

## システム研究グループ

### グループメンバー(2026年4月)

グループリーダー・主席研究員	秋元 圭吾	主任研究員	原田 洋
サブリーダー・副主席研究員	永田 敬博	主任研究員	中野 優子
主席研究員	小田 直樹 (企画調査グループ業務)	主任研究員	大西 尚子
副主席研究員	藤崎 亘	主任研究員	橋本 照子
主任研究員	和田 謙一	研究員	樹田 仁次
主任研究員	長島 美由紀	研究員	安藤 輝尚
主任研究員	本間 隆嗣	職員	山本 清美
主任研究員	佐野 史典	職員	斎藤 美三子
主任研究員	林 礼美	職員	工藤 幸子
主任研究員	伏見 温子	職員	南村 良子

## システム研究グループの研究活動報告

システム研究グループは、システム的な思考、システム的な分析を通して、地球温暖化やエネルギー対応に関する有用なる情報提供を国内外に行ってきた。

日本政府は、第7次エネルギー基本計画<sup>1)</sup>、地球温暖化対策計画<sup>2)</sup>、GX2040ビジョン<sup>3)</sup>を策定し、2025年2月に閣議決定した。地球温暖化対策計画では、2035年および2040年のNDC (Nationally Determined Contribution) としての温室効果ガス排出削減目標を、それぞれ、2013年度比で60%削減、73%削減とすることとし、2月18日に日本のNDCとしてUNFCCC事務局に提出された。世界においては、2025年11月のCOP30に前後して、多くの国が2035年や2040年の排出削減目標を策定したNDC3.0を提出した。システム研究グループでは、2024年度、第7次エネルギー基本計画策定にあたりシナリオ分析を行ったが、今年度はシナリオを更に拡張した分析を実施した。また、最新のNDCsの排出削減目標の状況について整理しつつ、複数の指標を用いて排出削減目標の排出削減努力に関する分析・評価を行った。本報告では、これらのシナリオ分析、評価について解説する。

### 1. 第7次エネルギー基本計画エネルギー需給シナリオの感度解析

日本政府は、2025年2月に、地球温暖化対策計画の改定を行い、2035年および40年のNDCとしての温室効果ガス排出削減目標を、それぞれ、2013年度比で60%削減、73%削減とすることとし、2月18日に日本のNDCとしてUNFCCC事務局に提出も行った。これら目標は、既に提出済みの2030年46%削減から2050年実質ゼロ排出(100%削減)に至る直線的な削減にあたるものである。既往の削減目標は維持し、気候変動への対応を進めながら、他方で、複雑化してきている国際情勢にも対応するパスが選定されたものと考えられる。更に第7次エネルギー基本計画のエネルギー需給見通しでは経済的リスクへの対応として、排出量が上振れするシナリオの提示もなされた。他方、世界排出量は引き続き上昇していることに加え、国際情勢は一層混沌としてきている。ロシア・ウクライナ戦争は長期化し、また、2026年2月には米国・イスラエルがイランを攻撃し、中東情勢は緊迫している。米国トランプ政権は、2026年1月にパリ協定から正式に脱退したが、これに留まらず、2026年1月には国連気候変動枠組条約自体からの脱退を宣言した。また、2月には、各種排出削減政策の法的な根拠とされてきた、温室効果ガスの「危険性認定」の取り消しも行った。

世界の温暖化対策は、まだら模様感を増してきている。グローバルでカーボンニュートラルの達成を目指すうえ

では、各国の掲げる野心や政策強度の違いの増幅は、対策の困難さを増大させる。気候変動対策は喫緊の課題である。しかしながら、排出削減対策の国際的な協調ができない状況では、国内で排出削減の強度を上げようとしても、それは、温暖化対策が進むよりも、生産活動量の低下、産業の海外リークageによって排出削減が実現していくことになりかねない。この場合、国内排出量は減っても、世界排出量は減らないことになる。

RITE は、2024 年度にシナリオ分析を行い、それは第 7 次エネルギー基本計画のエネルギー需給見通しの主要な参照とされた<sup>4),5)</sup>。その中では、リスク対応シナリオとして「排出上振れリスクシナリオ」(政府シナリオ名は「技術進展シナリオ」)も採用された。しかし、このような国際情勢の中、より広範なシナリオ分析を行っておくことの重要性は増している。そこで、第 7 次エネルギー基本計画策定向けに提示した「排出上振れリスクシナリオ」を更に拡張した分析を実施した。

### 1.1. 分析方法

第 7 次エネルギー基本計画向けの分析と同様に、基本的に DNE21+モデル<sup>6),7),8)</sup>を用いて分析を行った。図 1 に分析の流れを示す。

DNE21+モデルは、部分均衡のエネルギー需給分析モデルであり、エネルギー多消費産業(粗鋼など)の各生産量や運輸サービス需要等は外生的に想定される。しかし、エネルギー多消費産業の海外移転が進んできていると観測され、また、今後の CO<sub>2</sub> 排出削減において、CO<sub>2</sub> 排出削減強度の国際間の違いによって誘因される、海外との相対価格変化によって、エネルギー多消費産業の生産活動量自体が変化(日本で低下)する可能性も高い。そのため、CO<sub>2</sub> 排出削減強度の国際的な違いによって誘発される可能性がある、エネルギー多消費産業の生産量低減効果も織り込んだ分析を行った。この分析においては、基本的に世界エネルギー経済モデル DEARS<sup>9),10)</sup>を用いた。他方、とりわけ先進国を中心に、価格弾性が高まってきている可能性があることから、昨年度の分析になるが、「低成長シナリオ」については、より高い長期価格弾性値を想定した分析も実施した。生産量低下の推計結果を基に、DNE21+の前提条件を更新し、再度

DNE21+で計算を実施した。

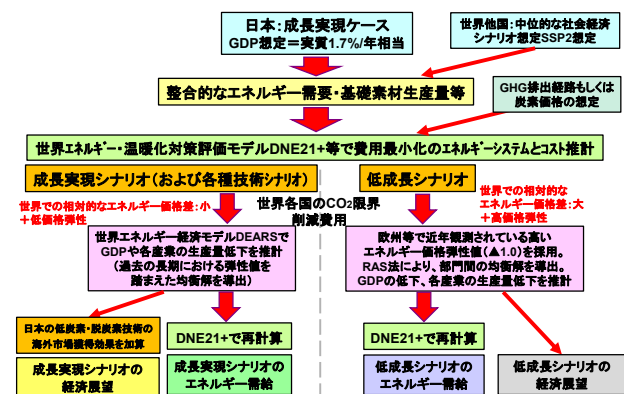


図1 シナリオ分析の流れ

### 1.2. シナリオ想定

表 1 に示す 7 シナリオについて分析を行った。

「成長実現シナリオ」は、広範かつ大きく技術進展が実現するシナリオである。他方、一部のみ技術進展がうまくいくシナリオが、「再エネ」、「水素系燃料」、「CCS」の各シナリオである。これらシナリオは、いずれも 2030 年 46%減から 2050 年カーボンニュートラル(CN)へと線形で排出削減を行い、2040 年 73%減を想定している。2035 年 60%減、2040 年 73%減(いずれも 2013 年比)は、2025 年 2 月に日本の NDC として UNFCCC 事務局に提出がなされた目標である。

「低成長シナリオ」は、すべての技術が現状の延長線上のような進展に留まるシナリオである。後述の分析結果で理解できるように、この「低成長シナリオ」時の日本の経済影響は甚大であり、海外との相対的なエネルギー価格の上昇によって、エネルギー多消費産業が国際競争上、劣後し、生産量の大きな低下が見込まれる。政府の GX 政策は、環境と経済の好循環を目指すものであり、GHG 排出量が大幅に低減できても、経済が大きく棄損する世界は避けなければならない。しかも、このとき、国内の排出量は低減しても、エネルギー多消費産業は海外でその分、活動量が増加し、世界全体の排出量は低減しない可能性が高い。

なお、「低成長シナリオ」でも、現状の延長線のような技術進展は見込んでおり、ドイツの足下での経済悪化状

況からしても、発現するリスクが十分に高いシナリオでもある。そのため、革新的に技術進展がしなかった場合に、国内の GHG 排出量目標を厳格に実現せず、相対的なエネルギー価格差を広げ過ぎないように対応する、リスク対応戦略として「排出上振れリスクシナリオ」も提示した。このシナリオでは、1.5°Cシナリオ相当の炭素価格水準を想定し、日本の排出量についてはモデルの経済計算に基づいて算定される。結果としては、「排出上振れリスクシナリオ」では、2040年73%減、2050年61%減、2050年79%減となっている。

昨今の気候変動対策がまだら模倣化している中、一層、相対的なエネルギー価格差が広がりやすい状況にある。そのため2025年度は、「排出上振れリスクシナリオ」よりも更に炭素価格水準が低い「排出上振れリスク大シナリオ」と「誓約政策実行シナリオ」を想定し分析した。詳細については後述するが、前者は国際エネルギー機関(IEA)の Net Zero by 2050 (NZE)シナリオで想定されている炭素価格、後者は同じく IEA の Stated Policies Scenario (STEPS)で想定されている炭素価格を採用して分析した。

以上のシナリオについて、図2では分析した各シナリオをマッピングして表示した。

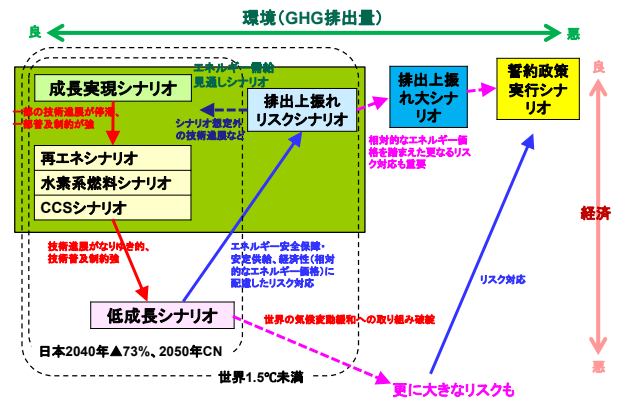


図2 シナリオ分析の流れ

1.3. 技術シナリオ想定・モデル前提条件

各シナリオにおける個別の技術想定等については、第7次エネルギー基本計画向けのシナリオ分析と同様、表2のとおりとした。モデルの前提条件やシナリオ想定の詳細については、文献4),11)を参照されたい。

なお、先述したが、「低成長シナリオ」以外では、エネルギー多消費産業の生産量の低減については、原則、世界エネルギー経済モデル DEARS 使って推計し、DNE21+モデルにフィードバックを行って計算した。他方、「低成長シナリオ」では、長期価格弾性値を▲1.0と高い弾性値を想定して分析した。

表2 シナリオ想定:各種技術展望等

表1 シナリオ想定:定性的記述

シナリオ	シナリオ名	政府シナリオ名	シナリオ概要
排出削減シナリオ	成長実現シナリオ	革新技術拡大	排出削減対策が順調に展開し技術進展する。国際的な排出削減目標も達成し、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し、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の小・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 <sub>2</sub> 貯留の社会障壁小。経済合理的な範囲で応用し普及
炭素価格シナリオ	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、水素系は小・原子力等の技術進展が普及が抑制的。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NIEA NZE2050(高位)
	排出上振れ大シナリオ	---	同上。炭素価格の想定はNIEA NZE(低位)
	誓約政策実行シナリオ	---	同上。炭素価格の想定は、誓約済み政策の実現を想定したIEA STEPS (Stated Policies Scenario)相当

シナリオ	GHG排出削減率	原子力	再エネ	CCS/CDR	水素/フロン	合成燃料	EV/その他IT需要	自動車	鉄鋼	鉄鋼・化学・生産等の生産量の生産量削減による生産量低下
所得増進、人口・GDPの増進	【上振れ(2050年)】 【下振れ(2050年)】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】
成長実現シナリオ	高位	高位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	小
再エネシナリオ	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	(中位後)成長実現シナリオの補填をすべてに適用
水素系燃料シナリオ	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	大
CCSシナリオ	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	小
低成長シナリオ	低位	低位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	大
炭素価格シナリオ	炭素価格	中位	高位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	小

※2030年は炭素価格シナリオでは炭素価格を想定。その他シナリオでは▲46%を想定。また、電源構成比率は第6次エネルギー基本計画のエネルギーミックスで制約。ただし、誓約政策実行シナリオは、2030年エネルギーミックス制約は想定せず、原子力比率上限を15%とした制約のみを考慮

1.4. シナリオ分析結果

(1) 世界排出量・気温上昇

本項では、想定したシナリオについてのモデル分析結果を掲載する。

まず、表 3 に、分析したシナリオの 2040 年の世界排出量の排出削減率、世界での正味ゼロ CO<sub>2</sub> 排出の実現時期、気温上昇について整理した。政府エネルギー基本計画に採用されたシナリオである「成長実現シナリオ」を含む 2040 年▲73%のシナリオや「排出上振れリスクシナリオ」は、気温上昇ピークが 1.7℃となっており、気温オーバーシュートの 1.5℃シナリオではあるが、国連グテレス事務総長が気温オーバーシュートは不可避と述べるなどの現状認識と合致している。

「排出上振れ大シナリオ」では 2100 年気温は 2.4℃、「誓約政策実行シナリオ」では 3.2℃である。両シナリオともに 2100 年までに世界排出量は正味ゼロにはならない。UNEP の現状政策継続での気温推計 2.6℃(1.9～3.6℃の幅)に近い水準である。

表 3 各シナリオと世界排出量、気温上昇との関係性

	2040年GHG 排出削減率 (2019年比)	CO <sub>2</sub> 排出量の 正味ゼロ 排出実現時期	気温上昇		
			ピーク	2100年	
IPCC C1:1.5℃ オーバーシュート無もしくは小	69 [58-90] %	2050-55年	1.6℃ [1.4-1.6]	1.3℃ [1.1-1.5]	
IPCC C2:1.5℃ オーバーシュート有	55 [40-71] %	2055-60年	1.7℃ [1.5-1.8]	1.4℃ [1.2-1.5]	
分析 シナ リオ	2040年▲73%+2050年 CN	62 % (はね起CO <sub>2</sub> : 71- 72%)	2050-55年	1.7℃	1.4℃
	炭素価格シナリオ (排出上振れシナリオ)	52 % (はね起CO <sub>2</sub> : 54%)	2050-55年	1.7℃	1.5℃
	炭素価格シナリオ (排出上振れ大シナリオ)	24 % (はね起CO <sub>2</sub> : 8%)	—	2.4℃	2.4℃
	誓約政策実行シナリオ	1 % (はね起CO <sub>2</sub> : ▲28%)	—	3.2℃	3.2℃

## (2) コスト・経済影響関連

CO<sub>2</sub> 限界削減費用を表 4 に、電力限界費用について表 5 に示す。

CO<sub>2</sub> 限界削減費用を見ると、「成長実現シナリオ」であっても、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、CO<sub>2</sub> 限界削減費用や電力費用のより一層の増大が推計される。また、日本と他国との比較では、相対価格としても電力価格差が広がることが確認できる。なお、ここでは、世界全体で 1.5℃未満を

実現することを前提とした分析を行ったが、実際には、世界は斑模様であり、国によってはベースラインに近い対策しかない可能性もある。この場合、「低成長シナリオ」の電力価格と他国の電力価格は、より一層広がる可能性もあるので、ある程度、柔軟な排出削減対応も見据えることは重要である。

そのような状況に対応するシナリオが、「排出上振れリスクシナリオ」であるが、「排出上振れリスクシナリオ」では、先に記載のように、1.5℃シナリオ相当の炭素価格推計を世界全体に想定したため、CO<sub>2</sub> 限界削減費用(炭素価格)は世界一律となっており、「成長実現シナリオ」よりも若干低めの価格となっている。「排出上振れシナリオ」では、技術進展が現状のペースに留まると想定したが、排出制約ではなく、一定の炭素価格での想定をしたため、エネルギーコスト、電力コストは、「成長実現シナリオ」レベルに留まる結果となっている。電力価格の他国との比較でみると、いずれのシナリオでも排出削減への対応のため、現状よりは価格上昇は避けられないが、海外との相対的な価格差はあまり広がらない結果となっている。

「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」は、IEA シナリオの炭素価格を参照しているが、日本の炭素価格は 2040 年でそれぞれ 116、41 USD/tCO<sub>2</sub>(モデル前提条件設定の為替想定 1USD=110 円では、12,800 円/tCO<sub>2</sub>、4500 円/tCO<sub>2</sub>)である。なお、GX-ETS の炭素価格の上下限値は、2026 年時点で 1,700~4,300 円/tCO<sub>2</sub>(+実質価格で 3%/年の上昇)とされたが、「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」の想定炭素価格は、これと近い水準と考えられる。2040 年の電力限界費用では、「排出上振れ大シナリオ」で 2020 年比でほぼ横ばい、「誓約政策実行シナリオ」では再エネのコスト低下などにより、微減と推計される。

表4 CO<sub>2</sub>限界削減費用

		排出削減シナリオ(2040年▲73%)					炭素価格シナリオ		
		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	排出上振れ大シナリオ	暫的政策実行シナリオ
日本	2040	301	369	467	396	538	257	116	41
	2050	578	716	742	892	951	500	141	50
米連	2040	294	350	409	362	410	257	116	0
	2050	262	348	454	350	467	500	141	0
英国	2040	294	350	419	369	428	257	116	84
	2050	317	387	558	452	579	500	141	89
EU	2040	298	350	409	362	410	257	116	84
	2050	413	516	648	541	664	500	141	89
その他	2040	294	350	409	362	410	257	20~116	0~84
	2050	262	348	454	350	467	500	31~141	0~89

単位: USD/CO<sub>2</sub> (2000年価格)

表5 2040年の電力限界費用

	2020年	ベースライン	排出削減シナリオ(2040年▲73%)					炭素価格シナリオ		
			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	排出上振れ大シナリオ	現状政策継続
日本	166	127	212	224	251	242	311	213	168	141
米連	40	38	98	118	125	116	126	127	86	43
英国	114	135	180	195	223	203	222	201	168	158
ドイツ	114	119	175	191	202	198	204	194	158	148
フランス	114	133	171	165	172	173	173	174	170	160
韓国	103	103	174	173	194	195	194	184	145	123
中国	61	66	143	152	213	192	213	173	103	71
インド	105	121	187	190	236	239	237	223	165	121

単位: USD/MWh (2000年価格)

注) 発電場での限界費用。ただし、系統統合費用は含む。2020年値はすべてモデルでの推計値

「成長実現シナリオ」、「低成長シナリオ」、「排出上振れリスクシナリオ」について、世界エネルギー経済モデル DEARS で推計した生産量、GDP の低下の推計を表6に示す。また、海外市場獲得効果も含めた場合の経済成長率見通しも記載している。

「成長実現シナリオ」では、急速な技術進展を見込んでいるが、それでも、2040年▲73%、2050年CNという厳しい排出削減目標の想定のため、GDPでは2040年▲4.1%、2050年▲5.6%が見込まれた。鉄鋼では2040年▲3.9%、2050年▲11%である(たとえば、2050年では潜在的な粗鋼生産量は9000万トン/年と見込んだが、▲11%によって8000万トン/年に)。ただし、世界が1.5℃目標に向けて取り組む場合には、海外市場の獲得効果も期待され、推計には大きな不確実性が存在するものの、5%/yrポイント程度の上昇が見込まれた。そのため、潜在的な経済成長の見通し程度(2040年では若干の増)を実現し得るシナリオとなっている(2023~40年の経済成長率は人口低減効

果を織り込んで1.5%/年の推計)。

「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一層乏しい状況となり、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可能性が示されている。鉄鋼、化学産業では、ベースラインに比べ40%程度の極めて大きな生産量の低下が推計される。また、自動車産業(輸送機械)でも、同様の水準の生産量低下が推計される。GDP全体でも、13~14%程度とかなり大きな低下となる。技術進展がそれほど進まない中で、2050年CNに向けて直線的に排出削減を進めれば、「低成長シナリオ」の分析結果が示すような世界は十分起き得ると考えられる。

「排出上振れリスクシナリオ」では、技術進展が「成長実現シナリオ」のように急速に進まず、「低成長シナリオ」と同程度の想定であり、このシナリオにおいては、排出量が上振れするものの、経済影響としては、「成長実現シナリオ」と大差のないものと推計された。経済活動の大きな落ち込み、また、炭素制約による産業の海外移転を避けるべきであり、そのようなリスクに対応し得るシナリオとなっている。

「排出上振れ大シナリオ」では、炭素価格が小さいため、経済への負の影響が他シナリオよりも相当小さく抑制できる。他方、海外での排出削減が進まないことから、日本の温暖化対策技術の海外市場獲得効果も他シナリオよりも小さく、結果、海外市場獲得効果も含めた経済影響は、「排出上振れリスクシナリオ」や「成長実現シナリオ」と同程度と推計された。

表 6 生産量・GDP の低下・成長実現・低成長・排出上振れシナリオ

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: ▲10, 所得弾性: 1.0 + 仮定)		排出上振れシナリオ (DEARS)		排出上振れ大シナリオ (DEARS)	
	2040	2050	2040	2050	2040	2050	2040	2050
鉄鋼	-3.9%	-11.0%	-41%	-46%	-3.6%	-11.0%	-2.8%	-2.1%
(生産量 [億トン/年])	(0.86)	(0.80)	(0.53)	(0.49)	(0.86)	(0.80)	(0.87)	(0.88)
化学	-3.7%	-11.2%	-35%	-40%	-3.3%	-10.7%	-2.1%	-1.7%
産業土石(セメント含)	-2.1%	-2.7%	-30%	-34%	-1.7%	-3.8%	-0.9%	-0.6%
非鉄金属	-1.4%	-2.7%	-35%	-39%	-1.2%	-5.0%	-0.8%	-0.2%
紙パ	-3.5%	-6.3%	-33%	-37%	-3.1%	-7.2%	-1.5%	-1.7%
輸送機械	-4.1%	-6.9%	-42%	-47%	-4.7%	-8.2%	-1.6%	-2.0%
GDP (CO2削減技術の海外市場獲得効果含まず)	-4.1%	-5.6%	-13%	-14%	-3.6%	-5.9%	-1.8%	-2.1%
GDP, GNI (海外市場獲得効果含む)	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: +0.4~+0.4程度)		上記とほぼ同等(海外市場獲得効果は期待できません)		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: +0.4程度)		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: +1.4程度)	
経済成長率: 2023年からの年成長率 ※人口成長率減少が含まれる	+1.5%/年	+1.2%/年	+0.6%/年	+0.7%/年	+1.4%/年	+1.2%/年	+1.4%/年	+1.2%/年

(3) 日本の排出量

図 3 に日本の部門別 GHG 排出量を示す。先に記載済みであるが、「排出上振れリスクシナリオ」では、2040 年▲73%、2050 年▲79%と推計された。「排出上振れ大シナリオ」では 2040 年▲52%、2050 年▲63%、「誓約政策実行シナリオ」では 2040 年▲41%、2050 年▲45%水準に留まる結果である。

「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」では、2050 年においても鉄鋼での水素直接還元製鉄は経済合理的とはならず、高炉転炉法が経済合理的であり、そのため鉄鋼部門からの排出も相当程度残っている。

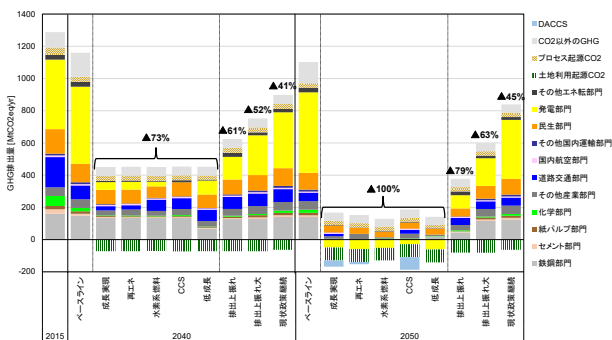


図 3 部門別 GHG 排出量

(4) 日本のエネルギー需給

図 4 に日本の発電電力量を示す。発電電力量は、「低成長シナリオ」を除いていずれのシナリオでも増大が見られる。2040 年▲73%では、非 CO<sub>2</sub> GHG やその他 hard-to-abate の産業部門などが存在するため、発電部門ではほぼゼロ排出が経済的となっている。また、

再エネ、原子力、CCS の組み合わせが経済合理的である。2040 年の再エネ比率は 40~50%程度となっている。「排出上振れリスクシナリオ」では、それよりも少し比率が小さく、35%程度となっている。2050 年では浮体式洋上風力の増大が顕著に見られる。

発電電力量は、本来、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なことが多く、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と言える。

「排出上振れシナリオ」では、2050 年までは、LNG 発電(コージェネ、CCS 付き含む)の比率は現状レベル程度が経済合理的な結果となっている。「誓約政策実行シナリオ」では、石炭火力発電の経済合理性が維持され、再生可能エネルギーの経済的ポテンシャルはかなり小さく抑制される。

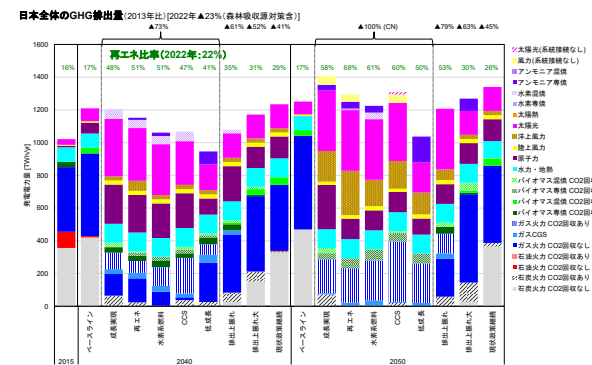


図 4 発電電力量

図 5 に部門別の最終電力消費量を示す。「成長実現シナリオ」では、2040 年 1081、2050 年 1210TWh/年である。「低成長シナリオ」では、高いエネルギー価格によって、需要が相当抑制的になると見られる。「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」では、炭素価格水準が低位のため、電化の促進が抑制はされるものの、省電力効果も弱まるため、最終電力消費量は高い水準が推計された。



表 7 主要国 NDC の排出削減目標

	2030 NDC	2035 NDC	2040 NDC	2050年以降
日本	-46% (2013年比)	-60%	-73%	2050年CN
米国の*	-50%~-52% (2005年比)	-61%~-66%	-	2050年CN
EU27	-55% (1990年比)	-66.25%~-72.5%	-90%	2050年CN
英国	-68% (1990年比)	-81%	-	2050年CN
スイス	-50% (1990年比)	少なくとも-65%	少なくとも-75%	2050年CN
ノルウェー	-55% (1990年比)	-70%~-75%	-	2050年 low emission society
豪州	-43% (2005年比)	-62%~-70%	-	2050年CN
NZ	-50% (2005年比)	-51%~-55%	-	2050年CN (1990年以外)
カナダ	-40%~-45% (2005年比)	-45%~-50%	-	2050年CN
ロシア	-30% (1990年比)	-65%~-67%	-	2060年CN
韓国	-40% (2018年比)	-53%~-61%	-	2050年CN
中国**	GDPあたりCO <sub>2</sub> 排出量を-65% (2005年比)	GHG排出量ピークより7%~-10% (2030年より前に排出ピークを達成)	-	2060年CN
インド	GDPあたりGHG排出量を-45% (2005年比)	-	-	2070年CN

※1 但し前バイデン政権時に提出された目標。トランプ大統領はパリ協定からの離脱を表明し、米国は2026年1月27日に正式に離脱。  
 ※2 DNE21+モデルで算定した2030年ベースライン排出量をピークとして評価した。

## 2.2. NDCs の排出削減努力の評価

### (1) 評価の指標・手法

各国がプレッジした NDCs の排出削減目標は、適切にレビューを行うことが重要である。各国の事情に差異がある中で、各国の事情を踏まえつつ、排出削減努力が平滑化されることが重要である。そのために、適切な指標を選択し、排出削減努力を計測することが必要である。ここでは、過去の検討<sup>12)</sup>に基づき、以下で述べるような指標について、評価を行った。

排出削減努力を計測することは、PDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルを確立する上で重要と考えられる。各国の排出削減努力の指標について、文献<sup>13)</sup>は Comparability metrics として以下の原則を上げている。

- ・ Comprehensive: 努力を包括的に捉えること
  - ・ Measurable: 計測できることが必要
  - ・ Replicable: 再現性があり、透明性があること
  - ・ Universal: できる限り多くの国に適用可能なこと
- その上で、公平性・衡平性を一意に決める指標は存在しないので、複数の指標を多面的に評価することが必要としている。

本研究における NDCs の排出削減目標の「排出削減努力」の評価では、2015 年時に評価した手法と同様、各国間で能力、排出削減可能性など、差異がある中で適切に「排出削減努力」を評価できるように、表 8 に整理した指標を選択した。なお、ここで述べる手法は、基本的に、

文献<sup>14)</sup>において、査読論文としても採択されているものである(ただし、そこで例示されていない指標(たとえば一人当たり排出量)についてもここでは採用し評価している。)

表 8 本研究で採用した排出削減努力の評価指標

排出削減努力評価の手法	概要	留意点等
排出量基準年比削減率	1990年比/2005年比/2013年比など 2019年比など最新年基準	ベースラインで排出が増えに近い場合には、単純に削減率の大きさを比較することで、BAU比削減率の代用とできる(BAU推計が不要となるメリット有)。 最新実績からの削減率となるため、今後の削減努力の計測として相対的に良い。
一人あたり排出量	絶対値水準 人口当たりのGHG排出量水準を表すもの	経済活動の大きさや国土の状況等に依拠しやすく、排出削減努力の指標とは言えない面がある。
GDP比排出量(GHG原単位)	絶対値水準 改善率(2019年比など)	経済活動の大きさに合わせたGHG排出量水準を表すもの GDPが低い国は、高いGDP成長率に伴って原単位改善率が良くなりやすい。
BAU比削減率	改善率(2019年比など)	排出量基準年比削減率に比べ経済成長率の違いが小さく、削減努力を測りやすい 経済成長の違いなどを考慮できる。
CO <sub>2</sub> 限界削減費用(炭素価格)	経済成長、過去の省エネ努力、再エネなどの削減ポテンシャル等、各国の諸々の差異を含む指標で、削減努力の計測として妥当性が高い。	過去の省エネ努力(更なる省エネの困難さ)、再エネ等の削減ポテンシャルは無視される。 エネルギー種などによる既往の対策は外枠となる(ただしそれによって省エネが既に実現していれば限界削減費用も高く推計されるため、これも考慮されたものとも考えられる)。
GDP比削減費用	限界削減費用は、経済力に応じた負担能力が考慮されないが、本指標は負担能力を含めた評価が可能	モデル推計となり、推計の不確実性が高い。

以下に NDC の排出削減努力の評価における留意点を何点か列挙しておく。

- ・ 各国の土地利用変化(LULUCF)の排出見通しや、排出削減については不確実性が大きく、その評価が困難であるため、本研究では原則取り扱っていない。
- ・ 基準年比排出削減目標を提出している国については、基準年の排出実績(LULUCF 起源除く)に基づいて評価対象年の排出総量を算定し、評価した。
- ・ GDP 原単位改善目標を提出している国については、RITEにおける将来の GDP 想定に基づいて評価した。
- ・ BAU 比削減目標を提出している国については、BAU の排出量についても NDC に明記されている場合、その値に基づいて評価対象年の排出総量を算定し、評価した。

### (2) 各国排出削減努力の分析・評価結果

図 7 に 2013 年比の排出量を示す。また、表 9 は主要国について、1990 年比、2005 年比、2013 年比、2019 年比、2021 年比の排出量を整理している。

2013 年比では、ノルウェーの排出削減率が最も高く、次いで英国、豪州の順となっている。一方、今後経済成

長が大きく見込まれるような国は、基準年比での削減率でみれば不利な形に見える。このように、この指標は、極めて簡便であるものの、排出削減努力を評価するには、とりわけ途上国まで含めて評価すると不相当と考えられる。

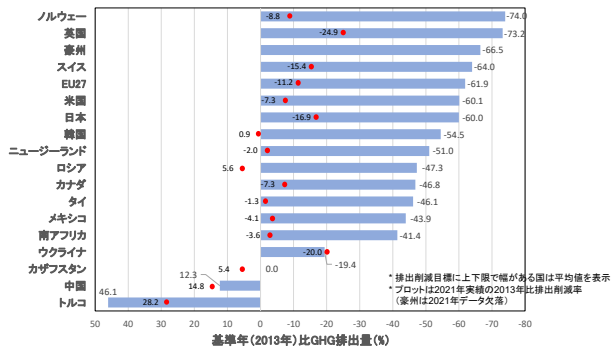


図7 2035年の基準年(2013年)比排出削減率の国際比較

表9 2035年の基準年比削減比率の国際比較(主要国)

国/地域	基準年比排出削減率				
	1990年比	2005年比	2013年比	2019年比	2021年比
日本: 2013年比▲60% (2040年: 2013年比▲73%) <sup>1)</sup>	▲56% (▲70%)	▲59% (▲73%)	▲62% (▲73%)	▲54% (▲69%)	▲52% (▲66%)
米国: 2005年比▲61%~▲66%	▲55~▲61%	▲61~▲66%	▲57~▲63%	▲56~▲62%	▲54~▲60%
EU27: 1990年比▲66.25%~▲72.5% (2040年: 1990年比▲90%) <sup>1)</sup>	▲66.25~▲72.5% (▲90%)	▲64~▲71% (▲89%)	▲58~▲66% (▲88%)	▲54~▲63% (▲87%)	▲53~▲61% (▲86%)
英国: 1990年比▲81%	▲81%	▲78%	▲73%	▲66%	▲64%
スイス: 1990年比▲65% (2040年: 1990年比▲75%) <sup>1)</sup>	▲65% (▲75%)	▲66% (▲76%)	▲64% (▲74%)	▲59% (▲70%)	▲57% (▲70%)
ノルウェー: 1990年比▲70%~▲75%	▲70~▲75%	▲72~▲77%	▲72~▲76%	▲70~▲75%	▲69~▲74%
豪州: 2005年比▲62%~▲70%	▲63~▲63%	▲62~▲70%	▲63~▲70%	▲64~▲71%	n/a <sup>2)</sup>
ニュージーランド: 2005年比▲51%~▲55%	▲38~▲43%	▲51~▲55%	▲49~▲53%	▲50~▲54%	▲48~▲52%
カナダ: 2005年比▲45%~▲50%	▲32~▲38%	▲45~▲50%	▲44~▲49%	▲44~▲49%	▲40~▲45%
ロシア: 1990年比▲65%~▲67%	▲65~▲67%	▲44~▲47%	▲46~▲49%	▲48~▲51%	▲49~▲52%
中国: 輸出ピークから▲7%~▲10% <sup>3)</sup>	+298~+285%	+85~+79%	+14~+10%	+5~+2%	▲1~▲4%
韓国: 2018年比▲53%~▲61%	+14~+8%	▲38~▲49%	▲50~▲59%	▲51~▲60%	▲51~▲59%

注) <sup>1)</sup> 括弧書きの数値は2040年目標  
<sup>2)</sup> 2021年の実績値は欠落している  
<sup>3)</sup> DNE21+で算定した2030年ベースライン排出量をピークとして評価

図8には、2035年の一人当たりGHG排出量を示す。2035年時点では、英国、スイス、ノルウェーは小さい。一方、トルコ、ウクライナ、中国は、今後も一人当たりGHG排出量の増加が見込まれる水準の目標となっている。

図9は、2035年時点のGDP当たり排出量を示している。スイス、ノルウェー、英国の順でGDP当たり排出量は少ないと推計される。なお、GDP当たり排出量は、第3次産業の比率が高ければ良い数値となる一方、第2次産業の比率が高ければ悪い数値となりやすい、といった具合に産業構造に影響され、これらは排出削減努

力とは無関係に決まっている面があることは理解しておく必要がある。

図10に、2035年のベースライン比排出量を示す。基準年比の排出削減率が高いノルウェーの他、今後の経済発展が見込まれるタイの排出削減率が高いと評価された。

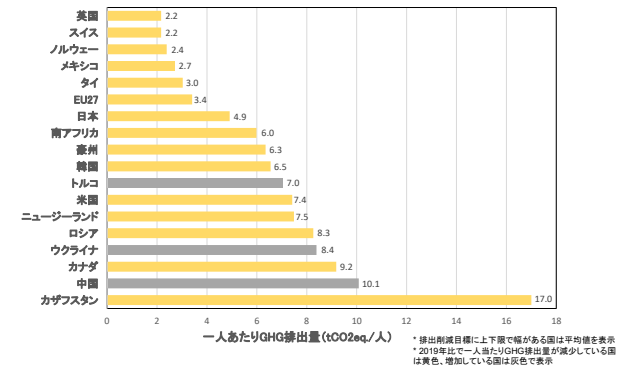


図8 各国の一人当たりGHG排出量(2035年)

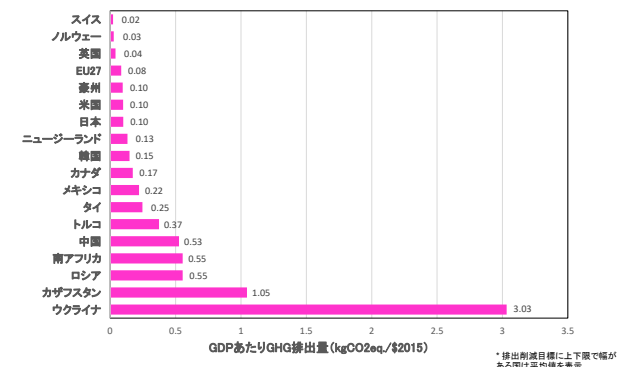


図9 各国のGDP(MER)当たりGHG排出量(2035年)

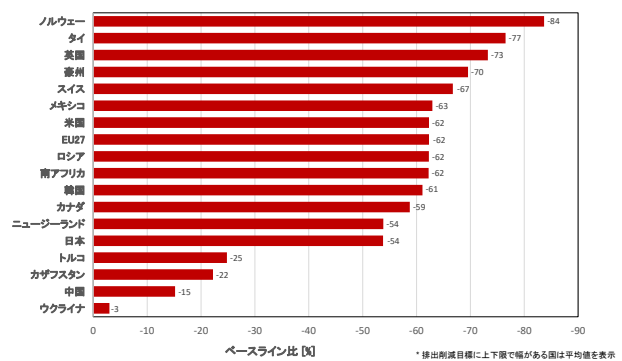


図10 各国のベースライン比GHG排出量(2035年)

図 11 は、2035 年の CO<sub>2</sub> 限界削減費用を示している。タイ、英国、ロシアの CO<sub>2</sub> 限界削減費用が高いと評価された。また、2040 年も排出削減目標を提示している EU27、スイス、日本の 2040 年における CO<sub>2</sub> 限界削減費用は、それぞれ、387、318、368\$/tCO<sub>2</sub> と推計されている。中国については、排出ピークがいつ、どの程度であるかが明記されておらず、ここでは DNE21+ で算定した 2030 年ベースライン排出量をピークとして評価したところ、CO<sub>2</sub> 限界削減費用は 38\$/tCO<sub>2</sub> と評価された。

附属書 I 国以外も含め、提出された排出削減目標の tCO<sub>2</sub> 当たり百～数百ドルに達する国が多くなっている。意欲的な排出削減目標になっていると考えられる一方、その実現可能性については、従来の NDC 以上に疑問符が付くところもある。

図 12 に、2035 年の GDP 当たり排出削減費用を示す。ロシア、タイ、ウクライナの GDP 当たり排出削減費用が高いと評価された。この費用には、各国が排出削減を進めるに伴う石油、ガスの輸出量の低下による正味のコスト増の効果も含んでいるため(例えば、ロシアはベースラインに比べて化石燃料の輸出量が低下することで、GDP 比削減費用が 16% 増と評価されている)、留意が必要である。

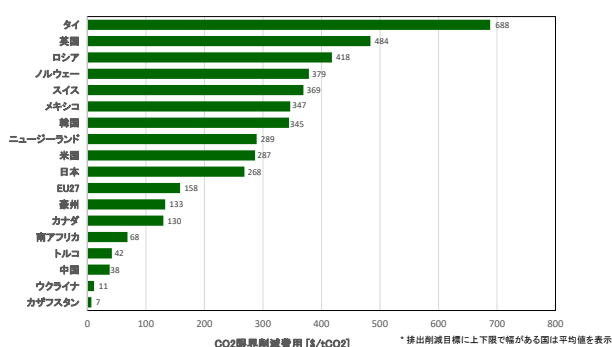


図 11 CO<sub>2</sub> 限界削減費用(2035 年)

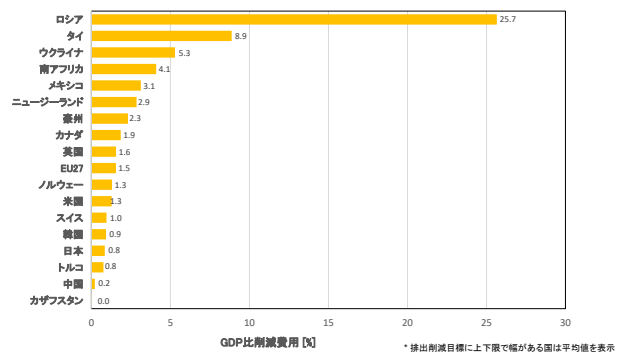


図 12 GDP 当たり排出削減費用(2035 年)

### 2.3. まとめ

2035 年の各国の NDC の排出削減目標について、排出削減努力の評価を複数の指標を用いて行った。その内、排出削減コストについては、世界エネルギー・温暖化対策評価モデル DNE21+ を用いて行った。

附属書 I 国以外も含め、提出された排出削減目標の CO<sub>2</sub> 限界削減費用は、tCO<sub>2</sub> 当たり百～数百ドルに達する国が多かった。意欲的な排出削減目標になっていると考えられる一方、その実現可能性については従来の NDC 以上に疑問符が付くところもある。なお、先述したが、本評価では、基本的に LULUCF については、不確実性が高く評価対象としなかった。限界削減費用が高い国の中には、LULUCF で排出削減を大きく見込んでいる国もあると考えられるが、その場合でも、実質的な排出削減と乖離した排出削減目標になっている可能性がある。

また、中国については、排出ピークがいつ、どの程度であるかが明記されておらず、ここでは DNE21+ で算定した 2030 年ベースライン排出量をピークとして評価したところ、CO<sub>2</sub> 限界削減費用は 38\$/tCO<sub>2</sub> と評価された。

パリ協定 NDCs はプレッジ・アンド・レビューの仕組みであり、各国間で差異はあるものの、衡平な排出削減努力を志向することが制度の維持、世界全体での排出削減効果のために重要である。米国はパリ協定から離脱した他、排出量が多い国において NDC3.0 を提出していない国もあり、主要国間の排出削減努力は各国間で差異が大きく残っている可能性も示唆される。

## 参考文献

- 1) 日本政府:「第7次エネルギー基本計画」(2025)  
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218001/20250218001.html>
- 2) 日本政府:「地球温暖化対策計画」(2025)  
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/250218.html>
- 3) 日本政府:「GX2040ビジョン」(2025)  
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218004/20250218004.html>
- 4) 秋元、佐野、本間、「2050年カーボンニュートラルに向けた我が国のエネルギー需給分析(2024年12月3日提示の分析の更新版)」(2024)  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/2024/068/068\\_008.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/068/068_008.pdf)
- 5) 資源エネルギー庁、「シナリオ分析について」(2024)  
[https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic\\_policy\\_subcommittee/2024/066/066\\_005.pdf](https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/066/066_005.pdf)
- 6) K. Akimoto, M. Nagashima, F. Sano, T. Ando, Gaps between costs and potentials estimated by bottom-up assessments versus integrated assessment models, Energy Strategy Reviews, 55, 101521, 2024.
- 7) K. Akimoto, F. Sano, J. Oda, H. Kanaboshi, Y. Nakano, Climate change mitigation measures for global net-zero emissions and the roles of CO<sub>2</sub> capture and utilization and direct air capture, Energy and Climate Change, 2, 100057, .2021.
- 8) K. Akimoto, F. Sano, T. Homma, J. Oda, M. Nagashima, M. Kii, Estimates of GHG emission reduction potential by country, sector, and cost, Energy Policy, Vol. 38,(7), 3384-3393, 2010.
- 9) T. Homma, K. Akimoto, Analysis of Japan's energy and environment strategy after the Fukushima nuclear plant accident, Energy Policy 62, 1216-1225 (2013)
- 10) 本間 他、現状の気候・エネルギー政策を考慮した、パリ協定国別貢献における国際競争力に関する分析、エネルギー・資源、41-5 (2020)
- 11) RITE システム研究グループ、「DNE21+モデルを含むRITEのシナリオ分析モデルの概要」(2024)  
<https://www.rite.or.jp/system/global-warming-ouyou/download-data/DNE21plusmodeloverview.pdf>
- 12) RITE、平成27年度地球温暖化対策技術の分析・評価に関する国際連携事業成果報告書、2016
- 13) J. Aldy, B. Pizer, Comparability of effort in international climate policy. Harvard Project on Climate Agreements Discussion Paper 14-62, 2014
- 14) J. Aldy, B. Pizer, K. Akimoto, Comparing emission mitigation efforts across the countries, Climate Policy, Vol.17, Issue 4, pp. 501-515, 2017