



JAREFE

The Japanese Association of Real Estate Financial Engineering

日本不動産金融工学学会

URL <http://www.jarefe.com>

JAREFE Preprint

JP2021-02

負の炭素リスクプレミアム

Negative Carbon Risk Premium

著者 1 石島博 Hiroshi ISHIJIMA
中央大学大学院法務研究科
Chuo Law School, Chuo University

著者 2 伊藤隆敏 Takatoshi ITO
コロンビア大学国際関係・公共政策大学院
School of International and Public Affairs, Columbia University

著者 3 前田章 Akira MAEDA
東京大学大学院総合文化研究科
Graduate School of Arts and Sciences, University of Tokyo

著者 4 真鍋友則 Tomonori MANABE
Sansan 株式会社 DSOC
Data Strategy & Operation Center, Sansan, Inc.

Keyword: 気候変動(Climate Change)、二酸化炭素排出量(Carbon Emissions)、ESG 投資(ESG Investing)、株価(Stock Prices)、炭素リスクプレミアム(Carbon Risk Premium)

Received: September 24, 2021



JAREFE Preprintは、クリエイティブ・コモンズ 表示 - 非営利 - 改変禁止 4.0 国際ライセンス <<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ja>> の下に公開しています。

Except where otherwise noted <<https://creativecommons.org/policies#license>>, JAREFE Preprint on this site is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>.

負の炭素リスクプレミアム

石島博(中央大学) 伊藤隆敏(コロンビア大学) 前田章(東京大学) 真鍋友則(Sansan)

概要

本論文では、日本の株式市場において、二酸化炭素の排出量は負の株価リターンをもたらし、株価を有意に押し下げる効果があるという証拠を見出した。Bolton and Kacperczyk (2021a) が利用したモデルと実証分析の設定を準えつつ、日本の株式市場において、上場企業の株価レート・リターンを、二酸化炭素の排出量で回帰する実証分析を行った。その結果、Bolton and Kacperczyk (2021a) が得た、二酸化炭素の排出量は株価リターンを押し上げるという正の炭素プレミアムとは異なる発見をした。すなわち、日本の株式市場においては、二酸化炭素の排出量は株価リターンを押し下げるという負の炭素プレミアムが存在する証拠を得た。これは、日本企業が報告する 2 種類の二酸化炭素排出量である ONTAI(直接+間接排出)、SCOPE3(サプライチェーン排出)のどちらでも有意な証拠である。さらに、その負の炭素リスクプレミアムは、良く知られた株価リスクプレミアムを説明する Fama-French 3 ファクター等の共通ファクターによっては説明できないことも分かった。

1. イントロダクション

持続可能な地球環境に資すべく、気候変動を抑止するのに有効な手立てと考えられるのは、二酸化炭素の排出量の削減である、と喧伝されている。なぜか？

温室効果ガス(GHG)には 7 種類あるが、そのうち最大の 3/4 超の割合を占めるのが二酸化炭素である。その他の GHG の排出量も、一定の定数を乗じて、二酸化炭素の排出量に換算して把握することが可能である。このようにして捉えられる二酸化炭素の排出量は、地球の温度上昇と強い関係がある、と信じられている。

ゆえに、気候変動の抑止、とりわけ地球の温度上昇をある上限に抑えるためには、二酸化炭素の排出量を削減すべき、という発想が世界的な潮流となっている。

では、二酸化炭素を排出する主体は誰なのか？企業である。日本で排出される二酸化炭素の約 80%が企業からである(石島ら(2021)、図 1)。したがって、企業が二酸化炭素の排出量を削減できれば、地球の温度上昇や気候変動の抑止に大きく寄与し得る。株主価値最大化を第一義的な目的とする企業を、二酸化炭素の排出削減に向かわせるためには、どのようなアプローチが考えられるであろうか？規制や法律、炭素税、排出量取引制度(キャップ・アンド・トレード)、補助金・税制優遇はどれも有効なアプローチではあるだろう。しかし、ク

ロスボーダーにビジネスを行う大企業に対して、極めて強く、極めて瞬間的な実効性を期待できるのが、株式市場を活用するアプローチである。

世界の富は、ベビーブーマー世代から、ミレニアル世代へと移転が進みつつある。そのミレニアル世代の目的は、ファイナンス理論が前提とするリスク調整済みリターン(Sharpe ratio)の最大化だけではない。デュアル・オブジェクティブ(dual objective)、あるいはダブル・ボトムライン(double bottom line)である。すなわち、ミレニアル世代のプレゼンスが増す現在の株主は、市場平均と同等以上のリスク調整済みリターンの要求と同時に、環境や社会に対して良いことを行うことを、目的としている。したがって、従来のファイナンス理論や会社法で前提としてきた、株主価値の最大化、という目的の観点から株式市場を分析することは正しいアプローチではなくなりつつあると言ってよい。

こうした新しい株主の価値観がどれくらい市場に反映されているのか？その疑問に答える一つのアプローチは、環境 E、社会 S、ガバナンス G という3つの ESG ファクターが、株価に与える影響を実証分析することである。

ESGのうち環境 E ファクターである二酸化炭素排出量と、株価の関係を分析した先行研究として、Bolton and Kacperczyk (2021a)が挙げられる。彼らは、炭素リスクプレミアム(carbon risk premium)を、「既知のリスク・ファクターをコントロールした上で、なおかつ残存する、二酸化炭素排出量に関するプレミアム」と定義した。その上で、「炭素リスクプレミアムが、株式市場において統計的に有意に存在する」という炭素リスクプレミアム仮説に関して、米国市場における詳細かつ緻密な実証分析に基づいた証拠を示している。また、Bolton and Kacperczyk (2021b)では、炭素リスクプレミアム仮説が米国株式市場のみならず、世界各国の株式市場においても存在し得るかどうかの観点より、より広範な実証分析を行っている。まとめると、Bolton and Kacperczyk (2021a,b)の主要な結果として、米国や中国を中心とした世界各国の株式について、既知のリスク・ファクターをコントロールした上でも、「二酸化炭素をより多く排出する企業の株式は、より高いリターンをもたらす」という炭素リスクプレミアムが存在することを見出した。

日本における先行研究として、日本証券アナリスト協会・企業価値分析における ESG 要因研究会による報告書(2010)がある。2009年9月22日に、鳩山首相(当時)が行った国連気候変動首脳会合での演説における「日本の2020年までの温室効果ガスの削減目標を1990年比で25%とする国際公約の声明(いわゆる、鳩山イニシアチブ)」に関するイベント・スタディを行っている。その結果、イベントの3日後、5日後の企業の株価リターンは、その企業の環境スコアが高いと、有意に低くなることを見いだしている。但し、温室効果ガスの排出量と環境スコアとは、有意ではないが負の相関があり、環境スコアが高いと温室効果ガスの排出量は少ないことを示唆している。つまり、有意な証拠ではないものの、環境スコアが高い企業の温室効果ガスの排出量は少なく、株価リターンは下がるという結果を得ている。

このような背景の下、本論文の「問い」を述べる：

(本論文の問い)

日本企業の株価には、二酸化炭素排出量は有意に反映されているのか？さらに、二酸化炭素排出量は正か負、どちら向きの株価リターンをもたらすのか？

この問いに答えるべく、本論文は以下の構成に沿って分析を行う。

- 第2節 クロスセクション回帰 全期間および各期間にて、個別企業の株価レート・リターンを、クロスセクション方向に線形回帰し、二酸化炭素排出量に係る回帰係数を推定する。「炭素リスクプレミアム」として解釈可能な、その回帰係数が有意であるかどうか、そして、符号の正負が興味の対象である。なお、本クロスセクション回帰では Bolton and Kacperczyk (2021a)に倣い、既知の企業属性として、表1に記す8種類の変数をコントロールする。また、月次時点 t 、産業 j 、企業 i という3種類の固定効果を導入する。
- 第3節 時系列回帰 第2節の各期間におけるクロスセクション回帰により、炭素リスクプレミアムと解す、二酸化炭素排出量に係る回帰係数の時系列を用意しておく。一方、先行研究により、企業の株価リスクプレミアム(期待超過リターン)は、いくつかの共通ファクターで説明し得ることが知られている。その「共通ファクター」の時系列により、炭素リスクプレミアムの時系列を線形回帰する。ここでの興味は、「炭素リスクプレミアムには共通ファクターでは説明し得ない有意な切片が存在するのか？」という点である。なお、本クロスセクション回帰では Bolton and Kacperczyk (2021a)に倣い、既知の共通ファクターとして、表2に記す8種類の変数を導入する。

上記の分析を踏まえて、第4節で結論を述べる。

2. クロスセクション回帰による炭素リスクプレミアムの推定

時点 $t-1$ と t で挟まれた時間間隔のことを期間 t と呼ぶ。期間 t における企業 i の株価レート・リターン $R_{i,t}$ に関して、次式で表されるクロスセクション回帰を行う。

$$R_{i,t} = \alpha_t \cdot CO2_{i,t} + \beta' CTRL_{i,t} + \tau \cdot \mathbf{1}_{\{TIME\ t\}} + \gamma \cdot \mathbf{1}_{\{SECTOR\ j\}} + \eta \cdot \mathbf{1}_{\{FIRM\ i\}} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式(1)において関心のある説明変数は、期間 t における企業 i の二酸化炭素排出量 $CO2_{i,t}$ である。その回帰係数である α_t は、「日本の株式市場において、分析対象としている任意の上場企業の株式に1円投資したとき、1期間後に得られるリターンのうち、二酸化炭素排出量1単位がもたらすリターン」と解釈される。

Bolton and Kacperczyk (2021a)はさらに踏み込んで、回帰係数 α_t を「炭素リスクプレミアム (carbon risk premium)」と解釈している。炭素リスクプレミアムとは、「分析対象として

いる株式市場の上場企業の株式に、1円投資したとき、1期間後に得られる期待超過リターンのうち、「二酸化炭素排出量1単位がもたらす部分」をいう。ここで期待超過リターンは、「リスクプレミアム」とも呼ばれ、「リスクを伴う資産へ1円だけ投資をした場合に、そのリスクを取った見返りとして、リスクフリーレートを越えた部分のリターン」を意味する。

2.1. クロスセクション回帰のデータとコントロール

本研究で対象とするのは、日本の株式市場における月次の株価レート・リターン(配当込み)である。期間は2013年10月から2019年12月までの75か月であり、金融データソリューションズ社より取得した。

石島ら(2021)によれば、日本企業が報告する年次の二酸化炭素排出量データには、*ONTAI*と*SCOPE3*の2種類があり、これらを東洋経済CSRデータベース・環境編より取得した。期間は2013年から2019年の7年である。但し、当該データベースには異常値が含まれているため、石島ら(2021)に記されている補正を行った。その上で、2種類の二酸化炭素排出量データのそれぞれについて、自然対数値と、前年度からの増減率という2種類の変換値を用いている。

分析対象とする企業数は年ごとに異なっており、直近の2019年では、*ONTAI*報告企業数が611、*SCOPE3*報告企業数が365である(詳細は石島ら(2021)表4を参照のこと)。

なお、回帰をする際に、株価レート・リターンは月次データ、二酸化炭素排出量は年次データであることに注意する。本研究では、 t 年 m 月の株価レート・リターンを、 t 年度版の東洋経済CSRデータベースに掲載されている二酸化炭素排出量で回帰している。

さて、株価レート・リターンには炭素リスクプレミアムが存在するのかを明らかにすべく、 $CTRL_{i,t}$ と表記するコントロール変数を導入する。これらは、 t 月における企業 i を特徴付ける「企業属性」であり、各企業を表す添字 i を持つことに注意する。すなわち、 t 月において、すべての企業の株価リスクプレミアムの源泉となる「共通ファクター」ではないことに注意する。Bolton and Kacperczyk (2021a)に倣って、表1に記す8種類の変数をコントロール変数として利用する。具体的には、①*LOGSIZE*：規模(対数時価総額)、②*B/M*：PBRの逆数(自己資本を時価総額で割った比率)、③*LEVERAGE*：資本構成(総資産を自己資本で割った比率)、④*MOM*：モメンタム効果(直近12か月の月次レート・リターン平均)、⑤*INVEST/A*：資本支出(資本支出を総資産で割った比率)、⑥*LOGPPE*：有形固定資産(対数値)、⑦*BETA*：ベータ(直近1年間の日次データより計算)、⑧*VOLAT*：ボラティリティ(直近12か月の月次リターンから計算した標準偏差)である。これらの8種類の変数の月次データは、金融データソリューションズ社より取得した。

さらに、本研究では、月次時点 t 、産業 j 、企業 i という3種類の固定効果を考慮し、これらをダミー変数(定義関数)によって表す。

$$\begin{aligned}
& \mathbf{1}_{\{TIME\ t\}} \quad (\text{time fixed-effect}) \\
& \mathbf{1}_{\{SECTOR\ j\}} \quad (\text{sector fixed-effect}) \\
& \mathbf{1}_{\{FIRM\ i\}} \quad (\text{firm fixed-effect})
\end{aligned} \tag{2}$$

これら 3 種類の固定効果を利用して、本研究では次の 3 つの設定下で分析する。

(分析 1) 月次時点の固定効果のみを考慮する。

(分析 2) 月次時点の固定効果に加えて、産業の固定効果について考慮する。

(分析 3) 月次時点の固定効果に加えて、企業の固定効果について考慮する。

こうした 3 つのパターンの固定効果を考慮することにより、それぞれ以下の要因をコントロールすることが可能となる：

(分析 1) 月次時点の固定効果のみを考慮する場合

月次時点の固定効果を考慮することにより、例えば以下の要因をコントロールした上で、二酸化炭素排出量が株価リターンに与える影響を分析することができる。

- 月次の季節性は、損益等の企業財務にも反映されるため、株価リターンにも影響を与え得る。
- 景気循環は、経済、市場、セクター、個別企業の株価リターンにも影響を与え得る。
- 特別なイベント、例えば消費増税や自然災害といった、すべての企業に影響を与えるイベントは株価リターンに影響を与えうる。
- 企業により会計年度が異なり、決算時点も異なる。したがって、異なる時点で開示される財務情報は株価リターンに影響を与え得る。

(分析 2) 産業の固定効果

月次時点の固定効果に加えて、企業が属する産業の固定効果を考慮することにより、例えば以下の要因をコントロールした上で、二酸化炭素排出量が株価リターンに与える影響を分析することができる。

- 環境省では、産業部門(工場等)、運輸部門(自動車等)、業務その他部門(商業・サービス・事業所等)、エネルギー転換部門(製油所、発電所等、統計誤差)といった事業者別に二酸化炭素排出量を公表している。したがって、二酸化炭素排出量は、企業が属する産業に特徴づけられる可能性が高い。
- EDGAR においても、power industry, other industrial combustion, buildings, transport, other sectors といった分類に基づいて、世界各国の二酸化炭素排出量を報告している。(EDGAR: European Commission, Joint Research Centre (JRC) / Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). Emission Database for Global Atmospheric

Research (EDGAR))。

(分析 3) 企業の固定効果

月次時点の固定効果に加えて、企業の固定効果を考慮することにより、例えば以下の要因をコントロールした上で、二酸化炭素排出量が株価リターンに与える影響を分析することができる。

- 市場や財務に関する情報によって特徴づけられる、企業固有の属性。また、Michael Porter のファイブ・フォース（買い手の交渉力、供給企業の交渉力、新規参入業者の脅威、代替品の脅威、競争企業間の敵対関係）等の経営学によって特徴づけられる企業の属性。但し、本研究でコントロール変数として採用する、表 1 の 8 つの変数は除く。
- 製品・サービス市場における、企業のプライステイカー、あるいはプライスメーカーとしての位置づけ。
- カネボウや東芝などの粉飾決算や、日産の品質改ざんや役員報酬不正などの不祥事といった企業に起因する固有イベント。

以下では、二酸化炭素の排出量とその変化率がそれぞれ、株価リターンに与える影響を分析した結果を示す。

2.2. 二酸化炭素の排出量が株価リターンに与える影響

ONTAI と SCOPE3 による二酸化炭素の排出量がそれぞれ、株価リターンに与える影響を分析した結果を表 3、表 4、表 5 に示す。これらは 2013 年から 2019 年までの全データについて、クロスセクション回帰を行った結果である。これら 3 つの表すべてにおいて、列番号(1)(2)(3)はそれぞれ、月次時点効果のみ、月次時点効果+産業効果、月次時点効果+企業効果を考慮したモデルの推定結果を示す。また、8 つのコントロール変数はわずかな例外を除いて 1%有意で推定されている。すなわち以下に述べる結果は、表 1 に記す、各企業の①規模(時価総額)、②PBR の逆数、③資本構成、④モメンタム効果、⑤資本支出、⑥有形固定資産規模、⑦ベータ、⑧ボラティリティが有意にコントロールされた結果と見ることができる。

ONTAIによる二酸化炭素の排出量が株価リターンに与える影響(表 3)

$CO_2(ONTAI, LOG)$ と記す行を見ると、ONTAIによる二酸化炭素の排出量は、株価リターンにマイナスの影響を与えることが分かる。すなわち、二酸化炭素排出量が増えるほど、株価リターンは減少する。また列(3)の推定結果が 1%有意であることから、月次時点や個別企業に起因する要因をコントロールしてもなお、 $ONTAI \approx SCOPE1 + 2$ による二酸化炭素排出量は株価リターンを有意に押し下げる効果があることが分かる。これは、温対法に基づく報告義務のある上場企業が、①直接排出する、②外部から調達するエネルギーを作り出す際に排出する二酸化炭素排出量を、市場は時点や企業に依らずネガティブに見ており、その排出量

が多いと、株価を下げることを意味する。

*SCOPE3*による二酸化炭素の排出量が株価リターンに与える影響(表 4)

*CO2(SCOPE3, LOG)*と記す行を見ると、*SCOPE3*による二酸化炭素の排出量は、株価リターンにマイナスの影響を与えることが分かる。すなわち、二酸化炭素排出量が増えるほど、株価リターンは減少する。また列(1)と列(2)の推定結果が1%有意であることから、月次時点や産業に起因する要因をコントロールしてもなお、*SCOPE3*による二酸化炭素排出量は株価を有意に押し下げる効果があることが分かる。これは、上場企業のサプライチェーンより排出される、企業固有の要因に由来する二酸化炭素排出量を市場はネガティブに見ており、その排出量が多いと株価を下げることを意味する。

*ONTAI*と*SCOPE3*による二酸化炭素の排出量が株価リターンに与える影響(表 5)

ここでの興味は、*ONTAI*による二酸化炭素排出量、*SCOPE3*による二酸化炭素排出量、両方の二酸化炭素排出量を同時に説明変数として採用する場合に、同様の結果が維持されるのかという点にある。*CO2(ONTAI, LOG)*と記す行を見ると、列(3)が有意なマイナス値として推定されており、*ONTAI*による二酸化炭素排出量のみで分析した結果(表 3)と同様である。次いで、*CO2(SCOPE3, LOG)*と記す行を見ると、列(1)と列(2)が有意なマイナス値として推定されており、*SCOPE3*による二酸化炭素排出量のみで分析した結果(表 4)と同様である。したがって、*ONTAI*と*SCOPE3*による二酸化炭素排出量は独立に、負の株価リターンをもたらすものと言えよう。

2.3. 二酸化炭素排出量の変化率が株価リターンに与える影響

前 2.2 節では、二酸化炭素排出量の「大きさ(対数排出量)」が株価リターンに与える影響を分析した。本節では、二酸化炭素排出量の「変化率」が株価に与える影響を分析する。結果を表 6、表 7 に示す。これらは 2013 年から 2019 年までの全データについて、クロスセクション回帰を行った結果である。これら 3 つの表すべてにおいて、列番号(1)(2)(3)はそれぞれ、月次時点効果のみ、月次時点効果+産業効果、月次時点効果+企業効果を考慮したモデルの推定結果を示す。また、8 つのコントロール変数はわずかな例外を除いて 1%有意で推定されている。すなわち以下に述べる結果は、表 1 に記す、各企業の①規模(時価総額)、②PBR の逆数、③資本構成、④モメンタム効果、⑤資本支出、⑥有形固定資産規模、⑦ベータ、⑧ボラティリティが有意にコントロールされた結果と見ることができる。

*ONTAI*二酸化炭素排出量の「変化率」が株価リターンに与える影響(表 6)

*CO2(ONTAI, CHG)*と記す行を見ると、*ONTAI*による二酸化炭素排出量の「変化率」は有意に、株価リターンにマイナスの影響を与えることが分かる。すなわち、前々年度から前年度にかけての二酸化炭素排出量の「変化率」が大きいほど、今年度の株価リターンは有意に減

少し、株価を有意に押し下げる。

また列(1)(2)(3)の推定結果はいずれも有意であることから、月次時点・産業・個別企業に起因する要因をコントロールしてもなお、 $ONTAI \approx SCOPE1 + SCOPE2$ による二酸化炭素排出量の「変化率」は株価リターンを有意に押し下げる効果があることが分かる。これは、温対法に基づく報告義務のある上場企業が、①直接排出する、②外部から調達するエネルギーを作り出す際に排出する二酸化炭素排出量の「変化率」を、市場は時点・産業・企業に依らずネガティブに見ており、その排出量の「変化率」が大きいほど、株価を有意に押し下げることを意味する。

さらに、列(1)(2)(3)はいずれも有意に推定されているが、月次時点・個別企業に起因する要因をコントロールした列(3)の推定結果が最も有意に推定されており、また推定値も最も小さな値である。したがって、月次時点、個別企業、および8つの変数をコントロールする設定下において、上場企業が $ONTAI$ に基づき報告する二酸化炭素排出量が「1単位増える」とき、その株価リターンは最も減少する、と推定される。かつ、この推定は式(1)で表されるモデルで設定可能なものの中で統計的に最も当てはまりが良いものである。

SCOPE3二酸化炭素排出量の「変化率」が株価リターンに与える影響(表 7)

$CO2(SCOPE3, CHG)$ と記す行を見ると、 $SCOPE3$ による二酸化炭素排出量の「変化率」は有意に、株価リターンにマイナスの影響を与えることが分かる。すなわち、前々年度から前年度にかけての二酸化炭素排出量の「変化率」が大きいほど、今年度の株価リターンは有意に減少し、株価を有意に押し下げる。

また列(1)(2)(3)の推定結果はいずれも有意であることから、月次時点・産業・個別企業に起因する要因をコントロールしてもなお、 $SCOPE3$ による二酸化炭素排出量の「変化率」は株価リターンを有意に押し下げる効果があることが分かる。これは、上場企業のサプライチェーンより排出される二酸化炭素排出量の「変化率」を、市場は時点・産業・企業に依らずネガティブに見ており、その排出量の「変化率」が大きいほど、株価を有意に押し下げることを意味する。

さらに、列(1)(2)(3)はいずれも有意に推定されているが、月次時点・個別企業に起因する要因をコントロールした列(3)の推定結果が最も有意に推定されており、また推定値も最も小さな値である。したがって、月次時点、個別企業、および8つの変数をコントロールする設定下において、上場企業のサプライチェーンより排出される二酸化炭素排出量が「1%増える」とき、その株価リターンは最も減少する、と推定される。かつこの推定は、式(1)で表されるモデルで設定可能なものの中で統計的に最も当てはまりが良いものである。

2.4. 二酸化炭素排出量が株価リターンに与える影響に関する小括

日本の株式市場において、上場企業が排出する二酸化炭素は、負の株価リターンをもたらし、株価を有意に押し下げる効果があり、負の炭素リスクプレミアムが存在する。この発見は以

下の2つの観点より頑健なものである：

- *ONTAI*報告に係る①直接排出される、②外部から調達するエネルギーを作り出す際に排出される二酸化炭素についても、*SCOPE3*報告に係るサプライチェーンから排出される二酸化炭素についても、負の株価リターンをもたらす。
- 二酸化炭素排出量の(対数)絶対量についても、変化率についても、負の株価リターンをもたらす。特に二酸化炭素排出量の変化率は、月次時点、産業、企業に依らず、有意に負の株価リターンをもたらす。

3. 時系列回帰による炭素リスクプレミアムの説明要因の解明

次なる疑問は、第2節で有意に推定された、負の炭素リスクプレミアムは何によって説明されるのか？という点である。その疑問に答えるべく、次の式(3)による時系列回帰を行う。

$$\alpha_t = c_0 + c \cdot F_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

具体的にはまず、2013年10月から2019年12月までの75か月間の各月において、式(1)により、クロスセクション回帰を行う。その結果、75個の炭素リスクプレミアム α_t を得る。その上で、式(3)に基づき、炭素リスクプレミアムを、株価リスクプレミアムに関する既知の共有ファクター F_t で線形回帰する。共通ファクター F_t として、Bolton and Kacperczyk (2021a)を参考に、表2に示す9種類の変数を採用している。なお、9種類の変数の月次データは金融データソリューションズ社より取得した。

以上の設定により、式(3)による時系列回帰を行い、共有ファクター F_t では説明できない要素が存在するかどうか、つまり、有意な定数 c_t が推定されるかどうか、本節の興味である。以下では、二酸化炭素排出量の「大きさ」と「変化率」に関する炭素リスクプレミアムの説明要因をそれぞれ分析する。

3.1. 二酸化炭素排出量の「大きさ」に関する炭素リスクプレミアムの説明要因

*ONTAI*と*SCOPE3*による二酸化炭素排出量の「大きさ」に関する炭素リスクプレミアムの推定結果をそれぞれ、表8と表9に示す。

表8より、*ONTAI*による二酸化炭素排出量の「大きさ」に関する炭素リスクプレミアムは、BAB(betting against beta)ファクターをショートする、すなわち、低ベータをショート、高ベータをロングするポートフォリオによって説明できることを意味する。また、有意な定数は推定できていないため、*ONTAI*による二酸化炭素排出量の「大きさ」に関する炭素リスクプレミアムは、共有ファクターのみで説明されることを示唆する。

一方、表9より、*SCOPE3*による二酸化炭素排出量の「大きさ」に関する炭素リスクプレミアムは、MOM(momentum)およびIDIO.VOL(idiosyncratic volatility)ファクターをロン

グするポートフォリオによって説明できることを意味する。ここで、前者をロングするとは、直近1年間の株価リターンについて、リターン勝者株をロング、リターン敗者株をショートすることをいう。また、後者をロングするとは、idiosyncratic ボラティリティが低い株をロング、高い株をショートすることをいう。

注目すべきは、有意に負の定数が推定されているため、SCOPE3による二酸化炭素排出量の「大きさ」に関する炭素リスクプレミアムは、共有ファクターでは説明されない、負の値を取る要因を有意に包含していることを示唆する。

3.2. 二酸化炭素排出量の「変化率」に関する炭素リスクプレミアムの説明要因

ONTAIとSCOPE3による二酸化炭素排出量の「変化率」に関するリスクプレミアムの推定結果をそれぞれ、表 10 と表 11 に示す。

表 10 より、ONTAIによる二酸化炭素排出量の「変化率」に関する炭素リスクプレミアムは、HML(high minus low)ファクターをショート、LIQ(Pastor-Stambaugh liquidity)ファクターをロングするポートフォリオによって説明できることを意味する。

その上で、有意に負の定数が推定されているため、ONTAIによる二酸化炭素排出量の「変化率」に関する炭素リスクプレミアムは、共有ファクターでは説明されない、負の値を取る要因を有意に包含していることを示唆する。

一方、表 11 より、SCOPE3による二酸化炭素排出量の「変化率」に関する炭素リスクプレミアムは、MKTRF ファクター(マーケットリターン)をロング、HML ファクターとNET.ISSUANCE ファクターをショートするポートフォリオによって説明できることを意味する。

そして、有意に負の定数が推定されているため、SCOPE3による二酸化炭素排出量の「変化率」に関する炭素リスクプレミアムは、共有ファクターでは説明されない、負の値を取る要因を有意に包含していることを示唆する。さらに、本モデルの自由度調整済み決定係数も相対的に高くなっている。

3.3. 炭素リスクプレミアムの説明要因に関する小括

日本の株式市場において、炭素リスクプレミアムは、数種類の株価リスクプレミアムを説明する共通ファクターによっても説明できない有意なマイナス値として推定される。特に、上場企業のサプライチェーンより排出される二酸化炭素に関する「負の炭素リスクプレミアム」は、その存在が統計的に強く示唆される。

4. 結論

本論文では、日本の株式市場において、二酸化炭素排出量が負の株価リターンをもたらし、株価を有意に押し下げる効果があることを示した。これは、Bolton and Kacperczyk

(2021a,b)が唱えた炭素リスクプレミアムは、日本の株式市場においては負の値を取るということである。すなわち、日本の株式市場においては、炭素への投資がリスクを伴うものであると見るとき、相応のリターンが得られるわけではなく、逆に負のリターンをもたらすことを意味する。

今後の研究では、炭素リスクプレミアムを解釈する理論構築を行うとともに、なぜ、本研究の結果が Bolton and Kacperczyk (2021a,b)と異なるのか、その要因を解き明かしたい。

図表

表 1 クロスセクション回帰における被説明変数である株価リターンと 8 種類のコントロール変数に関する概要(石島ら(2021)の表 5 と同一のものである).

RET (i,t)	前月末最終営業日を(t-1)、当月末最終営業日をtとすると、[t-1, t]の期間における企業iの配当込み収益率(%)。
LOGSIZE (i,t)	t月末における企業iの時価総額(評価株価×発行済株式数)の自然対数値(円単位の時価総額をそのまま対数化)。
B/M (i,t)	t月末における企業iのPBRの逆数(自己資本を時価総額で割ったもの)。自己資本は、t月末時点で公表されている直近実績自己資本(本決算、連結優先)を採用。
LEVERAGE (i,t)	t月末における企業iの貸借対照表上のレバレッジ=総資産/自己資本。総資産と自己資本は、t月末時点で公表されている直近実績総資産(本決算、連結優先)と、直近実績自己資本(本決算、連結優先)を採用。自己資本がNULL or 0以下、あるいは総資産がNULL or 0の場合のレバレッジはNULL。
MOM (i,t)	企業iのt月における直近12カ月間の月次配当込みリターン(RET)の平均値(%)。計算に使用するリターンは、[t-12月, t-1月]までの12ヶ月間。直近12ヶ月の月次リターンが揃っていない企業のMOMはNULL。
INVEST/A (i,t)	企業iの資本支出(capital expenditure)を総資産で割ったもの。資本支出は、2000年3月期以降のキャッシュフロー計算書から、業態別に以下の項目を抜粋。 <ul style="list-style-type: none"> ・一般事業会社、証券→「有形および無形固定資産の増減額」 ・銀行、損保、生保→「動産不動産の増減額」 総資産と資本支出は、t月末時点で公表されている直近実績総資産(本決算、連結優先)と、直近実績資本支出(本決算、連結優先)を採用。資本支出は「支出=プラス」として計算。資本支出がマイナスの場合もある(支出よりも売却による収入の方が多い場合)。資本支出がNULL or 0以下、あるいは総資産がNULL or 0の場合のINVEST/AはNULL。
LOGPPE (i,t)	t月における企業iのPPE(property, plant, and equipment = 有形固定資産)の自然対数値(百万円単位の有形固定資産をそのまま対数化)。 有形固定資産は、t月末時点で公表されている直近実績有形固定資産(本決算、連結優先)を採用。有形固定資産は、業態別に以下の項目を抜粋。 <ul style="list-style-type: none"> ・一般事業会社、証券→「有形固定資産合計」 ・銀行、損保、生保→「動産不動産合計」
BETA (i,t)	t月における企業iのベータ(t月末時点における過去1年間の日次データを利用して計算したもの)。市場のリターンは、Fama-French3ファクターモデルの日次マーケットリターン(金融含む)を使用。ベータ計算時の回帰の被説明変数は、リスクフリーリターン除きの日次配当込みリターン。日次で直近12ヶ月間の配当込みリターンが揃っていない企業のBETAはNULL。
VOLAT (i,t)	t月において企業iの過去12カ月の月次配当込みリターン(RET)から算出した標準偏差(%) (年率換算はしていない)。直近12ヶ月の月次配当込みリターンが揃っていない企業のVOLATはNULL。

表 2 株価リスクプレミアムに関する 9 種類の共有ファクター。

MKTRF (t)	Fama-French3ファクターモデルのマーケットリターン。t月の加重平均ポートフォリオの月次リターンから、月次リスクフリー・レートを差し引いたもの。
SMB (t)	Fama-French3ファクターモデルのSMBファクター。小型株をロング、大型株をショートするポートフォリオの月次リターン。金融含むデータを使用。
HML (t)	Fama-French3ファクターモデルのHMLファクター。高B/M株(バリュー株)をロング、低B/M株(グロース株)をショートするポートフォリオの月次リターン。金融含むデータを使用。
MOM (t)	モーメンタムファクター。直近1年間にリターンについて、リターン勝者株をロング、リターン敗者株をショートするポートフォリオの月次リターン。
CMA (t)	Fama-French5ファクターモデルのCMAファクター。コンサーバティブな株をロング、アグレッシブな株をショートするポートフォリオの月次リターン。
BAB (t)	低ベータ株をロング、高ベータ株をショートするポートフォリオの月次リターン。5年の月次ベータ値を使用。 各企業のベータの計算は、[t-60月, t-1月]の60ヶ月間の月次配当込みリターン(リスクフリーリターン除き)を被説明変数、同期間の項番2のマーケットリターン「MKTRF」(金融含む)を説明変数として回帰した係数。月次で60ヶ月間の配当込みリターンが揃っていない企業のベータはNULLとした。 ベータが計算可能な企業群で低ベータ株と高ベータ株の2分位に分け、2つの時価加重ポートフォリオについて、[t-1月, t月]の配当込みリターンを計算し、(低ベータ株ポートフォリオのリターン)-(高ベータ株ポートフォリオのリターン)を計算してBABファクターとした。
LIQ (t)	Pastor-Stambaughの流動性ファクターの月次ファクターリターン。
NET ISSUANCE (t)	正味発行高(net issuance)の高い株をロング、正味発行高の低い株をショートするポートフォリオの月次リターン。但し、t月の正味発行高は、2年前と1年前の分割調整済みの発行済株式数の自然対数値の差。 t-25月の普通株発行済株式数とt-13月の普通株発行済株式数を、期間中の株式分割や株式併合などの影響を調整してt-1月ベースに変換した後で、 $NET\ ISSUANCE = (t-13月の普通株発行済株式数) - (t-25月の普通株発行済株式数)$ を計算。
IDIO VOL (t)	idiosyncraticボラティリティが低い株をロング、idiosyncraticボラティリティが高い株をショートするポートフォリオの月次リターン。Fama-French3ファクターモデルの残差リターンを使用。 idiosyncraticボラティリティは、t-1月の1ヶ月間の日次残差リターンから計算。t-1月において、1ヶ月間の日次のリターンが揃っていない企業は計算対象外とした。

表 3 ONTAIによる二酸化炭素排出量が株価リターンに与える影響. 列(1)は月次時点の固定効果を考慮した結果, 列(2)は企業が属する産業分類の固定効果を考慮した結果, 列(3)は企業の固定効果を考慮した結果をそれぞれ示す. カッコ内の数値は標準誤差を表す. *印, **印, ***印はそれぞれ, 推定値が 10%, 5%, 1%有意であることを示す.

	<i>Dependent Variable</i>		
	RET		
	Time Fixed (1)	Time & Industry Fixed (2)	Time & Corp. Fixed (3)
CO2(ONTAI, LOG)	-0.033 (0.028)	-0.051 (0.035)	-0.882*** (0.309)
LOGSIZE	0.222*** (0.052)	0.049 (0.071)	7.056*** (0.325)
BM	-1.620*** (0.100)	-2.237*** (0.124)	-5.453*** (0.323)
LEVERAGE	-0.016 (0.018)	-0.175*** (0.032)	0.242*** (0.079)
MOM	-0.461*** (0.022)	-0.497*** (0.022)	-1.158*** (0.025)
INVESTA	-6.408*** (1.662)	-7.538*** (1.810)	-6.802** (2.781)
LOGPPE	-0.204*** (0.057)	-0.023 (0.072)	-0.632** (0.301)
BETA	-1.563*** (0.143)	-1.976*** (0.158)	-4.115*** (0.228)
VOLAT	0.277*** (0.013)	0.292*** (0.013)	0.364*** (0.015)
Constant	0.122 (1.084)	4.901*** (1.404)	-151.854*** (8.754)
Observations	37,899	37,899	37,899
R ²	0.253	0.257	0.316
Adjusted R ²	0.252	0.254	0.302
Residual Std. Error	7.580 (df = 37815)	7.566 (df = 37783)	7.322 (df = 37092)
F Statistic	154.502*** (df = 83; 37815)	113.372*** (df = 115; 37783)	21.303*** (df = 806; 37092)

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 4 *SCOPE3*による二酸化炭素排出量が株価リターンに与える影響。列(1)は月次時点の固定効果を考慮した結果、列(2)は企業が属する産業分類の固定効果を考慮した結果、列(3)は企業の固定効果を考慮した結果をそれぞれ示す。カッコ内の数値は標準誤差を表す。
*印, **印, ***印はそれぞれ、推定値が 10%, 5%, 1%有意であることを示す。

	<i>Dependent Variable</i>		
	RET		
	Time Fixed (1)	Time & Industry Fixed (2)	Time & Corp. Fixed (3)
CO2(SCOPE3, LOG)	-0.074*** (0.023)	-0.092*** (0.026)	0.144 (0.130)
LOGSIZE	0.118 (0.083)	-0.002 (0.124)	9.219*** (0.520)
BM	-1.973*** (0.174)	-2.635*** (0.221)	-4.515*** (0.545)
LEVERAGE	0.001 (0.025)	-0.130*** (0.049)	0.557*** (0.112)
MOM	-0.364*** (0.032)	-0.411*** (0.032)	-1.201*** (0.038)
INVESTA	-8.953*** (2.622)	-9.160*** (3.006)	-17.394*** (5.358)
LOGPPE	-0.072 (0.083)	0.048 (0.118)	-0.796 (0.544)
BETA	-0.537** (0.229)	-0.694*** (0.258)	-3.305*** (0.352)
VOLAT	0.190*** (0.023)	0.210*** (0.024)	0.347*** (0.028)
Constant	2.194 (1.802)	5.729** (2.430)	-224.373*** (13.984)
Observations	15,021	15,021	15,021
R ²	0.322	0.326	0.394
Adjusted R ²	0.319	0.321	0.373
Residual Std. Error	6.866 (df = 14937)	6.856 (df = 14905)	6.588 (df = 14518)
F Statistic	85.602*** (df = 83; 14937)	62.667*** (df = 115; 14905)	18.780*** (df = 502; 14518)

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 5 ONTAI と SCOPE 3 による二酸化炭素排出量が株価リターンに与える影響。列(1)は月次時点の固定効果を考慮した結果、列(2)は企業が属する産業分類の固定効果を考慮した結果、列(3)は企業の固定効果を考慮した結果をそれぞれ示す。カッコ内の数値は標準誤差を表す。*印, **印, ***印はそれぞれ、推定値が 10%, 5%, 1%有意であることを示す。

	<i>Dependent Variable</i>		
	Time Fixed	RET Time & Industry Fixed	Time & Corp. Fixed
	(1)	(2)	(3)
CO2(ONTAI, LOG)	0.013 (0.042)	0.063 (0.061)	-0.897* (0.523)
CO2(SCOPE3, LOG)	-0.087*** (0.023)	-0.112*** (0.027)	0.281** (0.132)
LOGSIZE	0.129 (0.089)	0.087 (0.137)	9.457*** (0.548)
BM	-2.141*** (0.184)	-2.842*** (0.236)	-4.481*** (0.579)
LEVERAGE	0.014 (0.026)	-0.087* (0.051)	0.558*** (0.116)
MOM	-0.368*** (0.034)	-0.423*** (0.034)	-1.230*** (0.040)
INVESTA	-9.044*** (2.707)	-9.531*** (3.114)	-16.786*** (5.606)
LOGPPE	-0.076 (0.102)	-0.078 (0.145)	-0.484 (0.611)
BETA	-0.210 (0.244)	-0.277 (0.274)	-2.856*** (0.372)
VOLAT	0.158*** (0.024)	0.176*** (0.025)	0.316*** (0.030)
Constant	2.171 (1.923)	4.478* (2.663)	-225.465*** (15.658)
Observations	13,563	13,563	13,563
R ²	0.331	0.335	0.404
Adjusted R ²	0.326	0.329	0.382
Residual Std. Error	6.760 (df = 13478)	6.747 (df = 13446)	6.476 (df = 13087)
F Statistic	79.266*** (df = 84; 13478)	58.337*** (df = 116; 13446)	18.640*** (df = 475; 13087)

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 6 ONTAIによる二酸化炭素排出量の「変化率」が株価リターンに与える影響。列(1)は月次時点の固定効果を考慮した結果、列(2)は企業が属する産業分類の固定効果を考慮した結果、列(3)は企業の固定効果を考慮した結果をそれぞれ示す。カッコ内の数値は標準誤差を表す。*印, **印, ***印はそれぞれ、推定値が 10%, 5%, 1%有意であることを示す。

	<i>Dependent Variable</i>		
		RET	
	Time Fixed (1)	Time & Industry Fixed (2)	Time & Corp. Fixed (3)
CO2(ONTAI, CHG)	-0.789* (0.422)	-0.994** (0.424)	-1.482*** (0.462)
LOGSIZE	0.215*** (0.058)	0.106 (0.081)	9.815*** (0.391)
BM	-1.691*** (0.114)	-2.282*** (0.142)	-5.082*** (0.380)
LEVERAGE	0.006 (0.019)	-0.152*** (0.037)	0.363*** (0.091)
MOM	-0.453*** (0.024)	-0.496*** (0.025)	-1.344*** (0.029)
INVESTA	-7.170*** (1.869)	-7.642*** (2.041)	-0.387 (3.234)
LOGPPE	-0.220*** (0.052)	-0.137* (0.076)	-1.420*** (0.367)
BETA	-1.677*** (0.162)	-2.005*** (0.178)	-4.869*** (0.256)
VOLAT	0.278*** (0.015)	0.295*** (0.015)	0.381*** (0.018)
Constant	-1.562 (1.195)	1.956 (1.593)	-229.473*** (10.016)
Observations	29,497	29,497	29,497
R ²	0.275	0.278	0.348
Adjusted R ²	0.273	0.276	0.332
Residual Std. Error	7.466 (df = 29425)	7.453 (df = 29393)	7.158 (df = 28778)
F Statistic	156.966*** (df = 71; 29425)	109.905*** (df = 103; 29393)	21.386*** (df = 718; 28778)

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 7 SCOPE3による二酸化炭素排出量の「変化率」が株価リターンに与える影響。列(1)は月次時点の固定効果を考慮した結果、列(2)は企業が属する産業分類の固定効果を考慮した結果、列(3)は企業の固定効果を考慮した結果をそれぞれ示す。カッコ内の数値は標準誤差を表す。*印, **印, ***印はそれぞれ、推定値が10%, 5%, 1%有意であることを示す。

	<i>Dependent Variable</i>		
		RET	
	Time Fixed (1)	Time & Industry Fixed (2)	Time & Corp. Fixed (3)
CO2(SCOPE3, CHG)	-0.814** (0.374)	-0.885** (0.379)	-1.328*** (0.415)
LOGSIZE	0.121 (0.103)	-0.179 (0.155)	11.464*** (0.641)
BM	-1.826*** (0.211)	-2.820*** (0.278)	-5.121*** (0.663)
LEVERAGE	0.0003 (0.029)	-0.193*** (0.061)	0.548*** (0.132)
MOM	-0.428*** (0.039)	-0.492*** (0.040)	-1.506*** (0.047)
INVESTA	-10.773*** (3.166)	-12.499*** (3.681)	-18.469*** (6.567)
LOGPPE	-0.173* (0.094)	0.098 (0.145)	-1.250* (0.700)
BETA	-0.926*** (0.281)	-1.067*** (0.318)	-4.915*** (0.427)
VOLAT	0.208*** (0.029)	0.246*** (0.031)	0.383*** (0.036)
Constant	-0.315 (2.194)	6.236** (3.004)	-280.674*** (17.286)
Observations	10,545	10,545	10,545
R ²	0.337	0.342	0.427
Adjusted R ²	0.333	0.336	0.405
Residual Std. Error	6.880 (df = 10473)	6.864 (df = 10442)	6.496 (df = 10154)
F Statistic	75.136*** (df = 71; 10473)	53.306*** (df = 102; 10442)	19.421*** (df = 390; 10154)

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 8 ONTAIによる二酸化炭素排出量の「大きさ」に関するリスクプレミアムの説明要因。*印, **印, ***印はそれぞれ, 推定値が 10%, 5%, 1%有意であることを示す。

	<i>Dependent Variable</i>
	Carbon Risk Premium(ONTAI, LOG)
MKTRF	-0.021 (0.013)
SMB	0.028 (0.023)
HML	0.042 (0.027)
MOM	-0.002 (0.020)
CMA	0.013 (0.032)
BAB	-0.052** (0.025)
LIQ	-0.001 (0.015)
NET.ISSUANCE	0.021 (0.021)
IDIO.VOL	-0.042 (0.033)
Constant	-0.025 (0.040)
Observations	75
R ²	0.304
Adjusted R ²	0.207
Residual Std. Error	0.314 (df = 65)
F Statistic	3.152*** (df = 9; 65)
Note:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 9 SCOPE3による二酸化炭素排出量の「大きさ」に関するリスクプレミアムの説明要因。*印, **印, ***印はそれぞれ, 推定値が 10%, 5%, 1%有意であることを示す。

	<i>Dependent Variable</i>
	Carbon Risk Premium(SCOPE3, LOG)
MKTRF	0.006 (0.009)
SMB	0.017 (0.017)
HML	0.014 (0.019)
MOM	0.028* (0.014)
CMA	0.006 (0.023)
BAB	-0.019 (0.017)
LIQ	0.005 (0.011)
NET.ISSUANCE	0.010 (0.015)
IDIO.VOL	0.041* (0.023)
Constant	-0.050* (0.029)
Observations	75
R ²	0.141
Adjusted R ²	0.022
Residual Std. Error	0.223 (df = 65)
F Statistic	1.187 (df = 9; 65)

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 10 ONTAIによる二酸化炭素排出量の「変化率」に関するリスクプレミアムの説明要因。*印, **印, ***印はそれぞれ, 推定値が 10%, 5%, 1%有意であることを示す。

	<i>Dependent Variable</i>
	Carbon Risk Premium(ONTAI, CHG)
MKTRF	0.050 (0.115)
SMB	-0.232 (0.242)
HML	-0.468* (0.260)
MOM	0.179 (0.206)
CMA	0.033 (0.308)
BAB	-0.204 (0.243)
LIQ	0.358** (0.148)
NET.ISSUANCE	-0.277 (0.215)
IDIO.VOL	0.215 (0.334)
Constant	-0.876** (0.388)
Observations	63
R ²	0.194
Adjusted R ²	0.057
Residual Std. Error	2.795 (df = 53)
F Statistic	1.413 (df = 9; 53)
Note:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

表 11 SCOPE3による二酸化炭素排出量の「変化率」に関するリスクプレミアムの説明要因。*印, **印, ***印はそれぞれ, 推定値が 10%, 5%, 1%有意であることを示す。

<i>Dependent variable:</i>	
Carbon Risk Premium(SCOPE3, CHG)	
MKTRF	0.313** (0.145)
SMB	-0.039 (0.305)
HML	-0.599* (0.328)
MOM	-0.322 (0.259)
CMA	0.305 (0.388)
BAB	0.024 (0.306)
LIQ	-0.267 (0.186)
NET.ISSUANCE	-0.545** (0.271)
IDIO.VOL	-0.481 (0.421)
Constant	-1.649*** (0.489)
Observations	63
R ²	0.238
Adjusted R ²	0.109
Residual Std. Error	3.518 (df = 53)
F Statistic	1.840* (df = 9; 53)
<i>Note:</i>	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

参考文献

- Bolton, P. and M. Kacperczyk (2021a) “Do investors care about carbon risk?”, *Journal of Financial Economics*, Forthcoming. (<https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.05.008>)
- Bolton, P. and Kacperczyk, M.T., (2021b) “Global Pricing of Carbon-Transition Risk.” SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3550233> (Accessed: 2021.9.23)
- CDP (2020) “CDP 気候変動レポート 2019: 日本版,” URL: <https://japan.cdp.net/reports> (Accessed: 2021.9.23)
- 石島博, 伊藤隆敏, 前田章, 真鍋友則 (2021) “二酸化炭素排出量と企業財務,” JAREFE Preprint, JP2021-01.
- 環境省 (2020) “2018 年度 温室効果ガス排出量 (2020.4 発表、確報値),” 環境省ウェブサイト: 温室効果ガス排出・吸収量等の算定と報告～温室効果ガスインベントリ等関連情報～ 温室効果ガス排出・吸収量算定結果. URL: <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg-mrv/emissions/> (Accessed: 2021.9.23)
- 環境省大臣官房環境経済課 (2018) “環境報告ガイドライン 2018 年版,” URL: <http://www.env.go.jp/policy/j-hiroba/kigyo/2018Guidelines20190325.pdf> (Accessed: 2021.9.23)
- 環境省大臣官房環境経済課 (2018) “環境報告のための解説書～環境報告ガイドライン 2018 年版対応～: 参考資料(一括ダウンロード),” H30.6, URL: http://www.env.go.jp/policy/j-hiroba/kigyo/3_sankoushiryou_all_190411.pdf (Accessed: 2021.9.23)
- 環境省総合環境政策局環境計画課 (2017) “温室効果ガス総排出量 算定方法ガイドライン Ver. 1.0,” H29.3 URL: https://www.env.go.jp/policy/local_keikaku/data/guideline.pdf (アクセス日: 2021.9.23)
- 環境省「温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度概要」 URL: <https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/about> (アクセス日: 2021.9.23)
- 日本証券アナリスト協会, 企業価値分析における ESG 要因研究会(宮井博(座長),小崎亜依子,佐々木隆文,寺山恵,米澤康博,杉浦康之) (2010) “報告書 企業価値分析における ESG 要因,” 全 67 ページ, 2010.6. URL: https://www.saa.or.jp/account/account/pdf/report_esg_201006.pdf (アクセス日: 2021.9.23)
- 宮井博 (2008) “ESG (環境・社会・ガバナンス) 責任投資の進展と年金資産運用への導入,” 一橋大学経済研究所 退職給付ビッグバン研究会(発起人代表・高山憲之), 2008 年度年次総会報告資料. URL: <http://www.ier.hit-u.ac.jp/jprc/> (Accessed: 2021.9.23)