　Flammer(2021)は、気候変動に配慮したプロジェクトに資金を提供するグリーンボンドについてパフォーマンス関連の分析を行っている。具体的には、以下の３点について分析を行った。１点目は、株式市場の投資家がグリーンボンド における発行の発表に対して反応しているかを検証した。２点目は、発行体が、グリーンボンドの発行後に環境パフォーマンスを向上させているかを検証し、３点目にグリーニアムが観測されているか分析を行った。

　続いて、本研究における分析期間やデータについて説明する。グリーンボンドの社債のデータは、Bloombergの債券のデータベースから、「グリーンボンド」と表示されている社債（具体的には、“Green bond indicator”が「Yes」である社債）を抽出し、発行体のBICS（Bloomberg Industry Classiography System）が「政府」である社債を除外して作成した。Bloombergの債券のデータベースは包括的にカバーされており、2013年1月1日から2018年12月31日までに発行されたグリーンボンド合計1,189社分を抽出した。各債券について、Bloombergは金額、通貨、満期、クーポン、信用格付けなどの情報を含み、比較を容易にするために、すべての金額を米ドルに換算している。以上をまとめると、本研究の分析期間やデータソースは以下の通りとなっている。

|  |  |
| --- | --- |
| 分析期間 | 2013年1月1日〜2018年12月31日 |
| グリーンボンド データ | Bloombergの債券データベース |
| 発行体データ | Standard & Poor’s Compustat |
| ESGデータ | Thomson Reuter ASSET4 |

以下、具体的な分析内容を詳述する。

1. グリーンボンド を発行することで、企業の環境に対するコミットメントを示すシグナリング効果の検証（株式投資家による反応を分析）

　本検証を行うため、ここではイベントスタディの手法を用いている。イベントスタディの手法は、あるイベントの発表に伴う株価の反応を調べるものである。本件では、この手法を用いて、企業のグリーンボンド発行の発表に対して株式市場がどのような反応を示すかを検証する。企業がグリーンボンドを発行すると発表した日、つまり発行の発表日は、市場に情報が提供された日であり、この発表日をイベント日（0日目）とする。本検証では、イベント日を基準に、5営業日前から10営業日後の16営業日の累積アブノーマルリターン（CAR）の分析している。5営業日前からデータを含めることで発表前に情報が漏洩されていた可能性を考慮している。この16営業日の検証期間をベースラインのイベントウィンドウ[-5, 10]と表現し、当イベントウィンドウで株価の上昇があるかどうかの分析を実施した。また、比較可能にするため、他のイベントウィンドウも検証をしている。本分析は、株式市場の分析であるため、詳述な分析手法については元論文を参照されたい。

各イベントウィンドウの累積アブノーマルリターン

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Event time | CAR | Std. err. |
| [–20, –11] | −0.129 | 0.157 |
| [–10, –6] | 0.051 | 0.245 |
| [–5, 10] | 0.489∗∗ | 0.241 |
| [11, 20] | −0.029 | 0.218 |
| [21, 60] | −0.122 | 0.645 |

　以上より、株式市場ではグリーンボンドにおける発行の発表に対してポジティブに反応した結果、イベントウィンドウ[-5, 10]における、累積アブノーマルリターンは0.49%であり、5%水準でゼロと有意に異なることが分かった。

1. グリーンボンド を発行している企業の環境パフォーマンスの検証（グリーンウォッシングの論点）

　本検証は、グリーンボンド の発行と企業の環境パフォーマンスの分析を行っている。すなわち、グリーンボンドの発行によって、企業の環境パフォーマンスが向上されているかを分析しており、グリーンウォッシングが起きていないかの検証を行っている。ここでは、環境パフォーマンスの変数を、Thomson Reuter ASSET4に収録されているESGレーティングとCO2排出量を使用している。

分析方法は、以下の回帰式となっており、最小二乗法による推定を行っている。

ここで、は企業、は年、は国、はセクターを表している。は、年の企業における環境パフォーマンスになっており、は企業の固定効果、は国の年別固定効果、はセクターの年別固定効果、は年までに企業がグリーンボンドを発行すれば1、それ以外は0となるダミー変数、は誤差項である。分析結果は以下の通りとなっている。[[1]](#footnote-1)

固定効果モデルによるグリーンボンドと環境パフォーマンスの分析

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Environmental performance | | | | |
|  | Environment rating | |  | CO2 emissions | |
|  | (1) | (2) |  | (3) | (4) |
| Green bond | 6.118∗∗ |  |  | −10.898∗∗∗ |  |
|  | (2.438) |  |  | (4.101) |  |
| Green bond |  | 1.333 |  |  | 1.083 |
| (pre-issue year) |  | (2.502) |  |  | (4.229) |
| Green bond |  | 4.079 |  |  | −7.667 |
| (short-term, 1year) |  | (2.663) |  |  | (4.879) |
| Green bond |  | 7.034∗∗ |  |  | −12.977∗∗ |
| (long-term, 2+year) |  | (3.286) |  |  | (5.325) |
| Firm ﬁxed effects | Yes | Yes |  | Yes | Yes |
| Country-year ﬁxed effects | Yes | Yes |  | Yes | Yes |
| Industry-year ﬁxed effects | Yes | Yes |  | Yes | Yes |
| Observations | 1466 | 1466 |  | 1196 | 1196 |
| R-squared | 0.88 | 0.88 |  | 0.9 | 0.9 |

以上の分析結果を見ると、環境性能が長期的に大きく向上していることがわかる。ASSET4の環境格付けは7ポイント上昇し、排出量は、資産1Mドルあたり13トンが削減されることがわかった。

1. グリーニアムの検証

　本検証では、マッチング法を用いている。具体的には，グリーンボンド発行の前年度に，同じ国・産業・年の（非グリーン）ボンド発行者とマッチングを行う。候補の中から、大規模な共変量に基づいて最近傍を選択する。こうすることで、比較対象グループ、つまり（非）グリーンボンド発行者が、事前のグリーンボンド発行者と可能な限り類似することができる。当マッチングには、いくつかの基準を用いている。まず信用格付けが同じであること、次に発行額、満期、クーポン、グリーンボンドと非グリーンボンドの発行日が近いことを条件にマッチングを行い、発行時の利回りを比較している。

マッチング法によるグリーニアムの分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Yield at issue(in%) | | |
|  | Obs. | Mean | Median |
| Green bond | 152 | 3.654 | 3.600 |
| Matched nongreen bond | 152 | 3.673 | 3.600 |
| Difference |  | −0.019 | 0.000 |
| p-value(difference) |  | 0.942 | 1.000 |

グリーンボンドと非グリーンボンドの利回りに顕著な差はないことがわかる。平均的な差はゼロであり（p-1.000）、平均値も経済的には小さく(0.019%)、統計的にも有意でない(p-value = 0.942)。

　Gianfrate and Peri(2019)は、グリーンボンド のグリーニアムについて、傾向スコアマッチング法を採用し、2013年1月から2017年12月にかけて発行された欧州のグリーンボンド121銘柄を調査した。データはBloombergの "Bond Radar "から取得している。2017年12月当時、Bond Radarは2007年1月以降に発行された7589のユーロ建て公募債を報告しており、そのうち154がグリーンと分類される。変動利付債、リターンが入手できない債券または規模が2億ユーロ未満の債券（流動性のある債券のみを対象とするため）、デフォルトリスクの高い債券、欧州金利を用いてプライシングされていない債券はすべてサンプルから除外している。これらの債券は、企業、国、公的機関、多国籍機関、自治体、金融機関など、さまざまな性質の事業体によって発行されており、本研究の包括的なサンプル（"All"）は3055銘柄から構成され、そのうち121銘柄がグリーンボンドとしてラベル付けされたものである。

　本研究では、傾向スコアマッチングの手法を用いられているが、傾向スコアマッチングは医療統計で用いられることがよくある。ある治療の効果を分析するために、治療を受けた者と受けていない者の２グループに分けることで分析を行う。すなわち、本研究の分析に置き換えると、「グリーンラベルの取得」を治療と呼ぶことで、「グリーンボンド」を治療グループと呼び、「コンベンショナルボンド」を未治療グループと呼ぶことにする。治療による結果の変化（すなわち、発行時のリターン）が、本研究の治療効果である。本研究では，「被処理者に対する平均的な処理効果」(ATT)を推定する．より具体的には、傾向スコアマッチングを用いたATTの推定には、2段階の手順がある。第一段階では、ロジット関数とプロビット関数を用いて、債券がグリーンである確率を予測するための傾向スコアを推定する。第2段階では、治療グループにあるグリーンボンド１銘柄毎（本研究ではユニットと表現）に、未治療グループにあるコンベンショナルボンドを解析的なマッチング手法で複数のユニットを抽出し、多数のペアを構築する。そしてマッチングしたユニット間のリターンの差を計算することで処理効果を推計する。マッチング手続きは、第1段階で得た連続変数である傾向スコアに基づいて行う。

　具体的なマッチングの解析的な手段には、最近傍マッチング（NN=3,5,8）と、カーネルマッチング、半径（"r"）の異なるラディウスマッチングの３通りを適用している。最近傍マッチングでは、1つの治療ユニットに対して、未治療グループから傾向スコアが最も近い、指定のユニット数（本研究の場合、3、5、8）をマッチングパートナーとして選択する。このマッチング方法では、未治療グループのメンバーを治療ユニットのマッチングパートナーとして複数回使用することを許可している。複数回の使用を認めている最近傍マッチングは、マッチングの平均的な質を高めるものの、指定された数に応じてマッチングが強制的に割り当てることとなり，マッチングの質を低下させている可能性がある．一方、ラディウスマッチングはこの問題の解決に役立つ可能性がある。すなわち、治療ユニットは、傾向スコアがあらかじめ定義された範囲内にある場合にのみ、未治療ユニットとマッチングされる。ユニットがマッチングされる許容距離を示す半径（r）を小さくすればするほど、マッチングの質は向上する可能性がある。最後に，カーネルマッチングでは，未治療グループの全ユニットの加重平均を計算し，与えられた未治療ユニットの傾向スコアが治療ユニットのそれに近いほど，そのウェイトは高くなるという手法である。

プライマリーマーケットにおけるグリーニアムの分析(単位：bp)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Matching: | Neighbours matching | Neighbours matching | Neighbours matching |
|  | (NN=8) | (NN=5) | (NN=3) |
| ATT | -18.47\*\*\* | -18.56\*\*\* | -14.90\*\*\* |
| Std.Err. | 4.37 | 4.76 | 5.00 |
| # treated | 121 | 121 | 121 |
| # untreated | 535 | 385 | 254 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Matching: | Radius matching | Radius matching | Kernel matching |
|  | (r=0.001) | (r=0.0005) |  |
| ATT | -19.40\*\*\* | -15.17\*\* | -16.74\*\*\* |
| Std.Err. | 5.88 | 6.74 | 4.31 |
| # treated | 116 | 100 | 121 |
| # untreated | 1484 | 893 | 2934 |

(\*\*\*) (\*\*) (\*)は、(1%) (5%) (10%)水準で有意であることを示す

　上記の分析結果から、グリーンボンドは、コンベンショナルボンドと比較して平均的に利回りが低く、発行者のコストが低いことが分かった。特に注目すべきは、すべてのマッチング手法でコンベンショナルボンドと10bp以下の差が生じており、5％以下の有意水準で結果が得られている。例えば、最近傍マッチング（NN=8またはNN=5）を用いた場合、係数は約-18.5bpと推定され、1%水準で有意であった。すなわち、被治療者の平均的な処理効果の推定値は、グリーンラベルがプライマリー市場における債券の価格設定に有意な影響を与えることを示している。

Appendix

1. Green bondは、グリーンボンドを発行したことがある場合に1となるダミー変数。Green bond（pre-issue year）は、グリーンボンド発行の前年を1とするダミー変数。Green bond（short-term, 1year）、Green bond（long-term, 2+year）は、それぞれグリーンボンド発行の翌年とそれ以降について、同様に定義される。Environment rating はASSET4による環境格付け、CO2 emissionsはASSET4によるCO2排出量（トン）を資産の簿価（米ドル）で割った比率。 [↑](#footnote-ref-1)