

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－

2016 年 5 月 25 日

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
(Japan's Union of Concerned Scientists on Energy-Mix and Climate Target: JUST)

要旨

- ・ 現在、国際社会が掲げる 2°C/1.5°C 目標の達成のためには、各国が約束草案の中の GHG 排出数値目標を上方修正することが喫緊の課題となっている。
- ・ 世界においてはコスト低下などによって再エネが大幅に導入され、省エネと共に雇用拡大や経済成長を推し進めている。一方、中国などの途上国においても化石燃料発電量は頭打ちになっており、原子力発電はコストが一段と増大している。
- ・ しかし、日本の気候変動・エネルギー政策は、このような世界の動きに逆行している。省エネや再エネの導入量は不十分である一方、原子力発電の導入量は過大に見積もられている。先進国で石炭火力発電所の大幅な増設を計画しているのは日本のみである。
- ・ 筆者らの計算によると、日本の約束草案が想定する電源構成と整合する電力業界が自主的に定める使用端における CO₂ 排出原単位目標値 (0.37kgCO₂/kWh) 以下に抑えるためには、すべての稼働可能な日本の石炭火力発電所の設備利用率を平均 56% 以下にする必要がある。実際には低効率の設備の運用を抑えるといった措置が期待されるものの、電力会社があえて採算性を無視して低い稼働率での運転や低効率の設備の早期稼働停止を自主的に実施するとは想定しにくい。
- ・ すなわち、現行の自主的枠組みとその実行性・透明性を促す政策的措置だけでは約束草案の目標達成すら不十分と考えられる。目標達成に向けた取り組みが進まない場合には、電力会社単位での排出原単位及び稼働率の目標の組み合わせや排出総量目標といった排出量そのものを規制する法的措置が検討される。
- ・ 本稿で明らかにした省エネ、再エネ、原発などの導入ポテンシャルを参考にしながら、エネルギー温暖化政策が抜本的に再構築されることを要望する。同時に、民間企業は世界的に化石燃料規制の強化や電力システムの自由化が進む中、政府の方針に関係なく、長期的な視点に基づいて経営計画や投資計画を策定することが期待される。

執筆者 (50 音順)

明日香壽川、上園昌武、歌川学、甲斐沼美紀子、栗山昭久、鈴木暢大、田村堅太郎、槌屋治紀、外岡豊、西岡秀三、西村六善、朴勝俊、増井利彦、松原弘直、吉野まどか、脇山尚子

<Summary>

- The immediate challenge of the international society is to ratchet-up the quantified GHG emission reduction target contained in each country's NDC, in order to fulfill the current global target of 2°C/1.5°C;
- The world is striving for the large scale introduction of renewable energies due to cost reduction and other factors, while saving energies, creating more jobs, and promoting economic growth. At the same time, developing countries such as China have seen the slow-down in the growth of fossil fuel power generation. Cost increase in nuclear power is also quite certain.
- Japanese climate change and energy policies, however, are regressing against such global trend. Its energy savings and renewable energy introduction are insufficient, while it overestimates the introduction of nuclear power. Japan is the only country among developed countries that plans to significantly increase the construction of new coal-fired power plants.
- According to the authors' estimates, Japan needs to reduce the utilization rate of all operable coal-fired power plants by 56% or less in average, in order to achieve the voluntary CO₂ emission intensity target of 0.37kgCO₂/kWh by power sector to achieve the electricity mix as indicated in its NDC. However, it is quite unlikely that utility companies are to voluntarily reduce the operation rate or implement early shut-down of their coal power plants in ignorance of profitability.
- This means that current voluntary framework and policy measures would not be sufficient to fulfill the NDC target of Japan. In case that the actions taken are not adequate enough, some legislative measures to regulate emissions themselves would be required in power generation sector, including the combination of measures to regulate emission intensity and operation rate or gross emission target for each utility company.
- The authors anticipate the Government of Japan to implement the revision of its energy and global warming policies, in reference to the potentials of introducing energy savings, renewables and nuclear powers identified in this article. At the same time, private companies in Japan are requested to develop their management plans and investment plans from long term perspectives, regardless of government policies, as the regulation of fossil fuel use is strengthened and deregulation of power sector progresses.

1.はじめに

2015 年 12 月 12 日、2020 年以降の気候変動対策の国際枠組みであるパリ協定がされた。協定には、1) 世界の平均気温上昇を工業化以前から 2°C より十分低く抑制、2) 1.5°C 未満への努力を継続、3) 21 世紀後半に人為的な温室効果ガス (GHG) の排出量と吸収量のバランスを達成 (事実上の人為的排出量ゼロ)、などの法的拘束力を含む目標が書き込まれている。

特に、1.5°C 目標が書き込まれた意義は大きい。これは、各国が GHG 排出削減数値目標を大幅に引き上げる必要性を示し、具体的には化石燃料の大部分が採掘されずに座礁資産として地下に残ることを要求している。実際、化石燃料会社からの投資撤退 (ダイベストメント) 運動が加速しており、中国などの途上国においても石炭消費は頭打ちになっている。企業活動が気候変動を増大させるリスクなどに関する情報開示要求も高まっており¹、気候変動問題に関する国や企業の不法行為に対する訴訟で原告が勝訴した例もでてきている²。

日本政府は、パリ協定採択の前に、日本の約束草案として「2030 年までに GHG 排出量の 2013 年比 26%削減」を約束草案として決定しており、「エネルギー需給見通し (2015 年 7 月 16 日決定)」をもとに、2030 年の総発電電力量を 1065 TWh、その内訳として火力発電 56%、再生可能エネルギー (以下再エネ) 発電 22%~24%、原子力発電 20%~22%を示している。2016 年 2 月 8 日には、日本の GHG 排出量の約 4 割を占める電力部門における石炭火力発電の大幅な新設を容認した。一方で、2016 年 5 月 13 日に閣議決定された「地球温暖化対策計画」では、2050 年の GHG 排出量を 80%削減することを目指すとしており、こうしたさらに長期の目標との整合性を検討することが必要となっている。

本稿では、このような状況の下、日本の約束草案の中にある GHG 排出削減数値目標の引き上げを念頭に、現在の日本の温暖化対策における省エネルギー (以下省エネ)、原子力発電、石炭火力発電、再エネの 4 つについてそれぞれ具体的な課題と対応策を検討する。

¹ 2015 年 12 月時点で、ダイベストメントを実施している組織は、企業、金融・保険機関、年金基金、投資家、地方自治体、財団、教会など 500 以上で、その保有資産合計額は約 420 兆円に達する。また、2015 年 11 月、世界各国の中央銀行や金融監督当局の代表が参加する金融安定理事会は、世界の金融システムが抱える気候変動関連リスクの把握、企業が開示すべき情報の特定、具体的なリスク削減策の提言などを目的とするタスクフォースを立ち上げた。さらに、2015 年 7 月、フランスで制定された「エネルギー転換法」では、機関投資家などに対して「投資ポートフォリオと世界の GHG 排出削減目標などとの整合性」等に関する情報開示を要求している (詳細は、明日香 2016 などを参照のこと)。

² 例えば、2015 年 6 月、オランダのハーグ地方裁判所は「オランダ政府は GHG 排出削減をより積極的に進めなければならない」という市民団体の訴えを認めた (オランダ政府は上訴を検討中)。

コラム：世界全体の取り組みの定期的な検証と各国 GHG 削減目標の引き上げ

COP21 における合意の画期的な点として、長期目標の設定と、長期目標達成に向けた世界全体の進捗状況の検証を行う「グローバル・ストックテイク」の設置がある。まず、パリ協定の緩和に関する長期目標として、「地球の平均気温を産業革命以前と比べて 2℃より十分低く、1.5℃以内に抑えるべく努力する（パリ協定 2 条 1 項（a））」ことが規定された。これは特に気候変動の影響を受けやすい国・地域が強く求めていた 1.5℃目標を含む点で多くの国から歓迎された。

一方、各国が現在掲げる 2020 年以降の GHG 排出削減の約束草案では、1.5℃も 2℃の長期目標も達成が困難であることが指摘されている。そのため、各国には約束草案の GHG 排出削減目標の引き上げなどの取り組み強化が求められる。削減目標の引き上げの機会として、まず各国は、2020 年までに 2030 年目標の更新あるいは新規提出を行うことになっている。また、2020 年までに、各国には「長期低 GHG 排出発展戦略」の策定・提出も求められている。これらは長期的な国の発展計画と気候変動緩和策の整合性を担保していく機会となる。さらに、世界全体における総合的な取り組み状況を評価する場として、2018 年には「促進的対話」が、2023 年以降には 5 年毎に「グローバル・ストックテイク」が実施される。この世界全体の進捗検証の実施方法については、2016 年 5 月の国連気候変動会合にて交渉が開始される。全体進捗の正確な把握のためにも、まず個々の取り組みの透明性の向上およびその情報共有が重要である。同時に、各国においては削減約束および取り組みを強化することが必要とされる。

2. 省エネ

日本の「長期エネルギー需給見通し」および約束草案における省エネ対策には、主に 3 つの課題がある。

1) 部門間バランスを欠いた対策

最終エネルギー消費の割合が最も大きい産業部門における省エネ対策が小さい。最終エネルギー消費の 5 割近くを占める産業部門は、政府が示すような「省エネ徹底」後も 2030 年に 2013 年よりもエネルギー消費量 13%増加すると想定されている（これは大量生産社会が継続するという想定も影響している。「将来のマクロフレームに関して」参照）。想定された省エネ対策を示す 2030 年レファレンス・ケース³比較の省エネ徹底ケースの削減率は、産業部門では 6%にすぎない。一方、割合が小さい業務・運輸・家庭部門にはレファレンス・ケースに対し 19～24%削減と、相対的に厳しい対策が求められている。エネルギー消費の大きな部門で小さい対策、エネルギー消費の小さい部門で相対的に大きな対策という削減率の差は対策の実効性、公平性に欠け、経済的な合理性という観点からも改善の余地がある。

³ レファレンス・ケースは、対策なしあるいは対策が不十分な場合に相当する。

2) 近年実績より大きな電力シフト～熱は減少

「長期需給見通し」および約束草案のエネルギー・ミックスでは、燃料から電力への大きなシフト（電力シフト）および電力需要の増加が想定されている。活動量あたり電力消費量が拡大する傾向は 1990 年代にみられ、業務部門で床面積比電力消費量が 1.5 倍、家庭部門で世帯数比電力消費量が 1.2 倍になった。しかし、業務部門は 2000 年度以降ほぼ横ばい、家庭部門は 2010 年度以降逆に減少した。2000 年以前のような大規模な電力シフトが今後発生するかについてはさらなる検証が必要である。

なお、仮に電力シフトが生じれば熱利用は減少するため、エネルギー消費全体は大きく増加しない。たとえば、政府想定のリファレンス・ケースでは、2030 年に電力消費は 2013 年比 22% 増加が見込まれているものの、電力シフトの分だけ熱利用は減少し、電気・熱・運輸燃料をあわせた最終エネルギー消費は 4% 増加のみである。

3) 不十分な省エネ

日本のエネルギー・ミックスと温暖化対策数値目標に関する国内研究レビューによれば、BAU 比あるいは 2008 ないし 2010 年比で 2030 年に最終エネルギー消費を約 3 割あるいはそれ以上削減可能とする試算は複数ある（JUST 2015a,b）。これらの試算では、産業部門においても政府および各業界計画の想定よりも大きな技術対策を見込む反面、開発前あるいは商業化前の新技術の導入は想定していない。このような試算の一つである外岡ら（2015）は、長期エネルギー需給見通しの検討過程で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に参考資料として提出されている。以下に数値を引用したのは、この外岡ら（2015）によって示された政府の「長期エネルギー需給見通し」における省エネ想定に対して追加的に上乗せ可能な各分野における具体的な省エネ対策および省エネ可能量である⁴。

a) エネルギー転換部門

火力発電のロス日本のエネルギー・ロスの中で最大である。特に、石炭火力と石油火力は発電効率が低くロスが大きい。すなわち、1) 旧型火力を廃止し再生エネに転換する⁵、2) 分散型火力（ガスコジェネなど）へ転換し排熱を利用し総合効率を上げる、3) 低効率な石炭火力・石油火力および旧型 LNG 火力を、発電効率の高いコンバインド・サイクル LNG 火力へ転換する、などの対策をとれば大幅な省エネが期待できる（JUST 2015a,b）⁶。

⁴ 政府の数値は、その後に公表された「中間とりまとめ」に向け、合計が BAU 比 5030 万 kl に修正された。

⁵ 再生可能エネルギー電力（バイオマスを除く）は火力のような発電ロスはない。原子力は発電効率が低く（30～35%）コジェネ利用も困難である。日本のエネルギー統計は、火力発電の平均の発電ロスが、再生可能エネルギーや原子力にも発生すると想定してつくられている。このため、日本の総合エネルギー統計においては再生可能エネルギー拡大、原子力縮小による発電ロス縮小・省エネ効果を把握・確認できないので、IEA 統計などを参照して確認することになる。

⁶ 火力も小規模にしてかつ熱利用を伴うことが望ましい。大型火力の場合、LNG 火力は発電効率が 54%（高位発熱量）のものが商業運転中である。石炭火力は燃料の性質で CO₂ を LNG の 1.8 倍排出するだけでなく、発電効率も最高で 43% しかない（低品位炭の場合にはさらに低くなる可能性がある）。今後、多額の資金を投入し技術開発を行っても、CO₂ 排出係数で LNG 火発レベルの実現は CCS を使わない限り不可能であ

コラム：将来のマクロフレームに関して

GHG 排出削減数値目標策定の際には、人口や経済成長率などのマクロフレームの想定が重要な要素となる。以下では、日本の約束草案の策定プロセスで用いられたマクロフレームについて確認する⁷。

人口に関する想定は、国立社会保障・人口問題研究所（2012）の中位推計が利用されている。家庭部門の推計で重要となる世帯数については、国立社会保障・人口問題研究所（2013）の推計をもとに、住民基本台帳調査の値を用いて補正されている。

経済成長に関する想定は、内閣府（2015）の経済再生ケースにおいて想定されている 2013～2022 年度の実質経済成長率の平均である年率 1.7%が 2024 年度以降に適用され、2030 年度の実質 GDP は 711 兆円（2005 年価格）とされている。

主要産業の 2030 年度における活動水準に関する想定は、粗鋼生産量が 1.2 億トン（2013 年度は 1.1 億トン）、エチレン生産量が 570 万トン（同 680 万トン）、セメント生産量が 5600 万トン（同 6200 万トン）、紙・板紙生産量が 2700 万トン（同 2700 万トン）とされている。一方、業務床面積は 19.71 億 m²、旅客需要は 1.41 兆人 km（同 1.46 兆人 km）、貨物需要は 5200 億トン km（同 4200 億トン km）と想定されている。

なお、経済成長率に関して内閣府（2015）では、経済再生ケースのほかにベースラインケースも提示されており、その場合の経済成長率は年率 0.8%である。なお、1 年後の内閣府（2016）では、経済再生ケースでも同期間の経済成長率は年率 1.5%に更新（下方修正）されている。人口や世帯数の将来推計についても、出生率や生残率等によってその値は変化する。こうした将来の見通しの幅や更新は、将来における活動の見通しが極めて不確実であることを示している。したがって、様々な想定に基づいて対策の検討を行うことが必要であり、低成長や高成長にかかわらず低炭素社会への移行に向けたイノベーションの創出と省エネ機器等への転換がおこるような制度の構築や政策の提案が重要となる。

b) 産業部門

政府のエネルギー・ミックスでは、2030 年に省エネ徹底ケースでの削減率は 6%（レファレンス・ケース比）である。しかし、これより大きな対策可能性を指摘する多くの研究がある（JUST 2015a,b）。

産業部門とりわけ工場については冷凍空調技術や熱回収利用技術の進展が顕著である。電力消費においてもインバータ化など出力調整技術が進展している。これらの技術を導入することで旧型設備に比較してエネルギー消費量の 2～3 割、もしくはそれ以上の省エネが可能である（JUST 2015a,b）。

一方、製造業の工場の多くにおいて旧型機器や出力調整できないエネルギー浪費型システムが残る。設備の老朽化も目立ち、工場内の配管断熱が劣化し、工場全体のエネルギーの 11%が失われているという報告もある（省エネルギー・センター 2014）。2008 年に省エネ法ベンチマークが導入され、2011 年からは業種ごとの優良事業者レベルのエネルギー原単位と平均原単位

る。また発電効率も LNG 火力が商業運転で実現しているレベルの実現も難しいか、かなり遠い将来のことで、2030 年にはもちろん、2050 年の削減対策にも間に合わない。

⁷ より詳細な情報や数値は、資源エネルギー庁（2015）を参照のこと。

が公表⁸されて当該業種の省エネ対策の可能性が確認されるようになった。全工場が利用可能な最良の技術を導入すれば、業種平均エネルギー原単位は「省エネ法ベンチマーク」の優良レベルをはるかに超えて改善されるが、「省エネ法ベンチマーク」実現程度の対策でも、高炉製鉄で約 10%、電炉普通鋼で約 30%、セメント製造業で約 6%の削減が見込める（JUST 2015a,b）。これに対し、政府の「長期エネルギー需給見通し」のベースとなっている素材製造業界の「低炭素社会実行計画」の中の省エネ目標は、2020 年目標でも省エネ法ベンチマークや省エネ法努力目標よりもはるかに低いものとなっている。

c) 業務・家庭・運輸部門

政府のエネルギー・ミックスでは、業務・運輸・家庭部門には 2030 年にレファレンス・ケースに対し、省エネ徹底ケースで 19～24%のエネルギー消費削減が想定されている。これは産業部門の削減率の 3～4 倍だが、さらに高い削減可能性を指摘する研究もある（JUST 2015a,b）。

業務・家庭部門では冷凍空調や照明技術を旧式から最新設備へと更新することによりエネルギー消費量が半減以下になる対策例がある。運輸部門のエネルギー消費の 9 割を占める自動車では、ガソリン車においてエンジン本体とシステム技術を組み合わせ、2020 年規制を大きく上回る燃費を実現する省エネ車が実現される可能性が高い。乗用車の場合は 2016 年初頭で既に大半の区分で 2020 年基準値を上回る車種が商業化されている。また小型化によっても燃費改善が可能である（JUST 2015a,b）。

表 1 は、外岡ら（2015）が試算した各分野における 2030 年までに上乘せ可能な省エネ対策の具体的な内容と省エネ量をまとめたものである⁹。

⁸ 平均より標準偏差だけよいレベル、すなわち正規分布の場合偏差値 60 相当のレベルである。また省エネ法では事業者単位で点検しているが、実際には同じ事業者内でもエネルギー原単位に大きな差があり、効率が高い事業所と効率が低い事業所が混在している。利用可能な最良の技術を全て導入すると事業所単位の効率トップ、正規分布でいえば偏差値 75 相当あるいはそれ以上（現状のトップ工場といえども全ての利用可能な最良の技術を導入済みとは限らない）になり、省エネ法ベンチマークレベルを凌駕する。

⁹ 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（第 3 回会合）資料 6「2030 年の省エネ量の試算について」および「長期エネルギー需給見通し」より作成した。

表 1 長期エネルギー需給見通しでの省エネ対策に上乗せ可能な対策

	長期エネルギー需給見通し 想定	上乗せ可能な対策		主な対策の差
		合計	需給見通し 対策比	
エネルギー 転換部門	▲385 ¹⁰	▲4,290	▲3,905	電力消費 20%減による発電ロス減(▲2,600) 旧型 LNG 火力コンバインド・サイクル化(▲1,400)
産業部門	▲758 ¹¹	▲2,553	▲1,794	素材製造業が省エネ法ベンチマーク達成(▲520) 電炉割合 10%向上 (▲410)、配管断熱強化・熱回 収強化・インバータ化等システム向上・ユーティ リティ設備効率改善等 (▲670)
業務部門	▲1,327 ¹²	▲2,989	▲1,662	冷暖房設備更新改修 (▲520)、断熱建築 (▲340)、 給湯設備更新改修小口化 (▲190)、電気設備改修 インバータ化 (▲170) など
家庭部門	▲1,238 ¹³	▲1,666	▲428	断熱建築 (▲130) など
運輸部門	▲1,314 ¹⁴	▲2,952	▲1,638	次世代車導入・ガソリン車燃費向上(▲1,021)など
一次エネルギー	▲5,022	▲14,448 (▲25%)	▲9,426	
最終エネルギー	▲4,633	▲10,159 (▲29%)	▲5,521	

単位：原油換算万 kl

なお、これらの大部分は費用対効果の高い対策である。例えば、システム技術研究所（2013）は、日本経団連の「自主行動計画」のフォローアップ報告を参考に、1989～2012 年に行われた省エネ設備投資と、これにより生じたエネルギー消費の減少との関係から産業部門全体としての省エネ投資の収支を推計している。この推計によると、省エネ設備投資は今後 40 年間（2010～2050 年）で合計 210 兆円となるものの、光熱費などが約 400 兆円節約される。すなわち、正味費用はマイナス 188 兆円となり、これだけの金額が利益になる。これ以外にも、2011 年以降の国内研究で、2030 年までに最終エネルギーで 2010 年比 30%以上、電力消費で 2010 年比 25%以上、産業部門のエネルギー消費で 2010 年比 20%以上の削減が費用効果的な対策により可能との試算が多数ある¹⁵。前述の工場での配管断熱の老朽化によるエネルギー・ロス（製造業全体で

¹⁰ 政府対策想定は最終的に 747.1 万 kl に増加。主な対策はコジェネレーション導入追加と石油製品石炭製品製造業の対策。右欄追加対策との重複はほとんどない。

¹¹ 政府対策想定は最終的に 1042 万 kl に増加。業種横断の燃料の省エネ（ヒートポンプ導入強化）などを強化しており、右の追加対策との重複可能性は一部にとどまる。

¹² 政府対策想定は最終的に 1226.5 万 kl に減少。主に断熱対策が減少。右の追加対策量も増加。

¹³ 政府対策想定は最終的に 1160.7 万 kl に減少。主に断熱対策が減少。右の追加対策量も増加。

¹⁴ 政府対策想定は最終的に 1607.1 万 kl に増加。増加は自動車燃費向上以外の対策であり、右の追加対策との重複可能性は一部にとどまる。

¹⁵ 具体的な試算例やその内容に関しては JUST（2015a, b）を参照のこと。

のエネルギーの 11%) も、その投資の大部分が 5 年、ものによっては 1 年以内に回収可能である¹⁶。

3. 原子力発電

原子力発電においては、再稼働や新設に関する想定に大きな課題が残されている。長期エネルギー需給見通して示されている 213~234TWh の発電量を確保するには、運転期間制限年数の 40 年を超えた原子炉を 14 基稼働¹⁷した上で、合計で 33~35 基程度の原子炉を稼働する必要がある。しかし、この 33~35 基の中には難燃性のケーブル対策や数十万人の避難計画の策定、周辺住民からの訴訟可能性など、地域社会からの受容性に問題を多く抱えた原子炉が 17 基含まれている。例えば、Wakiyama and Kuriyama (2015) は、1) 原子炉の耐用年数、2) 新たに発見された活断層への対応、3) フィルター付きベント装着など費用的に不確定な要素の存在、4) 再稼働に対する訴訟や立地場所の県知事からの認可といった地域社会からの受容性、などを考慮すると、仮に原子力規制庁による新規制基準が妥当だとしても 2030 年における原子炉の発電量は最大に見積もった場合で 130TWh に過ぎない想定する。これは、日本政府が約束草案で想定する原子力発電量の半分以下である (図 1)¹⁸。

¹⁶ 費用対効果の計算においては割引率が重要な変数となる。筆者らは、省エネなどの投資を検討する際に用いるべき割引率は 3% などの低い数値を想定することが、実際の投資の判断にも役立ち、かつ社会全体にとっても望ましいと考える。この考え方は一般的であり、例えば米国の予算管理局も、温暖化対策の費用対効果を計算する際に、個人消費の場合は 3%、企業投資の場合は 7% の割引率をそれぞれ使うよう推奨している (State of Minnesota Office of Administrative Hearing for the public utilities commission 2016)。なお、米国政府は温暖化の被害コストである炭素の社会的コスト (Social Cost of Carbon) の計算では 2.5~5% の割引率を用いている (US White House 2016)。

¹⁷ 60 年まで稼働と想定している。また、各原子炉の稼働率は電力会社ごとの震災前過去 30 年間の設備利用率平均を用いた。

¹⁸ この図 1 では、沸騰水型原子炉 (BWR: Boiling Water Reactor) が適合性審査に合格するにはフィルター付きベントの装着が必要であり、安全性を高めるための費用が加圧水型原子炉 (PWR: Pressured Water Reactor) よりも高いことなどから、両者を分けて数値を示している。各原子炉の個別評価については、Wakiyama and Kuriyama (2015) を参照されたい。

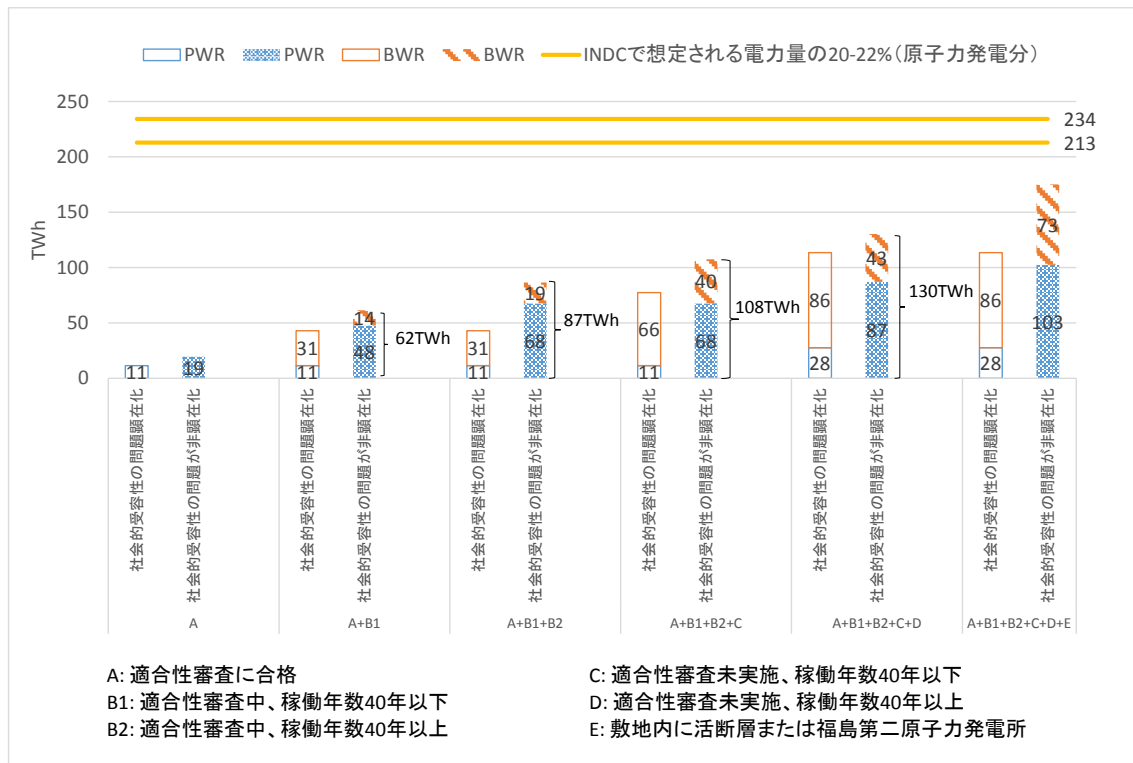


図 1 原子力発電の費用的不確定要素・地域社会からの受容性別発電量

出典：Wakiyama and Kuriyama (2015) をもとに作成

4. 石炭火力発電

1) CO₂ 排出量目標不達成の可能性大

稼働年数 40 年超の老朽設備を順次廃止する一方で、現在明らかになっている新規建設及びリプレースを含む石炭火力発電所の計画を実行した場合、排出原単位に関する自主目標や長期エネルギー需給見通しに記載される火力発電量を超えてしまう可能性が高い。例えば、栗山・田村 (2016) によると、長期エネルギー需給見通しを基に日本の約束草案が想定する石炭火力発電所からの CO₂ 排出量目標値以下に抑えるためには、すべての稼働可能な石炭火力発電所の設備利用率を平均 56%以下にする必要がある。さらに、ガス火力発電の建設計画数も増加しており、同様に約束草案で定めるガス火力発電所からの CO₂ 排出量目標値以下に抑えるためには、全てのガス火力発電所の設備利用率を平均 43%以下に抑える必要がある。

これらの設備利用率は発電単価を計算する際に想定されている稼働率の数値よりも低い数値である。これを達成するには、既存火力は稼働年数 30 年前後で廃止、新設も投資回収が終わったら早期廃止といった対応が理論的には考えられる。しかし、電力会社が採算性を考慮せずに、稼働年数を短くしたり、稼働率を下げて発電所を運転したりすることは想定しにくい。新設の早期廃止も想定しがたく、電力会社間の調整は困難を極めると予想される。したがって、現在の日本の約束草案を順守するというレベルの温暖化対策においてさえも、現行の自主的枠組み

とその実行性・透明性を促す政策的措置だけでは明らかに不十分であり、電力業界が掲げる自主目標が達成されない場合には、個別の電力会社単位での排出原単位及び稼働率の目標の組み合わせや排出総量目標といった排出量そのものを規制する法的措置が必要とされる。

2) 長期目標(2050 年目標)との不整合

仮に、既存及び現在計画されている石炭・ガス火力発電所がそれぞれ 56%、43%という低い設備利用率で稼働し、稼働年数が 40 年を超えた発電所を廃止したとしても、2050 年における CO₂ 排出量は石炭火力発電所からは 1.04 億 tCO₂、ガス火力発電所からは 0.55 億 tCO₂ となる（栗山・田村 2016）。これは 2050 年 80%削減目標における排出量上限の 59～64%に相当する（現在の発電部門の排出量割合は約 40%）。つまり、2030 年目標を自主的計画及びそれを促す政策的措置を講じて達成した場合でも、火力発電所の早期廃止や炭素回収・貯留（CCS）技術の導入がなされなければ、2050 年には発電設備追加分のロックイン効果が顕著に現れ、発電部門での排出割合は突出することになる。

3) 自主目標達成の不確実性

電力業界の自主的枠組みは電力業界全体の排出量が自主目標よりも上回ることが判明した際には、電気事業低炭素社会協議会が各会員事業者の計画見直しを要求することになっている。しかし、その具体的な手法や達成されなかった場合の措置が明確ではない。また、電力業界が掲げる自主的枠組みの実効性・透明性の向上を引き続き促すことを目的として、経済産業省がこれまでに講じた政策措置の一つに、現在利用可能な技術（BAT）の最高効率を前提とした火力発電の発電効率や発電量目標がある。しかし、これまでの実際の運用経験などを鑑みると、0.37 kgCO₂/kWh という電力部門における排出原単位目標達成の信頼性には疑問が残る。さらに、今回の「地球温暖化対策計画」における自主的枠組み及び政策措置の中では炭素回収貯留技術（CCS）に関する方針が具体化されていない。すなわち、CCS 導入が必要となった場合の対策の遅れや CCS 導入が想定されていない構造となっている火力発電所の座礁資産化による国民負担の増加が懸念される。

5. 再エネ

1) 低い導入想定値

日本の約束草案では、2030 年の電源構成における再エネ割合は、総発電電力量（1065TWh）の 22～24%を目標としている。これを発電量に換算すると 234～256TWh になる。しかし、2015 年時点において再エネの発電量は 124TWh であり、再エネ固定価格買取制度（FIT）で認定されている電力量を足し合わせた場合には 282TWh が供給可能である。また、内部収益率（IRR）3.3%で投資回収できる陸上風力発電（2011 年データ）および開発事業者によって地熱資源開発調査等が実施中の地熱発電を加えると、総発電量は 372TWh と試算される。さらに、2030 年までの洋上風力の技術開発の可能性を考慮し、経済産業省（2011）で試算される内部収益率が 3.3%で、社会的に供与される洋上風力発電の電力量を含め場合には 491TWh になる（Wakiyama and Kuriyama 2015）。つまり約束草案で示されている発電量は、導入可能な発電量（ポテンシャル）に比べて大幅に低く見積もられている。

また、日本の再エネ政策におけるより根本的な問題は、実態を共有する綿密な統計データを整備・公表されておらず、欧州や中国での再エネ普及政策に見られるような野心的な中長期目標をまず設定した上で短・中期行動計画としての具体的なマスター・プランを策定するという発想がないことである。さらに、電力だけではなく、熱利用や輸送燃料の分野においても中長期目標や具体的な計画が必要とされる。

なお、長期エネルギー需給見通しのエネルギー・ミックスを策定する際にも FIT 制度の賦課金の増大を懸念して再エネ発電設備の導入目標を低く抑えた経緯がある。しかし、電気料金への賦課金は最大で 2 割程度であり省エネを促進することにより相殺できるレベルであると考えられる。さらに再エネの導入目標を高くして風力や太陽光などの導入量が大幅に増えればその発電コストは化石燃料並みに低下する可能性があることが国際的に示されている。しかも、再エネの導入には CO₂ 削減だけではなく、化石燃料代替、エネルギー安全保障、雇用創出・設備投資などの経済波及効果、地域活性化など多くのメリットがある¹⁹。実際に、2015 年度の賦課金総額は 1 兆円を超えるが、再エネによる雇用は 20 万人を超え、4 兆円に達する再エネ投資が国内で行われている²⁰。

2) 不十分な電力システム改革とインフラ構築

前述の再エネによる発電ポテンシャルを実現するためには、そのための制度構築が必要である。しかし、現在、「再エネに対しての無制限無補償の出力抑制」など、再エネ普及を妨げるような制度が作られている。以下は再エネ普及のために最低限必要な制度改革である²¹。

- a. 「無制限無補償の出力抑制」を政府が要求する背景となっている『将来における原子力発電に対する優先給電』の見直し（前述のように、原子力発電の政府想定には様々な課題があり、「原発依存度現低下」という政府公約とも整合しない）。
- b. 現在の電力会社間の契約で化石燃料発電などに優先予約されている地域間連系線の空容量の開放（「無制限無補償の出力抑制」の背景には、再エネの広域取引量が少ないこともある）。
- c. 系統接続の手続きや費用負担に関する新規の再エネ発電所の優先接続への制度見直しと優先給電ルールの運用確立。
- d. 送電網構築において新規発電者がかかえる経済的負担の軽減（一般負担として託送料により送電網利用者で負担する方式への転換）。

これら以外にも、1) 余剰電力を蓄える揚水発電の適切な活用、蓄電機能や変換技術の研究開発、2) 再エネの電力供給が十分にある時間帯に電力需要を誘導するようなデマンド・レスポンス技術の早期導入、などが必要である。

¹⁹ 環境省（2015）などを参照した。

²⁰ 松原（2016）などから国際再生可能エネルギー機関（IRENA）や国連環境計画（UNEP）のレポートを参照した。

²¹ 分山（2016）などを参照した。

6. 結論

国際社会では、約束草案に示されている GHG 排出数値目標の上方修正が喫緊の課題となっている。世界においてはコスト低下などによって再エネの新規導入量や投資額が化石燃料の新規設備を上回って拡大する²²一方、原子力発電はコストとリスクが一段と増大している。また、先進国だけではなく、中国などの途上国においてもエネルギー起源 CO₂ 排出量は頭打ちになっており、IEA (2016) のデータでも 2015 年の世界全体の CO₂ 排出量は 2013 年から増加していない。冒頭で述べたように、気候変動に対する企業や国の取り組みが訴訟対象となる事例も発生している。

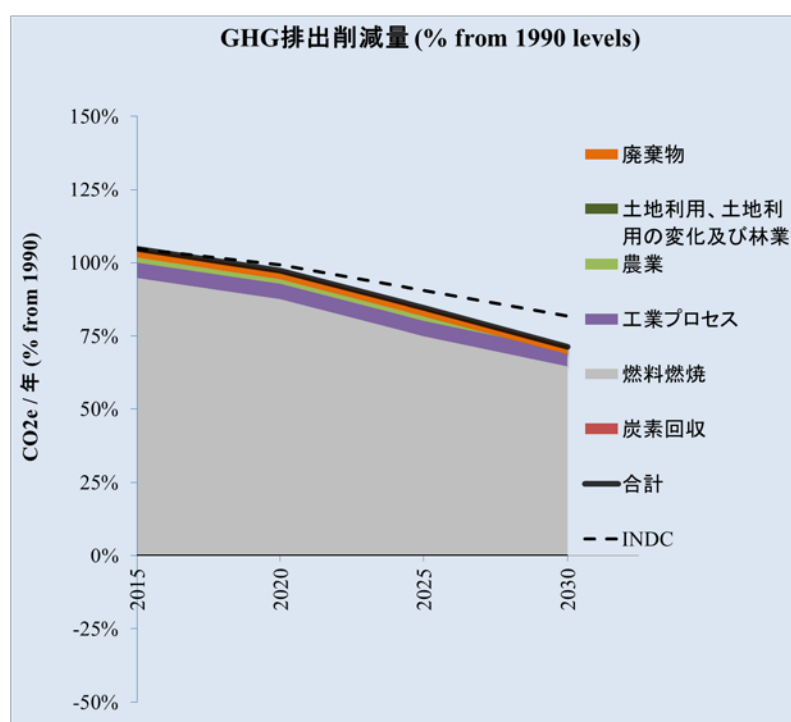
しかし、日本政府のエネルギー・温暖化政策はこのような世界の動向とは逆行するものであり、福島第一原発事故以前のエネルギー・温暖化政策に逆戻りしている感が否めない。このままでは、原発再稼働などが想定通りに進まない中、化石燃料発電が想定以上に増大し、2°C 目標はおろか日本の現在の約束草案すら守れないという状況に陥る可能性が高い。本稿で示した課題や可能性を踏まえ、日本でも電力システム自由化が進む中で火力発電所の新增設計画の見直しといった民間ベースでの取り組みが強化されると共に、本格的な脱炭素社会に向けてエネルギー・温暖化政策も再考されることを期待する。

²² 松原（2016）などを参照した。

付録

本稿で記載されている、1) 2030 年までの省エネ可能量 (2 節) に基づいた一次エネルギー供給量と最終エネルギー需要量、2) 原子力発電所 (原発) の再稼動想定量 (3 節)、3) 再生可能エネルギー導入想定量 (5 節)、をもとに GHG 排出削減量を算出した。その結果、日本における 2030 年時点の GHG 排出量は 1990 年比で 29% (2013 年比 36%) 削減となり、日本の INDC である 1990 年比 18% (2013 年比 26%) 削減に比べ大きな削減可能性を示した (図 A1)。これは省エネによるエネルギー需要の削減などが影響した結果だと思われる。

図 A.1. 2030 年までの GHG 排出量



以下に算出方法を解説する。まず算出にあたっては、「2050 日本低炭素ナビ」²³のエクセル版を活用した。日本低炭素ナビでは、日本の経済活動における供給・需要部門が考慮され、各部門でエネルギー需給の想定量を記入することで、エネルギー需給および GHG 排出シミュレーションを行うことができる。モデルの構造としては、社会シナリオに基づいて GDP 成長や部門別アウトプットレベルで示される「経済指標」と人口規模や世帯数で示される「社会指標」の二つがそれぞれ決定されるようになっている。さらに、エネルギー需要では、産業部門、家庭部門、商業部門、輸送部門という 4 つのタイプのエネルギー最終消費者が考慮されている。エ

²³ 2050 日本低炭素ナビは、地球環境戦略研究機関 (IGES) と国立環境研究所 (NIES) が英国エネルギー・気候変動省 (DECC) および駐日英国大使館の技術支援を得て共同開発したツールである。
<http://www.2050-low-carbon-navi.jp/web/jp/>

エネルギー供給に関しては、本モデルでは発電を含む二次エネルギー供給とその他の二次エネルギーが考慮されている。発電方法には、化石燃料（石炭、石油、ガスを含む）を使った在来型発電所、バイオマス、原子力発電所、再生可能エネルギー（水力発電、太陽光発電、風力発電、地熱発電を含む）があり、その他の二次エネルギーには、水素製造、バイオ燃料、精製品（コークス生産、石油精製、都市ガス製造を含む）がある。一次エネルギー源には、化石燃料（石炭、原油、天然ガス）、原子力エネルギー、再生可能エネルギーが含まれる。

本シミュレーションでは、まず、社会シナリオとして、低炭素ナビで設定されている5つのシナリオのうちGDPの年変化率を0.8%と設定している「サービスブランド社会シナリオ」で計算を行った。「サービスブランド社会シナリオ」では、2030年の人口数が116,617,657人、世帯数が51,230,533世帯、GDPが649.95兆円とそれぞれ設定されている（表A1）。一次エネルギー供給量およびエネルギー需要量に関しては、本稿第2節で記載されている外岡ら（2015）が試算した各分野における2030年までに上乗せ可能な省エネ対策の省エネ量を活用した（表A1）。原子力発電は本稿3節の想定発電量（130TWh）、再生可能エネルギーにおいては、本稿5節で紹介したWakiyama and Kuriyama（2015）の洋上風力を含めない発電可能量に地域間の送電線の容量を考慮した可能発電量（334TWh）に風力発電協会で示されている2030年洋上風力の導入目標量（9.6GW）を合算して試算した。GHG排出量は、まずエネルギー需要、原子力発電量および再生可能エネルギー発電量を試算し、需要に対して供給分で足りない分を化石燃料で補うという形で試算した。

GHG排出量の結果は、上記に示したように、INDCに比べ大きな削減の可能性が示された。これは、省エネによる最終エネルギー消費及び一次エネルギー供給が削減されたことの影響が大きいと思われる。電力供給においては、本稿3節及び5節で紹介したWakiyama and Kuriyama（2015）の試算結果をもとに計算しており、原子力発電がINDCに比べ少ないものの、再生可能エネルギーの発電量が多い（図A2）。

なお、Wakiyama and Kuriyama（2015）の試算では、電力からの排出係数は0.36kg-CO₂/kWhとなり、日本のINDCの目標や電気事業連合などの自主目標（2030年度に排出係数0.37kg-CO₂/kWh程度）を達成することが示されている。そのため、本シミュレーションによるGHG排出量の試算結果でも、排出係数が自主的目標を達成することが前提となっている。また、本稿で参照した外岡ら（2015）の省エネ量は最大値ではない。すなわち、実際の省エネポテンシャルはより大きい可能性があり、その場合のGHG排出削減可能量はより大きくなる。

表 A.1. 低炭素ナビにおける基本設定と結果

	JUST	INDC	単位
シナリオ	サービスブランド社会		
人口（2030）	116,617,657	116,617,657	人
世帯（2030）	51230533		世帯
GDP（2030）	650	711	兆円
国内(民)総生産の年変化率	0.8	1.7	%
総発電量	816	1065	TWh
一次エネルギー供給	375	453	Mtoe
原子力	130	256	TWh
再生可能エネルギー	359	213	TWh
GHG 排出削減量(2013 年比)	35	26	%
GHG 排出削減量(1990 年比)	28	17	%

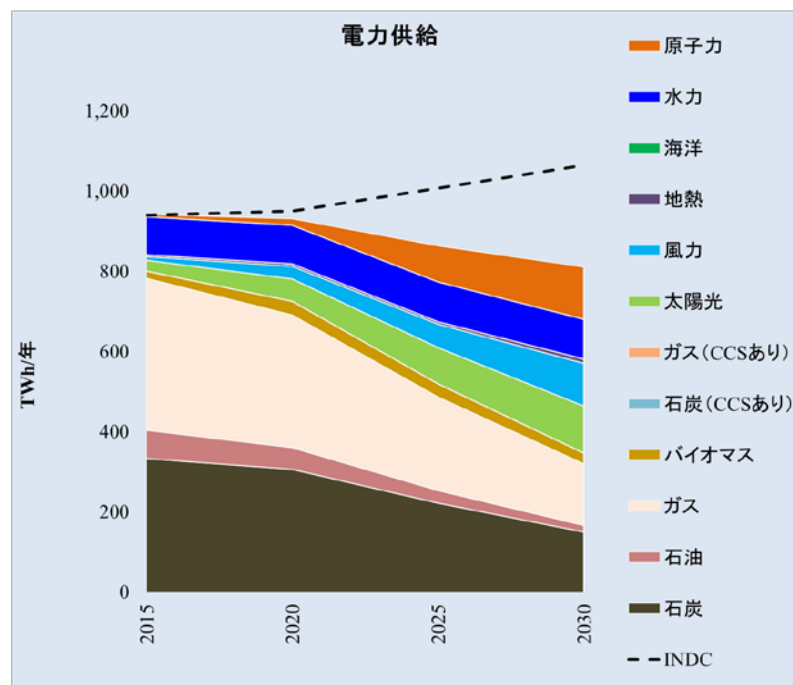


図 A2. 2030 年までの総発電電力量

参考文献

- IEA (2016) “Decoupling of global emissions and economic growth confirmed” IEA, March 2016.
- 明日香壽川 (2016) 「パリ COP21 合意後の世界：ダイベストメント、情報開示、訴訟リスク」, Energy Democracy, 2016 年 4 月 22 日.
<http://www.energy-democracy.jp/1580>
- 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
- 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
- 環境省 (2015) 「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」環境省・三菱総合研究所, 2015 年 3 月.
- 栗山昭久・田村堅太郎 (2016) 「電力部門における温暖化対策の現状と課題：石炭火力及びガス火力発電に対するポリシーミックスの実効性に関する考察」, IGES Working Paper | 2016/03, 2016 年 3 月.
http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/6246/attach/IGES_WP1509.pdf
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2012) 「日本の将来推計人口 (平成 24 年 1 月推計)」
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/hh2401.asp>
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2013) 日本の世帯数の将来推計 (全国推計) —2010(平成 22) ~2035 (平成 47) —.
http://www.ipss.go.jp/pp-ajsetai/j/HPRJ2013/hhprj2013_PRS329.pdf
- 松原弘直 (2016) 「急成長を続ける世界の自然エネルギー市場」Energy Democracy, 2016 年 4 月 12 日.
<http://www.energy-democracy.jp/1542>
- 外岡豊・槌屋治紀・増井利彦 (2015) 「長期エネルギー需給見通し小委員会 (第 3 回会合) への意見~2030 年の省エネ量の試算について」, 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第 3 回会合資料 6
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/003/pdf/003_10.pdf
- 内閣府 (2015) 「中長期の経済財政に関する試算」
<http://www5.cao.go.jp/keizai3/econome/h27chuuchouki2.pdf>
- 内閣府 (2016) 「中長期の経済財政に関する試算」
<http://www5.cao.go.jp/keizai3/econome/h28chuuchouki1.pdf>
- 資源エネルギー庁 (2015) 「長期エネルギー需給見通し関連資料」
http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/pdf/report_02.pdf

システム技術研究所（2013）「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.

http://www.wwf.or.jp/activities/climate/cat1277/wwf_re100/

STATE OF MINNESOTA OFFICE OF ADMINISTRATIVE HEARINGS FOR THE PUBLIC
UTILITIES COMMISSION（2016）“In the Matter of the Further Investigation into Environmental and Socioeconomic Costs Under Minnesota Statutes Section 216B.2422, Subdivision 3”, OAH
80-2500-31888 MPUC E-999/CI-14-643

https://mn.gov/oah/assets/2500-31888-environmental-socioeconomic-costs-carbon-report_tcm19-222628.pdf

US Government White House（2016）“Social Cost of Carbon”, Office of Management and Budget.

<https://www.whitehouse.gov/omb/oira/social-cost-of-carbon>

分山達也（2016）「自然エネルギーの導入拡大に向けた系統運用：日本と欧州の比較から」, 自然エネルギー財団, 2016 年 3 月.

<http://www.jref.or.jp/images/pdf/20160303/JREF-Grid-Management-japan-europe-comparison.pdf>

Wakiyama Takako and Kuriyama Akihisa（2015）“Can Japan Improve On Its INDC-Based Target For CO₂ Intensity In The Electricity Sector? Estimation of Renewable Electricity And Nuclear Power In 2030”, IGES Working Paper | 2015/12, December 2015.

<http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/view.php?docid=6215>