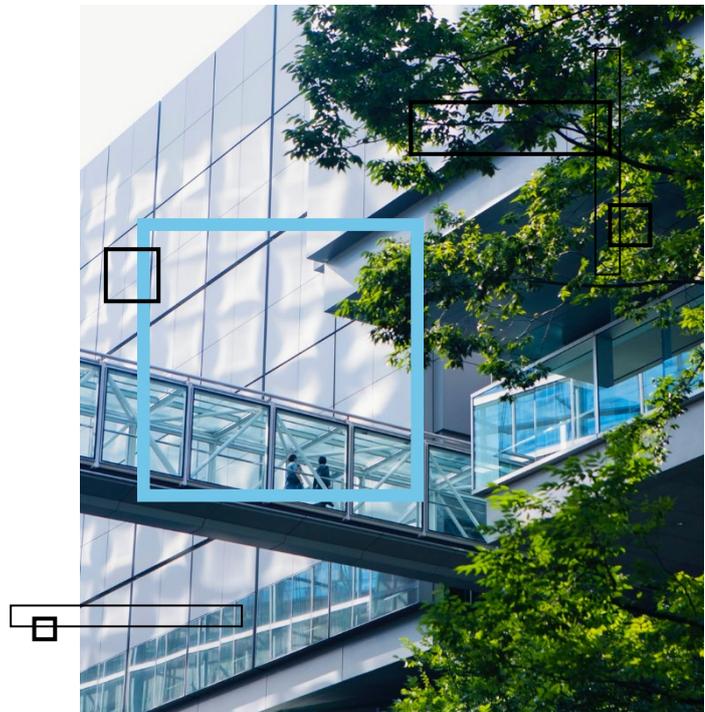




ICE サステナブルファイナンス

GPIF ポートフォリオにおける GHG 削減貢献量分析

2023 年 7 月



目次

1. 概要	3
2. 序論	4
2.1 プロジェクトの概要	4
2.2 削減貢献量の概念	5
2.2.1 削減貢献量 (Avoided Emission) とは	5
2.2.2 削減貢献量の特定	5
2.3 削減貢献量に対する ICE のアプローチ	5
3. 削減貢献量の重要性	9
3.1 ポジティブインパクトに焦点	9
3.1.1 実現可能な側面を重視	9
3.2 カーボンフットプリントの先に	10
3.2.1 持続可能な金融規則と削減貢献量	10
3.3 投資意思決定に於ける削減貢献量の役割	10
4. セクターと企業の選択	11
4.1 セクターの選択	11
4.2 企業の選択	13
5. セクター分析	14
5.1 概要 ¹⁴	
5.2 ゼロエミッション車	14
5.2.1 アプローチと手法	14
5.2.2 販売国/地域別の削減貢献量	16
5.2.3 国/地域別の削減貢献量 (企業本社所在地に基づく)	17
5.2.4 ゼロエミッション車 - 主要テーマと結果	18
5.2.5 ゼロエミッション車 - 結論	19
5.2.6 LCA 要素 - 仮定	19
5.2.7 企業の売上高 - 仮定	20
5.3 公益セクター (UTILITIES) の発電事業	21
5.3.1 アプローチと手法	21
5.3.2 発電事業 - 主要テーマと結果	27
5.3.3 発電事業 - より広範な社会及び環境の配慮	28
5.3.4 発電事業 - 結論	28
5.3.5 電力源 - 仮定	28
5.3.6 エネルギーミックスの内訳 - データの仮定	29
5.3.7 企業の再生可能エネルギー発電量 - 仮定	29
5.4 鉱業 ³⁰	

5.4.1	アプローチと手法	30
5.4.2	鉱業 - 主要テーマと結果	33
5.4.3	より広範な社会及び環境の配慮	34
5.4.4	鉱物のより広範な用途	35
5.4.5	全世界の鉱物生産総量 - 仮定	35
5.4.6	鉱業 - 結論	36
6.	結論	37
7.	付録	38
7.1	EV セクターのデータ情報源	38
7.1.1	ZEV セクター - LCA 要因	38
7.1.2	ZEV セクター - 会社の売り上げ高	38
7.2	公益セクターの発電事業のデータ情報源	39
7.2.1	発電事業 - 電力源	39
7.2.2	発電事業 - 電力構造内訳	39
7.2.3	発電事業 - 会社再生可能発電	39
7.3	鉱業セクターのデータ情報源	40
7.3.1	全世界の全体的鉱物生産量	40
7.3.2	ZEV バッテリーの鉱物需要: 重量分布	40
7.3.3	ZEV 用途に於ける世界の鉱物生産量予測 (2030)	40
7.4	温室効果ガス排出量の範囲	41

1. 概要

GHG 削減貢献量 (Avoided Emission, 以下、「削減貢献量」) の分析は、持続可能な投資に有効な手段となり、ポジティブインパクトをもたらす投資機会を見極め、投資が生み出す実社会への影響を定量化するのに役立ちます。

削減貢献量を投資の意思決定に組み入れることで、低炭素経済への移行に向けた個々の企業のプラスの影響に対する貢献度の評価を可能にし、気候変動分析に関してより多くの情報を得ることができます。

ICE は豊富な排出量データベースと削減貢献量算定手法を使用して、削減貢献量を推定するためのモデルを構築し、投資による広範な気候変動への影響をより詳しく評価するための分析の枠組みを構築しました。

削減貢献量分析の ICE のフレームワークは、データ分析、モデリング、比較シナリオ分析の 3 つの要素で構成されます。このフレームワークには、ICE の分析手法構築のアプローチを支える 5 つの主要な概念: ライフサイクル評価アプローチ、重要性 (materiality)、配分 (apportionment)、将来を予測する能力 (forward-looking capabilities)、地理的特性 (geographical granularity) が組み込まれています。

削減貢献量のこのアプローチは、個別企業や投資資金が気候変動に与える影響をより総合的に把握し、また気候変動にプラスの影響を与えるソリューションに資金を振り向けるための指針となります。

本報告書では、ICE が GPIF ポートフォリオ内の 3 つのセクターの企業全体にわたる削減貢献量の影響を特定、分析、開示するために行ったプロセスを詳しく説明します。今回調査対象としたセクターは、ゼロエミッション車、公益セクターの発電事業、鉱業です。

2. 序論

各国の政府や規制当局は、企業が独自のネットゼロ目標を設定することに重点を置いた気候政策を実施しています。これにより企業は、自社が行う直接事業だけでなくバリューチェーン全体(スコープ3 排出量)の排出量を削減するよう求められる傾向にあります。

これに伴い、企業レベルで革新的な低排出量あるいはゼロ排出量のソリューションを開発することが、世界の脱炭素化にとってますます重要になっています。また、企業が脱炭素ソリューションによってネットゼロというより大きな世界目標にどの程度貢献しているかを測定することも重視されはじめています。

削減貢献量は、ポジティブインパクトをもたらす収益機会を見極め、そのような投資によって生み出される実社会の影響を定量化することもコンセプトの一つです。

削減貢献量の概念は、現在、他の気候指標ほど明確に定義されていませんが、その根底にある目的は、低炭素経済への移行における企業の役割を企業に關係するステークホルダーが同一に理解できるようにすることです。

これにより、移行における企業または製品の役割を理解し、低排出量及び炭素削減ソリューションを識別することが可能になり、これらに対する投資を促進することにつながります。

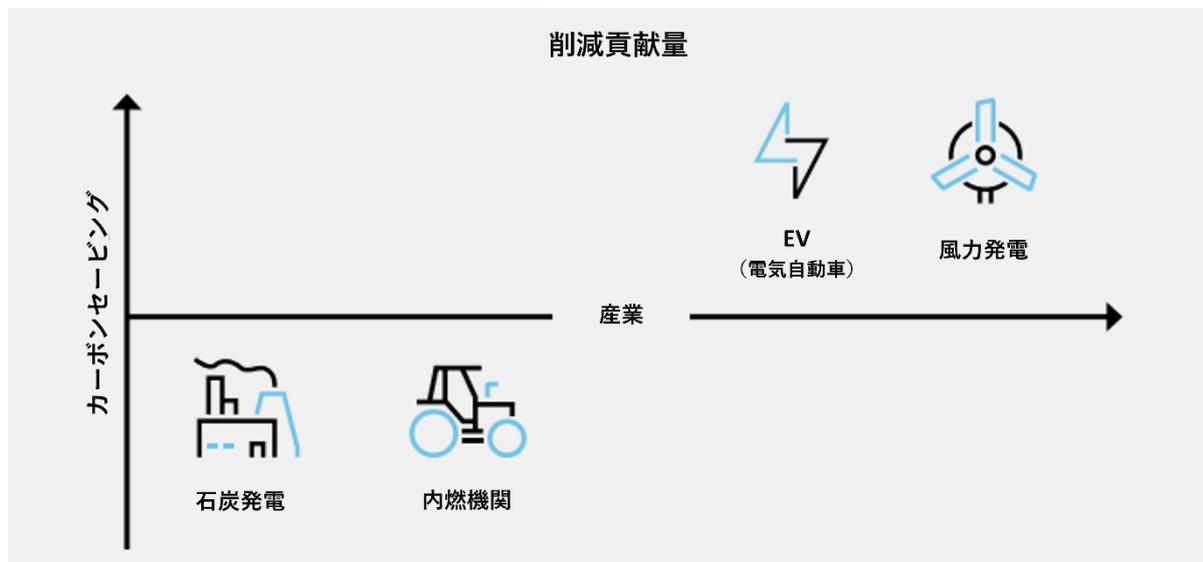
2.1 プロジェクトの概要

ICE は、年金積立金管理運用独立行政法人(GPIF)に対して、気候変動に関連する事柄が与える影響について、分析と開示のサポートを行いました。本報告書は、GPIF ポートフォリオにおける排出量削減貢献について、ICE が削減貢献量の形で評価、分析、定量化した結果をまとめたものです。

このため ICE では、広範で詳細な企業レベルの排出量データベースと削減貢献量算定手法を用いし、ゼロエミッション車、公益セクターの発電事業、鉱業の3つのセクターについて、GPIF ポートフォリオに含まれる企業のうち、影響度が大きい企業について潜在的な削減貢献量を評価しました。

この分析と結果は、特に低炭素経済への移行に貢献する可能性のあるソリューションを有する企業への投資による GHG 削減への貢献についてのレポートや投資機会の把握を支援するために提供しています。

図表 1: 産業レベルでの潜在的な削減貢献量の図解



2.2 削減貢献量の概念

2.2.1 削減貢献量 (Avoided Emission) とは

「削減貢献量 (Avoided Emission) とは、製品のライフサイクルまたはバリューチェーンの外で、その製品の使用の結果として生じるものです。」¹

2.2.2 削減貢献量の特定

削減貢献量の概念は、気候変動ソリューションを提供する多くのセクターに適用できます。幅広いセクターにわたる分析により、複雑なサプライチェーンの中にあっても、低炭素経済への移行に潜在的なプラスの影響をもたらす要因を特定できます。

しかし、その定量化には、評価対象の企業についての十分な調査、知識、理解が必要であり、実際は、削減貢献量のポテンシャルが大きいセクターの企業でも削減貢献量に関する情報を報告していないケースも珍しくはありません。

2.3 削減貢献量に対する ICE のアプローチ

ICE は、豊富な排出量データベースを利用して、ポートフォリオ内の潜在的な削減貢献量を特定、推定し、投資家が全体的な気候変動へのポジションをより深く把握するための分析手法の枠組みを構築しました。

¹ 削減貢献量の定義は、世界資源研究所の記事で提供されています (Do We Need a Standard to Calculate “Avoided Emissions”?)。

本報告書では、この分析手法と削減貢献量のアプローチを使用して、GPIF ポートフォリオの 3 つのセクター（ゼロエミッション車、公益セクターの発電事業、鉱業）から選択した企業を分析しました。削減貢献量分析のアプローチは、次の 3 つの主要要素で構成されます。

図表 2: 削減貢献量分析の 3 段階のプロセス



最初の段階では、各企業が貢献する様々な削減貢献量メカニズムを特定するために、個々の企業の排出量データと様々な情報を収集、評価、分析することです。ここでは、ICE の包括的な気候変動データベースと気候変動アナリストの専門知識と経験を活用して、企業情報の収集と分析を行います。

次の段階はモデリングです。ここでは全体的なプロセスの一部として使用する様々な手法、測定基準、システムについて説明します。マテリアリティ・アセスメントやライフサイクルアセスメント(LCA)モデリングなどの概念を含め、カスタマイズされた企業レベルのボトムアップ・モデルとセクター固有のインプットの両方を使用します。

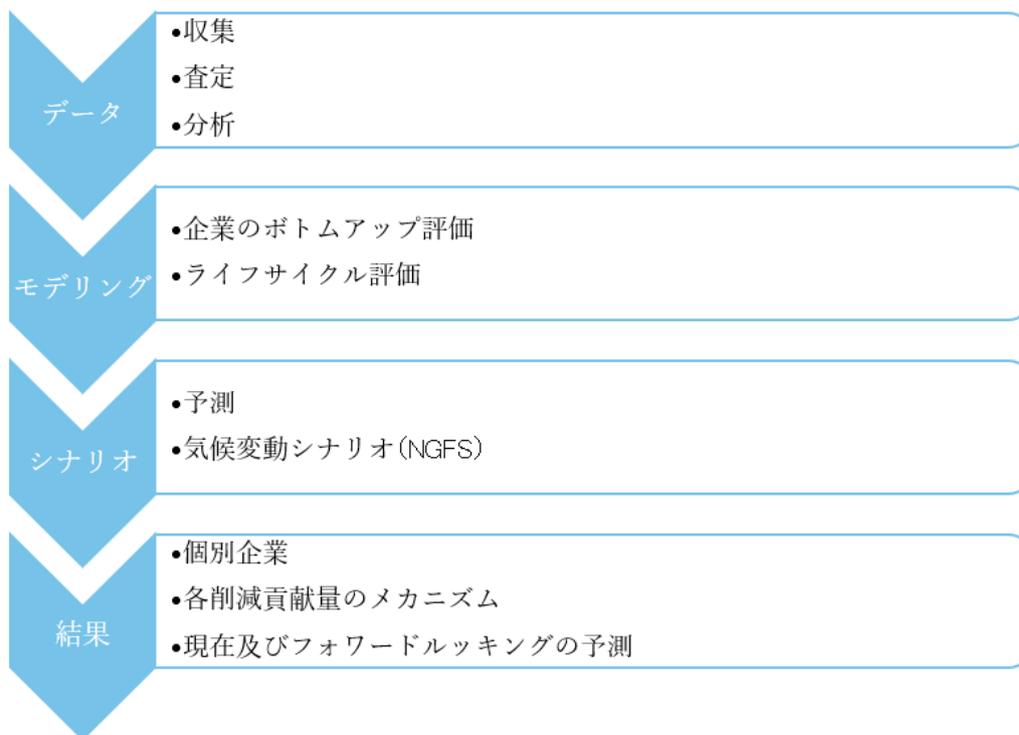
最後の段階は、プロセスの結果を様々な状況に合わせて理解するために役立つ「仮定 (what-if)」シナリオ分析と将来の予測分析を含む比較シナリオ分析です。ここでは、様々な気候変動シナリオ (NGFS – Network for Greening the Financial System を含む) を使用して、それぞれのシナリオのもとで、結果が多様な変数にどのように依存するかを分析しています。

このプロセスから導き出される結果は、個々の企業の各削減貢献量メカニズムの詳細な分析であり、現在 (2022 年推定)²または将来の予測は、既に達成された削減貢献量と将来の潜在的な削減貢献量を表します。

分析結果には、ICE はモデル、計算、基礎となるデータポイント、そして比較シナリオ分析などの制約についても説明しています。分析手法の精度や市場の見識は日々進化しているため、ICE の分析においても、常に削減貢献量を最適に定量化するための新しいフレームワークや研究の成果を考慮し、進歩し続けていきます。

² 「現在」というのは 2023 年 3 月 31 日時点で入手可能な最新の企業レベルのデータを指します。なお、最後の公表時期によって、2020 年～2022 年の企業の年次サステナビリティ報告書または査読済みの研究論文が含まれております。

図表 3: 分析作業のプロセス



分析プロセスは次の手順に従います。

- 削減貢献量メカニズムを調査し特定する
- データのレビュー
- ライフサイクル評価モデリング
- 比較シナリオ
- 結果

削減貢献量の特定とデータのレビュー

削減貢献度の特定とデータのレビューには、アナリスト向けプレゼンテーション、サステナビリティレポート、ウェブサイト、その他の関連文書などを含めた、入手可能な公開情報を利用します。このプロセスは、各企業が貢献する可能性のある様々な削減貢献量メカニズムを特定するのに役立ちます。これには、売上高、報告された削減貢献量、その他の基本情報などを含む、入手可能な企業固有のデータを把握することも必要です。公表されているライフサイクルアセスメントのデータも調査し、個々のモデルに反映させるために、どのような比較検討があるかを確認します。

モデリングアプローチ

特定した企業についてモデリングは、ボトムアップで行われます。企業固有のパラメータを入力し、モデルに製品またはサービスが適合していることを確認します。モデルは、既存のデータで影響度を最大化できるように、柔軟性を確保するために構築しています。これらの分析手法は、将来的により質の高いデータを利用することで、より精緻な結果を導き出すことができます。

比較シナリオ

NGFS のシナリオにおいては、データが推定値である場合に、結果が変数にどのように依存するかをより明確に把握することができ、影響の範囲を特定することに役立ちます。

結果

各セクターの現在及び将来の削減貢献量を算出しました。現在の数値は、ICE のモデルと収集されたデータに基づいて算定された企業の削減貢献量を示しています。将来の数値は、企業のデータ、排出量係数、売上高/収益の比率、その他の要因に関する様々な予測に基づいて算定しています。

透明性を確保するために、それぞれの結果には、モデルとデータの制約、使用した仮定と比較シナリオの説明が記載しています。つまり、適切に把握するために、背景データとともに結果を提示しています。

この分析に使用したデータソースのリストについては、付録をご参照ください。

3. 削減貢献量の重要性

個別企業や投資ポートフォリオにおける削減貢献量は、個別企業とポートフォリオの投資戦略の両方にとって、脱炭素化の可能性及び気候変動(ネットゼロ)目標を達成する能力を示す重要な指標です。

削減貢献量分析により、企業が環境への影響に関してより良い展開を示すことで、投資ポートフォリオの収益機会に焦点を移すことができます。

3.1 ポジティブインパクトに焦点

投資家が削減貢献量とそのプラスの環境的影響に焦点を当てることで、より多くの企業が、自社の製品やサービスの使用による気候変動への影響を定量化するために、削減貢献量の算定手法を開発するよう求められることが今後想定されます。

図表 4: 投資家は環境へのプラスの影響に注目



企業レベルでの効果的な削減貢献は、製品の設計、製造、流通に至る企業のプロセス全体に適用する必要があります。削減貢献の配慮は、企業の全体的な気候変動戦略に不可欠であり、企業がビジネス上の意思決定を行う際の指針となりえます。

削減貢献量のアプローチを企業レベルで実行することは、必ずしも容易ではありません。例えば、より広範な排出削減を目的とした製品やサービスを開発した結果、自社のカーボンフットプリントが増加してしまうといったジレンマに直面することがあります。

削減貢献は、各企業自身の排出量(スコープ 1、2、及び 3)の削減に対してトレードオフであると考えられるべきではありません。気候変動対策の先導役として行動する企業は、自社のカーボンフットプリントを削減するだけでなく、同時に顧客が低炭素経済に移行することを支援する製品やサービスを提供することを目指す必要があります。

3.1.1 実現可能な側面を重視

経済全体の排出量を削減する可能性のある製品やサービスに重点を置く気候変動対策を推進する企業は、サステナビリティの実践を主導し、各企業が脱炭素化にどのように貢献できるかを示す上で重要な役割を果たすことができます。

気候変動対策は、バリューチェーンだけでなく経済の脱炭素化を支援する機会を提供できる投資、製品、サービスへ資本を振り向けることも必要となります。

この点において、削減貢献量分析は、投資家に気候変動が広範な影響を与える投資機会を特定上で有用なツールとなります。削減貢献量指標の開発により、投資家がポートフォリオ内の気候変動関係の事業をより包括的に把握できるようになり、業界や企業全体を通して比較できるようになります。低炭素経済への移行において、経済全体に大幅な削減貢献量効果をもたらす企業は、さらなる成長機会に恵まれる可能性があります。

従来の気候変動リスク分析に削減貢献量分析を追加することで、投資家が気候変動変化の影響と企業及びポートフォリオレベルでの影響をより深く把握できるようになります。

3.2 カーボンフットプリントの先に

ICE は、Scope1、2、3 といった従来の炭素排出量指標に加え、より革新的で定量的な方法論やツールキットが必要であると考え、より広範な観点で分析を行い、個々の企業が気候変動に与える影響を包括的に把握する必要があると考えています。

削減貢献量の概念は、投資家に脱炭素化の影響をより理解させるうえで、新しい視点を示すという点で重要な役割を果たします。これまでのところ、削減貢献量に関する研究はほとんどなかったため、この概念が広く認識されていない一因となっています。

3.2.1 持続可能な金融規則と削減貢献量

世界の金融市場規制当局は、気候変動関係のガイドラインや規制の実行に関して最前線に立ってきましたが、それらはリスク面に重点を置く傾向がありました。具体的には、投資/ポートフォリオレベルでの排出量の特定、気候アライメント(ネットゼロ)分析などについてです。

今後は、政策立案者や国際機関は、高排出産業への投資を抑制するのではなく、気候変動に対する解決策や技術革新に資金を振り向けられるように、気候変動へのポジティブな影響を測定・促進するための指標の開発と利用を奨励することを検討することが望まれます。削減貢献量のような気候変動に関するさらなる情報の開示は、気候変動に関する報告の進展を促す大きな役割を果たすことになるといえます。

3.3 投資意思決定における削減貢献量の役割

投資家にとっても、削減貢献量の理解と特定は有益です。それは、より多くの脱炭素化を可能にする製品やサービスの創出に寄与し、成長の可能性のあるビジネス機会を生み出すことができます。

企業が収益や設備投資(将来の収益)による削減貢献量を特定・開示することは、投資家が持続可能性に関する成長の機会を持つ企業を見つける一助となります。

これは、カーボンフットプリントの大きい企業を特定することではなく、排出量削減による機会に注目しています。具体例として、再生可能な天然ガスやグリーン水素を製品としている石油精製会社が挙げられます。これはスコープ 1 と 2 の削減につながる可能性があり、これを、多くの投資家は持続可能性の観点から肯定的に捉えています。

4. セクターと企業の選択

ICE は、GPIF ポートフォリオ内で GHG の削減に大きく貢献する可能性があるセクターと企業を特定するために多層的なアプローチを行い、セクターや企業レベルで GHG の削減に貢献できる可能性や、GPIF ポートフォリオ内の保有株式の重要性（投資額と保有株式数の両方の観点から）など、様々な点を考慮し、GPIF ポートフォリオのセクターレベルで潜在的な削減貢献量の可能性についてスクリーニングを行いました。また、データの品質と有効性について、特に製品/事業セクターレベルでのデータの粒度と正確性も勘案しました。

削減貢献量分析の対象となるセクターを選択するために使用した主な基準は次の通りです。

- GPIF ポートフォリオ内での重要性（投資額、保有株式数）
- そのセクターの削減貢献量を定量化するための手法がどの程度確立されているか
- データの可用性 - 企業固有の変数、業界レベルの調査、各種グリッド排出量ファクターなどの国固有の要因
- データ品質 - 信頼できるデータソースと粒度

4.1 セクターの選択

これらの基準に基づいて、削減貢献量分析の対象として次の 3 つのセクターを特定しました。

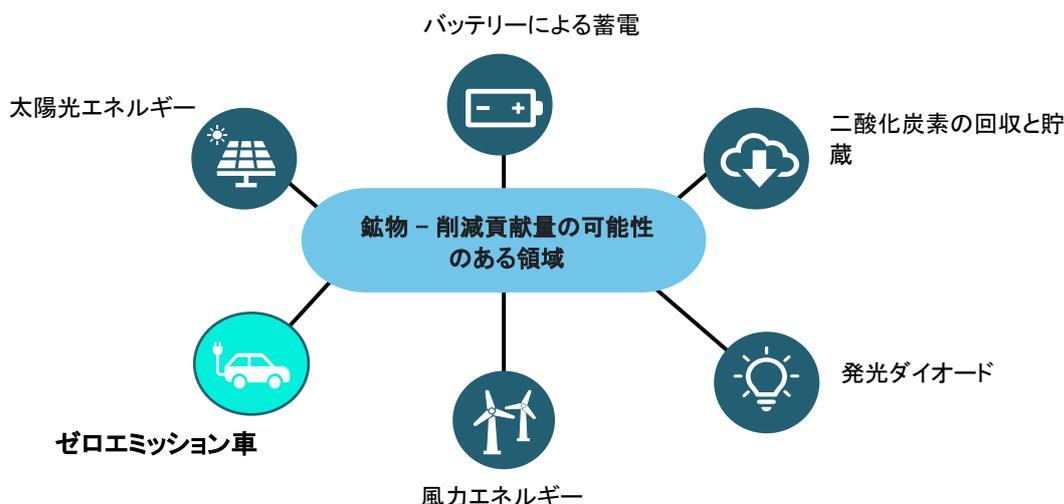
- ゼロエミッション車 (ZEV)
- 公益セクターの発電事業
- 鉱業

これらのセクターは、企業の製品に関する様々なデータの粒度や精度を考慮し、削減貢献の可能性だけでなく、データ品質とデータ可用性の観点から選択しています。

ゼロエミッション車及び発電事業（再生可能エネルギー等）セクターは、一般的にも削減貢献量のポテンシャルがあると考えられ、データの質とデータの入手可能性を含む他の基準も満たし、また GPIF ポートフォリオ内でも重要なセクターです。

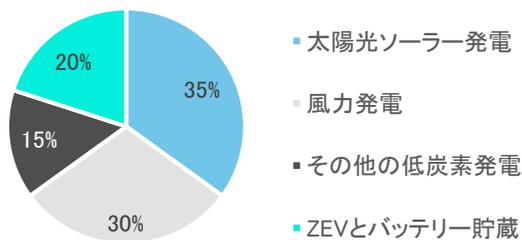
鉱業セクターは、一見すると意外かもしれませんが、電気自動車用バッテリーに応用できる鉱物のポテンシャル等を考えると GHG 削減において重要なセクターです。図表 5 及び図 6 で示されているように、鉱物は、低炭素社会への移行において他の領域に応用されることによる削減貢献量のポテンシャルがあり、特に将来予測データを含んだ質の高いデータが利用可能な EV バッテリーに今回の分析では焦点を当てています。さらに、以下に示すように、2030 年には EV が鉱物需要の主な供給源になると予測されています（図表 6）。

図表 5: 鋳物 - 削減貢献量の可能性のある領域

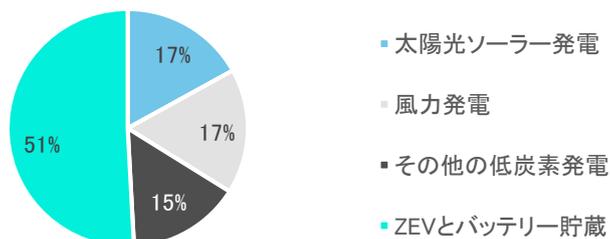


図表 6: 鋳物 - 削減貢献量の可能性のある特定のセクターの総鋳物需要³

図表 6A: 鋳物 - 削減貢献量の可能性のある特定のセクターの総鋳物需要(2020)



図表 6B: 鋳物 - 削減貢献量の可能性のある特定のセクターの総鋳物需要(2030 - 政策シナリオ)



³ 太陽光や風力の鋳物需要は ZEV バッテリーとは異なるため、図表 6 には、このプロジェクトの範囲外の鋳物も含まれています。「ZEV とバッテリー貯蔵」には、発電事業や家庭用蓄電も含まれていますが、大半は ZEV の需要によるものと予想されています。鉄鋼とアルミニウムは上のグラフのデータには含まれていませんが、プロジェクトではアルミニウムも考慮しています。このグラフは、IEA レポート「The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions」に基づいています。潜在的な削減貢献が認められる分野のみを含めました。

4.2 企業の選択

各セクターの企業の選択プロセスでは、次の要素を考慮しています。

- 収益または市場シェアが高い主要企業
- GPIF ポートフォリオ
- 地域のバランス
- データの可用性

これらの基準を使用し、選択した3つのセクターで以下の企業を削減貢献量分析のために選択しました。

- ゼロエミッション車 - 16 社
- 公益セクターの発電事業 - 12 社
- 鉱業 - 8 社

5. セクター分析

5.1 概要

削減貢献量分析のために GPIF ポートフォリオ内で選択した 3 つのセクター（ゼロエミッション車、発電事業、鉱業）については、アトリビューション分析、シナリオ分析、ライフサイクル評価（LCA）分析を含め、各セクターの固有の特性を考慮した一連の手法とアプローチを行い、企業、事業地域、及びデータの可用性に応じて、LCA 内の各段階で削減貢献量を算定します。

すべての削減貢献量の計算において、入手可能な最新の報告データを「現在」の年と定義しています。最新の報告データは企業の報告書および査読済みの研究論文が含まれており、公表年限は 2020～2022 年のものとなります。

5.2 ゼロエミッション車

以下に記載の仮定と分析に基づいて、GPIF ポートフォリオ内の自動車セクターの 16 社を対象に行ったゼロエミッション車（ZEV）の削減貢献量分析の結果、削減貢献量の合計が 1 年間（現在：2022 年推定）に約 111 万エーカー（4.5 千万ヘクタール）の森林が吸収した二酸化炭素量相当と推計しています⁴。

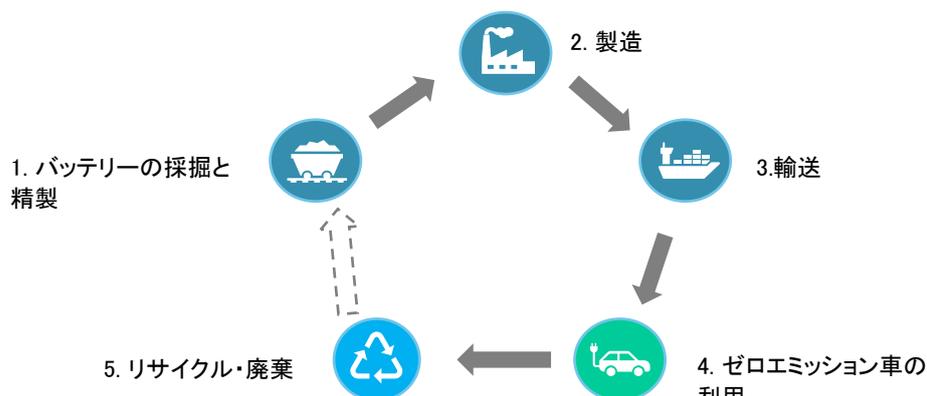
5.2.1 アプローチと手法

分析対象の企業を選択するために使用した基準は、GPIF ポートフォリオ内の自動車関連企業をベースにしています。GPIF ポートフォリオ内で特定されたこれらの自動車関連企業は、時価総額でランク付けし、次に、選択した企業が分析に必要なデータがあることを確認するために、データの入手可能性の評価を実施しました。

ゼロエミッション車の削減貢献量の評価には、ライフサイクル評価（LCA）の手法を使用しました。このアプローチを使用することで、データの入手可能性に応じて、LCA 内の各段階で削減貢献量が計算できます。なお、本分析のゼロエミッション車について、燃料電池車（FCV）は生産台数が少なく、削減貢献量が微小とのこと、または 2023 年の生産台数の予想データが不足しているため、今回は分析対象として含んでおりません。

⁴ 1 エーカーの森林は 0.85 tCO₂e の二酸化炭素を吸収します、<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

図表 7: ゼロエミッション車の ライフサイクル評価



このアプローチの最初のステップは、特定の車両サイズと地域で販売されるゼロエミッション車(バッテリー式電気自動車)のライフサイクル全体の排出量を計算することです。

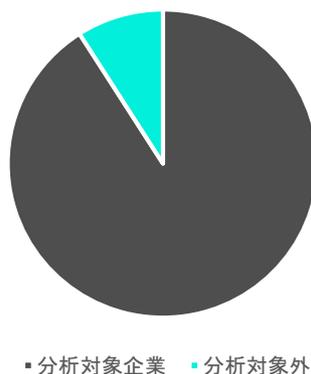
個々の車両についてのライフサイクル評価は、生産から廃棄までの排出量を対象とし(図表 7)、廃棄に至るまでの製品寿命の各段階を把握します。なお、今回の分析では、データ利用可能性等の観点から、ゼロエミッション車と評価対象のベースライン車両の両方で、「輸送」に係るの排出量と、その耐用年数が終了したときの「リサイクル・廃棄」に係るの排出量を分析から除外しています。そして、特定のゼロエミッション車の排出量に、その地域で販売されたゼロエミッション車の総数を乗算して、ゼロエミッション車の排出量を算出します。

次に、ベースライン排出量を計算します。ベースライン排出量は、同じ地域の内燃機関自動車(ICEV)/プラグインハイブリッド電気自動車(PHEV)/ハイブリッド電気自動車(HEV)からの各排出量で構成されます。これに、分析対象の企業がその地域で販売したゼロエミッション車の数を掛けます。ベースライン排出量とゼロエミッション車排出量の差は、その地域で販売されるゼロエミッション車からの「削減貢献量」の合計を表します。

そして、これらの数値を販売国/販売地域別、または企業本社所在地に基づいた国/地域別で集計しています。

各地域の2030年の販売量を推定するため、企業の信頼性の高い情報開示があった際には当データを使用し、情報が入手できない場合は、国際エネルギー機関(IEA)が推計したゼロエミッション車の総数に対する企業の相対的な市場シェアを利用しました。企業の市場シェアが将来も変わらないと仮定し(企業が現在と同様の競争力を維持すると仮定)、2030年の地域別の予測ゼロエミッション車台数を計測しています。分析には、IEAの“Stated Policies Scenario”または“STEPS”の予測を採用しました。

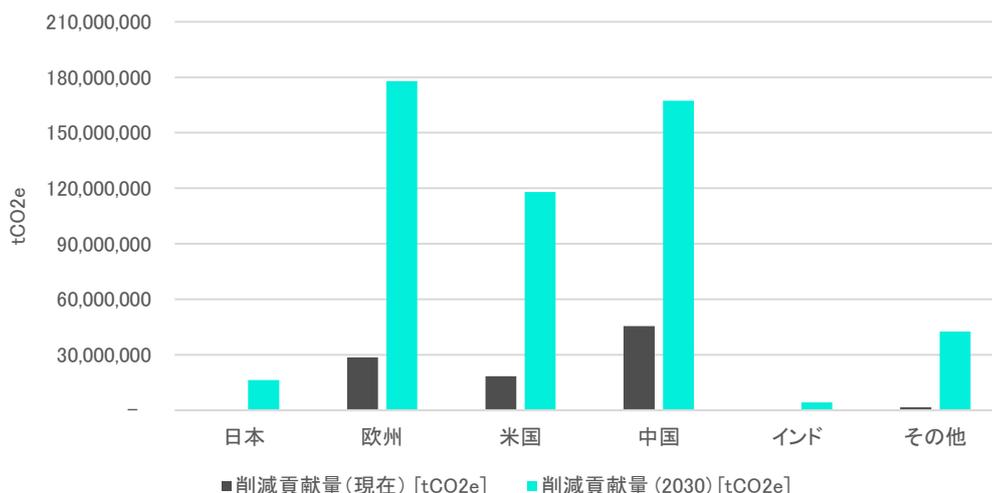
図表 8: GPIF の自動車セクターのエクスポート（時価総額）に占める分析対象企業（16 社）の割合



上記のグラフは、ゼロエミッション車の削減貢献量の分析対象として選択した 16 社が、国内外の株式ポートフォリオについて、自動車セクターの GPIF の全体投資総額の 91%（時価総額ベース）を占めていることを示しています。

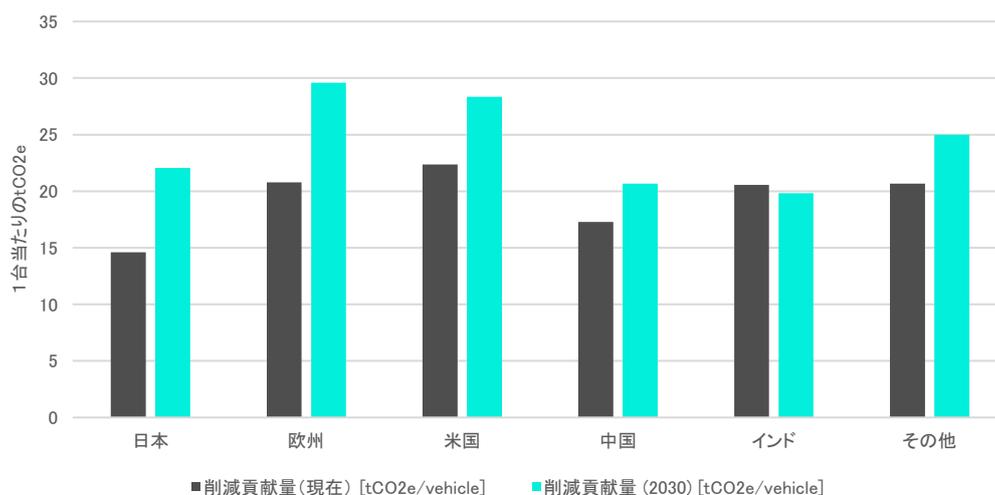
5.2.2 販売国/地域別の削減貢献量

図表 9: ゼロエミッション車:販売国/地域別の削減貢献量



上記のグラフは、分析企業の削減貢献量(CO2 換算(トン)/tCO2e)を、販売国/地域（分析企業がゼロエミッション車を販売した国/地域）別に示しています。現在(2022 年推定)の削減貢献量及び 2030 年の予測削減貢献量の両方を示しています。

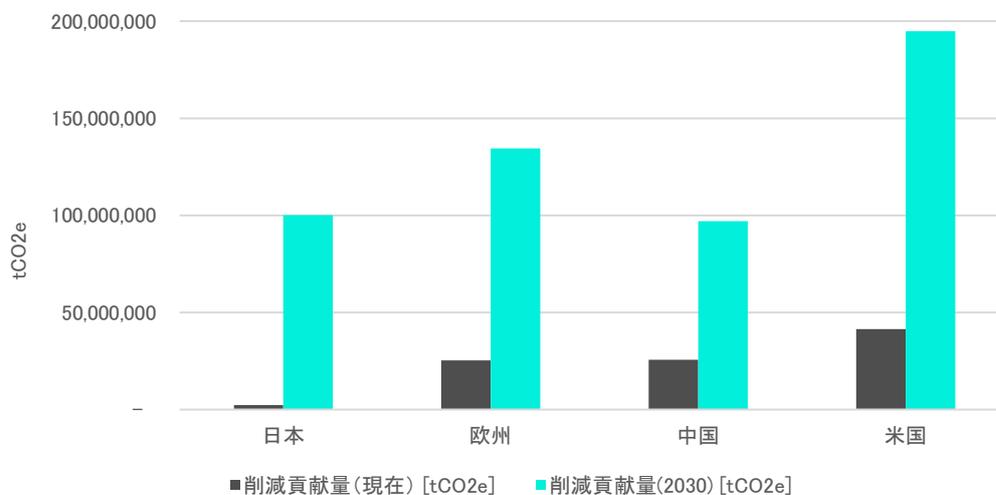
図表 10: ゼロエミッション車の販売国/地域別の車両 1 台当たりの削減貢献量



上記のグラフは、分析対象企業に対して、販売台数 1 台当たりの削減貢献量 (tCO2e/台) を販売国/地域別に、現在 (2022 年推定) 及び 2030 年の予測削減貢献量インテンシティを図示しています。

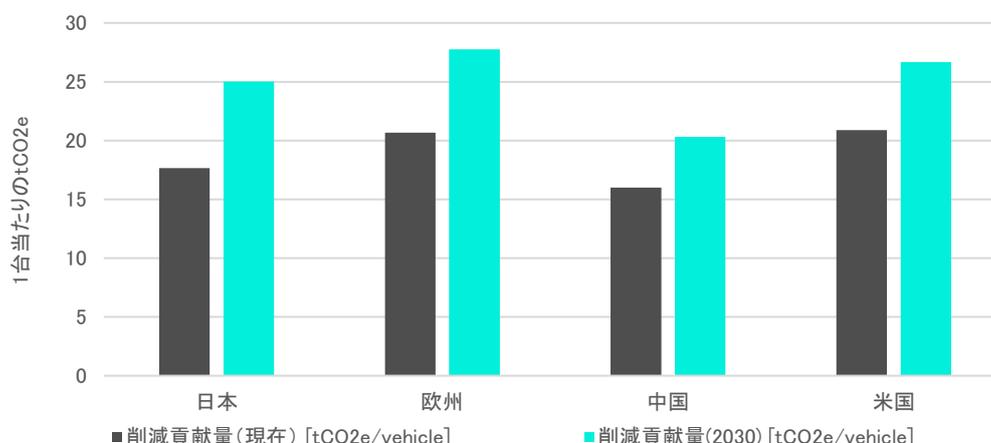
5.2.3 国/地域別の削減貢献量 (企業本社所在地に基づく)

図表 11: ゼロエミッション車の削減貢献量の国/地域別比較 (企業本社所在地に基づく)



分析対象企業が本社を置く国/地域別の総削減貢献量 (tCO2e) を図表 11 に示しています。現在 (2022 年推定) 及び 2030 年の予測削減貢献量の両方を示しています。

図表 12: ゼロエミッション車の1台当たりの削減貢献量の国/地域別比較(企業本社所在地に基づく)



上記のグラフは、分析対象企業に対して、販売台数1台当たりの削減貢献量(tCO₂e/台)を分析対象企業が本社を置く国/地域別に、現在(2022年推定)及び2030年の予測削減貢献量インテンシティの両方を示しています。

5.2.4 ゼロエミッション車 - 主要テーマと結果

4つの国/地域の自動車会社16社の削減貢献量を分析しました。集計にあたって、車両販売先に関しては、グローバルで日本、中国、インド、米国、欧州、その他の地域に分類しています。

IEAによると、2022年グローバルの自動車販売台数に関して、中国がゼロエミッション車販売の最大の割合(約52%)を占めている一方、日本とインドはゼロエミッション車販売の割合が最も低く(約1%)、欧州(約24%)と米国(約18%)が中国に続いています。

本報告書で使用した手法では、削減貢献量の絶対値は、次の3つの要素によって決まります。

- 販売された自動車の数(ゼロエミッション車に代替される従来の自動車(ICEV)の数により決まります)
- ゼロエミッション車 LCA ベースの排出量
- ICEV の LCA ベースの排出量(従来のICEVとゼロエミッション車のLCA排出量の差により、販売される自動車ごとの削減貢献量が決まります)

本報告書で分析した、自動車メーカーの所在地に基づく集計では、米国のメーカーが最も多くゼロエミッション車を生産していますが、米国のICEVのLCA排出量が高く(米国のメーカーはより大型の車両を生産する割合が高く、他の地域と比べて燃費悪くなる傾向があるためICEVのLCA排出量が高くなります)。そのため、米国では総削減貢献量が大きくなる傾向があります。

販売地域に基づいた同様の分析により、削減貢献量が最も大きいのは中国でした。これは主に、ゼロエミッション車の販売台数が最も多いのが中国であることによるものです(米国や欧州の自動車メーカーにとっても、中国は自国を除けば最大の市場です)。

しかし、車両一台当たりの削減貢献量で見ると、削減貢献量インテンシティが最も大きいのは欧州の自動車メーカーです。これは、主に炭素集約度が最も低いエネルギーミックスを持つ地域で販売しているため、これがゼロエミッション車の有効性に関して地域間の変化の主な要因となっています。

2030年の車両当たりの削減貢献量予測を調べると、エネルギーミックスの構成が改善され、ゼロエミッション車の使用段階の排出量が減少するため、欧州と米国がリードすると予想されます。一方、中国メーカーがICEVの燃料効率を改善するために設定した目標により、2030年には中国のICEVからのLCA排出量は米国や欧州よりも低くなることが予想されます。

全体として、グローバルのゼロエミッション車市場は、現在の約800万台から、2030年までに3,100万台に成長すると予想されています。中国は引き続き最大の販売市場となると予想されていますが、世界シェアは52%から40%に低下すると予想されています。一方、米国と日本は相対的なグローバルシェアを拡大すると予想されています。

現在、中国の自動車メーカーによるゼロエミッション車の売上高の絶対値は日本の自動車メーカーを上回っていますが、1台当たりの中国の自動車産業の削減貢献量は日本と比べて劣っています。これは、中国企業は主に国内で販売しており、中国国内のゼロエミッション車市場は世界最大である一方、現在(2022年推定)及び2030年においても中国の電力構造は化石燃料への依存度が高いことに起因しています。その点では、日本の自動車産業が一台の自動車につき削減貢献量でアジアをリードすると考えられます。

評価対象となった日本企業は、炭素集約度の低いエネルギーミックスを備えた地域へのグローバル販売の多様化により、1台あたりの評価をさらに向上させています。

5.2.5 ゼロエミッション車 - 結論

現時点では、日本の自動車メーカーは、削減貢献量の絶対量では、ゼロエミッション車の販売台数が少ないことが主因となり、世界の自動車メーカーに遅れをとっているかもしれませんが、日本の大手メーカーが2030年までにゼロエミッション車の生産を大幅に増やすという目標をかかげていることを考慮すると、日本企業の削減貢献量の総量の絶対値は中国メーカーを超え、米国や欧州のメーカーに近づくことが予想されます。

削減貢献量インテンシティを含む車両ごとの削減貢献量を考えると、日本の自動車メーカーは地域のリーダー的地位にあり、世界的な地位をさらに向上させる可能性があります。

5.2.6 分析の前提条件:LCA要素

ライフサイクル排出量について、車両サイズごとの地域の平均車両を仮定し、車両の地域製造排出量とは別に、販売国のエネルギー構成を組み込みました。これは、現在(2022年推定)と2030年の両方のゼロエミッション車及びベースライン車両(ICEV、PHEV、及びHEV)に当てはまります。車両サイズのデータがあれば、それもライフサイクル評価に組み込みました。

各車両の生涯走行距離を150,000Kmと仮定し、車両のLCAを推定する際に全企業に適用し、それぞれの販売地域での車両の使用段階の排出量を決定するために使用しています。

バッテリーの寿命が改善するといった予測に関する議論もありますが、それが 2030 年の EV の排出量係数にどのような影響を与えるかについて定量的に推定できるものは現時点ではありません。そのため、2030 年のバッテリーリサイクルに関連する排出量は現在のものと仮定しています。定性的評価では、主流のバッテリーリサイクルを含めることで、ゼロエミッション車の LCA 排出量を ICEV と比較してさらに減少させることができ、このことは、2030 年の潜在的な削減貢献量は、ここで計算したよりもさらに大きくなる可能性があるといえます⁵。

5.2.7 分析の前提条件: 企業の売上高

2030 年のゼロエミッション車 販売台数について、信頼できる企業の予測データが存在する場合はその値を使用し、そのようなデータがなければ、特定の地域における企業の市場シェアが現在から 2030 年まで一定であると仮定して、企業の地域のゼロエミッション車 売上高を推定しました。したがって、ある地域の企業の売上高は、その地域のゼロエミッション車 売上高が同様に成長するとしています。

データがあれば、売上高を車両サイズだけでなく地域別でも考慮しています。ただし、それがなければ、車両の評価に基づいて、車両サイズ C または車両サイズ D (それぞれ中型車と大型車/SUV) のいずれかを割り当てました。

ゼロエミッション車の総販売台数は IEA の数値から、地域別内訳は IEA の STEPS シナリオから算定しました。ゼロエミッション車のサイズ別販売台数は、地域別のサイズ別販売台数比率を用い、地域と車両サイズで按分しています。

⁵ クリーン輸送に関する国際連合 (ICCT) による - 付録を参照

5.3 公益セクター (Utilities) の発電事業

以下の仮定と分析に基づいて、GPIF ポートフォリオに含まれる発電事業セクター 12 社について、低炭素エネルギー発電による削減貢献量の合計は、現在 (2022 年推定) の 1 年間で約 3 億 7,700 万エーカー (1.5 億ヘクタール) の森林によって吸収される二酸化炭素量相当と推計しています⁶。

定義:

再生可能エネルギー: 再生可能エネルギーは、風力エネルギー、太陽光発電 (ソーラーPV)、地熱発電、バイオマス、水力発電などが含まれます。

原子力: 核分裂に依存して発電するエネルギー源です。ただ、ウランを燃料として使用するため有限資源であるため、原子力は再生不可能なエネルギー源となります。ただし、これは低炭素エネルギー源であるため、「低炭素」エネルギーの評価に含まれます。

低炭素: 使用段階での炭素排出量が非常に少ない、あるいは全く無いエネルギー源で、これには、上記の再生可能エネルギー源と原子力エネルギーの両方が含まれます。

5.3.1 アプローチと手法

発電事業の削減貢献量分析に使用する最初のステップは、企業ごと、電源ごとの再生可能エネルギー発電または低炭素エネルギーによるライフサイクル全体の排出量の算出です。次に、この排出量に各電源によって発電されたエネルギーを乗じます。

次のステップで、各電源を企業レベルで集計します。これらの結果を次のベースライン排出量と比較します。

ベースライン排出量は、NGFS の「Current Policies」シナリオに基づいて、発電源別の LCA 排出量と各国の各種エネルギーの比率を用い、これに企業が発電する再生可能エネルギーの合計を乗じて計算します。

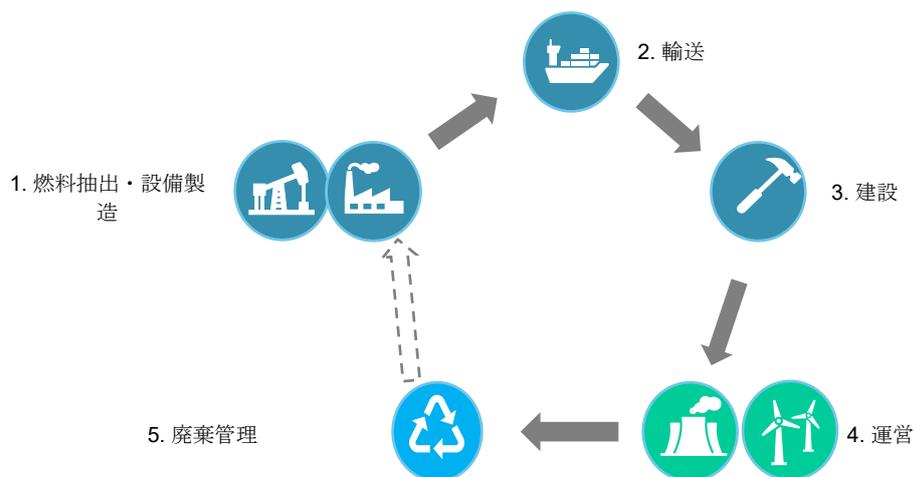
「Current Policies」シナリオは、すでに採択され実施されている各国の政策や規制が実行されていくという前提です。この場合、世界全体の排出量は 2080 年頃にほぼ横ばいとなり、2100 年までに 3°C を超える温暖化が予想されます。

ベースライン排出量と企業レベルで算定した排出量の差が企業による削減貢献量になります (企業の本社の所在地に基づいて集計されます)。

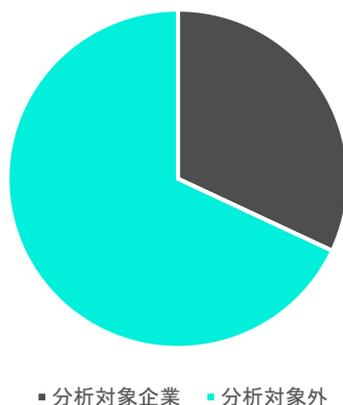
また、将来予想される削減貢献量は、2030 年と 2050 年における再生可能エネルギー容量の企業別の計画を調べ、これを NGFS の「Current Policies」シナリオに基づいた各エネルギー源の将来の LCA 排出量と、2030 年と 2050 年における各国のエネルギーの構成と比較することで算定することができます。

⁶ 1 エーカーの森林は 0.85 tCO₂e の二酸化炭素を吸収します。 <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalency-calculator>

図表 13: 発電事業のライフサイクル評価

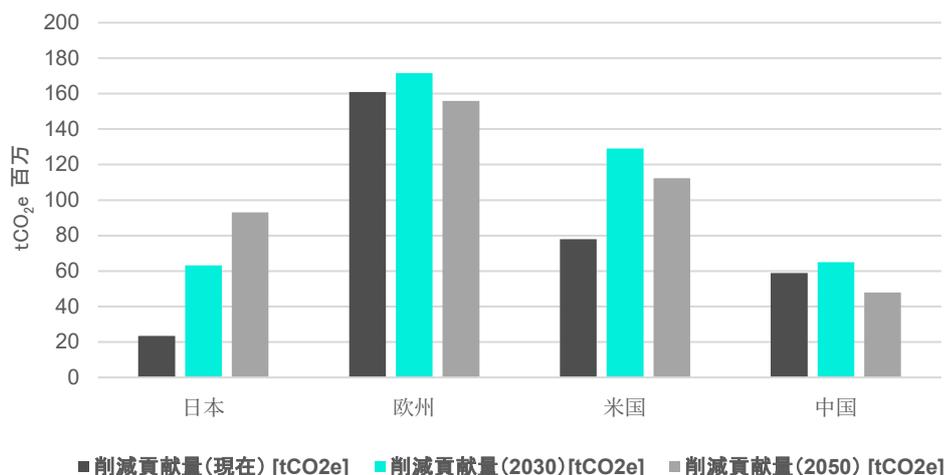


図表 14: <公益セクターの発電事業> 分析対象企業の GPIF ポートフォリオにおけるエクスポージャー(時価総額)



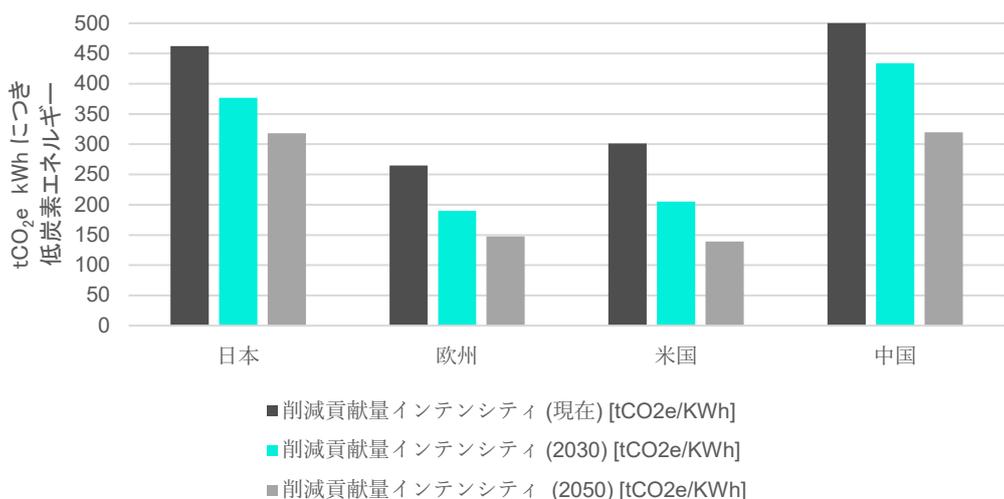
上記のグラフは、発電事業セクターの分析対象として選択した 12 社が、GPIF の国内株式と外国株式ポートフォリオにおいて、同セクターへの総投資額が 32%に相当することを示しています。

図表 15: 国/地域別の低炭素エネルギー削減貢献量(企業本社所在地に基づく)



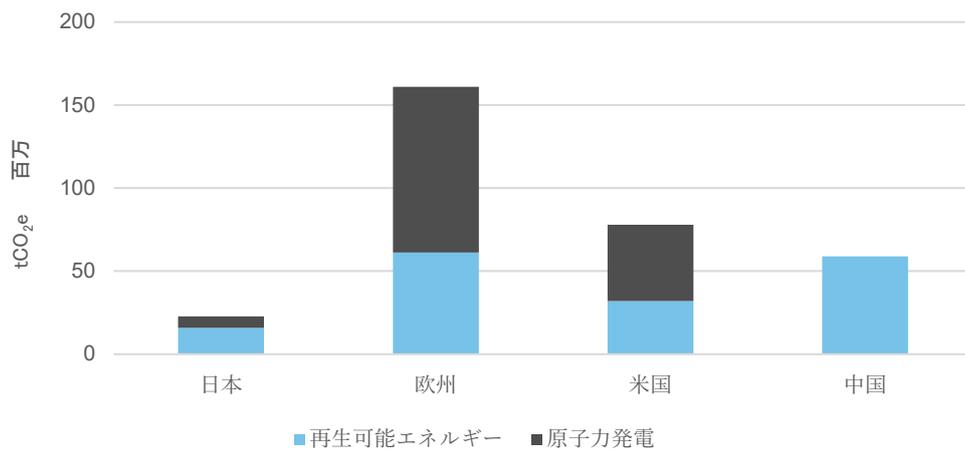
上記のグラフは、分析対象企業の本社所在地に基づいた、国/地域ごとの低炭素エネルギー発電による総削減貢献量 (tCO2e) を示しています。なお、この数値には、原子力発電の使用による削減貢献量を含んでいます。

図表 16: 国/地域別の 1kWh 低炭素エネルギー当たりの総削減貢献量

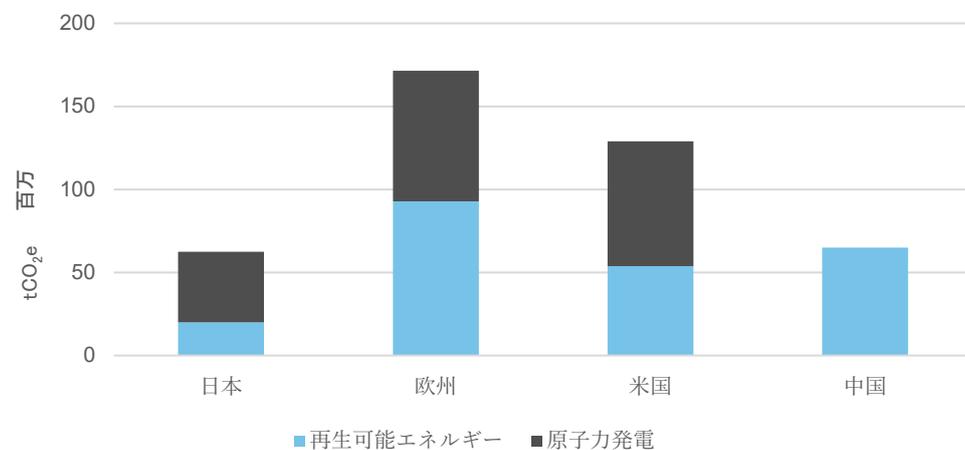


上記のグラフは、国ごとに生成された低炭素エネルギーの kWh 当たりの総削減貢献量 (tCO2e/kWh) を示します。これは異なる規模の国の比較を可能にするために、その国のエネルギーミックスと低炭素エネルギーの単位にもとづいて標準化しています。なお、この数値には、原子力発電の使用による削減貢献量を含んでいます。

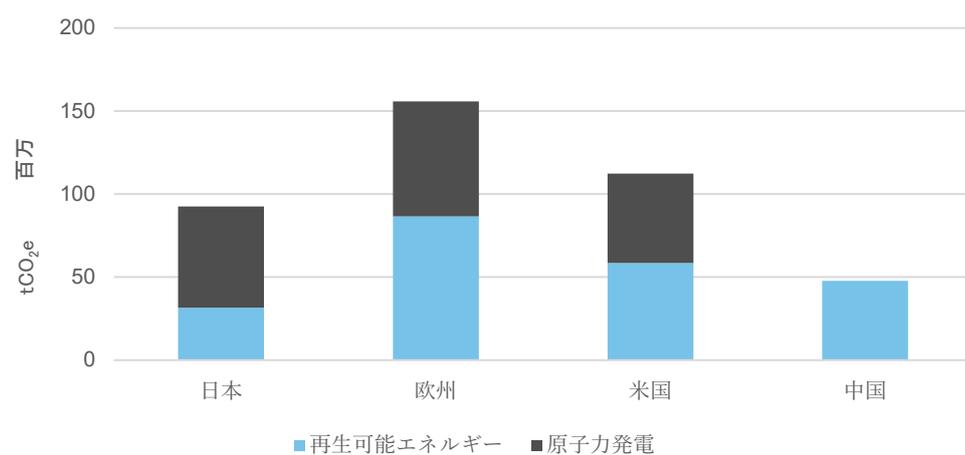
図表 17: 国/地域別の低炭素エネルギー削減貢献量 (現在: 2022 年推定) (企業本社所在地に基づく)



図表 18: 国/地域別の低炭素エネルギー削減貢献量 (2030 年) (企業本社所在地に基づく)

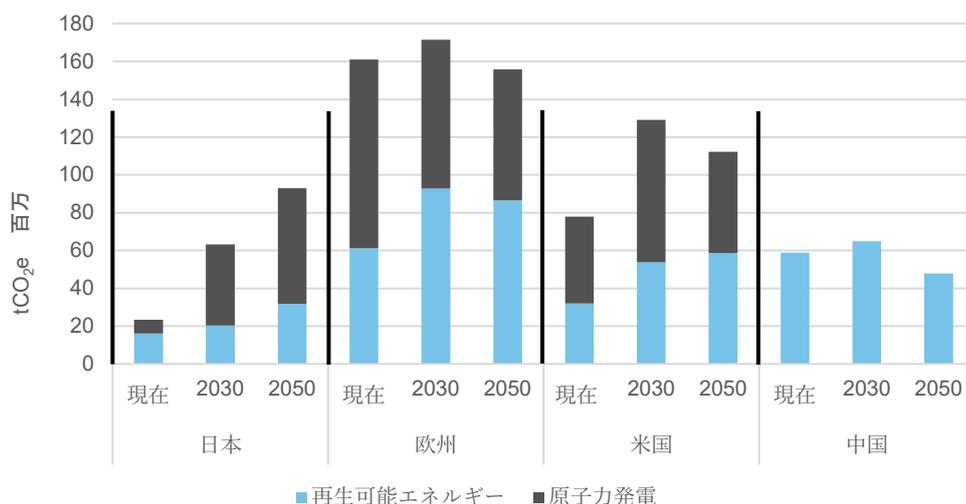


図表 19: 国/地域別の低炭素エネルギー削減貢献量 (2050 年) (企業本社所在地に基づく)



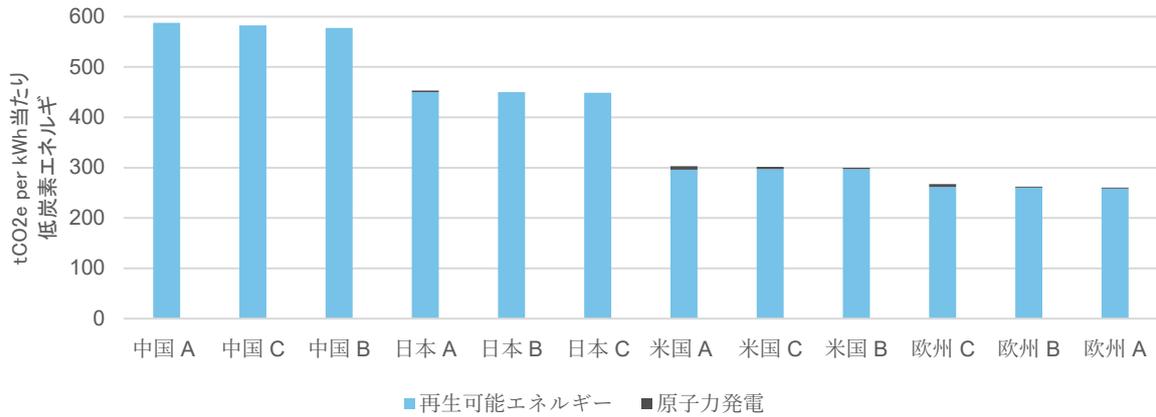
上のグラフは、現時点、2030年及び2050年の分析対象企業の本社所在地に基づいた、国/地域ごとの低炭素エネルギー生成による総削減貢献量 (tCO₂e) を示しています (それぞれ図表 17-19)。この数値には、原子力発電の使用による削減貢献量が含まれます。

図表 20: 国/地域別の低炭素エネルギー削減貢献量 (現在(2022年推定)、2030、2050) (企業本社所在地に基づく)

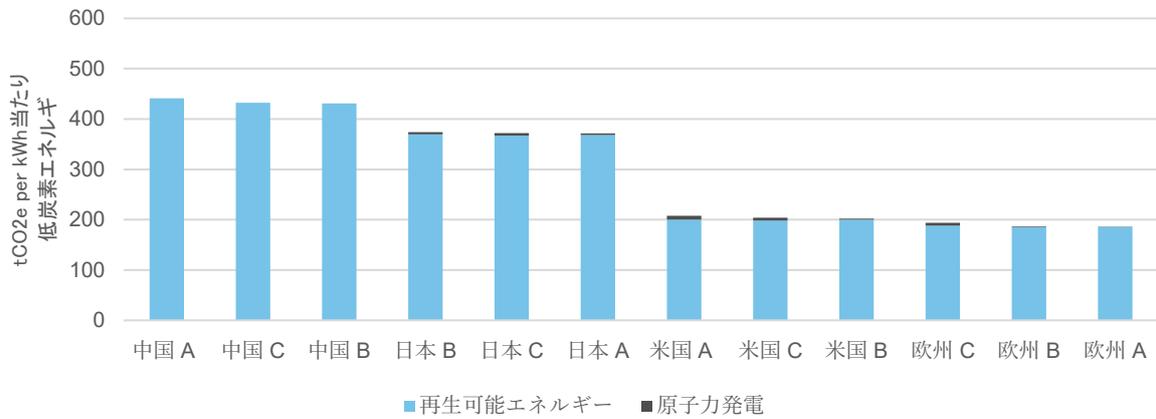


上のグラフは、国別(本社)の削減貢献量を示しています。これは、分析対象企業の本社所在地に基づく、現在(2022年推定)、2030年及び2050年の低炭素エネルギー生成による国/地域ごとの削減貢献量 (tCO₂e) の合計です。これは、前出の図表 17、18、19 の要約した図表になります。

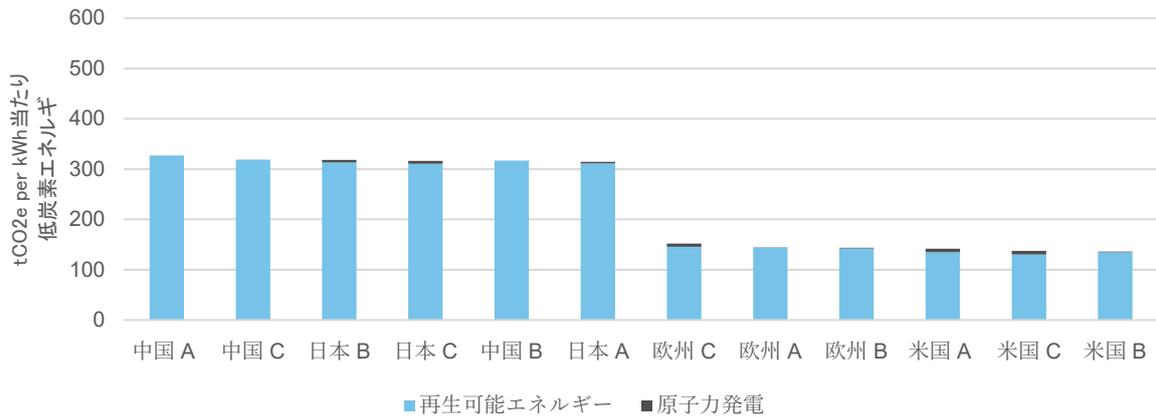
図表 21: 企業ごとの低炭素エネルギー当たりの総削減貢献量 (現在: 2022 年推定)



図表 22: 企業ごとの低炭素エネルギー当たりの総削減貢献量 (2030 年)



図表 23: 企業ごとの低炭素エネルギー当たりの総削減貢献量 (2050 年)



上記のグラフは、それぞれ現在(2022年推定)、2030年、2050年における企業ごとに発電された低炭素エネルギーの kWh 当たりの総削減貢献量 (kWh 当たりの tCO2e) を示しています(図表 21- 23)。これらは、国のエネルギーミックスと低炭素エネルギーの単位にもとづいて標準化しており、異なる規模の国

を比較できるようにしています。また、この数値には原子力発電の使用による削減貢献量が含まれています。

5.3.2 発電事業 – 主要テーマと結果

日本、中国、米国、欧州、4つの地域から選択した12の企業について、発電事業セクターの削減貢献量の分析を行いました。

日本 – 日本は、低炭素電力を1kWh追加することによる排出削減効果が欧米よりも大きく、多くの排出量を削減できるため、削減貢献のポテンシャルが高い地域です(図表16)。これは、現在の日本のエネルギー構成が化石燃料を多く使用し、エネルギー構成の約65%が石炭、石油、天然ガスでまかなわれていることに起因しています。現在の低炭素エネルギー発電量そのものは少ないですが、将来的に低炭素発電を大幅に増加させる見通しが立てられています(図表17-20)。これは主に原子力発電の再開と拡大によって計画されています。日本は削減貢献量を今回分析した地域の中でも、最も増加する地域となります。

欧州 – 評価対象となる欧州の企業は、評価対象期間全体で再生可能エネルギーからの削減貢献の絶対量において主導的な存在であることを示しています(図表10-13)。ただ、企業全体で低炭素エネルギーが大幅に拡大しているにもかかわらず、この地域では削減貢献量の増加は相対的に停滞しています。これは、現在の政策シナリオがすでに積極的な脱炭素化が推進されてきたことの現れです。したがって、欧州における低炭素エネルギーのkWh当たりの削減貢献量効果は将来的に減少する想定となります(図表16)。このため、評価対象企業の総削減貢献量は2050年には若干減少する形になります。

米国 – 評価対象の米国企業は、これまでエネルギー構造の脱炭素化が進んでいるにもかかわらず(図表16)、削減貢献量の絶対値がさらに急速に拡大しています(図表17-20)。それは、各社が積極的な短期目標を設定するなど、評価対象の米国企業が削減貢献量の増加のために前向きな企業努力を行っているためです。ただし、2050年には、現在の勢いが低下する見込みです。原子力発電を除くと、全体的な削減貢献量が減少することから、これらの米国企業が主に原子力発電を利用してエネルギー構造の脱炭素化を推進していることが分かります。

中国 – 評価対象となった中国企業のほとんどは、今後5年以内の再生可能エネルギーを拡大することについて意欲的な短期目標を発表しています。これは、現在の政策シナリオの下で予想される中国のエネルギー構造のパフォーマンスを上回るもので、中国全体として大幅な削減貢献量につながっています。原子力発電を除いた場合、評価対象となった中国企業の削減貢献量は、現在4地域中2番目に大きな量となります(図表17)。また、この報告書で評価した中国企業には、原子力発電を行っている企業や原子力事業への参入を表明している企業がないため、中国を他の地域と比較する際には、原子力発電を外した方がより公平な評価が行えるとICEでは考え、分析から除外しています⁷。しかし、これらの中国企業は、2025年までの定量的な長期目標を発表していないため、2050年において中国のエネルギー構造の脱炭素化が及ぼす削減貢献量の効果についての評価は限定的なものになっています。もし各社が示した短期的目標を予定通り達成すれば、各社の予測パフォーマンスは大幅に改善されることになります。kWh当たりでは、中国は削減貢献量が最も多い地域であり、脱炭素ポテンシャルの観点から、低炭素電力を増やすことについて重要な地域となっています(図表16)。

⁷ 評価対象とした発電事業社の国有親会社の中には、今回の分析の評価対象外とした原子力発電事業を行っている会社もあります。

5.3.3 発電事業 – より広範な社会及び環境の配慮

本分析では、特定の低炭素技術による削減貢献量ポテンシャルを対象としていますが、発電には、他の社会的、環境的な懸念事項もあるため、企業やその関係者の一層の配慮と努力が求められています。

原子力発電に関しては、土壌や地下水の保全に関連した長期的な放射性廃棄物の管理や、健康や環境事故につながる可能性のある発電所での偶発的事故や誤った管理状況のリスクなど、より広範な社会的・持続可能性に関する懸念があります。

水力発電もまた、河川の寸断、貯水池を作るための集落の移転、大規模な洪水など、社会的・環境的な問題を引き起こす可能性があります。これらの影響は、そのプロジェクトに固有のものであり、立地や規模などいくつかの要因に左右されます。したがって、リスクを最小化し、潜在的な悪影響を軽減するためには、効果的な環境影響評価の実施、適切な管理、情報開示、影響を受ける関係者のプロジェクト計画への参加、リスクを軽減する可能性のある新技術の開発が不可欠となります。

5.3.4 発電事業 – 結論

本分析では、ヨーロッパが 2030 年まで、またそれ以降も、絶対量では最も削減貢献量が増加する地域であることを示していますが、ヨーロッパにおける自然エネルギー発電は、その効果が逡減し、2030 年から 2050 年の間に削減貢献量が減少することが予想されています。これは、既存のエネルギー構造の地域差によるもので、欧州のエネルギー構造はすでに比較的脱炭素化されているため、新しい再生可能エネルギーによる削減貢献量のポテンシャルが低いことを表しています。

日本については、低炭素エネルギー源を組み合わせることで、削減貢献量を大幅に改善できる可能性があります。水力発電と原子力発電は、どちらも排出量以外にも克服すべき社会的及び環境的懸念を抱えています。日本の削減貢献量に貢献する可能性があります。評価対象となったすべての日本企業は、低排出量エネルギーの主な供給源として計画を表明しています。

中国と日本は、2030 年以降の再生可能エネルギーの削減貢献量の拡大のポテンシャルがあり、脱炭素化の観点から長期的な再生可能エネルギー拡大への積極的な取り組みが期待されます。

5.3.5 分析の前提条件：電力源

発電に関する地域の LCA 排出量が入手できない場合は、グローバルの平均値を使用しました。日本以外の国と地域ではデータが取得できず、化石燃料、バイオマス、地熱発電のライフサイクル排出量はグローバル平均値を適用しています。

太陽光発電（ソーラーPV）の LCA 値については、特定のパネルの素材別のデータではなく、公益セクターの発電事業の太陽光発電の平均を使用しました。同様に、ある地域の太陽熱発電（ソーラーCSP）の LCA 値は「トラフ」技術と「タワー」技術の平均であり、「風力発電 – オフショア」はコンクリート基礎と鋼製基礎を利用した設計の平均値です。

2030 年の LCA は 2020 年と 2050 年のデータから補間されたデータです。この方法は、他の文献でテストし、2030 年の推定値を再現することで検証しています。

2050 年の発生源の LCA 排出量の推定値がない場合、その発生源のライフサイクル排出量が時間の経過とともに変化しないと仮定しています。

LCA 排出量の 2050 年の推計は、電力源そのものの技術的向上はなく、背景となるエネルギーミックスの変化のみを想定しています。これは保守的なアプローチとなっていますが、技術的改善を織り込んだ推定値を用いてテストした場合でも、結果に大きな影響は生じません。

5.3.6 分析の前提条件:エネルギーミックスの内訳

「Current Policies」シナリオは、現在施行されている政策が実施されることを前提としているため、削減貢献量について、最も現実的な推定を行うために利用できます。これにより、排出量は 2080 年頃まで増加することになり、2100 年までに 3°C を超える温暖化が予想されています。これは、NGFS REMIND モデル内での他のシナリオである、「Nationally Determined Contributions」シナリオ（国内法として実施もしくは採択されていない場合でも、公約された政策等をすべて実施することを前提）、または「Net-Zero 2050」シナリオとは対照的なシナリオです。

重要な仮定は、ベースライン排出量を定義するために、エネルギー構造の中の非再生可能エネルギーだけを基準にするのではなく、国のエネルギー構造全体を基準にしている点です。これは、ホスト国の脱炭素化計画を基準にして企業を評価するために定義しています。このため、時間の経過とともに置換え可能な化石燃料発電の量そのものが減少するため、企業の削減貢献量も減少することになります。

グリッド排出量強度を計算するには、排出源別の割合の内訳を取得し、その年及び地域のその排出源の LCA 排出量係数を乗じます。なお、風力発電の場合、NGFS エネルギーミックスの内訳では風力発電エネルギーの種類が特定されていないため、陸上と海上の LCA の平均を使用しています。

5.3.7 分析の前提条件:企業の再生可能エネルギー発電量

分析は原子力発電を含む場合と除外する場合の両方で行っています。

特定の企業が所有する電力源による 2030 年の再生可能エネルギーの発電量を推定するには、企業が報告した発電設備容量の増加計画を確認し、当年度の発電量／設備容量比を用いて発電量を推定します。これができない場合は、特定の電力源の内訳に関する企業の目標値か、設備容量に基づく推定値のいずれかを使用します。

2050 年についても、可能な範囲でネットゼロ目標を活用し、同じメソドロジーで行っています。企業が再生可能エネルギーまたは低炭素エネルギーの追加容量について公表がなく、発電構成についてのみ情報開示がある場合、既存の化石燃料エネルギー発電からの転換を想定した、自然エネルギー容量を推定しています。

2030 年、2050 年のいずれについても、計画されている再生可能エネルギーの発電量の変更や容量導入について定量的な記述がない場合は、保守的に、それ以降発電量は増加していないと想定しています。これは主に中国の場合、政府が義務付けた第 14 次 5 年計画(2025 年まで)を超える定量的な計画が示されていないため、評価対象となった中国企業の 2050 年の結果に影響を与えます。

企業の再生可能エネルギーまたは低炭素エネルギーの排出量とそれに相当する国のグリッド排出量の差を計算するには、該当企業の本社のある国のグリッド排出量を使用しています。

5.4 鉱業

以下の仮定と分析に基づいて、GPIF ポートフォリオに含まれる鉱業セクターの 8 社について、現時点で推定される削減貢献量の合計は、現在(2022 年推定)の約 100 万エーカー(40 万ヘクタール)の森林によって吸収される 1 年間の二酸化炭素量に相当します⁸。

選択した企業は、世界の市場シェアで上位 8 社に準ずる企業です⁹。

5.4.1 アプローチと手法

鉱業セクターにおける削減貢献量の計算には、アトリビューション分析を使用しています。このセクターの削減貢献量の評価は、企業レベルの鉱物生産量データ、世界の鉱物生産量(「クリーンエネルギー移行における重要鉱物の役割」の IEA 2020 データに基づく)¹⁰、EV バッテリーに必要とされる鉱物の内訳および EV バッテリーのみに使用される鉱物生産量の推定値(「クリーン エネルギー移行における重要鉱物の役割」の IEA 2020 データに基づく)¹¹ を基に、電気自動車 (EV) 用バッテリーに使用される特定の鉱物の用途に焦点を当てました。なお、本分析では、今回は分析対象として燃料電池車 (FCV) 等は含んでおりません。また、この方法は将来の見通しに関する推計でも利用しています。

ゼロエミッション車の排出量のうち、特に「バッテリー: 鉱物」セグメントに起因する排出量の割合から、ICEV をベースラインとして、鉱物に起因する削減貢献量を推定しています(ゼロエミッション車と ICEV の平均推定値を使用)。

EV バッテリーごとに必要な鉱物の重量は、必要な各鉱物に起因する削減貢献量の割合を計算するために利用します(ここでは NMC 622 型バッテリーの構成を採用しています。NMC 622 バッテリーは 2020 年では世界で最も一般的に使用されているバッテリータイプです)。

グローバル及び企業レベルの鉱物生産量を利用し、EV バッテリーに使用される鉱物生産量の推定値と共に、企業および鉱物ごとの削減貢献量の計算をします。

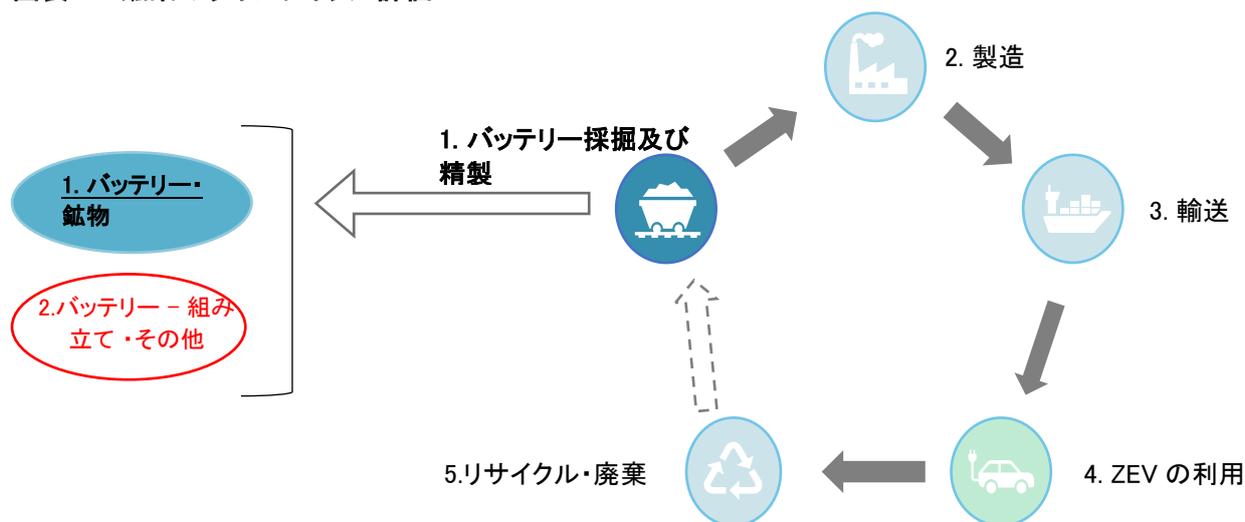
⁸ 1 エーカーの森林は 0.85tCO₂e の二酸化炭素を吸収します。 <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalency-calculator>

⁹ これらの企業は黒鉛の採掘には従事しておりません。黒鉛市場は主に黒鉛の専門により取り扱われます。

¹⁰ 現在 IEA Critical Minerals Data Tracker and Report 2023 が公表され、2022 年の最新データが提供されています。ただし、同レポートは本報告書の発行日である 2023 年 7 月 11 日の直前に一般に公開されたため、同レポートに記載されているデータと情報は今回の分析では組み込まれていません。

¹¹ 同上

図表 24: 鋳業のライフサイクル評価



今回行う分析では、EV バッテリーでの鋳物の使用について検証しており、ZEV 用 LCA の「バッテリー採掘及び精製」の段階のみに焦点を当てて分析しています。

「バッテリー採掘及び精製」セグメントの排出量と削減貢献量の評価は、次の 2 つのセグメントに分類できます。

- バッテリーの陰極、陽極、セル、その他の構成部品を通して必要な鋳物の調達と精製
- バッテリー及び関連構成部品の組立及び製造

具体的には、電気自動車 (EV) 用電池部品に使用される関連鋳物の採掘範囲に着目しています。鋳物の採掘と精製に関連する排出量は「バッテリー：鋳物」セグメントに含まれますが、2 番目のセグメントはバッテリーの製造と組み立てから生じる排出量に焦点を当てているため、この分析の削減貢献量の計算では「バッテリー：鋳物」サブセグメントに焦点を当てました。

図表 25: 鉱物重量別のバッテリー組成

NMC 622 バッテリー構成の 1 台 EV 当たりのミネラル重量の需要 (kg) (平均推定値)	
リチウム	6
コバルト	11
ニッケル	32
マンガン	10
黒鉛	50
アルミニウム	33
銅	19

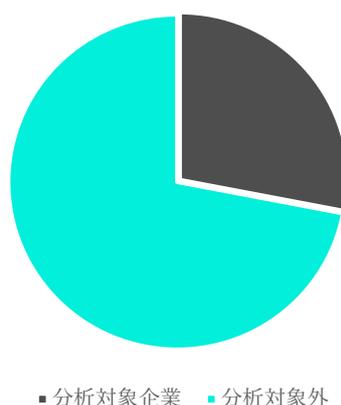
NMC-622 正極電池における上記の鉱物とそれぞれの重量比率は、削減貢献量の計算のためのインプットとして使用します。

NMC-622 バッテリーは、2020 年で最も一般的に使用されています。

ICCT と Transport & Environment 社の推定調査に基づくと、NMC -622 バッテリーの組成は 2030 年においても主要なバッテリー構成であると予測されています。将来の推計値は、同じバッテリー構成と鉱物資源が考慮されていますが、2030 年の EV バッテリーの鉱物使用に関する IEA の予測と、2030 年の全体的な鉱物生産量の予測が適用されています (2020 年の報告書に基づく)。また、現行モデルによる各社の市場シェア推定値を 2030 年の世界鉱物産出量予測データに適用し、2030 年の各社の鉱物産出量推定値を算出します。

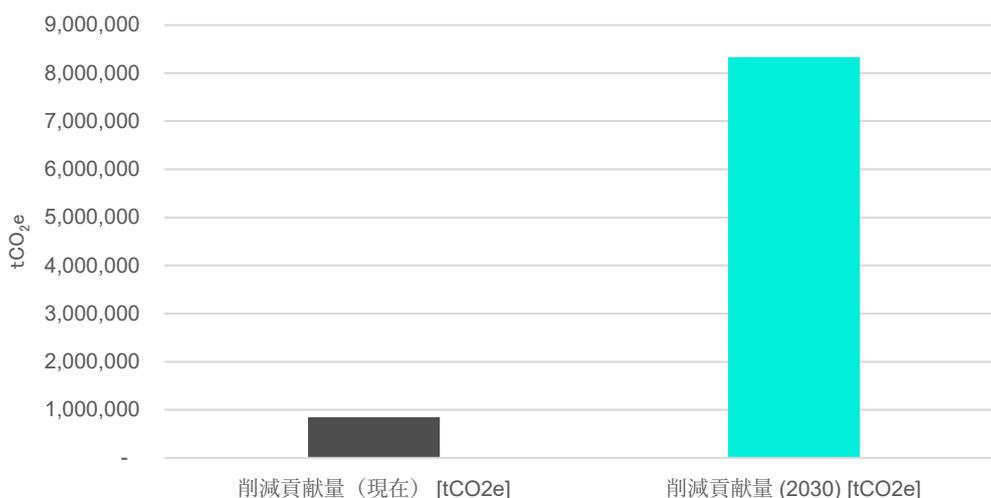
EV バッテリーに必要な鉱物ごとの削減貢献量の算定ために使用している方法と同じ手法を、2030 年の鉱物の潜在的な削減貢献量の算定にも適用します。2030 年には EV と ICEV の LCA フットプリントが減少すると予想されることから、「バッテリー: 鉱物」セグメントに起因する削減貢献量のシェアは増加すると予測しています。

図表 26: GPIF 分析対象企業の鉱業セクターのエクスポージャー(時価総額)



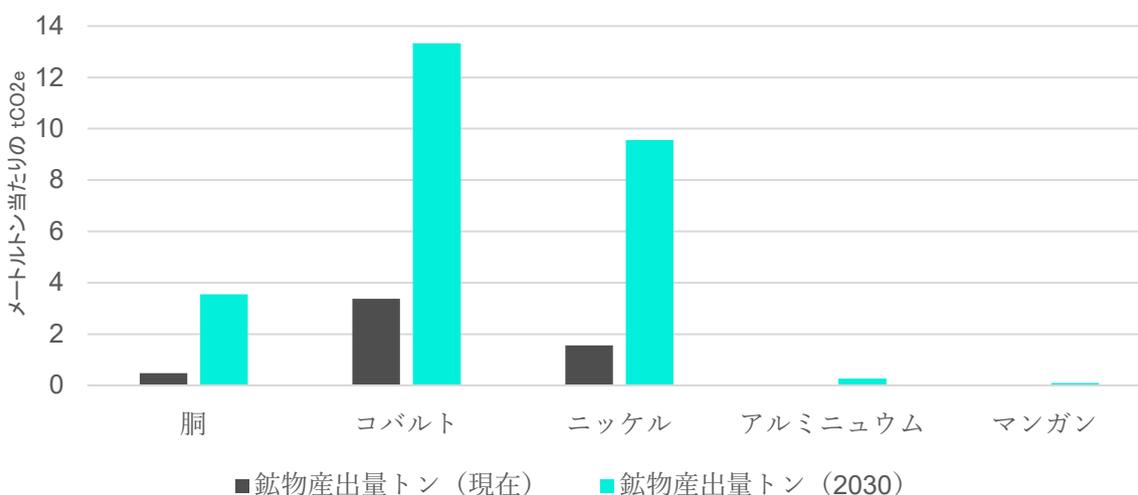
上のグラフは、鉱業セクターの分析対象として選択した 8 社が、GPIF の国内・外国株式ポートフォリオにおいて、同セクターへの総投資額が 28% に相当することを示しています。

図表 27: 鉱業セクター削減貢献量（グローバル）



上のグラフは、グローバルレベルでの ZEV バッテリーの用途に使用される鉱物の現在および将来予測される総削減貢献量 (tCO₂e) を示しています。

図表 28: 鉱物総生産量 1 トンあたりの削減貢献量(グローバル)



上のグラフは、グローバルレベルでの現在および将来予測される鉱物 1 トンあたりの削減貢献量(メートルトン当たりの tCO₂e)を示しています。グラフは、削減貢献量に対する各鉱物の寄与を表します。

5.4.2 鉱業 - 主要テーマと結果

GPIF ポートフォリオから鉱業セクターの 8 社(国内外)を削減貢献量分析の対象として選択しました。

2021 年と比較して 2030 年までに ZEV 専用の鉱物生産量が大幅に増加すると予測されるため、鉱物からの削減貢献量は、2030 年までに大幅な増加が見込まれます。

個々の鉱物レベルでは、特にコバルトとニッケルは、本分析で評価した他の鉱物よりも総生産量 1 トン当たりの削減貢献量が多くなると予測されます。これは、アルミニウムと比較して、ZEV バッテリー/車両

当たりのこれらの鉱物の重量が比較的高いことと、ZEV 専用に使用される鉱物総生産量の割合が高いことが原因といえます。

ZEV バッテリーには多くのアルミニウムが必要である(バッテリー当たり 33kg)にもかかわらず、ZEV バッテリーに使用される世界全体の生産量の割合は、本分析で評価した他の鉱物と比較して低くなっています。

黒鉛の除外：今回の分析で選択した企業の中に黒鉛生産を行う企業はなかったため、黒鉛に関してモデル化した削減貢献量はありません。しかし、黒鉛は、電気自動車用バッテリーの重量の中で最大の割合を占めており、2030 年までに生産量が増加すると予測されていることから、黒鉛は、世界の生産量 1 トン当たりで、かなりの量の削減貢献量を生み出すといえます。

現在、主要なバッテリーの構成タイプは NMC 622 であり、これは 2030 年まで引き続き主要なバッテリータイプの 1 つであると予想されますが、NMC 811 及び NMC 955 のシェアが高まると予想されます。

NMC811 及び NMC95 は、NMC622 よりも多くのニッケルを必要としますが、NMC 622 と比較してコバルトとマンガンの割合は比較的低くなります。その結果、将来的には、どのバッテリーの構成タイプが主流になるかによりますが、ZEV 及びバッテリーメーカーからのニッケルに対する相対的な需要は、大幅に増加する可能性が高いと思われます。

新しいバッテリー技術である全固体電池は、ZEV 電池の充電と容量の潜在的な問題を解決するとされ注目されています。将来的にこの技術が発展し全固体電池の割合が増加することで、ZEV バッテリーの構成タイプのシェアに変化を与え、バッテリー開発に必要なさまざまな鉱物の需要に影響を与える可能性があります。

5.4.3 より広範な社会及び環境の配慮

採掘を行う際には、採掘や加工作業から生じる温室効果ガスの排出量に加えて、土地利用の変化、水の枯渇や汚染、廃棄物関連からの汚染や大気汚染による生物多様性の損失、社会的混乱のリスクなど、環境に影響を与える様々な事象の発生が考えられます。また、潜在的な人権問題を含む社会的影響にも注意しなければいけません。

特にリチウム、ニッケル、レアアース、銅、コバルトなど鉱物の採掘に携わる企業にとっては、持続可能な水と廃棄物の管理(富栄養化など)に、これまで以上に注力する必要があります。

IEA によると、包括的な環境・社会インパクト評価(ESIA)を行うことで、鉱業プロジェクトの広範な影響をより総合的に評価することが可能になります。国際的には、OECD や世界銀行といった組織が、持続可能な鉱物の調達やサプライチェーンの慣行に関する基準を設定する枠組みが増えつつあります。また、IGF(the Intergovernmental Forum on Mining, Minerals, Metals and Sustainable Development)のような組織は、鉱業セクターにおける持続可能な開発の取り組みと実践の推進に注力しています。

また、企業発の取り組みとして、世界の金属・鉱業セクターの約 3 分の 1 が参加する International Council on Mining and Metals(ICMM)が、環境回復力、社会的パフォーマンス、ガバナンスと透明性、持続可能性に焦点を当てた活動を行っている例もあります。

5.4.4 鉱物のより広範な用途

本レポートでは、EV バッテリーに使用される鉱物に起因する削減貢献量に焦点を当てています。しかし、鉱物はクリーンエネルギーへの移行の基盤であり、洋上及び陸上の風力発電、太陽光発電エネルギー発電やエネルギー貯蔵にとっても重要な要件です。特に洋上風力発電は鉱物への依存度が高く、太陽光発電エネルギーと比較して平均的に 2 倍以上の鉱物（重量ベース）が必要となります（出典: IEA、2021）。

重量ベースで考えると、黒鉛、ニッケル、銅は ZEV バッテリーにとって特に重要である一方、亜鉛と銅は風力発電エネルギーにとって重要で、シリコンと銅は太陽光発電エネルギーにとって特に重要です。レアアース鉱物は、風力タービンのエネルギー効率の高い磁石やソーラーパネルモジュールにとっても重要な役割を果たします（出典: IEA、2021）。

また、鉱物の需要は今後数十年間で飛躍的に増加すると予想されており、これらの鉱物の安定した供給体制に大きな課題があります。世界的なエネルギー転換の規模とペースを考慮に入れれば、実行可能な代替策等の対応策を早急に検討することが求められています。

5.4.5 分析の前提条件: 全世界の鉱物生産総量

企業レベルでの仮定

2030 年の鉱物生産/生産量の予測は個別企業から報告されていないため、2021 年の世界の鉱物生産量の市場シェア推定値を基に、2030 年の企業レベルの鉱物生産量を推定します。

2030 年の地域別等の予想売上高の内訳は個別の企業から開示されていないため、2021 年の ZEV バッテリー用鉱物のグローバル使用量の市場シェアを基に、2030 年データを推定します。

2030 年の ZEV バッテリー用途の鉱物生産量の予測については、BAU 予測シナリオの代わりに類似の IEA の Stated Policies シナリオを使用しました。アルミニウムの予測については、IEA が ZEV 用途のアルミニウムの予測値を公表していないため、BNEF の推定値を使用しました。

グローバルレベルでの仮定

2030 年の世界の鉱物総生産量については、BAU シナリオの代わりに類似の IEA Stated Policies and Announced Pledges シナリオを使用しています。マンガンとアルミニウムについては、IEA が予測値を公表していないため、業界団体の予測を利用しています。

ZEV に必要な鉱物の内訳(重量ベース)については、電気自動車用電池の主要鉱物に着目して、中型電気自動車のグローバル平均を使用しました。

電気自動車の使用量は、2020 年/2021 年の主要なバッテリー構成である NMC (ニッケル マンガン コバルト) 622 正極と黒鉛ベースの負極に基づいています。

2030 年の鉱物の必要量を推計するうえで必要なバッテリー構成に関する推定値がないため、現在(2020 年)のモデル値を予測に使用しています。

ZEV の「バッテリー: 鉱物」セグメントに起因する削減貢献量は、IEA モデルに基づいています。予測される LCA ICEV 排出量については、2021 年の ICEV グローバル平均が使用されています。

2030 年の ZEV の「バッテリー: 鉱物」セグメントの予測排出量は IEA 経由では入手できないため、現在 (2020 年) の ZEV と同じ LCA 値を利用しています。ただし、グリッド排出量については 2030 年の予測データがあるため、分析に加味されています。

二重カウント

また、ZEV バッテリーで鉱物の潜在的な削減貢献量を計算するために、アトリビューションベースの分析を使用することで、ゼロエミッション車の削減貢献量の合計が LCA 手法によりライフサイクル全体で計算されるため、ゼロエミッション車を販売する企業の削減貢献量が二重カウントされている可能性があることには留意が必要です。

5.4.6 鉱業—結論

本報告書で評価した 3 つのセクターのうち、鉱業セクターが 2030 年までに削減貢献量を相対的に最も増加させる可能性があることがわかりました。これは ZEV バッテリーの鉱物の需要増加に牽引されています。しかし、セクターや各企業間の削減貢献量の相対的な傾向は、バッテリー技術の進歩による鉱物の配合の変化によって影響を受ける可能性があります。ニッケルは、将来的なバッテリー構造の変化により、ZEV バッテリーメーカーからの需要が相対的に増加する可能性がある一例といえます。

現在の ZEV 用リチウムイオン電池は液体電解質をベースとしていますが、新しいバッテリー技術である全固体電池は、現在の ZEV 用電池の充電と容量の問題を解決することが期待されています。最近、大手自動車メーカーが、電気自動車用バッテリーのサイズ、コスト、重量を半減することを目的として、全固体電池の最新技術を活用する計画を発表しました。このような技術の発展と向上は、ZEV バッテリーの状況を変化させる可能性があり、鉱物の需要にも大きな影響を与えられそうです。

6. 結論

ポートフォリオにおける削減貢献量を特定し、定量化することの重要性は、投資による気候への影響をより包括的に把握するための仕組みや指標として、ますます重要視されるようになってきています。削減貢献量の分析を、従来の排出量分析と併用することで、気候変動リスクと収益機会の両方を評価することができます。

本報告書に記載されている分析は、削減貢献量について、すでに確立されている気候変動への対策を導入している産業（ゼロエミッション車、再生可能エネルギー）のみならず、様々な分野や企業にその対策が必要であることを示しています。

本分析で調査した全てのセクターは、2030年まで削減貢献量の増加を示唆しています。この削減貢献量の増加は、気候変動目標が設定されている多くの国において、政策や移行計画を形成する製品、サービス、ソリューションに対する需要の増加が予想されるためです。

低炭素ソリューションを提供、開発している企業や業界は、これらの技術が利用され始めることで、より大きなビジネスの機会を得られる可能性があります。本報告書で行った分析では、こうしたビジネス機会は最終製品に限定されるものではなく、サプライチェーンの上流に位置する企業でも低炭素ソリューションのプロバイダーになる可能性があります。

7. 付録

7.1 ZEV セクターのデータ情報源

7.1.1 ZEV セクター LCA 要因

ICCT, “A Global Comparison Of The Life-cycle Greenhouse Gas Emissions Of Combustion Engine And Electric Passenger Cars”, (2021), Whitepaper, Available at:

https://theicct.org/sites/default/files/publications/Global-LCA-passenger-cars-jul2021_0.pdf

IEA, “Comparative life-cycle greenhouse gas emissions of a mid-size BEV and ICE vehicle”, IEA, Paris

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/comparative-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-a-mid-size-bev-and-ice-vehicle>, IEA. Licence: CC BY 4.0

Ember Climate, “Global Electricity Review 2023 – Supplementary Material”, (2023), Available at:

<https://ember-climate.org/insights/research/global-electricity-review-2023/#supporting-material>

European Commission, “Passenger Car Classification – ACEA Classification”, (Online), Accessed 2023,

available at: <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/vehicle-types>

7.1.2 ZEV セクター – 会社の売り上げ高

Company Reports

IEA (2023), “Global EV Outlook 2023”, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>,

License: CC BY 4.0

IEA, “Electric vehicle stock by mode in the Stated Policies Scenario, 2022–2030”, IEA, Paris

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-vehicle-stock-by-mode-in-the-stated-policies-scenario-2022-2030>, IEA. Licence: CC BY 4.0

IEA, “Electric vehicle sales by region, 2022–2030”, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-vehicle-sales-by-region-2022-2030>,

IEA. Licence: CC BY 4.0

IEA, “Breakdown of available cars by powertrain and segment, 2022”, IEA, Paris

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/breakdown-of-available-cars-by-powertrain-and-segment-2022>

K. Wada & M. Inoue, “Japan and the Global Transition to Zero Emission Vehicles”, (2022), Climate

Group, Whitepaper, available at: <https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/2022-05/Japan%20and%20The%20Global%20Transition%20To%20Zero%20Emission%20Vehicles%20Report%20English%20language.pdf>

IEA, “Electric vehicle share of vehicle sales by mode and scenario in Japan, 2030”, IEA, Paris,

Available at: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electric-vehicle-share-of-vehicle-sales-by-mode-and-scenario-in-japan-2030>

EEA, “New Registrations of Electric Vehicles in Europe”, (2022), available at:
<https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles>

7.2 公益セクターの発電事業のデータ情報源

7.2.1 発電事業 – 電力源

T. Gibon, A.H. Menacho & M. Guiton. “Life cycle assessment of electricity generation options”. (2021).
Whitepaper. UN ECE.

E. Imamura, M. Iuchi, and S. Bando, “Comprehensive Assessment of Life Cycle CO2 Emissions from
Power Generation Technologies in Japan”, (2016), CRIEPI, Socio-economic Research Center
Rep.No.Y06

International Resource Panel, “Green Energy Choices: The Benefits, Risks, and Trade-Offs of Low-
Carbon Technologies for Electricity Production”, (2016), Whitepaper, United Nations Environment
Programme

NREL, “Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Electricity Generation: Update”, (2021 – original
document from 2013), US Department of Energy

7.2.2 発電事業 – 電力構造内訳

NGFS, “NGFS REMIND Model”, (2021), Database, Year Accessed: 2023

7.2.3 発電事業 – 各企業の再生可能エネルギー

Company Reports

7.3 鉱業セクターのデータ情報源

7.3.1 世界の鉱物生産量

USGS Mineral Commodities Summary Report – Mineral commodity summaries 2023 | U.S. Geological Survey (usgs.gov)

IEA – The role of critical minerals in clean energy transition: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>

IEA – Critical Minerals Policy Tracker: <https://www.iea.org/reports/critical-minerals-policy-tracker>

International Aluminium Institute – 2023 Report

7.3.2 ZEV バッテリーの鉱物需要: 重量分布

Transport & Environment (2021), From dirty oil to clean batteries: 2021_02_Battery_raw_materials_report_final.pdf (transportenvironment.org)

7.3.3 ZEV 用途における世界の鉱物生産量予測 (2030)

IEA – The role of critical minerals in clean energy transition: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>;

- Total mineral demand from new EV sales by scenario, 2020–2040 – Charts – Data & Statistics – IEA
- Comparative life-cycle greenhouse gas emissions of a mid-size BEV and ICE vehicle – Charts – Data & Statistics – IEA

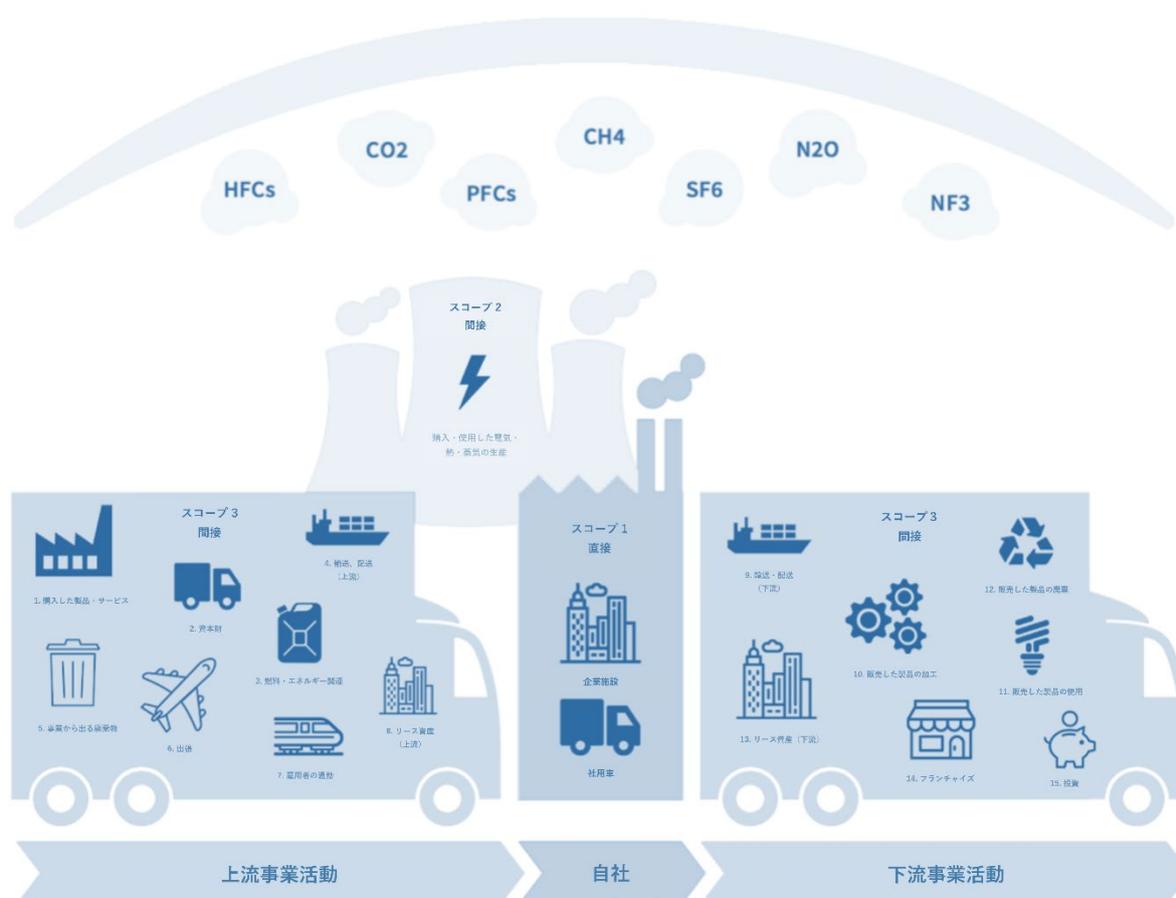
Aluminum EV Battery use projection – BNEF

Global BEV and ICEV – LCA Emissions by segment (Used for Batteries: Minerals avoided emissions attribution)

7.4 温室効果ガス排出量の範囲

温室効果ガスプロトコル企業基準では、企業の温室効果ガス排出量を3つの「範囲」に分類しています。

- スコープ1 排出量は、所有又は管理されている発生源からの直接排出量です。モバイル排出量、プロセス排出量、及びフュージティブエミッションは、企業が排出量に関連する活動又は設備を所有又は管理している場合、スコープ1としてカウントされます。
- スコープ2の排出量は、購入したエネルギーの生成による間接的な排出量です。エネルギー供給に起因する排出量はスコープ2に基づいて計上されます。
- スコープ3の排出量は、報告企業のバリューチェーンで発生する全ての間接排出量（スコープ2には含まれない）であり、上流と下流の両方の排出量が含まれます。



- 出所: ICE, Greenhouse Gas Protocol

LIMITATIONS:

The ICE Avoided Emissions ~Analysis of GPIF Portfolio~ Report (the “Report”) was produced pursuant to an agreement between the ICE Group and the Government Pension Investment Fund who holds the copyrights to the Report. This Report contains information that is proprietary to Intercontinental Exchange, Inc. and/or its affiliates (the “ICE Group”).

The information contained herein is subject to change without notice and does not constitute any form of warranty, representation, or undertaking and is provided for informational purposes only. Nothing herein should in any way be deemed to alter the legal rights and obligations contained in agreements between ICE Group and its respective clients relating to any of the products or services described herein.

This information is based on data which is either compiled from publicly reported information, provided to ICE Group by third parties or is estimated. ICE Group expressly disclaims any and all express or implied warranties or liability in relation to the data and the content of this report, and does not guarantee that it is accurate or complete.

There are many methodologies (including computer-based analytical modelling) available to calculate and determine information such as the information contained in this report; all future forecasts, estimates or values that are included in the report, including those that are reflections of data provided by other data providers as well as forecasts of expectations of change, are estimates based upon currently available information, are provided as is, and should be treated as estimates and forecasts with substantial potential deviations from underlying values.

Nothing herein is intended to constitute legal, tax, accounting or other professional advice or a representation that any investment or strategy is suitable or appropriate for any particular circumstances, or otherwise constitutes a recommendation to any person or entity, and is not to be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell or to buy or subscribe for securities or other financial instruments.

ICE Group shall not have any liability for any errors or omissions in connection with any data or information contained in this report, or any liability for any direct, indirect, special, punitive, consequential or any other damages (including lost profits) arising from use of this report.

ICE Group is not registered as nationally registered statistical rating organizations, nor should this information be construed to constitute an assessment of the creditworthiness of any company or financial instrument.

Trademarks of the ICE Group include: Intercontinental Exchange, ICE, ICE block design, NYSE, ICE Data Services, and New York Stock Exchange. Information regarding additional trademarks and intellectual property rights of Intercontinental Exchange, Inc. and/or its affiliates is located at <https://www.theice.com/terms-of-use>. Other products, services, or company names mentioned herein are the property of, and may be the service mark or trademark of, their respective owners.