

株式会社日本格付研究所（JCR）は、以下のとおりクライメート・トランジション・ボンド評価の
レビュー結果を公表します。

日本国

クライメート・トランジション利付国債（令和 5 年度）

据置

総合評価

Green 1(T)

グリーン/
トランジション性評価
（資金使途）

gt1

管理・運営
透明性評価

m1

発行体	日本国
評価対象	10 年クライメート・トランジション利付国債（第 1 回） 5 年クライメート・トランジション利付国債（第 1 回）
分類	利付国債
発行額	10 年債：7,995 億円 5 年債：7,998 億円
利率	10 年債：表面利率 0.7% 5 年債：表面利率 0.3%
入札日	10 年債：2024 年 2 月 14 日 5 年債：2024 年 2 月 27 日
償還日	10 年債：2033 年 12 月 20 日 5 年債：2028 年 12 月 20 日
償還方法	満期一括償還
資金使途	GX 推進戦略に基づきクライメート・トランジション・ボンド・フレームワークで特定した適格クライテリアに該当する事業

以上のレビューの結果、本債券について、JCR グリーンファイナンス評価手法に基づき、「グリーン/トランジション性評価（資金使途）」を“gt1”、「管理・運営・透明性評価」を“m1”とし、「JCR クライメート・トランジション・ボンド評価」を“Green 1(T)”とした。また、本債券は「グリーンボンド原則⁴」、「グリーンボンドガイドライン⁵」、「クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック」、及び「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針⁶」において求められる項目について基準を満たしていると JCR は評価している。

⁴ International Capital Market Association (ICMA) "Green Bond Principles 2021"
<https://www.icmagroup.org/sustainable-finance/the-principles-guidelines-and-handbooks/green-bond-principles-gbp/>

⁵ 環境省 「グリーンボンドガイドライン 2022 年版」
<https://www.env.go.jp/content/000062495.pdf>

⁶ 金融庁・経済産業省・環境省「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針 2021 年版」
<https://www.meti.go.jp/press/2021/05/20210507001/20210507001-1.pdf>

目次

■レビュー事項

■レビュー内容

1. クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック等との適合性
2. 調達資金の使途
3. 資金使途の選定基準とプロセス
4. 調達資金の管理
5. レポーティング

■レビュー結果（結論）

レビュー事項

本評価レポートは、日本国が令和5年度に発行した、10年クライメート・トランジション利付国債（第1回）及び5年クライメート・トランジション利付国債（第1回）（2つを総称し、又は個別に「クライメート・トランジション利付国債（令和5年度）」、または、「本債券」という）に係る発行後の資金充当状況及びインパクトレポートに係るレビューを目的としている。

JCRは、2023年11月7日に日本国が策定したクライメート・トランジション・ボンド・フレームワーク（本フレームワーク）に対してGreen 1(T)(F)を付与した。また、本フレームワークに基づき発行された、本債券について、2024年2月27日に総合評価“Green 1(T)”を付与した。また、本債券はCBI認証を取得している。

本評価レポートでは、下記の項目について確認することとし、特に前回評価時点と比較して、内容が変化しているものについて重点的な確認を行う。

1. クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック等との適合性

日本政府がトランジション・ファイナンスを実施する際に参照した、中長期的な経済政策及びトランジションに関する戦略について、クライメート・トランジション・ファイナンス評価付与時点から変更がないか、またその内容が、日本国における環境面の重要課題であり、妥当かどうか。

2. 調達資金の使途

トランジション・ファイナンスの適格クライテリアの分類や資金使途について、クライメート・トランジション・ファイナンス評価付与時点において発行体が定めた方法から変更はないか、また、変更後も引き続きトランジション性を有しているか。

3. 資金使途の選定基準とプロセス

トランジション・ファイナンスを通じて実現しようとする目標、適格プロジェクトの選定基準とそのプロセスの妥当性及び一連のプロセスについて引き続き適切であるか。

4. 調達資金の管理

トランジション・ファイナンスによって調達された資金が、確実に適格プロジェクトに充当され、その充当状況が容易に追跡管理できるような仕組みと内部体制が引き続き適切に整備されているか。

5. レポーティング

資金充当状況が適切に開示されているか、あるいはその予定か。既往債券の資金使途となった事業のインパクトが、クライメート・トランジション・ファイナンス評価付与時点において発行体が定めた方法で適切に算定され、開示されているか、あるいはその予定か。

レビュー内容

1. クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック等との適合性

1-1. 日本国の経済政策とトランジション戦略

日本政府は 2025 年 2 月に地球温暖化対策計画の改定、及び、第 7 次エネルギー基本計画及び GX2040 ビジョンの策定を行った。改定内容の概要は以下の通り。

<地球温暖化対策計画>

日本政府は、2021 年 3 月に改定した地球温暖化対策推進法の中で、パリ協定に定める目標（世界全体の気温上昇を 2℃より十分下回るよう、さらに、1.5℃までに制限する努力を継続）を踏まえ、2050 年までの脱炭素社会の実現、環境・経済・社会の統合的向上、国民を始めとした関係者の密接な連携等を、地球温暖化対策を推進する上での基本理念として規定した。同法改正を踏まえ、2021 年 10 月に改定された地球温暖化対策計画において、中間目標として、2030 年度において GHG を 2013 年度から 46%削減するという目標が表明されたほか、50%の高みに向け、挑戦を続けることも付言された。

2025 年 2 月の地球温暖化対策計画の改定では、上記の目標に加えて 2035 年度及び 2040 年度の目標を設定した。それによれば、2035 年度及び 2040 年度に GHG を 2013 年度と比較して 60%、73%それぞれ減少させることを目標として設定している。なお、現在の日本の GHG 排出量の推移としては、2023 年度の GHG 排出総量は 10 億 7,100 万 t-CO_{2e} と、2013 年度の排出総量（13 億 9,500 万 t-CO_{2e}）に比して約 23.3%（3 億 2,440 万 t-CO_{2e}）の減少となっている。

<第 7 次エネルギー基本計画及び GX2040 ビジョン>

日本政府は、2021 年 10 月に閣議決定した第 6 次エネルギー基本計画において、産業革命以来の化石エネルギー中心の産業構造・社会構造をクリーンエネルギー中心へ転換する「グリーントランスフォーメーション（GX）」を打ち出した。2022 年より内閣総理大臣を議長とし、官民学の有識者を構成員とする GX 実行会議を開催し、2023 年には「GX 実現に向けた基本方針」をとりまとめた。さらに、GX 推進法、GX 脱炭素電源法が同年に成立し、「成長志向型カーボンプライシング構想」に向けた取組の推進体制が確立した。また、一連の政策実行に向けた具体的な戦略として、「GX 推進戦略」を GX 推進法に基づき 2023 年 7 月に閣議決定している。

2025 年 2 月に閣議決定された第 7 次エネルギー基本計画では、第 6 次エネルギー基本計画からの状況変化としてロシアによるウクライナ侵攻や中東情勢の緊迫化による経済安全保障上の要請の高まり、上記の GX やデジタルトランスフォーメーション（DX）による電力消費量の増加等を挙げている。脱炭素電源を国際的に遜色ない価格で確保できるかが日本の産業競争力に直結するとし、エネルギー安定供給と脱炭素を両立する観点から、特定の電源や燃料源に過度に依存しないようバランスのとれた電源構成を目指し、再生可能エネルギー、原子力などエネルギー安全保障に寄与し、脱炭素効果の高い電源を最大限活用することを目指すことを記載している。

また GX 推進法についても、排出量取引制度の法定化、化石燃料賦課金の徴収に係る措置の具体化、GX 分野への財政支援の整備を盛り込んだ改正法が 2025 年 5 月に成立した。さらに、GX 推進戦略についても上記の国際情勢の緊迫化や GX・DX の進展に伴う電力需要増加の可能性を織り込み、2025 年 2 月に「GX2040 ビジョン」として改訂を行っている。

1-2. クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック等で求められる項目との整合性

日本政府は上記の計画やビジョンの策定・改訂に合わせて、2025年6月に本フレームワークを改訂した。JCRは同月に、改訂された本フレームワークに対してレビュー評価を実施した。さらに、2025年11月にICMAが公表したクライメート・トランジション・ファイナンスに関する新たなガイドライン（Climate Transition Bond Guidelines）（CTBG）への適合性を追加的に確認するため、2026年1月にレビュー評価を実施し、Green 1(T)(F)据置の評価を付与している。同評価において、改訂された本フレームワークにおける移行戦略がCTFHで求められる4要素に適合していることを確認している。以降、日本政府の移行戦略には大きな変更はなく、依然として有効なものであることをJCRは確認している。

以下に、2026年1月のレビュー評価時に実施したJCRの評価を再掲する。

要素1：発行体の移行戦略とガバナンス

(1) 資金調達を行う発行体等は、気候変動緩和のための移行に関する戦略を有しているか。

日本政府は、地球温暖化対策推進法において、2050年カーボンニュートラルを目指すこと、そのために必要な施策を講じることを明らかにしている。また、2021年に改定された地球温暖化対策計画では、パリ協定で合意された目標に整合する形で2030年度目標（2013年度比46%の削減）を設定し、排出源別に2013年度対比2030年度の削減目標を設定している。また、2025年2月に上述の地球温暖化対策計画の改定を行い、2035年、2040年の削減目標をそれぞれ2013年度比で60%、73%と策定し、2040年度については、2030年度と同様に排出源別の削減目標を設定している。

上記の目標に向けたGX実現のための具体的施策をGX2040ビジョンとしてとりまとめている。日本政府はGX2040ビジョンにおいて、将来見通しに対する不確実性が高まる中でGXに向けた投資の予見性を高めるために、GX推進戦略よりも、より長期的な方向性を示すとしており、GX産業構造やGX産業立地の方針が示され、従来のGX推進戦略にも示されていた個別分野のGXに向けた取組に加え、産業政策にも重点を置いた方針を策定している。なお、個別分野のGXに向けた取組においては、「分野別投資戦略」に加えて、地球温暖化対策計画や第7次エネルギー基本計画等を踏まえ投資促進策を進めることが示されている。

よって、日本政府は、気候変動緩和のための移行に関する戦略を有していると言える。

(2) 資金調達にあたって「トランジション」のラベルを使うことが、発行体等が気候変動関連のリスクに効果的に対処し、パリ協定の目標達成に貢献できるようなビジネスモデルに移行するための戦略の実現に資することを目的としているか。

日本政府の推進するGXは、産業革命以来の化石燃料中心の経済・社会、産業構造をクリーンエネルギー中心に移行させ、経済社会システム全体を変革すべく、エネルギーの安定供給・経済成長・排出削減の同時実現を目指すものである。日本政府は、「トランジション」ラベルを活用した資金調達を行い、これを原資に具体的な支援プログラムを供給することで、国内の企業や国民に対してGXの意義とその方向性を示すことを企図している。

また、日本政府は、2020年12月、ICMAでCTFHの初版が公表された直後の2021年5月に、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」を公表した。本基本指針は、排出削減が困難なセクターにおける省エネ等着実な低炭素化に向けた取組や、脱炭素化に向けた長

期的な研究開発等のトランジションに資するイノベーションの加速を促すことを企図している。また、黎明期にあるクライメート・トランジション・ファイナンスを普及させ、トランジション・ファイナンスと名付けて資金調達を行う際の信頼性を確保することで、特に排出削減困難なセクターにおけるトランジションの資金調達手段としてその地位を確立し、より多くの資金の導入による日本の 2050 年のカーボンニュートラルの実現とパリ協定の実現への貢献を目的として策定された。

同基本指針は、トランジション・ファイナンスに関する国際的な動きも踏まえて適時に改訂が行われており、直近では 2025 年 3 月に改訂が行われた。

本フレームワークは、CTFH 及び同基本指針に則って策定されており、日本全体がパリ協定の目標達成に貢献できるようなビジネスモデルに移行するための戦略の実現に資することを企図している。

(3)移行戦略の実効性を担保するためのガバナンス体制が構築されているか。

日本政府は、前述の通り、GX に必要となる各分野の関係省庁、外部有識者及び専門家を招聘し、必要な議論を踏まえたうえで最終的に内閣総理大臣を議長とする GX 実行会議において移行戦略を策定、その後の進捗についても当実行会議に報告がなされ、必要に応じた見直しを行うこととしている。

よって、JCR は、日本政府がトランジション戦略を着実に実行するための体制を整備していると評価している。

要素 2：企業のビジネスモデルにおける環境面の重要課題であること

日本の GHG 排出量は世界第 7 位であり、世界の気温上昇をパリ協定で定めた水準に抑えるためには、国際社会をリードしながら率先してその削減に努めることが期待されている。今後、国内外で炭素価格の導入が始まることを勘案すると、国際競争力を有する多くの製造業が引き続き良好なパフォーマンスを維持しながらも、カーボンニュートラルな社会を実現するためには、GX 推進法で定められた各種の脱炭素化や各業態の構造転換を図ることが急務となっている。このような中、日本政府は 2023 年 6 月に「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画」を示し、2024 年 6 月、2025 年 6 月には上記計画の改訂版を発行している。この中で、日本における GX は、日本企業が技術的な強みを有する脱炭素関連技術の研究分野も多い中、こうした分野における知見を最大限活用し、国全体の脱炭素への移行を加速させることは、日本の産業競争力の再強化に資することが期待されている。

以上のことから、日本政府のカーボンニュートラルに向けた GX の取組は、日本にとって最重要課題の一つであると JCR は評価している。

要素 3：科学的根拠に基づいていること

トランジションのロードマップは、以下を満たしているか。

(1)定量的に測定可能で、対象は Scope1、Scope2 をカバーしている。(Scope3 が実現可能な範囲で目標設定されていることが望ましい)

地球温暖化対策計画に示されている通り、日本の GHG 排出量削減目標は、国際社会で合意された科学的根拠のある目標であるパリ協定の目標設定（産業革命以前に比べて 2°C より十分低く保ち、1.5°C に抑える）に整合的である。日本政府では、排出総量について Scope1、Scope2、Scope3 の考え方をとっていないため、PCAF で定められた定義にしたがって JCR では本項目を検討した⁷。国の直接の事業活動を Scope1、Scope2 とすると、その目標設定ならびに具体的施策は政府実行計画として計画が立てられている。Scope3 にあたる日本全体の排出量については上述の通り排出源別または部門別の排出総量が地球温暖化対策計画で開示されているほか、2030 年度、2035 年度、2040 年度目標と施策が具体的技術検討を踏まえ、詳細に設定された計画となっている。

よって、日本政府の計画は、対象とすべきスコープが適切にカバーされ、実績・目標共に開示の透明性が高いと JCR では評価している。

(2)一般に認知されている科学的根拠に基づいた目標設定に整合

当初、日本政府が掲げた目標は、パリ協定との整合を想定して 2021 年に設定された。また、当該目標達成を前提として特に多排出産業について設定された分野別技術ロードマップでは、IEA⁸の NZE シナリオ⁹、SDS シナリオ¹⁰との整合を現在または今後の技術的根拠がある場合は極力沿う形で策定されている。

また、日本政府が掲げた目標（削減率 2.7%/年※JCR 換算）は IPCC¹¹の 1.5°C 特別報告書¹²で示された 1.5°C 水準（2030 年までに 2010 年水準から約 45% 減少；削減率 2.25%/年）に適合するように設定されていることから、科学的根拠に基づいたパリ協定の 1.5°C 目標設定とも整合していると JCR は評価している¹³。

⁷ 環境省「金融機関向け ポートフォリオ・カーボン分析を起点とした 脱炭素化実践ガイダンス」
<https://www.env.go.jp/content/000125696.pdf>

⁸ IEA：International Energy Agency, 国際エネルギー機関

⁹ IEA によるネットゼロ排出シナリオ（Net Zero Emissions by 2050 Scenario）

¹⁰ IEA による持続可能な開発目標を完全に達成するための道筋である、持続可能な開発シナリオ（Sustainable Development Scenario）

¹¹ IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change, 気候変動に関する政府間パネル

¹² IPCC "Global Warming of 1.5°C An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2022/06/SR15_Full_Report_HR.pdf

¹³ なお、IPCC の 1.5°C 特別報告書は、その後 IPCC 第 6 次評価報告書（AR6）統合報告書にて更新され、その中で示された 1.5°C 水準は 2030 年までに 2019 年比約 36-69% 減少（CO₂）；削減率 3.3-6.3%/年。

参考まで、他国と比した目標設定の相対的野心度を以下の図で示している。

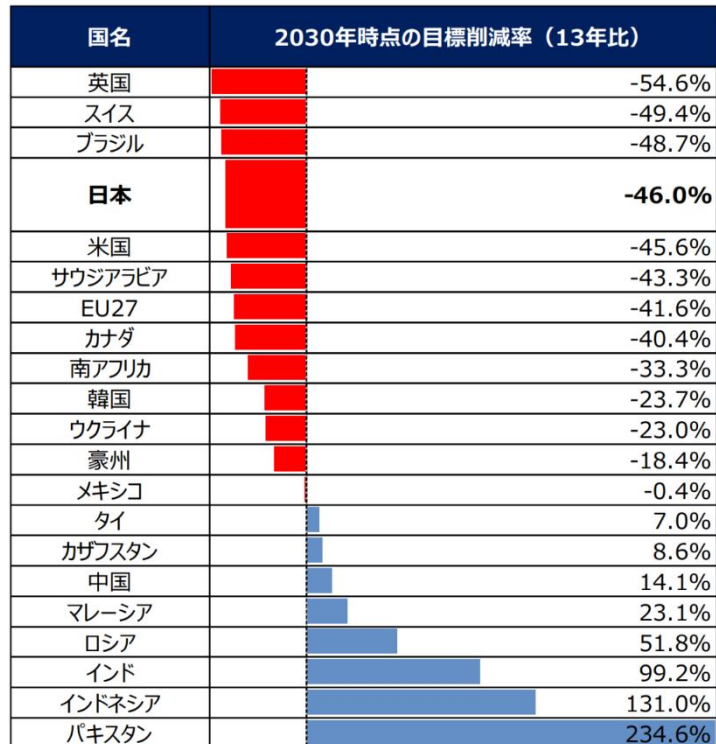


図 1：2030 年時点の GHG 排出削減率目標（2013 年度基準に各国の目標を置き換えた場合の比較）¹⁴

(3)公表されていること（中間点のマイルストーン含め）

日本政府が 2050 年にカーボンニュートラルを達成するという目標は、地球温暖化対策推進法に明記されている。また、中間目標として、2030 年度、2035 年度、2040 年度において GHG を 2013 年度からそれぞれ、46%、60%、73%削減するという目標が地球温暖化対策計画で表明されている。さらに、排出源別の 2030 年度及び 2040 年度目標も同計画において開示されており、透明性が高い。

(4)独立した第三者からの認証・検証を受けていること

地球温暖化対策計画の進捗状況について、その特殊性から一般企業が受検するような第三者からの認証・検証は受けていない。一方で、毎年、関係審議会における審議を経て、内閣総理大臣が議長を務め、全閣僚が参加する地球温暖化対策推進本部で了承していることから、内外専門家による十分な統制を受けていると考えられ、第三者による確認がなされているとみなすことができると JCR は評価している。

以上のことから、日本政府の 2050 年カーボンニュートラルに向けた取組は、科学的根拠に基づいており、要素 3 における必要事項を満たしていると JCR は評価している。

¹⁴ 出典：クリーンエネルギー戦略検討合同会合資料「GX を実現するための政策イニシアティブの具体化について」

要素 4：トランジションに係る投資計画について透明性が担保されていること

日本政府は、GX 推進戦略及び GX2040 ビジョンにおいて、10 年間で官民合わせて総額 150 兆円の投資を決定している。また、その具体的な内訳については、エネルギー供給部門と需要部門別に以下の通り公表されている。

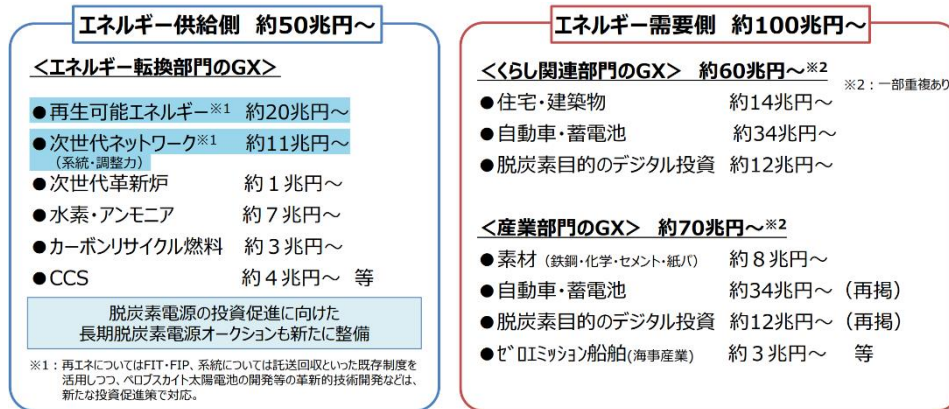


図 2：10 年間の官民投資内訳¹⁵

投資総額 150 兆円のうち 20 兆円について、GX 経済移行債による投資促進策としての実行を想定している。この投資促進策について、企業の予見可能性を高め、GX 投資を強力に引き出すため、日本政府は 2023 年度に今後 10 年間の具体的な投資促進策や「先行 5 か年アクション・プラン」などを示すものとして「分野別投資戦略¹⁶」をとりまとめている。なお、すでに 2023（令和 5）年度には約 1.6 兆円、2024 年度（令和 6 年度）には約 1.4 兆円のクライメート・トランジション利付国債（GX 経済移行債の個別銘柄のこと。以下「CT 国債」）を発行している。また、2024 年 5 月に開催された GX 実行会議において、GX 投資支援策の主な実行状況として今後 3-10 年間の政府からの投資計画の内訳が以下の通り示され、2024 年 12 月に開催された GX 実行会議においては、各項目における政府予算額が示されている。

¹⁵ 出典：GX 実行会議資料 我が国のグリーントランスフォーメーション実現に向けて

¹⁶ 令和 5 年 12 月 22 日「分野別投資戦略」https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/pdf/kihon1222.pdf

		官民 投資額	GX経済移行債による主な投資促進策	措置済み (R4補正～R6当初 【約3,3兆円】)	R6FY補正 (国庫債務負担行為込) ※R6FY補正予算額	R7FY (国庫債務負担行為込) ※R7当初予算額
製造業	鉄鋼	3兆円～	・多排出製造業の製造プロセス転換に向けた設備投資支援（革新電炉、分解炉熱源のアンモニア化、ケミカルサイクル、バイオメタノール、CCUS、バイオリファイナリー等への転換）	327億円		5年:4,247億円 (256億円)
	化学	3兆円～				
運輸	紙パルプ	1兆円～				
	セメント	1兆円～				
	自動車	34兆円～	・電動車（乗用車）の導入支援 ・電動車（商用車等）の導入支援 ・生産設備導入支援	2,191億円 545億円 8,274億円	1,100億円 400億円 1,778億円	
	蓄電池	7兆円～	・定置用蓄電池導入支援	85億円		3年:400億円 (150億円)
	航空機	4兆円～	・次世代航空機開発等の支援			5年:868億円 (81億円)
	SAF	1兆円～	・SAF製造・サプライチェーン整備支援	276億円		278億円
暮らし等	船舶	3兆円～	・ゼロエミッション船等の生産設備導入支援	94億円		5年:300億円 (102億円)
	くらし	14兆円～	・家庭の断熱窓への改修 ・高効率給湯器の導入 ・商業・教育施設等の建築物の改修支援 ・高い省エネ性能を有する住宅の導入支援	2,350億円 580億円 110億円	1,350億円 580億円 3年:344億円(112億円) 500億円	12億円
	資源循環	2兆円～	・循環型ビジネスモデル構築支援	85億円		3年:400億円 (180億円)
エネルギー	半導体	12兆円～	・半導体等の生産設備導入支援 ・AI半導体、光電融合等の技術開発支援	4,329億円 1,031億円	1,576億円	1,797億円
	水素等	7兆円～	・既存原燃料との価格差に着目した支援 ・水素等の供給拠点の整備(FEED事業)	89億円		5年:3,897億円 (357億円) 57億円
	次世代再エネ	31兆円～	・ペロブスカイト太陽電池、浮体式洋上風力、水電解装置等のサプライチェーン構築支援 ・ペロブスカイト導入促進モデル構築支援	548億円		5年:1,460億円 (610億円) 50億円
	原子力	1兆円～	・高速炉/高温ガス炉実証炉開発 ・次世代革新炉の開発・建設に向けた技術開発・サプライチェーン構築支援	686億円		3年:1,152億円 (829億円) 3年:93億円 (60億円)
	CCS	4兆円～	・CCSサプライチェーン構築のための支援（通地の開発等）			
	分野横断的措置		・中小企業を含め省エネ補助金による投資促進等 ・デューア・テクノロジー・スタートアップ育成支援 ・GI基金等によるR&D ・GX実装に向けたGX機構による金融支援 ・地域脱炭素交付金（自営線マイカリット等） ・Scope3削減に向けた企業間連携省CO2投資促進 ・GXリーグ運営	1,740億円 410億円 8,060億円 1,200億円 90億円	5年:2,025億円 (300億円) 15億円	760億円 300億円 700億円 85億円 3年:50億円 (20億円) 31億円

図 3：GX 投資支援策の主な実行状況¹⁷

なお、各年度の投資内容については、政府の予算が単年度で実行されることから、毎年の予算成立後に公表する予定となっている。

以上のことから、日本政府の投資計画について、JCR では政府の支出予定及び当該支出により促進が期待される官民合わせた投資規模、10 年間のロードマップなどが開示されており、透明性が高いと評価している。

日本には、トランジション戦略の実行に伴う業態転換や雇用の移動が必要な分野が複数あることを、経済産業省が策定した分野別技術ロードマップにおいて指摘している。GX 経済移行債による支出の多くが研究開発または複数の企業に対する補助金プログラムであることから、企業の移行戦

¹⁷ 出典：GX 実行会議資料「我が国のグリーントランスフォーメーションの加速に向けて」
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/dai14/siryou3.pdf

略のように直接的に公正な移行を考慮しなければならないという性質はない。一方で、日本政府は、製造業比率が高く人材の流動性が低いという日本の特色を踏まえた場合に、公正な移行の実現が重要な課題であると認識している。上記をふまえて、GX2040 ビジョンにおいては、「公正な移行」に関する記載を追加し、成長分野等への労働移動の円滑化支援、在職者のキャリアアップのための転職支援やリスクリング支援、ロボティクスやAIなどのDXを活用したサプライチェーンの高度化に対応するための新たなスキルの獲得支援等を行うことで、GX 産業構造への転換に伴い労働者が高度化されたサプライチェーンで引き続き活躍できるよう、配慮を行うことが記載されている。

化石燃料へのロックインの可能性について、日本政府が策定した分野別技術ロードマップ及びGX2040 ビジョンにおける分野別投資戦略はいずれも 2050 年カーボンニュートラルとなるよう設計されているほか、カーボンクレジットに極力頼らず、次世代技術革新によってカーボンニュートラルを実現するロードマップとなっている。また、本フレームワークの資金使途となる支援策の対象事業は分野別技術ロードマップ等、日本の移行戦略と整合的な取組であることが前提とされており、化石燃料へのロックインの恐れは低いと評価している。

DNSH(Do No Significant Harm)の観点について、本フレームワークの資金使途の多くが研究開発資金に充当されること、また補助金プログラムにおいては補助金付与の基準において明確な基準を設けていることなどから、環境への深刻な負の影響は回避されるよう考慮されている。

以上より、本フレームワークはクライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック等で求められる 4 要素を充足していると JCR は評価している。

2. 調達資金の使途

本債券で調達した資金は、以下の通り、JCR が初回評価時点において、適切と評価した事業に充当されたことを JCR は確認した。

なお、「特定地域脱炭素移行加速化交付金（自営線マイクログリッド等事業交付金）」事業について、当初評価時点においてはグリーンカテゴリーを「再生可能エネルギー」として JCR は評価していたが、その後確定した補助金の詳細及び実際の充当対象設備¹⁸を確認の上、「エネルギー効率」のカテゴリーを追加した。

表 1：本債券における充当事業・プロジェクト¹⁹

	予算年度	事業種別	充当事業・プロジェクト	グリーンカテゴリー
(1)GI 基金	R4 補正/ R5 当初	研究開発	※充当候補プロジェクトは表 2 を参照。	－
(2)GI 基金 以外の 研究開発 支援	R4 補正	研究開発	革新的 GX 技術創出事業（GteX）	クリーン輸送 エネルギー効率 再生可能エネルギー 環境適応製品、環境に配慮した生産技術及びプロセス
	R4 補正	研究開発	ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業のうち、光電融合等の GX の実現にも不可欠な将来技術の研究開発	エネルギー効率
	R5 当初	研究開発	高温ガス炉実証炉開発事業	低炭素・脱炭素エネルギー
	R5 当初	研究開発	高速炉実証炉開発事業	低炭素・脱炭素エネルギー
(3)補助金 プログラム	R4 補正	補助金	経済環境変化に応じた重要物資サプライチェーン強靱化支援事業のうち、グリーン社会に不可欠な蓄電池の製造サプライチェーン強靱化支援事業	エネルギー効率 再生可能エネルギー クリーン輸送
	R4 補正	補助金	経済環境変化に応じた重要物資サプライチェーン強靱化支援事業のうち、電力性能向上により GX を実現する半導体サプライチェーンの強靱化支援事業	クリーン輸送 再生可能エネルギー
	R4 補正	補助金	省エネルギー投資促進・需要構造転換支援事業補助金	エネルギー効率
	R5 当初	補助金	特定地域脱炭素移行加速化交付金（自営線マイクログリッド等事業交付金）	再生可能エネルギー エネルギー効率
	R4 補正/ R5 当初/ R5 補正	補助金	クリーンエネルギー自動車（BEV, PHEV, FCV）導入促進補助金	クリーン輸送
	R5 当初	補助金	商用車の電動化促進事業	クリーン輸送
	R4 補正	補助金	住宅の断熱性能向上のための先進的設備導入促進事業/断熱窓への改修促進等による家庭部門の省エネ・省 CO ₂ 加速化支援事業	エネルギー効率

¹⁸ 本債券の充当設備として高効率空調設備や照明設備を確認している。

¹⁹ 経済産業省提供資料より JCR 作成。予算年度について、「R4 補正」は令和 4 年補正予算事業、「R5 当初」は令和 5 年当初予算事業、「R5 補正」は令和 5 年補正予算事業を示す（以下同様）。

表 2：本債券の資金使途候補となる GI 基金事業のプロジェクト²⁰

事業種別	充当プロジェクト（一部充当候補プロジェクトを含む）	グリーンカテゴリー
研究開発	次世代型太陽電池の開発	再生可能エネルギー
研究開発	洋上風力発電の低コスト化	再生可能エネルギー
研究開発	大規模水素サプライチェーンの構築	環境適応製品、環境に配慮した生産技術及びプロセス
研究開発	次世代航空機の開発	クリーン輸送
研究開発	次世代船舶の開発	クリーン輸送
研究開発	CO ₂ 等を用いた燃料製造技術開発	クリーン輸送
研究開発	製鉄プロセスにおける水素活用	エネルギー効率 環境適応製品、環境に配慮した生産技術及びプロセス
研究開発	製造分野における熱プロセスの脱炭素化	エネルギー効率 環境適応製品、環境に配慮した生産技術及びプロセス
研究開発	再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造	環境適応製品、環境に配慮した生産技術及びプロセス
研究開発	廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現	汚染防止と管理
研究開発	CO ₂ 等を用いたプラスチック原料製造技術開発	エネルギー効率 環境適応製品、環境に配慮した生産技術及びプロセス
研究開発	バイオモノづくり技術による CO ₂ を直接原料としたカーボンリサイクルの推進	環境適応製品、環境に配慮した生産技術及びプロセス

3. 資金使途の選定基準とプロセス

JCR は初回評価時点において、資金使途の選定基準及びそのプロセスについて妥当であると評価した。今次レビューにあたり、日本政府にヒアリングを行った結果、選定基準は初回評価時の想定から変更がなく、想定したプロセスに従って選定手続きが行われたことを JCR は確認した。

4. 調達資金の管理

JCR では初回評価時点において、資金管理について妥当であると評価している。本債券で調達した資金の全額が、本フレームワークにて定められた既定の手順に基づいて充当されていることを確認した。

²⁰ 経済産業省提供資料より JCR 作成。

5. レポーティング

5-1. 資金充当状況レポーティング

本債券で調達した資金の合計額は 1 兆 5,947 億円であり、その全額が各適格事業に充当された。日本政府はその旨をウェブサイト上で開示している。JCR は当該開示内容について、本フレームワークで定めている項目を満たしており、適切であると評価している。

表 3：本債券における各事業の充当金額²¹

	予算年度	充当事業	充当額（億円）
(1)GI 基金	R4 補正/ R5 当初	GI 基金事業	7,564*1
(2)GI 基金 以外の 研究開発 支援	R4 補正	革新的 GX 技術創出事業	496
	R4 補正	ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業のうち、 光電融合等の GX の実現にも不可欠な将来技術の研究開発	750
	R5 当初	高温ガス炉実証炉開発事業	47
	R5 当初	高速炉実証炉開発事業	74
			1,367
(3)補助金 プログラム	R4 補正	グリーン社会に不可欠な蓄電池の製造サプライチェーン強靱化支援 事業	3,316
	R4 補正	電力性能向上により GX を実現する半導体サプライチェーンの強靱化 支援事業	1,523
	R4 補正	省エネルギー投資促進・需要構造転換支援事業補助金*2	24
	R4 補正/ R5 当初/ R5 補正	クリーンエネルギー自動車（BEV, PHEV, FCV）導入促進補助金	1,141
	R5 当初	特定地域脱炭素移行加速化交付金（自営線マイクログリッド等事業 交付金）	2
	R5 当初	商用車の電動化促進事業	108
	R4 補正	住宅の断熱性能向上のための先進的設備導入促進事業/断熱窓への改 修促進等による家庭部門の省エネ・省 CO ₂ 加速化支援事業	903
			7,016
合計			15,947*3
本債券発行合計額（発行収入金）			15,947
未充当の残高（発行収入金－充当額）			0

*1 GI 基金については、実施主体である NEDO にエネルギー対策特別会計から支出される時点をもって GI 基金に対する資金充当は完了している。基金に充当された資金は、各 GI 基金事業における研究開発の進捗に合わせて、随時執行される。

*2 当初評価時点では、同補助金における本債券の充当対象は、事業領域（A）先進事業、（B）オーダーメイド事業、（C）指定設備導入事業、（D）エネルギー需要最適化対策事業のうち、（A）及び（B）のみとの認識のもとで評価していたが、実際の充当状況を確認したところ（D）に対しても充当がされていることを JCR は確認している²²。

*3 各事業の充当額の計と「合計」が一致しない理由は、充当額の値の小数第 1 位を四捨五入しているためである。

なお、本債券の資金使途のうち、令和 4 年度補正予算事業の一部（9,087 億円分）については、本債券発行前に、CT 国債ではない国債から資金を充当しており、本債券で借り換えたものである。この借り換えられた事業は、CT 国債の発行を念頭に置いて政府からの支出が決定したものであり、JCR としてはいずれの事業も起債後に新たな環境改善効果が生み出され、市場に対して追加性があると評価している。

²¹ 経済産業省提供資料より JCR 作成。

²² (C)指定設備導入事業については別予算事業にて補助

5-2. インパクトレポート

日本政府は本債券のインパクトレポートとして、一部の事業を除き CO₂ 排出削減量の実績値または想定値が報告されている。研究開発関連事業については、その進捗についても報告がされている。

表 4 充当事業・プロジェクトの進捗または報告されたインパクトの一覧²³

	予算 年度	事業種別	充当事業・プロジェクト	研究開発の進捗／インパクト
(1)GI 基金	R4 補正/ R5 当初	研究開発	次世代型太陽電池の開発	概ね計画通り進捗。
		研究開発	洋上風力発電の低コスト化	概ね計画通り進捗。
		研究開発	大規模水素サプライチェーンの構築	モニタリングやステージゲートを通じて継続的に進捗を確認するとともに、FS や進捗に応じた計画見直しを適宜実施。
		研究開発	次世代航空機の開発	計画通り進捗。
		研究開発	次世代船舶の開発	順調に進捗。一部のテーマは、助成対象外である海外メーカーの開発遅れにより、1 年以上の遅れが発生しているが、プロジェクト全体に係る進捗に影響はない見通し。
		研究開発	製鉄プロセスにおける水素活用	概ね計画通り進捗（一部前倒し）。
		研究開発	製造分野における熱プロセスの脱炭素化	概ね計画通り進捗。
		研究開発	再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造	要素技術開発は順調に進展し、機器の納入遅れ等に対しては計画の見直しを行い実証に向けて慎重に準備中。
		研究開発	廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現	2024 年度から実質開始、概ね計画どおりに進捗。
		研究開発	CO ₂ 等を用いたプラスチック原料製造技術開発	2023 年 12 月にステージゲート審査を実施、一部条件付ではあるが全て継続、パイロット試験等に向けた準備を開始。 現在進めている基盤技術開発については当初計画どおり進捗。後半の実証試験に向けては設備費高騰や工期長期化等の影響により、一部テーマについては計画の見直しを進行中。
(2)GI 基金 以外の 研究開発 支援	R4 補正	研究開発	革新的 GX 技術創出事業（GteX）	チーム型研究を令和 5 年度に 15 件、令和 6 年度に 1 件採択。 単年度で実施する革新的要素技術研究を令和 5 年度に 16 件を採択し、終了後に研究開発課題終了報告書及び課題事後評価を公開。
	R4 補正	研究開発	ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業のうち、光電融合等の GX の実現にも不可欠な将来技術の研究開発	令和 5 年度には、3 テーマ（光チップレット実装技術、光電融合インターフェイスメモリモジュール技術、確定遅延コンピューティング基盤技術）を採択。
	R5 当初	研究開発	高温ガス炉実証炉開発事業	実証炉事業では、2023 年 7 月に高温ガス炉実証炉開発の中核企業に三菱重工業を選定。実証炉の設計及び研究開発を実施。 HTTR を用いた水素製造試験については、HTTR の熱を利用して実際に

²³ 経済産業省提供資料及び補助事業の公開情報より JCR 作成。

(3)補助金プログラム				水素製造を行うべく、原子炉設置変更許可申請を原子力規制委員会に対して提出。
	R5 当初	研究開発	高速炉実証炉開発事業	実証炉開発については 2023 年 7 月に三菱重工業を中核企業に選定。2024 年 7 月に研究開発統合組織を設置。大型ナトリウム試験施設の整備を進めるとともに、実証炉の機器・系統に係る実証計画を整理し、必要な施設整備計画をまとめた。シビアアクシデント評価手法や高速炉における免震技術について、共通理解醸成のため、原子力規制庁との対話を開始。2026 年度頃の燃料技術の具体的な検討に向けて、燃料サイクル技術の検討を進めている。
	R4 補正	補助金	経済環境変化に応じた重要物資サプライチェーン強靱化支援事業のうち、グリーン社会に不可欠な蓄電池の製造サプライチェーン強靱化支援事業	支援実績： 14 件 環境改善効果： 約 1,350 万 t-CO ₂ /年
	R4 補正	補助金	経済環境変化に応じた重要物資サプライチェーン強靱化支援事業のうち、電力性能向上により GX を実現する半導体サプライチェーンの強靱化支援事業	支援実績： 3 社 環境改善効果： 約 174 万 t-CO ₂ /年
	R4 補正	補助金	省エネルギー投資促進・需要構造転換支援事業補助金	支援実績： 16 件 環境改善効果： 約 0.33 万 t-CO ₂ /年
	R5 当初	補助金	特定地域脱炭素移行加速化交付金（自営線マイクログリッド等事業交付金）	支援実績： 4 自治体 環境改善効果： 約 34.2 万 t-CO ₂
	R4 補正/ R5 当初/ R5 補正	補助金	クリーンエネルギー自動車（BEV, PHEV, FCV）導入促進補助金	支援実績： 153,882 台*1 環境改善効果： 約 9.5 万 t-CO ₂ /年*1
	R5 当初	補助金	商用車の電動化促進事業	支援実績： 3,698 台 環境改善効果： 約 1.4 万 t-CO ₂ /年
	R4 補正	補助金	住宅の断熱性能向上のための先進的設備導入促進事業/断熱窓への改修促進等による家庭部門の省エネ・省 CO ₂ 加速化支援事業	支援実績： 戸建住宅 203,365 戸 集合住宅 40,301 戸 環境改善効果： 戸建住宅 約 6.3 万 t-CO ₂ /年 集合住宅 約 0.8 万 t-CO ₂ /年

*1 「クリーンエネルギー自動車導入促進補助金」の充当対象には R5 補正予算における同事業の一部が含まれるが、支援実績及び環境改善効果は R4 補正及び R5 当初予算の実績値が報告されている。R5 補正予算の実績値については、次年度以降に報告される予定である。

インパクトの算出においては、一定の前提や推定パラメータが含まれているものの、日本政府が仮定したシナリオに基づき、妥当な方法で GHG 排出削減効果が算出されていることを、JCR は確認した。各事業における、JCR の確認状況を以下に示す。

5-2-1. GI 基金事業：「次世代型太陽電池の開発」プロジェクト

日本政府は 2050 年カーボンニュートラルの実現に向けて、太陽光発電を含む再生可能エネルギーの主力電源化を目指し、最大限導入を進めている。日本の太陽光発電の導入量は大幅に拡大し、平地面積当たりの導入量は主要国では最大級である一方で、適地の制約、地域との共生上の課題が

生じている。これらの課題を克服する手段の一つとして、既存のシリコン太陽電池では設置困難であった場所（耐荷重性の小さい工場の屋根、ビル壁面等）にも導入を進めていくことが期待されているが、その実現には、軽量かつ壁面等の曲面にも設置可能な柔軟性等を兼ね備え、性能面（変換効率や耐久性等）でもシリコン太陽電池に匹敵する次世代型太陽電池の開発が不可欠となっている。

本プロジェクトにおいては、太陽電池の社会実装には実験室サイズでの効率向上、大型化・耐久性向上、実装・実用化の3つの開発工程が必要であることと、派生技術のタンデム化²⁴を取り組むことも踏まえ、①実験室サイズでの効率向上、②大型化・耐久性向上、③実装・実用化、④タンデム化²⁵のフェーズに分けて事業が進められている。単接合型については、「2030年度までに、一定条件下（日射条件等）での発電コスト14円/kWh以下を達成」すること、タンデム型については、「2030年度までに、一定条件下（日射条件等）での住宅用発電コスト12円/kWh以下と変換効率30%以上を達成」することが目標として設定されている。

本プロジェクトは全体が概ね計画通り進捗しており、経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループにおいて、表5の通り進捗が報告されている。研究開発内容3（次世代型太陽電池実証事業）については、2024年9月以降、随時プロジェクトが採択されている状況である。

表 5：GI 基金事業「次世代型太陽電池の開発」プロジェクトの進捗及び新規事業の採択状況²⁶

研究開発内容	事業開始時	進捗状況	目標
1. 次世代型太陽電池基盤技術開発	TRL4	下記参照	-
次世代型ペロブスカイト太陽電池の実用化に資する共通基盤技術開発	<ul style="list-style-type: none"> MI（マテリアルズインフォマティクス）／PI（プロセスインフォマティクス）を用いた最適化により、研究者の最適値を超える作製条件を見出した。 高耐久型ホール輸送材を用いて初期発電効率19.6%を達成。 劣化評価技術として、過渡発光分光法、インピーダンス計測法、過渡電流応答計測法などを開発。 高精度性能評価技術として、出力測定の実験再現性が±1%以内達成。 実用サイズモジュール（>900cm²）の屋内性能評価計測システム装置の仕様設計を完了。 国際標準化等検討委員会立上げ。 		
研究開発内容	事業開始時	進捗状況	目標
2. 次世代型太陽電池実用化事業	-	下記参照	2025年度 TRL5
① 超軽量太陽電池 R2R 製造技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 変換効率の面内バラツキの低減、1m幅パイロット機導入 フィルム基板に適用可能な140℃以下のプロセスで変換効率25.6%を達成。レーザースクライブ条件の改善 高温試験の温度外挿で実曝28.4年相当と試算。高温高湿、高温＋光照射試験を実施中 東京都との共同で水再生センターでの実用化検証開始 		
② フィルム型ペロブスカイト太陽電池実用化 技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ペロブスカイトの組成や成膜条件改良による欠陥低減効果などにより、発電効率の中間マイルストーン達成 正孔輸送材料と低温成膜（フィルム基板への適用）の検討にて、小面積セルで変換効率23% SAMを用いてのシミュレーションによる高効率化に向けた設計指針を作成 		

²⁴ タンデム型ペロブスカイト太陽電池とは、吸収波長帯の異なる材料を積層させ、高効率な光電変換を行う技術のこと。

²⁵ タンデム化は2025年9月に研究開発項目として追加され、現在公募プロセス中である。

²⁶ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループにおけるNEDO報告、研究開発・社会実装計画等）を基にJCR作成。

③	サイズフリー・超薄型の特長を活かした高性能ペロブスカイト太陽電池技術開発	<ul style="list-style-type: none">・ シリコン系太陽電池市場で培った信頼性の高いデバイス化技術を適用し、780cm2 サイズのサンプル（ガラス基 板型）で 20%程 度の発電効率を確認（社内測定）。建材一体型や窓用途等の実用 化を見据えた技術開 発にも取り組んでいる。・ 想定製品サイズ（1m 幅サイズ等）のプロトタイプモジュールを 試作し、複数のユーザー企業と、ペロブスカイト太陽 電池の強 みを活かせる具体的な展開先を検討中。・ 生産ラインの構想において、材料・プロセス技術開発の進捗を踏 まえ、投資額の概算検討に着手。		
④	設置自由度の高いペロブス カイト太陽電池の社会実装	<ul style="list-style-type: none">・ 世界最高水準の光電変換材料を用い、セル構造の工夫により、フ ィルム基板にて発電効率 20.6%（JET 認証、 GI 基金事業開始時 14%）を達成。・ 室内用途だけでなく建材用途へ適用拡大が可能となるサイズの 30cm 角モジュールの製造技術を開発中。・ 実証試験拡充と生産コストミニマム化を目指し連続生産機の投資 準備中		
⑤	高効率・高耐久モジュール の実用化技術開発	<ul style="list-style-type: none">・ ペロブスカイト層改良で小面積セルで変換効率 23.1%、低コスト ホール輸送層開発、スプレー塗布方法改善・ 薄板ガラスにて小面積セル 25.7%、11 cm² の 6 直列セル 22.8%の 認証値を取得・ 事業化ターゲットと商品要件明確化の建築事業者へのヒアリング を開始。法規制等の調査		
研究開発内容		事業開始時	進捗状況	目標
3. 次世代型太陽電池実証事業		-	-	2030 年度 TRL6～7
①	軽量フレキシブルペロブスカ イト太陽電池の量産技術確立 とフィールド実証	・ 2024 年 9 月採択		
②	インクジェット印刷ペロブス カイト太陽電池生産技術開発 および社会実装に向けた設置 施工技術・電装技術開発	・ 2025 年 9 月採択		
③	ガラス型ペロブスカイト太陽 電池の量産技術開発とフィー ルド実証	・ 2025 年 9 月採択		
④	設置自由度の高いペロブスカ イト太陽電池の社会実装に向 けた量産技術開発と実証	・ 2025 年 9 月採択		

日本政府は、次世代太陽電池の導入拡大によって期待される世界の CO₂ 排出削減効果として、2030 年に約 150 万トン、2050 年に約 1 億トンと推定している。2030 年については世界の太陽光発電設備の年間導入ペースが足元ベース（2019 年実績 112GW）で進むことと仮定し、そのうち 1%を単接合型次世代太陽電池が占めると想定したものであり、2030 年時点での導入量は 3.5GW と推定している²⁷。そのうち日本企業によるシェアには 2010 年以降の国産太陽電池の世界シェアである 25%を採用し、これらのパラメータを用いて本 GI 基金事業によるインパクトを算定している。タンデム型については国内の生産規模想定をベースに 1.3GW が導入されることを想定したものととなっている。2050 年については、次世代太陽電池の市場は太陽光発電市場全体の 50%とし、2030 年以降の累積導入量としては約 0.6TW としている。日本企業によるシェアは 2030 年同様に 25%との推定値を置いたものとなっている。

日本政府は次世代型太陽電池戦略において、次世代型太陽電池の導入見込みを示しており、2040 年には国内市場において 20GW、海外市場において 500GW の導入を目指している。インパクトの算

²⁷ 研究開発・社会実装計画においては、2028 年頃以降に次世代型太陽光の量産体制の構築が進むことが想定されている。

定に使用されている 2050 年 0.6TW は次世代型太陽電池戦略で示されている見通しと比較すると保守的なものとなっていると思われる。また、太陽電池の変換効率としては、15%が想定されているが、一般的にタンデム型は単接合型に比べて高い変換効率（約 30%）が見込まれており、タンデム型については保守的な見積もりになっている可能性がある。以上より、JCR は、使用されたパラメータには一部保守的な見積もりが含まれるものの、使用したパラメータ及び算出式は概ね妥当なものであると評価している。

以上より、本 GI 基金事業による技術開発は、2030 年の目標に向けて着実に進捗しており、将来的な世界のカーボンニュートラルに貢献する環境改善効果の発現が期待される。

5-2-2. GI 基金事業：「洋上風力発電の低コスト化」プロジェクト

日本政府は、2050 年カーボンニュートラル実現に向け、再生可能エネルギーを主力電源として最大限導入すること方針とし、特に、洋上風力発電は、大量導入やコスト低減が可能であるとともに、経済波及効果が期待されることから、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた切り札としている。これまで欧州を中心に洋上風力が拡大してきたが、2050 年にかけてはアジア市場の急成長が見込まれ、アジアの需要を取り込むためには、サプライチェーン形成を進めつつ、将来の市場獲得に向けた次世代技術開発を戦略的に進めていくことが重要としている。

本 GI 基金事業は、技術開発による政策効果が大きい（技術成熟度が比較的低く、長期の支援が必要となる）分野を対象に支援をするものであり、「洋上風力の産業競争力強化に向けた技術開発ロードマップ」²⁸に基づくサプライチェーン 8 分野のうち、②風車、⑤浮体式基礎製造、⑥浮体式設置、⑦電気システム、⑧運転保守の 5 分野を対象としている。研究開発目標としては、「2030 年までに、一定条件下（風況等）で、着床式洋上風力発電の発電コストが 8～9 円/kWh を見通せる技術を確立」及び「2030 年までに、一定条件下（風況等）で、浮体式洋上風力を国際競争力のあるコスト水準で商用化する技術を確立」の 2 つが設定されている。2025 年 9 月の経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ開催時点において、プロジェクト全体が概ね計画通り進捗していることが確認されている。各プロジェクトの進捗状況は表 6 の通りである。

表 6：GI 基金事業「洋上風力発電の低コスト化」プロジェクトの進捗²⁹及び新規事業の採択状況

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
フェーズ 1-①. 次世代風車技術開発事業	TRL4 以上	-	-
風車軸受の滑り軸受化開発	<ul style="list-style-type: none"> 軸受けに適用するしゅう動材※の耐摩耗性に関し、疲労試験にて目標サイクルの 90%まで確認し、異常無いことを確認。 縮小サイズ軸受試験完了し、試験結果と解析結果の傾向が一致していることを確認。 3～6MW 級試験機、供試軸受、建屋設計完了し、実験棟竣工、試験機据え付け予定。 ※摩擦係数が小さく、耐久性（耐摩耗性など）がある材料のこと。		
洋上風力発電機用超大型主軸受の低コスト仕様開発	<ul style="list-style-type: none"> 軸受内部設計仕様の確立に向けて試験を実施し、結果を踏まえて仕様の見直し等を実施。 		

²⁸ https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/yojo_furyoku/sagyo_bukai/pdf/003_s01_00.pdf

²⁹ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループにおける NEDO 報告、研究開発・社会実装計画等）を基に JCR 作成。

	<ul style="list-style-type: none"> 実施項目のうち、生産技術開発に係る開発を中止。製品技術開発については引き続き開発完了に向け進捗。 		
洋上風車用タワーの高効率生産技術開発・実証事業	<ul style="list-style-type: none"> 合理化溶接技術の開発に向け、溶接設備の設置が完了し、段階的に試運転を実地中。試験体の曲げ加工、曲げ加工後の開先加工からシーム溶接を実施。今後は、缶をつなげるグロウアップ作業、外面の開先加工等を実施。 ブラスト・塗装ロボット施工システムの開発に向け、塗装建屋・ブース及びブラスト・塗装ロボットの検討・納品を完了。ブラストロボットは組立・ダミーワークによる試運転まで完了。今後はブラストロボットの実証、塗装ロボットの組立て等を実施。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
フェーズ 1-②. 浮体式基礎製造・設置低コスト化技術開発事業	TRL4 以上	完了しフェーズ 2 に移行	-
セミサブ型ハイブリッド浮体の量産化・低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 複合構造の設計手法確立に向け、複合構造を用いた浮体式基礎の設計手法に対する妥当性を検証中。 浮体の量産化に向け、大ブロックの接合方法、コンクリート打設方法の検討を実施。 係留システムの試設計を行い、複数の係留方式の比較検討を実施。 		
低コストと優れた社会受容性を実現する TLP 方式による浮体式洋上発電設備の開発	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 一体設計技術の確立を目指し、15MW 級風車及び TLP 式浮体の風車・浮体・係留連成応答・強度解析プロセスを構築。 浮体の量産化に向け、浮体形状を決定するとともに建造方法の検討を実施。 係留システムの最適化及び低コスト施工技術の確立を目指し、コネクターベアリングの耐久試験、現地引抜実験を実施。 		
セミサブ型浮体・ハイブリッド係留システムに係る技術開発及び施工技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 浮体最適化システムの構築を完了し、最適形状を決定。風車浮体連成解析をほぼ完了。 ドッグサイズに依存しない浮体量産化技術として、洋上接合実験を実施。 ハイブリッド係留システムの最適化に向け、開発した浮体係留用合成繊維を用いた実海域試験を実施。 低コスト施工技術として、SEP 改造による風車搭載技術検討、高性能船による浮体設置の作業標準化を実施。 		
浮体式大量導入に向けた大型スパー浮体基礎の製造・設置低コスト化技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 浮体基礎の最適化に向け、風車-浮体の連成解析を実施し、浮体の水槽模型実験の詳細計画を立案。 量産化に向け、港湾で浮体建造する場合の浮体ブロックのサイズ、ブロック輸送方法を検討するとともに、ハイブリッド係留システム等の係留索の効率的な施工技術の開発を目指して実海域での試験を実施。 		
15MW 級大型風車に対応した低コスト型ハイブリッドスパー浮体量産システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 浮体 PC 部の軽量化及び鋼製部の最適化に向け、開発手法の効果を検証するため実物大要素試験を計画。 アンカー打設工法の開発に向けて、深海仕様に改造した陸上用小型バイプロハンマーに対する水槽試験結果を踏まえ、仕様の見直しを実施。 		
早期社会実装に向けたセミサブ型浮体式基礎製造・設置の量産化・低コスト化	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 浮体式基礎の最適化に向け、風車と浮体式基礎のモデリング及び連成解析の結果を受け、鋼材重量の計算を実施。 浮体式基礎の量産化に関し、進水用バージのコンセプト設計が完了。基本設計承認の取得を目指し、水槽試験に向け模型製作等の準備を進めている。 		

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
フェーズ 1-③. 洋上風力関連電気システム技術開発事業	TRL4 以上	完了しフェーズ 2 に移行	-
ダイナミックケーブル・洋上変電所・洋上変換所	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2024 年度で終了 電力会社が主体の作業部会にて、日本の海域を想定した低コスト浮体式洋上風力発電システムの実現に向けた共通要素技術（高電圧ダイナミックケーブル、浮体式洋上変電所/変換所）の開発に必要な浮体等の仕様の検討を完了、水槽試験等を実施。またシステムインテグレーションに係る評価等を実施。 開発メーカー主体の研究項目では、高電圧・耐疲労性・長寿命ダイナミックケーブル、及び浮体式洋上変電所/変換所の電気機器 開発を推進。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
フェーズ 1-④. 洋上風力運転保守高度化事業	TRL4 以上	完了しフェーズ 2 に移行	-
浮体式風車ブレードの革新的点検技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2024 年度で終了 20km 沖合の浮体式洋上風力発電を想定した長距離飛行が可能な UAV を開発。20km の長距離飛行を達成。 自律制御にてブレード上の指定箇所へ接触できる導通試験用 UAV を開発。 浮体式洋上風力発電実機（ひびき）にて導通試験を実施。 模擬的に検証を行い、打音デバイスを搭載した UAV により、ブレードの打音データの取得ができることを確認した。 		
海底ケーブル布設専用船（Cable Laying Vessel : CLV）開発プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 CLV コンセプト設計を完了し、作業限界達成に見通しが立った。 工程短縮に資するオペレーションシステム及びモニタリングシステムの検討を実施し、国内サイトにおいて欧州同等のスケジュール感で海底ケーブル布設・埋設作業を実施出来る確実性・実行性が高まった。 		
遠隔化・自動化による運転保守高度化とデジタル技術による予防保全	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 デジタル技術による予防保全・メンテナンス高度化に向け、デジタルツインに関する調査から浮体式洋上風力発電に応用できると考えられるプラットフォームを抽出。 試作した研究用ドローンに風車外観点検用の各機能を実装し、動揺模擬装置及び沿岸風車にて動作を検証のうえ、洋上風車対応ドローンの詳細設計・試作に着手。 		
風車建設・メンテナンス専用船（Service Operation Vessel : SOV）開発プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 船型並びに主要機装品に関するコンセプト設計の取り纏めを完了し、船体運動の解析作業を実施。 具体的な案件を想定したオペレーションプランの検討を実施。 		
浮体式風力発電用運用保守デジタルプラットフォームの開発	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了。 開発計画及びセンシング詳細設計、データ取得サイトの選定を実施。 O&M 情報一元化システム用 API の開発に向け、関係者との情報交換等を実施。 ひびき風力発電所を用いた実証に向けて準備。 		
軸受ライフサイクルマネジメント実現のための洋上風力発電機用 CMS の高度化開発	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2023 年度で終了 データ収集装置の機能向上・機能拡張に向け、試作評価を完了し改良設計評価を推進中。 ブレード部センサの計測装置を実機風車に設置して実証運転中。 メンテナンス会社との連携スキームを構築するとともに、補修ビジネスの構想立案に向けた取組を実施。 		
Digital Twin・AI 技術による生産予防保全技術等の開発	<ul style="list-style-type: none"> 計画通り 2024 年度で終了。 PLM ソフトウェア上で風車、浮体設備の 3D モデルの入力完了。 既設の浮体式洋上風車の運転データを提供し、AI モデルの検証を実施。 3D 計測装置による出来高計測システムを構築。 		

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
フェーズ 1-⑤. 共通基盤	TRL4 以上	-	-
浮体式洋上風力における共通基盤開発事業	・ 2025 年 2 月採択		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
フェーズ 2-①. 浮体式洋上風力実証事業	社会実装に近い段階での実証	下記参照	2030 年度 TRL6~7
低コスト化による海外展開を見据えた秋田県南部沖浮体式洋上風力実証事業	<ul style="list-style-type: none"> ・ コスト・タクトタイムの評価にあたっての前提を整理中。 ・ 風況・海象調査の発注及び、海底地盤調査や設計業務の仕様策定、条件整理等を実施中。 ・ 2 浮体運動特性の把握のための数値解析、方針整理。 ・ 大型風車を想定した浮体形状候補の追加検討および、浮体軽量化のための検討を実施中。 ・ リモートオペレーションに活用する 5G 関連機器の概要調査を実施 		
愛知県沖浮体式洋上風力実証事業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 風況観測に向け、準備中。 ・ ケーブルルート調査及び海底地盤調査に関して調査に向け準備中。 ・ 環境アセス内容について協議し、配慮書作成について準備開始。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
フェーズ 2-②. 過酷海域における浮体式洋上風力実証事業	社会実装に近い段階での実証	2025 年度に取り組み追加。公募前。	2032 年度 TRL6~7

日本政府は、本 GI 基金事業の CO₂ 排出削減量として、2030 年に約 300~700 万 t-CO₂/年、2050 年度に約 0.9 億 t-CO₂/年を見込んでいる。これは火力発電による発電量を洋上風力発電が代替することを前提としたものとなっており、削減効果に使用する電力排出係数には 2030 年度の火力平均の想定値 (0.66kg-CO₂/kWh) が採用されている³⁰。各時点の洋上風力発電の導入量としては、2030 年には、再エネ海域利用法に基づく導入量 100~300 万 kW³¹ 及び再エネ特措法等に基づく港湾区域や一般海域における 68 万 kW の合計 168~368 万 kW が、2050 年にはグリーン成長戦略において 2040 年時点での案件形成を目指す容量 (3,000 万 kW~4,500 万 kW) の上限値であり、2050 年時点の再エネ比率の参考値 (5~6 割) を達成するためのイメージとして示されていた 4,500 万 kW が採用されている。また、洋上風力発電の設備利用率については、着床式を想定した値として 33.2% が採用されている。

インパクトの算出において採用されている設備利用率:33.2%を使用すると、年間の発電量は 2030 年時点で約 5~10TWh、2050 年時点で 118TWh に相当する。第 6 次エネルギー基本計画では、2030 年時点の発電電力量を 934TWh と見積もっており、2030 年時点における洋上風力発電による発電量は日本の年間発電量の 1.6% に相当する。また、2050 年の日本の年間発電量は、RITE の 1.5°C 未満シナリオ³²によると概ね 1200~1400TWh となっており、2050 年時点における洋上風力発電による発電量は日本の年間発電量の約 8~10% に相当する。なお、同シナリオによると、2050 年の洋上風力による発電量は約 160~270TWh とされ、日本政府の示すものよりも大きなインパクトが期待されている。また、CO₂ 排出削減量については、2023 年度のエネルギー転換部門 (電気・熱配分前) の排出量 (397 百万 t-CO₂) と比較すると、2030 年の約 980 万 t-CO₂/年は 2.5%、2050 年の約 0.9 億 t-CO₂/年は 22.7% に相当する。以上を踏まえ、JCR は各パラメータと算出式は妥当なものであると評価している。

³⁰ 2030 年時点の日本のエネルギーミックスの想定や IEA の World Energy Outlook における世界の火力発電による発電量及び CO₂ 排出量をもとに推計すると、2030 年時点の火力発電による CO₂ 排出強度は概ね 0.6~0.7kg-CO₂/kWh となることを、JCR は確認している。

³¹ 第 6 次エネルギー基本計画策定時点での洋上風力発電の導入目標は 5.7GW であったが、再エネ海域利用法に基づく第 1 ラウンド (170 万 kW) が再公募となっている現状を鑑みると、現実的な設定となっていることを考えられる。

³² https://www.rite.or.jp/system/latestanalysis/2024/12/energymix_addinfo.html

本 GI 基金事業による技術開発は、2030 年の目標に向けて着実に進捗しており、将来的な日本のカーボンニュートラルに貢献する環境改善効果の発現が期待される。

5-2-3. GI 基金事業：「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクト

水素は、発電分野における直接的な脱炭素化に加え、再生可能エネルギー由来の余剰電力を水素として貯蔵・利用することで、ゼロエミッション電源の導入拡大を可能とする重要な二次エネルギーである。また、電化が困難な産業分野においても、水素の原料利用や熱利用を通じて脱炭素化に寄与することが期待されている。

一方、水素の社会実装には、供給コストの低減と大規模需要の創出を同時に進める必要があるが、将来需要の不確実性により民間による大規模インフラ投資が進みにくいという課題が存在する。これを克服するためには、既存インフラを活用しつつ、供給拡大と需要創出を一体的に実現する社会実装モデルの構築が求められる。

本プロジェクトでは、水素運搬船を含む輸送設備の大型化および水素発電（混焼・専焼）の実機実証を通じて、大規模需要の創出と供給コスト低減を両立する技術の確立を目指す。これにより、2030 年に 30 円/Nm³、2050 年に 20 円/Nm³以下の水素供給コスト達成を目標とする。本プロジェクトは一部のプロジェクトにおいて、進捗に応じた計画変更があったものの、モニタリングやステージゲートを通じて継続的に進捗を確認するとともに、実証や社会実装が事業期間内に完了することを目指して進められている。具体的な進捗については、表 7 の通りである。

表 7：GI 基金事業「大規模水素サプライチェーンの構築」プロジェクトの進捗³³

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
1. 国際水素サプライチェーン技術の確立及び液化水素関連機器の評価基盤の整備	TRL4	下記参照	—
① 液化水素サプライチェーンの商用化実証	<ul style="list-style-type: none"> 液化水素の大規模な海上輸送実証に向けた実証地や設備構成等の検討を実施。 海外での許認可取得による工程遅延が顕在化したことを踏まえ、液化水素の出荷地を豪州から国内へと変更。2030 年度内に実証を終え、早期の技術確立を最優先とする計画に見直し。 水素運搬船のタンク容量について、社会実装初期の 2030 年代前半の需給バランスを踏まえ、16 万 m³ から 4 万 m³ へと規模を見直し。4 万 m³ は、現状、世界初で唯一の液化水素運搬船「すいそふろんていあ」の 32 倍の規模に相当。 出荷・受入基地の建設及び水素運搬船の建造を進めている。 2029 年に実証設備の建設を完了、実証試験開始を予定。 		
② MCH サプライチェーン実証	<ul style="list-style-type: none"> ガソリンに近い性質を持ち製油所の既存インフラが活用できる MCH について、商用化実証に向けた実証地や設備構成等の検討を実施。 出荷地について、候補地点 7 サイトの比較評価を実施し選定 受入地は、コンビナートの需要家への水素供給も踏まえ選定 現在は、出荷・受入地に設置する設備を検討中 2026 年から出荷・受入地での建設開始、2029 年に実証設備の建設を完了、実証試験開始を予定。 		
③ 液化水素関連機器の研究開発を支える材料評価基盤の整備	<ul style="list-style-type: none"> 2026 年 3 月に事業完了予定。 ①評価試験設備の開発 		

³³ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会エネルギー構造転換分野ワーキンググループにおける NEDO 報告、研究開発・社会実装計画等）を基に JCR 作成。

	<p>仕様詳細を検討し、2023 年 1 月に発注。2024 年 7 月末竣工。技術課題の確認とラウンドロビン試験に着手。</p> <ul style="list-style-type: none"> ②特殊実験施設の開発 仕様詳細を検討し、2023 年 1 月に発注。2024 年 2 月末竣工。試験が問題無く実施できるか確認。 ③材料データベース基盤の構築 国立研究開発法人物質・材料研究機構で提供しているデータベースを最大限活用して共通の構造を持ったデータベースを構築することとし、2023 年 3 月に発注。2024 年 11 月プログラミング完了。 		
④ 水素液化機向け大型高効率機器の開発	<ul style="list-style-type: none"> 圧縮機については、高圧力比かつ高効率を達成するために必要な要素技術を適用した小型試験機の設計・製作が完了し、性能試験により目標性能を達成していることを確認。また、水素を用いた実証試験設備の詳細設計を実施し、建設に着手。 動力回収型膨張タービン、Wet タービン、磁気冷凍機については、重要要素技術の確立に必要な各種要素試験を実施、いずれも成立性を達成。技術的な成立性を確認。 		
⑤ 直接 MCH 電解合成(Direct MCH)技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 従来法と異なり、中間プロセスを経ることがなく MCH を製造することで、設備簡略化により設備投資を最大 50%低減できる可能性がある技術実証を実施。 ブリスベンにて、商用機としても使える電極サイズ 150kW 級の中型電解槽を用いた製造実証を 2024 年 3 月に完了。 現在は、豪州にて大型電解槽（1.2MW（1,200kW））を用いた実証プラント建設に向けた準備中。 2026 年度から 2027 年度に大型電解槽プラントでの実証試験実施。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
2. 水素発電技術（混焼、専焼）を実現するための技術の確立	TRL4	下記参照	2030 年度 TRL 8 以上
① 大規模水素サプライチェーン構築に係る水素混焼発電の技術検証 (2024 年度で終了)	<ul style="list-style-type: none"> 2025 年 2 月のステージゲート審査において、中止との判断。 中止の判断理由は、水素ガスタービン（燃焼器）開発の技術進捗により、2028 年度に実証試験を行う意義が喪失したため。 一方、ガスタービンへの必要改造範囲の検討など、水素発電本格導入時に本事業で得られた成果は活かすことが可能。 		
② 既設火力発電所を活用した水素混焼/専焼発電実証	<ul style="list-style-type: none"> 既設火力発電所に設置のガスタービン発電設備を対象とした水素混焼発電実証を行い、安全性や信頼性等の検証を行うことで、事業化（商用化）に伴い必要となる水素発電設備の運転・保守・安全対策など総合的な運用管理技術の確立が目標。 2024 年度末までに関連設備の詳細設計、工事、据付が概ね計画通り完了 2025 年度は実証フェーズに移行し、大阪・関西万博期間に合わせて実証試験を実施した。 		
③ CO ₂ フリー水素発電実証	<ul style="list-style-type: none"> 2030 年までに大型発電設備による水素専焼発電技術を確立することが目標。 大型水素発電の実証候補場所を選定し、水素専焼化に向けた改造検討、水素/天然ガス供給設備の検討を実施。 一方、実証候補場所の事業性評価の結果、大型水素専焼発電に必要な条件（水素量、圧力、新規技術蓋然性等）を確保することが困難と確認。 2030 年までに水素量の確保が困難なため、2025 年度以降の計画を再検討。 		

日本政府は、本 GI 基金事業の CO₂ 排出削減量として、2030 年に約 700 万 t-CO₂/年、2050 年度に約 4 億 t-CO₂/年を見込んでいる。2030 年については、国際水素サプライチェーンによる水素供給量の推計に基づき、供給された水素が発電燃料として天然ガスを熱量等価で代替すると仮定し、

CO₂排出削減量を算定している。2030 年の算定において、水素供給量を 100 万 t/年と仮定しているが、これは日本政府の水素導入目標 2030 年 300 万 t のうち、引き続き国内の供給源から現在と同程度（200 万 t）供給され、差分の 100 万 t が海外から供給されたとして設定している。2050 年については、世界の国際水素取引量の拡大を踏まえ、同様に水素が天然ガスを代替することで削減される CO₂排出量を試算している。2050 年の算定において、水素供給量を 5,500 万 t/年と仮定しているが、これは Hydrogen Council, "Hydrogen scaling up"（2017 年 11 月）³⁴の 2050 年の水素需要量（5.5 億 t/年）のうち、10%が国際取引されると仮定して設定している。2030 年及び 2050 年の算定ともに、ライフサイクルベースではなく、水素利用時における天然ガス燃焼の回避分のみを対象とした削減量である点に留意する必要があるものの、JCR は、各パラメータと算定式は妥当なものであると評価している。

本 GI 基金事業の CO₂ 排出削減量である 2030 年に約 700 万 t-CO₂/年について、日本の 2024 年度発電電力量実績と比較をしてみる。経済産業省資源エネルギー庁が公表した 2024 年度の発電電力量³⁵によると、総発電電力量：8,537.5 億 kWh、火力発電：6,266.4 億 kWh（73.4%）うち LNG：2,841.7 億 kWh（33.3%）となっている。LNG 火力発電の CO₂ 排出係数を 0.415kg-CO₂/kWh³⁶とした場合、LNG 火力発電による CO₂ 排出は約 1.18 億 t-CO₂/年と推計される。したがって、2030 年の CO₂ 排出削減効果である約 700 万 t-CO₂/年は、2024 年度 LNG 火力発電による CO₂ 排出量実績の約 6%分を削減するインパクトとなる。一方、海外から供給される水素がすべて発電燃料に用いられる訳ではないため、あくまでもポテンシャルとしてのインパクトである点に留意する必要がある。

本プロジェクトの研究成果は、国内のみならず国外でも活用される可能性を有しており、さらなる排出削減への貢献が期待される。

5-2-4. GI 基金事業：「次世代航空機の開発」プロジェクト

航空分野は輸送量当たりの CO₂ 排出量がほかの公共交通機関（バス・鉄道）に比べ大きく、カーボンニュートラルの実現に向けた、航空の脱炭素化への取組は不可欠とされている。航空需要は、新型コロナウイルス感染症の影響で、一時減少したものの、IEA・ICAO 等の予測によれば、今後は順調に需要が回復し、有償トンキロメートル（RTK）、有償旅客キロメートル（RPK）ともに増加し続ける見込みである。航空需要の増加はすなわち CO₂ 排出量の増加につながるため、航空業界では、今後より一層の脱炭素化に係る取組が求められると想定されている。2022 年 10 月に行われた ICAO の第 41 回総会において、国際航空分野で 2050 年までに CO₂ の排出を実質ゼロにする長期目標（LTAG; long-term global aspirational goal）が採択される など、世界的にも航空の脱炭素化の取組が加速している。

国土交通省が策定した航空の脱炭素化推進に係る工程表において、航空分野における CO₂ 削減策として、①機材・装備品等への新技術導入、②管制の高度化による運航方式の改善、③SAF の導入促進、④炭素クレジットが主要施策として挙げられている。航空分野における脱炭素化の要請に基づくグリーン技術へのシフトを、日本の航空産業の競争力を飛躍的に強化する機会として捉え、本 GI 基金事業では、水素航空機のコア技術開発や、次世代航空機に必要とされる航空機主要構造部品

³⁴ <https://hydrogencouncil.com/en/study-hydrogen-scaling-up/>

³⁵ 経済産業省資源エネルギー庁 結果概要 【2024年度】より

https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/ep002/pdf/2024/0-2024.pdf

³⁶ 環境省 電気事業分野における地球温暖化対策の進捗状況の評価結果について（参考資料集）より
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114277.pdf>

の複雑形状・飛躍的軽量化開発に取り組む。また、次世代航空機において適用される可能性の高い、「燃料電池推進システム」、「電力制御及び熱エアマネジメントシステム」に係る研究開発を実施する。なお、本 GI 基金事業については、その全体の目標を、水素航空機の成立に不可欠なコア技術 TRL6 以上、中小型航空機の主翼等の重要構造部材の軽量化及び強度に関する研究について TRL6 以上、液体水素を用いた 4MW 級の燃料電池電動推進 TRL6 以上及び電力制御及び熱・エアマネジメントシステムにおけるコア技術 TRL6 以上として設定している。

なお、航空の脱炭素化推進に係る工程表においては、①機材・装備品等への新技術導入について、足元は機材の軽量化・効率化を進め、並行して水素航空機、電動航空機の実現に向けた研究開発を進める計画となっている。一般に、航空機機材は、約 15～20 年間隔で新機材の開発・導入がなされ、最新の複合材料使用による軽量化、翼の最適な設計、エンジンの性能向上等により、一世代前の機材と比べ、15～20%程度の省エネが見込まれる。また、水素航空機、電動航空機は化石燃料を動力源としないため、運行時に CO₂ を排出しない航空機であり、IEA の Net Zero Roadmap A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach でも、脱炭素化に向けた重要な革新的技術として挙げられている。

表 8：GI 基金事業「次世代航空機の開発」プロジェクトの進捗³⁷及び新規事業の採択状況

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
① 水素航空機向けコア技術開発	TRL1～2	TRL2～3	2030 年度 TRL3～6
水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 更なる NOx 排出量抑制に向け、水素バーナの改良設計実施中。 ・ 部分燃焼器試験に向けた、燃焼器構造検討（ライナ、バーナ、燃料配管、整流構造）を実施。 ・ 地上実証用エンジンでの水素運転試験に向けて準備中※。 ・ 水素用ポンプ、バルブ、熱交換器の試作品による性能確認試験実施中。 ・ 燃焼器試験設備については国内整備を断念し、試験は海外実施とした。（国内では小規模の事前確認試験を実施する。） 		
液体水素燃料貯蔵タンク開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「タンク支持構造振動特性を評価の上、軽量化設計を実施中。溶接手法及び組立手法検討中。模擬タンク 1 次試作を完了し 2 次試作実施中。 ・ 複合材タンクに対する水素透過対策、アウトガス対策検討中。模擬タンク 1 次試作実施済み。2 次試作実施中。 ・ タンク内の温度・圧力制御システム構成品の仕様設定、設計完了。圧力リリーフバルブ試作品の評価試験完了。 ・ 		
水素燃料電池電動推進システムとコア技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海外認証当局、SAE 主催の会合に参加することで、規格策定の最新動向調査を行うと共に、水素航空機の想定規格を更新。 ・ 各系統担当と連携し、燃料供給配管周りの水素漏洩や水素火災に対する安全対策構想案を策定。 ・ 機体仕様ベース案のモデルによる風洞試験を実施し、航続性能要求を満足することを確認。 <p>※JAXA 能代にて地上実証用エンジンでの水素運転試験成功（2024 年 10 月）</p>		

³⁷ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループにおける NEDO 報告、研究開発・社会実装計画等）を基に JCR 作成。

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
② 航空機主要構造部品の複雑形状・飛躍的軽量化開発	TRL1~3	TRL2~5	2025 年度~2030 年度 TRL6
航空機主要複合材構造部品の軽量化・生産高レート化・複雑形状化に関する研究	<ul style="list-style-type: none"> ・ ファスナレス構造での設計歪向上に向けて、各種強度試験用の供試体製造及び試験を継続中。 ・ ファスナレス設計の認証方法確立や国際標準化に向け、CMH-17 との関係構築に大きく前進（タスクグループへの積極参加）。 ・ 主翼スパー小規模要素試験 をサイズアップ（1.2m、2.6m）し 欠陥レス技術実証中。 ・ 主翼スキンパネル自動積層試験を実施し、部品特徴に合わせた自動積層技術の知見を検証中。 ・ 検査効率化のため外観検査の自動化や高速・高効率 NDI の技術開発推進中。 		
熱可塑複合材料による軽量構造の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実大エルロンと同等の 3 次元複曲面要素（スパン方向・コード方向）を有する小型部分供試体複曲面の製造完了。 ・ 実大供試体溶着治具の検討において、中子の分割及び部品形状の緩和等により、中子脱型の目途立て完了。 ・ 小型部分供試体（単曲面）及び（複曲面）において、ボイド、リンクルの発生しやすい箇所を特定。航空機構造部材に適用できる内部品質レベルまで抑えたボイドレス、リンクルレス達成を確認。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
③ 水素燃料電池電動推進システムとコア技術開発	TRL1~4	TRL2~6	2029 年度~2030 年度 TRL2~6
水素燃料電池電動推進システム技術開発	<p>安全性要求、機能/性能要求、耐環境性要求を満足するシステムを立案することで、燃料電池電動推進システムの基本設計(phase1)の インプットとするため、下記を実施。</p> <p>1) システム成立性の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ SAE 等の新規技術ガイドライン、既存の規格等を踏まえ、水素利用を伴う安全性要求を仮定を完了した。 ・ 座席数 40 席以上、航続可能時間 3 時間以上の目標性能を有し、仮定した安全性要求、耐環境性要求を満足するシステムを複数立案し、これを実現するための技術課題が抽出した。 <p>2) シミュレーションにより、上記システム成立性を確認、また、各コンポーネントに対する KPI 目標値の仮設定を完了した。</p> <p>3) 海外の動向調査を踏まえ、機体 OEM において水素航空機の開発計画が進行中であることを確認した。</p> <p>4) Phase0 での検討結果を受け、SG1(Phase1)のクライテリアを具体的に設定した。</p>		
水素燃料電池コア技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大型燃料電池スタックコア部素材の開発のため、再委託先の日本バイリンと共同で、ナノファイバー補強材の仕様検討及び東レの電解質 ポリマーとの複合化プロセスの開発を開始し、表面品位良好なナノファイバー補強膜サンプルの試作に成功。 ・ 航空機用燃料電池スタックの開発・実証において、ナノファイバー不織布を用いた開発補強膜が中温環境下において良好な小型セル X 発電性能を示すことを確認。 ・ 標準大型燃料電池スタックへのコア部素材の実装技術開発・実証において、ナノファイバー不織布を用いた開発補強膜が中温環境下において良好な小型セル Y 発電性能を示すことを確認。 ・ 地上実証に向けて、フルスタック評価実証設備ならびに陸上実証設備の仕様・設置場所の検討を開始。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
④ 電力制御、熱・エアマネジメントシステム及び電動化率向上技術開発	TRL2~3	TRL2~3	2030 年度 TRL6
電力制御及び熱・エアマネジメントシステム技術開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ システム FS 及び最適化ソリューションの研究を推進するため、電力制御及び熱・エアマネジメント統合システムの要件定義及び総合シミュレーション解析の調査を実施。 		

	<ul style="list-style-type: none"> ・ システム地上実証に向けて、フルスケール実証に必要な評価指標、設備計画及びインフラ整備構想を立案、またそのためのベンチマーク調査を実施。 ・ コア技術となる MW 級発電機の耐環境性を考慮した基本設計、及びガス軸受モータを適用した電動ターボ機械の IA GI 事業への展開も考慮した要求設定を実施。 ・ 国際標準化活動として国内協議団体と連携し、SAE E-40 名古屋会議に参加。技術プレゼンにて、部分放電に係る事業説明と劣化予測、測定方法の規格化の必要性を提案。
--	--

日本政府は、本 GI 基金事業の CO₂ 排出削減量として、2050 年に 6.4 億 t-CO₂ を見込んでいる。これは次世代航空機導入による世界の CO₂ 排出削減効果全体である。コロナ禍前 2019 年度の航空機による CO₂ 排出量は 6.2 億 t-CO₂ であり、2019 年時点の航空機による CO₂ 排出量に匹敵する。

この計算の前提として、2050 年度時点のジェット燃料による航空機の CO₂ 排出量を 2019 年レベルの 3 倍超に当たる 20 億 t-CO₂ と見積もっている。このうち、水素を直接燃料とする航空機と水素燃料電池で飛ぶ航空機の割合について、各国の国内線（排出量の 40%）をそれぞれ 1/3 ずつ代替する（合計で 2/3）とした場合、これで約 5.3 億 t-CO₂ の排出削減につながる。

また、GI 基金事業の研究対象である航空機部品の軽量化や電動化は、従来のジェット燃料で飛ぶ飛行機の燃料消費削減に貢献する。計画では、軽量化と電動化でそれぞれ 2%、5% の削減を目指しており、これらが実現した場合は、従来のジェット燃料で飛行する飛行機の CO₂ 排出量を合計で約 1 億 t-CO₂ 削減可能とみられている。

従って、上記 2 つの CO₂ 排出削減効果を合計すると年間約 6.4 億 t - CO₂ の排出削減効果が期待される。

また、IATA 等の航空業界の専門家が集まって結成した航空輸送行動グループが発表した Waypoint2050 においては、ジェット燃料の大半が SAF 等に切り替わることで、その他のカーボンクレジットを組み合わせることで 2050 年のカーボンニュートラルが達成されるという予測を行っている。

JCR では、上記を踏まえて各パラメータと算出式は妥当なものであると評価している。

本 GI 基金事業による技術開発は、2025～2030 年度の目標に向けて着実に進捗しており、将来的な日本のカーボンニュートラルに貢献する環境改善効果の発現が期待される。

5-2-5. GI 基金事業：「次世代船舶の開発」プロジェクト

国際海運全体からの CO₂ 排出量は世界全体の排出量の約 2.1%（2018 年時点）を占めており、世界経済の成長を背景に、海上輸送需要は今後も増大すると予測されていることから、何も対策を講じなければ海上輸送の CO₂ 排出量はさらに増大することとなる。海上輸送におけるカーボンニュートラルの実現には、既存燃料の重油から、水素・アンモニア・カーボンリサイクルメタン等のガス燃料への転換が必須であり、水素・アンモニアを燃料とする船舶用製品の開発および、LNG(カーボンリサイクルメタン等を含む)燃料船のメタンスリップ削減が必要とされている。

本 GI 基金事業の資金使途では、2050 年にゼロエミッション船を本格的に普及させるために、水素燃料船およびアンモニア燃料船の開発（エンジン、燃料タンク、燃料供給システムの開発）及び

実船実証を行う。また、LNG 燃料船の課題のひとつであるメタンスリップ対策を行う。これにより、我が国の造船業・船用工業の国際競争力を強化するとともに、海運業も一体となって社会実装を進めることを目指す。

船舶については、国内を運航する内航海運と2国以上を運行する国際海運の2つに分かれる。内航海運に関しては、運行範囲が日本国内に限られるため、パリ協定に基づいた各国のGHG目標に従い、国際海運については、国際海事機関（IMO）によって合意された目標に従う。なお、国際海運に関するIMOによるGHGの排出目標は下記の通りである。

【国際海運 GHG 排出削減戦略の概要】

2023年7月にIMO第80回海洋環境保護委員会（MEPC80）が英国ロンドンにおいて開催され、GHG排出目標に関してより強化される形で目標が改訂された。

IMOで策定する対策（ルール）による達成を目指して、3つの目標が策定された。

- ① 2050年頃までにGHG排出ゼロ
- ② 2030年までにゼロエミッション燃料等の使用割合を5~10%
- ③ 2030年までに国際海運全体のCO₂排出（輸送量あたり）を40%削減

また、2050年頃までのGHG排出ゼロのために、各年において下記の通り今後の削減目安が示された。

- ① 2030年までにGHG排出量を20~30%削減（2008年比）
- ② 2040年までにGHG排出量を70~80%削減（2008年比）

【内航海運 GHG 排出削減戦略の概要】

また、内航船におけるゼロエミッション船への取組は、国土交通省において「内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会」を2021年に立ち上げて、とりまとめ報告が行われている。その中では、CO₂排出削減目標として、2030年度に2013年度比▲約181万t-CO₂の目標が掲げられ、船舶の船型や省エネ機材の導入、運航時の工夫と共に、燃料転換によるCO₂排出削減が記載されている。また、2025年3月には、新たに内航海運の2040年度温室効果ガス削減目標が掲げられ、モーダルシフトを考慮した場合で2013年度比▲387万t-CO₂、モーダルシフトを考慮しない場合で2013年度比▲425万t-CO₂の削減目標を設定した。

【カーボンニュートラルに向けたグリーン成長戦略における船舶の工程表】

日本政府の目標である「2050年カーボンニュートラル」の目標実現のために、経済産業省は関係省庁と連携し、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（「グリーン成長戦略」）」を策定した。この戦略は、「2050年カーボンニュートラル」への挑戦を、「経済と環境の好循環」につなげるための産業政策である。この中で、船舶産業については、ゼロエミッションの達成に必須となるLNG、水素、アンモニア等のガス燃料開発に係る技術力を獲得するとともに、国際基準の整備を主導し、日本の造船・海運業の国際競争力の強化及び海上輸送のカーボンニュートラルに向けて

取り組むことを目指している。グリーン成長戦略で示された 2050 年までの「工程表」は、主に 3 つの施策（①カーボンフリーな代替燃料への転換、②LNG 燃料船の高効率化、③国際枠組の整備）から成っている。

また、2024 年に示された船舶の分野別投資戦略(ver.2)においては、2050 年のカーボンニュートラルの実現に向けて内外航のゼロエミッション船等の普及を進めるとともに、日本のクリーンエネルギーの安定供給を支える燃料運搬船、洋上風車作業船等の普及を進めることが示されている。その具体的な施策として、ゼロエミッション船等の導入、国内生産基盤の構築、船員の教育訓練環境の整備の推進が示され、GX に向けた先行投資にも、「ゼロエミッション船等の生産基盤の構築に係る投資」及び「ゼロエミッション船等の導入に係る投資」等が対象として挙げられている。

本 GI 基金事業では、次世代船舶の開発を行う。全体の研究開発目標として、水素燃料エンジン、燃料タンク・燃料供給システムを開発し、2030 年までに水素燃料船の実証運航を完了させること（TRL8 以上）、アンモニア燃料エンジン、燃料タンク・燃料供給システムの開発及び船用アンモニア燃料供給体制の構築により、2028 年までのできるだけ早期に商業運航を実現させること（TRL9 以上）、2026 年までに LNG 燃料船のメタンスリップ削減率 60%以上を実現すること（TRL8 以上）が目標として掲げられており、それぞれの目標に向け、各研究開発項目において目標となる研究内容及び TRL が設定されている。

表 9：GI 基金事業「次世代船舶の開発」プロジェクトの進捗³⁸及び新規事業の採択状況

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
① 水素燃料船の開発	TRL1～3	TRL1～4	2026 年度～2030 年度 TRL5～8
船用水素エンジン及び MHFS の開発	<ul style="list-style-type: none"> 水素燃料エンジン陸上実証試験：3 社共通の水素供給設備工事が完了し、2025 年 2 月に実液試運転を実施。 川崎重工業：2025 年 6 月より KHI 製エンジン 1 号機（8L30KG-HDF）の水素燃焼試験開始。負荷率 50%にて混焼率 95%以上達成。2 号機（12V30KG-HDF）は実船実証用として仕様変更済み。出力や EGR 方式などが変更され、2027 年 3 月の出荷を目指して開発中。実船実証：船型変更の影響により、実証は 2030 年度に延期。 ヤンマーパワーテクノロジー：中速単筒機での 95%水素混焼（BMEP 1.5MPa）および高速単筒機での水素専焼実証を完了。出力 800kW の中速混焼エンジン（6EY22ALDF-H）の水素燃焼試験を 7 月中旬から開始。 ジャパンエンジンコーポレーション：水素燃料単体噴射装置の製造と耐久試験（100 万回→1000 万回）を完了。水素脆化の影響なし。信頼性確認済み。実機エンジンの製造着手。工場内の水素運転設備の設置完了。2025 年 4 月、商船三井・尾道造船との間で、水素燃料エンジン搭載船（6UEC35LSGH 型）の建造契約を締結。2027 年度末に海上試運転を目指す。実証期間は約 2.5～3 年間。水素運転と重油運転を組み合わせ検証予定。 小型 MHFS：40ft コンテナサイズに収まるユニットの詳細設計・生産設計もほぼ完了し、2026 年夏頃の完成を目指して製造中。陸上実証は 2026 年度、実船実証は 2028 年度以降に予定。 大型 MHFS：詳細設計と生産設計を進行中。2025 年 9 月に製造開始、2027 年 2 月完成予定。造船所での施工簡易化を目的に、機器ユニットのモジュール設計を推進中。 		

³⁸ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループにおける NEDO 報告、研究開発・社会実装計画等）を基に JCR 作成。

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
② アンモニア燃料船の開発	TRL1~3	TRL1~6	2028 年度～2030 年度 TRL3～10
アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の開発	<ul style="list-style-type: none"> 日本郵船：世界初の商用アンモニア燃料船（アンモニア燃料タグボート）が 2024 年 8 月に竣工、同年 11 月に実証航海完了。90%以上の GHG 削減を達成。AFMGC（アンモニア燃料アンモニア輸送船）は 2026 年 11 月竣工予定。2025 年 2 月に YARA 社と備船契約を締結済。 IHI 原動機：アンモニア燃料タグボート搭載用主機関（28ADF）の開発完了。国際燃焼機関会議 CIMAC2025 にて President Award 受賞。AFMGC 搭載用補機関（25ADF）は 2025 年 3 月より発電機性能評価試験を開始し、単機運転で目標性能を達成。現在は 2 台並列運転での評価を進行中。 ジャパンエンジンコーポレーション：AFMGC 搭載用主機の陸上運転実施中。アンモニア混焼率 95%達成済。N2O および未燃アンモニアは低レベル。2025 年 10 月の出荷に向け各種パラメータを最適化中。実船用アンモニア供給装置の製造中。 日本シッパード：2025 年 4 月より AFMGC の建造開始。2026 年竣工後、実船実証を実施予定。実船試験に向け関係機関・自治体との協議開始。 		
アンモニア燃料船開発と社会実装の一体型プロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 日本クリーンアンモニア SHIPPING：Evellence（旧 MAN）エンジンの開発（助成対象外）が 1 年以上遅れたため、2024 年度末に予定していたステージゲートは 2025 年末に変更。造船契約の遅れにより、2028 年度末の実船実証完了困難。ただし、船用燃料アンモニアサプライチェーンの整備（アンモニアバンカリング船の建造（助成対象外））については予定通り進捗中。 三井 E&S：燃料タンクの詳細設計（冷却ノズル、水噴霧装置、支持構造など）を継続中。主機関と燃料供給装置の結合試験（陸上カップリング試験）を実施中。高圧ポンプユニットで部品損傷（軸受・インペラ）対策としてメーカーでの再評価を実施。除害装置の性能試験では、アンモニア濃度が IMO 基準（110ppm）を大きく下回る 25ppm 以下を維持。主機関運転後の触媒健全性を確認（ASC・脱硝触媒ともに良好）。排ガス中のアンモニアスリップは IMO 基準内に収まる見込み。 NSY：IMO ガイドライン（2024 年 9 月 CCC10）により、アンモニア燃料タンクの貯蔵要領が明確化されたため、設計再検討が必要。船体構造・安全性・プロセス制御の面で詳細な検討を進めており、設計・試験・シミュレーションの連携が強化。 		
アンモニア燃料船搭載の N2O リアクタ開発	<ul style="list-style-type: none"> カナデビア：試験用リアクタの納品・触媒充填・据付工事が完了。陸上試験用ロジックの作成も完了し、船用ロジックの作成中。HAZID（安全性評価）も完了済。陸上試験は 2025 年 7 月よりジャパンエンジンコーポレーション本社工場で実施。 日本郵船：リスクアセスメントに基づく制御方法確定 		
アンモニア燃料船サプライチェーン構築における周辺機器開発	<ul style="list-style-type: none"> 伊藤忠商事：パイロット案件での建造に向け、海上公試で使用するアンモニア（500 トン/隻）供給手段を検討中。5,000m³型の冷凍アンモニアバンカリング船を佐々木造船と共同開発中。経済産業省の「グローバルサウス未来志向型共創等事業 費補助金」を利用。シンガポールを起点に、グローバルサウス諸国や他の海上交通要所への横展開を計画。 富士電機：高感度アンモニアガス計測センサは、計測レンジ：0～5ppm、検知時間：4 秒以内を達成。実験では 36ppb の検出精度を達成し、ppb レベルでの検知が可能。微量漏洩検知センサは、赤外線カメラと音波センサを組み合わせ、25ppm 以上の漏洩を迅速に検知可能。他社技術と比較して、検知距離・精度・反応時間で優位性あり。アンモニア回収・再液化装置は、スプレー塔方式により、従来の充填塔よりも高い吸収性能（HOG 値が低い）を実証 		

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
③ LNG 燃料船のメタンスリップ対策	TRL3	TRL3	2026 年度 TRL7~8
触媒とエンジン改良による LNG 燃料船からのメタンスリップ削減技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ カナデビア：2023 年度の陸上試験と同仕様の触媒・吸着材の製造を完了し、本船への組込工事も完了済。2025 年 1 月より 実船実証試験開始。実船にて 92%以上のメタン酸化率を達成。陸上試験と同等の削減率を確認済。 ・ ヤンマーパワーテクノロジー：エンジン改良+触媒により、メタンスリップ 94~99%削減。GHG 排出量を最大 65%削減。 ・ 商船三井：実船「REIMEI」での実証試験開始。実証試験は 2027 年までの約 1.5 年間を計画。半年ごとに触媒・吸着剤のサンプルを回収し、性能劣化の有無を評価。実証終了後、全ブロックを回収・分析し、寿命推定を実施予定。 		

日本政府は、本 GI 基金事業の CO₂ 排出削減量として、2030 年に 33 万 t-CO₂、2050 年に 5.6 億 t-CO₂ を見込んでいる。2050 年の数値は国際海事機関（IMO）において合意されている国際海運からの GHG 排出削減目標について、2050 年の目標達成シナリオとして次世代燃料等による削減量が示されている。

2030 年の数値については、同年に運航を開始しているゼロエミッション船の隻数を 10 隻と仮定し、1 隻あたりの CO₂ 排出量を 3.3 万トン/年として試算したものである。この CO₂ 排出量は、国際海事機関（IMO）の燃料油消費実績報告制度に基づく 2019 年の集計値（対象船舶は総トン数 5,000 トン以上の外航船）から算出しており、JCR では当該 CO₂ 排出量の過程について妥当と判断している。

また、2050 年の数値については、国際海事機関（IMO）において合意されている国際海運からの GHG 排出削減目標について、2050 年の目標達成シナリオとして掲げられている次世代燃料等による削減量を用いている。

この削減量を単純に 2022 年の船舶建造量の国別シェアで按分すると、日本のゼロエミッション船による CO₂ 排出削減貢献量は約 1 億 t-CO₂ と考えられる。

JCR では、上記を踏まえて各パラメータと算出式は妥当なものであると評価している。

本 GI 基金事業による技術開発は、2026~2030 年度の目標に向けて着実に進捗しており、将来的な日本のカーボンニュートラルに貢献する環境改善効果の発現が期待される。

5-2-6. GI 基金事業：「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクト

日本国内における鉄鋼業の CO₂ 排出量は 131 百万 t-CO₂ (2023 年度) であり、産業部門の約 38.7%（日本全体の約 13%）を占めている³⁹。世界全体の鉄鋼業の CO₂ 排出量は 2,761 百万 t-CO₂ (2023 年度⁴⁰) であり、CO₂ 排出総量を一層削減する必要がある業界である。本 GI 基金事業は、高炉を用いた水素還元技術（高炉水素還元技術）、及び、水素で低品位の鉄鉱石を直接還元する技術（直接水素還元技術）の開発が支援の対象となっている。本プロジェクトは全体が概ね計画通り進捗（一部前

³⁹ 環境省 日本の温室効果ガス排出量データ（2023 年度）（<https://www.env.go.jp/content/000310279.pdf>）より。日本のエネルギー起源 CO₂ 排出量に対する鉄鋼業の排出量（電気・熱配分後）の割合。

⁴⁰ IEA "World Energy Outlook 2025"（<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025>）より。

倒し) しており、経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会エネルギー構造転換分野ワーキンググループにおいて、

表 10 の通り進捗が報告されている。

表 10：GI 基金事業「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトの進捗⁴¹

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
1. 高炉を用いた水素還元技術の開発	TRL4	TRL4	2030 年度 TRL6~7
①所内水素を活用した水素還元技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 日本製鉄(株)東日本製鉄所君津地区の第 2 高炉を用いて製鉄所内発生 COG をベースとした水素系ガス吹込み技術の実証試験に向けた設備設置工事中。2026 年度中に試験開始予定。 		
②外部水素や高炉排ガスに含まれる CO ₂ を活用した低炭素化技術等の開発	<ul style="list-style-type: none"> 2023/11、2024/11 の SC50 試験高炉への高温水素吹込み試験により、世界で初めて CO₂ 削減量 33%、43%を確認。 高炉数学モデルを用いて実証試験高炉における CO₂ 排出量削減率 40%の達成が可能な操業諸元を前倒し設計済。 2025/4 試験操業開始に向けて、150m³ 規模の CR 試験高炉を建設中。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
2. 水素で低品位の鉄鉱石を直接還元する技術（直接水素還元技術）	TRL3~4	TRL4	2030 年度 TRL6~7
① 直接水素還元技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 日本製鉄波崎研究センターに設置の小型試験シャフト炉（1t/h）の建設が完了し、試運転中。 JFE スチール東日本製鉄所蘇我地区に設置の連続ベンチ実験炉（15kg/h）の建設が完了し、直接還元試験実施中 		
②直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <日本製鉄> 熱・流動、耐火物冷却、脱りんおよび低窒素化の評価・検討を目的とした 10t 規模小型試験電気炉設備を 2024/12 より運転開始。 <JFE スチール> 還元鉄予熱・炉内熱付与技術開発を目的とした 10t 規模小型試験電気炉設備を 2024/12 より運転開始。 <神戸製鋼所> 20t 電気炉を用いて通常スクラップと還元鉄の着熱効率の比較を行った結果、還元鉄は高温の電極近傍に連続投入することで溶解性が改善する事を確認。 		
③直接還元鉄を活用した電気溶融炉による高効率溶解等技術開発	<ul style="list-style-type: none"> これまでの取組の結果に基づき、従来計画の中規模試験から小規模試験を中心に実施内容を変更。 		

日本政府は、2030 年までに想定される環境改善効果として、研究開発項目 1-①所内水素を活用した水素還元技術（COURSE50）の開発による CO₂ 排出削減量：年間約 200 万 t-CO₂⁴²を示している。これは、国内高炉の一般的な粗鋼生産量（400 万 t）と、従来高炉の粗鋼 1t 当たりの CO₂ 排出原単位、研究開発目標、及び 2030 年までの COURSE50 高炉導入予定数（1 基）を基に算出しており、各パラメータと算定式は妥当なものであると JCR は評価している。2030 年以降、日本に存在する高炉（20 基⁴³）で本技術が導入されることで、さらなる GHG 排出削減効果が発現することが期待される。また、研究開発項目 1-②及び研究開発項目 2 は 2030 年以降に実用化が想定されているものである。経済産業省の鉄鋼分野における技術ロードマップにおいても、2030 年代から 2040 年代にかけてこれらの技術が実用化されることによって 2050 年までにカーボンニュートラルを達成する道筋が示されている。

⁴¹ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会エネルギー構造転換分野ワーキンググループにおける NEDO 報告、研究開発・社会実装計画等）を基に JCR 作成。

⁴² 当該数値は従来高炉で 1 年間稼働した場合と COURSE50 高炉に転換して 1 年間稼働した場合を比較した数値であり、COURSE50 高炉導入後、毎年 200 万 t-CO₂ ずつ削減されていくわけではないことに注意されたい。

⁴³ 2024 年 11 月時点。日本製鉄、JFE ホールディングス、神戸製鋼所の開示資料より。

日本政府は、IEAの鉄鋼ロードマップを引用の上、2050年時点の本債券のインパクトとして、これらの技術が世界的に普及した場合のCO₂削減効果：13億t-CO₂/年を示している。使用しているパラメータはIEA Sustainable Development Scenarioにおいて求められる鉄鋼セクターの削減率であり、本プロジェクトの成果がこのすべてに貢献するものではない点に留意を要する。一方で、2019年時点の日本の鉄鋼業におけるCO₂排出量（約1.5億t）が2050年にカーボンニュートラルを達成した場合、同年の世界鉄鋼業排出量（26億t）の約5.8%に相当する削減効果となる。本プロジェクトの研究成果は、国内のみならず国外でも活用される可能性を有しており、さらなる排出削減への貢献が期待される。

5-2-7. GI 基金事業：「製造分野における熱プロセスの脱炭素化」プロジェクト

国内の工業炉⁴⁴3.7万基から排出されるCO₂排出量は1.5億tと産業部門の4割を超える状況となっており、工業炉の脱炭素化が早急に求められている。しかし、素形材産業の多くは中小企業であり、自社のみで脱炭素化に向けた取り組みを進める難易度が高い。本GI基金事業は、金属製品を取り扱うアンモニア・水素燃焼工業炉の技術、及び、電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の開発が支援の対象となっている。工業炉は、製品によって燃焼方法や制御技術を最適化したオーダーメイド設計のため、多種多様な形状の炉・使用方法に対応した脱炭素技術を確立する必要があり、日本政府が包括的に後押しする本GI基金事業の意義は大きい。

2024年10月の経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループ開催時点において、本プロジェクトは概ね計画通り進捗しており、想定されるインパクトは研究開発・社会実装計画で想定されていた内容から変更はない。技術確立を目指す工業炉はアンモニア工業炉、水素工業炉、電気炉と複数種あるが、金属製品の品質影響とそのメカニズム解明、シミュレーション・デジタルツイン技術など、共通する課題については、相互に連携して取り組むべきという判断の下、2026年度まではいずれの工業炉にも適用できる共通基盤技術の開発を行い、その後、2031年度の各工業炉の技術確立に向けて、基盤技術のブラッシュアップと並行しながら、各工業炉に特化した取り組みを進める計画である。

表 11：GI 基金事業「製造分野における熱プロセスの脱炭素化」プロジェクトの進捗⁴⁵

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
1. カーボンニュートラル対応工業炉に関する共通基盤技術の開発	TRL2~3 (一部事業はTRL1,4,5)	TRL3~4	2026年度TRL3~4 (一部事業は5~6)*
1-A 共通基盤技術の開発	ベンチスケール炉を改修し、低NO _x 、低未燃NH ₃ 、低N ₂ Oメカニズム解明のための系統的な実験を開始。 被加熱物の影響の解明に必要な試験・分析装置を導入し、加熱試験した金属片の観察を通し火炎試験と材料分析が連携できることを確認。 詳細化学反応メカニズムの調査について、候補となるメカニズムを探索し選定。今後燃焼モデルの検討を行う。		
1-B アンモニア燃焼工業炉の技術確立	鉄鋼加熱炉はリジネバーナ1ペアのアンモニア燃焼試験を計画中。鉄鋼鍛造炉では急速昇温と温度均一性を両立すべく、アンモニア混焼/専焼下の被加熱物・耐火物サンプルを調査中。アルミ溶解炉では試験設備を建設中。		
1-C 水素燃焼工業炉の技術確立	鉄鋼プロセス炉はラボ試験用バーナーでの試験を立案、今後燃焼試験を実施。熱処理炉では各種シミュレーションを実施中。		

⁴⁴ 鉄鋼、自動車、電気、電子等の産業分野で、溶解、製錬、熱処理、乾燥、脱臭等の加熱工程で使われる「炉」設備の総称。製鉄プロセスに用いられる高炉・転炉・電炉は含まない。以下同じ。

⁴⁵ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会産業構造転換分野ワーキンググループにおけるNEDO報告、研究開発・社会実装計画等）を基にJCR作成。

1-D 電気炉の受電設備容量等の低減・高効率化に関する技術の確立	ハイブリッド炉では前段にあたる誘導加熱(急速加熱)の予備加熱実験を実施。鉄鋼プロセス炉向けではコイル形状を検討するための予備実験モデルを導入。高温プロセス炉では誘導加熱式アチソン炉の小型テスト機を製作。
1-E 工業炉ユーザの脱炭素化に向けた実態調査研究	アンケート回収率アップおよび専門家による結果の精査のため、主要な関連工業会・協会（工業炉協会、金属熱処理工業 会ほか）の協力をとりつけた。今後アンケートを送付し、2024 年内にアンケート結果の中間まとめを予定。

*共通基盤技術開発後、フェーズ 2 に移行（目標：2031 年度 TRL6 以上）

日本政府は、本 GI 基金事業の CO₂ 排出削減量として、2032 年度～2040 年度までは毎年約 260 万 t-CO₂（2040 年時点で約 0.2 億 t-CO₂/年）、2041～2050 年度までは毎年約 520 万 t-CO₂（2050 年時点で約 0.8 億 t-CO₂/年）と見込んでいる。これは、2032 年度以降にアンモニア・水素の燃焼炉、電気炉が普及する前提であり、従来工業炉の 1 基当たりの CO₂ 排出量、研究開発目標（CO₂ 排出削減率：2040 年度までは従来工業炉対比 50%、2041 年度以降は同対比 100%）、及び低・脱炭素工業炉の導入予定数（毎年約 1,300 基）を基に算出している。JCR は、各パラメータと算出式は妥当なものであると評価している。この CO₂ 排出削減量は、日本の産業部門における CO₂ 排出量：289 百万 t（2030 年度＝低・脱炭素工業炉の導入前）と比較すると、2040 年度時点で 8%、2050 年度時点で 26%に相当する。

以上より、本 GI 基金事業による技術開発は、2031 年度の目標に向けて着実に進捗しており、将来的な日本のカーボンニュートラルに貢献する環境改善効果の発現が期待される。

5-2-8. GI 基金事業：「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」プロジェクト

水素は直接的に電力分野の脱炭素化に貢献するだけでなく、余剰電力等を水素に変換して貯蔵・利用することで、再生可能エネルギー等のゼロエミッション電源のポテンシャルを最大限活用することを可能とする。このためカーボンニュートラル達成に必要な二次エネルギーとして期待されているほか、電化による脱炭素化が困難な産業分野（原料利用、熱需要）等の脱炭素化にも貢献する。

水素の社会実装を促すためには、供給設備の大型化等を通じた供給コストの削減と両輪で、大規模な水素需要の創出を同時に行う必要がある。しかしながら、水素の黎明期においては、長期の水素需要量が不確実であるため、民間事業者が大規模なインフラ投資に踏み出しにくいという問題があり、この不確実性を下げるためにも既存のインフラを最大限活用し、供給量の増大と水素需要の創出を行うことを可能とする社会実装モデル構築が必要である。

この社会実装モデルの実現に向けて、本 GI 基金事業は、国内での水素製造基盤の確立及び海外市場の獲得に向け、商用化に近い技術水準にあるアルカリ型水電解装置の設備コスト 5.2 万円/kW、固体高分子（PEM）型水電解装置の設備コスト 6.5 万円/kW を見通せる技術の実現、固体酸化物形電解セル（SOEC）の設備コストを 6.8 万円/kW よりも下げることを見通せる技術の実現を目指す。本プロジェクトは全体が概ね計画通り進捗（一部追加予定）しており、経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会エネルギー構造転換分野ワーキンググループにおいて、

表 12 の通り進捗が報告されている。

表 12：GI 基金事業「再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造」プロジェクトの進捗⁴⁶

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
1. 水電解装置の大型化技術等の開発、Power-to-X 大規模実証	TRL5	下記参照	2030 年度 TRL8 以上
⑥ 大規模アルカリ型水電解装置の開発、グリーンケミカル実証	<ul style="list-style-type: none"> ・ グリーンケミカル実証：Phase1(浪江アンモニアプラント)では一部機器で納入遅延、Phase2 では海外実証地の見直しとなったが、海外実証地の見直し等があったが、運転計画等の精査を行うことで、事業期間内に必要な実証は完了できる見込み。 ・ パイロット試験設備：2024 年 3 月完工以降、順調に稼働し、要素技術開発（マルチモジュール制御、部材開発）が進展。 		
⑦ 大規模 PEM 型水電解装置の開発、熱需要の脱炭素化実証	<ul style="list-style-type: none"> ・ 長納期機器の影響により事業終了を 2026 年 3 月から 12 月に延長。要素技術開発は概ね順調に推移し、2025 年 4 月のステージゲート審査を通過。 ・ 2025 年 10 月、本事業で開発した機器（水電解装置および水素ボイラー）を、サントリーの天然水工場における天然水滅菌過程に利用する実証を開始した。 		
⑧ 大規模 SOEC 型水電解装置の開発 ⁴⁷	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2032 年までに SOEC の設備コストを 6.8 万円/kW よりも下げることを見通せる技術の実現に向けた追加公募を 2025 年 12 月まで実施。2026 年 2 月に採択先が決定予定。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
2. 水電解装置の性能評価技術の確立	—	—	—
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水電解装置の性能評価に必要な 3 種の装置群を 2024 年度までに導入完了。評価手法については有識者委員会で議論しながら検討中。また、ISO/TC197(水素分野)など国際規格を審議する会議に参加する国内体制を構築し、情報収集とともにプレゼンスを確保。 		

日本政府は、水電解装置の普及によって期待される世界の CO₂ 削減効果のポテンシャルを、2030 年時点で約 0.4 億トン/年、2050 年時点で約 15.2 億トン/年と推計している。これは、水電解で製造された水素を輸入天然ガスの熱需要の代替に用いると仮定して推計している。水電解装置の導入容量については、2030 年は主要国・地域（EU、チリ、英国）の導入目標の合算値を、2050 年は IEA 「Energy Technology Perspectives 2020⁴⁸」の Faster Innovation Case における 2050 年時点の水電解装置容量（約 2,600GW）を基に設定している。設備の稼働率にはドイツの国家水素戦略を参照の上、30%と設定している。ポテンシャルでの推計のため、すべてが本プロジェクトによる効果ではないことに留意する必要があるが、輸入天然ガスは石油や石炭など他の化石燃料よりも CO₂ 排出量が低く、最も保守的な数字として算出する観点から採用するなど、各パラメータと算定式は妥当なものであると JCR は評価している。

本プロジェクトの研究成果は、国内のみならず国外でも活用される可能性を有しており、さらなる排出削減への貢献が期待される。

⁴⁶ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会エネルギー構造転換分野ワーキンググループにおける NEDO 報告、研究開発・社会実装計画等）を基に JCR 作成。

⁴⁷ 追加公募実施中のため、本研究開発項目名は JCR が暫定的に設定し記載。

⁴⁸ IEA Energy Technology Perspectives 2020
https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea/Energy_Technology_Perspectives_2020_PDF.pdf

5-2-9. GI 基金事業：「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクト

日本の温室効果ガス排出のうち廃棄物分野からは約 4 千万トン（3.4%）が排出され、エネルギー分野、工業プロセス及び製品の使用に次ぐ第 3 の分野となっている。日本の廃棄物分野の GHG 排出のうち、廃棄物の焼却等（単純焼却及び熱回収・原燃料利用）に伴うものが約 8 割を占めている。日本は国土が狭く、最終処分場（埋立地）の 残余容量確保のためには減量化が必要であるほか、有機性廃棄物をそのまま埋立処分すると、生物分解により地球温暖化係数が二酸化炭素（CO₂）の 25 倍にもなるメタンが発生するとされている。加えて、感染性、その他有害性のある廃棄物等の熱処理が必要となるものも存在し、本分野からの排出量はゼロにすることは現在利用可能な技術ではできない。

本 GI 基金事業では、CO₂ やメタン等の大気放出を最小化し、廃棄物中の炭素を安定的・効率的に回収して温室効果ガス排出実質ゼロを目指すとともに、バイオマス由来炭素を資源として産業に循環・供給する「カーボンニュートラル（CN）型炭素循環システム」実現のための開発・実証が対象となっている。本プロジェクトは全体が概ね計画通り進捗しており、経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループにおいて、表 13 の通り進捗が報告されている。

表 13：GI 基金事業「廃棄物・資源循環分野におけるカーボンニュートラル実現」プロジェクトの進捗⁴⁹

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
1. CO ₂ 分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発	TRL4	TRL4～6	2027～2030 年度 TRL6～7
1-1 CO ₂ 分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発／化学吸収法をベースとした CN 型廃棄物焼却施設 (2025 年 9 月事業終了、11 月後継事業の追加が承認)	<p>①廃棄物処理排ガス適用プロセス開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 清掃工場にて排ガス分析を実施し、排ガス中の微量成分を特定。 自社研究所で模擬廃棄物排ガスによる CO₂ 吸収液のラボ加速試験を実施し、吸収液性能への影響を評価中。 清掃工場で、実廃棄物排ガスによる CO₂ 吸収液のラボ暴露試験を実施し、吸収液性能への影響を評価中。 清掃工場に可搬式ベンチ試験装置を設置、CO₂ 回収試験を実施。排ガス流量／CO₂ 濃度を模擬的に変動させた条件下での試験を実施。開発した排ガス変動追従型制御の効果を確認し、熱原単位を変えことなく CO₂ 回収率 90%達成できる見込み。 <p>②熱利用最適システム開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 廃棄物処理回収熱を利用した吸収液再生システムの机上検討にて、熱原単位削減効果を確認。 自社にて可搬式ラボ試験装置を製作、自社研究所及び清掃工場での CO₂ 回収試験を実施し、エネルギー効率を評価中。 		
1-2 CO ₂ 分離回収を前提とした廃棄物焼却処理技術の開発／酸素富化（燃焼）をベースとした CN 型廃棄物焼却施設	<p><u>CO₂ 回収率向上</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 小規模実証機の建設に向け、プロセス検討（フローシート、物質収支、機器仕様）、主要機器の選定と発注、法令等に基づく申請等、土工工事の検討等を実施。 CO₂ 分離回収ラボ試験を実施し、CO₂ 回収率 90%以上、CO₂ 濃度 95%以上の性能が出ることを確認。 高 CO₂ 条件下において、燃焼反応特性や CO₂ 回収量等のシミュレーション、ラボでの燃焼試験、灰及び排ガスによる腐食試験等を実施。 <p><u>LCC 評価</u></p> <ul style="list-style-type: none"> LCC 評価の基礎データ収集に向けて、分析機器を選定、発注済み。 		

⁴⁹ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループにおける NEDO 報告、研究開発・社会実装計画等）を基に JCR 作成。

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
2. 高効率熱分解処理施設の大規模実証	TRL4	TRL4	2027～2030 年度 TRL6～7
ガス化改質と微生物を用いたエタノール製造による廃棄物ケミカルリサイクル技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解処理施設の要素技術について、シミュレーション、予備的な試験等も行いつつ、小型実証設備の詳細設計を行い、機器発注を実施。 小型実証設備について、2024 年 11 月から基礎工事を実施し、2025 年 4 月からプラント工事を開始。 法令等に基づく申請等の手続き、試験用のごみ確保に関する自治体との調整、小型実証設備を用いた試験計画の策定を実施。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
3. 高効率なバイオメタン等転換技術の開発	TRL4	TRL4～6	2027～2030 年度 TRL6～7
バイオメタネーション技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> バイオメタネーション反応の促進方法の検討 高負荷条件で、低温(55℃)・低圧(0.55MPaG)の連続試験を完了 連続試験についてバイオメタネーション反応のシミュレーション完了 気泡塔反応シミュレーションに使用する微生物反応パラメータの取得完了 リアクタの方式・形状の最適化 気泡塔のガスホールドアップ、kLa の測定方法の確立 水素溶解促進方法として、→散気板の試験完了→攪拌機付き気泡塔の製作完了 気泡塔反応シミュレーションの検討 気泡塔シミュレーションプログラムの作成完了 文献値・試験データを用いてシミュレーションプログラムを検証中 バイオガス性状の把握 メタン発酵施設(パイロット試験を実施予定)でのバイオガス性状分析を実施(1 回目) 		

日本政府は、本 GI 基金事業のインパクトとして、CN 型炭素循環プラントの導入による世界の CO₂ 排出削減効果として示しており、2030 年時点で約 1050 万 t-CO₂/年、2050 年時点で約 12.4 億 t-CO₂/年としている。いずれの時点のインパクトにおいても、CN 型炭素循環プラントの導入に伴う埋立量の減少によるメタン排出量の削減に加え、CN 型炭素循環プラントによって製造されるバイオメタンが化石燃料の代替することによる削減量と、プラントに設置される CCUS による CO₂ 回収に伴う削減量が積み上げられたものとなっている。埋立量の減少分は焼却またはメタン発酵に回ることが想定され、焼却分のうち化石燃料由来のプラスチック類から出る CO₂ については、メタン削減効果から除外される形となっている。

本 GI 基金事業による技術開発は、2030 年の目標に向けて着実に進捗しており、将来的な日本のカーボンニュートラルに貢献する環境改善効果の発現が期待される。また、日本政府の示すインパクトは、本研究開発によって実用化される技術によって回避されるメタン排出量及び CO₂ 排出量と生成されるバイオメタンの活用による削減貢献の概算値を示すものであり、各パラメータと算定式は妥当なものであると JCR は評価している。

5-2-10. GI 基金事業：「CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクト

日本政府は、カーボンリサイクルは CO₂ を資源として有効活用する技術で、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーであるとしている。日本の部門別 CO₂ 排出量の内、産業部門・工業プロセスが占める割合は全体の 34.3% (2023 年) で、化学産業は産業部門・工業プロセスの内 15.4% の年間 5,230 万 t-CO₂ を排出している⁵⁰。プラスチック原料のほとんどは石油精製で得られるナフサ(粗製ガソリン) 由来であり、化学産業から排出される CO₂ の約半分がナフサを分解

⁵⁰ 国立環境研究所、日本の温室効果ガス排出量データ (2023 年度確報値) より

してエチレン、プロピレン等の基礎化学品を製造する過程等に起因している。また、廃プラスチックの約 84%がリサイクルされているが、この内約 57%がゴミ焼却発電等の熱源として利用（サーマルリサイクル）され、最終的には CO₂ として排出されている。

本 GI 基金事業は、プラスチック原料製造に関する 4 つのカーボンリサイクル技術（熱源のカーボンフリー化によるナフサ分解炉の高度化技術、廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術、CO₂ からの機能性化学品製造技術、アルコール類からの化学品製造技術）の開発に対する支援である。本事業は 2030 年までに、廃プラスチックや廃ゴム等からエチレンやプロピレン、ブタジエン等の基礎化学品を収率 60～80%で製造し、製造時に排出される CO₂ をそれぞれ 0.8、1.2kg-CO₂/kg-オレフィン以下にする技術を確認する⁵¹とともに、数千～数万トン／年スケールの実証で、現行ケミカルリサイクルプラスチックと比べて製造コスト 2 割減を目指している。また、2032 年までに、廃タイヤよりリサイクルされる C B をバージン材と同等の品質で製造し、リサイクル品製造時に排出される CO₂ を 1 kg-CO₂/kg-C B 以下にする技術を実現する⁵²とともに、数千～1 万トン／年スケールの実証で、バージン材と同程度にタイヤ製造へ活用することを目指している。

2024 年 6 月の経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会エネルギー構造転換分野ワーキンググループ開催時点において、基盤技術開発については当初計画どおり進捗しているものの、後半の実証試験に向けては設備費高騰や工期長期化等の影響により、一部テーマについては計画の見直しを進めているところであることが報告されている。各プロジェクトの進捗状況は表 14 の通りである。

表 14：GI 基金事業「CO₂等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトの進捗⁵³及び新規事業の採択状況

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
1. ナフサ分解炉の高度化技術の開発	TRL4	下記参照	2030 年代中頃 TRL7
アンモニア燃料のナフサ分解炉実用化	<p>テーマ①ナフサ分解炉に適用可能なアンモニアバーナの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 壁バーナにて、アンモニア混焼率 100%を確認、目標 NO_x 値達成。 床バーナでは、アンモニア高混焼率下における火炎の安定化対策を継続検討中。目標 NO_x 値達成に目処。 <p>テーマ②アンモニアバーナに対応したナフサ分解炉（試験サイズ）の基本設計</p> <ul style="list-style-type: none"> 開発途中の壁バーナ性能情報、および作成したマテリアルバランス・プロセスフローダイアグラムを基に、試験炉の基本設計・外形図の作成を実施・完了。脱硝設備のサイズ等の検討を実施中。 <p>テーマ③アンモニアバーナに対応したナフサ分解炉（試験サイズ）の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 研究開発テーマ②にて実施したアンモニアバーナを用いた試験炉の基本設計情報を基に、試験炉の詳細設計（各種強度計算、詳細図面作成）を開始。また、作成した図面を基に、調達作業も並行して開始。 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> グリーンブルーアンモニアの調達が必須であるため、その調達に向けた調査及びインフラの検討を継続実施。 		

⁵¹ エチレン、プロピレンは 1.6kg-CO₂/kg-オレフィン、ブタジエンは 2.1kg-CO₂/kg-オレフィンの CO₂ をナフサ分解法で製造時にそれぞれ排出しているが、廃プラスチックや廃ゴム等からの製造時に従来の半分程度まで CO₂ 排出量を削減することを目指している。

⁵² 化石由来の原料油を使用した場合、C B 製造時に 2.06kg-CO₂/kg-C B13 の CO₂ を排出しているが、廃タイヤからのバージン材同等の C B 製造時に従来の半分程度まで CO₂ 排出量を削減することを目指している。

⁵³ 経済産業省へのヒアリング、公表資料（経済産業省産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会エネルギー構造転換分野ワーキンググループにおける NEDO 報告、研究開発・社会実装計画等）を基に JCR 作成。

研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
2-①. 廃プラ・廃ゴムからの化学品製造技術の開発	TRL4	下記参照	2030 年代中頃～2040 年 TRL6
使用済タイヤ廃ゴム からの 化学品製造技術の開発	<p>テーマ①使用済タイヤの精密熱分解によるケミカルリサイクル</p> <ul style="list-style-type: none"> ベンチ機での熱分解油化検討におけるオイル ガス比率 および熱分解油の石化原料化検討における 触媒寿命にて KPI 達成。組成分析結果によるシミュレーションにて、 化成品収率の KPI を達成。 LCCO₂ 評価計算モデルによる CO₂ 削減効果を試算し、通常の焼却処理に対する本技術の優位性を確認。 パイロット機の設計を開始。 <p>テーマ②使用済タイヤの低温分解・解重合による高収率ケミカルリサイクル</p> <ul style="list-style-type: none"> ラボ評価において、複数種の使用済タイヤモデルゴムの低温分解でのイソプレン骨格保持率および解重合後のモノマー収率にて、2023 年度 KPI および 2024 年度目標達成。 ベンチ機設計および LCA 評価に向けて、各反応系の特徴および課題を抽出中。 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> LCCO₂ 算定方法を 4 社（ブリヂストン・ENEOS・日本ゼオン・横浜ゴム）間で検討継続中。 		
炭素資源循環型の合成ゴム基 幹化学品製造技術の開発	<p>テーマ①エタノールからの高効率ブタジエン合成</p> <ul style="list-style-type: none"> 触媒の活性向上と長寿命化の両立を図り、触媒金属組成、担体および調製条件を検討中。世界トップレベルの触媒活性を実現し、24 年度目標とするブタジエン収率達成に目途。 スケールアップ検討のためのデータを取得し、計画通りベンチ装置設計を開始 <p>テーマ②植物原料からのバイオブタジエン・イソプレン製造技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 4 種変異株の大腸菌への導入により酵素効率が大幅に向上、2024 年度 KPI に向け補酵素に注目した検証を進めている。 ・培養プロセスは通気条件の寄与が大きいことを突き止め、条件最適化を実施中。 		
廃プラスチックを原料とする ケミカルリサイクル技術の開発	<p>テーマ①廃プラスチックの直接分解によるオレフィン製造</p> <ul style="list-style-type: none"> ミニベンチにて目標収率 60%以上を確認 。納期遅れのため、ベンチ機での収率確認は未達。 設備費等の高騰に伴いプロセス見直しが必要となった。具体案を 2024 年 7 月の委員会にて審議予定。 <p>テーマ②廃プラスチック由来合成ガスを用いたエタノール製造</p> <ul style="list-style-type: none"> ハイスループット試験と機械学習により目標コストおよびエタノール選択率を達成する触媒に目処。設備費等の高騰に伴いパイロットおよび実証の計画変更を提案 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> 製品カーボンフットプリントを簡易かつ効率的に算定することができるシステム CFP-TOMO®を自社開発し、広く無償提供 		
混合プラスチックから基礎化学 品を製造するケミカルリ サイクル技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 2025 年 1 月採択 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
2-②. 廃タイヤからのカーボンプ ラック再生技術開発	TRL4	2024 年 8 月に研究開 発項目として追加	2030 年代中頃 TRL6～7
使用済みタイヤを含む高分子 製品からのカーボン再利用技 術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 2025 年 1 月採択 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
3. CO ₂ からの機能性化学品製造 技術の開発	TRL5	下記参照	2030 年 TRL 7
CO ₂ を原料とする機能性プ ラスチック材料の製造技術開 発	<p>ポリウレタン原料の製造技術開発</p> <ul style="list-style-type: none"> 素反応の収率向上（MDI、HDI 合成）を検討中。MDI では、プロセス検討により 2023 年度目標（濃度および収率）達成。ベンチ設備設 		

	<p>計のためのプロセスデータ取得をバッチ型反応器で実施。ベンチ設備設計に着手。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ジアルキルカーボネート合成の触媒最適化および素反応の収率向上を検討。収率が 60% 超の条件、有望な担体種を見出した。 <p>ポリカーボネート（PC）製造用中間体の新規合成技術開発および溶融法 PC の高機能化プロセス開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ジフェニルカーボネート（モノマー）製造プロセスに関し、ラボ実験段階にて 2030 年度までの GHG 排出量削減目標を概ね達成。ベンチプラント建屋は、2023 年 3 月完工。ベンチプラント装置は、2023 年 11 月完工、立上げ運転中。パイロットプラントの基本設計に前倒しで着手。 ・ ポリカーボネート溶融重合プロセスに関し、特殊モノマーの添加による高速な高分子量化の導入により、溶融法 PC の物性改善が可能であることをベンチプラント実験で確認済み。今後各プロセスを実証プラントまでスケールアップし、商業化への評価及び LCA 検証が必要。 		
多官能型環状カーボネート化合物の大量生産工程確立および用途開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 超臨界 CO₂ 条件下での触媒性能評価を実施。開発触媒にて目標値達成（活性、選択性、堅牢性など）。 ・ 超臨界 CO₂ 条件下でのフロー合成装置の予備実験を行い、仕様を決定し発注。 ・ ポリウレタン系製品として、ガスバリア性コート剤・水系製品の開発を実施。既存バリア材と同レベルの酸素バリア性を確認。カタログや展示会で CO₂ を使用した製品であることを積極的にアピール。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
4 アルコール類からの化学品製造技術の開発／①グリーン水素人工光合成 等からの化学原料製造技術の開発・実証	TRL4	下記参照	2040 年 TRL6
グリーン水素人工光合成 等からの化学原料製造技術の開発実証	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2024 年目標の STH 4% 以上を達成可能な量子効率が高く可視光応答光触媒候補を追加で見出し、現在開発中。 ・ 細孔径制御ゼオライト膜およびひだ状構造ポリアミド薄膜にて水素酸素の目標分離性能を達成可能な分離膜候補を見出し、基本性能向上を検討中。 ・ 水素・酸素混合気体の安全性に関する実証実験を開始。 		
研究開発項目	事業開始時	進捗状況	目標
4 アルコール類からの化学品製造技術の開発／②メタノール、エタノール等からの基礎化学品製造技術の開発・実証	TRL5	下記参照	2030 年～2030 年代中頃 TRL7
CO ₂ からの 基礎化学品製造技術 の 開発・実証	<p>テーマ①メタノール反応分離プロセス開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高圧高線速実験の結果、膜開発方針を見直す必要性が示唆され、検討加速のため外注での膜評価に着手。 ・ 膜型メタノール反応分離プロセス想定条件における触媒単独での基礎データ取得。 ・ 膜型メタノール反応分離プロセスシミュレーションモデルを構築しケーススタディ（製造コスト、CO₂ 排出量など）が可能になった。 <p>テーマ②革新的 MTO 触媒プロセス開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MTP 用ゼオライト触媒のコスト低減と性能改善を達成。 ・ 寿命評価装置を立ち上げ、経済性を考慮し、従来想定より厳しい条件での触媒のライフテストを開始 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ISCC PLUS に CO₂ 原料認証が追加されたことを受け、CO₂ 原料プラスチックの認証を検討する。 		
CO ₂ 等を原料とする、アルコール類及びオレフィン類へのケミカルリサイクル技術の開発	<p>テーマ①CO₂ からの高効率アルコール類製造</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ メタノールでは、ベンチ機にて目標収率および触媒寿命に目処。 ・ CO₂ からメタノールを高効率に製造する実証に向けたパイロット設備を愛媛工場に新設し、試運転を開始。 ・ 本テーマにおける CO₂ からのエタノール製造検討については中止。 		

	<p>テーマ②アルコール類からのオレフィン製造</p> <ul style="list-style-type: none"> ETP（エタノールからプロピレン）にて プロピレン収率の向上を確認。パイロット設備を千葉工場袖ヶ浦地区に建設中。 <p>その他</p> <ul style="list-style-type: none"> 製品カーボンフットプリントを簡易かつ効率的に算定することができるシステム CFP-TOMO®を自社開発し、広く無償提供
--	---

日本政府は、本 GI 基金事業のインパクトとして世界全体の CO₂ 排出削減量を示しており、2030 年に 0.4 億 t-CO₂/年、2050 年に 15 億 t-CO₂/年としている。本 GI 基金事業の研究開発・社会実装計画においては、エチレンプラントやカーボンブラック生産能力の日本が占めるシェア（エチレン：2.8%、カーボンブラック：5%）を参照し、国内における CO₂ 排出削減量も示しており、2030 年に 113 万 t-CO₂/年、2050 年に 3630 万 t-CO₂/年としている。2030 年及び 2050 年の基礎科学品やカーボンブラックの市場規模（製造量）については、研究開発・社会実装計画策定時点の規模が維持されることを前提とし、事業者へのヒアリング情報をベースに設定されたものとなっている。JCR は、各パラメータと算出式は妥当なものであると評価している。

化学工業部門においては、日本化学工業協会が「カーボンニュートラル行動計画」を策定しており、2013 年時点の排出量 6,365.1 万 t-CO₂ から、2030 年度には 32%（2,000 万 t-CO₂）の削減を目指している。本 GI 基金事業の削減ポテンシャルは、日本化学工業協会の 2030 年目標のうち、約 5.7%に貢献するものである。2050 年時点の CO₂ 削減量は 2013 年時点の化学工業部門の排出量の半分を超える削減に寄与するものであり、非常に大きなインパクトが見込まれる。

以上より、本 GI 基金事業による技術開発は、今後の計画変更等が見込まれる状況ではあるものの、基盤技術開発については当初計画どおり進捗しており、将来的な日本のカーボンニュートラルに貢献する環境改善効果の発現が期待される。

5-2-11. 革新的 GX 技術創出事業（GteX）

革新的 GX 技術創出事業（Green technologies of eXcellence：GteX）とは、我が国のアカデミアの基礎研究力の高いポテンシャルと蓄積を最大限活用し、大学・国立研究開発法人等における研究開発及び人材育成を支援することにより、革新的な技術シーズの創出や人材輩出の観点から GX の実現への貢献を目指すものである。

2050 年カーボンニュートラル実現等の野心的な目標達成には、既存技術の展開・実装のみでは達成が困難であり、非連続なイノベーションをもたらす「革新的 GX 技術」の創出が不可欠という課題意識から、2022 年 1 月に岸田総理大臣（当時）による炭素中立型の経済社会実現への具体的な道筋を示す「クリーンエネルギー戦略」策定を通じて、政府一丸となった検討と実行を加速するように指示を受けて取り組みを開始している。特に、水素や再生可能エネルギー、バイオものづくり等の研究開発について重点的に投資を行うことを宣言している。

GteX 事業においては、令和 4 年度予算で整備した資金によって蓄電池、水素、バイオものづくりの 3 分野における革新的 GX 技術にかかる大学・国立研究開発法人における基盤研究を推進することが予定されている。また、推進方針においては、材料開発やエンジニアリング、評価・解析等を一気通貫で統合的に推進するオールジャパンの「チーム型」で行う研究開発を支援することとし、アカデミアの基礎・基盤研究から企業等における技術開発・実証・社会実装までをシームレスにつなぐために、NEDO との事業連携等を促進することも計画されている。



図 4：革新的 GX 技術例⁵⁴

前述の通り、GX の実現には、既存技術の導入だけでなく新規技術の創出が不可欠であり、産業界とアカデミアの連携による研究開発と人材育成の推進が重要であり、GteX 事業においては TRL の低い革新的な技術を、企業等が本格的な投資判断ができるレベルまでに引き上げることを目的とし、大学等における研究開発及び人材育成を支援する。学術的に優れた成果を挙げることにとどまらず、国内外のアカデミアの研究者のネットワークや研究環境の強化、社会実装に向けた TRL の向上等を目指している。

また、GteX の相補的なプロジェクトである「戦略的創造研究推進事業 ALCA-Next（先端的カーボンニュートラル技術開発）」においては、より幅広い領域を対象とし、少人数の研究者によりゲームチェンジングテクノロジーの創出を目指す事業であり、同一の統括責任者の下、両事業は一体的に連携しながら成果の最大化を図っている。

CT 国債の資金使途でもある、産業界のニーズを踏まえつつ、企業等による研究開発・実証から社会実装まで継続して支援するグリーンイノベーション基金事業についても、主にアカデミアの発想により解消が期待されるボトルネック課題へのアプローチを行う GteX と補完的な関係にあり、合同ワークショップの開催や研究課題の橋渡しなどの連携を行っている。

本プロジェクトにおける進捗は以下の通りである。

令和 5 年度に、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）において、チーム型研究 15 件（蓄電池 7 件、水素 3 件、バイオものづくり 5 件）の研究開発課題を採択した。令和 6 年度には、蓄電池領域において、チーム型研究 1 件の研究開発課題を追加採択し、令和 7 年度現在、計 16 件の研究開発課題を進めている。

また、令和 5 年度には、各領域において、単年度で実施する革新的要素技術研究 16 件（蓄電池 6 件、水素 5 件、バイオものづくり 5 件）の研究開発課題を採択し、終了後に研究開発課題終了報告書及び課題事後評価（S 評価 4 件、A 評価 8 件、B 評価 4 件を取得）を公開した。優れた成果を挙げた研究開発課題の一部は、研究開発終了後にチーム型研究と合流し、引き続き研究開発を行っている。

また、本プロジェクトは研究開発を目的としたものであり、現時点で温室効果ガスの排出削減や、カーボンニュートラルの達成に資する定量的なインパクトは発現していない。

GteX3 分野における各インパクトは次の通りである。

⁵⁴ 文部科学省ウェブサイト https://www.mext.go.jp/content/20230516-mxt_kankyou-000029710_1.pdf

【蓄電池】 次世代蓄電池の基盤技術の確立

【水素】 水素の製造、貯蔵から利用に関わる先進的技術の確立

【バイオものづくり】 CO₂の固定化能の向上や革新的な微生物開発を可能とする技術の確立

本資金使途は、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた蓄電池や水素、バイオものづくり事業における技術革新を促進するものであり、これによって CT 国債の資金使途である蓄電池や省エネルギーの取り組みが進むことにより、日本のカーボンニュートラル実現に資するものと JCR では評価している。

5-2-12. ポスト 5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業

本事業は、第 4 世代移動通信システム（4G）と比較してより高度な第 5 世代移動通信システム（5G）のうち、さらに超低遅延や多数同時接続といった機能が強化された 5G（ポスト 5G）に対応した情報通信システムの中核となる技術を開発することで、日本の 5G 情報通信システムの開発・製造基盤強化及びデジタル社会と脱炭素化の両立の実現を目指す。

本事業の研究開発内容は、以下の 4 つに分類される。

〔1〕 ポスト 5G 情報通信システムの開発（委託、助成）

ポスト 5G で求められる性能を実現する上で、特に重要なシステム及び当該システムで用いられる半導体やエッジデバイス等の関連技術を開発する。

〔2〕 先端半導体製造技術の開発（助成、委託）

パイロットラインの構築等を通じて、国内にない先端性を持つロジック半導体の前工程・後工程製造技術を開発する。（助成）

先端半導体のシステム設計技術や、製造に必要な実装技術や微細化関連技術等の日本に優位性のある基盤技術等を開発する。（委託、助成）

〔3〕 先導研究（委託、助成）

研究開発項目〔1〕、〔2〕に関係するものであって、ポスト 5G では実用化に至らない可能性があるものの、ポスト 5G の後半から 5G の次の通信世代に掛けて有望と考えられる技術課題について、先導的な研究開発に取り組む。

〔4〕 人材育成（委託）

研究開発の取組みに加えて、開発した成果の普及先となる産業全体が持続的に発展していくことを目的に、当該分野で実践的なスキルを持ち、問題解決能力、市場創出力を身に着けた人材育成事業に取り組む。

本債券は上記のうち、GX に資するものとして、〔2〕に関する開発である「光電融合に係る実装技術および確定遅延コンピューティング基盤技術開発」のうち、「光チップレット実装技術」、「光電融合インターフェイスメモリモジュール技術」、「確定遅延コンピューティング基盤技術」の 3 テーマを充当対象としている。

光電融合技術は、従来の電気信号と比較してエネルギー消費や処理遅延が大幅に小さい光信号を、データ処理や通信に活用する技術である。本研究開発は、同技術の実装及びポスト 5G 通信インフ

ラの高速性・低遅延性を活用して通信や計算に要する遅延を確定的に制御可能な基盤を確立することで、電力需要が増大するデータセンターでの活用を見込んでいる。

日本政府のインパクトレポートでは、研究開発の各テーマの技術がデータセンターインフラに導入された場合、各技術の消費電力削減がデータセンターの電力使用量に対してもたらす排出削減効果を報告している。具体的には、世界におけるデータセンターインフラの電力使用量（2032～2041年の累計）から、当該電力使用量のうち各技術が対象とする要素が占める割合、消費電力削減割合等を用いて10年間の累計削減量を年平均に換算した結果、約354万t-CO₂/年と算定されている。各技術の消費電力削減の割合については、研究開発計画⁵⁵にて設定されている目標値を採用しており、光チップレット実装技術は従来製品対比で40%以上削減、光電融合インターフェイスメモリモジュール技術は30%以上削減がとしている。一方で、確定遅延コンピューティング基盤技術については、削減目標が示されていないが、研究開発の実施企業等からの情報に基づき40%としている。JCRは、環境改善効果の算出式は妥当なものであると評価している。

5-2-13. 高温ガス炉実証炉開発事業

2025年2月に公表された第7次エネルギー基本計画では、2040年度のエネルギーミックスが示され、再生可能エネルギーは4～5割、原子力発電は2割程度を担うことが示され、共に最大限活用していくことと位置付けられた。

2021年に公表された第6次エネルギー基本計画においては、原子力発電の位置づけは「可能な限り依存度を低減する」ものであったが、第7次エネルギー基本計画においては「脱炭素効果の高い電源を最大限活用することにより、エネルギー自給率を向上させる」へと変化した。これによって、エネルギー安全保障及び脱炭素の観点から、原子力発電を最大限活用することが明確に示されたとJCRは評価している。

なお、第7次エネルギー基本計画における2040年度時点の発電電力量の見通しは、1.1兆～1.2兆kWh程度であり、第6次エネルギー基本計画で示された2030年度の発電電力量9,340億kWhを上回っている。これは今後DX及びGXの進展によって、電力需要が伸びてゆくという想定が立てられているためであり、再生可能エネルギー及び原子力については、カーボンフリーの脱炭素電源として、大きな期待がかけられている。

このように将来的に電力需要の増加が見込まれる中、前述のとおり脱炭素電源として原子力を最大限活用することは必要不可欠である。そのなかで、次世代革新炉の一つである高温ガス炉は、炉心の主な構成材に黒鉛を中心としたセラミック材料を用い、核分裂で生じた熱を外に取り出すための冷却材にヘリウムガスを用いた原子炉である。高温ガス炉は、耐熱性に優れたセラミック材料の使用により1,000℃程度の熱を取り出すことが可能であり、これは冷却材に水を用いている軽水炉の300℃程度と比較して非常に高い。また、高温ガス炉の燃料は耐熱性に優れたセラミック材で多重に被覆されているために1,600℃でも破損しない。また、炉心に耐熱性が高い黒鉛を用い、炉内構造物の熱伝導率が高く熱容量も高いため、万一の事故時においても炉心の温度変化が緩慢で、炉心

⁵⁵ イノベーション・環境局 製造産業局 商務情報政策局
ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業 研究開発計画
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/post5g/pdf/20251204_kenkyukaihatsukeikaku.pdf

で発生する熱が原子炉の容器外表面から放熱されることにより自然に除去され、燃料が破損する心配がないなど、固有の安全性を有する原子炉でもある。

高温ガス炉の特徴である 1000℃近くの熱は、カーボンフリー水素の製造効率を高める効果があるため、脱炭素電源としてエネルギー供給の脱炭素化に貢献するとともに、カーボンフリー水素の製造・共有にとって重要である。

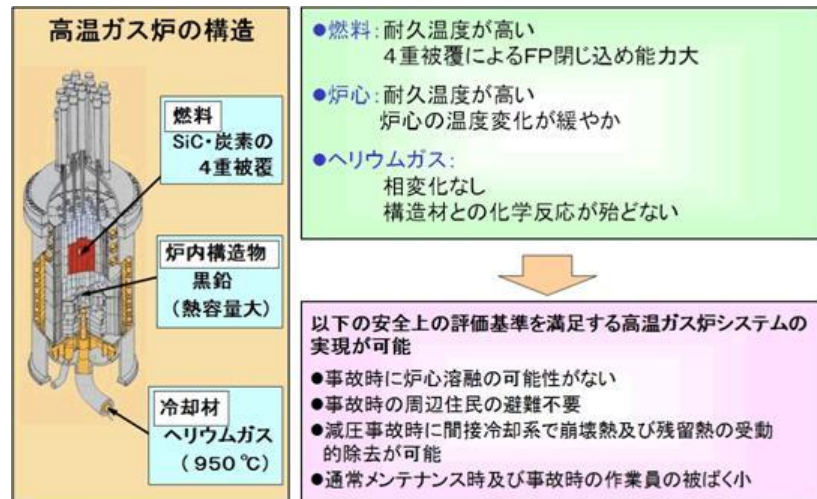


図 5：高温ガス炉の構造⁵⁶

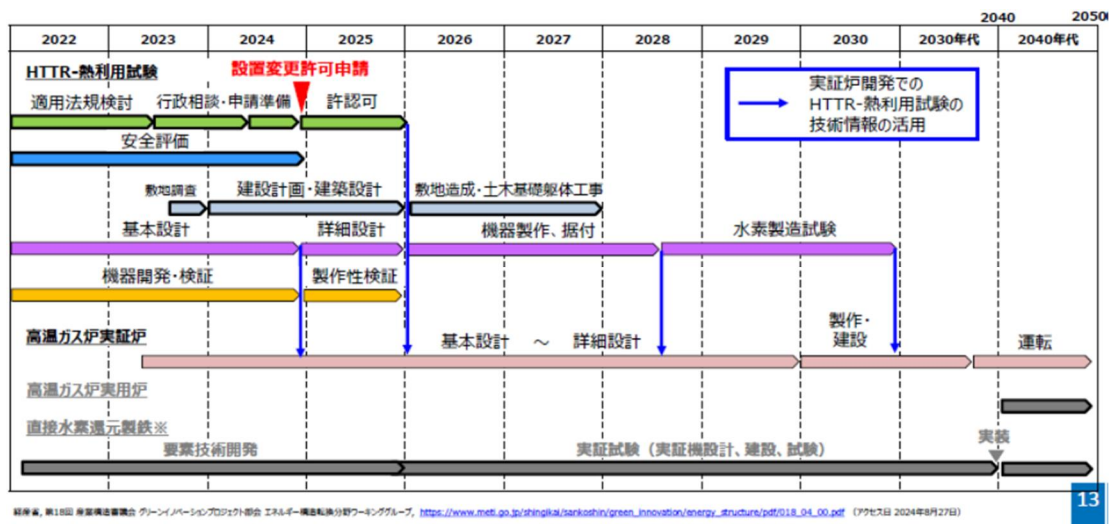
日本は水素基本戦略の元、水素/アンモニアを 2030 年に最大 300 万トン/年、2040 年に 1,200 万トン/年、2050 年に 2,000 万トン/年生産するという導入目標を有している。また、2050 年のカーボンニュートラル社会の実現に向けては、国内総排出量の約 25%を占める産業部門の脱炭素化が不可欠であり、そのためには大規模かつ安価な水素供給基盤の構築が必須となる。高温ガス炉は、将来的にコスト競争力のある水素の製造可能性を有しており、カーボンニュートラル社会に向けたクリーンな水素の大規模製造選択肢の一つであり、優れた安全性の下、前述のとおり水素製造に適した高温熱の供給が可能で、高温熱を利用した安定的かつ大量のカーボンフリー水素製造等の産業利用や、低温熱を利用した地域暖房等の幅広い熱利用が可能である。日本では日本原子力研究開発機構（JAEA）の実験炉である高温工学試験研究炉（HTTR）が 2021 年に再稼働済みであり、熱需要と水素製造の脱炭素化の手段として、商用化を目指した実証炉開発を行うことができる段階にある。本事業では、実証炉の開発を目指し、①HTTR を用いた水素製造試験を通じて、高温ガス炉と水素製造施設の接続技術や評価手法の開発を進めるとともに、②高温ガス炉の実証炉の設計・建設、要素技術開発、燃料製造等のサプライチェーン全体の検討も並行して実施する。

- ① これまでの取組としては以下の 2 点があげられる。HTTR を用いた水素製造試験については、JAEA を実施者に選定し、2025 年 3 月に HTTR と水素製造施設の接続に係る原子炉施設改造のため、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律に基づき、原子炉設置変更許可申請を原子力規制委員会に対して提出している。

⁵⁶ 日本原子力研究開発機構 <https://www.jaea.go.jp/04/o-arai/nhc/jp/faq/>

- ② 国内実証炉計画については、2023 年 7 月に高温ガス炉実証炉開発の中核企業に三菱重工業を選定。実証炉のプラントコンセプトを設定し、基本仕様をまとめ、炉心・系統・機器設計等を開始、実証炉の運転開始を目標として開発に着手している。

今後は、2030 年代の高温ガス炉実証炉運転開始の実現に向けて、2030 年までに HTTR-熱利用試験を完遂し、高温ガス炉と水素製造施設の安全な接続技術を確認することを目指す。各研究開発項目の具体的な進捗や今後の見通しについては革新炉ワーキンググループにて定期的に確認・公表を行う。



高温ガス炉による水素製造が可能となると、カーボンフリー水素製造はもとより、天然ガス等から製造する場合であっても、他熱源と比べて水素の製造過程で CO₂ 等の温室効果ガスの発生量が減少するため、その分だけ CO₂ 排出削減 (7.22t-CO₂/t-H₂) に貢献すると JCR では評価している。

5-2-14. 高速炉実証炉開発事業

2025 年 2 月に公表された第 7 次エネルギー基本計画では、2040 年度のエネルギーミックスが示され、再生可能エネルギーは 4~5 割、原子力発電は 2 割程度を担うことが示され、共に最大限活用することと位置付けられた。

2021 年に公表された第 6 次エネルギー基本計画においては、原子力発電の位置づけは「可能な限り依存度を低減する」ものであったが、第 7 次エネルギー基本計画においては「脱炭素効果の高い電源を最大限活用することにより、エネルギー自給率を向上させる」へと変化した。これによって、エネルギー安全保障及び脱炭素の観点から、原子力発電を最大限活用することが明確に示されたと JCR は評価している。

なお、第 7 次エネルギー基本計画における 2040 年度時点の発電電力量の見通しは、1.1 兆~1.2 兆 kWh 程度であり、第 6 次エネルギー基本計画で示された 2030 年度の発電電力量 9,340 億 kWh を上

⁵⁷ 日本原子力研究開発機構ウェブサイト
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/008_02_00.pdf

回っている。これは今後 DX 及び GX の進展によって、電力需要が伸びてゆくという想定が立てられているためであり、再生可能エネルギー及び原子力については、カーボンフリーの脱炭素電源として、大きな期待がかけられている。

このように将来的に電力需要の増加が見込まれる中、前述のとおり脱炭素電源として原子力を最大限活用することは必要不可欠である。次世代革新炉の一つである高速炉は、高速の中性子による核分裂反応から熱を取り出す原子炉であり、脱炭素電源としてエネルギー供給の脱炭素化に貢献するとともに、資源の有効利用や放射性廃棄物の減容化・有害度低減など多面的な意義を持つ。諸外国では研究開発が進められており、日本でもエネルギー基本計画で高速炉開発の着実な推進が位置付けられている。

本事業は、2022 年 12 月に改定の高速度炉開発の戦略ロードマップに則り、高速炉実証炉の実現に向けた研究開発を行うものであり、技術の成熟度、市場性、国際連携等の観点から、複数の高速炉技術の中から最有望としたナトリウム冷却高速炉の実証炉開発を 2023 年 7 月から開始している。

実証炉の概念設計に加え、高い安全性や信頼性の実現のために必要な要素の研究開発に段階的に取り組んでいる。具体的には、大型機器の試作試験、試験研究施設の整備、設計評価技術開発や規格基準整備に資するデータ取得等を進めている。今後は、2040 年代の高速度炉実証炉運転開始の実現に向けて、2028 年度頃を目途に、基本設計・許認可フェーズへの移行の判断に必要な概念設計・研究開発を引き続き進めていく。また、燃料製造施設、再処理施設も含めた全体システムを検討した上で、2026 年度頃を目途に燃料技術の具体的な検討を行う。

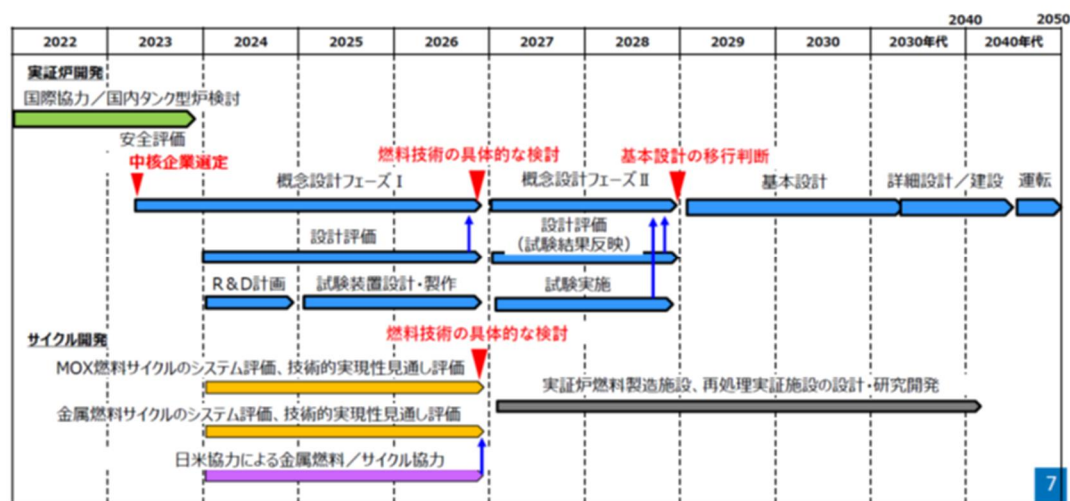


図 7：高速炉 今後の展望⁵⁸

本事業で開発を進める高速炉は、脱炭素電源としての排出削減効果も有することに加え、放射性廃棄物の減容化・有害度低減、資源の有効利用に資するという特徴を持つ。原子力の活用においては、放射性廃棄物の管理等が非常に重要であるため、本事業については、高レベル放射性廃棄物の量や半減期をインパクトとして開示している。

⁵⁸ 日本原子力研究開発機構

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/kakushinro_wg/pdf/008_02_00.pdf

【高レベル放射性廃棄物の量】

高速炉では使用済燃料の大半を占めるウラン・プルトニウム等を回収して利用するため、直接処分する場合に比べて減容化の効果が大きく、体積比 1/7 にまで低減される。

【高レベル放射性廃棄物の半減期】

高レベル放射性廃棄物を直接処分した場合の天然ウランと同水準まで放射能が低下するまでは 10 万年かかるが、高速炉で燃焼させた場合は 300 年に短縮される。

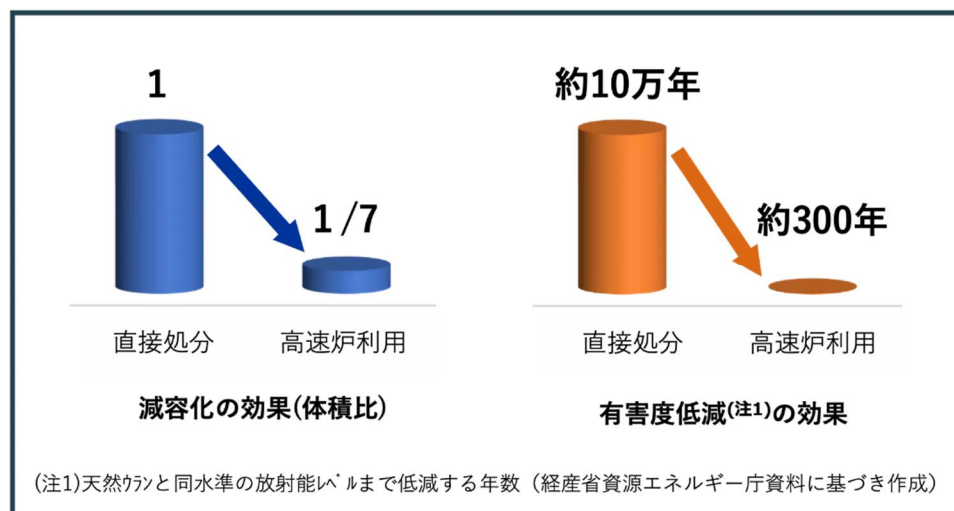


図 8：高レベル放射性廃棄物の減容化／有害度低減効果⁵⁹

以上より、本事業は、電力の脱炭素化及び放射性廃棄物に関する有害度の低減及び減容化のために不可欠の取り組みであると評価できる。

5-2-15. グリーン社会に不可欠な蓄電池の製造サプライチェーン強靱化支援事業

蓄電池は、自動車等のモビリティの電動化や、再生可能エネルギーの主力電源化に向けた電力の需給調整への活用、5G 通信基地局等のバックアップ電源として、今後の電化・デジタル化社会の基盤維持に不可欠であり、日本国の 2050 年カーボンニュートラル実現にとって重要な物資の 1 つとされている。蓄電池の供給途絶は、自動車産業等の多くの製造業及び電力供給に係るサービス・事業の停止につながることから、日本政府は蓄電池を経済安全保障推進法に基づく特定重要物資に指定し、国内における蓄電池製造サプライチェーンの強靱化に向けた支援を行なっている。2022 年 8 月に策定した蓄電池産業戦略においては、蓄電池産業の競争力強化に向け、2030 年までに国内で 150GWh/年、世界で 600GWh/年の製造能力の確立を目標に掲げている。

本事業は、経済安全保障推進法に基づいて蓄電池の安定供給確保を図ろうとする事業者に対して、事業者が作成する供給確保計画に認定を与え、支援する事業となっている。支援の対象は、蓄

⁵⁹ 三菱重工業 https://www.mhi.com/jp/products/energy/fast_breeder_reactor.html

電池・部素材の設備投資及び技術開発である。本事業を通じた成果としては、2023 年度に 15 件の供給確保計画を認定し、そのうち 2 件が蓄電池本体を生産する計画となっており、45GWh/年の生産能力の拡大を見込む。これらの計画では、2026 年度から 2027 年度にかけて順次蓄電池の生産・供給が開始される予定となっている。また、本事業は日本政府の令和 5 年度補正予算、令和 6 年度当初予算及び令和 6 年度補正予算が措置されており、既に蓄電池の国内生産基盤として 100GWh/年以上の確保が見込まれている⁶⁰。

環境改善効果は、2023 年度に供給確保計画を認定した 15 件のうち、蓄電池本体を生産する計画である 2 案件を対象として算出されている⁶¹。この 2 件の計画は車載用蓄電池の生産基盤整備に係るものとなっている。試算の結果、搭載自動車のライフサイクルにおいて約 1,350 万 t-CO₂ の CO₂ 削減効果が見込まれることが示された。これは、生産キャパシティの 100%に当たる蓄電池が製造され、製造された蓄電池のすべてが BEV に搭載されるとの仮定の下、内燃機関車から BEV に置き換わった場合の削減効果である。算出に使用したパラメータ（BEV1 台当たりの積載容量、BEV・内燃機関車のライフサイクル GHG 排出量）は、IEA⁶²から引用した 2035 年時点の値で、ライフサイクル GHG 排出量は STEPS シナリオのものを採用している。なお、IEA では BEV のライフサイクル GHG 排出量として、電源の脱炭素化を想定し、2023 年から 2035 年の間に well to tank（BEV の充電に使用する電力に係る排出量）が 55%削減されることを想定しているが、本ケーススタディにおいて使用する BEV のライフサイクル GHG 排出量は、電源の脱炭素化による効果（well-to-tank の排出削減量）を半分程度と見込んだ保守的な値を採用している。上述のパラメータ及びそれらを用いた算出式は妥当と JCR は評価している。

IEA は自動車の耐用年数を 15 年と想定しており、本事業の GHG 排出削減量を年間の削減量に換算すると年間 90 万 t-CO₂ に相当する⁶³。日本政府は地球温暖化対策計画において、運輸部門の GHG 排出量について 2013 年度から 2030 年度の 17 年間で 7,800 万 t-CO₂ 削減することを目標として定めており、これは 1 年あたりの削減量にすると、毎年約 460 万 t-CO₂ となる。本事業の年間 GHG 排出削減量 90 万 t-CO₂ は、この約 20%に当たる規模である。

また、本事業によって拡大される年間 45GWh の蓄電池生産キャパシティを BEV の台数に換算すると年間 75 万台に当たる⁶⁴。日本国内の電気自動車販売台数は 2023 年度時点で約 8.8 万台であり⁶⁵、その約 8.5 倍に相当する。IEA のシナリオにおいても、PHEV 及び FCEV も含めた EV の販売台数は 2030 年には 2023 年の 3 倍に、2035 年に 4 倍以上に増加することが想定されており、今後世界で増大する EV 需要に応えるものとして期待される。

以上より、本事業は、日本のみならず世界のカーボンニュートラルに資する取り組みであると評価できる。

⁶⁰ なお、本レビューの対象である本債券による調達資金は 2023 年度の認定分に充当され、令和 5 年度補正予算及び令和 6 年度当初予算については、2024 年度以降に発行される CT 国債から充当される。

⁶¹ 他の 13 案件は部素材の生産に係る計画であり、環境改善効果は蓄電池の生産に集約される。環境改善効果のダブルカウントを避けるため、蓄電池の生産に係る計画に限って、その効果が算出されている。

⁶² IEA, 2024, Global EV Outlook 2024

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/GlobalEVO Outlook2024.pdf>

⁶³ ライフサイクルの GHG 排出削減量を、耐用年数を用いて年率に換算しているため、製造時及び廃棄に係る GHG 排出量の差分は耐用年数の 15 年間に案分される形となっている点に注意されたい。

⁶⁴ BEV1 台あたりの蓄電池積載容量：60kWh/台を用いて算出

⁶⁵ IEA, Global EV Data Explorer <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/global-ev-data-explorer>

5-2-16. 経済環境変化に応じた重要物資サプライチェーン強靱化支援：電力性能向上により GX を実現する半導体の製造サプライチェーンの強靱化支援事業

半導体、特に電流・電圧制御を行うパワー半導体は、EV や風力発電をはじめ、あらゆる機器の電力制御デバイスとして使用されるものであり、日本国の 2050 年カーボンニュートラル実現にとって重要な物資の 1 つとされている。日本政府は、半導体を経済安全保障推進法に基づく特定重要物資に指定し、半導体サプライチェーンの強靱化に向けた支援を行っている。

パワー半導体のウエハは、これまで Si（シリコン）が使用されてきたが、足下では、より省エネ性能の優れた次世代パワー半導体（SiC（シリコンカーバイド）等）が注目されており、従来型の Si パワー半導体と比べて約 55%のエネルギー損失の削減が見込まれている。世界のカーボンニュートラルの達成に向け、特に省エネ性能に優れた SiC パワー半導体を中心に需要が拡大することが想定され、経済産業省は今後 10 年間で約 24 倍（約 1,400 億円→約 3.4 兆円）に拡大することを見込んでいる。

本事業は、経済安全保障推進法に基づいて半導体の安定供給確保を図ろうとする事業者に対して、事業者が作成する供給確保計画に認定を与え、支援する事業となっている。支援対象の条件として、導入する設備・装置の性能が先端的であることとし、特注品又は製造機器企業の最新カタログに掲載されているもの若しくはこれに相当するものに限定している。本事業を通じた成果としては、2023 年度に認定した半導体の供給確保計画のうち、2 件の供給確保計画について本債券の資金が充当され、各事業計画の実施主体である 3 社で、SiC ウエハ（6 インチ口径）換算で 100.8 万枚/年相当、Si ウエハ（6 インチ口径）換算で 168 万枚/年相当の供給能力を見込む。これらの計画においては、2025 年度から 2027 年度にかけて順次半導体の生産・供給が開始される予定となっている。

環境改善効果としては、これらの供給能力が全量 BEV に搭載されると仮定し、旧世代の Si パワー半導体が SiC パワー半導体、またはエネルギー効率の高い次世代 Si パワー半導体に換装された場合について試算を実施し、3 社の合計で年間約 174 万 t-CO₂ の削減ポテンシャルが見込まれることを示している。算定に使用したパラメータのうち、旧世代 Si パワー半導体に対する SiC パワー半導体及び次世代 Si パワー半導体の電力損失削減について、それぞれ 50%、25%を想定している。これらは各社提供情報を参考に、経済産業省が定めたものである。SiC パワー半導体の電力損失削減効果（50%）は、鉄道車両用インバーターを想定した場合に約 55%の削減を実現した事例や、特定の走行条件において電力損失を半減以下とできる BEV 用 SiC インバーターの事例が存在していることから、本事業で対象としている現時点の先端的な性能として妥当な数値と思われる。また、次世代 Si パワー半導体の電力損失削減効果（25%）も、SiC パワー半導体に迫る性能の Si パワー半導体に係る開発が進んでいることから、概ね妥当と思われる。

BEV におけるパワー半導体の電力損失割合は約 20%とされており、上記の電力損失削減割合を用いると、SiC パワー半導体、または次世代 Si パワー半導体を搭載した BEV は、旧世代 Si パワー半導体を搭載したものと比べ、それぞれ 10%、5%の省エネルギー効果が見込まれる。本ケーススタディで示された削減ポテンシャルは、この BEV の省エネルギー効果と各事業者の供給能力を勘案して算出されており、前述した日本政府の運輸部門の目標達成に必要な毎年の排出削減量である 460 万 t-CO₂ の約 40%に当たる規模となっている。

本事業の対象事業者が生産するパワー半導体の全てが BEV に使用されるわけではないものの、上述の供給能力（SiC ウエハと Si ウエハの合算で年間 268 万枚）を BEV の台数に換算すると年間約

3,830 万台に当たる。世界の EV (BEV、PHEV、FCEV) の新車販売台数は 2023 年時点で約 1,500 万台であり⁶²、その約 2.6 倍の規模に相当する。

以上より、本事業は、日本のみならず世界のカーボンニュートラルに資する取り組みであると評価できる。

5-2-17. 省エネルギー投資促進・需要構造転換支援事業費補助金

日本政府は、2030 年度に GHG を 2013 年度から 46%削減することを目指し、更に、50%の高みに向けて挑戦を続けることを表明したことを踏まえ、2021 年に策定された第 6 次エネルギー基本計画において、省エネによって、最終エネルギー消費量を 2030 年度に 2013 年度比 6,200 万 kl 程度 (原油換算) 削減することを目指すことを設定した。この省エネ量は、内閣府「中長期の経済財政に関する試算」(2021 年 7 月)における経済再生ケースの経済成長率、国立社会保障・人口問題研究所による最新の人口推計 (中位推計)、主要業種の活動量の推計等を踏まえ、追加的な省エネルギー対策を実施する前の需要を推計した上で、産業部門、業務部門、家庭部門、運輸部門 において、技術的にも可能で現実的な省エネルギー対策として考えられ得る限りのものをそれぞれ積み上げた結果として設定された。

本事業は、工場・事業場における省エネ性能の高い設備・機器への更新や複数事業者の連携、非化石エネルギーへの転換にも資する先進的な省エネ設備・機器の導入を支援することで、2030 年度におけるエネルギー需給の見通しにおける産業部門・業務部門の省エネ対策 (2,700 万 kl 程度) 中、省エネ量 2,155 万 kl の達成を目指している。本事業では下記 4 つの事業領域があるが、令和 5 年度 CT 国債ではこのうち (A)・(B)・(D) が資金充当対象となっている⁶⁶。

(A) 先進事業：工場・事業場における大幅な省エネを実現できる先進的な設備導入支援

(B) オーダーメイド事業：個別設計が必要な特注設備等の導入を含む設備更新やプロセス改修等を行う省エネ取組に対する支援

(C) 指定設備導入事業：省エネ性能の高いユーティリティ設備、生産設備等への更新を支援

(D) エネルギー需要最適化対策事業：エネマネ事業者等と共同で作成した計画に基づく EMS 制御や高効率設備の導入、運用改善を行うより効率的・効果的な省エネ取組について支援

補助率について (A) の場合は中小企業等には 2/3、大企業等には 1/2 以内。(B)・(D) の場合は中小企業等には 1/2、大企業等には 1/3 以内となっている。年度当たりの補助金限度額の上限は (A)・(B) とともに省エネ事業では 15 億円、非化石事業では 20 億円で、下限はどちらも 100 万円である。(D) の場合は年度当たりの補助金限度額の上限は 1 億円で、下限額は事業全体で 100 万円である。

令和 5 年度は、上記の事業区分 (A)・(B)・(D) として 149 件採択を行っているが、うち令和 5 年度 CT 国債からの資金充当の対象としているのは、単年度事業となる 16 件、事業規模 27 億円である。この事業によって、省エネ設備・機器等への更新による CO₂排出削減効果は約 0.33 万 t-CO₂

⁶⁶ (C)指定設備導入事業については別予算事業にて補助

を見込んでいる。CO₂排出削減効果は補助対象事業者からの報告に基づく実績値となっている。なお、令和5年度の採択分のうち複数年度事業については令和6年度CT国債から充当予定である。

5-2-18. 特定地域脱炭素移行加速化交付金（自営線マイクログリッド等事業交付金）

地域脱炭素推進交付金は、「地域脱炭素ロードマップ」（令和3年6月9日第3回国・地方脱炭素実現会議決定）、地球温暖化対策計画（令和7年2月18日閣議決定）及びGX実現に向けた基本方針（令和5年2月10日閣議決定）等に基づき、脱炭素先行地域に選定され、民間と共同して意欲的に脱炭素に取り組む地方公共団体等に対して、地域の脱炭素トランジションへの投資として特定地域脱炭素移行加速化交付金を交付し、複数年度にわたり継続的かつ包括的に支援するものである。なお、地域脱炭素推進交付金には、（1）地域脱炭素移行・再エネ推進交付金（脱炭素先行地域づくり事業、重点対策加速化事業）と（2）特定地域脱炭素移行加速化交付金（民間裨益型自営線マイクログリッド等事業）があり、本債券の充当対象は（2）のみとなっている。

本債券の充当対象は、脱炭素先行地域に選定された茨城県つくば市、高知県日高村、長野県生坂村、愛知県名古屋市の4団体による、自営線マイクログリッド関連事業であり、いずれの地域も脱炭素先行地域としての5か年計画に基づいて計画的に自営線の敷設、蓄電池、再エネ発電設備、高効率空調機器、高効率照明機器等の導入を進めている。

日本政府のインパクトレポートにおいては、これら4団体における脱炭素先行地域の5か年計画に基づいた削減量の計画値が報告されており、CO₂削減効果の累計値として約34.2万t-CO₂としている。この削減効果は、本債券の充当対象ではない上記（1）地域脱炭素移行・再エネ推進交付金による効果が含まれる点に留意を要する。

なお、これら4団体において令和6年度までに導入され、稼働に至った設備によるCO₂排出削減効果の見通しは合計約1,082t-CO₂/年である⁶⁷。これら導入済み設備によるCO₂排出削減効果は設備の性能や実績値に基づくものとなっており、使用するパラメータ及び計算式について妥当なものとなっていることをJCRは確認している。今後、各団体における計画の進捗に合わせて設備等の導入が進むことになるが、日本政府には実績に基づく継続的なインパクトの開示を期待する。

⁶⁷ 稼働に至った設備によるCO₂排出削減効果の見通しについても、本債券の充当対象ではない（1）地域脱炭素移行・再エネ推進交付金による効果が含まれる点に留意を要する。

5-2-19. クリーンエネルギー自動車導入促進事業

2023 年度における日本の CO₂ 排出量（約 9 億 9 千万 t）のうち、運輸部門からの排出量（約 1 億 9 千万 t）は 19.2% を占めている。自動車分野は運輸部門の中でも 85.7%（日本全体の 16.5%）を占めており、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けては、環境性能に優れたクリーンエネルギー自動車の普及が重要である。その中間目標として、日本は「2035 年に乗用車新車販売で電動車 100%」を目指している。

本補助金は、EV、PHEV、FCV の対象車を購入する個人、法人および地方公共団体等を対象とし、購入費用の一部を補助するものである。これにより、電動車の初期需要を創出するとともに、量産効果による車両価格の低減を促進する。また、将来的な需要拡大を見据え、企業による生産設備投資や研究開発投資を後押しすることを目的とする。さらに、国内市場における電動車の普及をテコとして自動車産業の競争力を強化し、海外市場の獲得につなげることで、産業競争力の向上と二酸化炭素排出量の削減を図る。

日本政府のインパクトレポーティングでは、令和 4 年度補正・令和 5 年度当初事業における導入台数について、新車購入時に乗用のガソリン車に代わり EV・PHEV が導入されたものとし、導入年度において当該台数分の CO₂ 排出が実質的に削減されるとみなして、環境改善効果を報告している。同報告は、環境省の統計データ⁶⁸から算定を行っている。統計データは、国土交通省が実施する全国道路・街路交通情勢調査⁶⁹（OD 調査）に基づく人口当たり自動車保有台数、車両の運行率、運行台数トリップ数、1 トリップ当たりの平均走行距離等から車種別の年間走行量を算出し、これにパワーtrain別の CO₂ 排出係数を掛けて、年間 CO₂ 排出量を算定している。具体的には、ガソリン車等及び PHEV 等については燃料消費量⁷⁰に基づく平均的な CO₂ 排出係数を使い、EV については走行時の電力消費に電力の CO₂ 排出係数を適用して算定している。ただし、PHEV については電力消費を考慮した平均的な CO₂ 排出係数の設定は難しいことから HV と同様の CO₂ 排出係数を適用している。FCV については現時点で補助台数が少なく、排出係数や計算方法が確立していないため、今回の環境改善効果の計算では加味しないこととしている。JCR は、報告される CO₂ 排出削減効果について、国の統計調査を引用していることから、算出パラメータの妥当性を確認している。一方で、PHEV の一部（電力消費部分）及び FCV については、算定困難なために現状対象外としているが、今後はこれらも対象に含めた算定を進めることを期待する。

上述の通り、日本は「2035 年に乗用車新車販売で電動車 100%」を目指している。日本政府のインパクトレポーティングでは、本債券によって、令和 4 年度補正予算および令和 5 年度当初予算の事業で計 153,882 台の導入が支援されたと報告されている。その内訳は、EV90,346 台、PHEV50,725 台、残りが FCV、電動二輪等である。2023 年四輪車新車販売台数における電動車の割合を示した下表と比較すると、新車販売の EV 及び PHEV の多くが本補助金を活用していることが分かる（EV の補助金交付台数が新車販売台数を超えているが、その理由は年度ベースと暦年ベースの違いである）。一方で、上記の目標に対し、現状の新車販売に占める電動車の割合は 49.7%程度にとどまって

⁶⁸ 環境省 運輸部門（自動車）CO₂ 排出量推計データ（次世代自動車考慮版）
https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/tools/car.html

⁶⁹ 日本全国の道路交通の実態を把握し、道路政策に活用するための調査で、自動車の運行状況（出発地・目的地、トリップ長、運行目的等）を調べる国の統計調査。
https://www.mlit.go.jp/road/road_fr4_000071.html

⁷⁰ 国土交通省 自動車燃料消費量調査のデータを集計
<https://www.mlit.go.jp/k-toukei/nenryousyouhiryou.html>

おり、更なる取り組みの進展が期待される。なお、JCR は令和 5 年度補正事業における導入支援にも一部本債券から充当が行われていることを確認した。

表 15：2023 年四輪車新車販売台数における電動車の割合⁷¹

区分	新車販売台数	
	販売台数 (台)	四輪車 に占める割合
四輪車 合計	3,992,727	100.00%
電動車 合計	1,984,720	49.7%
HV	1,843,662	46.2%
PHEV	52,126	1.3%
EV	88,512	2.2%
FCV	420	0.0%

5-2-20. 商用車の電動化促進事業

運輸部門は日本全体の CO₂ 排出量の 19.2%（2023 年度実績）を占め、そのうちトラック等商用車からの排出が 40.9%であり、2050 年カーボンニュートラル及び 2030 年度温室効果ガス削減目標（2013 年度比 46%減）の達成に向け、商用車の電動化（BEV、PHEV、FCV 等）は必要不可欠である。このため、本事業では商用車（トラック・タクシー）の電動化に対し補助を行い、普及初期の導入加速を支援することにより、価格低減による産業競争力強化・経済成長と温室効果ガスの排出削減を共に実現する。

本事業では、非化石エネルギー自動車の導入計画を有している事業者に対して、商用車（トラック・タクシー）の電動化（BEV、PHEV、FCV）のための車両及び充電設備の導入に対して補助を行う。本事業により、国内投資を呼び込み、商用車における 2030 年目標である「8 トン以下：新車販売の電動車割合 20~30%、8 トン超：電動車累積 5,000 台先行導入」を実現し、別途実施される乗用車の導入支援等とあわせて、運輸部門全体の脱炭素化を進める。また、車両の価格低減やイノベーションの加速を図ることにより、価格競争力を高める。

日本政府のインパクトレポートでは、本事業によって導入された商用車による環境改善効果として、軽トラックであればガソリン車、小型・普通トラックであればディーゼル車、タクシーであれば平均的なガソリン車を BEV へ代替すると仮定し、車種ごとに排出削減効果を計算のうえ、合計して試算している。タクシーについては、補助実施台数 430 台のうち、PHEV が 5 台、FCV が 19 台であり、その多くが BEV であることから、すべて BEV へ代替すると仮定している。トラックも同様に、補助実施台数 3,268 台のうち、FCV が 6 台であることから、すべて BEV へ代替すると仮定している。クリーンエネルギー自動車導入促進補助金とは算出パラメータの出所は異なるものの、両補助金ともに BEV の電費を考慮し、使用電力に起因する CO₂ 排出量を含めて算定する点は共通である。JCR は、本補助金の環境改善効果の算出式は妥当なものであると評価している。一方で、

⁷¹ 一般社団法人 日本自動車工業会 日本の自動車工業 2025 の四輪車新車販売台数を基に JCR 作成。
https://www.jama.or.jp/library/publish/mioj/ebook/2025/MIoJ2025_j.pdf

PHEV 及び FCV については、補助実施台数が少ないため、すべて BEV に代替したと仮定して算定しているが、今後は電動車ごとに算定することを期待する。

国内の乗用車新車販売は約 50% が電動車になっている一方で、商用車は新車販売の数%に留まっているとされており⁷²、2030 年目標に向けて更なる取り組みの進捗が期待される。

5-2-21. 住宅の断熱性能向上のための先進的設備導入促進事業等

家庭部門の CO₂ 排出量は 158 百万 t-CO₂ であり、日本全体の約 15% を占めている⁷³。この排出削減のため、日本政府は、2021 年 8 月に、「脱炭素社会に向けた住宅・建築物における省エネ対策のあり方」を取りまとめ、2050 年にストック平均で ZEH・ZEB 基準の水準の省エネ性能が確保されていること⁷⁴等をありたい姿として挙げている。一方で、既存住宅の約 9 割が現行の省エネ基準を満たしていない⁷⁵背景もあり、既存住宅の省エネ化は、家庭部門の脱炭素化に向けて不可欠な取り組みである。

特に住宅内外での熱の移動を少なくする断熱改修は、冷暖房の稼働効率向上に直結し、エネルギー消費量の削減に大きく寄与する。窓は住宅設備の中でも、特に熱損失の多い設備であり、窓の断熱性能を向上させることは、冷暖房の稼働効率向上に直結し、エネルギー消費量の削減に寄与する。

本事業はこのような背景の下で実施されたものであり、戸建住宅及び集合住宅の窓の断熱性能を向上する改修事業が支援の対象となっている。本事業の成果としては、203,365 戸の戸建住宅、40,301 戸の集合住宅の窓の断熱改修に対して補助を行った。令和 5 年度の住宅のリフォーム・リニューアル工事件数：7,062,950 件⁷⁶と比較すると、本事業による改修工事件数はおよそ 3% に相当する。

環境改善効果としては、2023 年度の年間 CO₂ 排出削減量は約 7.1 万 t-CO₂（戸建住宅で約 6.3 万 t-CO₂、集合住宅で約 0.8 万 t-CO₂）であった。これは、住宅の属性（戸建/集合（妻住戸・中住戸））、改修後の窓の断熱性能、断熱改修の規模（LDK 窓のみ/全ての窓）、住宅が位置する地域の気候特性によって改修工事を分類し、各改修パターンの環境改善効果を「住宅に関する省エネルギー基準に準拠したプログラム(WEB プログラム)⁷⁷」を使用して算出したものである。なお、改修工事以外の基本情報（床面積・間取り等）については、一般的な住戸を想定しており、妥当なパラメータを使用していることを JCR は確認した。この値を地球温暖化対策計画で示されている、2030 年度の目標達成に向けた年平均の削減量：13 万 t-CO₂⁷⁸と比較すると、本事業による寄与度は約 54% と半数以上を占める結果となった。なお、本プロジェクトは継続事業であることから、今後も継続して環境改善効果の発現が期待される⁷⁹。

⁷² 経済産業省 スマートモビリティ社会の構築に向けた動向について（2025 年 3 月 13 日）

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/030_03_00.pdf

⁷³ 環境省 日本の温室効果ガス排出量データ（2022 年度）（<https://www.env.go.jp/content/000216816.pdf>）より。日本のエネルギー起源 CO₂ 排出量に対する家庭部門の排出量（電気・熱配分後）の割合。

⁷⁴ 「ストック平均で ZEH・ZEB 基準の水準の省エネ性能が確保」とは、ストック平均で住宅については一次エネルギー消費量を省エネ基準から 20% 程度削減、建築物については用途に応じて 30% 又は 40% 程度削減されている状態

⁷⁵ 第 1 回 脱炭素社会に向けた住宅・建築物の省エネ対策等のあり方検討会 国土交通省（令和 3 年 4 月 19 日）

⁷⁶ 国土交通省「建築物リフォーム・リニューアル調査報告（概要）」（令和 6 年 6 月 11 日公表）

⁷⁷ <https://house.app.lowenergy.jp/#/select>

⁷⁸ 地球温暖化対策計画（<https://www.env.go.jp/content/000290553.pdf>）における住宅の省エネルギー化（改修）の排出削減見込量（223 万 t-CO₂）から JCR 算出。なお、家庭部門の排出のうち、電力由来の GHG 排出量が約 2/3 を占めることから、地球温暖化対策計画に記載されている住宅部門の施策は、電力の GHG 排出原単位の低減が並行して行われる前提である。

⁷⁹ 2024 年度は、足下の 2 倍にあたる 40 万戸超を支援する予定であることが分野別投資戦略 参考資料（くらし）に示されている。

日本政府は、家庭部門の排出削減に向けた施策として、本プロジェクト以外にも、新築・リフォームの支援や、給湯器の省エネ化に対する支援等を講じている。これらの総合的な支援を通じて、家庭部門における 2030 年度の GHG 排出削減目標（2013 年度から約 1 億 3,800 万 t-CO₂ 削減）の達成を目指している。

以上より、JCR は、本事業が、家庭部門の排出削減施策の一つとして、着実に環境改善効果を発現しており、その効果は同部門の削減計画に寄与すると評価している。また、本事業は消費者に対して省エネの取り組みへの理解と消費行動変化を促す施策の 1 つであることから、重要な施策であると考えている。

上記の通り、JCR は、前提やパラメータには推定の内容が含まれているものの、日本政府が仮定したシナリオに基づき、妥当な方法で環境改善効果を算出していることを確認した。また、各事業によって大きな GHG 排出削減効果が期待できることから、日本の GHG 排出削減目標に資する取り組みであると評価している。同時に、脱炭素分野で新たな需要・市場を創出することで日本の産業競争力の強化にも貢献することが期待される。

レビュー結果（結論）

Green 1(T)

JCR は本債券についてレビューを行い、JCR グリーンファイナンス評価手法に基づき、「グリーン/トランジション性評価（資金使途）」を“gt1”、「管理・運営・透明性評価」を“m1”とし、「JCR クライメート・トランジション・ボンド評価」を“Green 1(T)”とした。また、本債券は「グリーンボンド原則」、「グリーンボンドガイドライン」、「クライメート・トランジション・ファイナンス・ハンドブック」、及び「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」において求められる項目について、引き続き基準を満たしていると考えられる。

		管理・運営・透明性評価				
		m1	m2	m3	m4	m5
グリーン トランジション 性評価	gt1	Green 1(T)	Green 2(T)	Green 3(T)	Green 4(T)	Green 5(T)
	gt2	Green 2(T)	Green 2(T)	Green 3(T)	Green 4(T)	Green 5(T)
	gt3	Green 3(T)	Green 3(T)	Green 4(T)	Green 5(T)	評価対象外
	gt4	Green 4(T)	Green 4(T)	Green 5(T)	評価対象外	評価対象外
	gt5	Green 5(T)	Green 5(T)	評価対象外	評価対象外	評価対象外

（担当）梶原 康佑・稲村 友彦・任田 卓人

本評価に関する重要な説明

1. JCR グリーンファイナンス・フレームワーク評価の前提・意義・限界

日本格付研究所 (JCR) が付与し提供する JCR グリーンファイナンス・フレームワーク評価は、グリーンファイナンス・フレームワークで定められた方針を評価対象として、JCR の定義するグリーンプロジェクトへの適合性ならびに資金使途等にかかる管理、運営及び透明性確保の取り組みの程度に関する、JCR の現時点での総合的な意見の表明です。したがって、当該方針に基づき実施される個別債券または借入等の資金使途の具体的な環境改善効果及び管理・運営体制・透明性評価等を行うものではなく、当該フレームワークに基づく個別債券または個別借入につきグリーンファイナンス評価を付与する場合は、別途評価を行う必要があります。また、JCR グリーンファイナンス・フレームワーク評価は、当該フレームワークに基づき実施された個別債券または借入等が環境に及ぼす改善効果を証明するものではなく、環境改善効果について責任を負うものではありません。グリーンファイナンス・フレームワークにより調達される資金の環境改善効果について、JCR は発行体及び/または借入人（以下、発行体と借入人を総称して「資金調達者」という）または資金調達者の依頼する第三者によって定量的・定性的に測定される事項を確認しますが、原則としてこれを直接測定することはありません。なお、投資法人等で資産がすべてグリーンプロジェクトに該当する場合に限り、グリーンエクイティについても評価対象に含むことがあります。

2. 本評価を実施するうえで使用した手法

本評価を実施するうえで使用した手法は、JCR のホームページ (<https://www.jcr.co.jp/>) の「サステナブルファイナンス・ESG」に、「JCR グリーンファイナンス評価手法」として掲載しています。

3. 信用格付業にかかる行為との関係

JCR グリーンファイナンス・フレームワーク評価を付与し提供する行為は、JCR が関連業務として行うものであり、信用格付業にかかる行為とは異なります。

4. 信用格付との関係

本件評価は信用格付とは異なり、また、あらかじめ定められた信用格付を提供し、または閲覧に供することを約束するものではありません。

5. JCR グリーンファイナンス・フレームワーク評価上の第三者性

本評価対象者と JCR との間に、利益相反を生じる可能性のある資本関係、人的関係等はありません。

■留意事項

本文書に記載された情報は、JCR が、資金調達者及び正確で信頼すべき情報源から入手したものです。ただし、当該情報には、人為的、機械的、またはその他の事由による誤りが存在する可能性があります。したがって、JCR は、明示的であると黙示的であるとを問わず、当該情報の正確性、結果、的確性、適時性、完全性、市場性、特定の目的への適合性について、一切表明保証するものではなく、また、JCR は、当該情報の誤り、遺漏、または当該情報を使用した結果について、一切責任を負いません。JCR は、いかなる状況においても、当該情報のあらゆる使用から生じうる、機会損失、金銭的損失を含むあらゆる種類の、特別損害、間接損害、付随的損害、派生的損害について、契約責任、不法行為責任、無過失責任その他責任原因のいかなるものを問わず、また、当該損害が予見可能であると予見不可能であるとを問わず、一切責任を負いません。JCR グリーンファイナンス評価は、評価の対象であるグリーンファイナンスにかかる各種のリスク（信用リスク、市場流動性リスク、価格変動リスク等）について、何ら意見を表明するものではありません。また、JCR グリーンファイナンス評価は JCR の現時点での総合的な意見の表明であって、事実の表明ではなく、リスクの判断や個別の債券、コマーシャルペーパー等の購入、売却、保有の意思決定に関して何らの推奨をするものでもありません。JCR グリーンファイナンス評価は、情報の変更、情報の不足その他の事由により変更、中断、または撤回されることがあります。JCR グリーンファイナンス評価のデータを含め、本文書にかかる一切の権利は、JCR が保有しています。JCR グリーンファイナンス評価のデータを含め、本文書の一部または全部を問わず、JCR に無断で複製、翻案、改変等することは禁じられています。

■用語解説

JCR グリーンファイナンス・フレームワーク評価：グリーンファイナンス・フレームワークに基づき調達される資金が JCR の定義するグリーンプロジェクトに充当される程度ならびに当該グリーンファイナンスの資金使途等にかかる管理、運営及び透明性確保の取り組みの程度を評価したものです。評価は5段階で、上位のものから順に、Green1(F)、Green2(F)、Green3(F)、Green4(F)、Green5(F)の評価記号を用いて表示されます。

■サステナビリティファイナンスの外部評価者としての登録状況等

- ・環境省 グリーンファイナンス外部レビュー者登録
- ・ICMA (国際資本市場協会) に外部評価者としてオブザーバー登録
- ・UNEP FI ポジティブインパクト金融原則 作業部会メンバー
- ・Climate Bonds Initiative Approved Verifier (気候債イニシアティブ認定検証機関)

■その他、信用格付業者としての登録状況等

- ・信用格付業者 金融庁長官 (格付) 第1号
- ・EU Certified Credit Rating Agency
- ・NRSRO : JCR は、米国証券取引委員会定める NRSRO (Nationally Recognized Statistical Rating Organization) の5つの信用格付クラスのうち、以下の4クラスに登録しています。(1)金融機関、ブローカー・ディーラー、(2)保険会社、(3)一般事業法人、(4)政府・地方自治体。米国証券取引委員会規則 17g-7(a)項に基づく開示の対象となる場合、当該開示は JCR のホームページ (<https://www.jcr.co.jp/en/>) に掲載されるニュースリリースに添付しています。

■本件に関するお問い合わせ先

情報サービス部 TEL : 03-3544-7013 FAX : 03-3544-7026

株式会社 日本格付研究所

Japan Credit Rating Agency, Ltd.
信用格付業者 金融庁長官 (格付) 第1号

〒104-0061 東京都中央区銀座 5-15-8 時事通信ビル