

## 第5次エネルギー基本計画（案）に関する研究者としての意見

# 日本でも再エネ 100%の脱炭素社会をつくることは可能

2018年6月7日

日本のエネルギー・ミックスと温暖化対策目標を考える研究者グループ（JUST）\*

- ・二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）などの温室効果ガス的人為的排出がある限り気温は上がり続ける。パリ協定では今世紀後半にゼロ・エミッション社会にすることに合意した。日本もエネルギー・システム転換を急ぐ必要がある。
- ・世界的に再生可能エネルギー（以下では再エネ）の発電コストが最も安価になりつつある。今後は再エネと省エネを中心とした電力網システムが世界の主流となる。日本は政策・普及・技術面で出遅れている。
- ・日本でも、エネルギー総需要削減のもとで2050年のエネルギー・システムを再エネ100%で構成することが可能なことを、私たちの研究グループがシナリオ研究で検証した。
- ・再エネベースの地域分散ネットワーク型エネルギーシステム運営政策の確立が緊急課題であり、その際の再エネシステムの電力変動に関する懸念は、デマンド・レスポンス（需要側調整）、揚水・水素・蓄電池などで調整可能である。
- ・以上から、2018年5月16日に政府が発表した第5次エネルギー基本計画（案）は、技術と経済という両側面から世界と日本の状況を反映しておらず、見直されるべき点を多く含むものだと考えられる。

\*明日香壽川・歌川学・甲斐沼美紀子・高瀬香絵・田村堅太郎・槌屋治紀・外岡豊・西村六善・西岡秀三・増井利彦・松原弘直（50音順）

## はじめに

私たちは、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目標などに関して研究を続けている研究者のグループです。これまで、2030年および2050年における日本のエネルギー・ミックスや温室効果ガス排出削減目標に関して具体的な提言をし、複数の研究ペーパーを発表してきました（JUST HP: <http://justclimate.jp/>および文末の参考文献を参照）。

今回のエネルギー基本計画改訂に関しても、研究レビューに基づいた具体的意見を述べます。

## 1. 意見概要

気候変動枠組条約「パリ協定」では、世界で今世紀後半に世界的人為的温室効果ガス排出ゼロが求められています。すなわち、エネルギーは脱炭素化される必要があります。日本を含む先進国にはこの早期達成が求められています。これを日本でどのような道筋で達成するかの具体的な議論が必要です。

私たちは、研究レビューに基づき、日本における2030年および2050年までのエネルギー需

要および活動度を、実際に起きている社会・産業構造の変化や技術発展による効率向上などに留意しながら細かく推計しました。また、国内の再エネのポテンシャルと導入見通しに関して既存研究を網羅的に調査し、2030年および2050年までの再エネの導入量を想定しました。その結果、国内の再エネ資源によって、2050年の日本のエネルギー需要を100%満たす具体的なシナリオを示すことができました。また、そのシナリオの経済性評価も行ない、中長期的には便益が費用を大きく上回ることも示しました。

したがって、現行の第四次エネルギー基本計画および第五次エネルギー基本計画（案）などで規定されている2030年および2050年の日本のエネルギー・ミックスにおいて、2050年頃の脱炭素を目標にし、2030年には省エネ量および再エネの割合を増加させることや温室効果ガス排出削減目標を引き上げることは可能であり、それは経済合理性という意味でも望ましいと考えられます。

一方、原子力発電は、再エネの導入を妨げ、さらなるコスト上昇が予想されるという意味で中長期的には経済的に不合理な発電エネルギー技術です。私たちがレビューした研究でも、野心的なCO<sub>2</sub>排出削減率を見込む研究ほど、原発稼働および炭素回収・貯留技術（CCS）の利用は考慮していませんでした。

エネルギーや温暖化問題では、長期的な視点や経済合理性に基づいた視点が不可欠です。国際社会においては、そのような考え方を持つ政府、企業、国民が多くなってきており、その結果が再エネ価格の急激な低下であり、世界中で起きているエネルギーや産業構造の大転換です。日本がこのような動きに取り残されないよう、多くの知見を取り入れた従来の延長でない議論が必要です。

## 2. 日本の2050年100%再エネシナリオの研究

研究レビューによると、世界でも日本でも、たとえ現状の資源消費が継続したとしても、再エネ電力・熱の普及と省エネ技術普及によって需要を満たすことができる大きな可能性があります。加えて、これからの日本の社会は人口減少が進むことから、エネルギー需要が低下します。具体的には、エネルギー需要は、2050年には人口減少による活動度の20%の減少、経済成長をしながらデカップリング（経済成長とエネルギー消費の切り離し）による効率の高い最新技術の導入によって20~50%の減少が可能であり、両者を合成すればエネルギー需要はおよそ半減するものと予想されます。このとき下記のように、すべてのエネルギー需要を国内にある再エネによって供給できます。

日本国内では、水力、地熱、風力、太陽光、太陽熱、バイオマスなどの再エネが利用可能です。水力、地熱、太陽光、風力を利用して既存電力需要（照明、空調、モータ、電子機器など）に電力を供給するだけでなく、既存電力需要より大きな電力を発電しておいて、発生する余剰電力を、電気自動車（EV）、燃料電池車（FCV）、低温熱向けヒートポンプ、産業用熱需要への水素利用など、既存の分類では電力により供給されていない最終エネルギー用途に利用することが可能です。また、太陽熱やバイオマスは低中温の熱需要に利用可能です。

これらの可能性を考えると、省エネと再エネを中心にしたエネルギー基本計画を立案することが可能となります。

## 2.1. 省エネルギーのポテンシャル量

世界でも日本でも、火力発電や原子力発電の発電損失や自動車のエンジンの動力損失など大きなエネルギーロスがあり、それらは既に開発されている優良省エネ技術普及で大きく削減できます。一方、日本での省エネポテンシャルは過小評価される傾向があります。しかし、実際には、無駄なエネルギー利用を止める「節エネ」も含めて、大きな省エネポテンシャルが日本にはあります。私たちが国内研究をレビューしたところ、2030年にはエネルギー効率化などにより、最終エネルギーの30%、電力の20%以上を削減との研究が多数ありました。

これらの省エネポテンシャルに関する研究に基づくと、産業部門では、情報機械や情報機器の生産増・輸出増によるエネルギー需要の増大があるものの、材料輸出の減少、建物の長寿命化、情報化（ペーパーレス）による紙パルプ産業の減少、鉄鋼業のリサイクルの増加などによってエネルギー需要は全体として減少します。運輸部門では、電動化によって内燃機関からEVまたはFCVへ移行して効率が4倍になると考えられます。2050年における最終用途エネルギー需要は、これまでの研究レビューに基づいた私たちの試算では、活動度の減少と効率向上によって50%以上減少します。

## 2.2. 再エネのポテンシャル量および導入見通し

現在、世界の再エネ供給量・割合は大きく増加していて、世界では電力も熱利用も約4分の1が再エネで賄われ、特に再エネ電力が急成長しています。世界の将来の再エネ100%の可能性を示す研究も出ています。

日本では固定価格買取制度導入以降、太陽光を中心に再エネ電力が増加、現在、水力、風力、太陽光、地熱の合計で国内電力供給のおよそ15%を占めています。そのポテンシャルの大きさと2050年の導入見通しが、様々な既存研究によって表1のように示されています。

表1 再エネの国内ポテンシャルと導入見通し

	直近年	最大ポテンシャル		2050年導入見通し	
	容量	容量	文献番号	容量	文献番号
水力	2073万kW	4606万kW	①	3135万kW	⑤
太陽光	3340万kW	7億kW	②	2億7249万kW	⑤
風力	317万kW	17億kW	③	1.4億kW	③
地熱	54万kW	1403万kW	④	950万kW	④

注：表中の文献は以下のとおり

- ① 包蔵水力，資源エネルギー庁，2015年.
- ② 再エネ技術白書，NEDO，2014年.
- ③ 平成27年度再エネに関するゾーニング基礎情報整備報告書，環境省.
- ④ 平成26年度再エネに関するゾーニング基礎情報整備報告書，環境省.
- ⑤ H26年度2050年再エネ等分散型エネルギー普及可能性検証検討受託業務，環境省.

私たちが国内研究をレビューしたところ、2030年には一次エネルギーの30%以上、電力では44%以上を再エネで賄えるとの研究が多数ありました（注）。また2050年には100%再エネ転換

の研究もあります。

将来の再エネによる供給量は、現在のエネルギー基本計画で示されている供給量よりも大きいというのが多くの既存研究の結論です。

注：経済産業省の長期エネルギー需給見通しでは再エネと原子力で2030年に電力の44%を賄うことになっています。

### 2.3. 変動する再エネ電源の調整

太陽光・風力など変動する再エネ電力の発電量予測技術が進み、今日では現実に国・地域によっても多くの変動再エネ電力を送電網に受け入れています。

電力需要は、2015年から2050年に、60%ほどに減少します。この需要に対して、前述の供給ポテンシャルを考慮すれば、すべて再エネによって供給することが可能です。

太陽光と風力は変動しますが、晴れの日には風は弱く、雨天の日には風が強いという特徴があります。また、夏は太陽光が強いが風力は弱く、冬は太陽光が弱いが風力は強い、という特徴もあります。すなわち、太陽光と風力は互いに補完的な関係にあり、私たちの計算では、年間発電量をおよそ太陽光2：風力1に組み合わせれば最も効果的な利用となります。

これらより、2050年には、水力、地熱、太陽光、風力を組み合わせることでエネルギー供給は十分に可能となります。この条件で、1時間ごとの気象データ（AMEDAS）を用いた1年間のダイナミックシミュレーションを行ったところ、EVなども含むバッテリーと既存の揚水発電を用いれば、変動する再エネによる供給量を調整できることも示されました。以上の計算に関しては、下記の研究論文で詳細に述べられています（樋屋 2011）。

このような想定のもとでは、2050年の総発電量は既存電力需要（556TWh）を満たすほかに、余剰電力（361TWh）をEV用電力、FCV用の水素生産、産業用熱需要、低温熱向けヒートポンプ用電力として利用することが可能となります（損失として79TWhを計上しています）。残りの低中温熱需要には、太陽熱とバイオマスを利用します。

なお、IEA報告書「The Power of Transformation（電力の変革、風力、太陽光、そして柔軟性のある電力システムの経済的価値）」（IEA 2014）では、太陽光と風力などの変動電源の系統連系において、現時点で適用可能な柔軟性（需給調整）対策の総合的な評価に基づくと、変動電源の高い導入シェア（変動電源の発電量割合として40%まで）は、長期的には電力システムにかかる費用コストの大きな増加なしで実現できるとしています。また、その実現の障害となっているのは、1) 変動電源統合を既存系統への付加と考える古典的かつ保守的な見方の存在、2) このような転換で起きる勝ち組と負け組の発生、の二つをあげています。すなわち、変動電源の系統接続の問題は、技術的な問題というよりも、既存企業の権益をどれだけ保護するべきかという政治的な問題だとしています。

### 2.4. 各発電エネルギー技術の発電システムコスト

現在、再エネのコスト低下が急激に進行しています。国際再生可能エネルギー機関（IRENA）は2017年までに風力、水力、地熱などは火力より安く、太陽光と洋上風力も火力のコスト範囲にまで発電コストが低下、今後もコスト低下が続き、近く再エネは最も安い電源になるだろうと指摘しています（IRENA 2018）。

日本でも普及の進む太陽光発電でコストの低下がみられています。一方、火力発電や原発はコストが今後も上昇すると予測され、将来は再エネ転換の方がコストは低下すると多くの研究が予測しています。

今後の日本における太陽光発電システムのコスト低下は、学習曲線によって分析されています（榎屋 2016）。この分析によると、太陽光発電の場合、1979-2015年の期間に累積生産量が2倍になった場合のコスト低下割合（習熟率）はおよそ80%です。この傾向はまだ続いてゆくと思われ、風力発電についても同様の傾向がみられます。

また、化石燃料価格の上昇割合と再エネのコスト低下割合を学習曲線によって比較評価することにより、省エネと再エネを中心とした経済合理性のあるエネルギー計画が可能です。

なお、日本の再エネの発電コストが他の国に比較して高いのは事実です。一方、たとえば米国では、補助金なしでも、再エネの発電コストは、他の発電エネルギー技術と比較して同等あるいはより安価になっています（Lazard 2017）。このような状況は、1) 再エネのコモディティ化がさらに進む、2) 日本で再エネの発電コストを高くしている制度的問題がなくなる、などによって、いずれ日本でも確実に実現されるはずです。

## 2.5. 再エネを中核とする炭素中立社会構築に向けて今やるべき政策

以上から、私たちは以下の政策の早急な実施が好ましいと考えます。

- ① 気候安定化・エネルギー地産地消・コスト低下・危険分散の面で今後再エネへの移行は必然である。再エネを中核にしたシナリオをベースにした長期政策体系を早急に打ち立てて、産業界・地方自治体・市民社会への明快なシグナルを出す。
- ② 地域分散型エネルギーの効果的運営のためのインフラ整備と送配電ネットワークの有効利用を進め、市民参加の運用ルールを明確化する。
- ③ 再エネ推進に炭素価格付けを適用する。

## 2.6. まとめ

以上で述べたように、現行の第4次エネルギー基本計画および2018年5月16日に政府が発表した第5次エネルギー基本計画（案）で規定されている2030年および2050年の日本のエネルギー・ミックスにおいて、省エネ量および再エネの割合を増加させることや温室効果ガス排出削減目標を引き上げることは可能です。同時に、それは発電システムコストから見た経済合理性という意味でも望ましいと考えられます。

## 参考文献：

IEA（2014）“The Power of Transformation（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) ”.

[http://www.nedo.go.jp/library/denryoku\\_henkaku.html](http://www.nedo.go.jp/library/denryoku_henkaku.html)

IRENA (2018) Renewable Power Generation Costs in 2017.

<http://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017>

JUST (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) (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>

JUST (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) (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－」

[http://justclimate.jp/download/just\\_g7ru524](http://justclimate.jp/download/just_g7ru524)

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

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

JUST (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」

<https://www.dropbox.com/s/1dvsbipzlv92pa/JUST%20issue%20briefing%20%233.pdf?dl=0>

Lazard (2017) “Lazards levelized cost of energy analysis ver.11.0” .

<http://www.lazard.com/media/450337/lazard-levelized-cost-of-energy-version-110.pdf>

樋屋治紀 (2011) 「日本における再エネによる電力供給法」, 日本太陽エネルギー学会誌, 37(6): 49-54, 2011.

樋屋治紀 (2016) 「太陽光発電システムコストの学習曲線による分析」, 日本太陽エネルギー学会誌, Vol.42, No.5, 2016.