

東京株式市場におけるカーボンプレミアム

五島 圭一 CMA
八木 厚樹

目次

- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. はじめに | 5. GHG排出量指標に基づくロング・ショート戦略 |
| 2. GHG排出量データ | 6. パリ協定採択の影響 |
| 3. GHG排出量と株式リターン | 7. まとめ |
| 4. カーボンプレミアムとリスクファクター | |

本稿では、東京株式市場における株式リターンとGHG排出量との関係を分析した。分析の結果、排出強度のスコープ1において負のプレミアムが観察されることが示された。そして、この負のプレミアムは他のリスクファクターを考慮しても存在することが示された。この結果は米国株式市場とは大きく異なるものであり、東京株式市場ではカーボンプレミアムに対して異なる価格形成がなされている可能性を示唆している。なお、本稿は本文と補論で構成されており、詳細を補論で述べている部分については本文中に注が付けられている。

1. はじめに

気候変動対策は持続可能な開発目標（SDGs）の17目標の一つに掲げられ、地球温暖化の主要因とされる温室効果ガス（GHG）、とりわけ二酸化炭素（CO₂）の削減は目下世界中の関心事であ

り、パリ協定をはじめとする国際的な合意形成がなされるとともに、先進国を中心に推進されている。このような世界的な潮流の下、わが国においても2020年10月には2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを政府が表明するなど、本邦企業に対してもGHG排出量削減に対する社会



五島 圭一（ごしま けいいち）

三菱UFJ銀行産業リサーチ&プロデュース部 調査役。早稲田大学産業経営研究所 招聘研究員。2012年慶應義塾大学経済学部卒業。2017年東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻博士後期課程修了。博士（工学）。日本銀行金融研究所、早稲田大学商学部講師などを経て、2022年5月より現職。2015年度証券アナリストジャーナル賞受賞。



八木 厚樹（やぎ あつき）

アセットマネジメントOneソリューション戦略運用グループ クオンツ運用担当ファンドマネジャー。2014年一橋大学大学院修士課程修了。同年、DIAMアセットマネジメント（現・アセットマネジメントOne）入社。機関投資家営業企画部を経て、2017年4月より現職。2021年一橋ビジネススクール金融戦略・経営財務プログラム修了。

的要請が一段と強まることが想定される。そして、こうした社会的な背景に呼応して、機関投資家をはじめとする金融機関も脱炭素を推進する企業やプロジェクトに対して、積極的に投融資を行う動きが加速している。伝統的なESG投資の一環としての取り組みにとどまらず、グリーン投資としての脱炭素をテーマとした金利優遇制度やファンドの設立等が進展している。そして、2021年7月には日本銀行が気候変動対策に取り組む企業に投融資しやすくするための新たな資金供給制度の導入を表明した。このように、わが国の資本市場では官民ともにGHG排出削減に向けて、様々な取り組みを推進し始めている一方で、GHG排出削減に関しては規範的な考えが先行しており、投資家にとって実際にどのような利害得失があるのかは十分に明らかにはなっていない。

ESGスコア／CSRスコアと株式リターンとの関係を分析した実証研究や、ESGファンド／SRIファンドのパフォーマンスを分析した実証研究は数多く報告されているものの、GHG排出に焦点を当てた先行研究は少ない(注1)。GHG排出削減はESG推進の一部でもあることから、ESGに関する研究が参考になる部分もある。例えば、ステークホルダーとの中長期的な関係向上を通じて、資本コストの低下に寄与することは同様に考えられ得る。一方で、GHG排出に関して特有の観点も考えられる。例えば、企業にとってGHG排出削減に投資することは、生産活動におけるエネルギーの利用効率を改善することにもつながることから、短期的にみても必ずしも単なる追加的な費用となるわけではない。この場合、GHG排出量が多い企業ほど株式リターンが低くなることが想定される。あるいは逆に、GHG排出量が多い企業

は少ない企業よりも、将来起こり得る移行リスクに直面しており、投資家からリスクプレミアムを要求されているのであれば、株式リターンは高くなることが想定される。

米国株式市場を分析したBolton and Kacperczyk [2021a] では、GHG排出量および排出量成長率が多い企業の株式リターンが高く、市場からより多くのリスクプレミアムを要求されていることを報告している。さらに、Bolton and Kacperczyk [2021b] では世界77カ国に分析対象を拡張した場合においても、同様の結論が導かれることを報告している。Walkshäusl [2021] では、GHG排出量成長率の高い企業群は低い群よりも、株式パフォーマンスが高いことを報告している。そして、パリ協定後にその差が拡大していることを報告している。

一方で、逆の関係を報告している研究もある。Choi *et al.* [2020] では、世界74都市を分析対象として、異常気象が多い年度・地域においてはGHG排出量の多い企業の株式パフォーマンスは低くなることを報告している。Cheema-Fox *et al.* [2021] では、米国株式市場と欧州株式市場を分析対象とし、脱炭素ファクターを構築しポートフォリオを組むことで、超過収益が獲得できることを示している。この他の観点だと、Ilhan *et al.* [2021] では、GHG排出量の多い企業／セクターほどテールリスクが大きいことを示している。

このように先行研究においても結果が混在している上、日本のみを分析対象とした研究は筆者らが知る限り報告されていない(注2)。株式リターンに対するリスクファクターが各国で異なることは広く知られていることから、GHG排出量に対するリスクプレミアムについて日本に焦点を当て

(注1) 例えば、ESG投資のパフォーマンスについてはGillan *et al.* [2021] 参照。

ることは学術的にも金融実務的にも重要な意義があるといえる。そこで本稿では、東京株式市場におけるGHG排出量と株式リターンの関係を明らかにする。特に、GHG排出量データに関して複数のデータソースを利用して比較分析することで、それらの関係について多面的な評価を行う。本稿の構成は以下の通りである。第2章ではデータを、第3～6章では分析結果を示す。第7章はまとめである。

2. GHG排出量データ

本稿で用いる個別企業のGHG排出量データには、二つのデータソースを利用しており、どちらもBloombergより取得した。なお、GHGには複数の気体が含まれているが、すべてCO₂に換算した値である(注3)。

一つ目のデータソースが、CDPが集計しているデータである。CDPとは、企業の気候変動対策についての情報開示・評価の国際的イニシアチブの一つである。英国を本拠とするNGOとして活動しており、機関投資家の代理として、企業の気候変動に対する取り組みやGHG排出量の算定・管理の状況について調査・評価およびその結果の開示を行っている(経済産業省[2018,2019])。企業に対する調査は年次で実施され、CDP気候変動質問書に対する回答を通して実施されている。したがって、CDP公表のGHG排出量は、企業自身が回答した値に基づいている。日本企業に対しては、FTSE Japan Indexに属する企業から

選定された500社をメインとして当該質問書の送付が行われており、2020年は375社の回答を得ている(CDP Worldwide-Japan [2021])。CDPにて報告される個別企業のGHG排出量はGHGプロトコルの各基準に基づき収録されており、スコープ1(SCOPE 1)・スコープ2(SCOPE 2)・スコープ3(SCOPE 3)の3カテゴリーに分割してGHG排出量が報告されている。SCOPE 1は、企業自らによるGHGの直接排出を指し、企業自身が保有・管理する施設からの排出(ボイラー、炉などの燃焼からの排出など)や保有する車両からの排出が含まれる。一方、SCOPE 2およびSCOPE 3はいずれも企業活動に伴うGHGの間接排出を示す。SCOPE 2は他社から供給される電気・熱および冷却・蒸気の使用に伴う排出のみを対象とするのに対し、SCOPE 3は企業のバリューチェーンにおけるSCOPE 2以外の間接排出(購入した製品・サービスに係る排出、投資に係る排出、出張活動に係る排出、事業から出る廃棄物に係る排出など)を包含する(WRI and WBCSD [2004])。さらにSCOPE 3は、排出源となる活動別に15カテゴリーに細分化されている(WRI and WBCSD [2013])。

二つ目のデータソースが、企業が年次報告書やCSR報告書などのディスクロージャーを通じて自主的に開示しているGHGおよびCO₂排出量データである。GHG排出量については、CDPデータと同様にSCOPE 1、SCOPE 2、SCOPE 3の3種類のカテゴリーが収録されており、いずれもCO₂換算後の値である。集計対象はGHG全般である

(注2) このほか株式リターンではないが、Matsumura *et al.* [2014] はS&P500指数を構成する企業を対象としてCO₂排出量と株式時価総額の関係进行分析し、両者が負の関係を示すことを報告している。有賀ほか[2021]では、日本の上場企業を分析対象とし、CO₂排出量が少ない企業ほど株主資本コストが低いことを報告している。

(注3) GHGには二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、ハイドロフルオロカーボン、パーフルオロカーボンおよび六フッ化硫黄が含まれる。

ものの、CDPデータの基準と必ずしも合致していない可能性がある点に留意する必要がある(注4)。CO₂排出量については、直接排出量(DIRECT)、間接排出量(INDIRECT)および総排出量(TOTAL)の3カテゴリーを分析対象としている。集計対象はCO₂のみに限られるものの、DIRECTは前述のSCOPE 1、INDIRECTは同SCOPE 2におおむね対応している。TOTALはDIRECTとINDIRECTの双方を含む各企業が排出するCO₂の総排出量である。

本稿の分析では、SCOPE 1、SCOPE 2およびSCOPE 3を個別に取り扱う。さらに、Bolton and Kacperczyk [2021a] に倣い、図表1に示す通りに、SCOPEごとに排出量(AMOUNT)・排出量成長率(GROWTH_RATE)・排出強度(INTENSITY)の3種類のGHG排出量指標を定義し、次章以降の分析を実施する(注5)。なお、CDPデータについては、SCOPE 2およびSCOPE 3において以下の点に留意されたい。まず、SCOPE 2については、2015年にGHGプロトコルにおいて新たなガイダンスが導入された影響を考慮している。新ガイダンスでは、SCOPE 2排出

量についてロケーション基準およびマーケット基準の2通りの算定方法を具体的に提示しており、排出量の開示に際しては両基準にて報告することを求めている(WRI and WBCSD [2015]) (注6)。次章以降の分析に用いるSCOPE 2の各排出量指標は、新ガイダンス導入以後については、ロケーション基準にて計算されたもののみを用いる。また、SCOPE 2の排出量成長率については、算出基準の整合性を考慮し、新ガイダンス導入をまたぐ期間のレコードは欠損扱いとした。次に、SCOPE 3については、15カテゴリーのうち、「購入した製品・サービスに係る排出」および「販売した製品の使用に係る排出」の2カテゴリーに限定し、その合算値を使用している。SCOPE 3全体に対し、当2カテゴリーが大宗を占めると報告されている(CDP Worldwide [2016])。

図表2にGHG排出量の基本統計量をまとめており、いずれも単位はCO₂換算メートルトンである。分析期間は2009～20年であり、これはGHG排出量データが取得可能な期間に準じている。また、図表3には、分析対象である企業数を年度別に表示している。ただし、分析の際には排

図表1 GHG排出量指標

変数	定義
排出量 (AMOUNT)	企業が排出したGHG排出量の水準、自然対数値を使用
排出量成長率 (GROWTH_RATE)	GHG排出量の年成長率
排出強度 (INTENSITY)	単位売上高当たりのGHG排出量、GHG排出量/売上高

(出所) 筆者作成 (以下、同じ)

(注4) 特にSCOPE 3については、合算値のみの取得になるため、企業間・年度間においてばらつきが存在する可能性がある。

(注5) 後述の分析において、排出強度について売上高の代わりに総資産で除算した指標を用いた場合でも同様の分析結果が得られることを確認している。

(注6) ロケーション基準は、地理的地域および期間における平均的な発電排出係数を基に排出量を算定するものである。一方、マーケット基準は報告企業の電力購入契約内容を反映して算出するものであり、再生エネルギー電力や低炭素電力メニューなど各企業のエネルギー選択を反映させることができる(WRI and WBCSD [2015])。

図表2 GHG排出量データの基本統計量

(CO₂換算メートルトン)

データソース	カテゴリー	平均値	最小値	第1四分位	中央値	第3四分位	最大値	標準偏差
CDP	GHG SCOPE 1	1,965,686	0	15,000	101,000	408,000	63,800,000	7,524,551
	GHG SCOPE 2	521,729	0	52,000	188,000	585,000	5,788,000	895,680
	GHG SCOPE 3	19,799,234	0	714,000	2,728,000	12,160,000	385,600,000	51,649,506
ディスクロージャー	GHG SCOPE 1	1,575,339	0	16,558	133,440	377,426	82,008,000	6,834,408
	GHG SCOPE 2	656,377	50	59,900	205,392	700,000	7,000,000	1,107,050
	GHG SCOPE 3	14,080,229	746	89,394	1,100,330	5,960,000	357,490,000	45,245,441
	CO ₂ DIRECT	1,236,945	0	5,033	27,882	147,281	82,008,000	7,435,127
	CO ₂ INDIRECT	422,568	664	15,891	88,692	311,000	7,500,000	995,471
	TOTAL	1,588,443	442	24,436	89,111	398,900	61,405,000	6,922,357

図表3 各年度の分析対象企業数

(社)

データソース	カテゴリー	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (年)
CDP	GHG SCOPE 1	193	205	213	222	230	253	263	293	318	356	389	325
	GHG SCOPE 2	192	205	208	218	228	251	249	236	261	293	326	273
	GHG SCOPE 3							119	146	193	209	188	160
ディスクロージャー	GHG SCOPE 1					51	64	79	101	124	134	151	139
	GHG SCOPE 2					51	64	79	100	123	133	149	138
	GHG SCOPE 3					103	141	162	188	218	237	254	248
	CO ₂ DIRECT	63	63	60	72	71	91	107	136	159	176	190	177
	CO ₂ INDIRECT	58	62	60	72	70	89	103	135	157	172	184	170
	TOTAL	523	530	541	546	546	546	537	553	547	541	534	491

出量成長率については算出の関係で12カ月分少ない期間となっている。CDPデータのサンプル企業数が相対的に多く、それを上回るサンプルサイズを持つものはCO₂のTOTALに限られる。

GHG排出量は年次データであるため、後続の月次ベースの分析では12カ月のレコードを直近の年次レコードの値にて補間することで月次データに変換している(注7)。いずれのデータベースも基本的に年次での更新となっており、CDPデータはCDP報告年最終日、ディスクロージャーは各企業の会計年度最終日をデータ更新日として使用している。データ更新日に該当しない月のデータについては過去直近値を使用している。また、

12カ月以上データの更新がない場合は、11カ月までのデータは過去直近値で利用しているが、12カ月以降のデータは欠損扱いとしている。

3. GHG排出量と株式リターン

はじめに、Bolton and Kacperczyk [2021a] を参考に、(1)式に基づく重回帰分析を通じてGHG排出量と株式リターンの関係を明らかにする。

$$RET_{i,t} = b_0 + b_1 GHG_Emissions_{i,t} + b_2 Control_{i,t-1} + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

ここで、添え字 t と i はそれぞれ月と企業を表しており、 RET は株式のトータルリターン、 $GHG_$

(注7) なお、第3章以降の分析において年次ベースでの分析も行ったところ、同様の分析結果が得られることを確認している。

*Emissions*はGHG排出量指標、*Control*はコントロール変数、 ε は誤差項である。コントロール変数には、Bolton and Kacperczyk [2021a] にて用いられた変数を採用しており、各変数の定義は図表4に示す通りである(注8)。推計の際には、外れ値の影響を考慮し、各変数に対して上下0.5%水準にてウィンソライズを施している。トータルリターンについては、100%を上回るものは異常値として欠損扱いとした。また、(1)式を推定する際には、産業・年度・月の固定効果を考慮しており、産業分類については東証業種分類(大分類)を用いている(注9)。ここで重要なのは b_1 であり、 b_1 が有意に正の値をとるのであればGHG排出量指標に対して正のプレミアム、逆に負の値をとるのであれば負のプレミアムが存在することとなる。

図表5が、(1)式を推定した結果をまとめたものである。括弧内は、企業と年についてのクラスターバスト標準誤差を表す。図表5をみると、排出量においては、CDPとディスクロージャーのいずれもGHGでは回帰係数は有意な値にはならない

ものの、CO₂ではDIRECT、INDIRECT、TOTALのすべてで有意に負の値をとっており、負のプレミアムが存在する可能性がある。排出量成長率においては、GHGのSCOPE 2以外は有意な値をとっておらず、総じてプレミアムが観察されなかった。排出強度においては、どのデータソースを用いた場合でも、SCOPE 1に対する回帰係数は有意に負の値をとっており、負のプレミアムが存在することを示唆している。一方で、GHGとCO₂ではSCOPE 2に関して有意に正の値をとっており、正のプレミアムが存在している可能性を示唆している。また、CO₂のTOTALにおいても有意に負の値をとっているものの、DIRECTと比較すると b_1 は小さいものとなっている。これは、TOTALはDIRECTとINDIRECTの合計値であるため、プレミアムが相殺されている可能性がある。

米国株式市場を分析したBolton and Kacperczyk [2021a] では、排出量と排出量成長率では正のプレミアム、排出強度ではプレミアムが観察されないことを報告しており(注10)、本稿では全く異なる分析結果が導かれた。また、

図表4 各企業属性変数の定義

変数	定義
<i>RET</i>	株式の月次トータルリターン
<i>LOGSIZE</i>	時価総額、自然対数値を使用
<i>B / M</i>	簿価時価比率、純資産額 / 時価総額
<i>ROE</i>	株主資本利益率、普通株主割当純利益 / 普通株主資本(平残)
<i>LEVERAGE</i>	レバレッジ比率、短期・長期債務 / 総資産
<i>INVESTMENT / ASSET</i>	資本的支出 / 総資産
<i>HHI</i>	セグメント売上比率にて計算されるハーフィンダール指数
<i>LOGPPE</i>	有形固定資産(純額、減価償却累計額控除後)、自然対数値を使用
<i>MOM</i>	直近1年における株式のトータルリターン
<i>BETA</i>	直近1年におけるマーケットリターンに対するベータ
<i>VOL</i>	直近1年における株式トータルリターンのボラティリティ(年率)
<i>SALESGR</i>	(当年度売上高 - 前年度売上高) / 前月時価総額
<i>EPSGR</i>	(当年度1株当たり利益 - 前年度1株当たり利益) / 株価

(注8) 各変数の基本統計量に関しては補論参照。

(注9) 世界産業分類基準を利用した場合においても同様の分析結果が得られることを確認している。

図表5 CO₂排出量と株式リターン

(a)CDP : GHG

変数	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3
AMOUNT	-0.024 (0.020)	-0.017 (0.045)	0.034 (0.027)						
GROWTH_RATE				0.114 (0.275)	-0.362 (0.308)	0.049 (0.317)			
INTENSITY							-0.039** (0.016)	0.073 (0.129)	0.005 (0.016)
LOGSIZE	0.438** (0.214)	0.466** (0.227)	0.619 (0.418)	0.432* (0.227)	0.471** (0.199)	0.669* (0.403)	0.401* (0.214)	0.460** (0.228)	0.693 (0.438)
B / M	0.833 (0.518)	1.001* (0.528)	1.092** (0.505)	0.760* (0.430)	0.607 (0.438)	0.276 (0.700)	0.881 (0.540)	1.052* (0.561)	1.230*** (0.398)
LEVERAGE	0.236 (0.423)	0.272 (0.513)	0.902 (0.809)	-0.213 (0.550)	0.038 (0.579)	0.182 (0.637)	0.400 (0.423)	0.357 (0.518)	0.639 (0.830)
MOM	-2.697** (1.048)	-2.854*** (0.980)	-0.914 (1.962)	-2.689** (1.134)	-2.728** (1.064)	-1.488 (2.099)	-2.734*** (1.018)	-2.898*** (0.944)	-1.055 (1.928)
INVESTMENT / ASSET	-1.463 (3.738)	-1.779 (3.990)	-5.250 (7.096)	-4.818 (4.442)	-3.215 (5.532)	-8.124 (8.738)	-2.550 (3.619)	-2.185 (4.465)	-4.270 (7.800)
ROE	2.802 (1.731)	3.299* (1.782)	1.883 (2.594)	2.767* (1.467)	3.014 (2.002)	-3.233 (3.308)	3.139 (1.915)	3.413* (1.942)	2.131 (2.401)
HHI	-0.489 (0.403)	-0.450 (0.449)	-0.767 (0.515)	-0.642 (0.412)	-0.515 (0.462)	-1.132 (0.749)	-0.461 (0.400)	-0.396 (0.438)	-0.706 (0.673)
LOGPPE	-0.360** (0.140)	-0.402** (0.167)	-0.544** (0.275)	-0.433*** (0.154)	-0.435*** (0.154)	-0.389* (0.225)	-0.358*** (0.138)	-0.429** (0.171)	-0.584** (0.291)
BETA	-1.456 (1.526)	-1.448 (1.597)	-1.683 (2.220)	-1.512 (1.543)	-1.227 (1.651)	-1.728 (1.919)	-1.456 (1.508)	-1.453 (1.600)	-1.668 (2.325)
VOL	11.285 (8.007)	11.356 (8.285)	13.892 (12.653)	11.896 (8.511)	9.854 (9.728)	17.150 (13.897)	11.637 (7.952)	11.597 (8.290)	14.071 (13.044)
SALESGR	-0.815** (0.375)	-0.783** (0.398)	-0.402 (0.383)	-0.571 (0.467)	-0.455 (0.570)	-1.524*** (0.392)	-0.803** (0.397)	-0.738* (0.413)	-0.345 (0.353)
EPSGR	-0.201 (1.856)	-0.432 (1.890)	0.369 (2.499)	-0.230 (1.260)	0.324 (1.646)	-0.909 (3.534)	-0.310 (1.916)	-0.354 (2.004)	0.868 (2.146)
Year / Month Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
サンプルサイズ	33,300	29,214	9,018	24,720	19,298	5,818	31,981	28,104	8,566
Adjusted R ²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01

(b)ディスクロージャー : GHG

変数	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3
AMOUNT	-0.037 (0.095)	-0.068 (0.071)	-0.019 (0.028)						
GROWTH_RATE				-0.028 (0.430)	-2.181*** (0.298)	-0.173 (0.231)			
INTENSITY							-0.056** (0.028)	0.208** (0.098)	-0.001 (0.008)
LOGSIZE	0.496 (0.351)	0.534 (0.348)	0.535* (0.283)	0.525 (0.345)	0.521 (0.360)	0.493 (0.357)	0.452 (0.358)	0.563* (0.328)	0.518* (0.282)
B / M	0.623 (0.379)	0.658* (0.382)	0.724** (0.362)	0.631* (0.356)	0.657* (0.351)	0.659* (0.362)	0.625* (0.378)	0.639* (0.369)	0.735** (0.354)
LEVERAGE	-0.613 (0.692)	-0.724 (0.658)	-0.322 (0.530)	-0.136 (0.555)	-0.105 (0.641)	-0.524 (0.467)	-0.531 (0.702)	-0.697 (0.656)	-0.386 (0.556)
MOM	-2.758** (1.238)	-2.769** (1.252)	-1.704 (1.379)	-2.267* (1.183)	-2.317* (1.213)	-1.483 (1.676)	-2.728** (1.239)	-2.869** (1.238)	-1.689 (1.383)
INVESTMENT / ASSET	0.540 (7.599)	0.254 (8.431)	2.292 (5.579)	-1.716 (8.391)	-1.881 (8.733)	3.329 (6.049)	0.207 (8.370)	-1.146 (8.718)	2.519 (5.663)

ROE	1.240 (1.550)	1.339 (1.558)	1.114 (1.081)	1.966 (1.863)	2.440 (1.878)	2.124 (1.365)	1.297 (1.557)	1.125 (1.538)	1.145 (1.047)
HHI	0.011 (0.474)	-0.094 (0.452)	-0.923 (0.636)	0.396 (0.476)	0.327 (0.488)	-1.016* (0.616)	0.055 (0.469)	0.045 (0.483)	-0.940 (0.668)
LOGPPE	-0.238 (0.254)	-0.253 (0.190)	-0.371** (0.182)	-0.269 (0.223)	-0.269 (0.234)	-0.308 (0.249)	-0.237 (0.212)	-0.358* (0.199)	-0.380** (0.186)
BETA	-0.440 (1.885)	-0.394 (1.832)	-1.965 (1.460)	-0.209 (2.135)	-0.102 (2.125)	-2.251 (1.506)	-0.436 (1.844)	-0.422 (1.807)	-2.006 (1.475)
VOL	11.837 (10.646)	12.056 (10.394)	13.454 (8.772)	14.985 (11.151)	14.960 (11.138)	15.043* (9.042)	11.889 (10.365)	11.665 (10.452)	13.592 (8.835)
SALESGR	-0.174 (0.468)	-0.169 (0.464)	-0.840* (0.431)	-0.178 (0.545)	-0.279 (0.646)	-1.140*** (0.406)	-0.247 (0.453)	-0.252 (0.472)	-0.840** (0.427)
EPSGR	1.337 (1.651)	1.267 (1.602)	0.250 (0.822)	0.920 (2.028)	0.954 (1.950)	-0.009 (0.474)	1.384 (1.762)	1.363 (1.628)	0.242 (0.820)
Year/Month Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
サンプルサイズ	8,090	8,042	15,019	6,035	6,119	11,204	8,090	8,042	14,971
Adjusted R ²	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01

(c) ディスクロージャー：CO₂

変数	DIRECT	INDIRECT	TOTAL	DIRECT	INDIRECT	TOTAL	DIRECT	INDIRECT	TOTAL
AMOUNT	-0.123** (0.055)	-0.147** (0.065)	-0.161** (0.066)						
GROWTH_RATE				-0.302 (0.450)	-0.463 (0.699)	-0.496 (0.410)			
INTENSITY							-0.152*** (0.043)	0.015*** (0.000)	-0.030** (0.015)
LOGSIZE	0.274 (0.226)	0.197 (0.233)	0.367** (0.170)	0.303 (0.248)	0.190 (0.243)	0.260* (0.142)	0.273 (0.235)	0.181 (0.233)	0.360** (0.169)
B/M	0.965** (0.408)	0.760** (0.388)	0.846*** (0.296)	0.786** (0.308)	0.597** (0.283)	0.529*** (0.137)	0.980** (0.412)	0.747* (0.396)	0.836*** (0.297)
LEVERAGE	-0.230 (0.605)	-0.365 (0.642)	0.381 (0.440)	-0.448 (0.591)	-0.645 (0.540)	-0.059 (0.329)	-0.075 (0.604)	-0.292 (0.641)	0.379 (0.439)
MOM	-2.593** (1.296)	-2.315* (1.334)	-2.679*** (0.994)	-2.090 (1.383)	-1.732 (1.376)	-2.044** (0.954)	-2.592** (1.300)	-2.283* (1.338)	-2.667*** (0.990)
INVESTMENT/ASSET	7.321 (4.859)	6.072 (3.961)	3.610 (4.360)	7.500 (5.799)	4.529 (5.262)	-0.335 (3.824)	7.690 (4.918)	5.318 (4.142)	2.791 (4.301)
ROE	4.223*** (1.494)	5.612*** (1.782)	2.260* (1.241)	4.276** (1.715)	5.179** (2.063)	1.234 (0.975)	4.388*** (1.558)	5.743*** (1.782)	2.330* (1.266)
HHI	-0.510 (0.422)	-0.755* (0.427)	-0.333 (0.243)	-0.596 (0.403)	-0.820* (0.426)	-0.245 (0.239)	-0.499 (0.410)	-0.715* (0.423)	-0.282 (0.237)
LOGPPE	0.015 (0.183)	0.045 (0.185)	-0.096 (0.138)	-0.144 (0.219)	-0.108 (0.199)	-0.186* (0.105)	-0.101 (0.186)	-0.095 (0.180)	-0.256* (0.139)
BETA	-1.378 (1.268)	-1.153 (1.214)	-0.656 (0.845)	-1.188 (1.220)	-0.797 (1.202)	-0.600 (0.865)	-1.438 (1.281)	-1.188 (1.225)	-0.654 (0.846)
VOL	11.638* (6.517)	9.526 (6.506)	6.821* (4.030)	11.582 (7.209)	8.342 (7.140)	5.520 (4.321)	11.823* (6.620)	9.531 (6.521)	6.787* (4.031)
SALESGR	-0.543*** (0.186)	-0.394 (0.240)	-0.460** (0.179)	-0.622** (0.314)	-0.446 (0.331)	-0.426* (0.247)	-0.554*** (0.191)	-0.404* (0.242)	-0.457** (0.179)
EPSGR	-1.472 (1.172)	-3.208 (2.206)	-0.927 (1.233)	-2.267 (1.697)	-4.592 (3.240)	-0.923 (1.612)	-1.627 (1.171)	-3.240 (2.200)	-0.967 (1.245)
Year / Month Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry Fixed Effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
サンプルサイズ	14,046	13,715	73,107	11,135	10,982	64,341	14,043	13,712	73,092
Adjusted R ²	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01

(図表注) **、*、*はそれぞれ、両側確率1%、5%、10%で回帰係数が有意であることを示している。以下、図表6～8とも同じ。

Bolton and Kacperczyk [2021a]とは異なり、本稿ではSCOPE 1、SCOPE 2、SCOPE 3で一貫した結果とならなかった。これらの結果は、米国株式市場の先行研究とは大きく異なるものであり、東京株式市場ではカーボンプレミアムについて異なる資産価格形成メカニズムである可能性を示唆している。

4. カーボンプレミアムとリスクファクター

第3章において、一部のGHG排出量指標に対してカーボンプレミアムが存在する可能性が示された。次に、これらのカーボンプレミアムが他のリスクファクターで説明されるものかを(2)式のFama-MacBethのクロスセクション回帰分析を通じて検証する(注11)。

$$b_{1,t} = c_0 + cF_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

ここで、 $b_{1,t}$ は(1)式によって月ごとに算出されるカーボンプレミアムである。 F には先行研究で広く用いられる七つのリスクファクター・リターンを採用する。具体的には、マーケット・ファクター(MKT-RF)、サイズ・ファクター(SMB)、バリュエーション・ファクター(HML)、モメンタム・ファクター(MOM)、プロフィットビリティ・ファクター(RWM)、インベストメント・ファクター(CMA)、流動性ファクター(LIQ)を採用した(Jegadeesh and Titman [1993]、Pástor and Stambaugh [2003]、Fama and French [2015]) (注12)。こ

れらファクター・リターンデータは金融データソリューションズが提供しているものを使用している。ここで重要なのは定数項 c_0 であり、有意な値をとるのであれば、他のリスクファクターを考慮しても、カーボンプレミアムが存在することを意味する。

図表6は、(2)式を推定した結果である。括弧内はラグ12のNewey-West標準誤差を表している。前章において、負のプレミアムが観測されたCO₂排出量に対するプレミアムについて、DIRECTでは残らないものの、INDIRECTとTOTALでは c_0 は有意に負の値をとっており、プレミアムが存在している可能性がある。ただし依然として、排出量についてはデータソース間で一貫した結果とならなかった上、この結果の違いはサンプルの違いに起因している可能性もあり、より詳細な分析は今後の課題である。排出量成長率に対するプレミアムは、前章に引き続きプレミアムが一貫して観測されなかった。排出強度のSCOPE 1について、 c_0 は有意に負の値をとっており、他のリスクファクターでは説明されないものであることが分かる。これはどのデータソースにおいても一貫した結果であることから、頑健性の高い結果であることが示された。一方で、排出強度のSCOPE 2についてディスクロージャーのうちGHGは他のリスクファクターを考慮後も正のプレミアムが有意に残るが、CO₂のINDIRECTでは消えており、一貫した結果とはならなかった。このほか、CO₂のTOTALでは引き続き有意な値をとっており、プレミアムが観測されるものの、DIRECTと比較す

(注10) さらに、Bolton and Kacperczyk [2021b]では、中国株式市場においても米国株式市場と同様、排出量と排出量成長率で正のプレミアムが存在することを報告している。

(注11) 具体的には、1段階目に、サンプルを月ごとに分割し、(1)式に基づくクロスセクション回帰を行うことで b の時系列データを算出する。2段階目に、月ごとに推定された b を用いて、(2)式に基づく時系列回帰を行っている。

(注12) いずれのファクターについても、金融銘柄をユニバースに含めて算出されたものを使用している。

図表6 カーボンプレミアムとリスクファクター

(a) 排出量

	CDP : GHG			ディスクロージャー : GHG			ディスクロージャー : CO ₂		
	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	DIRECT	INDIRECT	TOTAL
定数項 c_0	-0.020 (0.021)	0.001 (0.029)	0.100* (0.057)	-0.013 (0.055)	0.157* (0.083)	-0.010 (0.019)	-0.062 (0.042)	-0.127* (0.074)	-0.089** (0.039)
<i>MKT-RF</i>	-0.003 (0.004)	-0.013 (0.010)	0.010** (0.005)	0.020 (0.012)	-0.001 (0.028)	-0.002 (0.006)	0.004 (0.009)	0.030 (0.022)	-0.010 (0.008)
<i>HML</i>	0.005 (0.011)	0.066** (0.030)	-0.009 (0.016)	-0.029 (0.028)	0.040 (0.044)	0.031*** (0.011)	0.027 (0.021)	0.021 (0.044)	0.088*** (0.016)
<i>SMB</i>	-0.009 (0.007)	-0.014 (0.017)	-0.018 (0.016)	-0.030 (0.019)	0.002 (0.034)	0.001 (0.010)	-0.018 (0.020)	-0.095*** (0.032)	-0.033** (0.013)
<i>RMW</i>	-0.009 (0.013)	0.024 (0.020)	-0.009 (0.031)	-0.125** (0.050)	0.028 (0.077)	0.009 (0.023)	0.039 (0.031)	0.029 (0.081)	0.013 (0.026)
<i>CMA</i>	0.010 (0.014)	0.005 (0.031)	-0.034 (0.025)	-0.043 (0.040)	0.105 (0.071)	-0.021 (0.015)	0.023 (0.034)	0.062 (0.076)	0.001 (0.025)
<i>MOM</i>	0.000 (0.004)	0.008 (0.010)	0.009 (0.010)	0.038 (0.026)	-0.035 (0.028)	0.012 (0.008)	0.000 (0.016)	-0.034 (0.025)	0.002 (0.010)
<i>LIQ</i>	-0.008 (0.007)	0.021 (0.013)	-0.011 (0.014)	-0.019 (0.016)	0.071** (0.032)	-0.007 (0.007)	-0.021 (0.014)	-0.068** (0.026)	-0.038*** (0.014)
サンプルサイズ	144	144	60	84	84	84	144	144	144
Adjusted R ²	0.01	0.08	-0.03	0.01	0.05	-0.02	-0.03	0.05	0.25

(b) 排出量成長率

	CDP : GHG			ディスクロージャー : GHG			ディスクロージャー : CO ₂		
	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	DIRECT	INDIRECT	TOTAL
定数項 c_0	-0.231 (0.189)	0.111 (0.156)	0.004 (0.276)	-0.154 (0.879)	-0.624 (0.900)	-0.178 (0.164)	-0.387 (0.350)	-0.011 (0.577)	-0.088 (0.170)
<i>MKT-RF</i>	0.070 (0.066)	-0.060 (0.037)	-0.044 (0.070)	0.124 (0.167)	0.461*** (0.163)	0.031 (0.038)	-0.082 (0.112)	-0.170 (0.182)	-0.094** (0.046)
<i>HML</i>	0.079 (0.121)	0.034 (0.090)	-0.413 (0.310)	-0.834** (0.364)	0.719** (0.296)	-0.148 (0.158)	0.158 (0.238)	0.101 (0.340)	0.035 (0.101)
<i>SMB</i>	0.064 (0.087)	0.026 (0.088)	-0.116 (0.104)	-0.080 (0.282)	0.230 (0.366)	0.095 (0.098)	-0.168 (0.168)	0.081 (0.247)	0.048 (0.081)
<i>RMW</i>	0.000 (0.176)	-0.047 (0.130)	-0.187 (0.209)	-1.346** (0.656)	1.223* (0.632)	-0.116 (0.263)	-0.323 (0.370)	-0.339 (0.538)	-0.255 (0.156)
<i>CMA</i>	-0.024 (0.146)	-0.006 (0.152)	0.286 (0.202)	-0.441 (0.532)	0.239 (0.611)	0.036 (0.164)	-0.760** (0.327)	0.282 (0.380)	-0.218 (0.137)
<i>MOM</i>	0.102 (0.108)	-0.005 (0.057)	-0.164 (0.244)	-0.060 (0.409)	0.626** (0.252)	-0.062 (0.073)	0.017 (0.174)	0.386* (0.223)	0.002 (0.086)
<i>LIQ</i>	-0.184*** (0.065)	-0.108* (0.062)	0.248 (0.154)	-0.122 (0.192)	-1.004** (0.383)	0.163 (0.137)	-0.226* (0.122)	-0.016 (0.187)	0.030 (0.074)
サンプルサイズ	132	120	48	72	72	72	132	132	132
Adjusted R ²	0.03	-0.01	0.00	-0.03	0.02	-0.04	0.01	0.00	-0.01

(c) 排出強度

	CDP : GHG			ディスクロージャー : GHG			ディスクロージャー : CO ₂		
	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	SCOPE 1	SCOPE 2	SCOPE 3	DIRECT	INDIRECT	TOTAL
定数項 c_0	-0.018* (0.010)	0.104 (0.121)	0.011 (0.013)	-0.082*** (0.028)	0.290** (0.124)	-0.002 (0.007)	-0.227*** (0.075)	0.001 (0.068)	-0.021** (0.008)
<i>MKT-RF</i>	0.003* (0.002)	-0.013 (0.025)	0.003 (0.003)	0.025*** (0.008)	-0.012 (0.037)	0.000 (0.002)	-0.004 (0.016)	0.001 (0.023)	0.002 (0.002)
<i>HML</i>	0.007 (0.005)	0.088*** (0.033)	-0.002 (0.005)	-0.028 (0.018)	0.007 (0.039)	0.007** (0.003)	0.069** (0.035)	0.016 (0.048)	0.017*** (0.004)
<i>SMB</i>	0.003 (0.005)	-0.073 (0.046)	0.000 (0.005)	-0.031*** (0.011)	-0.030 (0.069)	0.003 (0.003)	0.003 (0.029)	0.000 (0.037)	-0.006** (0.003)
<i>RMW</i>	-0.007 (0.007)	0.043 (0.057)	-0.010 (0.011)	-0.043 (0.039)	0.047 (0.076)	0.003 (0.005)	0.063 (0.060)	0.017 (0.057)	0.005 (0.007)
<i>CMA</i>	-0.012** (0.006)	-0.051 (0.049)	0.002 (0.006)	0.041 (0.041)	0.212** (0.081)	0.003 (0.005)	0.007 (0.059)	0.023 (0.083)	0.000 (0.005)
<i>MOM</i>	-0.001 (0.004)	0.032 (0.037)	0.001 (0.002)	0.044** (0.019)	-0.027 (0.051)	0.002 (0.003)	0.006 (0.022)	-0.010 (0.023)	0.003 (0.002)
<i>LIQ</i>	-0.001 (0.004)	0.004 (0.029)	-0.002 (0.002)	-0.023 (0.015)	0.067 (0.046)	-0.002 (0.002)	-0.047** (0.022)	-0.057 (0.040)	-0.006** (0.003)
サンプルサイズ	144	144	60	84	84	84	144	144	144
Adjusted R ²	0.01	-0.02	-0.06	0.08	0.02	-0.03	-0.01	-0.03	0.13

ると c_0 は小さいものとなっている。

これらの結果から、東京株式市場においては排出強度のSCOPE 1とTOTALについて、他のリスクファクターを考慮後も負のプレミアムが存在していることを示している。また、このほか部分的にプレミアムが残っている指標もあったものの、データソース間や前章の結果と一貫しておらず、頑健性は低い結果である。

5. GHG排出量指標に基づくロング・ショート戦略

第4章までの結果より、排出強度のSCOPE 1とTOTALに負のプレミアムが存在する可能性が示された。そこで、同指標に基づきロング・ショ

ート戦略を構築し、そのポートフォリオのリスク調整後リターンを評価することで、カーボンプレミアムの考察を行う。ここでは、業種の偏りを考慮するため、最もサンプル企業が多い製造業のみを利用し、また、長期的に十分なサンプル企業が確保できるCDPのGHGとディスクロージャーのCO₂を用いてロング・ショート戦略を構築する(注13)。具体的な構築手順としては、以下の通りである。まず、排出強度のSCOPE 1およびTOTALそれぞれについて降順に企業をソートし、上位50%の企業群と下位50%の企業に分割する。次に、上位50%企業群と下位50%企業群について別々にポートフォリオを考える(以下では、前者を上位ポートフォリオ、後者を下位ポートフォリオとする)。上位ポートフォリオについては、

(注13) より細分化した産業分類を採用した方が望ましい面もある一方で、各業種に属す企業数を十分にとることができなければ、ポートフォリオにおける企業の固有风险の影響が大きくなる。そのため、本稿では業種の影響と固有风险の影響の双方を制御することを企図し、東証業種分類(大分類)を採用している。

群内企業に対して排出強度について昇順に改めて順位を振り、その順位加重にて各企業のウェイトを決定する。同様に、下位ポートフォリオについては、群内企業に対して排出強度について降順に順位を振り、その順位加重にて各企業のウェイトを決定する。したがって、上位ポートフォリオでは排出強度が大きい企業ほどウェイトが大きくなり、下位ポートフォリオでは排出強度が小さい企業ほどウェイトが大きくなる。最終的なポートフォリオは、上で計算した上位ポートフォリオを100%ショートし下位ポートフォリオを100%ロングすることで構成する。したがって、ポートフォリオ全体のネットポジションは0%（ロングサイドの合計金額とショートサイドの合計金額は同一金額）となる。前述の構築プロセスを月次で繰り返すことで、ポートフォリオのリバランスを実施する。なお、参照する排出量指標については、データ入手までのラグを勘案し、ポートフォリオ構築時の1～6カ月前のものを用いる。そして、得られたポートフォリオのリターンに対し、(3)式の時系列回帰を行うことで考察を行う。

$$R_t = \alpha + \beta F_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

ここで、 R はポートフォリオのトータルリターン、 F は第4章と同じリスクファクターである。 α が有意に正の値であればリスク調整後リターンがプラスであり、既存のリスクファクターでは説明されないことを意味する。図表7は、(3)式によって推定した α をGHG排出量データの参照ラグごとにまとめたものである。括弧内はラグ12のNewey-West標準誤差を表している。図表7より、GHG (CO₂) の排出強度のSCOPE 1 (TOTAL)

図表7 GHG排出量指標に基づくロング・ショート戦略の α

ラグ	CDP : GHG	ディスクロージャー : CO ₂
	SCOPE 1	TOTAL
1カ月前	0.357** (0.146)	0.303** (0.151)
2カ月前	0.350** (0.151)	0.303** (0.152)
3カ月前	0.338** (0.143)	0.286* (0.153)
4カ月前	0.339** (0.140)	0.268* (0.153)
5カ月前	0.340** (0.146)	0.289* (0.149)
6カ月前	0.351** (0.146)	0.276* (0.148)

を用いたロング・ショート戦略はリスク調整後リターンが有意に正であり、さらにデータ入手までのラグを考慮しても有意に正であることが分かる。この結果は、GHG排出量に対して負のプレミアムが存在することを意味しており、前章までの結果と整合的である（注14）。

6. パリ協定採択の影響

最後に、本稿の分析期間におけるGHG排出量に対するリスクプレミアムの変化について考察を行う。2015年のパリ協定採択によって世界的に大きく気候変動リスクが意識されることとなった。パリ協定採択というイベントを通じて、GHG排出量に対するリスクプレミアムが変化した可能性があり、その影響について分析する。ここでは、(4)式のように(1)式に交差項を追加した重回帰分析を行う。

(注14) 紙幅の都合上記載していないが、排出強度以外の排出量指標を用いた場合においても、 α が有意に正になるケースもみられた。これは、排出量指標間の順位相関が高いものもあり、2分位ポートフォリオでは結果として類似した銘柄をロング・ショートしていることが要因として考えられる。

$$RET_{i,t} = d_0 + d_1 GHG_Emissions_{i,t} + d_2 (Dummy_PostCOP21_i \times GHG_Emissions_{i,t}) + d_3 Control_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

ここで、*Dummy_PostCOP21_i*はパリ協定採択後の期間であれば1、そうでなければ0をとるダミー変数である。そして、注目すべき係数は*d₂*であり、有意な値をとるのであれば、GHG排出量に対するリスクプレミアムが変化した可能性がある。ここでは、前章までの結果から、リスクプレミアムが観測された排出強度のSCOPE 1とTOTALのみを分析対象とする。

図表8は、(4)式を推定した*d₁*および*d₂*をまとめたものである。*d₁*は依然として有意に負の値をとるため、一貫して負のプレミアムが存在するのは同様である。一方で、ばらつきはみられるものの一部の*d₂*は有意に正の値をとっている。この結果はパリ協定採択というイベントを通じて投資家行動が変化し、リスクプレミアムが変化した可能性がある。パリ協定採択によってGHG排出量が多い企業の移行リスクが意識され、負のプレミアムが縮小した可能性がある。より発展的な分析は今後の課題である。

7. まとめ

本稿では、東京株式市場における株式リターンとGHG排出量との関係を分析した。特に、GHG排出量データに関して複数のデータソースや排出

量指標を利用することで、それらの関係について多面的な評価を行った。分析の結果、総じて排出強度のSCOPE 1において負のプレミアムが観察され得ることが示された。そして、この負のプレミアムは他のリスクファクターを考慮しても存在することが示された。これらの結果は、米国株式市場を対象とした先行研究とは大きく異なるものであり、東京株式市場ではカーボンプレミアムに対して、米国株式市場とは大きく異なる価格形成がなされている可能性を示唆している。日本は、米国と比較するとGHG排出量が少ない上、2012年には地球温暖化対策税が導入されており、すでにGHG排出抑制対策がなされている。そのため、日本企業の移行リスクは相対的に低く見積もられている可能性がある。より発展的な分析は、今後の課題である。このほか、必ずしもデータソース間では一貫した結果にはならないことが示された。用いるデータソースが異なると、異なる結論が導かれ得ることを示唆している。ただし、本稿の結果はGHG排出量データが取得できる範囲での分析結果であるため、セレクションバイアスが存在する可能性があり、得られる含意には一定の留意が必要である。

本稿の結果は、わが国における脱炭素に係る政策や投融資などの意思決定に対して、重要な知見をもたらすものである。特に、米国株式市場と大きく異なる結果であることは興味深いものであり、脱炭素を考える上では、本邦のデータを用い

図表8 カーボンプレミアムに対するパリ協定採択の影響

	CDP : GHG	ディスクロージャー : GHG	ディスクロージャー : CO ₂	
	SCOPE 1	SCOPE 1	DIRECT	TOTAL
INTENSITY	-0.047** (0.021)	-0.197** (0.081)	-0.323*** (0.089)	-0.035** (0.016)
<i>Dummy_PostCOP21</i>	0.020 (0.017)	0.150** (0.072)	0.189** (0.083)	0.014 (0.023)

て分析する必要があることを示している。このほか、GHG排出量のデータソースについて、慎重に選定する必要があることを示唆している。

〔参考文献〕

有賀涼・五島圭一・千葉貴司 [2021] 「CO₂排出量と企業パフォーマンス：Double Machine Learningを用いた日本の実証研究」、日本銀行金融研究所デイスカッションペーパーシリーズ2021-J-11。
 経済産業省産業技術環境局環境経済室 [2018,2019] 『我が国企業による国際的なイニシアティブへの対応に関する研究会』。
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/international_initiative/index.html
 CDP Worldwide-Japan [2021] 『CDP気候変動レポート2020 日本版』。
<https://japan.cdp.net/>
 Bolton, P., and M. Kacperczyk [2021a] “Do Investors Care about Carbon Risk?” *Journal of Financial Economics* 142(2), pp.517-549.
 ——— [2021b] “Global Pricing of Carbon-Transition Risk,” NBER Working Paper 28510.
 CDP Worldwide [2016] “Out of the starting blocks - Tracking progress on corporate climate action”.
<https://www.cdp.net/en/research/global-reports/tracking-climate-progress-2016>.
 Cheema-Fox, A., B. R. LaPerla, G. Serafeim, D. Turkington and H. Wang [2021] “Decarbonization Factors,” *Journal of Impact & ESG Investing* 2(1), pp. 47-73.
 Choi, D., Z. Gao and W. Jiang [2020] “Attention to Global Warming,” *Review of Financial Studies* 33 (3), pp.1112-1145.
 Fama, E. F. and K. R. French [2015] “A Five-Factor Asset Pricing Model,” *Journal of Financial*

Economics 116(1), pp.1-22.
 Gillan, S. L., A Koch and L. T. Starks[2021]“Firms and Social Responsibility: A Review of ESG and CSR Research in Corporate Finance,” *Journal of Corporate Finance* 66, 101889.
 Ilhan, E., Z. Sautner and G. Vilkov[2021]“Carbon Tail Risk,” *Review of Financial Studies* 34(3), pp.1540-1571.
 Jegadeesh, N. and S. Titman [1993] “Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency,” *Journal of Finance* 48(1), pp.65-91.
 Matsumura, E. M., R. Prakash and S. C. Vera-Muñoz [2014] “Firm-Value Effects of Carbon Emissions and Carbon Disclosures,” *Accounting Review* 89(2), pp.695-724.
 Pástor, L. and R. F. Stambaugh [2003] “Liquidity Risk and Expected Stock Returns,” *Journal of Political Economy* 111(3), pp.642-685.
 Walkshäusl, C. [2021] “Carbon Momentum,” *Journal of Impact & ESG Investing* 2(1), pp.33-46.
 World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development (WRI and WBCSD) [2004] “A Corporate Accounting and Reporting Standard REVISED EDITION”.
<https://ghgprotocol.org/corporate-standard>
 ——— [2013] “Technical Guidance for Calculating SCOPE 3 Emissions (version 1.0)”.
<https://ghgprotocol.org/scope-3-technical-calculation-guidance>
 ——— [2015] “GHG Protocol SCOPE 2 Guidance”.
https://ghgprotocol.org/scope_2_guidance

(この論文は投稿論稿を採用したものです。)

※この論文には補論があり、協会ウェブサイトでご覧いただけます。