

GX Future Lab No.2

電力債におけるトランジション・ボンドの グリーニアム分析

Working Paper

天達 泰章
amatatsu-yasuaki@gxa.go.jp

November 2025

脱炭素成長型経済構造移行推進機構

GX Acceleration Agency

レポートは、すべて著者個人の責任で執筆されており、GX 推進機構の見解を示すものではありません。
なお、GX Future Lab に対するご意見・ご質問や、掲載ファイルに関するお問い合わせは、執筆者までお寄せ下さい。

電力債におけるトランジション・ボンドのグリーニアム分析[†]

(Working Paper)

2025年11月
GX推進機構 上級研究員
経済学博士
天達 泰章

【要旨】

我が国の2050年カーボン・ニュートラルの達成に向けて、CO₂排出量の最も多いエネルギー転換部門（電力会社等）は、CO₂を排出する石炭・石油・ガス火力発電から再生可能エネルギー発電や原子力発電等のCO₂を排出しない発電へのシフト（エネルギー源の低炭素化）などのGX（グリーン・トランスフォーメーション）を推進することが求められている。電力会社は再生可能エネルギー発電への設備投資などを資金使途としてグリーン・ボンドを債券発行してきたが、近年では、原子力発電の再稼働・新設などを資金使途とするトランジション・ボンドを債券発行しており、先行きも、トランジション・ボンドの発行が増加することが見込まれる。

本稿は、電力債のトランジション・ボンドについて、グリーン・ボンドと同様に、同一の発行体かつ同一の償還月の普通債の利回りよりもトランジション・ボンドの利回りが低いことを示す「グリーニアムが有る・発生している」ことを、定量分析により明らかにした。定量分析は流通市場のデータを使ったパネルデータ分析により行った。加えて、①残存年数が長いとグリーニアムのマイナス幅は拡大する（グリーニアムが明確になる）ことや、②発行額が小さいとグリーニアムのマイナス幅は拡大することなどが導出される。

キーワード：電力債、トランジション・ボンド、グリーン・ボンド、グリーニアム、パネルデータ分析

JEL Classification : G11、G12、G14、Q54

[†] 本稿の作成に当たっては、大内田康徳教授（広島大学）、大橋和彦教授（一橋大学大学院）、菊池健太郎准教授（滋賀大学）、江夏あかね氏（野村資本市場研究所）、中国電力財務グループ、高田英樹理事（GX推進機構）から有益なコメントを頂いた。ここに記して感謝したい。ただし、本稿で示されている意見およびあり得べき誤りはすべて筆者に属し、GX推進機構の公式見解を示すものではない。

1. はじめに

我が国は、2020年10月に2050年までにカーボン・ニュートラル（ネット・ゼロ）を目指すことを宣言し、2021年4月に2030年度に温室効果ガス排出量を2013年度比46%削減して、更に50%の高みを目指すことを表明した¹。政府は、2025年2月18日にも「地球温暖化対策計画」を閣議決定し、2050年カーボン・ニュートラルの実現に向けた直線的な経路にある野心的な目標として、2035年度に60%削減、2040年度に73%削減することを目指すとした新たな「日本のNDC（Nationally Determined Contribution、国が決定する貢献）」を「気候変動に関する国際連合枠組条約事務局（UNFCCC）」に提出している。

CO2排出量の最も多いエネルギー転換部門（電力会社等）は、日本全体のCO2排出量の40.1%（2023年）を占めることから、CO2を排出する石炭・石油・ガス火力発電から再生可能エネルギー発電や原子力発電等のCO2を排出しない発電へのシフト（エネルギー源の低炭素化）などのGX（グリーン・トランسفォーメーション）を推進することが求められている²。

2025年2月18日に閣議決定した「第7次エネルギー基本計画」においても、2040年度の総発電量の見通しとして、再生可能エネルギーによる発電を現状の2割強から4～5割に引き上げ、原子力による発電も現状の1割弱から約2割に引き上げることが掲げられている。

こうした中で、電力会社は再生可能エネルギー発電への設備投資などを資金使途としてグリーン・ボンドを債券発行してきた。環境省（2024）は、グリーン・ボンドの発行・投資によつてもたらされる環境・社会面からのメリットとして、「グリーンプロジェクトへの直接投資」による「地球環境の保全への貢献」や「グリーンプロジェクト推進を通じた社会・経済問題の解決への貢献」等を挙げている。

また、環境省（2024）は、金融技術面でのメリットとして、発行体にとっては①地球温暖化をはじめとした環境問題の解決に資する投資対象を高く評価する投資家等の「新しい投資家層の獲得につながり、資金調達基盤の強化」を期待できることや、②投資家の需要が大きいことによって「比較的好条件での資金調達」ができることを挙げている³。更に、グリーン・ボ

¹ 菅内閣総理大臣は2020年10月26日の所信表明演説において、日本が2050年までにカーボン・ニュートラルを目指すことを宣言した。また、菅内閣総理大臣は2021年4月の地球温暖化対策推進本部及び米国主催の気候サミットにおいて、「2050年目標と整合的で、野心的な目標として、2030年度に、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指す。さらに、50%の高みに向けて、挑戦を続けていく」ことを表明した。なお、カーボン・ニュートラルは、CO2等の温室効果ガスの排出量と吸收量を均衡させ、排出量を「実質ゼロ」に抑える、という概念。

² 詳細は、天達（2025）「日本におけるCO2排出量の要因分解」（GX Future Lab No.1）を参照。省エネの推進に加えて、今後は、CO2を排出する火力発電からCO2を排出しない太陽光発電や風力発電、原子力発電へのシフト、製造業等も含めた燃料転換・原料転換などに一段と取り組む必要があることを示唆している。

³ 江夏（2017）は「グリーンボンドは、資金調達手段の多様化に加え、環境問題への対応を投資基準に含めている投資家にも魅力的に映ることから、投資家層の多様化にも寄与」するとしている。

ンドは、このように需要が大きいことや満期保有目的で保有される場合が多いことによって、通常の債券と比較してボラティリティが低く、「価格変動リスクを抑制したい投資家にとって、有効な投資先」であることも挙げている。

久田(2022)は「投資家がグリーン・ボンドを購入するのは、安定的なキャッシュフローの獲得、持続可能な社会の実現に貢献できること、そしてこれらを通じて投資家として高い社会評価を得ることを目的としている」と記述している⁴。例えば、かんぽ生命(2023)は「ESG等の非財務情報を考慮した投資は、社会の持続可能性を高め、長期的な投資成果の向上(リスク低減)に繋がる。また、長期的には財務状況と非財務情報には相関性があり、ESGを考慮することがポートフォリオのリスク管理強化と中長期的な成長が期待できる投資先の選定に寄与し、投資成果の向上に繋がる」と記している。

近年では、電力会社は、原子力発電や火力発電を活用した水素・アンモニア混焼・専焼発電への設備投資などにもGX推進の一環で取り組んでいることから、これらも資金使途とするトランジション・ボンドを債券発行している。グリーン・ボンドではなく、トランジション・ボンドにより債券を発行するのには、グリーン・ボンドにおけるグリーン基準においては、原子力発電や火力発電を活用した水素・アンモニア混焼・専焼発電が資金使途から除外される可能性があることが背景にある⁵。金融庁・経済産業省・環境省が策定した「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」では、トランジション・ボンドは「気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取り組みを行っている場合にその取り組みを支援することを目的とした金融手法」の一つとしている⁶。

グリーン・ボンドの利回りが同一の発行体かつ同一の償還月の普通債の利回りよりも低い、つまり、グリーン・ボンドの債券価格が同一の発行体かつ同一の償還月の普通債の債券価格よりも割高になるという「グリニアム(Greenium、「グリーン」と「プレミアム」から成る造語)」が見られる。これは、国連が2006年に投資家の行動原則として責任投資原則(PRI<Principles for Responsible Investment>)を提示し、ESG(Environment, Social, Governance)の観点から投資するように提唱したことによって、機関投資家等が積極的にグ

⁴ グリーン・ボンドの投資家はグリーン・ボンドの購入を自ら対外的に公表・アピールし、グリーン・ボンドの発行体は投資家の投資表明や実際に購入した投資家名を一覧にして対外的に公表している。

⁵ 「グリーンボンド原則」と「グリーンボンドガイドライン」におけるグリーン・プロジェクトには、原子力発電や火力発電を活用した水素・アンモニア混焼・専焼発電の記述はない。欧州においては、様々な経済活動をグリーン・プロジェクトか否か等に分類する「EUタクソノミー」が、原子力発電とガス・石油火力を「Green Activities」ではなく「Transitional Activities」に分類している。ただし、原子力については、世界的なエネルギー危機と安全保障に対する意識の高まり等を背景に原子力に対する見方が緩和する動きもみられ、カナダやフランス等の一部電力会社が原子力を資金使途とするグリーン・ボンドを発行した。

⁶ 「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へ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我が国の2050年カーボン・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「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」を作成した。

リーン・ボンドに投資していることが背景にある。我が国においても、GPIF(年金積立金管理独立運用法人)等の多くの機関投資家が責任投資原則に署名していることから、グリーン・ボンドの人気が高まり、普通債よりも利回りが低くなる事象が見られている⁷。

グリーン・ボンドのグリーニアム分析については、海外市場を分析した先行研究が多い。Zerbib(2019)は2017年までのグローバルな債券流通市場でデータが利用可能だった110銘柄のグリーン・ボンドを分析し、▲2bps程度のグリーニアムが発生していると報告している。加えて、グリーニアムは低格付け、金融セクターにおいて顕著に発生しているとした。MacAskill et al.(2021)は2007年から2019年に発表された先行研究15文献をサーベイし、流通市場においては70%の先行研究でグリーニアムが発生していることが確認され、先行研究の多くが概ね▲1～▲9bps程度のグリーニアムであることを報告している。Kanemura(2025)は、米国とEUの債券indexを用いて、普通債券indexの価格とグリーン・ボンドindexの価格差を分析し、グリーニアムがあることを報告している。一方、Larcker and Watts(2020)は、米国地方債の流通市場を分析し、グリーニアムの発生は確認されなかった上に、①グリーニアムや②発行額、③Climate Bonds Initiative(CBI)が設定した「クライメイト・ボンド基準」を満たしていることを確認して認証を与えるCBI認証の三者間には明らかな関係がないことを報告している。

我が国のグリーン・ボンドを対象とした先行研究では、久田(2023)が我が国の発行市場においては▲6～7bpsのグリーニアムが発生していたことと、流通市場においては説明力が弱いものの▲1～2bpsのグリーニアムが発生していたことを報告している。GPIF・ICE(2024)は流通市場のグリーン・ボンドにおいて2023年2月まで▲1～4bpsのグリーニアムが発生していたが、それ以降はほとんど発生していないとしている。

ここで、トランジション・ボンドについても、グリーン・ボンドと同様にグリーニアムが発生するのか、が議論のポイントになる。グリーン基準に基づいて投資する機関投資家はトランジション・ボンドへの投資を相対的に選好しない可能性があり、トランジション・ボンドがグリーン・ボンドよりも人気がない、すなわち、トランジション・ボンドの利回りがグリーン・ボンドや普通債の利回りよりも高くなることが懸念される。

トランジション・ボンドのグリーニアム分析については、トランジション・ボンドの概念が新しいことなどから、我が国のみならず世界的にも先行研究は今のところ存在しない。

こうした問題意識から、本稿は、先行研究と異なり、電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドの流通市場におけるグリーニアムを分析する。電力債のトランジション・ボンドは国債を除いた我が国全体の発行残高の半分程度を占める上に、発行頻度も多いことからグリーニアム分析に適している。当方がパブリックセクターにおける起債運営経験と金融機関における債券投資経験を有するため、金融市场参加者の目線でALM(資産負債管理)実務や市場参加者特性、クレジット市場環境などへの理解を踏まえて、我が国の電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドを分析した。トランジション・ボンドのグリーニア

⁷ 日本銀行金融市场局(2024)では、「直近1年間に投資した先」の6割が普通債対比でESG債の発行金利は「低い」としている。

ム分析は世界を見渡しても初めてである上に、電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムの違いを比較した点においても、本稿は金融市場参加者と学界に新たな知見を提供する。

2. 電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンド

グリーン・ボンドは、グリーン・プロジェクトの実施により発生する環境負荷以上の環境改善効果の発生が期待できると評価される事業を、資金使途としている(図表1)。我が国においては、世界的に広く認知されているICMA(国際資本市場協会)の「グリーン・ボンド原則」と整合性を取る形で、環境省が策定した「グリーンボンドガイドライン」に則して、グリーン・ボンドは発行・管理されている。「グリーンボンドガイドライン」は、資金使途として、再生可能エネルギー、省エネルギー、グリーンビルディングなど合計10種類の事業を例示している。

一方、トランジション・ボンドは、発行体がパリ協定と整合した長期目標を実現するための戦略を有しているか、つまり、発行体がカーボン・ニュートラル実現に向けた長期的な移行(トランジション)戦略に則ったプロジェクトを実施するかを、投資家が判断して投資するものである。世界的に広く認知されているICMAの「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」と整合性を取る形で、金融庁・経済産業省・環境省が策定した「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針」に則して、トランジション・ボンドは発行・管理されている。「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」は、「資金充当の対象のみに着目するのではなく、脱炭素に向けた企業の『トランジション戦略』やその戦略を実践する信頼性・透明性を総合的に判断するもの」と記し、資金使途の分類を示していない⁸。ただし、脱炭素に向けた企業の戦略・取組がトランジション・ファイナンスとして適格かどうかを金融機関が判断する際の資料として、経済産業省は鉄鋼・化学等の8の多排出分野について具体的な移行(トランジション)の方向性を示す「分野別技術ロードマップ」を公表し、参照することを実質的に求めている⁹。

⁸ 「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」は、4つの要素、①資金調達者のクライメート・トランジション戦略とガバナンス、②ビジネスモデルにおける環境面のマティアリティ、③科学的根拠のあるクライメート・トランジション戦略(目標と経路を含む)、④実施の透明性を情報開示することを求めており。すなわち、トランジション・ファイナンスで資金調達する主体は、「(1)脱炭素化に向けた目標を掲げ、その達成に向けた戦略・計画を策定しており、戦略・計画に即した取り組みを実施するための原資を調達する主体及び、(2)他社の脱炭素化に向けたトランジションを可能にするための活動(投融資を含む)の原資を調達する主体」としている。その上で、「トランジション・ファイナンスは、調達した資金の充当対象のみではなく、資金調達者の戦略や実践に対する信頼性を重ね合わせて判断する必要がある」ことを強調している。

⁹ 「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」は、「当該ロードマップを参考することで資金調達者にとってはパリ協定に整合的な形でのトランジション戦略策定の一助となり、資金供給者にとっては個別企業のトランジション戦略の信頼性や実効性、さらにはアセットのトランジション適格性を評価する際の助けとなる」と記述している。

図表 1：グリーン・ボンドとトランジション・ボンドの概要と原則・ガイドライン

	グリーン・ボンド	トランジション・ボンド
概要	地球温暖化をはじめとする環境問題の解決に資するグリーン・プロジェクトに要する資金を調達するために発行する資金使途特定型債券。	発行体の温室効果ガス(GHG)排出削減に向けた長期的な移行(トランジション)戦略の策定をする資金使途特定型債券と資金使途不特定型債券。
原則・ガイドライン	<ul style="list-style-type: none"> ・ グリーンボンド原則(ICMA) ・ グリーンボンド・ガイドライン(環境省) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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(ICMA) ・ 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(金融庁・経済産業省・環境省) ・ 移行戦略等に分野別技術ロードマップ(経済産業省)を参照

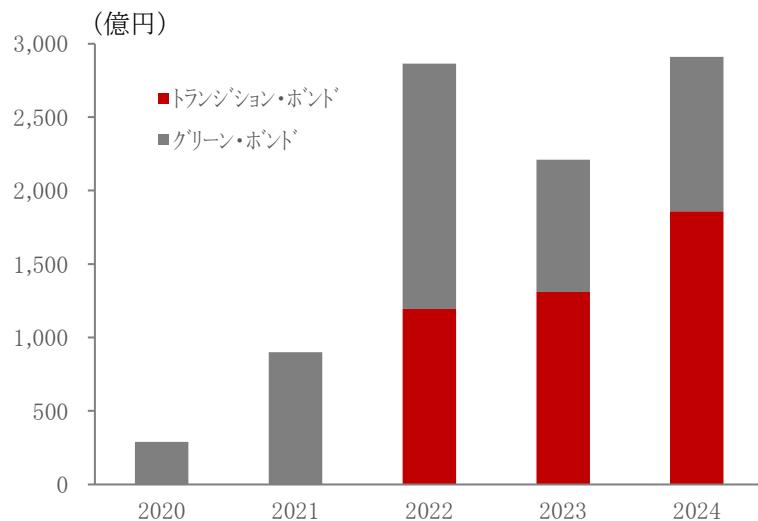
(出所) 日本証券業協会

端的に言えば、グリーン・ボンドとトランジション・ボンドは、前者については資金使途がグリーン・プロジェクトに特定され、後者についてはカーボン・ニュートラルに向けた移行(トランジション)戦略に則したプロジェクトに特定されるなど、発行体による脱炭素をコミットする点が普通債との違いである。

図表 2 で電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドの発行額の推移をみると、グリーン・ボンドは、2020 年 2 月に東北電力が 10 年債 50 億円の発行を開始した後、2022 年に 1,670 億円の発行額まで拡大したが、2024 年に 1,050 億円まで発行額が縮小している。一方、トランジション・ボンドは、2022 年 5 月に九州電力が 5 年債 300 億円と 10 年債 250 億円、JERA が 5 年債 120 億円の発行を開始した後、2024 年に 1,860 億円まで発行額は拡大している。

2025 年 3 月発行分も含めた電力債における発行残高は、グリーン・ボンドが 4,810 億円である一方、トランジション・ボンドは 4,656 億円と直近で拮抗している。今後、原子力発電の再稼働・新設や火力発電を活用した水素・アンモニア混焼・専焼発電への設備投資などの資金調達から、電力債において、トランジション・ボンドの発行残高がグリーン・ボンドの発行残高を上回ることが見込まれる。

図表 2：電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドの発行額



(出所) Bloomberg

3. グリーニアムの算出方法とデータ統計量

(1) 償還月差を考慮したグリーニアムの算出方法(マッチング法)

グリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムは、電力債における普通債(グリーン・ボンドとトランジション・ボンド以外の電力債、「ノン・ラベル」と称される)のイールド・カーブとの比較により算出される。本稿では、グリーン・ボンドの複利利回りまたはトランジション・ボンドの複利利回りから普通債のイールド・カーブの複利利回りを差し引いた数値を「グリーニアム」と称する。数値がマイナスの時に「グリーニアムが有る・発生している」、数値がプラスの時に「グリーニアムが無い・発生していない」と称する。なお、債券取引実務では、グリーン・ボンドの複利利回りまたはトランジション・ボンドの複利利回りから普通債のイールド・カーブの複利利回りを差し引いた数値がマイナスの数値を「グリーニアム」、プラスの数値を「プレミアム」と称する。

本稿におけるグリーニアムの算出方法をやや仔細に述べれば、図表 3-1 のように同一の電力会社が発行する債券において同一の残存年数(同一の償還月)の普通債が存在する場合には、グリーン・ボンドまたはトランジション・ボンドの複利利回りから、普通債の複利利回りをそのまま差し引いて算出すれば良い。具体的には、図表 3-1 では、中国電力の残存 9.7 年のトランジション・ボンド 457 回の複利利回りから、中国電力の残存 9.7 年の普通債 438 回の複利利回りをそのまま差し引き、▲6.8bps のグリーニアムを算出している。

他方、図表 3-2 のように同一の電力会社が発行する債券において、グリーン・ボンドまたはトランジション・ボンドと同一の残存年数(同一の償還月)の普通債が存在しない場合には、グリーン・ボンドまたはトランジション・ボンドの複利利回りから償還月差を考慮したイールド・カーブの複利利回りを差し引かなければならない。具体的には、図表 3-2 では、東北電

力の普通債 550 回の複利利回りと普通債 554 回の複利利回りを線形補間することで、トランジション・ボンド 556 回と同一の残存年数の普通債のイールド・カーブの複利利回りを算出している。その上で、トランジション・ボンド 556 回の複利利回りから、算出された普通債のイールド・カーブの複利利回りを差し引くことで、▲0.5bps のグリーニアムを算出している。

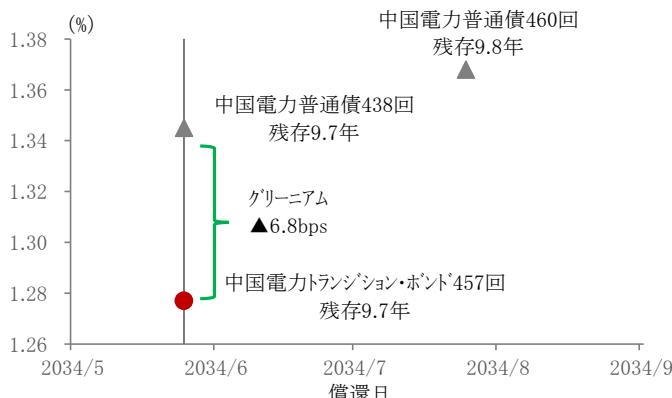
電力会社によっては発行頻度がまちまちであることから、償還月差を考慮する際に①図表 3-2 の線形補間の方法に加えて、図表 3-3 における②トランジション・ボンドよりも残存年数が長い二つの普通債を参照して線形補間する方法と、③トランジション・ボンドよりも残存年数が短い普通債と長い普通債を参照して線形補間する方法、合計三つの線形補間の方法がある。すなわち、まず、グリーン・ボンドまたはトランジション・ボンドの残存年数と近い残存年数の二つの普通債を選択し、次に、三つの線形補間の方法を踏まえて、普通債のイールド・カーブを算出し、最後に、グリーニアムを算出することになる¹⁰。

先行研究においても同様の考え方でグリーニアムを算出しており、Zerbib (2019) や久田 (2023) 等は償還月差を考慮したグリーニアムの算出方法を「マッチング法」と称している。

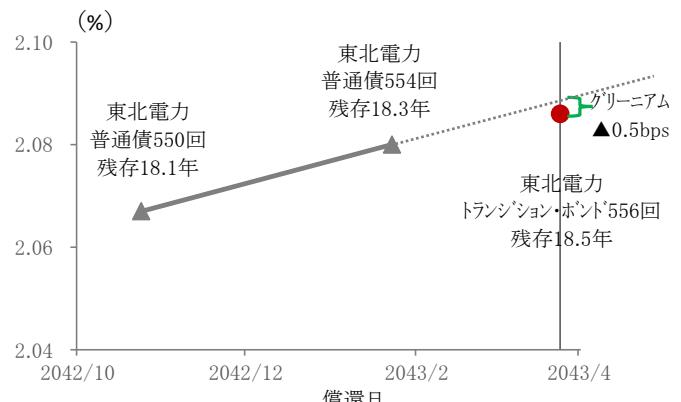
なお、本稿以外のグリーニアムの算出方法の一つに、償還月差を考慮したイールド・カーブの複利利回りを算出する際に、単に 2 点間の傾きのみを考慮する線形補間に代えて、傾きおよび曲率の連続性を考慮するスプライン補間を用いる方法も存在する。スプライン補間は、複数の区間を高次多項式で滑らかに接続するものであり、その過程で一階および二階の微分条件を満たすように係数が決定される。一般に、少なくとも 4 点以上の観測点が必要となることから、計算手続きが複雑であり、債券取引の実務においては線形補間と比較して適用がやや困難な手法とされる。

¹⁰ グリーン・ボンドまたはトランジション・ボンドの残存年数と、参照する二つの普通債の残存年数に大きな差(概ね半年以上)がある場合には、線形補間したイールド・カーブの複利利回りが実勢と異なることを考慮して、データから除外した。

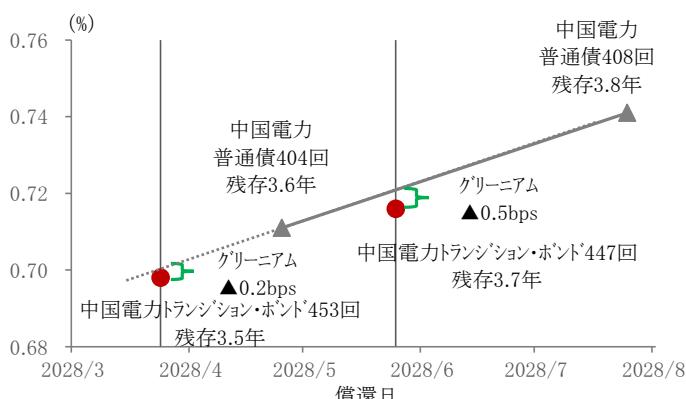
図表 3-1: グリーニアムの算出方法



図表 3-2: 債還月差を考慮したグリーニアムの算出方法①



図表 3-3: 債還月差を考慮したグリーニアムの算出方法②



(出所) Bloomberg

(注) データは 2024 年 9 月 30 日時点。

(2) データ

北海道電力、東北電力、中部電力、北陸電力、関西電力、中国電力、九州電力の 7 つの電力債を対象としてグリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムを分析する¹¹。これまでに発行された電力債のグリーン・ボンドとトランジション・ボンドの複利利回りを、(1) の方法による同一電力会社の普通債のイールド・カーブの複利利回りで差し引いて、グリーニアムを算出する。

¹¹ 電力自由化(2016 年 4 月)以前に電気事業法による参入規制によって独占的に電気を供給していた電力会社 10 社である旧一般電気事業者が発行する電力債を対象とする。ただし、東京電力は一般送配電事業を東京電力パワーグリッド、小売電気事業を東京エナジーパートナー、燃料・火力発電事業を東京カフェエル・パワーの 3 つの小会社に事業承継し、一般送配電事業者である東京電力パワーグリッドが主に債券発行している。東京電力パワーグリッドの電力債は、他の旧一般電気事業者と異なる事業体制であるため、分析対象から除外した。加えて、沖縄電力は、他の旧一般電気事業者よりも事業規模や電力債発行残高が明らかに小さいため、分析対象から除外した。更に、四国電力は、普通債の発行頻度が少なく、グリーン・ボンドの残存年数と参照する普通債の残存年数が離れすぎていることから、分析対象から除外した。

データは Bloomberg の流通市場における複利利回りを用いた。この背景には、我が国の流通市場における債券取引は、BB(Broker's Broker<業者間取引専門仲立業者>)である日本相互証券会社がクウォートする価格・利回りに基づき取引することが一般的であるが、BB 価格・利回りは業者(プロ)向けであることからデータの整備がなされていないことがある。他方、情報提供会社である Bloomberg は、流通市場における主要な証券会社が価格・利回りをクウォートすることで、BB 価格・利回りとほぼ同じ市場実勢の価格・利回りのデータを市場参加者や研究機関等に提供している¹²。加えて、Bloomberg は、利用者がデータを入手し易いようにデータを整備している。

データは、グリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムの傾向(トレンド)を分析するため、月次データ(月末値)とした。加えて、月末値を後方 3 カ月移動平均(3MA)で更に平滑化して分析した。

データ期間は、2024 年 1 月から直近の 2024 年 12 月までとした。電力債では 2020 年以降にグリーン・ボンドが、2022 年以降にトランジション・ボンドが発行されている。しかし、2022 年～23 年にかけて、市場参加者による日本銀行の利上げ開始期待(金利上昇圧力)と日本銀行によるイールド・カーブ・コントロール(金利低下圧力)が大きく相反したことなどによつて、日本国債のイールド・カーブが長期国債先物取引の決済時に使われる残存 7 年を中心大きく下方に歪んだり、日本国債のイールド・カーブと電力債のイールド・カーブが大きく乖離(対国債スプレッドが大きく拡大)したりしたことなどを受けて、電力債を含むクレジット流通市場の機能が大きく低下した¹³。そのため、2024 年以降で分析可能な期間とした。

(3) データの統計量

図表 4 で、電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムの統計量を見ると、データ全体のグリーニアムの平均は▲0.4bps と、「グリーニアムが有る・発生している」ことがわかる。特に、トランジション・ボンドのみのデータでは、グリーニアムの平均が▲0.9bps である上に、第 3 四分位(75%タイル)で 0.0bps と、トランジション・ボンドのデータの多くで「グリーニアムが有る・発生している」ことがわかる。一方、グリーン・ボンドのデータは第 1 四分位(25%タイル)で▲0.1bps と「グリーニアムが有る・発生している」ものの、平均が 0.1bps であって、グリーン・ボンドの多くのデータでは「グリーニアムが無い・発生していない」ことを示している。

¹² 外国債の流通市場では、一般的に、Bloomberg でクウォートされる価格・利回りに基づいて取引する。加えて、債券取引実務の経験では、日本国債のリアルタイムデータは BB がクウォートする利回りと Bloomberg がクウォートする利回りで 0.1～0.2bps 程度の違いがある。なお、先行研究で使用されることのある日本証券取引所が公表する売買参考統計値の利回りは、電力債で 5～8 証券(2024 年 9 月末)による気配値報告から算出される平均値であることから、流通市場において主要でない証券会社の気配値報告も考慮されており、必ずしも市場実勢を反映していないことがある。債券取引実務の経験では、売買参考統計値のデータは市場実勢対比で変化が後追いになる(遅行性)。

¹³ 詳細は、落・長田(2024)を参照。

図表 4：電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドの統計量

	銘柄数	標本数	平均	第1四分位	第2四分位	第3四分位	(単位:bps) 標準偏差
全体	34	324	-0.364	-0.250	-0.021	0.070	1.363
グリーン・ボンド	15	167	0.145	-0.081	0.031	0.169	0.815
トランジション・ボンド	19	157	-0.905	-1.133	-0.149	0.000	1.603

(出所) Bloomberg

4. 時系列推移とクロスセクション分析

(1) 時系列推移

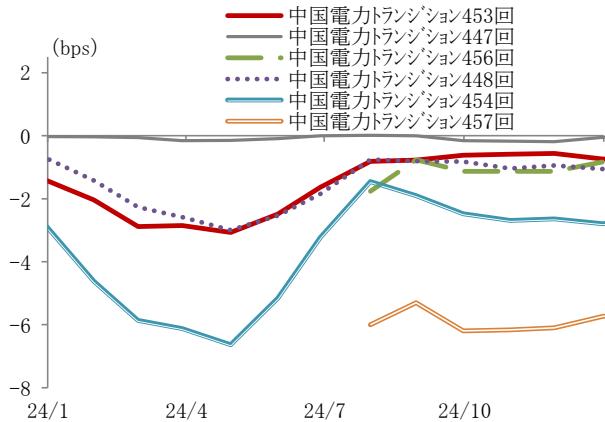
電力債におけるトランジション・ボンドのグリーニアムは、図表 5-1 の中国電力のトランジション・ボンドにおいてはっきりとマイナスで推移している。すなわち、「グリーニアムが有る・発生している」と確認できる。特に、2024 年前半の良好なクレジット市場環境(後述)の下で、グリーニアムは▲2～6bps までマイナス幅を拡大した¹⁴。

他方、図表 5-2 の九州電力においては、トランジション・ボンドもグリーン・ボンドも概ねゼロ近辺で推移している。2024 年後半に一部のトランジション・ボンドとグリーン・ボンドでグリーニアムがマイナス転嫁し、「グリーニアムが有る・発生している」程度である。九州電力のトランジション・ボンド 527 回は、資金使途を原子力発電所の設備投資に限定したことで人気化し、グリーニアムのマイナス幅が相対的に拡大している。

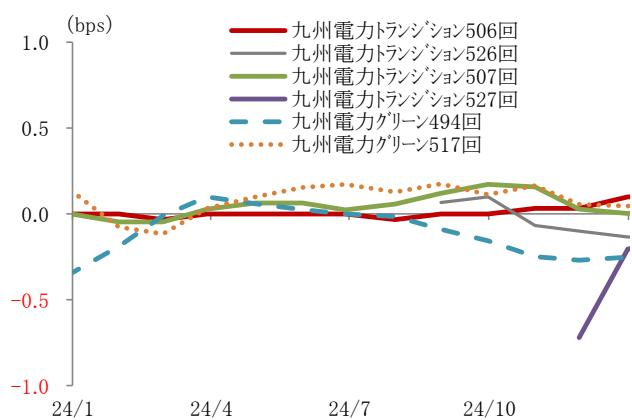
電力会社によって、グリーニアムの水準が異なることを示していると考えられる。特に、中国電力のトランジション・ボンドのグリーニアムは他の電力債よりもマイナス幅が大きいと考えられる。

¹⁴ 2024 年前半には、クレジット市場全般で対国債スプレッドが縮小している。

図表 5-1:中国電力債のグリーニアム



図表 5-2:九州電力債のグリーニアム



(出所) Bloomberg

(注) グリーニアムは月末値を後方 3 カ月移動平均で平滑化。

(2)クロスセクション分析

電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムを 2024 年 9 月のデータ(月末値を後方 3 カ月移動平均で平滑化)でクロスセクション分析する。その際、中国電力債のトランジション・ボンドは相対的にグリーニアムのマイナス幅が大きいことから、区別して扱う。

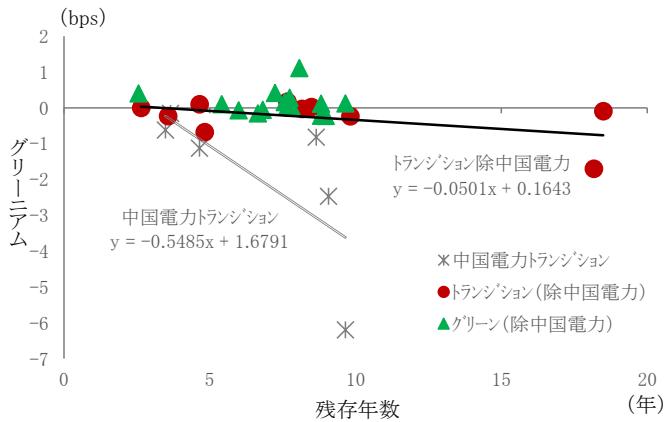
図表 6-1 でグリーニアムと残存年数の関係を見ると、グリーニアムと残存年数には負の相関がみられ、残存年数が長いとグリーニアムのマイナス幅も大きくなると考えられる。

一般的に、投資家は ALM(資産負債管理)の観点から負債サイドの残存年数に応じた残存年数の債券に投資することから、残存年数に応じて投資家の特性は異なる。残存 10 年等の長期ゾーンや 20 年等の超長期ゾーンに投資する投資家は生保や年金等の長期保有・満期保有の機関投資家が多い。こうした投資家は積極的にグリーン・ボンドやトランジション・ボンドに満期保有目的で投資し、容易に売却しないと考えられ、グリーニアムのマイナス幅も拡大しやすい。

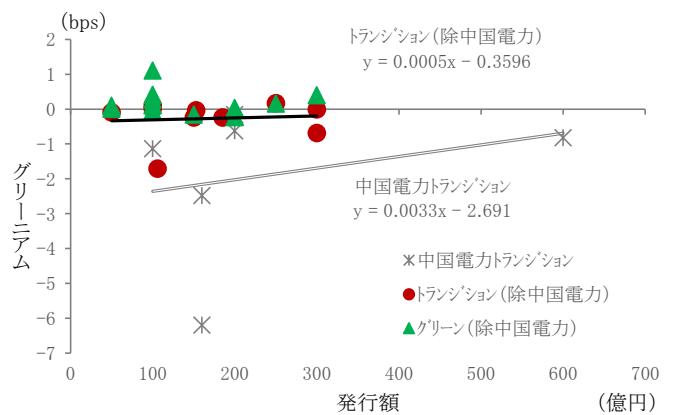
一方、残存 5 年等の中長期ゾーンは銀行等の短期的に売買を繰り返す投資家が多く、流動性の小さいグリーン・ボンドやトランジション・ボンドへの投資は然程大きくないと考えられる。加えて、こうした銀行等の投資家はグリーン・ボンドやトランジション・ボンドへの投資の意義よりも価格を選好するため、利回りが低下して債券価格が上昇すると売却すると考えられ、グリーニアムのマイナス幅は相対的に縮小しやすい¹⁵。

¹⁵ 金利の基幹構造を説明する仮説の一つである「市場分断仮説」は、投資家や資金調達を行う企業などによって投資・調達期間の選好が異なるため、各残存期間の債券ごとに市場が分断、金利は各残存期間の債券の需給に応じて独立して決定されると仮定している。

図表 6-1: グリーニアムと残存年数の関係



図表 6-2: グリーニアムと発行額の関係



(出所) Bloomberg

(注) データは 2024 年 9 月。グリーニアムは月末値を後方 3 カ月移動平均で平滑化。

図表 6-2 でグリーニアムと発行額の関係をみると、弱いながらも正の相関がみられ、発行額が大きくなるとグリーニアムのマイナス幅が小さくなる。この背景には、投資家の需要に対して供給(発行額)が小さいと債券価格は高く、利回りは低くなる一方、投資家の需要に対して供給(発行額)が大きいと債券価格は低く、利回りは高くなることがある。すなわち、需給が債券価格・利回りを、グリーニアムの水準を弱い相関ながらも決定することを示す。

言い換えれば、グリーン・ボンドとトランジション・ボンドにおいては、残存年数の長い債券や発行額が小さい債券は、流通市場における希少性が評価されて「グリーニアムがある・発生」し易いと言えよう。

5. 電力債におけるグリーニアムのパネルデータ分析

(1) パネルデータ分析のモデル

上記の特性を踏まえて、残存年数や発行額、電力会社毎の評価などをコントロールし、電力債のグリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムに対しパネルデータ分析を行う。パネルデータ分析は時系列データとクロスセクション・データを組み合わせたデータを用いて、同一の対象を複数の時点に渡って分析する手法である。

$$\begin{aligned} Greenium_{i,t} = & \alpha + \beta \cdot Term_{i,t} + \gamma \cdot Amount_{i,t} + \delta \cdot TransitionDummy_{i,t} + Company_i \\ & + \varepsilon_t + \epsilon_{i,t} \end{aligned}$$

モデルの被説明変数は銘柄毎のグリーニアム(Greenium)である。モデルの説明変数は、①銘柄毎の残存年数(Term)と②銘柄毎の発行額(Amount)、③銘柄毎にトランジション・ボンドを 1、グリーン・ボンドを 0 とするダミー変数(TransitionDummy)である。加えて、電力会

社毎の固定効果(Company)と、時間効果(ε)を加える。 α は定数項、 ϵ は誤差項である¹⁶。

本分析では、パネルデータの回帰分析を行うにあたり、銘柄毎及び時点毎の誤差分散(異質分散)を考慮し、より頑健な推定を行うため、White cross-section & period 標準誤差を適用した。

(2) 推計結果

図表 7-1 は、パネルデータ分析の推定結果である。

第一に、係数は全て 5% 水準で有意であり、クロスセクション分析で示した理論に則している。①残存年数が長いと、グリーニアムのマイナス幅は拡大することを示している。例えば、5 年債の場合には▲0.4bps 分、10 年債の場合には▲0.8bps 分、20 年債の場合には▲1.7bps 分、グリーニアムのマイナス幅は拡大する。②発行額が大きいと、グリーニアムのマイナス幅は縮小する。例えば、発行額が 100 億円の場合には+0.2bps 分、200 億円の場合には+0.4bps 分、500 億円の場合には+1.0bps 分、グリーニアムのマイナス幅は縮小することを示す。③トランジション・ボンドはグリーン・ボンドよりも僅少ながらも▲0.2bps 分、グリーニアムのマイナス幅が大きい¹⁷。この点については、イ)トランジション・ボンドが 2022 年から発行が開始されて日が浅いことで、投資家等の注目度が高いことや、ロ)注目度が高い中で電力会社等が IR 活動を積極的に行っていること、ハ)トランジション・ボンドは中長期的には投資先の排出削減努力によって社会全体の GHG 排出量の減少に寄与することになると見なされ、投資家がグリーン・ボンドとトランジション・ボンドの間で投資スタンスに差をつけていないことなどが背景にあると考えられる。

第二に、固定効果は、中国電力や関西電力において、グリーニアムのマイナス幅が大きいことを示す。市場参加者による各電力会社の評価が異なることを示している(後述)。

第三に、時間効果は、2024 年前半に、グリーニアムのマイナス幅が拡大したことを示し、2024 年後半にグリーニアムのマイナス幅が縮小したことを示している。2024 年前半はクレジット市場全般に環境が好転した一方、後半は 7 月下旬から 8 月上旬にかけて日経平均株価が終値ベースで 4 万 2 千円台から 3 万 3 千円台に一時的に大暴落したことなどを受けて、全般的にクレジット市場環境が悪化した。例えば、電力債の発行市場では、年前半に電力債の普通債は平均的に対国債スプレッド +37.3bps で発行されていたが、年後半に電力債の普通債は対国債スプレッド +48.5bps まで拡大して発行された(図表 7-3)。すなわち、クレジット市場環境が悪化してグリーニアムのマイナス幅が縮小したと考えられる¹⁸。

¹⁶ Zerbib (2019) や久田 (2023) は格付を説明変数に加えているが、電力債における格付はほぼ違わないがため、本分析では除外した(R&I では、関西電力と中部電力が AA-、他は A+)。

¹⁷ 差が僅少であるため「グリーン・ボンドとトランジション・ボンドで差はない」と評価することもできる。

¹⁸ クレジット市場環境は、金融経済全体の不確実性や投資家のリスク許容度の変化に大きく影響を受ける。リーマン・ショックや欧州政府債務危機、コロナ・ショックなど、金融市场の不透明感が急速に高まる局面では、金融機関や投資家のリスク回避姿勢が強まり、対国債スプレッド(信用スプレッド)の拡大や資金調達コストの上昇を通じてクレジット市場環境が悪化する。このような局面では、クレジット市場のみならず株式市場など他のリスク資産市場でも価格下落が顕著となる。一方、金融政策の緩和や景気回復への期待、信用リスク不安の後退などにより市場のリスク許容度が改善する局面で

図表 7-1:推計結果

標本期間(月次)2024年1月～12月(標本数:324)

説明変数	係数	P 値
定数項	1.734	0.000
残存年数(年)	-0.084	0.000
発行額(億円)	0.002	0.017
トランジション・ボンド・ダミー	-0.236	0.009
固定効果		
中国電力	-3.463	0.000
関西電力	-1.599	0.001
中部電力	-1.365	0.005
九州電力	-1.344	0.005
北陸電力	-1.186	0.013
東北電力	-0.875	0.067

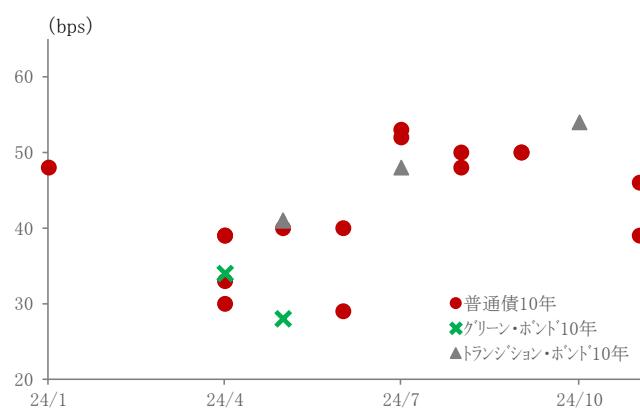
時間効果

図表 7-2 に記載

自由度修正済み決定係数	0.461
-------------	-------

(出所) Bloomberg

(注) 推計においては、より頑健な推定を行うため、White cross-section & period 標準誤差を適用した。

図表 7-3:電力債 10 年対国債スプレッド(発行市場)

(出所) みずほ証券

は、対国債スプレッドが縮小し、クレジット市場環境は好転する。この際、株式市場など他のリスク資産市場でも価格の上昇傾向がみられる。天達(2013)は、市場参加者におけるリスク管理等も踏まえてこうした金融商品間および各国市場間におけるボラティリティ伝播の仕組みを記している。

図表 7-2:時間効果

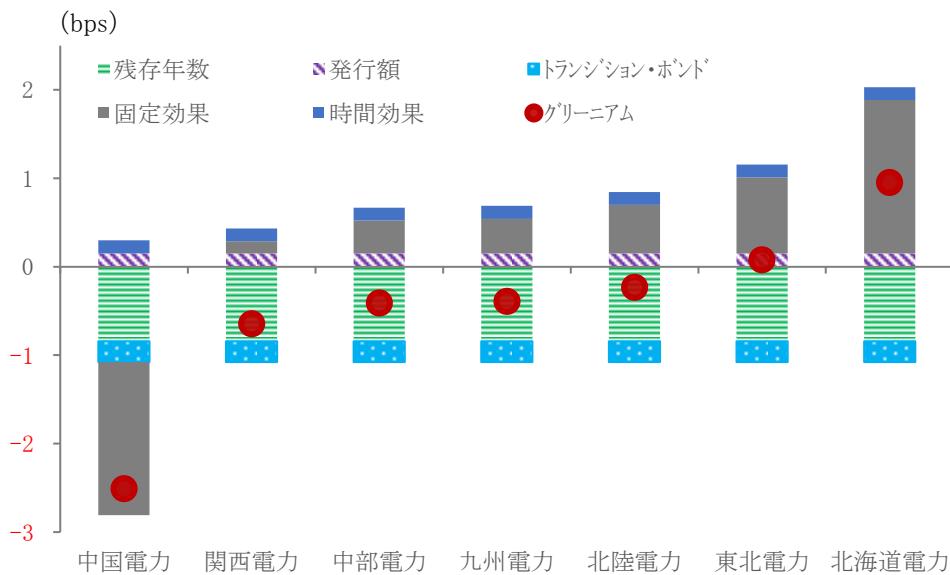
最後に、パネルデータ分析の自由度修正済み決定係数は 0.461 と、推計するモデルとして適切な当てはまりである。Zerbib (2019) での分析におけるモデルの自由度修正済み決定係数が 0.023～0.056、久田 (2023) での分析におけるモデルの決定係数が 0.018～0.122 であることを踏まえると、本稿のモデルの説明力が高いことを示す。Zerbib (2019) や久田 (2023) は、多様な業種のグリーン・ボンドを分析していることから、モデルが業種間での異なる特性を捉えきれないものと考えられる。言い換えれば、本稿は、発行頻度が多く、発行残高も大きく、金融市場参加者の認知度も高い電力債に絞って分析したことで、本稿のモデルは高い説明力を持つ。

(3) 標準的な債券におけるトランジション・ボンドのグリーニアムの数値

図表 8 は、クレジット市場において標準的な債券である残存年数 10 年、発行額 100 億円のトランジション・ボンドを想定して、推計結果の係数を用いて各電力会社のグリーニアムを試算している。

結果、中国電力と関西電力、中部電力、九州電力、北陸電力のトランジション・ボンドについて、▲2.5bps～▲0.2bps の「グリーニアムが有る・発生している」ことを示している。なお、この結果は、中国電力と関西電力、中部電力、九州電力のグリーン・ボンドについても、▲2.3bps～▲0.2bps の「グリーニアムが有る・発生している」ことを示す。

図表 8：推計による残存年数 10 年、発行額 100 億円のトランジション・ボンドのグリーニアム



(出所) Bloomberg

(注) 固定効果は定数項と電力会社毎の固定効果を加算した数値。時間効果は 2024 年 9 月の数値。

(4) 電力会社毎でグリーニアムに差が生じる背景の考察

図表 8 で電力会社毎の固定効果の違いからグリーニアムの水準に差が生じている。7 つ

の電力会社を対象としており、データ制約があることから、その背景を定量分析によって示すことは難しいものの、金融市場参加者(証券や生保、電力会社)へのヒアリングも参考にして考察を試みる。

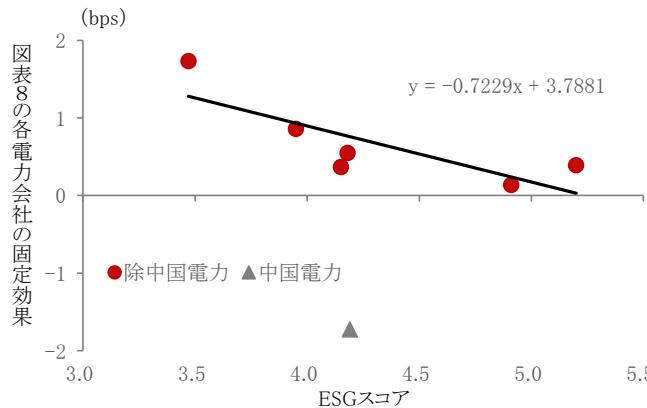
第一に、ESG 投資に積極的な機関投資家は、投資対象における環境(E)、社会(S)、ガバナンス(G)の取り組み状況を数値化した ESG スコアを見ながら投資していると考えられる。Bloomberg が算出している ESG スコアは、SASB (Sustainability Accounting Standards Board<サステナビリティ会計基準審議会>) 等のサステナブル情報開示基準策定機関や業界団体が財務上重要とみなす数百の定性・定量データを基に、業種内でデータを相対比較して、各企業を 1~10 のランクでスコア化している^{19,20}。Bloomberg の 2023 年における ESG スコアと図表 8 の各電力会社の固定効果は負の相関を示し、電力会社の中で脱炭素への取り組みが積極的であることやサステナブル情報開示の度合いが大きいことなどが評価されて、ESG スコアが高いと、グリーニアムのマイナス幅が大きい(図表 9-1)。

第二に、ESG 投資に積極的な機関投資家は、投資対象の CO2 排出量を見ながら投資していると考えられる。トランジション・ファイナンスの具体的な評価基準、その根拠、評価プロセス等をまとめた日本生命(2024)は、移行(トランジション)戦略における GHG 削減計画をスコープ 1GHG 排出係数(スコープ 1GHG 排出量<gCO2>)/電力<kWh>)で評価するとしている。図表 8 の各電力会社の固定効果と 2023 年におけるスコープ 1GHG 排出係数は正の相関を示し、スコープ 1GHG 排出係数が小さいと、グリーニアムのマイナス幅が大きい(図表 9-2)。

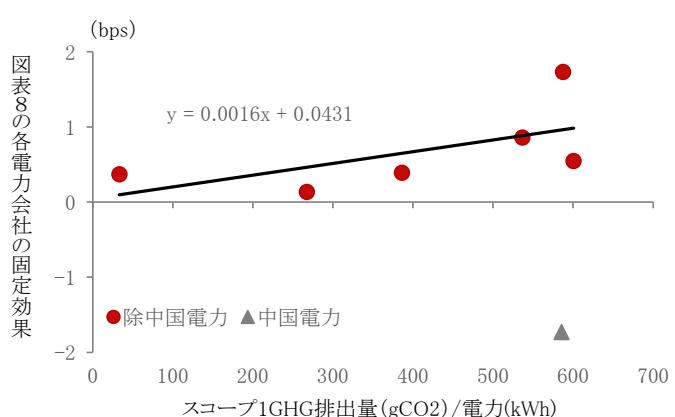
¹⁹ 国際ガイドラインの一つである SASB スタンダードは、11 セクター、77 業種について情報開示に関する基準を作成し、公表している。

²⁰ 湯山・白須・森平(2020)で分析している「Bloomberg ESG 開示スコア」は「ESG スコア」と異なる。「Bloomberg ESG 開示スコア」は有価証券報告書等でのサステナビリティ関連の記載分量によってスコア化されている。他に、MSCI や Sustainalytics 等が ESG スコアを有しているが、「MSCI 等のデータ使用料は高額であることから、Bloomberg の ESG スコアの方が使い勝手が良い」との金融市場参加者の指摘がある。

図表 9-1: 図表 8 各電力会社の固定効果と ESG スコア
(2023 年)



図表 9-2: 図表 8 各電力会社の固定効果とスコープ
1GHG 排出係数(2023 年)



(出所) Bloomberg

最後に、図表 8 における中国電力のトランジション・ボンドのグリーニアムのマイナス幅が群を抜いて大きい理由として、「①トランジション・ボンドの発行回数が多いことや、②中国電力財務グループによる投資家訪問回数が 2023 年度 127 件、2024 年度 122 件と積極的であること（中国電力(2025)）、③投資家訪問の対象が金融機関や社債投資家であることなどから、中国電力債への高い認知度・高い人気がある」ことを金融市场参加者は指摘している。発行体による投資家への訪問回数や投資家による発行体の認知度などを示すデータは存在しないため、定量的に示すことはできない。しかし、企業の信頼を高め、資金調達や企業価値の向上につなげることを目的として、多くの企業が株主や投資家、顧客などに対して、経営状態や財務状況などの情報を提供する IR (Investor Relation) 活動を積極的に実施していることを踏まえれば、中国電力財務グループの取り組みが一定程度、金融市场参加者に評価されていると考えられる。

なお、「中国電力の 3 銘柄がトランジション・リンク・ボンドであることは、グリーニアムに影響しない」との金融市场参加者の指摘が多い。トランジション・リンク・ボンドは、資金使途を特定しない代わりに、環境や社会課題など持続可能性に関する指標 (KPI) と、その数値目標 (SPTs) を設定し、数値目標の達成状況によって、投資家が受け取るクーポン金利などが変動するものである。すなわち、発行体による野心的な事前に設定された目標の達成への動機付けを与える債券である。中国電力のトランジション・リンク・ボンドの数値目標は「2030 年度の小売電気事業における CO₂ 排出量を 2013 年度比半減」としているものの、既に 2023 年度時点で 2013 年度比▲46.1%を実現しており、順調な進捗状況にある。仮に目標達成できない場合には、「発行額の 0.2%相当額を、環境保全活動を目的とする団体に寄付することで、実現できなかった環境負荷軽減を別の形で支援する」としているものの、「団体への寄付の効果が不明であることや、寄付を受け取る団体によってはグリーンウォッシュの懸念がある」との金融市场参加者の指摘もある。これらの点から、「トランジション・リンク・ボン

ドはトランジション・ボンドよりも人気があるとは言えない」と金融市場参加者は指摘している。

こうした定性分析では、各電力会社による ESG・脱炭素への取り組みを金融市場参加者が評価していることにより、電力会社毎にグリーニアムに差が生じていると示唆される²¹。

(5) 定性分析を踏まえたパネルデータ分析

定性分析を踏まえて、ESG スコアとスコープ 1GHG 排出係数、中国電力ダミーを説明変数に加えて、電力債のグリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムに対しパネルデータ分析を行う。

図表 10-1 から、スコープ 1GHG 排出係数は棄却されたが、ESG スコアと中国電力ダミーは有意かつ理論通りの符号になることがわかる。図表 7-1 で分析した他の説明変数である残存年数や発行額、トランジション・ダミーの係数と P 値は変化ない。加えて、自由度修正済み決定係数も 0.45 と概ね変化はない。適切なモデルと言えよう。

図表 10-1: 推計結果

標本期間(月次) 2024 年 1 月～12 月 (標本数:324)		
説明変数	係数	P 値
定数項	3.298	0.000
残存年数(年)	-0.088	0.000
発行額(億円)	0.001	0.044
トランジション・ボンド・ダミー	-0.266	0.006
ESG スコア	-0.547	0.000
中国電力ダミー	-1.992	0.000

時間効果

図表 10-2 に記載

自由度修正済み決定係数	0.448
-------------	-------

(出所) Bloomberg

(注) 推計においては、より頑健な推定を行うため、White cross-section & period 標準誤差を適用した。

図表 10-2: 時間効果



6. 結論

本稿は、先行研究と異なり、電力債におけるグリーン・ボンドとトランジション・ボンドの流通

²¹ GPIF・ICE (2024) は、資金使途による GHG 排出削減量(インパクト評価)とグリーニアムの関係を分析し、我が国では、資金使途を含む情報開示が常にグリーニアムに結びつくわけではなく、「明確な普遍的パターンはない」としている。債券余取引実務としても、「資金使途の内容を踏まえて投資している投資家は、限られた大手生保のみである」との金融市場参加者の指摘もある。

市場におけるグリーニアムを分析した。特に、当方が債券発行経験と債券投資経験を有することから、ALM(資産負債管理)実務や市場参加者特性、クレジット市場環境への理解などの債券取引実務を踏まえた分析を行った。更に、トランジション・ボンドのグリーニアム分析は世界を見渡しても初めてである上に、グリーン・ボンドとトランジション・ボンドのグリーニアムの違いを比較した点も、本稿の金融市場参加者と学界等への貢献である。

結果、流通市場においては、電力債におけるグリーン・ボンドに加えて、トランジション・ボンドにも「グリーニアムが有る・発生している」ことを確認した。

パネルデータ分析では、①残存年数が長いとグリーニアムのマイナス幅は拡大すること、②発行額が小さいとグリーニアムのマイナス幅は拡大すること、③トランジション・ボンドはグリーン・ボンドよりも僅少ながらも▲0.2bps 分、グリーニアムのマイナス幅が大きいことを定量的に導出した。また、④市場参加者による各電力会社の評価が異なることや⑤グリーニアムがクレジット市場環境の影響を受けることを示唆した。

定性分析から、イ)ESG スコアが高いことや、ロ)スコープ 1GHG 排出係数が小さいこと、ハ)IR 活動に積極的であることが、グリーニアムのマイナス幅を大きくすると考えられる。

我が国のカーボン・ニュートラルの達成に向けて、エネルギー転換部門(電力会社等)は、CO₂ を排出する火力発電から CO₂ を排出しない太陽光発電や風力発電、原子力発電へのシフト、火力発電を活用した水素・アンモニア混焼・専焼発電等の燃料転換などに一段と取り組む必要がある。そのため、トランジション・ボンドの発行額の増加が見込まれる。本稿での分析結果を踏まえれば、電力会社等には、ALM(資産負債管理)等における投資家の年限に応じた特性を踏まえた起債運営や、クレジット市場環境が良好な場合にグリーニアムのマイナス幅が大きいことを踏まえた起債運営が望まれよう²²。また、電力会社等は ESG スコアの引き上げやスコープ 1GHG 排出係数の引き下げなどにも取り組むことが考えられる。

更に、中国電力による積極的な IR 活動によって中国電力債が他の電力債対比でグリーニアムのマイナス幅が大きいことなどは、IR 活動が重要であることを示している。発行体が投資家に対してトランジション・ボンドの意義を確りと説明し、投資家の理解を得ることが求められよう。我が国全体としては、グリーン・ボンドとトランジション・ボンドに投資する投資家の裾野を拡大するべく、サステナブル・ファイナンスの推進が求められよう。

²² リーマン・ショックやコロナ・ショック等のクレジット市場環境が悪化する場面では、「グリーニアムが無い・発生しない」ことも生じる。

【参考文献】

- Kanamura, Takashi (2025) “Stochastic behavior of green bond premiums”, *International review of Financial Analysis* 97, 103836.
- Larcker, David F., and Edward M. Watts (2020) “Where's the greenium?”, *Journal of Accounting and Economics* 69.2-3, 101312.
- MacAskill, Stefen, E. Roca, B. Liu, R.A. Stewart and O. Sahin (2021) “Is there a green premium in the green bond market? Systematic literature review revealing premium determinants”. *Journal of cleaner production* 280, 124491.
- Zerbib, Olivier David (2019) “The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds. ”, *Journal of banking & finance* 98, 39-60.

- 天達泰章(2013)『日本財政が破綻するとき-国際金融市場とソブリンリスク』、日本経済新聞出版社
- 天達泰章(2025)「日本における CO2 排出量の要因分解」、GX 推進機構 GX Future Lab No.1
- 江夏あかね(2017)「地方公共団体の新たな資金調達手段となりうるグリーンボンド」、野村資本市場クオータリー 2017 冬号
- 落香織、長田充弘(2024)「社債市場の機能度指標」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ No.24-J-5
- 環境省(2017)「グリーンボンドガイドライン 2017 年版」等
- 環境省(2024)「グリーンボンド及びサステナビリティ・リンク・ボンドガイドライン グリーンローン及びサステナビリティ・リンク・ローンガイドライン 2024 年版」
- かんぽ生命(2023)「責任投資レポート 2023」
- 金融庁・経済産業省・環境省(2021)「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」等
- 中国電力(2025)「中国電力グループ統合報告書 2025」等
- 日本銀行金融市場局(2024)「気候変動関連の市場機能サーベイ(第 3 回)調査結果—市場機能向上の進展状況と今後の課題—」
- 日本生命(2024)「日本生命トランジション・ファイナンス実践要領」
- 久田祥子(2022)「<論説>わが国の債券発行市場における SDGs 債とグリーンボンドの概況とグリーニアム発生に関する考察」、横浜経営研究, 43(1), 329-342.
- 久田祥子(2023)「わが国債券市場におけるグリーニアムの検証とグリーンボンド市場の課題」、証券レビュー/日本証券経済研究所[編], 63(9), 40-58.
- 湯山智教、白須洋子、森平爽一郎(2020)「ESG スコアに関する実証分析. 日本経営財務研究学会・日本金融学会(2019 年 6 月 11 月)報告論文改訂版.
- GPIF・ICE(2024)「グリーニアムとインパクト評価に関する分析」
- ICMA(2021)「グリーンボンド原則 2021」

ICMA(2023)「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」

地球と産業の未来を、
ともに拓く。



「GX Future Lab」は、GX 推進機構メンバーの個人としての調査研究成果をまとめた資料です。学界、研究機関等の関係する方々から幅広くコメントを頂き、今後の研究に役立てることを意図して発表しております。

レポートは、すべて著者個人の責任で執筆されており、GX 推進機構の見解を示すものではありません。