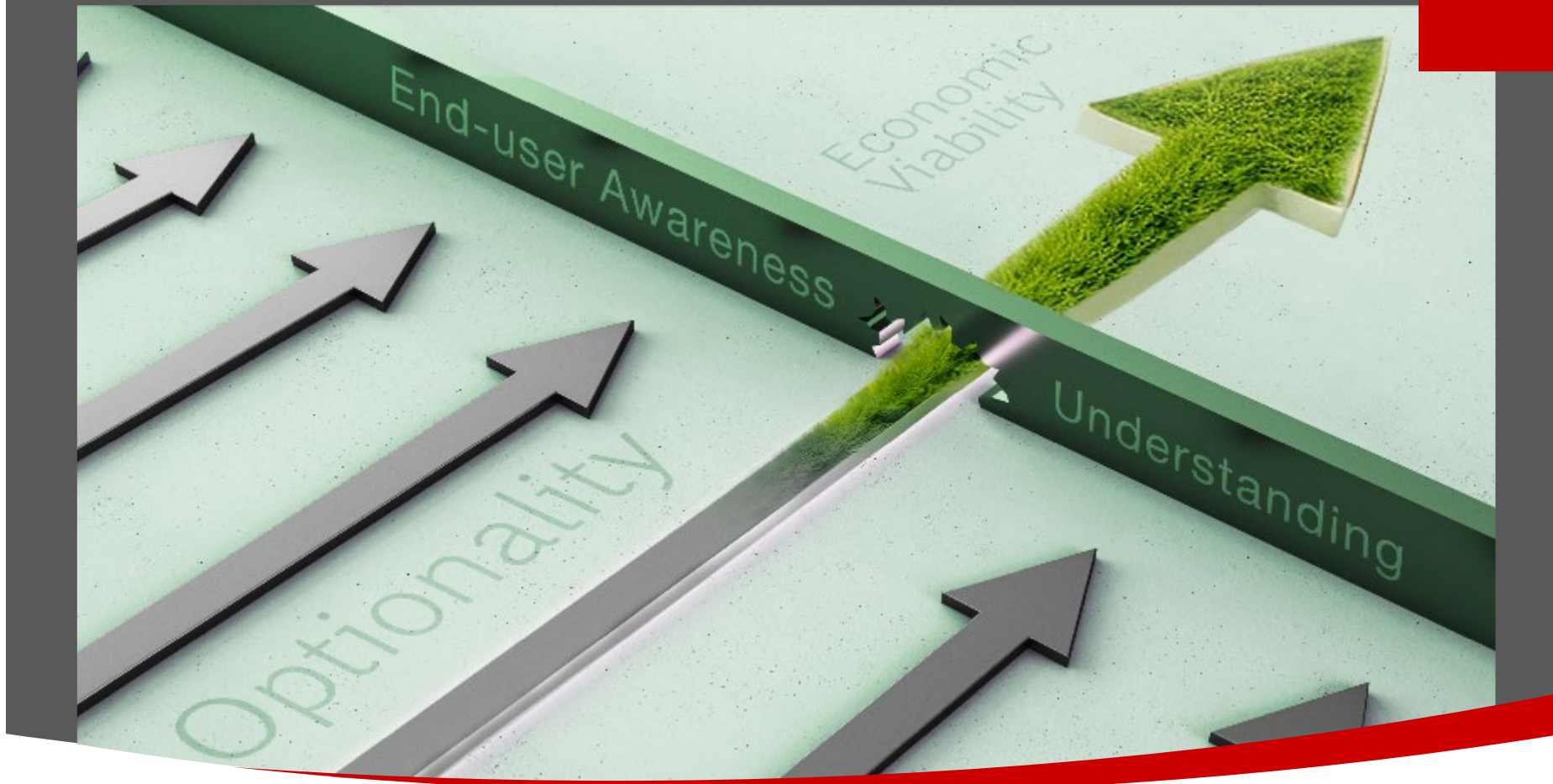


2024



MUFG Transition Whitepaper 2024

- We speak in “UNITED LANGUAGE” -

前文

MUFG は、カーボンニュートラル（CN）達成に向けて金融機関が果たすべき重要な役割を認識し、2021 年に日本の銀行で初めてカーボンニュートラル宣言を公表し、2050 年カーボンニュートラルの実現に向けてさまざまな取り組みを進めてきました。自社の排出削減目標を達成するのはもちろんのこと、お客さまとのエンゲージメントを深めるとともに、ファイナンスを通じてお客さまのトランジションを支援してきました。加えて、国際的な枠組み作りにおいては、Net-Zero Banking Alliance (NZBA) 作業部会の議長を務めるなど、積極的に意見を発信し、リーダーシップを発揮してきました。

2022 年と 2023 年にはお客さまと共に MUFG トランジション白書を英語で作成・公表し、世界に向けて発信をしてきました。白書 1.0 では、CN の最終目標は共通であるものの、地域によって進むべき道りが異なることを示し、また、白書 2.0 では、各国の CN 政策構造やアプローチの違いを探究し、「電気と熱」領域の CN を実現する上で重要な技術リストを取りまとめました。

白書 2.0 の発刊後、約 6 か月間にわたり、欧米の行政当局や民間企業との対話を重ねてきました。これらの面談を通じて得られた知見は、2023 年 11 月に発刊した MUFG アジアトランジション白書と共に、アジアの行政当局や民間企業との対話に活かされました。加えて、さまざまな地域で展開したエンゲージメントセミナーや COP28 でのサイドイベント、また、NZBA や Asia Transition Finance Study Group 等の金融機関の会合において、トランジションの実態についてディスカッションを重ねてきました。

今回私たちは、これらの対話を通じて、各国の地域特性に合わせた独自性やそれぞれの取り組みを理解することの重要性を再認識すると同時に、「価格転嫁の壁を乗り越える」という普遍的な課題の存在に気づきました。これまでの白書では各国の「違い」に焦点を当ててきた一方で、今回の白書 3.0 では新たなアプローチを取り、欧米と日本が直面する「共通の」課題について、現状を言語化し整理しています。この白書が、多様な道りに対する金融支援のありかた、官民の対話、国際連携の必要性など、国際金融の重要なアジェンダを議論するきっかけになることを願っています。

「分断」が進む時代に、MUFG は多様なステークホルダーとのネットワークを活かし、世界を繋ぐことで未来につなぐ存在になりたいと考えます。MUFG はこれからも、CN に向けた金融機関としての支援のあり方に関して議論を続けるとともに、ステークホルダーとの対話やエンゲージメントを通じて、脱炭素化への貢献を進めていきます。

株式会社三菱 UFJ フィナンシャル・グループ
取締役代表執行役社長・グループ CEO
亀澤 宏規



謝辞

本白書の作成にあたり、国内外におけるフォーラムや各地域での直接の対話を通じて、産官学各界の皆さまから多大なるご助言を賜りましたことに、深く感謝申し上げます。また、本白書において市場分析に多大な貢献をいただいたボストン・コンサルティング・グループ（BCG）にも、心より感謝の意を表します。

目次

はじめに (白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的)	P3
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州 (EU+英国)	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギートランジション全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201



はじめに (白書 1.0、2.0 の振り返りと白書 3.0 の目的)

■ 各白書の目的・議論内容



■ 各白書の目的・議論内容

MUFG は 2022 年から「MUFG トランジション白書」の活動を続けてきました。今年で 3 年目となります。私たちは国際金融イニシアティブでの議論と、本邦産業界の皆さまとのエンゲージメントの橋渡しをめざしてきました。本邦産業界の皆さまには国際金融イニシアティブでの議論の内容をお伝えし、国際金融イニシアティブの会合では本邦産業界の現状をお伝えしてきました。

カーボンニュートラル (CN) (*1) はグローバル共通のトピックです。全産業を巻き込みます。多様なステークホルダーがさまざまな問題意識と言語で話をしていますが、お互いの主張をお互いの言語だけで繰り返してしまうと相互批判に陥ってしまうこともあります。お客さまが“何を話しているか”に加えて“何故そのような話をしているのか”、いつも主張の裏側にある背景を想像し、意図を尋ね、理解に努めていくことが求められます。そして自分なりに解釈して言語化する、言語化できた内容は客観的なデータで裏付ける、そうすることで情報が統合されていくのです。

MUFG が繰り返し続けてきた情報統合化に向けた履歴を“MUFG トランジション白書”にまとめてきました。この活動を 3 年続けてみて、私たちの活動は一つの言葉で表現できるのではないかと考えました。

We speak in “UNITED LANGUAGE”

MUFG はお客さまと一緒に情報を統合させて“UNITED LANGUAGE”を作り上げる、言葉を通じて産業間連携、産官連携、国内外連携の土台を整えていく、これこそが MUFG トランジション白書が追求してきた世界観と言えます。

白書 1.0 は 2022 年に発刊しました。白書 1.0 はお客さまから学んだ 2 つのメッセージをまとめました。

1 つ目は、CN はグローバル共通の目標であること、地域特性で CN の方法論や時間軸が異なること。

2 つ目は、CN は個別セクターでの検討に加え、国ごとの地域特性や産業連関を踏まえた“有効なレバー”を認定させる必要があること。

■ 各白書の目的・議論内容

白書 1.0 では 6 つの高排出セクター（素材＋電気・熱）に焦点を当てました。お客さまから現状と CN の取り組みをお伺いし、前述した 2 つのメッセージを英文でレトリックに落とし込み白書を作成しました。白書を片手に、行政当局、産業界、学会、投資家、金融業界といったさまざまなステークホルダーの皆さまと対話するなかで 3 つの気づきがありました。

1 つ目は、皆同じように悩んでいた、ということです。CN はグローバル共通のアジェンダですから、どこの国が有利だ、どこの国が不利だ、といった話ではありません。長期のビジョン（2050 年に向けたゴール）と足元の課題（雇用、産業・経済、安全保障、エネルギーコストなど）をどのように結び付けていくのか、皆同じように頭を悩ませていました。

2 つ目は、対話の学びを common language に置き換えていくことで、情報を統合させることができるということです。例えば非常にニッチな技術があるとします。この技術について“これって A 国が政策支援している技術と同じですね?”とか“この技術がないと生活必需品の B が使えなくなりますね?”といった具合に、一つの技術をさまざまな側面からハイライトしてみると技術の意味合いが滲み出てきます。滲み出た意味合いをもとにさらに対話を進めていくと、最後に“バシッ”と決まる言葉で表現できるようになるのです。バシッと決まった言葉で対話すれば、産業と国境を越えた対話に繋がるのです。言葉が連携の起点になる、言葉が持つ重要性を“UNITED LANGUAGE”という造語に押し込めました。

3 つ目は、グローバルで最も多く議論されていたのは電気と熱の CN に関わるトピックであったということです。電気と熱は市民生活や産業活動の生命線です。電気と熱の CN が電気と熱以外のセグメントの CN の方法・コスト・時間軸を定めていきます。これが白書 1.0 の最大の気づきとなりました。

2023 年には白書 1.0 の気づきを発展させる形で白書 2.0 を発刊しました。

白書 2.0 は電気と熱のセグメントに焦点を当てました。電気と熱の CN に関わる 7 領域の技術を“ポジティブ・テクノロジーリスト”に取りまとめ、技術の概要や開発の状況を記しました。また各国の政策アプローチを比較しました。政策支援が技術の導入に向けた金融支援の土台になると考えたためです。具体的には欧州、米国、日本の政策アプローチの“違い”を分析しました。

■ 各白書の目的・議論内容

このようにして作り上げてきた過去の白書を振り返ってみると、白書 1.0 と白書 2.0 は CN というグローバル共通のテーマに対する各国・各地域の“違い”をハイライトしたものであったと整理できます。何が違うかに加え、何故違うのか、違いの源泉となる背景と意図を知ること、互いのアプローチを尊重して対話を行う土台を整えることができます。土台が整えばさまざまなステークホルダーを巻き込むことができるのです。

私たちはこの活動を 3 年続けてきました。未だ土台作りは完成しておりません。今唯一確認できている答えは、この活動を続けていくことが大切であるということだけです。

2023 年 9 月に白書 2.0 を発刊してから、国内、欧州、米国、アジア、オセアニアで白書ツアーを実施してきました。各国で CN 技術がどの程度社会実装されているか、技術ごとの現住所の確認に努めてきました。その結果として**価格転嫁の壁はグローバル共通のチャレンジである**ことが分かりました。価格転嫁の壁を乗り越えていくためには、自国での排出削減努力を通じて技術、資本、サプライチェーンを最適な形で実装させることに加えて、グローバル連携によるスケール化でさらなるコストダウンをめざす努力も求められてきます。

現時点でどのテクノロジーが最も有効か、この問いに対する答えは断言できません。地域ごとに実装すべき技術セットも異なります。こうした現実を直視して、①技術のオプションを広げる、②風評リスクがあるものは国内外連携で対応する、③産官連携で事業の経済性を確保する、④スケールさせる技術を絞り込む、⑤スケールは金融支援で突き詰める、技術のステージに合った対応を冷静に進めて行く必要があります。何よりも大切なことは**事業の経済性を確保していく**ことです。また事業の経済性を長期にわたって確保していくには、価格転嫁の土台となる**消費者の適切な気づきと理解**が必要です。お客さまに購入していただけないサービスや技術は普及しないためです。夫々の CN 技術が持つ特徴やコストについて、社会全体が適切に理解していくことが大切なのです。持続的な価格転嫁は事業者の努力と消費者の理解が一体となった時に初めて実現します。

■ 各白書の目的・議論内容

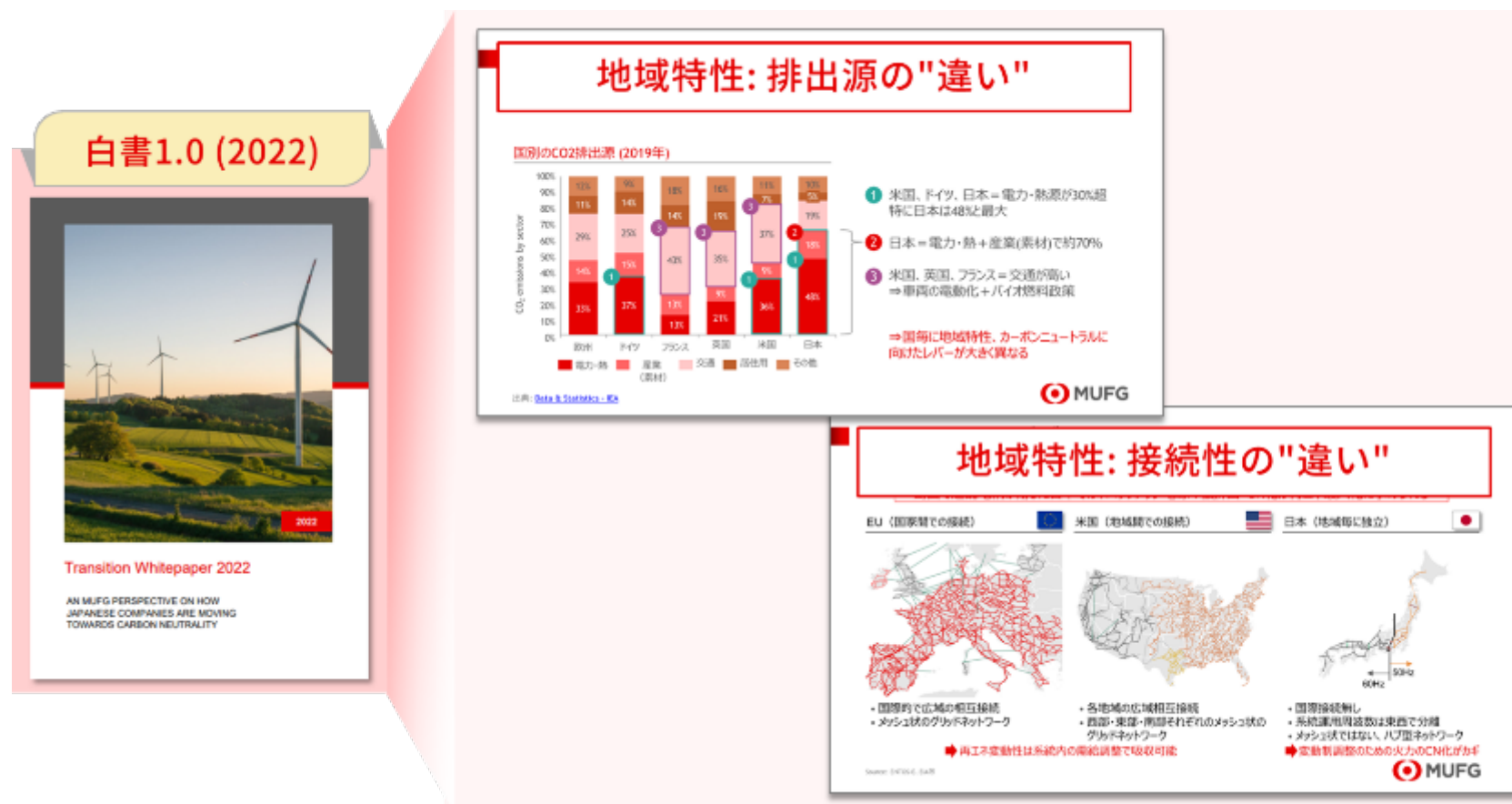
白書 3.0 では 3 つの副題を設定しました。キーエッセンスとなる副題は表紙のイラストでも表現しました。

- ①Optionality (技術オプションの拡充)
- ②Economic Viability (経済性)
- ③End-user Awareness and Understanding (価格転嫁に関わる消費者の気づきと理解)

まずは白書 1.0、白書 2.0 の要点を振り返り、それから白書 3.0 のコンテンツをご紹介します。

(*1): 国際標準化機構 (ISO) 等、CN と NZ には厳密な定義の違いが広く採用されていると認識していますが、本白書では、「CN (カーボンニュートラル)」と「NZ(ネットゼロ)」を書き分けず、すべて「CN」と記載しています。

■ MUFG トランジション白書 1.0: 地域特性



Note: MUFG トランジション白書 2022 では地域特性を「①排出源、②接続性、③安全保障、④社会政治」の観点から分析

Source: [MUFG トランジション白書 2022](#)、[MUFG トランジション白書 2023](#)

■ MUFG トランジション白書 1.0: 地域特性

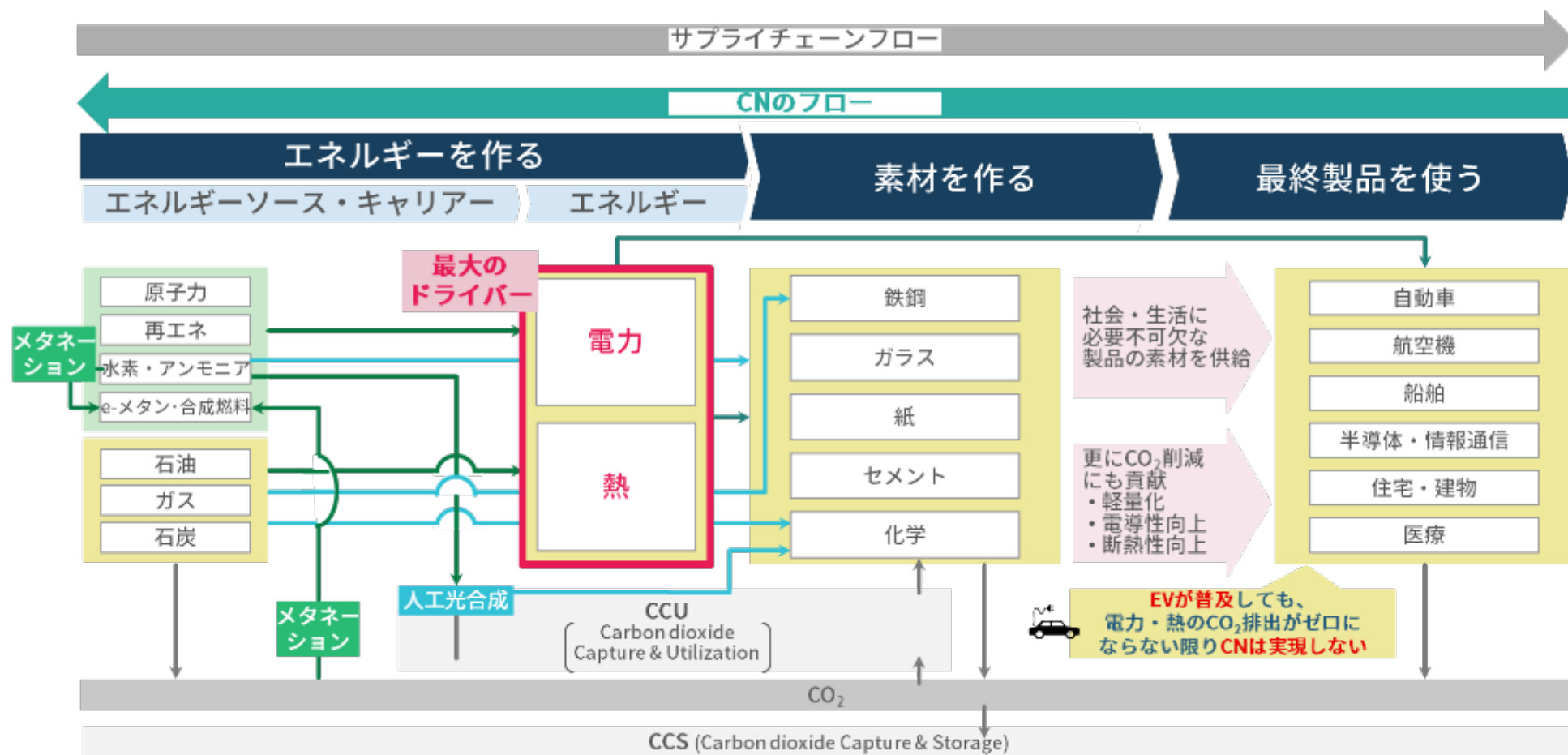
白書 1.0 は 2022 年に発刊しました。主に 2 つのメッセージを取りまとめました。

1 つ目は、CN はグローバル共通の目標であること。地域特性で CN の方法論や時間軸が異なること。

2 つ目は、CN は個別セクターの検討に加え、国ごとの地域特性や産業の連関性を考慮し、最も有効なレバーの認定が重要なこと。

日本では CO2 排出量の 50%を占める電気と熱が CN の重要なレバーであることが分かりました。

■ MUFG トランジション白書 1.0: 経済全体を脱炭素化するための相互関連性



Source: [MUFG トランジション白書 2022](#)

■ MUFG トランジション白書 1.0: 経済全体を脱炭素化するための相互関連性

白書 1.0 では産業の連関性についても取りまとめました。

90 年代から進展を続けたグローバルエコノミーでは、①エネルギー源を活用して電気と熱を作る、②電気と熱を活用して素材を作る、③素材を使って最終プロダクトを作るという流れで経済活動が営まれてきました。グローバル、クロスボーダーで各国が強みを補完し合い、貿易を通じた国際連携が進展しました。個別セクターで見ると、電気、鉄、ガラス、紙、セメント、化学、自動車、航空機、船舶、半導体、住宅、医療など、産業の裾野が多岐に及んでいます。

一方、CN の取り組みでは、従来のグローバルエコノミーの流れに加えて最終製品から原材料へ遡る流れも出てきました。CN に対する世論が高まる中で、最終プロダクトは品質と価格だけの問題ではなく、構成部材を含めたサプライチェーン全体の CO2 排出などにも関心が及ぶようになりました。最終プロダクトの CN には素材の CN が必要となります。素材の CN には電気と熱の CN が必要となります。電気と熱の CN にはエネルギーの転換が必要となります。このように最終プロダクトを起点としてサプライチェーン上流の排出源にも影響を与える流れが生まれてきました。例えば自動車だけ EV を導入しても、電気と熱の CN が実現できていないと、全体の CN を達成できないことなどが分かりやすい事例となります。こうした産業の連関性を踏まえて CN のドライバーを認定することが重要になりますが、特に電気と熱が重要な位置付けであることが分かりました。

もう一つ大切なことが分かりました。それは CN に対する世論の関心が高い一方で、多くの消費者が CN のプレミアムを支払いたくない現実があることです。一人の市民として、多くの方が CN は大切であると言いますが、消費者の顔に戻ると多額の光熱費や税金は負担したくない本音があります。一人の人間の中で世論と消費活動が乖離してしまっているのです。この乖離が価格転嫁の壁を作り出していると言えます。価格転嫁の壁を乗り越えていくには、企業や政府などの開示を通じて、消費者の気づきと理解を促進する消費活動の変革にもチャレンジが求められるのです。

■ MUFG トランジション白書 2.0: ポジティブ・テクノロジーリスト



Source: [MUFG トランジション白書 2023](#)

■ MUFG トランジション白書 2.0: ポジティブ・テクノロジーリスト

白書 2.0 は電気と熱のセクターに焦点を当てました。

電気と熱のセクターを見てみると、全世界共通で 7 領域の CN 技術（①風力、②太陽光、③送配電、④原子力、⑤産業の電化、⑥水素由来・バイオ由来燃料、⑦CCUS）の導入が進められていました。

MUFG は 7 領域のテクノロジーをポジティブ・テクノロジーリストに掲載することにしました。ポジティブ・テクノロジーリスト、少し変な名前ですが、この名前には意味を込めました。一般的に金融機関が何かリストを公表すると、リストに掲載されていない技術は金融支援の対象外といった具合に逆説的な受け止められ方をされてしまうことがあります。これは金融機関の意図にかかわらずです。MUFG が考えたことは、**重点的な金融支援を必要とする技術をリストに掲載することで、リストに掲載した技術の進捗と課題を経過観察して社会実装まで伴走していきたい**というものです。この意図をポジティブ・テクノロジーリストという名前に込めました。お客さまの考え、戦略に New Money を付ける、実体経済の排出削減に貢献する技術へ金融支援する、ダイベストよりもインベストの重要性を示しました。

ポジティブ・テクノロジーリストは将来入れ替えを行う融通性を持たせました。現時点で絶対的な未来は予測できません。技術や社会情勢の変化に併せてリストを定期的にアップデートさせる必要があります。

こうした経緯を踏まえ、白書 2.0（ポジティブ・テクノロジーリスト）は 2023 年 9 月に発刊しました。

■ MUFG トランジション白書 2.0: 各国のカーボンニュートラル (CN) 政策アプローチ



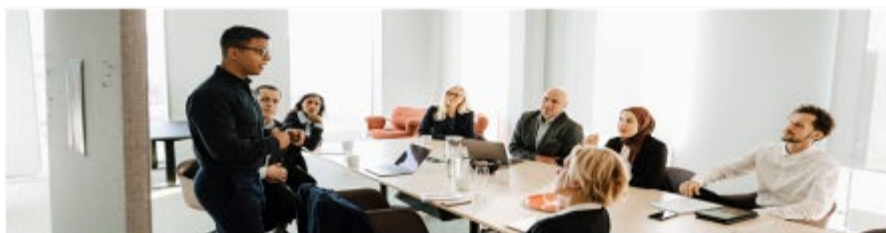
規制・ルール形成型

- 規制/開示で新たな競争環境を創出
- ルール形成に重きを置き、他国にも遵守を要請



産官連携 (多業種連携型)

- 官民連携で丁寧に戦略・ロードマップを策定
- 多方面の見解を取り入れて"多様性"を重視



インセンティブ付与・市場原理重視型

- 過度な市場介入はせずにインセンティブを付与
- 豊富な資源と経済力で自国完結を志向



アグリゲーション型

- アグリゲーション制 (独占供給制・免許制) による事業者数制限 (自由記述公募)



■ MUFG トランジション白書 2.0: 各国のカーボンニュートラル (CN) 政策アプローチ

白書 2.0 は各国の政策アプローチを比較しました。技術の社会実装に向けて政策支援が金融支援の土台になると考えたためです。

欧州では、タクソノミーや EU-ETS などの規制やルールが導入され、規制と開示で産業界に CN を働き掛けるアプローチが採られていました。

米国では、IRA (PL 支援) を通じた経済インセンティブが導入され、その後は市場原理に委ねるアプローチが採られていました。

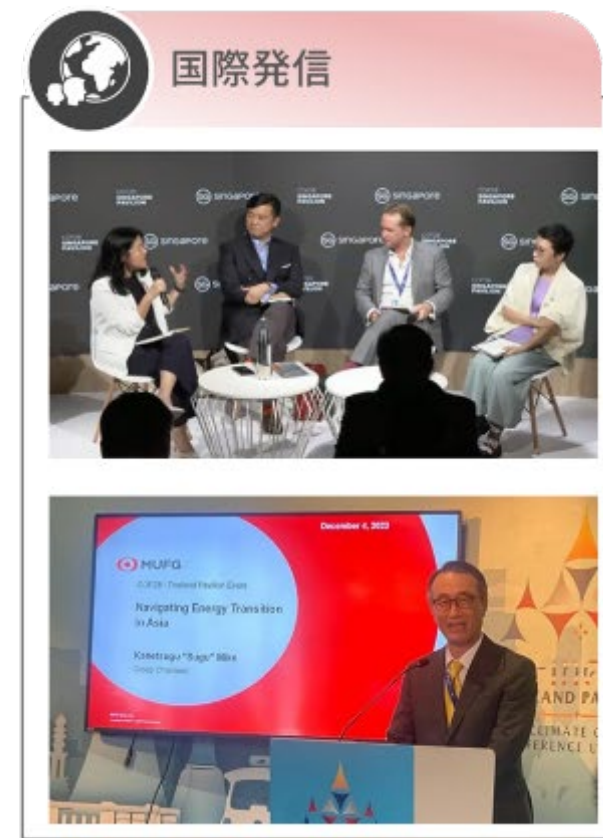
日本では、22 分野の技術ロードマップや GX 政策 (政策支援の全体像) が導入され、多業種でコンセンサスを図っていく官民連携のアプローチが採られていました。

シンガポールでは、アグリゲーション制度が導入され、政府が特定の事業者と重点的に官民連携を進めるアプローチが採られていました。

このように政策アプローチには多様性がありますが、国によって異なる、ただ違っていることを前提に、夫々をリスペクトし、各政策支援アプローチのもとで有効な金融支援の枠組みを考えていく必要があります。

Source: [MUFG トランジション白書 2023](#)

■ 白書策定の活動指針



MUFG トランジション白書の活動では3つのこだわり (Discipline) を徹底しました。

■ 白書策定の活動指針

1 つ目は、常にお客さまの声をスタートポイントにすることです。お客さまの話を聞き、分からなければ分からないと言う、そして分かるまで勉強を続ける。理解を積み上げた上で一步引いて産業横断で何が起こっているか俯瞰してみる。各産業のお客さまの声を別の産業のお客さまにお届けし、自分の国の進捗を他国に伝えて海外の進捗を尋ねてみて、お客さまと一緒に情報を立体化させる取り組みを進めてきました。

2 つ目は、お客さまの声を証明することです。お客さまの声が“ぼんやりとしたもの”であっても、客観かつ定量的なデータで裏付けする。お客さまの声とデータに食い違いがあれば改めてお客さまに聞きに行く。こうしてデータとお客さまの声・感覚を合わせてきました。

3 つ目は、自分の言葉で話をするということです。私たち MUFG は、白書を片手にあらゆるステークホルダーを訪問しました。欧州にも、米国にも、アジアにも、オセアニアにも行きました。1on1 のバイラテラル面談を実施したり、複数企業を招いたプライベートフォーラムを開催したり、COP などのパブリックプレイスで発信してみたりしました。対話を通じて現状理解の解像度を上げることに向き合ってきました。

MUFG トランジション白書は、MUFG が展開する施策の一つに過ぎませんが、根底には会社のパーパスが流れています。

世界が進むチカラになる。

私たち MUFG はお客さまとの対話を通じて“UNITED LANGUAGE”を作り上げて産官学金が連携する仕組み作りに貢献していきます。その第一歩、最初の掛け声を MUFG 社員が働き掛けていくことで、私たちは“世界が進むチカラになる。”ことをめざします。

ここから白書 3.0 をご紹介していきます。まずは白書 2.0 を発刊して以降、9 か月にわたって確認してきたグローバル、米国、欧州、日本の現状をご紹介します。

エグゼクティブ・サマリー

MUFG は 2023 年 9 月に白書 2.0 を発刊して以降、9 か月にわたって国内ツアー、欧州ツアー、米国ツアー、アジアツアー、オセアニアツアーを実施しました。各地域で CN 技術の社会実装に向けてさまざまな政策支援が導入されていましたが、技術導入に向けた民間投資の進捗を見てみると、グローバル共通で価格転嫁の課題があることが分かりました。この気づきをもとに白書 3.0 は 3 つのキーワードを副題にしました。

1 つ目が、技術のオプションを拡充する重要性（Optionality）です。単一の技術だけでは CN を達成できませんので、各地域が必要とする技術セットを導入していく上で、テクノロジーニュートラルの視点から技術オプションを拡充させる取り組みが求められます。

2 つ目は、事業の経済性確保の重要性（Economic Viability）です。赤字の事業では民間投資は進みません。赤字を黒字にする仕組みや、黒字をさらに大きな黒字にさせる仕組みが民間投資を活性化させる有効な政策支援となります。官民が連携して事業の経済性を確保し、経済性を見出せた技術は金融支援を通じてスケールを追求する取り組みが求められます。

3 つ目は、消費者の気づきと理解を促進させる重要性（End-user Awareness and Understanding）です。長期にわたって事業の経済性を確保していくには適切な価格転嫁の仕組みが求められます。最終的に消費者に購入されない技術やサービスは普及しないためです。消費者の気づきと理解を促進する上では企業や政府の開示を通じた情報発信が重要になってきます。

白書 3.0 は 3 つの副題に沿って各技術の現住所を整理した上で、今後の社会実装に向けた課題と活動を取りまとめました。

はじめに グローバルの動向

グローバルの経済動向を見てみると、国際貿易取引量が横這いの中で、クロスボーダーの M&A 取引件数が減少を続け、国際貿易を制限する規制数が足元で急増していることが分かります。気候変動対策が産業政策と結び付きを深める中で、各地域でブロック経済化が進んでいるのです。各地域ではさまざまな政策アプローチが導入されています。

米国の動向

米国では再生可能エネルギーや化石燃料を活用した低排出技術に対する経済インセンティブが導入されています。経済インセンティブとしては IRA（インフレ抑制法）による税額控除（PL 支援）やインフラ投資雇用法（IIJA）を通じた補助金（BS 支援）が挙げられます。インセンティブの対象支援技術が広範囲であり、再エネだけでなく化石燃料の低排出化を含めた技術も支援対象であることが特徴の一つとなります。

技術ごとの動向を見てみると、太陽光発電、電気自動車（EV）、蓄電池などの分野では民間投資が活発に進捗しています。米国 IRA 全体で見ると、約 2,000 億ドルの投資と 18 万人以上の雇用創出が実現されています。しかし民間投資の進捗は技術によって差があります。市場成長期の技術（太陽光、EV、蓄電池）は民間投資が進み高い雇用創出効果を実現しています。一方で市場導入期の技術（水素、CCUS（炭素回収・貯留技術）など）はインフレとインセンティブ要件の厳格化などが阻害要因となって民間投資が進んでいない現状を確認しました。市場導入期の技術は既存のインフラと比較してコストが高く、現在の市場環境では経済性を見出すことが困難であるため、民間投資を活性化させるにはさらなる政策支援（投資インセンティブ）が求められています。

経済性が確保されているプロジェクトでは PL 支援（税額控除）や BS 支援（設備投資補助金）が民間投資の起爆剤として機能しますが、経済性が確立されていない市場導入期の技術では十分な効果を発揮していない現状が分かりました。

欧州の動向

欧州では規制とルールを通じて産業界に CN を働きかけるアプローチが採られています。根底にはサーキュラーエコノミーの構築がめざされています。サーキュラーエコノミーには2つの側面（①資源の有効活用や排出削減といった環境政策、②生産から廃棄までの経済プロセスを欧州域内で一貫通貫させる産業政策）が追求されています。環境技術の導入を通じて欧州企業の環境耐性力を高め、重要原材料法（リサイクル法）で欧州での域内生産を促進して雇用創出に働き掛けていくものです。重要原材料法（CRMA）ではリサイクル率の目標水準が設定され、欧州経済において供給リスクが高く重要な戦略的原材料には海外への輸入依存度を一定水準以下まで低減させることが定められました。

民間投資の現状を見てみると、欧州も米国同様にインフレによる建設コストの上昇が投資の阻害要因となっています。特に洋上風力発電プロジェクトではインフレによりコストが急騰してプロジェクトの採算性が大きく損なわれました。一部では違約金を支払ってプロジェクトから撤退する案件も出てきています。価格転嫁の難しさが民間投資を阻害している現状を確認できます。

欧州においても投資が進んでいる分野と投資が進んでいない分野が明確に分かれています。市場成長期の技術（太陽光、EV、蓄電池）は民間投資が進捗していました。一方で市場導入期の技術（水素、CCUS（炭素回収・貯留技術）など）は価格転嫁の壁とインフレが投資の阻害要因となって民間投資が進んでいない現状を確認しました。

日本の動向

日本では GX（グリーントランスフォーメーション）政策に基づいて、テクノロジーニュートラルのスタンスで幅広く技術のオプションを拡充させる政策支援が導入されています。水素、アンモニア、e-メタン、CCUS、洋上風力、太陽光など多岐にわたる分野で、PL 支援（価格差支援や生産税額控除など）と BS 支援（拠点整備や設備投資補助金など）を組み合わせた政策支援が導入される予定です。

2023 年 2 月に公表された GX 基本方針では 22 分野の技術ロードマップが策定され、技術のステージに合わせた政策支援のあり姿が協議されています。R&D や実証段階にある技術には GI 基金を通じた BS 支援が導入されています。技術実証が終わりスケール化を見定めるステージの技術や経済性が確立されている技術には PL 支援や BS 支援を組み合わせる民間投資の活性化がめざされています。具体的には CCS や水素・アンモニアの導入を支えるために F/S 支援や値差補填（PL 支援）の導入などが進められています。日本の政策施行は欧米に比べて 1 年以上遅れた時間軸で展開されているため、政策支援効果は今後検証されていくことになります。

先行する欧米事例を参考にしてステークホルダーの期待値を正しく定めていく必要があります。

技術の進展と金融支援の在り方

CN はグローバル共通の課題であり全産業を巻き込んだアジェンダとなります。各国ではさまざまな政策アプローチが採用されていました。欧州では規制と開示が重視され、米国ではインセンティブと市場メカニズムが重視されていました。日本では産官学の連携を通じたコンセンサス形成が重視されています。各国のアプローチには多様性がありますが、政策支援アプローチの違いを違いとして認識し、互いのアプローチのもとで有効な金融支援を考えていく必要があります。またグローバル共通で価格転嫁や風評リスクの課題が存在することが分かりました。こうした課題に向き合っていく上では、国際的な協調融資の枠組みやグローバル統一のルール・フレームワークの整備が不可欠となります。国際金融でしっかりとフレームワークを言語化し、各国・各技術が置かれた現状を高い解像度で理解して価格転嫁の壁と向き合っていかなければなりません。各国が排出量削減に向けて努力を徹底することに加え、国際連携を通じてスケール化を実現させコストダウンを追求する努力も求められます。

現時点で確実な未来を予測することはできません。CN を達成する上での絶対唯一の技術などは存在しないのです。だからこそ技術のオプション（Optionality）を拡充させ、各技術で経済性（Economic Viability）を確保し、経済性が確保された技術は金融支援でスケールを追求することが求められます。また長期にわたって事業の経済性を確保していくには、政府や企業の情報開示などを通じて消費者の気づきと理解（End-user Awareness and Understanding）を促進させなければなりません。消費者に購入されないサービスや事業は持続的でないためです。

また技術の導入にあたって風評リスクが懸念される燃料転換など（石炭からガスなど）は、個別企業が不必要な風評リスクに晒されないためにも、トランジション支援に必要なフレームワークを国際金融イニシアティブで整備することが求められます。

もう一つ、CN 技術の社会実装を検討する上で再エネの統合コストを検証していくことが重要になります。再エネは自然エネルギーを活用した低排出エネルギー源であり、世界的な普及で発電原価は毎年コストダウンを達成しています。しかし再エネは自然環境で出力が変動してしまいます。風が吹くとき、吹かないとき。太陽が出るとき、出ないとき。再エネ電力の供給量を安定させるには、誰かがバックアップして調整しなければなりません。再エネだけでは停電のリスクに晒されてしまうのです。現在のインフラで再エネの出力変動を調整しているのは送配電、蓄電池、火力発電と

なります。再エネはこうした出力調整機能と抱き合わせになって初めて供給源としてカウントできるようになります。再エネの変動性を調整するコストをフリーライドさせないためにも、再エネは発電原価だけでなく調整のコストを含めた統合コストで検証していく必要があります。統合コストでその他の低排出電源と経済性を比較してエネルギーミックスを構成していかなければなりません。

また再エネの変動性を調整している送配電、蓄電池、火力発電などは“調整力”という一つの 카테고리 でまとめてどの組み合わせが最も有効か検証していく必要があります。現在は、送配電は送配電、蓄電池は蓄電池、火力発電は火力発電として、夫々個別の技術テーマごとに投資判断が検討されています。調整力は個別の技術テーマで判断するのではなく、どの組み合わせが最も有効か、一歩引いた視点で統合判断していくことが求められます。

今後、データセンターなどの新規電力需要の増加が見通されています。データセンターで使用する電源を再エネで調達する場合でもデータセンターをどこに立地させるかについて新たな視点が求められています。データセンターの場所を選定する際は、①需要地に近い場所にデータセンターを設置して再エネとデータセンターを電力送配電線で接続して電力（ワット）として送るか、②データセンターを再エネ電源の近隣に設置して通信ケーブルで需要地と接続して通信（ビット）で送るか、電力産業と通信産業を跨いだ統合視点での立地選定が求められています。ワット（電力）で送るか、ビット（通信）で送るか、まさに発電所とデータセンターの立地をワット・ビット検証で判断していかなければなりません。

プロジェクトの金融支援を進める上では、国際連携を通じたブレンデッド・ファイナンスが重要な役割を果たしていきます。ソブリンリスクが高い国や地域では、政府系金融機関と民間金融機関が一体となったブレンデッド・ファイナンスが一つのソリューションとなります。一方でファイナンスの機能には限界があることを正しく理解することも重要です。ファイナンスには赤字を黒字にする力はありません。赤字の事業にファイナンスを付けてレバレッジすると赤字が大きくなってしまいます。ブレンデッド・ファイナンスでは①赤字を黒字にする仕組み（国内外の補助金や税金・電気料金を通じた価格転嫁）、②黒字をスケールさせてさらに大きな黒字にする仕組み（政策支援やブレンデッド・ファイナンス）の2つの機能が合わさって初めて民間投資が進んでいきます。2つの機能をしっかりと区分してブレンデッド・ファイナンスの検討を進めて行くことが求められます。

最後に CO2 排出量を正確にモニタリングすることが重要な役割を担います。①CO2 をどれだけ排出しているか、②CO2 をどれだけ削減しているか、③CO2 をどれだけ吸収しているか、実績と効果を透明性高くモニタリングできれば新しい市場の創出を働きかけることができるためです。最先端の宇宙産業が提供する衛星データを活用することで、より広域に、より効率的に、より客観的に CO2 排出量をモニタリングできます。宇宙産業と排出量のモニタリングを掛け合わせた事業開発が CN の促進に向けて重要な役割を果たしてきています。

最後に

MUFG トランジション白書の活動では、サステナビリティとは一体何であるかという問いを突き詰めてきました。サステナビリティとは持続的であることです。持続的であるためには、社会全体の中で今自分がどこにいて、何をしようとしているか、自分の活動は社会全体の動きと整合しているか、整合していないなら何が理由なのか、こうした究極の説明責任を全うしていくことだと考えました。今まで私たちは、カメラのレンズの焦点を目の前の取引相手であるお客さまに当てて見つめてきました。自社が提供するサービスやプロダクトの価格と品質は競争力があるか、競合との差異化は図れているか、常に意識と視線の先は目の前のお客さまに置かれていました。

しかし今私たちに求められているのは、自分のカメラのレンズをつむじの上へ、上へ、ズームアウトしていきながら自分が置かれた状況を立体的に捉えることだと考えました。自分が属しているサプライチェーンが温室効果ガスをどれだけ排出しているか、排出削減努力が進む中で自社の動きはサプライチェーン全体の動きと整合しているか、サプライチェーンの末端における働き方（人権）や自然資本への影響（生物多様性）にまで想像力を巡らせているか、自分が提供するサービスやプロダクトがどのように作られてどのように使われているかについて自分自身でしっかりと理解して言語化することが求められているのです。気候変動、人権、生物多様性といったフレームワークは、自分で自分自身を立体的に捉えていくためのレンズだと考えることができます。気候変動、人権、生物多様性はそれぞれのトピックではなくて自分を立体的に捉えるためのレンズなのです。このレンズを通じて自分の立ち位置や考えを皆が分かる言葉で伝えていく努力が求められているのです。

そしてさらにカメラのレンズを上へ、上へ、ズームアウトさせれば地球全体が見えてきます。地球全体で考えてみれば、人口、資源、食糧、限りあるものをどのように共有して共存していけるか、国際連携の重要性と向き合うことができます。

自分の事業を見つめる視線を、時にズームイン、時にズームアウトさせながら、抽象と具体を行き来する中で、私たちの現状理解の解像度が上がっていきます。サステナビリティとは自分の事業を持続的にさせていく上で求められる究極の説明責任を全うするためのレンズである、私たちはサステナビリティをこのように整理しました。

私たちは常にお客さまの声からスタートします。そしてお客さまの声を証明するために情報を裏付けて意味合いを抽出します。特定の産業で見出した意味合いは別の産業のお客さまにお伝えしていきます。このようにして MUFG は情報の統合化を続けていきます。私たち MUFG がトランジション白書の活動を通じてめざした世界観は一つの言葉に集約できます。

We speak in UNITED LANGUAGE

私たち MUFG はお客さまと一体となって UNITED LANGUAGE を作り上げるための第一歩・第一声を働き掛けて“世界が進むチカラになる。”ことをめざし続けます。

目次

はじめに（白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的）	P3
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州（EU＋英国）	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギートランジション全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201



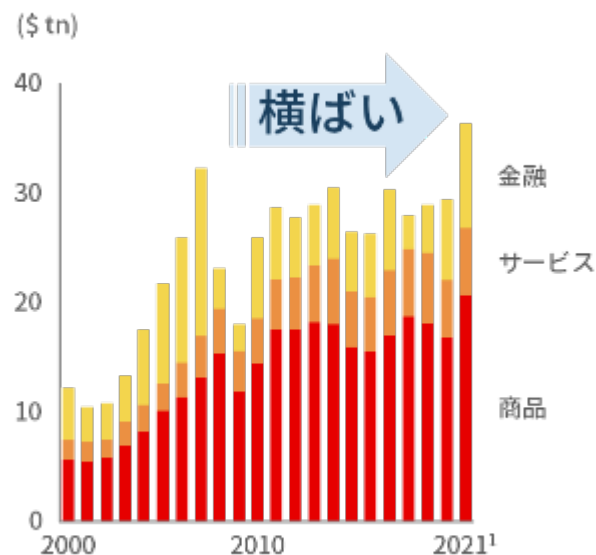
まず“グローバルの経済動向”を見ていきます。

1. グローバル経済動向

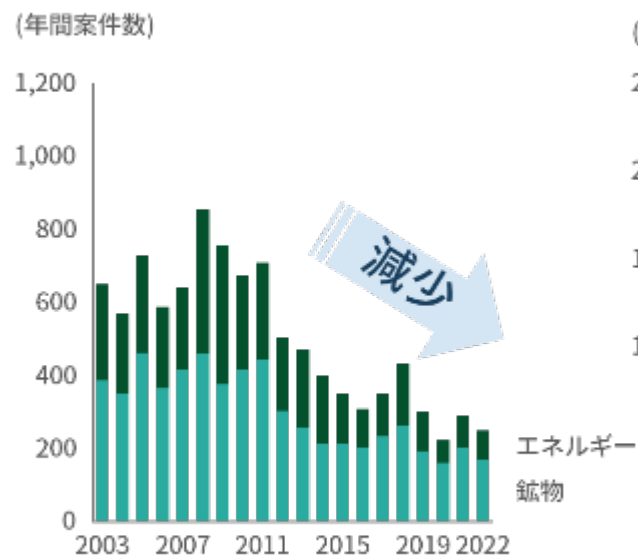
■ グローバリゼーションからブロック経済への移行

国境を超える貿易や投資は停滞する中で…

国際貿易取引額



海外直接投資・クロスボーダーM&A件数



…貿易を制限する規制は増加

国際貿易制限規制数



ブロック経済化が進展する中で、各国は気候変動政策と産業政策を連動する形で、明確に自国内産業競争力強化を図る政策を打ち出し始めている

1. COVID-19 後の活動制限緩和と反動で 2021 年は急増

Source: [IMF \(1/2\)](#); [IMF \(2/2\)](#)

■ グローバリゼーションからブロック経済への移行

グローバルの経済動向を見ていきます。気候変動政策の進展に併せて各国でブロック経済化が進んでいる実態が浮かび上がってきます。

左側のチャートは国際貿易取引額の推移です。国際貿易取引額は 2010 年に向けて成長を続け直近は横這いの傾向にあります。

中央のチャートは海外直接投資・クロスボーダーM&A の件数の推移です。一貫して減少傾向であることが分かります。

右側のチャートは国際貿易を制限する規制数の推移です。国際貿易を制限する規制数が足元で急増していることが分かります。

このように気候変動政策と各国の産業政策の結び付きが強くなりブロック経済化が進んでいることが分かります。各国では CN の技術導入競争から政策競争に推移している現状を確認することができます。

目次

はじめに（白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的）	P3
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州（EU＋英国）	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギートランジション全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201

次に米国を見ていきます。

2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題

1. 米国

■ 米国の CN 政策アプローチ全体像



■ 米国の CN 政策アプローチ全体像

米国では **経済インセンティブの導入と市場原理に委ねたアプローチ**が採られています。

経済インセンティブは主に①PL 支援である IRA (*1)、②BS 支援である IIJA (*2)、同じく③BS 支援である米国エネルギー省の設備投資補助金などが導入されています。経済インセンティブは米国内生産誘致や米国内雇用創出を実現できるとボーナスポイント（追加インセンティブ）が与えられる仕組みとなっています。根底に“Made in USA”の復活が掲げられています。

米国では豊富な天然資源（再エネ + 化石資源）を活用しつつ、経済インセンティブで民間投資を支援し、その後は市場原理に委ねるアプローチで CN を自国完結させていく力強さが特徴と言えます。

(*1)IRA(インフレ抑制法)は 2022 年 8 月に成立した法律で、米国内生産・雇用確保案件へ長期税額控除のインセンティブ(PL 支援)が付与されています。足元、2023 年 12 月には、太陽光/風力/蓄電池等の先端製造業サプライチェーンへの詳細税額控除のガイドラインも発表されています。

(*2)IIJA(インフラ・投資雇用法)は 2021 年 11 月に成立した法律で、CCS Hubs / DAC Hubs / Regional Clean Hydrogen Hubs 等の新技術に関して、地域単位での産業集積をめざし、米国エネルギー省(DOE)から開発/設備投資の補助金(BS 支援)を供与することが規定されています。

■ IRA: 複数のクリーン技術プロジェクトを対象とした詳細な税額控除制度全体像

● 幅広い技術に対して税額控除(P/L支援¹⁾)により投資予見性の改善を目指す

P/L支援

対象技術	税控除類型 (関連条項)		ベース	+ ボーナス要件			= ベース + ボーナス
	生産高 税額控除 ²	投資 税額控除 ³		一般賃金 国内雇用 (実習生)	国内生産	エネルギー コミュニ ティ	
1  太陽光/ 風力	✓ (45)	✓ (48)	6% 0.3 cent/kWh	5倍	+10%	+10%	50% 1.8 cent/kWh
2  蓄電池		✓ (48)	6%	5倍	+10%	+10%	50%
3  系統連系		✓ (48C)	6%	5倍	(N/A)		30%
4  原子力	✓ (45U)		0.3 cent/kWh	5倍	(N/A)		1.5 cent/kWh
5  水素	✓ (45V)		\$0.6/kg	5倍	(N/A)		\$3.0/kg
6  SAF	✓ (40B)		\$1.25/ガロン	ライフサイクルGHG排出量により最大+\$0.5/ガロン			\$1.75/ガロン
7  クリーン 燃料	✓ (45Z)		\$0.35/ガロン (航空) \$0.20/ガロン (非航空)	5倍	(N/A)		\$1.75/ガロン (航空) \$1.00/ガロン (非航空)
8  CCUS	✓ (45Q)		\$17/t-CO ₂ (地中貯留) \$12/t-CO ₂ (CO ₂ 利用)	5倍	(N/A)		\$85/t-CO ₂ (地中貯留) \$60/t-CO ₂ (CO ₂ 利用)
9  DAC	✓ (45Q)		\$36/t-CO ₂ (地中貯留) \$26/t-CO ₂ (CO ₂ 利用)	5倍	(N/A)		\$180/t-CO ₂ (地中貯留) \$130/t-CO ₂ (CO ₂ 利用)
10  EV		✓ (30D)	0	北米生産要件: +\$3,750 米国orFTA締結国からの材料調達要件: +\$3,750			\$7,500

1. プロジェクトのキャッシュフローに対する支援; 2. PTC (Production Tax Credit): 生産設備の稼働開始後 10 年間にわたり、年間発電量/生産量あたり一定額の法人税を控除; 3. ITC (Investment Tax Credit): 設備投資額の一定割合を法人税から控除; 4. GHG 排出量が 0.45kg-CO₂/kg H₂ 以下の場合

Source: [Bricker Graydon](#); 経済産業省

■ IRA: 複数のクリーン技術プロジェクトを対象とした詳細な税額控除制度全体像

米国 IRA は 3 つの特徴が挙げられます。

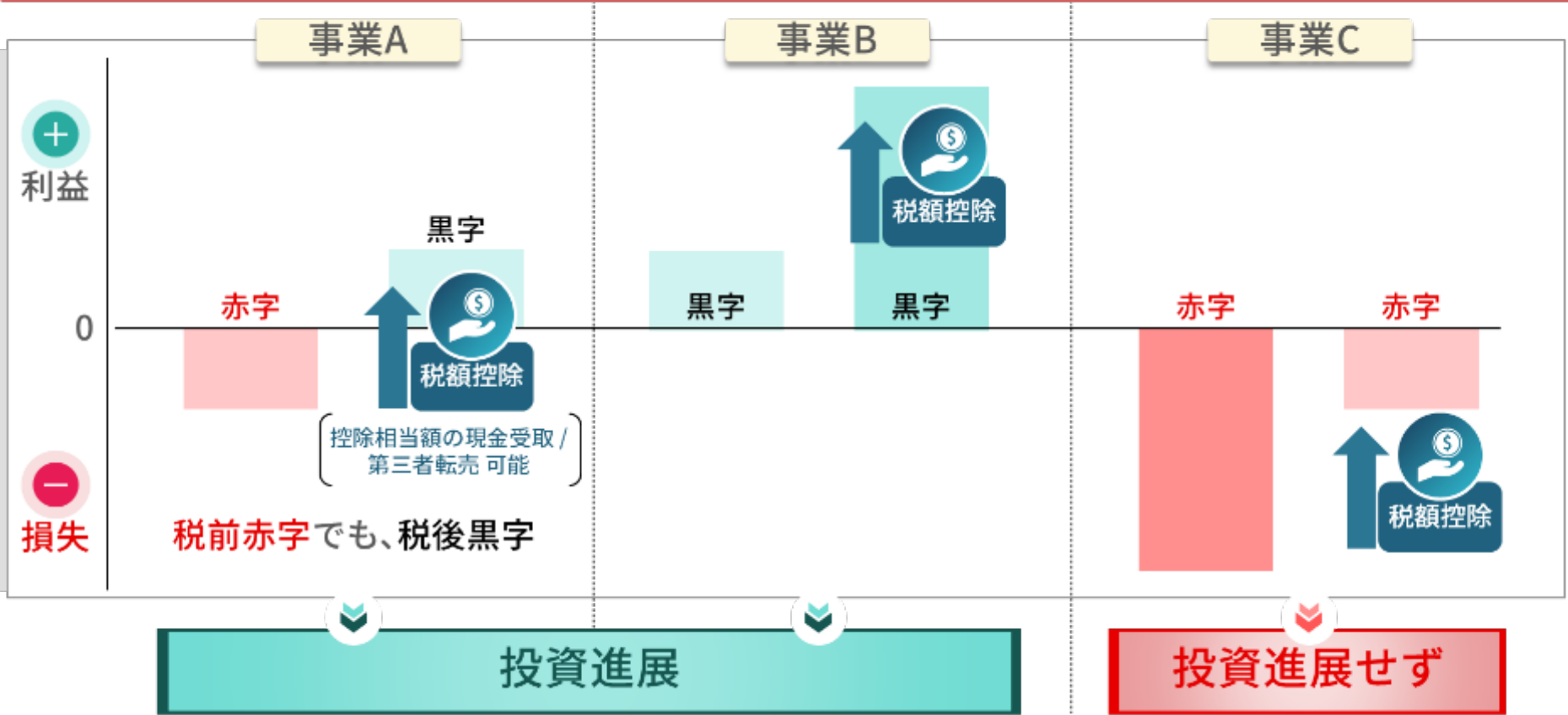
1 つ目は、幅広い技術を対象に政策支援が導入されていることです。太陽光・風力、蓄電池、系統連系、原子力、水素、SAF、クリーン燃料、CCUS、DAC、EV など、再エネだけでなく化石燃料を活用した低排出技術も政策支援の対象となります。

2 つ目は、PL 支援（税額控除）の政策インセンティブが採用されていることです。概要は次ページで後述します。赤字が黒字になる、黒字がより大きな黒字になるプロジェクトでは、投資の予見性が高まって民間投資を呼び込みやすくなります。一方で PL 支援があっても赤字が赤字のままのプロジェクトでは民間投資が進みません。このため米国でも民間投資が進んでいる事業と進んでいない事業が区分されます。米国 IRA の PL 支援では、①投資額の一定比率が PL 支援される投資税額控除 (ITC、Investment Tax Credit)、②生産高の一定比率が PL 支援される生産高税額控除 (PTC、Production Tax Credit)”の 2 種類が導入されています。

3 つ目は、米国内生産誘致 (Made in USA) や米国内雇用創出を実現できるとボーナスポイント（追加インセンティブ）が与えられることです。追加インセンティブの仕組みを通じて CN 技術を社会実装させて国内経済と国内雇用を喚起させることがめざされています。CN の技術導入が産業政策や国家安全保障政策と深く連動しているのです。

■ 米国政策支援 (税額控除) の特徴

税額控除(P/L支援)により赤字→黒字、黒字→より大きな黒字事業は投資進展、支援後も赤字の事業では民間投資は進展せず



■ 米国政策支援 (税額控除) の特徴

米国の IRA では PL 支援（税額控除）が採用されています。左側 2 つのプロジェクトのように、PL 支援（IRA 税額控除）を通じて①赤字が黒字になる、②黒字がより大きな黒字になるプロジェクトでは事業の経済性が確保され民間投資を呼び込みやすくなります。

ここで一つの疑問が生じます。税前が赤字の事業（納税ポジションがない）であっても税額控除を享受できるかという疑問です。税額控除は納税額を減額させるインセンティブですので、基本的には納税額がない企業では税額控除を活用することはできません。しかし米国の IRA は 2 つの仕掛けを導入することで赤字の事業者でも税額控除のベネフィットを享受できる仕組みとしています。

1 つ目は、**税額控除権利の転売**が認められたことです。転売ルールの細目はこれから公表される見通しですが、納税ポジションがない赤字企業でも税額控除の権利を第三者に転売して現金化することが認められました。

2 つ目は、**税額控除権利の現金払い**が認められたことです。米国 IRA で Direct Payment と呼ばれている仕組みです。納税額の控除でなく、税額控除見合いの金額を現金で受領できる仕組みです。納税ポジションにかかわらず、現金でインセンティブを受領することができるのです。

こうした新しい仕組みを通じて、赤字の事業者であっても税額控除の権利を現金化できるようになると、**スタートアップなどの創業赤字の企業**でも積極的に米国 IRA を活用した投融資に参加することができます。米国 IRA のインセンティブを活用できるプレーヤーの裾野を広げることで、エコシステム全体で技術開発を進めていく風土を作っていく制度、その制度のもとで多様なプレーヤーが集まって事業化検討が進むマーケットが米国の最大の魅力であるというお話を在米のお客さまから伺いました。

一方で右端のプロジェクトのように、PL 支援があっても③赤字が赤字のままのプロジェクトも存在します。こうしたプロジェクトでは事業の経済性を確保できないため民間投資が進みません。赤字のプロジェクトをファイナンスでレバレッジすると赤字が大きくなってしまいます。このように PL 支援が有効に機能するプロジェクト、機能しないプロジェクトが存在するのです。

米国は IRA の PL 支援を通じて事業予見性を高めていること、税額控除の転売・現金化を認めることで多様なプレーヤーが CN 技術導入に向けた投融資活動に参加していることが最大の特徴と言えます。

■ 先端製造業における詳細な税額控除制度 (2023 年 12 月ガイダンス発表)



1. 製造業は 45X 製造クレジットか 48C 投資クレジットのいずれかを選択できるが、本分析では 45X を対象。ベース控除率を記載； 2. 部品コストに設置コストは含まない；
3. ブレードを 3 枚使用想定 (\$20/kW × 3 = \$60/kW)

Source: [Bricker Graydon](#); 経済産業省; [NREL](#)

■ 先端製造業における詳細な税額控除制度 (2023 年 12 月ガイダンス発表)

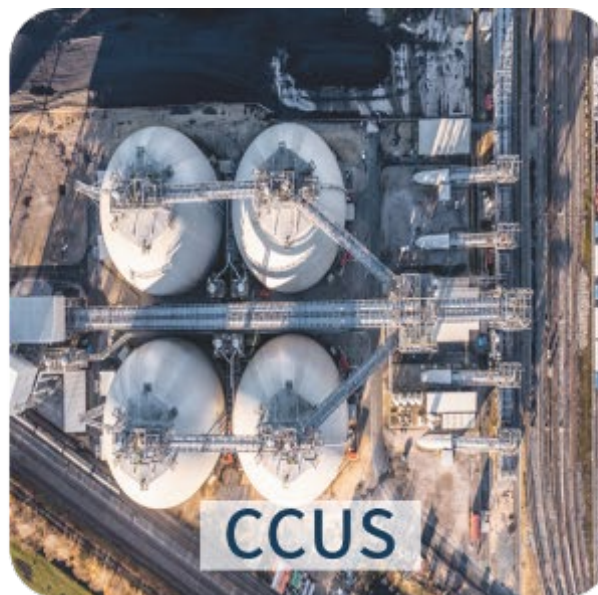
次に技術ごとのインセンティブの細目を見ていきます。まず、**太陽光・風力、蓄電池**です。

太陽光、風力、蓄電池は比較的成熟度が高い技術と言えます。技術実証が終わっているテクノロジーが大半です。多くのプロジェクトで事業の経済性が確保されています。こうしたステージの技術では PL 支援（政策支援）が民間投資の起爆剤として機能します。

また部材ごとのインセンティブを細かく見ていくと、米国の経済安全保障で重要な役割を担う部材には手厚いインセンティブが導入されていることが分かります。ボーナスポイント制度（追加インセンティブ）を通じて、国内生産誘致と、国内雇用創出の活性化がめざされているのです。

米国 IRA は CN 技術の社会実装を通じて国家安全保障や産業競争力強化も視野に入れた政策支援と整理できます。

■ 経済合理性が相対的に乏しい技術開発への支援の在り方



他技術²に比べ相対的に経済性が乏しく、
排出削減効果以外の付加価値を見出しづらいため黒字化が容易ではない技術には、
P/L支援に加えてB/S支援³の設備投資補助金まで手当て

1. 様々な低排出対応が施された水素; 2. 蓄電池、太陽光など設備投資が相応に進んでいるセグメント; 3. プロジェクトのバランスシートに対する支援

■ 経済合理性が相対的に乏しい技術開発への支援の在り方

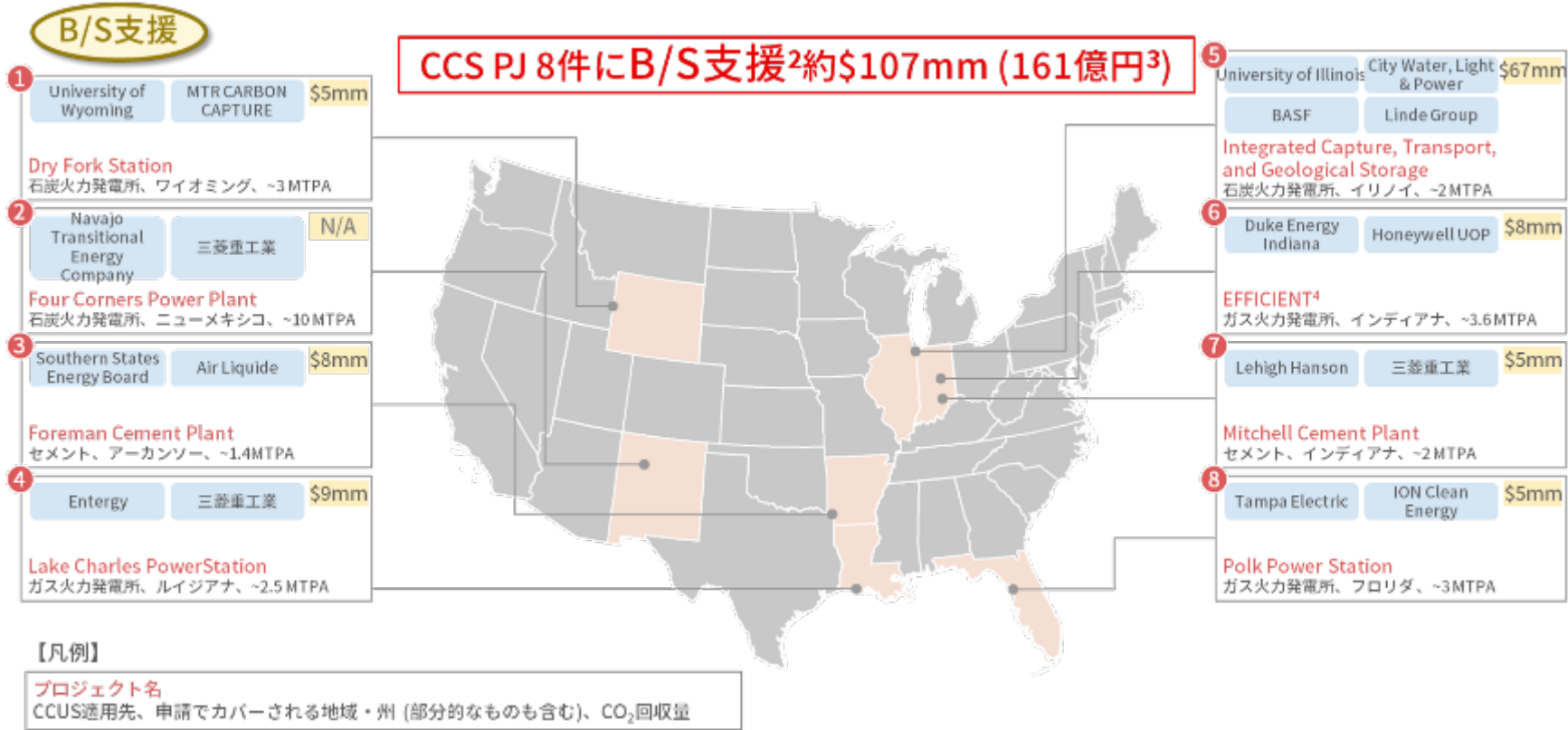
次に水素、CCUS、DAC を見ていきます。

水素、CCUS、DAC では PL 支援（IRA 税額控除）に加え米国エネルギー省（DOE）による BS 支援（設備投資補助金）も導入されています。PL 支援と BS 支援の双方が導入されているのです。

3 つの技術には 2 つの共通した特徴があります。1 つ目は、化石燃料を活用した CN 技術であることです。既存の化石燃料を継続して活用していきながら化石燃料の CO2 排出量を減少させることができます。2 つ目は、水素、CCUS、DAC は化石燃料の排出量を削減する以外の付加価値が限定的であることです。またエネルギー効率が悪いいため現状よりも高いコストになってしまいます。

現時点で事業の経済性を見出すことは難しいですが、既存の化石燃料やインフラを活用していきながら CN をめざしていく上で重要なオプションとなります。現時点では技術のオプションを拡充し、スケール化させる技術を見定めるまで、官民が連携して技術を長期にわたって育てていく視点が求められます。

■ CCS プロジェクト 8 件への B/S 支援 (約\$107mm) (2023 年 5 月時点)¹



米国エネルギー省 (DOE) は CCS プロジェクトに対して約 1 億 7 百万ドルの BS 支援（設備投資補助金）を導入しました。

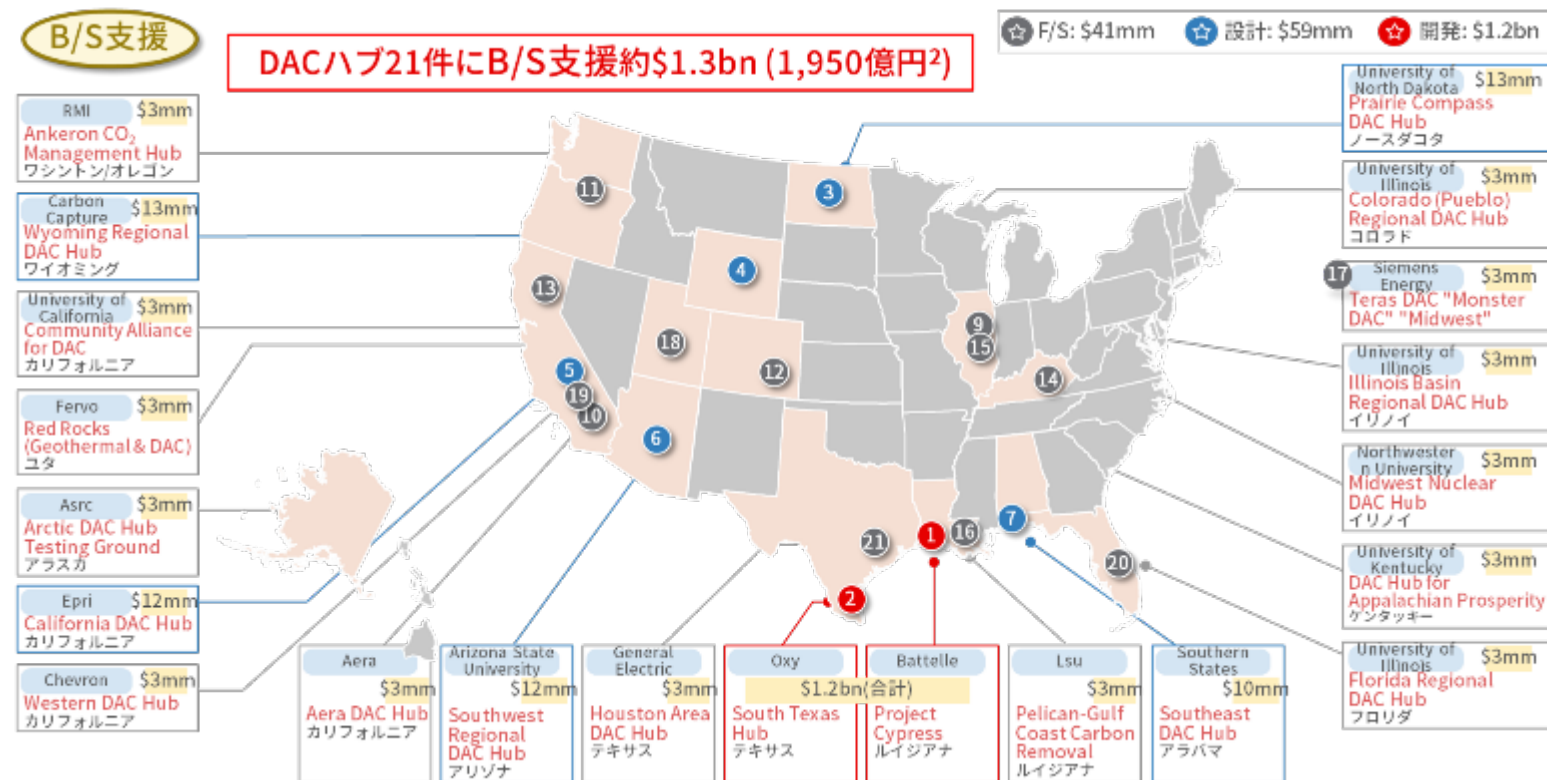
1. 地図上のハブ位置は公開情報に基づくおよその位置を示す; 2. 設備投資コストに対する補助金; 3. 1 ドル=150 円で換算; 4. Edwardsport Flex Fuel Integrated Capture for Indiana’s Energy Transition

Source: [OCED \(1/2\)](#); [OCED \(2/2\)](#)

2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題

1. 米国

■ DAC ハブ 21 件への B/S 支援 (約\$1.3bn) (2023 年 9 月時点)¹

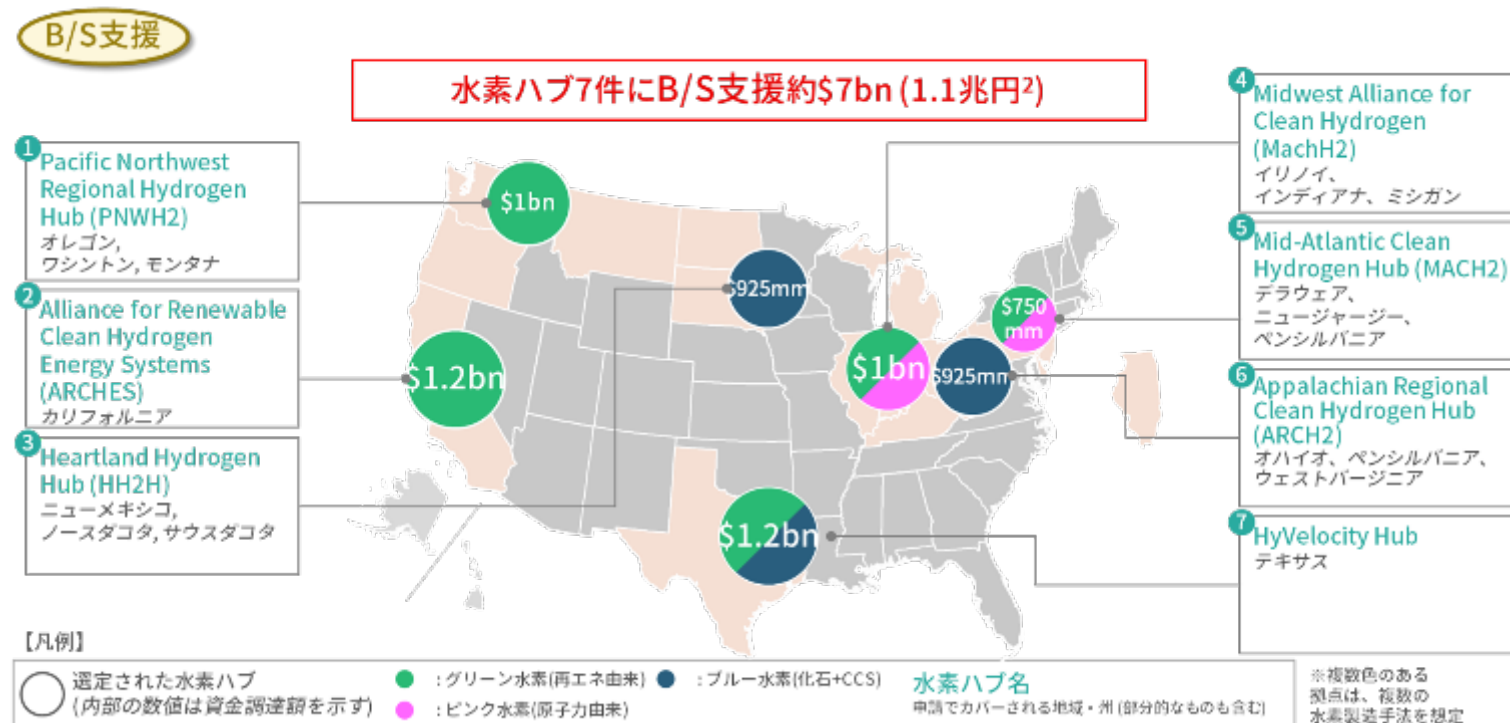


米国エネルギー省 (DOE) は、DAC プロジェクトに対して約 13 億ドルの BS 支援（設備投資補助金）を導入しました。DAC ハブの開発プロジェクト（2 件）、設計プロジェクト（5 件）、実現可能性調査（14 件）が補助金で支援されます。

1. 地図上のハブ位置は、公開情報に基づくおおよその位置を示す; 2. 1 ドル=150 円で換算

Source: [U.S. Department of Energy \(1/2\)](#); [U.S. Department of Energy \(2/2\)](#)

■ 地域水素 7 件への B/S 支援 (\$7bn) (2023 年 10 月公表)¹



米国エネルギー省 (DOE) は水素ハブに対して約 70 億ドルの BS 支援（設備投資補助金）を導入しました。16 州に跨る 7 つの水素ハブ案件が支援されます。水素ハブではさまざまな水素の生成方法が支援されます。①再生可能資源を活用したグリーン水素、②化石燃料と CCS を活用したブルー水素、③原子力エネルギーを活用したピンク水素などさまざまなタイプ（色）の水素開発が補助金の対象になります。

1. 地図上のハブ位置は、公開情報に基づくおおよその位置を示す; 2. 1 ドル=150 円で換算

Source: [U.S. Department of Energy](https://www.energy.gov/eere/energy-efficiency-and-conservation/hydrogen-hubs)

■ 市場導入状況と政策支援・民間投資の進行状況



EV・蓄電池・太陽光 (排出減+付加価値)
[黒字フェーズ]

政策
支援

- 国内生産による自国の産業競争力強化を図り、**部品ごとに詳細なインセンティブを付与**
 - 先端製造業クレジットにより太陽光・洋上風力・蓄電池の各主要部品の生産コストを基に税額控除



水素・CCS・DAC (排出減)
[赤字フェーズ]

民間
投資

- 需要拡大に伴い、**米国内外の企業から投資が相次ぐ**
 - 中国依存低減のため、米国外企業も多数投資し米国内にサプライチェーンを構築
 - インフラも整備されつつあり、高所得者のアーリーアダプター中心に価格転嫁可能

- 事業化支援の類型整理と枠組整備が進展し、**ハブを中心に補助金導入を決定**
 - CCS PJ: 8件、161億円
 - DACハブ: 21件、1,950億円
 - 水素ハブ: 7件、1.1兆円
- 但し、必要設備投資全体における政策補助比率は**1-2割程度**という声もある状況

- 一方で、実案件の民間投資は**価格転嫁の壁があり、進んでいる案件は限定的**
 - インフレにより資源コストが上昇し大規模新規設備投資が停滞
 - 黎明期ゆえにグリーンプレミアムが高額でオフテイカー獲得に苦戦

■ 市場導入状況と政策支援・民間投資の進行状況

米国での CN 技術の社会実装に関わるお客さまの声を総括してみます。

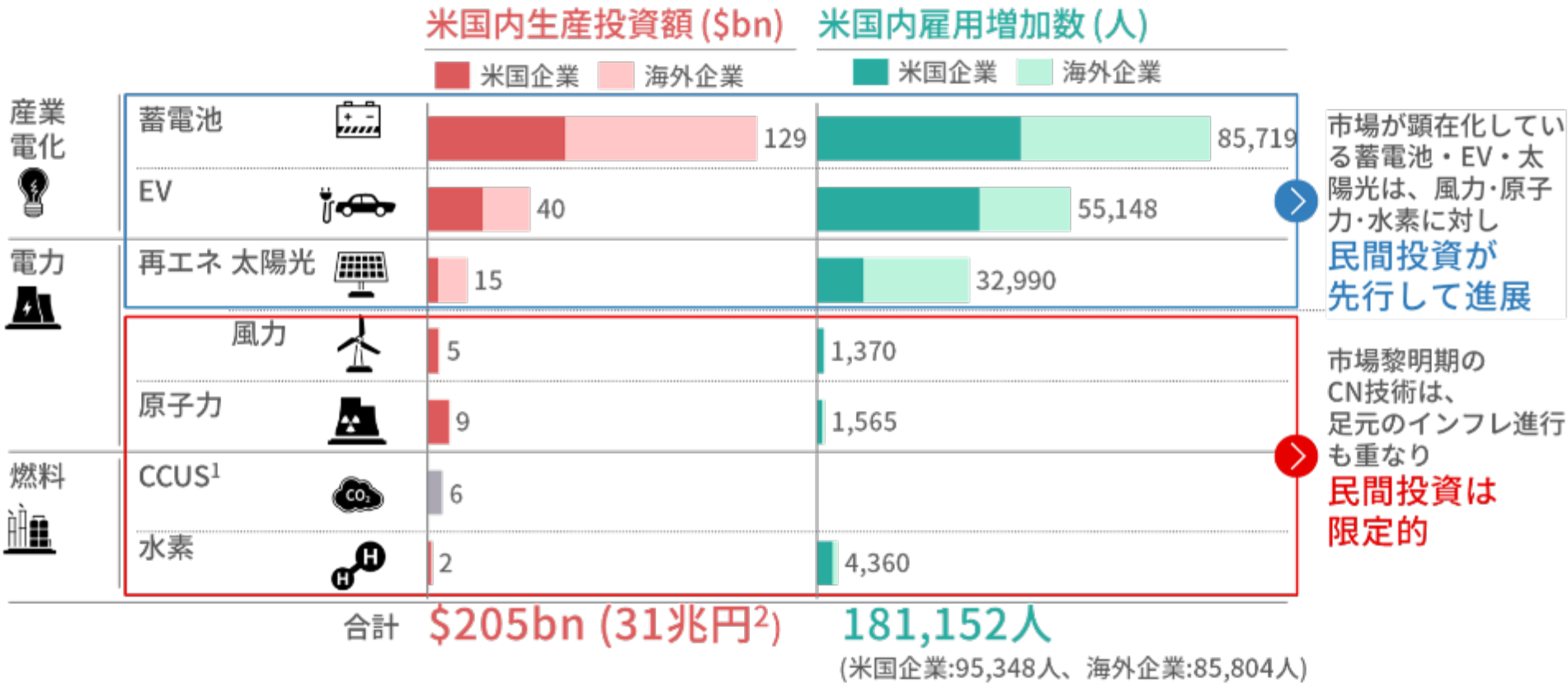
各技術の社会実装に向けた進展を見てみると、市場成長期の技術（黒字フェーズのテクノロジー）と市場導入期の技術（赤字フェーズのテクノロジー）で進捗が異なることが分かります。

市場成長期の技術は技術が実証済みで事業の経済性も確保されています。具体的には EV、蓄電池、太陽光です。PL 支援を通じて黒字がより大きな黒字となることが見込まれるプロジェクトでは民間投資が活性化していることが分かりました。さらにボーナスポイント（追加インセンティブ）制度を通じて米国内生産誘致や米国内雇用創出が追求されていることも分かりました。

市場導入期の技術は技術面および経済性の実証段階にあります。これから技術の磨き込みが進められるテクノロジーです。具体的には水素、CCS、DAC です。これらの技術は PL 支援（税額控除）に加えて BS 支援（設備投資補助金）も導入されていますが、赤字が赤字のままのプロジェクトではオフテイクが立たず（契約で買い取る人が存在せず）、民間投資が進んでいない現状が分かりました。BS 支援の補助金も導入されていますが、補助金の対象とならない赤字見通しの事業は民間投資が進まないため、補助金も活用されていないことが分かりました。お客さまによると実際に活用されている BS 支援は 1~2 割程度であるとのこと。価格転嫁の壁を超えられていない現状を確認できます。

次のページでは民間投資の状況に関わるお客さまの声を定量的なデータで裏付けしていきます。

■ バイデン政権/IRA 以降の民間投資計画



1. 米国企業・海外企業のブレイクダウンなし； 2. 1 ドル=150 円で換算
Source: [米国エネルギー省](#); [BNEF\(1/2\)](#); [BNEF\(2/2\)](#)

■ バイデン政権/IRA 以降の民間投資計画

米国エネルギー省が公表しているデータを見てみます。技術ごとに民間投資の実行金額と雇用創出効果をまとめたものです。

まず蓄電池、EV、太陽光です。この分野では米国内外の企業で民間投資が進んでいること、投資額に比例して雇用創出が進んでいることが確認できます。技術実証が終わり経済性が確保できている市場成長期のプロジェクトでは投資が進んで雇用が創出されていることが証明できます。

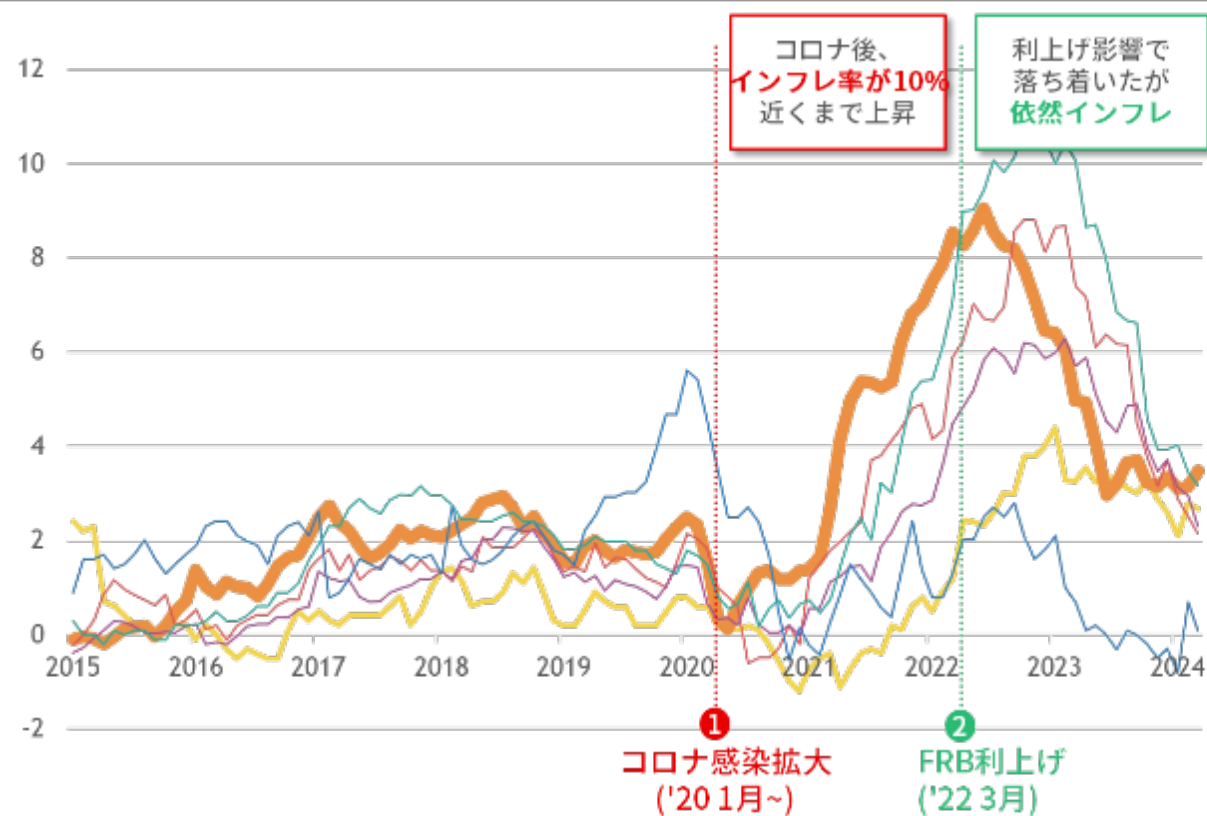
次に風力、原子力（新設）、CCUS、水素を見てみます。この分野では民間投資が伸び悩んでおり、雇用創出効果も限定的であることが分かります。市場導入期のプロジェクトは技術の実証フェーズにあり、経済性を見出すことが難しく、赤字が赤字のままの事業では民間投資が進んでいないことが分かります。

それぞれの技術が置かれているステージによって民間投資の進捗に違いがあることが分かります。全ての技術が一斉に社会実装されるのではなく、進むものは進む、進まないものは進まない、進まないものは時間をかけて育てていくという現実を冷静に直視する必要があります。

米国 IRA 全体でみると、投資は約 2,000 億ドル実現し、雇用は 18 万以上創出されています。米国 IRA は CN 技術の社会実装だけでなく米国内生産の誘致や産業競争力の強化を実現させながら多額の投資と多くの雇用を生み出していることが確認できます。

■ 過去 10 年間のインフレ動向

主要国におけるインフレ率 (%)



主要国におけるインフレ関連指数

最大インフレ率		
	11.1%	(2022/10)
	9.1%	(2022/6)
	8.8%	(2022/10)
	6.3%	(2023/2)
	5.6%	(2020/1)
	4.4%	(2023/1)

■ 過去 10 年間のインフレ動向

直近 10 年間のインフレ率の推移を見ていきます。インフレが CN 技術の民間投資における障害になっていることが分かります。

2021 年のコロナ禍後に大規模な金融緩和が進められ米国と欧州でインフレ率が急上昇しました。米国のインフレ率は 9% に達しました。足元はインフレの危機的状況への対応として多くの国で金融引締策が進められており、足元のインフレ率は落ち着きを取り戻しつつあります。しかし今もインフレは続いており、インフレの積算効果が産業の生産活動や一般市民の生活の負担になっていることがわかります。

Source: [Consumer prices - data](#) | [BIS Data Portal](#)

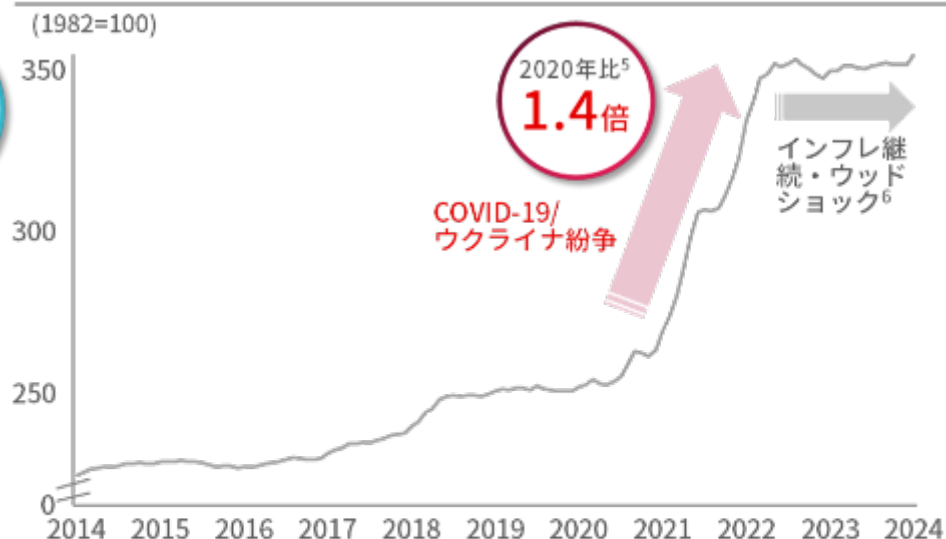
■ エネルギー費・建設材料費の中間需要指数

米国: エネルギー費¹の中間需要指数



化石資源含むエネルギー費は落ち着きつつあり、
化石資源継続利用のインセンティブが働き…

米国: 建設材料費²の中間需要指数



他方で…建設材料費の高止まりを受けて、
脱炭素関連の大規模新規設備投資の足枷に

1. 製造業向けに使用される、未精製のエネルギー源で特に石炭と天然ガスを含む; 2. 建設に使用される材料 (製材、コンクリート管 等)、コンポーネント (金属製ドア 給湯器 等);
3. 2020 年 1 月と 2022 年 9 月を比較; 4. 2022 年 9 月と 2024 年 1 月を比較; 5. 2020 年 1 月と 2024 年 1 月を比較; 6. 中国・米国で住宅需要が高まり、建設材料価格が一気に高騰

Source: [U.S. Bureau of Labor Statistics \(1/2\)](#); [U.S. Bureau of Labor Statistics \(2/2\)](#)

■ エネルギー費・建設材料費の中間需要指数

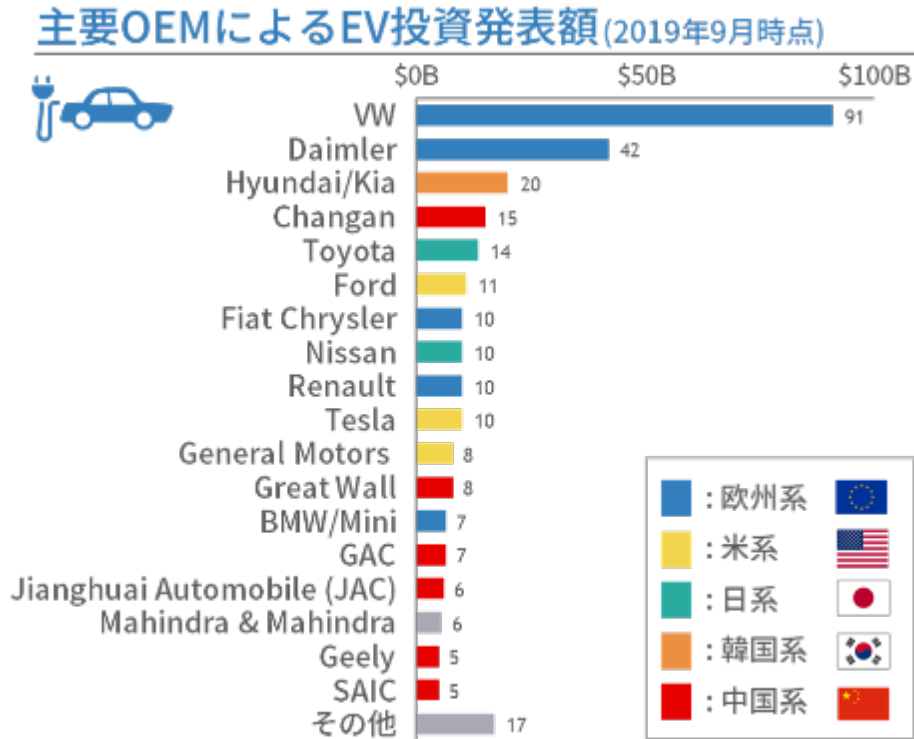
インフレの影響を掘り下げてみます。

左側のチャートは、米国のエネルギー費用の中間需要指数の推移です。コロナ禍/ウクライナ紛争によりガス価格が急騰してエネルギーコストが約**2.3 倍に上昇**しました。その後にガスの需給調整が進み、**ガス価格の下落**に併せて足元のエネルギー価格は落ち着きを取り戻しています。

右側のチャートは、米国の建設材料費の推移を示しています。建設材料費はインフラの原価と言えますので、CN 技術の投資コストと読み替えることができます。**2021~22 年の 2 年間で建設材料費が約 1.4 倍に上昇**していることが分かります。その後もウッドショック+インフレで**建設材料費が高止まり**を続けていることがわかります。

米国 IRA は固定単価での PL 支援となります。収入の支援が固定されているのに原価である開発費が約 1.4 倍に上昇してしまったのです。このインフレが阻害要因となって**米国 IRA の政策支援が導入されても民間投資が進んでいない現実**があります。インフレによるコスト増加が CN 技術の民間投資のハードルになっているのです。

■ 主要自動車 OEM の EV 投資動向



米国OEMのEV投資減衰/再考(2023-2024)

Ford	\$12bnのEV投資延期、EV戦略再考 - 需要低迷より約\$12bnのEV投資延期 (2023年10月) - 電池内製化方針等、EV戦略を再考 (2024年2月)
GM	生産拡大延期により1,300人解雇、EV戦略再考 - 電動トラック生産拡大延期、1,300人解雇 (2023年10月) - EVの集中戦略を改めPHV投入 (2024年1月)
Tesla	価格競争激化により中国の販売台数19%減 中国メーカーとの価格競争が激化し、中国製EVの販売台数は前年同月比19%減で、2022年12月以来の低水準を記録 (2024年2月)
Apple	\$数bn以上投資してきたEV販売計画中止 生成AIに経営資源を集中するため、10年以上に渡り\$数bn以上投資してきた、自動運転機能を備えたEVの発売計画を中止 (2024年3月)

Source: [Reuters \(1/3\)](#); [Reuters \(2/3\)](#); [Reuters \(3/3\)](#); [Business Insider](#); [The Register](#); [USA Today](#); [Automotive News](#); [InsideEVs](#)

■ 主要自動車 OEM の EV 投資動向

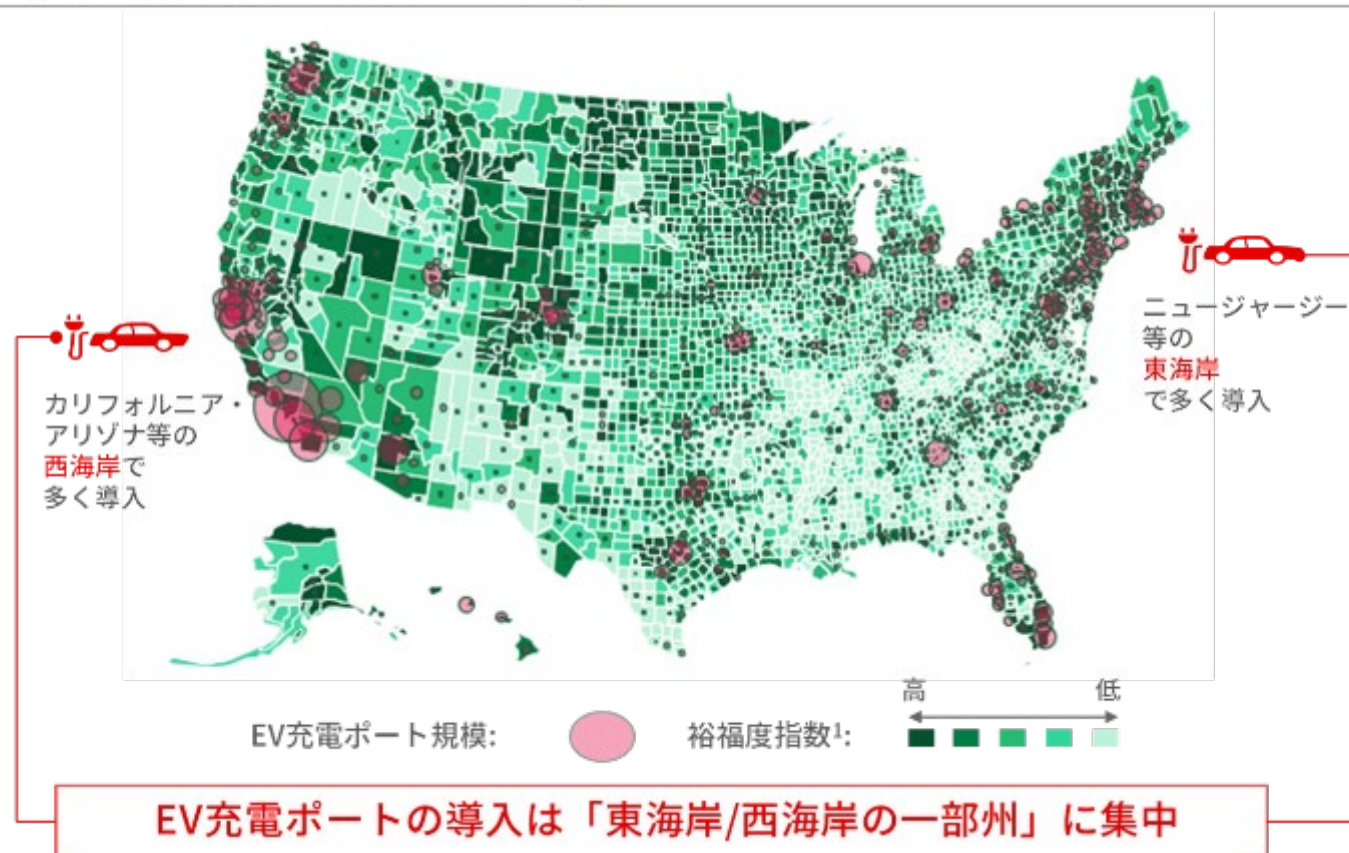
次に EV を見てみます。

EV は技術的に実証済であり経済性も担保されています。比較的成長が顕著なセクターと言えます。左側チャートのとおり、自動車OEM 各社は2019年までに合計3,000 億ドル以上のEV 投資計画を発表しました。この時期にはEV の普及が一気に進むというアナリストレポートも多数発刊されました。

次に右側のチャートです。足元ではフォード、GM、テスラ、アップルはそれぞれ、投資計画の延期、従業員の解雇、販売量の減少、EV 販売計画中止を発表しました。EV 需要の減速や中国 OEM との価格競争が理由でEV 市場が踊り場の局面に差し掛かっており、自動車 OEM 各社の投資意欲が減退してきていることが確認できます。

■ 所得格差とEV浸透率の関係性

米国: 裕福度指数¹とEV充電ポート規模



1: 一人当たりの収入、貧困、住居と教育レベル、失業率、健康保険へのアクセス、政府のサービスを受ける人口の割合を含む9つの要素を考慮した指数

Source: [Bumper](#)

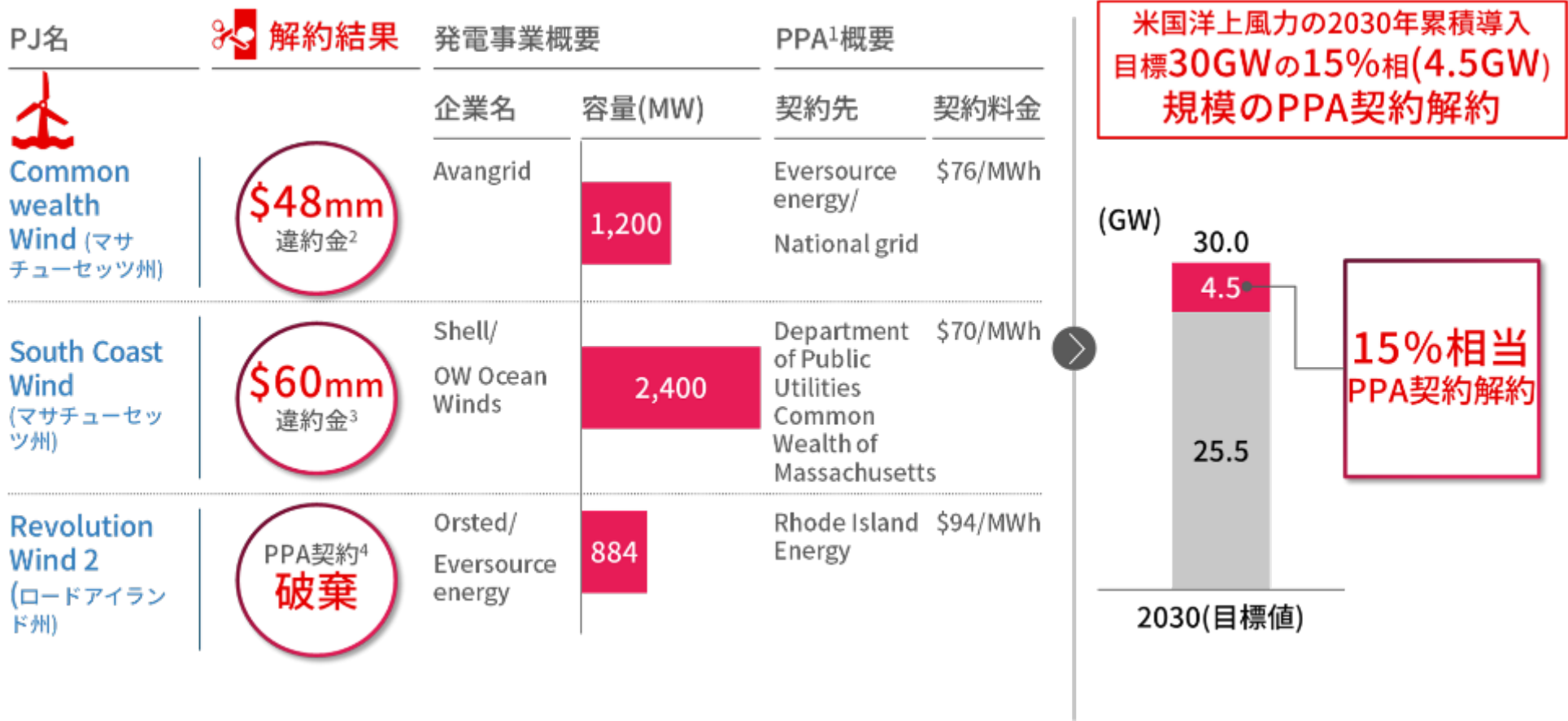
■ 所得格差と EV 浸透率の関係性

EV 充電ポートの導入実績を見てみます。

米国地図の上に EV 充電ポートが導入されているエリアを半透明の赤でハイライトしてみました。EV 充電ポートは主に西海岸・東海岸に偏重した形で導入されていることが分かります。これらの地域は比較的高所得者層が集中しているという特徴があります。高所得者層が集中するエリアでは EV の導入は進んでいるものの、米国全体で見ると EV 充電ポートの普及は未だ進捗していないことが確認できます。

EV は技術的に実証済で経済性も確保されています。グリーン水素などの新興技術と比較して先行して導入が進む技術と整理されています。しかし大半の EV 購入者は高所得者層であり、大衆層が EV を積極的に購入するには至っていません。大衆層に EV が普及していくには低排出プレミアム自動車としてではなく、機能充実、デザイン、ライフスタイル変化、低価格帯 EV の開発などを通じて、モビリティ以外の用途へ拡充（電源設備・セキュリティ・演算機能）させるなどの工夫が求められます。

洋上風力プロジェクト撤退事例



1. Power Purchase Agreement (発電事業者と電力使用者の電力購入契約) 2. 2023/7 時点の情報 3. 2023/8 時点の情報 4. 2023/7 時点の情報
Source: [Offshore Wind](#); [South Coast Wind](#); [Renewable Energy World](#); [Utility Dive](#); [Whitehouse](#)

■ 洋上風力プロジェクト撤退事例

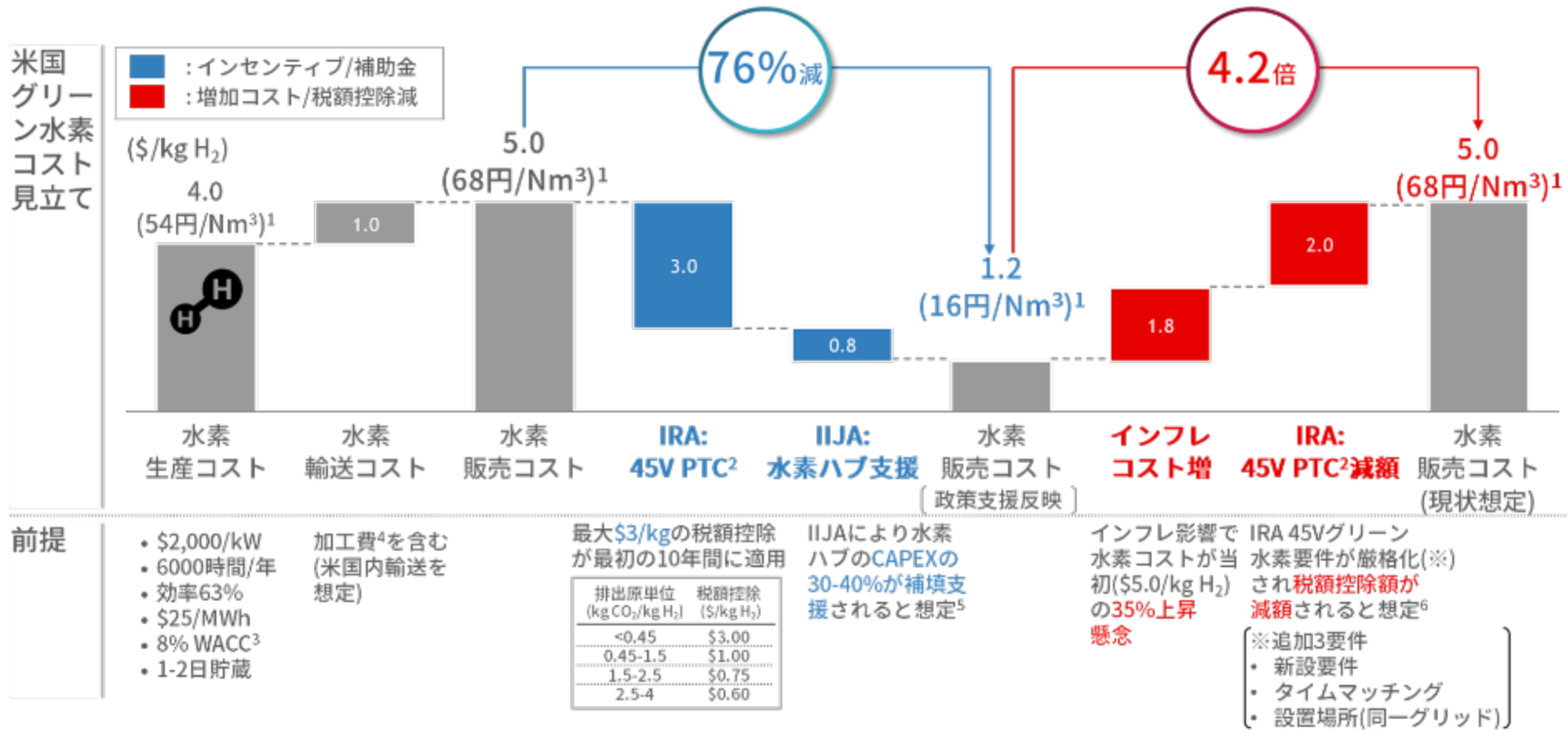
次に洋上風力を見ていきます。洋上風力は投資家のリスク・リターン見直しの局面に差し掛かっています。

代表的なプロジェクトを 3 つ取り上げます。これらのプロジェクトでは、事業者が公開入札で売電契約（電気を販売する権利）を落札した後に、2~3 年の時間軸で開発・建設が進められていました。この開発・建設期間に異常なインフレが発生しました。インフレでプロジェクトコストが当初想定を大幅に上回り、事業の採算性を確保することが難しくなったものです。事業者は事業を継続して赤字を負担し続けるよりも違約金（4,800 万ドル~6,000 万ドル）を支払って撤退した方が経済合理的になると判断しました。このため違約金を支払ってプロジェクトから撤退する事例が発生しているものです。

売電単価を入札で事前に固定してしまい、インフレなどでコストの増加が発生してしまうと、プロジェクトの採算を維持できなくなります。片側ヘッジのポジション（売りが固定、買いがオープン）を取ったのと同義になります。この対応策として開発・建設が長期間にわたるインフラ案件では、建設期間中のコスト変動の一部を売電単価に転嫁できる仕組みや、違約金の負担なくプロジェクトを徹底できる仕組みなどが検討されています。

米国では 2030 年までに 30,000MW の洋上風力案件の建設が計画されていました。この内、解約されたプロジェクトは 4,500MW に及びます。計画の約 15%が解約されました。巨額な設備投資を長期にわたって負担するインフラプロジェクトでは、コスト変動を柔軟に吸収できる新しい政策支援のあり姿が模索されています。

■ グリーン水素コスト想定 (2030 年見込み)



1. 1 ドル=150 円、1kg=11.14Nm³で換算; 2. 生産税額控除; 3. Weighted Average Cost of Capital (加重平均資本コスト); 4. 圧縮、液化、転換を含む; 5. 電解槽と BoP CAPEX を含み、再生可能エネルギーは含まない; 6. プラグ・パワー社 (電解槽トップメーカー) マーシュ CEO の見立て (2024/1)

Source: [U.S. Department of Energy](#); [Forbes Japan](#); BCG

■ グリーン水素コスト想定 (2030 年見込み)

次に水素を見ていきます。

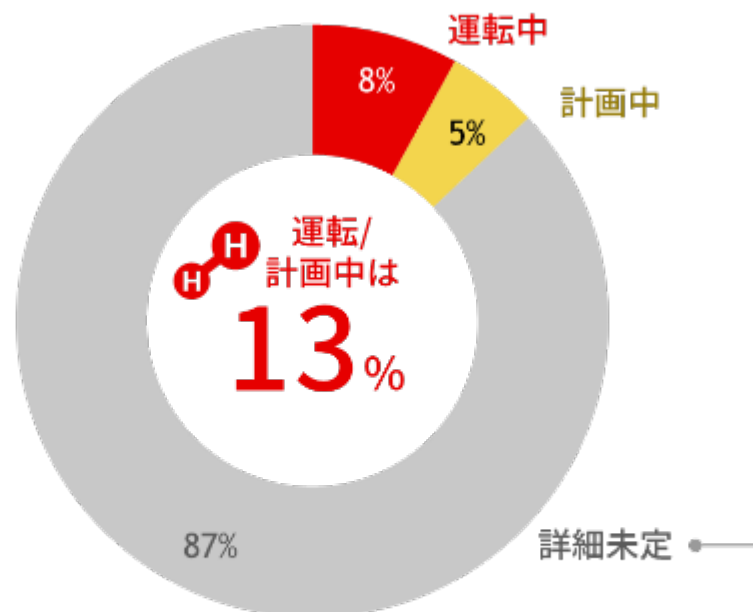
米国では地産地消型の水素は\$5.0/kg H₂ (68 円/Nm³) の導入コストが見積もられていました。内訳は生産コストが\$4.0/kg H₂ (54 円/Nm³)、輸送コストが\$1.0/kg H₂ (14 円/Nm³)となります。このコストの水準では、既存のエネルギーインフラと比べて割高なため事業の経済性が見出せない、長期のオフテイクが成立しないため民間投資が進まないといった課題がありました。そこで PL 支援 (IRA) と BS 支援 (IIJA) が導入されました。政策インセンティブを通じて世界で最も安い水素の生産 (\$1~2/kg H₂ = 化石電源と同程度の価格帯) がめざされたのです。

しかし足元で急激な水準のインフレが発生してしまいました。プロジェクトコストがインフレで想定外に上昇してしまったのです。同時に最大のインセンティブが供与されるグリーン水素の認定要件が厳格化される検討が始まりました。グリーン水素の認定を受けることができれば\$3.0/kg H₂ の PL 支援を受領できます。しかしグリーン水素の追加要件（新設要件、グリッド要件、タイムマッチング要件）を満たせない場合は\$1.0/kg H₂ 程度のインセンティブしか受領できなくなるという見解が報道されています。

この結果、IRA の PL 支援、IIJA の BS 支援を導入してもコスト見通しが\$5.0/kg H₂ (68 円/Nm³) に戻ってしまい、水素案件で経済性を見出すことが難しくなり、長期のオフテイクが成立せず、民間投資が進んでいない現状になっています。

■ グリーン水素開発のオフテイカー確保

米国: 発表済グリーン水素PJ状況(2024年1月時点)



水素オフテイカー確保の課題

価格転嫁の 難しさ



グリーン水素市場は黎明期であり、技術の未熟さ、インフラ不足により、グレー水素と比較し**グリーン・プレミアムが非常に高額**

供給リスク



大規模水素PJが発表されているが、生産規模が検証されたPJは殆ど無く、大幅な供給停止に繋がる可能性

不確実な 制度・認証



グリーン認証における定義が欠如し、将来PJが政府インセンティブに適合しない可能性があり、投資が停滞

インセンティブ型の米国では、水素価格転嫁の壁が未だ超えられていない

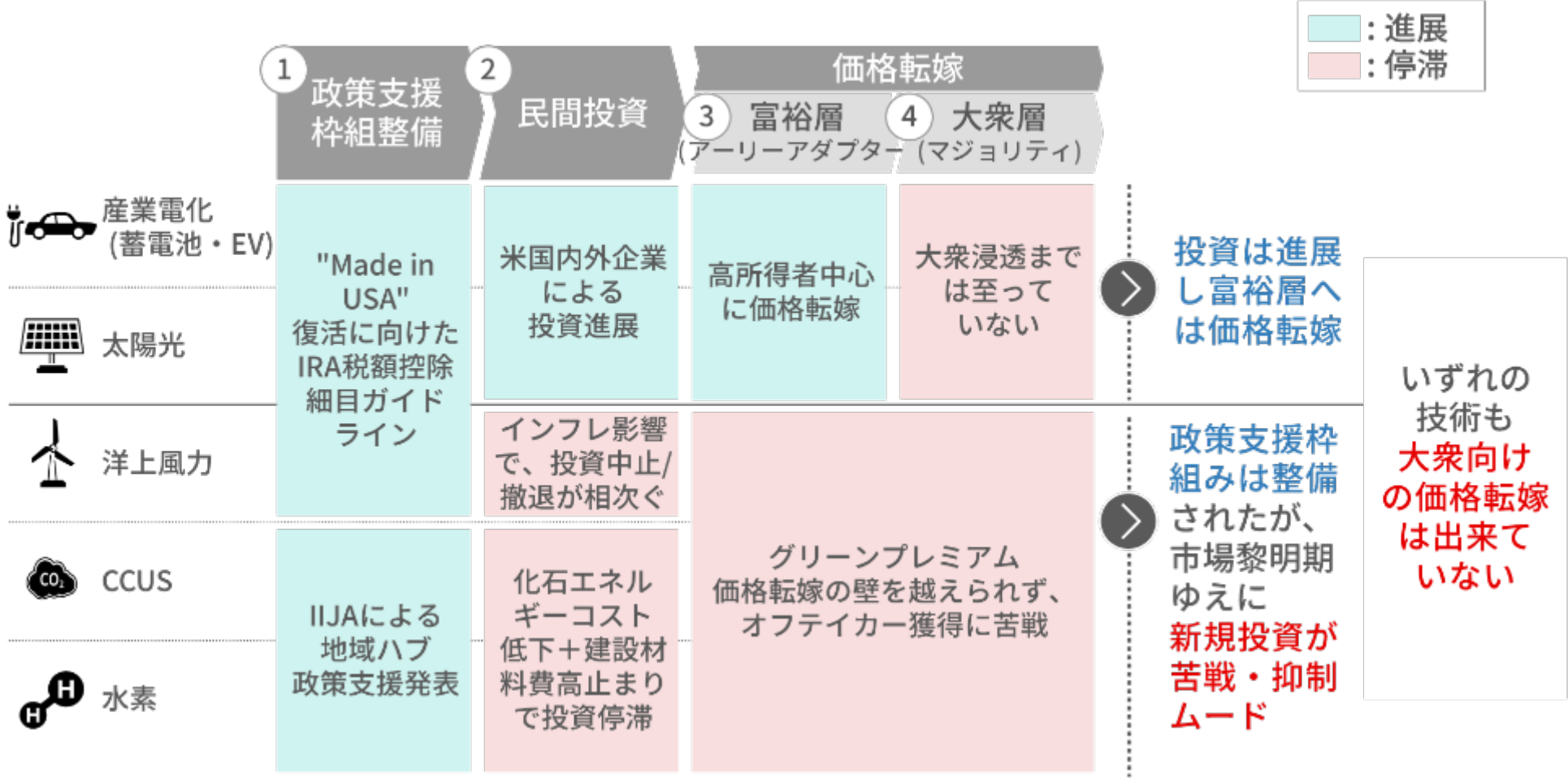
Source: Global Data Hydrogen pipeline (as of January 2024); Expert Interview

■ グリーン水素開発のオフテイカー確保

次に水素プロジェクトのステータスを見えます。

米国では**多数の水素プロジェクトがパイプラインとして存在**します。しかし案件ごとのステータスを見てみると、運転・計画中のプロジェクトは全体の僅か 13%に過ぎません。**民間投資が進んでいるプロジェクトは 13%しか存在しない**ということです。経済性の問題に加えて大規模プロジェクトの実証実績がないこと、グリーン水素のインセンティブ要件が確定していないこと、制度と認証手続きが不確実であることなども水素プロジェクト推進の阻害要因となっています。

■ 直近動向サマリ



■ 直近動向サマリ

米国の現状を総括してみます。

米国では幅広い技術を対象とした政策支援が導入されていました。太陽光・風力、蓄電池、系統連系、原子力、水素、SAF、クリーン燃料、CCUS、DAC、EV など、再エネだけでなく化石燃料を活用した低排出技術も支援の対象となっています。政策支援では①PL 支援 (IRA) と②BS 支援 (IIJA、米国エネルギー省の補助金) が導入されていました。

市場成長期の技術（蓄電池、EV、太陽光）では民間投資が進んでいることが分かりました。雇用の創出効果も高い効果が出ていました。しかし投資が進んで雇用が創出されていても、環境プレミアムを受け入れているのは高所得者層が中心で、大衆層がプレミアムを払って低排出技術を嗜好するまでには至っていないことも分かりました。今後も、さらなるコストダウン、価格転嫁の工夫、消費者への情報開示が求められていきます。

次に、洋上風力は投資家のリスク・リターンの調整局面であることが分かりました。長期間にわたって巨額な投資を必要とするインフラ案件では、売り単価と開発原価が片側ヘッジにならないよう、建設期間中の原価の価格変動によって売り単価を調整させる仕組みが求められています。

最後に、市場導入期（CCUS、DAC、水素）では民間投資が当初の想定通りに進んでいないことが分かりました。PL 支援に加えて BS 支援も導入されていましたが、インフレと、最大インセンティブが提供されるグリーン水素の認定要件が厳格化されるなど、事業の経済性が見出しにくい環境となり、長期のオフテイクが成立せずに民間投資が進んでいない現実がありました。

こうしてみると CN 技術の社会導入は技術ごとに進展の度合いが異なり、技術のステージに合った官民連携の支援を検討していく必要があります。テクノロジーニュートラルのスタンスで技術のオプションリティを確保しながら長期にわたって技術を育てつつ、どの技術が伸びているのか伸びていないのか、ビジョンと現実の双方を見ていく必要があります。

目次

はじめに（白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的）	P3
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州（EU+英国）	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギートランジション全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201

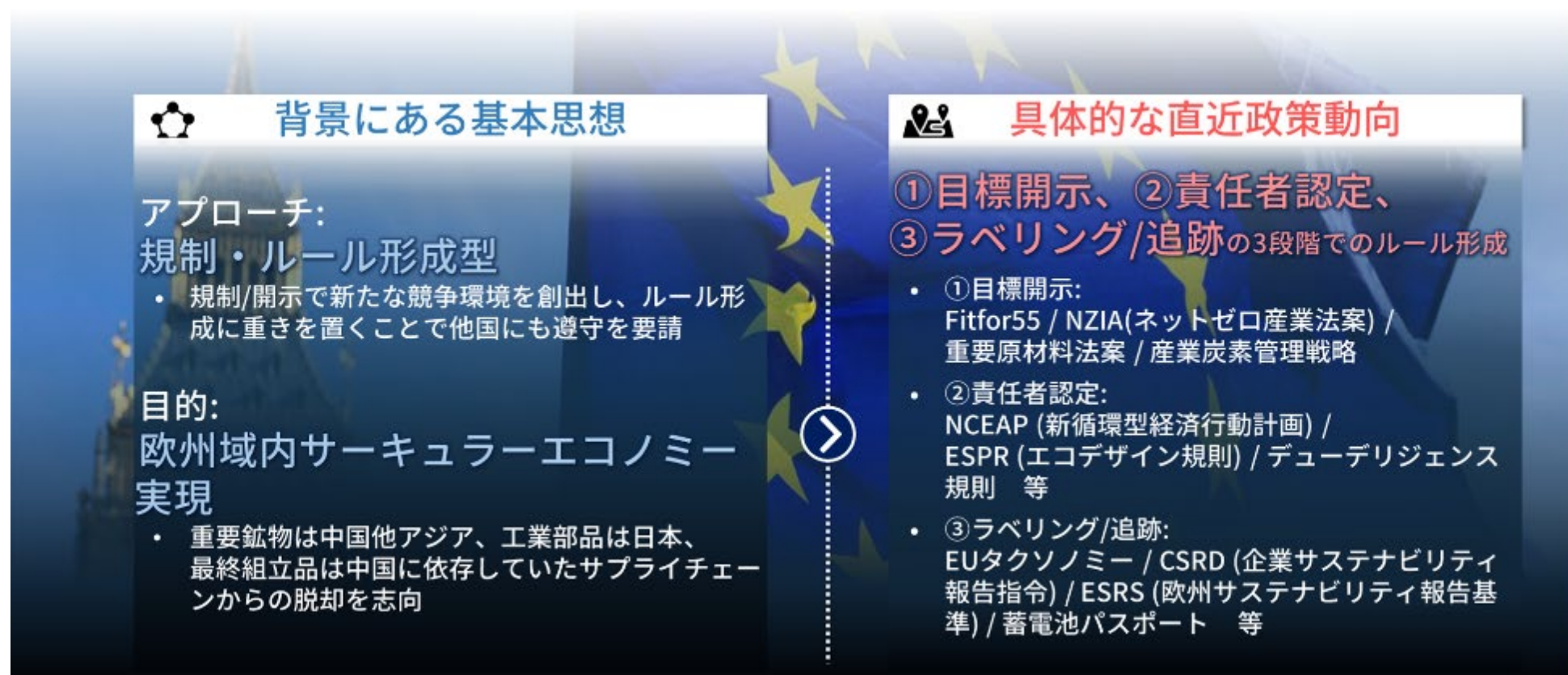


次に、欧州を見ていきます。

2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題

2. 欧州 (EU + 英国)

■ 欧州の CN 政策アプローチ全体像



■ 欧州の CN 政策アプローチ全体像

欧州では**規制・ルールが導入**され産業界に CN を働きかけるアプローチが採られています。政策の根底には**サーキュラーエコノミーの実現**が掲げられています。サーキュラーエコノミーは資源の確保、素材・プロダクトの生産、消費、リサイクル&リユースを域内で一気通貫させる仕組みです。

サーキュラーエコノミーの実現には **2 つの意図**が含まれています。**環境政策と産業政策**です。まずは環境政策の側面です。サーキュラーエコノミーが実現されると排出量が削減できることに加え資源の有効活用を実現させることができます。次に産業政策の側面です。サーキュラーエコノミーが実現されると資源の権益確保、生産拠点の誘致、雇用創出を通じた所得改善と消費の活性化、回収プロセスなどの技術の磨き込みなどが達成できます。欧州域内でサーキュラーエコノミーを完結できれば生産拠点を欧州に誘致して雇用と所得を生み出すことができるのです。

従来、グローバリゼーションが進展する中では貿易を通じたグローバル・クロスボーダーのサプライチェーンが構築されてきました。例えば重要鉱物は中国・アジア諸国、工業部品の組み立ては日本、最終組立は中国といった具合です。グローバルエコノミーにおける欧州は主に消費市場としての役割を果たしてきました。しかしサーキュラーエコノミーが実現できれば、欧州域内でサプライチェーンを完結させて欧州域内企業の環境耐性を磨いて環境と経済の両立をめざすことができます。

■ EU 主要規制・基準全体像

1 規制による 目標の提示	該当技術	EU主要規制・基準	規制/基準概要
	クリーン技術 全般	Fit for 55 ネットゼロ産業法案 重要原材料法案	30年の温室効果ガスを、1995年比で55%削減するための政策パッケージ ネットゼロ実現に貢献する技術のEU域内での生産能力拡大 (30年までに消費量の40%を域内生産) を支援 EUにおける重要原材料バリューチェーンの構築の為、重要原材料を明確化し、その輸入割合/リサイクル率を記録
2 開示	CCUS	産業炭素管理戦略	30年までに5,000万トン/年のCO ₂ を貯留する計画達成と 40年までのCO ₂ バリューチェーン/域内市場の実現を支援
	産業の電化 (EV・蓄電池)	新循環型経済行動計画 持続可能な製品のための エコデザイン規則 電池規則 (デューデリジェンス)	製品の設計と生産に焦点を当て、資源を可能な限り域内に止めるための 施策を打ち出した行動計画 エネルギー関連製品の対象を拡大し、基本要件/適合性評価の枠組みを 厳格化。統一的な域内運用を実現 サプライチェーンのデューデリジェンス・ポリシーの策定、 デューデリジェンスの実施を蓄電池事業者に促進
3 ラベリング /追跡	クリーン技術 全般	EUタクソノミー 企業サステナビリティ報告指令/ 欧州サステナビリティ報告基準	環境・気候面で持続可能な経済活動かどうかを判断するための 統一基準を設置 域内企業にサステナビリティ情報の報告を義務化。 報告時の要件も整備
	産業の電化 (EV・蓄電池)	電池規則(蓄電池パスポート)	蓄電池のモデルや原材料、 カーボンフットプリント等に関する情報の記録を蓄電池事業者に義務化

開示情報を基にした格付に応じて、金融機関は資金の配分を見直し、OEMは格付改善要請

Source: European Commission ([Fit for 55](#); [Net-Zero](#); [Raw Materials](#); [Industrial Carbon](#); [NCEAP](#); [ESPR](#); [Due Diligence](#); [Taxonomy](#); [CSRD](#); [ESRS](#); [Battery Passport](#))

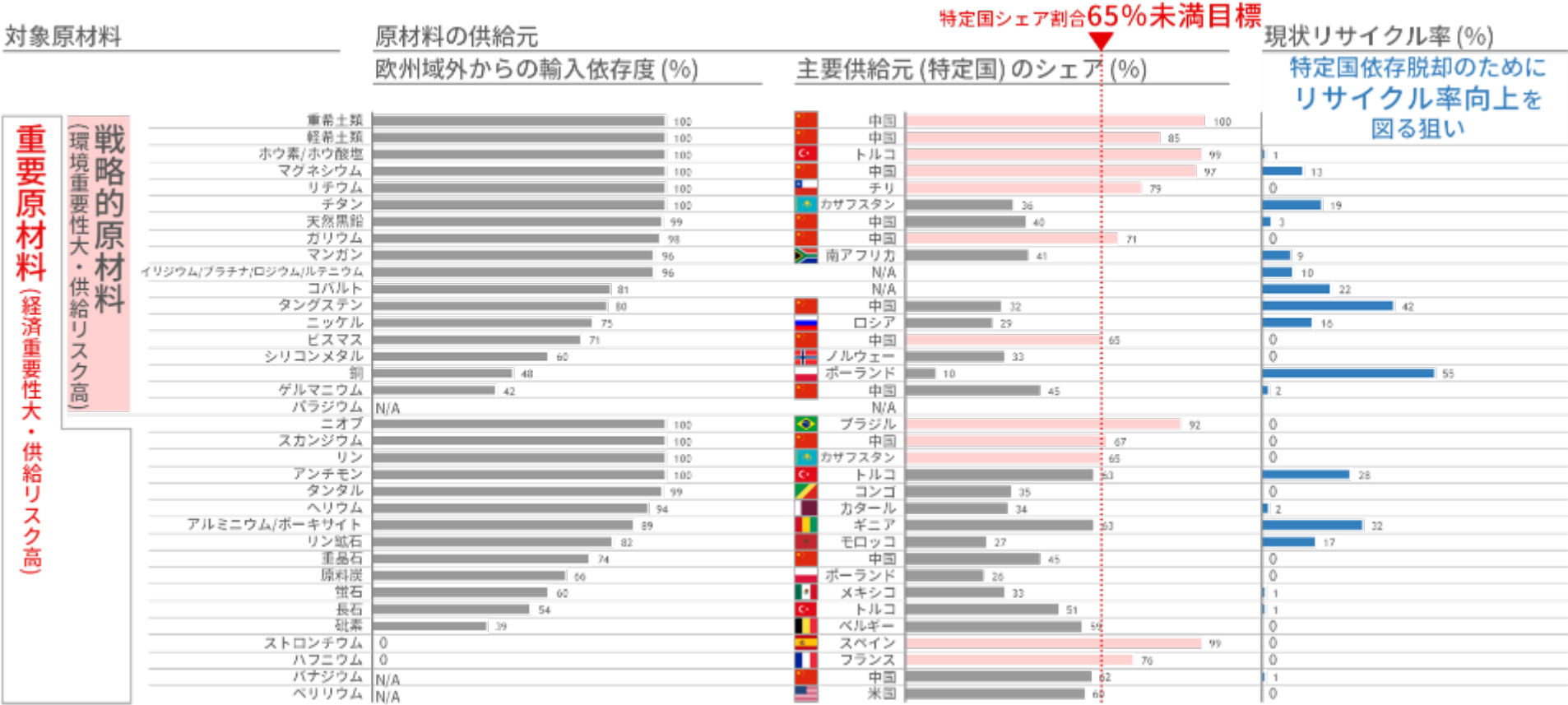
■ EU 主要規制・基準全体像

欧州では規制を通じた目標設定と企業に対する開示の要請が中心的な役割を果たします。大きく次の流れを踏みます。

- ① 規制で目標が設定される。
- ② 目標の責任者が設定されて企業に開示が要請される。
- ③ 開示情報がラベリング・追跡されて格付の対象となる。
- ④ 格付に基づいて金融機関は資金の張り替え（低格付から高格付へ）、OEM はサプライヤーへの格付の改善要請（一定以下の格付の企業とは取引制限など）が促される。

この①～④の流れを踏みながら産業界に CN を促すアプローチが採られています。

重要原材料輸入依存率/リサイクル率



Note: 2023 年 11 月政治合意
Source: [European Commission](#)

■ 重要原材料輸入依存率/リサイクル率

欧州では“重要原材料法（リサイクル率に関わる法律）”が制定されました。

重要原材料法では部材ごとの目標リサイクル率が設定されました。部材の確保は国家安全保障、国内産業政策、環境政策において重要な役割を果たします。重要原材料法は“2つの部材カテゴリー”を定めました。

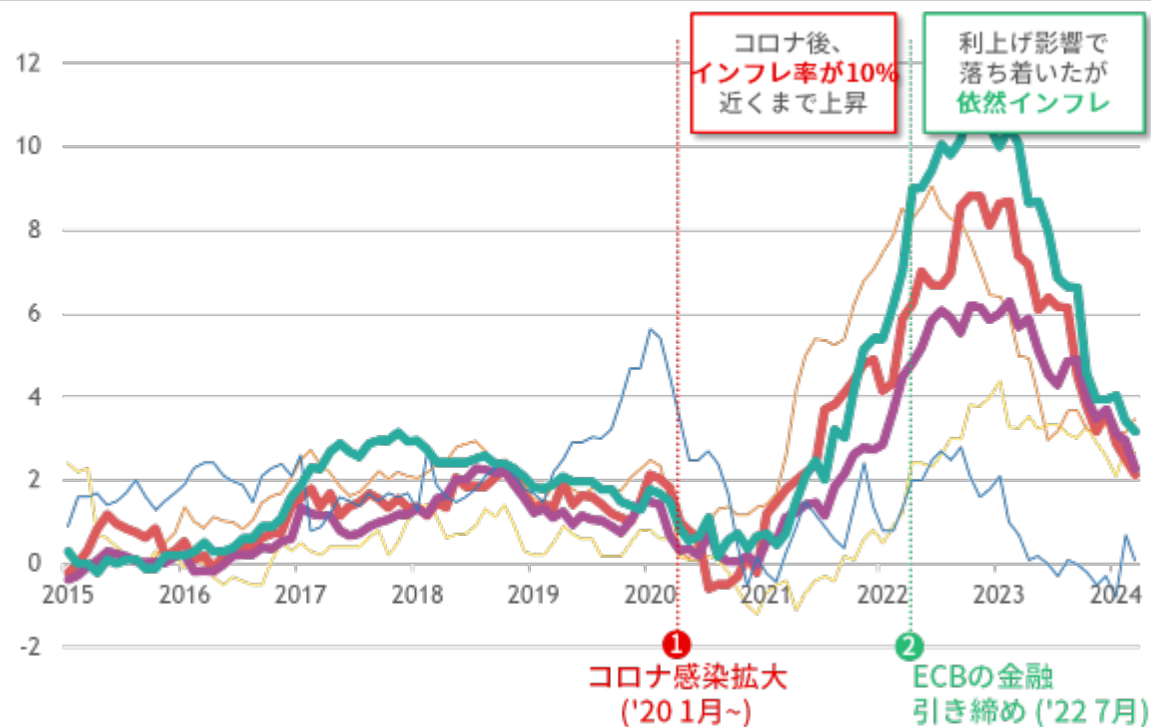
1つ目が“重要原材料”と呼ばれるものです。EU 経済へ甚大な影響を持ち供給リスクが高い部材が“重要原材料”としてリストに掲載されました。

2つ目が“戦略的原材料”と呼ばれるものです。重要原材料の中で環境技術に関わるものが“戦略的原材料”としてリストに掲載されました。

このリストにある部材は EU 経済/安全保障の生命線となるリスクがあります。こうした部材を特定国からの輸入に依存し過ぎていると有事の際に甚大な影響を与えてしまいます。そこで重要原材料法は重要原材料・戦略的原材料の調達にあたり特定国への輸入依存を 65%未満に減少させる目標を掲げました。EU 域内のリサイクル率を高める形で特定国への輸入依存を 65%未満に低減させるリスクマネジメント施策が法制化されたものです。

■ 過去 10 年間のインフレ動向

主要国におけるインフレ率 (%)



主要国におけるインフレ関連指数

最大インフレ率		
	11.1%	(2022/10)
	9.1%	(2022/6)
	8.8%	(2022/10)
	6.3%	(2023/2)
	5.6%	(2020/1)
	4.4%	(2023/1)

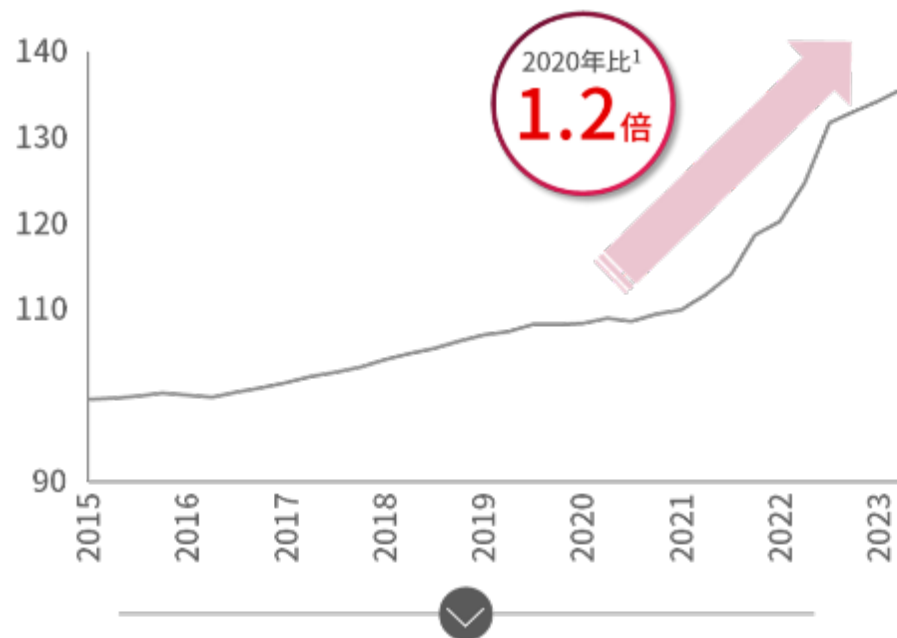
直近 10 年間のインフレ率の推移を見ていきます。

米国と同様に欧州でもインフレ率が急上昇しました。欧州主要国のインフレ率は、英国で約 11%、ドイツで約 9%まで上昇しました。足元では中央銀行が基準金利を引き上げてインフレ率は落ち着きましたが依然として脅威となっています。

Source: [Consumer prices - data | BIS Data Portal](#)

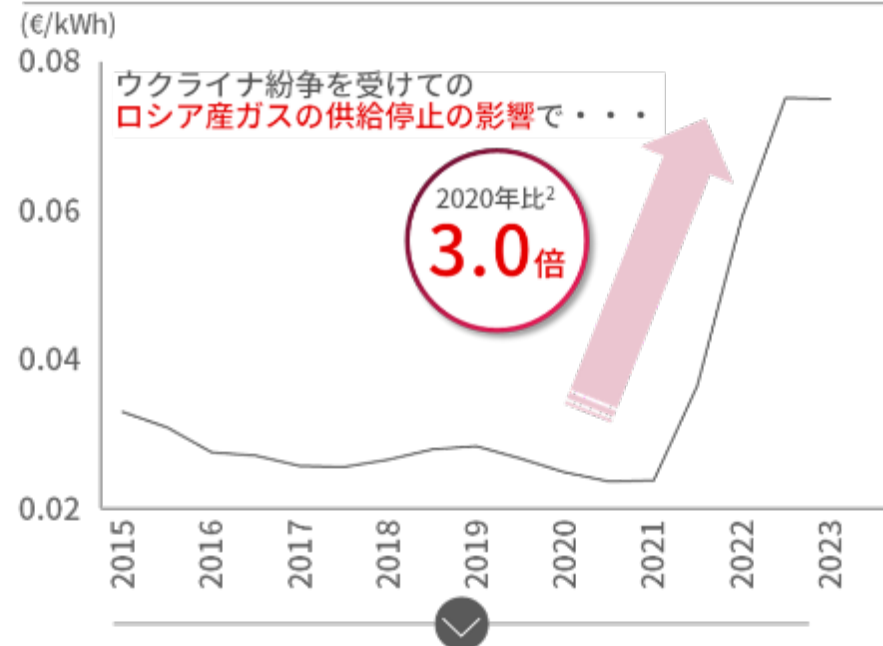
■ 建設費・産業用ガス価格のインフレ率

欧州: 建設費の推移 (2015=100)



建設コストは上がり続けており、現時点でも
2020年比1.2倍で依然として高止まり

欧州: 産業用ガス価格の推移



欧州域内産業用ガス価格が**2020年比3倍で**
急激に上がり、現状でも高止まり

インフレの影響を見てみます。

1. 2020年Q1と2023年Q1を比較; 2. 2020年H1と2023年H1を比較

Source: [Eurostat \(1/2\)](#); [Eurostat \(2/2\)](#)

■ 建設費・産業用ガス価格のインフレ率

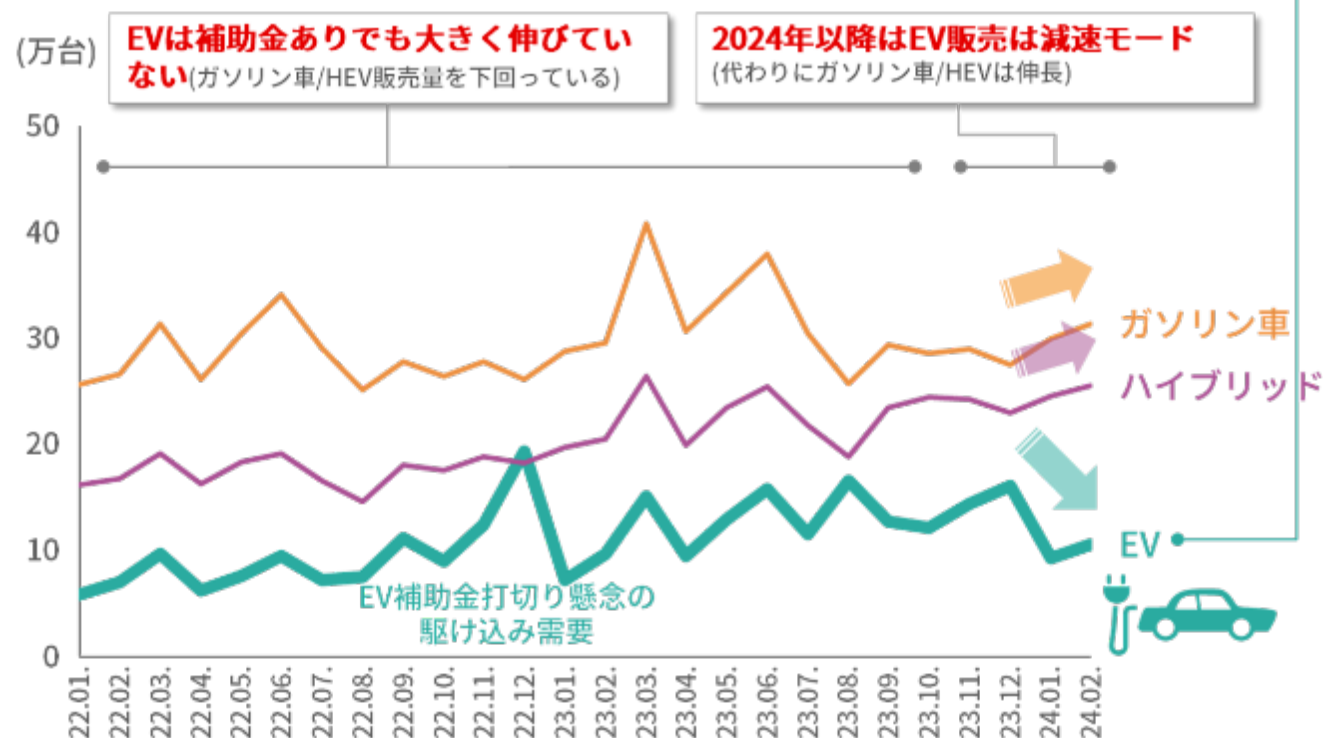
左側のチャートは“欧州の建設材料費の推移”を示しています。

建設材料費はインフラの原価となります。CN 技術の投資コストと読み替えることができます。2021~22 年の 2 年間で建設材料費が約 1.2 倍に上昇していることが分かります。その後も建設材料費は高止まりしています。インフレによるコスト増加が CN 技術の社会実装のハードルとなっていることが分かります。この状況は米国と全く同じです。

右側のチャートは欧州の産業用ガス価格の推移を示しています。コロナ禍/ウクライナ紛争で欧州のガス価格は高騰しました。産業用ガス価格が約 3.0 倍まで跳ね上がったのです。米国との違いは欧州では産業用ガス価格の高騰が継続していることです。ガス価格の高騰に引きずられる形でエネルギーコストが高騰しています。高騰するエネルギーコストが産業の生産活動や一般市民の生活に大きな負担として押し掛かっているのです。

■ EV 販売台数減速

欧州: 種類別の新車販売台数の推移 (月次)



欧州: EV販売台数減速要因背景

補助金の打ち切り



欧州最大級のEV国であるドイツが、昨年12月にEV購入補助金を打ち切り

フランスも、EV補助金の授与条件の厳格化を発表

需要の頭打ち



アーリーアダプター需要者の頭打ちと同時に成長鈍化

- ・ 新製品をいち早く購買可能な富裕層
- ・ 法人の大口購入

低価格EVの未ローンチ



一般ユーザーに受容される3万€/台以下の量販タイプEVを発表した欧州企業は限定的

Source: [ACEA](#) (~2024/3 公表分まで各月の月間新車登録台数を集計)

■ EV 販売台数減速

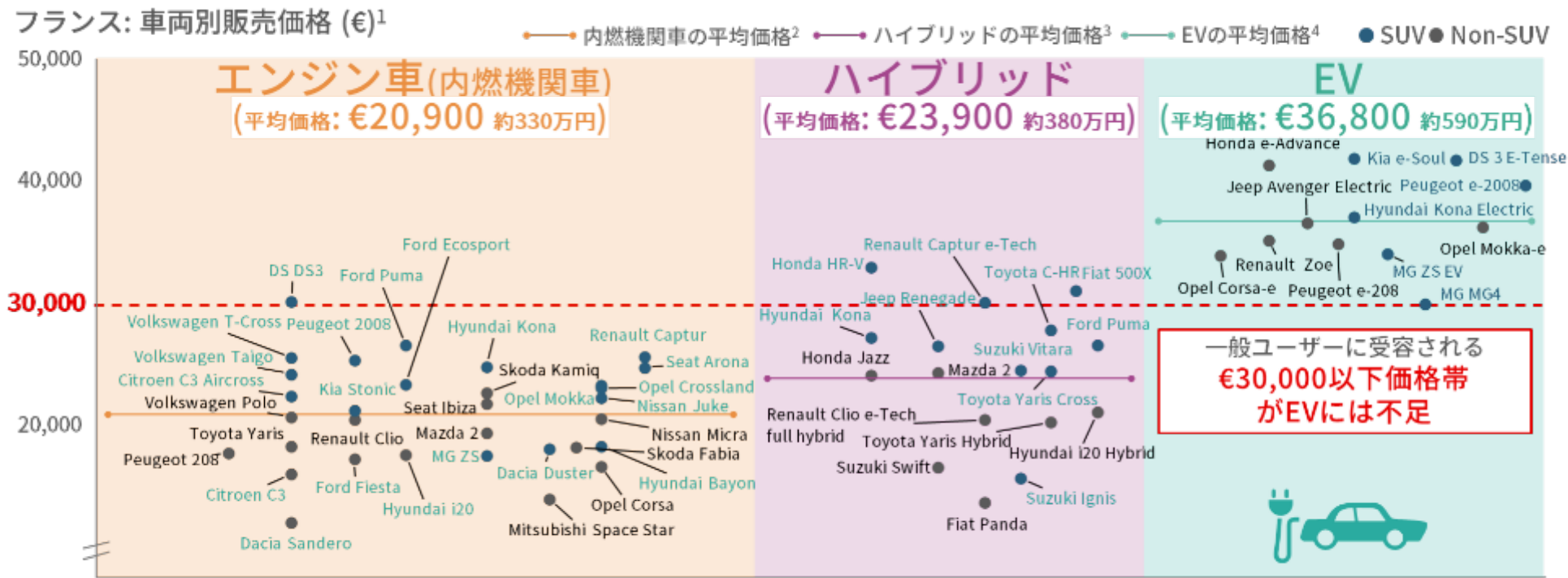
EV の現状を見てみます。

欧州では 2~3 年前より EV が自動車販売シェアの 10%~20%を占めています。EV がマーケットに一定程度普及している事実を示しています。しかし別の見方をすると EV がハイブリッド、ガソリン車のシェアを追い越すには至っていない現実を確認できます。さらに足元を注視してみると新車販売に占める EV のシェアが下落してハイブリッドとガソリン車の販売シェアが上昇していることが分かります。幾つかの理由が挙げられますが、お客さまの声が多かったのは次のようなものです。

- ① ドイツを中心に EV 向け補助金が打ち切りとなって需要が頭打ちしたこと
- ② 大衆層向けの低価格帯の EV が未だ発売されておらず、EV がガソリン車、ハイブリッドと比べて割高なこと

EV は技術的な実証が終わり一定程度の普及が進んでいます。しかし EV を実際に購入しているのは都市部・富裕層が中心であり、大衆層までの普及には至っていません。大衆層へ普及させるにはさらなるコストダウンが求められることが示唆されています。

■ エンジン車/ハイブリッド/EV 販売価格差



1. 2023 年 3 月時点のフランスにおけるエントリーレベルでの販売価格(€)。以下 OEM のエントリーレンジ~セグメント B の車種にフォーカスし、セグメント B のハイレンジの車種は分析から除外:
Citroen, Dacia, DS, Fiat, Ford, Honda, Hyundai, Jeep, Kia, Mazda, MG, Mitsubishi, Nissan, Opel, Peugeot, Renault, Seat, Skoda, Suzuki, Toyota, Volkswagen; 2. 33 種のガソリン車モデルをもとに
算出した平均価格; 3. 17 種のハイブリッド車モデルをもとに算出した平均価格; 4. 12 種の EV モデルをもとに算出した平均価格

Note: 1€=160 円として計算

Source: [EV Database](#) (as of March 2023); OEM Home Page

■ エンジン車/ハイブリッド/EV 販売価格差

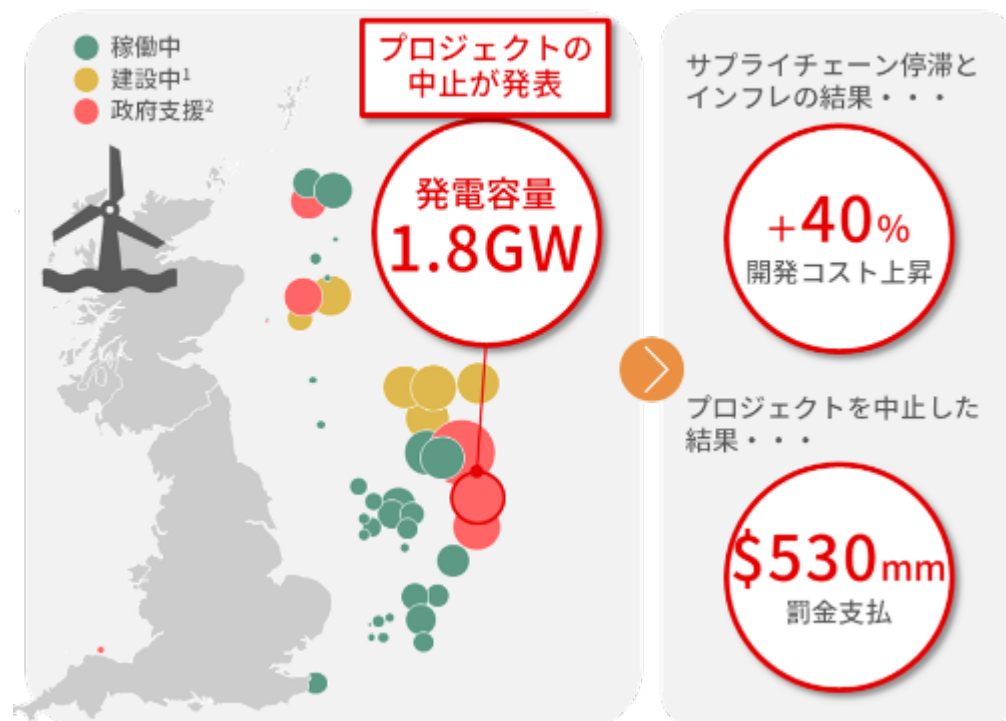
ここでフランスにおける燃料・車種別の販売価格を見えます。

横軸は燃料区分で色分けしています。左からエンジン車（黄色）、ハイブリッド車（紫色）、EV（緑色）を示しています。縦軸はフランスの自動車販売価格を示しています。フランスで販売されている車種ごとに値段と燃料カテゴリーの交点でプロットしてみました。

このチャートが示すとおり、ガソリン車の平均販売価格は約 2.0 万ユーロ、ハイブリッドが約 2.4 万ユーロ、EV が約 3.7 万ユーロであり、EV がガソリン車、ハイブリッドと比較して割高であることが確認できます。販売価格で見ると“ガソリン車 $\leq$ ハイブリッド $<$ EV”という関係にあることが分かります。消費者の家計事情も踏まえながら EV がエンジン車・ハイブリッドを代替していくには EV の販売価格を 3.0 万ユーロ以下までコストダウンさせる（低価格帯の EV を発売する）ことが求められるのかもしれません。

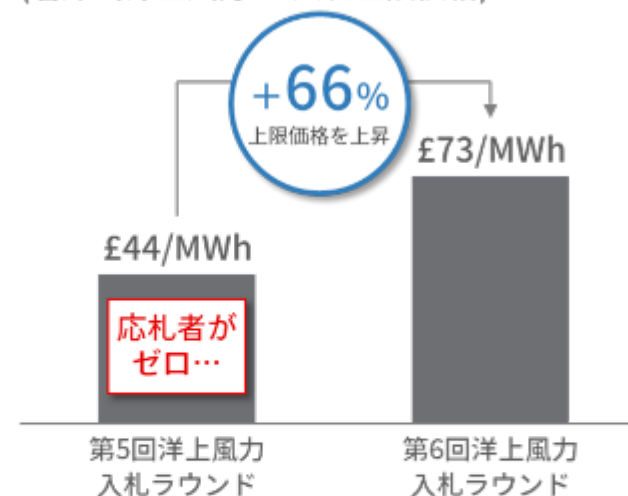
■ 洋上風力プロジェクト中止と政府対応

英国: 大規模洋上風力プロジェクトの中止



英国: 政府対応

(着床式洋上風力³の入札上限価格)



英国政府の入札上限価格引き上げを受けて・・・

Orstedは、英国側のPJは収支見通しが立つとして2023年12月に英国ヨークシャー沖での超大型プロジェクトHornsea 3への投資を最終決定

※第6回入札ラウンド結果は未発表(2024/8時点)

1. 建設中もしくは開発事業者が最終投資決定を発表した発電所; 2. 政府と差額決済契約 (Contract for Difference; CfD) を締結している発電所;

3. 浮体式の入札上限価格は 116→176£/MWh に上昇

Source: [Royal HaskoningDHV](#); [RWE in the UK](#); [The Crown Estate](#); [Norton Rose Fulbright](#); [New Civil Engineer](#); [ENR](#)

■ 洋上風力プロジェクト中止と政府対応

次に洋上風力を見てみます。英国の事例を取り上げますが、洋上風力もインフレによる建設コストの上昇が課題として浮き彫りになっています。

左側のチャートは、英国沖最大区画の洋上風力プロジェクトの一つの事例（1.8GW≒原発 2 基分）を示しています。事業者が公開入札で落札した後に約 5.3 億ユーロの違約金を支払ってプロジェクトをキャンセルしたものです。公開入札を通じて売り単価（売電単価）が先に固定された後で建設期間中にインフレなどが発生してコストが想定外に上昇してしまうと、プロジェクトの採算が維持できなくなってしまい、場合によっては経常赤字の見通しになってしまうことが示唆されています。

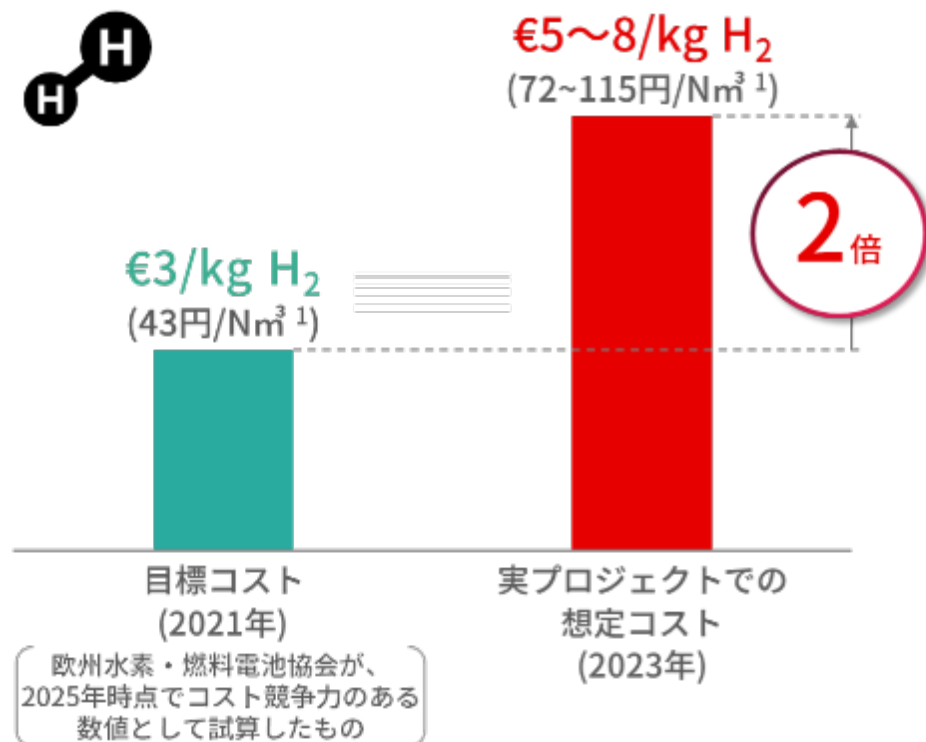
右側のチャートは、英国洋上風力の公開入札の直近事例をまとめたものです。英国では洋上風力の公開入札ラウンドが進められています。第 5 回公開入札ラウンドが開催されましたが応札者はゼロでした。競争入札を通じて事業者の価格競争が行き過ぎた結果、投資家のリスク・リターンが見合わない水準まで過当競争となってしまう投資家が投資を手控える現象が発生したものです。このままでは英国の洋上風力向け投資が途絶えてしまうリスクが顕在したため、英国政府は外部有識者を登用して適正なコスト水準を再計算して適正な価格転嫁に必要な売電単価の見直しを進めました。この結果として第 6 回公開入札ラウンドで入札上限価格が約 66%引き上げられました。上限価格の見直しは有効な施策として機能してデンマークのオーステッドが英国のヨークシャー沖にあるホーンシー3 プロジェクトを落札しました。この英国の事例は洋上風力の競争入札が進められている全ての国でベンチマークとなる事例だと考えられます。

CN 技術の社会実装は市場原理に基づいた民間の価格競争を通じたコストダウンが追求されていますが、時に行き過ぎた競争は投資家の投資意欲の減退に繋がってしまうこと、応札者ゼロというマーケットシグナルに英国政府の採った施策は有効であったことが確認できます。

日本でも洋上風力の公開入札が進められていますが、先行する英国市場・英国政府の対応は今後の一つの示唆になるかもしれません。

■ グリーン水素コスト目標と実態

欧州におけるグリーン水素コスト (€/kg H₂)



グリーン水素コスト上昇の要因

コストへの影響度 高 低	資本コスト増加	インフレの結果、資本コストが増加。グリーン電力/電解槽投資により高いリターンが求められるように
	サプライチェーン制約	コロナ/地政学上のリスクから再エネ(風力発電所)と電解槽メーカーのサプライチェーンに制約が発生
	インフラ未整備	インフラが不足しており、今後10年間は低コストのパイプラインを経由したグリーン水素の輸入は困難
	電解槽稼働時間減少	卸電力の方が風力発電より安価な価格で提供されるため、電解槽の稼働時間が減少
	電解槽システムの複雑化	電解槽システムに使用される部品が複雑化し、当初よりBOP ² やその他部品 ³ のコスト削減が困難に

1. 1€=160 円、1kg=11.14Nm³で換算; 2. BOP = balance of plant. 水素の燃料電池やその他のエネルギーシステムにおいて、発電ユニット自体ではなく、その周辺に必要な機器や設備のことを指す;

3. パワーエレクトロニクスやガスコンディショナー等、Utility スケールのプロジェクトではすでに標準的に設けられている部品

Source: [BCG「Turning the European Green Hydrogen Dream into Reality: A Call to Action」\(2023/10\)](#)

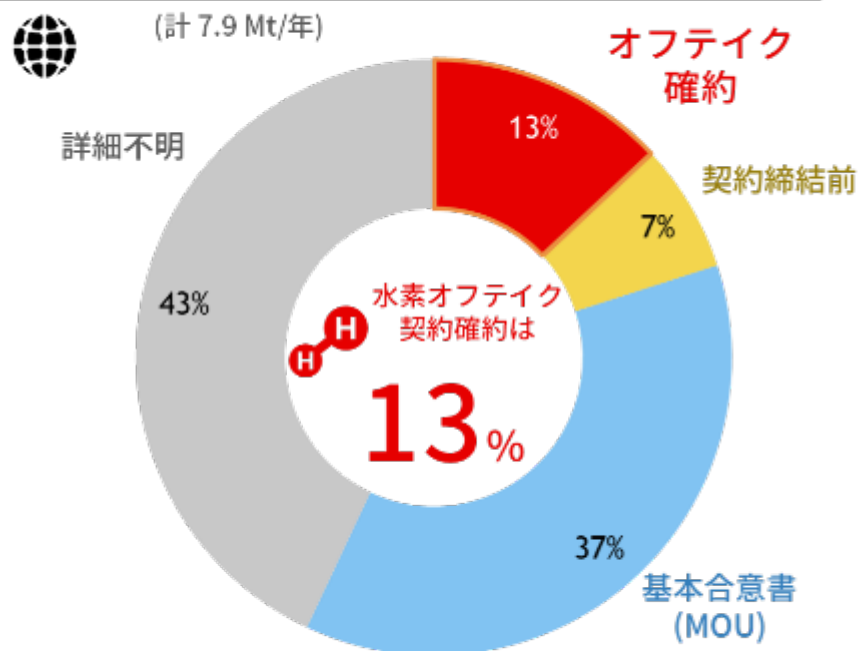
■ グリーン水素コスト目標と実態

次に水素を見てみます。

欧州では地産地消型の水素は 3 ユーロ/kg H₂ (43 円/Nm³) のコスト見通しが公表されていました。水素は次世代クリーンエネルギー源として大きなポテンシャルを秘めており、数多くの事業者がプロジェクトの検討を開始しています。しかし足元でインフレが発生したことにより建設コストが大幅に上昇しました。コストの見通しが 5~8 ユーロ/kg H₂ (72 円~115 円/Nm³) に上昇してしまいました。この価格水準になるとプロジェクトの採算を確保することが難しくなり、長期のオフテイクが成立せずに民間投資が進んでいない現状を確認できます。さらに水素は①新たにサプライチェーンの整備が必要なこと、②エネルギー効率の改善が求められること、③複雑な構造の電解槽システムでスケールを追求する必要があることなど幾つか価格以外の課題への対応も求められます。

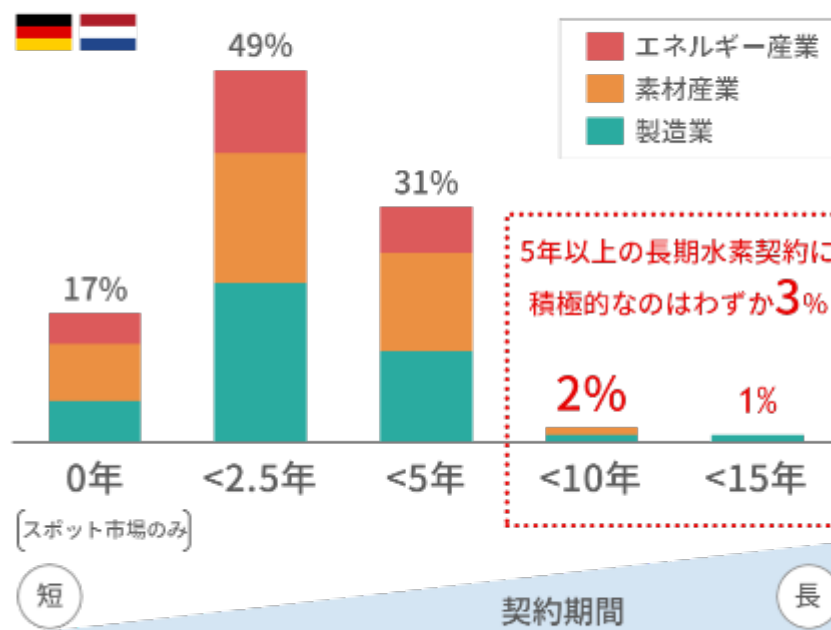
■ 水素オフテイクの実態

グローバル: クリーン水素のオフテイク契約の実態¹



ドイツ・オランダ: 水素需要家による水素契約へのコミットメント意向(166名へのアンケート調査)²

質問: "グリーン水素の供給契約へコミットできる期間はどれくらいか?"



短期間/パイロット案件が大半であり、価格転嫁は困難 (=オフテイク契約の成約は難しい) なため民間投資は限定的
この状況下でグレー水素との価格差を補填する「欧州水素銀行」による入札が開始

1. 20MW 以上または年産 2,800 トン以上のプロジェクトのみを含む。契約の締結前には、タームシート/予備的合意書/合意書 (Heads of Agreement) 等が含まれている;

2. ドイツとオランダの関連部門における n=166 の回答者を対象とした顧客調査の回答に基づく

Source: [BCG](#); [Bloomberg NEF](#) (as of November 2023)

■ 水素オフテイクの実態

クリーン水素のプロジェクトのステータスを見えます。

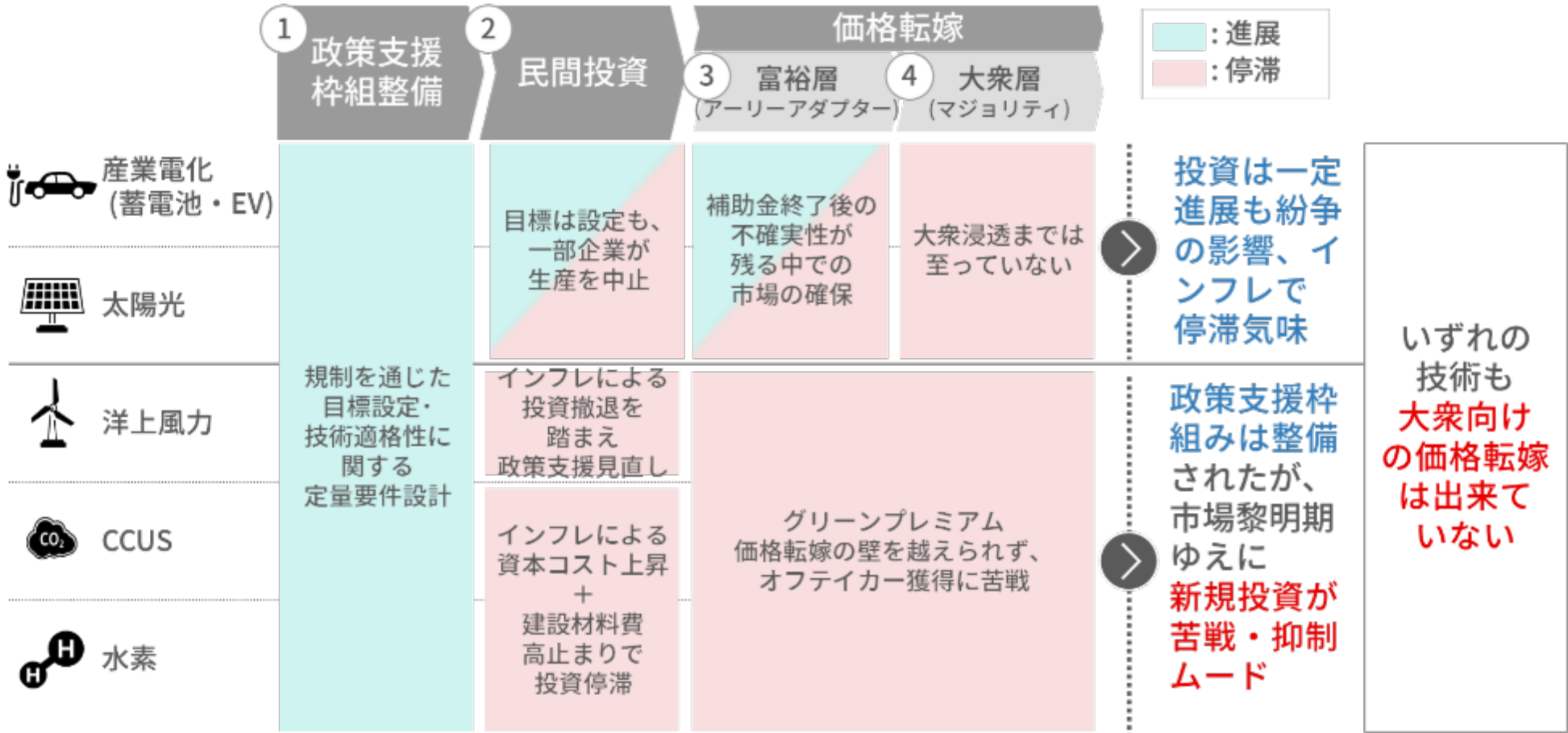
左側のチャートのとおり、水素は数多くのプロジェクトパイプラインが存在しますが、オフテイク契約が締結されているプロジェクトは全体の約**13%に限定**されます。

右側のチャートのとおり、**5 年以上の長期水素契約に積極的な水素需要家は全体の 3%に限定**されます。大半の需要家が 5 年未満の短期契約を検討していることが分かります。水素の経済性を確保するのが難しく**小規模・短期間のパイロット案件**が進められていることが分かります。

水素が普及していくには、インフレの安定、エネルギー効率の改善、サプライチェーンの整備、固定費の改善、政策インセンティブの充実といった複合的な施策を組み合わせていくことが求められます。

こうした状況を踏まえて欧州では新たな政策支援の枠組みとして**欧州水素銀行の制度**が導入されました。欧州水素銀行の制度では欧州でグリーン水素の導入を支援する目的で、**生産するグリーン水素 1 キログラムごとに固定額のプレミアム（奨励金）を最長 10 年にわたって受領**することができます。第 1 回の入札では 17 か国、132 の事業者が入札に参加して合計 7 事業（スペイン 3 事業、ポルトガル 2 事業、ノルウェー 1 事業、フィンランド 1 事業）が選定されました。7 事業の入札価格はグリーン水素 1 キログラム当たり 0.37~0.48 ユーロであり、合計 800 万~2 億 4,500 万ユーロのプレミアムの支払いが見込まれています。

■ 直近動向サマリ



■ 直近動向サマリ

欧州の現状を総括してみます。

欧州では規制を通じた目標の設定と開示を通じたモニタリングが導入されていました。規制は蓄電池、EV、太陽光、洋上風力、CCUS、水素など大方全てのテクノロジーに対して導入されています。テクノロジーの適格性はタクソノミーで定量的な基準が定められています。

民間投資の現状を見てみると、市場成長期の技術（EV、蓄電池、太陽光）で民間投資が進んでいることが分かります。これは米国と同じです。しかしこうした技術においても、一部の企業が生産中止を発表するなどグローバルの市場価格より欧州域内の生産価格が割高なものについては見直しが進められています。

洋上風力はインフレの影響や入札を通じた過当競争などが理由で投資家のリスク・リターンの見直しが進んでいます。

市場導入期の技術（CCUS、水素など）はインフレによる建設コストの上昇などが課題となり、長期のオフテイクが成立せずに民間投資が当初の期待ほど進んでいない現状が分かりました。

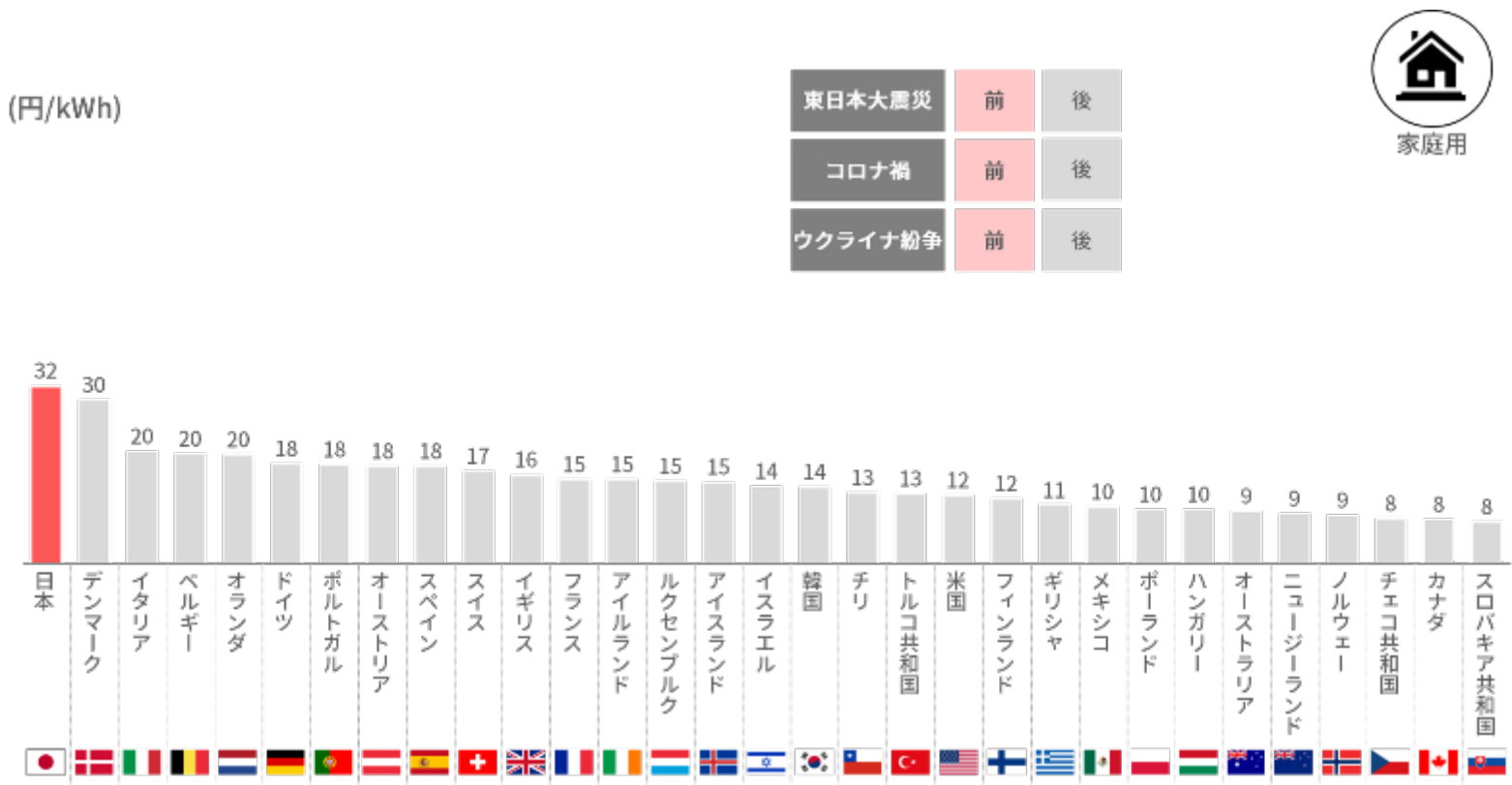
民間投資が進んでいる EV においても、EV 向け補助金の打ち切りなどで需要が頭打ちになるなど、低価格帯の EV が発売されていないことから大衆層への普及には至っていないことが分かりました。

このように、欧州においても民間投資が進んでいる分野と進んでいない分野が明確に分かれています。投資が進んでいる分野でも価格転嫁は富裕層（アーリーアダプター）に留まり、大衆層（マジョリティ）を巻き込んだ価格転嫁には至っていないことが分かりました。



ここから“家庭用電力価格の国際比較”をしてみます。

■ 家庭用電力価格の国際比較 (2000 年)

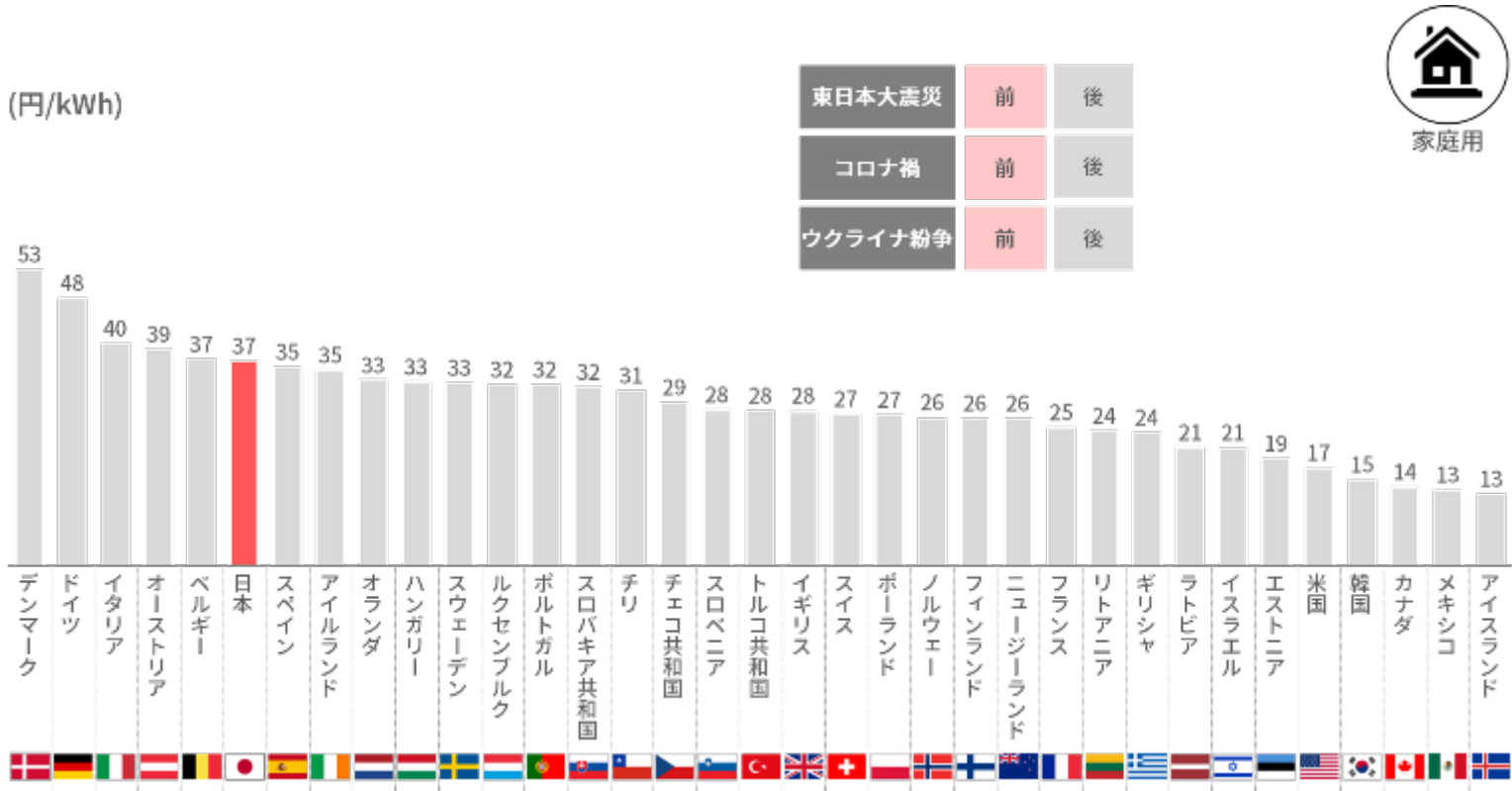


このチャートは各国の家庭用電力価格を比較したチャートです。IEA が公表しているデータを加工したものです。2000 年は“東日本大震災前、コロナ禍前、ウクライナ紛争前”となります。日本とデンマークの家庭用電力価格が高いことが分かります。

Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 家庭用電力価格の国際比較 (2010 年)

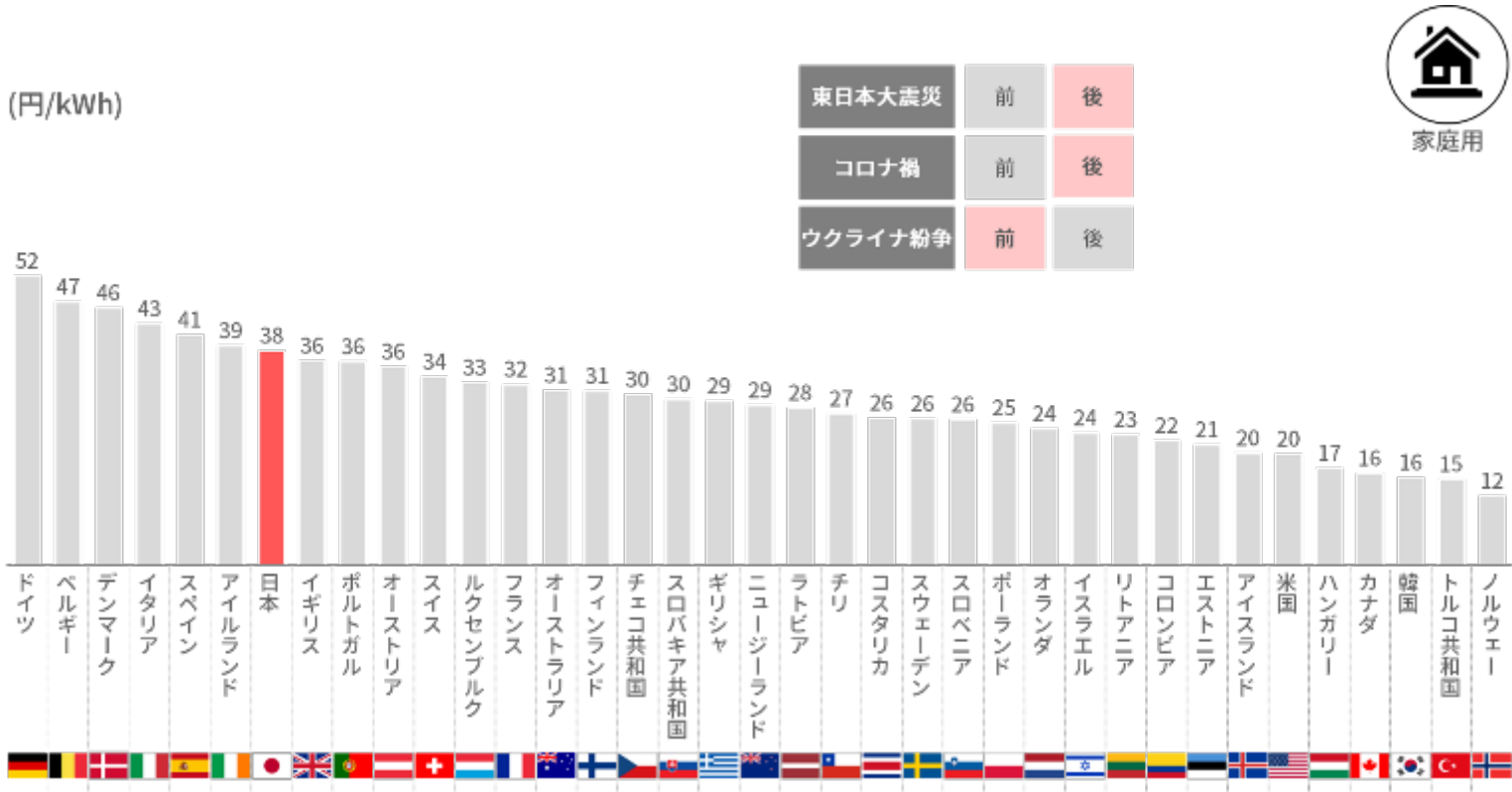


次に 2010 年です。2010 年も“東日本大震災前、コロナ禍前、ウクライナ紛争前”、となります。徐々に再エネの導入が進んで欧州主要国の家庭用電力価格が上昇してきています。

Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 家庭用電力価格の国際比較 (2020 年)

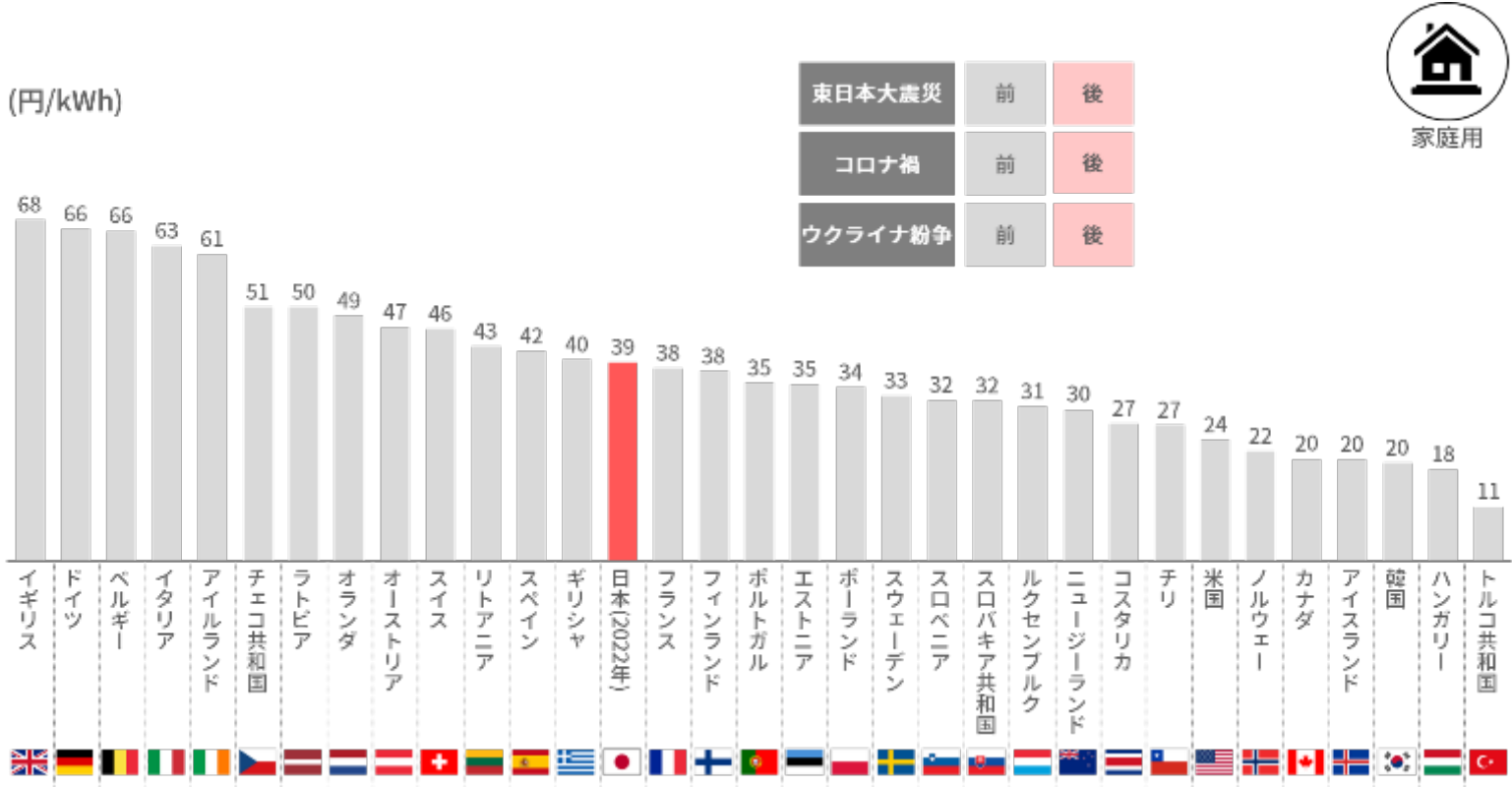


次は 2020 年です。2020 年は“東日本大震災後、コロナ禍後、ウクライナ紛争前”となります。コロナ禍前後で家庭用電力価格は大きく変動していないことが分かります。

Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 家庭用電力価格の国際比較 (2023 年)

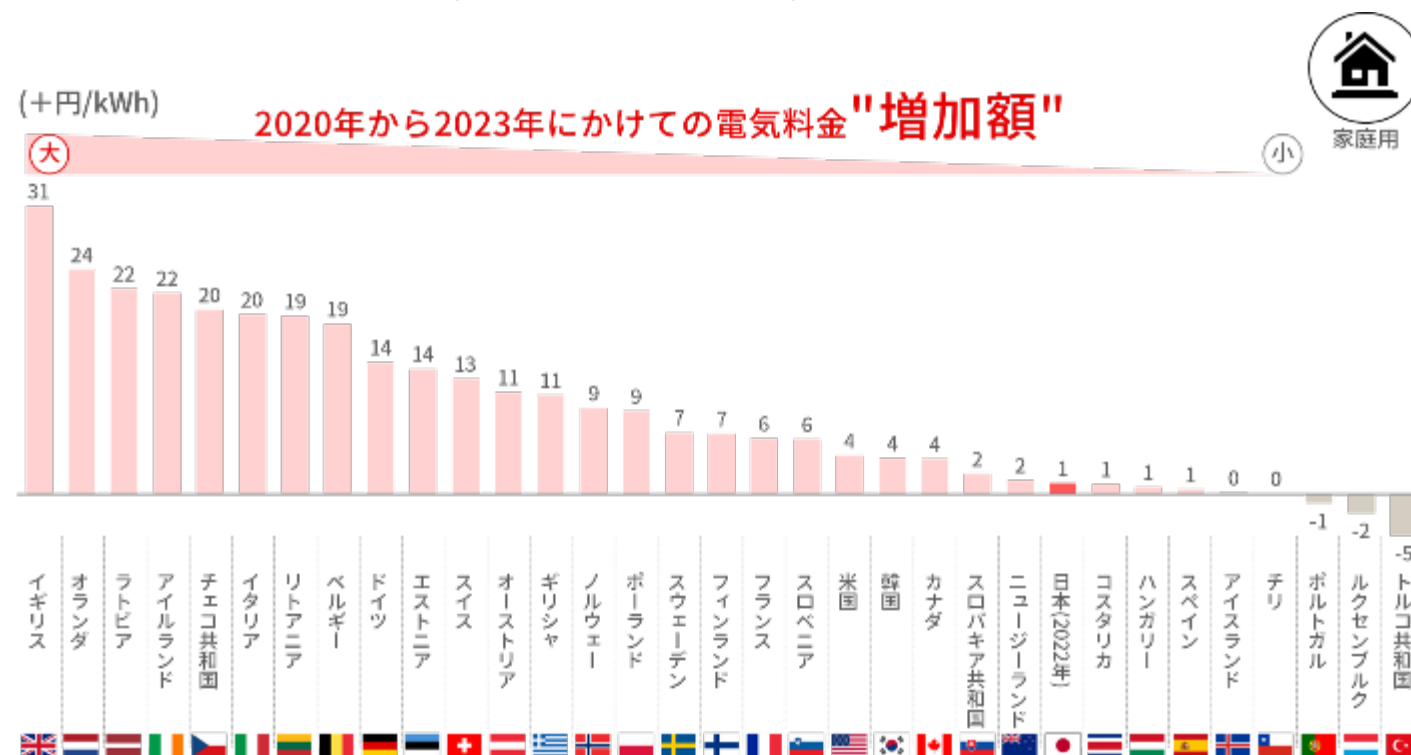


次に 2023 年です。2023 年は“東日本大震災後、コロナ禍後、ウクライナ紛争後”となります。全体的に家庭用電力価格が上昇しています。特に欧州主要国の家庭用電力価格の上昇が顕著となります。

Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 家庭用電力価格の国際比較 (2020 ~ 2023 年変動額)

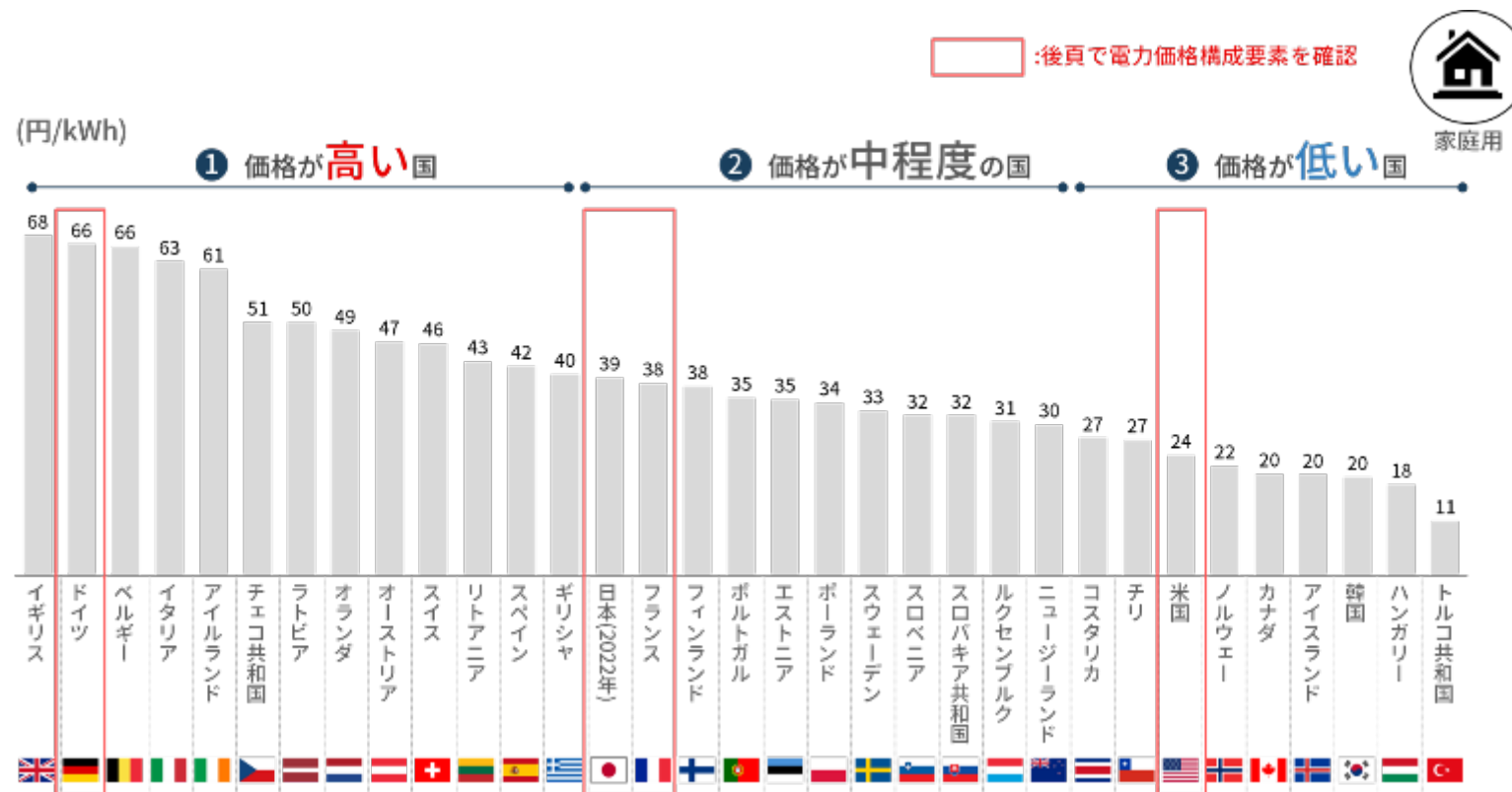


ウクライナ紛争前後の家庭用電力価格を比較してみました。2020 年と 2023 年の電力価格の増減 (2023 年－2020 年)をチャートに記したものです。増減が大きい順に並び替えています。欧州主要国で電力価格が大きく上昇したことが確認できます。逆にエネルギー資源が乏しく、エネルギー源の分散調達や LNG ガスの長期契約などを進めてきた日本などでは、電力価格の増減幅が限定的であることが分かります。

Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 家庭用電力価格の国際比較 (2023 年)

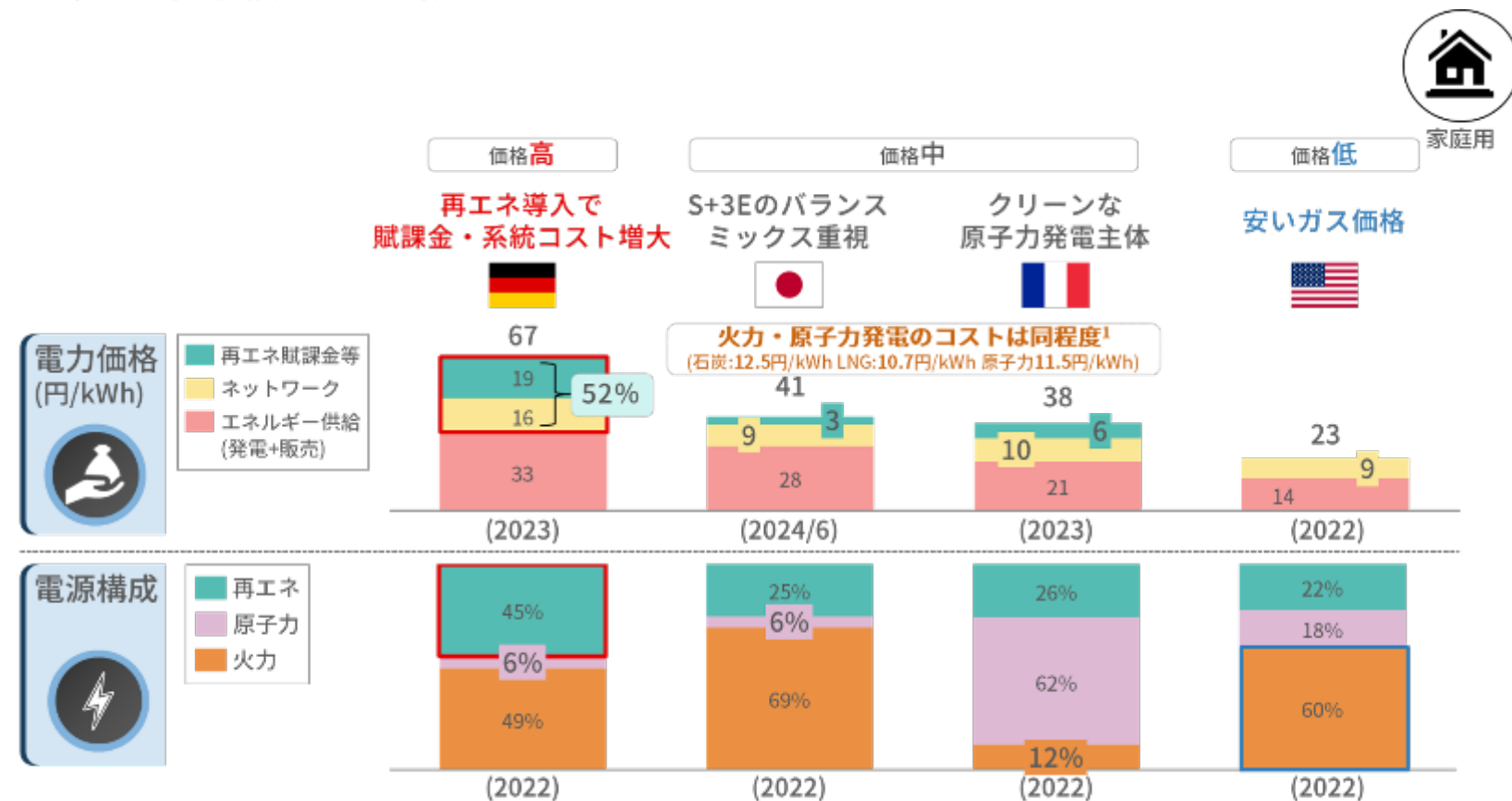


2023 年の家庭用電力価格の比較に戻ります。①家庭用電力価格が高い国、②中程度の国、③低い国に 3 分類してみました。夫々の分類ごとに①ドイツ、②日本・フランス、③米国をサンプルとして抽出して家庭用電力価格の構成を次のページで比較してみます。

Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 家庭用電力価格要素別の国際比較



1. 2020 年の電源別発電コスト試算結果

Note: 1\$=150 円, 1€=160 円として換算。米国は「Generation」をエネルギー供給、「Transmission」「Distribution」をネットワークコストとした

Source: 欧州委員会「Electricity prices components for household consumers - annual data (from 2007 onwards)」; EIA「Electricity explained: Factors affecting electricity prices」; 東京電力及び JEPX 開示情報に基づく推計; IEA; 経産省

■ 家庭用電力価格要素別の国際比較

サンプルで抽出した 4 か国の**家庭用電力価格の高さと内訳**を見ていきます。①ドイツ（電力価格が高い国）、②日本とフランス（中程度の国）、③米国（低い国）です。家庭用電力価格の構成は (A) 再エネ賦課金（含む、その他諸税）、(B) ネットワーク費用、(C) エネルギー供給費用で分類しました。

まずはドイツです。ドイツは積極的に再エネの導入を進めてきました。再エネの出力変動に対応するための送配電網投資（ネットワーク向け投資）を進めて地点別の出力変動をグリッド全体で吸収（ナチュラールヘッジ）する対応策が採られてきました。結果として**ドイツは再エネ賦課金 + 送配電コストが家庭用電力価格に占める割合が高い**ことが分かります。家庭用電力価格の約 52%を占めています。

次に日本とフランスです。日本では S + 3E (*1) の基本理念に基づき、安定供給を主眼にエネルギー源の分散が徹底されてきました。太陽光を中心とした再エネの推進も進められています。**日本とフランスは火力と原子力の差はありますが、家庭用電力価格は同程度であり電力代金の構成も大方同じ**です。

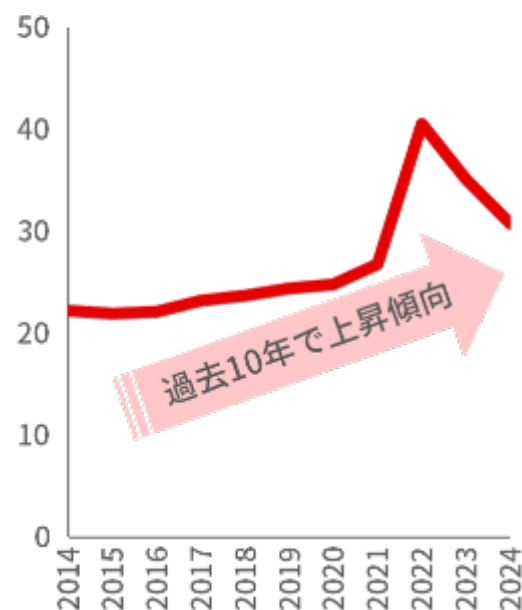
最後に米国です。米国では再エネ賦課金の負担がありません。送配電費用の水準は日本・フランスと同程度になります。エネルギー供給コストは自国で豊富な化石資源を採掘できるため圧倒的に安いコストであることが分かります。**火力発電が全体発電量の約 60%を占めている点は米国と日本で同じと言えますが、米国はシェールガスが豊富に採掘できる一方で日本は LNG で輸入に頼っているためエネルギー供給コストに大きな差がある**ことが分かります。

(*1) : S+3E とは安全性 (Safety) を大前提とし、自給率 (Energy Security)、経済効率性 (Economic Efficiency)、環境適合 (Environment) を同時達成することをめざす日本のエネルギー政策の基本方針

■ 電力価格推移

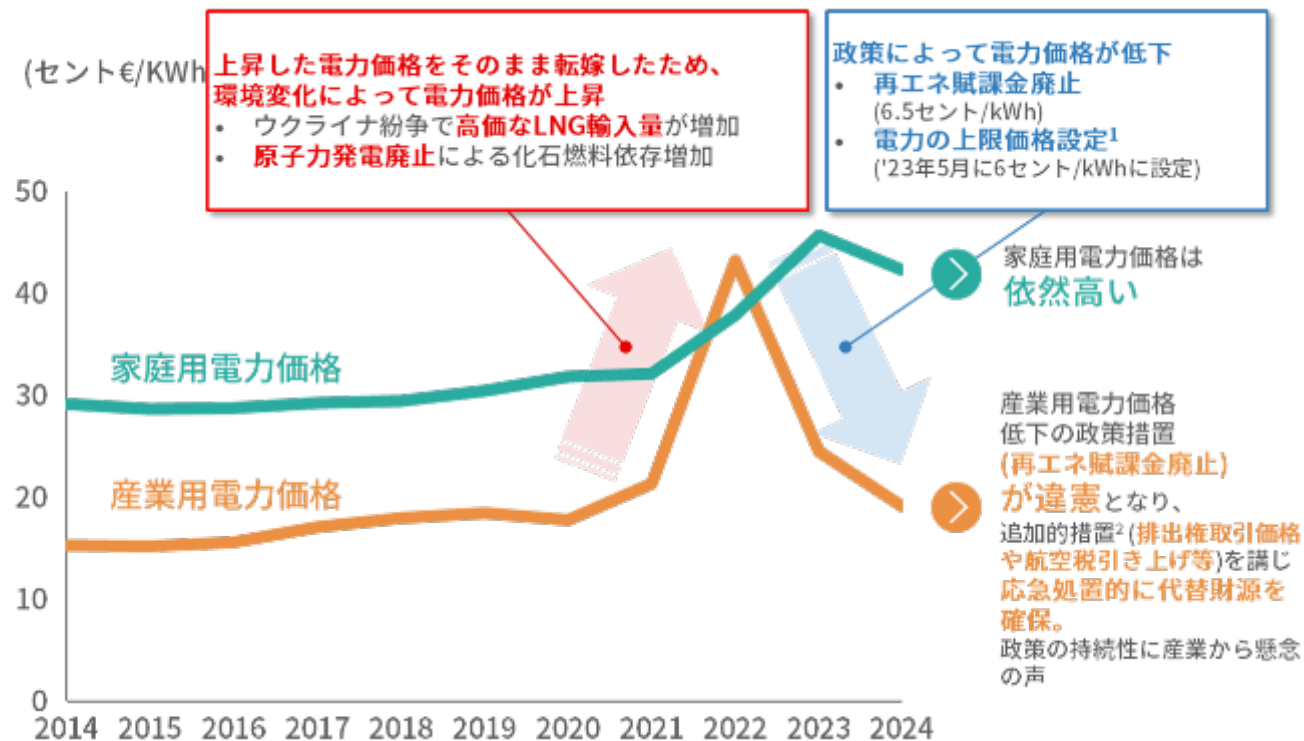
全体: 電力価格推移

(セント€/KWh)



産業用/家庭用別: 電力価格推移

(セント€/KWh)



1. 産業用は年間消費量が3万キロワット以上の企業の、適用前年消費量の7割を対象に上限13セント(22年11月)→8割を対象に上限6セント(23年5月)に引き下げ、家庭用は想定電力量の8割を対象に上限40セントが適用(22年11月); 2. 2024年の連邦政府排出権取引価格を40ユーロ/tから45ユーロ/tに引き上げ、2024年5月から航空税を引き上げ、2023年の洋上風力リース権入札の収入を一部充当、2024年から農業用ディーゼルへの税制優遇措置を縮小

Source: [BDEW-Strompreisanalyse](#)

■ 電力価格推移

ここからはドイツの状況を見ていきます。

左側のチャートは、**ドイツの電力価格推移**を示しています。ウクライナ紛争前後で電力価格が大きく上昇しています。

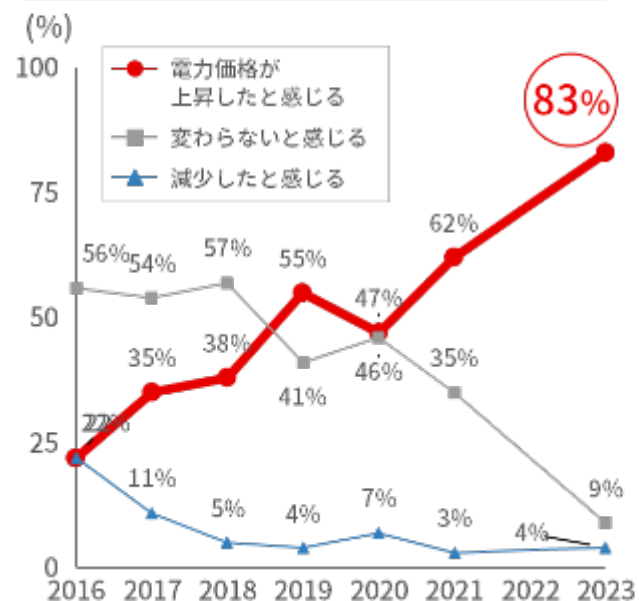
右側のチャートは、ドイツの電力価格を家庭用電力価格（緑）と産業用電力価格（オレンジ）に区分したものです。ドイツでは家庭用電力には電力価格がそのまま価格転嫁されています。ドイツ全体の電力価格（左側、赤）と家庭用電力価格（右側、緑）が大方同じ形であることがわかります。一方で産業用は 2023 年から電力価格が引き下げられていることが分かります。政策支援を通じて産業用電力価格が抑えられているためです。産業用電力価格は①再エネ賦課金の負担が免除されて②電力代金の上限価格が設定されました。

ドイツでは再エネの導入に合わせて再エネ賦課金とネットワーク費用の負担が増加しました。電力価格をそのまま産業用に転嫁してしまうとドイツの国内産業が国際競争力を維持することが難しくなってしまったのです。そのため政策支援で電力代金の負担軽減が導入されました。その後再エネ賦課金の免除は違憲であるという判決を裁判所が下したため、現在は排出権取引価格や航空税の引き上げなどで財源を確保しながら産業用の電力価格の負担を支援する取り組みが続けられています。ドイツの産業界からは財源の持続性について不安の声が上がっています。

■ 電力価格上昇による産業界への影響

ドイツ: 企業による電力価格感度

83%の企業が電力価格上昇を実感
(ドイツ商工会議所アンケート)

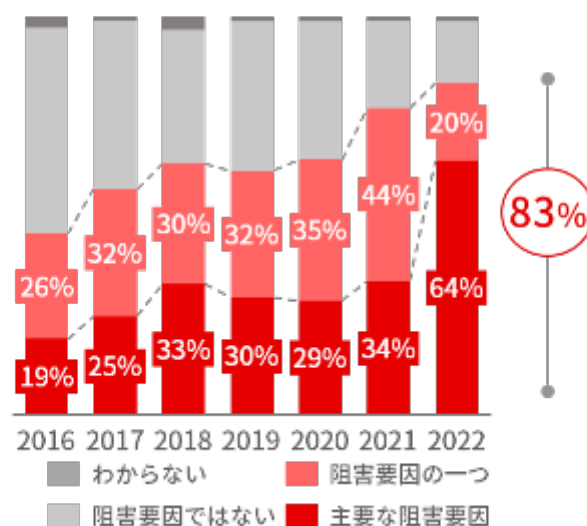


ドイツ: 電力価格上昇の企業投資への影響

電力価格上昇の投資判断影響度

電力価格を投資判断の阻害要因と考える企業は全体の83%

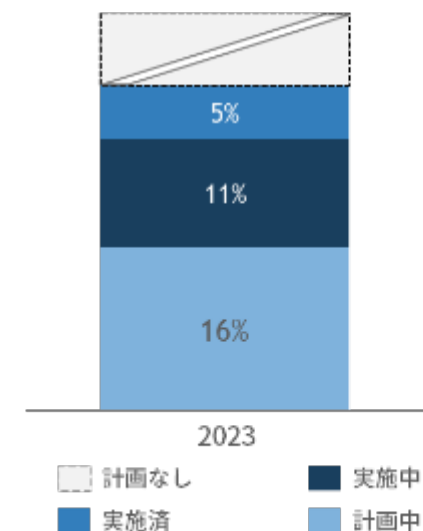
欧州投資銀行アンケート (%)



ドイツ企業: 海外移転/事業縮小計画

海外移転/事業縮小を実施/計画する企業は合計32%

ドイツ商工会議所アンケート (%)



Source: [DIHK](#); [EIB](#)

■ 電力価格上昇による産業界への影響

ドイツの商工会議所が公表しているアンケートデータを見ていきます。

まず左側のチャートです。産業界の 83%の企業が“ドイツでは電力価格が上昇したと感じる”と回答しています。

次に中央のチャートです。産業界の 83%の企業が“電力価格が投資判断の阻害要因になる”と回答しています。

最後に右側のチャートです。ドイツで電力代金の高騰が続くと産業界の 32%の企業が“海外移転/事業縮小を実施/計画する”と回答しています。

CN はグローバル共通のアジェンダでありグローバルで足並みを揃えた取り組みが求められます。特定の国で特定の技術の投資が進み特定の産業や市民の負担だけが先行してしまうと産業が他国に流出してしまう、市場の競争原理が産業の空洞化を促してしまうリスクがあることを示しています。

目次

はじめに（白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的）	P4
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州（EU＋英国）	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギートランジション全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201



2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題

3. 欧米共通課題

■ 欧米直近動向からの Key Takeaway

 1	 2	 3
価格転嫁の壁 (民間投資)	価格転嫁の壁 (大衆層)	インフレによる投資コスト増加 =投資停滞
規制型、インセンティブ型でCN化を進めている欧米共通で価格転嫁の壁に直面しており、特に排出減効果はあるがエネルギー効率低い新技術(水素/アンモニア、CCUS)は価格転換の壁が高い	民間投資が先行していたEV/蓄電池関連でも、アーリーアダプター(富裕層)市場が頭打ちで踊り場に差し掛かっており、アーリーマジョリティ(大衆層)の浸透ハードルは依然として高い	加えて、欧米共通して足許では過度なインフレは収まりつつあるものの、依然としてプロジェクト開発コストが高止まりしており、様々な投資案件の停滞/中止が余儀なくされている

結果として「投資の長期予見性確保」が大きな壁として立ちはだかっている

■ 欧米直近動向からの Key Takeaway

米国・欧州の現状を合わせて総括してみます。欧米共通で次のことが分かりました。

1 つ目は、**価格転嫁の壁（Part 1）**です。CN 技術は既存のエネルギー源やインフラと比べてコストが割高であるため、民間投資を活性化させるにはグローバル共通で価格転嫁の壁と向き合っていく必要があります。価格転嫁の壁を超えるために各国は夫々政策支援を導入しています。欧州は規制アプローチ、米国はインセンティブ・市場アプローチです。いずれのアプローチであっても価格転嫁の壁は課題として存在し、特に CO2 の排出削減以外に付加価値を見出しづらい技術（水素、アンモニア、CCUS）はその他の CN 技術よりも価格転嫁の壁が高いことが分かりました。

2 つ目は、**価格転嫁の壁（Part 2）**です。民間投資が先行している EV・蓄電池でも実際に環境プレミアムを支払っているのは都市部・富裕層が中心となります。欧米ともに大衆層への普及は今後のステージとなります。技術のコストダウンに向けてカーボンプライシング、政策支援、情報開示を通じた消費者啓蒙活動といった複合的な施策を進めて行く必要があります。

3 つ目は、**インフレによる建設・開発コストの上昇**です。足元のインフレでコストが上昇してしまうと投資コストが高くなって民間投資の阻害要因となってしまいます。

CN の取り組みが先行する欧米の現状はこれからトランジションが進む日本やアジアにおいても重要な示唆となります。**先行する欧米事例をもとにステークホルダーの期待値を正しくセットして技術のオプションリティを確保しながら民間投融資のスケールに繋げていくことが必要です。**

何よりも大切なことは**長期にわたって事業の予見性を高めること**です。事業の予見性を高めるには事業の経済性を確保しなければなりません。事業の経済性を確保するには政策支援の導入や消費者の気づきと理解を広めていくことが求められます。消費者の気づきと理解に基づいた価格転嫁が実現すれば長期の事業の予見性を高めることができるのです。

目次

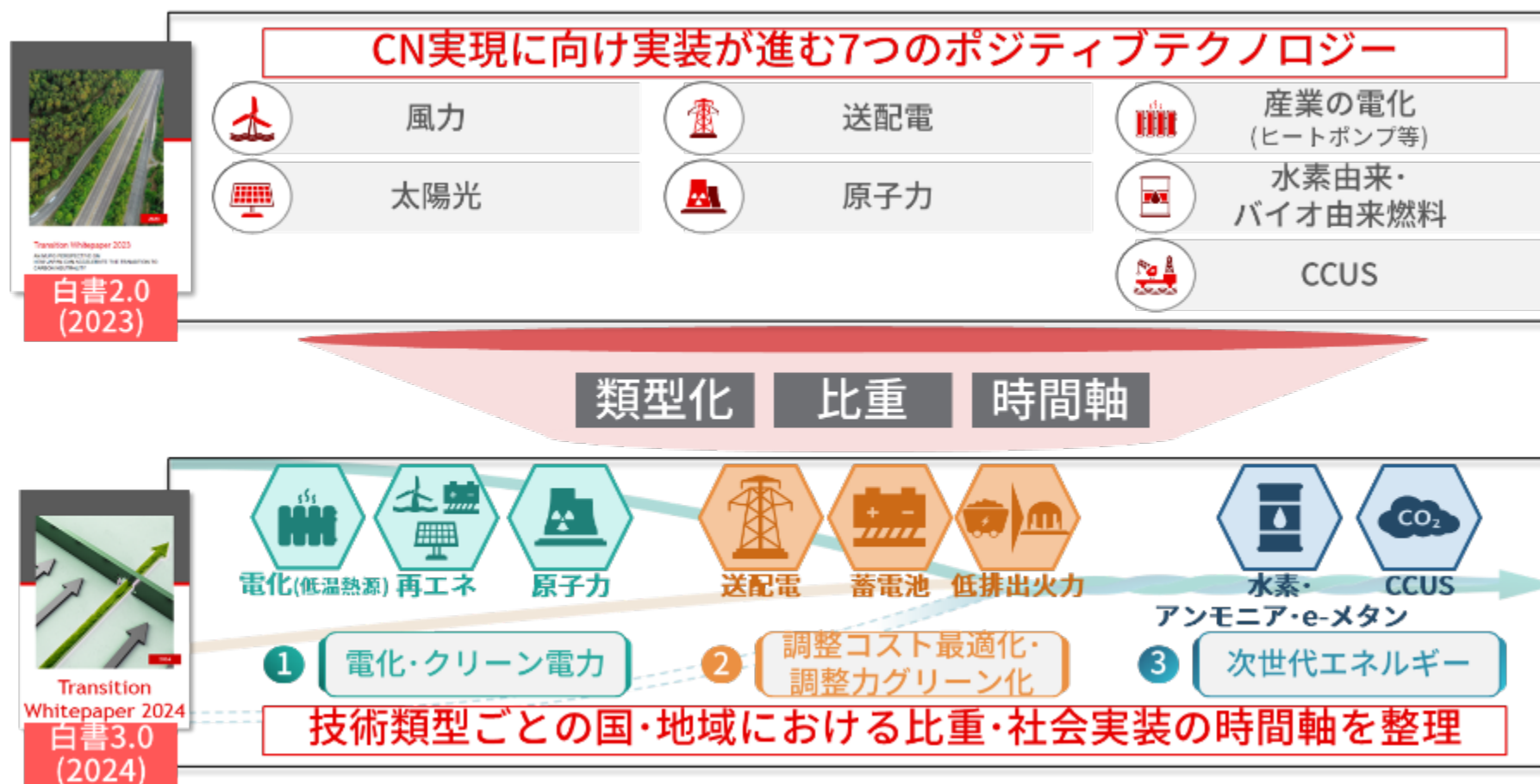
はじめに（白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的）	P3
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州（EU＋英国）	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギートランジション全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201



3. 日本における CN に向けた現況と課題

1. エネルギートランジション全体への考察

■ 白書 2.0 (2023) から白書 3.0 (2024) への進化



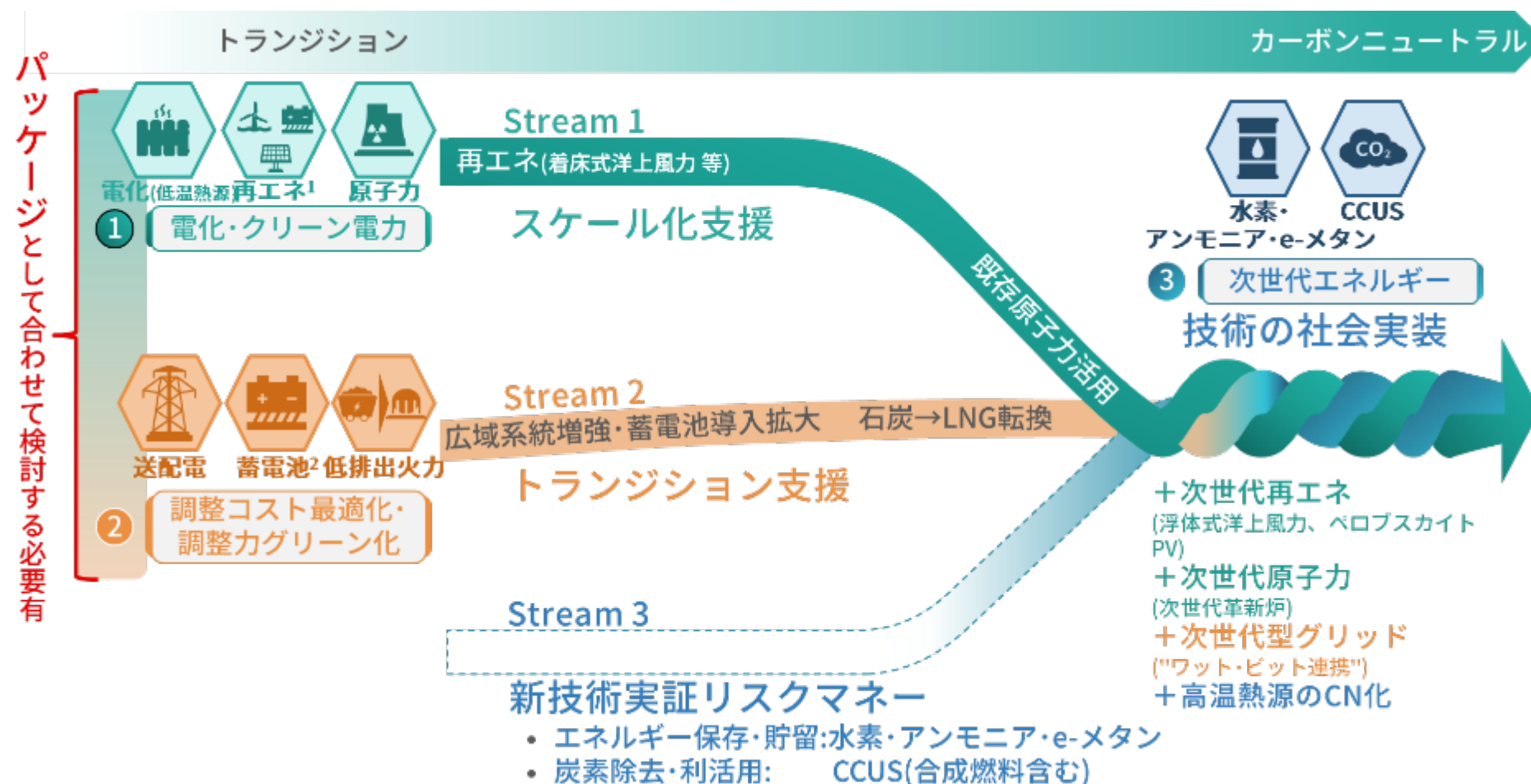
■ 白書 2.0 (2023) から白書 3.0 (2024) への進化

ここまで確認してきた内容をもとにエネルギートランジションの全体感を総括してみます。

白書 2.0 は電気と熱に焦点を当てました。電気と熱の CN に関わる 7 領域の技術をポジティブ・テクノロジーリストに掲載しました。ポジティブ・テクノロジーリストでは一つひとつの技術の内容と進捗を取りまとめました。

白書 2.0 を発刊した後に国内、欧州、米国、アジア、オセアニアの訪問ツアーを実施しました。各地域で夫々の技術の社会実装がどの程度進捗しているかお客さまとの対話を通じて確認してきました。一つの気づきがありました。各技術の詳細を理解することも大切ですが、それ以上に各技術の意味合い（機能）を整理して理解することが大切であるということです。そこで私たちは 7 領域の技術を 3 つのストリームに類型化して各地域の力点を太さで示し時間軸を加えることでテクノロジーの意味合い抽出を試みました。

■ CN に向けたエネルギー転換プロセス



1. 再エネ併設の蓄電池含む; 2. 系統用蓄電池

■ CN に向けたエネルギー転換プロセス

これはお客さまの声を紡ぎながら作り上げた仮説となります。適切な技術区分でないかもしれません。意味合いをハイライトさせるために敢えてイラストで表現しました。イラストはホットヨガに着想してヨガの絡め手（鷹のポーズ）で表現しました。

1 つ目のストリームは“電化+グリーン・クリーンエネルギー”の導入です。エネルギー源を電力に切り替えて再エネや原子力などの CO₂ フリー電源の比率を高めていくものです。熱源もヒートポンプへ代替するなど 200℃以下の低温の熱源では電化が一つのソリューションとなります。

2 つ目のストリームは“再エネの出力変動を調整する設備”の導入です。電力は瞬間瞬間で供給量（発電所の発電量）と需要量（お客さまの使用量）を一致させなければなりません。これは同時同量の原則と言われます。需給バランスが取れていないと電気の品質を一定に保てずに停電してしまうのです。ストリーム 1 では電化と再エネの導入が進みます。再エネは自然由来のエネルギーですから CO₂ は排出しません。一方で再エネの供給量（発電量）は自然環境の変動で大きく増減します。太陽が出るとき、出ないとき。風が吹くとき、吹かないとき。その時々で出力が変動します。停電させないためには再エネの出力変動を何らかの形で吸収（調整）しなければなりません。調整手段は送配電、蓄電池、火力発電などが挙げられます。これらの調整手段にはどの設備にも良さがありません。出力の変動を吸収できる高さ、長さ、場所、これらの特徴を踏まえた最適な組み合わせが求められるのです。現時点では送配電、蓄電池、火力発電が独立したセグメントとして政策支援や民間投資が検討されています。しかし本来は再エネの出力変動の吸収設備として一つの Kategorie で束ねてどの組み合わせが最も効果が高いか、Kategorie で統合した視線をもって検証されるべきではないかと考えました。

また火力発電は石炭からガスへ、将来的には水素・CCUS の実装へというロードマップが幾つかの国で公表されています。石炭からガスへのトランジションは現実的なトランジションであるという声とグリーンウォッシュだという声で世論が二分されています。風評リスクに晒されたままの状態だと民間投資の活性化は難しくなりますので、国際金融イニシアティブなどでフレームワークを整備することが重要になってきます。

ストリーム 1 とストリーム 2 は、2 つが合わさって初めて電力の供給源としてカウントすることができます。電気は需要量と供給量が毎分毎秒一致していないと停電してしまいます。時間帯で変動する需要量には供給量を瞬時に調整して対応しなければなりません。自然エネルギーは太陽が出る

■ CN に向けたエネルギー転換プロセス

とき、風が吹くときに発電しますが、太陽が出ないとき、風が吹かないときは発電しません。自然エネルギーが発電しないときは誰かが代わりに発電しなければなりません。送配電線を巡らせて地点地点の変動をネットワーク全体の面で吸収する方法もあります。蓄電池で時間シフトさせてバックアップする方法もあります。揚水や火力でバックアップする方法もあります。いずれにしてもこれらのバックアップがあって再エネは初めて電力の供給源としてカウントできるのです。再エネの発電原価だけで見てしまうと再エネが本来備えなければならないバックアップ費用をフリーライドしてしまうリスクがあるのです。常にストリーム 1 とストリーム 2 を合わせた統合コスト（発電原価＋調整力コスト）で見ていく必要があります。

3 つ目のストリームは**新技術の実証**です。新技術にはクリーン水素・アンモニア・e-メタン、CCUS、次世代再エネ、次世代原子力、次世代グリッドなどが挙げられます。どれもポテンシャルを秘めたオプションですが現時点で経済性を見出すことは難しい状況にあります。政策支援や民間投資を組み合わせた実証を通じて長期にわたって技術を育てていくことが求められます。また高温の熱源 (e.g. 500°C~600°C) についても、現時点では天然ガスタービンとボイラーを備えた CHP 技術以外に代替が存在しません。ガスタービンを水素で低排出化させるなどの技術開発が進まないと、産業の生産活動に必要な熱源の CN を実現することができないのです。このように電気と熱の技術を 3 つのストリームで類型してみると“**技術の意味合い**”が見えてきます。この意味合いを前提に置いて類型ごとに“品質”と“経済性”の両側面で最も効果が高い組み合わせを考えていく必要があります。類型ごとに求められてくる“金融支援のあり姿”を考察してみます。

ストリーム 1（電化・クリーン・グリーンエネルギー）は実証済技術が多く経済性も確保されているプロジェクトが存在します。**このステージの技術については民間投融資を通じたスケール化の努力が必要です。**まさに民間金融機関の腕の見せ所と言えます。

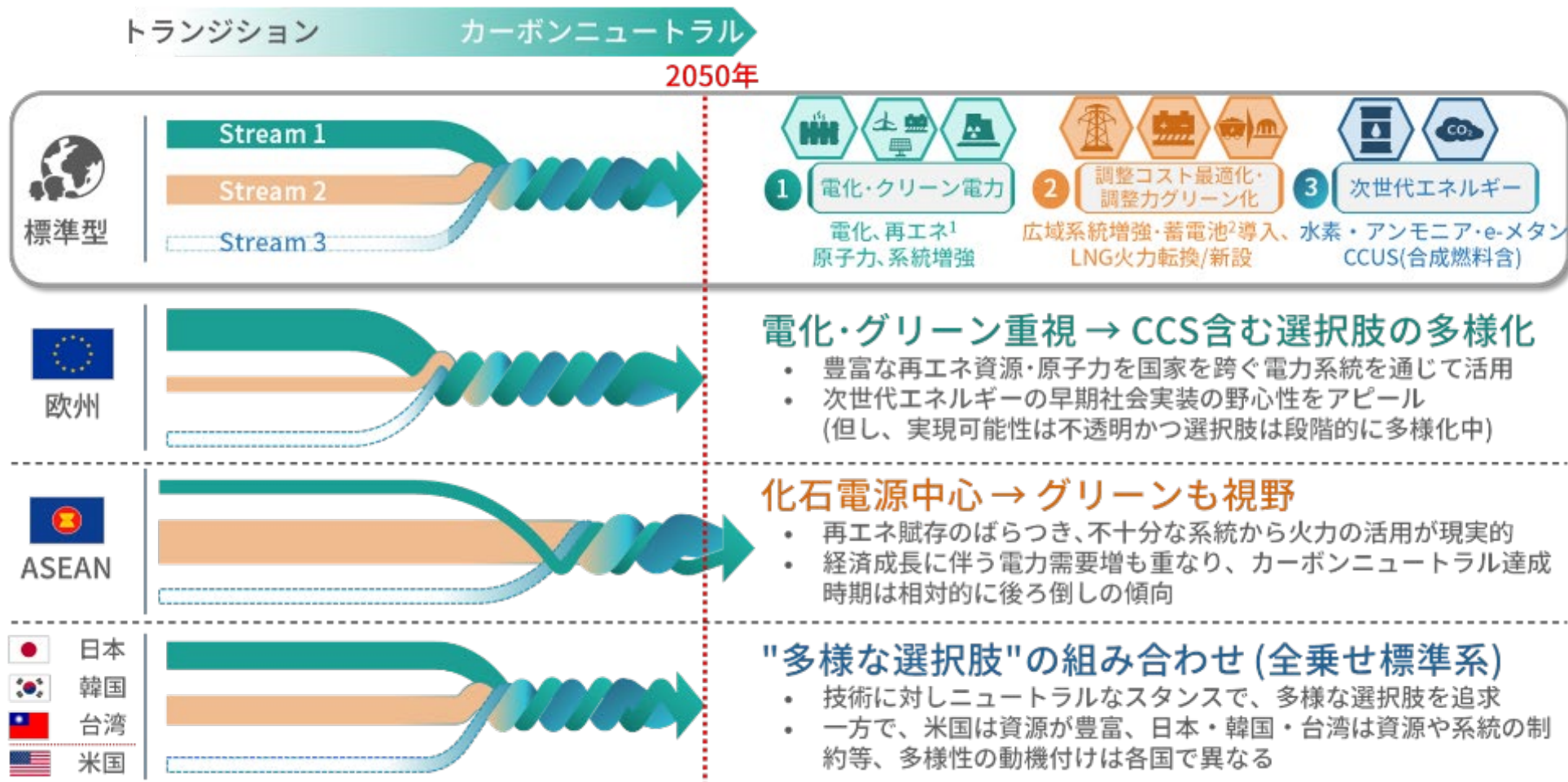
ストリーム 2（再エネの変動性調整）は 2 つの課題への対応が求められます。まず 1 つ目は、ストリーム 2 の中で**どの技術の組み合わせが最も効果的か、複数分野に跨った投融資機会を一覧にして比較することが求められること**です。調整力として送配電、蓄電池、低排出火力が挙げられます。これらを統合的な視点で比較しなければなりません。2 つ目は**風評リスクへの対応**です。風評リスクを極小化するには国際金融のフレームワーク整備などが求められます。何に、何故、融資の支援が必要なのか、しっかりと言語化していかなければならないのです。こうした土台をしっかりと作

■ CN に向けたエネルギー転換プロセス

ることが投融資の活性 (Mobilize) に繋がるのです。トランジション支援の最大の課題は、皆が思っているにもかかわらずこれまで議論してこなかった内容について国際金融の場でオープンに議論してお金を付ける土台を作り上げることだと考えます。

ストリーム 3（新技術実証）は官民が連携した仕組みが求められます。大方の新技術では経済性を見出すことが難しく、事業の初期は赤字になる場合が多くなります。しかしその技術がその国にとって長期的に必要なテクノロジーだとすれば、技術のオプションリティを拡充させるために政策支援と民間投融資を抱き合わせた支援で長期にわたって技術を育てていくことが求められます。このようにストリーム 1、2、3 の類型区分で求められる金融支援のあり姿が異なってくるのです。

■ 地域特性に応じたエネルギートランジションの道筋 (イメージ)



1. 再エネ併設の蓄電池含む; 2. 系統用蓄電池

■ 地域特性に応じたエネルギートランジションの道筋 (イメージ)

7 領域の技術を 3 つのストリームに類型化して、各地域の力点を矢印の太さで表現し、各ストリームが交わる時間軸をヨガの絡め手で示してみました。地域の特性を浮き彫りにしたものです。

まずグローバル標準形です。グローバルの標準形はストリーム 1 (電化・クリーン・グリーン) とストリーム 2 (再エネ変動性調整) で民間投融資が進みつつ、ストリーム 3 (次世代技術の実証) で官民連携 (政策支援 + 民間投資) の施策が進められていきます。夫々のストリームは 2030~40 年頃に交わり始めて 2050 年の CN がめざされるビジョンになります。ストリーム 3 の水素・アンモニア・e-メタンが社会実装できれば、余剰再エネで低排出ガスエネルギーを生成したり、火力発電所を低排出化させる燃料源に活用したり、高温熱源の CN を達成できるようになるものです。各ストリームの技術が交わり合うことで相互作用が期待されます。

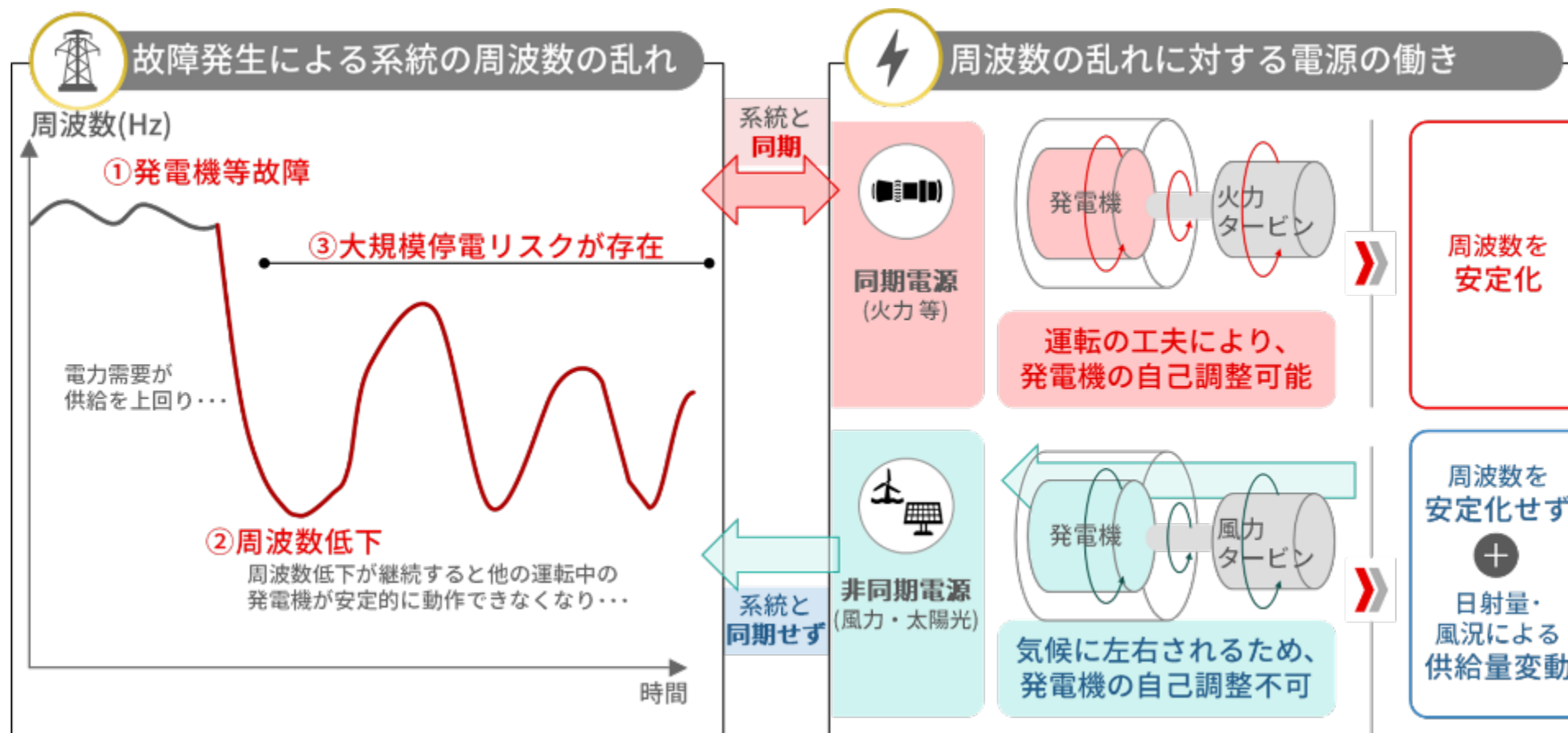
次に欧州です。欧州はストリーム 1 に力点を置いてエネルギー転換を進めています。電化、グリーン、クリーン向けの投資が中心です。一方でウクライナ紛争以降は安定したガスの調達が難しくなり、エネルギー価格の高騰が続くなど、安全保障、政治、産業面から現実的なトランジションを求める声も多くなってきました。一部の国では原子力やガスの使用や CCS の検討も開始されました。ストリーム 1 の重要性は不変ですがストリーム 2 はかなり絞ったテクノロジーのみが対象とされていたスタンスから段階的に技術の選択肢の幅 (Optionality) を広げるスタンスへ移行してきています。

次に ASEAN です。ASEAN は既存インフラである化石電源を主軸に据えた現実的なトランジションが検討されています。CN の達成は 2060 年がめざされています。ASEAN では各国の再エネのポテンシャルにばらつきがあります。既存の火力電源はまだ新しく残価 (投資の未償却残高) が残っています。既存のインフラである火力電源と今後の経済成長を前提に置いて、既存設備の有効活用とクリーン化と新規のグリーン・クリーン電源の導入で新規需要を賄っていくトランジションの対応が求められます。現状の火力発電所を石炭→ガスなどへ転換しつつプロジェクト単位でグリーン・クリーン電源の開発を進めるアプローチが採られています。

■ 地域特性に応じたエネルギーtransitionの道筋 (イメージ)

最後に日本、韓国、台湾、米国です。これらの国は「標準系」と同じ形となります。テクノロジーニュートラルのスタンスで多様な選択肢を組み合わせるアプローチが検討されています。まさに全乗せ標準形です。この類型の中ではエネルギーコストの違いがあります。島国体質である日本、韓国、台湾はエネルギーコストが割高になります。自国で資源が取れずに輸入中心となるためコストが割高になってしまうためです。一方で米国はエネルギーコストが割安になります。自国で石炭やガスが採掘できて再エネ資源も豊富です。そして米国 IRA という政策支援も導入されています。各国のエネルギー業界のお客さまからは米国の豊富な資源と IRA の政策支援を頼りにまずは米国で技術開発を進めて将来的に自国の CN へ貢献していきたいとお話を伺いました。

■ (参考) 風力・太陽光発電増加に伴う電力品質棄損リスク問題



Source: [電気事業連合会](#); [送配電網協議会](#); [電気新聞](#); [中部電力パワーグリッド](#)

■ (参考) 風力・太陽光発電増加に伴う電力品質棄損リスク問題

ヨガの絡め手では 3 つのタイプのうち、ストリーム 1（電化、グリーン・クリーン電源）とストリーム 2（再エネ変動性の調整）を一つのパッケージで見えていく重要性を示しました。なぜパッケージで見えていく必要があるのか、この点を理解していくには電力事業者の皆さまが教えてくれた**電気の品質**という概念を深掘りしていく必要があります。

これまで電気と熱は経済性と CO2 排出の側面で見えてきました。大半のメディア報道も経済性と CO2 排出に関する記事が多い印象があります。経済合理的であり低排出の電源が良い電源として整理されています。**経済性と環境は重要ですが、電気の品質も実は重要なファクターなのです。**

発電所で電気が作られ、電線を通して流されて、自宅やオフィスで使用されます。**電線を通っている電気は人間の心臓の動きを捉える心電図のような繊細さで流れています。**心電図と同じように周波数が一定であれば電気は問題なく流れます。ピコーン、ピコーン、ピコーン、健全な電気はちょうどこの音の心電図の動きと同じような流れとなります。しかし心臓に異常が生じると心電図が乱れます。心電図が乱れ続けると心臓が停止するリスクもあります。心電図が、ピッ! ピッ! ピッ!、ピーー、という動きになるものです。周波数も同じです。**電気の周波数が一定の範囲を超えて乱れてしまうと停電に至ってしまうのです。**電力の周波数を一定に保つことは電線の中で起こっている目に見えない世界の話ですが、電力事業を営む皆さまが、毎分毎秒、神経を尖らせてモニタリングしていることなのです。これは極めて大切なエッセンスなのです。

ここでは周波数が乱れてしまった時に電線の中で何が起きているかを見ていきます。

まず電線に火力発電所が接続されていると仮定します。火力発電所の発電機は高度なシステムを通じてモニタリング・統制されています。電線の中を流れる電気の周波数が乱れた時には、火力発電所のシステムが自動的に発電機の回転数を調整して自らの出力を自動調整することで電線の中の**周波数の乱れを整えている**のです。これを慣性や同期電源と言います。この言葉は難しくて分かりにくいですが、簡単に言えば火力電源は自分で出力を自動調整して電線内の周波数を整える役割を果たしているのです。電線と同期しているために同期電源と呼ばれたりします。

次に電線に再エネ（太陽光・風力）が接続されていると仮定します。再エネは風の力、太陽の力で発電する設備です。環境負荷が少なく世界的な普及が進んで発電原価は毎年コストダウンを実現しています。それでは、電線に再エネが接続されているときに周波数が乱れたらどうなるか、これを

■ (参考) 風力・太陽光発電増加に伴う電力品質棄損リスク問題

見ていきます。再エネは風の力、太陽の力で発電しますので発電量は風況・日射量で変動します。電線内の周波数が乱れても風況・日射量が変わらないと再エネ発電は出力を変動できず周波数の乱れを調整できません。人間は自然環境をコントロールできませんので再エネ電源だけでは電線内の周波数の乱れを吸収できないのです。このため再エネに併設する蓄電池や揚水発電、その他の火力発電所が再エネの代わりに周波数の変動を調整しているのです。再エネが接続されている時の周波数の調整は再エネが自動で対応することができないので、慣性ではなく調整と呼ばれます。電線と同期していないので非同期電源とも言われます。これも言葉が難しくて分かりにくいですが、簡単に言えば再エネは自分で周波数の乱れを調整できないので、蓄電、揚水、火力などの別の人に周波数の変動を吸収して貰っているのです。これは一般的にあまり知られていませんが、電力業界では極めて重要な常識となります。

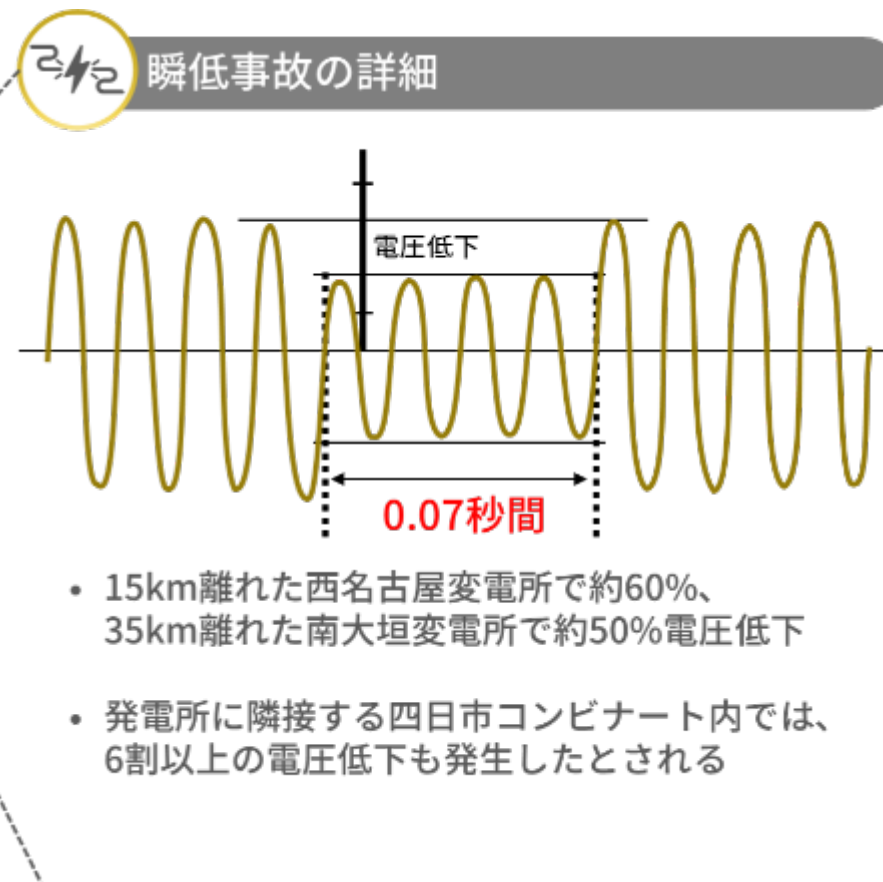
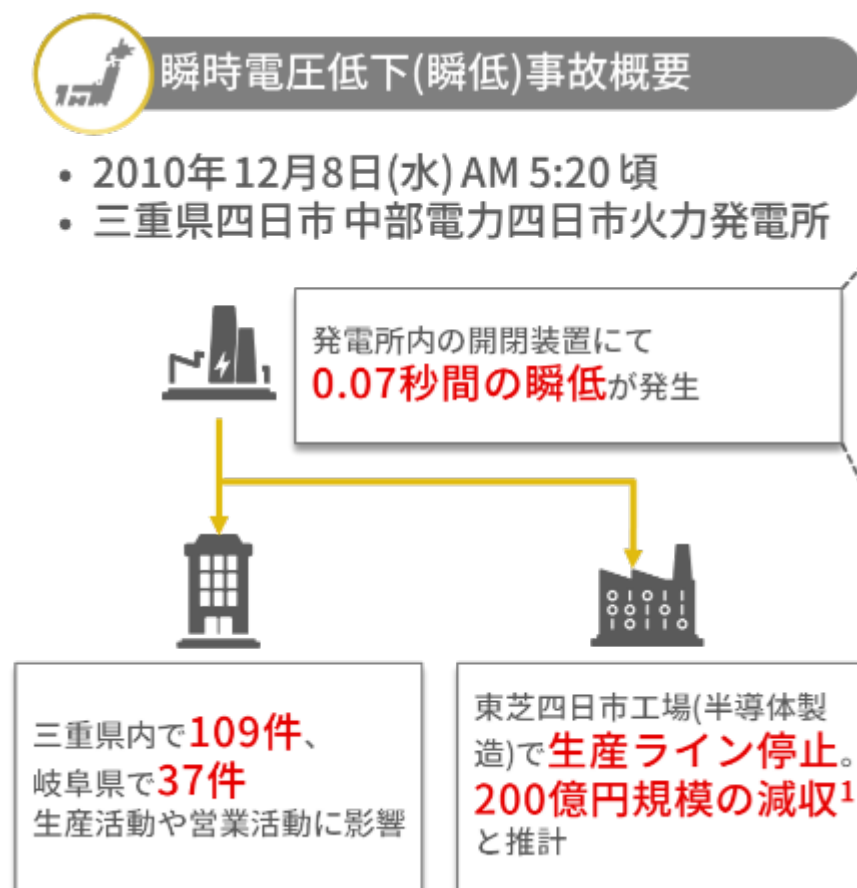
さらに再エネは、再エネ自身の発電量が自然環境の変化で変動してしまいます。風が吹くとき、吹かないとき。太陽が出るとき、出ないとき。電線を通る電力量が大幅に増減してしまいます。再エネ自身が電力系統に変動の負荷を与えてしまっているのです。一方で風が吹こうが吹くまいが、太陽が出ようが出まいが、私たちが使用する電力量はさほど変化はありません。再エネが出過ぎている時は誰かが出力を抑え、再エネが出ないときは誰かが出力を補う、こうした調整を行うほかの誰かが必要になります。調整してくれる人がいないと需要量と供給量を一致させることができずに停電してしまうためです。この調整の役割は送電線、蓄電池、揚水、火力が担っています。このバックアップスター軍団が電力の品質を保つことで停電が回避されているのです。こうしてみると再エネの新規導入コストは再エネの発電原価だけでなく再エネの変動性を吸収する調整コストを加味した統合コストで見ていく必要があるのです。ストリーム 1 とストリーム 2 はパッケージで見ていかなければならないためです。

CO2 排出の観点で見ると再エネは環境負荷が少なく火力は環境負荷が大きいと整理できます。これは適切な整理と言えます。一方で電力の品質の観点でみると再エネの系統負荷は大きく火力の系統負荷は少ないと整理できます。これも適切な整理と言えます。後者の電力の品質という観点がメディアや論文で取り上げられることはあまりありません。このため火力を運転することや送電に投資を行うことと、再エネに投資をすることが別物として整理されてしまっている現状を正していくための情報開示が求められます。

■ (参考) 風力・太陽光発電増加に伴う電力品質棄損リスク問題

電線の中を通っている電力の品質が一定であるからこそ、私たちはライトやパソコン、スマートフォンを不自由なく使うことができます。電線を通る電気の周波数が乱れて電気の品質が悪化してしまうと、停電や瞬間停電が発生してしまうのです。瞬停はブレーカーが落ちたのと同じ効果です。パチッと電気が一瞬消えます。瞬停後に多くの人がお風呂場でリセットされてしまったデジタル時計をスマートフォン片手に時間を確認しながら手動で再設定された経験もあるかと思います。電線の中を流れている電力の品質を一定程度に保つことは極めて重要なのです。再エネがエネルギーミックスに占める比率が上昇すればするほど、出力の変動性を調整するバックアップチームの役割はどんどんと増していくのです。ストリーム 1 とストリーム 2、再エネと調整力を合わせて見る視点、これを正しく理解することが重要なのです。

■ (参考) 四日市瞬時電圧低下事故の影響



1. 2011 年 1-3 月に同社では当該製品の売上高を約 1,700 億円と予想しており、事故を受けて 2011 年 1-2 月の 2 ヶ月分の出荷量 (売上高 1,000 億円相当) が最大 2 割減る恐れ

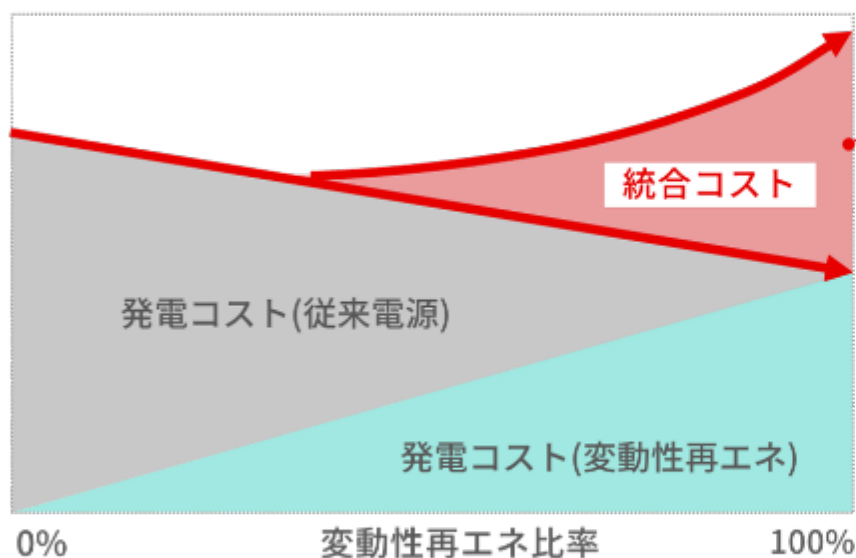
Source: [NKSJ リスクマネジメント「瞬時電圧低下が及ぼす事業中断リスク」](#)

■ (参考) 四日市瞬時電圧低下事故の影響

瞬停 (停電) が起きた場合の影響を過去の事例を通じて見ていきます。2010 年に三重県四日市で瞬停が発生しました。僅か 0.07 秒の瞬停です。1 秒の 100 分の 1 程度の停電です。しかしこの僅かな瞬停が三重県で 109 件のお客さま、岐阜県で 37 件のお客さまの生産活動や営業活動に支障をもたらしました。東芝の四日市工場では生産ラインが停止して 200 億円規模の減収に繋がりました。僅か 1 秒の 100 分の 1 程度の瞬停がこのような影響をもたらすのです。私たちの生活や産業活動は非常に緻密かつ繊細に電気システムを通じて組み立てられていますので、電気の品質を維持することは産業の生産活動や市民の生活の生命線となっていることを認識しなければなりません。

■ 再生可能エネルギーの統合コスト

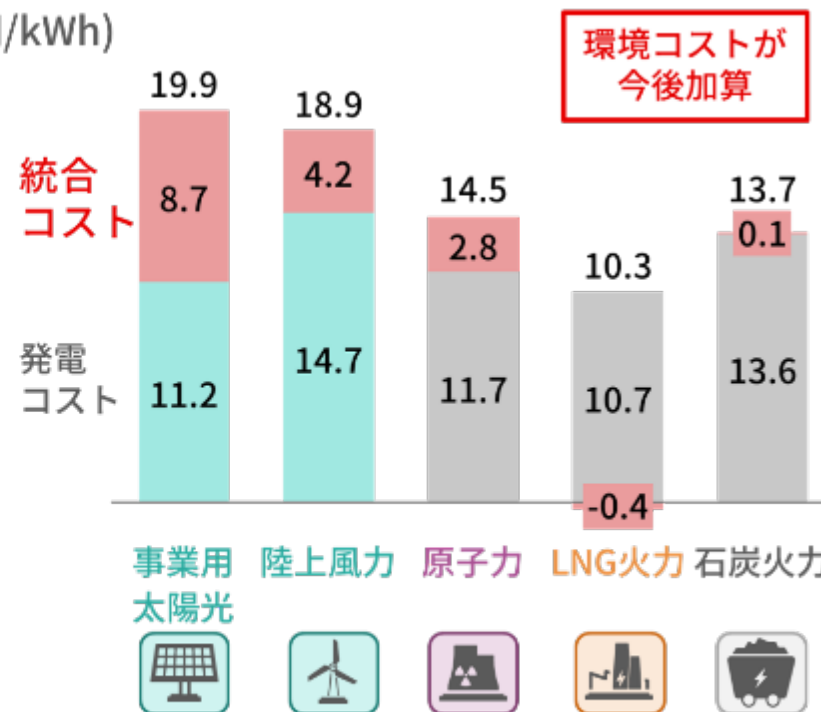
変動性再エネ増加に伴う統合コスト増



変動性再エネ増加＝統合コスト増加

統合コストの増加インパクト

(円/kWh)



変動性再エネは発電コストが安価でも
統合コストも含めると割高

Source: [立命館アジア太平洋大学/日本エネルギー経済研究所「電源別発電コスト評価について」\(2024/7\)](#)

■ 再生可能エネルギーの統合コスト

再生可能エネルギーのコストを見えます。

再エネは世界的な普及が進み発電単価は毎年コストダウンを実現しています。絶え間ない製造業者と事業者の努力の賜物です。メディアでも太陽光、陸上風力、原子力、LNG、石炭など、燃料別の発電単価が比較される記事が多数取り上げられて自然エネルギーは安くてクリーンであるという認識が広く普及しています。

しかしメディアや一般的な記事で“統合コスト”という概念が取り上げられているのを殆ど目にしません。論文もあまり発行されていません。再エネの変動性の調整コストに関わる実績データが少ないことも理由の一つかもしれません。電力業界や重工業関係者から見ると非常に当たり前の概念なのですが一般的にはあまり知られていない統合コストの概念を補足説明していきます。

左側のチャートのとおり、**従来電源（主に火力）から再エネに電源がシフトすると発電原価が下がっていきます**。燃料を燃やす火力電源から燃料費が不要な自然エネルギーへ転換されることで発電原価が下がっていくためです。併せて CO2 排出量も減少していきます。

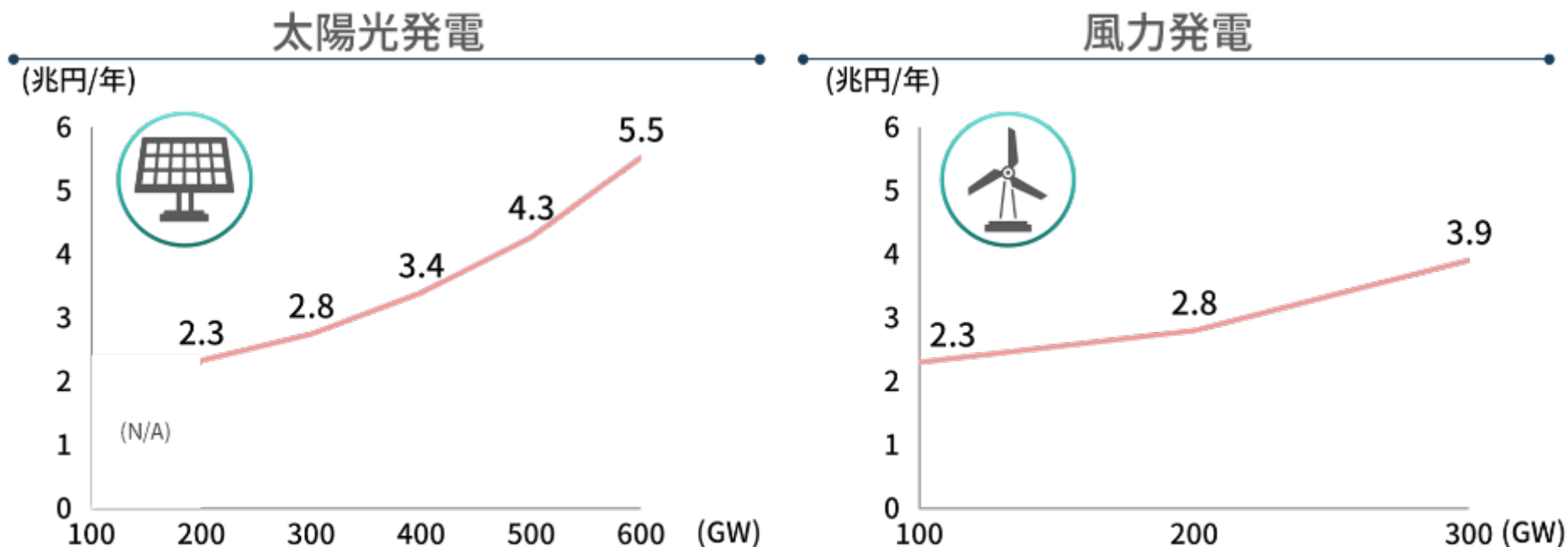
ここで**再エネの出力変動性を調整するコスト**を見ていきます。再エネは、晴れた日、風が吹いている日、こうした日は発電します。雨が降っている日、風が吹かない日、こうした日は発電しません。また一日の中でも時間帯によって日射量・風況は変動します。季節によっても大きく異なります。一方で私たちの生活は 24 時間 365 日電気を必要としています。私たちが寝ているときもエアコンやスマートフォンの充電、セキュリティシステムが電気を使っています。電気のない生活は考えられません。逆に電気のある生活が当たり前になり過ぎて、山登りやキャンプといった電気を使わない生活が趣味の時間として楽しまれています。では、再エネが変動した時間、日、季節はどのようにして電力量を調整しているのでしょうか。答えはスタンバイしている電源なのです。発電していないけどいつでも発電できるように待機している火力発電所が調整したり、昼間の電気で吸い上げた電気を夕方の点灯ピークで流し込む揚水発電が調整したり、送配電網を充実させて地点地点の変動を分散させて面で吸収することで調整したり、蓄電池が時間帯別の変動を調整したりしているのです。再エネはこのバックアップチームと一体となって初めて電力の供給源としてカウントすることができます。逆に調整力のない再エネは電力の供給源としてカウントすることができません。調整力のコストを含めた統合コストで再エネの導入

■ 再生可能エネルギーの統合コスト

コストを見ていく必要があるのです。こうしたバックアップ設備も含めた再エネの統合コストは原子力、LNG、石炭を上回る水準であることも示唆されています。再エネの発電原価は安い一方で統合コストが高いことが示唆されているのです。こうした電力事業者にとっての当たり前を私たちはさらなる情報開示で認知を図り、学会などとの連携を通じて定量的に証明していく必要があります。常に適切な情報が世間に行き届いて消費者が気づき理解する機会 (End-user Awareness and Understanding) を作り上げていく必要があります。

再エネの野心的な導入が掲げられているアイルランドでは需要削減（ディマンドリスポンス）と蓄電池の放電が同じ調整力として評価されています。それぞれ調整力を電力市場で現金精算できる仕組みが導入されているのです。テクノロジーニュートラルの視点で再エネの統合コストを極小化させて電力市場設計を積極的に推し進めているアイルランドは今後さまざまな国でベンチマークされていくと考えられます。

■ 再生可能エネルギー導入に伴う統合コストの推計



変動性再エネの増加に伴い、統合コストは上昇する
(蓄電池コスト・充放電ロス・再エネ出力抑制・送電線増強コストが増加)

(太陽光発電、風力発電や蓄電池のコスト等の想定に応じて統合費用は大きく変化し得る)

Note: 1USD = 150 円 として為替換算

Source: 立命館アジア太平洋大学/日本エネルギー経済研究所 松尾雄司准教授による推計

■ 再生可能エネルギー導入に伴う統合コストの推計

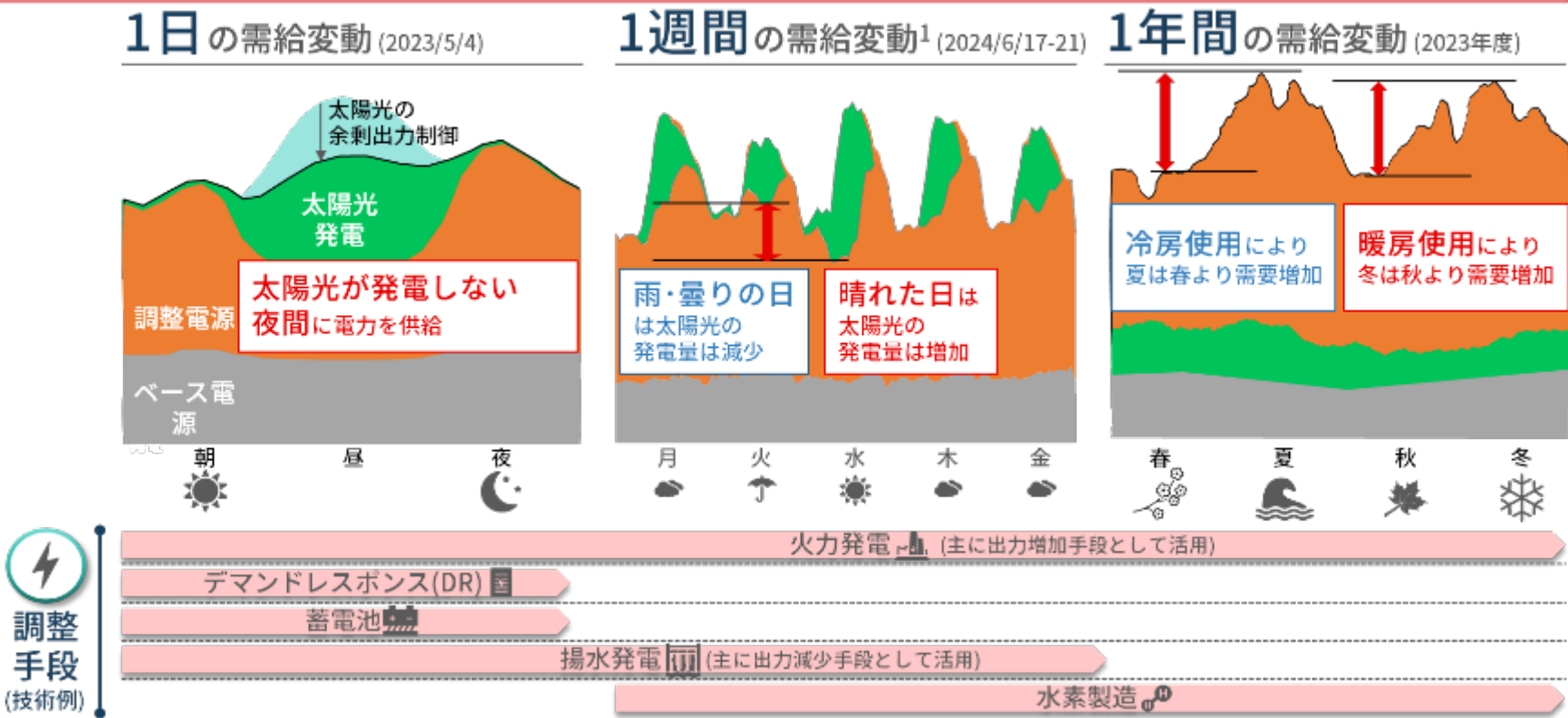
再エネの統合コストについて 2021 年に立命館アジア太平洋大学の松尾准教授が試算した結果を見ていきます。

松尾准教授の試算によれば再エネの導入量が増えていくと統合コストが比例して上昇していくことが分かります。再エネの導入量が増えると再エネの出力変動性を吸収するために必要な調整設備が大掛かりなものになって調整コストが上がって統合コストが上昇してしまいます。調整コストには蓄電池のコスト、充放電ロス、送電線増強コストなどが想定されます。調整設備で変動性を吸収できない場合はコスト負担を伴いながら再エネを電力系統から切り離す出力抑制などが行われます。

太陽光と風力の 2 つを比較すると、出力の変動性が高い太陽光発電の統合コストが風力よりも高いことが分かります。再エネは発電原価だけでなく調整コストを加味した統合コストの概念で見ていくことが重要になるのです。

■ (参考) 短期・長期の需給変動の調整手段

需給調整する期間の長さに応じて適した調整手段を組み合わせていくことが必要



再エネの変動性には **さまざまな変動性がある**ことをまとめていきます。

1. 札幌、東京、名古屋、大阪、福岡の5地点の天候を集計し、最も地点数が多い天候を表記

Source: [JERA「2035年ビジョン実現に向けたJERA成長戦略」](#)、「[2035年までに目指す収支水準](#)」について(2024/5); [OCCTO 系統情報サービス](#)(2024年6月); [過去の天気](#)(日本気象協会)

■ (参考) 短期・長期の需給変動の調整手段

左側のチャートのとおり、電力の発電量は **1 日の中の時間帯で大きく変動**します。日中は太陽光が発電します。夕方から夜そして早朝は日射量が弱くなりますので太陽光は発電しません。代わりに風力や火力が発電します。また昼間の太陽光の余剰電気を貯めて夕方や夜間に揚水や蓄電池が発電します。特に夕方が大変です。太陽が落ちて発電量が減少します。オフィスはまだ営業中です。自宅では夕ご飯の支度のため家庭で電気が使われ始めます。街灯もパラパラ明かりを灯していきます。需要が極端に大きくなるのに供給量（太陽）が少なくなるのです。電力業界ではこの時間帯を“**点灯ピーク**”と呼びます。街灯が点く時間帯の夕方に、最も需要が伸び、供給が落ち、需給逼迫のピークを迎えるためです。

次に中央のチャートのとおり、**1 週間の間でも大きく変動**します。晴れの日には太陽が出ますが、曇り、雨だと太陽光の出力が低下します。晴れの日も、雨の日も、変わらず私たちは電気を使います。こうした雨の日や風が吹かない日は火力や揚水発電などが活躍します。蓄電池は数時間電気を貯めて数時間電気を発電することができます。でも一日とか、一週間とか、それだけのボリュームの電気を貯めて放電する力はありません。土地の制約もあります。蓄電池だけで調整力を対応しようとしたらありとあらゆる空き地に蓄電池を敷き詰めていかなければなりません。火力や揚水発電が担っている役割を冷静に評価して見なければなりません。電力の送配電業者のお客さまから次のお話を教えていただきました。実際にネットワークの実務運用を行う際には火力を出力増加の手段（上げ原資）として、揚水ポンプを出力の減少手段（下げ原資）として主に活用し、それらの持続時間を考慮しながら上げ下げの調整を進めてきたというものです。再エネの導入量が高まればネットワークを流れる需要と供給の調整必要量が増加していきます。こうした変動性の調整を含めて統合コストで見えていく視線が大切だと考えられます。

最後に右側のチャートのとおり、**季節を通じて電力需要量が大きく変動**します。気温が穏やかな春と秋は気温が厳しい夏と冬に比べて電力使用量が少ない傾向があります。夏と冬はエアコンをガンガン使用しますが、春と秋は窓を開けて気温調整するといった具合です。すると、春と秋は電力が余り、夏と冬は電力が足りないという事態が発生します。月単位の電力需要の大きな増減に対応する調整力が必要なのです。3 か月貯めて 3 か月発電する蓄電池では経済性が担保されませんので、季節変動は揚水発電、火力、送電線のオールスター総動員で対応しているのです。

このように、**1 日、1 週間、1 年、こうした時間軸で全く異なるボリュームの調整力**が求められることが分かります。

目次

はじめに（白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的）	P4
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州（EU＋英国）	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギートランジション全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201



ここからは日本の進捗を見ていきます。

3. 日本における CN に向けた現況と課題

2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗

■ 日本の政策支援の進捗状況

幅広い技術に対してP/L支援、B/S支援を組み合わせた政策支援の枠組みを導入

	支援タイプ	支援内容	補足
	枠組み整備	GX経済移行債投資促進策	「分野別投資戦略」を取り纏め、13兆円分の配分方針策定('23/12)
	枠組み整備	GXリーグ/GX-ETS	「カーボン・クレジット市場」を創設し、試行的な排出量取引を開始('23/10)
 水素 アンモニア e-メタン	枠組み整備	水素基本戦略	GXの方針を踏まえ、海外市場の取り込みを念頭に置き戦略改定('23/6)
	B/S・P/L支援	水素社会推進法	価格差支援/拠点整備支援を盛り込んだ法案が成立('24/5)
 CCUS	枠組み整備	9つの「先進的CCS事業」	ビジネスモデル確立のため~'30での事業開始を目指す事業を選定('24/6)
	B/S支援	CCS事業法	CCS事業の官民役割を盛り込んだ法案が成立('24/5)
 洋上 風力	P/L支援	若床式洋上風力ラウンド2	対象4海域につき事業者の選定完了('24/3)
	枠組み整備	再エネ海域利用法	浮体式開発を見据えてEEZ利用拡大を盛り込んだ法案を閣議決定('24/3)
 太陽光	P/L支援	FIT ¹ ・FIP ² 制度	発電した電力を固定価格で買取り or 市場価格に連動したプレミアム交付
	B/S支援	GI基金 + GX SC構築支援	ペロブスカイト太陽電池量産に向けた支援(約4,700億円)を確保('24/3)
 原子力	B/S支援	開発・社会実装支援	次世代原子炉に向けた支援(約4,500億円)枠を確保('24/3)
	P/L支援	長期脱炭素電源オークション	脱炭素電源の固定費水準の容量収入を原則20年間補償('24/1)
 送配電	B/S・P/L支援	広域連系系統のマスタープラン	国内連系線新設・増強が計画されたマスタープランを公表('23/3) 足元は北海道本州間連携設備工事(約1.5-1.8兆円)の要件を策定
 産業の 電化	B/S・P/L支援	GX移行債による支援	蓄電池(8,674億円)+半導体(5,360億円)('23/12)
	P/L支援	戦略分野国内生産促進税制	半導体、EV、グリーンステール/ケミカル、SAFを対象とする 10年間税額控除税制の導入を'24税制改正に盛り込み('23/12)

1. Feed in Tariff; 2. Feed In Premium

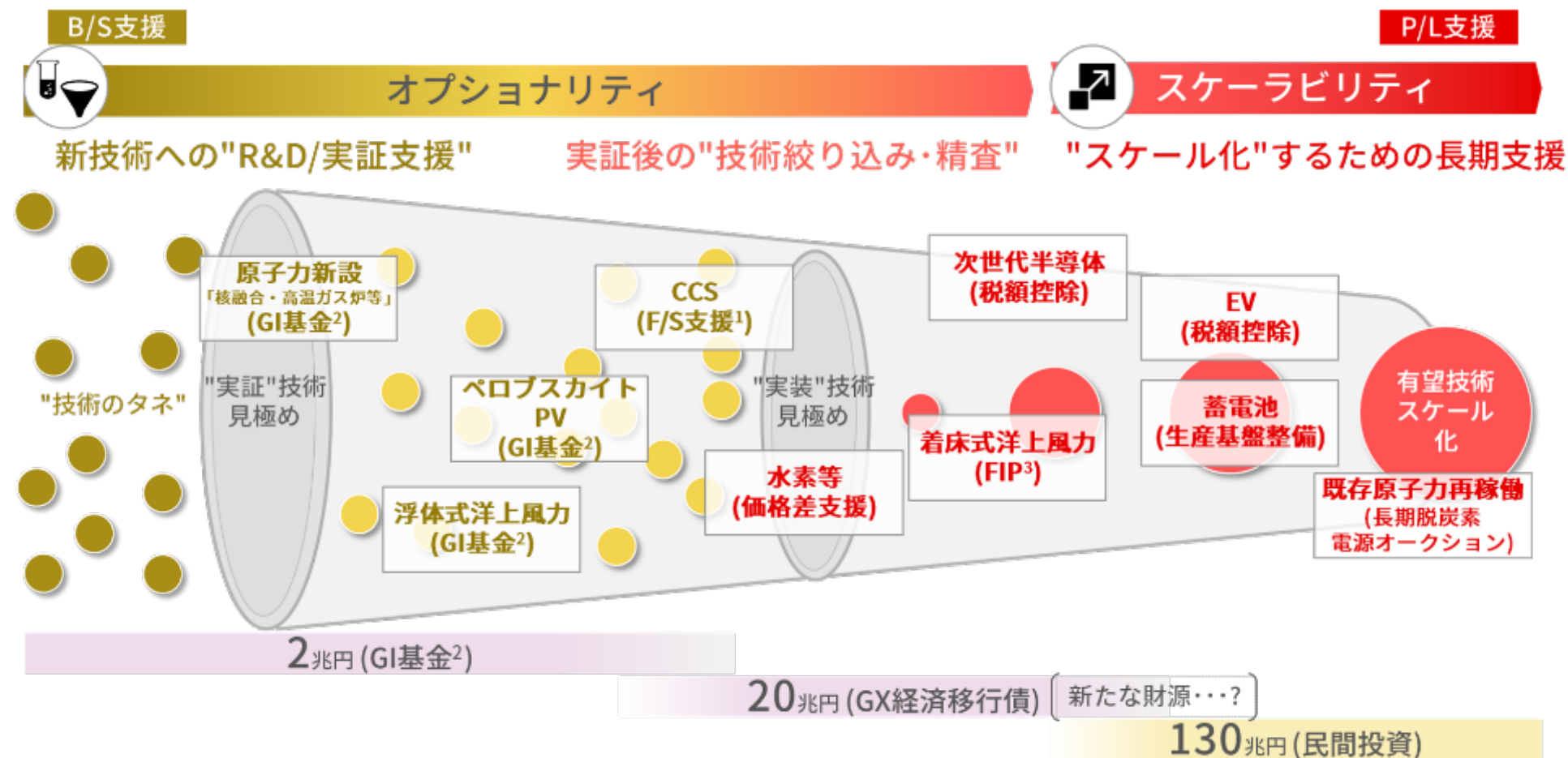
■ 日本の政策支援の進捗状況

日本では産官連携（コンセンサス・ドリブン）のアプローチが採られています。CN の実現に大きな影響を与える“22 分野での技術ロードマップ”が議論され、2023 年 2 月 10 日に“GX 基本方針”が公表されました。

日本ではテクノロジーニュートラルのスタンスで幅広い技術を対象とした政策支援が導入されています。

GX 政策では政策支援の財源・総額などの全体の枠組みが提示されました。水素・アンモニア・e-メタン、CCUS、洋上風力、太陽光、送配電、産業電化などの分野ごとに PL 支援と BS 支援が導入される予定です。PL 支援で事業の経済性を支え、BS 支援で事業者の投資負担を軽減させて CN 技術の実装に向けた投融資を支援していく枠組みとなります。

■ 技術の社会実装に向けた政策支援類型



1. Feasibility Study に対する支援; 2. Green Innovation 基金(NEDO が推進する研究開発・実証等を支援する事業); 3. Feed In Premium(再エネ売電価格にプレミアム・補助額を上乗せする手法)

■ 技術の社会実装に向けた政策支援類型

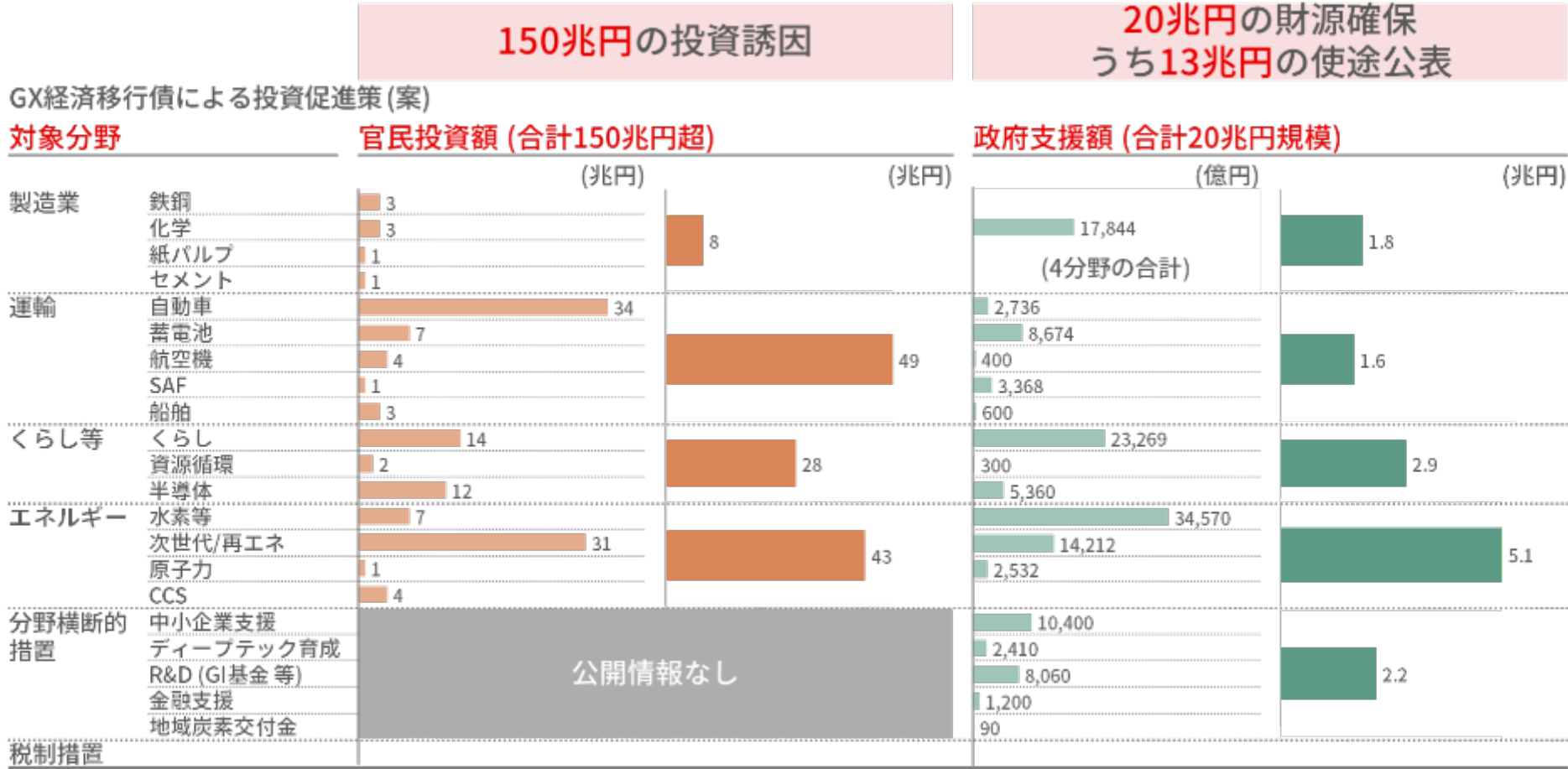
政策支援のあり姿を考える際には“技術の現住所（技術がどのステージにあるか）”を正しく理解する必要があります。事業のステージを大きく 3 つに区分してみました。

まず 1 つ目は **R&D/技術の実証のステージ**です。次世代の技術としてポテンシャルがあっても技術として確立できていない段階では**事業の経済性を見出すことはできません**。官民が連関して長期間にわたって技術を育てる仕組みが求められます。具体的な技術としては原子力新設（核融合、高温ガス炉等）、次世代太陽光（ペロブスカイト）、浮体式洋上風力などが挙げられます。日本ではこうした技術を育てる枠組みとして **GI 基金を通じた BS 支援**が導入されています。

次に 2 つ目は**技術実証直後で大型化やスケール化の見定めを行うステージ**です。大型パイロットや First Mover Supply Chain のような形で優先地域に先行して技術を導入し、その後の動きに合わせてスケールや経済性を見定めを行うステージの技術となります。プロジェクトの進捗次第でスケールできそうな場合はスケールさせ、スケールが難しいものは代替手段に切り替えていく判断を見定めていくことになります。これを**技術の絞り込みステージ**と名付けました。具体的な技術としては CCS や水素・アンモニア・e-メタンが挙げられます。CCS には BS 支援 (F/S 支援)、水素・アンモニアには PL 支援 (値差補填) と BS 支援 (拠点整備支援) の導入が進められています。

最後に 3 つ目は**スケール化のステージ**です。技術実証も終わり経済性が見出されている技術は民間事業者の投融資を通じたスケール化がめざされます。具体的には、着床式洋上風力、次世代半導体、EV、蓄電池、既存原子力の再稼働などが挙げられます。それぞれの技術で PL 支援と BS 支援が導入されることで民間投資の呼び水（ブースター）として機能していきます。

■ GX 経済移行債による投資促進策 (13 兆円規模の政策支援使途決定)



Source: [経済産業省](#)

■ GX 経済移行債による投資促進策 (13 兆円規模の政策支援使途決定)

次に政策支援の金額を見ていきます。

日本では GX 実現に向けて今後 10 年間で最低 150 兆円の投融資が必要になる試算結果が公表されました。150 兆円の投融資を実現 (mobilize) させるため 20 兆円の政策支援 (GX 支援) が実行されることが決定しました。20 兆円の財源は GX 経済移行債と呼ばれる政府債券で調達されます。

2023 年 12 月には政策支援の資金配分見通しが公表されてエネルギー分野、製造業、輸送、住宅部門を中心に 13 兆円の使途が公表されました。

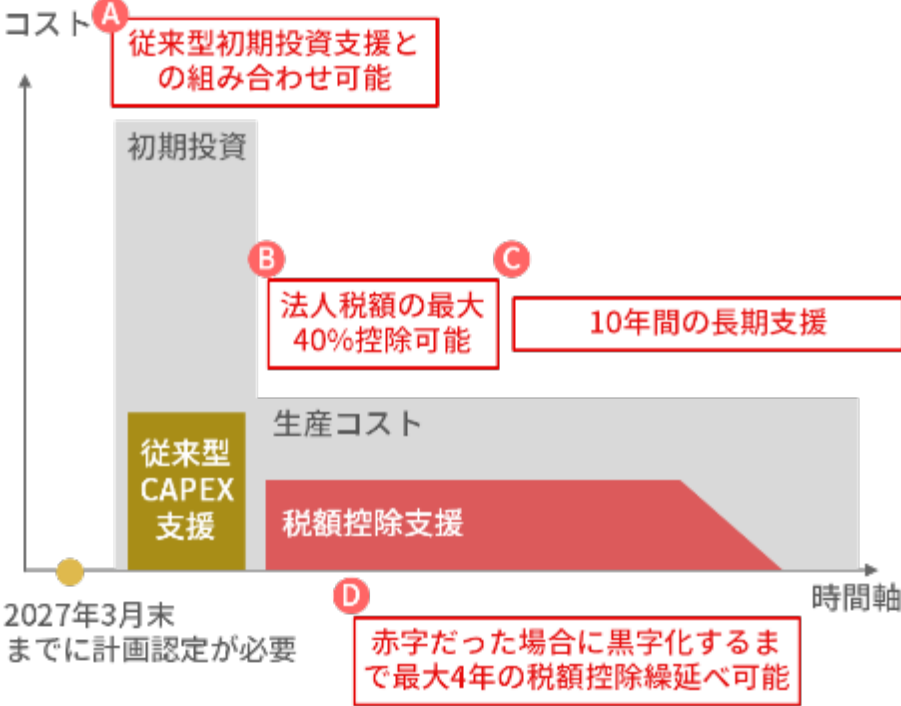
■ 戦略分野国内生産促進税制 (“日本版 IRA”)

日本でも税制を活用したP/L支援の枠組みが示されている

戦略分野国内生産促進税制概要 ("日本版IRA")

対象 品目	① 半導体	マイコン 半導体	28~45nm相当	1.6万円/枚
			45~65nm相当	1.3万円/枚
			65~90nm相当	1.1万円/枚
			90nm以上	0.7万円/枚
	パワー 半導体	Si (現行世代) SiC/GaN (次世代)	Si (現行世代)	0.6万円/枚
			SiC/GaN (次世代)	2.9万円/枚
	アナログ 半導体	イメージセンサー その他	イメージセンサー	1.8万円/枚
			その他	0.4万円/枚
	② 電気自動車等	EV・FCV 軽EV・PHEV	EV・FCV	40万円/台
			軽EV・PHEV	20万円/台
③ グリーンスチール (高炉→電炉転換含む)	2万円/トン			
④ グリーンケミカル (合成・バイオ原料・廃プラ含)	5万円/トン			
⑤ SAF	30円/リットル			

税額控除適用上のポイント



Source: [経済産業省](#)

■ 戦略分野国内生産促進税制 (“日本版 IRA”)

日本でも新しい政策支援の形が検討されています。

日本版 IRA と言える税額控除を活用した PL 支援 (生産税額控除) の導入です。対象品目は半導体、電気自動車、グリーンスチール、グリーンケミカル、SAF などの戦略分野が挙げられています。日本で生産税額控除が導入されるのは“初”の取り組みになります。GX の推進や産業力競争力強化に向けて他国の政策事例をベンチマークにしながら従来の枠組みを超えた支援のあり方が模索されています。

個別企業単位の取組から、
各地域コンビナート単位の取組として共同でCN化を進めていくための協議を開始

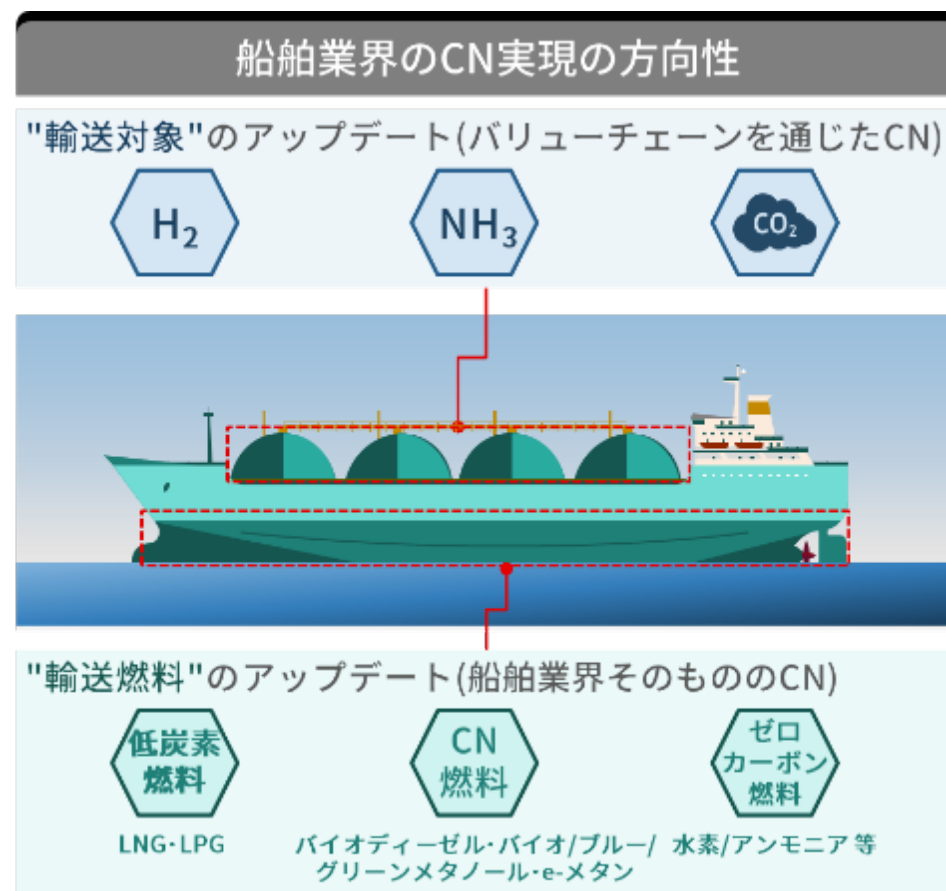


■ 民間協議・連携の進展

産業競争力強化に向けた企業の新しい動きも進んでいます。

今までは個別の企業や個別の工場単位で CN の検討が進められてきました。しかし現在は個別企業の枠組みを超えて地域コンビナートの単位で“産業の集積”と“再投資”を協議する枠組みが立ち上がっています。1) 北海道、2) 新潟、3) 川崎、4) 中京、5) 瀬戸内、6) 九州といった、コンビナートのブロック単位で協議会などが立ち上がっており、地域コンビナート単位での最適化に向けた議論がスタートしています。

■ 国際価格転嫁の適用開始と船舶業界の CN 実現の方向性



船舶業界の価格転嫁事例

事業者 (出資比率)

Ocean Network Express(ONE)

- 邦船3社による定期コンテナ船事業を統合し2017年設立

日本郵船 (38%)	商船三井 (31%)	川崎汽船 (31%)
---------------	---------------	---------------

価格転嫁概要

海運業界がEU-ETS対象となるため、**2024/1/1**から「**EU-ETSサーチャージ**」として顧客への価格転嫁依頼を開始

2025/1/1からは「**FuelEU Maritime**」により船舶で使用する燃料のGHG強度に上限が導入

地域で規制が先行して導入される中、IMO等グローバル統一の制度が求められる

- 海運業界への炭素課税が業界内での再投資に回されることがCN推進に必要

Source: [ONE \(1/2\)](#); [ONE \(2/2\)](#); [ClassNK](#)

■ 国際価格転嫁の適用開始と船舶業界の CN 実現の方向性

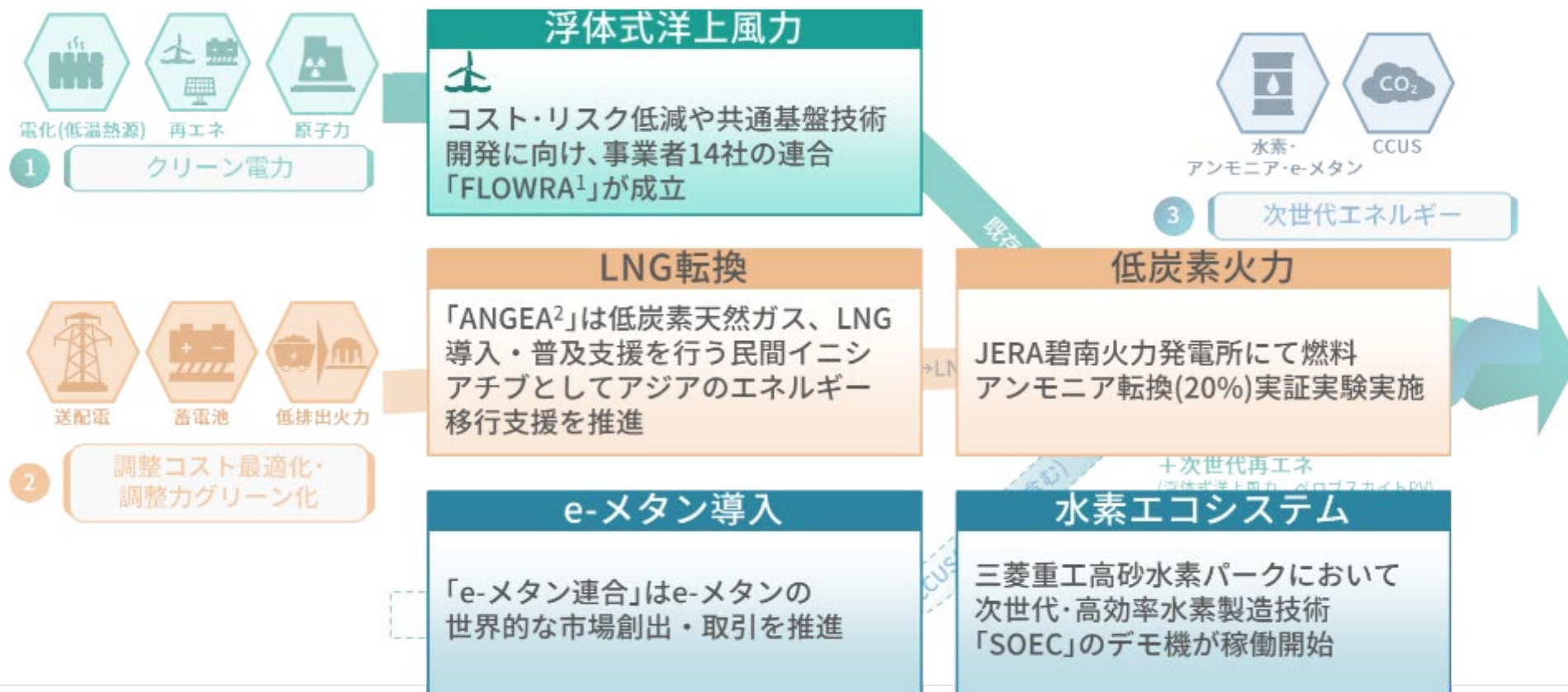
グローバルキャリアである海運もさまざまな動きを展開しています。

まず、運ぶものです。世界のエネルギー転換の流れを踏まえて船舶が運ぶモノが変わってきています。従来の化石資源から水素、アンモニア、CO₂ といった新しいエネルギーを運ぶための研究開発が進められています。アンモニア船は既に実装されていますので、現在は水素船、CO₂ 輸送船の開発が進んでいます。

次に、船舶の燃料です。運ぶ際のエネルギーです。従来の重油から LNG・LPG へ、そしてメタノール・バイオ燃料へ、それからアンモニア・水素へ、排出量の少ない新燃料で船舶を駆動させる技術の開発が進められています。

そして船舶輸送に関わる排出コストの価格転嫁に向けた取り組みです。2024 年 1 月より欧州でグローバルの取り組みに先行して EU-ETS の排出費用を追加コスト（サーチャージ）としてチャージすることが公表されました。そして今後“Fuel EU Maritime 法”が施行されてさらなる追加コストが海運業界にチャージされる見通しです。欧州への輸入便、欧州からの輸出便、まずはこの 2 つが対象になります。海運業界の各社はお客さまに規制の内容や EU-ETS の価格見通しなどを丁寧に接続して 1 社ずつ価格転嫁の交渉を進めています。規制を通じた価格転嫁であるため比較的お客さまにサーチャージを受け入れていただけているという声が多かったです。一方で、排出量計算、契約書の刷新など、お客さまへの説明といった多大な業務負荷が海運業界に押し掛かっています。また海運はグローバルキャリアであるためグローバルで統一したルールが求められます。グローバルキャリアが集まる国際海事機関 (IMO) の枠組みを尊重し、特定地域の価格転嫁を先行させるのではなく、グローバルのルール作りを先行すべきという声も多数ありました。また海運の排出量にチャージされる追加コストは本来海運の CN に再投資される枠組みが求められるはずです。現在の EU-ETS の価格転嫁はチャージされたコストが必ずしも海運の CN に投資される枠組みにはなっていません。今後国際海事機関 (IMO) で議論を進めてグローバル統一の枠組みを作り上げて海運の排出量へのチャージが海運の CN に貢献する仕組みを作り上げていく必要があります。また EU-ETS の価格転嫁は欧州便のみが対象となります。欧州便以外を取り扱っている業者には制度の情報連携が行き届いていない現実があります。価格転嫁を考える上では事業者には二重三重の手間が発生しないよう、グローバルで官民が連関して仕組みを作り上げていかなければなりません。

■ 技術オプションの磨き込みの進展例



1. Floating Offshore Wind Technology Research Association; 2. Asia Natural Gas & Energy Association

Source: [FLOWRA](#); [三菱重工](#); [JERA](#); [東京ガス](#); [Asia Natural Gas & Energy Association](#)

■ 技術オプションの磨き込みの進展例

7 領域の技術を類型化した 3 つのストリームごとに日本のリーディング企業も数多くの進捗を公表しています。代表的なものを取り上げます。

まずストリーム 1 の電化・グリーン・クリーン電力では、浮体式洋上風力の技術開発に向けて 14 事業者連合である「FLOWRA」が立ち上がりました。企業の垣根を超えて浮体式洋上風力の技術開発を進めて行く枠組みがスタートしたものです。

次にストリーム 2 の再エネの変動性の調整では、2024 年 4 月、JERA が碧南火力発電所における燃料アンモニア転換実証実験を開始しました。また三菱重工業も参画している ANGEA はアジア地域を対象に（再エネの最大導入の前提のもと）天然ガス・LNG の普及に向けた協議枠組みとして立ち上がりました。

最後にストリーム 3 の次世代エネルギーでは、2024 年 4 月、三菱重工業が高砂水素パークで次世代・高効率水素製造技術「SOEC」のデモ機の稼働を開始しました。また大阪ガス、東京ガスが主体となって e-NG Coalition が立ち上がりグローバルレベルでガスの低排出化に向けた e-メタンの利活用に向けた協業が進められています。

■ ガストランジションに向けた足元のイニシアティブ結成動向

e-メタン、天然ガスを題材に国を跨いだグローバルイニシアティブの立上げ

e-NG Coalition (「e-メタン」連合)		ANGEA (アジア天然ガス・エネルギー協会)	
名称・構成企業	e-NG Coalition ・ TES(ベルギー)、東京ガス、大阪ガス、東邦ガス、三菱商事、エンジー、センプラ・インフラストラクチャー・ネットゼロ(米)、トタル(仏)	名称・構成企業	ANGEA(Asia Natural Gas and Energy Association) ・ JERA、三菱重工業、日揮、シェブロン(米)、エクソンモービル(米)、サントス(豪)、BP(英)、他
設立趣旨	・ 2024年3月、e-メタンの世界的な普及拡大を通じた、カーボンニュートラル社会の実現を目指しグローバル8社で結成	設立趣旨	・ 2021年10月、アジアのエネルギー移行を支えるべく、低炭素天然ガス、LNG導入・普及支援を行う民間イニシアチブとして設立発表
活動概要	1. e-メタンの世界的な認知度向上と市場創出・取引促進の働きかけ 2. e-メタンのサプライチェーン関連企業・団体との協力の下、グローバルな認証や温室効果ガス算定ルールに向けた取組みなど、政策提言活動	活動概要	1. エネルギー需要が増大するアジア諸国に対して、エネルギーの脱炭素化の取り組みを支援

Source: [東京ガス](#); [Asia Natural Gas & Energy Association](#)

■ ガストランジションに向けた足元のイニシアティブ結成動向

民間の国境を跨いだグローバルの取り組みを取り上げます。

まず、e-メタンの e-NG Coalition は、ガスを低排出させる e-メタンの導入に向け、日本、アメリカ、フランス、ベルギーの企業がコンソーシアムを立ち上げて検討を開始しています。日本から大阪ガス、東京ガス、東邦ガス、三菱商事が参加しています。

次に天然ガスの ANGEA は、アジア地域を対象に（再エネの最大導入の前提のもと）天然ガス・LNG の導入・普及に向けて日本、米国、豪国、英国の企業による民間イニシアティブとして活動を開始しました。日本からは三菱重工業、JERA、日揮などが参加しています。

こうしたグローバルのイニシアティブを立ち上げて各国のリーディング企業が技術と資金を持ち寄り、実証できる場所で先行事例を作る、その効用・効果を確認しながら国際的なフレームワークへ働き掛けを行い、認知を高めて技術の利活用範囲を広げていく、こうした不断の努力が続けられているのです。この取り組みは将来グローバルでカーボンクレジットを取引していく土台にも繋がっていきます。

こうした民間・民間の取り組みを国・国の関係で裏書きしていくことができれば、個別企業の取り組みが大きな流れを作り出す起点に発展していきます。

■ 投資拡大に向けた産業界における変革の担い手



確実なのはAI・デジタル技術が進むこと、脱炭素電源のニーズが高まること。
各社で磨きこみを進めながら皆で連携した仕組み作りを考える最後のチャンス

■ 投資拡大に向けた産業界における変革の担い手

日本でも産業競争力強化に向けた視点が必要になってきます。

日本は島国です。資源が希少であることを前提に CN に向けて自国でやることをやり切りながら能動的に国際イニシアティブを立ち上げて国際連携を働き掛けていくことが求められます。

排出量削減、価格転嫁、技術のオプションリティ拡充は、グローバル全体共通の課題なのです。

もう一つ、日本で考えるべきポイントがあります。日本の産業集積と再投資です。日本ではこれまで素材、製造、需要が、製品・工程ごとに異なる企業がそれぞれの役割を果たしていました。分散されたセグメントごとに競争が進みサプライチェーンが細分化される形で構築されてきました。これからは、人口減少、資源希少、の2点を前提にサプライチェーンを統合していく連携の枠組みが求められてきます。

地域や産業単位で集積を進めて集積場所に重点的な再投資を行う。そしてサプライチェーン全体を統合する。デジタル製造を通じて省人化を図って生産効率を上げる。皆が結集して内需を盛り上げる。経済が盛り上がるから CN の価格転嫁の土台ができる。産業の集積、大規模投資、サプライチェーン全体の捕獲、デジタル製造がこれからのキーワードになってくると考えられます。

目次

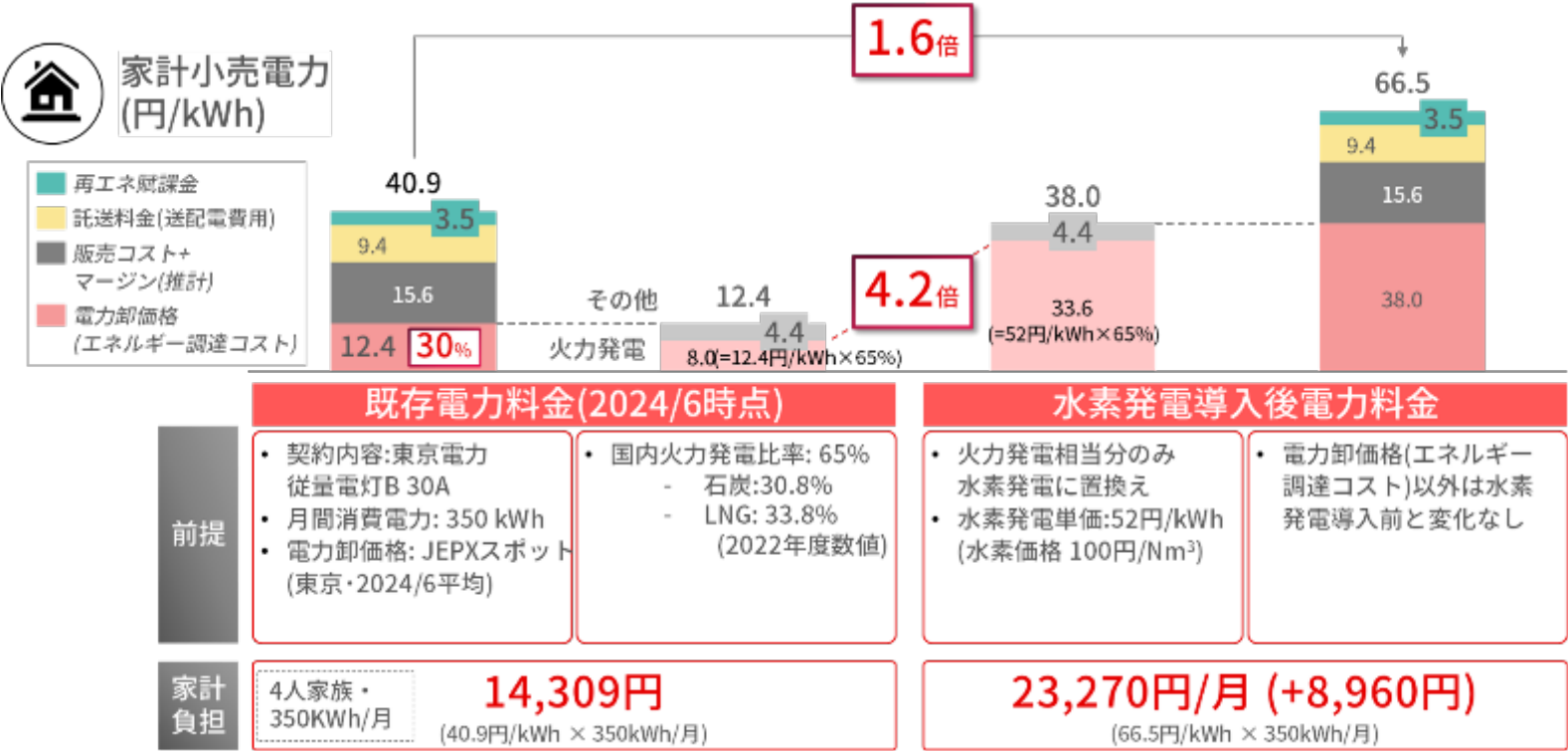
はじめに（白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的）	P4
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州（EU＋英国）	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギーtransition全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201



3. 日本における CN に向けた現況と課題

3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト

■ 水素発電導入による家計小売電力料金の変化試算 (現在国内火力発電全体・水素 100 円/Nm³ ケース)



Note: 計算に際して小数点第二位以下は四捨五入している

Source: [東京電力 \(1/2\)](#); [東京電力 \(2/2\)](#); [JEPX](#); [経済産業省](#)

■ 水素発電導入による家計小売電力料金の変化試算 (現在国内火力発電全体・水素 100 円/Nm³ ケース)

新技術実装の価格転嫁を定量的にイメージしていきます。単純な計算で火力を水素に置き換えた場合の価格インパクトを考察してみます。

まずは日本の家庭向け電力価格を分解してみました。現在の家庭向け小売電力価格は 40.9 円/kWh です。内訳を 4 つに区分しました。

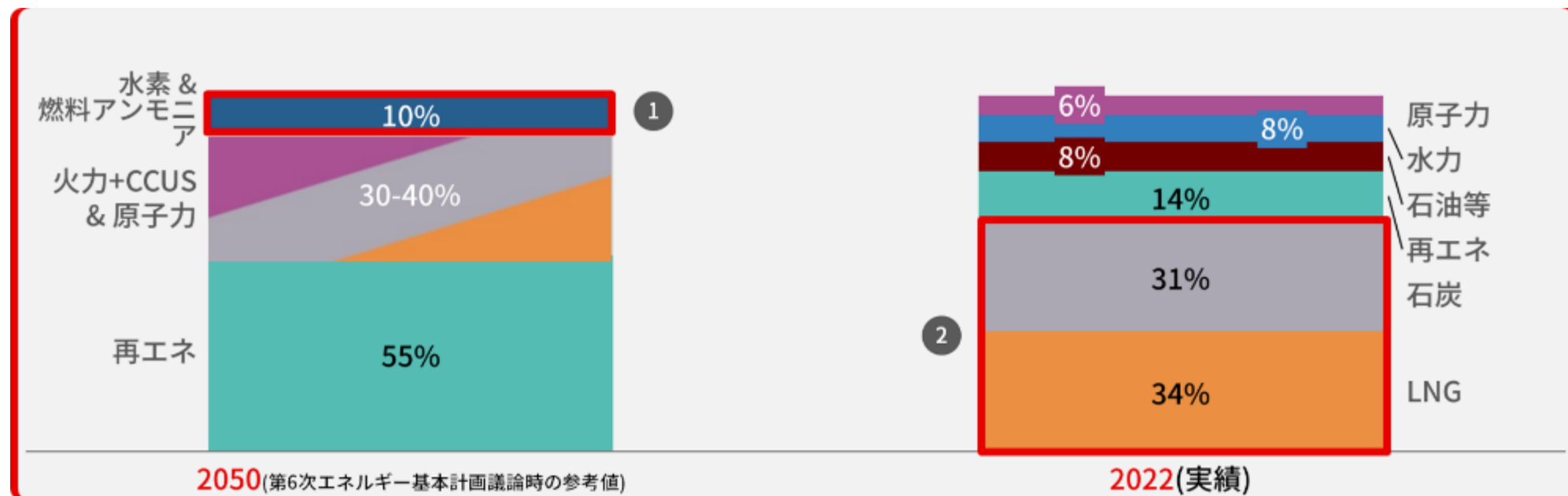
1 つ目が再エネ賦課金です。3.5 円/kWh (緑色) となります。2 つ目が託送料金 (送配電費用) です。9.4 円/kWh (黄色) となります。3 つ目が規制コストです。15.6 円/kWh となります。4 つ目がエネルギー調達価格 (卸電力価格) です。12.4 円/kWh となります。エネルギー調達コストは全体の 30% ($12.4/40.9 = 30\%$) であることが分かります。

次にエネルギー調達コストを分解してみます。火力が 8.0 円/kWh、その他が 4.4 円/kWh に区分されます。この火力 8.0 円/kWh を 100 円/Nm³ の水素価格 (仮値) で代替した場合の追加コストを試算してみました。

現在の火力の価格は 8.0 円/kWh です。日本の火力発電所の容量は 129GW、発電量は 6,528 億 kWh です。これを 100%水素に代替すると、8 円/kWh のコストが 100/Nm³ の水素 (≒52 円/kWh) に置き換わります。エネルギー調達コストが値差の分だけ上昇します。火力を水素に置き換えると火力のエネルギー調達コストが現状の 4.2 倍 (8.0 円/kWh→33.6 円/kWh) になります。小売電力価格全体では 1.6 倍 (40.9 円/kWh→66.5 円/kWh) になります。一家庭当たりの負担では毎月 14,309 円の電気代が 23,270 円に+ 8,960 円の追加負担が発生するものです。

これはエネルギー調達価格の負担のみを考慮した計算結果です。サプライチェーン維持費用やその他の費用は考慮していません。100 円/Nm³ の水素が実現し、全火力の発電を水素に置き換えた、単純な想定の実シミュレーションです。

■ 現在/将来の電源構成に基づく水素転換インパクト試算シナリオ



1 ベースケース

将来水素導入が見込まれる規模(10%)が実現した場合、電力価格はどうなるか？

2 参考シナリオ

現在の火力発電(65%)を全量水素発電に置き換えた場合、電力価格はどうなるか？

Source: [経済産業省\(1/2\)](#); [経済産業省\(2/2\)](#)

■ 現在/将来の電源構成に基づく水素転換インパクト試算シナリオ

日本の第 6 次エネ基を見てみます。

足元の 2022 年度では火力発電が全体発電量の 65% (34% + 31%) を占めています。第 6 次エネ基では火力の発電量を減少させて水素・アンモニア燃料へ全体の 10%が代替していくことが想定されています。この 10%には“10%が何の意味を持つか”ということよりも火力発電の燃料代替、CCUS、原子力といったあらゆる技術のオプションリティを確保していくことが重要になっていくべきだと考えます。

■ 水素転換インパクト試算 (追加家計負担)

小

家計負担

大

現在: 14,309円/月

(円/月)

低

高

想定電気使用量350kWh/月
(4人家庭想定)

転換規模	水素 転換率	水素価格(円/Nm ³)				
		30 (16円/kWh)	50 (26円/kWh)	100 (52円/kWh)	200 (104円/kWh)	300 (156円/kWh)
① ベースケース (電源構成の10%) (1,011億kWh/年)	100%	+113円	+477円	+1,387円	+3,207円	+5,027円
	50%	+57円	+239円	+694円	+1,604円	+2,514円
	20%	+23円	+95円	+277円	+641円	+1,005円
② 参考シナリオ (電源構成の65%) (129GW ¹ 6,528億kWh/年)	100%	+730円	+3,082円	+8,960円	+20,718円	+32,475円
	50%	+365円	+1,541円	+4,480円	+10,359円	+16,237円
	20%	+146円	+616円	+1,792円	+4,144円	+6,495円
③ プラント1基 (電源構成の1%) (1GW 70億kWh/年)	100%	+8円	+33円	+96円	+222円	+349円
	50%	+4円	+17円	+48円	+111円	+174円
	20%	+2円	+7円	+19円	+44円	+70円

(燃料価格差のみの試算。転換に係る設備費用等を含まない)

1. 2023 年 4 月時点の日本国内石炭、LNG 火力発電の出力合計値
Source: [東京電力 \(1/2\)](#); [東京電力 \(2/2\)](#); [JEPX](#); [経済産業省 \(1/3\)](#); [経済産業省 \(2/3\)](#); [経済産業省 \(3/3\)](#)

■ 水素転換インパクト試算 (追加家計負担)

シミュレーションの幅を広げます。

先ほどの計算をもう少し幅広いレンジで計算した結果はチャートのとおりです。

まず横軸です。横軸は**水素の導入価格の幅**を記しました。水素価格を 30 円/Nm³~300 円/Nm³ の範囲で想定しています。数字の下の()には、Nm³ を電力の単位 (kWh) に換算した価格を記載しました。想定は 4 人家族です。月に 350kWh の電力を使用しているお客さまを想定しています。現在の一家計当たりの負担は月額 14,309 円を想定しています。

次に縦軸です。縦軸は赤線でシナリオを区分しています。

シナリオ①では、第 6 次エネ基で示されている 10%の発電量を水素代替した場合の影響を計算しました。

シナリオ②では、現在稼働中の日本の全火力を水素代替した場合の影響を計算しました。

シナリオ③では、現在 20%のアンモニア代替が進んでいる碧南火力 (1GW) を水素代替した場合の影響を計算しました。

シナリオ①（全体の 10%の発電量を水素代替した場合の影響）では、分かりやすく水素価格 100 円で 100%水素代替した場合には、一家計当たりの毎月の負担額 + 1,387 円となることが分かります。消費者として受け入れやすい価格負担と言えます。

シナリオ②（現在の日本の火力全量を水素代替した場合の影響）では日本の発電容量 129GW、発電量 6,528 億 kWh/年を水素価格 100 円で 100%水素代替してみると、一家計当たりの毎月の負担額は + 8,960 円の追加負担が発生します。これはかなり大きな負担と言えます。

シナリオ③（1GW (= 1,000MW = 1,000,000kW = 原発 1 基分相当) を水素代替した場合の影響）では水素価格 100 円で 100%水素代替してみると、一家計当たりの毎月の負担額は + 96 円の追加負担が発生します。全家計で毎月 100 円の追加負担をしたら碧南火力の 100%水素代替を実証できると読み替えることもできます。

■ 水素転換インパクト試算 (追加家計負担)

ここで最も大切なことは水素で発電燃料の代替を進めることがすなわち水素で発電燃料を 100%代替することを意味していないということです。また現時点で水素が高いからといって将来の技術オプションの拡充を今諦めてはいけないということです。最低限でもサプライチェーンを導入しながら、再エネ、原子力、水素、CCUS、ありとあらゆるオプションを検証して最も経済合理的かつ環境負荷が小さいオプションを見定めていく必要があります。オプションナリティと経済性を考慮しながら技術のオプションを見定めるまで長期にわたって技術を育てていく必要があるのです。

■ 1 か月あたりの消費支出例

消費種別		月あたり消費支出額
 趣味・美容	 ジム会費	13,000円 (月額) (運動不足→前向きな出費)
	 高級化粧水	30,000円 (1本) (美しい→前向きな出費)
 飲食	 コンビニコーヒー	3,000円(150円/杯 × 20日分)
	 ランチ	10,000円(500円/回 × 20日分)
 電気代(現状+水素転換インパクト)		23,270円 (=14,309円 + 8,960円) ¹

人々は習慣に支配される傾向
 電気代の値上げは受け入れられづらいが、こうしたセグメントには気持ちよくお金を払う

1. 水素価格 100 円/Nm³として火力発電全量を置換えた場合の想定値

■ 1 か月あたりの消費支出例

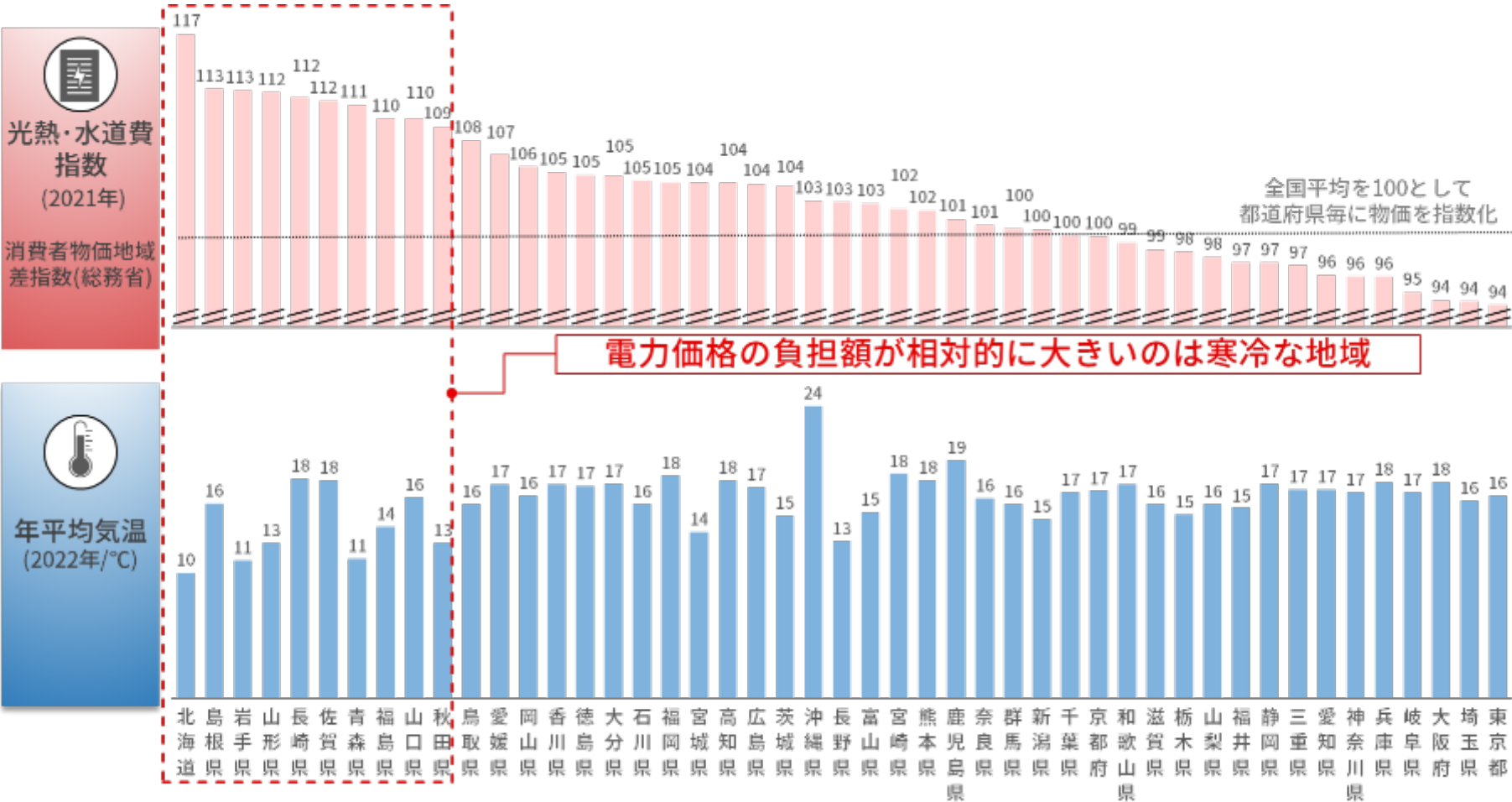
目線をもう少し **私たちの生活全般**に広げてみます。

少し運動不足になった、肌に艶を戻したい、私たちは一人の人間としてこうした気持ちを抱くことがあります。かなり気持ちよくジムに通い高級化粧品を購入したりします。これらは私たちにとって気持ちの良い出費なのです。良いことをしたという気持ちにお金を支払っています。月額 1~2 万円のジムの費用も 1 本 3 万円の化粧水も私たちは気持ちよく支払っているのです。

しかし電気代金が 1~2 万円値上げされると聞いたら首を縦に振る人は途端に少なくなります。環境に良いことをしたいと思っても、なぜか電気代金は消費というカテゴリーから抜け出せずにコストを負担するのは勿体ない気がします。私たちがジムに行くよりも水素・アンモニアの代替を受け入れた方が排出量の削減が進むのです。そもそも食事改善したら食費もジム費も浮くはずですが、私たちは食べたいものを食べてジムに行って脂肪を燃焼させます。

CN を達成するには私たちがスーツを脱いで消費者の顔に戻って考えてみなければなりません。なかなかそれができない。私たちは習慣に支配されているのです。大事なことは、私たちが何に幾らのお金を支払っているかバイアスと習慣を取り払って理解すること、これこそが地球にやさしい環境を作っていく第一歩なのかもしれません。

■ (参考) 電力価格変動インパクトの地域差

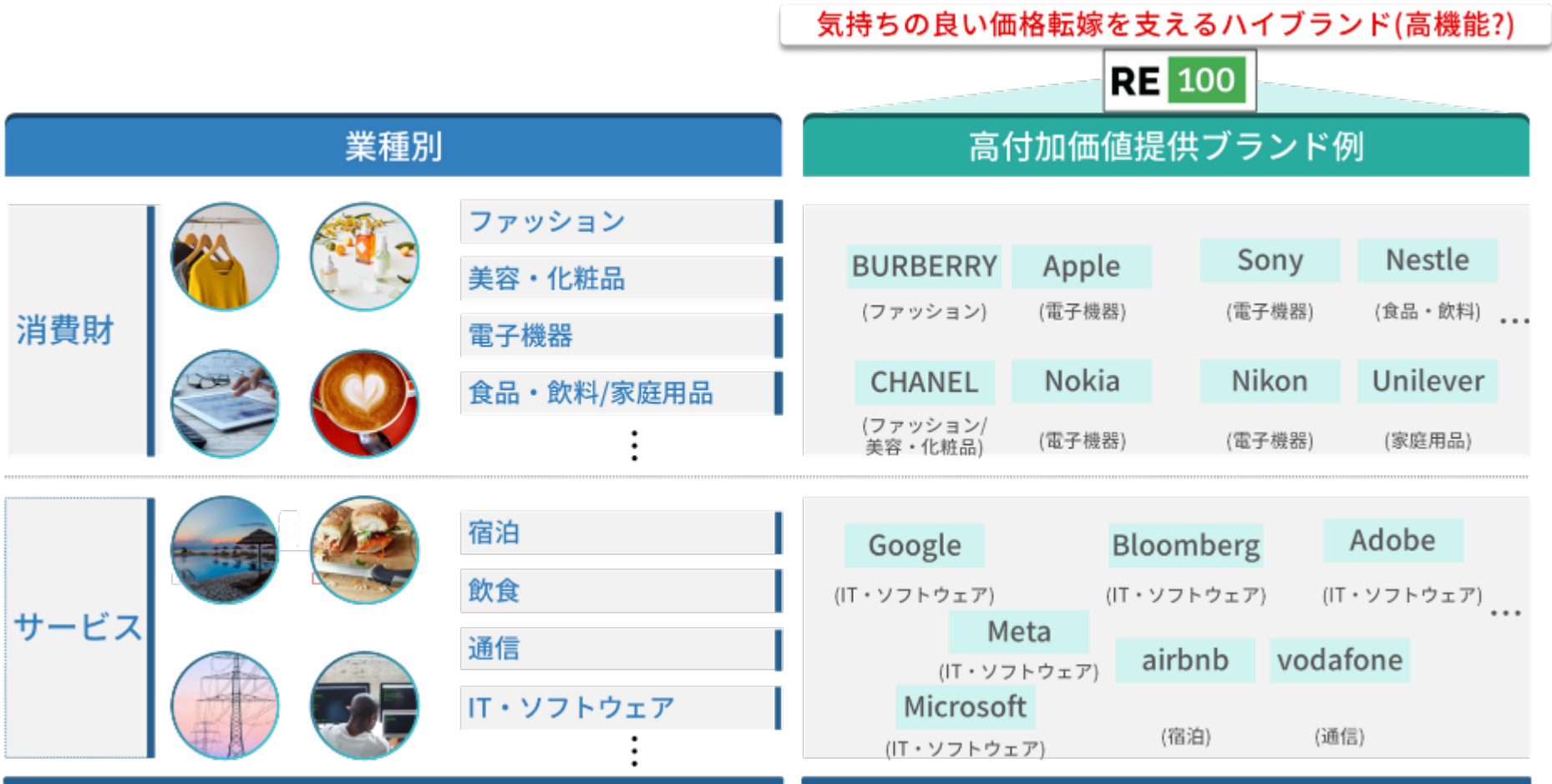


Source: 日経新聞; 統計でみる都道府県のすがた 2024 (stat.go.jp)

■ (参考) 電力価格変動インパクトの地域差

ここまで家庭用電力価格の推移を見てきましたが、ここでは**地域ごとの特徴**を見てみます。電力価格は国内統一の価格は存在せずに地域ごとに異なる価格が適用されます。電力需要の高さが高い地域で電力価格が高くなります。特に、寒い地域または暑い地域ではエアコン需要のニーズが高く消費電力の高さが高いため電力価格が高くなる傾向があります。寒い地域と暑い地域の区分で見ると寒い地域で光熱・水道費が物価に占める比率が高くなります。電力価格の変動が与える影響が大きいことが分かります。こうした地域では電力需給を安定させて価格変動を抑える、また気候がシビアな時にこそ電気を届けて市民の生命の安全性を確保することが何よりも大切になります。

■ 高付加価値製品・サービスを提供するブランド



Source: [Climate Group RE100](#)

■ 高付加価値製品・サービスを提供するブランド

私たちの気持ちの良い出費は何かをリストにしてみました。

一人の消費者の顔に戻ってみると、ファッション、美容、電子機器、宿泊、飲食、通信、IT、こうした領域には私たちは“気持ちの良い出費”をしている傾向があります。値段以外のモノやコトを求めています。思い出とか、味とか、機能とか。値段ではない何かにお金を支払っています。

しかし電気代金には個人の思いが込められません。エッセンシャルサービスとしてそこにあるのが当たり前だと感じてしまっているからです。値上げされると不満が出る。勿体ないと感じる。この習慣を見直していくか、RE100 を表明している高付加価値産業の皆さまと密接に関連した価格転嫁の仕組みが有効になるのかもしれませんが。

■ 日本における水素発電導入に伴うインパクト試算 (追加社会コスト)

(燃料価格差のみの試算。転換に係る設備費用等を含まない)

年間想定電気使用量1兆106億kWh
(2022年度国内総発電量)

社会コスト		水素価格(円/Nm ³)				
GDP ¹ : 558兆円 (兆円/年)						
転換規模	水素 転換率	30 (16円/kWh)	50 (26円/kWh)	100 (52円/kWh)	200 (104円/kWh)	300 (156円/kWh)
① ベースケース (電源構成の10%) (1,011億kWh/年)	100%	+0.3兆円 (0.1%)	+1兆円 (0.2%)	+4兆円 (0.7%)	+9兆円 (1.7%)	+15兆円 (2.6%)
	50%	+0.2兆円 (0.03%)	+1兆円 (0.1%)	+2兆円 (0.4%)	+5兆円 (0.8%)	+7兆円 (1.3%)
	20%	+0.1兆円 (0.01%)	+0.3兆円 (0.05%)	+1兆円 (0.1%)	+2兆円 (0.3%)	+3兆円 (0.5%)
② 参考シナリオ (電源構成の65%) (129GW ² 6,528億kWh/年)	100%	+2兆円 (GDP比0.4%)	+9兆円 (1.6%)	+26兆円 (4.6%)	+60兆円 (10.7%)	+94兆円 (16.8%)
	50%	+1兆円 (0.2%)	+4兆円 (0.8%)	+13兆円 (2.3%)	+30兆円 (5.3%)	+47兆円 (8.4%)
	20%	+0.4兆円 (0.1%)	+2兆円 (0.3%)	+5兆円 (0.9%)	+12兆円 (2.1%)	+19兆円 (3.4%)
③ プラント1基 (電源構成の1%) (1GW 70億kWh/年)	100%	+200億円 (0.004%)	+0.1兆円 (0.02%)	+0.3兆円 (0.05%)	+1兆円 (0.12%)	+1兆円 (0.2%)
	50%	+100億円 (0.002%)	+500億円 (0.01%)	+0.1兆円 (0.02%)	+0.3兆円 (0.06%)	+1兆円 (0.1%)
	20%	+50億円 (0.001%)	+200億円 (0.003%)	+0.1兆円 (0.01%)	+0.1兆円 (0.02%)	+0.2兆円 (0.04%)

後頁
参照

1. 2023 年度の実質 GDP; 2. 2023 年 4 月時点の日本国内石炭、LNG 火力発電の出力合計値
Source: [東京電力 \(1/2\)](#); [東京電力 \(2/2\)](#); [JEPX](#); [経済産業省 \(1/3\)](#); [経済産業省 \(2/3\)](#); [経済産業省 \(3/3\)](#); [内閣府](#)

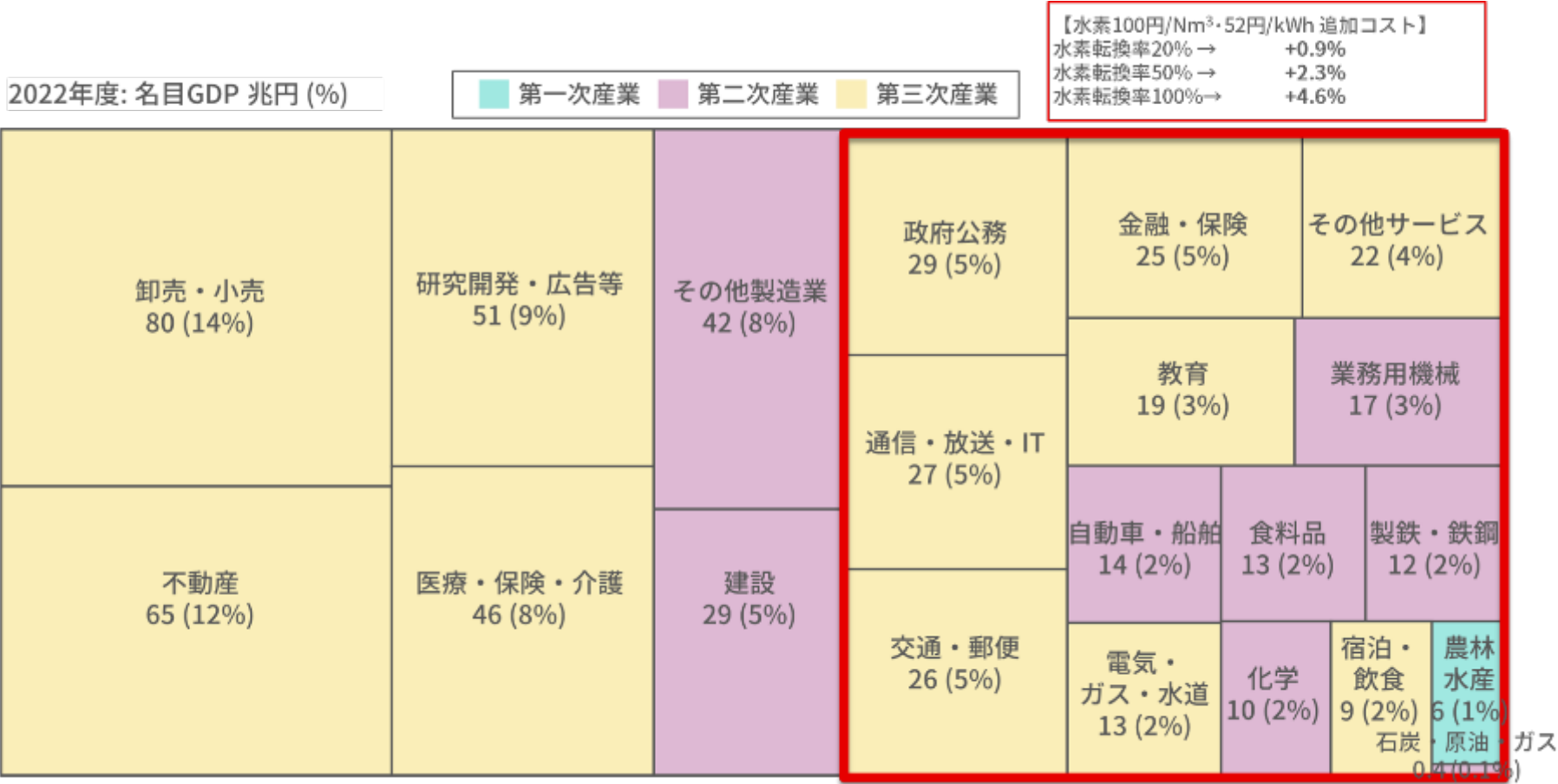
■ 日本における水素発電導入に伴うインパクト試算 (追加社会コスト)

先ほどのシミュレーションを別の形で試算しました。水素代替のコストを国の財源で全額負担したケースを想定してみます。

水素代替の追加コストを電気代金を通じて産業・家計に転嫁せずに国家の財政で負担した場合の影響です。縦軸と横軸は先ほどと同じです。

例えば、水素価格を 100 円/Nm³ (52 円/kWh)、日本の全火力を 20%代替、50%代替、100%代替したと想定します。その場合のコストの増加を、全額国家支援で賄った場合には +5 兆円、+13 兆円、+26 兆円の財政負担となります。日本の 2023 年度実質 GDP は 558 兆円であり GDP の 1~5%弱の燃料費用の増加に繋がることになります。

■ (参考) 日本の産業別 GDP マップ



Note: 各経済活動の名称は内閣府の経済活動分類を基に代表的な経済活動に絞って記載

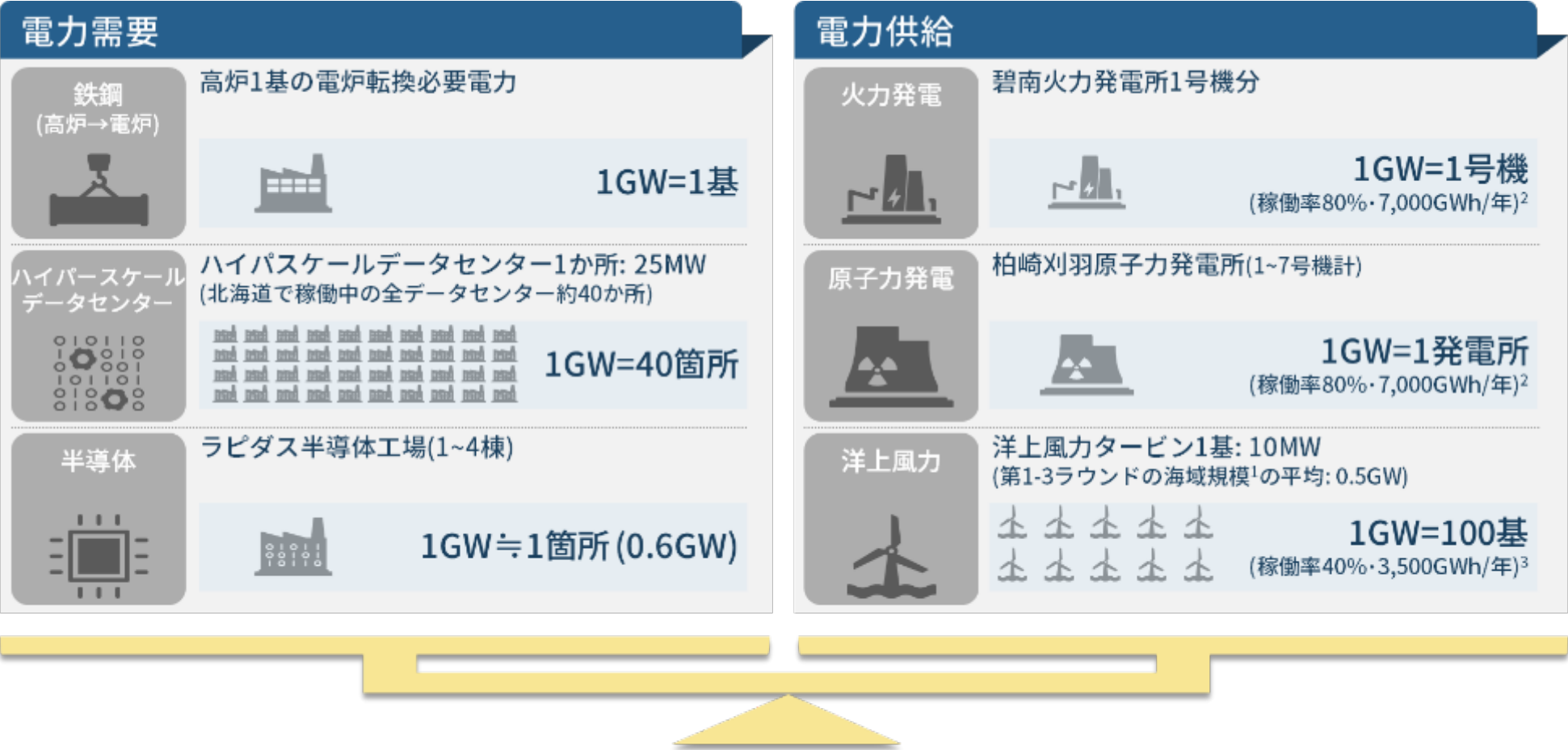
Source: [内閣府](#)

■ (参考) 日本の産業別 GDP マップ

GDP 1~5%の意味合いを見ていきます。こちらは日本の産業別名目 GDP マップです。

GDP の 1~5%は、通信、交通、金融、教育、自動車などのセグメントが生み出す GDP と同じ金額です。こうした主要産業が生み出す GDP と同じ金額を燃料費増として負担できるかどうかを考える必要があります。この価格のままでは社会実装はできません。しかし CN に向けた技術のオプションリティを確保しなければなりません。常に GDP と CN の境目に答えがあります。オプションはオプションとして、スケールはスケールとして事業のステージに合った政策/金融支援が求められます。

■ 電力 1GW の意味合い



1. 長崎県五島市沖(浮体式洋上風力)を除いた 9 海域の平均値を採用; 2. $1\text{GW} \times 24 \text{時間} \times 365 \text{日} \times 80\% \approx 7,000\text{GWh}$; 3. $1\text{GW} \times 365 \text{日} \times 40\% \approx 3,500\text{GWh}$

Source: [JERA](#); [東京電力](#); [電気新聞](#); [日本製鉄](#); [Softbank](#); [北海道新聞](#); [経済産業省](#) (as of May 2024)

■ 電力 1GW の意味合い

1GW は何を意味するか、1GW を肌感覚として理解する上で、需要と供給のサンプルを列挙しました。

需要側で見ると:

- ① 鉄鋼の高炉 1 基を電炉に切り替えた場合に、電炉が必要とする電力量が 1GW = 1 基となります。
- ② ハイパースケールのデータセンターは 40 か所で 1GW になります。
- ③ 半導体工場では主要工場 1 か所で $\approx$ 1GW 相当の需要になります。

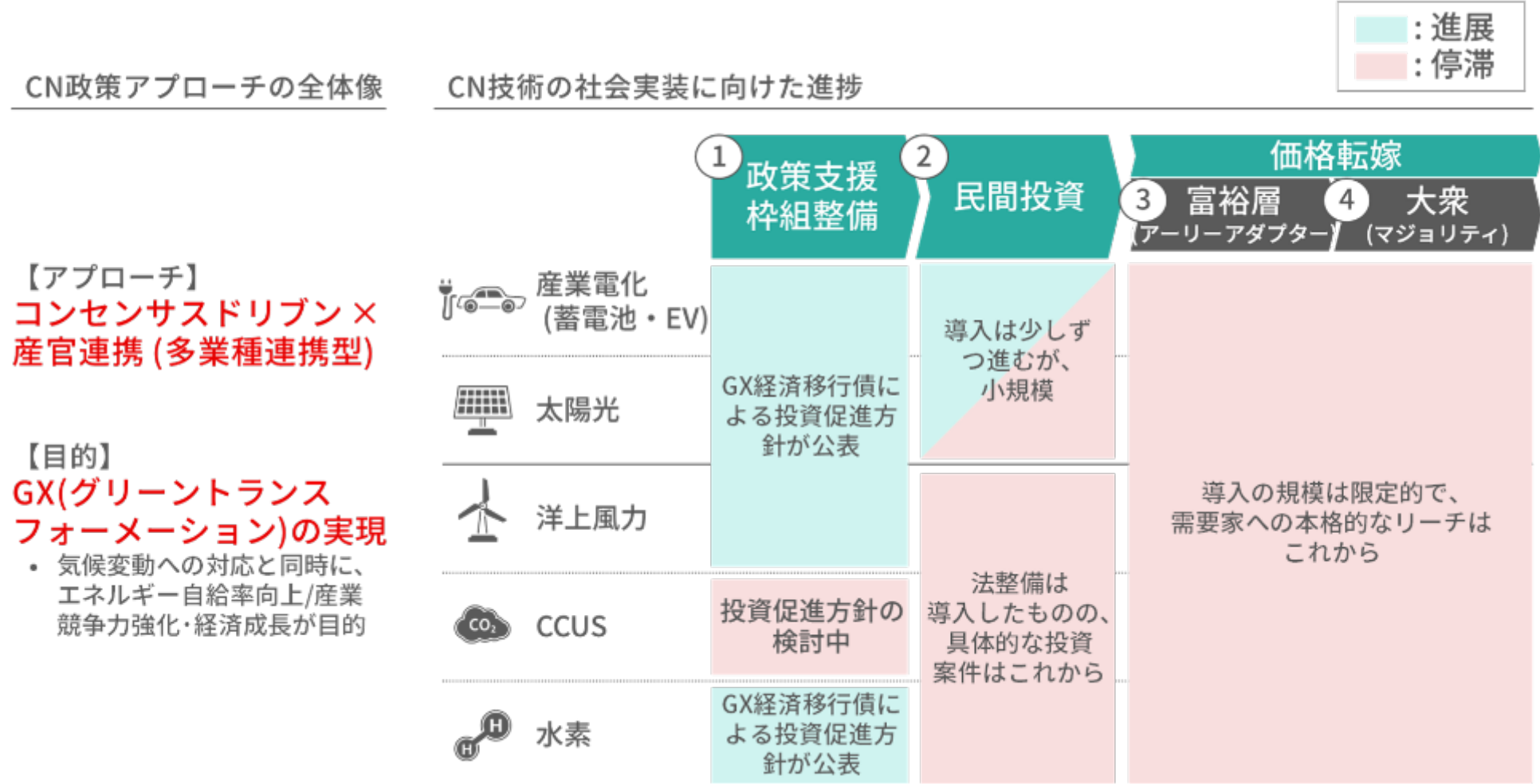
供給側で見ると:

- ④ 現在 20% のアンモニア代替が進んでいる大型火力発電が 1GW = 1 号機分となります。
- ⑤ 原子力発電も 1GW = 1 発電所分となります。洋上風力は 1GW = 100 基分に相当します。

今後、半導体・データセンターなどの新規需要が見通される中、再エネ、原子力、火力低排出などのグリーン・クリーン電源の確保が求められます。

1GW の新規需要に、こういった 1GW の新規供給量を確保するかが今後の課題となります。

■ 日本の取組みと進捗 (進展と停滞)



■ 日本の取組みと進捗 (進展と停滞)

改めて日本の現状をラップアップします。

日本では産官連携（コンセンサス・ドリブン）のアプローチが採られています。政策支援は GX 経済移行債で財源が確保され、電化、太陽光、洋上風力、水素などで支援の枠組み整備が進んでいます。日本の政策においても PL 支援、BS 支援、双方の組み合わせが導入されています。

日本は欧米と比べて政策施行タイミングが 1 年遅い分だけ効果検証は今後となります。足元まで順調に支援枠組みの整備が進められています。蓄電池、太陽光、EV では民間投資も進み始めています。

CN は、CN のゴール（ビジョン）と事業の経済性（リアリティ）の両面が求められます。CN のビジョンを達成するには技術のオプションを拡充 (Optionality) しなければなりません。技術オプションの中で事業のスケールを追求していくには事業の経済性 (Economic Viability) が確保されていなければなりません。事業の予見性を長期にわたって高めていくには価格転嫁の実現に向けた消費者の気づきと理解 (End-user Awareness and Understanding) が求められていきます。

目次

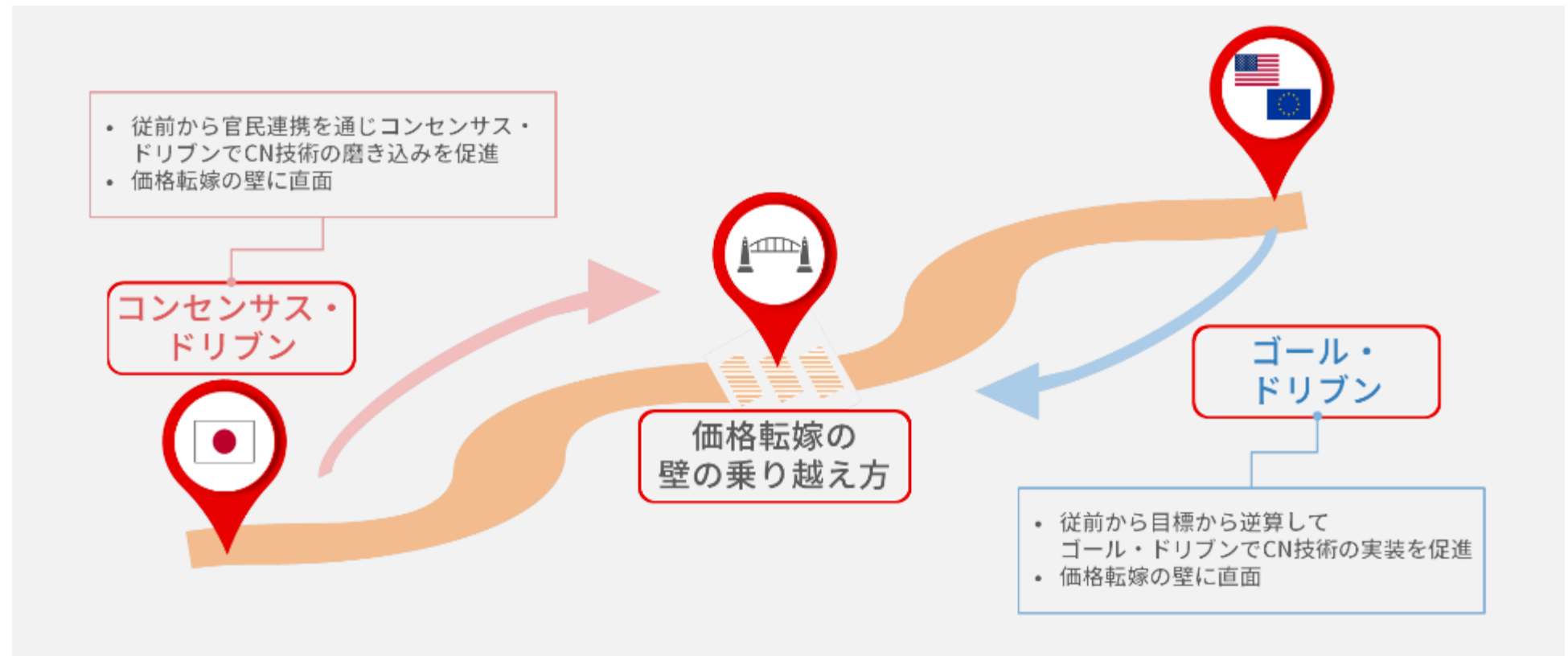
はじめに（白書1.0、2.0の振り返りと白書3.0の目的）	P4
エグゼクティブ・サマリー	P19
【白書3.0(2024)】	
1. グローバル経済動向	P27
2. 欧米における脱炭素に向けた現況と課題	
1. 米国	P30
2. 欧州（EU＋英国）	P64
3. 欧米共通課題	P99
3. 日本におけるCNに向けた現況と課題	
1. エネルギートランジション全体への考察	P102
2. 現況: 日本の政策支援・企業活動の進捗	P125
3. 課題: 水素導入による電力価格インパクト	P144
4. 今後更なる考察が必要なポイント	P166
Appendices	P201



最後に今後の考察が必要なポイントをまとめてみます。

4. 今後更なる考察が必要なポイント

■ 各国・地域における CN に向けたアプローチが抱える課題



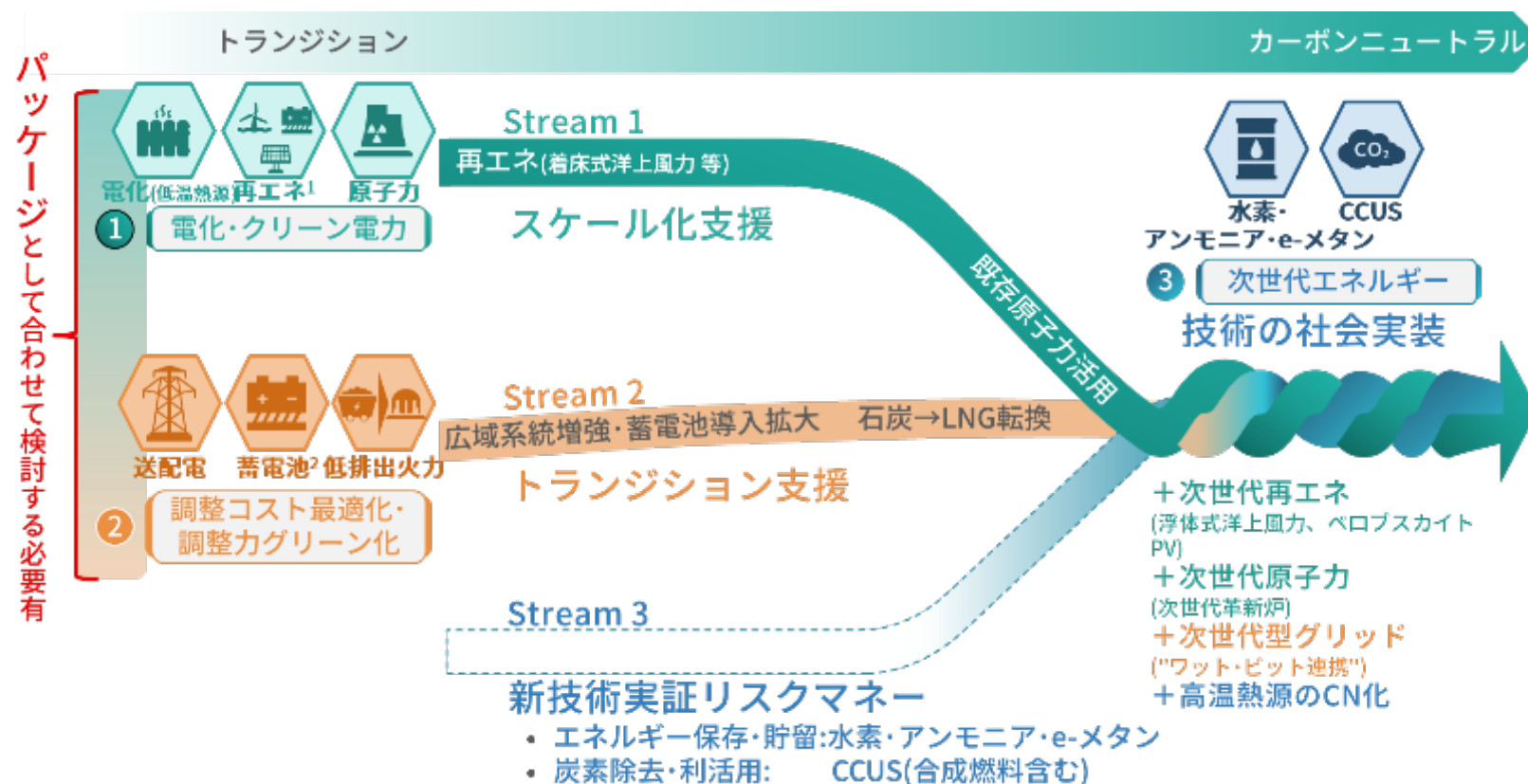
■ 各国・地域における CN に向けたアプローチが抱える課題

現在**全ての国が同じ課題**に向き合っています。

各国、それぞれのアプローチで CN に向けた取り組みが進められてきました。欧州は規制・目標、米国はインセンティブ・市場、日本は産官連携（コンセンサス重視）、それぞれに違いがあるものの、**東洋・西洋の言語やガバナンス手法の違いもあり、ゴール・ドリブンの国とコンセンサス・ドリブンの国ではゴールに向けたアプローチや捉え方が多少違うように思われます。**でも同じゴールをめざしていることに変わりはありません。互いのやり方をリスペクトして他国の事例をしっかりと学んで自国の政策に活かす、自国の成果を世界と共有する視線が求められます。

こうした相互連携の果てに、CN が実現していくように思えます。ゴール・ドリブンであっても、コンセンサス・ドリブンであっても、新しい CN 技術は割高なコスト負担を伴いますので、常に**価格転嫁の壁**が存在します。**国際連携を通じて価格転嫁の壁をどのように超えていくか、これこそが究極の問い**であると言えます。

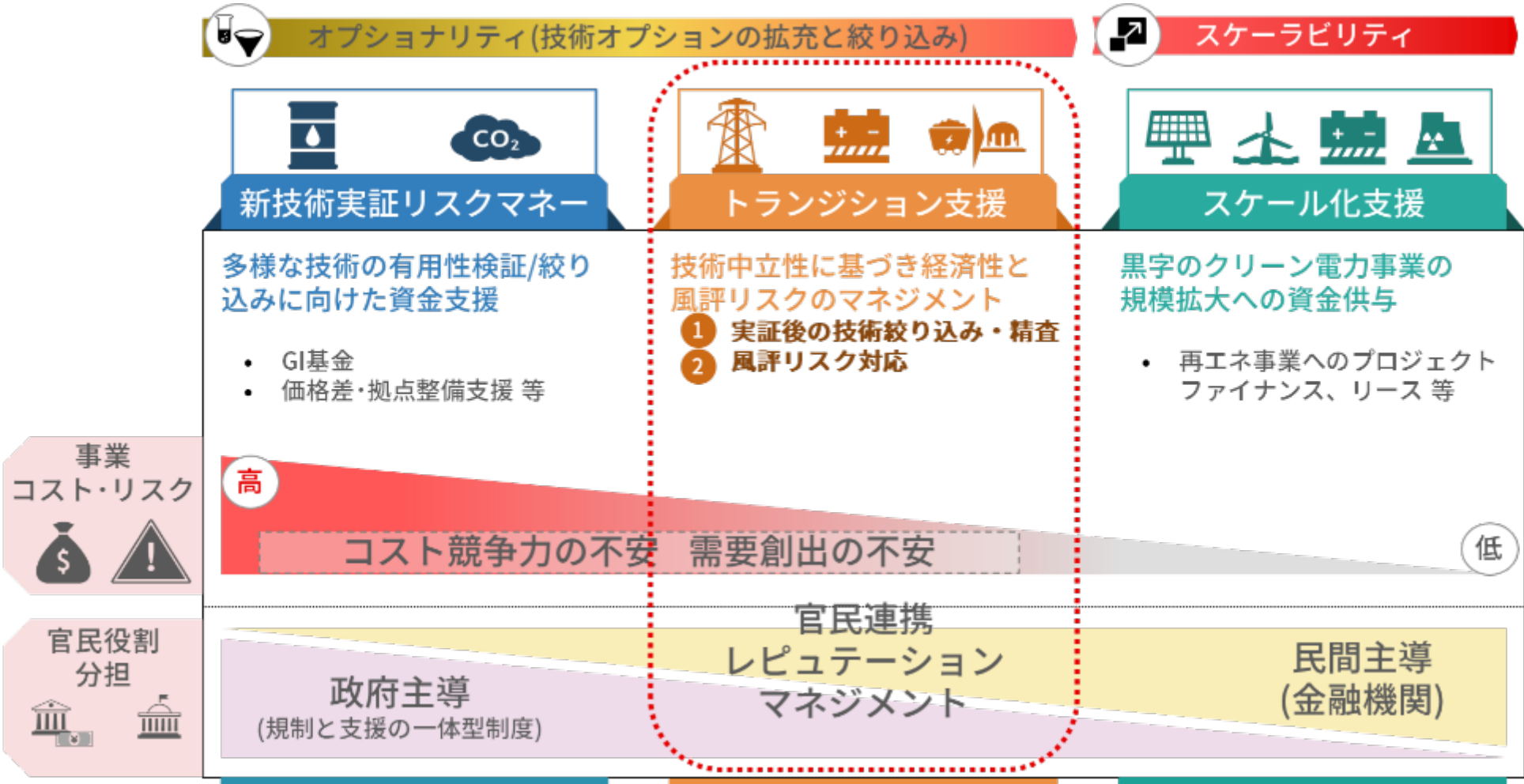
■ CN に向けたエネルギー転換プロセス



ヨガの絡め手を再掲します。大雑把に、電気と熱に関わる CN 技術を、ストリーム 1 の電化/グリーン・クリーン電力、ストリーム 2 の再エネ変動吸収・調整の最適化・グリーン化、ストリーム 3 の次世代技術の社会実装に区分してみました。

1. 再エネ併設の蓄電池含む; 2. 系統用蓄電池

■ トランジションの実現に必要なファイナンス類型



■ トランジションの実現に必要なファイナンス類型

ストリーム 1～3 の整理を踏まえ、政策支援・ファイナンスのあり姿を考察します。

まず、左側（青）から見ていきます。新技術の実装ステージは技術を育てるステージとなります。このリスクマネーの拠出には政府主導の政策支援枠組み（BS 支援や PL 支援）が有効です。日本でも GI 基金（BS 支援）や水素・アンモニア等の値差補填（PL 支援）および拠点整備支援（BS 支援）が技術育成を支えています。

次に右側（緑）を見てみます。技術実証が既に終わり事業の経済性も確保されているステージでは、民間のファイナンスでスケールを追求していくことになります。プロジェクトファイナンスやリースなどさまざまな金融商品の提供が可能です。民間金融機関の腕の見せ所です。

最後にハイライトしたいのが中央（黄）です。青でもなく緑でもない、この領域をトランジション支援と名付けてみました。ストリーム 1 で電化・グリーン/クリーン電源の導入が進み、ストリーム 2 で再エネの変動性を吸収・調整する技術が導入されます。この 2 つのストリームは相互に補完し合って排出削減と電力系統の品質担保が達成されます。ストリーム 2 は蓄電池、送配電、火力低排出などさまざまな方法があります。しかし現在は蓄電池は蓄電池、送配電は送配電、火力は火力と個別テーマごとにファイナンスの検討が分断されて実施されています。本来は全て調整手段という一つのカテゴリーで捉えて蓄電池、送配電、火力低排出のどれが有効か、効率と価格の両面で比較して統合的視点で資金配分を見定めていく必要があるように思われます。個別テーマを詰めるのではなくていったん引いて俯瞰して見定める機会が求められています。こうした検討を産官連携で整理していく必要があります。もう一つは風評リスクの対応です。火力の低排出や石炭からガスへの転換は現実的なトランジションだと言う人もいればロックインだと言う人もいます。どういう状況が整えば、その国、その地域で必要なトランジションをファイナンス支援できるか、国際金融イニシアティブでさらなる言語化が求められます。

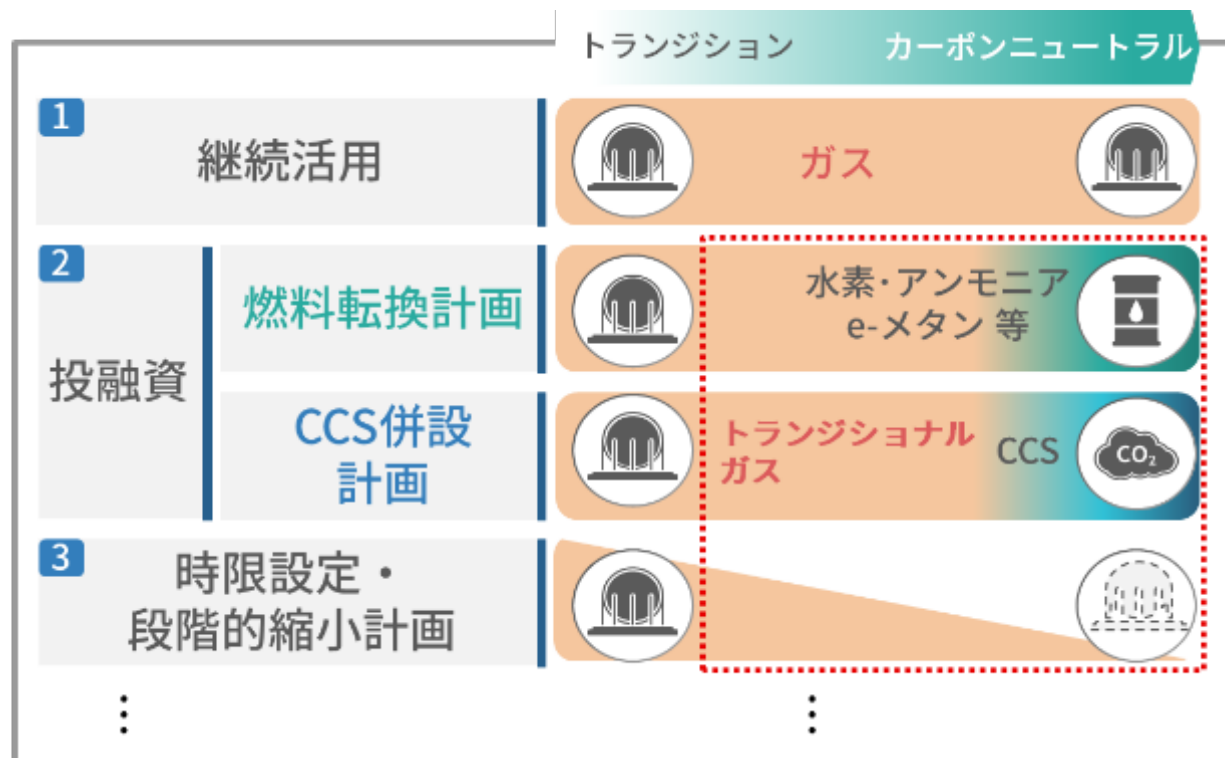
お客さまから次のお話をいただきました。事業者が投資判断を行う際には 2 つの課題が存在しています。一つはコスト競争力への不安、もう一つが需要創出への不安です。2 つは密接に関係していますが微妙に異なるところもあります。このため日本では規制と支援の一体型制度が検討されてい

■ トランジションの実現に必要なファイナンス類型

ます。例えば技術のコストが右肩下がりに下がっていくイメージを実現させるため、設備投資支援（BS 支援）や値差補填支援（PL 支援）が検討されます。そして公共調達あるいは規制による民需の創出など政策ツールが機能していきます。

段階的に導入される政策支援の細目を理解して議論することも大切ですが、政策主導、民間主導という言葉の解像度を上げ、誰が、何の政策で、何を進め、何を実現させるか、全体のストーリーをもって、政策や民間努力の位置付けを明確にしていくこともまた大切になってきます。

■ ガスのトランジション支援類型



- 何をするすることで
トランジショナルガス
として国際認知が得られるか
(“ノーロックインガス”の更なる具体化)
- 国際金融で何を議論し、
どのようにレピュテーション
リスクをマネージするか

官民連携で対応する必要

”あなたはガスにお金を貸せますか？”

国際金融で議論を重ねることが必要

■ ガスのトランジション支援類型

ガスを例にとってみます。

石炭からガスに燃料転換すれば CO₂ の排出量を 65%減少させることができます。しかしガスへの切り替えだけではゼロになりません。足元は減りますが、ゼロにはなりません。こうした技術を支援するには何が必要なのでしょう。将来、水素、e-メタンなどに代替して低排出を実現できるかもしれない、CCS を併設して排出量をゼロにできるかもしれない、使用期間を限定することで、ゼロに近付けることができるかもしれない。今は確定できていなくても、こうしたオプションを広く持ち、オプションの有効性を毎年精査している資産、企業があるとしたら、私たちは融資に応じることができるのでしょうか。国際金融イニシアティブで議論して言語化を極め、フレームワークの解像度を高めなければなりません。例えば、あなたはガスにお金を貸せますか? どのようなガスなら融資に応じることができるのか、できないのか、国際金融でしっかりと議論することが大切です。

■ ガストランジションに向けたコンソーシアムの意義

民間×民間⇄政府×政府間の連携

民間×
民間



- コンソーシアムを組み、国内外の資金・自社技術を結集
- 貨幣価値に換算し排出削減量を国家間移転

(例)

e-NG Coalition
(「e-メタン」連合)

ANGEA
(アジア天然ガス・
エネルギー協会)

...

各国の排出量削減に
貢献・貨幣価値換算



各国の排出削減量を
NDCにカウント

政府×
政府



- 民間×民間の取引(=排出削減国家間移転)を
各国NDCカウントに反映
(政府×政府で裏書)

- 民間×民間の排出量
削減転売の取り組みを
**政府×政府の取り組みで
裏書**
- 国越境型の排出削減が
民間合意を基にNDC反映
- **グローバルレベルでの
カーボンのクレジット取引
の土台創出に繋がる**

Source: [東京ガス](#); [Asia Natural Gas & Energy Association](#)

■ ガストランジションに向けたコンソーシアムの意義

もう一つ、民間の取り組みを政府が裏書きしていくことも求められます。

例えば、e-メタンは e-NG、天然ガスは ANGEA というグローバルコンソーシアムが立ち上がっています。この 2 つの取り組みを通じて、民間セクターでは国境を越え、各国の技術、資金を持ち寄り、足元のエネルギー問題、将来の環境問題への対応を議論しているのです。

こうした民間の国際連携の取り組みを国がしっかりと裏書きすることができれば、こうした取り組みは発展を遂げていきます。例えば、A 国と B 国の企業が、技術と資金を持ち寄り、A 国で低排出技術の実装に成功したとします。その削減効果を、民間取引で B 国の企業が A 国の企業から購入したとします。その場合に CO₂ の削減効果を、A 国の NDC から B 国の NDC に反映することができないか、その逆も然りです。

こうした取り組みが進むことで将来カーボンクレジットが導入された際にグローバルでカーボンクレジットを流通させる基盤に繋がります。こうした民間のボランタリーの取り組みをしっかりと国も裏書きして産官学金の連携で発展させることが大切になってきます。

■ ワット・ビットを統合した電源需要・供給のマッチング

事例: 首都圏データ需要に応えるため、再エネ100%データセンターをどこに立地させるか?

ワット主体(電力)



ビット主体(通信)



再エネの供給、需要のマッチングに際しては、品質・経済性観点からワット・ビットを統合して考える必要
将来的にはPower to Agri/Food(再エネ植物工場 等)含め電力を「何で運ぶのが最適か」を判断していく

Source: [東京電力 PG](#) (2024/7)

■ ワット・ビットを統合した電源需要・供給のマッチング

統合的な視点が求められる事例をもう一つ紹介します。ワットとビットです。これは電力会社のお客さまから教えていただきました。

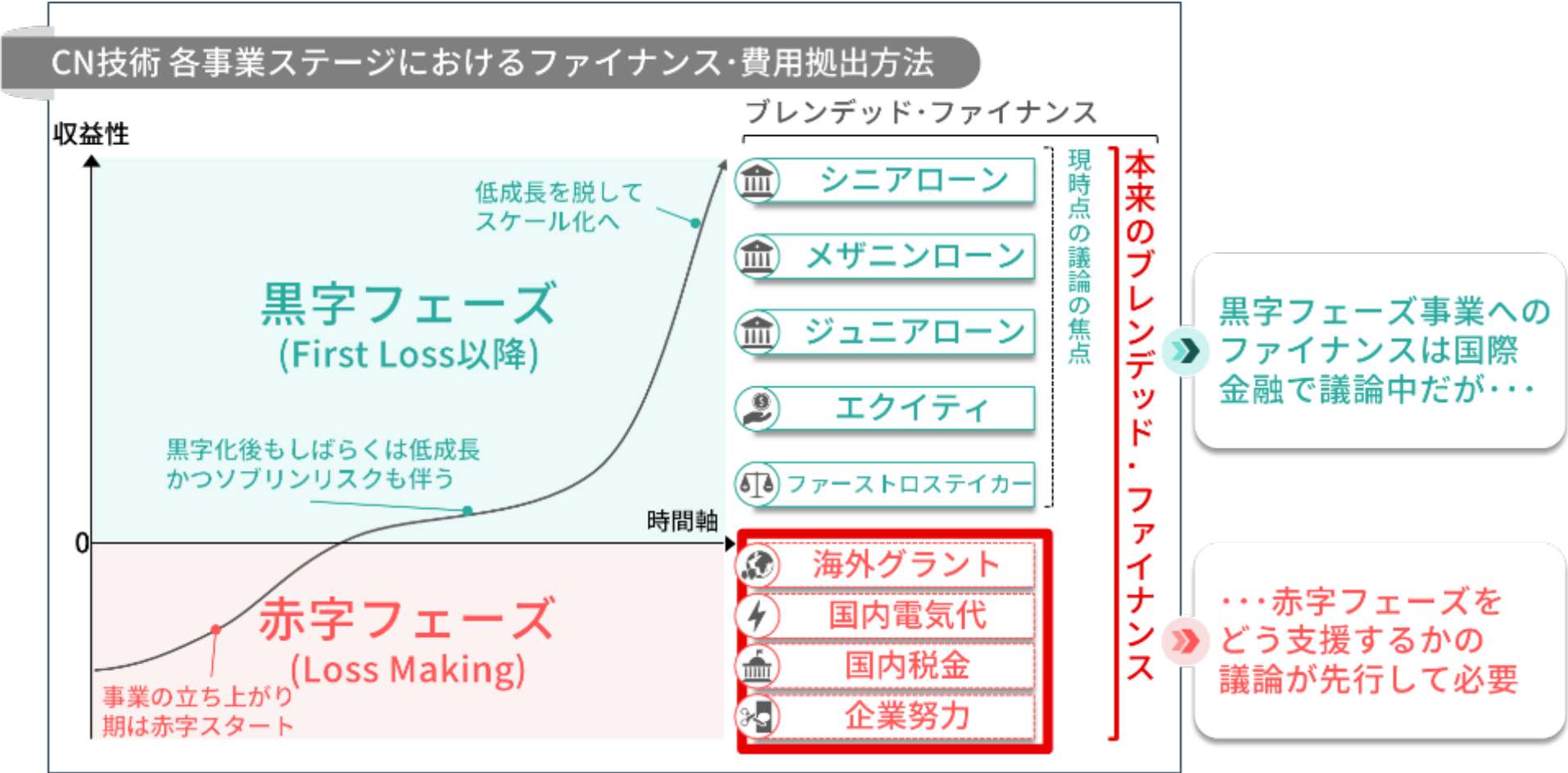
正確にはワットとビットではなくてワット・ビットです。今後、データセンターという電力の新規需要が立ち上がっていく見通しです。データセンターの電力源は再エネでの調達が求められています。このためデータセンターが設置される需要地と再エネ発電を建設する供給地をどのように接続するかという問題が出てきます。

一つは再エネの発電所とデータセンターの需要地を電力の送電線で接続するものです。つまり電気で送るという考え方です。

もう一つは再エネの発電所の隣にデータセンターを設置してデータセンターから通信網を通じてデータを輸送するものです。つまり通信データで送るという考え方です。

電気を輸送するか、通信で輸送するか、GX を効果的に進めていくためにワット・ビットを統合的な視点で捉えて最適解を見出していくことが求められます。さらに将来に向けては Power to Food、Power to Agriculture というコンセプトも検討され始めています。電力のポテンシャルがある地域で、電力を活用し、食糧生産や農業を進めて食糧や農作物の形で輸送を行うという発想です。電力はエネルギーを転換させた手段にすぎませんから、電力もまた輸送の新しい手段に転換させることを検討する自由度が必要です。通信網であり、食べ物であり、農作物であり、こうした統合的な視点で最も経済性、品質、利便性が高い選択肢を検討していく視点が求められています。

■ ブレンデッド・ファイナンスに関する国際議論



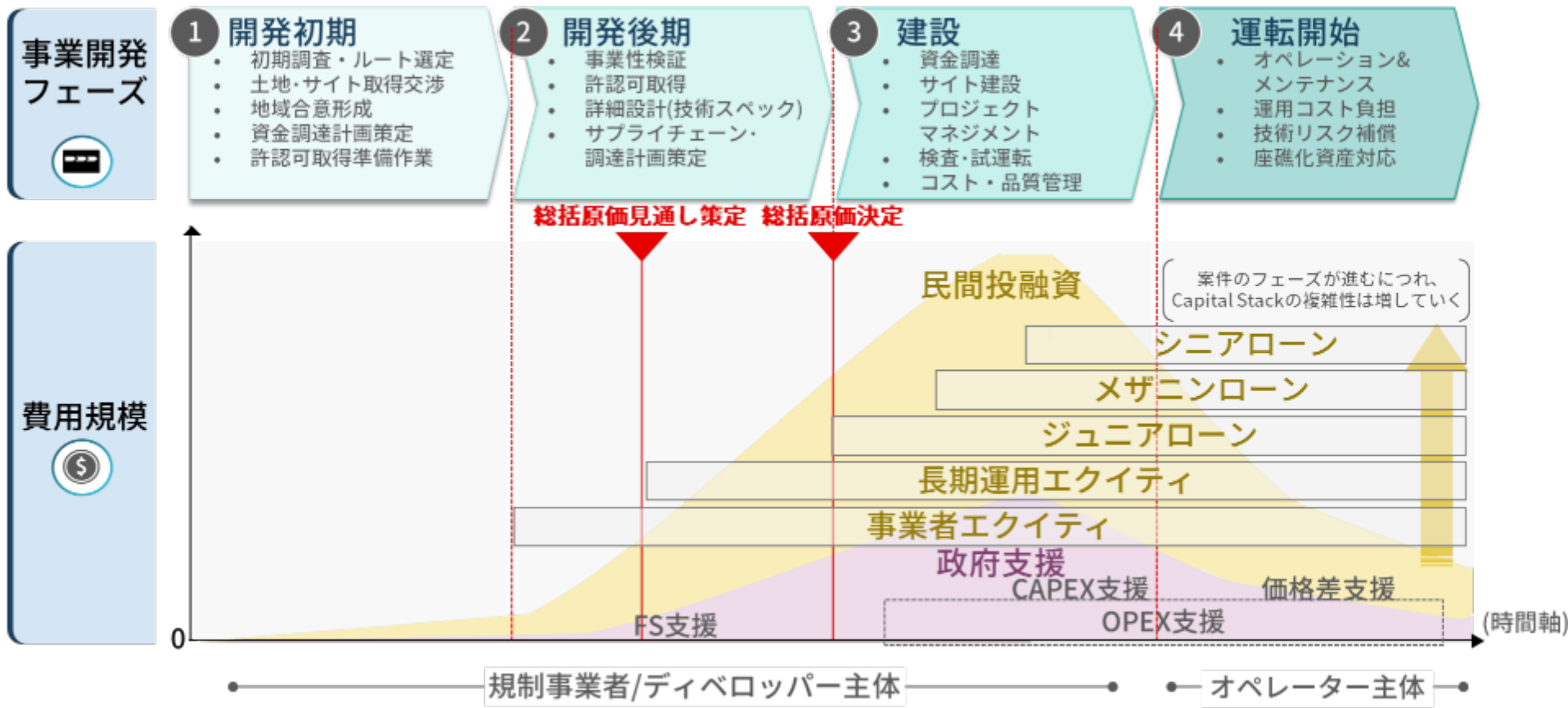
■ ブレンデッド・ファイナンスに関する国際議論

もう一つはブレンデッド・ファイナンスの重要性です。

グローバルで多国間金融連携を実現するため、政府系金融と民間金融機関が連携して資金仲介が難しい国で事業に資金が配分される仕組み作りが重要になります。技術が実証済で経済性もある程度担保されている技術でもソブリンリスクが高い国では投融資資金が集まりにくく、ファーストロステーカーである政府系金融や投資家のエクイティ、ジュニア、メザニン、シニアといった金融機関のマルチラテラルな連携でファイナンスをスケールさせることが重要です。ブレンデッド・ファイナンスが重要な役割を果たしていきます。

もう一つ、ファイナンスの機能の限界を見つめることも大切です。赤字の事業にファイナンスを付けると赤字が大きくなります。まず赤字が黒字になる仕組みを導入する、黒字になったらファイナンスを通じたレバレッジでスケールさせる、この2つを分けて考えなければいけません。赤字を黒字に転嫁するには国内外の補助金の枠組み（返済不要な資金の供与）やプロジェクト所在国の電気代金や税金を通じた価格転嫁など、企業の技術革新や価格低減の努力に加えて政策支援の仕組みが求められます。広義のブレンデッド・ファイナンスの仕組みと合わせて検討を進めていくことが求められます。

■ 事業開発フェーズごとのファイナンス類型



■ 事業開発フェーズごとのファイナンス類型

ブレンデッド・ファイナンスでは資本構成 (Capital Stack) がブレンド配分を決めます。ここではブレンドの成り立ち、つまり資本構成 (Capital Stack) が実現していくプロセスを示します。

まずプロジェクトをステージで区分します。①開発の初期、②後期、③建設、④商業運転開始後です。ステージが進む度に資本構成が複雑に育っていきます。

- ① 開発初期は、規制事業者やディベロッパーが 100%リスクマネーを負担しています。補助金でカバーされることもあります。
- ② 開発後期から建設にかけては、出資者の投資家層が拡充していきます。
- ③ 建設開始辺りから、メザニン、ジュニア、シニアとファイナンス資金が積み上がります。
- ④ 商業運転開始後は、投資家も年金や生保などの資本費が安くて長期に安定した投資家へバトンタッチされていきます。

このブレンド配分の妙が金融機関の腕の見せ所となりますが、開発初期はまずディベロッパーが事業調査、ルート設定、許認可の取得を進め、何の事業を実施していくのか明確に形付けしなければなりません。事業が形付けられていないとファイナンスの検討を進められないのです。許認可が進んでアセスメント費用の負担が重くなるにつれて投資家層が拡大していきます。徐々に資本構成 (Capital Stack) が育っていくのです。

最初からブレンドされた資本構成が実現することはありません。資本構成のブレンドは事業のステージが進むごとに複雑に育っていきます。この事実を冷静に見極めていくことが重要になります。事業が最初に形付けられなければブレンデッド・ファイナンスは機能を発揮できない、この点を直視する必要があります。

■ (終わりに) 本白書の目的整理

今回の白書の目的は、(結論ではなく)
余白を残して国際金融の重要なアジェンダの議論のきっかけにすること

- ① どのようにすればトランジション技術を金融支援できるか
(オプションを広げる)
- ② 経済性がない事業をどう支援をするか
(スケール化に向けた金融機関の役割)
- ③ 技術のステージに合った政策支援、民間投資の役割が認識されているか

これらの議論を進めていくうえでは、
脱炭素への取組における効果を客観的に測定し新たな価値を見出すことが重要になる

■ (終わりに) 本白書の目的整理

これまで確認した内容をまとめます。

まず、各地域の政策アプローチがどういう形態であってもグローバル共通で価格転嫁の壁が課題であることが分かりました。民間投資が進んでいる技術と進んでいない技術がある、インフレが投資の阻害要因となることは全ての国で共通する課題であることが分かりました。

次にプロジェクトのステージに合った金融支援が求められていることが分かりました。技術実証ステージ、技術実装は終わったがスケール化の前のステージ、スケール化を追求しているステージ、風評リスクに晒されているステージなど、事業のステージとステータスで金融機関が果たす役割は異なってきます。トランジション支援を進める上で言語化が足りていないフレームワークは国際金融イニシアティブで徹底的に議論して整備していくことが求められます。

今回の考察を通じて：

- ① 各地域の特性に基づき、テクノロジーニュートラルの見地からオプションリティを確保し、CNをめざしていく上でどのようなトランジション支援が求められるか。具体的には石炭からガス、低排出燃料への転換は、どのような条件を満たしていれば金融支援できるか。
- ② 経済性がない事業をどのように支援するか。政策支援、補助金、民間努力、自国の価格転嫁、消費者啓蒙、どのように国際連携して組み合わせていくのか。
- ③ 個別の技術ごとに見るのではなく、技術の類型ごとに横比較して適切な選択ができているか。再エネ変動調整は、蓄電池、送電線、火力の低排出化、どの組み合わせが最も有効かつ経済性が高いか。送電線は、電気を送電線で送るか、データを通信ケーブルで送るか。業種を跨いだ手段の経済性がしっかりと比較されて政策支援されているか。

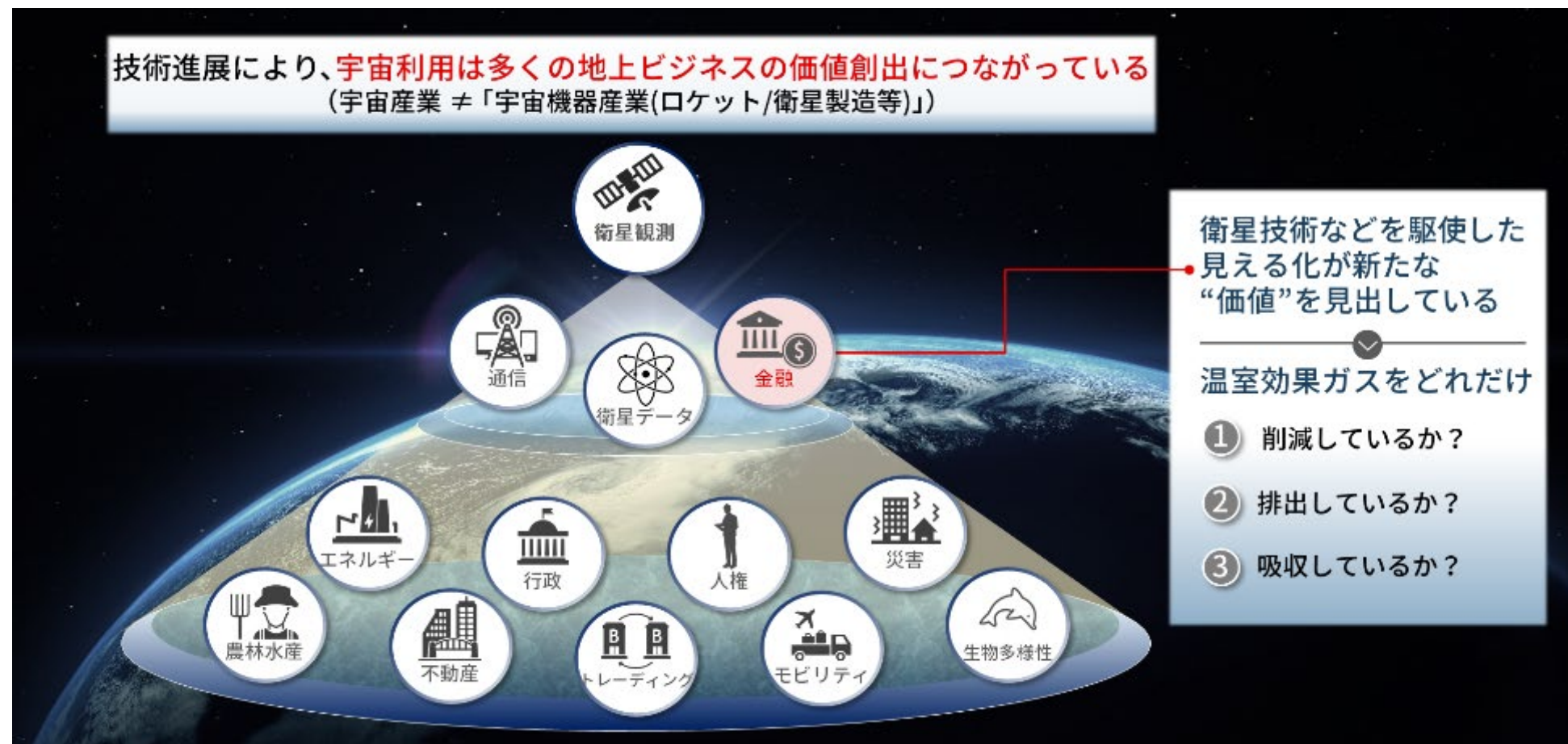
こうした課題を皆で認識して、産業界のお客さま、行政当局、国際金融イニシアティブが夫々連携を図りながら一つずつ対応策の解像度を上げていくことが求められます。その中で大切になるのは ①今どれだけ CO2 を排出しているか、②どれだけ CO2 を吸収しているか、③排出量が本当に削減されているか、客観的かつ効率的なモニタリングが求められていることです。この点は宇宙という最先端産業の取り組みと併せて考えて行きたいと思います。

客観的・中立的な トレーサブルデータの重要性



ここから 宇宙を見ていきます。

■ 客観的・中立的なトレーサブルデータの重要性



■ 客観的・中立的なトレーサブルデータの重要性

宇宙産業には地上のビジネスの課題を解決するポテンシャルがあります。

宇宙産業は次世代の最先端産業であり時間軸が少し遠い産業というイメージが横行していますが、既に宇宙産業が提供する衛星データやデータ通信環境が地上のさまざまな課題解決に繋がっているのです。エネルギー、農林水産、建設、行政、トレーディング、人権、モビリティ、不動産、生物多様性などです。衛星で観測されたデータが、衛星通信で地上に届けられて地上の活動を網羅的にモニターする機会を提供します。地上活動の効果測定に活用され始めています。

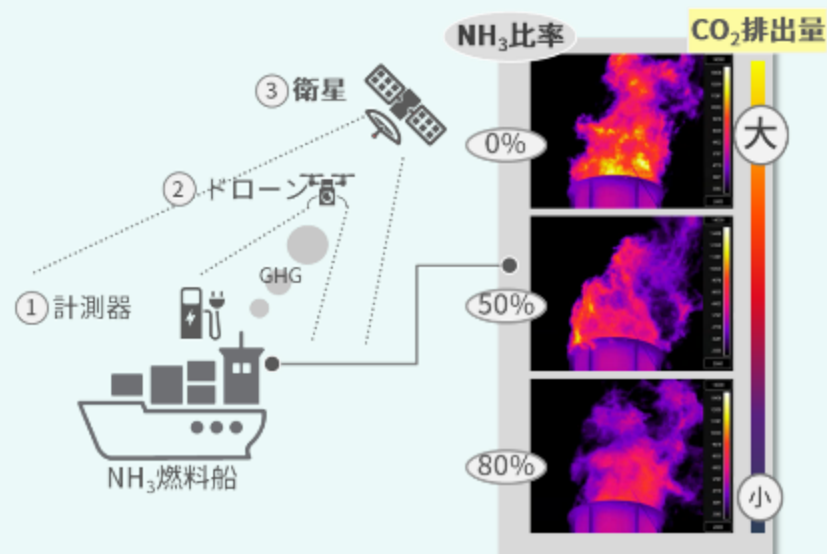
衛星データを利活用できれば、①温室効果ガスをどれだけ削減しているか、②どれだけ排出しているか、③どれだけ吸収しているかを可視化させることができます。可視化によって新たな価値を作り出せる可能性があります。

■ ① “削減” の見える化



海運業界におけるGHG排出削減（NH₃燃料船の導入）

- 客観的な観測手法を交えて脱炭素への取組をステークホルダーに対して**透明性**を持って伝える



海運業界の置かれている環境



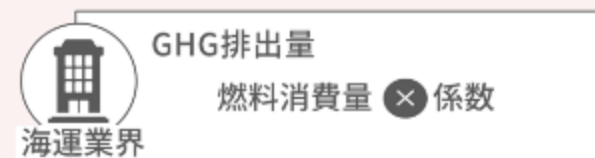
外部要因

- 欧州が先行して課金制度を導入（EU-ETSサーチャージ）
- 各船会社は顧客へ価格転嫁依頼を開始



課題

- GHG排出量は、各船会社からの燃料消費量の自己申告に依存しており、客観性に改善の余地がある



1. 欧州排出量取引制度; 2. International Maritime Organization; 3. 既存船燃費性能規制; 4. 燃費実績格付け制度;

Source: 日本郵船、名古屋電機工業、清水建設、アークエッジ・スペース、サンフレム、MUFG の協働実証

■ ① “削減” の見える化

衛星データの利活用事例の紹介①です。温室効果ガスをどれだけ削減しているか、衛星データの利活用事例です。

日本郵船と MUFG で実証を進めています。船舶燃料をアンモニアに代替した際にアンモニアの代替比率と CO₂ の排出量の相関をモニターするものです。“どれだけ代替したらどれだけ CO₂ を削減できたか” 衛星データで客観的に測量して海運事業者の負担を軽減させることをめざしています。

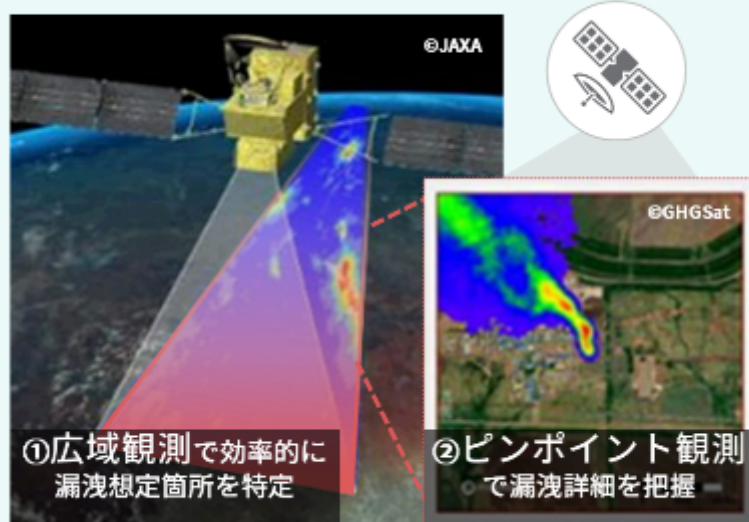
海運業界では EU-ETS の課税も始まり排出量や排出削減量が EU-ETS という形で現金精算され始めます。“申告する排出量が正しいか” 衛星データは海運事業者の排出量算定の手間暇を省くだけでなく情報の客観性を担保して支援することができます。

■ ② “排出” の見える化



LNGプラント・パイプラインのGHG排出モニタリング

- 日本の基幹大型衛星と海外の民間小型衛星の連携によりメタン漏洩を①広域観測、②ピンポイント観測



メタン排出管理の動向



外部要因

- LNGバリューチェーンにおける、メタン排出管理に向けた国際的な議論・取組みが進行



OGMP¹2.0等におけるMMRV²フレームワーク



LNGバリューチェーンにおける日韓連携



課題

- COP28など世界的にも客観的な観測手法として衛星データが注目される
- 国際連携に基づく仕組み構築に日本が能動的に参画する必要性

1. Oil Gas Methane Partnership; 2. Measurement, Monitoring, Reporting and Verification、

Source: 三菱電機、衛星データサービス企画（SDS）、GHGSat、環境省、JAXA、MUFG による協働実証

■ ② “排出” の見える化

衛星データの利活用事例の紹介②です。温室効果ガスをどれだけ排出しているか、衛星データの利活用事例です。

SDS、三菱電機、GHGSat、MUFG で実証を進めています。LNG プラント、パイプラインのメタン漏洩をモニタリングするものです。メタンの漏洩を広域且つピンポイントに測量するものです。メタンの漏洩を検知できれば漏洩箇所を早期に復旧できます。漏洩を修繕できれば事業の経済性が改善して排出量も削減されます。

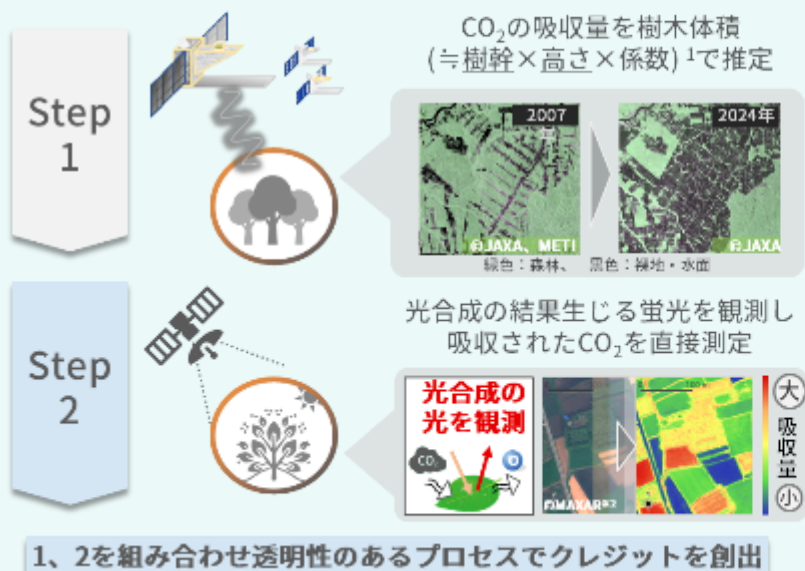
またメタンの排出管理にはさまざまなフレームワークが立ち上がっています。COP でも衛星データの利活用はハイライトされてきました。こうした国際連携に衛星データを利活用した事例を掲げて日本もグローバルのフレームワーク作りに貢献していくことが求められます。

■ ③ “吸収” の見える化



森林によるCO₂吸収量の観測

- ・ 衛星データを駆使した森林のCO₂吸収量の実測
- ・ 信頼性の高いカーボンクレジット創出につなげる

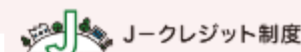


衛星データによる評価手法のクレジット制度への組み込み



外部要因

- ・ 世界中で様々な制度が存在
- ・ クレジットの基となるCO₂吸収増加量の評価は各制度で異なるため、ウォッシュに対するレピュテーションリスクが存在



想定対応策

- ・ 客観的な観測が可能な衛星データをクレジット制度の評価手法に組み込む必要性

1. 下線項目を衛星データを活用し観測。「衛星データによる森林カーボンクレジット算定に関する実証業務」(2024-2025 年度)を JAXA より MUFG 受託(衛星データサービス企画(SDS)、三菱電機、Archeda、フォレストバリュー、MUFG による協働実証); 2. Maxar 社の衛星データなどを基に三菱電機及び SDS の協力により作成

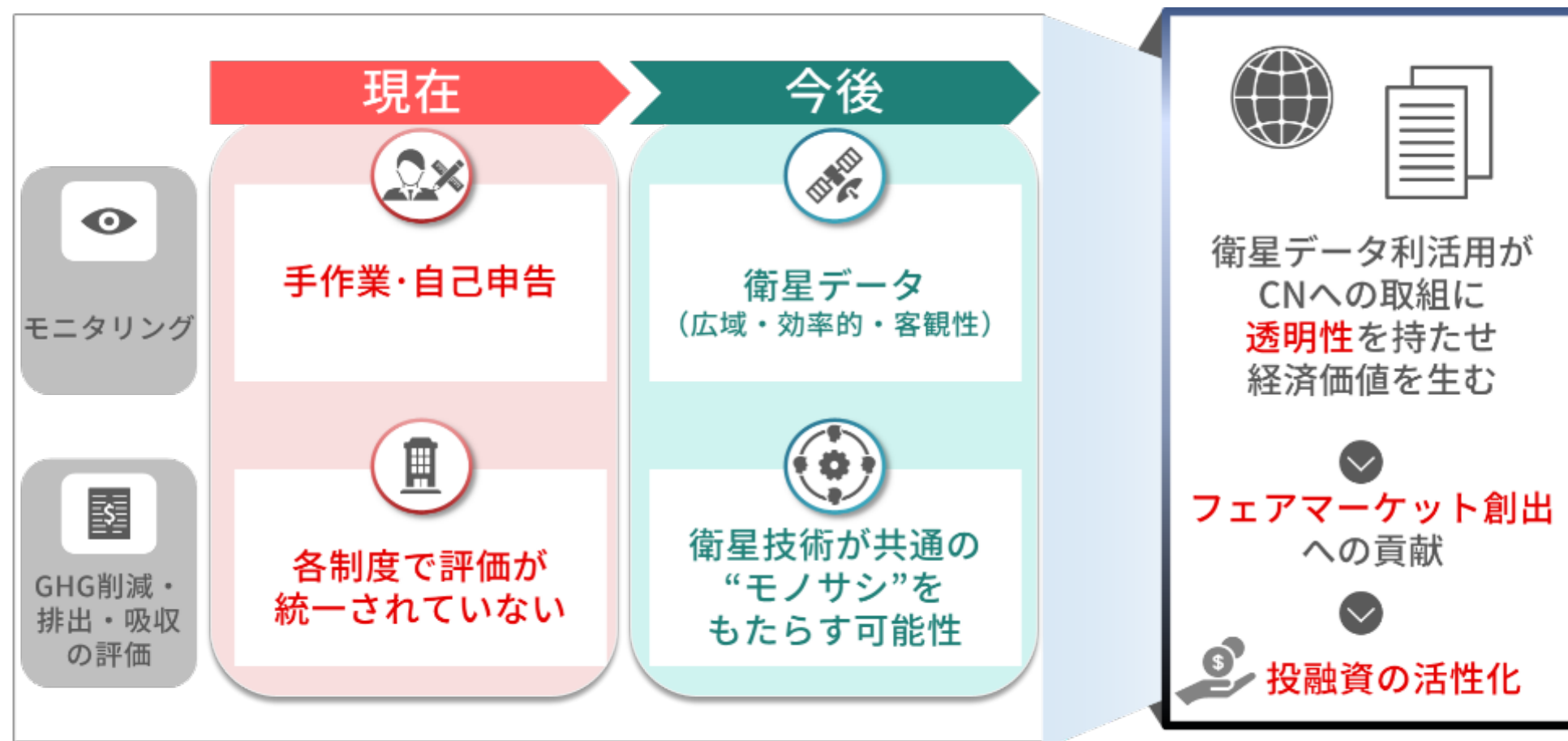
■ ③ “吸収” の見える化

衛星データの利活用事例の紹介③です。温室効果ガスをどれだけ吸収しているか、衛星データの利活用事例です。

JAXA と MUFG で実証を進めています。森林による CO2 の吸収量の測定です。Step 1 では木の幹がどれだけ CO2 を吸収しているかを測定します。樹木の体積をモニタリングし、吸収量を測定するものです。Step 2 では、木の葉っぱがどれだけ CO2 を吸収しているかを測定します。光合成の光を観測し、葉っぱが吸収している CO2 を測定するものです。

カーボンクレジットはグローバルでさまざまなイニシアティブが立ち上がっています。一方でグリーンウォッシュなど風評のリスクも潜在します。企業が森林保全と CO2 の排出に積極的に民間投資していくには、客観的な観測で CO2 吸収量を測定する、客観データで風評リスクを極小化させる支援が求められます。

■ 衛星利用によりもたらされるアウトカム



■ 衛星利用によりもたらされるアウトカム

宇宙産業は衛星データの利活用によって地上の課題解決に貢献していくことになります。

まず、現在手作業で自己申告している手続きやさまざまな制度が乱立して評価が統一されていない手続きに対して、衛星データはより客観、より広域、より省人にモニタリングしていくことができます。衛星データが制度のモノサシとなる可能性を秘めているのです。

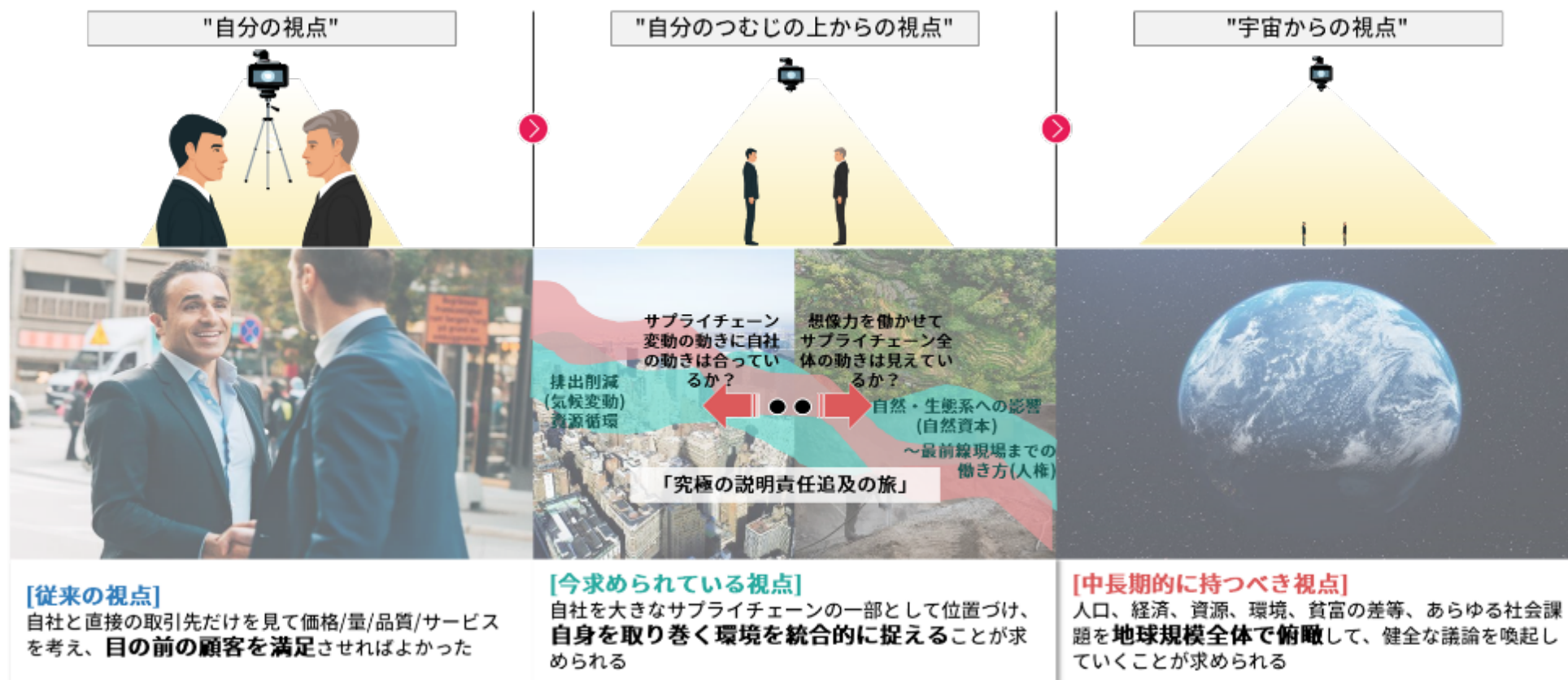
実際に CO2 を排出している、吸収している、削減していることを衛星データで客観的に見える化（可視化）できれば、CN の取り組みに透明性が増してフェアマーケットの創出に繋がる可能性があります。

産業を超えた連携という観点で地上産業が宇宙産業と連携し、地上の課題を立体的に捉えることができれば新たな解決策に繋がる期待があります。



最後に“サステナビリティとは何か”、ここを突き詰めてみます。

■ サステナビリティは究極の説明責任



視点・視座を上げ、サステナブルフレーム(排出・気候変動、資源循環、生物多様性、人権等)をレンズのように用いて、自分の事業を立体的に捉える、これこそが究極の説明責任の追及

■ サステナビリティは究極の説明責任

MUFG トランジション白書の活動では、サステナビリティとは一体何であるかという問いを突き詰めてきました。サステナビリティとは持続的であることです。持続的であるためには、社会全体の中で今自分がどこにいて、何をしようとしているか、自分の活動は社会全体の動きと整合しているか、整合していないなら何が理由なのか、こうした究極の説明責任を全うしていくことだと考えました。今まで私たちは、カメラのレンズの焦点を目の前の取引相手であるお客さまに当てて見つめてきました。自社が提供するサービスやプロダクトの価格と品質は競争力があるか、競合との差異化は図れているか、常に意識と視線の先は目の前のお客さまに置かれていました。

しかし今私たちに求められているのは、自分のカメラのレンズをつむじの上へ、上へ、ズームアウトしていきながら自分が置かれた状況を立体的に捉えることだと考えました。自分が属しているサプライチェーンが温室効果ガスをどれだけ排出しているか、排出削減努力が進む中で自社の動きはサプライチェーン全体の動きと整合しているか、サプライチェーンの末端における働き方（人権）や自然資本への影響（生物多様性）にまで想像力を巡らせているか、自分が提供するサービスやプロダクトがどのように作られてどのように使われているかについて自分自身でしっかりと理解して言語化することが求められているのです。気候変動、人権、生物多様性といったフレームワークは、自分で自分自身を立体的に捉えていくためのレンズだと思えることができます。気候変動、人権、生物多様性はそれぞれのトピックではなくて自分を立体的に捉えるためのレンズなのです。このレンズを通じて自分の立ち位置や考えを皆が分かる言葉で伝えていく努力が求められているのです。

そしてさらにカメラのレンズを上へ、上へ、ズームアウトさせれば地球全体が見えてきます。地球全体で考えてみれば、人口、資源、食糧、限りあるものをどのように共有して共存していけるか、国際連携の重要性と向き合うことができます。

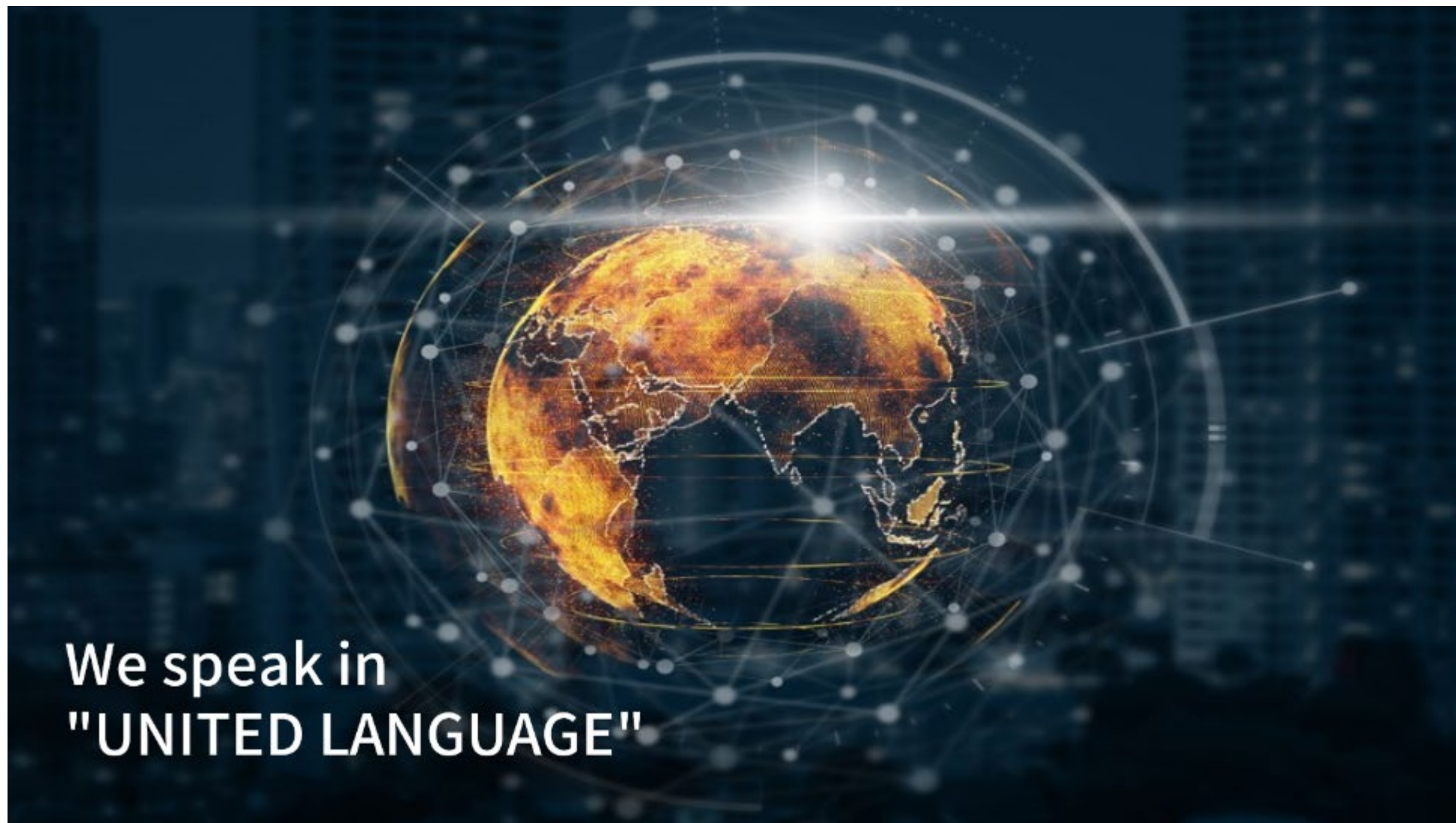
自分の事業を見つめる視線を、時にズームイン、時にズームアウトさせながら、抽象と具体を行き来する中で、私たちの現状理解の解像度が上がっていきます。サステナビリティとは自分の事業を持続的にさせていく上で求められる究極の説明責任を全うするためのレンズである、私たちはサステナビリティをこのように整理しました。

■ サステナビリティは究極の説明責任

私たちは常にお客さまの声からスタートします。そしてお客さまの声を証明するために情報を裏付けて意味合いを抽出します。特定の産業で見出した意味合いは別の産業のお客さまにお伝えしていきます。このようにして MUFG は情報の統合化を続けていきます。私たち MUFG がトランジション白書の活動を通じてめざした世界観は一つの言葉に集約できます。

We speak in UNITED LANGUAGE

私たち MUFG はお客さまと一体となって UNITED LANGUAGE を作り上げるための第一歩・第一声を働き掛けて“世界が進むチカラになる。”ことをめざし続けます。



目次

Appendices:

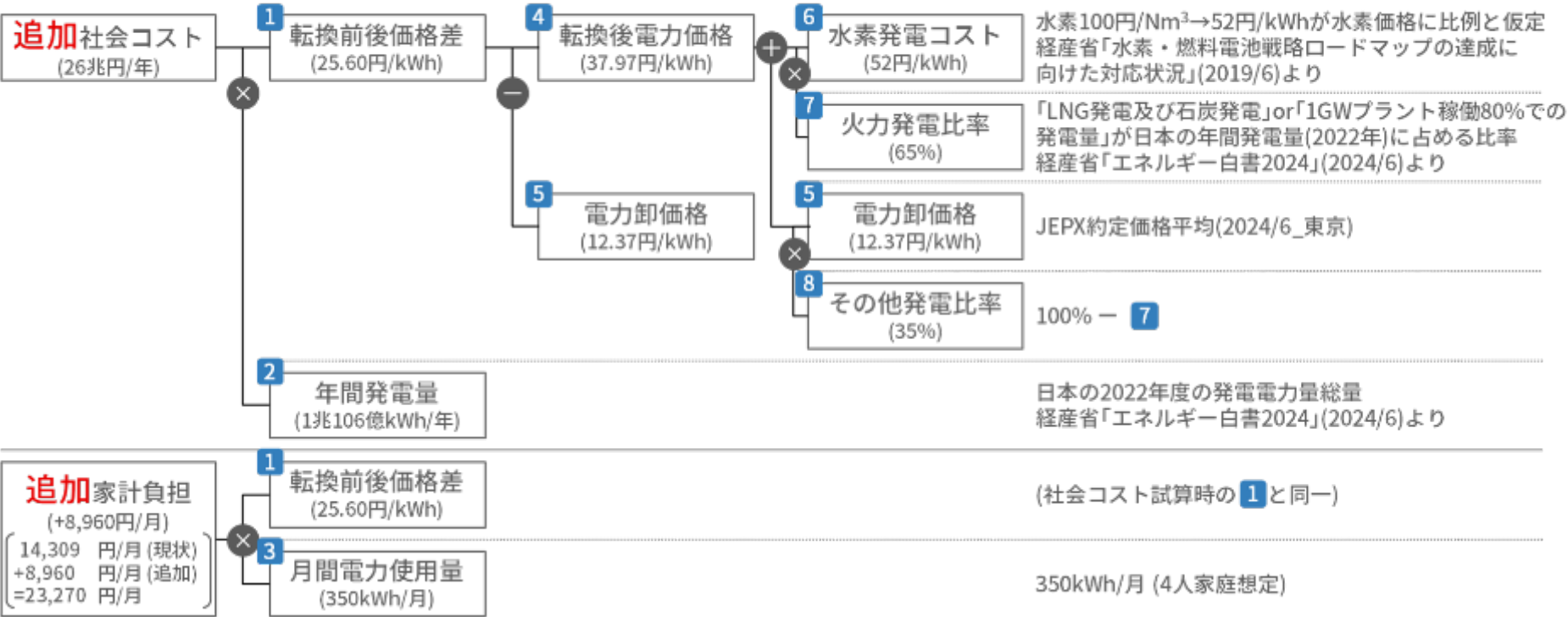
- | | |
|----------------|------|
| 1. 水素転換インパクト試算 | P201 |
| 2. 電力価格の国際比較 | P206 |
| 3. 宇宙の産業化に向けて | P214 |

Appendix: 1. 水素転換インパクト試算

■ 水素転換インパクト試算の構造

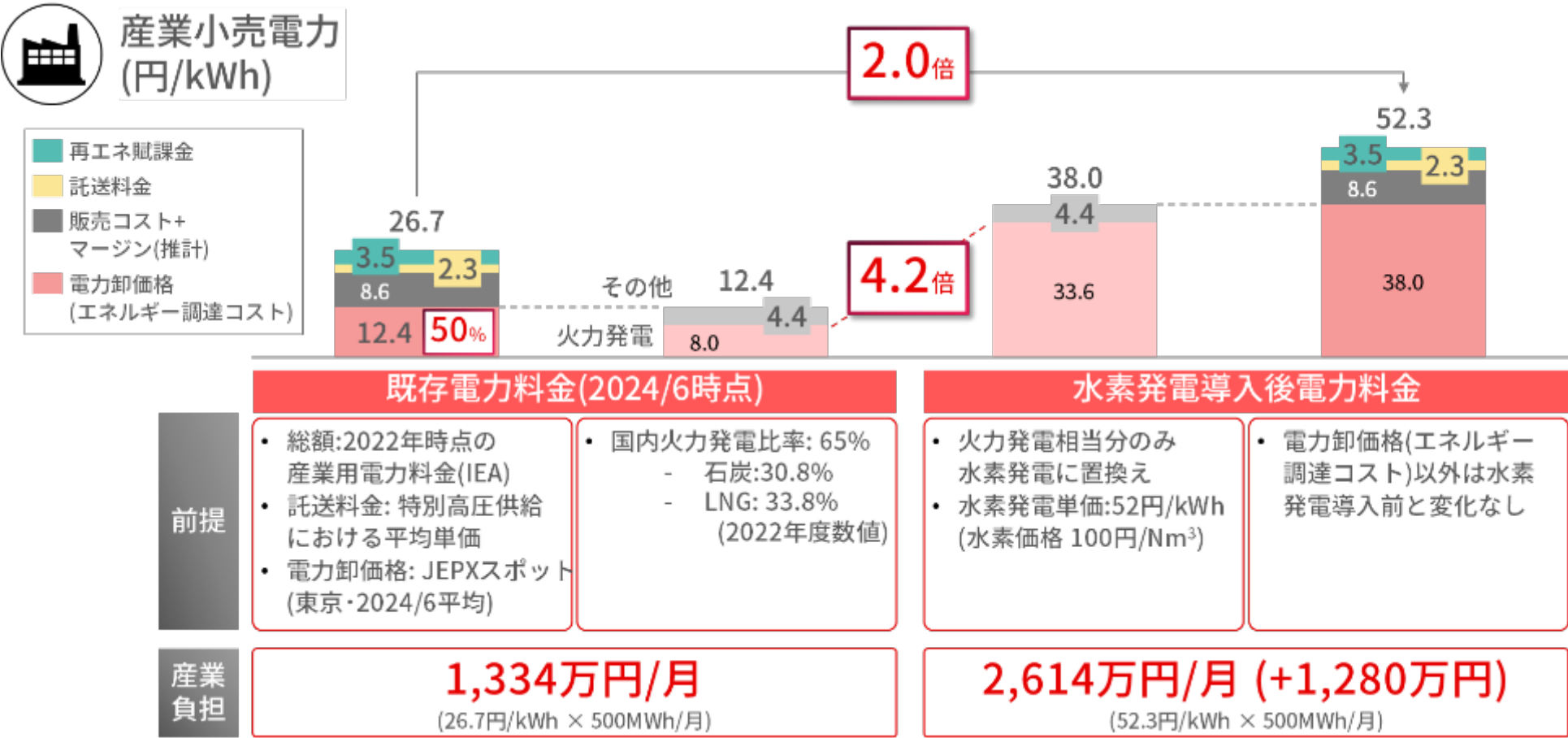
試算ロジック ()内は水素100円/Nm³の場合の値

各項目の詳細



Source: 経産省「水素・燃料電池戦略ロードマップの達成に向けた対応状況」(2019/6)、「エネルギー白書 2024」(2024/6); JEPX HP

■ 水素発電導入による産業小売電力料金の変化試算 (国内火力発電全体・水素 100 円/Nm³ ケース)



Note: 計算に際して小数点第二位以下は四捨五入している
Source: [東京電力 \(1/2\)](#); [東京電力 \(2/2\)](#); [JEPX](#); [経済産業省](#); IEA

■ 水素転換インパクト試算 (追加産業負担_増加額)

 想定電気使用量500MWh/月
(数百人規模の工場想定)

産業負担		水素価格(円/Nm ³)				
現在: 1,334万円/月	(円/月)	30 (16円/kWh)	50 (26円/kWh)	100 (52円/kWh)	200 (104円/kWh)	300 (156円/kWh)
転換規模	水素 転換率					
大 火力発電 (電源構成の65%¹) (129GW 6,528億kWh/年) 小	100%	+104万円	+440万円	+1,280万円	+2,960万円	+4,639万円
	50%	+52万円	+220万円	+640万円	+1,480万円	+2,320万円
	20%	+21万円	+88万円	+256万円	+592万円	+928万円
	100%	+1万円	+5万円	+14万円	+32万円	+50万円
	50%	+1万円	+2万円	+7万円	+16万円	+25万円
	20%	+0.2万円	+1万円	+3万円	+6万円	+10万円
(燃料価格差のみの試算。転換に係る設備費用等を含まない)						

1. 2023 年 4 月時点の日本国内石炭、LNG 火力発電の出力合計値
Source: [東京電力 \(1/2\)](#); [東京電力 \(2/2\)](#); [JEPX](#); [経済産業省 \(1/3\)](#); [経済産業省 \(2/3\)](#); [経済産業省 \(3/3\)](#); IEA

■ 水素転換インパクト試算 (追加産業負担_増加率)



想定電気使用量500MWh/月
(数百人規模の工場想定)

産業負担		水素価格(円/Nm ³)					
小	大	低				高	
現在: 1,334万円/月		(%)					
転換規模		水素 転換率	30 (16円/kWh)	50 (26円/kWh)	100 (52円/kWh)	200 (104円/kWh)	300 (156円/kWh)
大	火力発電 (電源構成の65% ¹) (129GW 6,528億kWh/年)	100%	+8%	+33%	+96%	+222%	+348%
		50%	+4%	+17%	+48%	+111%	+174%
		20%	+2%	+7%	+19%	+44%	+70%
	プラント1基 (電源構成の1%) (1GW 70億kWh/年)	100%	+0.1%	+0.4%	+1%	+2%	+4%
		50%	+0.04%	+0.2%	+1%	+1%	+2%
		20%	+0.02%	+0.1%	+0.2%	+0.5%	+1%
小							

(燃料価格差のみの試算。転換に係る設備費用等を含まない)

1. 2023 年 4 月時点の日本国内石炭、LNG 火力発電の出力合計値

Source: 東京電力 (1/2); 東京電力 (2/2); JEPX; 経済産業省 (1/3); 経済産業省 (2/3); 経済産業省 (3/3); <https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/menu.html> IEA

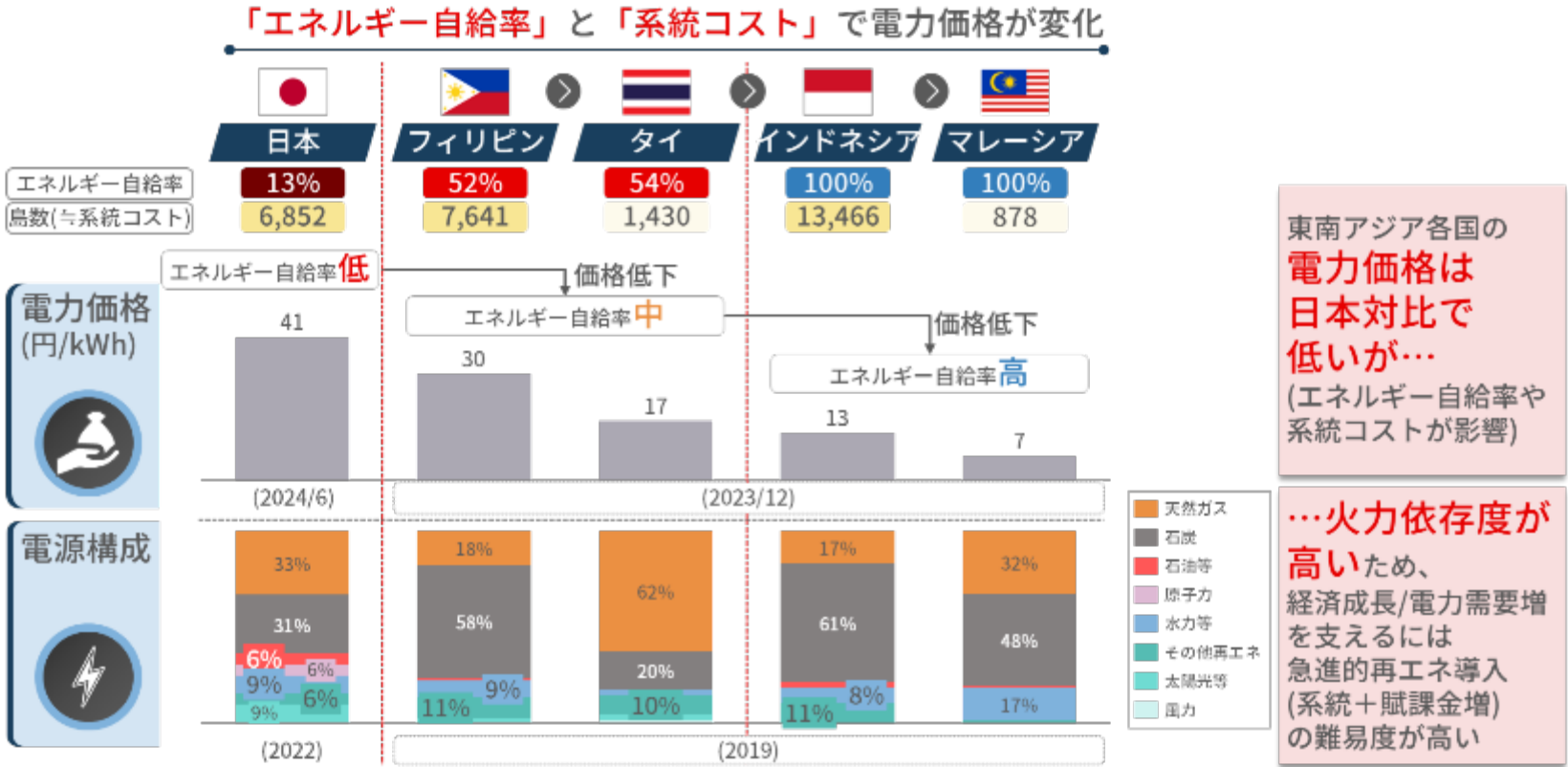
目次

Appendices:

1. 水素転換インパクト試算	P201
2. 電力価格の国際比較	P206
3. 宇宙の産業化に向けて	P214

Appendix: 2. 電力価格の国際比較

■ 家庭用電力価格要素別の国際比較

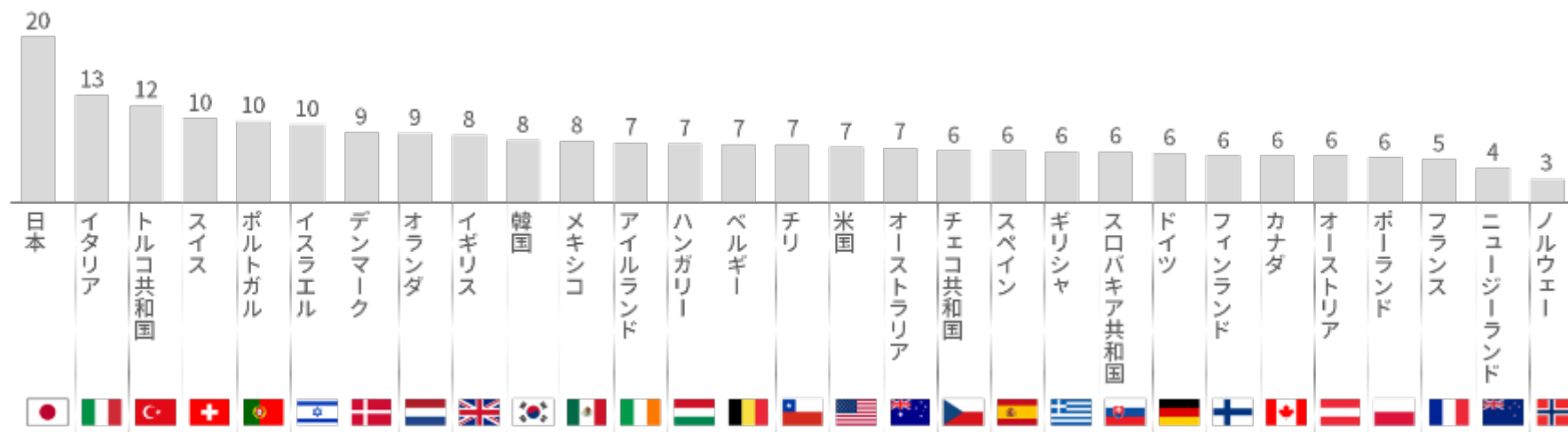


Note: 1\$=150 円として換算
Source: 東京電力及び JEPX 開示情報に基づく推計; Global Petrol Prices 「Electricity Prices」 ; IEA; [Lowry Institute](#); [経済産業省](#) 等

■ 産業用電力価格の国際比較 (2000 年)

2000 2005 2010 2015 2020 2023

(円/kWh)



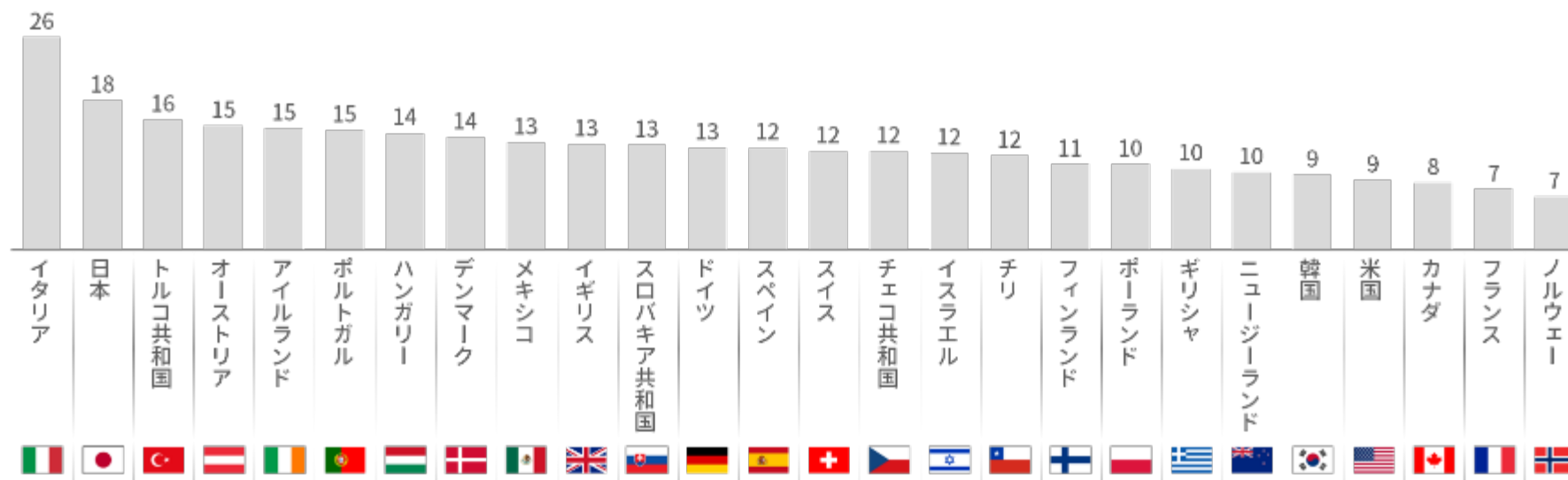
Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 産業用電力価格の国際比較 (2005 年)

2000 2005 2010 2015 2020 2023

(円/kWh)



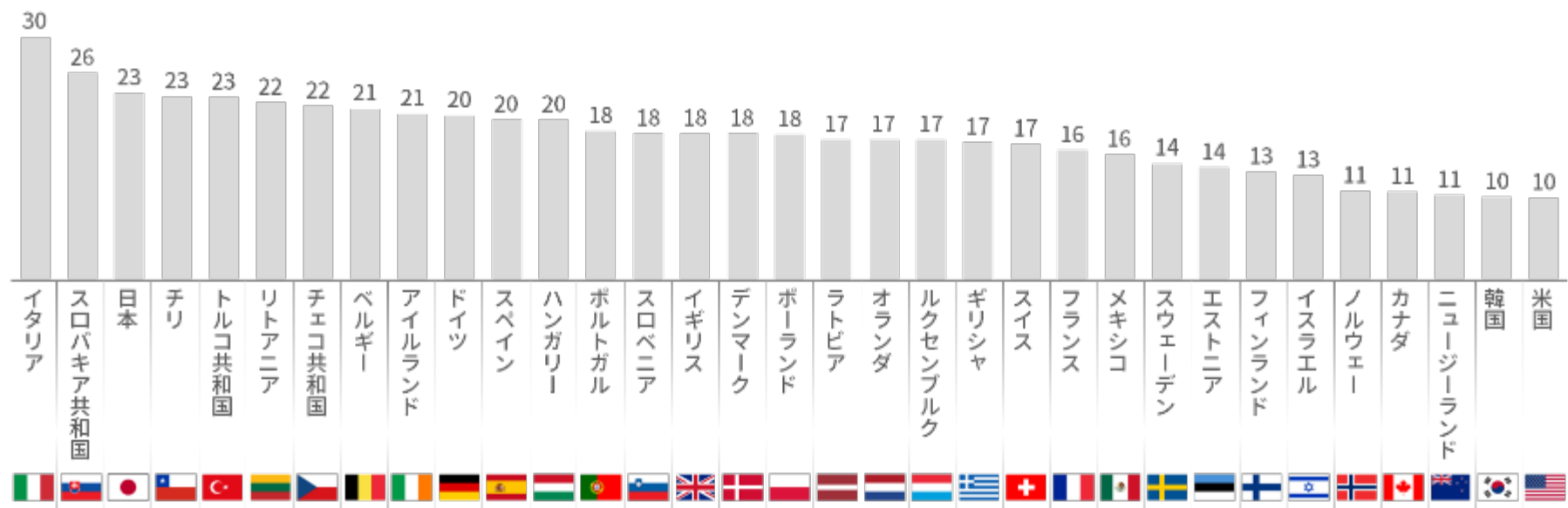
Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 産業用電力価格の国際比較 (2010 年)

2000 2005 **2010** 2015 2020 2023

(円/kWh)



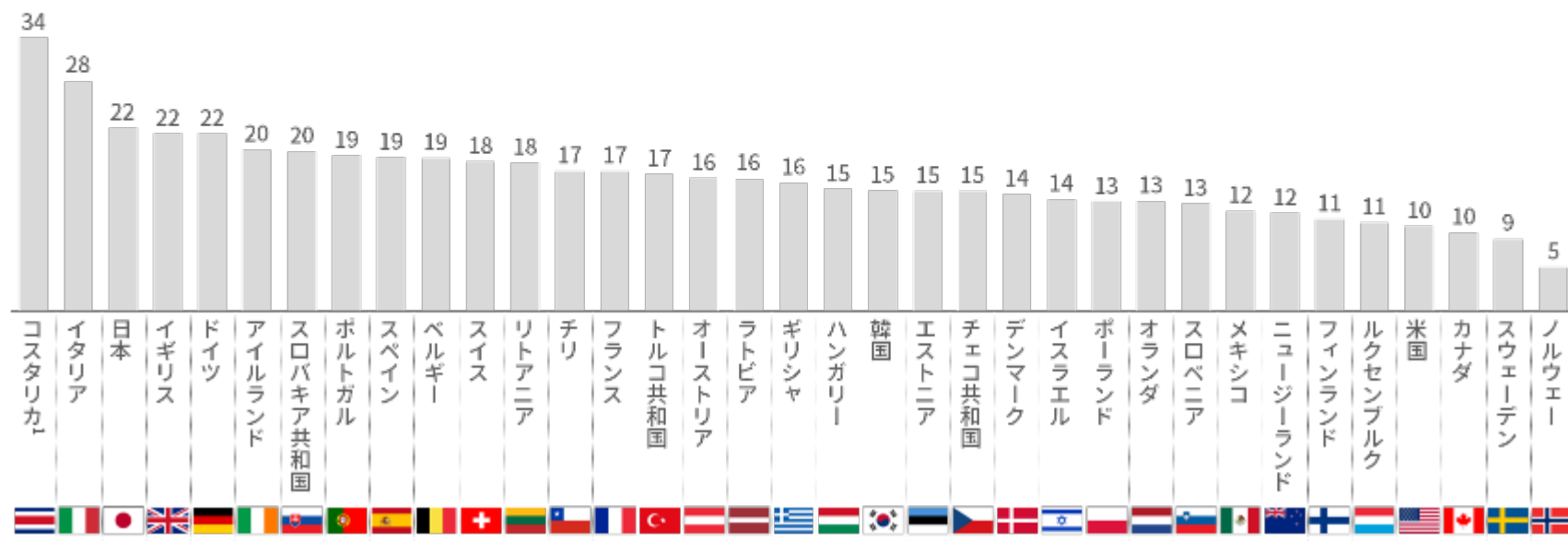
Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 産業用電力価格の国際比較 (2015 年)

2000 2005 2010 2015 2020 2023

(円/kWh)



1. 当年よりデータ取得可能

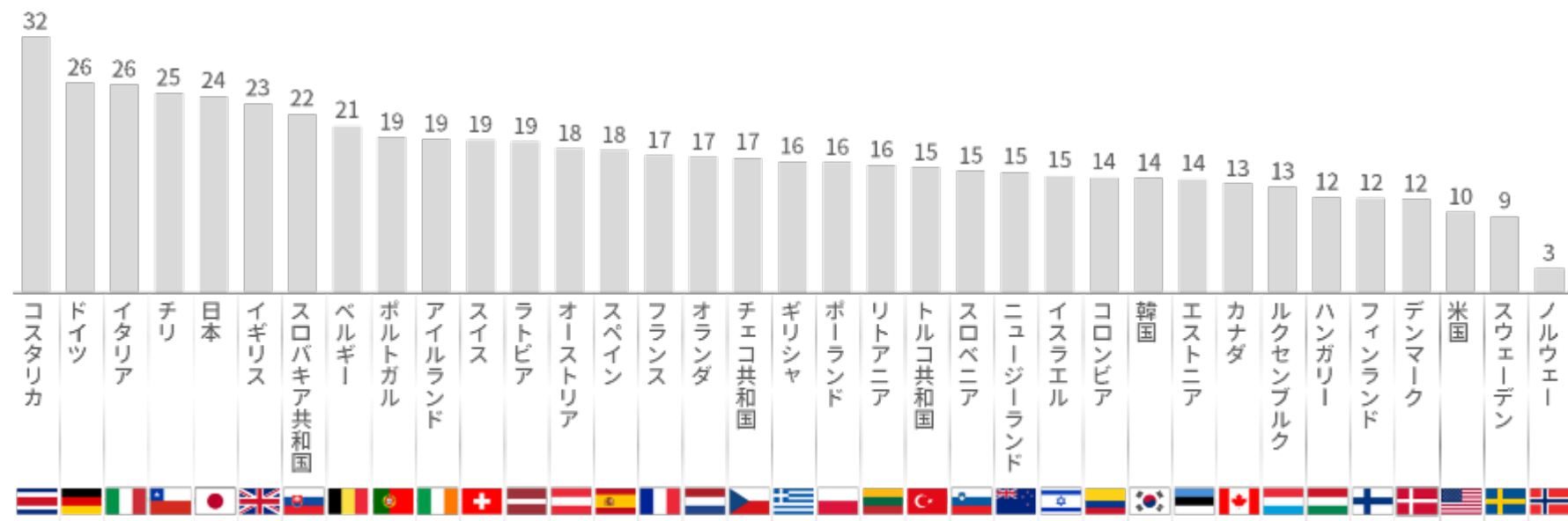
Note: 1\$=150 円

Source: [IEA「Energy Prices」](#)を基に為替換算; 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2023」

■ 産業用電力価格の国際比較 (2020 年)

2000 2005 2010 2015 2020 2023

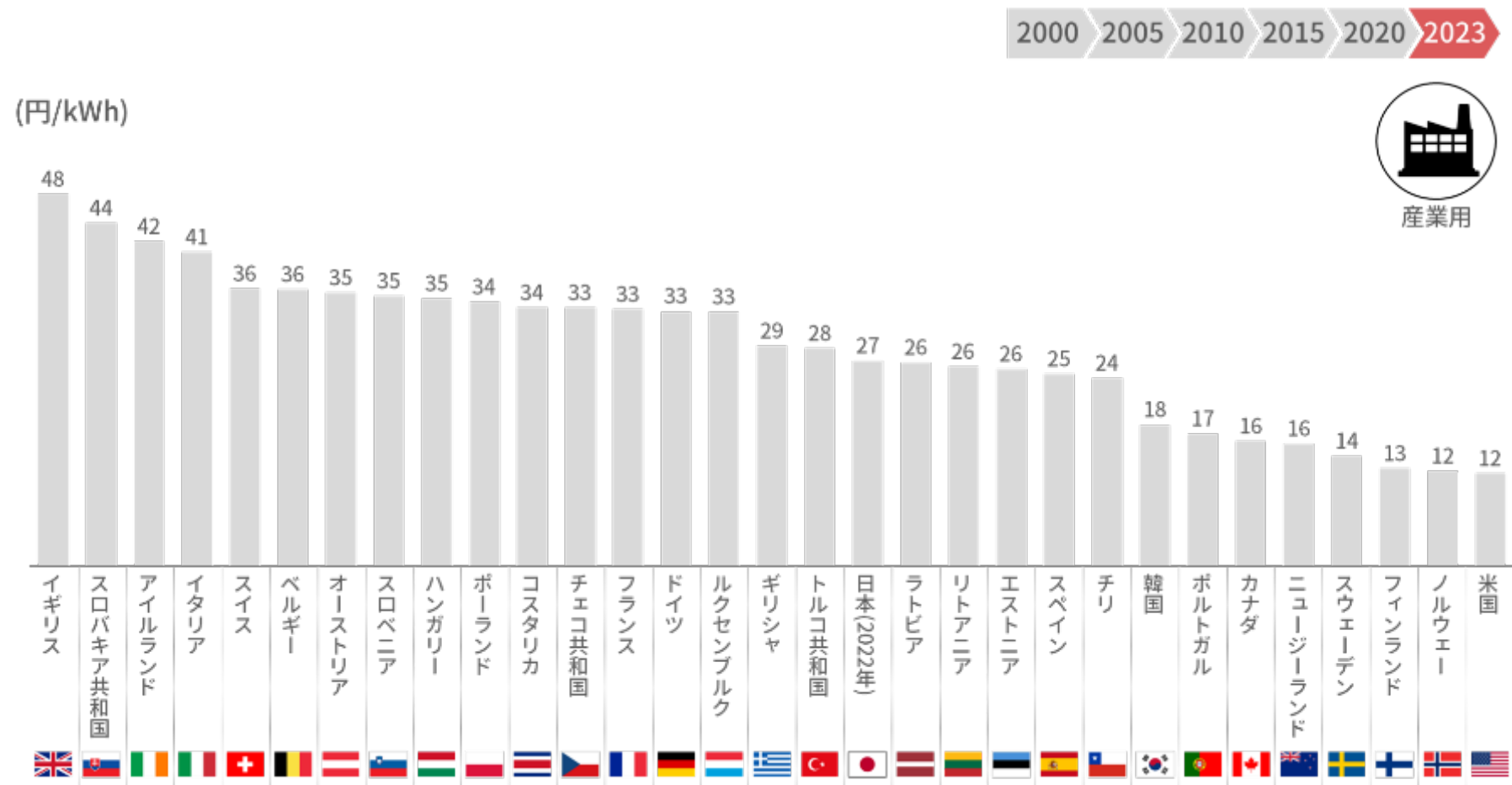
(円/kWh)



Note: 1\$=150 円で換算

Source: [IEA「Energy Prices」](#)

■ 産業用電力価格の国際比較 (2023 年)



Note: 1\$=150 円で換算

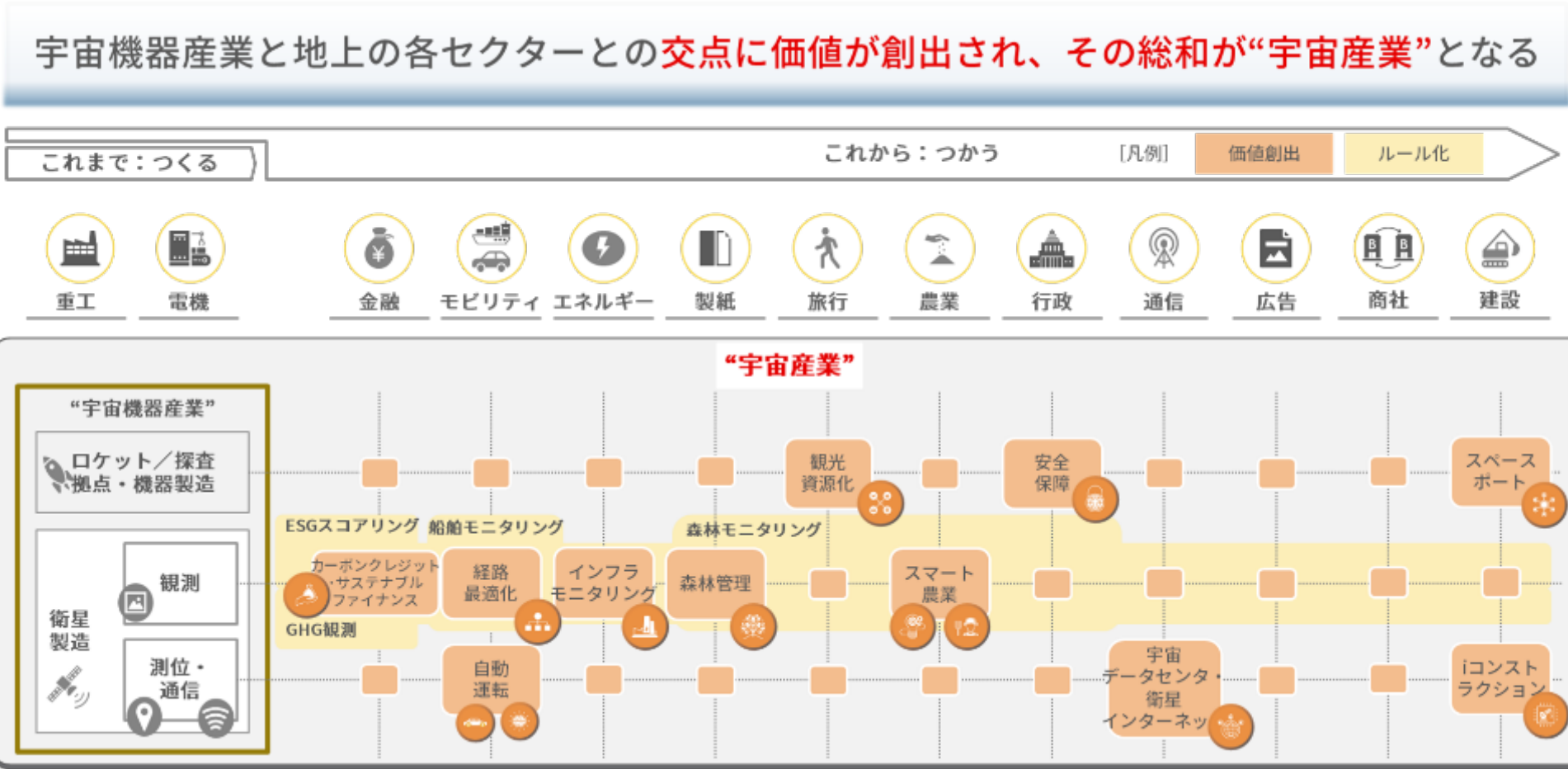
Source: [IEA「Energy Prices」](#)

目次

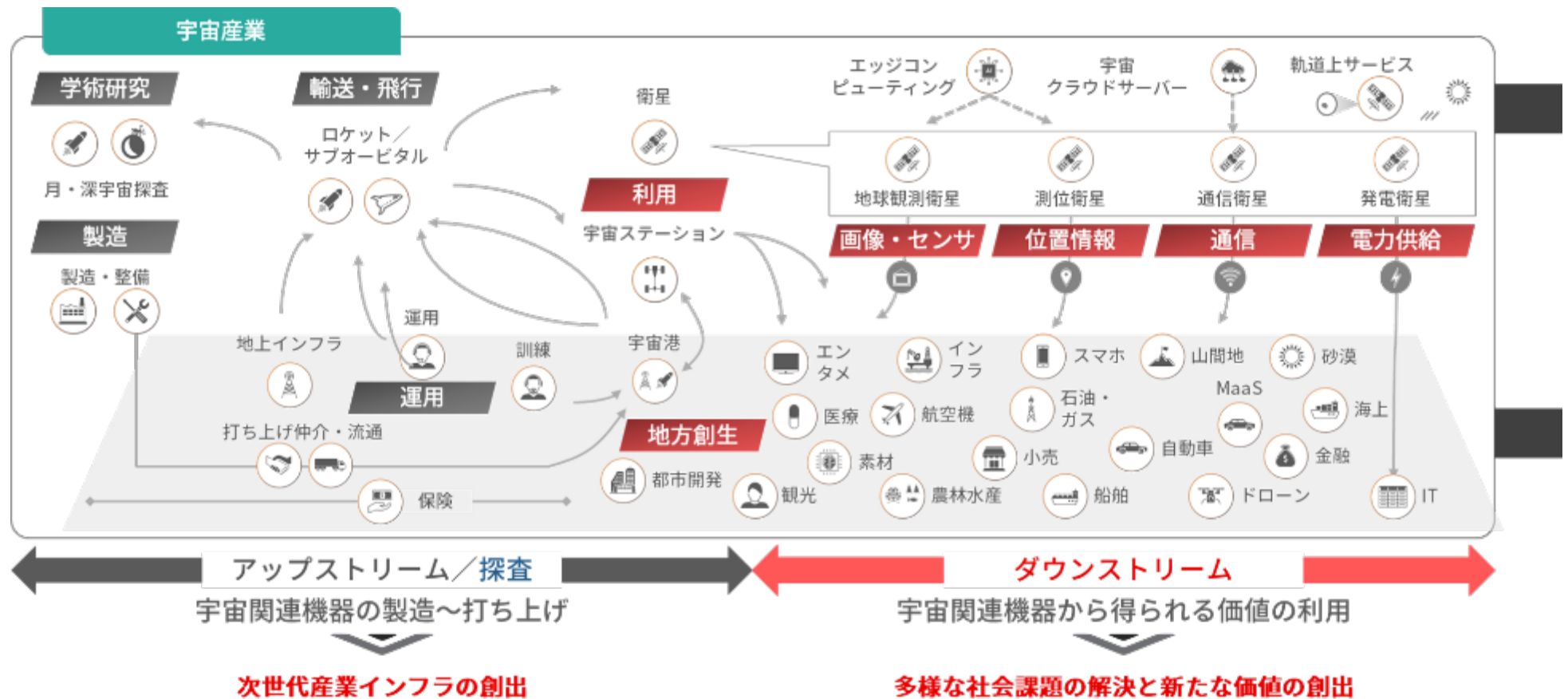
Appendices:

- | | |
|----------------|------|
| 1. 水素転換インパクト試算 | P201 |
| 2. 電力価格の国際比較 | P206 |
| 3. 宇宙の産業化に向けて | P214 |

■ 宇宙 1：包括的な”宇宙産業”の定義



■ 宇宙 2：宇宙産業の全体像



■ 宇宙 3：宇宙港のポテンシャルとインパクトの最大化



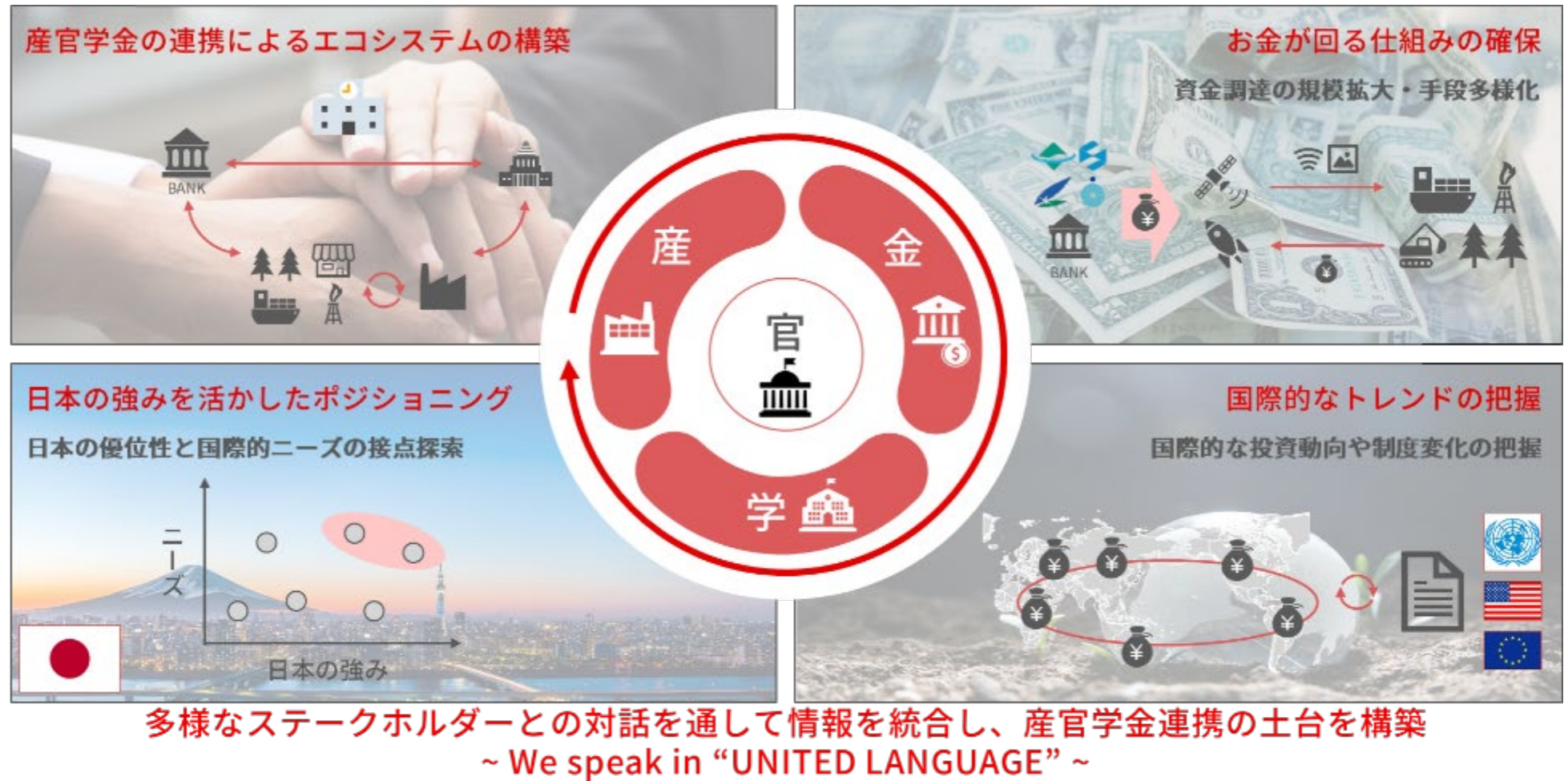
■ 宇宙 4：衛星データ利活用による社会課題解決



“See the Unseen”
～見えるようになることで価値が生まれる～



■ 宇宙 5：産業化に向けた考察



ACEA (2024) New car registrations: +10.1% in February 2024; battery electric 12% market share

<https://www.acea.auto/pc-registrations/new-car-registrations-10-1-in-february-2024-battery-electric-12-market-share/>

Asia Natural Gas & Energy Association homepage

<https://angeassociation.com/>

Automotive News (2024) GM will bring plug-in hybrids back to North America in strategy shift

<https://www.autonews.com/manufacturing/gm-bring-phevs-back-north-america>

BCG (2023) Turning the European Green Hydrogen Dream into Reality: A Call to Action

<https://media-publications.bcg.com/Turning-the-European-Green-H2-Dream-into-Reality.pdf>

BDEW (2024) BDEW-Strompreisanalyse

https://web.archive.org/web/20240221002058/https://www.bdew.de/media/documents/240201_BDEW-Strompreisanalyse_Februar_2024_06.02.2024.pdf

BIS Data Portal 「Consumer prices」

https://data.bis.org/topics/CPI/data?data_view=table&rows=REF_AREA&cols=TIME_PERIOD&filter=FREQ%3DM%255EREF_AREA_TXT%3DCanada%257CFrance%257CGermany%257CItaly%257CJapan%257CRussia%257CUnited%2520Kingdom%257CUnited%2520States%255EUNIT_MEASURE%3D771

Bloomberg NEF (2023) Hydrogen offtake is tiny but growing

<https://about.bnef.com/blog/hydrogen-offtake-is-tiny-but-growing/>

Bricker Graydon (2023) Inflation Reduction Act (IRA): Advanced Manufacturing Product Credit – A cheat sheet

<https://www.brickergraydon.com/insights/publications/Inflation-Reduction-Act-IRA-Advanced-Manufacturing-Product-Credit-A-cheat-sheet>

Bumper (2023) More Than 70% of Public EV Charge Ports Are in America's Wealthiest Counties

<https://finance.yahoo.com/news/bumper-study-more-70-public-132200478.html>

Business Insider (2023) Ford pauses a \$12 billion EV investment, after saying electric vehicles are too expensive

<https://www.yahoo.com/news/ford-pauses-12-billion-ev-112626222.html>

Carbon Capture Investment Hits Record High of \$6.4 Billion

<https://about.bnef.com/blog/carbon-capture-investment-hits-record-high-of-6-4-billion/>

Climate Group RE100 「RE100 Members」

<https://www.there100.org/re100-members>

DIHK (2023) Energy Transition Barometer 2023

<https://www.dihk.de/resource/blob/103418/8f8aae3e8c117045066a039dc0faa944/energy-transition-barometer-2023-data.pdf>

EIA (2023) Electricity explained Factors affecting electricity prices

<https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/prices-and-factors-affecting-prices.php>

EIB 「EIB Investment Survey」

<https://www.eib.org/en/publications-research/economics/surveys->

[data/eibis/index.htm?sortColumn=startDate&sortDir=desc&pageNumber=0&itemPerPage=10&pageable=true&la=EN&deLa=EN&tags=5bf8095afa70f13f9d3b51b3&ortags=true&orSubjects=true&orCountries=true](https://www.eib.org/en/publications-research/economics/surveys-data/eibis/index.htm?sortColumn=startDate&sortDir=desc&pageNumber=0&itemPerPage=10&pageable=true&la=EN&deLa=EN&tags=5bf8095afa70f13f9d3b51b3&ortags=true&orSubjects=true&orCountries=true)

Engineering News-Record (2023) Developer Cancels UK Offshore Wind Project Amid Rising Costs

<https://www.jmeagle.com/developer-cancels-uk-offshore-wind-project-amid-rising-costs>

European Commission (2011~2023) Critical raw materials list

https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en

European Commission (2020) New circular economy action plan

https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en

European Commission (2020) The Taxonomy Regulation

https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

European Commission (2023) European Sustainability Reporting Standards

https://finance.ec.europa.eu/news/commission-adopts-european-sustainability-reporting-standards-2023-07-31_en

European Commission (2023) 'Fit for 55': Council adopts key pieces of legislation delivering on 2030 climate targets

<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/04/25/fit-for-55-council-adopts-key-pieces-of-legislation-delivering-on-2030-climate-targets/>

European Commission (2023) Study on the critical raw materials for the EU 2023

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/57318397-fdd4-11ed-a05c-01aa75ed71a1>

European Commission (2023) The Corporate Sustainability Reporting Directive

https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en

European Commission (2024) Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52024DC0062>

European Commission (2024) Net-Zero Industry Act: Council and Parliament strike a deal to boost EU's green industry

<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/06/net-zero-industry-act-council-and-parliament-strike-a-deal-to-boost-eu-s-green-industry/>

European Commission (2024) The Ecodesign for Sustainable Products Regulation

https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products-regulation_en

European Parliament and The Council Of The European Union (2023) REGULATION (EU) 2023/1542 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1542>

Eurostat 「Construction producer price and construction cost indices overview」

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Construction_producer_price_and_construction_cost_indices_overview

Eurostat 「Natural gas price statistics」

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Natural_gas_price_statistics#Natural_gas_prices_for_household_consumers

EV Database 「Current and Upcoming Electric Vehicles"」 (as of March 2023)

<https://ev-database.org/#sort:path~type~order=.rank~number~desc|rs-price:prev~next=10000~100000|rs-range:prev~next=0~1000|rs-fastcharge:prev~next=0~1500|rs-acceleration:prev~next=2~23|rs-topspeed:prev~next=110~350|rs-battery:prev~next=10~200|rs-towweight:prev~next=0~2500|rs-eff:prev~next=100~350|rs-safety:prev~next=-1~5|paging:currentPage=0|paging:number=10>

FLOWRA (2024) 浮体式洋上風力技術研究組合の発足について

<https://flowra.or.jp/files/libs/834/202403141219144167.pdf>

Forbes Japan (2024) 「クリーン水素」業界がバイデン政権の税額控除案に反発する理由

<https://forbesjapan.com/articles/detail/68446>

Global Petrol Prices 「Electricity Prices」

https://www.globalpetrolprices.com/electricity_prices/

IEA 「Energy Prices」

<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-prices>

IMF (2023) Confronting Fragmentation Where It Matters Most: Trade, Debt, and Climate Action

<https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2023/01/16/Confronting-fragmentation-where-it-matters-most-trade-debt-and-climate-action>

IMF (2023) World Economic Outlook

<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2023/10/10/world-economic-outlook-october-2023>

InsideEVs (2023) China: Tesla Retail Electric Car Sales Down 40 Percent In December 2022

<https://insideevs.com/news/630433/china-tesla-retail-ev-sales-december2022/>

JEPX 「Market Data」

https://www.jepx.jp/en/electricpower/market-data/spot/ave_day.html

JEPX「取引市場データ」

https://www.jepx.jp/electricpower/market-data/spot/ave_month.html

JERA（2024）2035年ビジョン実現に向けた JERA 成長戦略

<https://www.jera.co.jp/system/files/private/%E6%B7%BB%E4%BB%98%E8%B3%87%E6%96%99%E7%BC%9A%E3%80%8C2035%E5%B9%B4%E3%83%93%E3%82%B8%E3%83%A7%E3%83%B3%E5%AE%9F%E7%8F%BE%E3%81%AB%E5%90%91%E3%81%91%E3%81%9FJERA%E6%88%90%E9%95%B7%E6%88%A6%E7%95%A5%E3%80%8D%E3%80%81%E3%80%8C2035%E5%B9%B4%E3%81%BE%E3%81%A7%E3%81%AB%E7%9B%AE%E6%8C%87%E3%81%99%E5%8F%8E%E6%94%AF%E6%B0%B4%E6%BA%96%E3%83%BB%E8%B2%A1%E5%8B%99%E6%88%A6%E7%95%A5%E3%80%8D%E3%81%AB%E3%81%A4%E3%81%84%E3%81%A6.pdf>

JERA（2024） JERA 碧南火力発電所における燃料アンモニア転換実証試験を開始—世界初となる大型の商用石炭火力発電機でのアンモニア 20%転換の実証—

<https://www.iera.co.jp/news/information/20240401> 1863

JERA「碧南火力発電所のみどころとポイント」

https://www.jera.co.jp/static/files/corporate/business/thermal-power/list/hekinan/pdf/hekinan_2205.pdf

Lowy InstituteAsia Power Index

<https://power.lowyinstitute.org/data/resilience/resource-security/energy-selfsufficiency/>

MUFG (2022) Transition Whitepaper

<https://www.mufig.jp/dam/csr/report/transition/wp2022.pdf>

MUFG (2023) Transition Whitepaper

<https://www.mufg.jp/dam/csr/report/transition/wp2023.pdf>

New Civil Engineer (2023) 1.8GW Norfolk offshore wind farm project halted amid 40% cost hike

<https://www.newcivilengineer.com/latest/1-8gw-norfolk-offshore-wind-farm-project-halted-amid-40-cost-hike-20-07-2023/>

NKSJ リスクマネジメント 瞬時電圧低下が及ぼす事業中断リスク

https://image.sompo-rc.co.jp/reports_org/101229_report.pdf

Norton Rose Fulbright (2024) Global offshore wind: UK

<https://www.nortonrosefulbright.com/en/knowledge/publications/cd73eaf0/global-offshore-wind-united-kingdom>

NREL (2021) 2020 Cost of Wind Energy Review

<https://www.nrel.gov/docs/fy22osti/81209.pdf>

OCCTO 「系統情報サービス(2024 年 6 月)」

<https://occtonet3.occto.or.jp/public/dfw/RP11/OCCTO/SD/CE01S020C?fwExtention.pathInfo=CE01S020C&fwExtention.prgbrh=0>

OCED Carbon Capture Demonstration Projects Program Front-End Engineering Design (FEED) Studies Selections for Award Negotiations

<https://www.energy.gov/oced/carbon-capture-demonstration-projects-program-front-end-engineering-design-feed-studies>

OCED (2022) Carbon Capture Demonstration Projects Program Front-End Engineering Design (FEED) Studies

https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-01/OCED_CCFEEDs_AwardeeFactSheet_Duke_1.5.2024.pdf

offshoreWIND.biz(2023) vangrid Terminates Long-Fought PPAs in Massachusetts at Cost of Almost USD 50 Million

<https://www.offshorewind.biz/2023/07/19/avangrid-terminates-long-fought-ppas-in-massachusetts-at-cost-of-almost-usd-50-million/#:~:text=Massachusetts%27s%20electric%20distribution%20companies%20Eversource%20Energy%2C%20National%20Grid,by%20the%20state%27s%20Department%20of%20Public%20Utilities%20%28DPU%29.>

ONE (2023) 新サーチャージ"ETS(EU ETS SURCHARGE)"のご案内

<https://jp.one-line.com/ja/news/120423euets>

ONE 「会社概要」

<https://holdco.one-line.com/ja/standard-page/company-profile>

Renewable Energy World (2023) SouthCoast Wind agrees to pay \$60M to scrap power purchase agreements

<https://www.renewableenergyworld.com/wind-power/offshore/southcoast-wind-agrees-to-pay-60m-to-scrap-power-purchase-agreements/#gref>

Reuters (2021) Exclusive: Global carmakers now target \$515 billion for EVs, batteries

<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/exclusive-global-carmakers-now-target-515-billion-evs-batteries-2021-11-10/>

Reuters (2024) Apple cancels decade-long electric car project

<https://ca.finance.yahoo.com/news/apple-cancels-ev-moves-staff-192629772.html?guccounter=1>

Reuters (2024) Exclusive: Tesla shares skid after China sales fell to the lowest level in over a year

<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/tesla-shares-skid-after-february-china-sales-slump-2024-03-04/>

Royal HaskoningDHV (2017) Norfolk Boreas Offshore Wind Farm Environmental Impact Assessment Scoping Report

https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/EIA_Scoping_report_Norfolk_Boreas_2017.pdf

RWE in UK 「Norfolk Offshore Wind Zone」

<https://uk.rwe.com/project->

[proposals/norfolk/#:%7E:text=Located%20over%2047km%20from%20the%20Norfolk%20coast%2C%20Boreas%20Offshore%20Wind,by%2C%20RWE%20\(100%25\).](https://uk.rwe.com/project-proposals/norfolk/#:%7E:text=Located%20over%2047km%20from%20the%20Norfolk%20coast%2C%20Boreas%20Offshore%20Wind,by%2C%20RWE%20(100%25).)

Softbank (2023) 次世代社会インフラ構想の要となる大規模な計算基盤を備えたデータセンター「Core Brain」を構築

https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2023/20231107_01/

South Coast Wind (2023) SouthCoast Wind Moves Forward with Geotechnical Survey in Wind Lease Area

<https://southcoastwind.com/southcoast-wind-moves-forward-with-geotechnical-survey-in-wind-lease-area/>

The Crown Estate (2022) Offshore Wind Report

https://www.thecrownestate.co.uk/media/4378/final-published_11720_owoperationalreport_2022_tp_250423.pdf

The Register (2024) Ford pulls the plug on EV strategy as losses pile up

https://www.theregister.com/2024/02/07/ford_ev_strategy/

The White House (2023) Building A Clean Energy Economy: A Guidebook To The Inflation Reduction Act's Investments In Clean Energy And Climate Action

<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/12/Inflation-Reduction-Act-Guidebook.pdf>

U.S. Bureau of Labor Statistics 「PPI Commodity data for Intermediate demand by commodity type-Materials and components for construction, not seasonally adjusted」

https://data.bls.gov/timeseries/WPUID612&series_id=WPSID612

U.S. Bureau of Labor Statistics 「PPI Commodity data for Intermediate demand by commodity type-Unprocessed fuel to manufacturing industries, not seasonally adjusted」

https://data.bls.gov/timeseries/WPUID62221&series_id=WPSID62221

U.S. Department of Energy 「Building America's Clean Energy Future」

<https://www.energy.gov/invest>

U.S. Department of Energy Project Selections for FOA 2735: Regional Direct Air Capture Hubs – Topic Area 1 (Feasibility) and Topic Area 2 (Design)

<https://www.energy.gov/fecm/project-selections-foa-2735-regional-direct-air-capture-hubs-topic-area-1-feasibility-and>

U.S. Department of Energy (2023) Biden-Harris Administration Announces \$7 Billion For America’s First Clean Hydrogen Hubs, Driving Clean Manufacturing and Delivering New Economic Opportunities Nationwide

<https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-announces-7-billion-americas-first-clean-hydrogen-hubs-driving>

U.S. Department of Energy (2023) Biden-Harris Administration Announces Up To \$1.2 Billion For Nation’s First Direct Air Capture Demonstrations in Texas and Louisiana

<https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-announces-12-billion-nations-first-direct-air-capture>

U.S. Department of Energy (2023) Clean Hydrogen Production Tax Credit (45V) Resources

<https://www.energy.gov/articles/clean-hydrogen-production-tax-credit-45v-resources>

US is Set to Expand Global Lead in Capturing Carbon

<https://about.bnef.com/blog/us-is-set-to-expand-global-lead-in-capturing-carbon/>

USA Today (2023) GM to lay off 1,300 workers across 2 Michigan plants as vehicle production ends

<https://finance.yahoo.com/news/gm-lay-off-1-300-134616783.html>

Utility Dive (2023) PPAs rejected for Avangrid, Orsted-Eversource offshore wind projects

<https://www.utilitydive.com/news/avangrid-orsted-eversource-ppa-offshore-wind-development/688470/>

三菱重工 (2024) 高砂水素パークにおいて次世代・高効率水素製造技術「SOEC」のデモ機が稼働開始

<https://www.mhi.com/jp/news/240425.html>

中部電力 電力需給状況 Q&A 需要と供給のバランス

<https://powergrid.chuden.co.jp/denkiyoho/qa/06.html>

内閣府「2022 年度国民経済計算」

<https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/menu.html>

内閣府「国民経済計算（GDP 統計）」

<https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/menu.html>

北海道新聞 (2023) ラピダスの量産開始時、消費電力 10 万キロワット前後 工場 1 棟

<https://www.hokkaido-np.co.jp/article/944625/>

日本気象協会「過去の天気」

<https://tenki.jp/past/2024/06/23/weather/>

日本製鉄「日本製鉄ファクトブック (2022)」

<https://www.nipponsteel.com/factbook/2022/11-04.html>

日経新聞(2022) 光熱費が最も高い都道府県は？ 低い人口密度響く 都道府県ランキング・物価編 光熱・水道費

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOCC198PG0Z10C22A7000000/>

東京ガス (2024) e-メタンの国際的アライアンス「e-NG Coalition」の設立について

<https://www.tokyo-gas.co.jp/news/press/20240319-02.html>

東京電力「託送料金相当額等について」

<https://www.tepco.co.jp/ep/private/plan2/chargelist06.html>

東京電力「設備の概要」

https://www.tepco.co.jp/niigata_hq/kk-np/profile/outline/index-j.html#:~:text=%E6%9F%8F%E5%B4%8E%E5%88%88%E7%BE%BD%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80%E3%81%AF%E3%80%81%E6%96%B0%E6%BD%9F%E7%9C%8C%E3%81%AE%E6%9F%8F%E5%B4%8E%E5%B8%82%E3%81%A8%E5%88%88%E7%BE%BD%E6%9D%91%E3%81%AB%E3%81%BE%E3%81%9F%E3%81%8C%E3%81%A3%E3%81%A6%E7%AB%8B%E5%9C%B0%E3%82%92%E3%81%95%E3%81%9B%E3%81%A6%E3%81%84%E3%81%9F%E3%81%A0%E3%81%84%E3%81%A6%E3%81%84%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82,%E7%B7%8F%E6%95%B7%E5%9C%B0%E9%9D%A2%E7%A9%8D%E3%81%AF420%E4%B8%87m2%E3%81%A7%E3%80%81%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E3%83%89%E3%83%BC%E3%83%A0%E7%B4%8490%E5%80%8B%E5%88%86%E3%81%AB%E7%9B%B8%E5%BD%93%E3%81%97%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82%20%E6%9F%8F%E5%B4%8E%E5%B8%82%E5%81%B4%E3%81%AB1%EF%BD%9E4%E5%8F%B7%E6%A9%9F%E3%80%81%E5%88%88%E7%BE%BD%E6%9D%91%E5%81%B4%E3%81%AB5%EF%BD%9E7%E5%8F%B7%E6%A9%9F%E3%80%81%E5%90%88%E8%A8%887%E3%81%A4%E3%81%AE%E7%99%BA%E9%9B%BB%E8%A8%AD%E5%82%99%E3%81%8C%E8%A8%AD%E7%BD%AE%E3%81%95%E3%82%8C%E3%81%A6%E3%81%8A%E3%82%8A%E3%80%81%E7%B7%8F%E5%87%BA%E5%8A%9B%E3%81%AF821%E4%B8%872%E5%8D%83kW%E3%81%A71%E3%81%A4%E3%81%AE%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80%E3%81%A8%E3%81%97%E3%81%A6%E3%81%AF%E4%B8%96%E7%95%8C%E6%9C%80%E5%A4%A7%E7%B4%9A%E3%81%A7%E3%81%99%E3%80%82

東京電力「賦課金等について」

https://www.tepco.co.jp/ep/renewable_energy/institution/impost.html

東京電力パワーグリッド（2024）GX・DXの同時達成に向けた電力システムの役割と課題

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/gx2040/20240723/siryous5.pdf

松尾 雄司（2024）電源別発電コスト評価について

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/2024/data/01_08.pdf

経済産業省（2021）エネルギー基本計画

<https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005-1.pdf>

経済産業省(2023) 令和 4 年度（2022 年度）エネルギー需給実績を取りまとめました（速報）

<https://www.meti.go.jp/press/2023/11/20231129003/20231129003.html>

経済産業省(2023) 電力調査統計表 1-(1) 電気事業者の発電所数、出力

https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/ep002/xls/2023/1-1-2023.xlsx

経済産業省（2023）分野別投資戦略

<https://www.meti.go.jp/press/2023/12/20231222005/20231222005.html>

経済産業省（2023）諸外国における投資促進政策の状況

https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/corporate_behavior/pdf/001_04_00.pdf

経済産業省（2024）戦略分野国内生産促進税制

https://www.meti.go.jp/policy/economy/kyosoryoku_kyoka/senryaku_zeisei.html

経済産業省資源エネルギー庁（2019）水素・燃料電池戦略ロードマップの達成に向けた対応状況

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/001_03_00.pdf

経済産業省資源エネルギー庁（2020）水素・燃料電池戦略ロードマップの達成に向けた対応状況

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/suiso_nenryo/roadmap_hyoka_wg/pdf/002_01_00.pdf

経済産業省資源エネルギー庁（2023）エネルギーに関する年次報告

https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2024/pdf/whitepaper2024_all.pdf

経済産業省資源エネルギー庁（2024）エネルギーを巡る状況について

https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/055/055_004.pdf

総務省統計局(2024) 統計でみる都道府県のすがた

https://www.stat.go.jp/data/k-sugata/pdf/all_ken2024.pdf

送配電網協議会（2021）同期電源の減少に起因する技術的課題

<https://www.tdgc.jp/information/docs/2785aa13a30ecb96df84519f3c93308a03b20f9c.pdf>

電気事業連合会（2023）安定供給に欠かせない火力発電脱炭素との両立を

https://www.fepc.or.jp/enelog/focus/vol_61.html

電気新聞（2020）慣性機能をどう確保するか。これが再エネ導入拡大のポイントだ

<https://www.denkishimbun.com/sp/50923>

電気新聞（2019）電炉の技術革新でCO₂フリー化が視野に入った製鉄業。実現すれば再エネの大型調整力にも

<https://www.denkishimbun.com/sp/45183>

スライド上の表記	正式名称
Adobe	Adobe Inc.
Aera	Aera Energy LLC
AGC	AGC 株式会社
Air Liquide	L'Air Liquide S.A.
airbnb	Airbnb, Inc.
Apple	Apple Inc.
Archeda	株式会社 Archeda
Asrc	ASRC Energy Services, Inc.
Avangrid	Avangrid, Inc.
BASF	BASF SE
Battelle	Battelle Memorial Institute, Inc.
Bloomberg	Bloomberg L.P.
BMW/Mini	Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft
BP(英)	BP p.l.c
BURBERRY	Burberry Group plc.
Carbon Capture	Membrane Technology and Research, Inc.
CHANEL	Chanel S.A.
	Chongqing Changan Automobile Company
Changan	Limited
Chevron	Chevron Corporation
City Water, Light & Power	City Water, Light & Power

Daimler	Mercedes-Benz Group AG
Duke Energy Indiana	Duke Energy Indiana, LLC
ENEOS	ENEOS ホールディングス 株式会社
Entergy	Entergy Corporation
Epri	Electric Power Research Institute, Inc.
Eversource energy	Eversource Energy
Fervo	Fervo Energy Company
Fiat Chrysler	Stellantis N.V.
Ford	Ford Motor Company
GAC	Guangzhou Automobile Group Co., Ltd.
Geely	Geely Automobile Holdings Limited
General Electric	General Electric Company
GHGSat	GHGSat Inc.
GM/General Motors	General Motors Company
Google	Alphabet Inc.
Great Wall	Great Wall Motor Company Limited
Honeywell UOP	Honeywell UOP Inc.
Hyundai	Hyundai Motor Company
INPEX	株式会社 INPEX
ION Clean Energy	ION Clean Energy, Inc.
JAPEX	石油資源開発 株式会社
JERA	株式会社 J E R A

JFE スチール	J F E スチール 株式会社
Jianghuai Automobile (JAC)	Anhui Jianghuai Automobile Group Co., Ltd.
JR 東日本	東日本旅客鉄道 株式会社
JX 石油開発	JX 石油開発株式会社
Kia	Kia Corporation
Lehigh Hanson	Heidelberg Materials US, Inc.
Linde Group	Linde plc
Mahindra & Mahindra	Mahindra & Mahindra Limited
Maxar 社	Maxar Technologies Inc.
Meta	Meta Platforms, Inc.
Microsoft	Microsoft Corporation
MTR CARBON CAPTURE	Membrane Technology and Research, Inc.
National grid	National Grid plc
Navajo Transitional Energy Company	Navajo Transitional Energy Company, LLC
NEC	日本電気 株式会社
Nestle	Nestlé S.A.
Nikon	株式会社ニコン
Nissan	日産自動車株式会社
Nokia	Nokia Oyj
NTT	日本電信電話 株式会社
Ocean Network Express(ONE)	Ocean Network Express Pte. Ltd.

Orsted	Ørsted A/S
OW Ocean Winds	OW Offshore S.L.
Oxy	Occidental Petroleum Corporation
Rapidus	Rapidus 株式会社
Renault	Renault SA
Rhode Island Energy	The Narragansett Electric Company
SAIC	SAIC Motor Corporation Limited
Shell	Shell plc
Siemens Energy	Siemens Energy AG
softbank	ソフトバンクグループ 株式会社
Sony	ソニーグループ 株式会社
Southern States	Southern States Energy Board
Tampa Electric	Tampa Electric Company
TES(ベルギー)	Tree Energy Solutions Belgium BV
Tesla	Tesla, Inc.
Toyota	トヨタ自動車株式会社
TSMC	Taiwan Semiconductor Manufacturing Co.,
Unilever	Unilever PLC
Vodafone	Vodafone Group Public Limited
VW	Volkswagen AG
YKK AP	YKK AP 株式会社
アークエッジ・スペース	株式会社 アークエッジ・スペース

エクソンモービル(米)	Exxon Mobil Corporation
エンジー	Engie SA
カネカ	株式会社 カネカ
コスモ石油	コスモエネルギーホールディングス 株式会社
サントス(豪)	Santos Ltd.
シェブロン(米)	Chevron Corporation
セントラル硝子	セントラル硝子 株式会社
センプラ・インフラストラクチャー・	
ネットゼロ(米)	Sempra Infrastructure Net Zero Holdings LP
ソニー	ソニーグループ 株式会社
ソフトバンク	ソフトバンクグループ 株式会社
デンソー	株式会社 デンソー
トクヤマ	株式会社 トクヤマ
トタル(仏)	TotalEnergies SE
トヨタ自動車	トヨタ自動車 株式会社
トヨタ自動車北海道	トヨタ自動車北海道 株式会社
フォレストバリュー	フォレストバリュー株式会社
マツダ	マツダ 株式会社
ライオンケミカル	ライオンケミカル 株式会社
レゾナック	株式会社 レゾナック・ホールディングス
三菱ガス化学	三菱瓦斯化学 株式会社
三菱ケミカル	三菱ケミカルグループ 株式会社

三菱マテリアル	三菱マテリアル 株式会社
三菱商事	三菱商事 株式会社
三菱重工業	三菱重工業 株式会社
三菱電機	三菱電機 株式会社
九州電力	九州電力 株式会社
京セラ	京セラ 株式会社
住友化学	住友化学 株式会社
出光興産	出光興産 株式会社
北海道電力	北海道電力 株式会社
名古屋電機工業	名古屋電機工業 株式会社
味の素	味の素 株式会社
商船三井	株式会社 商船三井
四国電力	四国電力 株式会社
大阪ガス	大阪瓦斯 株式会社
太平洋セメント	太平洋セメント 株式会社
岩谷産業	岩谷産業 株式会社
川崎汽船	川崎汽船 株式会社
川崎重工業	川崎重工業 株式会社
戸田建設	戸田建設 株式会社
日揮	日揮ホールディングス株式会社
日本製鉄	日本製鉄 株式会社
日本郵船	日本郵船 株式会社

旭化成	旭化成 株式会社
昭和四日市石油	昭和四日市石油 株式会社
東ソー	東ソー 株式会社
東京ガス	東京瓦斯株式会社
東京電力	東京電力ホールディングス 株式会社
東北電力	東北電力 株式会社
東急不動産	東急不動産ホールディングス 株式会社
東芝	株式会社 東芝
東邦ガス	東邦瓦斯 株式会社
清水建設	清水建設 株式会社
王子製紙	王子製紙 株式会社
第一工業製薬	第一工業製薬 株式会社
花王	花王 株式会社
衛星データサービス企画（SDS）	衛星データサービス企画株式会社
西部ガス	西部ガスホールディングス 株式会社
豊田通商	豊田通商 株式会社
高砂熱学工業	高砂熱学工業 株式会社

ディスクレーム

本白書は、株式会社三菱 UFJ 銀行（以下「当行」といいます。）が一般配布用に作成したものです。本白書は、適用ある法令によって許容される場合のみ配布可能であり、本白書の配布が制限される法域の者による使用を意図したものではありません。当行及び当行の関係者は、本白書の公開前に、本白書に含まれる情報を利用したり、本白書に含まれる情報に基づいて行動したりすることがあります。

本白書で表明された情報又は意見は、預金、有価証券、先物、オプションその他のデリバティブ商品又はその他の金融商品の購入、売却又は保有の申込み、勧誘又は推奨を構成するものではなく、また、そのように解釈されてはなりません。本白書は情報提供のみを目的に作成されたものであり、特定の読者の特定のニーズ、財務状況又は投資目的に対応しようとするものではありません。本白書は信頼できると考えられる情報源からの情報に基づいていますが、正確性は保証されておらず、読者自身の判断に代わるものと見なされてはなりません。過去の実績は将来の実績を保証するものではありません。当行は本白書で言及されている企業と関係を有すること、若しくは有したこと、又は当該企業に対して金融サービスを提供すること、若しくは提供したことがあります。

本白書に記載されているすべての見解（記述及び予測を含みます。）は予告なく変更される場合があります、当行並びに当行の本店、支店、子会社及び関連会社は本白書を更新する義務を負いません。

本白書に含まれる情報は当行が信頼できると判断した情報源から入手したものです。当行はその正確性、適時性、適合性、完全性又は無謬性についていかなる表明又は保証も行わず、またいかなる責任及び義務も負いません。当行、当行の本店、支店、子会社及び関連会社並びに情報提供者は、本白書の全部又は一部の利用又は依拠により生じるいかなる損失及び損害についても、一切責任を負いません。

本白書は金融商品の購入、売却、投資等の行為を勧誘するものと解釈されてはなりません。読者は、いかなる行為を行う場合も、読者自身の判断に基づいて行うことが求められます。本白書は信頼できると判断した情報に基づいていますが、当行はその正確性を保証するものではなく、これについて一切の責任を負いません。当行、当行の関連会社及び子会社並びにそれらの役員、取締役及び従業員は、本白書の全部又は一部の利用から生じるいかなる損失及び損害についても一切責任を負いません。本白書の内容は予告なく修正される場合があります。当行は本白書に係る著作権を保有し、本白書のいかなる部分も、当行の書面による同意なくして複製又は再配布することはできません。

本白書は、環境、社会、ガバナンス（以下「ESG」といいます。）、持続可能性又は企業責任に関する一般原則、法律、規則及び規制を遵守する意図で作成されています。もっとも、ESG に係る基準及び規制は、法域により大幅に異なる場合があることにご留意ください。そのため、読者の居住地又は所在地により、本白書が十分に対応していない特定の現地の要件又は基準が存在する場合があります。株式会社三菱 UFJ フィナンシャル・グループ（以下「MUFG」といいます。）及びその関連会社の商品及びサービスを利用する際に

は、現地の要件並びに読者自身の ESG 基準及び目標をご検討いただくことを推奨します。現在、普遍的に受容されているグローバルフレームワーク（法律、規制又はその他）は存在せず、何が「グリーン」、「サステナブル」、「責任ある」、「伝統的な」、又はこれに準ずる「ESG」の投資、コミュニケーション、商品又は提供を構成するかについて市場の合意も存在しないことにご留意ください。また、そのような普遍的に受容されるフレームワーク又は合意が将来形成される保証はありません。特定の法域や地域（特に、欧州経済地域）では、このような概念を定義する規制上の取組がなされていますが、法的及び規制上のフレームワークは未だ構築途上です。さらに、現在、「グリーン」、「ESG」、「サステナブル」、「責任ある」、「伝統的な」及びその他の類似の基準と見なされるものに関する共通又は調和する定義及びラベル又はこれらの呼称の意味に関する明確なガイドラインが存在しないため、様々な機関が異なるアプローチを取っている可能性があります。持続的な資金供給業務に加えて、MUFG 及びその関連会社は幅広い業界、事業、法域（エネルギーセクター等温室効果ガスの排出量が多く削減が困難なセクターを含みますが、これらに限られません。）に関連するプロジェクトに投資及び融資しています。MUFG は、2050 年までに投融資ポートフォリオの温室効果ガス排出量のネットゼロ及び MUFG 自らの温室効果ガス排出量のネットゼロを達成することを表明しています。MUFG のカーボンニュートラル宣言は[こちら](#)をご覧ください。従って、MUFG は、その投資、商品、コミュニケーション、サービス又は提供物が、「グリーン」、「ESG」、「サステナブル」、「責任ある」、「伝統的な」又はこれに準じてラベリングされた目標に関する期待の全部若しくは一部を満たすこと、又は環境、社会への悪影響その他の影響が発生しないことを保証し、又は表明することはできません。

本白書の著作権は当行に帰属し、当行の書面による許諾なく、本白書のいかなる部分も複製又は再配布することはできません。当行は、インターネット又はその他の方法により、個人又はリテール顧客に対して本白書を配布又は再配布することを明確に禁止します。当行、当行の本店、支店、子会社及び関連会社は、かかる配布又は再配布に対して一切の責任を負いません。

当行は、日本において設立され、東京法務局に登録された株式会社です（法人番号 0100-01-008846）。当行の本店は、〒100-8388 東京都千代田区丸の内一丁目 4 番 5 号にあります。当行は、日本の金融庁の免許を受け、監督下にあります。

ボストン・コンサルティング・グループ合同会社（以下「BCG」といいます。）は、MUFG に背景となる市場分析を提供し、MUFG は当該分析を基に本白書を作成しました。本白書で推奨されている事項は、必ずしも BCG の見解を反映するものではありません。BCG は、様々な情報源からのデータ及び他の情報源から BCG に提供された予測を利用しました。BCG はこれらの情報源からのデータ及び予測を独自に検証していません。基礎的なデータ又は予測に変更がある場合、分析及び結論に明確な影響が生じます。本白書の内容の関連性及び正確性を評価する責任は読者にあります。本白書に依拠することは、いかなる者も、いかなる目的であれ、合理的ではありません。BCG は本白書の情報を利用又は依拠したことにより発生した損失、損害、費用又は経費について一切責任を負いません。

株式会社 三菱 UFJ 銀行
〒100-8388
東京都千代田区丸の内 1-4-5

www.mufig.jp

