

2020年度 ALPS国際シンポジウム
～2050年カーボンニュートラルに向けた今後の戦略～
2021年3月9日

日本における脱炭素化へ向けた 動向とシナリオ分析

(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

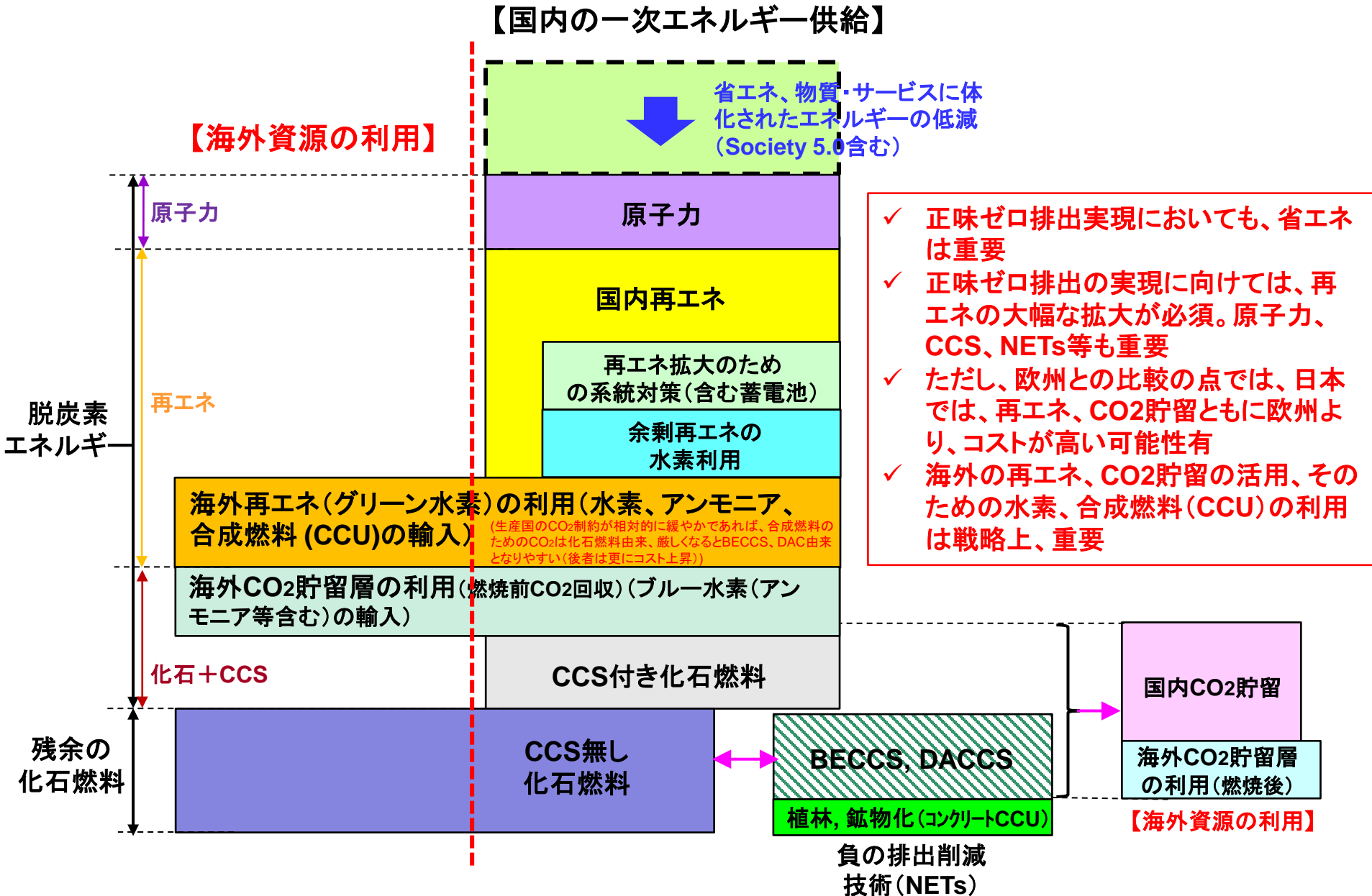


1. 日本の脱炭素化に向けた展望
2. 再生可能エネルギー、蓄電池、水素の役割と課題
3. CCUS、DACの役割と課題
4. 脱炭素化に向けた長期展望
5. 国内の正味ゼロ排出のイメージ
6. まとめ

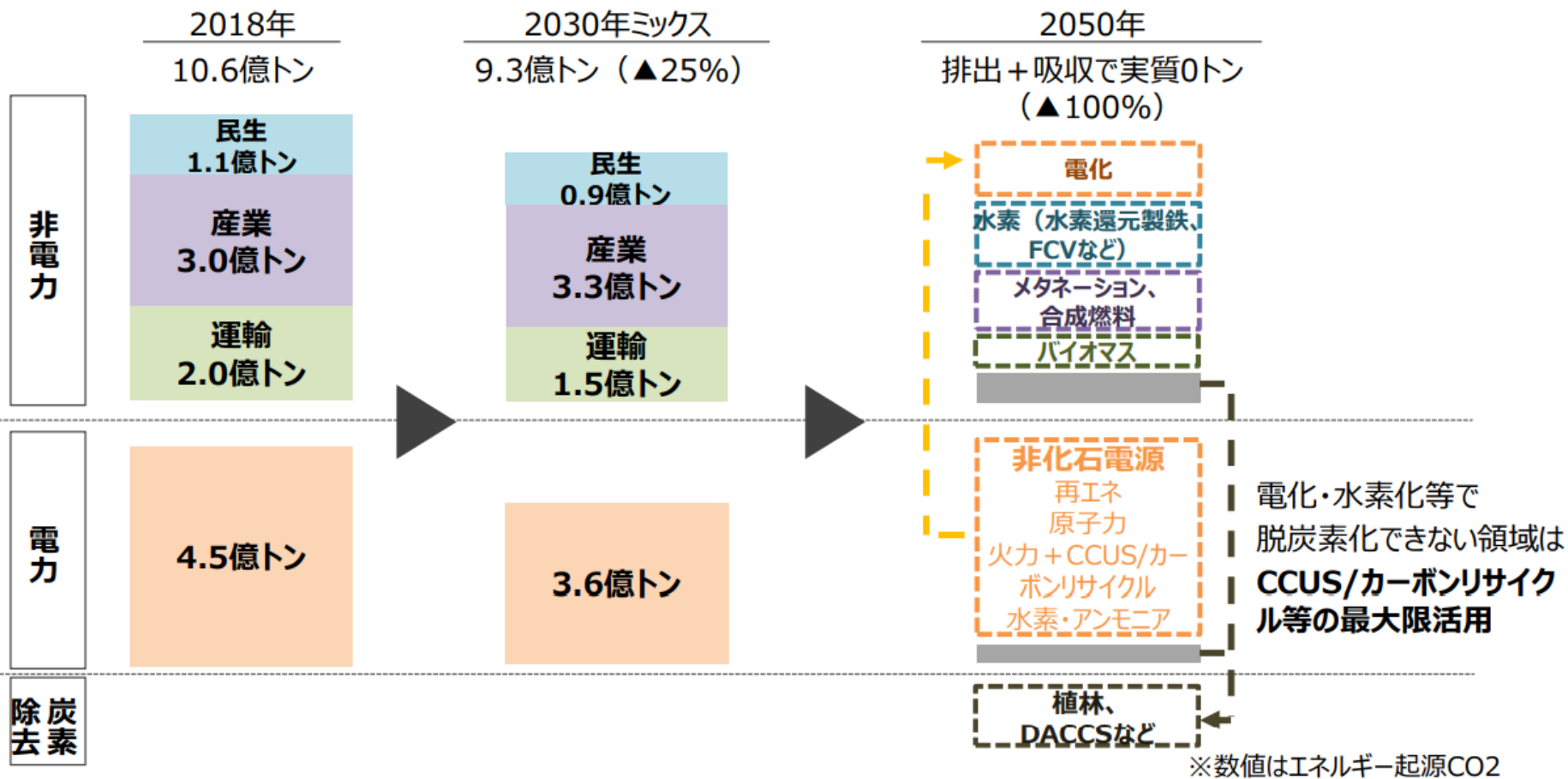
1. 日本の脱炭素化に向けた展望



日本の正味ゼロ排出のイメージ (1/2)



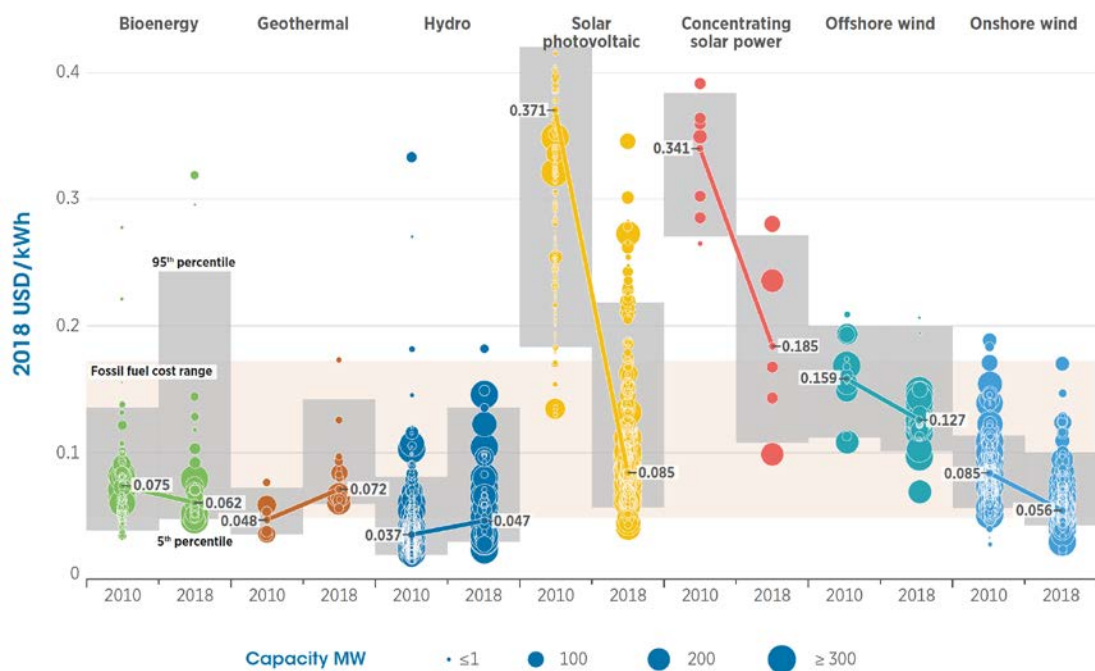
日本の正味ゼロ排出のイメージ (2/2)



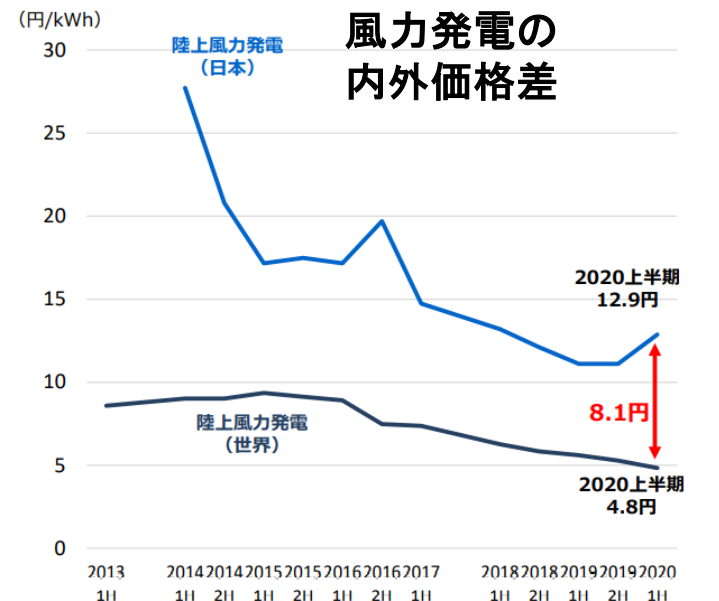
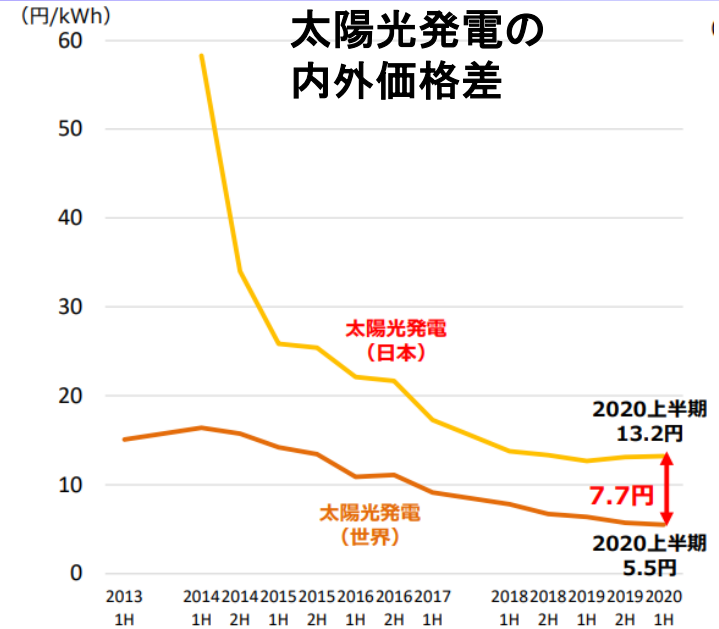
2. 再生可能エネルギー、蓄電池、 水素の役割と課題



世界の再生可能エネルギーの動向

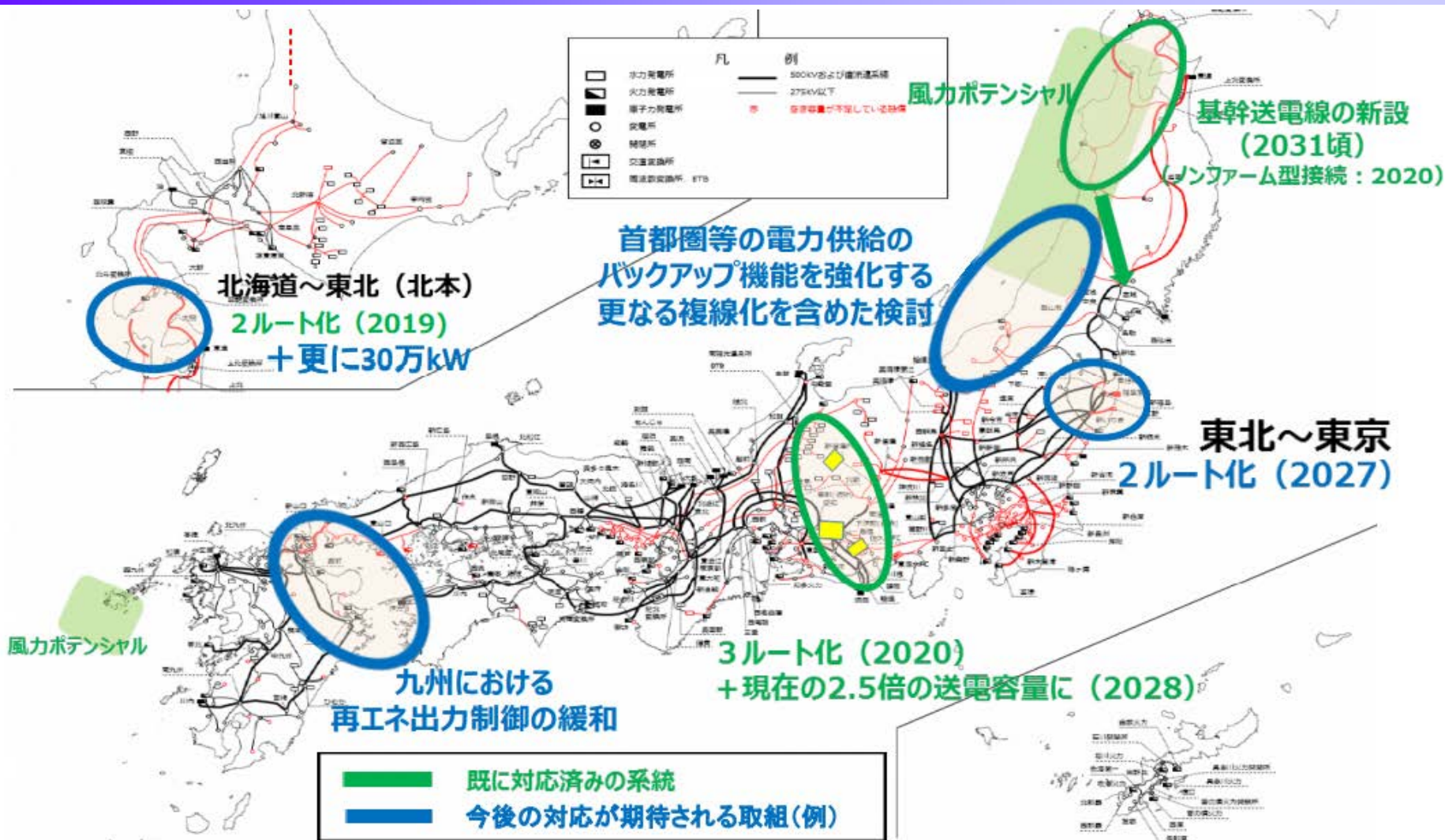


出典) IRENA



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。

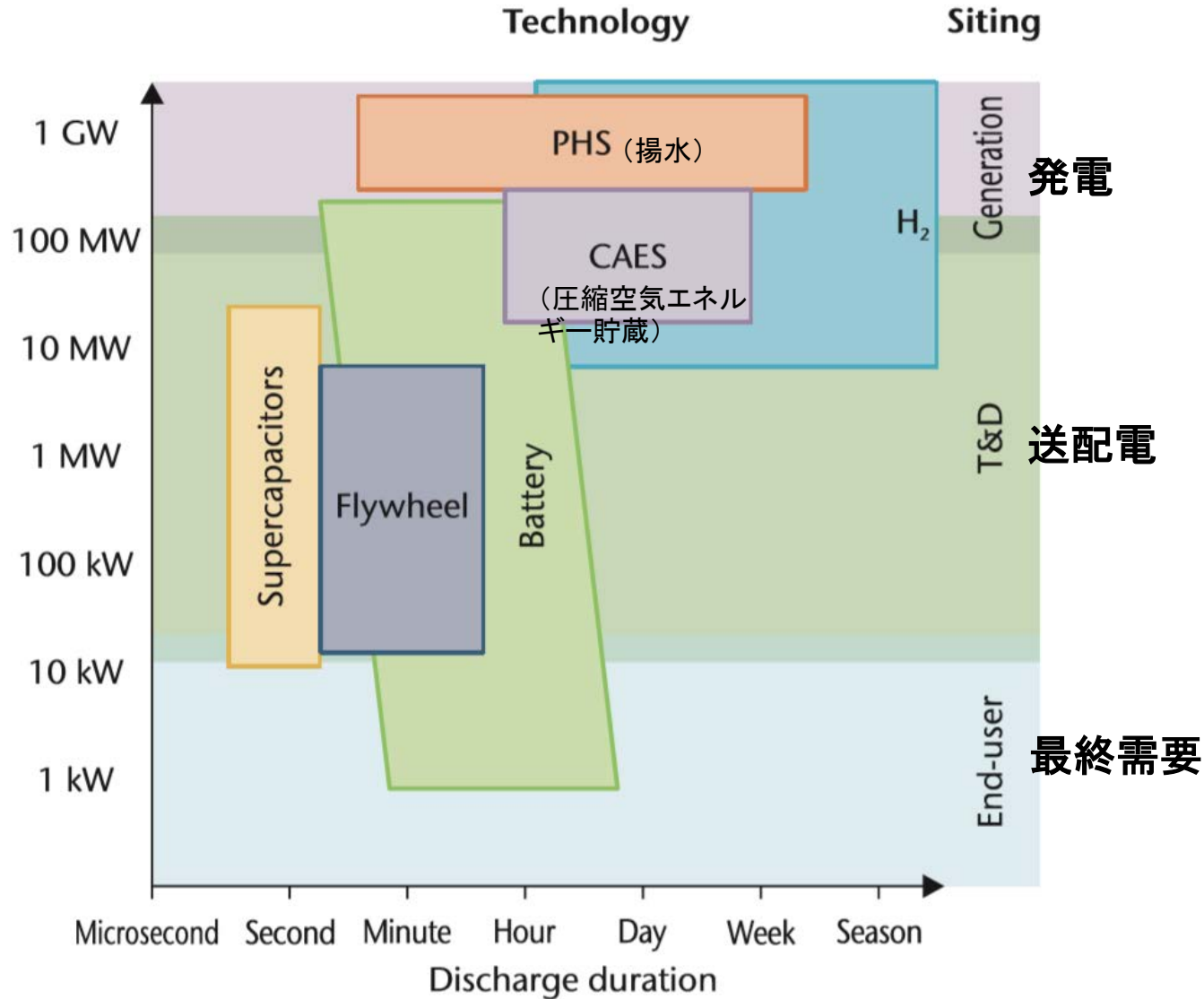
再エネの拡大に向けて:プッシュ型の電力系統形成



出典)再生可能エネルギー大量導入・次世代ネットワーク小委員会

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)。次期エネルギー需給見通し(2030年以降のエネルギーミックス)等によってどう形成すべきかは異なってくる。

エネルギー貯蔵としての水素のカバー領域

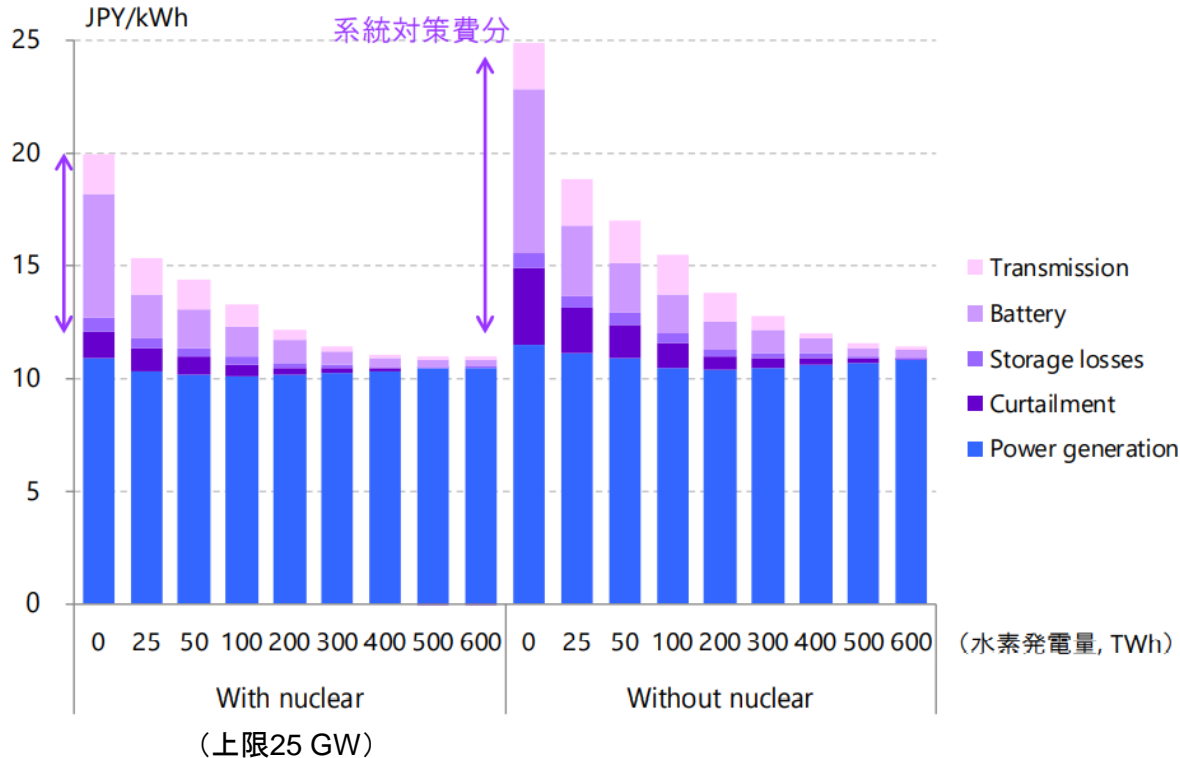


出典: IEA Technology Roadmap-Hydrogen and Fuel Cell, 2015

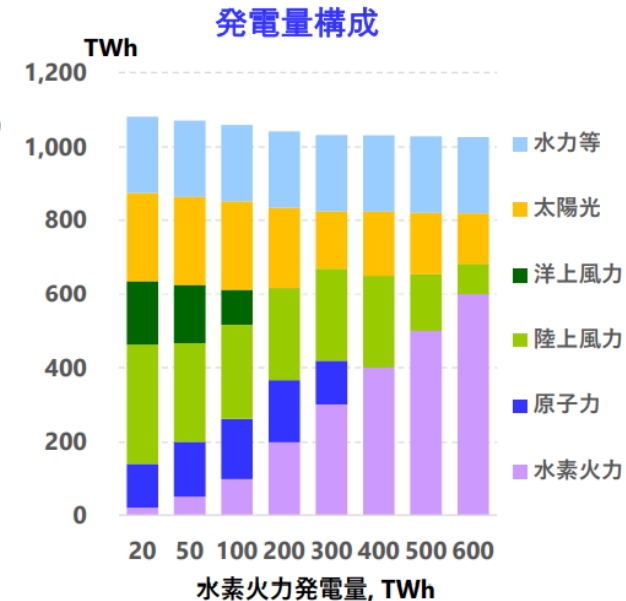
技術、エネルギー種によって、エネルギー貯蔵における得意領域は異なる。

日本国内の系統対策費用の推計例(エネ研)

ゼロ・エミッション火力(ここでは水素火力と想定)の発電量が小さくなると、蓄電システムや送電線増強、出力制御等のコストが追加的に必要となり、総システムコストが急速に上昇する。



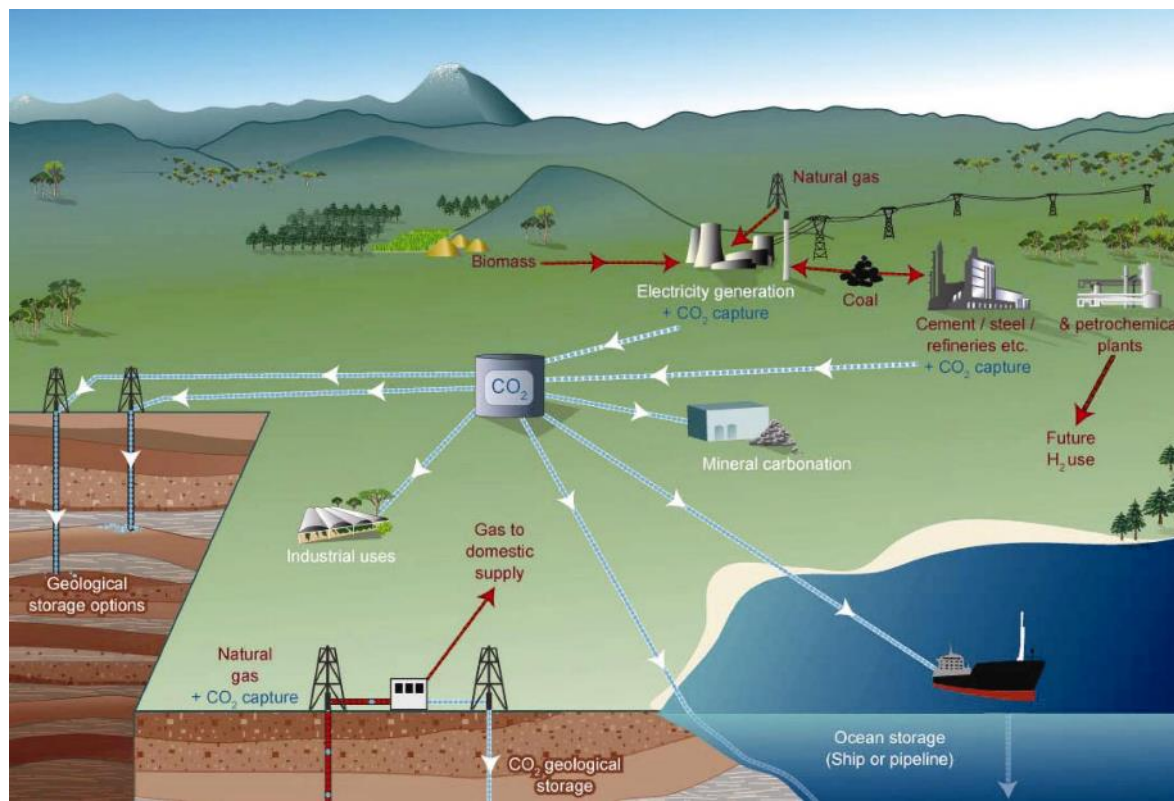
出典) 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料、2020



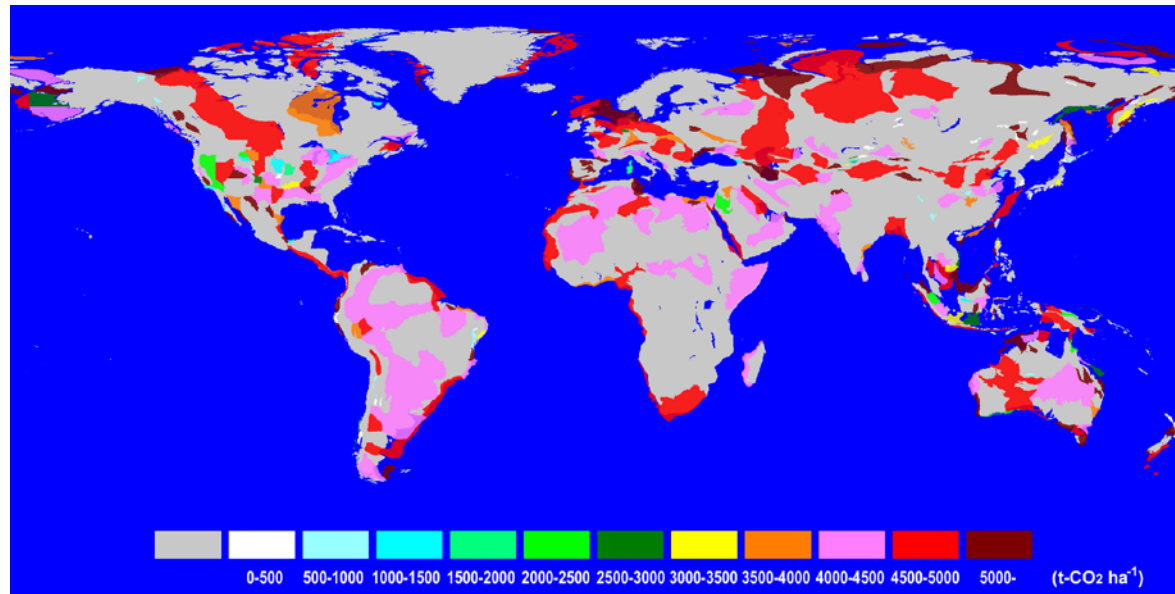
- ✓ 日本国内を地域分割し、時間ステップも細かく評価可能なモデルを用いた推計。電力需給の同時同量制約を、電力系統制約も踏まえながら、より精緻に評価可能。
- ✓ 一定程度の調整電源がなければ、系統対策費が急激に上昇する可能性有

3. CCUS、DACの役割と課題

* CCUS: 二酸化炭素回収・利用・貯留、DAC: 大気中CO₂回収



世界のCO₂貯留ポテンシャルの推定とモデルでの想定



出典) K. Akimoto et al., GHGT-7, 2004: USGSデータ等を用いて推計したもの。図では理想的に利用可能なポテンシャルを表示している(理論的ポテンシャルのうち、陸域の10%、海域の20%を実際のポテンシャルと想定した場合のポテンシャル推計値が下表)。

注) 日本の技術的なポテンシャルとして、146 GtCO₂といった推計(2005)もあるが、実際的なポテンシャルは不透明で詰めていく必要有

	貯留ポテンシャル (GtCO ₂)		【参考値】 IPCC SRCCS (2005) (GtCO ₂)	貯留費用 (\$/tCO ₂)* ¹
	日本	世界		
廃油田 (石油増進回収)	0.0	111.5	675-900	57 - 69* ²
廃ガス田	0.0	147.4 - 665.5		9 - 59
深部帯水層	11.4	3042.6	10 ³ -10 ⁴	5 - 38
炭層 (メタン増進回収)	0.0	143.4	3-200	27 - 122* ²

注1) 廃ガス田の貯留ポテンシャルの幅は、将来のガス探掘量が増加するに従って、表中の上限値までポテンシャルが増大し得ると想定している。

注2) 貯留費用の幅は、表中に示す範囲において累積貯留量の増大と共に上昇するように想定している。

*1 本数値にはCO₂回収費用は含まれていない。別途想定している。

*2 石油増進回収、メタン増進回収における石油やガスの利益は本数値に含めていないが、別途考慮している。

合成石油(エネルギー利用のCCU)

- ✓ 水素の更なる利便性向上のため、合成石油としての利用も検討されている(既存インフラ、機器が利用可能となる)。
- ✓ 合成に利用の回収CO₂は、化石燃料もしくはバイオマス燃焼排出、もしくはDACからのオプションあり。

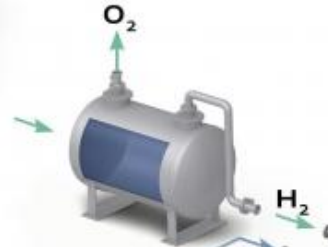
1. Renewable electricity

Renewable energy obtained from hydropower.



2. Electrolysis

Electrolysis splits water into hydrogen and oxygen. Oxygen dissipates into the surrounding air.



Chemical synthesis

In the first step, hydrogen and CO₂ are converted to synthesis gas in the reverse water-gas shift reactor.

The Fischer-Tropsch reactor then uses this to build hydrocarbon chains.



CO₂

CO₂ from sustainable sources or from the air.



3. Conversion

A two-step process turns CO₂ and hydrogen into hydrocarbon chains.



Heat for use in residential areas or in industry.



Renewable waxes for cosmetics, foodstuffs and chemical industries



Infrastructure compatibility

e-diesel is compatible with existing infrastructure and engine technologies. It replaces fossil fuel.

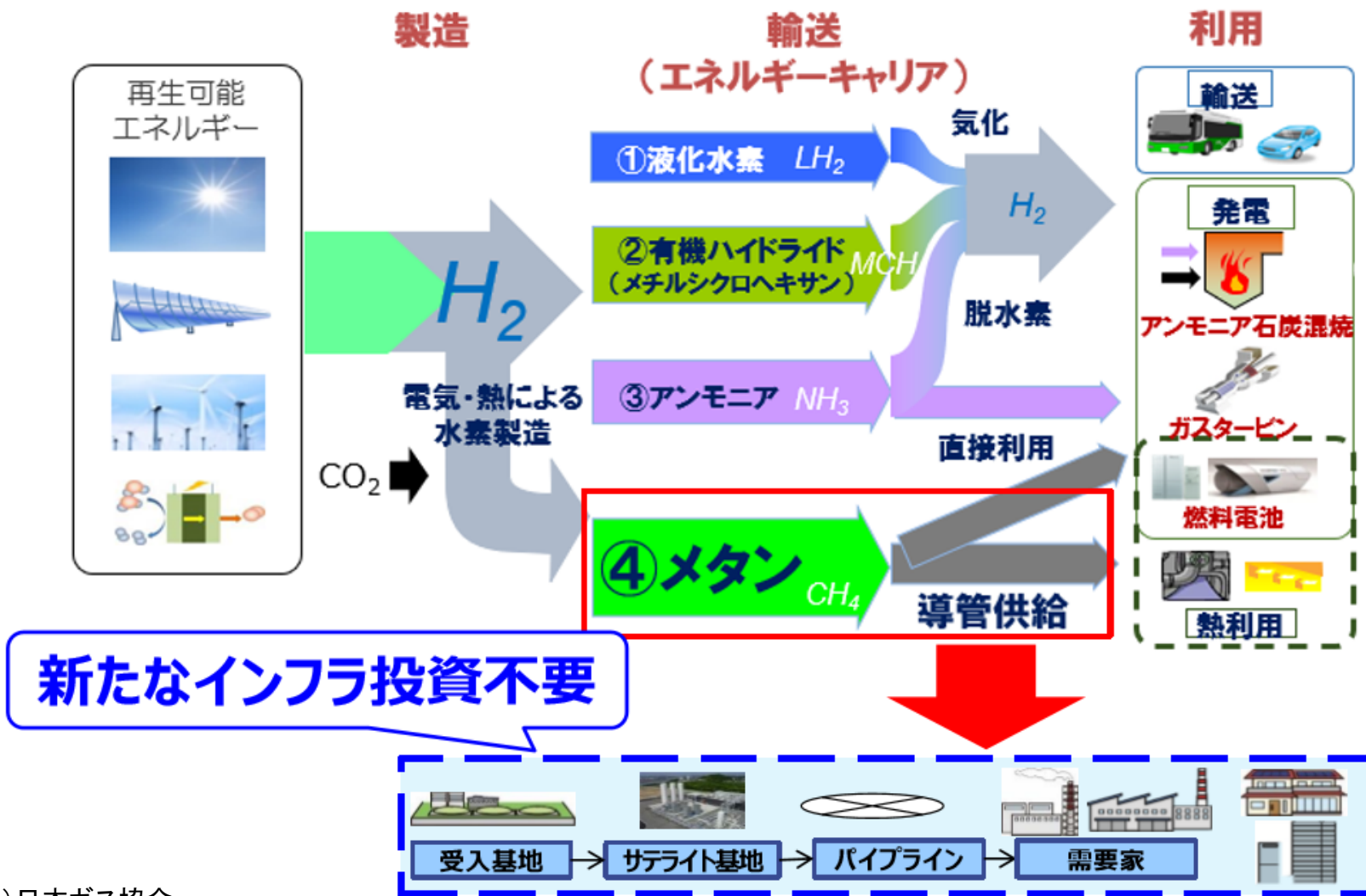
e-diesel



Almost CO₂-neutral e-diesel for mobility

合成メタン(エネルギー利用のCCU)

- ✓ 水素の更なる利便性向上のため、合成メタンとしての利用も検討されている(既存インフラ、機器が利用可能となる)。
- ✓ 合成に利用の回収CO₂は、化石燃料もしくはバイオマス燃焼排出、もしくはDACからのオプションあり。



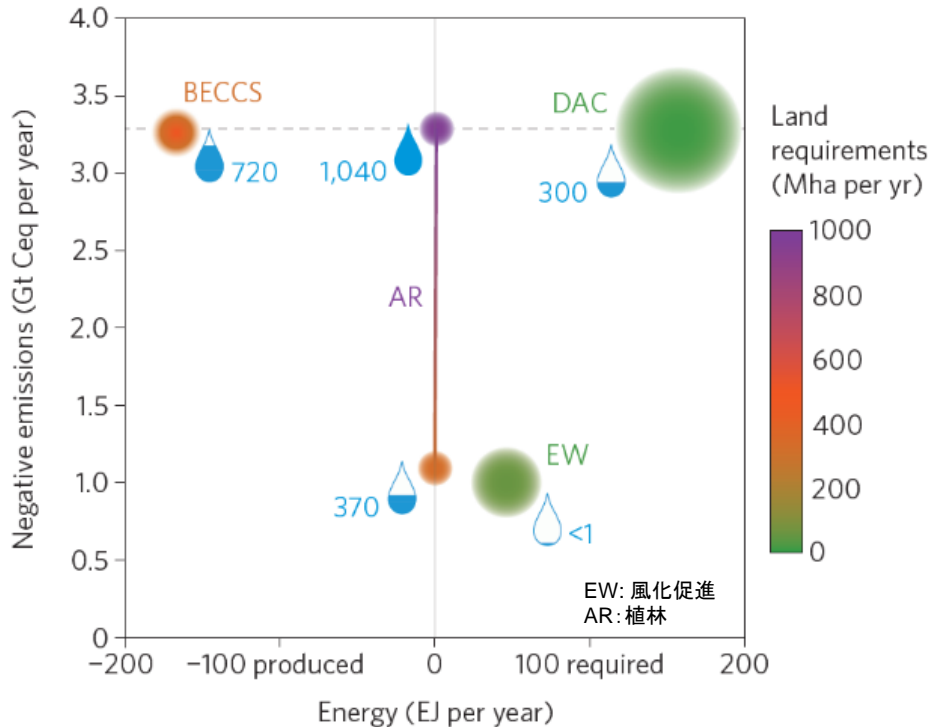
大気CO2直接回収(DAC)技術

- DACは、大気中からCO2を回収する。400 ppm程度の濃度の低いCO2を回収するため、化石燃料燃焼時排ガス等からの回収と比べ、より大きなエネルギーが必要。
- ただし、VREが余剰、安価となった場合などにおいて大きな役割も期待できるかもしれない。
- 一方、DACCS(貯留まで)をすれば、負排出となる。

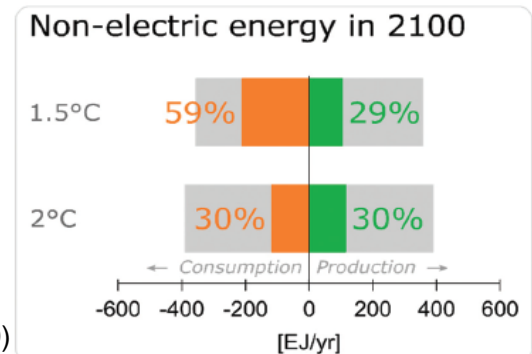
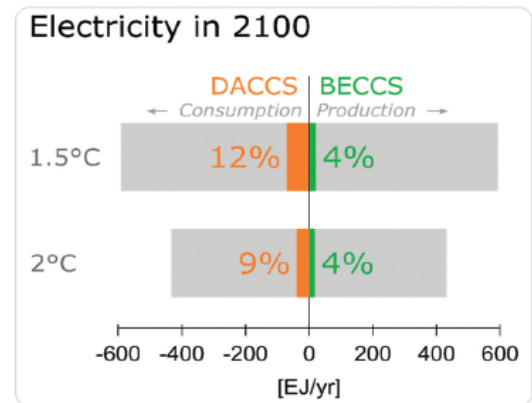
ICEFロードマップ2018 DACによる、DACのエネルギー消費量推計

Company	Thermal energy/ tCO ₂ (GJ)	Power/ tCO ₂ (kWh)
Climeworks	9.0	450
Carbon Engineering	5.3	366
Global Thermostat	4.4	160
APS 2011 NaOH case	6.1	194

必要エネルギー(横軸)、土地面積(色)、投資(円の大きさ)など



エネルギー生産量、消費量で見たBECCS、DACCSの特徴



4. 脱炭素化に向けた長期展望

(世界エネルギーシステム・温暖化対策
評価モデルによる分析例)



- ◆ 参考値（再エネ約5～6割、水素・アンモニア約1割、CCUS+化石火力と原子力で約3～4割）の水準を2050年に達成するためには、これまでに示したような課題の克服が必要。
- ◆ こうした前提に立った上で、これまでの分科会における議論を踏まえ、例えば、以下のようなシナリオを含め、どのようなシナリオが考えられるか御意見をいただきたい。
- ◆ 各シナリオについて、公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）において分析を進めてもらい、その結果を、分析の前提や諸元とともに示してもらうこととしてはどうか。

【これまでの御意見】

- ◎ 100%も可能だという提案もあったわけなので、それに従った数値も検討して欲しい。
→例 再エネ100%、水素・アンモニア0%、CCUS+化石火力0%、原子力0%
- ◎ 再エネがより大きい比率、再エネが少ない比率のものもお願いしたい。
→例 再エネ70%、水素・アンモニア10%、CCUS+化石火力10%、原子力10%
再エネ40%、水素・アンモニア20%、CCUS+化石火力20%、原子力20%
- ◎ 原子力は最低、今のエネルギーミックスの20～22%を維持すべきではないか。
→例 再エネ60%、水素・アンモニア10%、CCUS+化石火力10%、原子力20%
- ◎ 水素やCCUS付火力の選択肢も幅広く考えるべき。
→例 再エネ60%、水素・アンモニア20%、CCUS+化石火力10%、原子力10%
再エネ60%、水素・アンモニア10%、CCUS+化石火力20%、原子力10%
- ◎ 産業側のデジタル化や社会変容といった需要側のシナリオを複数設けるべきではないか。
→例 デジタル化による電力需要増・省エネ進展、社会変容による省エネ進展など

- RITEモデルは、世界全体を対象に、「エネルギーシステムモデル」を中心に、「エネルギー起源CO2以外の温室効果ガス評価モデル」と「気候変動モデル」を統合し、各種エネルギー・CO2削減技術のシステム的なコスト評価（コスト最小化）を実施。その結果を踏まえ、カーボンニュートラルを実現するエネルギー・産業社会はどのようになっているのかを分析。
- また、分析に際しては、日本エネルギー経済研究所の変動再エネ統合費用を活用。

出典) 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会資料、2021

現在、明示的にモデル想定 of 技術を追加、モデル前提条件の調整等を行っているところ。以下に示すモデル分析は、既往の分析で、公表ベースのもの。

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
- ◆ 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

モデル分析のシナリオ想定

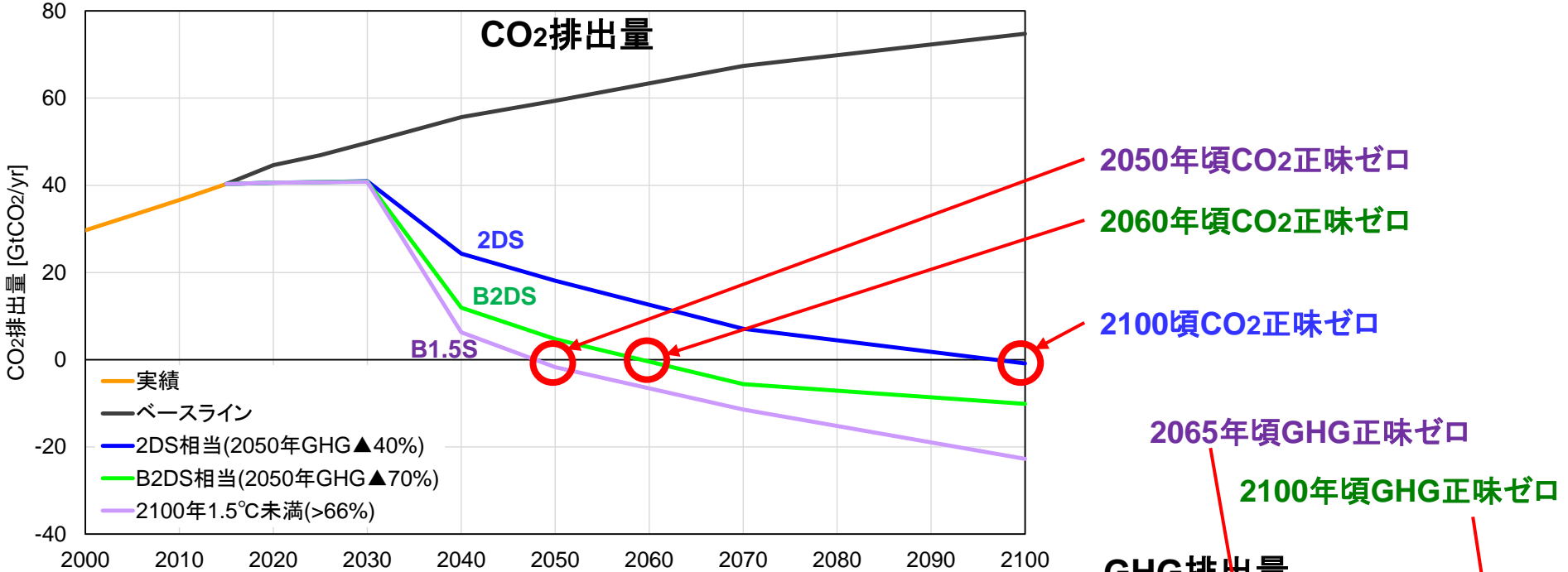
シナリオ名	世界排出シナリオ	【供給側】再エネコスト(太陽光発電コスト)	【需要側】シェアモビリティ進展(完全自動運転車実現)	【負排出技術】大気CO ₂ 直接回収技術(DAC)
REF_1	ベースライン (特段のCO ₂ 排出制約なし)	標準	想定せず	想定せず
2DS_1	2°C未満(>50%): IEA ETP2017の [2DS]相当	標準	想定せず	想定せず
2DS_2		低コスト(中東・北アフリカ中心に)	シェアモビリティ進展 (完全自動運転車実現)	
2DS_3				
B2DS_2	2°C未満(>66%): IEA ETP2017の [B2DS]相当	低コスト(中東・北アフリカ中心に)	想定せず	想定せず
B2DS_3			シェアモビリティ進展 (完全自動運転車実現)	
B1.5D_2	2100年1.5°C未満 (>66%): 気温の オーバーシュート有	低コスト(中東・北アフリカ中心に)	想定せず	想定せず
B1.5D_3			シェアモビリティ進展 (完全自動運転車実現)	
B1.5D_3_DAC			DAC実現(低位コスト)	

注)いずれのシナリオも、世界の限界削減費用均等化(費用最小)を想定

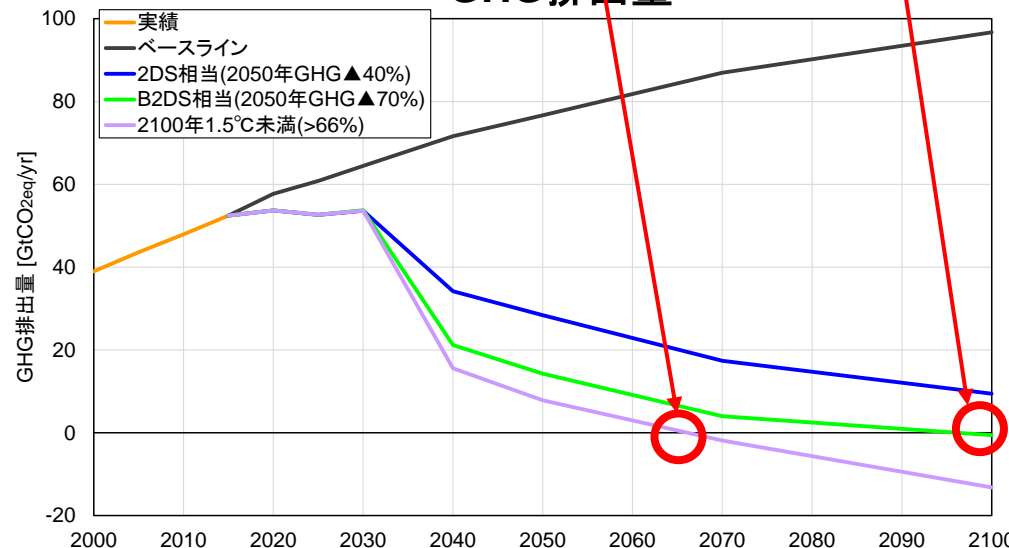
【社会経済シナリオ(SSPs: Shared Socioeconomic Pathways)】

■ **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)をベースに分析

ベースラインの世界排出量と想定した2°C、1.5°C排出シナリオ

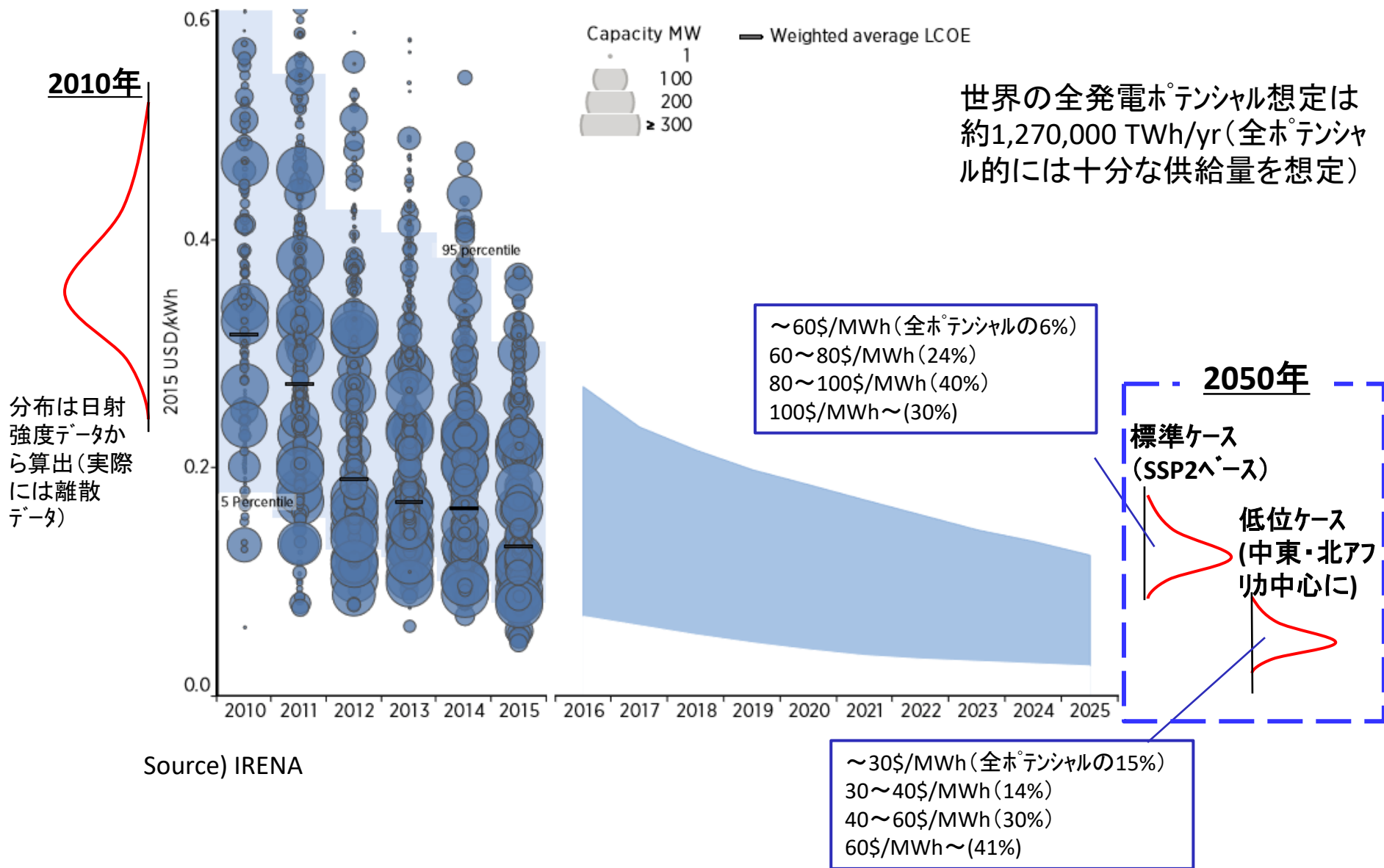


注) ベースライン排出量は前提とする想定シナリオではなく、モデル計算結果 (SSP2シナリオを表示)



※ 2DS、B2DS、B1.5S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

【参考】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

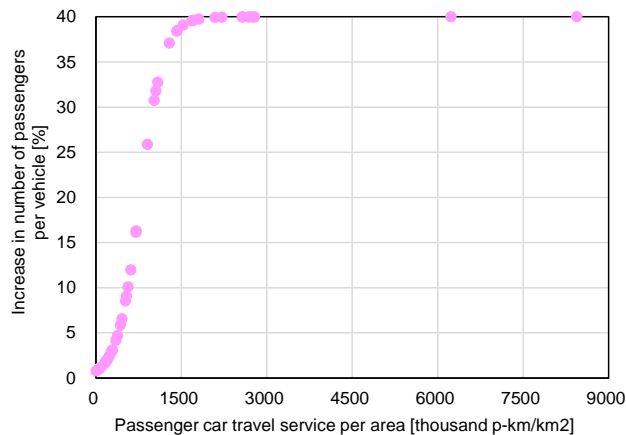


※ なお、DNE21+モデルでは、VREのシェアが増すに従い、系統安定化のための追加費用が別途必要と想定している。

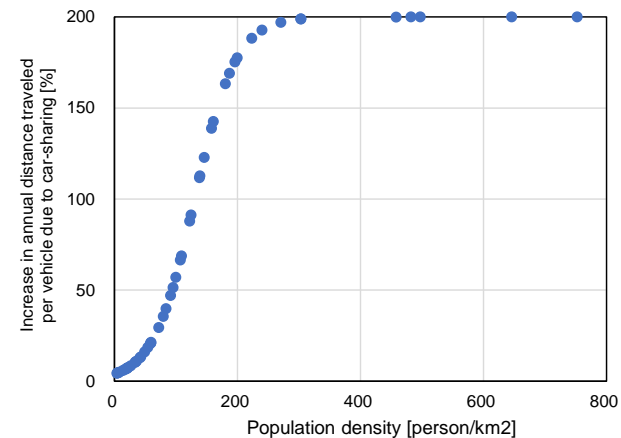
【参考】完全自動運転車と誘発されるシェアモビリティの想定

- ◆ **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

完全自動運転車によるライドシェア誘発の想定



完全自動運転車によるカーシェア誘発の想定



	非完全自動運転車(自家用車)	完全自動運転車(シェアカー)
車両価格	別途、車両タイプにより、それぞれ車両価格を想定	2030: +10000\$ 2050: +5000\$ 2100: +2800\$ (非完全自動運転車比)
車の寿命	13-20年	4-19年
一台あたり平均乗車人数	2050: 1.1-1.5人 2100: 1.1-1.3人	2050: 1.17-2.06人 2100: 1.11-1.89人

- ◆ 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**

乗用車台数の減少による①鉄鋼製品とプラスチック製品の減少、②立体駐車場スペースの低下に伴うコンクリートと鉄鋼製品の減少を考慮

【参考】大気CO₂直接回収(DAC)のモデル化・シナリオ

- ✓ DACについて、既往文献の広範なレビューを含め、包括的に評価が行われている査読論文 M. Fasihi et al., Journal of Cleaner Production (2019)に基づき、モデル化
- ✓ 論文では、典型的なDACシステムとして、2種類のモデルを提示しているため、2種類(高温水性DAC(投入エネルギーは電気のみ)、低温固体吸収DAC(投入エネルギーは電気と熱、熱はガスもしくは水素にて供給))を想定
- ✓ HT DAC, LT DACのそれぞれについて、高位コストシナリオと低位コストシナリオを想定して分析。なお、論文 M. Fasihi et al.,では、本分析での「低位コスト」シナリオをConservativeシナリオとし、更にコスト低減するシナリオを想定している。

想定したDACシステムのエネルギー消費量

		/tCO ₂	2020	2050
高温(電化)システム(HT DAC)	高位コスト(標準)	電力 (kWh)	1535	(2020年と同じ)
	低位コスト	電力 (kWh)	—	1316
低温システム(LT DAC)	高位コスト(標準)	熱 (GJ)	6.3 (=1750 kWh)	(2020年と同じ)
		電力 (kWh)	250	
	低位コスト	熱 (GJ)	—	4.0
		電力 (kWh)	—	182

想定したDACシステムの設備費

		2020	2050
高温(電化)システム(HT DAC)	高位コスト(標準)	815	(2020年と同じ)
	低位コスト	—	222
低温システム(LT DAC)	高位コスト(標準)	730	(2020年と同じ)
	低位コスト	—	199

単位: Euro₂₀₁₆/(tCO₂/yr)

以下は「低位コスト」想定の結果のみ提示

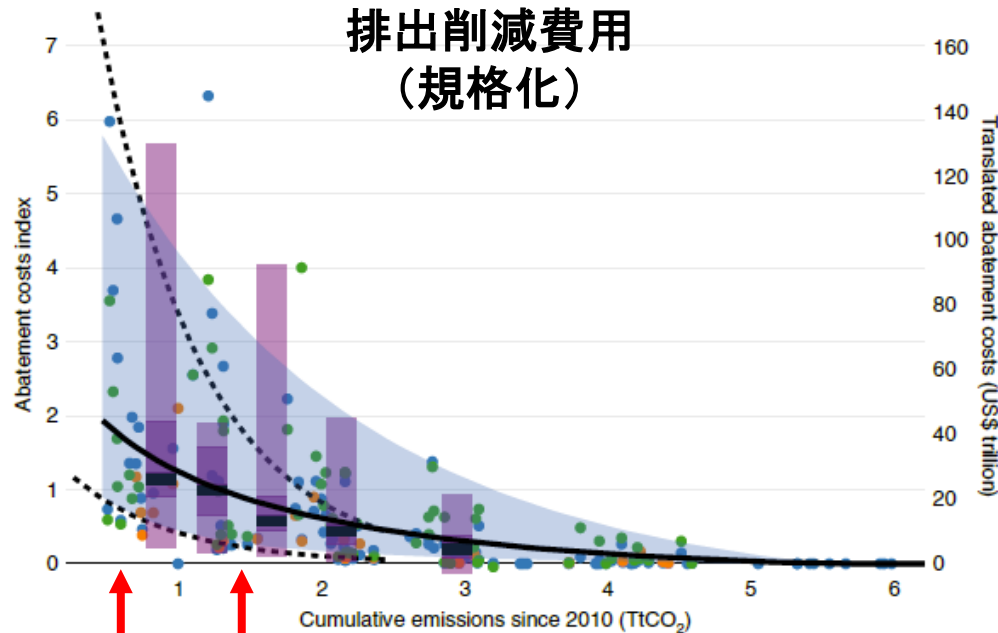
2050年の排出削減費用

	2°C、>50%			2°C、>66%		1.5°C in 2100 (OS)、>66%		
	2DS_1 (標準)	2DS_2 (PVコスト低)	2DS_3 (+カーシェア)	B2DS_2 (PVコスト低)	B2DS_3 (+カーシェア)	B1.5D_2 (PVコスト低)	B1.5S_3 (+カーシェア)	B1.5S_3_ DAC(LC)
CO ₂ 限界削減費用 (\$/tCO ₂)	183	169	152	524	430	実行可能 解無し	実行可能 解無し	151
CO ₂ 削減費用 (billion US\$/yr)	2097	1585	ネガティブ費用	5650	ネガティブ費用	実行可能 解無し	実行可能 解無し	ネガティブ費用

※ CO₂削減費用は、いずれもREF_1シナリオ比での記載。シェアモビリティ進展を想定したシナリオ3では、CO₂削減の限界削減費用は正に留まるものの、技術進展に伴って誘発されるシェアモビリティ進展による自動車台数の低減とそれによって誘発される素材生産低減に伴うコスト低下が、限界費用までの積分値である排出削減費用を上回る結果となっていることを示す。

- ✓ 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(効用の大きな低下を伴わずに、自動車台数の低減により全体費用の低減が可能となるため)。
- ✓ 1.5°Cシナリオについては、標準的な技術想定(シナリオの下)では、実行可能解が得られなかった。DACを想定した場合に限って実行可能解有。このとき、DACSのコストによって限界削減費用の上限がかなりの程度決まる。

【参考】累積排出量別のCO2排出削減費用



1.5°C
程度 2°C
程度

1.5°Cのような厳しい排出削減においては、モデルのコスト推計に大きな幅が生じている。

1.5°Cでは、1.75°Cや2.0°Cに比べ、3倍程度の限界削減費用と推計

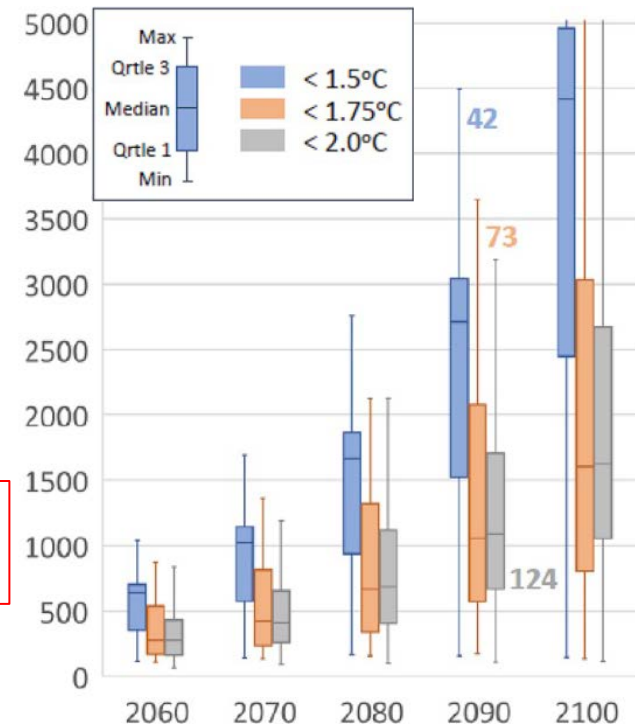
5種類のIAMsによる240程度のシナリオの結果

出典) A. Gambhir et al., Energy Strategy Reviews (2019)

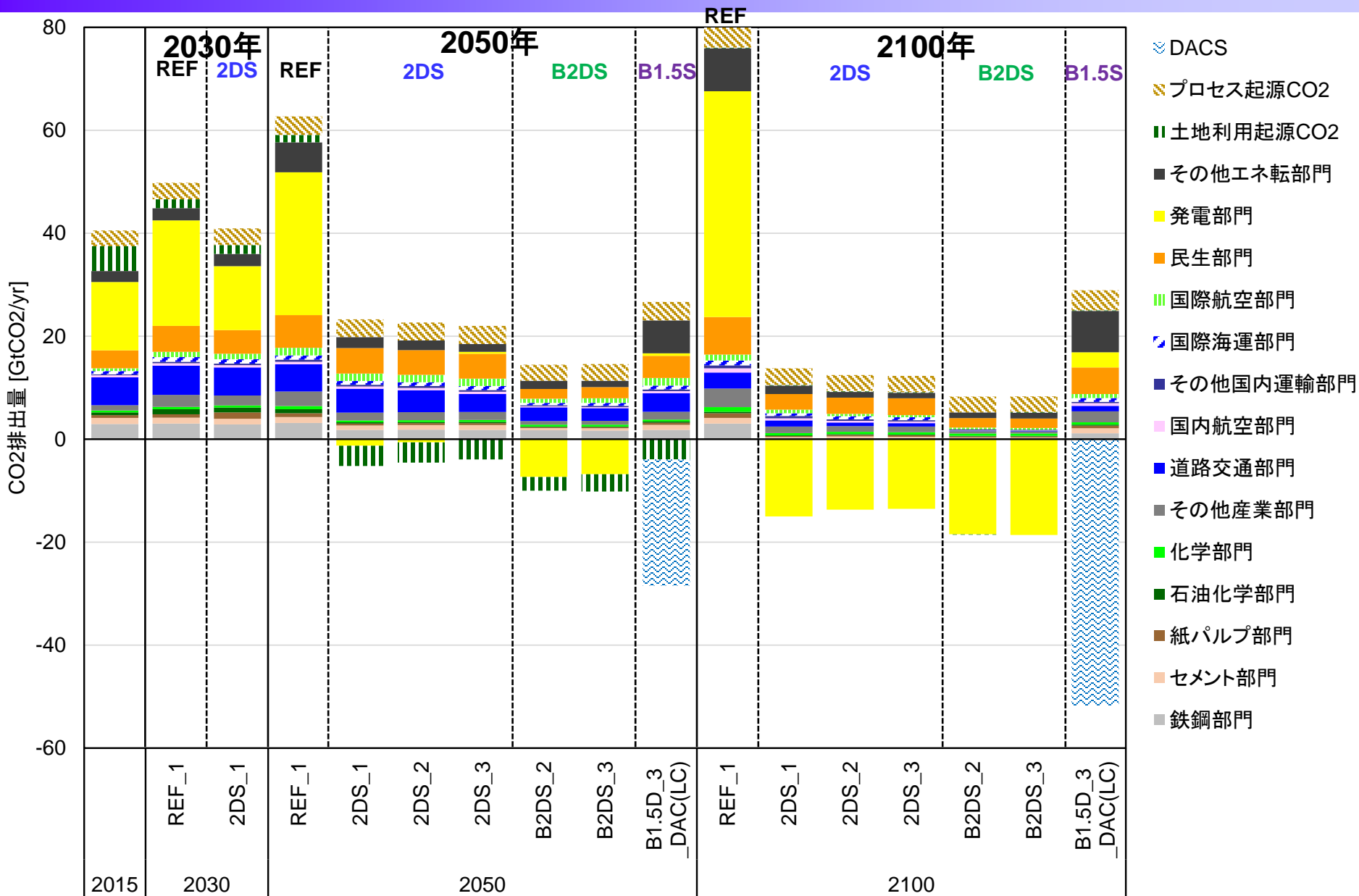
出典) D. van Vuuren et al., Nature Climate Change (2020)

- SR1.5: 5-95th percentile
- AR5: median
- AR5: 25-75th percentile
- AR5: full range
- Model: median
- Model: 5-95th percentile
- SSP: consumption loss
- SSP: abatement costs
- SSP: cost estimate

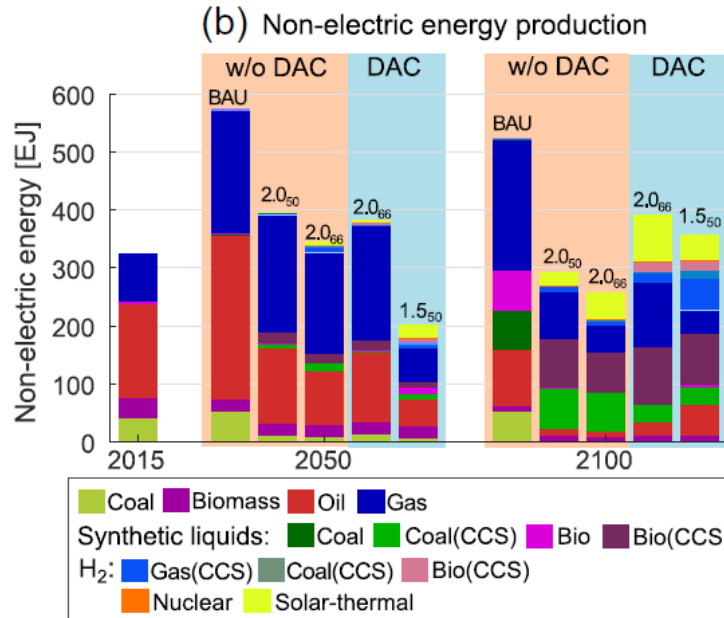
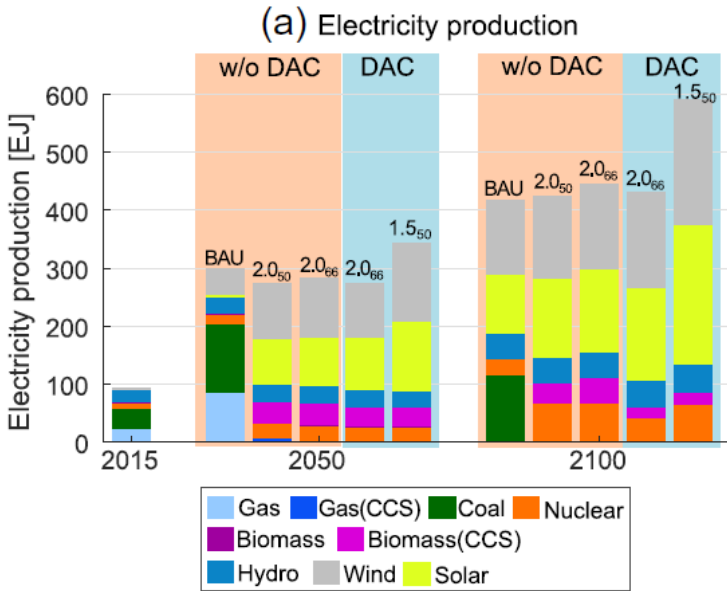
CO2限界削減費用



世界の部門別CO2排出量(長期展望: ~2100年)

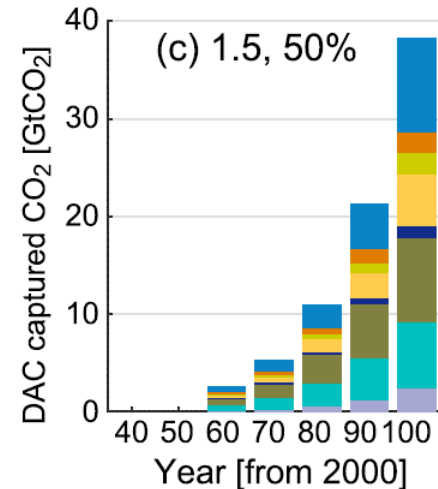
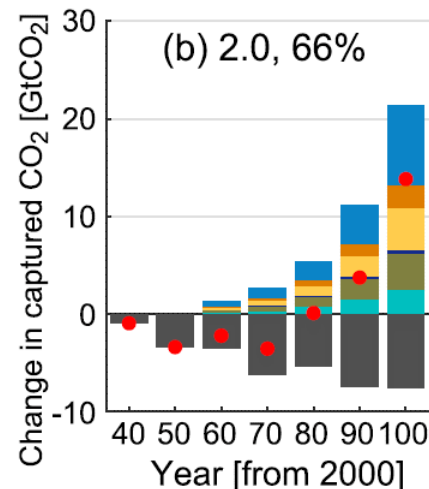
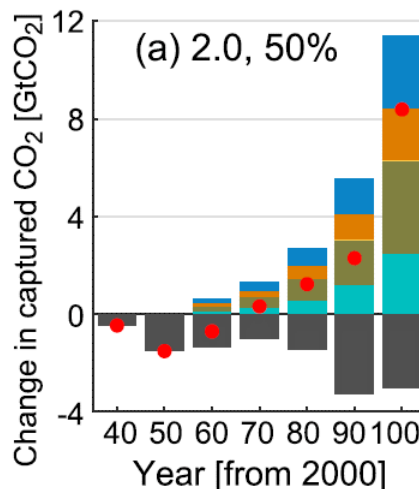


【参考】 既往のDACCSのシナリオ分析例 (MERGE-ETL)

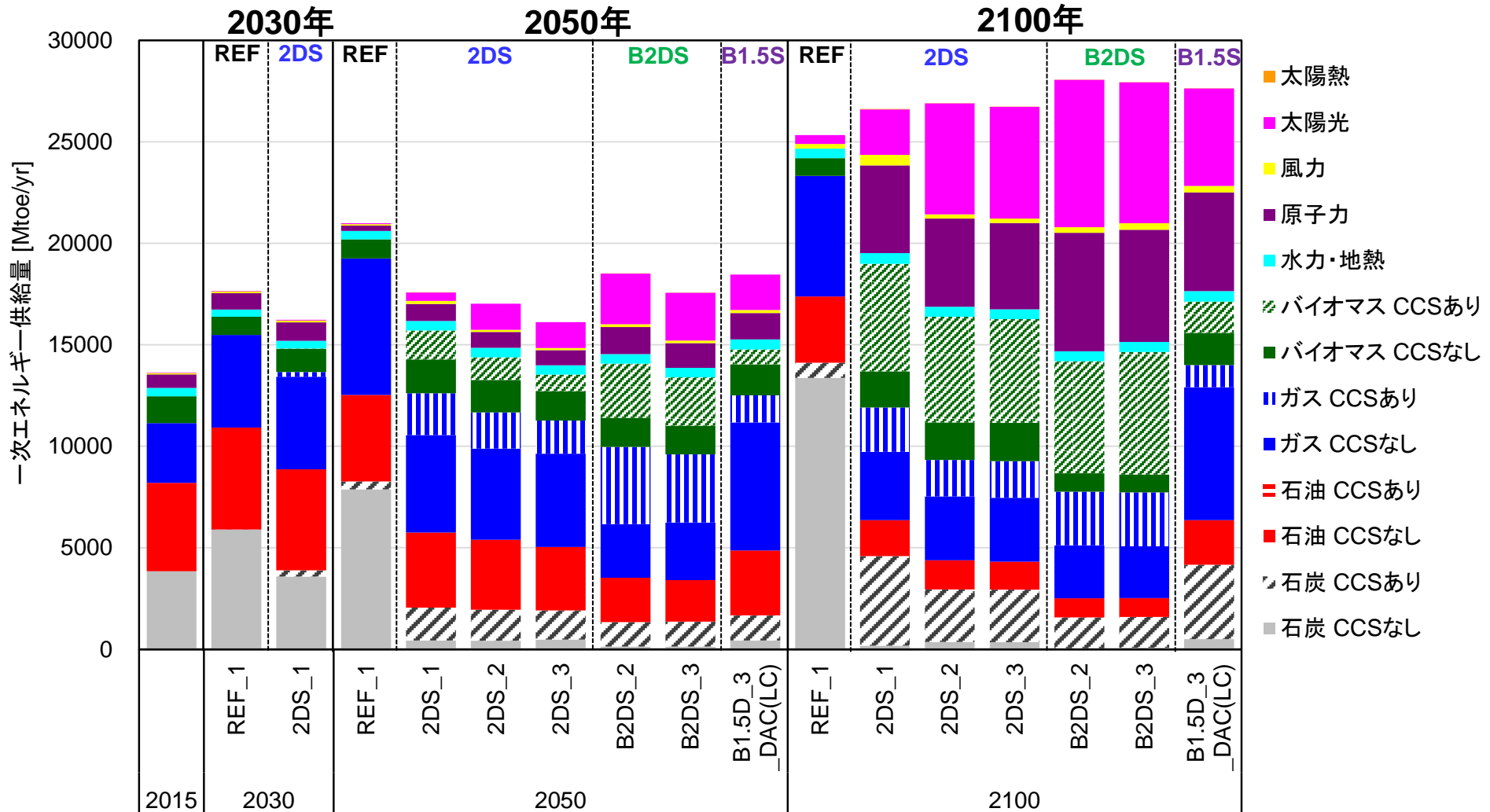


世界のエネルギー供給量(電力、非電力)

世界のCO₂回収量 (DAC有 - DAC無)

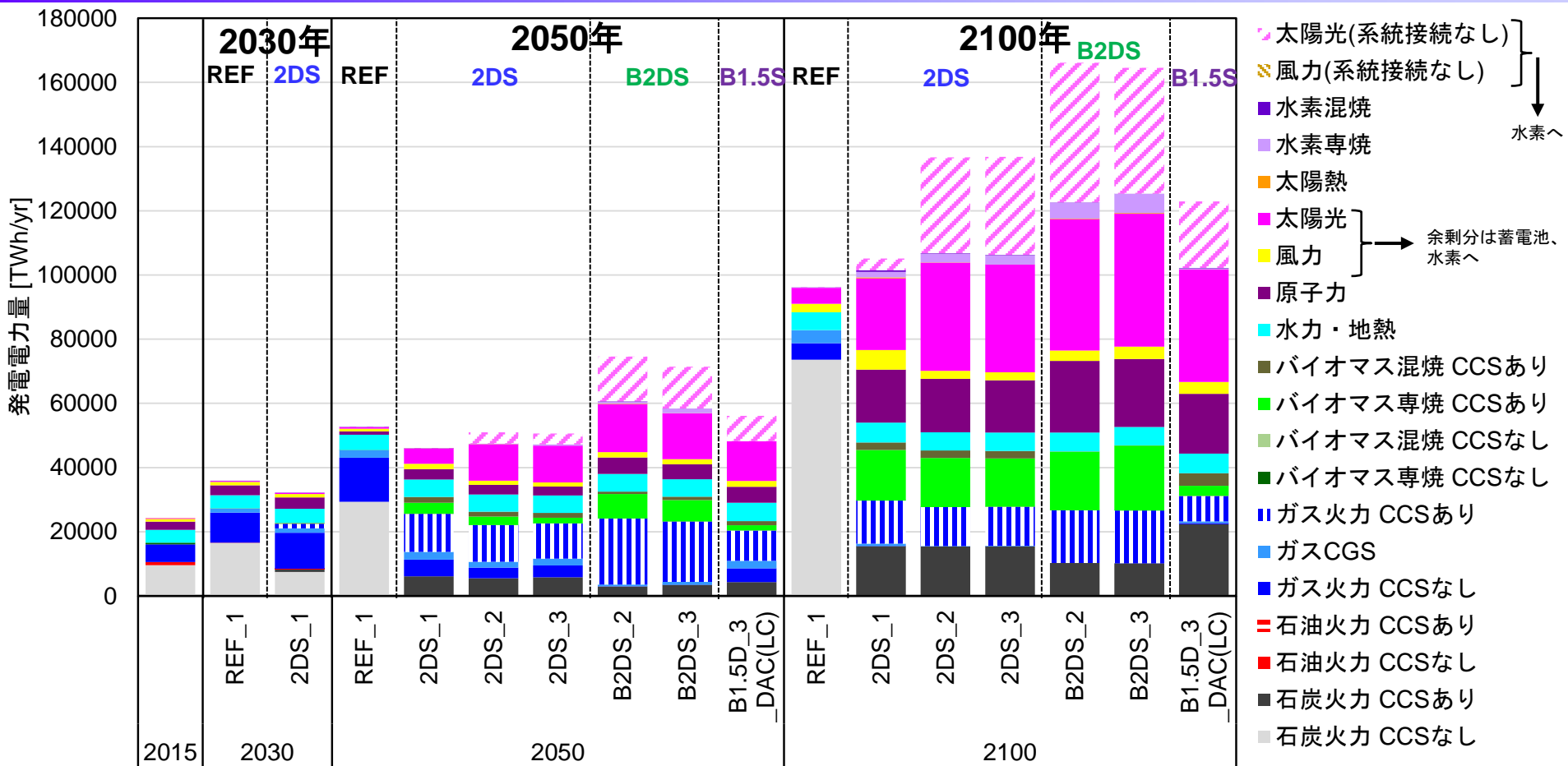


世界一次エネルギー生産量(長期展望: ~2100年)



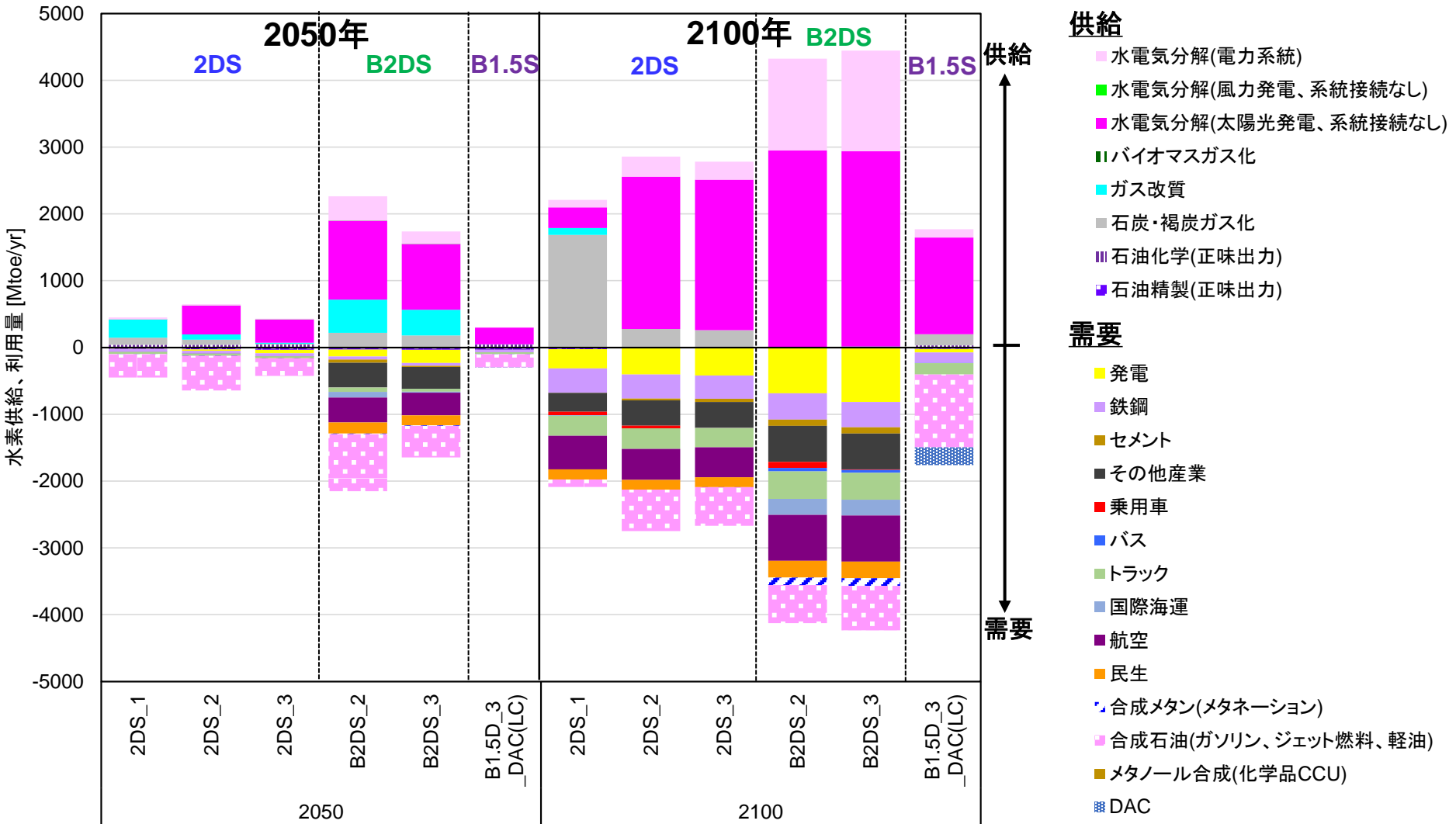
- ✓ 2°C、1.5°C目標のいずれのシナリオにおいても、2100年に向けて、再エネ、原子力、CCSの拡大が見られる。
- ✓ ただし、2100年においても、CCS無しの化石燃料利用は一定量残る(BECCSでキャンセルアウト)。
- ✓ DACを想定しなかった2°C目標下では、特に2100年では相当大きなBECCS利用が必要
- ✓ DACを想定した1.5°C目標では、BECCSの利用は大きく減少し、CCS無しの天然ガス利用もかなり残る。

世界発電電力量(長期展望: ~2100年)



- ✓ 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2060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。
- ✓ 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
- ✓ B1.5Dでは、DACsの利用により、BECCSの利用は減少。石炭CCSも増大傾向

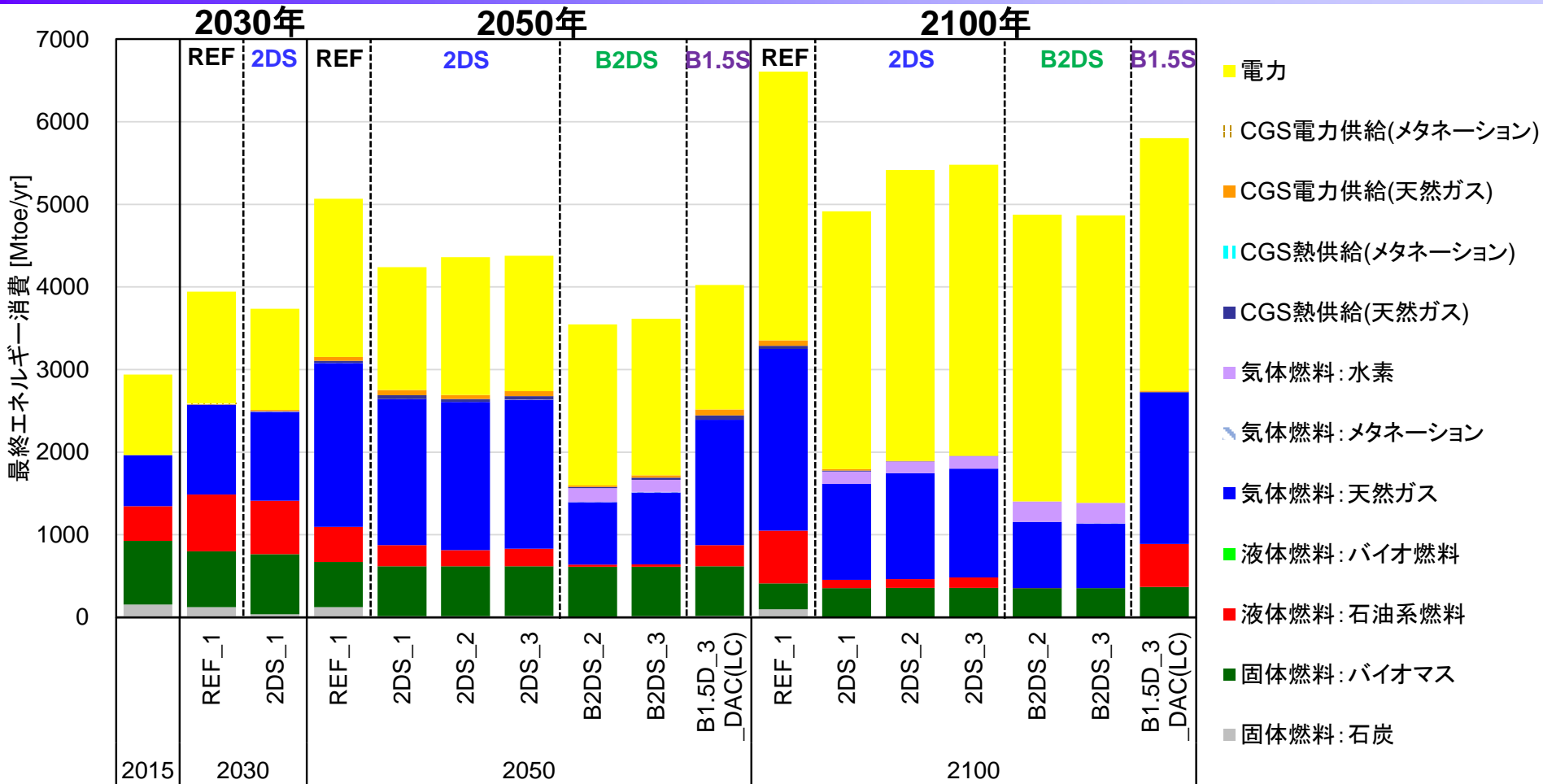
世界の水素需給バランス(長期展望: ~2100年)



✓ 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。

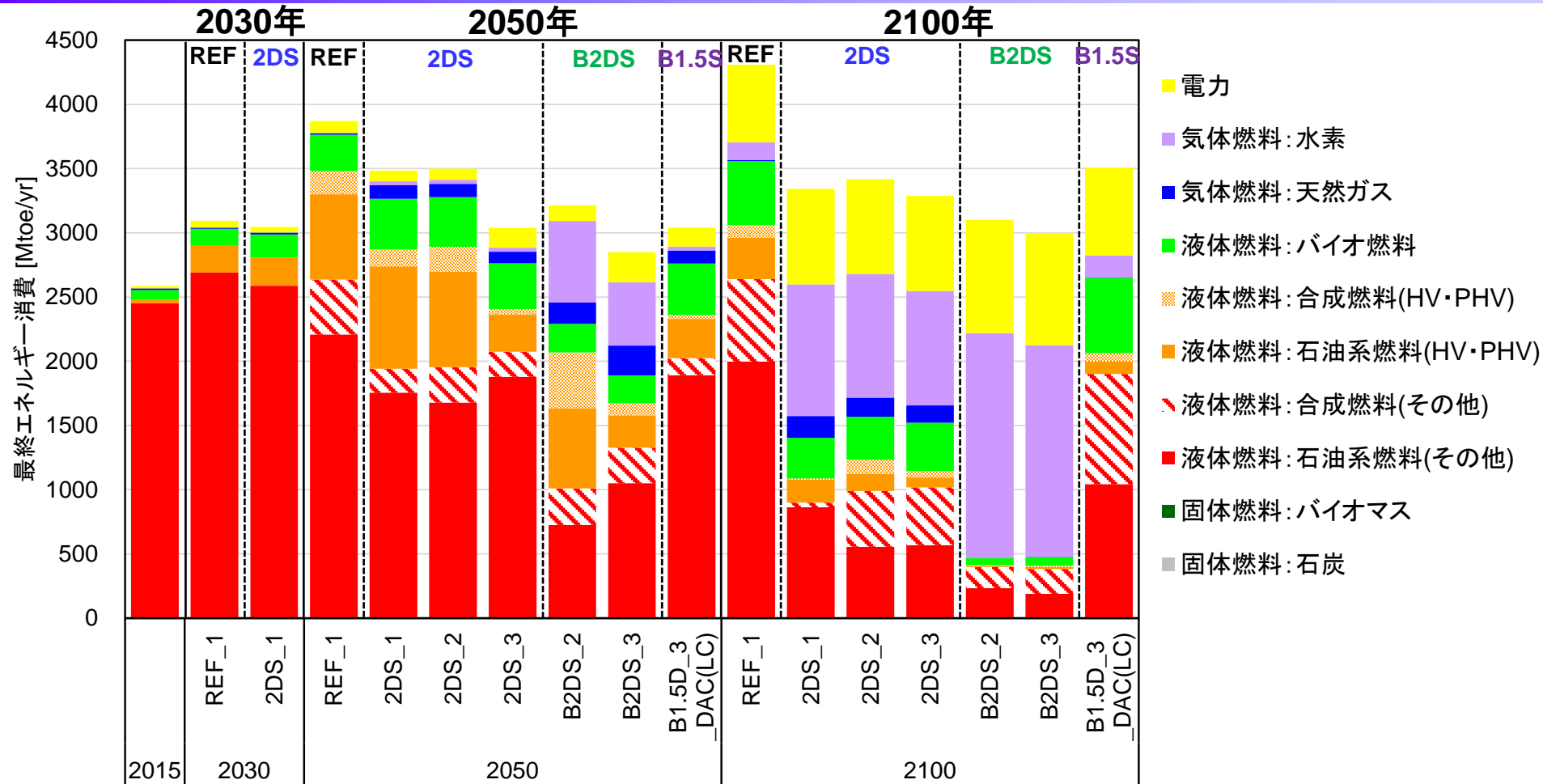
✓ 水素利用先は多様。合成石油、合成メタン(メタネーション)での利用も経済合理的に。

世界の民生部門の最終エネルギー消費量(長期展望: ~2100年)



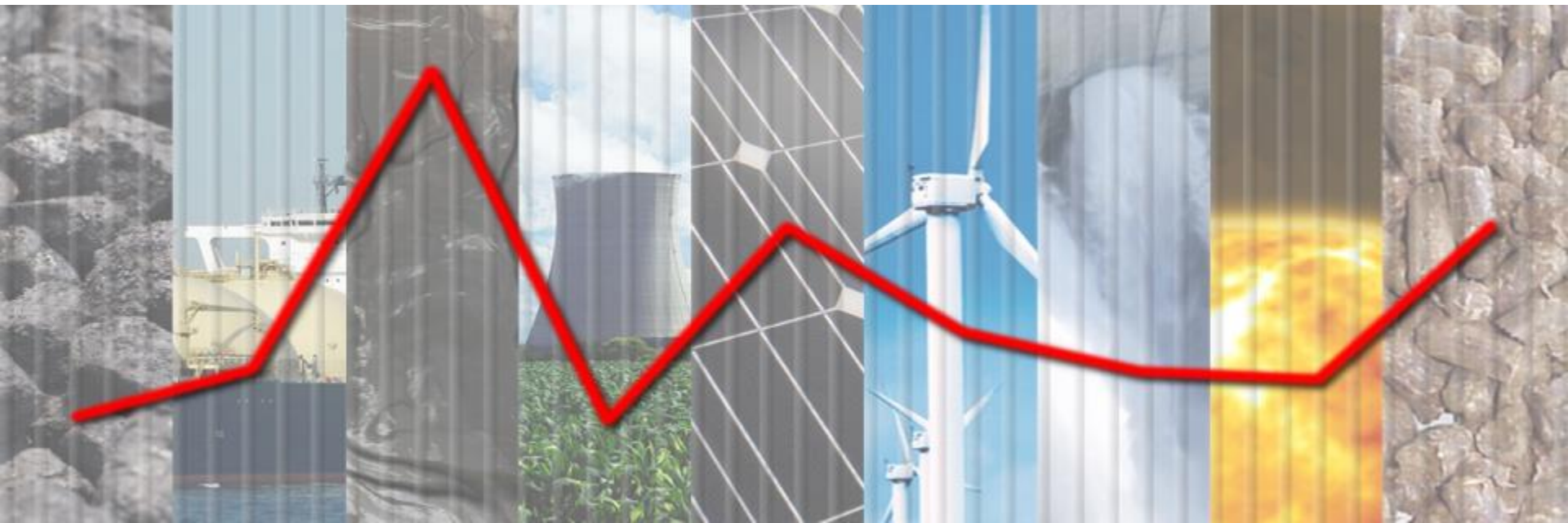
- ✓ 2°C、1.5°Cシナリオでは、電化の促進が見られる。
- ✓ 2DSでは、コジェネの拡大を含め、ガスの拡大も見られる(特に2050年に向けて)。
- ✓ 2050年頃からは、B2DSを中心に、水素の利用も見られる。
- ✓ 2°Cシナリオでは、石油需要は低下。しかし、1.5°Cシナリオでは、DACの想定により、石油需要は相応に残り得る。

世界の運輸部門の最終エネルギー消費量(長期展望: ~2100年)

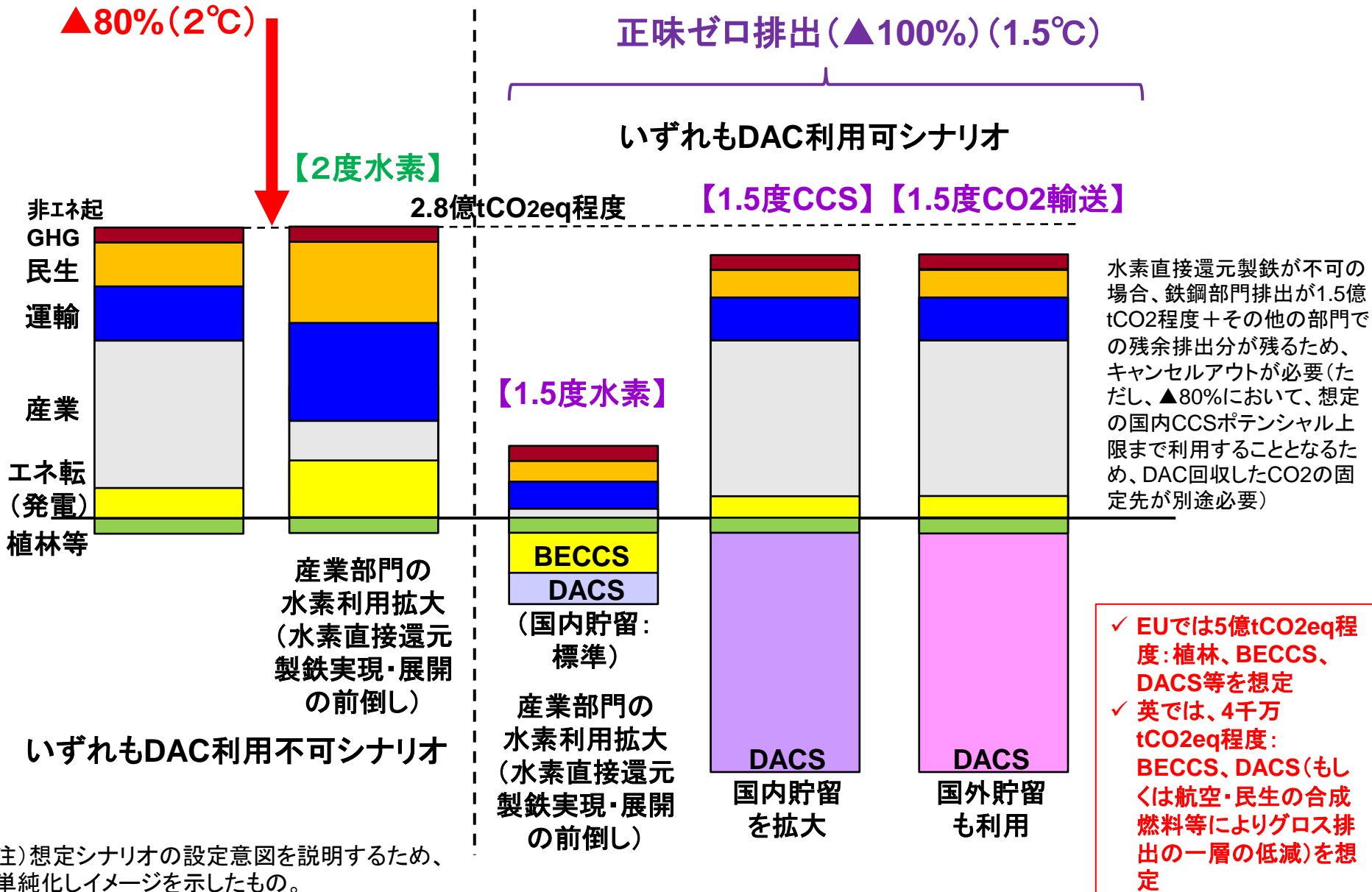


- ✓ 2°Cシナリオでは、EV、燃料電池自動車(FCV)、バイオ燃料の拡大が見られる。
- ✓ 特にB2DSの2050年以降は、FCTトラックを含め水素燃料の利用が拡大
- ✓ 2050年頃の一部ガス利用は国際海運での利用が主。2100年に向けては水素利用等に変遷。
- ✓ B2DSの2100年になるとバイオ燃料が減少。発電部門でのBECCS利用が費用対効果高いため
- ✓ 2050年頃を中心に合成燃料の利用も見られる。
- ✓ 2°Cや1.5°Cシナリオ(1.5°CはDAC有)であっても、2050年頃は、石油の利用も結構残る。

5. 国内の正味ゼロ排出のイメージ



日本の正味ゼロ排出のイメージ：部門別排出量



6. 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而言及。また、早期のネットゼロエミッション実現への要請が強まっている。菅首相も2050年実質ゼロ宣言。
- ◆ 脱炭素化(ゼロ排出)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、蓄電池、水素(アンモニア含む)は重要なオプション。また、更に再エネの利用先を拡大するためにも、水素とCO₂からの合成燃料(CCU)も重要なオプションとなり得る。特に日本の場合、再エネ、CCSともに、海外と比較してコスト高と見られるため、海外再エネ、海外CCS活用手段として、水素、合成燃料等はとりわけ重要性が高い。
- ◆ なお、CCUで、CCSを代替することは困難であり、CO₂貯留は重要
- ◆ DACSは、コストの不確実性は大きいものの、ネガティブ排出を実現できるため、ネットゼロエミッション目標下では重要な役割となる可能性有(ゲームチェンジャーになり得る)。
- ◆ ネットゼロエミッションにおいては、化石燃料は一部利用しながら、BECCS, DACCS等で排出をキャンセルアウトする方が、費用対効果が高い対策となる可能性が高い。
- ◆ 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シェアリングエコノミー等の社会イノベーションも極めて重要。
- ◆ 2050年正味ゼロ排出は、技術的には実現可能と見られるが、漸進的な技術進展を見込んでも相当高い排出削減費用が必要と見られる。温暖化対策技術の様々な要素技術(材料技術、生産技術、シミュレーション技術など)開発を含めて多くの課題が残っている。

付録

DNE21+のエネルギーフロー概略

温暖化対策を想定しないベースラインにおける化石燃料価格は外生的に想定し、生産単価や利権料等のその他価格要因を調整する。排出削減を想定したケースでは、それに伴う化石燃料利用量の変化に従って、モデルで内生的に価格が決定される。

