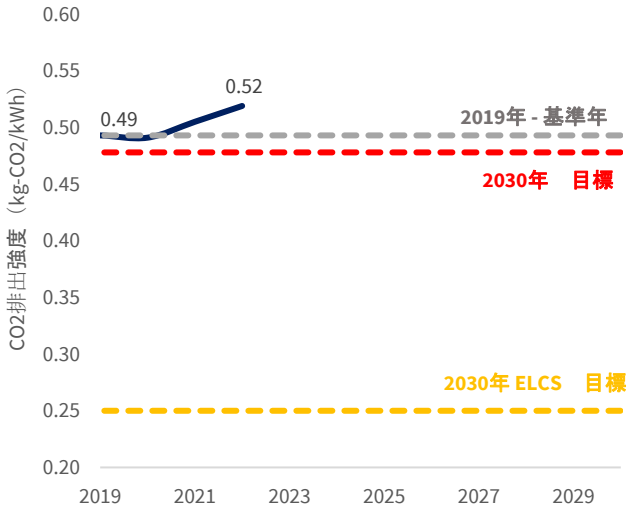
JERA：野心的トランジションに向けた拡張 SLB プロポーザル

Hazel Ilango [(*)], Josephine Richardson

日本最大の発電会社である JERA は、日本の脱炭素戦略全体において重要な役割を担っている。2050 年までに CO_2 排出量をゼロにし、2035 年までに排出量を 60%削減（2013 年度比）するというそのトランジション目標は、日本のより広範なグリーン・トランスフォーメーション（GX）計画と整合している[1]。その開発計画は、再生可能エネルギーへの多角化を積極的に進めるのではなく、むしろ LNG ユニットの効率化や石炭ユニットのアンモニア混焼の導入を目指すものである。

図 1. JERA の二酸化炭素排出強度の推移. 出典： JERA.



JERA は 2024 年 2 月 29 日、サステナビリティ・リンク・ボンド（SLB）の系統となる同社にとって最初の「トランジション・リンク・ボンド」の発行を発表した。[2] ただし、発行されるボンドは、最適価格設定やインパクト・ベネフィットに最適化されていない可能性はある。

[1] “The Basic Policy for the Realization of GX（GX の実現に向けた基本方針）”, METI（経済産業省）, Feb 2023

[2] 現在日本語で利用可能なものとして、“Regarding the issuance of our first transition link bond（当社初めてのトランジション・リンク・ボンドの発行について）”, JERA, 29 Feb 2024.

投資アドバイスではありません。このバージョン2024 年 2 月 29 日重要な免責事項は本書の最後に記載されています。

(*) Anthropocene Fixed Income Institute (www.anthropocenefii.org). 連絡先著者: hzl@anthropocenefii.org

本ボンドの発行は、既存の 2030 年度目標と連動しており、私たちの分析では、たとえば日本の電気事業低炭素社会協議会（ELCS）の目標と比較すると、野心的ではないことを示している（図 1 参照)。[3]

この構造は、目標を達成できなかった場合に少額の慈善寄付を行うことを JERA に強いるものであるが、この寄付は十分に重要ではなく、JERA に意義ある価格上昇の利益をもたらすものではない。

本稿で私たちは、JERA の既存トランジション・ボンドと並行して補完的に資金調達を行うための、拡張サステナビリティ・リンク・ボンド（SLB）構造を提案する。より野心的な目標と合わせることで、この構造は成果重視型インパクトの向上を期待できる。また、目標を拡大することで、JERA の調達金利が下がる可能生もある。

JERA にとって今後の資金調達要件は相当なものとなるため、債券投資家はこの会社とかかわる機会が今後多くあり、そのことがその将来の脱炭素戦略に影響を与えることになるであろう。

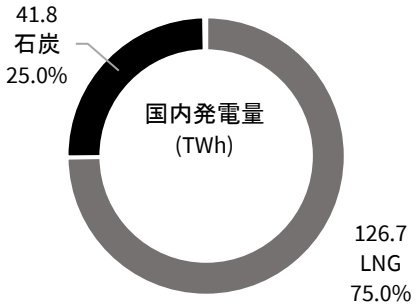
[3] ELCS の詳細については、“Japan’s Electric Power Council for a Low Carbon Society Released its Vision for a Long-Term Global Warming Strategy（電気事業低炭素社会協議会が長期的地球温暖化戦略ビジョンを発表」）”, JEPIC, 8 Nov 2019 を参照のこと.

JERA は日本の脱炭素戦略の鍵である

株式会社 JERA（JERA）は、東京電力の 100%子会社である東京電力フュエル&パワーと中部電力株式会社との合弁会社である。親会社が運営していた全火力発電所を保有することを目的に 2015 年に設立され、日本最大の発電会社となった。

JERA は、世界最大の LNG 購入者であり、LNG は日本の発電量の 75%を占めている。残りの 25%は石炭である（図 2 参照のこと）。

図 2. JERA の国内発電(TWh). 出典：JERA, アクセス 31 Jan 2024.



JERA は現在、日本全体の二酸化炭素排出量の約 11%を占めており、[4] その脱炭素戦略が野心的であることは、国全体のトランジションの成功に不可欠なものである。

JERA は 2050 年までに CO_2 排出量ゼロを目指していることを報告している。しかし、脱炭素化へのトランジションのペースと信頼性を明確にするには、その中間目標が野心的であることが不可欠である。これらの中間目標を同業他社や電気事業低炭素社会協議会と比較すると、野心的ではないように見える（詳細については 付属書 1：JERA の脱炭素戦略の背景を参照のこと）。

この目標を達成するため、JERA は政府の戦略に沿って、「クリーン水素・アンモニア」開発への取り組みを進め、排出量ゼロ火力の実現に向けて計画している。[5]これらの戦略では、絶対排出量の削減は限定的である（付属書 2：JERA が選んだ技術の脱炭素化の可能性を参照のこと）。いずれも、電気事業低炭素社会協議会の目標に沿った排出強度を削減するものとはならない。これらの目標を達成するためには、再生可能エネルギーへのトランジションが必要である。

JERA は日本全体のトランジションにとって非常に重要であるため、同社が脱炭素化目標を達成できなければ、日本全体のトランジションの取り組みを危うくする恐れがある。

[4] “Data - JERA Group Integrated Reported（データ - 2023 年 JERA グループ総合報告）”, JERA, アクセス 14 Feb 2024.
[5] “Medium and long-term strategy 2023（2023 年中長期戦略）”, JERA, アクセス 14 Feb 2023.

まとめると、JERA が脱炭素化目標を効果的に達成することが、日本がその目標を達成するために不可欠である。JERA の短期目標は同業他社と比較して野心的ではなく、現在考えられている技術を用いて達成するのは困難と思われる。

JERA の新しいトランジション・リンク・ボンド - SLB？

JERA は 2024 年 2 月 29 日、脱炭素社会の実現を目指し、同社にとって最初のトランジション・リンク・ボンドを開始した。[2]

これは、私たちがこれまで見てきたボンドラベルではなく、日本政府の GX プログラムに応じて選ばれたものであろう。[1] その構造は SLB を思わせる特徴を持つ。調達資金は無制限であり、2030 年度にグループの排出強度を 0.477 $kgCO_2/kWh$ 以下に削減するというサステナビリティ・パフォーマンス・ターゲット（SPT）がある。もしこの目標を達成できなかった場合、公共財への概念上 0.1%の寄付が発動される。

公益事業は、排出量、排出強度、または再生可能エネルギー能力にリンクする目標を設定して SLB を導入することがよくあり、[6] これにはユース・オブ・プロシード（UOP）ボンドと比較して多くのメリットがある。そのため、JERA が SLB（トランジション・リンクというラベルが付けられてはいるものの）を、UoP トランジションプロダクトと相補的に使うことは現実的である。SLB は柔軟な資金調達を可能にし、発行体が脱炭素化の成果をもたらす可能性が最も高いと考えられる投資を選択することを可能にする。[7]

ただし、この JERA 構造は、価格設定上のメリットやインパクトを考慮した最適化がなされていない恐れがある。

適用されるターゲットは、前述のように、野心的ではない。JERA の効果的脱炭素化は日本にとって不可欠であり、この水準はより広範な軌道に対して不十分かもしれない。

また、この 0.1%の寄付は、JERA にとって有意義な価格上のメリットを生み出すには十分なものではない。SLB の潜在的な価格上のメリットは、投資家が将来高クーポンを受け取る可能性があり、これにより発行時に低クーポンを受け入れることができるということの確率

[6] 分析例としてたとえば、“Enel SLBs: update on 2023 observation date（Enel SLBs：2023 年オブザベーション日のアップデート）”, AFII, 20 Oct 2023 または“A review of SLBs approaching KPI observation dates（KPI オブザベーション日が近い SLBs のレビュー）”, AFII, 17 Nov 2023 を参照のこと.
[7] 日本のソブリンの同様のプロポーザルの詳細については、“Transition Power, a JGB SLB prints in USD（トランジション・パワー、JGB SLB が米ドルで発行）”, AFII, 7 Feb 2024 を参照のこと.

に基づくものである。[8] ディスカウントベースでは、この寄付の価値はボンドの存続期間を通じてわずか 1bp であり、これは目標が達成されない可能性を考慮する前のものである。[9]

日本市場では、クーポンのステップアップではなく慈善寄付として支払うという選択肢が以前用いられていた。[10] このことは、（常にクーポンステップアップを慈善団体に寄付することを選択することができる）世界の投資家の経済的利益を減らす一方、国内投資家の関心を広げるのには効果的であったと私たちは考えている。

拡張サステナビリティ・リンク・ボンド（SLB）プロポーザル

JERA にとっての価格メリットと投資家にとってのインパクト機会の両方を最大化するために、私たちはさらに拡張した構造を提案する。私たちは、トランジション・リンク構造と同じボンド詳細を用いるが、SPT とステップアップ要素を拡張する。

第一に、私たちはダブル KPI 構造を提案する。そこでは、2 つ目のストレッチターゲットを電気事業低炭素社会協議会のレベルにリンクしたものとし、その達成によりクーポンステップダウンが発動されるものとする。この構造は釣り合いのとれたものであり、ステップアップを行う上での発行体にとっての価格上のメリットと、ステップダウンを達成することのインセンティブとのバランスをとるものである。[11]

第二に、私たちはクーポン調整のサイズを継続 37.5bps に増やし、単一のプレミアム払いではなく、ステップアップとステップダウンとしてこれを行う。これにより、構造のマテリアリティが高まり、価格上のメリットが向上する。

---

[8] AFII オプションの価格設定方法の詳細については、“An option pricing approach for Sustainability-Linked Bonds（サステナビリティ・リンク・ボンドのオプション・プライシング・アプローチ）”, AFII, 8 Nov 2022 を参照のこと.

[9] SLB 構造体のマテリアリティに関するより広範な議論については、“Greenback SLBs: an impact standardisation proposal（グリーンバック SLB：インパクトスタンダーダイゼーションプロポーザル（グリーンバック SLB：インパクトスタンダーダイゼーションプロポーザル）”, AFII, 10 May 2023 を参照のこと.

[10] 詳細については、“Sustainability-Linked Bonds: alternative steps（サステナビリティ・リンク・ボンド：もう一つのステップ）”, AFII, 23 May 2023 を参照のこと.

[11] この構造は、“Uruguay SLB: market update（ウルグアイ SLB 市場最差アップデート）”, AFII, 5 Jun 2023 に記述されているように、ウルグアイで採用されたものであり、日本に提案するものと同じ構造である。.

SLB 価格設定

次に、私たちは、AFII オプション・プライシング・アプローチを用いて、トランジション・リンク・ボンドと SLB の価格を並行して設定する。[8] プレミアム支払いとステップアップクーポンの両方の価額設定には、排出強度目標を達成する確率を推定する必要がある。

JERA が自ら選択した目標を達成するには、排出トレンドを逆転させる必要がある（図 1 参照）。私たちは、会社が成功する確率を 50%とする。[12] ストレッチターゲットのモデル値は、それが大幅な削減を意味することを考えると、非常に低いものとなる。私たちは、それが達成される確率を 10%とする。

これらのパラメーターを用いると、トランジション・リンク・ボンドのオプション値は 0.5bps、AFII SLB のオプション値は 3bps となる。表 1 は詳細な比較を示す。

表 1. JERA トランジション・リンク・ボンドと仮定 AFII SLB の比較. 参考価格/仮定価格. 推奨ではありません. 出典：AFII

	トランジション・リンク・ボンド	**AFII SLB**
満期	2034 年 2 月 10 日	2034 年 2 月 10 日
オブザベーションおよびステップ日	2030 年度（2031 年 3 月）	2030 年度（2031 年 3 月）
SPT 1	0.477 kg-CO2/kWh 強度, 2019 ベースラインから-3%	0.477 kg-CO2/kWh 強度, 2019 ベースラインから-3%
SPT 2	なし	0.25 kg-CO2/kWh 強度, 2019 ベースラインから-49%、電気事業低炭素社会協議会（ELCS）に沿ったもの
ステップアップ	SPT1 未達成の場合+0.1%プレミアム	SPT1 未達成の場合+37.5bp -37.5bp（SPT2 達成時）
オプション値	-0.5bp	-3.0bp
うち、	-0.5bp SPT1 オプション値	-3.8bp SPT1 オプション値
		+0.8bp SPT2 オプション値

JERA トランジション・リンク・ボンドは、満期時のプレミアム支払い（公益のために寄付される）のマテリアリティが低いため、オプション値が非常に低い。37.5bps の対称ステップアップ/ステップダウンクーポンを用いる別の構造では、より野心的な目標を統合し、投資家にとってのマテリアリティを高める可能性がある。

[12] 自ら選択した目標は達成しやすいこともあるが、計画されている投資の排出源単位が低く、最近の実績がベースラインを上回って排出源単位が増していることを考えると、目標達成は困難であると私たちは考えている。

JERA の既存のトランジション・ボンド

JERA は 2022 年 5 月 24 日に 200 億円（1.3 億米ドル）のトランジション・ボンドを発行したが、その調達資金はトランジション投資に限定している。DNV はセカンドパーティ・オピニオン（SPO）として、国際資本市場協会（ICMA）のグリーンボンド原則 2021 との整合性を確認した。

表 2. 株式会社 JERA のボンド発行。出典：Bloomberg, アクセス 14 Feb 2024.

Description	ISIN	発行日	満期	通貨	残高
JERA ¥0.6 32s	JP338672BN50	2022 年 5 月 24 日	2032 年 5 月 25 日	日本円	8,000,000,000
JERA ¥0.4 27s	JP338672AN51	2022 年 5 月 24 日	2027 年 5 月 25 日	日本円	12,000,000,000

トランジション・ボンドの発行により調達した資金は、JERA の「2050 年 CO_2 排出ゼロ」と 2030 年度および 2035 年度の「環境目標」の達成を目指し、様々なトランジションプロジェクトの実施に充てられる。

ユース・オブ・プロシード

調達資金の約 14%は碧南火力発電所でのアンモニア混焼実証事業に充当された。また、調達資金の一部は、JERA の LNG 火力発電所の水素供給施設等での水素混焼の技術検証に充当された。

表 3. 株式会社 JERA のボンド発行. 出典：DNV、2023 年 5 月 23 日

カテゴリー	割当額（10 億円）	割り当てられた資金の割合
アンモニア混焼実証事業	1.7	13.7
水素混焼の実証	0.1	0.8
既存の非効率な火力発電設備の廃止	10.6	85.4
割当総額（うちリファイナンス額）	12.4 (11)	100%
未割り当て残高	7.5	n.a

また、割り当てられた資金の約 85%は、1963 年から稼働している五井火力発電所の既存発電設備の解体に充てられている。

この事業は、稼働から 60 年経過したプラントの廃止を含むものであるが、代替能力としては、総容量 2.34GW のガス燃焼コンバインドサイクルユニット 3 基を新たに建設し、同施設の老朽化した 6 基のガス燃焼蒸気発電装置に置き換えることも含む。

調達資金の大部分は五井火力発電所の廃止に充てられているが、代替プラントへの充当に対しても同様に注視しなければならない。私たちの分析結果によると、プラントを置き代えて

も、二酸化炭素排出強度は 0.5083 から 0.5183kg-CO2/kWh の間となることが予測される。最良のシナリオでは、二酸化炭素排出量を絶対値で 1.0%削減することを目指しており、JERA 全体の排出量への影響は限定的であることを示唆している（詳細な計算は別紙 2 参照)。

インパクト

私たちの見立てでは、JERA のトランジション・ボンドは投資家にとって大きなリスクがあると考えており、これは KPI 連動型の効果的発行によって対処できると考えている。

第一に、JERA のトランジション・ボンドは、石炭・LNG 発電所におけるアンモニアや水素の混焼などの技術への投資を奨励するものである。しかし、これらの技術はトランジションの信頼できる選択肢として国際的に受け入れられているものと隔たりがあり、火力発電所、特に石炭火力発電所の存続期間を延ばすことにつながるおそれがある。

第二に、老朽化した LNG プラントを廃止し、新しいガス火力プラントに実質的に置き換えたとしても、JERA 全体の排出量に与える影響は限られている。また、五井発電所の新発電設備への更新契約は、JERA による 2020 年 10 月の「2050 年 CO_2 排出量ゼロ」目標の発表に先立って 2019 年 6 月に発効したことも注目に値する。

脱炭素化の発表時期や五井発電所の廃止時期には様々な要因が影響しているが、**私たちの分析では、この廃止は真の意味では「トランジション」戦略の一貫ではないことを示唆している。そうではなく、すでに老朽化しているプラントの管理に対処することを目的とした戦略的動きであり、その脱炭素戦略の説明とつじつまが合うように思われる。**

まとめ

JERA は、日本最大の発電事業者として、日本のトランジションに重要な役割を果たしている。JERA の発電は主に火力、LNG、石炭に集中しているため、再生可能エネルギーによる脱炭素化や多様化の機会ははっきりとしている。JERA はこれまでもユース・オブ・プロシード債券を発行して、特定のトランジション戦略への投資資金を調達してきた。これらの投資は、長年にわたって化石燃料の使用をロックし、座礁資産リスクを悪化させるリスクがある。私たちの分析では、これらの投資は、日本の効果的なトランジションに必要な大幅な脱炭素化を達成できないことをも示している。

JERA は、排出強度の削減目標を掲げ、トランジション・リンク・ボンドを売りに出している。しかし残念ながら、JERA の今の排出削減目標は、殊に業界や電気事業低炭素社会協議会が設定した全国的目標と比較すると、野心的ではない。

私たちは、投資家と発行体にとって魅力的と映り得る拡張サステナビリティ・リンク・ボンドを提案した。私たちは、2030 年度までに温室効果ガス排出量の 46%削減を達成するという国家目標に沿った目標を含めており、[13] このことは大きなインパクトをもたらし、JERA が発行するトランジション・ボンドを強力に補完するものとなるであろう。

投資家に対し、この構造は企業自らの諸活動について説明責任を果たすと共に、未検証の技術ではなく脱炭素化の成果に焦点を合わせることを保証することができる。このことは、債券投資家だけでなく、資本構造全体にわたるステークホルダーにとってもメリットとなる。

JERA にとって、野心的な構造を選択することは、資金調達コスト上のメリットをもたらし、継続的な投資ニーズに応じた資金調達を可能にする。

[13] “Japan Inc.'s plans to cut emissions fall short of 2030 national target（日本株式会社の排出削減計画は 2030 年の国家目標に届いていない）”, Nikkei Asia, Jan 2024

付属書 1：JERA の脱炭素戦略の背景

JERA の目標

表 4 は、絶対排出量、排出強度、再生可能エネルギー発電に関する JERA の目標を示している。これらの数値は、JERA グループ内の国内レベルで設定されている。[14]

表 4. 2050 年までにカーボンニュートラルの達成を目指す JERA の現在の排出目標. 出典： CDP.

	長期目標（2030 年以降）	短期目標（2030）	その他排出量目標に関する目標
説明	絶対排出量（*metric tons CO_2e*）	排出強度 *kg-CO2/kWh*	再生可能エネルギー能力 （*GW*）
基準年	2013	2019	2019
基準パフォーマンス	182,700,000	0.493	1.1
目標年	2035	2030	2025
目標パフォーマンス	73,080,000	0.478	5.0
基準年に対する目標の割合	-60%	-3.04%	354.5%
報告年	2023	2023	2023
報告されたパフォーマンス	129,076,498	0.522	2.4
基準年に対する目標の変化割合	-29%	+5.9%	+118%

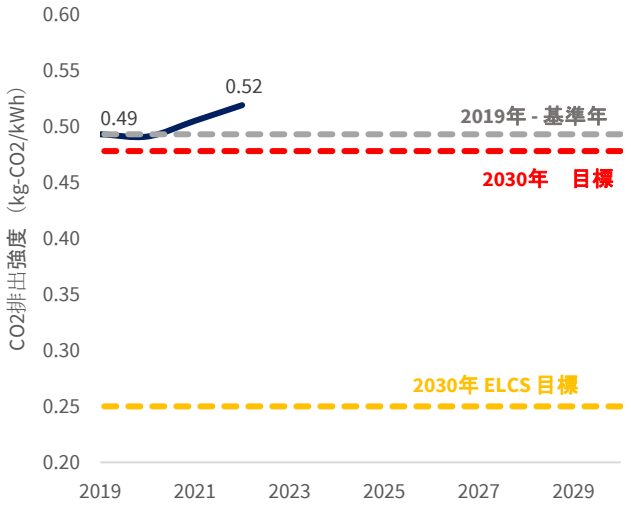
2030 年目標の同業他社との比較

ここで私たちは、2030 年排出強度目標が野心的であるかを評価する。

CDP への対応に基づき、[15] スコープ 1 および 2 の炭素排出強度の削減目標は基準年（2019 年）より 3.04% 低く、2030 年度には約 0.477 kg-CO_2/kWh 以下となる。[16]

しかし、JERA の目標は、電気事業低炭素社会協議会（ELCS）が定めた国家目標である 0.25 kg-CO_2/kWh よ

図 3. JERA の二酸化炭素排出強度の推移. 出典： JERA.



[14] 日本の JERA と国内の合弁会社を含む。

[15] “JERA Co., Inc. - Climate Change 2023（株式会社 JERA. - 気候変動 2023）”, CDP, 2023.

[16] “JERA Sustainable Finance Framework（JERA サステナブル・ファイナンス・フレームワーク）”, JERA, Nov 2023

り 1.9 倍大きく[17]、これは 2030 年度までに温室効果ガス排出量 46%削減を達成するという国家目標に沿ったものである。[18]

さらに、同業他社との比較、特に九州や J-Power との比較では、JERA は 2030 年までの目標パフォーマンスで後れを取っている（表 5 参照)。

九州と JERA の環境への取り組みを評価すると、両者の違いがはっきりする。九州は、排出強度の面で最も堅実な目標を掲げており、また、厳しい 1.5℃シナリオに沿ったクライメート・トランジション計画を明確にしている。[19] 一方、JERA は 2023 年 2 月現在、1.5℃シナリオとの整合性を示す分析は行っていない。[20]

JERA の戦略

表 5. JERA の排出強度目標と ELCS および同業他社の排出強度との比較. 出典：各種資料

	ELCS	JERA	中部 [2]	J-Power	九州
基準年	2013	2019	2013	2013	2021
基準パフォーマンス（kg-CO2/kWh）	0.569[1,3]	0.493	0.57	0.68	0.351
目標年	2030	2030	2030	2030	2031
目標パフォーマンス（kg-CO2/kWh）	0.25	0.477	0.371	0.324[1]	0.183
ELCS を基準とした目標	-	1.9x	1.5x	1.3x	0.7x
年率換算削減量（kg-CO2/kWh）	0.015	0.001	0.012	0.021	0.017

1. 一部の数値は、目標とする絶対排出量削減量または最新の入手可能なデータに基づいて推定。
2. 2015 年から JERA の合弁会社の一つ。
3. 2017 年度の CO_2 排出量（速報値） - 0.496 kg-CO_2/kWh

JERA は 2026 年までに約 3.1GW の LNG プラントを廃止することを表明している。それとともに同社は、非効率な火力発電プラントを新たな設備に置き換え、LNG・石炭火力発電プラントの「廃止」能力と比較して「新設」能力をほぼ 2 倍にすることで、発電プラントの効率を向上させることを目指している。

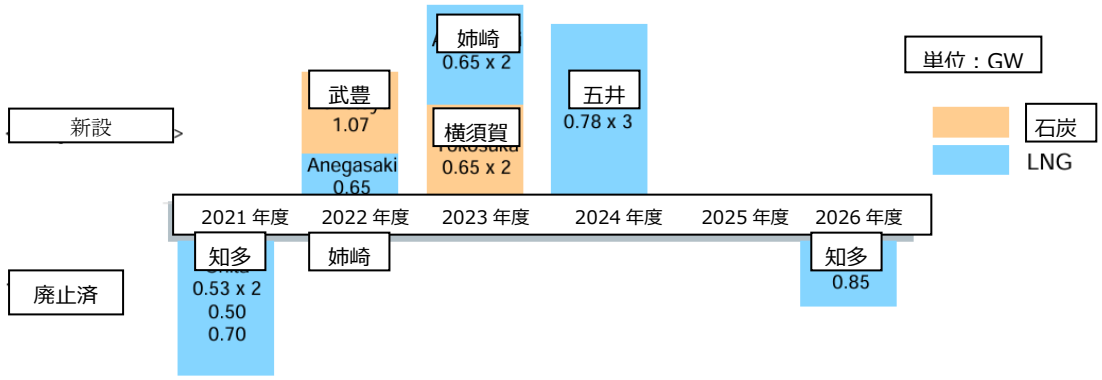
[17] ELCS は、これらの目標をすべての全電気事業者で達成することを目的として 2016 年 2 月に設立された。

[18] “The Electric Power Industry in Japan（日本の電力業界）”, JEPIC, 2023.

[19] “Kyushu Electric Power Co Inc - Climate Change 2023（九州電力株式会社 - 気候変動 2023）”,CDP, 2023.

[20] “SGX Whistleblower Complaint Regarding JERA Bonds（JERA ボンドに関する SGX の警告）”, Market forces.org.au., 15 Feb 2023

図 *4.2023* 年 *12* 月現在の火力発電プラントの更新状況.出典：*JERA.*



同社はまた、2025 年の目標として、再生可能エネルギー資産 5 ギガワット（GW）を世界で保有することも表明している。しかし、この目標は、現在の発電能力である約 72GW と比較すると控えめに思える。[21] 2023 年 12 月現在、JERA の中で再生可能エネルギーによる国内での発電はない。

現在の取り組みは、一部火力発電プラントの廃止を含む。しかし、アンモニアや水素などの技術への依存と、表向きは「効率的」な LNG や石炭火力プラントの継続的開発が相まって、長期的には化石燃料のロックインの可能性をもたらしている。

付属書 2：JERA が選んだ技術の脱炭素化の可能性

ここでは、LNG 発電の効率化と、石炭とアンモニアの混合の脱炭素化の可能性を分析する。これら 2 つの技術を用いることで、いかにして全体的な脱炭素化が可能かを理解することを私たちは試みる。

LNG 効率化による削減

JERA は現在、五井火力発電プラントを廃止し、それを改良型設備に更新することにより、LNG 発電の効率化を進めており、熱効率 64%を目指している。[22]

この投資に伴う二酸化炭素削減の潜在的インパクトを総合的に評価するために、私たちはいくつかのシナリオ分析を行った。

[21] “Business Development（事業開発）”, JERA, アクセス 14 Feb 2024
[22] “Goi Thermal Power Station Replacement（五井火力発電所の更新）”, NS Energy, 日付なし.

表 6. 五井 LNG プラントの廃止に関するシナリオ分析. 出典：AFII

	範囲	単位	ベース（2022 年度）	シナリオ 1 排出強度の向上なし	シナリオ 2 排出強度の 18.75%向上	シナリオ 3 新発電の ELCS 目標
排出強度	このプラント	kg-CO_2/kWh	0.4030	0.4030	0.3274	0.2500
年間発電量*	このプラント	GWh	13,217	16,399	16,399	16,399
年間排出量	このプラント	千 $mtCO_2$	5,326	6,609	5,370	4,100
2022 年排出量	このプラントを除く	千 mtCO	123,065	123,065	123,065	123,065
2022 年発電量*	このプラントを除く	GWh	233,783	233,783	233,783	233,783
排出強度	JERA 合計	kg-CO_2/kWh	0.5198	0.5183	0.5134	0.5083
排出強度の変化（基準年比）	JERA 合計	%	-	-0.3%	-1.2%	-2.2%

注：1 GW = 1,000,000 kW および 1 千 $mtCO_2$ = 1,000,000 kg- CO_2.JERA の 2022 年度基準報告書では 2470 億 kWh, 128,391 千 $mtCO_2$ および 0.5198 kg-CO_2/kWh.

表 6 は、新しいプラントのさまざまな推定強度を用いたシナリオ分析を示している。ベース排出強度は UNECE からとったものである。[23]

シナリオ 1 では、効率の向上はなく、能力の増加のみを仮定する。この場合、LNG は JERA 平均よりも排出強度が小さいため、JERA 全体の排出強度は 0.3%低下する。

シナリオ 2 では、排出強度が 18.75%減少すると仮定する（効率が 52%[24] から 64%に向上する)。これにより、JERA の排出強度は 1.2%減少する。

シナリオ 3 では、新たな発電が ELCS 目標の 0.25 kg-CO_2/kWh を達成すると仮定する。これにより、全体で 2.2%減少する。

これらのシナリオでは、2023 年度に設置された横須賀火力発電所と姉崎火力発電所の追加の能力と二酸化炭素排出量は考慮しておらず、これらの代替プラントにより達成した二酸化炭素削減量が相殺される可能性がある。（図 4 を参照）

アンモニア混焼

また、JERA は石炭火力発電所において混焼技術に期待をかけており、1 ギガワットの碧南火力発電所で 20%アンモニアを混焼させる実証実験を実施することで、イノベーションへ

[23] “Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources（UNECE 地域におけるカーボンニュートラル：電源の統合的ライフサイクル評価）”, United Nations Economic Commission for Europe - UNECE（国連欧州経済委員会）, Mar 2022.
[24] “Data - JERA Group Integrated Reported データ - 2023 年 JERA グループ総合報告）”, JERA, 14 Feb 2024 アクセス.

の取り組みを示す計画である。この実証実験は 2024 年 3 月 31 日に終了する会計年度が終わるまでに実施する予定になっている。その一方で、LNG 火力発電所の水素供給施設とその関連インフラの構築に向けた水素混焼の技術検証も進めている。これらの実証実験は技術的な検証段階にあるため、これらの技術の二酸化炭素削減量を推定することには困難がある。石炭火力発電は最も排出強度の大きい電力源であり、0.8702 kg-CO_2/kWh と推定される。[25]

石炭の 20%をアンモニアや水素に置き換えれば、それらが二酸化炭素を排出しないプロセスにより製造されたものであった場合、混焼火力発電の強度は 0.6527 kg-CO_2/kWh となり、JERA と ELCS いずれの目標強度発電量も大幅に上回る。[26]

そうは言っても、日本の不十分な再生可能エネルギー供給能力を考えると、二酸化炭素を排出しないプロセスでアンモニアや水素を製造することは想定しづらく、したがって、これらの技術で温室効果ガス（GHG）排出量の削減はできそうにない。[27] さらに、石炭火力発電プラントでのアンモニアと水素の混焼は化石燃料の使用を長期にわたってロックインし、今後の排出量削減の機会を減らすことにもなりうる。

化石燃料の廃止

上記の 2 つの技術を用いることで、JERA の 2030 年目標である平均排出強度の 0.5198 から 0.478kg-CO_2/kWh への 8%削減は数値的には達成可能である。

表 7. 新技術の推定値を用いた JERA 排出強度予測値. 出典：AFII

発電方法	排出強度 (kg-CO_2/kWh)	将来の予想 当初割合	将来の予想 割合	将来の予想 最大削減量
LNG	0.4030	75.0%	58.4%	0.0%
強化 LNG	0.2821	0.0%	16.6%	75.0%
石炭	0.8702	25.0%	15.0%	0.0%
混焼石炭	0.6527	0.0%	10.0%	25.0%
平均排出源単位		0.5198	0.4780	0.3748

表 7 は、そのような仮説に基づく解決策の一つを示したものであり、発電の 10%は石炭の混焼、16.6%は強化 LNG によるものである。[28]

[25] これは、図 2 から発電について分けられた 75% LNG/25%石炭と、UNECE からベース LNG ベース排出強度 0.4030 kg-CO_2/kWh を合わせて用いて計算している。IPCC 石炭排出強度の範囲は 0.740～1.689kg-CO_2/kWh と私たちは見ている。これは下よりに見えるが、場合によっては適切なものとなる。

[26] アンモニアの 20%は、必要な石炭が 25%少なくなることを意味する。

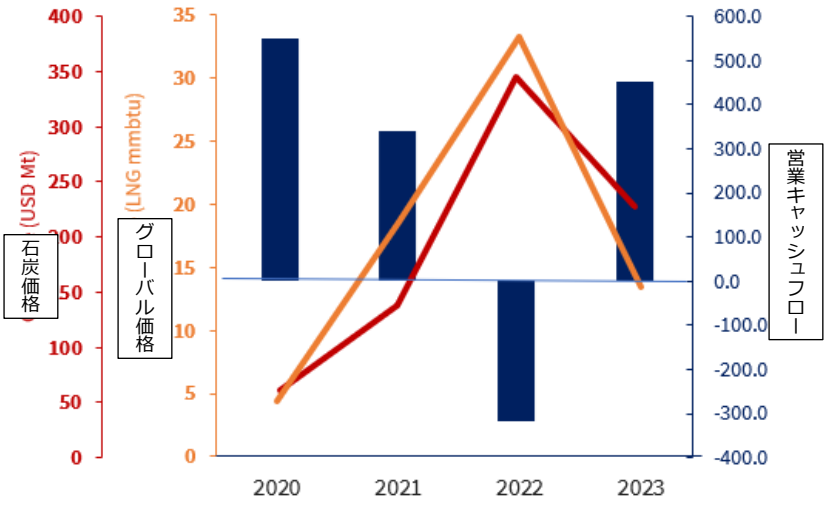
[27] これまでの私たちの議論については、“MHI: The wrong kind of transition（MHI：トランジションの誤った形）”, AFII, 6 Sep 2022 を参照のこと.

[28] 石炭混焼については、その削減量ははるかに少ないと私たちは考えているが、ここでは最も楽観的なシナリオを用いていることに留意する必要がある。

表 7 は、これら 2 つの技術を使用した場合に想定しうる最大削減量を示したものであり、ELCS の目標である 0.25 kg-CO_2/kWh にはるかに届かない平均値である 0.3748kg となっている。ELCS の目標に沿った排出強度を達成するためには、排出量の多い発電方法に代わり再生可能エネルギーを導入しなければならない。

付属書 3：燃料価格の変動に対する JERA の営業キャッシュフロー

図 *5.* 燃料価格の変動に対する *JERA* の営業キャッシュフロー*.* 出典：*Bloomberg, アクセス 24 Jan 2024.*



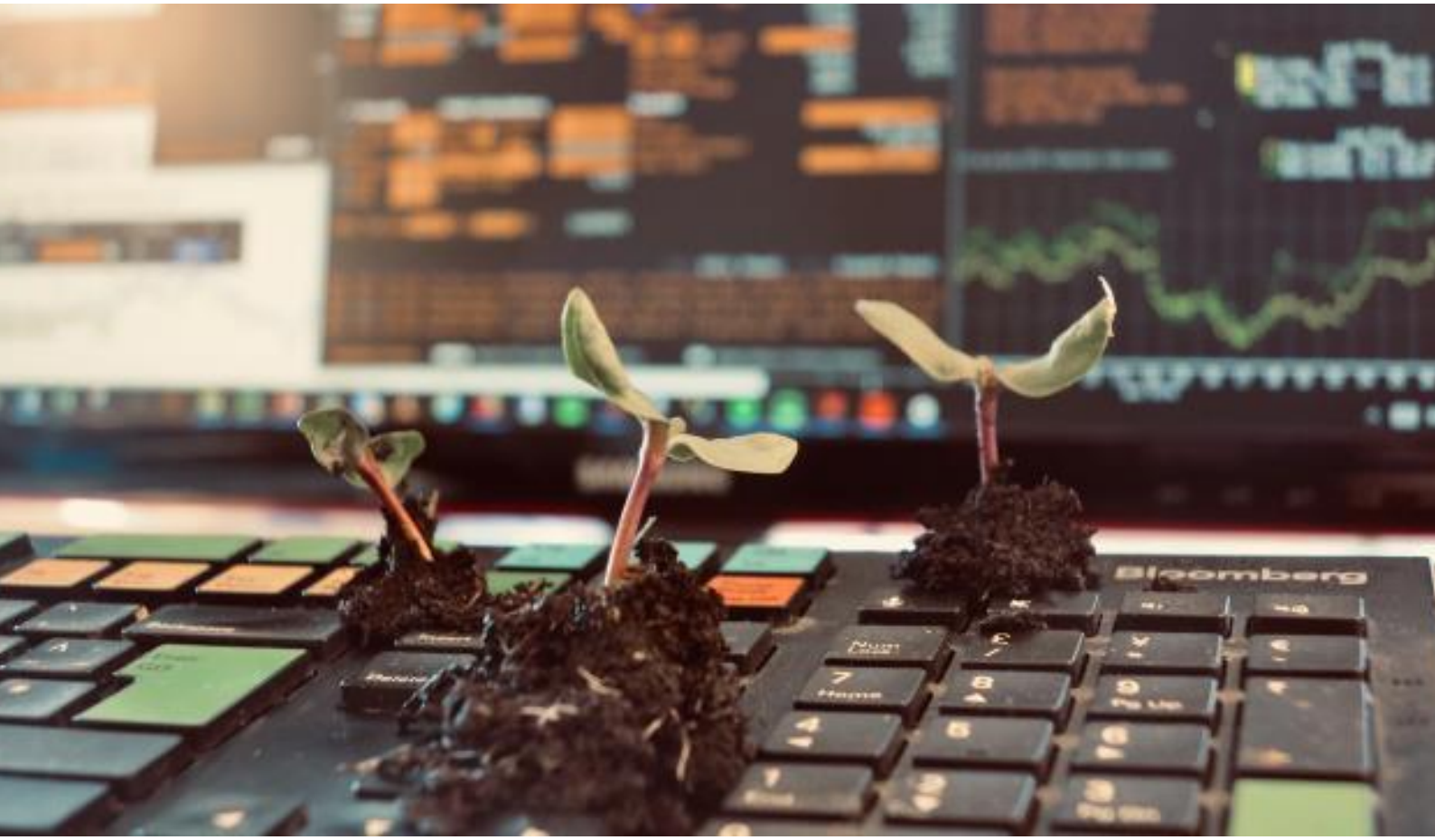
重要な免責事項：

このレポートは、情報提供および教育を目的としたものです。*Anthropocene Fixed Income Institute*（「*AFII*」）は、税務、法律、投資、会計に関する助言を提供していません。このレポートは、税務、法律、投資、会計上の助言を提供することを意図したものではなく、それらについて依拠すべきものではありません。このレポートの内容は、証券、会社、ファンドの投資アドバイス、売買の申し込みや申し込みの勧誘、保証、推奨、スポンサーシップを目的としたものでは決してありません。*AFII* は、あなたの投資判断について一切の責任を負いません。投資に関するリサーチや投資判断は、あなた自身の責任で行ってください。このレポートは、投資に関する一般的な指針とすることを意図したものではなく、特定の投資推奨の情報源とすることを意図したものではありません。他の人に帰属する場合を除いて、表明された意見はあくまで私たちの現時点での意見です。提示された情報の中には、第三者から提供されたものがある可能性があります。*AFII* は、そのような第三者情報が信頼できるものであると考えており、公開された記録を可能な限り検査して検証していますが、その正確性、適時性および完全性を保証するものではなく、予告なしに変更されることがあります。

企業の信用力や、現在または将来の市場におけるプラスまたはマイナスのパフォーマンスの可能性に関する言及は、純粋に観察に基づくものであり、当該企業またはセキュリティの推奨または保証または批評と解釈すべきものではありません。

AFII は、「人間が引き起こした気候変動の時代における債券市場の影響を監視し、支持し、そしてそれに影響を与える」非営利団体です。当機関の詳細は、*wwww.anthropocenefii.org* をご覧ください。

AFII は、その資料や報告書で言及している会社や、その取締役、従業員またはアドバイザーといかなる関係も持たず、また、その観察および/または洞察に対していかなる報酬も受け取ることはありません。


Bloomberg