

自然エネルギー100%プラットフォーム主催
「2050年脱炭素シナリオ～自然エネルギー100%の未来を考える～」

パリ協定目標を実現するための2030年、 2035年、2050年シナリオの経済合理性

明日香寿川（東北大学）

asukajusen@gmail.com

研究グループ

明日香寿川（東北大学）

歌川学（産業技術総合研究所）

朴勝俊（関西学院大学）

佐藤一光（東京経済大学）

松原弘直（環境エネルギー政策研究所）

内容

- 1.2030年および2035年の目標の重要性
および日本のガラパゴス状況
- 2.グリーンニューディール（GND）シナリオの経済合理性
- 3.政府GXシナリオの帰結

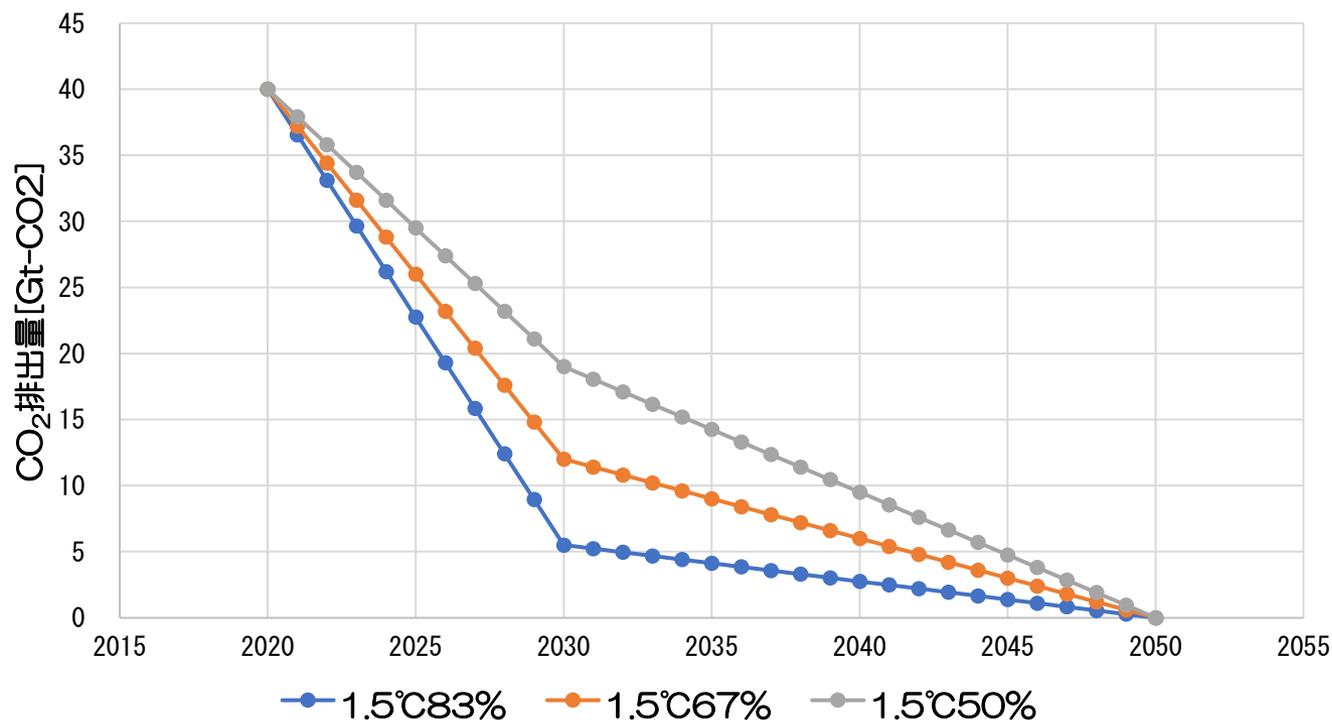
Key Takeaways

- パリ協定の1.5度目標達成は、2050年脱炭素（カーボンニュートラル）だけでは不可能で、2030年、2035年に大幅なCO₂排出削減が必要
- ゆえに、IPCC、国連、G7、IEAは、石炭火力早期廃止、2030年目標引き上げおよび2035年目標設定を要求（例えば、IEAは2035年に2022年比先進国80%削減）
- しかし、日本の電力システムはガラパゴス（20年遅れ）
- 2030年に原発・石炭ゼロのGNDシナリオは、政府GXシナリオよりも経済合理性あり
- このままでは、政府GXシナリオ（2030年2013年比46%削減）は達成できず、せいぜい2030年32%削減程度（約5兆円の国費が余分に海外流出）

1.2030年および2035年の目標の重要性および日本のガラパゴス状況

1.5°C目標達成の排出経路

IPCC AR6 1.5°Cの排出経路 (カーボン・バジェット)

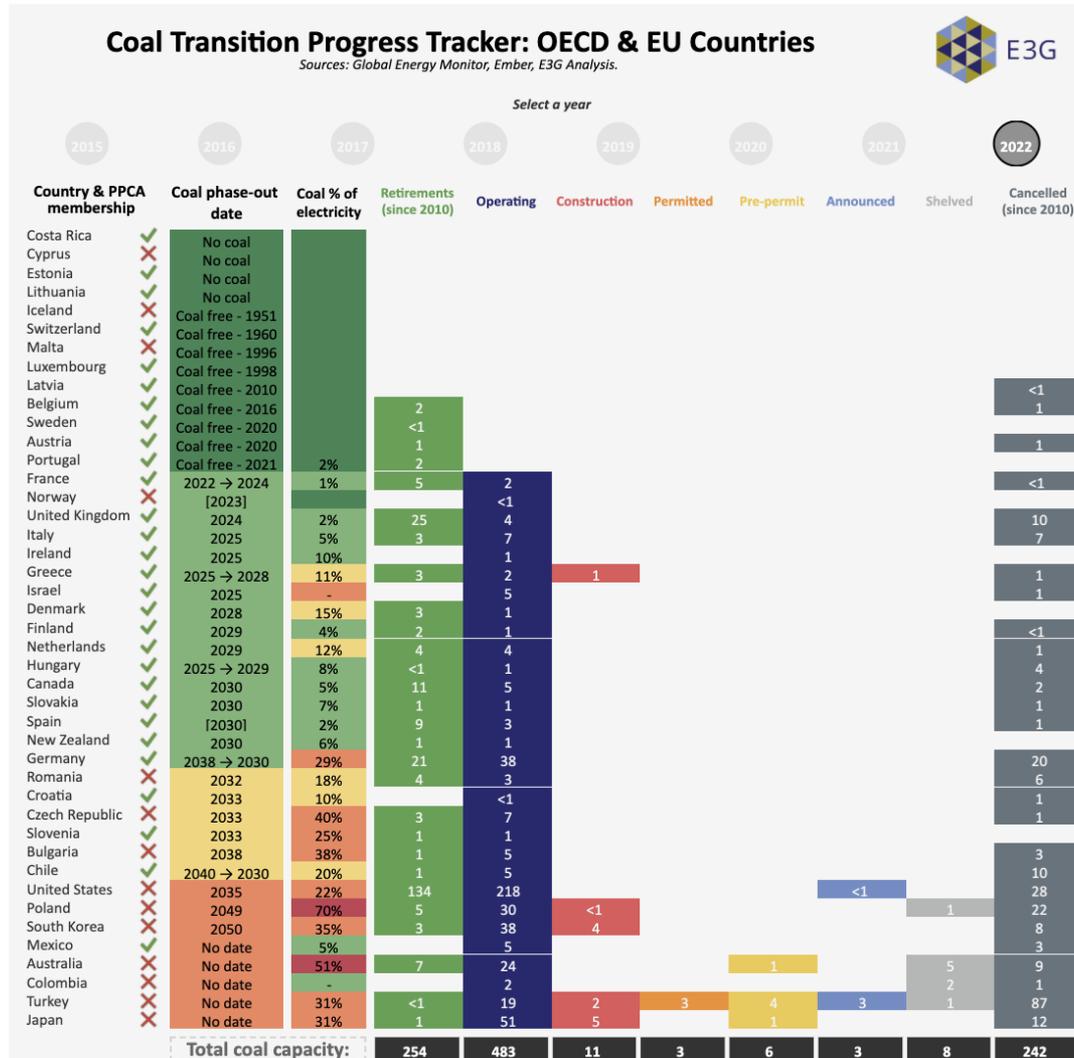


出典：明日香壽川, 歌川学, 甲斐沼美紀子, 佐藤一光, 槌屋治紀, 西岡秀三, 朴勝俊, 松原弘直 (2022) 「パリ協定およびグラスゴー気候協定の1.5°C目標の実現可能性をより高めるための日本の第6次エネルギー基本計画代替案」, 環境経済・政策研究, 2022年15巻1号 p. 29-34

IPCC、国連、G7、IEAの要求

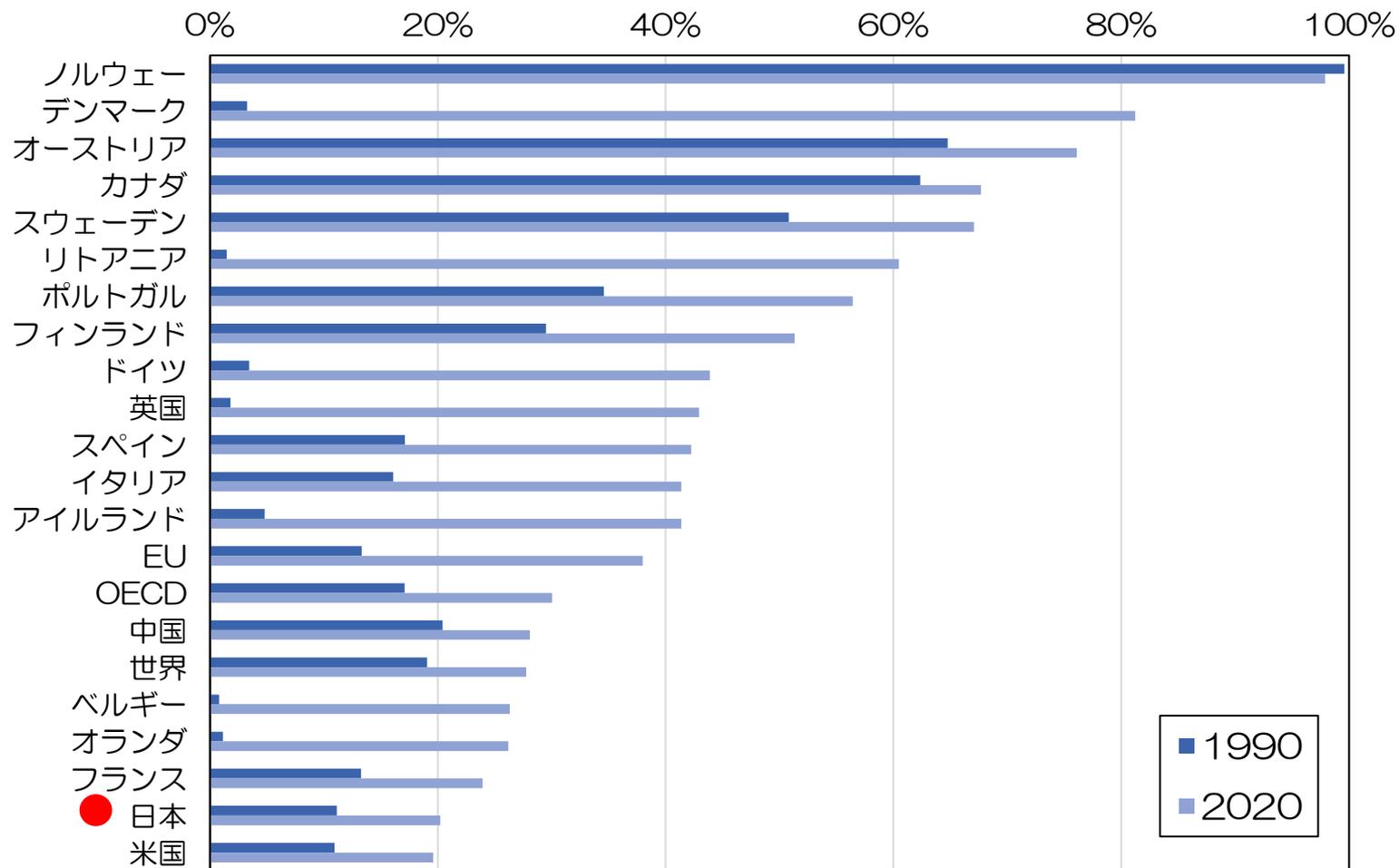
- 2030年NDC引き上げ
- 2025年COP30までに2035年NDC提出
- IPCC AR6：世界全体2035年2019年比GHG60%削減（CO₂65%削減）（2023年3月）
- G7気候・エネルギー・環境大臣コミュニケ・G7サミット首脳コミュニケ：IPCC AR6と同じ数値（2023年4月～5月）
- IEA：先進国2035年2022年比CO₂80%削減（2023年9月）

石炭火力転換ランキング

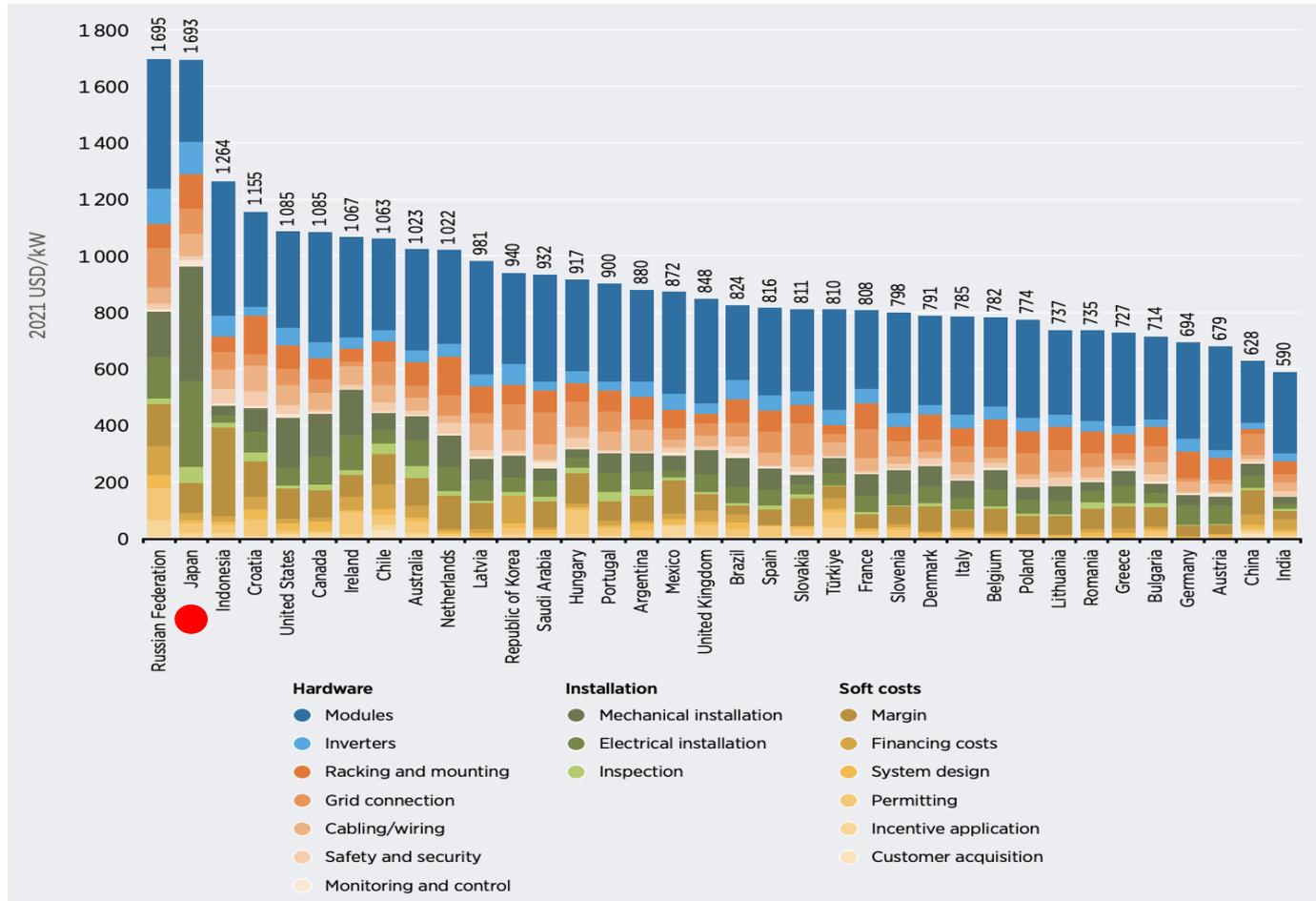


13 Apr. 2022

世界の再エネ電力割合 (1990-2020)



太陽光発電コスト国際比較



出典：IRENA (2021)

https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Jul/IRENA_Power_Generation_Costs_2021.pdf?rev=34c22a4b244d434da0accde7de7c73d8

2. グリーンニューディール（GND） シナリオの経済合理性

日本の2035年シナリオ進捗状況

1. クライメートインテグレート (LBNL)

「2035年日本レポート：電力脱炭素化に向けての戦略」

2035年90%クリーンエネルギー可能（想定および最適設備計画モデル・経済給電モデルによる最適化計算）

2. 自然エネルギー財団 (LUT)

「2035年エネルギーミックスへの提言（第1版）自然エネルギーによる電力脱炭素化を目指して」

2035年に再エネ割合80%可能（積み上げ計算）

→どちらも電力のみ。クライメートインテグレートは、電力価格や需給バランスも計算

2021年2月に作成されたGNDシナリオ（GR戦略）

- 政府の最終的なエネルギー基本計画案（2021年10月）よりも高めに生産量・活動量を想定している
- ここ数年の大きな変化（コロナ、戦争、価格、実際の導入量など）を考慮する必要あり



→アップデートしました！

活動量予測

- 全体に2021年度起点で人口比にしたがって減少
- その場合、2035年は2021年度比8%減。この分エネルギーも自然減
- 素材製造業は2030年度エネルギー基本計画の生産量をもとに2030年度以降人口比で減少
- 運輸旅客は2021年の減少（コロナによる変化）を折り込み
- 輸出分も内需と同じように減少（過大評価の可能性あり）

2035年までの主な対策

	省エネ	再エネ・燃料転換
電力	(旧型火力、石炭火力から廃止) (電力消費量を2035年に2013年比約30%削減。これは熱利用・運輸燃料からの電力シフトを含む)	2030年再エネ58%、原発ゼロ、石炭ゼロ。 2035年再エネ80%~90%、石炭全廃。
産業	優良工場レベルの省エネを全体で実施(設備更新と改修) リサイクル化(電炉鉄が2030年50%、2035年60%)	農業などの一部に再エネ熱利用
業務	更新時に省エネ機器(2035年に多くが更新) 新築時に断熱建築(2035年までの更新は約30%)	暖房・給湯の一部に再エネ熱利用
家庭	更新時に省エネ機器(2035年に多くが更新) 新築時に断熱建築(2035年までの更新は約15%)	暖房・給湯の一部に再エネ熱利用
運輸	更新時に省エネ車、電気自動車普及 電気自動車の保有車割合は乗用車2035年40%、バス20%、トラック15%。2035年に乗用車は化石燃料車販売禁止(ハイブリッドも)	

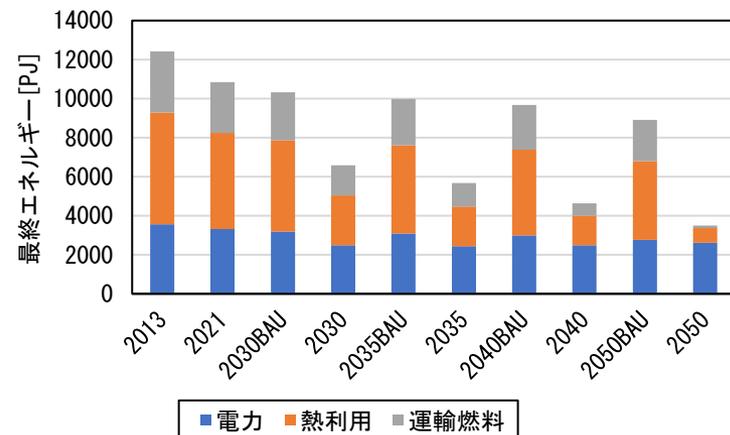
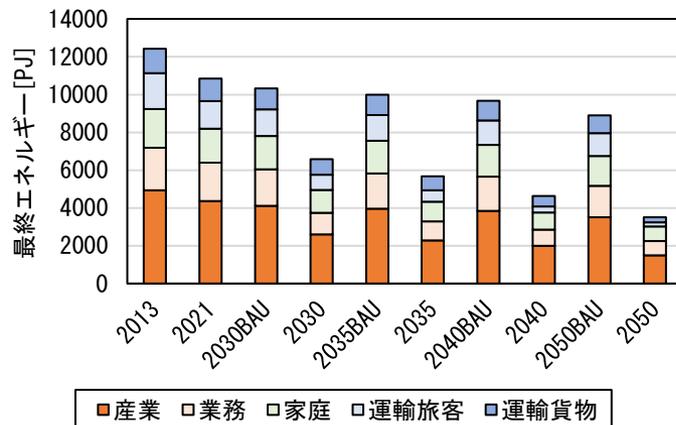
2035年エネルギー・CO₂削減率

	GNDシナリオ（GR戦略）			現行政府案（第6次エネルギー基本計画および政府GX実行計画）	
	2030年	2035年	2050年	2030年（現在の政府目標）	2050年
再生可能エネルギー発電比率	58%	80%	100%	36~38%	主力電源？
原子力発電比率	ゼロ	ゼロ	ゼロ	20~22%	依存？
火力発電	LNG火力 (石炭火力ゼロ)	20%	ゼロ	LNG火力、石炭火力	LNG火力、石炭火力、 CCS/CCU
電力消費量 (2013年比)	-30%	-31%	-27%	-13%	？
最終エネルギー消費量 (2013年比)	-47%	-55%	-約70%	-23%	？
化石燃料輸入費	約9兆円	約6兆円	ゼロ	約12兆円（推定）	？
エネルギー支出	約29兆円	約25兆円	約17兆円	約41兆円（推定）	？
エネルギー起源CO ₂ (2013年比)	-69%	-80%	-90%以上（既存技術のみ）、 -100%（新技術を想定）	-45%（達成はほぼ不可能）	？

注：2021年2月に作成されたGR戦略は、政府の最終的なエネルギー基本計画案よりも高めに生産量・活動量を想定。活動量を揃えてアップデートすると表のようになる

各分野のエネルギー消費量

- BAU（対策なしケース）は、2021年のエネルギー消費およびCO₂排出の原単位は一定のまま、2030年までは政府の長期需給見通しと同じように生産量やエネルギー消費量に変化し、それに比例してエネルギー消費量およびCO₂排出量が変化すると想定。2030年以降は、原単位は変わらず、人口減少などを考慮して生産量やエネルギー消費量が変化すると想定。
- その結果、最終エネルギー消費は2035年に2013年比55%削減、2050年に72%削減。用途別では電力消費量が2035年も2050年も約30%減にとどまるのに対し、熱利用と運輸燃料の消費量は2030年に50%以上削減、2035年に60%以上、2050年に90%削減



投資額（2022年度から）

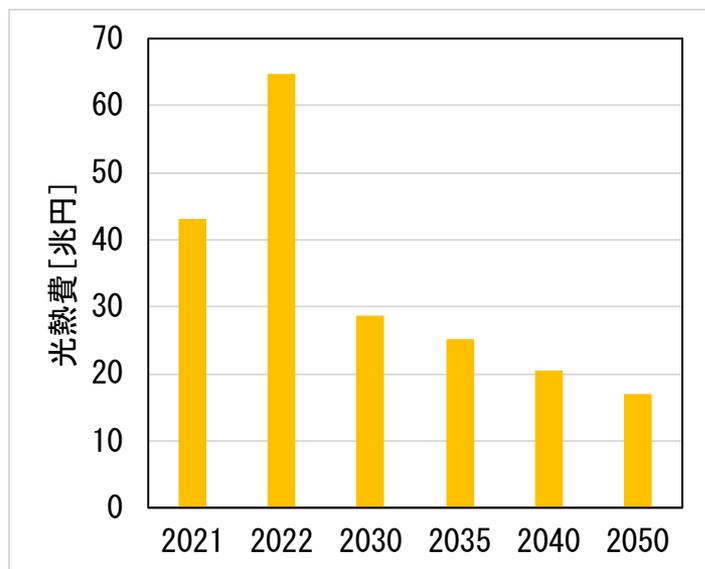
	単年度総額（兆円/年）	累積総額（兆円）
2030	22	210
2035	21	330
2040	21	430
2050	21	650

各分野の投資額、エネルギー支出削減額、雇用創出数など

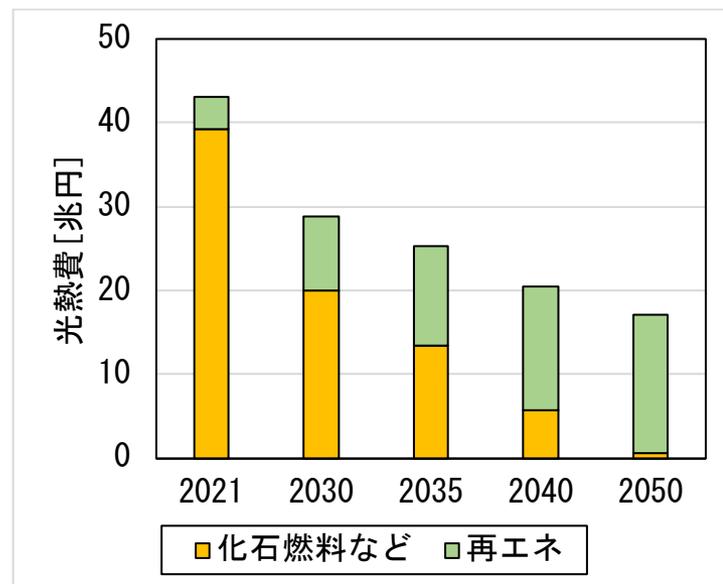
分野	種類	2035年までの投資額[兆円]	民間投資・財政支出割合	2050年までの累積エネ支出削減額[兆円]	2035年までの雇用創出数[万人・年]	投資額あたり雇用創出数[人年/億円]	2035年のCO ₂ 削減量[Mt-CO ₂]
電力・熱	1.再エネ発電所	69.6	主に民間	108.9	1313	18.9	376
	2.送電網、配電網	25.0	主に財政		418	16.7	
	3.熱供給網	12.0	主に財政		179	14.9	
産業	4.素材製造業の電力、熱利用関係	30.3	主に民間	60.0	381	12.6	83
	5.非素材製造業の電力、熱利用関係	20.0	主に民間	60.0	252	12.6	25
業務	6.電力、主に機械設備	30.8	主に民間	82.0	334	10.8	16
	7.熱、主に断熱建築、ゼロエミッションビル	15.0	主に民間	41.0	204	13.6	34
家庭	8.電力、主に家電、機器	20.5	主に民間	46.0	254	12.4	9
	9a.熱、主に断熱建築、ゼロエミッションハウス	21.8	主に民間	46.8	327	15.0	32
	9b.熱、主に断熱建築、ゼロエミッションハウス(公営住宅)	2.4	主に財政	5.2	36	15.0	4
運輸	10.乗用車、タクシー、バスの電気化・燃費改善	19.1	主に民間	112.0	262	13.7	54
	11.トラック電気化、燃費改善	5.8	主に民間	20.0	85	14.7	25
	12.鉄道、船舶、航空の効率化	2.4	主に民間	6.0	22	9.3	3
	13.運輸インフラ	11.2	主に財政		193	17.2	
小計	285.9		603	4260	14.9	697	
	うち財政支出	50.6		20	826	16.3	40
	14.専門家支援・人材育成	16.9	主に財政		313	18.5	
	15.労働力の円滑な移行	6.5	主に財政		121	18.5	
小計		23.4			434	18.5	
合計		309		603	4694	15.2	697
	うち財政支出	74		20	1260	17.0	40

エネルギー支出額および内訳

- 現在の支払先は、2021年には約9割が化石燃料と化石燃料起源の電力と熱利用、原子力
- それがGNDシナリオにより2035年にほぼ半分が再エネ、支払先も国内に変わる



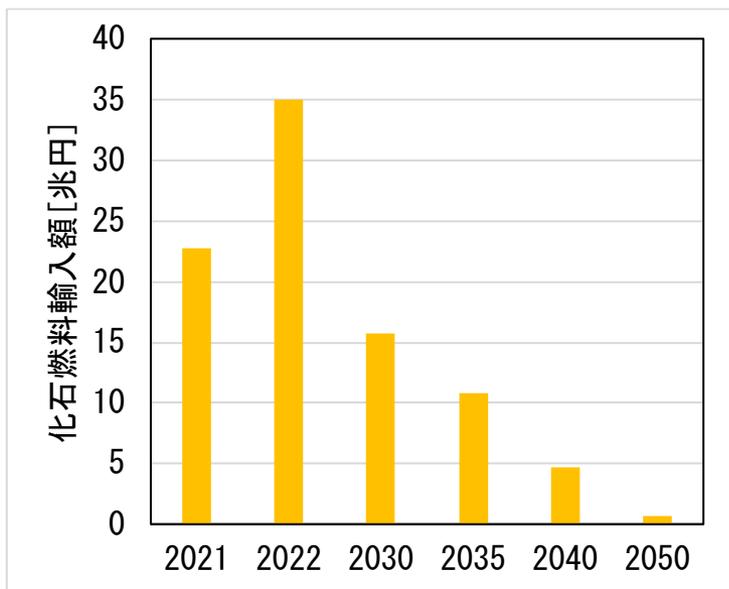
エネルギー-支出額(光熱費)合計



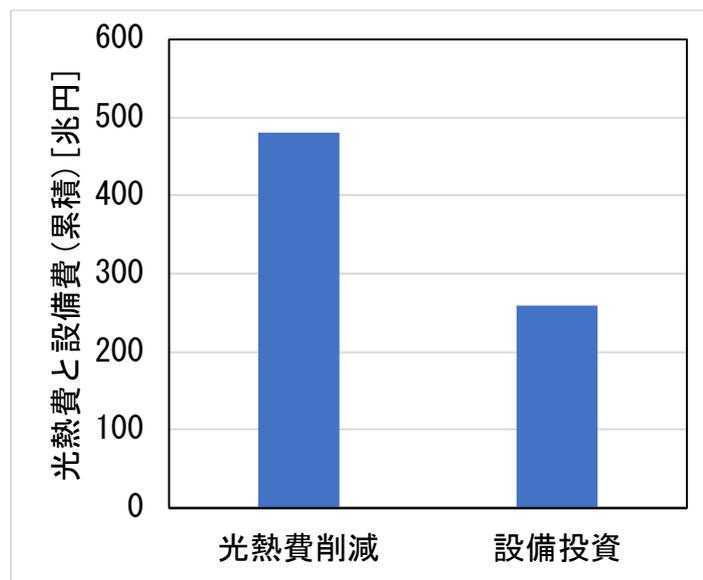
化石燃料などの支出と再エネの支出

化石燃料輸入額、エネルギー支出削減額、投資額

- 化石燃料輸入額は2035年に約半減
- エネルギー支出（光熱費）削減額（累積）は設備投資額（累積）よりも小さい（経済合理性あり）



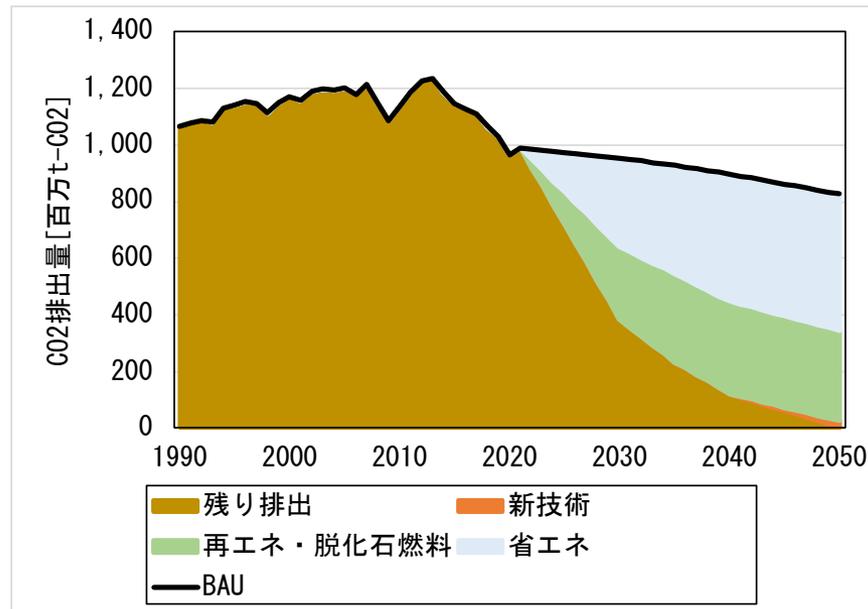
化石燃料輸入額



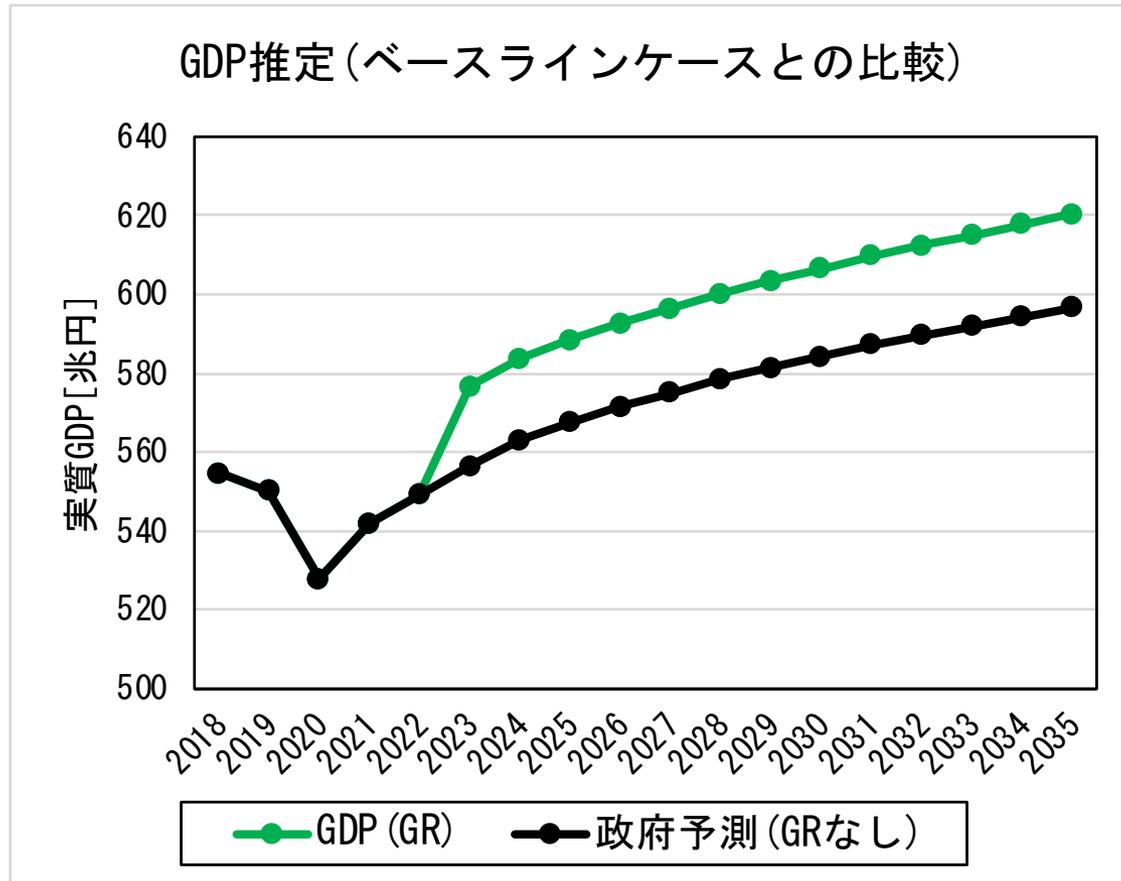
エネルギー支出削減額と設備投資額の比較 21

CO₂排出削減量の推移および内訳 (続き)

- GNDシナリオでは、エネルギー起源CO₂排出量2013年比で2030年69%削減、2035年80%削減が可能
- 2050年に既存技術普及で90%以上削減、残りが新技術対策（脱炭素対策のメインは既存技術と改良技術の普及）



プラスのGDP効果



付加価値：政府試算GDP＋GR戦略投資効果－エネルギー支出減少額
＋エネルギー消費シフト効果＋投資シフト効果＋化石燃料輸入減少額

2035年電源構成、電力消費量、火力発電量

電源構成 (%)	GNDシナリオ (GR戦略)			政府GX		
	2030	2035	2050	2030	2035	2050
原発	0	0	0	21	18	10
石炭	0	0	0	19	19	16
石油	0	0	0	2	1	0
LNG	42	20	0	20	22	21
水素アンモニア	0	0	0	1	5	11
再エネ	58	80	100	37	38	40
電力消費量 (2013年比)	-30%	-31%	-27%	-9%	0%	+30%
火力発電量 (2013年比)	-62%	-82%	-100%	-56%	-48%	-18%

注：政府GXの2035年、2050年は推定 24

2030年太陽光・風力設備容量

	GNDシナリオ		エネ基（2030）		
	2030	2035	政府努力継続	政府政策強化	政府野心的
太陽光	140	180	87.6	100.0	117.6
陸上風力	50	60	13.3	15.9	17.9
洋上風力	10	35	1.7	3.7	5.7

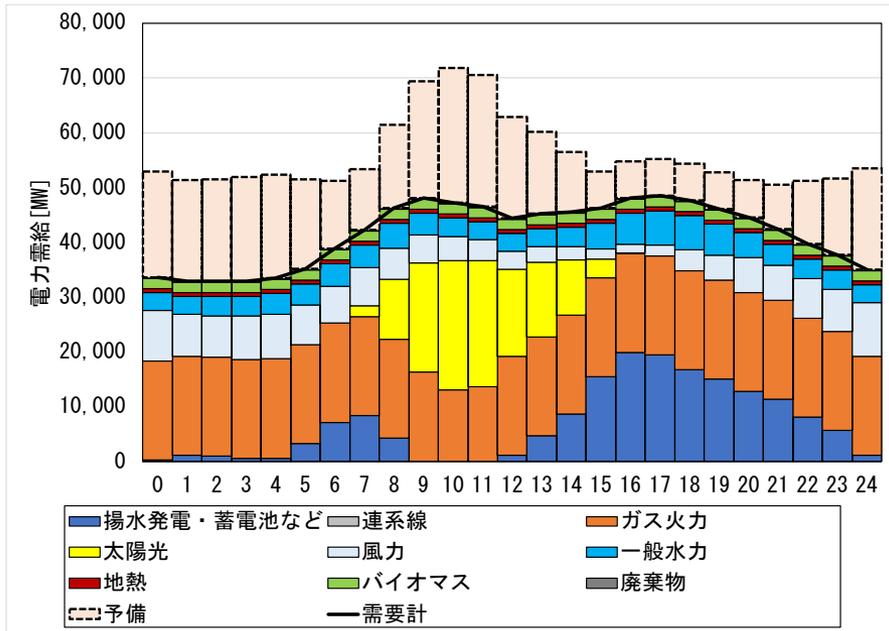
単位：GW

発電コスト

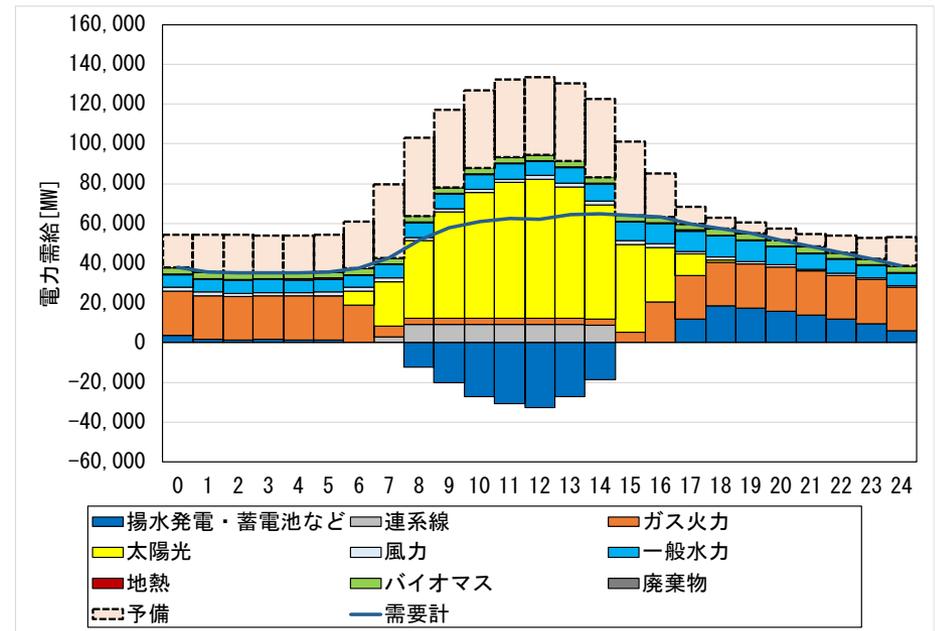
年	発電コスト総額[兆円]		発電コスト単価[円/kWh]	
	GNDシナリオ	政府GX	GNDシナリオ	政府GX
2013	19.9		17.7	
2019	20.6		15.3	
2022	28.9		28.3	
2030	13.3	20.8	15.3	21.1
2035	12.0	21.4	13.0	19.8
2040	11.6	22.2	11.1	18.5
2050	12.9	30.1	8.4	20.6

電力需給バランス

GR戦略の2030年電力需給（需給が最も厳しい 残余需要最大日）



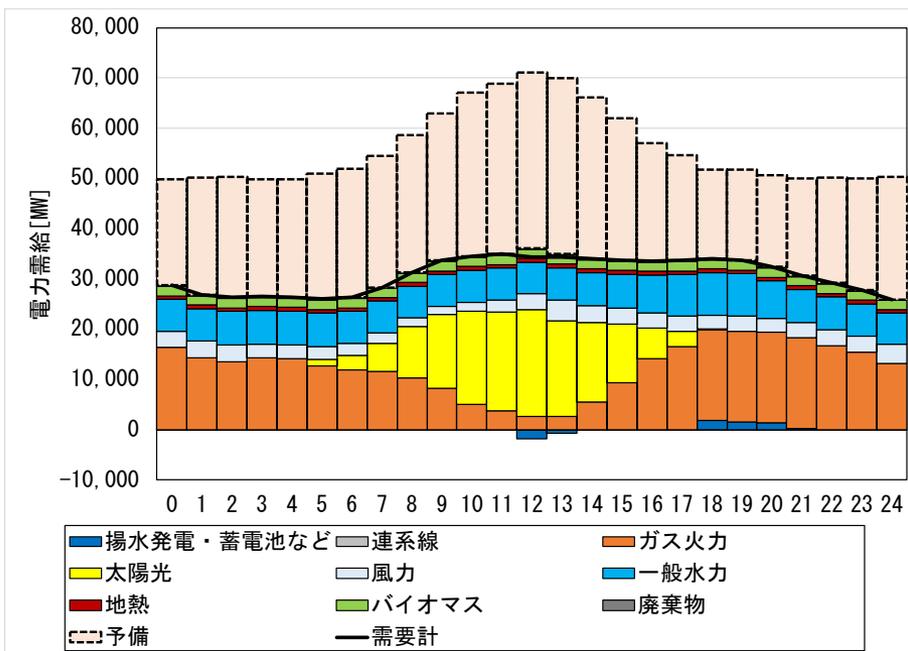
東日本(冬季)



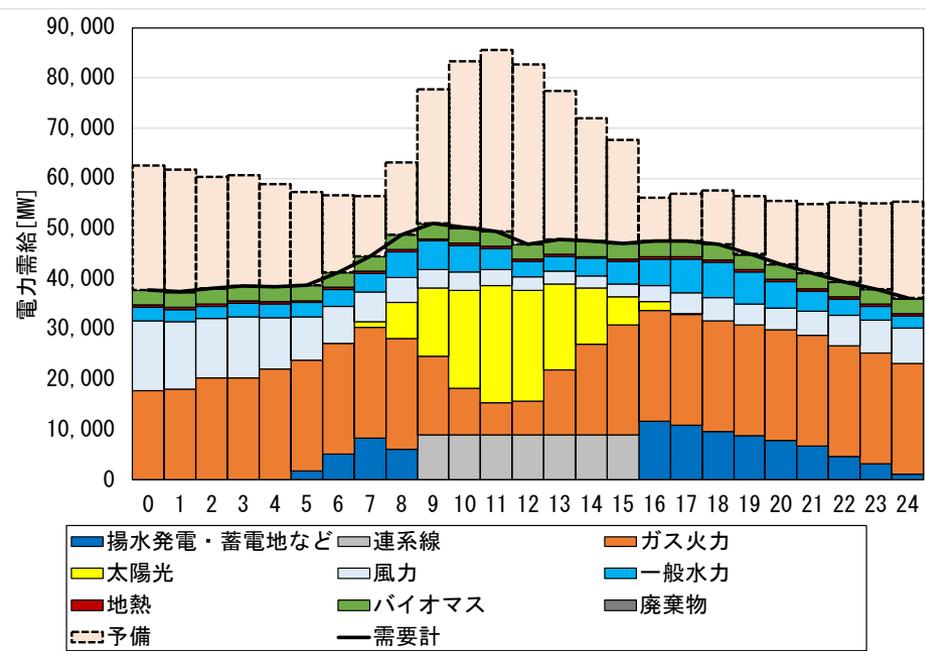
中西日本(夏季)

電力需給バランス(続き)

GR戦略の2030年電力需給（太陽光、風力の出力が最小の日）



東日本(夏季)



中西日本(冬季)

雇用転換

6大CO₂排出産業

産業分野名	従業者数	就業者割合	付加価値額	GDP割合	備考
	人		百万円		
電気業					この他に本社などの雇用がある。送電部門、配電・小売部門については、需要はなくならならないため、大きな雇用減にはつながらないと考えられる。
石炭火力発電所	4,059	0.006%	699,000	0.13%	
石油火力発電所	2,818	0.004%	78,000	0.014%	
天然ガス火力発電所	7,601	0.011%	827,000	0.15%	
その他					
石油精製業	12,596	0.02%	1,418,847	0.26%	
鉄鋼業					
高炉製鉄業	35,509	0.05%	1,185,823	0.22%	
化学工業					
無機化学工業製品製造業					
ソーダ工業	2,686	0.004%	28,156	0.005%	
有機化学工業製品製造業					
石油化学系基礎製品製造業	4,842	0.007%	206,175	0.04%	
脂肪族系中間物製造業	14,498	0.02%	658,104	0.12%	
環式中間物・合成染料・有機顔料製造業	14,968	0.02%	428,445	0.08%	
プラスチック製造業	37,179	0.05%	1,157,605	0.21%	
窯業土石製品製造業					
セメント製造業	5,307	0.008%	88,503	0.02%	
パルプ・紙・紙加工品製造業					
パルプ製造業	2,142	0.003%	20,741	0.004%	
紙製造業					
洋紙・機械すき和紙製造業	20,934	0.03%	412,753	0.08%	
板紙製造業	8,993	0.013%	252,668	0.05%	
合計	17.4万人	0.26%	7.46兆円	1.38%	

雇用転換（続き）

- エネルギー多消費産業以外では、燃料小売業30万人、燃料・材料卸売業7万人などが影響を受ける
- 自動車部品製造業の一部も影響を受ける可能性がある（すでに受けている）

3. 政府GXシナリオの帰結

政府目標未達の場合のCO₂排出量 など

	GNDシナリオ		政府目標	政府目標未達
	2030	2035	2030	2030
CO ₂ 削減率	-69%	-80%	-45%	-32%
電力CO ₂ 排出係数[kg-CO ₂ /kWh]	0.18	0.08	0.25	0.44
再生電力比率	58%	80%	36-38%	25%
原発比率	0%	0%	20-22%	5%
化石燃料輸入費	9兆円	6兆円	12兆円	14兆円
年間エネルギー支払額	29兆円	25兆円	41兆円	41兆円
エネルギー支払累積削減額(2022年以降)	120兆円	230兆円	57兆円	48兆円
累積設備投資額(2022年以降)	150兆円	240兆円	75兆円	51兆円

参考文献

- 未来のためのエネルギー転換研究グループ（2021）「レポート2030：グリーン・リカバリーと2050年カーボン・ニュートラルを実現する 2030 年までのロードマップ」

<https://green-recovery-japan.org/>