

第9回情報技術と定量的マネジメントに関する国際会議

In グリーンボンド市場における利回りの分析。欧州グリーンボンド市場における利回りの分析

グリシュン・セルゲイ a *, ブクレバ・アレシア b

^aHSE University, 20 Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia^bHSE University, 20 Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia

Abstract

グリーンボンド市場は、持続可能な投資に向けて資金源を動員するのに役立つ可能性がある。グリーンボンドは、従来の債券と似ているが、特に気候やその他の環境プロジェクトに資金を供給するために作られるものである。この論文の妥当性は、「様々な社債市場におけるグリーンリウムの存在と、グリーンボンドの利回りの決定要因の明確な理解の欠如」に関する混合証拠によって裏付けられている。本論文の目的は、欧州におけるグリーンリウムの存在とその決定要因を探ることである。サンプルは、2007 年から 2021 年までの欧州債券市場における 3,851 本のグリーンボンドとコンベンショナルボンドである。その結果、欧州の気候社債は、同じリスクのコンベンショナル社債に対してディスカウント価格であることがわかった。欧州グリーンボンド市場全体におけるグリーンリウムの大きさは4bps程度であった。しかし、イギリス、フランス、オランダ、ドイツのグリーンボンド市場では、有意なグリーンリウムは見出せなかった。本研究の結論は、投資家、規制当局、潜在的な発行会社にとって、グリーンボンド市場の理解を深めることにつながる可能性がある。

© この2022はanThe openAuthors. アクセス記事Published underby theELSEVIER CC BY-NC-ND^{B.V.} license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>) This Peer-reviewisanopen underaccess responsibの下で責任articleunder of thethe scientificCCBY-NC-ND committeelicenses of the 9th^{(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0)} International Conf第9回国際情報会議の科学委員会の承認を得て、博士号を取得しました。 ¹

キーワード: グリーンリウム、グリーンボンド、欧州グリーンボンド市場、持続可能な開発、ESG、環境社会・ガバナンス(ESG)

共著者 Tel: +7-495-621-91-92; fax: +7-495-621-91-92. 電子メール
アドレス: sgrishunin@hse.ru

9th International Conference on Information Technology and Quantitative Management

In Search of Greenium. Analysis of Yields in the European Green Bond Markets

Grishunin Sergei^{a*}, Bukreeva Alesya^b

^a*HSE University, 20 Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia*

^b*HSE University, 20 Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia*

Abstract

The green bond market shows good potential to help mobilize financial sources towards sustainable investments. Green bonds are similar to conventional bonds but are specifically created to raise money to finance climate or other environmental projects. The relevance of the paper is underpinned by mixed evidence on the existence of ‘greenium in various corporate bond markets and lack of a clear understanding of the green bond yields’ determinants. The objective of the paper is to explore the existence and determinants of greenium in Europe. Our sample included 3,851 green and conventional bonds in the European debt markets over the period from 2007 to 2021. The results showed that the climate corporate bonds in Europe are priced at discount to the same-risk conventional corporate bonds. The magnitude of greenium in whole European green bond market was around 4 bps. However, we did not find the significant greenium in the green bond markets of the UK, France, Netherlands, and Germany. The conclusions of the research could lead to a better understanding of the green bond market for investors, regulators, and potential issuing companies.

© 2022 The Authors. Published by Elsevier B.V.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>)

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the 9th International Conference on Information Technology and Quantitative Management

Keywords: greenium; green bonds; European green bond market; sustainable development; ESG; environmental social and governance (ESG)

* Corresponding author. Tel.: +7-495-621-91-92; fax: +7-495-621-91-92..

E-mail address: sgrishunin@hse.ru

1. Introduction

環境アジェンダは、過去10年間で最も深刻で重要なトピックとなっています。世界リスクレポート2022」[15]によると、今後10年間の世界規模で最も深刻なリスクのトップ3は、「気候変動対策失敗」、「異常気象」、「生物多様性損失」といった環境関連リスクである。グリーンボンド市場、いわゆるグリーン投資は、各国の気候変動緩和戦略を自然に補完するものである。グリーンボンドは、気候変動や環境問題に対処するための資金調達や資金調達を行うことを目的としています。政府だけでなく、企業も、より持続可能で低炭素な経済への切り替えに必要な資金を調達するために、政府もそれを発行しています。気候変動関連イニシアティブ(CBI)の報告書[6]によると、2015年から2020年の期間のグリーンボンド市場は、年平均50%(世界およびEUレベル)成長した。

しかし、まだ限界的な市場であり、2022年の債券発行全体の約3~3.5%を占めている[3]。グリーンボンド市場で働き、調査する研究者や実務家は、グリーンボンドの利回りやグリーンに対する負のプレミアムという概念を明らかにしている。グリーンボンドは買い手の利回りを下げるが、グリーンボンド商品の発行者の金利を下げるができる[1, 8, 13, 17]。グリーンボンドは、発行体がより多くのグリーンラベルの債券を発行する重要なインセンティブとなる。グリーンボンドの性質を検討した論文では、利回り割引の決定要因が多数まとめられている[6, 8, 10]。しかし、文献調査によると、グリーンボンドにグリーンウォッシュが存在しない研究は、従来のものと比べて多く、グリーンウォッシュはこれらのタイプの債券を販売するためのマーケティングツールに過ぎないと主張している[9, 12]。もう一つの論争は、社債市場について、さまざまな結果が得られていることです。政府機関や金融機関が発行するグリーンボンドとは異なり、社債にはグリーンウォッシュが存在しないとする研究者もいる[1]。最後に、EU のグリーン市場のカバー率が不十分であるにもかかわらず、グローバルまたは米国または中国の債券市場におけるグリーンウォッシュを調査した研究がある。

そこで、本研究の目的は、欧州の企業債資本市場におけるグリーンウォッシュの存在を調査し、その主要な決定要因を明らかにすることである。この目的を達成するために、我々は以下の課題を解決する:(1)2007年から2021年の期間に英国、フランス、オランダ、ドイツの一般および現地市場における欧州企業債市場の利回りを決定する主要要因を特定し研究すること、(2)上記の期間におけるこれらの市場のグリーンウォッシュを調査すること。現地市場の選択は、現地市場で発行される大量の社債に支えられていた。本論文は様々な形で文献に貢献するものである。まず、欧州の未踏の欧州企業グリーンボンド市場におけるグリーンウォッシュの存在とその主な決定要因について調査している。次に、グリーンボンドの取引量が最も多い欧州の地方債市場において、グリーンウォッシュの存在を調査する。英国、フランス、オランダ、ドイツ。第三に、我々の研究は、多くの論文が以前の期間を調査しているのに対し、より新しい期間(2019-2021)からなるサンプルを用いて実施された。本研究の結果は、投資家がグリーンボンドのポートフォリオを管理するための戦略を策定し、グリーンボンドの発行者が上場市場を選択するために利用することができる。

2. 材料と方法

2.1. Data

8]のアプローチに従い、2022年2月時点で行われたグリーンボンドとコンベンショナルボンドの対応する発行からなるサンプルをブルームバーグのデータベースから作成した。データサンプリングは、(1)発行年:2007 年から 2021 年まで、(2)地理的位置:欧州、(3)産業:グリーンボンド発行がある業種のみを抽出、(4)発行の現在の利回りと信用度に関するデータの入手可能性に基づいて実施された。グリーンボンド発行の全歴史をカバーするために、このタイムスパンを選択した。最初のグリーンボンドは2007年に欧州投資銀行から発行され、それ以来、グリーンボンドの総額は1.6兆米ドルに増加している[3]。

マクロ経済データは、世界銀行データベースからダウンロードした。最初のサンプルは、2007 年から 2021 年までの期間、欧州 33 カ国の従来型およびグリーンボンド 4035 本である。サンプルに含まれるグリーンボンドの割合は約11%であった。グリーンボンド格付けに対応しない従来の債券の問題はサンプルから除外した。また、他のサンプルと比較して膨大な量の未処理のオブザベーション、負のクーポン、および従属変数の外れ値(現在の利回りから無リスクのECBレートを引いたもの)は削除されました。データ処理後、欠損データや外れ値をすべて除去した結果、サンプルサイズは 3852 ボンド、グリーンボンドのシェアは約 12%であった。

1. Introduction

The environmental agenda has become the most acute and significant topic of the last decade. According to “The Global Risks Report 2022” [15], the top-3 most severe risks on a global scale over the next 10 years are environment related risks like “climate action failure”, “extreme weather” and “biodiversity loss”. The green bond market and so-called green investment naturally complement countries' climate change mitigation strategies. Green bonds are aimed to finance or refinance projects helping to address climate and environmental issues. Governments as well as companies issue them in order to finance the switchover to a more sustainable and low-carbon economy. According to Climate Bond Initiative (CBI) reports [6] green bond market in the period 2015-2020 grew by an average of 50 % per year (globally and at EU level).

However, it is still a marginal market and represented about 3 to 3.5% of overall bond issuance in 2022 [3]. Researchers and practitioners who work and investigate in green bond market have revealed the notion of negative premia to the green bonds' yield or greenium. Greenium leads to a lower yield for the buyer, but allows you to get a reduced interest rate for the issuer of green debt instruments [1, 8, 13, 17]. The greenium is an important incentive for issuers to issue more green-labeled bonds. The papers which explored the nature of greenium summarized the numerous determinants of yield discounts [6, 8, 10]. However, the literature review indicates that some studies showed absence of greenium for green bonds in comparison to conventional ones and claimed that greenium is only a marketing tool to sell these types of debt instruments [9, 12]. Another controversy is that the mixed results were found for corporate bond markets. Some researchers showed unlike green bond issued by government arms or financial institutions, corporate bonds showed absence of greenium [1]. Lastly, the studies investigated greenium globally or in the US or Chinese bond markets while the coverage of the EU green market is insufficient

Thus, the objective of this study is to investigate the existence of greenium and determine its key determinants in European corporate debt capital markets. To achieve this objective, we will solve the following tasks: (1) to identify and study of key factors which determine the yield in European corporate debt market in general and local markets of Great Britain, France, Netherlands, and Germany in the period of 2007-2021; and (2) to investigate the greenium at these markets during above mentioned timespan. The choice of local markets was underpinned by the large volume of corporate green bonds issued at these markets. The paper contributes to the literature in various ways. Firstly, it investigates the presence of greenium and its main determinants in the underexplored European corporate green bond markets in Europe. Secondly, we investigate the presence of greenium in several local European debt markets with the largest volumes of green bonds: Great Britain, France, Netherlands and Germany. Thirdly, our research was conducted with the use of sample comprising more recent periods (2019-2021) while many papers investigated earlier time periods. The results of the study can be used by investors to develop strategies for managing portfolios of green bonds and by issuers of green bonds to choose the placement market.

2. Materials and methods

2.1. Data

We followed the approach of [8] and made a sample comprising of corresponding issues of green and conventional bonds made as of February 2022 from Bloomberg database. Data sampling was carried out based on (1) the year of issue: from 2007 to 2021; (2) geographic location: Europe; (3) industry: only those industries were selected in which there were green bond issues; (4) availability of data on the current yield and credit rating of the issue. We chose this timespan to cover the entire history of green bond issuance. The first green bond was issued in 2007 by the European Investment Bank and since that time the total volume of [3] of green bonds have increased to US\$1.6 trillion.

Macroeconomic data was downloaded from the World Bank Database. The initial sample contains 4035 European both conventional and green bonds from 33 European countries for the period from 2007 to 2021. The share of green bonds in the sample was about 11%. Issues of conventional bonds with a rating not corresponding to green bond ratings were excluded from the sample. In addition, observations with an enormous amount outstanding compared to the rest of the sample, with a negative coupon, as well as outliers in the dependent variable (current yield minus the risk-free ECB rate) were removed. After processing the data and removing all missing data and outliers, the sample size was 3852 bonds with a green bonds' share of about 12%.

2.2. Model

Based on a literature review, a multiple OLS regression model was chosen for analysis. The regression equation looks as follows:

$$\begin{aligned} Yield_i = & \beta_0 + \beta_1 Green_i + \beta_2 Coupon_i + \beta_3 \ln(Amount\ Outstanding)_i + \beta_4 Tenor_i + \beta_5 Industry_i \\ & + \beta_6 Coupon\ type_i + \beta_7 Coupon\ frequency_i + \beta_8 Payment\ rank_i \\ & + \beta_9 \ln(Min\ denomination)_i + \beta_{10} Credit\ rating_i + \beta_{11} ESG\ Rating_i \\ & + \beta_{12} Bid-Ask\ Spread_i + \beta_{13} \ln(Debt-to-EBITDA)_i + \beta_{14} Revenue\ growth_i \\ & + \beta_{15} GDP\ growth_i + \beta_{16} CPI_i + \beta_{17} gr_year + \varepsilon_i \end{aligned} \quad (1)$$

The dependent variable in our analysis (Yield) is the current ask yield of bond issue.

Green – dummy variable equals to 1 if bond issue is defined as Green and 0 otherwise. Variable of main interest in this research.

Coupon is the yearly coupon rate of bond issue measured in percentage points. The influence of this variable on bond risk premium is considered to be positive *ceteris paribus*.

$\ln(\text{Amount Outstanding})$ is the logarithm of outstanding amount of issue measured in US dollars. In practice, larger companies have more opportunities to borrow large amount of money in the market due to their reputation and stable revenue and cash flows. Therefore, the influence of the amount outstanding on the yield is negative.

Tenor is the number of years till maturity of bond issue measured in years. We expect that the more years to maturity the issue has the riskier it is and the higher the yield of this bond.

Industry is a set of dummy variables equals to 1 if the issuer operates in the particular industry (utilities, industrials, financials) and 0 otherwise.

Coupon type is a dummy variable equals to 0 if the issue has fixed type of coupon and 1 otherwise. We assume that nonfixed coupon leads to greater uncertainty and as a result to greater risk, so the yield should be higher for this type of bond issues. Therefore, we expect the positive influence of this variable.

Coupon frequency is a categorical variable which is equal to 1 if coupon is paid annually and 0 otherwise.

$\ln(\text{Min denomination})$ is the logarithm of minimum piece of bond measured in US dollars which is traded in the market and could be bought per one person of legal entity. The logic as in the case of the size of bond issue, the larger the company and the issue, the larger the minimum trading piece the less risky the issue.

Credit rating is the numerical value of the top three rating agencies' (S&P, Moody's, Fitch) ratings of the bond issue. To obtain the resulting variable, the ratings were transferred into numeric equivalent (Appendix A). The final value was calculated as the minimum between S&P, Moody's and Fitch ratings. The greater credit quality of the company reflects in higher rating of the whole company as well as of its bond issues and as a result the less a risk-premium demanded by the market.

ESG Rating is a dummy variable equals to 1 if the bond issue has ESG Rating and 0 otherwise. The existence of ESG rating leads to lower risk-premium, therefore the influence is assumed to be negative [1, 5].

Bid-Ask Spread is a proxy of a liquidity measure which is calculated as the difference between ask and bid price for this issue as of February 2022. A higher liquidity of bond issue reflects high investors' demand, and this leads to decreasing yield. This leads to a conclusion that the higher bid-ask spread means lower liquidity and higher yield, therefore there is a positive dependence between bond yield and bid-ask spread.

$\ln(\text{Debt-to-EBITDA})$ is the logarithm of issuers debt ratio which reflects the amount of company's income available to cover its obligations before covering interest, tax, depreciation and amortization expenses. The low ratio indicates healthy position of the issuer's business. On the contrary, the high ratio shows a high debt load and potentially lack of cash available to fulfill all of company's financial obligations. Therefore, the higher the ratio, the higher risk yield of the bond.

Revenue growth is the measure of percentage increase (decrease) in revenue of the bond issuer over the time.

GDP Growth is the gross domestic product growth rate which corresponds to the country of bond's issue and to the year of its issue, measured in percentage points.

CPI is the consumer price index which also corresponds to the country of bond's issue and to the year of its issue, measured in percentage points.

Gr_year は、2007 年のグリーンボンド初発行からの経過年数を示すカテゴリ変数(発行年が 2007 年の場合 0、発行年が 2008 年の場合 1、など)である。

3. Results

表 1 は、最終的なサンプルの記述統計量を示している。より正確な結果を得るために、外れ値からデータをクリーニングした。変数 データ規模を縮小するため、発行残高、最低課税額、負債負債比率を対数形式に変換した。

Table 1. Descriptive statistics of data.

Variables	N	mean	sd	min	max
Yield	3,852	2.75	1.92	0	25
Debt to EBITDA	3,852	26.38	211.6	0	5,74
Mod Duration	3,852	4.78	4.797	0.0025	68.09
ESG Rating	3,852	0.15	0.36	0	1
Credit rating	3,852	12.97	4.95	4	18
Green	3,852	0.12	0.32	0	1
Coupon	3,852	2.85	1.87	0	12.50
入札価格スプレ	3,852	3.146e+08	3.670e+08	86,66	3.000e+09
ッドの半値幅の	3,852	0.798	1.55	0	63
トネーブラー	3,852	460,95	2.251e+06	0.041	4.451e+07
Revenue Growth	3,851	11.43	8.74	1.51	100.00
Utilities_dummy	3,852	11.65	95.88	-94.28	2,34
GDP Growth	3,852	0.32	0.47	0	1
CPI	3,852	0.59	3.55	-10.82	25.18
Coupon type	3,852	1.31	0.96	-4.48	7.96
Coupon frequency	3,852	0.86	0.35	0	1
Fin_dummy	3,852	0.62	0.49	0	1
Industrials_dummy	3,852	0.37	0.48	0	1
gr_year	3,852	0.09	0.29	0	1
	3,852	9.82	3.17	0	13

最後の変数のセットを形成するために、相関分析が行われた。修正期間は、Tenor (0.8)との相関が高いため除外され、モデルに多重共線性の問題が生じる可能性がある(付録B)。分析は、サンプル全体と、英国、フランス、オランダなど個々の国のサンプルにおけるグリーン・プレミアムが存在を分析するものであり、これらの国は我々のデータセットにおけるGBとCBのサンプルが最も多いためである。表 2 は、最終的なモデルの仕様の結果を示している。異分散性を補正するために、ロバスト標準誤差を使用した。対象としたすべての変数は、少なくとも 10%の有意水準で有意である。モデルには多重共線性はなく、すべての分散インフレ係数(VIF)は2より小さい(付録C)。

Table 2. The results of model (1) estimation.

VARIABLES	(1) full Yield	(2) Britain Yield	(3) France Yield	(4) Netherlands Yield	(5) Germany Yield
Green	-0.0386**	0.0842	0.00181	0.0483	-0.0132
ESG Rating	-0.0396*	-0.114	-0.0540	0.0366	0.0443
Coupon	0.975***	1.022***	0.934***	0.928***	1.010***
Ln (Amount Outstanding)	0.0246*	0.0941**	-0.0255*	0.0171	-0.0548
Tenor	-0.0250***	-0.0409***	-0.0171***	-0.0302***	-0.00489
公益事業 財務事業 財務事業	-0.148***	-0.152	-0.0724*	-0.0586	-0.288
財務事業 財務事業 財務事業	-0.126***	-0.0875	-0.0435	0.00309	-0.239
財務事業 財務事業 財務事業	-0.0638	0.0379	0.0434	0.0112	-0.357
財務事業 財務事業 財務事業	-0.119**	-0.438	-0.0985	-0.0118	-1.263
財務事業 財務事業 財務事業	-0.000606	-0.0526	-0.0371	-0.168***	0.153
財務事業 財務事業 財務事業	0.00463**	0.00836	-0.000827	0.0130	-0.00188
財務事業 財務事業	-0.00199	0.0301**	0.0218	0.00651	0.0121
Bid-Ask Spread	0.0304***	0.107	0.0366***	0.0816	-0.123
Revenue Growth	-0.000120	-0.000928	0.000484	-0.000830	-0.00303
GDP Growth	0.00603**	0.0121	0.00691**	0.00386	0.0150

Gr_year is the categorical variable indicating the number of years elapsed since the first issue of green bonds in 2007 (0 if year of issue equals to 2007, 1 if year of issue equals to 2008, etc.).

3. Results

Table 1 presents the descriptive statistics of the final sample. To achieve more precise results, data were cleaned from outliers. Variables Amount outstanding, Min denomination and Debt to EBITDA ratio were transformed into logarithmic form in order to decrease the scale of data.

Table 1. Descriptive statistics of data.

Variables	N	mean	sd	min	max
Yield	3,852	2.75	1.92	0	25
Debt to EBITDA	3,852	26.38	211.6	0	5,74
Mod Duration	3,852	4.78	4.797	0.0025	68.09
ESG Rating	3,852	0.15	0.36	0	1
Credit rating	3,852	12.97	4.95	4	18
Green	3,852	0.12	0.32	0	1
Coupon	3,852	2.85	1.87	0	12.50
Amount Outstanding	3,852	3.146e+08	3.670e+08	86,66	3.000e+09
Bid-Ask Spread	3,852	0.798	1.55	0	63
Min Denomination	3,852	460,95	2.251e+06	0.041	4.451e+07
Tenor	3,851	11.43	8.74	1.51	100.00
Revenue Growth	3,852	11.65	95.88	-94.28	2,34
Utilities_dummy	3,852	0.32	0.47	0	1
GDP Growth	3,852	0.59	3.55	-10.82	25.18
CPI	3,852	1.31	0.96	-4.48	7.96
Coupon type	3,852	0.86	0.35	0	1
Coupon frequency	3,852	0.62	0.49	0	1
Fin_dummy	3,852	0.37	0.48	0	1
Industrials_dummy	3,852	0.09	0.29	0	1
gr_year	3,852	9.82	3.17	0	13

In order to form the final set of variables the correlation analysis was conducted. Modified Duration would be excluded due to high correlation with Tenor (0.8), which could cause multicollinearity problem in the model (Appendix B). The analysis is divided into two parts: an analysis of the presence of a green premium in the entire sample and in samples of individual countries, such as the UK, France and the Netherlands, since these countries have the largest samples of GB and CB in our dataset. Table 2 presents the results of the final specification of the models. In order to correct for heteroscedasticity robust standard errors were used. All variables included are significant on at least 10% significance level. There is no multicollinearity in models, all variance inflation factors (VIF) are less than 2 (Appendix C).

Table 2. The results of model (1) estimation.

VARIABLES	(1) full Yield	(2) Britain Yield	(3) France Yield	(4) Netherlands Yield	(5) Germany Yield
Green	-0.0386**	0.0842	0.00181	0.0483	-0.0132
ESG Rating	-0.0396*	-0.114	-0.0540	0.0366	0.0443
Coupon	0.975***	1.022***	0.934***	0.928***	1.010***
Ln (Amount Outstanding)	0.0246*	0.0941**	-0.0255*	0.0171	-0.0548
Tenor	-0.0250***	-0.0409***	-0.0171***	-0.0302***	-0.00489
Utilities_dummy	-0.148***	-0.152	-0.0724*	-0.0586	-0.288
Financial_dummy	-0.126***	-0.0875	-0.0435	0.00309	-0.239
Industrials_dummy	-0.0638	0.0379	0.0434	0.0112	-0.357
Coupon type	-0.119**	-0.438	-0.0985	-0.0118	-1.263
Coupon frequency	-0.000606	-0.0526	-0.0371	-0.168***	0.153
Credit rating	0.00463**	0.00836	-0.000827	0.0130	-0.00188
Ln (Min Denomination)	-0.00199	0.0301**	0.0218	0.00651	0.0121
Bid-Ask Spread	0.0304***	0.107	0.0366***	0.0816	-0.123
Revenue Growth	-0.000120	-0.000928	0.000484	-0.000830	-0.00303
GDP Growth	0.00603**	0.0121	0.00691**	0.00386	0.0150

CPI	-0.0239***	-0.0684**	-0.0454**	-0.00897	-0.120
Constant	-0.0179	-1.294	0.738**	0.0138	2.481
Observations	3,851	541	509	342	255
R-squared	0.893	0.859	0.961	0.965	0.682
Robust pval in parentheses *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1					

(1)F-testで有意なモデル、(2)説明変数が利回り分散の約60%を説明し、高い適合度を持つモデルの5つは全て適合度を持っている。

4. Discussion

4.1. 欧州グリーン市場全体

表 2 は、グリーンボンド・プレミアム・ダミー変数が 5%水準で有意であることを示している。したがって、欧州債券市場全体のグリーンボンドは、従来の債券と同じリスクに対してディスカウントで価格決定されていると推察される。グリーンボンドの大きさは4bps程度である(グリーンボンドは従来のボンドより価格がタイトである)。この結果は、[1, 8, 11, 13]のようなグリーンボンドの存在を確認するこのテーマに関する最も多くの研究の結論と一致する。他の論文でいうところのグリーンボンドの大きさ。例えば、[17]は、2013年から2017年の世界債流通市場において、2bpsのマイナスプレミアムを報告している。同様に、[16]は、中国のグリーンボンド市場において、対応する従来の債券よりも34bps低い利回り(クレジットスプレッド)を報告している。変数 ESG 格付けダミーも有意であるが、10%水準で有意である。グリーンボンドがESG格付けであれば、グリーンボンドは78bps程度に増加する。この結果は、ESG格付けのグリーンボンドは、格付けされていないグリーンボンドと比較して、より高いマイナスプレミアムを命令するという[7]の結果と一致する。また、公益産業と金融産業に属するダミーの係数も1%で有意である。つまり、公益事業者または金融事業者が発行する債券は、それぞれ 149bps または 125bps の高いグリーンボンドを要求することができる。この結果は、電力・電力セクターの企業発行体ほどグリーンボンドが顕著であるという[5]と整合的である。興味深いことに、我々の調査では、産業部門に属する企業のダミーは重要でないことがわかった。これは、産業部門の概念が広範で、グリーンボンドの大きさが大きく異なる多くのサブセクターを含んでいるという事実に説明できる。産業部門別のグリーンボンドについて、さらに詳細な分析が必要である。サブサイズが大きく、債券発行の格付けが低いほど、債券の利回りは高くなる。債券の流動性は利回りにプラスの影響を与え、ビッド・アスク・スプレッドが高いほど(ディスター・スプレッドは通常、取引量が多いことを示す)、利回りは高くなる。同様に、テナーやクーポンの種類など、他の「従来型」の債券特性を反映した他の変数も期待通りの符号を持つ。可変クーポンは不確実性を高め、その結果リスクも大きくなるため、この種の債券発行の方が利回りが高くなります。満期までの年数が長いほどリスクが高く、この債券のイールドスプレッドは高くなります。これらはすべて、伝統的な債券の証拠[14]を確認するものである。

しかし、変数Amount Outstanding(10%水準で有意)での符号は、当初の予想とは異なっている。発行済み債券の発行済み額が債券利回りに与える影響は、大企業の方が評判が良く、収益とキャッシュフローが安定しているため、債券市場で相当額の資金を借りる機会が多いため、マイナスであると仮定した。したがって、投資家は小規模な発行者と比較して、リスクが低く、利回りが低いと考える[8, 14]。逆に、表2において、Amount Outstandingの符号は正である。我々は、Amount Outstandingという変数は、債券の流動性のプロキシの1つとして考慮されるべきであると主張する。欧州委員会[4]による欧州市場の流動性の決定要因に関する調査では、ここ数年、欧州の社債市場の流動性が低下し、債券の回転率が急激に低下し、パイ・アンド・ホールド型の投資家(投資ファンド、保険会社など)の役割が高まっていることが示された。この設定では、債券の発行額が大きいとリスクが低く、パイ・アンド・ホールド投資家にとって魅力的であると扱われる。これは、大量に発行された銘柄の流動性が低下し、利回りが高くなる原因となります。

マクロ経済変数である消費者物価指数(CPI)、国内総生産の伸びはいずれも5%、1%で有意であった。GDP成長率変数の符号は正であり、当初の予想と矛盾する。欧州経済圏におけるGDPの伸びは、債券の需要を減らすことで(特に低金利の環境において)株式の需要を増加させると主張する。さらに、GDP成長率における正の符号は、[2]の知見によって支持される。

CPI	-0.0239***	-0.0684**	-0.0454**	-0.00897	-0.120
Constant	-0.0179	-1.294	0.738**	0.0138	2.481
Observations	3,851	541	509	342	255
R-squared	0.893	0.859	0.961	0.965	0.682
Robust pval in parentheses	*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				

All five models are with high goodness-of-fit: (1) models are significant by F-test and (2) explanatory variables explain no less than about 60% of the yield variance.

4. Discussion

4.1. Entire European green market

Table 2 demonstrated that the green bond premium dummy variable is significant at the 5% level. Therefore, we can infer that green bonds in entire European bond markets are priced at discount to the same risk as conventional bonds. The magnitude of greenium is around 4 bps (green bonds are priced tighter than conventional bonds). This finding match conclusions of the most studies on the topic which confirm the existence of greenium such as [1, 8, 11, 13]. The magnitude of greenium if closed to those in other papers. For instance, [17] reported a negative premium of 2bps in the world bond secondary market from 2013-2017. Similarly, [16] reported a lower yield (credit spread) of 34 bps than corresponding conventional bonds in the Chinese green bond market. The variable ESG rating dummy is also significant, however at a 10% level. It means that the greenium increases to around 78 bps if the green bond has the ESG rating. This finding coincides with that of [7] that the green bonds with ESG rating commanded a higher negative premium in comparison to unrated green bond issuances. Dummies belonging to the utility industry and financial industry are also significant at 1%. It means that bonds issued by utility or financial corporate can command higher greenium by 149 bps or 125 bps respectively. This result is consistent with [5] that the greenium is more pronounced for corporate issuers in the utility and power sectors. Interestingly, the dummy of companies belonging to the industrial sector turned out to be insignificant in our research. We explain this by the fact that the concept of the industrial sector is too broad and includes many subsectors for which the magnitude of the greenium is very different. An additional more granular analysis of the greenium by industrial subsectors is needed.

As expected, the size of the coupon and related variable of credit rating are significant at 1% and 5% respectively. The larger the coupon size and the lower the credit rating of the bond issue, the greater the yield of the bond. Bond liquidity has a positive effect on the yield; the higher the bid-ask spread (tighter spreads usually indicate a larger volume of trading) the higher the yield. Similarly, other variables which reflect other “conventional” bond characteristics such as tenor or coupon type have the expected signs. Variable coupon leads to greater uncertainty and as a result greater risk, so the yield is higher for this type of bond issue. The more years to maturity the issue has the riskier it is and the higher the yield spread of this bond. All of these confirm the traditional bond evidence [14].

However, the sign at the variable Amount Outstanding (significant at 10% level) is different from our initial expectations. We assumed that the influence of the amount outstanding on bond yield was negative because larger companies had more opportunities to borrow a substantial amount of money in the bond market due to their reputation and stable revenue and cash flows. Hence, investors consider them less risky and demanded lower yields in comparison to smaller issuers [8, 14]. Conversely, in Table 2 the sign at Amount Outstanding is positive. We argue that the variable Amount Outstanding should be considered as one of the proxies of liquidity of the bond. The research of the European Commission [4] on the Determinants of European market liquidity showed a reduction in liquidity in the European corporate bond market over the last few years with a sharp fall in bonds turnover and the rising role of buy-and-hold type investors (investment funds, insurance corporations, etc.). In this setting, larger bond issuances are treated as less risky and thus more attractive for buy-and-hold investors. This leads to lower liquidity and higher yield for issues with large amounts.

Both macroeconomic variables – Consumer Price Index (CPI) and the growth in Gross Domestic Product are significant at 5% and 1% respectively. The sign at the GDP growth variable is positive which contradicts our original expectations. We argue that GDP growth in the European economies increases demand for stocks by reducing demand for bonds (especially in a low-interest rate environment). Moreover, positive sign at GDP growth is supported by the

彼らは、GDP成長率の高い国の発行体は、債券利回りの上昇から利益を得ていると主張した。本論文は、投資家のリスクが低いために経済の利回りが低い先進国が常にGDP成長率が低く、その逆もまた然りであることから、マクロ経済理論によって支持されるものである。CPIの増加は債券利回りに負の影響を与える。これは、やはり当初の予想に反しています。しかし、CPIと社債利回りの間に逆依存性があるという証拠は、[11]の知見と一致する。中程度のインフレは企業の設備投資を促進する(CAPEX)。CAPEXの成長は、一方では消費と経済成長を促進するが、他方では、債券の支払いは魅力的でない。後者は結合収率を低下させる[11]。

4.2. 個人向け欧州グリーン市場

すべての個別債券市場において、グリーンアムの持続的な証拠は見いだせなかった。さらに、変数 ESG 格付けダミーは、すべての市場において有意でなかった。したがって、ESG格付けの存在は、ESGの利回りを決定する重要な要因ではありません。すべての市場において、クーポンの大きさが利回りの分散を最もよく説明している。変数における正の符号は、我々の予想と一致している。英国市場では、発行額は5%水準で有意であったが、その符号は我々の予想に反していた。流動性が低いことで説明しました。英国市場におけるその他の重要な利回りの決定要因は、債券のテナーとCPIであった(符号は我々の予想に反している、上記の説明を参照)。フランスでは、公益事業者が発行する債券の価格が他の債券よりもタイトであることがわかった。これは、電力セクターの企業が発行するグリーンボンドのグリーンアムの間接的な証拠となった。この市場における利回りのその他の重要な決定要因は、クーポンを除いて、(1)発行額、(2)テナー、(3)ビッド・アスク・スプレッド、(4)GDP成長率 (5)CPIである。興味深いことに、この定数は5%水準で有意である。これは、フランスのグリーンボンド市場の規制措置や、その他の債券の需給要因によるものと思われる。この問題については、さらなる研究が必要である。オランダとドイツの市場では、グリーンボンドの決定要因に関連するすべての変数が有意でなかった。Netherlands 市場において、クーポンを除くと、利回りの大きな要因は、(1)テナー、(2)クーポンの頻度、であった。興味深いことに、ドイツ市場では、クーポンの大きさだけが利回りの重要なドライバーであった。この結果は、このうち2つのソブリンにおける債券市場の流動性が低いことによって説明できる。これらの市場の機関投資家の多くは、バイ・アンド・ホールド戦略に従っている可能性が高い。本論文は、欧州委員会の研究成果[4]の支援を受けている。この問題についても、さらなる研究が必要である。

5. Conclusion

本論文は、欧州グリーンボンド市場におけるリスクプレミアムが存在と方向性を調査し、また、この市場におけるグリーンボンドの主な決定要因を明らかにすることを目的としたものである。このため、2007年から2020年までの欧州33カ国の従来型債券とグリーンボンドのサンプル3852本について回帰分析を行った。レビュー対象期間は、2007年の最初の発行以降の欧州におけるグリーンボンドの全期間を対象としている。分析の結果、欧州市場全体では約4パーセントポイントの統計的に有意なマイナスのグリーンプレミアムが存在し、英国、フランスのグリーンボンド市場では有意なグリーンリウムが存在しないことが分かった。ネザーランドとドイツ本研究の新規性は、主に欧州社債市場におけるグリーンアムの規模とその主な決定要因を分析したことにある。文献を分析した結果、ほとんどの論文で、世界の債券市場、米国市場、中国市場が研究対象市場として選ばれていることがわかった。逆に、欧米では、国債市場が中心であり、グリーン社債市場は、その傍観点にとどまっている。さらに、先行研究では2019年以前の期間を考慮していたが、分析期間を2007年から2021年まで延長した。

本研究の限界は、(1)サンプルに含まれる国の数が限られていること、(2)グリーンアムの値を推定する方法として線形回帰を選択したこと、(3)サンプルに含まれるグリーンボンドの数が限られていることである。特に、サンプルは社債のみに限定している。欧州各国のグリーンボンド市場に関する議論のある結果を考慮し、これらの市場におけるイールドドライバーのより詳細な分析を行う必要がある。欧州のグリーンボンド市場では、グリーンボンドの主要なドライバーであるため、規制や税制上の優遇措置にさらに焦点を当てる必要がある。さらに、欧州の個別債券市場に関する詳細な研究は、マッチング手法分析やイールドカーブ分析など、他の方法論を展開することができる。

finding of [2]. They argued that issuers from countries with higher GDP growth benefited from higher bond yields. This thesis is supported by macroeconomic theory as more developed countries with lower yields in the economy due to low risk for investors always demonstrate lower GDP growth and vice versa. Increase in CPI negatively affects bond yields. This is again contrary to our initial expectations. However, the evidence of inverse dependency between CPI and corporate bond yields coincides with the finding of [11]. Moderate inflation encourages companies' capital investments (CAPEX). The growth in CAPEX on the one hand drives consumption and economic growth, but, on the other hand, makes fixed income payments unattractive. The latter decreases bond yields [11].

4.2. Individual European green market

In all individual bond markets, we did not find sustainable evidence of greenium. Moreover, the variables ESG rating dummy were insignificant in all markets. Thus, the existence of ESG rating is not the key determinant of yield there. In all markets, the size of the coupon explained the most of variance in yields. The positive signs at the variables are in line with our expectations. In the UK market, the amount outstanding was significant at a 5% level however the sign was against our expectations. We explained that by low liquidity. Other significant determinants of yield in the UK market were bond tenor and CPI (the sign was against our expectations, see explanations above). In France, we found that bonds issued by utility companies were priced tighter than the other bonds. This served as indirect evidence of the greenium of green bonds issued by companies from the electric power sector. Other significant determinants of yields in this market except for the coupon are (1) amount outstanding; (2) tenor; (3) bid-ask spread; (4) GDP growth; and (5) CPI. Interestingly, the constant is significant at the 5% level. This may be due to regulatory measures of the green bond market in France or some other drivers of supply and demand for bonds. More research is needed on this issue. In Netherlands and German markets all variables related to determinants of green bonds were insignificant. In the Netherlands market except for coupon, there were the following significant drivers of yield: (1) tenor and (2) coupon frequency. Interestingly, in the German market, only the size of the coupon was the significant driver of yield. We explain our findings by the low liquidity of bond markets in two of these sovereigns. It is most likely that many of the institutional investors in these markets follow the buy-and-hold strategy. This thesis is supported by the outcome of the research of the European Commission [4]. More research is needed on this issue as well.

5. Conclusion

This paper aimed to investigate the presence and direction of the risk premium in the European green bond market, as well as to identify the main determinants of the greenium in this market. For this purpose, we conducted the regression analysis on the sample of 3852 both conventional and green bonds from 33 European countries for the period from 2007 to 2020. The period under review covers the entire period of existence of green bonds in Europe since the first issue in 2007. Analysis showed the existence of statistically significant negative green premium of around 4 basic points in the whole European market and the absence of significant greenium in the green bond markets of the UK, France, Netherlands and Germany. The novelty of our research lies primarily in the fact that we analyzed the size of the greenium and its main determinants in the European corporate bond market. An analysis of the literature showed that in most papers, global bond markets, US markets or Chinese markets were chosen as the market under study. Conversely, the markets of state and municipal bonds were mainly studied in Europe, while the markets of green corporate issuers remained on the sidelines. Additionally, we expanded the period of analysis to 2007-2021 while earlier studies considered the period before 2019.

Limitations of our study include (1) the limited number of countries included in the sample; (2) the choice of linear regression as a methodology for estimating the value of greenium; (3) the limited number of green bonds included in the sample. In particular, our sample was limited to corporate bonds only. Given the controversial result for green bond markets in individual European countries more detailed analysis of yield drivers in these markets should be performed. Additional focus should also be placed on regulatory and tax incentives in selected European green bond markets as a such stimulus may be key drivers of greenium there. Furthermore, in-depth studies of individual European bond markets can deploy other methodologies such as matching method analysis or yield curve analysis.

付録A. 評価尺度の変換

Fitch	Moody's	S&P	Category
AAA	Aaa	AAA	1
AA+	Aa1	AA+	2
AA	Aa2	AA	3
AA-	Aa3	AA-	4
A+	A1	A+	5
A	A2	A	6
A-	A3	A-	7
BBB+	Baa3	BBB+	8
BBB	Baa2	BBB	9
BBB-	Baa1	BBB-	10
BB+	Ba3	BB+	11
BB	Ba2	BB	12
BB-	Ba1	BB-	13
B+	B3	B+	14
B	B2	B	15
B-	B1	B-	16
CCC+	Caa3	CCC+	17
CCC	Caa2	CCC	18
WD	NR	NR	19

付録B. 相関行列

	ModDurMid	ESG Rating	Green	Coupon	Bid-Ask Spread	Tenor	RevenueGrowth	Energy_dummy	Utilities_dummy	Industrials_dummy	GDPGrowth	CPI	ln_minden	ln_amout	ln_finlev	Coupon type	Coupon frequency	Credit rating
ModDurMid	1.00	0.09	-0.02	-0.03	0.32	0.80	0.00	-0.02	0.13	-0.02	-0.09	0.02	-0.01	0.17	-0.02	0.08	0.10	-0.11
ESG Rating		1.00	-0.02	-0.05	0.00	0.09	0.02	-0.02	0.04	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03	0.24	-0.33	0.11	0.07	-0.31
Green			1.00	-0.04	-0.02	-0.03	-0.01	0.01	0.05	-0.01	-0.09	-0.04	0.10	0.03	0.01	-0.12	0.00	0.04
Coupon				1.00	0.10	0.14	0.00	0.14	-0.06	0.01	0.07	0.20	-0.01	-0.05	0.02	-0.04	-0.30	0.08
Bid-Ask Spread					1.00	0.38	0.05	0.12	0.07	0.02	-0.04	0.12	-0.03	-0.01	0.01	-0.03	-0.08	0.01
Tenor						1.00	0.00	0.01	0.24	-0.03	-0.04	0.07	0.00	0.16	-0.02	0.03	-0.07	-0.08
RevenueGrowth							1.00	0.03	0.00	-0.02	-0.04	-0.01	-0.05	0.01	0.02	0.00	-0.01	-0.02
Energy_dummy								1.00	-0.09	-0.04	-0.01	-0.03	-0.01	-0.10	0.00	0.00	-0.08	0.04
Utilities_dummy									1.00	-0.22	-0.05	0.01	0.00	0.15	-0.03	0.04	0.13	-0.08
Industrials_dummy										1.00	-0.01	-0.05	0.01	0.00	-0.02	0.05	0.02	0.00
GDPGrowth											1.00	0.21	-0.01	-0.08	-0.02	0.06	-0.06	-0.03
CPI												1.00	0.02	0.00	-0.01	-0.04	-0.17	-0.01
ln_minden													1.00	-0.01	0.01	0.04	0.01	-0.12
ln_amout														1.00	-0.20	0.17	0.05	-0.49
ln_finlev															1.00	-0.05	-0.04	0.23
Coupon type																1.00	0.16	-0.30
Coupon frequency																	1.00	-0.12
Credit rating																		1.00

付録 C. 分散インフレ係数(VIF)

Full		Britain		France		Netherlands		Germany	
Variable	VIF	Variable	VIF	Variable	VIF	Variable	VIF	Variable	VIF
Fin_dummy	1.84	Fin_dummy	2.21	Utilities_dummy	1.87	Utilities_dummy	1.80	Credit rating	3.26
Utilities_dummy	1.80	Utilities_dummy	2.06	Credit rating	1.68	Coupon	1.72	ESG Rating	2.57
Credit rating	1.65	Tenor	1.81	Fin_dummy	1.68	Coupon frequency	1.70	Fin_dummy	1.70
ln_amount	1.49	BidAskSpread	1.57	ln_amount	1.51	Fin_dummy	1.63	ln_amount	1.64
gr_year	1.32	ln_amount	1.49	ESG Rating	1.50	Tenor	1.61	Utilities_dummy	1.60
Tenor	1.32	industrials_dummy	1.45	gr_year	1.45	BidAskSpread	1.47	GDPGrowth	1.57

Appendix A. Transformation of Rating Scales

Fitch	Moody's	S&P	Category
AAA	Aaa	AAA	1
AA+	Aa1	AA+	2
AA	Aa2	AA	3
AA-	Aa3	AA-	4
A+	A1	A+	5
A	A2	A	6
A-	A3	A-	7
BBB+	Baa3	BBB+	8
BBB	Baa2	BBB	9
BBB-	Baa1	BBB-	10
BB+	Ba3	BB+	11
BB	Ba2	BB	12
BB-	Ba1	BB-	13
B+	B3	B+	14
B	B2	B	15
B-	B1	B-	16
CCC+	Caa3	CCC+	17
CCC	Caa2	CCC	18
WD	NR	NR	19

Appendix B. Correlation matrix

	ModDurMid	ESG Rating	Green	Coupon	Bid-Ask Spread	Tenor	RevenueGrowth	Energy_dummy	Utilities_dummy	Industrials_dummy	GDPGrowth	CPI	ln_minden	ln_amout	ln_finlev	Coupon type	Coupon frequency	Credit rating
ModDurMid	1,00	0,09	-0,02	-0,03	0,32	0,80	0,00	-0,02	0,13	-0,02	-0,09	0,02	-0,01	0,17	-0,02	0,08	0,10	-0,11
ESG Rating		1,00	-0,02	-0,05	0,00	0,09	0,02	-0,02	0,04	-0,01	-0,01	-0,01	-0,03	0,24	-0,33	0,11	0,07	-0,31
Green			1,00	-0,04	-0,02	-0,03	-0,01	0,01	0,05	-0,01	-0,09	-0,04	0,10	0,03	0,01	-0,12	0,00	0,04
Coupon				1,00	0,10	0,14	0,00	0,14	-0,06	0,01	0,07	0,20	-0,01	-0,05	0,02	-0,04	-0,30	0,08
Bid-Ask Spread					1,00	0,38	0,05	0,12	0,07	0,02	-0,04	0,12	-0,03	-0,01	0,01	-0,03	-0,08	0,01
Tenor						1,00	0,00	0,01	0,24	-0,03	-0,04	0,07	0,00	0,16	-0,02	0,03	-0,07	-0,08
RevenueGrowth							1,00	0,03	0,00	-0,02	-0,04	-0,01	-0,05	0,01	0,02	0,00	-0,01	-0,02
Energy_dummy								1,00	-0,09	-0,04	-0,01	-0,03	-0,01	-0,10	0,00	0,00	-0,08	0,04
Utilities_dummy									1,00	-0,22	-0,05	0,01	0,00	0,15	-0,03	0,04	0,13	-0,08
Industrials_dummy										1,00	-0,01	-0,05	0,01	0,00	-0,02	0,05	0,02	0,00
GDPGrowth											1,00	0,21	-0,01	-0,08	-0,02	0,06	-0,06	-0,03
CPI												1,00	0,02	0,00	-0,01	-0,04	-0,17	-0,01
ln_minden													1,00	-0,01	0,01	0,04	0,01	-0,12
ln_amout														1,00	-0,20	0,17	0,05	-0,49
ln_finlev															1,00	-0,05	-0,04	0,23
Coupon type																1,00	0,16	-0,30
Coupon frequency																	1,00	-0,12
Credit rating																		1,00

Appendix C. Variance inflation factors (VIF)

Full		Britain		France		Netherlands		Germany	
Variable	VIF	Variable	VIF	Variable	VIF	Variable	VIF	Variable	VIF
Fin_dummy	1.84	Fin_dummy	2.21	Utilities_dummy	1.87	Utilities_dummy	1.80	Credit rating	3.26
Utilities_dummy	1.80	Utilities_dummy	2.06	Credit rating	1.68	Coupon	1.72	ESG Rating	2.57
Credit rating	1.65	Tenor	1.81	Fin_dummy	1.68	Coupon frequency	1.70	Fin_dummy	1.70
ln amount	1.49	BidAskSpread	1.57	ln amount	1.51	Fin_dummy	1.63	ln amount	1.64
gr_year	1.32	ln_amount	1.49	ESG Rating	1.50	Tenor	1.61	Utilities_dummy	1.60
Tenor	1.32	industrials_dummy	1.45	gr_year	1.45	BidAskSpread	1.47	GDPGrowth	1.57

industrials_dummy	1.32	gr_year	1.37	収益の伸び	1.44	gr_year	1.38	gr_year	1.57
BidAskSpread	1.21	CPI	1.26	Coupon	1.37	ln_amount	1.25	Tenor	1.51
GDPGrowth	1.19	Credit rating	1.26	industrials_dummy	1.32	Credit rating	1.25	BidAskSpread	1.48
Coupon frequency	1.18	Coupon frequency	1.22	Tenor	1.30	Green Dummy	1.15	Coupon	1.30
Coupon	1.17	GDPGrowth	1.21	BidAskSpread	1.25	industrials_dummy	1.14	ln_minden	1.30
Coupon type	1.15	ESG Rating	1.20	Coupon frequency	1.25	GDPGrowth	1.13	Coupon type	1.29
CPI	1.14	Coupon	1.20	GDPGrowth	1.22	CPI	1.13	industrials_dummy	1.29
ESG Rating	1.14	ln_minden	1.17	Coupon type	1.21	Revenue growth	1.12	CPI	1.26
Green Dummy	1.08	Revenue growth	1.08	ln_minden	1.17	ESG Rating	1.11	Coupon frequency	1.21
ln_minden	1.05	Coupon type	1.07	CPI	1.13	Coupon type	1.10	Revenue growth	1.16
Revenue growth	1.01	Green Dummy	1.06	Green Dummy	1.08	ln_minden	1.08	Green Dummy	1.16
Mean VIF	1.30		1.39		1.38		1.34		1.58

References

- [1] バチレット、マリア・ジュア、レオナルド・ベチエッティ、ステファノ・マルヘドニア。(2019) "グリーンボンド・プレミアム・パズル:発行体の特性と第三者検証の役割"サステナビリティ 11.4: 1098.
- [2] カヴァロ、エドゥアルドA、パトリシオ・ヴァレンズエラ。(2010) "新興国における企業リスクの決定要因:オプション調整後スプレッド分析".国際金融経済学ジャーナル 15.1: 59-74.
- [3] CBI レポート。持続可能な債務の世界状態。(2022) (https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_global_sotm_2021_02h_0.pdf) [4] 欧州委員会(EC).(2017b) 「欧州連合における社債市場の流動性のドライバー」、doi:10.2874/499825; ISBN 978-9279-59845-6 欧州グリーンボンド報告書)[5] Gianfrate, G., Peri, M.(2019) "グリーン・アドバンテージ。グリーンボンドの発行の利便性を探る"クリーナー生産誌, 219: 127-135 [6] 現代、S.、パーク、D.、ティアン、S.(2021) "グリーン・ラベリングのプライシング:ラベル付きグリーンボンドとラベルなしグリーンボンドの比較".ファイナンス・リサーチ・レターズ 41:101816 [7] インメル、M.、ハチエンバーグ、B.、キーゼル、F.、&シエック、D.(2021) "グリーンボンド:グリーンとブラウンのシェード"資産運用ジャーナル 22(2): 96-109. [8] イヴァシコフスキー、イリーナ、アンナ・ミカイロワ。(2020) "投資家はグリーンボンドにイールドプレミアムを支払うか?企業金融研究ジャーナル 14.2: 7-21. [9] ラルカー、デビッド・F.、エドワード・M.ワッツ (2020) "グリーンウムはどこにあるのか?"会計と経済学のジャーナル 69.2-3: 101312. [10] MacAskil, S., Roca, E., Liu, B., Stewart, R.A., Sahin, O., (2021) "グリーンボンド市場にはグリーンプレミアムがあるのか?プレミアム決定要因を明らかにする体系的な文献レビュー".クリーナー生産誌, 20.2: 124491 [11] Nanyakkara, Madurika, and Sisira Colombage.(2019) "グリーンボンド市場の投資家はプレミアムを支払うか?グローバル・エビデンス".応用経済学 51.40: 4425-4437. [12] パルトリド、カンダセ、フランチェスカ・ロマーナ・メダ。(2020) "グリーン・地方債の価格パフォーマンスの変遷".持続可能な金融&投資のジャーナル 10.1: 44-64. [13] Preclaw, Ryan, and Anthony Bakshi.(2015) "緑であることのコスト"報告書、パークレイズ・クレジット・リサーチ"[14] 沈、嘉青、鄭雪安、鄭新安。(2021) "持続可能性のための資金調達。グリーンボンドプレミアムと発行者の異質性に関する実証分析".自然災害 107.3: 2641-2651. [15] グローバルリスクレポート2022(https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf)[16] Wang, Q., Zhou, Y., Luo, L., Ji, J..(2019) "中国グリーンボンド発行のリスクプレミアムに影響を与える要因に関する研究"サステナビリティ 11.22: 6394. [17] Zerbib, Olivier David. (2019) "親環境的選好が債券価格に与える影響。グリーンボンドからのエビデンス".バンキング&ファイナンスジャーナル 98: 39-60.

industrials_dummy	1.32	gr_year	1.37	Revenue growth	1.44	gr_year	1.38	gr_year	1.57
BidAskSpread	1.21	CPI	1.26	Coupon	1.37	ln_amount	1.25	Tenor	1.51
GDPGrowth	1.19	Credit rating	1.26	industrials_dummy	1.32	Credit rating	1.25	BidAskSpread	1.48
Coupon frequency	1.18	Coupon frequency	1.22	Tenor	1.30	Green Dummy	1.15	Coupon	1.30
Coupon	1.17	GDPGrowth	1.21	BidAskSpread	1.25	industrials_dummy	1.14	ln_minden	1.30
Coupon type	1.15	ESG Rating	1.20	Coupon frequency	1.25	GDPGrowth	1.13	Coupon type	1.29
CPI	1.14	Coupon	1.20	GDPGrowth	1.22	CPI	1.13	industrials_dummy	1.29
ESG Rating	1.14	ln_minden	1.17	Coupon type	1.21	Revenue growth	1.12	CPI	1.26
Green Dummy	1.08	Revenue growth	1.08	ln_minden	1.17	ESG Rating	1.11	Coupon frequency	1.21
ln_minden	1.05	Coupon type	1.07	CPI	1.13	Coupon type	1.10	Revenue growth	1.16
Revenue growth	1.01	Green Dummy	1.06	Green Dummy	1.08	ln_minden	1.08	Green Dummy	1.16
Mean VIF	1.30		1.39		1.38		1.34		1.58

References

- [1] Bachelet, Maria Jua, Leonardo Becchetti, and Stefano Manfredonia. (2019) “The green bonds premium puzzle: The role of issuer characteristics and third-party verification.” *Sustainability* **11.4**: 1098.
- [2] Cavallo, Eduardo A., and Patricio Valenzuela. (2010) “The determinants of corporate risk in emerging markets: an option-adjusted spread analysis.” *International Journal of Finance & Economics* **15.1**: 59-74.
- [3] CBI report: Sustainable Debt Global State of the Market. (2022) (https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_global_sotm_2021_02h_0.pdf)
- [4] European Commission (EC). (2017b) “Drivers of corporate bond market liquidity in the European Union”, doi:10.2874/499825; ISBN 978-92-79-59845-6 European green bonds Report)
- [5] Gianfrate, G., Peri, M. (2019) “The green advantage: Exploring the convenience of issuing green bonds.” *Journal of Cleaner Production*, **219**: 127–135
- [6] Hyun, S., Park, D., Tian, S. (2021) “Pricing of green labeling: a comparison of labeled and unlabeled green bonds.” *Finance Research Letters* **41**:101816
- [7] Immel, M., Hachenberg, B., Kiesel, F., & Schiereck, D. (2021) ”Green bonds: shades of green and brown.” *Journal of Asset Management* **22(2)**: 96-109.
- [8] Ivashkovskaya, Irina, and Anna Mikhaylova. (2020) “Do Investors Pay Yield Premiums on Green Bonds?” *Journal of Corporate Finance Research* **14.2**: 7-21.
- [9] Larcker, David F., and Edward M. Watts. (2020) “Where's the greenium?” *Journal of Accounting and Economics* **69.2-3**: 101312.
- [10] MacAskill, S., Roca, E., Liu, B., Stewart, R.A., Sahin, O., (2021) “Is there a green premium in the green bond market? Systematic literature review revealing premium determinants.” *Journal of Cleaner Production*, **280.2**: 124491
- [11] Nanayakkara, Madurika, and Sisira Colombage. (2019) “Do investors in green bond market pay a premium? Global evidence.” *Applied Economics* **51.40**: 4425-4437.
- [12] Partridge, Candace, and Francesca Romana Medda. (2020) “The evolution of pricing performance of green municipal bonds.” *Journal of Sustainable Finance & Investment* **10.1**: 44-64.
- [13] Preclaw, Ryan, and Anthony Bakshi. (2015) “The cost of being green. Report, Barclays Credit Research.”
- [14] Sheng, Qiaoyan, Xuan Zheng, and Nian Zhong. (2021) “Financing for sustainability: Empirical analysis of green bond premium and issuer heterogeneity.” *Natural Hazards* **107.3**: 2641-2651.
- [15] The Global Risks Report 2022 (https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2022.pdf)
- [16] Wang, Q., Zhou, Y., Luo, L., Ji, J. (2019) “Research on the factors affecting the risk premium of China’s green bond issuance.” *Sustainability* **11.22**: 6394.
- [17] Zerbib, Olivier David. (2019) “The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds.” *Journal of Banking & Finance* **98**: 39-60.