

日本の脱炭素社会への移行に関する複数モデルによるシナリオ分析の政策的知見

2021年3月29日

東京大学未来ビジョン研究センター
国際エネルギー分析と政策研究ユニット

本提言は Stanford Energy Modeling Forum 35 Japan Modeling Intercomparison Project (EMF 35 JMIP) を中核とする Sustainability Science 特集号 Energy Scenarios for Long-Term Climate Change Mitigation in Japan に基づき、日本の長期気候政策に関する政策的知見を複数のエネルギー経済モデル／統合評価モデルのシナリオ分析の観点からとりまとめたものである。特集号の個々の論文については、エディトリアル (Sugiyama, Fujimori, Wada, & Weyant, 2021) と各論文自体を参照されたい。

はじめに

2020年10月26日、菅義偉首相は所信表明演説において2050年までの温室効果ガスのネット排出量ゼロ（カーボン・ニュートラル）の宣言を行った。この公約は、2050年までに温室効果ガスの排出量を80%削減するという日本の従来の長期戦略を、正味ゼロ排出に格上げしたものである。政府は2020年12月にグリーン成長戦略を発表し、地球温暖化対策推進法の改正を進めている最中である（本稿執筆時点）。また、エネルギー基本計画の見直しも行われており、2021年夏をめどに策定される予定である。今月（2021年3月）は、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から10年の節目でもあり、エネルギー・気候政策に関する議論は転換点にある。

菅首相は所信表明演説で「産業構造や経済社会の変革」を強調した。これは決して控えめな表現ではなく、脱炭素の課題は広く認識されており、脱炭素化への移行には技術革新や社会の変化を加速させるための幅広い政策を総動員することが必要である。かつてないほどのエネルギー政策の転換のためには、それを支える様々な分野の科学的エビデンスを向上させることが必須である。

モデルに基づくエネルギー・シナリオは、そのような科学的エビデンスの一つを成す。気候・エネルギー政策におけるシナリオの活用は、京都議定書のトップダウン体制から、パリ協定のトップダウンとボトムアップのハイブリッドなレジームへの移行により、最近特に拡大している。

エネルギー・シナリオには様々な不確実性が知られているが、特に重要なのはモデルの違いに起因する不確実性である (Krey, 2014)。非線形性が強い複雑なモデルの場合、前提条件を揃えたとしてもモデルによって結果が異なることは往々にある。そのため、政策的な判断をするにはモデルの差異に起因する不確実性を明示的に考慮し、分析する必要がある。スタンフォード大学の Energy Modeling Forum (EMF) は 1970 年代からこうした枠組みで研究を行ってきている (Huntington et al., 1982)。

EMF 35 Japan Model Intercomparison (JMIP)(Energy Modeling Forum, n.d.)では、様々な不確実性を考慮した日本の 2030 年削減目標と長期戦略（2050 年削減目標）に関する複数モデルのシナリオ分析を実施した。日本の現行の NDC（Nationally Determined Contribution, 国が決定する貢献）は、2030 年度までに 2013 年度比 26%の削減、長期戦略は 2050 年までに 80%の排出削減が目標とされている（NDC は今年中に更新される予定である）。EMF 35 JMIP のシナリオ設計には 100%の排出削減が含まれているが、プロジェクトが 2017 年 4 月から始まったこともあり、分析の中心的なシナリオは 2050 年までの 80%の排出量削減である。それでも EMF 35 JMIP の分析結果はネットゼロの分析のための礎となるものである。

参加モデルとシナリオ設計

EMF 35 JMIP では不確実性として、政策（排出量制約）の厳しさ、技術的制約、サービス需要レベル、エネルギー輸入コストを扱うこととした(Sugiyama, Fujimori, Wada, Oshiro, et al., 2021)。

表 1 に参加モデルの一覧を示す。複数の温室効果ガスをカバーするモデルもあるが、本研究では、エネルギー使用量や産業プロセスからの CO₂ 排出量に焦点を当てた。日本の全てではないが主要なモデルの多くが含まれている。

表 1. 参加モデル一覧

モデル	地域	研究機関	モデルの種類
AIM/Enduse-Japan V2.1	日本	京都大学、国立環境研究所	逐次最適、部分均衡
AIM/Hub-Japan 2.1	日本	京都大学、国立環境研究所 地球環境戦略研究機関	逐次最適、一般均衡
DNE21 Version 1.3	世界	東京大学大学院工学系研究科	通時最適、部分均衡
IEEJ Japan ver. 2017	日本	日本エネルギー経済研究所	通時最適、部分均衡
TIMES-Japan 3.1	日本	エネルギー総合工学研究所	通時最適、部分均衡

表 2 に具体的なシナリオ設計を示す。

表 2 シナリオの一覧。簡潔にするため、政策シナリオのみを示している。ベースラインシナリオは、Baseline_Def 等と表記される。

次元	シナリオ	説明
排出量の制約)	26by30+80by50_Def	NDC と長期戦略
	26by30+70by50_Def	NDC、2050 年 70%削減
	26by30+90by50_Def	NDC、2050 年 90%削減
	26by30+100by50_Def	NDC、2050 年 100%削減
	16by30+80by50_Def	2030 年 16%削減、その後長期戦略
	36by30+80by50_Def	2030 年 36%削減、その後長期戦略
技術に関する感度解析	26by30+80by50_NoCCS	炭素回収・貯留 (CCS) は利用不可
	26by30+80by50_LimNuc	原子力の限定的な利用
	26by30+80by50_NoNuc	原子力は利用不可
	26by30+80by50_HighInt	変動性再エネの電力系統統合の課題、大
	26by30+80by50_LoInt	変動性再エネの電力系統統合の課題、小
	26by30+80by50_LoVREcost	変動性再エネのコストを半減
	26by30+80by50_HiVREcost	変動性再エネのコストを倍増
	26by30+80by50_LoVREpot	変動性再エネの賦存量を半減
	26by30+80by50_HiVREpot	変動性再エネの賦存量を倍増
26by30+80by50_LoStorageCost	エネルギー貯蔵のコストの大幅減	
サービス需要水準	26by30+80by50_LoDem	低位 GDP 成長シナリオを適用
	26by30+80by50_LoDemBld	低位 GDP に加え民生部門サービス需要半減
	26by30+80by50_LoDemTra	低位 GDP に加え運輸部門サービス需要半減
	26by30+80by50_LoDemInd	低位 GDP に加え産業部門サービス需要半減
エネルギー輸入価格	26by30+80by50_HiImportCost	エネルギーの輸入価格を倍増

各シナリオの名称は、(政策次元)_(その他のパラメータ設定)と表記している。(政策次元)は、「ベースライン」または「(xx)by30+(yy)by50」の形式をとり、2030 年までに xx%削減、2050 年までに yy%削減することを規定している。

中心的なシナリオは以下の 2 つである。

Baseline_Def: デフォルトのパラメータ設定で気候政策を想定しない。

26by30+80by50_Def: デフォルトのパラメータ設定で日本の NDC(nationally determined contribution) (2030 年度までに 2013 年度比で 26%削減) と長期戦略 (2050 年までに 80%削減)。

排出削減について異なる水準は、現行の政策（2030年度26%削減、2050年80%削減）から削減レベルが変わったときにコストなどがどのように変化するか吟味するのに有用である。

技術については、これまでのEMF研究を踏襲しており、主に様々な技術オプションが利用不可能となった場合の影響を理想化して分析している。変動性再生可能エネルギーや電力システム統合、エネルギー貯蔵のコスト等の感度分析も含む。さらに、原子力発電は政治的に大きな課題であるため、モデルごとの標準的な取り扱い、限定的な原子力利用、原子力利用不可の3つの原子力シナリオを検討している。なお技術の利用可能性は、技術開発の状況や、一般市民の受容性、あるいはその両方に影響されることに注意されたい。

エネルギー・サービス需要は最終エネルギー需要、ひいては一次エネルギー需要の規模に大きく影響し、緩和策の難しさにも強く関連する。本研究では、低位の経済成長率を仮定するシナリオの他に、産業、運輸、民生の3つの部門でサービス需要を半減させるための理想化された感度分析を実施した。これらは理想化されたシナリオだが、2019-2021年の新型コロナ禍のような突発的な需要ショックや、材料効率の改善など、サービス需要の変化を引き起こす要因は無数にある。

さらにエネルギー輸入価格の感度分析も行った。日本は現在エネルギー自給率が10%未満で、エネルギーの輸入に大きく依存している。クリーンエネルギーシステムに移行した後も、日本は輸入に依存し続ける可能性がある。実際、政府はオーストラリアなどの国から大量の水素、アンモニア等を輸入する可能性を検討している。そのため、エネルギー輸入価格の変化に対する感度解析を検討することは有用である。

国内総生産（GDP）と人口については共通の値を用いた。人口データは社会保障・人口問題研究所のデータを参照し、GDPについてはエネルギー長期需給見通しや、IPCCなど国際的によく用いられている共通社会経済経路（Shared Socioeconomic Pathways, SSP）のうち中庸的なケース（SSP2）などを参照した。

長期戦略達成のための長期的な緩和策強化（広さ・深さ）の必要性

複数モデルの分析の結果によれば、日本政府が2019年に国連気候変動枠組条約に提出した長期戦略の目標、2050年までに温室効果ガス排出80%削減のためには、全ての排出部門で大幅排出削減が必要である。現状の政策では不十分であり、大幅な強化が必要になる。

図1に電力部門、運輸部門、民生部門（家庭・業務）、産業部門（エネルギーおよび産業プロセス）のCO₂排出量の時系列を示す。2050年までに日本全体で80%排出削減を行うためには、どの部門も例外なく大幅な削減がなされている。一般均衡モデルを除いて残存排出量が最も多いのが産業部門である(Ju et al., 2021)。

炭素価格は、仮に炭素税または排出量取引で緩和策を実施したとすると、その時の価格に対応する。炭素価格は2020年までモデルの中央値で0円であるが、標準的な仮定のもとでは2050年の値はモデルの中央値で8万円程度まで上昇する（簡易的に1ドル=100円として換算）。図1にあるように全ての部門が排出削減に貢献するが、これはこの高額な炭素価格が全部門にかかっているからである。モデルと現実の比較は難しいが、経済協力開発機構（OECD）が2018年に公表した実効炭素価格の報告書によれば、日本の実効炭素価格は約

3000 円/t-CO₂ 水準（正確には 30 ユーロ、概数として 1 ユーロ 100 円として換算）で評価すれば、排出量のカバー率について 69%の不足があるとされる。

緩和策は現実には直接規制、価格的手法、イノベーション政策、情動的施策など様々な対策が考えられる一方、モデルの中では理想化されて炭素価格という単一手段で表現されているため、モデルの中の高い炭素価格そのまま政策として明示的にこの金額の炭素税をかけるべきということではない。様々な政策が暗示的炭素価格を上昇させることにつながる。足元の対策は現状の水準で大きな問題はないが、日本政府がすでに掲げている 2050 年 80%削減目標およびネットゼロを達成するためには、緩和策はその広がり、深さともに大幅な強化が長期的に必要である。

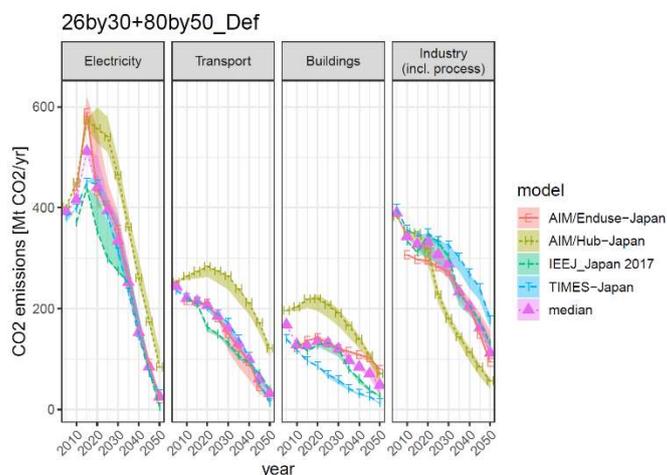


図1 CO₂の部門別排出量。リボンは複数シナリオ（原子力利用不可、CCS 利用不可、低GDPシナリオ）の幅を示す。

緩和策の頑健な政策パッケージ

複数モデル評価は不確実性を明らかにすると同時に頑健な政策領域も示すことができる。経済全体のエネルギー効率の向上、需要側の電化の推進(Sakamoto et al., 2021)、電源の低・脱炭素化(Shiraki et al., 2021)は、シナリオの仮定にもモデルの選択にも依存せず、非常に頑健な政策である。一方、具体的な電源の選択などは不確実であり、電源の脱炭素化という頑健な政策目標を担保しつつ、エネルギー・ミックスについては柔軟性を残し、技術進歩など新しい情報に合わせて政策を見直す適応的な政策が肝要である。

図2は緩和策に関連する鍵となる指標をまとめたものである。モデルごとの標準的なインプットの仮定に加えて、原子力利用不可、CO₂回収貯留(carbon capture and storage, CCS)利用不可、また低位GDP成長の4種類を示している。モデルごとの多少の違いはあるものの、経済全体のエネルギー効率の向上、電源のCO₂原単位の大幅減少、需要端における電化(最終エネルギー消費に占める電力の割合の増加)はロバストな傾向が見て取れる。また再生可能エネルギーが電力に占める割合は(原子力が自由に使えたり安価なバイオマスが大量に入手できたりするというやや極端な仮定を排除すれば)大幅に上昇することが見て取れる(Shiraki et al., 2021)。一次エネルギーに占める化石燃料の割合も減少する方向性にある。

一方で多大な不確実性が残る領域もある。図3では、モデルの間で、また同じモデルでもシナリオ設定の間で、発電構成には大きな違いがあることが見て取れる。モデルの間についていえば、CCS付き火力発電所の重要性を示すモデルもあれば、再生可能エネルギーが大幅拡大するモデル、水素発電の重要性を示すモデルもある。電源構成のあり方は国民的にも関心が高いが、原子力も含めてモデル分析では明快な答えは導かれない。

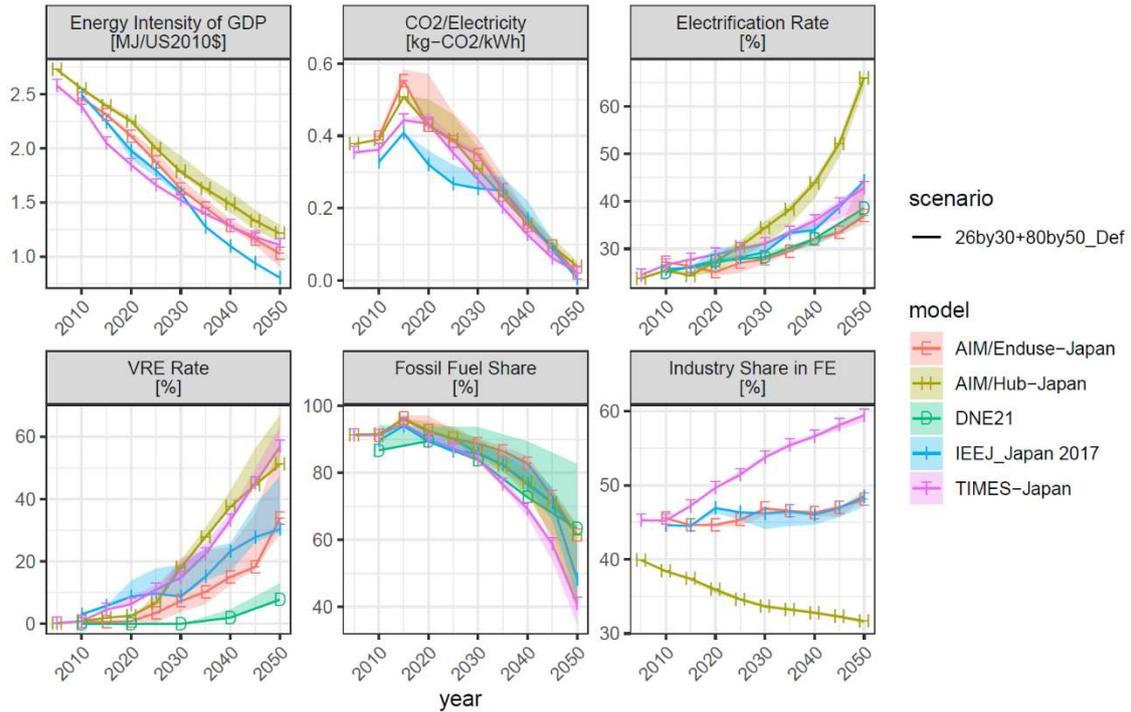


図2 長期的な緩和策の鍵となる指標の分析。(上段左) GDPのエネルギー原単位、(上段中央) 電力のCO₂原単位、(上段右) 最終エネルギー消費に占める電力のシェア、(下段左) 二次電力に占める変動性再生可能エネルギーである太陽光・風力発電のシェア、(下段中央) 一次エネルギーに占める化石燃料のシェア、(下段右) 最終エネルギー消費に占める産業部門のシェア。リボンは複数シナリオ(原子力利用不可、CCS利用不可、低GDPシナリオ)の幅を示す。

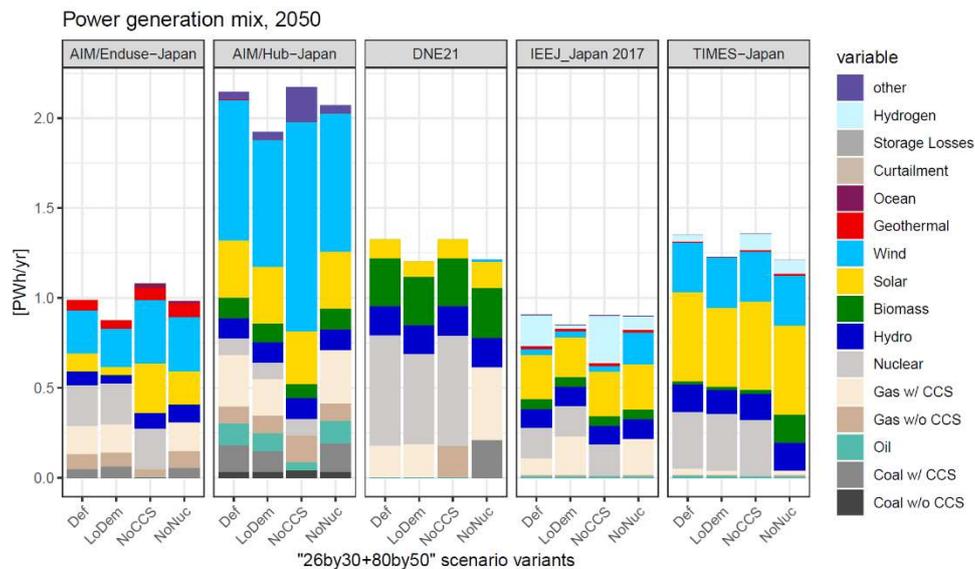


図3. 26by30+80by50シナリオの4種類における2050年の発電構成。Def: デフォルトの設定、LoDem: 低GDP成長率(=低最終エネルギー需要)、NoCCS: CCSなし、NoNuc: 原子力なし。

連続・漸進的なイノベーションと革新的なイノベーションの両者の必要性

緩和策のコストは長期気候政策の実現可能性や国民負担を考える際の重要な指標である。コストが低ければ経済への影響を抑え、政治的な実現可能性が高まる。大幅なイノベーションが進めば経済にプラスの影響もありうる。また、経済全体のコストを同じ水準で保ったとして、緩和策のコストが低い場合、より排出削減を深掘りすることもできる。

複数モデルの分析によれば、日本の長期温暖化対策を実施すれば 2050 年時点で GDP の損失が 3%程度、追加的なエネルギー・システム・コストは GDP の 0.8 から 0.9%程度のコストが生じることが示された。コストは様々な政策で低減させることができ、長期戦略で強調された「非連続なイノベーション」はそうした手法の一つである。新たな技術のイノベーションではなく旧来からある技術でもコストが大幅に低下すれば、緩和コストの抑制に大いに役立つ。言い換えれば、連続的・漸進的なイノベーションも重要なのである。

長期戦略では再生可能エネルギーを「経済的に自立し脱炭素化した主力電源化」することが目指されている。しかし、日本における再生可能エネルギーのコストは国際比較すると高止まりしている。国際的には再生可能エネルギーが最も安い発電技術となる地域があるものの、日本では例えば太陽光発電はドイツなどの 2 倍程度であり、固定価格買取制度やオークション等の政策コスト、すなわち電気料金の賦課金の負担を増やしている。モデル分析によれば再生可能エネルギーのコストを理想的に半減させた場合、政策コストがモデル間の中央値で約 10%減少することが明らかになった。国際水準との乖離はコスト低減の余地とも理解ができ、コスト低減のための政策が重要になる。

また複数のモデルの計算により、実質ゼロ排出のためには大規模な CO₂ 除去 (CDR) 技術が重要になることが分かった。日本ではムーンショットでの研究開発プログラムなどの CDR の技術開発は端緒についたばかりであり、CCS 付きバイオマス発電や CO₂ の直接空気回収など、イノベーション・技術開発を大幅に強化し、スケールアップを目指す必要性がある。

今後の研究課題

EMF 35 JMIP は有用な知見をもたらしたが、未解決の課題も多く残っている。第一に、政策目標を 80%削減から 100%削減またはそれ以上に引き上げ、時間軸を 2050 年以降に設定した分析が必要になる。すでにいくつかの論文(Oshiro et al., 2018; Schreyer et al., 2020)や報告書ではネットゼロ目標を分析しているが、ネットゼロ目標を分析したモデル相互比較は存在せず、研究の需要があるだろう。その際、CDR の役割についての分析が必要になる(Kato & Kurosawa, 2021)。

第二に、理想的な炭素価格についての分析を超えて、具体的な政策についての分析が必要である。例えばイノベーションについては、グリーン成長戦略のような政府目標の技術開発目標を明示的に反映させるようにシナリオ設計の改善が必要になる。再生可能エネルギーについてもそのシステム統合(Matsuo & Komiyama, 2021)や洋上風力の役割(Komiyama & Fujii, 2021)に関する分析が重要になるだろう。経済的影響についてもカー

ボン・プライシングの設計(Takeda & Arimura, 2021)に加え、需要側の対策とその経済的影響(Oshiro & Fujimori, 2021)や 2030 年目標に加えて 2040 年目標についてもより詳細な分析が必要である(Silva Herran & Fujimori, 2021)。

最後に、モデルの相互比較を超えて、エネルギー・シナリオに関連した多くの潜在的に重要な研究テーマがある。例えば参加型シナリオ研究(Voinov et al., 2016)やシナリオのコミュニケーションやシナリオ活用した教育(Suzuki et al., 2021)、またシナリオと社会技術トランジション研究との接合(Frank W. Geels et al., 2016; F.W. Geels et al., 2020)などは、シナリオの社会の重要性の高まりに鑑み、必要性が高い。したがって日本としてもこのような研究を進めていくことが必要である。

まとめ

複数モデルの分析とその含意を以下にまとめる。

- ◆ 2050 年までに温室効果ガス排出の大幅削減（80%、実質ゼロ）のためには、全ての排出部門で大幅排出削減が必要である。電力部門がよく議論の俎上に載せられるが、すべての部門での対策が不可欠であることを忘れるべきではない。
- ◆ 対策については、ロバストな対策と不確実な領域を峻別すべきである。モデル分析によれば、経済全体のエネルギー効率の向上、需要側の電化の推進、電源の低・脱炭素化は、シナリオの仮定にもモデルの選択にも依存せず、非常に頑健な政策である。一方、具体的な電源構成やエネルギー・ミックスは不確実である。政策論議では特定のミックスについて関心が集中するが、2050 年という長期のエネルギー・ミックスについては柔軟性を残し、適宜見直す適応的な政策枠組みが肝要である。
- ◆ 実質ゼロ排出のためには大気から CO₂ を回収する大規模な CDR 技術が重要になる。CCS 付きバイオマス発電や CO₂ の直接空気回収など、イノベーション・技術開発を大幅に強化した上で導入を加速し、大規模導入を目指す必要性がある。
- ◆ CDR のような新たなイノベーションも必須であるが、連続的・漸進的なイノベーションの役割も見逃すべきではない。例えば日本における太陽光発電はドイツなどの 2 倍程度のコストがかかり、固定価格買取制度やオークション等の政策コスト、すなわち電気料金の賦課金の負担を増やしている。太陽光発電等のコストを国際水準に収れんさせることができれば政策コストを着実に低減できるため、再生可能エネルギーのコストの低減に向けた政策を一層強化すべきである。

参考文献 (2021 年の *Sustainability Science* のものが特集号所収)

Energy Modeling Forum, J. (n.d.). *EMF 35: Japan model intercomparison project (JMIP)*

on long-term climate policy. Retrieved February 13, 2021, from

[https://emf.stanford.edu/projects/emf-35-japan-model-intercomparison-project-](https://emf.stanford.edu/projects/emf-35-japan-model-intercomparison-project-jmip-long-term-climate-policy)

[jmip-long-term-climate-policy](https://emf.stanford.edu/projects/emf-35-japan-model-intercomparison-project-jmip-long-term-climate-policy)

Geels, Frank W., Berkhout, F., & van Vuuren, D. P. (2016). Bridging analytical approaches for low-carbon transitions. *Nature Climate Change*, *6*(6), 576–583.

<https://doi.org/10.1038/nclimate2980>

Geels, F.W., McMeekin, A., & Pfluger, B. (2020). Socio-technical scenarios as a methodological tool to explore social and political feasibility in low-carbon transitions: Bridging computer models and the multi-level perspective in UK electricity generation (2010–2050). *Technological Forecasting and Social Change*,

151, 119258. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.04.001>

Huntington, H. G., Weyant, J. P., & Sweeney, J. L. (1982). Modeling for insights, not numbers: The experiences of the energy modeling forum. *Omega*, *10*(5), 449–462.

[https://doi.org/10.1016/0305-0483\(82\)90002-0](https://doi.org/10.1016/0305-0483(82)90002-0)

Ju, Y., Sugiyama, M., Silva Herran, D., Oshiro, K., Kato, E., & Matsuo, Y. (2021).

Industrial Decarbonization Under Japan's National Mitigation Scenarios: A

Multi-Model Analysis. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625->

021-00905-2

Kato, E., & Kurosawa, A. (2021). Role of negative emissions technologies (NETs) and innovative technologies in transition of Japan's energy systems toward net-zero CO₂ emissions. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00908-z>

Komiyama, R., & Fujii, Y. (2021). Large-scale integration of offshore wind into the Japanese power grid. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00907-0>

Krey, V. (2014). Global energy-climate scenarios and models: A review. *WIREs Energy and Environment*, *3*(4), 363–383. <https://doi.org/10.1002/wene.98>

Matsuo, Y., & Komiyama, R. (2021). System LCOE of variable renewable energies: A case study of Japan's decarbonized power sector in 2050. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00914-1>

Oshiro, K., & Fujimori, S. (2021). Stranded investment associated with rapid energy system changes under the mid-century strategy in Japan. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00862-2>

Oshiro, K., Masui, T., & Kainuma, M. (2018). Transformation of Japan's energy system to attain net-zero emission by 2050. *Carbon Management*, *9*(5), 493–501. <https://doi.org/10.1080/17583004.2017.1396842>

Sakamoto, S., Nagai, Y., Sugiyama, M., Fujimori, S., Kato, E., Komiyama, R., Matsuo, Y.,

Oshiro, K., & Silva Herran, D. (2021). End-use decarbonization and electrification: EMF 35 JMIP study. *Sustainability Science*.

Schreyer, F., Luderer, G., Rodrigues, R., Pietzcker, R. C., Baumstark, L., Sugiyama, M.,

Brecha, R. J., & Ueckerdt, F. (2020). Common but differentiated leadership: Strategies and challenges for carbon neutrality by 2050 across industrialized economies. *Environmental Research Letters*, 15(11), 114016.

<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb852>

Shiraki, H., Sugiyama, M., Matsuo, Y., Komiyama, R., Fujimori, S., Kato, E., Oshiro, K.,

& Silva Herran, D. (2021). The role of renewables in the Japanese power sector: Implications from the EMF35. *Sustainability Science*.

<https://doi.org/10.1007/s11625-021-00917-y>

Silva Herran, D., & Fujimori, S. (2021). Beyond Japanese NDC: energy and

macroeconomic transitions towards 2050 in emission pathways with multiple ambition levels. *Sustainability Science*. [https://doi.org/10.1007/s11625-021-](https://doi.org/10.1007/s11625-021-00930-1)

00930-1

Sugiyama, M., Fujimori, S., Wada, K., Oshiro, K., Kato, E., Komiyama, R., Silva Herran,

D., Matsuo, Y., Shiraki, H., & Ju, Y. (2021). *EMF 35 JMIP study for Japan's long-term climate and energy policy: Scenario designs and key findings*.

<https://doi.org/10.1007/s11625-021-00913-2>

Sugiyama, M., Fujimori, S., Wada, K., & Weyant, J. (2021). Introduction to the Special Feature on Energy Scenarios for Long-Term Climate Change Mitigation in Japan. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00931-0>

Suzuki, K., Shibuya, T., & Kanagawa, T. (2021). Effectiveness of a game-based class for interdisciplinary energy systems education in engineering courses. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00912-3>

Takeda, S., & Arimura, T. H. (2021). A Computable General Equilibrium Analysis of Environmental Tax Reform in Japan. *Sustainability Science, this issue*. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-00903-4>

Voinov, A., Kolagani, N., McCall, M. K., Glynn, P. D., Kragt, M. E., Ostermann, F. O., Pierce, S. A., & Ramu, P. (2016). Modelling with stakeholders – Next generation. *Environmental Modelling & Software*, 77, 196–220. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.11.016>