

新たな世界

エネルギー変容の地政学



GLOBAL COMMISSION
ON THE GEOPOLITICS
OF ENERGY TRANSFORMATION



IRENA

International Renewable Energy Agency

新たな世界

エネルギー変容の地政学

本出版物の内容については、エネルギー変容の地政学に関する世界委員会が単独で責任を負うものであり、内容は必ずしも IRENA またはその加盟国の見解を代表するものではない。

www.geopoliticsofrenewables.org

本報告書の全部または一部は、出所を明示することにより自由に転載することができる。

本報告書は下記の団体の支援を受けている。



Federal Foreign Office



Norwegian Ministry
of Foreign Affairs



UNITED ARAB EMIRATES
MINISTRY OF ENERGY & INDUSTRY

本報告書の日本語版作成にあたっては、公益財団法人 自然エネルギー財団から貴重な支援をいただいた。

本レポートは "A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation" ISBN: 978-92-9260-097-6" (2019)の非公式な邦訳版です。英語オリジナル版と日本語版で相違がある場合は、英語版の記述が優先されます。

目次

当委員会について.....	2
序文(アドナン・Z・アミン、IRENA事務局長)	6
序文(オーラブル・ラグナル・グリムソン、世界委員会議長)	8
はじめに	12
世界のエネルギーの変容	14
エネルギーの変容	15
変化を起こす力	18
再生可能エネルギーが地政学を変容させる理由	23
地政学的地図の再編成	26
勢力の変化	26
国家間の新たな関係	45
エネルギーと紛争	55
地政学的な不安定をもたらす根本的原因への対処	62
経済的・社会的緊張	63
気候、水、食料の安全保障	65
新たな開発の道筋.....	67
結論	72
文末脚注	76
謝辞.....	83
掲載写真	85



当委員会について

国際再生可能エネルギー機関（IRENA）事務局長のアドナン・Z・アミン氏は、再生可能エネルギーの普及拡大が世界的なエネルギーの変容を促し、それが地政学上重要な影響を及ぼすという認識の下に、ドイツ、ノルウェー、アラブ首長国連邦の政府支援を得て、2018年1月に「エネルギー変容の地政学に関する世界委員会（Global Commission on the Geopolitics of Energy Transformation）」を創設した。

アイスランド前大統領オーラブル・ラグナル・グリムソン氏が議長を務める当委員会は、政治、エネルギー、経済、貿易、環境、開発の各分野における著名なリーダーを擁し、多彩なメンバーで構成されている。当委員会は独立した組織であり、メンバーは個々の能力と立場においてその務めを果たす。

本報告書は、再生可能エネルギーが促す世界的なエネルギーの変容が地政学に与える影響を分析する。本書は、ベルリン、オスロ、レイキャビク、アブダビで開催された4回の会議と、ビジネスリーダーや学識経験者、政策研究者との協議を含む、10カ月に及ぶ当委員会の議論の集大成である。また、エネルギー、安全保障、地政学の各分野の専門家による背景報告書から得られた情報に基づいている。

本報告書の内容については、各メンバーの総意を踏まえて作成されたものであるが、当委員会が完全かつ独立した責任を負うものである。

委員会メンバー



Ólafur Ragnar Grímsson
(オーラブル・ラグナル・グリムソン)
議長、前アイスランド大統領



Adnan Z. Amin
(アドナン・Z・アミン)
IRENA 事務局長 (ケニア)



Anatoly Chubais
(アナトリー・チュバイス)
ロスナノ社社長 (ロシア)



Carlos Lopes
(カルロス・ロベス)
ケープタウン大学開発政策・実践大学院教授、元国連アフリカ経済委員会事務局長 (ギニアビサウ)



Christiana Figueres
(クリスティアナ・フィゲレス)
前国連気候変動枠組条約事務局長 (コスタリカ)



Joschka Fischer
(ヨシュカ・フィッシャー)
元ドイツ連邦外務大臣



Fu Chengyu
(傅成玉、チェンギュー・フー)
国連グローバル・コンパクト・ネットワーク・チャイナ議長、元中国石油化工股份有限公司 (シノベック) 会長



Pascal Lamy
(パスカル・ラミー)
ジャック・ドロール研究所名誉所長、前世界貿易機関事務局長 (フランス)



Murray McCully
(マレー・マカリー)
元ニュージーランド外務大臣



Mari Pangestu
(マリ・バンゲストゥ)
元商業大臣、元観光・創造経済大臣 (インドネシア)



Andris Piebalgs
(アンドリス・ピエバルグス)
フィレンツェ規制大学院上席研究員、元欧州委員会エネルギー・開発担当 (ラトビア)



Lapo Pistelli
(ラーボ・ピステッリ)
エニ社国際問題担当執行副社長、元イタリア外務副大臣



Bill Richardson
(ビル・リチャードソン)

リチャードソンセンター・フォー・グローバルエンゲージメント理事長、元エネルギー長官、元ニューメキシコ州知事 (米国)



Khalid Bin Mohammad Al-Sulaiman (ハーリド・ビン・ムハンマド・アル・スレイマン)

元アブドラ国王王子カ・再生可能エネルギー都市機構、再生可能エネルギー担当副総裁 (サウジアラビア)



Izabella Teixeira
(イザベラ・テイシェイラ)

元ブラジル環境大臣



Masakazu Toyoda
(豊田正和)

(財) 日本エネルギー経済研究所理事長 (日本)



Maria Van Der Hoeven
(マリア・ファン・デル・フーフエン)

元国際エネルギー機関事務局長 (オランダ)



Eirik Waerness
(エイリク・ヴァーネス)

エクイノール社シニア・ヴァイスプレジデント兼チーフエコノミスト (ノルウェー)

支援国代表



Peter Fischer
(ペーター・フィッシャー)

ドイツ政府代表



Hans Olav Ibrekk
(ハンス・オーラヴ・イブレク)

ノルウェー政府代表



Fatima AlFoora AlShamsi
(ファティマ・アルフーラ・アルシャムシ)

アラブ首長国連邦政府代表

序文（アドナン・Z・アミン、 IRENA 事務局長）

エネルギーは私たちの文明と諸国家の繁栄を支える基盤である。その生産、供給、利用は、各国経済の構造に深く組み込まれるとともに、国際関係の要になっている。

私たちの社会に電力を供給するエネルギー源は、急速な転換期を迎えつつある。再生可能エネルギーは、多くの国や自治体、市民のエネルギー需要を満たすことができるようになり、技術的な実用性、経済的な魅力、持続可能性を備えた選択肢として浮上してきた。気候変動への取り組みがますます重要になり、再生可能エネルギーが私たちの需要を満たす能力を着実に向上させるにつれて、持続可能なエネルギー源に向けた全世界的な転換が今後も加速していくだろう。

再生可能エネルギーは、全地球上において見つけることのできる、その土地のもつ膨大な再生可能なエネルギー資源を利用できるため、各国のエネルギー安全保障を強化しエネルギー自立性を実現する。再生可能エネルギー技術を迅速に開発し普及拡大させれば、地政学上の力学に重要な長期的影響をもたらすことは疑いない。国際再生可能エネルギー機関（IRENA）の設立は再生可能エネルギーに関する国際協力の中心となる基盤を生み出したものの、再生可能エネルギーの地政学的影響を包括的に検証するための系統だった取り組みはこれまで実施されてこなかった。

そこで私は、エネルギー変容の地政学をテーマとする世界委員会の設立に踏み切った。多様な地理的、職業的経歴をもつ、エネルギー・国際情勢分野の著名なリーダーで構成された当委員会は、2018年1月のIRENA年次総会で立ち上げられ、幅広い官民ステークホルダーや学識関係者から意見を聞き、1年をかけて検討を行った。

これまでのプロセスにご尽力いただいた方々全員に、心より感謝申し上げる。ドイツ、ノルウェー、アラブ首長国連邦の政府による寛大なご支援は、当委員会の活動を可能にしてくれた。また、議長であるグリムソン前アイスランド大統領が当委員会による考察の方向性を適切に示してくださった。

委員会のメンバーは時間を割いて積極的に討議に参加し、さまざまな専門分野の観点から説得力ある見解を示してくれた。最後に、そして重要なことだが、

少人数ながら非常に優秀な事務局スタッフが、委員会の考察と研究を円滑に進め、サポートし、取りまとめてくれたことに感謝したい。

完成した報告書は、エネルギーの変容がもたらす幅広い地政学的影響に対する私たちの理解を深めてくれる、きわめて重要な、この分野で初の意欲的な試みである。本書は、私たちが慣れ親しんだエネルギー外交の再考を促す。また、エネルギー部門の動向を描き出し、それが各国の力関係、貿易、地政学上の不安定性の根本要因、紛争に与える影響の程度を検討する。本書ではまた、上記の変化の複雑で動的な特性に鑑みて、現状が今後どのように進展するか正確には予測しがたいことを認めている。

報告書では、エネルギーの新時代とその地政学的影響を見越して準備をすることが何よりも重要であると強調している。また、イノベーションを推進し、社会・経済構造と投資をエネルギー転換に調和させ、国際協力を強化し、公正で包摂的なエネルギーシステムを計画することが必須であることも示した。政府や産業界のリーダーによる将来を見通した選択が、世界全体で持続可能な経済成長を推進し、生活水準を引き上げ、社会の結びつきと安定性を育むことのできる、より豊かな未来を生み出すことになるだろう。

本報告書が各国の意思決定者にとって、急速に変化しつつある世界のエネルギー環境を予期し、これを使い切り、それがもたらす新たな地政学的環境に対応するための一助となれば幸いである。その際に、彼らが将来のリスクを軽減し、エネルギーの変容がもたらす多くのチャンスから恩恵を得ることが可能になるだろう。



序文（オーラブル・ラグナル・グリムソン、世界委員会議長）

近年私たちが目にしているのは、過去数十年間に一般的だった世界の地政学的地図の再構成を促している、全世界的なエネルギーシステムの変容である。

新たな技術とコストの低下によって化石燃料から再生可能エネルギーへの転換が進み、再生可能エネルギーは従来のエネルギー源に劣らない競争力をもちつつある。また、気候変動や有害な大気汚染を食い止めようとする政府や企業、都市、市民社会の政策や行動、さらには世界規模の運動が、エネルギーの変容を後押ししている。

この世界的なエネルギー変容は、すでに地政学上の大きな力になりつつある。それは、各国・地域の権力構造の変化、国家および地域社会のエネルギー自立性への展望、エネルギー安全保障と民主的エンパワメントの向上に表れている。

アドナン・Z・アミン IRENA 事務局長が、加盟 150 カ国以上の集まる IRENA 総会において、世界的なエネルギー変容の地政学的影響に関する報告書作成のための独立した世界委員会の創設を、明確なビジョンのもとに提案したのは、この新たな地政学的状況を把握し分析するためである。

世界委員会の議長を務めたこと、また優れた能力と経験をもち、私たちの共同活動に深い知識と洞察を提供してくれた人々の有益な対話を実現できたことは、私にとってこの上ない荣誉である。

本報告書は、再生可能エネルギー革命が生まだしつつある新たな地政学的世界を描く初の試みである。したがって歴史上重要であるとともに、今後の議論や分析の対象としての価値をもつ。

本書が政府や企業、大学、シンクタンク、市民社会組織、メディアの各関係者と世界中の市民にとって、勢いを増しつつある地政学的変化をよりよく理解し対処するための一助となれば幸いである。

当委員会メンバーの尽力と協力、また IRENA のサポートも含め優秀な事務局のすばらしい仕事ぶりに感謝したい。当委員会において発言し、貢献して

くださった企業のリーダーや専門家にも感謝申し上げます。ドイツ、ノルウェー、アラブ首長国連邦の各政府からのご支援もまた、活動の成功になくてはならないものであった。

今回の活動では、私の母国の経験したことが参考になった。アイスランドは私の人生の途中で、化石燃料に大きく依存する国から再生可能エネルギーで世界最大の成功を収める国へと変わったのである。その結果、国民は潤い、アジアやアフリカ、欧州、米州の国々と建設的な外交関係を築く基盤がつけられた。

私はアイスランド大統領としての全任期にわたって、再生可能エネルギーの成功が新たに国家間のダイナミックなパートナーシップを生み、かつては外交関係のほとんどなかった国同士に持続的な同盟関係と新たな機会が誕生する様子を目の当たりにすることができた。

世界委員会の議長という職務によって、私はこのように、母国の歴史の中に新たな世界の前ぶれを見いだすことができたのである。

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Vigdís Finnbogadóttir, the former President of Iceland. The signature is fluid and cursive, written in a dark ink on a white background.



はじめに

世界のエネルギーシステムにおいて、ほぼすべての国を巻き込んで広範囲な地政学上の影響をもたらす根本的变化が起きつつある。再生可能エネルギーは世界のエネルギー情勢の中心に浮上した。技術の進歩とコストの低下は、他のすべてのエネルギー源を上回る再生可能エネルギーの急成長を実現した。今では、大気汚染や気候変動の対策に寄与することを考慮しなくとも、再生可能エネルギー技術の多くが電力部門において化石燃料にコスト面で見劣りしなくなった。

こうした傾向は、世界のエネルギーの変容に不可逆的な勢いを生みだしつつある。風力、太陽光、その他再生可能エネルギーの急成長は主に電力部門に限られるが、新しい技術が他の部門でもエネルギーの変容を可能にしつつある。電気自動車とヒートポンプは、輸送、工業、建設の分野で再生可能エネルギーの普及を拡大している。デジタル化とエネルギー貯蔵技術のイノベーションは、わずか 10 年前には想像もできなかった方法で、再生可能エネルギー発展の可能性を広げている。

再生可能エネルギーのこうした加速度的な普及は、重要な地政学上の影響をもたらすであろう世界のエネルギーの変容を起動させた。過去 2 世紀にわたり化石燃料が地政学上の勢力図を決定したのと同じく、今回のエネルギー変容も世界の勢力分布、国同士の関係、紛争リスクを変化させ、地政学的な不安定性をもたらす社会的、経済的、環境上の要因を変化させるだろう。

こうした広範囲にわたる影響については、これまで国際会議や国際的な場で包括的に検討されてこなかった。そこで IRENA は、この問題に対する意識を高め理解を深めることを目的として、「エネルギー変容の地政学に関する世界委員会 (Global Commission on the Geopolitics of the Energy Transformation)」を、ドイツ、ノルウェー、アラブ首長国連邦政府の支援を得て設立した。



第 1 節

世界の エネルギーの変容

再生可能エネルギー資源、とりわけ風力と太陽光はこの 10 年間まれに見るスピードで、絶えず予測を上回る成長を続けている。電力部門における再生可能エネルギーの普及拡大ペースは、すでに石油や石炭、天然ガスといった化石燃料をはじめ、他のすべてのエネルギーを上回った。再生可能エネルギーはいまやエネルギー効率と並び、世界の幅広いエネルギー転換をリードしている¹。

現在進行している再生可能エネルギーへの転換は、単にある種類の燃料から別の種類の燃料への移行ではない。それは、エネルギー部門にとどまらない大きな社会的、経済的、政治的影響を及ぼす、世界のエネルギー体系のより根本的な変容にかかわるものである。「エネルギーの変容」という言葉には、こうした広い影響が含まれる²。

世界のエネルギーの変容は、とりわけ地政学に顕著な影響を及ぼす。それは、21 世紀における地政学的地図の再編成を促す変化の底流を成す一要素である。いま形になりつつある新たな地政学の現状は、過去 100 年以上にわたって一般的だったエネルギー地政学の従来の地図と、根本的に異なるものだ。

化石燃料は、世界のエネルギーシステム、経済成長、現代的なライフスタイルの基盤となってきた。化石燃料の開発は世界のエネルギー使用量を過去 2 世紀の間に 50 倍に増加させ、現代世界の地政学的状況を形づくった。

化石燃料が地理的に偏在していることは、国々の富と安全保障に大きな影響を与えた。再生可能エネルギーが推し進めるエネルギーの変容は、これと同様の幅広さと影響の強さを伴う急激な変化を引き起こす可能性がある。

大半の国々が自国のエネルギー自立性の大幅な向上を望んでいると思われることから、エネルギー供給ラインの脆弱性や価格の変動によるリスクにさらされる国は少なくなるだろう。石油やガス、石炭の輸出に大きく依存する一部の国では、経済への重大な影響を回避するために、変化に適応する必要があると思われる。多くの途上国は、化石燃料ベースのシステムや中央集中型の送電網形成を飛び越して発展する可能性がある。再生可能エネルギーはエネルギーの供給を分散させ、市民、地方のコミュニティ、都市に権限を与えることを可能にするため、民主化の強力な手段にもなるだろう。

エネルギーの変容

急成長を遂げる再生可能エネルギーが、世界のエネルギー状況に不可逆的な変容を起こし始めたことは間違いない。一方で、現在進行中のエネルギー変容を取り巻く不確実性も依然として大きい。再生可能エネルギーがこれほど急速に受け入れられたことからわかるように、私たちは飛躍的な変化と混乱の時代に生きている。エネルギーの変容を加速させるのはどの技術イノベーションか、まだ予測することは不可能だ。政治による選択がエネルギー変容の方向性とペースに影響を及ぼし、そのことで国や部門ごとの進歩のスピードに差が出る可能性も高い。とはいえ、エネルギー変容を特徴づけ支えるのは3つの主要なポイント、すなわちエネルギー効率の上昇、再生可能エネルギーの成長、そして電化である。

エネルギー効率の上昇により、少ないエネルギー投入量で経済成長が可能になる。20世紀のエネルギー需要の平均成長率は3%と、世界のGDP成長率にほぼ等しかった。ところがこの数十年間は、エネルギー効率の上昇により両者の関係性を大きく変えてしまっている。現時点の予測による2040年までの一次エネルギー需要の年平均成長率は1%である³。

再生可能エネルギーの成長。再生可能エネルギーは、最も成長ペースの速いエネルギー源となった⁴。その主な資源は、バイオエネルギー、地熱、水力、海洋、太陽光、風力である。このうち太陽光エネルギーと風力が急成長しており、他のエネルギー源の成長ペースはそれに比べると緩やかである。太陽光と風力には固有の共通点がある。発電する電力量が天候や1日の時間帯により変動することだ。これらが「変動型再生可能エネルギー源」と呼ばれる理由もそこにある。

再生可能エネルギーのこうした急成長の影響が最も表れているのが電力部門である。2012年以降、再生可能エネルギーの発電能力の伸びは従来型エネルギー源のそれを上回っている⁵。太陽光エネルギーの2017年発電能力の伸びは、石炭、ガス、原子力を合わせたものを上回った⁶。風力と太陽光は現在、世界で発電される電力量の6%を占めており、2000年の0.2%から急上昇している。再生可能エネルギー全体で見ると、世界の発電量の約4分の1を占める⁷。

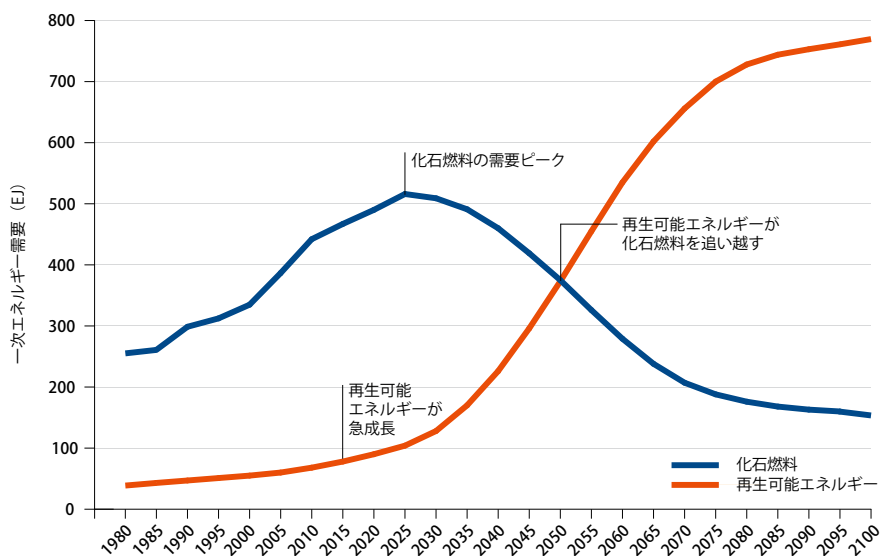
すでにデンマークなどの国々では、自国の電力の半分以上を変動型再生可能エネルギー源で賄っている⁸。コスタリカは2017年、自国の電力を300日間、再生可能エネルギーだけで賄った。昨年はドイツ、ポルトガル、デンマークの電力システムを数日間、再生可能エネルギーだけで運転できた。

電化。電気は最終エネルギー消費全体の19%を占めており、この比率は最終用途部門の電化が進むにつれて上昇するとみられる⁹。たとえばヒートポンプと電気自動車普及すれば、暖房、冷房、輸送に電気を使えるようになる。電気は最終エネルギー需要セグメントのうち成長率が最も高く、2000年以降のエネルギー消費量全体の伸び率を3分の2上回っている。この傾向は今後も続くことになる。また電力部門は2016年以降、これまでエネルギー投資で優位に立っていた石油・ガスの上流部門を上回る投資を集めており、世界経済の電化が進みつつあることを示している¹⁰。

エネルギー変容のペースは不確実である。エネルギー系統の複雑さから、将来のエネルギーに関するシナリオは無数に考えられる。とはいえ、パリ協定の目標実現を前提にエネルギーの将来をシナリオ化すると、似たような構造になる。すなわち、近いうちに化石燃料需要がピークに達し、再生可能エネルギーが急速に普及し、化石燃料需要が時間をかけて低下していくとい

うものだ¹¹。図1にこれらの動きをグラフ化した。予測ではないものの、「2°Cより十分低く」気温上昇を抑えるというパリ協定の目標を世界各国が達成できることを前提とした将来の可能性を示している。

図1. エネルギー転換の枠組み



注記：2100年までの見通しで21世紀を通じたエネルギー変容の特性を描けるシエルの「スカイ・シナリオ」(2018年)からデータを抽出した。他のエネルギー転換のシナリオは概ね、見通し期間が比較的短期であった。たとえば国際エネルギー機関(IEA)の「持続可能な開発シナリオ(SDS)」は2040年までしか見通していない。IRENAの「再生可能エネルギー・ロードマップ(REmap)」シナリオは、2050年まで見通している。シエルの予測する再生可能エネルギーと化石燃料のシェアは、IEAのSDSシナリオによる2040年見通し、DNV GLやエクイノールの「リニューアブル」シナリオによる2050年見通しと類似している。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)による1.5°C中央値シナリオとIRENAのREmapシナリオは、2050年までに再生可能エネルギーがより大きなシェア拡大を達成し、化石燃料需要のピークがより早く訪れると見通している。

出所：シエル「スカイ・シナリオ」(2018年)

原子力は低炭素技術だが、その成長見通しは限定的である。原子力発電は1970～1980年代に急成長を遂げた後、この30年間は減速している。発電量に占める原子力のシェアは、2000年の17%から2017年には10%に低下した¹²。現在、先進国にある原子力発電所の約3分の2が運転年数30年以上と古いことから、耐用年数が伸びない限り近い将来に閉鎖されるだろう¹³。一部の国では新規に原発を建設しており、その代表が中国、インド、

ロシア、UAEである。一方、ドイツやスイス、スペイン、韓国などでは、政府が原発の段階的な廃止を計画している。

全体的にみて、世界のエネルギー変容の主な特徴は、再生可能エネルギー、なかでも太陽光と風力の急成長である。石油、ガス、石炭はそれぞれ固有の特徴をもっており、利用される部門もさまざまであることから、エネルギーの変容によって受ける影響も異なると思われる。

変化を起こす力

再生可能エネルギーの急速な普及を促す成功要因となる傾向として以下の6つのものがあげられる。

1. コストの低下

再生可能エネルギー技術のコストが低下するにつれ、再生可能エネルギーの採算性が上がり変化の速度を大きく後押ししている。水力や地熱など成熟した再生可能エネルギー技術を採用している地域では、これら技術は長い間高いコスト競争力を維持してきた。だが太陽光や風力などの技術も、技術の進歩と投資の拡大によって競争上の優位を獲得した。再生可能エネルギーとエネルギー貯蔵のコスト低下は、最も楽観的な予測を上回るペースで急速に進んでいる。費用がかかりすぎてニッチな市場以上に拡大できないと思われていた太陽光や風力が、今では世界のトップ市場の多くで、補助金なしでもコスト面で従来型エネルギー技術に勝っている¹⁴。

2010年以降、太陽光の平均発電コストは73%、風力の平均発電コストは22%下がった¹⁵。チリとサウジアラビア、インドと米国などまったく異なる国でも、最適な場所では1MWh（メガワット時）当たり30米ドル前後のコストで発電されている。オークション価格からみて、太陽光発電と風力発電の平均コストは2020年までに、化石燃料発電コストの下限水準まで下がると思われる¹⁶。電気自動車に使用されるリチウムイオン電池のコストも、2010年以降80%低下した¹⁷。こうしたコストの低下から、競争力あるビジネスモデルと利益を求める投資家が再生可能エネルギー技術への投資を加速させている。

コストの大幅な低下は、今後 10 年間を通じて続くとみられる。IRENA の予測は、2025 年までに世界の発電コストの加重平均が、陸上風力で 26%、洋上風力で 35%、集光型太陽熱発電（CSP）技術で 37%以上、太陽光発電（PV）で 59%低下するとしている¹⁸。定置型バッテリー貯蔵システム（Stationary battery storage）のコストは最大 60%低下する可能性があり¹⁹、2020 年代半ばまでには電気自動車と従来型自動車の販売価格がそれほど変わらなくなるだろうとの見方が、説得力をもちつつある²⁰。

II. 汚染と気候変動

広範囲にわたる大気汚染や気候変動など化石燃料の引き起こす問題は、政府や企業、投資家、そして一般市民に、世界経済の脱炭素化が必要であることを認識させた。主に石油や石炭の燃焼から発生する汚染のために、ニューデリーや北京、パリなど多くの都市において大気は吸い込むと人体に危険なレベルになった。世界保健機関の推計では、世界で 10 人中 9 人が健康と幸福な生活を損なう汚染された大気を吸っている。また大気汚染は死亡原因の第 4 位にランクされており、年間 700 万人が死亡しているという²¹。

気候変動は、人類の生命と地球の生態系に脅威をもたらす。エネルギー部門の脱炭素化に向けて早急に対策を講じなければ、パリ協定の「世界の平均気温の上昇を産業革命以前と比べて 2°Cより十分低く」保つとともに「1.5°Cに抑える努力を追求する」という目標は達成できないだろう。IPCC の最近の報告書では、きわめて重要な生態系の消失を含めた長期的または不可逆的な変化を防ぐには、気温の上昇を 1.5°C以下に抑える必要があることを、さらに説得力ある科学的根拠により示している²²。現在のペースでは 21 世紀末までに、世界の気温が産業革命以前と比べ 3°C以上上昇することになる²³。最近発表された別の科学研究では、世界の気温が 2°C以上上昇すると、ドミノ効果が起こって地球が一気に「ホットハウス（温室）化」と警告している²⁴。

世界の炭素排出量の 3 分の 2 をエネルギー部門が占めていることを考えれば、低炭素経済を実現するための方法の大半は、再生可能エネルギーの急速な普及とエネルギー効率の倍増を必要とするだろう²⁵。IRENA の分析によれば、パリ協定の目標達成に必要なエネルギー関連排出量の 90%削減を実現するためには、再生可能エネルギーの普及とエネルギー効率の向上実

現が最もコスト効率のよい方法であるという²⁶。2015年9月に国連で世界の指導者が採択した持続可能な開発目標（SDGs）はエネルギーに関する具体的な目標を定めており、新たなエネルギーサービスの普遍的アクセスの提供、エネルギー効率の向上ペースの倍増、世界のエネルギーミックスに占める再生可能エネルギー比率の2030年までの大幅な引き上げを目指している。

III. 再生可能エネルギーの目標

再生可能エネルギーの採算性向上とエネルギー部門の脱炭素化の必要性の影響を受けて、多くの政府が国家のビジョンを掲げ、再生可能エネルギー導入を加速させる施策を講じている。現在までに57カ国が電力部門の完全な脱炭素化計画を策定し、179カ国が国家または州単位で再生可能エネルギー目標を設定している²⁷。各国政府は当初、補助金や導入目標を通じて再生可能エネルギーを支援していたが、しだいに競争に基づくオークション制度へと移行し、価格引き下げを実現しつつある²⁸。

石油やガスの資源がなく、エネルギーの輸入依存度を減らしたいために再生可能エネルギーにシフトしつつあるという国は多い。たとえばインドは、政策を転換しない限りコストの高い輸入エネルギーへの依存度がさらに増すことになる²⁹。これが一因となり、インドは意欲的な再生可能エネルギー目標を導入した。

一部の主要産油国も、自国のエネルギーミックスに占める再生可能エネルギー比率の引き上げ目標を設定しつつある。たとえばアラブ首長国連邦のエネルギー戦略は、自国の電力供給の44%を再生可能エネルギーによるものとし、2050年までに炭素排出量を70%削減する目標を設定している。ロシアは、2017年に再生可能エネルギー2GW（ギガワット）を入札オークション制度で供給しており、2018年にはさらに1GWのオークションを予定している。

中央政府が再生可能エネルギー目標の設定に積極的でない一部の国では、地方政府や市町村が代わりに行動を起こしている。カリフォルニア州では2030年までに電力の60%を再生可能エネルギーで賄う目標を採択し、メキシコシティやマドリードなどいくつかの都市でもディーゼル自動車を禁止する計画を発表した。

IV. 技術イノベーション

太陽光発電（PV）のモジュール変換効率向上や風力タービンの高さなど、技術イノベーションは電気部門における再生可能エネルギーの普及を加速させる重要な役割を果たしてきた。クリーンエネルギー技術における技術イノベーションの進歩が化石燃料や原子力など従来型エネルギー分野の技術イノベーションよりも活発に起こっていることは、特許取得件数の上昇率に表れている³⁰。長期的には、次世代バイオ燃料や、再生可能エネルギーを用いた電気分解による水素エネルギーが、航空や船舶、重工業といった電化の難しい部門へも再生可能エネルギーを普及させていく可能性がある³¹。

デジタル化とエネルギー貯蔵技術のイノベーションも、これまで参入の難しかった領域を開拓しつつある。スマートグリッドやモノのインターネット、ビッグデータ、人工知能といった新しいデジタル技術がエネルギー産業に応用されつつあり、それがエネルギー効率を向上させるとともに、新たなスマート発電・送配電システムの領域で再生可能エネルギーの使用を加速させている。

風力や太陽光などの変動型再生可能エネルギーに不可欠なエネルギー貯蔵についても、新技術が開発されている。電気自動車をはじめとする各種電池は、重要な貯蔵テクノロジーとして有望である。また、ボイラーやヒートポンプ、冷水を使って、電気を熱の形で貯蔵することも可能だ。長期の貯蔵には、圧縮空気エネルギー貯蔵や水素といったその他の選択肢も考えられる。

V. 企業や投資家の行動

企業による行動も変化を引き起こしている。「ダイベスト・インベスト」や「クライメートアクション 100 プラス（CA100+）」といった投資家団体は³²、企業各社にカーボンフットプリント削減の圧力をかけている。2018年12月にポーランドで開催された気候変動に関する国際会議、いわゆる COP24 では、総額 32 兆米ドルの資産を運用する 415 人の投資家が加入する団体がパリ協定を全面的に支持すること、気候変動に関する財務報告を改善することを確約した。また、同団体は各国政府に対し、カーボンプライシングの導入、化石燃料事業への補助金廃止、石炭火力発電の段階的廃止を要求した³³。

ノルウェーの政府系ファンドは、石炭事業への投資引き揚げに動き始めており、HSBC など一部の民間銀行も同様の行動をとっている。世界銀行など主な国際開発金融機関のいくつかは、すでに石炭事業への資金支援を停止した。アリアンツ、アクサなどグローバルな保険会社は、特定の石炭プロジェクトに対する保険の引き受けを段階的に廃止すると発表している。

さらに世界の主要企業の中にも、自社の電気をすべて再生可能エネルギー源から調達し、サプライチェーンにもこれを要請する動きが出てきた。アップルとマイクロソフト両社は、最近、自社施設の電力消費をすべて再生可能エネルギーで賄っていることを発表している。他にもイケア、タタ・モーターズ、ウォルマートなど多くの企業が、自社の電力消費を 100%再生可能エネルギーで調達すると宣言した³⁴。

今や、経営にもたらされるカーボンリスク（炭素排出リスク）を認識している主要企業の中には化石燃料企業も含まれる³⁵。たとえばシェルは、高まる投資家の圧力を受けて、消費者による排出量を含めた自社の正味カーボンフットプリントを、2035 年までに約 20%削減する計画を発表した³⁶。エクソンモービル、エクイノール、その他の石油メジャー各社は、カーボンプライシングの導入を支持している。

VI. 世論の高まり

世論も、変化を起こす力として威力を発揮する。世界各国の消費者がカーボンフットプリントの小さい製品やサービスをしだいに選ぶようになり、市民社会運動は政府や企業が大気汚染と炭素排出量を削減するよう圧力をかけている。宗教的指導者は、気候変動への取り組みを支持する道徳上の論拠を与えている。たとえばローマ教皇フランシスコは、回勅「ラウダート・シ」の中で化石燃料の段階的廃止に支持を表明した³⁷。

世論は言葉で表現されるにとどまらず、直接の行動にも移されつつある。北京やロンドンなど数多くの都市で、大気汚染に反対するデモ行動が起こった。また、オーストラリアの学校に通う生徒約 1 万 5,000 人がストライキに参加し、政府が気候変動を抑えるために行動するよう要求した³⁸。「絶滅への抵抗 (Extinction Rebellion)」、「サンライズ・ムーブメント」といった新たな社会運動は、気候変動の抑制に向けて徹底した行動をとるよう訴えている³⁹。

訴訟の件数も増えつつある。ハーグの裁判所はオランダ政府に対し、2020年までに国の温室効果ガス排出量を1990年の水準から25%以上削減するよう命令した⁴⁰。世界の石油・ガス大手の中には、地球温暖化に石油・ガス業界が果たすべき役割をめぐり、都市や州、さらには子どもを原告とした訴訟を起こされている企業もある⁴¹。

変化を促すこうした大きな流れは、世界のエネルギーの変容に勢いをもたらし、加速させている。

再生可能エネルギーが地政学を変容させる理由

エネルギー変容の中心は、再生可能エネルギー、とりわけ太陽光と風力の普及と、化石燃料の将来的な衰退である。再生可能エネルギーは多くの点で化石燃料と異なり、この違いが地政学的な影響を生みだすと思われる。

第1に、再生可能エネルギー資源は、形態はそれぞれだが大半の国々で入手可能であり、特定の地理的条件を備えた地域に集中する化石燃料とは異なる。そのため、世界的な原油供給にとって重要で広く利用されている海路上における非常に狭い海峡、といった現在のエネルギー輸送の難所の重要性が低下する。

第2に、ほとんどの再生可能エネルギーはフロー型だが、化石燃料はストック型である。ストック型のエネルギーは貯蔵できて使いやすいが、一度きりである。一方でフロー型のエネルギーは尽きることがないため、中断しにくい。

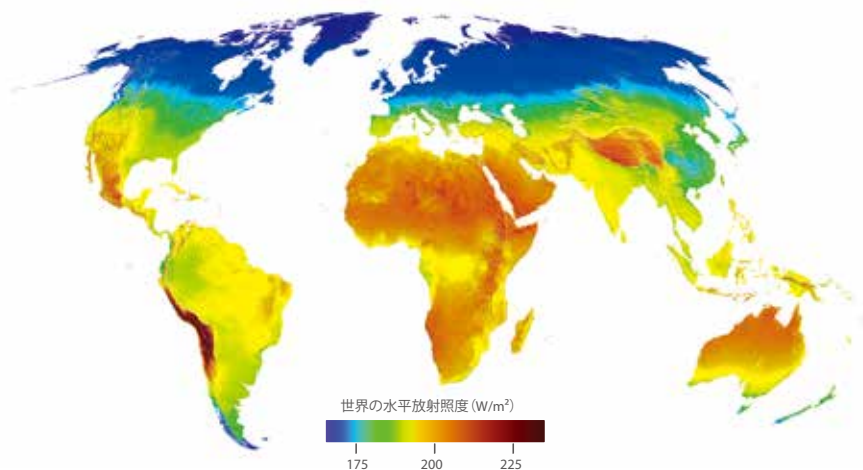
第3に、再生可能エネルギーは通常、規模にかかわらず導入できるため、エネルギー生産・消費とも分散化した形態をとりやすい。これは再生可能エネルギーの民主化効果にプラスとなる。

第4に、再生可能エネルギー資源は限界費用がほぼゼロであり、また太陽光や風力など一部のエネルギーでは、生産能力を倍増することにより20%近くのコスト削減を達成できている⁴²。このことは変化を推進する能力を高める

が、一方で電力部門の安定性と収益性を確保するためには規制による解決策が必要になる。

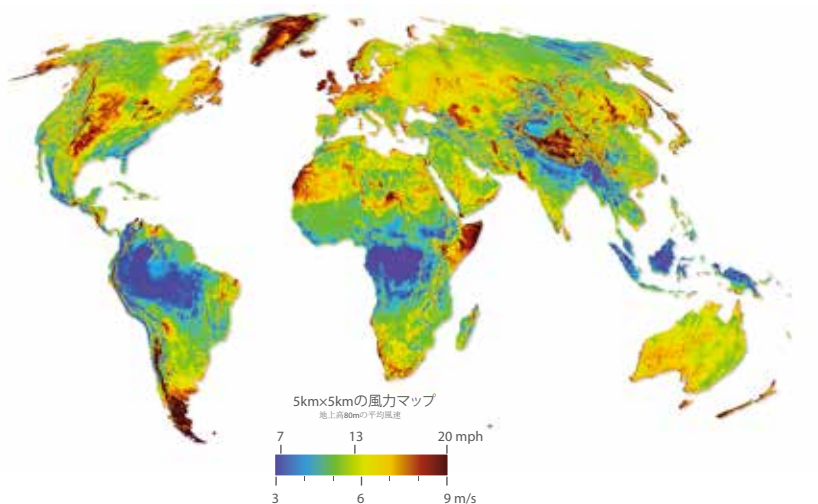
エネルギーの変容は、主要国の人口構成、不平等、都市化、テクノロジー、環境の持続可能性、軍事力、国内政治と並んで、21世紀の地政学を再構築する大きな要素の一つになると思われる。

図 2. 世界の太陽光発電の潜在能力



出所：ヴァイサラ

図 3. 世界の風力の潜在能力



出所：ヴァイサラ



第 2 節

地政学的地図の 再編成

勢力の変化

石油、天然ガス、石炭の埋蔵量が地理的に偏在することは、過去 2 世紀にわたって国際的な地政学上の環境を形づくる要因となってきた。石炭・蒸気エネルギーが産業革命をけん引し、産業革命が 19 世紀の地政学を形づくった。それ以降、石油の生産と貿易を支配することが 20 世紀の権力政治の重要なテーマとなってきた。化石燃料から再生可能エネルギーへの転換は、木炭から石炭へ、石炭から石油へという過去の変化の歴史と同様に、世界のパワーバランスを大きく変容させる可能性がある。

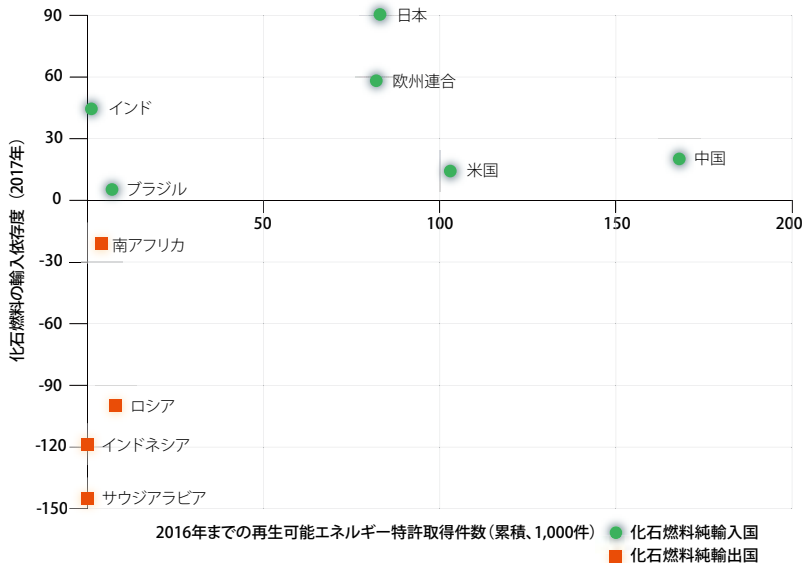
国家の地位の変化

国際システムにおける国家の相対的な地位は、GDP、人口、国土面積、天然資源、戦略地政学上の位置、軍事資源、そしていわゆるソフトパワーなど、さまざまな条件に左右される。重要なエネルギー資源と市場の両方を支配し利用できることは、貴重な資産である。これらを押さえれば、国内の重要な利益を保護し、国外では経済的・政治的影響力を行使できるからである。一方でこうした資産をもたない国は力を発揮できず、他国と比べて弱い立場に立つ。

したがって、再生可能エネルギーの急成長は、一部の国や地域の相対的な権力や影響力を変化させ、21世紀の地政学上の地図を描きかえる可能性が高い。

エネルギーの転換期における各国の動向は、その国が化石燃料の取引フローの変化にどれだけさらされているかに大きく左右される。同じく重要なのが、クリーンエネルギーにおける競争、すなわち再生可能エネルギー技術のリーダーとなるためのビジネス競争に占める位置である。この問題は非常に複雑だが、イノベーションが変化の速度の大きな決定要因になると思われる。図4にその影響を示した。

図4. エネルギー転換が主要な国や国家グループにおよぼす影響



出所：BP、IRENA

- Y軸**の数値は、2017年の一次エネルギー消費合計に石油、ガス、石炭輸入の占めるシェアを示している。これにより、化石燃料の優勢な現在のエネルギー経済における主要国と欧州連合の位置がわかる。シェアが高ければ高いほど化石燃料の輸入依存度が高い。化石燃料の純輸出国ではシェアがマイナスとなる。

- **X軸**は、2016年末時点で登録されている再生可能エネルギー技術の累積特許件数を表す。これは、主要国と欧州連合がクリーンエネルギー競争に占める位置を測る尺度となる。

図4の右上に位置する国と国家グループは、エネルギー変容から最も恩恵を受ける立場にある。これらは輸入化石燃料への依存度が高いが、クリーンエネルギー競争の先頭集団に属する。

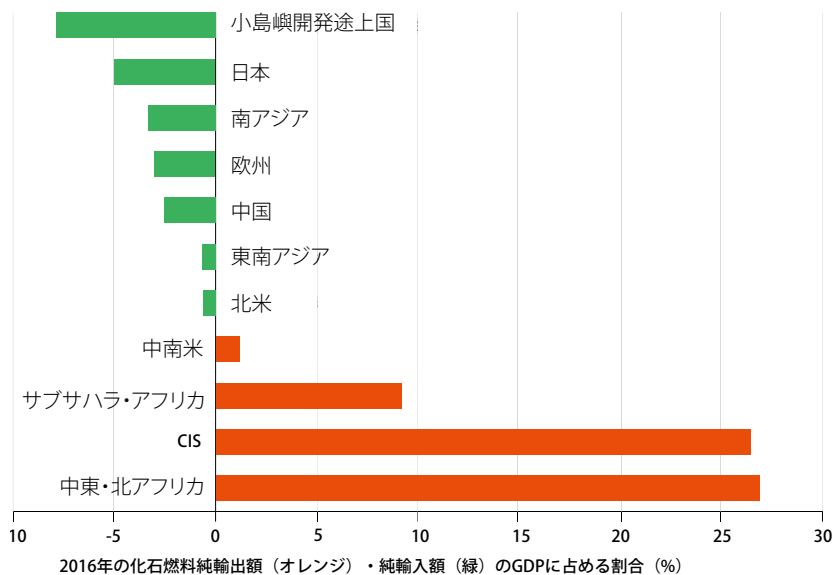
図4から、以下のいくつかの見解を得ることができる。

- **米国**は、エネルギーの自給自足をほぼ達成しているが、これはシェール革命によるところが大きい。また、2017年の天然ガス純輸出国であり、2020年代初期には石油の純輸出国になると予想される。一方でクリーンエネルギー競争でも優位に立つ。国内企業はロボティクス、人工知能、電気自動車といった新テクノロジー分野で確固たる地位を築いている。
- **中国**は、エネルギー安全保障の面でエネルギーの変容から恩恵を受けるだろう。再生可能エネルギー分野では設備製造だけでなく技術イノベーション、導入でもトップクラスに位置する。中国は再生可能エネルギー分野の世界最大の投資国であり、2017年の世界の投資総額の45%以上を占める⁴³。ただし、現時点ではまだ石油の輸入依存度が高く、依存度も着実に上昇している。
- **欧州と日本**は、化石燃料の輸入依存度が非常に高い主要な国・経済圏だが、再生可能エネルギー分野でも確固たる地位を築いている。欧州ではドイツがけん引しており、約3万1,000件の再生可能エネルギー分野の特許をもつ。また、国内の「エナギーヴェンデ（エネルギー転換政策）」を進め、再生可能エネルギーの普及でも各国に先んじている。
- **インド**はこの数年、世界最速の経済成長を遂げている国の一つであり、数百万人の国民が貧困層を脱した。2024年までに人口が世界最大になり⁴⁴、2020年代末までに中国を抜いて世界最大のエネルギー成長市場になると予想される⁴⁵。インドは、再生可能エネルギー発電量を2022年までに175GWに成長させるという意欲的な目標を設定した⁴⁶。2018年10月時点の化石燃料や原子力や水力などすべてを含めたインドの発電設備容量がわずかに346GWであることを考えると、これは驚異的な伸びである⁴⁷。

- ・ **ロシア**は世界第1位のガス輸出国であり第2位の石油輸出国であり、再生可能エネルギーの電力に占めるシェアが拡大する世界の情勢に適応していくという課題を抱えるかもしれない。ロシア経済は中東の産油国よりも大規模で多角化されているが、石油とガスのレント（超過利潤）はきわめて重要な国家財源であり、歳入の40%前後を占める⁴⁸。ロシアは再生可能エネルギーの普及に力を入れ、研究開発に資金を投じているが、それでも再生可能エネルギー技術の特許件数で見ると中国や米国に大きく後れをとっている。

図5では、地域別にみたエネルギー変容の影響の大きさを評価するため、各地域の化石燃料純輸出額・純輸入額がGDPに占める割合を比べた。

図5. 地域別にみたエネルギー変容の影響



出所：世界銀行、IMF

上のグラフでは地域内の国家間の違いはわかりにくいですが、地域・国家グループ間で大きな差がみとれる。

- ・ **中東・北アフリカはロシア・その他の独立国家共同体（CIS）⁴⁹ 諸国と並び、化石燃料収入の減少に最もさらされている地域である。これらの地域はGDPの平均4分の1以上を化石燃料の純輸出が占めている。輸出収入**

の減少は、経済成長見通しと国家財政にとってのマイナス要因になるだろう。経済の混乱を防ぐためには、経済政策を見直し化石燃料への依存度を減らす必要がある。

- **サブサハラ・アフリカ (SSA)** 諸国の大半は、化石燃料の輸入減少と国内の再生可能エネルギー発電から恩恵を受けるだろう。これらは雇用創出と経済成長に寄与するからである。例外はこの地域の2大産油国のナイジェリアとアンゴラで、化石燃料のレントに大きく依存していることがリスクとなる。両国は経済規模と化石燃料輸出額がともに大きいため、SSA 地域全体のデータを歪めている。とはいえ長期的にみれば、最近になって石油・ガス田が発見されたことを考慮に入れても、アフリカ諸国には化石燃料中心の開発モデルを飛び越して発展するチャンスがある。
- **小島嶼開発途上国 (SIDS)** は、化石燃料から再生可能エネルギーに移行することによって世界で最も恩恵を受ける国々だろう。現在の化石燃料輸入が対 GDP 比で 8% を占めているためである。また、SIDS の多くが気候変動の影響にきわめて脆弱である。SIDS には豊富な再生可能エネルギー資源があり、この分野の技術によって国内エネルギー需要の大半を賄うことが可能になる。エネルギー変容を選択すれば輸入代金の支払いを減らし、持続可能な開発を促進し、レジリエンス（強靭性）を高めることができるだろう。SIDS の再生可能エネルギー目標に対する国際協力による支援は大幅に拡大しつつあり、SIDS の 13 カ国が再生可能エネルギーによる電力調達目標を 60 ~ 100% に設定した。
- **南アジア** は GDP の 3% 以上を輸入化石燃料で消費しており、もともと少なかった化石燃料の需要も急成長しつつある。これらの国がエネルギー変容から受ける主な恩恵は、何もしなければ急激に拡大して経済を圧迫するはずの化石燃料の輸入代金支払いの減少である。
- **欧州・中国・日本** は現在、化石燃料輸入に大きく依存しているが、再生可能エネルギーのシェアが高まるにつれてエネルギー自立性が高まるだろう。日本は化石燃料純輸入への依存度が最も高く、GDP の 5% を占める。
- **北米・中南米全体** では、輸出入が純額ベースで均衡している。大陸別にみると、国内エネルギー資源、エネルギー貿易の両面で、各国経済ともエネルギー自立度が高い。

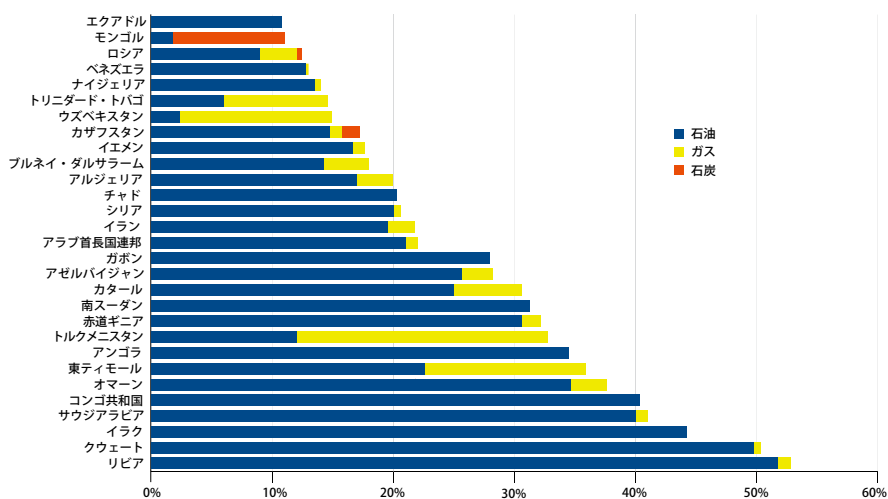
化石燃料輸出国の脆弱性

歴史的に化石燃料の供給国であり、地政学上の影響力をもつことによる恩恵を受けてきた国々は、エネルギーの新時代に向けて自国の経済を再構築することができなければ、海外進出や影響力の縮小に見舞われる可能性が高い。

化石燃料に恵まれた国の多くは、国際関係で大いに力を発揮することができる。そうした国は、化石燃料のレント（化石燃料の生産コストと市場価格の差額）を得て社会・経済の発展や経済の多角化に資金を投入し、軍事力を大幅に強化し、米国有価証券など外国資産に投資することができる。

エネルギーの変容は化石燃料の価格と、これに関連するレントを圧迫するとみられている⁵⁰。これらの国で化石燃料から得られる収入が減少すれば、国家の優先課題と戦略を見直さねばならないだろう。図6は、化石燃料のレントがGDPに占める割合の大きな国の一覧である。

図6. 化石燃料のレントがGDPに占める割合（2007年～2016年の平均）



出所：世界銀行

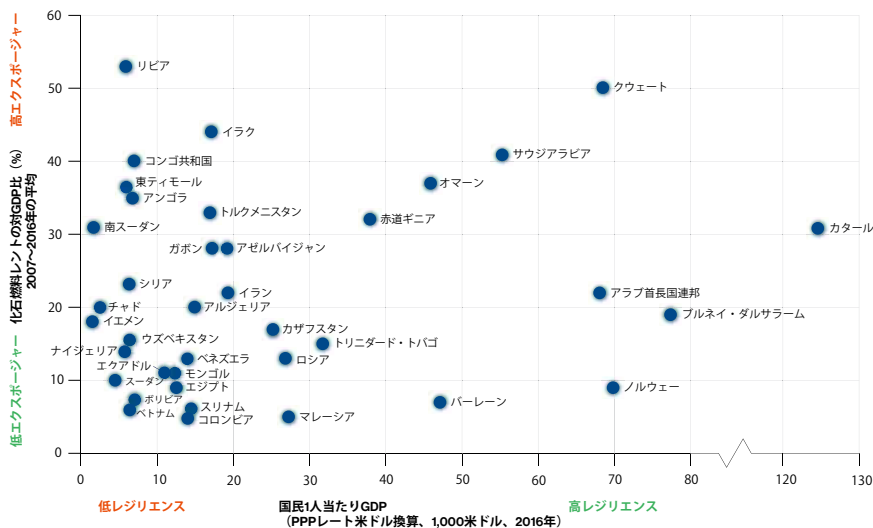
図6は、石油のレントが総じて天然ガスや石炭のレントを大きく上回っていることをはっきりと示している。化石燃料のレントがGDPの10%を超える国のうち、天然ガスが石油のレントを上回っているのはトルクメニスタン、ウズベキスタン、トリニダード・トバゴの3カ国だけである。モンゴルは、石

炭のレントが他の2つよりも高い唯一の国である。他のすべての国では、ロシアなどガス輸出の多い国を含めても、石油のレントが最も大きな割合を占めた。

化石燃料のレント減少は、その影響に対する経済の備えが十分でない国を大きく揺るがす可能性がある。ガバナンスの脆弱な国で石油のレントが減少すれば、社会の分断と政治不安を招きかねない。1980年代の原油価格の下落は、ソビエト連邦の衰退と、最終的には崩壊を促す要因の一つとなった。その結果、第二次世界大戦終結以来最大の地政学上の変化といえる冷戦の終結に至ったのである。

図7は、化石燃料輸出国のエクスポートとレジリエンスを基準として、各国にどの程度の備えができてきているかを示したものである⁵¹。エクスポートは、その国が化石燃料のレントにどの程度依存しているかで表す⁵²。レジリエンスは、エネルギー転換の引き起こすリスクに経済がどの程度しっかりと対応できるかを把握する意味で、人口に対する所得の割合を尺度とした⁵³。

図7. 化石燃料産出国のエネルギー転換に対する適応可能レベルの比較



これらの国々は4つのグループに分類できる。

- **高エクスポージャー・低レジリエンスグループ**
このグループは、対GDP比でおおむね20%以上と、化石燃料のレントへの依存度が高い。また、国民1人当たりのGDPが低く財政的なバッファーが限られるため、レジリエンスが低い。リビア、アンゴラ、コンゴ共和国、東ティモール、南スーダンがこのグループに属する。
- **高エクスポージャー・高レジリエンスグループ**
このグループは化石燃料のレントへの依存度が高いが、十分な所得と生産能力があるため、経済を再構築しエネルギー転換に適応できる。サウジアラビア、カタール、クウェート、アラブ首長国連邦(UAE)などの湾岸諸国と、ブルネイ・ダルサラームがこのグループに属する。
- **中エクスポージャー・中レジリエンスグループ**
このグループのエクスポージャーはまあまあ高いが、経済のレジリエンスが中程度である。そのため、経済の多角化を進める有効な政策を実行すれば、この移行期を乗り切ることができるはずである。ロシア、イラン、アルジェリア、アゼルバイジャンがこのグループに属する。
- **比較的エクスポージャーの低いグループ**
このグループは化石燃料のレントの対GDP比が10%未満と、エネルギー転換に対してそれほど脆弱でない。マレーシア、バーレーン、コロンビア、ノルウェーがこのグループに属する。

多くの産油国では、補助金を使った手厚いサービスを提供することによって国家権力が成り立つという暗黙の社会契約がある。石油による歳入が長期にわたって落ち込めば、産油国の政府は国民が当然のように期待する社会的・経済的サービスを提供するのが難しくなるだろう。緊縮財政を実行すれば国家の正統性が損なわれ、社会不安や政局の内部抗争、ひいては暴力を引き起こす恐れがある。その場合、国内の政治的混乱が国境を越えて周辺の国々に波及する可能性もある。実際、産油国に生まれる権力の空白は、エネルギー転換がもたらす最大の地政学上のリスクになりうる⁵⁴。

最も脆弱な国はおそらく、石油のレントへの依存度が最も高く、若者の失業率も高い国だろう。最近の中東の急激な変化は、これらの国々のガバナンスの問題の厄介な性質を示しており、石油による歳入が減少すれば解決はさらに難しくなるだろう。同じ意味でナイジェリアも脆弱である。ナイジェリアは長い間、低水準のガバナンスや貧困に苦しんできたが、現在は若年人口の急激な増加に直面している。国民の平均年齢は 18 歳で、2050 年には米国を抜き世界第 3 位の人口の多い国になるとみられている⁵⁵。

石油のレントが失われることは、短期的には痛みを伴う調整を引き起こす可能性がある。だが長期的にみれば、化石燃料のけん引する経済が石油への依存リスクを減らし、より安定した、公平な、生産性の高い将来の姿を国民のために創造するチャンスである。いくつかの研究によれば、多額の石油レントは成長をむしばみ、経済を歪め、民主主義制度をはく奪し、腐敗を招き、国内産業の発展を阻害し、紛争を悪化させる⁵⁶。こうした悪影響の大半は良好なガバナンス、法の支配、健全な政策によって回避することができるが⁵⁷、それでも多くの産油国にとって重大なリスクであることに変わりはない。

石油のレントへの依存度を減らすための経済の多角化は、多くの石油輸出国にとって長い間政策目標であった。たとえば UAE の経済多角化・脱炭素化戦略は、正しい知識に基づいた意思決定がリスクを大幅に減少できることを示している。UAE のエネルギー政策は、2050 年までにクリーンエネルギーのシェアを 44% に引き上げ、経済全体の 70% で脱炭素化を実現するとしている。しかし、自国の資源の一時的な損失に正しく資金を投入し、堅牢で多角的な経済を構築できた国はほとんどない。ハートウィック・ルール、すなわち長期にわたって人間 1 人当たりの消費を維持するには、地下資源（石油やガス、石炭など）を再生可能な地表資源（人的・物理資本など）に転換すべきであるという原則に従っている石油輸出国は、マレーシアと UAE を除いてほとんどない⁵⁸。

だが近年になって、新たな現実を認識した一部の石油輸出国が、経済を多角化しレジリエンスを高めるための計画を策定している（表 1 参照）。

表 1. 湾岸協力会議（GCC）諸国の経済多角化計画

年	国	計画
1995年	オマーン	オマーン2020:オマーン経済ビジョン
2008年	バーレーン	経済ビジョン2030
2008年	カタール	カタール国家ビジョン2030
2009年	クウェート	国家ビジョン・クウェート2035
2010年	UAE	ビジョン2021
2016年	サウジアラビア	サウジ・ビジョン2030
2017年	クウェート	新ビジョン2035

石油・ガス資源に恵まれた国は、経済の多角化から大いに恩恵を受けるだろう。長期的な成長見通しを強化し、マクロ経済の大きな不安定化要因である国際商品市場の予測不能な価格変動から自国経済を保護できるからである⁵⁹。開かれた経済と競争に基づく企業活動も、より持続可能な成長を生みだすと思われる。若年層の失業率の高い国々にとっての優先課題である、生産的な雇用の創出にもつながるだろう。最後に、経済の多角化は、こうした国々が近い将来起こる石油需要のピークに備えるための手段となる。

経済の変容と多角化を着実に進めるためには、その国の状況に合わせた戦略が必要である。各国が固有の特性をもち、固有の解決策が必要なその国ならではの課題をもっているからだ。経済の多角化を促す政府の働きかけとしては、節度ある財政・金融政策、人的資本やインフラへの投資、企業への支援などがあげられる⁶⁰。

化石燃料輸入国のエネルギー安全保障

第一次世界大戦の前夜、当時のウィンストン・チャーチル英国首相は思い切った選択をした。英国艦隊の使う燃料を国産石炭から輸入原油へと切り替えたのである。以来、エネルギー安全保障、すなわちエネルギーを手ごろな価格で途切れることなく供給することが全エネルギー輸入国の重要な戦略課題となってきた。世界の80%もの人々が化石燃料の純輸入国に住んでいる⁶¹。

エネルギー安全保障をめぐる懸念は、国際関係の活動、同盟関係の構築、国益の保護、防衛計画立案に影響を与えた。石油の権益は数十年にわたり、米国と中東の関係を形づくってきた⁶²。同様に中国も、経済成長を持続させるために原油の供給とその他の天然資源確保の必要から、アジア、アフリカ、中南米の国々と新たに強固な関係を築いているほか、再生可能エネルギーを利用して国内エネルギー供給の多様化を図っている。

再生可能エネルギー中心の経済では、大半の国がエネルギーの自立性を実現できるだろう。エネルギー安全保障が向上し、その国にふさわしいエネルギー政策を自由に決定できるようになる。経済性のある何らかの再生可能エネルギーは、ほぼどこにでも潜在的に存在するため、化石燃料の輸入に現在大きく依存している国も、再生可能エネルギーを利用して戦略的・経済的恩恵を得ることができよう。

戦略的な視点からみて、化石燃料輸入国は、石油・ガス輸出国で発生しうる政情不安、テロ攻撃、武力衝突によるエネルギー供給停止や価格変動といったリスクに対し脆弱である。エネルギー輸入に依存する小国も供給に関する圧力や強制を受けることがあるため、独自に戦略上の優先事項や戦略目標を決定する自由度が損なわれる。

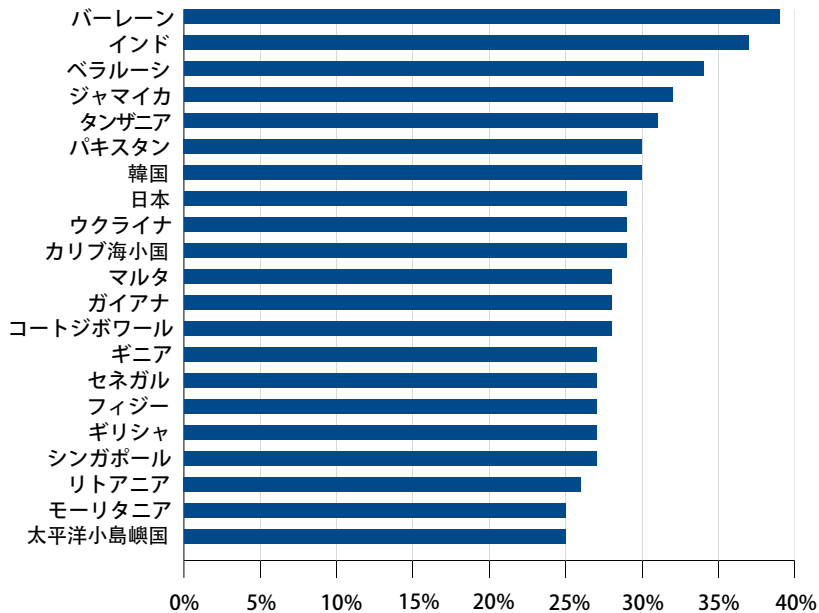
これとは対照的に、国内の再生可能エネルギー源を開発できる国は、エネルギー安全保障を実現できる優位な立場にある。ブラジルのエタノールプログラムはその一例である。このプログラムは1973年のオイルショック後に、ブラジルの石油輸入量を減らして経済を石油の価格変動と供給停止から保護するために打ち出された。プログラムはブラジルのエネルギー自給自足に向けた取り組みにきわめて重要な役割を果たし、ブラジルは世界第2位のエタノール産出国、世界第1位の輸出国として変容することができた。

経済的な意味では、高い輸入依存度のコストとリスクも考えられる。エネルギー消費の大部分を輸入に頼る国々は為替レートと燃料価格の変動にさらされており、国際収支が悪化する可能性がある。たとえば1970年代のオイルショックによって多くの工業国経済は不況に陥ったが、これは、その後10年間に多くの途上国が債務危機に苦しみ、深刻な社会的・経済的打撃を被る原因となった。エネルギーミックスに占める再生可能エネルギーの割合が上昇すれば、このようなリスクが軽減されて経済成長に新たな活力がもたらされる可能性がある。

アイスランドは、再生可能エネルギーを軸に経済を改革し、恩恵を得た国の好例である。アイスランドは 20 世紀の間に、石炭・石油の輸入に大きく依存する欧州で最も貧しい国から、高い生活水準を誇り、水力と地熱で電力を 100%調達する国へと進化した⁶³。再生可能エネルギーの効果的な開発はアイスランドのエネルギー安全保障を向上させ、経済基盤を拡大し、アルミニウム精錬やデータ保管、温室農業といった新たな産業を国内に呼び込んだ⁶⁴。

化石燃料の輸入はまた、一部の輸入国の貿易収支を大いに圧迫することがある。世界貿易機関（WTO）のデータによると、石油価格が大幅に下がったにもかかわらず、2015 年の世界化石燃料総輸入にかかるコストは 1 兆 9,000 億米ドルに上った⁶⁵。図 8 が示すように、化石燃料への依存度の高い輸入国の上位はバーレーン、インド、ベラルーシ、ジャマイカ、タンザニア、パキスタン、韓国である。

図 8. 全商品輸入に占める化石燃料輸入の割合（2007 年～ 2016 年の平均）



出所：世界銀行

輸入化石燃料から国内で調達可能な再生可能エネルギーへと転換すれば、国の貿易収支を大幅に改善できるだろう。たとえばインドは、2020年代に中国を抜いて世界最大のエネルギー成長市場になると予想される。その化石燃料輸入支払い（総輸出入に占める割合から算出）は、2000年～2001年の35%から2012年～2013年には60%まで増加した。同じ期間の貿易赤字は1,900億米ドルとなっているが、化石燃料もその主因の一つである⁶⁶。

消費者からみれば、エネルギー輸入代金の支払いによって多額の富が国外に流出することになる⁶⁷。エネルギーの輸入は価格変動のリスクにさらされており、遠く離れた地政学上の事件がその原因になることも多い。また、石油価格が上がると輸入インフレが起き、消費が伸びず、企業のコストが上昇するため、経済成長が抑制される。逆に石油価格が下がれば、輸入国の景気は刺激される⁶⁸。

化石燃料資源の乏しい途上国は、自国の再生可能エネルギー資源を利用すれば最も恩恵を受ける立場にある。たとえば小島嶼開発途上国（SIDS）は、国内の電力需要の多くを輸入燃料に頼っている⁶⁹。また、気候変動の原因となる活動を最もしていない国々であるにもかかわらず、その影響を大きく受けやすい場所に位置する。異常気象による災害に備えて自国のレジリエンスを高めるとともに、エネルギー安全保障を向上させ、高すぎる輸入代金支払いを減らすため、カーボヴェルデ、クック諸島、フィジー、セントビンセントおよびグレナディーン諸島、サモア、バヌアツのSIDS13カ国は、消費電力に占める再生可能エネルギーの割合を60～100%まで引き上げる計画を発表した⁷⁰。

多様な再生可能エネルギー源が利用でき、送電グリッド上で再生可能エネルギー発電の変動性を吸収できる場所であれば、100%再生可能エネルギーによる電力供給を実現することが技術的に可能だ。アルバニア、エチオピア、レソト、ノルウェー、パラグアイ、タジキスタンなど一部の国々は、すでに電力の全部またはほぼ全部を水力発電で賄う。水力発電は、送電システムの安定性をもたらす確立された技術である。また、再生可能エネルギーミックスを利用して同様の成果を挙げている国もある。たとえばブラジル、コスタリカ、ニュージーランド、ケニアは、消費電力の80%以上を水力、地熱、風力、バイオマス、太陽光を組み合わせで発電している⁷¹。

チリ、ヨルダン、モロッコといった国々も、エネルギー安全保障を向上させ、エネルギー輸入が悪化させる構造的な貿易不均衡を是正しようと、エネルギー輸入依存度を減らしつつある。モロッコは現在、消費エネルギーの90%以上を輸入に頼っている⁷²。だが、国内の安定した日照と強い風力を利用してエネルギー輸入を減らし、最終的には欧州やアフリカの市場向けに電力の純輸出国になることを目指している。モロッコは、2030年までにエネルギーミックスの52%を再生可能エネルギーで賄う目標を設定した。

エネルギーの自立性とは、完全な自給自足を意味するわけではない⁷³。ある国がたとえ再生可能エネルギーを生産することができたとしても、比較優位を重視することによってその選択肢を選ばないケースもある。ある国のエネルギー需要がたとえ国内のエネルギー源によって完全に満たされていたとしても、国際的なバリューチェーンや技術・財・サービス貿易から得られる恩恵は存在する。

再生可能エネルギーの普及を通じてエネルギー安全保障が向上する結果、エネルギー輸出国と輸入国の力関係が変化するかもしれない。また、国際政治における石油とガスの重要性が低下するだろう。エネルギー供給の安定的確保を確実にすることは、国際安全保障の優先事項よりもむしろ国内のガバナンスの問題になった。エネルギーの自立性を実現した国は供給国に対する立場の弱さや負い目が減り、自国の戦略や外交政策の目標を自らの意志で追求することができるようになるだろう。

再生可能エネルギーのリーダーの台頭

新たな再生可能エネルギー技術で優位に立てる国は、世界での影響力を高め、その範囲を広げることが期待できる。新たな再生可能エネルギーのリーダーとして浮上りうる国は、次の3つのタイプに属する。

第1に、再生可能エネルギーの高い技術的潜在力をもつ国が、再生可能エネルギーの電力または燃料の重要な輸出国となった場合である。経済的に実証されたオーストラリアの太陽光・風力エネルギー資源は、石炭、ガス、石油、ウラン資源を合わせた資源量を75%上回るとみられる⁷⁴。チリはアタカマ砂漠に世界最高水準の太陽光資源をもち、風力、水力、地熱、海洋の各エネルギー潜在力も高い。しかし両国とも、地理的に遠いことが電力輸出を制約するだろう。

一部の国は、すでに再生可能エネルギーによる電力の純輸出国になった。ブラジルは今や、水力発電による電力の主要輸出国である。ノルウェーは周辺国とオランダに電力を輸出し、ドイツと英国につながる送電ケーブルを新たに敷設中である。ラオスとブータンも、水力発電による電力を周辺国に輸出している。ブータンのインド向け電力輸出は政府歳入の27%以上を占め、GDPの14%に相当する⁷⁵。

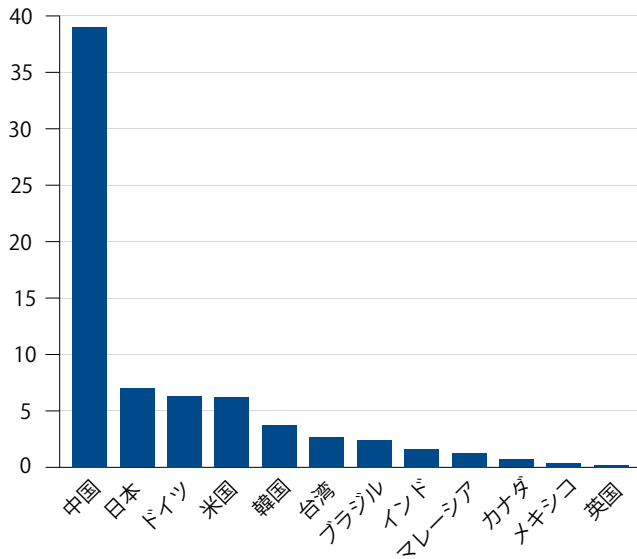
第2に、ボリビア、モンゴル、コンゴ共和国（DRC）など鉱物資源の豊かな国々は、再生可能エネルギー技術に必要とされる世界規模の生産とバリューチェーンに参入できるチャンスがある。正しい政策とガバナンスの枠組みを定めることができれば、チャンスを活かして経済発展を進めることができるだろう。

第3に、技術イノベーションのリーダーは世界のエネルギーの変容から最大の恩恵を得られる。世界の再生可能エネルギー超大国の地位に最も近いのは、なんといっても中国である。全体にみても、中国は今やソーラーパネル、風力タービン、各種電池、電気自動車の製造・輸出・設置事業で世界最大規模を誇り、世界のエネルギー転換における先端にいる。

図9は、風力タービンのコンポーネント、結晶シリコンPVモジュール、LEDパッケージ、リチウムイオン電池の4技術からなるクリーンエネルギー製造業の合計付加価値を示している。これらのクリーンエネルギー技術の製造業において、中国が世界で群を抜いていることがわかる。さらに、世界の再生可能エネルギー特許件数でも中国が1位となっている（図10参照）。

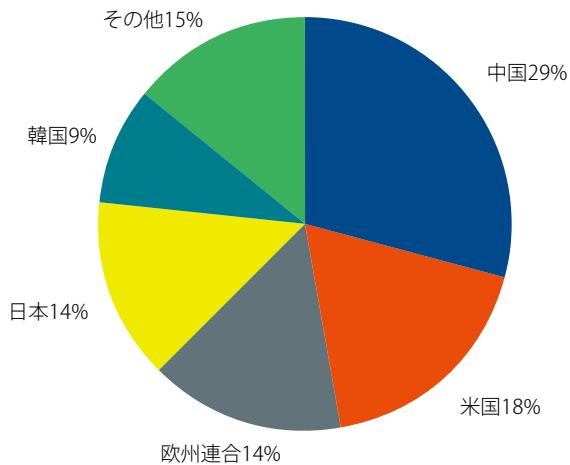
中国の再生可能エネルギーとクリーン輸送分野の研究、開発、投資に対する国を挙げた取り組みにより、これまで自動車・エネルギー機械部門で優勢だった米国や欧州の企業に中国企業が追いつくチャンスが出てきた。このことは、貿易における比較優位と経済成長に向けた勢いを中国に与えることになるだろう。

図 9. クリーンエネルギー製造業の付加価値（2014年、10億米ドル）



出所：クリーンエネルギー製造業分析センター⁷⁶

図 10. 再生可能エネルギー累積特許件数の内訳（2016年末現在）



出所：IRENA

再生可能エネルギーにおけるリーダーとなったことで、中国の地政学上の立場はいくつかの点で改善された。国内生産できるエネルギーを増やして燃料輸入への依存度を減らし、経済目標にブレーキをかけかねないエネルギー供給停止のリスクを軽減しつつある。また、再生可能エネルギー分野の高い専門性によってクリーンエネルギー技術の代表的な輸出国となり、貿易収支を改善している。

クリーンエネルギーの技術競争は、テクノロジーの優位性が支配する状況につながる可能性がある。ある意味で、ファーウェイ、サムスン、アップルなどの数社がグローバルリーダーの座を争うモバイル技術分野では、すでにこの状況がみえてとれる。同じように少数の企業がクリーンエネルギー技術を支配することになれば、独占により競争が封じられ、イノベーションが抑圧され、市場が歪められる恐れがある。重要なエネルギー技術を支配できない国は、支配する側の限られた国々と企業に大きく依存する可能性がある。その場合、産業政策がますます重要になる。各国は、公正でルールに基づいた貿易制度の下で、特定の技術に関する競争力ある製造バリューチェーンを構築する必要があるだろう。

特定の分野のテクノロジーの優位性による支配のリスクを別にすれば、再生可能エネルギー源が普遍的に存在することを鑑みると、再生可能エネルギーのリーダーが化石燃料のリーダーのような市場の支配権を握る可能性は低い。

新たな参入者：市民、都市、企業

再生可能エネルギーはエネルギーシステムの分散化と民主化につながりやすいため、再生可能エネルギーへの移行が政治的・経済的な力関係を再構築する可能性がある。太陽光 PV と風力のコスト低下、さらにスマートな送配電システムのおかげで、屋上や一定の広さの土地を所有している人はほぼだれでも、自家消費用・売電用を問わず電気を生産することができるようになった。こうした動きは、エネルギー・エコシステムの多様化をもたらすだろう。国家による中央集権のエネルギーシステムにおける役割は変化し、一方で多くの新たな参入者とビジネスモデルが台頭し発展する可能性が高い。分散化された地方のエネルギー生産形態は、集中型の電気系統と比べて家計や地域社会に多くの自主性を与える。

ソーラーパネルや電池、スマートソフトウェアを設置し導入する人が増えるにつれ、以前は受け身であった電力消費者も、相互接続系統上で電気の生産者兼消費者になる可能性がある。市場デザインと、エネルギー貯蔵を含むスマートグリッド技術にイノベーションが起これば、変動型の再生可能エネルギーを系統上で安定的に管理することができる。通信技術の進歩は「エネルギーのインターネット」の誕生につながる可能性があり、何億もの人々が自宅やオフィス、工場で電気を生産し、ピア・ツー・ピアで共有できるようになるかもしれない⁷⁷。電気系統に接続されたスマート機器の数は、2017年の260億台から2025年までには750億台を超えるとみられており、インテリジェントな需要サイドの管理が可能になるだろう⁷⁸。この新たな「プロシューマー（生産消費者）」の世界では、エネルギー資産はもはや集中管理型の電力会社や国家が独占的に所有するものではなくなる。

集中型のエネルギーシステムでは、エネルギーの生む金銭的な便益もまた中央に集中し、もっぱら企業や政府の手にわたる傾向がある。これとは逆に分散化された再生可能エネルギー系統は、エネルギー源の純粋な選択権と経済的便益の分け前を消費者に与える。これは同時に、再生可能エネルギー投資の社会的受容を進めることになる。その代表的な例がドイツである。2016年には再生可能エネルギー発電容量の31.5%を一般市民が所有し、同部門の最大の「投資家ブロック」となった⁷⁹。

分散化された再生可能エネルギーは、自然災害に対する地方社会のレジリエンスも高める。2011年の東日本大震災と津波により被害を受けた日本の東松島市は、マイクログリッドと分散化された再生可能エネルギーを中心としたエネルギーインフラを再構築する道を選んだ。米国では、ハリケーン・サンディによって21の州で850万人に停電の被害が出たことを受けてマイクログリッドが普及した⁸⁰。

都市は、エネルギーの変容に中心的な役割を果たす。今世紀半ばまでには、世界の人口の70%が都市に住むようになると予想される⁸¹。都市は世界の発電量の約3分の2を消費し、炭素排出量の70%を占める。また、沿岸部の洪水や都市部のヒートアイランド現象など、気候変動の影響に対する脆弱性が特に大きい⁸²。だが一方で、都市は新たなエネルギー環境を構築できる手段をもっている。2030年までには50の大都市による経済力が多くの低・中所得国の経済力を上回ると予想されており、都市はその性質上、国際社会における重要な経済的・政治的存在となるだろう。

各都市はすでに断固とした行動をとりつつある。2017年には100を超える都市や町が消費電力の最大70%を再生可能エネルギーで調達しており、2015年の42%から拡大している⁸³。その中にはオスロ（ノルウェー）、ダルエスサラーム（タンザニア）、キト（エクアドル）、ウェリントン（ニュージーランド）などの首都も含まれる。日本第2位の都市である横浜市は「スマートシティプロジェクト」を展開しており、スマートグリッド、ソーラーPVパネル、電気自動車を導入した⁸⁴。再生可能エネルギー電力で100%運営される新たなメガシティ（巨大都市）の発表や建設も行われており、紅海とアカバ湾の近くに建設される予定の「NEOM」もその一つである⁸⁵。

世界大都市気候先導グループ（C40）、イクレイ（ICLEI）、世界首長誓約など、都市や市町村による世界規模の連携・ネットワークづくりも進んでいる⁸⁶。2018年9月にカリフォルニア州が主宰した「グローバル気候行動サミット」など国家以外による行動も含めた連携は、再生可能エネルギーによる脱炭素化、持続可能性、レジリエンス強化を実現するための行動を促すグローバルなガバナンスをさらに強化するものである。

民間企業も業界の再編、調整、そして再生可能エネルギー発電の拡大によってエネルギー変容の現実に対応しつつあることを裏付ける証拠は豊富にある。ドイツ最大の公益企業RWE（エル・ヴェー・エー）とE.ON（エー・オン）はいずれも、時価総額の急激な落ち込みを受けて事業を再生可能エネルギーと火力発電の2部門に分割した。デンマーク国営石油・天然ガス会社（DONG）は、石油・ガス事業を売却し、社名を「オーステッド」に変更した。トタルは事業を多角化し、太陽光や電池技術に参入している。シェルは、石油と比較した天然ガスの事業割合を増やしている。BPや他の石油会社は、電気自動車の充電設備事業を買い取って市場に参入しつつある。テスラは株式公開からわずか7年後の2017年に、創業100年以上のゼネラルモーターズを抜いて米国自動車メーカーの時価総額第1位となった。グローバルIT企業の中には、すでに消費電力の100%を再生可能エネルギーで調達する企業もある⁸⁷。こうした傾向は、グローバルIT企業がエネルギーの新たな勢力図で存在感を増しつつあることを示す。

端的に言えば、再生可能エネルギーの変容は電力の分散化と不可分の関係にある。近代の国民国家と化石燃料経済はともに肩を並べて進化してきた。ますます電化の進む世界における化石燃料時代の衰退と分散化された発電の到来は、国民国家の果たす役割に重要な影響をもつかもしれない。

国家間の新たな関係

再生可能エネルギーは、単に国と国とのパワーバランスに影響を及ぼすだけではない。同盟関係や貿易の流れを再構築し、電力系統と新しい商品をめぐる新たな相互依存の関係を生むだろう。

同盟関係の変化

化石燃料の世界的な需要が衰退すれば、化石燃料に基づく同盟関係が後退する可能性が高い。他のさまざまな理由から同盟自体は維持されるかもしれないが、エネルギーは以前ほど重要な柱でなくなるだろう。

石油輸出国機構（OPEC）は、化石燃料に基づく国家グループの典型である。OPEC は、石油輸出国の情報交換と、当時世界の石油取引を支配していた国際石油会社との関係調整にあたる組織として 1960 年に発足した。1980 年代初期になると、加盟国は石油生産政策の調整を開始した。

OPEC は、価格暴落や加盟国同士、また加盟国国内の対立や紛争といったさまざまな逆境に対して驚異的なレジリエンスを示した。現在の OPEC 加盟国・非加盟国間の協力は、地政学上の優先事項は異なるものの進められたサウジアラビアとロシア両国の関係改善によって支えられており、拡大してきた米国のシェールガス生産に対抗する OPEC 維持の試みであると解釈できる。OPEC はひょっとすれば別の姿に生まれ代わるかもしれない。そうだとすると、エネルギーの選択肢が広がり続ける世界において OPEC の重要性が低下する可能性は高い⁸⁸。最近、カタールが天然ガスの輸出に軸足を移すために脱退を決定したことは、急速かつ構造的に変化する市場において OPEC が直面する課題を明らかにしている。

2 国間関係も変化するだろう。米国とサウジアラビアの例は、石油が取り持つ戦略的同盟関係の最たるものである。この同盟関係は 1945 年、当時のアブドゥルアズィーズ・イブン・サウード国王とフランクリン・D・ルーズベルト米大統領がサウジアラビアの石油購入と引き換えに米国の軍事支援を提供することで合意し、誕生した。各国経済が石油への依存度を減らすにつれて、両国の関係は大きく変化するかもしれない。

また、各国は自国のエネルギー外交を見直し始めている。すでに日本の海外エネルギー戦略は、もはや、化石燃料の輸入確保のみに専念するものではなく、再生可能エネルギーも⁸⁹、特に水素エネルギーも視野に入れている⁹⁰。ドイツは2009年のIRENA設立でリーダーシップをとるとともに、再生可能エネルギー推進を掲げるいくつかの国々と2国間エネルギーパートナーシップを結んでいる⁹¹。主要な石油輸出国であるアラブ首長国連邦(UAE)も、IRENA総会の開催国を務め、アブダビ開発基金を通じて途上国の再生可能エネルギープロジェクトに資金提供し⁹²、先進国の再生可能エネルギープロジェクトに投資するなどリーダーシップを発揮している。

多国間協力を推進し特定の再生可能エネルギー技術を後押しする、新たな連携やイニシアチブも生まれている。2015年の国連気候変動枠組条約パリ会議の期間中だけで、国際太陽光同盟⁹³、世界地熱連合⁹⁴、「ミッションイノベーション」⁹⁵が誕生した。各国政府や政府間組織によって立ち上げられたこれらの団体は、再生可能エネルギー導入の加速を目指して各国、民間部門、非政府組織を結集している。

こうした連携の多くはまだ発展の初期段階にあり、技術協力に重点を置いているものの、地政学的な影響力を獲得していくと思われる。インドのナレンドラ・モディ首相は国際太陽光同盟(ISA)の第1回会合で、「ISAが将来、OPECの役割を引き継いでいく」と述べた⁹⁶。ISAはまだ形成段階にあるものの、インドはソーラー外交を通じて途上国との通商・外交関係を深めることを望んでいる⁹⁷。

新たな貿易の地勢図

再生可能エネルギーは、国家間・地域間のつながりと依存に関する新たな地勢図を構築すると思われる。広義では、エネルギー依存のウェイトが世界市場から地域単位の送電網へと移るだろう。今は世界の他の地域から石油を輸入する国々が、国内の再生可能エネルギー開発と自国と周辺国の電気系統統合を目指すと思われる。

再生可能エネルギーへの移行が進めば、電気がエネルギー分野の主役になる。石油や液化天然ガス（LNG）がグローバルに取引されているのとは対照的に、電気は今のところ地域内で取引される商品である。現在の技術では長距離送電による電力損失が大きいいため、世界のエネルギー市場は地域ごとにまとまる傾向があるからだ。だが、損失を最小限に抑える超高速（UHV）送電線の新技术が、長距離の取引を改善する助けになるかもしれない。

化石燃料の取引は現在、全商品取引のほぼ 15%を占める⁹⁸。化石燃料の取引が減少すれば、今後も存続するエネルギー関連取引のうち再生可能エネルギーの技術取引、また燃料よりも電力取引の割合が増加するだろう。例外として考えられるのは、水素（再生可能エネルギーと従来型エネルギーの両方で発電）、合成燃料、バイオマスなどである（BOX 1 参照）。

化石燃料の取引とは異なり、再生可能エネルギー技術の取引は「自然の」比較優位ではなく「通常の」比較優位によって決まる。たとえば、ある国が（油田などの）採掘・石油生産の必要がある天然資源を所有する場合は自然における比較優位が生じる。一方で再生可能エネルギーは地理的偏在がはるかに少ないため、再生可能エネルギー取引において、国は、技術や相対的な価格、輸送コストといった要素を考慮して比較優位のある特定分野に注力するだろう。

エネルギーの貿易ルートが変化するにつれて、地政学的な勢力図も描きかえられるだろう。ほぼすべての場所でエネルギーの生産可能な世界では、覇権をもつ 1 国が公海を支配し、ホルムズ海峡やマラッカ海峡など戦略上の難所を押さえることで影響力を行使することは、以前ほど容易でない。そうなれば、一部の海上貿易ルートの相対的な重要性も低下するだろう。

国家の安全保障を向上させ、国際的な影響力と権力を発揮するためには、電力系統インフラの制御力が欠かせなくなる。電力系統のインフラには、送電線や貯蔵施設などの物理的インフラと、電力部門のデジタル化にともなって広がるバーチャルな相互接続性が含まれる。一国の他国との接続性とネットワークが、陸・海・空軍力の不足を補うかもしれない⁹⁹。

BOX 1. 再生可能エネルギーが新たな貿易パターンを生むしくみ

再生可能エネルギーへの転換は、新たな貿易パターンを生みだす。化石燃料の貿易が衰退する一方、少なくとも以下の3領域では貿易の伸びが見込まれる。

1. **再生可能エネルギー関連の財・サービス取引。**太陽光 PV パネル、スマートメーター、電池、それらのコンポーネントと部品（例：風力タービンのブレード、水力発電の水車）と、関連サービス（例：エンジニアリング・設置サービス）などがあげられる。
2. **電力取引は、相互接続性がさらに進み電力系統の安定性と強靱性が高まることで増加するだろう。**太陽光や風力といった変動型再生可能エネルギーは、リアルタイムで需給バランスをとれる柔軟で相互関連性のある電力系統を必要とする。電気の相互接続性は、近隣諸国、周辺地域、さらに大陸同士をもつなぐ可能性がある。
3. **再生可能エネルギー燃料取引も大きく成長する可能性がある¹⁰⁰。**その一例が、パタゴニアやオーストラリアの砂漠地域の豊富な再生可能エネルギーを利用した電気分解で発生させる水素である。水素以外にもアンモニアやメタン、メタノールなど、再生可能エネルギー電力で生産できる多くの合成燃料がある。こうした燃料は（これまで揚水発電でのみ可能であった）再生可能エネルギー電力の季節貯蔵を可能にし、既存のインフラ設備（天然ガスパイプラインなど）を有効に活用できる。また、航空や一部の産業プロセスなど、電化の難しい部門で炭素排出量を削減できる潜在性をもつ¹⁰¹。

取引を増加させる明るい見通しの一方で、再生可能エネルギー技術に関連した紛争が近年増加している。再生可能エネルギー製品の輸出入は、関税や内外差別的な補助金、国により異なる技術規格が阻害要因となることがある。WTO加盟国は、環境分野の財・サービスの開かれた貿易促進に向けて交渉を開始した。将来的には、再生可能エネルギー貿易の公平な競争実現のためのガバナンスの問題、とりわけ基準と規則についての検討が必要となるだろう。

中国の「一帯一路」構想（BRI）は、約 80 カ国が加盟するプロジェクトからなる世界規模の戦略的計画である。期間中に投入される 1 兆米ドル超の資金に支えられたこの計画は、世界で最も意欲的なインフラ整備プログラムの一つである。港湾、鉄道、道路、パイプライン、産業団地からなるネットワークを構築し、バンコクやロッテルダムなど中国から遠く離れた都市へとつなぐことを目標とする。これに劣らず意欲的なプロジェクトが、中国最大の国営企業、国家电网公司の提唱するプロジェクトである。「グローバル・エネルギー・インターコネクション（GEI）」と呼ばれる世界規模のスーパーグリッド構想は、海底送電ケーブルですべての大陸を結び、全世界に再生可能エネルギー電力を提供することを目指す¹⁰²。

BRI と GEI には共通する戦略上の目的がある。中国は、マラッカ海峡や南シナ海といった交通の難所を通過するエネルギーと商品の輸入依存度を減らしたいと思っている。中国のインフラ外交は 21 世紀の地政学にとって、海上レーンの確保が 20 世紀米国の覇権にとってそうであったのと同じくらい重要かもしれない。BRI は多くの国から支持されているが、中国の影響力拡大を不安視する声も聞かれる¹⁰³。また、プロジェクトの対中債務、透明性、中国企業の突出した役割、環境面の持続可能性に懸念を表明する国もある¹⁰⁴。

他の主要国も、この数年の間に独自のインフラ整備計画を進めてきた。日本、米国、インドは「自由で開かれたインド太平洋戦略」を推進し¹⁰⁵、その中で米国はインフラ・接続性プロジェクトに 1 億 1,350 万米ドルを投じる予定である。東南アジア諸国連合（ASEAN）加盟国は「コネクティビティ 2025」戦略を策定し¹⁰⁶、欧州連合は先ごろ「欧州とアジアを連結するための戦略」を発表した¹⁰⁷。

これらの取り組みの規模と野心的な目標からみて、インフラの連結とインターネットは、競争関係にある大国同士の影響力と支配権をかけた新たな戦いの場になるかもしれない。一方、上記のプロジェクトが地政学上の接着剤の役割を果たし、新たな相互依存関係を通じて各国とその市民をさらに結びつける可能性もある。ネットワークでつながれたコミュニティが登場し持続するには、高いレベルの信用と信頼が求められる。だが、一度確立された物理的・人的な相互接続が協力と共存、また安定と繁栄をもたらすパイプの役割を果たすかもしれない。

エネルギー外交の見直し

国家は長い間、エネルギー資源を外交手段として使ってきた。いわゆるエネルギー外交である。だが、再生可能エネルギーが大半の電力を賄う世界では、エネルギー資源が地政学上の道具として通用しにくくなる。ジミー・カーター元米国大統領は、「だれであろうと、太陽の光が私たちの元に届くのを禁止したりさえぎったりすることは決してできない」と述べた。一方で電気、バイオ燃料、新たに登場した水素などの燃料、あるいは重要物質（クリティカルマテリアル）のような他の商品に頼ることで、新しい形の依存と脆弱性が生まれる可能性がある。

外交手段としての石油とガス

エネルギー変容の影響として考えられる一つの例が、外交政策手段としての石油とガスの戦略地政学上の重要性の低下だろう。国家は自らの外交政策目標を実現するために、時として石油・ガス市場に介入してきた¹⁰⁸。その方法の一つが石油やガスの禁輸措置である。たとえばアラブ石油輸出国機構（OPEC）加盟国は、第4次中東戦争を受けて1973年10月に、一部の西側諸国への石油禁輸措置を宣言した。他にも、アパルトヘイト当時の南アフリカに対して禁輸措置を発動している。

一部の国は、石油輸出国への圧力を強めるために禁輸制裁を発動してきた。最近の例では、米国のトランプ大統領が2015年のイラン核合意から離脱を決定した後、解除されていたイランへの石油禁輸制裁を再発動した。場合によっては、ある国に制裁を実施しても輸出高が減少しないことがある。制裁発動によって世界の原油価格が上昇し、消費国にも均等に痛みを与えるからである。その代わりに、将来の生産能力開発を阻止することを狙いとするアプローチは、2014年に西側諸国と日本がロシアに発動した石油禁輸措置で実施された。

時には、石油やガスの供給を停止したり価格を一時的につり上げたりせず、その正反対の行動に出ることで地政学的な影響力を行使しようとすることもあった。たとえばOPECは、2014年の原油価格の急落後にも減産を行っていない。これは米国のシェールガス生産の伸びに対抗し、市場シェアを維持する方を選んだからである。

石油とガスは、敵に苦痛を与えたり抑止したりする「ムチ」としてだけでなく、同盟国に見返りを与え忠誠を誓わせる「アメ」としても用いられてきた。たとえばベネズエラのカリブ石油機構は、カリブ海小国に相当な割引条件で原油と石油製品を提供することにより、米国の同地域への影響力に対抗している。

エネルギー資源だけでなくその輸送ルートも、地政学的な争いの対象になってきた。たとえば1990年代に米国がバクー・トビリシ・ジェイハン（BTC）パイプライン計画を進めたのは、この地域においてロシアとイランに代わる戦略的な影響力を行使するためであった。欧州連合はロシアからのガス輸入依存を減らすために、過去10年以上にわたり南ガス回廊の建設を支援している。一方でロシアと欧州の一部の国々は、既存の輸送ルートを迂回する代替ルートとなるノルドストリームなどのガス回廊建設を進めてきた。

地政学的な武器としての電力供給停止

再生可能エネルギーの普及は電化を後押しし、電力のクロスボーダー取引を促すと思われる。風力や太陽光などの変動型再生可能エネルギー源からなる電力は、需要と供給の変動をリアルタイムで管理する柔軟な電力システムを必要とする。市場の設計、スマートグリッドや貯蔵技術分野のイノベーションが起これ、並行して国家間の高圧直流送電の相互接続が実現するならば、こうした柔軟性のニーズに効果的に対応できる。

一部には、電力システムを制する国々が周辺国に対する不当な支配権を行使し、国家間の電力供給停止がかつての石油・ガス制裁と同じく重要な外交ツールとして戦略的に利用されるのではないかとする見方がある¹⁰⁹。

だが、とりわけ電力取引は、石油・ガス取引と比べて相互作用的な傾向がある。石油・ガスのフローは輸出国から輸入国へと一方向に向かうが、国家間の電力取引は双方向である。太陽光エネルギーで発電する国が雨天では隣国からエネルギーを輸入し、逆に晴天では輸出する可能性がある。

また、電気の売り手と買い手との関係は、パイプラインやLNGターミナルといった固定輸送インフラを必要とする天然ガス取引ほど排他的なものではない。ロシアが2009年にウクライナへのガス供給を停止して欧州の下流消費者に影響が出たとき、欧州の国々はロシア産ガスの代わりとなるエネルギーにアクセスしづらい状況だった。だが将来的にクリーンな電気を生産する国が増え、相互接続が確立されるにつれて、国内で生産される電気が増加し、さまざまな代替エネルギー源の電力を輸入できるようになるため、供給ボイコットにより苦境に立たされる可能性は低いだろう。

再生可能エネルギー電力の輸出国が輸入国に対して支配的な地位を獲得したとしても、その非対称性は地政学上の圧力の道具として容易に使えるものではない。各国が代替となる電力の選択肢を自由に使えるようになるからである。たとえば、国内に再生可能エネルギーを導入して自分たちで発電することもできれば、周辺国から電力を輸入することもできる¹¹⁰。その結果、再生可能エネルギー輸出国は常に輸出国と輸入国の複雑な相互依存性ネットワークの一部となり、再生可能エネルギーが地政学上の武器として利用される可能性は低下するだろう。

また、電力のクロスボーダー取引が地域内の協力を促し、「グリッドコミュニティ」の構築機会につながるという別の見方もある。スκανジナビア諸国はその実証例であり、数十年にわたって地域内で電力を融通している。地域単位の電力プール構想も考案され、アジア（ASEAN パワーグリッド）、アフリカ（5つの地域パワープール）、中米（中米電力連係システム（SIEPAC¹¹¹）、中東（湾岸協力会議パワーグリッド）が進行中である。近年では、アジアスーパーグリッド、デザーテック・プロジェクト、北海沿岸諸国オフショアグリッドなど、再生可能エネルギーのスーパーグリッドがいくつか提案されている¹¹²。

国家間の協力による系統接続の構築に大きな障害となるのが、信頼の欠如である。オスロ和平交渉中に信頼を醸成する目的で、イスラエルと周辺アラブ諸国との間に系統接続を構築する案が出された。だが、この計画は実現しなかった。当事者間の信頼関係が足りなかったためである¹¹³。その結果、イスラエルは依然として「電力の孤島」であり続けている。もう一つの例はバルト海沿岸諸国で、ロシア産電力との結びつきを断ち自国と欧州大陸の電力系統を同期させたいと思っており、それは地政学上の理由によるものである¹¹⁴。

国境にまたがる電力系統を各国政府が統制するためには、十分に規制され透明性の高い市場における自由な電力フローを保障する適切な取り決めを考案する必要があるだろう¹¹⁵。その例はすでにいくつか存在する。欧州では欧州エネルギー規制機関（ACER）が、電力の欧州単一市場の適正な機能を監督している。NEPAD（アフリカ開発のための新パートナーシップ）の進める「アフリカ・インフラ開発プログラム」に組み込まれたIRENAの「クリーンエネルギー回廊（CEC）」構想は、全エネルギー市場における電力のクロスボーダー取引を推進する¹¹⁶。アフリカで策定中の「アフリカ大陸自由貿易圏」も、アフリカ地域間または地域内での統合・相互接続に向けた新たなチャンスとなる。

バイオ燃料の取引リスク

バイオ燃料は特に 2006 年以降、世界市場における重要な商品となり、一部の国でエネルギー転換戦略に組み込まれている。エタノールは、過去数十年間に世界で大規模に取引されている。バイオディーゼルの取引はまだそれほど確立されておらず、燃料としてよりも主に工業用の原材料（大豆や植物油など）として取引されている¹¹⁷。バイオ燃料が環境に与える影響やバイオ燃料と食料で資源を奪い合う可能性を懸念する声もあるが、多くの国において作物残さや藻類を原材料とする次世代バイオ燃料の開発などによりこの問題への対策が講じられている。

先に述べた懸念はあるものの、バイオ燃料の取引は、以下に挙げる市場特性から地政学上の武器になりにくいと思われる。

- 一部の工業用原材料（サトウキビなど）は取引できない、または傷みやすい。
- バイオ燃料のうち国際取引できるものの割合はきわめて低い。
- バイオ燃料の最大の生産国は、最大の消費国でもある。
- 関税・非関税障壁が引き続き一部の国で市場への参入を妨げている。
- 収穫量や規制の予測不可能な変化により、取引フローの方向と規模が変わりやすい¹¹⁸。

重要物質における阻害要因

再生可能エネルギー技術と各種電池は、その製造に特定の鉱物、たとえばコバルト、リチウム、レアアース元素を必要とする¹¹⁹。これらの重要鉱物資源に恵まれた国が、これを利用して、持たざる国に圧力をかけるのではないかと懸念する声もある。

こうした見方は、中国が 2008 年に海外の買い手に対するレアアースの供給を制限したために信ぴょう性を高めた。市場はパニックに陥り、国際取引価格は高騰した。レアアース鉱物の世界的な供給のかなりの部分を中国が支配していたためである。

だが実は、17種類のレアアース鉱物のうち大部分は地質学的に希少（レア）ではない。それらは豊富に存在し、広く分布している。ただし採掘と生産に費用がかかり、汚染が発生する。米国が1990年代以降、レアアース生産における中国の優勢に対抗しようとし、ない理由の一つもその点にある。

レアアースが希少だと思われているのは、一つには他のすべての商品と同様にレアアースも周期的な市場だからである。需要が高まったときに供給がこれに応えるには時間がかかる。新たな掘削事業は長いリードタイムを要するからである。このタイムラグは価格を急騰させる。価格の高騰は企業の過剰な投資を呼び、その結果、ブームが去ると価格が暴落し新たなサイクルがスタートする。中国の輸出制限後の展開はまさにこれと同じであった。価格が上昇し、掘削事業に投資が流れ込み、2012年の価格崩壊を招いたのである¹²⁰。

さらに、再生可能エネルギー技術にレアアースや他の重要鉱物を使用しないですむ選択肢がある。コバルトを使用しない電池の開発が進んでおり、風力タービンのうちレアアース元素を用いて製造されるのはごくわずか（米国では2%未満）である。一部の鉱物はリサイクル、再利用、貯蔵も可能なため、希少性に対する認識はさらに薄れつつある¹²¹。

これらの要因を合わせて考えると、こうした重要物質を支配するカルテルが登場する可能性は低い。カルテルは組織するのも維持するのも困難である。20世紀にはスズ、コーヒー、砂糖、ゴムのカルテルが横行していたが、石油は実質的に価格が下落しなかった唯一の主要商品であった。国際間の通商規則もカルテル結成を阻止してきた。2014年には米国、日本、欧州連合がWTOに対し、中国のレアアース輸出規制決定への異議を申し立てて勝訴している。

以上のことから、再生可能エネルギーの主導するエネルギーの変容において、エネルギー資源を手段とする外交、すなわち「エネルギー外交」の事例は少なくなるだろう。電気、バイオ燃料、その他新たなエネルギーシステムに欠かせない重要な物質が、石油やガスと同じように地政学上の役割と重みをもつ可能性は低い。

エネルギーと紛争

再生可能エネルギーに軸足を移せば特定の紛争発生が減り、石油、ガス、水、食料に代表される重要な天然資源をめぐる競争を回避できる可能性がある。一方でサイバーセキュリティと重要な鉱物資源へのアクセスは、不安と緊張を高めるかもしれない。

石油とガスに関連した紛争の減少

化石燃料、とりわけ石油は、過去 100 年間にわたって紛争のパターンを決定づけてきた。世界が再生可能エネルギーに移行し化石燃料の相対的な重要性が低下すれば、紛争発生における地政学が変化し、紛争の起こる地理的な位置も変化する可能性がある。たとえば南シナ海や東地中海の炭化水素鉱床など、資源をめぐる世界的・地域的な対立における紛争の件数や程度が軽減されるかもしれない。この点では、世界的なエネルギーの変容が平和の配当をもたらす可能性がある¹²²。

化石燃料は国家間の紛争の直接の火種となることはほとんどないが、国内の武力紛争を悪化させる要因になることが多い。アフリカ地域の一部の産油国は、過去数十年にわたって国内の激しい混乱と紛争を経験している。石油は、現状の不平等を拡大し、国外からの干渉の機会を与え、産出地域における不満をさらに悪化させることがある。中央政府がその地域外へと富の再分配をしている場合はなおさらである。武力集団も、活動の資金源とするために天然資源と関連サプライチェーンを略奪する可能性がある。その他の天然資源（ダイヤモンド、熱帯木材など）も国内の紛争の原因となりうる。だが、どの天然資源よりも紛争とのつながりの強いのは石油であることが実証されている¹²³。

石油と LNG が安全保障上それほど戦略的意味をもたなくなれば、海上交通の難所であるホルムズ海峡やマラッカ海峡など幅の狭い船舶航路の重要性も低下するかもしれない（図 11 参照）。ホルムズ海峡は、中東の産油国を世界の主要市場と結ぶ世界で最も重要な石油輸送ルートである。最も狭いところの幅はわずか 21 マイル（33.8 キロメートル）、船舶帯は両方向とも 2 マイル（3.2 キロメートル）しかない。毎日、海上貿易のために輸送され

るすべての原油の約 30%に加え、相当量の LNG がここを通過する。ホルムズ海峡では何回か軍事的対立も起きている。2018 年には米国の石油制裁発表を受け、イランが海峡を通過する石油輸送差し止めを示唆した¹²⁴。

BOX 2. 再生可能エネルギーと軍隊

世界規模のエネルギーの変容は、軍事作戦と基地の運営方法に影響を与える可能性がある。一部の国では風力タービンがレーダー監視に干渉する疑いがあるとして、軍が風力エネルギーの普及を妨げてきた。だが軍はしだいに、再生可能エネルギーがチャンスであることに気づいている。米国国防省 (DoD) はエネルギー効率、再生可能エネルギー利用、電池貯蔵、ミニグリッド、代替燃料を使ってエネルギーのレジリエンスを高めようとしている。また、2025 年までに同省の施設の消費エネルギー全体の 25%を、再生可能エネルギーの生産または調達によって賄う目標を定めた¹²⁵。

再生可能エネルギーは、防衛面や軍備面の必要性からも推進されている。米国軍は世界最大クラスの石油消費組織である。2017 年に船舶、航空機、航空母艦、戦闘車、緊急作戦基地の電力消費を賄うために使われた燃料は、8,500 万バレルを上回った¹²⁶。このレベルの消費は費用がかかり、かつ危険である。燃料供給ラインは、特に戦闘地域での前方作戦において敵の攻撃に脆弱となりやすいからだ。また米軍基地は国内でも、サイバー攻撃の脅威や、気候変動によって頻度・強度を増した気象災害の脅威にさらされる度合いが高まっている。2018 年 10 月には、ハリケーン「マイケル」がフロリダ州のティンダル空軍基地に深刻な打撃を与えた。

再生可能エネルギーの潜在力を調査している防衛機関は、米国国防省だけではない。北大西洋条約機構 (NATO) は 2014 年 2 月に「グリーン・ディフェンス」フレームワークを採択した。英国や韓国をはじめとする各国軍隊も、再生可能エネルギーの利用拡大を予定している。

図 11. 世界の石油輸送海上ルートの難所を通過する 1 日当たりの石油量



注記：すべて推計値（単位：100 万バレル／日）。原油と石油の両方を含む。2016 年データに基づく。

出所：米国エネルギー情報局

サイバーセキュリティー

エネルギーの転換はもう一つの革命的トレンド、デジタル化と並行して進行している。新たなデジタルテクノロジーにより、エネルギー部門はより接続された、スマートな、効率的な、信頼できる、持続可能な部門に変容しつつある。このプロセスの中心にあるのが電力部門だ。変動型・分散型エネルギー源の割合が高くなるにつれて、電力システムのバランスを保つデジタル化が重要な役割を果たす。デジタル化によって電力需要にスマートに対応し、発電量と消費量の差を埋めることが可能になる。

ただし、ルールに基づく国際的枠組みがなければ、エネルギー部門におけるさらなるデジタル化はセキュリティーとプライバシーのリスクを発生させかねない。犯罪者グループ、テロリスト、あるいは敵国のセキュリティーサービスが、詐欺や窃盗などの犯罪目的であれ軍事または産業のスパイ活動目的であれ、公共サービスとグリッドを制御するデジタル化されたシステムに侵入する可能性がある。最悪の場合、サイバー攻撃者が電力供給を含む産業インフラの遮断、妨害、あるいは破壊を試みるかもしれない。

「モノのインターネット」（家庭用電気製品、電気自動車、通信機器、エネルギーインフラを利用者が接続できること）の成長は、デジタル攻撃に新たな侵入機会と目標を提供する。

しばしば例にあげられるのが、2015年12月にウクライナ西部の電力グリッドにしかけられたサイバー攻撃である。ハッカー達は送電センターのコンピューターシステムに有害なソフトウェアをインストールすることに成功し、30カ所のサブステーションの送電を遮断した。停電による被害は23万人以上、最高6時間に及んだ。この事件はこの種の初の攻撃とみられ、電力をベースとするデジタルシステムに対するサイバー攻撃の潜在的リスクを浮き彫りにした¹²⁷。

より最近では、「国家の安全保障」を引き合いに、中国国家電網公司（世界最大の公共サービス企業で中国最大の国営企業）によるオーストラリア（オースグリッド社）、ベルギー（エアンディス社）、ドイツ（50ヘルツ社）など特定の送電・公共サービス企業の株式取得を監督当局が阻止しようとした。この理由の詳しい説明は一切なかったが、おそらくサイバー上のスパイ活動の脅威と、重要な国家インフラを第三国に一部支配されることを嫌う姿勢がリスクとして評価されたのだろう。

サイバー攻撃は現実の脅威だが、この問題は全体像の中でとらえる必要がある。サイバー犯罪のリスクは、エネルギー変容の前から存在している。従来型の電力グリッドもサイバー攻撃による侵入リスクにさらされており、ネットバンキングやインターネットなど他のデジタルシステムも同じような脆弱性をもつ。インターネットに接続されているものは本質的にすべて、ハッキングやサイバー攻撃の手段に対して脆弱なのが現実である。

脆弱性やサイバーリスクが今後も常に存在し進化するとはいえ、送電網とその関連資産を攻撃から守る有効な対策を開発し実行することが可能だ。世界各地の送電事業者は、すでにエネルギーシステムへの不正アクセスを防止するための措置を講じつつある。システムの運用者は送電網を守るための基準を策定し、企業はサイバー攻撃に備えて監視を強化するとともに緊急時対応計画を策定中である。サイバーセキュリティを優先して設計された、新たなスマートグリッドシステムも開発中である。サイバー攻撃のリスクを最小化するためには、世界のコミュニティーがサイバーセキュリティに関する共通の規範と規則を策定するために有効な手段をとることが賢明だろう。

鉱物

再生可能エネルギーが普及し、ソーラーパネルや風力タービン、電気自動車、エネルギー貯蔵などの関連技術が広く使用されるようになれば、それらの製造に必要とされるさまざまな鉱物や金属に対する需要も拡大するだろう（表2参照）。

理論上はこれらの鉱物の埋蔵量の多い地域が、エネルギーの変容から恩恵を受けるはずである。中南米には銅、鉄鉱石、銀、リチウム、アルミニウム、ニッケル、マンガン、亜鉛の非常に豊富な地下資源がある。アフリカはプラチナ、マンガン、ボーキサイト、クロムに恵まれている。アジア太平洋地域では、中国に金属資源が、インドに鉄鉱石、鋼鉄、チタンが、インドネシア、マレーシア、フィリピンにボーキサイトとニッケルが、ニューカレドニアに膨大な量のニッケルが、それぞれ豊富に存在する¹²⁸。

探鉱と採掘の技術進歩によって海底の地下に眠る鉱物資源の利用も可能になったことから、主権と統治に関する厄介な問題が生じている¹²⁹。深海での採鉱が拡大するにつれ、環境ダメージと紛争リスクを緩和する国際的な規範と基準が必要になるだろう。

だが、再生可能エネルギー技術に必要な金属や鉱物の資源が最も豊富なのは、十分な統治の歴史をもたない弱小国である。世界のコバルト供給量の60%以上は、コンゴ共和国（DRC）で産出される。国外の無数の関与が、鉱物資源に恵まれた一部の地域に長引く無法状態と紛争の原因となる状況を生みだし、あるいは悪化させて、社会、経済、政治、環境に深刻な影響を与えた。内戦による武力紛争の最も長く続くコロンビアでは、さまざまな武装グループがスズ、タングステン、タンタル、金の鉱床を支配して違法に使用してきた。

いわゆる紛争鉱物について、問題を解決するための取り組みが行われている。この戦略のほとんどが、グローバル・サプライチェーンの透明性を高め説明責任を問う取り組みである。たとえば OECD（経済協力開発機構）は、鉱物の採掘や取引を行う国向けにデューデリジェンスのガイドラインを発行し¹³⁰、国連安全保障理事会はコートジボワール、DRC、スーダン、その他紛争国にこうした措置を適用するよう要請した¹³¹。正しく規制された透明性の高い鉱床の利用開発は、これらの国々の経済発展に大いに貢献することができる。

表 2. 再生可能エネルギー技術に必要な鉱物

	太陽光技術	風力技術	電気自動車、 エネルギー貯蔵
ボーキサイト およびアルミニウム	x	x	x
カドミウム	x		
クロム		x	
コバルト		x	x
銅	x	x	x
ガリウム	x		
ゲルマニウム	x		
グラファイト			x
インジウム	x		
鉄	x	x	x
鉛	x	x	x
リチウム			x
マンガン		x	x
モリブデン		x	
ニッケル	x		x
レアアース		x	x
セレン	x		
シリコン	x		x
銀	x		
テルル	x		
錫	x		
チタン			x
亜鉛	x	x	

出所：国際持続可能開発研究所（IISD）、「グリーンな紛争鉱物（Green Conflict Minerals）」
（2018年8月）



第3節

地政学的な不安定をもたらす根本的原因への対処

世界のエネルギーの変容は、地政学的な不安定と紛争の根本原因となりやすい社会・経済・環境要因に影響を与えると思われる。気候変動、急速な都市化、高い失業率、差別、不平等、その他の主要な傾向が、貧困と排斥を助長し、人々の大規模な移動を促し、暴力による衝突と政治の過激思想を引き起こす状況、すなわち地政学的な不安定に影響を与えうるあらゆる力を生み出す可能性がある。再生可能エネルギーの特性と急速な成長が新たなリスクを生む一方で、エネルギーの変容はこうした課題のいくつかを克服する機会も生み出すと思われる。

経済的・社会的緊張

エネルギー転換は、経済、産業、社会の重要な変容にかかわる。それは第一次産業革命と同じ影響を、経済の豊かさ、雇用、社会組織に与えるかもしれない。再生可能エネルギーへの移行には、マクロ経済上の利点が見つかる。たとえばエネルギーのコストは世界の GDP の 5%だが、2050 年までに、これよりはるかに大きな世界経済の 2%強まで低下する可能性がある¹³²。しかし、新たな社会の分断と財政リスクを生む可能性もあり、それが国際システムを通じて波及し大きな地政学的な影響力をもつかもしれない。

社会的混乱の緩和

再生可能エネルギーへの転換は、2050 年までに 1,100 万人の新たな雇用にエネルギー部門にもたらす可能性があるが¹³³、同時に、石炭採掘業など特定の部門の雇用を減らすかもしれない。化石燃料の採取部門で最も労働集約型の石炭部門は、世界全体で 900 万人以上の労働力を抱える。これらの半分以上は中国の労働者である¹³⁴。石炭採掘業は安価な代替資源や自動化を含む構造的な市場原理と、人類の健康と環境を守るための政府規制などの脅威にさらされている。

世界最大の石炭産出国である中国の石炭採掘業の雇用は、2016 年現在で国内労働者約 8 億人のうちの約 500 万人を占める¹³⁵。しかし石炭業の雇用は特定の地域に集中しており、労働は生産要素の中で最も移動性が低い。炭鉱の閉山はしばしば地域社会・経済に深刻で長期的な影響をもたらす、疎外や社会の混乱、労使紛争を引き起こしてきた。

エネルギー変容は現在の政治的分断を悪化させるかもしれない、あるいは新たな分断を生み、それが地政学的な影響をもたらすかもしれない。2016 年の米国大統領選挙期間中、炭鉱労働者はドナルド・J・トランプ候補を最も声高に支持したグループに属した。オーストラリアとフランスの最近の内閣改造も、エネルギー転換をめぐる意見の対立が直接の原因であったと考えられる¹³⁶。2013 年にはブルガリア政府が総辞職したが、再生可能エネルギーの過度に優遇された固定価格買い取り制度が要因の一つとなった電気料金引き上げへの激しい抗議を受けたものである。

中国では大気汚染に対する抗議が、政府に大気汚染対策を政策の優先課題にするよう促した¹³⁷。政府が化石燃料消費への補助金を段階的に廃止しようとした多くの国では、改革に反対する人々が頻繁にデモ行進を行っている¹³⁸。2018年末には新たな炭素税に関連した燃料価格の引き上げに反対して、25万人以上のフランス人が抗議の声を上げた。

また、実行に移すのは難しいものの、「公正な移行（Just Transition）」を支援する政策は、炭鉱労働者とその家族、新技術によって自己の技能が不要になったその他の労働コミュニティの直面する、深刻な社会経済的困難への対処に寄与するという一定の裏づけがある¹³⁹。現在策定中の対策には、国家または地域による移行担当組織、移行基金、OJTの再教育プログラム、インフラ投資、技能開発・教育・転職支援プログラムの構築などがある¹⁴⁰。最近スペインは、正しい知識をもった指導者と進歩的な政策が成果を出せることを実証した。政府は2018年末までにすべての炭鉱を閉山すると同時に、影響を受ける炭鉱地域に今後10年間で2億5,000万ユーロを投資するとし、労働組合と合意した。

座礁資産

世界の化石燃料システムは、推計25兆米ドルの建設済み資産を保有し¹⁴¹ており、毎年1兆米ドルの資産を追加し続けている¹⁴²。油田、炭田、発電所、パイプライン、石油タンカー、製油所からなる巨大なネットワークが世界中に広がっている。だが、パリ協定の「2℃より十分低い」という目標を超えるまで、燃烧することのできるのは石炭、石油、ガス資源のわずか4分の1である¹⁴³。

政府の対応と再生可能エネルギー技術のコスト低下を受けて、化石燃料システムの一部が「座礁資産」になる可能性がある。資産の座礁とは、予期せぬ、または早すぎる資産の償却や価値の低下、あるいは負債への転換に至ることにより起こる¹⁴⁴。IRENAの指摘によれば、2020年までにすべての主要地域において、再生可能エネルギー電力は新たな化石燃料による電力よりも安価になるという¹⁴⁵。したがって、世界の多くの地域でグリーン電力が既存資産の生む電力よりも安くなるのは時間の問題であり、そのときには化石燃料発電所の閉鎖が合理的な選択肢になるだろう。

こうしたプロセスはすでに始まっている。欧州の電力部門は 2010 年以降、火力発電設備の償却によってすでに 1,500 億米ドル以上の損金を計上している¹⁴⁶。エンジー社は過去 5 年間に、化石燃料資産について 350 億ユーロの減損処理を行った¹⁴⁷。

化石燃料の採掘、加工、販売に携わる企業の価値には、座礁資産のリスクが十分に反映されていない可能性がある。またこれらの資産は、国が、その国の天然資源を計算する時点でカウントされている。仮にリスクが織り込まれるとすれば、これらの企業の株価と一部の国の格付けは急落するかもしれない。このことはシステミックな影響をもたらす恐れがあり、膨大な金額が関係していることを考えると、気候関連分野における「ミンスキー・モーメント」の引き金を引く可能性すらある¹⁴⁸。ある研究によれば、座礁資産の形で 12 兆米ドルもの金銭上の価値が失われる可能性があるという¹⁴⁹。参考までに 2008 年の金融危機の引き金を引いたのは、米国サブプライム住宅ローン市場の 0.25 兆米ドルの損失であった。

金融安定理事会などの国際機関は企業に対し、気候変動関連リスクの情報公開を拡充するよう強く要請している¹⁵⁰。2018 年 9 月までに、運用資産総額 100 兆米ドルを超える機関が気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）の提言に支持を表明した。

気候、水、食料の安全保障

再生可能エネルギーは、気候変動を緩和することによって地政学的影響も誘発する。気候変動は食料・水不足、貧困拡大、また紛争や政情不安のリスクを悪化させる可能性があるため、防衛・安全保障の専門家が「脅威乗数（脅威の増幅要因）」と呼ぶ影響を広範囲に与えるだろう。国連安全保障理事会は 2007 年以来、気候変動が国際平和と安全保障に与える影響を研究してきた。

気候変動はさまざまな面で各国の安定性を脅かす可能性がある。雨量の変動、干ばつ、洪水、ハリケーン、火事などの原因となる。食料価格の上昇と水不足は、政情不安と社会不安を引き起こす可能性がある。海面上昇は、すでに多くの小島嶼開発途上国（SIDS）の存続を脅かしている。気候変動

がもたらす不安定要因は、人々が異常気象による災害を避けるために、また水や食料、土地、雇用、より安全な生活を求めて移動するにつれて、移住や移民を増加させるかもしれない。こうした傾向は、経済発展レベルや地政学上の地位を問わず、すでに多くの国で感じとることができる。

気候変動が加速すれば、水と食料をめぐる地政学的な競争をますます激化させるだろう。急速な経済成長と人口増加は、特に途上国におけるこれらの資源への需要をすでに拡大しつつある。水と食料の需要は、2050年までに50%以上増加すると見込まれる¹⁵¹。水、エネルギー、食料の供給システムの間の相互作用、いわゆる「ネクサス」が、加速する気候変動の時代に各国が直面する大きな地政学的課題を生み出す。

水力は世界最大の再生可能エネルギー電力源であり、固有の地政学的ダイナミクスをもつ。国境をまたがる河川と水資源に関しては特に顕著である。このダイナミクスは、気候変動によりますます大きな影響を受けつつある。たとえば大規模な河川へのダム建設は恩恵を受ける上流国家のエネルギー安全保障を改善するが、下流国家の水供給、農業生産性、漁業資源には悪影響を及ぼすかもしれない。ナイル川、メコン川、チグリス川、ヒマラヤ水系に計画されているダム建設は、どれも下流国家の水利用に大きな影響を与えかねず、河岸諸国の間に緊張を生む可能性がある。一方、水力が恩恵をもたらした例もある。イタイプダムはブラジルとパラグアイの間の電力取引と水の共有を可能にし、その結果、地域内の協力と安定に貢献した。

エネルギーの再生可能な形態は、水問題の軽減にも役立つ可能性がある。再生可能エネルギーは従来型エネルギーと比べ、取水量が200分の1ですむ¹⁵²。ある研究によると、再生可能エネルギーと改良された発電所冷却技術を組み合わせた場合、2030年までに中国の発電に要する水消費を42%も減らし、炭素排出原単位を最大37%減らすことが可能だという¹⁵³。再生可能エネルギー技術は、海水淡水化の電力用としても魅力的な選択肢になりつつある。海水の淡水化は、湾岸協力会議の加盟国をはじめ乾燥地帯の多くの国々にきわめて重要な問題である。

水とエネルギーの供給における脆弱性は、食料の安全保障にも重大なリスクをもたらす。厳しい干ばつやエネルギー価格の変動は、食料の利用可能性、価格、入手しやすさ、貯蔵、食料の利用に、長期的な影響を与える可能性があるからだ。農業分野へ再生可能エネルギーを導入すれば（かんが

い用ソーラーポンプや地熱エネルギーによる食品乾燥など)、農産物の収穫量を上げ、収穫後の損失を減らし、ひいては食料の安全保障を向上させることができる。

食料、水、土地、きれいな空気、その他生命に欠かせない資源をめぐる競争が大幅に激化するようなことがあれば、社会的・経済的緊張が生まれる可能性があり、それが今度は地政学的影響をもたらす恐れがある。これらは国家間の緊張を生むものの、こうした課題に団結して取り組むための新たな協力形態を構築できる可能性もある。

新たな開発の道筋

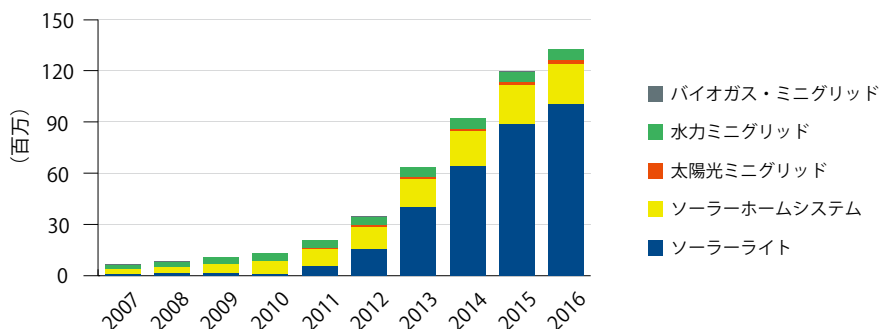
ある国の成長が、国民全体に利益をもたらすような包摂性を欠き、各種サービスがエリートに独占され、産業化が地域間の不均衡を生み出す場合、国内の社会的・経済的緊張が悪化する可能性がある。一国が長期にわたる安定と繁栄を実現するためには、その発展が包摂的かつ持続可能なものでなくてはならない。その意味で平和と発展は1つのコインの表と裏である。どちらも環境リスクに対処し、不平等を改善し、公平性と社会の結束を高めるための政策や制度を必要とする。

エネルギーは人類の発展の中核に位置する。それは経済活動に不可欠な要素であり、十分な食料、シェルター、医療といった人類のニーズを満たすためになくてはならないものである。エネルギーはまた、農業、工業、商業を含む幅広い経済の生産活動を活性化する。過去20年の間に、何百万という人々が電気を利用できるようになった。中国とインドがリードするアジアの途上国は、大いに進歩を遂げている。だが、SDGsで合意されたように、すべての人々に対するエネルギーへのアクセスを2030年までに実現するには、これらの取り組みを加速させる必要がある。現在のペースではアフリカを中心に約6億7,400万人が、2030年になっても電力を利用できない可能性がある¹⁵⁴。

歴史的にみて、国家の電化プログラムは化石燃料電力による大規模で集中型の発電所と送電網に依存してきた。だが2011年前後から、再生可能エネルギーのコスト低下とモバイルバンキングという2つの大きなトレンドが同時に起こり、再生可能エネルギーはますます現実的な選択肢になってき

た。エネルギー革命は今や静かに進行しており、オフグリッドの再生可能エネルギーシステムにより明かりと電力が家庭や企業に届けられている（図12参照）。推計では、2030年までにエネルギーの普遍的アクセスを実現するために必要な追加分の発電量の約60%を、オフグリッドソリューション（独立型とミニグリッド）で供給できる可能性がある¹⁵⁵。

図12. オフグリッドの再生可能エネルギーソリューション提供可能な人口



出所：IRENA

エネルギーへのアクセス向上は人類の発展にとって不可欠な無数の恩恵をもたらし、そのため地政学的な安定性に必要とされる環境づくりにも貢献する。エネルギーの貧困は個人とコミュニティーの生活の質を低下させ、得られる機会を減らすため、通常は開発の問題とみなされる。だが、エネルギーの貧困は安全保障にとってもマイナスである。それは、燃料を集めるためにけがや暴力のリスクに日々さらされている多くの女性や子どもにとって直接の脅威となる。また広い意味では、貧困、疎外、社会不安、人口移住、環境の脆弱性など幅広い問題を引き起こし、また悪化させるため、脅威の増幅要因にもなる¹⁵⁶。

途上国は再生可能エネルギーを利用して、化石燃料だけでなく集中型電力システムの必要性も一定程度は回避できる可能性がある。アフリカや南アジアの国々にとっては、ミニグリッドと、分散型の太陽光・風力エネルギーを利用したオフグリッドを採用することによって、化石燃料と集中型電力システムへの高額な固定的な投資を支払わなくてすむ絶好のチャンスである。それは、高価な銅線を敷設する必要のある電話回線網を見限って携帯電話に乗り換えたのとまったく同じ論理である。

最も重要な点は、再生可能エネルギーが GDP に表れないやり方で人類の健康と幸福を高めることである。再生可能エネルギーは、正しくデザインされれば、社会的公正と人類の健康・幸福を増進し、地方に活力と富をもたらし、気候変動を軽減し、公衆衛生を向上させ、ジェンダーの平等と教育機会を推進するために利用可能になる。再生可能エネルギーを選択することで、持続可能な開発目標のうち全ての人々に安価でクリーンなエネルギーを提供する目標にとどまらず、17 項目すべてに向けた前進を後押しすることができる¹⁵⁷。



結論

本報告書は、再生可能エネルギーが進める世界のエネルギーの変容が重要な地政学上の影響をもたらすものであると問題提起をしている。エネルギーの変容は国同士の関係を再構築し、経済と社会の根本的な構造の変化をもたらすであろう。再生可能エネルギーへの移行から生まれる世界は、化石燃料を基盤につくられた社会から大きく様変わりするだろう。

世界の勢力の構造と体制は多くの面で変化し、国内の力関係も変容するだろう。権力は分散し、拡散していくであろう。中国など一部の国は、再生可能エネルギー技術に多額の資金を投資して再生可能エネルギーの生み出すチャンスを活用できる能力を高めており、影響力を増すだろう。対照的に、化石燃料輸出に大きく依存しエネルギーの移行に対応できない国はリスクにさらされ、影響力を失うと思われる。

エネルギー供給は、もはや少数の国家の独占するものではない。大半の国々がエネルギーの自立性を実現できる能力をもつようになり、自国の発展と安全保障を高めることができるからだ。

エネルギーの変容の範囲とスピードを正確には予測できないが、国や地域社会、企業への影響は非常に大きいと思われる。

再生可能エネルギーへの移行は、大きな便益と機会を生み出すだろう。大半の国々でエネルギーの安全保障と自立性を高め、経済的豊かさと新規雇用をもたらす、水と食料の安全保障を向上させ、持続可能性と公平性を高めると思われる。一部の国は化石燃料技術を使わないでやっていけるだろう。エネルギーに関連した紛争も減る可能性が高い。

各国は来るべき変化に備え、スムーズに移行できる確かな見通しを得るために戦略を策定する必要がある。一方、エネルギーの変容は新たな試練も生むと思われる。化石燃料輸出国はエネルギーの新時代に向けて自らを変容しなければ、国内の不安定性にさらされる可能性がある。化石燃料から別のエネルギーに急に転換すれば国内経済に打撃をもたらす、それが世界経済に深刻な影響を及ぼしかねない。化石燃料に頼る労働者や地域社会も、苦境に陥るかもしれない。またサイバーセキュリティと、特定鉱物への新たな依存に関して、リスクが生まれる可能性がある。

このように難しい課題はあるが、エネルギーの変容は気候変動に立ち向かい、汚染をなくし、豊かな社会と持続可能な開発を進めることで、最終的に世界を正しい方向に導くだろう。

世界がエネルギー変容の地政学上の影響に向けて準備を進めるにあたり、本報告書が政府や企業、社会のあらゆる部門のリーダーに対話と議論のたたき台を提供し、ひいては政策の策定と新たな行動への一助になることができると考える。

文末脚注

- 1 IRENA, OECD/IEA and REN21, *Renewable Energy Policies in a Time of Transition*, International Renewable Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, International Energy Agency, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2018.
- 2 本書において「エネルギーの転換 (energy transition)」とは、化石燃料から再生可能エネルギーへの転換を意味する。「エネルギーの変容 (energy transformation)」とは、この転換がもたらすより広い意味での影響を指す。
- 3 IEA, *World Energy Outlook 2018*, New Policies Scenario, International Energy Agency, 2018. Global GDP growth in the same period is now forecast to grow at 3.4 % per year.
- 4 IEA, *Global Energy and CO₂ Status Report*, International Energy Agency, March 2018.
- 5 IRENA, *Renewable Energy Statistics 2018*, International Renewable Energy Agency, 2018.
- 6 IRENA, *Renewable Energy Statistics 2018*, International Renewable Energy Agency, 2018; UNEP and BNEF, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2018*, UN Environment Programme and Bloomberg New Energy Finance, 2018.
- 7 IRENA, *Renewable Energy Statistics 2018*, International Renewable Energy Agency, 2018.
- 8 IRENA, *Renewable Energy Statistics 2018*, International Renewable Energy Agency, 2018.
- 9 IEA, *World Energy Outlook 2018*, International Energy Agency, 2018.
- 10 IEA, *World Energy Investment 2018*, International Energy Agency, 2018.
- 11 例として、次のようなシナリオがある。Shell Global, 2018; IEA, *Sustainable Development Scenario*, International Energy Agency, 2018; Equinor (2018), *Energy Perspectives 2018*; IRENA, *REmap – Renewable Energy Roadmaps*, International Renewable Energy Agency, 2018; DNV-GL, *Energy Transition Outlook 2018*, DNV-GL, 2018; and “Mitigation pathways compatible with 1.5°C in the context of sustainable development”, Chapter 2 of IPCC, *Special Report: Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.
- 12 IEA, *World Energy Outlook 2018*, International Energy Agency, 2018, p. 292.
- 13 IEA, *World Energy Outlook 2018*, International Energy Agency, 2018.
- 14 BNEF, *New Energy Outlook 2018*, Bloomberg New Energy Finance, 2018; Marteka, M., A. Slaughter, C. Amon, “Global renewable energy trends: solar and wind move from mainstream to preferred”, Deloitte Insights, Deloitte, Sept. 13, 2018.
- 15 IRENA, *Renewable power generation costs in 2017*, International Renewable Energy Agency, 2017.
- 16 IRENA, *Renewable power generation costs in 2017*, International Renewable Energy Agency, 2017.
- 17 BNEF, *New Energy Outlook 2018*, Bloomberg New Energy Finance, 2018.
- 18 IRENA, *The power to change: solar and wind cost reduction potential to 2025*, International Renewable Energy Agency, 2016.
- 19 IRENA, *Electricity storage and renewables*, International Renewable Energy Agency, 2017.
- 20 Hodges, J., “Electric cars may be cheaper than gas guzzlers in seven years”, Bloomberg, 22 March 2018, at: www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-22/electric-cars-may-be-cheaper-than-gas-guzzlers-in-seven-years.
- 21 WHO, *How Air Pollution is Destroying Our Health*, World Health Organization, 2018, at: www.who.int/air-pollution/news-and-events/how-air-pollution-is-destroying-our-health.
- 22 IPCC, *Special Report: Global Warming of 1.5°C*, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.
- 23 UNEP, *Emissions Gap Report 2018*, UN Environment Programme, 2018.
- 24 Steffen W. et al., “Trajectories of the Earth System in the Anthropocene”, in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 9 August 2018.

- 25 IPCC, *Special Report: Global Warming of 1.5°C*, Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.
- 26 IRENA, *Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050*, International Renewable Energy Agency, 2018.
- 27 REN21, *Renewables 2018 – Global Status Report*, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2018.
- 28 IRENA, *Renewable Energy Auctions: Analysing 2016*, International Renewable Energy Agency, 2017.
- 29 IEA, *World Energy Outlook 2018*, International Energy Agency, 2018.
- 30 EPO, UNEP and ICTSD, *Patents and clean energy: bridging the gap between evidence and policy*, European Patents Office, UN Environment Programme and International Centre for Trade and Sustainable Development, 2010, p. 30.
- 31 IRENA, *Innovation outlook: advanced liquid biofuels*, International Renewable Energy Agency, 2017; IRENA, *Hydrogen from renewable power: technology outlook for the energy transition*, 2018; Energy Transitions Commission, *Mission Possible: Reaching net-zero emissions from harder-to-abate sectors by mid-century*, 2018.
- 32 「クライメートアクション 100 プラス」は、32 兆米ドルを超える資産を運用する 310 の投資家団体から支持を受けている。
- 33 「2018 年グローバルな投資家による気候変動に関する政府へのステートメント」。
- 34 RE100 website; IRENA, *Corporate sourcing of renewable energy: market and industry trends*, International Renewable Energy Agency, 2018.
- 35 現在、7,000 社を超える大企業（世界全体の時価総額の 55% 相当）が気候変動に関する情報開示を行っている。（参照）www.cdp.net.
- 36 “Shell yields to investors by setting target on carbon footprint”, *Financial Times*, 3 December 2018.
- 37 *Encyclical letter Laudato si’ of the Holy Father Francis on care for our common home*; Vatican, 2015, para. 165, at: http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_encyclica-laudato-si_en.pdf.
- 38 “Climate change strike: thousands of school students protest across Australia”, *Guardian*, 30 November 2018.
- 39 www.sunrisemovement.org; <https://rebellion.earth>.
- 40 www.urgenda.nl/en/themes/climate-case.
- 41 Nachmany, M., J. Setzer, “Global trends in climate change legislation and litigation: 2018 snapshot”, Policy Brief, Grantham Institute on Climate Change and the Environment, at: <http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2018/04/Global-trends-in-climate-change-legislation-and-litigation-2018-snapshot-3.pdf>; Hasemeyer, D., “Fossil Fuels on Trial: Where the Major Climate Change Lawsuits Stand Today”, *Inside Climate News*, 6 November 2018, at: <https://insideclimatenews.org/news/04042018/climate-change-fossil-fuel-company-lawsuits-timeline-exxon-children-california-cities-attorney-general>.
- 42 DNV-GL, *Energy Transition Outlook 2018*, DNV-GL, 2018.
- 43 Frankfurt School-UNEP Centre and BNEF, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2018*, Frankfurt School-UN Environment programme Centre and Bloomberg New Energy Finance, 2018.
- 44 UN DESA, *World Population Prospects: The 2017 Revision*, United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2017.
- 45 IEA, *World Energy Outlook 2018*, International Energy Agency, 2018.
- 46 IEA/IRENA joint policies and measures database.
- 47 Government of India, Ministry of Power, Central Electricity Authority, Installed capacity, October 2018, at: www.cea.nic.in/monthlyinstalledcapacity.html.
- 48 IEA, Outlook for Producer Economies, in *World Energy Outlook 2018*, International Energy Agency, 2018, p. 38.

- 49 世界銀行の分類では、アルメニア、アゼルバイジャン、ベラルーシ、カザフスタン、キルギスタン、モルドバ、ロシア連邦、タジキスタンが CIS に含まれる。
- 50 IEA, Special excerpt: outlook for producer economies, in *World Energy Outlook 2018*, International Energy Agency, 2018.
- 51 2つの基準は各国の相対的な位置関係を示す目的で選定したが、エネルギー移行に向けた各国の備えの程度に影響を与える他の数多くの要因があることも認識している。この問題に関する詳細な分析は、世界銀行「岐路——化石燃料に依存する国々の気候戦略 (Crossroads - Climate strategies of fossil fuel-dependent countries)」(世界銀行、2018年)を参照。
- 52 化石燃料レントは対 GDP 比 (%) として算出した。石油価格の変動の影響を標準化するため、過去 10 年間 (2007 年～2016 年) の平均を使用した。
- 53 2016 年の購買力平価ベースで算出した国民 1 人当たりの GDP を使用した。
- 54 オランダ国防軍の前参謀総長、トム・ミデンドルプ退役陸軍大将の発言 (2018 年 6 月 24 日、オスロにて)
- 55 UN DESA, *World Population Prospects*, United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2017.
- 56 Sachs, J. D., and A. M. Warner, "The curse of natural resources" in *European Economic Review*, 2001, 45(4-6), 827-838; Ross, M., *The Oil Curse: How petroleum wealth shapes the development of nations*, Princeton University Press, 2012; Colgan, J. D., *Petro-aggression: When oil causes war*, Cambridge University Press, 2013.
- 57 世界有数の産油・ガス国であるノルウェーは、経済実績とガバナンスの質の両面で国際社会のトップに位置している。
- 58 World Bank, *The Changing Wealth of Nations - Measuring Sustainable Development in the New Millennium*, The World Bank, 2011.
- 59 Lederman, D. and W. Maloney, "Trade Structure and Growth", in D. Lederman and W. Maloney (eds.), *Natural Resources: Neither Curse nor Destiny*, The World Bank, 2007.
- 60 Ross, M. L., What do we know about economic diversification in oil-producing countries? (Unpublished manuscript, 2017).
- 61 世界銀行のデータに基づき著者が算定。
- 62 このことを裏づける例に、1957 年のアイゼンハワー・ドクトリンと 1980 年のカーター・ドクトリンがある。米国は 1957 年のアイゼンハワー・ドクトリンに基づき、中東諸国が他国から武力攻撃の脅威にさらされた場合の経済・軍事援助を申し出た。1956 年のスエズ運河危機以降、当時のソビエト連邦がこの地域への影響力を増してきたことが、思惑の一つにあった。1980 年のカーター・ドクトリンは、ソビエトのアフガニスタン侵攻に対抗して提唱された。宣言では「ペルシャ湾地域を支配しようとする外部勢力からの試みは、米国のきわめて重要な利害に対する攻撃とみなされ、軍事力を含む必要とされるあらゆる手段によって報復を受けるだろう」と述べている。
- 63 Iceland National Energy Authority.
- 64 電力の輸出は新たな財源となる可能性がある。アイスランドの電力グリッドを海底ケーブルによってスコットランドと接続する案は、欧州連合の重点的エネルギーインフラプロジェクトの一つである。欧州委員会、共通利益プロジェクト、2018 年 4 月。
- 65 WTO, *International Trade Statistics*, World Trade Organization, at: data.wto.org.
- 66 Pachauri, R. K. et al. *Building the Future we want*, New Delhi: TERI, 2015.
- 67 IMF Research Department, *The Impact of Higher Oil Prices on the Global Economy*, International Monetary Fund, December 2000.
- 68 たとえば 2014 年の石油価格の大幅な下落は、欧州経済に一度限りの好景気を発生させ、2015 年の GDP 見通しが 0.8% 増、2016 年の GDP 見通しが 0.5% 増となった。出所：欧州委員会「欧州のエネルギー価格と費用」、欧州委員会から欧州議会、欧州理事会、欧州経済社会評議会、欧州地域委員会への報告書、COM(2016) 769 最終版、2016 年 11 月 30 日。

- 69 UNCTAD, *The Least Developed Countries Report: Transformational energy access*, UN Conference on Trade and Development, 2017.
- 70 IRENA, Finding a way to transform energy on islands, 13 January 2017, at: www.irena.org/newsroom/articles/2017/Jan/Finding-a-Way-to-Transform-Energy-on-Islands.
- 71 IEA, *Electricity Information: 2018 Edition*, International Energy Agency, 2018.
- 72 World Bank, World Development Indicators. At: <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>.
- 73 自給自足経済 (autarchy) とは、外国との貿易が一切ないことを指す。
- 74 Beyond Zero Emissions, *Renewable Energy Superpower: Zero carbon Australia*, Beyond Zero Emissions, 2015.
- 75 IHA, *2016 Hydropower Status Report*, International Hydropower Association, 2016.
- 76 www.manufacturingcleanenergy.org/images/cemac-benchmarks-figures/es-3.jpg.
- 77 この流れは加速しつつある。たとえばバングラデシュでは一気に電化が進み、ソーラーホームシステムの所有者が周辺住民と電力を取引できる。
- 78 IHS Markit, *The Internet of Things: A movement, not a market*, IHS Markit, at: https://cdn.ihs.com/www/pdf/IoT_ebook.pdf.
- 79 Agentur für Erneuerbare Energien, “Bürgerenergie bleibt Schlüssel für erfolgreiche Energiewende”, Press Release, 1 February 2018.
- 80 マイクログリッドは、電力グリッドが稼働できないときでも稼働可能なエネルギー網である。
- 81 UN DESA, *2018 Revision of World Urbanization Prospects*, UN Department of Economic and Social Affairs, 16 May 2018.
- 82 UCCRN technical report, *The future we don't want: How climate change could impact the world's greatest cities*, Urban Climate Change Research Network, C40 Cities, Global Covenant of Mayors, and Acclimatise, 2018.
- 83 www.cdp.net/en/cities/world-renewable-energy-cities.
- 84 www.city.yokohama.lg.jp/ondan/english/yscp.
- 85 www.neom.com.
- 86 www.c40.org; www.iclei.org; www.globalcovenantofmayors.org.
- 87 IRENA, *Corporate sourcing of Renewables: Market and Industry Trends*, Remade Index 2018, International Renewable Energy Agency, 2018.
- 88 Van de Graaf, T., “Is OPEC dead? Oil exporters, the Paris agreement and the transition to a post-carbon world”, in *Energy Research and Social Science*, 2017, 23, pp. 182-188.
- 89 国際セミナー「再生可能エネルギー外交の時代と日本の進路」における河野太郎外務大臣の開会挨拶（2018年3月12日、東京にて）
- 90 Nagashima, M., Japan's hydrogen strategy and its economic and geopolitical implications, Etudes de l'IFRI, Institut français des relations internationales, October 2018.
- 91 Westphal, K., “Globalising the German Energy Transition”, SWP Comments, Stiftung Wissenschaft und Politik, December 2012; Roehrkasten, S and K. Westphal, “IRENA and Germany's foreign renewable energy policy”, SWP Comments, Stiftung Wissenschaft und Politik, September 2013; Van de Graaf, T., “Fragmentation in Global Energy Governance: Explaining the creation of IRENA”, *Global Environmental Politics* 13(3), pp. 14-33.
- 92 Weatherby, C., B. Eyler and R. Burchill, *UAE Energy Diplomacy: Exporting Renewable Energy to the Global South*, Trends Research and Advisory and the Stimson Centre, 2018.
- 93 <http://isolaralliance.org>.
- 94 www.globalgeothermalalliance.org.
- 95 <http://mission-innovation.net>.
- 96 “ISA could replace Opec as key global energy supplier in future: PM Modi”, The Times of India, 3 October 2018, at: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/isa-could-replaceopec-as-key-global-energy-supplier-in-future-pm-modi/articleshow/66044985.cms>.

- 97 "Will India find its place in the sun with solar power?", *Stratfor*, 22 August 2018
- 98 鉱業製品を含むシェア。WTO, *World Trade Statistical Review*, World Trade Organization, 2018, p. 11.
- 99 欧州委員会は「接続性 (connectivity)」を次のように定義する。「接続性とは本来ネットワーク用語である。ネットワークは、空路、陸路、海路の輸送連結の形態を指すことがある。接続性は、モバイルや固定、またケーブルから衛星まで、インターネット基幹インフラからエンドユーザー直前拠点までを含むデジタルネットワークを指すことがある。また接続性は、液化天然ガス (LNG) を含むガスから電気グリッドまで、再生可能エネルギーからエネルギー効率性までを含むエネルギーネットワークとエネルギーフローを含む。最後に、接続性は教育、研究、イノベーションでの協働から旅行、観光まで、非常に明確な人類的側面をもつ」。欧州委員会「欧州・アジアの接続に向けた欧州連合のアプローチに関する説明 (Explaining the European Union's approach to connecting Europe and Asia)」、欧州委員会ファクトシート、2018年9月。
- 100 これらのグリーン燃料は一般に「Power-to-X」と呼ばれる。Xとは、電気分解により発生した再生可能エネルギーで生産されるあらゆる燃料または工業用原材料を指す。
- 101 ドイツ世界エネルギー評議会 (The World Energy Council Germany) の推計によると、成熟した合成燃料の世界市場は、2050年までに年間1万~2万TWh (テラワット時) を供給できるという。これは現在の原油の世界需要の約半分に相当する。フロンティア経済「Power-to-Xの国際的側面のロードマップ (International aspects of a power-to-X roadmap)」、ドイツ世界エネルギー評議会、2018年10月。
- 102 詳細は、グローバル・エネルギー・インターコネクション発展協力機構 (GEIDCO) のウェブサイトを参照。<http://www.geidco.org/>.
- 103 Andrew Small. "The Backlash to Belt and Road," *Foreign Affairs*, Feb. 16, 2018.
- 104 Hillman, J., *China's Belt and Road Initiative: Five Years Later*, Statement before the US-China Economic and Security Review Commission, US Senate, January 25, 2018; Hurley, J., S. Morris, G. Portelance, "Examining the Debt Implications of the Belt and Road Initiative from a Policy Perspective", CGD Policy Paper, Center for Global Development; "China's Belt and Road Initiative is falling short", *Financial Times*, 29 July 2018.
- 105 US Department of State, "Advancing a Free and Open Indo-Pacific", press release, 30 July 2018.
- 106 ASEAN, *Master Plan on ASEAN Connectivity 2025*, Association of Southeast Asian Nations, August 2016.
- 107 EU, *Joint Communication: Connecting Europe and Asia – building blocks for an EU Strategy*, European Union External Action, 19 September 2018.
- 108 次の文献から着想を得た論点である。Carlos Pascual, *The new geopolitics of energy*, Center on Global Energy Policy and School of International and Public Affairs, Columbia University, 2015.
- 109 O'Sullivan, M., I. Overland, D. Sandalow, *The Geopolitics of Renewable Energy*, Working Paper, Columbia Center on Global Energy Policy and Harvard Belfer Center for Science and International Affairs, 2017.
- 110 Scholten, D. and R. Bosman, "The geopolitics of renewables; exploring the political implications of renewable energy systems", in *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, 103, pp. 273-283.
- 111 Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central.
- 112 IEA, *Large-scale electricity interconnection: Technology and prospects for cross-regional networks*, International Energy Agency, 2016. See also, Scholten, D., R. Bosman, "The geopolitics of renewables: Exploring the political implications of renewable energy", in *Technical Forecasting and Social Change*, Volume 103, February 2016, pp. 273-83.
- 113 Fischhendler, I., L. Herman, J. Anderman, "The geopolitics of cross-border electricity grids: The Israeli-Arab case", in *Energy Policy*, 2016, 98, pp. 533-543.

- 114 European Union, "Synchronisation of the Baltic States' electricity grid with the continental European system", press release, 14 September 2018.
- 115 IEA, *Electricity security across borders*, International Energy Agency, 2016.
- 116 東南アフリカ (ACEC)、西アフリカ (WACEC)、中米 (CECCA) の各地域 CEC において、上層部の承認を受けている。(参照) www.irena.org/cleanenergycorridors.
- 117 UNCTAD, *The state of the biofuels market: regulatory, trade and development perspectives* UN Conference on Trade and Development, 2014.
- 118 UNCTAD, see note above.
- 119 「レアアース」という用語は、同一鉱床で発見されることの多い 17 の元素を指す。それらは、セリウム、ジスプロシウム、エルビウム、ユウロピウム、ガドリニウム、ホルミウム、ランタン、ルテチウム、ネオジウム、プラセオジウム、プロメチウム、サマリウム、スカンジウム、テルビウム、ツリウム、イッテルビウム、イットリウムである。
- 120 Overland, I., "The geopolitics of renewable energy: Debunking four emerging myths*", in *Energy Research & Social Science*, 49, pp. 36-40.
- 121 Lovins, A., "Clean energy and rare earths: why not to worry", *Bulletin of the Atomic Scientists*, 23 May 2017.
- 122 Goldthau, A., M. Keim and K. Westphal, *The Geopolitics of Energy Transformation: Governing the Shift - Transformation Dividends, Systemic Risks and New Uncertainties*, Comment No. 42, German Institute for International and Security Affairs, October 2018.
- 123 Ross, M., "A closer look at oil, diamonds, and civil war", in *Annual Review of Political Science*, 2006, 9, pp. 265-300.
- 124 "Strait of Hormuz: the world's most important oil artery", *Reuters*, 5 July 2018.
- 125 National Defense Authorization Act of 2010, Section 2842
- 126 www.acq.osd.mil/eie/OE/OE_index.html.
- 127 Overland, I., "The geopolitics of renewable energy: Debunking four emerging myths*", in *Energy Research & Social Science*, 49, pp. 36-40.
- 128 World Bank, *The growing role of minerals and metals for a low-carbon future*, World Bank, 2017.
- 129 1982 年の国連海洋法条約 (UNCLOS) は、国家の管轄外の深海底とその鉱物資源を「人類の共同財産」と明言した。すべての鉱物の探査・開発活動には、国際海底機構 (ISA) の承認を要する。ISA は、海底鉱物の将来の開発を監督する規制と指針の策定に乗り出した。
- 130 OECD, *Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas*, Organization for Economic Cooperation and Development, 2016.
- 131 www.oecd.org/corporate/mne/mining.htm.
- 132 DNV-GL, *Energy Transition Outlook 2018*, DNV-GL, 2018.
- 133 IRENA, *Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050*, International Renewable Energy Agency, 2018.
- 134 World Bank, *Crossroads - Climate strategies of fossil fuel-dependent countries*, World Bank, 2018.
- 135 National Bureau of Statistics of China, *China Statistical Yearbook*, 2017.
- 136 "French environment minister Nicolas Hulot resigns", *Financial Times*, 28 August 2018; "Australia's recent climate change policy: A brief history of seven killings", *ABC news*, 22 August 2018.
- 137 2018-20 Three Year action plan for winning the blue sky war, 2018. At: www.gov.cn/zhengce/content/2018-07/03/content_5303158.htm.
- 138 Skovgaard, J., H. van Asselt, *The Politics of Fossil Fuel Subsidies and Their Reform*, Cambridge University Press, 2018.
- 139 ILO, *Guidelines for a just transition towards environmentally sustainable economies and societies for all*, International Labour Organization, 2015.

- 140 Sartor, O., *Implementing coal transitions: Insights from case studies of major coal-consuming economies*, Climate Strategies and the Institut du développement durable et des relations Internationales (IDDRI), 2018.
- 141 Shell, Presentation by Brian Davis in Oxford (June 2017).
- 142 IEA, *World Energy Investment*, International Energy Agency, 2018.
- 143 化石燃料資源の炭素の含有量は、合計 3,500 ギガトン (Gt) に上る (BP 「世界エネルギー統計」、BP、2018 年)。IEA と IRENA の推計によると、温度上昇を 2°C 未満に抑える確率を 66% にしたい場合のエネルギー部門の炭素収支量は、合計 790Gt である。IEA および IRENA、「エネルギー移行の展望：低炭素エネルギーシステムへの転換に必要な投資」(国際エネルギー機関、国際再生可能エネルギー機関、2017 年、p. 48) を参照。なお、IPCC による最新の報告書では、2°C シナリオで確率 66% の炭素収支量を 1,320 Gt に上方修正している。IPCC、「特別報告書：1.5°C の地球温暖化」(国連気候変動に関する政府間パネル (IPCC)、2018 年) を参照。それでもこの数字は、既存の化石燃料資源の炭素含有量の 2.5 分の 1 である。特定の燃料・地域に与える影響の差については、McGlade, C. および Ekins, P.、「地球温暖化を 2°C に制限した場合の未使用の化石燃料の地理的分布」(『ネイチャー』、2015 年、517(7533)、p. 187) を参照。
- 144 Caldecott, B., Howarth, N., P. McSharry, *Stranded assets in agriculture: Protecting value from environment-related risks*, Smith School of Enterprise and the Environment, University of Oxford, 2013. See also: IRENA, *Stranded Assets and Renewables - How the energy transition affects the value of energy reserves, buildings and capital stock*, International Renewable Energy Agency, 2017.
- 145 IRENA, *Renewable power generation costs in 2017*, International Renewable Energy Agency, 2018, p. 3.
- 146 IEA, *World Energy Investment Report*, International Energy Agency, 2017.
- 147 Thierry Lepercq, Executive Vice President of Engie, presentation in Oslo to the Commission in June 2018.
- 148 "Mark Carney warns of climate change threat to financial system", *Guardian*, 6 April 2018. The term 'Minsky moment' refers to the work of the economist Hyman Minsky, who showed that a sudden major collapse of asset values can generate a credit or business cycle.
- 149 Mercure, J., H. Pollitt, J. Vinuales, et al., "Macroeconomic impact of stranded fossil fuel assets" in *Nature Climate Change*, 2018.
- 150 www.fsb-tcf.org
- 151 IRENA, *Renewable Energy in the Water, Energy and Food Nexus*, International Renewable Energy Agency, 2015.
- 152 IRENA の推計によると、再生可能エネルギーが広く普及した場合、エネルギー部門は 2030 年までに水の消費を英国でほぼ半分、米国、ドイツ、オーストラリアで 4 分の 1 以上、インドで 10% 以上削減できる可能性がある。IRENA、「水、エネルギー、食料のネクサスにおける再生可能エネルギー」、国際再生可能エネルギー機関、2015 年。
- 153 IRENA, *Water Use in China's Power Sector: Impact of Renewables and Cooling Technologies to 2030*, Brief, International Renewable Energy Agency, 2016.
- 154 IEA, *Special Report: Energy Access Outlook in World Energy Outlook 2017*, International Energy Agency, 2017. See also: IEA, IRENA, UN Statistics Division, World Bank, WHO, *Tracking SDG7: The Energy Progress Report 2018*, World Bank, 2018.
- 155 IEA, *Special Report: Energy Access Outlook in World Energy Outlook 2017*, International Energy Agency, 2017.
- 156 Bazilian, M. D., "Power to the poor: Provide energy to fight poverty", in *Foreign Affairs*, March/April 2015, pp. 133-139.
- 157 IRENA. *Rethinking Energy 2017: Accelerating the global energy transformation*, International Renewable Energy Agency, 2017, p. 96.

謝辞

世界委員会の協議の過程では、多くの人々の力をお借りした。その支援に感謝し、あらゆる貢献に厚くお礼申し上げる。

ドイツ、ノルウェー、アラブ首長国連邦の IRENA 加盟 3 カ国からは、当委員会の活動に貴重な政治面、財政面のご支援を頂いた。委員会として心よりお礼申し上げる。オランダ政府からも資金面のご援助をいただいた。

事務局は少人数ながら、あらゆる面で世界委員会の活動を担ってくれた。事務局スタッフは、リーダーの Ruth McCoy（ルース・マッコイ）以下、Kingsmill Bond（キングスミル・ボンド）、Heather Carney-Graham（ヘザー・カーニー＝グレアム）、Abas Moussa（アバス・ムーサ）、Marcin Scigan（マルチン・シーガン）、Thijs Van de Graaf（タイス・ファン・デ・グラーフ）からなる。本報告書の調査のかなりの部分は、代表著者を務めてくれた Thijs Van de Graaf（タイス・ファン・デ・グラーフ）と専門のアナリストである Kingsmill Bond（キングスミル・ボンド）の手による。Ahmed Abdel-Latif（アフマド・アブデル＝ラティフ）、Nazik Elhassan（ナジク・エルハッサン）、Ruth McCoy（ルース・マッコイ）、Marcin Scigan（マルチン・シーガン）、Adrian Whiteman（エイドリアン・ホワイトマン）も、報告書作成にあたり情報を提供してくれた。また、事務局はこれらの全活動において、IRENA の Ahmed Abdel-Latif（アフマド・アブデル＝ラティフ）と Mohamed El-Farnawany（ムハンマド・エル＝ファーナワニ）から貴重なサポートを受けた。

当委員会は、オスロで開催された第 2 回会議において委員会メンバーとの対話に参加してくださった DNV GL の Ditlev Engel（ディトレフ・エンゲル）、スタットネット社の Auke Lont（アウケ・ロント）、エンジー社の Thierry Lepercq（ティエリー・ルペック）、エネル社の Simone Mori（シモーネ・モーリ）、トタル社の Helle Kirstoffersen（ヘレ・クリストファーセン）、スタットクラフト社の Henrik Sætness（ヘンリック・サットネス）、元オランダ国軍参謀総長 Tom Middendorp（トム・ミデンドルプ）大将、ロッキーマウンテン研究所共同創設者兼チーフサイエンティストの Amory Lovins（エイモリー・ロビンス）各氏の大きな貢献に対し、心より感謝申し上げます。また、アイスランドでの第 3 回会議期間中に受けたおもてなしに関し、レイキャビク市長、通信大臣、科学大臣、レイキャビク・エナジー社、ブルー・ラグーンの各位に対しお礼を申し上げます。

本報告書は、専門家によるさまざまなプレゼンテーションと背景報告書を参考に行っている。具体的には、Dolf Gielen (ドルフ・ギーレン)、Adil Najam (アディル・ナジャム)、Indra Overland (インドラ・オーバーランド)、Daniel Scholten (ダニエル・スホルテン)、Kirsten Westphal (クリステン・ヴェストファール)、Morgan Bazilian (モーガン・バジリアン)、Meghan O' Sullivan (メーガン・オサリバン)、Henning Wuester (ヘニング・ヴュスター)、Andreas Kraemer (アンドレアス・クレーマー)、Frank Radtke (フランク・ラトケ)、Karen Smith Stegen (カレン・スミス・シュテーゲン) の各氏である。Luiz Barroso (ルイス・バローズ)、Rafael Ferreira (ラファエル・フェレイラ)、Sebastián Kind (セバスティアン・キント)、Bent Erik Bakken (ベント・エリック・バッケン)、Sven Behrendt (スヴェン・ベーレント) の各氏とクライメート・ポリシー・イニシアチブによる寄稿にも謝意を表す。レビューの過程では、Anna Charles (アナ・チャールズ)、Rabia Ferroukhi (ラビア・フェルーキ)、Neil MacDonald (ニール・マクドナルド)、Indra Overland (インドラ・オーバーランド)、Elizabeth Press (エリザベス・プレス)、Daniel Scholten (ダニエル・スホルテン)、Kirsten Westphal (クリステン・ヴェストファール)、Adrian Whiteman (エイドリアン・ホワイトマン) の各氏から貴重なフィードバックが得られた。Robert Archer (ロバート・アーチャー) は報告書の編集、Fairouz El Tom (ファイルーズ・エル・トム) はデザインとレイアウトの責任者を務めた。

当委員会はまだ、アブダビの IRENA チーム、特に Damian Brandy (ダミアン・ブランディ)、Daria Gazzola (ダリア・ガッツォーラ)、Zoheir Hamed (ゾヘイル・ハメディ)、Manuela Stefanides (マヌエラ・ステファニデス)、Sina Tabrizi (シーナ・タブリージ)、他にも公報、財務、総務、ICT、ガバナンス支援室などさまざまな部門のスタッフによる支援に感謝する。支援国である3カ国の政府関係者、議長、「北極サークル」事務局の Reshma Francy (レシュマ・フランシー)、Kerstin Klee (ケルスティン・クレイ)、Kirsten Hammelbo (キルステン・ハメルボ)、Ástríður Jónsdóttir (アストリド・ヨンズドッティール) からも貴重な支援をいただいた。

掲載写真

- p. 1 洋上風力発電所、スペイン (lkpro/Shutterstock.com)
- p. 11 送電線 (konstantinks/Shutterstock.com)
- p. 13 太陽光PV発電所 (hlopex/Shutterstock.com)
- p. 25 電気自動車充電ステーション (Sopotnicki/Shutterstock.com)
- p. 61 地熱発電所、アイスランド (IRENA)
- p. 71 ヌール太陽光発電所、モロッコ (IRENA)

