

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

2015/03/25

<要旨>

2011 年 3 月に発生した東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所事故により、わが国の温暖化政策に関する議論は、大幅に遅れることとなった。一方で、2015 年 12 月にパリで開催される気候変動枠組条約第 21 回締約国会議において、2020 年以降に関する排出削減目標に関する議論が行われることになり、それに先立って 2015 年 3 月までに各国政府は INDCs（Intended Nationally Determined Contributions：約束草案）を提出することになっている。日本では、2014 年 10 月から、中央環境審議会地球環境部会 2020 年以降の地球温暖化対策検討小委員会・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会約束草案検討ワーキンググループの合同会合が開催され、議論が開始されたものの結論には至っていない。

このような状況のもと、2011 年の東日本大震災以降に公表された日本における将来の GHG 排出量（エネルギー起源 CO₂ 排出量）に関する試算結果をサーベイし、比較を行った。その結果、エネルギー・環境会議（2012）の結果では 2030 年にエネ起 CO₂ 排出量は 1990 年比 13～25%削減とされているが、1990 年と比較したエネ起 CO₂ 排出量の削減率は 0～66%（なりゆきも含めると -34～66%）と様々な見通しであることが示された。このうち、活動量、省エネや再エネの前提を見直すことによって 1990 年比 40%以上を削減する結果（将来シナリオ）は 6 件見られた。2030 年に原発ゼロで大幅な削減が実現可能とする試算に共通する内容は以下の通りである。

- － 社会・経済活動や技術発展に関する指標は、一部、リーマン・ショックなどの影響を考慮して変更されているが、エネルギー・環境会議などの政府試算と基本的には変わらない。
- － 省エネはすでに商業化された技術の普及などを見込んでいる。そこでは我慢やサービス水準の低下は想定されておらず、政府が定めた省エネ法ベンチマークなどを企業や個人が順守すれば実現するレベルになっている。
- － 再生可能エネルギー普及も、政府試算と同レベル、あるいは追加分の導入量を再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）導入後の状況などを確認しながら積み上げている。
- － 省エネと再生可能エネルギーの積極的な導入によって化石燃料による発電や熱利用を早期に減少させている。

なお、本稿の内容をもとに、「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」がとりまとめられており、併せて読んでいただければ幸いである。

著者（50 音順）

明日香壽川、上園昌武、歌川学、甲斐沼美紀子、田村堅太郎、槌屋治紀、外岡豊、西岡秀三、
朴勝俊、Pranab Jyoti BARUAH、増井利彦、脇山尚子

この出版物の内容は執筆者らの見解であり、執筆者らの所属機関の見解を述べたものではありません。
また、引用したデータは、論文やホームページで公開されている情報から得たものであり、更新される可能性があります。

1. はじめに

現在、国内外で 2015 年 12 月にパリで開催される気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（UNFCCC COP21）での合意（2015 年パリ合意）に向けて温室効果ガス（GHG）の排出削減数値目標に関する議論が加速されつつある。日本では、2014 年 10 月から、中央環境審議会地球環境部会 2020 年以降の地球温暖化対策検討小委員会・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会約束草案検討ワーキンググループの合同会合が開催され、議論が開始されたものの結論には至っていない。日本の数値目標に関しては、すでに複数の国内外の研究機関が GHG 排出削減割合を提示しているが、それらには大きな幅がある。その理由は、GHG 排出量やエネルギー・ミックスは様々な前提や想定の方で大きく異なるからである¹。

本稿では、日本における GHG もしくはエネルギー起源の CO₂ 排出削減の中長期目標、特に 2030 年目標（1990 年比あるいは 2010 年比での 2030 年の排出量）に関して、これらの複数の試算内容をレビューするものである。そのために、2 では各機関の提案および試算内容の概要について述べる。3 では、それらを省エネ量、再生可能エネルギー導入量、経済影響などの論点毎に比較分析する。

2. 各提案および試算の概要

ここでは、各研究機関による提案および試算に関して、省エネ量、再生可能エネルギー導入量、2℃目標との整合性、公平性、経済影響などのいくつかの指標に注目しながら概要を紹介する。なお、本稿では、「再生可能エネルギー」と「自然エネルギー」はほぼ同義で用いている。

2.1. 革新的エネルギー・環境戦略（2012）

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて、当時の民主党政権はエネルギー・環境政策を白紙から見直した。2012 年 6 月 29 日には、内閣府国家戦略室の中に設置されたエネルギー・環境会議という組織が、3 つの政府審議会での議論を踏まえて、エネルギー・環境政策に関する選択肢を国民に提示した。このエネルギー・環境会議で提示された選択肢をめぐる議論の中心は原子力への依存度であったものの、以下のように原発依存度や温暖化対策強度が異なる 3 つのシナリオでの GHG 排出削減量も同時に提示されている（表 1）。

¹ 一般的に、国内排出量取引制度導入などの炭素制約の強化を想定した場合の対応などより、GHG 排出者は、社会・経済活動指標（マクロフレーム）や技術発展に関する指標や活動量の想定を過大に申告するインセンティブを持つ。その場合、省エネや GHG 排出削減のポテンシャルは過小に見積もられる。

表 1. 2030 年におけるエネルギーと GHG 排出に関する指標

(革新的エネルギー・環境戦略：慎重シナリオ)

評価項目	2010 年	原発ゼロシナリオ		原発 15%シナリオ	原発 20%～25%シナリオ
		追加対策前	追加対策後		
再生可能エネ比率	約 10%	30% (+20%)	35% (+25%)	30% (+20%)	30%～25% (+20%～+15%)
非化石電源比率	約 37%	30% (-5%)	35% (現状程度)	45% (+10%)	50% (+15%)
火力発電石炭:ガス比率 (コジェネ含む)	1:1.2	1:1.3	1:1.8	1:1.5	1:1.5
GHG 排出 (90 年比)		-16%	-23%	-23%	-25%

注：追加対策がなされた場合、省エネや再生可能エネルギーの導入量および天然ガス発電の割合が増える。
括弧内の数値は 2010 年比。

出所：国家戦略室（2012）

まず、代表的な数値として、表 1 に示したように、2012 年 7 月のエネルギー・環境会議による「エネルギー・環境に関する選択肢（概要）」は、2030 年の GHG 排出量を 1990 年比で-23～-25%としている（慎重ケースの場合。海外クレジット購入分および森林吸収等を除く）。

ただし、エネルギー・環境会議の最終報告書である「革新的エネルギー・環境戦略」（エネルギー・環境会議 2014）では、「2030 年時点の GHG 排出量をおおむね 2 割削減（1990 年比）することを目指す」という曖昧な表現になっている。また、GDP 成長率の設定が慎重ケースよりも高い成長ケースを前提とした場合、概ね 1 割の削減となるという注釈もついている。その一方で、2000 年から 2010 年までの GDP 成長率が継続すると仮定する「低成長ケース」²の計算もしており、その場合は 35～38%の排出削減が可能としている。すなわち、GDP 成長率の想定の違いによって 20%程度の差がある。これは、デンマークやドイツで起きているようなエネルギー産業構造の変化による GDP と GHG 排出量のデカップリング（乖離）を想定していないためである。すなわち、モデル計算において GDP 成長率が上昇すれば、エネルギー・サービス需要量（エネルギー消費で得られるサービス量。具体的には、冷暖房需要、粗鋼等生産量、輸送量など）が増大するという想定となっており、その結果、エネルギー消費量も上昇することによる。

2.2. 国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム(2012)

国立環境研究所の研究チームは、これまでも独自に開発したアジア太平洋統合評価モデル（Asia-Pacific Integrated Model; AIM）を用いて様々なシナリオや前提条件のもとでの日本の GHG 排出量を試算している。また、この国立環境研究所 AIM プロジェクトチームは前出の「革新的エネルギー・環境戦略」の試算にも深く関わっていた。表 2 は、国立環境研究所のホームページ（http://www-iam.nies.go.jp/aim/prov/middle_report.htm）などで公表しているもので、日本を対象とした AIM の技術選択モデルを用いて、それぞれ異なる経済成長率、原発依存率、省エネ・温暖化対策強度を用いて試算したものである（国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム 2012）。

² GDP 成長率想定として、2010～2020 年が 0.2%/年、2020～2030 年が 0.4%/年としている。

表 2. 原発依存率と GHG 排出削減目標（AIM モデル）

	原発依存率（％）	25	20	15	0
成長シナリオ	高位	30	28	26	20
	中位	25	22	20	14
	低位	15	12	10	3
慎重シナリオ	高位	35	33	2.1	25
	中位	30	27	25	19
	低位	20	17	15	8

注：数値は、1990 年比 2030 年 GHG 排出量削減割合（％）。成長シナリオと慎重シナリオの違いは GDP 成長率の想定など。高位、中位、低位は、省エネおよび再生可能エネルギー導入の政策・施策の強度を示す。

出所：国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム（2012）

この国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム（2012）では、経済成長率の大きさに関する想定の違いで 5%、省エネ・温暖化対策の強度の違いで 15～17%、原発依存率の違いで 10～12%³ それぞれ GHG 排出量の差が生じている。また、温暖化対策に要する 2030 年までの追加投資額は、割引率 3%を前提とすると 70～119 兆円となるのに対して、2030 年までの省エネメリットは 54～93 兆円となる。なお、2031 年以降も稼働する機器がもたらす省エネメリットもあわせると 85～147 兆円と追加投資額を上回るメリットが生じる結果となっている。

なお国立環境研究所 AIM プロジェクトチームは、現在、これまでの技術選択モデルを改良した多地域技術選択モデルを構築している（大城・増井 2014）。また、経済モデルの部分でも、技術選択の枠組みを組み入れて既存技術と省エネ技術を内生的に選択させるよう改良している（増井・日比野・大城 2014）。

2.3. 大城・増井（2014）

大城・増井（2014）では、前述の日本を対象とした AIM の技術選択モデルを、10 地域に分割したモデルを用いて、低炭素社会の実現に向けた経路の検討を行っている。ベースとした分析では、閣議決定されている第 4 次環境基本計画の 2050 年 80%排出削減を想定した場合の排出経路を計算している。それによると日本の 2030 年の GHG 排出量は、1990 年比 33%の削減となる。同じモデルを用いて、国際的な研究プロジェクトで、2050 年までに 2℃目標で示されるような大幅削減の可能性を検討した DDPP（Deep Decarbonization Pathway Project）にも参加しており、そこでは、原子力フェードアウト、CCS の導入量を想定半減にするなどの前提を変えた分析も行われている（Kainuma et al., 2014）。

³ エネルギー・環境会議と比較して原発依存率による GHG 排出量の差が大きいのは、エネルギー・環境会議との温暖化対策の強度に関する想定が異なることによる。

2.4. 歌川・外岡・平田 (2013, 2014)

歌川・外岡・平田 (2013) は、独自のボトムアップ・モデルを構築し、活動量はエネルギー・環境会議での想定を用いて政府試算と比較可能にし、現状推移シナリオ (BAU) の他、すでに商業化されている省エネ技術の普及 (対策 1)、技術普及と活動量の無理のないスリム化 (対策 2)、新技術普及とスリム化 (対策 3) を検討し、省エネ対策技術の積極的な普及を見込んで試算した。その結果、2030 年 GHG 排出量は、最も保守的な商業化技術普及シナリオでも 2010 年比 63%削減を得る技術的・経済的可能性を示した。

エネルギー・環境会議などの試算との違いおよび特徴は、1) 原発はゼロ (再稼働なし)、2) 2030 年までに石炭火力および石油火力の発電量をゼロ (副生ガスつまりコークス炉ガス、高炉ガス、転炉ガスなどの石炭ガス利用分と製油所ガス利用分のみ維持)、3) 旧型 LNG 火力発電所はすべて最新型に建て替え、4) 産業での積極的な省エネ対策の実施 (素材産業は生産設備を優良施設レベルの効率に改修、高炉でのエネルギー消費量を 1 割、電炉では 3 割削減)、5) 燃料転換、6) 再エネ電力の上乗せと熱の導入、などである。すなわち、エネルギー転換 (石炭・石油発電のフェーズアウト) と各分野ですでに商業化された費用対効果の高い省エネ技術の普及を重視しているのが特徴である (図 1、表 3)。

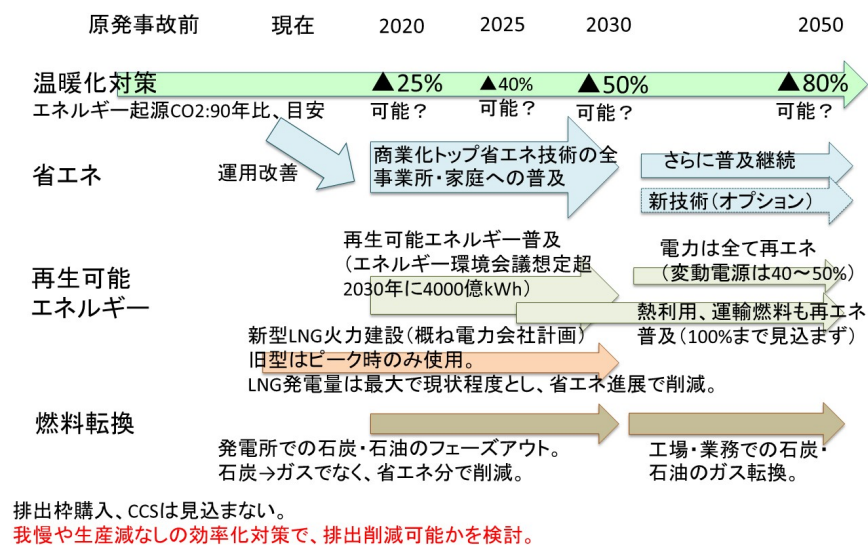


図 1. 省エネと再生可能エネルギーを積極的に導入する場合の技術導入の時系列イメージ

出所：歌川・外岡・平田 (2013)

表 3. 省エネと再生可能エネルギーを積極的に導入する場合の産業部門の主な対策

	対策 大分類	対策 中分類	削減率、導入率（主に 2030 年）	備考、コスト
素 材 製 造 業	省エネ	設備更新改修	2030 年までに業種により▲6%（ソーダ工業など）、▲10%（高炉製鉄）、▲30%（電炉）、▲40%（製紙）（省エネ法ベンチマーク 2030 年達成）	ベンチマークは「σ レベル」偏差値 60、実際はもっと削減可能
		電炉転換	2030 年に高炉:電炉=1:1 に。	
	燃料転換		石炭は 10%～20%ガス転換 石油は 50%ガス転換（石油化学除く）	全体で 10～30%の省エネが進む分を石炭などで削減。コスト減にもなる石油→ガスは積極的転換。
	再エネ		想定なし	
非 素 材 製 造 業	省エネ	設備更新 改修	2030 年に電気▲30%、熱▲25%。 （ESCO や環境省自主参加型排出量取引等を参考に）	設備更新だけでなく、蒸気漏れ・熱漏れ・エア漏れ防止、排熱回収、インバータ化、クリーンルームの温度湿度設定変更なども想定
		ユーティリティ設備	業務部門なみに改善	小松製作所栗津工場の 9 割削減計画（注:機器省エネは 6 割）
	燃料転換		2030 年に石炭 50%、石油 70%ガス転換	
	再エネ		想定なし	
非 製 造 業	省エネ	設備更新改修	2030 年に▲25%	
	燃料転換		2030 年に農業は石油 50%ガス転換、鉱業建設業は石炭・石油共 10%程度ガス転換	2030 年に農業は石油 50%ガス転換。鉱業建設業は石炭・石油共 10%程度ガス転換
	再エネ		2030 に農業で再エネ 20%	

出所：歌川・外岡・平田（2013）

なお、歌川・外岡・平田（2014）では、2030 年石炭火力発電量ゼロと想定している一方で、再エネ電力はエネルギー・環境会議程度、素材製造業省エネは省エネ法ベンチマークレベル程度など余力がある。したがって、石炭火力発電を残し、省エネ再エネを強化するシナリオもあり得るとしている。また、感度分析として、想定より材料生産が増加した場合（鉄やセメントの生産がエネルギー環境会議「慎重ケース」程度（鉄はリーマン・ショック前の生産量を 2030 年まで維持））でも、排出量に与える影響は 2%程度と計算している。再エネ電力調整用に天然ガス火発を発電量で 1 割程度残した場合も、排出量に与える影響は 1%程度としている。

対策コスト（費用）に関して、歌川・外岡・平田（2014）は、温暖化対策を行った方が化石燃料費は小さくなり、対策コスト自体もマイナスとなることを示している（対策実施側は投資回収後は利益のみを得る）。また、化石燃料費・光熱費削減を原資に対策を実施すれば、受注側産業と雇用が発展する。また再生可能エネルギー電力賦課金は 2020 年代中頃に 2 兆円程度で頭打ちとなり、単価も 3 円/kWh 程度までと試算する。化石燃料発電費用上昇による電力価格上昇が防止され、発電コストをほぼ一定にできる可能性があることも示している（図 2）。

また、本研究成果をもとに、気候ネットワーク（2014）がとりまとめられている。

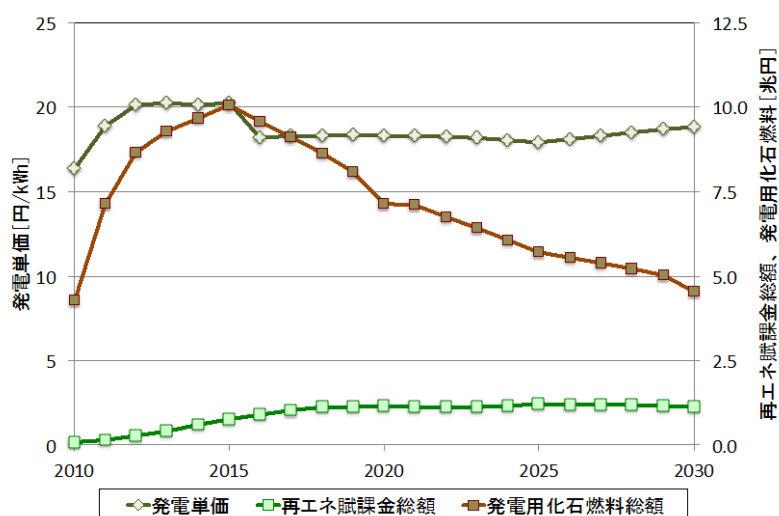


図 2. 省エネと再生可能エネルギー導入を積極的に進めた場合の発電関連コストの変化

注：再エネ電力導入による発電コストおよび再エネ賦課金を試算。2030 年にエネルギー・環境会議の 2030 年見通し 3500 億 kWh を想定。内訳も基本的に同じ。再生可能エネルギーの固定価格買取制度が継続するとし、買取単価は漸減、2020 年にはコスト等検証委員会の「上限」「下限」の中間をベース、2030 年は「下限」をベースとし、回避可能原価を下回った場合は回避可能原価で買取りとする。系統増強費用は従来の設備投資の範囲内と想定。蓄電池は見込まず。回避可能原価は卸電力価格を想定。発電単価には原子力発電所の廃炉費用や事故リスク費用を含む。

出所：歌川・外岡・平田（2014）

2.5. システム技術研究所（2011, 2013a, 2013b, 2014）

システム技術研究所（2011, 2013a, 2013b, 2014）は、環境保護団体である WWF Japan が、シンクタンクである（株）システム技術研究所に委託して、2050 年に省エネのもとで 100% 自然エネルギーが日本においても可能であるかを検討したものである。

省エネポテンシャルなどの計算の前提は、1) 省エネ対策および技術は現時点で既にある程度想定できるものに限定、2) 現状推移（BAU）シナリオとして、日本エネルギー経済研究所の「アジア/世界エネルギー・アウトLOOK 2010」のレファレンス・ケースを使用、3) 活動量の変化はほぼレファレンス・ケースと同じ、などである。

再生可能エネルギーに関しては、1) 電力だけではなく、熱・燃料も含めたエネルギー全体の姿を検討、2) 現在、既に想定できる技術や自然エネルギーのポテンシャルをもとに需給を計算、3) 気象データなどを用いた再生可能エネルギー（太陽光発電と風力発電）の運用に関するダイナミックなシミュレーション、4) 1 年間の 1 時間ごとのダイナミック・シミュレーションにより 9 電力会社の地域の不足電力を求めて送電容量を推定、5) 2050 年までには再生可能エネルギーの余剰電力を用いて水素を生産し燃料電池自動車などへ供給する、などを特徴とする。その

結果、2030 年時点で、電力の 50%、燃料の 40%がそれぞれ自然エネルギーで供給され、2008 年比でエネルギー消費量の 30%削減が実現可能とする。その場合、CO₂ 排出削減可能量は、1990 年比で 2020 年に 25%、2030 年に 58%となる。

システム技術研究所（2013a）は、システム技術研究所（2011）に続く研究として、省エネ設備投資に関して、40 年間（2010～2050 年）で合計 210 兆円となるものの、正味費用⁴は-188 兆円と計算している。自然エネルギー投資は、40 年間（2010～2050 年）で合計 231 兆円、正味費用は-43 兆円としている。すなわち、40 年間の省エネルギーと自然エネルギーの合計投資は 442 兆円、正味費用はマイナス 232 兆円であり十分な投資効果があるとしている。

2.6. 地球環境市民会議（2014）

市民団体である地球環境市民会議（CASA）は、2030 年までの日本の CO₂ 排出量（エネルギー起源）を推計するために、ボトムアップ・モデル（省エネ対策と再生可能エネルギー普及などの技術対策シナリオ）とマクロ経済モデルを統合させた「CASA2030 モデル」を開発している。マクロ経済モデルは、通常のマクロ計量モデルにエネルギーバランス表と環境ブロックを連結したものである。すなわち、マクロ経済（Economy）、エネルギー需要（Energy）、環境（Environment）の 3 つのパートから構成されている。これは、主としてマクロ経済とエネルギー需要の相互依存関係の把握を意図したものである。このマクロ経済モデルには、ボトムアップ・モデルで決定された情報（一部のエネルギーコスト、エネルギー供給量、エネルギー効率等）が外生変数としてとり込まれている。

「CASA2030 モデル」は、以下の 3 つのケースで 2030 年の CO₂ 排出量を試算している。

- 現状推移ケース（BaU：Business as Usual）：追加対策を盛り込まないシナリオ
- CASA 対策ケース（効率改善＋再エネ増）：省エネ対策を進めながら、再生可能エネルギーの普及を進めるシナリオ。原発の想定で次の 2 つのシナリオにさらに分かれる。
 - － 原発ゼロ：2013 年以降、原発を全く稼働させないシナリオ
 - － 2030 全廃：2030 年度末に全ての原発を停止・廃止するシナリオ

「CASA2030 モデル」の試算結果によると、2030 年の CO₂ 排出量は、a)「現状推移（BaU）ケース」で 1990 年比 17.1%増加、b)「CASA 対策ケース」（エネルギー消費削減と再生可能エネルギー普及）のうち、①「原発ゼロ」シナリオで同比 39.8%削減、②「2030 全廃」シナリオで同比 42.7%削減となる。「CASA 対策ケース・原発ゼロ」シナリオでの 2030 年の CO₂ 排出量は、エネルギー消費削減により BaU 比 29%削減、エネルギーシフトにより同比 20%削減、合わせて 49%削減となる。この時の発電量の内訳は、原発 0%、ガス火力 19%、石炭火力 14%、石油火力 6%、水力 11%、再エネ（地熱・新エネ）50%となる。水力発電（大規模）と合わせた電力の国内自給率は 61%となる。

⁴ 省エネ機器などへの投資費用から省エネで節約できる費用（例：光熱費）を差し引いたもの。

「CASA 対策ケース」では、温暖化対策の進展によるマクロ経済への悪影響が見られず、原発を全廃しても CO₂ 排出量を大きく減らしながら、実質 GDP が成長するというデカップリングが確認されている。さらに、産業連関表（2005 年版）を用いて「CASA 対策ケース」の経済効果を試算したところ、2030 年の生産誘発額が 33.7 兆円、雇用増加が 200 万人となる。

2.7. Teske et al. (2011)

Teske et al. (2011) は、環境保護団体であるグリーンピース・インターナショナルが、欧州再生可能エネルギー評議会 (EREC) に委託したボトムアップ・モデルを使った研究の成果である。シナリオとしては、1) 国際エネルギー機関 (IEA) データをもとにした「基準シナリオ」、2) 2030 年をめどに段階的に原発を廃止する「参考シナリオ」、2) 2012 年原発ゼロの現状を検証した「自然エネルギー革命シナリオ」、の 3 つを、エネルギー供給量、雇用、価格、CO₂ 排出量などの面から比較している。

「自然エネルギー革命シナリオ」では、環境エネルギー政策研究所 (ISEP) の提案する電力需要ピーク引き下げ策⁵を採用して最大 1100 万 kW の削減を見込んでおり、再生可能エネルギーの積極的な導入や既存の天然ガス火力発電所の稼働率を引き上げることも前提としている。その結果、原子力発電所の再稼働を想定しない「自然エネルギー革命シナリオ」でも 2020 年に GHG 排出量は 1990 年比で 25%、2030 年に 46%削減可能としている。

また、この自然エネルギー革命シナリオに基づく発電コストの上昇は、熱供給や運輸などの分野で燃料需要が減少することで埋め合わせられる程度だとする。具体的には、省エネ施策を実施するために、平均 2.3 円 (3 セント) /kWh のコストがかかる と仮定すれば、自然エネルギー革命シナリオに基づく 電力供給の追加コストは、2015 年で最大年間 77 億 6 千万円 (1 億ドル) 程度とする。これは前述の歌川・外岡・平田 (2014) の計算とほぼ同じである。

さらに、雇用者数に関して、自然エネルギー革命シナリオでは 2015 年には約 4 倍増の 326000 人 (244000 人増)、2020 年には 198000 人、2030 年には 144000 人、すなわち 2010 年に比べ 78% の雇用増加となると試算している⁶。特に太陽光発電分野が急成長し、2015 年には 170000 人以上の雇用をもたらす。ちなみに、2010 年の電力分野の雇用数は約 13 万人 (電気事業便覧) であり、新規雇用者数には原子力発電所の解体に伴う雇用を加味していない。

⁵ 家庭など 50kW 未満の電力利用者は、契約電力 (アンペア数) を一律 2 割引き下げ、50kW~500kW の電力利用者はピーク料金を設定、500kW~2000kW の電力利用者はピーク料金導入と共に需給調整契約に順次移行、2000kW 超の電力利用者は原則として政府斡旋による需給調整契約を義務化。

⁶ Teske et al. (2011) では、雇用者数を Institute for Sustainable Futures (2009) で用いられた方法論に基づいて、エネルギー種ごとの単位設備容量あたりの雇用者数に地域毎の状況 (例えば、日本の場合は太陽光パネルの輸入割合) を加味して計算している。

倉持・明日香（2012）は、一般に、社会・経済活動指標（マクロフレーム）や技術発展に関する指標に関しては業界団体が主張した見通しがほぼそのまま採用されている場合が少なくないことから、革新的エネルギー・環境戦略における政府試算の前提条件の再検討を行い、長期的な低炭素経済および資源循環型社会実現の観点から追加的な節エネ・GHG 排出削減の可能性について独自に検証した。

Category	GHG Emissions (100,000 tons/year)	GHG Reduction (100,000 tons/year)
1990 Actual	1261	-
2030 'Environ' Estimate	975	286
Oil and Coal Power Generation	-	11
Crude Steel Production	-	22
Electric Furnace Steelmaking	-	11
Forest Absorption	-	32
CCS Plant	-	13
Total	887	374

1990年比
マイナス
22.7%

1990年
比

本研究による「エネ環」想定の再検討後の想定量

出所：倉持・明日香（2012）

11

2.9. 日本経済研究センター（2015）

日本経済研究センター（2015）では、モデルの詳細は不明であるものの、日本経済研究センターの長期経済予測「グローバル長期と日本の 3 つの未来」の成長シナリオ（2050 年度までの平均成長率 1.4%）などを前提とした試算を行っている。

まず、大きな前提として、毎年、GDP の 1%相当額を省エネに投資する仮定している。また、再生可能エネルギーの投資費用は 2050 年度までに 140 兆円を見込んでいる。さらに、原子力発電については、除染費用と汚染土壌を低レベル放射性廃棄物として最終処分する費用（40 兆円）、廃炉費用（10 兆円）、汚染水処理（17 兆円）、賠償総額（20 兆円）を仮定し、国内の原発事故発生確率を 40 年に 1 回として計算している。電源立地交付金は 19 兆円かかるとみなしている。炭素回収・貯留（CCS）については、2025 年度に 5000 円/tCO₂ で実用化が始まり、2050 年度には 3000 円/tCO₂ まで低下し、40 年度以降は、すべての火力発電起源 CO₂ は CCS により処理されると仮定している。その結果、1990 年比 2030 年 CO₂ 排出量として、脱原発ケースで 11.3%、原発 15%ケースで 13.5%、CCS 活用ケースで 19.5%それぞれ削減できるとしている。

なお、試算では、ライフスタイル変化やコージェネレーションの導入については考慮されておらず、これらを考慮することでさらなる削減が期待できるとしている。

2.10. 日本エネルギー経済研究所（2015）

日本エネルギー経済研究所の柳澤・青島・伊藤（2015）は、モデルの詳細は不明であるものの、2030 年の電源構成に応じて 4 つのシナリオを設定し、電力供給、エネルギー需給全般、経済、環境への影響を評価している。経済・環境・エネルギー安全保障への定量的効果などを総合的に勘案すれば、以下の表 4 のシナリオ③に近いものが望ましいとしている。

表 4. 柳澤・青島・伊藤（2015）の各シナリオにおける主要指標

	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ③	シナリオ④
再生可能エネルギー （うち不安定電源）	35% (17%)	30% (14%)	25% (10%)	20% (7%)
火力	65%	55%	50%	50%
原子力	0%	15%	25%	30%
総発電量（兆 kWh）	1.1	1.2	1.2	1.2
エネルギー起源 CO ₂ [MtCO ₂] （2005 年度比）	959 (-20%)	917 (-24%)	892 (-26%)	887 (-26%)
実質 GDP[2005 年価格兆円]	684	690	693	694

出所：柳澤・青島・伊藤（2015）

2.11. Honma and Akimoto (2013)

Honma and Akimoto (2013) では、後述の地球環境産業技術研究機構において開発されている DEARS モデルを用いて、将来の電源構成と温室効果ガス排出削減目標の検討が行われている。モデルそのものは、地球環境産業技術研究機構(2012)において説明されているが、世界を対象に 21 世紀半ばまでの世界全体の消費効用を最大にする動学的最適化モデルであり、経済モデルとエネルギー供給と発電部門についてはボトムアップ的に技術を積み上げたモデルで構成されている。世界は 18 地域に分割されており、非エネルギー産業は 18 部門からなる。非エネルギー部門における生産構造を図 4 に示す。

Honma and Akimoto (2013) では、エネルギー・環境会議 (2012) に基づく試算が行われている。一次エネルギー供給全体に占める再生可能エネルギーの比率は示されていないが、発電電力量に占める比率は明記されており、原子力 0%、15%、20%、25%の各シナリオでそれぞれ、38%、31%、31%、26%となっている (BaU では 2010 年のシェアを維持としている)。また、同様に火力発電のシェアは、それぞれ 62%、54%、48%、48%となっている。また、同じモデルを用いて、前提を変えた分析も行われている。前提を変更した分析 (代替シナリオ) では、原子力発電の比率を 0%としたシナリオは計算されず、代わりに 35%としたシナリオが想定されている。また、炭素価格を 150\$/tCO₂ (原発 35%では 100\$/tCO₂ も) とした場合の CO₂ 排出量や GDP が推計されている。

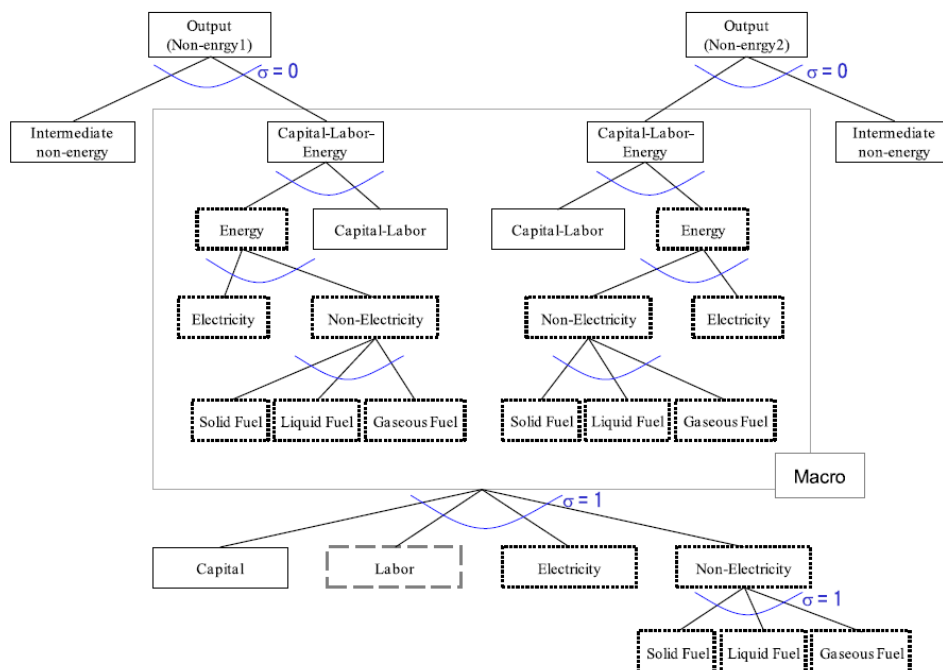


図 4. Honma and Akimoto (2013) における DEARS モデルの構造

出所 : Honma and Akimoto (2013)

2.12. IEA（2014）

IEA（国際エネルギー機関）は、毎年、World Energy Outlook（世界のエネルギー見通し）を公表している。2014 年版においては、現行政策シナリオ、新政策シナリオ、450ppm シナリオの 3 つを対象とした将来の見通しが示されている。

現行政策シナリオは、2014 年半ば時点で公式に採用されている既存政策のみを考慮している。新政策シナリオは、公式に採用されていないものも含め、最近発表された温暖化対策に関する公約や計画が実施されることを想定したシナリオである。450ppm シナリオは、産業革命前からの気温上昇を 2℃に抑制するシナリオである。各シナリオでは、2020 年以降について炭素排出量を削減するために必要な炭素価格が想定されており、表 5 の通り 450ppm シナリオでは 2030 年に先進国で 100 ドル/tCO₂となっている。

表 5. IEA（2014）において想定されている炭素価格（2013 年米ドル/tCO₂）

	地域	部門	2020 年	2030 年	2040 年
現行政策シナリオ	EU	発電、産業、航空	20	30	40
	韓国	発電、産業	20	30	40
新政策シナリオ	EU	発電、産業、航空	22	37	50
	チリ	発電	7	15	24
	韓国	発電、産業	22	37	50
	中国	全部門	10	23	35
	南ア	発電、産業	7	15	24
450 シナリオ	米国・カナダ	発電、産業	20	100	140
	EU	発電、産業、航空	22	100	140
	日本	発電、産業	20	100	140
	韓国	発電、産業	22	100	140
	豪州・NZ	発電、産業	20	100	140
	中国・ロシア・ブラジル・南ア	発電、産業（中国は全部門）	10	75	125

出所：IEA（2014）

なお、日本における見通しは、2012～2020 年、2020～2030 年ともに、実質経済成長率は 1.1%/年とされている。また、2030 年の一次エネルギー需要量は、434Mtoe（新政策シナリオ）であり、そのうち原子力は 57Mtoe、水力を含む再生可能エネルギーは 53Mtoe である。2030 年の最終エネルギー消費量は 284Mtoe（新政策シナリオ）となっている。図 5 に日本における一次エネルギー供給量の見通しを示す。

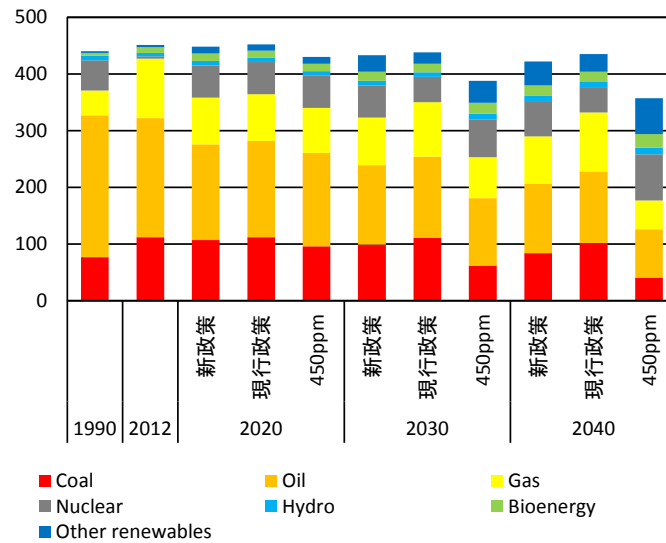


図 5. IEA (2014) で示されている日本の一次エネルギー消費量 (単位:石油換算 100 万トン)

出所: IEA (2014)

2.13. IEEJ (2014)

IEEJ (日本エネルギー経済研究所) は、アジア/世界エネルギー・アウトルックを継続的に報告している。前述の IEEJ(2015)とは別に、2014 年に報告されたアジア/世界エネルギー・アウトルック 2014 の概要について説明する。

アジア/世界エネルギー・アウトルック 2014 では、省エネルギー、低炭素技術を最大限導入する技術進展ケースに、二酸化炭素の回収・貯留 (CCS) を加味したケースにおいて、2050 年の排出量は 2012 年比 26%減まで削減できるが、450ppm シナリオの実現はかなり困難としている。

2030 年の日本におけるエネルギー起源の CO₂ 排出量は、レファレンスでは 1990 年比 4%減であるのに対して、技術進展ケースでは 26%に達するとしている。

2.14. 地球環境産業技術研究機構 (2014)

地球環境産業技術研究機構 (2014) は、図 6 に示すように、エネルギー起源 CO₂ 評価のための DNE21+モデル (評価対象期間としては 2050 年までの分析が可能な世界全体のエネルギーシステムコストを最小化する線形計画モデル) と、非エネルギー起源 CO₂、非 CO₂ を評価するためのモデルを用いて、将来の GHG 排出量を世界 54 地域について推計している。

日本を対象とした推計結果では、現状とられている程度の温暖化対策が継続されるとした現状政策の下での CO₂ 排出量の見通しが示されている。GHG 排出量は、2015 年にピークを迎え、

2005 年比で 2020 年には-2%、2030 年には-10%、2050 年には-30%になると見通している。2030 年のエネ起 CO₂ は、10.38 億 tCO₂ と推計している。

原子力発電については、2014 年 11 月 10 日現在全ての原子力発電が停止している状況から順次再稼働し、2030 年には 40 年基準を満たす全ての原子力発電が稼働（1540 億 kWh/yr）となり、その後 2050 年まで同じ発電電力量を継続すると想定している。

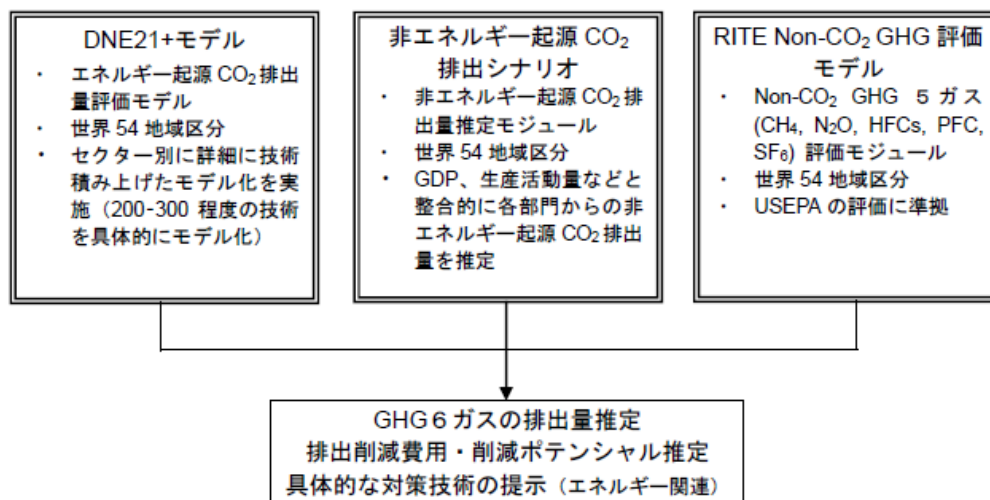


図 6. 地球環境産業技術研究機構（2014）におけるモデルの概要

出所：地球環境産業技術研究機構（2014）

2.15. 浜渦ほか（2013）、星野（2015）

電力中央研究所の浜渦ほか（2013）は、経済・エネルギーモデルを用いて将来のエネルギー需給と CO₂ 排出量について展望している。経済モデルは、マクロ計量モデルをベースとしており、その結果に対応するように連結されている産業関連モデルやエネルギー間競争モデルによってそれぞれ産業構造やエネルギー需給が推計されている（図 7）。将来シナリオは、標準ケース、原子力ゼロケースなど 4 つが想定されているが、いずれも温暖化対策を目的としたものではなく、いわゆるなりゆきシナリオの分析に相当する。このため、2030 年度の CO₂ 排出量は、標準ケースで 1990 年比 4.2%増、原子力ゼロケースで同 10.3%増となっている。また、同じく電力中央研究所の星野（2015）では、業務・家庭部門の省エネの見通しについても計量モデルによる分析が試みられているが、CO₂ 排出削減量に対する寄与の定量化までは至っていない。

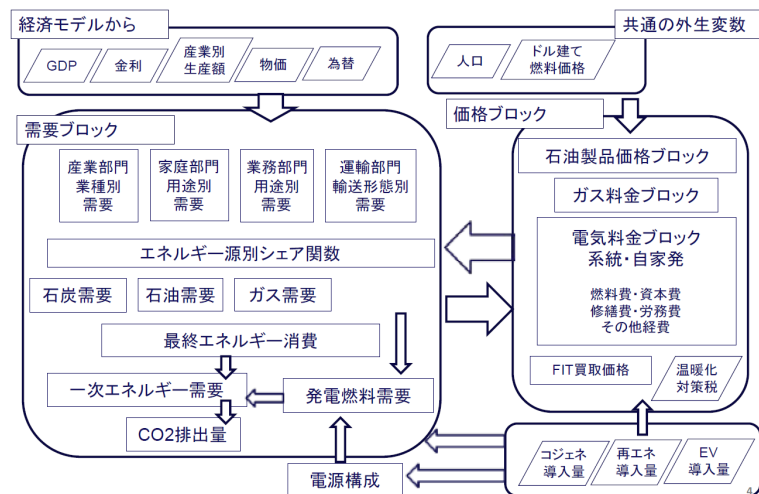


図 7. 浜渦ほか（2013）のモデルの概要（エネルギー間競合モデル）

出所：浜渦ほか（2014）

2.16. IPCC（2014）および Höhne et al.（2014）

2014 年から順次発表された最新の IPCC 第 5 次評価報告書では、各国の GHG 排出の削減目標差異化に関する記述は、主に第 3 作業部会報告書本文第 6 章にある。そこでは様々な目標差異化に関する既存研究の結果を整理し、「能力」「平等」「責任、能力、必要性（発展の権利）」「均等な一人当たり累計排出量」「段階的方法」の 5 つの排出削減の努力分担方法による各地域の 2℃目標達成に必要な許容排出量を、既存研究シナリオ（論文）数と共に定量的に示している⁸。また、「限界削減費用均等」や「GDP 当たり GHG 排出削減費用均等」などの費用効果性を重視する目標差異化方法は、公平性を明示的には具現していないという理由で参考値として位置づけている。

この IPCC 第 5 次評価報告書では 5 地域であるものの、依拠している Höhne et al. (2014) では、より細かい 10 地域での「2010 年比での 2030 年排出許容量」が示されている（図 8）。

⁸ GHG 排出削減の数値目標差異化に関する既存文献を網羅的に集めて、前提などをある程度統一した後の各国・地域の数値目標の具体的な数値を表として提示している。IPCC 第 5 次評価報告書および Höhne et al. (2014) における数値目標の解説としては明日香（2014）を参照のこと。

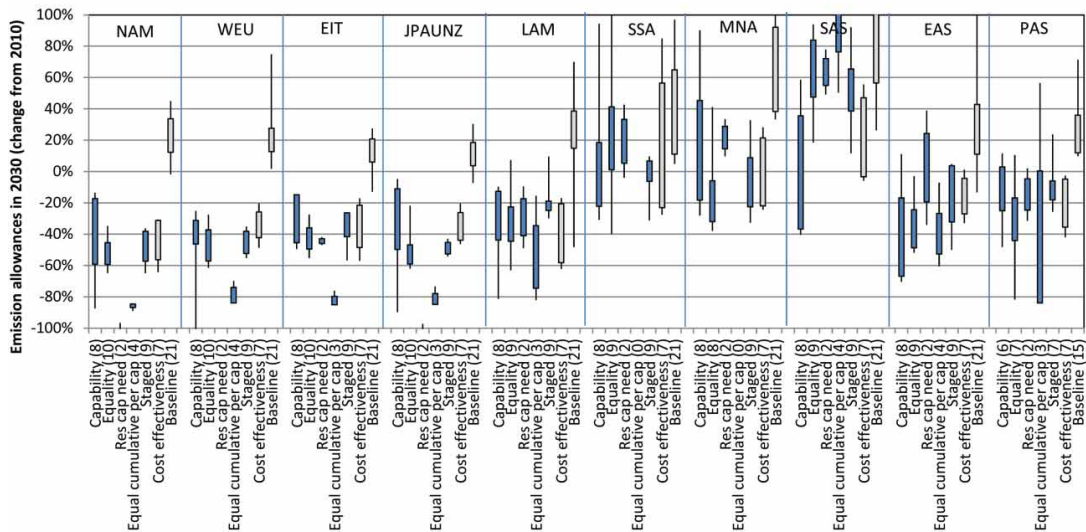


図 8. 2℃目標達成に必要な各地域の数値目標のレンジ（10 地域）

注：2010 年比での 2030 年の GHG 排出許容量（CO₂eq）を示している。GHG 排出削減の努力分担方法の名称および概要は以下の通り。詳細は IPCC 第 5 次評価報告書第 6 章本文 59 ページを参照されたい。

- 能力（Capability）：一人当たりの GDP の大きさに比例して必要削減量を大きくする。
- 平等（Equality）：一人当たりの排出量を均等にする。
- 責任と能力と発展の権利（Responsibility, Capability, Need）：一人当たりの GDP と一人当たりの排出量均等を組み合わせ、さらに一人当たりでの低所得者の削減を免除する。
- 一人当たり累積 GHG 排出量均等（Equal Cumulative per Capita Emissions）：一人当たりの排出量を均等にする際に歴史的な排出量も考慮する。
- 段階的方法（Staged）：一人当たりの排出量などでコミットメントの強さを段階分けする。厳しい段階では、セクター原単位均等などの努力分担を行う。

出所：Höhne et al. (2014)

この図 9 によると、例えば JPAUNZ（日本、オーストラリア、ニュージーランド）では、2℃目標達成に必要な 2010 年比での 2030 年の GHG 排出量は、上位 20%と下位 20%の数値を除いた場合、「能力」では-10%~-50%、「平等」では-48%~-60%、「責任、能力、必要性（発展の権利）」では-106%~-132%、「均等な一人当たり累計排出量」では-78%~-84%、「段階的方法」では-45%~-53%となる。もし中央値を取るとすれば、2030 年に 2010 年比で 60%前後が、日本などにとって必要な排出削減量となる。

2.17. 明日香ほか（2014）、Kuramochi et al. (2014)

明日香ほか（2014）および Kuramochi et al. (2014) は、前出の IPCC 第 5 次評価報告書や Höhne et al. (2014) を参照しながら、産業革命前後の気温上昇を一定のレベルに抑制するための累積

GHG 排出許容量である世界全体のカーボン・バジェットと GHG 排出削減努力の各国分担において広く参照される公平性指標に基づいた努力分担方法を用いて、日本に「公平」に割り当てられるカーボン・バジェットをドイツの研究機関である Ecofys が開発した EVOC モデルを用いて算出した (カーボン・バジェット・アプローチ)。同時に、日本について算出されたカーボン・バジェット内に排出量を抑えるための 2100 年までの例示的な GHG 排出経路も明らかにした。

その結果、2°C 目標達成のために必要な 1990~2100 年の世界全体のカーボン・バジェットを 1800Gt-CO₂e (土地利用・土地利用変化・林業を除く) と設定した場合、広く引用される努力分担方法の下では、同時期に日本に割り当てられるカーボン・バジェットはそれぞれ 51Gt-CO₂e および 54Gt-CO₂e となる。また、2°C 目標達成に十分かつ「公平」な日本の GHG 排出量は、一人当たり GHG 排出量均等を主な指標として考えて GHG 排出削減をただちに開始する場合、2020 年においては 1990 年比-22~-27%、2030 年においては 1990 年比-54~-66%となる (表 6)。

表 6. カーボン・バジェット・アプローチでの日本の中長期 GHG 排出量

時期 (年)	一人当たり排出量収斂 (1990 年比%)	共通だが差異化された収斂 (1990 年比%)
2020	-22	-27
2030	-54	-66
2050	-95	-95

注: 「共通だが差異化された収斂」は、一人当たり排出量の均等などを原則としつつ途上国の一人当たり排出量が先進国の一人当たり排出量を上回ることを認める。非附属書 I 国の後発的な削減義務を認めることにより、当該国の一人当たり GHG 排出量 (平等)、経済発展度合い (能力)、世界全体の GHG 排出量に占める歴史的割合 (歴史的責任) を一定程度考慮している。

出所: 明日香ほか (2014)

なお、明日香ほか (2014) および Kuramochi et al. (2014) は、原子力発電所の再稼働が GHG 排出削減数値目標に与える影響も試算している。それによると、仮に日本において再稼働申請中の原子炉 19 基が全て運転を再開した場合、CO₂ 排出回避量は、2020 年と 2030 年においては、それぞれ日本の 1990 年 GHG 排出量の 7%と 5%に相当する⁹。

2.18. CAN Japan (2014)

2014 年 10 月、日本で気候変動問題に関わる複数の環境保護団体が連携した組織である CAN Japan は、中長期目標としての日本の数値目標のあるべき数字を発表した (CAN Japan 2014)。具体的には、GHG 排出量を 2030 年までに 1990 年比で 40~50%削減 (2010 年比 41~51%削減)

⁹ 2014 年 8 月時点では、13 発電所の原子炉 19 基については原子力規制委員会に対して運転再開の申請が行われていた (2015 年 2 月現在では 21 基)。日本エネルギー経済研究所の原子炉データに基づく予測 (IEEJ 2013) では、原子炉 19 基が仮に全て運転を再開すると、2015 年の原子力発電による発電設備容量は約 1900 万 kW となる。これを用いて CO₂ 排出回避量を計算している。

を提案している。これは、国内の排出量削減（森林などの土地利用を含む）を想定しており、海外での排出量削減を通じた貢献は含んでいない。

CAN Japan (2014) では、数値目標設定に関して、1) 気候変動を抑制するために「グローバルに必要な」削減水準、2) 他の国々と協力して気候変動を抑制しようと考えた時に日本にとっての公平な削減水準、3) 日本でのボトムアップで積み上げた「削減ポテンシャル」、という 3 つの視点から検討している。

CAN Japan (2014) は、日本政府が 2℃目標達成を意識しつつ、長期目標として 2050 年までに 80%削減するという目標を第 4 次環境基本計画の中で掲げていることも重視している¹⁰。すなわち、2050 年時点で 80%削減を達成する排出経路（排出量の推移のあり方）は多数ありうるものの、仮に、暫定の 2020 年目標である「2005 年比 3.8%削減」を前提とし、かつその後は排出量が直線的に推移すると想定した場合は、2030 年時点の削減量は 1990 年比 23%削減になる。また、前民主党政権時の目標である 25%削減から同様に考えると、43%削減が必要となる。つまり、日本の 2030 年目標が、すでに閣議決定されている「2050 年 80%削減」と整合性をもたせるためには、1990 年比 23%削減は下限ととらえ、それより速いペースで削減することが望ましいとする。表 7 は、CAN Japan (2014) の 45%削減シナリオにおける再生可能エネルギーと省エネの想定値である。

表 7. CAN Japan (2014) における省エネと再生可能エネルギー導入量の想定値 (2030 年)

再生可能エネルギー目標（電力に占める割合）	45%
再生可能エネルギー目標（一次エネに占める割合）	30%
省エネルギー目標（2010 年最終エネルギー消費に対する変化率）	-35%

出所：CAN Japan (2014)

2.19. Averchenkova, Stern and Zenghelis (2014)

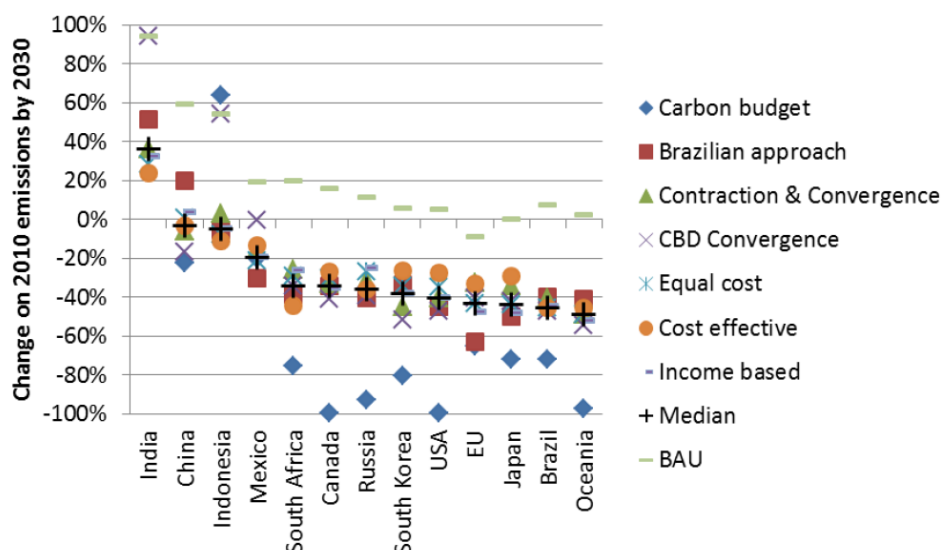
Averchenkova, Stern and Zenghelis (2014) は、英国のエネルギー気候変動省が LSE (London School of Economics) に依頼をして、2℃目標に対応する世界全体の排出量に対して、各国がどれだけ削減する必要があるかを検討したものである。各国・地域の排出量については、以下の 7 つの方法で配分を行っている。

- Carbon budget : 1990-2050 年の排出許可量を人口で配分。これまでの排出実績は考慮しているが、費用については考慮していない。

¹⁰ 日本政府は、2008 年の「福田ビジョン」において 2050 年までに現状から 60～80%削減する長期目標をコミットしており閣議決定もしている。その後、2009 年 7 月の G8 首脳宣言でも「先進国全体で 1990 年またはより最近の複数の年と比して 2050 年までに 80%、またはそれ以上削減するとの目標を支持」することに合意している。さらに、2009 年 11 月の気候変動交渉に関する日米共同メッセージでは「日米両国は、2050 年までに自らの排出量を 80%削減することを目指す」としている。2010 年と 2011 年の G8 でも、2009 年の G8 と同じコミットメント内容で合意されている。

- Brazilian approach：1990 年以降の排出量を踏まえて設定した目標。
- Contraction and convergence：2020 年以降、2050 年の 1 人あたりの排出量が均等化するように配分。
- Common but differentiated convergence：上記の 2050 年 1 人あたり均等化に向けて各国の排出量が収斂する点は同じだが、現状の低排出国に対しては、1 人あたり排出量が世界平均に達するまで増加させることができる。
- Equal GDP cost：GDP に対する緩和費用の比率を同じにする目標。
- Income based：所得のグループによって GDP に対する緩和費用を差別化する目標。
- Cost effective：限界削減費用を均等化する目標。

2030 年に世界の GHG 排出量を 410 億トンとした場合、2010 年の各地域の GHG 排出量に対する変化率を図 9 に示す。



Source: GLOCAF

Note: 2010 base year; 41 Gt CO₂e global emission target in 2030

図 9. 2010 年の排出量に対する各目標での 2030 年の GHG 排出量

出所：Averchenkova, Stern and Zenghelis（2014）

2.20. 自然エネルギー財団（2015）

自然エネルギー財団（2015）では、日本全体の CO₂ 排出量の削減については示されていないが、「持続可能な電源構成」にすることで、発電部門からの CO₂ 排出量を 2030 年には 1990 年比 70%削減できるとしている。「持続可能な電源構成」とは、節電・省エネルギーの徹底、自然エネルギーを基幹電源に、天然ガス火力の高効率化、原子力発電の低減、に基づくものである。

電力の省エネルギー化には大きな可能性があり、2030 年度までに 2010 年度比で 30%削減を行うことが可能であるとしている（この場合、必要な電力量は 7725 億 kWh となる）。2 点目の自然エネルギーの基幹電源化については、太陽光発電、風力発電、水力、地熱、バイオマスなどの自然エネルギー電源による電力供給量は、2030 年度に 3500 億 kWh に達することが可能であるとしている。3 点目の天然ガス火力の高効率化とコージェネレーションの導入によって、2030 年度には 4000 億 kWh 以上の電力供給を行うことができるとしている。こうしたことによって、原子力に頼ることのない電源構成の実現が可能であるとしている（図 10）。

また、その前提となる持続可能な未来へのエネルギー政策について 4 つの鍵を掲げている。それらは、1) エネルギー効率化を最優先の資源に、2) 国内にある豊富な自然エネルギーの早期・最大限の活用、3) 分散型エネルギーシステムへの転換、4) 発送電分離を中心とする電力システム改革の徹底である。

さらに、自然エネルギー財団が提案する上述のエネルギーシナリオの実現可能性や費用を評価するために、Fripp（2012）で示されている SWITCH モデルを日本に適用して分析を行っている。

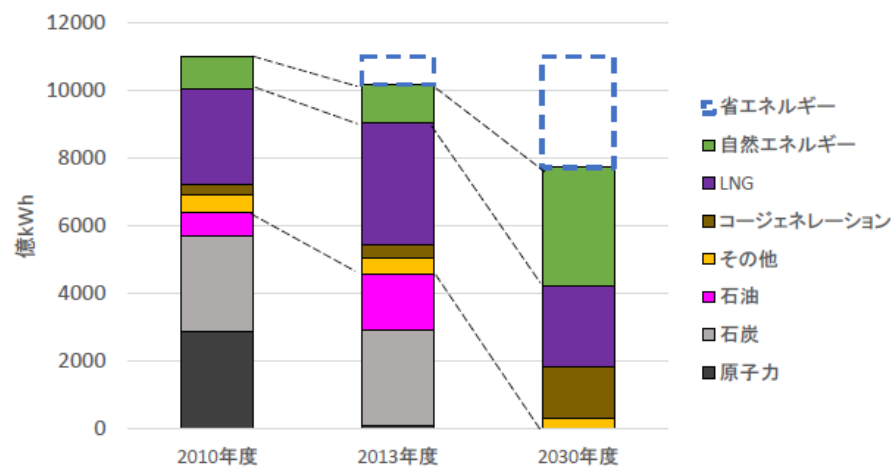


図 10. 自然エネルギー財団が提案するシナリオでの電源構成

出所：自然エネルギー財団（2015）

2.21. 低炭素社会戦略センター（2014）

低炭素社会戦略センター（2014）では、具体的な排出削減量についての記載はないものの、「明るく豊かな低炭素社会」の基礎となる太陽電池・燃料電池・蓄電池の定量的技術シナリオが示され、各技術のコストの評価方法について検討されている。

3. 各提案および試算の比較

前節で紹介した各提案および試算をまとめると表 8 のようになる。また、各モデルの 2030 年を対象としたエネルギー起源 CO₂ 排出量について、結果を比較したものが図 10 である。以下では、各提案および試算の比較の際に論点となる点毎に比較する。

3.1. 目標設定型か対策評価型か

各研究機関の試算には、1 人あたりなど様々な基準をもとに排出可能量を割り当てる目標設定型と、個別の対策を考慮して排出削減量の計算を行う対策評価型がある。前者の例として、IPCC 第 5 次評価報告書、Höhne et al. (2014)、明日香ほか (2014)、Kuramochi et al. (2014)、Averchenkova, Stern and Zenghelis (2014) などが挙げられる (前項の 2.14~2.16)。一方の后者は、温暖化対策は全く想定せずに、なりゆきとして計算されたものと、省エネ導入や再エネ導入など一部の対策、施策を組み入れて評価したものがある (前項の 2.1~2.13 の各例が該当する)。

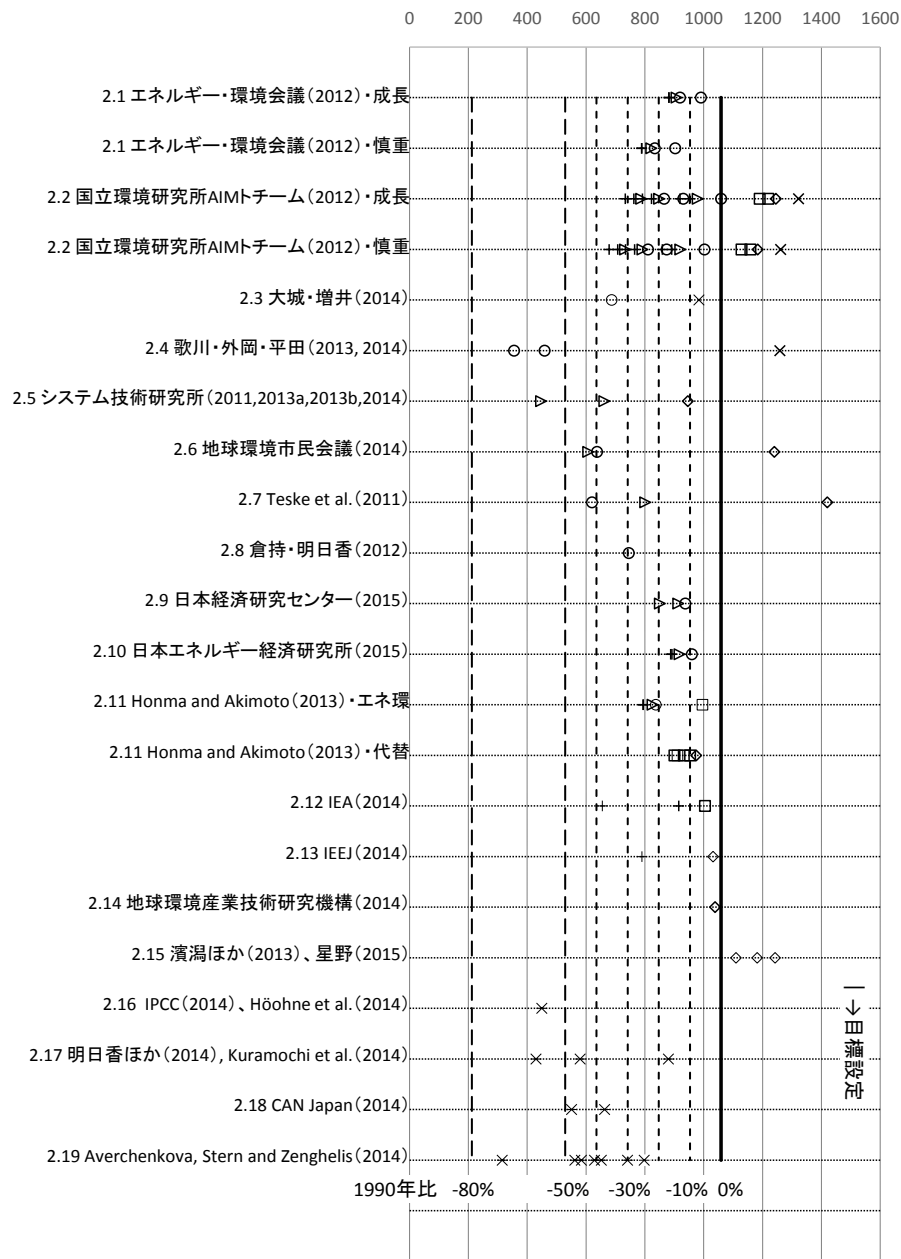
目標設定型の場合、1) 2℃目標達成のためのカーボン・バジェットの大きさをどの程度に設定するか (どの程度の確率の高さで 2℃目標達成をめざすか)、2) 各国数値目標の差異化 (GHG 排出削減努力の分担) の際にどのような指標や基準を用いるか、の二つによって各国のバジェットおよび排出量が大きな影響を受ける。また、対策評価型の場合、評価する施策の強度によって、排出量が変化する。

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

表 8. 各機関によるエネ起 CO₂ 排出削減量（2010 年比での 2030 年排出削減比）

名称・研究機関	2030 年エネ起 CO ₂ 排出削減比（対 2010 年%）	備考
2.1. エネルギー・環境会議（2012）	13-25	対策評価型。成長ケースと慎重ケース。
2.2. 国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム（2012）	0-36	対策評価型（AIM モデル）。エネルギー・環境会議等のベースとなる試算。
2.3. 大城・増井（2014）	12-39	対策評価型。全国を 10 地域に分割した技術モデルをもとに、2050 年 80%削減を評価。
2.4. 歌川・外岡・平田（2013, 2014）	57-66	対策評価型。原発ゼロ。
2.5. システム技術研究所（2011, 2013a, 2013b, 2014）	37-58	対策評価型。原発は稼働 30 年で段階的廃止。
2.6. 地球環境市民会議（2014）	40-43	対策評価型。原発ゼロ。マクロ経済モデルとの統合モデル。
2.7. Teske et al.（2011）	24-41	対策評価型。原発ゼロ。
2.8. 倉持・明日香（2012）	エネルギー・環境会議の数値+10%程度	対策評価型（森林吸収、CCS、海外クレジット考慮）。
2.9. 日本経済研究センター（2015）	12-20	対策評価型。モデルの詳細は不明。脱原発、原発 15%、CCS 活用の 3 ケース。
2.10. 日本エネルギー経済研究所（2015）	9-16	対策評価型。モデルの詳細は不明。原発ゼロで 9%削減。
2.11. Honma and Akimoto（2013）	13-29	対策評価型。経済モデルと技術モデル。エネ環会議の分析と代替シナリオ。
2.12. IEA（2014）	5-38	対策評価型。新政策シナリオで 13%削減。電力に占める原発比率は 21%（現政策シナリオ）～35%（450 scenario）
2.13. IEEJ（2014）	4-26	アジア/世界エネルギー・アウトルック 2014。対策評価型。
2.14. 地球環境産業技術研究機構（2014）	2	対策評価型。エネ起 CO ₂ は、世界を対象としたボトムアップ・モデル。非 CO ₂ 、非エネ起 CO ₂ は別モデルで推定。GHG 全体では 0%程度。
2.15. 濱渦ほか（2013）、星野（2015）	2-▲10（なりゆき）	マクロ計量モデルにエネルギー間競合を評価するモデルを付加。「なりゆき」のみ分析。
2.16. IPCC（2014）、Höhne et al.（2014）	約 60（GHG）	目標設定型。2℃目標前提。複数の既存論文の中央値（日本、豪、ニュージーランド 3 カ国グループの数値）。
2.17. 明日香ほか（2014）、Kuramochi et al.（2014）	30-66（GHG）	目標設定型。2℃目標前提。Ecofys モデル。採用した主な GHG 排出削減の努力分担方法は一人当たり排出量均等。
2.18. CAN Japan（2014）	41-51（GHG）	目標設定型と対策評価型の両方を考慮。
2.19. Averchenkova, Stern and Zenghelis（2014）	29-72（GHG）	目標設定型。2℃目標のために世界の 2030 年の GHG 排出量を 41GtCO ₂ として、7 つの基準で排出量を割当。
2.20. 自然エネルギー財団（2015）	—	電力を中心に分析。発電部門からの 2030 年の CO ₂ 排出量を 1990 年比 70%削減できるとしている。
2.21. 低炭素社会戦略センター（2014）	—	モデルの詳細は不明。マクロ全体の削減についての記述はなく、発電コストの見通しなどを記載。

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



	対策あり	対策なし	—
原子力 0	○	×	
原子力 15%程度	△	◇	
原子力 20%以上	+	□	
目標設定			*

図 11. 2030 年のエネルギー起源 CO₂ 排出量のモデル間比較 (単位 : MtCO₂)

注: 図中の太線は 1990 年の排出量を示す。また、各点は以下の各ケースを示す。また、目標設定型 (2.16-2.19; 図中の*) については、GHG を対象としているが、同じ削減率をエネ起 CO₂ に適用した。

3.2. 対策評価型の試算結果の比較

本稿で紹介した研究の中には、対策評価型による計算でも、目標設定型での 2°C 目標達成に必要な数値を出している研究もある。すなわち、対策評価型においても省エネ導入量、再生可能エネルギー導入量、石炭・石油火発割合、LNG 火発効率、電炉鋼割合、活動量（生産量）、海外クレジット購入量などの前提や想定値によって、結果が大きく変化する。以下では、これらの指標のうち、省エネ導入率、再生可能エネルギー導入率、石炭火力発電比率、石油火力発電比率、経済成長率について、それぞれモデル間の比較を行った。

1) 省エネ導入量

下図に、2010 年に対する 2030 年の最終エネルギー消費量の変化を示す。対策を導入したケースの場合、対策の強度によって、2010 年～2030 年までの間に 10～50% の最終エネルギーの削減が行われているが、モデル間のばらつきは大きい。

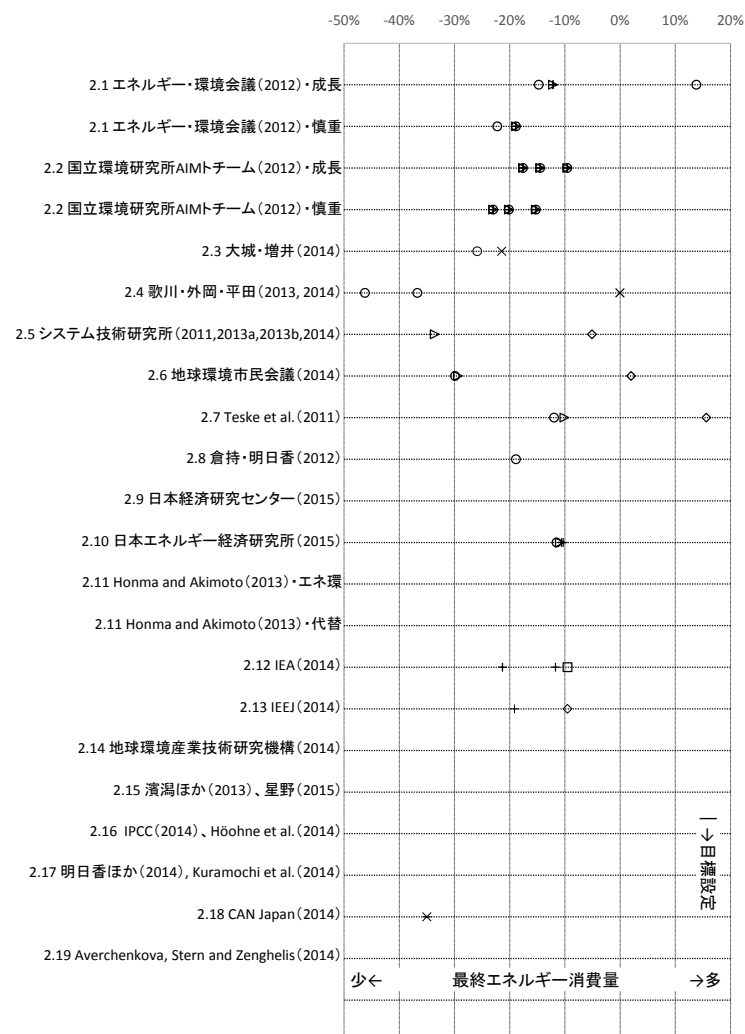


図 12. 2010 年に対する 2030 年の最終エネルギー消費量のモデル間比較（単位：％）

2) 再生可能エネルギー導入率

下図に一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギー（大規模水力を含む）の比率を示す。多くの結果で、なりゆきケースにおいて5%前後であるのに対して、対策ケースでは10%を超え、最も多く見通している試算では、30%を超えている。

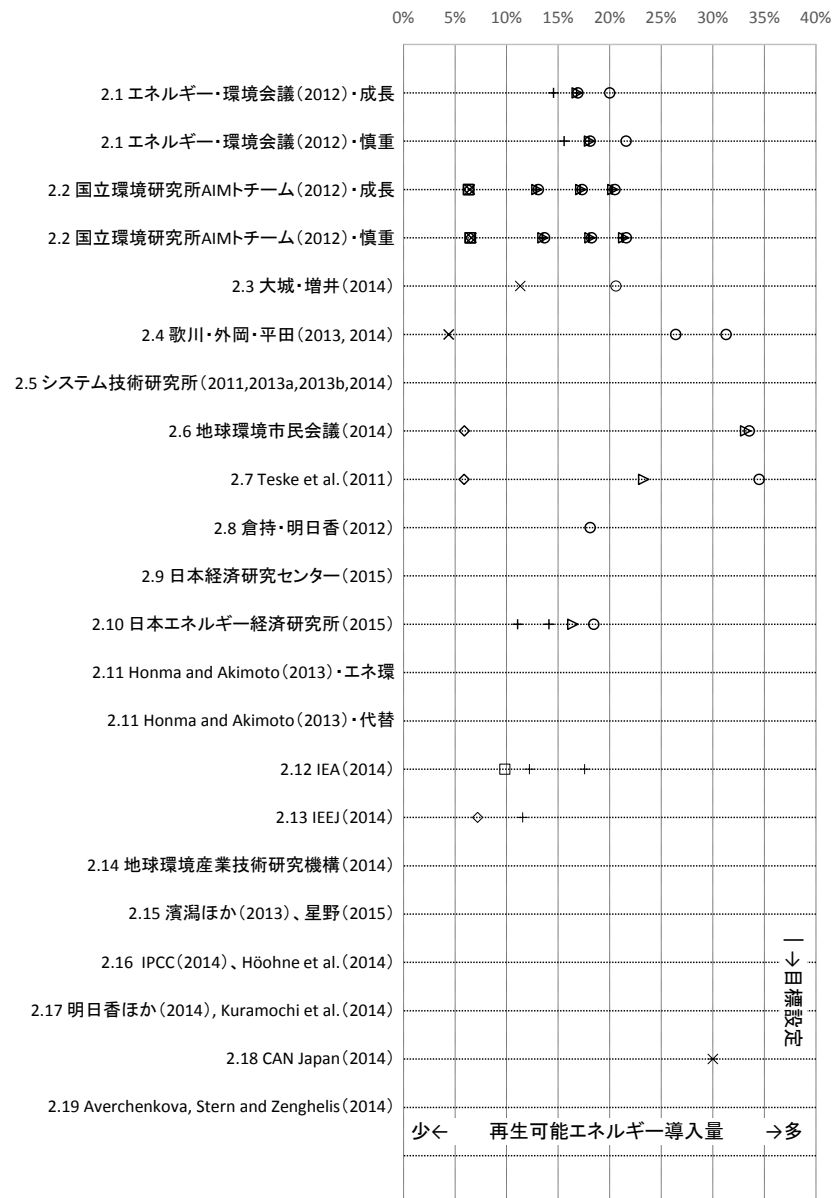


図 13. 2030 年における一次エネルギー供給量に占める再生可能エネルギーの比率のモデル間比較（単位：％）

3) 石炭火力発電および石油火力発電の割合

＜石炭火力発電＞

2030 年において、発電電力量に占める石炭火力の比率を下図に示す。各試算によってばらつきが大きいという特徴が見られる。

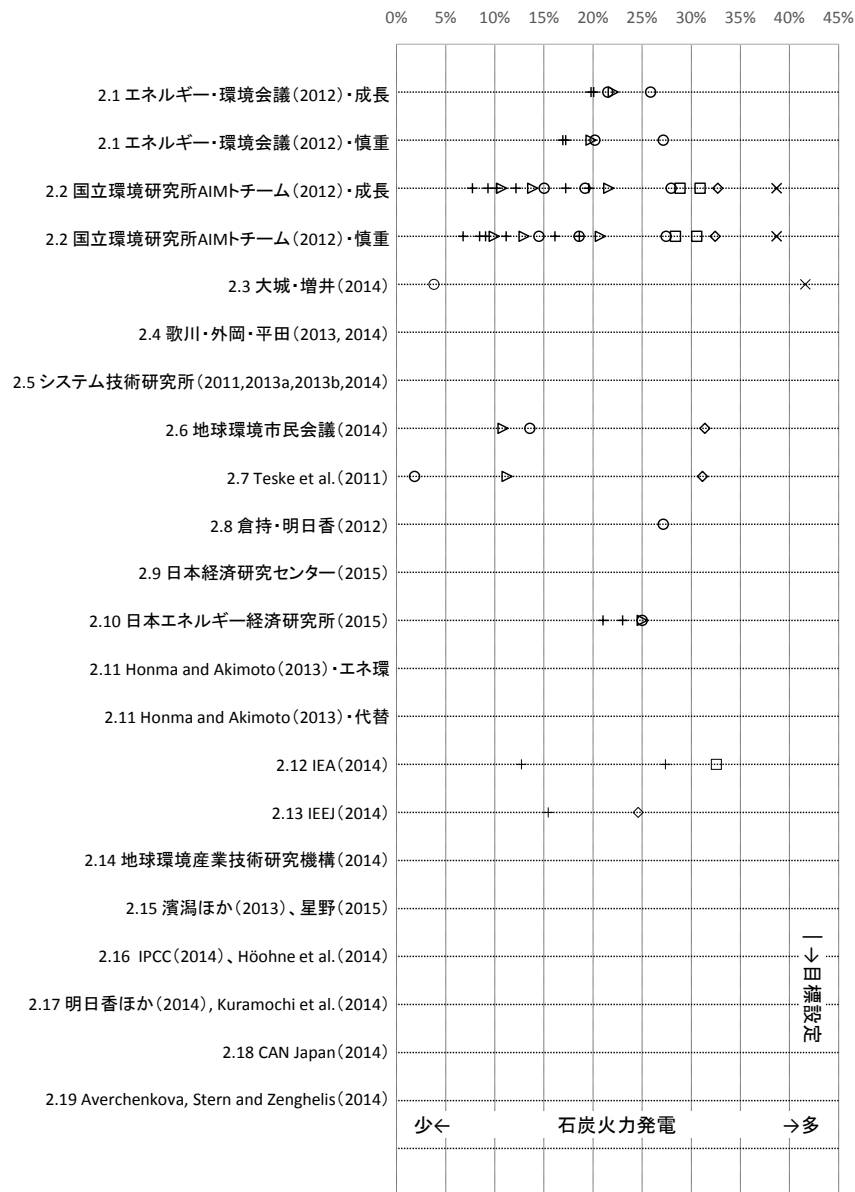


図 14. 2030 年における発電電力量に対する石炭火力発電の比率のモデル間比較 (単位 : %)

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

＜石油火力発電＞

2030 年において電力供給量に占める石油火力の比率を下図に示す。各試算ともに、対策ケースにおいては概ね 7%以下となっている。

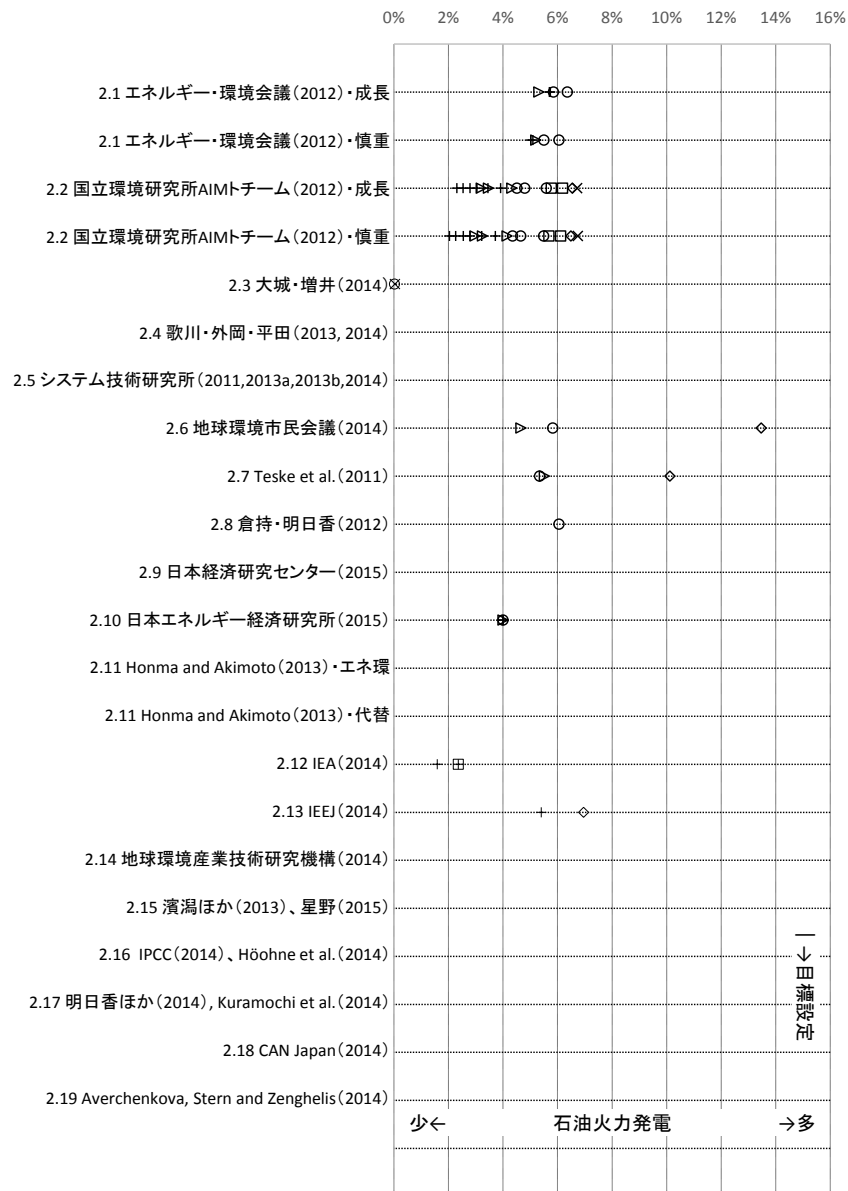
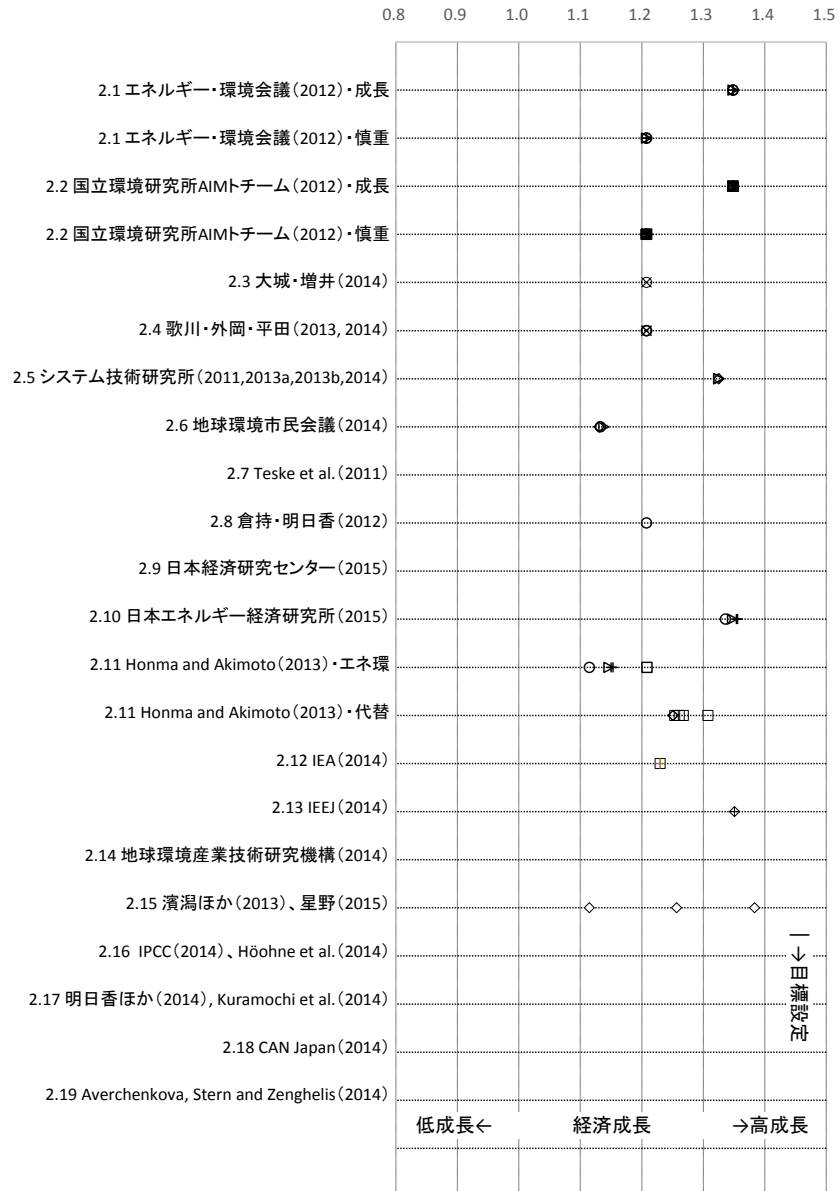


図 15. 2030 年における発電電力量に対する石油火力発電の比率のモデル間比較 (単位 : %)

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

4) 活動量 (実質 GDP)

活動量として、2010 年に対する 2030 年の GDP の水準を下図に示す。2030 年の GDP は、慎重ケースで 2010 年比 20%増、成長ケースで 35%程度の増加となっている。



4. まとめ

現在、国内外で 2015 年 12 月にパリで開催される COP21 での合意に向けて GHG 排出削減数値目標に関する議論が加速されつつある。日本における GHG 排出量に関する見通しの試算は複数あり、原発依存度がゼロの場合でも 2030 年に 1990 年比で 10% 台から 60% 以上という幅がある。こうした幅が生じる理由は、前提となる経済活動の状況や、省エネと再生可能エネルギーに関する前提や想定の違いである。今回提示した試算結果の比較が、2030 年の GHG 排出削減目標の議論に貢献することを期待する。

なお、別稿「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）試算結果の比較からのメッセージ」では、3.2 で示した各項目等について、想定値や前提を個別に比較分析し、その結果を考察しているので参照されたい。

参考文献

- CAN Japan, 2030 年に向けた日本の気候目標への提言
http://www.kiconet.org/wp/wp-content/uploads/2014/09/140912ClimateTargetFor2030_Ver1.pdf
[Accessed Feb 10, 2015]
- Matthias Fripp (2012) Switch: A Planning Tool for Power Systems with Large Shares of Intermittent Renewable Energy, *Environmental Science and Technology*, 46, pp.6371-6378,
http://www2.hawaii.edu/~mfripp/papers/Fripp_2012_Switch_Calif_Renewables.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- Niklas Höhne, Michel den Elzen and Donovan Escalante, 2014. Regional GHG reduction targets based on effort-sharing: a comparison of studies, *Climate Policy*, Vol. 14, No. 1, 122 –147.
- Takashi Honma and Keigo Akimoto, 2013. Analysis of Japan's energy and environment strategy after the Fukushima nuclear plant accident. *Energy Policy*, 62, 1216–1225.
- IEA, 2014. *World Energy Outlook 2014*. International Energy Agency, Paris, France.
- IEEJ, 2010. アジア/世界エネルギー・アウトルック 2010. —アジア/世界の長期エネルギー需給展望と環境問題の解決に向けた技術の役割—. 日本エネルギー経済研究所.
<https://eneken.ieej.or.jp/data/3435.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- IEEJ, 2014. アジア/世界エネルギー・アウトルック 2014. —中国・インドの低成長シナリオ及び気候変動問題の分析—. 日本エネルギー経済研究所
<http://eneken.ieej.or.jp/press/press141021.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- IPCC, 2014. “Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change”, Working Group III contribution to the 5th Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change.
<http://www.mitigation2014.org/> [Accessed Feb 10, 2015]
- Kiko Network, 2014. Fears of a Japanese Coal Rush Now a Reality: Utility Companies Announce Electricity Supply Plans.
<http://sekitan.jp/en/info/article20140507/> [Accessed Feb 10, 2015]
- Takeshi Kuramochi, Jusen Asuka, Hanna Fekete, Kentaro Tamura and Niklas Höhne, 2014. Japan's Medium- And Long-Term GHG Mitigation Pathways Under The Carbon Budget Approach, Vol. / Issue: No. 2014-02.
http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/5431/attach/IGES-Ecofys_Working_Paper_Japan's_Carbon_Budget_Final3.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- Mikiko Kainuma, Ken Oshiro, Go Hibino and Toshihiko Masui, 2014. Japan Chapter, Pathways to Deep Decarbonization, 2014 Report,
http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2014/09/DDPP_2014_report_Japan_chapter.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- Sven Teske, Arthouros Zervos, Junichi Sato, Hisayo Takada, 2011. The advanced energy [r]evolution A SUSTAINABLE ENERGY OUTLOOK FOR JAPAN.
http://www.greenpeace.org/japan/Global/japan/pdf/er_report.pdf [Accessed Feb 10, 2015]

- 明日香壽川, 倉持壮, Hanna Fekete, 田村堅太郎, Niklas Höhne, 2014. カーボン・バジェット・アプローチに基づく日本の中長期的な温室効果ガス排出経路, IGES Working Paper No. 2014-02.
http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/5449/attach/IGES-Ecofys_Working_Paper_Japan's_Carbon_Budget_Final_JP2.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- 明日香壽川, 2014. IPCC 第 5 次報告書第 3 作業部会の政策的含意-各国削減目標の差異化および原子力発電の役割を中心に-.
http://www.cneas.tohoku.ac.jp/labs/china/asuka/_userdata/IPCC%20AR5%20WG3%20review26.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- エネルギー・環境会議, 2012. 革新的エネルギー・環境戦略, 2012 年 9 月 14 日.
http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/npu/policy09/pdf/20120914/20120914_1.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- 大城賢, 増井利彦, 2014. わが国を対象とした多地域エネルギー技術選択モデルによる 2050 年までの温室効果ガス削減シナリオ. Journal of Japan Society of Energy and Resources, Vol.35, No.4, 31-39.
- 歌川学, 外岡豊, 平田仁子, 2013. ボトムアップ・モデルによる 2050 年までの対策を考慮する中長期省エネ・温暖化対策シナリオの検討, 第 31 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス発表論文.
- 歌川学, 外岡豊, 平田仁子, 2014. ボトムアップ・モデルによる 2050 年までの中長期省エネ温暖化対策と費用対効果, 第 32 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス発表論文.
- 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 [Accessed Feb 10, 2015]
- 国立環境研究所 AIM プロジェクトチーム, 2012. 2013 年以降の対策・施策に関する検討小委員会における議論を踏まえたエネルギー消費量・温室効果ガス排出量等の見直し, 中央環境審議会地球環境部会第 109 回提出資料.
http://www.env.go.jp/earth/report/h24-03/app01_part1.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- 国家戦略室, 2012. エネルギー・環境に関する選択肢. 内閣府国家戦略室エネルギー・環境会議.
- システム技術研究所, 2011a. WWF 脱炭素社会に向けたエネルギーシナリオ提案 <省エネルギー編> 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/upfiles/110721EnergyScenario01_Ver.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- システム技術研究所, 2011b. WWF 脱炭素社会に向けたエネルギーシナリオ提案 <自然エネルギー100%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/upfiles/20111117EnergyScenario02.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- 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.
<http://www.wwf.or.jp/activities/upfiles/20130328EnergyScenario03.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]

- 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/files/EnergyScenario04.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- システム技術研究所, 2014. WWF 脱炭素社会に向けたエネルギーシナリオ提案〈検証：自然エネルギー接続保留に関する定量的分析：電力系統編補論〉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/upfiles/20141111EnergyScenario04opt.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- 地球環境市民会議, 2014. 原発ゼロで CO₂ 排出 40%削減は十分可能～「CASA2030 モデル」の試算結果～.
<http://www.bnet.jp/casa/2/CASA2030Model/CASA2030Model.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- 地球環境産業技術研究機構, 2012. RITE 世界エネルギー経済モデル DEARS の概要.
http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/about-global-warming/download-data/Options_energyenvironment_RITEDEARS.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- 地球環境産業技術研究機構, 2014. RITE 世界および日本の CO₂・温室効果ガス排出見通し 2014 について.
http://www.rite.or.jp/Japanese/lab/sysken/about-global-warming/download-data/RITE_globalCO2GHGmission2014.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- 低炭素社会戦略センター, 2014. 「明るく豊かな低炭素社会」の実現を目指して, 低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書.
<http://www.jst.go.jp/lcs/documents/publishes/item/fy2014-pp-00.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- 日本経済研究センター, 2015. 2050 年、05 年比で CO₂、6 割削減は可能
http://www.jcer.or.jp/policy/pdf/150227_policy.pdf [Accessed Feb 10, 2015]
- 浜渦純大, 星野優子, 永田豊, 桜井紀久, 門多治, 2013. 2030 年までの産業構造・エネルギー需給展望, 電力中央研究所 研究報告: Y12033.
<http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/download/VjpByrnTDKNCfEjXvdIL62mxXeOtaOc9/report.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- 星野優子, 2015. 業務・家庭部門の省エネの見通しについてー2030 年までの将来展望のためのシナリオ分析ー, 電力中央研究所社会経済研究所ディスカッション・ペーパー: SERC14006 ver.2.
<http://criepi.denken.or.jp/jp/serc/discussion/download/14006dp.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]
- 増井利彦, 日比野剛, 大城賢, 2014. 技術選択を考慮した応用一般均衡モデルによるわが国の温室効果ガス排出削減目標の評価. 土木学会論文集 G(環境), 70 (5), I_43-I_51
- 柳澤明, 青島桃子, 伊藤浩吉, 2015. エネルギー・ミックスの選択に向けて, 第 419 回定例研究報告会.
<http://eneken.ieej.or.jp/press/press150116b.pdf> [Accessed Feb 10, 2015]