

世界エネルギー 転換展望

1.5°C への道筋

エグゼクティブサマリー

© IRENA 2021

別途明記のない限り、本発行物の内容は、出典および著作権所有者がIRENAであることを言及するという条件で、自由に使用、共有、コピー、複製、印刷および/または保存することが認められます。本発行物内の第三者に帰属する内容は別の利用条件や制限の対象となる場合があるため、そのような内容を使用する前に適切な許可を当該の第三者から得る必要がある可能性があります。

ISBN: 978-92-9260-334-2

引用

本発行物は、国際再生可能エネルギー機関（アブダビ）によるIRENA「World Energy Transitions Outlook 1.5°C Pathway（世界エネルギー転換展望：1.5°Cの道筋）」のエグゼクティブサマリー（2021）です。

本エグゼクティブサマリーは「World Energy Transitions Outlook : 1.5°C Pathway」

ISBN: 978-92-9260-334-2（2021）の翻訳です。翻と英語の原本の間に矛盾が見られる場合は、英語のテキストが優先されます。

ダウンロード: www.irena.org/publications

詳細に関するお問い合わせおよびご意見: **Available for download:** www.irena.org/publications

IRENAについて

国際再生可能エネルギー機関（IRENA）は、国際協力の主要なプラットフォーム、研究拠点、再生可能エネルギーに関する政策、技術、リソース、資金調達に関する知識の集積所として2011年に設立された、世界的なエネルギーシステムの転換の促進を目的とするアクションを先導する政府間組織です。IRENAは、バイオエネルギー、地熱、水力、大洋、太陽光、風力エネルギーなど、あらゆる形の再生可能エネルギーの広い受け入れと持続可能な使用を推進し、持続可能な開発、エネルギーアクセス、エネルギーセキュリティ、低炭素経済の成長と繁栄を追求しています。

www.irena.org

免責条項

本書およびこれに含まれる内容は「現状のまま」提供される。本書に含まれる内容の信頼性を確認するため、IRENAはあらゆる合理的注意を払っている。IRENAも、またそのいかなる職員、代理人、データ提供者、その他の第三者資料提供者も、明示的、暗示的ないかなる保証も行わず、本書またはその内容の使用に関連したいかなる責任も負わない。本書に含まれる情報は必ずしもIRENAの全加盟国の見解を代表するものとは限らない。特定の企業やプロジェクト、製品に対する言及は、類似の特徴を持つが言及されていない他のものと比較してIRENAがこれを認証または推奨することを意味するものではない。本書で使用している名称や内容の提示方法は、いかなる地方、国、領土、都市、地域、その当局の法的地位、または境界線や国境の画定に関連したIRENA側の見解を表明するものではない。

世界エネルギー 転換展望

1.5°C への道筋

エグゼクティブサマリー

序文

もう時間がありません。窓は閉ざされ、ネットゼロの未来への道筋は狭まりつつあります。これは、今年初めに開催された「Berlin Energy Transition Dialogue（ベルリン・エネルギー転換対話）」で「World Energy Transitions Outlook（世界エネルギー転換展望）」を発表した際に、私から率直かつ明白にお伝えしたメッセージです。2030年までに世界の温室効果ガスの排出量を2010年比で45%削減しなければならないということは、科学的に明らかになっていることです。しかし、最近の傾向を見ると、残念ながら現状と目標のギャップが広がっています。私たちは間違った道筋を歩んでいるのです。今こそ、進路を変えなくてはなりません。

今後数年間で行われる選択は、遠大な影響を及ぼします。正しい選択を行えば、持続可能な開発と気候変動にとって非常に重要な意味を持つ国際協定を採択した2015年に設定したゴールに向かう道筋へと導くことができるはずですが。しかし、もし選択を誤れば、逆行してより一層温暖化が進行してしまい、経済的・人道的に甚大かつ取り返しのつかない影響を与えかねません。

まだ先が見えないうちから結果を予測したり、先手を打ったりするのは賢明なやり方ではありません。ですが今、エネルギー転換の今後の展開を形づくり、その方向性を指し示すようなトレンドがいくつも生まれています。第一に、再生可能エネルギー技術にかかる費用が急激に安価になってきているので、化石燃料発電の導入はもはや魅力的なオプションではなくなっているということです。第二に、電力分野の発展は最終消費部門まで行き渡りつつあるということです。近い将来、再生可能エネルギーは豊富な選択肢から選べるものへとイメージが一新されることでしょう。第三に、2050年までに地球の温度上昇を1.5℃にとどめる唯一の方法は、再生可能なエネルギー源と効率的な技術に基づくエネルギー転換である、というコンセンサスが形成されてきているということです。ほんの数年前まで、国際再生可能エネルギー機関（IRENA）が支持する再生可能エネルギーを中心としたアプローチは、あまりに進歩的かつ理想主義的で、もはや非現実的とまで考えられていました。しかし、今日、私たちのビジョンはメインストリームとなり、気候危機から免れるための唯一の現実的な方法として受け入れられています。このことは、世界の隅々に至るまでネットゼロ戦略に取り組む国が増加していることにも反映されており、変革を求める空前の政治的求心力が生まれつつあります。

IRENAの「世界エネルギー転換展望」では、私たちが気候危機から救い出し、強靱で、より公平な世界へと導く道筋を描くとともに、今日我々にあるオプションや今後埋めるべきギャップを明らかにしています。各分析やオプションの紹介に際しては、既に存在している二酸化炭素排出削減の方策、及び今後数年間で実現の可能性が最も高い方策を優先的に扱っています。本展望では未実証の技術や未決定の案に賭けるようなことはせず、排出量削減を最速で実現できる道筋を完成させ、取り組みを前進させていくために必要な革新を奨励しています。

また、本展望では、電化やエネルギー効率化を積極的に推進することで、すべてのエネルギー利用における脱炭素化を図る、説得力のある道筋を示しています。これを実現可能にするのは、再生可能エネルギーやグリーン水素の他、持続可能で現代的なバイオエネルギーです。しかし、シナリオやその前提条件となっている予測は、どれほど正確で包括的なものであっても、結局は政策立案に情報を与えるための一手段でしかありません。このエネルギーの未来についてのビジョンを現実化させるためには、今となっては“過去の燃料”のために造られた既存インフラの限界を乗り越える必要があります。もちろん、このような意思決定は、他の重要事柄と無関係に行われるべきものではありません。経済と人間の開発目標、環境への配慮、そして資金調達手段まで、すべてに関して調整を図りながら、行わなければならないのです。

このような状況において、IRENAは独自の価値観を提供しています。

本展望では、再生可能エネルギーへの転換を、エネルギー供給という狭い枠内で捉えるのではなく、その枠を超えたところまで見通すことが、価値ある恩恵を広範囲にもたらすと指摘します。そこで本展望が提示するのは、公正かつ包摂的な転換の促進に欠かせない政策的枠組みです。その中では、構造変化についての理解の促進と、国民総生産（GDP）、雇用、福祉などの領域に影響をもたらす定量的な枠組みを提案しています。また、資金調達構造についても考察し、資本市場にどのようなシフトが求められているかを提示しています。

このような知見は、自国の取り組み方針を実現し、戦略を行動に移そうとしている国々をIRENAが支援するためのベースとなっています。私たちは、164を数える加盟国が一丸となって行動していけば、世界中、そして包括的なニーズやギャップが存在している地域にまで取り組みを促進できることを知っています。

このようなグローバルな活動を行っているからこそ、IRENAは国際協力を支援するに足る信用と特権を得て、エネルギー転換に関するあらゆる問題について、各国相互の学び合いやIRENAの豊かな経験の共有を進めることができます。私たちはまた、民間部門を含む様々なパートナーと活発な協力体制にあり、アクション、先見性のある計画、総体的な政策決定、大規模投資を促進するダイナミックなプラットフォームを提供しています。

現在、我々の時代が要求するものは、巨大で不確実性に満ちています。私たちは、エネルギーの変革が経済の変革を促す、という変化の新時代に足を踏み入れようとしています。この変化は、経済に活力を与え、人々を貧困から救い出すために、かつてない新たな可能性をもたらしています。しかし、前途多難な課題です。本展望が、今日のエネルギー問題を明日のソリューションに転じる方法を見出すための、新たな視点を提供できることを願っています。

私たちが共有する未来は、より強靱で平等、そして公平な世界に向けて、全ての人を巻き込みながら共に進むときのみ、明るいものとなるでしょう。



フランチェスコ・ラ・カメラ
IRENA事務局長



エグゼクティブサマリー



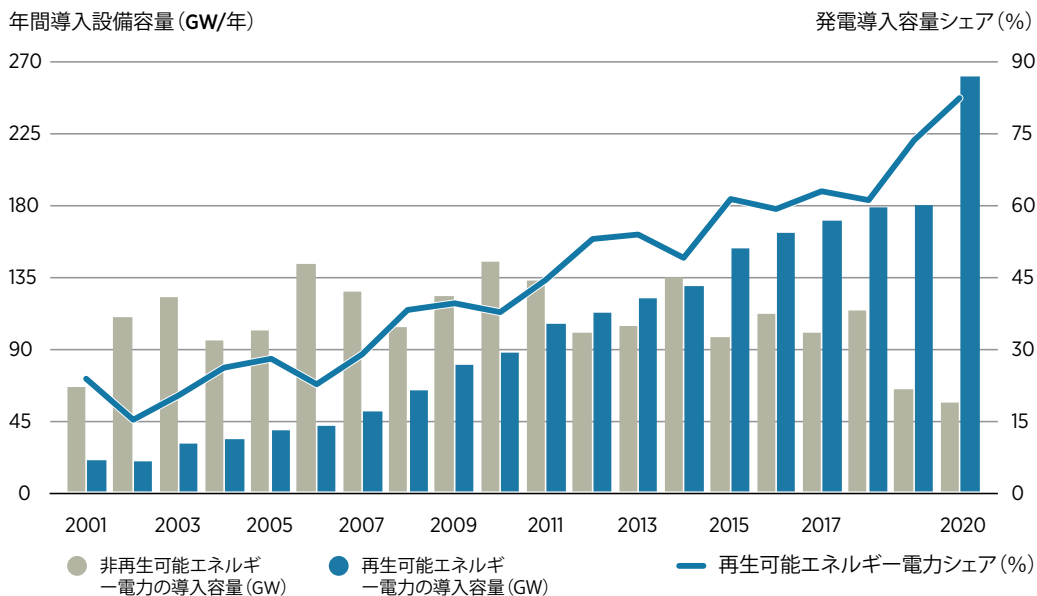
私たちは今、エネルギー転換のどの地点にいますか？

変化が遅いことで知られているエネルギー分野ですが、現在はダイナミックな転換期を迎えています。気候変動、エネルギー貧困問題、今後の発展や産業戦略の土台を補強するエネルギー安全保障などの重要課題に対処するため、再生可能エネルギーやそれに関連する技術が本質的なソリューションとして広範囲で取り入れられています。政策の推進や技術開発、国際協力によって、これらの技術は特にこの10年間でニッチからメインストリームへと押し上げられました。新型コロナウイルスのパンデミックによる混乱の中でさえ、再生可能エネルギーをベースとしたエネルギーシステムは、目覚ましいレジリエンスを発揮し、太陽光や風力が高いシェアを占める電力システムの技術的信頼性の高さを示しました。

地球の温度上昇を2050年までに1.5℃に抑えられる唯一の方法は、エネルギー転換であり、それは再生可能エネルギーおよび省エネ、効率化を進める技術を中心とするものであるというコンセンサスは既に形成されています。しかし、ほんの数年前まで、IRENAが唱える再生可能エネルギーを中心に据えたアプローチは単なる理想だと言われていました。今日では、最も保守的なエネルギー関連企業ですら、これが気候変動に対して安全な世界を実現する唯一の現実的な方法であることに気づいています。このような見解の変化が深く、広い範囲で起きたのは、世界が抱える深刻な問題に根ざしているだけでなく、技術や政策、市場が10年以上にわたってエネルギー分野を再構築してきたことが、動かぬ証拠となっているからです。

過去7年間、化石燃料と原子力の合計を上回る量の電力が、再生可能エネルギーによって毎年新たに生み出され、送電網に送り込まれています。再生可能エネルギー電力技術は今日、多くの市場で最も安価な電力源となっており、新規発電導入容量の世界市場を席捲しています。2020年、世界における再生可能エネルギーベースの発電容量は、260ギガワット（GW）を記録しています。これは、他の電力源による導入容量の4倍以上に相当します（IRENA, 2021a）。このことは、電力セクターの迅速な脱炭素化が、望ましい軌道にあることを示しています。

図S.1 容量シェア、2001～2020



IRENAの再生可能エネルギー統計に基づく

革新的なソリューションはエネルギーシステムを再構築し、脱炭素化された未来に向けて、新たな可能性を予想よりもはるかに早く開花させつつあります。 技術や政策、市場における革新は、世界中で実行されています (IRENA, 2019a)。特に著しい進歩が見られる分野は、電動モビリティ、蓄電池、デジタル技術、人工知能です。こうした革新が進んだことによって、レアアースや他の鉱物の持続可能な開発と管理、さらには循環型経済への投資の必要性が注目されるようにもなりました。促進政策や市場によって強化された新しいスマートグリッドはミニグリッドからスーパーグリッドまでそろい、電力部門が再生可能エネルギー電力の変動性に対処する能力を向上させています。バイオエネルギーを含む再生可能エネルギーやグリーン水素の直接利用は、とりわけ輸送や建物、産業に必要なソリューションをもたらしています。

2019年、全世界のエネルギー関連雇用者数5,800万人のうち、再生可能エネルギー分野の雇用者数は20%を占めました。世界の雇用形態に見られる変化は、エネルギー展開の新しい傾向を反映しています。雇用者数は、IRENAが再生可能エネルギー分野の雇用モニタリングを開始した2012年の730万人から、2019年には1,150万人に増加しています。同期間に、エネルギー関連の雇用は減少しました。オートメーションが進展し、燃料の一部が競争性を失い、市場の力学が変わったからです。また、再生可能エネルギーへのシフトがより幅広い影響を与えていることを示す証拠も増えています。とりわけ顕著なのは、再生可能エネルギーの増加によって、エネルギー分野で働く男女のバランスが改善されたことです。再生可能エネルギー分野の雇用で女性が占める割合は32%、対して石油・ガスの分野では22%にとどまっています。

図S.2 世界の再生可能エネルギー関連の技術別雇用、2012～2019



出典：IRENA、2020a

ネットゼロ脱炭素戦略に取り組む国の数が増加していることは、世界の気候変動に関する議論が大きく変化していることを示しています。同様の傾向はあらゆるレベルの政府や、二酸化炭素排出量を低減することが困難な分野および石油・ガス分野を含む民間セクターにも見られます。世界のほとんどの国が景気を盛り返そうと懸命に取り組んでいる中、エネルギー転換への投資は、短期的な優先事項と中長期的な発展や気候目標を同調させることに役立ちます。今こそ、先見の明を持ち、エネルギーに的を絞った投資を行いながら、継続的なシフトを働きかけるためのまたとない好機です。中でも最も投資が急がれるのは、インフラ、エネルギー効率、再生可能エネルギーの各分野です（IRENA、2020b）。実際、いくつかの国では、これらの目的に公的資金を充てたり、電動モビリティやクリーンな水素などのソリューションを支援したりするなど、意義深い尽力を行っています。

世界人口の80%以上は化石燃料純輸入国に住んでいます。一方で、どの国にも、今後、エネルギーの安全性と独立性を高めるために活用できる再生可能エネルギーが存在し、他のエネルギー源に比べて最小費用になるケースがますます増えてきています（IRENA、2019b）。1.5℃気候目標に沿った世界のエネルギーシステムの変革は、より強靱で、公正で包摂的になっていくべき世界において、大きな平等性をもたらすものとなるでしょう。こうしたエネルギーシステムにしていくためには、強靱な技術とそれに関わる人や関係機関への投資を迅速に開発、展開させなければなりません。

進展は著しいものがありますが、地域やコミュニティによって差が生まれています。大きな進展を果たした国や地域はほんの一握りに過ぎません。その他の地域ではエネルギーの貧困が蔓延し、依然、経済発展と社会福祉を妨げています。2020年、欧州、米国、中国が再生可能エネルギー電力の導入容量で高いシェアを占める一方、アフリカは世界全体に占める導入容量のわずか1%にすぎませんでした。アフリカは、近代的な形態のエネルギー利用を広げていくことへのニーズが最も高く、予測されているニーズをはるかに上回る再生可能エネルギーのポテンシャルを有している大陸であるにもかかわらず、このような現状となっているのです。また、オフグリッド再生可能エネルギー利用は再生エネルギー利用を拡大させるうえで本筋ともいえる施策ですが、2008年から19年までの間に投資された金額はわずか10億米ドルにとどまっています。こうした不均衡な展開の仕方は、雇用や産業が一部に集中し、世界の大部分を取り残してしまっているところにも見られます。

現行計画では、1.5℃目標の達成にはほど遠い状態です。パリ協定に基づく「国が決定する貢献（NDC s）」の第1ラウンドを含め、現行の政府によるエネルギー計画や目標のままでは、世界の排出量は2050年が近づくにつれてわずかに減少するものの、現状維持が精一杯といった状況です。気候変動が人類の手によるものであることははっきりと証明されており、パリ協定も広く支持され、クリーンで経済的、持続可能なエネルギーオプションが広く普及しているにもかかわらず、エネルギー関連の二酸化炭素排出量は2014年から2019年の間に1年間に平均1.3%上昇しました。

一番の問題は時間です。1.5℃目標が達成可能なレベルを保つ取り組みを続けていくためには、排出量を今すぐ迅速に削減しなければなりません。2050年までに地球の気温上昇を1.5℃に抑えることを定めた気候変動に関する政府間パネル（IPCC）報告書の見解では、石炭や石油の利用はすでにピークを越えており、天然ガスは2025年にピークを迎えるとされています。エネルギー転換を加速するために必要な資源や技術は今現在すぐに利用することができます。IRENA は、IPCCのスケジュール通り2050年までにネットゼロを実現するために、2030年までに二酸化炭素（CO₂）排出量を2010年比で45%削減させるといふ、急激かつ継続的な削減を目指す道筋を描いています。

IRENAの「世界エネルギー転換展望」は、1.5℃目標に合致した独創的な道筋であり、社会経済や政策への影響も十分に考慮されているだけでなく、構造変化や資金調達に関する洞察を提供するものとなっています。急速な脱炭素化に利用できる技術は増える一方ですが、エネルギー転換について考えるときには、エネルギーだけを独立して捉えてはなりません。エネルギー転換が持つ遠大なポテンシャルを発揮させるには、技術のみならず、その技術を「可能にする枠組み」を考慮した体系的な革新が求められます。再生可能エネルギーをベースとしたエネルギーシステムは、経済や社会に波及する重大な変化を呼び起こすことでしょう。このような深い流れを理解してこそ、転換プロセスから最適な結果を得ることができるのです。この「世界エネルギー転換展望」第一版は、IRENAの広範な知識を集め、政策立案者に今後の方針を示すための洞察やツール、アドバイスを提供していくことにより、これを可能にします。

IRENAの1.5℃シナリオ

「Planned Energy Scenario（現行計画に基づくエネルギーシナリオ/PES）」は本調査の主要なリファレンスケースであり、パリ協定における「国が決定する貢献（NDCs）」など、政府の現行エネルギー計画や他の目標や政策をベースにしたエネルギーシステムの発展について展望を示します。

PES

1.5℃シナリオ（1.5-S）では、今世紀末までに地球の平均気温上昇を産業革命以前と比較して1.5℃以内に抑えるという1.5℃気候目標に沿ったエネルギー転換の道筋を描いています。ここでは、1.5℃目標の達成に必要なペースで拡大していくことができ、利用しやすい技術的ソリューションを優先しています。

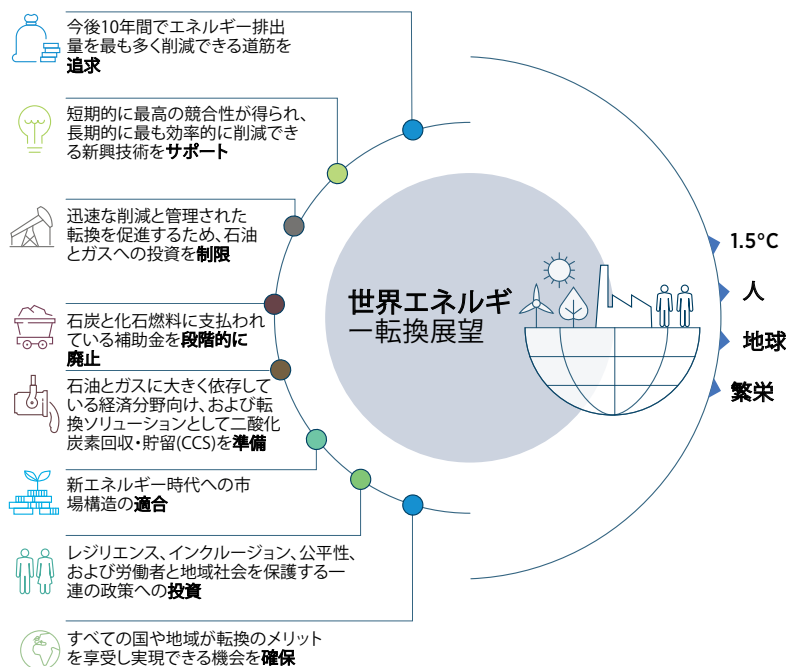
1.5-S

世界エネルギー 転換展望

時間が迫っている今、今後10年間は慎重な投資と政策の選択が求められています。IPCCが設定した2030年における排出量の中間目標を達成するチャンスはわずかであり、今後数年間で行われる選択が1.5°C目標達成の決め手となります。本展望は、国連の「持続可能な開発のための2030アジェンダ」および、気候変動に関する「パリ協定」を基にしています。いくつかある前提条件はIRENAによる1.5°C目標のベースとなっている変革理論に裏打ちされたものです。

- 今後10年間でエネルギー排出量を最も多く削減が見込める道筋を追求し、世界を1.5°C目標の軌道に乗せる
- 短期的に最も高い競争性を得られ、長期的に最も効果的に排出量削減を達成できる新興技術をサポートする
- 削減のスピードを速め、転換への営みを円滑に進めるため、石油とガスへの投資を制限する
- 石油とガスへの依存度の高い経済分野や他に方法がない場合の転換ソリューションとして二酸化炭素回収・貯留技術を準備する
- 石炭と化石燃料に支払われている補助金を段階的に廃止する
- 新エネルギー時代に市場構造を適合させる
- レジリエンス、インクルージョン、公平性、およびエネルギー転換による影響を受ける労働者や地域社会の保護を促進する一連の政策への投資を行う
- すべての国や地域が世界的なエネルギー転換のメリットを享受し、それを実現できる機会を確保する

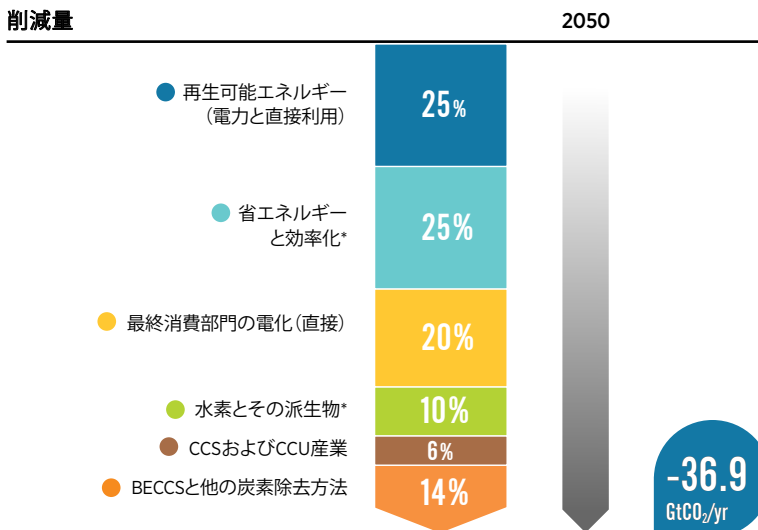
図S.3 変革に関するWETO理論の指針となる枠組み



気候目標達成への技術的な道筋

IRENAの分析によると、2050年に成果を上げるためのソリューションの90%以上が、再生可能エネルギーの直接供給や電化、エネルギー効率化、グリーン水素、二酸化炭素回収・貯留付きバイオマス発電（BECCS）によるものになると見込まれています。脱炭素エネルギーシステムへと導く技術的な道筋はすでに具体化されており、迅速かつ大規模に展開できるソリューションが大半を占めています。技術や市場、ビジネスモデルは進化を続けていますが、新しいソリューションの出現を待つ必要はありません。既存のオプションからでもかなりの進展が期待できるからです。しかし、エネルギー転換技術を1.5°C目標に見合うスピードで進めるのに必要なレベルまで引き上げるためには、的を絞った政策と対策が欠かせません。

図S.4 1.5°C目標シナリオにおける炭素排出量の削減（%）



2050年には電気が主要なエネルギー源となり、最終エネルギー消費総計に占める割合は、2018年の21%から50%以上に増加すると予想されています。各エネルギー分野の境界では、輸送と暖房におけるエネルギー利用が電化することにより、電気へのシフトが進行しています。電気分野での増加が見られるのは主に、最終消費部門において化石燃料の代わりに再生可能エネルギーで発電した電気が利用されているからです。このようなシフトが生じていることから、再生可能エネルギー技術では8倍もの年間成長率が期待されています。また、エネルギー最終消費部門の電化は、各セクターに大きな変革を与えると考えられ、特に輸送セクターでは、2050年には電気自動車が全車両の80%を占めるだろうと予測されています。

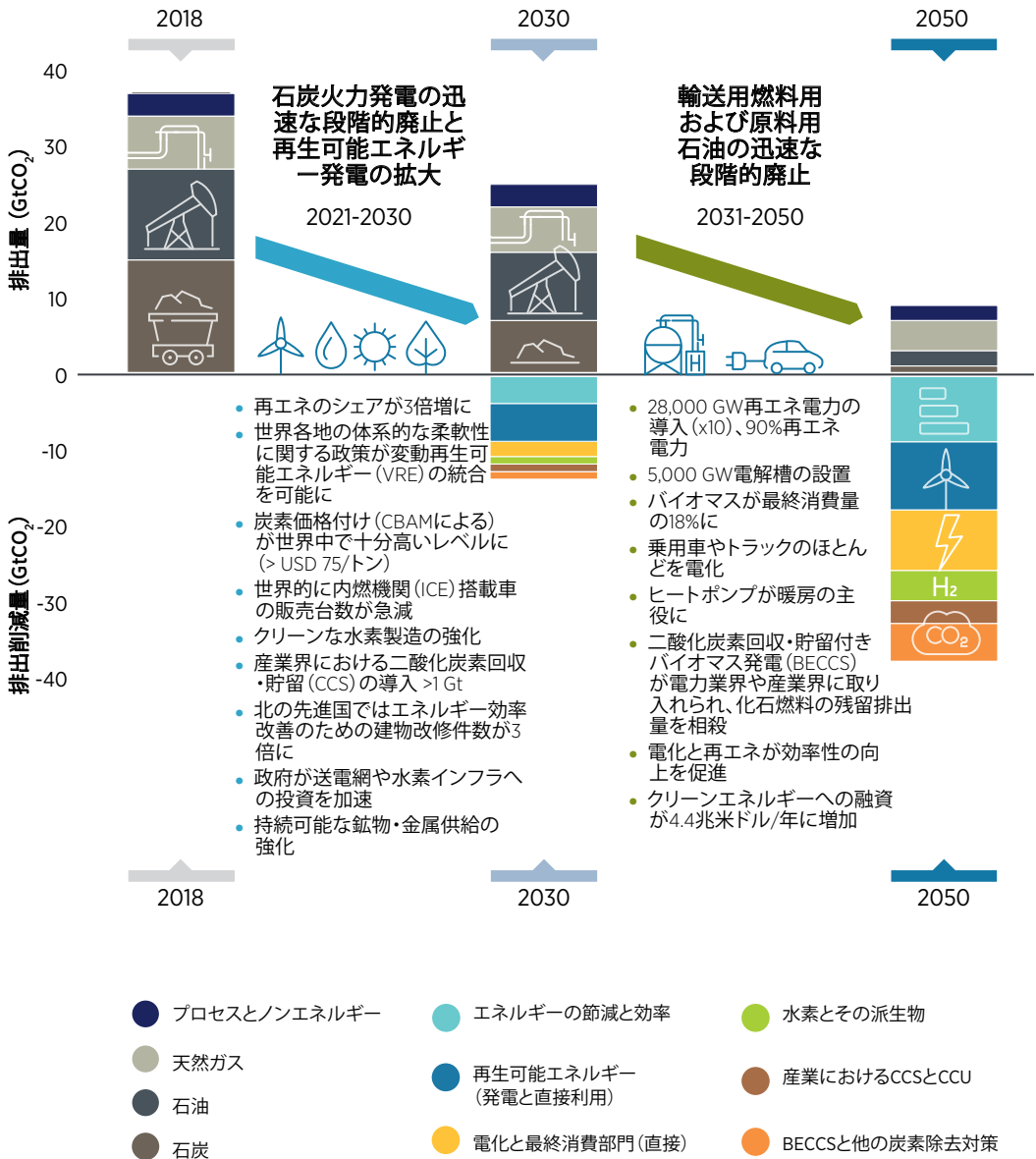
年間エネルギー原単位改善率は、これまでの2.5倍近くの2.9%まで向上させる必要があります。これにより、世界経済のエネルギー原単位を2050年までに60%以上低減することができます。エネルギー効率に関する技術や対策は今すぐ利用できるソリューションであり、現時点でも大幅なスケールアップに向けて活用することができます。2018年の最終エネルギー消費量の総計は378エクサジュール（EJ）でした。これを2050年に348EJまで削減するためには、エネルギーの節減や効率の向上に的を絞った政策や対策が重要になります。もう一つ重要なことは構造や行動を変えることであり、これは効率改善のうち10分の1を占めます。

水素とその派生製品は、2050年には最終エネルギー消費量の12%を占めるだろうと予測されています。これらは、鉄鋼、化学製品、長距離輸送、海上輸送、航空輸送など、脱炭素が困難で、かつ大量のエネルギーを必要とする分野で重要な役割を果たします。水素はまた、再生可能エネルギーによる電力の需給調整を助け、長期的には季節的な貯蔵の役割も果たします。2050年には、今日の0.3GWから約5000GWの電解槽容量が必要になります。これほどの急成長が見込まれているということは、水素利用を、初めから低炭素のものとすることの重要性を示しています。2050年には、水素全体の3分の2が再生可能エネルギーによる電力で生産されるグリーン水素となり、3分の1が二酸化炭素回収・貯留（CCS）と組み合わせた天然ガスで生産されるブルー水素になるでしょう。

2050年、バイオエネルギーは最終エネルギー消費量全体の18%を占めるだろうと予測されています。エネルギーシステム全体でバイオマスの持続可能な生産や利用を、増やしていかなければなりません。特に化学分野では原料や燃料として、航空分野では燃料として使用されるなど、バイオマスが重要な役割を果たしており、他の選択肢では十分に解決できない問題を解決するのにも役立ちます。例えば、改修が不可能な建物で使用されている天然ガスをバイオメタンガスに転換することができます。さらに、電力分野や他のいくつかの産業分野では、二酸化炭素回収・貯留付きバイオマス発電（BECCS）がネットゼロ目標達成に必要なネガティブエミッションを実現します。

化石燃料の残留物利用や特定の産業プロセスにおける脱炭素への取り組みでは、二酸化炭素回収・貯留（CCS）や二酸化炭素回収の技術や対策が欠かせません。1.5℃シナリオでは、化石燃料の残留物利用および産業プロセスからの排出は2050年にも存続します。そのため、残りの二酸化炭素を回収し、隔離する必要があります。二酸化炭素回収・貯留（CCS）の利用は主に、セメント、鉄鋼およびブルー水素製造のプロセスに関わる二酸化炭素排出に限定されます。二酸化炭素の除去には、森林再生、二酸化炭素回収・貯留付きバイオマス発電（BECCS）、直接二酸化炭素回収・貯留、その他、まだ試験段階にある様々な自然由来の対策が含まれます。

図S.5 石炭と石油の段階的廃止による排出量の推移、2021~2050



注: RE = 再生可能エネルギー; VRE = 変動再生可能エネルギー; CBAM = 炭素国境調整メカニズム;
ICE = 内燃機関; GW = ギガワット; Gt = ギガトン; CCS = 二酸化炭素回収・貯留; BECCS = 二酸化炭素回収・貯留(CCS)付きバイオマス発電; CCU = 二酸化炭素回収・利用。

2030年までに、世界の再生可能エネルギー発電量は、現在の発電容量の4倍近い1万770GWに達する見込みです。2050年までに電力システムの脱炭素化や最終消費部門の電化を実現させるためには、今後10年間で再生可能エネルギーの導入を急速に拡大する必要があります。このような高いレベルでの導入は、IRENA、UNEP、UN ESCAPが国連エネルギー・ハイレベル対話のために開発した「Energy Transitions Theme Report（エネルギー転換テーマレポート）」においても主要な提言となっています。再生可能エネルギーの導入を急ピッチで進めるこの選択は、大規模に実現可能です。なぜなら、費用対効果に優れた再生可能エネルギーのポテンシャルは世界中に豊富にあるからです。多くの国々にとって、この選択は、技術的・経済的な課題を投資や規制、社会的な機会に変えることにつながることでしょう。

インフラのアップグレード、現代化と拡大は、今後10年間の最優先課題です。劣化したインフラのアップデートやインフラ拡大のための投資はエネルギー転換の一部であり、最新技術の実現化にもつながります。今後10年間で再生可能エネルギーのシェアが伸び、システムの柔軟性や現代的な送電網が必要になることを鑑みると、このことは、非常に重要なものとなってきます。インフラ開発は長期的な計画に沿いながら、地域市場の統合を含む幅広い戦略を反映して行わなければなりません。

2030年までに必要な導入レベルに展開させるには、これらの技術的手段を支援する政策が必要です。展開を支援する政策は、スケールアップを促し、技術コストを削減し、エネルギー転換のニーズに沿って投資レベルを引き上げ、市場の創出を支えます。景気回復対策の一環として多額の公的資金が経済に注入されていることを考えると、こうした政策がエネルギー転換の方向性を定め、2050年までに必要な民間セクターの投資を大幅に増やすうえでの布石を打つことにつながるでしょう。



表S.1 エネルギー転換ソリューションの支援政策一覧

技術的道筋	目的	推奨
再エネ (発電と直接 利用)	最終消費部門における再 エネ展開	これらの政策には、市場を創造する規制対策お よび、省エネ価格を安価にし、化石燃料ベース ソリューションを上回るコスト競争力を生む財 政・金融奨励策が含まれる。
	電力セクターにおける再 エネ展開	方法やその設計の選択の際には、ソリューション の特質(施設の規模、配置、オフグリッドなど)、 セクターの開発レベル、電力システムの組織構 造、広範な政策目標を考慮する。
エネルギーの 節減と効率	暖冷房におけるエネルギ ーの節減と効率の向上	建築物や産業プロセスにおけるエネルギー転換 では、厳格な建築法規や建物改修支援、家電水 準などのエネルギー効率政策が重要。
	輸送における省エネの 向上	種々の政策の中でも特に輸送セクターの脱炭素 化では、エネルギー大量消費モードから低炭素モ ードへとシフトする必要がある。
最終消費部門 の電化	冷暖房の電化	再エネ電力の目標設定では、長期的な脱炭素と いう目的に即し、最終消費部門の電化で生じる需 要の増加を考慮する。また、システムの柔軟性の 可能性を引き出せる電化を支援するためにも、政 策や電力システム設計が必要。
	輸送の電化	
グリーン水素	グリーン水素開発支援	実現を可能にする政策枠組では、グリーン水素国 家戦略、優先順位の設定、属性証明、技術を可能 にする枠組み政策という4つの柱を考慮。
持続可能な バイオエネル ギー	バイオエネルギーの持続 可能な利用を確立	持続可能性を考えると再生可能エネルギーは 不可欠な要素。その他、土地利用の変化に関連す る温暖化ガス排出、空気や水の質や種の多様性 に対する影響についても考慮が必要。

エネルギー転換の資金調達

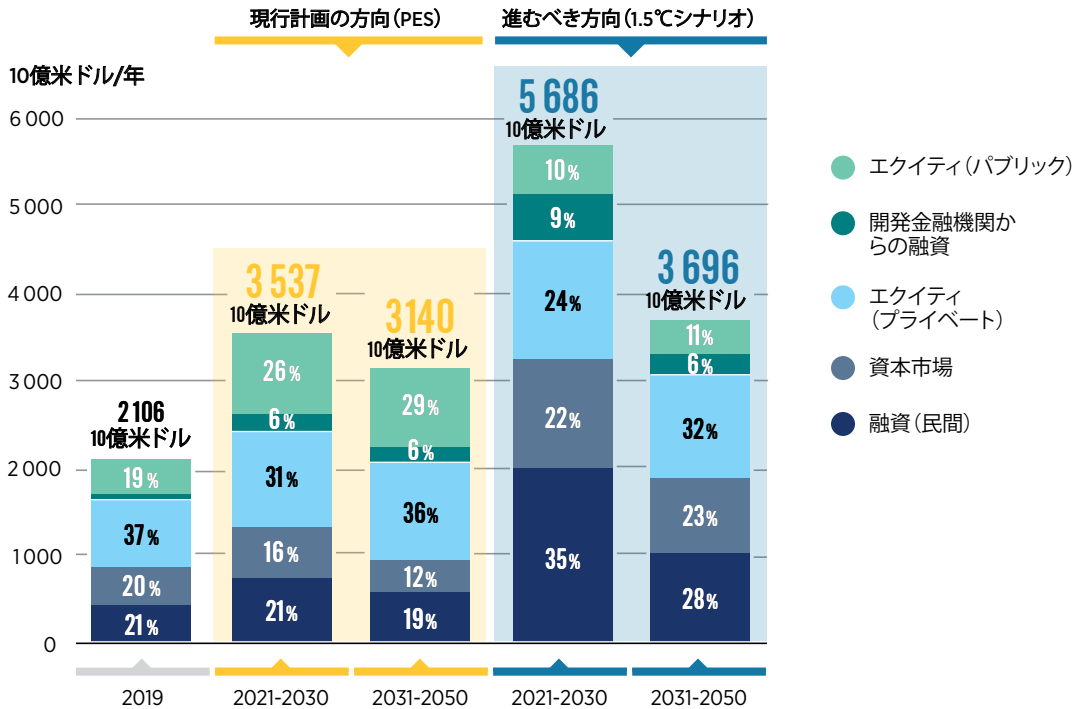
1.5°C目標に向けた技術的な道筋をエネルギーシステムに優先的に導入するには、2050年までに131兆米ドルの投資が必要です。年間投資額は平均4.4兆米ドルと巨額ですが、これは2019年の総固定資本形成の20%、世界の国内総生産（GDP）の約5%に相当します。今後2050年までの間に、総計131兆米ドルのうち80%以上を、効率化、再生可能エネルギー、最終消費部門の電化、送電網、柔軟性、水素、そして新興のニッチなソリューションが採算が取れるようにするためのイノベーションを含むエネルギー転換技術に投資しなければなりません。

現行の政府戦略でも、2050年までに98兆米ドルものエネルギー投資が行われることが想定されています。本展望において「Planned Energy Scenario（現行計画に基づくエネルギーシナリオ/PES）」と総称されているこれらの戦略によると、年間エネルギー投資額は2019年の2.1兆米ドルからほぼ倍増します。実質的な投入先としては、劣化したインフラの現代化や増加するエネルギー需要の充足が推測されますが、1.5°Cシナリオでは技術への融資は減少すると予測しており、この点で現行計画と大きく異なります。今後2050年までに計画されている投資のうち24兆米ドルを化石燃料からエネルギー転換技術に方向転換しなければなりません。

1.5°Cシナリオにおける資金調達構造は、資金源（公的、民間）や資金の種類（株式、債券）によって大きく異なります。2019年に、民間によって資金調達されたエネルギー資産は1.6兆米ドルで、エネルギー分野への投資額全体の80%を占めました。1.5°Cシナリオでは、この割合が劇的に増加する見込みです。債務資本の割合は、2019年の44%から2050年の57%と、PES予測より20%近い増加（表S.6参照）となります。エネルギー転換技術については、長期債務資本の獲得がますます容易になる一方、「ブラウン」資産は民間投資家が回避するようになるため、内部留保や新規株式発行などのエクイティファイナンスに頼らざるを得なくなります。多額の資本を必要とする、より分散的なプロジェクトは、投資家のリスク認識に影響を及ぼし、それに伴って対象を絞った政策や資本市場介入が必要になってくるでしょう。

民間資金の流入を促進し、エネルギー転換の公正かつ包摂的な発展を確保するためには、公的資金が2倍近くに拡大する必要があります。エネルギー転換を促進するためには、市場からの資金調達だけではスピード感に欠け、やはり公的資金が決定的な役割を担うことになります。2019年、公的機関はパブリックエクイティや開発金融機関による融資などを通じて4,500億米ドルを投入しました。1.5°Cシナリオの試算では、これらの投資が7,800億米ドルにまで増加する見込みです。公債による資金調達は、特に実際にリスクを伴う、あるいはハイリスクが想定される開発途上国の貸し手にとっては、重要な促進材料となり、資金調達コストの減少につながる可能性もあります。また、転換を実現できる環境を創出し、最適な社会経済的成果を、時間をかけず確実に生み出すためにも、公的資金の投入は欠かせません。

図S.6 資金調達の資金源および資金の種類別、年間平均投資総額：
2019年現行計画（PES）と1.5°Cシナリオ（2021～2030および2031～2050）



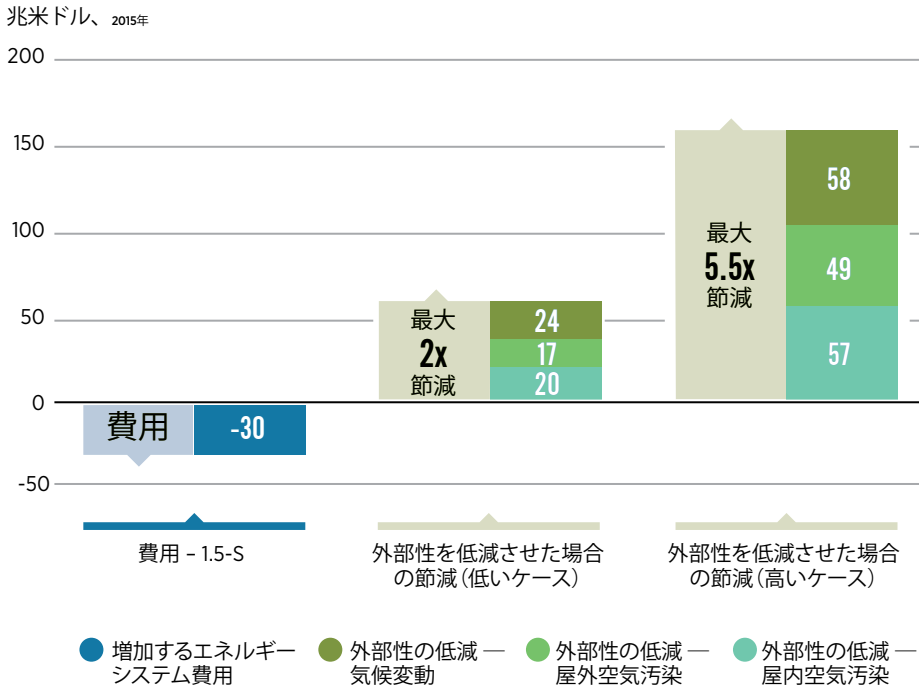
出典：2019年の投資：BNEF資金調達の資金源と資金の種類（2021a）、IEA（2020a）、IRENAおよびCPI（2020）；
現行計画に基づくエネルギーシナリオ（PES）と1.5°Cシナリオ向け：IRENAとBCGの分析。

化石燃料に有利になっている市場の歪みを無くすための措置と、エネルギー転換ソリューションを誘発するための対策とを組み合わせることにより、資金調達構造に必要な変化を促進することができます。これには、化石燃料に支払われている助成金の段階的廃止や化石燃料を利用したエネルギーシステムが環境や健康、社会に与える負のコストを反映させた財政制度が含まれます。炭素価格政策などの金融・財政政策は、エネルギー転換関連ソリューションの競争力強化につながります。このような介入を行う際には、低所得層の状況を悪化させることなく、むしろ改善せられるよう、社会性や公平性といった側面を慎重に評価しなくてはなりません。

エネルギー転換の社会経済における影響範囲

1.5°Cシナリオにおける投資では、2050年までに投資回収額が累計で少なくとも61兆米ドルに達すると予測されます。エネルギー転換の全体的なバランスは良好で、利益がコストを大幅に上回ります。排出量削減コストは技術と部門によってさまざまですが、増加分のコストは外部性の低減を通じて節減した分を大幅に下回ります。IRENAの試算によると、1.5°Cシナリオでは、人々の健康と環境における負の要因が減少することから、エネルギー転換に1米ドルを費やす毎に2米ドルから5米ドルの利益を生み出すと予測しています。累計では、1.5°Cシナリオで2050年までに必要な追加費用は30兆米ドルとなり、投資回収額は61兆米ドル〜164兆米ドルとなる見込みです。

図S.7 1.5°Cシナリオと現行計画に基づくエネルギーシナリオ（PES）における費用と節減額の累計差額の比較、2021〜2050



エネルギー転換は技術面のみならず、経済や社会に大きな影響を及ぼす深部からの構造変化をもたらしています。IRENAはエネルギー転換が社会経済に与える影響が、ますます包括的なものとなってきていると捉えています。本展望では、全体的な政策的枠組みが設定されてさえいれば、エネルギーが脱炭素化される未来を目指すステップは、経済活動や雇用、社会福祉にポジティブな影響を与えるという結果が示されています。IRENAの分析によると、現行の様々な国による国家政策は、エネルギー転換という目的を達成するための気候政策によって補完され、公正で包括的な成果につながるよう、分配の問題についても取り組みが続いています。

1.5°Cへの道筋では、新型コロナウイルスの流行後の復興ニーズに合わせて、今後10年間でGDPを現行計画に基づくエネルギーシナリオ（PES）で予測されているよりも平均で2.4%上げることができます。2050年までの転換期の間、GDPの平均成長率はPES予測を1.2%上回る見込みです。さらに、さまざまな分野でエネルギー転換に投資が行われるため、相互に依存している経済セクターの間で調整が行われ、GDPの成長に拍車がかかるでしょう。化石燃料への需要が減少することから、鉱業や燃料精製業だけでなく政府の収入も減少し（化石燃料ロイヤリティー低減のため）、GDPが減少する国家も出てきます。このような化石燃料への依存度低下による構造的変化に対処するためには、全体的な政策の枠組みが必要となります。

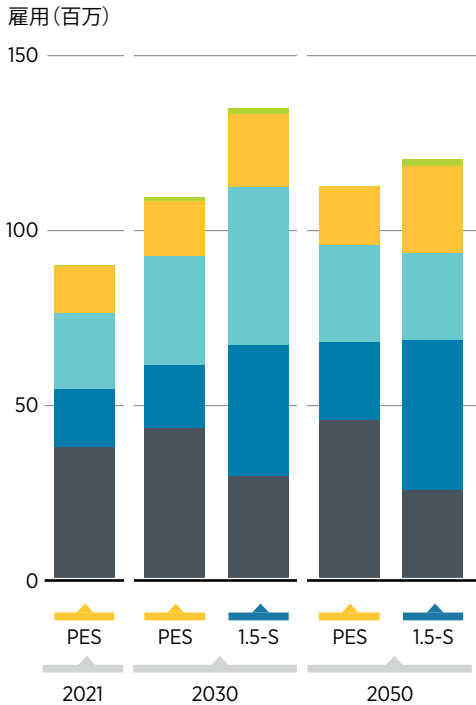
また、転換期の経済全体の雇用においても、1.5°Cシナリオの予測はPES予測を平均で0.9%上回ります。雇用面への主な好影響の1つは、再生可能エネルギーおよび送電網の拡大、エネルギーの効率化といったエネルギー転換ソリューションへの投資によってもたらされます。化石燃料（採掘および発電）や他のセクターからエネルギー転換へと投資がシフトすることにより、化石燃料やノンエネルギーセクター、そのバリューチェーンにおける労働力需要は減少します。



世界エネルギー 転換展望

2050年には転換エネルギー分野に1億2,200万人の雇用が生まれるだろうと予測されます。野心的な1.5°Cシナリオでは、資格やスキル、業務はますます製造に集中するようになり、これに燃料供給が続きます。これらの職業の訓練は比較的やさしく、化石燃料業界従事者の転職の機会を生み出します。労働力に必要な教育は転換期の間に進化し、初等教育を受けた労働者や高等教育を受けたトップレベルの労働者の占める割合や数は2030年まで増加を続けます。

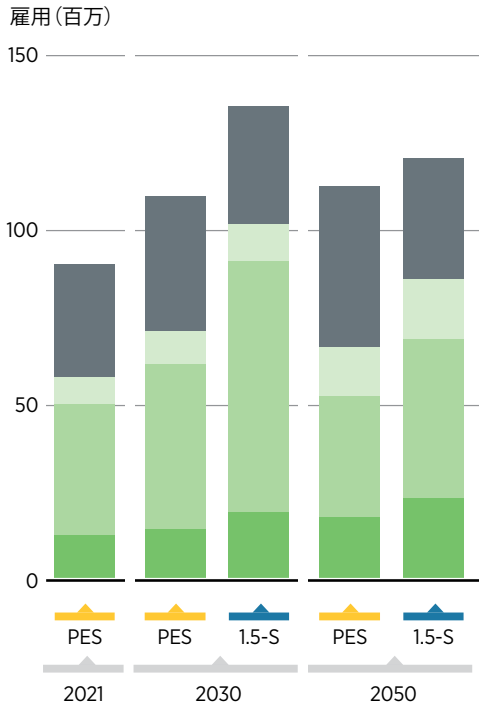
図S.8 現行計画に基づくエネルギーシナリオ (PES) および1.5°Cシナリオにおける技術別エネルギーセクターの雇用 (百万)、全世界



- 水素
- 送電網とエネルギー柔軟性
- エネルギー効率とヒートポンプ
- 再生可能エネルギー
- 化石燃料
- 原子力

IRENAの分析をベースとする。

図S.9 1.5°Cシナリオと現行計画に基づくエネルギーシナリオ (PES) におけるバリューチェーン・セグメント別エネルギー分野の雇用 (搬送を除く)

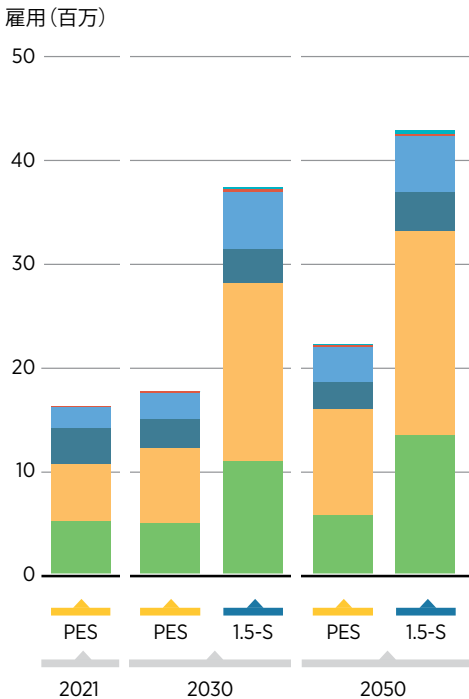


- 燃料供給
- 運用と保守
- 製造
- 建造と設置

IRENAの分析をベースとする。

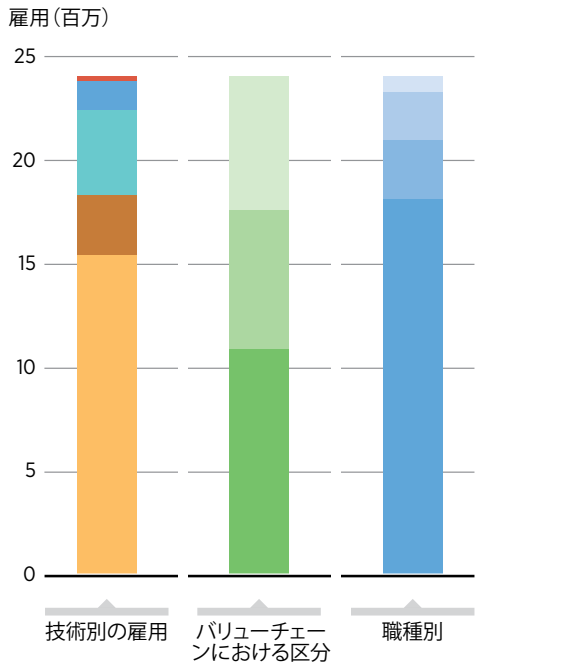
2050年には再生可能エネルギー関連の雇用が4,300万人に増加していると予測されます。現行計画に基づくエネルギーシナリオ（PES）では、再生可能エネルギー関連の雇用は2021年から2030年までに9%上昇して1,800万人に、2050年には2,300万人に達する見込みです。一方、1.5℃シナリオが予測する2030年の数字はより大きく、今後10年間で3倍以上増加して3,800万人になります。雇用の割合が最も大きいのは太陽光発電（PV）で、それにバイオエネルギー、風力、水力が続きます。今後10年間は建造、設置、製造の領域が再生可能エネルギー関連の雇用増を後押しし、1.5℃シナリオによるエネルギー転換が進むにつれ、運用と保守の比重が相対的に増していきます。

図S.10 1.5℃シナリオと現行計画に基づくエネルギーシナリオ（PES）における技術別再生可能エネルギー関連の雇用（百万）



- 潮流/波力
- 地熱
- 風力
- 水力
- 太陽光
- バイオエネルギー

図S.11 1.5℃シナリオにおける再生可能エネルギー技術の技術別、バリューチェーンにおける区分別、職種別の2050年の雇用構造s

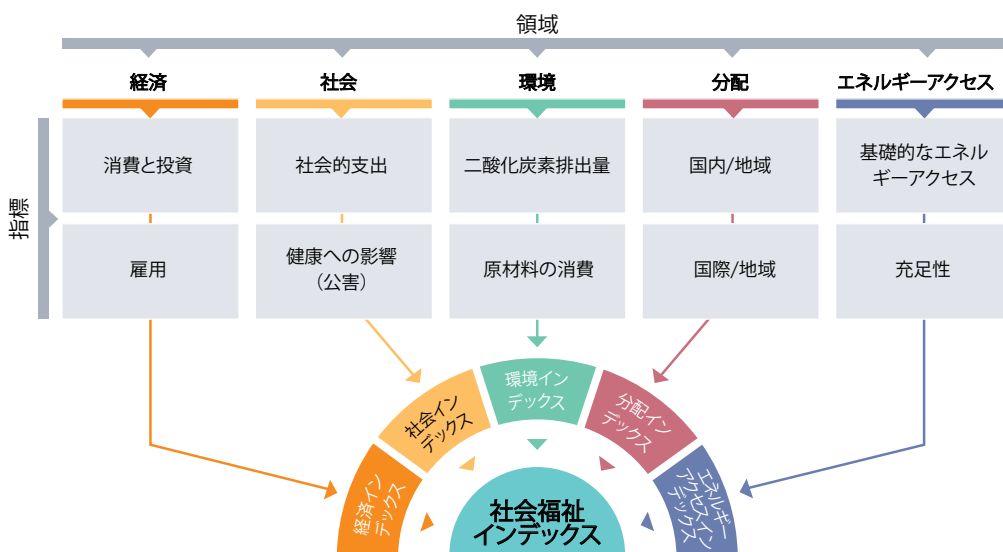


- 地熱
- 洋上風力
- 陸上風力
- 太陽熱温水
- 太陽光発電PV
- 運用と保守
- 製造
- 建造と設置
- マーケティング・事務職
- エンジニアやそれ以上の学位保持者
- 専門家
- 労働者・技術者

IRENAの分析をベースとする。

IRENAのエネルギー転換における福祉指標は、経済、社会、環境、分配、エネルギーアクセスの各領域を網羅しています。ここでは初めて、他の分析で見逃がされがちな分配とエネルギーアクセスの指標を示しています。これらの領域から転換の影響を測定することは、転換が社会経済や環境にもたらす恩恵を最大限に享受するために設計されたロードマップの定量的な根拠となります。

図S.12 IRENAのエネルギー転換における福祉指標の構造



1.5°Cシナリオの見通しでは、福祉領域全般にわたってPES予測を上回り、2050年には11%増となります。

- **経済的側面**では、世界経済や労働力におけるエネルギー部門の割合が比較的小さいことから、どちらのシナリオでも見通しはほぼ同じような結果となりました。
- **環境的側面**では、1.5°Cシナリオにおいては、排出量を格段に減少させることで、PESより30%上回る改善を見込んでいます。しかし、1.5°Cシナリオでは材料消費量の増加が持続可能性にかかわる課題となります。
- **社会的側面**では、1.5°Cシナリオにおいては、屋内外の空気汚染の減少によって保健衛生面が改善することで、23%という大幅な改善を見込んでいます。ただし、社会的な支出の成果はさほど大きいものではありません。
- **分配的側面**では、PESを37%上回る改善が期待されます。しかしながら、公平性に対する障壁が予想されるため、絶対的な指標は低いまです。実際に、社会的側面と分配的側面はエネルギー転換福祉インデックスを全体的に押し下げる要因となっています。この事実は、政策上、より深く留意すべき点です。
- **エネルギーアクセス的側面**では、全世界でエネルギーアクセス環境が整い、十分なレベルに達することから、1.5°CシナリオではPESより7%高い成長率を見込んでいます。

社会経済に与える影響は、地域や国のレベルによって異なります。世界的な集計からは、エネルギー転換が地域や国にどのような影響を及ぼすのか、また利益がどのように分配されるかという点に関しては、重要な違いは見えてきません。明らかなのは、エネルギー転換のロードマップとその結果としての社会経済関連に現れる成果が、政策的枠組みと密接に関連しているということです。これらの関連性は、1.5°Cの道筋に沿った野心を持つことでより強くなります。各国政府がエネルギー転換へ関与する際は、転換で得られる利益や転換で負う負担を公平に分配することを保証するため、国際協力が欠かせません。

表S.2 構造変化の概要と公正なエネルギー転換政策

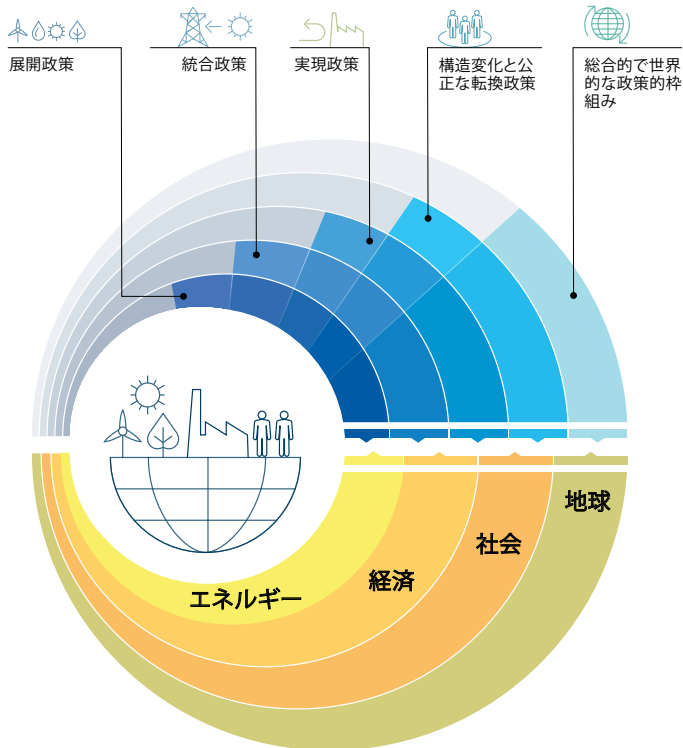
目標	推奨事項
労働市場における潜在的なミスマッチを無くす取り組み	公平・公正なエネルギー転換を実現させるには、時間、地理、スキルにおける不均衡を無くすための対策が必要。
地域のバリューチェーン開発	国内における潜在能力を高め、活用するためには、ビジネス・インキュベーション・イニシアチブ、サプライヤーの開発プログラム、中小企業への支援、主要な産業クラスターの振興など、入念に作りこまれた促進施策やルールづくりが必要。
教育・研修などの提供	若者が再生可能エネルギー分野でのキャリアに興味を持つためにも、市民が再エネについての知識を持つことによって社会的受容を高めるためにも、早い時期から再エネに関する話題や職業に触れてもらうことが重要。
循環型経済のサポート	持続可能性、循環経済の原理、環境への影響の削減を考慮した形でエネルギー転換関連ソリューションの持続可能性を確かなものにし、既存の生態系へと円滑に統合するための政策や措置が必要。
地域社会および市民参加の支援	地域社会で作られたエネルギーは再生可能エネルギーの導入を加速させると同時に、地域の社会的・経済的な利益を生み出し、地域エネルギー転換に対する公的支援を増やすうえでも重要な役割を果たす。

エネルギー転換のための包括的な政策的枠組み

エネルギー転換に関する政策や投資は、強靱な経済・社会への大幅な構造変化を促進します。その影響を十分に理解し、エネルギー転換を公正で時宜を得たものにするためには、エネルギーセクターを幅広い経済の一部として捉える必要があります。地域や国によって出発点、社会的・経済的な優先順位やその資源は異なりますが、これらすべてがエネルギー転換の広がりや歩幅を形作っています。エネルギー転換は、構造変化を引き起こし、利益だけでなく様々な課題をもたらします。課題は金融、労働市場、電力システム、そしてエネルギー部門自体の不整合という形で現れます。これらの不整合は、うまく管理されない場合、不公平な結果を招き、エネルギー転換をペースダウンさせてしまう恐れがあります。厳格な国際制度によって履行される公正で統合的な政策は、エネルギー転換の潜在的な可能性を最大限に実現させるために、なくてはならないものです。

国際協力は世界的なエネルギー転換に不可欠な要素です。 資金、能力、技術の国際的な流れを強化し、各国が誰も取り残すことのない公正なエネルギー転換を約束し、一致団結して努力を重ねるためには、総合的かつ世界的な政策的枠組みが欠かせません。気候政策は、こうした政策的枠組みにおいて重要な要素となります。他にも、財政政策（セクターをまたがる排出量を対象とした適切な炭素価格設定など）と共に、展開を促進し、実現可能な条件を整え、公正で安定した転換を確立するための政策を実施するための公的資金が不可欠です。公正で安定したエネルギー転換の確立に欠かせない要素としては、産業開発、教育、訓練、そして社会的保護が挙げられます。必要な財源は必ずしも国内で賄えるとは限りません。特に後発開発途上国や小島嶼開発途上国への支援には国際協力が必要です。

図S.13 公正で包摂的なエネルギー転換を実現するための政策的枠組み



ISBN: 978-92-9260-334-2

www.irena.org