



2020年度 ESG活動報告 別冊

GPIFポートフォリオの 気候変動リスク・機会分析

For All Generations

序章 本稿の問題意識とポイント

はじめに

気候変動リスク(特に政策リスク)については、全ての資産クラス・銘柄に同時に生じるものであり、分散投資を行うことでは完全に消すことができないリスクです。また、物理的リスクを含めて、気候変動リスクは長期的には顕在化する可能性が極めて高いリスクであるとの認識が世界中で広がっています。GPIFにおいても、そのような問題意識の下、「2018 年度 ESG 活動報告」のなかで、初めて TCFD 提言に沿った「気候関連財務情報開示」を行い、カーボンフットプリント¹、カーボンインテンシティ²の計測に加えて、シナリオ分析として、移行リスクの分析の一つの手法である移行経路分析の結果などを公表しました。

翌年の「2019 年度 ESG 活動報告」では開示を充実させるとともに、その別冊として「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、さらに詳細な分析結果や補足的な分析を紹介しました。そこでは、気候バリューアットリスク(CVaR: Climate Value-at-Risk)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しました。TCFD 提言では、気候変動リスクや機会がもたらす財務的なインパクトの計測を求めており、その観点でこの分析は非常に大きな前進であったと考えています。

今年の「2020 年度 ESG 活動報告」では、温室効果ガス排出量の分析対象範囲をサプライチェーン全体に拡大し、分析対象資産についても、新たに一部のオルタナティブ資産(国内不動産)へ拡大しました。また、低炭素社会に伴う機会とリスクの産業間移転などについても分析を行っています。

特に分析対象を「スコープ 3 下流」(販売された製品・サービスの消費や利用に関する間接消費)まで拡大したことで、前年の分析結果と大きく異なるやや衝撃的な結果となっています。企業がコストを負担する(責任を有する)移行リスクの範囲をどこまでとするか、どの程度製造・販売側にコストが転嫁されるのかによって、結果が大きく変わるということは自然なことであり、逆に納得感のある結果かもしれません。

このような極めて複雑で繊細な内容については、『2020 年度 ESG 活動報告』では十分に紹介できなかったこともあり、今年もこの別冊というかたちで本稿を取りまとめました。

本稿の分析は直接的には気候変動が 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、どのような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、かなり幅をもって解釈す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。

¹ 企業活動などで排出される CO₂などの温室効果ガス排出量(GHG)を計測したもの。本稿では主に投資先企業が排出する GHG を指します。

² 本稿では主にカーボンフットプリントを企業の売上高や GDP、不動産の床面積などで除した値を用います。1 単位あたりの GHG 排出量。

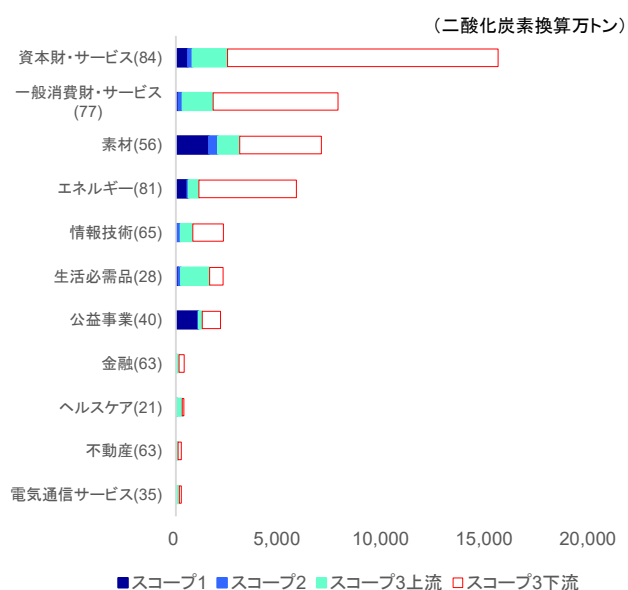
本稿の構成と分析結果のハイライト

本稿は、序章と本編に分かれており、本編は4つの章で構成されています。

「第1章 カーボンフットプリント等の測定」では、Trucost社のデータに基づき、カーボンフットプリント(温室効果ガス排出量)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。今年の分析では、温室効果ガス排出量の分析対象範囲をサプライチェーン全体に拡大しており、「資本財・サービス」「エネルギー」「一般消費財・サービス」のウエイトが高いポートフォリオの場合は、集計範囲をスコープ3まで含めるか否かでカーボンフットプリント等の分析結果が大きく変わることが確認されました(図表0-1)。これらのセクターでは、サプライチェーン全体への温室効果ガス排出削減に貢献できれば、企業の競争力が大きく高まる可能性があります。GPIFのポートフォリオのスコープ1+2+3を対象にしたカーボンフットプリントは、2020年度は前年度比で減少している一方で、カーボンインテンシティについては前年度に比べて増加していることが確認されました。

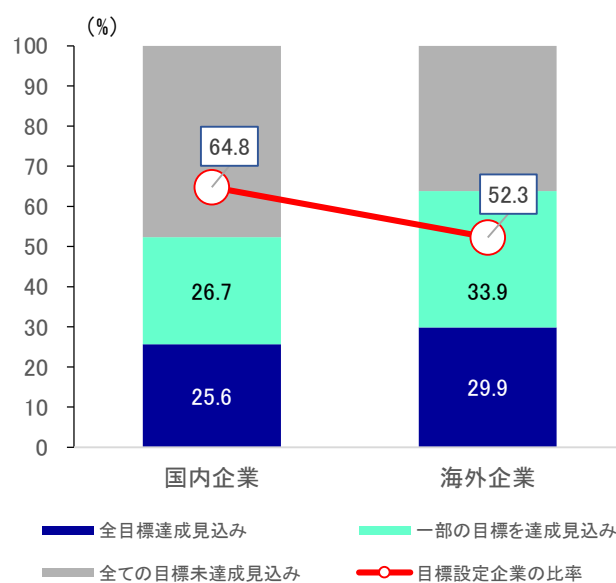
また、『2020年度 ESG 活動報告』に掲載していない新たな分析として、「温室効果ガス排出についての企業の情報開示」や「企業の排出削減目標分析」などを紹介しています。国内株式(国内企業)は外国株式(外国企業)に対して、温室効果ガス排出に関する情報開示が遅れているものの、近年大きくキャッチアップする動きがうかがえます。逆に温室効果ガスの排出削減目標については、国内企業の方が目標を設定している割合が高い一方で、現状では目標に対して、足元の削減ペースが追い付いていない企業が多いということが明らかになりました(図表0-2)。

図表0-1 スコープ別の温室効果ガス排出量



(注)括弧内の数字は、全排出量に占めるスコープ3下流の割合
(出所)S&P Trucost Limited©Trucost2021

図表0-2 温室効果ガス削減目標設定率と達成可能性

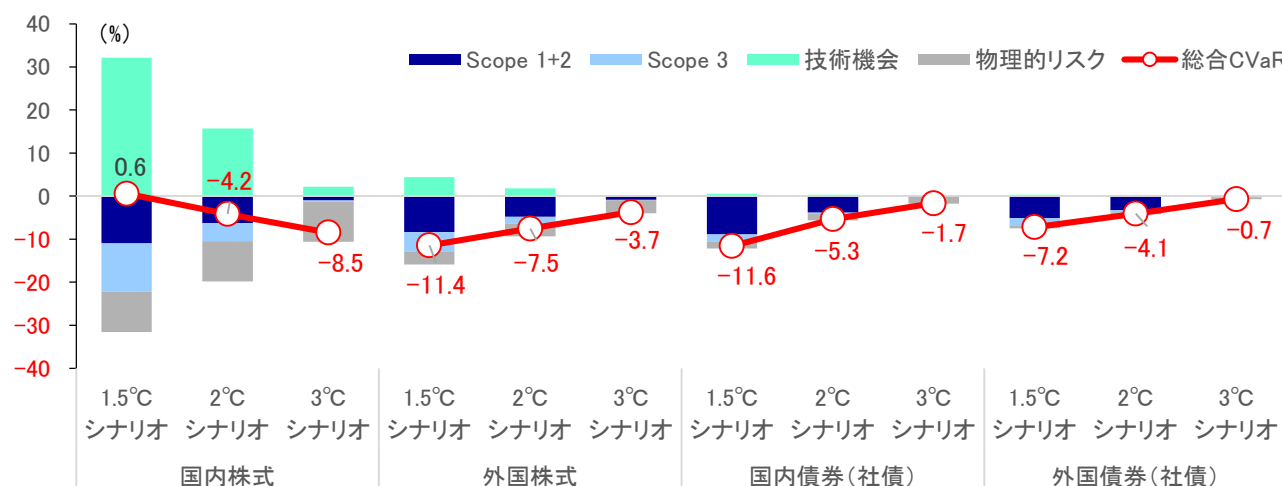


(注)国内企業はMSCI Japan、外国企業はMSCI Kokusaiの構成銘柄
(出所)Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

「第2章 リスクと機会についてのシナリオ分析」では、昨年度に引き続き、MSCI社の気候バリューアットリスク(CVaR: Climate Value-at-Risk)の分析手法を用いて、気候変動に伴うリスクと機会がGPIFのポートフォリオにどのような財務的なインパクト(資産価値に与える影響)をもたらすのかを分析しました。スコープ3への分析範囲の拡大も含めた分析モデルの見直しは、総合CVaRを大きく悪化させる方向に影響していますが、新モデルを2019年度のデータに適用し、2020年度と比較した場合、総合CVaRは改善傾向にあることが確認されました。

また、気温上昇シナリオ別の分析では、昨年度同様、国内株式については、3°Cシナリオより、2°Cシナリオ、さらには1.5°Cシナリオと気候変動に関して厳しい制約が設けられた環境の方が、低炭素技術への評価が高まることで株式価値にはプラスの影響があることが確認されました。一方、それ以外の資産クラスについては、そのような傾向は確認されていません(図表0-3)。

図表0-3 気温上昇シナリオ別のCVaRの比較



(注1) 物理的リスクは、いずれも4~6°Cシナリオに相当する前提条件の下で分析

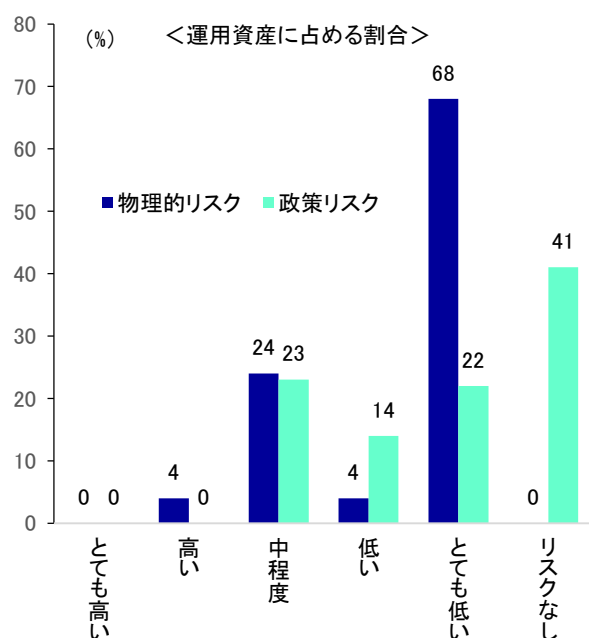
(注2) Scope1+2、Scope3は政策リスクの内訳

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

なお、今年度はオルタナティブ資産のなかでも、私募ファンドを通じて、国内で投資を行っている不動産を対象にCVaR分析を行いました。国内不動産については、台風や洪水などのリスクにさらされていますが、GPIFポートフォリオ全体としては、資産価格に与えるリスクは限定的という結果となりました(図表0-4)。ただし、1.5°Cシナリオの達成までには隔たりが大きいことが示されています。

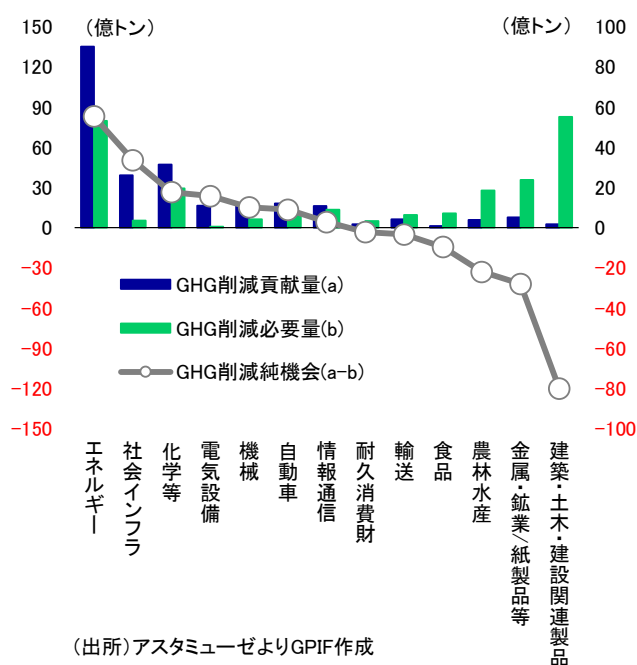
「第 3 章 移行リスクと機会の産業間の移転に関する分析」では、低炭素社会への移行において、産業間でどのように移行リスクと機会が移転するのかについて、分析を行いました。第 2 章の MSCI 社の CVaR による分析では、低炭素社会への移行において、機会とリスクは同一セクター（産業）内で再分配されるという前提に基づいています。一方、この分析を担当したアスタミューゼ社では、低炭素技術がサプライチェーンを通じて、セクターを越えて炭素排出削減に貢献することで、セクター間の利益や需要の移転が生じるという前提に基づいて分析しています。その結果、特にエネルギーや社会インフラ、化学産業等においては、脱炭素社会への移行に伴う機会がリスクを大きく上回り、日本にはこれらの産業において有望な低炭素技術があることが明らかになりました(図表 0-5)。

図表 0-4 不動産 CVaR の分布状況



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

図表 0-5 2050 年の産業別リスクと機会の移転状況



(出所) アスタミューゼより GPIF 作成

「第 4 章 その他の分析」では、「SDGs に関連した収益機会とリスクに関する分析」などを行っています。「SDGs アディショナリティ分析」では、どの商品・サービスが、どの国や地域で提供されると SDGs の目標達成にどの程度貢献できるのかを分析し、それを売上構成に応じて、企業毎に集計しています。SDGs の目標達成までに距離があるのは、気候変動関連の目標を除いて、中国やインドなどの新興国及びアフリカなどの発展途上国です。国内企業は海外企業に比べると、それらの地域での貢献が少ないということが結果に反映されていると思われます。

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
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	6
株式・社債分析の範囲	9
カーボンフットプリントの測定	11
カーボンインテンシティの測定	13
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
企業の温室効果ガス削減目標に関する分析	21
国債ポートフォリオの特徴	24
国債のカーボンインテンシティの測定	25
化石燃料へのエクスポージャー	26
(補遺) 株式・社債分析のカバレッジ	28
(補遺) スコープ 3 のデータ集計について	29
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)の分析手法の見直し	32
気温上昇シナリオ別の CVaR	34
技術的機会	36
政策リスク	38
物理的リスク	41
Climate Value-at-Risk 等を用いた国債ポートフォリオの分析	44
ポートフォリオの温暖化ポテンシャル分析	48
Climate Value-at-Risk 等を用いた不動産ポートフォリオの分析	52
(補遺) CVaR: メソドロジーの説明	57
第3章 移行リスクと機会の産業間の移転に関する分析	65
第4章 その他の分析	
エネルギーミックス	81
EU タクソノミー分析	82
SDGs に関連した収益機会とリスクに関する分析	86

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

本稿では 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 資産を主な分析対象としました。このほか、今年は「オルタナティブ資産³」の一部（私募ファンドを通じて日本国内で投資している不動産）についても、分析を試みました。以降では、これらの資産を対象に、2021 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⁴の分析のほか、物理的リスク⁵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、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（図表 1-1）。2021 年 3 月末時点では債券は国内が全体の 25.92%、外国は 24.61%です。株式については、国内が 24.58%、外国が 24.89%の割合で保有しています。債券については、国内外ともにその大部分が国債から構成されています（図表 1-2）。

株式ポートフォリオを業種別にみると、国内と外国とで業種構成に違いがあります（図表 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。一方、社債ポートフォリオを業種別にみても、国内と外国とともに最も大きいのは「金融」です（図表 1-4）。国内社債では「公益事業」や「資本財・サービス」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。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」の比率も高いことが特徴です⁶。

売上 100 万円当たりの温室効果ガス排出量（インテンシティ）を同一セクターのスコープ 1+2+3 とスコープ 1+2 について、国内（株式・債券）と外国（株式・債券）を比較した場合、総じて国内のインテンシティが低い傾向にあることが分かります。日本企業が外国企業に比べて炭素効率性が高いと言えます（図表 1-5）。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。

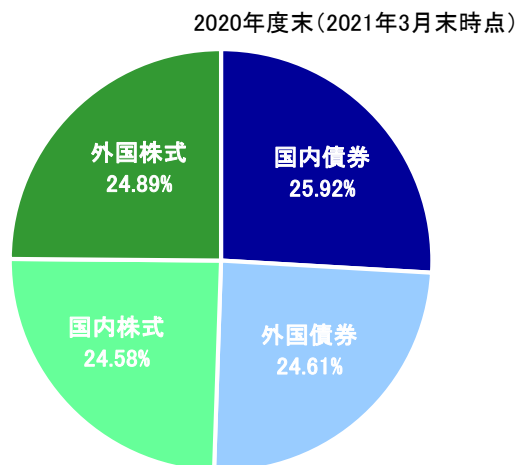
³ オルタナティブ資産の年金積立金全体に占める割合は 0.7%です。各オルタナティブ資産の特性に応じて、基本ポートフォリオ上は 4 資産に割り振って管理されています。

⁴ 移行リスクとは、低炭素経済への移行に伴って発生する政策・技術革新・需要変化等に起因したリスクを指します。

⁵ 物理的リスクとは、気候変動自体による資産に対する直接的な損傷やサプライチェーンの寸断等によるリスクを指します。

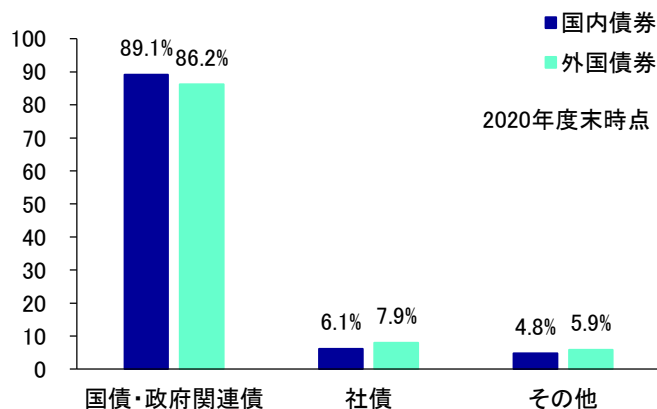
⁶ 各セクターの温室効果ガス排出に関する特徴については、P.10 の図表 1-7 をご参照ください。

図表 1-1 運用資産額・構成割合(年金積立金全体)



(出所) GPIF

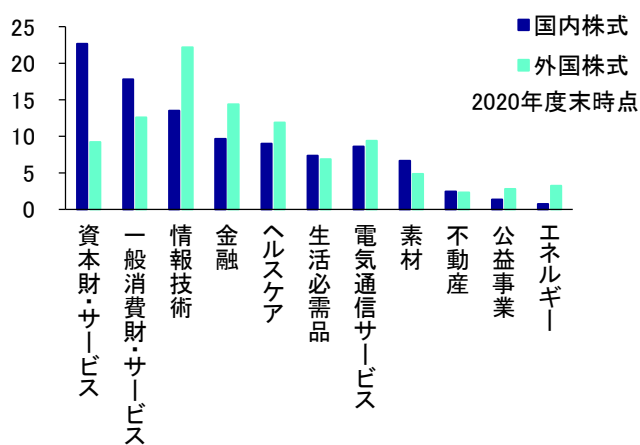
図表 1-2 GPIF の債券ポートフォリオにおける種類別構成比



(注) その他は、証券化商品等が含まれる

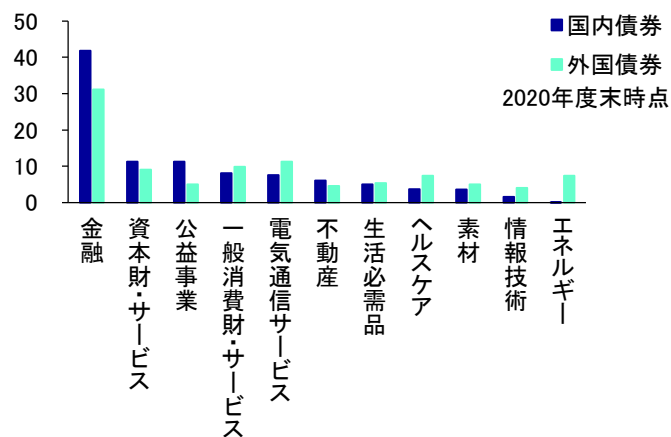
(出所) GPIF

図表 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 2021

図表 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 2021

図表 1-5 セクター別カーボンインテンシティ

売上100万円当たりの温室効果ガス排出量(二酸化炭素換算トン/百万円)

	国内株式		外国株式		国内債券		外国債券	
	スコープ 1+2+3	スコープ 1+2	スコープ 1+2+3	スコープ 1+2	スコープ 1+2+3	スコープ 1+2	スコープ 1+2+3	スコープ 1+2
電気通信サービス	1.22	0.22	1.09	0.26	1.30	0.35	1.02	0.28
一般消費財・サービス	10.25	0.38	7.57	0.53	9.27	0.34	9.97	0.55
生活必需品	4.77	0.59	6.27	0.57	9.57	0.46	10.07	0.69
エネルギー	25.02	2.41	35.54	3.83	23.31	2.32	34.62	3.51
金融	0.85	0.04	1.28	0.19	1.00	0.05	1.22	0.05
ヘルスケア	1.13	0.27	1.17	0.14	1.13	0.22	0.88	0.21
資本財・サービス	15.91	0.79	18.98	1.10	9.91	1.23	9.96	1.91
情報技術	5.59	0.49	3.08	0.43	4.32	0.57	3.08	0.27
素材	20.20	5.71	27.93	8.46	25.09	9.05	32.15	7.75
不動産	3.25	0.33	5.34	0.84	2.77	0.53	3.98	0.58
公益事業	23.50	10.52	29.46	17.14	25.01	15.26	31.75	23.08

(注) 各資産クラスにおける温室効果ガス排出量上位3業種を網掛けした。債券の分析対象は社債のみ。データは2020年度末時点

(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2021

株式・社債分析のスコープ

スコープ3への分析範囲拡大

本章で分析する温室効果ガス(GHG)は、昨年度から集計範囲を拡大し、企業による温室効果ガスの直接排出(スコープ1)、購入電力による間接排出(スコープ2)、購入電力以外の調達した製品・サービスに起因する間接排出(スコープ3上流)に加え、製品・サービスの消費・利用に起因する間接排出(スコープ3下流)を新たに分析対象としました(図表1-6)。分析の対象スコープをスコープ3下流まで拡大することで、サプライチェーン全体の温室効果ガス排出量に基づいて分析をすることを目指しました⁷。

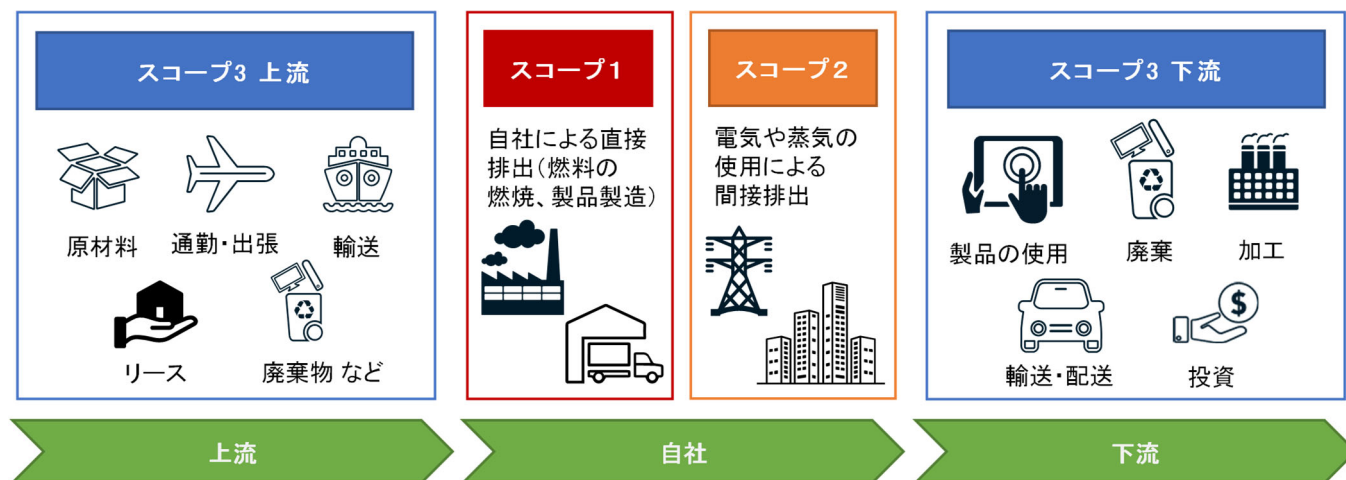
ポートフォリオのカーボンフットプリントの計測においては、スコープ3まで拡大すると温室効果ガス排出量の重複計上の問題(例:ある企業のスコープ1排出量は、他の企業のスコープ3排出量に含まれること)などについて留意する必要がありますが、サプライチェーン全体の状況を把握することを優先させ、スコープ1、2、3の合計値をベースに分析を行っています。

集計範囲で大きく異なる業種(セクター)別の温室効果ガス排出量

企業が提供した製品・サービスの消費・利用に起因する間接排出(スコープ3下流)を集計範囲に加えたことで、セクター別で見た温室効果ガス排出量の特徴も異なってきます。株式ポートフォリオの排出量をセクター別・スコープ別に見てみると、総排出量の50%以上を「スコープ3下流」が占めているセクターが11のセクターのうち7セクターとなっており、「スコープ3下流」を考慮するか否かで分析結果の解釈が大きく変わることが分かります(図表1-7)。なお、債券(社債)ポートフォリオでも同様の傾向が見られます。株式・債券ともに特に「資本財・サービス」「エネルギー」「一般消費財・サービス」における「スコープ3下流」の割合が高くなっています。産業機械や建設機械などが含まれる「資本財・サービス」、自動車や家電などが含まれる「一般消費財・サービス」は、製品・サービスが消費・利用される際に発生する温室効果ガスが、製造過程等で排出されるものよりも多くなっています。また図表1-7の通り、「エネルギー」セクターではこの傾向がさらに顕著で、石油・石炭・ガスのライフサイクルにおいて、掘削・精製等のスコープ1・2での排出量は相対的に少なく、それらを消費する際に生じる温室効果ガスの排出量が80%以上を占めています。このように「資本財・サービス」「エネルギー」「一般消費財・サービス」のウエイトが高いポートフォリオの場合は、集計範囲をスコープ3まで含めるか否かでカーボンフットプリント等の分析結果が大きく変わってきます。

⁷ スコープ3の具体的な集計・分析方法は、P.29-31の「(補遺)スコープ3のデータ集計について」をご参照ください。

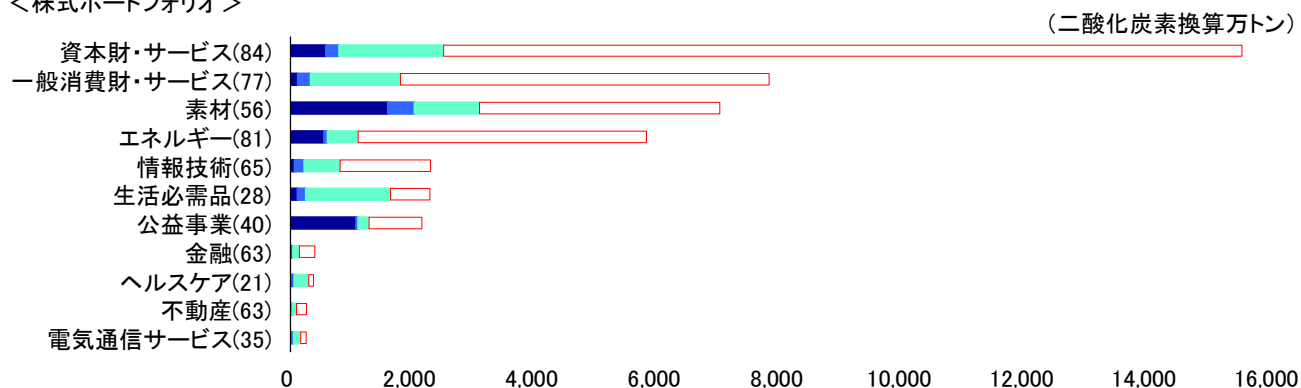
図表 1-6 各スコープの位置づけ



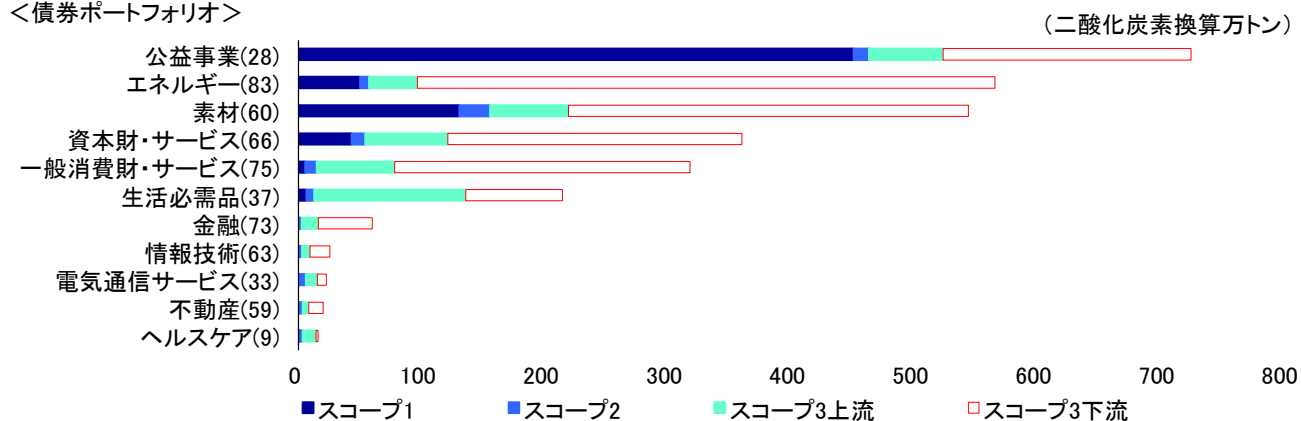
(注) 上図は各スコープに含まれる主なものを掲載
(出所) GHGプロトコル等を参考にGPIF作成

図表 1-7 株式・債券ポートフォリオにおけるスコープ別の温室効果ガス排出量

<株式ポートフォリオ>



<債券ポートフォリオ>



(注) 括弧内の数字は、全排出量に占めるスコープ3下流の割合
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

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)

「スコープ 3 下流」の排出量の特徴を踏まえた上で、ここでは株式ポートフォリオおよび債券(社債)ポートフォリオのスコープ 1、2、3 のカーボンフットプリント⁸を測定します。

資産別に確認すると、カーボンフットプリントが最も大きいのは国内株式で、次いで外国株式、外国債券(社債)、国内債券(社債)の順となりました(図表 1-8)。この結果は昨年と概ね一致しますが、国内企業が外国企業に比べて温室効果ガス排出量が多い(小さい)ということでは必ずしもなく、GPIF のポートフォリオにおける各資産の保有額や業種の偏りによるものです。

カーボンフットプリントの内訳をみると、いずれの資産でもスコープ 3(上流+下流)を合わせた排出量が、国内債券を除く資産では総排出量の 8 割程度を占めており、国内債券でも約 65%を占める結果となりました。各企業がサプライチェーン上の排出量を算定し、排出量や排出削減のポテンシャルを可視化することで、効率的な削減対策を実施することが重要であると言えるでしょう。

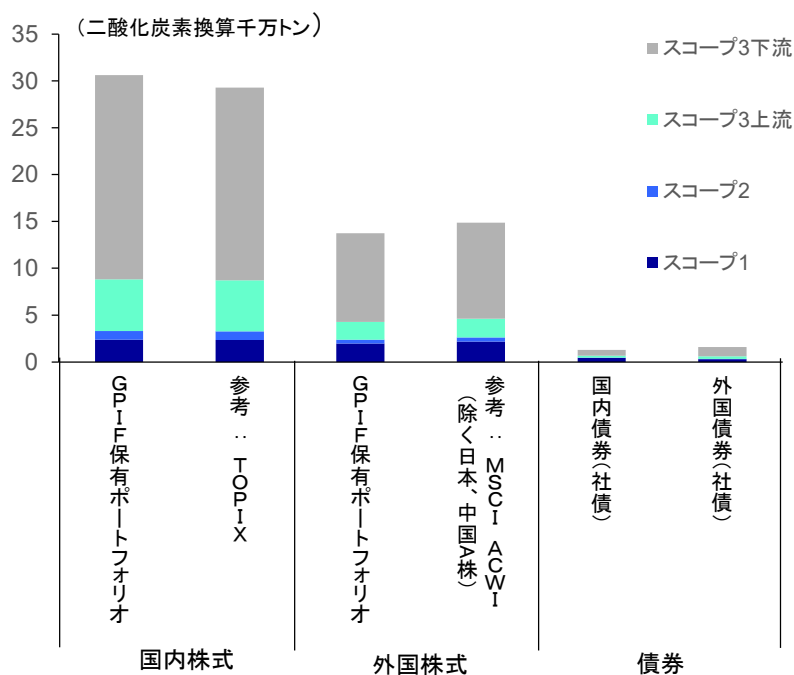
長期的な推移をみるために、2017 年度のスコープ 1+2+3 のカーボンフットプリントを 100 として、その後の推移を確認しました(図表 1-9)。分析を開始した 2017 年度からの 4 年間で 2020 年度は外国債券を除くその他の資産においては、大幅なカーボンフットプリントの減少が確認できました。これは保有銘柄や保有額における変化に加え、保有する株式もしくは社債に割り当てる温室効果ガス排出量の計算方法を変更⁹したことやコロナ禍による影響なども要因となっている可能性があります。外国債券では 2018 年度から 2019 年度にかけて大幅に増加しましたが、これは、2019 年度に GPIF ポートフォリオにおいて国内債券(社債)のウエイトの縮小と、外国債券(社債)のウエイトの拡大が行われたことが影響していると考えられます。2020 年度は外国債券(社債)の排出量も大きく低下しました。

また集計範囲をスコープ 1+2+3 とした場合に加え、スコープ 1+2 に限定した場合についても集計し、カーボンフットプリントの推移の違いを確認しました(図表 1-10)。国内株式および国内債券では 2017 年度対比での推移はスコープ 1+2+3 に比べスコープ 1+2 のカーボンフットプリントの減少幅のほうが大きいことが示されました。

⁸ カーボンフットプリントは、企業の株式・債券の保有額の割合に応じて割り当てられます。割り当て分は、分析時点の現金を含む企業価値(EVIC)を分母として計算します。言い換えれば、企業の株式(または発行済み社債)を 1%保有している投資家は企業の温室効果ガス排出量の 1%を所有しているとみなします。また Trucost の EEIO モデルを使い、排出量の二重計上(ダブルカウント)の程度を抑えています。

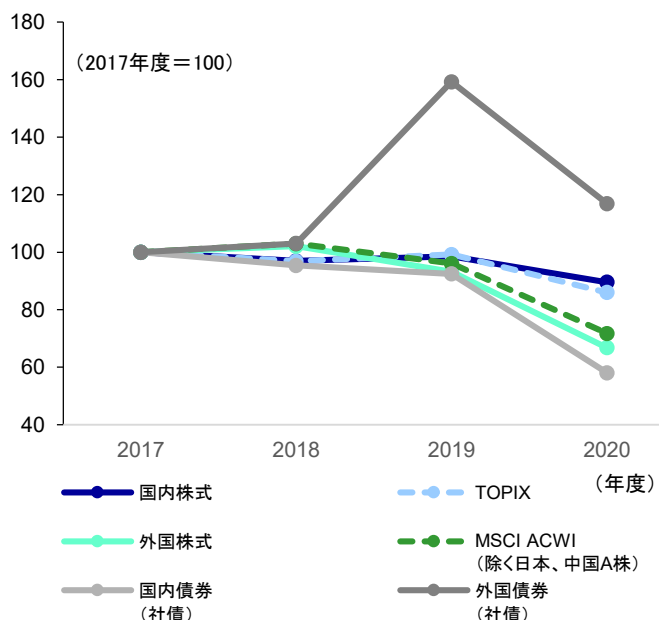
⁹ 同変更は PCAF (Partnership for Carbon Accounting Financials) の最新のガイダンスに基づいて、カーボンフットプリントの割当分を従来の「企業価値(EV)」を分母にして計算する方法から「現金を含む企業価値(EVIC: Enterprise Value Including Cash)」を分母とする方法に変更しました。

図表 1-8 スコープ別のカーボンフットプリント



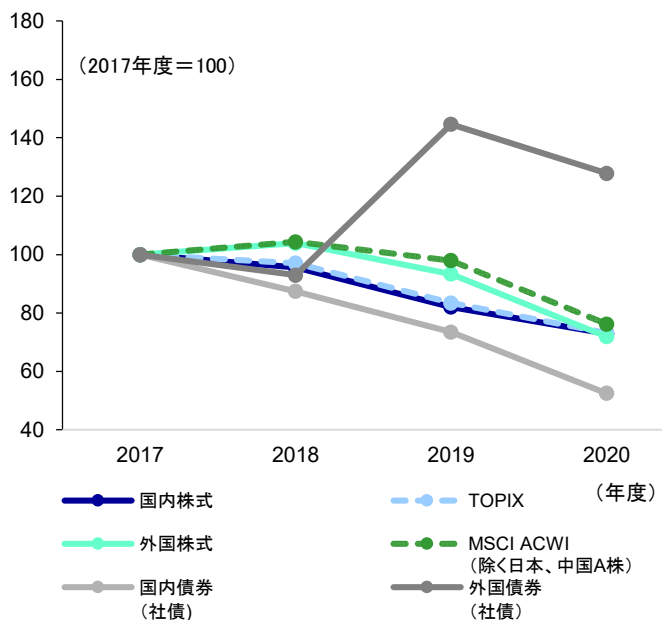
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

図表 1-9 カーボンフットプリントの推移(スコープ 1+2+3)



(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

図表 1-10 カーボンフットプリントの推移(スコープ 1+2)



(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

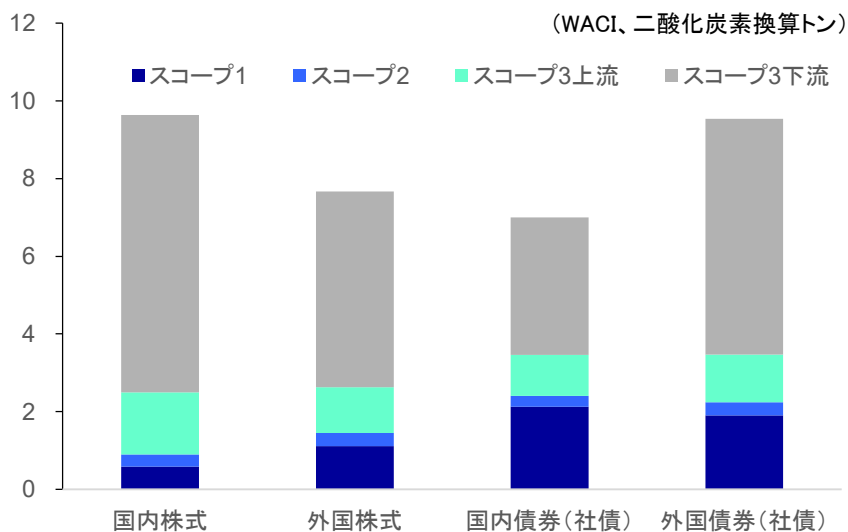
カーボンインテンシティの測定

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(百万円)当たりの温室効果ガス排出量(二酸化炭素換算トン)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。

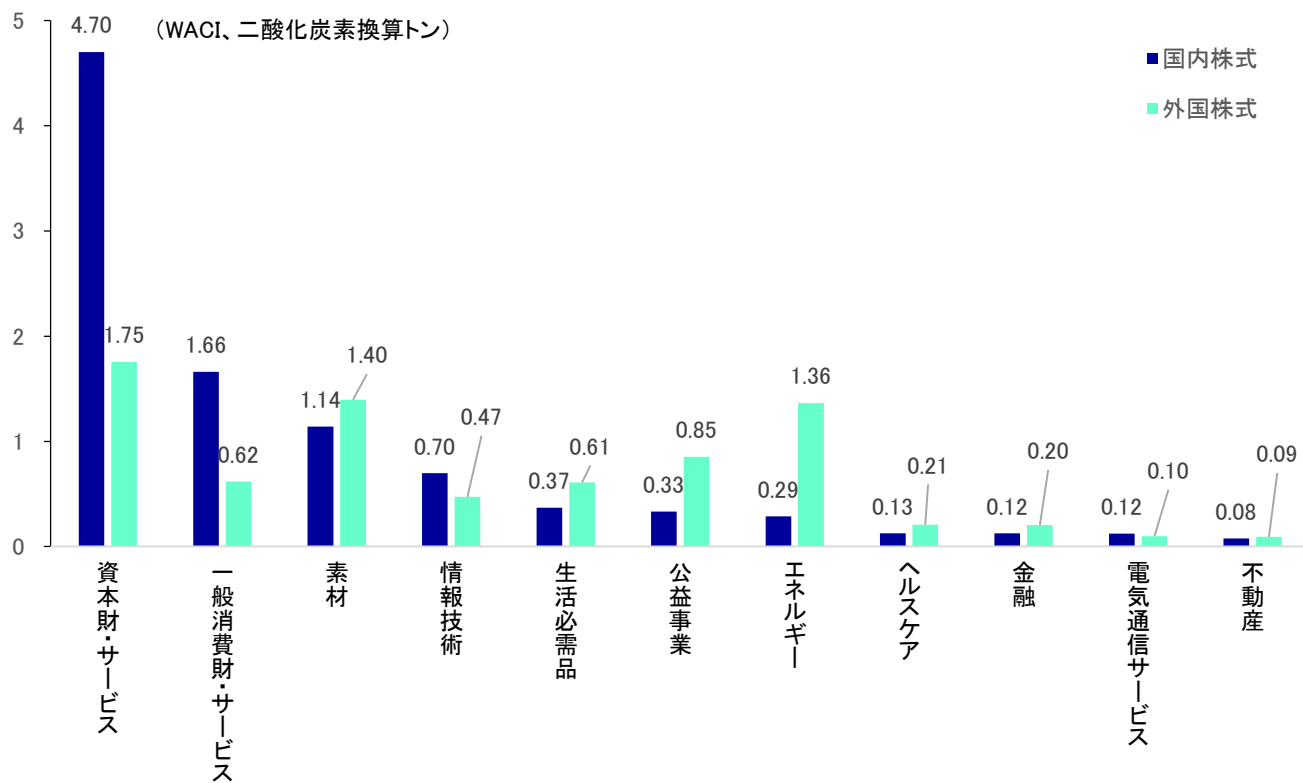
GPIF の株式・債券のポートフォリオにおいて、国内株式と外国社債の WACI が大きい結果となりました(図表 1-11)。国内株式では、WACI のうち 74%がスコープ 3 下流に起因するものとなっており、これは、間接排出の多い「資本財・サービス」「一般消費財・サービス」「素材」への配分が比較的高いことに起因していると考えられます(図表 1-12)。また、外国社債については、国内社債と比べて、カーボンインテンシティが多くのセクターで高い傾向にあることに加えて、カーボンインテンシティの低い「金融」への投資比率が低いことなどが影響しています。

図表 1-11 株式・社債の加重平均カーボンインテンシティ(WACI)



(出所) S&P Trucost Limited© Trucost 2021

図表 1-12 セクター別 WACI(内外株式)



(出所) GPIF, S&P Trucost Limited©Trucost2021

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

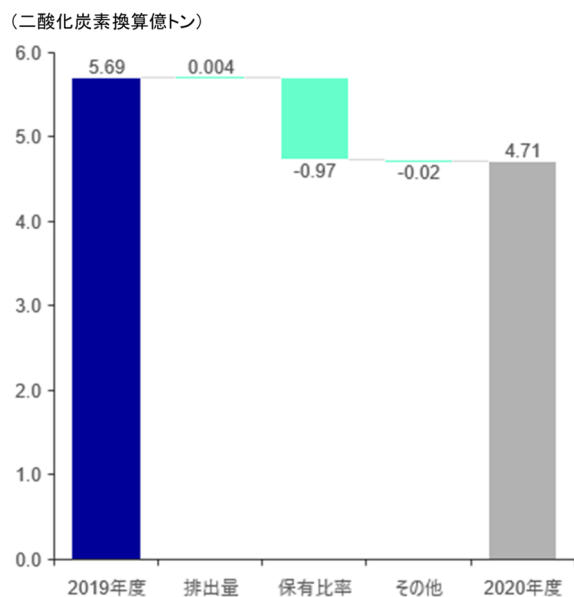
以下では、GPIF のポートフォリオについて、スコープ 1+2+3 を対象としたカーボンフットプリントおよびカーボンインテンシティの変化の要因分析を行います。カーボンフットプリントの変化には主に 2 つの要因があります。それは、①投資先企業が排出する温室効果ガス排出量の変化と、②株式や債券の保有銘柄や保有比率の変化です。

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析の結果は、図表 1-13 に示しました。分析では 2019 年度から 2020 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 17.3% 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。ポートフォリオを構成する企業の温室効果ガス排出量は、企業の株式もしくは社債の保有の割合（保有比率）に応じて割当分が決まります。言い換えれば、企業の株式もしくは社債を 1% 保有する投資家は当該企業の温室効果ガス排出量を 1% 保有しているとみなします。保有比率を求めるにあたって、昨年までは「企業価値（EV：Enterprise Value）」を分母にして計算していましたが、今年度からは上場企業の場合は「現金を含む企業価値（EVIC：Enterprise Value Including Cash）」を分母とする計算方法に変更しました¹⁰。従って、従来の EV を用いた計算よりも EVIC を用いた方が分母の値が大きくなることで、GPIF の保有比率が下がり、結果 GPIF のポートフォリオのカーボンフットプリントも減少した可能性があります。

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、図表 1-14 に示しました。分析では 2019 年度から 2020 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 7.9% 増加しています。最も寄与度が高いのは③「保有比率」の変化です。上述に記載の保有比率の計算方法の変更は、カーボンインテンシティを計算する際に用いる企業の収益の割当分にも影響します。従って、カーボンインテンシティ増加の背景には、EV から EVIC への変更や 2020 年度から新たな基本ポートフォリオに移行し、カーボンインテンシティが低い国内債券のウェイトを縮小、カーボンインテンシティが高い外国債券のウェイトを拡大したこと等が要因となっている可能性があります。

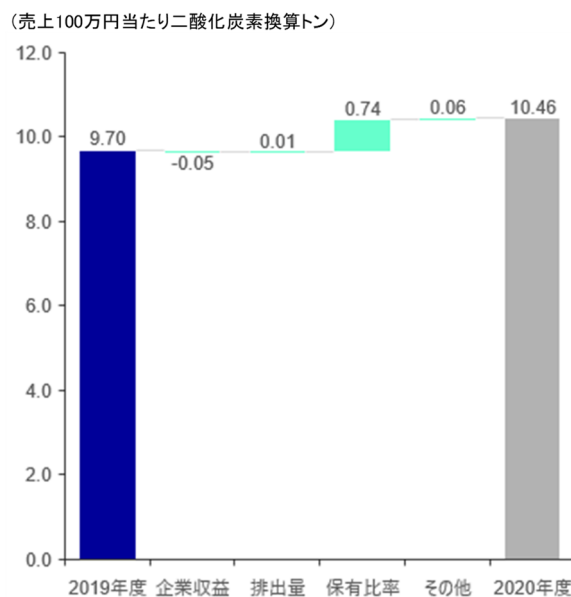
¹⁰ 同変更は Partnership for Carbon Accounting Financials (PCAF) の最新のガイダンスに則っています。

図表 1-13 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



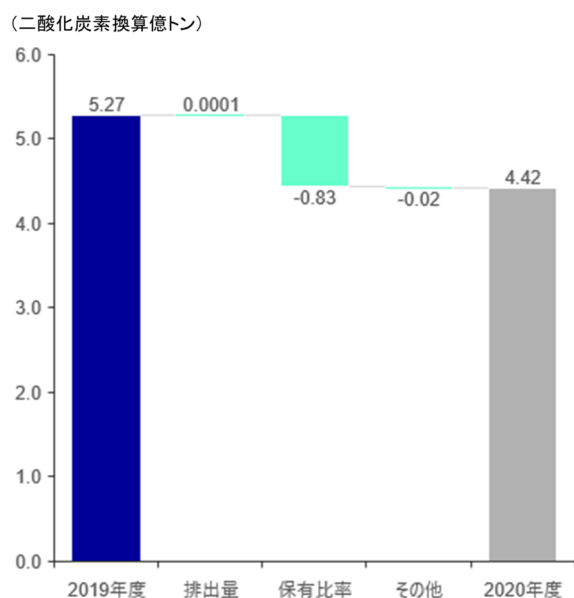
(注)「その他」は、「排出量」、「保有比率」の交差項
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

図表 1-14 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)



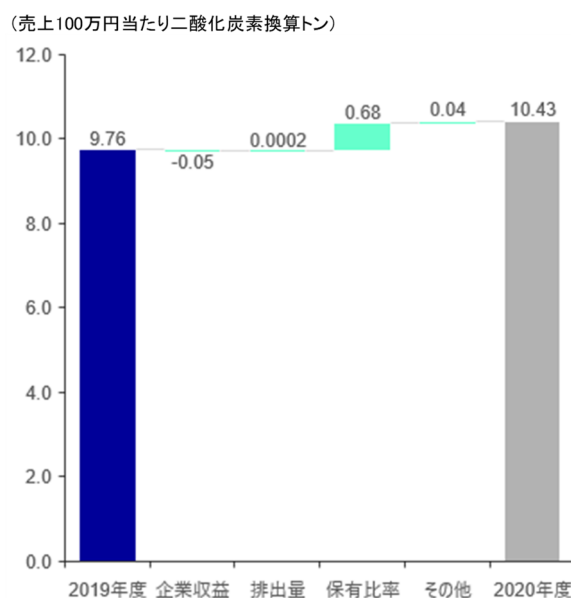
(注)「その他」は、「排出量」、「保有比率」の交差項
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

図表 1-15 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



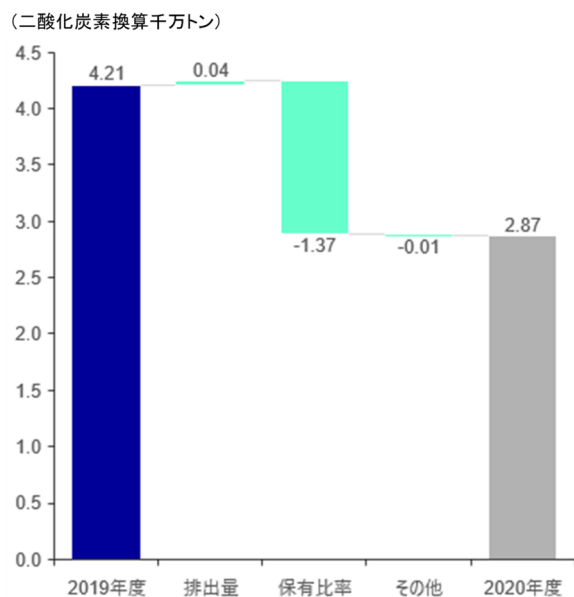
(注)「その他」は、「排出量」、「保有比率」の交差項
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

図表 1-16 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、「排出量」、「保有比率」の交差項
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

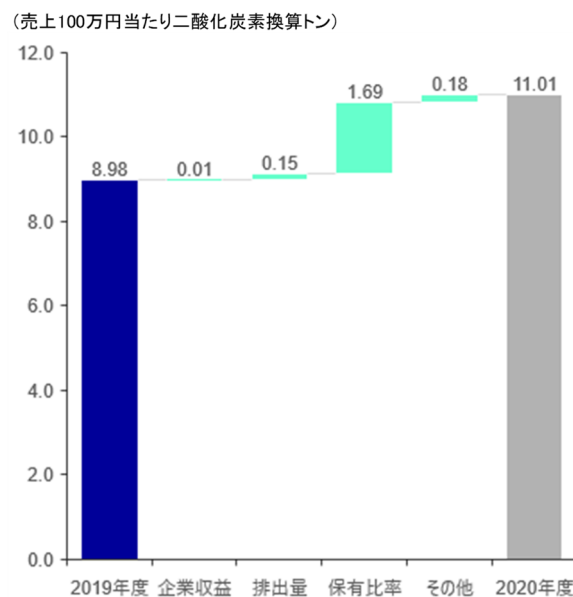
図表 1-17 債券(社債)ポートフォリオの
カーボンフットプリント変化の要因分解



(注)「その他」は、「排出量」、「保有比率」の交差項

(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

図表 1-18 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、「排出量」、「保有比率」の交差項

(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

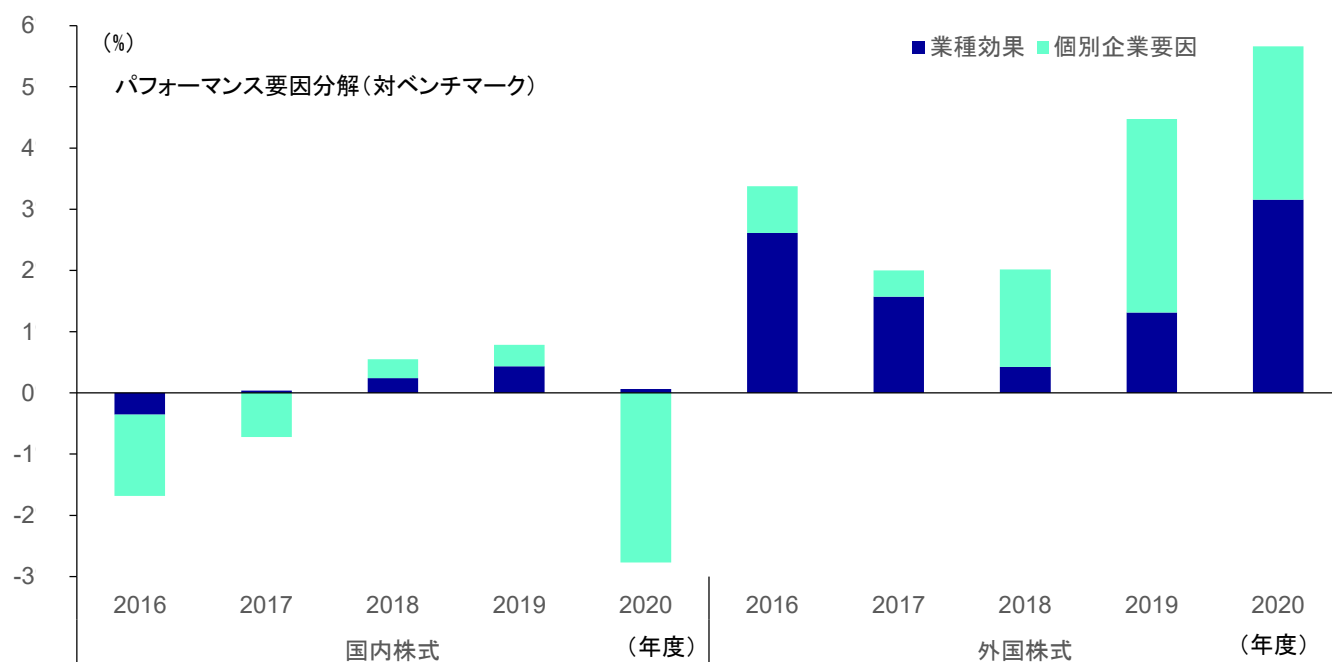
カーボンインテンシティ¹¹のベンチマークからの乖離

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通りに投資した場合のカーボンインテンシティと異なる要因は主に、①セクター配分、②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ベンチマークに比べて低くなる可能性もあります。

図表 1-19 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(業種効果)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。2020年度の国内株式ポートフォリオは、ベンチマークよりもカーボンインテンシティが高い一方で、外国株式ポートフォリオはカーボンインテンシティが低い結果となりました。国内株式ポートフォリオでは、高排出セクターである「資本財・サービス」の銘柄選択の効果が最も大きく影響しています。外国株式ポートフォリオにおいては、セクター配分と銘柄選択の双方がカーボンインテンシティを引き下げる方向でポジティブに寄与していることが分かります。

¹¹ 集計範囲は直接排出量+最上位の間接排出量。Trucost では GHG プロトコルのスコープ 1 排出量と、企業の事業活動に関連する幅広い範囲の GHG から生じるその他の排出量を合わせたものを「直接排出量」と定義しています。「最上位の間接排出量」とは、GHG プロトコルのスコープ 2 排出量と、企業における最上位上流部門のサプライチェーン(直接的なサプライヤー)の排出量を合わせたものと定義しています。

図表 1-19 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 2021

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

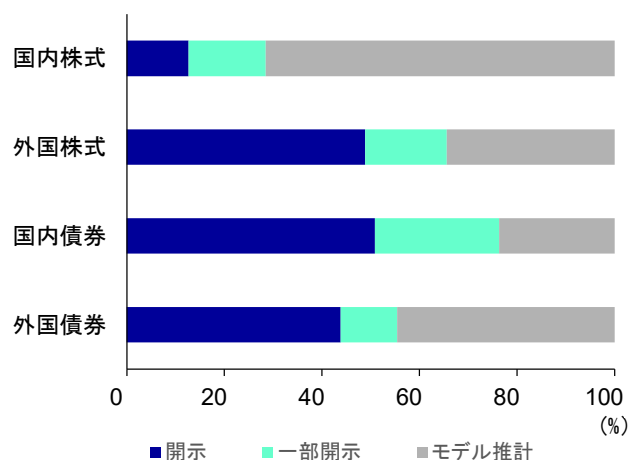
以下では、GPIF が保有する資産ごとに、スコープ 1 の温室効果ガス排出に関する企業の情報開示の状況を確認します。各資産において、①企業数でみた開示比率(図表 1-20)、②企業の保有価値でウエイト付けした開示比率の推移(図表 1-21)、③企業の温室効果ガス排出量でウエイト付けした開示比率(図表 1-22)を確認しました。

企業数で見た温室効果ガス排出に関する情報を開示している企業の比率は、2020 年度は国内債券(51%)、外国株式(49%)、外国債券(44%)、国内株式(13%)の順に高く、一部開示を含めると、国内債券(76%)、外国株式(66%)、外国債券(55%)、国内株式(28%)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。

GPIF の保有価値でウエイト付けした開示比率は、2020 年度は外国株式(73%)、国内債券(62%)、外国債券(58%)、国内株式(58%)、一部開示を含めると、外国株式(84%)、国内株式(83%)、国内債券(82%)、外国債券(75%)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。

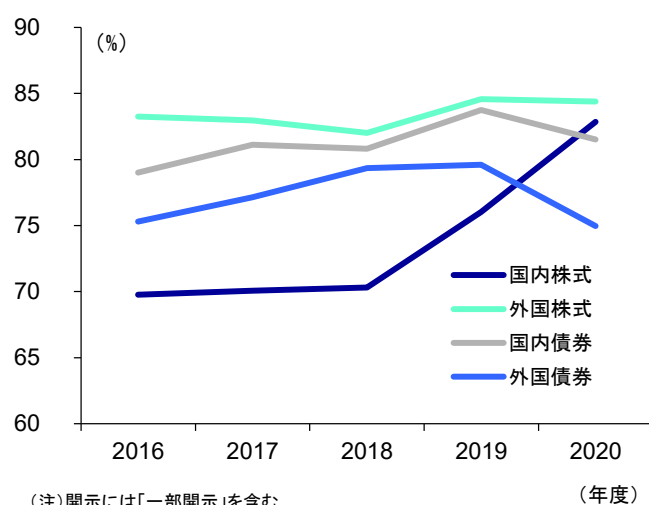
さらに、企業の温室効果ガス排出量でウエイト付けした開示比率をみると、2020 年度は国内債券(93%)、外国株式(80%)、国内株式(72%)、外国債券(62%)、一部開示を含めると、国内債券(98%)、外国株式(98%)、外国債券(93%)、国内株式(87%)となっています。時価総額で見た場合よりも概して開示比率が高くなっていますが、これは温室効果ガス排出量が多い企業ほど情報開示が進んでいるからだと考えられます。

図表 1-20 企業による温室効果ガス排出に関する開示状況



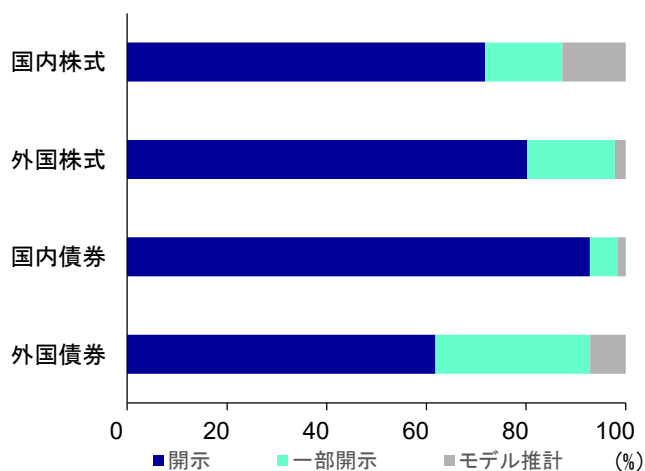
(注) 評価は2021年3月末時点の企業数でみた開示比率。
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2021

図表 1-21 企業の保有価値でウェ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 2021

図表 1-22 企業による温室効果ガス排出に関する開示状況



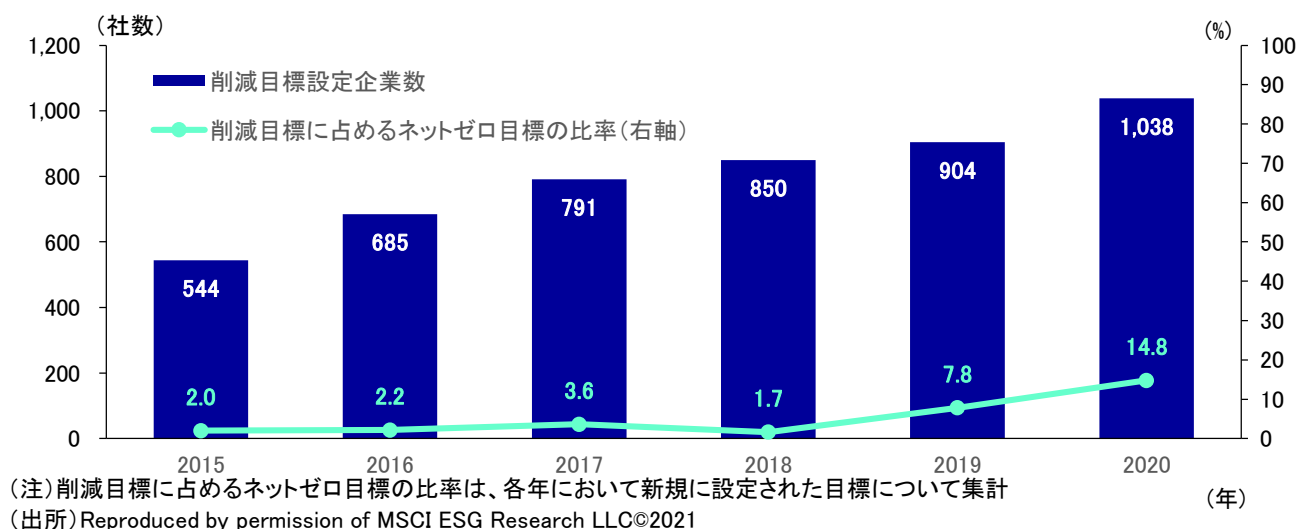
(注) 評価は2021年3月末時点の企業の温室効果ガス排出量でウェイト付けした開示比率。
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2021

企業の温室効果ガス削減目標に関する分析

企業の温室効果ガス削減目標の設定状況

本節では、企業の温室効果ガス削減目標の設定状況と達成見込みについて確認します。世界の株式を対象とする株価指数 MSCI ACWI 構成企業における削減目標設定企業数(図表 1-23)を見ると、削減目標を設定する企業は 2015 年以降増加傾向にあります。2020 年末時点で、MSCI ACWI 構成企業 2,982 社の 34.8%が、何らかの削減目標を定めています。長期的に温室効果ガス排出量をネットゼロとする目標(ネットゼロ目標)を設定する企業も増加しており、2020 年に新規に設定された目標の 14.8%に達しました。

図表 1-23 MSCI ACWI 構成企業における削減目標設定企業数と削減目標に占めるネットゼロ目標の比率



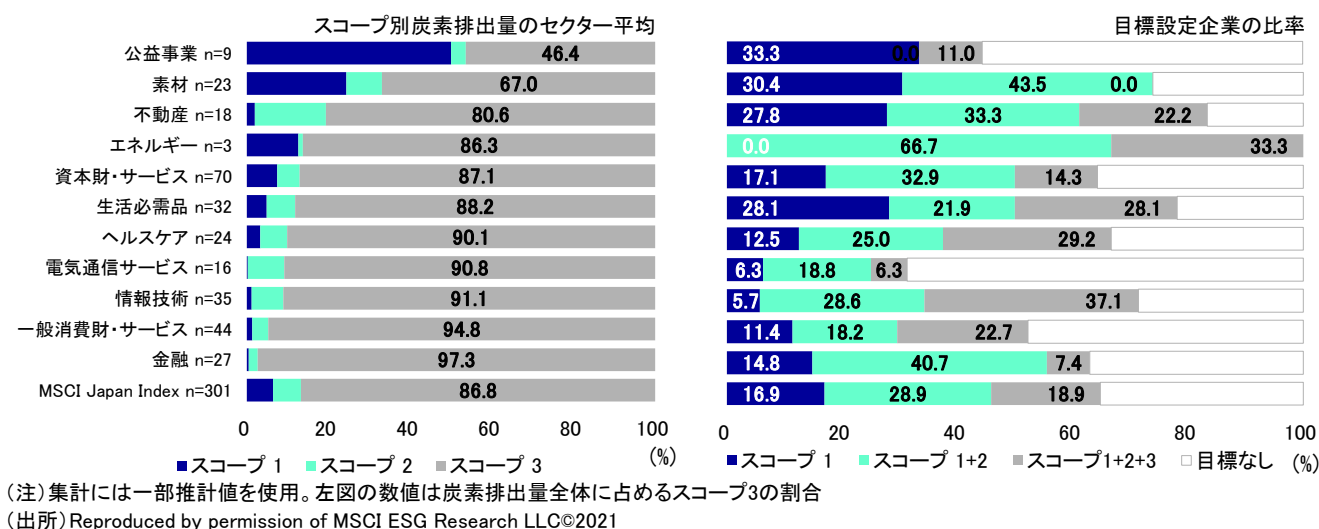
国内株式の温室効果ガス削減目標に関する分析

MSCI Japan に組み入れられている日本企業の削減目標設定状況を見ると、2021 年 3 月末時点で全体の 64.7%の企業が何らかの削減目標を設定しています(図表 1-24、右側)。目標設定する企業の比率は MSCI Kokusai¹²に採用されている外国企業(52.3%、図表 1-26、右側)を上回っています。スコープ 1 についてのみ目標を設定している企業もあれば、スコープ 2、スコープ 3 までカバーした目標を設定している企業もあります。なお、削減目標の設定状況は、セクターによっても異なります。GICS セクターで見ると、エネルギー、不動産、生活必需品などで削減目標の設定が進んでいる一方、電気通信サービスや公益事業などでは削減目標を設定する企業は比較的限られているようです(図表 1-24、右側)。

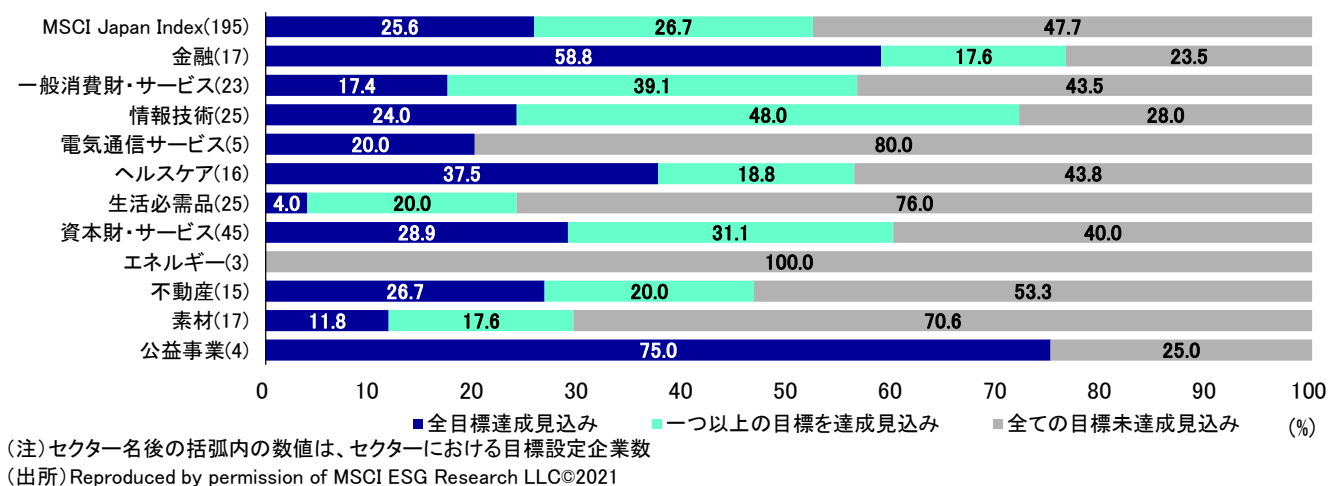
¹² 日本を除く先進国の株価動向を示す代表的な株価指数。

MSCI Japan に組み入れられている日本企業について、これまでの排出実績などから MSCI 社が削減目標の達成見込みを評価しました(図表 1-25)。この評価によれば、目標を設定した企業のうち、全ての目標達成が見込まれる企業は 25.6%、一つ以上の目標の達成が見込まれる企業は 26.7%に上る一方、いずれの目標の達成も難しい企業の比率は 47.7%という結果になりました。削減目標達成に向けた取り組みが進む一方、目標達成のためにはさらなる取組みが求められる企業も多いようです。

図表 1-24 MSCI Japan 構成企業のセクター別炭素排出量と削減目標策定状況



図表 1-25 MSCI Japan 構成企業のセクター別削減目標達成見込み

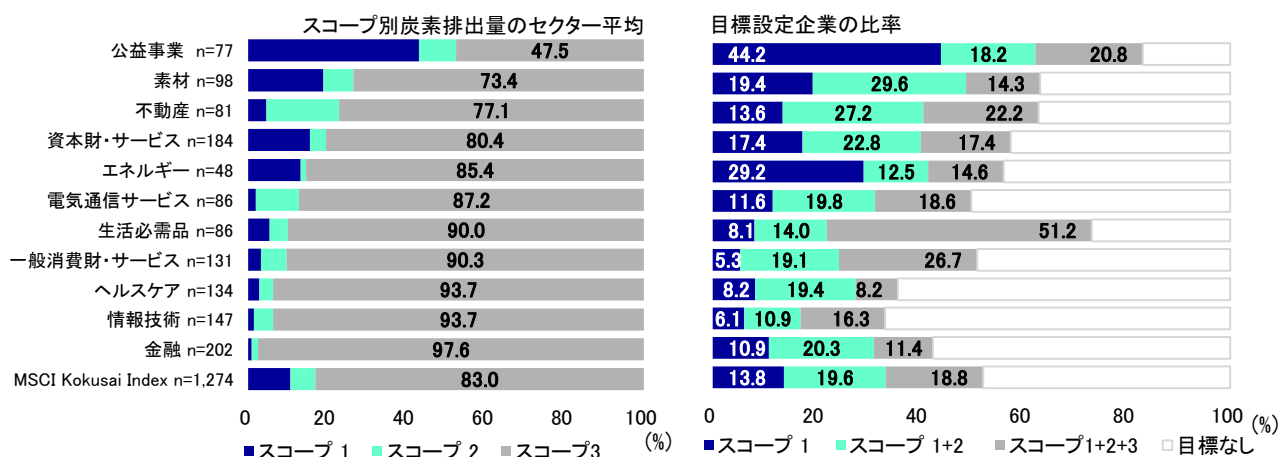


外国株式の温室効果ガス削減目標に関する分析

MSCI Kokusai に組み入れられている外国企業の削減目標設定状況を見ると、2021 年 3 月末時点で全体の 52.3%の企業が何らかの削減目標を設定しています(図表 1-26、右側)。GICS セクターで見ると、公益事業、生活必需品、素材、不動産などで削減目標の設定が進んでいます。一方、情報技術やヘルスケアなどでは削減目標を設定する企業は比較的限られています。

MSCI の評価によれば、これらの目標を設定した企業のうち、全ての目標達成が見込まれる企業は 29.9%、一つ以上の目標の達成が見込まれる企業は 33.9%に上る一方、いずれの目標の達成も難しい企業の比率は 36.2%という結果になりました(図表 1-27)。削減目標を設定する企業の比率は国内株式を下回るものの、削減目標の達成が見込まれる企業の比率では国内株式を上回っています。

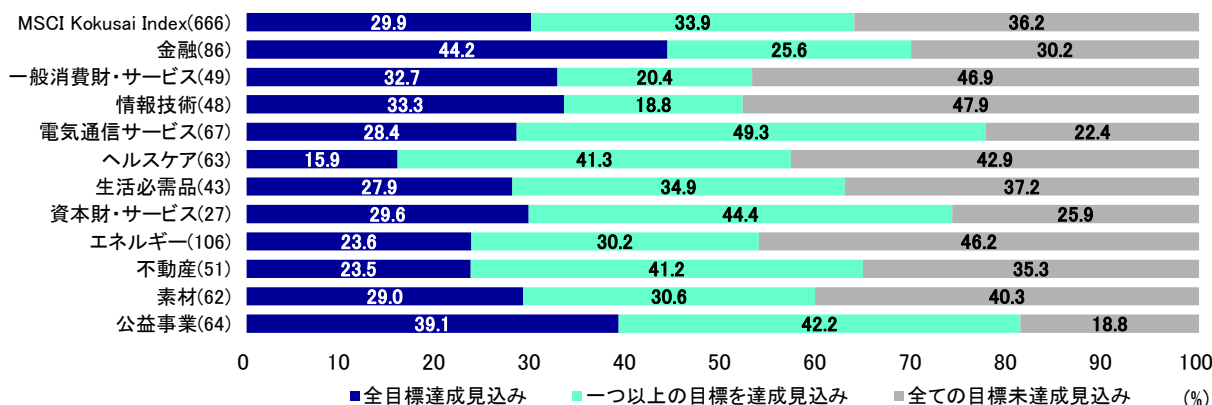
図表 1-26 MSCI Kokusai 構成企業のセクター別炭素排出量と削減目標策定状況



(注)集計には一部推計値を使用。左図の数値は炭素排出量全体に占めるスコープ3の割合

(出所)Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

図表 1-27 MSCI Kokusai 構成企業のセクター別削減目標達成見込み



(注)セクター名後の括弧内の数値は、セクターにおける目標設定企業数

(出所)Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

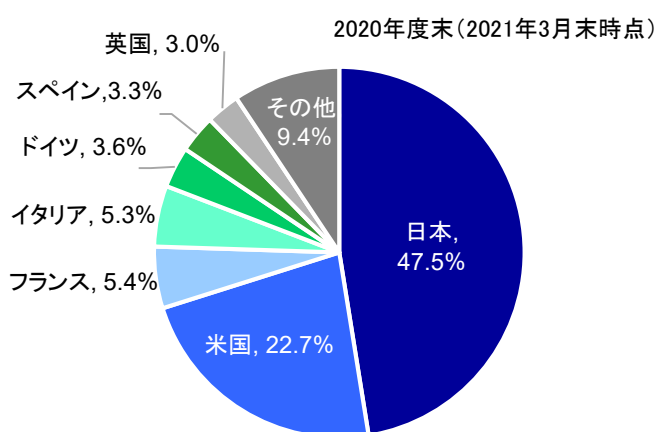
国債ポートフォリオの特徴

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」のカーボンフットプリント等の分析を行ってきました。以下では、国が発行する「国債」を対象に温室効果ガス排出量等の分析を行います。気候変動に関するリスクが国債価格に与える影響を考慮することは極めて複雑な問題ですが、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等を勘案すると、GPIF のポートフォリオに一定の影響を及ぼす可能性も否定はできません。国債の気候変動リスク分析に当たっては、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。

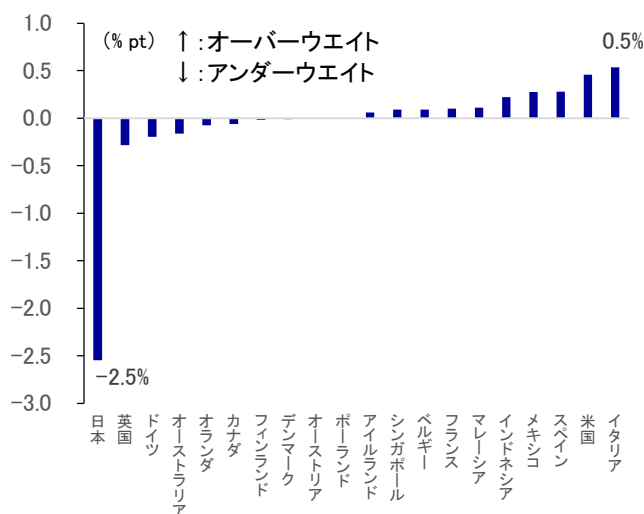
なお、国債の分析でも株式や社債と同様に、ポートフォリオの国別構成などに分析結果が大きく左右されるため、それらを把握することが大切です。GPIF の外国国債と日本国債とを合算したポートフォリオ（以下、国債ポートフォリオ全体）は、外国と国内とでおおむね半分ずつの比率となっています（図表 1-28）。また、2021 年 3 月末時点のデータに基づき、外国国債と日本国債とを基本ポートフォリオの割合で加重平均したベンチマークと、GPIF の国債ポートフォリオの投資額上位 20 か国の国別ウエイトの差を確認すると、国債ポートフォリオ全体は僅かに日本、英国、ドイツ等の保有比率が低い一方で、イタリア、米国等の保有比率が高くなっています（図表 1-29）。ただし、いずれもベンチマークとの差は比較的小さいことが確認されます。

図表 1-28 国債ポートフォリオの国別ウエイト



（出所）GPIF, S&P Trucost Limited© Trucost 2021

図表 1-29 投資額上位 20 か国の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 (%pt)



（出所）GPIF, S&P Trucost Limited© Trucost 2021

国債のカーボンインテンシティの測定

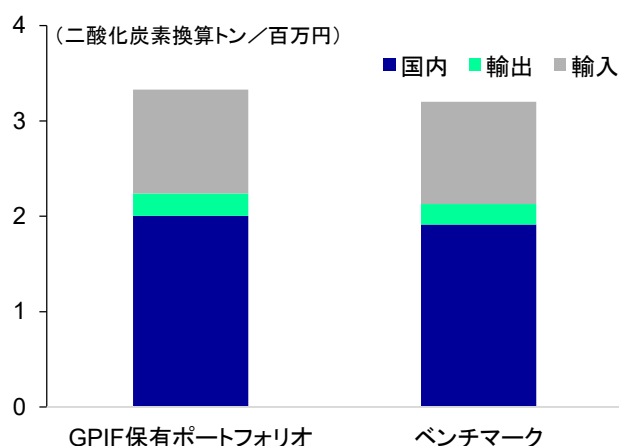
カーボンインテンシティの測定

本節では、温室効果ガス排出量を国内総生産（GDP：Gross Domestic Product）で割ったカーボンインテンシティ¹³を分析しました。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。

国債のカーボンフットプリントの計測に際し、ここ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国内生産に伴う「輸出」としています。そうした前提の下でカーボンインテンシティ（WACI）を測定しました。WACI の計算にあたっては、GDP 百万円当たりの国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。ここでは、①GPIF の国債ポートフォリオ全体、②日本国債と外国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（以下本節では、合成ベンチマーク）、③GPIF の国債ポートフォリオの投資額上位 20 か国、のカーボンインテンシティについて集計・分析しました。

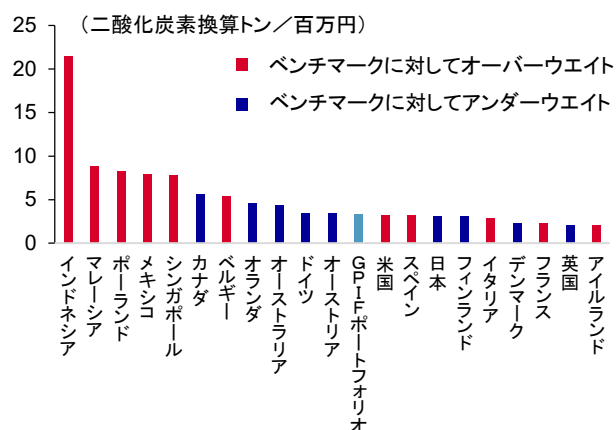
分析の結果、GPIF の国債ポートフォリオ全体は合成ベンチマークに比べて WACI が若干高いということが示されました（図表 1-30）。これはインテンシティの値が高いインドネシア、マレーシア、ポーランド、メキシコ、シンガポール、ベルギーをベンチマークに対してオーバーウエイトしていることが影響しています（図表 1-31）。このように各国のカーボンインテンシティの値と各国国債の保有比率がポートフォリオのカーボンインテンシティの結果を大きく左右することが確認できます。

図表 1-30 国債ポートフォリオのカーボンインテンシティ



（出所）GPIF, S&P Trucost©Trucost2021

図表 1-31 投資額上位 20 か国の国別のカーボンインテンシティ



（出所）GPIF, S&P Trucost Limited© Trucost 2021

¹³ カーボンインテンシティには、①加重平均カーボンインテンシティ（Weighted Average Carbon Intensity＝WACI）、②CO2 排出量の対売上高比率（Carbon to Revenue＝C/R）、③GDP で割ったカーボンインテンシティなど、様々な標準化の手法があります。

化石燃料へのエクスポージャー

化石燃料関連事業の収益ウエイト

本節では、Trucost のデータを用いて、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、図表 1-32 では、ポートフォリオを構成している投資先企業の売上高全体に占める化石燃料関連収益の比率を事業別に示しました。図表に示す通り、ポートフォリオを構成している企業の売上高に占める化石燃料関連収益の比率が高い資産は、国内債券ポートフォリオとなっています。これは国内債券ポートフォリオにおいて公益事業及びエネルギーセクター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売上高に占める化石燃料関連収益の割合は、2020 年度時点で約 6.7%でした。内訳をみると、天然ガス火力発電が最大(4.1%)で、石炭火力発電(1.9%)、原油・天然ガスの抽出(0.3%)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売上高に占める化石燃料関連収益の割合は、他の資産と比べれば高いですが、前年度と比較すると約 0.6%pt の減少となりました。

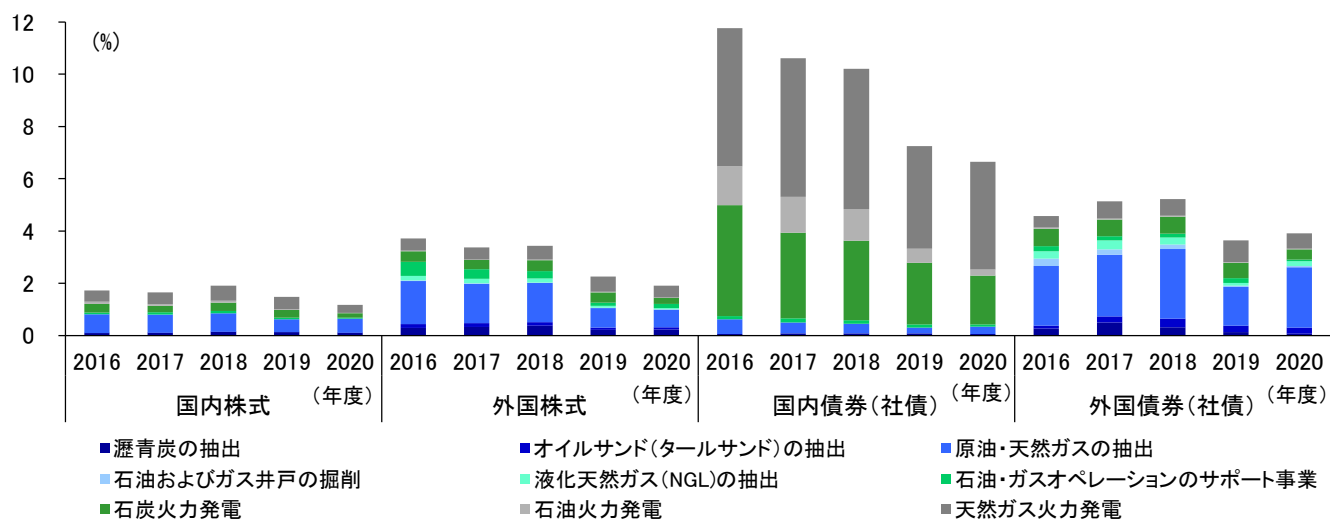
将来の「座礁資産リスク」

埋蔵化石燃料から将来排出される可能性のある温室効果ガスは、パリ協定で合意された「地球温暖化を産業革命から 2℃未満の上昇に抑える」という国際的な目標達成のために許容される温室効果ガス排出量をはるかに上回ります。このように低炭素社会の達成に向けて移行することで生じる想定外の減損処理、資産価値の低下、または負債の対象になる可能性がある資産は座礁資産(stranded assets)と呼ばれています。次に、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¹⁴の指標(測定基準)を用いることで、投資先企業の化石燃料関連資産の座礁資産リスクを異なる観点から評価します。この指標は投資先が開示する情報に基づいています。

図表 1-33 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。化石燃料関連の設備投資が最も大きかったのは外国株式ポートフォリオです。これは外国株式ポートフォリオが他資産に比べて、化石燃料関連事業を行っている企業のエクスポージャーが高いことと日本企業の埋蔵量関連の情報開示が少ないこと等が要因となっている可能性があります。外国株式ポートフォリオの化石燃料関連事業への設備投資は 2018 年度から減少傾向にあり、2020 年度は 2019 年度と比較して顕著に低下しました。

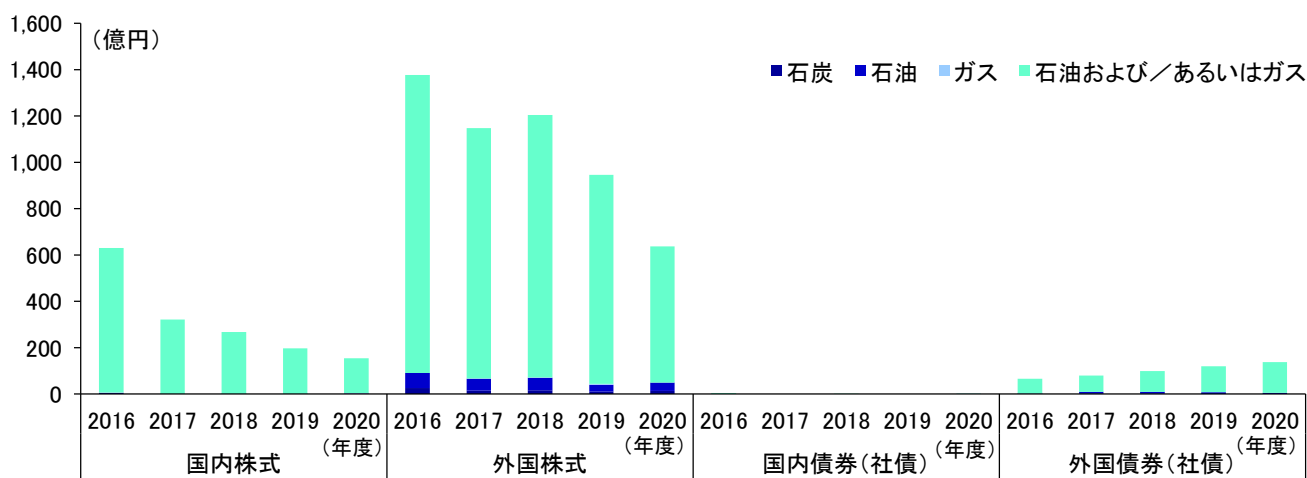
¹⁴ 設備投資は石炭、石油、ガス探査に関わる企業の物理的な資産である不動産、工場、設備の購入や改修／アップグレードへの支出金を指します。Trucost の設備投資(CAPEX)データは各単年における新たな支出額または投資額のみを考慮したものであり、物理的資産の減価償却については考慮されていません。

図表 1-32 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 2021

図表 1-33 化石燃料関連事業の設備投資総額



(注) ポートフォリオを構成する企業の燃料タイプ別設備投資額を株式／社債の保有額の割合に応じて計算し、資産別に合計した数値

(出所) S&P Trucost Limited© Trucost 2021

(補遺)株式・社債分析のカバレッジ

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に収録されており、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。2021 年 3 月末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 99.8%、外国株式は 98.7%となっています(図表 1-34)。

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。2021 年 3 月末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 95.7%、外国債券は 85.8%となっています。

図表 1-34 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
国内株式	99.8%
外国株式	98.7%
国内債券(社債)	95.7%
外国債券(社債)	85.8%

(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2021

(補遺)スコープ3のデータ集計について

スコープ3 上流データについて

企業の事業により直接排出される温室効果ガス(スコープ1)及び購入した電力により排出される温室効果ガス(スコープ2)の情報開示は比較的進んでいます。スコープ3(上流および下流)の排出量を集計・開示している企業は限られているのが現状です。ここでは Trucost のカーボンフットプリント等の分析において、どのようにスコープ3(上流および下流)が集計されているのかを説明します。

スコープ3 上流の排出量は主に調達した製品・サービスに起因する排出量(スコープ2の排出量を除く)を指します(図表1-35)。スコープ3 上流の排出量はごく一部のデータを除き Trucost の Environmentally Extended Input-Output (EEIO)モデルをベースとした推計値です。モデルでは、450を超えるセクターについて、①モノ(アウトプット)を生産するセクターと、②モノ(アウトプット)を生産する過程でその他のセクターが生産したモノ(インプット)を調達する業界間の経済取引を数値化し、ある企業の売上高に対して、サプライチェーン全体にわたりその他のセクターで必要とされた支出額(原材料の調達から企業の事業活動に至るまで)を算出しています。これに環境に関する情報を組み合わせることにより、サプライチェーン上の業界間の全ての取引に係るスコープ3 上流の推計値を算出します。自動車業界を例にとると、自動車1台を製造するためには、エネルギー業界、鉄鋼業界、タイヤ製造業界といったその他の業界からのインプットが必要となります。さらに、エネルギー業界、鉄鋼業界、タイヤ製造業界もそれぞれインプットが必要であり、こうしたモノのやり取りはサプライチェーン全体にわたり行われています。自動車1台を製造するのに必要となる経済取引についてサプライチェーン全体で見積もり、個々の業界間の支出に係る環境情報を考慮することで排出量を推計します。

スコープ3 下流データについて

スコープ3 下流の排出量には、販売した製品の加工、使用、廃棄に加え、リース資産、フランチャイズ及び投資による排出も含まれています(図表1-35)。スコープ3 下流データはスコープ3 上流データとは異なったアプローチで企業から開示されたデータを使用する場合があります。この場合は CDP (Carbon Disclosure Project)の気候変動アンケートで企業から報告された排出量を用います。ただし品質を担保するために全ての開示データをそのまま使用するのではなく、データが第三者の検証を経ている且つ自社で計算されていることが確認できるもののみを使います。企業が開示するデータを最大限用いるため、集計範囲に含まれていないデータについては、後述する「トップダウン」もしくは「ボトムアップ」のアプローチを使ってデータギャップを埋める作業が行われます(図表1-36)。

推計値を算出する場合は、「トップダウン」および「ボトムアップ」のアプローチが用いられます。トップダウンアプローチは、①スコープ3のデータが全く報告されていない場合、②開示データの第三者認証を受けて

いない場合、③部分的なデータのみ開示されている場合に用いられます。推計値を求めるにあたって、158の産業のサブグループごとにCDPが公開しているスコープ3下流の検証済みデータから最も類似するサブグループを抽出し、スコープ3下流のカテゴリー¹⁵ごとに開示されたデータをベースとしたカーボンインテンシティ(排出量(トン)／売上)をそれぞれ当てはめます。このような方法を取ることで、スコープ3のデータが全て非開示の場合や部分的に開示されている場合でも排出量の推計値を算出できるようになっています。

主要なセクターについてはボトムアップアプローチを適用する場合があります。例えば、自動車の年間CO₂排出量はメーカーの全販売車両の排出インテンシティ(gCO₂／km)、販売台数、総走行距離(km／耐用年数)の積で求められます。なお、ある企業が「販売された製品の使用」に関連した川下の排出量を開示している場合、Trucostは開示されたデータと推計値のうち、排出量が多いほうを採用します。これはスコープ3下流のリスクを過小評価しないようにするためです。

スコープ3 排出量の定量化における限界について

上述の通り、企業のスコープ3排出量を定量化する上で最大の課題の一つは開示情報の不足です。ここまで見てきたように、Trucostのアプローチでは利用可能なデータを最大限活用し、開示情報をもとに推計値を算出する方法を取っていますが、このアプローチには限界もあります。例えば、トップダウンアプローチではスコープ3のデータを報告している企業によって推計値が決定されるため、開示している企業の排出量が少なければ、トップダウンアプローチで採用している排出係数に偏りが生じる可能性があります。スコープ3の排出量が低い企業は高い企業よりも数値を公表するインセンティブが働くため、このレポーティングバイアスの問題は不可避と言えるでしょう。スコープ3の排出量のモデリングの改善には、企業からのスコープ3の開示が必要になります。

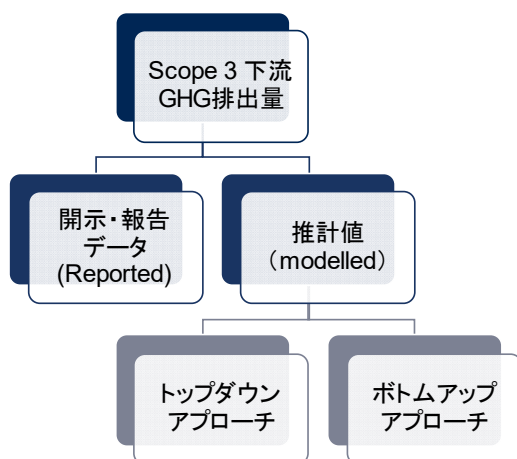
¹⁵ スコープ3は1-15のカテゴリーに分けることができ、1-8はスコープ3上流、9-15はスコープ3下流に分類が可能です。

図表 1-35 スコープ3 上流および下流における経済活動

スコープ3 上流				スコープ3 下流			
	調達した製品・サービス		出張		調達した製品の加工		投資
	資本財		通勤		製品の使用		輸送・配送
	燃料やエネルギー関連		輸送・配送		使用後の廃棄処理		リース資産
	オペレーションで出た廃棄物		リース		フランチャイズ		

(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2021

図表 1-36 スコープ3 下流のデータ集計のアプローチ



(出所) S&P Trucost Limited©Trucost 2021

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)の分析手法の見直し

CVaR の分析モデルの見直しによる影響

GPIF では昨年度に続いて、気候変動リスク・機会が GPIF のポートフォリオに与える影響等について CVaR¹⁶を用いて分析を行いました。CVaR は気候変動リスク・機会が企業価値(EV)や証券価値に与えるインパクトを計測するモデルであり、温室効果ガス排出に関する規制による影響を示す「政策リスク」、規制強化が行われることで優位性が高まる技術による収益機会を示す「技術的機会」の2つを合わせた「移行リスク」、気候変動に伴う自然環境変化や災害等の影響をとらえる「物理的リスク」から構成されています。

なお、今年度の分析モデルは、昨年度から大幅に分析手法が刷新されており、まずは、主な変更点とそれに伴う分析結果への影響等についてみていきます。

主な変更点は、

- ① 政策リスク CVaR の分析において、分析範囲をスコープ3まで拡大
- ② 物理的リスク CVaR の分析において、分析対象に「河川洪水」を追加
- ③ 業種利益率の計算方法を時価総額加重から売上加重に変更

この分析手法の見直しの影響を把握するために、新旧モデルによる GPIF のポートフォリオ(株式・社債合計)の CVaR の変化を確認します(図表 2-1 の(a)と(b))。新旧モデルを同じ時点のデータ(2020年3月末時点)に適用することで、モデル変更による影響をみると、2°Cシナリオの下での総合 CVaR は+1.7%から▲6.6%に▲8.3%pt 悪化しています。内訳をみると、政策リスク、技術的機会がともに押し下げられている一方、物理的リスクは微細な変化に留まっています(図表 2-2)。

このように分析手法の変更による影響が大きかったのは技術的機会ですが、その内訳をみると CVaR の計算で必要となる業種利益率の算出に用いる数値を時価総額による加重平均から売上金額による加重平均に変更したことが最も大きく影響(▲4.3%)しています。売上による加重平均を利用することで、株価変動によって大きく変化する可能性がある時価総額を用いるよりもデータが安定します。また、社数が少ない業種では時価総額が極めて大きい一部の大企業によるセクター利益率への過度な影響を低減できます。

また、政策リスクの変化の要因をみると、技術的機会と同様に時価総額等の変化の影響(▲1.7%)に加えて、スコープ3(▲3.2%)に分析範囲が拡大し、スコープ2(▲1.6%)の精緻化が行われた影響が示されています。一方、旧モデルでこれらのコストの一部はスコープ1として計上され、スコープ2とスコープ3に転嫁された点を考慮することは+4.6%のポジティブな影響があります。

¹⁶ CVaR の分析手法の詳細に関しては P.57 の「CVaR の特徴」をご参照ください。

過去1年間の GPIF のポートフォリオの気候変動リスク・機会の本質的な変化をみるために新モデルによる分析結果を比較すると、政策リスク、技術的機会、物理的リスクの全てについて、ごくわずかではありますが、ポジティブな変化が確認されました(図表 2-1 の(b)と(c))。

なお、分析手法の改訂や企業行動の変化以外にも、CVaR の値を動かす要因があります。その代表は株価です。このモデルでは、株式時価総額と負債の合計で求められる企業価値が2倍になれば、企業の気候変動リスク・機会などの他の条件が全く変わらなくても CVaR の値は2分の1になります。2020 年は世界の株式市場が歴史的な上昇を遂げたことも CVaR の値を押し下げる方向に作用しました。

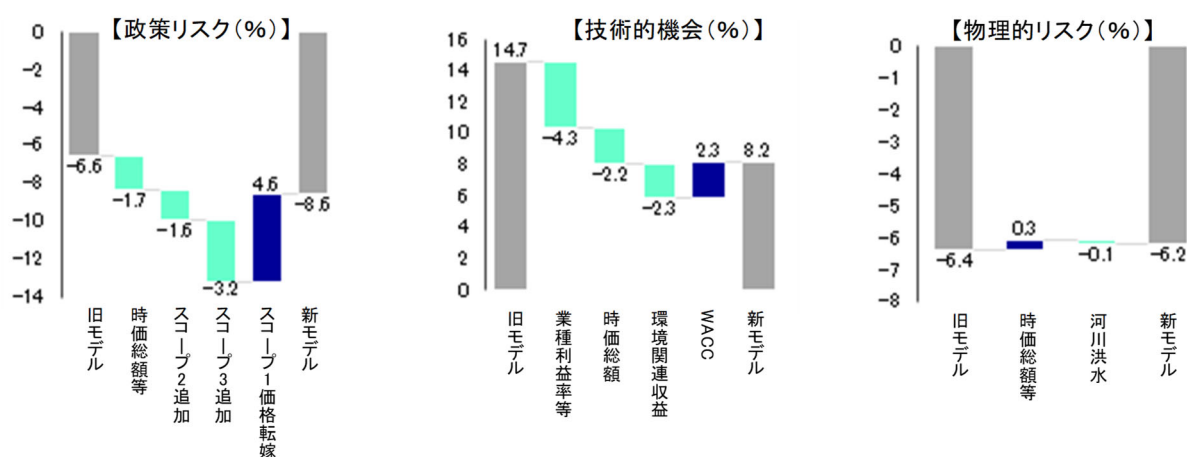
図表 2-1 モデル見直しによる GPIF ポートフォリオ(株式・社債合計)CVaR の変化

	旧モデル	新モデル	
	2020年3月 (a)	2020年3月 (b)	2021年3月 (c)
総合CVaR (%)	1.7	-6.6	-5.7
移行リスクと機会	8.1	-0.4	0.1
政策リスク	-6.6	-8.6	-8.2
技術的機会	14.7	8.2	8.3
物理的リスク	-6.4	-6.2	-5.8

(注)2℃シナリオ前提

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

図表 2-2 モデル見直しによる GPIF ポートフォリオ(株式・社債合計)CVaR の変化の要因分解



(注)2℃シナリオを前提とした2020年3月のデータに基づく分析

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

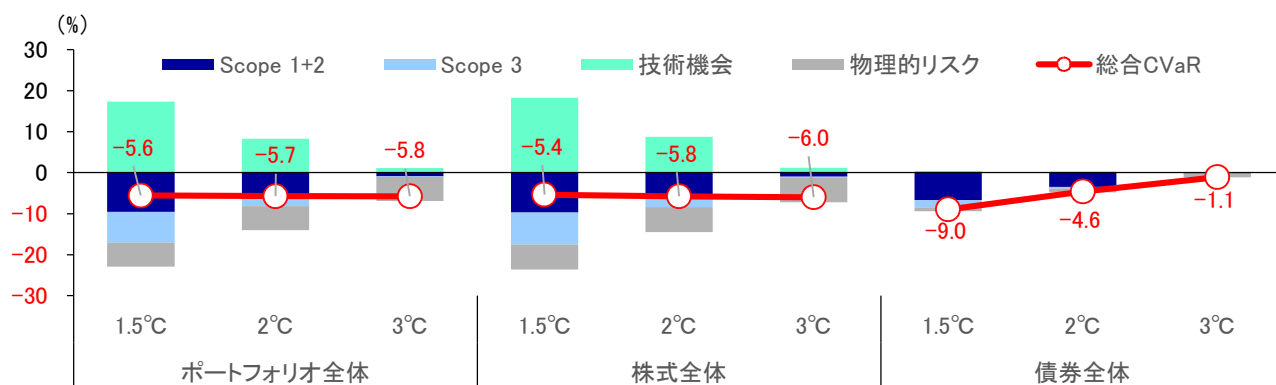
気温上昇シナリオ別の CVaR

CVaR による気温上昇シナリオ別のインパクト分析

本稿の分析では、産業革命前から今世紀末までの地球の平均気温の上昇を 2℃未満に抑えるシナリオ（2℃シナリオ）を前提に CVaR の算出を行い、分析を行います。ただし、CVaR の結果は前提となる気温上昇シナリオによって変化するため、最初に気温上昇を 1.5℃・2℃・3℃に抑える政策がとられたシナリオを想定した場合の GPIF が保有する株式、債券（社債）及びポートフォリオ全体の CVaR の値を確認します（図表 2-3）。

各シナリオ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、1.5℃シナリオのリスクが最も小さく、シナリオの気温が上昇するほど（政策面での制約が小さいほど）マイナスの影響が大きくなることがわかります。シナリオ別の CVaR は昨年度に公表したものに比べてその差は小さくなっていますが、これは分析モデルの見直しが大きく影響しています。ただし、株式と社債のいずれにおいても気温上昇が抑制されるシナリオほど、技術的機会と政策リスクの影響が大きくなっており、気候変動を巡る政策動向が各企業の価値に与える影響は大きいと考えられます。そうした政策動向は投資の意思決定の重要な判断材料として注視していくことが必要だと考えられます。

図表 2-3 気温上昇シナリオ別の CVaR



（注1）物理的リスクは、いずれも4～6℃シナリオに相当する前提条件の下で分析

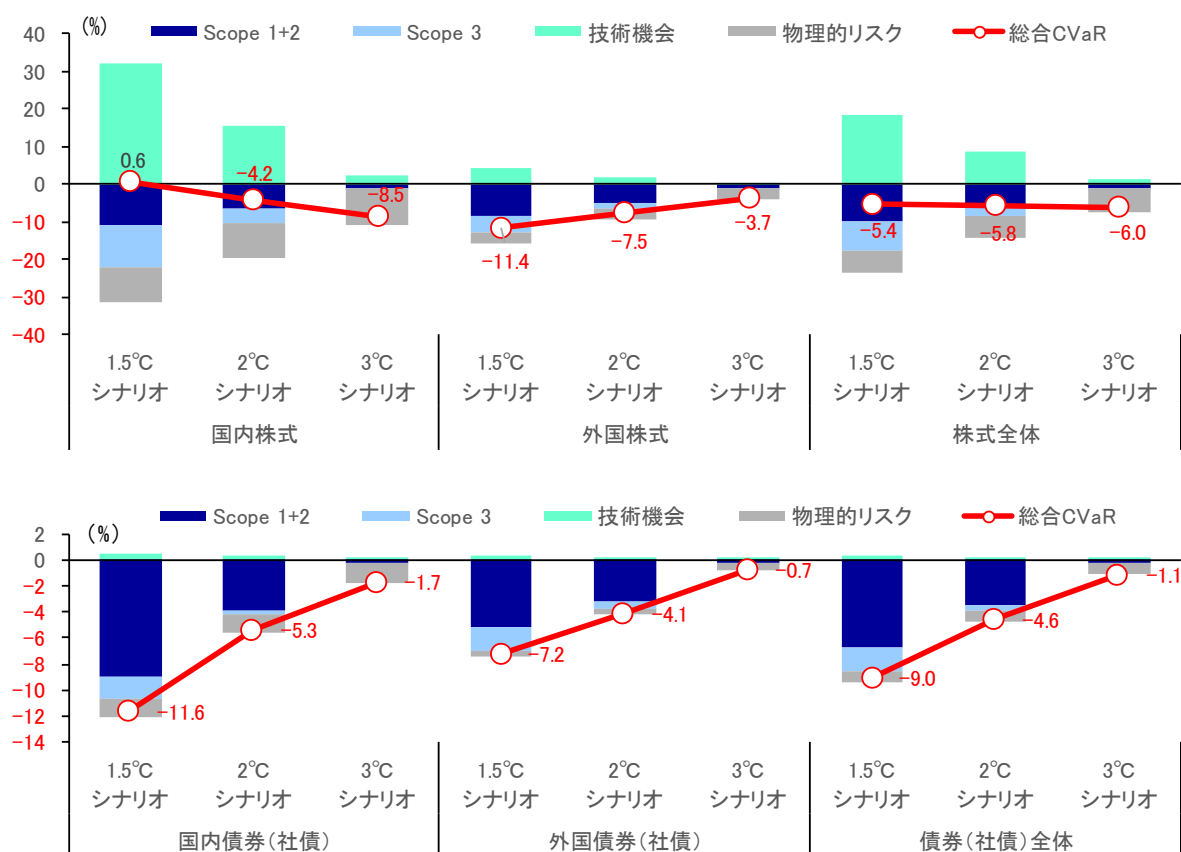
（注2）Scope1+2、Scope3は政策リスクの内訳

（出所）Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

気温上昇シナリオ別のインパクト分析(資産クラス別)

次に気温上昇シナリオ別の CVaR について、GPIF のポートフォリオを資産クラス別にみていきます(図表 2-4)。まず、株式と債券のグラフを比較すると、技術的機会の影響の違いが鮮明になっていることが見てとれます。債券については、技術的機会による収益拡大はデフォルトリスクの低減を通じて、債券価格にプラスに寄与するものの、額面以上で償還されることはなく、その影響は限定的となっています。一方、株式は超長期のキャッシュフローの影響が累積的に積み上がることから、技術的機会によるプラスの効果は非常に大きなものとなっています。その結果、低炭素技術に関する特許を多く有している国内株式については、3℃シナリオより、2℃シナリオ、さらには 1.5℃シナリオの方が総合 CVaR でみても企業価値にはプラスの影響があることがわかります。

図表 2-4 気温上昇シナリオ別の CVaR(株式・債券)



(注1) 物理的リスクは、いずれも4~6℃シナリオに相当する前提条件の下で分析

(注2) Scope1+2、Scope3は政策リスクの内訳

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

技術的機会

技術的機会と特許スコア

低炭素技術機会 CVaR は、企業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関連収益を基にして、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を通じた企業価値や証券価値への影響を分析します。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¹⁷。

前年からモデルの見直しによって大きく変化した技術的機会ですが、GPIF の株式・社債のポートフォリオに含まれる企業を対象に、特許スコアの分析を行いました。分析結果は GPIF ポートフォリオの各企業への投資額の大きさも影響しますが、GPIF の運用はパッシブ運用が中心であることに加えて、分析対象の 2021 年 3 月末時点のポートフォリオは基本ポートフォリオに概ね沿っており、株式についてはベンチマークからの乖離は大きくないと考えられます。特許スコアの算出にあたっては、企業が保有する低炭素技術特許を集計しており、そうした特許の増減もスコアに影響する仕組みになっています。

前年との特徴の差をみると大きな変化は見られず、国内の自動車やエネルギー供給に関連したスコアが突出して高い水準を維持しています。なお、「移行リスクと機会の産業間の移転に関する分析」では、別の手法に基づいて脱炭素技術の国・地域別の特許競争力分析を行っています。

特許スコア：資産別に見た特徴

特許スコアをセクター別にみると、国内株式では自動車メーカーが含まれる「一般消費財・サービス」が他のセクターに比べて圧倒的に高い水準となっています。同セクターが保有する特許のスコアとしては「自動車」が最も高く、「エネルギー供給」、「電気自動車」、「化学」が続いています（図表 2-5）。また、「情報技術」セクターでは「エネルギー供給」、「自動車」の特許スコアが高いことがわかりました。

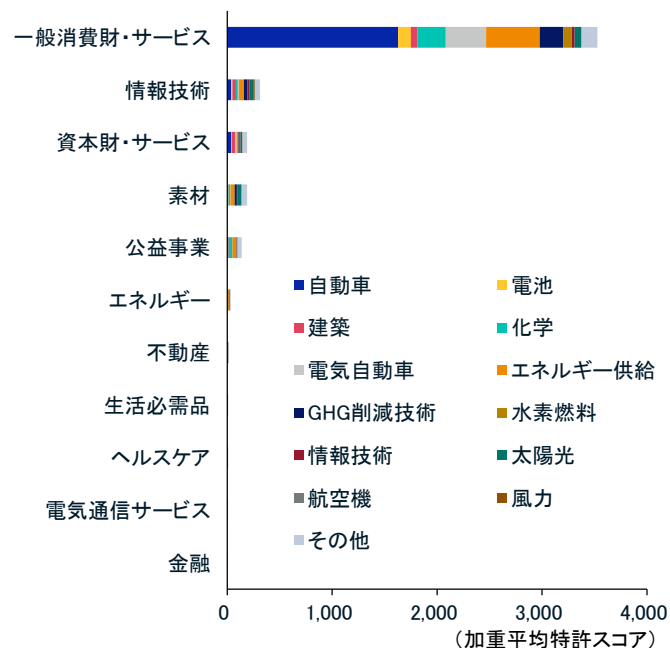
一方、外国株式では、「資本財・サービス」セクターの特許スコアが最も高く、「航空機」、「風力」、「自動車」の特許が貢献しています。また、「情報技術」セクターでは「情報技術」、「一般消費財・サービス」セクターでは国内と同様に「自動車」の特許スコアが高いことが示されました（図表 2-6）。

また、国内債券では国内株式と同じく「一般消費財・サービス」セクターで「自動車」や「情報技術」セクターの「エネルギー供給」のスコアが高い傾向が見られました。

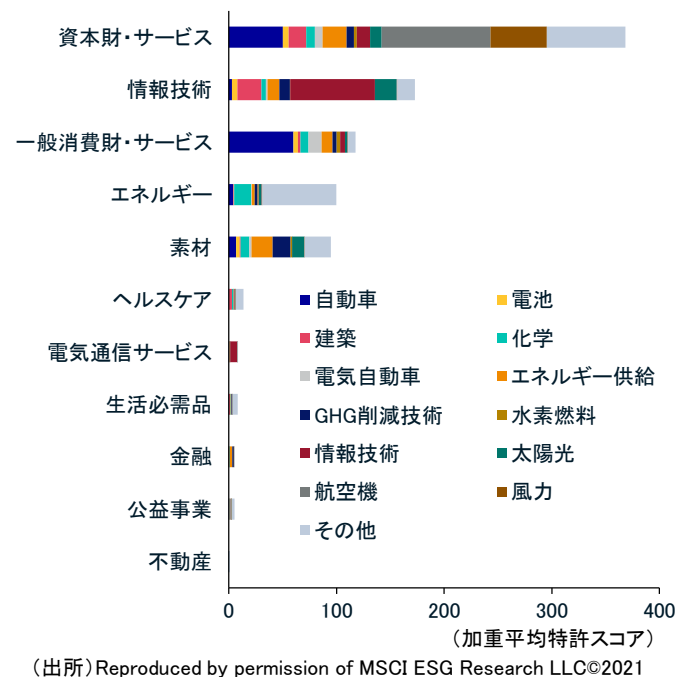
外国社債では外国株式に比べて、「一般消費財・サービス」セクターの「自動車」や「エネルギー供給」の加重平均特許スコアが高まっていることが示されました（図表 2-7、2-8）。

¹⁷ 分析手法の詳細については P.62「低炭素技術機会 CVaR について」をご参照ください。

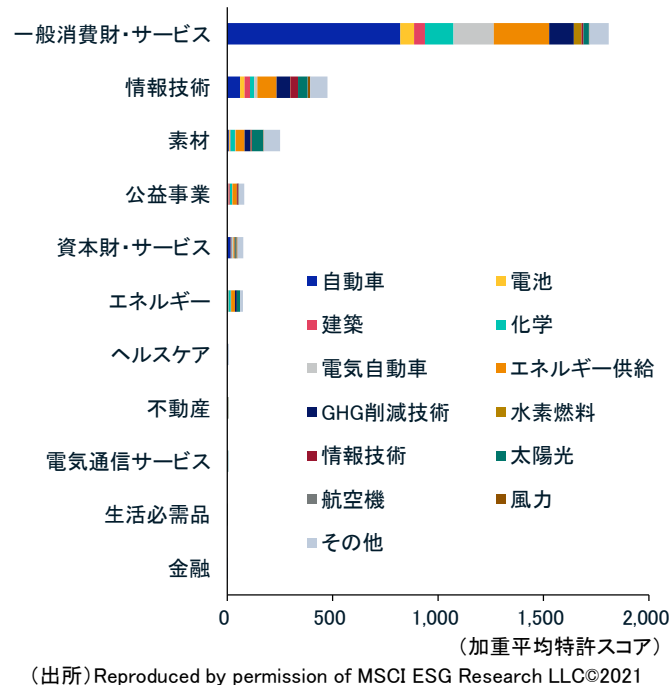
図表 2-5 国内株式ポートフォリオの技術的機会



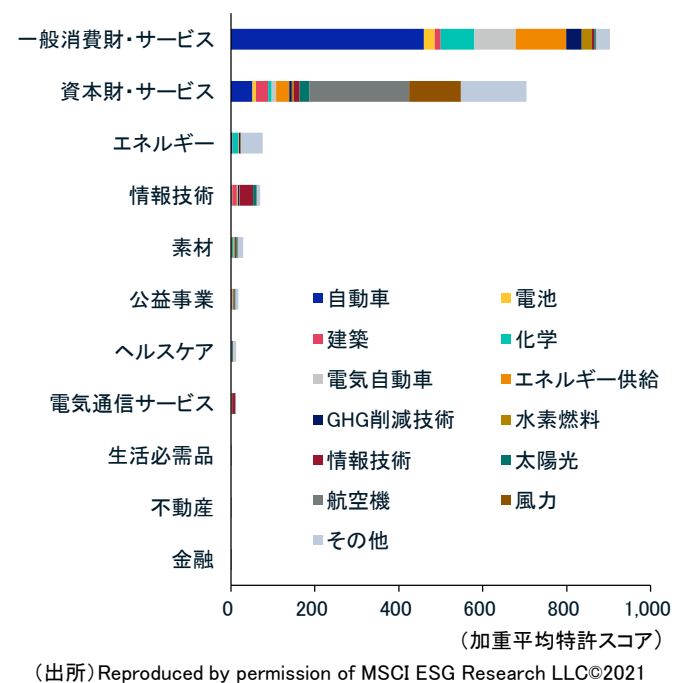
図表 2-6 外国株式ポートフォリオの技術的機会



図表 2-7 国内社債ポートフォリオの技術的機会



図表 2-8 外国社債ポートフォリオの技術的機会



政策リスク

気候変動政策リスク CVaR

技術的機会とともに「移行リスクと機会」を構成する、政策リスクの分析を行いました。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連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、気候変動に関連する政策が企業価値及び証券価値に与えるダウンスайдリスクの影響を分析します¹⁸。

分析対象をスコープ 3 に拡大

昨年度に発行した『2019 年度 ESG 活動報告 別冊 GPIF ポートフォリオの気候変動リスク・機会分析』における政策リスク評価では、各企業のスコープ 1 と 2 を分析対象としていましたが、今年は新たにスコープ 3 として企業の生産活動に関連した材料やサービス、労働力の投入に関する「スコープ 3 上流」及び生産した製品やサービスの販売に関連した「スコープ 3 下流」双方を分析対象に加えています。分析に当たっては、スコープ 1+2 の前年からの変化と、スコープ 3 によるリスクの大きさに着目しました(図表 2-9~12)。

国内株式ポートフォリオの政策リスク

まず国内株式について、スコープ 3 を対象に含む政策リスク CVaR 全体をみると、化石燃料を採掘する企業などの「エネルギー」、電力会社などを含む「公益事業」のほか、「素材」のリスクが大きい一方で、「ヘルスケア」、「電気通信サービス」、「金融」のリスクが低くなっており、昨年と同様の傾向がみられました。

スコープ 1+2 について各セクター(業種)の昨年からの変化幅をみると「エネルギー」の 11.5%pt、「公益事業」では 4.8%pt、「素材」の 9.1%pt をはじめとして、すべてのセクターでリスクが低下していることがわかります。こうした背景には今年度新たにスコープ 3 を導入したことで、排出削減コストの一部が企業のバリューチェーンに転嫁された影響が大きいと考えられます。

また、スコープ 3 に着目すると、全体ではスコープ 1 と 2 によるリスクよりも小さい傾向にあることがわかります。これは通常の温室効果ガス排出量であればスコープ 3 の絶対量が大きいものの、企業の想定負担率を踏まえると必ずしもそうならないためです。セクター別にみると「エネルギー」、「公益事業」に次いで自動車などを含む「一般消費財・サービス」のリスクが大きくなっており、スコープ 1+2 とは異なり「素材」を上回る結果となりました。なお、外国株式に比べて国内株式の「エネルギー」でのリスクが大きくなっているのは、セクター内でのウエイトが一部の企業に偏重しているためです。

¹⁸ 分析手法の詳細については P.58「気候変動政策リスク CVaR について」をご参照ください。

外国株式ポートフォリオの政策リスク

外国株式でも昨年同様の傾向がみられ、「エネルギー」、「公益事業」、「素材」のリスクが大きい結果となりました。スコープ1+2について各セクター（業種）の昨年からの変化幅をみると、国内株式同様、ほとんどのセクターでリスクが低下したものの、「公益事業」ではリスクがやや拡大する結果となりました。政策リスク分析が準拠するCO₂排出量が2018年から2019年にかけて増加し、カーボンバジェット達成のために各セクターにより高い排出削減量が割り当てられたこと、カーボンプライスが上昇したことが背景にあります。スコープ3に着目すると、外国株式においても全体的にスコープ1と2によるリスクよりも小さい傾向がみられ、セクター別ではスコープ1+2と同様、「エネルギー」、「公益事業」、「素材」のリスクが大きい結果となりました。

図表 2-9 国内株式ポートフォリオの政策リスク

業種	政策リスク			前年からの 変化 (%ポイント)
	CVaR	スコープ1+2	スコープ3	
ヘルスケア	-1.1%	-0.5%	-0.6%	0.1%
電気通信サービス	-1.2%	-0.6%	-0.7%	0.3%
金融	-2.1%	-0.8%	-1.3%	0.0%
不動産	-2.7%	-1.3%	-1.4%	0.5%
情報技術	-2.8%	-1.5%	-1.3%	0.5%
生活必需品	-6.5%	-3.5%	-3.0%	0.6%
資本財・サービス	-10.0%	-6.5%	-3.5%	1.9%
一般消費財・サービス	-11.0%	-2.6%	-8.4%	1.6%
素材	-30.1%	-25.3%	-4.8%	9.1%
公益事業	-69.7%	-46.8%	-23.0%	4.8%
エネルギー	-95.2%	-63.2%	-32.0%	11.5%

(注) 前年からの変化は、スコープ1+2の変化

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021.

図表 2-10 外国株式ポートフォリオの政策リスク

業種	政策リスク			前年からの 変化 (%ポイント)
	CVaR	スコープ1+2	スコープ3	
情報技術	-0.8%	-0.5%	-0.4%	0.2%
ヘルスケア	-1.3%	-0.8%	-0.5%	0.1%
不動産	-1.6%	-1.3%	-0.3%	0.1%
金融	-1.7%	-1.1%	-0.6%	0.2%
電気通信サービス	-1.7%	-1.5%	-0.3%	0.3%
一般消費財・サービス	-3.6%	-1.3%	-2.3%	0.5%
生活必需品	-6.0%	-4.2%	-1.8%	1.7%
資本財・サービス	-7.6%	-6.5%	-1.1%	3.5%
素材	-23.9%	-21.2%	-2.6%	12.3%
公益事業	-36.8%	-32.9%	-3.9%	-3.8%
エネルギー	-46.6%	-31.3%	-15.3%	17.9%

(注) 前年からの変化は、スコープ1+2の変化

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021.

国内社債ポートフォリオの政策リスク

社債について確認すると、全体的に株式よりも政策リスクの水準が低い傾向にあることが確認できました。国内社債では、「エネルギー」、「公益事業」、「素材」のリスクが大きい結果となりました。スコープ1+2について各セクター（業種）の昨年からの変化幅をみると、ほとんどのセクターでリスクが低下したものの、「公益事業」ではリスクが拡大する結果となりました。スコープ3に着目すると、「エネルギー」のスコープ3のリスクがスコープ1+2のリスクを上回る結果となりました。これは、国内社債の「エネルギー」セクターにおいて、スコープ3のリスクがスコープ1+2よりも高い企業の投資ウエイトが相対的に高いことが背景にあります。エネルギーの生産に伴う政策リスクよりも、サプライチェーン、つまりエネルギーの採掘やエネルギーの消費に伴うリスクが大きいことが示唆されます。

外国社債ポートフォリオの政策リスク

外国社債では、「公益事業」、「エネルギー」、「素材」のリスクが大きい結果となりました。スコープ1+2について各セクター（業種）の昨年からの変化幅をみると、「公益事業」や「素材」でリスクが低下する結果となりました。全てのセクターでスコープ3はスコープ1と2によるリスクよりも小さい傾向がみられました。

図表 2-11 国内社債ポートフォリオの政策リスク

業種	政策リスク			前年からの変化
	CVaR	スコープ1+2	スコープ3	
電気通信サービス	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
金融	-0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
不動産	-0.1%	0.0%	-0.1%	0.1%
情報技術	-0.2%	-0.2%	0.0%	0.1%
ヘルスケア	-0.3%	-0.1%	-0.2%	0.0%
生活必需品	-0.4%	-0.2%	-0.2%	0.1%
一般消費財・サービス	-0.8%	-0.1%	-0.7%	0.1%
資本財・サービス	-2.2%	-2.0%	-0.2%	1.7%
素材	-19.3%	-18.7%	-0.6%	9.3%
公益事業	-24.7%	-23.6%	-1.1%	5.2%
エネルギー	-39.7%	-11.7%	-28.0%	35.4%

（注）前年からの変化は、スコープ1+2の変化

（出所）Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021.

図表 2-12 外国社債ポートフォリオの政策リスク

業種	政策リスク			前年からの変化
	CVaR	スコープ1+2	スコープ3	
不動産	-0.1%	-0.1%	0.0%	0.0%
情報技術	-0.2%	-0.2%	0.0%	-0.1%
ヘルスケア	-0.2%	-0.2%	-0.1%	0.0%
電気通信サービス	-0.2%	-0.2%	0.0%	0.1%
一般消費財・サービス	-1.0%	-0.5%	-0.6%	-0.1%
金融	-1.3%	-1.1%	-0.1%	-1.0%
生活必需品	-1.9%	-1.4%	-0.6%	-0.6%
資本財・サービス	-6.7%	-6.6%	-0.2%	-2.8%
素材	-13.5%	-13.2%	-0.3%	1.1%
エネルギー	-17.7%	-13.1%	-4.6%	-0.5%
公益事業	-20.6%	-20.4%	-0.2%	4.2%

（注）前年からの変化は、スコープ1+2の変化

（出所）Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021.

物理的リスク

物理的リスク

物理的リスクの分析では、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。具体的には、洪水や猛暑など気候変動によって引き起こされる異常気象を原因とした資産の損害や生産性の低下に伴う企業収益の減少を分析しています¹⁹。ごく少数ではありますが、気候変動による企業収益の増加の可能性も含んで分析されています。例えば気温上昇による寒冷地での稼働率向上や暖房コストの削減などが生じる場合には、物理的リスクの分析結果がプラスとなります。なお、今年から新たに豪雨などに伴う河川の氾濫による影響を評価する「河川洪水」のリスクの分析が追加されています。

株式ポートフォリオの物理的リスク

物理的リスクをセクター別・国内外別に分けてみると政策リスクとは異なる傾向が前年に引き続き確認されました(図表 2-13、2-14)。株式は全体的に債券よりもリスクが高い傾向が確認されました。また、特に国内株式ポートフォリオは外国株式ポートフォリオよりもリスクが高い傾向が確認されました。

国内株式ポートフォリオでは「公益事業」や「エネルギー」のリスクが大きいのは政策リスクと同様ですが、次いで「金融」や「生活必需品」のリスクが大きくなっています。一方、前年にリスクの大きかった「電気通信サービス」は、物理的リスクが比較的低い企業への投資比率が増加したことで、リスクは縮小しています。外国株式では「公益事業」、「エネルギー」のほか、「金融」や「不動産」、「電気通信サービス」のリスクが大きいことがわかります。これらの要因のほとんどは「沿岸洪水」と「猛暑」によるもので、「金融」では店舗の立地が、「生活必需品」は生産拠点や流通施設などの立地の海拔が低く、洪水の影響を受ける地域に多いことが影響していると考えられます。

国内外ともに「公益事業」の物理的リスクが最も高いという結果の背景には、物理的リスク・エクスポージャーの評価方法の更新があります。以前は各施設のリスクを評価する際、国別に企業の総収益を集計して各施設に均等割りすることで推計していましたが、新しい評価方法では、企業が所有する施設のロケーションごとの生産活動に基づいて収益を推計しています。この新しい評価方法が導入されたことにより、沿岸で発電事業を行っている公益事業会社のリスクが以前よりも高く評価されるようになりました。物理的リスク CVaR では、各施設が洪水などの被害にあったときに直接受ける資産損害だけでなく、施設ごとの生産活動が中断することに伴った収益の減少も評価しています。海面上昇の影響により沿岸洪水による最悪の被害を想定したシナリオにおいては、公益事業会社は発電施設への急性的な洪水被害により直接的な資産損害を被るだけでなく、発電事業活動が中断されることで収益が減少することが想定されています。その

¹⁹ 分析手法の詳細については P.63「物理的リスク CVaR について」をご参照ください。

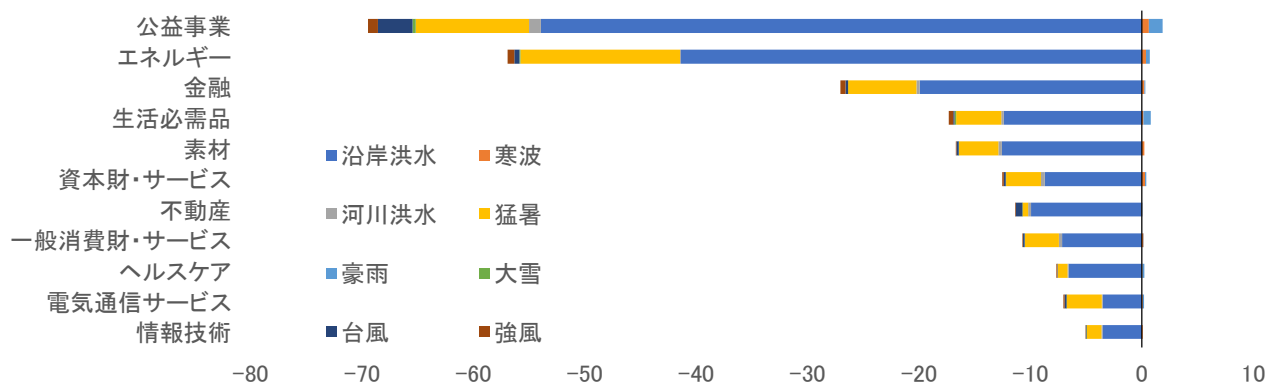
ため、新しい物理的リスクの評価方法では、発電事業など生産活動の拠点が沿岸にあり、洪水リスクに直面している場合、物理的リスク・エクスポージャーは高く評価されることになります。

このほか、国内外ともに「エネルギー」で「猛暑」の影響が大きくなっており、気温上昇などによる化石燃料の採掘効率や精製事業の低下等が影響していると考えられます。なお、「資本財・サービス」は、国内外問わず政策リスクは大きいとされていましたが、物理的リスクは低いという結果になりました。

債券ポートフォリオの物理的リスク

上述の通り、債券は全体的に株式よりもリスクが低い傾向が確認されました。また、国内債券ポートフォリオは外国債券ポートフォリオよりもリスクが高い傾向が確認されました。国内債券では、「公益事業」に次いで「ヘルスケア」や「生活必需品」、「素材」で物理的リスクが大きく、外国債券では「一般消費財・サービス」、「不動産」、「金融」のリスクが大きいことがわかりました（図表 2-15、2-16）。いずれにおいても「沿岸洪水」のリスクが大きいのは、店舗や工場などの施設立地によるものと考えられます。

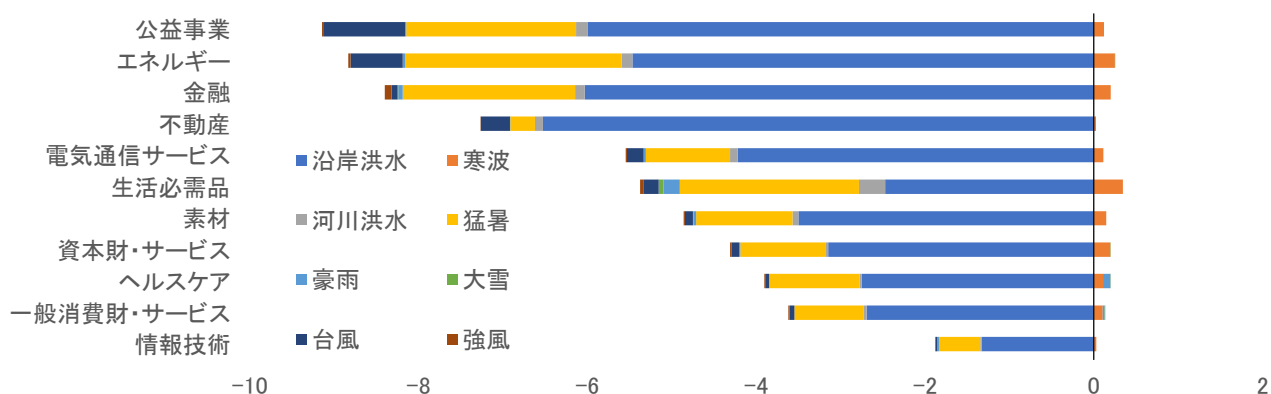
図表 2-13 国内株式ポートフォリオの物理的リスク



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

(加重平均物理的リスクCVaR、%)

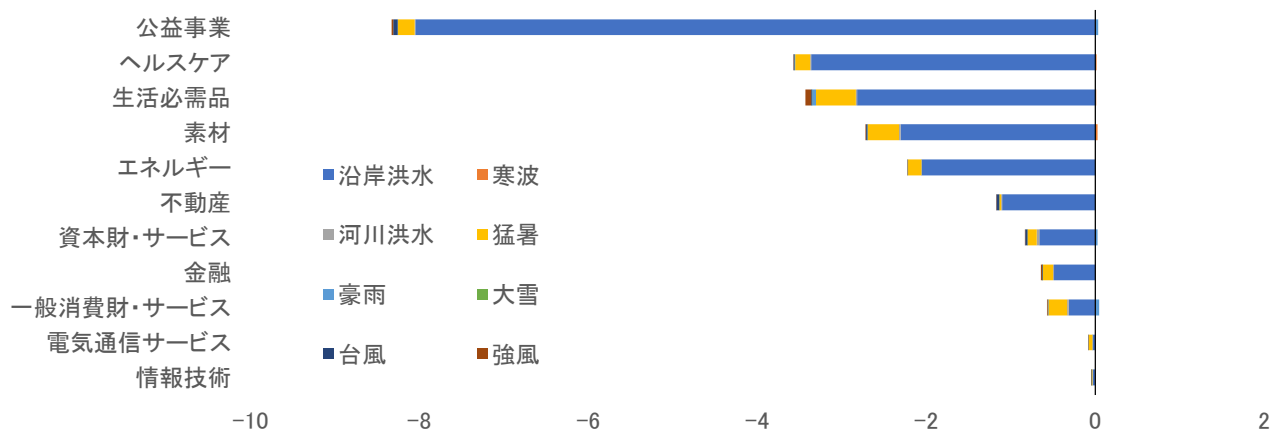
図表 2-14 外国株式ポートフォリオの物理的リスク



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

(加重平均物理的リスクCVaR、%)

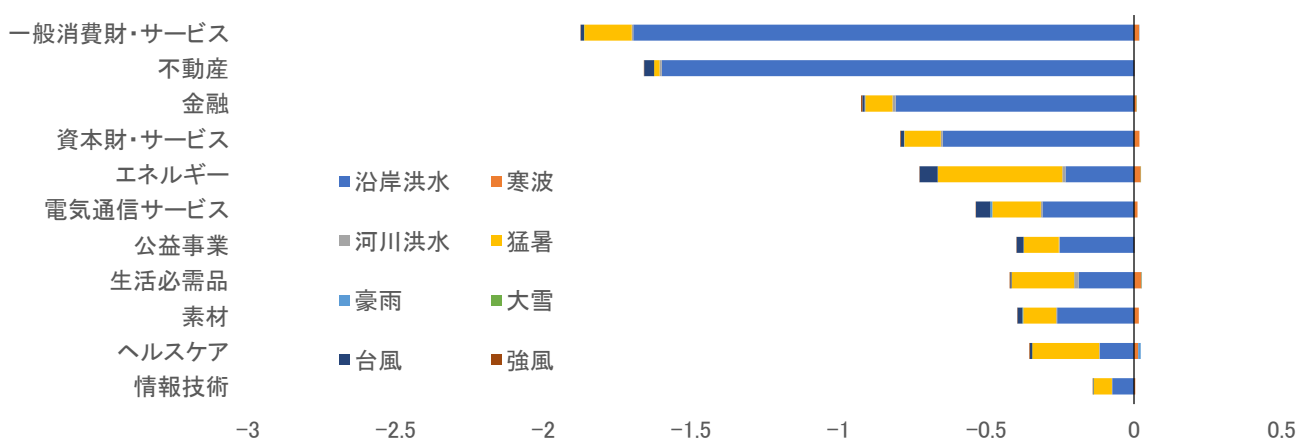
図表 2-15 国内債券ポートフォリオの物理的リスク



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

(加重平均物理的リスクCVaR、%)

図表 2-16 外国債券ポートフォリオの物理的リスク



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

(加重平均物理的リスクCVaR、%)

Climate Value-at-Risk 等を用いた国債ポートフォリオの分析

国債の CVaR 分析

昨年の CVaR の分析では、分析対象を株式と社債に限っていましたが、今年は国債を対象とする CVaR の分析を試みました。国債の CVaR 分析では、証券価値への影響を推計する株式・社債における CVaR とは異なり、2°C目標達成のための政策がとられた場合の2050年までの各国のGDPへの影響を分析します。

本分析では特に、下記のような問題意識に基づいて分析を行います。

- ① 2030年までの排出削減目標を早期に達成することは、より大きなトランジションコストにつながるのか。
- ② 早期に経済を脱炭素化することで、2050年までに早期に脱炭素化しない場合よりよい経済的成果につながるのか。
- ③ これらのパターンは、国によって大きく異なるのか。

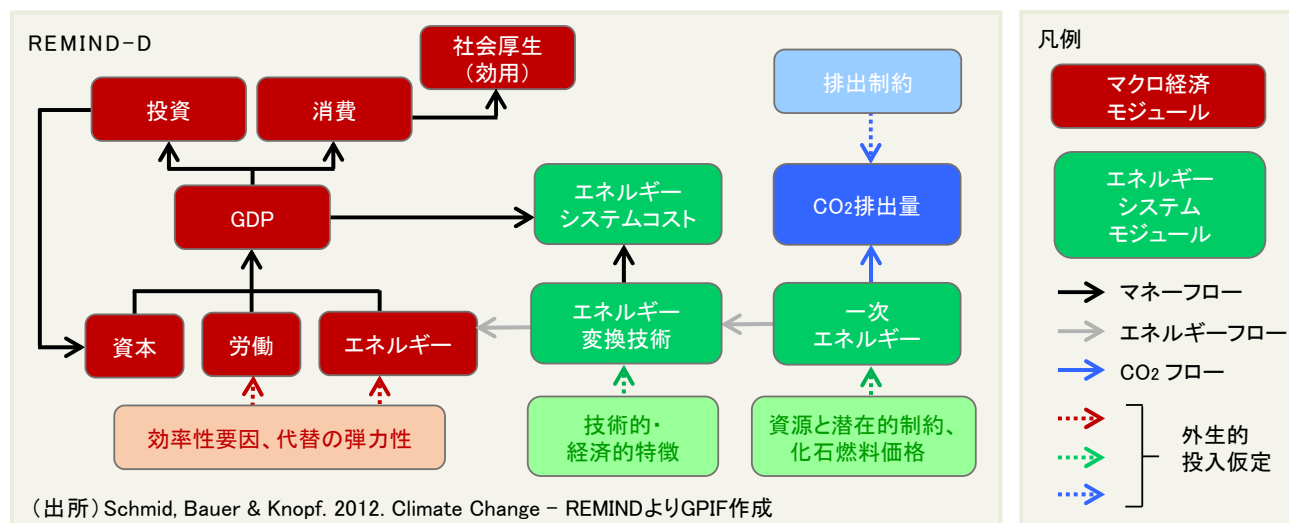
REMIND モデル

分析に当たっては、統合評価モデル(Integrated Assessment Model)を使用しました。統合評価モデルとは、マクロ経済、地球科学、エネルギーシステムなどの相互関係を統合的に評価するモデルです。GDPの推移や排出目標など多くのデータをインプットし、地表の温度やカーボンプライス、排出経路やGDPへの影響などのアウトプットを推計します。経済予測では通常、比較的短期のGDPを正確に予測することに重点が置かれていますが、統合評価モデルではより長期におけるGDPへの影響度に重点が置かれます。本分析においても、GDPへの影響の絶対的な水準ではなく、シナリオ間の差異に注目しています。

具体的には、本稿ではポツダム気候変動研究所が開発し、NGFS(気候変動リスクに係る金融当局ネットワーク)がフェーズ1で採用した3つの統合評価モデルのうちの一つである、REMINDモデル(REMIND1.7-MagPIE 3.0 Integrated Assessment Model)を使って分析を行いました。統合評価モデルを使ったマクロ経済への影響分析は、これまでも行われてきましたが、分析機関により前提が異なるため、投資分析に使う上では難しい面がありました。この問題に対応するため、NGFSは統合評価モデルにインプットする様々な前提を標準的なかたちで定義した「NGFSシナリオ」を策定しました。

REMIND (Regional Model of Investment and Development)モデルでは、まず、「エネルギーシステムモジュール」(図表2-17、緑と青の部分)の分析を行います。この分析では、2°C目標に合わせて2011年から2100年までの世界の累積CO₂排出量を1,000Gtに抑える制約を設定しています。また、カーボンプライシングについては、各地で異なる炭素価格が徐々に世界共通の価格となるよう設定しています。CO₂除去(Carbon Dioxide Removal: CDR)については、REMINDモデルにおける調査結果に基づき、各国のキャパシティを推計しています。こうした分析の後、マクロ経済モジュール(図表2-17、赤の部分)の分析を行います。マクロ経済分析では、「労働力」、「資本」と「エネルギー利用」という三つの生産要素を分析します。シナリオによるGDPへの影響の違いは、これらの生産要素の中でも主に「エネルギー利用」の違いに起因します。

図表 2-17 REMIND モデルの仕様



早期対策シナリオと対策遅延シナリオ

分析にあたっては、二つのシナリオを設定しました。今世紀末までに 2℃目標が達成される場合でも、達成の経路は一樣ではありません。本分析では、① 早期に積極的な対策を行う「Immediate 2℃シナリオ」(以下、早期対策シナリオ)、および②対策が遅延する「Delayed 2℃シナリオ」(以下、対策遅延シナリオ)を想定し、この二つのシナリオにおける、日本、米国、欧州の各地域の GDP への影響を分析しました。この二つのシナリオの主な前提条件は下記の通りです。

- ① 早期対策シナリオでは、2020 年代に再生可能エネルギーの発電能力が急拡大することを前提としています。加えて、2030 年代に全ての国で炭素価格が急上昇し、経済全体において脱炭素化に向けた動きが加速することを想定します(図表 2-18)。
- ② 対策遅延シナリオでは、各国はパリ協定締結後の 2016 年に掲げた元々の国別目標を 2030 年までに達成する一方、環境保全的なエネルギー技術の普及は 2030 年以降になることを想定します。また、炭素価格は 2030 年まではあまり上がらず、2030 年以降に高騰することを想定します(図表 2-18)。

図表 2-18 各国のシナリオ別カーボンプライスの想定(US\$2010/t CO₂)

対策遅延シナリオ	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
日本	3.3	13.7	359.0	704.4	1,147.4	1,644.1	2,140.9	2,637.6	3,134.3
米国	3.3	48.7	376.6						
欧州	5.5	57.3	381.0						

早期対策シナリオ	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
日本	3.3	96.3	189.3	308.3	502.2	719.6	937.1	1,154.5	1,372.0
米国	3.3	96.3							
欧州	5.5	97.4							

(注) CDRの利用は限定的であるという想定シナリオ

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

分析結果

REMIND モデルを使い、早期対策シナリオと対策遅延シナリオにおける、日本・米国・欧州の GDP への影響について分析した結果、早期対策シナリオの方が、一時的に GDP へのマイナスの影響が大きくなるものの少なくとも 2040 年までに、対策遅延シナリオと同じ水準の GDP に達するという結果になりました。早期対策シナリオのコストは、対策遅延シナリオと比べると小さくすむ、ということがわかりました。

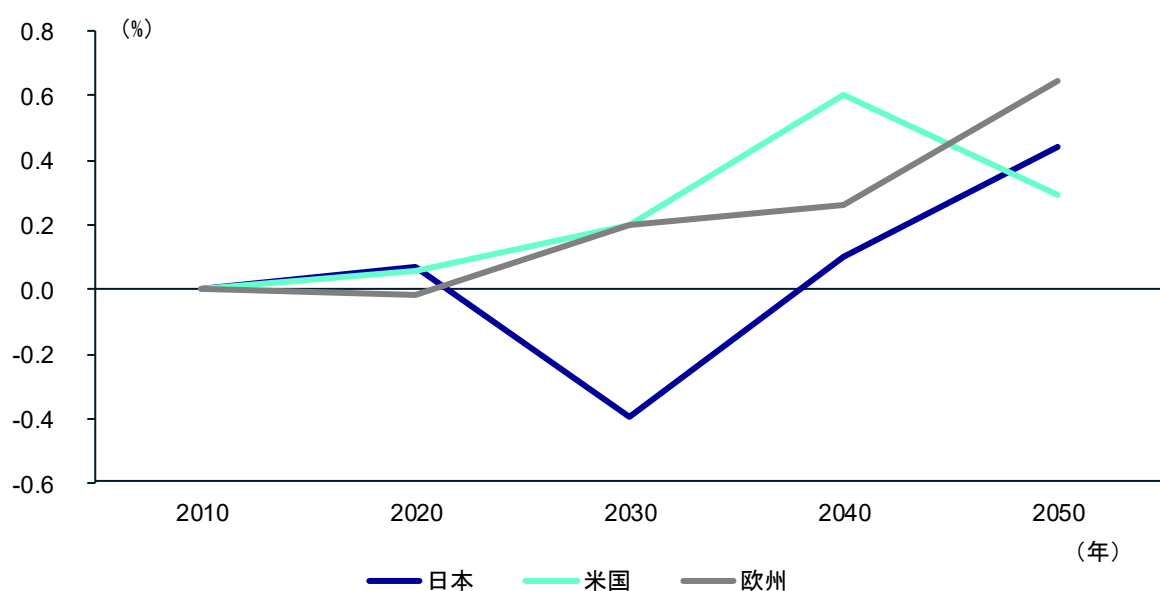
日本・米国・欧州のいずれの地域においても、対策をとった場合に GDP は押し下げられますが、シナリオによって、また地域によって GDP への影響は異なります。

図表 2-19 に早期対策シナリオと対策遅延シナリオにおける GDP への影響の違い(両シナリオの GDP の差)を示しましたが、図表中の値がプラス(マイナス)の場合、早期対策シナリオをとった方が GDP にプラス(マイナス)と解釈できます。

日本においては、2030 年時点では早期対策シナリオをとった方が GDP にマイナスですが、2040 年時点および 2050 年時点では早期対策シナリオをとった方が GDP にプラスとなっています。米国と欧州では、2030 年、2040 年、2050 年いずれの時点においても、早期対策シナリオをとった方が GDP にプラスとなっています。気候変動対策が早期にとられるシナリオは、対策遅延シナリオと比較して、長期的には GDP への正の影響が期待されるという分析結果が示されています。

図表 2-19 GPIF 国債ポートフォリオの分析: 早期対策シナリオと対策遅延シナリオにおける GDP の差

国・地域	早期対策シナリオ vs 対策遅延シナリオ		
	2030年	2040年	2050年
日本	-0.4%	0.1%	0.4%
米国	0.2%	0.6%	0.3%
欧州	0.2%	0.3%	0.6%



(注) GPIF ポートフォリオは 2020 年 4 月末時点

(出所) MSCI ESG Research LLC, REMIND-MAGPIE 1.7-3.0, NGFS Phase I Scenarios of June 2020, IIASA 2020

ポートフォリオの温暖化ポテンシャル分析

温暖化ポテンシャル分析とは

「温暖化ポテンシャル分析」とは、対象企業の温室効果ガス排出量がどの程度の温暖化をもたらす水準の排出量なのかを、気温上昇の尺度で評価するものです。具体的には、対象企業の2100年までの温室効果ガス排出量の推移を予測し、地球全体の温室効果ガス排出量が同様に推移した場合、地球の平均気温がどの程度上昇するかを推計します。

温暖化ポテンシャルの推計に当たっては、①国連環境計画(UNEP)が発行する Emissions Gap Report 等の文献に基づき、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の関数を導出し、②各企業の将来のカーボンインテンシティを推計します(図表 2-20)。その後、③ポートフォリオ構成企業の総合温暖化ポテンシャルを、①で導出した関数と②で推計した各企業のカーボンインテンシティ、加えて各企業の排出削減目標やクリーン技術による収益等から推計し(図表 2-21)、④ポートフォリオにおける構成比で加重平均することで、ポートフォリオの総合温暖化ポテンシャルを算出します。なお、クリーン技術による収益は、温暖化を防止する効果が期待されるため、「寒冷化ポテンシャル」として総合温暖化ポテンシャルを押し下げます。MSCI では、UNEP が発行する Emissions Gap Report 等の文献に基づき、企業ごとに収益1ドルあたりの寒冷化ポテンシャルを推計しています。

昨年までの温暖化ポテンシャルの分析では、温室効果ガス排出量としてスコープ1(直接排出量)を対象としていました。今年はこれにスコープ2とスコープ3(間接排出量)を対象に加え、また企業の排出削減目標も加味した分析を行いました。企業の排出削減目標は、カーボンインテンシティで設定している場合もあれば、排出量の絶対値で設定している場合もあり、また範囲(スコープ)も企業によって異なるため、分析を行うに際してはデータをモデルに基づき標準化しています。

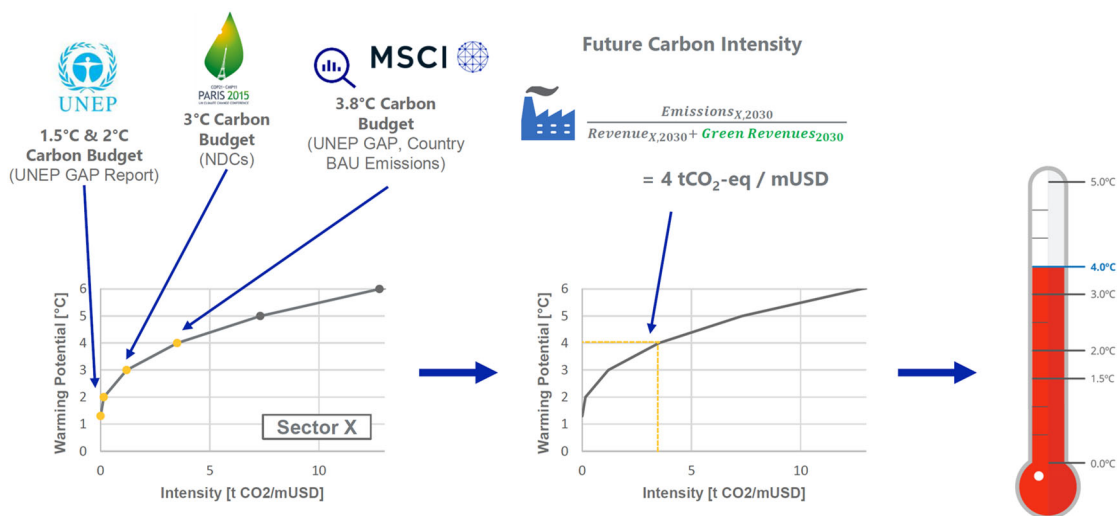
GPIF ポートフォリオの総合温暖化ポテンシャル

GPIF ポートフォリオ全体の総合温暖化ポテンシャルは、国内株式 3.40℃、国内債券(社債) 3.26℃、外国株式が 3.49℃、外国債券(社債) 4.34℃という結果となりました(図表 2-22~25)。いずれの資産においても温暖化ポテンシャルは2℃を大幅に上回っています。国内外の傾向をみると、総合温暖化ポテンシャルの水準は概して外国企業が国内企業を上回る結果となりました。

各資産におけるセクター別の総合温暖化ポテンシャルの傾向をみると、いずれの資産においても「エネルギー」および「素材」セクターで高い傾向がみられました(図表 2-22~25)。なお、国内外の傾向をみると、特にこれら「エネルギー」および「素材」セクターにおいて外国企業が国内企業を上回っています。

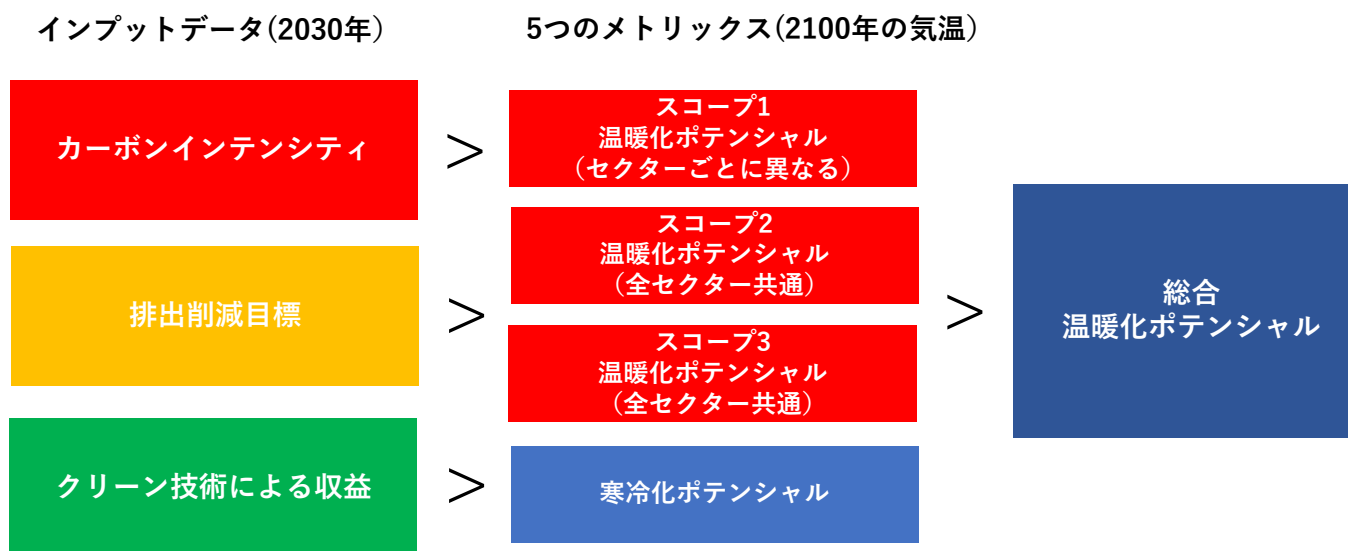
なお、当然のことながら、いずれの場合も温暖化ポテンシャルは削減目標を加味した場合、加味しない場合よりも低下しています。温暖化ポテンシャルを2℃に近づけるためには、企業が削減目標を設定し、それに向けた取組みを進めることが重要と言えるでしょう。

図表 2-20 温暖化ポテンシャル計算の概念図



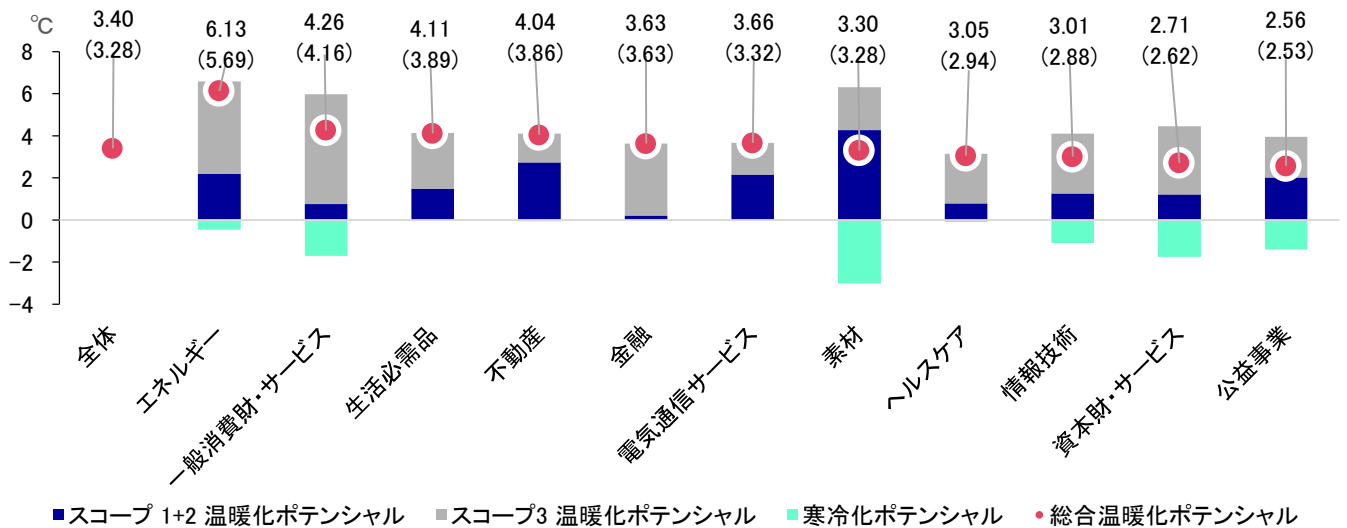
(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

図表 2-21 温暖化ポテンシャル計算で利用するデータ



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

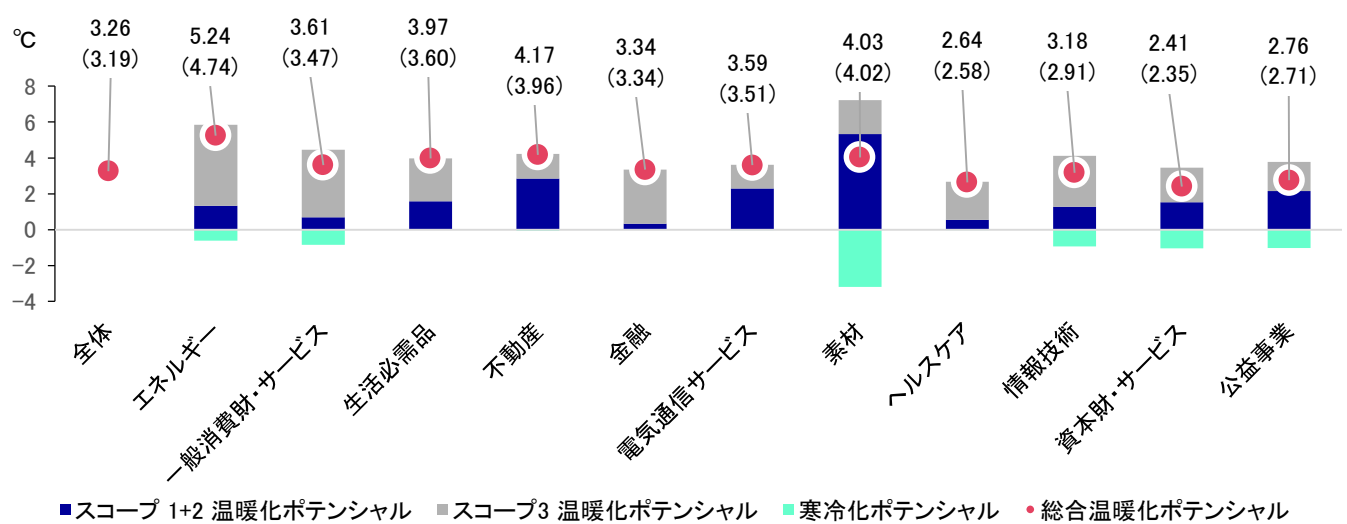
図表 2-22 GPIF の国内株式ポートフォリオの温暖化ポテンシャル



(注) 温暖化ポテンシャルは、削減目標を加味しないものを掲載。削減目標を加味した温暖化ポテンシャルの数値はラベルの()内

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

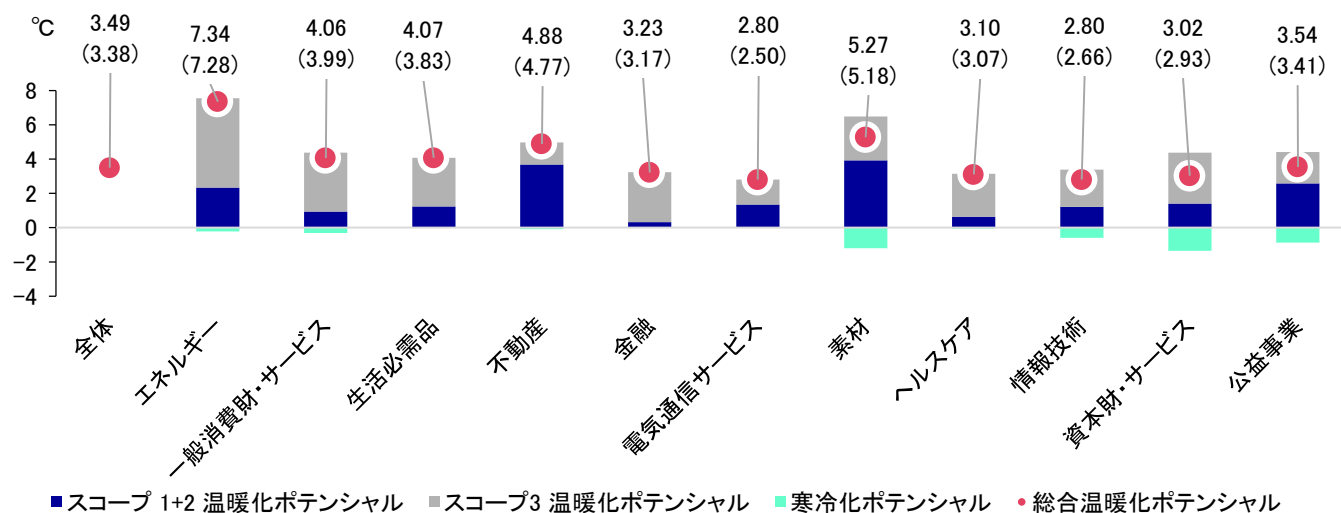
図表 2-23 GPIF の国内債券(社債)ポートフォリオの温暖化ポテンシャル



(注) 温暖化ポテンシャルは、削減目標を加味しないものを掲載。削減目標を加味した温暖化ポテンシャルの数値はラベルの()内

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

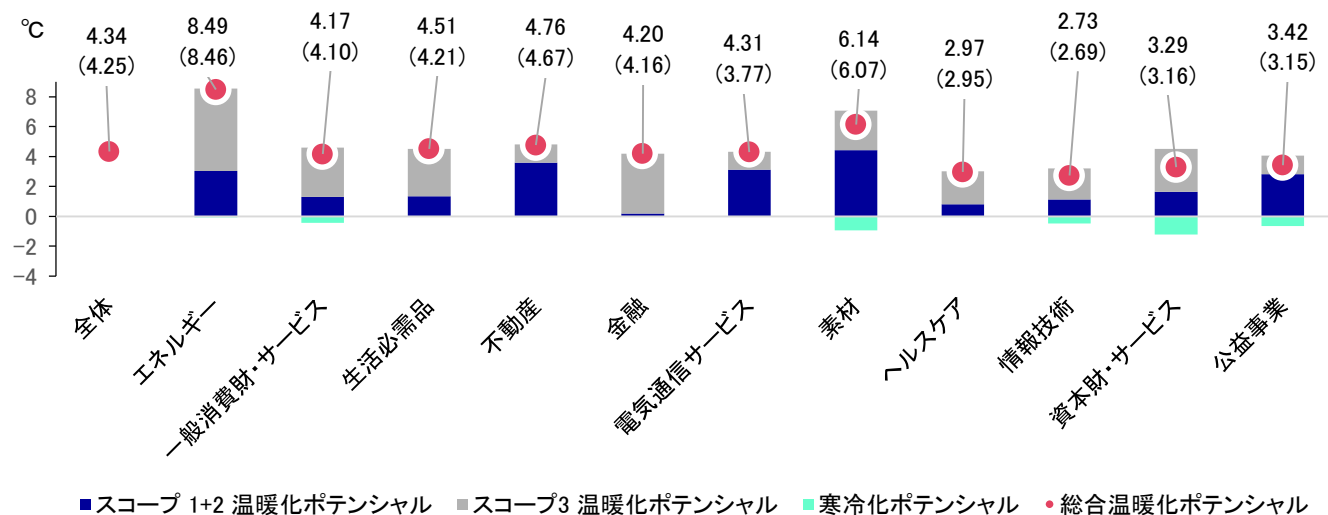
図表 2-24 GPIF の外国株式ポートフォリオの温暖化ポテンシャル



(注) 温暖化ポテンシャルは、削減目標を加味しないものを掲載。削減目標を加味した温暖化ポテンシャルの数値はラベルの()内

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

図表 2-25 GPIF の外国債券(社債)ポートフォリオの温暖化ポテンシャル



(注) 温暖化ポテンシャルは、削減目標を加味しないものを掲載。削減目標を加味した温暖化ポテンシャルの数値はラベルの()内

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

Climate Value-at-Risk 等を用いた不動産ポートフォリオの分析

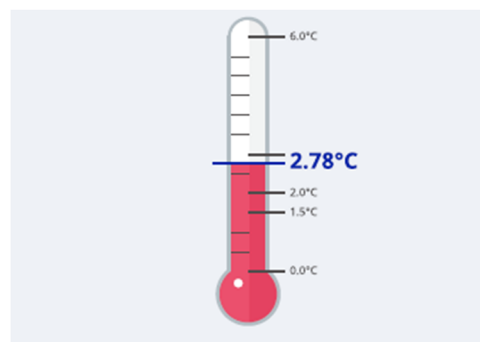
不動産ポートフォリオの気候変動リスク分析

GPIF が保有するポートフォリオには、株式・債券などのいわゆる伝統的資産に加えて、インフラストラクチャー、プライベート・エクイティ、不動産などを投資対象とするオルタナティブ資産も含まれます。今年度の気候関連財務情報の開示では、オルタナティブ資産のうち GPIF が私募ファンドを通じて日本国内で投資している不動産を対象に、気候変動リスクの分析を行いました。分析対象とした国内不動産の純資産総額（NAV）ベースのポートフォリオウエイトは、物流施設などの産業用の物件が 60.8%と最も多く、次いで賃貸住宅（15.1%）、小売（12.3%）、オフィス（10%）の順となっています。この不動産ポートフォリオを対象に、気候変動リスクとして（1）物理的リスク、（2）政策リスク、（3）温暖化ポテンシャルを分析しました（図表 2-26）²⁰。

図表 2-26 不動産ポートフォリオの気候変動リスク分析の概要

評価	運用資産に占める割合（%Value）	
	物理的リスク	政策リスク
とても高い	0	0
高い	4	0
中程度	24	23
低い	4	14
とても低い	68	22
リスクなし	0	41

温暖化ポテンシャル



（出所）Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

²⁰ 分析手法の詳細については P.57-64「（補遺）CVaR: メソドロジーの説明」をご参照ください。

物理的リスク

物理的リスクの分析では、気候変動に起因する異常気象が与える建物への損害と気温の変化による冷暖房コストの増加リスクを予測します。具体的には、①沿岸洪水、②河川洪水、③台風、④猛暑、⑤寒波とそれらを総合した物理的リスク全体についてセクター別にリスクを評価しました。なお、物件ごとの物理的リスクへの対策の情報が取得できた場合は分析に一部加味されますが、概ね物件の立地およびその地形の情報が重視される分析手法となっています。

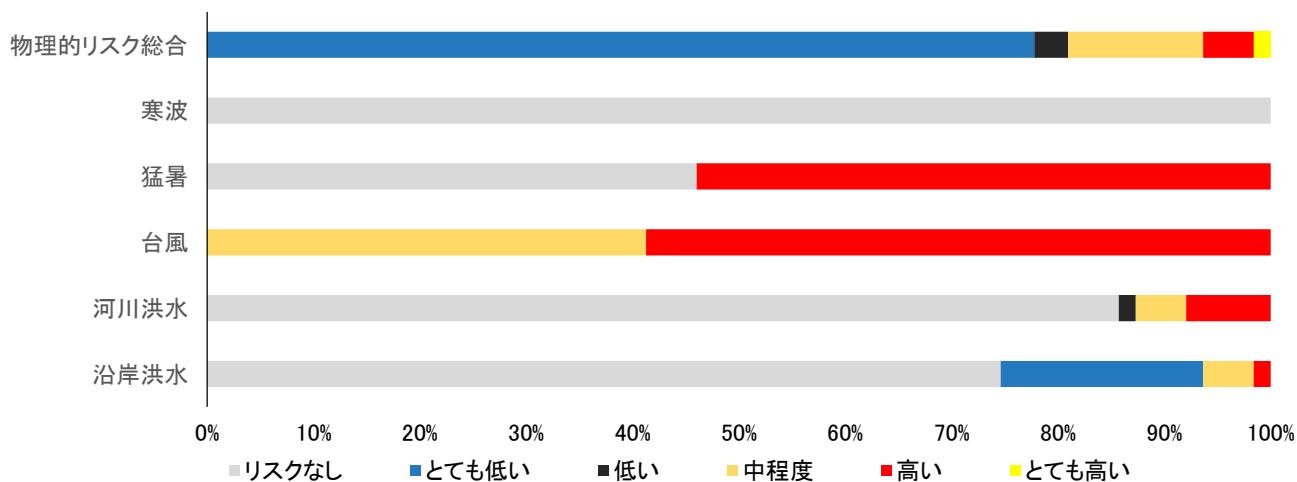
物理的リスクは、「エクスポージャー（企業が保有している資産の場所、規模、種類及び価値を基に評価）」と「ハザード（異常気象の発生確率と深刻度）」、「脆弱性（被害の傾向や影響を受けやすい設備要因）」の3つの要素について、各施設レベルで分析し、「とても高い」「高い」「中程度」「低い」「とても低い」のほか「リスクなし」の6段階で評価します。分析結果（図表 2-27）を見ると、いずれのセクターにおいても③台風のリスクが高く、また賃貸住宅を除いて④猛暑についてもリスクが高いことが示されました。一方で、国内で特に意識される①沿岸洪水や②河川洪水については、ごく少数の沿岸洪水などのリスクが高い物件が含まれているものの、ポートフォリオに与えるリスクは低いという結果となりました。このため、①～⑤を総合した物理的リスク全体でみると各セクターのリスクは「低い」か「とても低い」結果となりました（図表 2-28）。

図表 2-27 セクター別の物理的リスク

	沿岸洪水	河川洪水	台風	猛暑	極寒	物理的リスク総合
産業	とても低い	低い	高い	高い	リスクなし	低い
オフィス	とても低い	リスクなし	高い	高い	リスクなし	とても低い
賃貸住宅	とても低い	リスクなし	高い	リスクなし	リスクなし	低い
小売	リスクなし	リスクなし	高い	高い	リスクなし	とても低い
その他	リスクなし	リスクなし	高い	高い	リスクなし	とても低い

（出所）Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021.

図表 2-28 物理的リスク別の物件数の分布



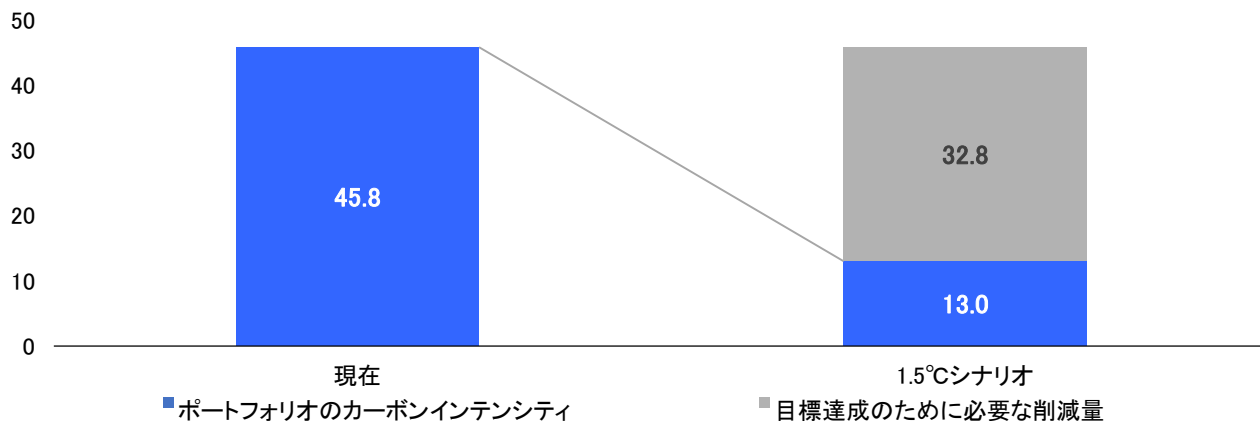
(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021.

政策リスク

政策リスク分析では、物件ごとのカーボンインテンシティ(面積当たりの温室効果ガス排出量)を計測し、1.5℃目標、2℃目標、3℃目標それぞれを目指す場合の2034年末(基準年となる2020年末から14年後)にかけてのカーボンインテンシティの必要削減量を試算しました。なお、物件ごとの環境性能やエネルギー利用状況の情報が取得できた場合は分析に加味されますが、それらの情報が開示されていない場合はセクター毎の平均的な値を用いた手法となっています。その結果、分析対象ポートフォリオが1.5℃目標を実現するためには今後約10年の間に合計で1平方メートル当たり32.8二酸化炭素換算kg排出量削減が必要になることが示されました(図表2-29)。

図表 2-29 1.5°Cシナリオ実現に必要な温室効果ガス排出削減量

(二酸化炭素換算kg/平方メートル)



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021.

温暖化ポテンシャルと移行リスク

最後に、分析対象ポートフォリオの温暖化ポテンシャルを分析しました。セクター別にみると、小売の温暖化ポテンシャルは 3.8°C、オフィスは 2.68°C、産業は 2.33°C、賃貸住宅は 3.8°C となり、これらを総合した統合温暖化ポテンシャルは 2.78°C となりました(図表 2-30)。パリ協定で定められた 2°C 目標や 1.5°C 目標を上回る現状が確認されました。

以上のように、不動産ポートフォリオに関する気候関連財務情報の分析を行うことで、自然災害による物理的リスクや政策リスク、温暖化ポテンシャルなどを評価することができました。ただし、伝統的資産の気候関連のリスクと機会分析とは異なり、オルタナティブ資産ではデータの制約によって分析対象の拡大が一筋縄でいかないことや、各物件をポートフォリオレベルに集計する際に、延べ床面積に基づいて加重平均するか、資産価格に基づいて加重平均するかによって結果が異なるなど、オルタナティブ資産の気候関連の分析については、更なる発展の余地が残されていると言えるでしょう。

図表 2-30 国内不動産ポートフォリオの温暖化ポテンシャル



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

(補遺)CVaR:メソドロジーの説明

CVaR の特徴

MSCI 社が提供する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。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します。計測方法には、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で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²¹、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(図表 2-31)。①と②は、いわゆる「移行リスクと機会」に相当し、③の物理的リスクと統合的に評価することができます。次節以降で、上述の①②③のそれぞれの CVaR について、少し詳しくみていきます。

図表 2-31 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©2021

²¹ 昨年度の ESG 活動報告および ESG 活動報告別冊では「物理的リスクと機会」と表記していたものを今年度は「物理的リスク」と表記しています。ただし、本文記載の通り、企業収益に対する正の影響と負の影響をネットしたものである点は昨年度と同様です。

気候変動政策リスク CVaR について

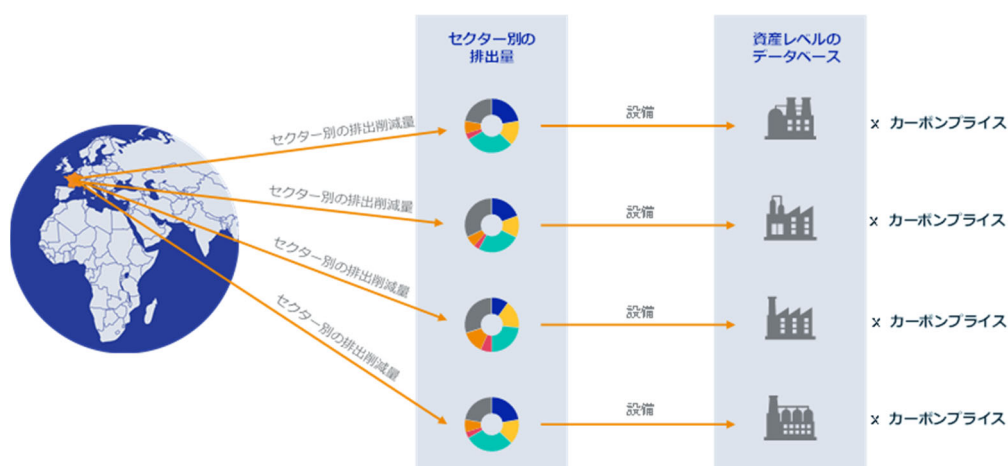
気候変動政策リスク CVaR(本稿では「政策リスク CVaR」と同義)は、21 世紀末までの期間を想定して将来の気候変動に関連する政策によって企業が負担するコストを計算します。このモデルは気候変動に関する政策によって要求される将来の排出削減費用を企業レベルで推計することで、気候変動に関係する政策が企業価値及び証券価値に与えるダウンスайдリスクの影響を分析します。

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が企業に与える影響について、事業活動から直接排出されるスコープ 1 の GHG 排出量と間接的に排出されるスコープ 2 と 3 の GHG 排出量にわけて分析しています。スコープ 1 排出量に関する分析では、NDC 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」の原則に基づき、企業の GHG 排出量に応じて、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(図表 2-32)。

この気候変動政策コストの一部は、後述するように企業のバリューチェーン内の顧客やサプライヤーに転嫁されるモデルとなっています。ちなみに炭素価格は、統合評価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。

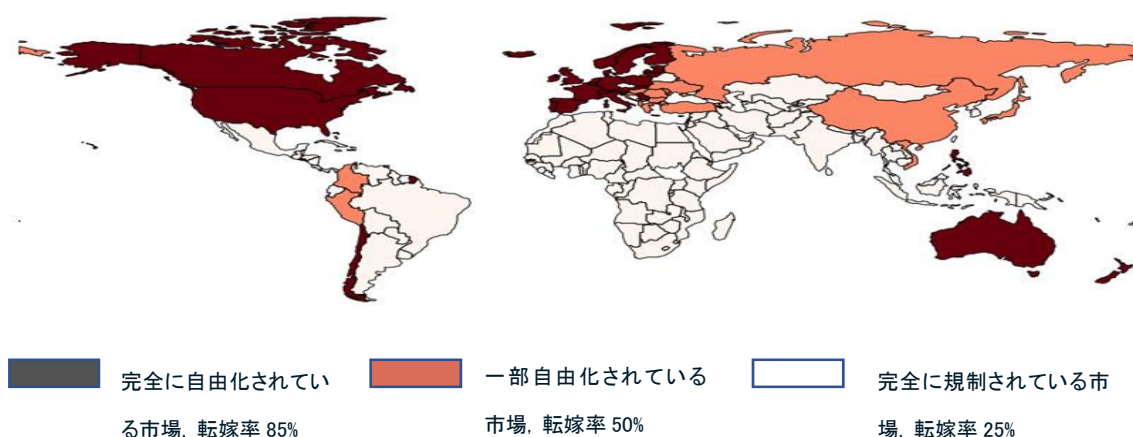
図表 2-32 気候変動政策リスク CVaR のスコープ 1 排出量の分析モデルのイメージ図



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

スコープ2 排出量に関する分析では、発電事業者が負担する GHG 排出量削減コストが電力の消費者に転嫁された時のコストを算出しています。低炭素経済への移行には、石炭や天然ガスなどの電力源から、より低炭素もしくは GHG 排出を伴わない電力源への切り替えが必要となります。しかしながら、この移行にはコストがかかることがあります。電力会社にとって、化石燃料をベースとした火力発電所を段階的に廃止し、低炭素の電源へ移行することは設備投資費の増加につながります。その中には、老朽化した発電所の廃止、新技術の導入、新たな電源からの供給を確保するための電力網の更新費用などが含まれます。電力会社はこれらすべてのコストを負担するわけではなく、その一部は電力の消費者に転嫁されます。統合評価モデルから取得できるシナリオ別の電力生産量と消費量のデータ、また消費者へのコストの転嫁率の推計値を用いて、移行シナリオごとの電力消費に伴う潜在的なコストを算出しています。例えば、電力市場が完全に自由化されている地域については、発電事業者は 85%のコストを最終消費者に転嫁することを想定しています。一部自由化されている地域については 50%、完全に規制されている地域については 25%の転嫁率を想定しています。

図表 2-33 気候変動政策リスク CVaR のスコープ2 排出量の転嫁率



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

スコープ3 排出量に関する分析では、バリューチェーン内の潜在的な脱炭素関連コストを分析しています。バリューチェーン内の潜在的な脱炭素関連コストは事業者のスコープ3 排出量の大きさによって決まります。スコープ3 の脱炭素関連コストと想定負担率を組み合わせることで、バリューチェーンからの GHG 排出量により企業が負担することになるコストへの影響を推計しています。想定負担率は企業がバリューチェーンから排出される GHG の量によってどの程度のコストを負担することになるかを表しています。また、バリューチェーンからの GHG 排出量は、GHG プロトコル²²によると上流と下流の15の排出源に分けられており、CVaR の分析においても上流と下流のカテゴリーごとにその影響を区別しています。例えば、上流の GHG 排出量

²² 温室効果ガス排出量の算定と報告に関する国際的な基準。世界資源研究所と WBCSD が政府・企業・NGO と協働して運営しており、スコープ1・2・3 の定義等を公表している。GHG Protocol <https://ghgprotocol.org/>

を分析することで、企業の資材の調達コストなどが増えるリスクを評価しており、下流の GHG 排出量を分析することで需要の変化により企業の市場シェアが失われるリスクを評価しています。このように、バリューチェーンの上流と下流からの GHG 排出量を独立して個別に評価することで、企業の「バリューチェーン(スコープ3)C-VaR」を計算し、企業の気候変動政策リスクの一部として評価しています。バリューチェーンの上流と下流での影響を区別するために適用している想定負担率は次の通りになります(図表2-34)。

スコープ3 上流の負担率: 上流の負担率は、バリューチェーンの上流の企業から評価対象の企業に転嫁されるコストの割合を示しています。各国が GHG 排出量の削減を目的とした気候変動政策を実施した場合、企業はより排出量の少ない生産技術の導入や製品開発に移行する必要性が生じ、それが出来ない場合には罰金や税金を支払うリスクに直面する可能性があります。これは、気候変動政策に準拠するための資本支出や事業費の増加につながり、ひいては企業の限界生産費を増加させる可能性があります。企業の製品市場での競争力や企業がいかに効率的にコストを内部化できるかは、企業が気候コストの内どれだけを顧客に転嫁することができるのかといった分析に影響します。

スコープ3 下流の負担率: 下流の負担率は、自社の製品に対する市場の需要が影響を受けたことにより企業が吸収しなければなくなるコストの割合です。低炭素経済移行シナリオにおいては、GHG 排出量削減を目的とした規制が実施されることで、高 GHG 排出製品に対する市場の需要が低迷し、低炭素製品からゼロ・エミッション製品へ市場の需要が移行していくことが想定されています。これは、特定のセクターにおいては自社の製品の需要が急激に減少する可能性があることを意味しています。想定負担率は、需要の価格弾力性と製品の代替可能性によって異なります。

図表 2-34 気候変動政策リスク CVaR のスコープ3 排出量の想定負担率の例

スコープ3 カテゴリー		想定負担率	根拠	調査研究
デフォルト負担率		45%	調査により、産業全般の負担率は低く、45%であることが示された。	Nuehoff&Ritz(2019) MSCI ESG Researchの推定値
4 + 9	上・下流輸送	100%	利益率が低いため、輸送に伴うコストは高い割合で転嫁されることが一般的であり、負担率は高い。	MSCI ESG Researchの推定値
6	出張	78%	調査により、航空旅行などビジネス向けの主要な輸送手段の中には、高い転嫁率を示しているものがあつた。	Grey&Ritz(2018)
7	通勤	0%	従業員がコストを負担するため、転嫁率はないと想定。	MSCI ESG Researchの推定値
11	販売した製品の使用	セクター別	負担率は、次のような幾つかのセクター固有の要因に依存する:	Droege[2013] Ganapati他(2019年) MSCI ESG Researchの推定値
	• 一般消費財	60%	• 需要の価格弾力性	
	• エネルギー	55%	• サプライチェーンの複雑さ	
	• 素材	10%	• セクターの競争力	
15	投資	5%	時価総額に対する投資コストの影響が限定的であることが、低い負担率に繋がっている。	MSCI ESG Researchの推定値

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

二重計上の問題への対策について

スコープ3からのGHG排出量が機関投資家の気候リスク管理上の重要な要素となる中、GHG排出量の二重計上の問題を考える必要があります。GHG排出量の二重計上とは、同じ排出量を2回以上計上することを指します。例えば、ある企業のスコープ1のGHG排出量が、他の企業のスコープ3のGHG排出量に計上されている場合などです。これは主に、企業の包括的なカーボン・フットプリント(スコープ1、2、3)を投資ポートフォリオ内でまとめた場合に起こります。同じバリューチェーン内の企業が同じ排出量を算出・報告していても、二重計上の理由は異なります。例えば、石油採掘会社は、販売した燃料製品の燃焼時に発生したGHG排出量を報告する一方、自動車会社は販売した自動車の使用時に発生したGHG排出量の報告に同じ燃料の燃焼による排出を含める必要があります。化石燃料精製会社の中にも、同様の算出・報告を行っている場合があります。ほとんどの場合において、モデルの推計結果は問題なく利用できますが、二重計上を含めることが障壁となりうる場合があります。CVaRの分析においても、スコープ3の排出量から二重計上を完全に排除することは不可能であると認識しています。その中でも最も困難な問題は、個々の企業により二重計上のレベルが大きく異なる可能性があることです。

このような二重計上の障壁があるものの、投資ポートフォリオの上流および下流の気候リスクの把握を求める声が高まっています。CVaRの分析では、二重計上の影響を抑制するための調整係数である「重複排除係数」を用いています。重複排除係数の算出にあたっては、まずマクロレベルでの二重計上を判断するために、スコープ1のGHG排出量とスコープ3のGHG排出量の両データポイントが存在する最大の企業群(1万以上の企業)のGHG排出量の総計をスコープごとに計算し、その関係性を割り出しました。この2つのデータセットのGHG排出量が限られたひとつの閉鎖環境内であると仮定した場合、両データポイントの関係性は発生した二重計上の近似値として考慮することができます。実際にある時点におけるスコープ3の排出量はすべて、他の企業のスコープ1の排出量であったと考えられます。CVaRモデルでは、このような関係性から重複排除係数を計算し、分析に適用しています。

図表 2-35 気候変動政策リスク CVaR のスコープ3 排出量の想定負担率のイメージ図

企業数	10,881
スコープ1の総排出量の合計	15,028 MtCO ₂ /年
スコープ3の総排出量の合計	68,080 MtCO ₂ /年
重複排除係数	~ 0.22

(注)この重複排除係数は例示のためのものであり、CVaRの計算に使用される実際の係数ではない場合があります。

(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

低炭素技術機会 CVaR について

低炭素技術機会 CVaR は、企業の低炭素技術特許の取得状況評価と現在の低炭素技術関連収益を基にして、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します。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が計算されます(図表2-36)。

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。

図表 2-36 特許スコア計算における4つの統計的尺度

特許前方引用	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。
特許後方引用	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。
市場カバレッジ	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。
CPC カバレッジ	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、国際特許分類を基に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©2021

物理的リスク CVaR について

物理的リスク CVaR では、過去 40 年間に観測された異常気象パターンに基づき、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への影響を分析します。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 CVaR は、「エクスポージャー(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)」「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を推計します。

なお、物理的リスク 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)に分類されています。物理的リスク CVaR 分析において対象となっていた 7 つの自然災害に、今年度は河川の氾濫リスクを新たに追加したことで、以下の 8 種類の異常気象の財務的影響を分析対象にしています(図表 2-37)。

新たに追加された自然災害:河川の氾濫リスク

水害の影響を受ける地域は通常沿岸線の比較的限られた地域ですが、これらの地域には経済活動や資産が集中しているため、潜在的に大きな損失リスクに晒されています。物理的リスク CVaR では、広範なハザードデータセット、地域毎の洪水対策に関するデータ、及びセクター別の脆弱性の特徴に基づいて河川の氾濫および沿岸洪水が投資ポートフォリオに与える影響を評価しています。具体的には影響を受けた資産の修繕や買い換え、業務の復旧にかかる費用、ならびに業務の中断による影響など、事業活動に財務インパクトを及ぼすあらゆる影響を推計しています。

図表 2-37 物理的リスク CVaR の分析対象となる自然災害



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research LLC©2021

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 の推計では、4 つのステップで分析を行います。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(図表 2-38)。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。

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²³。

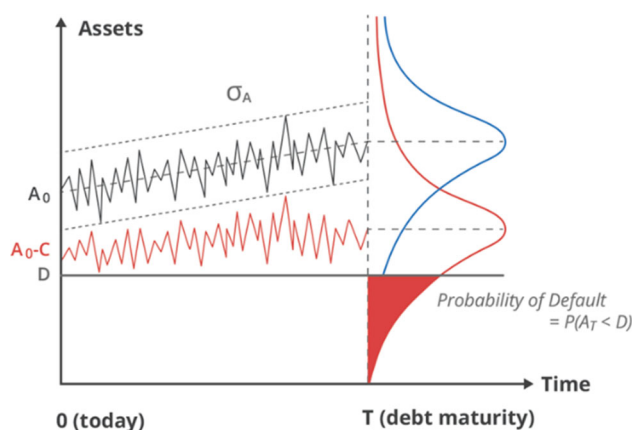
最後に Step4 で、企業全体のレベルで算出された CVaR を株式と債券という証券レベルに分割します。その方法は、マートンモデルにより、気候変動関連のコストや利益がもたらす企業のデフォルト確率の変化として示される債券の CVaR を求めることです(図表 2-39)。そこで求めた債券の CVaR と企業全体の CVaR を使うことで、株式の CVaR を求めることができます。

図表 2-38 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©2021

図表 2-39 マートンモデルのイメージ



(出所) Reproduced by permission of MSCI ESG Research
LLC©2021

²³ 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という前提になります。

第3章 移行リスクと機会の産業間の移転に関する分析

分析の目的とプロセス

本章までの分析では、個別の企業や証券について、カーボンフットプリントや CVaR 等を計測し、GPIF の保有銘柄について集計することで、ポートフォリオに与える影響を分析する「ボトムアップアプローチ」をとっています。

本章では、GPIF のポートフォリオに与える直接的な影響という視点から離れ、産業レベルで必要となる炭素削減量や脱炭素技術ごとに期待される温室効果ガス (GHG) 削減貢献量や社会実装率などが 2030 年と 2050 年においてどのようなかたちとなるのかを予測し、その結果産業間でリスクと機会がどのように移転するのかについてアスタミューゼ社に委託した分析結果を紹介します。同一産業内でリスクと機会が移転するという仮定に基づき分析を行う CVaR に対して、産業間でのリスクと機会の移転状況を捉えることにより、ある産業が他の産業のリスクを機会として急成長する可能性を可視化するなど、脱炭素の「機会」により着目して GHG 削減技術領域の評価をすることが本分析の目的です。

図表 3-1 リスクと機会の産業間の移転状況を可視化するプロセス

Step1: リスク分析

2030年/50年の産業別の「GHG削減必要量」を推計

* 国際エネルギー機関 (IEA) の Sustainable Development Scenario (SDS) を活用し、2030/50年に必要とされる GHG 削減率を産業ごとに推計

Step2: 機会分析

産業別での GHG 削減に貢献しうる技術の特定及び各 GHG 削減技術の 2030/50 年時点の「GHG 削減貢献量 (= 現在の GHG 排出量 × GHG 削減率 × 社会実装率)」を推計

Step3: リスクと機会の移転状況の可視化

$\text{GHG 削減純機会} = \text{GHG 削減貢献量} - \text{GHG 削減必要量}$

* $\text{GHG 削減貢献量} = \text{GHG 削減ポテンシャル} \times \text{調整計数}$

調整計数は全産業の削減必要量の合計と GHG 削減貢献量の合計が等しくなる値

(出所) アスタミューゼ社より GPIF 作成

リスク分析

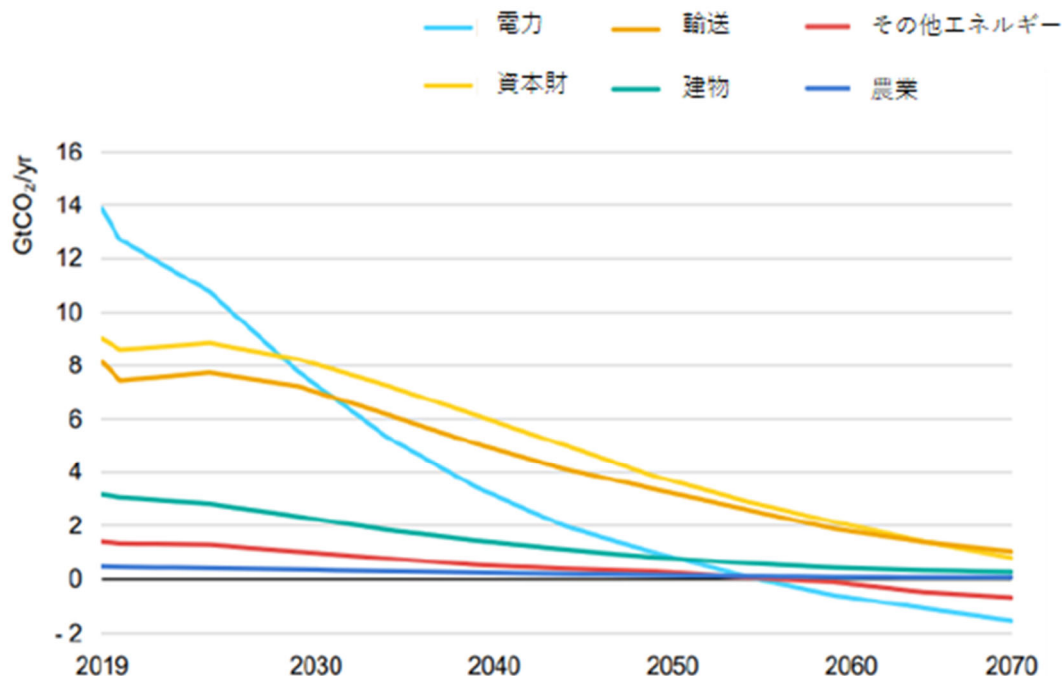
本分析の最初のステップでは、「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2℃より十分低く保ち、1.5℃に抑える努力をする」というパリ協定で合意された目標を達成するために必要となる、2030 年及び 2050 年時点の産業別の GHG 削減必要量を求めます。GHG 削減必要量を算出するにあたり、国際エネルギー機関 (International Energy Agency: IEA) が示すパリ協定の達成に向けて必要な道筋である Sustainable Development シナリオ (SDS) を用います。SDS では 2019 年から 2070 年にかけて、パリ協定を実現するために必要となる産業別の CO₂ 排出量の削減推移が示されています (図表 3-2)。アスタミューゼ社では、この削減推移に基づき 2030 年と 2050 年の各産業の 2019 年比の GHG 削減目標率を求めました (図表 3-3)。IEA の分析では、対象産業を「電力」、「資本財」、「輸送」、「建物」、「農業」及び「その他エネルギー」に分類していますが、本分析ではこれらの産業を脱炭素・低炭素技術を切り口としたアスタミューゼ社独自の 13 の産業に再分類しています (図表 3-3)。

この 13 の産業について、各産業のグローバル売上額上位 40 の上場会社を特定し、公開資料に基づいて GHG 排出量のデータを収集します。GHG 排出量の一部のみを開示または全く開示していない企業については、財務データ及び開示する企業のデータを活用し排出量を推計します。そこで求めたグローバル売上額上位 40 社の GHG 排出量をその 40 社の売上高の市場シェアで割り戻すことで、産業全体の GHG 総排出量を推計します。各産業の 2020 年時点の GHG 総排出量 (図表 3-4(a)) 及び 2030 年と 2050 年における削減目標率 (図表 3-4(b)、(c)) 並びに削減必要量 ((a) × (b)、(a) × (c)) は (図表 3-4) の通りです。また、GHG プロトコル²⁴が定義する Scope 1-3 排出及び購入した製品・サービスや販売した製品の加工・使用・廃棄等、サプライチェーンのアップストリーム及びダウンストリームの部分を 15 のカテゴリーに分類する Category 1-15 に基づいて、各産業のサプライチェーンを「原材料」(Scope 3 の Category 1-3、5-8)、「製造」(Scope 1、2)、「使用・廃棄」(Scope 3 の Category 10-15) 及び「輸送」(Scope 3 の Category 4、9) に大別し、各セグメントの排出量も算出しました (図表 3-5)。

上記の分析結果を見ると、「建築・土木・建設関連製品」、「エネルギー」、「金属・鉱業/紙製品等」が 2050 年までに最も GHG 削減必要量が高い (= リスクが高い) 産業と予想されることがわかります。「建築・土木・建設関連製品」について、サプライチェーンセグメント別で GHG 排出量を見ると、「原材料」(セメントや製鋼等からの GHG 排出) 及び「使用・廃棄」(建物運用時に排出される GHG) セグメントでの排出が特に多いことが分かります。

²⁴ GHG プロトコルイニシアチブが定める GHG 排出の算定と報告の基準

図表 3-2 SDS の下での 2019 年-70 年の産業別 CO₂排出量推移



(出所)IEA より GPIF 作成

図表 3-3 IEA が SDS の下で試算する 2019 年を基準とした 2030/50 年の GHG 削減目標率及び本プロジェクトの産業分類

IEAがSDSの基で試算する 2019年を基準とした2030/50年のGHG削減目標率			本プロジェクトの産業分類
	2019年比のGHG削減目標率		
	2030年	2050年	
電力	46%	96%	1. エネルギー
資本財	11%	61%	2. 社会インフラ
			3. 化学
輸送	13%	63%	4. 金属・鉱業/紙製品等
			5. 建築・土木・建設関連製品
農業	40%	80%	6. 電気設備
			7. 機械
建物	17%	67%	8. 自動車
			9. 耐久消費財
			12. 食品
			10. 輸送
			11. 農畜林水産
			13. 情報通信

(出所)アスタミューゼ社より GPIF 作成

図表 3-4 産業別の 2020 年時点 GHG 総排出量及び 2030/50 年の GHG 削減目標率・削減必要量

産業分類	総排出量(2020年時点)	2030年		2050年	
	GHG 総排出量	削減 目標率	削減 必要量	削減 目標率	削減 必要量
	(a)	(b)	(a × b)	(c)	(a × c)
	億トン	%	億トン	%	億トン
エネルギー	83.0	46%	38.2	96%	79.7
社会インフラ	5.6	46%	2.6	96%	5.4
化学等	48.3	11%	5.3	61%	29.5
金属・鉱業/紙製品等	58.6	11%	6.4	61%	35.7
建築・土木・建設関連製品	135.5	11%	14.9	61%	82.7
電気設備	1.3	11%	0.1	61%	0.8
機械	10.3	11%	1.1	61%	6.3
自動車	15.0	11%	1.7	61%	9.2
耐久消費財	8.0	11%	0.9	61%	4.9
輸送	15.1	13%	2.0	63%	9.5
農林水産	34.7	40%	13.9	80%	27.7
食品	17.5	11%	1.9	61%	10.7
情報通信	20.1	17%	3.4	67%	13.4
合計	452.9		92.4		315.4

(出所)アスタミューゼ社より GPIF 作成

図表 3-5 各産業のサプライチェーンにおけるセグメント別排出量

産業分類	サプライチェーン				総排出量
	原材料	製造	使用・廃棄	輸送	小計
	億トン	億トン	億トン	億トン	億トン
エネルギー	3.6	16.7	60.5	2.2	83.0
社会インフラ	0.2	4.7	0.7	0.0	5.6
化学	16.7	18.4	11.8	1.4	48.3
金属・鉄鋼_紙製品	2.4	42.8	12.2	1.1	58.6
建築・土木・建設	36.6	25.8	67.8	5.4	135.5
電気設備	0.2	0.2	0.8	0.0	1.3
機械	0.1	0.1	10.1	0.0	10.3
自動車	3.3	0.5	10.9	0.3	15.0
耐久消費財	2.0	1.8	4.0	0.1	8.0
輸送	3.8	8.5	0.0	2.7	15.1
農林水産	15.3	14.1	2.7	2.6	34.7
食品	9.7	3.6	1.2	3.0	17.5
情報通信	3.6	4.9	11.1	0.4	20.1
合計					452.9

(出所)アスタミューゼ社より GPIF 作成

機会分析

次に、GHG の削減に貢献する技術を特定し、2030 年および 2050 年時点でのそれらの技術による既存技術比の GHG 削減率および社会実装率を推計し、技術領域毎の GHG 削減貢献量(機会)を求めます(図表 3-1 の Step2)。まず、アスタミューゼ社が保有する技術、研究テーマ、論文、新事業情報に関するデータベースおよび、テクノロジーアナリストの知見も活用することで、40 の GHG 削減に貢献する技術領域を俯瞰的・網羅的に特定します(図表 3-6)。

図表 3-6 GHG 削減に貢献する 40 の技術領域

産業	技術領域
エネルギー	バイオエネルギー（発電、燃料）
	水力エネルギー、中小水力発電
	スマートグリッド・スマートシティ
	水素/アンモニア発電
	水素システム・インフラ(製造/貯蔵/配送)
	グリーン水素
	水素の貯蔵/配送
	太陽光発電・太陽電池・太陽熱発電
	風力
	海洋エネルギー
	高効率火力発電（石炭、天然ガス、油田からのメタン回収）
	高効率火力発電
	高効率LNG発電
	地熱
	原子力・核融合
社会インフラ	土壌・海洋への炭素貯留（植物プランクトン固定、湧昇流・沈降流促進（人工海底山脈）など）
	土壌炭素貯留
	海洋炭素貯留
	地層注入・海底貯留
	廃棄物・下水汚泥処理（水素・メタン・BFCでエネルギー回収）
	廃棄バイオマスの嫌気性消化による発電
	廃棄物をバイオガス生産に利用
金属・鉱業/ 紙製品等	低炭素製鉄（コークス代替還元材料（フェロコークス）、水素）
	フェロコークス
	還元鉄
	水素還元製鉄
建築・土木・ 建設関連製品	低エネルギー住宅（断熱、HEMS・BEMS・ZEH・ZEB）

(※次ページに続く)

図表 3-6 GHG 削減に貢献する 40 の技術領域

産業	技術領域
化学	バイオ素材（コンクリート/バイオマス由来プラスチック）
	二酸化炭素吸収/吸着/分離/濃縮/長期保存可能な素材（膜、フィルター、ポリマー、化学品）（DAC、CO ₂ 吸収コンクリート含む）
	大規模排出源からのCCS
	DAC
	CO ₂ 吸収コンクリート
	燃料電池
	蓄電池
	全固体電池
	次世代スーパーキャパシタ
	空気電池
	フロン類の排出抑制・グリーン冷媒
	カーボンリユース（回収したCO ₂ を製造に利用、化学品、燃料、コンクリートなど）
	メタノール生産
	ポリマー生産
	コンクリート/セメント生産
電気設備	産業機器類の電化（加熱・乾燥等）、エネルギーマネジメント（FEMS等）
	産業用ヒートポンプ
	センシングネットワーク
	エネルギーハーベスティング
	送電ロス低減（例：超電導線材）
機械	電気駆動・給電設備（船/飛行機（ドローン運輸含む）農機、建機）、自動車を除く
	ハイブリッド航空機
	電動船舶
	電動農機・建機
	アンモニア駆動（自動車・船舶）
	蓄熱・熱輸送技術、ヒートポンプ
自動車	水素/燃料電池車
	エコカー（エンジン効率化、小型化による使用量削減、躯体の軽量化）
	電気自動車
	ハイブリッド自動車
	電気自動車（BEV）
耐久消費財	省エネ家電、照明
	パワー半導体
	AIによる家電・照明の自動制御
輸送	スマート交通・MaaS（IoT等を活用した船舶の運航・離着岸の効率化、衛星等を活用した航空管制システムの高度化など含む）
	モーダルシフト（公共交通機関、コミュニティバス、オンデマンド交通、トラックから鉄道、船舶へ）
農林水産	木材の高度利用（建材、炭、改質リグニン、セルロースナノファイバー等）、プラ/金属素材の木材・紙化
	スマート農業（施肥/吸水/給餌などの効率化、飼料効率改善、メタン排出削減、施設園芸・温室でのCO ₂ 利用）
	培養肉、代替肉、乳代替（畜産メタンを減らす）
	植林・砂漠緑化（品種改良/エリートツリー等を含む）
食品	食品製造時の副生成物、廃食品の活用、フードロス削減
	革新的な保存期間の延長
	廃棄食品の有効利用
情報通信	パワー半導体

（出所）アスタミューゼ社より GPIF 作成

続いて、40 の技術領域の 2030 年および 2050 年時点での GHG 削減率及び社会実装率を推定します。GHG 削減率については、アスタミューゼ社のアナリストが行政や国際機関、研究機関が発行する報告書等を分析し、GHG の削減に貢献する技術により代替される既存の技術を特定し、2030 年及び 2050 年時点でのどの程度置き換えられる可能性があるかを推定します。例えばバイオエネルギーの技術領域については、輸送用途の液体バイオ燃料の CO₂削減率はガソリンに対して 55%であることがエネルギー供給構造高度化法に記載されていることから、バイオエネルギーの置換対象をガソリンとし、2030 年及び 2050 年の GHG 削減率を 55%と推定します。

社会実装率の推定については、まず、アスタミューゼ社のアナリストが学術論文等の先行研究を参考に、キーワードや主要技術の定性的な評価を行い、各技術領域の社会普及に当たる課題及びそれらの課題の解決となるマイルストーンとなる技術を特定します。各技術の開発主体（企業、アカデミア）及び現在の研究開発状況等の特性に応じて、それぞれのマイルストーンとなる技術の社会実装フェーズ（研究開発、実証、導入、普及、拡大）を判断するデータソース（特許、論文、グラント）を選定します。このデータソースを活用し過去 20 年の技術開発動向を調査し、それぞれのマイルストーンとなる技術の現在の社会実装フェーズとそのライフサイクルを推計します。バイオエネルギーの事例では、今後は非可食部分ならびに有機系廃棄物を原料としたバイオ燃料、藻類による燃料生産が伸びると推測されるため、①セルロース系燃料、②廃棄物バイオマス燃料及び③藻類燃料をマイルストーンとなる技術として設定します。これらのマイルストーンとなる技術の社会実装フェーズの判断材料として、論文数に着目しています（図表 3-7）。最後に、2030 年及び 2050 年のマイルストーンとなる技術の実装フェーズを踏まえ、両年の社会実装率を推計します。

図表 3-7 バイオエネルギーのマイルストーン技術の GHG 削減率及び実装フェーズの推移

バイオエネルギー関連概念の特許/論文/研究テーマ
(グラント) における時系列推移分析

特許出願数推移



論文数推移



グラント件数推移



マイルストーン技術の社会実装度

		時系列推移		
		2020年	30年	50年
セルロース系燃料	対既存技術比	55%	55%	55%
	実装フェーズ	開発	実証	普及
廃棄物バイオマス燃料	対既存技術比	55%	55%	55%
	実装フェーズ	実証	導入	拡大
藻類燃料	対既存技術比	55%	55%	55%
	実装フェーズ	開発	開発	導入

(出所)アスタミューゼ社より GPIF 作成

次に、アスタミューゼ社のアナリストが各技術領域の置換対象技術の特性等を考慮した評価を行います。図表 3-5 の各産業のサプライチェーンにおけるセグメント別排出量推計に対して、GHG 削減が期待される産業を特定し、そのサプライチェーンにおいてどのセグメントにどれほど貢献できるかを推計します。この数値を技術領域別で集計することで各技術の各業種の GHG 削減貢献対象セグメント排出量を求めます。バイオエネルギーの場合、ガソリンが置換対象となること等を勘案し、製造及び運輸セグメントにおいて幅広い産業の GHG 削減に貢献できるとみられ、対象セグメント排出量は 114.8 億トンと推定されます(図表 3-8)。

この対象セグメント排出量を先述のプロセスで求めた GHG 削減率及び社会実装率に乘じることで各技術領域の GHG 削減貢献ポテンシャルを求めます。2050 年時点の最も GHG 削減貢献ポテンシャルが高い上位 10 位の技術領域は図表 3-9 の通りです。特にエネルギーの分野では GHG 削減貢献が期待される産業のサプライチェーンにおける GHG 排出量が高いこと等もあり、GHG 削減貢献ポテンシャルが高い技術が多いことがうかがえます。このうち「水力エネルギー、中小水力発電」が最も機会が大きいという結果はやや予想外かもしれませんが、水力発電全体の技術ポテンシャルは世界全体で約 15,000TWh で、世界全体の電力消費量(およそ 23,000TWh)の約 65%に当たると推定されます²⁵。その上で、グローバルでの需要動向として、中国をはじめとして国内に大河の流域を要する国において、水力発電による発電量の高い伸びが見込まれており、また、今後化石燃料による発電が縮小されていくのに伴い、水力発電は既存のストック、今後の拡充とも、「気象・降水量・流量予測」によって発電管理を改善し、各ダムのパフォーマンスを最大化することで、大きな貢献が見込まれます。

²⁵ 「技術ロードマップ 水力発電」(IEA) <<https://www.nef.or.jp/ieahydro/contents/pdf/info/info201402.pdf>>

図表 3-8 バイオエネルギーの GHG 削減対象セグメント排出量(億トン)

産業区分	サプライチェーン				小計
	原材料	製造	使用・廃棄	運輸	
建築・土木・建設関連製品	0.0	38.7	0.0	2.1	40.8
エネルギー	0.0	15.9	0.0	1.8	17.6
金属・鉱業/紙製品等	0.0	21.4	0.0	0.9	22.3
化学等	0.0	9.2	0.0	1.1	10.3
農林畜水産	0.0	7.0	0.0	2.1	9.1
情報通信	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
食品	0.0	1.8	0.0	2.4	4.2
輸送	0.0	4.3	0.0	2.2	6.4
自動車	0.0	0.3	0.0	0.2	0.5
機械	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
耐久消費財	0.0	0.9	0.0	0.1	1.0
社会インフラ	0.0	2.4	0.0	0.0	2.4
電気設備	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1
合計					114.8

(出所)アスタミューゼ社より GPIF 作成

図表 3-9 GHG 削減貢献ポテンシャルが高い技術上位 10 位

産業	技術領域	現在	2030年			2050年		
		対象セグメント GHG 排出量 (a)	GHG 削減率 (b)	社会 実装率 (c)	GHG削減 貢献量 (a×b× c)	GHG 削減率 (d)	社会 実装率 (e)	GHG削減 貢献量 (a×d× e)
		億トン	%	%	億トン	%	%	億トン
エネルギー	水力エネルギー、中小水力発電	100.2	100%	65%	65.1	100%	65%	65.1
化学	大規模排出源からのCCS	80.0	90%	5%	3.6	90%	85%	61.2
エネルギー	海洋エネルギー	66.4	100%	15%	10.0	100%	85%	56.5
エネルギー	太陽光発電・太陽電池・太陽熱発電	66.4	99%	50%	32.9	99%	85%	55.9
エネルギー	バイオエネルギー（発電、燃料）	114.8	55%	15%	9.5	55%	85%	53.7
情報通信	パワー半導体	72.7	71%	50%	25.8	71%	100%	51.6
化学	メタノール生産	88.3	65%	15%	8.6	65%	85%	48.8
社会インフラ	廃棄バイオマスの嫌気性消化による発電	66.4	15%	15%	1.5	85%	85%	48.0
エネルギー	グリーン水素	84.3	100%	0%	0.0	100%	50%	42.1
エネルギー	水素/アンモニア発電	100.2	79%	5%	4.0	79%	50%	39.6

(出所)アスタミューゼ社より GPIF 作成

産業間のリスクと機会の移転状況

最後に、産業間のリスクと機会の移転状況を明らかにするために、各技術領域の GHG 削減貢献ポテンシャルを産業別で集計し、その値に調整係数を乗じた各産業の GHG 削減貢献量と GHG 削減必要量との差を求めます。現実には GHG 削減技術は、各技術が競合状態にあり、より効果的・効率的に GHG 削減が期待される技術が優先して使われることになります。その結果、GHG 削減必要量を削減貢献量が大幅に上回ることは想定しづらい状況です。そのようなことから、全産業の GHG 削減必要量の合計値が GHG 削減貢献ポテンシャルの合計値に等しくなるような調整係数を求め、 $\text{GHG 削減貢献ポテンシャル} \times \text{調整計数} = \text{GHG 削減貢献量}$ と定義します²⁶。

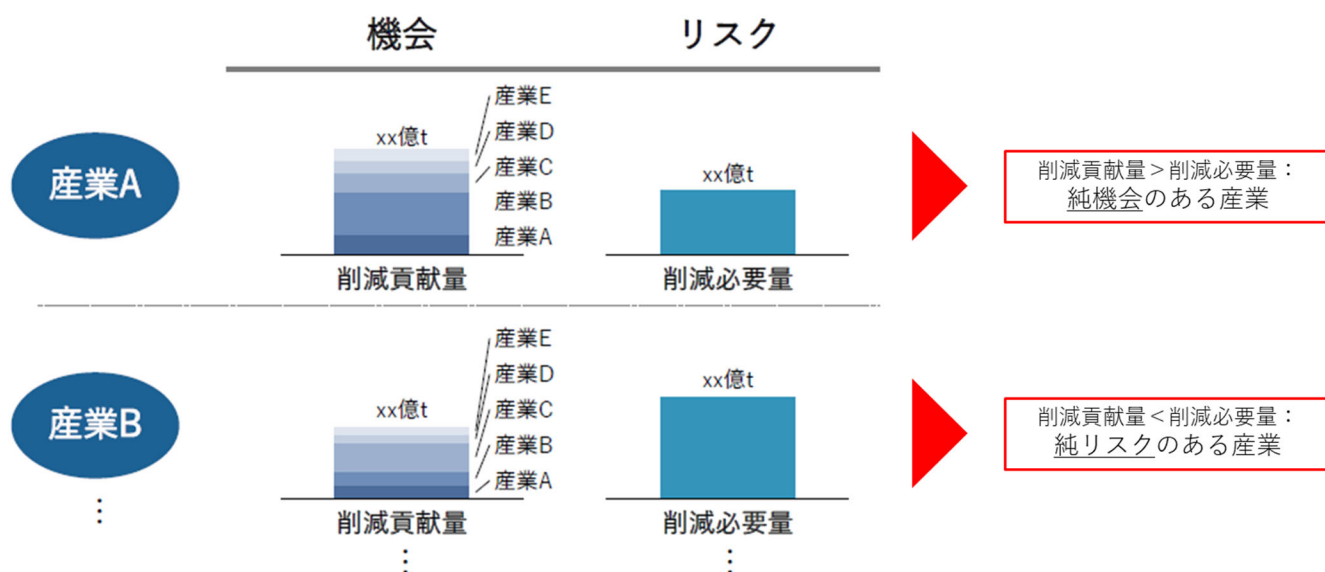
GHG 削減貢献量が削減必要量よりも大きければ「純機会」、逆に GHG 削減貢献量が削減必要量より小さければ「純リスク」となります（図表 3-1 の Step 3、図表 3-10）。このプロセスにより求められた 2030 年及び 2050 年の産業別リスクと機会の状況は図表 3-11 の通りです。2050 年時点で機会がリスクを上回る産業は、エネルギーを筆頭に社会インフラ、化学等の 7 産業である一方、リスクが機会を上回る産業は、建設・土木・建設関連製品など 6 産業となりました。2030 年及び 2050 年で純機会が最も大きいとされたエネルギー産業は、両年ともに GHG 削減必要量が最も高い産業であるものの、水素システム・インフラ、水力エネルギー・中小水力発電（中小水力発電の普及や気象予測と発電最適化、流量調整の向上）や太陽光発電・太陽電池（新素材の活用による軽量化及びコスト削減）等の技術が幅広い産業における GHG 削減に大きく貢献することが見込まれ、GHG 削減貢献量が削減必要量をはるかに上回ると予測されました。

化学等については、2030 年の GHG 削減機会はさほど大きくないものの、2030 年から 2050 年にかけては、二酸化炭素の大規模排出源からの回収・貯留（CCS: Carbon Capture and Storage）や直接空気回収（DAC: Direct Air Capture）の技術開発が加速し、コスト削減や効率化により社会に広く活用される見通しです。また、社会インフラ産業においては、廃棄物・下水汚泥処理による有用バイオガスの活用や土壌・海洋炭素貯留の実装が進むにつれて農林水産をはじめとした様々な分野における GHG 排出削減につながると考えられます。

一方、建設・土木・建設関連製品などは 2030 年、2050 年ともに純機会がマイナスとなる予測がされています。この分野は、エネルギー同様に GHG 削減必要量が高い一方で、エネルギーなどの産業と異なり、例えば、低エネルギー住宅などの建設・土木における技術の他産業に対する GHG 削減貢献は限定的と見られています。

²⁶ 「2020 年度 ESG 活動報告」の公表後に分析モデルを改訂。ESG 活動報告でも GHG 削減貢献量という言葉を用いていますが、調整計数を反映した本稿の GHG 削減貢献量とは定義が異なります。

図表3-10 産業毎のGHG削減貢献量と削減必要量分析



(出所)アスタミューゼ社より GPIF 作成

図表 3-11 2030 年、2050 年の産業別リスクと機会の移転状況

産業	2030年				2050年			
	削減 貢献量(a)	削減 必要量(b)	GHG削減純機会		削減 貢献量(a)	削減 必要量(b)	GHG削減純機会	
			量(a-b)	[参考]金額			量(a-b)	[参考]金額
	億トン	億トン	億トン	億米ドル	億トン	億トン	億トン	億米ドル
エネルギー	48.5	38.2	10.3	1,081	135.1	79.7	55.5	9,984
社会インフラ	4.8	2.6	2.2	234	39.1	5.4	33.7	6,061
化学等	6.6	5.3	1.3	134	47.2	29.5	17.7	3,186
電気設備	7.3	0.1	7.2	755	16.6	0.8	15.8	2,844
機械	2.2	1.1	1.1	117	16.5	6.3	10.2	1,841
自動車	6.5	1.7	4.9	512	18.2	9.2	9.0	1,621
情報通信	7.7	3.4	4.3	452	16.3	13.4	2.9	519
耐久消費財	1.8	0.9	0.9	98	2.7	4.9	-2.1	-382
輸送	0.7	2.0	-1.2	-131	6.2	9.5	-3.3	-589
食品	0.1	1.9	-1.8	-190	1.2	10.7	-9.5	-1,718
農畜林水産	0.9	13.9	-12.9	-1,357	5.9	27.7	-21.9	-3,941
金属・鉱業/紙製品等	4.5	6.4	-1.9	-201	7.8	35.7	-27.9	-5,021
建築・土木・建設関連製品	0.6	14.9	-14.3	-1,504	2.6	82.7	-80.0	-14,407

(注)2030年のカーボンプライスは105米ドル/トン、2050年は180米ドル/トンで換算した参考値

上記炭素価格は国際エネルギー機関等の2100年に66%の確率で平均気温上昇を2°C以下にするというシナリオに基づく値。

(出所)アスタミューゼ社より GPIF 作成

脱炭素技術の国・地域別の特許競争力分析

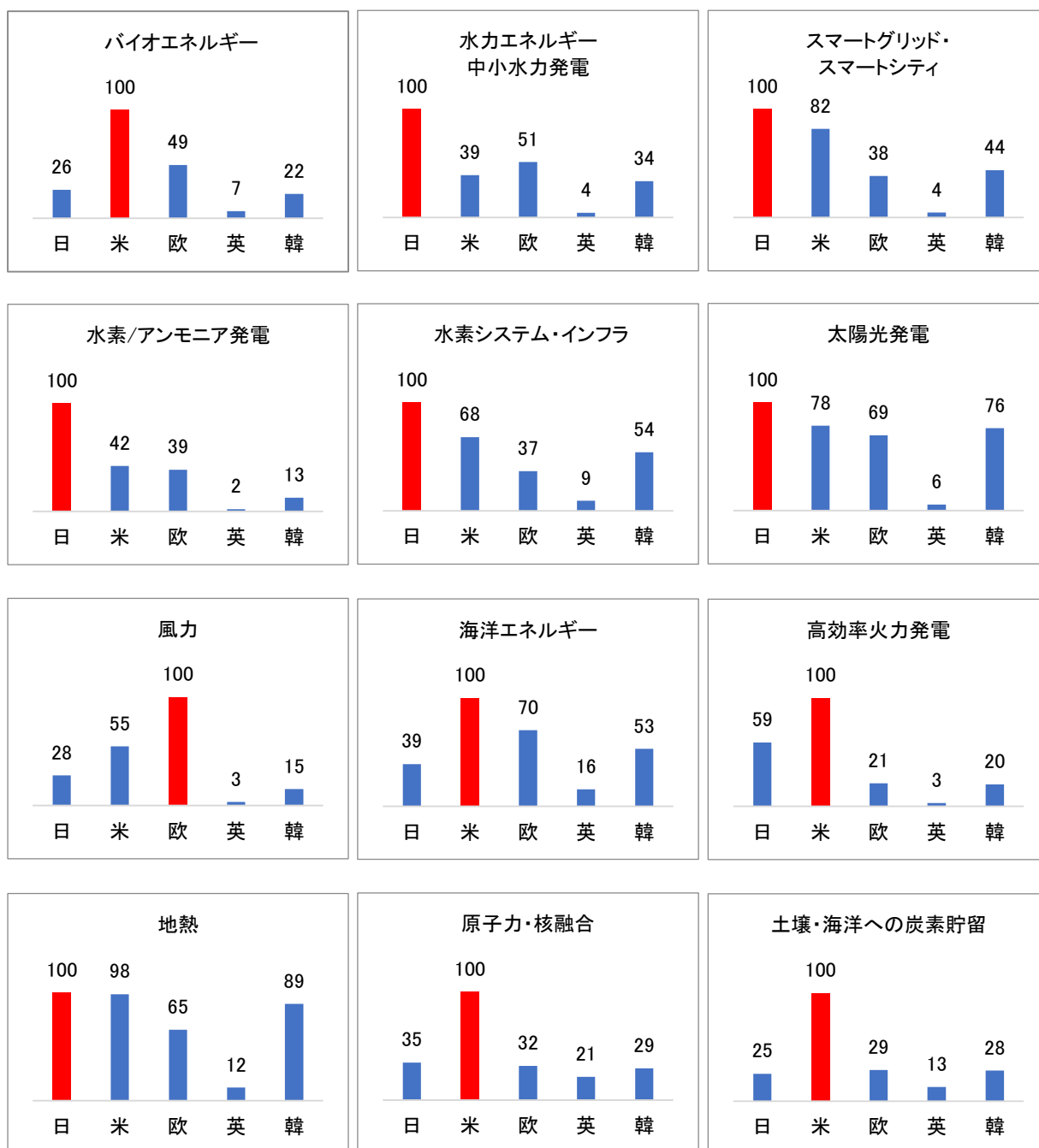
次に、脱炭素・低炭素技術に関する国・地域別の特許競争力について、分析を行います。MSCI 社の CVaR の低炭素技術分析では、「特許前方引用」、「特許後方引用」、「市場カバレッジ」及び「Cooperative Patent Classification のカバレッジ」を勘案して特許の価値を推定しています²⁷。一方、このアスタミューゼ社の分析では、各特許について他社への脅威（他社拒絶査定引用回数、無効審判請求など）、他社からの注目度（他社閲覧回数、情報提供回数など）等、他社への排他権としてのインパクトを評価する「パテントインパクトスコア」に、地理的な権利範囲（出願国など）、権利の時間的な残存期間などを重みづけし、企業ごとに集計した「トータルパテントアセット」という指標を使用し、各国の特許競争力を測定します。

40 の技術領域における国・地域別の相対的な競争力を図表 3-12 に示しました。この分析の結果、機会がリスクを上回る主な産業のうち、日本の技術競争力が特に高い領域は、エネルギー産業の水素システム・インフラ、水力エネルギー・中小水力発電、水素・アンモニア発電及び太陽光発電・太陽電池・太陽熱発電等であることがわかりました。また、化学産業の CO₂吸収・吸着・分離・保存素材及びカーボンリユースについても、首位の米国に次いで世界第2位の技術競争力という分析結果が得られました。一方、エネルギー産業の海洋エネルギー及びバイオエネルギー、社会インフラの土壌・海洋炭素貯留、地層注入・海底貯留及び廃棄物・下水汚泥処理等の領域において、米国が優位になり、ついで欧州（英国、ドイツ、フランス、スイス）、韓国も競争力が高いことがわかりました。

当分析により、ネットゼロに向けた社会経済的な動向及び技術の進化は産業間及び多国間の需給シフトをもたらし、日本にもその恩恵を受ける企業が多数あることが示されています。

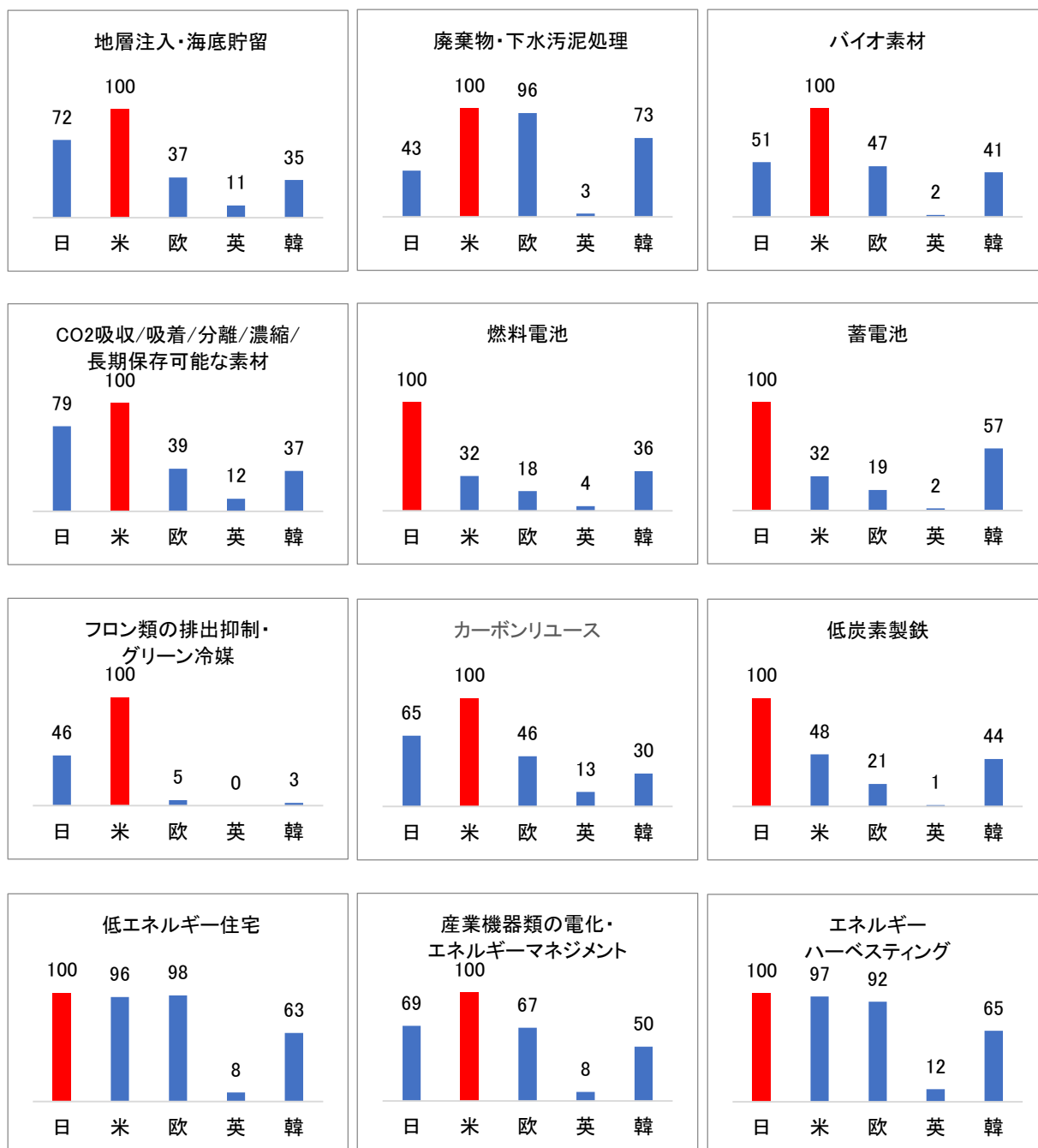
²⁷ 詳細については、P.62 の「低炭素技術機会 CVaR について」をご参照ください。

図表3-12 脱炭素技術の国・地域別のトータルパテントアセット比較



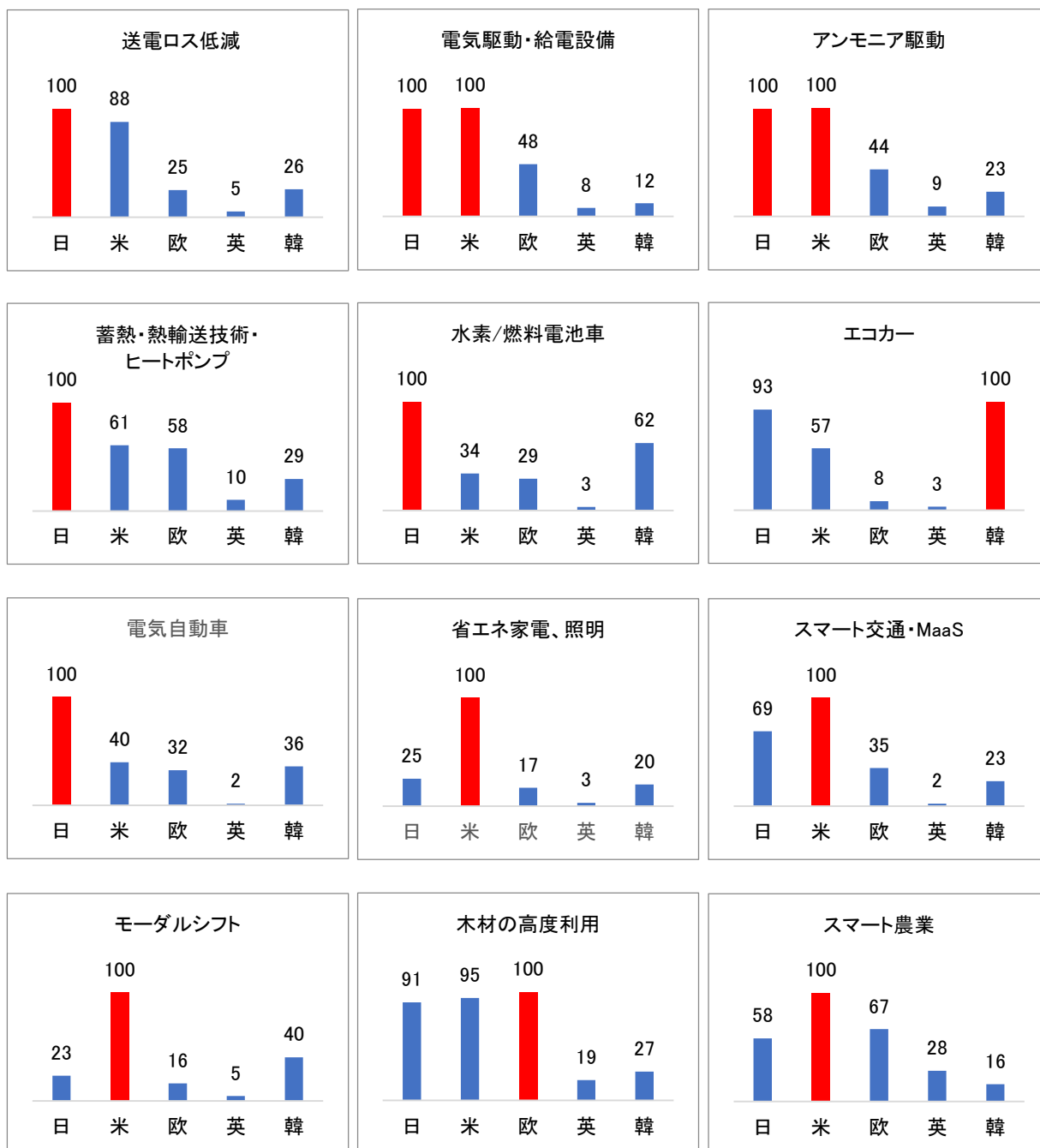
(※次ページに続く)

図表3-12 脱炭素技術の国・地域別のトータルパテントアセット比較



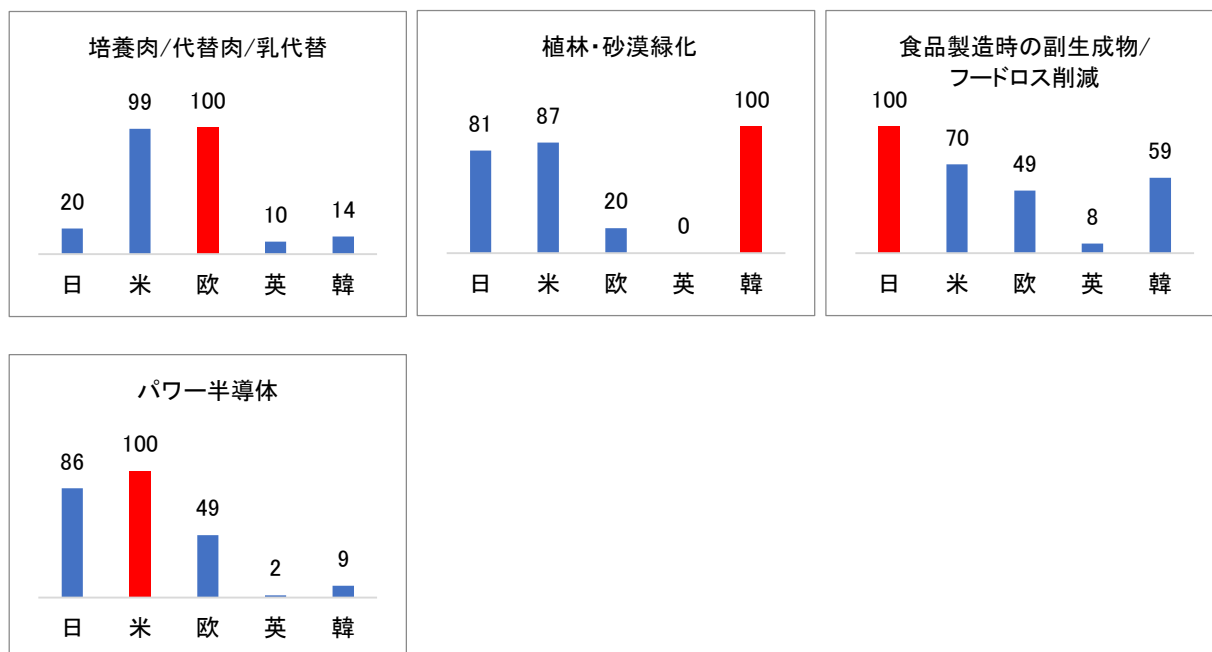
(※次ページに続く)

図表3-12 脱炭素技術の国・地域別のトータルパテントアセット比較



(※次ページに続く)

図表3-12 脱炭素技術の国・地域別のトータルパテントアセット比較



(注1) 技術領域毎に国・地域別のトータルパテントアセットが最も高い国のスコアを100として指数化

(注2) 欧はEU加盟国

(注3) 中国の特許については、質的な面で他国の特許と同列に比較し難いため、今回の分析対象からは除外

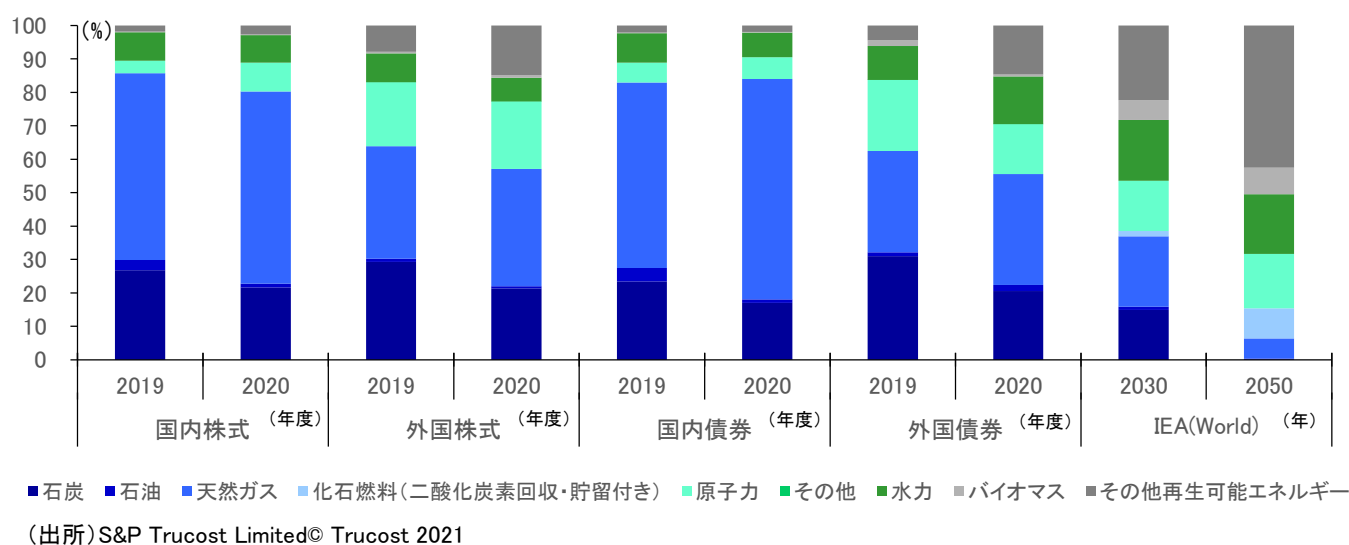
(出所) アスタミューゼ社より GPIF 作成

第4章 その他の分析

エネルギーミックス

公表情報を基に投資先の電力会社の電源構成について、ポートフォリオのウエイトで加重平均した数値²⁸とIEAが「2°Cシナリオ²⁹」で想定する2030年および2050年時点での電源構成を比較しました(図表4-1)。その結果、IEAが「2°Cシナリオ」で想定する2030年および2050年時点での電源構成と比較すると、全ての資産クラスにおいて、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。2019年度と比較すると、2020年度は全ての資産クラスにおいて天然ガス発電の占める割合が増加しました。外国株式および外国債券では、再生可能エネルギーの比率が2019年度から2020年度にかけて大幅に伸び、どちらも発電量の約20%を占めるようになりました。一方で、国内株式および国内債券は再生可能エネルギーの伸びは鈍く、今後の成長が期待されそうです。

図表 4-1 2°C目標との整合性: エネルギーミックス



²⁸ 特定のエネルギーの発電量をポートフォリオのウエイトで掛け、その数字をポートフォリオのウエイトで加重平均した全発電量で割ることで割合(%)を求める

²⁹ 国際エネルギー機関(IEA)が開発した「2°Cシナリオ(2DS)」が示すデータに基づく©OECD IEA 2017.

EU タクソミー分析

背景・概要

欧州委員会は2018年3月に、サステナブル金融のアクションプランの一環として、金融から持続可能な経済成長を推進するために欧州の金融関連政策の枠組みにESGへの配慮を取り入れる戦略を採択しました。そして委員会は2018年5月、この計画に基づく最初の一括法案を発表しました。その中で、環境的に持続可能な経済活動を定義する、統一されたEUの分類システム「タクソミー」の制定が提案されました。2019年6月にタクソミーのドラフトを公開し、2020年3月に設計と実装に関する推奨事項を解説した最終レポートを公開しました。

EUタクソミーでは、6つの主要な環境目標（気候変動緩和、気候変動適応、水と海洋資源の持続可能な利用と保護、循環経済への移行、汚染の防止と制御、生物多様性と生態系の保護と回復）について、①少なくとも一つに実質的に貢献する（タクソミーで設定される閾値を満たす）、②他の環境目標に重大な悪影響を与えない、かつ③OECD多国籍企業行動指針や国連のビジネスと人権に関する指導原則等のミニマムセーフガードに適合する、という3つの条件を満たした経済活動は、「環境的に持続可能な経済活動」とみなしています。機関投資家や大手上場会社等は、気候変動の緩和と適応を考慮した最初の開示を2022年中に行う必要があります。

タクソミーが対象とする経済活動は①低炭素活動、②移行活動、もしくは③実行活動のいずれかに指定されます。低炭素活動は、既に GHG を排出しない経済活動（風力発電や EV による輸送等）、移行活動は、現在カーボンインテンシティが高いものの大幅に削減する余地のある経済活動（天然ガスによる発電やガソリン車による輸送等）、実行活動は、低炭素社会への移行を可能とする経済活動（風力発電の製造、電気自動車の製造等）と定義されています。

この分析は、GPIF の投資先企業が行っている事業のうち、EU タクソミーに潜在的に適合する可能性がある事業は収益ベースでポートフォリオの何パーセントを占めるのかを Trucost の分析手法に基づき、検証します。ただし、データの制約に加え、分析メソドロジーが開発途上にあるため、分析においては上記の「実質的に貢献するための閾値」は考慮せず、基本的に先述の「移行活動」或いは「実行活動」のいずれかに該当するかを検証することに留まります。

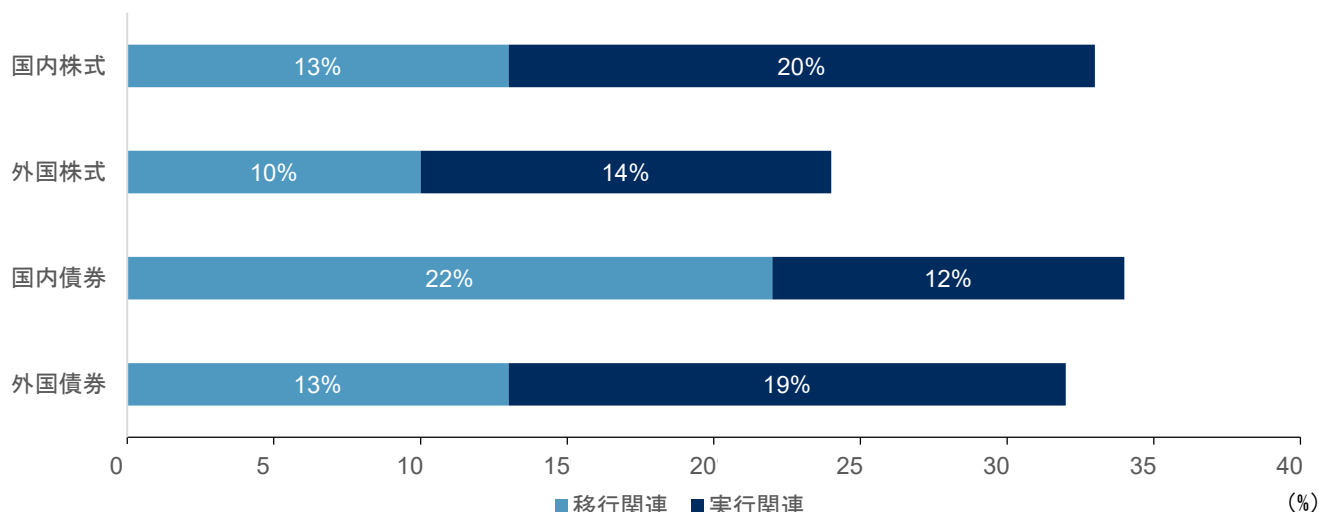
分析方法・結果

EU タクソミーでは、67 の気候変動緩和活動がヨーロッパ業界標準の経済活動分類システム (NACE³⁰) の 7 つのマクロセクターにマッピングされています。この分析では、まず Trucost 独自の分類システムにおける 464 の事業を NACE のマクロセクターにマッピングし、EU タクソミーで示される 67 の活動に該当する事業を確認します。464 の事業のうち、現在 117 の事業がタクソミーにマッピングされています。続いて、この 117 の事業を行っている企業の該当する事業の収益シェアを計算し、当該企業のポートフォリオウエイトを用いて加重平均することでポートフォリオの EU レベニューシェア全体及び「移行関連」と「実行関連」の割合を計算します。

上記のプロセスを踏まえた GPIF のポートフォリオの資産別の分析結果は、図表 4-2 のとおりです。国内株式ポートフォリオの EU タクソミーレベニューの割合は、外国株式ポートフォリオを上回り、かつ移行レベニュー (13%) 及び実行レベニュー (20%) とともに外国株式の比率 (10%、14%) を上回ることがわかりました。一方、債券ポートフォリオについては、国内債券の EU タクソミーレベニューの割合は外国債券を上回るものの、外国債券の実行レベニュー (19%) は国内債券 (12%) より高いことが確認できました。

なお、この分析は、気候変動緩和と気候変動適応について、実質的に貢献すると判断する基準 (閾値) を考慮せず、「環境的に持続可能な経済活動」とみなされる潜在的な可能性がある収益の割合を示しているため、上記の判断基準を考慮した数値は図表 4-2 で示される数値を下回ると予想されます。

図表 4-2 EU タクソミー収益エクスポージャーの加重平均



(注) データは 2021 年 3 月末時点

(出所) GPIF, S&P Trucost Limited © Trucost 2021

³⁰ Nomenclature des Activités Économiques dans la Communauté Européenne

セクター別分析

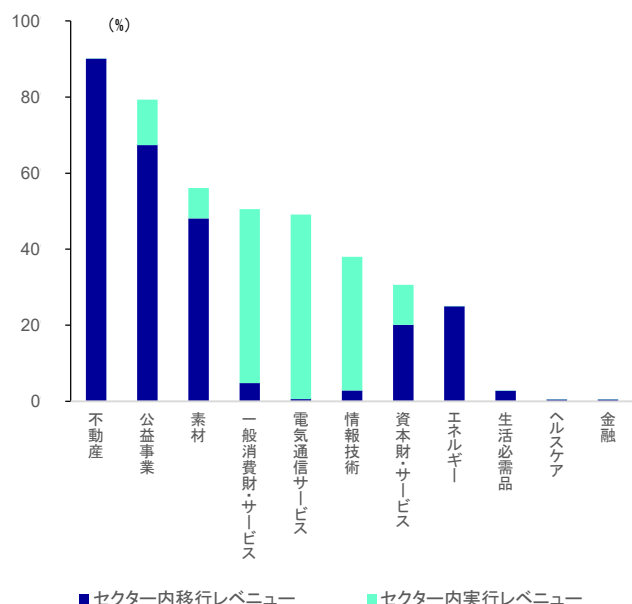
前述した分析結果を業種別にみていきます。全てのポートフォリオにおける傾向として、公共事業、素材、資本財・サービスやエネルギー等のセクターは、現在の排出量が多く、今後の技術革新で大幅な削減が可能と判断できるため、移行レベニューの割合が高い水準にあることが確認できます。一方、電気自動車とその部品、5G 等エネルギー効率の良い通信ネットワークや他産業の資源効率向上に利用されるソフトウェア等は、今後の温暖化効果ガスの排出削減に貢献することが期待される技術なので、これらが含まれている一般消費財・サービス、電気通信及び情報技術セクターの実行レベニューの割合が高くなっています。なお、EU タクソミーでは不動産に係るほぼ全ての事業が移行事業として指定されているため、各ポートフォリオの不動産セクターの移行レベニューシェアは極めて高い水準となっています。

株式ポートフォリオについての分析結果を図表 4-3 及び 4-4 に示しましたが、国内株式が外国株式に比べて移行レベニューシェアが比較的高い結果については、国内株式では資本財・サービスのウエイトが高いことに加え、国内株式の公共事業及び素材セクターは外国株式の同じセクターに比べて今後 CO₂削減の余地が大きい事業の収益シェアが大きいことが主な要因だとわかりました。一方、実行レベニューのシェアについては、国内株式では一般消費財・サービス及び電気通信サービスにおいて今後の CO₂削減に貢献する事業から発生する収益が比較的多いため、外国株式に比べて実行レベニューシェアが高い結果となりました。

債券ポートフォリオの結果は図表 4-5 及び 4-6 の通りですが、国内債券は公益事業のポートフォリオウエイトが高く、かつ同セクター及び素材並びに資本財・サービスのセクター内では、今後 CO₂削減の余地が大きい事業による収益が比較的多いため、移行レベニューのシェアが外国債券に比べて高くなっています。一方、外国債券では、公益事業セクターのウエイトは国内債券より低いものの、今後の CO₂削減に貢献する事業による収益が高いシェアを占めています。また、株式とは異なり、電気通信サービスによる排出量削減に貢献する事業の収益シェアが大きいため、実行のレベニューシェアが国内債券に比べて高い結果となりました。

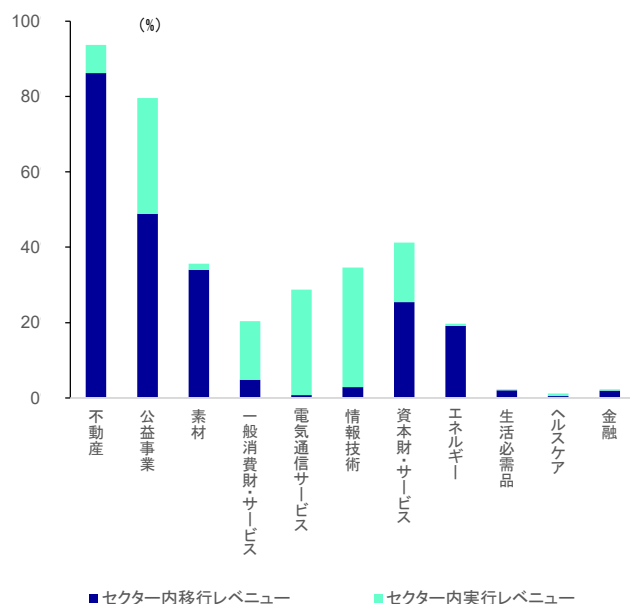
上述の通り、上記の結果はあくまで各事業がタクソミーの枠組みに「該当」するか否かに着目したものであり、上記の 3 つの条件(とりわけ実質的な貢献の閾値達成状況)を満たすかは評価していないため、ここで示されるレベニューの割合は必ずしも EU タクソミー上「持続可能な経済活動」によるレベニューとみなされるとは限らない点に留意が必要です。

図表 4-3 国内株の GICS セクター別 EU タクソミーレベニューシェア



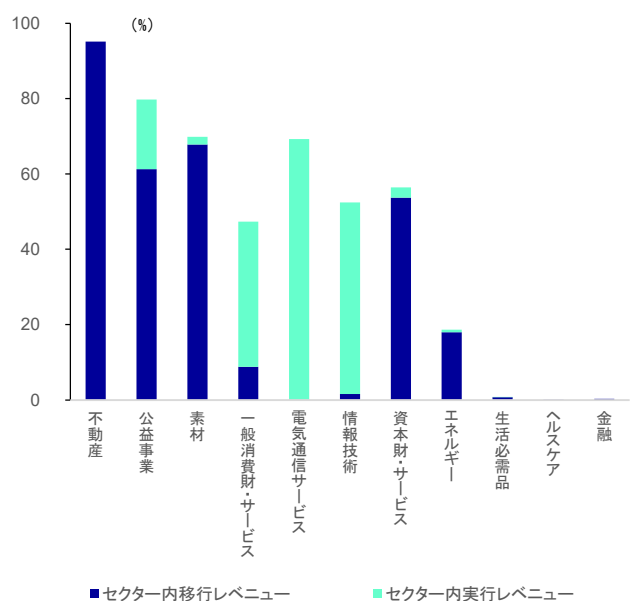
(出所) GPIF, S&P Trucost Limited©Trucost 2021

図表 4-4 外国株の GICS セクター別 EU タクソミーレベニューシェア



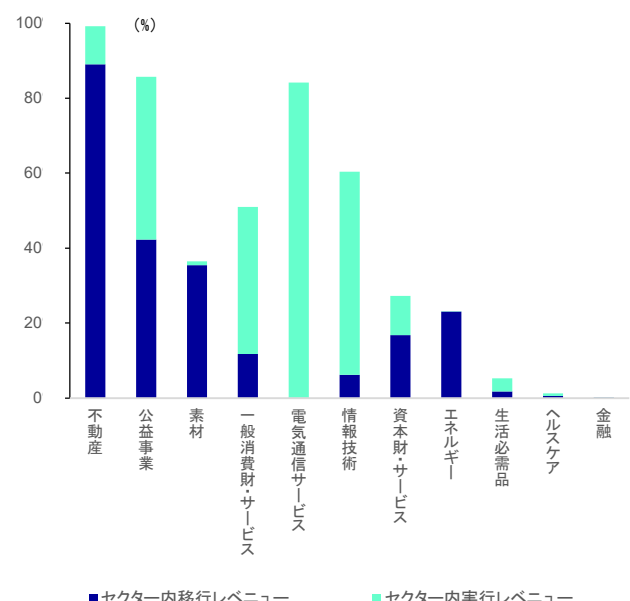
(出所) GPIF, S&P Trucost Limited©Trucost 2021

図表 4-5 国内債券の GICS セクター別 EU タクソミーレベニューシェア



(出所) GPIF, S&P Trucost Limited©Trucost 2021

図表 4-6 外国債券の GICS セクター別 EU タクソミーレベニューシェア



(出所) GPIF, S&P Trucost Limited©Trucost 2021

SDGs に関連した収益機会とリスクに関する分析

SDGs ポジティブインパクト分析

ここでは、気候変動に限定せずに国連が定める Sustainable Development Goals (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」を分析するとともに、課題解決への貢献について分析を行います。

この分析では、GPIF の株式ポートフォリオの構成企業について、Trucost 社の定義に基づいて、SDGs に貢献する製品やサービスによる収益が総収益に占める割合を求め、ポートフォリオにおける構成比で加重平均した収益エクスポージャーを「SDGs ポジティブインパクト」とし、SDGs に貢献している企業へのエクスポージャーを測定しました。

GPIF の国内株式と外国株式のポートフォリオの SDGs 目標別の「SDGs ポジティブインパクト」を比較すると、全般的に外国株式の方がポジティブインパクトが大きい傾向にあることがわかります。SDGs への貢献と収益機会の獲得という観点では日本企業は伸びしろが大きいと言えます(図表 4-7)。

SDGs アディショナリティ分析

2012 年に当時の国連事務総長が設立を発表した「持続可能な開発ソリューション・ネットワーク (Sustainable Development Solutions Network (以下、SDSN))」では、毎年 Sustainable Development Report を発表しており、そのなかで「SDGs パフォーマンスギャップ」を発表しています。この指標は、SDGs のそれぞれの目標について、目標達成までの距離を推計し、その世界全体のギャップに対する国別の寄与率として示しています(図表 4-8)。SDGs パフォーマンスギャップを求めるにあたって、世界の国々が現時点でどの程度 SDGs 目標を達成しているのかを分析する必要があります。SDSN では SDGs17 目標の 169 のターゲットに対してそれぞれの数値目標を設定しました。具体的には、ターゲットに数値目標がすでに掲げられている場合はそのままその数字を適用し(例えば、ターゲット 3.1 は、2030 年までに世界の妊産婦の死亡率を 10 万人当たり 70 人未満に削減することが設定される等)、目標値が示されていないものに対しては科学的知見に基づいた目標値やすでに目標を達成した上位 5 か国のパフォーマンスを目標値にするなどして、目標値を設定します。次に OECD、WHO、UNICEF 等の公式データから指標に対する各国の進捗状況を評価します。進捗度を目標値からの距離として見たものを SDGs パフォーマンスギャップと呼んでいます。

結果を見てみると「SDGs1: 貧困をなくそう」、「SDGs4: 質の高い教育をみんなに」などは、G20 計が 30% 程度に留まっており、SDGs 目標達成のためには G20 以外の国、具体的にはアフリカ諸国などにおける改善が必要となります。一方、「SDGs13: 気候変動に具体的な対策を」については、G20 計が 80% 超となっており、先進国や中国などの課題であることがわかります。

上述の「SDGs ポジティブインパクト分析」では、SDGs 目標と企業の商品・サービスの紐づけを行いました。が、同じ商品・サービスであっても目標達成までの距離がある国で提供されると SDGs への貢献度は高くな

ります。例えば、同じ医薬品であっても衛生環境が悪く罹患率の高い新興国で販売される方が、罹患率の低い先進国で販売されるよりも SDGs への貢献は大きいと言えます。その観点で、「SDGs パフォーマンスギャップ」を参考に、どの商品・サービスが、どの国や地域で提供されると SDGs の目標達成にどの程度貢献できるのかを分析し、それを売上構成に応じて、企業毎に集計するのが「SDGs アディショナリティ分析」です。

GPIF のポートフォリオについて、加重平均 SDGs アディショナリティとベンチマークとを比較した結果、国内株式、外国株式ともにベンチマークを僅かに上回る値となっており、SDGs への貢献が比較的大きいポートフォリオとなっています(図表4-9)。世界の主要国(MSCI ACWIの構成ウエイト上位10か国・地域)のうち、構成国別加重平均 SDGs アディショナリティを算出し、国・地域別でランキングしたところ、台湾が他を大きく引き離して1位となり、日本は7位となりました(図表4-10)。台湾は指数構成ウエイトが極めて高い特定の半導体関連企業が「SDGs9: 産業と技術革新の基盤をつくろう」、「SDGs17: パートナーシップで目標を達成しよう」に大きく貢献しており、個別銘柄要因が大きいと言えます。

SDGs リスク・エクスポージャー分析

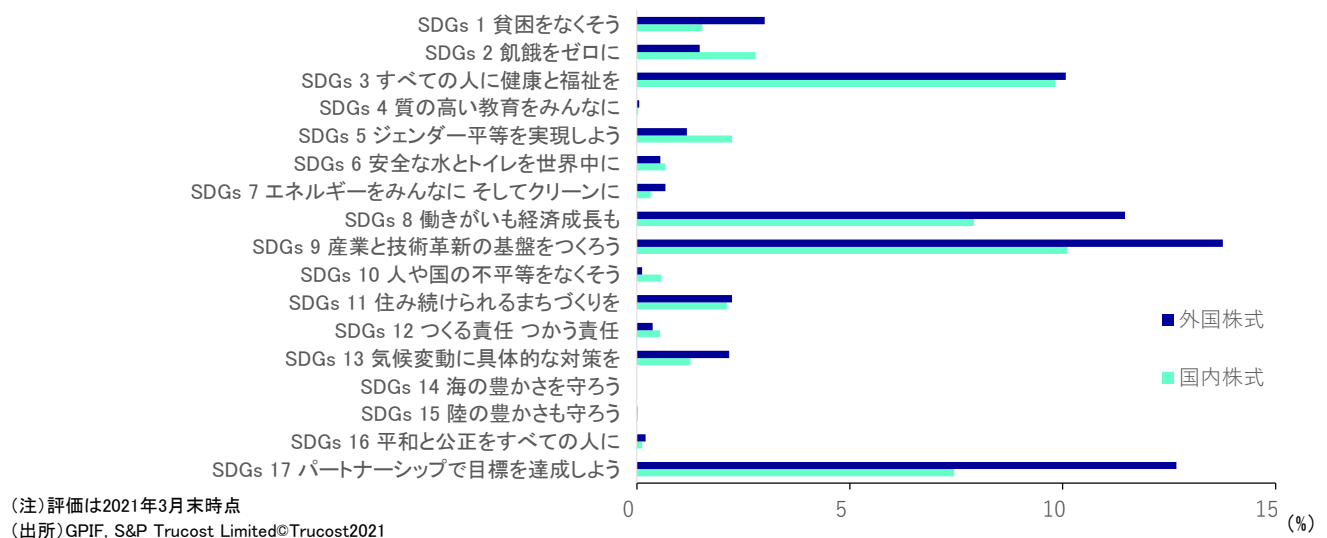
前段では SDGs をポジティブな側面から検証を行いました。SDGs リスク・エクスポージャー分析ではリスクの観点から分析をします。SDGs リスク・エクスポージャー分析では、バリューチェーンにおいて企業が直接もしくは間接的に影響を受ける／与える SDGs 関連リスクのエクスポージャーを0～100のスコア(0はリスクが最も低く、100はリスクが最も高い)で表します。SDGs 関連のリスクとは、E(環境)、S(社会)、G(ガバナンス)関連の課題のなかでも SDGs に紐づけることが可能なもののうち、温室効果ガスの排出などの企業が直接または間接的に負の影響を生み出すリスクや、児童労働や賃金の過少払いなどの SDGs に抵触する慣行や活動に企業が依存しているリスクなど、45のリスクを指します。これらのリスクへのエクスポージャーは、企業が事業を展開しているセクターやサプライチェーンの地理的分布に基づいて評価します。例えば大気、土地、水質汚染の問題は、小売りやサービス業よりも、重工業やエネルギーセクターの企業に関わる可能性が高いです。同様に汚職や児童労働のリスクは企業が生産活動を行う国によって異なるでしょう。サプライチェーン全体の地理的分布等の詳細を開示している企業はほとんどないため、この分析には Trucost のモデルを用います。

GPIF の国内株式・外国株式ポートフォリオについて、国内・海外で分けセクター別に分析をしたところ、リスクが高い SDGs の項目は国内株式・外国株式ともに似通っているのに対して、多くの目標について、国内株式に比べ、外国株式のほうがスコアが高い傾向にあることがうかがえます。言い換えると外国株式のほうが SDGs 関連のリスクが高いと言えます。これはサプライチェーンの地理的分布が評価に影響を与えることが関係しており、外国企業の方が相対的にリスクが高い国から製品やサービスを調達している可能性があります。実際 OECD 等が発表したレポート³¹でも、企業が生産工程の最適化を図るために、複数国に跨って財やサービスの供給・調達を行うグローバル・バリューチェーン上での日本企業のプレゼンスが低いことが確認でき、逆に外国企業のサプライチェーンは日本企業よりも多数の国々に跨っていることが推測できます。

³¹ Global value chains: Efficiency and risks in the context of COVID-19 © OECD 2021

またいずれの資産・セクターでも、「SDGs17: パートナリーシップで目標を達成しよう」に関連するリスクが高いことが分かります。この目標に設定されているターゲットのなかに「課税及び徴税能力の向上のため、開発途上国への国際的な支援なども通じて、国内資源の動員を強化する」とあり、タックスヘイブン等を実施している国に拠点を構える企業がサプライチェーンに組み込まれている場合は、このリスクが高くなる傾向にあります。なお、SDGs リスク・エクスポージャー分析は、セクターやサプライチェーンによって規定されるリスクのエクスポージャーを計測するものであり、実際に企業が SDGs に関連するリスクに対処するために行っている活動等は考慮されていない点には留意する必要があります。

図表 4-7 目標別の SDGs ポジティブインパクト



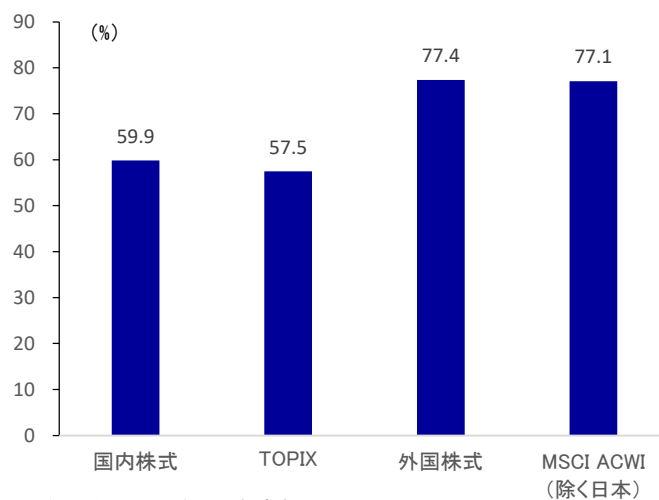
図表 4-8 SDGs パフォーマンスギャップ(%)

	日本	米国	EU	中国	インド	G20計
SDGs 1 貧困をなくそう	0.1	0.2	0.3	1.8	21.8	33.3
SDGs 2 飢餓をゼロに	1.0	3.5	4.6	10.5	23.8	57.8
SDGs 3 すべての人に健康と福祉を	0.3	1.5	1.5	11.7	24.5	50.8
SDGs 4 質の高い教育をみんなに	0.0	0.1	1.1	5.4	17.3	30.2
SDGs 5 ジェンダー平等を実現しよう	1.6	2.6	3.1	10.7	29.2	58.7
SDGs 6 安全な水とトイレを世界中に	0.7	2.1	2.6	17.2	23.1	56.3
SDGs 7 エネルギーをみんなに そしてクリーンに	0.4	1.0	1.4	20.1	19.7	49.7
SDGs 8 働きがいも経済成長も	0.9	2.8	4.7	10.3	14.0	49.2
SDGs 9 産業と技術革新の基盤をつくろう	0.3	0.5	2.1	10.5	21.5	47.6
SDGs 10 人や国の不平等をなくそう	0.8	5.0	3.1	16.0	17.6	62.4
SDGs 11 住み続けられるまちづくりを	1.2	1.4	2.7	13.5	27.2	56.8
SDGs 12 つくる責任 つかう責任	3.3	12.5	14.7	13.7	8.8	74.7
SDGs 13 気候変動に具体的な対策を	4.7	16.3	14.6	17.2	5.2	81.9
SDGs 14 海の豊かさを守ろう	2.0	3.9	6.1	23.2	16.6	66.3
SDGs 15 陸の豊かさを守ろう	1.4	4.3	2.9	18.7	22.0	66.3
SDGs 16 平和と公正をすべての人に	0.4	2.9	3.1	18.2	18.7	57.9
SDGs 17 パートナリーシップで目標を達成しよう	1.2	3.0	4.7	22.8	20.8	65.1

(注) 赤の網掛けは10～20%、黄色の網掛けは20%超を示す

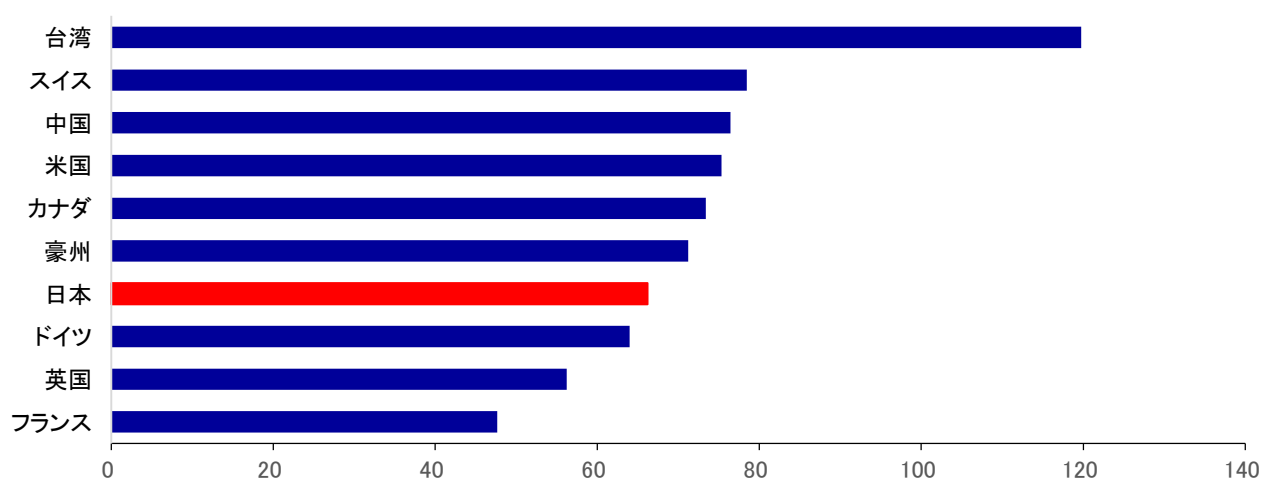
(出所) Sustainable Development Report 2020をもとにGPIF作成

図表 4-9 GPIF ポートフォリオの加重平均 SDGs アディショナルリティ



(注) 評価は2021年3月末時点
(出所) S&P Trucost Limited©Trucost2021

図表 4-10 主要国・地域の加重平均 SDGs アディショナルリティ比較



(注) 集計対象はMSCI ACWI 構成銘柄。グラフは構成ウエイトが上位10か国・地域のうち、加重平均アディショナルリティが高い順に掲載。評価は2021年3月末時点。

(出所) MSCI, S&P Trucost Limited©Trucost2021

各社の紹介

<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>

Trucost
ESG Analysis

S&P Global

S&P Global

Market Intelligence

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。

<アスタミューゼとは>



世界最大級の 193 カ国、39 言語、7 億件を超える無形資産/非財務情報のデータベースを構築し、世界の“成長領域”と“社会課題”に独自に整理し分析。領域・企業・人の観点で、無形資産/非財務情報を分析できるプラットフォームとアルゴリズムを保有し、事業会社、金融機関/投資家に対して、未来予測、投資運用支援、企業価値可視化、無形資産評価などのサービス・データを提供している。

本稿は、TCFD 提言に沿った開示を行うために MSCI 社、Trucost 社、アスタミューゼ社の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。

MSCI

GPIF の情報提供者である MSCI ESG リサーチ LLC およびその関連会社(以下「ESG 関係者」)は、信頼できるとされる情報源から情報を入手していますが、ESG 関係者は本情報のデータの独創性、正確性および／または完全性を保証するものではなく、商品性および特定目的への適合性を含むすべての明示的または黙示的な保証を明示的に放棄します。本情報はいずれも投資助言や、いかなる種類の投資決定を行う(または行わない)ための推奨を意図したものではなく、そのようなものとして依拠することはできません。また、将来のパフォーマンス、分析、予測、予想を示唆または保証するものと見なされてはなりません。ESG 関係者は、ここに掲載されているデータや情報に関連した誤りや脱落、あるいは直接的、間接的、特別、懲罰的、結果的、その他の損害(逸失利益を含む)について、たとえそのような損害の可能性を知らされていたとしても、いかなる責任も負いません。³²

S&P Trucost

本資料に含まれる一定のデータ及び情報は、S&P Trucost Limited から提供されています。Trucost のデータ、情報、及び報告書(これらのものに含まれる全ての知的財産を含みます。)に対する全ての権利は、Trucost 及び／又はそのライセンサーもしくは関連会社に帰属します。Trucost、その関連会社及びそのライセンサーのいずれも、Trucost のデータ、情報、及び／又は報告書の誤り、記載漏れ又は中断について責任を負いません。Trucost から書面で明示的な同意を得ない限り、データ、情報、報告書をさらに配布することはできません。S&P Trucost Limited 及び／又はそのライセンサーもしくは関連会社は、本契約に含まれる個々のデータ、情報及び報告書が特定の場所での使用に適していること、又はかかる使用が可能であることを、いかなる形でも保証又は表明するものではありません。関連するデータ及び報告書にアクセスし、これらを使用するにあたっては、全ての適用法を遵守しなければなりません。

アスタミューゼ株式会社

本資料は、アスタミューゼ株式会社(以下「アスタミューゼ」)が、世界各国の特許庁・および企業情報プロバイダーより提供されるデータによって編集したものです。本資料は、投資活動を勧誘又は誘引するものではなく、有価証券の「買い」または「売り」のオファーとして使用されてはならず、税金、投資又はその他のいかなる助言も提供するものではありません。アスタミューゼは、各個人投資家のそれぞれの事情に適合したアドバイスを提供することを目的としておりません。本資料の使用は、資格のある投資専門家の投資助言に取って代わるものではありません。本資料の情報は、一般的な信頼性があるものとされる情報源から得られた情報ですが、アスタミューゼもその情報提供者ならびに本資料を読者に提供する如何なる当事者も、本資料の正確性又は完全性について保証するものではなく、また、情報提供中のエラー・欠損又は通信の中断・遅延及び本資料の使用から生じる一切の結果について、なんらの表明や保証を行うものでもありません。

³² 尚、このディスクレーマーは英文本文を翻訳した物であり、内容に相違がある場合は英文本文の内容が優先されます。