

In collaboration
with PwC

WORLD
ECONOMIC
FORUM

エネルギー需要の トランスフォーメーション

白書

2024年 1月



目次

はじめに	3
エグゼクティブ・サマリー	4
1 エネルギー需要の変革が重要である理由	5
2 エネルギー需要の削減に有効な三つの手段	11
3 企業向けのソリューション – 全体的アプローチ	13
4 企業向けのソリューション – 建物・産業・輸送の各分野で エネルギー変革の促進に有効な主な介入策	15
4.1 産業	16
4.2 建物	24
4.3 輸送	29
5 政府のリーダーシップ	33
結論	37
付録	38
A1 モデリング手法	38
協力者	40
参考文献	44

免責事項

本書は、世界経済フォーラムが、プロジェクト、インサイト領域、相互作用への貢献として発行したものである。本書に記載された所見、解釈および結論は、世界経済フォーラムによって促進され、承認された協力プロセスであるが、その結果は必ずしも世界経済フォーラムの見解を代表するものではなく、そのメンバー、パートナー、その他のステークホルダー全体を代表するものでもない。

© 2024 World Economic Forum. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, including photocopying and recording, or by any information storage and retrieval system.

はじめに



アナ・ボティン
サンタンデル・グループ会長
インターナショナル・ビジネス・
カウンシル 議長



ボブ・モリッツ
PwCグローバルチェア
インターナショナル・ビジネス・
カウンシル メンバー



オリビエ・シュワブ
世界経済フォーラム 取締役

エネルギーシステムの変革が世界中で急速に進む中、人、社会、地球のいずれにとっても好ましい結果となるエネルギー転換を、あらゆる分野のリーダーたちが一丸となって加速させる必要があります。この変革を推進する上で主導的な役割を果たすことができるのは、企業です。

2023年、企業の代表で構成するインターナショナル・ビジネス・カウンシル（IBC）がエネルギー需要のあり方について集中的に調査・検討することを決定したのもそのためです。同組織のメンバーは合わせて全世界のエネルギー供給量の3%を消費しています。その需要が減れば、温室効果ガス排出量（GHG）を抑えられ、エネルギーをこれまで入手するのが困難だった地域でも、より容易に利用可能になるでしょう。それに加えて、世界の経済生産高の拡大にも寄与します。しかし、その方向に向かうための活動や施策はまだ十分に実行されていないのが現状です。

私たちの調査では、エネルギー需要を引き下げるために、あらゆる企業が今日からでもすぐに始められる具体的な行動が数多くあることが分かりました。そうした行動を各企業が積極的に実践するようになれば、需要を短期間に費用対効果の高い方法で最大31%も削減できる可能性が

あります。また、その恩恵は瞬く間にどのセクターでも享受できるようになるでしょう。しかも、いずれの取り組みも新しい技術を必要とせず、投資利益率が高いことも魅力です。そのような協同行動は、成長と生産性の向上を促し、パリ協定で定めた削減目標の達成に向けた世界全体の歩みを再び軌道に乗せることにもつながります。また同時に、COP28で120か国以上が表明した、エネルギー効率の改善率を世界平均で年率2倍にするという誓約の履行も後押しすることになります。

こうした調査結果は、成長市場か成熟市場かを問わず、どのマーケットのリーダーにとっても胸を躍らせる朗報であるはずですが、この調査活動を支援してくださったIBCの全メンバーに、この場を借りて感謝申し上げます。私たちの願いは、世界がエネルギー分野のネットゼロを実現させるために、供給課題に取り組むのと同様の努力を需要の削減に向けても傾注するようになることです。この白書が、まだこうした取り組みに関わっていない多くの企業や政府を啓発し、共に行動し始める動機付けになることを期待してやみません。もう誰にも足踏みする時間は残されていないのですから。

エグゼクティブ・サマリー

すべての企業が、今すぐエネルギー需要を削減する行動を取ることができる。いずれも収益性が高く、気候変動対策の目標達成に向けた取り組みの加速にもつながる。

エネルギー需要を削減する取り組みは、実施する価値が十分にある。2030年までに有効な対策を講じれば、エネルギー原単位（国内総生産（GDP）当たりのエネルギー消費量）を最大で31%削減でき、年間最大2兆米ドルの節約が可能になる（「付録A1：方法論」を参照）。エネルギー原単位を削減すれば、これまで無駄になっていた、あるいは過剰に使用していたエネルギーをより生産的な活動に振り向けることができるようになるため、成長を押し上げる効果がある。また、企業が排出量を削減しながらより多くの現預金を手元に残し、競争上の優位性を維持するのに有効な施策となり得るだろう。本白書では、エネルギー需要削減に向けた官民の取り組みの価値とその実現方法について概説する。そうした活動は今日からでもすぐ始めることが可能であり、いずれも投資対効果が高く、既存のテクノロジーのみで実行できる。そう考えると、供給課題の改善に向けた取り組みと同様の意欲を持って、エネルギー需要の削減努力を推し進めることは、極めて理にかなっているという見方ができるだろう。

適切な行動を取るためには、経済生産高を維持しながら、エネルギー需要の増加ペースを抑える、あるいは減少に転じる方法を見つけることがまず重要になる。2050年までに、世界の総人口は20億人増加し、GDPは倍増すると予測されている。また、新興市場や開発途上国（EMDE）は、成長しながら開発目標を達成するために、低コストのエネルギーを大量に必要としている。同時に、世界は供給エネルギーの脱炭素化を目指している。需要と供給の課題に同時に取り組むことが、エネルギー問題の抜本的改善を実現するための最善の方法だ。

エネルギー消費量を抑える行動は今すぐにも実行できる。それも多くの費用がかからないばかりか、そこから利益を生むことも可能だ。本白書のベースとなる調査では、どの企業や国でも、既存の手段を活用してエネルギー原単位を削減できることを示す結果が出ている。建物、産業、運輸（BIT）分野が対象となっている国際的なビジネス・カウンシル（IBC）の事例を見ると、適切な公共政策に支えられた行動を実践すれば、世界のエネルギー需要を約三分の一減らせるだけでなく、同時に経済生産高をさらに拡大させることも可能であることが分かる。多くの資金を費やさなくても、これだけの

ことができるのだ。また、世界全体で需要削減に向けて投じる介入コストを10年以内に全額回収できる見通しもあり、そのとおりに行けば年間2兆米ドル規模の節約を実現できると試算されている。

このような変化は三つの手段を活用してもたらすことができる。一つ目は、「エネルギーの節減」。事業運営費（OpEx）を財源とする業務改善介入を通じてこれを実現する。通常、効果はすぐに現れるが、組織全体で多くの介入策を調整し、エネルギー費の無駄遣いに絶えず目を光らせる必要があるため、どの程度の効果を上げているかが多くの場合、見過ごされがちになる。二つ目は「エネルギーの効率化」。これには、資本的支出（CapEx）が伴う対策を企業の直接管理下で講じる必要がある。節減と効率化を共に進めていけば、企業は、本調査で特定することができたエネルギー原単位の改善策のうち、少なくとも半分の削減目標を多くの資金や労力をかけずに達成することができる。残るもう一つの手段は「バリューチェーン・コラボレーション」だ。どの企業も、サプライヤーやビジネスパートナーと直接協力しながらエネルギーの節減を進め、コストを削減することで、他社よりも先にネットゼロに向けた取り組みの成果を出し、競争力を一層高めることができる。

どのセクターも、行動を効果的に実行するためには、企業活動や公共政策の指針となる「ロードマップ」が必要となる。供給側の改善策と統合しながらエネルギー消費量を管理することで得られる利益を享受するには、企業別ならびに国家単位でエネルギー転換を図る計画を立案することが求められる。エネルギーの需要と供給のどちら側に比重を置く企業であっても、行政と足並みを揃えながらこの計画作りを推し進め、エネルギー問題に立ち向かうそれぞれの行動の足かせとなる障壁の撤廃に有効な手段やその除去作業の成果について認識を深める必要がある。

こうした計画の策定は、エネルギー需要に対する意識や改善意欲を高める上で不可欠な次のステップになる。COP28では、120か国以上がエネルギー効率の改善スピードを倍増させることを誓約した。IBCは、こうした各国の強い意気込みを企業側から支える主導的な役割を果たすことができるだろう。

1

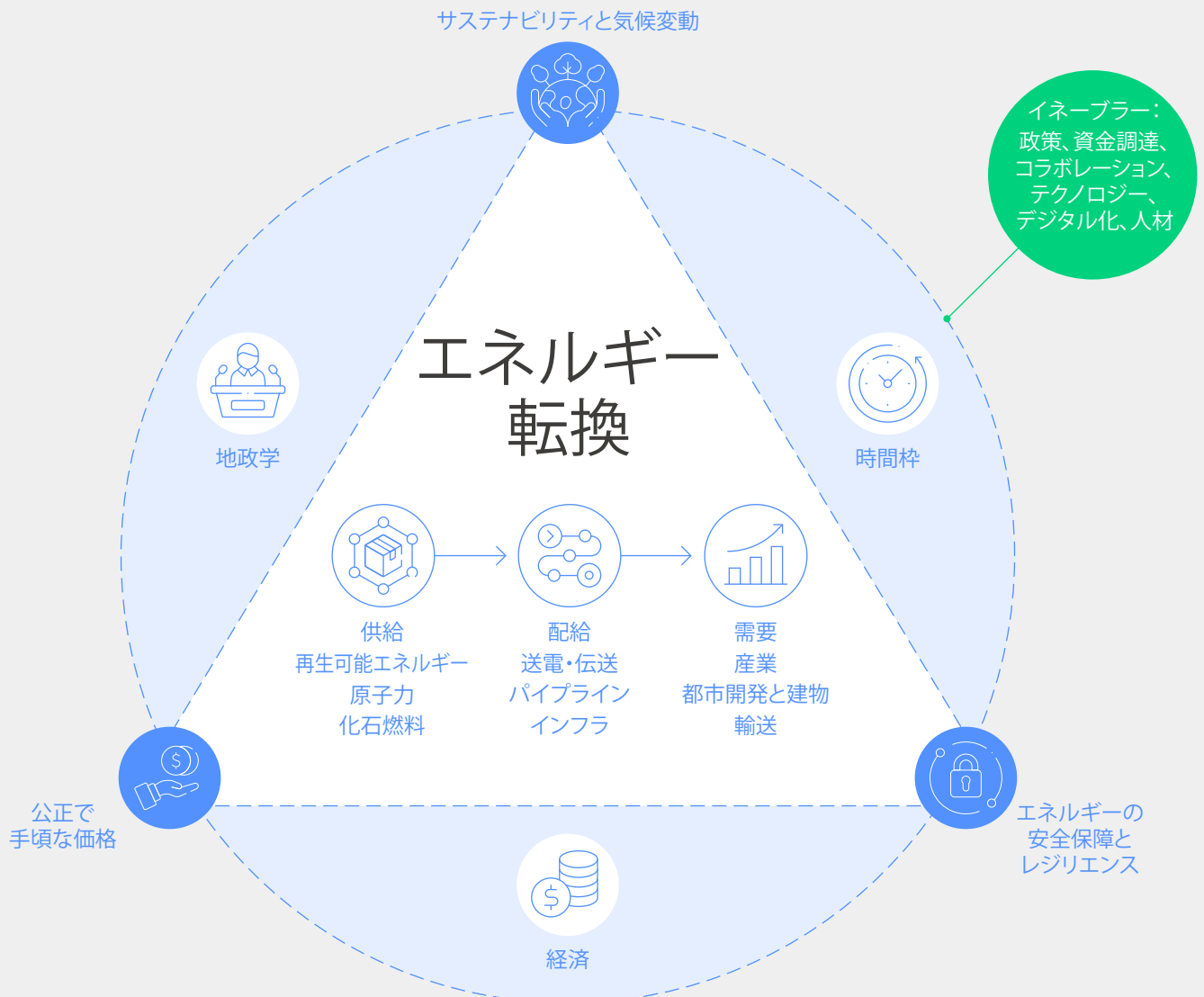
エネルギー需要の変革が重要である理由

エネルギー需要を押し下げる行動を取ることでエネルギー消費量を最大31%減らし、年間コストを最大2兆米ドル節約できる。

もしも、ある企業が3年以内に年間の事業運営費を10%削減できれば、どのような変化が生まれるだろうか。あるいは、利益率を2~3%向上させることができる企業があったら、株価にどのような影響が出るだろう。しかも同時に、温室効果ガス(GHG)排出量が減り、事業のレジリエンス(強靭性)も強化できたとしたら、どうだろう。

これらは単なる仮定ではなく、IBCのメンバー企業が取り組んだ各社の改善成果の実例に基づく話だ。こうしたことを実現できた背景には、各企業とも本白書の中心テーマである「エネルギー需要の変革」に向けた行動を取ってきたという共通点がある。

図1 エネルギー・トライアングル



出典:世界経済フォーラム『Fostering Effective Energy Transition (効果的なエネルギー転換の促進)』2023年

注:三角形はエネルギーのトリレンマ、すなわち「経済性(アフォーダビリティ)」、「安全保障(セキュリティ)」、「持続可能性(サステナビリティ)」をいずれも犠牲にせず確実に維持しながら、公正なエネルギー転換を実現する難しさを表している。

“これまでのところ、ネットゼロを実現するための活動は、様々な企業を広く巻き込む取り組みになっておらず、行政やエネルギー業界の施策に依存しすぎている。

課題

エネルギー転換を図る上での主要課題には、安全保障、経済性、持続可能性の三つの側面がある。各側面の課題に個別に取り組むとそれぞれの間に相反する緊張が生まれ、全体の取り組みが進むにつれ、その緊張関係はますます高まる（図1参照）。

安全保障

第一の課題は、地政学的情勢の不安定さが増す中で、炭化水素が大きく占める今日のエネルギー供給構造の改革を進めると同時に、エネルギーの確実かつ安定的な供給を維持することである。2021年から22年にかけて、欧州ではエネルギー不足と価格高騰が産業基盤を脅かしたために、他の新興市場や開発途上国（EMDE）に振り向けられていた石油やガスまでも調達する必要に迫られた¹。その結果、新興市場やEMDE諸国は石炭をより多く消費せざるを得なくなり、全体としてエネルギー価格の上昇に追い打ちをかけることになった。

経済性

第二の課題に挙げる経済性とは、エネルギーを企業だけでなく社会全般で入手可能にすることを意味する。2050年時点のエネルギー需要に関しては様々な予測（図2参照）が発表されているが、大方の見方どおり世界のGDPが倍増し、総人口が20億人増加すれば、とりわけ現在の需要の約60%を占めるEMDEにおいてエネルギー供給システムへの圧力が強まるだろう²。

EMDE市場には経済成長への明確な道筋が必要であり、それには手頃な価格でクリーンエネルギーを大量に入手可能なルートの確保も含まれる³。エネルギー需要が賄えなくなれば、エネルギー価格の高騰を招き、成長や競争力の阻害要因になる恐れがある。

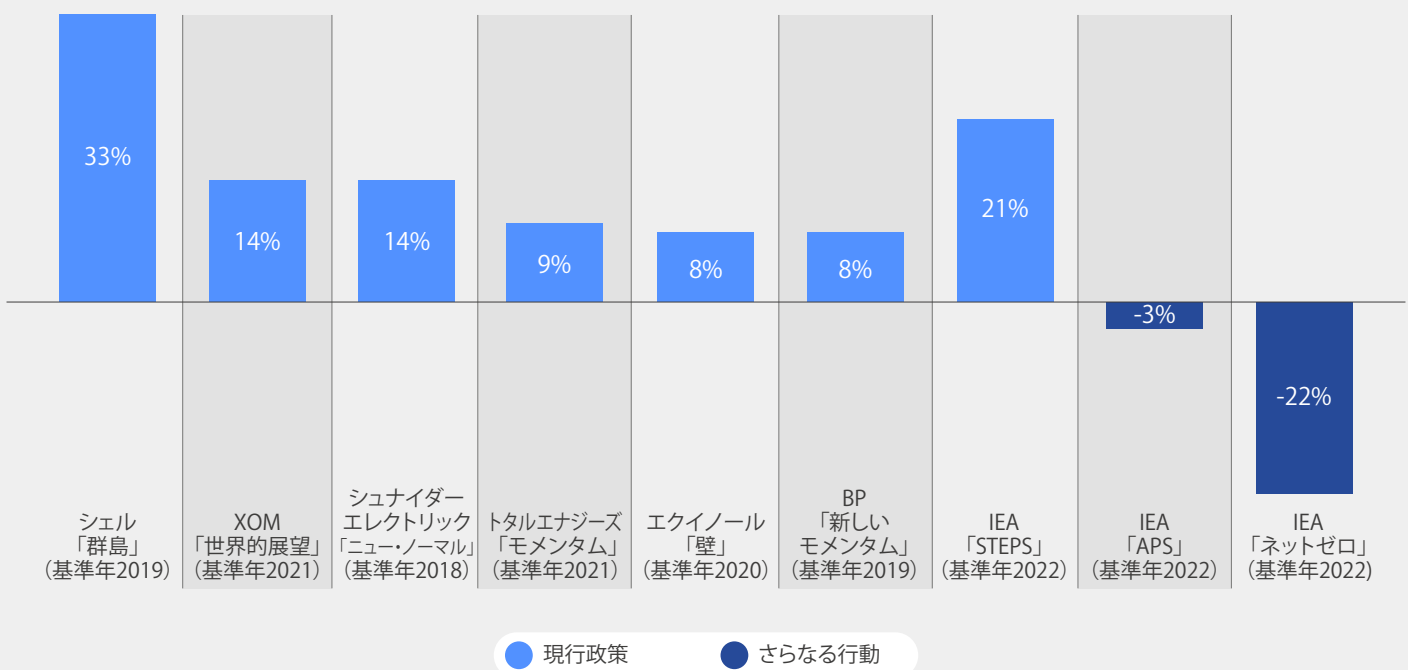
持続可能性

第三の課題である持続可能性の成否は、世界が今後のエネルギー需要の増加に対応し、パリ協定で定めた2050年までの目標達成に向けた様々な施策を順調に進められるかどうかにかかっている。再生可能エネルギー分野の成長が3倍に伸びたとしても、数々の現行シナリオでは2050年までにクリーンエネルギーの供給が大幅に不足すると予測されており（図3参照）、化石燃料由来エネルギーを増やさざるを得ない。このことは、再生可能エネルギーのサプライチェーンが十分に整備されていないEMDEには、同様あるいはそれ以上のインパクトがあるだろう。

これまでの議論や行動の大半は各国政府やエネルギー会社によるエネルギー供給課題への取り組みに焦点を当てており、結果として分散型発電設備の急速な増加などによって、エネルギーシステムに目覚ましい変化が見られるようになった。しかし、気候変動対策や各種開発計画の目標に比べてエネルギー転換の道筋は、許認可の遅れや資金調達難が足かせとなり、未だに先が見えない状況が続いている。したがって、供給面の課題克服に向けた取り組みが極めて重要であることには変わりないものの、それだけでエネルギー全般の問題を解決するのは難しい。

図2 2050年までの需要増加予測

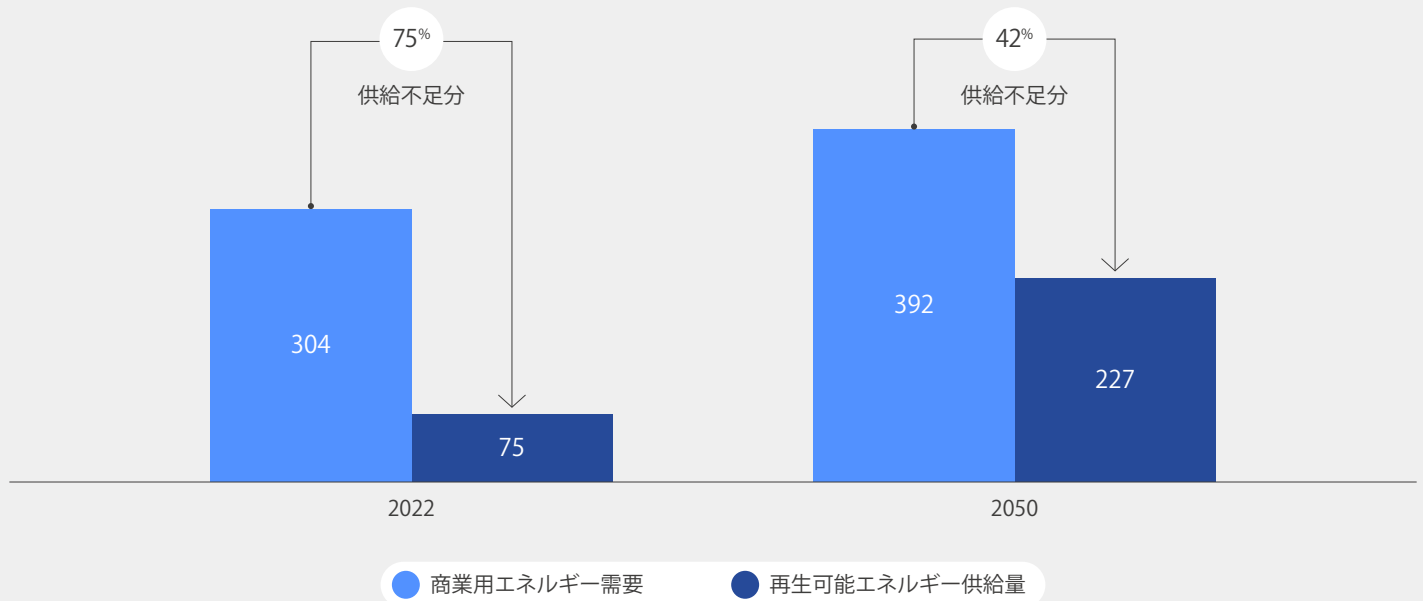
世界の様々なシナリオにおける総エネルギー消費量の伸び率(サンプル) %、基準年から2050年まで



出典：国際エネルギー機関（IEA）『Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5C Goal in Reach』2023年、シェル『The Energy Security Scenarios』2019年、エクソンモービル『ExxonMobil Global Outlook』2023年、シュナイダーエレクトリック『Back to 2050: 1.5°C is more feasible than we think』2021年、エクイノール『2023 Energy Perspectives』2023年、BP『bp Energy Outlook 2023 Edition』2023年、IEA『World Energy Outlook 2023』2023年、トタルエナジーズ『TotalEnergies Energy Outlook 2022』2022年

図3 | 商業用エネルギー需要に対する再生可能エネルギー供給量の不足分

世界の商業用*総最終エネルギー消費量と再生可能エネルギー供給量、およびIEAが表明した政策 (STEPS) に基づくシナリオ: エクサジュール (EJ)、2022~2050年



*商業ビル、産業、輸送の各分野を合わせた総エネルギー需要(居住用ビルと道路輸送を除く)。
出典: IEA、『世界エネルギー展望2023』、2023年

解決策: 供給の課題と並行して、エネルギー消費のあり方の改善にも取り組む

このように今後は、供給課題の克服に向けた取り組みと並行して、現在の活動と将来の成長に必要なエネルギー原単位を削減し、エネルギー需要を減少させることが非常に重要になる。これは事業活動と社会活動の両方に求められ、取るべき行動は密接に重なり合っている。適切な行動を実行すれば生産性が向上するだけでなく、エネルギーの入手が容易になり、経済成長にもつながる。その行動とは、これまで無駄にしていた、あるいは過剰に使用されていたエネルギーを新たな消費先や用途に再配分できるようにすることだ。結局のところ、**未利用のエネルギー**ほど、安く手に入るエネルギーはないのだ。また、これは明らかに機会費用の問題でもある。行動が遅れば遅れるほど、エネルギー支出は増大していき、気候変動対策の目標の期日内達成が困難になるからだ。

だが、幸いなことに、エネルギー需要を押し下げる行動は、多くの費用をかけずに今すぐに実行可能だ。あらゆるセクターのあらゆる企業が、手頃

な価格で導入可能な既存テクノロジーを利用して、エネルギー原単位を削減することができる。つまり、より少ないエネルギーでこれまでと同じ(またはそれ以上の)生産高を生み出せばよい。それができれば、エネルギー関連の排出が減り、その結果、排出原単位(製品の製造やサービスの提供で生じる排出量)が減少していく。エネルギー消費を抑える対策を講じることは、どの市場にとっても有益である。より少ないエネルギーで生産性を高めることには普遍的な価値があるからだ。ただし、その恩恵を享受できる度合いは市場によって異なる。例えば、先進国では、エネルギー原単位の削減は環境リスクを軽減すると同時に総エネルギーコストの低減にもなるため、競争力の強化に役立つ。一方、EMDEでは、エネルギー需要の管理を強化するだけではなく、供給課題の打開にも注力することで、エネルギーの確保をより容易にし、先進国で見られるような低効率のレガシーシステムへの依存回避を図りつつ投資を呼び込む力を高めることができるだろう。

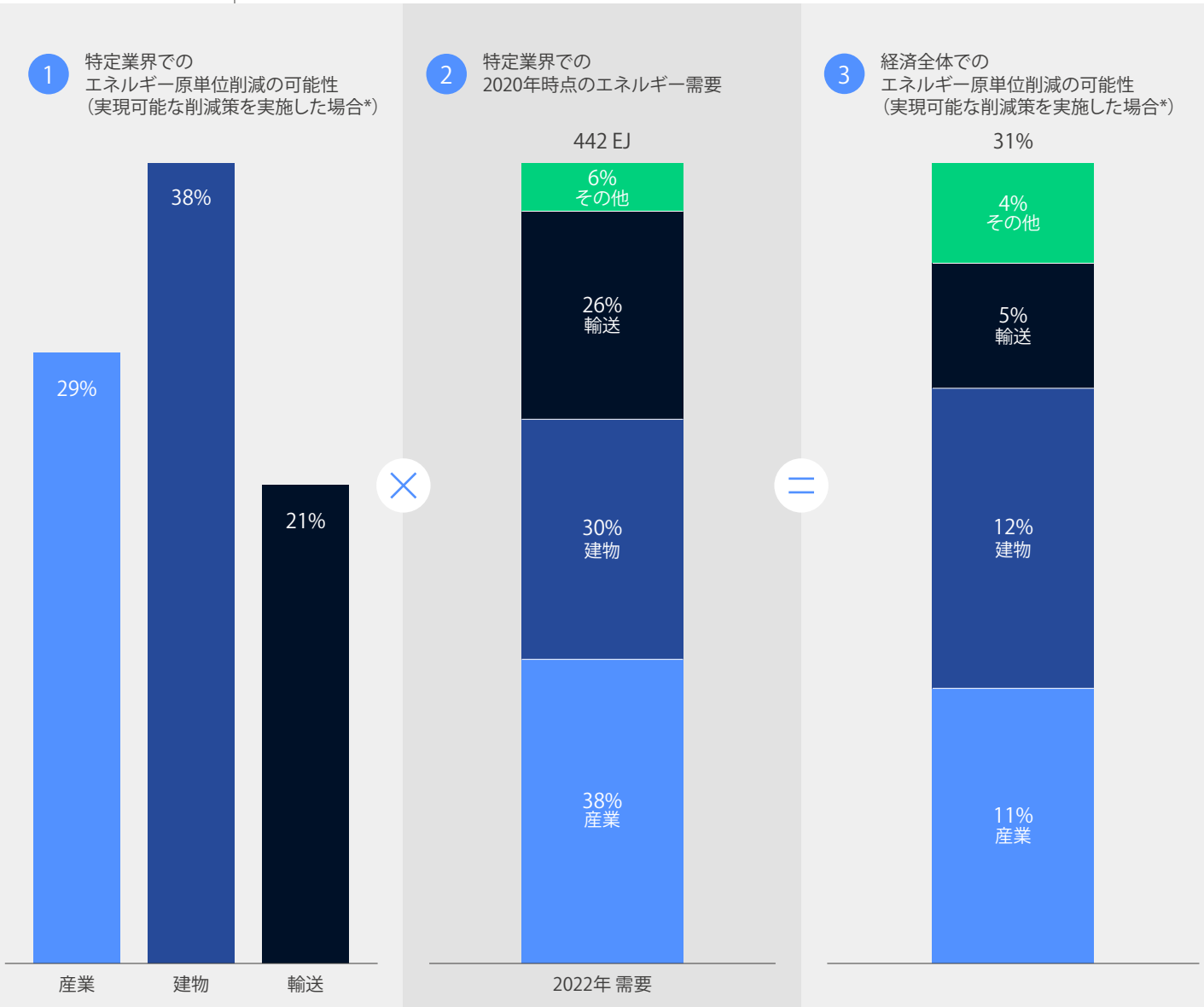


エネルギー需要削減効果の規模

本白書では、エネルギー需要について調査した内容を、「建物・産業・輸送 (BIT)」を中心に記述する。その理由は全世界のエネルギー需要の94%がこの三つの事業分野に集中しているからだ⁴。エネルギー原単位の削減策については、全体を合わせて最大で調査

時点の現行水準よりも約31%の削減を実現可能⁵にする一連の介入策 (図4参照) を明らかにする。また、さらに削減率を42%まで引き上げることを目指す場合のより野心的な介入策も紹介する (図6参照)。

図4 エネルギー需要を短期間に削減する行動の潜在力 (実現可能なシナリオのみ)



- ①で、特定業界別に実施する介入策 (例えば、より効率的な電気モーターの設置) を特定し、それらの効果を合算して特定業界ごとに全体のエネルギー原単位にもたらす潜在的な影響度を求めた。
- これらの変化が世界の需要に及ぼす全体的な影響度を算出するために、②でそれぞれの特定業界がエネルギー需要に占める割合を示している。詳細が検討されていない部門 (「その他」と定義) には、平均的なエネルギー原単位削減効果を適用した。
- 結果として、グローバルなエネルギー原単位に個々の介入策が及ぼす複合的な潜在的な影響を示したグラフが③である。

*ここで言う「実現可能」とは、現在すでに広く利用可能な技術を使って実施でき、その結果として得られるエネルギー原単位の削減効果を示す関連データが入手可能な介入策であることを意味している。

**パーセンテージは四捨五入の関係で合計31%にはならない。

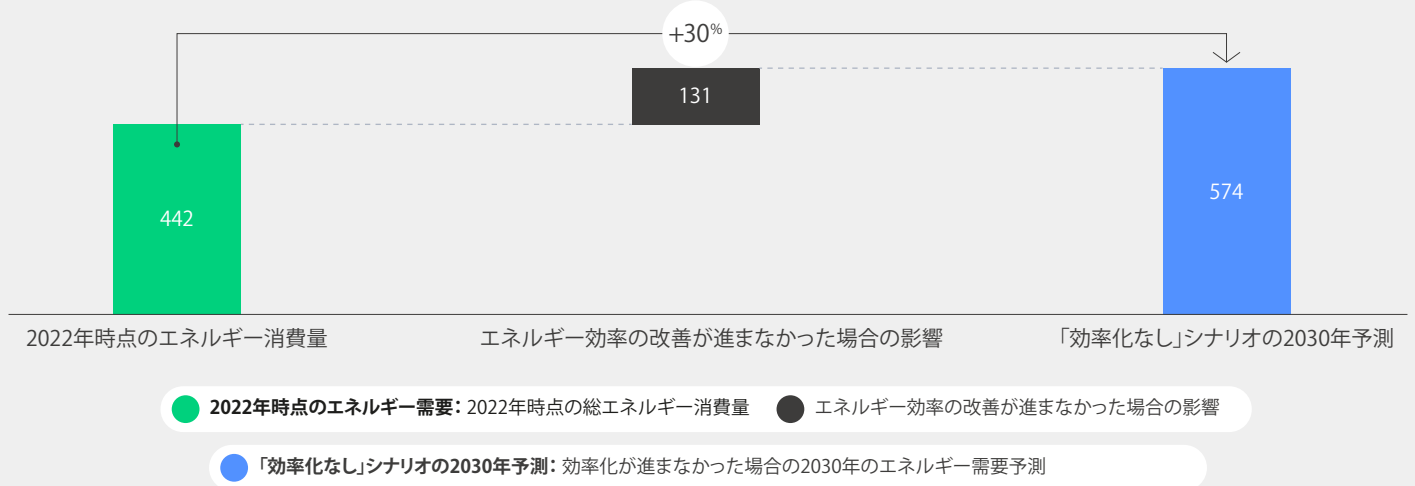
出典: IEA, 『World Energy Outlook 2023 (世界エネルギー展望2023)』, 2023年

こうした介入策の長期的な影響を理解するために、本白書では、2030年までにそうした一連の策が世界中で実行された場合に何が起きるかを考察する (付録「A1: 方法論」を参照)。そのためにまず、2022年

から2030年の間にエネルギー原単位が全く改善されなかった場合の2030年時点のエネルギー需要のモデル化を行った (図5「効率化なし」シナリオ参照)。

図5 「効率化なし」シナリオによる2030年予測

EJ、2022～2030年、グローバル



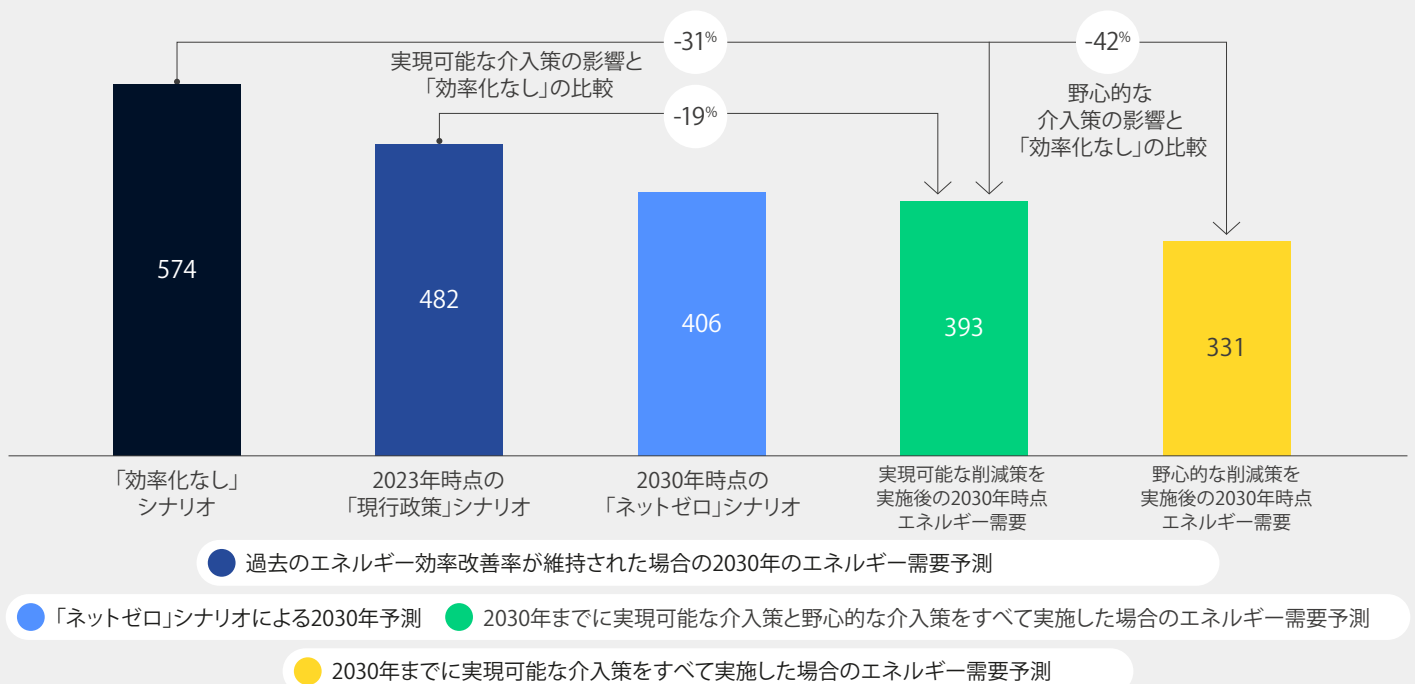
出典:IEA、『World Energy Outlook 2023 (世界エネルギー展望2023)』、2023年

2030年まで「効率化なし」シナリオにこうした介入策を実行すると、より少ないエネルギーで生産量を維持することが可能となる。その結果、現行の諸政策が施行された場合の予測レベルよりも19%ほど多くエネルギー原単位を削減することができるだろう(図6参照)。これは、エネルギー原単位が年率4.6%で改善することを意味する。

この高い改善率は、持続可能な開発目標 (SDGs)、国際エネルギー機関 (IEA) や国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) が、ネットゼロを実現するために必要として定めた現在の2倍に相当する4%以上という目標を上回っている。したがって、こうした介入策が世界中で適切に実行されることで、パリ協定で定めた目標をも超える大きな成果を出すことが可能になるだろう。

図6 2030年における世界のエネルギー需要に対する介入案の影響⁶

EJ、2030年、グローバル



*「実現可能な」シナリオとは、実施することが難しいステップが含まれるものの、技術的には実現が不可能ではないシナリオを指す。「野心的な」シナリオとは、実現可能なすべての介入策に加えて、まだ実証例が少ないために正確な効果測定が難しく、実施後の影響度が未知数の介入策も含めたシナリオを指す。

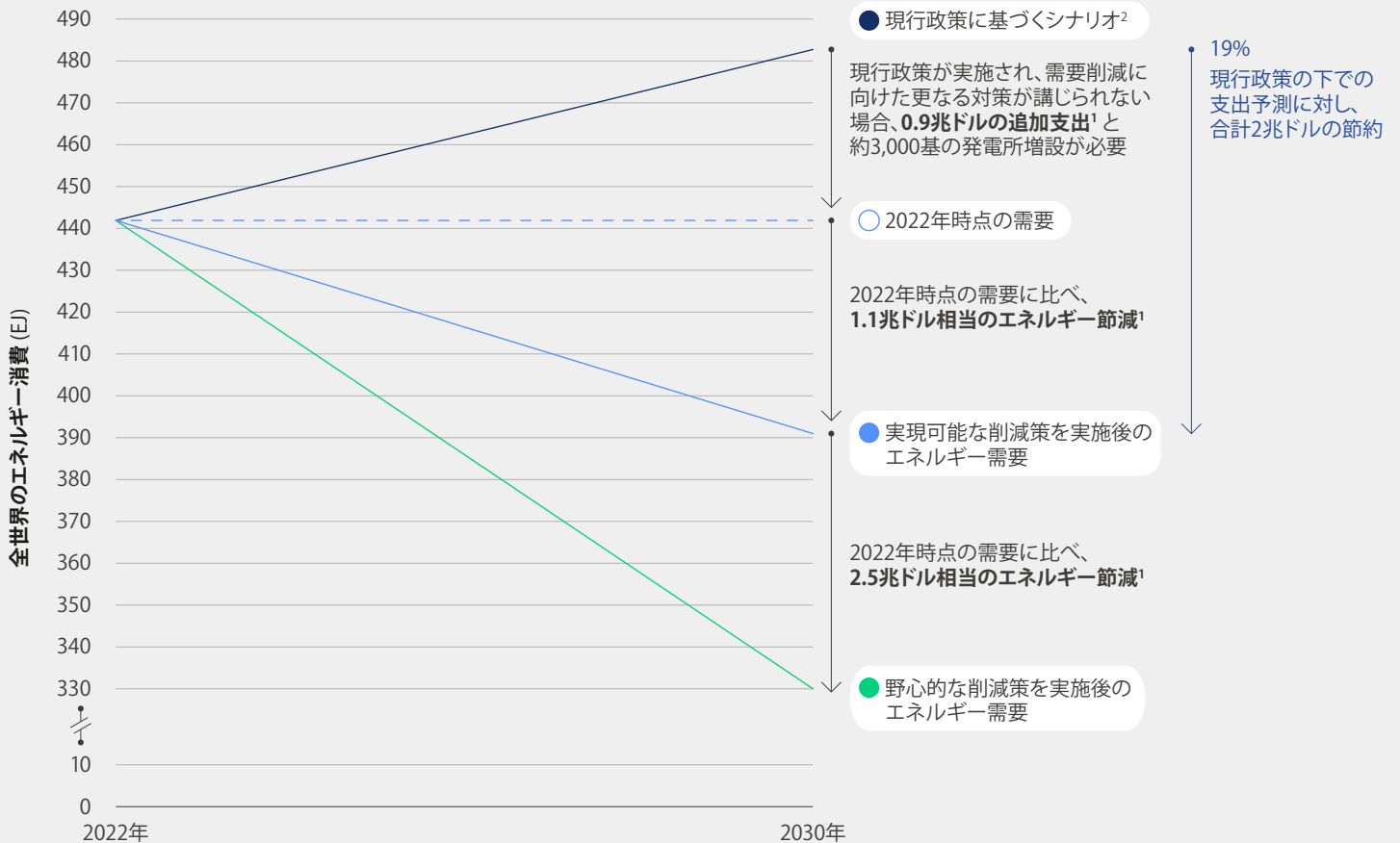
出典:IEA、『World Energy Outlook 2023 (世界エネルギー展望2023)』、2023年

しかし、エネルギー需要や原単位の改善効果を示す数値にいくら説得力があろうと、介入策は多くの費用をかけずに実施できなければならない。繰り返しになるが、朗報は供給エネルギーを化石燃料から脱炭素系に切り替えるために必要な長期的な設備投資に比べれば、エネルギー需要の引き下げにはわずかな資金で実行できる明確な手段が一定

幅あると考えられることだ。最近公開された IRENA の報告書では、ネットゼロ実現に向けた介入策を 2030 年まで継続的に実行した場合の累積コストは 14 兆米ドルと試算⁷。うち最大 8 兆ドルは実施中に回収することができ、削減幅に応じたエネルギー価格の変化状況にもよるが、現在の価格ベースで年間最大 2 兆ドルの節約が可能になる（図 7 参照）。

図 7 2022年から2030年までの世界のエネルギー需要に対するエネルギー需要側の対策の効果と例示的な関連コストの影響

世界のエネルギー需要予測シナリオと関連コスト削減額 EJ、グローバル



注: 1. 現在のジュールあたりの平均価格が一定であると仮定。これはあくまで一例であり、現在の支出額に基づく価格の理論的な水準を定量化したものである。実際の数値は、需要削減に対するエネルギー価格の反応や、エネルギー・システム全体とその燃料構成の変化によって変わる。 2. IEA「STEPS」シナリオ
出典: IEA「STEPS」シナリオ

供給への介入策は今後も重要だが、エネルギー消費を抑える介入策は手持ち資金で賄うことが可能であり、10年以内にコストを回収して、エネルギーの効率化を長期的に維持することができる。結果として、パリ協定で定めた目標に向かって進む世界の歩みを一段と力強く、確かなものにすることができるのだ。

本白書では、あらゆる組織がこのような好循環を生む行動を取りやすくなるように、有効な介入策を導入する機会とそれを阻む障壁について解説する。またエネルギー原単位の削減に向けた取り組みを加速する手段を明らかにし、変革を確実に前進させるための道すじにも言及する。推奨する介入策のほとんどは今すぐにでも導入が可能であり、実施後1年以内に大きな改善成果を実感できるだろう。




この結論は、世界経済フォーラムの諮問機関、インターナショナル・ビジネス・カウンシル (IBC) のメンバー企業への調査結果から導かれた。IBCは多国籍企業120社で構成され、その事業は全世界のエネルギー需要の約3%を占める。調査の目的は、エネルギー転換に向けて企業が現在どのような役割を果たしており、その役割をさらに拡大させるための行動を妨げているものは何であり、そうした障壁をどのように克服できるかを理解することだ。また、調査の一環として、エネルギー消費のあり方に焦点を合わせた再現可能な施策の特定を試み、メンバー企業へのインタビューも実施した。以降、本文で提言する様々な提案案には、一連の調査活動を通じて得られた学びが反映されている。

2

エネルギー需要削減に有効な三つの手段

エネルギー原単位の削減に即効性のある既存の手段は三つある。しかし、それらを活用しようとする際に直面する障壁も存在する。

図8 エネルギー需要の削減に有効な三つの手段

手段	説明	エネルギー原単位への影響度の中央値	ケーススタディ
① 複雑性: 低 / 投資回収期間は短い	エネルギー節減  企業の継続的に実行する中核的な行動や活動を変えることによって、エネルギーの節減を図る。主に事業運営費 (OpEx) を財源とし、短期間の投資回収が可能。	約 10%	- 既存の冷暖房空調設備 (HVAC) を制御するAI駆動型ソフトウェア - HVACのエネルギー原単位を20~25%削減、投資回収は1年未満
②	エネルギー効率化¹  より少ないエネルギーでこれまでと同じ業務を処理できるようにする。通常、これは資本的支出 (CapEx) が伴う介入策であり、中核的な業務プロセスを対象にする場合、投資回収には中間期を要する。	約 30%	- スマート製品、照明、HVACの改良による建物の改修 - 非産業部門の業務に必要なエネルギーを27%削減 - 投資回収は15年未満 ²
③ 複雑性: 高 / 投資回収期間は長い	バリューチェーン・コラボレーション  隣接するサプライチェーンとスケールアップで反復可能なパートナーシップを組みながら、需要の代替性の向上、需要の集約や柔軟な需要対応を通じて、エネルギー原単位ならびに排出原単位の削減を図る。	約 45%	- 都市部の地域熱供給設備にエネルギーを供給するスウェーデンの硫酸プラント - 市の暖房エネルギー原単位を25%削減 - 投資回収は1年未満

注:ここで言う影響度とは、特定のプロセス(例:照明需要のエネルギー原単位を75%削減できるLED照明の装着)のエネルギー原単位の減少率のことであり、企業全体のエネルギー原単位の減少率ではない。

1. エネルギー効率化は、広く使用され、よく理解もされている用語であるが、ここでは、特定の種類の介入策(設備投資などを通じてこれまでと同じタスクをより少ないエネルギーを使って完了できるようにする施策)を実施することによって向上できるエネルギー効率という意味に限定している。したがって、この文脈では「エネルギー原単位」や一般的に定義されている「エネルギー効率」と区別する必要がある。2. この例は、アラムコのLead by Exampleプログラムから引用している。
 オンライン版ケーススタディ入手先: <https://initiatives.weforum.org/energy-and-industry-transition-intelligence/transforming-energy-demand>

図8に示す手段1と2は、すぐに成果が出る。エネルギーの節減と効率化を図る介入策を適切に実施すれば、技術革新、規制緩和や外部からの資金調達といった追加要件を加味しなくても既存のプロセスに必要なエネルギー原単位を最大90%削減できるのだ。この方向に向かう上で重要なベクトルとなるのが電化である。なぜなら、電力は燃焼型のエネルギー源よりも減耗リスクが小さいため、既存プロセスで消費するエネルギー原単位が少なくて済むからだ。

繰り返すことで継続的な改善が定着し、削減効果をさらに高めることができる。個々の行動は小さくても、積み重なればやがてエネルギー原単位を大きく削減することができるだろう(ケーススタディ1参照)。

手段3の「コラボレーション」では、隣接するサプライチェーンやパブリックセクターと協力することで、企業がどれほど新たな価値プールや収益源を生み出すことができるかを示している。そのためには、

エネルギー供給業者と協力し、長期的な視野に立って、将来の変化に対応できるようにしなければならない。諸課題の克服を待つのではなく、あらゆる分野の企業が今すぐエネルギー転換に向けた取り組みに積極的に参加することができる。

一例としては、**エネルギー需要の集約**が挙げられる。これは即ち、企業やその他のステークホルダー（産業クラスターに加わる事業者など）が協力して、地域熱供給（図8参照）などを通じて、あるいは長期的には循環型ビジネスモデルの設計を通じて、エネルギー原単位の削減を図ることを意味する。企業はまた、金融機関、エネルギー会社や政府の協力を得ながら**供給代替性**を高めてエネルギー需要を抑え、エネルギー原単位ならびに排出原単位の削減を図ることもできる。南アフリカでは、アフリカン・レインボー・ミネラルズをはじめとする複数の鉱山会社が再生可能エネルギー開発業者と提携し、オフテイク契約や

既存送電網から電力を託送する技術を使用して運用する実用規模の太陽光発電所を建設した。地元金融機関の支援と鉱山会社の保証の下で立ち上がったこの開発事業は、グリッド規模の新しい配電網をわずか18か月間で稼働させることができた。これは、他の多くの国における事例よりも早い。石炭中心の不安定なエネルギー供給が課題となっている国で実現したことを考えれば、非常に大きな成果だと言える。

企業が電力会社や政府と協力して需要や価格シグナルに基づいて業務を調整することで、**柔軟なデマンドレスポンス**（需要応答）も可能になる。これには、ピーク時の操業を控える、自家発電や蓄電設備を社内を設置してエネルギーをより弾力的に使用するなどが含まれる。こうした柔軟な対応は主に排出原単位の削減に寄与する（一般に化石燃料は需要が高い時期に使用率が上がるため）が、同時に送電網の効率性や有効性の向上にもつながる⁸。

課題：意識の向上と政策の実現可能性を高める環境の整備

経済や企業に課された要件は明確だが、それを満たすために乗り越えなければならない大きな障壁が三つある。

1. 意識の低さ

調査対象企業へのインタビューを通じて、エネルギーの使用に関する意識が低い企業がまだかなり存在することが浮き彫りとなった。この傾向は、特にエネルギーを大量に消費する業界以外の企業で顕著であった。こうした企業は概ね、エネルギー消費を抑える対策を策定、実行する能力を持たず、その目的で実施する介入策が自社のエネルギーコストの削減、エネルギー転換の促進やレジリエンスの拡大にどれほど有効かを明確に理解する力に欠けている。また同時に、自社で使用するエネルギーを戦略上の最優先事項として捉えている企業も少ない。現に、取締役会で排出原単位について討議する企業は82%に上るのに対し、エネルギー原単位を議題にする企業は42%に過ぎなかった。

企業経営者たちとの議論においても、エネルギーシステムに関する問題は自社の手に負えるものではなく、解決責任は政府やエネルギー業界にあるという認識が示された。調査対象となったIBCのメンバー企業に自社のエネルギー使用状況に関する理解度を尋ねたところ、94%は十分に理解していると回答。一方、影響が社内要因よりもはるかに大きい社外要因や、サプライチェーンでのエネルギー使用状況までを把握していると答えた企業は53%に留まった。その理由としては、テクノロジーを活用した監視や報告の仕組みが行き届いていないこと、ならびにサプライチェーン内の事業者とのパートナーシップやデータ共有が限定されていることなどが考えられる。

企業内のエネルギーの使い道は広範囲に分散されており、膨大な数に上る多種多様な活動でエネルギーが消費されている。それぞれのエネルギーの使い方について目を光らせる役割を担っている社内の管理責任者も一人ではなく無数に存在する。加えて、エネルギー使用量の削減に

有効な介入策は、例えば、ある場所で電球を交換したり、別の場所で新しいモーターを取り付けたりといった、小さなタスクが大半を占める。こうした作業は地道なものであり、主導権を握って変化を起こすきっかけになりにくいだろう。全社のエネルギーコストを一元的に管理する責任者や担当部署を置いていない企業も相当数に上る。調査した企業のうち、29%はこの部類に入る。

2. 適切な投資回収の難しさ

調査対象企業の38%が、エネルギー/排出原単位の削減に有効なソリューションには投資する意欲を沸かすだけの見返りが十分に望めないと回答した。これは、投資回収期間の長期化に起因する。一例を挙げれば、ビルの改修は非常に大きな価値を生むが、投入した資金を全額回収するには8年近くかかる。これは、企業が通常、確実性の高い投資事業計画として回収期間の目安にする3年から5年サイクルよりもかなり長い。企業がエネルギー原単位の削減効果が期待できる介入策に投資する準備を進める際、その取り組みに割り当てる予算は、手持ち資金の運用可能額、または金融機関からの融資を前提にした資金調達計画によって決まるが、この資金計画は介入策を実施した後に見込まれる収益成長率をベースにしたものではない。エネルギー原単位の削減によって節約できるコストの総額と、他の投資事業よりも長めになることを想定した投資回収期間で設計される。

3. 改善努力を後押しする政策環境の不在

調査に協力した企業が、エネルギー原単位の削減を推進しにくい要因として繰り返し強調した障壁は主に、改善努力を後押しする法規制が十分に整備されていないこと（回答者の47%）、何をすれば良いかが明確になっていないこと（同47%）、インセンティブが足りないこと（同38%）の三つだった。こうした阻害要因を取り除くために各国政府は、エネルギー/排出原単位削減の大きな動機になり得る魅力的なインセンティブをもたらす政策や法規制を策定する必要はある。

経営上、
排出原単位を
重視する企業は82%、
これに対してエネルギー
原単位を重視する企業は

42%

3

企業向けソリューション – 全体的アプローチ

あらゆる企業が直接業務と間接業務のエネルギー原単位を三つのステップで削減することができる。

1. 建物・産業・輸送（BIT）ポートフォリオ全体のエネルギー使用を評価する。まず、社内およびバリューチェーンにおける各直接業務のBIT関連エネルギー消費量の内訳を作成する。次に第4章に述べる具体的な介入策（本白書で紹介するケーススタディやオンラインで入手可能なその他の手段も含む）から、各業務のエネルギー消費量削減に最も効果が高い可能性のある手段を特定すべきだ。これは業種によって異なる。例えば、金融機関は画期的な融資ソリューションを提供することができるだろう。製品メーカーなら、製造する各製品が耐用期間中に使用するエネルギーの総消費量を削減する方法を編み出すのも一つの手だ。最も効果的な策を講じるためには、地理的な条件も加味する必要がある。例えば、

EMDE や急成長市場では、現行オペレーションの改善よりも、成長に要するエネルギー原単位を最小限に抑えることに重点を置いた方が最適なソリューションを得る確率が高い。

2. エネルギーシステムにおける自社の役割を理解する。第二のステップは、エネルギーシステムにおける自社の役割を明確にすることだ（図9参照）。どのような役割を担っていようと有意義な影響を与える機会は必ず存在するが、それぞれの立ち位置をしっかりと理解することで、果たすべき役割をどの程度まで全うできているかを確認し、その時点で最も適切で効果の高い行動を見極めることができるようになる。

図9 エネルギー・システムの役割

典型	エネルギー供給業者	サプライヤーとユーザー	エネルギー使用量が多いユーザー	エネルギー使用量が少ないユーザー	イネーブラー
説明	他の企業にエネルギーを供給する事業体	エネルギーを供給し、大量に使用する企業	エネルギーを大量に消費する活動を行い、業務遂行に必要なエネルギーコストを重視する企業	エネルギーを供給することも大量に使用することもない企業	他社のエネルギー削減努力を成果に結びつける企業
エネルギーに対する現在の意識	高	高	中 / 高	低	中
エネルギー転換に向けて果たせる役割	再生可能エネルギー供給会社になる、原単位削減に顧客と協力する	エネルギー転換が可能になるようバリューチェーン全般に働きかける	エネルギー使用量の削減を図り、ベストプラクティスを他社と共有する	需要の集約に主眼を置く	技術、資金やその他のサポートを提供する 例: コンサルティング
需要を最大限に削減可能な手段	●	●	●	●	●
業界例	エネルギー会社 エネルギー生成業者	石油とガス	鉄鋼 化学 コンクリート 鋳業	日用消費財 小売 消費者向け技術	専門的サービスや金融サービス 気候関連技術、測定技術 デマンドレスポンス

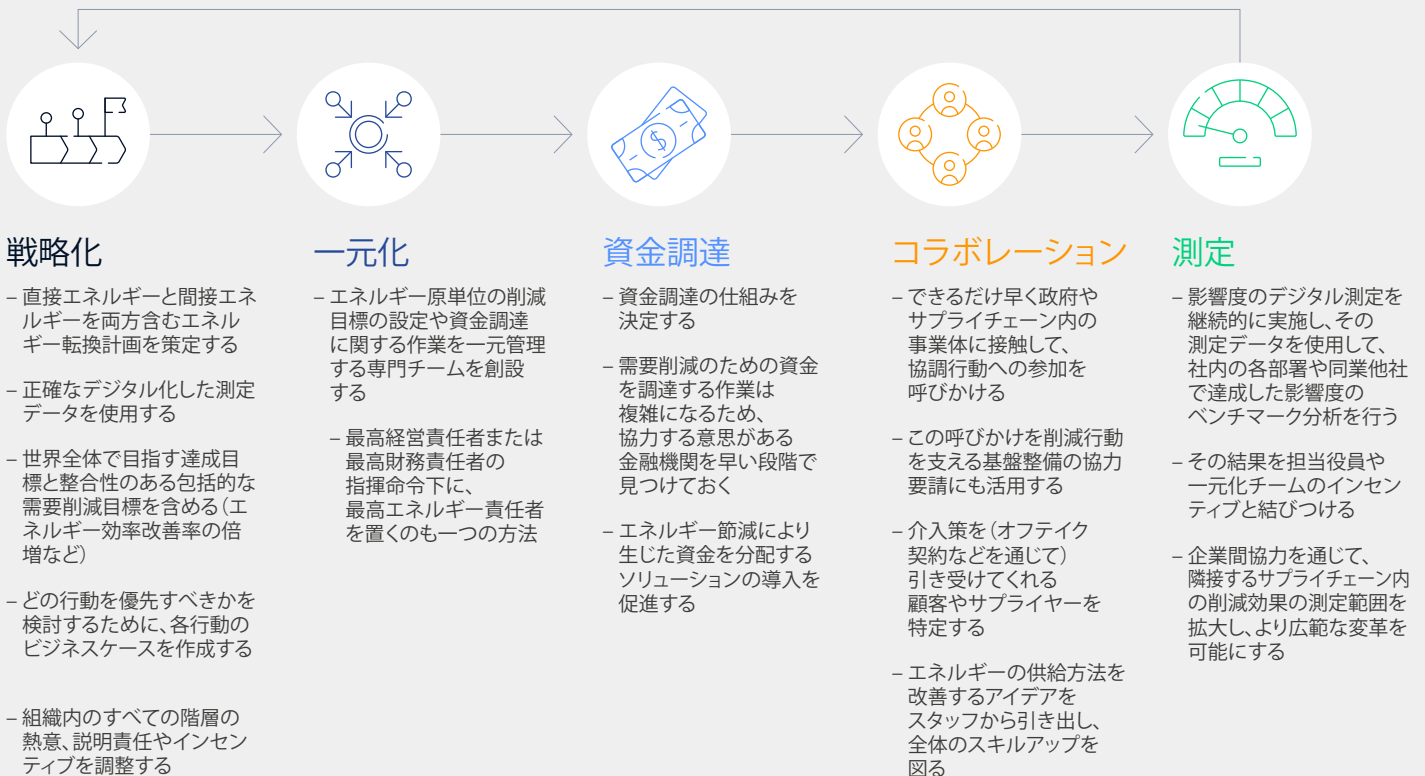
3. 変革プログラムを策定する

最後に、企業はいかにエネルギー転換計画に沿って変革を推進できるかを検討すべきである。官民が歩調を合わせた計画作りを進めることで、2030年までに需要側の利益確保を前提にエネルギー効率を2倍向上させ、供給側の改善努力と並行して再生可能エネルギーを3倍に増やすことを目指せるようになるだろう。主要な業界の企業は取るべき詳細な行動を、国や自治体が定める目標やロードマップと整合させ、活動費用を市場メカニズムに組み込むことも重要だ。官民のこれらの

計画は、相関性を持たせる形でまず個別に、状況に応じて変わる目標達成への道筋を複数示すように策定し、その後でより広範なネットゼロ実現に向けた総合計画に統合するのが望ましい。

本白書では、世界経済フォーラムと関係が深い企業のケーススタディにより、これらの計画を策定・実行する体系的なアプローチを構築する際に注力すべき五つの作業分野を特定した(図10参照)。

図10 実行のアプローチ



変革を押し進めるためには、ガバナンスの徹底を目的とした具体的な活動の実践、特に隣接するサプライチェーン内の事業体の行動が重要だ。個々の介入策が全体に及ぼす影響の測定は難しいが、それぞれがこれまでの考え方を見直し、互いのガバナンス体制やインセンティブをすり合わせることで、行動をより広範囲に展開して生み出される利益をより長期的に享受することが可能となる。また、変革の推進役として「最高エネルギー責任者」を任命することも

有効なアプローチになり得る。現時点ではまだ少数だが、このような特命リーダーを社内に置くと、広範な変革の推進に必要な能力、資金、ガバナンス強化ポイントを特定する中心的役割を期待できるだろう。企業が乗り越えなければならない障壁として挙げたエネルギーの課題に対する意識の低さや、各社で導入するソリューションが様々である状況を考えると、このアプローチは極めて大きな効果を生む可能性を秘めている。

企業向けソリューション – 建物・産業・輸送の各分野で エネルギー変革の促進に有効な 主な介入策

エネルギー変革の促進に有効な介入策はあらゆる業界に存在するが、その導入を阻む障壁をまず取り除く必要がある。

エネルギー変革の促進に有効な介入策は数多くあるが、「建物・産業・輸送（BIT）」の各分野を対象に、エネルギー消費量への影響度の上で優先すべき介入策に的を絞って話を進める。全般的な理解が進むことで、変革を確実に促進できる道筋とそれぞれの導入を阻む障壁を乗り越える手立てが見えてくるであろう。介入策はいずれも、今すぐに開始できるものばかりで、導入効果を長期的に維持・拡大するには、継続的な技術的進歩とレガシーシステムの廃止も必要になる。変革を押し進めるために、官民のステークホルダーは一丸となってインフラやサプライ

チェーンを連携させ、エネルギー需要の削減を技術的に実現可能にする協体制度を構築する必要がある。単独では思うような結果が出なくても、他のステークホルダーとのコラボレーションによって成果を出すことが可能になる。

こうした介入策によるエネルギー消費量削減効果は、技術開発が今後進めばさらに高まるだろう。特に人工知能（AI）は、以下に示すように今後あらゆる業界でエネルギー原単位の削減につながる無数の改善機会を提供する可能性を秘めている。

BOX 1 AIとエネルギー原単位 – 事例

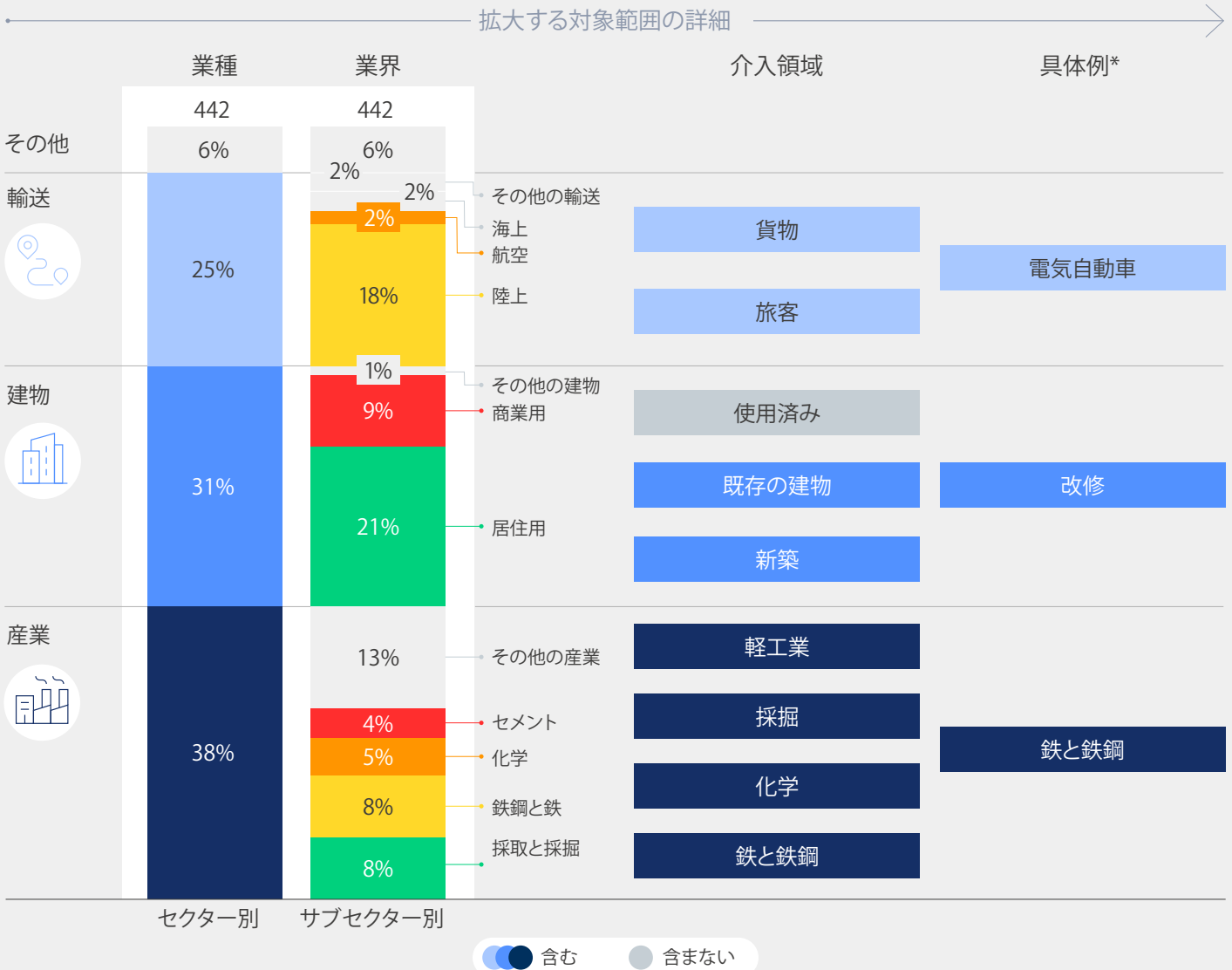
AIには様々な形態があり、今後も開発が進むにつれてさらに進化していくであろう。重要なことは、すでに現時点で大規模に導入可能であり、既存プロセスの運用コストをAIで最適化して、企業や消費者の利益になるエネルギー原単位削減ツールとして活用されていることだ。

この最適化は多くの場合、リアルタイムのデータを使用して、環境条件の変化をより正確に予測し、システムを最適な状態に微調整していく形を取る。グーグルは輸送分野でこの最適化手法を様々な形で実用化した。例えば、グーグルマップでは現在、ドライバーが入力した出発地と目的地の間の交通状況、地形や速度制限などの最新データをAIが

解析し、最も燃費効率の良いルートを提示する機能を複数の国々で提供。2021年10月以来、二酸化炭素換算 2.4 MtCO₂e の排出を食い止めたと推定されている。しかも、二酸化炭素の排出に伴うエネルギーを節約し、出力損失もゼロに抑えられている。

車両を頻繁に使う企業では、同様のテクノロジーを車両ルート管理に応用することができるだろう。これにより、燃料コストとエネルギー原単位を削減し、運送や輸送業務の効率化も可能だ。なお、AIの活用法やエネルギー転換にAIが及ぼす影響の拡大についてはレポート「[Accelerating Climate Action with AI \(AIによる気候変動対策の加速\)](#)」をご覧ください。

全世界の最終エネルギー総消費量の業種・セクター別の内訳 (EJ, 2022年)



* これらの例は本白書の後半でより詳しく取り上げているが、この他にもここでは紹介しきれなかった、高い効果が期待できる介入策の事例がまだ数多くある。例えば、運輸分野では、電気自動車に加えて、より効率の高い内燃エンジン車への移行によってエネルギー原単位を削減する明確な機会がある。

出典: IEA, 『World Energy Outlook 2023 (世界エネルギー展望2023)』、2023年

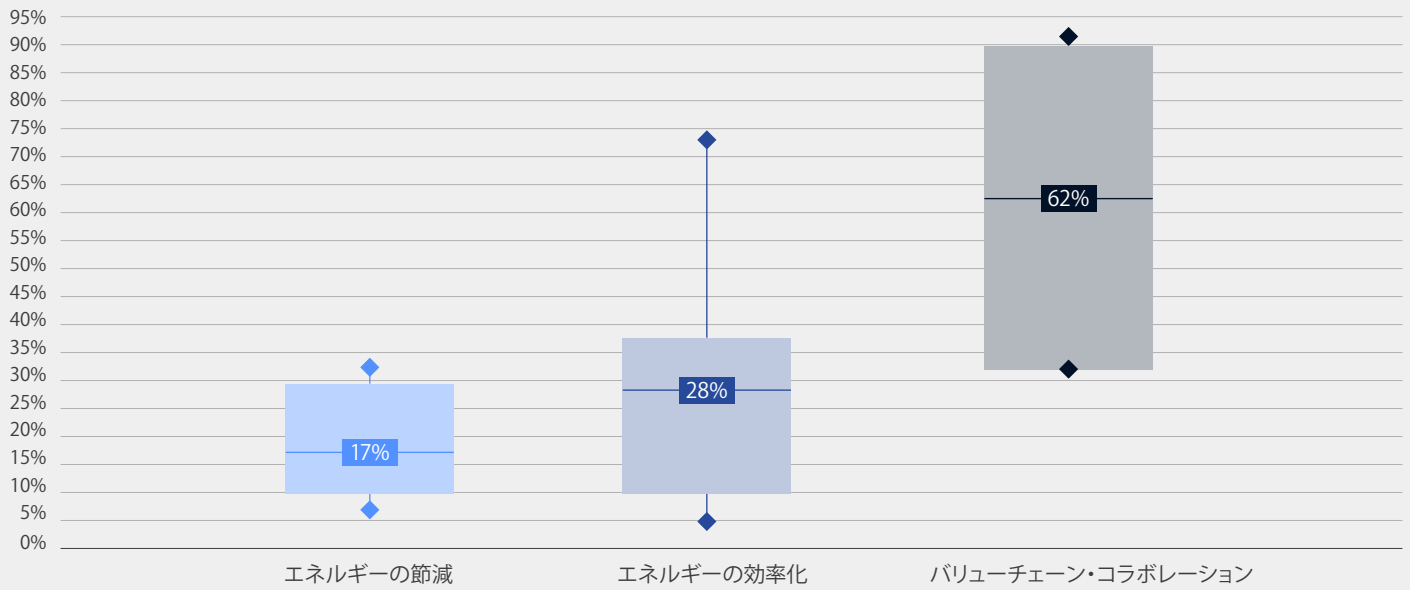
4.1 産業

改善機会

本白書では「産業」を市販製品を生産する重工業（鉄鋼、セメント、アルミ、採取産業）および軽工業（その他すべて）のみに限定した狭義的な用語として使用する。このセクターは全世界のエネルギー需要の約 38% を占め、温室効果ガス（GHG）排出量の 21% を排出する⁹。本白書では、このセクター内のエネルギー消費量を相対的に表すために、化学、採取産業、食品と飲料、製薬の各業界でどれほど消費されているかを示す複数の事例と、より詳しく掘り下げた製鉄業界の事例を紹介する。

今回の調査で、このセクターに有効な介入策（高効率電動機の導入など）を最適な形で実施すると各業界の業務プロセスのエネルギー原単位を最大 90% 削減できることが明らかになった。また、介入策を広く実施すれば、このセクター全体のエネルギー原単位を現行比で 29% 押し下げ、世界のエネルギー需要を 11% 減らすことができる。ただし、ここまでの成果を上げるには、すべての企業（各バリューチェーンに組み込まれた事業体を含む）が削減に向けた行動を例外なく推し進める必要がある。

様々な時代、地域



注: データは、エネルギー使用のサブセット (例えば、機械のエネルギー原単位に関するスタッフ研修の影響) に対する個別介入策の影響を表しており、産業界のエネルギー需要または世界のエネルギー需要全体に対する影響を示すものではない。青色のデータポイントは、個々の介入策による影響の中央値を示している。また、使用したデータポイントは、IBCのメンバー企業のケーススタディとより広範な調査の組み合わせから得られたものである。



産業界でエネルギー需要の削減に有効な介入策

① エネルギーの節減	② エネルギーの効率化	③ バリューチェーン・コラボレーション
<ul style="list-style-type: none"> - スマートな工程設計 (例: AIによる工場ライン設計の最適化) - 無駄な材料とエネルギー消費を削減するためのスタッフ研修と意識向上 - 生産ライン内の製造廃棄物の回収と再利用 	<ul style="list-style-type: none"> - モーターの電動化と電動モーターの最低エネルギー消費効率基準 (MEPS) - 暖房・換気・空調 (HVAC) 設備のアップグレード - 低熱 (180°C未満) プロセス用の熱源の電化 - 熱電併給システム (CHP) の活用 - 熱回収と再利用 - モーター、暖房システム、照明などの低力率機械における力率補正システムの使用 - LED照明 	<ul style="list-style-type: none"> - 製造用投入資源のリサイクル - 環境に優しい原材料の調達 - クリーン・エネルギーと再生可能燃料を購入するための需要集約 - インフラとエネルギー原単位削減策に関する情報を共有するための異業種間産業クラスター化 - 製品使用時のエネルギー原単位を改善するための企業間パートナーシップ - エネルギー・ハブの実現と統合エネルギーソリューション

これらのセクターはエネルギーを大量に使用する事業を中心とすることから「脱炭素が困難な部門」だと見られている。例えば、エネルギー効率の高い新しい製鉄方法、直接還元鉄 (DRI) 法に切り替えるには現在稼働している設備を解体して一から建て直す必要がある。こうした事情を踏まえると、有効な介入策を導入するための設備投資には、償却に 25 年から 40 年かかる法外な資金が必要になる可能性がある。したがって、現状ではエネルギーの節減とエネルギーの効率化の二つを目標に改善を図ることで、設備のフルモデルチェンジをせずにエネルギー消費量を今すぐ削減可能であることが重要なポイントとなるだろう。各国政府が打ち出すエネルギー政策の中身を見ると、あまりにも多くが大きな達成目標を掲げ、絶大な削減効果を期待した大規模施策に集中しているきらいがある。そうした大掛かりなプロジェクトだけでなく、より容易に導入が可能で

前進を実感しやすい、より実践的な取り組みに目を向ける必要があるのだ。そうした地道な活動の積み重ねを通じて事業基盤の近代化を推し進め、パリ協定で定めた目標達成の可能性を高めることが重要である。

より長期的には、イノベーションを通じてよりエネルギー効率の高い製品の開発を推し進めることも有効だろう。一例に、化学会社と環境サービス会社が提携して電気自動車 (EV) 用バッテリー金属のリサイクルを促進する共同設計に着手した欧州の事例がある。このパートナーシップの狙いは、重要な素材の現地供給だ。また、AI (人工知能) の活用範囲は今後も拡大していくだろう。その中には、産業機械の予知保全を可能にする AI の導入など、既存のユースケースも含まれる。AI の活用により、産業機械の稼働時間を増やし、不必要な定期的介入を省き、機械の寿命を延ばすことができると考えられる。

産業の事例

1. 重工業

採取産業

採取産業 (鉱山、石油、ガスの採掘) は、全世界で使用するエネルギーの約 8% を消費している。

採取産業ではエネルギーの約 93% が採掘、鉱山内移動、破碎に使用され、これらはいずれも機械を使用して行う作業である。したがって、この産業で有効な介入策は主にエネルギー効率の向上を図る施策だ。特にデジタル化による工場運営の最適化や輸送業務の自動化と電化に重点を置いた取り組みが有効だろう。トラックの運行ネットワークを自動化すれば、ルート設定、稼働時間やスロットル入力のタイミングの最適化を通じて、輸送エネルギー需要を 15 ~ 20% 引き下げることができる。ある多国籍鉱山会社で導入された自律走行トラックは 2018 年時点で、人間が運転するトラックよりも 700 時間多く稼働し、トラック 1 台当たり 15% のエネルギー

コスト削減につながった。このように自動化は大きな可能性を秘めているが、導入に踏み切るにあたっては雇用に与える影響を考慮に含めた公正な形でエネルギー転換を図るよう心がける必要がある。

石油・ガス業界では、一般的に資産集約型のプロセスを運用しているため、エネルギー効率を向上させる策が大きな変革のテコとなる。例えば、掘削技術を高度化することにより、掘削時間と生産率の総合的な改善が可能になるだろう。ある大手石油・ガス会社は、各種関連サービス企業の協力を得て、リアルタイムの掘削データを出力するクローズドループ型自動有線ドリルストリングを導入した。このイノベーションにより、坑井 1 所当たりの掘削時間を 82% 短縮。リアルタイムデータの活用によって所定のエリアでより多くの炭化水素の抽出が可能となり、全体的な生産量を増やすと同時に、一連のオペレーションに要するエネルギー原単位を削減した¹⁰。

産業の
エネルギー原単位は
29%
削減可能

化学

化学業界は現在、世界のエネルギー需要の約 10% を占めている。また、その業界規模が最終製品（アンモニアやメタノールなど）のニーズの高まりに牽引されて急拡大（年率約 4% の成長）を続けている¹¹ ことを考え合わせると、この業界のエネルギー需要を引き下げることが今後エネルギー転換を図る上で極めて重要なポイントとなる。

この業界で使用するエネルギーの約半分は原料生産で消費される。原料の製造工程に組み込まれている化学合成プロセスには精度が求められるため、よりエネルギー使用量が少ない代替品への置き換えは難しい場合が多い。しかし、化学分野で最もエネルギーを消費するプロセスであるスチーム分解（消費エネルギーの約 8%）¹² をスチーム触媒を使用しない方法に切り替えることにより、エネルギー原単位を削減することができる。例えば、ダウ社の UNIFINITY（ユニフィニティ）テクノロジーは、従来の触媒法と比較してエネルギー使用量を約 20% 削減し、既存のスチーム分解装置にも後付け可能である。

2. 軽工業

製薬

2021 年に約 10 億米ドル相当のエネルギーを消費

した製薬業界では、直接エネルギーの主な消費形態は暖房、換気、空調（HVAC）で、同業界で発生するエネルギー需要の約 65% を占めている。

世界的なエネルギー危機の影響で利益確保の大きな圧力にさらされたある米国の製薬会社は、自社の一拠点に熱電供給設備（CHP）を設置し、発生した熱を製造工程の駆動に利用した¹³。これにより、一次エネルギー消費量を 37% 削減すると同時に排出量も削減することができた。このような取り組みが製薬業界全体で実施されれば、エネルギー消費量を最大 20% 削減できる可能性がある。

食品と飲料（F&B）

F&B 業界ではかねてよりエネルギー原単位の改善努力が遅れており、食品製造業では 2000 年から 2020 年にかけてわずか 6% しか減少していない¹⁴。ある米国の飲料会社では、冷蔵飲料用の自動販売機が同社の事業用機器の中で最も大量の二酸化炭素を排出していた。そこで同社はボトラーやサプライヤーの協力の下で、平均的な機器よりも 10% 少ないエネルギーで運転可能な省エネ型の自販機を開発し、しかもエネルギー効率向上のために電力需要の少ない夜間に冷却することで、送電網の利用効率を高め、排出原単位の高いエネルギー源の必要性を抑えることができた。

障壁を乗り越えて行動するためのコラボレーション

④ 資金調達や返済の新たな方法を見つけるには、ステークホルダー間の協力が鍵となる。

エネルギー対策に有効な行動はあらゆるセクターに存在するが、各セクターに特有の障壁が足かせとなって大規模な行動が不可能な状況が続いている。軽工業と重工業ではエネルギー使用量が異なるため（下記参照）、足かせとなる障壁の種類も違う。しかし、隣接するサプライチェーンの事業者とのコラボレーションにより、こうした障壁を低くすることができる。

エネルギー転換に向けた重工業内の変革努力は、高い生産コストと低い利益率がネックとなり、エネルギー使用量が相対的に少ない軽工業に比べて投資額が高くなる傾向がある。この状況を打破するためには、新たな資金調達や返済方法を編み出す必要がある。例えば、古い設備の入れ替えに必要な借入資金の返済期間延長や、最新機器導入後の改善効果の共有などで、設備投資に参加する魅力を高め、ステークホルダーの理解と協力を勝ち取ることができるかどうか成否の鍵を握るだろう。

特に十分な信用力や担保を持たない中小企業では、資金調達ルートが複雑になっている。この課題は、銀行や保険会社が中小企業と協力して、必要な資金調達額に応じたリスクプロファイルに基づいてエネルギー原単位削減を目的とした投資プロジェクトに適用できるグリーンファイナンス商品¹⁵を共同設計することで対処できる。

もう一つの課題としては、特に軽工業の場合に言えることだが、**エネルギー原単位の削減策に対する認識が限定的であり、サプライチェーンが分断されているために、変革に向けて一丸となった行動を取る気運が高まりにくいことが挙げられる。**その打開策としては、異業種グループを創設してエネルギー原単位

に関する学習やベストプラクティスの共有を図ることも一つの手だ。例えば、各参加企業の業務プロセスに使用する熱の効率を高める介入策の情報や、改善努力の進捗を確認するためのベンチマークデータを集めた匿名データベースなどを共有することで、認識や共通した問題意識を高め合うことができる。また、エネルギー関連サービスのプロバイダーとエンドユーザーが緊密に協力して、プロバイダーがエンドユーザーのエネルギー原単位を積極的に最適化する「エネルギー・アズ・ア・サービス（サービスとしてのエネルギー）」モデルを構築することも効果があるだろう。

長期的には、エネルギーや熱を多用するプロセスでエネルギー原単位を削減する上での技術的障壁にも対処する必要があるだろう。その他の障壁についても、同様のアプローチでテクノロジーの進歩を加速させることが解消の近道になるはずだ。

このセクターで最も注力すべき地域の一つが EMDE である。その理由は鋼鉄の 54%、メタノールの 58% が中国で生産され、鉄鉱石の 45% が中国、インド、ブラジル、南アフリカで採掘されているからだ。しかし、EMDE の域内では現状、信頼できるエネルギー源を潤沢に入手することも、業界全体の電化を一斉に推し進めるのに必要な送電網の容量を十分に確保することも困難である。そのため、変革を推進するにはこのセクターの主力企業が開発業者や政府と共同でオフテイク契約を結び、クリーンエネルギーの開発に積極的に取り組むことが望ましい。また、産業用地のコロケーションで需要を集約し、マイクログリッド・ソリューションを開発することも、地方では重要なテコになる。

セクター別の具体例：製鉄業界におけるエネルギー原単位の削減策

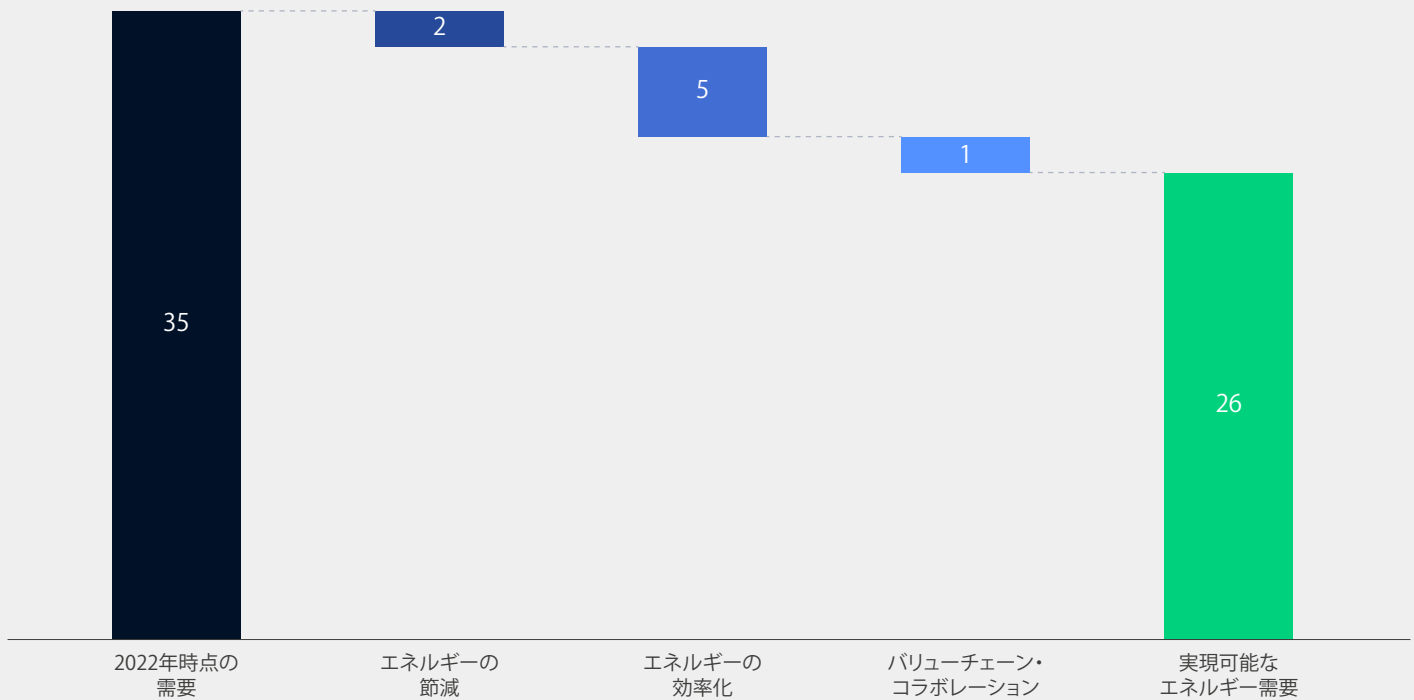
改善機会

現在、全世界のエネルギー需要の8%、排出量の7%は金属製造によるものだ。中でも鉄は採掘される金属の総トン数の93%を占め、そのうちの95%は鋼鉄の生産に使用される^{16,17}。現状の製鉄業界は脱炭素

が困難な部門の一つだが、仮に今すぐ実行できる経済的、技術的介入策を可能な限り投入すれば、エネルギーの使用量を最大**22%**まで減らすことができる（図14を参照）。

図14 製鉄業界のエネルギー需要の削減に有効な介入策の影響

エネルギー原単位の削減に有効な介入策の影響 2022年、全地域、EJ



注：変革を推進するためにさらに広範な協力関係を構築するのは、より困難ではあるが、より大きな影響を及ぼす可能性がある。

出典：IEA、『World Energy Outlook 2023 (世界エネルギー展望2023)』、2023年

エネルギー需要の削減に有効な介入策

関係業界全体の対策（研修やLED照明など）と並行して、製鉄業界に特化した介入策も講じるべきである。例えば、あらゆる製鉄会社の既存設備をアップグレードして、運転効率の最適化を図ることなどが考えられる。この場合、各社の現行システムで採用されている製鉄技術の年代や種類ごとに行うことが重要である。

エネルギーの節減：

- 溶鉱炉で大量にエネルギーを使用するブラスト噴射などのタイミングを最適化する

エネルギーの効率化：

- 老朽化した溶鉱炉を費用対効果と効率性の高いプラグイン式の最新設備にアップグレードする

（廃熱回収機能強化、デジタル最適化や溶鉱炉の運転効率向上を図るための改良なども含む）

- エネルギー制御システム（EnMS）を導入する
- 湿式焼入れからコークス乾式焼入れに切り替え、熱を回収、再利用してエネルギー原単位を削減する

バリューチェーン・コラボレーション：

- 電気アーク炉（EAF）で金属スクラップを鋼鉄生産に使用する比率を高める
- 直接還元鉄（DRI）法を採用した EAF で鋼鉄を生産する比率を高める

改良技術の長期的な開発を進めるべきである。実際、未来の製鉄技術の開発を目的とする需要シグナルに焦点を当てた協力体制が、ファースト・ムーバーズ・コアリション (FMC) のイニシアチブによって動き始めている。また、より広範囲にわたってエネ

ルギー需要の削減を図る長期的な介入策もミッション・ポッシブル・パートナーシップ (MPP) の「[Making Net Zero Steel Possible \(ネットゼロ鋼鉄生産を可能にする\)](#)」と題したレポートで紹介されている。

障壁を乗り越える民間主導のコラボレーション

需要の変動性：エンドユーザーが保証付き契約を通じてエネルギー単位の低い鉄鋼の購入にコミットする事例がある。ドイツの製鉄会社がスウェーデンで計画している新工場建設構想は、持続可能な鉄鉱石の安定供給、大手エネルギー会社との年間 2.3 テラワット時 (TWh) の電力購入契約 (PPA)、約 15 億ユーロ相当の発注を保証する顧客との引取契約など、サプライチェーン・パートナーシップによって実現する運びとなった。この計画は、耐用年数を迎えた既存プラントに代わる新工場を建設することを目的に立ち上げられ、稼働し始めれば、鋼鉄

一単位当たりの二酸化炭素排出量を 95% 削減できるようにすると見込んでいる。

質・量ともに限られている金属スクラップの供給：製鉄会社や廃鉄リサイクル業者など、製鉄業界のすべてのステークホルダーが建設会社や政府などと協力して、鋼鉄を供給するエンドユーザーに対してキックバック契約を提供したり、回収された鉄スクラップの量に基づいて将来の鋼材購入代金を値引きしたりする仕組みを作ることで、この課題に対応できるようにする。



持続可能なエネルギー効率への道筋

マヒンドラ:生産台数でインド最大の自動車メーカー



地域	インド
セクター	産業
重点施策	エネルギーの効率化

タグ

- エネルギー転換計画
- ビジネスケース
- エネルギー診断
- エネルギー原単位のトラッキングと監視



ケーススタディの背景

マヒンドラは2030年までにエネルギー生産性（2009年基準）を倍増させ、2040年までにネットゼロにすると公約している



タスク

目標達成に向けて業務効率化を推進する

行動

- 1
- 2
- 3
- 4 戦略を展開する:

目標を設定:

- マヒンドラのすべての事業活動でエネルギー効率を向上させ、エネルギー消費量を削減

ベースラインを確立:

- 既存のエネルギー消費量と二酸化炭素排出量を分析
- エネルギー使用量の多い領域を特定

ギャップを特定:

- エネルギーの節減機会が存在する領域を評価

A. 小規模プロジェクト:

- 照明を使用していない時は、スイッチを切る
- 照明をエネルギー効率の高いLEDに変更
- 工程を修正(例:高効率の直流(DC)電動機を導入)

B. より大きな改善効果が期待できるプロジェクト:

- 統合型ハイブリッドソーラーHVACシステム
- コンプレッサーの熱回収
- ブラシレス直流ファンや電子整流式ブロワーをはじめとするエネルギー効率の高い機器

阻害要因と打開策

阻害要因

打開策

設備投資に必要な初期費用

投資回収期間が典型的に1~3年と比較的短く済むことも含む、数々の経済的メリットを強調

工場の操業停止や品質の低下につながる恐れについての懸念

エネルギー原単位の削減に取り組むことを経営トップがコミット

効果的な規制の不在と炭素価格の効果不足

エネルギー原単位の削減に向けた取り組みの進捗状況について報告

意味合い



持続可能な技術への投資には魅力的なビジネスケースが存在する



広範囲にわたる地道な変化努力の積み重ねによって、大幅な改善を推進できる

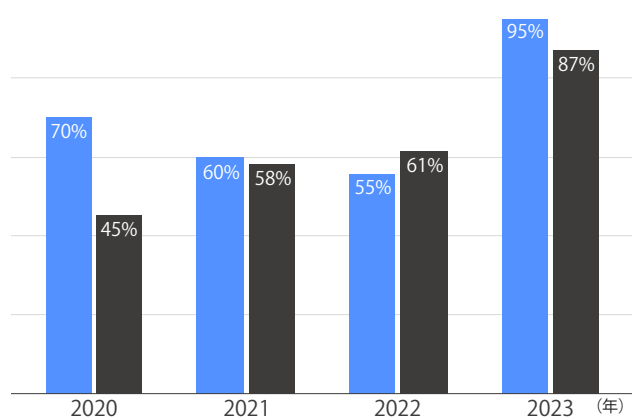


最新施設では、効率的な技術を活用することで、稼働初日から確実にエネルギー原単位を低く抑えることができる

成果

2009年を基準にしたエネルギー効率の向上率

● 自動車 ● 農業



軽減できた温室効果ガスの排出(2023年度) >11,000 tCO₂e

節約できたエネルギー(2023年度) >80,000 ギガジュール

効率の向上率 2009年基準で95%を2023年に達成

投資額(2023年度) (自動車部門) >8000万インドルピー

コスト節減額(2023年度) >1億インドルピー

熱電併給システムの変革に向けたパートナーシップ



アラムコ：国が株式の過半数を保有するエネルギー会社（上場）

地域	サウジアラビア
セクター	産業
重点施策	バリューチェーン・コラボレーション、エネルギー効率化

タグ

- エネルギー原単位の測定と報告
- エネルギー転換計画
- ビジネスケース



ケーススタディの背景

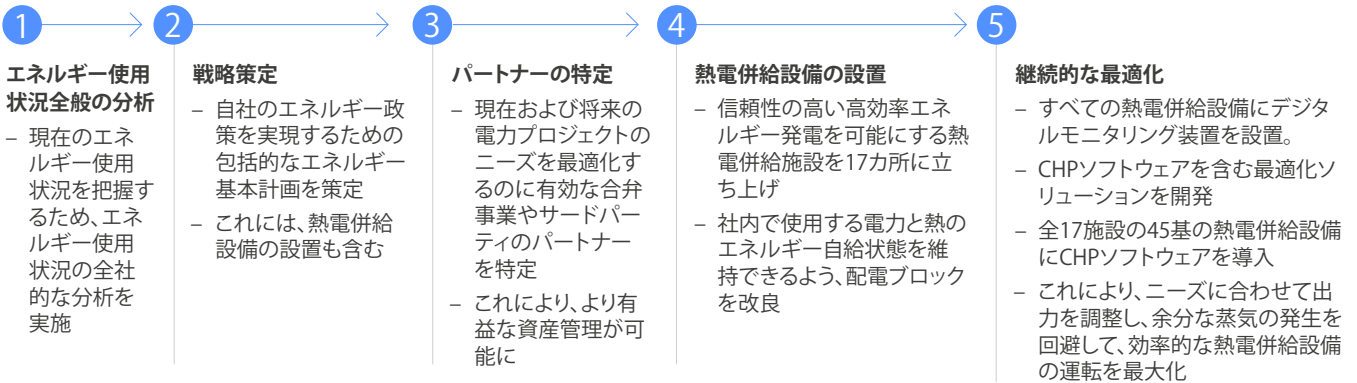
- アラムコは、エネルギー原単位を重視する独自のエネルギー政策をすでに取っている
- 同社は歴史的に、標準的な送電網のエネルギー効率で稼働する国営電力網から電力を購入してきた



タスク

独自のエネルギー政策で掲げた目標の達成に向けて、自社の産業用エネルギー供給の効率と信頼性を高める

行動

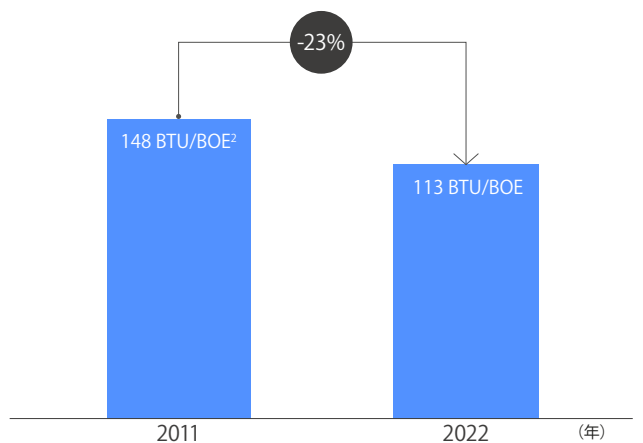


阻害要因と打開策

阻害要因	打開策
熱電併給設備は非常に複雑で、エネルギー浪費の危険性がある	設置前の広範なデータ分析 継続的なパフォーマンスのデジタルモニタリング 業務を最適化するためのカスタムソフトウェアの作成
熱電併給設備の設置コストが高く、設置中に稼働停止となるリスクもある	業務から排出される天然ガスを燃料として再利用する能力 熱電併給設備のない施設に余剰電力を効率的に融通し、収益を上げる営利主導型のビジネスモデル設計の可能性の追求

成果

自社のエネルギー原単位



合計5.3GWの高効率出力を達成し、余剰電力を国営の送電網に供給した。

二酸化炭素排出量³ 年700万トン削減

注：1 総エネルギー原単位は、電熱併給プログラムとその他いくつかのエネルギー管理プログラムにより、着実に減少している。2 イギリス熱量単位 / 石油換算パレル。3 電熱併給プログラムのみによる二酸化炭素排出量削減効果

意味合い

- エネルギー原単位削減プロジェクトは、コスト削減だけでなく、収益性の観点からも検討すべきである
- パートナーシップやクラスタリング（合併事業など）は、変革の実現に向けた取り組みが単独行動ではビジネスケースに不十分な場合に役立つ
- デジタル化は、資本支出主導のソリューションをさらに継続的に最適化する機会を提供する



4.2 建物

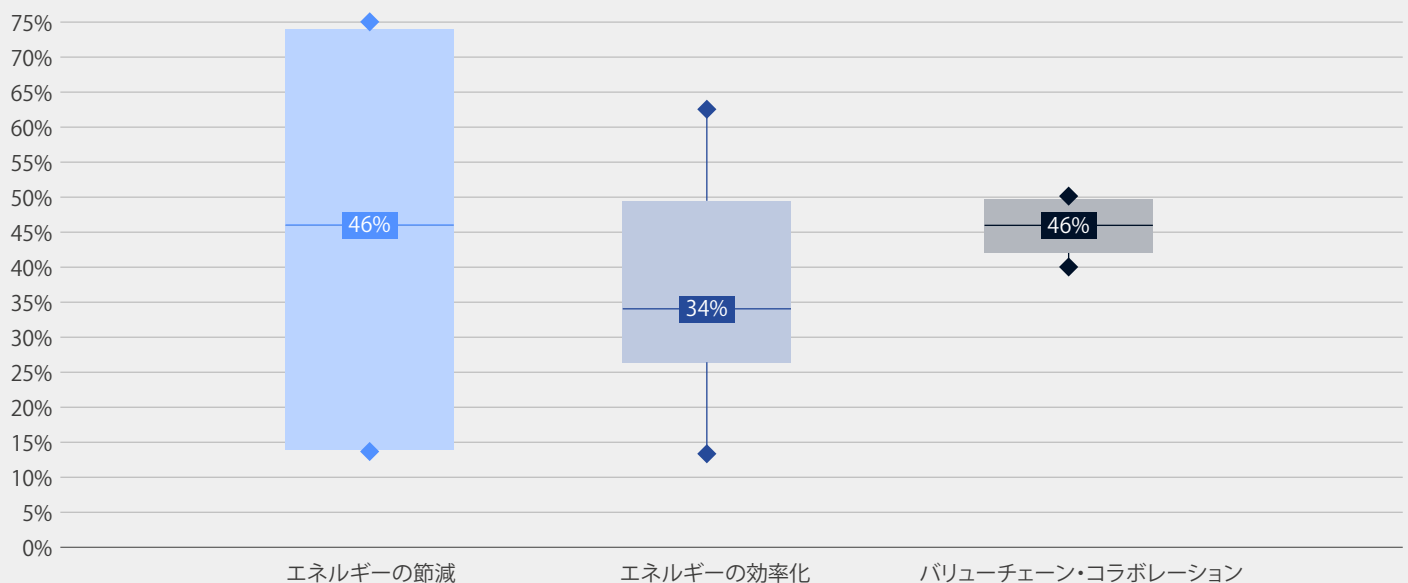
改善機会

このセクターは世界のエネルギー需要の約30%を占めている。また、世界の温室効果ガス排出量の約三分之一を排出しており、消費するエネルギーは、建設、冷暖房（約50%）、照明（約20%）、電化製品や設備機器の運転（約20%）に使用されている^{18, 19, 20}。

このセクターで有効性が検証済みの取り組みを最大限に実施すれば、必要なエネルギー原単位を約38%削減し、世界全体のエネルギー需要を12%押し下げることができるだろう。

図 15 建物に有効な介入策が個別にエネルギーに与える影響

様々な時代、地域



注：データは、エネルギー使用のサブセット（例えば、照明エネルギー原単位へのLED照明の影響）に対する個別介入策の影響を表しており、建物や世界のエネルギー需要全体に対する影響を示すものではない。青色のデータポイントは、個々の介入策による影響の中央値を示している。使用したデータポイントは、IBCのメンバー企業のケーススタディとより広範な調査を組み合わせ得られたものである。

建物関連のエネルギー需要の削減に有効な介入策

① エネルギーの節減	② エネルギーの効率化	③ バリューチェーン・コラボレーション
<ul style="list-style-type: none"> - 室温を外部条件に近づける - あまり使われていないスペースを閉鎖する - 使用していない資産（照明や設備など）の電源を切る 	<ul style="list-style-type: none"> - 建物全体の改修（屋根、壁、窓を含む） - ビル管理システムのデジタル化 - 高効率HVAC機器の設置 - 熱の電化 - LED照明 - 古い設備の置き換え（例：コンピューター） 	<ul style="list-style-type: none"> - 地域冷暖房システム - 循環性の強化（生産現場やと貯蔵施設のエネルギー効率向上ソリューションを含む）とより環境に優しい材料の使用 - 建物の設計変更 - 地域エネルギー管理システム - デマンドレスポンス（需要対応）プログラム

エネルギーの節減を図る対策はすべての建物を対象に実施することができる。一方、エネルギーの効率化策やコラボレーションの取り組みは、既存の建物での介入策（改修）、環境配慮型ビル（グリーンビルディング）の新規建設、老朽化した（使用済み）建物の撤去という三つのアプローチに大別できる。

EMDE では、都市部を中心に人口の増加が見込まれるため、まず建築基準法などの法規制の整備状況が重要になる。なぜなら、必要とされる建物の三分の二がこうした国々で建てられることになるものの、現

状ではその建築に適用すべき環境基準の厳しい法律や規制がまだ十分に整備されていないからだ²¹。

改修資金を調達しやすくする、あるいは無公害で分散型のエネルギーシステム統合を含むグリーンビルディングの普及を促進するには、官民の協力が大きな鍵を握る。例えば、ブラジルの不動産デベロッパーは、サステナブルな近代的ワークスペースの需要増に対応して、商業用オフィスビルの照明を LED に入れ替えたり、スマートビルシステムに統合したりする改修プロジェクトに取り組んでいる。



業界別の詳細例:建物の改修

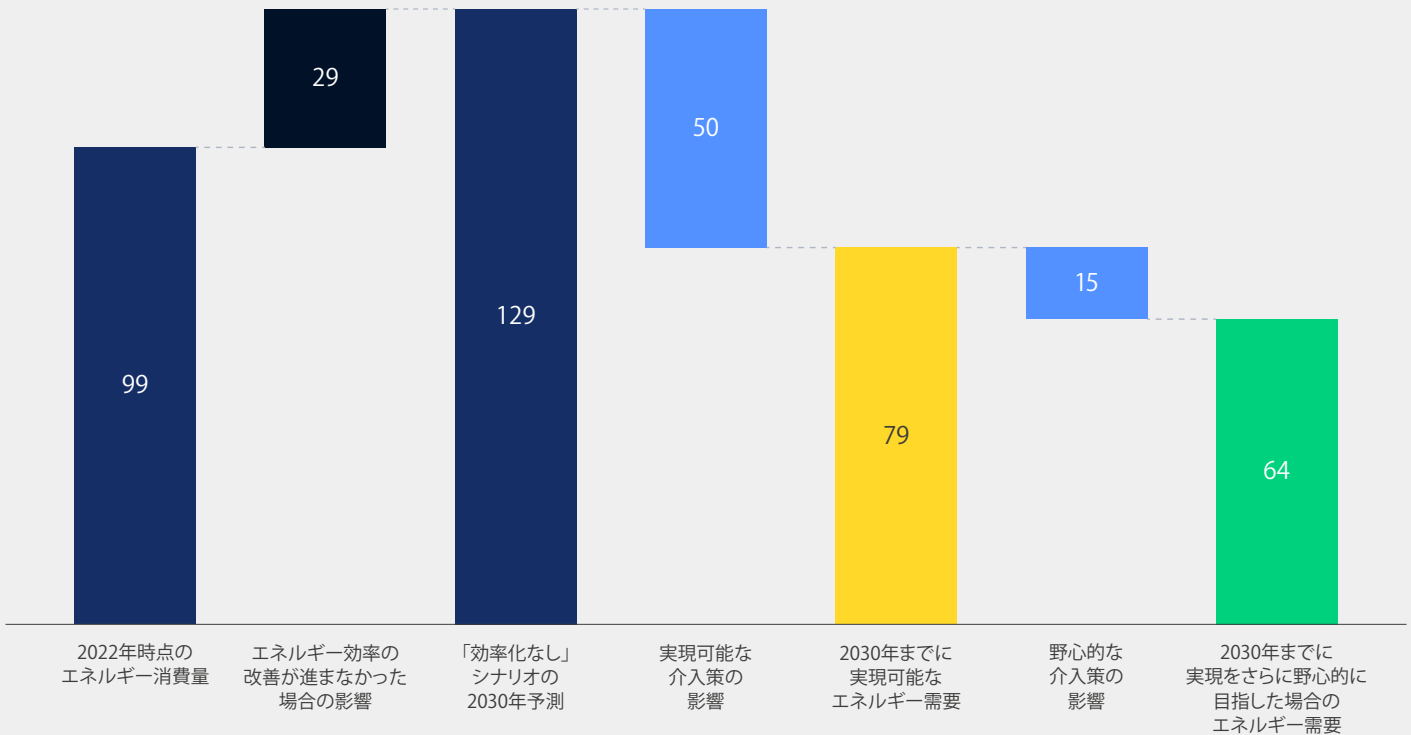
背景

改修は、大きな改善効果を短期間に出すことのできる重要な介入策となる。その理由は、**2050年の未来社会で使われる建物の75%は今すでに存在し**

ているからだ²²。また、建物内の占有空間で使用されるエネルギーは、建物のエネルギー消費量の約70%を占めている²³。

削減効果の規模

図 17 既存のビルのエネルギー需要の削減に有効な介入策の影響



出典:IEA、『World Energy Outlook 2023 (世界エネルギー展望2023)』、2023年

改修による改善効果は、AI 駆動型ソリューションの開発が進み、より広く導入されるようになるにつれ、さらに拡大し続けることが予想される。AI を使用した省エネ対策の一例としては、冷暖房空調設備 (HVAC) 向けのソリューションがすでに実用化されており、既存設備の使用エネルギーを AI で制御する HVAC 管理ソフトウェアを導入することで、HVAC のエネルギー使用量を最大 25% 削減可能である。

改修は、エネルギー原単位の削減だけでなく、従業員の体調不良を **20% 減らし**、生産性を向上させ (1 人当たり年間最大 **7,500 米ドル**)、年間 **320 万人** の新規雇用を創出するなど、より広範な社会経済的利益をもたらす可能性を秘めている^{24,25}。さらに、改修されたビルの資産価値は約 15% 上昇し、賃貸料の値上げも可能になる。

エネルギー需要を削減するための介入策

改修は、細分化された一連の介入策として位置付けられる。その大部分は、より効率の高いシステム機器の導入や建材の使用を前提とした設備投資主導型のエネルギー効率化対策だ (ケーススタディ 3 を参照)。

現在、特に地域冷暖房用のエネルギー供給源として、分散型のエネルギー源を広く活用することを骨子とする新たなビジネスモデルが台頭している。例えば、フレッシュール・ド・パリ (Fraîcheur de Paris) が運営するパリ市の地域冷暖房ネットワークでは、二酸化炭素排出量の最大 50% 削減を計画。20 年間の利権契約期間中に 24 億ユーロの売上が見込まれている。

建物の改修を大規模に実施し、エネルギーシステムの改善に重要な役割を果たしていくためには、より広範なバリューチェーン・コラボレーションが必要になる。

障壁を乗り越えて行動するためのコラボレーション

キャッシュフローと資金調達：低コストで投資資金を回収しやすくカスタマイズされたグリーンリースやその他の金融商品を開発すれば、改修プロジェクトの実施件数の上昇を見込むことができるだろう。

- 金利ゼロのエネルギー効率化プログラムを打ち出し、エネルギー料金の分割支払を可能にする。これにより例えば、断熱材の購入に充てる資金が最長5年間で回収できるようになる²⁶。
- エネルギー使用量の削減で得られる利益をエネルギーの利用者と供給者で分け合うことで初期投資を不要にする「エネルギー・アズ・ア・サービス（サービスとしてのエネルギー）」モデルや、居住者とテナントの共同出資モデルの利用者拡大を後押しする²⁷。
- ビル改修によるエネルギー削減効果の向上を妨げる大きな要因には、改修プロジェクトを単独で立ち上げることができる事業者が限られていること、また、そうしたプロジェクトを融資案件として引き

受ける代理店が不足していることが挙げられる。改修件数を増やすためには、保険会社、不動産所有者と改修業者の間でクラスターを形成し、リスク保険に加入して、より多くの改修リスクを保険会社で引き受けようとするのも一つの手だ。

- 手持ち資金や担保に限られる中小企業には、省エネ保険が望ましい。これにより、質の高い改修を実現するプロジェクトに打って出てビジネスモデルを成立させることができる²⁸。

地域の改修ネットワークを構築して、労働者の技能を高め、重要な資材を確保する

- 自治体、大学、専門学校と地域レベルで協力し、熟練した人材のプールを確保する。
- 地域の産業クラスターと協力し、重要な資材の供給可能性と循環性（リサイクルを含む）を生み出す。

BOX 2 環境配慮型ビル(グリーンビルディング)

2050年までに都市部が約50%拡大すると予想される中、エネルギー原単位の低い建物の設計はエネルギー転換を図る主要な施策の一つである。これは、建物の増加が見込まれる地域の80%を占めるEMDEにおいては特に重要な意味を持つ。環境配慮型ビル(グリーンビルディング)の設計の重要な特徴としては、エネルギー原単位の低い資材の使用、パッシブ暖房を可能にする高性能断熱材、自然光を最大限吸収できるように建物を配置する設計、電化された冷暖房システムなどが挙げられる。これらを組み合わせることで、建物のランニングコストをさらに約40%削減することができる²⁹。

環境配慮型ビルの普及を阻む主な障壁は、従来のビルに比べコストが高くなること(居住用で約15%以上、商業用で3~5%^{30,31})、その原理や利点に対する認識がまだ広まっていないことである。

企業は、法人バイヤーからエネルギー需要の引取保証を得ることで、この課題に対処可能だ。その際、初期費用だけに目を向けるのではなく、総所有コストを考慮に入れることも重要である。また、広範な変革を実現するには、規格や建築基準法への政府の介入も必要になるだろう(第5章「政府のリーダーシップ」を参照)。



シンガポール本部ビル改修



シュナイダーエレクトリック: デジタル自動化とエネルギー管理に特化したスマートビルディング技術の世界的企業

地域	シンガポール
セクター	建物
重点施策	エネルギーの効率化

タグ

- エネルギー原単位の測定と報告
- エネルギー管理システム
- 政府関与



ケーススタディの背景

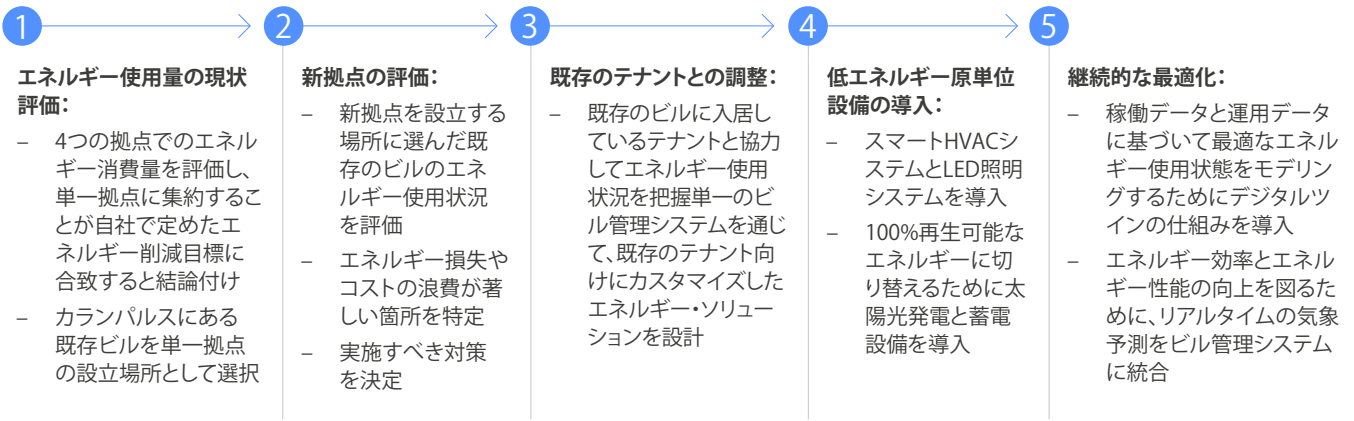
2017年から18年にかけて、シュナイダーエレクトリックは築25年のマルチテナントビルを取得し、東アジアと日本の新たな統括本部とした



タスク

- オフィスを持続可能な施設に変える
- 改修の高度な専門技術とコスト節約力を実証する
- 自社の気候変動対策の目標達成をサポートする

行動

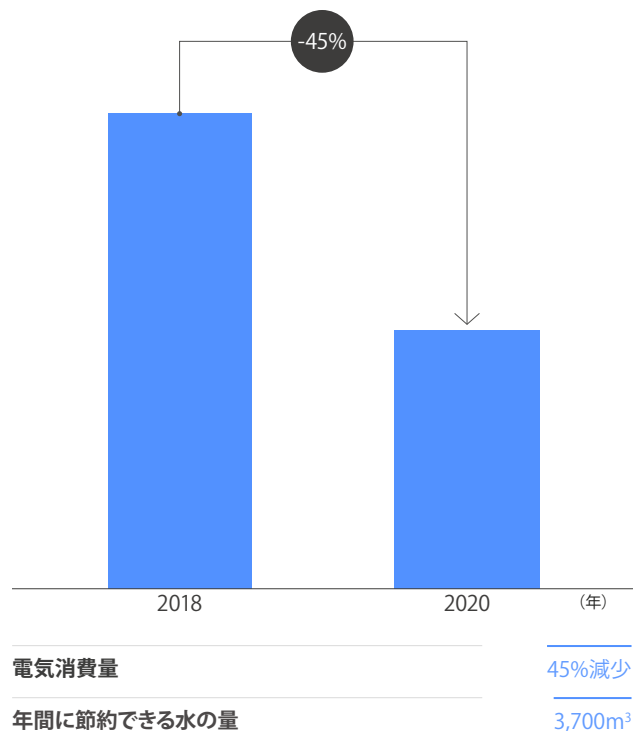


阻害要因と打開策

阻害要因	打開策
エネルギー効率が低い 既存のビルには構造的な問題がある	制約条件を克服し、適応性を高めるために様々なデジタル・ソリューションを導入する
テナントの多様なニーズが取り組みを複雑化する要因となる	建物内エネルギー使用量の均衡化を図るソフトウェアを組み込んだ管理システムを導入して、エネルギーをバランス良く配分する
テナントによってエネルギー原単位の削減に向けた取り組みへの関わり合い方に温度差がある	各テナントとのコミュニケーションを通じて、それぞれのエネルギーニーズを把握する シンガポール政府の協力を得て、エネルギー対策を打ちやすくする(助成金や有益情報の提供、認証制度の設立など)

成果

2018年から2020年までの電気消費量の減少



意味合い

- 建物の容積や築年数に関係なく、ビルで使用するエネルギー原単位の削減が可能
- 建物内設備をデジタル化することで、マルチテナントビルの改修を柔軟に進めることができる
- 行政機関の関与は、財政的な障壁の克服やエネルギーに関する当事者の意識向上に役立つ



4.3 輸送

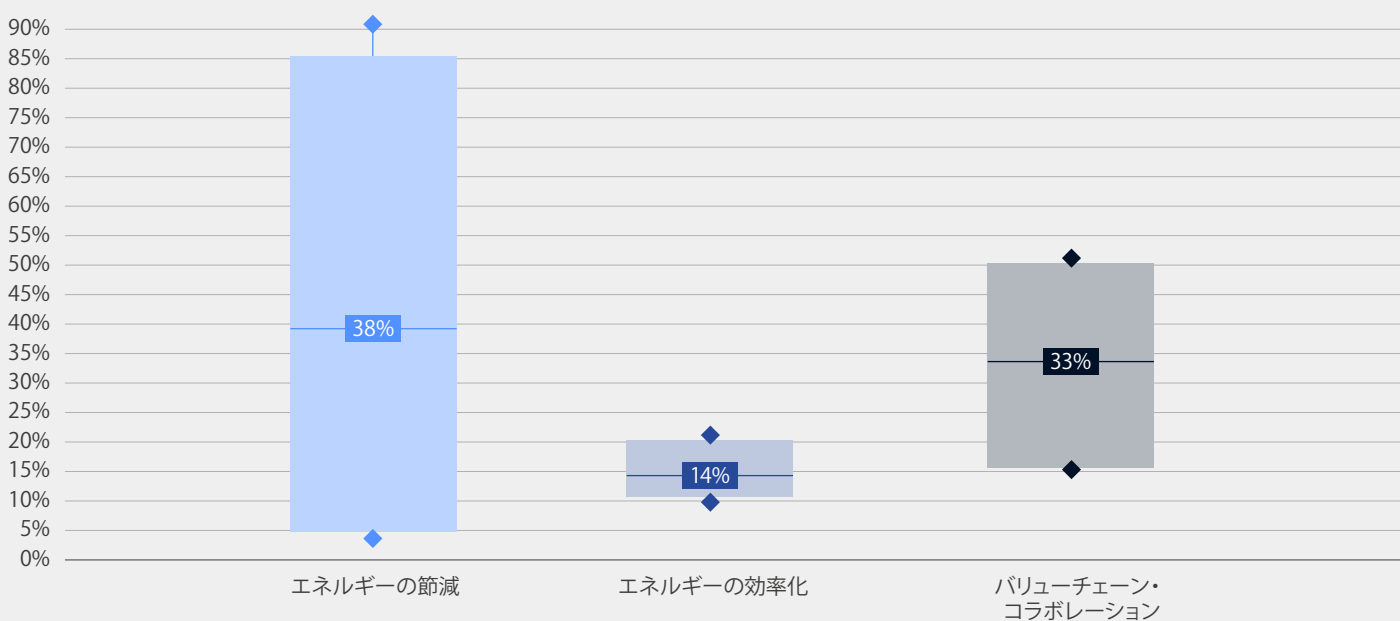
改善機会

ここで言う「輸送」とは、モノと人の移動手段（オフロード用の産業車両を除く）で構成されるセクターを指す。このセクターは、世界のエネルギー需要の26%、温室効果ガス排出量の21%を占めている³²。本白書では、輸送におけるエネルギー消費量のそれぞれ76%と10%を占める、陸上輸送と航空輸送における部門別の事例に焦点を当てる³³。

こうした部門に有効な介入策をすべて実施すると、輸送業務プロセスに現在必要になるエネルギー原単位を最大90%削減できることが明らかになっている。広く実施されれば、輸送業界全体で必要になるエネルギー原単位を21%削減し、世界全体のエネルギー需要を5%押し下げることができるだろう。

図18 輸送に有効な介入策が個別にエネルギーに与える影響

様々な時代、地域



注：データは、エネルギー使用のサブセット（例えば、ビジネスクラスからエコノミークラスへの移行の影響）に対する個別介入策の影響を表しており、建物のエネルギー需要や世界のエネルギー需要全体に対する影響を示すものではない。に対する個別介入策の影響を表しており、産業界のエネルギー需要または世界のエネルギー需要全体に対する影響ではない。青色のデータポイントは、個々の介入策による影響の中央値を示している。使用したデータポイントは、IBCのメンバー企業のケーススタディとより広範な調査の組み合わせから得られたものである。

輸送関連のエネルギー需要の削減に有効な介入策

<p>① エネルギーの節減</p>	<p>② エネルギーの効率化</p>	<p>③ バリューチェーン・コラボレーション</p>
<ul style="list-style-type: none"> - エネルギー原単位の高い移動手段からのモーダルシフトと公共交通機関の利用 - より効率的な車両運転 - 交通管理 	<ul style="list-style-type: none"> - 小型車への乗り換え、または車両の軽量化 - より新しく、より効率的な自動車への乗り換え - 最適化されたルート計画と自動化 	<ul style="list-style-type: none"> - 輸送業務の電化 - 持続可能な航空燃料(SAF)を含む再生可能燃料への切り替え

輸送活動のエネルギー原単位を削減するための技術的にも経済的にもすでに実行可能で有効な介入策が、全世界で広範に利用できる状況にある。環境にやさしい燃料への切り替えはインフラ（EV用の送電網容量など）が整備されている場所に限られるが、現時点での介入策で大幅な改善が見込まれ、将来的には画期的な輸送手段（電気飛行機など）の開発・導入で更なる効果が期待される。

AIの導入もすでに始まっており、輸送品の積載業者と輸送用トラックの所有者がタッグを組んで、配送を完了したトラックの荷台の空きスペースを有効活用するなど、貨物輸送能力の最適化が図られている。この取り組みが広まれば、輸送ネットワーク全体の必要車両台数を減らし、輸送業務のエネルギー原単位を低く抑えられるようになる。この種のソリューションは、今すぐにも導入可能だ。一方、変革をさらに加速させる新たなAI主導型ソリューションの開発も着々と進んでいる。

この先、輸送用エネルギーの全体量が増加すると予測されている地域の94%はEMDE内にある。しかしこうした国々では現状、信頼できる送電網の容量が

不足しているため、車両（主に二輪車と三輪車）の電化やエネルギー原単位を抑えた代替輸送手段のコスト平準化を阻害する要因となっている。電化を促進するには、送電網の拡大、グリーンエネルギーの供給や適切な公共交通手段の整備に力を貸せるすべてのステークホルダーの協力が重要だ。企業は、一部のタクシー会社のように、エコ自動車に切り替えることで、エネルギー転換に向けた取り組みに主導的な役割を果たすことができるだろう。また、より燃費の良い車両や環境に優しい代替燃料に切り替えるだけでも、改善をいち早く図ることができる。

ケニアでは、あるスタートアップがバッテリー交換ステーションを段階的に増設しながら、電動バイクの普及に努めている。この新興企業は、新しい電動バイクの購入を検討しやすくするユーザー向けの奨励策として、購入価格の約三分の一を自社が負担する支援プログラムを展開。ユーザーは、購入代金の残額と同社が運営するバッテリー交換ステーションの利用料を日割り計算した一定額を同社に毎日支払う。例えば、このプログラムを通じてバイクまたはスクーターを購入したユーザーは、約6～11米ドルを一日当たりの負担額として支払っている。



業界別の具体例：電気自動車の導入

改善機会

ノルウェーでは、国内で販売される自動車のほとんどが電気自動車（EV）になるまでに20年以上を要したが、その割合は現在80%を超えている³⁴。EVの価格が低下し（2010年から19年にかけて約33%減³⁵）、入手が容易になり、航続距離が伸びた（2010年から2021年にかけて平均2.7倍増³⁶）結果、EVの導入が過去最高の勢いで進んでいるのだ。EVは、燃料を消費して得られる熱エネルギーを機械エネルギーに変換して動力を得る内燃機関（ICE）搭載のICE車よりも最大約50%効率的であり³⁷、入力電力が低炭素または無炭素のものであれば、排出量の削減効果はさらに大きくなる。すべての自動車

がEVに置き換わると、世界の輸送エネルギー需要を最大22%削減することにもつながるだろう。

自動車の電動化がエネルギー対策として果たす役割は拡大しているが、排出量の約38%を占める大型車の電動化はまだ初期段階だ³⁸。また、送電網の容量に限界がある南半球で電動化が実現する可能性はまだ低い。しかし、どの国の企業も今すぐ行動を起こすことができる。より効率的な車両に乗り換えればエネルギー原単位を削減でき、代替燃料を活用すれば排出原単位の削減も可能だからだ。

障壁を乗り越えて行動するためのコラボレーション（乗用車の場合）

④ EVはICE車に比べて最大約50%のエネルギー効率向上が可能である。

EVの普及は、インフラ整備と充電ポイントの設置場所の確保に大きく依存している。現時点でこの二つの障壁をクリアできる市場は、電力供給量を柔軟に調整でき、送電網が大規模に整備され、再生可能エネルギーも供給可能な経済圏に限られる。充電ポイントの許認可や系統接続は複雑な場合が多く、それもEVの普及を遅らせる要因となっている。

エネルギー会社、金融機関と行政が一体となって、グリッド送電網の容量拡大や電力供給量の柔軟な調整を可能にするプロジェクトの計画や開発を推し進めれば、送電網の接続容易性を向上させることができる。そのためには、こうした官民のステークホルダーが、送電網の接続性向上を目標とする計画の立案プロセスを簡素化し、優先順位を高めるよう働きかけるロビー活動を展開することが望ましい。民間資本や労働力を提供し、接続拠点を新設するプロジェクトを支援してもよい。また、金融会社やエネルギー会社は、家庭や商業施設での充電

ポイント普及を促進する商品開発へのさらなる注力が求められる。

充電ポイントの運営会社は、不動産所有者、エネルギー会社、金融機関や行政当局と協力し、駐車スペース付きで立地条件の良い候補地（スーパー、職場、ホテルなど）を特定し、収益分配モデルによる設置を提案して、充電ポイントの展開を加速することができる。

EVを手頃な価格で購入できるようにすることも、課題の一つである。高額なイメージがまだ残るEVの価格面の懸念を払拭し、社用車のEV化を奨励するには、自動車メーカーやその他のステークホルダーがEVの相対的なメリットや利用可能なオプションなどの情報提供キャンペーンを実施することが有効な対策となる。政府と自動車メーカーの共同出資でEV購入者向けの補助金制度を創設し、事業用EVを大量一括購入する企業が初期費用や総所有コストを抑えられるようにすることも検討に値する。

BOX 3 航空業界

航空業界ではエネルギー使用量が急拡大しており、人口増加と世界的な富の増大に伴い、旅客数は年率約4%で増加すると予測されている³⁹。

低コストの代替燃料がまだ利用できない今、航空業界のバリューチェーンに含まれる事業者は、エネルギーの節減とエネルギー効率の向上を図る対策に注力することで変革を推進できる。これには、社員の出張に飛行機よりもエネルギー消費量が少ない鉄道などの利用を奨励する社内方針への転換などが考えられる。社員がこの方針に沿って行動するようになるには、カーボンフットプリントを加味した出張予算や手当基準の導入、予約プラットフォームへのデータの同期、社員教育の強化などが有効な施策になるだろう（ケーススタディ3を参照）。

航空機メーカーや航空会社には、軽量化を優先し、古い機体をより効率的な最新型に置き換えるペースを高めることが求められる。この取り組みを加

速するには、政府と産業界が協力し、フライトの効率化で財務改善を可能にするソリューションを見出すことが重要な足がかりとなる。

「持続可能な航空燃料（SAF）」は、既存のインフラを利用して、変革を促進するための先行投資に必要な初期費用を抑えることで、航空業界のエネルギー使用量を削減する有力な機会を提供する。SAFの主要な課題の一つは、廃棄物由来の投入原料の供給が標準的なジェット燃料に比べてコスト高になることだ。この課題は、オフテイク契約を活用して、新たな需要を生み出し、SAF市場の規模拡大を可能にすることで克服することができる。その一例として、ボストンコンサルティンググループ（BCG）は、2030年までに従来のジェット燃料の5%をSAFに置き換えることにコミットし、航空会社、燃料メーカーや持続可能な航空バイヤー連合（Sustainable Aviation Buyers Alliance）などの関係団体とオフテイク契約を結んでいる。

従業員インセンティブによるモーダルシフト



カーニー：グローバル経営コンサルティング会社

地域	グローバル
セクター	輸送
重点施策	エネルギーの節減

タグ

- 行動変容
- 情報に基づく意思決定
- 経営陣の支持



ケーススタディの背景

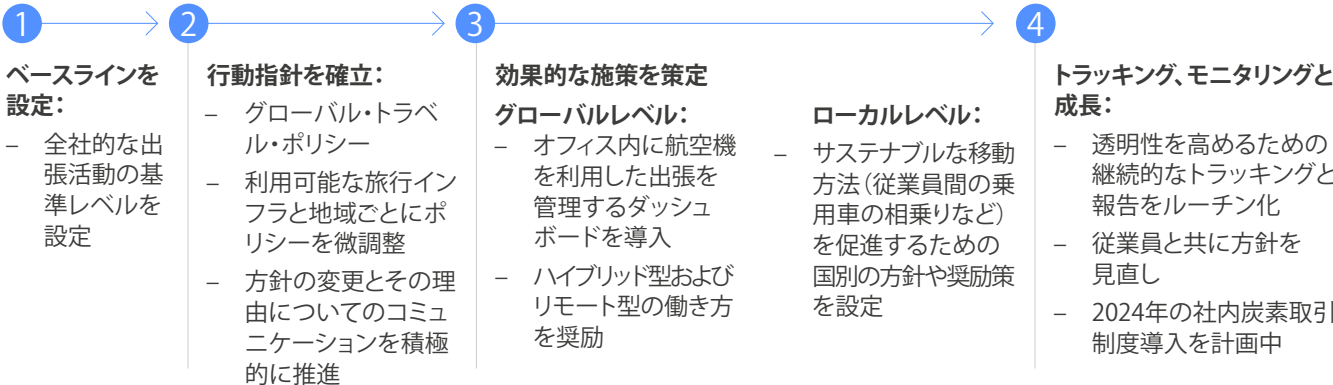
カーニーは、SBTiが承認した短期および長期のネットゼロ排出削減目標を持つ最初のグローバルコンサルティング企業である



タスク

SBTiの短期目標に沿って、2030年までにスコープ3の排出絶対量を30%削減するために、航空機を使う出張を削減する

行動



阻害要因と打開策

阻害要因

炭素排出量をリアルタイムで計測するサードパーティ製計算機が不足している

従業員の関わり方がまちまち

オンサイトで働く意識が根強く残っている

打開策

社内で炭素排出量をトラッキングできるソリューションを開発した

従業員のフィードバックを募る仕組みを取り入れた

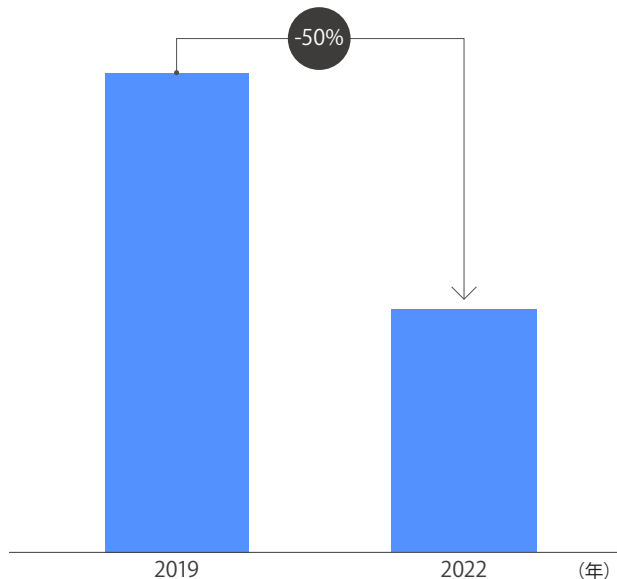
サプライヤーと共同でIT統合を図った

対象を絞った透明性のあるコミュニケーション戦略を実行した

ハイブリッド形式でチーム間の業務をこなすようにした

成果

従業員一人当たりのフライト数



従業員1人当たりのフライト数を50%削減しつつ、事業としては2桁の成長率を達成

意味合い



継続的なモニタリングと進捗管理が、正確な情報に基づく意思決定を可能にする



成長を抑制することなく、変革に向けた改善効果を低コストでも実感できることが実証された

5

政府のリーダーシップ

各国政府は、エネルギー転換計画の策定、官民協力の促進、業界別の規制の強化、インセンティブの付与や情報の提供を通じて、変革を推進することができる。

各国政府はすでにエネルギー需要に焦点を合わせ始めており、120 か国以上がエネルギー効率の改善率を年平均で 2 倍にすることを公約に掲げている。政策立案者が効果的な対策を講じるためには、従来からある税金面の優遇や補助金といった公的

制度を活用して特定の業界あるいはセクター内の特定の施策を対象とした環境整備に注力する必要がある。どの国も、大局的な方向性を示す抜本的政策や具体的な行動指針など、エネルギー転換を推進する数多くの行動を取ることができる。

エネルギー原単位の削減に向けた政策提言

エネルギー転換計画の策定





大半の国はネットゼロ目標を独自に定めるか、グローバルなエネルギー効率の年間改善率を倍増させることにコミットしている。しかし、そうした公約の実現に向けた日々の地道な活動の内容は、詳細なエネルギー転換計画はおろか、具体的な実施計画によって定義されているわけではない。現存する国家的計画の大部分は長期的な視野（2040 年以降を見据えて）で立案されたものであり、エネルギー

源をこの先どうしていくべきかに焦点が絞られている。また、そうした計画では、エネルギー消費のあり方をよりきめ細かく管理するための対策にはほとんど触れられていない。したがって今、各国政府に強く求められるのは、エネルギー供給と同様にエネルギー需要にも焦点を当てたエネルギー転換計画を策定することである。計画に盛り込む必要のある要素を図 20 に示す。

図 20 エネルギー需要の削減に主眼を置いた活動の特徴とエネルギー転換計画に取り入れるべき行動



エネルギー転換計画の策定

リーダーシップ 	情報の提供 	規制の強化 	インセンティブの付与 
<p>エネルギー原単位を意欲的に削減する明確な方針と道筋を示す</p> <ul style="list-style-type: none"> - より広範な世界的目標（エネルギー効率の改善率の倍増など）に連動した、全体およびセクターごとの野心的な目標を定める - 自社の業務改革を達成することを優先する - エネルギー原単位を削減する分野を特定し、それが不可能な場合は炭素原単位の削減に専念する - 経営者としての評価と意思決定権を持つ官民のアクターで構成される、一元化された実行／調整チームを作る 	<p>社会の意識向上に注力する</p> <ul style="list-style-type: none"> - 透明性のある公開データをトラッキングする - 業種別に期待される実績のベンチマークを公表する 	<p>努力目標に関する明確なガイドラインを示し、エネルギー原単位の削減を促進する行動として許容される活動を支援する</p> <ul style="list-style-type: none"> - エネルギー監査への資金提供と実施を義務化する - エネルギー原単位の削減もグリーン認証プログラムの対象項目に加える - エネルギー市場を自由化し、自家発電、エネルギーの託送、ダイナミック・プライシングを可能にする - インフラ整備（送電網や供給網の整備など）を容易にするために、許可プロセスを簡素化する - 目標を達成できるよう、従業員のスキルアップを図る 	<p>正と負の両インセンティブを設定して、取るべき行動を奨励する</p> <ul style="list-style-type: none"> - 炭素税とエネルギー税を導入する - エネルギー効率向上を目的とした投資活動に対する税制優遇措置を設ける - ベストプラクティスを認定する認証制度を設立する

EMDEと先進国

エネルギー転換計画の実施に関する課題と機会は、地域によって広く違いがある。また、実施に伴う政治的・経済的コストも、各経済圏のエネルギー需給状況によって大きく異なる。

大規模で多様な上流エネルギー源を有し、送電網が高密度に統合されている先進国では、脱炭素化を推進する方法として、現在すでに稼働している送電網を通じて再生可能エネルギーを大量に供給することに主眼を置いており、このアプローチは理にかなっている。同時に、エネルギー原単位の削減を追求することについても、多くの利点が内在している。エネルギー原単位を削減、またはこれまでと同じかより少ないエネルギー量で生産量を増大できれば、収益性を確保し、競争力を維持しながら総エネルギーコストも抑えることができるからだ。

対照的に、エネルギー源が限られ、送電網の規模や接続性にも限界があるEMDEでは、エネルギー消費のあり方を管理し、供給を確保するための施策と経済成長対策を両立させることが極めて重要になる。こうした国々のパブリックセクターが、地域別のニーズに高度に適応するエネルギー転換計画の策定と推進が急務であろう。

EMDEで政策の立案と実行に成功した例として、インドのUJALAプログラムがある。インドでは2015年に、国内で当時使用していたエネルギーの27%を占める家庭用照明でエネルギーとコストが無駄に浪費されていたことを認識するようになった。そこで調査したところ、設置されている照明器具のうち、効率的なLEDはわずか0.4%しか使われていないこ

とが判明。LED電球は白熱電球に比べて消費電力が75%少なく、寿命が約25倍長いにもかかわらず、価格が高いことが普及を妨げていた。インド政府はこの障壁を次の4つの方法で克服した。

- LED電球を大量に調達する事業者の入札を実施
- LED電球を広く流通させるために、州政府ならびに電力会社とオフテイク・バリューチェーン契約を締結
- 電気料金を前払いまたは実際の使用量に応じた請求額を後払いする、二択の支払い方法を提供
- 農村部の家庭を対象に、使用可能な白熱電球をLED電球1個と交換するスキームを構築

インドではこうした施策を通じてLED電球のスケールメリットを生み出すことで、LEDに切り替える際の電球1個当たりの初期費用を**0.8米ドル**まで引き下げることが成功。その結果、2020年までに**11.5億個**以上のLED電球が普及し、年間**25億米ドル**以上、約**470億キロワット時(kWh)**を節約することができた⁴⁰。

これは、先進国が時間をかけて追求しなければならなかった漸進的な改修を回避し、高原単位技術から低原単位技術へと一気にシフトすることができるEMDEならではの成功例の一つだと言える。このような飛躍的な改善成果は、BITのどの分野でも実現可能である。

図21

EMDE内のパブリックセクターで適用可能な行動のバリエーション



産業

パブリックセクターの推奨行動例

- 暖房、製錬や採掘設備の電化を促進できるように、送電網の電力供給範囲を拡大する
- 電動機の最低エネルギー消費効率基準(MEPS)をセクター横断的に導入する
- エネルギー管理システム(EnMS)の導入に関する情報や規制を周知する



建物

パブリックセクターの推奨行動例

- (基準や規制に関する)意識向上キャンペーンを展開する
- 建築基準法(MEPS)を設計・施行し、大規模な改修プログラムを(まずは公共建造物から)開始する
- 送電網のモジュール化/マイクログリッド化ソリューションの開発に投資し、許認可プロセスを標準化する
- 従業員のスキルアップを支援する



輸送

パブリックセクターの推奨行動例

- 二輪車と三輪車の電動化を可能にする分散型エネルギー・ソリューションを開発する
- 自動車に適用する最低燃費基準を導入する
- 公共交通機関を改良してモーダルシフトを実現する

ケーススタディ

2015年から2017年にかけて、メキシコ政府は中小企業のEnMS導入を促進することを目的としたCONUEEプログラムを実施した。このプログラムには、エネルギー管理システム(EnMS)に関する情報の提供や労働者の訓練計画を含む。この取り組みにより、年間57.7ギガワット時(GWh)のエネルギーの節減、14.8キロトン(kt)の二酸化炭素排出量の削減、500万ドルのエネルギーコストの節約ならびに製品品質と全体的な生産性の向上を実現できた。






セクター別レベルでの情報共有、規制強化とインセンティブ

各国政府は BIT のいずれの分野でも、本白書で紹介してきた手段を有効活用すると共に、企業と協力して、その活用を広く奨励する行動を起こすことが

できる。推奨例を図 22、23、24 にまとめた。ただしこれらは議論を深めるための参考例に過ぎず、この他にも取るべき行動はまだある。

図 22 エネルギー需要の削減に主眼を置いたエネルギー転換計画に取り入れるべき「産業」を対象とした特定行動

産業

情報の提供 	規制の強化 	インセンティブの付与 
<p>コラボレーション</p> <ul style="list-style-type: none"> - 行動変容を促すために、利用可能な技術やベストプラクティスに関する業界情報キャンペーンを展開する - 機械やプロセスにエネルギー原単位を表示する制度を導入する - 産業別に予想されるエネルギー原単位レベルの公的ベンチマークを作成し、目標未達の事業者を公表するようにして、全体の意識向上を図り、改善行動への積極的な関与を促す 	<p>単独行動</p> <ul style="list-style-type: none"> - 行動変容を促すために、利用可能な技術やベストプラクティスに関する業界情報キャンペーンを開始する - 全業界を対象としたすべての産業に最低エネルギー消費効率基準 (MEPS) を導入する - エネルギー監査を実施する - 政策のビジネスケースにエネルギー問題の改善効果以外に得られる恩恵の期待値も見積もる - エネルギー管理システム (EnMS)、エネルギー測定・管理フレームワーク (ISO50001 など) の導入を促進する <p>コラボレーション</p> <ul style="list-style-type: none"> - 企業が高原単位鋼材を購入する際の障壁を高くする法律を制定する 	<p>単独行動</p> <ul style="list-style-type: none"> - エネルギー効率の向上を目的とした投資活動に適用する税制優遇措置 (設備の償却期間の短縮など) を設ける <p>コラボレーション</p> <ul style="list-style-type: none"> - 政府所有の製品を含めた、廃棄製品からの鉄スクラップの回収事業に資金を提供する - 業界関係者間の協力体制を構築するための資金や仕組みを提供する




パブリックセクターの推奨行動例：産業

EU、米国、カナダ、日本などは、産業用電動機の最低エネルギー消費効率基準 (MEPS) を採用している。この最低基準値方式を適用する国々では、対象となるすべての機器のエネルギー消費効率を国

際効率基準値 (IE) の効率クラス IE3 以上に切り替えることが求められている。この切り替えにより、日本の製造業では 2000 年から 2012 年の間にエネルギー消費量が約 20% 削減された⁴¹。



建物




情報の提供 	規制の強化 	インセンティブの付与 
<p>コラボレーション</p> <ul style="list-style-type: none"> - 一般市民向けの啓発キャンペーンを実施する - エネルギー消費状況をトラッキングするデジタル公共ツールの設置を義務付ける - 建物の性能や基準に関する情報を掲載した出版物を発行する 	<p>単独行動</p> <ul style="list-style-type: none"> - 建築基準の一部として、時間の経過と共に基準値を引き上げる住宅や商業ビルの最低消費効率基準を新たに規定する - ゼロカーボン社会を実現するために、新築する建物はすべて環境配慮型ビルとして設計することを義務付ける法律を制定する - 許認可を含む行政手続きを短縮化する - 解体する建物から鉄スクラップを回収することを義務付ける法律を制定する 	<p>単独行動</p> <ul style="list-style-type: none"> - 改修や電化を広く促進するためのプログラムと専用資金を配分する <p>コラボレーション</p> <ul style="list-style-type: none"> - 改修費用の資金源として利用できるグリーンローンの創設と提供を支援する - 雇用と経済成長を生み出すため、また重要資材の供給拠点やリサイクルセンターとして機能するエネルギー・コミュニティを地域ごとに立ち上げる事業に投資する

パブリックセクターの推奨行動例：建物

カリフォルニア州公益事業委員会⁴²は 2010 年に、エネルギー効率の向上を図る目的で計画する設備投資やビルの改修プロジェクト（居住用は対象外）を支援するために、ゼロ金利融資プログラムを開始した。2023 年 8 月からは、水源ヒートポンプの購

入や EV 充電インフラの整備にも同プログラムを利用できるようになった。この融資制度の利用者は、ローン（5,000 ～ 400 万米ドル）をエネルギー料金の月賦で支払い、返済期間は最長 5 年まで設定できる。

輸送

情報の提供 	規制の強化 	インセンティブの付与 
<p>コラボレーション</p> <ul style="list-style-type: none"> - 低単位の交通機関の利用を奨励する政府主導の推奨移動要綱を設定する 	<p>単独行動</p> <ul style="list-style-type: none"> - 平均的な車両サイズ／重量許容値を引き下げる <p>コラボレーション</p> <ul style="list-style-type: none"> - ゼロエミッション車や低排出ガス車（EV など）の普及を支援する政策やインセンティブ制度を実施する - 都市部に低排出ガス義務区域を設ける - 充電ポイントの設置を重点的に進めることを規定する条項を都市計画関連法に加える - EV用の電気容量と接続ポイントを十分に確保できるように、送電網のインフラ整備計画を見直す - 需要シグナルを活用して、民間団体と協力して期限を定めた、高排出ガス車の段階的廃止を着実に進める 	<p>単独行動</p> <ul style="list-style-type: none"> - モーダルシフトの実現を目標にした、公共交通機関の整備計画（既存の都市交通網の延伸計画を含む）に投資する - 自治体や国が保有するすべての車両の運行ルート最適化計画に投資する

パブリックセクターの推奨行動例：輸送

ベルギーでは内燃機関（ICE）搭載車から EV へのシフトが加速している。現在、EV は同国の新車市場の約 50% を占めるに至っている。この状況は、社用車を EV に切り替える事業者に対する税金面の優遇措置によって生まれた。このプログラムには、2028 年

までに ICE 車の税額控除を段階的に廃止して、100%の税額控除が維持される EV への切り替えを促し、新たに設置する充電ポイントには 200%の税額控除を最初の数年間適用することなどが盛り込まれている⁴³。

結論

エネルギー需要の変革を実現するには、エネルギー供給の変革と同様に、エネルギー転換を加速させ、商業的利益をもたらすための努力を全世界で集中的に続ける必要がある。こうした弛まぬ努力の結集を通じて公約とする目標を達成するためには、企業が積極的に以下の行動を取ることが求められている。

- エネルギー使用量の基準値を設定し、一元的な説明責任を直接負うための仕組みとして、三つのレベルのすべてでエネルギー効率を高めるプログラムを策定する。
- この活動と目標設定を、自助努力とサプライチェーンとの協力を含めて、総合的なエネルギー転換計画に組み込む。

- エネルギーコストの最適化と変革を推進する改善機会を検討する。
- エネルギー原単位の削減目標にコミットする（エネルギー原単位改善率の倍増など）。
- 政策立案者と協力して、詳細な政策枠組みとエネルギー転換計画を策定する。特に、取るべき行動の足かせとして現存する阻害要因を取り除く（資金調達の容易性を高めるなど）。

IBC は、2024 年にプロジェクトの第 2 フェーズに移行する。引き続き、エネルギー需要の課題克服に向けた歩みを着実に前進させる、さらなる方策を探求していく。

付録

A1 モデリング手法

モデリングの目的

- エネルギー原単位削減を図る介入策を実施した場合の潜在的な影響度（改善効果の規模）を理論的な時間軸で定量化すること。

アプローチ

1. 個別の介入策が特定業種のエネルギー消費量に及ぼす影響度を確認する

- a. 詳細調査を行うセクターの選定
 - i. 世界全体のエネルギー需要の 94% を占める三つの業種である建物・産業・輸送（BIT）を分析対象とした。
 - ii. これらの業種に属するセクターの中から、エネルギー消費量、炭素排出量、インターナショナル・ビジネス・カウンシル（IBC）のメンバー企業との関連性に基づいて選定した業界を詳細分析対象セクターとした。
 - iii. 詳細分析対象として最終選考に残ったセクターは、航空、陸上輸送、商業ビル、居住用ビル、採取と採掘、鉄鋼、化学、その他である。

b. 介入策とその影響度の特定

- i. 選定した各セクターのエネルギー需要を減少させることでエネルギー原単位を削減できることが既存のケーススタディの影響度分析で実証されている有効な介入策（例：エネルギー管理システム）をセクターごとに特定した。
- ii. そうした介入策が各セクターのサブカテゴリー（サブセクター）に及ぼす影響については、IBC メンバー企業の事例と、より広範な机上調査に基づいて確認した。その結果、エネルギー原単位を最大 90% まで削減できるほど影響度が大きいことが判明した。

c. 介入策が業種別に及ぼす影響度のスケールリング

- i. 一つの介入策が一つの業種全体に及ぼす可能性がある総体的な影響度を表すために、その業種に属する各業界に及ぼす影響度のスケールリングを実施した。
- ii. このスケールリングには、1b で確認された影響度を、介入策の適用可能性（即ち、一業種内でエネルギーが使用される部分）と浸透率（即ち、介入策が到達可能な導入レベルの推定値）を掛け合わせる計算式を採用した。

- i. 例えば、乗用車の電動化という介入策の場合、影響度 = ICE 車を EV に切り替えることによって実現できるエネルギーの削減、適用可能性 = 陸上輸送に関連する部分（即ち、軽量化した輸送車両の使用）、浸透率 = 電動化される車両の予想割合となる。

2. 特定された介入策が世界のエネルギー原単位に及ぼす複合的な影響度を計算する

- a. 実現可能なビジネスケースとより野心的な目標を設定したビジネスケースに盛り込む介入策の選定
 - ii. モデリングする二つのビジネスケースを以下のように定義した。

I. 「実現可能」なビジネスケースとは、介入策を実行できる確度が高く、影響度に関する十分なデータが入手可能であることを前提としたビジネスケースとして定義した。

II. 「野心的」なビジネスケースとは、実現可能なビジネスケースに盛り込んだ介入策に加えて、実現がより困難な介入策、または潜在的な浸透率の確実性が低い介入策も含めたビジネスケースとして定義した。

- iii. 次に、この二つのビジネスケースに盛り込んだ介入策のうち、重複する介入策は除外した。

b. 「実現可能」と「野心的」な介入策が業種別に及ぼす総体的な影響度の算定

- i. 1c でスケールリングされた各介入策の影響度の合計値を業種別に算出し、各業種のエネルギー原単位に及ぼす総体的な影響度を算定した。

c. 経済全体に及ぼす影響度を業種別の影響度に基づくスケールリング

- i. 実現可能な介入策と野心的な介入策でそれぞれエネルギー原単位を世界全体でどれほど削減できるかを算出するために、業種別のエネルギー原単位の削減量を BIT が個別に占める 2022 年時点のエネルギー需要の割合と掛け合わせた。

- ii. 詳細分析対象外のセクター（「その他」に分類されたセクター）については、原単位の削減量の平均値を適用した。

I. 平均的な影響度は、一つの業種で実施する他の介入策または BIT 以外でエネルギー需要が発生する業種（即ち、世界全体の

需要の6%を占めるその他の業種)で実施するすべての介入策が及ぼす影響度を加味した加重平均影響度として計算した。

3. エネルギー原単位の削減がエネルギー需要シナリオに与える影響を検証する

- a. 「効率化なし」シナリオの作成
 - i. エネルギー原単位の削減が及ぼす長期的な影響を理解するためには、世界のエネルギー原単位がこのまま全く改善されなかった場合に総エネルギー需要がこの先どうなっていくかをまず知る必要があった。
 - l. 特定された介入策との重複を避けるため、エネルギー原単位の過去の傾向(または既存の政策)に基づいて立てたエネルギー需要の予測は使用できなかった。
 - ii. 「効率化なし」シナリオに基づいて予測する2030年のエネルギー需要は、国際エネルギー機関(IEA)が表明した政策シナリオ(即ち、現行政策であるIEA STEPSシナリオ)で想定しているエネルギー原単位の改善効果を除外して計算した。
 - l. シナリオの期限としている2030年は単に、介入策がこの時点までに実施された場合に何が起こり得るかを説明するために選んだ節目の年だというだけであり、すべての介入策がこの時点までに確実に実施されることを示唆するものではない。
- b. 2030年まで「効率化なし」シナリオを適用した場合の介入策の影響度の計算
 - i. 2cで求めたエネルギー原単位削減量に、3aで求めた2030年時点のエネルギー需要予測値を掛け合わせた。
 - ii. 次に、これを現在の需要と現行の政策(IEA STEPS)で想定している需要の伸びから差し引き、「実現可能」シナリオと「野心的」シナリオをそれぞれ適用した場合のエネルギー需要の絶対的変化量を特定した。
- c. 「実現可能」シナリオと「野心的」シナリオでそれぞれ設定した諸条件下でのエネルギー需要のモデリング(2022~30年)
 - i. 需要の伸びは、現在の需要から線形にモデル化し、特定された介入策を実施した場合に2030年までエネルギー需要が総体的にどのように改善していくかを示すようにした。
 - ii. このモデルでは、介入策を実施すると、需要が直線的に改善していくことを想定している。

4. 需要の減少が、エネルギーコストと必要になるエネルギーの生成能力に及ぼす影響を推定する

- a. 2022年のエネルギー単価は、エネルギーコストの支出額とエネルギー需要に関するIEAのデータに基づいて計算した。
- b. これに3bで求めたエネルギーの絶対的変化量を掛けて例示的なエネルギーの節減レベルを求めた。

- i. エネルギー単価は、現在のエネルギーコストの支出額を現在のエネルギー需要で割った額とした。これは1エクサジュール(EJ)当たりの平均価格が計算の対象期間中は一定のまま変わらないことを想定している。
- c. 発電所のエネルギー出力は、入手可能な机上調査データに基づいてモデル化した。
 - i. 発電所のエネルギー出力は、石炭火力発電所の平均エネルギー出力に基づく。
- d. 次に、3bで特定したエネルギーの絶対的変化量をこの数値で割ることで、発電所を一基も新設しなかった場合の例示的なレベルを算出した。

制限事項

- このモデリングでは、詳細な業界別の分析ではなく、需要側で実施する介入策によるエネルギー需要削減の可能性を示すことを目指した。
- すべてのセクターを詳細にモデル化したわけではなく、エネルギー需要の大きさ、炭素排出量の多さ、ならびにIBCのメンバー企業が事業を展開している業界であることを基準に選択したセクターのみに絞っている。
- 各セクター内で実施可能な介入策のうち、本白書で詳しく取り上げた介入策は、影響度と適用可能性が確実に定量化でき、それぞれのセクターに及ぼす影響が他の介入策による影響と重複しないものに限定している。
- 影響度の数値は、一次調査に加えて、IEAや企業のウェブサイトなど、様々な情報源から入手したデータに基づく。より広範な経済への影響度については、本白書で詳しく取り上げたケーススタディで達成できた影響度と合致するようモデル化している。
- 介入策が及ぼす影響度を示す数値は、現在から2030年までの間に技術的進歩が全くないものと仮定して算出している。そのため、ここで示した影響度は過去の改善率に基づいて計算した保守的な数値であり、実際のエネルギー原単位の削減量はこれより大きくなる可能性がある。
- 浸透率(即ち、予想される実現可能性に基づく介入策の影響度のスケールリング)は、2030年までに展開し始めることが可能と考えられるすべての介入策(2030年までに製鉄業界で鉄スクラップから鋼を製造する電気アーク炉に切り替わると想定する割合など)を対象に計算している。
- 本白書で詳しく取り上げていないセクターに及ぼす影響度については、分析した「建物・産業・輸送」における影響度の平均値に基づいて推測した数値を採用。また、この三業種以外で発生するエネルギー需要への影響度については加重平均値を適用している。
- 2030年における「効率化なし」のシナリオは、IEA STEPSシナリオとその中で想定している改善効果から、エネルギー原単位の改善効果を差し引いた予測値で作成。また「実現可能」モデルと「野心的」モデルで想定する人口増加と経済成長は共に、STEPSシナリオで仮定しているそれぞれの変化に非明示的に依存している。

協力者

世界経済フォーラム

Roberto Bocca

Head, Centre for Energy and Materials

Ramya Krishnaswamy

Head, Institutional Communities

Gabriele Liotta

Lead, Public Policy, Strategic Initiatives, Institutional Communities

Espen Mehlum

Head, Energy Transition Intelligence and Regional Acceleration

Biggie Tangane

Specialist, Strategic Initiatives and Institutional Communities

PwC

John Butterworth

Senior Manager, Project Manager

Catriona Campbell

Senior Associate

Maëlle Gomez

Senior Manager, World Economic Forum Fellow

Penny Maloney

Associate

Nii Ahele Nunoo

Manager, World Economic Forum Fellow

Robert Turner

Partner, Project Lead

Charles Whitehouse

Senior Associate

謝辞

エビデンス収集に協力を得た企業:

インターナショナル・ビジネス・ カウンシル (IBC) 会員組織

ABB

Accenture

African Rainbow Minerals

Agility

Allianz

Aramco

Bain & Company

Banco Santander

Bank of America

BASF

BBVA

Boston Consulting Group (BCG)

bp

Chevron

Cisco Systems

Dell Technologies

Dow

Enel

Eni

EY

GIC

HEINEKEN

Honeywell

Hubert Burda Media

Infosys

Ingka Group

Kearney

Lippo Group

Mahindra Group

ManpowerGroup

Merck Group

MUFG

Nomura Holdings

Occidental Petroleum

Olayan Financing Company

Palo Alto Networks

PwC

Repsol

Royal Philips
S&P Global
Salesforce
SAP
Schneider Electric
Siemens
Standard Chartered Bank
Sumitomo Corporation
Sumitomo Mitsui Financial Group (SMFG)
Suntory Holdings
Swiss Reinsurance Company
Syensqo
TD Bank Group
Tencent Holdings
The Coca-Cola Company
TotalEnergies
Unilever
Vattenfall
Yara International

注:シニアリーダーによる1対1のコンサルテーション、ワークショップへの参加、最高経営責任者アンケートへの回答、詳細な需要調査への回答、直接の対話を含む。

本白書は、イニシアチブのナレッジ・パートナーである世界経済フォーラム、バンコ・サンタンデル、PwCが議長を務めるIBCにより作成された。イニシアチブのリーダーたちは以下のとおり。

Ana Botin
Executive Chairman, The Santander Group;
Chair, International Business Council

Bob Moritz
Global Chair, PwC;

Olivier Schwab
Managing Director, World Economic Forum

最高経営責任者 (CEO) および会長レベルにある以下メンバーの諮問グループから戦略的助言を得た。

Ana Botin
Executive Chairman, The Santander Group;
Chair, International Business Council

Claudio Descalzi
Chief Executive Officer, Eni

Peter Herweck
Chief Executive Officer, Schneider Electric

Masayuki Hyodo
Representative Director, President and
Chief Executive Officer, Sumitomo Corporation

Josu Jon Imaz
Chief Executive Officer, Repsol

Ilham Kadri
Chief Executive Officer and Chairman
of the Executive Committee, Syensqo

Manny Maceda
Chief Executive Officer, Bain and Company

Bob Moritz
Global Chair, PwC

Patrice Motsepe
Founder and Executive Chairman,
African Rainbow Minerals

Douglas L. Peterson
President and Chief Executive Officer,
S&P Global

Patrick Pouyanné
Chairman of the Board and Chief Executive Officer,
TotalEnergies

Christoph Schweizer
Chief Executive Officer, BCG

Anish Shah
Managing Director and Chief Executive Officer,
Mahindra Group

Bill Winters
Group Chief Executive, Standard Chartered Bank

本イニシアチブへの専門知識の提供を受けた多くのシニアリーダーたちは以下のとおり。

Elvira Calvo Adiego
Sustainability Business Transformation Head, BBVA

Fahad Al-Dhubaib
Senior Vice-President, Strategy and Market
Analysis, Aramco

Lucas Aranguena
Global Head, Green Finance, Banco Santander

Kenta Ashida
Head, Climate Change Advocacy, Corporate
Sustainability Department, SMFG

James Baird
Associate Partner, Bain & Company

Olivier Blum

Executive Vice-President, Energy Management and Member of the Executive Committee, Schneider Electric

Arne Cartridge

Special Adviser, Strategy and Business Development, Yara International

Luis Cabra

Executive Managing Director, Energy Transition, Technology and Institutional Affairs, Repsol

Lucas Chaumontet

Managing Director and Partner, BCG

Philippe Chauveau

Head, Climate Strategy, Syensqo

Brian Dames

Chief Executive Officer, African Rainbow Energy and Power

Ashiss Dash

Executive Vice-President and Global Head Services, Utilities, Resources and Energy, Infosys

Suzanne DiBianca

Chief Impact Officer, Salesforce

Rosanna Fusco

Head, Climate Change Strategy and Positioning, Eni

Christophe Girardot

Vice-President, OneB2B Solutions, Transport and Logistics, TotalEnergies

Ruth Harper

Chief Marketing and Sustainability Officer, ManpowerGroup

Tomohiro Ishikawa

Chief Regulatory Engagement Officer, MUFG

Shigeaki Kazama

Executive Officer; Deputy Chief Sustainability Officer, Suntory Holdings

Alicia Lenze

Vice-President, Global Head, Sustainability Marketing, SAP

Neil Loader

Vice-President, Carbon Ambition, Strategy and Sustainability, bp

Robert Metzke

Chief of Staff, Innovation and Strategy; Head, Sustainability, Royal Philips

Judy Mossier

Governmental Affairs Adviser, UBS

Simon Mulcahy

President, Sustainability, TIME

John Murton

Senior Sustainability Adviser, Standard Chartered Bank

Sushant Palakurthi Rao

Managing Director, Global External Relations, Agility

Saugata Saha

President, S&P Global Commodity Insights, S&P Global

Rob Schwieters

Chief Economist, Chevron Corporation

Daniela Sellmann

Global Vice-President and Head, Energy and Utilities Industries, SAP

Takayuki Sumita

Managing Executive Officer, Assistant Chief Sustainability Officer, Sumitomo Corporation

Masayuki Takanashi

Group Chief Sustainability Officer, SMFG

Ankit Todi

Lead, Group Sustainability Strategy and Partnerships, Mahindra Group

Robert Turner

Partner, PwC

Daniel Womack

Global Lead, Climate and Carbon Policy, Dow

本白書の編纂にあたっては、世界中の多くの政府機関、団体、企業、特に国際エネルギー機関 (IEA)、GFANZ、欧州委員会、世界経済フォーラムのファースト・ムーバーズ・コアリションからの支援と協力が不可欠だった。

本白書は、世界経済フォーラム、PwC、バンコ・サンタンダールのメンバーによるプロジェクトチームによって作成された。その他の寄稿者は以下のとおり。

PwC**Jon Chadwick**

Partner, Global Energy Transition Lead

Emma Cox

Partner, Global Climate Leader

Yoann Derriennic

Partner, Capital Projects and Infrastructure Lead, PwC France

Jeroen van Hoof

Partner, Global Energy, Utilities & Resources Leader

William Jackson-Moore

Partner, Global ESG Lead

Reid Morrison

Partner, Global Energy Advisory Leader and Global ESG Leader for Energy, Utilities and Resources

Nyarai Pfende

Senior Manager

Andrea Plasschaert

Director, Global Corporate Affairs and Communications

Banco Santander**George Bridges**

Senior Adviser to Ana Botin

Peter Greiff

Director, Corporate Affairs

Theo Leonard

Director, Institutional Affairs

Barbarra Navarro

Head, Research, Public Policy and Institutional Relations

著者**Daniel Gross**

Global Editorial Director, PwC

Matthew Yeomans

Freelance Writer

制作**Laurence Denmark**

Creative Director, Studio Miko

Sophie Ebbage

Designer, Studio Miko

Martha Howlett

Editor, Studio Miko

参考文献

1. International Monetary Fund, *The Rising Resilience of Emerging Market and Developing Economies*, 2012.
2. United Nations (UN), *2022 Revision of World Population Prospects*, 2022, https://population.un.org/wpp/?_gl=1*1ck7f0*_ga*MTI2MzI2ODM1My4xNjk4MTUzNTEy*_ga_TK9BQL5X7Z*MTY5ODE1NzYwOC4yLjEuMTY5ODE1Nzc3NS4wLjAuMA.
3. International Energy Agency (IEA), *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5C Goal in Reach*, 2023, https://iea.blob.core.windows.net/assets/13dab083-08c3-4dfd-a887-42a3ebe533bc/NetZeroRoadmap_AGlobalPathwaytoKeepthe1.5CGoalinReach-2023Update.pdf.
4. IEA, *World Energy Outlook 2023*, 2023, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/26ca51d0-4a42-4649-a7c0-552d75ddf9b2/WorldEnergyOutlook2023.pdf>.
5. Achievable is defined as interventions that are currently technologically available at scale with associated data available on their energy intensity impact.
6. Demand intervention scenarios are non-exhaustive and illustrative. Not all of these measures are likely to be achieved to the extent modelled between now and 2030, however, the impact of each measure within the modelling is in line with those seen in existing case studies. As a result, the total quantum of the change is an accurate illustration of the total “size of the prize” on energy demand from the interventions that have been modelled.
7. COP28, Global Renewables Alliance, IRENA, *Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030*, 2023, https://mc-cd8320d4-36a1-40ac-83cc-3389-cdn-endpoint.azureedge.net/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Oct/COP28_IRENA_GRA_Tripling_renewables_doubling_efficiency_2023.pdf?rev=7824ef3346f64e7daa784f3440e30d27
8. Wohlfarth, K., E. Worrell and W. Eichhammer, “Energy efficiency and demand response – two sides of the same coin?”, *Energy Policy*, vol. 137, no. 111070, 2020.
9. IEA, *World Energy Outlook 2023*, 2023.
10. Hennessy, Leon, “Using wired drill pipe to drive down well cost”, *Offshore Engineer*, 2016, <https://www.oedigital.com/news/448701-using-wired-drill-pipe-to-drive-down-well-cost>.
11. Ibid.
12. “INTEGRATED MODEL GUIDED PROCESS OPTIMIZATION OF STEAM CRACKING FURNACES”, *European Commission*, 30 November 2020, <https://cordis.europa.eu/article/id/430156-cracking-steam-cracking-technology-with-eco-friendly-furnaces>.
13. “Combined Heat and Power (CHP) Partnership”, *United States Environmental Protection Agency (EPA)*, n.d., <https://www.epa.gov/chp/chp-benefits>.
14. IEA, *Energy Efficiency 2022*, 2022, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7741739e-8e7f-4afa-a77f-49dadd51cb52/EnergyEfficiency2022.pdf>.
15. G20, *Strategic Plan for Advancing Energy Efficiency Across Demand Sectors by 2030*, 2023, https://www.g20.org/content/dam/gtwenty/gtwenty_new/document/etwg_docu/8_G20%20ETWG%20Presidency%20Document%20-%20A%20study%20on%20Strategic%20Plan%20for%20Advancing%20Energy%20Efficiency%20Across%20Demand%20Sectors%20by%202030.pdf.
16. Bhutada, Govind, “All the Metals We Mined in 2021: Visualized”, *Visual Capitalist*, 20 October 2022, <https://www.visualcapitalist.com/all-the-metals-we-mined-in-2021-visualized/>.
17. “Net-Zero Steel Initiative”, *Mission Possible Partnership*, n.d., <https://missionpossiblepartnership.org/action-sectors/steel/>.
18. “Heating”, *IEA*, July 2023, <https://www.iea.org/energy-system/buildings/heating>.
19. Egedorf, S., H. R. Shaker, R. Martin and B. Jørgensen, “Adverse condition and critical event prediction in commercial buildings: Danish case study”, *Energy Informatics*, vol. 1, no. 10, 14 August 2018.
20. “Buildings”, *IEA*, July 2023, <https://www.iea.org/energy-system/buildings>.
21. Global Alliance for Buildings and Construction, *GlobalABC Roadmap for Buildings and Construction: 2020-2050 - Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector*, 2020, https://globalabc.org/sites/default/files/inline-files/GlobalABC_Roadmap_for_Buildings_and_Construction_2020-2050_3.pdf.
22. Maduta, C., G. Melica, D. D’Agostino and P. Bertoldi, “Towards a decarbonised building stock by 2050: The meaning and the role of zero emission buildings (ZEBs) in Europe”, *Energy Strategy Reviews*, vol. 44, no. 101009, 2022.
23. Bozdağ, Ö. and M. Seçer, “Energy consumption of RC buildings during their life cycle”, *Sustainable Construction*, 2007.
24. Caminiti, S., “Healthy buildings can help stop Covid-19 spread and boost worker productivity,” *CNBC: Workforce Wire*, 6 November 2021.
25. IEA, *Energy Efficiency 2020*, 2020.
26. California Alternative Energy & Advanced Transportation Financing Authority, *California Hub for Energy Efficiency Financing*, 2021, <https://www.treasurer.ca.gov/caeatfa/cheef/statusupdate/031921.pdf>.
27. “Green Leasing”, *Green Lease Leaders*, n.d., <https://greenleaseleaders.com/green-leasing/>.
28. G20 Energy Efficiency Finance Task Group, *G20 Energy Efficiency Investment Toolkit*, 2017.

29. Schneider Electric, *Towards Net-Zero Buildings: A quantitative study*, 2022, https://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=Towards_Net_Zero_Buildings.
30. Pandey, A., "Are green buildings expensive alternatives to traditional structures?" *The Economic Times*, 2023, <https://economictimes.indiatimes.com/small-biz/sustainability/are-green-buildings-expensive-alternatives-to-traditional-structures/articleshow/102340836.cms>.
31. Valle, Giovanni, "Are Green Buildings More Expensive?", *BuilderSpace*, 5 May 2022, <https://www.builderspace.com/are-green-buildings-more-expensive>.
32. IEA, *World Energy Outlook 2023*, 2023.
33. Ibid.
34. Jaeger, Joel, "These Countries Are Adopting Electric Vehicles the Fastest", *World Resources Institute*, 14 September 2023, <https://www.wri.org/insights/countries-adopting-electric-vehicles-fastest>.
35. "Average price and driving range of BEVs", *IEA*, 27 May 2020, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/average-price-and-driving-range-of-bevs-2010-2019>.
36. "Evolution of average range of electric vehicles by powertrain", *IEA*, 19 May 2022, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/evolution-of-average-range-of-electric-vehicles-by-powertrain-2010-2021>.
37. Kukreja, Balpreet, *Life Cycle Analysis of Electric Vehicles*, G.C.S. Program, https://sustain.ubc.ca/sites/default/files/2018-63%20Lifecycle%20Analysis%20of%20Electric%20Vehicles_Kukreja.pdf.
38. "Global CO₂ emissions in transport by mode in the Sustainable Development Scenario, 2000-2070", *IEA*, 2020, [https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co₂-emissions-in-transport-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2070](https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-co2-emissions-in-transport-by-mode-in-the-sustainable-development-scenario-2000-2070).
39. Fleming, Gregg G., Ivan de Lépinay and Roger Schaufele, *Aviation and Environmental Outlook*, International Civil Aviation Organization, 2022, https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2022/ENVReport2022_Art7.pdf.
40. "UJALA Yojana", *India Brand Equity Foundation*, <https://www.ibef.org/government-schemes/ujala-yojana>.
41. G20, *Strategic Plan for Advancing Energy Efficiency Across Demand Sectors by 2030*, 2023, https://www.g20.org/content/dam/gtwenty/gtwenty_new/document/etwg_docu/8_G20%20ETWG%20Presidency%20Document%20-%20A%20study%20on%20Strategic%20Plan%20for%20Advancing%20Energy%20Efficiency%20Across%20Demand%20Sectors%20by%202030.pdf.
42. "CPUC Expands On-Bill Financing Options for Non-Residential Energy Utility Customers", *Public Utilities Commission*, 10 August 2023, <https://www.cpuc.ca.gov/news-and-updates/all-news/cpuc-expands-on-bill-financing-options-for-non-residential-energy-utility-customers-2023>.
43. "Belgian government pushes electrification of company cars", *Autovista24*, 1 June 2021, <https://autovista24.autovistagroup.com/news/belgian-government-pushes-electrification-company-cars/#:~:text=ICE%20tax%2Ddeductibility%20phase%2Dout&text=Similarly%2C%20the%20100%25%20tax%20deduction,2030%20and%2067.5%25%20from%202031>.

世界経済フォーラムは、
官民両セクターの協力を通じて
世界の現状の改善に取り組むこと
を目的とする国際機関として、
政治、ビジネス、社会の主要な
リーダー参画のもと、
グローバル、地域、産業の
アジェンダを形成しています