



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



未来のためのエネルギー転換研究グループ

内容

1. 前言	...p.3
2. 要約	...p.5
3. グリーン・リカバリーが必要な理由	...p.23
4. 各分野に必要な具体的政策	...p.27
5. 雇用の公正な転換に向けて	...p.43
6. 財源	...p.49
7. 電力需給バランス（供給安定性）の検証	...p.53
8. 資料編	...p.71
1) エネルギー需要関連データ	
2) エネルギー供給関連データ	
9. 参考文献	...p.96

未来のためのエネルギー転換研究グループ

主な執筆者（五十音順）：明日香壽川（東北大学教授）、甲斐沼美紀子（地球環境戦略研究機関研究顧問）、佐藤一光（岩手大学准教授）、槌屋治紀（システム技術研究所所長）、西岡秀三（地球環境戦略研究機関参与）、朴勝俊（関西学院大学教授）、松原弘直（環境エネルギー政策研究所理事）

執筆協力者（五十音順）：上岡直見（環境経済研究所所長）、栗山昭久（地球環境戦略研究機関研究員）、竹村英明（市民電力連絡会理事長）、外岡豊（埼玉大学名誉教授）、中島大（全国小水力利用推進協議会事務局長）、松久保肇（原子力資料情報室事務局長）

グリーン・リカバリー戦略 HP

<http://Green-Recovery-Japan.org>

原発ゼロ・エネルギー転換戦略 HP

<http://energytransition.jp/>

イラスト：大内田絢加

謝辞：本研究は、人間文化研究機構機関研究プロジェクト「北東アジア地域研究」の成果です。

2021 年 2 月 25 日

1. 前言

本レポートは、2050年までにカーボン・ニュートラルを実現するための、2030年までのロードマップを示すものである。これは、日本のグリーン・ニューディールであり、コロナ禍からのグリーン・リカバリー（緑の復興）を実現するための具体的提案（グリーン・リカバリー戦略：GR戦略）である（私たちは、グリーン・ニューディールとグリーン・リカバリーという言葉を、ほぼ同じ意味で用いる）。

2020年10月26日、菅首相は、新たな目標として「2050年カーボン・ニュートラル（温室効果ガス排出実質ゼロ）」を表明した。また、2020年12月25日、政府は「2050年カーボン・ニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を発表した。しかし、後者においては現行の目標や政策の大きな変更は見られず、このままでは、前者は単なるスローガンに終わってしまう可能性が極めて高い。

一方、世界では、欧州グリーンディール（European Commission 2020）や韓国ニューディール（Government of Korea 2020）など、景気回復や雇用創出、そして脱炭素をめざして、政府レベルでグリーン・リカバリーの具体案が打ち出されている。また、第46代米大統領に選ばれたバイデン氏の気候変動・エネルギー政策も、これらと軌を一にするものである。

日本では、2019年6月に私たちが「原発ゼロ・エネルギー転換戦略」（未来のためのエネルギー転換研究グループ2019）を発表した。これは、その具体性および包括性という意味で、唯一の日本版グリーン・ニューディールであり、政府による現行のエネルギー基本計画の代替案である。

私たちは、この「原発ゼロ・エネルギー転換戦略」をベースに、本レポートにおいて、GR戦略として2030年までの投資額、経済効果（GDP追加額、エネルギー支出削減額、雇用創出数）、温室効果ガス排出削減効果、大気汚染対策効果（PM_{2.5}曝露早期死亡の回避者数）、失業対策、財源などを、具体的かつ体系的なロードマップとして提示した。このGR戦略によって、日本でのグリーン・リカバリー、グリーン・ニューディール、エネルギー基本計画改訂、温室効果ガス排出削減数値目標（NDC）引き上げ、そして「2050年カーボン・ニュートラル」に関する具体的な議論が深まることを期待する。



2. 要約

2050年に
油が尽きよう！
by 赤松

化石燃料と原子力

～2030 化石燃料（一次エネルギー）

60% 減

原子力は0割 2010年比

従来技術 80%
新技術 20%

～2050 化石燃料（一次エネルギー）

～2050 化石燃料（一次エネルギー）は再エネ **100% 減**

電力

～2030 省エネ発電量 **30% 減**

化石燃料 0割 再エネ割合 **44%**

～2050 省エネ発電量 **40% 減**

再エネ割合 **100%**

※2010年比

エネルギー消費全体

～2030 約 **40%** 減

～2050 約 **62%** 減

2010年比 エネルギー最終需要

みんなて
一緒に登ろう！

FIGHT!

光熱費
削減

JOB

CLEAN

安心

日本経済の
リカバリーに役立つね

早いほどいいよね

2021
START!!

future
map

① 投資額

～2030 **202** 兆円 (累積)
～2050 **340** 兆円

経済効果 2010年比

～2030 **205** 兆円

* 政府予測GDPに対する増加分

この星は
住めるのかな？

2050 CARBON NEUTRAL

先送りも
新技術頼りも
ダメ！

2030 GREEN RECOVERY

④ CO₂ 排出量

~2030 55% 減
~2050 93% 減

新技術の実用化
と想定

100% 減

大気汚染による死亡の回避

~2030 PM_{2.5} 曝露による
2920 人の死亡を回避

③ エネルギー支出削減額

~2030 358 兆円
~2050 500 兆円

化石燃料輸入削減額

~2030 51.7 兆円

② 雇用創出数

~2030 2544 万人

年間約 254 万人の
雇用が 10 年維持

JOB!
keep

働きど！
未来のための仕事だ！

Future
job+

未来への投資ね！

レポート 2030

<GR 戦略の数値目標と効果>

GR 戦略の目標として、本レポートは下記を設定している。

エネルギー消費全体

最終エネルギー消費は省エネ等により、2030 年に 40%減（2010 年比）、2050 年に 62%減（2010 年比）（2013 年比では、それぞれ 38%減と 60%減）

化石燃料と原子力

2030 年：化石燃料（一次エネルギー）は約 60%減（2010 年比）、原子力はゼロ

2050 年：化石燃料はゼロ（一次エネルギーは再エネ 100%；従来技術で約 80%、新技術で約 20%）

電力

2030 年：省エネで電力消費量 30%減（2010 年比；石炭火力ゼロ、原発ゼロ、再エネ電力割合 44%；2013 年比 28%減）

2050 年：省エネで電力消費量約 40%減（2010 年比；再エネ電力割合 100%；2013 年比 38%減。ただし、蓄電ロスなどのため発電量は現状以上が必要）

これらの目標を実現するための政策を実施した場合に下記の効果がある。

- **投資額**：2030 年までに累積約 202 兆円（民間約 151 兆円、公的資金約 51 兆円）、2050 年までに累積約 340 兆円
- **経済効果**：2030 年までに累積 205 兆円（政府予測 GDP に対する増加額）
- **雇用創出数**：2030 年までに約 2544 万人年（年間約 254 万人の雇用が 10 年間維持）
- **エネルギー支出削減額**：2030 年までに累積約 358 兆円（2050 年までに累積約 500 兆円）
- **化石燃料輸入削減額**：2030 年までに累積約 51.7 兆円
- **CO₂ 排出量**：2030 年に 1990 年比 55%減（2013 年比 61%減）、2050 年に 1990 年比 93%削減（従来技術のみ。新技術の実用化を想定すると 100%削減）
- **大気汚染による死亡の回避**：2030 年までに PM_{2.5} 曝露による 計 2920 人の死亡を回避

また、GR 戦略の想定下で各地域（日本全体、東日本、西日本）および沖縄電力を除く大手電力 9 社の各管区で 1 時間ごとの電力需給バランス（供給の安定性）を検証した結果、多くの地域で供給は域内だけで余裕があることが明らかになった。ただし、北陸電力管区および四国電力管区においては、特定の季節・時間帯（夏や冬の夕方）に、他電力管区からの融通、蓄電池利用、需要側管理（DSM）などを組み合わせた対策が必要であることもわかった。

さらに、GR 戦略を実施した場合、化石燃料費低減によって 2030 年の発電コスト総額は現行の政府施策案の場合よりも低減する。一方、kWh あたりの発電コスト単価は、2030 年までは政府施策案の場合と同じであり、2030 年以降は政府施策案の単価を下回る。

現状でエネルギー転換による脱炭素によって主な影響を受ける産業（電気業、石油精製業、鉄鋼業、化学工業、窯業土石製品製造業、パルプ・紙・紙加工品製造業）の雇用者数は 2017 年において約 15 万人（日本全体の雇用者数に対する割合は 0.26%、GDP 割合は 0.86%）であり、原子力発電産業（約 5 万人）を加えると合計で約 20 万人となる。これは、エネルギー転換によって新規に創出される上記の雇用者数に比較すると十分に小さく、かつこれらの産業における実際の雇用喪失者数はさらに小さい。

なお、エネルギー転換の財源としては、年間約 5 兆円の国債発行などが考えられる。しかし、投資の大部分は、収益性があることから民間によって商業的な条件下で実施されることが想定される。したがって、財政の健全性が損なわれることはない。

＜現行政府案との比較＞

表 2-1 は、GR 戦略とエネルギー基本計画に基づく現行政府案との比較を示している。

表 2-1 GR 戦略と現行政府案（エネルギー基本計画）との比較

	GR 戦略		現行政府案（第 5 次エネルギー基本計画）		
	2030 年	2050 年	2030 年(現在の政府目標値)	2030 年(2021 年改訂予定)	2050 年
再生可能エネルギー発電比率	44%	100%	22～24%	主力電源？	主力電源？
原子力発電比率	ゼロ	ゼロ	20～22%	依存？	依存？
火力発電	LNG 火力 (石炭火力ゼロ)	ゼロ	LNG 火力・石炭火力	LNG 火力・石炭火力 (バイオマス・アンモニア混焼？)	LNG 火力 石炭火力 CCS/CCU
電力消費量 (2013 年比)	-28%	-32%	+1%	？	？
最終エネルギー消費量 (2013 年比)	-38%	-60%	-10%	？	？
化石燃料輸入費	約 9 兆円 (2019 年 17 兆円)	0 円	推定約 14 兆円 (2019 年 17 兆円)	？	？
エネルギー支出	29 兆円	16 兆円	推定約 49 兆円	？	？
エネルギー起源 CO ₂ (2013 年比)	-61%	-93% (既存技術のみ)、 -100% (新技術を想定)	-25%	？	？

2020 年 12 月に発表された「2050 年カーボン・ニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（日本政府 2020）を見る限り、政府は、実用化されておらず、実用化の可能性もはっきりしない新技術の必要性を謳い、それらの研究開発に対する補助金付与を示すだけで、具体的かつ効果的な対策はほぼ先送りすることが予想される。その結果として、電力消費量、最終エネルギー消費量、化石燃料輸入費、企業および家庭のエネルギー支出（エネ支出）額、エネルギー起源 CO₂ 排出は増大し、膨大な国費が海外に流出する。

一方、GR 戦略では、石炭火力を 2030 年に停止する（2035 年廃止）。原発に関しては、2030 年にゼロと想定している。そして、「2050 年カーボン・ニュートラル」に関して、エネルギー起源 CO₂ の 100%排出削減のうち、93%は既存の技術で、残りの 7%（主に航空、船舶、陸上長距離輸送、鉄鋼業・セメント産業などの 4 分野からの排出）は現時点では実用化されていない技術で対応する。再エネと省エネによって化石燃料輸入費やエネルギー支出の削減が可能となり、国費の流出を防ぐことができる。

なお、GR 戦略によって電力シフトが進んでも、2050 年の電力需要は大きく増加しない。まず「A 分野」として、従来から電気が使われていた分野の需要は、省エネによって 2013 年比約 50%減少する。他方「B 分野」として、エネルギー消費が電気へと移行する分野（オフィスや飲食店、家庭等におけるガス・石油から電気への移行や、自動車燃料のガソリン・軽油等から電気への移行）があるが、これらは現在の電力需要の 1～2 割程度にすぎない。したがって、A と B を合わせれば 2050 年電力需要は現在より大幅に減少する（2013 年比 32%減少；この時エネルギー起源 CO₂ は 2013 年比 94%減少）。

エネルギー起源 CO₂ の 100%削減（ゼロエミッション）を実現するためには、さらに「C 分野」として産業高温熱（鉄鋼・化学・セメント・紙パルプ製造等）や航空・船舶燃料を電力や水素（再エネ電力によって生産されるもの）に転換する必要がある。2030 年および 2050 年までの既存技術の普及を主眼とする GR 戦略および本レポートでは C 分野の対応は詳しく議論していないものの、この分野では相当の電力

が必要になるため、A～C の分野を合計すると現在の電力需要の 1.2～1.5 倍になる可能性がある。ただしその場合でも、すべての電力を再エネ電力でまかなうことが可能である。

現行政府案の 2030 年および 2050 年の化石燃料輸入量およびエネルギー支出額は、政府長期需給見通しにある政府対策シナリオなどから推算した。エネルギー支出額は、IEA のエネルギー価格見通しを参考に各時点の各種エネルギー価格を想定し、シナリオごとの各種エネルギー消費量を乗じて総計した。

＜各分野の投資額、財源、経済効果、雇用創出、CO₂ 排出削減量＞

図 2-1 および図 2-2 は、GR 戦略における 2030 年までの 15 の分野における 10 年間の投資額を示す。表 2-2 は、GR 戦略における 2030 年までの各分野投資額、民間投資・財政割合、経済効果（投資額、エネルギー支出削減額、雇用創出数）、CO₂ 排出削減効果を示す。

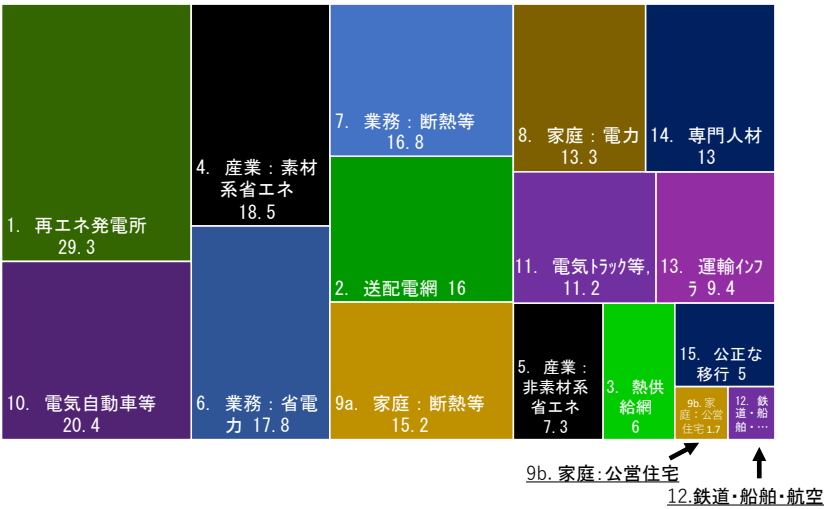


図 2-1 GR 戦略における 2030 年までの各分野累積投資額

注：数字の単位は兆円。10 年間の累積で総額 202 兆円となる。各分野の番号は次ページ表 2-2 に対応。なお、原発廃炉にともなう投資（一基 700 億円程度）は考慮していない。

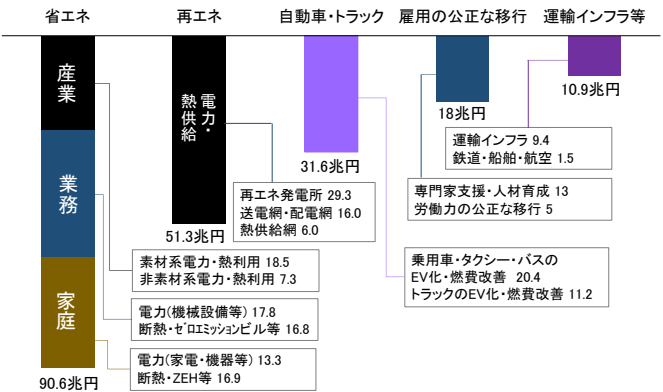


図 2-2 GR 戦略における 2030 年までの各分野累積投資額内訳

注：自動車・トラックも内容は省エネであるものの投資額が大きいので別項目にしている。

2. 要約

表 2-2 GR 戦略における 2030 年までの各分野投資額、経済効果、CO₂ 排出削減効果など

分野	種類	2030 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]	2030 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]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]
電力・ 熱	1.再エネ発電所	29.3	主に民間	86.3	285	9.7	360
	2.送電網、配電網	16.0	主に財政		287	17.9	
	3.熱供給網	6.0	主に財政		108	18.0	32
産業	4.素材製造業の電力、 熱利用関係	18.5	主に民間	23.1	179	9.7	58
	5.非素材製造業の電力、 熱利用関係	7.3	主に民間	14.6	62	8.5	21
業務	6.電力、主に機械設備	17.8	主に民間	35.6	128	7.2	45
	7.熱、主に断熱建築、 ゼロエミッションビル	16.8	主に民間	42.1	275	16.3	28
家庭	8.電力、主に家電、機 器	13.3	主に民間	26.7	96	7.2	20
	9a.熱、主に断熱建築、 ゼロエミッションハウ ス	15.2	主に民間	30.3	267	17.6	28
	9b.熱、主に断熱建築、 ゼロエミッションハウ ス（公営住宅）	1.7	主に財政	3.4	30	17.6	
運 輸	10.乗用車、タクシー、 バスの電気化・燃費改 善	20.4	主に民間	57.6	183	9.0	81
	11.トラック電気化、燃 費改善	11.2	主に民間	35.5	119	10.6	38
	12.鉄道、船舶、航空の 高効率化	1.5	主に民間	3.0	10	6.7	3
	13.運輸インフラ	9.4	主に財政		167	17.8	3
小 計		185		358	2196	11.9	714
	うち財政支出	33			562	17.0	
人 的 イ ン フ ラ	14.専門家支援・人材育 成	13	主に財政		251	19.0	
	15.労働力の円滑な移 行	5	主に財政		97	20.6	
小 計		18			348	39.7	
合 計		202		358	2544	12.6	714
	うち財政支出	51			910	17.8	

表 2-2 の金額および CO₂ 排出削減量は、すべて GR 戦略ケースと BAU ケース（対策なしケース：2015 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が変化し、それに比例してエネルギー消費量および CO₂ 排出量が増加すると想定。2030 年以降は、原単位は変わらず、素材産業は人口減少、家庭部門は世帯数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）との差を示す。分野のうち電力・熱が供給側の再エネ等で、産業・業務・家庭・運輸は需要側の主に省エネを意味する（省エネ以外は再エネ熱利用）。

エネルギー支出削減額は以下のように計算した。まず 2030 年について、省エネ各分野の投資による各種エネルギーの消費量減少分に、それぞれのエネルギー単価を乗じて、各分野のエネルギー支出削減額を求めた。これに、各分野の削減効果が継続する期間（耐用年数）を乗じて、累積エネルギー支出削減額と

した。

省エネ投資は、2030 年時点の各分野のエネルギー支出削減額に、それぞれの投資回収年数を乗じて、追加的に必要となる投資額を求めた（合計約 202 兆円）。再エネ投資額（再エネ発電所設備投資額）は発電種類ごとに積み上げ計算した。導入設備容量は毎年均等とし、設備単価は漸減し最終的に 2018 年の国際価格に収斂すると想定した。

このような投資が今後 10 年にわたり随時実施されてゆくと考え、毎年の投資額は 20.2 兆円とした。雇用創出数は、投資額から産業連関分析を用いて計算した（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）。各分野とも、耐用年数が過ぎた後は、設備更新の際に、省エネ型設備と非省エネ型の設備との価格差がゼロになると想定している。各分野の計算方法および想定した投資回収年数は、本レポート 8 資料編の表 8-4 を参照のこと。

<エネ支出と投資額との比較>

図 2-3 は、GR 戦略を実施した場合の 2030 年と 2050 年のエネルギー支出を示す。図 2-4 は、2030 年までに行われた再エネ・省エネ投資の累積額と、それらの投資の効果が続く期間のエネルギー支出削減額（累積額）の比較を示す（その後の更新分は、追加費用なしに省エネ型の設備等が利用可能と想定する）。この図 2-4 が示すように、エネルギー支出削減額は投資額よりもはるかに大きい。これは GR 戦略が大きな経済合理性を持つことを意味する。

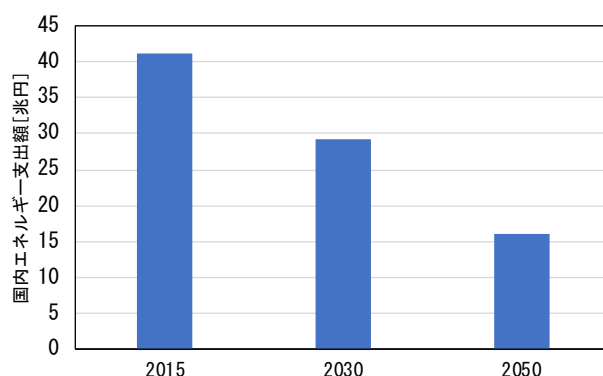


図 2-3 GR 戦略における 2030 年および 2050 年のエネ支出額

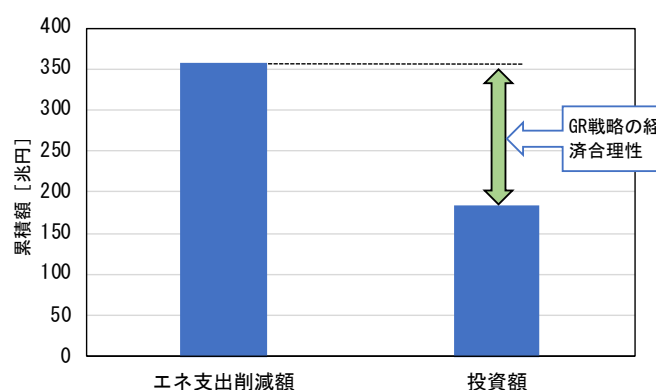


図 2-4 GR 戦略における 2030 年までの累積投資額と、それによる累積エネ支出削減額との比較

＜経済効果＞

図2-5は、2030年までのGR戦略を実施した場合と実施しない場合の付加価値（GDP）変化を示す。

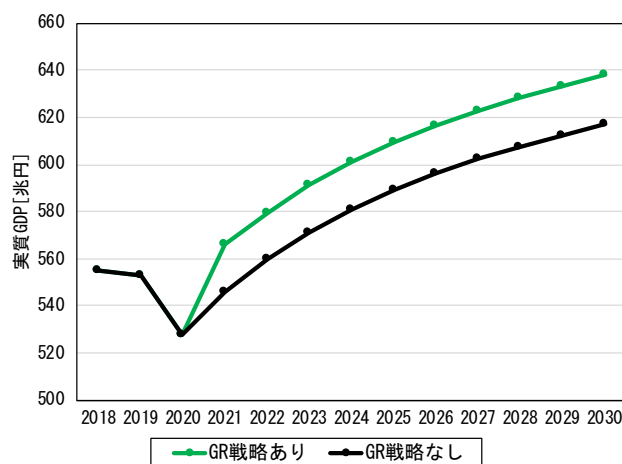


図2-5 GR戦略を実施した場合の2030年までの付加価値（GDP）増加額

この図2-5が示しているように、2030年までにGR戦略を実施した場合は、実施しない場合よりも、経済効果として国全体の付加価値（GDP）が2030年までに累積で205兆円増加する。

付加価値の計算方法は以下の通りである。まず、GR戦略を実施した場合の付加価値は、政府試算GDP + GR戦略投資効果 - エネルギー支出減少額 + 消費シフト効果 + 投資シフト効果 + 輸入減少額とした（以下の数値はすべて累計）。この式で、GR戦略投資効果（202兆円）は、表2-2で示した投資額の値を用いた。エネルギー支出減少額（129兆円）は家計・企業のエネルギー支出額（エネルギー最終消費[産業・民生・運輸全て]）の各種エネルギー量に単価を乗じたものの減少分であり、それを石油・石炭製品産業や電気・ガス産業の売上減少額としてここでは差し引いた。消費シフト効果は、家計が節約した電気・ガス・ガソリン等の全エネルギー支出（43.6兆円）の0.679倍（過去20年間の平均消費性向の最低値）が別途消費に回るとした（29.6兆円）。投資シフト効果は、企業が節約した全エネルギー支出（85.7兆円）の0.59倍（過去5年間の企業の設備投資と経常利益の比率）が別途投資に回るとした（50.6兆円）。化石燃料の輸入減少額は累計で51.7兆円である。

政府試算GDP値などは下記を参照した。

- ・2018-19年GDP実績

https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/sokuhou/files/2020/qe203_2/gdemenuja.html

- ・政府成長：中長期の経済財政に関する試算（ベースラインケース）

<https://www5.cao.go.jp/keizai3/econome/r2chuuchouki7.pdf>

- ・経済活動別国内総生産

https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/h30/h30_kaku_top.html

- ・財務省「報道発表 年次別法人企業統計調査（令和元年度）結果の概要」令和2年10月30日

＜CO₂ 排出削減量の推移および内訳＞

図 2-6 は、GR 戦略を実施した場合と現行の政府シナリオにおけるエネルギー起源 CO₂ 排出量を比較したものである。

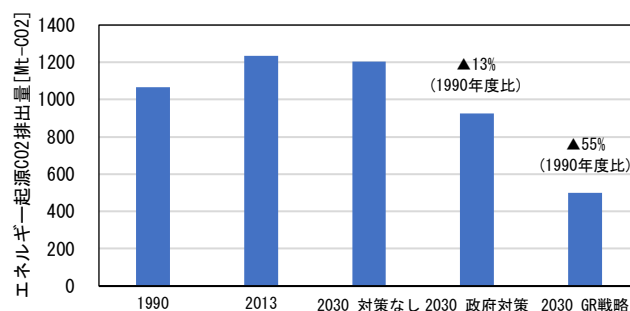


図 2-6 エネルギー起源 CO₂ 排出量の比較

この図 2-6 の 2030 政府対策は、現行の長期エネルギー需給見通し、エネルギー基本計画、温室効果ガス排出削減数値目標（NDC）に沿った数値である。すなわち、2030 年までに GR 戦略に基づいた適切な政策が実施されれば、次世代に負担を先送りすることはなくなり、2050 年カーボン・ニュートラルへのスムーズかつ経済合理的な転換が可能となる。

図 2-7 は、GR 戦略におけるエネルギー起源 CO₂ 排出量削減の内訳を示す。

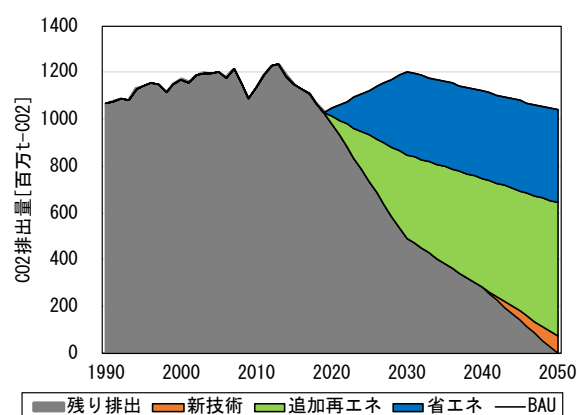


図 2-7 GR 戦略におけるエネルギー起源 CO₂ 排出量削減の内訳

この図 2-7 が示すように、GR 戦略では、省エネ・再エネの既存技術のみで 2030 年に 1990 年比 55%減（2013 年比 61%減）、2050 年に 1990 年比 93%減となる（2030 年における削減量は 7.14 億トン CO₂）。既存技術のみでは削減が難しい分野（船舶・航空燃料と、鉄鋼などの素材産業高温熱利用）でも、現時点ではまだ実用化されていない新技術（水素還元製鉄や水素ジェット燃料など）の実用化を想定すると 100%減（ゼロエミッション）が可能となる。なお、ここでの BAU は原単位固定で政府長期絵エネルギー需給見通しに沿って活動量が増えた場合である。

＜大気汚染による早期死亡の回避＞

図 2-8 は、GR 戦略を実施した場合の PM_{2.5}（大気汚染による健康被害の原因となる微小粒子状物質）による 2030 年までの累計死亡回避数を示す。

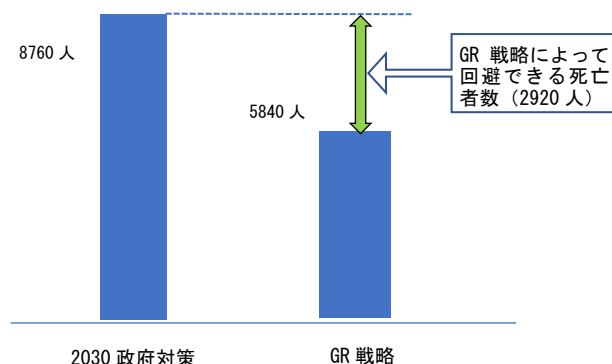


図 2-8 PM_{2.5} による 2030 年までの累計死亡数の比較

世界でも日本でも、科学的事実として、大気汚染による健康被害が終わった問題ではなく、現実に大きな被害をもたらしており、かつ将来においても確実に被害をもたらす脅威となっている。例えば、日本で石炭火力発電所や自動車などから排出される PM_{2.5} などの大気汚染物質による早期死亡¹者数を、Goto 他（2016）は 2000 年に年間 31300 人、Lancet（2017）は 2015 年に年間 37000 人、Cohen et al.（2017）は年間 61000 人と、それぞれ異なるモデルを用いて推定している。英医学雑誌ランセット（Lancet）の地球温暖化の健康影響を調べる「ランセット・カウントダウン」プロジェクトでは、各国の石炭火力発電からの PM_{2.5} 排出による早期死亡者数を明らかにしている。それによると、日本では年間で人口 100 万人あたり 9.74 人が石炭火力発電所由来の PM_{2.5} によって死亡している。

また、現状での日本の 1000 あまりの大気汚染物質測定局（一般環境大気測定局が 785 局、自動車排出ガス測定局が 223 局）での PM_{2.5} の環境基準達成率は、一般環境大気測定局で 88.7%、自動車排出ガス測定局で 88.3%であり、いまだに PM_{2.5} に関しては環境基準を達成していない地域が多くある（環境省平成 28 年度大気汚染状況について 2018 年 3 月 20 日）。

さらに、日本の PM_{2.5} の環境基準は年平均 15 μg/m³であり、米国（年平均 12 μg/m³）や世界保健機関（WHO）が推奨する値（年平均 10 μg/m³）よりも緩い。すなわち、日本の環境基準は他国よりも緩いにもかかわらず、それを達成していない測定局が多く存在するのが日本の現状である。

このような状況で日本各地において建設計画中の石炭火力発電所 40 基以上が稼働した場合、新たに 1175 人の早期死亡者が発生するという研究がある（グリーンピースジャパン・気候ネットワーク 2018）。

上記知見のもと、GR 戦略による回避死者推算では、前出の英医学雑誌ランセットによる日本での石炭火力発電からの PM_{2.5} 排出による早期死亡者数（人口 100 万人あたり年間 9.74 人）を用いた。具体的には、この数値と、1）政府対策下での 2030 年の石炭火力からの PM_{2.5} 排出量は線形に半減、2）GR 戦略では線形にゼロ、という二つの想定から、GR 戦略を実施した場合の回避死亡者数を求めた。

¹ 大気汚染がない場合と比べて追加的に増加する死亡者の絶対数。追加死亡者あるいは過剰死亡者とも呼ばれる。大気汚染物質に対する曝露によって特定の疾病（例：PM_{2.5} の場合は、脳卒中、心筋梗塞、肺がんなど）による死亡率が上昇し、平均寿命よりも早く死亡する人が発生することを意味する。

<電力価格>

表 2-3 は、GR 戦略を実施した場合としない場合（政府政策シナリオ）の電力発電コスト（総額と単価）を示す。

表 2-3 GR 戦略と現行政府案との発電コスト総額比較

年	発電コスト総額[兆円]		発電コスト単価[円/kWh]	
	シナリオ		シナリオ	
	GR 戦略	政府エネルギー・ミックス (原発維持)	GR 戦略	政府エネルギー・ミックス (原発維持)
2018	16	16	16	16
2030	11	15	14	14
2040	10	14	12	14
2050	9	14	10	14

GR 戦略を実施した場合、化石燃料費低減によって 2030 年の発電コスト総額は政府シナリオよりも低減する。一方、発電コスト単価は、2030 年以降に政府シナリオの単価を下回る。なお、これらは、各発電エネルギー技術の均等化発電原価（LCOE：建設費や運転維持費・燃料費など発電に必要なコストと利潤などを合計して、運転期間中の想定発電量をもとに算出する標準的な発電コスト比較のための指標）を用いて計算している。また、再エネ単価のうち、太陽光と風力は、普及によるコストダウンの結果、2030 年に少なくとも 2018 年の国際価格に収斂すると想定（価格想定は本レポートの資料編表 8-12 を参照のこと）した。さらに、火力発電燃料の価格は、IEA（国際エネルギー機関）の世界エネルギー見通し 2019 年版の日本の輸入価格の将来見通しを用いた。

この「日本の再エネ単価は 2030 年に 2018 年の国際価格に収斂（例：太陽光は 10 円/kWh）」という想定は、現状の価格低下傾向を考慮すると、極めて保守的な想定だと考えられる。なぜなら、最近、日本で実施された太陽光の入札（電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法に基づく太陽光第 6 回入札：令和 2 年度上期分：2020 年 11 月 6 日発表）での平均的な落札価格は、11 円/kWh となっている。また、木村（2019）は、現状のコスト内訳や低下傾向に関する詳細な分析のもと、日本でも 2030 年に太陽光は 25 年運転の場合で 5.7 円/kWh（基準ケース）と予測している。そのような場合、GR 戦略の経済合理性はより高まることになる。

なお、海外の研究においても、エネルギー転換した方が電気代は下がることを示している研究は多い（例えば、LUT and EWG 2019）。また、UC Berkley の研究者グループによる米国大統領バイデン氏の選挙中からの公約「2035 年電力部門実質ゼロエミッション」に関する研究（Phadke et al. 2020）でも、バイデン公約シナリオを現行の政策シナリオにおける電気代と比較している。それによると、「2035 年電力部門実質ゼロエミッション」のシナリオ（原発割合は約 2 割で現状と変わらず）では、炭素の社会的コストや大気汚染被害などの環境コストを考慮すると、2035 年時点で現行シナリオに比較してはるかに電気単価（卸売価格）は小さく、環境コストを考慮しない場合でも、2035 年時点までほぼ変わらない。

日本において電力価格を議論する場合、政府が 2015 年に発表した電力コスト比較をアップデートしていないのが根本的な問題である。例えば、松久保（2017）や大島（2019）は、最新データを用いて再計算すると原発のコストが上昇することを示しており、稲澤（2016）は、5 年前の比較プロセスにおける問題点を多く指摘している。また、日本の電力価格に関しては「欧米諸国に比較して高い」と考えている人が少なくない。しかし、筒井・澤部（2018）は、それが必ずしも正しくないことを示している。

＜電力需給バランス（安定供給）の検証＞

どのようなシナリオにおいても電力需給バランスの安定性は重要である。実際に、風力・太陽光発電（以下では、風力・太陽光）は、気象条件などによって出力が変動する特徴がある。したがって、私たちは、GR 戦略における再エネと省エネの想定導入量のもと、1) 日本全体、2) 東日本と西日本の電力管区、3) 大手 9 電力各管区の 3 つの場合において、風力・太陽光を大量に電力網に連系し、かつ、原子力と石炭火力を削減する場合について、2030 年および 2050 年の電力需給バランスを推計した。特に、過去 3 年間に於いて、残余需要（ここでは、太陽光や風力、水力、バイオマス、地熱などの再エネで満たせない電力需要、すなわち火力発電や原子力に対する電力需要として定義している）が最大の日および再エネ供給が最小の日に注目し、そのような状況での需給バランスを明らかにした。同時に、供給不足になった場合の対応策としての柔軟性手段について具体的なオプションを各電力管区に対して検討した（具体的な方法論は、本レポート 7 を参照のこと）。

図 2-9 は、GR 戦略の場合の 2030 年電力需給（西日本 6 電力、需給が最も厳しい日）を示す。

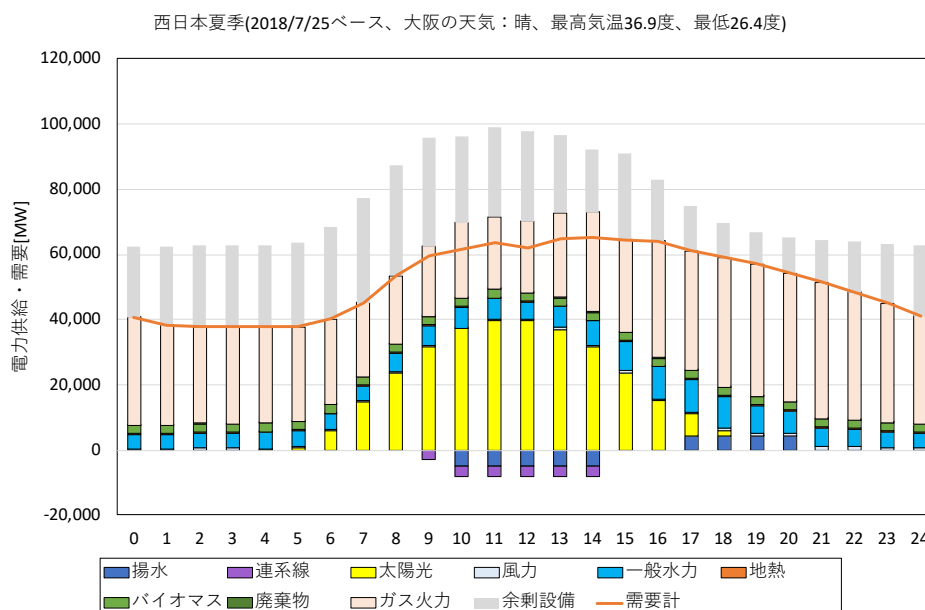


図 2-9 GR 戦略の 2030 年電力需給（西日本 6 電力、需給が最も厳しい日）

この図 2-9 は、過去 3 年間（2016～2018 年）実績で、需給が最も厳しい日（残余需要が最大の日、2018 年 7 月 25 日）をモデル日としてシミュレーションしたもので、折れ線グラフが需要の総計（需要計）、積み上げ棒グラフが供給である。送電（基底の紫色）は管区外（域外）への融通、余剰設備（火力と揚水。図では灰色）は、この時刻は稼働していない分の火力発電と揚水発電の設備容量である。この図では、昼間は（再エネが余っているため）東日本への送電が行われる一方で、揚水発電所への蓄電が行われている（東京電力と中部電力の間には 300 万 kW の連系線がある）。すなわち、この地域・時期・時間帯において十分な供給能力の余裕があることを示している。

図 2-10 は、過去 3 年間（2016～2018 年）実績で太陽光+風力の発電量が最小の日（2018 年 6 月

6 日) をモデル日としてシミュレーションしたものである。需要計と「余剰設備」の差（グラフで薄いだい色のガス火力が需要計を越えている分）は、東日本への送電（東京電力と中部電力の間に 300 万 kW 連系線）の分であり、この図は、この地域・時期・時間帯において十分な供給能力の余裕があることを示している。

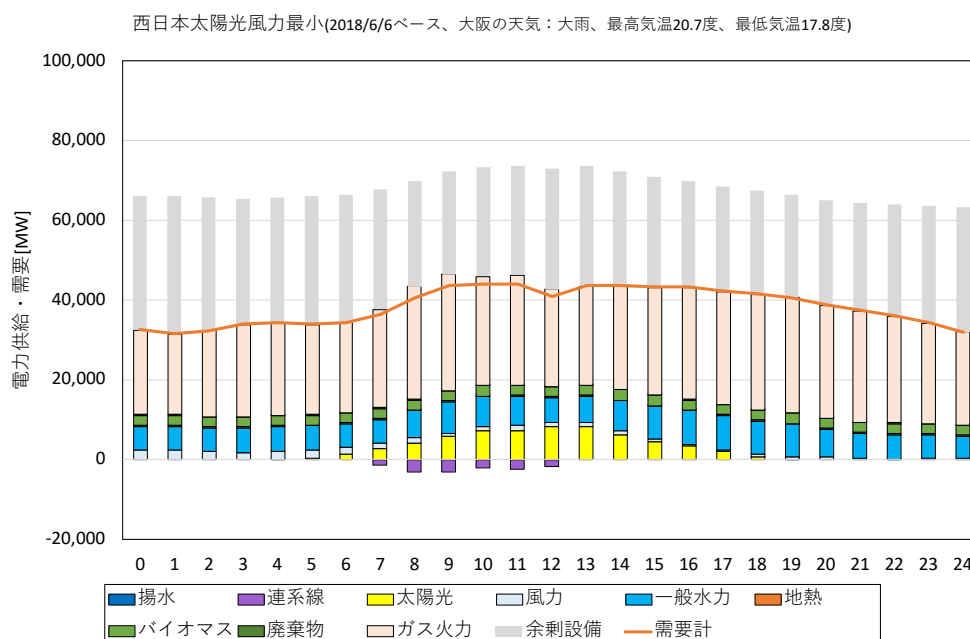


図 2-10 GR 戦略の 2030 年電力需給（西日本 6 電力、太陽光+風力が最小の日）

このようなシミュレーションの結論として、2030 年と 2050 年を考えると、本レポートでは詳細を紹介していないものの、2050 年は再エネと各種対策（地域間融通、デマンドレスポンス、揚水発電、蓄電、電力・熱・輸送などのセクター間あるいはセクター内でのエネルギー融通を活性化させるセクター・カップリングなど）で対応可能であり、十分なストレージ（揚水発電、蓄電池など）の確保により需給バランスは問題ないことがわかった。一方、エネルギー転換途中の 2030 年の需給では、本稿で示したように、東日本 3 電力（50Hz 領域）と中西日本 6 電力（60Hz 領域）に分けた場合、共に十分な予備率を確保でき、東西比較をすると相対的には中西日本の方が余裕は小さいことがわかった。

大手 9 電力会社（沖縄電力を除く）の電力管区別にみると、大半の電力管区で 2030 年に単独で十分な予備率が確保できることがわかった。一方、北陸電力および四国電力では、時間帯によっては、他地域からの送電に一部依存する可能性があることがわかった。すなわち、北陸電力管区は、原発と石炭火力への依存度が他の電力会社管区よりも高いため、GR 戦略のシナリオでは、一部時間帯に他社からの送電に依存する可能性がある。ただし、この需給バランスの調整には、他にも多くの選択肢がある。第一に、北陸電力管区は、関西電力管区との間に運用容量 190 万 kW、中部電力管区との間に運用容量 30 万 kW の地域間連系線を有し、この連系線を利用した送電を考慮すると 10%以上の予備率がある。送電には連系線の余裕と他地域の発電の余裕が必要だが、西日本では LNG 火力には余裕がある。第二に、地域間連系線増強として、関西電力管区・中部電力管区との間だけでなく、風力が豊富な東北電力管区（注：50Hz 領域）

2. 要約

との直流送電線も将来考えられる。第三に、地域内で需給を改善する方策として、1) デマンドレスポンス、需要シフト、2) 省エネ普及強化、3) 域内送電線強化と再エネ電力普及強化、4) 揚水発電強化（現在、電源開発が中部電力と共用する揚水発電所の中部電力使用分の移管を含む）、5) 蓄電設備普及、6) EV 等の積極的利用、7) LNG 火力転換（現在、北陸電力が管区内に保有する旧型石油火力設備 125 万 kW のうち LNG 転換計画のない 75 万 kW 分の追加が可能）、8) 逼迫があった時に備え需給調整契約の用意（2016 年夏季には北陸電力の随時契約分 20 万 kW を用意した）、などがある。

四国電力管区は、関西電力管区との間に運用容量 140 万 kW の地域間連系線、中国電力管区との間に運用容量 120 万 kW の地域間連系線を有する。2030 年需給バランスの推計結果によると、最大で連系線の約 4 分の 1 強しか使っておらず、この連系線を利用した送電を考慮すると 30% 以上の予備率がある。送電には連系線の余裕と他地域の発電の余裕が必要だが、西日本の LNG 火力に余裕がある。一方、地域内で需給を改善する方策として、1) デマンドレスポンス、需要シフト、2) 省エネ普及強化、3) 地域の送電線強化と再エネ電力普及強化、4) 揚水発電強化、5) 蓄電設備普及、6) EV 等の積極的利用、7) ガス火力転換（現在、四国電力が敷地内に保有する旧型石油火力が 135 万 kW あり、この LNG 転換で最大 135 万 kW 追加可能）、8) 需給逼迫があった時に備えた需給調整契約の用意（2016 年夏季に四国電力は随時契約分 40 万 kW を用意した）、などがある。

なお、前出の米大統領バイデン氏の選挙中からの公約「2035 年電力部門実質ゼロエミッション」のシナリオ分析を行っている UC Berkley の研究者グループによる研究（Phadke et al. 2020）でも、バイデン公約シナリオの場合の需給安定性を、本レポートとほぼ同様の方法論を用いて検証している。それによると、過去 7 年間の地域ごとの需給データを用いた場合、米国の「2035 年電力部門実質ゼロエミッション」の場合でも、蓄電などの対策をとれば米国全体でも各地域でも需給バランスに問題ないと結論づけられる。

電力需給バランス検証の詳細は、本レポート 7 をご参照いただきたい。

<雇用の公正な転換>

日本でのエネルギー転換に伴う雇用の転換を議論する際には、まず現状の各産業の雇用状況の正確な把握が不可欠である。次に、エネルギー転換で新規に創出される雇用などと比較する必要がある。同時に、世界の趨勢やビジネス環境の変化に対する考慮も必要である。

表 2-4 は、エネルギー転換で影響を受ける 6 大 CO₂ 排出産業（電気業、鉄鋼業、セメント製造業、化学工業、石油精製業、紙製造業）²の現時点の雇用と付加価値を示している。

² 2016 年度の日本の温室効果ガス排出量の 50% を 124 の発電所と工場で排出しており、124 事業所の全てが電気業（発電所）、鉄鋼業、セメント製造業、化学工業、石油精製業、紙製造業の 6 業種であった。また、77 発電所の排出量が日本の排出の約 3 分の 1 を占め、その半分（日本全体の 17%）が 35 の石炭火力発電所から排出された（気候ネットワーク 2020）。

表 2-4 エネルギー転換で影響を受ける6大 CO₂ 排出産業の雇用と付加価値（2016 年度）

産業分野名	従業者数	雇用者割合	付加価値額	GDP割合	備考
	人		百万円		
合計	150,402	0.26%	4,501,051	0.86%	
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、需要はなくなるならないため、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	2,841	0.00%	208,303	0.04%	
石油火力発電所	2,488	0.00%	45,190	0.01%	
天然ガス火力発電所	4,682	0.01%	298,252	0.06%	
その他					
石油精製業	10,979	0.02%	543,186	0.10%	
鉄鋼業					
高炉製鉄業	36,257	0.06%	493,591	0.09%	
化学工業					
無機化学工業製品製造業					
ソーダ工業	3,101		52,845		
有機化学工業製品製造業					
石油化学系基礎製品製造業	5,183		308,820		
脂肪族系中間物製造業	10,120		510,725		
環式中間物・合成染料・有機顔料製造業	13,747		385,432		
プラスチック製造業	32,789		912,021		
窯業土石製品製造業					
セメント製造業	4,671		158,053		
パルプ・紙・紙加工品製造業					
パルプ製造業	1,855		16,088		
紙製造業					
洋紙・機械すき和紙製造業	21,688		568,545		

注：この表では、直接的に影響を受ける分野のみを示している。例えば、鉄鋼業の電炉分野などの従業者数は示していない。

この表 2-4 が示すように、現時点での、これらの産業分野・業種の雇用数も付加価値も日本全体の 1% 以下となっており、日本でも産業の構造転換がすでに進んでいることを示している。

2. 要約

表 2-5 は、現時点における原子力発電産業の雇用状況を示す。

表 2-5 エネルギー転換で影響を受ける産業の雇用数など（原子力発電関連）

業種		雇用者数	備考
電気業		13032	運転保守は 6100 人。他は事務系他、広報・地域対応、放射線管理、品質保証安全管理、核燃料サイクル(5%以下)、設計建設工事部門、調査計画管理部門、研究者となっている。運転保守と核燃料サイクル以外の仕事は継続するとみられる。
鉱工業他	合計	35506	既設プラント対象が 21400 人。建設は 1900 人。廃炉や放射性廃棄物などは 8000 人。
	建設業	10900	
	精密機器、電気機器	8100	
	非鉄金属、鉱業、金属製品、鉄鋼、ガラス・土石製品	4500	
	サービス業	7100	
	その他	約 5000	
合計		48538	

出典：原子力産業協会（2019）

図 2-11 は、このような状況下での、日本でのエネルギー転換による雇用転換のイメージ図である。

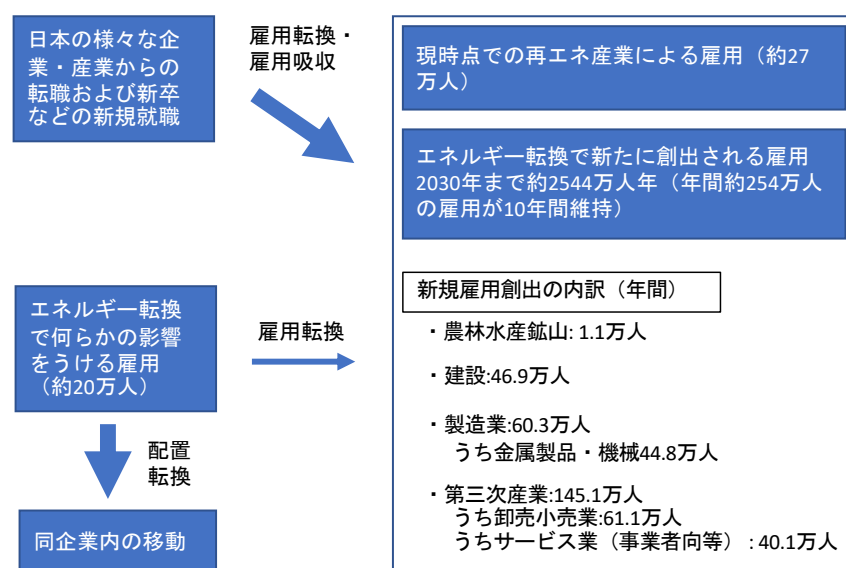


図 2-11 日本でのエネルギー転換による雇用転換のイメージ図

図 2-11 では、エネルギー転換で影響を受ける方は現在の雇用数（表 2-4 の6大 CO₂ 排出産業 150,402 人と表 2-5 の原子力発電 48538 人の総和である約 20 万人）であり、新規雇用の方は産業連関表で計算した将来の推算値である（2030年までに年間約 254万人の雇用が 10 年間維持）。また、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）は、2019時点での世界全体の再エネ産業の従業者数は約1150 万人（2012 年と比べ 5 割以上増加）、2019 年の日本での再エネ産業従業者数は約 27 万人としている（IRENA 2020）。したがって、図 2-11 では、これらの数字を整理した。

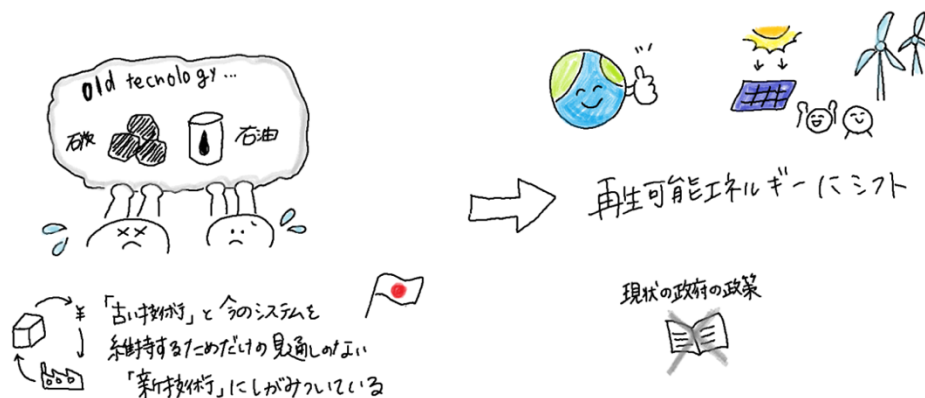
もちろん、現在の雇用数と将来の推算値とを単純に比較するのは問題であるという議論は可能である。しかし、この図によってエネルギー転換や「2050 年カーボン・ニュートラル」が雇用面でどのような影響を与えるかのイメージや規模感を掴むことは可能だと思われる。実は、IRENAのグリーン・リカバリーに関する報告書（IRENA 2020）には、この図2-11と同様のグラフがある。そこでは、2度目標達成に整合するようなIRENAのエネルギー転換シナリオでは、世界全体で主に再エネ・省エネ分野によって、エネルギー分野のみで 2023 年に年間 549 万人の新規雇用が創出される一方で、化石燃料・原子力分野において年間 107 万人の雇用転換が必要になるとしている。また、例えば米国では、2019 年時点で、クリーン・エネルギー分野、すなわちエネルギー効率向上、再エネ、系統管理および蓄電、クリーン自動車、クリーン燃料の 5 つの分野の雇用数は合計で約 335 万人であり、化石燃料分野および原子力発電分野の雇用数（それぞれ約 119 万と約 7 万人）よりもはるかに大きい（E2 2020）。そして、全体として、クリーン・エネルギー分野の雇用数は増加傾向にあり、化石燃料分野および原子力発電分野の雇用数は減少傾向にある（NASEO and EFI 2019）。すなわち、図 2-11 のような状況が現実となっている。

雇用転換に関しては、本レポートの 5 でより詳しく議論しているので参照していただきたい。

3. グリーン・リカバリー が必要な理由

理由①

再エネ・省エネで経済発展と脱温暖化が可能！



気候危機を阻止するために、現在、多くの国・企業が化石燃料への投資を抑制・停止している。また、原発の新設コストも維持コストも高まるばかりであり、安全性の確立や廃棄物問題が解決する見通しもない。さらに、世界の企業は、サプライ・チェーン企業に対しても再エネ 100% (RE100) を要求しており、このままでは日本企業は世界から切り離され、製造業などが海外移転していく可能性もある。将来性がない古い発電技術に頼った日本企業は、多額の損失を抱え、経営困難に陥っており、エネルギー転換がなされない限り日本企業の国際競争力は喪失し、電力料金は上昇し、日本経済は停滞するのみである。一方、多くの国で最も安い発電技術となっている再エネや省エネは、年間で数百万の持続的な雇用を生み、国全体と地域経済の両方の経済発展を実現する。

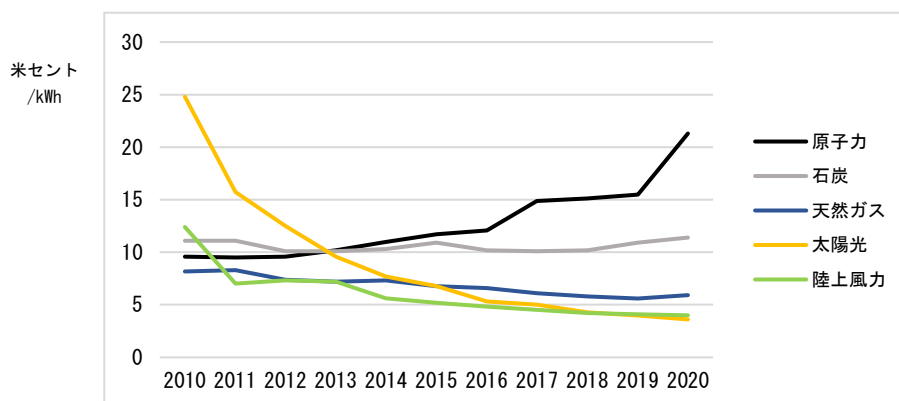


図 3-1 発電エネルギー技術のコスト比較 (米国)

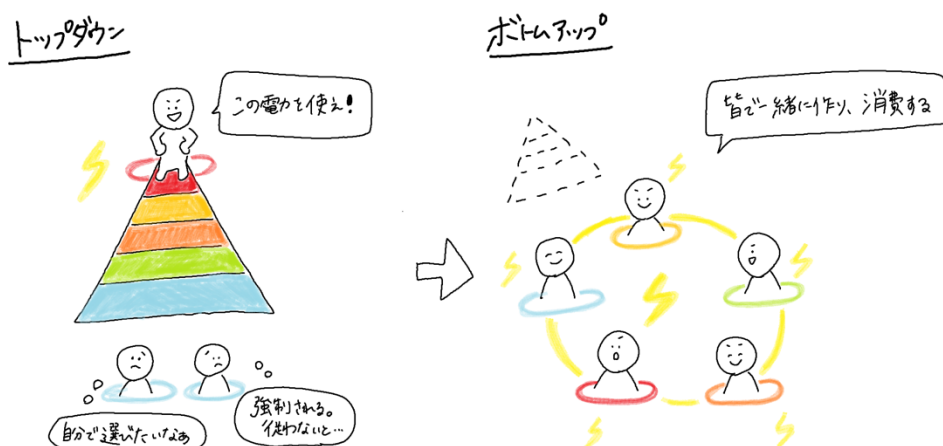
出典 : Lazard (2020)

注：米国のエネルギー関連投資会社 Lazard の各年版データ (Lazard 2020 など) をまとめた。政府機関の米国エネルギー情報局 (USEIA) も、毎年、これと同内容 (原子力・石炭火力の相対的成本高) を示す発電コスト比較を出している (USEIA 2019)。これらは、米国内の数値ではあるものの、毎年アップデートされて信頼しうるデータとして、世界的な傾向を掴む場合や投資判断の際によく参照される。

3. グリーン・リカバリーが必要な理由

理由②

未来はボトムアップの自立分散型ネットワーク！



現在、世界中の国や地域が、「大規模集中・独占・トップダウン型」のエネルギー産業社会から、再エネと省エネ（エネルギー効率化）、そしてデジタル技術などを活用して、自立した個人や地域を主体とするボトムアップ型のエネルギー産業社会への転換を目指している。その目的は、一人一人の安全・安心と経済発展をもたらす民民主的で、かつ災害などに対するレジリエンス（強靱性）を持つ社会システムの構築である。その大きな担い手の一つが地域で再エネ導入を推進しようとする市民・地域共同発電所であり、東日本大震災後、日本でも数は増えている。しかし、まだ不十分である上、現在、政府はこれを抑制するような政策（例：再エネ電力の出力抑制や旧来型電源を温存する容量市場）を導入している。

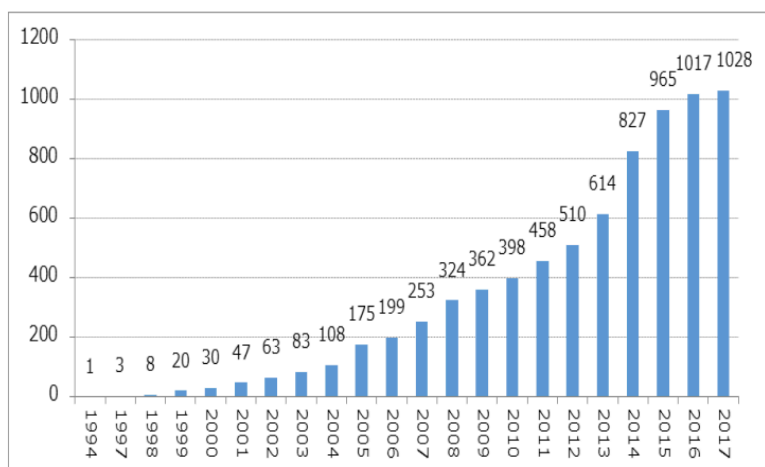
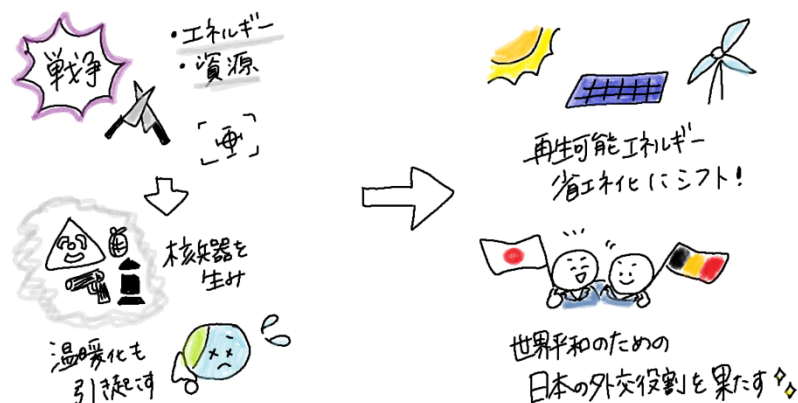


図 3-2 日本の市民・地域共同発電所数の推移

出典：豊田（2017）

理由③

エネルギー転換で真の平和自主外交！



多くの戦争の原因は、エネルギーや資源を巡る争いである。核兵器転用ポテンシャルを持つ原発は軍事的な緊張関係をエスカレートさせ、地球温暖化は、難民発生や軍事的紛争の大きな一因あるいは拡大要因となっている。原発はテロ行為の標的にもなりうる。すなわちエネルギー転換は、近代日本史上、初めてエネルギー・資源を海外に依存しないクリーンで安全で持続可能な成長を日本において実現する。それは安全保障環境を格段に強化し、日本は真の自主外交の展開によって、世界平和のため、自信と誇りを持って新しい役割を果たすことができる。

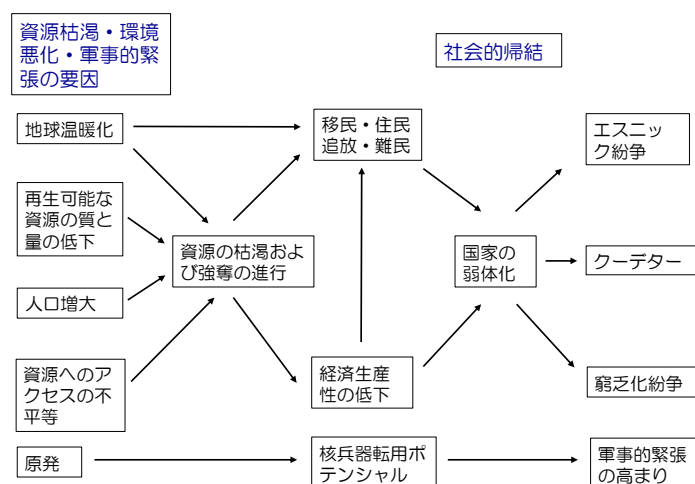


図 3-3 地球温暖化、資源枯渇、原発、紛争の相関関係

出典：Homer-Dixon（1994）をもとに著者作成

4. 各分野に必要な 具体的政策

1

電力・熱分野（供給側） 種類：再エネ発電所

機会

- 日本には将来のエネルギー需要を賄うに十分な自然エネルギーのポテンシャルあり
- 再エネ発電コストも蓄電池のコストも大幅に低下
- 災害などに対してレジリエントな分散型エネルギーシステム構築は必要不可欠
- 再エネと農業が両立するソーラー・シェアリングは期待大
- 再エネ関連産業の発展が経済成長のエンジンになりうる

提案・目標

- 2030 年再エネ発電電力量割合 44%

必要な政策・財源

- 送電線接続問題の解決（優先接続、所有権分離、空押え禁止、潮流管理など）
- 投資回収年 10 年を目安に FIT 実施（現行の FIT 賦課金で対応）
- 地域主体に専門的アドバイス実施（財政支出で対応）
- 建築物への再エネ設置の段階的な義務化
- 容量市場などの再エネ普及のブレーキとなる制度の導入見直しや電力市場の活用

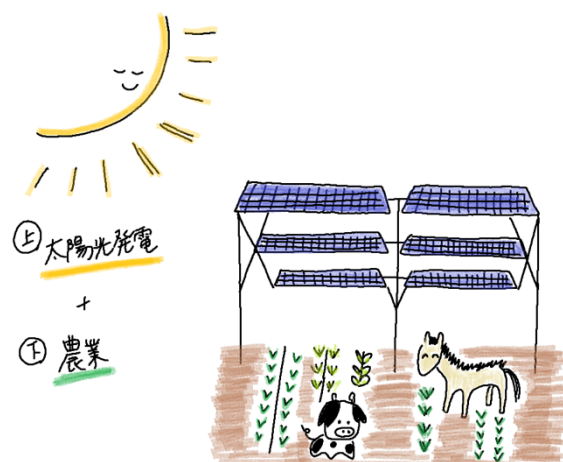
副次的便益

- エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立、雇用拡大、需給安定性強化、大気汚染防止

表 4-1 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・財政支出割合	累積エネ支出削減額 [兆円]	雇用創出数 [万人年]	投資額あたり雇用創出数 [人/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
29.3	主に民間	86.3	285	9.7	360	産業用電気機械など

注：投資額などの計算方法は本レポート 2 の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



2

電力・熱分野（供給側） 種類：送電網、配電網（インフラ）

機会

- 電力広域的運営推進機関（OCCTO）設立など、エネルギー需給体制のレジリエンス（強靱性）強化につながるインフラ整備の必要性は認識されつつある

提案・目標

- 地域内・地域間送電線建設費（北海道⇄東北、九州⇄中国、東北⇄関東、中国⇄関西）

必要な政策・財源

- 電力系統設備の計画的な整備、効率的な全国一体の運用と再エネの大量導入を実現するため、既存の一般電力会社から送電部門の所有権分離を行い、送電会社（TSO）は独立
- 地域内配電網も、独立の地域配電会社（DSO）として独立させ、地域が主体となる政策を実施
- 再エネの大量導入や相互流通を前提とする次世代の電力流通網として、再エネ資源の豊富な地域への送電網や地域間連系線の整備、需給調整に参加できる分散型蓄電システムなどを新たな社会インフラ構築として推進
- 電力・ガス取引監視等委員会および電力広域的運営推進機関の独立性を強化

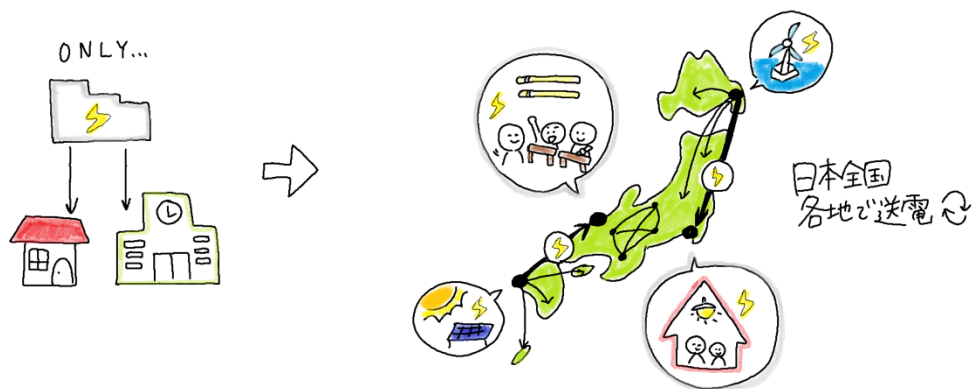
副次的便益

- エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立、雇用拡大、需給安定性の強化

表 4-2 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・財政 支出割合	累積エネ 支出削減 額[兆円]	雇用創出 数[万人年]	投資額あたり 雇用創出数[人 年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
16	主に財政		287	17.9	360	その他の土木 建設

注：投資額などの計算方法は本レポート2の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



3

電力・熱分野（供給側） 種類：熱供給網（インフラ）

機会

- 欧州に比較して熱利用において日本は圧倒的に遅れており、その意味でポテンシャルも後発の利益もあり

提案・目標

- 温熱利用の効率化を目指し、ニーズに合わせて発電と温熱利用のベストミックスを実現する。そのために、熱電併給（コジェネレーション）の導入、温熱エネルギーの面的利用（第4世代地域熱供給等）など温熱エネルギーの効率的な利用を盛り込んだ都市計画を立案し実現
- 温熱利用効率化と並行し、太陽熱、地中熱、ヒートポンプなど再エネ熱利用の普及拡大
- 地域熱供給基地を300箇所設置

必要な政策・財源

- 地域熱供給基地の構築を300箇所を実施（1箇所あたり200億円 一般家庭 世帯分）

副次的便益

- エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立、雇用拡大、需給安定性強化、大気汚染防止

表 4-3 投資額、財源、経済効果、CO₂排出削減量、投資先など

2030年までの投資額[兆円]	民間投資・財政支出割合	累積エネ支出削減額[兆円]	雇用創出数[万人年]	投資額あたり雇用創出数[人年/億円]	2030年のCO ₂ 削減量[Mt-CO ₂]	投資先
6.0	主に財政		108	18.0	32	その他の土木建設

注：投資額などの計算方法は本レポート2の表2-2参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第1次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



4

産業分野（省エネなど） 種類：素材製造業（鉄鋼、セメント、化学工業、製紙）の電力、熱利用関係

機会

- 発電、素材製造業（鉄鋼、セメント、化学工業、製紙）、石油精製業が日本の CO₂排出量の約 5 割を占める排出源となっており、これらの産業分野において集中的な対策をとることによって大幅削減が実現できる。

提案・目標

- 省エネ法ベンチマークを達成（各工場などが優良工場レベルとされる同業種での偏差値 60 程度のエネルギー効率を達成）
- 循環利用の徹底

必要な政策・財源

- 業種ごとのエネルギー効率目標を設定。またエネルギー効率、生産量・床面積あたり CO₂ 排出量などを事業所ごとに公表、小規模施設はランク分けを示し、今後の対策に資する
- 設備投資補助金、税制優遇、公的融資、政府調達
- 国の研究開発補助金は基本的に不要（研究開発名目の対策先送り、モラル・ハザードを回避）

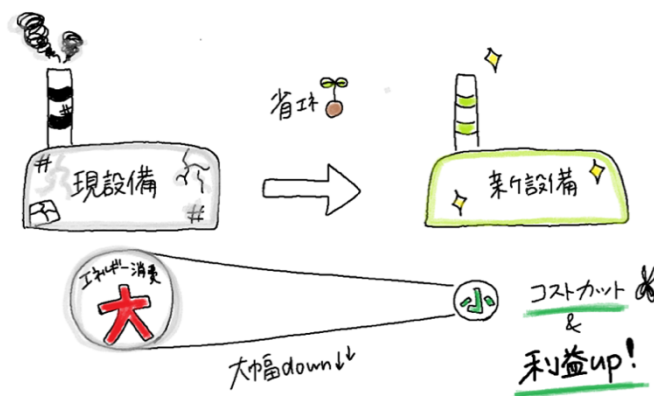
副次的便益

- エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立、雇用拡大、需給安定性強化、大気汚染防止

表 4-4 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・財政支出	累積エネ支出削減額[兆円]	雇用創出数[万人年]	投資額あたり雇用創出数[人年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
18.5	主に民間	23.1	179	9.7	58	基礎素材産業用機械

注：投資額などの計算方法は本レポート 2 の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



5

産業分野（省エネなど） 種類：非素材製造業、非製造業（農林水産業、鉱山業、建設業）の電力、熱利用関係

機会

- 日本のものづくりの将来を担う最も重要な産業

提案・目標

- エネルギー効率改善 30%（生産設備は 25%、照明・空調は 50%）

必要な政策・財源

- 省エネやエネルギーに関する情報提供、技術支援など
- 高効率機器への切り替えを全面的に推進。汎用的機器は工業用・業務用を含め、省エネ法トップランナー規制の対象にし、定期的に規制値を修正
- 業種ごとのエネルギー効率目標を設定。またエネルギー効率、生産量・床面積あたり CO₂ 排出量を事業所ごとに公表、小規模施設はランク分けを示し、今後の対策に資する
- 中小企業への省エネ設備投資融資制度やリース制度
- 農林漁業とのエネルギー兼業の推進および高効率機器への切り替え推進
- エネ支出削減が原資（公的支出や補助金は基本的に不要）

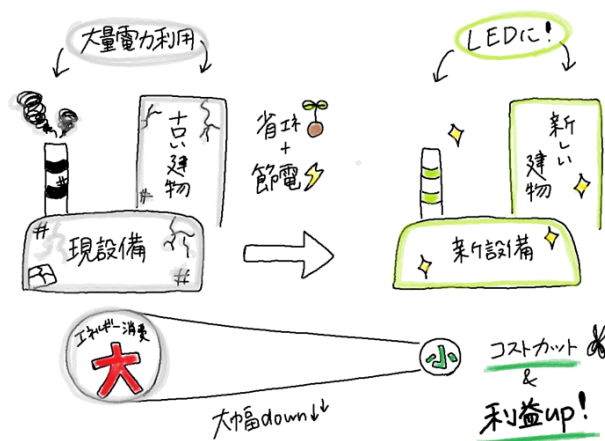
副次的便益

- エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立、企業の国際競争力強化、EU などによる国境税調整の回避、耕作放棄地の減少

表 4-5 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・財政支出割合	累積エネ支出削減額 [兆円]	雇用創出数[万人年]	投資額あたり雇用創出数[人年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
7.3	主に民間	14.6	62	8.5	21	電気：産業電気機械、 熱：ボイラー・原動機

注：投資額などの計算方法は本レポート 2 の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



6

業務分野（省エネ） 種類：業務部門の電力、主に機械設備

機会

- 工場などにおける投資回収年数が 10 年以下の省エネ投資案件は多くあり

提案・目標

- エネルギー効率改善 50%

必要な政策・財源

- 汎用機器は省エネ法などで効率規制
- 省エネやエネルギーに関する情報提供、技術支援など
- 業種ごとのエネルギー効率目標を設定。またエネルギー効率、生産量・床面積あたり CO₂ 排出量を事業所ごとに公表、小規模施設はランク分けを示し、今後の対策に資する
- 中小企業への省エネ設備投資融資制度の設立、政府調達
- エネ支出削減が原資（公的支出や補助金は基本的に不要）

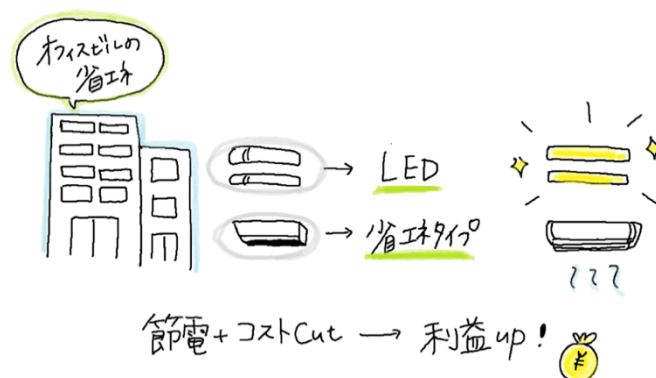
副次的便益

- エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立、雇用拡大、需給安定性強化、大気汚染防止

表 4-6 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・ 財政支出	累積エネ 支出削減 額[兆円]	雇用創出 数[万人年]	投資額あたり雇 用創出数[人年/ 億円]	2030年のCO ₂ 削 減量[Mt-CO ₂]	投資先
17.8	主に民間	35.6	128	7.2	45	民生用電気機械

注：投資額などの計算方法は本レポート2の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



7

業務分野（省エネなど） 種類：業務部門の熱、主に断熱建築、ゼロ・エミッションビル

機会

- 既存の建物の断熱化やエネルギー効率向上は、最も効果的で効率的なグリーン・リカバリー政策

提案・目標

- エネルギー効率改善 50%
- すべての新築・建材に対して断熱規制
- エネルギー性能の表示義務を導入し、段階的に強化
- 2025 年以降に新築されるすべての公共施設について、エネルギーの効率化だけでなく生産もするゼロ・エネルギー化を義務づけ（ニュージーランドでは、2025 年に全ての公共施設でのカーボン・ニュートラルを目標としている）

必要な政策・財源

- 建築断熱規制導入、政府調達
- 省エネやエネルギーに関する情報提供、技術支援など
- 業種ごとのエネルギー効率目標を定める。またエネルギー効率、生産量・床面積あたり CO₂ 排出量を事業所ごとに公表、小規模施設はランク分けを示し、今後の対策に資する
- 中小企業への省エネ設備投資融資制度の設立
- エネ支出削減が原資（公的支出や補助金は基本的に不要）

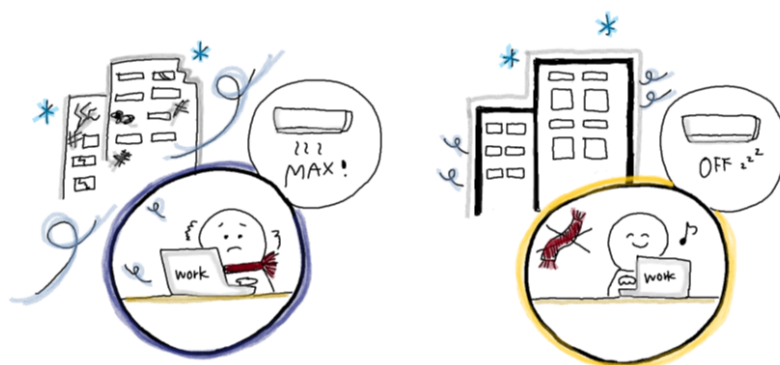
副次的便益

- エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立、雇用拡大、需給安定性強化、大気汚染防止

表 4-7 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・財政 支出割合	累積エネ 支出削減 額[兆円]	雇用創出数 [万人年]	投資額あたり 雇用創出数[人 年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
16.8	主に民間	42.1	275	16.3	28	非住宅建築

注：投資額などの計算方法は本レポート2の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



8

家庭分野（省エネ） 種類：家庭部門の電力、主に家電、機器

機会

- 既存の建物の断熱化やエネルギー効率向上は、最も効果的で効率的なグリーンリカバリー政策
- 現在の機器の効率は大幅に改善されている
- ドイツの一般家庭の電力消費量は米国の一般家庭の半分であるものの、エネルギー・サービスの質は変わらない（Morris 2015）

提案・目標

- エネルギー効率改善 30%

必要な政策・財源

- 汎用機器は省エネ法などで効率規制
- 省エネやエネルギーに関する情報提供、技術支援など
- 著しく古いものや形式的に浪費型のものなど、特に効率の悪い機器は、2025 年から製造・輸入・販売・リースなどを禁止
- エネ支出削減が原資で公的支出や補助金は基本的に不要

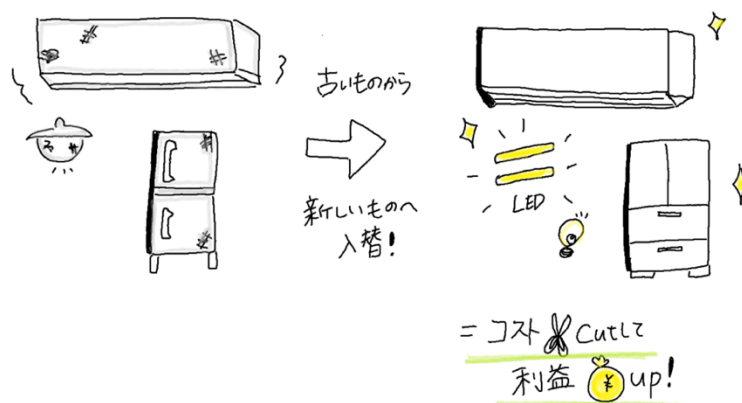
副次的便益

- エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立、雇用拡大、需給安定性強化、大気汚染防止

表 4-8 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの 投資額 [兆円]	民間投資・ 財政支出 割合	累積エネ 支出削減 額[兆円]	雇用創出 数[万人年]	投資額あたり 雇用創出数[人 年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
13.3	主に民間	26.7	96	7.2	20	民生用電気機械

注：投資額などの計算方法は本レポート2の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



9

家庭分野（省エネなど） 種類：家庭部門の熱、主に断熱建築、ゼロ・エミッション・ハウス

機会

- 既存の建物の断熱化やエネルギー効率向上は、最も効果的で効率的なグリーン・リカバリー政策
- 長野県など先進的な自治体の取り組み例あり

提案・目標

- エネルギー効率改善 30%
- すべての新築・建材に対して断熱規制
- エネルギー性能の表示義務を導入し、段階的に強化

必要な政策・財源

- 国交省が新築時断熱規制導入をやめた 300m²未満の住宅・建築物を含め、すべての新築・建材に対して断熱規制・エネルギー性能の表示義務を導入し、段階的に強化するなどの建築断熱規制でゼロ・エミッション建物やエネルギーも作るゼロ・エネルギー・ハウス（ZEH）を普及
- 必要情報提供、技術支援など
- エネ支出削減が原資（公的支出や補助金は基本的に不要）

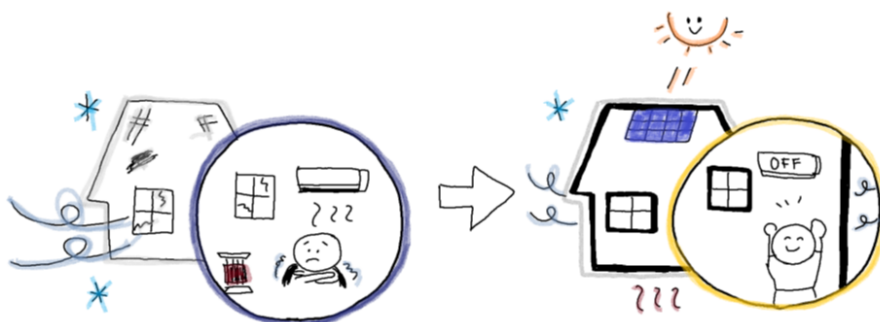
副次的便益

- 健康増進、エネ支出削減で利益拡大、エネルギー安全保障確立

表 4-9 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額[兆円]	民間投資・財政支出割合	累積エネ支出削減額[兆円]	雇用創出数[万人年]	投資額あたり雇用創出数[人年/億円]	2030 年のCO ₂ 削減量[Mt-CO ₂]	投資先
16.9	主に民間	33.7	297	17.6	28	住宅建築

注：投資額などの計算方法は本レポート2の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第1次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



10

運輸分野（省エネ） 種類：運輸旅客部門の乗用車（自家用車）、タクシー、バスの電気自動車化、燃費改善

機会

- 電気自動車導入は世界の趨勢。なお、2050年に全ての自動車（自家用車）が電気自動車に変わっても、2010年比で電力需要は1～2割程度しか増えない。すなわちガソリン自動車のエネルギー効率は電気自動車に比較して著しく低く、自動車の電氣化による大規模な電力消費量増加はない

提案・目標

- 高燃費車普及、2030年に電気自動車は保有車の20%

必要な政策・財源

- 燃費規制、内燃機関車販売禁止政策、政府調達など
- 公的支出や補助金は基本的に不要（政府調達を除く）
- 炭素価格政策などで効率的に実現

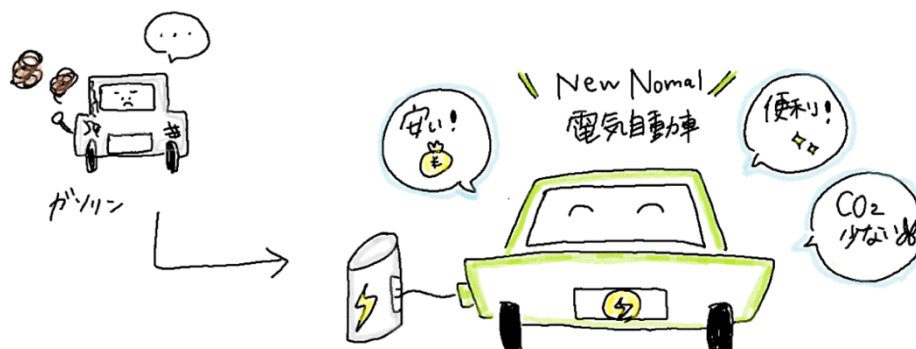
副次的便益

- 大気汚染改善、燃料費削減、エネルギー安全保障確立

表 4-10 投資額、財源、経済効果、CO₂排出削減量、投資先など

2030年までの投資額[兆円]	民間投資・財政支出割合	累積エネ支出削減額[兆円]	雇用創出数[万人年]	投資額あたり雇用創出数[人年/億円]	2030年のCO ₂ 削減量[Mt-CO ₂]	投資先
20.4	主に民間	57.6	183	9.0	81	乗用車製造

注：投資額などの計算方法は本レポート2の表2-2参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第1次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



11

運輸分野（省エネ） 種類：運輸貨物部門のトラック電気自動車化、燃費改善

機会

- トラック輸送においても電気自動車導入は世界の趨勢

提案・目標

- 高燃費車普及、電気自動車は保有車の 3%

必要な政策・財源

- 燃費規制、内燃機関車販売禁止政策、政府調達など
- 公的支出や補助金は基本的に不要（政府調達を除く）
- 炭素価格政策などで効率的に実現

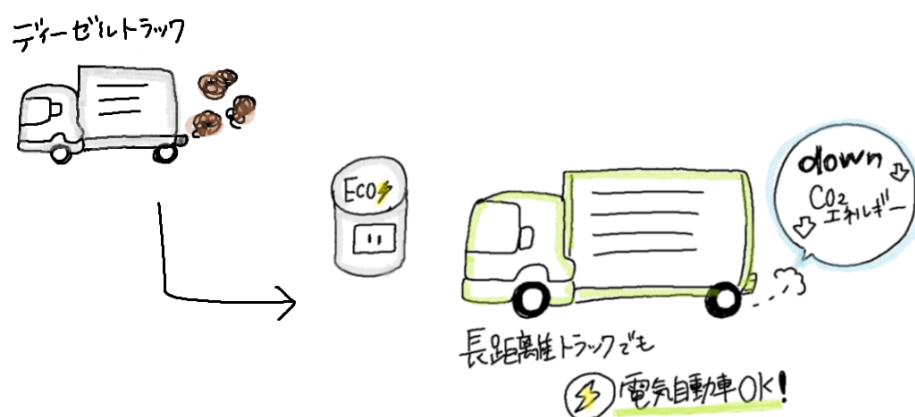
副次的便益

- 大気汚染改善、燃料費削減、エネルギー安全保障確立

表 4-11 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの 投資額[兆円]	民間投資・財政 支出割合	累積エネ 支出削減 額[兆円]	雇用創 出数[万 人年]	投資額あたり 雇用創出数[人 年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
11.2	主に民間	35.5	119	10.6	38	トラック製造

注：投資額などの計算方法は本レポート 2 の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



12

運輸分野（省エネ） 種類：運輸部門の鉄道、船舶、航空の高効率化

機会

- ゼロエミッションには不可欠で世界中で研究開発

提案・目標

- 省エネ機材普及

必要な政策・財源

- 主に民間

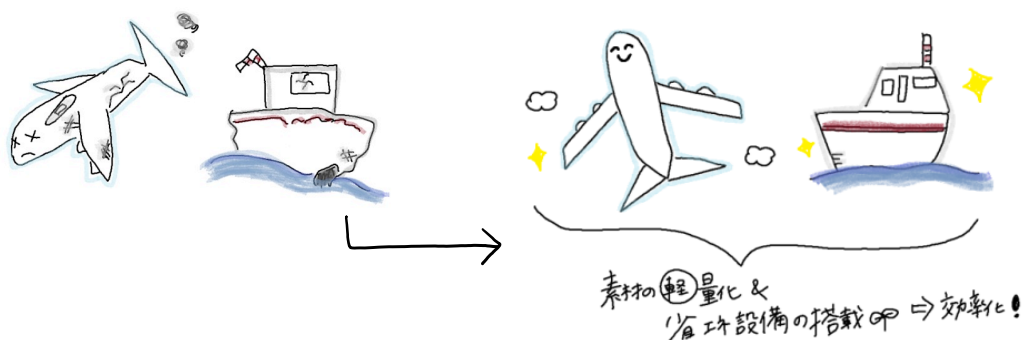
副次的便益

- 大気汚染改善、燃料費削減、エネルギー安全保障確立

表 4-12 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・ 財政支出 割合	累積エネ 支出削減 額[兆円]	雇用創 出数[万 人年]	投資額あたり 雇用創出数[人 年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
1.5	主に民間	3.0	10	6.7	3	船舶製造、航空機製造

注：投資額などの計算方法は本レポート2の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



13

運輸分野（省エネ） 種類：運輸インフラ

機会

- 過疎化や高齢化で小規模な公共交通機関の必要性のたかまり
- 地下鉄建設コストの高騰

提案・目標

- 都市部の路面電車や BRT（バス高速輸送システム）、電気バス網、過疎地の基幹交通など公共交通機関設置

必要な政策・財源

- 公共交通での自動運転の導入整備
- 主に財政

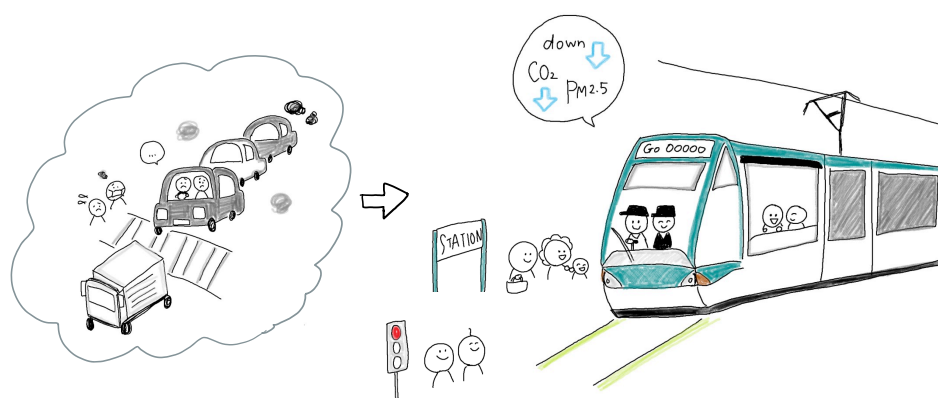
副次的便益

- 大気汚染改善、地域経済活性化、生活の利便性向上

表 4-13 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・財政支出割合	累積エネルギー支出削減額 [兆円]	雇用創出数 [万人年]	投資額あたり雇用創出数 [人年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
9（注）	主に財政		167	17.8		公共インフラ製造

注：路面電車 30 億円/km×20km（600 億円）を 10 年で 100 箇所。地域交通拠点・自転車道・歩道整備など 20 億円×170 自治体。注：投資額などの計算方法は本レポート 2 の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



14

専門家支援・人材育成

機会

- 地域でのネットワークづくりは必要
- エネルギー転換では情報のシェアが重要
- セイフティ・ネットの構築や失業対策としても大事

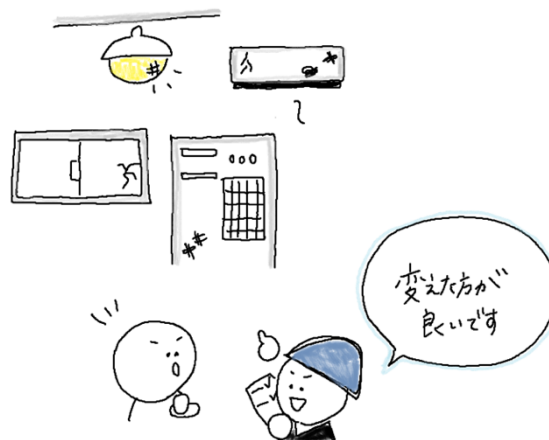
提案・目標

- 地域で省エネ・再エネ設備導入にあたり、情報の収集や専門家・実務家のアドバイスなどが受けられるプラットフォームを作る。これによって、例えば省エネ診断やファイナンスのアドバイスなども実施
- 省エネ・再エネの専門家を集めたエネルギー事務所の設置支援
- 地域密着型地域電力小売会社の支援（人材育成）
- 国内企業の再エネ・省エネの技術普及、製造支援（人材育成）
- 地元企業の専門的人材育成（断熱建築受注、再エネ発電工事受注など）
- 国・自治体職員が専門的知見を獲得するのを支援。そのための組織を構築。小規模自治体には職員派遣など

表 4-14 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年までの投資額 [兆円]	民間投資・ 財政支出 割合	累積エネ 支出削減 額[兆円]	雇用創 出数[万 人年]	投資額あたり 雇用創出数[人 年/億円]	2030 年の CO ₂ 削減量 [Mt-CO ₂]	投資先
13（注）	主に財政		251	19.0		事業所向けサービス業

注：47 都道府県に 100 人ずつ、1700 自治体に 5 人ずつ専門家による支援（地元建築士などに委託）の 10 年分。注：投資額などの計算方法は本レポート 2 の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



15

労働力の円滑な移行

機会

- エネルギー転換において「公正な転換（移行）」は不可欠
- 世界中で取り組んでおり、日本でも過去の経験あり

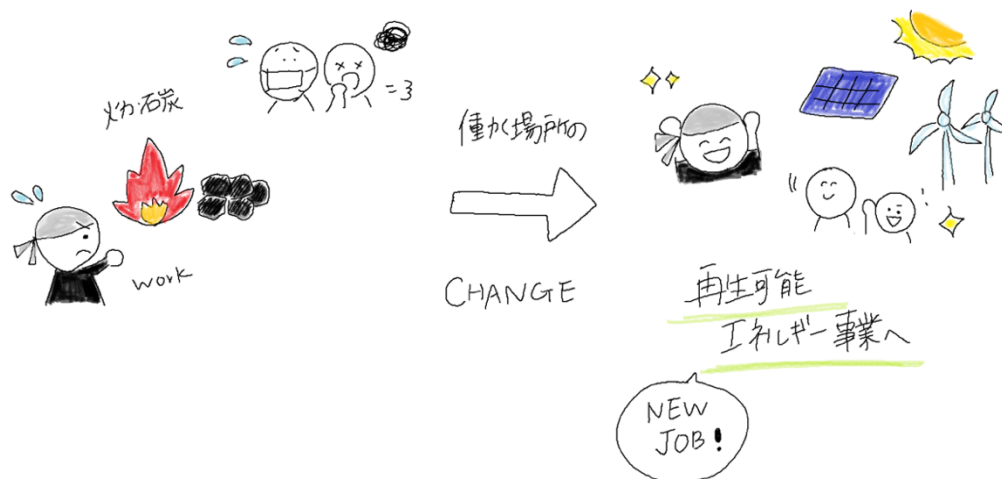
提案・目標

- 化石燃料産業などから、省エネ・再エネ産業などへの職業訓練の実施
- 失業対策（社会保障、職業紹介、手当支給、住宅・教育対策、年金上積等）の実施
- 上記を実現するための「臨時措置法」や「雇用対策法」などの制定（詳細は本レポート 5 を参照）

表 4-15 投資額、財源、経済効果、CO₂ 排出削減量、投資先など

2030 年 まで投資 [兆円]	民間投資・ 財政支出 割合	累積エネ 支出削減 額[兆円]	雇用創 出数[万 人年]	投資額あたり 雇用創出数[人 年/億円]	2030 年 の CO ₂ 削 減量 [Mt-CO ₂]	投資先
5	主に財政		97	20.6		事業所向けサービス業

注：労働シフトの研修。47 都道府県に講師 100 人を 10 年分。投資額などの計算方法は本レポート 2 の表 2-2 参照。雇用創出数は産業連関分析（直接効果＋第 1 次間接波及効果を考慮）による計算。政策の詳細は、未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）を参照のこと。



5. 雇用の公正な 転換に向けて

日本でのエネルギー転換に伴う雇用転換を議論する際には、現状の正確な把握が必要不可欠である。表 5-1 は、エネルギー転換で主に影響を受ける 6 大産業の雇用と付加価値を示している。

表 5-1 エネルギー転換で主に影響を受ける 6 大産業の雇用と付加価値（2016 年度）

産業分野名	従業者数	雇用者 割合	付加価値額	GDP 割合	備考
	人		百万円		
合計	150,402	0.26%	4,501,051	0.86%	
電気業（火力発電）					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、需要はなくなるらないため、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	2,841	0.00%	208,303	0.04%	
石油火力発電所	2,488	0.00%	45,190	0.01%	
天然ガス火力発電所	4,682	0.01%	298,252	0.06%	
その他					
石油精製業	10,979	0.02%	543,186	0.10%	
鉄鋼業					
高炉製鉄業	36,257	0.06%	493,591	0.09%	
化学工業					
無機化学工業製品製造業					
ソーダ工業	3,101		52,845		
有機化学工業製品製造業					
石油化学系基礎製品製造業	5,183		308,820		
脂肪族系中間物製造業	10,120		510,725		
環式中間物・合成染料・有機顔料製造業	13,747		385,432		
プラスチック製造業	32,789		912,021		
窯業土石製品製造業					
セメント製造業	4,671		158,053		
パルプ・紙・紙加工品製造業					
パルプ製造業	1,855		16,088		
紙製造業					
洋紙・機械すき紙製造業	21,688		568,545		

注：出典および試算方法は次ページを参照のこと

5. 雇用の公正な転換に向けて

<表 5-1 の出典など>

- ・製造業従業者数と付加価値

経済産業省「工業統計」2017

- ・電力分野の燃料種別内訳の計算方法（表 5-2）

設備容量：電力広域的運営推進機関「電力供給計画」p.14 表 3-1 の平成 28 年度（2016 年度）設備容量

従業者数：総合資源エネルギー調査会発電コスト等検証 WG「発電コストレビューシート」の発電所種類別人件費単価(それぞれの燃料種で想定している設備容量あたり)、賃金構造基本統計調査の平成 28 年 2016 年の電気業(企業規模 10 名以上)男女計学歴計のひとりあたり人件費(きまって支給する現金給与額×12 ヶ月分+年間賞与その他特別給与額)、電力広域的運営推進機関「電力供給計画 2017」設備容量から求めた。

付加価値：発電・送電・配電小売で 3 等分とし、これが発電電力量に比例するとし、国民経済計算経済活動別国内総生産(2016 暦年実質)、電力広域的運営推進機関「電力供給計画 2017」発電電力量より推定

雇用割合：上記従業者数を総務省統計局労働力調査の 2017 年 3 月分の雇用者数で除した。

GDP 割合：2016 年国内総生産（国民経済計算経済活動別国内総生産(2016 暦年実質)と比較した。

表 5-2 電力分野（火力発電）従業者数の燃料種別内訳の計算方法

	従業者数	雇用者割合	付加価値額	GDP 割合	設備容量	人件費単価	人件費単価	発電量
	人		百万円		MW	百万円/MW	百万円/人	TWh
電気業					電力供給計画	コスト等検証 WG	賃金構造基本統計調査	電力供給計画
石炭火力発電所	2,841	0.00%	208,303	0.04%	43350	0.45	7,5168	290.4
石油火力発電所	2,488	0.00%	45,190	0.01%	39380	0.475	7,5168	63
天然ガス火力発電所	4,682	0.01%	298,252	0.06%	82120	0.43	7,5168	415.8
その他					97290			161.6

表 5-1 に挙げた 6 つの産業による CO₂ 排出だけで日本全体の CO₂ 排出量の約 5 割を占める。この表 5-1 が示すように、現時点での、これらの産業の雇用数も付加価値も日本全体の 1%以下であり、日本でも産業の構造転換がすでに進んでいることを示している。

表 5-3 は、原子力発電産業における雇用に関する現状を示す。

表 5-3 エネルギー転換で影響を受ける産業の雇用数など（原子力発電関連）

業種		雇用者数	備考
電気業		13032	運転保守は 6100 人。他は事務系他、広報・地域対応、放射線管理、品質保証安全管理、核燃料サイクル(5%以下)、設計建設工事部門、調査計画管理部門、研究者となっている。運転保守と核燃料サイクル以外の仕事は継続するとみられる。
鉱工業他	合計	35506	既設プラント対象が 21400 人。建設は 1900 人。廃炉や放射性廃棄物などは 8000 人。
	建設業	10900	
	精密機器、電気機器	8100	
	非鉄金属、鉱業、金属製品、鉄鋼、ガラス・土石製品	4500	
	サービス業	7100	
	その他	約 5000	
合計		48538	

出典：原子力産業協会「原子力産業に関する動向調査（2019 年版）」

図 5-1 は、エネルギー転換に伴う雇用転換の全体像を示す。

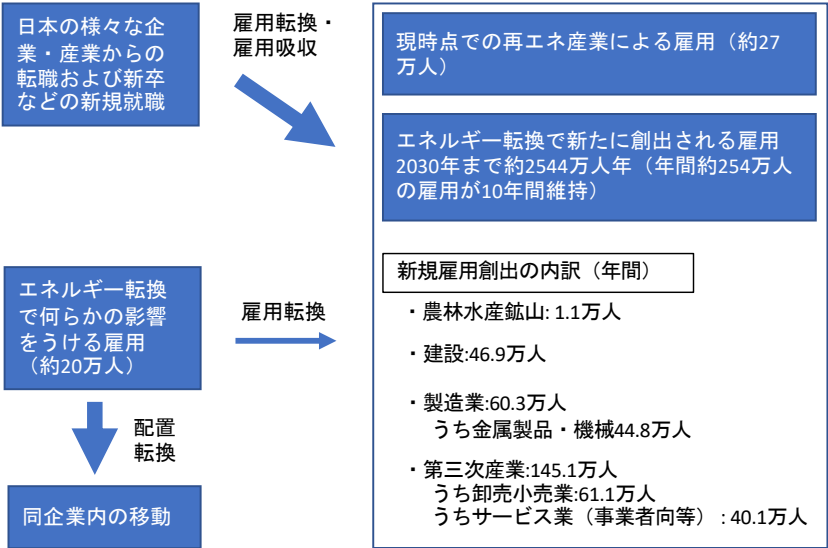


図 5-1 日本のエネルギー転換による雇用転換のイメージ図

注：エネルギー転換で何らかの影響を受ける雇用である約 20 万人は、表 5-1 で示した 6 大 CO₂ 排出産業の雇用者数（150402 人）と表 5-3 で示した原子力産業の雇用者数（48538 人）を足し合わせたものの。

5. 雇用の公正な転換に向けて

図 5-1 において、エネルギー転換で影響を受ける方は現在の雇用数（表 5-1 の 6 大 CO₂ 排出産業 150,402 人と表 5-3 の原子力発電 48538 人の総和である約 20 万人）であり、新規雇用の方は産業連関表で計算した将来の推算値である（2030 年までに年間約 254 万人の雇用が 10 年間維持）。また、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）は、2019 時点での世界全体の再エネ産業の従業者数は約 1150 万人（2012 年と比べ 5 割以上増加）、2019 年の日本での再エネ産業従業者数は約 27 万人としている（IRENA 2020）。したがって、図 5-1 では、これらの数字を整理した。

もちろん、現在の雇用数と将来の推算値とを単純に比較するのは問題であるという議論は可能である。しかし、この図 5-1 によってエネルギー転換や「2050 年カーボン・ニュートラル」が雇用面でどのような影響を与えるかのイメージや規模感を掴むことは可能だと思われる。実は、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）のグリーン・リカバリーに関する報告書（IRENA 2020）には、この図 5-1 と同様のグラフがある。そこでは、2 度目標達成に整合するような IEA のエネルギー転換シナリオでは、世界全体で主に再エネ・省エネ分野によって、エネルギー分野のみで 2023 年に年間 549 万人の新規雇用が創出される一方で、化石燃料・原子力分野において年間 107 万人の雇用転換が必要になるとしている。

また、例えば米国では、2019 年時点で、クリーン・エネルギー分野、すなわちエネルギー効率向上、再エネ、系統管理および蓄電、クリーン自動車、クリーン燃料の 5 つの分野の雇用数は合計で約 335 万人であり、化石燃料分野および原子力発電分野の雇用数（それぞれ約 119 万と約 7 万人）よりもはるかに大きい（E2 2020）。そして、全体として、クリーン・エネルギー分野の雇用数は増加傾向にあり、化石燃料分野および原子力発電分野の雇用数は減少傾向にある（NASEO and EFI 2019）。すなわち、図 5-1 のような状況が現実となっている。

実際に、エネルギー転換に伴って発生する雇用の転換をどのようにスムーズかつ「公正」に進めるかについて各国が頭を悩ましている。特に、米国、カナダ、EU、中国、オーストラリアなどの化石燃料を産出し、多くの化石燃料産業従事者を国内に抱えている国にとっては非常に深刻な問題となっている（ゆえに、日本は温暖化対策で相対的には「勝者」になることを示す研究は多くある）。

具体的な「公正な転換」のための施策としては、失業対策（社会保障、職業紹介、職業訓練、金銭補償）、住宅・教育対策、地域における新たな雇用の創出、低所得者のための特別制度（例：エネルギー・チェックと呼ばれる、自動車などを使わざるを得ない地方居住者や低所得者に対して一律にエネルギー補助金を払う制度）、などが考えられる。単なる失業に対する金銭的な補償だけでは不十分で、受動的ではなく能動的な施策が求められる。また、雇用が発生する場所と喪失する場所の地域的な相違、労働者年齢、スキルなども考慮する必要がある。再エネや省エネに関わる仕事に就業する場合の優遇措置も考えられる。すなわち、非常にきめ細やかな対応が必要となる。

なお、再エネ、特にソーラー・シェアリングや地域資源を用いたバイオマス発電などは、農村部での安定した仕事を供給し、地域経済の活性化に貢献するという特徴を持つ。実際に、再エネが導入されると地域の雇用が拡大されることは定量的にも明らかになっている。例えば、Kuriyama and Abe（2019）および Kuriyama（2019）は、特に北海道地域と東北地域で再エネ導入により雇用が拡大することを定量的に示している。また、京都大学と日立製作所が設立した日立京大ラボの宮崎県での実証研究（京都大学 2019）によると、既存の電力供給に比べ、再エネによる電力自給率が 95% の場合、地域社会の経済循環率が 7.7 倍向上することが明らかになっている。そもそも、全国の自治体の 9 割が、エネルギー代金（電気、ガス、ガソリン等）の収支が赤字である。また、7 割の自治体で地域内総生産の 5% 相当額以上、151 の自治体で 10% 以上の地域外への資金流出が起きている（環境省 2015）。このような状況が GR 戦略によって大きく改善される。

1950 年代後半から 60 年代前半にかけて、日本も大きなエネルギー転換期を経験した。すなわち、石炭から石油への流れの中、多くの炭鉱閉鎖によって、20 万人以上の雇用が失われた。このようなエネルギー転換の時代を、日本は、政府、労働、使用者の協力で乗り越えたとされている（南部 2019）。具体的に

は、炭鉱労働者の離職や産炭地振興に関する「臨時措置法」や「雇用対策法」が制定され、雇用促進住宅や職業訓練、手当支給、年金上積等が実施された。ただし、一方で、炭坑閉鎖を巡って様々な問題が発生したことも確かで、その様子は藤野（2019）に詳しい。単純に比較するのは難しく、現在のエネルギー転換に伴う雇用転換の範囲はより広くわたる可能性があるものの、完全に失業する人数や規模という意味では、現在の雇用転換は、かつての日本での炭鉱閉鎖による雇用転換に比較すると小さいとも考えられる。

否定できない現実として、ガソリン自動車の製造・販売禁止の世界的な動きなど、エネルギー転換は予想以上の速さで進展している。2021 年 1 月、バイデン米新政権は大統領令で、Interagency Working Group on Coal and Power Plant Communities and Economic Revitalization を設置した。まさに、これは石炭火力産業における雇用転換を省庁横断で検討する組織である。

しかし、日本ではエネルギー転換に伴う雇用転換に関して、政府も企業も、あえて議論しない風潮があり、このままでは 2050 年カーボン・ニュートラルへのソフトランディングは不可能になる。したがって、日本でも雇用転換に対して、サプライチェーンも含めた多くの利害関係者と共に、具体的な制度設計を早急に決めていく必要がある。本レポートが、そのきっかけになれば幸いである。



6. 財源

＜民間資金と公的資金の分担について＞

■ 民間の資金

GR 戦略で示した総額約 202 兆円（年平均約 20 兆円）の投資資金のうち、大部分（年平均約 15 兆円）は基本的に、パフォーマンス型の支援制度（FIT のような制度）や省エネ規制、環境税のようなインセンティブ制度や公的融資制度などを整備すれば、必ずしも巨額の公的資金を投じなくても、民間企業や家計が自己資金や借り入れでまかなうことができるものである。すなわち GR 戦略では民間資金が主となる。

■ 公的資金

総額約 202 兆円の投資資金総額のうち、51 兆円（年平均 5 兆円）程度がエネルギー供給インフラ等に対する公的資金による財政支出となる。省エネ・再エネ投資に関する公共の相談窓口等を設置する場合も、公的資金でまかなわれる。省エネ・再エネ投資を行う企業や家庭に対する部分的な補助金や、政府系金融機関等への利子補給が行われる場合、必要な公的資金が若干増加する可能性があるものの、そのぶん民間の出費が減るので、全体の投資額には影響しない。

公的資金の調達方法には増税と国債発行の 2 種類がある。現在のコロナ不況の現状では、増税が経済や財政を悪化させる可能性もあり、ここでは増税による財源調達は想定していない。

グリーン・リカバリーに必要な予算項目や資金は、一般会計予算の公共事業費として、建設国債の発行でまかなう（エネルギー特別会計や、地方自治体の支出に対する交付税措置等で取り扱う方が適当な場合は、そのようにするものの、最終的に国債発行で資金調達する点は同じ）。建設国債の返済（償還）に関しては、次の 2 つの考え方がある。

考え方 1：日本では、国債償還は 60 年償還ルールに則って行われている。これによれば国債を完全に返すために必要な税収は、毎年度、国債発行額の 60 分の 1 ずつ確保すればよいことになる。例えばある年度に 6 兆円の国債を発行した場合、公共事業の効果によって税収が増え、毎年 1000 億円ずつを積み立てることができれば問題ない。なお、10 年債の場合は、10 年ごとに当初借入額の 6 分の 1 ずつを償還しきり、残りは借り換えられる。国債の償還や借り換えは、他のあらゆる既存の国債と一緒に行われる。

考え方 2：国債の元本は償還しきらない、という考え方もある。国債の満期（10 年債なら 10 年経過後）が来たら、借り換え債を発行して償還の資金をまかない、国債残高は維持するということは、他の主要国や日本でも普通に行われている。財政健全性の目安の一つに「国債残高対名目 GDP 比率」がある。国債残高を一定に保てば、グリーン・リカバリーが功を奏して名目 GDP が成長すれば、この比率は低下して行く。

他方で近年では、通貨発行権を有し、変動相場制をとり、自国通貨建て国債のみを発行する政府は、財政破綻の懸念は不要だという考え方も、支持を広げつつある（朴ほか 2020）。この考え方に基づけば、国債残高にかかわらず、物価安定に配慮しつつ積極財政政策をとることが可能である。諸外国のグリーン・ニューディール提案のいくつかは、背景にこのような考え方がある。

＜公的資金の取り扱いについて＞

GR 戦略において 2030 年までに必要な公的資金（年間約 5 兆円）の取り扱いに関しては、以下の 3 つのオプションがある。

オプション 1：現行の公共投資と同様の方法を採用

- ・一般会計に計上し、国債の発行で経費を賄う。
- ・通常の 60 年ルールに基づいて償還を行う。
- ・償還財源は税制全体を総合的に見直す中で捻出する。

説明：財政運営において公的資本形成に関する支出は建設国債等を発行して賄うことが基本となっている。発行された国債は 60 年ルールと呼ばれる償還方法で徐々に償還し、国債残高全体のコントロールは別途行われている。グリーン・リカバリーとカーボン・ニュートラルを実現するために必要な財政支出は、送配電網や熱供給、運輸、公営住宅の断熱化などのインフラ投資が中心であり、これまでの財政運営と同様の方法で財源を調達することが考えられる。専門家支援・人材育成や労働力の円滑な移行に関しては、雇用保険等のスキームを利用することができる。“リカバリー”を意識するならば、短期的な赤字支出や積立金の取り崩しが必要となる。

地域交通や地域熱供給システムなど、地方政府における公共投資に関しても、これまでの財政技術が応用可能である。具体的には、国は一定の補助率を設定した上で、地方自治に基づいて地方政府が一旦地方債を発行して公共投資を行い、その地方債の元利償還金を交付税における後年度措置で保障するという方法である。

財政運営としては、財源のことは別途議論することになる。これまでも国債は発行され続けており、一般会計の財政赤字は中長期的なコントロールが必要となるからである。もっとも、当て込むべき財源が全くないわけでもなく、所得税の金融所得課税の軽減税率の廃止は再分配政策からの要請として正当であり、炭素税の引き上げや相続・贈与税の強化は次世代の環境改善という形で広く便益がある。2016 年にステイグリッツが国際金融経済分析会合で提案したのは、炭素税、相続税、法人税、金融取引税の引き上げと税制における再分配機能の強化であった。

オプション 2：エネルギー対策特別会計の枠組みを利用

- ・歳出はエネ特会計に計上し、国債の発行で経費を賄う。
- ・通常の 60 年ルールよりも早いペースで（例えば 30 年）償還する。
- ・財源は石油石炭税（炭素税）の引き上げによって捻出する。

説明：環境・エネルギー政策において重要な役割を担っているのが「エネルギー対策特別会計（エネ特会計）」である。特別会計は一般会計とは異なり、基金や負債の積立を行うことができる。グリーン・リカバリーに必要な公共投資や民間投資への補助金は、脱炭素化や省エネといった支出の目的からして、これまでエネ特会計から拠出されてきた「エネルギー需給構造高度化対策」に属する。短期的にはエネ特会計における国債発行によって経費を賄うことは妥当であると考えられる。

エネ特会計における国債償還財源としては石油石炭税が考えられる。同税はすでに「地球温暖化対策のための税」として炭素税化が図られており、グリーン・リカバリーによる国債償還財源として炭素税は理念的に合致する。しかし、ゼロ・エミッションへと近づくにつれて炭素税収は漸減していくため、償還期間をゼロ・エミッション達成の 2050 年から逆算すると、かなり高い炭素税率が必要となることが想定される。したがって、再エネ電力を含む一般的なエネルギーに対する課税へと、漸進的に移行させることも一案である。また、高い炭素税率は逆進的性があるほか、輸出を減らし、輸入を増やすといった経済的な悪影響があるため、別途再分配政策や国境税調整等によって政策的な補完を行う必要もある。

オプション3：東日本大震災時の対応のように GR/GND 特別会計を新規創設

- 歳出は GR/GND 特別公債のようなものを発行する。
- 年限は超長期（30 年）とし、償還については棚上げ。

説明：2020 年のコロナショックは、過去の大災害に匹敵するほどの社会的なインパクトを持っている。2050 年にゼロエミッションを実現し、脱炭素社会へと移行することも歴史上の転換点といって良い。このような大事業に対処する場合、既存の財政の枠組みに囚われすぎると政策がスムーズに進まないかもしれない。そこで、グリーン・リカバリーを実現するための特別会計を新設することも考えられる。歳出のスキームとしては変わらないが、発行する公債について、正当と考えられる範囲で自由に設計することができる。

例えば、2050 年に向けた超長期の 30 年債を発行し、60 年ルールを適用せずに 30 年間償還を棚上げすることが考えられる。その間に既発債の年限ごとのバランス調整を図り、30 年後から償還を開始することも考えられるし、30 年後に借換債を発行してさらに棚上げするということも考えられる。借換債の場合は日銀引き受け（借換えは法的には可能）を想定し、経済状況等を鑑みて超長期的に国債管理を行う。気候変動という 100 年単位で問題解決に当たらなければならない政策課題に対して、超長期の国債管理を行うことは正当性があると考えられるからである。さらに野心的であれば、ゼロ・クーポン債や永久国債、100 年債などのオプションも考えられる。また、欧州諸国で発行されているグリーンボンド国債やグリーン公的機関債も、このオプションに含まれる。

7. 電力需給バランスの 検証

<要約>

GR 戦略では、石炭・石油発電は 2030 年までに停止する。原発発電量も 2030 年においてはゼロである。また、電力供給における再生可能エネルギー比率は、2030 年に 44%、2050 年に 100%、最終エネルギー消費量および電力消費量は、2030 年に 2013 年比でそれぞれ 38%および 28%削減、2050 年代に最終エネルギー消費量において再生可能エネルギーが占める割合を 100%以上とする。

この 7 では、これらが実現された場合の 2030 年および 2050 年時点での日本の各地域での 1 時間毎の電力需給バランスを、過去 3 年間の各地域における実際の需給データを用いて検証した。その結果、大部分の地域および時間帯で、需給は域内だけで余裕があり、一部の地域では、2030 年時点において、特定の季節・時間帯（例：夏や冬の夕方）に、他電力からの送電を利用することで需給に余裕がでることが明らかになった。また、給湯器や電気自動車（EV）その他の需要シフトなどを用いたデマンドレスポンス、蓄電池利用などの対応も可能である。

現在、日本では電力供給力不足解消を名目として、旧式の発電所を残存させるための「容量市場」が導入されつつあり、これによる電気代の上昇が予想される。しかし、本研究の結果は、「原発・エネルギー転換戦略」で原発、石炭・石油火力を廃止・停止しても大半の地域で十分な余裕が見られることを示しており、その意味で容量市場は廃止に向けた再検討が必要である。

すなわち、電力需給の安定性を損わずに、現在の政府の 2030 年のエネルギー・ミックスを大幅に改定して、日本におけるエネルギー転換を進めることは十分に可能であり、それは CO₂ 排出削減や電気代の低減という意味でも好ましいと考えられる。

1. はじめに

GR 戦略は、エネルギー温暖化問題に長く関わってきた研究者グループによって提案された具体的なエネルギー・温暖化政策であり、現在の国の「エネルギー基本計画」の代替案となるものである。

この GR 戦略では、原発を速やかに停止し、再稼働・新增設は行わず、全ての原発の廃炉を決定する。また、石炭・石油火力発電は、2030 年までに停止し、2035 年までに廃止する。さらに、電力供給における再生可能エネルギー（以下では、再エネ）比率を 2030 年に 44%、2050 年までに 100%にする。最終エネルギー消費量および電力消費量に関しても、2030 年に 2010 年比で 30%削減し、2050 年代に最終エネルギー消費量において再エネが占める割合を 100%（エネルギー自給率 100%）にする（未来のためのエネルギー転換研究グループ 2020）。

このようなシナリオでは、電力需給逼迫の可能性について懸念をもたれる場合がある。実際に、風力・太陽光発電（以下では、風力・太陽光）は、気象条件などによって出力が変動する特徴がある。ただし、一般的には、これらの変動電源の割合が 50%に至らない場合では、予測・制御可能でコストも特段問題にならないと考えられている（IEA 2014、2016）。実際に、世界には変動電源割合が 30%を大きく上回る国・地域も幾つか存在する（IEA 2019）。そうは言っても、各国における個別の具体的な送電網において、変動電源の需給バランスへの影響を推計し検証する必要がある（竹濱・歌川 2019）。特に、風力・太陽光出力が事前予測を上回る場合（過剰電力）や、反対に風力・太陽光出力が事前予測より少ない場合（供給不足）については、具体的な対策をとることが不可欠となる。

変動電源の出力変動への対応は、「残余需要」（電力需要から太陽光、風力、バイオマス、地熱、小水力による発電量を差し引いた需要）への柔軟な対応と同義であり、残余需要を満たすよう発電を調整する能力は、「柔軟性」と呼ばれる。柔軟性の高い系統では、変動電力を受け入れるため、制御可能な発電所（火力発電のうち LNG 火力や水力など）が、出力上昇や低減をより迅速、頻繁、かつ大規模に行えるよう準備される（安田 2019）。これ以外の柔軟性確保の手段としては、電力会社間の融通、需要側での調整および給湯器や電気自動車（EV）などを用いたデマンドレスポンス、揚水発電や蓄電池などのストレージの利用、などの対応策がある。デマンドレスポンスや蓄電池利用などの貯蔵技術は、電力利用のタイミングをずらすことにより需要の変動性が平滑化され、その結果として需要と供給がマッチングされる。

したがって、GR 戦略のもとでの電力需給バランスの検証においては、供給不足またはそれに近い状態がおこり得るかどうかを、供給力が需要を一定の割合（予備率）以上で上回っているかどうかで判断し、供給不足への対応策として各管区における上記のような具体的な柔軟性について検討する必要がある。

さらに、現在、日本では、電力供給が可能な発電設備を保持することに対するインセンティブとして、消費者の追加的な経済負担（電力料金値上げ）を伴う「容量市場」が導入されようとしている。この制度の前提となっているのは、将来における電力供給力不足という、あくまでも理論的な仮定であり、実際の日本における各電力管区の設備容量、需給データ、柔軟性などに関するエビデンスが十分に考慮されているかは疑問である。また、今の制度設計では、旧来の石炭火力発電所や原発は存在しているだけで支払いを受けるので、これらを温存させるための補助金となり、原発や石炭火力発電所を維持するための補助金となり、再エネ・省エネの導入を阻害する可能性がある。

本稿では、このような問題意識に基づいて、1) 日本全体、2) 東日本と西日本の電力管区、3) 大手 9 電力各管区の 3 つの場合において、風力・太陽光を大量に電力網に連系し、かつ、原子力と石炭火力を削減する場合について、2030 年および 2050 年の電力需給バランスを推計した。特に、過去 3 年間に於いて、前出の残余需要が最も大きい日や太陽光と風力の合計発電量が最も小さい日のような再エネの役割が特に小さい日に注目し、そのような状況になった場合での需給バランスを明らかにした。同時に、供給不足になった場合の対応策としての柔軟性手段について具体的なオプションを各電力管区に対して検討した。なお、この 7 では、紙幅の関係から、電力需給安定性が問題となる可能性がより高い 2030 年の場合を中心に述べる。

2. 方法論

ここでは、まず GR 戦略における再エネおよび省エネに関する想定およびその根拠を説明する。次に電力需給バランスの検証方法について説明する。

2.1. GR 戦略における想定

GR 戦略では、エネルギー全体および電力に関して表 7-1 のように想定している。

表 7-1 GR 戦略における想定

種類	対策	補足説明
原子力	すぐに廃止	
石炭、石油火力	2030 年までに運転停止	2035 年には廃止
LNG 火力	2050 年までに運転停止・廃止	
再エネ電力	2030 年に発電電力量の 44% (内訳は、太陽光 16%、風力 11%、地熱 1%、水力 12%、バイオマス 6%) 2050 年に発電電力量の 100%	再エネ発電量は増加
電力省エネ	2030 年に 2010 年比 30%削減 2050 年に 2010 年比 40%削減	電気自動車普及など、熱利用や運輸燃料から電化する分も含めてこれだけ削減
一次エネルギー供給全体における再エネ割合	2030 年に約 3 分の 1 2050 年に約 8 割	
エネルギー消費量	2030 年に 30%以上減少 (2010 年比) 2050 年に 50%以上減少 (2010 年比)	
CO ₂ 排出量 (エネルギー起源)	2030 年に 55%減少 (1990 年比) 2050 年に 93%減少 (1990 年比)	政府目標は 2030 年に 1990 年比 18%減少

注：CO₂ 排出量は目標ではなく、GR 戦略に基づいた再エネおよび省エネの想定での試算値。既存技術のみを想定している。

出典：未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）

なお、これらの数値は、既存技術の普及のみを想定しており、実用化していない技術の普及は想定していない。また、再エネ導入量に関しては、業界団体や政府の数値を用いている。これらは、本稿 2.2 で後述する現状の導入量を考慮すれば、保守的な数値と言える。

また、活動量も、既存技術の普及のみを想定し、2030 年の材料生産量、旅客・貨物輸送量を政府の長期エネルギー需給見通し（経済産業省 2015a）に合わせている³。エネルギー消費量や CO₂ 排出量は、この活動量を前提とした計算結果である。したがって、1) 研究開発中の新技術の実用化、2) 需給見通しの生産増想定に反しこれまで素材生産設備が減少、さらに国内需要が人口減に比例して緩やかに減少し素材生産量や輸送量などが減少、3) 新興国への材料輸出が今後減少、などを考慮すれば、エネルギー消費量や CO₂ 排出量をさらに大きく削減できる。

³ 粗鋼生産量が 1.2 億トンに増加など。2019 年時点での実際の粗鋼生産量は約 1 億トン。

7. 電力需給バランスの検証

2.2. 再エネに関する想定

表 7-3 は、GR 戦略で準拠した各再エネ発電技術の想定値および根拠を整理したものである。

表 7-3 GR 戦略における 2030 年の再エネ関連想定内容および根拠

		設備容量 (万 kW)	目標値の根拠	考え方	備考：政府想定設 備容量 (万 kW)
太陽光	屋根置き	約 2000	太陽光発電協会「太陽光発電 2050 年の黎明」(2017)		約 900
	事業系	約 8000			約 5500
風力	陸上	2660	風力発電協会「風力発電の導入拡大に向けて」(2016)		918
	洋上	960			82
水力	大規模	2465	2018 年値から、政府予測（長期エネルギー需給見通し分の増加。揚水発電分を除く）	大型は、既存発電所設備更新による出力増加、未利用落差活用 拡大等が進んだ場合。小水力は、自然・社会環境上障害があるが解決可能とされる地点開発が進んだ場合。	4847～4931（含む揚水発電設備容量）。揚水発電を除くと 2253～2337
	小規模				
地熱		108	政府予測（長期エネルギー需給見通し）	大規模開発について現状の環境規制下の開発を見込んだ場合（環境規制緩和を見込むと小型とあわせ 140～155 万 kW になるが、当面はここまで見込まず）。中小規模は開発が順調と想定した場合	140～155
バイオマス	木質	728	政府予測（長期エネルギー需給見通し）。廃棄物（一部にバイオマス分あり）を含む。	想定通り。バイオマスの固定価格買取制度認定設備容量（今後建設を含む）は RPS 制度からの移行認定とあわせ 980 万 kW。バイオマスの持続可能性について懸念、ここまでは見込まないことにする	602～728
	メタン				

表 7-4 は、表 7-3 の想定妥当性を示すために、2019 年時点での再エネ導入量を、政府需給見通しにある 2030 年のエネルギー・ミックスと比較したものである（経済産業省 2015b）。

表 7-4 日本の再エネ電力導入の現状と政府 2030 年想定との比較

発電種	(1) 導入設備容量 [万 kW (2019 年 12 月)]	(2) FIT 前導入量 +FIT 認定設備容量 (2019 年 12 月)	(3) 政府 2030 年見通し [万 kW]	政府 2030 年見通し に対する導入進捗率 (1) / (3)	政府 2030 年見通しに 対する認定進捗率 (2) / (3)
太陽光	5,327	7,757	6,400	83%	121%
風力	388	984	1,000	39%	98%
地熱	60	62	140～155	41%	42%
中小水力	984	1,056	1090～1170	87%	93%
バイオマス	342	984	602～728	51%	148%

注：バイオマスは混焼された化石燃料分をのぞく。地熱、中小水力、バイオマスの政府見通しに対する進捗率は、政府見通しの値の中間値に対する導入量の進捗を示す。バイオマス発電の認定設備には、PKS やパーム油など、燃料の持続可能性に課題があり、発電量あたり CO₂ 排出量が火力発電を大きく超える可能性があるもの（総合資源エネルギー調査会 2019）も含まれる（経済産業省 2019a）。

表 7-5 は、表 7-4 と同様に、GR 戦略と政府需給見通し（経済産業省 2015b）との比較であり、それぞれにおける各エネルギー発電技術の発電量や割合を示している。

表 7-5 GR 戦略と政府需給見通しとの比較（2030 年度、事業用＋自家発）

発電種	GR 戦略		政府需給見通し		備考
	発電量 [億 kWh]	割合	発電量 [億 kWh]	割合	
原子力	0		2,317~2,148		
石炭	0		2,810		
石油等	0		315		政府:副生ガス等含む。
天然ガス	3,744		2,845		エネ GR 戦略:一部副生ガス含む
その他					
再エネ	3,725	47%			
太陽光	1,261	16%	749	7%	エネ GR 戦略:太陽光発電協会（2017、2020）より試算
風力	917	11%	182	1.7%	エネ GR 戦略:日本風力発電協会(2016)より試算
地熱	79	1%	102~113	1.0~1.1%	
水力	1,080	13%	939~981	8.8~9.2%	
バイオマス	407	5%	394~490	3.7~4.6%	
その他	0				
廃棄物	22	0.3%			
発電計	8,053	100%	10,650	100%	省エネの差

出典：経済産業省（2015b、2020）などから筆者作成

表 7-5 が示すように、再エネ発電量の 2030 年度想定における GR 戦略と、政府長期エネルギー需給見通しにあるエネルギー・ミックス（2030 年）との大きな差は、太陽光と風力の設備容量および発電量である。これに関しては、GR 戦略は、前述のように、業界の見通しを使っている。一方、政府長期エネルギー需給見通しの 2030 年の太陽光発電の設備容量想定量は、2019 年 12 月段階で経済産業省が設備認定を出した設備容量を下回り、実際の導入容量も 2030 年想定 of 8 割を超えている（表 7-4）。風力に関しても 2030 年設備容量想定を、すでに 2019 年 12 月段階に経済産業省が設備認定を出した設備容量が超えようとしている。すなわち、政府の長期エネルギー需給見通しは、脱炭素に向けた要請からも、現状に即して考えても、大幅な上方修正が行われるべきだと考えられる。

2.3. 省エネに関する想定

表 7-6、表 7-7 は、GR 戦略に従った対策をとれば、今ある省エネ技術の導入で大幅な省エネが可能であることを示している。具体的には、エネルギー消費量全体（電気・熱利用・運輸燃料）で 2010 年比 30% 以上減少、2050 年に 50% 以上減少が可能となる。また、発電量は 2030 年に 2010 年比 30% 減少、2050 年に 40% 減少となる。これらは、電気自動車普及、産業・業務・家庭部門の一部熱需要の電化などの電力増加も想定している⁴。

⁴ただし、産業分野の高温熱利用の全面的な電化のような大規模な電化は想定していない。

7. 電力需給バランスの検証

表 7-6 省エネ対策（電力・熱利用・運輸燃料）

	2030 年まで 省エネ▲5200PJ（2010 年比）	2050 年まで 省エネ▲7700PJ（2010 年比）
産業	優良工場 ⁵ なみの省エネ対策（素材製造業は鉄鋼業などで約 9～46%改善、非素材は約 25%改善） ・生産設備は省エネ型に転換（熱は排熱回収） ・冷暖房照明も省エネ型に ・リサイクル材使用、電炉 5 割に拡大（75%改善） 省エネで▲1900PJ（▲40%）	産業平均が今のトップ工場水準に。 ・電炉 7 割に拡大 省エネで▲2700PJ（▲50%）
業務	・建物は断熱強化・ゼロエミッションビルへ ・設備機器は更新時に省エネ型に。（5 割改善） 省エネで▲1200PJ（▲50%）	ゼロエミッションビル、トップ省エネ機器 省エネで▲1500PJ（▲60%）
家庭	・建物は断熱強化・ゼロエミッション住宅へ。 ・設備機器は省エネ設備（更新時）（3-4 割改善）省エネで▲900PJ（▲40%）	ゼロエミッション住宅、トップ省エネ機器 省エネで▲1200PJ（▲50%）
運輸旅客	・燃費のよい車の導入（3-4 割改善） 省エネで▲900PJ（▲45%）	車は電気自動車+再エネ（石油→電気で 8 割改善） 省エネで▲1600PJ（▲80%）
運輸貨物	・燃費のよい車の導入（2 割改善） 省エネで▲200PJ（▲10%）	車は電気自動車+再エネ（石油→電気で 7 割改善） 省エネで▲700PJ（▲50%）

出典：未来のためのエネルギー転換研究グループ（2020）

表 7-7 省エネ対策（電力のみ）

	2030 年まで 省エネ▲3400 億 kWh（2010 年比） 電化+150 億 kWh	2050 年まで 省エネ▲4800 億 kWh （2010 年比） 電化+870 億 kWh
産業	優良工場 ⁵ なみの省エネ対策（素材製造業は鉄鋼業などで約 9～46%改善、非素材は約 25%改善） ・生産設備は省エネ型に転換（熱は排熱回収） ・冷暖房照明も省エネ型に ・リサイクル材使用、電炉 5 割に拡大（75%改善） 省エネで▲1100 億 kWh（2010 年度比） 電化（電炉拡大）+30 億 kWh	産業平均が今の優良工場水準に。 ・電炉 7 割に拡大 省エネで▲1500 億 kWh 鉄鋼電炉拡大で+40 億 kWh
業務	・建物は断熱強化・ゼロエミッションビルへ ・設備機器は更新時に省エネ型に。（3-4 割改善） 省エネで▲1200 億 kWh（2010 年度比）	ゼロエミッションビル、トップ省エネ機器 省エネで▲1800 億 kWh
家庭	・建物は断熱強化・ゼロエミッション住宅へ。 ・設備機器は省エネ設備（更新時）（3-4 割改善） 省エネで▲1100 億 kWh（2010 年度比）	ゼロエミッション住宅、トップ省エネ機器 省エネで▲1500 億 kWh
運輸旅客	・電気自動車化（2030 年は 20%） 電化で+90 億 kWh	車は電気自動車+再エネ 電化で+470 億 kWh
運輸貨物	・電気自動車化（2030 年は 3%） 電化で+30 億 kWh	車は電気自動車+再エネ 電化で+360 億 kWh

出典：未来のためのエネルギー転換研究グループ（2020）

⁵省エネ法で、おおそ偏差値 60（上位 16%）程度の優良事業者を示す。

2.4. 需給バランスの検証方法

GR 戦略では、以下のような 2 つのステップで需給バランスを検証している。

ステップ 1：GR 戦略で想定した再エネおよび省エネが 2030 年までに導入された場合の需給バランスを明らかにする。その際には、気象条件、需要パターン、再エネ変動パターンは、2016～2018 年の 1 時間ごと実績⁶と同じと仮定する。また、再エネは各管区での現時点での業界予測や認定設備容量などに基づいた予想導入量⁷、省エネは全国一律で比例的に増加すると、それぞれ仮定して試算する。

ステップ 2：上記から 2030 年の 1 時間ごとの電力需給を点検し、下記の特定の 3 日を選定する。

- ① 通常（需給に余裕がある日。秋や冬の晴天の日）
- ② 最も厳しい（残余需要、すなわち電力需要から太陽光、風力、水力、バイオマス、地熱などの発電量を引いた需要が最も大きい）
- ③ 太陽光・風力の 1 日の発電量が最も小さい（夏や冬の夕方に太陽光・風力の発電量は小さくなる）

3. 各地域の需給バランスの検証結果

以下では、上記の方法論に基づいて推計した 2030 年の各地域での電力需給バランスを示す。

3.1. 2030 年電力需給（東日本 3 電力：通常）

図 7-1 は、2030 年の東日本（北海道電力、東北電力、東京電力の 3 電力管区）における通常の 1 日（冬の晴天の日）の需給バランスの推計結果を示す。需要曲線の上の部分が余剰火力・揚水部分であり、再エネ電力増および省エネにより需給には余裕があり、十分な設備余裕がある。

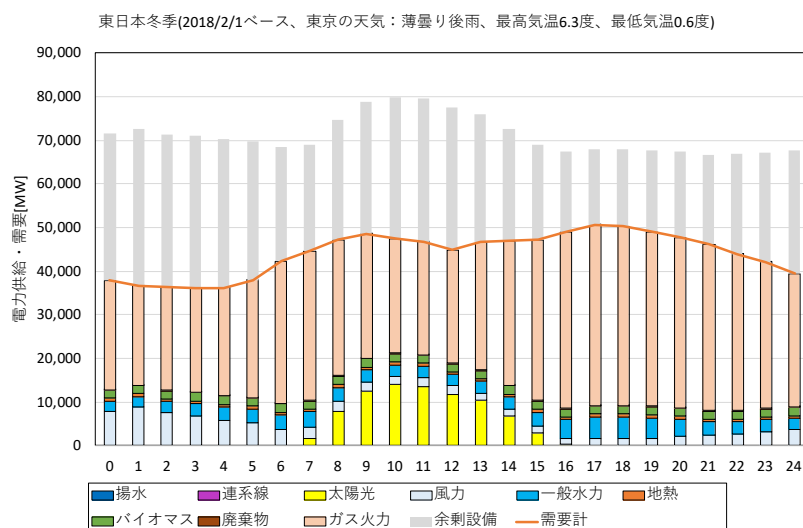


図 7-1 2030 年電力需給（東日本 3 電力：通常）

⁶ 各電力会社が公表している過去 3 年間（2016～2018 年）の電力需給実績を用いている。

⁷ 太陽光の過積載や風力の大型化等による設備利用率向上を予測するものもある。

7. 電力需給バランスの検証

3.2. 2030 年電力需給（東日本 3 電力：最も厳しい日）

図 7-2 は、2030 年の東日本（北海道電力、東北電力、東京電力の 3 電力管区）における一年で最も厳しい（電力需要から再エネ発電量を差し引いた残余需要が最も大きい）1 日の需給バランスの推計結果を示す。これより、最も火力を使う日・時間帯でも、再エネ電力増および省エネにより 30%以上の設備余裕があることがわかる（昼間は域内需要より域内供給が多くなるため、この日は揚水による蓄電が行われる。需要の折れ線より、うすいオレンジ色が出張った部分が、供給超過の部分で、連系線による移出か、揚水での蓄電が行われる）。

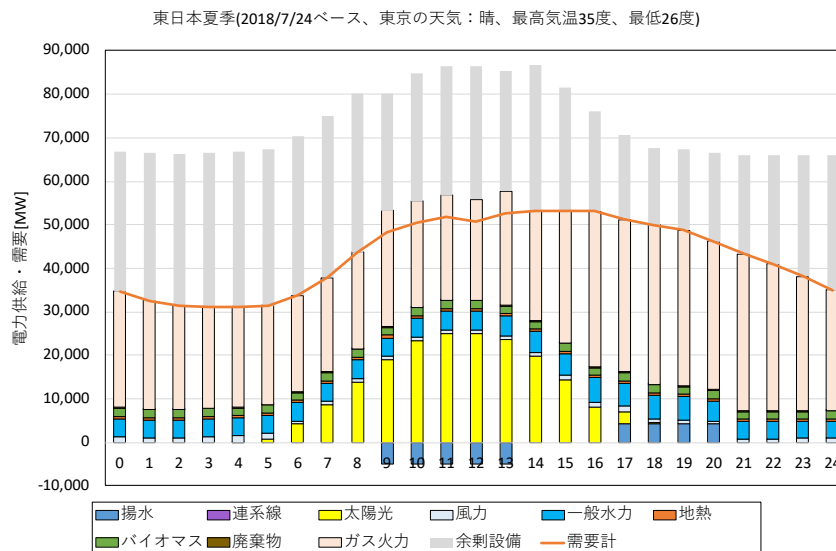


図 7-2 2030 年電力需給（東日本 3 電力：最も厳しい日、夏期）

3.3. 2030 年の電力需給（東日本 3 電力：太陽光・風力の発電量が最小）

図 7-3 は、2030 年の東日本（北海道電力、東北電力、東京電力の 3 電力管区）において太陽光と風力の合計発電量が最低の日の需給バランスの推計結果を示す。これより、太陽光と風力の合計発電量が最小の日でも 40%以上の設備余裕があることがわかる。

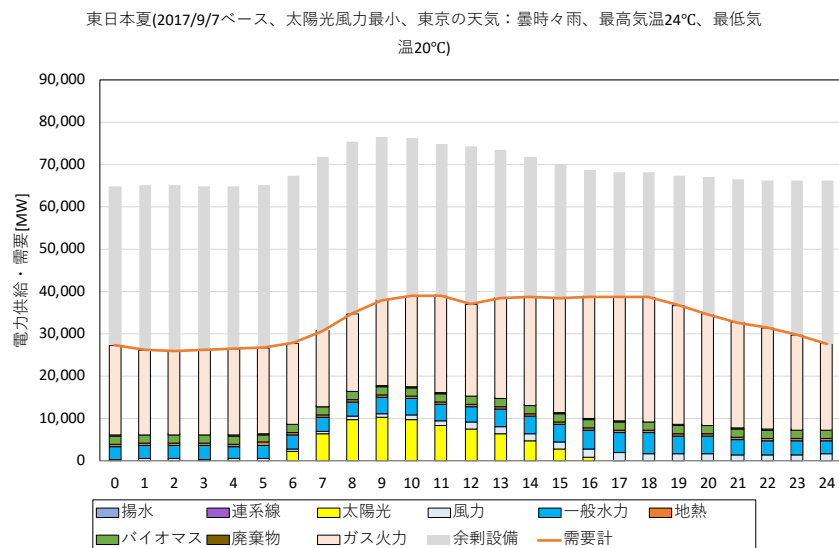


図 7-3 2030 年電力需給（東日本 3 電力：太陽光・風力が最小の日、夏期）

3.4. 2030 年の電力需給（西日本 6 電力：通常）

図 7-4 は、2030 年の西日本（関西電力、中部電力、中国電力、北陸電力、四国電力、九州電力の 6 電力管区）における通常の場合（需給に余裕がある日）の 1 日（秋の晴天の日）の需給バランスの推計結果を示す。再エネ電力増などにより十分な設備余裕があるのがわかる。

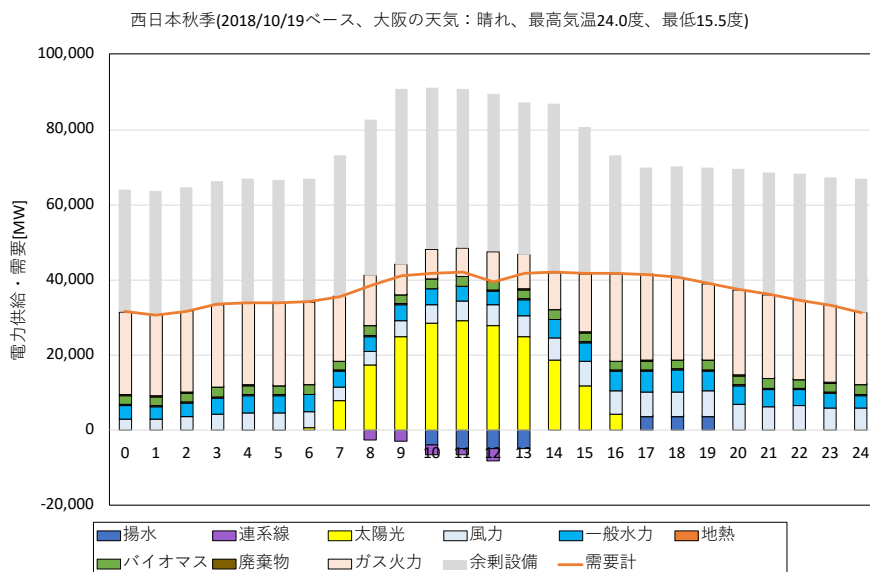


図 7-4 2030 年電力需給（西日本 6 電力、通常）

7. 電力需給バランスの検証

3.5. 2030 年の電力需給（西日本 6 電力：最も厳しい日）

図 7-5 は、2030 年の西日本（関西電力、中部電力、中国電力、北陸電力、四国電力、九州電力の 6 電力管区）における一年で最も厳しい（残余需要が最も大きい）1 日（2018 年 7 月 25 日）の需給バランスの推計結果を示す。最も火力を使う日・時間帯でも、再エネ電力増および省エネにより 15% 程度の設備余裕があることがわかる。

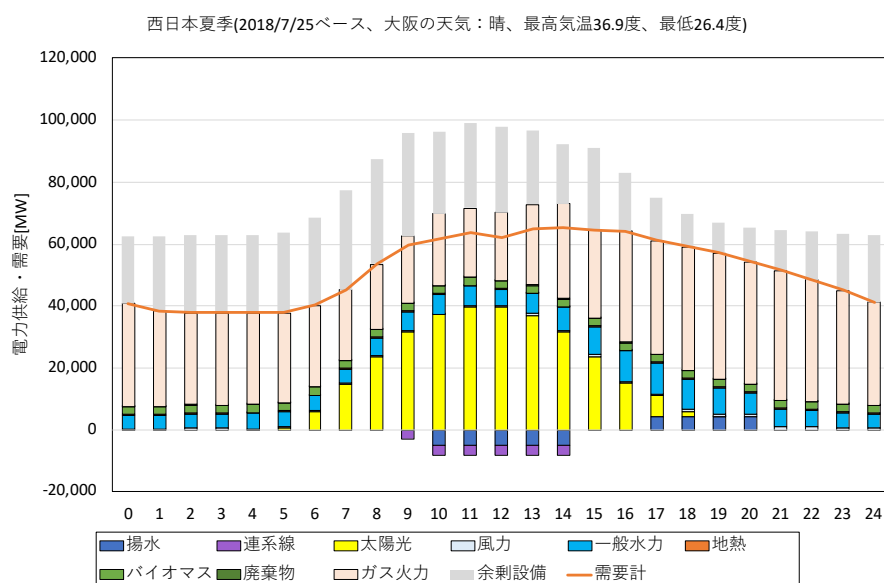


図 7-5 2030 年電力需給（西日本 6 電力：最も厳しい日、夏期）

注：需要計と「余剰火力・揚水」の差は、揚水発電（汲み上げ）と、東日本への送電（東京電力と中部電力の間に 300 万 kW 連系線）の分。

3.6. 2030 年の電力需給（西日本 6 電力：太陽光・風力が最小の日）

図 7-6 は、2030 年の西日本（関西電力、中部電力、中国電力、北陸電力、四国電力、九州電力の 6 電力管区）において太陽光と風力の 1 日の発電量が最低の日（2018 年 6 月 6 日）の需給バランスの推計結果を示す。太陽光・風力の発電が最小の日でも 40% 以上の設備余裕があることがわかる。

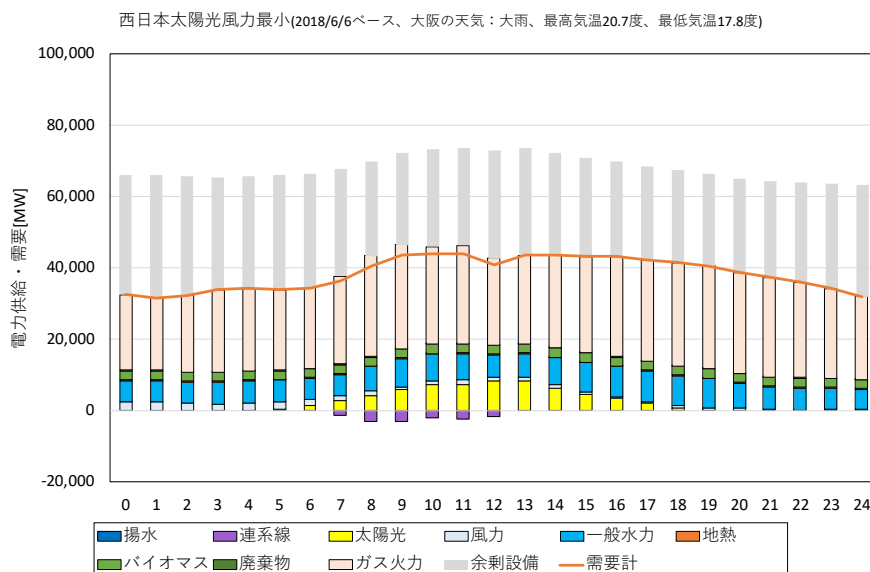


図 7-6 2030 年電力需給（西日本 6 電力、太陽光＋風力が最小の日、夏期）

注：需要計と「余剰火力・揚水」の差は、揚水発電（汲み上げ）と、東日本への送電（東京電力と中部電力の間に 300 万 kW 連系線）の分。

3.7. 現在の各電力管区における設備容量

2030 年における各電力管区の需給バランスは、現在の各電力設備容量の内訳に大きく依存する。図 7-7 は、各電力管区における水力以外の再エネを除いた設備容量の内訳を示す。

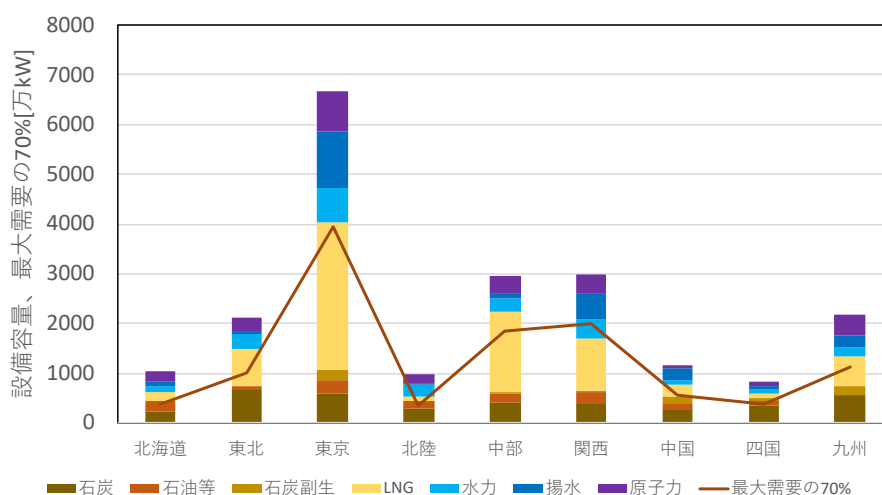


図 7-7 現在の各電力管区の設備容量内訳および最大需要

出典：経済産業省（2016）、経済産業省（2019b）、経済産業省（2020b）より筆者作成
各電力管区で、需給、および設備構造に、それぞれ特徴がある。原発・石炭火力依存度の小さい管区は、

7. 電力需給バランスの検証

2030 年の 1 時間ごとの電力需給に特段の問題がないことが予想される。一方、原発・石炭火発依存度の高い管区は、これらの全廃が想定される中、連系線利用を含めた需給バランスを検討する必要がある。

以下では、2030 年の 1 時間ごとの需給バランスについて、まず現状において他地域から供給を受け、かつ需要に比べて再エネ普及程度が小さいと懸念される 3 大都市圏を含む電力管区（東京、中部、関西）の検討結果を示す。次に、原発・石炭火発依存度が高い管区（北陸、四国）の検討結果を示す。

3.8. 2030 年の各管区の電力需給（東京電力管区、中部電力管区、関西電力管区）

北海道電力管区および東北電力管区は一年を通じて供給力が十分にある。したがって、ここでは東京電力管区、中部電力管区、関西電力管区の 3 管区を検討する。

図 7-8 は、2030 年の東京電力管区における一年で最も厳しい（残余需要が最も大きい）1 日（ベースは 2018 年 7 月 23 日）の需給バランスの推計結果を示す。これより、東京電力管区は、火力発電だけで予備率 8%以上、揚水発電や地域間連系線を含め予備率 25%以上を確保でき、需給には余裕があることがわかる。

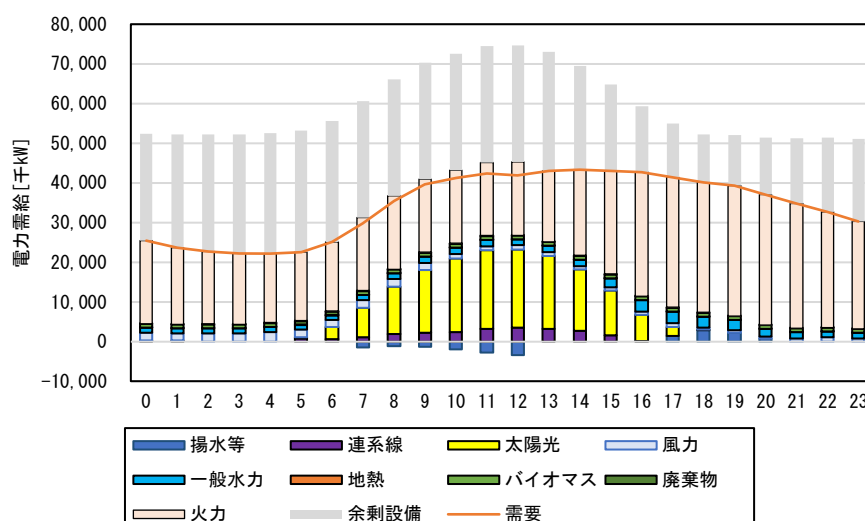


図 7-8 2030 年電力需給（東京電力管区：最も厳しい日、夏期）

図 7-9 は、2030 年の中部電力管区における一年で最も厳しい（残余需要が最も大きい）1 日（ベースは 2019 年 2 月 6 日）の需給バランスの推計結果を示す。これより、中部電力管区は火力発電だけで予備率 13%以上を確保でき、需給には余裕があることがわかる。

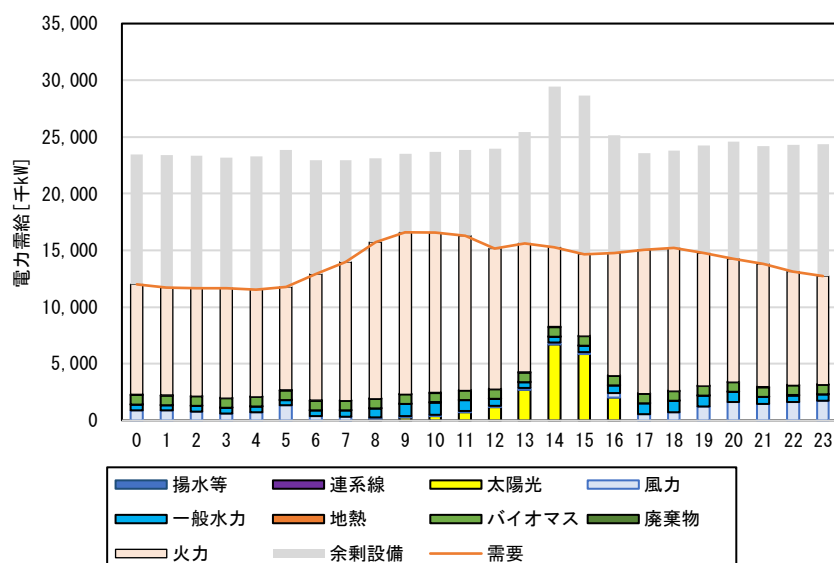


図 7-9 2030 年電力需給（中部電力管区：最も厳しい日、冬期）

図 7-10 は、2030 年の関西電力管区における一年で最も厳しい（残余需要が最も大きい）1 日（2018 年 7 月 23 日）の需給バランスの推計結果を示す。これより、関西電力管区は火力発電だけで予備率 3% 以上、揚水発電や中部電力連系線を含め予備率 15% 以上を確保でき、需給には余裕があることがわかる。

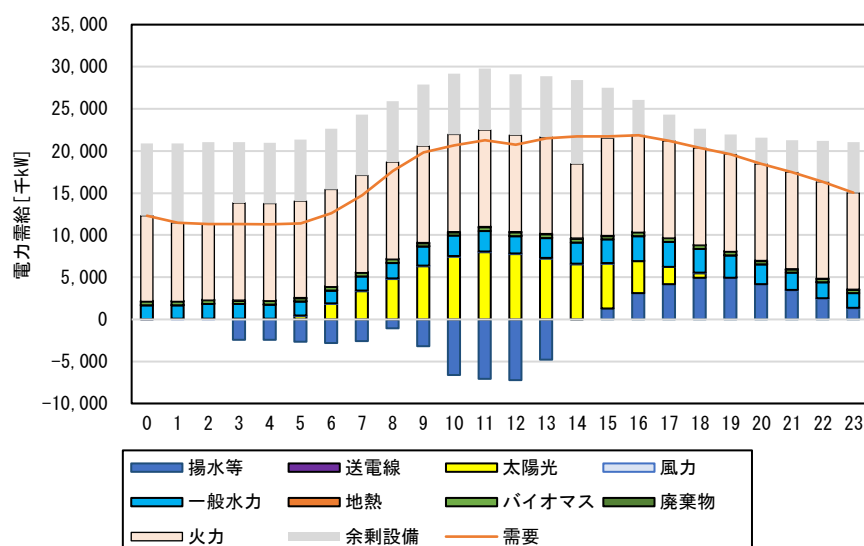


図 7-10 2030 年電力需給（関西電力管区：最も厳しい日、夏期）

以上のように、3 大都市圏の電力管区は、2030 年の 1 時間ごとの需給において余裕があることが明らかになった。

7. 電力需給バランスの検証

3.9. 2030 年の各管区の電力需給（北陸電力、四国電力の各管区）

ここでは、原発、石炭火力依存度の高い北陸電力管区、四国電力管区の 2030 年の 1 時間ごとの需給バランス検討結果を述べる。

図 7-11 は、2030 年の北陸電力管区における一年で最も厳しい（残余需要が最も大きい）1 日（ベースは 2018 年 2 月 21-22 日）の需給バランスの推計結果を示す。

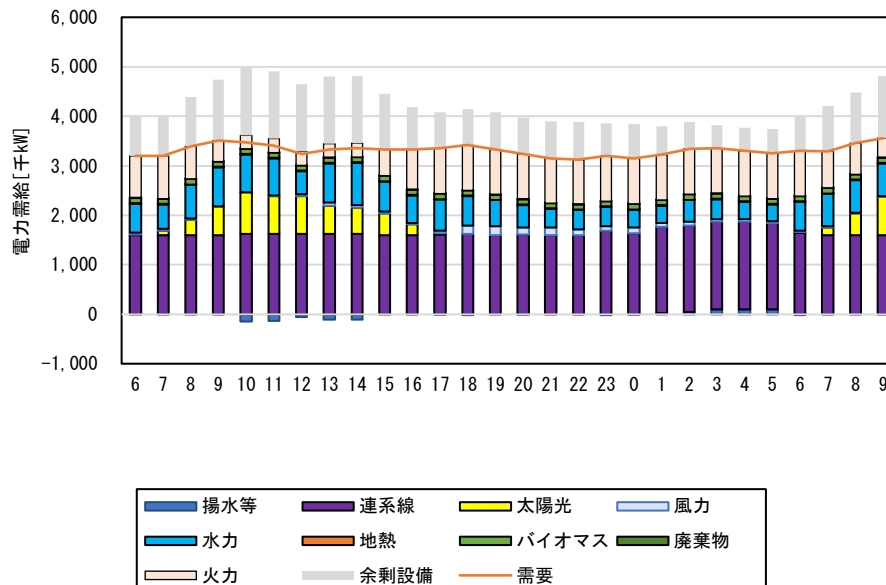


図 7-11 2030 年電力需給（北陸電力：最も厳しい日、冬期）

この図 7-11 に示されているように、北陸電力管区は、原発と石炭火力への依存度が他の電力会社管区よりも高いため、GR 戦略のシナリオでは、一部の日あるいは一部の時間帯に他社からの送電に依存する可能性がある。この需給バランスには多くの選択肢がある。

まず他社からの送電についてである。北陸電力管区は、関西電力管区との間に運用容量 150 万 kW⁸、中部電力管区との間に運用容量 30 万 kW の地域間連系線を有し（電力広域的運営推進機関 2020b）、この連系線を利用した送電を考慮すると 10%以上の予備率が得られる。送電には連系線の余裕と他地域の発電の余裕が必要だが、西日本では LNG 火力には余裕がある。さらに、地域間連系線増強として、関西電力管区・中部電力管区との間だけでなく、風力が豊富な東北電力管区（注：50Hz 領域）との直流送電線も将来考えられる。

次に、地域内で需給を改善する方策としては、1) デマンドレスポンス、需要シフト、2) 省エネ普及強化、3) 域内送電線強化と再エネ電力普及強化、4) 揚水発電強化（現在中部電力と共用する電源開発の揚水発電所の中部電力使用分の移管を含む）、5) 蓄電設備普及、6) EV 等の積極的利用⁹、7) LNG 火力転

⁸ なお北陸向け 150 万 kW、関西向け 190 万 kW となっており、運用を逆転すれば設備を変えずに運用容量が拡大する。

⁹ デマンドレスポンスとして、電気自動車（EV）の充電や家庭用電気式給湯器（ヒートポンプと電気温水器）を活用する。具体的には、昼間に太陽光出力が過剰になるため、昼間の太陽光電力を吸収させるために、ヒートポンプを昼間に加温モードで稼働させ、電気自動車も昼間に充電を行う。

換（現在、北陸電力が管区内に保有する旧型石油火力設備 125 万 kW¹⁰のうち LNG 転換計画¹¹のない 75 万 kW 分の追加が可能）、8）逼迫があった時に備え需給調整契約の用意（2016 年夏季には北陸電力の随時契約分 20 万 kW を用意した¹²）などがある。

図 7-12 は、同様に、2030 年の四国電力管区における最も厳しい（残余需要が最も大きい）時刻を含む 1.5 日（ベースは 2019 年 1 月 9-10 日）の需給バランスの推計結果を示す。この図では追加の省エネ、再エネ普及、デマンドレスポンスなどを行っていない。

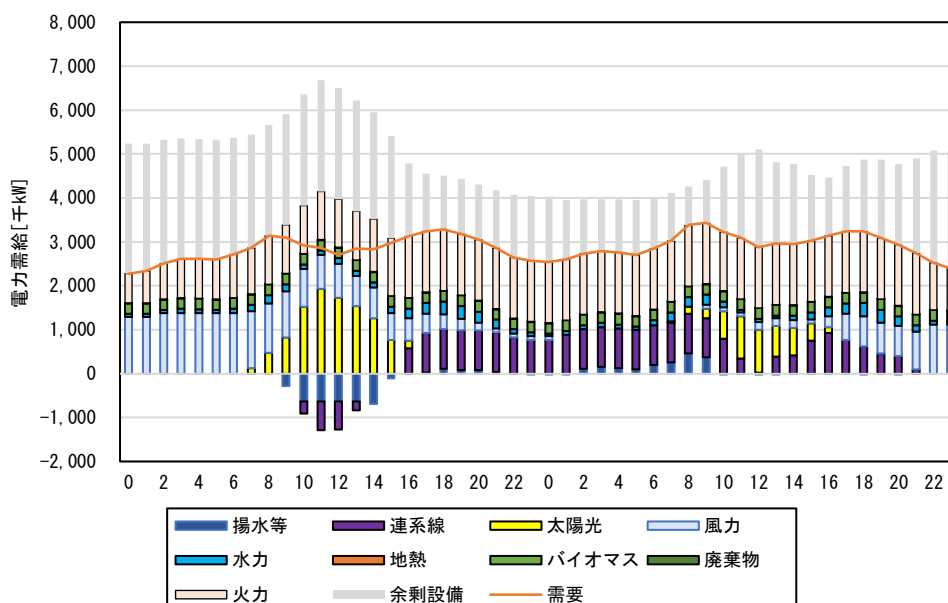


図 7-12 2030 年電力需給（四国電力：最も厳しい日、冬期）

この図 7-12 に示されているように、四国電力は、原発と石炭火力への依存度が他の電力会社よりも高いため、GR 戦略のシナリオでは、北陸電力と同様、一部時間帯には他社からの送電に依存する可能性がある。この需給バランス確保には多くの選択肢がある。

まず他社からの送電について説明する。四国電力管区は、関西電力管区との間に運用容量 140 万 kW の地域間連系線、中国電力管区との間に運用容量 120 万 kW の地域間連系線を有する（電力広域的運営推進機関 2020b）。図 12 の 2030 年需給バランスの推計結果によると、最大で連系線の約 4 分の 1 強しか使っておらず、この連系線を利用した送電を考慮すると 30%以上の予備率がある。送電には連系線の余裕と他地域の発電の余裕が必要だが、西日本の LNG 火力に余裕がある。

一方、地域内で需給を改善する方策として、1）デマンドレスポンス、需要シフト、2）省エネ普及強化、3）地域の送電線強化と再エネ電力普及強化、4）揚水発電強化、5）蓄電設備普及、6）EV 等の積極的利用、7）ガス火力転換（現在、四国電力が敷地内に保有する旧型石油火力が 135 万 kW あり¹³、この LNG

¹⁰ 経済産業省（2019b）

¹¹ 北陸電力（2010）

¹² 総合資源エネルギー調査会（2016）

¹³ 経済産業省（2019b）

7. 電力需給バランスの検証

転換で最大 135 万 kW 追加可能)、8) 逼迫あった時に備え需給調整契約の用意(2016 年夏季には四国電力の随時契約分 40 万 kW を用意した¹⁴⁾、などがある。

他地域送電は、電力システム改革の第一段階に位置づけられた電力の広域的運用のひとつである。省エネを進め、再エネを拡大する過渡期の経過措置と捉えることもできる。また、これら二つの管区が、再エネ導入、省エネ拡大、デマンドレスポンスなどの重点地域になることは言うまでもない。

他地域からの送電に一部依存する例は多くある。例えば、北陸電力管区や四国電力管区は、最大需要約 500 万 kW である(これに対し 200 万 kW 以上の運用容量の地域間連系線がある)。一方、以前はこの 10 倍以上の最大電力需要があった東京電力管区は、東北電力管内の石炭火力からの約 180 万 kW の送電に日常的に依存している(経済産業省 2016)。同様に、北陸、四国管内の 6 倍の約 3000 万 kW の最大電力需要のあった関西電力は、四国電力管内の石炭火力 140 万 kW の送電に日常的に依存し、多需要期は他電力の応援融通に依存、2013 年夏に最大 85 万 kW、2014 年夏に最大 140 万 kW の融通を得た(総合資源エネルギー調査会 2013、2014)。中部電力は、多需要期に関西電力の他、地理的に離れた九州電力に、2013 年夏に最大計 125 万 kW、2014 年夏に最大計 182 万 kW の応援融通を行った(総合資源エネルギー調査会 2013、2014)。北陸電力から九州電力への応援融通した例もある(総合資源エネルギー調査会 2013、2014)。

ここでは詳細説明を省略したが、北海道、東北、中国、九州の各電力管区では、最も厳しい日も、基本的に管内需給だけで一定の予備率を確保できる。北陸および四国の電力管区は、広域的な地域間連系線による電力融通や地域内で需給を改善する方策をとることで電力需給の安定性は確保できる。

4. 結論と考察

電力システムにおいて需給逼迫を判断する際には、電力の需給バランスを分析し、供給が需要を一定の割合(予備率)以上で上回っていたら電力需給リスクはごく小さいと判断できる。本研究では、過去 3 年間のデータをもとに、1) 日本全体、2) 東日本 3 電力(50Hz 領域)と中西日本 6 電力(60Hz 領域)の 2 地域、3) 9 電力会社の各管区、の 3 つの場合に関して、GR 戦略に基づいた一定の需給想定のもの、通常の 1 日、残余需要が最大の日、太陽光・風力の合計発電量が最小の日、の 3 つの場合の需給を 1 時間ごとに試算した(本稿は、紙幅の関係から、電力需給安定性が問題となる可能性がより高い 2030 年の場合を中心に述べた)。

その結果、2030 年と 2050 年を考えると、本稿では詳述は省略しているものの 2050 年は再エネと各種システム(地域間融通、デマンドレスポンス、揚水発電、蓄電、電力・熱・輸送などのセクター間あるいはセクター内でのエネルギー融通を活発化させるセクター・カップリングなど)で対応可能であり、再エネの価格も大幅に低下し、十分なストレージの確保により需給バランスは問題ないと考えられる。一方、エネルギー転換途中の 2030 年の需給では、東日本 3 電力(50Hz 領域)と中西日本 6 電力(60Hz 領域)に分けた場合、共に十分な予備率を確保できたものの、東西比較をすると相対的には中西日本の方が余裕は小さいことがわかった。

大手 9 電力会社(沖縄電力を除く)の電力管区別にみると、大半の電力管区で 2030 年に単独で十分な予備率が確保できることがわかった。一方、北陸電力および四国電力では、時期や時間帯によっては、他地域からの送電に一部依存する可能性があることがわかった。他の電力管区からの送電を考慮すると一定の予備率が確保でき、かつ西日本の LNG 火力に余裕がある。また、地域内で需給を改善する方策も多くある。

他地域送電は電力の広域的運用のひとつである。中西日本の 6 電力の管区内における、北陸・四国と、

¹⁴ 総合資源エネルギー調査会(2016)

中部・関西・中国・九州との連携は、電力の広域的運用の主要ミッションであり、各管区だけで考える必要はない。また、各地域でも今後の電力融通強化、再エネ導入強化、家庭や企業の EV 自動車や給湯器によるデマンドレスポンスなどの対応策も考えられる。

GR 戦略では、2030 年時点では、LNG 火力が一定の役割を果たす。2030 年に予想される LNG 火力の設備利用率は、東日本においては一般的に低い（40%以下）。一方、中西日本では、北陸電力、関西電力、四国電力は比較的高いものの（ほぼ 60%以上）、中部電力、中国電力、九州電力は低い（40%以下）。前述のように、北陸電力と四国電力への送電は中部電力の LNG 火力が担当可能であり（管区で十分な余裕があり、送電線容量も余裕がある）、これを担っても中部の設備利用率は約 40%にとどまる。すなわち、設備利用率が高いのは北陸電力、関西電力、四国電力のみであり、設備利用率が低い他地域は、投資回収前の新型を中心に運転し、減価償却済みのものは需給調整用などに利用することが考えられる。

本稿の「はじめに」で述べたように、現在、日本では、電力供給が可能な発電設備を保持することに対するインセンティブとして、消費者の追加的な経済負担（電力料金値上げ）を伴う「容量市場」が導入されようとしている。この制度の名目は、将来における電力供給力不足の回避であり、特に、出力変化速度が高く、かつ CO₂ 排出も相対的に少ない LNG 火力への投資が停滞することへの懸念が制度設計への前提となっている。しかし、実際の個別の各電力管区での、1) 対策が進んだ将来の需給、2) 各発電所・エネルギー設備の設備容量や柔軟性、3) LNG 発電などの具体的な役割や必要性、などに関するエビデンスに基づいた定量的な議論が、導入においては十分になされたかには疑問がある。また、今の制度設計では、出力変化速度が低い既存の石炭火力や原発に対しても、設備維持のための実質的な補助金が支払われることになる。すなわち、今のままでは、「将来における電力供給不足」という漠然とした前提のもと、日本全国の不要かつ高炭素排出の電力設備を維持するために、国民負担が強いられ、電気代が上昇することになり、カーボンニュートラルを極めて困難なものにする。

本検証の課題としては、まず、気象条件・需要の変動パターンおよび再エネ電力変動パターンは、2016-2018 年の 1 時間ごと実績と同じとしていることがある。また、2030 年までの日本全体の省エネ導入想定より需要が各管区で同じ比率で減少すると仮定していることである。すなわち、より長期的なデータや、省エネ対策の地域差を今後考慮していくことが課題である。

なお、GR 戦略の 2030 年の想定は、電力消費量 30%減（2010 年比で全国共通）、石炭・石油火力発電ゼロ、再エネ割合 40%（以上）、天然ガス発電は電力供給計画（電力広域的運営推進機関 2020a）の設備容量と各電気事業者による増設計画、太陽光発電と風力発電は業界想定、それ以外は、基本的には経産省の長期エネルギー需給見通しの数値を用いている。既存の技術の普及を想定しており、これらの前提や想定は、現状での導入量を考慮すると保守的と考えられる。

また、再エネ電力が不安定で、大型発電所の方が安定で安心ということではない。実際に、大型発電所依存のため、東日本大震災では多くの大型発電所が停止、広域運用も不十分で、西日本は需給に余裕があったにもかかわらず、東北・関東で、関東では電力不足で計画停電が頻発した。2018 年 9 月の北海道電力のブラックアウトの際には、地震で道内の発電が集中していた石炭火力発電所が停止し、大規模停電になった。海外では、夏季の海水温上昇で原発が稼働停止している。大型発電所への依存は環境を悪化させるだけではなく、常に大きなリスクと隣り合わせである。そのまま事故停止の電力不足に備えようとすると、使われない大型電源を予備で数多くもつことになり、環境に悪くリスクの高い電源を消費者が多額の負担をして延命させることになる。

電力需給リスクは様々な原因があり、大型設備を沢山持てば良いというものではない。それには膨大なコストがかかる。電力システム改革の第一段階で電力の広域的運用が位置づけられた。本研究の結果は、省エネで全体規模を縮小し、再エネシフトで、電力融通などを考慮しながら地域ごとにリスク分散・管理をした方が、CO₂ 排出の削減や原発依存度の低減だけでなく、電力需給リスクの回避および電気代の低減という意味でも合理的であることを示している。

8. 資料編

- 1) エネルギー需要関連データ
- 2) エネルギー供給関連データ



1) エネルギー需要関連データ

表 8-1 GR 戦略における各分野の最終エネルギー消費量の変化

	2013 年度実績						2019 年度実績				
	合計 [PJ]	電力 (億 kWh)	電力 [PJ]	化石燃 料[PJ]	再工不 熱・未 利用熱 [PJ]	合計 [PJ]	電力 (億 kWh)	電力 [PJ]	化石燃 料[PJ]	再工不 熱・未 利用熱 [PJ]	
家庭	2,044	2,838	1,022	1,010	12	1,813	2,501	900	906	7	
運輸	3,199	177	64	3,136	0	2,979	175	63	2,916	0	
業務	2,246	3,236	1,165	1,076	4	2,079	3,147	1,133	941	4	
産業	4,938	3,644	1,311	3,602	23	4,501	3,453	1,243	3,226	31	
合計	12,427	9,896	3,562	8,825	39	11,372	9,277	3,340	7,990	43	
CO ₂ 排 出量 (百万 t- CO ₂)	1,235	572		663	0	1,029	440		589	0	
	2030 年度						2050 年度				
	合計 [PJ]	電力 (億 kWh)	電力 [PJ]	化石燃 料[PJ]	再工不 熱・未 利用熱 [PJ]	合計 [PJ]	電力 (億 kWh)	電力 [PJ]	化石燃 料[PJ]	再工不 熱・未 利用熱 [PJ]	
家庭	1,251	1,877	676	402	173	973	1,463	527	0	446	
運輸	2,175	351	126	2,049	0	731	1,364	491	240	0	
業務	1,121	2,179	784	236	101	856	1,580	569	0	287	
産業	3,186	2,753	991	2,160	35	2,401	2,367	852	1,121	428	
合計	7,734	7,160	2,578	4,847	309	4,961	6,774	2,439	1,361	1,161	
CO ₂ 排 出量 (百万 t- CO ₂)	476	162		314	0	74	0		74	0	

表 8-2 GR 戦略における各部門での省エネ対策および省エネ量（電力、熱利用、運輸燃料）

	2030 年まで 全体で省エネ▲5200PJ（2010 年比）	2050 年まで 全体で省エネ▲7700PJ（2010 年比）
産業	優良工場なみの省エネ対策（素材製造業は鉄鋼業で約 9～46%改善、非素材は約 25%改善） ・生産設備は省エネ型に転換（熱は排熱回収） ・冷暖房照明も省エネ型に ・リサイクル材使用、電炉 5 割に拡大(75%改善) 省エネで▲1900PJ(▲40%)	産業平均が今のトップ工場水準に。 ・電炉 7 割に拡大 省エネで▲2700PJ(▲50%)
業務	・建物は断熱強化・ゼロエミッションビルへ ・設備機器は更新時に省エネ型に(5 割改善) 省エネで▲1200PJ(▲50%)	ゼロエミッションビル、トップ省エネ機器 省エネで▲1500PJ(▲60%)
家庭	・建物は断熱強化・ゼロエミッション住宅へ。 ・設備機器は省エネ設備（更新時）(3-4 割改善) 省エネで▲900PJ(▲40%)	ゼロエミッション住宅、トップ省エネ機器 省エネで▲1200PJ(▲50%)
運輸 旅客	・燃費のよい車の導入(3-4 割改善) 省エネで▲900PJ(▲45%)	車は電気自動車+再エネ(石油→電気で 8 割改善) 省エネで▲1600PJ(▲80%)
運輸 貨物	・燃費のよい車の導入(2 割改善) 省エネで▲200PJ(▲10%)	車は電気自動車+再エネ(石油→電気で 7 割改善) 省エネで▲700PJ(▲50%)

表 8-3 GR 戦略における各部門での省エネ対策および省エネ量（電力のみ）

	2030 年まで 全体で省エネ▲3400 億 kWh（2010 年比） （電化による増加分は 150 億 kWh）	2050 年まで 全体で省エネ▲4800 億 kWh（2010 年比） （電化による増加分は+870 億 kWh）
産業	優良工場なみの省エネ対策（素材製造業は鉄鋼業などで約 9～46%改善、非素材は約 25%改善） ・生産設備は省エネ型に転換（熱は排熱回収） ・冷暖房照明も省エネ型に ・リサイクル材使用、電炉 5 割に拡大(75%改善) 省エネで▲1100 億 kWh(2010 年度比) 電化(電炉拡大)+30 億 kWh	産業平均が今のトップ工場水準に。 ・電炉 7 割に拡大 省エネで▲1500 億 kWh 鉄鋼電炉拡大で+40 億 kWh
業務	・建物は断熱強化・ゼロエミッションビルへ ・設備機器は更新時に省エネ型に(3-4 割改善) 省エネで▲1200 億 kWh(2010 年度比)	ゼロエミッションビル、トップ省エネ機器 省エネで▲1800 億 kWh
家庭	・建物は断熱強化・ゼロエミッション住宅へ。 ・設備機器は省エネ設備（更新時）(3-4 割改善) 省エネで▲1100 億 kWh(2010 年度比)	ゼロエミッション住宅、トップ省エネ機器 省エネで▲1500 億 kWh
運輸 旅客	・電気自動車化(2030 年は 20%) 電化で+90 億 kWh	車は電気自動車+再エネ 電化で+470 億 kWh
運輸 貨物	・電気自動車化(2030 年は 3%) 電化で+30 億 kWh	車は電気自動車+再エネ 電化で+360 億 kWh

表 8-4 GR 戦略における各分野の投資額計算方法および想定投資回収年数

分野	計算方法	回収年数	耐用年数
(1)再エネ発電所	発電種類ごとに設備費用を積み上げ		20
(2)送電網、配電網（インフラ）	地域間連系線、地域内連系線の増強についてシステム技術研究所（2013b）を参照		
(3)熱供給網（インフラ）	地域熱供給 200 億円×300 箇所		
(4)産業部門、素材製造業（鉄鋼、セメント、化学工業、製紙）の電力、熱利用関係	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	8	10
(5)産業部門、非素材製造業、非製造業（農林水産業、鉱山業、建設業）の電力、熱利用関係	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	5	10
(6)業務部門の電力、主に機械設備	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	5	10
(7)業務部門の熱、主に断熱建築、ゼロエミッションビル	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	8	20
(8)家庭部門の電力、主に家電、機器	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	5	10
(9a)家庭部門の熱、主に断熱建築、ゼロエミッションハウス	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	10	20
(9b)家庭部門の熱、主に断熱建築、ゼロエミッションハウス（公営住宅）	1 戸 1000 万円、既存公営住宅 200 万戸、増加分 300 万戸として試算（省エネ分のみを財政支出として計算）		20
(10)運輸旅客部門の乗用車、タクシー、バスの電気自動車化、燃費改善	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	8	10
(11)運輸貨物部門のトラック電気自動車化、燃費改善	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	2	10
(12)運輸部門の鉄道、船舶、航空の効率化	対策によるエネルギー消費削減量からエネ支出削減額を試算し、各分野での投資回収年を想定して投資額を試算	8	10
(13)運輸インフラ	路面電車 30 億円/km×20km(600 億円)を 10 年で 100 箇所、地域交通拠点・自転車道・歩道整備など 20 億円×1700 自治体	3	
(14)専門家支援・人材育成	47 都道府県に 100 人ずつ、1700 自治体に 5 人ずつ専門家による支援（地元建築士などに委託）、10 年分		
(15)労働力の円滑な移行	労働シフトの研修。47 都道府県に講師 100 人。10 年分		

<解説>

回収年数は想定投資回収年数であり、各分野において一般的とされる回収年数とした。耐用年数は住宅や機器などの更新が必要となるまでの想定年数である。例えば、新規の住宅建築の場合、ZEH（ゼロ・エネルギー・ハウス：エネルギー消費がゼロとなる仕様）は、通常仕様の住宅との差額分がエネ支出削減によって 10 年で回収できる（元が取れる）場合に選択されると想定し、年間のエネ支出削減の 10 年分を追加投資額として計算している（現実的なビジネスの場においても、「10 年程度での投資回収」が ZEH をあつかう住宅メーカーの売り文句になっている（例えば、「工房夢蔵」の下記コラムを参照 https://www.yumekura.net/cat/zeh/zeh_3.html）。実際には、より長い回収年数を想定すれば、より高額な投資案件も実施され、投資額がより大きくなる。いずれにせよ、このような投資が確実に実施されるための政策的な後押し（情報提供、各種規制、補助金、融資制度など）は必要である。なお、カーボン・プライシング（炭素税あるいは排出量取引制度）は、目標を確実に、かつ効率的に実現するためには必要ではあるもの、各種規制、補助金、融資制度などの政策誘導があれば、目標達成自体は可能と考えられる。ただし、公的資金による多額の補助金は必要条件ではない。

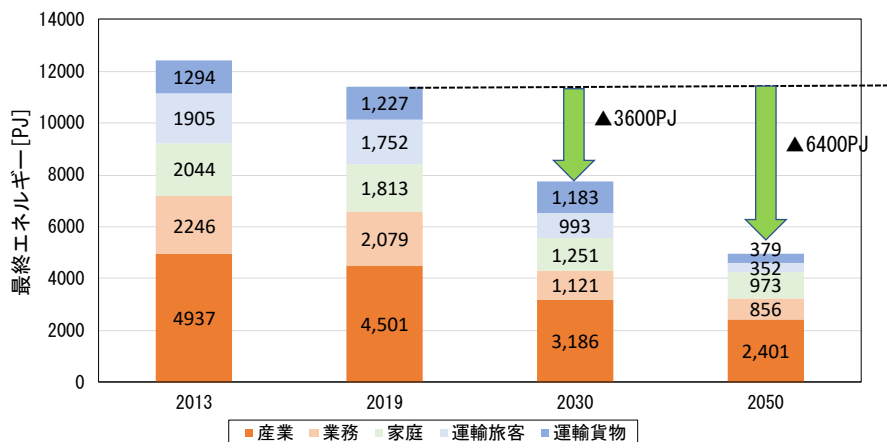


図 8-1 GR 戦略におけるエネルギー需要の全体像

<解説>

日本は省エネ大国であり、これ以上の省エネは難しいと考えている人は少なくない。確かに、1970 年代の石油ショック後は省エネが進んだ。しかし、1990 年以降は、諸外国が省エネを進める中で、日本の省エネは停滞している。

第 5 次エネルギー基本計画には、「日本の産業界はエネルギー効率を 4 割改善」と書いてある。この 4 割改善というのは GDP あたりエネルギー（一次エネあるいは最終エネ）の改善だと思われるが、これは産業構造転換などで先進国では改善して当然の指標（数値）である。

主要国の GDP 比一次エネを 1973～90 年でみると、日本でも大きく改善しているものの、他の先進国、米国やドイツでもこれに近いレベルまで改善している。一方、1990 年以降 2016 年までで比較すると、日本の改善率は先進国で最低に近い。この背景には、実質輸入石油単価が 1986 年頃に第二次石油危機以前に戻ったことがある。すなわち、日本は石油ショック後の省エネを怠ったと言える。

日本の住宅の省エネはドイツなどと比較して不十分である。具体的には、新築住宅の省エネ性能の向上の徹底や既存住宅の改修による省エネ性能の向上を実施することによって大きな省エネが可能になる。その他にも、省エネ型家電製品等へ買い替えの促進や家庭用エネルギーマネジメントシステム（HEMS）の推進も必要である。これらは、すべて元が取れる投資であり、様々な政府施策が考えられる。

ビルなどの業務部門の省エネも不十分である。住宅と同様に、新築建築物の省エネ性能の向上の徹底や既存住宅の改修による省エネ性能の向上が必要であり、業務用コージェネレーションシステムの導入なども考えられる。

工場の省エネは、主に設備導入と運用改善の二つに分かれる。前者では、工場の生産設備（例：モーター）の更新、LED 照明の導入、熱輸送配管の断熱化、流体機械（ポンプ、ファン等）の回転数制御、高効率のユーティリティ設備（プラントの運転に必要な電気、水、圧縮空気、燃料、窒素などを供給する設備）の導入などがある。後者では、コンプレッサ等の吐出圧管理、流体機械（ポンプ、ファン等）の空気漏れ改善、不要時停止などがある。

特に、熱輸送配管の断熱化は大きなポテンシャルがある。例えば、日本の製造工場の熱輸送配管の保温断熱材劣化によるエネルギー・ロスを、日本保冷保温工業協会は 3%と計算していて、これは電力換算で原発 7 基に相当する（毎日新聞 2015 年 8 月 14 日）。一方、(財)省エネルギーセンターは 11%と推計している（省エネルギーセンター 2014）。そして、この保温断熱材を補修するために必要な投資は、多くの場合、数年でその投資額が回収されるものである。

日本における省エネの導入ポテンシャルに関しては、省エネルギーセンター（2014）、歌川（2015）、日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ（2016）、倉持・明日香（2015）などを参照のこと。

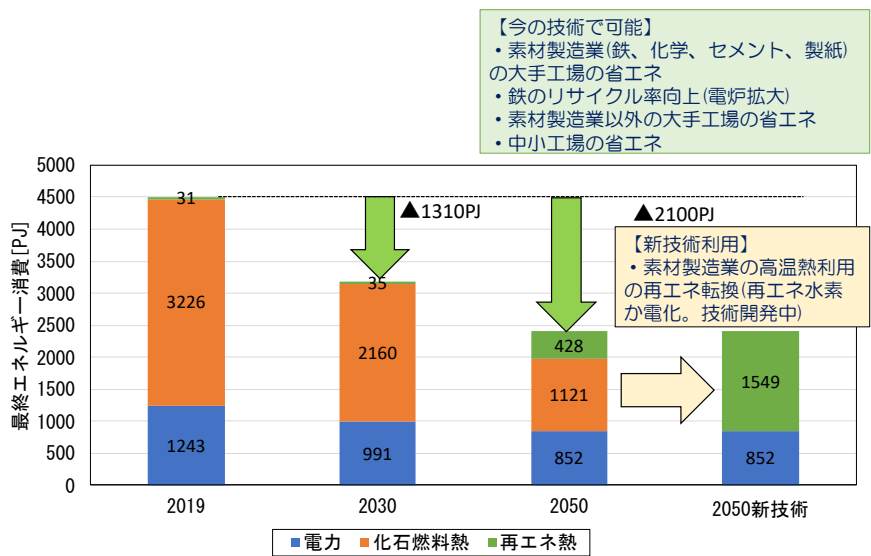


図 8-2 GR 戦略における産業分野のエネルギー需要構造

表 8-5 産業分野の省エネ・エネルギー転換施策

省エネ・エネルギー転換施策	2030年目標への施策		2050年目標への施策	
素材製造業(鉄、セメント、化学、製紙)および製油工場の省エネとリサイクル材料拡大	優良工場なみの省エネ達成 鉄鋼での電炉割合50%	▲850PJ	省エネ対策維持 鉄鋼での電炉割合70%	▲1460PJ
その他工場の省エネ	既存省エネ対策なみの省エネ達成	▲460PJ	省エネ対策継続	▲640PJ
再エネ熱利用導入	大改修の際に再エネ熱拡大	+5PJ	再エネ熱拡大	+400PJ
省エネ対策合計		▲1310PJ		▲2100PJ

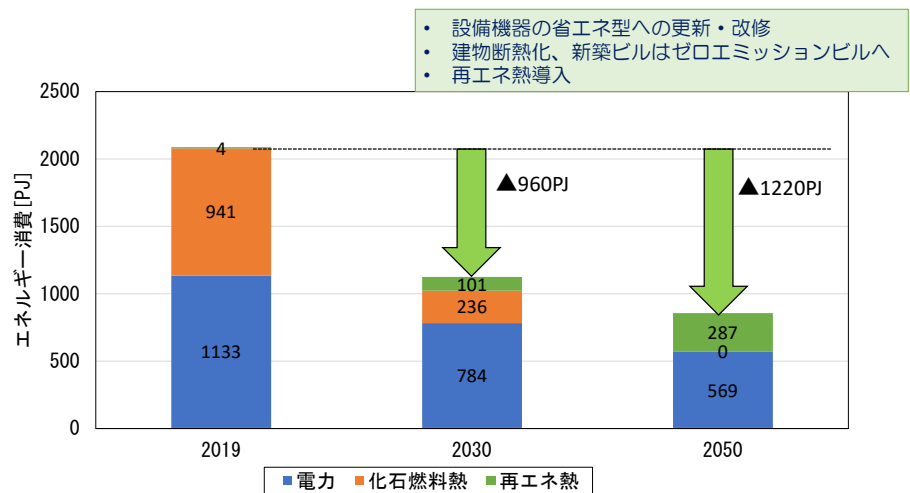


図 8-3 GR 戦略における業務分野のエネルギー需要構造

表 8-6 業務分野の省エネ・エネルギー転換施策

省エネ・エネルギー転換施策	2030年目標への施策		2050年目標への施策	
【省エネ対策】 設備機器の省エネ型への更新・改修	更新時に個別機器を省エネ型に転換	▲810PJ	更新時に建物付随設備も省エネ型に転換	▲1020PJ
【省エネ対策】 建物断熱化、ゼロエミッションビル化	新築建築を断熱・ゼロエミッションビルに(全体の約25%)	▲150PJ	新築建築を断熱・ゼロエミッションビルに(全体の約75%)	▲200PJ
【再エネ対策】 再エネ熱導入	新築の一部建築に太陽熱利用を導入(地域によっては地熱・バイオマス)	+100PJ	新築の一部建築に太陽熱利用を導入(地域によっては地熱・バイオマス)	+290PJ
省エネ対策合計		▲960PJ		▲1220PJ

(2019年度比の削減量)

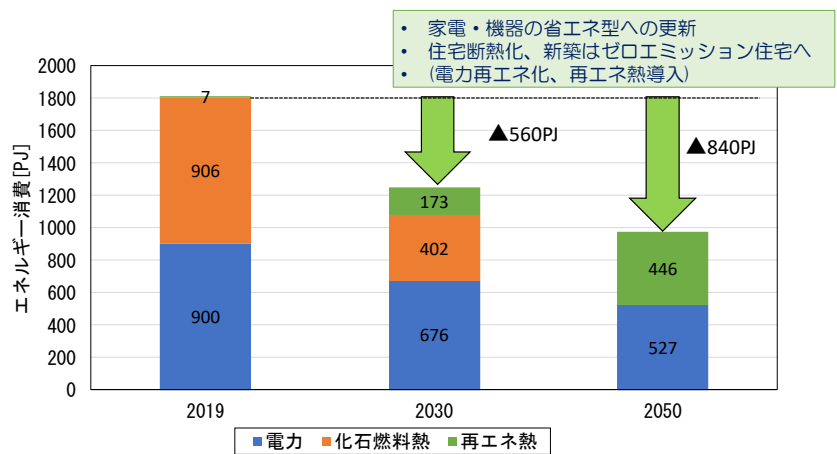


図 8-4 GR 戦略における家庭分野のエネルギー需要構造

表 8-7 家庭分野の省エネ・エネルギー転換施策

省エネ・エネルギー転換施策	2030年目標への施策		2050年目標への施策	
【省エネ1】 建物の断熱化、ゼロエミッション住宅普及	新築住宅を断熱・ゼロエミッション住宅に(住宅全体の約20%)	▲200PJ	新築住宅を断熱・ゼロエミッション住宅に(住宅全体の約60%)	▲290PJ
【省エネ2】 機器の省エネ化	機器更新時に家電、照明などを省エネ型に転換	▲360PJ	住宅新築・改修時に設備などを省エネ型に転換	▲550PJ
【再エネ】 再エネ熱の普及	新築の一部戸建住宅に太陽熱利用を導入(地域によっては地熱・バイオマス)	+170PJ	新築の一部戸建住宅に太陽熱利用を導入(地域によっては地熱・バイオマス)	+440PJ
省エネ対策合計		▲560PJ		▲840PJ

(2019年度比の削減量)

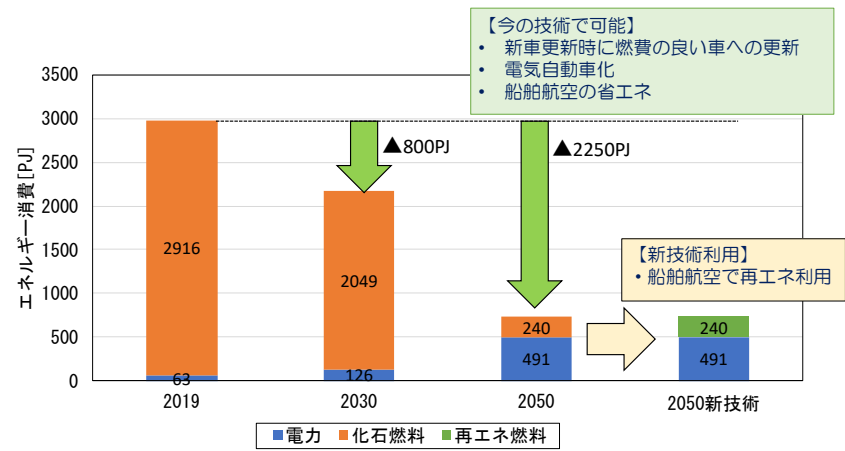


図 8-5 GR 戦略における運輸分野のエネルギー需要構造

表 8-8 運輸分野の省エネ・エネルギー転換施策

省エネ・エネルギー転換施策	2030年目標への施策		2050年目標への施策	
【省エネ1】 新車更新時に燃費の良い車への更新	更新時に燃費のよい車に買い換え	▲450PJ	(電気自動車への転換前に、更新時に燃費の良い車に買い換え)	▲500PJ
【省エネ2】 電気自動車化	乗用車の20%、バス・トラックの5%を電気自動車に	▲310PJ	全て電気自動車に	▲1670PJ
【省エネ3】 鉄道船舶航空の省エネ		▲40PJ		▲80PJ
省エネ対策合計		▲800PJ		▲2250PJ

(2019年度比の削減量)

注：GR 戦略によって電力シフトが進んでも、2050 年の電力需要は大きく増加しない。まず「A 分野」として、従来から電気が使われていた分野の需要は、省エネによって 2013 年比約 50%減少する。他方「B 分野」として、エネルギー消費が電気へと移行する分野（オフィスや飲食店、家庭等におけるガス・石油から電気への移行や、自動車燃料のガソリン・軽油等から電気への移行）があるが、これらは現在の電力需要の 1～2 割程度にすぎない。したがって、A と B を合わせれば 2050 年電力需要は現在より大幅に減少する（2013 年比 32%減少；このときエネルギー起源 CO₂ は 2013 年比 94%減少）。

エネルギー起源 CO₂ の 100%削減（ゼロエミッション）を実現するためには、さらに「C 分野」として産業高温熱（鉄鋼・化学・セメント・紙パルプ製造等）や航空・船舶燃料を電力や水素（再エネ電力によって生産されるもの※）に転換する必要がある。GR 戦略では C 分野の対応は扱っていないが、この分野では相当の電力が必要になるため、A～C の分野を合計すると現在の電力需要の 1.2～1.5 倍になる可能性がある。その場合でも、すべての電力を再エネ電力でまかなうことが可能である。

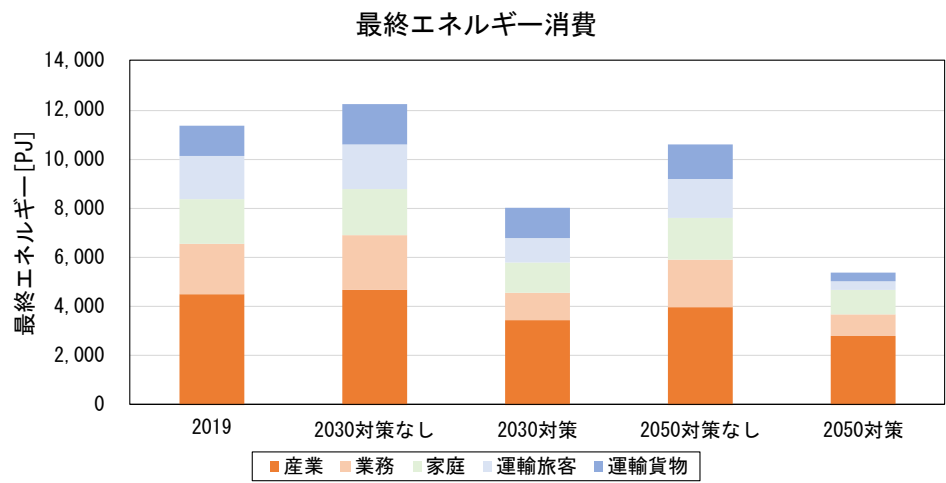


図 8-6 用途別最終エネルギー消費

注：対策は GR 戦略を実施した場合で、対策なしは政府の現行案の場合

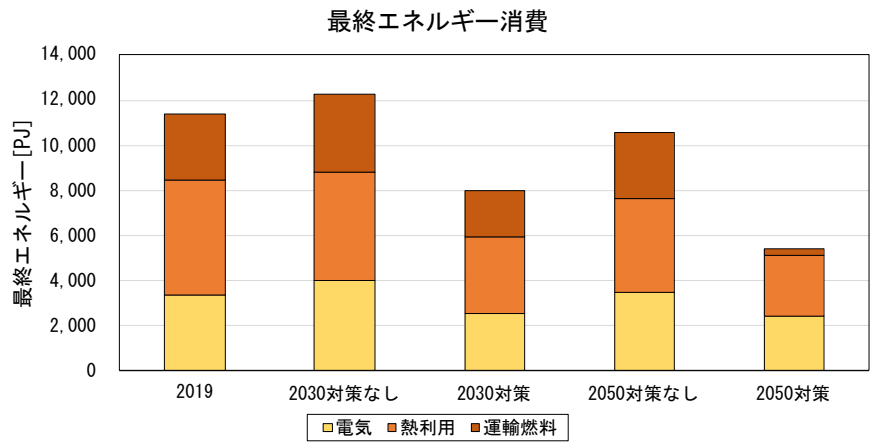


図 8-7 用途別最終エネルギー消費（電気・熱利用・運輸燃料）

注：対策は GR 戦略を実施した場合で、対策なしは政府の現行案の場合

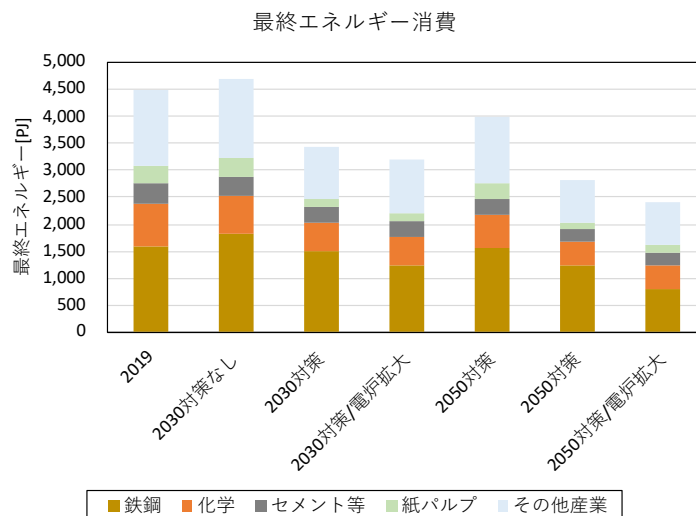


図 8-8 産業部門別最終エネルギー消費

注 1：対策は GR 戦略を実施した場合で、対策なしは政府の現行施策案の場合

注 2：各産業分野の主な対策は以下のとおり。1) 素材をつくる製造業(鉄鋼、化学、セメント、紙/パルプ)：優良工場なみの省エネ対策(主に生産設備の省エネ)、2) 鉄鋼追加対策→高炉(石炭・鉄鉱石から製造)を電炉(リサイクル鉄)に。生産量あたりエネルギー消費量を 4 分の 1 に削減、3) 素材製造業以外(食料品、機械などの製造業と農林水産業など)→省エネ設備導入、生産設備の更新・改修、一部生産設備を熱から電気・省エネ型に、従業員の照明空調を省エネ型に、空調は電気式省エネ型に

・ 2050 年までに全て電気自動車に転換。電気自動車化によりエネルギーは 70~80%削減)

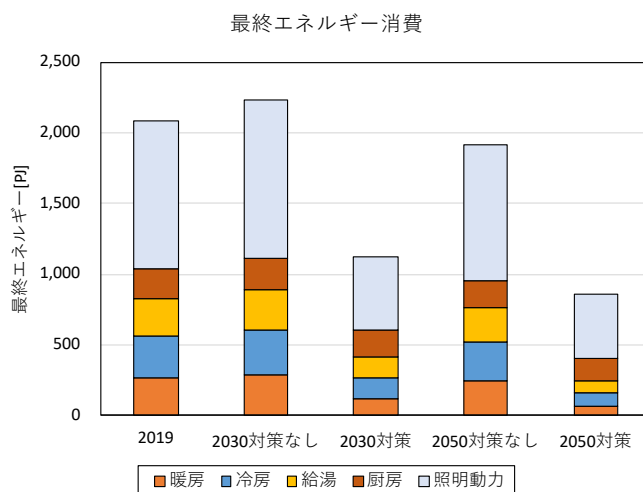


図 8-9 業務部門別最終エネルギー消費

注 1：対策は GR 戦略を実施した場合で、対策なしは政府の現行施策案の場合

注 2：業務部門の対策は、主に 1) 省エネ設備機器の導入、2) 建物の断熱対策(主に暖房)

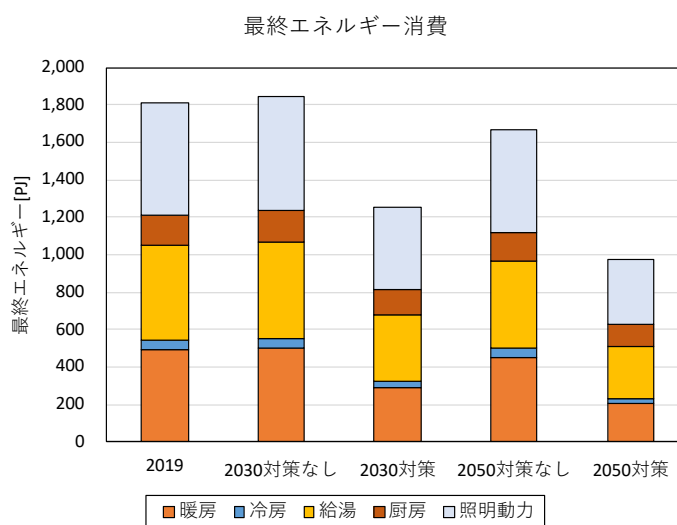


図 8-10 家庭部門別最終エネルギー消費

注 1：対策は GR 戦略を実施した場合で、対策なしは政府の現行施策案の場合

注 2：家庭部門の主な対策は、1) 省エネ設備機器の導入（エアコン、冷蔵庫等家電、照明は寄与率約 3 分の 2、2) 建物の断熱対策(主に暖房で寄与率約 3 分の 1)

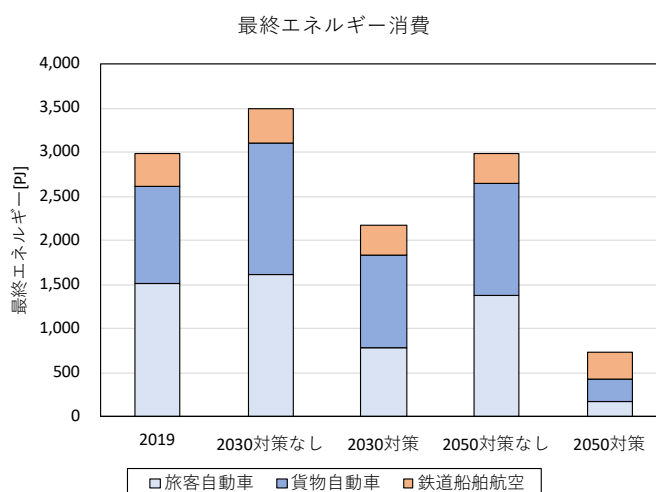


図 8-11 運輸部門別最終エネルギー消費

注 1：対策は GR 戦略を実施した場合で、対策なしは政府の現行施策案の場合

注 2：自動車 2030 年までの対策:

- ・更新時に燃費の良い車に転換
- ・電気自動車化（乗用車は 2030 年に保有車の 20%、その他は 3%。電気自動車化によりエネルギーは 70～80%削減）

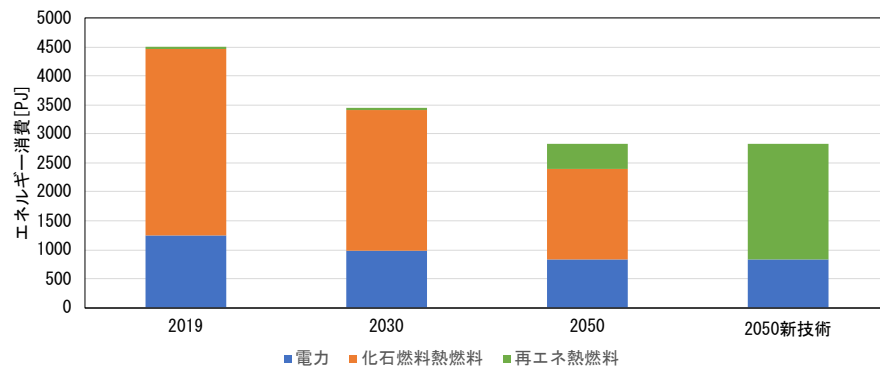


図 8-12 GR 戦略における産業部門エネルギー消費変化

注：既存技術のみの場合、2050 年で化石燃料熱燃料消費は約 1500PJ 残る。しかし、水素還元製鉄などの新技術が実用化されれば化石燃料熱燃料消費はゼロになる。

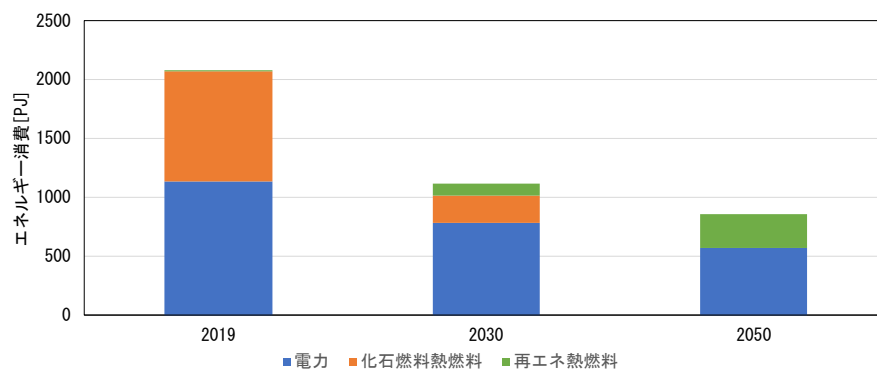


図 8-13 GR 戦略における業務部門エネルギー消費変化

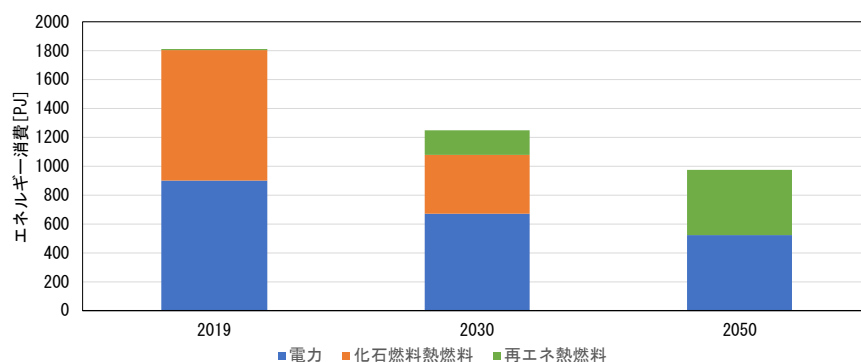


図 8-14 GR 戦略における家庭部門エネルギー消費変化

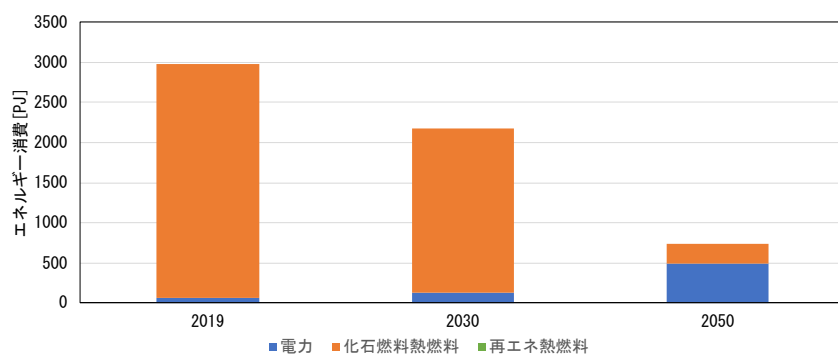


図 8-15 GR 戦略における運輸部門エネルギー消費変化

注：既存技術のみの場合、2050 年で化石燃料熱燃料消費は約 250PJ 残る。しかし、水素燃料ジェット飛行機などの新技術が実用化されれば化石燃料熱燃料消費はゼロになる。

＜エネルギー供給関連データ＞

表 8-9 GR 戦略における 2030 年までの再生可能エネルギー導入量

		設備容量 (万 kW)	目標値の根拠	考え方	備考：政府想定設 備容量 (万 kW)
太陽 光	屋根置き	約 2000	太陽光発電協会「太陽光発電 2050 年の黎明」(2017)	下記解説を参照	約 900
	事業系	約 8000			約 5500
風 力	陸上	2660	風力発電協会「風力発電の導入拡大に向けて」(2016)	下記解説を参照	918
	洋上	960			82
水 力	大規模	2465	2018 年値から、政府予測（長期エネルギー需給見通し分の増加。揚水発電分を除く）	大型は、既存発電所の設備更新による出力増加、未利用落差活用拡大等が進んだ場合を想定。小水力は、自然・社会環境上の障害が問題となる場合もあるものの、それらが解決可能とされる地点での開発が進むと想定した場合の数値。	4847 ～ 4931（揚水発電設備容量含む）。 揚水発電 (2594) を除くと 2253～2337
	小規模				
地熱		108	政府予測（長期エネルギー需給見通し）	大規模開発について現状の環境規制下の開発を見込んだ場合（環境規制緩和を見込むと小型とあわせ 140～155 万 kW になるものの、当面はここまで見込まず）。中小規模は開発が順調と想定した場合	140～155
バ イ オ マ ス	木質	728	政府予測（長期エネルギー需給見通し）。廃棄物（一部にバイオマス分あり）を含む	政府の想定通り。現在、バイオマスの固定価格買取制度認定設備容量（今後建設を含む）は RPS 制度からの移行認定とあわせ 980 万 kW になっている。しかし、特に海外から輸入されるバイオマスの持続可能性については懸念があるため、GR 戦略では、ここまでは見込まないことにする。	602～728
	メタン				

＜解説＞

GR 戦略では、太陽光と風力は業界団体の目標値、水力・地熱・バイオマスは政府目標をそれぞれ用いている。太陽光と風力に関しては、官庁、研究機関、業界団体などから様々な導入ポテンシャル値が提示されており、その中には非常に高い数値を示すものもある（例えば、新エネルギー・産業技術総合開発機構 2018）。GR 戦略では、現状の導入量および業界関係者のヒアリングなどに基づき、様々なポテンシャル値を精査した。その結果、一般的なポテンシャル値より十分に低い（保守的に見積もっている）業界団体の目標は十分に実現可能な数値と考えて採用した。例えば、日本風力発電協会（2017）では、社会的制約条件などでポテンシャルは増減するものの、ここまで低いことはあり得ない「堅実なポテンシャル」として、陸上風力はポテンシャルの 1/2、洋上風力（着床式）は 1/3、洋上風力（浮体式）は 1/4 とした数値を 2050 年まで示している。GR 戦略では、この「堅実なポテンシャル」の 2030 年の数値を採用した。なお、政府は 2020 年 12 月 15 日に、経産省の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」において、洋上風力発電の導入計画を 2030 年までに 1000 万キロワット、2040 年までに 3000 万から 4500 万キロワットまで拡大することを決定した。すなわち、政府は、洋上風力発電の導入量を本 GR 戦略と同じレベルに引き上げた。

表 8-10 GR 戦略の 2030 年までの再生可能エネルギー導入量詳細

			2019 年 (現在)	2030 年 (万 kW)	導入の目安	2050 年 (万 kW)	導入の目安
再生可能エネルギー		合計	8,816	17,182		44,665	
	太陽光発電	小計	5,691	10,000		20,000	
		屋根置き太陽光	1,175	2,000	2019 年までに認定・導入している分が 1200 万 kW (300 万件)。2030 年までの追加導入量は 800 万 kW (4kW×200 万件)。合計で 500 万件になり、これは全住宅の 10%に相当	4,000	認定・導入で 1200 万 kW、残りの増加 2800 万 kW。認定・導入 300 万件+4kW×700 万件、合計 1000 万件、住宅 75%750 万件(全住宅の 15%)、公共施設等 25%250 万件
		ソーラーシェアリング	-	1,300	3.9 万 ha(農地と耕作放棄地の合計の 0.8%)	9,300	28 万 ha(農地と耕作放棄地の合計の 6%)
		野立てソーラー	4,516	6,700	2020 年までの FIT 認定量と FIT 以前の制度での認定分を移行した量の合計	6,700	2030 年から追加無し
	風力発電	小計	435	3,620		20,000	
		陸上風力	435	2,660	認定分は 1080 万 kW、認定 1000 箇所+5 万 kW×300 箇所(1 拠点が 2500kW×20 本=5 万 kW)	10,000	5 万 kW×2000 拠点
		洋上風力	0	960	認定分 67 万 kW、残り 893 万 kW、認定分 6 箇所、15 万 kW×約 60 拠点(1 拠点 5000kW×30 本)	10,000	15 万 kW×約 670 拠点
	水力発電	小計	2,288	2,726		3,135	
		大規模水力	1,251	1,251	現存の発電所+リニューアル	1,251	現存の発電所+リニューアル
		小水力	1,037	1,475	今後増加 190 万 kW(うち認定分 80 万 kW)、認定分 170 件+2000kW×550 箇所	1,884	今後増加 464 万 kW(2030 以前含む、うち認定分 80 万 kW、認定 170 件+2000kW×1900 箇所)
	地熱発電	小計	54	108		792	
		大規模地熱	51	84	今後増加 32 万 kW(うち認定分 5.3 万 kW)、認定 2 件+1.5 万 kW×18 件	700	今後増加 650 万 kW(2030 以前含む、うち認定 5.3 万 kW)、認定 2 箇所+1.5 万 kW×430 箇所)
		小型バイナリー	3	24	今後増加 21 万 kW(うち認定分 3 万 kW)、認定 66 件+500kW×360 箇所	92	今後増加 84 万 kW(2030 以前含む、うち認定 3 万 kW)、認定 66 件+1600 箇所×500kW)
	バイオマス	小計	347	728		738	
		木質バイオマス	240	588	今後増加 120 万 kW(認定分 100 件)	586	今後増加 120 万 kW(認定分 100 件)
		メタン発酵バイオマス	8	16	今後増加 10 万 kW(認定分 42 件)	18	今後増加 12 万 kW(認定分+400 カ所×50kW)
		廃棄物	99	124		124	
	その他	小計	0				
		海流発電	0	0	1 カ所		2 カ所
原子力発電			3,308	0		0	
火力発電		合計	16,876	8,849		499	
		LNG 火力	8,236	8,291	全国約 50 カ所※リスト	0	全国 10 カ所程度を維持
		石油火力	3,804	0		0	
		石炭火力	4,836	0	全国 3 カ所程度維持(北陸、四国、沖縄)	0	
		廃熱等		558		499	
蓄電能力		合計	2,752	7,707		46,499	
		揚水発電所	2,747	2,747	既存施設の有効活用	2,747	既存施設改修による増強
		蓄電池(大型)	5			1,000	
		蓄電池(小型)		4,960	車載電池、乗用車	42,752	車載電池
年間発電量(億 kWh)		合計	10,277	8,053		10,653	
		再エネ	1,853	3,767		10,347	
		原発・火力発電	8424	4,286		306	排熱利用のみ

表 8-11 GR 戦略の 2050 年までの各発電エネルギー技術導入目標量および根拠

		設備容量 (万 kW)	目標値の根拠	考え方	備考：ポテン シャル
太陽 光	屋根 置き	約 4000	太陽光発電協会「太陽光発電 2050 年の黎明」(2017)の目標値		
	事業 系	約 16000			
風 力	陸上	約 10000	風力発電協会「風力発電ロードマップビジョン」の「堅実なポテンシャル」	社会的制約条件などでポテンシャルは増減するものの、ここまで低下することはない「堅実なポテンシャル」として、陸上風力はポテンシャルの 1/2、洋上風力（着床式）は 1/3、洋上風力（浮体式）は 1/4 を設定している。GR 戦略では、この数値を採用した。	28576 万 kW 6932 億 kWh (環境省)
	洋上	約 10000			141276 万 kW(環境省)
水 力	大規模	3135	環境省「平成 26 年度 2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書」の高位	大型：資源エネルギー庁が実施した水力発電に関する研究会（2008）における 2030 年度までの水力発電電力量の増加ポテンシャルが増加 小規模：環境省推定のポテンシャル量が全量顕在化	増加は主に中 小水力
	小規模				
地熱		792	環境省「平成 26 年度 2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書」の高位	大型：環境省の「再生可能エネルギーに関するソーニング基礎情報整備報告書」(2013 年)における「条件付き導入ポテンシャル」の全量顕在化。 温泉熱発電：日本地熱学会及び日本地熱開発企業協議会のドリームシナリオ	
バイ オ マ ス	木質	738	環境省「平成 26 年度 2050 年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書」の高位	NEDO の推計した導入ポテンシャルなど	
	メタ ン				

表 8-12 GR 戦略における 2030 年の各発電エネルギー価格の想定

種類		2018 年 [円/kWh]	2030 年 [円/kWh]	考え方
太陽光	屋根置き	19	10	再エネの 2018 年単価は、調達価格算定委員会報告、IEA 報告、IRENA 報告、総合資源エネルギー調査会コスト検証 WG レビューシートより試算。2030 年単価は、2018 年における国際価格に 2030 年に収斂と想定
	事業系	16	10	
風力	陸上	20	10	
	洋上	36	14	
水力	大規模	7~20	7~20	大規模はそのまま。小水力は調達価格算定委員会想定値まで値下がり
	小規模			
地熱		7~20	7~13	大型地熱はそのまま
バイオマス		22	22	そのまま

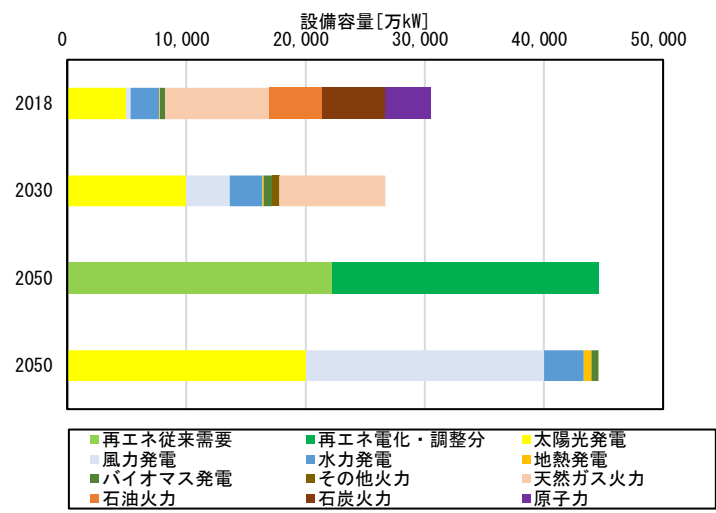


図 8-16 GR 戦略における電力構成（設備容量）

注：再エネ電化・調整分は、電気自動車などの新規需要、およびバッテリーロスや出力抑制に備えた設備容量

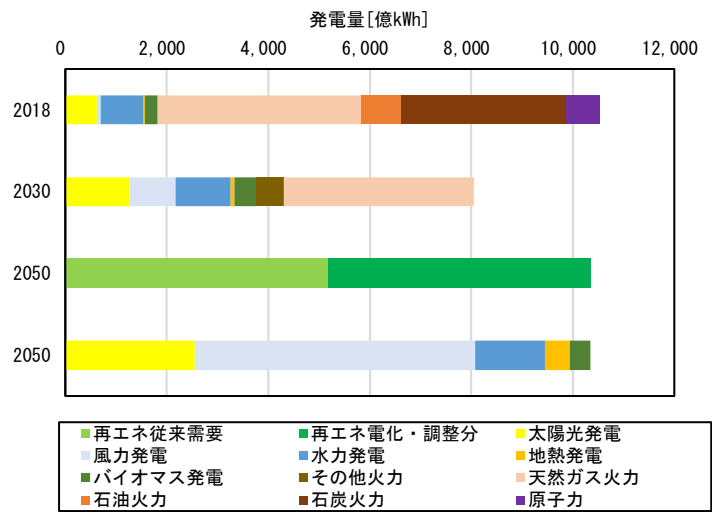


図 8-17 GR 戦略における電力構成（発電量）

注：再エネ電化・調整分は、再エネ発電量のうち、電気自動車などの新規需要、およびバッテリーロスや出力抑制によって失われる電力量

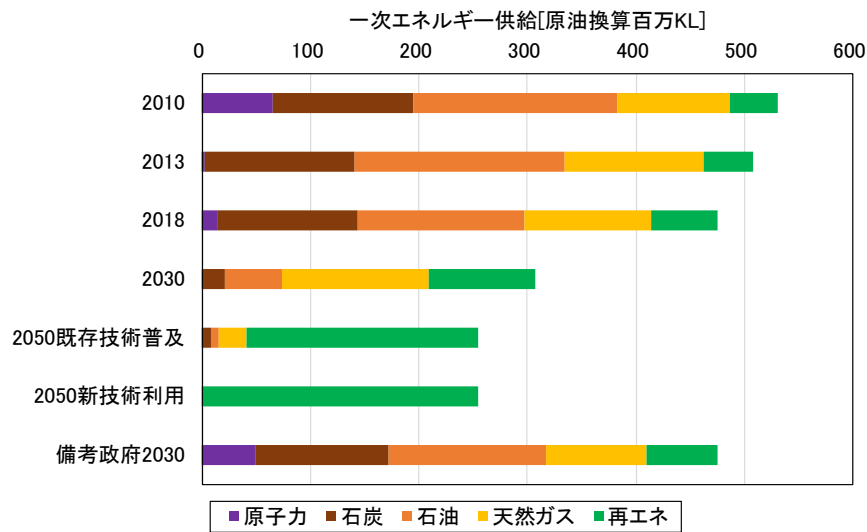


図 8-18 GR 戦略におけるエネルギー構成（エネルギー全体）

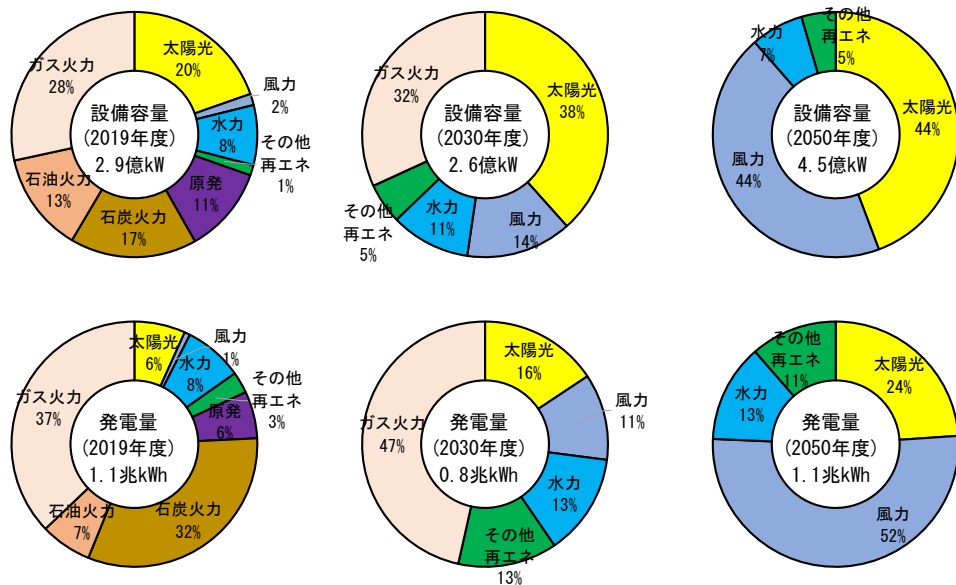


図 8-19 GR 戦略における再生可能エネルギー導入シナリオ

表 8-13 GR 戦略における太陽光発電導入シナリオ

発電方式	2019年現在	2030年目標への 施策	2050年目標への 施策
事業用太陽光発電	4516万kW	6700万kW 認定・導入済み	6700万kW 認定・導入済み
屋根置き太陽光発電	1175万kW	2000万kW 認定・導入1200万kW。残り800万kW。認定・導入300万件+4kW×200万件、合計500万件(全住宅の10%)	4000万kW 認定・導入1200万kW、残り2800万kW。認定・導入300万件+4kW×700万件、合計1000万件。この4分の3を住宅(750万件、全住宅の15%)、4分の1は公共施設等に設置
ソーラーシェアリング		1300万kW 農地・耕作放棄地の0.8%に、面積の3分の1パネル設置	9300万kW 農地・耕作放棄地の6%に、面積の3分の1パネル設置
設備容量合計	5691万kW	1億kW	2億kW
発電量	690億kWh	1260億kWh	2550億kWh

表 8-14 GR 戦略における風力発電導入シナリオ

発電方式	2019年現在	2030年目標への 施策	2050年目標への 施策
陸上風力発電	435万kW	2660万kW 認定分は1080万kW。 今後5万kW×300箇所(1拠点が2500kW×20本=5万kW)	1億kW 5万kW×2000拠点(1拠点が2500kW×20本=5万kW)
洋上風力発電	0.4万kW	960万kW 認定分67万kW。 今後893万kWで15万kW×約60拠点(1拠点5000kW×30本)	1億kW 15万kW×約670拠点(1拠点5000kW×30本=15万kW)
設備容量合計	435万kW	3620万kW	2億kW
発電量	77億kWh	920億kWh	5520億kWh

表 8-15 GR 戦略における水力発電導入シナリオ

発電方式	2019年現在	2030年目標への 施策	2050年目標への 施策
大型水力発電	1251万kW	1251万kW	1251万kW
小規模水力発電	1037万kW	1475万kW 今後増加約437万kW 経産省設備認定分が70万kW 残り370万kWは 2000kW×1700箇所 (なお280万kW増は需給見通し程度)	1884万kW 今後増加847万kW 経産省認定分が70万kW 残り780万kWは 2000kW×3900箇所
設備容量合計	2288万kW	2726万kW	3135万kW
発電量	796億kWh	1080億kWh	1379億kWh

表 8-16 GR 戦略における地熱発電導入シナリオ

発電方式	2019年現在	2030年目標への 施策	2050年目標への 施策
大型地熱発電	51万kW	84万kW 今後増加32万kW(認定済5.3万kWおよび1.5万kW×18件)	700万kW 今後増加650万kW(1.5万kW×430箇所)
小型バイナリー発電	3万kW	24万kW 今後増加21万kW(うち認定分3万kW)、 残り18万kWは 500kW×360箇所	92万kW 今後増加89万kW(うち認定分3万kW)、 残り86万kWは 500kW×1700箇所
設備容量合計	54万kW	108万kW	792万kW
発電量	28億kWh	79億kWh	493億kWh

表 8-17 GR 戦略におけるバイオマス発電導入シナリオ

発電方式	2019年現在	2030年目標への 施策	2050年目標への 施策
木質バイオマス発電	351万kW	588万kW 今後増加は237万kW 経産省認定は1100万kWだが大半は一般木質。大型のものは課題もあるので、ここでは一般木質は地域用の2割220万kW程度とする。 残り17万kW(2000kW×85件)	596万kW 今後増加は245万kW 経産省認定は1100万kWだが大半は一般木質。大型のものは課題もあるので、ここでは一般木質は地域用の2割220万kW程度とする。 残り25万kW(2000kW×125件)
メタン発酵バイオマス発電	6万kW	16万kW 今後増加10万kW(認定分のみ)	18万kW 今後増加12万kW(うち認定分10万kW) 残り2万kW(400カ所×50kW)
廃棄物バイオマス発電	78万kW	124万kW (政府需給見通し通り)	124万kW
設備容量合計	435万kW	728万kW	738万kW
発電量	262億kWh	429億kWh	436億kWh

表 8-18 GR 戦略における蓄電システム導入シナリオ

発電方式	2019年現在	2030年目標への 施策	2050年目標への 施策
揚水発電	2747万kW	2747万kW	2747万kW
大型蓄電池	5万kW		1000万kW
小型蓄電池(分散型)		約5000万kW (電気自動車分)	約43000万kW (電気自動車分)
設備容量合計	2752万kW	約7700万kW	約46500万kW
発電量			

表 8-19 GR 戦略における再エネ電力設備容量目標（2030 年）の根拠

		設備容量 (万kW)	目標値の根拠	考え方	備考：政府想定設 備容量（万kW）
太陽光	屋根置き	約2000	太陽光発電協会「太陽 光発電2050年の黎 明」（2017）		約900
	事業系、 営農型	約8000			約5500
風力	陸上	2660	風力発電協会「風力発 電の導入拡大に向け て」（2016）		918
	洋上	960			82
水力	大規模	2465	2018年値から、政府 予測（長期エネルギー需 給見通し分の増加。揚水発 電分を除く）	大型は、既存発電所・設備更新による 出力 増加、未利用落差・活用 拡大等が進んだ場 合 小水力は、自然・社会環境上・障害がある が解決可能とされる地点・開発が進んだ場 合	4847-4931(含 む揚水発電設備容量)。 揚水発電(2594)を 除くと 2253~2337
	小規模				
地熱		108	政府予測（長期エネル ギー需給見通し）	大規模開発について現状の環境規制下の開 発を見込んだ場合（環境規制緩和を見込むと小 型とあわせ140~155万kWになるが、当面は ここまで見込まず）。中小規模は開発が順調 と想定した場合	140~155
バイオ マス	木質	728	政府予測 （長期エネルギー需給見通 し）。廃棄物（一部にバイ オマス分あり）を含む。	想定通り。バイオマスの固定価格買取制度認定 設備容量（今後建設を含む）はRPS制度からの 移行認定とあわせ980万kW。バイオマスの持続 可能性について懸念、ここまでは見込まないこ とにする	602~728
	メタン				

注：表 8-10 は、より詳細な内訳となっている。

表 8-21 GR 戦略における各分野の再エネ熱利用

	2019	2030	2050	2050新技術
産業部門	31PJ	35PJ 産業の熱利用の2%	428PJ 産業の熱利用の約3割	1550PJ (産業熱を再エネシフト)
業務部門	4PJ	101PJ 業務の熱利用の約3割	287PJ 業務の熱利用の全て	
家庭部門	7PJ	173PJ 家庭の熱利用の約3割	446PJ 家庭の熱利用の全て	

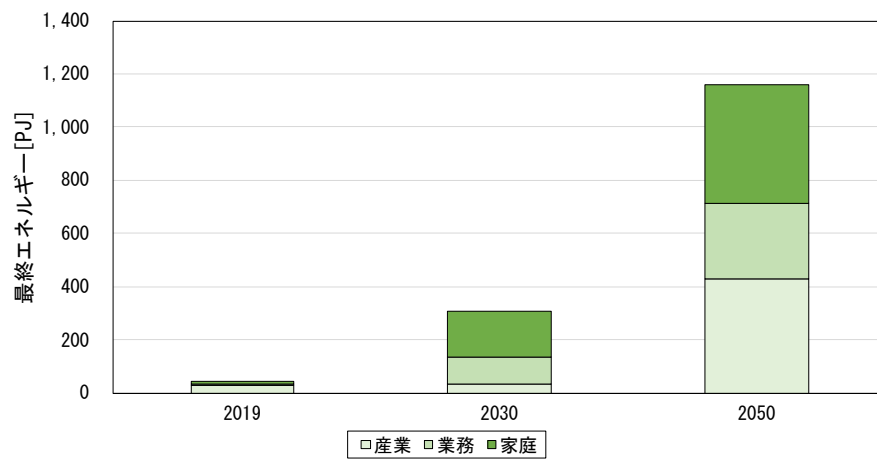


図 8-22 GR 戦略における各分野の再エネ熱利用



9. 参考文献

- 稲澤泉（2016）「日本のエネルギー政策形成過程：発電コスト検証を対象とした過程分析の視点から」日本公共政策学会第20回研究大会発表資料, 2016年6月12日.
- 歌川学（2015）スマート省エネ-低炭素エネルギー社会への転換, 59-68, 東洋書店, 東京
- 大島堅一（2019）「原発の本当のコストを評価する」世界2019年7月号, 岩波書店.
- 気候ネットワーク（2020）日本の温室効果ガス排出の実態：温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度による2016年度データ分析（2020/6/16）
<https://www.kiconet.org/press-release/2020-06-16/analysis-on-ghg-emissions-2016>
- 木村啓二（2019）「日本の太陽光発電の発電コスト：現状と将来推計」自然エネルギー財団報告書, 2019年7月.
https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/Report_SolarCost_201907.pdf
- 環境省（2014）「平成26年度2050年再生可能エネルギー等分散型エネルギー普及可能性検証検討委託業務報告書」.
- 京都大学（2019）「自然エネルギー自給率 95%により 地域社会の経済循環率が7.7倍向上することを実証—宮崎県高原町での実験に基づき地域持続性の効果を検証—」京都大学こころの未来研究センター.
http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research/research_results/2019/documents/190405_1/01.pdf
- グリーンピースジャパン・気候ネットワーク（2018）『石炭汚染マップ』大気汚染シミュレーションから予測される健康影響.
http://www.greenpeace.org/japan/Global/japan/pdf/Health_results_by_plant.pdf
- 倉持壮・明日香壽川（2012）「革新的エネルギー・環境戦略を考える：活動量の見直し、資源の有効利用、グリーン投資によって更なる節エネ・CO₂ 排出削減は可能」, IGES Working Paper CC-2012-01.
http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/4163/attach/IGES_Working_Paper_CC-2012-01.pdf
- 経済産業省（2015a）「長期エネルギー需給見通し」.
- 経済産業省（2015b）「長期エネルギー需給見通し関連資料」, 総合資源エネルギー調査会長期エネルギー需給見通し小委員会資料 3.
- 経済産業省（2016）「各電力会社提出資料(報告徴収資料)」, 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会電力需給検証小委員会第 14 回会合資料 11.
- 経済産業省（2017）「工業統計」.
- 経済産業省（2019a）「バイオマス発電燃料の持続可能性の確認方法を検討するに当たっての論点」, 総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会新エネルギー小委員会バイオマス持続可能性ワーキンググループ第 1 回資料 3.
- 経済産業省（2019b）「電力各社設備一覧等」総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会新エネルギー小委員会/電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会 系統ワーキンググループ（第 24 回）参考資料 1.
- 経済産業省（2020a）「固定価格買取制度：情報公表用ウェブサイト」.
- 経済産業省（2020b）「電力調査統計」.
- 原子力市民委員会（2020）「原発を温存する新たな電力市場の問題点」.

- <http://www.ccnejapan.com/?p=11240>
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構（2014）NEDO編：NEDO 再生可能エネルギー技術白書 第2版，第2章26-31.
- http://www.nedo.go.jp/library/ne_hakusyo_index.html
- システム技術研究所(2013a)「WWF脱炭素社会に向けたエネルギー・シナリオ提案〈費用算定編〉」, WWF ジャパン気候変動・エネルギーグループ委託研究.
- システム技術研究所(2013b)「WWF脱炭素社会に向けたエネルギー・シナリオ提案〈電力系統編〉」, WWF ジャパン気候変動・エネルギーグループ委託研究.
- http://www.wwf.or.jp/activities/climate/cat1277/wwf_re100/
- システム技術研究所（2011）「WWF脱炭素社会に向けたエネルギーシナリオ提案〈中間報告 省エネルギー〉」, WWFジャパン委託研究」（2011年7月）.
- 自然エネルギー財団（2019）「競争力を失う原子力発電 世界各国で自然エネルギーが優位に」.
- https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/190123_NuclearReport_JP.pdf
- 省エネルギーセンター（2014）「産業分野における今後の省エネルギー推進の方向性」，総合資源エネルギー調査会省エネ小委員会第3回資料2，平成26年7月24日.
- http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/sho_ene/pdf/003_02_00.pdf
- 総合資源エネルギー調査会（2013）「電力需給検証報告書」，総合資源エネルギー調査会基本政策分科会 電力需給検証小委員会.
- 総合資源エネルギー調査会（2014）「電力需給検証報告書」，総合資源エネルギー調査会基本政策分科会 電力需給検証小委員会.
- 総合資源エネルギー調査会（2016）「電力需給検証報告書」，総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会電力基本政策小委員会.
- 総合資源エネルギー調査会（2019）「バイオマス持続可能性ワーキンググループ中間整理」.
- 太陽光発電協会（2017）「太陽光発電 2050 年の黎明」.
- 太陽光発電協会（2020）「JPEA ビジョン・PV OUTLOOK 2050 感染症の危機を乗り越え，あたらしい社会へ『太陽光発電の主力電源化への道筋』」.
- WWFジャパン（2018）脱炭素社会に向けた長期シナリオ(2017年版)，(Jun.2018)
- https://www.wwf.or.jp/activities/data/170215LongTermEnergyScenario2017_Final_rev2.pdf
- 竹濱朝美・歌川学（2019）「風力・太陽光発電大量導入による電力需給バランス、2030 年シナリオ」 諸富徹編著『入門 再生可能エネルギーと電力システム：再エネ大量導入時代の次世代ネットワーク』日本評論社.
- 筒井美樹・澤部まどか（2018）「電気料金の国際比較：2016年までのアップデート」電力中央研究所研究資料，NO.Y17504.
- <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/source/pdf/Y17504.pdf>
- 電力広域的運営推進機関（2020a）「電力供給計画 2020」.
- 電力広域的運営推進機関（2020b）「2020～2029 年度の連系線の運用容量（年間計画・長期計画）」.

レポート 2030

豊田陽介（2017）自然エネルギー市民の会 ニュースレター41 号 2017.7.27.

<https://www.parep.org/wp-content/uploads/2017/07/NL41.2.pdf>

南部美智代（2018）「公正な移行とは」気候ネットワーク設立20周年記念フォーラム発表、2018年6月10日.

https://www.kiconet.org/wp/wp-content/uploads/2018/06/Nanbu_presentation.pdf

日本のエネルギー・ミックスと温暖化対策数値目標を考える研究者グループ（JUST）（2017）「日本のエネルギー・ミックスおよび温室効果ガス排出削減数値目標策定プロセスにおける課題と今後の建設的議論のための提言」JUST Issue Paper No.5.

<http://justclimate.jp/posts/108>

日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ（2016）「日本の温暖化対策数値目標引き上げに向けて-課題と対応策の検討-」JUST issue paper No.4.

http://justclimate.jp/download/just_g7ru524

日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ（2015a）「2015 年パリ 合意に向けての日本における温室効果ガス排出削減中長期目標試算の比較分析(1):2011年以降に示された試算結果の比較」

http://www-iam.nies.go.jp/aim/projects_activities/prov/2015_indc/document01.pdf

日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ（2015b）「2015 年パリ 合意に向けての日本における温室効果ガス排出削減中長期目標試算の比較分析(2):試算結果比較からのメッセージ」

http://www-iam.nies.go.jp/aim/projects_activities/prov/2015_indc/document02.pdf

日本のエネルギー・ミックスと温暖化数値目標を考える研究者グループ（2015c）「2030 年省エネ 30%、再エネ電力 35%(発電量割合)、温室効果ガス排出削減 40%(90年比)こそが日本に経済発展をもたらす」

<http://justclimate.jp/download/just-issue-briefing-3>

日本風力発電協会（2016）「風力発電の導入拡大に向けて」.

日本原子力産業協会「原子力産業に関する動向調査（2019年版）」

<https://www.jaif.or.jp/sangyodoukou2019>

日本政府（2020）「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>

朴勝俊・長谷川羽衣子・松尾匡（2020）「反緊縮グリーン・ニューディールとは何か」『環境経済・政策研究』2020年13巻1号, p. 27-41.

https://doi.org/10.14927/reeps.13.1_27

北陸電力（2010）「富山新港火力発電所におけるリブレース計画（LNG 火力の導入）について」.

藤野豊（2019）『「黒い羽根」の戦後史：炭坑合理化政策と失業問題』六花出版.

未来のためのエネルギー転換研究グループ（2019）「原発ゼロ・エネルギー転換戦略」.

<http://energytransition.jp/>

松久保肇（2017）「電源別発電コスト試算—2015年発電コスト検証ワーキンググループの計算に基づく—」CNICトピックス, 2018年12月6日.

9. 参考文献

- <http://www.cnic.jp/7795>
- 安田陽（2016）「電力自由化したら停電が増える？」『環境ビジネス』2016年2月15日号。
<http://www.kankyo-business.jp/column/012154.php>
- 安田陽（2019）「世界の再生可能エネルギーと電力システム系統連系編」インプレス R&D.
- Cohen et al. (2017) “Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015” Lancet 2017; 389: 1907-18.
- E2(2020) CLEAN JOBS AMERICA 2020, APRIL 2020.
<https://e2.org/wp-content/uploads/2020/04/E2-Clean-Jobs-America-2020.pdf>
- NASEO and Energy Future Initiative (2019) U.S. ENERGY AND EMPLOYMENT REPORT 2019: Electric Power Generation
https://static1.squarespace.com/static/5a98cf80ec4eb7c5cd928c61/t/5c7f52f5eef1a1d1dc9ba91a/1551848182986/USEER_EPG_Chapter.pdf
- European Commission (2020) COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Europe’s moment: Repair and Prepare for the Next Generation, Brussels, 27.5.2020 COM(2020) 456 final
<https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-europe-moment-repair-prepare-next-generation.pdf>
- Goto et al. (2017) “Estimation of excess mortality due to long-term exposure to PM2.5 in Japan using a high-resolution model for present and future scenarios”, Atmospheric Environment, Volume 140, September 2016, Pages 320-332.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231016304484>
- Government of Korea (2020) Korean New Deal.
<http://english.moef.go.kr/pc/selectTbPressCenterDtl.do?boardCd=N0001&seq=4948>
<http://english.moef.go.kr/pc/selectTbPressCenterDtl.do?boardCd=N0001&seq=4940>
- Homer-Dixon, T. (1994) Environmental Scarcities and Violent Conflict: Evidence from Cases. International Security, 19(1), 5-40. doi:10.2307/2539147
- International Renewable Energy Agency (2020) Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020.
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA_RE_Jobs_2020.pdf
- International Renewable Energy Agency (2018) Renewable Power Generation Cost in 2017
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf
- IEA (2014) The Power of Transformation（邦訳「電力の変革 風力、太陽光、そして柔軟性のある

電力系統の経済的価値」).

IEA (2016) Re-powering Markets – Market design and regulation during the transition to low-carbon power systems (邦訳「電力市場のリパワリング 低炭素電力システムへの移行期における市場設計と規制」), p33-34.

IEA (2019) Status of Power System Transformation 2019, Power system flexibility, p5.

Jacobson M. Z. et al (2011), Providing global energy with wind, water, solar power, Part 1 & 2, Energy Policy 39, 1154-1190 (2011).

IEA (2020) Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report

<https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery/covid-19-and-energy-setting-the-scene#abstract>

IRENA (2020) Post-COVID recovery: An agenda for resilience, development and equality

<https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Post-COVID-Recovery>

Kuriyama Akihisa and Abe Naoya (2019) “Decarbonisation of the power sector through ‘Just transition’ in Japan: Local direct and indirect employment impact”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 137, March 2021, 110610.

Kuriyama Akihisa (2019) Transition management with “Just Transition” in Japanese power sector, presentation at ISAP2019.

https://www.iges.or.jp/en/publication_documents/pub/presentation/en/10287/Transition_Kuriyama_rev2_EN_print.pdf

Lancet (2018) “The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health”.

[http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736\(17\)32464-9.pdf](http://www.thelancet.com/pdfs/journals/lancet/PIIS0140-6736(17)32464-9.pdf)

Lazard (2020) “Levelized Cost of Energy and Levelized Cost of Storage 2020”, OCT. 19, 2020.

<https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-and-levelized-cost-of-storage-2020/>

Lovins A, Palazzi T, Laemel R, Goldfield E (2018) “Relative deployment rates of renewable and nuclear power: A cautionary tale of two metrics”, Energy Research & Social Science, Volume 38, April 2018, Pages 188-192.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618300598#!>

LUT and EWG (2019) “GLOBAL ENERGY SYSTEM BASED ON 100% RENEWABLE ENERGY: Power, Heat, Transport and Desalination Sectors”, APRIL 2019.

http://energywatchgroup.org/wp-content/uploads/EWG_LUT_100RE_All_Sectors_Global_Report_2019.pdf

Morris Craig (2015) German power bills are low compared to US average, Energy Transition, Newsletter, 26 May 2015.

<https://energytransition.org/2015/05/german-power-bills-low-compared-to-us/>

Phadke Amol, Paliwal Umed, Abhyankar Nikit, McNair Taylor, Paulos Ben, Wooley David, Ric

9. 参考文献

- O' Connell (2020) "2035 The Report: PLUMMETING SOLAR, WIND, AND BATTERY COSTS CAN ACCELERATE OUR CLEAN ELECTRICITY FUTURE" .
<http://www.2035report.com/wp-content/uploads/2020/06/2035-Report.pdf?hsCtaTracking=8a85e9ea-4ed3-4ec0-b4c6-906934306ddb%7Cc68c2ac2-1db0-4d1c-82a1-65ef4daaf6c1>
- S&P Global (2018) "No new nuclear units will be built in US due to high cost: Exelon official, Apr.12, 2018.
<https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/electric-power/041218-no-new-nuclear-units-will-be-built-in-us-due-to-high-cost-exelon-official>
- USEIA (2019) "Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2019" , Feb. 2019.
https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf



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

未来のためのエネルギー転換研究グループ

2021 年 2 月 25 日