



ISO Foresight Brief  
ISO フォアサイト概要



# Energy Sources 2030+

The Energy transition towards a net zero carbon future – from a standardization perspective

## エネルギー源 2030 +

ネットゼロカーボンの未来に向けたエネルギー移行 -  
標準化の観点から

英和对訳  
(一財)日本規格協会

iso.org





---

# Table of contents

<b>Foreword</b> .....	<b>4</b>
<b>Facts and figures</b> .....	<b>6</b>
<b>Enabling the energy transition: <i>About this Foresight Brief</i></b> .....	<b>10</b>
<b>Trends and transformations: <i>A brief look at present and future perspectives of Energy Sources</i></b> .....	<b>12</b>
<b>How can ISO meet future needs for standardization in Energy Sources?</b> .....	<b>16</b>
<b>A word ahead: What are future needs?</b> .....	<b>16</b>
<b>ISO Trends driving the future needs for standardization in Energy Sources</b> .....	<b>17</b>
<b>Roadmap of future needs for standardization in Energy Sources</b> .....	<b>18</b>
<b>Future needs</b> .....	<b>19</b>
<b>Ingrained interoperability</b> .....	<b>19</b>
<b>Resilience and structural integrity</b> .....	<b>21</b>
<b>Low-carbon manufacturing and maintenance</b> .....	<b>24</b>
<b>Breakthrough clean tech innovations</b> .....	<b>28</b>
<b>Negative emission technologies</b> .....	<b>30</b>
<b>Energy efficiency and carbon emission measurement</b> .....	<b>32</b>
<b>Outlook – What’s next?</b> .....	<b>35</b>
<b>Questions to the future</b> .....	<b>39</b>
<b>Annex</b> .....	<b>40</b>
<b>About ISO Foresight</b> .....	<b>47</b>

---

# 目次

まえがき .....	4
事実と数字 .....	6
エネルギー移行の実現: このフォアサイト概要について .....	10
トレンドと変革: エネルギー源の現在と将来の展望の簡単な紹介 .....	12
ISO はエネルギー源の標準化の将来のニーズにどのように 対応できるでしょうか? .....	16
先を見据えて: 将来のニーズとは何でしょうか? .....	16
エネルギー源の標準化の将来のニーズを推進する ISO トレンド .....	17
エネルギー源の標準化の将来のニーズのロードマップ .....	18
将来のニーズ .....	19
根付いた相互運用性 .....	19
レジリエンスと構造的完全性 .....	21
低炭素製造とメンテナンス .....	24
画期的なクリーン技術のイノベーション .....	28
ネガティブエミッション技術 .....	30
エネルギー効率と炭素排出量の測定 .....	32
展望 - 次は何? .....	35
未来への問い .....	39
附属書 .....	40
ISO フォアサイトについて .....	47

---

# Foreword

Dear friends and colleagues,

Taking urgent action to tackle the destructive effects of climate change is high on the global agenda, as we have witnessed in recent high-profile UN Climate Change Conferences. ISO and our members are fully committed to playing our part in this fight, and are doing so in three important ways: by taking climate considerations into account in the development of all our standards; by actively involving those most vulnerable to climate change in standards development; and by defining concrete actions to track our progress.

While we already have many published climate-related standards and much ongoing work that aims to address these challenges, we know there is a lot more to be done. ISO's foresight programme aims to understand and anticipate global trends affecting society, technology, the environment, the economy, science and even politics. We are trying to become more future-focused as an organization so that we can better anticipate market needs and provide standards as solutions to global challenges in a timely manner.

'Energy sources' was just one of 40 trends presented in our trend report, but ISO members selected this as one of the most important and relevant. Our technical committees work across a number of related areas, including solar energy, hydrogen technologies, nuclear energy, oil and gas (including low-carbon energy), greenhouse gas and climate change management, carbon capture and storage, energy management and energy savings. Many of these committees were represented in a series of ideation workshops, together with cross-sectoral experts from national and international organizations outside the standardization community. The insights they provided into future trends in the energy sector are extremely valuable for ISO in helping us understand future challenges and opportunities related to energy sources. Armed with these, we can then think about developing international standards to help address these challenges and seize these opportunities.

---

# まえがき

親愛なる友人および同僚の皆様、

気候変動の破壊的な影響に対処するために緊急の措置を講じることは、最近の国連気候変動会議で私たちが目撃したように、世界的課題の重要な課題です。ISO とその会員は、この戦いに全力で取り組むことを約束しており、三つの重要な方法でその役割を果たしています。すべての規格の開発において気候を考慮に入れること、規格の開発に気候変動の影響を最も受けやすい人々を積極的に関与させること、そして進捗状況を追跡するための具体的な措置を定義することです。

私たちはすでに多くの気候関連規格を発行しており、これらの課題に対処することを目的とした多くの業務が進行中ですが、やるべきことはまだまだたくさんあると認識しています。ISO のフォアサイトプログラムは、社会、技術、環境、経済、科学、さらには政治に影響を与える世界的なトレンドを理解し、予測することを目的としています。私たちは組織としてより未来志向になることを目指しており、市場のニーズをよりよく予測し、グローバルな課題に対するソリューションとしてタイムリーに規格を提供できるようにしています。

「エネルギー源」は、私たちのトレンドレポートで紹介された 40 のトレンドの一つにすぎませんが、ISO 会員はこれを最も重要かつ関連性の高いトレンドの一つとして選びました。私たちの専門委員会は、太陽エネルギー、水素技術、原子力エネルギー、石油とガス（低炭素エネルギーを含む）、温室効果ガスと気候変動管理、炭素回収と貯蔵、エネルギーマネジメントと省エネルギーなど、多くの関連分野にわたって活動しています。これらの委員会の多くは、標準化コミュニティ以外の国内外の組織の分野横断的な専門家とともに、一連のアイデア ワークショップに参加しました。エネルギー分野の将来のトレンドに関する専門家たちの洞察は、エネルギー源に関連する将来の課題と機会を理解する上で ISO にとって非常に貴重です。これらの洞察を基に、これらの課題に対処し、これらの機会をつかむのに役立つ国際規格の開発について考えることができます。

---

In short, energy sources is an extremely important topic for ISO and we are very grateful that you sent your experts to explore it with us. This will enable us to make the best possible contribution to a successful global energy transition and, eventually, to achieve ISO's vision of making lives easier, safer and better for people everywhere.

Kind regards,



**Sergio Mujica**

ISO Secretary General



---

つまり、エネルギー源は ISO にとって非常に重要なトピックであり、専門家を派遣して一緒に検討して下さったことに非常に感謝しています。これにより、世界的なエネルギー移行の成功に最大限の貢献ができ、最終的には世界中の人々の生活をより便利で安全でより良いものにするという ISO のビジョンを実現することができます。

敬具



セルヒオ・ムヒカ

ISO 事務総長

---

# 50 billion tons of greenhouse gases are emitted each year

around 75% of these are the result of energy consumption: transportation, electricity and heat, buildings, production and construction<sup>1,2</sup>

1 [Global Carbon Budget 2023](#) (Friedlingstein et al., 2023)

2 [4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors](#) (World Resources Institute, 2020)

---

# 50 億トンの 温室効果ガスが 毎年排出されています

そのうち約 75% はエネルギー消費  
によるものです: 輸送, 電気と熱,  
建物, 生産と建設<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 2023 年世界炭素予算 (Friedlingstein et al., 2023) d

<sup>2</sup> 四つのグラフで国とセクター別の温室効果ガス排出量を説明 (世界資源研究所, 2020)

---

**By 2050,**  
global primary  
energy use is  
expected to  
**increase by**  
**up to 57%<sup>3</sup>**

<sup>3</sup> [International Energy Outlook 2023](#) (U.S. Energy Information Administration, 2023)

---

2050年までに、  
世界の一次エネルギー  
使用量は、  
最大 57% 増加  
すると  
と予想されています<sup>3</sup>

3 2023 年国際エネルギー展望 (米国エネルギー情報局, 2023)

---

# 80%

of the technologies  
needed to achieve  
the 2030 climate  
goals<sup>4</sup> are already  
on the market<sup>5</sup>

4 To keep global warming to no more than 1.5°C – as called for in the 2015 Paris Agreement – emissions need to be reduced by 45% by 2030 (from 2015 levels) and reach net zero by 2050. [For a livable climate: Net-zero commitments must be backed by credible action](#) (United Nations, 2023)

5 [Green Technology Book. Solutions for climate change mitigation](#) (World Intellectual Property Organization, 2023)

---

2030 年の気候目標<sup>4</sup> を  
達成するために必要な  
技術の

80%

は、すでに市場に出回  
っています<sup>5</sup>

4 2015 年のパリ協定で求められているように、地球温暖化を 1.5° C 未満に抑えるには、排出量を 2023 年までに 1.5% 削減する必要があります。2030 年までに 45%（2015 年レベルから）削減し、2050 年までにネットゼロを達成します。住みやすい気候のために、ネットゼロのコミットメントは、信頼できる行動によって裏付けられなければなりません。（国連、2023）

5 グリーンテクノロジーブック。気候変動緩和のためのソリューション（世界知的財産権機関、2023）

---

From 2010 to 2022,  
costs per installed  
kW/h from solar  
photovoltaics  
plummeted from 710%  
more expensive than  
the cheapest fossil-  
fuel fired option  
**to 29%  
cheaper<sup>6</sup>**

6 [Renewable Power Generation Costs in 2022](#) (International Renewable Energy Agency, 2023)



---

2010年から2022年にかけて、設置された太陽光発電のkW/hあたりのコストは、最も安価な化石燃料  
燃焼オプションよりも  
710% 高価だったのが、  
**29% 安くなりました**  
**た<sup>6</sup>**

6 Renewable Power Generation Costs in 2022 (International Renewable Energy Agency, 2023)

---

# Enabling the energy transition: *About this Foresight Brief*

**The urgency to reach net zero is clear:** Climate change impacts are causing suffering and destruction worldwide, particularly in vulnerable regions where around 3.6 billion people face threats to water supplies, food production, and infrastructure.<sup>7</sup>

Unless **we rapidly and fundamentally transform our societies and economies** towards net zero, mankind's current prosperity and hopes for the future are at risk.<sup>8</sup> At the same time, **global energy demand** is expected to rise at least 50% by 2050, driven mostly by economic and population growth in developing countries, particularly in Asia.<sup>9</sup> Meeting this growing demand while drastically reducing greenhouse gas emissions will require a **vast expansion in low- and zero-carbon energy**. Strong international cooperation will be crucial in enabling this transformation, especially in **key areas such as standards**.<sup>10,11</sup>

Against this background, ISO's foresight activities serve to identify **respective opportunities and areas for possible future standardization activities** (see **ISO Foresight**). As one output from these foresight activities, **this brief serves**

7 **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability** (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022)

8 **Climate Change 2023. Synthesis Report: Summary for Policymakers** (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023)

9 International Energy Outlook 2021 (US Energy Information Administration, 2021).

10 **The Breakthrough Agenda Report 2023. Accelerating Sector Transitions Through Stronger International Collaboration** (International Energy Agency, International Renewable Energy Agency, and the United Nations Climate Change High Level Champions, 2023)

11 Standards are effective in enabling and coordinating action and can mobilize investment and accelerate deployment – attributes that can play a key role in uniting the net zero governance landscape.

---

# エネルギー移行の実現： このフォアサイト概要について

ネットゼロ達成の緊急性は明らかです。気候変動の影響は世界中で苦しみと破壊を引き起こしており、特に約36億人が水供給、食糧生産、インフラへの脅威に直面している脆弱な地域で顕著です。<sup>7</sup>

社会と経済をネットゼロに向けて急速かつ根本的に変革しなければ、人類の現在の繁栄と将来への希望は危険にさらされます。<sup>8</sup> 同時に、世界のエネルギー需要は、主に発展途上国、特にアジアの経済成長と人口増加によって、2050年までに少なくとも50%増加すると予想されています。<sup>9</sup> この増大する需要に対応しながら温室効果ガスの排出量を大幅に削減するには、**低炭素エネルギーとゼロ炭素エネルギーの大幅な拡大**が必要です。この変革を可能にするには、特に**規格などの主要分野**で強力な国際協力が不可欠です。<sup>10, 11</sup>

このような背景から、ISOのフォアサイト活動は、**将来の標準化活動の可能性のあるそれぞれの機会と分野**を特定するのに役立ちます（**ISO Foresight**を参照）。これら

7 気候変動 2022: 影響、適応、脆弱性(気候変動に関する政府間パネル, 2022)

8 気候変動 2023: 統合レポート: 政策立案者向け概要(気候変動に関する政府間パネル, 2023)

9 国際エネルギー展望 2021(米国エネルギー情報局, 2021)

10 ブレークスルー アジェンダ レポート 2023. より強力な国際連携によるセクター移行の加速(国際エネルギー機関, 国際再生可能エネルギー機関, および国連気候変動ハイレベル チャンピオン, 2023)

11 規格は、アクションを可能にし、調整するのに効果的であり、投資を動員して展開を加速することができます。これらは、ネットゼロ ガバナンス環境を統合する上で重要な役割を果たすことができる属性です。

---

**to highlight opportunities for future international standardization activities** that support the market players in the energy transition.<sup>12</sup>

It draws from a variety of resources and steps in ISO's foresight process, including a literature review and a series of international expert workshops with 93 participants from 41 countries, as well as expert interviews with the ISO community. This brief serves to support and enable possible next steps towards respective standardization activities but does not prescribe them. Instead, it aims to spark discussion, further reflection and respective action within the ISO community, and ideally beyond.



### Guidance for the reader

The following section (pages 12-15) touches upon current and possible future trends and transformations relevant to the energy transition, providing context for those interested in how energy sources may develop in the coming years. Links are included between these developments and the future needs for standardization – i.e. those areas in which more innovation, change and support is needed, and where standardization can contribute to accelerating the respective change needed. For others ready to zoom straight into the future needs, these are summarized in a roadmap and then covered in detail from pages 19-34. For those looking to jump directly to the outlook and next steps, this can be found on pages 35-38.

<sup>12</sup> In this Foresight Brief, 'Energy Sources' refers to the ongoing transformation of the energy sector towards net zero GHG emissions, including e.g. the phasing-out of fossil fuels, the scaling-up of low and zero-carbon energy sources, the introduction of carbon capture, and improvement of energy management. Keeping energy affordable and reliable during this drive towards sustainability is an important aspect. Energy Sources as it was considered within the ISO foresight process covers the following aspects: A) Power sector shifts towards renewable energy sources and other clean sources, such as solar PV, wind, emerging renewable energy production, like solar thermal, tide and wave, nuclear, other. B) Grid and storage enhancement and development. C) Clean non-power energy sources for energy intensive industry, aviation and shipping, such as green hydrogen, biofuel, synthetic fuels, etc. D) Carbon Capture, Utilization and Storage to enable low-carbon fossil fuel use. E) Energy demand reduction.

のフォアサイト活動の成果の一つとして、この概要は、エネルギー移行における市場プレーヤーをサポートする将来の国際標準化活動の機会を強調する役割を果たします。<sup>12</sup>

この概要は、文献レビュー、41 か国から 93 名が参加した一連の国際専門家ワークショップ、ISO コミュニティの専門家インタビューなど、ISO のフォアサイトプロセスのさまざまなリソースと手順に基づいています。この概要は、それぞれの標準化活動に向けた可能な次のステップをサポートし、可能にするためのものですが、それらを規定するものではありません。代わりに、ISO コミュニティ内、そして理想的にはそれ以上の場所で、議論、さらなる考察、それぞれの行動を喚起することを目指しています。



### 読者へのガイダンス

次のセクション（12～15 ページ）では、エネルギー移行に関連する現在の傾向と将来の可能性のある傾向および変革について触れ、今後数年間にエネルギー源がどのように発展するかに関心のある人々のために背景情報を提供します。これらの発展と標準化の将来のニーズ（つまり、より多くの革新、変化、サポートが必要な分野、および標準化が必要なそれぞれの変化を加速するのに貢献できる分野）の間には、リンクが含まれています。将来のニーズにすぐに焦点を合わせたい人のために、これらはロードマップにまとめられ、19～34 ページで詳細に説明されています。展望と次のステップに直接ジャンプしたい方は、35～38 ページをご覧ください。

12 このフォアサイト概要では、「エネルギー源」とは、化石燃料の段階的廃止、低炭素およびゼロ炭素エネルギー源の拡大、炭素回収の導入、エネルギーマネジメントの改善など、エネルギー部門の進行中の温室効果ガス排出量ゼロに向けた変革を指します。持続可能性に向けたこの取り組みにおいて、エネルギーを手頃な価格で信頼できる状態に保つことは重要な側面です。ISO の予測プロセスで検討されたエネルギー源には、次の側面が含まれます。A) 太陽光発電、風力、太陽熱、潮力、波力、原子力などの新興再生可能エネルギー生産など、電力部門の再生可能エネルギー源やその他のクリーンなエネルギー源への移行。B) グリッドと貯蔵の強化と開発。C) グリーン水素、バイオ燃料、合成燃料など、エネルギー集約型産業、航空、船舶向けのクリーンな非電力エネルギー源。D) 低炭素化石燃料の使用を可能にする炭素回収、利用、貯蔵。E) エネルギー需要の削減。

---

# Trends and transformations: *A brief look at present and future perspectives of Energy Sources*

To reach net zero targets, the increasing global demand for power must be primarily met by low-emissions sources of electricity. Today, the global share of low-emissions sources in power generation is around 39%, to meet climate goals the share will need to increase to nearly 100% by 2050.<sup>13</sup>

This is expected to result in a **tripling of renewables capacities until 2030**, mainly in solar photovoltaics (PV) and wind, supplemented by nuclear and others. The **necessary massive growth in renewables capacity requires driving up manufacturing capacities for these sources**, especially in solar PV and wind, as these two sources are the cheapest, have political support in most markets, and can be scaled rapidly.<sup>14</sup> However, **scaling up wind manufacturing capacity could become a bottleneck** in the future as current expansion plans are insufficient and there are considerable challenges in realizing projects concerning financing, acquisition of land, approval processes, and ensuring support from citizens in the respective regions.<sup>15</sup>

➔ **Future need:** Low-carbon manufacturing and maintenance

---

<sup>13</sup> [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

<sup>14</sup> [Solar PV](#) (International Energy Agency, 2023); [Wind](#) (International Energy Agency, 2023)

<sup>15</sup> [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

# トレンドと変革: エネルギー源の現在と将来 の展望の簡単な紹介

ネットゼロ目標を達成するには、増加する世界の電力需要を主に低排出電力源で満たす必要があります。現在、発電における低排出電力源の世界シェアは約 39% ですが、気候目標を達成するには、2050 年までにシェアをほぼ 100% に増やす必要があります。<sup>13</sup>

2030年までに再生可能エネルギーの容量が3倍になると予想されており、主に太陽光発電(PV)と風力で、原子力などが補完されます。再生可能エネルギーの容量を大幅に増やすには、これらのエネルギー源、特に太陽光発電と風力の製造能力を高める必要があります。これら2つのエネルギー源は最も安価で、ほとんどの市場で政治的な支持があり、急速に拡大できるからです。<sup>14</sup>しかし、現在の拡張計画は不十分で、資金調達、土地の取得、承認プロセス、各地域の市民からの支援の確保に関するプロジェクトの実現にはかなりの課題があるため、風力製造能力の拡大は将来的にボトルネックになる可能性があります。<sup>15</sup>

⇒ **将来のニーズ: 低炭素製造とメンテナンス**

<sup>13</sup> ネットゼロロードマップ: 1.5° C 目標を達成するための世界的道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関)

<sup>14</sup> 太陽光発電(国際エネルギー機関, 2023年)、風力(国際エネルギー機関, 2023年)

<sup>15</sup> ネットゼロロードマップ: 1.5° C 目標の達成に向けた世界的道筋。2023 年アップデート(国際エネルギー機関, 2023年)

---

As some renewable energy sources' outputs fluctuate depending on weather conditions, **measures are necessary to manage the variability of these sources into the grid system. More growth and new options for storage will be required**, from traditional pumped storage and hydropower to utility scale batteries and other solutions, such as hydrogen production or demand-side management.<sup>16</sup> But with more components being integrated into the energy system, regional networks will become increasingly interconnected, and **new challenges for the interoperability in the energy system** could arise.<sup>17</sup>

→ **Future need: Ingrained interoperability**

---

Moreover, the energy transition's immanent growth in variable energy generation and new market actors **require efforts to enhance the structural integrity of the energy system and its resilience**, while challenges from severe weather events will also likely increase.<sup>18</sup>

→ **Future need: Resilience and structural integrity**

---

The **digitalization and increased connectivity of the energy system** will also be necessary to meet **future flexibility requirements**, especially in the EU.<sup>19</sup> However, some of these technologies also come with considerable risks, for example regarding the trustworthiness of employed Artificial Intelligence (AI) models.<sup>20</sup> This calls for a particular focus on interoperability and structural integrity.

→ **Future needs: Ingrained interoperability / Resilience and structural integrity**

---

**Emerging and new technologies offer tremendous opportunities** to accelerate the energy transition towards net zero. On the production side, the contribution of Industry 4.0 technologies in optimizing renewable production is a key enabler.<sup>21</sup> On the distribution end, AI can better control grids, (big) data can improve demand management, and the use of smart power meters can all help reduce emissions.<sup>22,23,24</sup>

→ **Future need: Breakthrough clean tech innovations**

---

16 [Renewables 2021](#) (International Energy Agency, 2021)

17 [Towards net-zero. Interoperability of technologies to transform the energy system](#) (OECD, 2022)

18 [Energy system resilience – A review](#) (Jasūnas et al., 2021)

19 [NCS Report #1: Electricity smart meter rollout in Germany](#) (4i-TRACTION, 2023)

20 [Why AI and energy are the new power couple](#) (International Energy Agency, 2023)

21 [Accelerating the renewable energy sector through Industry 4.0: Optimization opportunities in the digital revolution](#) (Pandey et al., 2023)

22 [AI-Enabled Energy Policy for a Sustainable Future](#) (Danish and Senjyu, 2023)

23 [Large consumers can help drive the clean energy transition – but they need better data](#) (International Energy Agency, 2023)

24 [Unleashing the benefits of data for energy systems](#) (International Energy Agency, 2023)



一部の再生可能エネルギー源の出力は気象条件によって変動するため、これらのエネルギー源の変動をグリッドシステムで管理するための対策が必要です。従来の揚水式貯蔵や水力発電から、公益事業規模のバッテリーや、水素生産や需要側管理などの他のソリューションに至るまで、貯蔵のさらなる成長と新しい選択肢が必要になります。<sup>16</sup> しかし、エネルギーシステムに統合されるコンポーネントが増えると、地域ネットワークの相互接続性が高まり、エネルギーシステムの相互運用性に関する新たな課題が発生する可能性があります。<sup>17</sup>

⇒ **将来のニーズ:** 根付いた相互運用性

さらに、エネルギー移行に伴う変動エネルギー生成と新しい市場関係者の成長により、エネルギーシステムの構造的完全性とレジリエンスを高める取り組みが必要となり、一方で、厳しい気象現象による課題も増加する可能性があります。<sup>18</sup>

⇒ **将来的なニーズ:** レジリエンスと構造的完全性

特に EU では、エネルギーシステムのデジタル化と接続性の向上も、将来の柔軟性要件を満たすために必要になります。<sup>19</sup> ただし、これらのテクノロジーの一部には、採用されている人工知能 (AI) モデルの信頼性など、かなりのリスクも伴います。<sup>20</sup> このため、相互運用性と構造的完全性に特に重点を置く必要があります。

⇒ **将来的なニーズ:** 根付いた相互運用性 / レジリエンスと構造的完全性

新興技術と新技術は、ネットゼロに向けたエネルギー移行を加速させる大きな機会を提供します。生産面では、再生可能エネルギー生産の最適化におけるインダストリー 4.0 技術の貢献が重要な推進力となります。<sup>21</sup> 配電面では、AI によってグリッドをより適切に制御でき、(ビッグ) データによって需要管理を改善でき、スマート電力メーターの使用によって排出量の削減に役立ちます。<sup>22, 23, 24</sup>

⇒ **将来的なニーズ:** 画期的なクリーン技術イノベーション

16 再生可能エネルギー 2021 (国際エネルギー機関, 2021)

17 ネットゼロに向けて。エネルギーシステムを変革する技術の相互運用性 (OECD, 2022)

18 エネルギーシステムのレジリエンス - レビュー (Jasūnas et al., 2021年)

19 NCS レポート #1: ドイツにおける電力スマートメーターの展開 (4i-TRACTION, 2023)

20 AI とエネルギーが新たなパワーカップルである理由 (国際エネルギー機関, 2023)

21 インダストリー 4.0 による再生可能エネルギー部門の加速: デジタル革命における最適化の機会 (Pandey et al., 2023)

22 持続可能な未来のための AI 対応エネルギー政策 (Danish and Senjyu, 2023)

23 大規模消費者はクリーンエネルギーへの移行を推進できるが、より優れたデータが必要 (国際エネルギー機関, 2023)

24 エネルギーシステムにおけるデータのメリットの解放 (国際エネルギー機関, 2023)

---

Carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technologies are expected to gain in importance, especially in areas where other low-carbon options are limited (e.g. in the production of cement or synthetic kerosene), as well as for some non-substitutable fossil power plants. Today, 45 MT of CO<sub>2</sub> is captured through these technologies, this is expected to increase to 400 MT in 2030, with plants in 45 countries.<sup>25</sup>

→ **Future need: Negative emission technologies**

---

**Reducing and avoiding the use of energy** is the major lever to cut emissions across the energy landscape. To reach net zero targets, improvements in global energy intensity<sup>26</sup> need to more than double by 2030 (from 1.3% annually in 2023 to 4% in 2030).<sup>27</sup> Accordingly, **efficiency policies have been strengthened globally in recent years**, with investments reaching record levels of around USD 600 billion in 2023.<sup>28</sup> In the next few years, regulators are expected to further strengthen regulatory frameworks around energy efficiency, to adopt ambitious targets (such as in Minimum Energy Performance Standards (MEPS)) and to expand the availability of financial incentives.<sup>29</sup>

→ **Future need: Energy efficiency and carbon emission measurement**

---

25 **Renewables 2021** (International Energy Agency, 2021); and **Global Energy Perspective 2023** (McKinsey & Company, 2023)

26 Energy intensity is measured by the quantity of energy required per unit output or activity, so that using less energy to produce a product reduces the intensity. **Energy efficiency vs. energy intensity** (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2024)

27 **Energy Efficiency 2023** (International Energy Agency, 2023)

28 **Energy Efficiency – The Decade for Action** (International Energy Agency, 2023)

29 **Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial steps towards 1.5°C** (International Renewable Energy Agency, 2023)

---

炭素回収、利用、貯蔵CCUS 技術は、特に他の低炭素オプションが限られている分野（セメントや合成灯油の生産など）や、代替不可能な化石燃料発電所で重要性を増すと予想されています。現在、これらの技術によって 45 トンのうが回収されていますが、2030 年には 45 か国の発電所で 400 トンに増加すると予想されています。<sup>25</sup>

④ **将来のニーズ**: ネガティブエミッション 技術

エネルギーの使用を減らし、回避することが、エネルギー分野全体で排出量を削減するための主要な手段です。ネットゼロ目標を達成するには、世界のエネルギー強度<sup>26</sup>の改善を2030年までに2倍以上にする必要があります（2023年の年間1.3%から2030年の4%に）。<sup>27</sup> それに応じて、近年、効率化政策が世界的に強化されており、投資額は2023年に約6,000億米ドルという記録的なレベルに達しています。<sup>28</sup> 今後数年間で、規制当局はエネルギー効率に関する規制枠組みをさらに強化し、野心的な目標（最低エネルギー性能基準（MEPS）など）を採用し、金銭的インセンティブの利用可能性を拡大すると予想されています。<sup>29</sup>

④ **将来のニーズ**: エネルギー効率と炭素排出量の測定

25 再生可能エネルギー 2021 (国際エネルギー機関, 2021 年), および グローバル エネルギー展望 2023 (McKinsey & Company, 2023)

26 エネルギー強度は、単位出力または活動あたりに必要なエネルギー量で測定されるため、製品を生産するために使用するエネルギーが少ないほど強度は低くなります。エネルギー効率とエネルギー強度 (エネルギー効率・再生可能エネルギー局, 2024)

27 エネルギー効率 2023 (国際エネルギー機関, 2023)

28 エネルギー効率 - 行動の 10 年 (国際エネルギー機関, 2023)

29 2030 年までに再生可能エネルギーを 3 倍に、エネルギー効率を 2 倍に: 1.5° C に向けた重要なステップ (国際再生可能エネルギー機関, 2023)



### Spotlight: Upgrading existing and building new network infrastructure

Dependency on network infrastructure will severely impact the **path towards net zero energy security**, especially in developed countries. Today's model relies on centralized production and long-distance electricity transmission and is unable to incorporate local production and transmission to the degree necessary. It is assumed that power transmission lines and distribution lines will have to increase by 185% and 165% respectively by 2050 to support the new energy reality.<sup>30</sup> In Europe, cross border exchange capacity must be strengthened considerably to realize future opportunities to import green energy (both from other member states and from third countries).<sup>31</sup> At the same time, microgrids and PV offer considerable **opportunities for leapfrogging towards low or zero-carbon industrialization** in less developed countries, in particular in Sub-Saharan Africa.<sup>32</sup> Generally, decentralized solutions are the least costly way of providing access to energy to those currently without power, and almost 90% of all new connections expected until 2050 will come from renewables.<sup>33</sup>

30 **Enabling infrastructure** (International Energy Agency, 2023)

31 **Gridlock: Why Europe's electricity infrastructure is holding back the green transition** (European Council on Foreign Relations, 2023)

32 **How microgrids can facilitate energy access and electrify rural Africa** (International Growth Centre, 2023)

33 **Access to electricity** (International Energy Agency, 2023)



### スポットライト: 既存のネットワーク インフラストラクチャーのアップグレードと新しいネットワーク インフラストラクチャーの構築

ネットワーク インフラストラクチャーへの依存は、特に先進国において、**ネットゼロエネルギー セキュリティへの道**に深刻な影響を及ぼします。今日のモデルは、集中的な生産と長距離の電力伝送に依存しており、必要な程度まで現地での生産と伝送を組み込むことができません。新しいエネルギーの現実に対応するには、2050 年までに送電線と配電線をそれぞれ 185% と 165% 増やす必要があると想定されています。<sup>30</sup> 欧州では、将来的にグリーン エネルギーを輸入する機会を実現するために、国境を越えた交換能力を大幅に強化する必要があります（他の加盟国と第三国の両方から）。<sup>31</sup> 同時に、マイクログリッドと PV は、特にサハラ以南アフリカなどの発展途上国で、**低炭素またはゼロ炭素の産業化に向けて飛躍する大きな機会を提供します**。<sup>32</sup> 一般的に、分散型ソリューションは、現在電力のない人々にエネルギーへのアクセスを提供する最もコストのかからない方法であり、2050 年までに予想されるすべての新規接続のほぼ 90% は再生可能エネルギーから来ます。<sup>33</sup>

30 **インフラの実現** (国際エネルギー機関, 2023)

31 **グリッドロック: 欧州の電力インフラがグリーン移行を妨げている理由** (欧州外交評議会, 2023)

32 **マイクログリッドがエネルギー アクセスを促進し、アフリカの農村部を電化する方法** (国際成長センター, 2023)

33 **電力へのアクセス** (国際エネルギー機関, 2023)

---

# How can ISO meet future needs for standardization in Energy Sources?

## A word ahead: What are future needs?

**Future needs are areas where in the next decade (or even beyond that), fundamental change is expected and where innovation will be required to enable the energy transition.**

They do not only cover needs in energy production and supply, but also include wider enabling factors where change will be necessary to swiftly enable the energy transition. Thus, they **zoom in on future needs where standardization could make a difference.**<sup>34</sup>

The future needs are categorized into one of three timeframe categories concerning respective standardization activities: short term, mid-term, or long-term.<sup>35</sup> However, for all the future needs identified activities should ideally start today. These timeframe indicators simply help in understanding relative importance and/or urgency of a particular need for change. With this context in mind, the list is therefore not exhaustive – and it could change over time as new needs emerge.

**Each of the future needs is accompanied by a section on Standardization perspectives that provides concrete recommendations and possible ways forward. These recommendations include not only potential topics of relevance, but also suggestions on potential improvements to the ISO system itself for it to stay more agile and up to date.** Examples of existing standards in the related areas are listed in the [Annex](#).

**Additionally, each future need is linked to several overarching trends identified in previous ISO Foresight work. Please click on the links to be redirected to the [ISO Foresight](#) webpage and learn more about related major societal trends.**

<sup>34</sup> The future needs presented here focus only on those that were highlighted both in the literature as well as in the workshops and interviews with the ISO community. For more information see [Annex on ISO Foresight](#)

<sup>35</sup> Definition of time-dimensions: short-term: within the next five years (2024 to 2029); mid-term: within five to ten years (2029 to 2034); long-term: 10 years plus (2035+).

# ISO はエネルギー源の標準化に関する将来のニーズにどのように対応できるでしょうか？

## 先を見据えて：将来のニーズとは何でしょうか？

将来のニーズとは、今後 10 年（またはそれ以降）に根本的な変化が見込まれ、エネルギー移行を可能にするためにイノベーションが必要となる分野です。

エネルギーの生産と供給のニーズだけでなく、エネルギー移行を迅速に可能にするために変化が必要となる、より広範な促進要因も含まれます。したがって、標準化が改善を生む可能性のある将来のニーズに焦点を当てています。<sup>34</sup>

将来のニーズは、それぞれの標準化活動に関する 三つのタイムフレームカテゴリー（短期、中期、長期）のいずれかに分類されます。<sup>35</sup> ただし、特定されたすべての将来のニーズについて、理想的には今日から活動を開始する必要があります。これらのタイムフレーム指標は、特定の変更の必要性の相対的な重要性や緊急性を理解するのに役立ちます。この背景を考慮すると、リストは網羅的ではなく、新しいニーズが出現するにつれて時間の経過とともに変化する可能性があります。

それぞれの将来のニーズには、具体的な推奨事項と今後の可能性のある方法を示す標準化の視点に関するセクションが付いています。これらの推奨事項には、関連する可能性のあるトピックだけでなく、ISO システム自体をより機敏かつ最新の状態に保つための潜在的な改善に関する提案も含まれています。関連分野の既存の規格の例は、[附属書](#)に記載されています。

さらに、それぞれの将来のニーズは、以前の ISO Foresight 業務で特定されたいくつかの包括的なトレンドにリンクされています。リンクをクリックすると、[ISO Foresight](#) のウェブページにリダイレクトされ、関連する主要な社会的トレンドについて詳しく知ることができます。

34 ここで提示される将来のニーズは、文献だけでなく、ISO コミュニティとのワークショップやインタビューでも強調されたものにのみ焦点を当てています。詳細については、[ISO Foresight に関する附属書](#)を参照してください。

35 時間軸の定義：短期：今後 5 年以内（2024 ~ 2029）、中期：5 ~ 10 年以内（2029 ~ 2034）、長期：10 年以上（2035+）。

# ISO Trends driving the future needs for standardization in Energy Sources<sup>36</sup>



36 Source of the Trend wheel: [ISO Foresight Trends](#) (ISO, 2022)

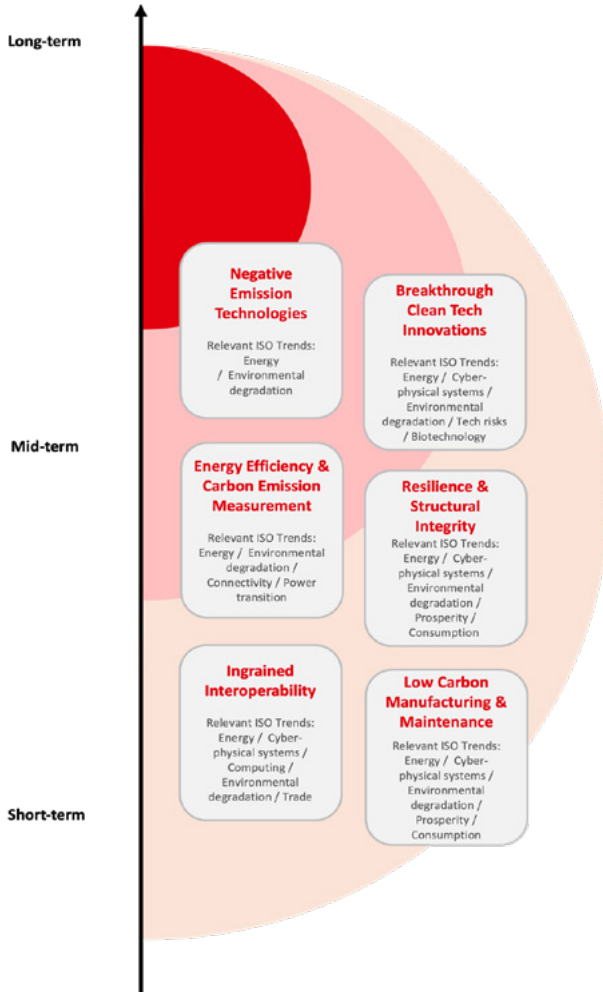


## エネルギー源の標準化の将来的なニーズを推進する ISOトレンド<sup>36</sup>



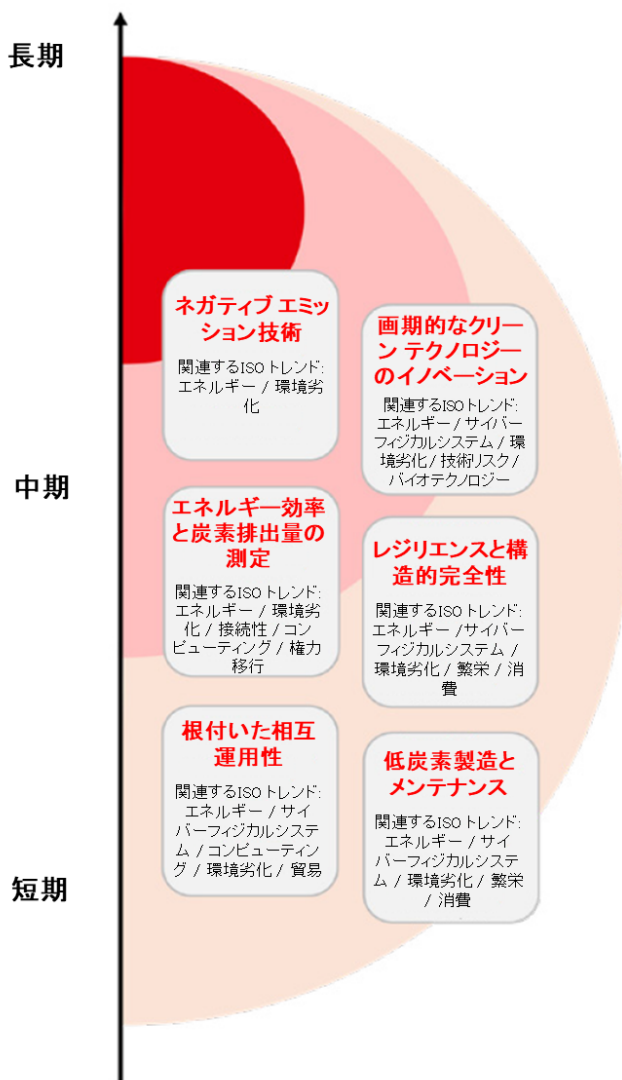
36 トレンド ホイールの出典: ISO フォアサイトトレンド(ISO, 2022)

# Roadmap of future needs for standardization in Energy Sources<sup>37</sup>



<sup>37</sup> Here, short-term is defined as within the next five years (2024 to 2029), mid-term is within five to ten years (2029 to 2034), and long-term as 10 years ahead or longer (2035+). For all the future needs identified activities should ideally start today. Thus, the timeframe categories flag a relative relevance, i.e. whether respective standardization activities are expected to be most critical immediately, in the next years, or beyond that.

## エネルギー源の標準化に関する将来のニーズの ロードマップ<sup>37</sup>



37 ここで、短期は今後5年以内（2024～2029年）、中期は5～10年以内（2029～2034年）、長期は10年以上先（2035年以降）と定義されます。特定されたすべての将来のニーズについて、理想的には今日から活動を開始する必要があります。したがって、タイムフレームカテゴリーは相対的な関連性、つまり、それぞれの標準化活動が今すぐ、今後数年間、またはそれ以降に最も重要になるかどうかを示します。

---

## Future needs

---

### Ingrained interoperability

#### Enabling net-zero-focused long-term planning and design



##### ISO Trends driving this need:

Energy / Cyber-physical systems / Computing /  
Environmental degradation / Trade

The transition to net zero requires the large-scale replacement of fossil fuel energy sources with renewable and clean sources such as solar PV and wind, complemented by growth in nuclear and other sources.<sup>38</sup> For renewables alone, a tripling of installed capacity is required until 2030 to meet the needs of the 1.5°C climate target.<sup>39</sup> As a consequence, existing infrastructure will need to be transformed to accommodate varying forms (including electrical, chemical, thermal, etc.) and scales of energy generation (e.g. from utility-scale to small-scale distributed rooftop solar PV).<sup>40</sup> Also, entirely new infrastructure will need to be built to accommodate new renewable energy sources, especially in developing countries.<sup>41</sup> To meet these challenges, global investments in energy transition technologies were a record high USD 1.3 trillion in 2022 already, but they will need to be four times higher to achieve the required cumulative investments of USD 44 trillion by 2030 to limit global warming to 1.5°C.<sup>42</sup> Accordingly, energy infrastructure needs to be designed to deal with high system complexity all the way from production to end-use.<sup>43</sup>

Clearly, a high level of interoperability is necessary in a future powered by a complex mix of energy sources: across regions and countries (especially

38 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

39 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

40 [Turning the tide in scaling renewables](#) (KPMG International, 2023)

41 [Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial steps towards 1.5°C](#) (International Renewable Energy Agency, 2023)

42 [Investment Needs of USD 35 trillion by 2030 for Successful Energy Transition](#) (International Renewable Energy Agency, 2023)

43 [Clean energy innovation points the way to net zero: But what about the underlying infrastructure?](#) (World Economic Forum, 2024)

## 将来のニーズ

### 根付いた相互運用性

#### ネットゼロに重点を置いた長期計画と設計の実現



このニーズを推進する ISO トレンド:

エネルギー / サイバーフィジカルシステム / コンピューティング / 環境劣化 / 貿易

ネットゼロへの移行には、化石燃料エネルギー源を太陽光発電や風力などの再生可能でクリーンなエネルギー源に大規模に置き換える必要があります。原子力やその他のエネルギー源の成長によって補完されます。<sup>38</sup> 再生可能エネルギーだけでも、1.5°C の気候目標を満たすには、2030 年までに設備容量を 3 倍にする必要があります。<sup>39</sup> その結果、既存のインフラストラクチャーを変換して、さまざまな形態（電気、化学、熱など）と規模のエネルギー生成（たとえば、ユーティリティ規模から小規模分散型屋上太陽光発電まで）に対応する必要があります。<sup>40</sup> また、特に発展途上国では、新しい再生可能エネルギー源に対応するために、まったく新しいインフラストラクチャーを構築する必要があります。<sup>41</sup> これらの課題に対応するために、エネルギー移行技術への世界的な投資は、2015 年に過去最高の 1.3 兆米ドルに達しました。すでに2022年には目標に達していますが、地球温暖化を1.5°C に抑えるために2030年までに必要とされる44兆米ドルの累積投資を達成するには、その4倍の投資が必要となります。<sup>42</sup> したがって、エネルギーインフラは、生産から最終使用まで、システムの高度な複雑性に対応できるように設計する必要があります。<sup>43</sup>

明らかに、エネルギー源の複雑な組み合わせによって電力供給される未来には、地域や国（特に国境を越えた）、さまざまなエネルギー領域（電力からモビリティ、電力

38 ネットゼロロードマップ: 1.5°C 目標の達成に向けた世界的道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関, 2023)

39 ネットゼロロードマップ: 1.5°C 目標の達成に向けた世界的道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関, 2023)

40 再生可能エネルギーの拡大で潮流を変える(KPMG International, 2023)

41 2030 年までに再生可能エネルギーを 3 倍に、エネルギー効率を 2 倍に: 1.5°C に向けた重要なステップ(国際再生可能エネルギー機関, 2023)

42 エネルギー移行を成功させるには、2030 年までに 35 兆米ドルの投資が必要(国際再生可能エネルギー機関, 2023)

43 クリーン エネルギーのイノベーションがネット ゼロへの道を示す: しかし、その基盤となるインフラストラクチャーはどうなっているのか?(世界経済フォーラム, 2024)

cross-border), across various energy domains (including sector coupling<sup>44</sup> like power-to-mobility and power-to-heat, and covering aspects such as power-to-gas) and across time dimensions (to e.g. allow integration of future technologies and solutions).<sup>45</sup> Interoperability encompasses the ability for technologies to integrate, communicate and undertake tasks (such as balancing supply and demand). The demand-side includes managing residential connected appliances (e.g. in electrified heating and transport) that could provide high levels of demand flexibility.<sup>46</sup> Currently, however, there is no common approach to energy system interoperability, and it is instead resolved on a case-by-case basis.<sup>47</sup> A respective global interoperability approach could enable the coordination and collaboration of energy infrastructure actors and technology innovators to achieve the green energy transition.<sup>48</sup>

### Standardization perspectives<sup>49</sup>



Timeframe category for standardization action:  
Short-Term / Mid-Term / Long-Term

Standardization is a key enabler of interoperability in the energy sector. In the short-term, international standards and guidelines will be critical in **enabling integration of new energy sources and technologies (such as smart grids) into existing energy systems** (including into e.g. distributed systems). But standards are also a key enabler of **interoperability between supply and demand, such as in bi-directional flows of both energy and data.**

Future technologies will likely allow for more local, decentralized energy production (modular options, microgrids) including prosumers<sup>50</sup> and further small-scale actors<sup>51</sup> joining the energy system. **Interoperability and good interfaces between such sources/technologies along the value chain will**

44 Sector coupling is the concept of interconnecting the energy consuming sectors - buildings (heating and cooling), transport, and industry - with the power producing sector.

45 [World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway](#) (International Renewable Energy Agency, 2023)

46 [Towards net-zero: Interoperability of technologies to transform the energy system](#) (OECD, 2022)

47 [Towards net-zero: Interoperability of technologies to transform the energy system](#) (OECD, 2022)

48 [International technology innovation to accelerate energy transitions: The case of the international energy agency technology collaboration programmes](#) (Caiafa et al., 2023)

49 Examples of existing standards related to the area can be found in the [Annex](#).

50 A prosumer is someone who consumes and produces energy. They have their own decentral energy generators, such as rooftop solar PVs, and possibly also battery storage. They consume energy from the grid when needed and feed excess energy into the grid when available. [Consumer vs Prosumer: What's the Difference?](#) (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2017)

51 Like energy communities, groups of people investing in decentral and semi-decentral energy system components like wind power, solar PV parks, storage.

から熱へのセクター カップリング<sup>44</sup> や、電力からガスへの側面などを含む)、時間軸(将来のテクノロジーとソリューションの統合を可能にするなど)にわたる高度な相互運用性が必要です。<sup>45</sup> 相互運用性には、テクノロジーが統合、通信し、タスク(需要と供給のバランスを取るなど)を実行する能力が含まれます。需要側には、需要の柔軟性を高めることができる住宅用接続機器(電化暖房や輸送など)の管理が含まれます。<sup>46</sup> ただし、現在、エネルギー システムの相互運用性に対する共通のアプローチはなく、ケース バイ ケースで解決されています。<sup>47</sup> それぞれのグローバル相互運用性アプローチにより、エネルギー インフラストラクチャー 関係者と技術革新者の調整とコラボレーションが可能になり、グリーン エネルギーへの移行を実現できます。<sup>48</sup>

## 標準化の視点<sup>49</sup>



### 標準化活動のタイムフレーム カテゴリ:

短期 / 中期 / 長期

標準化は、エネルギー セクターにおける相互運用性の重要な実現要因です。短期的には、国際規格とガイドラインが、**新しいエネルギー源と技術(スマート グリッドなどを)既存のエネルギー システム(分散システムなどを含む)に統合する上で重要になります。**しかし、規格は、エネルギーとデータの双方向フローなど、供給と需要の間の相互運用性の重要な実現要因でもあります。

将来のテクノロジーは、プロシューマー<sup>50</sup>やエネルギーシステムに参加するその他の小規模の関係者<sup>51</sup>を含む、よりローカルで分散型のエネルギー生産(モジュールオプション、マイクログリッド)を可能にする可能性があります。バリューチェーンに沿ったそのようなソース/テクノロジー間の**相互運用性と優れたインターフェイスは、**

44 セクターカップリングとは、エネルギー消費セクター(建物(暖房と冷房)、輸送、産業)と電力生産セクターを相互接続するという概念です。

45 **世界エネルギー移行展望 2023: 1.5° C の道筋**(国際再生可能エネルギー機関, 2023)

46 **ネットゼロに向けて: エネルギーシステムを変革する技術の相互運用性**(OECD, 2022)

47 **ネットゼロに向けて: エネルギーシステムを変革する技術の相互運用性**(OECD, 2022)

48 **エネルギー移行を加速するための国際技術革新: 国際エネルギー機関技術協力プログラムの事例**(Caiafa et al., 2023)

49 この分野に関連する既存の規格の例は、**附属書**に記載されています。

50 プロシューマーとは、エネルギーを消費し、生産する人のことです。これらの人は、屋上太陽光発電などの独自の分散型エネルギージェネレーターと、おそらくバッテリー貯蔵も持っています。これらの人は、必要に応じてグリッドからエネルギーを消費し、利用可能な場合は余剰エネルギーをグリッドに供給します。**消費者対プロシューマー: 違いは何ですか?**(エネルギー効率および再生可能エネルギー局, 2017)

51 エネルギーコミュニティと同様に、風力発電、太陽光発電パーク、貯蔵などの分散型および半分散型のエネルギーシステムコンポーネントに投資する人々のグループ。

---

**rely on data models and data exchange** (including collaboration between consumer devices,<sup>52</sup> production facilities and networks). This could build on the smart grid information model standard ([ISO 17800:2017](#), *Facility smart grid information model*). Standards here in the areas of respective technologies such as quantum technologies and AI could also enable a smooth integration of the energy system.<sup>53</sup> Moreover, standardization could support **the creation of the necessary digital infrastructures and ensure their alignment and security.**<sup>54</sup>

Working across borders, standardization can **strengthen global collaboration between key actors (policy makers/regulators, technology providers, utilities, prosumers, financing institutions) to speed up the transition in a coherent way.** This includes the involvement of new actors as well as new forms of collaboration, e.g. regarding coordination along the whole energy supply chain and integration of the energy system. **Providing a platform through standardization to share ideas, expertise and knowledge (e.g. technological know-how, best practices, etc.) can be another crucial aspect to foster the transition in a collaborative manner.**

---

## Resilience and structural integrity

### *Increasing Flexibility via Storage, Demand-Side Management and Decentral Solutions*



**ISO Trends driving this need:**

**Energy / Cyber-physical systems / Environmental degradation / Prosperity / Consumption**

The variability of renewable energy increases the need for energy system flexibility. Rather than responding to demand (as in the case of traditional electricity general models), massive growth of battery storage, demand

52 For example, influencing electric vehicle charging or heat pump action; mainly by limiting charging and boiler heating for short timeframes to shift grid load peaks.

53 Inspiration can be taken from the Healthcare sector (ISO/TR 28 380 series, Health informatics) and [White Paper for an Interoperability Process: The Approach to interoperability for all sectors derived from the Technical Report ISO/TR 28380](#) (Berger, 2022)

54 A standard which addresses aspects is under development: [ISO/IEC FDIS 27019](#), *Information technology – Security techniques – Information security controls for the energy utility industry.*



データモデルとデータ交換(消費者デバイス<sup>52</sup>、生産施設、ネットワーク間のコラボレーションを含む)に依存します。これは、スマートグリッド情報モデル規格(ISO 17800:2017, 施設用スマートグリッド情報モデル)に基づいて構築できます。量子技術や AI などの各技術分野における標準化によって、エネルギーシステムのスムーズな統合も可能になります。<sup>53</sup> さらに、標準化によって必要なデジタルインフラストラクチャーの構築がサポートされ、それらの整合性とセキュリティが確保されます。<sup>54</sup>

国境を越えて標準化を行うことで、主要な関係者(政策立案者/規制当局、技術プロバイダー、公益事業会社、プロシューマー、金融機関)間のグローバルな連携が強化され、一貫性のある方法で移行が加速されます。これには、新しい関係者の関与や、エネルギー サプライ チェーン全体にわたる調整やエネルギーシステムの統合に関する新しい形式の連携が含まれます。標準化を通じてアイデア、専門知識、知識(技術的ノウハウ、ベスト プラクティスなど)を共有するためのプラットフォームを提供することは、連携して移行を促進するためのもう一つの重要な側面です。

## レジリエンスと構造的完全性

### 貯蔵、需要側マネジメント、分散ソリューションによる柔軟性の向上



このニーズを推進する ISO トレンド:

エネルギー / サイバーフィジカルシステム / 環境劣化 / 繁栄 / 消費

再生可能エネルギーの変動性により、エネルギーシステムの柔軟性の必要性が高まります。(従来の電力一般モデルの場合のように)需要に応えるのではなく、パツ

52 たとえば、電気自動車の充電やヒートポンプの動作に影響を与えること。主に、充電とボイラー加熱を短時間制限して、グリッド負荷のピークをシフトします。

53 ヘルスケア分野(ISO/TR 28380 シリーズ、保健医療情報)および技術報告書 ISO/TR 28380 から派生した相互運用性プロセスの白書: すべての分野の相互運用性へのアプローチ から啓示を得ることができます。(Berger, 2022)

54 側面に対処する規格が開発中です: ISO/IEC FDIS 27019, 情報セキュリティ、サイバーセキュリティ、プライバシー保護—エネルギーユーティリティ工業のための情報セキュリティ制御

---

response, modern grids and more dispatchable<sup>55</sup> low-emission capacity will be required.<sup>56</sup> For example, the hourly flexibility needs to increase fourfold until 2050 to meet the IEA Net Zero Emissions scenario due to short-term changes in wind and sun radiation; additionally, seasonal variability requires long duration storage like hydrogen and low-emission thermal plants in many regions.<sup>57</sup> But integrating flexible technologies into energy markets to increase resilience and structural systems integrity can be challenging: Proper management is required to efficiently handle the mix of small-scale and utility scale battery technologies, of different owners, utilities, and prosumers as well as for enabling the integration of various approaches (including demand response measures, new thermal and gravity based storage solutions, electrolyzers, etc.).<sup>58</sup> Still, it is clear that seamless integration of different supply sources will become increasingly necessary to manage supply and demand peaks (and valleys) as energy systems with electricity progressively replace fossil fuel use in buildings, mobility and industry.<sup>59</sup> Furthermore, flexibility solutions are a key precondition for the structural integrity of the large growth in renewable energies, and thereby ultimately in the transition to net zero.<sup>60</sup> Harnessing the diversity of sources requires technical advancements especially regarding energy distribution (grids) as well as storage (with an acceleration of technologies e.g. concerning batteries, liquid hydrogen, etc.).

Ingraining the necessary flexibility will require structural integrity of the whole system, buffer solutions and redundancies within the system, so that it becomes resilient especially in times of unexpected or sudden events (such as extreme weather events or cyberattacks).<sup>61</sup> Increasing flexibility can also bring additional benefits, especially for developing countries where a high degree of flexibility can enable semi-decentral energy systems or even microgrids that could offer potential for leapfrogging in peripheral regions where electricity connection is currently lacking.<sup>62</sup>

55 Dispatchable energy sources can be used on demand to fit market needs, e.g. power plants or batteries that can be turned off or on.

56 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023); [Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial steps towards 1.5°C](#) (International Renewable Energy Agency, 2023)

57 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

58 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

59 [World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway](#) (International Renewable Energy Agency, 2023)

60 See e.g. [Enabling renewable energy with battery energy storage systems](#) (McKinsey & Company, 2023) and [17 ways technology could change the world by 2027](#) (World Economic Forum, 2022)

61 See e.g. [Planning urban energy systems adapting to extreme weather](#) (Jing et al., 2021) and [Energy is the Top Target for Cyberattacks. How Can the Sector Respond?](#) (International Energy Forum, 2022)

62 [The aggregated leapfrogging estimate: a novel approach to defining energy leapfrogging](#) (Hosseini-Moghaddam, 2023)

テリ―貯蔵、需要反応、近代的なグリッド、およびよりディスパッチ可能な<sup>55</sup>低排出容量の大幅な増加が必要になります。<sup>56</sup> たとえば、風と太陽放射の短期的な変化により、IEAのネットゼロ排出シナリオを満たすには、2050年までに時間単位の柔軟性を4倍に増やす必要があります。さらに、季節変動により、多くの地域で水素や低排出火力発電所のような長期貯蔵が必要になります。<sup>57</sup> しかし、レジリエンスと構造システムの完全性を高めるために、柔軟な技術をエネルギー市場に統合することは困難です。さまざまな所有者、公益事業、プロシューマーの小規模および公益事業規模のバッテリー技術の組み合わせを効率的に処理し、さまざまなアプローチ(需要応答対策、新しい熱および重力ベースの貯蔵ソリューション、電解装置など)を統合できるようにするには、適切な管理が必要です。<sup>58</sup> それでも、電気によるエネルギーシステムが建物、モビリティ、産業における化石燃料の使用に徐々に取って代わるにつれて、さまざまな供給源をシームレスに統合して、供給と需要のピーク(および谷)を管理することがますます必要になることは明らかです。<sup>59</sup> さらに、柔軟性ソリューションは、再生可能エネルギーの大幅な成長の構造的完全性、ひいてはネットゼロへの移行の重要な前提条件です。<sup>60</sup> さまざまなソースを活用するには、特にエネルギー分配(グリッド)と貯蔵(バッテリー、液体水素など)に関する技術の加速)に関する技術的進歩が必要です。

必要な柔軟性を根付かせるには、システム全体の構造的完全性、システム内の緩衝ソリューションおよび冗長性が必要であり、特に予期しないまたは突然の出来事(異常気象やサイバー攻撃など)が発生したときにレジリエンスを発揮します。<sup>61</sup> 柔軟性の向上は、特に発展途上国にとって追加のメリットをもたらす可能性があります。発展途上国では、高度な柔軟性により、半分散型エネルギーシステムや、現在電力接続が不足している周辺地域での飛躍的な進歩の可能性を提供するマイクログリッドさえも実現できます。<sup>62</sup>

55 ディスパッチ可能なエネルギー源は、市場のニーズに合わせてオンデマンドで使用できます。たとえば、電源のオン/オフが可能な発電所やバッテリーなどです。

56 ネットゼロロードマップ: 1.5° C目標の達成を維持するためのグローバルな道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関、2023年); 2030年までに再生可能エネルギーを3倍にし、エネルギー効率を2倍に: 1.5° Cに向けた重要なステップ(国際再生可能エネルギー機関、2023)

57 ネットゼロロードマップ: 1.5° C目標の達成を維持するためのグローバルな道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関、2023)

58 ネットゼロロードマップ: 1.5° C目標の達成を維持するためのグローバルな道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関、2023)

59 世界エネルギー移行展望 2023: 1.5° Cへの道筋(国際再生可能エネルギー機関、2023)

60 たとえば以下を参照。バッテリーエネルギー貯蔵システムによる再生可能エネルギーの実現(McKinsey & Company, 2023)および2027年までにテクノロジーが世界を変える17の方法(世界経済フォーラム、2022)

61 たとえば以下を参照。異常気象に適応する都市エネルギーシステムの計画(Jing et al., 2021)および、エネルギーはサイバー攻撃の最大の標的。業界はどのように対応できるか?(国際エネルギーフォーラム、2022)

62 集約されたリープフロッグ推定: エネルギーリープフロッグを定義するための新しいアプローチ(Hosseini-Moghaddam, 2023)

---

## Standardization perspectives<sup>63</sup>



**Timeframe category for standardization action:**  
Short-Term / Mid-Term / Long-Term

International standards can contribute to the **design and use of storage systems to ensure safety, performance and interoperability, promoting a broader adoption of energy storage technologies and systems**. The timescale of storage options is key from seconds, minutes, and hours all the way to seasonal storage: Different settings require different technologies and solutions. International guidelines could support this challenge by providing a **framework for more flexible solutions including the development of local energy systems such as microgrids**, which can operate independently or in conjunction with the main power grid. Hereby, digital technologies enable self-organization of the microgrids and increase their resilience. Furthermore, international standards could provide specific **guidance for governments and infrastructure planners that work in peripheral regions without proper network infrastructure**. The approach differs strongly from upgrading old infrastructure, and standards can provide trust especially concerning new or specific niche solutions.

In addition, **guidelines for energy management can support energy providers and consumers with demand response management**, reducing energy costs and improving reliability issues often associated with low-carbon energy sources. This can be part of a framework for dealing with 'peak shaving' and 'valley filling'. Thereby, international standards could **provide approaches to deal with the multiple horizontal issues of structural integrity, reliability, security and sustainability**. This might, however, require new ways of cross-cutting work for technical committees.<sup>64</sup>

Standards could also help to create a **good understanding of the key issues of structural integrity and flexibility measures to enable decision makers from smaller organizations to navigate multiple alternative options when aiming to enhance flexibility in the energy system**. This kind of knowledge sharing ensures that innovative technologies can be accessed across the globe. Technology standards, for example for direct power conversion innovations (such as e.g. fuel cells), would increase user confidence in

<sup>63</sup> Examples of existing standards related to the area can be found in the [Annex](#).

<sup>64</sup> The International Workshop Agreements (IWA) could be used, as it enables specific experts to be included for a limited timeframe.

## 標準化の視点<sup>63</sup>



標準化活動のタイムフレーム カテゴリ：  
短期 / 中期 / 長期

国際規格は、**安全性、パフォーマンス、相互運用性を確保するための貯蔵システムの設計と使用に貢献し、エネルギー貯蔵技術とシステムのより広範な採用を促進します。**貯蔵オプションのタイムスケールは重要で、数秒、数分、数時間から季節的な貯蔵まで及びます。設定が異なれば、必要なテクノロジーとソリューションも異なります。国際ガイドラインは、独立して、または主電力網と連動して動作できる**マイクログリッドなどのローカル エネルギー システムの開発を含む、より柔軟なソリューションのフレームワークを提供することで、この課題をサポート**できます。これにより、デジタル技術はマイクログリッドの自己組織化を可能にし、そのレジリエンスを高めます。さらに、国際規格は、**適切なネットワーク インフラストラクチャーのない周辺地域で活動する政府やインフラストラクチャー プランナーに具体的なガイダンスを提供することができます。**このアプローチは古いインフラストラクチャーのアップグレードとは大きく異なり、規格は特に新しいソリューションや特定のニッチ ソリューションに関して信頼を提供できます。

さらに、**エネルギーマネジメントのガイドラインは、エネルギー プロバイダーと消費者の需要応答管理をサポートし、エネルギー コストを削減し、低炭素エネルギー源によく伴う信頼性の問題を改善**できます。これは、「ピーク シェービング」と「バレー フィリング」に対処するためのフレームワークの一部になる可能性があります。これにより、**国際規格は、構造的完全性、信頼性、セキュリティ、持続可能性という複数の水平的な問題に対処するためのアプローチを提供**できます。ただし、これには専門委員会の分野横断的な業務に対処する新しい方法が必要になる可能性があります。<sup>64</sup>

規格は、**構造的完全性と柔軟性対策の主要な問題を十分に理解するのにも役立ち、小規模組織の意思決定者がエネルギー システムの柔軟性を高めることを目指す際に複数の代替オプションをナビゲート**できるようにします。このような知識の共有により、革新的なテクノロジーが世界中で利用できるようになります。技術規格、たとえば

63 この分野に関連する既存の規格の例は、**附属書**に記載されています。

64 国際ワークショップ協定 (IWA) を使用できます。これは、特定の専門家を限られた期間だけ参加させることができるためです。

---

a new option and increase opportunities for more actors to implement the technology. The same could help manage challenges around battery materials and efficiency.

The energy trilemma<sup>65</sup> is a critical aspect to consider here, covering resilience and structural integrity to achieve net zero, and concerning dealing with conflicts between energy security and environmental sustainability. The third dimension of this concept is access and affordability for all; international standards could **propose measures to open the benefits of the energy transition to less economically viable groups**. Furthermore, standards could **define a shared approach to balance the dimensions of the energy trilemma based on objective data and a calculation method**; this could help decision makers to balance the possibly contradictory dimensions.

---

## Low-carbon manufacturing and maintenance

### *Scaling up manufacturing, re-manufacturing and maintenance of clean energy technologies*



#### ISO Trends driving this need:

Energy / Cyber-physical systems / Environmental degradation / Prosperity / Consumption

The core technologies to achieve net zero already exist, but these solutions need to triple their capacity until 2030 to be able to meet the challenge of the transition.<sup>66</sup> Scaling up requires ramping up manufacturing and maintenance capacities for energy generators and system components, expanding the supply chain, and advancing energy technology innovation. Global manufacturing capacities for solar PV and batteries are available to meet projected demand in 2030 in the IEA Net Zero Emissions scenario (assuming respective massive and rapid growth), but significant gaps remain for wind turbines (66%), heat pumps (58%), hydrogen electrolysers (40%) and fuel cell trucks (39%).<sup>67</sup> Hence, governments are currently incentivizing

65 The energy trilemma is a concept from the World Energy Council; [World Energy Trilemma Index 2022 Report](#) (World Energy Council, 2022)

66 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

67 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

直接電力変換技術(燃料電池など)は、新しい選択肢に対するユーザーの信頼を高め、より多くの関係者がその技術を実装する機会を増やすでしょう。同じことが、バッテリー材料と効率に関する課題の管理にも役立つ可能性があります。

エネルギーのトリレンマ<sup>65</sup>は、ここで考慮すべき重要な側面であり、ネットゼロを達成するためのレジリエンスと構造的完全性、およびエネルギー安全保障と環境の持続可能性の間の対立への対処に関するものです。この概念の3番目の側面は、すべての人がアクセスして手頃な価格で購入できることです。国際規格では、エネルギー移行の利点を経済的に実行可能なグループに開放するための対策を提案できます。さらに、規格では、客観的なデータと計算方法に基づいてエネルギーのトリレンマの側面のバランスをとるための共通のアプローチを定義できます。これにより、意思決定者は矛盾する可能性のある側面のバランスをとることができます。

## 低炭素製造とメンテナンス

### クリーン エネルギー技術の製造、再製造、メンテナンスの拡大



このニーズを推進する ISO トレンド:

エネルギー / サイバーフィジカル システム / 環境劣化 / 繁栄 / 消費

ネットゼロを達成するためのコア技術はすでに存在していますが、移行の課題に対応するには、これらのソリューションの容量を2030年までに3倍にする必要があります。<sup>66</sup> 規模拡大には、エネルギー発電機とシステムコンポーネントの製造および保守能力の増強、サプライチェーンの拡大、エネルギー技術の革新の推進が必要です。太陽光発電とバッテリーの世界の製造能力は、IEAのネットゼロ排出シナリオ(それぞれ大規模かつ急速な成長を想定)における2030年の予測需要を満たすのに十分ですが、風力タービン(66%)、ヒートポンプ(58%)、水素電解装置(40%)、燃料電池トラック(39%)については依然として大きなギャップが残っています。<sup>67</sup> そのため、

65 エネルギーのトリレンマは、世界エネルギー会議の概念です。世界エネルギートリレンマ指数 2022年報告書(世界エネルギー会議、2022)

66 ネットゼロロードマップ: 1.5°C 目標の達成を維持するためのグローバルな道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関、2023)

67 ネットゼロロードマップ: 1.5°C 目標の達成を維持するためのグローバルな道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関、2023)

---

accelerating domestic production via e.g. the US Inflation Reduction Act,<sup>68</sup> or the Africa Renewable Energy Manufacturing Initiative.<sup>69</sup> However, executives report organizational capabilities are lacking for scaling up at speed, due also to talent gaps and supply chain constraints.<sup>70</sup> In this context, metals and minerals supply requirements for the production are likely to become a bottleneck in the future, as nickel and cobalt production needs to double, while lithium is required to increase sevenfold.<sup>71</sup> Hence, speeding up large capital projects that usually have a lead time of around 10 years is crucial; this applies to mining and processing plants, but also energy system integration projects such as grid infrastructure for offshore wind plants. To achieve this, aligning stakeholder interests and working together, increasing the speed for planning, shortening time for mandatory approval processes, as well as building up the required workforce will be necessary.<sup>72</sup> In the case of nuclear reactors, conventional large reactor constructions require several years and significant capital. Here, new types of small modular reactors (SMR), designed to produce 10 to 400 megawatts of electricity (compared to 1 gigawatt of large plants), could provide a future solution. SMRs will likely be mass-manufactured at a central facility, allowing a quicker erection phase and providing opportunities for new applications (production of heat or green hydrogen for example). However, mass market applications are more long-term (around 2035) due to technological, safety and regulatory hurdles.<sup>73</sup>

System components, such as batteries, solar PV, solar thermal, electrolysers for hydrogen generation, heat pumps, smart grids, etc., play a key role in speeding up progress; they are currently subject to a relatively high innovation dynamic.<sup>74</sup> The aim of the respective innovation is to increase energy performance, cut down costs and substitute material shortages. For example, in the case of electrolysers for hydrogen, increasing module size from 1 MW to 20 MW and new manufacturing processes could cut costs by one third.<sup>75</sup>

68 [The Global Clean Energy Manufacturing Gap](#) (The White House, 2023)

69 [Africa Renewable Energy Manufacturing Initiative](#) (Sustainable Energy for All, 2023)

70 [Willing but Not Able? The Energy Transition Has a Scaling Problem](#) (Bain & Company, 2023)

71 [Energy Technology Perspectives 2023](#) (International Energy Agency, 2023); [Willing but Not Able? The Energy Transition Has a Scaling Problem](#) (Bain & Company, 2023); [Turning the tide in scaling renewables](#) (KPMG International, 2023); [Supply bottlenecks: Obstacles to growth and energy transition](#) (Deutsche Bank Research, 2023) and [Material bottlenecks in the future development of green technologies](#) (Valero et al., 2018)

72 [Willing but Not Able? The Energy Transition Has a Scaling Problem](#) (Bain & Company, 2023); [Turning the tide in scaling renewables](#) (KPMG, 2023)

73 [When It Comes to Nuclear Power, Could Smaller Be Better?](#) (Parshley, 2020)

74 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

75 [Green hydrogen cost reduction](#) (International Renewable Energy Agency, 2020)



政府は現在、米国インフレ抑制法<sup>68</sup> やアフリカ再生可能エネルギー製造イニシアチブ<sup>69</sup> などを通じて、国内生産の加速を奨励しています。しかし、幹部は、人材不足とサプライチェーンの制約もあって、組織能力が迅速に拡大するのに不足していると報告しています。<sup>70</sup> このような状況では、ニッケルとコバルトの生産量を2倍に、リチウムを7倍に増やす必要があるため、生産のための金属と鉱物の供給要件が将来ボトルネックになる可能性が高いです。<sup>71</sup> そのため、通常約10年のリードタイムがある大規模な資本プロジェクトを加速することが重要です。これには採掘や処理プラントだけでなく、洋上風力発電所の送電網インフラなどのエネルギーシステム統合プロジェクトにも当てはまります。これを達成するには、利害関係者の利益を調整して協力し、計画のスピードを上げ、必須の承認プロセスの時間を短縮し、必要な労働力を構築する必要があります。<sup>72</sup> 原子炉の場合、従来の大型原子炉の建設には数年と多額の資本が必要です。ここでは、10～400メガワットの電力(大型プラントの1ギガワットと比較して)を生成するように設計された新しいタイプの小型モジュール炉(SMR)が将来のソリューションになる可能性があります。SMRは中央施設で大量生産される可能性が高いため、建設フェーズが迅速化され、新しい用途(熱やグリーン水素の生成など)の機会が生まれます。しかし、技術、安全性、規制上のハードルがあるため、マスマーケットへの応用はより長期的(2035年頃)です。<sup>73</sup>

バッテリー、太陽光発電、太陽熱、水素生成用電解装置、ヒートポンプ、スマートグリッドなどのシステムコンポーネントは、進歩を加速させる上で重要な役割を果たしており、現在、比較的高いイノベーションのダイナミクスにさらされています。<sup>74</sup> それぞれのイノベーションの目的は、エネルギー性能の向上、コストの削減、材料不足の代替です。たとえば、水素用電解装置の場合、モジュールサイズを1MWから20MWに増やし、新しい製造プロセスを導入することで、コストを3分の1削減できます。<sup>75</sup>

68 世界のクリーンエネルギー製造ギャップ(ホワイトハウス、2023)

69 アフリカ再生可能エネルギー製造イニシアチブ(Sustainable Energy for All, 2023)

70 意欲はあるが能力がない? エネルギー移行にはスケーリングの問題がある(Bain & Company, 2023)

71 エネルギー技術展望2023(国際エネルギー機関、2023); 意欲はあるが能力がない? エネルギー移行にはスケーリングの問題がある(Bain & Company, 2023); 再生可能エネルギーのスケーリングの潮流を変える(KPMG International, 2023); 供給ボトルネック: 成長とエネルギー移行の障害(Deutsche Bank Research, 2023)およびグリーンテクノロジの将来の開発における材料ボトルネック(Valero et al., 2018)

72 意欲はあるが能力がない? エネルギー移行にはスケーリングの問題がある(Bain & Company, 2023); 023; 再生可能エネルギーのスケーリングの潮流を変える(KPMG, 2023年)

73 原子力発電に関しては、小規模の方が良いのでしょうか?(Parshley, 2020)

74 ネットゼロロードマップ: 1.5°C目標の達成に向けた世界的道筋、2023年アップデート(国際エネルギー機関、2023)

75 グリーン水素のコスト削減(国際再生可能エネルギー機関、2020)

Also, such large expansion in the capacity of solar PV, wind, or low-emission hydrogen will lead to the release of additional carbon unless low-carbon solutions are used in manufacturing, re-manufacturing and maintenance. For example, solar cell manufacturing related carbon emissions vary depending on the cell type and the energy mix in the production of glass, silicone and others: manufacturing emissions account for 13–30 gram CO<sub>2</sub> emissions per kWh of power generated (g/kWh) over the lifetime of the cell.<sup>76,77</sup> Wind turbine manufacturing lies at 11 g/kWh, huge offshore wind turbines lie at 6 g/kWh.<sup>78</sup> Reducing the environmental footprint of renewables and increasing circularity with respect to life-time expansion through careful maintenance, upgrading of existing infrastructure and recovery of secondary resources after decommissioning will thus all be increasingly important for reaching net zero. In the future, as the circular economy takes on a greater role and more shortages of critical raw materials are expected, it will become increasingly necessary to design for upgrading, re-use, and recycling.<sup>79</sup>

### Standardization perspectives<sup>80</sup>



**Timeframe category for standardization action:**  
Short-Term / Mid-Term / Long-Term

To scale up manufacturing capacities, international standards could **facilitate information sharing on approaches for moving from piece production to mass-production or to making the leap to mass-production**. Respective guidance could bundle knowledge and provide an overview of available machine equipment concepts including digital process management. Here, a focus would need to be placed on the quality of the output products, to ensure their performance and longevity, and to reduce downtimes due to failure.<sup>81</sup> In addition, the redesign of manufacturing capacities can be seen as a process innovation. Hence, related standardization activities might benefit from bridges to innovation and quality management systems.

76 CO<sub>2</sub> emissions of silicon photovoltaic modules (Reichel et al., 2022)

77 The first three years of zero carbon solar energy pays for the emissions in the production, the remaining lifetime of 20 years plus is zero emission: **The carbon footprint of solar panel manufacturing** (Cool Effect, 2021)

78 **How Green Is Wind Power, Really? A New Report Tallies Up The Carbon Cost Of Renewables** (Forbes, 2021)

79 **For a Circular Energy Transition. Action Plan for Industry, Policymakers and Investors** (Green Purposes Company, 2023)

80 Examples of existing standards related to the area can be found in the **Annex**.

81 The compatibility and interoperability of the output products within the energy system are additional prerequisites. Other aspects like occupational health and safety (OSH) must be respected.

また、太陽光発電、風力発電、低排出水素の容量を大幅に拡大すると、製造、再製造、メンテナンスで低炭素ソリューションを使用しない限り、追加の炭素が放出されます。たとえば、太陽電池の製造に関連する炭素排出量は、セルの種類や、ガラス、シリコンなどの製造におけるエネルギーミックスによって異なります。製造による排出量は、セルの寿命全体にわたって、発電量1kWhあたり13~30グラムのCO<sub>2</sub>排出量(g/kWh)を占めます。<sup>76, 77</sup> 風力タービンの製造では11g/kWh、巨大な洋上風力タービンでは6g/kWhです。<sup>78</sup> したがって、慎重なメンテナンス、既存のインフラのアップグレード、廃止後の二次資源の回収を通じて再生可能エネルギーの環境フットプリントを削減し、寿命の延長に関して循環性を高めることは、ネットゼロ達成にとつてますます重要になります。将来、循環型経済がより大きな役割を担い、重要な原材料の不足がさらに進むと予想されるため、アップグレード、再利用、リサイクルを考慮した設計がますます必要になります。<sup>79</sup>

## 標準化の視点<sup>80</sup>



標準化活動のタイムフレーム カテゴリ：  
短期 / 中期 / 長期

製造能力を拡大するために、国際規格は、ピース生産から大量生産への移行、または大量生産への飛躍に向けたアプローチに関する情報共有を促進することができます。それぞれのガイダンスは、知識をまとめ、デジタル プロセス管理を含む利用可能な機械設備の概念の概要を提供することができます。ここでは、出力製品の品質に焦点を当て、そのパフォーマンスと寿命を確保し、故障によるダウンタイムを削減する必要があります。<sup>81</sup> さらに、製造能力の再設計はプロセス イノベーションと見なすことができます。したがって、関連する標準化活動は、イノベーションと品質マネジメントシステムへの架け橋から恩恵を受ける可能性があります。

76 シリコン太陽光発電モジュールの CO<sub>2</sub> 排出量 (Reichel et al., 2022)

77 ゼロカーボン太陽エネルギーの最初の 3 年間は、生産時の排出量を賅い残りの 20 年以上はゼロ排出です: 太陽光パネル製造のカーボン フットプリント (Cool Effect, 2021)

78 風力発電は本当に環境に優しいのか? 新しいレポートが再生可能エネルギーの炭素コストを集計 (Forbes, 2021)

79 循環型エネルギーへの移行に向けて。業界、政策立案者、投資家向けの行動計画 (Green Purposes Company, 2023)

80 この分野に関連する既存の規格の例は、[附属書](#)に記載されています。

81 エネルギー システム内の出力製品の互換性と相互運用性は、追加の前提条件です。労働安全衛生 (OSH) などの他の側面も尊重する必要があります。

---

With respect to product innovation, there are two major levers: increasing the component performance and replacing critical raw materials as part of a supply chain de-risking strategy. While in the first instance, existing quality and reliability testing systems apply (as in established product development processes), for substituting materials, international standardization activities might help to **give an overview of recent developments especially in the demonstration and pilot phase**. In addition, an **assessment scheme to compare alternatives could help the industry to direct their selection and testing in the innovation process and respect compatibility with trade and energy regulation**.

There is also a need to provide **guidance to improve and accelerate the speed of the planning and permission process for projects with unusually long lead times** (such as manufacturing sites, mines, energy projects). This could contribute to achieving regulatory conformity, to providing a social license to operate and to making projects more attractive to investors. Here, approaches could cover aspects like bringing together influential and affected stakeholders (including approval authorities) in an early step to identify avenues along clear shared objectives. In this context, providing evidence-based information for decision-making in a clearly understandable way and for the appropriate communication channels, and providing fair incentives for affected stakeholder groups will all be relevant.

**Reducing carbon intensity in the manufacturing, re-manufacturing, and maintenance of clean energy technologies will also require new ways of accounting for the emissions emitted during these processes**. Benchmarks and scoring systems could be introduced that make it possible to weigh the relative environmental footprints of different processes and their inputs. Here, standards can play a key role. For example, their scope could be expanded to make it possible to **compare substitutable products across a variety of factors that may not be linked to their primary use** (i.e. energy efficiency in the manufacturing process, usage of raw materials and the relative energy intensity of their extraction, repairability, reusability, and recyclability, etc.).

**A cross-sectional approach to standardization may be helpful** here, rather than experts evaluating solutions within their primary field of expertise. Furthermore, guidelines and information would need to be understandable and usable for a wide range of actors – policymakers, the manufacturing industry, commercial users, and consumers. In some cases, reducing the carbon intensity will also require a system-wide redesign (i.e. to reduce energy waste during energy production, transmission and distribution and use), and

製品イノベーションに関しては、部品の性能向上と、サプライチェーンのリスク軽減戦略の一環としての重要な原材料の置き換えという二つの主要な手段があります。まず、(確立されている製品開発プロセスの場合と同様に)既存の品質および信頼性テストシステムが適用されますが、代替材料については、国際標準化活動が、特にデモンストレーションおよびパイロット フェーズにおける最近の開発の概要を示すのに役立つ可能性があります。さらに、代替品を比較する評価スキームは、業界がイノベーション プロセスでの選択とテストを指示し、貿易およびエネルギー規制との互換性を尊重するのに役立ちます。

また、リードタイムが異常に長いプロジェクト(製造現場、鉱山、エネルギー プロジェクトなど)の計画および許可プロセスの速度を改善および加速するためのガイダンスを提供する必要があります。これは、規制への適合の達成、事業運営の社会的許可の提供、および投資家にとってのプロジェクトをより魅力的なものにすることに貢献する可能性があります。ここでは、アプローチは、明確な共通目標に沿った道筋を特定するために、早い段階で影響力のある(承認機関を含む)関係者を集めるなどの側面をカバーする可能性があります。このコンテキストでは、意思決定のための証拠に基づく情報をわかりやすく提供し、適切なコミュニケーション チャンネルを提供し、影響を受ける利害関係者グループに公正なインセンティブを提供することが、すべて重要になります。

クリーンエネルギー技術の製造、再製造、メンテナンスにおける炭素強度の削減には、これらのプロセス中に排出される排出量を計算する新しい方法も必要になります。さまざまなプロセスとその入力の相対的な環境フットプリントを評価できるようにするベンチマークとスコアリング システムを導入できます。ここでは、規格が重要な役割を果たすことができます。たとえば、規格の適用範囲を拡大して、主な用途とは関係のないさまざまな要因(製造プロセスのエネルギー効率、原材料の使用、抽出の相対的なエネルギー強度、修理可能性、再利用可能性、リサイクル可能性など)にわたって代替可能な製品を比較できるようにすることができます。

ここでは、専門家が主な専門分野内でソリューションを評価するのではなく、標準化に対する横断的なアプローチが役立つ場合があります。さらに、ガイドラインと情報は、政策立案者、製造業界、商業ユーザー、消費者など、幅広い関係者にとって理解しやすく、使いやすいものでなければなりません。場合によっては、炭素強度の削減にはシステム全体の再設計(エネルギー生産、伝送、分配、使用中のエネルギー

---

comprehensive guidance across the full life cycle would be helpful in this regard.

---

## Breakthrough clean tech innovations

### *Scaling up innovations (from low-carbon hydrogen to biomethane from artificial photosynthesis)*



#### ISO Trends driving this need:

Energy / Cyber-physical systems / Environmental degradation /  
Tech risks / Biotechnology

The pace of development in clean technologies has been rapid over recent years, demonstrating what ambitious policy action and open innovation can achieve. Remarkable gains have been made in evolving the capabilities of existing technologies and in maturing demonstrators, and new innovations have emerged in key areas for net zero, such as sodium-ion batteries.<sup>82</sup> Leaps in recent nuclear fusion power lab experiments are promising; however, many more groundbreaking advancements are needed to fully release the technology, perhaps taking decades before commercial power plants up and running.<sup>83</sup> In the future, the speed and frequency of breakthrough clean-tech innovations is expected to increase further, supported by regulation, economic stimulus packages and AI.<sup>84</sup> However, fully realizing the potential of such technologies (some examples are solid-oxide electrolysers, ammonia used as a fuel in shipping, or low-emission hydrogen-based steel production)<sup>85</sup> over the short- to mid-term will require further innovation. Thus, there is a clear need to speed up innovation and time-to-market to achieve low-carbon targets.

Experimentation will be crucial for the further development of those clean technology solutions that currently only exist as a proof of concept and

82 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

83 [Momentary Fusion Breakthroughs Face Hard Reality](#) (Gent, 2024)

84 See e.g. [Energy Technology Perspectives 2020. Special Report on Clean Energy Innovation: Accelerating technology progress for a sustainable future](#) (International Energy Agency, 2020); [These new technologies will accelerate the transition to net zero](#) (World Economic Forum, 2023); and [How AI Might Change the Way We Supply and Consume Energy](#) (Wall Street Journal, 2023)

85 All examples from [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

の無駄を削減するなど)も必要となり、この点ではライフサイクル全体にわたる包括的なガイダンスが役立つでしょう。

## 画期的なクリーンテクノロジーのイノベーション

### イノベーションの拡大(低炭素水素から人工光合成によるバイオメタンまで)



このニーズを推進する ISO トレンド:

エネルギー / サイバーフィジカルシステム / 環境劣化 / 技術リスク / バイオテクノロジー

クリーンテクノロジーの開発ペースは近年急速に進んでおり、野心的な政策措置とオープンイノベーションが何を達成できるかを示しています。既存のテクノロジーの能力の進化とデモンストレーターの実験の成熟において目覚ましい進歩が遂げられており、ナトリウムイオン電池など、ネットゼロの主要分野で新たなイノベーションが生まれています。<sup>82</sup> 最近の核融合発電実験室実験の飛躍的進歩は有望です。しかし、この技術を完全に実現するには、さらに多くの画期的な進歩が必要であり、おそらく商業用発電所が稼働するまでに数十年かかるでしょう。<sup>83</sup> 将来的には、規制、経済刺激策、AI に支えられて、画期的なクリーンテクノロジーのイノベーションのスピードと頻度がさらに高まると予想されます。<sup>84</sup> ただし、短期から中期にかけて、このような技術(固体酸化物電解装置、船舶燃料として使用されるアンモニア、低排出の水素ベースの鉄鋼生産など)<sup>85</sup> の可能性を完全に実現するには、さらなるイノベーションが必要です。したがって、低炭素目標を達成するには、イノベーションと市場投入までの時間を加速する必要があります。これは明らかです。

現在は概念実証としてのみ存在し、完全な展開に必要な成熟度がまだ備わっていないクリーンテクノロジーソリューションのさらなる開発には、実験が不可欠です。これ

82 ネットゼロロードマップ: 1.5° C 目標の達成を維持するためのグローバルな道筋。2023 年アップデート(国際エネルギー機関, 2023)

83 瞬間的な核融合のブレークスルーは厳しい現実と直面(Gent, 2024)

84 たとえば以下を参照。エネルギー技術展望 2020。クリーンエネルギー革新に関する特別報告書: 持続可能な未来に向けた技術進歩の加速(国際エネルギー機関, 2020); これらの新しい技術はネットゼロへの移行を加速します(世界経済フォーラム, 2023); および AI がエネルギーの供給と消費の方法をどのように変えるか(Wall Street Journal, 2023)

85 すべての例の出典、ネットゼロロードマップ: 1.5° C 目標の達成を維持するためのグローバルな道筋。2023 年アップデート(国際エネルギー機関, 2023)

do not yet have the maturity necessary for a full rollout. Among these are innovations which help to substitute scarce resources (e.g. new generation batteries, second generation biofuel production from waste and residues), increase performance in key areas (e.g. a more efficient cell design in PV monocrystalline wafers), offer new functionalities (such as the creation of biomethane in a process like photosynthesis),<sup>86</sup> or reduce costs. Furthermore, approaches to experimentation and demonstration must enable learning and the assessment of environmental and social impacts to ensure that an accelerated time-to-market does not come at unnecessary expense or with unintended consequences.

### Standardization perspectives<sup>87</sup>



#### Timeframe category for standardization action:

Short-Term / Mid-Term / Long-Term

Standards can impact innovation in a variety of ways, depending on their principal function (i.e. to codify and share knowledge, to secure quality, to achieve compatibility, or to reduce market variety).<sup>88</sup> Emerging technologies have traditionally not been a pressing focus for standardization. However, **standardization activities could potentially provide an important function in the experimentation and development of new technologies, to improve social and environmental impacts.** For example, there might be a need for such activities in areas such as the occupational safety of new energy sources development, installation, maintenance, and decommissioning (especially for offshore wind farms). **In clean technology experiments and demonstration projects, there is also a need for tools to enable learning from parallel demonstrations.**<sup>89</sup>

Furthermore, once technologies hit the market, there is a need to **support policy makers, utilities and investors to assess new technologies against existing options to enable them to make informed decisions on e.g. energy efficiency and eco-friendliness.** This would require collaboration across technical committees to develop the respective assessment concept and knowledge.

<sup>86</sup> Mimicking 'plant power' through artificial photosynthesis (ACS, 2023)

<sup>87</sup> Examples of existing standards related to the area can be found in the Annex.

<sup>88</sup> Standards and innovation What does the research say? (ISO, 2022)

<sup>89</sup> Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector (International Energy Agency, 2021)



らの中には、希少資源の代替(新世代バッテリー、廃棄物や残留物からの第2世代バイオ燃料の生産など)、主要分野でのパフォーマンスの向上(PV単結晶ウェーハのより効率的なセル設計など)、新しい機能の提供(光合成などのプロセスでのバイオメタンの生成など)、<sup>86</sup> コストの削減に役立つイノベーションがあります。さらに、実験と実証へのアプローチでは、環境と社会への影響の学習と評価を可能にして、市場投入までの時間の短縮が不必要な費用や意図しない結果を招かないようにする必要があります。

## 標準化の視点<sup>87</sup>



標準化活動のタイムフレームのカテゴリ:  
短期 / 中期 / 長期

規格は、その主な機能(知識の体系化と共有、品質の確保、互換性の実現、市場の多様性の削減など)に応じて、さまざまな方法でイノベーションに影響を与えることができます。<sup>88</sup> 新興技術は、従来、標準化の差し迫った焦点ではありませんでした。しかし、標準化活動は、社会および環境への影響を改善するために、新しい技術の実験と開発において重要な機能を提供する可能性があります。たとえば、新しいエネルギー源の開発、設置、保守、廃止(特に洋上風力発電所の場合)の労働安全などの分野で、そのような活動が必要になる場合があります。クリーンテクノロジーの実験と実証プロジェクトでは、並行して行われる実証から学習できるようにするツールも必要です。<sup>89</sup>

さらに、技術が市場に投入されると、政策立案者、公益事業会社、投資家が既存のオプションと比較して新しい技術を評価し、エネルギー効率や環境への配慮などについて情報に基づいた決定を下せるようにサポートする必要があります。これには、それぞれの評価コンセプトと知識を開発するために、専門委員会間の連携が必要になります。

<sup>86</sup> 人工光合成による「植物の力」の模倣(ACS, 2023)

<sup>87</sup> この分野に関連する既存の規格の例は、附属書に記載されています。

<sup>88</sup> 規格とイノベーション:研究での示すところは?(ISO, 2022)

<sup>89</sup> 2050年までにネットゼロ 世界のエネルギー部門のロードマップ(国際エネルギー機関, 2021)

---

## Negative emission technologies

### *Enabling progress in carbon dioxide removal utilization and storage technologies*



ISO Trends driving this need:  
Energy / Environmental degradation

Carbon Dioxide Removal Utilization and Storage Technologies (CCS/CCUS)<sup>90</sup> have been discussed for some time in the context of the transition to net zero energy futures.<sup>91</sup> Both the IPCC and the IEA stress the role that CCUS could play for reaching net zero targets, as an important technology for removing carbon emissions that cannot be avoided or reduced directly (as in the case of irreplaceable fossil power plants in energy intensive industries such as cement production).<sup>92</sup> But technological and regulation challenges have so far slowed down progress.<sup>93</sup> However, in recent years a considerable degree of momentum has been achieved in installations and legislative changes, e.g. in the US, UK, the EU, Indonesia, China and Japan, with currently around 500 ongoing projects internationally.<sup>94</sup> If all of these planned projects are realized, carbon capture capacity would expand eightfold to 400 Mt CO<sub>2</sub> annually by 2030.<sup>95</sup> In addition, new innovations of atmospheric carbon removal through Direct Air Capture (DAC) are in the demonstration phase.<sup>96</sup> With many nations having announced stronger climate targets, investment into negative emissions technologies will clearly increase in the future as they are able to counter emissions in sectors where other options are (currently) limited.

At the same time, there is considerable criticism and skepticism towards negative emission technologies, e.g. with concerns that they might be counterproductive for progress towards greenhouse gas (GHG) reduction

90 These technologies allow for the capturing of carbon dioxide (which is emitted from sources such as fossil fuel power plants) so that it can be stored or used; see e.g. [Carbon Capture, Utilisation and Storage](#) (International Energy Agency, 2023)

91 [Carbon Capture, Utilisation and Storage](#) (International Energy Agency, 2023)

92 [CCUS in Clean Energy Transitions](#) (International Energy Agency, 2020)

93 [Climate Change 2022. Mitigation of Climate Change: Summary for Policymakers](#) (Intergovernmental Panel On Climate Change, 2022); [Carbon Capture, Utilisation and Storage](#) (International Energy Agency, 2023); [Critical Role for CCUS Highlighted in Latest IPCC Report. What's Next?](#) (International Energy Forum, 2022). Progress in CCUS would initially involve retrofitting existing fossil fuel-based power and industrial plants, primarily in the production of cement and chemicals. Over time, as the focus shifts from CCS/CCUS to Direct Air Capture (DAC), contribution to emissions reductions will increase.

94 [Carbon Capture, Utilisation and Storage](#) (International Energy Agency, 2023)

95 [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update](#) (International Energy Agency, 2023)

96 [Direct Air Capture. A key technology for net zero](#) (International Energy Agency, 2022)

## ネガティブエミッション技術

### 二酸化炭素除去利用および貯蔵技術の進歩を可能にする



このニーズを推進する ISO トレンド:  
エネルギー / 環境劣化

二酸化炭素除去利用および貯蔵技術 (CCS/CCUS)<sup>90</sup> は、ネットゼロエネルギーの未来への移行のコンテキストで長い間議論されてきました。<sup>91</sup> IPCC と IEA はどちらも、直接回避または削減できない炭素排出を除去する重要な技術として、ネットゼロ目標の達成に CCUS が果たす役割を強調しています (セメント製造などのエネルギー集約型産業におけるかけがえのない化石燃料発電所の場合など)。<sup>92</sup> しかし、これまでのところ、技術および規制上の課題により進捗は遅れています。<sup>93</sup> ただし、近年、設備や法改正においてかなりの勢いが生まれています。米国、英国、EU、インドネシア、中国、日本ではすでに約500のプロジェクトが国際的に進行中です。<sup>94</sup> これらの計画されたプロジェクトがすべて実現すれば、2030年までに炭素回収能力は8倍の年間4億トンCO<sub>2</sub>に拡大します。<sup>95</sup> さらに、直接空気回収(DAC)による大気中の炭素除去の新しいイノベーションが実証段階にあります。<sup>96</sup> 多くの国がより厳しい気候目標を発表していることから、他の選択肢が(現在は)限られているセクターでの排出に対抗できるため、今後はネガティブエミッション技術への投資が明らかに増加するでしょう。

同時に、ネガティブエミッション技術に対しては、温室効果ガス (GHG) 削減および回避戦略の進展に逆効果となる可能性がある、あるいはさまざまなリスクを懸念す

90 これらの技術により、(化石燃料発電所などの発生源から排出される)二酸化炭素を回収して貯蔵または使用できるようになります。例: **炭素回収、利用、貯蔵** (国際エネルギー機関, 2023)

91 **炭素回収、利用、貯蔵** (国際エネルギー機関, 2023)

92 **クリーンエネルギー移行における** (国際エネルギー機関, 2020)

93 **気候変動2022.気候変動の緩和:政策立案者向け概要** (気候変動に関する政府間パネル, 2022); **炭素回収、利用、貯蔵** (国際エネルギー機関, 2023); **最新のIPCC報告書で強調されたCCUSの重要な役割。次は何?** (国際エネルギーフォーラム, 2022) CCUSの進歩には、主にセメントと化学品の生産における既存の化石燃料ベースの発電所と工業プラントの改修が含まれます。時間の経過とともに、焦点がCCS / CCUSから直接空気回収 (DAC)に移行するにつれて、排出量削減への貢献が増加します。

94 **炭素回収、利用、貯蔵** (国際エネルギー機関, 2023)

95 **ネットゼロロードマップ: 1.5°C目標の達成を維持するための世界的道筋。2023年アップデート** (国際エネルギー機関, 2023)

96 **直接空気回収。ネットゼロの主要技術** (国際エネルギー機関, 2022)

and avoidance strategies or concerning various risks.<sup>97</sup> For example, there can be detrimental environmental and social impacts, e.g. regarding land use, use of energy, or the rights of local communities.<sup>98</sup> If captured CO<sub>2</sub> is used as a raw material in the production of synthetic fuels, chemicals, or building materials, the risk of toxic emission release must also be minimized. Transport and long-term storage, either geologic, in plants or soils, or in oceans, can also lead to tensions or conflicts with other environmental uses and functions. Capturing and storage of CO<sub>2</sub> requires individual solutions for the geological, social and technical context, transparent and reliable management that establishes long-term monitoring and contingency plans to avoid future CO<sub>2</sub> losses.

### Standardization perspectives<sup>99</sup>



#### Timeframe category for standardization action:

Short-Term / Mid-Term / Long-Term

Various existing standards are relevant in the context of the CO<sub>2</sub> capture system, transportation, storage, and lifecycle risk assessment. However, there is room for additional activities. With numerous new CCUS and CCS ventures announced every year, **new standards which cover the full lifecycle of relevant projects (design, construction, commissioning, use, maintenance, inspection, end of life, risk management) could support businesses in rolling out new projects.** New areas for standardization could be relevant for example concerning **CO<sub>2</sub> storage sites, such as in oil and gas fields, or in deep salient geological formations.** Another important area for developing standards would be for post-closure of sites, in terms of monitoring and measurement after CO<sub>2</sub> injection operation is complete and wells are closed and no more CO<sub>2</sub> is going into the geological storage. This relates also to CO<sub>2</sub> utilization after it has been stored in geological formations. **CO<sub>2</sub> utilization as a fluid for geothermal energy use in deep geological sites** is one example. There could be other examples in the future that could involve taking CO<sub>2</sub> out of the storage for some use. Furthermore, new areas for standardization could be relevant for example concerning **CO<sub>2</sub> transportation by tankers, on trucks and trains.**

<sup>97</sup> Carbon Capture and Storage. Contribution to the discussion on its integration into national climate action strategies (Umweltbundesamt / German Environment Agency, 2023)

<sup>98</sup> 7 Things to Know About Carbon Capture, Utilization and Sequestration (World Resources Institute, 2023)

<sup>99</sup> Examples of existing standards related to the area can be found in the Annex.

るなど、かなりの批判と懐疑論があります。<sup>97</sup> たとえば、土地利用、エネルギー利用、地域社会の権利などに関して、環境および社会に悪影響を与える可能性があります。<sup>98</sup> 回収された CO<sub>2</sub> が合成燃料、化学物質、または建築材料の製造の原料として使用される場合、有毒排出物の放出リスクも最小限に抑える必要があります。地質、植物、土壌、または海洋での輸送と長期貯蔵は、他の環境利用および機能との緊張や衝突につながる可能性があります。CO<sub>2</sub> の回収と貯蔵には、地質、社会、および技術の状況に対する個別のソリューション、将来の CO<sub>2</sub> 流失を回避するための長期監視と緊急時対応計画を確立する透明性と信頼性のある管理が必要です。

## 標準化の展望<sup>99</sup>



### 標準化活動のタイムフレーム カテゴリー:

短期 / 中期 / 長期

CO<sub>2</sub> 回収システム、輸送、貯蔵、ライフサイクル リスク評価のコンテキストでは、さまざまな既存の規格が関連しています。ただし、追加の活動の余地があります。毎年多数の新しい CCUS および CCS ベンチャーが発表されているため、**関連プロジェクトのライフサイクル全体（設計、建設、試運転、使用、保守、検査、寿命終了、リスク管理）をカバーする新しい規格は、企業が新しいプロジェクトを展開するのをサポートすることができます。**標準化の新しい領域は、たとえば、**石油およびガス田や深部突出地層などの CO<sub>2</sub> 貯蔵サイトに関するものになる可能性があります。**規格を開発するためのもう一つの重要な領域は、サイトの閉鎖後、つまり CO<sub>2</sub> 注入操作が完了し、坑井が閉じられ、地層貯蔵に CO<sub>2</sub> がそれ以上流入しなくなった後の監視と測定に関するものです。これは、地層に貯蔵された後の CO<sub>2</sub> 利用にも関連しています。**深部地層での地熱エネルギー利用向けの流体としての CO<sub>2</sub> 利用はその一例です。**将来的には、貯蔵庫から CO<sub>2</sub> を取り出して何らかの用途に使用する例が他にもあるかもしれません。さらに、**タンカー、トラック、列車による CO<sub>2</sub> 輸送など、標準化のための新しい分野が関係する可能性があります。**

97 炭素回収と貯蔵。国家気候行動戦略への統合に関する議論への貢献 (Umweltbundesamt / ドイツ環境庁, 2023)

98 炭素回収、利用、隔離について知っておくべき 7 つのこと (世界資源研究所, 2023)

99 この分野に関連する既存の規格の例は、**附属書**に記載されています。

---

Additional areas could lie in **new technologies like direct air capture, measurement of CO<sub>2</sub> losses, CO<sub>2</sub> storage by mineral carbonation, and the overarching evaluation of CCS and CCUS projects from a holistic lifecycle perspective.** On a further note, it might be useful to check if the reliable measurement of the key performance of CCS/CCUS is addressed sufficiently, concerning the **accounting of CO<sub>2</sub> emissions removed from the atmosphere or captured directly during the burning of fossil fuels.** The **ISO 14000 family, Environmental management,** already provides key metrics to access, monitor, and verify GHG emissions - however, these may not be specific enough.

Also, if specific benchmarks are available, ambitious projects will be more likely to attract capital. Sufficiently financed, innovative approaches have a better chance of success, leading to improvement leaps in the field. In addition, clearly communicated **high level standards for CCUS/CCS will make it easier for projects to gain public approval, a key issue for the mass roll-out expected in the coming decade.** There may also be a need for specific activities around **risk management and assessment** (e.g. concerning storage), as well as **guidance around engagement of the public concerning decision-making and the identification of potential sites.** Specifically, for example, risk management for cluster CCS/CCUS projects, where multiple sources of captured CO<sub>2</sub> are channeled into the same pipeline network for transportation to multiple sites for storage and/or utilization. Standards providing guidance into different aspects of such an approach would be important.

---

## Energy efficiency and carbon emission measurement

### *Enabling transparency concerning efficiency gains and emissions reporting*



#### **ISO Trends driving this need:**

**Energy / Environmental degradation / Connectivity / Power transition**

In the shift to low-emission energy production methods many industries will undergo major changes that will fundamentally affect competition (e.g. in the energy intensive steel sector, hydrogen steelmaking has the lowest carbon intensity but would require very high CO<sub>2</sub> prices of USD 500 to 750

追加の分野としては、**直接空気回収**、**CO<sub>2</sub> 損失の測定**、**鉱物炭酸化による CO<sub>2</sub> 貯蔵**、**ライフサイクル全体の観点からの CCS および CCUS プロジェクトの包括的な評価**などの新しい技術が考えられます。さらに、大気から除去された、または化石燃料の燃焼中に直接捕捉された **CO<sub>2</sub> 排出量の計算**に関して、CCS/CCUS の主要パフォーマンスの信頼性の高い測定が十分に対処されているかどうかを確認することも有用かもしれません。**ISO 14000 ファミリー**の環境マネジメントでは、GHG 排出量にアクセス、監視、検証するための主要な指標がすでに提供されていますが、これらは十分に具体的ではない可能性があります。

また、具体的なベンチマークが利用できる場合は、野心的なプロジェクトが資本を引き付ける可能性が高くなります。十分な資金が確保された革新的なアプローチは成功する可能性が高く、この分野での飛躍的な改善につながります。さらに、**CCUS/CCS の高水準の規格が明確に伝達**されれば、**プロジェクトが一般の承認を得やすくなります**。これは、**今後 10 年間に予想される大規模な展開の重要な問題**です。**リスク管理と評価**（例：貯蔵に関するもの）に関する具体的な活動や、**意思決定と潜在的なサイトの特定に関する一般の関与に関するガイダンス**も必要になる場合があります。具体的には、たとえば、**クラスター CCS/CCUS プロジェクトのリスク管理**です。このプロジェクトでは、複数の回収された CO<sub>2</sub> 源が同じパイプライン ネットワークに送られ、複数のサイトに輸送されて貯蔵や利用が行われます。このようなアプローチのさまざまな側面に関するガイダンスを提供する規格が重要になります。

## エネルギー効率と炭素排出量の測定

### 効率向上と排出量報告に関する透明性の実現



このニーズを推進する ISO トレンド：  
エネルギー / 環境劣化 / 接続性 / 電力移行

排出量の少ないエネルギー生産方法への移行により、多くの産業が競争に根本的な影響を及ぼす大きな変化を経験することになります（例えば、エネルギー集約型の鉄鋼セクターでは、水素製鋼は炭素集約度が最も低いですが、競争力を持つため

per ton to be competitive).<sup>100</sup> New and established players will use different strategies, methods, and technologies to reach decarbonization targets, which will lead to changes in market structures and value chains globally.<sup>101</sup> At the same time, carbon pricing through emission trading schemes or carbon taxes is gaining speed globally, and is also expected to fundamentally change markets.<sup>102</sup> In addition, the voluntary carbon market is expected to increase fivefold by 2030.<sup>103</sup> For companies, success in meeting the new requirements will have a tremendous impact on an organization's public standing, on the marketability of its products and services and on its ability to attract financing, especially in developing markets.<sup>104</sup> In this environment, climate pledges and actions must be truthfully and trustfully accounted for, which requires clear principles for energy efficiency accounting and the measurement of carbon emissions.<sup>105</sup> In a world increasingly driven by sustainability and 'emissions awareness', consumers,<sup>106</sup> investors,<sup>107</sup> and managers must be able to make well-informed, performance-based decisions.

In this context, especially when energy-intensive materials like steel, cement, and hydrogen fuels are labeled 'green' or 'low-carbon', the scope and boundaries of this declaration need to be clear.<sup>108</sup> Principles for measurement of related GHG emissions must allow for comparison, for accounting and for calculation over the entire lifecycle of a product.

### Standardization perspectives<sup>109</sup>



**Timeframe category for standardization action:**  
Short-Term / Mid-Term / Long-Term

100 Numbers from [Low-carbon steel. A global cost comparison](#) (EWI, 2022); Further insights: [An affordable, reliable, competitive path to net zero](#) (McKinsey & Company, 2023); [Leading in a low-carbon future](#) (Deloitte, 2021)

101 [Decarbonizing the world's industries: A net-zero guide for nine key sectors](#) (McKinsey & Company, 2023)

102 At the end of 2023, 73 carbon pricing initiatives were implemented in 39 countries, accounting for 23% of global emissions. Many more are in planning or under consideration. [Carbon pricing dashboard](#) (World Bank, 2024)

103 [Shell and BCG's new report shows accelerated growth in carbon markets](#) (Shell, 2023)

104 [Sustainable Finance in Emerging Markets is Enjoying Rapid Growth, But May Bring Risks](#) (International Monetary Fund, 2022)

105 [ESG ratings and climate transition](#) (OECD, 2022)

106 Studies show that carbon footprint labels influence consumer choice; [Can Carbon Footprint Information Influence Consumer Choice?](#) (Accounting for Transparency, 2023)

107 Stock Market investors value low emitting companies at average market prices, while high emitters are traded at around 37% lower than their peers; high emitters have an incentive to invest in decarbonization. [How much do investors care about carbon emissions? A new study sheds light](#) (World Economic Forum, 2023)

108 See e.g. [What is green steel and why does the world need more of it?](#) (World Economic Forum, 2022)

109 Examples of existing standards related to the area can be found in the [Annex](#).



には1トンあたり500～750米ドルという非常に高いCO<sub>2</sub>価格が必要となります)。<sup>100</sup> 新規および既存のプレーヤーは、脱炭素化目標を達成するためにさまざまな戦略、方法、テクノロジーを使用することになり、それが世界的に市場構造とバリューチェーンの変化につながるでしょう。<sup>101</sup> 同時に、排出量取引制度や炭素税による炭素価格設定が世界的に加速しており、これも市場を根本的に変えると予想されています。<sup>102</sup> さらに、自主的な炭素市場は2030年までに5倍に拡大すると予想されています。<sup>103</sup> 企業にとって、新しい要件を満たすことに成功することは、組織の社会的地位、製品やサービスの市場性、特に発展途上市場における資金調達能力に多大な影響を与えるでしょう。<sup>104</sup> このような環境では、気候に関する誓約と行動は真実かつ信頼できる形で説明されなければならず、そのためにはエネルギー効率会計と炭素排出量の測定についての明確な原則が必要です。<sup>105</sup> 持続可能性と「排出量意識」がますます重視される世界では、消費者、<sup>106</sup> 投資家、<sup>107</sup> 管理者は、十分な情報に基づいたパフォーマンスベースの決定を下すことができなければなりません。

このコンテキストでは、特に鉄鋼、セメント、水素燃料などのエネルギー集約型材料が「グリーン」または「低炭素」とラベル付けされている場合、この宣言の対象範囲と境界を明確にする必要があります。<sup>108</sup> 関連する GHG 排出量の測定の原則は、製品のライフサイクル全体にわたって比較、会計、計算を可能にする必要があります。

## 標準化の視点<sup>109</sup>



### 標準化アクションのタイムフレームカテゴリー:

短期 / 中期 / 長期

100 低炭素鋼。世界的なコスト比較 (EWI, 2022) からの数値; さらなる洞察: ネットゼロへの手頃な価格で信頼性が高く競争力のある道 (McKinsey & Company, 2023); 低炭素の未来をリードする (Deloitte, 2021)

101 世界の産業の脱炭素化: 9 つの主要セクター向けのネットゼロ ガイド (McKinsey & Company, 2023)

102 2023 年末までに、39 か国で 73 件の炭素価格設定イニシアチブが実施され、世界の排出量の 23% を占めました。さらに多くのイニシアチブが計画中または検討中です。炭素価格設定ダッシュボード (世界銀行, 2024)

103 Shell と BCG の新しいレポートでは、炭素市場の成長が加速していることが示されています (Shell, 2023)

104 新興市場における持続可能な金融は急成長を遂げていますが、リスクをもたらす可能性があります (国際通貨基金, 2022)

105 ESG 格付けと気候変動 (OECD, 2022)

106 研究によると、カーボン フットプリント ラベルは消費者の選択に影響を与えます。カーボン フットプリント情報は消費者の選択に影響を与えることができますか? (透明性のための会計, 2023)

107 株式市場の投資家は、低排出企業を平均市場価格で評価しますが、高排出企業は同業他社よりも約 37% 低い価格で取引されています。高排出企業には脱炭素化に投資するインセンティブがあります。投資家は炭素排出量をどの程度気にしているのでしょうか? 新しい調査がそれを明らかにしました (世界経済フォーラム, 2023)

108 たとえば以下を参照。グリーン スチールとは何か、なぜ世界にそれがもっと必要なのか? (世界経済フォーラム, 2022)

109 この分野に関連する既存の規格の例は、[附属書](#)に記載されています。

---

Contributions from standardization could lie in providing a **clear reference for emission numbers - which is relevant for fulfilling climate pledges, accounting for carbon pricing, emission regulation, and fact-based reporting such as the tracking of national climate announcements or organization's ESG<sup>110</sup> reports.** Hence it contributes to avoiding greenwashing, including the specification of what good practice means and guidelines for implementation and clear definitions of the scope of each terminology and practice. The IEA explicitly calls for advanced international cooperation in setting standards and definitions, while flagging to avoid creating new measurement methods for emission intensity, and instead revising the processes on measurement methods and data collection.<sup>111</sup> While some organizations already have their own standards like **GHG protocol** or **SBTi protocol (Science Based Targets initiative)**, international standardization activities could cover the international cooperation addressed by IEA. Such activities could provide guidance and transparency on emission accounting: which approach in terms of calculation methods to take, and where and how to get reliable data. In a comparable way, an approach to accounting energy efficient and low-carbon products could be addressed, providing a baseline for certification and compliance that consumers can trust.

Many voluntary standards and initiatives currently exist, e.g. **ISO 50001: 2018, Energy management systems – Requirements with guidance for use** provides energy efficiency performance-based management standards to ensure comparability for energy efficient and low-carbon solution choices. However, these often do not provide specific numeric targets which makes it challenging for private and business customers to determine the emissions impact of purchasing decisions. Furthermore, **manufacturers would benefit from a reliable cross-sectoral standardization roadmap to compare emissions across the supply chain to determine the most energy- or carbon-efficient approach to create a product.** Such a tool could then be used to calculate science-based, easily comparable emission intensities across all sectors. Also, there is a potential need concerning standardization for **new green steel or green cement that all producers rely upon.** This could provide a set of criteria to evaluate and certify sectoral products, encourage innovation, and accelerate the transformation by including all relevant GHG emissions over the entire lifecycle.

110 The acronym ESG refers to environmental, social and governance.

111 **Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach. 2023 Update** (International Energy Agency, 2023)

標準化による貢献は、**排出量の明確な参照を提供することにあります**。これは、**気候誓約の履行、炭素価格の考慮、排出規制、および国の気候発表や組織のESG<sup>110</sup> レポートの追跡などの事実に基づく報告に関連しています**。したがって、これは、グリーンウォッシングを回避することに貢献します。これには、グッドプラクティスの意味と実装のガイドラインの指定、および各用語とプラクティスの適用範囲の明確な定義が含まれます。IEAは、規格と定義の設定における高度な国際協力を明確に求めています。排出強度の新しい測定方法を作成することを避け、代わりに測定方法とデータ収集のプロセスを改訂することを警告しています。<sup>111</sup>一部の組織はすでに**GHGプロトコル**や**SBTiプロトコル** (**科学に基づく目標イニシアチブ**)などの独自の規格を持っていますが、国際標準化活動はIEAが取り組む国際協力をカバーすることができます。このような活動は、排出量の計算に関するガイダンスと透明性を提供できます。計算方法に関してどのアプローチを採用するか、信頼できるデータをどこでどのように入手するかなどです。同様の方法で、エネルギー効率の高い低炭素製品の会計アプローチに対処し、消費者が信頼できる認証とコンプライアンスのベースラインを提供できます。

現在、多くの自主基準やイニシアチブが存在します。たとえば、**ISO 50001: 2018、エネルギーマネジメントシステム—要求事項及び利用の手引**は、エネルギー効率と低炭素ソリューションの選択の比較可能性を確保するためのエネルギー効率パフォーマンススペースの管理基準を提供します。ただし、これらは多くの場合、具体的な数値目標を提供しないため、個人および企業の顧客が購入決定による排出量の影響を判断することが困難です。さらに、**製造業者は、信頼性の高い部門横断的な標準化ロードマップから恩恵を受け、サプライチェーン全体で排出量を比較して、製品を作成するための最もエネルギー効率または炭素効率の高いアプローチを決定できます**。このようなツールを使用すると、すべての部門にわたって科学に基づいた簡単に比較できる排出強度を計算できます。また、**すべての製造業者が頼りにしている新しいグリーンスチールまたはグリーンセメントの標準化に関する潜在的なニーズ**もあります。これにより、部門別製品を評価および認証し、イノベーションを促進し、ライフサイクル全体にわたるすべての関連する温室効果ガス排出量を含めることで変革を加速するための一連の基準を提供できます。

110 ESGの頭字語は、環境、社会、ガバナンスを意味します。

111 ネットゼロロードマップ: 1.5°C 目標を達成するためのグローバルな道筋。2023年アップデート(国際エネルギー機関、2023)

---

# Outlook – What’s next?

To meet climate goals the transformation towards net zero must be accelerated. Change and innovation in the energy sector aimed at replacing existing carbon-heavy generation and infrastructure with renewable and low-carbon solutions can dramatically reduce emissions and contribute to reaching the net zero target.

However, despite progress in recent years, challenges such as financing, approval processes and supply chain constraints persist. In coming years, additional challenges are expected, including rising global energy demand and possible material bottlenecks, as well as the need to grapple with more adverse climate conditions such as droughts and heatwaves.

Supporting the energy transition is critical. The future needs presented here exemplify areas where additional improvements and innovation will be necessary, and where **standardization could contribute to respective solutions**. The areas identified as respective future needs include:

- enabling businesses and consumers to reliably assess the environmental and social impacts of different technologies,
- promoting interoperability,
- increasing the resilience and structural integrity of the energy system,
- supporting low-carbon manufacturing and maintenance, and
- enabling clean and negative emissions technologies.

Standardization could contribute to respective solutions in a variety of ways, ranging from guidance concerning tools and processes, to supporting cooperative innovation and building on and extending existing standards and activities for enabling sustainability.

---

# 展望 - 次は何？

気候目標を達成するには、ネットゼロへの変革を加速する必要があります。既存の炭素を大量に排出する発電とインフラを再生可能で低炭素のソリューションに置き換えることを目的としたエネルギー部門の変化と革新により、排出量を大幅に削減し、ネットゼロ目標の達成に貢献できます。

しかし、近年の進歩にもかかわらず、資金調達、承認プロセス、サプライチェーンの制約などの課題は依然として残っています。今後数年間は、世界的なエネルギー需要の増加や材料のボトルネックの可能性、干ばつや熱波などのより厳しい気候条件への取り組みの必要性など、さらなる課題が予想されます。

エネルギー移行をサポートすることは非常に重要です。ここで提示された将来のニーズは、さらなる改善と革新が必要となる分野、および標準化がそれぞれのソリューションに貢献できる分野を例示しています。それぞれの将来のニーズとして特定された分野には、次のものが含まれます。

- 企業と消費者がさまざまな技術の環境および社会への影響を確実に評価できるようにする
- 相互運用性を促進する
- エネルギー システムのレジリエンスと構造的完全性を高める
- 低炭素製造とメンテナンスをサポートする
- クリーンなネガティブエミッションの技術を実現する

標準化は、ツールとプロセスに関するガイダンスから、協力的なイノベーションのサポート、持続可能性を実現するための既存の規格と活動の構築と拡張に至るまで、さまざまな方法でそれぞれのソリューションに貢献できます。

Many of the insights collected in the process also stress that **more cross-cutting work in standardization might be needed** to enable the systemic scope of change that will be necessary. For example, guidelines for energy management can support energy providers and consumers with demand response management, reducing energy costs and improving reliability issues often associated with low-carbon energy sources. International standards could address this by providing approaches to deal with the multiple horizontal issues of structural integrity, reliability, security and sustainability. This might, however, require new ways of cross-cutting work for technical committees.

Some further highlights are presented below in more detail, showcasing one example of a possible standardization action for each future need, the section above provides a wider picture.

Future need	Possible standardization action (example only)
<p>Ingrained interoperability</p>	<p><i>International standards and guidelines that enable integration of new energy sources and technologies (such as smart grids) into existing energy systems (including into e.g. distributed systems) will be critical. There is also a clear need for standards that increase interoperability between supply and demand, such as in bi-directional flows of both energy and data.</i></p>
<p>Resilience and structural integrity</p>	<p><i>Standards could help to create a good understanding of the key issues of structural integrity and flexibility measures to enable decision makers from smaller organizations to navigate multiple alternative options when aiming to enhance flexibility in the energy system. Technology standards, for example for direct power conversion innovations (such as e.g. fuel cells), would support users to gain confidence in a new option and increase opportunities for more actors to implement the technology.</i></p>

このプロセスで収集された洞察の多くは、必要となる体系的な対象範囲の変更を可能にするために、**標準化におけるより多くの分野横断的な業務が必要になる可能性**があることも強調しています。たとえば、エネルギー・マネジメントのガイドラインは、需要への応答管理でエネルギー・プロバイダーと消費者をサポートし、エネルギー・コストを削減し、低炭素エネルギー源に頻繁に関連する信頼性の問題を改善できます。国際規格は、構造的完全性、信頼性、セキュリティ、持続可能性という複数の水平的な問題に対処するためのアプローチを提供することで、この問題に対処できます。ただし、これには専門委員会の分野横断的な業務の新しい方法が必要になる可能性があります。

以下に、さらにいくつかのハイライトを詳しく説明します。将来のニーズごとに、考えられる標準化活動の一つの例を示します。上のセクションでは、より広い視点を提供します。

## 将来のニーズ

## 考えられる標準化活動（例のみ）

### 根付いた相互運用性

新しいエネルギー源と技術（スマートグリッドなど）を既存のエネルギーシステム（分散システムなど）に統合できるようにする国際規格とガイドラインが重要になります。また、エネルギーとデータの双方向フローなど、供給と需要の間の相互運用性を高める規格も明らかに必要です。

### レジリエンスと構造的完全性

規格は、構造的完全性と柔軟性対策の主要な問題を十分に理解し、小規模組織の意思決定者がエネルギーシステムの柔軟性を高めることを目指す際に複数の代替オプションを検討できるようにするのに役立ちます。たとえば、直接電力変換イノベーション（燃料電池など）の技術規格は、ユーザーが新しいオプションに自信を持つのをサポートし、より多くの関係者がその技術を実装する機会を増やすでしょう。

Future need	Possible standardization action (example only)
Low-carbon manufacturing and maintenance	Reducing carbon intensity in the manufacturing, re-manufacturing, and maintenance of clean energy technologies will also require new ways of accounting for the emissions emitted during these processes. Standards could make it possible to compare substitutable products across a variety of factors that may not be linked to their primary use (i.e. energy efficiency in the manufacturing process, usage of raw materials and the relative energy intensity of their extraction, repairability, reusability, and recyclability, etc.).
Breakthrough clean tech innovations	There is a clear need for guidance to support policy makers, utilities and investors to assess new technologies against existing options to enable them to make informed decisions on e.g. energy efficiency and eco-friendliness. <sup>112</sup> This would require collaboration across technical committees to develop the respective assessment concept and knowledge.
Negative emission technologies	With numerous new CCUS and CCS ventures announced every year, new standards which cover the full lifecycle of relevant projects (design, construction, commissioning, use, maintenance, inspection, end of life, risk management) could support businesses in rolling out new projects.
Energy efficiency and carbon emission measurement	Standardization could provide a clear reference for emission numbers, which are relevant for fulfilling climate pledges, accounting for carbon pricing, emission regulation, and fact-based reporting such as the tracking of national climate announcements or organization's ESG reports.

<sup>112</sup> ISO 50001:2018, Energy management systems – Requirements with guidance for use is covering energy efficiency, and ISO 14067:2018, Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification is covering carbon footprint of products. ISO/TC 197/SC 1, Hydrogen at scale and horizontal energy systems develops ISO/TS 19870:2023, Hydrogen technologies – Methodology for determining the greenhouse gas emissions associated with the production, conditioning and transport of hydrogen to consumption gate (based on ISO 14067:2018, Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification) to provide a methodology for GHG footprint assessment of the hydrogen supply chain as a product.



## 将来のニーズ

## 考えられる標準化活動（例のみ）

### 低炭素製造とメンテナンス

クリーンエネルギー技術の製造、再製造、メンテナンスにおける炭素強度の削減には、これらのプロセス中に排出される排出量を計算する新しい方法も必要になります。規格により、代替可能な製品を、主な用途とは関係のないさまざまな要因（製造プロセスにおけるエネルギー効率、原材料の使用、抽出時の相対的なエネルギー強度、修理可能性、再利用可能性、リサイクル可能性など）にわたって比較することが可能になります。

### 画期的なクリーン技術イノベーション

政策立案者、公益事業会社、投資家が、エネルギー効率や環境への配慮などについて十分な情報に基づいた決定を下せるよう、既存の選択肢に対して新しい技術を評価するためのガイダンスが明らかに必要です。<sup>112</sup> これには、それぞれの評価コンセプトと知識を開発するための専門委員会間の連携が必要になります。

### ネガティブエミッション技術

毎年多数の新しい CCUS および CCS ベンチャーが発表されているため、関連プロジェクトのライフサイクル全体（設計、建設、試運転、使用、保守、検査、寿命、リスク管理）をカバーする新しい規格は、企業が新しいプロジェクトを展開するのをサポートすることができます。

### エネルギー効率と炭素排出量の測定

標準化により、排出量の明確な規格を提供できます。これは、気候に関する誓約の履行、炭素価格の計算、排出規制、および国の気候発表や組織の ESG レポートの追跡などの事実に基づくレポート作成に関連しています。

112 ISO 50001:2018、エネルギーマネジメントシステム—要求事項及び利用の手引はエネルギー効率をカバーし、ISO 14067:2018、温室効果ガス—製品のカーボンフットプリント—定量化のための要求事項及び指針は製品のカーボンフットプリントをカバーしています。ISO/TC 197/SC 1、水素の大規模利用とエネルギーシステムへの水平展開は、ISO/TS 19870:2023、水素技術—水素の生産、調整、消費口までの輸送に関連する温室効果ガス排出量を決定する方法論（ISO 14067:2018、温室効果ガス—製品のカーボンフットプリント—定量化のための要求事項及び指針に基づく）を開発し、製品としての水素サプライチェーンの GHG フットプリント評価の方法論を提供しています。

---

## Next steps for standardization to enhance the net zero transition

Experts contributing to the process underlying this brief stressed one conclusion: It will be important to act immediately, or, as one interviewee put it: **“The time to act is now - there is no time for hesitation. We should move ahead as swiftly as we can, step by step”**.

The insights from this Foresight Brief aim to enable such further action, by providing a springboard for follow-up activities, in the form of a structured starting point for further reflection in the standardization community on where and how standardization can continue to enable the shift towards a sustainable energy system.

Taking this **Foresight Brief as springboard for action**, the following steps can be considered:

1. **Empower foresight dialogues in the ISO technical committees** to use the insights from the Foresight Brief and underlying consultations in the design process of their **future work program**.
2. Set up **strategic reflections within the ISO organization on how to better address cross-cutting topics** to be able to better **find solutions for systemic complex issues of net zero transition and sustainable development**.
3. **Enable ISO members** to use insights from Foresight Brief to **discuss relevant issues for standardization with governments, industry and research organizations**.
4. **Continue thinking about prospects for standardization**, by scanning ongoing developments and **think in what if ... questions to uncover future opportunities** to which the standardization work of ISO could offer solutions.

---

## ネットゼロ移行を強化するための標準化の次のステップ

この概要の基礎となるプロセスに貢献した専門家は、一つの結論を強調しました。すぐに行動することが重要であり、インタビューを受けたある人が言ったように、「**行動する時は今です。ためらっている時間はありません。できるだけ迅速に、一歩ずつ前進する必要があります。**」。

このフォアサイト概要からの洞察は、標準化コミュニティにおいて、持続可能なエネルギーシステムへの移行をどこでどのように実現し続けることができるかについてのさらなる考察のための構造化された出発点という形で、フォローアップ活動の出発点を提供することにより、そのようなさらなる行動を可能にすることを目的としています。

このフォアサイト概要を行動の出発点として、以下のステップを検討できます。

1. ISO 専門委員会におけるForesight の対話に権限を与え、将来の業務計画の設計プロセスにおいてフォアサイト概要からの洞察と基礎となる協議を活用する。
2. ISO 組織内で、横断的なトピックに適切に対処して、ネットゼロ移行と持続可能な開発の体系的な複雑な問題に対するソリューションをより適切に見つけられるようにする方法について、戦略的な考察を設定する。
3. ISO 会員がフォアサイト概要からの洞察を使用して、政府、業界、研究機関と標準化に関する関連問題を議論できるようにする。
4. 進行中の開発を精査し、もし…という質問で考え、ISO の標準化業務がソリューションを提供できる将来の機会を発見することにより、標準化の見通しについて引き続き考える。

---

# Questions to the future

What if...

... individuals and businesses receive tax credits based on yearly energy efficiency gains?

What if...

...a battery storage revolution meant that large-scale grids were no longer needed?

What if...

... AI grids become self-governing?

---

# 未来への問い

もし...

…個人や企業が年間のエネルギー効率の向上に基づいて税額控除を受けるとしたらどうでしょうか？

もし...

…バッテリー貯蔵革命により、大規模なグリッドが不要になるとしたらどうでしょうか？

もし...

…AI グリッドが自律的になるとしたらどうでしょうか？

---

# Annex

## Examples of existing ISO standards and standardization activities per future need

This section lists existing ISO standardization activities for each of the future needs, as identified in the process. Therefore, the lists may not be exhaustive and all-encompassing; however, they can provide a starting point for future activities on standardization in the respective areas.

### Ingrained interoperability

Reference	Title	Technical Committee
ISO/IEC 13273-1:2015	<i>Energy efficiency and renewable energy sources – Common international terminology – Part 1: Energy efficiency</i>	ISO/TC 301
ISO 16079-1:2017	<i>Condition monitoring and diagnostics of wind turbines – Part 1: General guidelines</i>	ISO/TC 108/SC 5
ISO 17800:2017	<i>Facility smart grid information model</i>	ISO/TC 205
ISO 24194:2022	<i>Solar energy – Collector fields – Check of performance</i>	ISO/TC 180/SC 4
ISO/IEC 27019:2017	<i>Information technology – Security techniques – Information security controls for the energy utility industry</i>	ISO/IEC JTC 1/SC 27
ISO 32210:2022	<i>Sustainable finance – Guidance on the application of sustainability principles for organizations in the financial sector</i>	ISO/TC 322
ISO 50001:2018	<i>Energy management systems – Requirements with guidance for use</i>	ISO/TC 301

# 附属書

## 将来のニーズごとの既存の ISO規格と標準化活動の例

このセクションでは、プロセスで特定された将来のニーズごとに、既存の ISO 標準化活動をリストします。したがって、リストは網羅的ではなく、すべてを掲げているわけではありませんが、それぞれの分野での標準化に関する将来の活動の出発点となる可能性があります。

### 根付いた相互運用性

参照番号	名称	専門委員会
ISO/IEC 13273-1:2015	エネルギー効率及び再生可能エネルギー源－共通国際用語－第1部:エネルギー効率	ISO/TC 301
ISO 16079-1:2017	風車の状態監視及び診断－第1部:一般指針	ISO/TC 108/SC 5
ISO 17800:2017	施設用スマートグリッド情報モデル	ISO/TC 205
ISO 24194:2022	施設用スマートグリッド情報モデル	ISO/TC 180/SC 4
ISO/IEC 27019:2017	情報技術－セキュリティ技術－エネルギーユーティリティ産業向けの情報セキュリティ管理	ISO/IEC JTC 1/SC 27
ISO 32210:2022	持続可能な金融－金融セクターの組織に対する持続可能性原則の適用に関するガイダンス	ISO/TC 322
ISO 50001:2018	エネルギーマネジメントシステム－要求事項及び利用の手引	ISO/TC 301

---

## Resilience and structural integrity

Reference	Title	Technical Committee
ISO 17800:2017	<i>Facility smart grid information model</i>	ISO/TC 205
ISO/IEC 30101:2014	<i>Information technology – Sensor networks: Sensor network and its interfaces for smart grid system</i>	ISO/IEC JTC 1/SC 41
ISO 50001:2018	<i>Energy management systems – Requirements with guidance for use</i>	ISO/TC 301

## Low-carbon manufacturing and maintenance

Reference	Title	Technical Committee
ISO 4233:2023	<i>Reactor technology – Nuclear fusion reactors – Hot helium leak testing method for high temperature pressure-bearing components in nuclear fusion reactors</i>	ISO/TC 85/SC 6
ISO 9001:2015	<i>Quality management systems – Requirements</i>	ISO/TC 176/SC 2
ISO 9806:2017	<i>Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods</i>	ISO/TC 180
ISO 9845-1:2022	<i>Solar energy – Reference solar spectral irradiance at the ground at different receiving conditions – Part 1: Direct normal and hemispherical solar irradiance for air mass 1,5</i>	ISO/TC 180/SC 1
ISO 14040:2006	<i>Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework</i>	ISO/TC 207/SC 5
ISO 16079-1:2017	<i>Condition monitoring and diagnostics of wind turbines – Part 1: General guidelines</i>	ISO/TC 108/SC 5
ISO 18229:2018	<i>Essential technical requirements for mechanical components and metallic structures foreseen for Generation IV nuclear reactors</i>	ISO/TC 85/SC 6



## レジリエンスと構造的完全性

参照番号	名称	専門委員会
ISO 17800:2017	施設用スマートグリッド情報モデル	ISO/TC 205
ISO/IEC 30101:2014	情報技術—センサネットワーク:センサネットワーク及びそのスマートグリッド用インタフェース	ISO/IEC JTC 1/SC 41
ISO 50001:2018	エネルギーマネジメントシステム—要求事項及び利用の手引	ISO/TC 301

## 低炭素製造およびメンテナンス

参照番号	名称	専門委員会
ISO 4233:2023	原子炉技術—核融合炉—核融合炉の高温耐圧部品の高温ヘリウム漏れ試験方法	ISO/TC 85/SC 6
ISO 9001:2015	品質マネジメントシステム—要求事項	ISO/TC 176/SC 2
ISO 9806:2017	太陽エネルギー—太陽集熱器—試験方法	ISO/TC 180
ISO 9845-1:2022	太陽エネルギー—異なる受光条件による地上標準太陽分光放射照度—第1部:直接通常及び半球日射強度	ISO/TC 180/SC 1
ISO 14040:2006	環境マネジメント—ライフサイクルアセスメント—原則及び枠組み	ISO/TC 207/SC 5
ISO 16079-1:2017	風車の状態監視及び診断—第1部:一般指針	ISO/TC 108/SC 5
ISO 18229:2018	第4世代原子炉に予想される機械構成部品及び金属構造物に対する必須技術要求事項	ISO/TC 85/SC 6

Reference	Title	Technical Committee
ISO 22975-1:2016	<i>Solar energy – Collector components and materials – Part 1: Evacuated tubes – Durability and performance</i>	ISO/TC 180
ISO 24194:2022	<i>Solar energy – Collector fields – Check of performance</i>	ISO/TC 180/SC 4
ISO 56002:2019	<i>Innovation management – Innovation management system – Guidance</i>	ISO/TC 279
ISO 59004:2024	<i>Circular economy – Vocabulary, principles and guidance for implementation</i>	ISO/TC 323
ISO 59020:2024	<i>Circular economy – Measuring and assessing circularity performance</i>	ISO/TC 323
IEC 61400-4:2012	<i>Wind turbines – Part 4: Design requirements for wind turbine gearboxes</i>	IEC/TC 88

### Breakthrough clean tech innovations

Reference	Title	Technical Committee
ISO 14067:2018	<i>Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification</i>	ISO/TC 207/SC 7
ISO 14687:2019	<i>Hydrogen fuel quality – Product specification</i>	ISO/TC 197
ISO 17268:2020	<i>Gaseous hydrogen land vehicle refuelling connection devices</i>	ISO/TC 197
ISO/TS 19870:2023	<i>Hydrogen technologies – Methodology for determining the greenhouse gas emissions associated with the production, conditioning and transport of hydrogen to consumption gate</i>	ISO/TC 197/SC 1
ISO 19881:2018	<i>Gaseous hydrogen – Land vehicle fuel containers</i>	ISO/TC 197

参照番号	名称	専門委員会
ISO 22975-1:2016	太陽エネルギー—光捕集器の構成部品及び材料—第1部:真空管—耐久性及び性能	ISO/TC 180
ISO 24194:2022	太陽エネルギー—コレクターフィールド—性能の確認	ISO/TC 180/SC 4
ISO 56002:2019	イノベーション・マネジメント—イノベーション・マネジメントシステム—手引	ISO/TC 279
ISO 59004:2024	サーキュラーエコノミー—用語, 原則および実装のガイダンス	ISO/TC 323
ISO 59020:2024	サーキュラーエコノミー—循環性パフォーマンスの測定と評価	ISO/TC 323
IEC 61400-4:2012	風力タービン—第4部:風力タービンギアボックスの設計要求事項	IEC/TC 88

## 画期的なクリーン テクノロジーのイノベーション

参照番号	名称	専門委員会
ISO 14067:2018	温室効果ガス—製品のカーボンフットプリント—定量化のための要求事項及び指針	ISO/TC 207/SC 7
ISO 14687:2019	水素燃料の品質—製品仕様	ISO/TC 197
ISO 17268:2020	気体水素陸上車両燃料補給接続装置	ISO/TC 197
ISO/TS 19870:2023	水素技術—水素の生産, 調整, 消費口までの輸送に関連する温室効果ガス排出量を決定する方法論	ISO/TC 197/SC 1
ISO 19881:2018	ガス状水素—陸上車燃料容器	ISO/TC 197

Reference	Title	Technical Committee
ISO 19882:2018	<i>Gaseous hydrogen – Thermally activated pressure relief devices for compressed hydrogen vehicle fuel containers</i>	ISO/TC 197
ISO 19885-1:2024	<i>Gaseous hydrogen – Fuelling protocols for hydrogen-fuelled vehicles – Part 1: Design and development process for fuelling protocols</i>	ISO/TC 197
ISO/FDIS 19887	<i>Gaseous Hydrogen – Fuel system components for hydrogen fuelled vehicles</i>	ISO/TC 197
ISO/AWI 19991	<i>Reactor technology – Experimental magnetic confinement fusion reactor – Supersonic molecular beam injection fueling technique for nuclear fusion devices</i>	ISO/TC 85/SC 6
ISO 50001:2018	<i>Energy management systems – Requirements with guidance for use</i>	ISO/TC 301
ISO 56002:2019	<i>Innovation management – Innovation management system – Guidance</i>	ISO/TC 279
IEC/TR 63335:2021	<i>Nuclear power plants – Instrumentation and control systems, control rooms and electrical power systems – Specific features of small modular reactors and needs regarding standards</i>	IEC/TC 45/SC 45A
IEC/TR 63468:2023	<i>Nuclear facilities – Instrumentation and control, and electrical power systems – Artificial Intelligence applications</i>	IEC/TC 45/SC 45A

参照番号	名称	専門委員会
ISO 19882:2018	ガス状水素一車両用圧縮水素燃料容器用の熱動式圧力逃がし装置	ISO/TC 197
ISO 19885-1:2024	気体水素一水素燃料自動車の給油プロトコル一第1部:給油プロトコルの設計および開発プロセス	ISO/TC 197
ISO/FDIS 19887	ガス状水素一水素燃料自動車の燃料システムコンポーネント	ISO/TC 197
ISO/AWI 19991	原子炉技術一実験用磁気閉じ込め核融合炉一核融合装置用の超音速分子ビーム注入燃料供給技術	ISO/TC 85/SC 6
ISO 50001:2018	エネルギーマネジメントシステム一要求事項及び利用の手引	ISO/TC 301
ISO 56002:2019	イノベーション・マネジメント一イノベーション・マネジメントシステム一手引	ISO/TC 279
IEC/TR 63335:2021	原子力発電所一計装及び制御システム, 制御室及び電力システム一小型モジュール式原子炉の特定の機能及び標準に関するニーズ	IEC/TC 45/SC 45A
IEC/TR 63468:2023	原子力施設一計装および制御電力システム一人工知能アプリケーション	IEC/TC 45/SC 45A

## Negative emission technologies

Reference	Title	Technical Committee
ISO 14001:2015	<i>Environmental management systems – Requirements with guidance for use</i>	ISO/TC 207/SC 1
ISO/TR 27912:2016	<i>Carbon dioxide capture – Carbon dioxide capture systems, technologies and processes</i>	ISO/TC 265
ISO 27913:2016	<i>Carbon dioxide capture, transportation and geological storage – Pipeline transportation systems</i>	ISO/TC 265
ISO 27914:2017	<i>Carbon dioxide capture, transportation and geological storage – Geological storage</i>	ISO/TC 265
ISO/TR 27915:2017	<i>Carbon dioxide capture, transportation and geological storage – Quantification and verification</i>	ISO/TC 265
ISO 27916:2019	<i>Carbon dioxide capture, transportation and geological storage – Carbon dioxide storage using enhanced oil recovery (CO<sub>2</sub>-EOR)</i>	ISO/TC 265
ISO 27917:2017	<i>Carbon dioxide capture, transportation and geological storage – Vocabulary – Cross cutting terms</i>	ISO/TC 265
ISO/TR 27918:2018	<i>Lifecycle risk management for integrated CCS projects</i>	ISO/TC 265
ISO 27919-1:2018	<i>Carbon dioxide capture – Part 1: Performance evaluation methods for post-combustion CO<sub>2</sub> capture integrated with a power plant</i>	ISO/TC 265
ISO/TR 27921:2020	<i>Carbon dioxide capture, transportation, and geological storage – Cross Cutting Issues – CO<sub>2</sub> stream composition</i>	ISO/TC 265

## ネガティブエミッション技術

参照番号	名称	専門委員会
ISO 14001:2015	環境マネジメントシステム－要求事項及び利用の手引	ISO/TC 207/SC 1
ISO/TR 27912:2016	二酸化炭素の回収－二酸化炭素の回収システム、技術及びプロセス	ISO/TC 265
ISO 27913:2016	二酸化炭素の回収、輸送及び地質学的貯蔵－パイプライン輸送システム	ISO/TC 265
ISO 27914:2017	二酸化炭素の回収、輸送及び地層内貯留	ISO/TC 265
ISO/TR 27915:2017	二酸化炭素の回収、輸送及び地質学的貯蔵－一定量化及び検証	ISO/TC 265
ISO 27916:2019	二酸化炭素の回収、輸送及び地質学的貯蔵－原油の二次回収を用いる二酸化炭素の貯留(CO <sub>2</sub> -EOR)	ISO/TC 265
ISO 27917:2017	二酸化炭素の回収、輸送及び地質学的貯蔵－用語－横断的用語	ISO/TC 265
ISO/TR 27918:2018	統合CCSプロジェクトのためのライフサイクルリスクマネジメント	ISO/TC 265
ISO 27919-1:2018	二酸化炭素の回収－第1部：発電所に統合された燃焼後CO <sub>2</sub> の回収のパフォーマンス評価方法	ISO/TC 265
ISO/TR 27921:2020	二酸化炭素の回収、輸送及び地質学的貯蔵－横断的問題－CO <sub>2</sub> ストリームの構成	ISO/TC 265

Reference	Title	Technical Committee
ISO/TR 27922:2021	<i>Carbon dioxide capture – Overview of carbon dioxide capture technologies in the cement industry</i>	ISO/TC 265
ISO/TR 27923:2022	<i>Carbon dioxide capture, transportation and geological storage – Injection operations, infrastructure and monitoring</i>	ISO/TC 265
ISO/TR 27925:2023	<i>Carbon dioxide capture, transportation and geological storage – Cross cutting issues – Flow assurance</i>	ISO/TC 265

### Energy efficiency and carbon emission measurement

Reference	Title	Technical Committee
ISO 6338:2023	<i>Method to calculate GHG emissions at LNG plant</i>	ISO/TC 67/SC 9
ISO 14064-1:2018	<i>Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals</i>	ISO/TC 207/SC 7
ISO 17742:2015	<i>Energy efficiency and savings calculation for countries, regions and cities</i>	ISO/TC 301
ISO 50001:2018	<i>Energy management systems – Requirements with guidance for use</i>	ISO/TC 301
ISO/PAS 50010:2023	<i>Energy management and energy savings – Guidance for net zero energy in operations using an ISO 50001 energy management system</i>	ISO/TC 301



参照番号	名称	専門委員会
ISO/TR 27922:2021	二酸化炭素回収—セメント産業における二酸化炭素回収技術の概要	ISO/TC 265
ISO/TR 27923:2022	二酸化炭素の回収, 輸送, 地質学的貯蔵—注入操作, インフラストラクチャー, 監視	ISO/TC 265
ISO/TR 27925:2023	二酸化炭素の回収, 輸送, 地中貯留—横断的な問題—流量の保証	ISO/TC 265

## エネルギー効率と炭素排出量の測定

参照番号	名称	専門委員会
ISO 6338:2023	LNGプラントにおけるGHG排出量の算出方法	ISO/TC 67/SC 9
ISO 14064-1:2018	温室効果ガス—第1部:組織における温室効果ガスの排出量及び吸収量の定量化及び報告のための仕様並びに手引	ISO/TC 207/SC 7
ISO 17742:2015	地方, 地域及び都市部のためのエネルギー効率及び削減の計算	ISO/TC 301
ISO 50001:2018	エネルギーマネジメントシステム—要求事項及び利用の手引	ISO/TC 301
ISO/PAS 50010:2023	エネルギーマネジメント及び省エネルギー—ISO 50001 エネルギー管理システムを使用した業務における正味ゼロエネルギーのガイダンス	ISO/TC 301

---

## Overview of key stakeholders for standardization activities in the area of Energy Sources

### International organizations:

IAEA	International Atomic Energy Agency
IEA	International Energy Agency
IRENA	International Renewable Energy Agency
ISA	International Solar Alliance
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization

### ISO Technical Committees:

*ISO/TC 28, Petroleum and related products, fuels and lubricants from natural or synthetic sources*

*ISO/TC 67, Oil and gas industries including lower carbon energy*

*ISO/TC 85, Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*

*ISO/TC 180, Solar energy*

*ISO/TC 193, Analysis of natural gas*

*ISO/TC 197, Hydrogen technologies*

*ISO/TC 207/SC 7, Greenhouse gas and climate change management and related activities*

*ISO/TC 238, Solid biofuels*

*ISO/TC 255, Biogas*

*ISO/TC 263, Coalbed methane*

*ISO/TC 265, Carbon dioxide capture, transportation, and geological storage*

*ISO/TC 300, Solid recovered materials, including solid recovered fuels*

*ISO/TC 301, Energy management and energy savings*

*ISO/TC 339, Small hydropower plants*

*ISO/TC 341, Heat supply network*

# エネルギー源の分野における標準化活動の主要関係者の概要

## 国際機関

IAEA	国際原子力機関
IEA	国際エネルギー機関
IRENA	国際再生可能エネルギー機関
ISA	国際太陽エネルギー同盟
OPEC	石油輸出国機構
UNIDO	国際連合工業開発機関

## ISO専門委員会

ISO/TC 28, 石油製品及び潤滑油剤(バイオ及び合成製品を含む)

ISO/TC 67, 低炭素エネルギーを含む石油及びガス産業

ISO/TC 85, 原子力

ISO/TC 180, 太陽エネルギー

ISO/TC 193, 天然ガスの分析

ISO/TC 197, 水素技術

ISO/TC 207/SC 7, GHGマネジメント及び関連活動

ISO/TC 238, 固体バイオ燃料

ISO/TC 255, バイオガス

ISO/TC 263, 炭層メタン

ISO/TC 265, 二酸化炭素回収・輸送・地中貯留

ISO/TC 300, 廃棄物固形燃料を含む廃棄物固形マテリアル

ISO/TC 301, エネルギーマネジメント及び省エネルギー量

ISO/TC 339, 小型水力発電所

ISO/TC 341, 熱供給ネットワーク

---

# About ISO Foresight

The world around us is changing and the pace of change is faster than ever before. The future has begun and those who do not want to be left behind must ensure their ability to look ahead. That is why ISO has developed a Standardization Foresight Framework; to help us look more systematically at the long-term and to encourage discussion and exchange within the ISO system about future opportunities for international standardization.

## The ISO Foresight Briefs

The ISO Foresight Briefs present outcomes from the ISO foresight process aimed at enabling further future-oriented action within the ISO community and system, as well as to make these outcomes available to a wider public.

The Foresight Briefs are forward-looking and thus in parts also speculative in mapping out possibilities of what is to come, and of what kind of change can be expected. However, they also bring in evidence as much as possible and available and make the assumptions in claims about possible futures transparent. The briefs do not claim to be all-encompassing – the future needs presented here have been selected because of their relevance to standardization or to the international landscape within which ISO operates, with a focus on short- to mid-term action. Thus, further needs may emerge under conditions such as regulation change, or when considering a longer time horizon.

While the Foresight Briefs are developed in a systematic process and with a variety of inputs, they are nevertheless not to be understood as a final product, but as a contribution to a continuing process of cooperative and collaborative forward-orientation within the ISO community. They thus serve to support and enable possible next steps towards respective standardization activities, but do not aim to prescribe them. Instead, they aim at sparking discussion, further reflection and respective action within the ISO community, and ideally beyond.

---

# ISOフォアサイトについて

私たちを取り巻く世界は変化しており、変化のペースはかつてないほど速くなっています。未来は始まっており、取り残されたくない人は先を見通す能力を確保する必要があります。そのため、ISO は標準化のフォアサイトフレームワークを開発しました。これは、長期的な視点をより体系的に捉え、ISO システム内で国際標準化の将来の機会について議論と交流を促進することを目的としています。

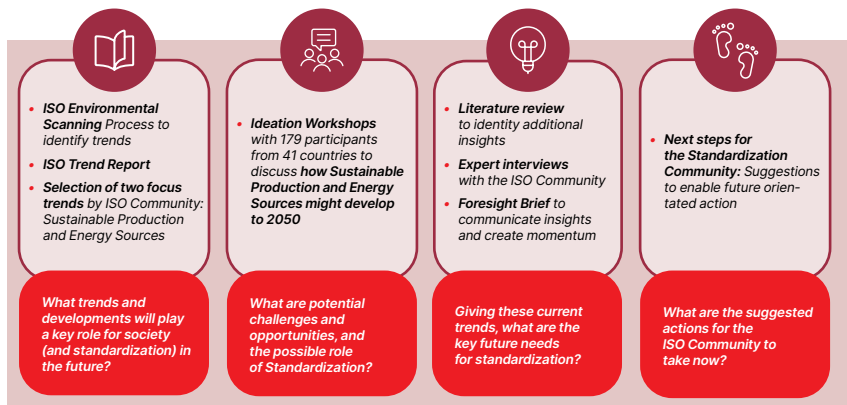
## ISOフォアサイト概要

ISOフォアサイト概要は、ISO コミュニティとシステム内でさらに将来志向の行動を可能にすること、およびこれらの結果をより広く一般に公開することを目的としたISOフォアサイト概要プロセスの成果を提示します。

フォアサイト概要は将来を見据えたものであり、したがって、今後何が起るか、どのような変化が予想されるかの可能性をマッピングする点で部分的に推測も含まれています。ただし、可能な限り入手可能な証拠を提示し、起こりうる将来についての主張の前提を透明化しています。この概要は、すべてを網羅しているわけではありません。ここで提示されている将来のニーズは、標準化やISO が活動する国際的な状況との関連性に基づいて選択されており、短期から中期の活動に重点を置いています。したがって、規制の変更などの状況下では、またはより長期的な時間軸を考慮すると、さらなるニーズが出てくる可能性があります。

フォアサイト概要は、体系的なプロセスでさまざまなインプットを使用して作成されていますが、最終製品としてではなく、ISO コミュニティ内での協力的かつ協調的な前進に向けた継続的なプロセスへの貢献として理解されるべきです。したがって、各標準化活動に向けた次のステップをサポートし、可能にするのに役立ちますが、それらを規定することを目的としたものではありません。代わりに、ISO コミュニティ内、そして理想的にはそれを超えて、議論、さらなる考察、および各自の行動を刺激することを目指しています。

## Research and methodology behind the ISO Foresight Briefs



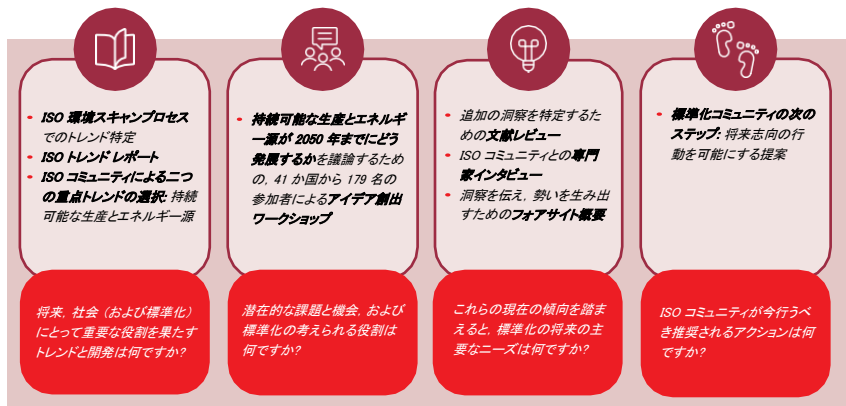
### ISO Foresight Briefs process overview chart

The contents of this brief are the result of a multilayered foresight process combining a variety of methodologies. Drawing from the trends identified as critical for standardization in the ISO environmental scanning process, the ISO community selected two trends (Sustainable Production and Energy Sources) as the focus for this foresight cycle's deep dive into identifying respective future needs and opportunities for standardization.

For each topic, a literature review was conducted drawing from publications from the last five years, focusing on those with an international perspective and insights on developments expected in the coming years. Furthermore, a series of international workshops with 93 participants from 41 countries enabled the ISO foresight community as well as selected additional experts to bring in their expertise, and to collaboratively reflect on future needs as well as opportunities for standardization. In addition, a set of interviews with experts from the ISO community served to dive deeper into framing future needs and possible contributions from standardization, as did a review process of the results.

More information about ISO Foresight as well as the **ISO Foresight Trend Report** are available on the website (See [ISO Foresight](#)).

## ISO フォアサイト概要 の背景にある研究と方法論



## ISO フォアサイト概要プロセスの概要チャート

この概要の内容は、さまざまな方法論を組み合わせた多層的な予測プロセスの結果です。ISO 環境スキャン プロセスで標準化に不可欠であると特定された傾向から、ISO コミュニティは、この予測サイクルの詳細な調査の焦点として二つの傾向（持続可能な生産とエネルギー源）を選択し、標準化のそれぞれの将来のニーズと機会を特定しました。

各トピックについて、過去 5 年間の出版物から引用した文献レビューが実施され、国際的な視点と今後数年間に予想される開発に関する洞察に焦点を当てました。さらに、41 か国から 93 人が参加した一連の国際ワークショップにより、ISO フォアサイトコミュニティと選ばれた追加の専門家が専門知識を持ち寄り、将来のニーズと標準化の機会について共同で検討することができました。さらに、ISO コミュニティの専門家との一連のインタビューにより、将来のニーズと標準化による貢献の可能性についてさらに深く掘り下げることができ、結果のレビュー プロセスも同様に行われました。

ISO フォアサイトと ISO フォアサイトトレンド レポートの詳細については、ウェブサイト (ISO Foresight を参照) をご覧ください。

---

# Acknowledgement

The ISO Foresight Brief was realized by and in cooperation with ISO by **Future Impacts**, a German-based consultancy. Future Impacts is a futures research company focused on creating impact on today's actions from envisaging the future. They conceptualize and realize futures or foresight processes for organizations and the private sector, internationally. Their work focuses on enabling Foresight Capacity Building, realizing Foresight Processes and Studies, and developing Foresight Games.

ISO's special thanks go to the experts from Technical Committees who actively contributed to the development of this brief. Their valuable insights significantly enriched the content, ensuring that the analysis of current and potential future trends and changes, as well as the links between these developments and future standardization needs, aligns with the strategic direction of the committees. Their commitment to standardization and the promotion of innovation and progress is greatly appreciated.



---

# 謝辞

ISO フォアサイト概要は、ドイツを拠点とするコンサルタント会社 **Future Impacts** によって ISO と協力し、実現されました。Future Impacts は、未来を予測して今日の行動に影響を与えることに重点を置いた未来調査会社です。同社は、国際的に組織や民間セクターの未来またはフォアサイトプロセスを概念化し、実現しています。同社の仕事は、フォアサイト能力の構築、フォアサイトプロセスと研究の実現、フォアサイトゲームの開発に重点を置いています。

ISO は、この概要の作成に積極的に貢献した専門委員会の専門家に特に感謝の意を表します。専門家の皆様の貴重な洞察は、コンテンツを大幅に充実させ、現在および将来の潜在的な傾向と変化の分析、およびこれらの開発と将来の標準化のニーズとの関連性が、委員会の戦略的方向性と一致するようにしました。標準化と革新と進歩の促進に対する皆様の取り組みに深く感謝します。

---

# About ISO

ISO (International Organization for Standardization) is an independent, non-governmental international organization with a membership of 171\* national standards bodies. Through its members, it brings together experts to share knowledge and develop voluntary, consensus-based, market-relevant International Standards that support innovation and provide solutions to global challenges.

ISO has published more than 25 400\* International Standards and related documents covering almost every industry, from technology to food safety, to agriculture and healthcare.

For more information, please visit [www.iso.org](http://www.iso.org).

\*June 2024



ISO Website: [iso.org](http://iso.org)

ISO newsroom: [iso.org/news](http://iso.org/news)

ISO videos: [iso.org/youtube](http://iso.org/youtube)

Follow us on LinkedIn: [iso.org/linkedin](http://iso.org/linkedin)

Follow us on Twitter: [iso.org/twitter](http://iso.org/twitter)

Join us on Facebook: [iso.org/facebook](http://iso.org/facebook)

Join us on Instagram: [instagram.com/isostandards](https://www.instagram.com/isostandards)

Follow us on FlickrR: [flickr.com/photos/isostandards](https://www.flickr.com/photos/isostandards)

---

# ISO について

ISO（国際標準化機構）は、171\* の国家規格団体が加盟する独立した非政府国際組織です。その会員を通じて、専門家を集めて知識を共有し、革新をサポートし、グローバルな課題に対するソリューションを提供する、自発的でコンセンサスに基づいた市場適合性のある国際規格を開発しています。

ISO は、テクノロジーから食品安全、農業、医療まで、ほぼすべての業界を対象とする 25,400\* を超える国際規格と関連文書を発行しています。

詳細については、[www.iso.org](http://www.iso.org) をご覧ください。

\* 2024年6月現在



ISO Website: [iso.org](http://iso.org)

ISO newsroom: [iso.org/news](http://iso.org/news)

ISO videos: [iso.org/youtube](http://iso.org/youtube)

Follow us on LinkedIn: [iso.org/linkedin](http://iso.org/linkedin)

Follow us on Twitter: [iso.org/twitter](http://iso.org/twitter)

Join us on Facebook: [iso.org/facebook](http://iso.org/facebook)

Join us on Instagram: [instagram.com/isostandards](http://instagram.com/isostandards)

Follow us on FlickrR: [flickr.com/photos/isostandards](http://flickr.com/photos/isostandards)







**International Organization  
for Standardization**

ISO Central Secretariat  
Chemin de Blandonnet 8  
1214 Geneva, Switzerland

© ISO 2024  
All rights reserved  
ISBN 978-92-67-11381-4

本文書は経済産業省の委託事業の成果です。

© JISC/JSA 2024

記載内容の一部及び全てについて無断で編集、  
改編、販売、翻訳、変造することを固く禁じます。

[iso.org](https://www.iso.org)