

京都大学大学院経済学研究科
再生可能エネルギー経済学講座
ディスカッションペーパー

石炭火力発電と原発のフェーズアウトの日本経済と環境影響分析
－ E3ME マクロ計量経済モデルを用いた分析－



2020年5月

May 2020

李秀澈^a・何彦旻^b・昔宣希^c・諸富徹^d・ Unnada Chewpreecha^e・ Hector Pollitt^f

^a名城大学経済学部産業社会学科 教授

^b追手門学院大学経済学部 講師

^c長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 准教授

^d京都大学大学院地球環境学堂/経済学研究科 教授

^ePrinciple Modeler, Cambridge Econometrics

^fDirector, Cambridge Econometrics



石炭火力発電と原発のフェーズアウトの日本経済と環境影響分析

－ E3ME マクロ計量経済モデルを用いた分析－

李秀澈^a・何彦旻^b・昔宣希^c・諸富徹^d・Unnada Chewpreecha^e・Hector Pollitt^f

^a名城大学経済学部産業社会学科 教授

^b追手門学院大学経済学部 講師

^c長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 准教授

^d京都大学大学院地球環境学堂/経済学研究科 教授

^e Principle Modeler, Cambridge Econometrics

^f Director, Cambridge Econometrics

Abstract

This paper measures the quantitative answers using the E3ME (Energy-Economy-Environment Macro Econometrics) model for the question of “Is it possible to accompany economic growth while phase-out of coal power and nuclear power plants in power sector?”

The result of the model analysis confirmed that there is almost no negative impact on the economy in either phase-out scenario, assuming a long term up to 2050. The reason for this is that in the long-time span to 2050, the cost of renewable energy generation will continue to fall, and even if renewable energy replaces existing coal-fired power plants and nuclear power plants, it will not burden the economy. With regard to CO₂ emissions in 2050, in case of phasing out coal-fired power plants, the total abatement of the power sector will be reduced by up to around 40% compared to 2017. With only the phase-out of nuclear power generation, CO₂ emissions are expected to be higher than under the baseline scenario.

Keywords

Coal-fired power phase-out, nuclear power phase-out, E3ME macro-econometric model, low carbon power source, Japanese economic impact, carbon dioxide emissions

要旨

本稿では、「発電部門の石炭火力・原発のフェーズアウトは経済と両立が可能か」という「問い」に対して、マクロ計量経済モデルを用いて定量的な回答を求めた。すなわち石炭火力と原発の新規建設は行われずに、減価償却期限が到達したものから順次閉鎖する発想から 2050 年までにフェーズアウトした時に、経済（GDP、雇用などマクロ経済）と環境（電源部門の二酸化炭素排出）に与える影響について、E3ME(Energy-Economy-Environment Macro Econometrics) モデルにより推定を行った。

その結果、2050 年までの長期を想定する場合、いずれのシナリオでも経済に悪い影響は殆ど与えないことが確認された。その要因として 2050 年までの長いタイムスパンでは、再生可能エネルギー発電のコストが持続的に下落し、それが既存の石炭火力と原発を代替しても、経済への負担にはならないという事情を挙げることができる。そして 発電部門における 2050 年の二酸化炭素排出量は、石炭火力フェーズアウトケースは、2017 年より 40%ほど削減された。

キーワード 石炭火力フェーズアウト、原発フェーズアウト、E3MEマクロ計量モデル、低炭素電源、日本経済影響、二酸化炭素排出量

1. はじめに

今世紀中地球気温の上昇を 2°C 以下に抑えることは、気候変動抑制に関するパリ協定で決めたように全世界が力を合わせて到達すべき共通の目標である。そのため日本は、2030年に温室効果ガス排出の26%削減を約束しており、2050年には80%削減目標を打ち出している。温室効果ガスの2050年80%削減は、現在の削減技術や選択可能な政策手段を考えると、道のりは険しく思われでも仕方がない。日本の一次エネルギーに占める化石エネルギーの割合は90%近く(2018年)を占めており、これを80%近く削減することは相当な経済的負担を強いられると考えられるからである。

日本は、2018年に最終エネルギー消費の28%を電力に依存している。またこの電力を生産するためのエネルギー起源の二酸化炭素排出量は、2018年に4.6憶トンであり、これは日本全体の二酸化炭素排出量の約40%を占めている。発電部門は、家庭やオフィスだけでなく、産業にも重要なエネルギー供給源になっている。そして発電部門の脱・低炭素化は、他の部門より政策的にも技術的にも進めやすい部門でもある。従って経済全体の持続可能な低炭素化には、まず発電部門の脱・低炭素化が欠かせないと言える。

発電部門の電源は、大きく、石炭火力・LNG火力・石油火力の化石エネルギー、原子力、そして再生可能エネルギーに分けることが出来る。このうち石炭火力発電(以下、石炭火力)は、発電部門でもっとも二酸化炭素排出係数の高い電源であり、発電部門の脱・低炭素化にはまず脱石炭火力が欠かせない状況にある。2017年に脱石炭同盟(PPCA: Powering Past Coal Alliance)が結成される等世界は既に脱石炭火力の方向へ動いている。

一方で原子力発電(以下、原発)は、発電部門の低炭素化には貢献する電源ではあるが、放射能リスクがあり、発電後に排出される使用済み核燃料は数万年も残存する放射性物質を含んでいるので、持続可能なエネルギーとは言えない。したがって発電部門の持続可能な低炭素化を進めるためには、両電源をフェーズアウトするか、両電源の依存度を画期的に減らす必要がある。ただし、日本の発電部門において、両電源ともにベースロード電源として位置付けられており、脱石炭火力や脱原発は経済への悪影響が大きいということで、反対の声が高い。

そこで本論文では、両電源の新規建設は行われずに、減価償却期限が到達したのから順次閉鎖する発想から2050年までにフェーズアウトした時に、経済(GDP、雇用などマクロ経済)と環境(電源部門の二酸化炭素排出)に与える影響について、E3ME(Energy-Economy-Environment Macro Econometrics)モデルにより推定を行う。すなわち計量モデルを用いて、両電源のフェーズアウトは、日本の経済に耐えがたい悪影響をもたらすのか、それとも無視できるほどの影響に留まるのか、もしくは経済に良い影響をもたらす可能性もあるのかを検証したい。E3MEモデルは、EUのエネルギー・気候変動政策・制度設計に重用される国際的に認知されているシミュレーションモデルであり、モデルの結果は日本のエネルギー・電源政策にも示唆できると思わ



れる。

以下、第2,3節では世界の石炭火力と原子力発電の状況を概観し、両電源のフェーズアウトが主要先進国を中心とした世界の流れに沿うものであることを示す。第4,5節では、E3MEモデルの概要について説明の後、モデルシミュレーションのためのベースラインと、政策シナリオの設定方法について論じる。第5節はモデルシミュレーションの結果を解説し、最後の第6節は本研究のまとめと今後の課題について触れる。

2. 世界の石炭火力発電状況

世界は、先進国を中心に確かに脱石炭火力の流れにある。2017年の気候変動枠組条約第23回締約国会議(COP23)で、イギリス政府とカナダ政府のイニシアティブにより脱石炭同盟が発足した。脱石炭同盟は、先進国に対しては2030年までに石炭火力を停止することを求めている。2018年4月の28カ国政府、8地方政府、24企業・組織から、2020年2月末には33カ国政府、27地方政府、37企業・組織へと加盟が拡大してきた(表1)。2019年9月には、先進国の中では石炭火力に最も大きく依存していたドイツ(2018年に総発電に占める石炭火力の割合38%)と、中東欧では初めてとなるスロバキアとが脱石炭同盟に加盟したが、これは世界に大きなインパクトを与えた。2015年に世界銀行グループが石炭火力建設への金融支援を原則行わない方針を表明したが、それ以降石炭・化石燃料関連事業からのダイベストメント(投資撤回)の動きも世界的に広がっている(自然エネルギー財団(2018))。

表1 主要国の脱石炭火力宣言状況

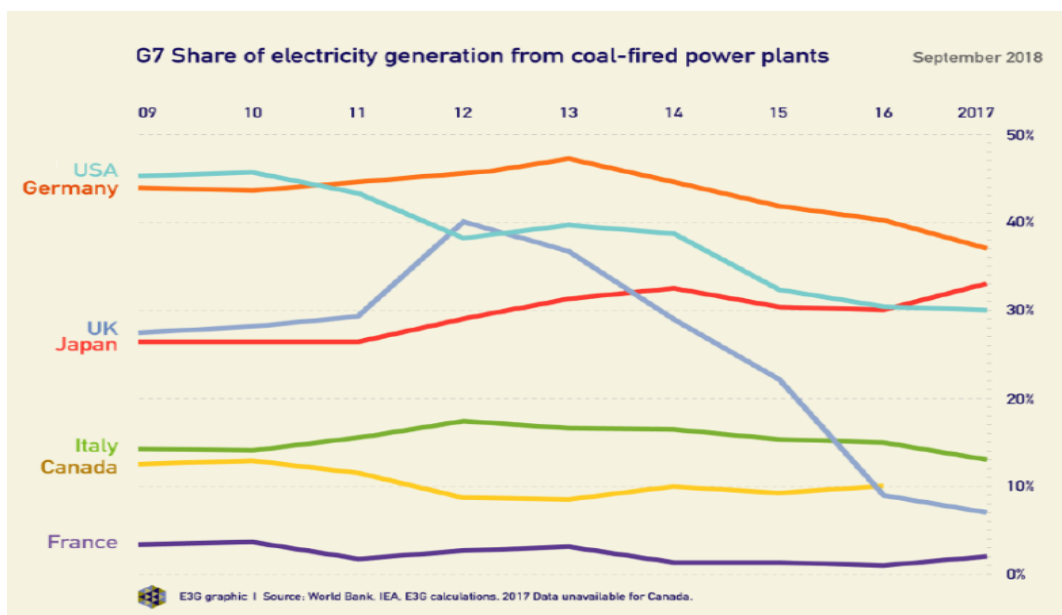
脱石炭火力の時期	該当国(達成目標年)
既達成	ベルギー(EUで初めて2016年に0%達成)
2025年までに達成	フランス(2021年)、スウェーデン(2022年)、イギリス(2025年)、オーストリア(2025年)、イタリア(2025年)
2030年までに達成	フィンランド(2029年)、オランダ(2030年)、カナダ(2030年)、デンマーク(2030年)、ポルトガル(2030年)
2031年以降に達成	ドイツ(2038年、ただし可能な限り2035年に達成)

出所：脱石炭同盟(PPCA)ウェブサイト

こうした流れの中で日本は石炭火力に拘ることで、2019年の国連気候変動枠組条約第25回締約国会議(COP25)開催期間中、国際的環境NGO「気候行動ネットワーク」からブラジルと一緒に「化石賞」という皮肉な賞を授与された¹。実際日本の第5次エネルギー基本計画(2018年発表)上で、総発電量に占める石炭火力の割合は2017年32.7%から2030年には26%へ減るものの、依然と高い割合を占めることになっている。主要7カ国(G7)の中で石炭火力の割合はドイツに次ぐ第2位であり、ドイツが脱石炭火力宣言をしたことを考えれば、間もなく第1位となる見通しである(図1)。

¹ 日本は、2020年4月末現在、建設中である石炭火力発電は15基、867万Kwであり、世界でも最大級の建設量である。一方で、近年、石炭火力発電の建設計画中止も11件に達するなど、日本においても石炭火力発電に対する金融制限など建設環境が厳しくなっていることを反映している。以上について、詳しい統計数値は、https://sekitan.jp/plant-map/ja/v/table_jaを参照。

日本が石炭火力をなかなかなかなか廃止できない理由は、石炭火力の経済性にあるといえる。実際、経済産業省総合エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ（2015）によると、石炭火力の発電コストは 12.3 円/kWh であり、原子力発電(以下、原発)の 10.1 円以上/kWh に次ぐ安い電源になっている。ただしこれは、福島第一発電所事故後に行われた「コスト等検証委員会」の試算時(2011 年)の 9.5 円/kWh を大きく上回っており、今後カーボンプライシングや環境規制の強化傾向によりさらに高くなる可能性がある。



出所：Chris Littlecott et al. (2018)から転載

図1 G7 国家の総発電量に占める石炭火力の割合推移

大規模火力発電所については、建設期間と設備稼働期間が長いため、現時点での発電コストではなく、少なくとも 10~20 年先の発電コストを考えなければならない。成熟技術である石炭火力は、再生可能エネルギーとは異なり、技術革新による追加のコストダウンはあまり期待できない。自然エネルギー財団(2019)の推計によると 2018 年の太陽光発電の平均的ケースの発電コストは 15.3 円/kWh であり、2030 年には 5.2 円/kWh まで下がることになる。世界的エネルギーコンサルティング機関である BNEF (Bloomberg New Energy Finance) (2018)によれば、日本における石炭火力と太陽光発電の発電コストは、2025 年ごろに一致する。従来電源と再生可能エネルギーの発電コストが一致するいわゆるグリッドパリティは、多数の国ではすでに達成されており(BNEF 2019)、日本でもさほど遠い将来の話ではない。新規の石炭火力発電が、「座礁資産」になることは時間の問題といえる²。

² 座礁資産 (Stranded Assets) は、英国の金融シンクタンクである「カーボントラッカー」が 2011 年にはじめて提唱した概念であり、「市場環境や社会環境が激変することにより、投資額を回収できる見通しが立たなくなってしまった資産」を指している。



3. 世界の原子力発電と発電コスト状況

社会主義国である中国やロシアなど一部国を除けば、原発においても、世界は漸減・縮小の流れにある(表2)。ドイツ、イタリア、スイスは既に脱原発を宣言しており、原発の電源割合が70%を超えているフランスも2035年に50%まで縮小を宣言している。原発推進国のイギリスでは、ウィルフォードやヒンクリポイント原発の建設コスト急増により日立製作所が撤退宣言をするなど、推進動力が失われつつある³。

世界の原発保有国31カ国の原発総保有基数は442基、建設中は42基、計画中は99基であるが、建設中の42基の中で、中国、ロシア、インドの3カ国の割合は52%であり、計画中の99基の中で、この3カ国の割合は92%も占めている(表2)。

日本は、第5次エネルギー基本計画上に2030年の原発割合を20~22%策定しているが、新規建設がない限り、2050年ごろには原発ゼロの状態となる。福島第一原発事故以来、世界的な安全規制強化傾向により原発の新規建設コストは過去より倍増しており(1基当たり約4000億円から1兆円以上)、東芝、日立製作所、三菱重工業の海外原発建設の失敗の例を挙げなくても、原発はもはや経済的には割に合わない電源となっている(李ほか2020)。

表2 世界の国別原発保有・建設・計画状況 (2020年1月末基準)

	政策路線	国家名
原発保有国 (31カ国) 保有442基、 建設42基、 計画99基	拡大	中国(保有47基、建設11基、計画43基)、ロシア(保有38基、建設4基、計画24基)、インド(保有22基、建設7基、計画14基)
	維持もしくは漸減	米国(保有96基、建設2基、計画3基)、日本(保有33基、建設3基、計画6基)、韓国(保有24基、建設4基、計画0基)、カナダ(保有19基、建設0基、計画0基)、イギリス(保有15基、建設1基、計画3基)、ウクライナ(保有15基、建設0基、計画2基)、スウェーデン(保有7基、建設0基、計画0基)、スペイン(保有7基、建設0基、計画0基)、ベルギー(保有7基、建設0基、計画0基)、チェコ(保有6基、建設0基、計画2基)など
	保留	台湾(保有4基、建設2基、計画0基)
	縮小	フランス(保有58基、建設1基、計画0基:2035年までに原発の依存度を現行の約70%から50%へ縮小を表明)
	廃止	ドイツ(保有6基、建設0基、計画0基:法律により2022年に廃止)、ベルギー(保有7基、建設0基、計画0基)、スイス(保有7基、建設0基、計画0基)
建設・計画中の 国(6カ国)	建設中	アラブ首長国連邦(4基)、バングラデシュ(2基)、ベラルーシ(2基)、トルコ(1基)
	計画中	エジプト(7基)、ウズベキスタン(4基)

注1:原子炉の計画基数が5基以上国を拡大路線へ分類した(ただし、計画実現の不確実性が高い日本は除いている)。

注2:台湾は、電気事業法上原発は2025年まで運転停止となったが2018年11月国民投票により運転停止条文が削除しており、脱原発の条文は失効するが、2025年までの脱原発という政府の方針は変わっていない。

出所:日本原子力産業協会(2020)により作成

表3で示すように、原発の発電コストは、政府関係組織の試算でも持続的に上昇している。新規建設費用を勘案した最近の試算(例えば日本経済センターの2017年試算14.7円/kWhと原子力市民委員会の2018年試算17.9円/kWh)では、石炭火力はもとより

³ この状況について詳しくは、李ほか(2020)を参照。

LNG 火力よりも高くなっている。原子力発電も技術革新によるコスト低下があまり期待できない成熟技術であり、世界的な安全規制強化傾向により今後もコスト上昇が予想される中、少なくとも原子力のエネルギー源としての経済面での優位性はなくなると思われる。

表 3 原発発電コスト試算の変遷 (単位: 円/kWh)

	1999年 試算	2004年 試算	2011年 試算	2014年 試算	2016年 時点	2017年 試算	2018年 試算
資本費	2.3	2.3	2.5	3.1	3.1	5.9	9.7
運転維持費	1.9	1.5	3.1	3.3	3.3	3.3	3.3
核燃料サイクル費	1.7	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5
安全対策費	-	-	0.2	0.6	0.6	0.6	2.1
政策経費	-	-	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3
事故リスク対応費	-	-	0.5 以上	0.3 以上	0.3 以上	0.3 以上	-
追加的安全対策費	-	-	-	-	0.16	0.16	-
事故廃炉・賠償費用	-	-	-	-	0.28	1.72	-
発電単価	5.9	5.3	8.9 以上	10.1 以上	10.54 以上	14.7 以上	17.9

注 1:1999 年試算は、総合エネルギー資源調査会原子力部会(1999)による。

注 2:2004 年試算は、総合エネルギー資源調査会電気事業分科会(2004)による。

注 3:2011 年試算は、エネルギー・環境会議(2011)による。この試算では、基本的に 2010 年に(仮定の)発電プラントを新設した場合の総費用を、建設したプラントが発電する総電力量(定格出力×稼働率×稼働日数(40 年間))で割る、モデルプラント方式と呼ばれる方法で試算された。

注 4:2014 年試算は、総合エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ(2014)による。同ワーキンググループでは、2014 年に発電プラントを新設した場合の総費用を、建設したプラントが発電する総電力量で割る、モデルプラント方式で求められた。

注 5:2016 年時点は、原子力資料情報室(2018)による。

注 6:2017 年試算の資本費は、日本経済研究センター(2017)が原発建設コストを現行(100 万 kW 級)4,200 億円/基から、近年の原発建設コスト上昇を考慮し、新規建設費用を現行試算の約 2 倍の 8,000 億円/基として見込んだ場合による。事故廃炉・損害費用は、70 兆円と見積もった場合の試算である。

注 7:2018 年試算は、原子力市民委員会(2018)が、European Commission (2014)に基づき原発の建設費単価を 104 万円/kW、事故費用を 23 兆円とし、資本費 9.7 円、事故費用 2.1 円と試算したものである(他の費用は検証ワーキンググループ(2014)と同様に見積もっていた)。

出所:注の資料などを総合して作成。

図 2 は、BNEF(2018)が、日本の再生可能エネルギー発電コストを 2040 年まで時系列的に予測したものである。2017 年時点では石炭発電コストがすべての再生可能エネルギー発電コストより安くなっているが、2025 年あたりからは太陽光発電コストと一致し、その後は太陽光発電コストより高くなることが予測されている。2040 年では陸上風力発電コストと一致することが予測されている。石炭火力は技術革新によるコストダウンがほとんど期待できず、カーボンプライシングなど化石エネルギー規制制度が強化すれば、石炭火力発電コストと太陽光や風力など再生可能エネルギー発電コストと一致する時期がより早められると思われる。

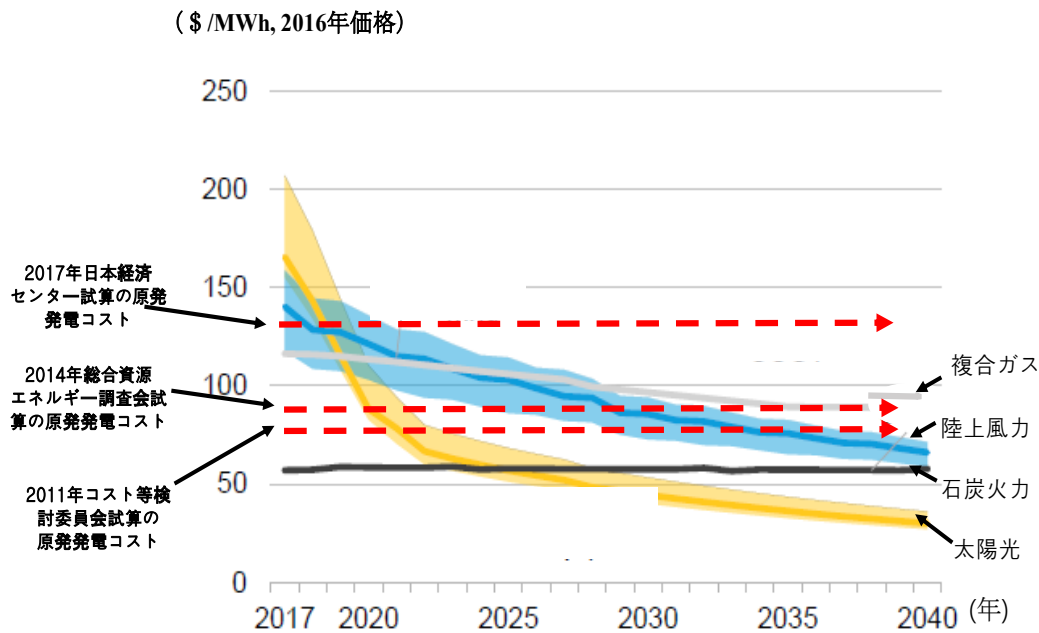


図2 日本における主要再生可能エネルギー発電の長期発電コスト展望

注：原発のコストラインは、表3の原発へ発電コストの当該年度別試算の数値を2040年まで水平で示したものである。

出所：Bloomberg New Energy Finance(2018)などを基に作成

図2上に、表3の原子力発電コストの、2011年試算、2014年試算、そして2017年試算を水平線として示してみた。原子力発電も技術革新によるコストダウンはあまり期待できず、石炭火力のように発電コストの推移を水平線に示しても不自然とは言えない⁴。2014年総合資源エネルギー調査会試算の場合、原子力発電コストは2022~2023年頃に太陽光発電コストと一致し、2030年頃は陸上風力発電コストと一致することになる。原発の新規建設コストが反映された2017年日本経済センターの試算は、2020年頃に太陽光と陸上風力発電コストと一致しており、既にグリッドパリティに到達していることとなる。

4. 石炭火力・原発フェーズアウトの政策シナリオ設定

4.1. E3ME マクロ計量経済モデルの概要

筆者らは、石炭火力と原発のフェーズアウトが長期的に経済にどのような影響を与えるかという問いに答えるために、イギリスのケンブリッジ・エコノメトリックス研究所(CE:Cambridge Econometrics)と共同研究を行った(詳しくは、Azuma, A. et al. (2019), Lee, S. et al. (2019), Lee, T. et al. (2019)を参照)。CEは、ケンブリッジ

⁴ 最近の原発の安全規制強化により、むしろ原発の発電コストは上がる可能性が高い(李ほか(2020))。

大学と共同開発した E3ME モデルという、大規模グローバルマクロ計量経済モデルを運用している。同モデルは、エネルギー環境政策の経済・環境影響分析に優れた機能を有しており、European Commission とイギリス政府のエネルギー・気候変動政策・制度設計に重用されている。従来、同モデルの主な分析対象国は EU 諸国であったが、「東アジア環境政策研究会」と CE との共同モデル改訂作業により、日本・中国・韓国・台湾など主要アジア諸国に対しても EU 諸国と同様な分析が可能となった⁵。

E3MEモデルは、分析対象国の詳細な産業分類がなされた国民所得勘定を用いて構築されている。さらに、計量経済モデルにリンクされたエネルギーモデルによって、エネルギー需要およびCO₂などの環境負荷物質排出量を算出する(図3)。労働市場も詳細にカバーしており、失業に関わる推定も可能である。E3MEの方程式体系には、国別・部門別に、GDPの構成要素(消費、投資、国際貿易)、各種価格、エネルギー需要、主要鉱物資源需要を求める方程式が含まれている。E3MEモデルは、1970年から2016年までの時系列データベースに基づいて方程式が推定されており、予測シミュレーションは2050年まで1年ごとに行うことができる。ヨーロッパ以外の主なデータソースとしては、国連、OECD、世界銀行、IMF、ILOおよび各国の統計が用いられている。データ間のギャップは専用のソフトウェアアルゴリズムを用いて調整・補完されている。

E3MEモデルの大きな特徴は、カーボンプライシングや環境規制などによりエネルギーコストが上昇する(図3の②エネルギー部門)と、経済部門から低炭素投資需要が生まれ(図3の①経済部門)、低炭素技術革新を刺激し(図3の④低炭素技術・投資部門)、それが有効需要として経済にプラス影響を与え、一方ではエネルギー需要の削減と二酸化炭素など環境への有害物質の排出削減(図3の③環境部門)につながるメカニズムを持っている。

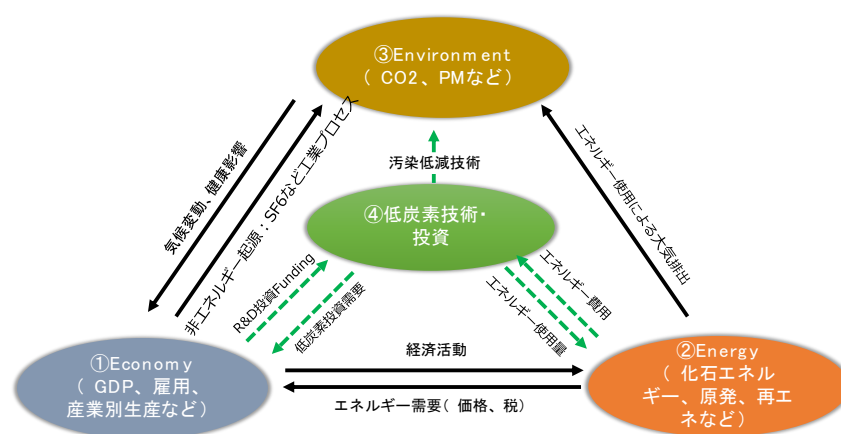


図3 E3MEモデルの基本構造

注: E3MEモデルについて詳しくは、www.e3me.com を参照。

⁵ 東アジア環境政策研究会について詳しくは、<http://www.reeps.org/> を参照。



E3ME モデルは、日本を含む 59 カ国・地域のマクロ経済部門(投資、消費、貿易、雇用、物価、政府部門)と 42 産業(産業連関表が E3ME モデルに接続されている)、12 種の燃料(石炭、石油、電力、ガス、熱など)、24 の電源(原発、石炭、ガス、石油など 7 つの従来型電源、太陽光、風力など 12 の再エネ電源を含む)で構成された大規模連立方程式体系となっている。各種のエネルギー環境政策変化をモデルが内生的に解くことで、2050 年までに経済と産業に与える影響に関する定量分析が可能となる。さらにこのモデルは、電源、産業、交通などの部門で起きる様々な低炭素技術革新効果(それによる低炭素技術のコスト変化)がボトムアップで内生的に決定される最先端の FTT(Future Technology Transformation)サブモデルを装着している。

エネルギー環境政策の効果分析には、一般均衡 (CGE) モデルが広く使われている。CGE モデルは低炭素化政策のコスト側面が強調され経済へのネガティブな影響が出やすいが、E3ME モデルは、低炭素政策の技術革新効果(それによるコストダウン)と新規投資(有効需要)がより有効に経済を刺激するメカニズムを持っている。E3ME モデルのこうしたメカニズムは、CGE モデルではあまり見られない特色といえる。(E3ME モデルと FTT サブモデルを用いた分析について詳しくは、Lee, S. et al (eds) (2019)を参照)。

4.2.石炭火力・原発フェーズアウトの政策シナリオ設定

日本における石炭火力と原発フェーズアウトの政策シナリオは、以上の検討のように現実性が乏しいとは言えない。そこで石炭火力フェーズアウトの政策シナリオの場合、石炭火力は 2020 年～2030 年に新規の建設は行わずに、2030 年の発電量から 2050 年までに直線的に縮小し、2050 年には石炭火力がゼロになるように設定した(図 4)。そして原発フェーズアウトの政策シナリオは、新規建設はせずに、既存原発の 40 年稼働ルールを厳格に守り、2050 年には原発ゼロになるようなシナリオを設定した(図 5)⁶。そして政策シナリオの比較対象となるベースラインシナリオは、日本エネルギー経済研究所の「IEEJ OUTLOOK」2017 年版のレファレンスケースを採用した。このレファレンスケースは、日本が現行以上の特別措置を行われない場合の石炭火力と原発の 2050 年までの発電容量推移を示している。ベースラインシナリオによる石炭火力と原発の 2050 年の電源構成(総発電量に占める割合)は、それぞれ 29%及び 12%と推定されている。

本研究では、この 2050 年までの石炭火力と原発同時フェーズアウトのシナリオをモデルの中で外生的に投入し、シミュレーションを行った。その結果、2050 年の電源構成は、再生可能エネルギー発電が 37.6%、大型水力発電が 7%、石油火力発電が 9.4%、複合ガス発電が 37%、そして石炭ガス発電が 9.0%となり、石炭火力と原発の大半が再生可能エネルギーとガス発電に代替することとなった。

⁶ これらの政策シナリオの設定に関して詳しくは、Azuma, A. et al.(2019)を参照。

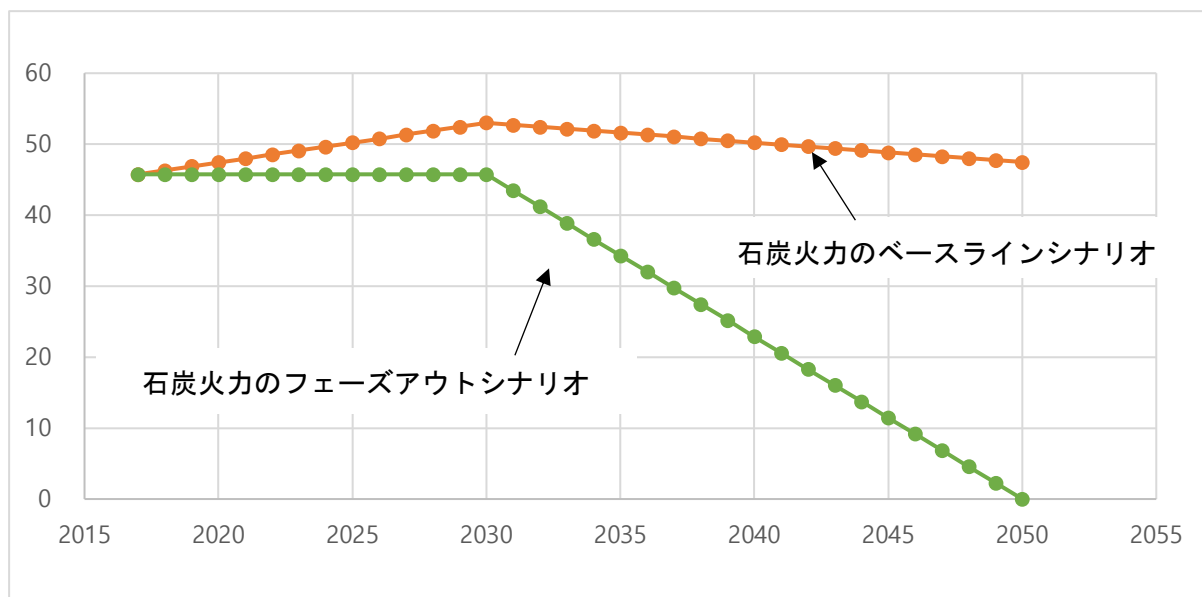


図4 石炭火力のフェーズアウトシナリオ (単位: GW)

注: 2050年までのベースラインシナリオは、日本エネルギー経済研究所の「IEEJ OUTLOOK」2017年版のレファレンスケースに基づいて作成。

出所: Azuma, A. et al. (2019)に基づいて作成。

本研究では、1)石炭火力フェーズアウトのみ、2)原発フェーズアウトのみ、そして3)石炭火力と原発同時フェーズアウトの3つの政策シナリオを設定し、それぞれのシナリオの2050年までに経済(GDP)と環境(二酸化炭素排出)に及ぼす影響について、前述のようなE3MEモデルによるシミュレーションを行った。このシミュレーションにおいて、政策シナリオによる経済影響の比較対象となるベースラインシナリオは、同じく日本エネルギー経済研究所のIEEJ OUTLOOK2017年版のレファレンスケースを採用した。同研究所は、日本のGDPは、レファレンスケースで2017年6兆1680億ドル(2010年不変価格)から2050年までに年平均0.8%成長し、2050年には7兆7870億ドルになることを予測している。

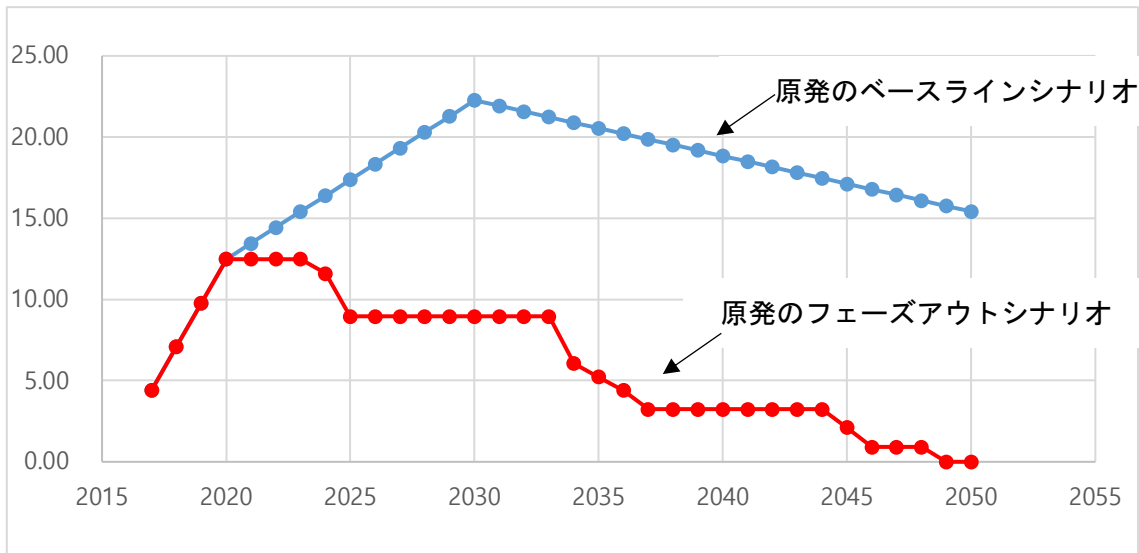


図5 原子力発電のフェーズアウトシナリオ（単位：GW）

注：2050年までのベースラインシナリオは、日本エネルギー経済研究所の「IEEJ OUTLOOK」2017年版のレファレンスシナリオに基づいて作成。

出所：Azuma, A. et al. (2019)に基づいて作成。

5. 石炭火力・原発フェーズアウトの長期経済・環境影響

以上のように設定された政策シミュレーションの結果は、図6と表4にまとめられている。上記3つの政策シナリオともに、2030年までにはベースラインシナリオに比べて、GDPにはマイナス影響が表れた。特に石炭火力フェーズアウトと、石炭火力及び原発の同時フェーズアウトのGDPへのマイナス影響が大きかった。これは、同期間中では相対的に低廉な石炭火力と原発による発電量の一部が再生可能エネルギーやガス火力などへ代替されることによる電源コストの上昇に起因している、と判断される。すなわちエネルギーコスト（電気料金）の上昇による民間消費減少がGDPを引き下げる主要な要因となっている(表4)。ただし、原発のみのフェーズアウトの場合は、GDPへの悪影響は殆ど現れなかった。これは、政策シナリオのシミュレーションのスタート時点である2017年に日本の原発の電源シェアは3.1%にすぎず、それ以降原発のフェーズアウトは経済にあまり影響を与えないためだと解される。

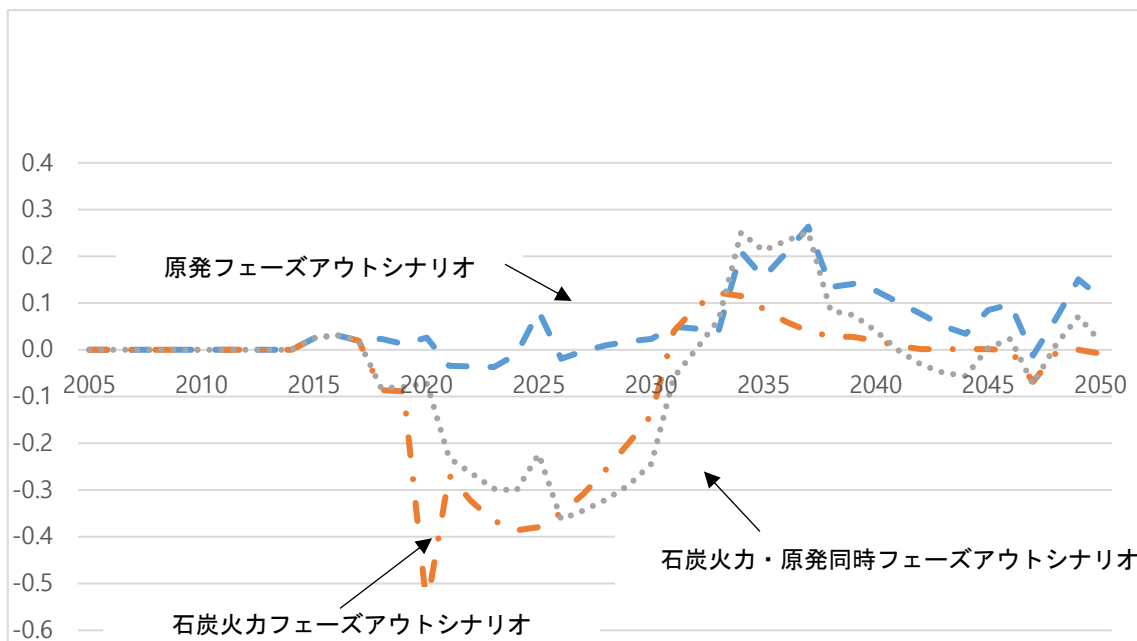


図6 石炭火力・原発フェーズアウトの2050年までのGDP影響
(単位：％、ベースラインシナリオからの乖離)

出所：Lee, S. et al. (2019)に基づいて作成

表4 日本の石炭火力・原発フェーズアウトケース別2050年の経済影響
(単位：％、ベースラインシナリオからの乖離)

	原発 フェーズアウト	石炭火力 フェーズアウト	石炭・原発 同時フェーズアウト
GDP	0.1	0.0	0.0
消費支出	0.1	▼0.2	▼0.2
輸出	0.0	0.1	0.1
輸入	0.2	1.2	1.3
企業投資	0.3	1.3	1.5
雇用	0.0	0.1	0.1

注：2050年までのベースラインシナリオは、日本エネルギー経済研究所の「IEEJ OUTLOOK」2017年版のベースラインシナリオを採用。

注：2050年までのベースラインシナリオは、日本エネルギー経済研究所の「IEEJ OUTLOOK」2017年版のベースラインシナリオを採用。

出所：Lee, S. et al. (2019)

ただし、経済への悪影響も傾向的には2025年のGDP0.4～0.5%減少が転換点となり、その後GDPは回復に向かい、2030年からはプラスの方向へ転じることになる。そして2050年までには、いずれのシナリオでもGDPや雇用など経済に悪影響は殆どないことが判明した。その要因として2050年までの長いタイムスパンでは、再生可能エネルギー発電のコストが持続的に下落し、それが既存の石炭火力と原発を代替しても、経済への負担にはならないという事情を挙げることができる。そして、石炭火力と原発を代替するための再生可能エネルギー関連の投資需要増加（有効需要として）も経済に良い刺激を与えるものと判断される（表4）。

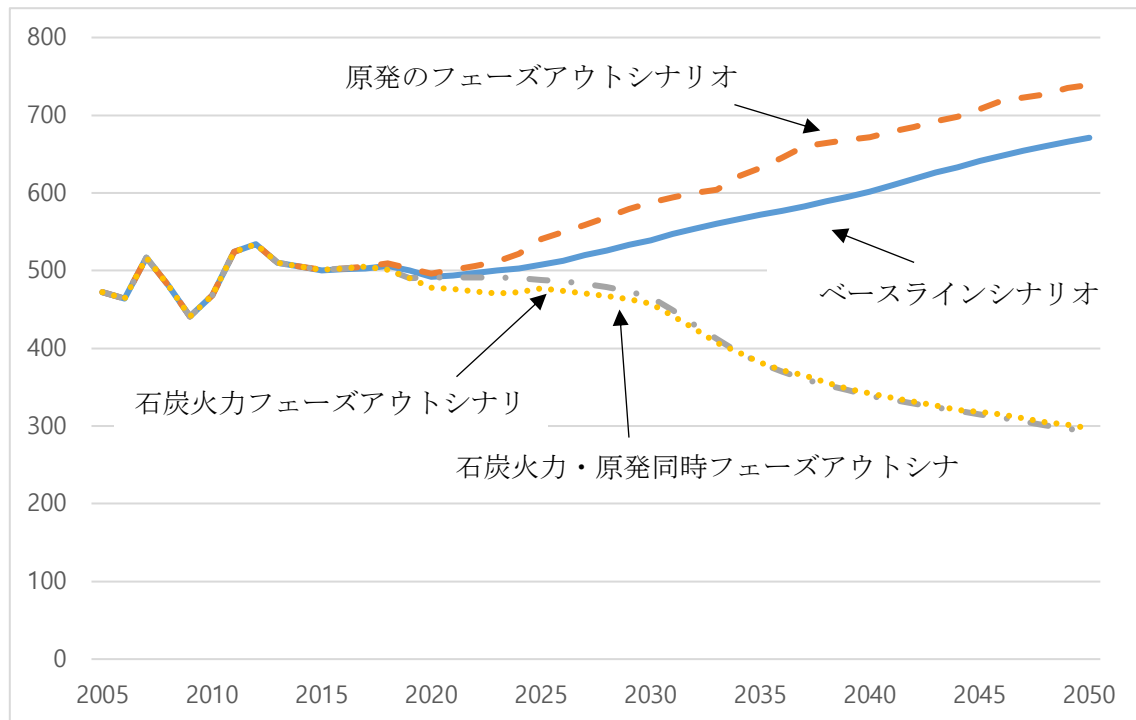


図7 発電部門における石炭火力・原発フェーズアウトケース別2050年までの二酸化炭素排出量予測 (単位：百万トン)

注：2050年までのベースラインシナリオは、日本エネルギー経済研究所の「IEEJ OUTLOOK」

2017年版のレファレンスケースに基づいて作成。

出所：Azuma, A. et al. (2019)に基づいて作成。

そして 発電部門における 2050 年の二酸化炭素排出量は、石炭火力フェーズアウトのみのケース、石炭火力と原発同時フェーズアウトケースともに、2017 年の二酸化炭素排出量約 4.9 億トンより 40%ほど削減された約 3 億トンとなった(図 4)。ただし原発フェーズアウトのみのシナリオの場合、原発の縮小分が、再生可能エネルギーへ流れる分より、複合ガスや石炭火力へ代替される分が大きくなり、ベースラインシナリオケースより二酸化炭素排出量は上回ることが予想される(図 4)。

6. まとめと今後の課題

本研究は、「発電部門の石炭火力・原発のフェーズアウトは経済と両立が可能か」という「問い」に対して、E3ME マクロ計量経済モデルを用いて定量的な回答を求めた。そのため、同モデルに投入する政策シナリオとして石炭火力フェーズアウト、原発フェーズアウト、そして石炭火力と原発同時フェーズアウトシナリオを選択し、それぞれのシナリオの 2050 年までの経済と二酸化炭素排出への影響を予測した。その結果、2050 年までの長期を想定する場合、いずれのシナリオでも経済に悪い影響は殆ど与えないことが確認された。

ただし、日本の2050年の温室効果ガス削減目標には大きく及ばないことが示された。日本の2050年までに80%削減という温室効果ガス削減目標達成のためには、民生、産業など他部門へエネルギー供給源となる発電部門の脱炭素は欠かせない。すなわち発電部門の再生可能エネルギーほぼ100%化が先決課題ともいえる。たとえば、環境省発表(2019年)によれば、2018年に日本の業務部門の二酸化炭素排出シェアは約17%であるが、このうち電力由来が12%である。また、家庭部門のシェアは15%であるが、電力由来が10%である。従って、発電部門が完全に脱炭素化すれば、この両部門の二酸化炭素排出シェアは、単純計算では32%から10%へ縮小することになる。

ただし発電部門の脱炭素化は、石炭火力や原発のフェーズアウトなどのような規制的な政策シナリオでは現実性に乏しく、カーボンプライシングやFITなど経済的誘因策を中心とする政策シナリオの設定が必要となる。そして本稿ではベースラインシナリオとしてIEEJ Outlookの2017年版のレファレンスシナリオを採用したが、より最新バージョン(例えば、IEEJ Outlookの2020年版)を使うことがシミュレーションの精度も上がれると思われる。またその際の経済や産業に与える影響の考察も重要であり、これらに関する研究は今後の課題としたい。



参考文献

Azuma, A., Chewpreecha, U., Na, S., Chen, L., He, Y., Matsumoto, K., and Lee, S. (2019), Lee, S., Pollitt, H. and Fujikawa, K. (eds) “Energy, Environmental and Economic Sustainability in East Asia: Policies and Institutional Reforms” Routledge, Regulatory Policies to Reduce the Amount of Nuclear and Coal-fired Power Generation in East Asia, pp.19~49.

Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2018) Levelized Cost of Electricity

Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (2019) “Country Profiles”

<https://www.bnef.com/core/country-profiles/>

Littlecott, C., Burrows, L., Reitzenstein, A., Pous, P., and Popp, R. (2018) Decision Time for Coal in Germany, G7 Coal Scorecard-Fourth Edition, E3G

Lee, S., Chewpreecha, U., Lam, A., Xu, B., Pollitt, H., Chiashi, A., Vercoulen, P. and Knobloch, F. (2019) Lee, S., Pollitt, H. and Fujikawa, K. (eds) “Energy, Environmental and Economic Sustainability in East Asia: Policies and Institutional Reforms” Routledge, The Economic Impacts of Reduced Reliance on Coal and Nuclear Power Generation in East Asia, pp.50~68

Lee, S., Pollitt, H. and Fujikawa, K. (eds) (2019) [Energy, Environmental and Economic Sustainability in East Asia: Policies and Institutional Reforms](#), 1st Edition, Routledge Published

Lee, T., Chewpreecha, U, Na, S., He, Y., Chen, L., Matsumoto, K. and Lee, S. (2019) Lee, S., Pollitt, H. and Fujikawa, K. (eds) “Energy, Environmental and Economic Sustainability in East Asia: Policies and Institutional Reforms” Routledge, The Impacts of Combined Policies to Promote Sustainable Low Carbon Power Generation in East Asia, pp.69~96.

The Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ) (2017) IEEJ Outlook 2017.

李秀澈, 周瑋生, 崔鐘敏, 河津早央里, 尹順眞 (2020) 「[日本の原子力政策と原子力安全規制制度-原子力リスクから安全な社会に向けて](#)」、『名城論叢』第20巻第4号、2020年4月

環境省(2019) 2018年度(平成30年度)の温室効果ガス排出量(速報値)について

経済産業省総合エネルギー調査会発電コスト検証ワーキンググループ(2015)「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する 発電コスト等の検証に関する報告」

自然エネルギー財団(2018)石炭火力発電から撤退する世界の動きと日本

自然エネルギー財団(2019)日本の太陽光発電の発電コスト:現状と将来推計

日本エネルギー経済研究所(IEEJ)(2017)「IEEJ OUTLOOK」

日本原子力産業協会(2020)「世界の原子力発電開発の動向(2020年版)」

脱石炭同盟(PPCA: Powering Past Coal Alliance) ウェブサイト

<https://poweringpastcoal.org/about/members>