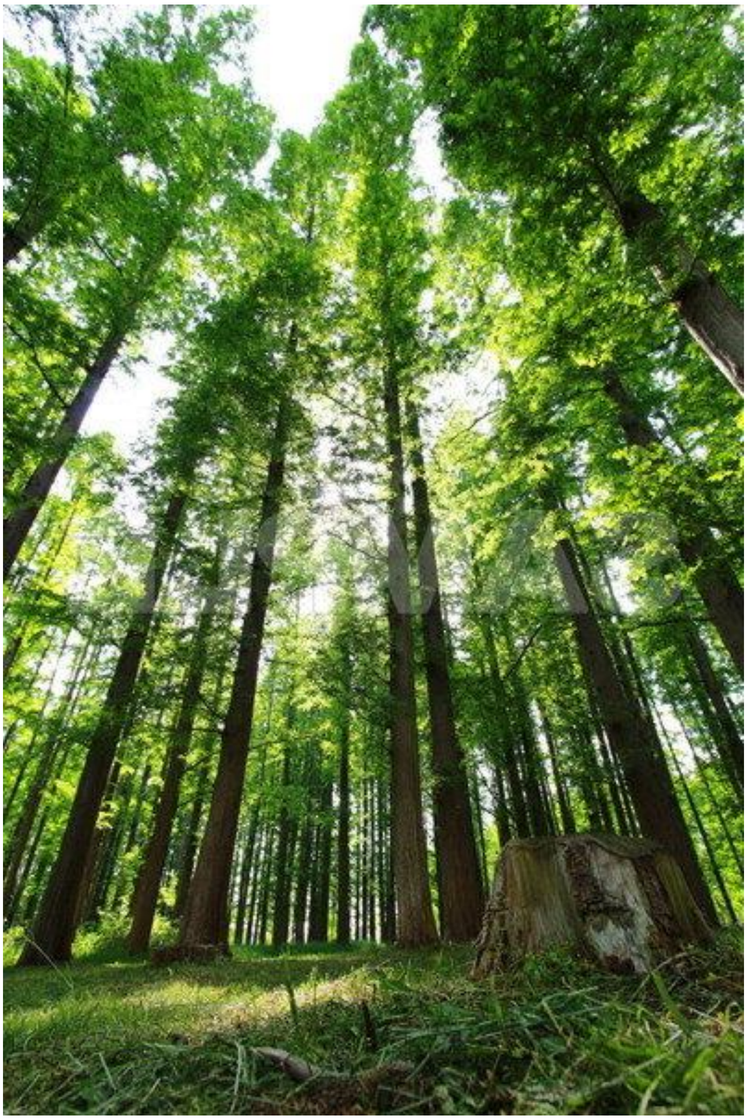


東京都発行グリーンボンドがもたらす環境への影響

「グリーンボンドの資金使途とその環境への影響（インパクト）の検証」
研究プロジェクト　成果報告書

東京都立大学大学院　経営学研究科

2023.7.31

目次

1. 本プロジェクトについて 2
1.1. 本プロジェクトの目的と背景 2
1.2. 本プロジェクトの内容 3
1.3. 本プロジェクトの成果 4
2. 世界の自治体における GB 発行状況 5
2.1. 世界各都市（各国）における GB 発行状況 5
2.2. 東京都と世界各都市の GB の比較 10
2.3. 世界各都市（各国）における GB 報告書の構成 14
2.4. 投資家における反応 17
2.5. 小括 17
3. 東京都発行 GB に関する分析 18
3.1. 今回の分析における枠組み 18
3.2. 対象とする GB 18
3.3. 温室効果ガス削減量への影響分析 19
3.4. 温室効果ガス以外の要素に関する影響の分析 23
3.5. 小括 35
4. 東京都 GB の環境への影響 – 海外都市との比較 36
4.1. 分析の枠組み 36
4.2. 比較対象とする GB 36
4.3. 温室効果ガス削減量および費用対効果の分析 37
4.4. 小括 42
5. 東京都 GB に対する評価 43
5.1. 東京都 GB 評価の結果 43
5.2. 今後の発行に向けて、比較評価から得られる示唆 44
6. 総括 46

1.　本プロジェクトについて

1.1.　本プロジェクトの目的と背景

ESG 投資の隆盛に伴い、債券分野においてその代表的な手法の一つであるグリーンボンドの発行・流通も大きく広がりを見せている。然るに、グリーンボンドにより集められた資金が、当初目論んだ資金使途に向けて適正に使用され、かつ期待した環境への影響を挙げ得ているのかというモニタリングの実績は未だ乏しく、異なるボンド間における環境への影響の比較なども殆ど行われていない。

東京都はグリーンボンドについて先進的に取り組んできた自治体であり、他自治体に先駆けて 2017 年より GB の発行を行っている。発行している GB は、国際資本市場協会（International Capital Market Association）が公表するグリーンボンド原則 2021（Green Bond Principles 2021）（以下「グリーンボンド原則」という。）に適合した債券として発行されており、必要な情報の公開も進んでいる。従って、上記のようなモニタリングおよび比較には適していると思われ、本研究において重要なケーススタディとして採り上げ、環境への影響を検証することとしたい。東京都におけるグリーンボンドへの取組の成果を定量的に検証し、類似する他の債券との比較により特色の指摘や今後の取組への必要な提言を行うことが本研究の目的である。

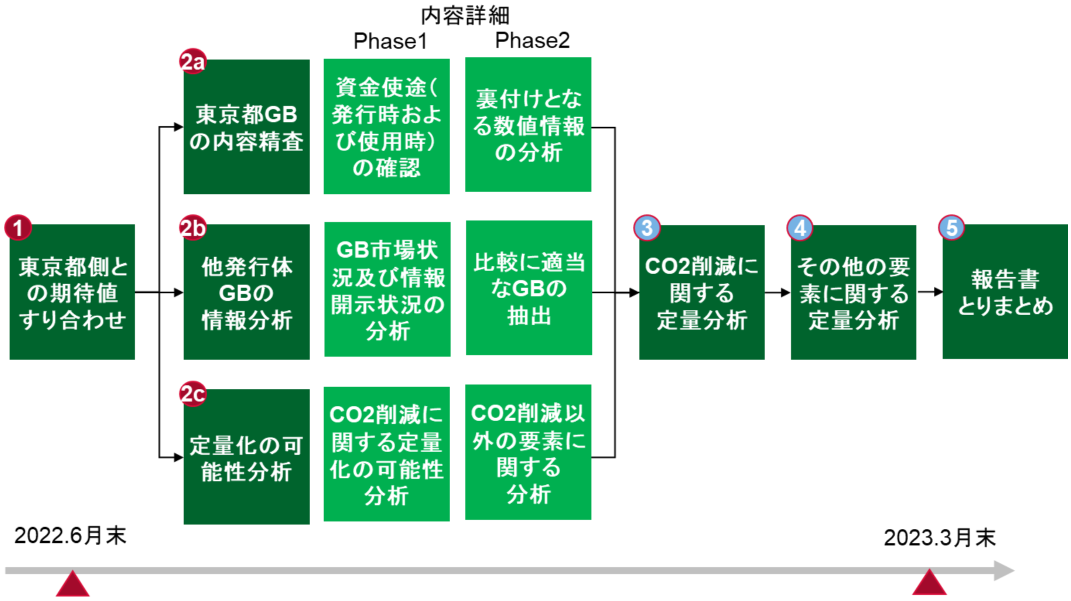
発行体である東京都からは、令和 2 年度において発行したグリーンボンドを対象に、環境に与える影響の定量的な分析を行ってほしいとの要請を受けた。そのためには、同種のグリーンボンドに関するある程度の情報収集および東京都発行グリーンボンドとの比較が必要となる。比較対象が必ずしも定量化に耐える情報を公開しているとは限らない。このため、広くグリーンボンドの発行状況を見たうえで、比較対象としてパリ市が発行した環境債を選定し、その報告書を一つのベストプラクティスとして、東京都の取組との比較検討を行うこととした。その他、部分的にではあるが、他の幾つかの債券との部分的な比較も追加している。

グリーンボンドが環境に与える影響に関しては、非常に数値化が難しいといった報告もあるため、優先順位をつけて段階的に取り組みを行った。具体的には、まずパリ市と同様に、CO2 削減状況にフォーカスした定量分析を行うこととした。ただし、 CO2 削減状況に還元できないようなグリーンボンドの資金使途に関しても、何らかの形で定量化できないかという検討を試みている。

1.2.　本プロジェクトの内容

プロジェクトの具体的な内容については以下の通りである。

図 1-1　本プロジェクトの具体的な内容

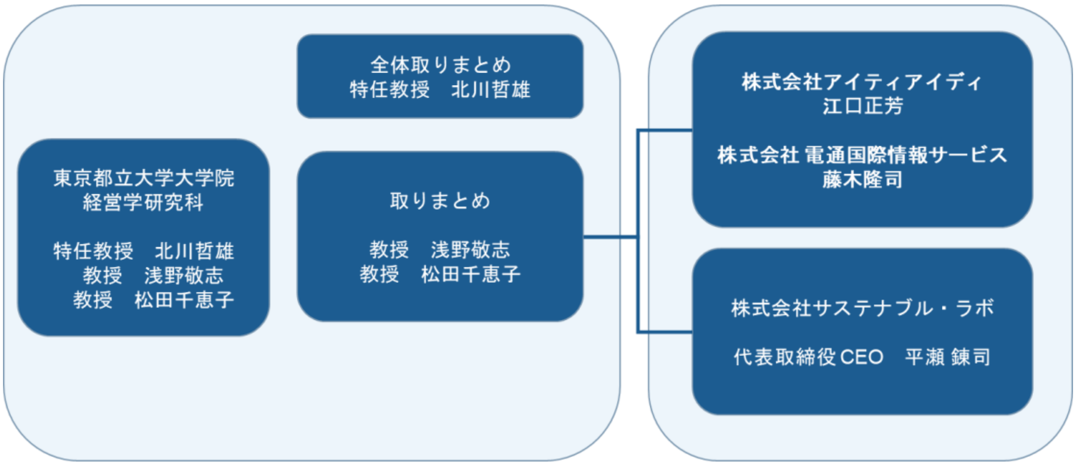


まず、東京都から要請のあった令和 2 年度において発行したグリーンボンドを対象に、その内容を精査する。発行時の資金使途の予定と、実際にどのように使われたかを突合し、乖離の有無や程度について定量的に検証する。次に、その内容について、他発行体との比較分析を行う。主たる比較対象としては、前述の通りパリ市の環境債を用いる。その他の大都市が発行している GB は数も少ないうえに資金使途も限られ、情報開示にも乏しいため比較検討するのは難しいが、一部についての分析を試みている。

さらに、GB の発行と資金の使用が、実際に環境に好影響を与えているかどうかを定量的に検証する。具体的には、最も影響の大きい CO2 削減量について優先して定量化を試み、その後、それ以外の要素について定量化が可能かどうかを検討する。

なお、本研究は以下のような体制によって取り進められている（敬称略。名称、肩書等についてはプロジェクト開始時点のもの）

図 1-2 研究推進体制



1.3. 本プロジェクトの成果

詳細は第 2 章以降に譲るが、本プロジェクトの主な成果としては、以下の点が明らかになったことが挙げられる。東京都の発行した GB の詳細の整理、他都市が発行した債券との比較、環境についての影響の定量化のいずれに関しても成果を挙げ得たと思料される。

＜本研究の主な成果＞

- グリーンボンド充当事業により、26,509t-CO2 の温室効果ガス削減・吸収に貢献。
- 事業別の温室効果ガス削減効果の内訳を見ると、上下水道施設の省エネ化事業による効果が大きい。
- 事業カテゴリ別では、省エネ事業における温室効果ガス削減効果が大きい。
- 東京はパリと比べて発電に係る排出係数が大きいため、再生可能エネルギー導入事業や省エネ事業による温室効果ガス削減効果を得やすく、東京グリーンボンドの方が費用対効果が 1.9 倍高い。
- グリーンボンド充当事業は、水害軽減、生態系環境改善、雇用創出、観光客誘致など、環境・社会面、経済面での影響も大きい。

以下、具体的な研究内容について述べる。

2.　世界の自治体における GB 発行状況

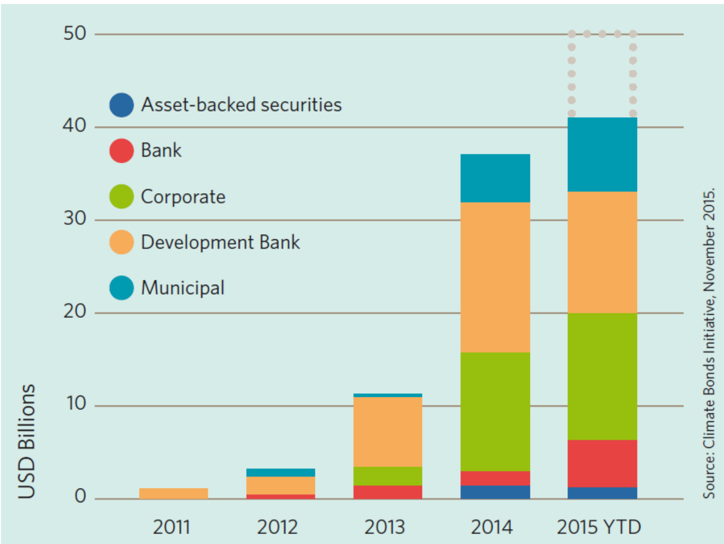
2.1.　世界各都市（各国）における GB 発行状況

グリーンボンドとは、企業や地方自治体等の発行体が、国内外の適格なグリーンプロジェクトに要する資金を調達するために発行する債券であり、具体的には、①調達資金又はその相当額が適格なグリーンプロジェクトにのみ充当され、②調達資金が確実に追跡管理され、③それらについて発行後のレポーティングを通じ透明性が確保された債券である。（グリーンボンドおよびサステナビリティ・リンク・ボンドガイドラインより）

CBI のガイドラインによると、グリーンプロジェクトの種類は以下の通り豊富にあり、温室効果ガス削減は、3) Industrial efficiency と 6) clean energy/energy storage のカテゴリーに含まれる。また、図 2-1 に示す通り、世界のグリーンボンド市場規模は年々成長している。（HOW TO ISSUE A GREEN CITY BOND THE GREEN CITY BONDS OVERVIEW より）

1)　Green buildings, Green Infrastructure
2)　Clean Transportation
3)　Industry Efficiency
4)　Agriculture, Bioenergy forestry
5)　Clean water and unities storm adaptation
6)　Clean energy/ energy storage
7)　Waste management methane reduction

図 2-1　グリーンボンド市場規模の推移



国別のグリーンボンド累計発行金額を見ると、金額が最も多い国はアメリカ合衆国であり、日本は世界で第 10 位である。

表 2-1 国別のグリーンボンド発行金額 上位 10 か国

GB 発行国	GB 累計発行金額 (10 億 USD)
アメリカ合衆国	334.0
中国	250.0
ドイツ	189.9
フランス	189.7
オランダ	97.17
スウェーデン	65.5
スペイン	63.0
イギリス	53.3
カナダ	48.2
日本	44.5

出典：Climate Bonds Initiative (2022)

また、International Capital Market Association (ICMA)のデータベースに記録されているグリーンボンド発行件数を集計した結果、地方自治体により発行されたグリーンボンド数が最も多い国はアメリカ合衆国であり、日本は世界で第 3 位である。

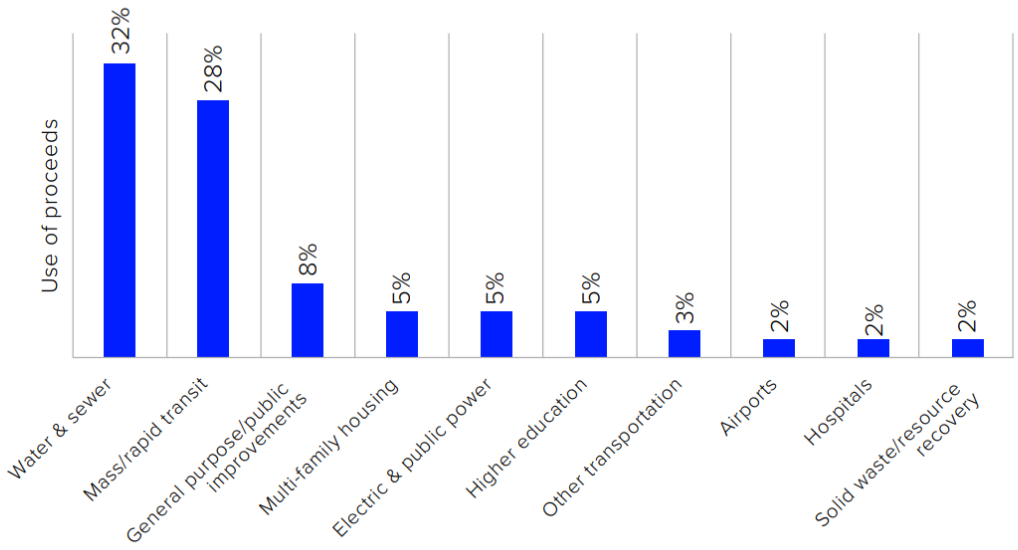
表 2-2 世界の地方自治体が発行するグリーンボンド数

発行自治体が属する国	地方自治体が 発行する GB 数
アメリカ合衆国	23
スウェーデン	6
日本	5
カナダ	3
ドイツ	3
フランス	3
香港	1
アイスランド	1
ノルウェー	1
南アフリカ共和国	1
ニュージーランド	1
スイス	1
アルゼンチン	1
メキシコ	1
合計	**51**

●アメリカ合衆国のグリーンボンド発行状況

アメリカ合衆国では、主に水処理、交通、インフラ整備をテーマとするグリーンボンドが多く、この３種で全体の 68%を占める。

図 2-2 アメリカ合衆国のグリーンボンド資金使途の割合 上位 10 位



Source: Refinitiv. Note – Percentages are calculated using Refinitiv's ESG data as of 7/15/2021. Each green bond's original par issue amount is aggregated for each use of proceed and sector, to find its respective percentage share.

出典：IS THE MUNICIPAL MARKET POINTING GREEN? A Refinitiv Whitepaper on ESG bonds in the US Municipal Bond Market October 2021

以下に、2 つの事例を記載する。

・New York Metropolitan Transport Authority (MTA)の事例
https://www.climatebonds.net/certification/new-york-mta

New York Metropolitan Transport Authority (MTA)は、ニューヨーク大都市圏の統一公共大量輸送システムの開発と実装を担当している。西半球最大の地方公共交通機関であり、ニューヨーク州とコネチカット州の 5,000 平方マイル (13,000 km²) に広がる約 1,460 万人の地域にサービスを提供している。これには、通勤鉄道ルート、地下鉄ルート、高速輸送、バス ルートが含まれる。

MTA は 2016 年 2 月に最初の Climate Bonds Certified Bond を発行した。2010 年から 2014 年の資本計画の一環として発行する適格資産は 110 億米ドルを超えている。債券の売却による収入は、MTA の電化鉄道資産とそれを支えるインフラストラクチャへの資本投資に割り当てられる。

現在までに 11 件の債券、合計 67 億 2,200 万米ドルが認定されており、Climate Bonds セクター基準は、低炭素輸送に分類される。ただし、グリーンボンドによる影響に関する情報（温室効果ガス削減効果など）は公開されていない。

Name of bond	Data of issue	Size
Transportation Revenue Green Bonds, Series 2016A	2016.Feb	$782M
Dedicated Tax Fund Green Bond, Series 2016B	2016.May	$588M
Dedicated Tax Fund Green Bond, Series 2017A	2017.Feb	$312M
Transportation Revenue Green Bonds, Series 2017A	2017.Mar	$325.5M
Dedicated Tax Fund Green Bond, Series 2017B	2017.May	$680M
Transportation Revenue Refunding Green Bonds, Series 2017B	2017.Sep	$662M
Transportation Revenue Refunding Green Bonds, Series 2017C	2017.Dec	$2.02B
Transportation Revenue Refunding Green Bonds, Series 2018B	2018.Aug	$207M
Transportation Revenue Green Bonds, Series 2019A	2019.Feb	$454.15M
Transportation Revenue Green Bonds, Series 2019B	2019.May	$177.185M
Transportation Revenue Green Bonds, Series 2019C	2019.Aug	$422.43M

・New York State Housing Finance Agency (HFA)の事例

https://www.climatebonds.net/certification/new-york-state-housing-finance-agency

New York State Housing Financing Agency (HFA)は、非営利および営利目的の開発者に、ニューヨーク州全体の家族向けに手頃な価格の賃貸住宅を新しく建設し、既存の住宅を維持するための融資を提供している。

HFA は、グリーンボンドの収益で資金調達された住宅プロジェクトが、ENERGYSTAR の特定のエネルギー効率基準を満たしているか、それを上回っているため、Climate Bond Initiative の基準の下で「低炭素建築物」としての資格を得ると予想している。

このプログラムの最初の債券は、ニューヨーク州知事のクオモによって発表され、プログラムのエネルギー効率目標を強調した。

DATE OF ISDSUE	NAME OF BOND	SIZE	MATURITY
2016/12/1	Affordable Housing Revenue Bonds2016 SERIES H	USD 45.1m	many tranches, up to 33 years
2017/1/1	Affordable Housing Revenue Bonds2017 SERIES A	USD 53.995	many tranches, up to 32 years
2017/3/1	Affordable Housing Revenue Bonds2017 SERIES D	USD 56.2m	many tranches, up to 32 years
2017/6/1	Affordable Housing Revenue Bonds2017 SERIES H	USD 78.4m	many tranches, up to 32 years
2017/9/1	Affordable Housing Revenue Bonds2017 SERIES J	USD 40.9m	many tranches, up to 33 years
2017/11/1	Affordable Housing Revenue Bonds2017 SERIES K	USD 115m	many tranches, up to 33 years
2018/4/1	Affordable Housing Revenue Bonds2018 SERIES B	USD 68.9m	many tranches, up to 33 years
2018/5/1	Affordable Housing Revenue Bonds2018 Series D	USD 99m	many tranches, up to 33 years
2018/6/1	Affordable Housing Revenue Bonds2018 Series F	USD 117m	many tranches, up to 35 years
2018/10/1	Affordable Housing Revenue Bonds2018 Series H	USD 136m	many tranches, up to 33 years
2018/12/1	Affordable Housing Revenue Bonds2018 Series I	USD 188m	many tranches, up to 35 years
2019/3/1	Affordable Housing Revenue Bonds2019 Series D	USD 125.4m	many tranches, up to 33 years
2019/6/1	Affordable Housing Revenue Bonds2019 Series H	USD 49.25m	many tranches, up to 33 years
2019/7/1	Affordable Housing Revenue Bonds2019 Series L	USD 9.6m	up to 4 years
2019/10/1	Affordable Housing Revenue Bonds2019 Series N	USD 87.3m	up to 12 years
2019/12/1	Affordable Housing Revenue Bonds2019 Series P	USD 387.76m	up to 12 years
2019/12/1	Affordable Housing Revenue Bonds2019 Series R	USD 5.995m	5 years
2020/3/1	Affordable Housing Revenue Bonds2020 Series A	USD 121.96m	2 and 4 years
2020/7/1	Affordable Housing Revenue Bonds2020 Series E	USD 164.1m	12 years
2020/10/1	Affordable Housing Revenue Bonds2020 Series J	USD 138.46m	12 years
2020/12/1	Affordable Housing Revenue Bonds2020 Series L	USD 311.81m	up to 34 years
2021/3/1	Affordable Housing Revenue Bonds2021 Series A	USD 26.385m	up to 12 years

●欧州のグリーンボンド発行状況

https://capitalmonitor.ai/sdgs/sdg-11-sustainable-cities-and-communities/sustainable-bonds-europes-municipals-green-money/

欧州の地方自治体はサステナブルボンド市場の一部を担っているが、その影響は未だ小さい。キャピタルモニターが実施した分析によると、2019 年初頭から 2022 年第 1 四半期末までに欧州で発行されたサステナブルボンドの総額は 74 億ドルであるが、地方自治体発行のサステナブルボンドは、そのわずか 0.8%にすぎないとのことである。

・Societe du Grand Paris の事例
https://www.climatebonds.net/certification/societe-du-grand-paris

Societe du Grand Paris は、2010 年にフランス政府によって設立された組織であり、「Grand Paris Express」輸送ネットワークを構築し提供する。これは、パリ周辺の地域 Île-de-France の既存の地下鉄および通勤鉄道ネットワークに対する重要かつ広範な拡張である。

グリーンボンドからの収益は、新しい路線の建設と路線延長に使用される。これは、Île-de-France 地域の既存路線 400 km を補完する、約 200km の新しい地下鉄路線である。この計画には、68 の地下鉄駅と 7 つのサポートテクニカルセンターも含まれている。

このネットワークは完全に電動で、非常に多くの乗客が利用できるため、このネットワークは Climate Bonds Standard Low Carbon Transport Criteria に準拠している。

Name of bond	Data of Issue	Bond size	Tenor
Green EMTN	2018.Oct	$2.01B	10years
Green EMTN	2018.Nov	$22.8M	50years
Green EMTN	2019.Feb	$57.3M	50years
Green EMTN	2019.Mar	$2.27B	15years
Green EMTN	2019.Mar	$56.8M	51years
Green EMTN	2019.Apr	$62M	50years
Green EMTN	2019.Apr	$79M	47years
Green EMTN	2019.May	$2.75B	51Years

2.2. 東京都と世界各都市の GB の比較

東京都発行グリーンボンドの資金使途とその環境への影響（インパクト）を評価するには、東京都グリーンボンドの単独評価に加えて、他都市との比較も有効である。そこで、東京都と世界各都市のグリーンボンドを概観し、詳細分析の比較対象として適切な都市を検討した。

まずは、詳細分析の比較対象候補として、都市人口や経済規模が東京に近いこと、グリーンボンド認証における主要なフレームワーク（CBI あるいは GBP）に準拠していることを前提に、以下７件のグリーンボンド報告書を選定した。

●Paris Climate Bond Reporting
●Seattle metropolitan area, Washington states
●San Francisco Public Utilities Commission
●New York Metropolitan Transport Authority
●New York State Housing Financing Agency
●California States Teacher Retirement System
●Transport for London

次に、各都市の人口、経済規模、グリーンボンド事業開始年、累積総額、資金使途、グリーンボンド認証フレームワーク、温室効果ガスへの影響の公表有無を概観した。

●Paris Climate Bond Reporting
都市人口：12,924,097 人
経済規模：849,477 mUSD
グリーンボンド事業開始年：2015 年
累積総額：300.9 mEUR
資金使途：包括的（建築物・交通網・水道など、多様なプロジェクト）
グリーンボンド認証フレームワーク：GBP
温室効果ガスへの影響の公表：あり

●Seattle metropolitan area, Washington states
都市人口：9,175,026 人
経済規模：711,810 mUSD
グリーンボンド事業開始年：2019 年
累積総額：477 mUSD
資金使途：Low carbon transport
グリーンボンド認証フレームワーク：CBI
温室効果ガスへの影響の公表：あり

●San Francisco Public Utilities Commission
都市人口：6,668,062 人

経済規模：874,062 mUSD
グリーンボンド事業開始年：2016 年
累積総額：1,413 mUSD
資金使途：排水処理や上下水道などの、水資源に関するプロジェクト
グリーンボンド認証フレームワーク：CBI
温室効果ガスへの影響の公表：なし

●New York Metropolitan Transport Authority
都市人口：19,785,371 人
経済規模：1,696,526 mUSD
グリーンボンド事業開始年：2016 年
累積総額：6,722 mUSD
資金使途：Low carbon transport
グリーンボンド認証フレームワーク：CBI
温室効果ガスへの影響の公表：なし

●New York State Housing Financing Agency
都市人口：19,785,371 人
経済規模：1,696,526 mUSD
グリーンボンド事業開始年：2016 年
累積総額：1,183 mUSD
資金使途：Low carbon building
グリーンボンド認証フレームワーク：CBI
温室効果ガスへの影響の公表：なし

●California States Teacher Retirement System
都市人口：17,788,274 人
経済規模：1,102968 mUSD
グリーンボンド事業開始年：2019 年
累積総額：339.8 mUSD
資金使途：Low carbon building
グリーンボンド認証フレームワーク：CBI
温室効果ガスへの影響の公表：なし

●Transport for London
都市人口：12,451,423 人

経済規模：794,425 mUSD
グリーンボンド事業開始年：2015 年
累積総額：400 mGBP (429 mUSD)
資金使途：Low carbon transport
グリーンボンド認証フレームワーク：CBI
温室効果ガスへの影響の公表：あり

●東京グリーンボンド
都市人口：36,231,407 人
経済規模：1,800,719 mUSD
グリーンボンド事業開始年：2017 年
累積総額：130.8 bJPY
資金使途：包括的（建築物・交通網・水道など、多様なプロジェクト）
グリーンボンド認証フレームワーク：GBP

次に、東京都グリーンボンドの分析の比較対象として適切な報告書を検討した。グリーンボンドによる温室効果ガス削減・吸収への影響評価が、本プロジェクトの目的の 1 つであり、比較分析するためには定量的な評価が好ましいことから、温室効果ガスへの影響を公表していることが条件として考えられる。

また、東京都のグリーンボンドは、再生可能エネルギー導入、省エネ化、緑化・公園整備、サイクリングロード整備など、多様な用途に使われているため、比較対象とするグリーンボンドの資金使途が多様であることも、比較対象となるグリーンボンド報告書選定の条件として考えられる。特に、7 件中 6 件が、グリーンボンドの資金使途が限定的であり、グリーンボンド資金を包括的に充てているものは多くないことが確認された。

以上から、東京都グリーンボンドの分析の比較対象として、パリのグリーンボンド報告書（Paris Climate Bond Reporting 2018）が適切であると判断された。

また、複数のグリーンボンド報告書と比較することが好ましいことから、アメリカ合衆国 ワシントン州（Sound Transit 2020 Green Bond Annual Report）も比較対象とした。ただし、本報告書では、トランジットサービス改良のみを対象に記載されており、さらに温室効果ガス削減量は、コロナ禍など、グリーンボンド以外の影響も含まれているため、本報告書には参考値として記載し、分析には使用しないこととした。

2.3.　世界各都市（各国）における GB 報告書の構成

グリーンボンドを発行した後は、適切に開示することが求められる。そこで、世界各都市におけるグリーンボンド報告書の構成や特徴についても、調査を実施した。

●Paris Climate Bond Reporting

構成

-グリーンボンドの総括

-プロジェクトごとの報告の枠組み

-温室効果ガス排出量の削減

-エネルギー消費量の削減

-再生可能エネルギーの活用

-緑化・植林の戦略

特徴

-報告書として分かりやすくまとまっており、全体像をつかみやすい

-まず、グリーンボンドの総括として、グリーンボンドの発行前から発行までの経緯、グリーンボンド報告方法などが記載され、その後、グリーンボンドが使われたプロジェクトについて、事業内容、充当金額、温室効果ガスへの影響、社会的責任などが、詳しく記載されている

●Seattle metropolitan area, Washington states

構成

-グリーンボンド事業全体像の紹介

-プロジェクトごとの報告

-グリーンボンド財務報告

特徴

-簡潔な報告書だが、分かりやすい構成で、全体像をつかみやすい

-グリーンボンドが使われたプロジェクトごとに、事前に設定された KPI に従って環境影響が詳しく記載されている

●San Francisco Public Utilities Commission

構成

-カリフォルニアとサンフランシスコの、法律および規制の状況

-サンフランシスコ公益事業委員会の紹介

-グリーンボンドプログラム全体像の紹介と、各プロジェクト報告

特徴

-州および都市の水に関する方針、機関の紹介、グリーンボンド発行の背景など、背景情報について厚く説明されている

-グリーンボンドが使われたプロジェクトの環境影響は報告書本文でなく、附属書に記載されている

-SDGs における 17 の目標達成に向けて、グリーンボンドがどのように貢献しているのかが記載されている

●New York Metropolitan Transport Authority

構成

-グリーンボンドの財務報告

-認証コンプライアンスの開示

特徴

-報告書が冗長的で、目次も無いため、全体像をつかみにくい

-グリーンボンドの財務報告や、法的内容についてのみが記載され、グリーンボンド充当事業による環境影響の記載はない

●New York State Housing Financing Agency

構成

-グリーンボンドの財務報告（貸借対照表）

-認証、規格および法的声明

特徴

-報告書が冗長的で、目次も無いため、全体像をつかみにくい

-グリーンボンドの財務報告や、法的内容についてのみが記載され、グリーンボンド充当事業による環境影響の記載はない

●California States Teacher Retirement System（verifier's report）

構成

-借用者の詳細

-認証エンゲージメント詳細

-CBI standard との一致性について

-認証機関意見

※本報告書は、verifier's report であり、グリーンボンド報告書としての参考性は低いため、特徴の記載は省略する

●Transport for London

構成

-グリーンボンドプロジェクトの紹介

-グリーンボンド資金使途

特徴

-短い報告書で、グリーンボンドプロジェクトごとの資金使途と財務報告が、簡潔に記載されている

-プロジェクトごとの環境影響についての記載はない

以上より、グリーンボンドの報告書構成は多様であり、特に、グリーンボンド充当事業の内容説明や環境影響の説明がない報告書が散見された。投資家への説明責任を果たすためには、事業内容やその環境影響を開示することが望ましく、そのような観点においても、Paris Climate Bond Reporting は分析比較対象として適切であると考えられる。

なお、東京都では、グリーンボンドインパクトレポートを発行しており、事業内容や環境影響を分かりやすく公表している。

出典：東京都財務局主計部公債課「東京グリーンボンドインパクトレポート」

2.4.　投資家における反応

米国市場では、地方自治体グリーンボンド GB のシェアはまだ小さく、市場成長速度も遅いものの、市場の注目度は増してきている。

アメリカ合衆国の自治体グリーンボンドに関する調査によれば、一般に信じられているような Greenium（グリーンボンドが非グリーンボンドに対して割高になり、投資家もそれを受け入れる現象）は実市場では確認できなかった。少なくともアメリカ合衆国の自治体グリーンボンド市場においては、「グリーンでない」同様な債権に比べ低いリターンを投資家が容認する姿勢は見られず、グリーンボンドにも同等のリターンが求められるようである。

2.5.　小括

世界の自治体におけるグリーンボンド発行状況を調査した結果、世界のグリーンボンド市場規模は年々成長していることが分かり、特に、アメリカ合衆国や、欧州でグリーンボンドが多く発行されていることが確認された。

都市人口や経済規模が東京に近く、グリーンボンド認証における主要なフレームワーク（CBI あるいは GBP）に準拠しているグリーンボンド報告書を調査した結果、資金使途の包括性や、温室効果ガスへの影響に関する言及に差が見られた。特に、詳細に調査した 7 件中 6 件が、グリーンボンドの資金使途が限定的であり、東京グリーンボンドは世界各都市と比べて包括的に充てられていることが確認された。

東京グリーンボンドの比較対象となるグリーンボンド報告書の条件を、「グリーンボンドによる温室効果ガスへの影響を公表していること」、「グリーンボンドの資金使途が多様であること」としたところ、パリのグリーンボンド報告書（Paris Climate Bond Reporting 2018）が適切であると判断された。

また、複数のグリーンボンド報告書と比較することが好ましいことから、アメリカ合衆国 ワシントン州（Sound Transit 2020 Green Bond Annual Report）も比較対象とした。ただし、本報告書では、トランジットサービス改良のみを対象に記載されており、さらに温室効果ガス削減量は、コロナ禍など、グリーンボンド以外の影響も含まれているため、本報告書には参考値として記載し、分析には使用しないこととした。

3.　東京都発行 GB に関する分析

3.1.　今回の分析における枠組み

今回の分析においては、東京都が発行したグリーンボンド充当事業に対して、温室効果ガス削減量への影響、温室効果ガス以外の要素に関する影響の分析を実施した。

温室効果ガス削減量への影響については、事業ごとの分析だけでなく、グリーンボンド充当事業を「再生可能エネルギー導入」、「省エネ化」、「緑化・公園整備」、「サイクリングルート整備」の 4 つのカテゴリに分類し、分析を実施した。

温室効果ガス以外の要素に関する影響については、社会・環境効果、経済効果の両面で分析した。

3.2.　対象とする GB

表 3-1 に示す令和 2 年度発行のグリーンボンドを対象に、分析を実施した。

表 3-1　分析対象とするグリーンボンド一覧

事業名	環境事業区分	充当額（億円）	環境効果測定基準	充当したことにより得られた、または、得られると想定される環境効果（年計）
都有施設・道路の照明の LED 化	1. スマートエネルギー都市づくり	30.8	エネルギー削減量	10,252,543kWh
上下水道施設の省エネ化	1. スマートエネルギー都市づくり	0	エネルギー削減量	3,516,000kWh
		16	温室効果ガス削減量	19,000t-CO2/年
自転車走行空間の整備	1. スマートエネルギー都市づくり	0.5	サイクリングルート整備距離	11.5km
都有施設の改築・改修	1. スマートエネルギー都市づくり	32.8	再エネ使用量	473,862kWh
	3. 自然環境の保全	33.6	公園整備面積	7,131 ㎡

公園の整備	3. 自然環境の保全	5	公園整備面積	25,000 ㎡
水辺空間における緑化の推進	3. 自然環境の保全	3	緑化面積	5,328 ㎡
ヒートアイランド現象に伴う暑熱対応（遮熱性・保水性の向上）	4. 生活環境の向上	10	遮熱性・保水性舗装の整備延長	12.0km
環境にやさしい都営バスの導入	4. 生活環境の向上	31	排出ガス規制対象物質削減率	ＮＯｘ（窒素酸化物）80%削減 ＰＭ（粒子状物質）67%削減
合流式下水道の改善	4. 生活環境の向上	4.5	貯留施設等の貯留量	1,500,000 ㎥
浸水対策	5. 気候変動への適応	26.5	下水道 50 ミリ浸水解消率	70%
中小河川の整備	5. 気候変動への適応	59	河川の整備率	67.7%
			調節池の貯留量	1,056,500 ㎥
高潮防御施設の整備	5. 気候変動への適応	9	整備延長距離	0.04ｋｍ
東京港・島しょ海岸保全施設整備事業	5. 気候変動への適応	43.5	東京港の防潮堤整備距離	60.3 km
			東京港の水門整備施設数	15 施設
			東京港の内部護岸整備距離	45.6 km
			東京港の排水機場の整備施設数	4 施設
			神津島港海岸の離岸堤（潜堤）整備距離	0.3km

3.3. 温室効果ガス削減量への影響分析

環境事業区分「1.スマートエネルギー都市づくり」「3.自然環境の保全」の区分について、温室効果ガス削減量・吸収量を定量化した。環境効果測定基準ごとの温室効果ガス削減量・吸収量の推計手法および参照資料を表 3-2 に示す。

表 3-2 環境効果測定基準ごとの温室効果ガス削減量・吸収量の推計手法

環境効果測定基準	温室効果ガス削減量・吸収量 推計手法	参照資料
再エネ使用量	東京電力エナジーパートナー株式会社による化石燃料由来の電力から、太陽光発電に切り替えたと仮定して算定。 ・東京電力エナジーパートナー株式会社の排出係数：447g-CO2/kWh ・太陽光発電の排出係数：59g-CO2/kWh	・環境省「地方公共団体実行計画（事務事業編）策定・実施マニュアル算定手法編 Ver. 1.1」 ・環境省「電気事業者別排出係数」 ・電力中央研究所報告「日本における発電技術のライフサイクル CO2 排出量総合評価」
エネルギー削減量	東京電力エナジーパートナー株式会社による化石燃料由来の電力消費量が削減されたと仮定して算定。 ・東京電力エナジーパートナー株式会社の排出係数：447g-CO2/kWh	・環境省「地方公共団体実行計画（事務事業編）策定・実施マニュアル算定手法編 Ver. 1.1」 ・環境省「電気事業者別排出係数」
温室効果ガス削減量	東京都提示数値を転載。	無し
緑化面積	「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル算定手法編 Ver. 1.1」における、日本国温室効果ガスインベントリの方法に準ずる手法により算定。 ・河川・砂防の単位面積当たりの年間生体バイオマス成長量：3.560t-C/ha/年	・環境省「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル算定手法編 Ver. 1.1」
公園整備面積	「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル算定手法編 Ver. 1.1」における、日本国温室効果ガスインベントリの方法に準ずる手法により算定。 ・都市公園の単位面積当たりの年間生体バイオマス成長量：2.334t-C/ha/年	・環境省「地方公共団体実行計画（区域施策編）策定・実施マニュアル算定手法編 Ver. 1.1」

サイクリングルート 整備距離	東京とパリの自動車環境が類似していると仮定して、パリのグリーンボンド報告書における排出原単位を用いて算定。 ・サイクリングルート 1km あたり 100t-CO2/年削減	Paris Climate Bond_Reporting 2018

これらの推計手法を用いて、以下の計算式に従って、温室効果ガス排出量の算定を実施した。

・再生可能エネルギー導入による温室効果ガス削減量[t-CO2]
=再エネ使用量[kWh]×（447-59）[g-CO2/kWh]÷1,000,000[g-CO2/t-CO2]

・省エネ化による温室効果ガス削減量[t-CO2]
=エネルギー削減量[kWh]×447[g-CO2/kWh]÷1,000,000[g-CO2/t-CO2]

・水辺空間の緑化による温室効果ガス吸収量[t-CO2]
=緑化面積[m^2]÷10,000[m^2/ha]×3.560[t-C/ha]×44/12[CO2/C]

・公園整備による温室効果ガス吸収量[t-CO2]
=公園整備面積[m^2]÷10,000[m^2/ha]×2.334[t-C/ha]×44/12[CO2/C]

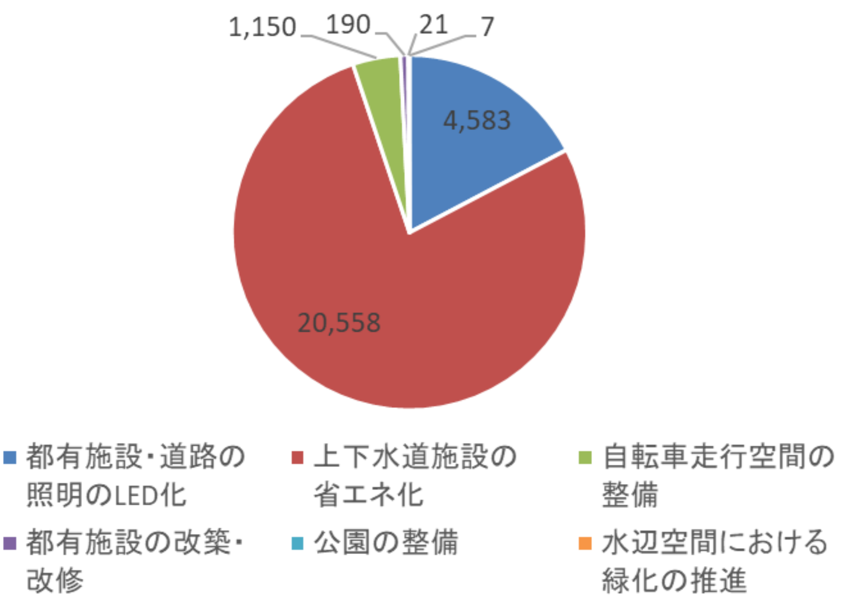
・サイクリングルート整備による温室効果ガス削減量[t-CO2]
=サイクリングルート整備距離[km]×100[t-CO2/km]

これらの計算式を用いて推計した、事業ごとの温室効果ガス削減量・吸収量への影響を表 3-3 および図 3-1 に示す。定量化の結果、令和 2 年度のグリーンボンド充当事業により、年間 26,509t-CO2 の削減・吸収に貢献できたことが示された。令和 2 年度における東京都の温室効果ガス排出量は 5,990 万 t-CO2 であり、グリーンボンド充当事業による削減・吸収効果は、この内の 0.044%に相当する。特に、上下水道施設の省エネ化事業による温室効果ガス削減効果が 20,558t-CO2 と大きく、削減・吸収効果全体の 78%を占めていることが示された。

表 3-3　事業ごとの温室効果ガス削減量・吸収量への影響

事業名	充当額（億円）	温室効果ガス削減量・吸収量（t-CO2/年）	費用対効果（t-CO2/年/億円）
都有施設・道路の照明の LED 化	30.8	4,583	148.8
上下水道施設の省エネ化	16	20,558	1,284.9
自転車走行空間の整備	0.5	1,150	2,300.0
都有施設の改築・改修	66.4	190	2.9
公園の整備	5	21	4.3
水辺空間における緑化の推進	3	7	2.3
合計	121.7	26,509	217.8

図 3-1　事業ごとの温室効果ガス削減量・吸収量への影響

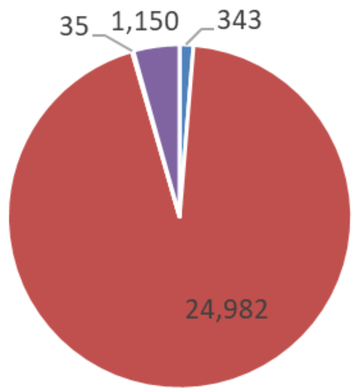


また、これらの事業を、「再生可能エネルギー導入」「省エネ化」「緑化・公園整備」「サイクリングロード整備」の 4 つの事業カテゴリに分類、事業カテゴリごとの温室効果ガス削減量・吸収量への影響を分析した結果を表 3-4 および図 3-2 に示す。この結果、省エネ事業における温室効果ガス削減効果が 24,982t-CO2 と大きく、費用対効果も高いことが示された。

表 3-4　事業カテゴリごとの温室効果ガス削減量・吸収量への影響

事業カテゴリ	充当額 (億円)	温室効果ガス 削減量・吸収量 (t-CO2/年)	費用対効果 (t-CO2/年/億円)
再生可能エネルギー導入	32.8	343	10.5
省エネ化	46.8	24,982	533.8
緑化・公園整備	41.6	35	0.8
サイクリングロード整備	0.5	1,150	2,300.0
合計	121.7	26,509	217.8

図 3-2　事業カテゴリごとの温室効果ガス削減量・吸収量への影響



3.4.　温室効果ガス以外の要素に関する影響の分析

グリーンボンド充当事業の中には、温室効果ガス削減量・吸収量以外の要素に関して、影響を及ぼすものも多数含まれる。その効果を環境・社会効果、経済効果の 2 つの切り口で、事業ごとに分析した。

●都有施設・道路の照明の LED 化

環境・社会効果としては、集中制御化・半感応化・プログラム多段系統化・右折感応化・多現示化といった信号制御改良に伴い、交通の円滑化が期待される。LED 信号機 1 機あたり 5.11[千人時間/年]の削減につながると言われており、年間に導入した LED の信号機数を 48,000 本とすると、5.11×48,000 本＝245,280 千人時間/年削減可能と推計される。
また、自動運転技術の実用化や AI 等の新たな技術を活用した交通管制システムの導入といった、インフラ分野のＤＸが可能となる。安全・快適な自転車利用環境の創出により、自転車活用促進も期待される。さらに東京都管理道路全域の街路灯の LED 化により、灯具の落下、支柱ポールなどの倒壊リスク減少が期待され、安全性が高まる。

経済効果としては、LED 化に伴い、省エネ効果が表れ、電気代の削減に繋がる。また、道路照明の LED 化により、道路照明の交換費用削減も期待される。耐用年数を 15 年とすると、交換費および電気代の削減効果は、8,700 本×90 千円÷15 年=52.2 百万円/年と推計される。

参考文献：
『警察庁：交通安全施設の整備の計画と効果』
https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/seibi2/annzen-shisetu/institut/plan/keikaku.html）

『平成 27 年 国土交通省中部地方整備局：交差点照明の LED 化について』
http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/2015kannai/pdf/01_inovation.pdf

●上下水道施設の省エネ化

環境・社会効果として、上北沢給水所における小水力、太陽光発電の導入により、給電の安定化が見込まれる。

経済効果として、小水力、太陽光発電の導入により得た電力の、売電による収入増加が見込まれる。2022 年度の税込買取価格は 17 円/kWh であるため、17 円/kWh×386,000kWh=6,562 千円の収入が見込まれる。
また、直結配水ポンプ設備の導入に伴う電気代削減効果も期待できる。東京電力エナジーパートナー株式会社では、夏季電気料金 17.37 円/kWh、その他季電気料金 15.80 円/kWh とされているため、通年で 16.19 円/kWh（17.37×0.25+15.80×0.75）とすると、3,130,000kWh×16.19 円/kWh=50,683 千円の電気代削減が見込まれる。
さらに、下水道事業会計・下水道事業資本的支出・下水道建設改良のプロジェクト投資によ

り、経済波及効果や雇用創出が見込まれる。東京都産業連関表を利用して経済波及効果を分析すると、本プロジェクト投資 16 億円に対する経済波及は 15.16 億円であり、30 人の雇用創出が期待される。

　参考文献：
『太陽光発電の売電収入はどれくらい？』
https://evdays.tepco.co.jp/entry/2022/02/01/kurashi5

　『東京電力エナジーパートナー株式会社「動力プラン」の料金』
https://www.tepco.co.jp/jiyuuka/service-corporate/kanto/power/index-j.html

　『東京都産業連関表』
https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/sanren/sr-index.htm

　●自転車走行空間の整備

　環境・社会効果として、空気汚染の改善が期待される。空気汚染に影響される疾患は主に脳血管障害、虚血性心疾患、気管と下気道感染があり、これらの疾患リスクが低下し、PM2.5 の影響による死亡リスクも低下する。さらに、交通騒音の改善効果も期待される。
日本における四つの疾患の障害調整生存年（DALY）は 脳血管障害 958,780 年、虚血性心疾患 769,478 年、気管感染 314,287 年、下気道感染 278,085 年であり、合計 2,320,630 年である。したがって、東京都の該当疾患の DALY は、2,320,630 年×11%（全国人口に占める東京都の人口割合）＝255,269 年である。なお、障害調整生存年数とは、障害の程度や障害を有する期間を加味することによって調整した生存年数のことで、疾病負荷を総合的に示す指標の 1 つである。PM2.5 を 10μg/m3 減らすと、死亡リスクは 6.5%減と言われており、255,269 年×6.5%＝16,592 年だけ生存年が増加する計算になる。

　経済効果として、観光客の誘致が期待される。東京都の臨海副都心エリアを訪れる観光客は年間 5,000 万人以上おり、サイクリングルート整備により、一層の観光客増加が見込まれる。また、沿線経済の活発化や、サイクリングルート建設に伴う雇用創出といった、経済波及効果も期待される。東京都産業連関表を利用して経済波及効果を分析すると、1.46 億円の経済波及効果、9 人の雇用創出効果が見込まれる。

参考文献：
『我が国における障害調整生存年-簡便法による推計の試み-』
https://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/07/dl/s0715-12d.pdf

『SLCP による健康への影響』
http://157.82.240.167/S12/symposium180123/06.pdf

『我が国における道路交通騒音による健康リスク―欧州環境騒音ガイドラインに基づく推定』
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjh/76/0/76_19014/_pdf

●都有施設の改築・改修

環境・社会効果として、以下の効果が見込まれる。

-外壁・窓の落下の抑制効果や耐震性の強化
-雨漏りや設備機器・配管の破損発生率の低減や、トイレの衛生改善・バリアフリー化
-外壁外断熱・屋根断熱・複層ガラスによる外装の断熱強化や、壁面緑化・庇・ルーバー等による日射制御を通じた省エネ化（熱負荷の軽減）
-夏季の断熱、冬季の保温効果
-建物の保護効果（酸性雨や紫外線などによる防水層などの劣化防止）
-熱環境の改善効果（屋上緑化による断熱作用や日射低減）と、それに伴う屋内の温度上昇抑制や省エネ効果
-植物の蒸散作用により屋外空間の温度上昇を緩和する効果
-ヒートアイランド現象の緩和
-在来種を用いた植栽による地域生態系の保全への貢献
-空気の浄化効果：植物の光合成により二酸化炭素を吸収し、酸素を放出する
-雨水流出の緩和：屋上緑化は雨水を吸収し、都市型水害の緩和に貢献する

経済効果としては、ライフサイクルコスト削減効果が挙げられる。建物の更新または改修や補修のといった、建物のライフサイクルにおいて発生するコストの縮減が見込まれる。モデル物件を耐用年数である 70 年間運用し続けた場合、ライフサイクルコストは、13,357 千円/戸（現在価値換算無し）であり、1 棟あたり 50 戸と仮定すると、13,357 千円/戸×50 戸＝667,850 千円のコスト縮減が期待される。

参考文献：
『東京都公営住宅等長寿命化方針　令和 2 年 1 月』

https://www.juutakuseisaku.metro.tokyo.lg.jp/bunyabetsu/jutaku_fudosan/pdf/toei_seibi_chojyumyo.pdf

●公園の整備

環境・社会効果として、公園整備により生態系環境が改善され、各種の生態系サービスが確保できる。また、公園が水の受け皿になることで、水害の軽減が期待できる。

経済効果として、まず移住者や観光客の増加が見込まれる。2021 年東京特別区の 1 人当たり都市公園面積は 3.0 ㎡であり、本公園整備事業により 8333 人の住居が確保できる計算になる。また、公園利用者増加に伴う経済波及効果や、公園整備の投資による経済波及効果および雇用創出が見込まれる。公園の 1 日の利用者を 700 人と仮定すると、経済波及効果は 11 百万円となり、公園整備投資の経済波及効果は 7.7 億円と推計される。また、これらにより、52 人の雇用創出が見込まれる。

さらに、水害軽減による経済損失の回避も期待される。公園の隣接エリアの住民を 10 万人と仮定すると、社会資本ストック、民間企業ストックは以下になる。

・社会資本ストック＝東京都の社会資本ストック 817,431 億円×隣接エリア住民数 10 万人÷東京都の人口 1,394 万人＝5,863.9 億円

・民間企業ストック＝東京都の民間企業ストック 1,872,061 億円×隣接エリア住民数 10 万人÷東京都の人口 1,394 万人＝13,429.4 億円

床下浸水の減少を想定すると、水害による経済損失回避額は、以下になる。

・社会資本：損害率 0.044×社会資本ストック 5,863.9 億円＝258 億

・民間企業（農林水産業を除く）：損害率 0.078×民間企業ストック 13,429.4 億円＝1047.5 億円

合計すると、1,306 億円の経済損失を回避できる計算になる。ただし、分析の説得力を高めるためには、当該公園の利用者数や、隣接エリアの住民数を調査する必要がある。

参考文献：

『生態系サービスへの支払い(PES)』

https://www.biodic.go.jp/biodiversity/shiraberu/policy/pes/index.html

『都市公園データベース』

https://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/database/t_kouen/index.html

『令和 3 年度 都市公園利用実態調査報告書』
https://www.mlit.go.jp/common/001115451.pdf

『東京都産業連関表』
https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/sanren/sr-index.htm

『自然災害による経済被害額の推計手法について』
https://www5.cao.go.jp/keizai3/discussion-paper/dp184.pdf

●水辺空間における緑化の推進

環境・社会効果として、緑地整備により生態系環境が改善され、各種の生態系サービスが確保できる。また、緑化地帯が水の受け皿になることで、水害の軽減が期待できる。

経済効果として、公園整備事業同様、移住者や観光客の増加が見込まれる。2021 年東京特別区の 1 人当たり都市公園面積は 3.0 ㎡であり、本緑化事業により 1776 人の住居が確保できる計算になる。また、緑化の投資による経済波及効果および雇用創出が見込まれる。公園整備投資の経済波及効果は 4.6 億円と推計され、30 人の雇用創出が見込まれる。
さらに、水害軽減による経済損失の回避も期待される。公園の隣接エリアの住民を 2 万人と仮定すると、社会資本ストック、民間企業ストックは以下になる。
・社会資本ストック＝東京都の社会資本ストック 817,431 億円×隣接エリア住民数 2 万人÷東京都の人口 1,394 万人＝1,172.8 億円
・民間企業ストック＝東京都の民間企業ストック 1,872,061 億円×隣接エリア住民数 2 万人÷東京都の人口 1,394 万人＝2,685.9 億円
床下浸水の減少を想定すると、水害による経済損失回避額は、以下になる。
・社会資本：損害率 0.044×社会資本ストック 1,172.8 億円＝51.6 億
・民間企業（農林水産業を除く）：損害率 0.078×民間企業ストック 2,685.9 億円＝209.5 億円
合計すると、261 億円の経済損失を回避できる計算になる。ただし、分析の説得力を高めるためには、隣接エリアの住民数を調査する必要がある。

参考文献：
公園整備事業における参考文献と同じ

●ヒートアイランド現象に伴う暑熱対応（遮熱性・保水性の向上）

環境・社会効果として、以下の効果が見込まれる。

-路面温度の上昇抑制：遮熱舗装は通常舗装と比較して路面温度を最大約 10℃低下させる効果あり

-快適性の向上：夏期の道路環境を改善、夜間放射熱を軽減

-耐久性の向上：路面温度の上昇抑制に伴い、舗装体の塑性変形抵抗性が向上

-管理の容易化：機能発揮のための水分補給などが不要

-修景：景観に調和したカラーリングが可能

経済効果として、熱中症による医療費削減効果が見込まれる。東京消防庁によれば、管内において令和３年６月１日から９月３０日までの４か月間に、熱中症により 3,414 人が救急搬送された。道路から搬送された熱中症患者は、搬送者全体の約 30%を占めており、熱中症による医療費は一人当たり約 85,000 円と言われている。4 ヵ月の間に道路から搬送される熱中症患者の医療費が削減できると仮定すると、3,414 人×30%×85,000 円/人＝87 百万円の削減が見込まれる。

参考文献：

『村上 暁信, 王 彦: 都市緑化による熱的快適性の改善効果に関する研究, 都市計画論文集, Vol.49, NO.3, 2014. DOI』
https://doi.org/10.11361/journalcpij.49.231

『榎本 毅：大田区の熱環境問題緩和に関する研究ーー大田区における遮熱性舗装を通して, 地域学研究, Vol.42, NO.2, P.409-421』

『熱中症搬送者データと都市機能集積指数に基づく都市域の暑熱障害に対する脆弱性評価－堺市・神戸市・京都市を対象として－.土木学会論文集 G（環境）, Vol.76, No.6, pp.II_209-218, 2020.10 尾﨑 平, 沓澤 篤樹, 郭 敏娜(Minna GUO) (寄与度 30%), 北詰 恵一, 西村邦宏, 盛岡通』

『東京消防庁ホームページ』
https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/lfe/topics/season/heat.html

●環境にやさしい都営バスの導入

環境・社会効果として、空気汚染の改善が期待される。空気汚染に影響される疾患は主に脳血管障害、虚血性心疾患、気管と下気道感染があり、これらの疾患リスクが低下する。また、PM2.5 の影響による死亡リスクも低下する。（詳細は、自転車走行空間の整備事業の環境効果の説明参照）

経済効果として、本プロジェクトの投資による経済波及効果および雇用創出効果が見込まれる。130 台の新バスの導入が 1 年以内に完了すると仮定し、東京都産業連関表を利用して経済波及効果を分析すると、本プロジェクト投資に対する経済波及は 26.51 億円であり、132 人の雇用創出が期待される。

参考文献：

『我が国における障害調整生存年-簡便法による推計の試み-』
https://www.mhlw.go.jp/shingi/2009/07/dl/s0715-12d.pdf

『SLCP による健康への影響』
http://157.82.240.167/S12/symposium180123/06.pdf

『都内 PM2.5 の月平均濃度の推移【一般局】』
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/basic/conference/air/monitoring/300200a20190807102435819.files/R1-2_kentoukai_2-2.pdf

『東京都産業連関表』
https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/sanren/sr-index.htm

●合流式下水道の改善

環境・社会効果として、住民の苦情減少や、貯留施設による水害の軽減が期待される。

経済効果として、本プロジェクト投資による経済波及効果、雇用創出効果が期待される。東京都産業連関表を利用して経済波及効果を分析すると、本プロジェクト投資に対する経済波及は 7.99 億円であり、24 人の雇用創出が期待される。
また、住民の苦情対応費用や、水害による経済損失も回避することができる。年間苦情数は全国で 4,864 件あり、人口比率から計算すると、東京都の年間苦情数は、4,864 件×全国人口に占める東京都の人口 11%＝535 件となる。さらに、サービスエリア人口を東京都の 10%と仮定すると、サービスエリアにおける年間苦情件数は 535 件×10%=53.5 件となる。50 コールの対応に約 100 千円の費用がかかると言われていることから、年間住民苦情対応費＝53.5 件

×100 千円÷50 コール=107 千円の削減が可能となる。
また、貯留施設隣接エリアの住民を 10 万人とすれば、公園の整備事業における経済効果と同様に、1,306 億円の水害による経済損失を回避できる計算になる。ただし、分析の説得力を高めるためには、サービスエリア人口や隣接エリアの住民数を調査する必要がある。

参考文献：

『水道事業の維持・向上に関する専門委員会について』
https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-10900000-Kenkoukyoku/0000067513_2.pdf

『クレーム対応代行にかかる平均費用と料金相場』
https://imitsu.jp/cost/customer-service/article/complaint-handling

『自然災害による経済被害額の推計手法について』
https://www5.cao.go.jp/keizai3/discussion-paper/dp184.pdf

『東京都産業連関表』
https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/sanren/sr-index.htm

●浸水対策

環境・社会効果として、合流式下水道の改善事業同様、住民の苦情減少や、貯留施設による水害の軽減が期待される。

経済効果としても、合流式下水道の改善事業同様、本プロジェクト投資による経済波及効果、雇用創出効果が期待される。東京都産業連関表を利用して経済波及効果を分析すると、本プロジェクト投資に対する経済波及は 47.03 億円であり、139 人の雇用創出が期待される。また、住民の苦情対応費用や、水害による経済損失を回避することができる。サービスエリア人口を東京都の 10%と仮定すると、住民苦情対応費として年間 10.7 万円の削減が可能で、隣接エリアの住民数を 10 万人と仮定すると、1,306 億円の水害による経済損失を回避できる計算になる。ただし、分析の説得力を高めるためには、サービスエリア人口や隣接エリアの住民数を調査する必要がある。

参考文献：

合流式下水道の改善事業と同じ

●中小河川の整備

生態系環境の改善：

環境・社会効果として、河川整備により生態系環境が改善され、各種の生態系サービスが確保できる。また、河川整備、調節池による水害の軽減が期待できる。

経済効果として、観光客誘致や、本プロジェクト投資による経済波及効果、雇用創出効果が期待される。東京都産業連関表を利用して経済波及効果を分析すると、本プロジェクト投資に対する経済波及は 90.75 億円であり、598 人の雇用創出が期待される。
さらに、水害による経済損失の回避も可能となる。隣接エリアの住民数を 10 万人と仮定すると、1,306 億円の水害による経済損失を回避できる計算になる。ただし、分析の説得力を高めるためには、隣接エリアの住民数を調査する必要がある。

参考文献：
『生態系サービスへの支払い(PES)』
https://www.biodic.go.jp/biodiversity/shiraberu/policy/pes/index.html

『自然災害による経済被害額の推計手法について』
https://www5.cao.go.jp/keizai3/discussion-paper/dp184.pdf

『平成 15 年度河 川 水 辺 の 国 勢 調 査 結 果』
http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/kuukan/kukanH15.pdf

『東京都産業連関表』
https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/sanren/sr-index.htm

●高潮防御施設の整備

環境・社会効果として、海岸整備により生態系環境が改善され、各種の生態系サービスが確保できる。また、防潮堤と護岸による水害の軽減が期待できる。

経済効果として、移住者や観光客の増加が見込まれる。ただし、本プロジェクトのエリアは小さく、効果は限定的であると想定される。また、本プロジェクト投資による経済波及効果や、雇用創出効果が期待される。東京都産業連関表を利用して経済波及効果を分析すると、本プロジェクト投資に対する経済波及は 13.84 億円であり、91 人の雇用創出が期待される。

さらに、水害による経済損失の回避も可能となる。隣接エリアの住民数を 10 万人と仮定すると、1,306 億円の水害による経済損失を回避できる計算になる。ただし、分析の説得力を高めるためには、隣接エリアの住民数を調査する必要がある。

参考文献：

中小河川の整備事業と同じ

●東京港・島しょ海岸保全施設整備事業

環境・社会効果として、高潮防御施設の整備同様、海岸整備により生態系環境が改善され、各種の生態系サービスが確保できる。また、防潮堤、護岸、離岸堤による水害の軽減が期待できる。

経済効果として、まず観光客の誘致が挙げられる。東京都の臨海副都心エリアを訪れる人数は年間 5000 万人を超えており、本プロジェクトが結ぶ公園を東京都の臨海公園の 20%とすれば、年間 1000 万人以上の利用客が見込める。また、本プロジェクト投資による経済波及効果や、雇用創出効果が期待される。東京都産業連関表を利用して経済波及効果を分析すると、本プロジェクト投資に対する経済波及は 66.92 億円であり、441 人の雇用創出が期待される。さらに、水害による経済損失の回避も可能となる。隣接エリアの住民数を 10 万人と仮定すると、1,306 億円の水害による経済損失を回避できる計算になる。ただし、分析の説得力を高めるためには、隣接エリアの住民数を調査する必要がある。

参考文献：

『生態系サービスへの支払い(PES)』
https://www.biodic.go.jp/biodiversity/shiraberu/policy/pes/index.html

『自然災害による経済被害額の推計手法について』
https://www5.cao.go.jp/keizai3/discussion-paper/dp184.pdf

『海上公園を中心とした水と緑のあり方について-中間のまとめ』
https://www.kouwan.metro.tokyo.lg.jp/jigyo/plan/mizutomidoriiken/280204chukanmatome-honpen.pdf

『東京都産業連関表』
https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/sanren/sr-index.htm

上記をまとめた結果をに表 3-5 に記載する。グリーンボンド事業による温室効果ガス以外の要素への影響として、水害軽減、生態系環境改善、雇用創出、観光客誘致など、環境・社会面、経済面で多くの影響を及ぼすことが確認された。

表 3-5 グリーンボンド事業による温室効果ガス以外の要素への影響

事業名	充当額（億円）	環境・社会効果	経済効果
都有施設・道路の照明の LED 化	30.8	●交通円滑化 ●インフラ分野のＤＸ促進 ●安全性：灯具の落下、支柱ポール等の倒壊リスク減少	●省エネによる電気代削減 ●LED 照明灯の導入による、道路照明の維持費削減
上下水道施設の省エネ化	16	●給電の安定化	●売電による収入増加 ●省エネによる電気代削減 ●プロジェクト投資の波及効果 ●毎年、節約・カーボン取引した資金の再投資による経済波及効果
自転車走行空間の整備	0.5	●空気汚染の改善。これに伴う、疾患リスク、死亡リスクの低減 ●交通騒音の改善	●観光客の誘致 ●沿線経済の活発化 ●雇用の創出
都有施設の改築・改修	66.4	●建物の保護効果 ●熱環境の改善効果 ●植栽による地域生態系保全 ●植物の光合成による、空気浄化 ●雨水流出の緩和 ●バイアフリー対応 ●居住性改善	●LCC(ライフサイクルコスト)削減
公園の整備	5	●生態系環境の改善 ●水害の軽減	●移住、観光客の誘致 ●周辺地域経済の活発化 ●雇用創出
水辺空間における緑化の推進	3	●生態系環境の改善 ●水害の軽減	●移住、観光客の誘致 ●周辺地域経済の活発化 ●雇用創出
ヒートアイランド現象に伴う暑熱対応（遮熱性・保水性の向上）	10	●熱中症患者の低減 ●路面温度の上昇抑制 ●快適性の向上 ●耐久性の向上 ●管理の容易化 ●景観に調和したカラーリング	●熱中症に係る医療費削減

環境にやさしい都営バスの導入	31	●空気汚染の改善。これに伴う、疾患リスク、死亡リスクの低減	●プロジェクト投資の波及効果 ●雇用創出
合流式下水道の改善	4.5	●住民苦情の減少 ●水害の軽減	●プロジェクト投資の波及効果 ●雇用創出 ●苦情対応費削減 ●水害に伴う損失軽減
浸水対策	26.5	●住民苦情の減少 ●水害の軽減	●プロジェクト投資の波及効果 ●雇用創出 ●苦情対応費削減 ●水害に伴う損失軽減 ●観光客の誘致
中小河川の整備	59	●生態系環境の改善 ●水害の軽減	●プロジェクト投資の波及効果 ●雇用創出 ●水害に伴う損失軽減 ●移住者・観光客の誘致
高潮防御施設の整備	9	●生態系環境の改善 ●水害の軽減	●プロジェクト投資の波及効果 ●雇用創出 ●水害に伴う損失軽減 ●観光客の誘致 ●沿線経済の活発化
東京港・島しょ海岸保全施設整備事業	43.5	●生態系環境の改善 ●水害の軽減	●プロジェクト投資の波及効果 ●雇用創出 ●水害に伴う損失軽減

3.5. 小括

東京都が発行したグリーンボンド充当事業に対して、温室効果ガス削減量への影響を分析した結果、121.7 億円の充当事業により、26,509t-CO2 の温室効果ガス削減・吸収に貢献された。特に、上下水道施設の省エネ化事業による温室効果ガス削減効果が大きいことが確認された。ヒアリング等により、本事業における工夫点などを整理し、今後のグリーンボンド充当事業に活かすことが望まれる。

また、省エネ事業における温室効果ガス削減効果が大きく、費用対効果が高いことが確認された。省エネ事業に注力することで、より少ない充当金額で、短期的な温室効果ガス削減を狙いやすいことが示唆される。ただし、グリーンボンド充当事業は、水害軽減、生態系環境改善、雇用創出、観光客誘致など、環境・社会面、経済面での影響も大きい。そのため、今後のグリーンボンド充当事業検討の際は、温室効果ガス以外の要素に関する影響も含めて、中長期的視点で総合的に判断することが望ましいと考えられる。

4.　東京都 GB の環境への影響 – 海外都市との比較

4.1.　分析の枠組み

東京都のグリーンボンドを評価する際、他都市のグリーンボンドと比較することで、資金使途やその影響を分析しやすい。そこで、海外先進国の都市のグリーンボンドを選定し、充当金額、温室効果ガス削減量・吸収量、費用対効果の分析を実施した。

また、第 4 章同様、グリーンボンド充当事業を「再生可能エネルギー導入」、「省エネ化」、「緑化・公園整備」、「サイクリングルート整備」の 4 つのカテゴリに分類し、カテゴリごとに分析した。

さらに、温室効果ガス削減量・吸収量の費用対効果だけでなく、活動量の費用対効果分析も実施した。

4.2.　比較対象とする GB

3.2 節で記載した通り、比較対象として、以下 2 都市のグリーンボンドと比較分析を実施した。

・フランス パリ（Paris Climate Bond Reporting 2018）
・アメリカ合衆国 ワシントン州（Sound Transit　2020 Green Bond Annual Report）

留意点として、Paris Climate Bond Reporting 2018 では、温室効果ガス削減量・吸収量の単年での効果は記載されていないため、2015-2018 年の 4 年分の数値と比較を実施した。

また、Sound Transit　2020 Green Bond Annual Report では、トランジットサービス改良のみを対象に記載されており、さらに温室効果ガス削減量は、コロナ禍など、グリーンボンド以外の影響も含まれているため、本報告書には参考値として記載し、分析には使用しないこととした。

4.3.　温室効果ガス削減量および費用対効果の分析

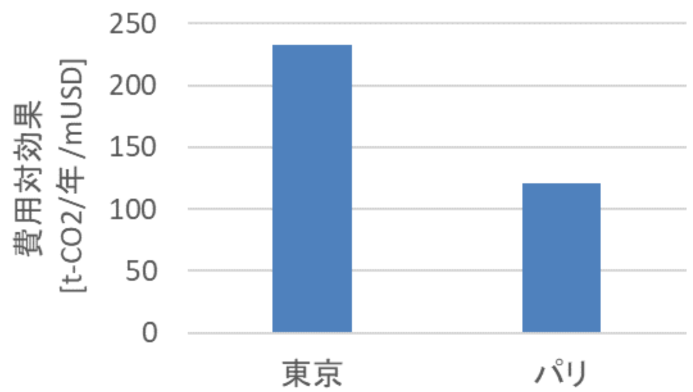
充当金額、温室効果ガス削減量・吸収量、費用対効果を、海外都市と比較した結果を表 4-1、図 4-1 に示す。東京はパリと比べて充当金額が小さく、温室効果ガス削減量・吸収量も小さいが、費用対効果は、東京の方が 1.9 倍高いことが確認された。

なお、為替レートは以下の数値を用いた。
1USD=106.82 JPY　（令和 2 年平均為替レート）
1USD=0.847 EUR（平成 30 年平均為替レート）

表 4-1　充当金額、温室効果ガス削減量・吸収量、費用対効果の、海外都市との比較

都市	充当金額合計 (mUSD)	温室効果ガス削減量・吸収量 (t-CO2/年)	費用対効果 (t-CO2/年 / mUSD)
東京	114	26,509	232.6
パリ	341.9	41,251	120.7
ワシントン	1,516	17,007	11.22（参考値）

図 4-1　東京とパリの費用対効果の比較



次に、「再生可能エネルギー導入」、「省エネ化」、「緑化・公園整備」、「サイクリングルート整備」の事業カテゴリごとに分析した。再生可能エネルギー導入事業における分析結果を表 4-2、図 4-2 に示す。表 4-2 より、充当金額、温室効果ガス削減量、活動量（再エネ使用量）すべてにおいて、東京の方が大きい。

図 4-2 を見ると、温室効果ガス削減量の費用対効果は東京の方が 11 倍高いが、活動量（再エネ使用量）の費用対効果は、パリの方が 4 倍高いことが確認された。

ここで、温室効果ガス削減量と再エネ使用量の関係性を振り返ると、温室効果ガス削減量は、以下の式で表される。

温室効果ガス削減量＝

再エネ使用量 ×（再エネ導入前の排出係数 - 再エネ導入後の排出係数）

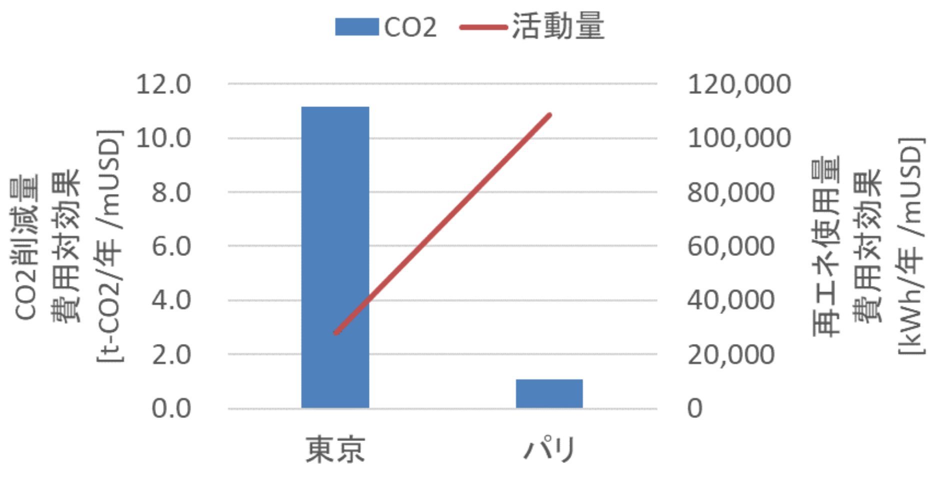
再エネ導入前の排出係数に着目すると、日本は未だ化石発電の発電電力量比率が高いため、排出係数は 0.44kg-CO2/kWh と高い。一方、フランスは、非化石発電である原子力発電の比率が 70%と高く、排出係数は 0.04kg-CO2/kWh と日本の 10 分の 1 以下である。（排出係数は、エネ百科『CO2 排出係数（発電端）の各国比較』より引用）

したがって、東京の再エネ導入前の排出係数はパリよりも大きいため、再エネ使用量の改善効果が小さくても、温室効果ガス削減効果が出やすいと考えられる。

表 4-2 再生可能エネルギー導入事業による温室効果ガス削減量の比較

都市	充当金額 (mUSD)	温室効果ガス 削減量 (t-CO2/年)	再エネ使用量 (kWh)
東京	30.7	343	859,862
パリ	4.7	5	513,000

図 4-2 再生可能エネルギー導入事業の費用対効果の比較



次に、省エネ事業における分析結果を表 4-3、図 4-3 に示す。表 4-3 より、充当金額、活動量（エネルギー削減量）は東京の方が小さいが、温室効果ガス削減量は東京の方が大きい。

図 4-3 を見ると、温室効果ガス削減量の費用対効果は、東京の方が 7 倍高く、活動量（エネルギー削減量）の費用対効果は、東京の方が 2 倍高いことが確認された。

省エネ事業における温室効果ガス削減量と活動量（エネルギー削減量）の関係は以下の式で表される。

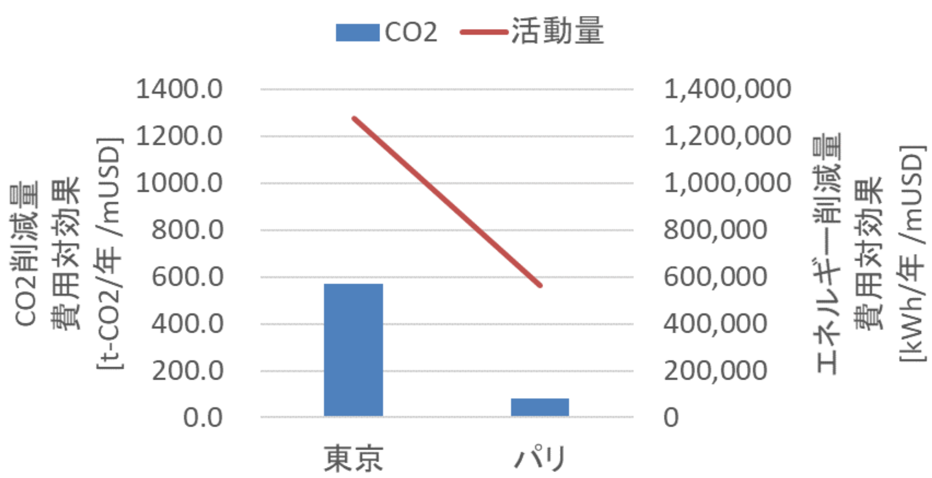
温室効果ガス削減量＝エネルギー削減量 × 排出係数

前述の通り、東京の排出係数はパリよりも大きいため、エネルギー削減量の費用対効果比率より、温室効果ガス削減量の費用対効果比率の方が大きいと考えられる。
特に、エネルギー削減量の費用対効果がパリを上回ったのは、上下水道施設の省エネ化に依るところが大きい。

表 4-3 省エネ事業による温室効果ガス削減量の比較

都市	充当金額 (mUSD)	温室効果ガス削減量 (t-CO2/年)	エネルギー削減量 (kWh)
東京	43.8	24,982	55,888,136
パリ	172.6	14,018	96,915,000

図 4-3 省エネ事業の費用対効果の比較



次に、緑化・公園整備事業における分析結果を表 4-4 および図 4-4 に示す。表 4-4 より、充当金額は東京の方が大きいが、温室効果ガス吸収量、緑化面積は東京の方が小さい。

図 4-4 を見ると、温室効果ガス吸収量の費用対効果は、パリの方が 7 倍高く、活動量（緑化面積）の費用対効果は、パリの方が 6 倍高いことが確認された。

緑化・公園整備事業における温室効果ガス吸収量と活動量（緑化面積）の関係は以下の式で表される。

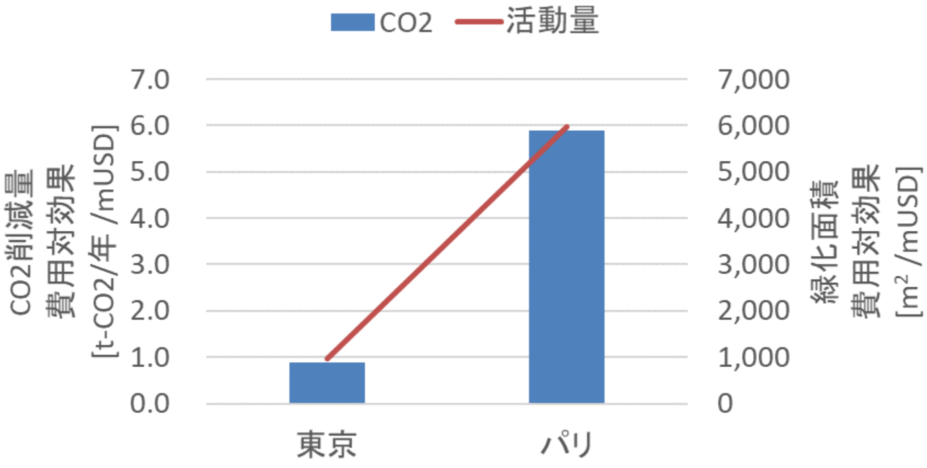
温室効果ガス吸収量＝緑化面積 × 排出係数

緑化・公園整備事業における排出係数は、東京とパリで大きく変わらないため、緑化面積の費用対効果比率と、温室効果ガス削減量の費用対効果比率は大きく変わらないと考えられる。

表 4-4　緑化・公園整備事業による温室効果ガス削減量の比較

都市	充当金額 (mUSD)	温室効果ガス吸収量 (t-CO2/年)	緑化面積 (m^2)
東京	38.9	35	37,459
パリ	18.3	108	109,300

図 4-4　緑化・公園整備事業の費用対効果の比較



最後に、サイクリングロード整備事業における分析結果を表 4-5 および図 4-5 に示す。表 4-5 より、充当金額、温室効果ガス削減量、活動量（サイクリングロード整備距離）すべてにおいて、東京の方が小さい。

図 4-5 を見ると、温室効果ガス削減量の費用対効果、活動量（サイクリングロード整備距離）の費用対効果ともに、東京の方が 6 倍高いことが確認された。

サイクリングロード整備事業における温室効果ガス削減量と活動量（サイクリングロード整備距離）の関係は以下の式で表される。

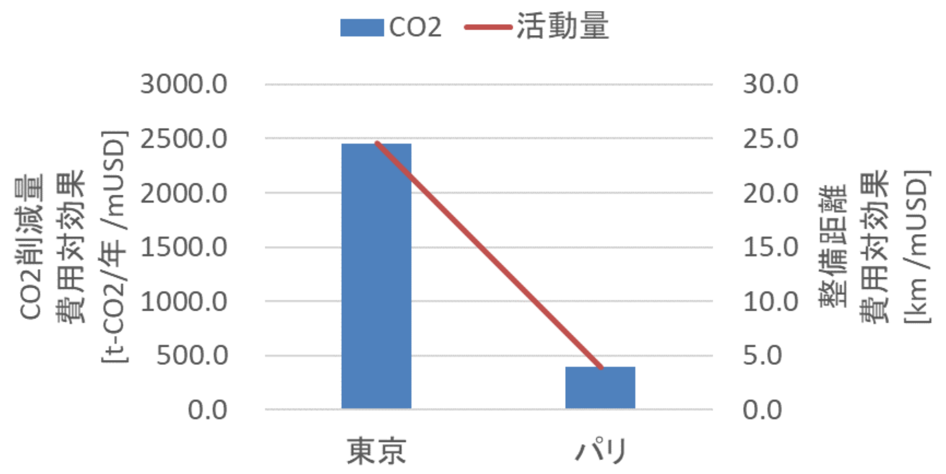
温室効果ガス削減量＝整備距離 × 排出係数

サイクリングロード整備事業における排出係数は、東京とパリで同じ値と仮定して算定したため、整備距離分だけ、温室効果ガス削減量に反映されることになる。

表 4-5 サイクリングロード整備事業による温室効果ガス削減量の比較

都市	充当金額 (mUSD)	温室効果ガス削減量 (t-CO2/年)	整備距離 (km)
東京	0.5	1,150	12
パリ	38	14,850	149

図 4-5 サイクリングロード整備事業の費用対効果の比較



4.4.　小括

パリのグリーンボンドと比較した結果、東京はパリと比べて充当金額が小さく、温室効果ガス削減量・吸収量も小さいが、費用対効果は、東京の方が 1.9 倍高いことが確認された。

事業カテゴリごとに分析した結果、東京はパリと比べて発電に係る排出係数が大きいため、再生可能エネルギー導入事業や省エネ事業による温室効果ガス削減効果を得やすいことが確認された。

温室効果ガスの削減を目指す際、再生可能エネルギー導入事業による排出係数の低減と、省エネ事業によるエネルギー使用量の削減を並行して進めることの有効性が示唆された。

東京の省エネ事業におけるエネルギー削減量の費用対効果はパリの 2 倍であり、特に上下水道施設の省エネ化における温室効果ガス削減効果が大きいため、前述の通り、ヒアリング等により、本事業における工夫点などを整理し、今後のグリーンボンド充当事業に活かすことが望まれる。

5.　東京都 GB に対する評価

5.1.　　東京都 GB 評価の結果

東京都が発行したグリーンボンド充当事業を評価し、以下の結果が得られた。

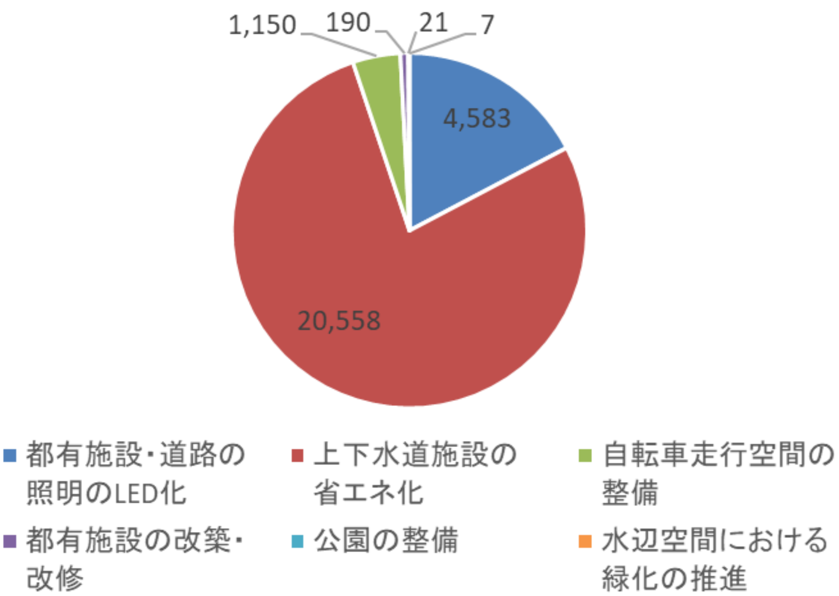
●グリーンボンド充当事業により、26,509t-CO2 の温室効果ガス削減・吸収に貢献

温室効果ガスの削減・吸収に影響を与えるグリーンボンド充当事業として、「都有施設・道路照明の LED 化事業」、「上下水道施設の省エネ化」、「自転車走行空間の整備」、「都有施設の改築・改修」、「公園の整備」、「水辺空間における緑化の推進」の 6 事業があり、合計 121.7 億円を充当した結果、26,509t-CO2 の温室効果ガスの削減・吸収に貢献したことが確認された。

●上下水道施設の省エネ化事業による温室効果ガス削減効果が大きい

上下水道施設の省エネ化事業による温室効果ガス削減効果が 20,558t-CO2 と大きく、削減・吸収効果全体（26,509t-CO2）の 78%を占めていることが確認された。

図 5-1　事業ごとの温室効果ガス削減量・吸収量への影響（再掲）

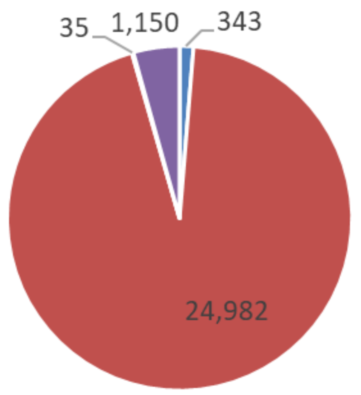


●事業カテゴリ別にみると、省エネ事業における温室効果ガス削減効果が大きい

グリーンボンド充当事業を「再生可能エネルギー導入」、「省エネ化」、「緑化・公園整備」、「サイクリングルート整備」の 4 つのカテゴリに分類し、カテゴリ別に分析した結果、省エネ事業における温

室効果ガス削減効果が 24,982t-CO2 と大きく、削減・吸収効果全体（26,509t-CO2）の94%を占めていることが確認された。

図 5-2　事業カテゴリごとの温室効果ガス削減量・吸収量への影響（再掲）



●再生可能エネルギー導入事業や省エネ事業による温室効果ガス削減効果を得やすい

日本は未だ化石発電の発電電力量比率が高く、発電に係る排出係数はフランスの約 10 倍である。そのため、東京はパリと比べて、再生可能エネルギー導入事業や省エネ事業による温室効果ガス削減効果を得やすいことが確認された。

●環境・社会面、経済面での影響も大きい

グリーンボンド事業による温室効果ガス以外の要素への影響を分析した結果、水害軽減、生態系環境改善、雇用創出、観光客誘致など、環境・社会面、経済面においても多くの影響を及ぼすことが確認された。

5.2.　今後の発行に向けて、比較評価から得られる示唆

上述の結果から、今後のグリーンボンド発行に向けて、以下のことが示唆された。

●上下水道施設の省エネ化事業における工夫点などの横展開が望ましい

上下水道施設の省エネ化事業による温室効果ガス削減効果が 20,558t-CO2 と大きいことが確認されたため、ヒアリング等により、上下水道施設の省エネ化事業における工夫点などを整理し、今後のグリーンボンド充当事業に活かすことが望ましいと考えられる。

●発電に係る排出係数削減と、活動量削減の両輪の施策が有効

日本は、発電に係る排出係数が大きいため、温室効果ガスの削減を目指す際、再生可能エネルギー導入事業による排出係数の低減と、省エネ事業によるエネルギー使用量の削減を並行して進めることが有効であると考えられる。

●温室効果ガス以外の要素に関する影響も含めて、中長期的視点の判断が重要

グリーンボンド事業による温室効果ガス以外の要素への影響として、環境・社会面、経済面においても多くの影響を及ぼすことから、今後のグリーンボンド充当事業検討の際も、温室効果ガス以外の要素に関する影響も含めて、中長期的視点で総合的に判断することが望ましいと考えられる。

6. 総括

本研究は、東京都における GB への取組の成果を定量的に検証し、類似する他の債券との比較により特色の指摘や今後の取組への必要な提言を行うことを目的として取り組まれたものである。東京都は他自治体に先駆けて 2017 年より GB の発行を行っており、「グリーンボンド原則」に適合した債券として情報開示等も進んでいるが、特定の年度の債券に関して、当初の資金使途と実際の使用を比較して GB の効果を示し、かつ他の大都市との比較も実施したのは、本研究が初の試みであると言える。特に、最近では ESG ウォッシュ、あるいはグリーンウォッシュといった、実際には効果のない見せかけの ESG 投資に対して厳しい目が向けられている中、実際の効果や他都市との比較を客観的、定量的に示すことができた意義は高いと考えられる。また、東京都発行 GB の内容を分析評価する過程において、今後の発行において参考となる可能性のあるいくつかの提言も行うことができた。

本研究における課題を示す。本研究は、東京都の要請により令和 2 年度発行の GB を対象として分析を行っており、他の年度に発行された GB は対象としていない。今後、複数年度における継続的な調査を行っていくことができれば、東京都発行 GB の内容の充実により資するものと思われる。また、比較対象となり得る他都市の債券のうち、比較に必要な情報が開示されていた債権がパリ市発行の環境債のみであったため、他の債券との比較については限定的なものに留まっている。これについては、適当な比較対象が現状では存在しないためやむを得ないが、本研究においても、相対的な比較により新たな視点からの特性や課題が明らかになったこともあり、今後も比較可能性のある債券の探索および実際の比較を検討し続けていくことは肝要と思われる。

最後に、本研究に関して支援を行って頂いた東京都および TMU サステナブル研究推進機構に深く感謝の意を表したい。

以　上