

第7次エネルギー基本計画エネルギー需給見通し向けシナリオ分析(1/2)

背景・目的

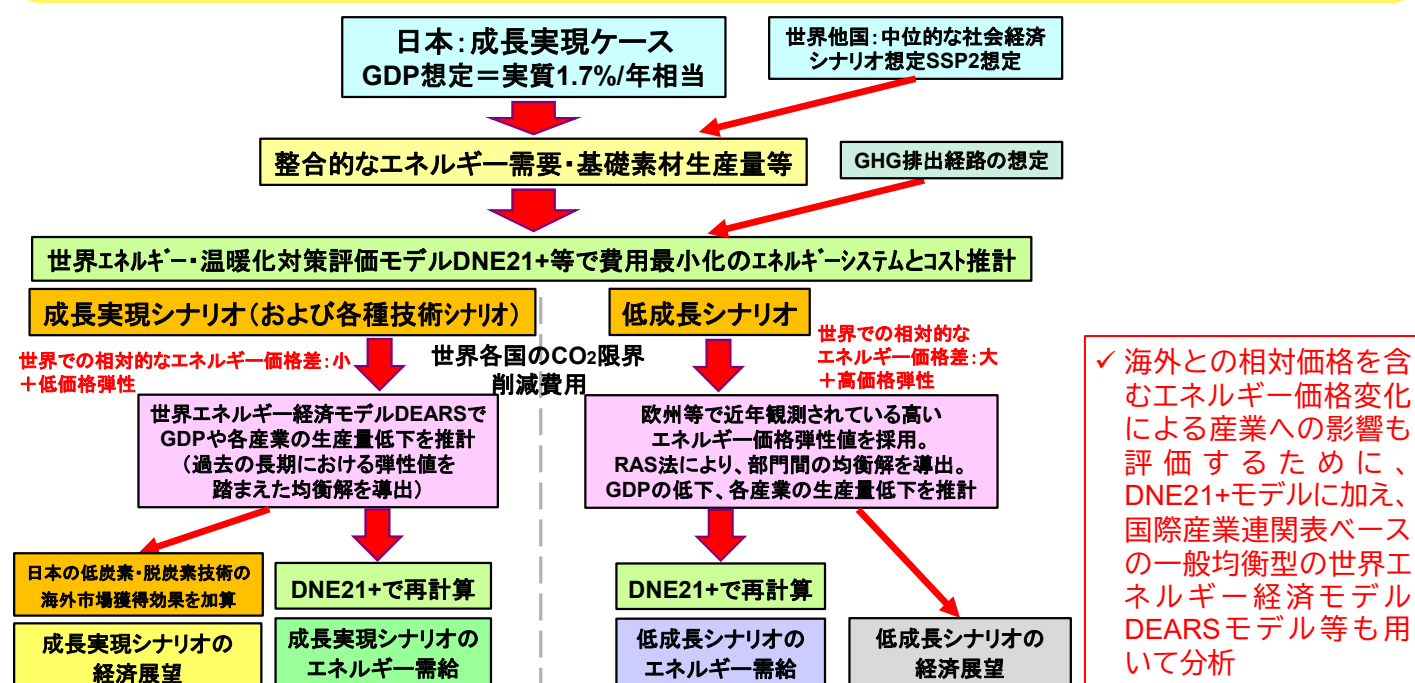
- 2025年2月に第7次エネルギー基本計画が閣議決定された。RITEでは、第7次エネルギー基本計画に付属するエネルギー需給見通し策定の基礎となった、シナリオ分析を実施し、政府に提供した。
- 国連気候変動枠組条約(UNFCCC)では2015年にパリ協定に合意し、全球平均気温上昇を産業革命以前比で2℃を十分下回るようにし、1.5℃未満も追求するとされた。
- 他方、日本をはじめとした主要先進国の排出量は低下傾向にあるものの、世界のGHG排出量は引き続き上昇基調が続いている。先進国から途上国へ、エネルギー多消費産業の移転が起こり、CO₂のリークageが見られる。また、各国が掲げる意欲的な排出削減目標と、実際の足下での排出削減には、大きなギャップも見られる。
- CO₂リークageを防ぐためには、海外との相対的なエネルギー価格を意識しながら、排出削減対策を進めていくことが重要
- 生成AI等とCO₂削減に伴う電化(DXとGX)による電力需要の増大が予想されてきているが、その実現についてもエネルギーの相対価格は重要な要素であり、世界各国間、部門間でのエネルギー量と価格で整合性を有する定量的なシナリオ分析が重要

モデルの概要と分析手法

シナリオ分析に用いたモデル:DNE21+

- 各種エネルギー・CO₂削減技術の体系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
- 世界地域分割:54地域分割
- 地域間輸送:石炭、原油・各種石油製品・e-fuels、天然ガス・e-メタン、電力、エタノール、水素、アンモニア、CO₂
- 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
- 500程度の技術を具体的にモデル化、設備寿命も考慮

分析手法

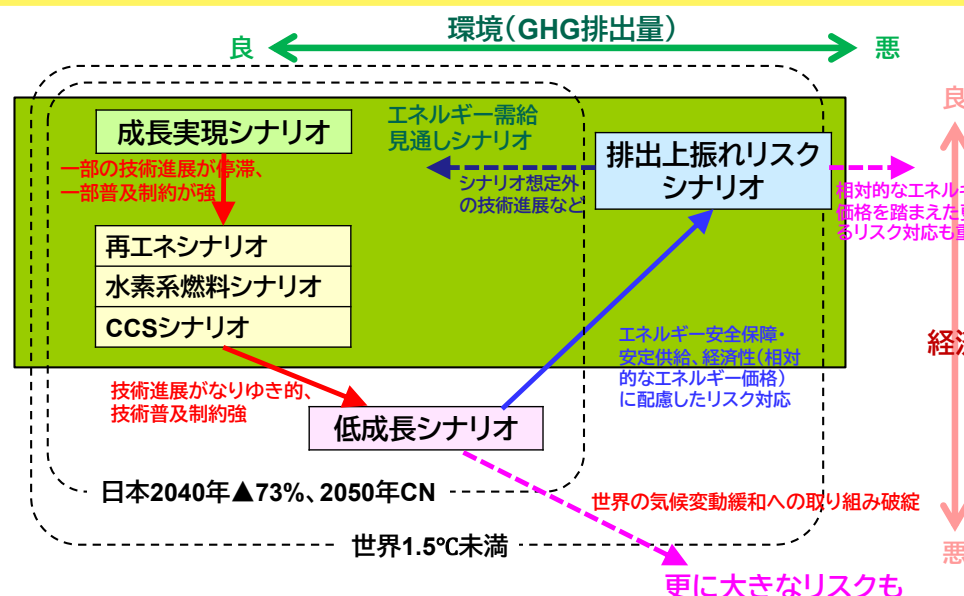


シナリオの想定

想定シナリオと政府需給見通しにおけるシナリオ名

排出削減シナリオ	RITEシナリオ名	政府シナリオ名	シナリオ概要
排出制約シナリオ 日本: 2030年▲46%+ 2040年▲73%+ 2050年▲100%(CN) +世界1.5℃未満 (主要先進国2050年CN)	成長実現シナリオ	革新技術拡大	排出削減対策が広範に順調に技術進展する。国際的な排出削減協定も順調で、日本の国際的な相対的なエネルギー価格差が適度に収まる。日本の温暖化対策技術が海外にも広く普及。経済と環境の好循環を実現し得る。
	再エネシナリオ	再エネ拡大	再エネの社会共生制約小・コスト低減加速
	水素系燃料シナリオ	水素・新燃料活用	合成メタン(e-methane)・合成燃料(e-fuels)・アンモニアを含め、水素系エネルギーのコスト低減加速
	CCSシナリオ	CCS活用	CO ₂ 貯留の社会障壁小。経済合理的な範囲で広範に普及
炭素価格シナリオ 技術進展等の不確実性下でのリスク対応シナリオ (政策目標としては、2040年▲73%+2050年CNだが、政策変数としては排出削減費用をターゲットとし、技術・社会情勢の不確実性により、結果としての排出量は変化)	排出上振れリスクシナリオ	技術進展	技術進展は「成長実現シナリオ」相当が実現できず、再エネ、CCS・CDR、水素系エネルギー、原子力等の技術進展・普及が抑制的。そのため、海外との相対的なエネルギー価格差が広がることから、経済と環境の好循環維持のため、炭素価格政策水準も抑制的となる社会像。炭素価格の想定はNGFS NZE2050

各シナリオの位置づけ



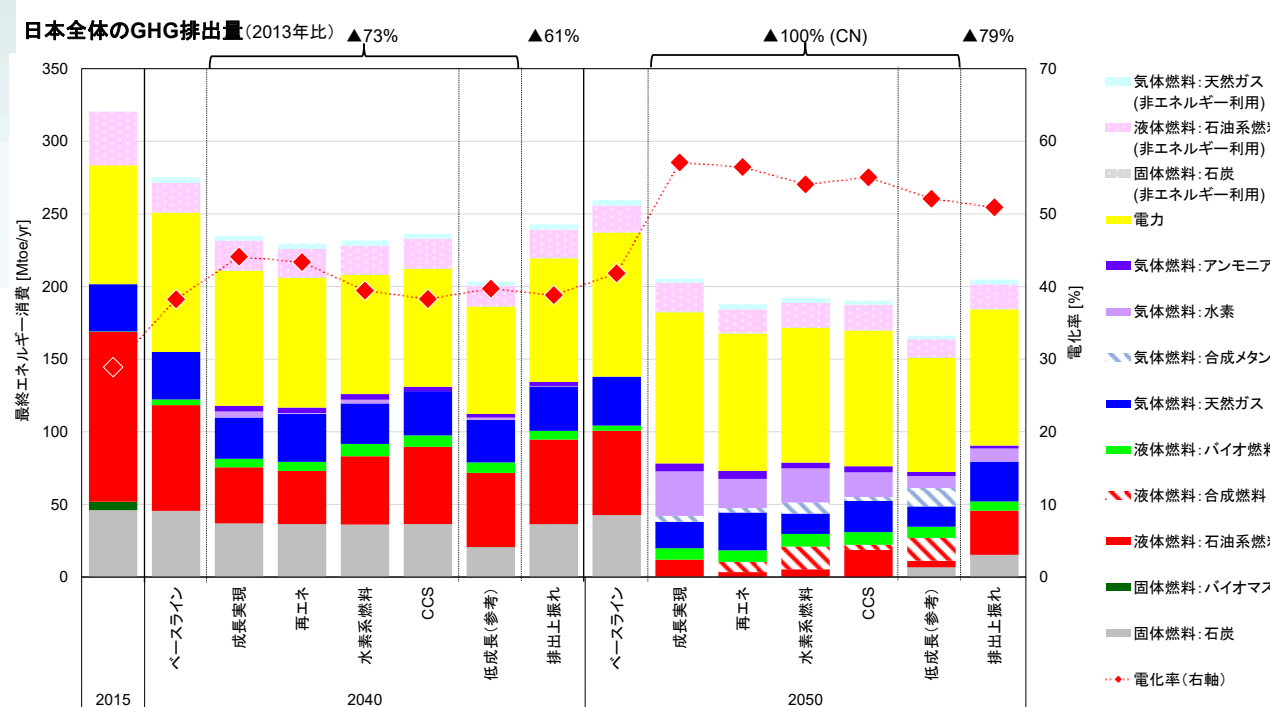
各シナリオの技術想定等

シナリオ	潜在的経済成長	GHG排出削減制約	原子力	再エネ	CCS/CDR	水素・アンモニア	合成燃料	データセンター等IT需要	自動車	鉄鋼	鉄鋼・化学・自動車等の生産量の展望・炭素価格による生産量低下
成長実現シナリオ	所得効果、人口・なりゆき産業構造変化等	GHG排出削減によって誘発される炭素価格	【上限(2050年)】 低位:現状60年運転延長炉 中位:10%(2040年20%程度) 高位:20%	【ポテンシャル】 低位:太陽光(上限:現状比2倍)、陸上風力制約強(上限:3倍) 高位:太陽光、陸上風力制約弱(上限:現状比4倍)	【年間貯留ポテンシャル(2050年)】 低位:1.2億トン 高位:2.4億トン	【コスト】 中位/コスト低減加速	【コスト】 中位/コスト低減加速	将来シナリオ(外生)	【EV】 中位/コスト低減加速	水素DRI 普及速度	鉄鋼・化学・自動車等の生産量の展望・炭素価格による生産量低下
再エネシナリオ	世界全体で1.5℃目標、日本2030年▲46%+2040年▲73%+2050年CN	高位	高位 (最適化計算結果として中位)	コスト低減加速・洋上収斂	高位	コスト低減加速	コスト低減加速	高位	コスト低減加速	高位	小 (中弾性(DEARS)):成長実現シナリオの結果をすべてに適用
水素系燃料シナリオ		中位	中位	中位	低位	コスト低減加速	コスト低減加速	高位	中位	高位	
CCSシナリオ		中位	中位	中位	高位	中位	中位	高位	中位	高位	
低成長シナリオ(参考)		低位	低位	中位	低位	中位	中位	中位	中位	中位	大 (高弾性+RAS法)
排出上振れリスクシナリオ	炭素価格:NGFS NZE2050相当	中位	高位	中位	低位	中位	中位	高位	中位	中位	小

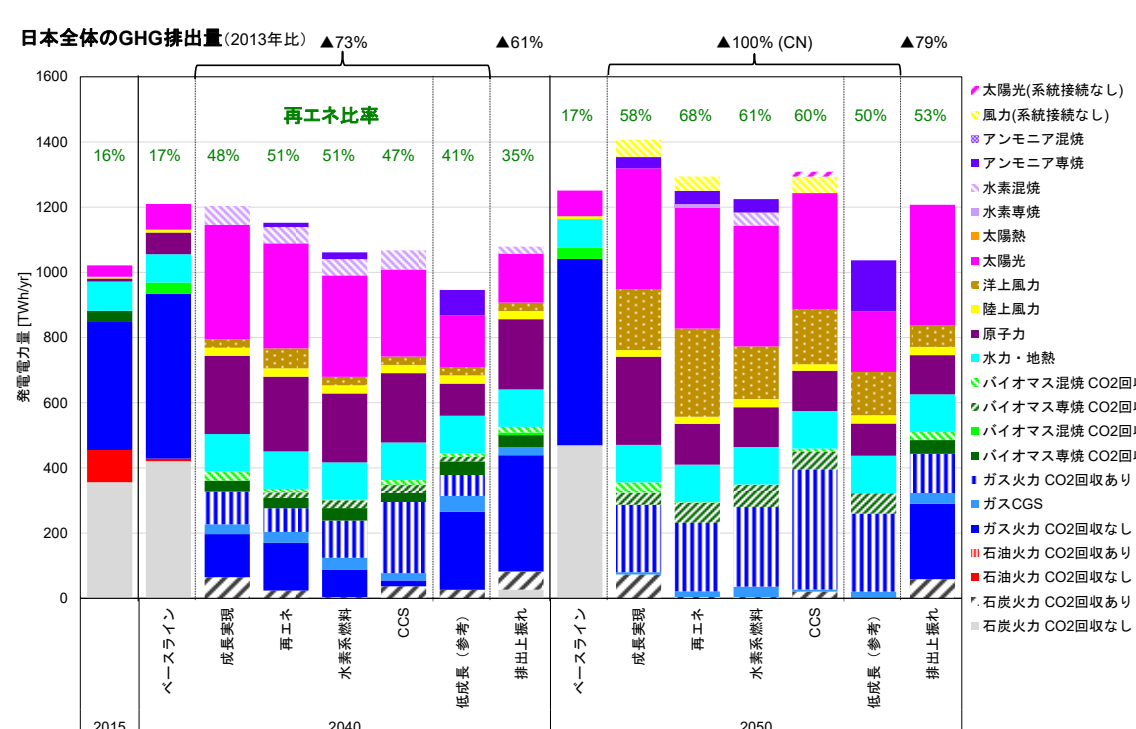
第7次エネルギー基本計画エネルギー需給見通し向けシナリオ分析(2/2)

シナリオの分析結果:日本

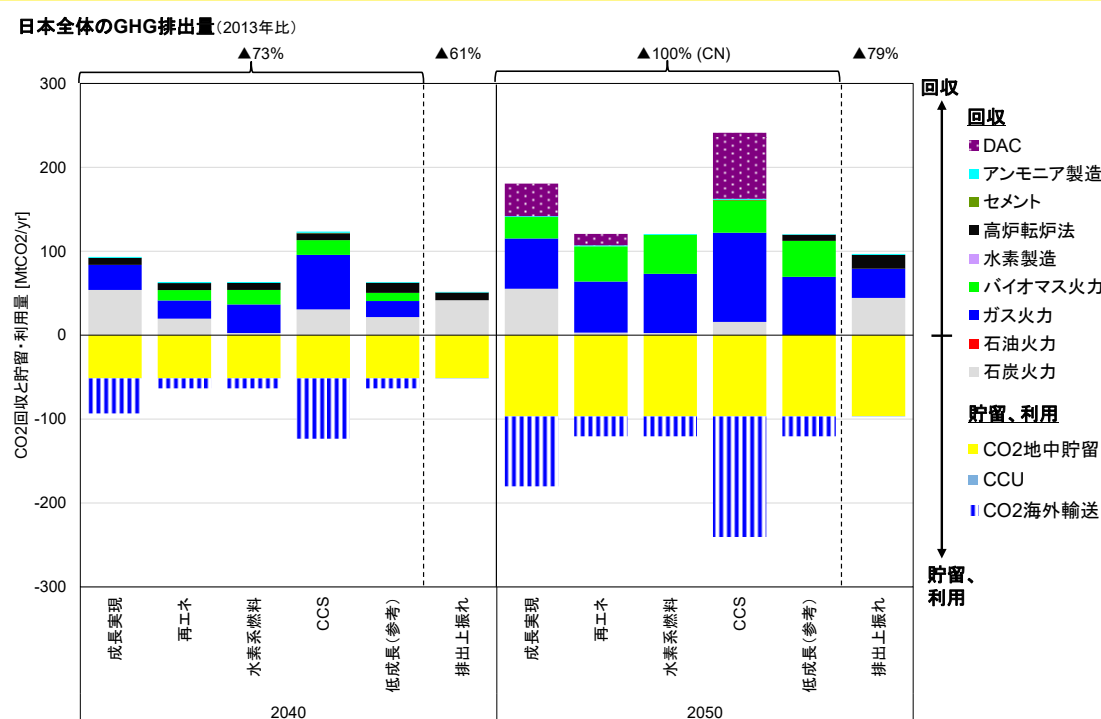
最終エネルギー消費量



発電電力量



CO2回収量と貯留・利用量



CO2限界削減費用

	成長実現シナリオ		再エネシナリオ		水素系燃料シナリオ		CCSシナリオ		低成長シナリオ		排出上振れシナリオ	
	2040	2050	2040	2050	2040	2050	2040	2050	2040	2050	2040	2050
日本	301	578	369	716	467	742	396	892	538	951	257	500
米国	294	262	350	348	409	454	362	350	410	467	257	500
EU	298	413	350	516	409	648	362	541	410	664	257	500
その他	294	262	350	348	409	454	362	350	410	467	257	500

単位:USD/tCO₂ (2000年価格)
注)一部の国抜粋表示

マクロ経済影響・主要産業の生産量への影響

ベースラインからの低減率	成長実現シナリオ (DEARS)		低成長シナリオ (価格弾性: ▲1.0、所得弾性: 1.0 + RAS法)		排出上振れシナリオ (DEARS)	
	2040	2050	2040	2050	2040	2050
鉄鋼	-3.9%	-11.0%	-41%	-46%	-3.6%	-11.0%
(生産量 [億トン/年])	(0.86)	(0.80)	(0.53)	(0.49)	(0.86)	(0.80)
化学	-3.7%	-11.2%	-35%	-40%	-3.3%	-10.7%
窯業土石(セメント含)	-2.1%	-2.7%	-30%	-34%	-1.7%	-3.8%
非鉄金属	-1.4%	-2.7%	-35%	-39%	-1.2%	-5.0%
紙パ	-3.5%	-6.3%	-33%	-37%	-3.1%	-7.2%
輸送機械	-4.1%	-6.9%	-42%	-47%	-4.7%	-8.2%
GDP (CO ₂ 削減技術の海外市場獲得効果含み)	-4.1%	-5.6%	-13%	-14%	-3.6%	-5.9%
GDP, GNI (海外市場獲得効果含み)	内閣府「成長実現ケース」の一人当たりGDP成長率を若干上回る水準 (海外市場獲得効果: +4%~+5%程度)		上記とほぼ同様 (海外市場獲得効果は期待できず)		内閣府「成長実現ケース」の一人当たりGDP成長率とほぼ同等の水準 (海外市場獲得効果: +3~+4%程度)	
経済成長率: 2023年からの年成長率 ※人口低減見通しが含まれる	+1.5%/年	+1.2%/年	+0.6%/年	+0.7%/年	+1.4%/年	+1.2%/年

- ✓最終エネルギー消費量は、2040、2050年にかけて、いずれのシナリオでも大きく低減
- ✓原子力の活用に加え、再エネの拡大、CCSの利用が経済合理的であり、また、水素、アンモニア、e-methane、e-fuels、DACCS等の利用も経済的な対策
- ✓電力需要は、IT需要等で潜在的には増大が見込まれるが、相対的に高いエネルギー価格となれば、産業の海外移転を含め、生産量が低下しながら、エネルギー消費量を抑制することが必要になる。経済性の高い電源投資には長いリードタイムも必要となることが多く、電力需給逼迫をしないためにも、「低成長シナリオ」を実現しない予見性の高いエネルギー・気候変動政策が重要
- ✓「成長実現シナリオ」は、経済と環境の好循環を実現し得るが、それでも、2040年▲73%、2050年CNを実現するにはかなり高い費用が必要になると分析される。実現のためには、本分析で想定できなかったような更なるイノベーションも必要とも考えられる。
- ✓「低成長シナリオ」では、技術進展が漸進的であることから、日本は相対的に安価な脱炭素エネルギーへのアクセスが海外に比べて難しい状況となり、結果、海外との相対的なエネルギー価格差が広がり、海外への産業移転が大きくなる。鉄鋼、化学産業などでは、40%程度の極めて大きな生産量の低下が推計される。

まとめ

- 日本政府は、1.5℃目標の実現を前提としつつ、2050年CNの実現に向けて、2040年▲73%(2013年比)の排出削減目標を掲げ、その実現を目指す、エネルギー基本計画とエネルギー需給見通しを策定した。
- RITEでは、DNE21+、DEARSモデル等を用い、定量的かつ整合性を有したエネルギーシナリオを策定した。
- そこでは、世界全体での大幅排出削減や、経済と環境の好循環の実現のためには、海外との相対的なエネルギー価格差への着目は重要と考えられ、それを考慮した分析を実施
- DXとGXによって、2040、2050年に向けて、電力需要の大幅な増大が推計された。これに備え、脱炭素、低炭素の発電設備の拡大を促す政策の拡充は重要。他方、海外との相対的なエネルギー価格差が広がれば、電力需要の上昇は実現しないリスクもあり(低成長シナリオ)、需給一体でのエネルギー戦略の構築が重要
- 分析した「成長実現シナリオ」は目指したい姿ではあるが、気候変動問題はグローバルでの対策が必須であるため、国際的な協力なくして効果はない。「成長実現シナリオ」は、ナローパスであることも認識し、「低成長シナリオ」の顕在化リスクに備え、「排出上振れリスクシナリオ」も意識したエネルギー戦略も求められる。

デジタル化による需要側対策による 排出削減貢献の評価(1/2)

背景・目的

2℃や1.5℃目標実現には、大きな排出削減費用が見込まれ、その達成は容易ではないと見られている。一方、2018年に公表されたIPCC 1.5℃特別報告書では、Low Energy Demand (LED)シナリオが提示され注目された。また2022年に公表されたIPCC第6次評価報告書では、初めて需要側対策の章が独立して設けられ、2028年頃の出版が予定されている第7次評価報告書でも独立章が予定されているなど、需要側対策の注目度が増している。デジタル化の進展により、シェアリング経済・サーキュラー経済の誘発がしやすくなってきており、また、変動性再生可能エネルギーに対する需要側の対応の重要性も増している中、デジタルの活用による対応の余地も生まれてきている。一方、需要側対策は、世界で多様であり、包括的な分析はほとんどなされてこなかった。RITEでは需要側対策に焦点を当てた国際連携の事業EDITS(Energy demand changes Induced by Technology and Social innovations)を実施してきている。

需要側対策の既往の分析例

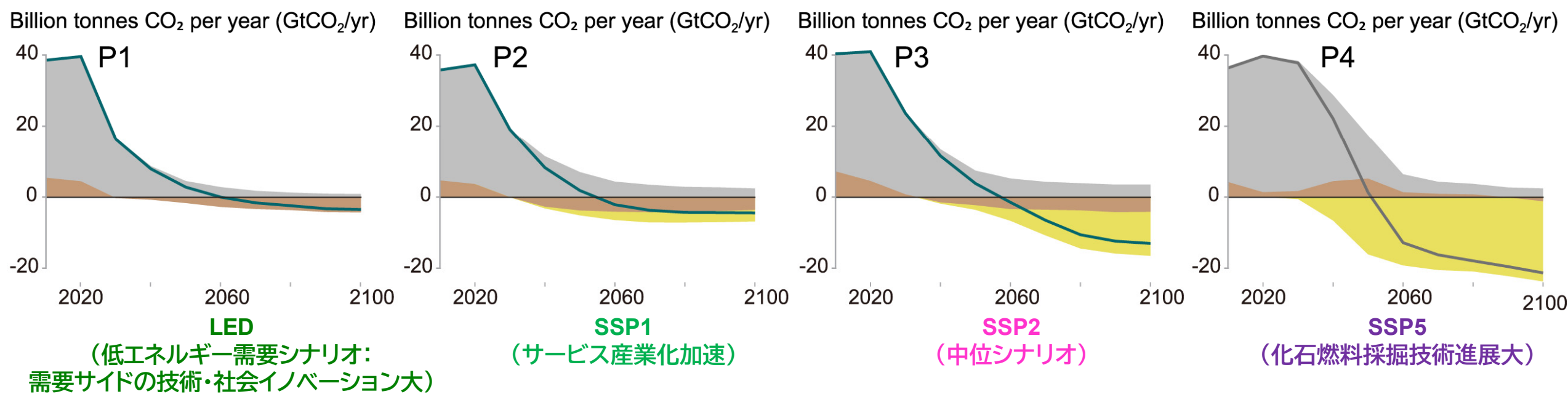
需要側対策

- 従来の需要側対策は、個別機器の省エネルギーが主。途上国では引き続き、省エネ機器の幅広い普及は重要
- 他方、個別機器の省エネルギーは限界がある。デジタル化の進展によって、デジタルを活用した、シェアリング経済、サーキュラー経済の誘発の可能性が高まっており、社会構造の変化を伴う、低エネルギー需要社会の実現を目指すことの重要性が増している。
- また、太陽光や風力発電のような変動性再生可能エネルギーの増大が不可避であり、電力需要の柔軟な対応の重要性も増している。ここでもデジタルは主要な役割となる。

Low Energy Demand (LED) シナリオ

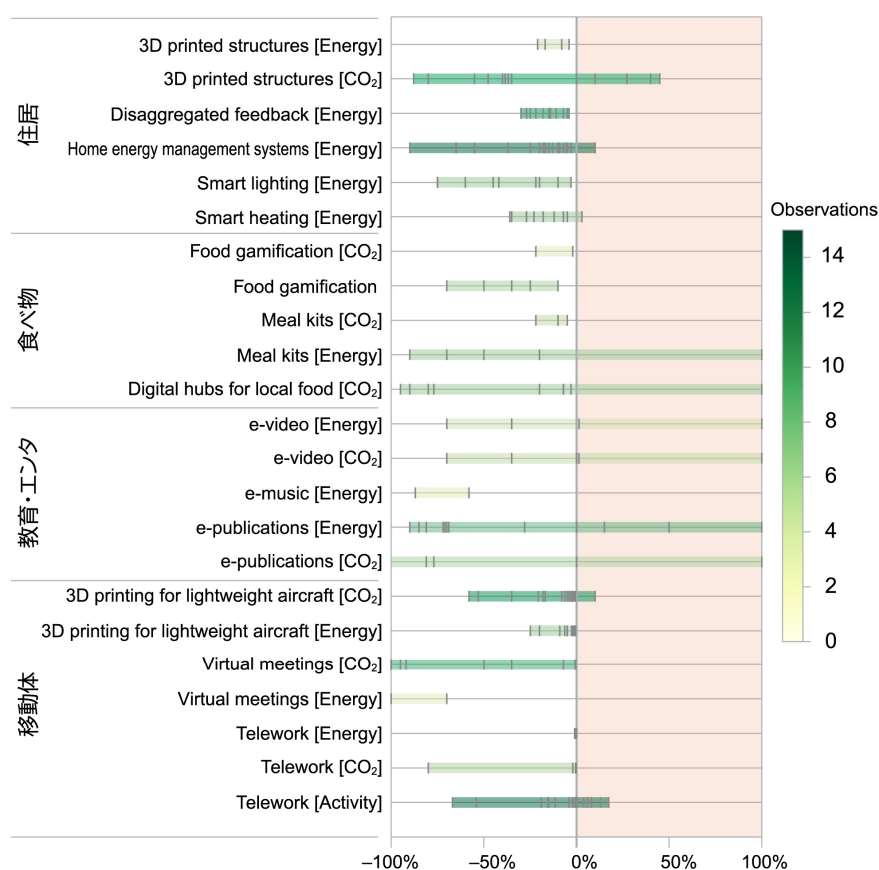
● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS

出典) IPCC 1.5℃特別報告書



✓LEDシナリオは需要の大幅低減により、負排出技術への依拠が小さい。ただ、IPCCで提示されたシナリオは1つのみで、検証を進める必要性

デジタル化によって誘発される様々な対策の評価例

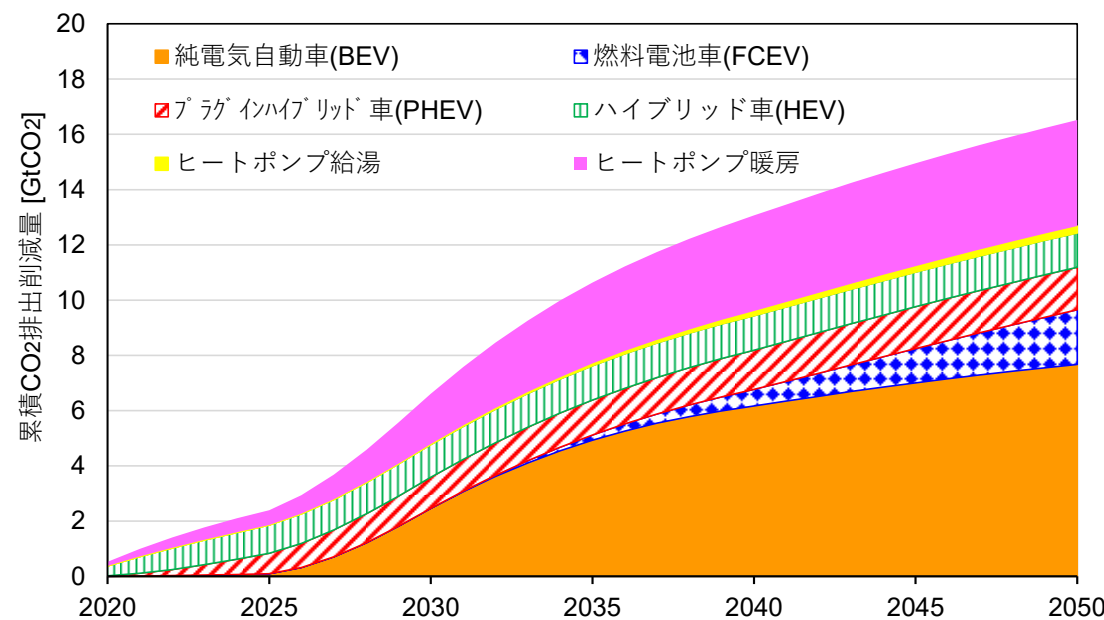


出典)IPCC第6次評価報告書

✓IPCC第6次評価報告書では、デジタルを活用した、低エネルギー、低排出の分析を整理。技術毎の削減率の評価に留まっている状況

需要側技術の削減貢献量の評価例

世界エネルギーシステムモデルDNE21+によって、需要側技術による世界の排出削減効果を推計



出典)RITEによる分析・評価(K. Akimoto et al., 2026)

✓ヒートポンプやバッテリー技術による電気自動車などは、省エネ、CO₂削減に貢献するが、普及が進むと、製造企業のScope 3排出は増大してしまう。

✓そこで、「削減貢献量」の概念が進みつつある。モデルを用いて、定量的かつ整合的に「削減貢献量」を推計、評価

デジタル化による需要側対策による 排出削減貢献の評価(2/2)

試算結果: デジタル化によるエネルギー消費・温室効果ガス排出の低下

モデルの前提条件とシナリオ

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
運輸	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)
家庭	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】
	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】
	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】
建物	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	
農業・食品	6) 需要予測の向上等による食品廃棄の低減	- 必要食品生産量の低減に伴う、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に伴う、メタン、一酸化窒素排出量の低減	- 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】
産業	7) 3Dプリンティングの適用による素材の低減	- 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	- 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】
派生効果	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	

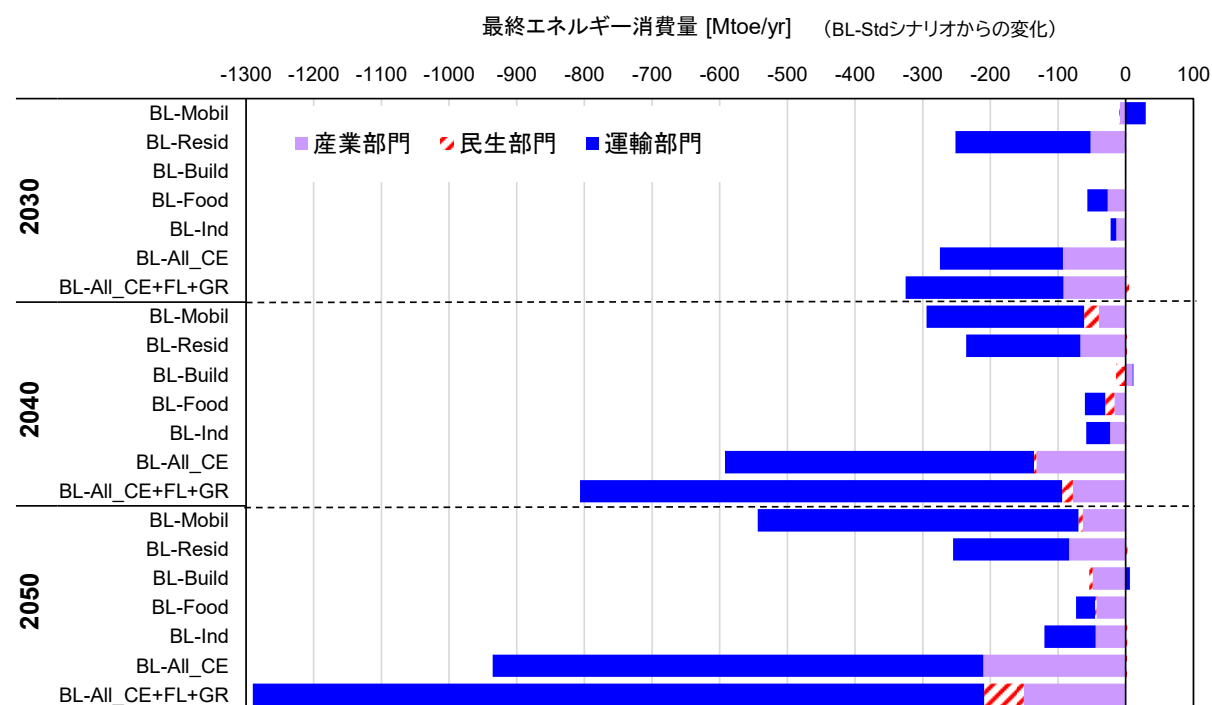
赤字: 家庭部門関連、緑字: 業務部門関連、青字: 輸送部門関連、紫字: 産業部門関連、灰字: 非CO2 GHG等

シナリオ名	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	ベースライン【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+GR	2°C未満(>66%確率)【B2DS】 2°C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-Std		—	—	—	—	—	—	—	—
B2DS-Mobil		○							
B2DS-Resid			○						
B2DS-Build				○					
B2DS-Food					○				
B2DS-Ind						○			
B2DS-All_CE		○	○	○	○	○	○		
B2DS-All_CE+FL+GR		○	○	○	○	○	○	○	○

世界全体の試算結果

DX誘発の最終エネルギー消費への影響

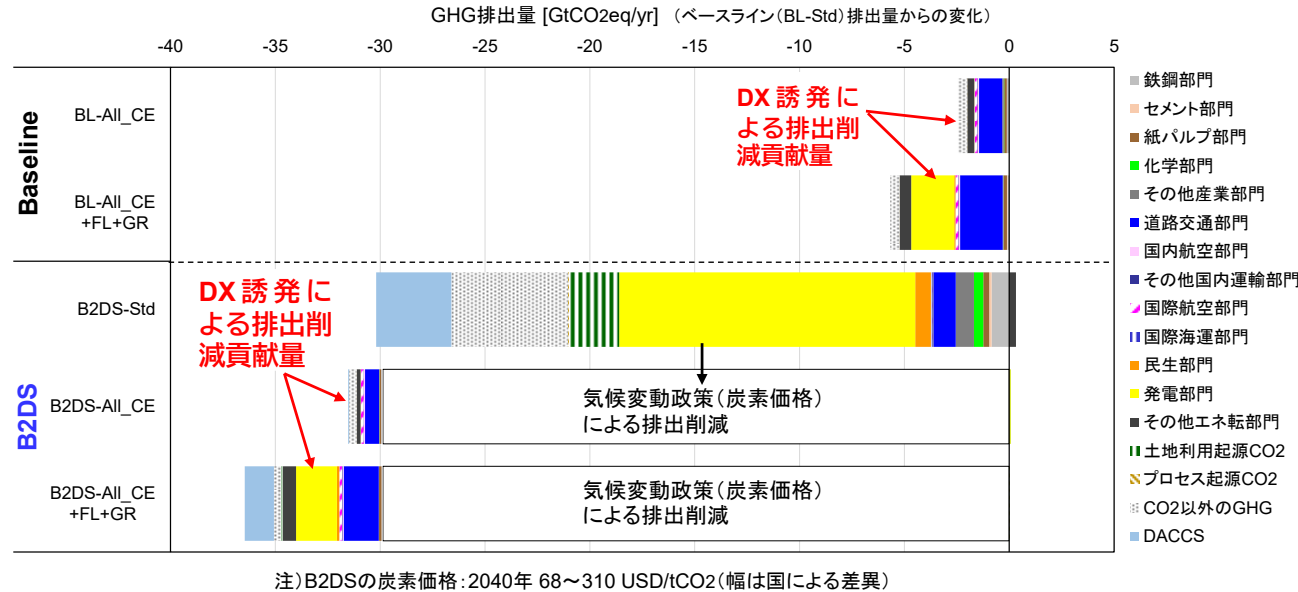
(特段の気候変動対策を考慮しない場合)



✓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。

気候変動政策とDX誘発による排出削減の関係(2040年時点)

(ベースラインと2°C未満(>66%確率)の比較)



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-All_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、同様の水準の排出削減量が期待できる。

まとめ

- 2°Cや1.5°Cを「経済と環境の好循環」で実現するのはナローパス。デジタルトランスフォーメーションDXによるシェアリング・サーキュラー経済の誘発を含む、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。
- 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。
- EDITS事業では、世界の主要な20以上の研究機関・大学と協力しつつ、また100名を超える研究者が参画して、世界の多様な需要サイドの対策について、地域的な差異を考慮しつつ、分析の視点の多様性を有して、2020年から事業を開始している。定性的なシナリオと定量的かつ包括的なシナリオ分析を提示することで、需要側対策の進展に貢献していく。