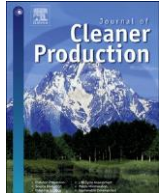




ScienceDirectで利用可能なコンテンツリスト

クリーナープロダクション誌

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro



グリーンの優位性グリーンボンドの発行の利便性を探る

ジャンフランコ・ジャンフレート ^{a,*} マッティア・ペリ ^b

^aEDHEC ビジネススクール、ブロムナード・デ・ザングレ393、06200、ニース、フランス

^bボッコーニ大学、Via Sarfatti 25, 20136, Milan, Italy

ア・ラ・イ・チ・カル・イ
・イ・イン・フ・オ

記事履歴を見る

2018年9月7日受領 改訂版2019

年1月26日受領

2019年2月3日受理

2019年2月10日オンライン公開

キーワード

グリーンボンド サステナビ

リティ 責任ある投資性 傾向ス

コア

債券 気候変動

ABSTRACT

パリ協定の目標を達成するために、低炭素経済への移行をどのように資金調達するかという問題は、特にレトリックからアクションに移行するために必要な膨大な資金を考えると、非常に重要です。グリーンボンドは、クリーンで持続可能な投資に向けて資金を動員するための最良の候補の一つとして、最近登場しました。グリーンボンドの重要性は高まっているものの、「グリーン度」以外の特性が類似した他の債券と比較して、実際に利便性が高いかどうかについては、限られたエビデンスに過ぎない。傾向スコアマッチング法を採用し、2013年から2017年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。その結果、グリーンボンドは非グリーンボンドよりも経済的な利便性が高いことが分かった。この優位性は企業の発行体にとってより大きなものであり、流通市場においても持続している。この結果は、グリーンボンドが、発行者に経済的なペナルティを与えることなく、経済のグリーン化に大きな役割を果たす可能性があることを支持するものである。

©2019 Elsevier Ltd. 無断転載を禁じます。

1. はじめに

すべての国がパリ協定の下で世界の気温上昇を1.5°C~2°Cに抑えることを約束しましたが、大きな問題は、世界がこの気温目標をどのように達成できるかを再主張しています。IPCC (2018) は、目標とする気温を確保するためには、「社会のあらゆる側面において、急速かつ広範囲で、前例のない変化」を起こさなければならないと **note** しています。それらの変化には、土地、エネルギー、産業、建物、交通、都市における深遠な移行が必要となる。

金融システムは、経済の脱皮に必要なクリーンエネルギーや技術への投資を支援し、加速させるために極めて重要である。パリ協定の参加196カ国が、「温室効果ガスの排出削減と気候変動対策に向けた道筋と金融フローを整合させる」ことを約束したのは、このためです。

世界平均気温の上昇を産業革命前より2°Cを大きく下回る水準に抑えるために、「レジリエントな開発」を行う。IPCC (2018) は、それらの「**finance FLOWs**」の量を次のように見積もっている。

2016年から2035年の間に約2.4兆ドル（およそ、毎年世界の国内総生産の2.5%）。このような巨大な **figure** は、OECD (2017) による分析とも一致しており、それによると

で、気候に適合した形で世界の開発ニーズを満たすためには、2016年から2030年の間に約103兆ドルの追加投資が必要であるとしています。同様に、マッキンゼー (Woetzel et al., 2016) は、一次エネルギーとエネルギー効率を除いた累積ニーズが2016年から2030年の間に約49兆ドルに達すると予想している。Batthacharya (2016) は、これらのインフラニーズは、一次エネルギーとエネルギー効率を含め、75~86兆米ドルと推定している。すべての試算は、究極の気候変動による崩壊を防ぐために、世界の金融システムの大部分を活性化させる必要があることを意味している。

IPCCの報告書は憂慮すべき警告であり、持続可能な金融が主流になったときに、前例のない投資機会が生まれることを暗に示しています。多くの国で銀行の融資能力が制限され、公共予算が逼迫している中、民間部門の資金源を活用する必要があり、グリーンボンドは世界経済の漸進的な脱炭素化に向けて民間資金を動員する重要な手段の一つと考えられている (OECD, 2017)。

グリーンボンドは、国際資本市場協会 (ICMA) が「新規または既存の適格グリーンプロジェクトの一部または全部の資金調達または再資金調達にのみ使用されるあらゆる種類の債券」と定義する比較的新しいタイプの債券である。言い換えれば、グリーンボンドは、企業や自治体などが発行する従来の債券や公的債務である。

* 対応する著者。

電子メールアドレス Gianfranco.gianfrate@edhec.edu (G. Gianfrate), Mattia.Peri@studbocconi.it (M. Peri).

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.022>

0959-6526/© 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved. 無断転載を禁じます。

その特徴は、資金が主に気候変動の緩和と適応に関連する環境に優しいプロジェクトに使用されることです。この数年の市場の発展は、この金融商品の大きな可能性を物語っています。実際、2007年に欧州投資銀行（EIB）が最初のグリーンボンドを発行して以来、市場は成長を続け、より洗練されたものとなっています。グリーンボンドの発行額は、ムーディーズとClimate Bond Initiativeによって2018年に2500億ドルと推定され、2021年には1兆ドルに達すると予想されています。

グリーンボンドの重要性は金融関係者に広く認識されているが、企業や非企業の発行体にとってグリーンボンドがどのような利便性をもたらすかはほとんど知られていない。本稿では、金融市場がグリーンボンドをどのように評価しているのか、また、グリーンボンドと同等の非グリーンボンド（本稿では「コンベンショナルボンド」）ではなく、「グリーン」というラベルの付いた債券を発行することによって、発行者の金融コストを低減できるのかについて調査している。実際、企業や非企業にとって、投資決定における最も重要なドライバーは資金調達コストである。発電コストの大部分は資本の金融コストであるため（OECD, 2015）、債券のコストのわずかな違いであっても、エネルギーおよび大規模産業施設の長期的な持続可能性に大きな影響を与える可能性がある。したがって、グリーンボンドの相対的な利便性を、インベスターに支払われるリターンの観点から評価することは、最も重要なことである。本論文は、我々の知る限り、グリーンボンドの発行体の財務コストを測定し、グリーンボンドと従来型ボンドの発行の相対的な利便性を推計した初めての論文である。その結果、グリーンボンドは、発行体にとって統計的に有意な利点を持つことが明らかになった。この利点は、投資家に支払われる利息が平均で18ベースポイント（債券価値の0.18%）減少することで定量化される。さらに、このような利点は、企業だけでなく、自治体や政府機関といった企業以外の組織でも達成される。これらの結果は、グリーンボンドの発行に必要な追加コストを考慮しても、発行体にとってグリーンボンドが相対的に便利であることを示唆している。したがって、グリーンボンドは、社会にとって有益であるだけでなく、デットファイナンスのコストを削減することができるため、発行体にとっても有益である可能性がある。

本稿の残りの部分は以下のように構成されている。第2節では、グリーンボンド市場のプライマリー市場およびセカンダリー市場のパフォーマンスに関する関連文献を紹介する。第3節では、分析に使用するデータとサンプルについて説明する。第4節では、主な方法論的アプローチを示す。第5節では、この実証モデルを用いて得られた知見を述べる。第6節では、得られた知見の意味と本論文の限界について述べ、第7節で結論を述べる。

2. 文献レビュー

グリーンボンドは最近の現象であり、各国で広く普及し始めたのは2013年より前である。そのため、グリーンボンドに関する学術的な文献は限られている。Ge and Liu (2015) は、企業の社会的責任（CSR）実績が米国市場における新規債券発行コストとどのように関連しているかを検証し、CSR実績が高い企業はより低いコストで債券を発行できることを明らかにした。同様の結論は、Oikonomou ら（2014）でも得られている。Bauer and Hann (2010) は、米国の上場企業の産業横断的な大規模サンプルを分析し、環境問題への関心は負債調達コストの上昇と信用格付けの低下と関連し、積極的な環境対策は負債調達コストの低下と関連することを明らかにした。Stellner, Klein, Zwergel (2015) は、優れた企業の社会的業績（CSP）が体系的な信用リスクの低減につながるという弱い証拠しか見いだせなかった。逆に、Menz (2010) は、欧州の社債市場に着目し、社会的なリスクプレミアムが

は、社会的責任を果たしていない企業よりも高いが、この結果はわずかな意義しかない。Zerbib (2019) は、世界中で発行された135の投資適格グリーンボンドに着目し、グリーンボンドの優位性を分析した。この論文では、債券保有者が発行後にグリーンボンドを購入するために8ベースポイント（統計的に有意）を支払うことが示されている。企業以外の発行体についても、エビデンスが収集されている。Karpf and Mandel (2017) は、米国の地方債市場におけるグリーン債と従来型債を調査し、グリーン債は市場からペナルティを受けるようであることを明らかにした。

全体として、プライマリー市場（債券発行時）およびセカンダリー市場（債券発行後の取引時）におけるグリーン・アドバンテージの存在に関する証拠は、まちまちである。特に、より多くのデータが入手可能であり、発行者と投資家の双方からの関心が高まっていることから、このテーマに関するさらなる研究が必要である。本研究では、傾向スコアマッチング法（PSM）を用いて、欧州グリーンボンドの発行市場における有意な優位性の存在を証明し、このプレミアムが発行後（流通市場）にも持続することを示唆することで、グリーンボンドに関する文献を拡張するものである。

3. データ説明

我々は、傾向スコアマッチングの手法により、グリーンボンドと従来の債券の発行時のリターンの違いを評価するために、サンプルを設定した。データはBlombergの"Bond Radar"から得た。具体的には、最初のサンプルは、2007年1月から2017年12月に発行されたすべての債券で構成されている。Bond Radarは、すべての債券について、投資家に提供されたリターンを含む、債券の発行と発行者の特性に関する詳細なインフォメーションを提供している。

2017年12月現在、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（変動利付が発行時のプライシングに与える不確実性を回避するため）、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ます。

これらの債券は、企業、主権国家、国家機関、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います。我々の包括的なサンプル（"All"）は3055銘柄からなり、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。類似の手順で、2つのサブサンプルを作成した。「企業発行体」と「非企業発行体」であり、それぞれ企業が発行する債券とその他の企業が発行する債券を含んでいる。企業の発行体は781個のオブザベーションで構成され、そのうち43個はGreenとラベル付けされ、企業の発行体でないものは2155個のオブザベーションで構成され、そのうち78個はGreenとラベル付けされている。表1は、包括的なサンプルの記述統計量である。

4. メソッドロジー

グリーンボンドの発行が便利かどうかという問いに答えるには、グリーンボンドのリターンを従来の同種の債券と比較する必要がある。この比較には、実証的な分析に適した傾向スコア・マッチングの手法を用いる。

表1
記述的統計量。

バリエーション	平均値	Std.Dev.	最小	マックス
販売台数(百万ユーロ)	620	333	250	2000
満期 (年)	8.15	3.95	3.02	30.40
スプレッド (ベースポイント)	28	41	-32	140

処理」、「処理された観測のグループ」、「処理されていない観測のグループ」がある場合の設定です。これはまさに我々のケースである：我々は、「グリーンラベルの取得」を治療と呼び、「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。治療による結果変数（すなわち、発行時のリターン）の変化が、我々の治療効果である。

治療効果の計算の問題は、実際の反事実推定の枠組みでは、各債券が（治療がある場合とない場合の）両方の状態で価格決定されることを観察する必要があるが、これは明らかに不可能であることで、我々は各債券について一つの結果しか観察できない。したがって、観察された結果（たとえば、債券が緑とラベル付けされたときのスプレッド）があれば、反事実推定の結果を推定しなければならない。PSMの技術は、反事実の推定を可能にする。具体的には、本稿では、「被処理者に対する平均的な処理効果」(ATT)を推定する。

反事実推定とATTの最良の推定値を得るためには、理想的には、治療状況以外のすべてにおいて治療群と同一の対照群（従来の債券群）を構築する必要があるだろう。しかし、処理済み債券と未処理債券は、通常、処理状況とは別の特性において異なっており、処理群と対照群への割り当ては無作為ではないだろう。例えば、公益事業や電力事業を営む企業は、明らかに気候変動や環境関連の問題に関与しているため、グリーンボンドを発行する確率が高くなる可能性がある。したがって、処理群と非処理群のリターンの平均値を比較することは、偏った結果を導くことになる。

この問題を克服する方法は、すべての関連する（観測可能な）治療前の特性"X"において、治療群とできるだけ類似している対照群を見つけることである。そうすれば、このよく選ばれた適切な対照群と治療群の結果の違いは、治療、すなわち、グリーン・ラベルに起因するものとすることができる。問題は、選択を決定する特性の数が増えるにつれて、比較可能な個体を見つけることがますます困難になることである（「次元の呪い」）。Rosenbaum and Rubin (1983, 1984)は、このような特性を単一の指標変数である傾向スコアに束ねる方法を説明し、これによりすべての共変量でのマッチングと同じ方法で治療効果の一貫した推定を達成することが可能になるとしている。

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 (Wamser, 2014)。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、グリーン債（処理ユニット）と従来債（コントロールユニット）をマッチングし、マッチングしたユニット間のリターン（アウトカム変数）の差を計算することで治療効果を推計する。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。すべてのマッチング推定式は、処理されたユニットのアウトカムとコントロール・グループのメンバーのアウトカムを比較するが、利用可能な推定式の中から適切なPSM推定式を使用することを確認する必要がある。さらに、PSMの手法を効果的に利用するためには、主に3つの条件を満たす必要がある。1つ目は「共同内部依存の仮定」(CIA)であり、これは結果変数（リターン）が傾向スコアに基づいて治療から独立していなければならないことを要求するものである。言い換えれば、治療の割り当てと結果に影響を与える共通の特性が観測可能であることが要求される。これは強い仮定であり、検証不可能であるため、観察不能な特性から生じるバイアスは決して排除されない。これは、この種の手法の主な限界であることは明らかである。2番目の条件は、「共通サポート」、すなわち、類似の傾向スコアを持つユニットが両グループに存在することである。共通サポートの導入は、グループの「同等でないメンバー」の比較を避けるために必要である。3番目と最後の条件は、傾向スコアが共変量をバランスさせることです。類似の傾向スコアは、類似の観察された特徴に基づくものでなければなりません。

解析では、3,58マッチの最近傍マッチング (NN)、カーネルマッチング、半径 (r) の異なるレベルのマッチングを適用している。

最近傍マッチングでは、比較群から指示された数のユニット（我々の場合は3、5または8）が、傾向スコアの点で最も近い処理ユニットに対するマッチング・パートナーとして選ばれる。特に、このマッチング方法は「置換あり」で実施する。つまり、対照群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するのである。置換ありのマッチングはマッチングの平均的な質を高め、バイアスを減少させるが（再利用がある程度発生すると仮定）、同時に推定量の分散を増加させる (Smith and Todd, 2005)。この方法の欠点は、傾向スコアが実際にどれだけ近かったとしても、すべての処理済み結合に指示された数のマッチングが割り当てられることであり、これはマッチングの質をかなり満足させない結果になる可能性がある。

半径マッチングはこの問題の解決に役立つかもしれない：治療ユニットは、後者の傾向スコアが特定の、あらかじめ定義された範囲内にある場合にのみ、対照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。しかし、傾向スコアが治療群と対照群の間で「よく釣り合っている」場合、半径マッチングでは最近傍マッチングに比べて悪いマッチングの発生が増加する。

最後に、カーネル・マッチング推定量では、対照群の全ユニットの加重平均を計算し、反事実的な結果を構成する。与えられた未処理ユニットの傾向スコアが処理ユニットのそれに近いほど、そのウェイトは高くなる。

様々なマッチング方法を評価するためには、マッチングの数（量）とその質との間のトレードオフを考慮する必要がある。我々が実装した様々な手法のバランス特性（第3の条件）をテストした結果、最もバランスのとれたマッチングは、グリーンボンドごとに8つの制御ユニットを持つ最近傍マッチングを適用することによって得られることがわかった。これらのテスト結果は第5節で示す。

5. 結果

5.1 では、包括的なサンプルを分析し、各グリーンボンドについて 8 件の最近傍一致の結果を示し、次に、異なる一致手法の結果を示し、比較する。5.2 では、企業・非企業のサブサンプルについて、同様の分析を行った。最後に、5.3 では、グリーンボンドが流通市場で比較の有利に取引されていることの持続性を検討する。

5.1. プライマリーマーケット

ATTを推定するプロセスの第一段階は、傾向スコアを得ることである。次に、「ブロッキング」手順 (Rosenbaum and Rubin, 1983) を適用して、傾向スコア（ロジット関数によって推定）が適切に特定されているかどうかを評価する：まず、データを傾向スコアでソートして、傾向スコアが似ているオブザベーションのブロックに分割する；各ブロック内で、傾向スコアが治療とコントロールのオブザベーション間でバランスされているかどうかをテストする。もしそうでなければ、ブロックが大きすぎるので、分割する必要がある。もし、傾向スコアがバランスしているという条件で、共変量がアンバランスであれば、傾向スコアの仕様が適切でなく、再仕様化が必要がある。

我々の場合、各ブロックで治療群と対照群で傾向スコアの平均値が異ならないようにする最適なブロック数は10であり、傾向スコアのBalancing特性は完全に満たされる（すなわち、各ブロック内で共変量もバランスされる）。その結果、傾向スコアは

表2

プライマリーマーケットスプレッド処理効果 (単位: ベーシス・ポイント)。

マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	近傍一致 (NN ¼ 5)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.001)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.0005)	カーネルマッチング
エーティーエー	-18.47***	-18.56***	-14.90***	-19.40***	-15.17**	-16.74***
標準誤差(STD)	4.37	4.76	5.00	5.88	6.74	4.31
# treated	121	121	121	116	100	121
# 未処理	535	385	254	1484	893	2934

注1. ATTと標準誤差の数値はベースポイントで表示されている。列は、異なるマッチング方法を示す。近傍マッチング (NN 3,5,8): 半径 (r ¼ 0.001) 半径 0.1% マッチング; 半径 (r ¼ 0.0005) 半径 0.05% マッチング; カーネルマッチング。ATTはAverage Treatment effect on the Treatedである。# 処理済み (#未処理) は、処理 (コントロール) されたユニット数。(**) (*) (°) は、(1%) (5%) (10%)水準で有意であることを示す。すべての推定において、処理単位と対照単位の共通確率支持体は、マッチングユニットの比較可能性を向上させるために強制されます。

はよく仕様されている。"Appendix b"には、各ブロックの劣後限、処理数、対照数を示した。

表2は、5種類のマッチング手順による傾向スコアマッチングの結果である(列単位)。

すでに強調したように、傾向スコア・マッチング・アプローチは3つの基本的な条件に依存しています: CIA仮定、共通支持、傾向スコアが共変数をバランスさせることです。CIAの仮定は検証不可能である。逆に、共通支援を実施し、表3の結果から、処理群と非処理群の間に最適な重なりがあることが示された。特に、最近傍マッチングを適用した場合、121のグリーンボンドはすべて「支持上」である。

第三の条件は、治療への無作為割付が行われた場合、同じ傾向スコアを持つ債券は、傾向スコアを予測するために使用される観測可能な変数の分布が同じでなければならないということである。このバランス特性は検証可能であるため、表3ではそのような検証を行っている。

モデルに含まれるすべての変数について、処理群と対照群の平均が等しいという帰無仮説を棄却することはできない(最後のp値を参照)。注目すべきは、マッチングの結果、すべての"%Bias"が10%以下となり、大部分の変数が平均値の差が80%以上減少していることである。さらに、RubinのBとRはそれぞれ25%以下、0.5e2の範囲内にあります。したがって、これらの検定は、バランス特性が満たされていることを実証するものである。表2に示された被処理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。

また、この結果は、マッチング手法にかかわらず、かなり頑健である。を使用した。例えば、最近傍マッチング (NN ¼ 8またはNN ¼ 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。カーネルマッチングでは、ATT

の推定値は2bp増加した。被処理者への平均的な治療効果が最も大きいのは、半径一致を適用した場合であり、r ¼ 0.1% (-19.4bp) である。

は、r ¼ 0.05%の半径のマッチングと関連している。

要約すると、表2の結果は、グリーンボンドを発行することの利便性が、一般債と比較して相対的に高いことを立証している。グリーンボンドは、平均して、従来の債券よりも発行者のコストが低い。

5.2. 発行体種類別のプライマリーマーケット

本節では、Allの結果が、発行体の種類によらず有効であるかどうかを検討する。特に、企業が発行する債券と、その他の市場関係者(銀行、政府、地方政府、自治体、超国家機関)が発行する債券とに分けて考える。表4は、分析結果をまとめたものである。

興味深いのは、マイナスプレミアムが存在はあるものの

は、両サンプルとも、企業発行の債券の方がより顕著である。実際、これらの債券(その大半は公益事業や電力セクターで運用されている)のATTは、-23ベースポイント (NN ¼ 5) から-20ベースポイント (NN ¼ 3)、平均で一方、非法人のグリーンボンドの優位性は、-17bp (半径比 r ¼ 0.1%) から-14bp (NN ¼ 8) であり、平均で-15bpであった。これらの結果は、包括的なサンプルで得られた結果と一致している: グリーンボンドの優位性の加重平均が2つのサブサンプルの平均利便性は、フルサンプルの平均利便性 (-17bp) と同じであった。

さらに、半径で推定されるATT以外のATTは、1%水準で統計的に有意であった。両サンプルにおいて、最大の標準誤差は半径マッチング (r ¼ 0.001) に関連し、最小は8マッチングの最近傍マッチングに関連するものである。このセクションの最後に、傾向スコアを推定するために使用した変数にグリーンボンドに関する指標(ダミー) 変数を加えたスプレッドのOLS回帰を、各サンプルについて実行することによって、この部分を終了する。その結果は以下の通りである。

を表5に示す。

この係数、すなわち緑の便益(投資家に支払うリターン(の低下)の推定値は、統計的に有意であり、傾向スコア・マッチングの手法によって得られた結果と一致している。しかし、企業の発行体については、PSMによる推定値よりも2e4bp程度低く、非企業の発行体については、どのPSM手法を用いるかによって、3e7bp程度高くなることが示された。

5.3. セカンダリーマーケット

この小節では、流通市場におけるグリーンボンドと従来型ボンドのプライシングを比較する。結果を提示する前に、分析の限界について概説する必要がある。主な限界は、流動性に関するリターンの補正を行っていないこと、つまり、債券間の流動性の違いの可能性の問題(流動性バイアス)に対処していないことです。セクション3で述べたように、分析を行うために、Bloomberg BVAL から異なる日付の債券のリターンをダウンロードしました。これらのデータは市場ベースであるため、債券の流動性に強く影響される可能性がある。実際、債券を扱う際の実際の問題は、特に「グリーン」というラベルが貼られた債券は、通常、機関投資家がプライマリー市場で購入し、満期まで保有することである。そのため、たとえ流動性があるとしても、実際には流通市場では取引されないで、市場価格は信頼できないことが多い。2つ目の問題は、6ヶ月離れた3つの日付のデータをダウンロードしただけであること。2017年12月14日、2017年7月7日、2017年1月10日である。これは、リターンの潜在的なボラティリティとその時間的な進化を観察できないことを意味する。それ以前のデータを考慮しないのは、傾向スコアマッチング技術を効果的に実施するには、利用可能なグリーンボンドが少なすぎるからである。以下、検討する。

表3

Pstest - バランス特性。

バリエアブル		比類なき	平均値		バイアス	削減	ティーけんてい	
		マッチング	トレッタ	制御		バイアス	t	p > t
Y_2013	U		.050	.188	-43.7		-3.87	0.000
	M		.050	.036	4.2	90.3	0.51	0.608
Y_2014	U		.157	.179	-5.9		-0.63	0.531
	M		.157	.178	-6.1	-2.1	-0.47	0.638
Y_2015	U		.182	.211	-7.2		-0.76	0.445
	M		.182	.176	1.6	78.5	0.13	0.900
Y_2016	U		.215	.216	-0.2		-0.02	0.982
	M		.215	.225	-2.5	-1086.9	-0.19	0.847
Y_2017	U		.397	.207	42.2		5.02	0.000
	M		.397	.383	3.0	92.9	0.21	0.831
ln(体積)	U		63.227	6.557	-41.7		-3.87	0.000
	M		63.227	63.155	1.3	96.9	0.11	0.916
テノール	U		81.535	83.259	-3.9		-0.38	0.701
	M		81.535	79.422	4.8	-22.6	0.41	0.683
AAA - AA	U		.364	.463	-20.3		-2.15	0.031
	M		.364	.367	-0.6	96.9	-0.05	0.960
AA(-) - A	U		.298	.222	17.4		1.96	0.050
	M		.298	.285	2.8	83.7	0.21	0.833
A(-) - BBB	U		.314	.234	18.0		2.03	0.042
	M		.314	.311	0.7	96.1	0.05	0.959
BBB(-) - BB(p)	U		.025	.081	-25.4		-2.26	0.024
	M		.025	.037	-5.6	78.1	-0.55	0.580
カバー付き	U		.033	.252	-65.9		-5.53	0.000
	M		.033	.029	1.2	98.1	0.18	0.854
西ヨーロッパ	U		.868	.838	8.5		0.88	0.379
	M		.868	.861	2.0	75.9	0.16	0.870
アジア、オーストラリア、ニュージーランド	U		.091	.052	15.2		1.88	0.061
	M		.091	.099	-3.2	78.9	-0.22	0.827
欧州委員会	U		.0165	.044	-16.2		-1.47	0.141
	M		.0165	.020	-1.8	88.8	-0.18	0.857
HGグローバル	U		.008	.003	6.9		0.98	0.327
	M		.008	.008	0.0	100.0	-0.00	1.000
北アメリカ	U		.0165	.063	-23.9		-2.09	0.036
	M		.0165	.012	2.1	91.1	0.27	0.789
代理店 - ソブリン	U		.223	.143	20.6		2.43	0.015
	M		.223	.220	0.8	96.1	0.06	0.954
バンキング	U		.215	.416	-44.3		-4.43	0.000
	M		.215	.257	-9.3	79.0	-0.77	0.440
基礎素材	U		.025	.0491	-12.9		-1.22	0.221
	M		.025	.018	3.8	70.2	0.39	0.697
製造	U		.008	.087	-37.6		-3.06	0.002
	M		.008	.001	3.5	90.8	0.82	0.410
自治体 - 地方自治体	U		.025	.102	-31.9		-2.78	0.005
	M		.025	.018	3.0	90.6	0.39	0.697
スーパー	U		.182	.082	29.6		3.82	0.000
	M		.182	.186	-1.2	95.8	-0.08	0.934
輸送・ロジスティクス	U		.008	.020	-10.0		-0.92	0.358
	M		.008	.006	1.7	82.6	0.19	0.850
ユーティリティと電力	U		.273	.071	55.4		8.16	0.000
	M		.273	.243	8.2	85.2	0.53	0.596
不動産	U		.041	.029	6.5		0.76	0.446
	M		.041	.052	-5.6	14.0	-0.38	0.704
サンプル	Ps R2	LR ch2	p > カイ2	ミーンバイアス	メドバイアス	B	R	%Var
不揃い	0.207	211.12	0.000	23.5	19.2	157.7*	0.37*	100
マッチング	0.011	3.64	1.000	3.1	2.7	24.1	1.45	50

* B> 25%, R outside [0.5; 2] の場合。

注表 2 の最近接マッチング結果 (NN8) に対応する検定。Y_2013、Y_2014、Y_2015、Y_2016、Y_2017 は、その年に発行された債券かどうかを示すダミー変数、ln(Volume) は、債券の規模（発行額：Million）の自然対数である。AAA e AA, AA(-) e A, A(-) e BBB, BBB(-) - BB(p)は、その債券の信用度が高いかどうかを表すダミー変数である。

Coveredは、ある債券が「カバードボンド」(covered bond)に分類されるかどうかを示すダミー変数である（すなわち、その債券の資産の別のグループに裏打ちされている）。

また、Agency e Sovereign、Banking、Basic Material s、Manufacturing、Municipality - Local Govt.、Supranational、Transport and Logistics、Utilities and Power、Real Estate は、発行体がその地域で事業を行っているかどうかのダミー変数であり、発行体がその地域で事業を行うかどうかのダミー変数である。

は、7月と2017年1月に既に発行されていたグリーンボンドがないため、法人銘柄と非法人銘柄に注目する2017年12月14日時点のリターンのみである。表6は、法人銘柄に適用した傾向スコアマッチング手法の結果である。注目されるように、2017年12月14日時点では、相対的に利便性の高いものが存在するようである。

グリーンボンドは約-5ベシスポイント。特に、ATTは-3.8（カーネルマッチング）から-7.6bp（rが0.05%に等しい半径マッチング）までの範囲である。

平均的な治療効果の推定値は、最近傍マッチングと半径マッチングでは0水準で統計的に有意であったが、“フラット・プライシング”

表4
プライマリーマーケットスプレッド処理効果（単位：ベース・ポイント）。

サンプル2 e 法人						
マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	近傍一致 (NN ¼ 5)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.001)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.01)	カーネルマッチング
エーティーティーイー	-20.80***	-22.51***	-19.71***	-19.80**	-21.44***	-21.45***
標準誤差 (Std. Err.)	5.35	5.31	6.04	10.69	7.40	6.93
# treated	43	43	43	28	38	43
# 未処理	164	120	83	128	680	738

サンプル3 e 非法人発行者						
マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	近傍一致 (NN ¼ 5)	近傍一致 (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.001)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.01)	カーネルマッチング
エーティーティーイー	-13.51***	-15.42***	-16.15***	-17.38***	-14.82***	-14.26***
標準誤差(STD)	4.96	5.13	6.39	6.54	4.97	4.55
# treated	78	78	78	66	78	78
# 未処理	364	256	166	924	2065	2077

注) 1. ATTと標準誤差の数値はベースポイントで表示されている。列は、異なるマッチング方法を示す。近傍マッチング (NN 3,5,8); 半径 (r ¼ 0.001) 半径 0.1%; 半径 (r ¼ 0.01) 半径 1.0%; カーネル・マッチングATTはAverage Treatment effect on the Treatedである。# 処理済み (#未処理) は、処理 (コントロール) されたユニット数。 (***) (**) (*)は、(1%) (5%) (10%)水準で有意であることを示す。すべての推定において、処理単位と対照単位の共通確率支持体は、マッチングユニットの比較可能性を向上させるために強制されます。

表5
プライマリー市場のOLS回帰結果

変数	Coeff.	標準誤差(STD)	tp > t	回帰のR2
サンプル1				
グリーンダミー	-16.63***	3.51	-4.74	0.000
サンプル2				
グリーンダミー	-23.42***	6.90	-3.40	0.001
サンプル3				
グリーンダミー	-10.26**	4.06	-2.52	0.012

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

は、カーネルマッチングとrが0.1%の半径マッチングを適用した場合、棄却されないことがわかった。しかし、総合標本における傾向スコアのバランス特性は完全には満たされていない。逆に、2つのサブサンプルを考慮した場合には、バランシング特性が満たされている。

2017年12月14日現在、法人のATTは-7.6bp（カーネルマッチング）〜-9.8bp (NN3)、その他の発行体のATTは-10.3bp（カーネルマッチング）〜14.4bp (NN5) と推定される。いずれの場合も、最近傍マッチングによって推定されたATTは、少なくとも5%水準で統計的に有意である。一方、半径マッチングとカーネルマッチングは、企業発行者のサブサンプルを分析した場合、非常に高い標準誤差を与えるため、対応するATTがゼロから統計的に異なるということとはできない。

2017年7月7日および2017年1月10日現在、ATTはそれぞれ-9.1bpから-13.9bp、および-8.8bpから-11.5bpの間である。注目すべきは、半径マッチング (r ¼ 0.1%) を除くすべてのマッチング方法が、1%水準で有意なATTの推定値を与えることである。は7月のデータである。一方、1月のデータでは、最近傍マッチングを用いた場合、推定値は5%水準で有意であり、半径マッチングとカーネルマッチングを用いた場合、10%の確信水準でゼロと統計的に異なることが分かった。これらの結果は、グリーンラベルが流通市場でも債券のリターンに、プライマリー市場より低いとはいえ影響を与えることを立証しているように思われる。二次市場におけるグリーンの利便性の存在は、Zerbib (2019)の結果と一致する。さらに、12月のATTと7月、1月のATTの違いを見ると、市場の成長・進化に伴って利便性が時間的に変化するのかという疑問が生じる。A

この差は、グリーンボンドの供給が急増する一方で、需要が同じペースで増加していないため、グリーンボンドの利回りが従来の債券の利回りに収束する傾向があるためと考えられる。理論的には、このことはプライマリー市場のスプレッドにも反映されるはずですが、PSMアプローチでは、特にこれまでのグリーンボンドの数が非常に限られていることを考慮すると、このような変化を見出すことはできません。

6. ディスカッション

本論文では、再生可能エネルギープラント、エネルギーと水の効率化、交通の電化、燃料転換、バイオエネルギーなどのグリーンプロジェクトに投資しようとする企業や非企業にとってのグリーンボンドの発行の利便性を評価する。我々は、グリーンボンドは通常の債券よりも利便性が高いことを示す。なぜなら、平均して、コエデリス・パリバスでは、グリーンボンドは投資家に低いリターンを提供しなければならないからである。重要なことは、この結果は企業の発行体の方がより強く、パリ協定の気温目標を達成するために必要な民間セクターは、グリーンボンドを発行した方が経済的に有利であることを示唆していることである。グリーンボンドは、発行体が調達した資金のグリーンな使用について認証、監視、報告する必要があるため、取引コストが追加される。しかし、発行体が節約できる金額（支払利息の額）は、グリーンラベルや格付けを得るためのコストを上回ります。例えば、クライメートボンド・イニシアティブでは、グリーンラベルを認証するために、発行額の0.1ベースポイントに相当するフラットフィーを要求している（ただし、すべてのレポートと手順を検証する第三者の関与も必要である）。さらに、仮にグリーン評価が通常の信用格付けと同程度の費用を要としても、最大で3e5bpであり (White, 2002)、我々の試算（15e21bp）よりもはるかに低いコストである。

発行体による相対的な財務的節約は、これらの金融商品に対する強い需要の結果であると考えられ、これはグリーンプロジェクトに資金を提供することを望む投資家の関心を反映するものである。このような需要の高まりの要因として、グリーンボンドが環境問題に敏感な顧客の要望を満たすものであることは明らかです。ますます多くの機関投資家が、気候変動が長期的な経済成長に対する脅威となっていると考え、ポートフォリオの脱炭素化や環境に配慮した投資への資金転換を進めています。例えば、フランスのエネルギー転換法では、機関投資家に対し、CO2の削減にどのように貢献しているかを報告するよう求めています。2

表6

セカンダリーマーケットスプレッド処理効果 (単位: ペーシス・ポイント)。

Sample1 - 2017年12月14日						
マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 5)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.001)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.0005)	カーネルマッチング
エーティーティ	-5.38*	-5.75*	-6.04*	-5.33	-7.61**	-3.75
標準誤差(STD)	2.97	3.13	3.46	3.42	3.66	3.14
# treated	118	118	118	117	114	118
# 未処理	544	393	257	1511	988	2799
Sample1 - 2017年7月7日						
マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 5)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.001)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.0005)	カーネルマッチング
エーティーティ	-12.69***	-13.73***	-13.44***	-10.51**	-13.85***	-9.11***
標準誤差(STD)	2.45	2.97	2.97	4.43	5.20	3.65
# treated	93	93	93	91	84	93
# 未処理	433	301	206	1449	969	2307
サンプル1 - 2017年1月10日						
マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 5)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.001)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.001)	カーネルマッチング
エーティーティ	-11.28**	-10.90**	-11.55**	-10.71*	-9.05*	-8.84*
標準誤差(STD)	4.51	4.59	5.45	6.05	5.17	5.01
# treated	70	70	70	68	70	70
# 未処理	353	240	153	832	1726	1740

注) 1. ATTと標準誤差の数値はペーシスポイントで表示されている。列は、異なるマッチング方法を示す。近傍マッチング (NN 3,5,8); 半径 (r ¼ 0.001) 半径 0.1% マッチング; 半径 (r ¼ 0.0005) 半径 0.05% マッチング; カーネルマッチング。ATTはAverage Treatment effect on the Treatedである。# 処理済み (#未処理) は、処理 (コントロール) されたユニット数。(**) (*) (°)は、(1%) (5%) (10%)水準で有意であることを示す。すべての推定において、処理単位と対照単位の共通確率支持体は、マッチングユニットの比較可能性を向上させるために強制されます。

表7

セカンダリーマーケットスプレッド処理効果 (単位: ペーシス・ポイント)。

サンプル2 2017年12月14日						
マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	近傍一致 (NN ¼ 5)	近傍一致 (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.01)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.005)	カーネルマッチング
エーティーティ	-6.40***	-6.53**	-6.84**	-7.78	-8.04	-7.99
標準誤差(STD)	2.22	2.57	2.60	6.67	7.94	5.89
# treated	43	43	43	39	39	43
# 未処理	201	145	92	710	608	720
サンプル3 2017年12月14日						
マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	近傍一致 (NN ¼ 5)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.01)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.001)	カーネルマッチング
エーティーティ	-8.12***	-9.26***	-9.79***	-7.94**	-8.92**	-7.61**
標準誤差(STD)	2.85	2.88	3.11	3.21	4.19	3.03
# treated	75	75	75	74	71	74
# 未処理	319	236	155	1942	1134	1963
Sample3 - 2017年7月7日						
マッチングを行う。	ネイバース・マッチング (NN ¼ 8)	近傍一致 (NN ¼ 5)	ネイバース・マッチング (NN ¼ 3)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.005)	ラディウスマッチング (r ¼ 0.01)	カーネルマッチング
エーティーティ	-13.16***	-14.41***	-13.80***	-11.60***	-10.40***	-10.33***
標準誤差(STD)	3.53	3.64	4.24	3.81	3.58	3.30
# treated	63	63	63	63	63	63
# 未処理	358	204	130	1731	1807	1811

注) 1. ATTと標準誤差の数値はペーシスポイントで表示されている。列は、異なるマッチング方法を示す。近傍マッチング (NN 3,5,8); 半径 (r ¼ 0.01) 半径 1.0% マッチング; 半径 (r ¼ 0.001) 半径 0.1% マッチング; カーネルマッチング。ATTはAverage Treatment effect on the Treatedである。# 処理済み (#未処理) は、処理 (コントロール) されたユニット数。(**) (*) (°)は、(1%) (5%) (10%)水準で有意であることを示す。すべての推計において、マッチングされたユニットの比較可能性を高めるために、処理ユニットとコントロールユニットの共通の確率支持を強制している。

排出量と、より広義には気候関連リスクをどのように管理しているかに関わる (173条、[フランス財務省、2015年](#))。イングランド銀行やインド証券取引所 (UNEP, 2016) は、グリーンボンド市場を促進・発展させるための要件を発行している。今後数年間で、この市場の発展を維持・促進するための行動をとる国が増加する可能性が高く、また望ましい。例えば、政府はグリーン投資家に対して税制上の優遇措置を提供することで、市場の活性化を図ることができる。

欧州に焦点を当てると、[欧州委員会のアクションプランの発表を受けて](#)、グリーンボンドの新規発行の後押しが期待されます。特に、欧州連合共通のグリーン資産分類法が採用されるため、[持続可能な成長のための資金調達 \(欧州委員会、2018年\)](#)。銀行は、[Taskforce for Climate-related Financial Disclosure \(TCFD, 2017\)](#)によって示された報告勧告の実施を開始すると予想され、グリーンラベル資産への投資に有利な金融政策はますます可能性が高くなる。従って、グリーンボンドは、発行体の達成に役立つだけでなく

付録b.各ブロックの下限値、処理数、対照数

劣等感			
ブロックの	グリーン		
pスコアの	0	1	合計
0	985	1	986
.00625	499	5	504
.0125	426	6	432
.025	221	3	224
.0375	183	9	192
.05	173	10	183
.075	122	27	149
.1	234	45	279
.2	88	15	103
.4	3	0	3
合計	2934	121	3055

参考文献

- Batthacharya, A., et al., 2016. 持続可能なインフラの役割を評価するためのフレームワーク。Brookings Institution, Washington DC.
- Bauer, R., Hann, D., 2010. 企業の環境経営と信用リスク。ワーキングペーパー。https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1660470.
- クライメート・ボンド・イニシアティブ, 2018年。グリーンボンド・ハイライト2017。https://www.climatebond.com/~/media/ClimateBond/2018/04/2018-04-20-ClimateBond-Green-Bonds-Highlights-2017.pdf.
- 欧州委員会, 2018. 欧州委員会のアクションプラン。Financing Sustainable Growth. https://ec.europa.eu/info/publications/180308-action-plan-sustainable-growth_ja.
- フランス財務省, 2015. 政令番号 2015-1850。https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2015/12/29/2015-1850/jo/texte.
- 葛・W・劉・M., 2015年。企業の社会的責任と社債のコスト。JAccountPubl.Pol.34 (6), 597e624.
- IPCC, 2018. 1.5 °Cの地球温暖化 産業革命以前のレベルより1.5 °Cの地球温暖化の影響と関連する地球に関するIPCC特別報告書。
- 温室効果ガス排出経路、気候変動の脅威に対するグローバルな対応強化の文脈で、持続可能な開発、そして
- 貧困撲滅への取り組み https://www.ipcc.ch/sr15/ でご覧いただけます。
- カーブフ, A., マンデル, A., 2017. グリーンであることはペイするか? ワーキングペーパー
- Menz, K., 2010. 企業の社会的責任 : それは社債によって報われているか? 市場? 批判的なノート。J. Bus.Ethics 96, 117e134.
- OECD, 2015. Mapping Channels to Mobilise Institutional Investment in Sustainable Energy. グリーン・ファイナンスと投資 OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/g20/topics/energy-environment-Green-growth/mapping-channel-s-to-mobilise-institutional-investment-in-sustainable-energy-9789264224582-jah.htm.
- OECD, 2017a. グリーンボンド: Mobilising Bond Markets for a Low-Carbon Transition, Green Finance and Investments. グリーンボンド: 低炭素移行に向けた債券市場の活性化 OECD Publishing, Paris. http://www.oecd.org/env/mobilising-bond-markets-for-a-low-carbon-transition-9789264272323-en.htm.
- OECD, 2017b. 気候への投資、成長への投資。OECD Publishing, Paris. https://www.oecd.org/environment/cc/g20-climate/synthesis-investing-in-climate-investing-in-growth.pdf.
- オイコノム, I., ブルクス, C., バベリン, S., 2014. 企業の社会的パフォーマンスが企業債務のコストと信用格付けに与える影響。Financ.Rev. 49, 49e75.
- Rosenbaum, P.R., Rubin, D.B., 1983. 因果効果の観察研究における傾向スコアの中心的役割。このような場合、「曖昧さ」を解消することが重要である。
- Rosenbaum, P.R., Rubin, D.B., 1984. 傾向スコアの下位分類を用いた観察研究におけるバイアスの軽減。J. Am.Stat.79, 516e524.
- Smith, J., Todd, P., 2005. マッチングは非経験的推定量に対するLaLondeの批判を克服するか? J. Econom.125 (1e2), 305e353.
- Stellner, C., Klein, C., Zwergel, B., 2015. 企業の社会的責任とユーロ圏の社債: 国の持続可能性のモデレーティングの役割。J. Bank.Finance 59, 538e549. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2015.05.002.
- TFCD, 2017. The task force on climate-related financial disclosures. https://www.fsb-tfcd.org/assets/recommendations-report/.
- UNEP, 2016年。インドにおける持続可能な金融システムの実現。UNEP Inquiry - Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry. http://unepinquiry.org/wp-content/uploads/2016/04/Delivering_a_Sustainable_Financial_System_in_India.pdf.
- ワムサー, G., 2014. 対外債務の利用に対する過小資本規制の影響: a propensity score matching approach. Oxf.Bul.Econ.Stat. 76, 5 (2014) 0305e9049.
- ホワイト, L., 2002. 信用格付業界: 産業組織分析。In: Levich, R.M., Reinhart, C., Majnoni, G. (Eds.), Ratings, Rating Agencies, and the Global Financial System. Kluwer, Boston.
- Woetzel, et al., 2016. Bridging Global Infrastructure Gaps. McKinsey Global Institute. https://www.un.org/pga/71/wp-content/uploads/sites/40/2017/06/Bridging-Global-Infrastructure-Gaps-Full-report-June-2016.pdf.
- ゼルビブ, オリヴィエ・ダビッド, 2019. 親環境的選好の債券価格への影響: グリーンボンドからの証拠。J. Bank.Finance 98, 39e60. https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2018.02.002.