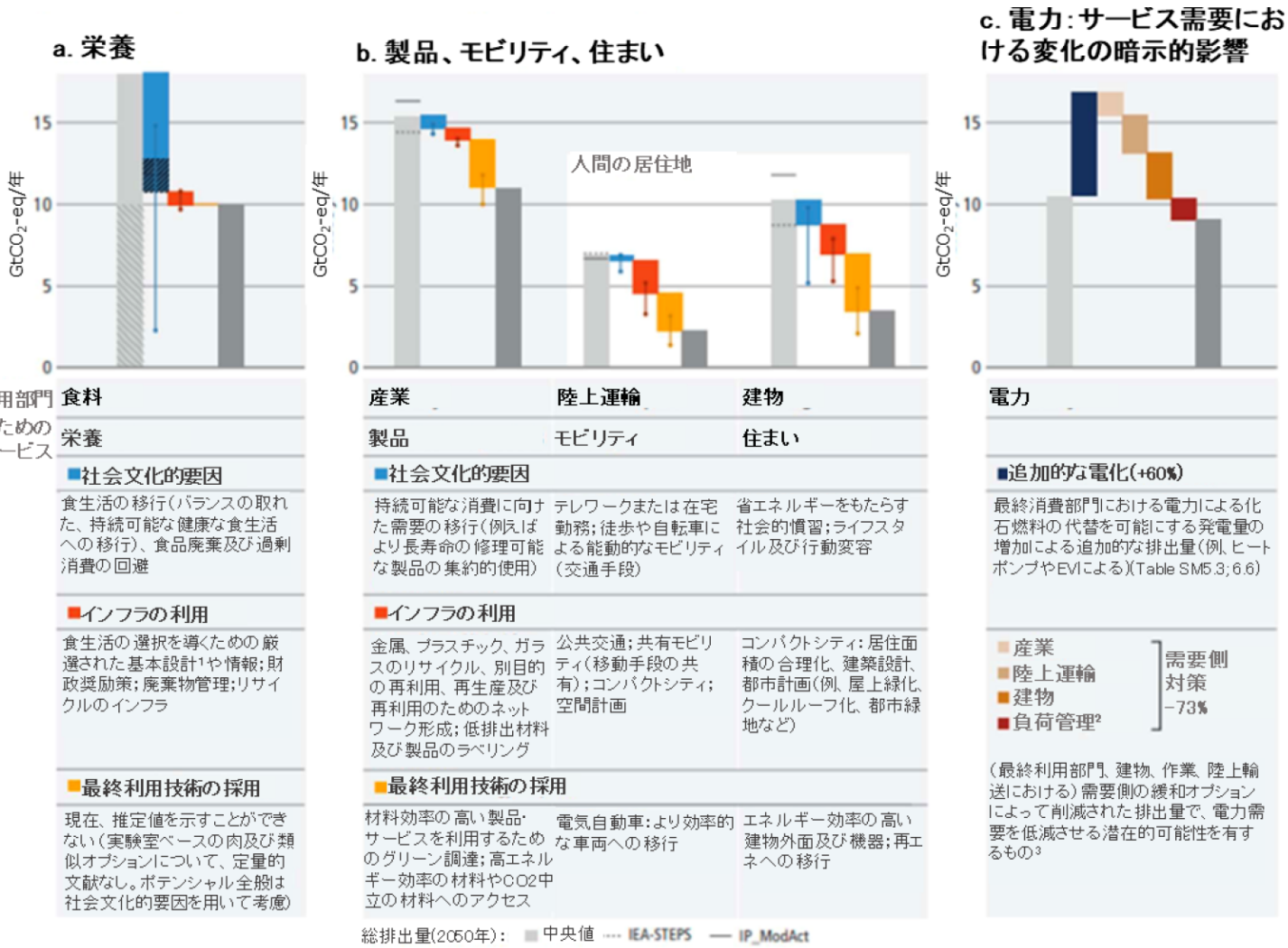


Fig. SPM6
(日本語仮訳)

(SPM C.10)

- ✓ 「需要側の対策とエンドユースサービスの新しい提供方法によって、エンドユース部門における世界全体のGHG 排出量をベースラインシナリオに比べて2050年までに40-70%削減しうる。」
- ✓ 「需要側の緩和対応策は、全ての人々の基本的幸福の向上と統合的である。」

AFOLU
食料関連の排出量の直接削減
(開放された土地の再植林を除く)

総排出量(2050年)
社会文化的要因
インフラの利用
最終利用技術の採用

需要側のオプションによって回避または削減できない排出量は供給側のオプションによって対応されると想定される。

追加的な電化
産業
陸上輸送
建物
負荷管理

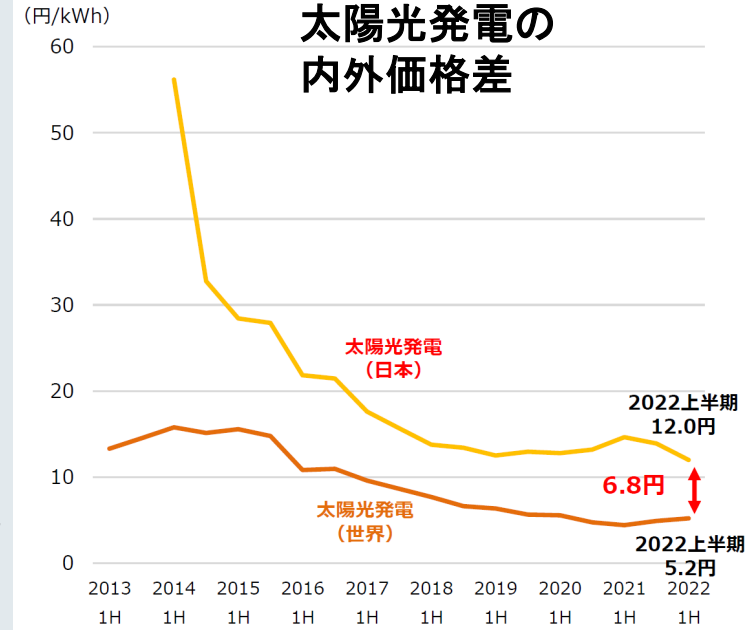
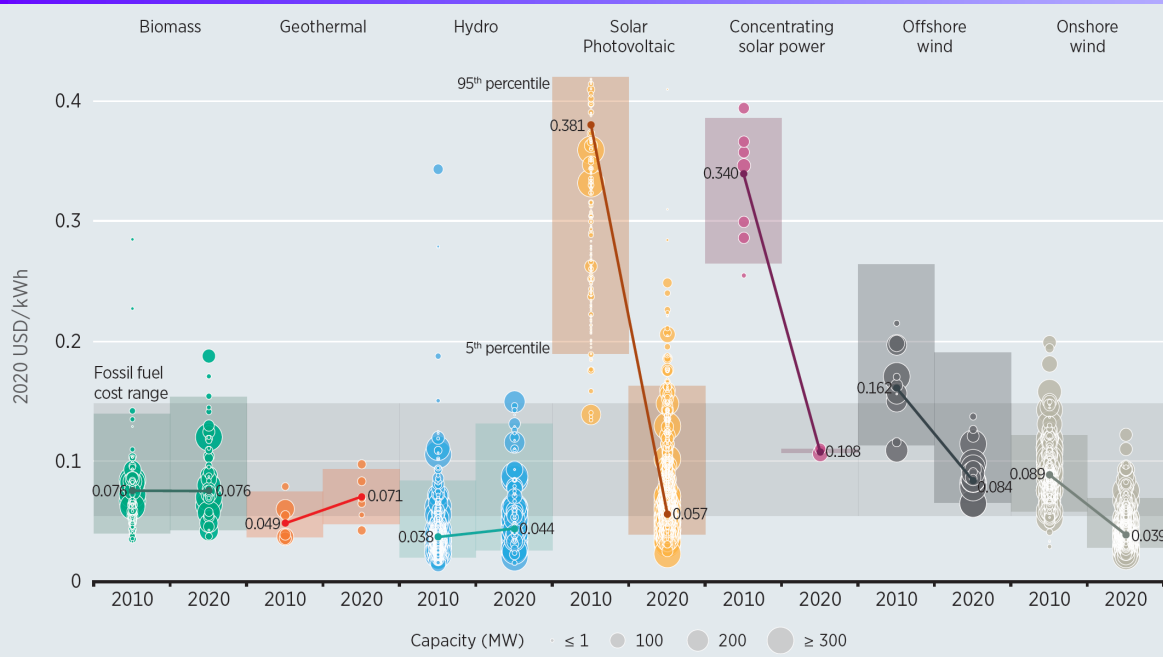
2. カーボンニュートラルに向けた 各種対策の役割と課題



2.1. 再生可能エネルギー



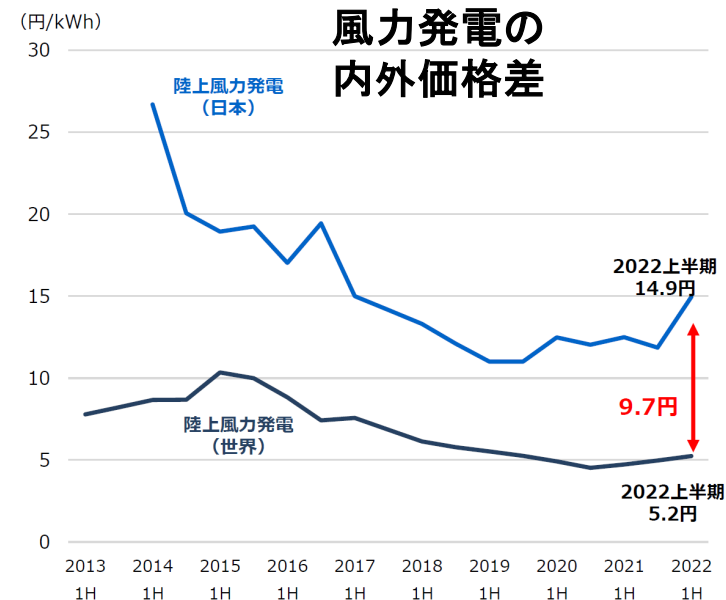
世界の再生可能エネルギーの動向



出典) IRENA, 2021

出典) 調達価格等
算定委員会, 2022

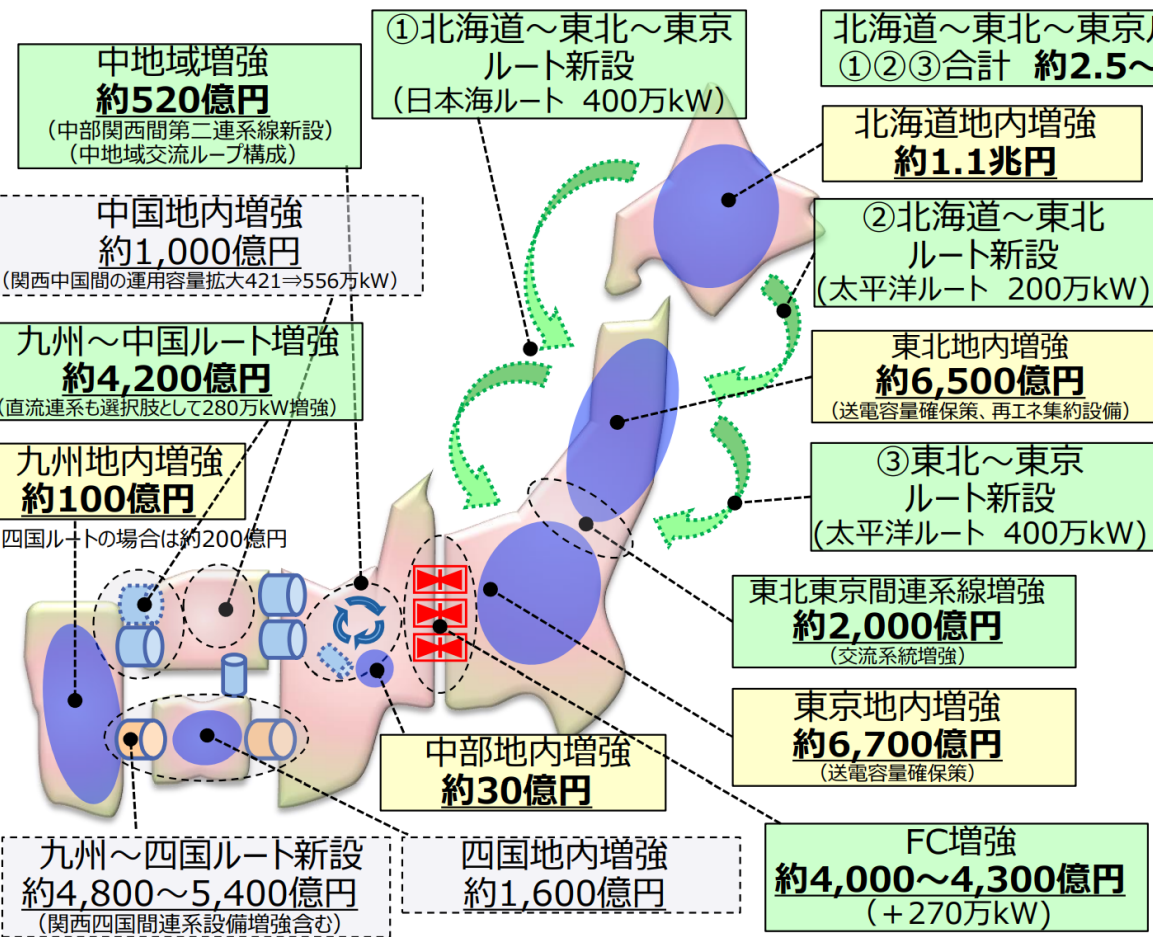
- ✓ 特に変動性再生可能エネルギー(太陽光、風力)のコスト低減は大きく進展してきている。
- ✓ ただし、国間によって大きなコストの差異があり、日本の価格は依然として高い。
- ✓ 海外再エネとのコスト差が残る可能性が高いため、海外の再エネを水素や合成メタンとして活用することが経済合理的



再エネの拡大に向けて:プッシュ型の電力系統形成

再エネ50%程度の導入時

ベースシナリオ



【凡例】
 連系線増強
 地内増強
 将来の選択肢

必要投資額 ^{※1}	約6.0～7.0兆円
費用便益比(B/C) ^{※1}	0.7～1.5
年間コスト ^{※1, ※2}	約5,500～6,400億円/年
年間便益 (純便益)	約4,200～7,300億円/年 (約▲2,200～1,800億円/年)
削減された燃料費	約3,300～6,700億円/年
削減されたCO2対策コスト	約780億円/年
削減されたCO2排出量	約2,430万 t/年
アデカシー便益	約310億円/年
送電ロス	約▲430～▲250億円/年

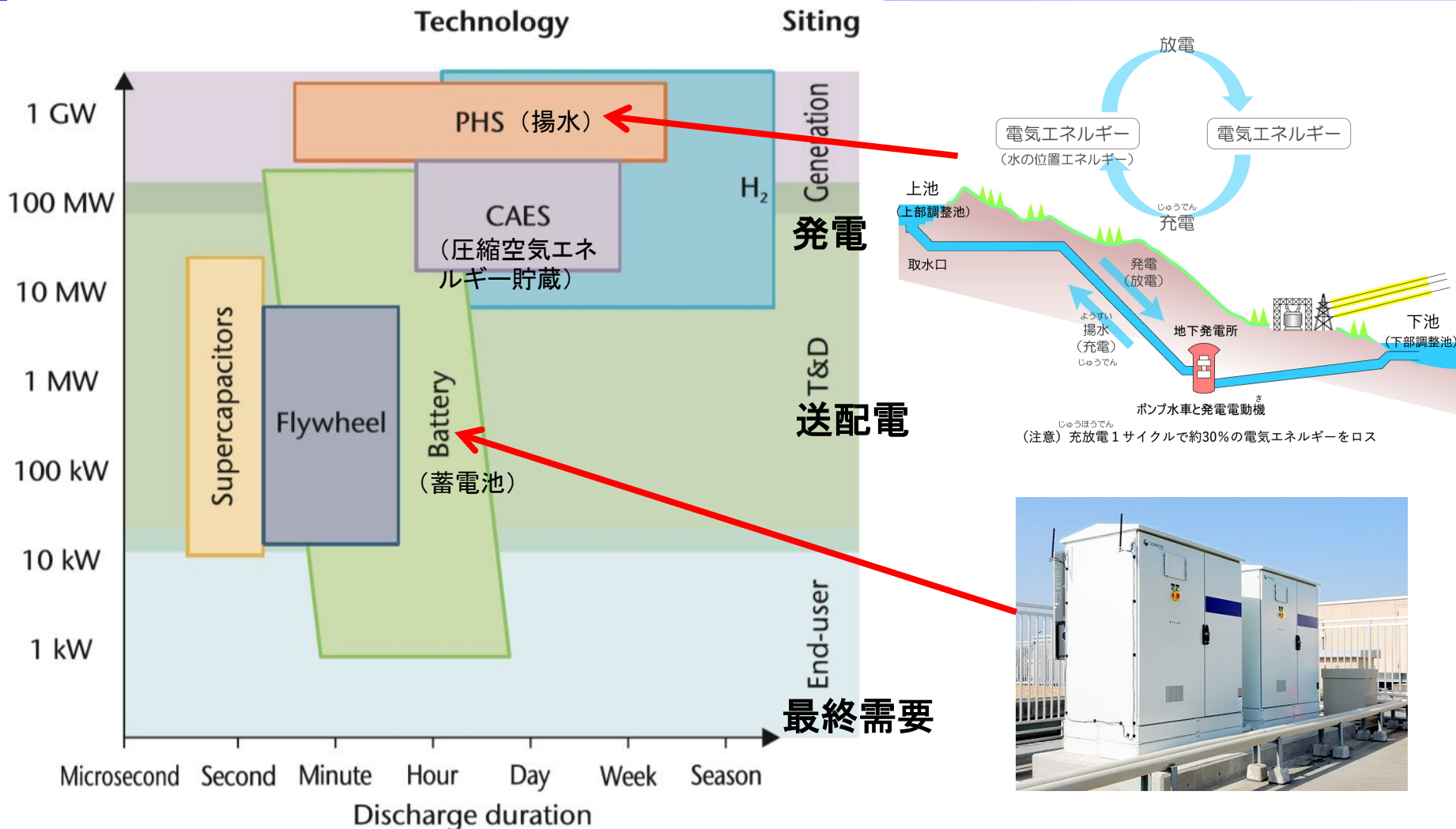
システムの安定性	地域間連系の複線化による周波数安定性の向上、災害時等のバックアップ機能の強化	
再エネ比率	増強後47% (50%)	増強前43%
出力制御率	増強後12% (7%)	増強前22%

() は系統増強以外の施策として、電源側の立地の最適化等を行った場合の参考値
 ※1 HVDCコスト幅等を考慮して試算
 ※2 費用をもとに以下の年経費率にて算出
 架空送電 (7.9%)、地中送電 (9.0%)、変電 (10.7%)

出典) 電力広域的運営推進機関 (2022)

プッシュ型での系統形成を行う方針(費用便益分析を実施)。偏在する再エネの大量導入によって、系統増強への大きな投資が必要。ただし、設備利用率が低くなって、託送料金が増大し過ぎないように、適切な投資が必要。同時に、適切な場所で、変動性再エネの調整可能な需要の創出が重要

変動性再エネの増加に伴うエネルギー貯蔵の重要性

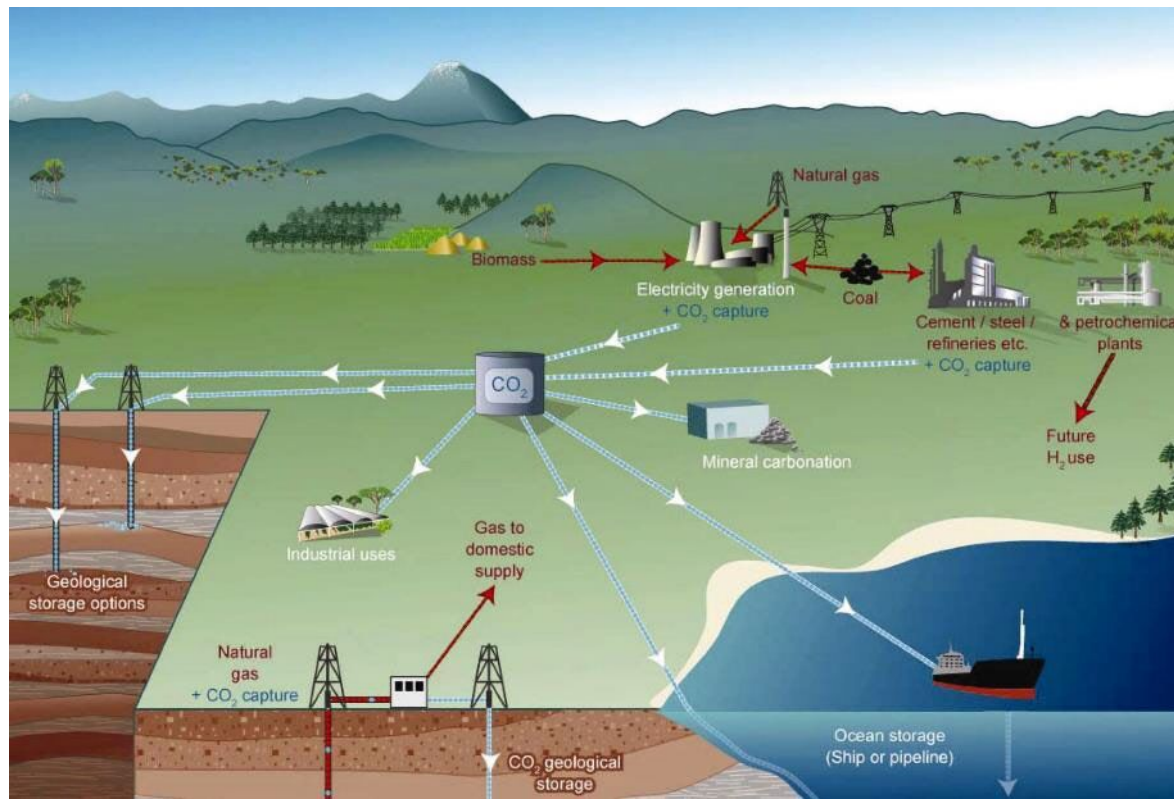


出典: IEA Technology Roadmap-Hydrogen and Fuel Cell, 2015

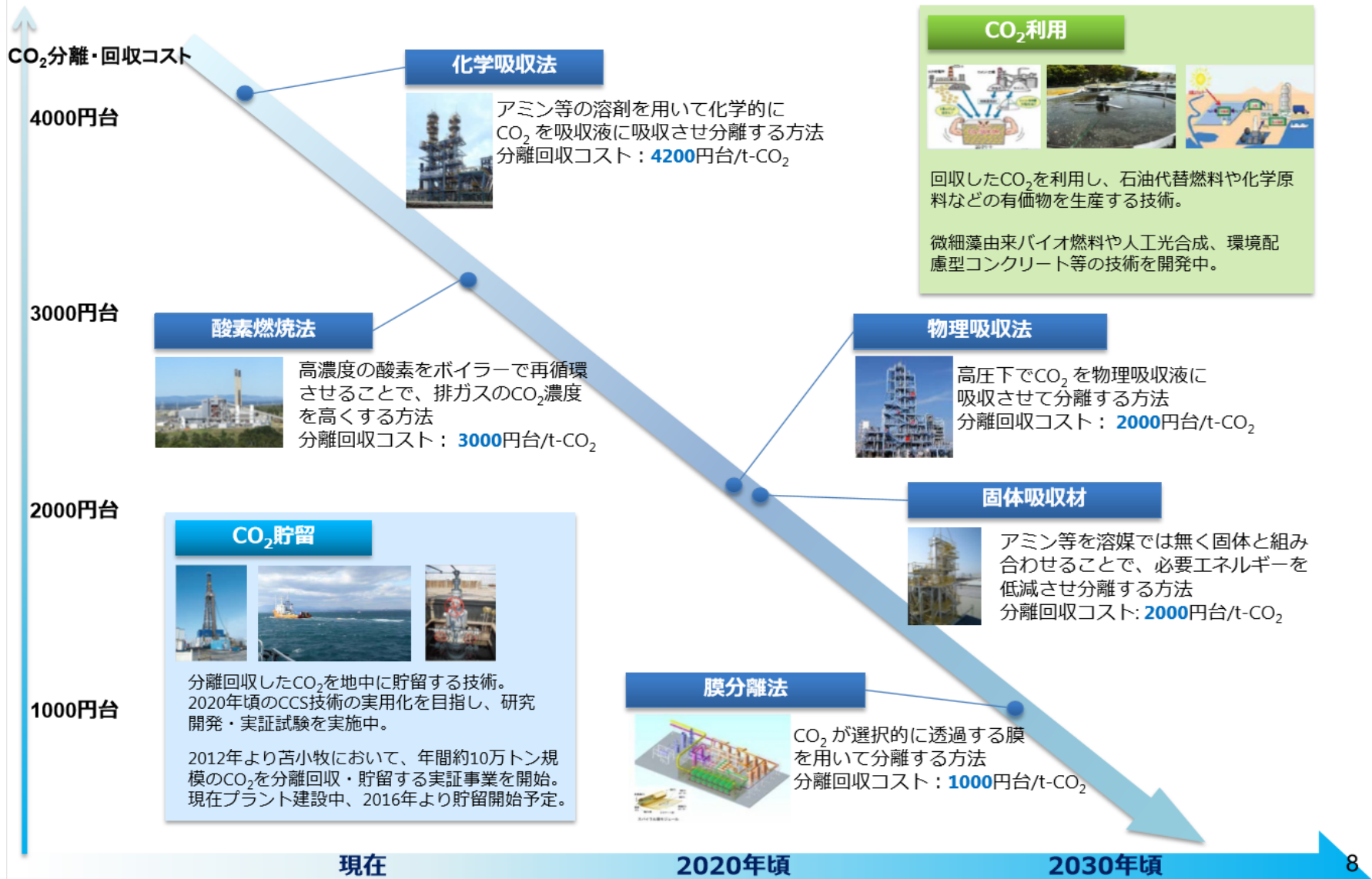
- ✓ 技術、エネルギー種によって、エネルギー貯蔵における得意領域は異なる。
- ✓ 電子は移動がしやすいため、それを蓄電池という仕組みの中に抑え込むことは、原理的に困難さが増す。貯蔵の難しさ(コスト)は、電気(電子) > 水素 > 天然ガス > 石油 > 石炭 > ウラン のような順。

2.2. CCUS、DAC

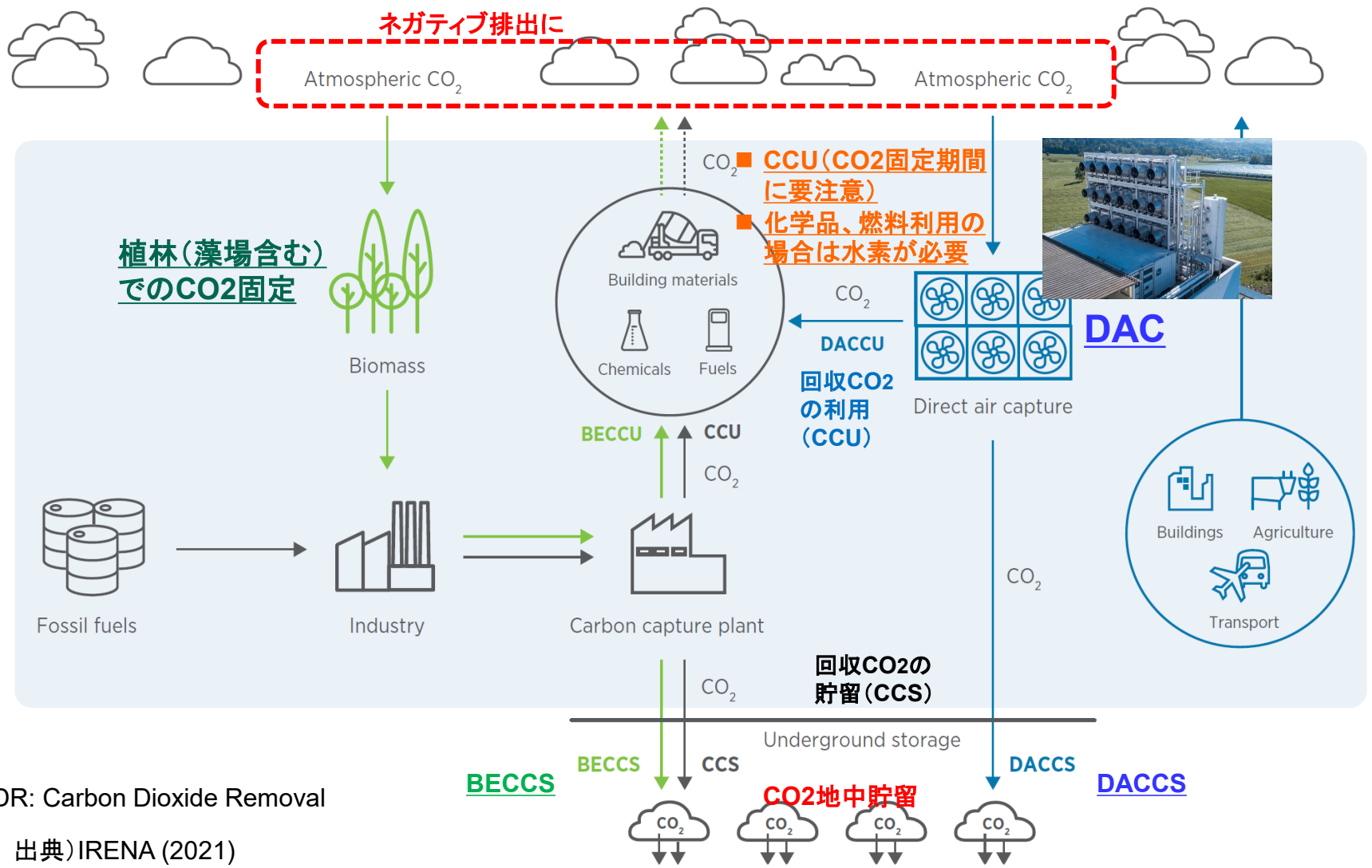
* CCUS: 二酸化炭素回収・利用・貯留、DAC: 大気中CO₂直接回収



CO₂回収関連技術の概要



二酸化炭素除去技術（CDR）によるネガティブ排出



CDR: Carbon Dioxide Removal

出典) IRENA (2021)

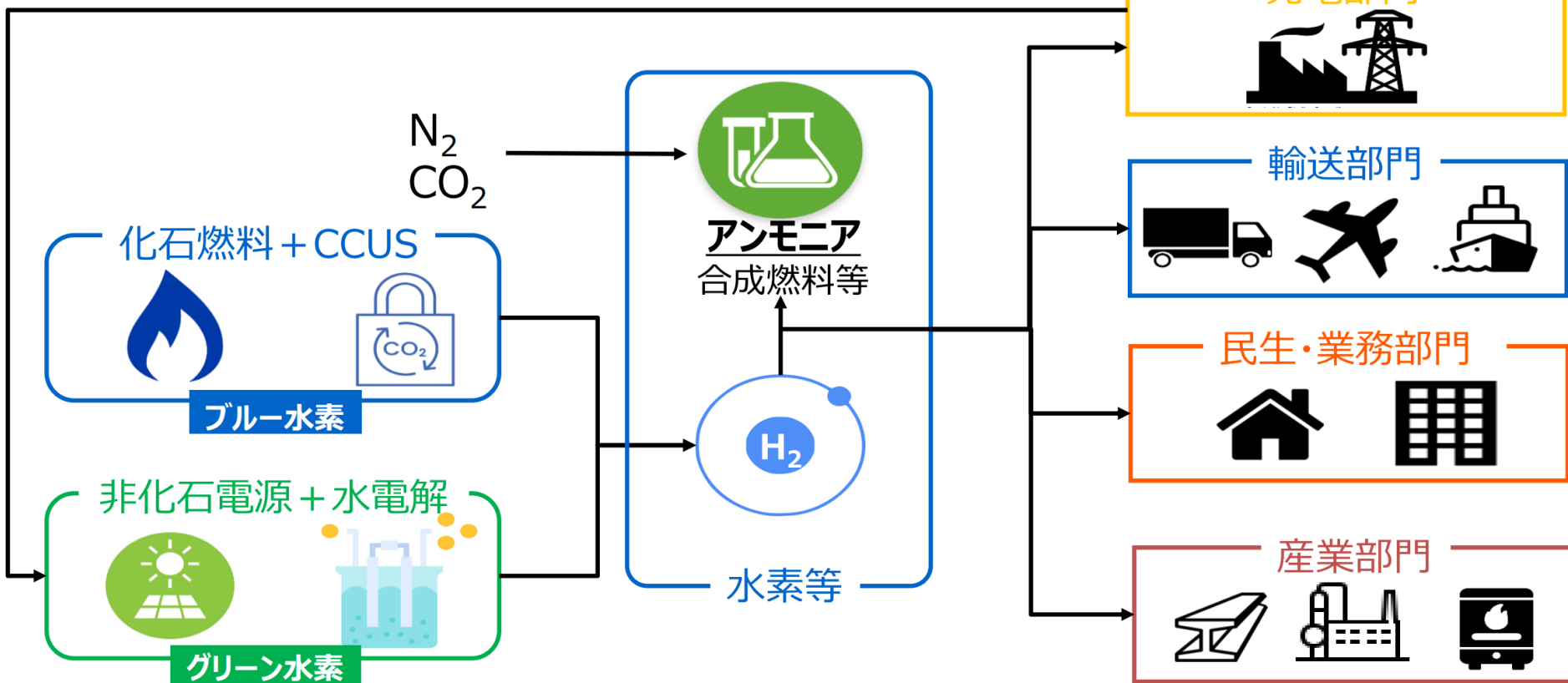
- ✓ 植林や、将来的にはDACCSで、化石燃料からのCO₂排出をオフセットし得る。
- ✓ 国連気候変動に関する政府間パネルIPCCの最新報告書でも、「CO₂又はGHGの正味ゼロを達成しようとするならば、削減が困難な残余排出量を相殺するCDRの導入は避けられない。」とされた。

2.3. 水素系エネルギー



水素システム

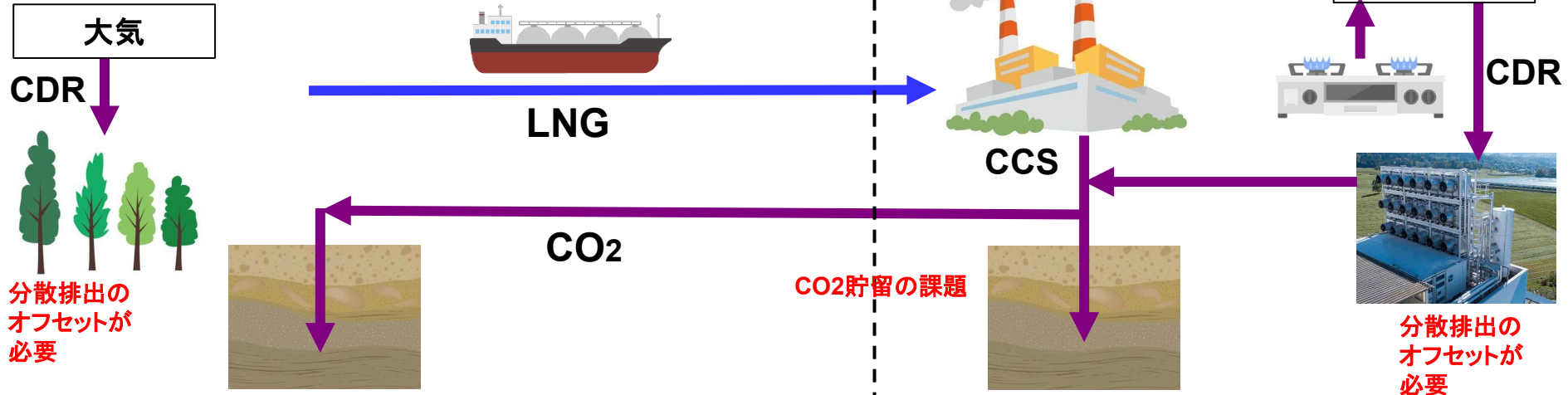
図：クリーン水素及び関連燃料等と供給源及び需要先（イメージ）



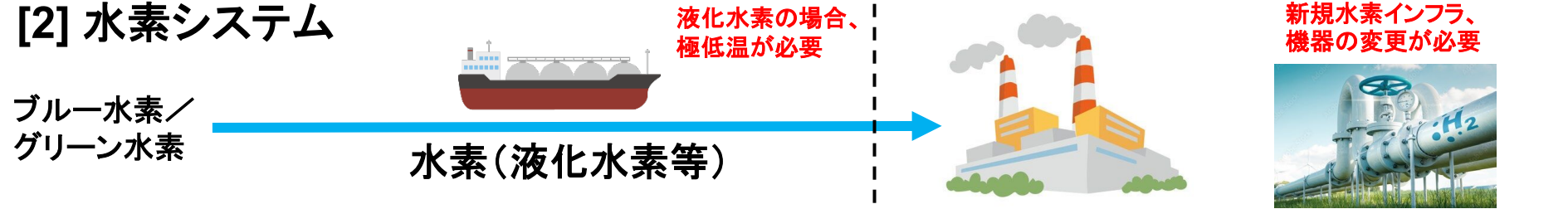
出典) 政府資料

ガスのCN化オプション例

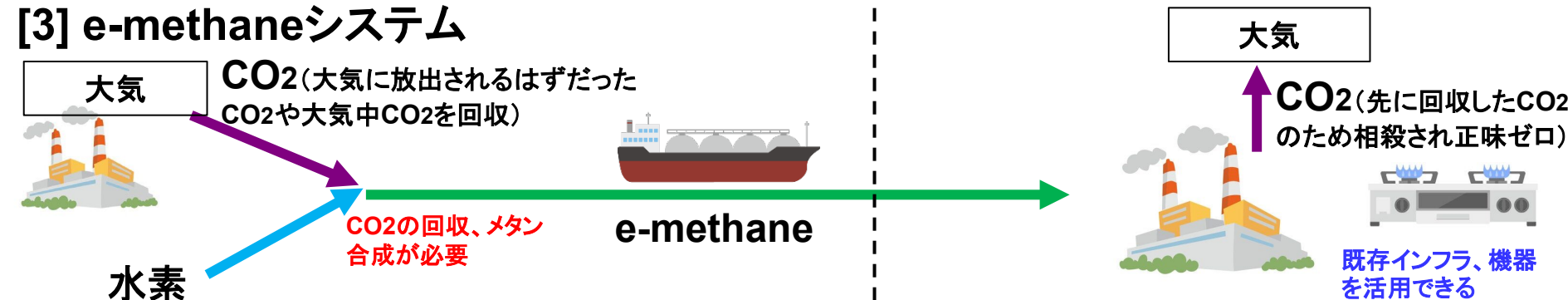
[1] LNG-CCS/CDRシステム



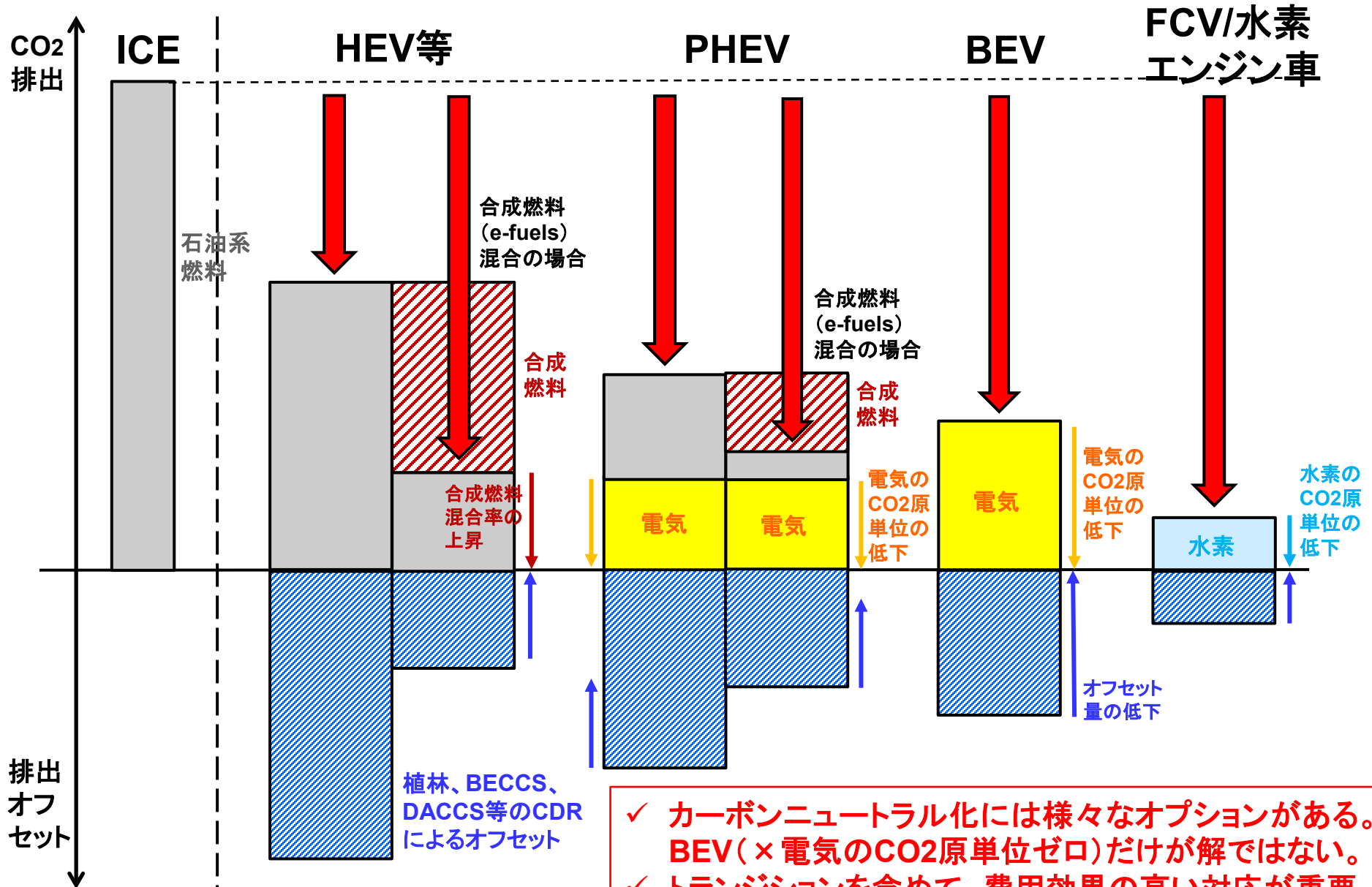
[2] 水素システム



[3] e-methaneシステム



自動車燃料のCN化オプション例



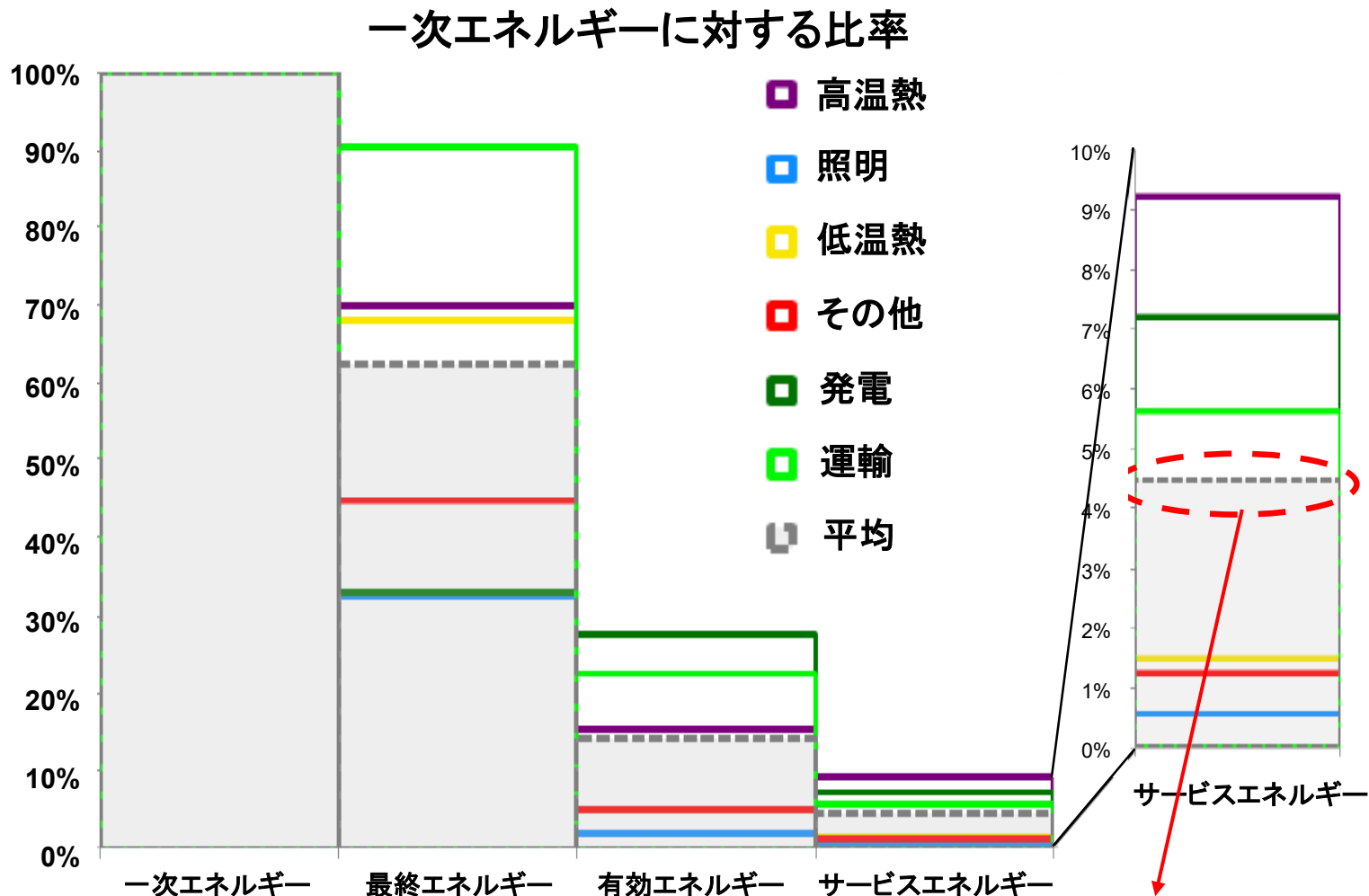
✓ カーボンニュートラル化には様々なオプションがある。
BEV(×電気のCO2原単位ゼロ)だけが解ではない。
✓ トランジションを含めて、費用効果の高い対応が重要

2.4. 省エネ:DXによる低エネルギー 需要社会の実現の可能性

DX: デジタルトランスフォーメーション



利用段階別の世界のエネルギー利用量



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。

一次エネルギー供給から消費まで

エネルギー転換・供給

【高効率電力供給】

- 柔軟性を確保した系統側高効率発電
- 柔軟性を確保した業務用・産業用高効率発電
- 高効率送電
- 高効率電力変換
- 次世代配電

【再生可能エネルギーの有効利用】

- 電力の需給調整

【高効率熱供給】

- 地域熱供給
- 高効率加熱

【熱エネルギーの有効利用】

- 熱エネルギーの循環利用
- 排熱の高効率電力変換
- 熱エネルギーシステムを支える基盤技術

産業

【製造プロセス省エネ化】

- 革新的化学品製造プロセス
- 革新的製鉄プロセス
- 熱利用製造プロセス
- 加工技術
- IoT・AI活用省エネ製造プロセス
- 革新的半導体製造プロセス

家庭・業務

【ZEB/ZEH・LCCM住宅】

- 高性能ファサード
- 高効率空調技術
- 高効率給湯技術
- 高効率照明技術
- 快適性・生産性・省エネを同時に実現するシステム・評価技術
- ZEB/ZEH・LCCM住宅の設計・評価・運用技術、革新的エネルギーマネジメント技術 (xEMS)

【省エネ型情報機器・システム】

- 省エネ型データセンター (第4次産業革命技術)
- 省エネ型広域網・端末 (第4次産業革命技術)

運輸

【次世代自動車】

- 内燃機関自動車／ハイブリッド車性能向上技術
- プラグインハイブリッド車(PHEV)／電気自動車(BEV)性能向上技術
- 燃料電池自動車(FCEV)技術
- 内燃機関自動車／ハイブリッド車(重量車)性能向上技術
- PHEV／BEV／FCEV(重量車)の性能向上技術
- 車両軽量化技術
- 次世代自動車用インフラ

【ITS・スマート物流】

- 自動走行システム
- 交通流制御システム (第4次産業革命技術)
- スマート物流システム (第4次産業革命技術)

部門横断

- 革新的なエネルギーマネジメント技術
- 高効率ヒートポンプ

- パワーエレクトロニクス技術
- 複合材料・セラミックス製造技術

※赤字は新規に追加した重要技術。青字は要素技術等を部分的に追加した重要技術。

✓ 資源の再利用・再資源化

設計段階からリユース・リサイクルを前提としたエコデザイン製品の普及や、回収・選別・リサイクル技術の高度化等

モジュール式で部品交換可能、再生材使用、紛争鉱物の使用回避

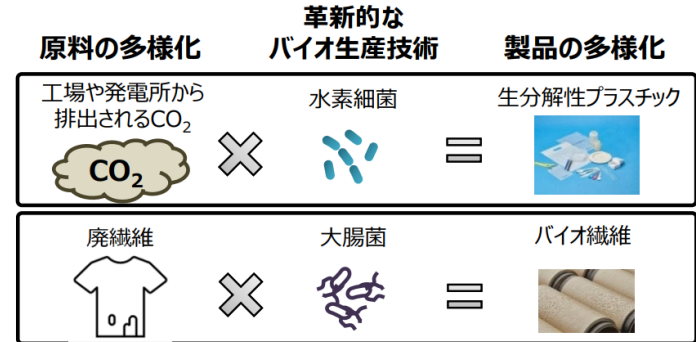


複層フィルム包材のマテリアルリサイクル



✓ 資源の生成

バイオものづくり技術の活用による、輸入資源の国内代替



✓ 資源の共有

シェアリングエコノミーなどを通じた付加価値最大化

モノの所有からモノや移動などのシェアへ



✓ 資源の長期利用

レストア・リメイク・リノベーションビジネスやセカンダリー市場の発展

古民家から完全非接触の宿泊施設にリノベーション

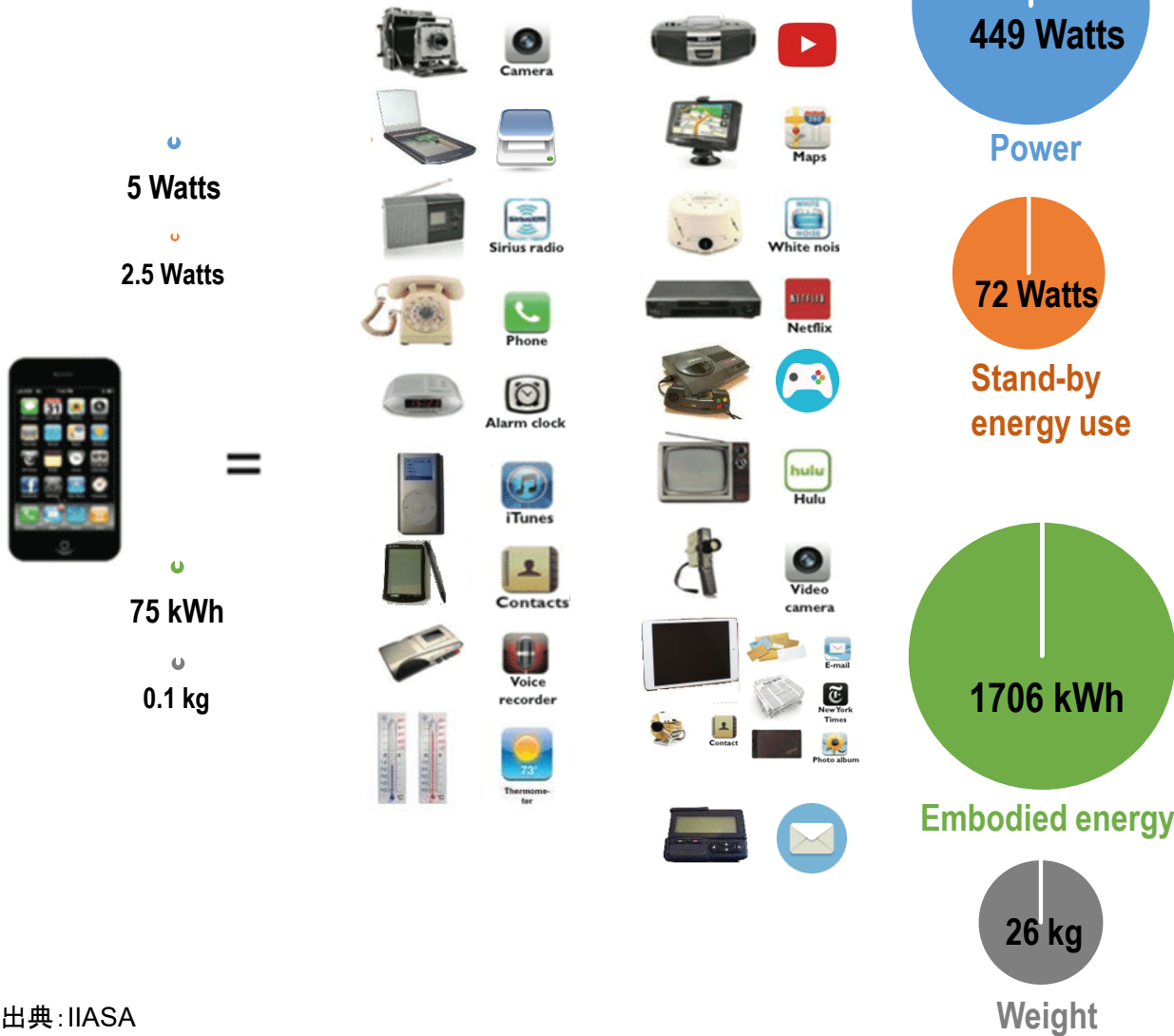


在庫・廃棄衣服の「黒染め」によるリメイク



【出典】（資源の再利用・再資源化）Fairphone社、東洋インキSCホールディングス株式会社
（資源の共有）株式会社Luup、株式会社エアークローゼット、Loop Japan合同会社
（資源の長期利用）paak design 株式会社、株式会社アダストリア

IT, AI等のデジタル技術による社会変化と 低エネルギー需要・低炭素排出社会の可能性



- 社会はエネルギー消費を目的にエネルギーを消費しているわけではない。製品・サービスが効用増をもたらすため、それに体化されたエネルギーを消費しているに過ぎない。
- 効用増をもたらす製品・サービスの展開は急速な場合が多く、それに付随したエネルギー・CO₂排出低減は急速になる可能性あり。

ビッグデータの活用による省エネの可能性(例)

スマートメーターのデータの活用ニーズ① 電力データ×運輸業

18.10.30 第2回次世代技術を活用した新たな電力プラットフォームの在り方研究会PwC提出資料3抜粋・加工

- 例えば、スマートメーターデータによる各需要家（場所）のリアルタイム電力使用量（時間・電力量）に、過去の配送実績、渋滞情報・天候情報等を組み合わせることで、宅配事業の合理化・高度化が実現される可能性が有る。



運輸部門: CASE



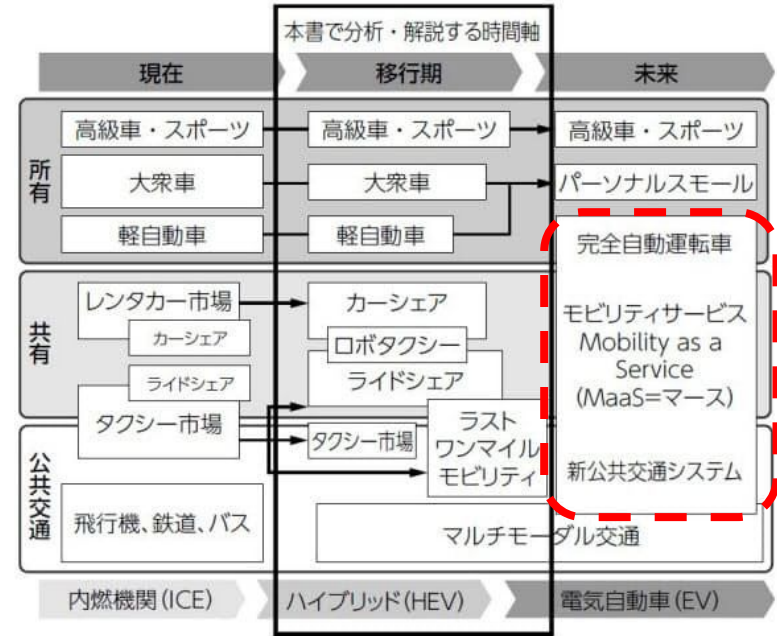
Connected; Service & Shared



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

出典)トヨタ



車の形が変わる

多く人は車の保有ではなく、移動が目的

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

V2G



Airbus, Audi



日産



出典) Jari Kauppila, ALPSシンポジウム(2019)

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)



**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

食品関連

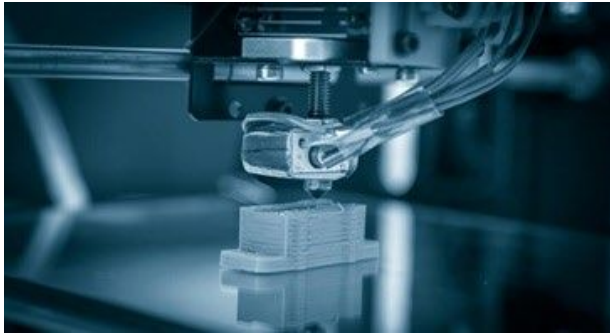
- 食料システムで排出されるGHGは30%前後（バウンダリーによっては更に大きい）とされる。一方、食品廃棄・ロスの世界全体では1/3にも上るとされる（ただし日本の食品廃棄・ロスは世界平均よりもずっと小さいとの評価有）。
- AI、ICTで食料需要をより正確に予測できるなどできれば、食品廃棄・ロスが減り、エネルギー消費・GHG排出の低減につながる可能性あり。
- プラスチック容器の低減、スーパーのスペース低減、冷蔵・冷凍エネルギー、輸送エネルギーの低減 などに波及し得る。



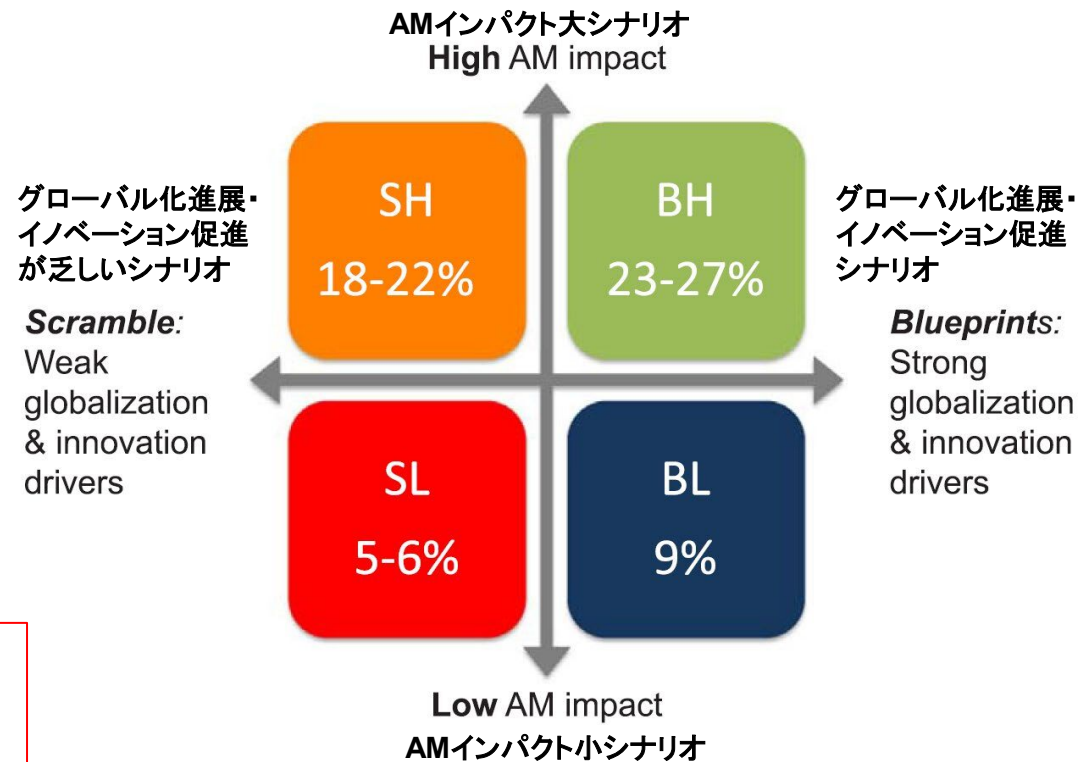
SDGsの同時達成にも大きな寄与となり得る。

3Dプリンティング (AM)

- 3Dプリンター(アディティブ・マニュファクチャリング:AM)が進展してきている。
- 金型を作ったの成形や切削による造形などに比べ、複雑な形状を作成でき、同じ強度でも軽い製品を作成できる場合が多くある。
- また、大量生産ではなく、それぞれのニーズに合わせた製品製造が可能で、大量生産、大量廃棄を避けることができる可能性有。

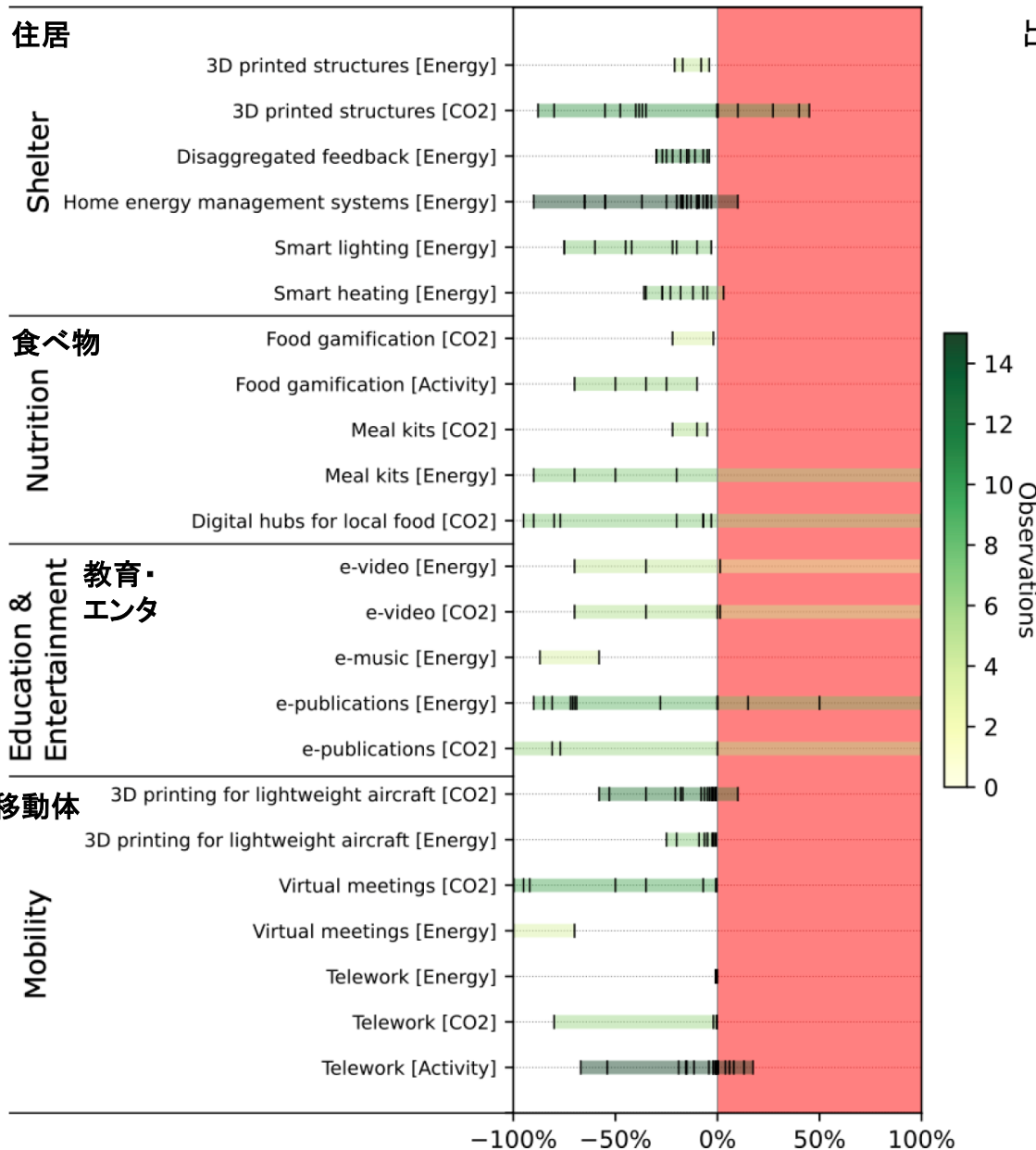


AMによる世界のエネルギー需要削減ポテンシャル



ライフサイクルでのエネルギー消費量低減、CO2排出削減に大きな効果を有する可能性有

デジタル化によるエネルギー消費・CO2排出への影響



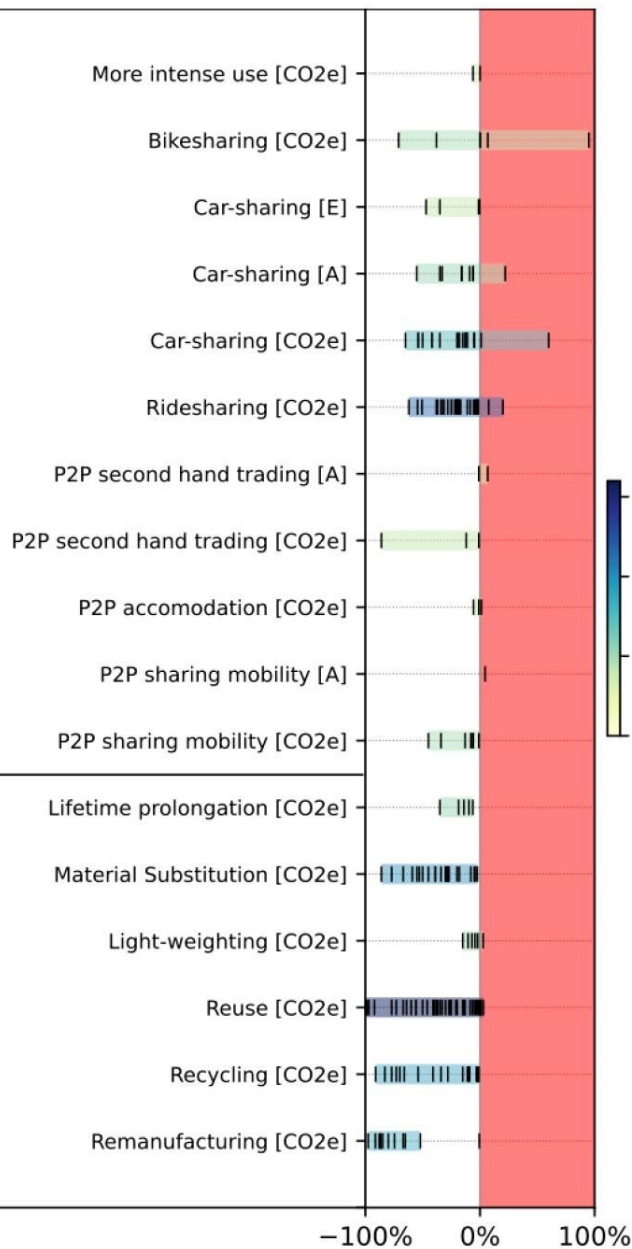
出典) IPCC第6次評価報告書 (2022), Fig. 5.12

- ✓ 各種デジタル化によって、大きなエネルギー消費低減やCO2排出量の低減が推計される。
- ✓ 一方、推計の不確実性は極めて大きい。大きなリバウンド効果もあり得る。

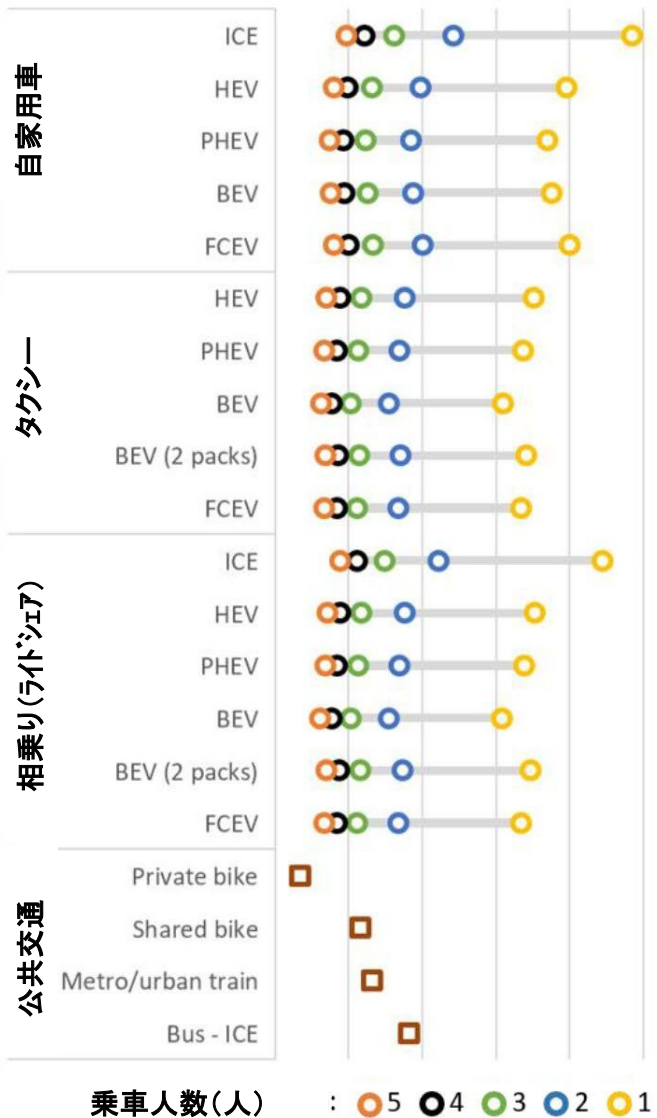
シェアリング・サーキュラーエコノミーによる エネルギー消費・CO2排出への影響

シェアリング経済

サーキュラー経済



GHG emissions per pkm (gCO2/pkm) 出典) IPCC第6次評価報告書 (2022), Fig. 5.13



✓ カーシェアリング、ライドシェアリング等による排出削減余地は大きい。
 ✓ 一方、推計の不確実性は極めて大きい。利便性向上によって、大きなリバウンド効果もあり得る。

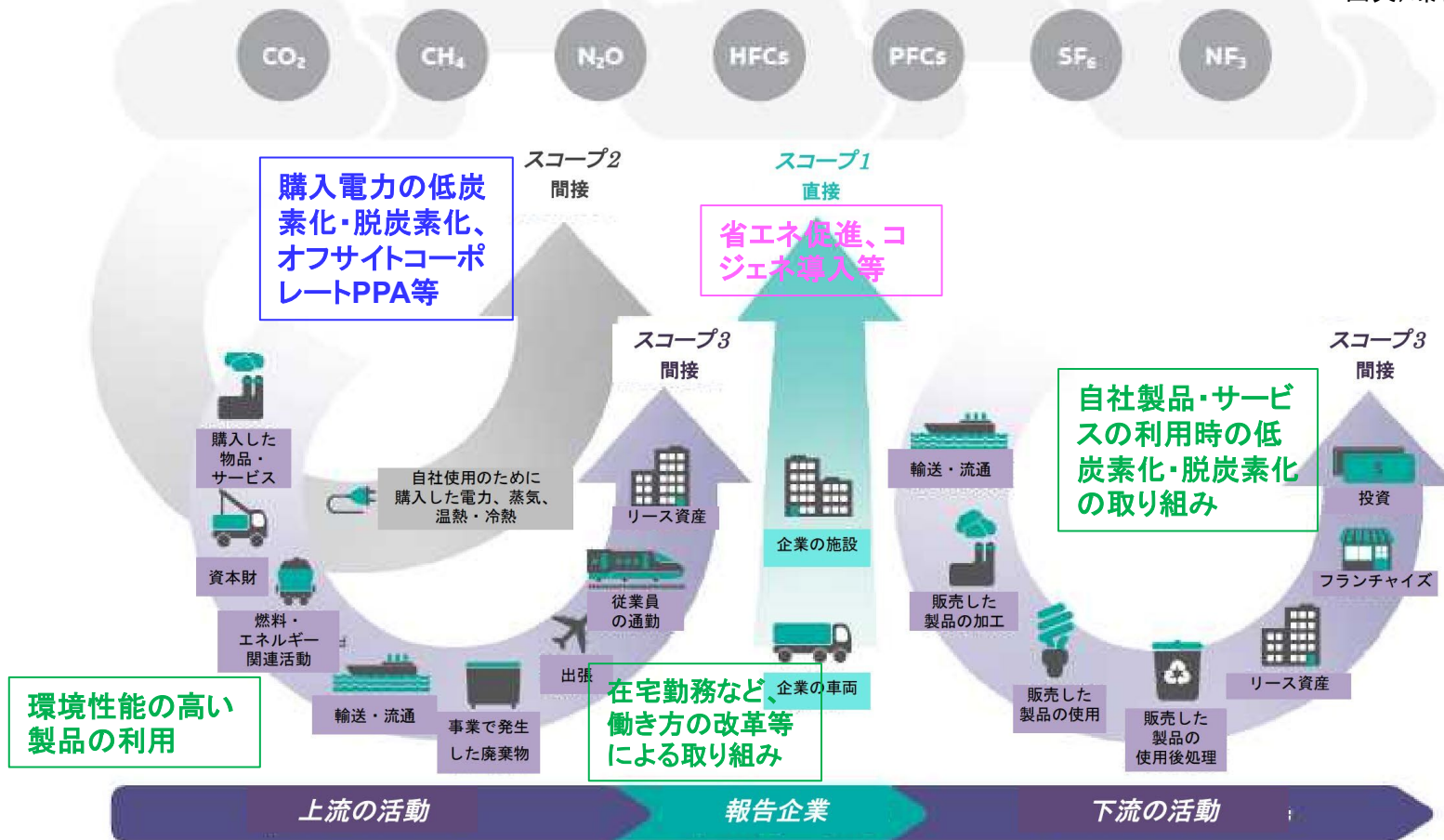
乗車人数(人) : 5 (orange) 4 (black) 3 (green) 2 (blue) 1 (yellow)

3. DXによる需要側対策の効果



企業の温室効果ガス排出削減の機会：GHGプロトコル

出典)環境省資料より改変



- ✓ 各企業がScope 3までを含めて、自社の排出量を把握し、減少させる努力を行うことは重要
- ✓ 一方、排出削減に寄与する製品、サービスであっても、売れば売れるほど、自社排出量は増大
- ✓ そのため、「Avoided emissions (排出削減貢献量)」という概念も提示されてきている。しかし、追加的な排出削減努力分(貢献分)を算定するためには、ベースライン排出量の定義が重要になってくる。以下のモデル分析のシナリオでは、国・部門レベルだが、ベースライン排出量は「特段の排出削減対策をとらなかった場合」の経済合理的な対応の結果としての排出量として明確に算出される。

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的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。その他産業や民生においてCGSの明示的考慮
- ◆ 国際海運、国際航空についても、ボトムアップ的にモデル化
- ◆ 500程度の技術を具体的にモデル化、設備寿命も考慮
- ◆ 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、それらが整合的に評価可能
- 非CO₂ GHGについては、別途、米EPAの技術・コストポテンシャル推計を基にしてRITEで開発したモデルを利用

- 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

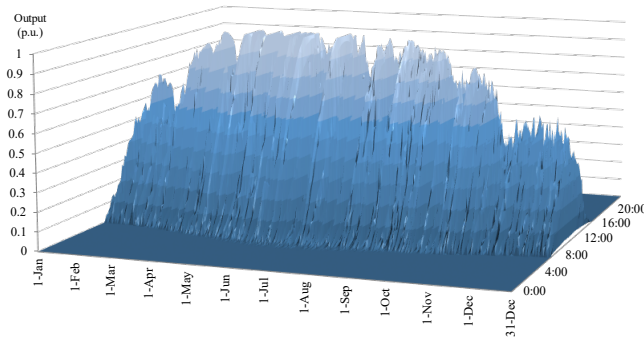
統合費用の想定：東大-IEEJ電源構成モデルの分析結果を活用

- ◆ DNE21+モデルは世界モデルであるため、国内の電力系統や再エネの国内での地域偏在性を考慮した分析は難しい。そこで系統対策費用については、別途、東京大学藤井・小宮山研究室および日本エネルギー経済研究所による最適電源構成モデルによる、変動性再生可能エネルギーが大量に導入された場合の電力システム費用の上昇分（統合費用）を推計結果を活用
- ◆ 全国のAMeDASデータ等をもとに変動性再生可能エネルギーの出力の時間変動をモデル化し、線形計画法によって電力部門の最適な設備構成（発電設備及び蓄電システム）及び年間の運用を推計
- ◆ 今回は日本全体を5地域（北海道、東北、東京、九州、その他）に区分し、1時間刻みのモデル化により計算を実施。発電コストや資源制約などの前提条件はDNE21+の想定に合わせて設定

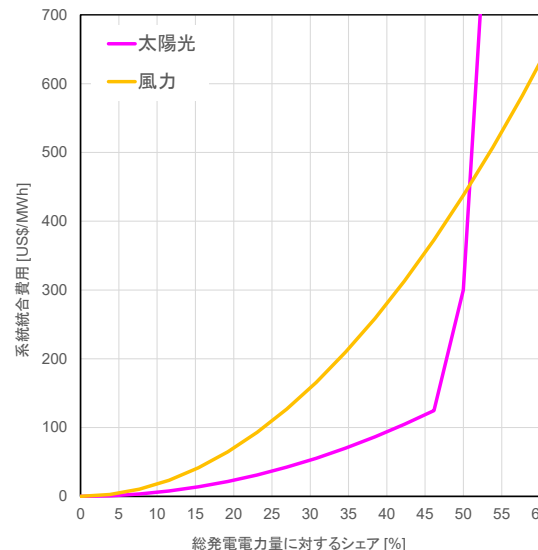
モデル計算で考慮されているもの・・・出力抑制、電力貯蔵システム（揚水発電、リチウムイオン電池、水素貯蔵）、発電設備の利用率低下、地域間連系線、貯蔵や送電に伴う電力ロス

モデル計算で考慮されていないもの・・・地内送電線、配電網、回転慣性の低下の影響、EVによる系統電力貯蔵、再生可能エネルギー出力の予測誤差、曇天・無風の稀頻度リスクなど

東大-IEEJ電源構成モデルの分析結果から近似した系統統合費用
 =DNE21+で想定した系統統合費用の想定（各導入シェア実現時の**限界費用**）



太陽光発電の出力例



- VRE比率が高まると、**限界統合費用は比較的急速に上昇傾向有**。これは、既にVREが大量に導入されている状況で更に導入を進める場合、曇天・無風状態が数日以上継続するリスクに対応するため、利用頻度の低い蓄電システムや送電線を保持することが必要となることによる。
- 例えば、再エネ比率50%程度（太陽光約400TWh、風力約100TWh）のケースにおいては、蓄電池導入量は最適化計算の結果、**870GWh**、再エネ100%程度（VRE56%）のケースでは**3980GWh**程度となる。（足下導入量約10GWh程度）

サーキュラー・シェアリング経済シナリオの想定(1/2)

DXによるCE誘発等	エネルギー消費への直接的な影響	エネルギー消費への間接的な影響	DNE21+モデル分析における想定(暫定試算)
1) 完全自動運転車実現により誘発されるライドシェア、カーシェアリング(2030年時点までは想定せず)	- ライドシェアによる乗用車用エネルギー消費量の低減	- カーシェアリングに伴う乗用車台数の低下に伴う、鉄鋼、プラスチック、ゴム、ガラス、コンクリート等の低減 - 製品、素材の国際貨物輸送の低減⇒項目 8)	- 鉄鋼製品生産量:▲4%(車両+立体駐車場。道路建設含まず) - プラスチック製品:▲1% - タイヤ製品:▲28%(乗用車向け比)(エネルギー消費量低減換算値をモデルで想定) - ガラス製品:▲28%(乗用車向け比)(エネルギー消費量低減換算値をモデルで想定) - セメント製品:▲1%(立体駐車場のみ。道路建設含まず)
2) バーチャルミーティング、テレワーク	- 移動の低減に伴う運輸部門のエネルギー消費量の低減	- 長期的に建築物の稼働率上昇、必要な空間面積の低減により、鉄鋼、コンクリート等の低減の可能性有【今回のモデル分析では未考慮】	- 旅客需要:▲10%
3) E-publication等による紙の代替	- 紙の生産のためのエネルギー消費量の低減	- 紙媒体の配送等の貨物需要低減の可能性有【今回のモデル分析では未考慮】	- 紙パ生産量:▲20%
4) E-コマースや他のDXによるアパレルのリサイクル・シェア化の促進	- アパレル製造のエネルギー消費の低減	- ショッピングセンター等、小売店舗の低減と、それに伴うエネルギー消費、また建築物建設の低減により、鉄鋼、コンクリート等の低減の可能性有【今回のモデル分析では未考慮】	- アパレル生産量:▲20%(エネルギー消費量低減換算値をモデルで想定)

赤字: 家庭部門関連、緑字: 業務部門関連、青字: 輸送部門関連、紫字: 産業部門関連、茶字: 非CO2 GHG等

サーキュラー・シェアリング経済シナリオの想定(2/2)

DXによるCE誘発等	エネルギー消費への直接的な影響	エネルギー消費への間接的な影響	DNE21+モデル分析における想定(暫定試算)
5) 都市開発、設計等の進展による建築物の高寿命化	- 建築物の高寿命化による、セメント、鉄鋼製品の低減に伴うエネルギー消費量の低減		- 建築物の高寿命化: +40%、それに伴うセメント: ▲3%、鉄鋼製品需要の低減: ▲3%
6) 需要予測の向上等による食品廃棄の低減	<ul style="list-style-type: none"> - 必要食品生産量の低減等に伴う、窒素肥料、プラスチック製品等の生産に伴うエネルギー消費量の低減 - 小売店舗棟のエネルギー消費量の低減 - 必要食品生産量の低減等に伴う、メタン、一酸化窒素排出量の低減 	<ul style="list-style-type: none"> - 農畜産物、食品等の低減に伴う国際貨物輸送の低減 ⇒ 項目8) - 食品販売量の低減に伴う、小売店舗の低減に伴う鉄鋼、コンクリート製品等の低減の可能性【今回のモデル分析では未考慮】 - 他用途への利用可能な土地面積の増大に伴う植林等によるCO2固定可能性【今回のモデル分析では未考慮】 	<ul style="list-style-type: none"> - 石油化学製品(窒素肥料含む)の低減: ▲1% - プラスチック製品: ▲1% - 紙パ製品: ▲0.5% - 輸送サービス需要: ▲1% 他 (以上、産業連関表より算定) - メタン、一酸化窒素排出低減: ▲493 MtCO₂eq/yr in 2050
7) 3Dプリンティングの適用による素材の低減	<ul style="list-style-type: none"> - アルミニウム、鉄鋼製品等の低減 - 製造段階による電力消費量の低減 	<ul style="list-style-type: none"> - 航空機の軽量化に伴う運航時のエネルギー消費量の低減 - 自動車等の軽量化に伴うエネルギー消費量の低減【今回のモデル分析では未考慮】 	<ul style="list-style-type: none"> - アルミニウム製品: ▲1% - 鉄鋼製品: ▲0.02% - 直接的電力消費量: ▲1% - 航空機の運航時のエネルギー消費量: ▲10%
8) 基礎素材やその他製品需要の低減に伴う国際海運需要の低減	- 国際海運需要の低減によるエネルギー消費量の低減		- 国際海運需要: ▲1%

赤字: 家庭部門関連、緑字: 業務部門関連、青字: 輸送部門関連、紫字: 産業部門関連、茶字: 非CO₂ GHG等

モデル分析のためのシナリオ想定

	排出削減経路	主にデジタル化によるエネルギー需要低減						電力需要の フレキシビリティ(EV, HP, CGS)	小規模技術(PV, 風力、EV等)の より急速なコスト 低減
		運輸 1)	家庭 2, 3, 4)	建築物 5)	農業・ 食品 6)	産業 7)	派生 効果 8)		
BL-Std	Baseline (特段の気 候変動緩和 政策を想定 せず。炭素 価格0)	—	—	—	—	—	—	—	—
BL-Mobil		○							
BL-Resid			○						
BL-Build				○					
BL-Food					○				
BL-Ind						○			
BL-All_CE			○	○	○	○	○	○	
BL-All_CE+FL			○	○	○	○	○	○	
BL-All_CE+FL+GR			○	○	○	○	○	○	○
B2DS-Std	B2DS 2℃を十分 に下回る排 出に抑制 (かつ2030 年の各国 NDCsを想 定、主要先 進国:2050 年GHGでの CN)	—	—	—	—	—	—	—	—
B2DS-Mobil		○							
B2DS-Resid			○						
B2DS-Build				○					
B2DS-Food					○				
B2DS-Ind						○			
B2DS-All_CE			○	○	○	○	○	○	
B2DS-All_CE+FL			○	○	○	○	○	○	
B2DS-All_CE+FL+GR			○	○	○	○	○	○	○

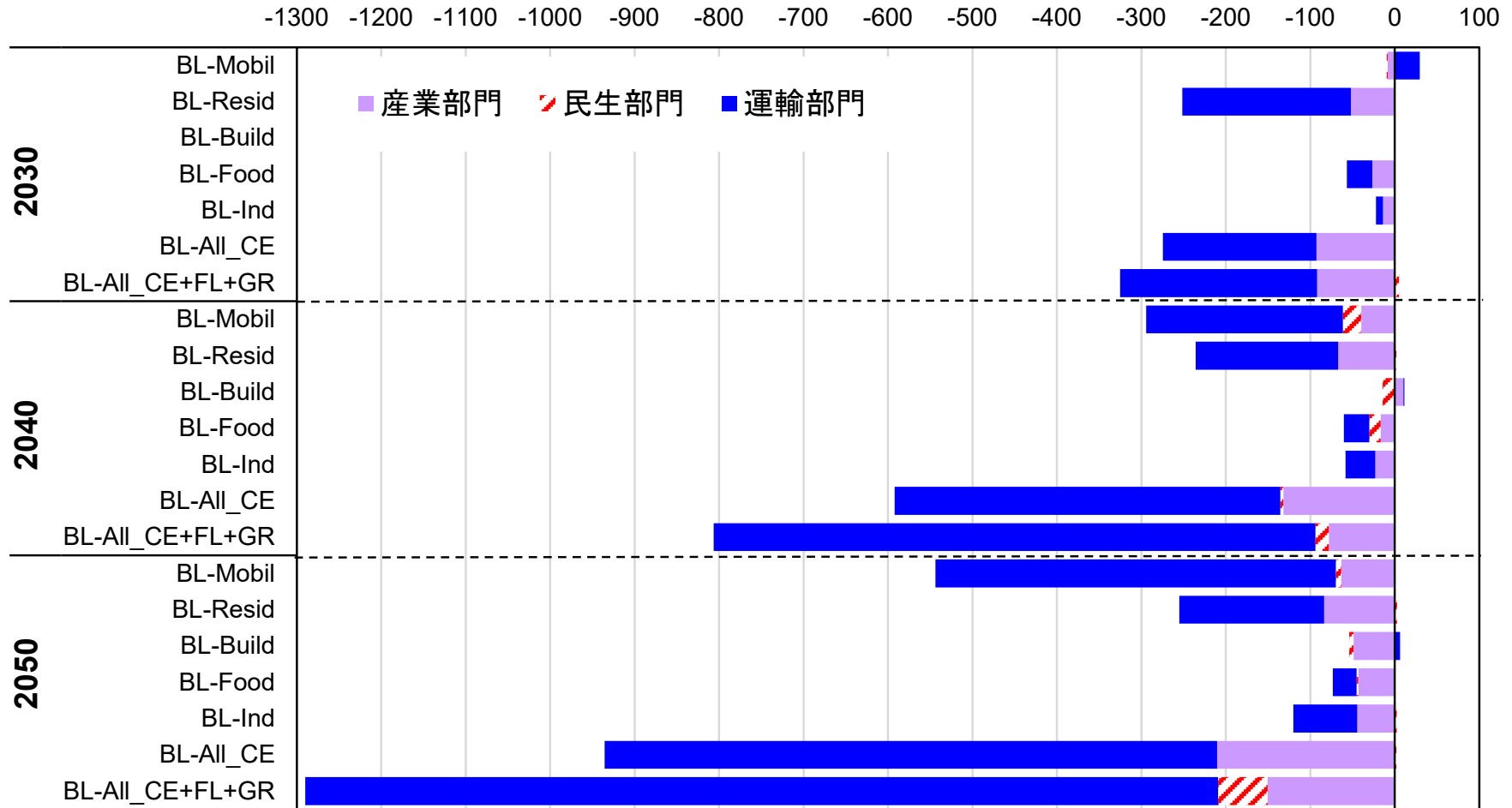
注1) 今回の分析では、IPCC等で用いられている共有社会経済パス(SSP)は、中位的なSSP2ベースで分析

注2) 本来、DXによる電力消費量の増大等のリバウンド効果も考えられるが、CO2限界削減費用低下に伴うリバウンド効果以外のリバウンド効果は今回考慮していない

世界エネルギー消費量(CE想定時)

ベースライン

最終エネルギー消費量 [Mtoe/yr]

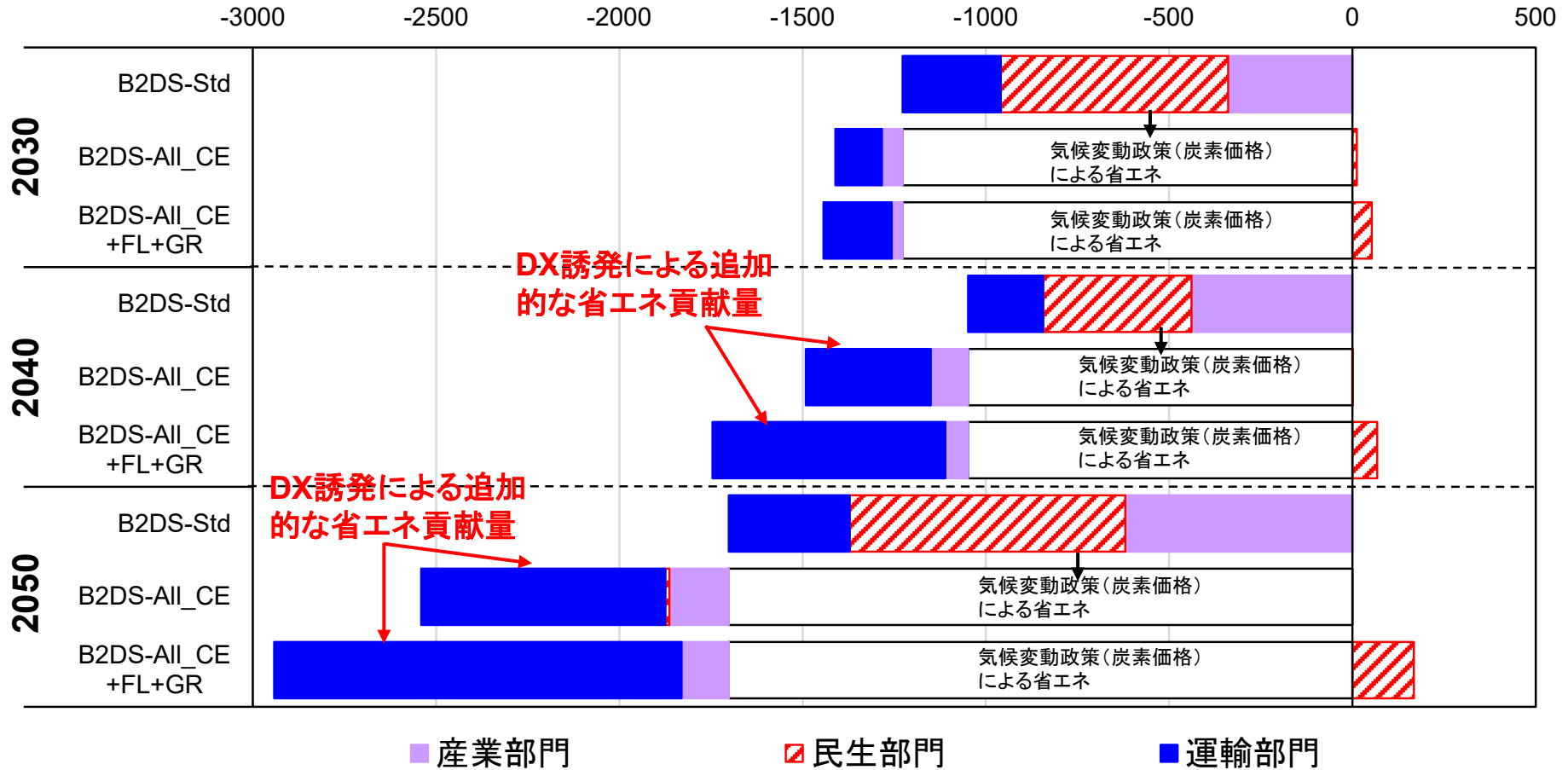


✓ かなり限定された波及効果のみを考慮した分析段階ではあるものの、想定したサーキュラーエコノミー・シェアリングエコノミー実現によって部門横断的に大きな省エネ効果が期待できる。

世界エネルギー消費量(CE想定時)

B2DS(2°C制約シナリオ) 炭素価格:2040年 68~310 USD/tCO₂、2050年 146~739 USD/tCO₂ (幅は国による差異)

最終エネルギー消費量 [Mtoe/yr]



参考)2019年の世界の最終エネルギー消費量実績値:10 Gtoe/yr、2050年のベースラインの最終エネルギー消費量推計値:14 Gtoe/yr

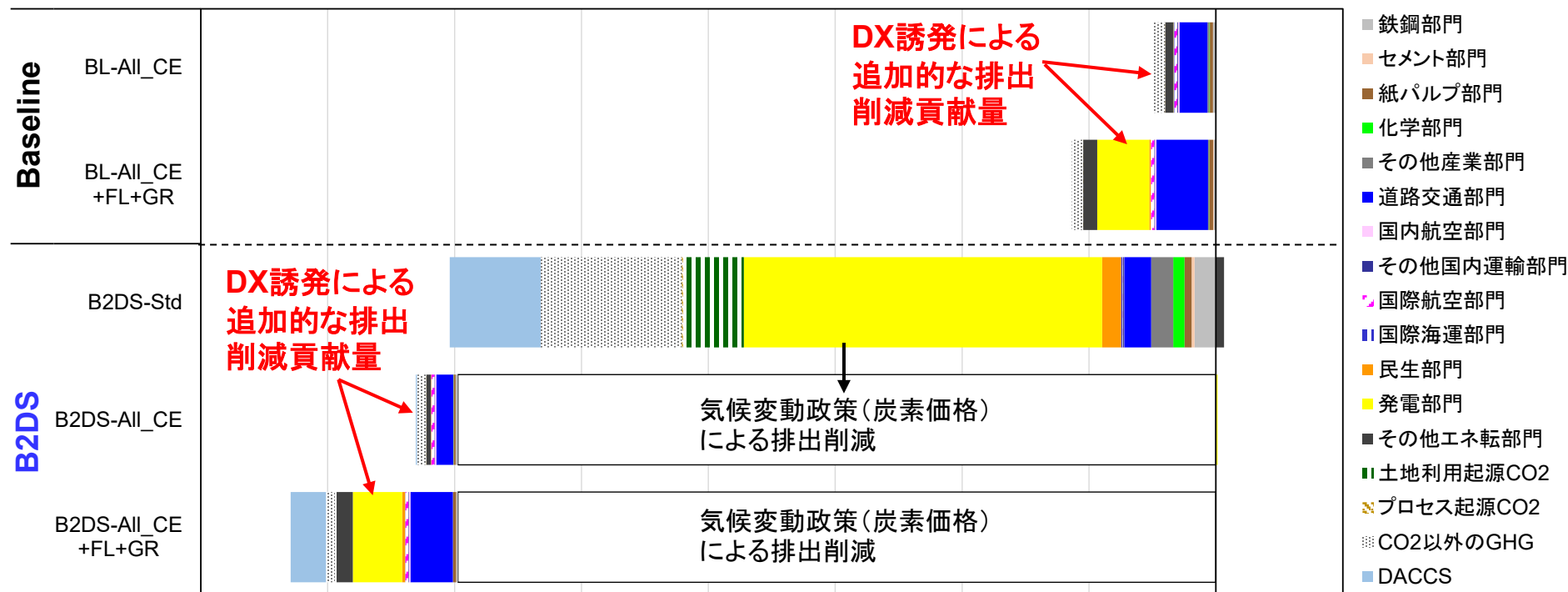
✓ かなり限定されたCEの事例および波及効果のみを考慮しただけでも、2050年では、現在の世界の最終エネルギー消費量全体の6%程度、また、2°C目標の炭素価格下で経済合理的と推計される省エネ量に近い水準の省エネが、サーキュラーエコノミー・シェアリングエコノミーによって更に追加できる可能性が示唆される。

世界のGHG削減効果(CE想定時)

2040年時点

GHG排出量 [GtCO₂eq/yr] (ベースライン(BL-Std)排出量からの変化)

-40 -35 -30 -25 -20 -15 -10 -5 0 5



注) B2DSの炭素価格: 2040年 68~310 USD/tCO₂ (幅は国による差異)

参考) 2019年の世界のGHG排出量実績値: 59 GtCO₂eq./yr、2040年のベースラインの排出量推計値: 69 GtCO₂eq/yr

- ✓ 例えば、2040年時点での、DXによって誘発させ得るCE(一部のみ考慮)による排出削減効果(貢献量)は、ベースラインのBL-AII_CEケースで年間24億トン程度、PV等の分散系エネルギー技術の更なるコスト低減を想定した、BL-ALL_CE+FL+GRケースで年間57億トン程度が推計される。
- ✓ 2°C目標(B2DSの炭素価格水準)下でも、同様の水準の追加的な排出削減量が期待できる。



4. まとめ



- ◆ パリ協定では、2°C目標、1.5°C目標や21世紀後半に実質ゼロ排出目標等に言及。また、早期のネットゼロエミッション(CN)実現への要請が強まっている。
- ◆ 脱炭素化のためには、原則的には、一次エネルギーは、再エネ、原子力、化石燃料+CCSのみとすることが求められる。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
- ◆ 再エネの拡大が重要となる中、VPP等、需要側での調整力提供の重要性も増す。また、蓄電池、水素系エネルギーは重要なオプション。更に再エネの利用先を拡大するためにも、水素に加え、アンモニアやe-methane、e-fuelsも重要なオプションとなり得る。
- ◆ CN実現には、DACCS等の負排出を実現するCO₂除去技術も必須と見られる。
- ◆ 将来的には費用対効果を見極め技術を絞り込んでいくことも必要だが、現時点では、万能な技術はなく、「あらゆる選択肢を追求」することが必要
- ◆ 「経済と環境の好循環」はナローパス。DX活用によるサーキュラーエコノミー、シェアリングエコノミー誘発を含む、需要側対策の強化は重要。DXによって比較的低コストで、大きな排出削減効果が期待できる。様々な企業における、Scope 1~3全体での「排出削減貢献量」としても期待できる。
- ◆ DXにより誘発される、低コストでの低エネルギー需要社会は、SDGsの同時達成にも大きく貢献し得る。