

我が国の電力債におけるグリーンニアム分析 —GX 推進で増加する電力債のトランジション・ボンド—^{1,2}

脱炭素成長型経済構造移行（GX）推進機構 上級研究員
信州大学 特任准教授
博士（経済学） 天達 泰章

■ 要 約 ■

1. 我が国の二酸化炭素（CO₂）排出量の変動要因を分析すると、①経済活動の拡大が排出量の増加要因となっている一方、②省エネルギーの進展や、③再生可能エネルギーの導入拡大等による電源構成の低炭素化が排出量抑制に寄与してきたことが明らかにされる。特に、省エネルギーの進展が CO₂ 排出量の減少に大きく寄与してきた。
2. 「2050年カーボン・ニュートラルの実現」に向けて、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よって GX（グリーン・トランスフォーメーション）を強力に進める必要がある。そのため、CO₂ 排出量の最も多い電力会社は、原子力発電の再稼働等を資金使途としたトランジション・ボンドの発行をこれまで増加させており、今後も一層拡大することが見込まれる。
3. 本稿は、GX 推進に伴い発行増加が見込まれる電力債のトランジション・ボンドを対象に、起債運営上の示唆を得ることを目的として、電力債におけるグリーン・ボンド及びトランジション・ボンドのグリーンニアムの市場特性について分析を行う。
4. 定量分析の結果、同一発行体・同一償還月の普通電力債に比べてグリーン・ボンドとトランジション・ボンドは利回りが低く（＝グリーンニアムが発生している）、投資家がこれら債券を相対的に評価していることを明らかにした。また、①残存年数が長いほど、発行額が小さいほどグリーンニアムが顕著になることや、②クレジット市場環境が良好な局面でグリーンニアムが相対的に大きくなる傾向があること、更に、③環境・社会・ガバナンス（ESG）スコアの向上に向けた取り組みや積極的な IR（投資家向け広報）活動もグリーンニアムを拡大する効果があることなどを示した。

¹ 本稿の詳細は、GX 推進機構のウェブサイトに掲載されている。
天達泰章（2025a）「我が国における CO₂ 排出量の要因分解」、GX Future Lab No.1、
天達泰章（2025b）「電力債におけるトランジション・ボンドのグリーンニアム分析」、GX Future Lab No.2 を参照。

² トランジション・ボンドは、産業の脱炭素化への移行を資金面で支援する債券である。グリーン・ボンドが再生可能エネルギーなど明確な脱炭素プロジェクトに限定されるのに対し、既存設備の低炭素化支援にも使える点が特徴である。

I 我が国の CO2 排出量変動要因と GX 推進

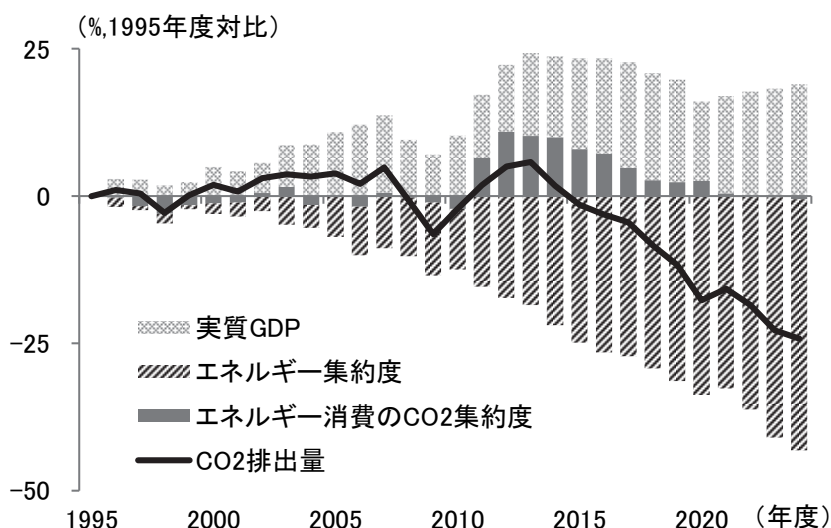
1. 省エネが主導する CO2 排出量減少

我が国は、2030 年度に温室効果ガス排出量を 2013 年度比 46%削減（更に 50%の高みを目指す）し、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、グリーン・トランスフォーメーション（GX [Green Transformation]）を推進している。

図表 1 の黒線は、1995 年度の CO2 排出量を基準にして変化率を見たものである。プラスは 1995 年度対比で排出量が増加していることを、マイナスは 1995 年度対比で排出量が減少していることを示す。二酸化炭素（CO2）排出量の 1995 年度対比の変化率は 2014 年度以降低下してマイナス幅を拡大、直近（2024 年度）で 1995 年度比マイナス 21.5%まで低下している。すなわち、我が国の CO2 排出量は 2050 年までのカーボン・ニュートラル達成に向けて現時点で順調に減少していると言えよう。

CO2 排出量の増減を、経済活動（生産量）の増減や省エネルギーの進展、再生可能エネルギーへの転換などに要因分解して分析する。「茅恒等式」と称される以下の式のように、「CO2 排出量」は「経済活動（実質国内総生産 [GDP]）」、エネルギー消費量を実質 GDP で除した「経済活動のエネルギー効率（エネルギー集約度）」、CO2 排出量をエネルギー消費量で除した「エネルギー消費当たりの CO2 排出量（エネルギー消費の CO2 集約度）」の 3 つの積によって表される。

図表 1 日本の CO2 排出量の要因分解



(出所) 内閣府、経済産業省資源エネルギー庁、国立環境研究所より筆者作成

$$CO2 \text{ 排出量} = \text{実質 GDP} \times \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{実質 GDP}} \times \frac{CO2 \text{ 排出量}}{\text{エネルギー消費量}}$$

図表 1 は、1995 年度対比での CO2 排出量の変化率を、上記式により実質 GDP（網点棒線）とエネルギー集約度（斜線棒線）、エネルギー消費の CO2 集約度（灰色棒線）に要因分解したものである。図表 1 から以下の点を読み取ることができる。

第一に、経済活動（生産量）の代理変数である「実質 GDP」は、我が国が経済成長を続けていることから、CO2 排出量の増加に寄与している。ただし、リーマンショック（2008 年度）やいわゆるコロナショック（2020 年度）での不況期には、景気後退によるマイナス成長から実質 GDP のプラス幅は縮小し、CO2 排出量の減少に寄与している。

第二に、1 単位当たりの実質 GDP（生産量）を生み出すのに必要なエネルギー消費量を示す「エネルギー集約度（エネルギー原単位）」は、一貫してマイナス幅を拡大し、CO2 排出量の減少に大きく寄与している。LED 照明への切り替えやハイブリッド車の導入等により省エネが進展したこと、産業部門における精力的な省エネの進展などを受けて、実質 GDP の増加に対してエネルギー消費量は横ばい推移または減少した。1998 年の省エネ法（エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律）改正（1999 年 4 月施行）による、①機械器具や自動車等へのトップランナー制度の導入、②約 1 万 2 千の事業者を対象とした中長期的に年平均 1%以上の省エネの努力目標の導入などが、省エネルギーの進展に寄与していると考えられる³。

最後に、1 単位当たりのエネルギー消費によって排出される CO2 排出量を示す「エネルギー消費の CO2 集約度（CO2 排出原単位）」は、2011 年 3 月の東日本大震災を受けて、CO2 を排出しない原子力発電から CO2 を排出する石炭火力発電や石油火力発電、ガス火力発電にシフトしたことから、2011 年度にプラス幅を拡大し、排出量の増加に寄与している。その後、固定価格買取（FIT）制度の導入による再生可能エネルギーへのシフト等から、炭素集約度のプラス幅は縮小し、排出量の減少にやや寄与している。

このような要因分解により、我が国の CO2 排出量の減少は、主に省エネルギーの進展によるものであることが定量的に示される。

2. カーボン・ニュートラル達成に向けたエネルギー源の低炭素化

省エネルギーにおける改善率は年平均約 1.6%であることから、この改善率が 2050 年まで継続した場合でも、エネルギー消費量の削減効果は累積で約 80%にとどまると見込まれ、我が国の目標である「2050 年カーボン・ニュートラルの実現」のためには、更なる省エネルギーの進展だけでは十分ではない。このため、供給側におけるエネルギー源の抜

³ トップランナー制度は、基準値を設定する際に、当該時点で最もエネルギー効率に優れた機器の性能を上回ることを将来的な目標として定めるものであり、この方式は「最高基準値方式」と称される。

本的な転換、すなわち太陽光発電や風力発電を中心とした再生可能エネルギーの導入拡大及び、原子力発電等の CO₂ を排出しない電源へのシフト（燃料転換）などによるエネルギー源の低炭素化が不可欠である。

こうした背景の下、我が国の GX 推進はエネルギー源の低炭素化を強力に進めるため、第一に、太陽光発電分野においては、フィルム型ペロブスカイト太陽電池の社会実装および量産技術の確立を図っている。第二に、風力発電分野では、洋上風力発電の導入促進に加え、浮体式洋上風力発電技術の研究開発を進めている。第三に、既存の石炭火力発電およびガス火力発電については、我が国が有する比較優位な技術力を活かし、水素およびアンモニアの混焼・専焼による低炭素型発電技術の開発と実装を推進している。最後に、原子力発電の再稼働等を通じて、電力部門における CO₂ 排出量の削減を図っている。

政府が 2025 年 2 月に閣議決定した第 7 次エネルギー基本計画は、「再生可能エネルギーや原子力などの脱炭素効果の高い電源を最大限活用することが必要不可欠」と明記した。2040 年度における電源構成のシェア見通しは、再生可能エネルギーが 23.0%（2024 年度）から太陽光発電と風力発電を中心に 4~5 割程度まで拡大、原子力を 9.4%（同）から 2 割程度まで拡大するとしている。火力発電については、67.5%（同）から 3~4 割程度に縮小するとしているが、これは水素・アンモニア混焼・専焼による火力発電の活用を前提としている。

これらの取り組みを総合的に推進することにより、エネルギー供給構造の低炭素化を加速させ、「2050 年カーボン・ニュートラルの実現」に向けた基盤の構築が期待される。

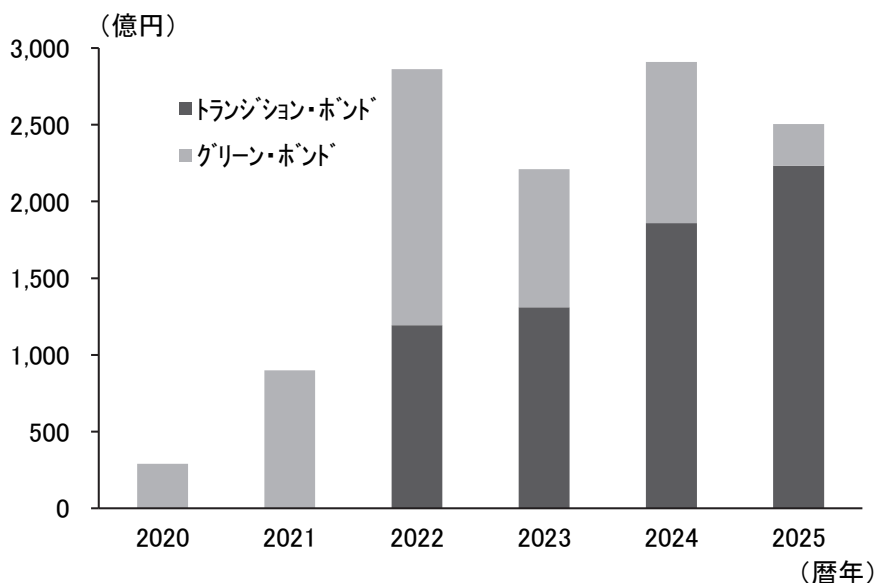
II 電力債のトランジション・ボンドにおけるグリーンium

1. GX 推進により電力債におけるトランジション・ボンドが増加

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 43.7%（2024 年度）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 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用途としてグリーン・ボンドを債券発行してきた。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、これらを資金用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背景には、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・専焼発電が資金用途から除外される可能性があることがある。欧州連合（EU）においては、様々な経済活動を環境的に持続可能な経済活動（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「Transition Activities」に分類している。

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 より筆者作成

図表 2 で電力債におけるグリーン・ボンド（薄棒線）とトランジション・ボンド（濃棒線）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、2025 年に 270 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、2025 年に 2,235 億円まで発行額は拡大している。

電力債における 2025 年の発行残高は、グリーン・ボンドが 5,080 億円である一方、トランジション・ボンドは 6,599 億円と上回った。今後も、原子力発電の再稼働等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・ボンドの発行残高はグリーン・ボンドの発行残高を大きく上回ることが見込まれる。

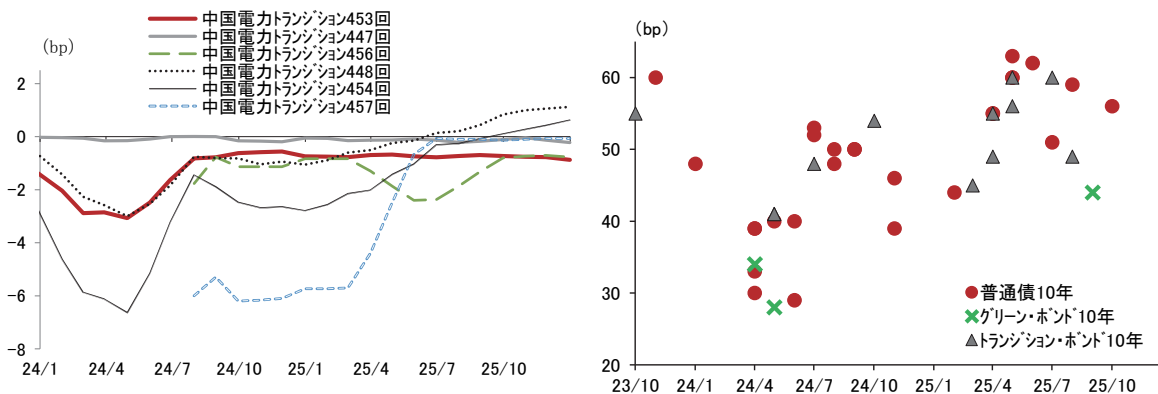
2. 電力債のトランジション・ボンドでもグリーンiumが発生

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「グリーンium（Greenium、「グリーン」と「プレミアム」から成る造語）」が見られることは、多くの先行研究でも示されている。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ンium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のが懸念される。この問題意識から、GX 推進で発行額の増加が見込まれる電力債のトランジション・ボンドにおけるグリーンiumを定量的に分析する。

図表 3 (左図) で流通市場における中国電力債のトランジション・ボンドのグリーンiumを見れば、普通電力債に比べてトランジション・ボンドは利回りが低く、はっきりとマイナスで推移している⁴。すなわち、「グリーンium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の下で、グリーンiumは-2~6bp までマイナス幅を拡大した^{5,6}。2024 年後半は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3万1千円台に一時的に大暴落したことなどにより、全般的にクレジット市場環境が悪化したことを受けて、グリーンiumのマイナス幅は縮小している。更に、2025年4月のトランプ大統領による関税導入を受けてクレジット市場環境が一段と悪化したことから、2025年春以降でグリーンiumのマイナス幅は一段と縮小ないし消失している。クレジット市場環境を示す指標として図表 3 (右図) で発行市場の電力債 10 年の対国債スプレッドを確認すると、2024 年前半に電力債の普通債(丸点)は平均で対国債スプレッド+37.3bp で発行されていたが、2024 年後半に電力債の普通債は対国債スプレッド+48.5bp まで拡大し、更に 2025 年には電力債の普通債は対国債スプレッド+56.5bp まで拡大した水準で発行されている。

図表 3 流通市場の中国電力債のグリーンium (左図) と
発行市場の電力債 10 年対国債スプレッド (右図)



(注) グリーンiumは月末値を後方3ヵ月移動平均で平滑化。

(出所) 左図は Bloomberg より筆者作成。右図は各種資料より筆者作成

⁴ 本稿では、グリーン・ボンド及びトランジション・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(償還月差を考慮)を差し引いた数値を「グリーンium」と称する。数値がマイナスの時に「グリーンiumが有る・発生している」。なお、債券取引実務では、グリーン・ボンド及びトランジション・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「グリーンium」、プラスの数値を「プレミアム」と称する。

⁵ bp (ベーシスポイント) = 0.01%。

⁶ 電力債におけるグリーンiumとクレジット市場環境との関係は、天達(2025b)の図表7におけるパネルデータ分析の時間効果の推計結果と発行市場の電力債10年対国債スプレッドの関係によって示される。

図表4で、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つの流通市場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・ボンドのグリーンアムの統計量（データ期間 2024年1月～12月）をみると、データ全体のグリーンアムの平均は-0.4bpと、「グリーンアムが有る・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、グリーンアムの平均が-0.9bpである上に、第3四分位（75%タイル）で0.0bpと、トランジション・ボンドのデータの多くで「グリーンアムが有る・発生している」ことがわかる。

図表5で、流通市場の電力債におけるグリーン・ボンド（三角点）とトランジション・ボンド（丸点）のグリーンアムを2024年9月のデータ（月末値を後方3ヵ月移動平均で平滑化）でクロスセクション分析すれば、グリーン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ンアムの幅も大きくなると考えられる。一般的に、投資家は資産負債管理（ALM）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命保険会社や年金基金等の長期保有・満期保有の機関投資家が多い。そ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、グリーンアムのマイナス幅も拡大しやすい。加えて、グリーンアムと発行額の関係では、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ンアムのマイナス幅が小さくなる⁷。すなわち、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「グリーンアムが有る・発生」し易いと言えよう。

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・ボンドのグリーンアムの統計量

(単位：bp)

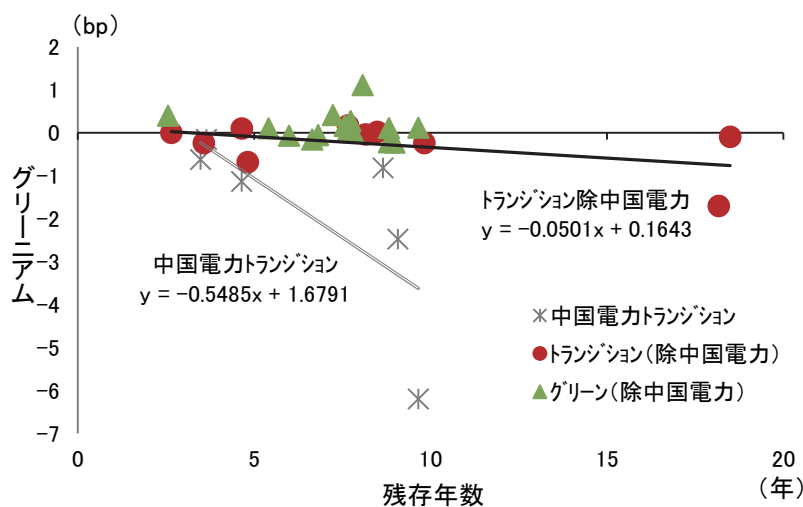
	銘柄数	標本数	平均	第1四分位	第2四分位	第3四分位	標準偏差
全体	34	324	-0.364	-0.250	-0.021	0.070	1.363
グリーン・ボンド	15	167	0.145	-0.081	0.031	0.169	0.815
トランジション・ボンド	19	157	-0.905	-1.133	-0.149	0.000	1.603

(注) グリーンアムは月末値を後方3ヵ月移動平均で平滑化。データ期間は2024年1月～12月。

(出所) Bloomberg より筆者作成

⁷ 詳細は、天達（2025b）の図表5を参照。

図表 5 電力債におけるグリーンアムと残存年数の関係



(注) グリーニアムは月末値を後方3ヵ月移動平均で平滑化。

(出所) Bloomberg より筆者作成

3. 高い ESG スコアや積極的な IR 活動によってグリーンアムは拡大

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・ボンドのグリーン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わたって分析する手法である。本稿では推計結果の表を割愛するが、説明変数の係数は有意で、自由度修正済み決定係数も 0.461 と説明力が高い⁸。

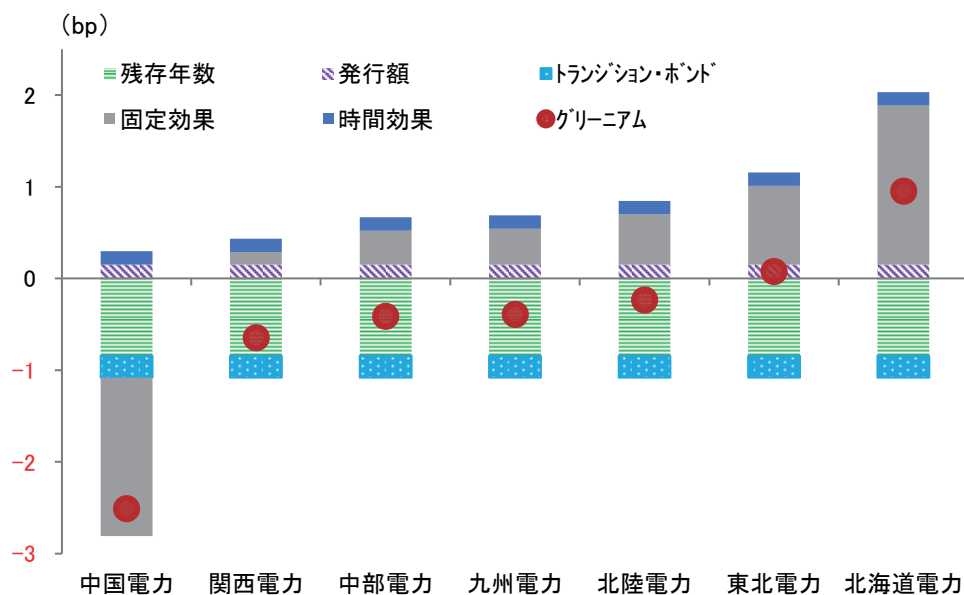
図表 6 は、クレジット市場において標準的な債券である残存年数 10 年、発行額 100 億円のトランジション・ボンドを想定して、パネルデータ分析の推計結果の係数を用いて各電力会社のグリーンアム（丸点）を試算している。結果、中国電力と関西電力、中部電力、九州電力、北陸電力のトランジション・ボンドについて、 -2.5bp ～ -0.2bp の「グリーンアムが有る・発生している」ことを示している。なお、この結果は、中国電力と関西電力、中部電力、九州電力のグリーン・ボンドについても、 -2.3bp ～ -0.2bp の「グリーンアムが有る・発生している」ことを示す。

図表 6 で電力会社毎の固定効果の違いからグリーンアムの水準に差が生じているのはなぜか。環境・社会・ガバナンス (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。図表 7 で、Bloomberg の 2023 年における ESG スコアと図表 6 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、グリーンアムのマイナス幅が大きい⁹。

⁸ 詳細は、天達 (2025b) の図表 7 を参照。

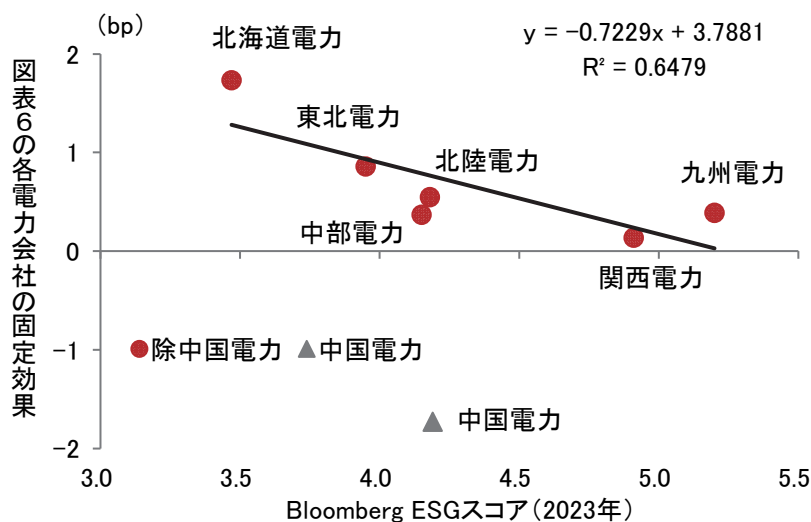
⁹ Bloomberg が算出している ESG スコアは、SASB (Sustainability Accounting Standards Board [サステナビリティ会計基準審議会]) 等のサステナブル情報開示基準策定機関や業界団体が財務上重要とみなす数百の定性・定量データを基に、業種内でデータを相対比較して、各企業を 1～10 のランクでスコア化している。

図表 6 パネル分析による残存年数 10 年、発行額 100 億円のトランジション・ボンドのグリーンニーム



(注) 固定効果は推計結果の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。
(出所) Bloomberg より筆者作成

図表 7 図表 6 各電力会社の固定効果と Bloomberg ESG スコア (2023 年)



(注) 固定効果は推計結果の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。
(出所) Bloomberg より筆者作成

図表 6 における中国電力のトランジション・ボンドのグリーンニームのマイナス幅が群を抜いて大きい理由として、「中国電力財務グループによる社債投資家訪問回数が 2023 年度 127 件、2024 年度 122 件と積極的なことなどから、中国電力債への高い認知度・高い人気がある」ことを金融市場参加者は指摘している (中国電力以外の電力会社の社債投資家

訪問回数は多くて 50 件程度の模様)。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 (投資家向け広報、Investor Relations) 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、金融市場参加者に評価されていると考えられる。

Ⅲ 電力債のトランジション・ボンドの起債運営における示唆

我が国の「2050 年カーボン・ニュートラルの達成」に向けて、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。このような中、CO₂ 排出量の最も多い電力会社は、原子力発電の再稼働等を資金使途としたトランジション・ボンドの発行額を増やしている。今後も、GX 推進に向けて電力会社によるトランジション・ボンドの発行額は増加すると見込まれる。

本稿の分析結果から、電力債におけるトランジション・ボンドは「グリーンiumが有る・発生している」ことが確認された。しかしながら、①トランジション・ボンドの発行額が大幅に増加してトランジション・ボンドの発行額が投資家の需要額を大きく上回る場合や、②電力債の一般担保 (電力会社の全資産) が 2025 年 4 月 1 日をもって廃止されたことの影響などから、今後はグリーンiumが以前より発生しにくくなる可能性もある¹⁰。

この点を踏まえれば、電力債のトランジション・ボンドの起債運営においては、投資家の資産負債管理 (ALM) を考慮した年限別の投資特性に基づく起債戦略の重要性が示唆される。また、クレジット市場環境が良好な局面では、グリーンiumのマイナス幅が相対的に大きくなる傾向があることから、市場環境を見極めた起債運営が望まれる。更に、ESG スコアの向上に向けた取り組みも、投資家評価の改善に資するものと考えられる。加えて、中国電力による積極的な IR 活動の結果、同社の電力債が他の電力債と比較してグリーンiumのマイナス幅が大きくなっている点は、投資家との対話や情報開示の重要性を示唆している。すなわち、電力会社がトランジション・ボンドの意義や環境・社会的効果について明確かつ丁寧に説明し、投資家の理解を得ることが不可欠である。

我が国全体としては、クレジット市場環境の悪化時に「グリーンiumが消失する」ことがあることを踏まえれば、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は、依然として限定的であると考えられる。今後は、投資家層の拡大を図るため、制度整備や情報開示の高度化を含むサステナブル・ファイナンスの一層の推進が求められるよう。

¹⁰ 一般担保付社債は、特別法に基づいて発行される、発行会社の全財産によって他の債権者よりも優先して弁済を受けられる権利がつけられた社債。