

本邦株式市場における気候関連要因の反映状況  
——個別銘柄株価にもとづく定量分析——

金融市場局 久保太基、小田剛正

Bank of Japan Review

2023年3月

本稿では、気候変動から生じるリスクや機会（以下、気候関連要因）の本邦株価への反映状況について、定量分析を行った。分析にあたっては、先行研究を参考に、以下の2つのアプローチを試みた。ひとつは、気候関連要因を考慮した株式ポートフォリオと市場ベンチマーク等のパフォーマンスを比較する方法である。もうひとつは、標準的な株式利回りの説明モデルに、新たな説明変数として企業の気候関連要因の代理指標を加えるなどして、その有意性を推定する方法である。いずれの方法でも、気候関連要因が本邦株価に織り込まれているか否かについては、サンプル期間や推計手法、推計等に用いられる気候関連要因の代理指標の違いなどによって、区々の結果が得られた。気候関連要因の反映状況を把握するうえでは、様々な角度から定量分析を行うとともに、定性的な調査も活用していくことが重要である。

## はじめに

気候変動問題への取り組みに必要な資金が金融市場を通じて円滑に企業等に供給されるためには、気候変動から生じるリスクや機会（以下、気候関連要因）が株価等の金融商品価格に適切に織り込まれることが重要である。もっとも、金融商品価格が気候関連要因をどの程度織り込んでいるかについては、現状、定かではない。こうした問題意識にもとづき、日本銀行金融市場局では、わが国における気候変動関連の市場機能の状況や、その向上のための課題を把握する観点から、様々な取り組みを進めている。

そのひとつである「気候変動関連の市場機能サーベイ」については、昨年夏に、その第1回の調査結果を公表しており、今後も継続的に実施していく方針である。本稿では、こうした調査面での取り組みの一環として実施した実証的な分析を紹介する。上記サーベイがわが国の投資家や事業法人等の幅広い見方を整理した定性的な調査であるのに対し、本稿は、本邦株式市場における気候関連要因の反映状況に焦点を当てて、市場等で入手可能な既存のデータにもとづく定量的な評価を試みたものである。

## 先行研究の要約

気候変動をはじめとする環境（E）だけでなく社会（S）やガバナンス（G）の要素も含む、いわゆるESGの取り組みと、企業や投資のパフォーマンスとの関係を分析した文献は古くから存在する。そうした文献の包括的なサーベイは他に委ねるとして<sup>1</sup>、ここでは、株式市場における気候関連要因の織り込み具合を分析した近年の研究をごく簡単に紹介する。

近年の先行研究の結果を一言で要約すれば、「気候関連要因が株価に反映されているか否か」については、「実証的なコンセンサスはまだ得られていない」ということになる<sup>2</sup>。つまり、気候変動に関連するデータの制約のほか<sup>3</sup>、反映状況を評価するための手法等の違いもあって、先行研究には、肯定的な主張と否定的な主張の両方が混在しているのが実情である。

肯定的な結論を導いている研究事例としては<sup>4</sup>、例えば、Bolton and Kacperczyk (2021, 2022)は、米国企業および世界77か国の企業を対象に、炭素排出量と株式利回りの関係を実証的に分析し、炭素排出量の水準や伸び率が高い企業の株式ほど、気候関連リスクに対する追加的な（正の）プレミアムが要求されていると結論づけている<sup>5</sup>。また、In et al. (2019)やHsu et al. (2022)などは、米国企業

を対象に、環境汚染物質や温室効果ガスの排出量が多い企業と少ない企業の間には有意な株式利回り差が観察されるとしている。さらに、Pástor et al. (2022)は、気候関連リスクに対する懸念が予期せず高まる（ニュース・ショックが発生する）と、グリーンな企業の株式の実現利回りがブラウンな企業のそれを上回る傾向にあることを確認している。このほか、Ilhan et al. (2021)は、炭素集約的な企業の株式ほど、その大幅な価格下落リスクをヘッジするために用いられるプット・オプションの価格が高い傾向にあることを示している。

他方で、IMF (2020)やECB-ESRB (2020)などは、いくつかの定量分析の結果をもとに、株式市場における気候関連リスクのミスマッチの可能性を指摘している。そのうえで、株式市場は気候関連リスクの削減に向けて十分に機能しているとは言い難いとして、気候変動に係るデータ・ギャップの解消など、様々な取り組みの推進を求めている。

## 定量分析の概要

続いて、気候関連要因の株価への反映状況を定量的に評価するための手法を概説する。先行研究などで採られているアプローチの多くは、次の2つに大別される。ひとつは、気候関連要因を考慮した実在の、または、仮想的な株式ポートフォリオのパフォーマンス（利回り指標やリスク指標）を、市場ベンチマーク等のパフォーマンスと比較する方法である。もうひとつは、標準的な株式利回りの説明モデル（代表的なものとして Fama and French (1993)の3ファクター・モデル等）に、新たな説明変数として企業の気候関連要因の代理指標（以下「グリーン度」）を加えるなどして、その有意性を推定する方法である。

気候関連要因が株価に影響を与えるメカニズムは複雑であると考えられるため、特定の手法（指標）によって織り込み度合いを評価することはフェアで頑健な評価につながらない可能性がある。そこで、本稿では、上記2つのアプローチに沿って、いくつかの株価関連指標を計測し、株価の変動におけるグリーン度の影響の有無（の可能性）を確認する。

企業のグリーン度としては、先行研究で様々なものが提案されているが、本稿では、比較的利用

しやすく、多くの先行研究で採用されているデータである、炭素集約度（CI：売上高当たりのCO<sub>2</sub>等排出量）の対数値および Refinitiv 社による環境スコア（E-Score：0～100の値）を使用する<sup>6,7</sup>。分析対象とする期間および株式銘柄は、2011年1月初営業日から2021年12月末営業日までの間で、TOPIXに含まれる約2,200銘柄のうち、グリーン度のデータが取得できた企業の株式に限られる。その銘柄数は、年々少しずつ増加しているとはいえ、現時点では全銘柄数の1.5～2割程度にとどまっている点に留意が必要である<sup>8</sup>。

## 定量分析の結果

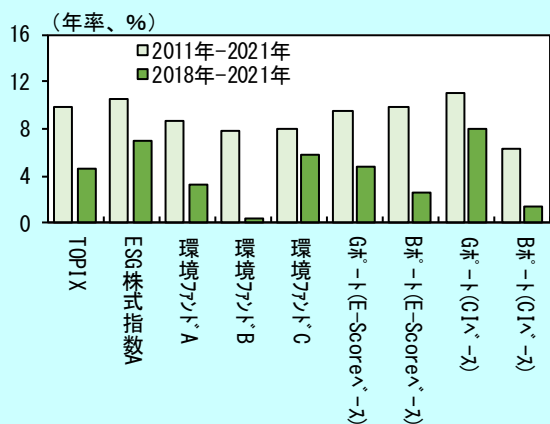
### （ポートフォリオ分析）

ここでは、上記のひとつめのアプローチにもとづく結果を示す。本分析では、前述の Pástor et al. (2022)などの先行研究に倣い、グリーン度の高低に応じて個別銘柄を分類し、仮想的な株式ポートフォリオを構築する。具体的には、グリーン度が上位3分の1にあるグリーンな企業の株式と、下位3分の1にあるブラウンな企業の株式から成るポートフォリオを、それぞれ「Gポート」と「Bポート」と呼称する。そして、各ポートフォリオについて、構成銘柄の株価をその時価総額でウェイト付けしてインデックスを作成し、その利回り等を計算する<sup>9</sup>。なお、各ポートフォリオは、各構成銘柄のグリーン度および時価総額の更新に応じて、毎年1月初営業日にリバランスされる。以下では、グリーン度として炭素集約度の対数値を使用した場合の結果を「CIベース」、環境スコアを使用した場合の結果を「E-Scoreベース」と呼称し、それぞれを区別する。また、分析対象期間として、全体サンプル（2011年1月～2021年12月）以外に、わが国でESG関連投資への関心が急速に高まったとみられる近年のサブサンプル（2018年1月～2021年12月）も採用する。

こうして構築したGポートとBポートの実現利回りを、実在するESG系のインデックスや環境系のファンドの実現利回りや、TOPIXの実現利回りと比較すると、多少の差異はあるものの、全体サンプルの期間平均では大差はみられない（図表1）。もっとも、近年のサブサンプルに限って子細にみると、Gポートは、CIベース、E-Scoreベースとも、Bポートをアウトパフォームしているほ

か、CIベースのGポートは、既存のインデックスやファンドだけでなく TOPIX をもアウトパフォーマンスしている（図表2）。

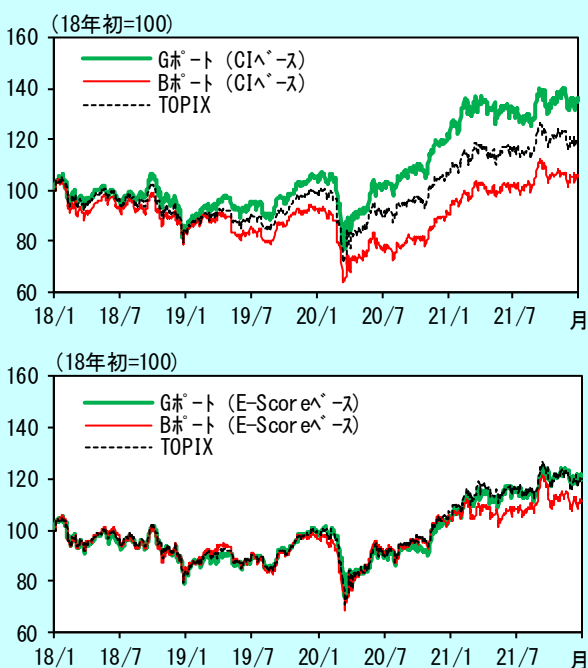
【図表1】ポートフォリオの利回り比較(1)



(注) 各期間中の総利回りを年率換算したもの。

(出所) Refinitiv

【図表2】ポートフォリオの利回り比較(2)



(注) 始期は2018年1月初営業日、終期は2021年12月末営業日。

(出所) Refinitiv

あわせて、グリーン度が銘柄間平均対比で低い銘柄をショートし、銘柄間平均対比で高い銘柄をロングした、組成費用ゼロの仮想的な投資戦略（いわば「Gロング-Bショート投資戦略」）を採った場合の累積リターンも計算する<sup>10</sup>。その推移をみると、CIベースではサンプル期間を通じてプラスとなっている一方、E-Scoreベースではそうっていない（図表3）<sup>11</sup>。

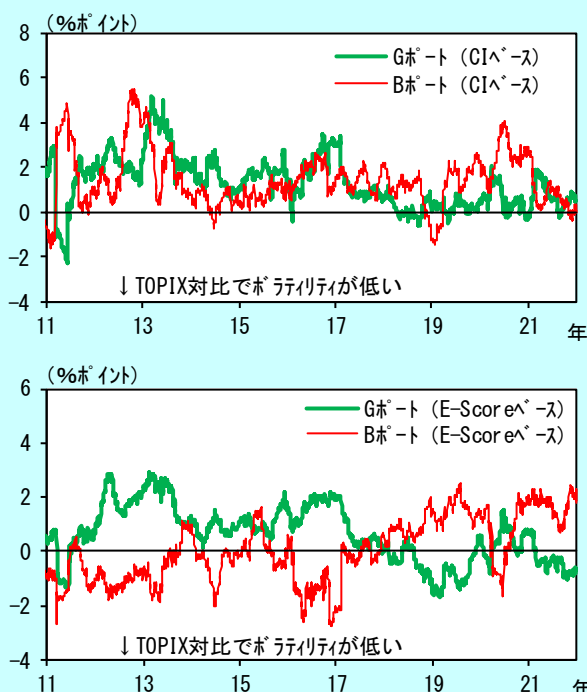
【図表3】Gロング-Bショート投資戦略の累積超過利回り



(注) 脚注10で示した方法に従い、ロングとショートの総額がそれぞれ100となるよう各年1月初営業日にリバランスしたうえで、毎年の超過利回りを足し合わせたもの。

(出所) Refinitiv

【図表4】G/Bポートの実現ボラティリティ



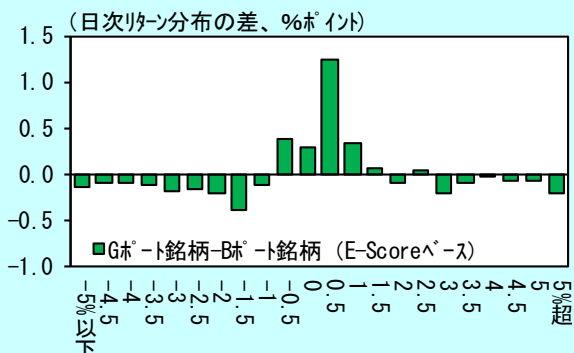
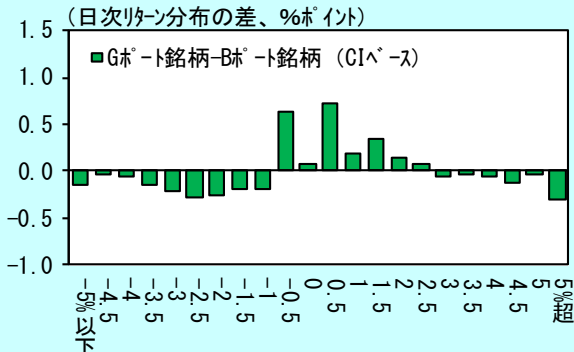
(注) GポートとBポート、それぞれの総利回りについて、60営業日間の実現ボラティリティ（年率換算値）を計算し、それからTOPIXの60営業日間の実現ボラティリティ（年率換算値）を差し引いたもの。始期は2011年1月初営業日、終期は2021年12月末営業日。

(出所) Refinitiv

次に、価格変動リスクの観点から、上記のGポートとBポートについて、利回りの実現ボラティリティ（TOPIX対比）の推移を確認する（図表4）。TOPIX対比でみたGポートのボラティリティは、近年、CIベース、E-Scoreベースとも、均してみれば低下しており、Bポートのボラティリティよりも低位で推移することが多くなっている。また、GポートとBポートについて、それぞれの構成銘柄の日次リターンの分布を比較すると（両分布の

差をみると)、近年では、CI ベース、E-Score ベースとも、G ポートの分布の方が中央 (0%) 付近により集中しており、B ポートの分布の方は裾野がより厚くなっていることがみてとれる (図表 5)。

【図表 5】 G/B ポートの日次利回り分布の差



(注) G ポートと B ポートのそれぞれについて、構成銘柄の日次利回りの分布 (ヒストグラム) を作成し、両ポート間でヒストグラムの差を取ったもの。プラス (マイナス) の部分は、G ポートの分布における当該利回りを占める銘柄の割合が、B ポートの分布対比で大きい (小さい) ことを示す。対象期間は 2018 年 1 月初営業日～2021 年 12 月末営業日。

(出所) Refinitiv

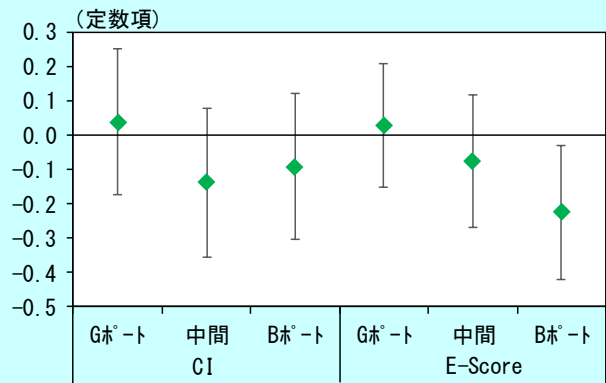
このように、気候関連要因を考慮したポートフォリオの利回り指標やリスク指標については、サンプル期間やグリーン度の指標の違いによって、評価が分かれうる。もっとも、近年では、総じてみれば、グリーン度が高い企業の株式から構成されたポートフォリオの方が、平均的なパフォーマンスが相対的に良好であった様子が窺われる。その背景には、湯山 (2020) などが指摘するように、近年、機関投資家らによる ESG 指数の採用など、ESG 関連投資への関心が高まったことが挙げられる。すなわち、2018～21 年の期間においては、わが国でも、ESG 関連銘柄が長期的な投資先として市場参加者の間で注目を集めたため、以前にも増して買われやすかった (売られにくかった) 可能性がある<sup>12</sup>。

(パネルデータ分析)

他方で、こうしたポートフォリオ (インデックス) のパフォーマンスは、時価総額が大きい銘柄の動きに左右されやすく、その結果だけで、気候関連要因がパフォーマンスに影響しているか否かの判断は難しい。そこで、先行研究で採られているもうひとつのアプローチである、パネルデータによる推計も実施して、気候関連要因の株価への反映状況を点検する。すなわち、個別銘柄の利回りや個社別のグリーン度などの時系列データをもとに、グリーン度が株式利回りに及ぼす銘柄間平均的な影響の有無 (統計的有意性) を確認する (一部の推計結果の詳細は BOX 参照)<sup>13</sup>。

手始めに、株式利回りの変動を説明する有名な Fama and French (1993) の 3 ファクター・モデル (以下「FF3 モデル」) を援用し、その共通リスク・ファクターに対する株式利回りの感応度をコントロールしたうえで、株式利回りに対するグリーン度の有意性を推定する<sup>14</sup>。すなわち、実際の超過利回りの推移において、FF3 モデルで示唆される超過利回りからの確定的な乖離がグリーン度に紐づくかたちで有意に検出されるか否か——グリーン度に関連する、いわゆる「アノマリー」が存在するか否か——を確認する。具体的には、前述のポートフォリオ分析の結果を踏まえ、2017 年時点の企業のグリーン度をもとに、株式銘柄を 3 分の 1 ずつ、G ポートと B ポートとそれらの中間に当たる残りのポートに分類し、それぞれのポートフォリオごとに、FF3 モデルで推定される定数項の有意性を確認する (図表 6)。その結果、CI ベース、E-Score ベースとも、定数項の推定値は、G ポートでプラス、B ポートでマイナスとなるものの、

【図表 6】 超過利回りの推計結果 (1)



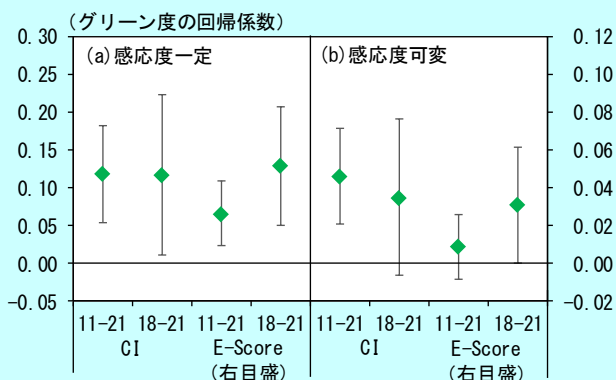
(注) バンドは 95%信頼区間。

(出所) Refinitiv、K. French 氏ホームページ、Bloomberg

E-Score ベースの B ポートの推定値を除き、統計的に有意となっていない。したがって、この推計結果からは、グリーン度に関連するアノマリーが観察されるとは言い難い。

もっとも、こうしたポートフォリオ別の推計では、初期時点（上記の結果では 2017 年時点）のグリーン度によって、各ポートフォリオの構成銘柄が固定されてしまい、翌年以降の各企業のグリーン度の改善または悪化（に伴う G/B ポート間の銘柄の入替）が反映されない。そこで、各企業のグリーン度の時間変化を直接的に勘案しながらグリーン度に関連するアノマリーの有無を確認するため、FF3 モデルに個別別のグリーン度を説明変数として追加し、その係数を推定する<sup>15,16</sup>。この際、株価（株式利回り）とグリーン度との間には、相互の因果性（内生性）が考えられるため、操作変数法（二段階最小二乗法）による推計を実施する<sup>17</sup>。その結果をみると、グリーン度の係数は、CI ベース、E-Score ベースとも、全体サンプルおよび近年のサブサンプルで有意に推定される<sup>18</sup>（図表 7(a)）。つまり、実現利回りの推移において、グリーン度に関連するプラスのアノマリーの存在が示唆される。

【図表 7】 超過利回りの推計結果 (2)



(注) (a)の推計結果の詳細はBOX 図表 1 を参照。(a)は3ファクターに対する感応度が全銘柄で同じであるとして推計した場合、(b)は感応度が銘柄ごとに異なるとして推計した場合。バンドは95%信頼区間。

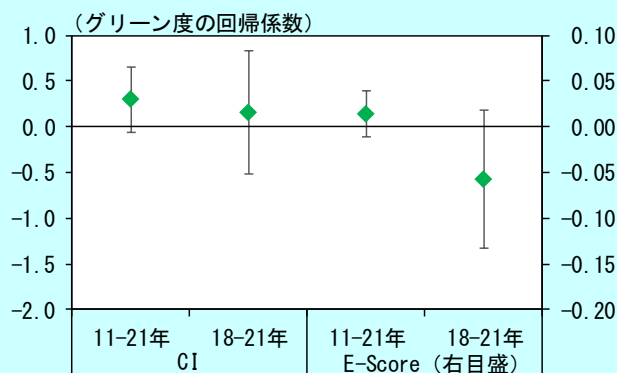
(出所) Refinitiv、K. French 氏ホームページ、Bloomberg

一方、この推計では、グリーン度の時間変化だけでなく個社間の差異も考慮される反面、共通リスク・ファクターに対する株式利回りの感応度については、全銘柄で同じとする相対的に強い制約が置かれている。そこで、頑健性チェックとして、共通リスク・ファクターに対する株式利回りの感応度についても、銘柄ごとの差異を考慮して、グ

リーン度に関連するアノマリーを推定する。この場合でも、グリーン度の係数は概ね（有意水準10%で）有意となることが確認できる（図表 7(b)）。

最後に、Bolton and Kacperczyk (2021)などの先行研究を参考に、株式利回りに対する予測因子としてのグリーン度の有効性も確認する。具体的には、株式利回りの予測に有用とされる主要財務指標（の1期ラグ）や市場トレンド（年次ダミー）などをコントロールしつつ、グリーン度（の1期ラグ）の係数を推定する<sup>19</sup>。この場合、グリーン度の係数は、CI ベース、E-Score ベースとも、有意に推定されない。つまり、グリーン度は株価の予測にとって有効とは言えず、期待利回りへの寄与が確認できない（図表 8）<sup>20</sup>。

【図表 8】 超過利回りの推計結果 (3)



(注) 推計結果の詳細はBOX 図表 2 を参照。バンドは95%信頼区間。

(出所) Refinitiv、Bloomberg

このように、株式利回りとグリーン度のパネルデータを用いた推計では、グリーン度が株価の変動に有意に影響しているか否かについては、推計手法などの違いによって、当否が入り混じった結果となった。もっとも、実現利回りに対しては、企業のグリーン度が押し上げ要因として働いた可能性を示唆する結果も得られた。

## BOX グリーン度が株式利回りに及ぼす影響に関する推計の結果

本 BOX では、本文中で簡便的に示したパネルデータを用いた計量分析の一部結果の詳細を示す。なお、いずれの推計も、月次ベースで実施している。

【BOX 図表 1】FF3 モデルの説明変数に個別別のグリーン度を加えた推計(図表 7(a)に対応)

被説明変数 超過利回り	CIベース		E-Scoreベース	
	2011-2021年	2018-2021年	2011-2021年	2018-2021年
説明変数				
グリーン度	0.119 *** (0.033)	0.117 ** (0.054)	0.026 *** (0.009)	0.052 *** (0.016)
MKTファクター	1.120 *** (0.009)	1.211 *** (0.016)	1.069 *** (0.007)	1.139 *** (0.013)
SMBファクター	-0.008 (0.022)	0.003 (0.042)	0.092 *** (0.017)	0.139 *** (0.033)
HMLファクター	0.213 *** (0.017)	0.243 *** (0.025)	0.199 *** (0.013)	0.239 *** (0.019)
定数項	0.079 (0.049)	0.055 (0.086)	0.102 ** (0.043)	0.051 (0.069)
固定効果(企業)	no	no	no	no
サンプルサイズ	27,324	9,936	47,388	17,232
R <sup>2</sup>	0.353	0.364	0.318	0.329

(注) 操作変数法(2段階最小二乗法)による推計結果(3ファクターに対する感応度が全銘柄で同じであるとして推計)。\*\*\*、\*\*、\*はそれぞれ1%、5%、10%の水準で有意であることを示す。括弧内の計数は標準誤差。

(出所) Refinitiv、K. French 氏ホームページ、Bloomberg

【BOX 図表 2】Bolton and Kacperczyk (2021)などの利回り予測モデルの推計(図表 8に対応)

被説明変数 超過利回り	CIベース		E-Scoreベース	
	2011-2021年	2018-2021年	2011-2021年	2018-2021年
説明変数				
グリーン度(-1)	0.295 (0.185)	0.159 (0.342)	0.014 (0.013)	-0.057 (0.039)
PBR(-1)	-0.052 (0.143)	-0.404 (0.332)	-0.051 (0.047)	0.030 (0.057)
時価総額(対数、-1)	-3.807 *** (0.248)	-8.466 *** (0.654)	-3.708 *** (0.143)	-9.462 *** (0.348)
負債比率(-1)	0.001 (0.000)	0.014 *** (0.003)	0.001 * (0.000)	0.008 *** (0.002)
ROE(-1)	0.013 ** (0.007)	0.095 *** (0.019)	0.012 ** (0.005)	0.070 *** (0.013)
株式ベータ(-1)	1.502 *** (0.280)	0.195 (0.549)	0.886 *** (0.199)	-0.954 ** (0.408)
定数項	51.872 *** (3.267)	115.552 *** (8.673)	49.896 *** (1.898)	127.683 *** (4.762)
固定効果(企業)	yes	yes	yes	yes
年次ダミー	yes	yes	yes	yes
サンプルサイズ	25,740	9,360	46,200	16,800
R <sup>2</sup>	0.054	0.080	0.050	0.075

(注) \*\*\*、\*\*、\*はそれぞれ1%、5%、10%の水準で有意であることを示す。括弧内の計数は標準誤差。説明変数のうち、年次データ(グリーン度、負債比率、ROE)には前年の値、月次データ(PBR、時価総額<対数値>、株式ベータ)には前月の値を使用。株式ベータは、CAPMによる(各銘柄の日次超過利回りをTOPIXの超過利回りで回帰した)推定値を使用(推計期間は12か月)。なお、説明変数には、上記のほか年次ダミー変数も使用しているが、その推定値等は省略。

(出所) Refinitiv、Bloomberg

## おわりに

本稿では、先行研究を参考に、複数の評価手法（株価関連指標）を採用することで、気候関連要因の本邦株価への反映状況を様々な角度から定量的に評価した。その結果、気候関連要因が本邦株価に織り込まれているか否かについては、サンプル期間や推計手法、推計等に用いられる気候関連要因の代理指標の違いなどによって、区々の結果が得られた。このことは、先行研究において実証的なコンセンサスがまだ得られていないことも整合的であるように思われる。

現時点で実証的なコンセンサスが得られていない背景には、①気候変動に関連するデータが十分に利用可能でないことに加え、②株価の形成メカニズムが複雑であるため、株価に影響する様々な要因をコントロールしたうえで、気候関連要因の影響を識別することが本質的に容易ではないことも影響していると考えられる。こうした定量分析が抱える課題を踏まえると、気候関連要因の株価等への反映状況を頑健に把握する観点からは、様々な角度から定量分析を行うとともに、市場参加者の声などにもとづく定性的な調査も活

用していくことが重要である。

この点、冒頭で紹介した日本銀行金融市場局による「気候変動関連の市場機能サーベイ」には、本邦株価への気候関連要因の反映状況に関する設問も含まれている。昨年夏に公表した第1回調査の回答結果をみると、気候関連要因が株価に反映されていると「ある程度思う」と回答した先は全体の5割強となったものの、「思う」と回答した先は数%程度にとどまった。このことは、気候関連要因の株価への反映状況に関する定量分析の結果が区々となることと、ある意味では整合的であるように思われる。

国内外の金融市場では、気候変動関連の市場機能を高めるためのインフラ整備に向けた前向きな取り組みが行われている<sup>2)</sup>。そうした取り組みを通じ、気候関連データの利用可能性の向上や評価手法の充実が図られていけば、気候関連要因の株価への織り込みが進む可能性もある。その進展状況を把握していくため、今後とも、定量・定性の両面から、気候関連要因の金融商品価格への反映状況に関する調査・分析を蓄積していくことが有益であると考えられる。

<sup>1</sup> わが国を対象とした研究も含め、ESG投資のパフォーマンス等に関する既存研究の包括的なサーベイについては、例えば、湯山(2020)などを参照されたい。また、気候変動と金融の関係に関する実証分析により焦点を絞った先行研究のサーベイについては、例えば Furukawa et al. (2020)が挙げられる。

湯山智教(2020)「ESG投資とパフォーマンス SDGs・持続可能な社会に向けた投資はどうあるべきか」一般社団法人金融財政事情研究会。

Furukawa, K., H. Ichiue, and N. Shiraki (2020) “How Does Climate Change Interact with the Financial System? A Survey,” Bank of Japan Working Paper Series, 2020-E-8.

<sup>2</sup> ここで参照した先行研究の文献一覧は、以下のとおり：

Bolton, P., and M. Kacperczyk (2021) “Do Investors Care about Carbon Risk?” *Journal of Financial Economics*, 142, pp.517-549.

Bolton, P., and M. Kacperczyk (2022) “Global Pricing of Carbon-Transition Risk,” *Journal of Finance* (forthcoming), available at SSRN.

ECB-ESRB (2020) “Positively Green: Measuring Climate Change Risks to Financial Stability.”

Hsu, P. H., K. Li, and C. Y. Tsou (2022). “The Pollution Premium,” *Journal of Finance* (forthcoming), available at SSRN.

Ilhan, E., Z. Sautner, and G. Vilkov (2021) “Carbon Tail Risk,” *The Review of Financial Studies*, 34, pp.1540-1571.

IMF (2020) “Climate Change: Physical Risk and Equity Prices,” Global Financial Stability Report April 2020 Chapter 5.

In, S. Y., K. Y. Park, and A. Monk (2019). “Is ‘Being Green’ Rewarded in the Market? An Empirical Investigation of Decarbonization and Stock

Returns,” Stanford Global Project Center Working Paper.

Pástor, L., R. F. Stambaugh, and L. A. Taylor (2022) “Dissecting Green Returns,” NBER Working Paper 28940.

<sup>3</sup> 企業活動に伴う気候関連要因を規定するうえでは、企業が抱える気候変動リスク・機会に対する現在および将来のエクスポージャーを把握する必要があるものの、それを可能にする情報の開示は圧倒的に不足していること（データ・ギャップの存在）が問題視されている（IMF (2020)、ECB-ESRB (2020)）。この点、定量分析では、企業の気候関連要因の代理指標として、炭素集約度（CI）や環境スコア（E-Score）が使用されることが多い。しかし、これらの代理指標でさえ、現時点で利用可能な企業数や時系列（期間と頻度）が限られるといった課題も挙げられる。

<sup>4</sup> もっとも、これらの肯定的な主張を展開している先行研究の間でも、株価等への反映状況に対する評価には濃淡がみられる。具体的には、気候関連要因が、事前的に（期待利回りに対して）十分に織り込まれていると主張する研究から、同時的または事後的には（実現利回りに対しては）ある程度織り込まれていると主張する研究まで、織り込み度合いに差がある。

<sup>5</sup> 五島・八木（2022）は、わが国の企業を対象に、Bolton and Kacperczyk (2021)と同じ手法を用いて、温室効果ガスの排出量と株式利回りの関係を分析している。その結果、Bolton and Kacperczyk (2021)とは逆に、温室効果ガスの排出強度に対する負のプレミアムが観察されたと報告している。この点について、日本では、米国対比で温室効果ガスの排出量が少ないことや、地球温暖化対策税が導入されていることなどから、移行リスクが相対的に低く見積もられている可能性に言及している。ただし、同時に、データの利用可能性に付随したサンプル・バイアスの可能性も指摘している。

五島圭一・八木厚樹 (2022)「東京株式市場におけるカーボンプレミアム」証券アナリストジャーナル、2022年8月 Vol.60 No.8.

<sup>6</sup> このうち、炭素集約度 (CI) は、客観的な数値でありうるものの、企業活動に伴う環境負荷の一側面を捉えたものにすぎない。また、環境スコア (E-Score) は、企業の環境への取り組みに関する様々な情報 (定性的なものを含む) を総合して点数化されたものであるが、信用格付などとは異なり、標準化された計測手法がないなか、同一企業の E-Score であっても、評価機関ごとにばらつきやノイズが大きいことが指摘されている。なお、本稿で使用されている CI の対数値と E-Score の間の相関関係は曖昧である (相関係数 0.15 程度)。

<sup>7</sup> E-Score として、Refinitiv 社の「Environmental Pillar Score」を使用している。個社の E-Score については、業種別の環境負荷の差異も考慮に入れ、業種別の環境ウェイト (E-Weight) を乗じて調整したものを使用する。なお、各社のグリーン度は、各社の CI の対数値またはウェイト調整済の E-Score を各社の株式時価総額でウェイト付けしたサンプル平均値からの乖離幅として基準化されている。この基準化により、各社のグリーン度は、平均対比で高い (低い) 場合にプラス (マイナス) の値をとる。

<sup>8</sup> この点、CO<sub>2</sub> 等排出量をはじめとする企業活動に伴う環境負荷や環境対応に関する情報を現時点で公開している企業は、時価総額が相対的に大きい傾向にある。また、時価総額が特に大きな企業は、グリーン度が相対的に高い (と評価される) 傾向にある。こうした意味で、本稿の分析対象のサンプル (企業 < 株式銘柄 >) には、バイアスが生じている可能性がある。

<sup>9</sup> 本稿では、株式利回りを配当込みの総利回りで評価する。

<sup>10</sup> 各銘柄について、「グリーン度 × 時価総額」の絶対値に相当する額だけ、グリーン度がマイナスの銘柄をショートし、プラスの銘柄をロングすると、ショートの総額とロングの総額が等しくなる (組成費用がゼロとなる)。なお、ショートまたはロングする銘柄およびその額は、グリーン度と時価総額の更新に応じて毎年変わる。したがって、ここでの累積リターンは、毎年得られる超過利回り (ロング銘柄の利回り - ショート銘柄の利回り) を単に足し合わせたもので算出されている。

<sup>11</sup> この両ベースの結果の差を生み出す要因としては、CI ベースと E-Score ベースで、G ポートと B ポートに分類される業種ウェイトが異なることが挙げられる。例えば、時価総額の大きな企業が多く含まれる「自動車・輸送用機械」は、CI ベースでは G ポートに分類される銘柄が少ない傾向にある一方、E-Score ベースではそれが多い傾向にある。「商社・卸売」や「銀行」は、これとは逆の傾向がある。

<sup>12</sup> 本稿の分析対象期間 (データのサンプル期間) は、2021 年末までである点に留意されたい。この点、資源価格高騰によるエネルギー・素材関連銘柄の株価上昇は記憶に新しく、2022 年のデータを分析サンプルに加えた場合に、結果が変わる可能性はある。

<sup>13</sup> なお、パネルデータ推計に際しては、固定効果や変量効果の有無を検定したが、採択されなかったケースが多く、その場合にはプールデータとして推計した。

<sup>14</sup> 被説明変数となる個社別の超過利回りは、個社別の株式利回りから無リスク金利 (ここでは 10 年国債金利) を差し引いたもので定義する。説明変数となる 3 つの共通リスク・ファクターは、市場全体の株価変動 (市場リスク・プレミアム) 要素  $MKT_t$ 、企業規模 (株式時価総額) 要素  $SMB_t$ 、グロース株対バリュー株 (簿価時価比率) 要素  $HML_t$  である。これらの計数 (時系列データ) は、FF3 モデルの考案者の一人である French 氏の HP から取得可能である。なお、本分析では、そのデータをドル円為替レートで円換

算したものを使用した。

Fama, E. F., and K. R. French (1993) “Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds,” *Journal of Financial Economics*, 33, pp.3-56.

<sup>15</sup> ここで説明変数に加えるグリーン度は、個社ごとの時系列データであり、あくまで時間変化も考慮した「アノマリー」を捕捉するためのものである。この点、FF3 モデルにおける説明変数、すなわち、時系列データである 3 つの共通「リスク・ファクター」とは意味合いが異なる点に注意されたい。言い換えると、この推計は、FF3 モデルの 3 つの共通リスク・ファクターで説明されない実現利回りの時間を通じた体系的な動き (確定的な残差変動) があつたとして、それがグリーン度の時間変化に関連しているか否かを推定することを意図している。

<sup>16</sup> 他方で、いくつかの先行研究では、本稿のポートフォリオ分析でも算出したような、仮想的な組成費用ゼロの「G ロング-B ショート投資戦略」の利回り (時系列データ) を、グリーン度に関連する新たな「リスク・ファクター」として説明変数に加え、その有意性を推定している。なお、本分析では、グリーン度に関連するリスク・ファクターを定義して、それをパネルデータ推計で使用するには、グリーン度のデータが利用可能な企業 (株式銘柄) のサンプル・サイズおよび時系列の長さ (期間) が限られていることもあつて、簡便的に個社別のグリーン度を説明変数に使用することで可能な推計方法を探っている。

<sup>17</sup> 操作変数としては、先行研究を参考に、グリーン度の同一業種内平均値を使用する。

<sup>18</sup> CI ベースと E-Score ベースでは、グリーン度の分布 (平均水準や分散など) が大きく異なるため、その回帰係数 (推定値) の大小などを両ベース間で単純に比較することはできない点に留意されたい。

<sup>19</sup> コントロール変数として加えた個社の主要財務指標等は、時価簿価比率、時価総額の対数値、負債比率、自己資本利益率 (ROE)、および、株式ベータの 5 つである。いずれも 1 期前 (年次データは前年、月次データは前月) の値を使用している。

<sup>20</sup> グリーン度は 1 期ラグ変数であるが、ここでも操作変数法による推計も試したところ、推計結果はあまり変わらなかった。また、Bolton and Kacperczyk (2021) と同じくグリーン度の当期変数を用いた場合は、CI ベースか E-Score ベースか、全体サンプルかサブサンプルか、操作変数法で推計するか否かなどに応じて、グリーン度の回帰係数がプラスで有意となったり、マイナスで有意となったり、有意にならなかったりと、安定した結果が得られなかった。

<sup>21</sup> わが国における主な取り組み事例については、前述の「気候変動関連の市場機能サーベイ (第 1 回) 調査結果」(日本銀行金融市場局) に記載の BOX4 を参照されたい。

日銀レビュー・シリーズは、最近の金融経済の話題を、金融経済に関心を有する幅広い読者層を対象として、平易かつ簡潔に解説するために、日本銀行が編集・発行しているものです。ただし、レポートで示された意見は執筆者に属し、必ずしも日本銀行の見解を示すものではありません。

内容に関するご質問等につきましては、日本銀行金融市場局総務課 (代表 03-3279-1111) までお知らせ下さい。なお、日銀レビュー・シリーズおよび日本銀行ワーキングペーパー・シリーズは、<https://www.boj.or.jp> で入手できます。