

# GPIFポートフォリオの 気候変動リスク・ 機会分析

2019年度 ESG活動報告 別冊



# 序章 本稿の問題意識とポイント

## 本稿のとりまとめにあたって

GPIF では「2018 年度 ESG 活動報告」のなかで、昨年度初めて TCFD 提言に沿った「気候関連財務情報開示」を行いました。最初の試みということで温かい目で見えていただいたこともあり、多方面から概ね好意的な評価をいただきました。

しかし、ESG 活動報告・TCFD 開示の担当者としては、昨年度開示した時点で大きな課題認識を持っており、次年度こそは少しでも克服しようと昨年秋の段階から検討を進めて参りました。そのなかでも、特に大きな課題は、①分析対象が事実上移行(政策)リスクに留まっていること、②移行リスクの分析対象期間が短いこと、③気候変動が財務(GPIF にとっては投資収益)に与える影響について分析・開示できていないことです。これらの課題を克服するために、GPIF は MSCI 社と契約を締結し、MSCI Climate risk center(同社が 2019 年秋に買収をした旧 Carbon Delta)の Climate VaR という分析手法を用いることで、「政策リスク」に加えて、環境関連技術等に関する特許情報により評価した「技術的機会」と「物理的リスク・機会」を統合的に企業価値への影響というかたちで評価することが可能となりました。GPIF としては、個々の分析手法については改善余地も残されているものの、上記の 3 つの課題の解決に道筋を示す先進的な分析を行うことが出来たと考えています。

また、それ以外の分析については、カーボンフットプリント分析では昨年度に引き続き、S&P/JPX カーボン・エフィシエント指数等における炭素効率性の評価にも使われている S&P Global 社傘下の Trucost 社に、国債分析については国債に関する気候変動リスク・機会分析に強みを持つ FTSE 社傘下の Beyond Ratings 社に分析を委託しました。献身的に協力いただいた 3 社に感謝申し上げます。気候変動リスク・機会分析で先端的かつ実績のある 3 社に協力いただいた成果が「2019 年度 ESG 活動報告」の TCFD 開示であり、そちらに分析結果のポイントを紹介しています。

しかし、紙面に限りがあることから「2019 年度 ESG 活動報告」で十分に紹介できなかった、より詳細な分析結果や補足的な分析も含めて、「2019 年度 ESG 活動報告」の別冊というかたちで本稿(「GPIF ポートフォリオの気候変動リスク・機会分析」)を取りまとめることにしました。この分析結果は直接的には GPIF ポートフォリオに与える影響を分析したものではありませんが、GPIF が国内の上場企業のみならず、海外の主要企業に幅広く投資を行うユニバーサル・オーナーであることから、日本企業全体、海外企業全体、ひいては世界の国々が気候変動に関連して、どういう課題やリスクを抱えているのか、逆に課題解決のために必要とされる技術にどれだけの価値があり、ビジネスチャンスが生まれるのかについて、投資家以外の方々にも参考になる情報が含まれていると考えています。

数十年先までの気候変動やそれに伴うリスクや機会を正確にとらえることは、現実には極めて困難であり、分析結果については、かなり幅をもってとらえる必要がありますが、投資家のみならず、事業会社の方々にも、気候変動に伴うリスクと機会を考える上での一助となれば幸いです。

## 本稿の構成とポイント

本稿は、序章と本編の3章で構成されています。

第1章は、投資先企業のカーボンフットプリント(温室効果ガス排出)の測定や売上高(付加価値)当たりの温室効果ガス排出量であるカーボンインテンシティについて計測しています。今年度は、カーボンフットプリント、カーボンインテンシティの増減を、①企業収益、②投資先企業による温室効果ガス排出量(「排出量」)、③株式・債券ポートフォリオにおける各社の保有比率(「保有比率」)、④その他、に分解して変化の要因を分析しました。また、温室効果ガス排出についての企業の情報開示の状況についても、分析しており、年々情報開示が改善していることが示されました。

2019年度にGPIFのポートフォリオ全体のカーボンインテンシティ(売上100万円当たりの温室効果ガス排出量)は前年度比15.3%減少していますが、③「保有比率」の変化が大きく貢献しており、カーボンフットプリント同様、2018年9月に採用を公表したS&P/JPXカーボン・エフィシエント指数等への投資の効果が表れているものと考えられます。

第2章では、気候変動に伴うリスクと機会のシナリオ分析を行っています。「2°Cシナリオ(産業革命前からの世界の平均気温上昇を2°C未満にするシナリオ)」をベースに「3°Cシナリオ」、「1.5°Cシナリオ」下において、「移行(政策)リスク」に加えて、環境関連技術等に関する特許情報により評価した「技術的機会」と「物理的リスク・機会」が企業価値や証券価値へどのように影響するのか分析をしています。大変興味深いことに、(1)株式については、政策面での制約(政策リスク)が大きい1.5°Cシナリオが最も株式価値にプラスの影響を与え、2°C、3°Cと制約が緩くなるにつれ、株式価値に与える影響はマイナスに転じています。また、(2)債券については、株式と逆の結果となっており、1.5°C、2°C、3°Cと政策面での制約が小さくなるほど、債券価値に与えるマイナスの影響は小さくなっていきます。株式と債券とで逆の結果となった背景には、株式と債券との間にある金融商品としての本質的な違いがあります。

株式は、技術的機会のようなアップサイドのリスクに対して、将来の配当やキャッシュフローの割引現在価値を通じて株式価値に比較的ストレートに影響する一方、債券は、デフォルト確率の低下を通じて、債券価値に影響するものの、額面とクーポンを超えるアップサイドは存在しません。(3)株式と債券が逆の結果となっていますが、GPIFのポートフォリオ全体(国債は分析対象外)で見れば、3°Cシナリオでは資産価格にマイナスですが、2°Cではプラス、1.5°Cではより大きなプラスとなることが示されました。将来的にはポートフォリオ構築などに気候変動リスク・機会の分析を取り入れる研究が広がることが期待されます。

加えて、第2章では、国別やセクター別に気候変動に伴うリスクと機会が株式・債券の証券価値にどう影響するのかについても分析をしています。2°Cシナリオの下で、国内株式は、技術的機会が大きくプラスに貢献することにより、株式価値が+11.2%増加する一方、技術的機会による押し上げが小さい外国株式は逆に▲7.5%減少するという結果になりました。セクター別では、政策リスクという観点では、「エネルギー」「素材」「公益事業」の環境負荷が大きいセクターは株式価値や債券価値を大きく押し下げる分析結果となっていますが、特に国内株式については、技術的機会が大きく貢献し、全体(CVaR 総合)では、「エネルギー」「素材」については、株式価値が増加する分析結果となっています。政策リスクが高まれば高まるほど、環

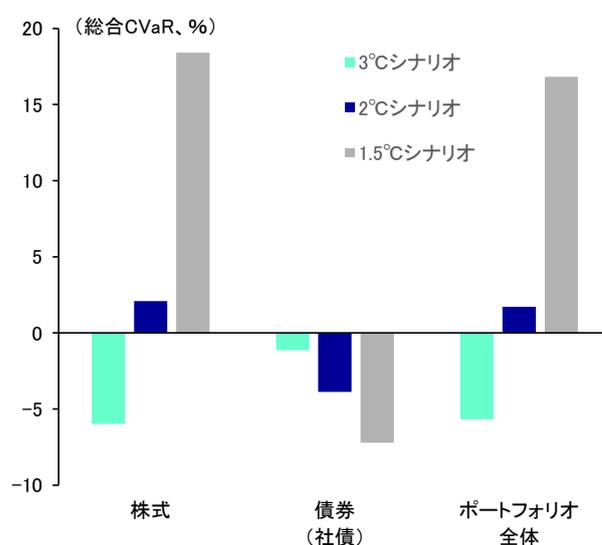
環境関連技術へのニーズが高まり、そのニーズは環境負荷の大きい業種ほど大きいということが示されています。つまり、環境負荷が大きいセクターにとって、気候変動問題は、業種内での優勝劣敗を決める大きな要素となるということです。

図 0-1 気温上昇シナリオ別の総合 CVaR(1)<sup>1</sup>

3°CシナリオのCVaR			
	株式	債券(社債)	ポートフォリオ全体
(1) 移行リスクと機会	0.76	-0.32	0.69
政策リスク	-1.69	-0.44	-1.61
技術的機会	2.45	0.12	2.31
(2) 物理的リスクと機会	-6.75	-0.82	-6.37
<b>(3) 総合</b>	<b>-5.98</b>	<b>-1.14</b>	<b>-5.67</b>
2°CシナリオのCVaR			
	株式	債券(社債)	ポートフォリオ全体
(1) 移行リスクと機会	8.83	-3.06	8.09
政策リスク	-6.77	-3.52	-6.57
技術的機会	15.61	0.46	14.66
(2) 物理的リスクと機会	-6.75	-0.82	-6.37
<b>(3) 総合</b>	<b>2.09</b>	<b>-3.88</b>	<b>1.72</b>
1.5°CシナリオのCVaR			
	株式	債券(社債)	ポートフォリオ全体
(1) 移行リスクと機会	25.17	-6.39	23.19
政策リスク	-11.04	-7.13	-10.79
技術的機会	36.20	0.73	33.98
(2) 物理的リスクと機会	-6.75	-0.82	-6.37
<b>(3) 総合</b>	<b>18.42</b>	<b>-7.21</b>	<b>16.82</b>

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

図 0-2 気温上昇シナリオ別の総合 CVaR(2)



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

図 0-3 株式ポートフォリオのセクター別 CVaR

	国内株式					外国株式				
	CVaR総合					CVaR総合				
	移行リスク	政策リスク	技術的機会	物理的リスクと機会	移行リスク	政策リスク	技術的機会	物理的リスクと機会		
全体	11.2	21.3	-6.9	28.3	-10.1	-7.5	-3.3	-6.6	3.3	-4.2
電気通信サービス	-19.2	-0.3	-0.9	0.6	-18.9	-9.9	-1.6	-1.8	0.2	-8.3
一般消費財・サービス	46.3	57.6	-4.2	61.8	-11.3	-2.3	1.8	-2.3	4.1	-4.1
生活必需品	-12.1	-2.6	-4.1	1.5	-9.5	-10.8	-5.3	-5.9	0.6	-5.5
エネルギー	13.4	60.8	-74.7	135.4	-47.3	-47.5	-40.0	-49.2	9.2	-7.6
金融	-28.0	-0.7	-0.8	0.0	-27.3	-11.7	-1.2	-1.3	0.1	-10.5
ヘルスケア	-2.6	1.5	-0.6	2.1	-4.1	-4.6	-0.5	-0.9	0.3	-4.1
資本財・サービス	20.5	31.1	-8.4	39.6	-10.7	-5.2	0.5	-10.0	10.4	-5.6
情報技術	15.4	23.0	-2.0	25.0	-7.6	-2.7	1.1	-0.7	1.7	-3.8
素材	5.7	25.6	-34.4	60.0	-19.8	-31.8	-25.5	-33.5	8.0	-6.4
不動産	-0.8	2.3	-1.8	4.2	-3.1	-5.1	-0.8	-1.4	0.6	-4.3
公益事業	-2.7	18.3	-51.6	69.9	-21.0	-10.9	-7.5	-29.1	21.7	-3.5

(注) CVaRの算出にあたっては2°Cシナリオを前提とした

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

<sup>1</sup> CVaR の値については、2020年9月にMSCIが実施したメソドロジーの更新により、2020年8月に発行した『ESG活動報告2019』とは一致しない場合があります。

第2章では、その他に投資先企業の将来にわたっての事業活動がどの程度の温暖化をもたらす可能性があるのかを具体的な基本上昇幅によって示す「ポートフォリオの温暖化ポテンシャル」、ポートフォリオの「化石燃料エクスポージャー」、「国債ポートフォリオの気候変動に伴うリスクと機会の分析」などを行っています。国債についても、社債同様、気候変動に伴うリスクと機会が財政収支に影響を及ぼし、デフォルト確率の変化を通じて、国債のプライシングに影響する可能性はあるものの、本稿では、そこまでの分析には踏み込んでいません。株式や社債の CVaR と同様な分析を行うには、まだ解決すべき多くの課題が残されていると認識しています。

第3章では、ご参考として、企業による自社の温室効果ガス排出の管理や低炭素経済移行に関するリスクと機会への対応度合いを FTSE 社がスコア化した「Transition Pathway Initiative Management Quality スコア(TPI MQ スコア)」と、MSCI 社による「SDGsに関連した企業収益」の分析についてご紹介しています。

## 各社の紹介

### <FTSE Russell、Beyond Ratings とは>



ロンドン証券取引所グループ(LSEG)傘下の FTSE Russell は革新的な ESG インデックス、分析、ESG 評価などサステナブル投資ソリューションを世界の投資家に 20 年以上提供。最先端の ESG データ、気候変動分析、モデルを提供する Beyond Ratings 社は 2019 年に LSEG の子会社となる。

### <MSCI Climate Risk Center とは>



MSCI Climate Risk Center は、MSCI における気候変動リスク分析の中心的な役割を担っている。センターの目的は MSCI が 2019 年 10 月に買収したカーボンデルタ社によって構築された主要な学術機関や研究機関とのパートナーシップを通じて気候変動科学を金融リスク分析に活用すること。

### <Trucost とは>



2000 年英国で設立。カーボンデータなどの環境評価分野でのパイオニア的存在。同社は、15,000 社以上の環境パフォーマンスを綿密かつ包括的に評価しており、そのカバレッジを拡大している。2016 年 10 月より S&P グローバルの一部門となり、ESG 関連ビジネスを含め、引き続き環境評価データの提供サービスをグローバルに展開している。

本稿は、TCFD 提言に沿った開示を行うために MSCI 社、Trucost 社、FTSE 社の3社に委託した分析結果等を受益者及び投資先企業の方々等に共有することを目的としたものです。足許の GPIF の投資行動に直接的に反映することを意図したものではありません。また、本稿に記載された内容は、作成時点の情報に基づくものであり、正確性、完全性を保証するものではなく、今後予告なく修正、変更されることがあります。内容に関する一切の権利は、GPIF にあります。事前の了承なく転用等を行なわないようお願いします。

# GPIF ポートフォリオの気候変動リスク・機会分析

目次	
序章 本稿の問題意識とポイント	1
本稿のとりまとめにあたって	1
本稿の構成とポイント	2
第1章 カーボンフットプリント等の測定	7
GPIF ポートフォリオの特徴	7
カーボンフットプリントの測定	10
(補遺)株式・社債分析のカバレッジとスコープ	12
カーボンインテンシティの測定	14
カーボンフットプリント等の変化の要因分析	15
温室効果ガス排出についての企業の情報開示	19
国債ポートフォリオの特徴	21
国債のカーボンフットプリント等の測定	22
第2章 リスクと機会についてのシナリオ分析	26
Climate Value-at-Risk (CVaR) の分析概要	26
CVaR のシナリオ分析	30
CVaR による政策リスクの分析	32
技術的機会	34
物理的リスクと機会	36
総合 CVaR のセクター別・国別の分布状況	38
(補遺)CVaR の概念と分析手法	51
ポートフォリオの温暖化ポテンシャル	57
化石燃料へのエクスポージャー	63
エネルギーミックス	66
国債の気候変動関連分析	67
移行リスクの分析	71
物理的リスクの分析	72
国債ポートフォリオにおける機会の捉え方	74
第3章 その他の分析	77
TPI MQ スコアによる分析	77
(補遺)TPI MQ スコアのメソドロジー	80
SDGs に関連した企業収益	81

# 第1章 カーボンフットプリント等の測定

## GPIF ポートフォリオの特徴

### 資産および業種の構成と温室効果ガス排出量

本稿における分析対象資産は GPIF の保有ポートフォリオのうち「国内債券」、「外国債券」、「国内株式」、「外国株式」の 4 資産です。「オルタナティブ資産」や「短期資産」は対象から除外しています。以降では、4 資産を対象に、2020 年 3 月末時点のデータを使用し、温室効果ガス排出量(カーボンフットプリント)や移行リスクの分析のほか、物理的リスクや機会の分析を行っています。なお、分析結果はそれぞれの資産への投資額や業種別構成比などに大きく影響を受けるため、まずは事前にそれらの特徴を確認しておくことが重要です。

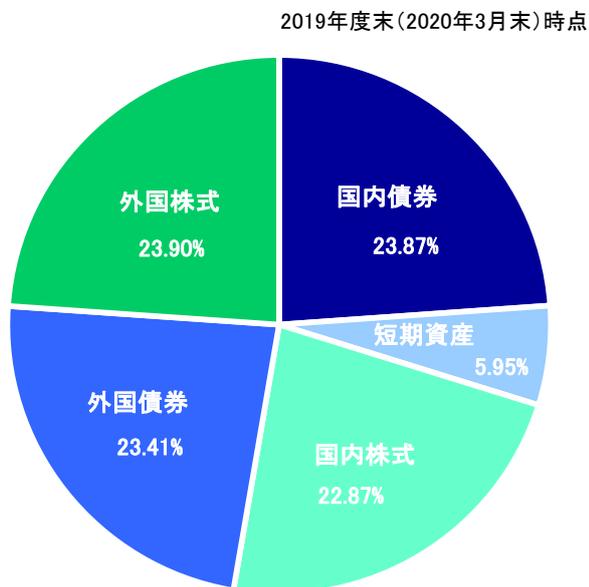
GPIF のポートフォリオは、2020 年 3 月末時点で全体の時価総額のうち債券と株式でそれぞれ約半分ずつの比率になっています。債券は国内が全体の 23.87%、外国は 23.41%です(図 1-1)。株式については、国内が 22.87%、外国が 23.90%の割合で保有しています。国内外の債券については、その大部分が国債から構成されています(図 1-2)。

株式ポートフォリオを業種別に分類してみると、国内と外国とで時価総額で見た業種構成に違いが生じています(図 1-3)。国内株式では、温室効果ガス排出量が多い「資本財・サービス」と「一般消費財・サービス」の比率が高くなっています。一方、外国株式では、比較的温室効果ガス排出量の小さい「情報技術」や「金融」、「ヘルスケア」への投資割合が大きくなっています。

社債ポートフォリオを時価総額で業種別にみると、国内と外国とともに最も大きいのは「金融」です(図 1-4)。国内社債では「資本財・サービス」や「公益事業」の割合が外国社債に比べて高いことがわかります。「公益事業」には、電力会社などが含まれるため他業種に比べて温室効果ガス排出量が多いという特徴があります。外国社債では、温室効果ガス排出量が比較的大きい「エネルギー」の割合が国内社債に比べて大きくなっています(図 1-5)。しかし、温室効果ガス排出量の少ない「電気通信サービス」「ヘルスケア」「情報技術」の比率も高く、総じてみれば環境負荷は国内社債に比べて小さくなっています。

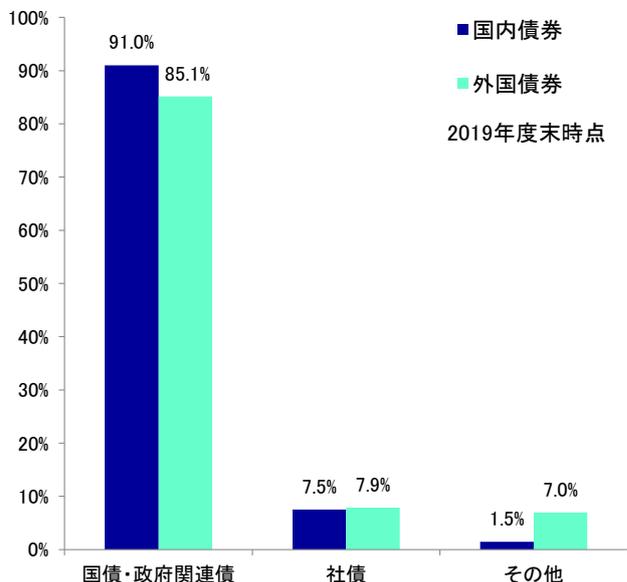
以降の分析結果をみる際には、こうした業種による温室効果ガス排出の傾向の違いに留意する必要があります。GPIF の投資は株式の約 9 割、債券の約 7 割がパッシブ運用であり、ベンチマークの業種構成比が、ほぼそのままポートフォリオに反映されています。

図 1-1 運用資産額・構成割合(年金積立金全体)



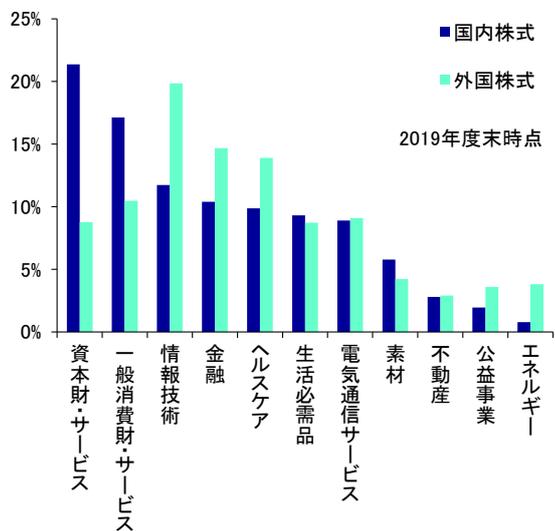
(出所)GPIF

図 1-2 GPIF の債券ポートフォリオにおける種類別構成比



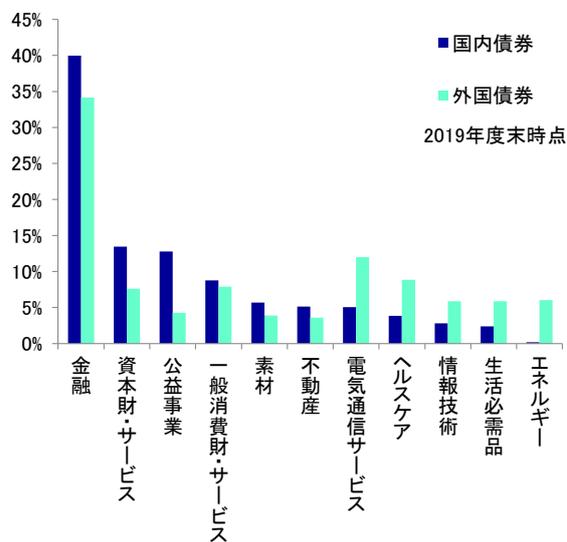
(注)その他は、証券化商品等が含まれる  
(出所)GPIF

図 1-3 株式ポートフォリオのセクター別ウエイト



(出所)GPIF, S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-4 債券(社債)ポートフォリオのセクター別ウエイト



(注)分析対象は社債のみ  
(出所)GPIF, S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-5 セクター別カーボンインテンシティ

売上100万円当たり温室効果ガス排出量

	電気通信 サービス	一般消費 財・サービ ス	生活必需 品	エネル ギー	金融	ヘルスケ ア	資本財・ サービス	情報技術	素材	不動産	公益事業
国内株式	0.37	0.82	2.02	3.76	0.08	0.46	1.54	1.06	6.73	0.58	14.13
外国株式	0.41	0.87	1.92	5.62	0.26	0.34	1.63	0.68	9.95	1.47	19.98
国内債券 (社債)	0.40	0.84	1.42	3.49	0.08	0.42	1.99	1.04	10.81	0.82	16.90
外国債券 (社債)	0.35	0.73	4.25	6.44	0.12	0.38	1.74	0.47	8.47	0.82	30.37

(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

# カーボンフットプリントの測定

## カーボンフットプリント(温室効果ガス排出量)

ここでは、カーボンフットプリントの集計範囲を、企業による二酸化炭素やそれ以外の温室効果ガスの直接排出(スコープ1)に加え、購入電力や中核サプライチェーンに関する二酸化炭素排出量(スコープ2および3)としています<sup>2</sup>。

資産別にみると、温室効果ガス排出量の合計が最も大きいのは国内株式で、次いで外国株式、国内債券(社債)、外国債券(社債)の順となりました(図 1-6)。これは、国内企業が外国企業に比べて炭素効率性が低いということではなく、GPIF のポートフォリオにおける各資産の保有額や業種別構成に、大きく依存しているためです。

内訳をみると、国内株式では、間接的な排出であるスコープ2と3を合わせた排出量が、企業による直接排出であるスコープ1を上回るなど、温室効果ガス排出量削減の取り組みはサプライチェーンも含めて行われることが重要であると再認識させられます。

また、2016 年度以降の温室効果ガス排出量のその後の推移をみると(図 1-7)、株式は国内・外国ともに 2018 年度にかけては横ばい圏で推移し、2019 年度にかけて低下しています。債券は、国内が 3 年連続で減少している一方で、外国は 2019 年度にかけて大幅に増加しています。これは、2019 年度に国内債券のウエイトが縮小し、外国債券のウエイトが拡大したこと等が影響していると考えられます(2020 年度から新たな基本ポートフォリオに移行し、国内債券のウエイトを縮小し、外国債券のウエイトを拡大)。このように、資産ごとの温室効果ガス排出量の推移は、投資先企業の炭素効率性も影響しますが、その資産への投資額に大きく左右されることがあります。

<sup>2</sup> カーボンフットプリントのスコープの詳細に関しては、P.12「(補遺)株式・社債分析のカバレッジとスコープ」をご参照ください。

図 1-6 資産別・スコープ別カーボンフットプリント

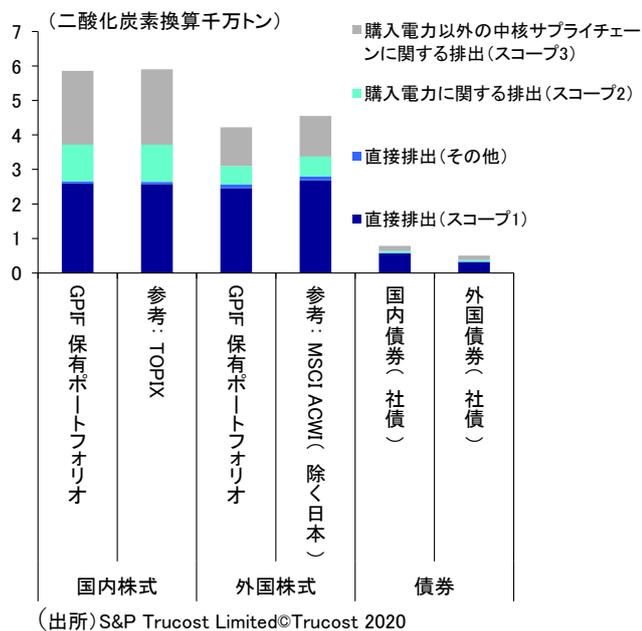
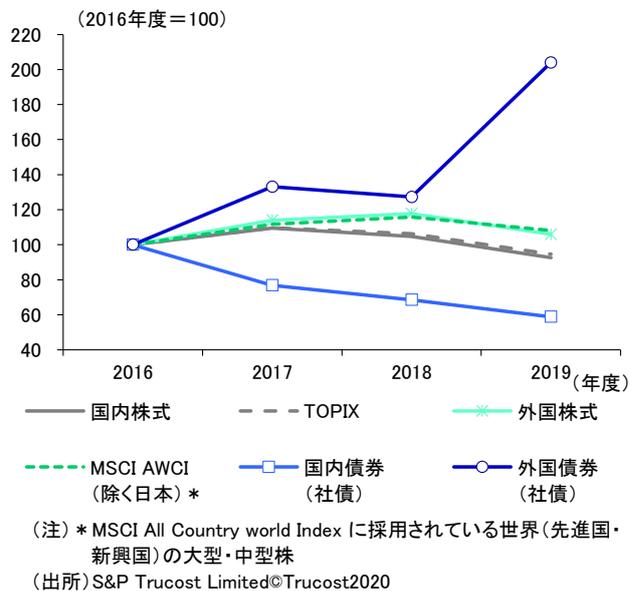


図 1-7 資産別カーボンフットプリントの推移



## (補遺)株式・社債分析のカバレッジとスコープ

### 株式・社債分析のカバレッジ

GPIF のポートフォリオのカーボンフットプリントやカーボンインテンシティなどについての分析は Trucost のデータに基づいていますが、GPIF の保有銘柄のうち、株式については、同社のデータベースの収録対象であり、かつ直近 3 年間の環境データ及び財務データが適切に存在する発行体企業を分析対象としています。2020 年 7 月時点のデータのカバー率は、時価総額ベースで国内株式は 99.4%、外国株式は 99.5% となっています(図 1-8)。

債券(社債)については、当該債券の発行体(発行体企業が未上場の場合は、上場している親会社)を対象に分析を行いました。ただし、その発行体企業が Trucost のデータベースに含まれており、最低直近 3 年間の環境データ及び財務データが存在することを条件としています。2020 年 7 月時点のデータのカバー率は、時価総額ベースで国内債券は 83.5%、外国債券は 70.0%となっています。

図 1-8 GPIF ポートフォリオに対する Trucost の温室効果ガス排出関連分析のカバー率 (%)

	時価総額ベース	銘柄数ベース
<b>国内株式</b>	99.4	96.5
(TOPIX)	99.3	99.0
<b>外国株式</b>	99.5	97.1
(ACWI)	99.6	98.8
<b>国内債券(社債)</b>	83.5	84.3
<b>外国債券(社債)</b>	70.0	75.0

(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2020

## 株式・社債分析のスコープ

なお、本章で分析する温室効果ガス(GHG)は、当該企業の事業により直接排出されるもの(スコープ1)から、当該企業のバリューチェーン全体における排出(スコープ3)までを対象としています。本章では以下のようにスコープを分類しています(図 1-9~10)。

図 1-9 各スコープの位置づけ(1)

排出の種類	スコープ	詳細
直接排出	スコープ1	事業活動によって直接排出される、京都議定書で定義された温室効果ガス(GHG)に基づく二酸化炭素換算(CO2e)排出量
	その他	上記以外の直接排出で、CCl4、C2H3Cl3、CBrF3からの排出、バイオマスから放出されるCO2を含む
電力購入に関する排出	スコープ2	購入された電力、熱または蒸気によって生じるCO2換算排出量
電力購入を除く 中核サプライチェーンに関する排出	スコープ3	サプライチェーンのTier 1において商品及びサービスを提供する企業から生じるCO2換算排出量
他のサプライチェーンの間接排出量		上記以外のサプライチェーンにおいて商品及びサービスを提供する企業から生じるCO2換算排出量
下流		企業が提供する商品及びサービスの配達、加工及び使用によって生じるCO2換算排出量

(出所)S&P Trucost Limited©Trucost2020

図 1-10 各スコープの位置づけ(2)



(出所)S&P Trucost Limited©Trucost2020

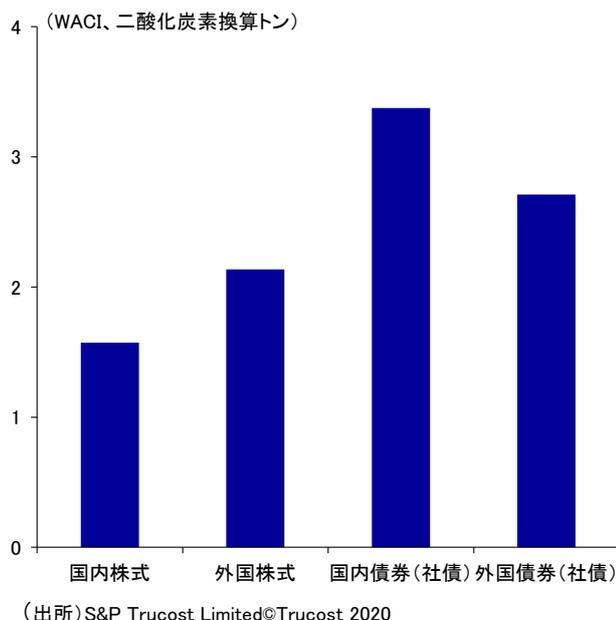
## カーボンインテンシティの測定

### ポートフォリオのカーボンインテンシティ(炭素強度)を資産別に確認

温室効果ガス排出量を付加価値等の単位当たりでみたカーボンインテンシティを確認します。ここでは、株式、社債について、TCFD が開示を推奨している加重平均カーボンインテンシティ(WACI: Weighted Average Carbon Intensity)の考え方にに基づき、測定を行いました。WACI の計算に当たっては、企業の売上当たりの温室効果ガス排出量を、ポートフォリオにおける保有割合に応じて加重平均しています。

GPIF の株式・社債のポートフォリオにおいて、WACI がもっとも大きいのは国内の社債です(図 1-11)。ただし、これは「ポートフォリオの気候変動リスク」で説明したとおり、業種の偏りによる影響が大きいと考えられます。国内の社債は温室効果ガス排出量が比較的大きい電力会社などの「公益事業」による発行が多く、市場のほとんどの資産へ投資を行っている GPIF のポートフォリオでも「公益事業」の比率が高いことから、外国の社債に比べて WACI が高くなります。一方、株式ではカーボンフットプリントとカーボンインテンシティで異なる傾向が昨年に引き続き、確認されました。国内株式のポートフォリオでは、温室効果ガス排出量が大きくなっていますが、WACI は外国株式に比べて低く、炭素効率性が高いとの結果になりました。国内株式の温室効果ガス排出量が大きいのは、ポートフォリオの業種のウエイトが製造業に偏っていることが主因だと考えられます。

図 1-11 資産別 WACI



# カーボンフットプリント等の変化の要因分析

## ポートフォリオの変化の要因分解

以下では、GPIF のポートフォリオについて、カーボンフットプリントおよびカーボンインテンシティの変化の要因分解を行います。カーボンフットプリントの変化には主に2つの要因があります。それは、①投資先企業が排出する温室効果ガス排出量の変化と、②株式や債券の保有銘柄や保有比率の変化です。

ポートフォリオのカーボンフットプリントの変化の要因分解の結果は、図 1-12 に示しました。分析では 2018 年度から 2019 年度のカーボンフットプリントの変化について、①投資先企業の温室効果ガス排出量（「排出量」）、②株式・債券ポートフォリオにおける各社の保有比率（「保有比率」）、③その他、に分解して変化の要因を分析しました。これによると、GPIF のポートフォリオ全体のカーボンフットプリントは 1 年間で 9.44%減少しています。最も寄与度が高いのは、②「保有比率」の変化です。GPIF では 2018 年に、株式ポートフォリオにおいて炭素効率性の高い企業の投資ウエイトを増やす設計となっている S&P/JPX カーボン・エフィシエント指数(国内株)及び S&P グローバル大中型株カーボン・エフィシエント指数(除く日本)への投資を開始しており、その効果が表れているものと考えられます。

なお、ポートフォリオ全体のカーボンインテンシティ変化の要因分解の結果は、図 1-13 に示しました。分析では 2018 年度から 2019 年度のカーボンインテンシティの変化について、①企業収益、②投資先企業による温室効果ガス排出量（「排出量」）、③株式・債券ポートフォリオにおける各社の保有比率（「保有比率」）、④その他、に分解して変化の要因を分析しました。これによると、GPIF のポートフォリオ全体のカーボンインテンシティ(売上 100 万円当たり二酸化炭素換算トン)は 1 年間で 15.3%減少しています。最も寄与度が高いのは③「保有比率」の変化です。カーボンフットプリント同様、カーボン・エフィシエント指数への投資の効果が表れているものと考えられます。このほか②「排出量」が総じて縮小する結果となりました。なお、2019 年度は経済環境に恵まれたこともあり、①企業収益の拡大もカーボンインテンシティの低下に寄与しています。

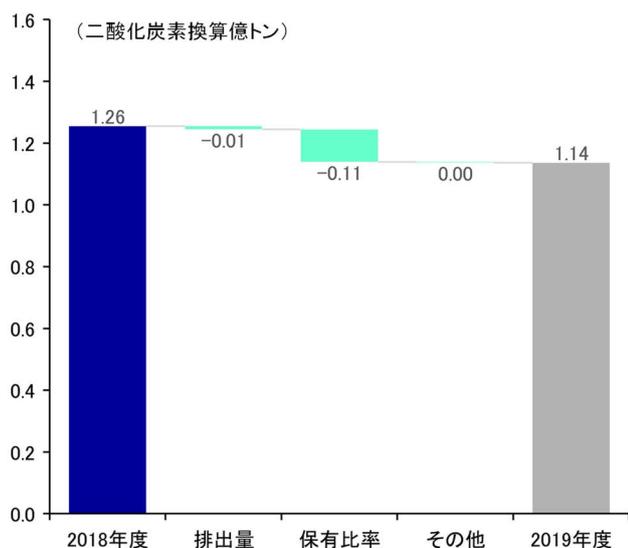
## ベンチマークとの差に関する分析

ポートフォリオのカーボンインテンシティがベンチマークと異なる要因は主に、a) セクター配分、b) 銘柄選択の2つに分解できます。具体的には、排出量が多いセクターをオーバーウエイトすれば、その分ベンチマークよりポートフォリオ全体のカーボンインテンシティが高くなる可能性があります。しかし、排出量が多いセクターの中でも炭素効率性が最高水準にある企業を選択することで、ポートフォリオ全体のカーボンインテンシティが低くなる可能性もあります。

図 1-18 は、各ポートフォリオのベンチマークにおけるセクター配分(業種要因)と銘柄選択の効果(個別企業要因)をそれぞれ示しています。

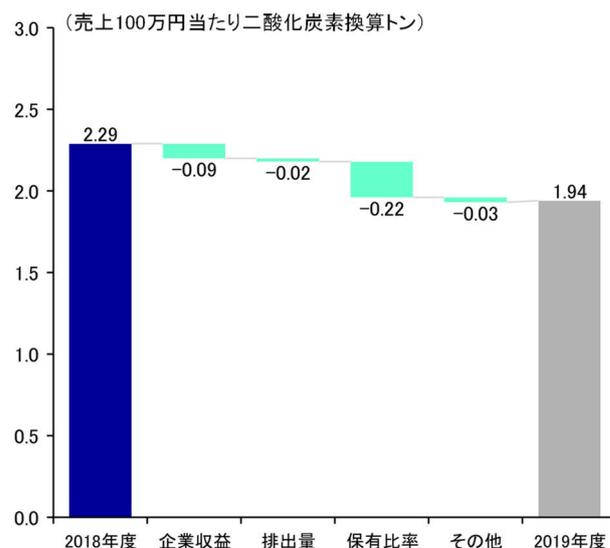
国内株式及び外国株式のポートフォリオのカーボンインテンシティは、いずれもベンチマークを若干アウトパフォームする結果となりました。アウトパフォームしたすべてのケースにおいて、セクター配分と銘柄選択の双方がポジティブに寄与しています。

図 1-12 ポートフォリオ全体のカーボンフットプリント変化の要因分解



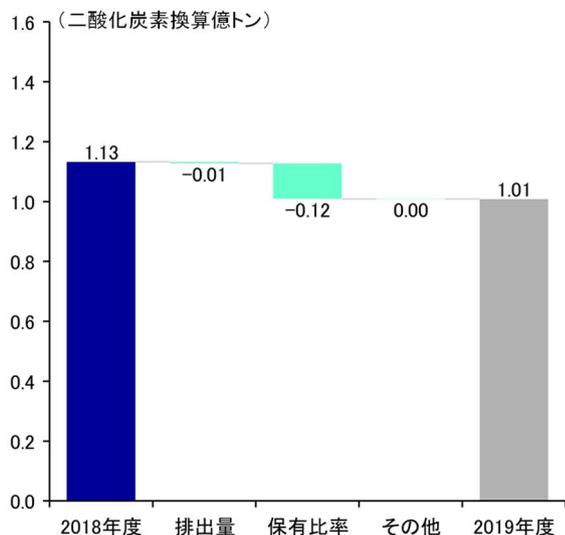
(注)「その他」は、「排出量」、「保有比率」の交差項  
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-13 ポートフォリオ全体のカーボンインテンシティ変化の要因分解(C/R)



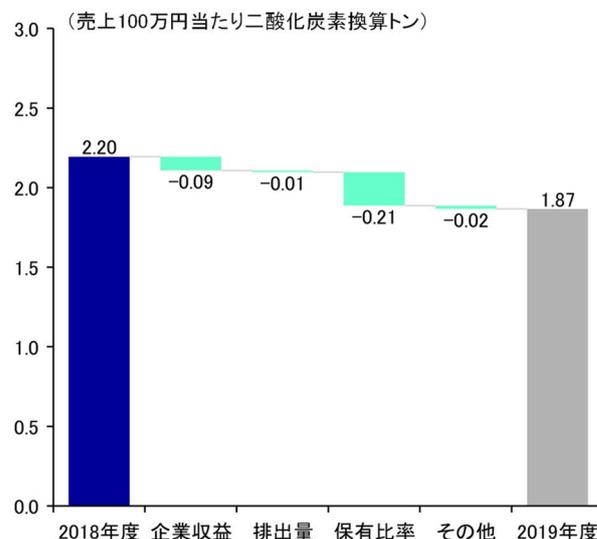
(注)「その他」は、「企業収益」、「排出量」、「保有比率」の交差項  
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-14 株式ポートフォリオのカーボンフットプリント変化の要因分解



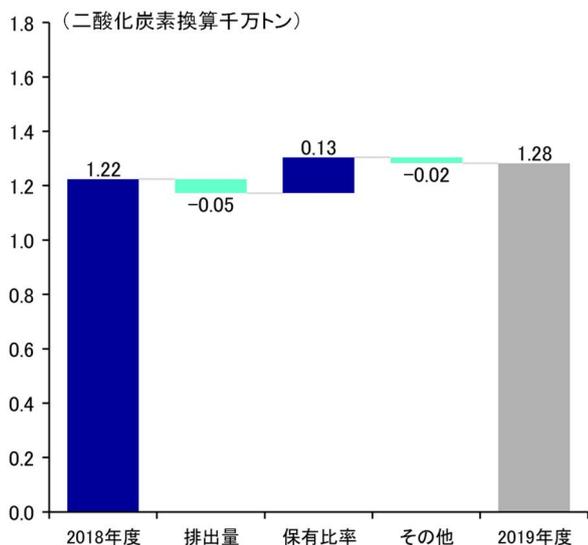
(注)「その他」は、「排出量」、「保有比率」の交差項  
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-15 株式ポートフォリオのカーボンインテンシティ変化の要因分解(C/R)



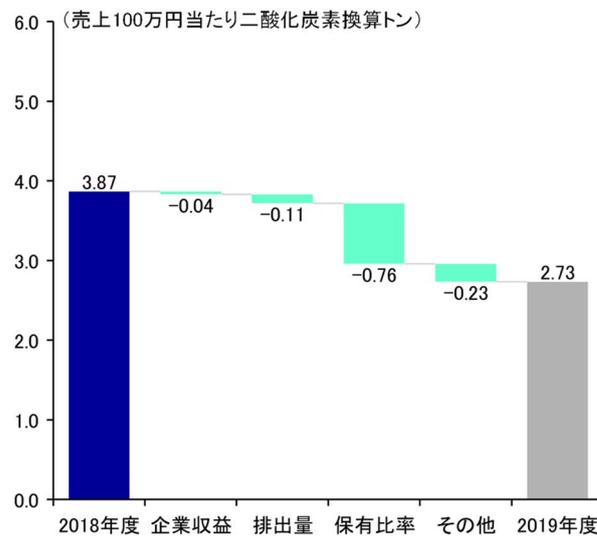
(注)「その他」は、「企業収益」、「排出量」、「保有比率」の交差項  
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-16 債券(社債)ポートフォリオのカーボンフットプリント変化の要因分解



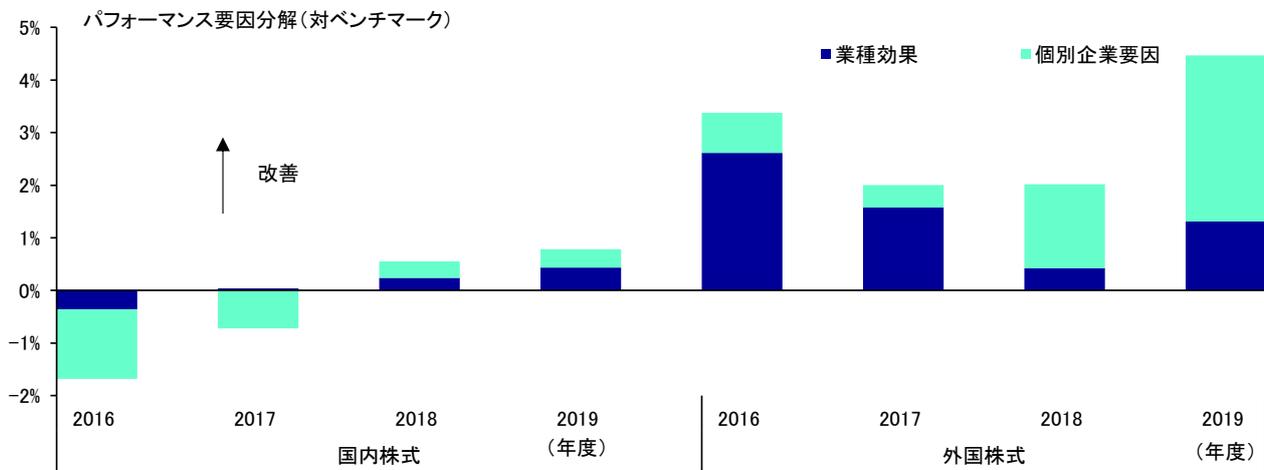
(注)「その他」は、「排出量」、「保有比率」の交差項  
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-17 債券(社債)ポートフォリオのカーボンインテンシティ変化の要因分解(C/R)



(注)「その他」は、「企業収益」、「排出量」、「保有比率」の交差項  
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-18 国内株式および外国株式のカーボンインテンシティのベンチマークからの乖離の要因分解(C/R)



(注) セクター配分効果には世界産業分類基準(GICS)の11のセクター分類を使用。カーボンインテンシティとしてはCO2排出量の対売上高比率(Carbon to Revenue = C/R)を使用。図表では、パフォーマンスが正の値であれば、ベンチマークよりカーボンインテンシティが低い(ポートフォリオの炭素効率が良い)ことを意味する  
 (出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

## 温室効果ガス排出についての企業の情報開示

### 企業数・時価総額・排出量でみた開示比率

以下では、GPIF が保有する資産ごとに、温室効果ガス排出に関する企業の情報開示の状況を確認します。各資産における開示比率について、①企業数でみた開示比率(図 1-19)、②企業の保有価値でウエイト付けした開示比率の推移(図 1-20)、③企業の温室効果ガス排出量でウエイト付けした開示比率(図 1-21)を確認しました。

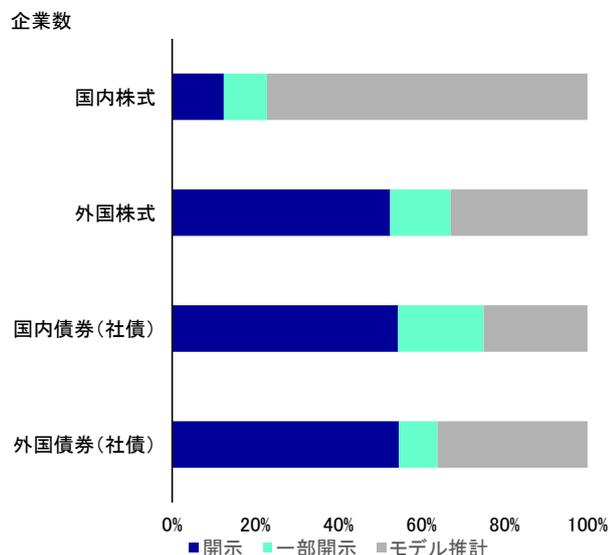
企業数でみた開示比率は、2019 年度は外国債券(55%)、国内債券(54%)、外国株式(52%)、国内株式(12%)の順に高く、一部開示を含めると、国内債券(75%)、外国株式(67%)、外国債券(64%)、国内株式(23%)となっています。国内株式の開示比率は、一部開示を含めても他の資産よりかなり低い水準にとどまっています。いずれの資産においても前年度から開示比率は上昇しており、ポートフォリオ全体では一部開示を含めた開示比率は 47%から 51%に上昇しました。

一方、企業の保有価値でウエイト付けした開示比率は、2019 年度は外国株式(78%)、外国債券(70%)、国内債券(64%)、国内株式(62%)、一部開示を含めると、外国株式(85%)、国内債券(84%)、外国債券(80%)、国内株式(76%)となっています。企業数でみた場合より開示比率が大幅に高まるのは、時価総額が大きい企業ほど情報開示が進んでいるからだと考えられます。保有価値で見れば、国内株式の開示比率は他の資産と遜色ない水準となっています。いずれの資産においても前年度から開示比率は上昇しており、総資産では一部開示を含めた開示比率は 77%から 80%に上昇しました。

さらに、企業の温室効果ガス排出量でウエイト付した開示比率をみると、2019 年度は外国株式(81%)、国内株式(72%)、外国債券(69%)、国内債券(66%)、一部開示を含めると、国内債券(99%)、外国株式(95%)、外国債券(95%)、国内株式(85%)となっています。時価総額で見た場合よりも概して開示比率が高くなっていますが、これは温室効果ガス排出量が多い企業ほど情報開示が進んでいるからだと考えられます。いずれの資産においても前年度から開示比率は上昇しており、ポートフォリオ全体では一部開示を含めた開示比率は 87%から 91%に上昇しました。

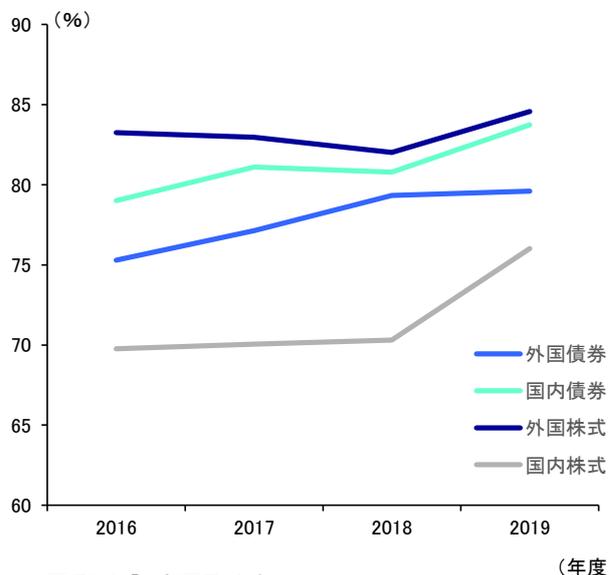
投資家が気候変動へのリスクを把握し、管理するためには、企業による情報開示が重要であり、開示データが充実することが望まれます。

図 1-19 企業による温室効果ガス排出(スコープ1)に関する開示状況(企業数でみた開示比率)



(出所)S&P Trucost Limited©Trucost 2020

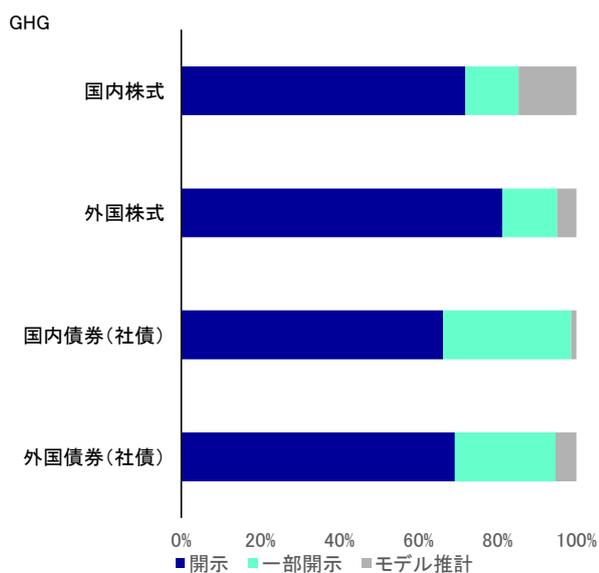
図 1-20 企業の保有価値でウエイト付けした開示比率の推移



(注)開示には「一部開示」を含む

(出所)S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 1-21 企業による温室効果ガス排出(スコープ1)に関する開示状況(企業の温室効果ガス排出量でウエイト付けした開示比率)



(出所)S&P Trucost Limited©Trucost 2020

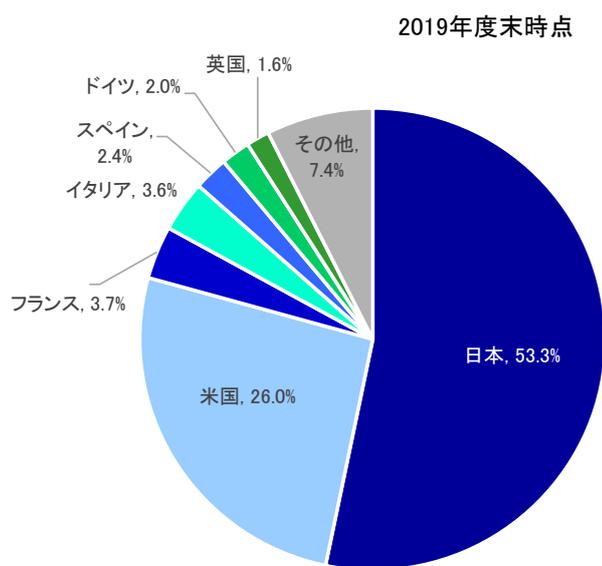
# 国債ポートフォリオの特徴

## GPIF の国債ポートフォリオ分析

ここまで、企業が発行する「株式」と「社債」の分析を行ってきました。以下では「国債」を対象に分析を行います。現在、気候変動に関するリスク特性と国債の価値との関係は証明されているわけではありません。しかし、気候変動による移行リスクや物理的リスクへの対応から生じる財政負担や、企業収益を通じた税収への影響などを勘案すると、今後、気候変動リスクが国債の価値に影響を与える可能性は十分あると考えられます。国債の気候変動リスクの分析に当たっては、分析対象となる温室効果ガス排出量の範囲を、政府部門に限定する考え方と、民間企業や個人も含めた当該国全体の活動とする考え方がありますが、本稿では後者の考え方に基づき分析を行いました。

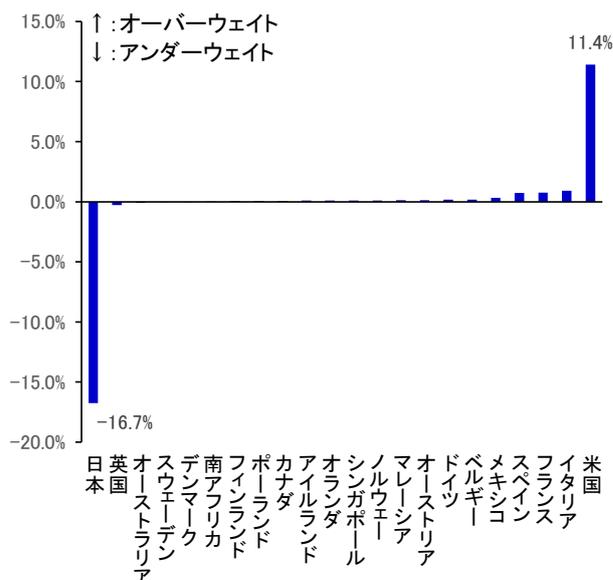
なお、国債の分析でも株式や社債と同様に、ポートフォリオの国別構成などに分析結果が大きく左右されるため、それらを把握することが大切です。GPIF の外国国債と日本国債とを合算したポートフォリオ（以下、国債ポートフォリオ全体）は、外国と国内とでおおむね半分ずつの比率となっています（図 1-22）。また、外国国債と日本国債とを基本ポートフォリオの割合で加重平均（日本国債 50%と FTSE 世界国債インデックス（除く日本）50%で合成）したベンチマークと、GPIF の国債ポートフォリオ全体との国別ウエイトの差を確認すると、国債ポートフォリオ全体は日本と英国の保有比率が低い一方で、米国、イタリアなどの保有比率が高くなっています（図 1-23）。

図 1-22 国債ポートフォリオの国別ウエイト



(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

図 1-23 ポートフォリオのベンチマークに対する国別ウエイトの差 (%)



(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

# 国債のカーボンフットプリント等の測定

## カーボンフットプリント等の測定

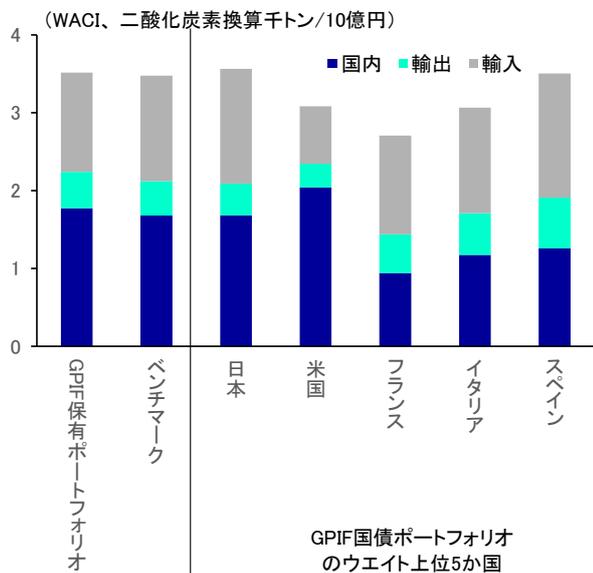
国債のカーボンフットプリントの測定に当たっては、温室効果ガス排出量を GDP で割ったカーボンインテンシティを分析しました。もちろん、一国全体の温室効果ガス排出量の絶対水準であるカーボンフットプリントを計測し、比較することもできますが、カーボンフットプリントは国の領土の大きさや人口の多さに影響を受けるため、単純な比較では実態を正しく把握することができません。そのため、GDP 当たりで標準化したカーボンインテンシティの分析を行いました。

国債ポートフォリオの気候変動リスク分析では、温室効果ガス排出量の集計範囲を、域内需要に関する「国内」と「輸入」と、海外需要に対応するための生産に伴う「輸出」としてしています。そうした前提の下で WACI の考え方に基づき、カーボンインテンシティを計測しました。ここでは、国債ポートフォリオに含まれる国について、国内総生産(GDP:Gross Domestic Product)10 億円当たりの温室効果ガス排出量に関し、(1) GPIF の国債ポートフォリオ全体、(2)外国国債と日本国債のベンチマークを基本ポートフォリオの割合で合成したベンチマーク(以下、ベンチマーク)、(3)GPIF の国債ポートフォリオの投資額上位 5 か国、を分析しました(図 1-24)。

分析結果によると、GPIF の国債ポートフォリオ全体はベンチマークに比べて WACI が若干高い結果になっています。投資ウエイトの上位 5 か国の多くは WACI がベンチマークを下回っていますが、温室効果ガス排出量が他国比で高い日本に加え、インドネシアや南アフリカ国債をオーバーウエイトしていることが影響しています。また、投資ウエイト上位5か国のカーボンインテンシティを種類別にみると、日本は国内需要や、海外への需要に応えるための輸出に伴う国内での生産に関する温室効果ガス排出量がベンチマークに比べて若干少なくなっています。一方で、国内での需要に伴う輸入による温室効果ガス排出量が多いことがわかります。米国では輸出や輸入に伴う温室効果ガス排出量がベンチマークに比べて少ない一方で国内の温室効果ガス排出量が多いことが示されました。このほか、欧州各国は域内のカーボンインテンシティの大部分が輸出と輸入によるもので、国内需要のための生産に関する排出量は小さいことが確認できました。もっとも、欧州各国で「国内」の排出量が抑えられている背景には、欧州で域内貿易が活発であることも影響していると考えられます。

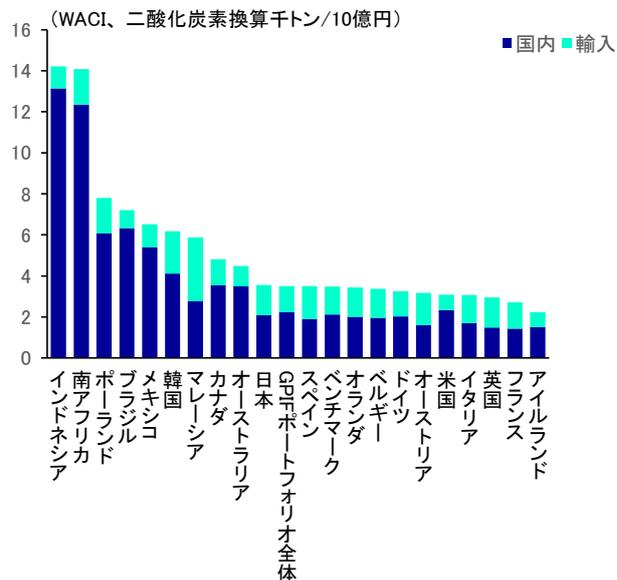
このほか、「国内」と「輸入」の排出量に限定し、各国のカーボンインテンシティを確認したところ(図 1-25)、インドネシアや南アフリカのカーボンインテンシティの高さが目立つ結果となっています。

図 1-24 国債ポートフォリオのカーボンインテンシティ



(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

図 1-25 国別のカーボンインテンシティ



(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

## 国債ポートフォリオのカーボンインテンシティの変化

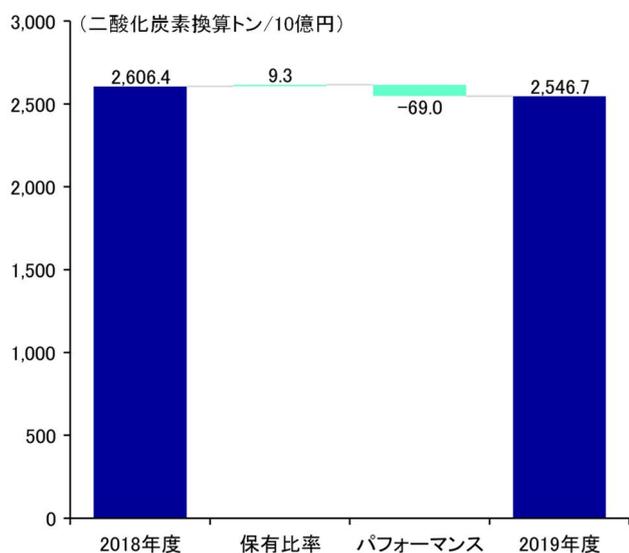
前節ではポートフォリオのカーボンインテンシティについて、ベンチマークとの比較分析を行いました。ここではカーボンインテンシティの前年度からの変化を、(1) GPIF による各国国債の保有比率の変化、(2) 各国のパフォーマンスの変化、の2つに要因分解し、分析しました。

まず、国債ポートフォリオ全体をみると、カーボンインテンシティは 2018 年度から 2019 年度にかけて低下しており(図 1-26)、その要因として(1) GPIF による各国国債の保有比率の変化、がカーボンインテンシティを押し上げる方向に寄与した一方で、(2) 各国のパフォーマンスの変化、によってカーボンインテンシティが抑えられていることがわかります。パフォーマンスの変化は、各国の温室効果ガス排出量の変化と GDP の変化とから構成されますが、2019 年度にかけて世界経済が堅調に推移したことが、カーボンインテンシティ低下の一因になったといえそうです。

次に、国内債券ポートフォリオでは、(1) GPIF による各国国債の保有比率の変化が全体を押し上げた一方で、(2) 各国のパフォーマンスの変化がカーボンインテンシティを押し下げていることが示されました。本分析においては、国内債券として外国政府による円建て債券を含んでいることもあり、(1)による影響が生じています。なお、2019 年度の日本経済は 1%弱の成長となっており、(2)では GDP 拡大の影響が反映されています(図 1-27)。

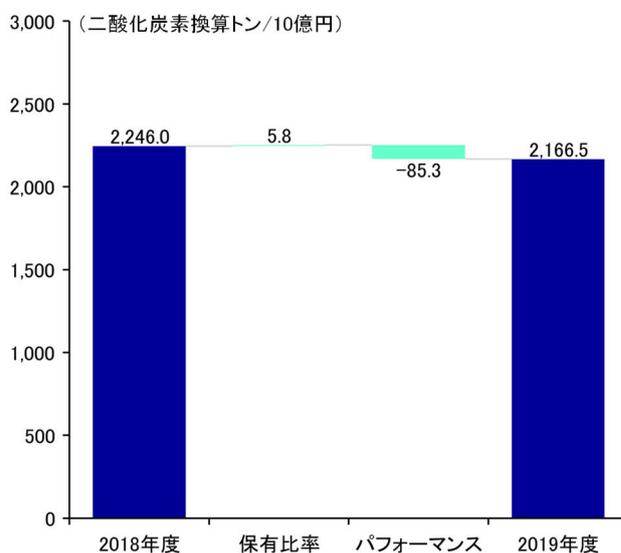
最後に外国国債については、(1)と(2)ともにカーボンインテンシティを押し下げる方向に寄与していたことが示されました。(2)は上述の解釈のとおりです。一方、(1)に関しては、外国国債のポートフォリオの中で、カーボンインテンシティがポートフォリオ全体に比べて低い、米国やフランス、イタリア国債といった先進国国債の保有比率が 2019 年度末にかけて拡大したことが影響しています(図 1-28)。

図 1-26 国債ポートフォリオ全体のカーボンインテンシティの変化



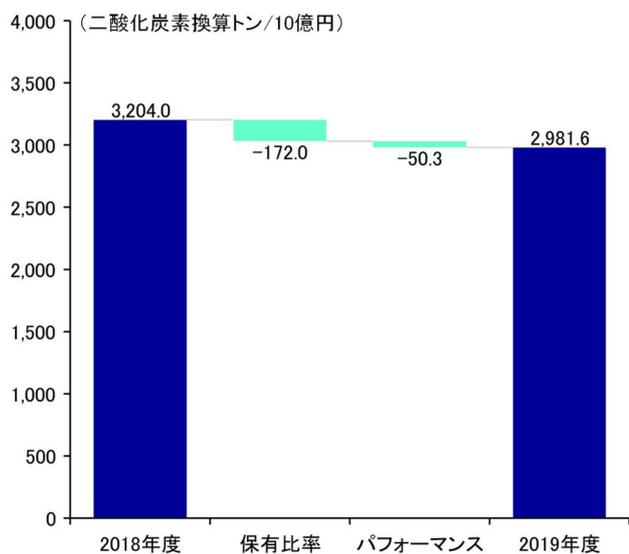
(注)「パフォーマンス」は、GDPもしくは温室効果ガス排出量の変化  
(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

図 1-27 国内債券ポートフォリオのカーボンインテンシティの変化



(注)「パフォーマンス」は、GDPもしくは温室効果ガス排出量の変化  
(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

図 1-28 外国債券ポートフォリオのカーボンインテンシティの変化



(注)「パフォーマンス」は、GDPもしくは温室効果ガス排出量の変化  
(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

## 第2章 リスクと機会についてのシナリオ分析

### Climate Value-at-Risk (CVaR) の分析概要

#### CVaR による分析

ここまで、GPIF のポートフォリオのカーボンフットプリント等の分析を行ってきましたが、本節以降では、TCFD の提言に基づいて GPIF の株式と社債ポートフォリオにおける気候変動に関するリスク(移行リスク・物理的リスク)と機会を中心に分析します。本節の分析対象は企業が発行する「株式」と「社債」です。

株式と社債の分析に使用したのは、気候バリューアットリスク(以下、CVaR: Climate Value-at-Risk)という手法です。この手法では、まず前提としている気候変動シナリオに応じて、気候変動によって生じるコスト・利益の現在価値を算出し、気候変動によって企業価値が将来的にどの程度変化するかを分析します。その結果を当該企業の株式価値や債券価値への影響に分解し、「気候変動が企業価値(証券価値)に与える金額的ショック」としてとらえることができます。例えば、A 社の CVaR が▲10%(+10%)であれば、A 社は前提となる気候変動シナリオの下では企業価値(証券価値)が 10%棄損(増加)することを意味します。CVaR は、(1)政策リスク、(2)技術的機会、(3)物理的リスクと機会、について企業価値(証券価値)に与える影響という同じ尺度で分析ができるため、TCFD が開示を求めている「移行リスク」、「物理的リスク」、「機会」について統合した開示が可能となります<sup>3</sup>。

CVaR における温室効果ガス排出量の集計範囲は、企業による直接排出(スコープ1)に加え、購入電力等に関する排出(スコープ2)を対象としています。計算方法は、(1)政策リスクでは、2°C目標<sup>4</sup>などの温室効果ガス排出量の削減目標に達するために必要な企業のコストが算出されます。具体的には、各社に対して将来必要となる年次の温室効果ガス排出削減量を算出し、それに年間の削減コストを掛けることで、将来にわたっての企業の温室効果ガス排出量削減コストが把握できます。一方、気候変動に伴う機会をとらえる(2)技術的機会では、各社の環境関連技術に関する特許を分析しており、数学的なモデルを用いて各セクターにおける該当企業の特許の占有率に、そのセクターにおけるグリーンレベニュー(低炭素社会に貢献するビジネスからの収益)の額及び利益率を掛けることで、企業が気候変動で得られる可能性がある機会を将来にわたっての利益額として示すことが可能となります。(1)政策リスクと(2)技術的機会は、TCFD の提言の中で開示が求められている「移行リスク」に該当します。CVaR の枠組みではこれら2つの分析を通してリスクと機会の観点から「移行リスク」を計測しています。また、(3)物理的リスクと機会では、企業が所有する施設・物件に対して、気候変動によって生じる損失を推計することで、物件に対する物理的リスクを損失額として分析しています。なお、例えば、気温上昇による北極海地域でのエネルギー採掘事業などの稼働率の向上や暖房費などのコスト削減なども考えられ、収益の拡大につながることも考えられます。つ

<sup>3</sup> 詳細は P.51「(補遺)CVaR の概念と分析手法」参照。

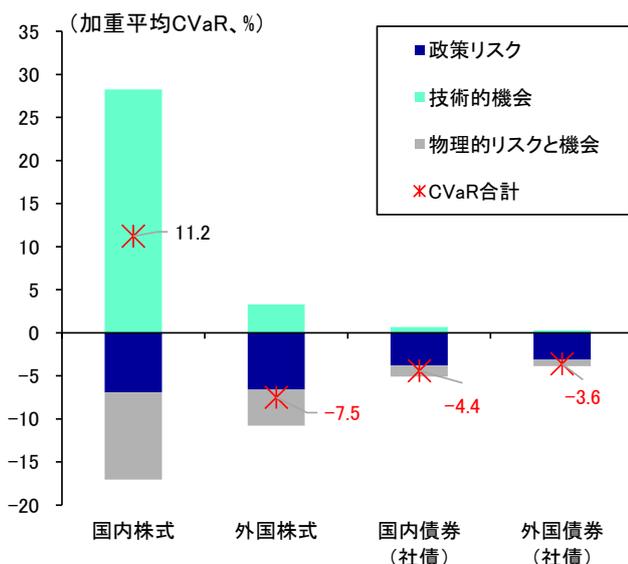
<sup>4</sup> 産業革命後今世紀末までの気温上昇を 2°C未満に抑える目標。パリ協定で定められた。

まり、「物理的リスクと機会」では、企業価値(証券価値)にとって、マイナス要因である物理的リスクとプラス要因である機会を統合して評価しています。

### CVaR 分析結果の注目ポイント

なお、今年度の分析結果のなかで大きな発見だったのは、世界が 2°C 目標などに代表される温室効果ガス排出量削減に取り組んだ場合、日本企業の企業価値(国内株式の資産価値)が増大する可能性もあるということです(図 2-1)。2°C 目標を目指すことは、一般に企業にとっては温室効果ガス排出量削減のためのコストがかさむと考えられます。しかし、企業が保有する環境技術に係る「機会」も含めて目標実現による影響を分析すると、環境技術活用による企業価値押し上げの影響が、温室効果ガス排出量削減コストを上回る場合があることが示されました。特にこの傾向は、国内株式で強くみられ、環境技術による「機会」による押し上げ効果が外国株式に比べても大きいことがわかります。CVaR では株式・債券(社債)のそれぞれについて「リスク」と「機会」の企業価値への影響が分析可能です。なお、株式と異なり債券(社債)では、国内も外国と同様に「機会」のプラス幅が小さく、CVaR 合計がマイナスとなっています。これは GPIF 保有ポートフォリオでは、国内企業について、株式と債券とで企業ごとの保有ウエイトや業種構成比が異なることが一因だとみられます。

図 2-1 GPIF 保有ポートフォリオの CVaR



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

**【主なポイント】**

加重平均CVaRは、国内株式(+11.2%)で外国株式(▲7.5%)を上回る。これは2°Cシナリオの下では、国内株式の現在価値が+11.2%増加することを意味する。

国内株式は、物理的リスクによる押し下げが大きいですが、環境関連技術によるプラス効果が全体を押し上げている。

外国株式は、国内に比べて物理的リスクは小さいものの、技術的機会よりもリスク全体による下押しが大きい。

## CVaR 分析結果概要

CVaR は企業ごとのほか、企業が発行する株式・債券(社債)ごとに算出することができます。ここでは、GPIF のポートフォリオを対象に、企業が発行する株式・債券(社債)ごとに CVaR を算出した上で、それぞれをセクター別の結果を示しました。

株式ポートフォリオのなかでは、前節でも触れましたが、技術的機会が国内株式の CVaR を押し上げています。この技術的機会をセクター別にみると、一般に環境負荷が大きいセクターとされるエネルギー(135.4%)の機会の大きさが目立ちます。次いで、公益事業(69.9%)、一般消費財・サービス(61.8%)、素材(60.0%)です。これらのセクターでは、技術的機会と政策リスクとを合算した移行リスクもプラスになっており、世界が2°C目標の達成に向けての取組みを進めることで、政策変更による企業価値下押し圧力以上に、技術的機会による企業価値増加の可能性が高いことが示されています(図 2-2)。

一方、債券ポートフォリオについては、国内債券(社債)と外国債券(社債)ともに、セクター全般でリスクによる負の影響がみられる結果となりました(図 2-3)。

図 2-2 株式ポートフォリオのセクター別 CVaR

	国内株式					外国株式				
	CVaR総合					CVaR総合				
	移行リスク	政策リスク	技術的機会	物理的リスクと機会	移行リスク	政策リスク	技術的機会	物理的リスクと機会		
全体	11.2	21.3	-6.9	28.3	-10.1	-7.5	-3.3	-6.6	3.3	-4.2
電気通信サービス	-19.2	-0.3	-0.9	0.6	-18.9	-9.9	-1.6	-1.8	0.2	-8.3
一般消費財・サービス	46.3	57.6	-4.2	61.8	-11.3	-2.3	1.8	-2.3	4.1	-4.1
生活必需品	-12.1	-2.6	-4.1	1.5	-9.5	-10.8	-5.3	-5.9	0.6	-5.5
エネルギー	13.4	60.8	-74.7	135.4	-47.3	-47.5	-40.0	-49.2	9.2	-7.6
金融	-28.0	-0.7	-0.8	0.0	-27.3	-11.7	-1.2	-1.3	0.1	-10.5
ヘルスケア	-2.6	1.5	-0.6	2.1	-4.1	-4.6	-0.5	-0.9	0.3	-4.1
資本財・サービス	20.5	31.1	-8.4	39.6	-10.7	-5.2	0.5	-10.0	10.4	-5.6
情報技術	15.4	23.0	-2.0	25.0	-7.6	-2.7	1.1	-0.7	1.7	-3.8
素材	5.7	25.6	-34.4	60.0	-19.8	-31.8	-25.5	-33.5	8.0	-6.4
不動産	-0.8	2.3	-1.8	4.2	-3.1	-5.1	-0.8	-1.4	0.6	-4.3
公益事業	-2.7	18.3	-51.6	69.9	-21.0	-10.9	-7.5	-29.1	21.7	-3.5

(注) CVaRの算出にあたっては2°Cシナリオを前提とした

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

図 2-3 債券(社債)ポートフォリオのセクター別 CVaR

	国内債券(社債)					外国債券(社債)				
	CVaR総合					CVaR総合				
	移行リスク	政策リスク	技術的機会	物理的リスクと機会	移行リスク	政策リスク	技術的機会	物理的リスクと機会		
全体	-4.4	-3.1	-3.8	0.7	-1.3	-3.6	-2.9	-3.1	0.3	-0.8
電気通信サービス	-3.3	0.0	0.0	0.0	-3.3	-0.9	-0.3	-0.3	0.0	-0.6
一般消費財・サービス	0.3	0.8	-0.2	0.9	-0.5	-1.5	0.0	-0.4	0.4	-1.5
生活必需品	-1.8	-0.3	-0.3	0.0	-1.5	-1.8	-0.7	-0.8	0.1	-1.1
エネルギー	-47.3	-46.8	-47.1	0.3	-0.5	-13.0	-12.1	-12.6	0.5	-0.8
金融	-0.6	0.0	0.0	0.0	-0.6	-0.7	0.0	-0.1	0.1	-0.8
ヘルスケア	-1.1	0.0	-0.1	0.0	-1.0	-0.6	-0.2	-0.2	0.0	-0.4
資本財・サービス	-3.7	-2.2	-3.7	1.5	-1.5	-3.7	-2.8	-3.8	1.0	-0.9
情報技術	0.1	0.3	-0.3	0.6	-0.2	-3.0	0.1	-0.1	0.2	-3.1
素材	-28.1	-24.2	-28.0	3.7	-3.9	-14.0	-13.5	-14.3	0.8	-0.5
不動産	-0.1	0.0	-0.1	0.1	-0.1	-1.5	-0.1	-0.1	0.0	-1.5
公益事業	-8.7	-7.8	-8.4	0.6	-0.9	-23.3	-22.5	-24.6	2.0	-0.8

(注) CVaRの算出にあたっては2°Cシナリオを前提とした

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

## CVaRのシナリオ分析

### 気温上昇シナリオ別のCVaR

CVaRの分析結果は前提となる気温上昇シナリオによって変化します。そこで、気温上昇を1.5°C・2°C・3°Cと想定した場合のGPIFが保有する株式と債券(社債)のポートフォリオのCVaRを算出しました(図2-4、図2-5)。各シナリオ別の全体的な傾向を把握するために「ポートフォリオ全体」の「総合」に注目すると、マイナスの影響は、3°Cシナリオで最も大きく、2°Cシナリオ、1.5°Cシナリオになるにつれ、逆にプラスの影響が大きくなっています。この分析結果には、特に株式を中心に、気温上昇を抑制するための制約や政策対応が大きくなるにつれて、逆に技術的機会が大きくなることが強く影響しています。技術的機会を分析に取り込んだことで得られた新たな気付きと言えるでしょう。また、債券に比べて株式は、シナリオ毎の影響の違いが大きく、今後は、気候変動を巡る政策動向などについても、投資の意思決定の重要な判断材料として注視する必要があるようです<sup>5</sup>。

なお、物理的リスクと機会では、その前提を気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)の代表濃度経路シナリオ(Representative Concentration Pathways)8.5を参照しています。そのため、政策リスクや技術的機会で前提としている1.5°C・2°C・3°Cそれぞれと同じシナリオに基づく分析ではなく、4~6°Cシナリオに相当する前提条件の下での、分析となっています。物理的リスクは気温上昇の度合いが高くなるほど、リスクがより大きくなることが考えられますので、これを考慮すれば、実際は分析結果よりもさらに1.5°Cや2°Cシナリオに比べて、3°Cシナリオの方がポートフォリオへのマイナスの影響はより(相対的に)大きくなる可能性があります。特に、気温が一定の転換点(tipping point)に到達した場合には、永久凍土融解による海水面の急上昇や、大規模な集団移住、食糧生産能力低下など、世界的に社会混乱をもたらしかねず、ポートフォリオの資産価値が大きく毀損する可能性もあります。

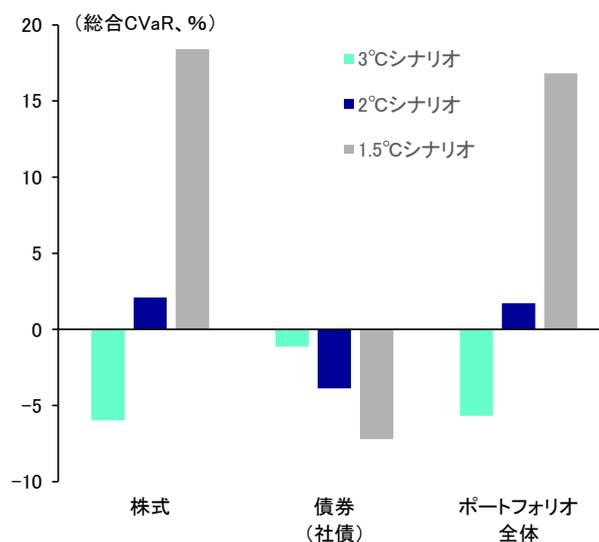
<sup>5</sup> CVaRの結果については、P.38以降で株式・債券(社債)ごとにセクター別・国別での分布を示すヒストグラムによる分析も行っています。また、CVaRの内訳となる移行リスク(政策リスク・技術的機会)、物理的リスクと機会、潜在的な上昇温度についても同様の分析を行っています。

図 2-4 気温上昇シナリオ別の総合 CVaR(1)

3°CシナリオのCVaR			
	株式	債券(社債)	ポートフォリオ全体
(1) 移行リスクと機会	0.76	-0.32	0.69
政策リスク	-1.69	-0.44	-1.61
技術的機会	2.45	0.12	2.31
(2) 物理的リスクと機会	-6.75	-0.82	-6.37
<b>(3) 総合</b>	<b>-5.98</b>	<b>-1.14</b>	<b>-5.67</b>
2°CシナリオのCVaR			
	株式	債券(社債)	ポートフォリオ全体
(1) 移行リスクと機会	8.83	-3.06	8.09
政策リスク	-6.77	-3.52	-6.57
技術的機会	15.61	0.46	14.66
(2) 物理的リスクと機会	-6.75	-0.82	-6.37
<b>(3) 総合</b>	<b>2.09</b>	<b>-3.88</b>	<b>1.72</b>
1.5°CシナリオのCVaR			
	株式	債券(社債)	ポートフォリオ全体
(1) 移行リスクと機会	25.17	-6.39	23.19
政策リスク	-11.04	-7.13	-10.79
技術的機会	36.20	0.73	33.98
(2) 物理的リスクと機会	-6.75	-0.82	-6.37
<b>(3) 総合</b>	<b>18.42</b>	<b>-7.21</b>	<b>16.82</b>

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

図 2-5 気温上昇シナリオ別の総合 CVaR(2)



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

## CVaR による政策リスクの分析

### 「エネルギー」「公益事業」「素材」は高リスク

GPIF の株式・社債ポートフォリオについて、総合 CVaR の内訳である政策リスク CVaR を分析します。国内では業種別に、外国については業種に加えて国別にも分解して、分析を行いました(図 2-6~図 2-9)。

政策リスクの分析結果を見ると、国内株式でリスクが大きいのは、化石燃料を採掘する企業などが含まれる「エネルギー」、次いで電力会社などの「公益事業」となっています。また、石油化学産業を含む「素材」などと、事業を行う上で温室効果ガス排出量が比較的大きい業種のリスクがその他の業種に比べて極めて高くなっています。一方、「ヘルスケア」や「金融」などの業種のリスクは低いことが示されました。この傾向は、外国株式でも同様ですが、政策リスクの小さい業種に多少の順位の違いがあります。なお、国別では、それぞれの業種で投資比率の高い米国でのリスクが大きくなっているものの、残りの部分は英国やフランスなどの他の国に分散していることがわかります。

社債について確認すると、株式とはリスクの大きさの順番がやや異なっていますが、国内外ともに政策リスクが大きい 3 業種は「エネルギー」、「公益事業」、「素材」となっています。外国債券(社債)を国別にみると、米国のリスクが非常に大きくなっていますが、これは株式以上に米国への投資比率が高いためだと考えられます。

このように、政策リスクの観点から投資先企業を評価すると、温室効果ガス排出量削減に伴うコストによって、このまま対策が打たれなければ、エネルギー集約型産業の企業価値が押下げられるリスクが大きいという分析結果になりました。

図 2-6 国内株式ポートフォリオの政策リスク

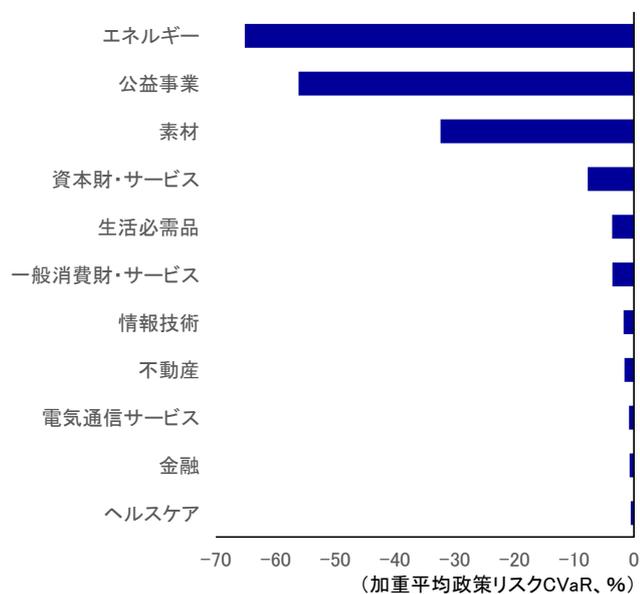


図 2-7 外国株式ポートフォリオの政策リスク

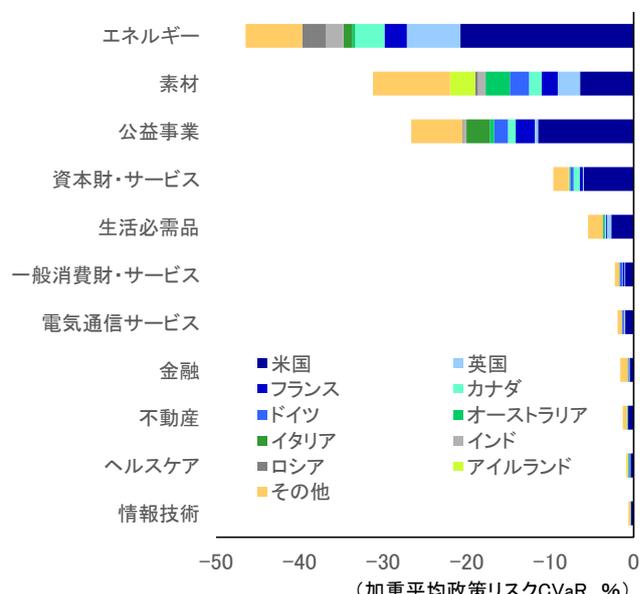


図 2-8 国内債券(社債)ポートフォリオの政策リスク

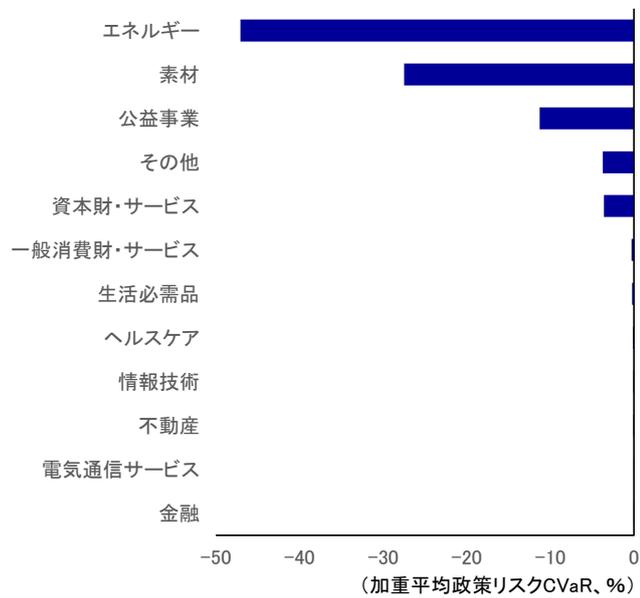
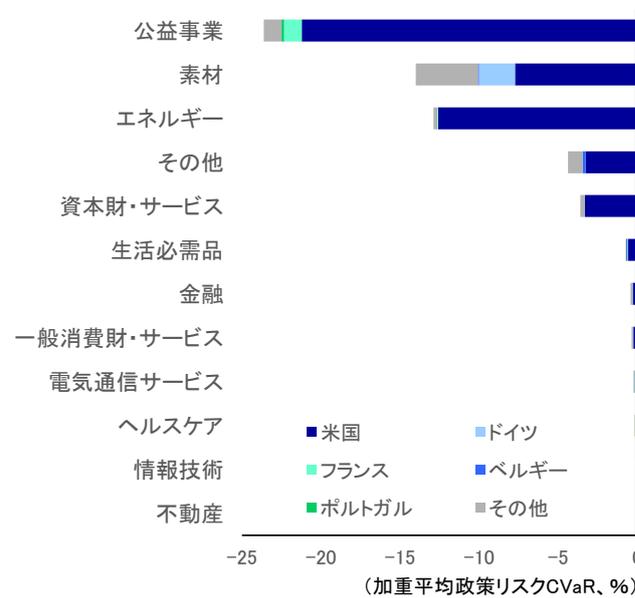


図 2-9 外国債券(社債)ポートフォリオの政策リスク



## 技術的機会

### 国内企業のスコアの高さが顕著

ここでは、企業が保有する低炭素技術特許に着目し、技術的機会を分析します。低炭素技術の特許をスコア化した特許スコアでは、総じてみると国内のスコアが諸外国に比べて高くなっており、国内企業においては、政策リスク等の高まりによる環境関連技術等へのニーズの高まりが収益機会につながる企業が多いという結果となりました。

内訳を特許分類別にみると、国内株式では「自動車」のスコアが突出して高くなっており、「エネルギー供給」、「電気自動車」、「化学」とは大きな差があります(図 2-10)。これは、国内株式においては自動車メーカーの環境関連の技術力が高いことに加えて、国内株式において、自動車セクターのウエイトは高く、GPIFポートフォリオでも自動車メーカーへの投資比率が大きいことも影響しています。なお、この分析では「自動車」には内燃機関の燃焼効率改善に関する特許が含まれており、「電気自動車」にはバッテリーやハイブリッド技術、燃料電池に関する技術が含まれています。一方、外国株式では「自動車」に比べて、「航空機」、「情報技術」のスコアが高くなっています(図 2-11)。

国内社債では、株式と同じく「自動車」が最も高いですが、「エネルギー供給」や「太陽光」の相対的な水準も高まっています(図 2-12)。これは、株式に比べて社債ポートフォリオでは、電力会社などが全体に占める割合が大きいことも影響しています。外国社債でも、株式と同様に「航空機」の特許スコアが最も高い結果となりましたが、そのほかの特許分類については順序が異なっているほか、特許分類に占める国別のシェアにも違いがみられます(図 2-13)。この背景には、株式ポートフォリオと社債ポートフォリオとで、業種ウエイトや国別ウエイトが異なっているためだと考えられます。

図 2-10 国内株式ポートフォリオの技術的機会

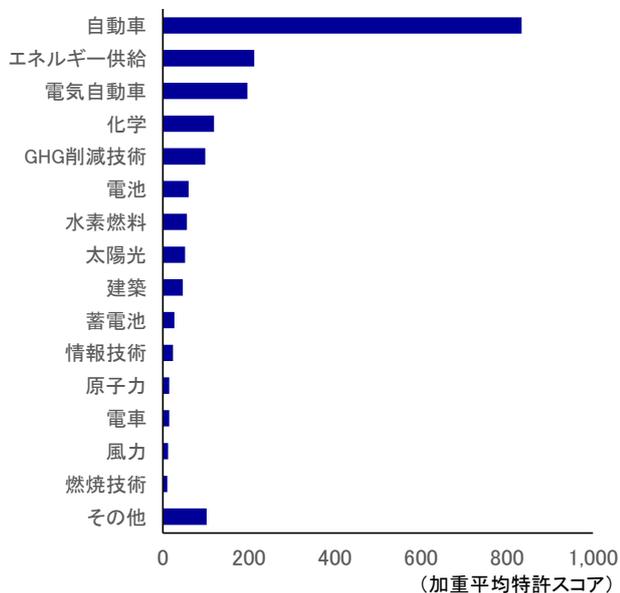


図 2-11 外国株式ポートフォリオの技術的機会

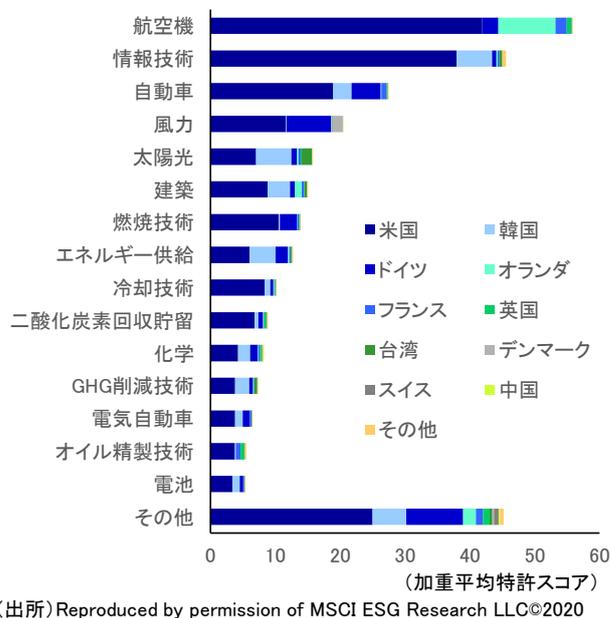


図 2-12 国内社債ポートフォリオの技術的機会

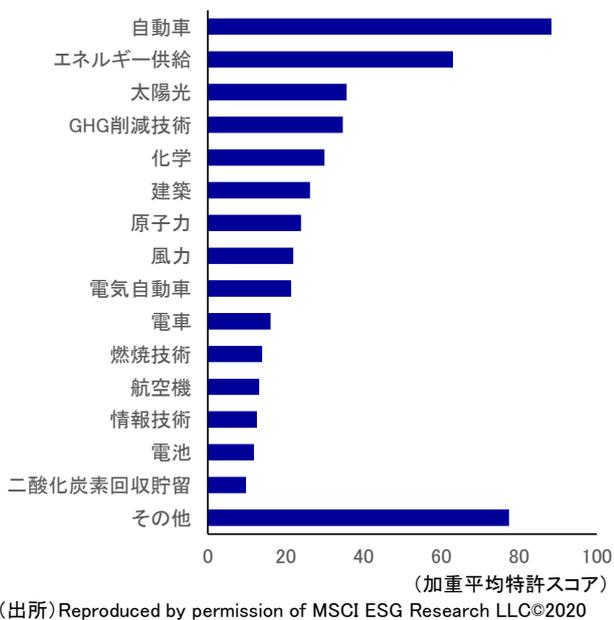
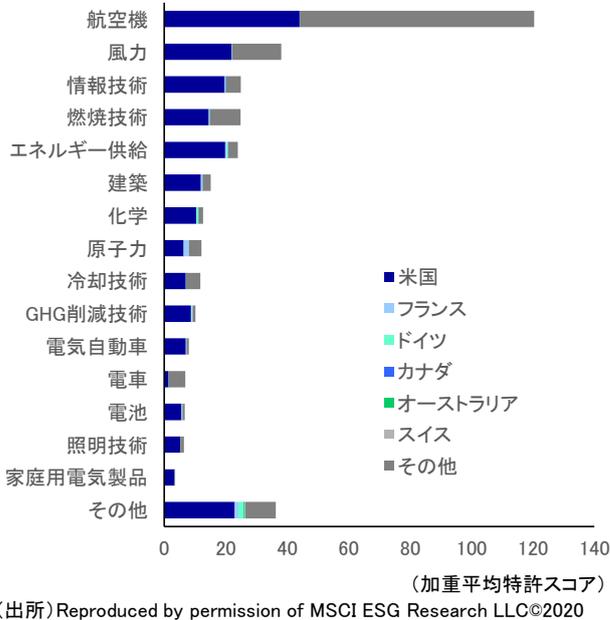


図 2-13 外国社債ポートフォリオの技術的機会



## 物理的リスクと機会

### 政策リスクや技術的機会とは異なる傾向

次に、物理的リスクと機会の分析を行います。ここでいう機会とは、前節までで紹介した特許スコアをもとに算出される技術的機会とは異なります。物理的リスクと対比される機会は、気候変動によって引き起こされる環境変化による企業収益増加の可能性を示しています。例えば、気温上昇による北極海地域でのエネルギー採掘事業などの稼働率の向上や暖房費などのコスト削減などが挙げられます。また、世界的に気温が上昇するなか、インド北部など極めて局所的には猛暑日が減少することが予想されており、同国の石油精製事業では生産性向上などが一部見込まれています。

物理的リスクと機会をセクター別・国別にみると、政策リスクや技術的機会とは異なる傾向があることがわかります(図 2-14～図 2-17)。まず、国内株式ポートフォリオでは「エネルギー」や「公益事業」は政策リスクと同様に物理的リスクも大きく、政策リスクが小さかった「金融」でも物理的リスクについては大きいことが示されました。また、外国株式では「金融」に加えて「電気通信サービス」でのリスクが大きくなっています。国内外ともに要因のほとんどは「沿岸洪水」と「猛暑」によるもので、海拔の低い人口密集地に「金融」では店舗数が多いことや、「電気通信サービス」では通信設備が多く立地していることが、物理的リスク増大に影響していると考えられます。ただし、金融については、インターネット取引の増加に伴い、実店舗の重要性が低下しており、物理的リスクを過大に評価している可能性も否定できません。また、今回使用した物理的リスクと機会の分析では、それぞれの施設に施されている対策については評価されていません。例えば、「沿岸洪水」に対しては防波堤の建設や土地のかさ上げ、「猛暑」に対しては施設内での空調の整備を行うことで物理的リスクへのエクスポージャーを軽減できる可能性もあります。当然、潜在的な物理的リスクを抱えている地域では既に対策がとられており、その場合はリスク評価に織り込む必要もあるでしょう。GPIF では、物理的リスクの把握に当たって、今後はリスクへの対策などに関する評価も分析に反映していく改善余地が残されていると考えています。なお、国内株式では「資本財・サービス」、外国株式では「公益事業」などと、政策リスクが大きいセクターでも物理的リスクは抑えられていることが示されました。

国内社債においては、「素材」に次いで「電気通信サービス」、「生活必需品」で物理的リスクが大きく、外国社債では「情報技術」、「一般消費財・サービス」、「不動産」のリスクが大きいことが示されました。

図 2-14 国内株式ポートフォリオの物理的リスクと機会

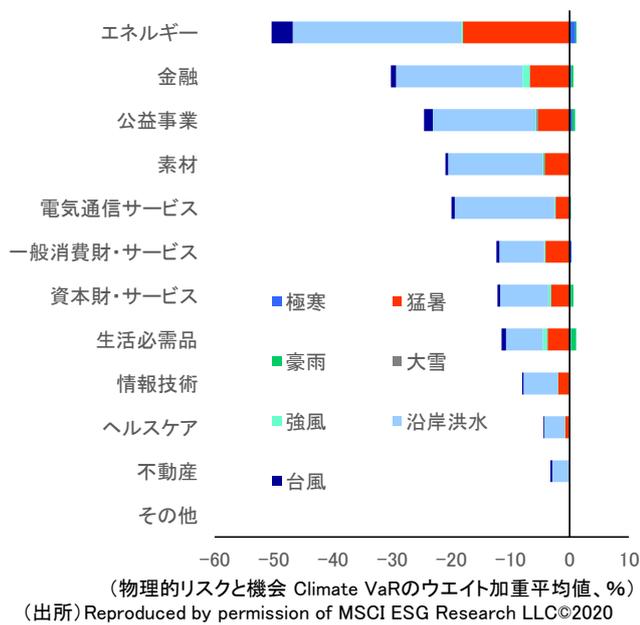


図 2-15 外国株式ポートフォリオの物理的リスクと機会

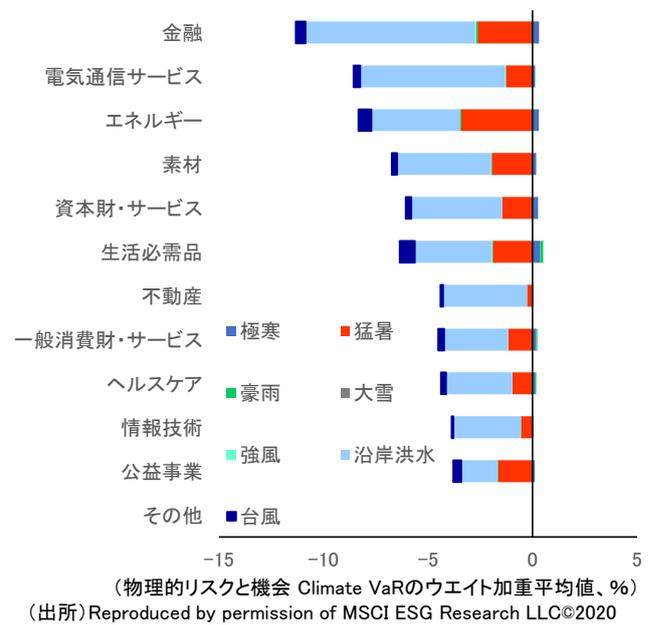


図 2-16 国内社債ポートフォリオの物理的リスクと機会

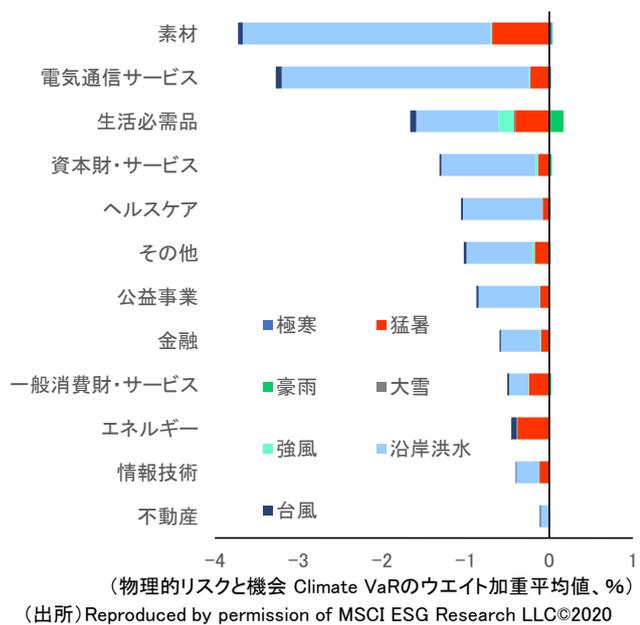
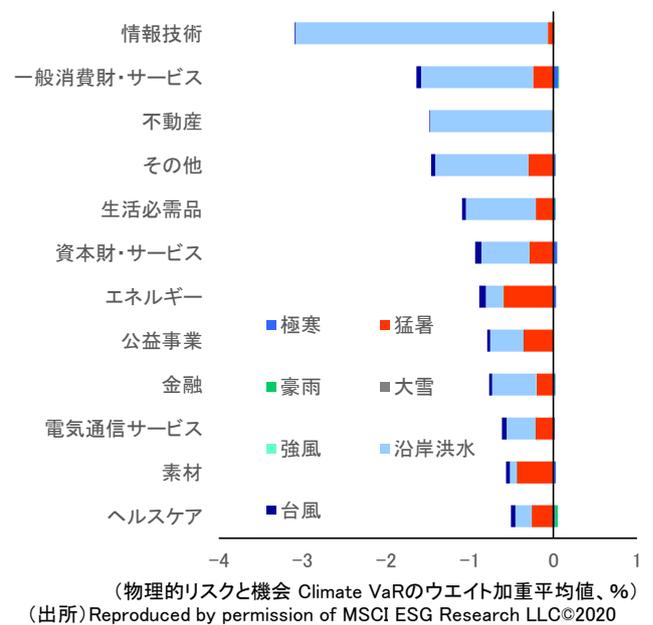


図 2-17 外国社債ポートフォリオの物理的リスクと機会



## 総合 CVaR のセクター別・国別の分布状況

### 総合 CVaR のヒストグラム分析

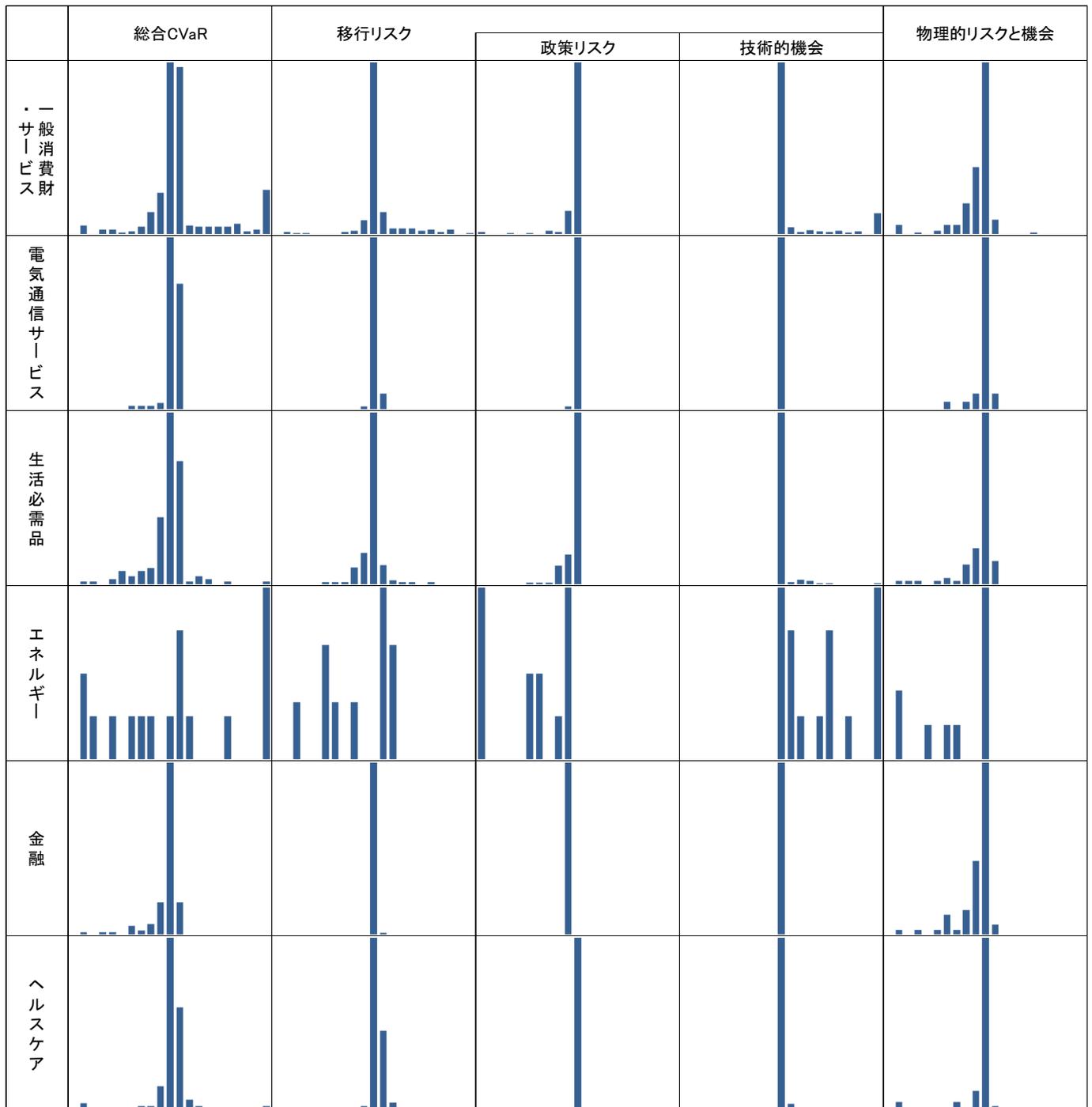
ここでは、GPIF の株式・債券(社債)ポートフォリオについて、セクター別及び国別に総合 CVaR の分布を示すヒストグラムによる分析を行っています。ヒストグラムでは、横軸が総合 CVaR の 20 分位で、最大値 +100%、最小値-100%となっており、企業価値(証券価値)が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布します。なお、縦軸は企業数ですが、最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでもセクターや国ごとに値は変わってきます。

国内株式および外国株式ポートフォリオについて、セクター別の分布の総合 CVaR の形状をみると、①0 を中心とした狭いレンジに分布が集中しているセクター(電気通信サービス、金融、ヘルスケア、情報技術、素材、不動産)、②一様分布のように分布に広がりをもつセクター(エネルギー、公益事業)、③正規分布のような分布をもつセクター(一般消費財・サービス、生活必需品、資本財・サービス)、に大きく分類することができます(図 2-18~図 2-21)。その解釈としては、気候変動のリスクと機会を総合的にみて、①は企業価値や証券価値に与える影響が比較的小さい、②業種内格差が大きく、企業行動次第でチャンスにもリスクにもなるということだと理解されます。特に国内株式のエネルギーセクターについては、外国株式と比較しても技術的機会が非常に大きい企業が多数存在していることは注目に値します。

次に債券ポートフォリオをみると、株式と比べると明らかに 0 を中心とした狭い範囲に分布が集中していることが分かります(図 2-22~図 2-25)。両者の分布の形状の違いは、ポートフォリオに含まれる企業の違いもちろんありますが、それ以上に債券と株式の金融商品としての特性の違いによるところが大きいと思われる。つまり、債券はデフォルトしない限り、額面で償還される金融商品であり、気候変動が企業の存亡に関わるリスク(デフォルトリスク)に繋がらない限り、総合 CVaR には大きく影響をしないということです。また、技術的機会による収益機会の拡大についても、決められた額面で償還される債券にとっては、価値を増大させる効果は非常に限られたものとなります。

国別のヒストグラムをみると(図 2-26~図 2-29)、株式ポートフォリオでは日本の分布が中心を挟んで左右に対称的に分布が広がっており、リスクが大きい企業もあれば、同様に機会が大きい企業があることも確認できます。一方で、インド、ロシア、韓国、中国、英国などではマイナスの値をとる企業が多く分布している傾向が確認できました。

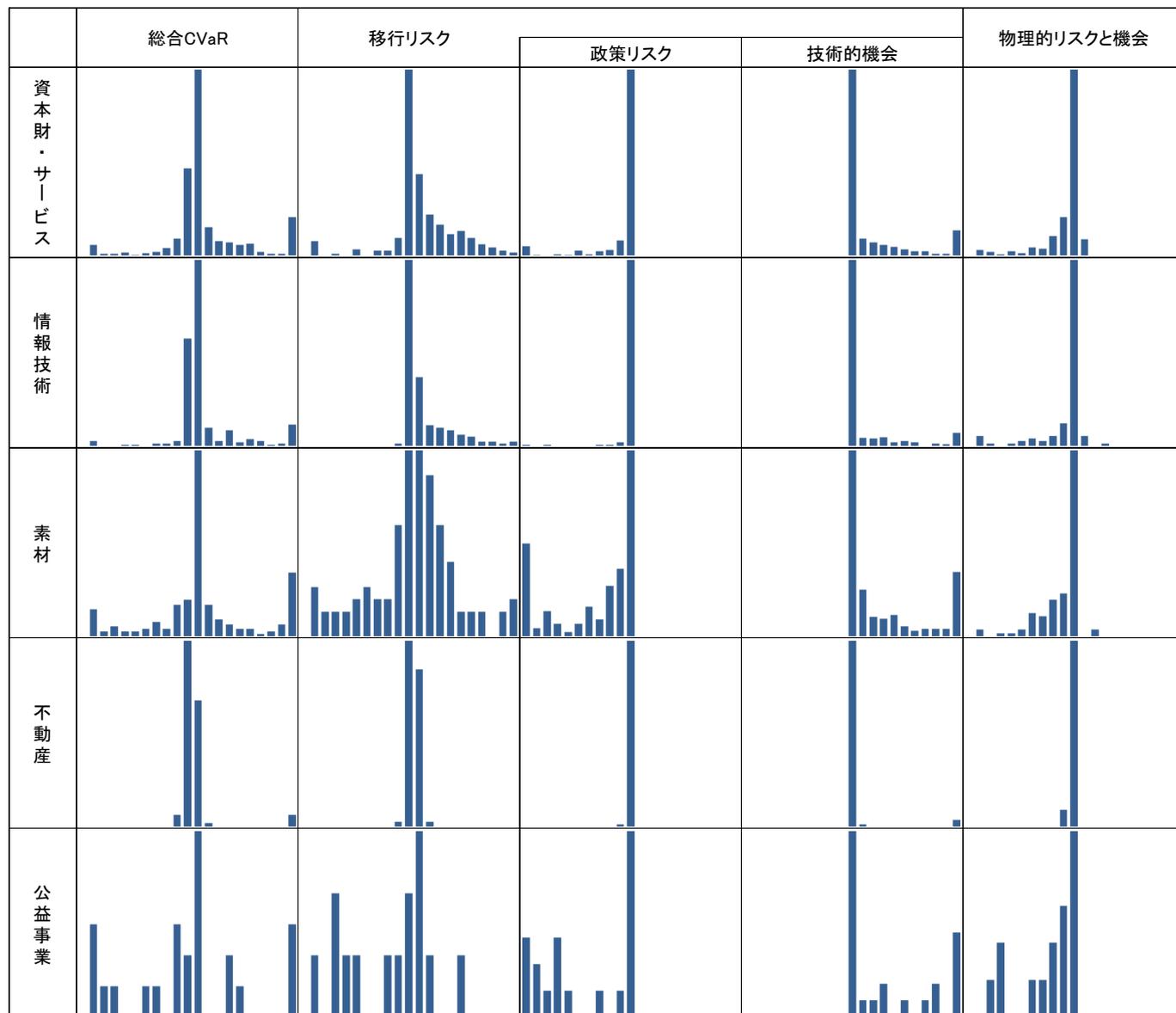
図 2-18 国内株式ポートフォリオのセクター別ヒストグラム(1)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

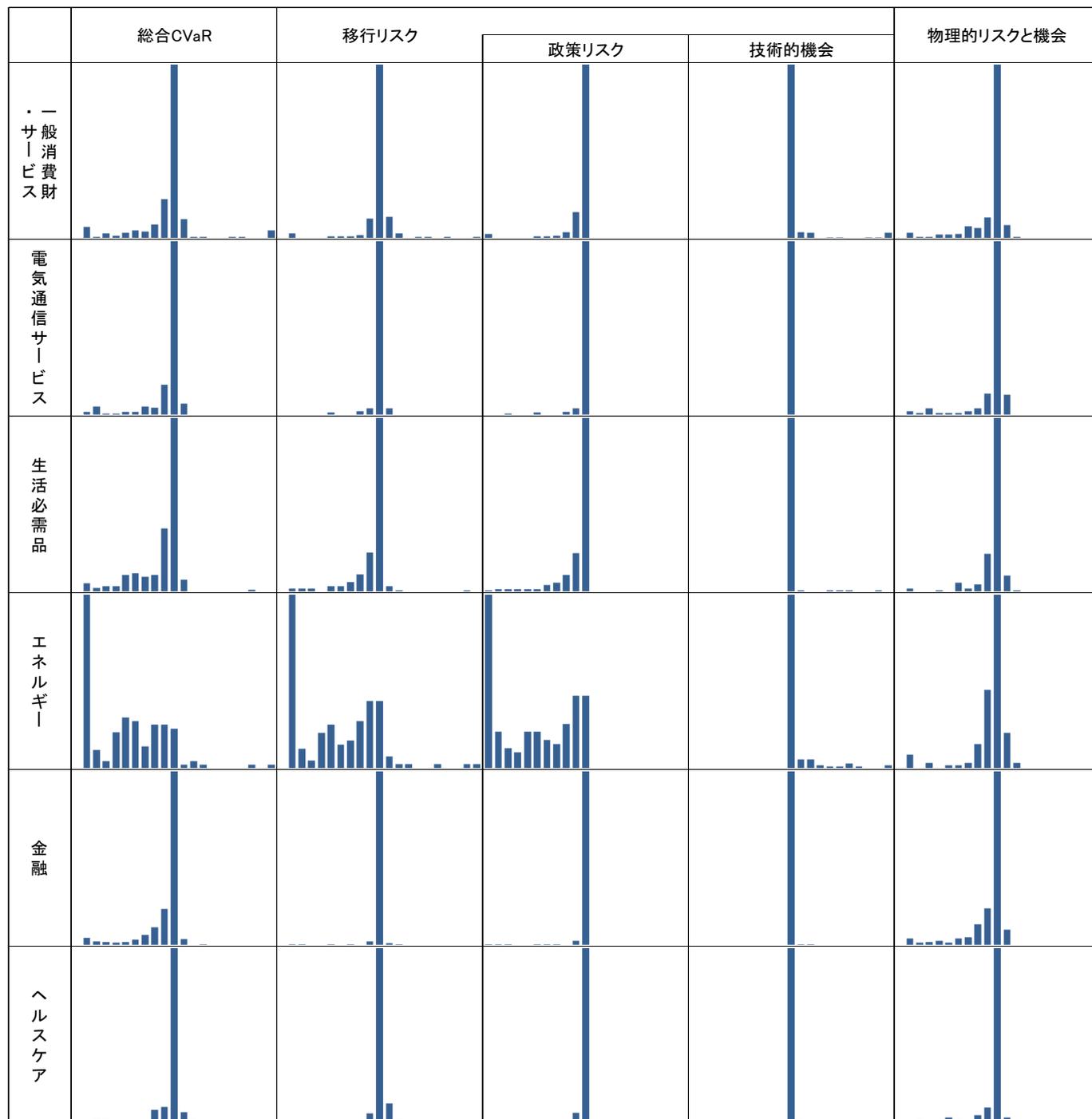
図 2-19 国内株式ポートフォリオのセクター別ヒストグラム(2)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

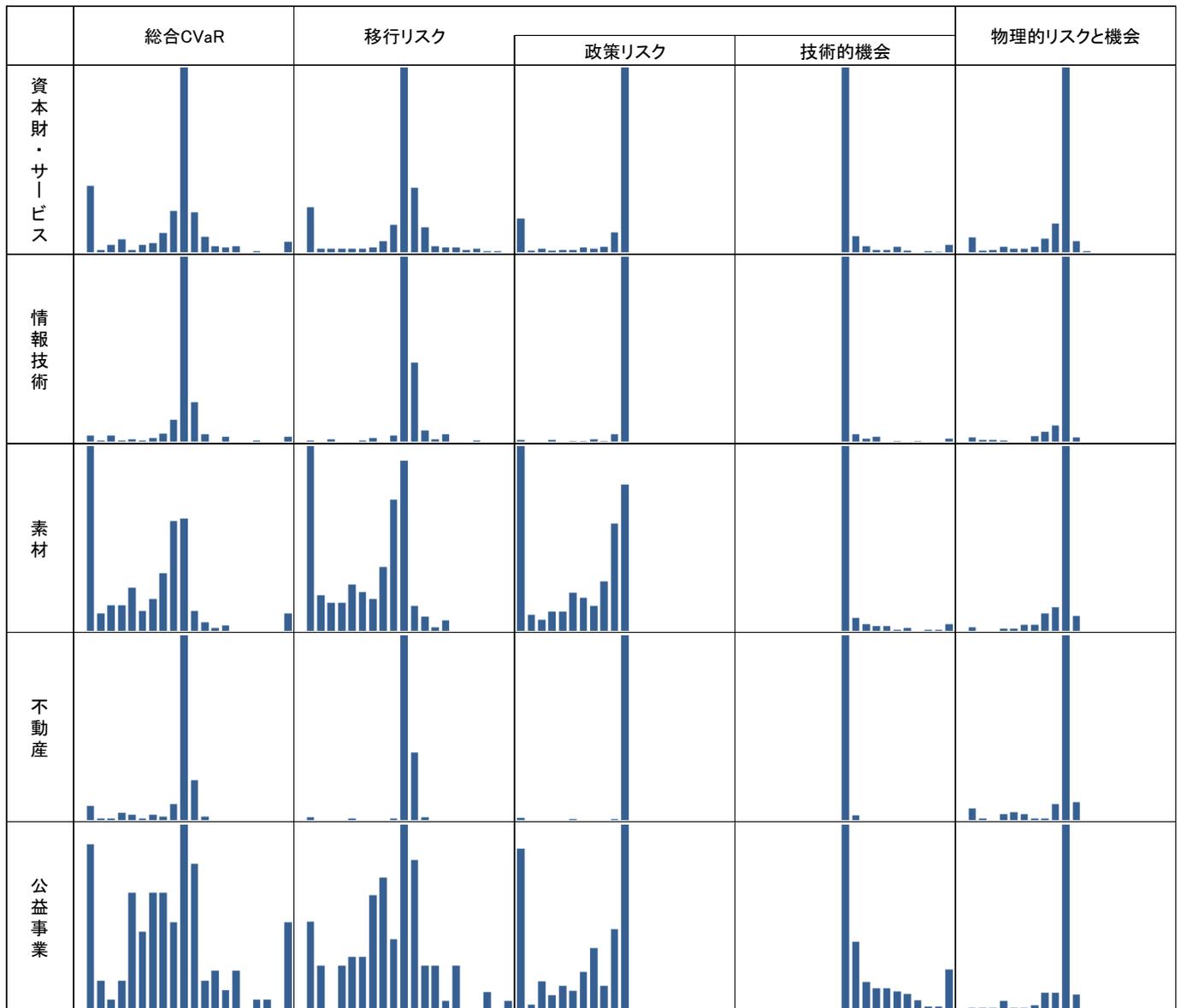
図 2-20 外国株式ポートフォリオのセクター別ヒストグラム(1)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

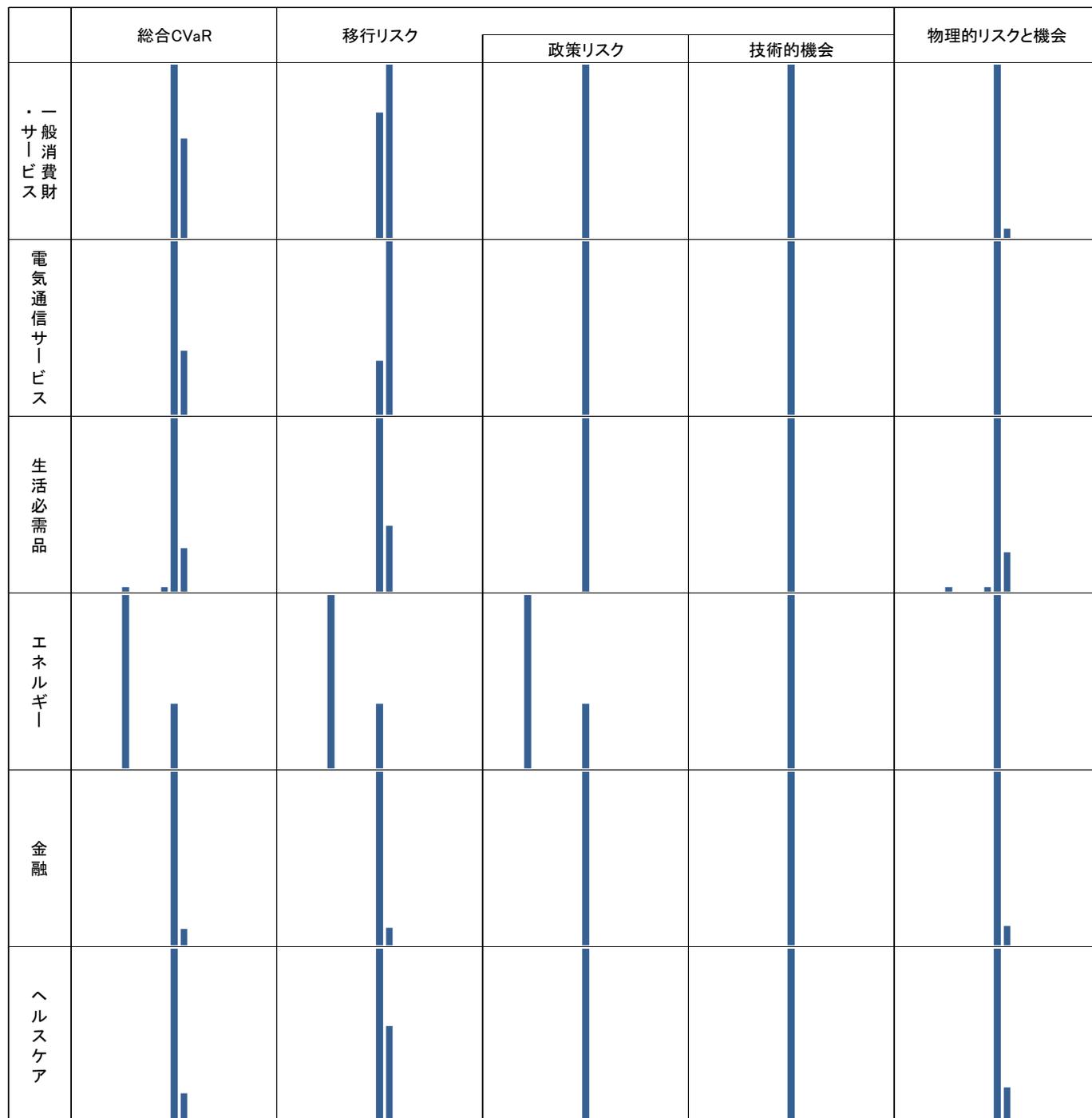
図 2-21 外国株式ポートフォリオのセクター別ヒストグラム(2)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

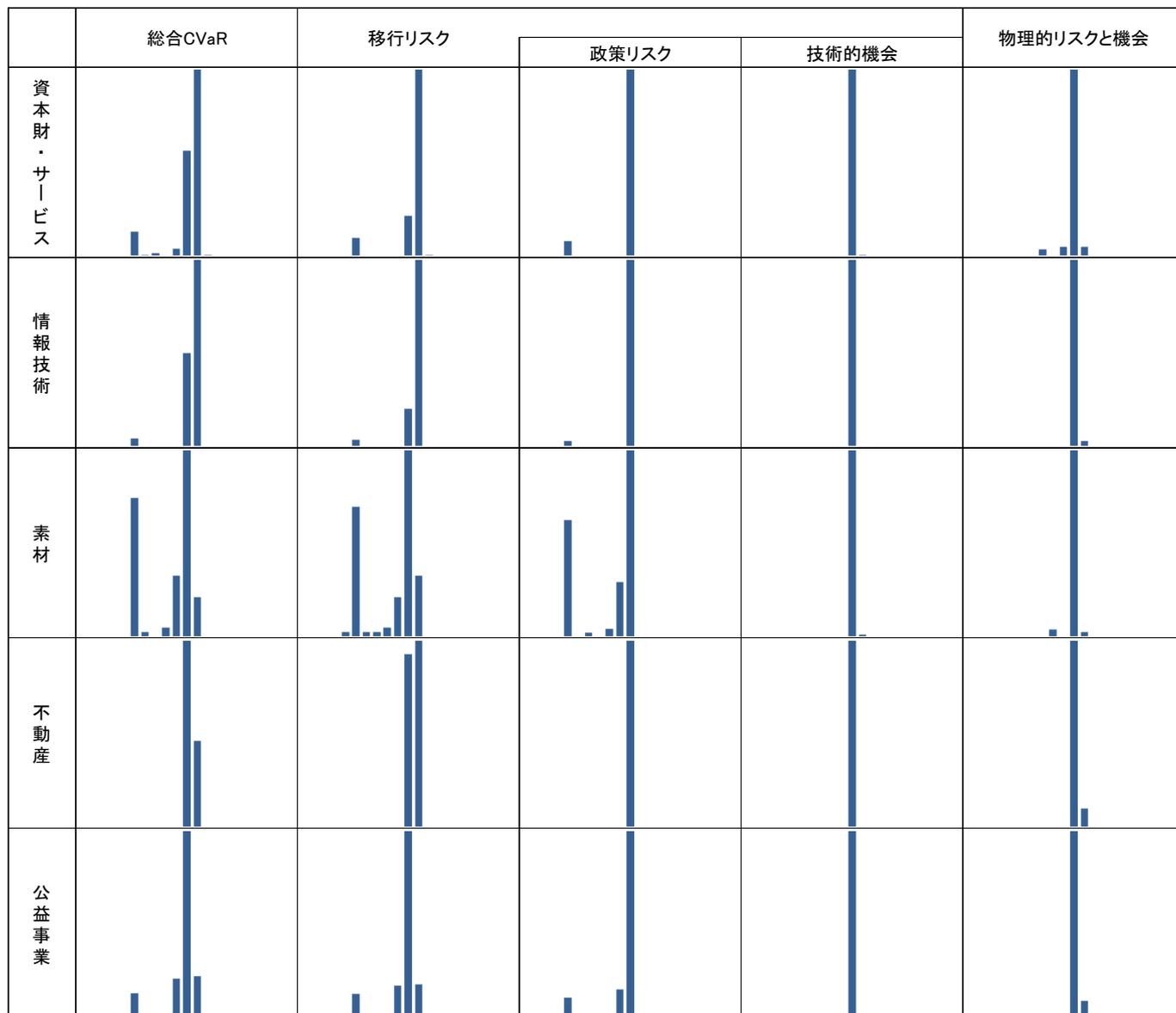
図 2-22 国内債券ポートフォリオのセクター別ヒストグラム(1)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

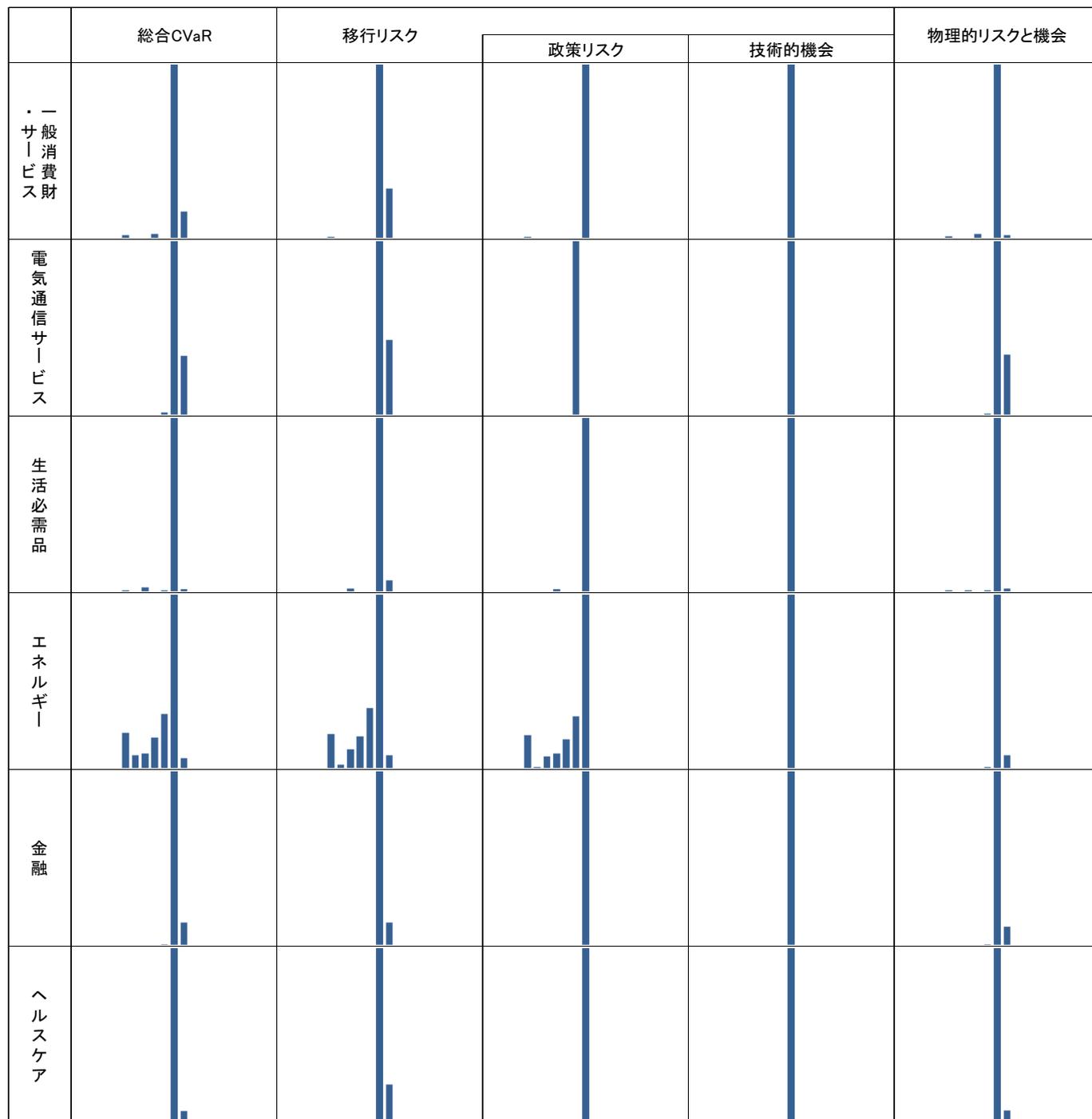
図 2-23 国内債券ポートフォリオのセクター別ヒストグラム(2)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所)Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

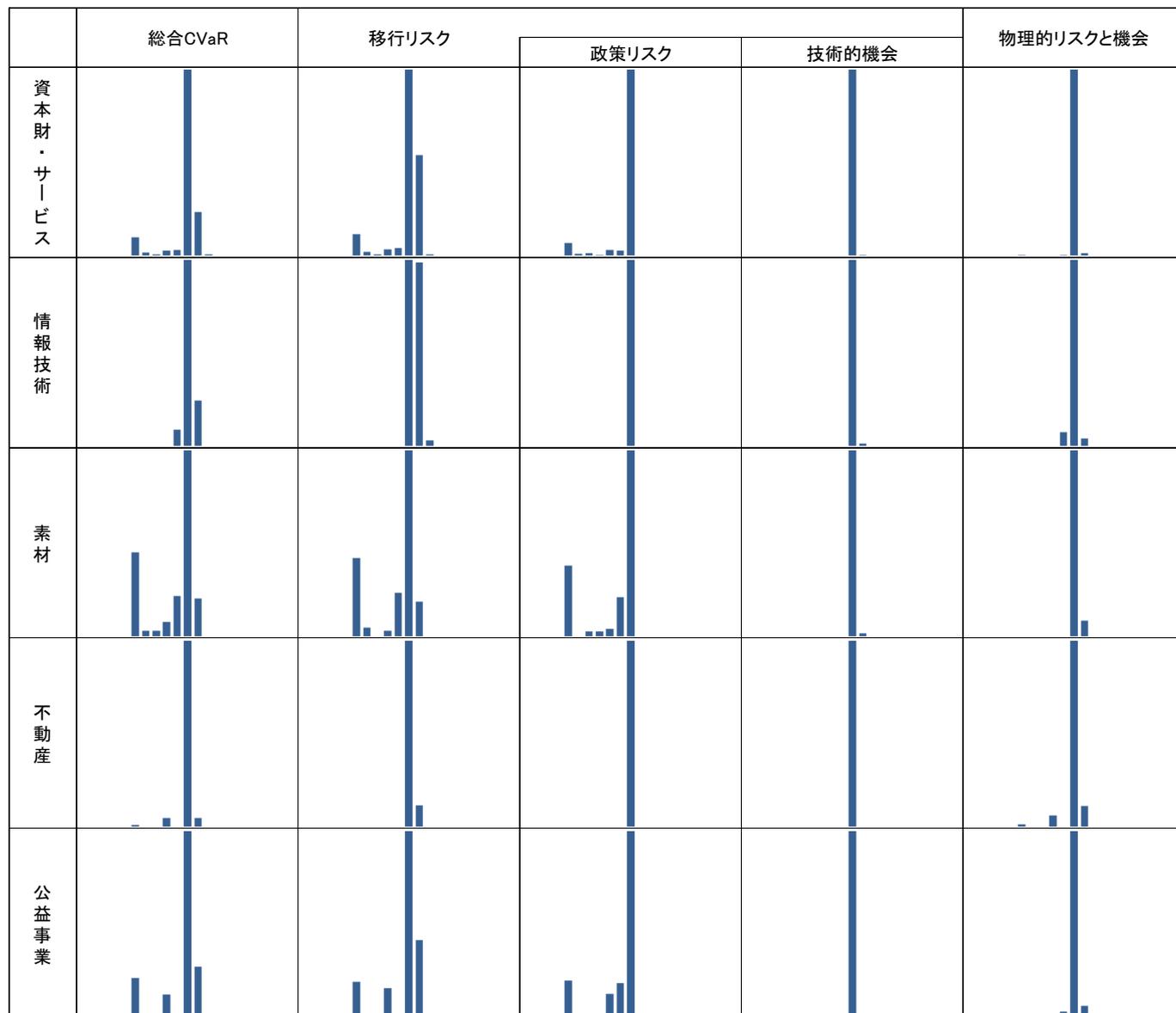
図 2-24 外国債券ポートフォリオのセクター別ヒストグラム(1)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

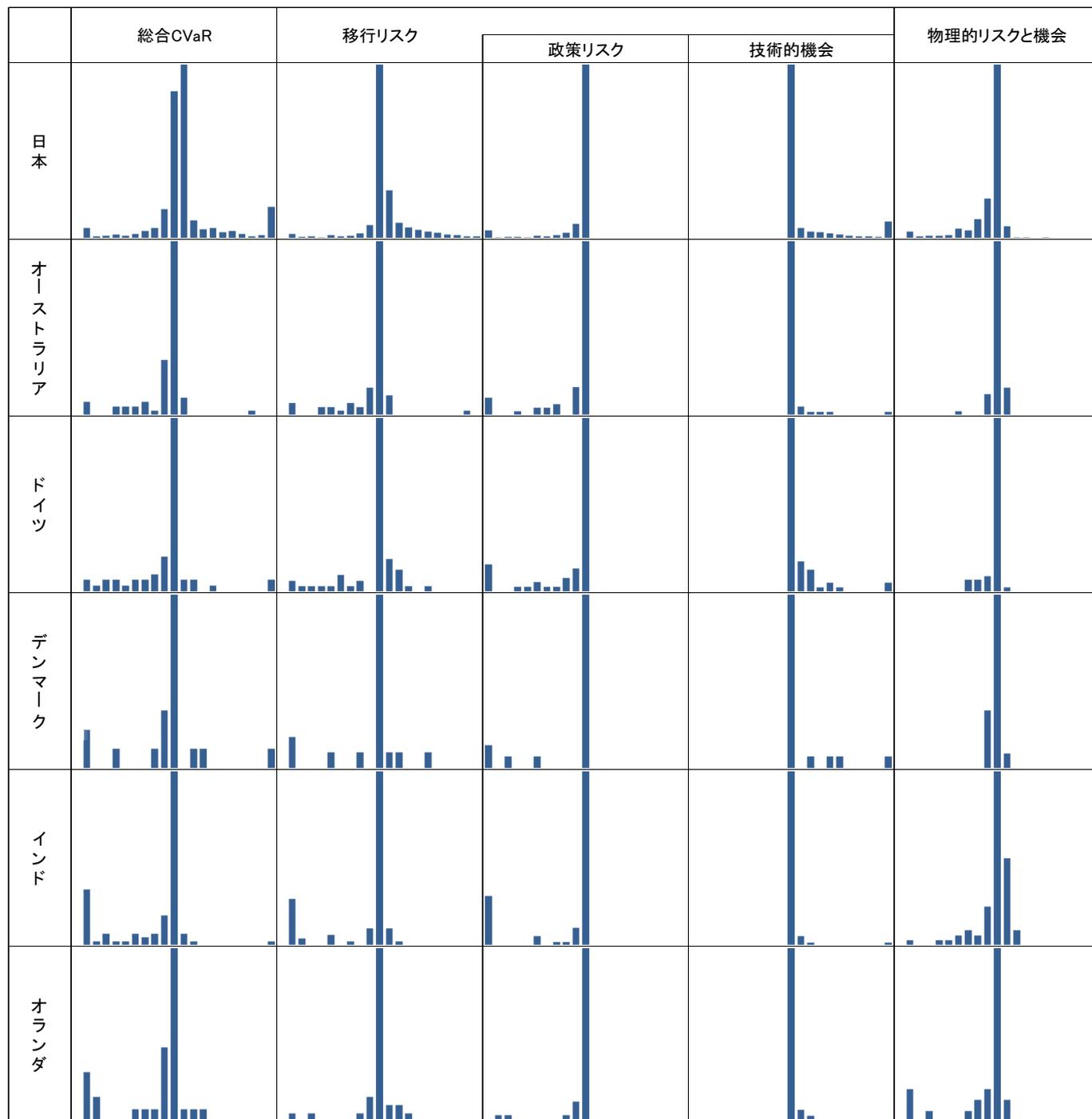
図 2-25 外国債券ポートフォリオのセクター別ヒストグラム(2)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

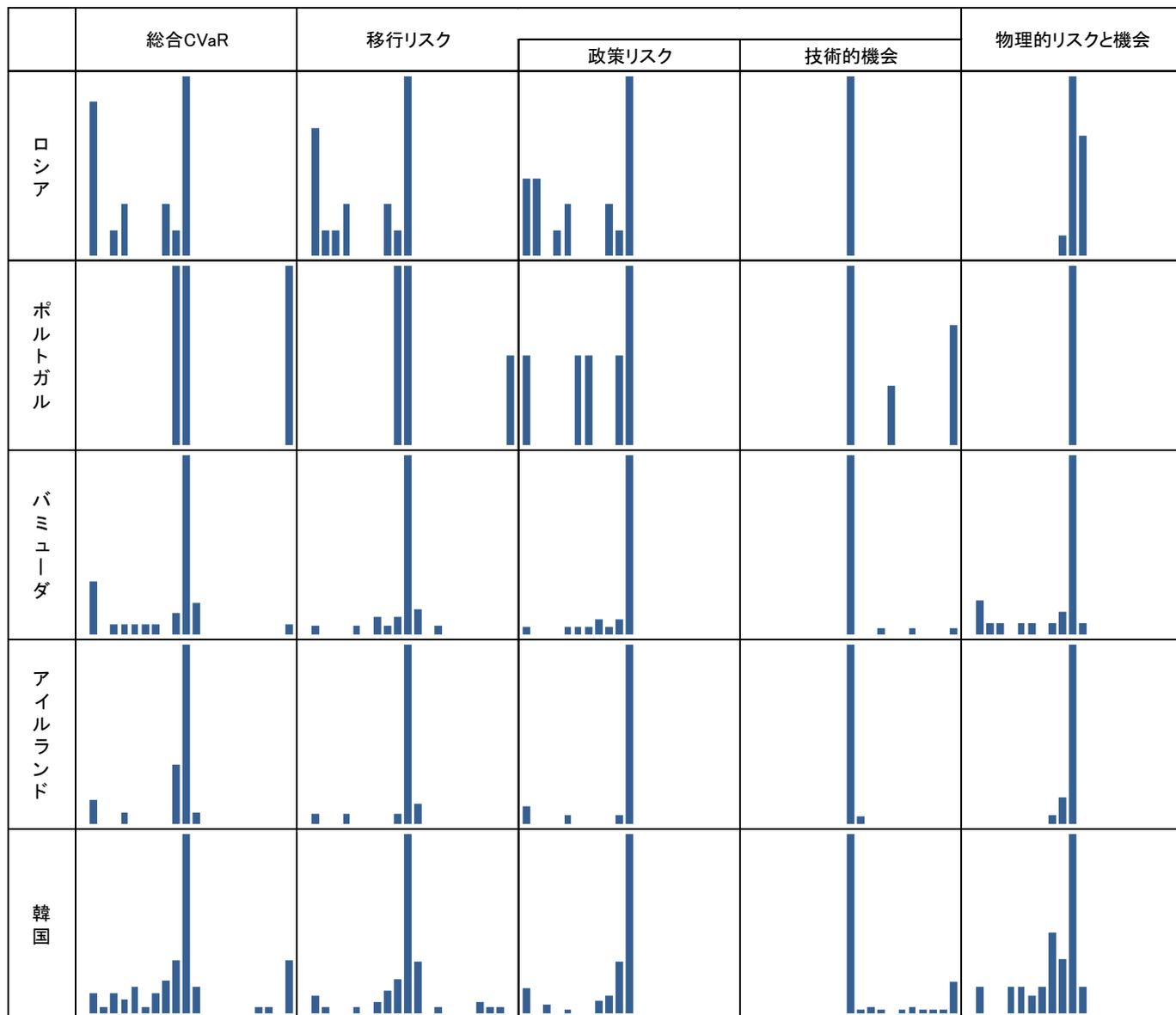
図 2-26 株式ポートフォリオの国別ヒストグラム(1)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

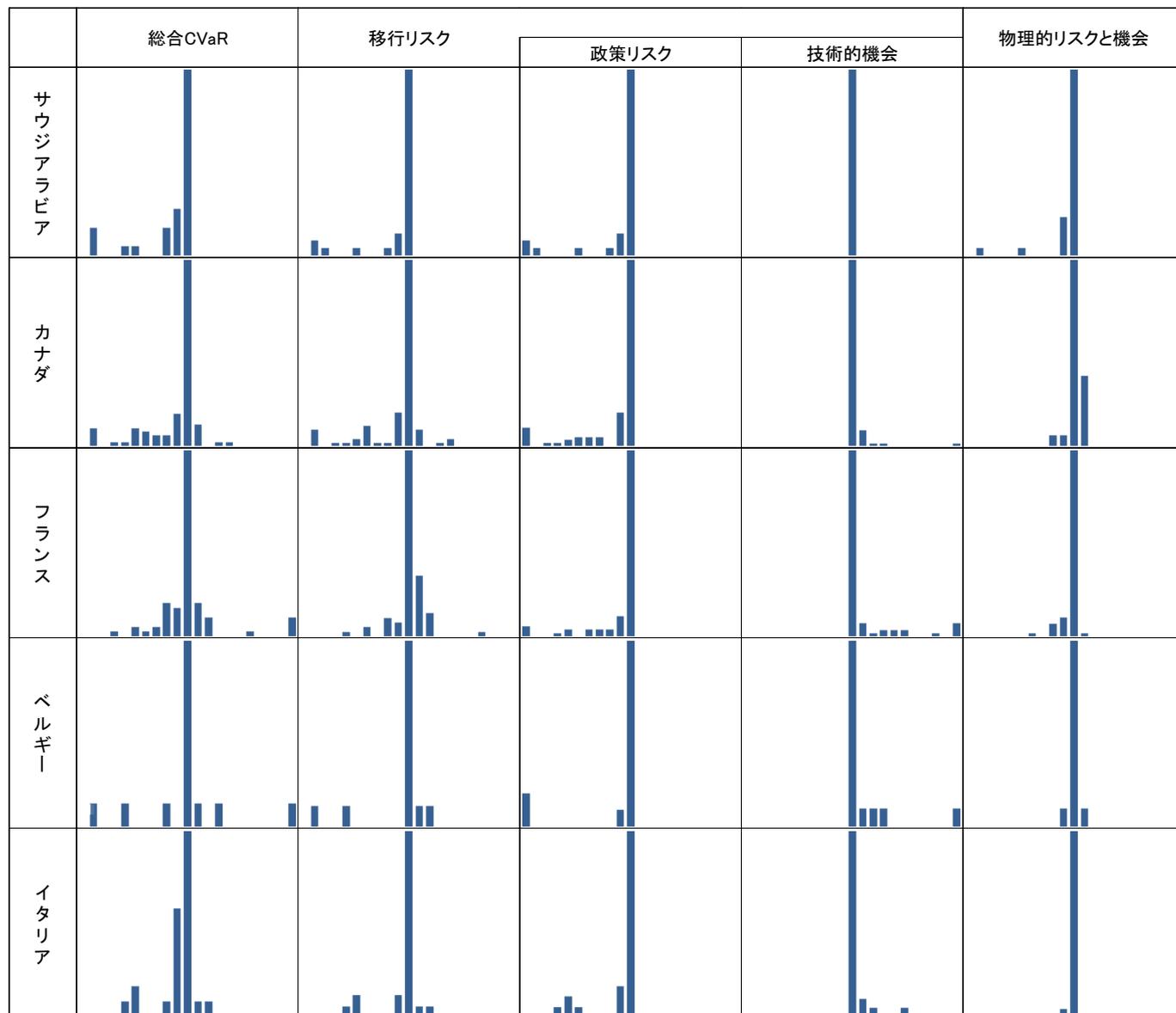
図 2-27 株式ポートフォリオの国別ヒストグラム(2)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所)Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

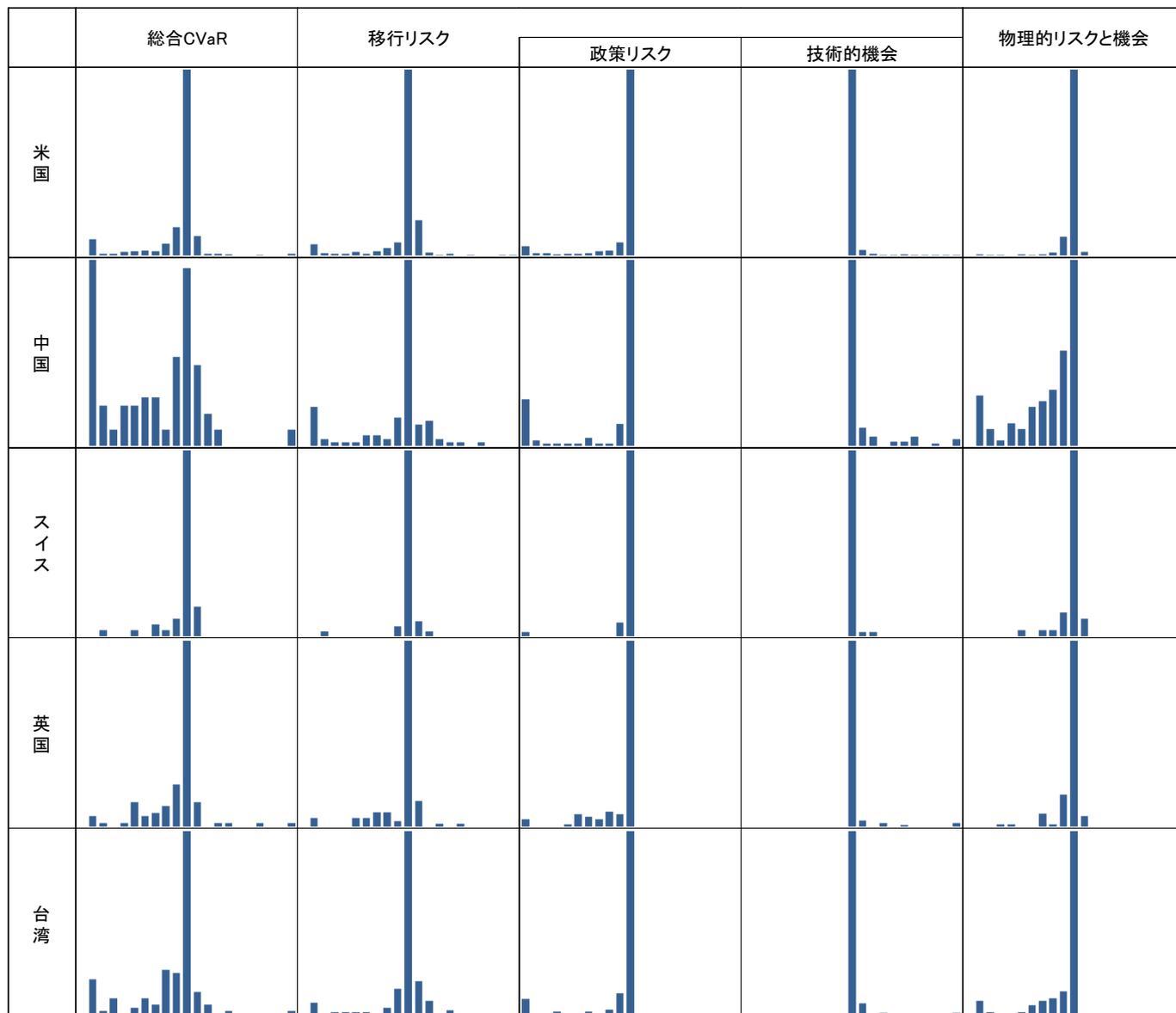
図 2-28 株式ポートフォリオの国別ヒストグラム(3)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

図 2-29 株式ポートフォリオの国別ヒストグラム(4)



(注)横軸はそれぞれの CVaR の 20 分位で、最大値+100%、最小値-100%となっており、企業価値が増加する場合はプラスの値、逆に企業価値が減少する場合はマイナスの値に分布。縦軸は企業数で、それぞれの CVaR・セクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでも CVaR・セクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所)Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

## (補遺)CVaR の概念と分析手法

### CVaR の特徴

気候バリューアットリスク(CVaR: Climate Value-at-Risk)は気候変動が企業価値や証券価値にもたらす潜在的な影響を測定するための評価モデルです。昨年度に GPIF が公表した『ESG 活動報告2018』における TCFD に対応した開示では、Trucost 社の分析に基づいて、GPIF のポートフォリオが何°Cシナリオに沿ったものであるのかを分析しましたが(同様な観点では、今年度は本稿 P.57「ポートフォリオの温暖化ポテンシャル」で分析)、MSCI 社が提供する CVaR では、将来の気候変動関連コストと低炭素技術がもたらす利益(収益機会)が企業価値や証券価値にどれくらいのインパクトをもたらすのかを計測する点で全く異なるアプローチの分析になります。もっとも、それらの計測に関しては、まだまだ改善の余地も大きいと思いますが、CVaR は気候変動のコストと機会を金融理論に基づき、企業価値や証券価値への影響というかたちで統合的に評価できる点は極めて革新的な分析手法です。

気候変動関連のコストと低炭素技術による利益(収益機会)がもたらす企業の株価や債券価格に与える影響を最終的に推計するまでに、以下の4つのステップで分析を行います。

- Step1: 将来の気候変動関連のコスト・利益を推計
- Step2: 将来の気候変動関連のコスト・利益を現在価値に割り戻す
- Step3: 現在の企業価値(EV: Enterprise Value)に与える影響を推計
- Step4: 企業価値に与える影響を株式・社債に与える影響に分解

なお、CVaR については、①気候変動政策リスク、②低炭素技術機会、③物理的リスク及び機会、の3つの主要な分析項目があり、それらを合計したものが総合 CVaR です。①と②は、いわゆる「移行リスクと機会」に相当し、③の「物理的リスクと機会」と統合的に評価することができます。次節以降で、上述の①~③のそれぞれの CVaR について、少し詳しくみていきます。

図 2-30 総合 CVaR の構成と分析の前提となるシナリオ



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

## 気候変動政策リスク CVaR について

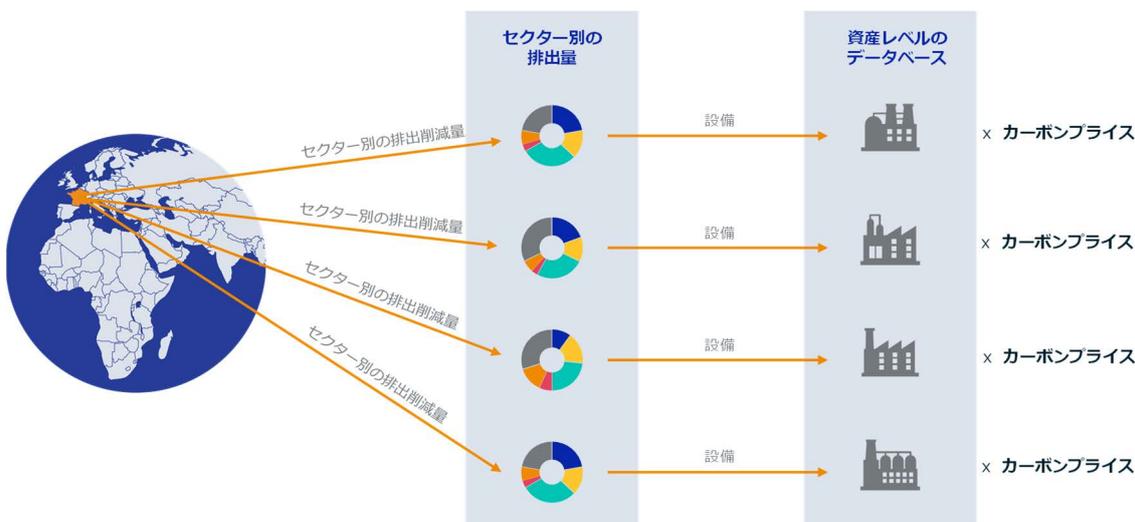
気候変動政策リスク CVaR(政策リスク CVaR)は、21 世紀末までの超長期の期間を想定して将来の気候変動に関連する政策によって企業が負担するコストを計算します。このモデルは気候変動に関係する政策によって要求される将来の排出削減費用の見積もりを企業レベルで計算することで、気候変動に関係する政策が企業価値及び証券価値に与えるダウンサイドリスクの影響を分析します。

まず、気候変動政策リスク CVaR は、パリ協定の下で提出された国別の排出削減目標 (Nationally Determined Contributions、通称 NDC) と最近の各国の気候変動関連規制に基づいて各国のセクターレベルで GHG 排出削減目標量を割り当て、それらのセクターで活動している企業に排出削減要求量を割り当てます。割り当てでは「均等分配(フェアシェア)」の原則に基づき、企業の GHG 排出量(カーボンフットプリント)に応じて、その国およびセクターの GHG 排出削減要求量を割り当てます。つまり企業は、セクター内の総排出量レベルに占める割合が大きいほど、高い割合の GHG 排出削減量を求められます。

さらに、企業の資産データを使用して、セクターの排出削減目標を各企業の施設レベルに割り当てます。これにより世界中の企業が所有および運営する施設の排出削減要求量を計算していきます。この各企業の排出削減要求量に、将来の炭素価格(carbon price)を乗じることで、排出削減目標(削減要求量)を達成するために、各企業が支払うであろう気候変動政策コストを算出しています(図 2-31)。

ちなみに炭素価格は、統合評価モデル(IAM: Integrated Assessment Model: 温暖化の影響を決定する経済社会システムモデル)を使って決定され、選択された政策シナリオ(1.5°Cシナリオ、2°Cシナリオ、3°Cシナリオ)によって異なります。

図 2-31 気候変動政策リスク CVaR のモデルのイメージ図



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

## 低炭素技術機会 CVaR について

低炭素技術機会 CVaR は、企業レベルの低炭素技術特許の取得状況の評価と現在の低炭素技術推計収益を基にして、企業が将来にわたって生み出す低炭素技術からの利益を計算することで低炭素経済への移行の下での収益拡大の機会を分析します。このモデルは、スイス連邦知的財産庁が MSCI 気候リサーチセンターと協働して開発した特許スコアがベースとなっています。

この特許分析は世界中の70以上の特許当局から認められた約1億個の企業特許データを分析対象としています。400以上の分野に類別される低炭素関連特許の品質を評価し、その評価を企業の革新的な能力の代替指標として用いることで、気候変動に関係する政策が3°C、2°C または 1.5°C のレベルでグローバルに実施された場合に、どの企業が低炭素技術から利益を生み出し、成長機会を得る可能性があるかを分析することができます。この低炭素技術機会 CVaR は、低炭素社会への移行に伴い発生する気候変動政策コスト(炭素排出削減コスト)の影響とは対照的なファクターとして、企業価値や証券価値を押し上げる方向に作用します。

すべての特許が、同等の価値を持っているわけではないため、特許の数だけでは企業の革新的な能力や、将来の市場の成長性を予測することはできません。低炭素技術機会 CVaR では、学術文献および実務によって確立されている次の4つの統計的尺度に基づいて特許スコアは計算されます(図 2-32)。

図 2-32 特許スコア計算における4つの統計的尺度

<b>特許前方引用</b>	他者の特許出願において当該特許が引用された数。これは、特許の価値または重要性が広く受け入れられていることを表す尺度。特許が他者の特許出願によって頻繁に引用される場合、引用頻度の高い特許は基幹的な技術あるいは重要な技術特許である可能性が高い。
<b>特許後方引用</b>	当該特許の出願時に引用している他者の特許の数。後方引用の数が多いとより古く、より確立された技術に基づいている可能性が高いため、当該特許の特許価値が低下する。
<b>市場カバレッジ</b>	評価対象の特許が出願された国の GDP の合計。市場のカバレッジが高いほど特許スコアが高くなる。
<b>CPC カバレッジ</b>	タグ付けされた CPC 特許グループの数。Cooperative Patent Classification (CPC: 共同特許分類)は、各特許を様々な技術分類を基準とした特許グループとの関連性を評価。この関連性評価でより多くのグループにタグ付けされるほど、特許スコアが高くなる。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

各企業の環境技術からの利益は、セクター毎の将来の環境収益をセクター内の特許スコアのシェアによって分配し、割り当てられた収益にセクター平均利益率を乗じることによって計算されます。この時、セクターの将来にわたっての環境技術からの収益の規模は、気候変動政策リスク CVaR で算出したセクターレベルの気候変動政策コスト(炭素排出削減コスト)と同額であると仮定しています。それは、炭素排出削減コストが発生するなら、そこに低炭素テクノロジーを売ることによって得られる潜在的収益が同等にあると考えているためです。

### 物理的リスクと機会 CVaR について

物理的リスクと機会 CVaR では、過去 40 年間に観測された異常気象パターンを参照し、今後 15 年間に発生が見込まれる急性および慢性的な異常気象による企業の財務的影響を分析します。物理的なリスクの影響は、地域、セクター、企業レベルで計算されます。

物理的リスクと機会 CVaR は、「エクスポージャ(企業が保有している資産の場所、規模、種類及び価値を基に評価)」と「ハザード(異常気象の発生確率と深刻度)」、「脆弱性(被害の傾向や影響を受けやすい設備要因)」の3つの要素について、選ばれたシナリオ条件下(平均シナリオか最悪シナリオ)での、企業の各施設レベルの物理的リスクと機会を推計します。

なお、物理的リスクと機会 CVaR の分析では、現在は2種類のリスク(慢性的リスクと急性リスク)に分類される以下の7種類の異常気象の財務的影響を分析対象にしています(図 2-33)。

図 2-33 物理的リスク・機会 CVaR の分析対象となる自然災害



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

## 気候変動リスク・機会を証券価値に反映する財務モデル

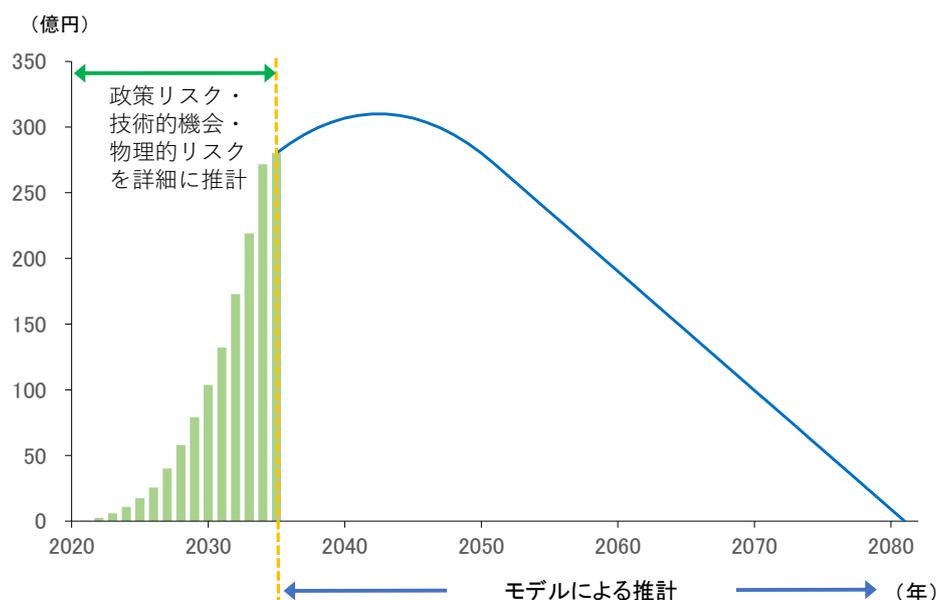
先に述べたように、CVaR というかたちで、気候変動関連のコストと機会がもたらす企業の株価や債券価格に与える影響を最終的に推計するまでに、以下の4つのステップで分析を行います。

- Step1: 将来の気候変動関連のコスト・利益を推計
- Step2: 将来の気候変動関連のコスト・利益を現在価値に割り戻す
- Step3: 現在の企業価値に与える影響を推計
- Step4: 企業価値に与える影響を株式・社債に与える影響に分解

まず、Step1の将来の気候変動関連のコスト・利益の推計ですが、分析は今後15年間とそれ以降とは別のアプローチをとります。今後15年間については、気候変動政策リスク、低炭素技術からの利益、異常気象による事業損失・施設損害等を詳細に推計し、16年目以降は、モデルを活用し2080年までのコストを推計します。

このモデルでは、気候変動政策コストと低炭素技術からの利益については、25年後をピークとし、2080年にコストや利益がゼロとなるよう(線形で)仮定されています(図2-34)。一方、実際の温暖化等の気候変動は、より長期に亘って影響を及ぼすとみられており、物理的リスクと機会については、年次成長率を3%に設定して、それが2080年まで継続すると仮定しています。

図 2-34 気候変動政策コストと低炭素技術の利益の推計方法とイメージ



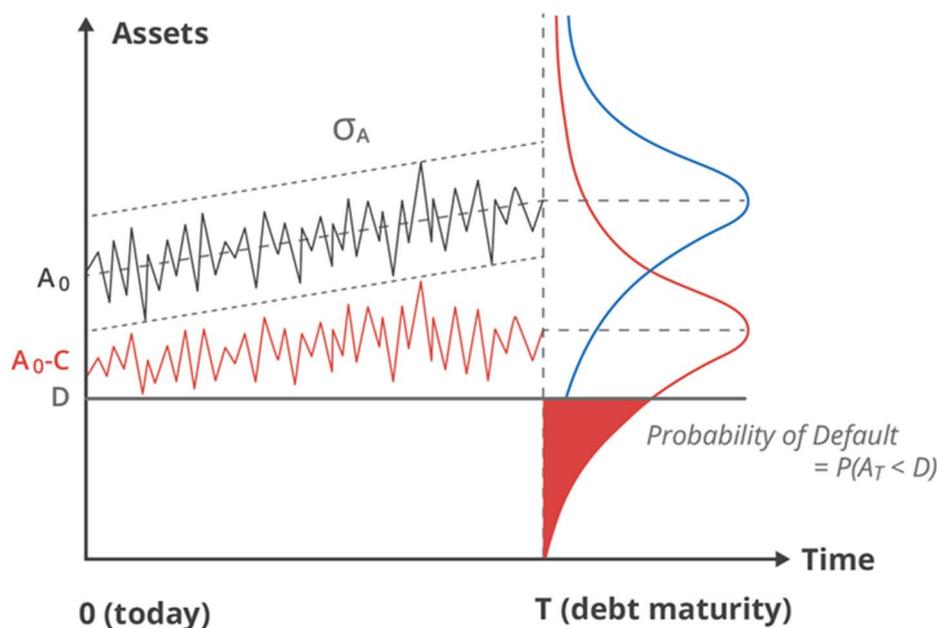
(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

次に Step2 では、Step1 で求めたコストや利益を加重平均資本コスト(WACC: Weighted Average Cost of Capital)を割引率とし、割引現在価値を計算します。割引率は、初年度は当該企業の WACC を使用し、2080 年時点で、セクター平均の WACC に収れんするという仮定に基づいて、計算します。

Step3 では、Step1 で計算された利益・コストの割引現在価値を企業価値(EV: Enterprise Value)で割った値である当該企業の CVaR を求めます。その値は、気候変動関連のコスト・利益が企業価値にもたらすインパクトを意味します<sup>6</sup>。

最後に Step4 で、企業全体のレベルで算出された CVaR を株式と債券という証券レベルに分割します。その方法は、Merton モデルにより、気候変動関連のコストや利益がもたらす企業のデフォルト確率の変化として示される債券の CVaR を求めることです(図 2-35)。そこで求めた債券の CVaR と企業全体の CVaR を使うことで、株式の CVaR を求めることができます。

図 2-35 Merton モデルのイメージ



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

<sup>6</sup> 現在の企業価値には、分析対象となっている気候変動関連のコストや利益が織り込まれていない(反映されていない)という前提になります。

# ポートフォリオの温暖化ポテンシャル

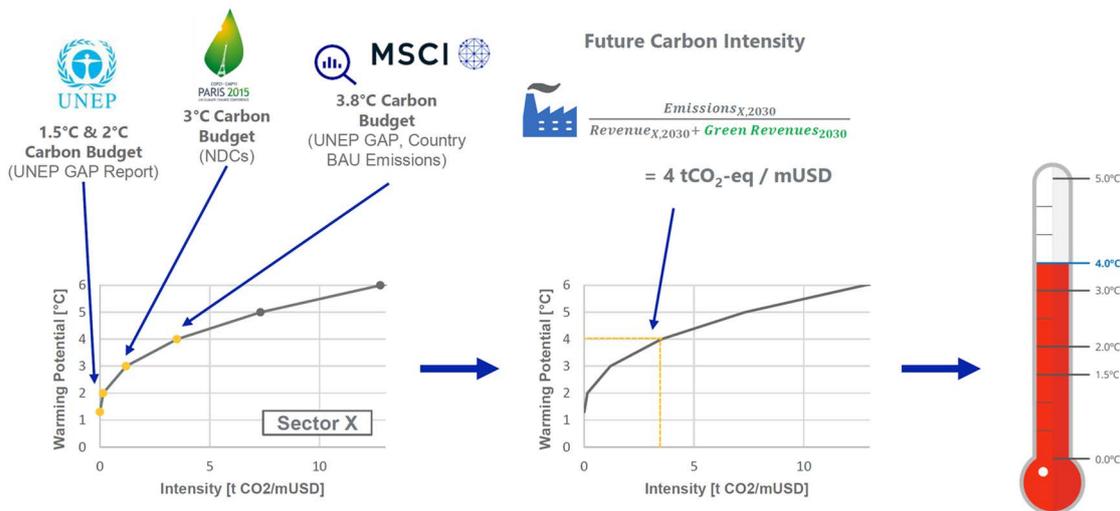
## 温暖化ポテンシャルのメソッドロジー

温暖化ポテンシャルは、分析対象企業の将来にかけての温室効果ガス排出量の予測値に基づいて、その企業の活動と統合的な2100年時点の温暖化の程度を最低1.3°Cから最高6.0°Cの範囲で表します。つまり、対象企業の現在から将来にわたっての活動がどの程度の温暖化をもたらす可能性があるかを、具体的な気温上昇幅によって示すことができます。

推計に当たっては、UNEP (United Nations Environment Programme) が発行する Emissions Gap Report<sup>7</sup>を始めとした複数の文献を使用しています。それらの文献からセクター毎のカーボンインテンシティと温暖化ポテンシャルとの関数を導出し、各企業の将来のカーボンインテンシティ推計値を当てはめています(図 2-36)。これにより、将来における企業活動に応じた気温上昇値の算出が可能となります。これらの気温上昇値を企業の温暖化ポテンシャルとし、ポートフォリオの構成銘柄における温暖化ポテンシャルを加重平均することで、ポートフォリオの温暖化ポテンシャルが算出できます。

なお、温暖化ポテンシャルは、発行体ベースの分析であり、同じ発行体であっても株式と債券とでは値が異なる CVaR の分析とは異なります。

図 2-36 温暖化ポテンシャルの推計方法



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

<sup>7</sup> 予想される将来にわたっての温室効果ガス排出量とパリ目標を達成するための温室効果ガス排出量との差である「排出ギャップ」などについて様々な分析を行っている。

### 資産別・セクター別温暖化ポテンシャル

GPIF ポートフォリオの資産別の温暖化ポテンシャルを確認すると、株式ポートフォリオでは国内株式が2.76°Cと外国株式の2.97°Cを下回っており、債券ポートフォリオでは、外国債券(2.76°C)が国内債券(2.88°C)を下回る結果となりました(図 2-37)。そのため、いずれの資産においても2°C目標の達成には距離があることが明らかになりました。

セクター別に温暖化ポテンシャルをみると、資産をまたがってエネルギー、公益事業、素材、生活必需品で値が高い傾向がみられました(図 2-37)。また、電気通信サービスや一般消費財・サービス、金融では、外国に比べて国内資産の温暖化ポテンシャルが抑えられていることが示された一方、情報技術では逆に外国資産の方が温暖化ポテンシャルが抑えられていることが示されました。

図 2-37 資産別・セクター別の温暖化ポテンシャル

(°C)	国内資産		外国資産	
	株式	債券(社債)	株式	債券(社債)
全体	2.76	2.88	2.97	2.76
電気通信サービス	1.70	1.54	2.48	3.67
一般消費財・サービス	2.45	2.26	3.74	3.40
生活必需品	3.97	4.69	4.60	5.11
エネルギー	5.52	5.63	5.55	5.68
金融	1.43	1.41	1.70	1.55
ヘルスケア	2.16	1.85	2.03	2.01
資本財・サービス	3.14	3.49	3.27	3.25
情報技術	2.40	3.76	2.11	1.96
素材	4.68	5.29	5.11	5.50
不動産	3.42	3.55	3.85	3.99
公益事業	5.14	5.02	4.85	4.96

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

## 温暖化ポテンシャルのセクター別・国別の分布状況

ここでは、GPIFの株式・債券(社債)ポートフォリオについて、セクター別及び国別に潜在的な気温上昇の分布を示すヒストグラムによる分析を行っています。ヒストグラムでは、横軸が温暖化ポテンシャルの20分位で、最大値6°C、最小値1.3°Cとなっており、0~2分位に分布する企業の温暖化ポテンシャルが2°C以下に抑えられることとなります。なお、縦軸は企業数ですが、最大頻度の値を最大値としてセクター毎に標準化しており、同じ高さでもセクターや国ごとに毎で値は変わってきます。

国内外の株式および債券ポートフォリオのセクター別の分布の形状をみると、①最頻値が1.3°C近くに分布しているセクター(電気通信サービス、金融、情報技術)、②最頻値が6.0°C近くに分布しているセクター(生活必需品、エネルギー、素材、公益事業)、③分布が1.3°Cから6.0°Cに広がっているセクター(一般消費財・サービス、ヘルスケア、資本財・サービス、不動産)に大きく分類することができます(図2-38~図2-39)。その解釈としては、①現状の企業活動や将来的な温室効果ガス排出量などに鑑みて業界が地球温暖化に与える影響が抑えられている、②業界全体の企業活動が地球温暖化に大きく影響することが懸念される、③業界内で企業の取組みによる差が大きい、という理解が可能です。

国別のヒストグラムをみると(図2-40)、ほとんどの国で1.3°C近傍と6.0°C近傍のそれぞれに企業が多く分布しており、1.3°C~6.0°Cの間に残りの企業が一様分布のように分布している状況が確認できました。

図 2-38 各資産のセクター別温暖化ポテンシャル(1)

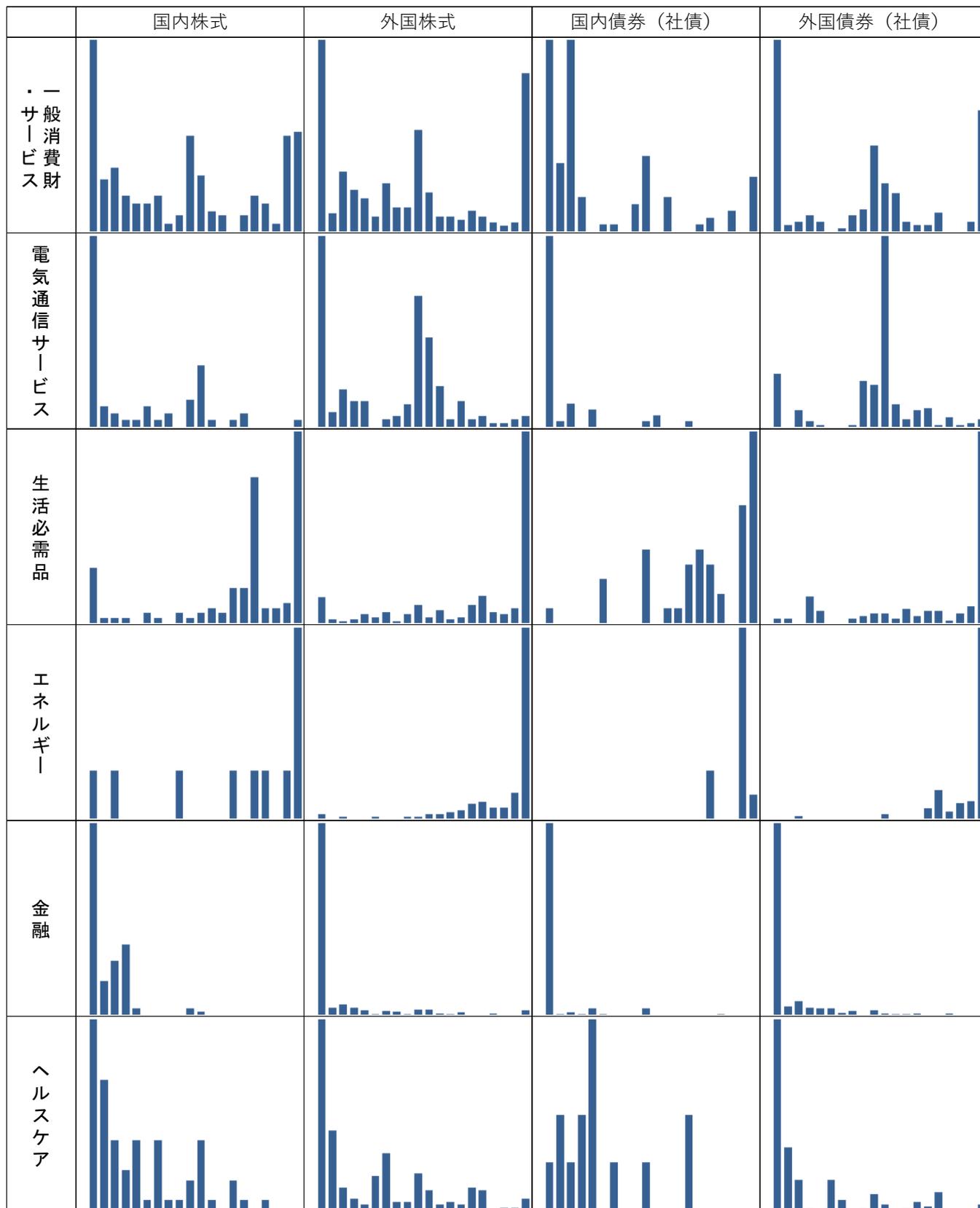
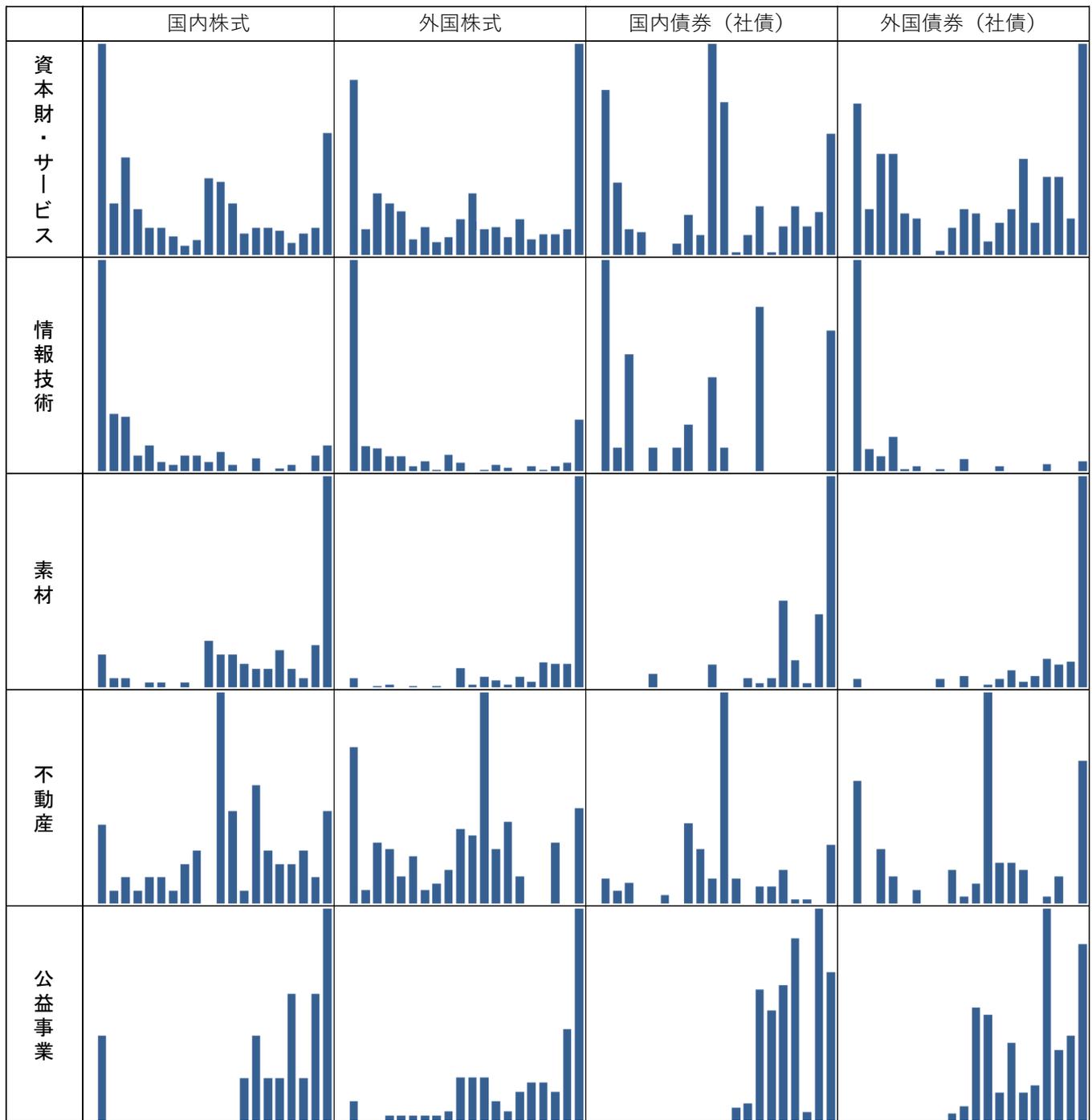


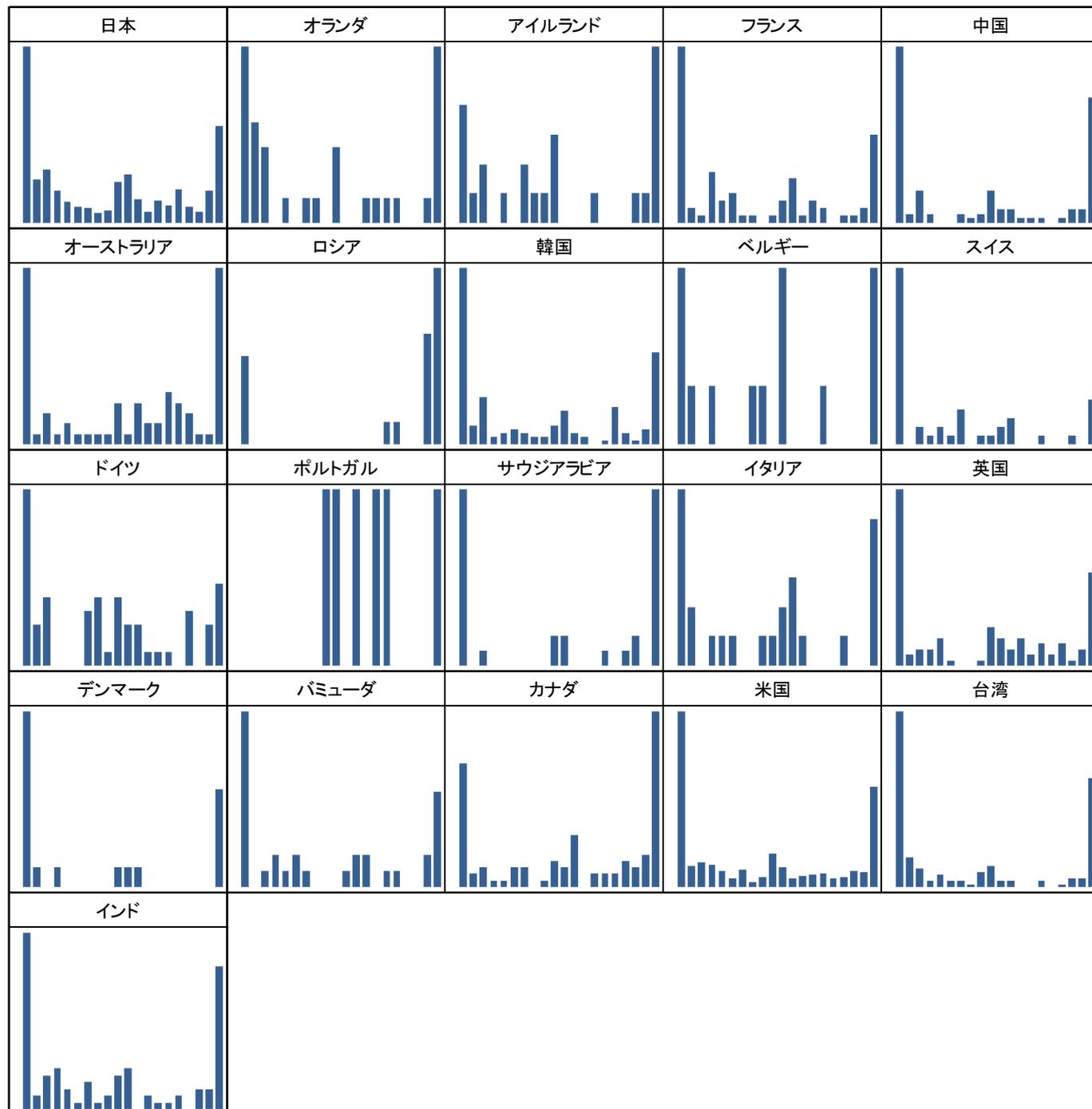
図 2-39 各資産のセクター別温暖化ポテンシャル(2)



(注)横軸はそれぞれの温暖化ポテンシャルの 20 分位で、最大値+6.0°C、最小値+1.3°Cとなっている。縦軸は企業数で、それぞれのセクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでもセクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

図 2-40 株式ポートフォリオの国別温暖化ポテンシャル



(注)横軸はそれぞれの温暖化ポテンシャルの 20 分位で、最大値+6.0℃、最小値+1.3℃となっている。縦軸は企業数で、それぞれのセクター・国において最大頻度の値を最大値として標準化しており、同じ高さでもセクター・国ごとに値は同一とはならない。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC ©2020.

## 化石燃料へのエクスポージャー

### 売上高に占める化石燃料関連事業の比率

本節では、Trucost のデータを用いて、気候変動リスク(政策リスク)の一部である、ポートフォリオの化石燃料へのエクスポージャーについて確認します。

まず、図 2-41 では、ポートフォリオを構成している投資先企業の総売上高に占める化石燃料関連事業の比率を事業別に示しました。図表に示す通り、化石燃料関連事業に参与している企業へのエクスポージャーが最も高い資産は、国内債券ポートフォリオとなっています。これは公益事業及びエネルギーセクターへのエクスポージャーが大きいことによるものです。国内債券ポートフォリオでは、投資先企業における総売上高に対する化石燃料関連事業の割合は、2019 年度時点で約 6.1%でした。内訳をみると、天然ガス火力発電が最大(3.97%)で、石炭火力発電(1.57%)、石油火力発電(0.34%)の順でした。なお、国内債券ポートフォリオの投資先企業における総売上高に対する化石燃料関連事業の割合は、他の資産と比べれば高いですが、前年度と比較すると約 3%pt の減少となりました。

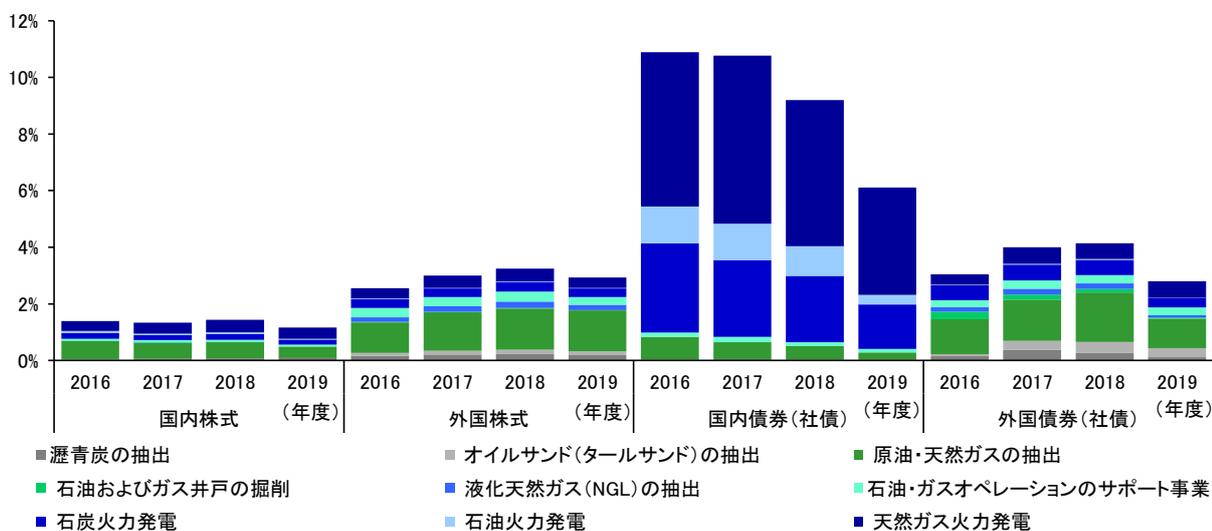
### 化石燃料関連投資先企業の売上高に占める化石燃料関連事業の比率

次に、さらに次の 2 つの指標(測定基準)を用いることで、座礁資産リスクを異なる観点から評価します。1つ目は、企業所有の化石燃料埋蔵分に含まれる潜在的な温室効果ガス排出量であり、これは 2°C目標を達成するにあたって「燃やせない炭素(unburnable carbon)」になる可能性があると考えられています。2つ目は、将来の化石燃料の探査・抽出事業のために投入されてきた設備投資です。双方の指標は投資先が開示する情報に基づいています。

図 2-42 は、埋蔵分の「将来」排出されうる温室効果ガス排出量を燃料タイプ別に示しています。また、図 2-43 は化石燃料関連事業への設備投資の総額を燃料タイプ別に示しています。

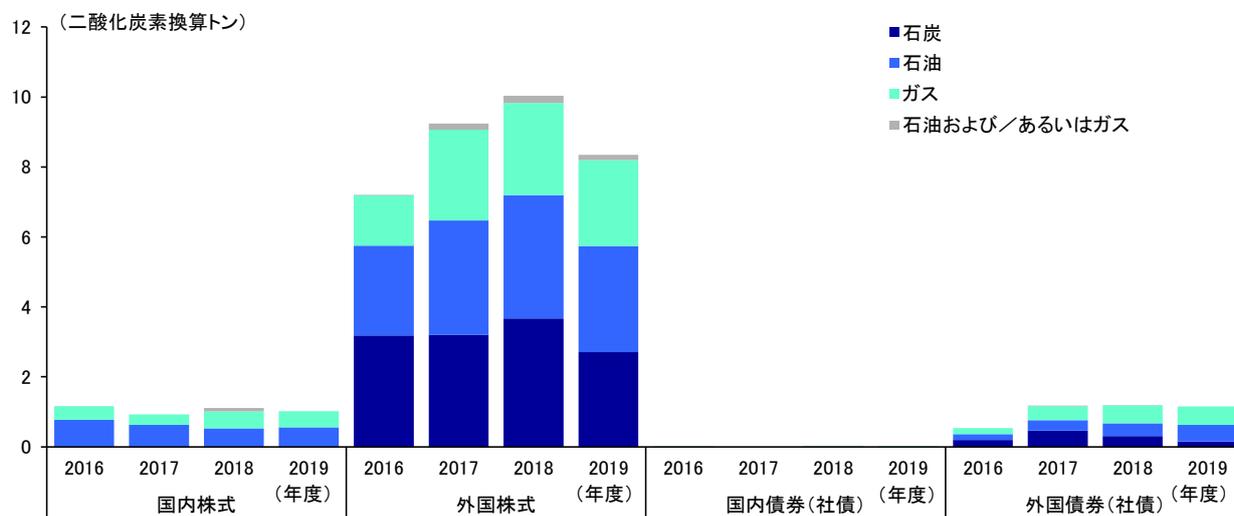
埋蔵化石燃料及び化石燃料関連設備投資を起因とする温室効果ガス排出総量が最も大きかったのは外国株式ポートフォリオですが、2018 年度と比較して顕著に低下しました。

図 2-41 化石燃料関連投資先企業の売上高に占める化石燃料関連収益の比率



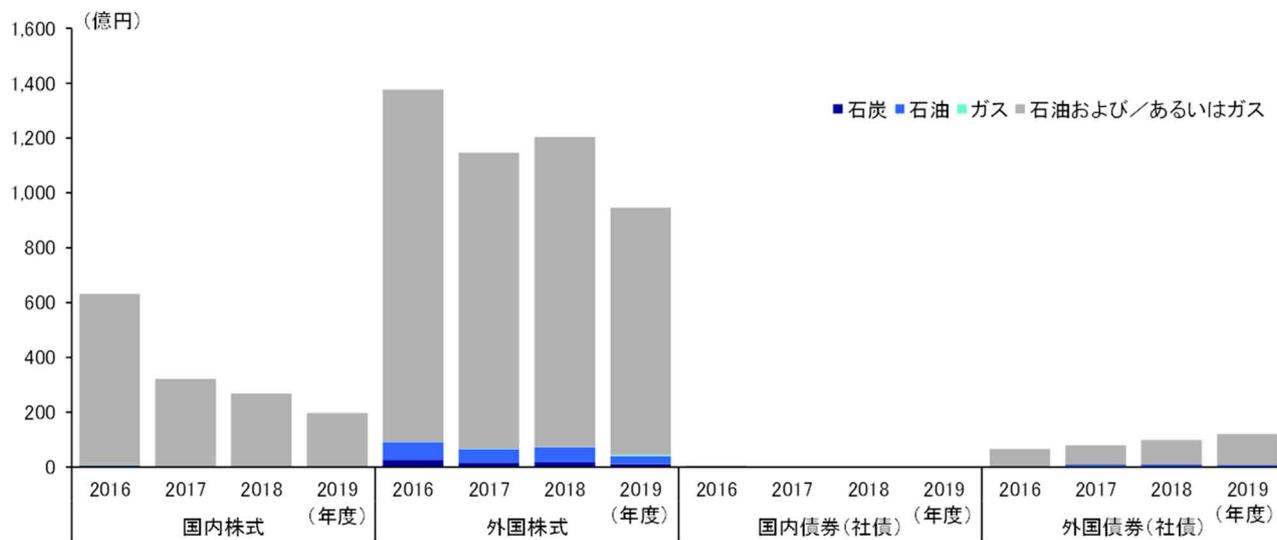
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 2-42 埋蔵化石燃料によって想定される温室効果ガス排出量



(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

図 2-43 化石燃料関連事業の設備投資総額

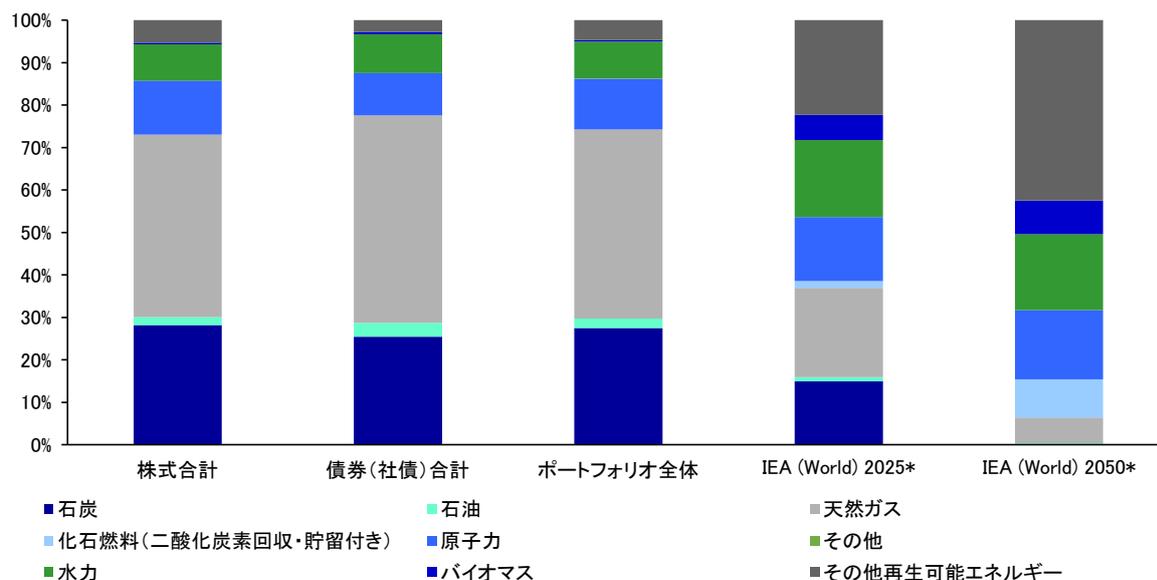


(出所) S&P Trucost Limited © Trucost 2020

## エネルギーミックス

株式ポートフォリオ、債券(社債)ポートフォリオ、ポートフォリオ全体それぞれについて、ポートフォリオに組み入れられている電力会社に関して、公表情報を基に発電量の電源構成を確認し、IEA が「2°Cシナリオ」で想定する 2025 年および 2050 年時点での電源構成と比較しました(図 2-44)。その結果、IEA が「2°Cシナリオ」で想定する 2050 年時点での電源構成と比較すると、全てのポートフォリオにおいて、化石燃料(石炭・石油・天然ガス)発電の比率が高く、再生可能エネルギー(水力・バイオマス・その他再生可能エネルギー)の比率が低いことがわかります。2018 年度と比較すると、2019 年度は全てのポートフォリオにおいて天然ガス発電の占める割合が増加しました。外国債券では、水力発電の占める割合がおよそ2倍に上昇し、10.16%となりました。

図 2-44 2°C目標との整合性:エネルギーミックス



(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2020

## 国債の気候変動関連分析

ここでは GPIF の国債ポートフォリオを対象に TCFD の提言に則って、リスク(移行リスク・物理的リスク)と機会の分析を行いました。図 2-45 は、国債ポートフォリオ全体と日本国債のみとに分けて、国債の気候変動関連分析の結果を一覧にまとめました。この表では、国債ポートフォリオ全体とベンチマークとを比較して、プラス(マイナス)であればリスクが小さい(大きい)ことを示しています。なお、日本国債については日本国債のみで構成されるポートフォリオと、日本国債と外国国債とで構成されるベンチマークとを比べています。これにより、日本国債のみを保有した場合に比べて、外国債券を保有することによる気候変動リスクの変化を分析することができます。

移行リスクでは、国債ポートフォリオ全体はベンチマークに比べて①「現在の温室効果ガス排出量の実績と、2°C目標と整合的な 2050 年時点の温室効果ガス排出量との差」、②「現在の温室効果ガス排出量の実績と自国が設定する排出目標との差」、③「2°C目標達成への貢献として自国が決定する温室効果ガス排出量削減目標(NDC: Nationally Determined Contribution)による気温上昇」のすべての項目においてリスクが大きいことがわかります。これに対し、日本は①以外でベンチマークを上回っていることが示されています。また、物理的リスクでは国債ポートフォリオ全体はベンチマークに比べて、農業や気候変動に関連した災害へのリスクが大きくなっています。一方、日本は、海面上昇へのリスクの大きさが目立ちます。

このほか、低炭素化の機会の分析では、グリーンボンドの発行残高の GDP 比と、エネルギー利用におけるグリーンエネルギーの比率を分析しました。いずれにおいても、国債ポートフォリオ全体ではベンチマークを上回っているものの、日本についてはベンチマークを下回る結果となりました。

なお、ポートフォリオに対する国別のパフォーマンスや、ベンチマークに対するポートフォリオ・パフォーマンスを国別にみた分析を行っています(図 2-46、図 2-47)。

図 2-45 国債ポートフォリオの分析結果概要

	国債ポートフォリオ全体	日本
<b>カーボンフットプリント</b>		
温室効果ガス排出量(域内)	-5.6%	1.6%
温室効果ガス排出量(域内+輸入)	-1.1%	-2.5%
<b>移行リスク</b>		
①現在の温室効果ガス排出量と、2°C目標と整合的な2050年時点の温室効果ガス排出量との差	-0.2%	-1.2%
②現在の温室効果ガス排出量の実績と自国が設定する排出目標との差	-6.2%	3.6%
③自国が決定する温室効果ガス排出量削減目標(NDC)による気温上昇	-5.0%	4.6%
<b>物理的リスク</b>		
海面上昇へのエクスポージャー	15.2%	-23.8%
気候変動に関連した災害へのエクスポージャー	-12.4%	40.5%
農業へのエクスポージャー	-62.1%	47.3%
<b>低炭素化の機会</b>		
グリーンボンド/GDP比率	6.7%	-35.5%
エネルギーにおけるグリーン比率	1.6%	-2.9%

(注)温室効果ガス排出量は、二酸化炭素換算千トン/10億円。  
 ベンチマークは、基本ポートフォリオの割合に基づいて外国国債と日本国債とを加重平均したもの。日本については、国内債券のみで構成されるポートフォリオとベンチマークとの比較。

(出所)FTSE Russell, Beyond Ratings

図 2-46 ポートフォリオに対する国別のパフォーマンス

	温室効果ガス排出量（域内）	温室効果ガス排出量（域内＋輸入）	①現在の温室効果ガス排出量と、2050年時点の温室効果ガス排出量との差	②現在の温室効果ガス排出量の実績と自国が設定する排出目標との差	③自国が決定する温室効果ガス排出量削減目標（NDC）による気温上昇	海面上昇へのエクスポージャー	農業へのエクスポージャー	気候変動に関連した災害へのエクスポージャー	グリーンボンド / GDP比率	エネルギーにおけるグリーン比率
日本	7%	-1%	-1%	9%	9%	-46%	68%	47%	-40%	-4%
米国	-5%	12%	-17%	-37%	-41%	71%	-2%	38%	-63%	-27%
フランス	36%	23%	37%	39%	50%	67%	-51%	-686%	490%	-15%
スペイン	15%	0%	31%	35%	35%	49%	-180%	65%	112%	98%
ベルギー	13%	4%	11%	10%	19%	-29%	65%	-1289%	310%	-47%
オランダ	10%	2%	-1%	-21%	14%	-575%	-51%	-640%	1066%	-59%
メキシコ	-141%	-86%	54%	-5%	45%	82%	-311%	-32%	-91%	-11%
インドネシア	-486%	-304%	43%	36%	23%	15%	-3502%	33%	32%	131%
マレーシア	-24%	-67%	88%	-187%	-32%	41%	-2787%	66%	-61%	-50%
ブラジル	-182%	-105%	35%	-25%	24%	70%	-881%	63%	-60%	207%
PF vs BM	-6%	-1%	0%	-6%	-5%	15%	-62%	-12%	7%	2%

(注) ベンチマークは基本ポートフォリオの割合に基づいて外国国債と日本国債とを加重平均したもの。

ポートフォリオを上回るパフォーマンスの場合に値はプラス。

(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

図 2-47 ベンチマークに対するポートフォリオ・パフォーマンスの国別分析

	温室効果ガス排出量（域内）	温室効果ガス排出量（域内＋輸入）	①現在の温室効果ガス排出量と、2050年時点の温室効果ガス排出量との差	②現在の温室効果ガス排出量の実績と自国が設定する排出目標との差	③自国が決定する温室効果ガス排出削減目標（NDC）による気温上昇	海面上昇へのエクスポージャー	農業へのエクスポージャー	気候変動に関連した災害へのエクスポージャー	グリーンボンド / GDP 比率	エネルギーにおけるグリーン比率
日本	-0.3%	0.4%	0.2%	-0.6%	-0.8%	4.0%	-7.9%	-6.7%	5.9%	0.5%
米国	-1.2%	1.3%	-2.0%	-5.2%	-5.5%	8.6%	-7.5%	3.5%	-6.9%	-3.0%
フランス	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%	0.6%	-1.1%	-5.9%	4.1%	-0.1%
スペイン	0.1%	0.0%	0.2%	0.2%	0.2%	0.4%	-2.6%	0.4%	0.9%	0.7%
ベルギー	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	-2.5%	0.6%	-0.1%
オランダ	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-0.5%	-0.2%	-0.8%	1.3%	-0.1%
メキシコ	-0.5%	-0.3%	0.2%	0.0%	0.1%	0.3%	-1.9%	-0.2%	-0.3%	0.0%
インドネシア	-1.5%	-0.9%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	-16.5%	0.1%	0.1%	0.4%
マレーシア	0.0%	-0.1%	0.1%	-0.3%	-0.1%	0.1%	-5.9%	0.1%	-0.1%	-0.1%
ブラジル	-0.5%	-0.3%	0.1%	-0.1%	0.1%	0.2%	-4.0%	0.2%	-0.2%	0.6%
その他	-1.9%	-1.4%	0.6%	-0.6%	0.5%	1.5%	-14.8%	-0.6%	1.2%	2.7%
PF vs BM	-5.6%	-1.1%	-0.2%	-6.2%	-5.0%	15.2%	-62.1%	-12.4%	6.7%	1.6%

(注) ベンチマークは基本ポートフォリオの割合に基づいて外国国債と日本国債とを加重平均したもの。

ベンチマークを上回るパフォーマンスの場合に値はプラス。

(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

## 移行リスクの分析

### ほとんどの国で2°C目標達成には距離がある

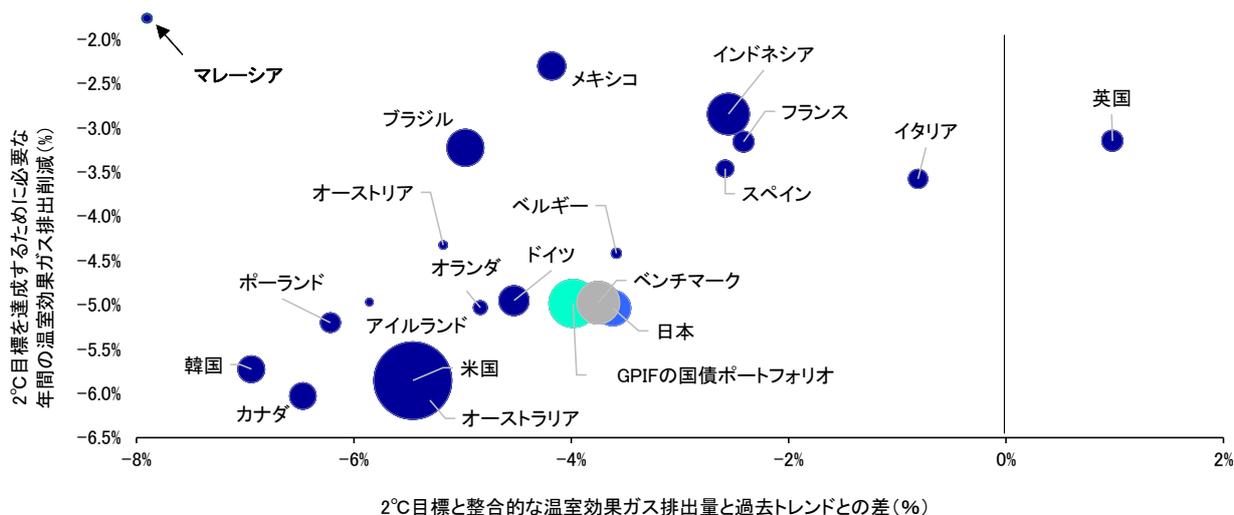
2°C目標達成のための温室効果ガス排出量削減に伴う財政支出の拡大は、将来的に国債価格にも影響しうるリスクだと考えられます。そのため、移行リスク分析では、主に現在の温室効果ガス排出量と2°C目標に整合的な温室効果ガス排出量削減に関連する指標に着目します(図 2-48)。ここでは、温室効果ガス排出量の分析対象は「国内」と「輸出」の合計です。

グラフでは縦軸に①「2°C目標を達成するために必要な年間の温室効果ガス排出削減」を取っています。マイナス幅が小さいほど、2°C目標と整合的な温室効果ガス排出量の2050年時点の水準達成に必要な温室効果ガス排出削減量が小さいことになります。横軸は、②「2°C目標と整合的な温室効果ガス排出量と過去トレンドとの差」です。プラスであれば、実際に足元の温室効果ガス排出量が、各国の目標以上に削減されていることが示されます。

2°C目標達成のために求められる温室効果ガス排出削減量が小さいのは、マレーシア、メキシコ、インドネシア、英国の順です。もっとも、横軸で温室効果ガス排出削減の足元のトレンドを確認すると、目標を上回る削減を実現しているのは英国のみです。

なお、GPIFの国債ポートフォリオは、②におけるマイナスが、ベンチマークに比べて大きいことがわかります。なお、日本はベンチマークやGPIFの国債ポートフォリオ全体に比べて、①はほぼ同水準ですが、実際の温室効果ガス排出量削減の成果がでていることが確認できました。

図 2-48 2°C目標と温室効果ガス排出量



(注) GPIFの国債ポートフォリオとベンチマークは保有債券価格(VOH)の加重平均。円の大きさは2019年の温室効果ガス排出量の大きさを表す。ベンチマークは、基本ポートフォリオの割合に基づいて加重平均。  
(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

## 物理的リスクの分析

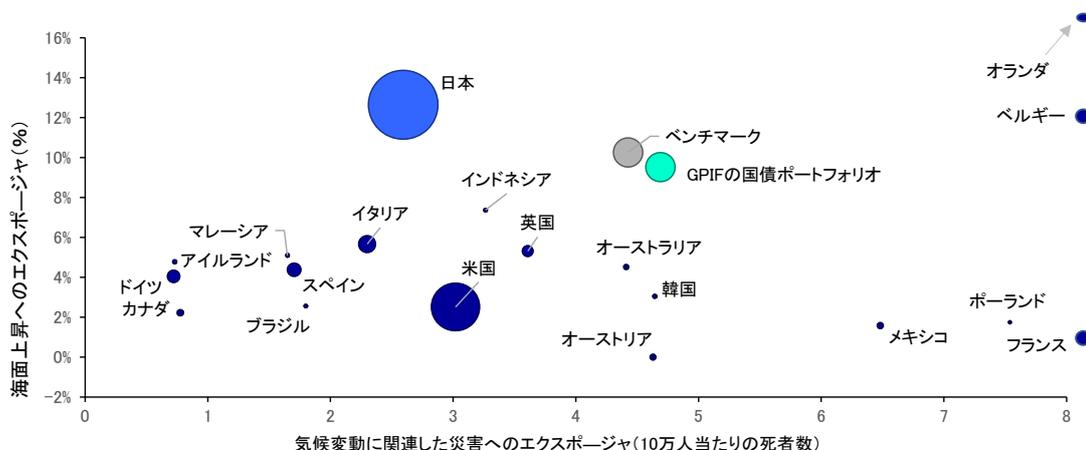
### 物理的リスクは各国の財政負担になる可能性も

物理的リスクのうち、海面上昇リスクへのエクスポージャーと、干ばつや洪水、熱波といった気候変動に関連した自然災害リスクへのエクスポージャーが、現時点で測定可能な指標のなかで、国の財政収支への影響を通じた国債の価値への影響が大きいリスクであると考え、以下ではまずこれらの指標について分析しています。

海面上昇リスクへのエクスポージャーが最も大きいのは、オランダ(58.5%)です。次いで、日本、ベルギー、インドネシア、イタリア、英国であることが示されました(図 2-49)。また、気候変動に関連した自然災害リスクへのエクスポージャー(気候変動に関連した自然災害による 10 万人当たりの死者数)が大きいのは、ベルギー(68.0 人)、フランス(38.4 人)、オランダ(36.2 人)、ポーランド(7.5 人)の順となっています。そうした中で、GPIF のポートフォリオでは日本の保有比率がベンチマークに比べて小さいため、海面上昇へのリスクはベンチマークよりやや小さくなっています。一方、気候変動に関連した自然災害へのリスクはベンチマークをやや上回る結果となりました。

なお、今回使用した物理的リスクの分析は、改善すべき点があると考えています。ここで使用した海面上昇リスクへのエクスポージャーのデータは、総人口に占める海拔 5 メートル以下の居住人口の割合であり、防波堤や護岸工事といった海面上昇への各種対策を加味したものではありません。当然、潜在的リスクを抱えているオランダや日本などでは既に対策がとられていることもあります。また、気候変動に関連した自然災害リスクへのエクスポージャーのデータは、対象となる災害による過去の死者数であり、比較的足下の災害の状況に結果が左右されてしまいます。GPIF では、物理的リスクの状況把握に当たって、今後はリスクへの対策などに関する評価も分析に反映していくことが課題だと考えています。

図 2-49 各国の海面上昇リスクと気候変動に関連した自然災害リスクへのエクスポージャー



(注) GPIFの国債ポートフォリオとベンチマークは保有債券価格(VOH)の加重平均。円の大きさはポートフォリオにおけるウェイトの大きさを表す。ベンチマークは、基本ポートフォリオの割合に基づいて加重平均。

(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

### 農業生産変動リスクの分析

このほかに国債の物理的リスクを測る指標では、各国の GDP に占める農業生産変動計数を示す、農業生産変動リスク<sup>8</sup>があります。農業生産変動リスクでは、気候変動による農業生産量の変動を通して、その国の経済全体に与える影響を分析することができます。この分析では、GDP に占める農業生産のウエイトが高く、気候変動による農業生産量の変動が大きい国ほどリスクが高くなります。農業生産変動リスクへのエクスポージャーを国別にみると、インドネシアやマレーシア、ブラジルなど新興国の水準が高い一方で、米国や日本などの先進国ではリスクへのエクスポージャーが小さいことがわかります(図 2-50)。GPIF ポートフォリオ全体への寄与度をみると、農業生産変動リスクとしては大きくない米国や日本については保有比率が高いことから寄与度としては大きくなっています。また、保有比率が小さいインドネシアやマレーシアでも農業生産変動リスク自体が極めて高いことから、ポートフォリオのリスクを押し上げていることが示されました(図 2-51)。

図 2-50 各国の農業生産変動リスクのエクスポージャー

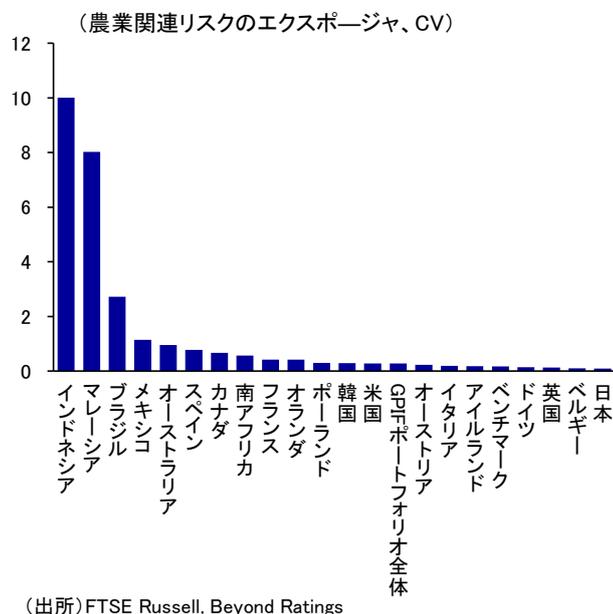
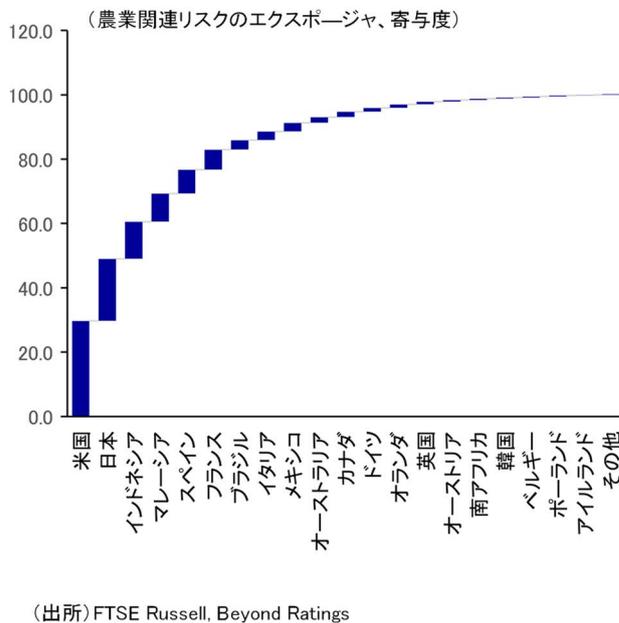


図 2-51 GPIF ポートフォリオへの国別農業生産変動リスクの寄与度



<sup>8</sup> 農業生産の変動係数(単位:キロカロリー)を、農業が GDP に占める割合で加重したもの。

## 国債ポートフォリオにおける機会の捉え方

### グリーンボンドの発行と低炭素発電の分析

日本においては東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故を受けて、2011年以降に原子力発電を含む低炭素発電の比率が急激に低下しました(図 2-52)。原子力発電は事故が発生した際の環境負荷の大きさから環境に配慮した発電に位置づけるかどうかは議論が分かれるところですが、日本では原子力発電の停止に伴い火力発電などによる電力供給が増加したことで、2012年にかけて GDP 当たりの温室効果ガス排出量は増加し、その後も高水準で推移しました。しかし、太陽光発電や水力発電などの拡大を背景とした低炭素発電比率の反転上昇などもあり、温室効果ガス排出量は減少に転じています。また、時期を同じくして、日本におけるグリーンボンドの GDP に対する発行比率は 2017 年以降に徐々に高まりを見せています。(図 2-53)。

もっとも、国別でみたグリーンボンドの GDP に対する発行比率と、各国のエネルギー利用におけるグリーンエネルギーのシェアを確認すると(図 2-54)、一部では相関しているようにも見えますが、データ全体で強い相関があるとは言えません。オランダ(1.5%)やフランス(0.8%)、アイルランド(0.6%)ではグリーンボンドの発行比率は高い一方で、エネルギー利用におけるグリーンシェアは他国比で高い水準にありません。一方で、グリーンエネルギーの比率が高いブラジル(13.3%)、オーストリア(12.4%)、カナダ(12.0%)ではグリーンボンドの比率はベンチマーク程度の水準にとどまっています。

このように、グリーンボンドの用途のすべてが発電施設とは限らないので両者に相関がないことは当然のこととも言えますが、グリーンボンドの発行が増えれば、その資金用途の一つである低炭素発電の資金調達環境の改善にもつながります。そのように考えれば、グリーンボンドの発行と気候変動に伴う収益機会には、将来的には相関が生まれる可能性もあるでしょう。

図 2-52 日本の GDP 当たりの温室効果ガス排出量と 低炭素発電比率(原子力を含む)

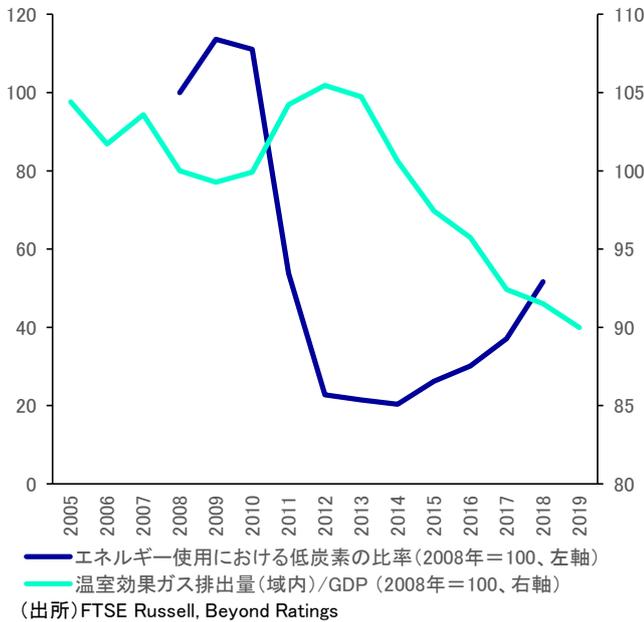


図 2-53 各地域の GDP に対するグリーンボンド比率 (グリーンボンド・パフォーマンス・レシオ)

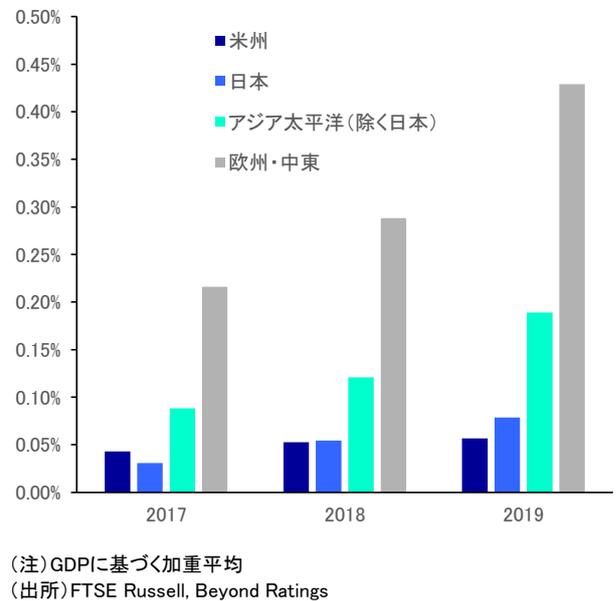
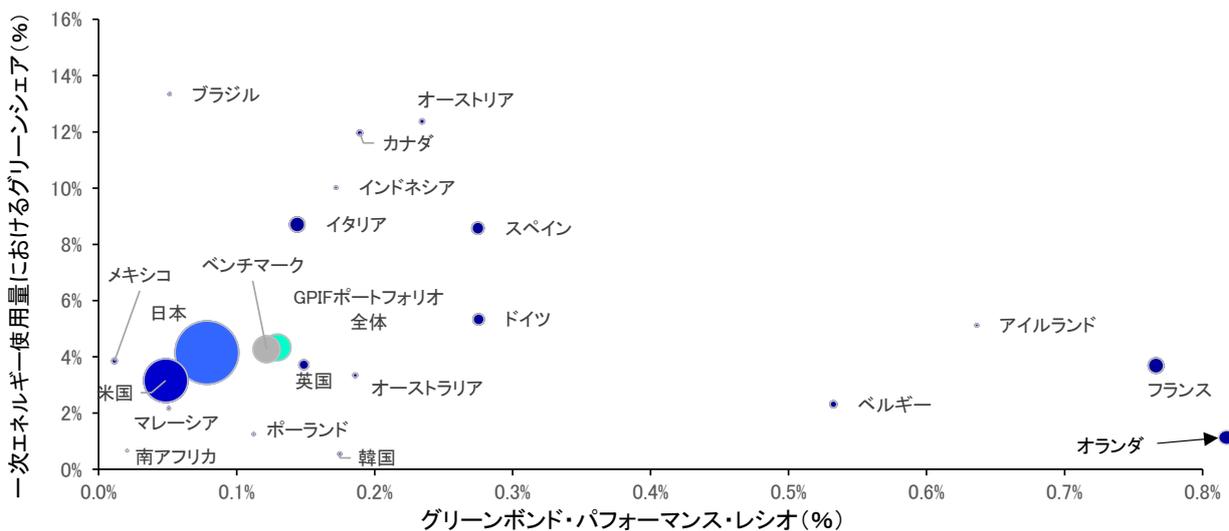


図 2-54 各地域の温室効果ガス排出量と低炭素発電比率(原子力を含む)と GDP に対するグリーンボンド比率 (グリーンボンド・パフォーマンス・レシオ)



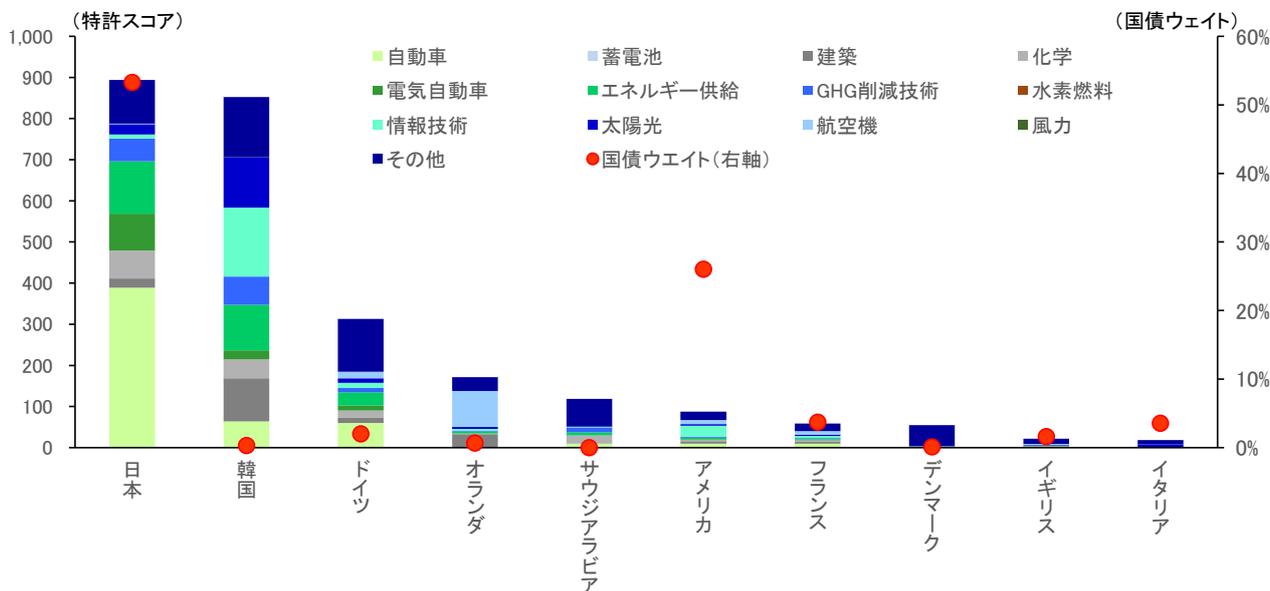
(注) GPIFの国債ポートフォリオとベンチマークは保有債券価格 (VOH) の加重平均。GPIFの国債ポートフォリオとベンチマークは保有債券価格 (VOH) の加重平均。円の大きさはポートフォリオにおけるウェイトの大きさを表す。ベンチマークは、基本ポートフォリオの割合に基づいて加重平均。グリーンエネルギーは、水力、風力、太陽光、地熱、潮力。  
(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

## 気候変動に関連した特許に基づく分析

グリーンボンドの発行や低炭素発電以外にも国債ポートフォリオの機会については様々な捉え方がありますが、ここでは MSCI 社が算出する企業の特許スコア<sup>9</sup>を国別に集計した分析を行いました。特許スコアとは、企業が保有する、気候変動への対応に伴いニーズが拡大すると考えられる技術（例えば、蓄電池や電気自動車、水素燃料など）に関する特許について、その特許を必要とする商品やサービス、また他の特許への影響力の大きさを数値的に処理したものです。これらは、国や国債を直接評価するものではありませんが、国の競争力の一側面を示すものであり、税金などにも影響し、国債の信用力にも影響する可能性があります。

特許スコアを国別に集計すると、スコアが最も高い国は日本、次いで韓国、ドイツ、オランダの順となりました（図 2-55）。各国企業の特許スコアの技術別の内訳をみると、日本では「自動車」への集中度合いが大きく、その他に「エネルギー供給」、「電気自動車」の割合が大きくなっています。一方、韓国では「情報技術」や「太陽光」の割合が大きいほか、ドイツでは「自動車」をはじめ幅広い環境関連技術に対する特許を保有していることが示されました。

図 2-55 国別特許スコアと保有ウエイト



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

<sup>9</sup> 特許スコアは、株式や社債の低炭素技術 CVaR の分析に用いたスコアであり、詳細は P.53 参照。

## 第3章 その他の分析

### TPI MQ スコアによる分析

#### 企業の気候変動対応に関するマネジメント評価

Transition Pathway Initiative (TPI)は、企業による自社の温室効果ガス排出量の管理や、低炭素経済への移行に関するリスクと機会への対応度合いについてのスコア化に取り組むプラットフォームであり、データパートナーである FTSE Russell の協力のもとに TPI Management Quality (MQ)スコア(以下、TPI MQ スコア)として分析を行っています。ここでは、株式を中心に TPI MQ スコアによる分析を行います<sup>10</sup>。

TPI MQ スコアは、企業における気候変動への取組みを、評価の低い順から「0:気候リスクの認識なし」、「1:気候リスクを認識」、「2:取組み対応中」、「3:経営に統合」、「4:戦略的評価」、「5:全ての指標を満たす」の6段階に分類します。こうした個別企業の対応をスコア化したのちにポートフォリオ企業全体について集計することによって、各資産や各セクターの気候変動への取組みの傾向を把握することが可能となります。また、TPI MQ スコアでは TCFD が推奨する開示項目を参考にしており、TCFD への対応を進めているほど TPI MQ スコアも高い傾向があります。

まず、一般的な企業の気候変動への取組み状況を確認するために、FTSE 社のグローバル株式指数 (FTSE All World Index)の構成企業を対象とした TPI MQ スコアの分布を確認します(図 3-1)。これによると、企業の多くは気候変動への取組みを始めたものの、まだ初期段階であることを示す「1:気候リスクを認識」の段階にあることがわかります。もっとも、中位評価である「3:経営に統合」以上に分類される企業も相応にあり、TCFD への対応などを含めた気候変動への企業の取組み状況は、取組みが進んでいる企業と遅れている企業とで大きく2つのグループに分かれつつある傾向が伺えました。

次に、セクター別に TPI MQ スコアをみると、ほとんどのセクターで中位の評価である「3:経営に統合」の比率が半分以上を占めている一方で、金融と消費サービスでは依然として「0:気候リスクの認識なし」から「2:取組み対応中」の段階にある企業が過半を占めることが示されました(図 3-2)。

#### CA100+と TPI MQ スコア

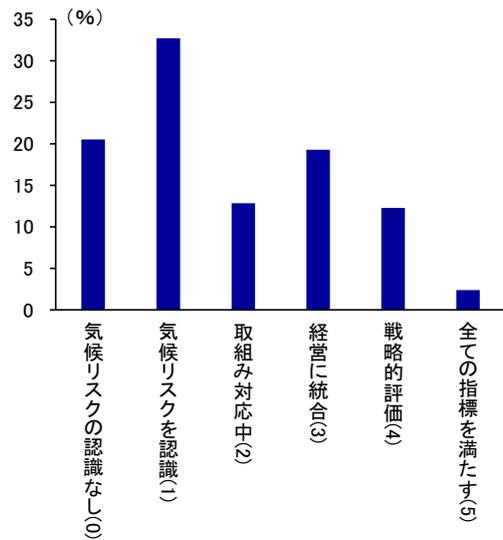
次に分析対象を、Climate Action100+(以下、CA100+)<sup>11</sup>におけるエンゲージメント対象となった企業とそうでない企業とに分けて TPI MQ スコアを確認しました(図 3-3)。分析結果によると CA100+のエンゲージメント対象企業では、そうでない企業に比べて TPI MQ スコアが高い傾向にあることがわかります。これは、CA100+のエンゲージメント対象企業は巨大企業であり、経営リソースが十分にあるということも影響し

<sup>10</sup> TPI MQ スコアの詳細については P.79 ご参照。

<sup>11</sup> CA100+は、グローバルな環境問題の解決に大きな影響力のある企業と、情報開示や温室効果ガス排出量削減に向けた取組みなどについて建設的な対話を行う機関投資家の世界的なイニシアティブ。

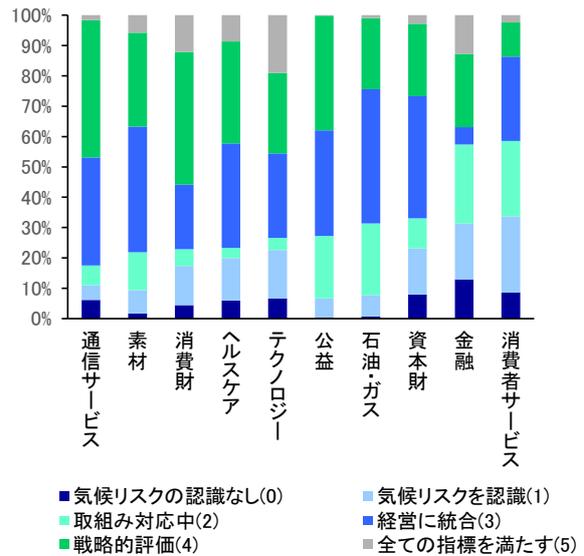
ていますが、CA100+の下での機関投資家からのエンゲージメントが、企業の気候変動問題解決への取組みを積極化させることに繋がった可能性を示しています。また、CA100+のエンゲージメント対象企業について、セクター別に TPI MQ スコアの時系列推移を見ると、素材、公益、資本財、石油・ガスなど一般に環境負荷が大きいとされるセクターで TPI MQ スコアが上昇しており、気候変動への取組みが積極化しているとの結果になりました(図 3-4)。

図 3-1 TPI MQ スコアの分布(社数ベース)



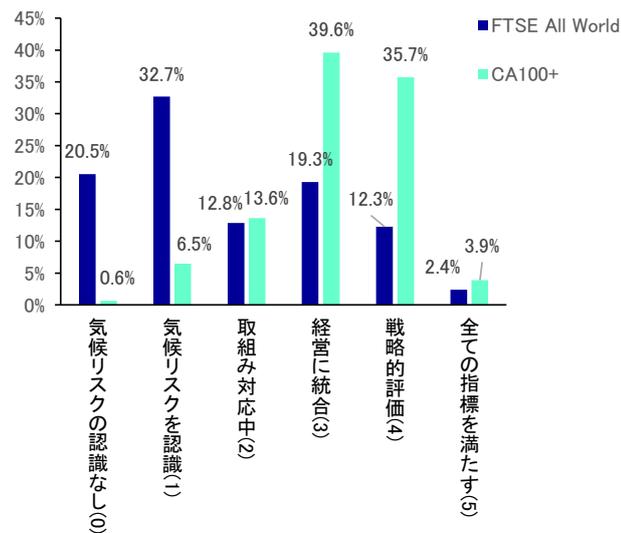
(注)分析対象はFTSE All Worldの構成銘柄  
(出所)FTSE Russell, Beyond Ratings

図 3-2 セクター別の TPI MQ スコア(社数ベース)



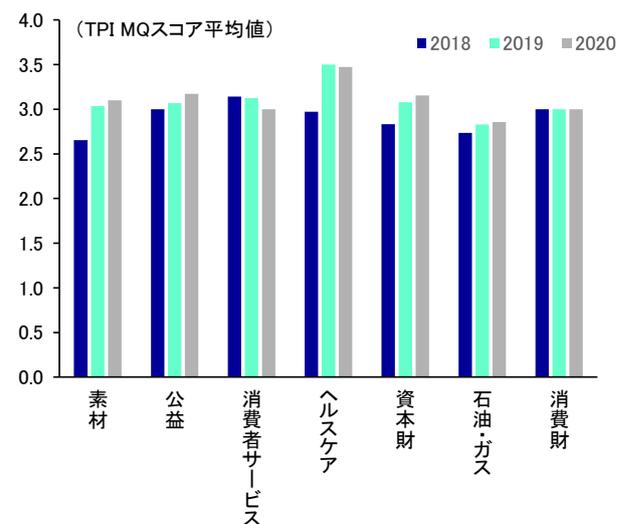
(注)分析対象はFTSE All Worldの構成銘柄  
(出所)FTSE Russell, Beyond Ratings

図 3-3 CA100+と TPI MQ スコア



(注)分析対象はFTSE All Worldの構成銘柄  
(出所)FTSE Russell, Beyond Ratings

図 3-4 CA100+対象企業の TPI MQ スコアの推移

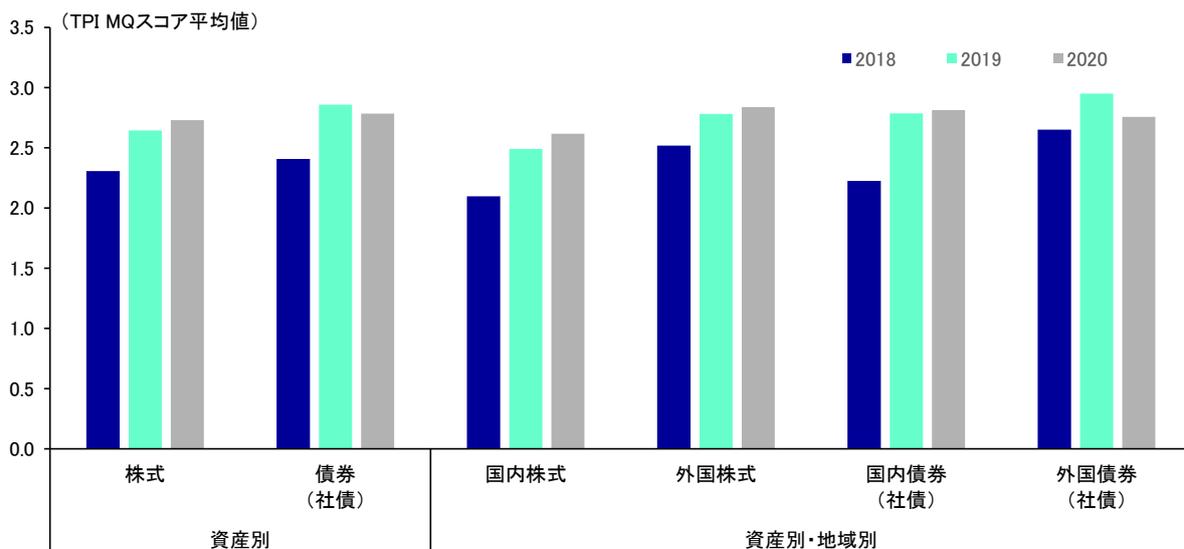


(注)分析対象はFTSE All Worldの構成銘柄  
(出所)FTSE Russell, Beyond Ratings

## GPIF ポートフォリオの TPI MQ スコア

最後に GPIF ポートフォリオの TPI MQ スコアを資産別・地域別に時系列で確認すると、2018 年度から 2020 年度にかけて総じてスコアが上昇傾向にあることがわかります(図 3-5)。こうした背景には、企業側の気候変動問題に対する意識の高まりがあると思われませんが、CA100+のイニシアティブに限らず、投資先企業に対するエンゲージメントが強化されていることも影響しているでしょう。

図 3-5 GPIF ポートフォリオの TPI MQ スコア



(出所) FTSE Russell, Beyond Ratings

## (補遺)TPI MQ スコアのメソドロジー

### Transition Pathway Initiative (TPI)とは

TPI は、低炭素経済への移行に対する企業の対応状況や気候変動への取組みを評価するためのプラットフォームとして、2017年に英国国教会の教会資産管理団体と英国環境保護庁年金基金により設立されました。またTPIのデータパートナーとしてFTSE Russellが、学術パートナーとしてロンドンスクールオブエコノミクス(LSE)のグランサム気候変動環境研究所が参加しています。現在、世界の80超の機関投資家がTPIを支持しており、その運用資産額の合計は20.9兆米ドルにのぼっています。

TPIはアセットオーナーの代表で構成されるTPIステアリンググループによって運営されており、TPIの分析結果は、グランサム気候変動環境研究所が管理するツールを介してオンライン公開されています。

### TPI MQ スコアのメソドロジー

TPI Management Quality (MQ) スコアは、企業の開示情報を使用して、温室効果ガス排出量の管理や、低炭素経済への移行に関するリスクと機会への対応の質を評価します。また、低炭素経済への移行に対する企業の対応状況の評価することにより、関連機会を取込む可能性が高い企業を特定するのに役立ちます。

TPI MQ スコアは段階的かつ構造化された方法により、企業による温室効果ガス管理のシステムやプロセスの実施状況・内容を評価します。企業は各スコアレベルに達するために特定の調査項目を満たす必要があり、より高いスコアを獲得するためには取組内容の高度化が求められます(図3-6)。これらの調査項目は、TCFDが推奨する開示項目を反映したものとなっており、例えば、企業が3以上のスコアを獲得するには、温室効果ガス排出量とその削減目標を開示する必要があります。なお、TPI MQ スコアに利用される調査項目は全てFTSE Russell ESG格付けモデルの気候変動テーマにも含まれます。

図 3-6 TPI MQ スコアの構造



(出所)FTSE Russell, Beyond Ratings, THE TRANSITION PATHWAY INITIATIVE

## SDGsに関連した企業収益

ここまで GPIF ポートフォリオの気候変動リスクや機会の分析を様々な角度から行ってきましたが、ここでは、気候変動に限定せずに、国連が定める Sustainable Development Goals (以下、SDGs) を使って、SDGs で示された社会課題の解決に伴って生じる個々の企業の「機会」を分析します<sup>12</sup>。

この分析では、グローバルの株式指数である MSCI ACWI Investable Market Index (MSCI ACWI IMI) に組み入れられている企業を対象に、SDGs の目標 17 項目に関わる企業収益を、SDGs のなかでも社会的な課題の解決につながる「社会的インパクト」と、環境関連の「環境インパクト」の 2 分類に取りまとめ、それぞれ小項目で収益エクスポージャーを測定しています(図 3-7、図 3-8)。分析結果を見ると、日本の企業収益に占める SDGs 関連の割合は全体で 10.2% であり、米国(6.6%)や欧州(6.6%)を上回っていることがわかりました。また全体の約半分を占める環境インパクト(4.7%)についても米国(3.0%)と欧州(3.3%)を上回ることが示されました。これらの結果は「技術的機会:国内企業のスコアの高さが顕著」(P.34)の分析と整合的な結果と言えます。なお、環境インパクトの内訳をみると、エネルギー効率(2.8%)やグリーンビルディング(1.1%)へのエクスポージャーが大きくなっています。エネルギー効率については米国(2.1%)や欧州(1.2%)でも大きな比率ですが、欧州では代替エネルギー(1.0%)も大きくなっており、日本企業とは異なる技術を得意としていることがわかります。また、社会的インパクトでは、3 地域ともに「疾病」へのエクスポージャーが大きく、次いで米国では「衛生管理」、日本と欧州では「栄養」の比率が高いことが示されました。

もちろん、SDGs に基づく分析は TCFD とは異なる枠組みですが、様々な観点からポートフォリオを分析することで、気候変動に限定せずにポートフォリオのリスクと機会に関する理解を深められます。

### 参考: SDGs 分析のメソドロジー

MSCI Sustainable Impact Metrics では、企業の収益のうち国連の持続可能な開発目標 (UN SDGs) で定められた、社会的もしくは環境に関する課題に貢献する製品・サービスからの収益が分析可能です。SDGs の 17 の目標のうち社会的な課題は 6 項目、環境に関する課題は 7 項目に集約されています。分析対象は MSCI ACWI IMI のユニバースに含まれる企業です。

<sup>12</sup> 持続可能な開発目標 (SDGs) とは、2001 年に策定されたミレニアム開発目標 (MDGs) の後継として、2015 年 9 月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」にて記載された 2030 年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標です。17 のゴール・169 のターゲットから構成され、地球上の「誰一人取り残さない (leave no one behind)」ことを誓っています。SDGs は発展途上国のみならず、先進国自身が取り組むユニバーサル (普遍的) なものです (外務省のホームページ: <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/index.html> をご参照ください)。

図 3-7 地域別の SDGs への企業収益エクスポージャー

	世界 (MSCI ACWI IMI)				(参考) TOPIX
	全体	米国	欧州	日本	
<b>社会的インパクト</b>	<b>3.6%</b>	<b>3.6%</b>	<b>3.3%</b>	<b>5.4%</b>	<b>5.4%</b>
栄養	0.4%	0.3%	0.6%	1.2%	1.3%
住宅	0.1%	0.1%	0.4%	0.0%	0.0%
疾病	2.1%	2.3%	1.7%	3.0%	2.8%
衛生管理	0.8%	0.9%	0.4%	0.9%	0.8%
ファイナンス	0.2%	0.0%	0.1%	0.3%	0.3%
教育	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
<b>環境インパクト</b>	<b>2.9%</b>	<b>3.0%</b>	<b>3.3%</b>	<b>4.7%</b>	<b>3.9%</b>
代替エネルギー	0.4%	0.3%	1.0%	0.3%	0.2%
エネルギー効率	1.9%	2.1%	1.2%	2.8%	2.9%
グリーンビルディング	0.4%	0.3%	0.5%	1.1%	0.2%
持続可能な水資源管理	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.2%
汚染防止	0.1%	0.1%	0.3%	0.3%	0.3%
<b>合計</b>	<b>6.5%</b>	<b>6.6%</b>	<b>6.6%</b>	<b>10.2%</b>	<b>9.3%</b>

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

図 3-8 SDGs の MSCI による分類

MSCIによる分類		SDGsの17の目標
社会的インパクト	基本的ニーズ: 栄養、住宅管理、疾病、衛生管理 	1 貧困をなくそう, 2 健康を豊かに, 3 質の高い保健をすべての人に, 6 安全な水とトイレを世界中に, 11 住み続けられるまちづくりを
	エンパワーメント: ファイナンス、教育 	4 質の高い教育をみんなに, 5 ジェンダー平等をすすめる, 8 働きがいも経済成長も, 9 産業と技術革新の基盤をつくろう, 10 人や国の不平等をなくそう
環境インパクト	気候変動: 代替エネルギー、エネルギー効率、グリーンビルディング 	7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに, 13 気候変動に具体的な対策を
	自然資本: 持続可能な水利用、汚染防止 	12 つくばない、つかう責任, 14 海の豊かさを増やそう, 15 陸の豊かさも守ろう
ガバナンス 	16 平和と公正をすべての人に, 17 パートナーシップで目標を達成しよう	

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2020

## FTSE

London Stock Exchange Group plc and its group undertakings (collectively, the “LSE Group”). © LSE Group 2020. FTSE Russell is a trading name of certain of the LSE Group companies. “FTSE®”, “FTSE Russell®”, “Beyond Ratings®” are trademarks of the relevant LSE Group companies and are used by any other LSE Group company under license. All rights in the FTSE Russell indexes or data vest in the relevant LSE Group company which owns the index or the data. Neither LSE Group nor its licensors accept any liability for any errors or omissions in the indexes or data and no party may rely on any indexes or data contained in this communication. No further distribution of data from the LSE Group is permitted without the relevant LSE Group company’s express written consent. The LSE Group does not promote, sponsor or endorse the content of this communication.

## MSCI

This report contains certain information (the “Information”) sourced from and/or ©MSCI ESG Research LLC, or its affiliates or information providers (the “ESG Parties”) and may have been used to calculate scores, ratings or other indicators. The Information may only be used for your internal use, may not be reproduced or disseminated in any form and may not be used as a basis for or a component of any financial instruments or products or indices . Although they obtain information from sources they consider reliable, none of the ESG Parties warrants or guarantees the originality, accuracy and/or completeness, of any data herein and expressly disclaim all express or implied warranties, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. None of the Information is intended to constitute investment advice or a recommendation to make (or refrain from making) any kind of investment decision and may not be relied on as such, nor should it be taken as an indication or guarantee of any future performance, analysis, forecast or prediction. None of the ESG Parties shall have any liability for any errors or omissions in connection with any data or Information herein, or any liability for any direct, indirect, special, punitive, consequential or any other damages (including lost profits) even if notified of the possibility of such damages. In addition, certain data was provided by GPIF for the report.

## S&P Trucost

Certain data contained herein has been supplied by S&P Trucost Limited. All rights in the Trucost data and reports vest in Trucost and/or its licensors. Neither Trucost, nor its affiliates, nor its licensors accept any liability for any errors, omissions or interruptions in the Trucost data and/or reports. No further distribution of the Data and/or Reports is permitted without Trucost's express written consent.



ミックス  
責任ある木質資源を  
使用した紙  
FSC  
www.fsc.org  
FSC® C022915