Carbon Tracker Initiative

東京大学未来ビジョン研究センター
Institute for Future Initiatives
The University of Tokyo

CDP
DRIVING SUSTAINABLE ECONOMIES

日本における石炭火力発電の座礁資産リスク

報告書

2019 年 10 月

カーボントラッカーについて

カーボントラッカーは、今日の資本市場で気候リスクを現実にする金融専門家のチームです。我々がこれまでに行ってきた燃焼できない炭素や座礁資産に関する研究により、いかに金融システムを低炭素経済への移行に適合させるかに関して新たな議論を喚起してきました。

www.carbontracker.org | hello@carbontracker.org

本報告書について

レポートの主な著者：

- カーボントラッカー、電力部門長　マット・グレイ
- 東京大学未来ビジョン研究センター教授　高村ゆかり
- CDP Worldwide-Japan ディレクター　森沢充世

主著者の執筆に際しては、カーボントラッカーのデュラン・ドソウザ、マガリ・ジョセフ、ニコラス・ゴンサレス・ヒメネスが協力しました。プロジェクト経済性モデルは、マット・グレイとデュラン・ドソウザが開発したものです。均等化発電原価（Levelized Cost of Electricity：LCOE）モデルは、カーボントラッカーとの協議のもと、アンドレ・リヤスによって開発されました。

本報告書のデータと分析は、カーボントラッカーのグローバル石炭火力経済モデルを用いています。これは、世界の操業中の設備容量の石炭火力発電所の最大 95%、建設中の設備容量の最大 90%をカバーする技術経済シミュレーションモデルです。このモデルは、2016 年から 2019 年にかけて電力部門チームによって開発され、短期および長期の限界費用、営業活動によるキャッシュフロー、再生可能エネルギーの LCOE に対する競争力、2°C 未満のシナリオにおけるフェイズアウト(段階的廃止)の年次、並びに座礁資産リスクについて、現在および将来の予測を提供します。このデータと分析の詳細については、カーボントラッカーの *石炭経済性ポータルを参照してください*。

本報告書は、以下の方々にレビューをしていただきました。ここに謝辞を申し上げます。

- CDP Worldwide-Japan　榎堀都
- CDP Worldwide-Japan　高瀬香絵
- 地球環境戦略研究機関（IGES）　田村堅太郎
- 地球環境戦略研究機関（IGES）　栗山昭久
- 龍谷大学　大島堅一
- 気候ネットワーク　平田仁子
- ディラン・タナー　インフルエンス・マップ
- スリヤスンダレサン　カーボントラッカー
- ケイトウーラートン　カーボントラッカー
- アンドリュー・グラント　カーボントラッカー
- マーク・フルトン　カーボントラッカー
- ロバート・シュワーク　カーボントラッカー

電力部門チーム

マット・グレイ - 電力部門長
mgray@carbontracker.org

スリヤ・スンダレサン - シニアアナリスト
ssundaresan@carbontracker.org

デュラン・ドソウザ - データサイエンティスト
ddsouza@carbontracker.org

マガリ・ジョセフ - アナリスト
mjoseph@carbontracker.org

ステファン・ラヴェル -ジュニアデータサイエンティスト
slavelle@carbontracker.org

イザベラ・ソルダー・レンボルド -ジュニアデータサイエンティスト
isoldner-rembold@carbontracker.org

オーロレ・ル・ガリオット - アソシエイト
alegaliot@carbontracker.org

リチャード・フォーランド - 政府関係アドバイザー
richard@carbontracker.org

1 要旨

本報告書では、日本における新規および既存の石炭火力発電への投資の財務上および経済的なバイアビリティ（viability；事業の継続可能性）を分析します。そうすることで、日本での石炭火力の投資と操業に伴うリスクにスポットライトを当てることを目指しています。

1.1 炭素についての難問：パリ協定への整合か、または石炭火力の推進か？

日本の政策決定は、以下の通り、気候変動に関して徐々に野心的になりつつあります。

- 最新の第 5 次エネルギー基本計画（Strategic Energy Plan, SEP）では、日本のエネルギー政策史上初めて、再生可能エネルギーの主力電源化を掲げ、2050 年までにエネルギー部門の脱炭素化に挑戦するべきであると述べています[1]。
- 2019 年 6 月に閣議決定され、国連気候変動枠組条約事務局（UNFCCC）に提出された「パリ協定に基づく成長戦略のための長期戦略」は、「脱炭素社会の実現に向けて、パリ協定の長期目標と整合的に、火力発電からの CO2 排出削減に取り組む。」[2]、と述べています。

これらの政策シグナルにもかかわらず、日本では依然として石炭火力発電に多額の投資が行われています。現在、国内には、2019 年 9 月 20 日時点で 11 GW を超える設備容量の建設中、認可済、または認可前の石炭火力発電所事業があります。これらの計画は、金利を含まない建設単価 (overnight capital cost)で、290 億米ドルの資本コストに相当する可能性があります。また、パリ協定の長期目標（訳注：世界の平均気温の上昇を工業化前よりも 2℃を十分に下回る水準に抑え、1.5℃に制限するための努力を継続すること）との整合性を図るために、これらは早期に閉鎖しなければならない可能性があります[3]。パリ協定に関係なくとも、石炭は将来、再生可能エネルギーとの激しいコスト競争に直面することが見込まれており、新規の投資決定だけでなく、操業中の石炭火力発電所の長期的な事業のバイアビリティにも疑問を投げかけています。

1.2 新規の石炭火力発電事業の財務上のバイアビリティは、変化する市場状況に大きく左右されうる

カーボントラッカーは、日本の計画中および建設中のすべての石炭火力発電所について、プロジェクト経済性モデルを開発しました。これらのモデルの目的は、異なるシナリオの下で、石炭火力発電事業がその存続期間にわたってどのように事業継続が困難になるかを示すことです。公開されている情報が不足していることから、重要な変数がどのように事業のバイアビリティを損なう可能性があるかを理解するために、損益分岐点シナリオ分析を実施しました。表 1

---

[1] *経済産業省（2018）「エネルギー基本計画」：*https://www.meti.go.jp/english/press/2018/0703_002.html

[2] *日本政府（2019）「パリ協定に基づく成長戦略のための長期戦略」閣議決定、2019 年6 月 11 日：*https://unfccc.int/sites/default/files/resource/The%20Long-term%20Strategy%20under%20the%20Paris%20Agreement.pdf

[3] *国際エネルギー機関（IEA）によると、2°C を十分に下回る気温目標と整合する排出削減シナリオでは、エネルギーセクターからの正味ゼロまたは負の排出のみが許容される。高効率および二酸化炭素固定貯留技術（CCS）装備の石炭火力発電は、正味ゼロまたは負の排出技術とは位置づけられていない。IEA (2016)。Energy Insights 2016：* https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ECCE2016.pdf

に詳述されているように、他のすべての変数は変わらないと想定した上で[4]、これらの事業は、次のいずれかの場合に該当すると、内部収益率（IRR）がマイナスとなる可能性があります。

- 設備利用率 48%未満
- 燃料価格 104 米ドル/t 超
- 電気料金 72 ドル/MWh 未満、または
- 炭素価格 25 ドル/tCO_2超

公開データとカーボントラッカーの計算に基づいて、2018 年の状況は次の通りです。

- 設備利用率は平均で 73%[5]
- 平均燃料価格 105 米ドル/t [6]
- 電気料金（日本卸電力取引所に基づく）平均 87 米ドル/MWh [7]
- 炭素価格 2.68 米ドル/ tCO_2。[8]

---

[4] *損益分岐点分析では、他の変数が実績データに基づいて固定されていると想定しています。レポートの表2 および4 を参照してください。*

[5] *電力広域的運営推進機関（OCCTO）「2019 年度供給計画」：* https://www.occto.or.jp/kyoukei/torimatome/files/190329_kyokei_torimatome.pdf

[6] Carbon Tracker *分析に基づく。石炭の購入、輸送、準備で発生した費用が含まれます。想定の詳細については、報告書を参照してください。*

[7] *日本卸電力取引所：* http://www.jepx.org/english/market/index.html

[8] *環境省環境経済課（2017） Greening Whole Tax System and Carbon Tax in Japan ：* https://www.env.go.jp/en/policy/tax/20170130_greening.pdf

表 1　計画中および建設中の石炭火力発電所のプロジェクト経済性モデルの結果

事業	親会社	正味現在価値の予測（NPV）（百万米ドル）	WACC = 2.5%（%）を超える IRR を達成できる設備利用率の最低水準	WACC = 2.5%（US $ / t）を超える IRR を達成できる燃料価格の上限	WACC = 2.5%（US $ / MWh）を超える IRR を達成できる電気料金の最低水準	（WACC = 2.5%（US $ / tCO2）を超える IRR を達成できる 2040 年の炭素価格の上限
秋田 1 号機	関電エネルギーソリューション、丸紅	$1,110	49%	$109	$70	$28
秋田 2 号機	関電エネルギーソリューション、丸紅	$1,110	49%	$109	$70	$28
広野 IGCC	三菱（90%）、東京電力（10%）	$539	62%	$95	$75	$21
常陸那珂共同 1 号機	JERA	$766	50%	$100	$73	$24
海田	中国電力（50%）、広島ガス（50%）	$65	59%	$85	$78	$10
神戸 3 号機	コベルコパワー神戸第二	$1,050	45%	$111	$69	$32
神戸 4 号機	コベルコパワー神戸第二	$1,028	44%	$111	$69	$31
釧路	IDI インフラストラクチャーズ	$201	40%	$106	$68	$23
三隅 2 号機	中国電力	$1,970	42%	$121	$66	$38
勿来 IGCC	三菱（90%）、東京電力（5%）常磐共同火力（5%）	$575	62%	$95	$75	$21
西条 1 号機	四国電力	$1,239	42%	$125	$64	$40
鹿島 2 号機	日本製鉄、電源開発	$1,011	47%	$111	$70	$33
竹原新 1 号機	電源開発	$1,029	44%	$112	$68	$34
武豊 5 号機	JERA	$1,954	43%	$118	$67	$36
トクヤマ東発電所第 3 号	トクヤマ、丸紅、東京センチュリー	$176	57%	$87	$77	$11
宇部 1 号機	電源開発、宇部興産	$1,122	43%	$117	$67	$34

宇部 2 号機	電源開発、宇部興産	$1,113	42%	$119	$67	$34
四日市	三菱商事	$74	54%	$87	$77	$11
横須賀 1 号機	JERA	$5	48%	$76	$82	$4
横須賀 2 号機	JERA	$5	47%	$76	$82	$4
平均	**–**	**–**	**48%**	**$104**	**$72**	**$25**

出典：カーボントラッカー分析

注：プロジェクト経済性モデルは、公開データが不足しているため、多くの想定に基づいています。この分析に関連するモデリングの前提とリスクについては、表2 および4、および報告書の6 章を参照してください。

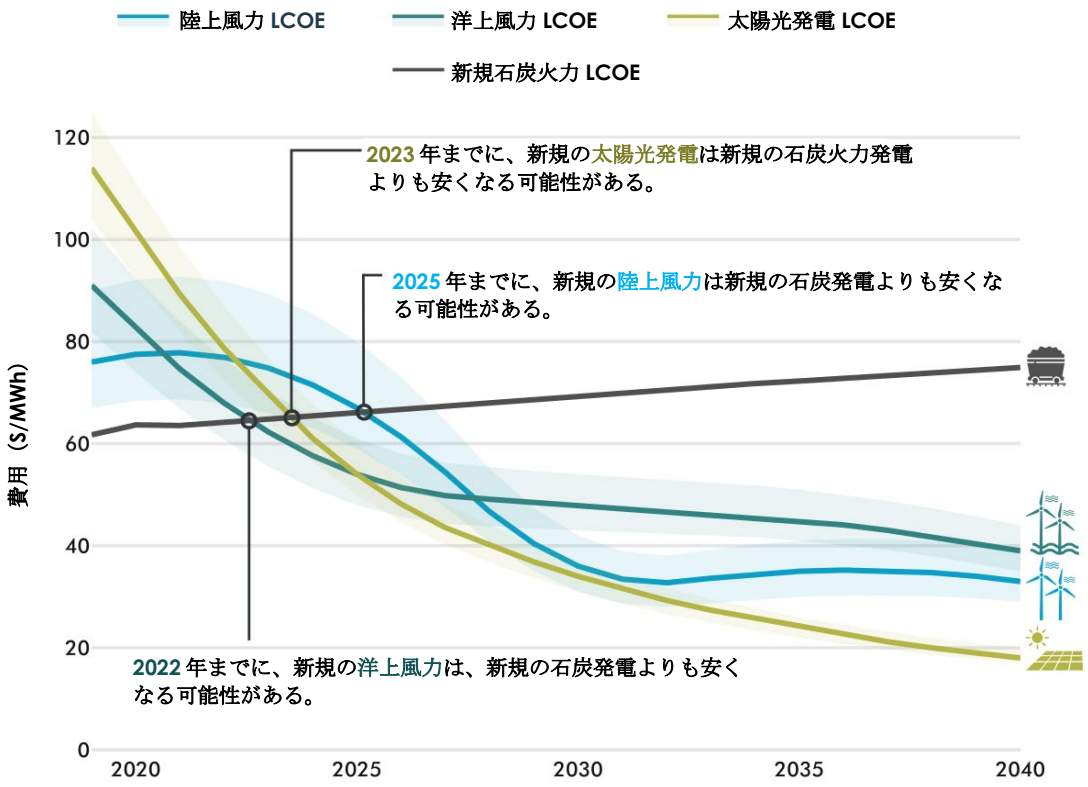
1.3 新規の再生可能エネルギーは、2022 年までに新規の石炭火力発電よりも安く、また 2025 年までに既存の石炭火力発電よりも安くなる

再生可能エネルギーに比べて石炭火力発電が経済的な競争力を失う 3 つの経済的変曲点があります。

i. 新規の再生可能エネルギーが、新規または建設中の石炭火力を上回る時
ii. 新規の再生可能エネルギーが既存の石炭火力を上回る時、そして
iii. ディスパッチ（指令応答）可能な再生可能エネルギーが既存の石炭火力を上回る時

炭素価格の上昇またはより厳しい大気汚染規制がなくとも、日本の再生可能エネルギーの均等化発電原価（LCOE）は、2022 年までに石炭火力の LCOE より低くなる可能性があります。具体的には、洋上風力、商業規模の太陽光発電、陸上風力の LCOE は、それぞれ 2022 年、2023 年、2025 年までに石炭の LCOE よりも安くなる可能性があります。

図 1　日本における新規の再生可能エネルギーの LCOE と 新規の石炭火力の LCOE

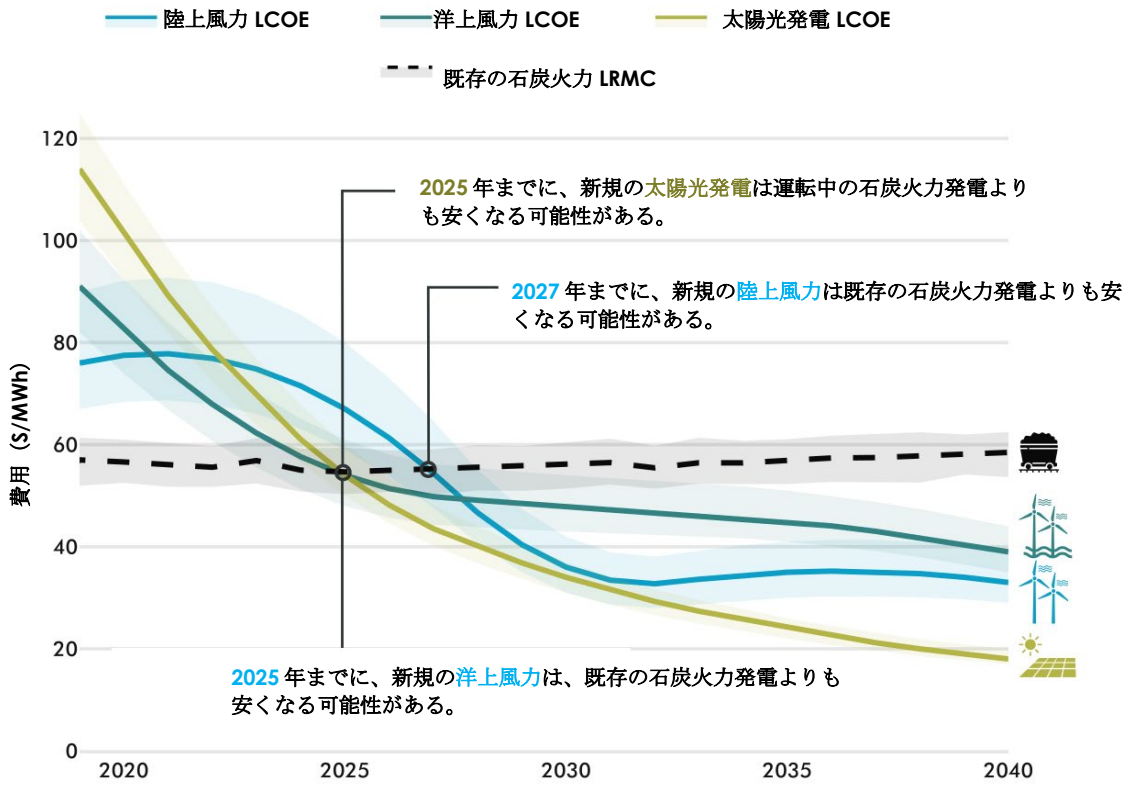


出典：カーボントラッカー分析

注： 陸上風力の主要な前提条件C は次のとおりです。CAPEX(資本支出)は 2231 米ドル/KW、O&M(操業・管理)はCAPEX の 1.7％、設備利用率は 26％、2040 年の設備容量予測は 30 GW、実質WACC(加重平均資本コスト)は 3.5％、負債資本分割は 80：20、学習率は 25％。太陽光発電の主な前提条件は次のとおりです。CAPEX は 1932 米ドル/KW、O&M はCAPEX の 1.3％、設備利用率は 14％、2040 年の設備容量予測は 282 GW、実質WACC は 3.5％、負債資本分割は 80/20、学習率は 60％。洋上風力の主要な前提条件は次のとおりです。CAPEX は 4135 米ドル/kW、年間O&M 費用はCAPEX の 2.5％、設備利用率は 49％、実質WACC は 4.2％、負債資本分割は 75:25、2040 年の設備容量予測は 20 GW、学習率は 12％。詳細については、表 2 および付録を参照してください。

重要なことは、洋上風力発電と商業規模の太陽光発電の LCOE は 2025 年までに、そして陸上風力発電は 2027 年までに、既存の石炭発電の長期限界費用（LRMC）よりも安くなる可能性があることです。

図 2　日本における新規の再生可能エネルギーの LCOE と 既存の石炭火力の LRMC



出典：カーボントラッカー分析

注：石炭火力発電所の稼働コストの上限と下限の計算には、いくつかのシナリオが使用されます。運転中の石炭火力発電所のコストは容量加重され、かつ長期限界費用に基づきます。これには燃料、変動 O&M および固定 O&M（SRMC に加えて固定操業・管理コスト）が含まれます。輸入石炭は、オーストラリア、ロシア、インドネシアからの輸入を想定しています。上限と下限は、過去 10 年間の歴史的な石炭価格の変動を考慮した、長期限界費用の 25％と 75％の信頼区間を表します。歴史的な平均石炭価格は 75 ドル/トンです。その他の想定については、図 1 の注および本文の表 2 を参照してください。

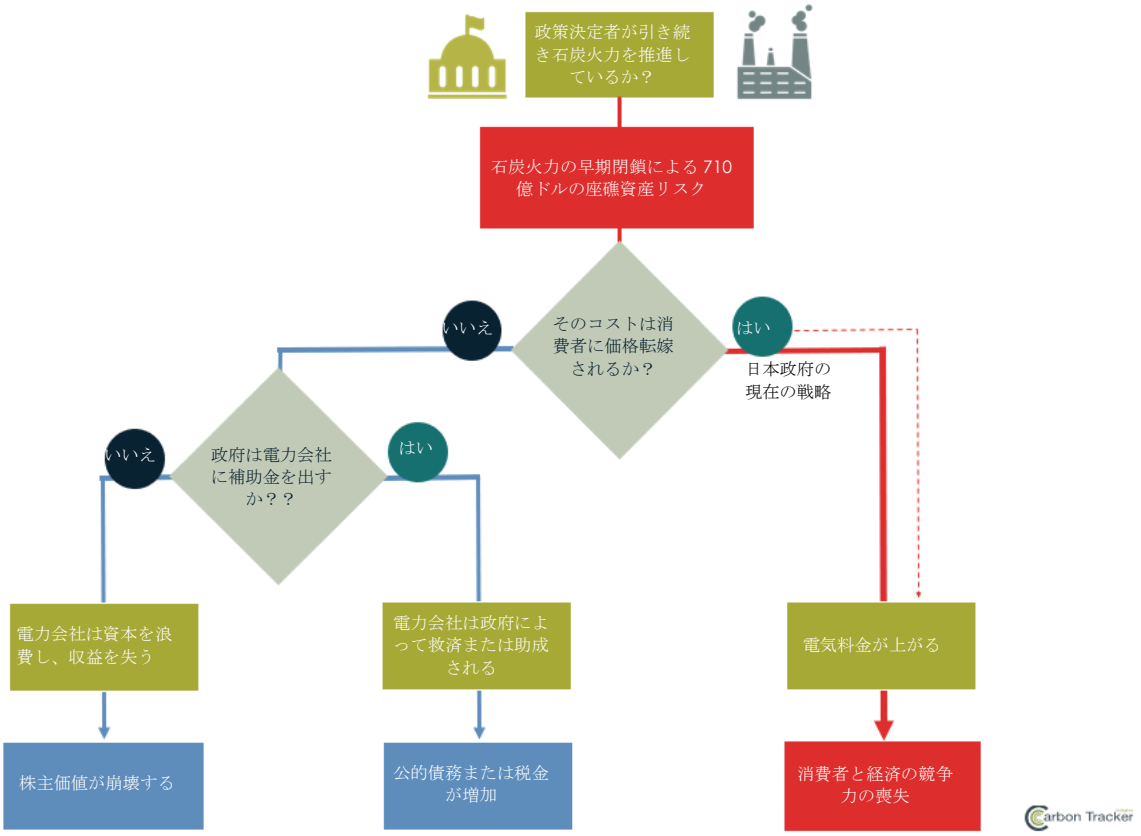
1.4　政策転換がなければ、座礁資産が 710 億米ドルにも達し、消費者が電力価格の上昇という形でこれを支払うことになる可能性がある

我々の分析によると、今日石炭火力発電所を建設することは、明日の高コスト電力と財政的負担をもたらすことを意味します。日本の計画中および既存の石炭火力発電の設備容量は、石炭火力発電業者に市場で不公平な優位性を与える制度により部分的に保護されています。こうした制度には次のものが含まれますが、これらに限定されるものではありません。

- ベースロード市場。これには、操業停止中の原子力発電の固定費が含まれています。また、また、将来のカーボンプライシングにさらされるリスクから石炭火力発電業者を保護するのに一役買うことになる可能性があります。
- 非効率な給電ルール。風力や太陽光よりも原子力を優先給電するルールにより、将来の風力と太陽光の出力抑制につながる可能性があります。

これらの制度は、再生可能エネルギーの大幅なコスト低下から高コストの石炭火力を保護するものです。政策転換がなければ、日本の消費者は最も低コストの電力を受け取ることができないことになるでしょう。我々の 2°C 未満のシナリオでは、計画中、建設中、および運転中の石炭火力発電の設備容量がパリ協定の長期目標に合わせて停止せざるを得ないことになるため、設備投資および営業活動によるキャッシュフローの減少による座礁資産リスクが 710 億米ドルにも上る可能性があります[9]。この 710 億米ドルのうち、290 億米ドルは、日本政府が計画中および建設中の石炭火力発電設備の開発を直ちに再考すれば回避することができます。図 3 では、日本の現在の規制環境により、こういった負担が日本の消費者のエネルギーコストの増加につながる可能性があることを示してます。

図 3　日本経済において石炭という座礁資産がどのように具現化されるか



出典：カーボントラッカー分析

注：詳細については、報告書本文を参照してください。

---

[9] *このシナリオは、パリ協定の長期目標と整合的に火力発電からの CO_2 排出を削減するという政府の方針と一致しています。脚注 2 をご参照ください。*

1.5　政策提言

分析結果を踏まえ、以下の 2 つの政策提言を行います。これらの政策提言は、特に主要な点に絞っていることに留意してください。

1.5.1 パリ協定の脱炭素目標と一致するよう、計画中および建設中の石炭火力発電所の建設を直ちに再検討し、既存の石炭火力発電所の廃止スケジュールを策定すること

日本がパリ協定の長期目標を達成しようとする場合、2030 年までに、二酸化炭素固定貯留といった排出削減技術を備えていない石炭火力発電所は段階的に全廃する必要があります[10]。この現実は、新たな石炭火力発電の投資に直接的な影響を及ぼします。すなわち、計画中及び建設中の発電所のいずれも、通常 15～20 年となる資本回収期間を通して最小コストのソリューションにはなりえないということです。我々の分析からは、追加的な気候変動政策や大気汚染対策がなくとも、石炭火力が経済的基盤を失っていくことを明らかにしています。そのため、日本は直ちに新しい石炭火力発電所の建設を考え直すべきです。また、政策決定者は、パリ協定の長期的な脱炭素化目標に合わせて既存の石炭火力発電所の明確な方向性を定める必要があります[11]。日本の政策決定者は、石炭からの円滑な移行を誘導するために、個々の石炭火力発電所の LRMC に基づいて廃止スケジュールを策定する必要があります。本分析によって、発電所の所有者はコストの高い発電所を最初に廃止し、コストの低い発電所を最後に廃止することができます。これにより、最終消費者はもっとも安価なコストの電力を使用できるようになります。

1.5.2 公平な規制により再生可能エネルギーを加速する

政策転換がなければ、日本政府は、再生可能エネルギーに関連する経済的機会を逃し、高コストの電力をロックインするリスクを冒すことになります。これにより、政府はエネルギー安全保障、財政負担、経済的競争力をさらに危うくすることになるでしょう。再生可能エネルギーおよび関連する支援技術（蓄電池、デマンドレスポンス、高圧送電など）は、21 世紀の先例のないメガトレンドの一部です。これらの技術の急速な発展による価値を獲得する戦略を策定する政府にこそ、この利益はもたらされるのです。日本には、技術とエンジニアリングの長年の実績があります。つまり、市場が成熟し、製品の品質にプレミアム価格が付けられるようになったときに、日本はこれらの技術から価値を獲得するのにいいポジションにいるのです。再生可能エネルギーの導入を促進することは、これらの技術を、国の産業と経済を活性化し、エネルギー安全保障を促進する機会と見なすことから始まります。このビジョンを実行するには、大規模な変更を行い、再生可能エネルギーが大規模に、かつグリッドにおける価値を最大化するように導入されることを確保する必要があります。これらの変化の中でも、差別的な規制や市場の歪曲を避けるために透明性を高めることが重要です。

---

[10] *IEA (2017)　Energy Technology Perspective：https://www.iea.org/etp/*

[11] *IEA によると：i）高効率の石炭火力発電技術は、2°C シナリオにおける排出抑制と一致しません。ii）CCS を使用する場合でも、IEA のモデルでは 85％～95％の CO2 回収率が採用されているため、残る排出量がパリ協定の長期目標と矛盾する能性が高くなります。参照：IEA (2016)　Energy, Climate Change and Environment、2016 Insights.：https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/ECCE2016.pdf*