

# 米国エネルギー省原子力局「戦略ビジョン」の概要

2021年2月10日

(一社)日本原子力産業協会  
情報・コミュニケーション部

米国エネルギー省 (DOE) 原子力局 (NE) は 2021 年 1 月 8 日、「戦略ビジョン」を発表した。

戦略ビジョンは、米国のエネルギー、環境、及び経済のニーズを満たすために原子力科学技術を推進するというミッション達成の枠組みとなるもので、米国の原子力の現状分析と課題を検討し、①米国の既存炉の運転継続を可能にする、②先進炉の展開を可能にする、③先進燃料サイクルを開発する、④原子力技術における米国のリーダーシップを維持する、⑤優秀な組織を実現する、の 5 つの目標を掲げている。各目標には、それを達成するための施策の説明と実績指標が示されている。実績指標の主なものを数点紹介するが、実現時期を明示している：

- ・ 2022 年までに、拡大可能な水素製造パイロットプラントを実証する
- ・ 2022 年までに、国産の HALEU (高アッセイ低濃縮ウラン) 濃縮を実証する
- ・ 2025 年までに、米国の商業炉の既存燃料の事故耐性燃料への取替を開始する
- ・ 2025 年までに、米国の商業マイクロ原子炉の実証を可能にする
- ・ 2026 年までに、多目的試験炉 (VTR) を建設する
- ・ 2028 年までに、産業とのコスト分担パートナーシップを通じて米国の 2 つの先進炉設計を実証する
- ・ 2029 年までに、米国最初の商業小型モジュール炉運転を可能にする

ここでは、戦略ビジョン (全 35 頁) について、目標、施策、実績指標の一覧表に加えて、内容の一部の抜粋訳 (仮訳) を以下に紹介する。戦略ビジョンは [DOE-NE Strategic Vision -Web - 01.08.2021.pdf \(energy.gov\)](https://www.energy.gov/DOE-NE-Strategic-Vision-Web-01.08.2021.pdf) で見ることができます。

## 「緒言」 原子力担当次官補・博士 リタ・バランワル

原子力は、現在の電力網において最も強靱で、環境に持続可能で、信頼できる電源の一つである。原子力は世界の電力の約 10%を生産しており、炭素排出ゼロの電力の約 30%を占めている。ここ米国では、これらの数字はもっと大きく、原子力は米国の電力のほぼ 20%を供給し、米国のクリーン電力の 55%以上を占めており、米国の 50 万人以上の雇用を支えている。

こうした利益をもたらしているにもかかわらず、米国の原子力産業は重大な課題に直面している。市場条件は原子炉の早期閉鎖を強制し、米国のサプライチェーンを弱体化しつつある。ロシアや中国のような国が、急速に原子力技術の主要輸出国になりつつある。原子力技術は元々、米国が最初に開発したものである。他の国々が原子力発電を支持し利用することについての米国の国際的影響力は徐々に低下しつつある。

原子力の利用が国際的に拡大し続けているので、米国がこの素晴らしい技術のリーダーとして再び影響力を有することは極めて重要である。米国の運転中の原子力発電所は毎年約 5 億トンの二酸化炭素の排出を防止している。これは 1 億台の自動車の走行による排出量に匹敵する。新しい先進炉の設計は、エネルギー集約製造プロセスの脱炭素化に資する膨大な可能性を有しており、原子力をこれま

で以上に柔軟で利用しやすいものにする。この新興市場を掌握することは、より多くの雇用、強力な経済、排出量の低減、そして健全な環境を米国にもたらすだろう。

今や、これらの新しい技術を開発し、実証し、建設する時である。エネルギー省（DOE）原子力局（NE）は、原子力技術のもたらす膨大な可能性を実現するために懸命に努力している。この戦略ビジョンは、米国のエネルギー、環境、及び経済のニーズを満たすために、原子力科学技術を推進するというミッション（使命）の達成において、原子力局を導くブループリントである。必要に応じて、この戦略ビジョンはまた、米国の原子力の競争優位性の回復に関する米国核燃料作業部会の勧告を実現する上での指針となる。目標の達成に向けて努力することにより、NE は、より持続可能でより強靱なエネルギー供給を構築していく。これは米国の経済を強固にし、米国をより堅牢にしていく。

## はじめに

米国は 1940 年代後半には既に原子力で電気を発電しており、原子力発電開発のパイオニアだった。それ以来、米国の原子力技術におけるリーダーシップは、約 70 年間にわたり、クリーンで信頼できる電気という恩恵を我々に与えてきた。米国の原子力発電所群は、毎年何億トンもの二酸化炭素の排出を避けながら、米国の総発電電力量の約 20% を供給している。原子力は、クリーンで、最も信頼できる、炭素排出ゼロの最大の電源であり、93% 以上の設備利用率で運転している。

しかし、米国の多くの原子炉は経済的課題に直面しているか、あるいは、予定の運転期間の終了に近づきつつある。在来大型炉の新規建設はコスト高であり、時間もかかっている。国内の重要なインフラ及びサプライチェーン能力を喪失する前に、クリーンエネルギーを供給し市場の機会を拡大することができるように、先進炉設計を迅速に実証する必要がある。

NE はこれらの課題への取組みにおいて極めて重要な役割を担う。応用研究開発（R&D）組織として、NE は、イノベーションを実現し、ユニークな研究インフラを支え、原子力部門が直面している分野横断的な課題を解決する。NE は、必要なコスト、規模、時間枠の故に、民間や他の非政府ステークホルダーが実施することができないような R&D に投資する。NE は、協同作業や差し迫った科学的工学的課題の解決のために、産業界、学术界、国立研究所の世界的な研究者向けに、資金拠出や機会の提供を行う。官民パートナーシップや国立研究所システムを活用することによって、我々は、原子力を、よりコスト効率的にし、先進炉の開発を加速化し、核燃料サイクルをより持続可能なものにし、強靱なサプライチェーンを奨励し、強力な原子力人材を推進している。

この戦略ビジョンは、米国のエネルギー、環境、及び経済のニーズを満たすために、原子力科学技術を推進するというミッション（使命）を達成するための NE のブループリントとしての役割を果たす。NE は、原子力部門が抱える課題を解決し、先進技術の可能性を実現するのに役立て、イノベーションの促進における政府のユニークな役割を活用するために、5 つの目標を特定した。各目標には、確実に進展するための施策とその達成度合を測る実績指標が付いている。

これらの目標の追求にあたって、我々は、核不拡散や国家の安全保障の使命への影響が確実に考慮されるように国家核安全保障庁（NNSA）との協力を含め、関係のステークホルダーや政府機関と連携していく。目標の実現には、政府、産業界、学术界、及び国立研究所の協調が必要である。

## 米国エネルギー省原子力局「戦略ビジョン」

<b>ビジョン</b>	
クリーンエネルギーと経済的機会を実現させる米国原子力部門の繁栄	
<b>ミッション</b>	
米国のエネルギー、環境、経済ニーズを満たすために原子力科学技術を進進させる	
<b>目標 1 米国の既存炉の運転継続を可能にする</b>	
<b>&lt;施策&gt;</b> 1. 運転コストを削減する技術を開発する 2. 電力以外にも市場を拡大する 3. 既存炉の運転継続のための科学的基礎を提供する	<b>&lt;実績指標&gt;</b> 1. 2022年までに、拡大可能な水素製造パイロットプラントを実証する 2. 2025年までに、米国の商業炉の既存燃料の事故耐性燃料への取替を開始する 3. 2026年までに、運転中プラントにおいてデジタル原子炉安全システムの順調な展開を実証するのに必要なエンジニアリング・許認可活動を完了する 4. 2030年までに、事故耐性燃料の広範な実施を達成する
<b>目標 2 先進炉の展開を可能にする</b>	
<b>&lt;施策&gt;</b> 1. 先進原子力技術の展開に必要なリスクと時間を減少させる 2. 原子力エネルギーの市場機会を拡大する原子炉を開発する 3. リソースの利用を改善する多様な設計を支援する	<b>&lt;実績指標&gt;</b> 1. 2024年までに、先進製造技術でつくられたマイクロ原子炉の燃料装荷炉心を実証し試験する 2. 2025年までに、米国の商業マイクロ原子炉の実証を可能にする 3. 2027年までに、原子力・再生可能エネルギーのハイブリッドエネルギーシステムの運転を実証する 4. 2028年までに、産業とのコスト分担パートナーシップを通じて米国の2つの先進炉設計を実証する 5. 2029年までに、米国最初の商業小型モジュール炉運転を可能にする 6. 2035年までに、産業とのパートナーシップを通じて少なくとも2つの追加の先進炉設計を実証する
<b>目標 3 先進燃料サイクルを開発する</b>	
<b>&lt;施策&gt;</b> 1. 国内核燃料供給チェーンのギャップに取り組む 2. 先進炉向けの国内核燃料サイクルのギャップに取り組む 3. 統合放射性廃棄物管理システムを確立するためのオプションを評価する	<b>&lt;実績指標&gt;</b> 1. 2021年までに、ウラン備蓄を確立するための調達プロセスを開始する 2. 2022年までに、国産の HALEU（高アッセイ低濃縮ウラン）濃縮を実証する 3. 2023年までに、DOE の非国防材料から最大 5 トンの HALEU を利用可能にする 4. 2030年までに、先進炉向けの燃料サイクルを評価する
<b>目標 4 原子力技術における米国のリーダーシップを維持する</b>	
<b>&lt;施策&gt;</b> 1. 米国の原子力部門のためにグローバルな機会を促進する 2. 世界レベルの研究開発能力を維持する 3. 将来の原子力要員を支援するために熟練科学者を育成する	<b>&lt;実績指標&gt;</b> 1. 2021年までに、最大 50 の大学の R&D プロジェクトに助成し、学生・研究員の奨学金として 500 万ドル授与する 2. 2021年までに、大学の原子炉で使用する TRIGA 燃料再開を支援する 3. 2021年までに、原子力開発計画を追求している 5 カ国との公式の協力関係を構築する 4. 2021年までに、原子力開発計画を追求する国を支援するための包括的アプローチを作り出す 5. 2022年までに、米国のリーダーシップを高め、原子力平和利用推進の多国間組織への参加を増大する 6. 2026年までに、多目的試験炉（VTR）を建設する 7. 2026年までに、サンプル準備研究所を完成させる 8. 2030年までに、地表の電力と推進のための核分裂システムを実証するために NASA と共同作業する。
<b>目標 5 優秀な組織を実現する</b>	
<b>&lt;施策&gt;</b> 1. 原子力局の人材を支援し投資する 2. 計画、プロジェクト、R&D 投資及び契約を効果的に管理する 3. ステークホルダーと定期的に対話する	<b>&lt;実績指標&gt;</b> 1. 2021年までに、NE 内の各計画部署で複数年計画を策定する 2. 2021年までに、予定通り・予算内に高レベルのマイルストーンの 95%を達成する。 3. 2021年までに、NE の雇用プランに従って、新規雇用を通じて重要な人材のギャップを補う 4. 2022年までに、目標・施策・実績指標の変更を反映するため、NE の戦略ビジョンを更新する 5. 2022年までに、原子力に関する部族作業部会の人数を 11 人から 13 人に増加する

## 目標 1 米国の既存炉の運転継続を可能にする

米国は世界最大の原子炉群（28州で94基が運転中）から恩恵を受けている。これらの原子炉は毎年8000億 kWh以上の電力を発電し、米国のクリーン電力の半分以上を供給している。

米国の現在の原子炉群によって供給される炭素排出ゼロの電力の利用を維持することは、エネルギー分野における炭素排出を削減するのに不可欠である。この目標を支援するために、NEは、米国の現在の原子炉群について、運転寿命を維持・延長し、運転実績と効率を向上し、先進燃料技術を開発し、電力以外の市場に拡大させるための研究をサポートしている。これらの改善は、運転コストの大幅削減につながり、既存炉の経済的競争力を高め、それらの運転期間の延長に貢献する。

（施策1，2の説明の翻訳は省略）

### 施策3. 既存炉の運転継続のための科学的基礎を提供する

NRCは、商業原子炉に対して、最初に40年間の運転認可を発給する。その後、事業者は追加の20年間の運転認可を申請することができる。米国の既存のほとんどの原子炉は、既に運転認可を更新しており、更に運転を継続するためには、半数の原子炉は2040年までに2回目の運転認可を更新する必要がある。

もし既設原子力発電所が60年を超えて運転しないならば、米国における原子力による電力供給量は急速に減少し、炭素排出ゼロの電力供給は危うくなる。それ故、既存の原子炉群の運転継続を可能にすることが不可欠である。NEは、米国にある原子力発電資産の継続的な長期運転のための技術的基礎を支えるのに必要な重要課題を解決するために現行プラントの所有者/運転者と引き続き協力していく。

原子炉で使われる系統・構造物・機器は、極端な運転環境下にある。使用されている多くの材料は、高温、応力、振動、強烈な中性子場に耐えられなければならない。原子力プラントの60年の運転期間におけるこれらの材料のふるまいについての理解は十分に確立している。しかし、60年を超えて運転を続けるためには、プラントの運転者は、材料が安全かつ効果的に運転環境に耐えられることを実証しなければならない。NEと電力研究所（EPRI）が実施した研究は、材料の積極的な監視と保守により、60年超の運転に技術的な制限がないことを示している。

8基の原子炉が既にこの研究を利用して、最大80年まで運転できる運転認可の更新を申請した。このうち4基はNRCから運転認可の更新を承認された。現在までのところ、米国の原子炉群の5分の一以上の20基が、80年間の運転を計画している。現在の運転認可の期限が近づくにつれて、運転認可更新の申請数が増えるものと予想される。NEは今後10年間、運転継続の技術的基礎を提供し、多くの追加の原子炉の運転延長を可能にするため、産業界のパートナーと共同作業を続ける。

DOEとDOEの国立研究所は、世界的に有名な理論、コンピューター、実験の専門技術を有しており、既存原子炉群の安全性と性能を立証するのに必要な科学的基礎、データ、試験に貢献することができる。これらの能力は、既存原子炉群の戦略的重要性と共に、運転継続を可能にする上で政府の支援が重要であることを示している。材料の長期的なふるまいの理解を深めることは、現在開発中の先進炉技術にも役立つ。

## 目標 2 先進炉の展開を可能にする

先進原子力システムは、炭素排出の更なる削減の大きな可能性を持っており、新規雇用の創出やより強力な経済の構築に寄与する。米国では50以上の開発者が、原子力の建設、運転、保守を、より効率的かつ手頃に行えるようにする

先進技術を追求している。DOE 及び国立研究所の支援を受けて、新世代の原子炉が 2020 年代半ばまでに実証される可能性がある。

(施策 1, 3 の説明の翻訳は省略)

## 施策 2. 原子力エネルギーの市場機会を拡大する原子炉を開発する

社会が炭素の排出を増加させないでエネルギー需要を満たすためには、先進原子力技術が重要な役割を果たすことができる。新しい原子炉は、より柔軟かつ多用途で、それらを利用する社会のニーズを満たすように設計される。それらは数千 kW から 100 万 kW 以上まで、様々な規模にわたり、需要に一致するように電気出力を調整できる。休みなく炭素排出ゼロの電力を供給するために、再生可能エネルギーとペアを組むことができる。さらに、それらは、原子力の恩恵を発電以外にも拡大することができる。それらは、産業・輸送分野の脱炭素化に資するために水素を製造するプロセスシートを供給し、脱塩プラントからクリーンな飲料水を供給する。

消費者や社会に様々な利益をもたらす先進炉の開発を支援することによって、NE は、原子力利用のための市場の機会を拡大する。原子力技術の新しい利用に投資することによって、NE は、米国のクリーンエネルギーの供給を強化し、全体の炭素排出を減少させる。

NE は、在来の原子炉よりもはるかに小規模の原子炉の開発を支援している。小型モジュール炉 (SMR) は、建設・運転が安価になることが期待される、比較的小型の原子炉である。SMR は、より単純でコンパクトな設計であるので、電気事業者は原子力発電を展開するための多くのオプションを持つことになる。これには、大型の原子力発電所を設置できないような場所での原子炉の開発が含まれる。SMR は、小さな電力市場や送電網、隔離された地域、水資源の限られたサイトに、電力を供給することができる。それらは、モジュールを追加することによって、エネルギー需要を満たすために規模を拡大することもできる。SMR はまた、高経年化し引退していく化石燃料発電所に置き換わるのに適切な規模でもある。電気事業者や開発者は、SMR を展開する場所を特定すれば、取水や配電設備などの既存のインフラを利用できるだろう。NE は、2029 年までの運転を見込んでいる米国最初の SMR の実証を支援する。

マイクロ原子炉は SMR よりもさらに小型である。ベンダーは、原子炉全体をトラック、輸送船、飛行機、あるいは鉄道で運ぶことができる。このことは、マイクロ原子炉は数日間で、サイトに運搬し組み立てることが可能であることを意味する。それらは、自然災害に遭った地域の電力の復旧に利用したり、軍事基地やインフラが整備されていない遠隔地に電力を供給したりするために、利用することができる。非常に遠隔にある多くの地域は現在、発電機を動かすためにディーゼルの輸送に頼っている。マイクロ原子炉は、これらの地域に、1 回の燃料交換で最大 10 年間、クリーンかつコスト効率的な電力を継続的に利用できるという重要なオプションを提供する。マイクロ原子炉はまた、病院、救急業務、あるいは連続生産工程向けに、安定した電力を供給するなど、独立したマイクログリッドへの電力供給に利用できる。NE は 2025 年までに、米国の商業マイクロ原子炉の実証を可能にする。

NE は、マイクロ原子炉の部品の先進的な製造法を開発する。一般的に 3D プリンティングと呼ばれている付加製造は、複雑な設計について、プロトタイプ製造され、試験され生産されることを可能にする。このことによって、新しい部品を市場に持ち込むのに必要な時間とコストを大幅に減少させる可能性がある。NE は、2024 年までに先進製造技術によって加工された燃料装荷のマイクロ原子炉炉心の実証・試験を支援する。

小型モジュール炉とマイクロ原子炉は、原子炉技術の展開の機会を拡大する。それらは、小規模サイズで、受動的な安全特性を有し、比較的小さな緊急時計画ゾーンですむために、大型原子炉では不可能であった場所にも設置することができる。それらは、大型建設プロジェクトのような不動産や資本コスト無しで、コンスタントかつ信頼できるクリーン電力を必要とする顧客に選択肢を提供する。

NE はまた、水素製造、脱塩、地域暖房、石油精製、肥料製造など、現在化石燃料に依存しているエネルギー集約型のプロセスに利用することのできる先進原子炉の開発を支援する。目標 1 で議論したように、これは、原子力開発者にとって重要な市場機会を開くと共に、産業プロセスにおける炭素排出を大幅に削減する機会にもなる。

高温炉は、非常に高い温度（750°C以上）で運転し、電力供給だけでなく、塩水脱塩、水素製造、化学プロセスなどの電力以外の用途にも使用できる。これらの原子炉は、モジュール炉そして 7.5 万 kW の小型であるが、現在の軽水炉のように大型まで拡大することができる。熔融塩炉も、次に議論するように、電力以外の産業用途に利用することができる。

先進炉はまた、特に塩水脱塩にとって有益である。世界のほぼ 3 分の一は、清浄な飲料水がアクセスできず、20 億人以上の人々が水不足の影響を受けている国に住んでいる。この数字は増加すると予想されている。現在の世界中の脱塩プラントは毎年 10 兆ガロン（38 億 m<sup>3</sup>）の飲料水を生産している。将来の水需要を満たすためにはさらに多くのプラントが稼働していなければならない。今後 30 年で水需要は最大 30%増大する見込みである。既存の脱塩プラントはエネルギー集約的であり化石燃料に大きく依存しているので、原子力はクリーンエネルギーの供給において重要な役割を果たすことができ、我々を世界全体の水の安全保障に近づけてくれる。新しい原子炉群は、このプロセスを促進する可能性がある。SMR は、海水脱塩プラントで発電と熱供給を行う上で、規模的にも運転上も大きな柔軟性を備えている。

### 目標 3 先進燃料サイクルを開発する

現在の原子炉群を維持し先進炉の展開に役立つ技術を開発するに当たっては、最新の原子力技術を十分に活用するために先進燃料サイクルを追求する必要がある。NE は、使用済燃料と廃棄物の発生量を減らし、運転性能を向上し、資源を効率的に使用し、安全性を更に高める、持続可能な燃料システムを開発している。先進原子力技術は、持続可能な燃料サイクルと組み合わせることによって、米国内外に原子炉が展開する機会を拡大させることになる。

（施策 1, 2, 3 の説明の翻訳は省略）

### 目標 4 原子力技術における米国のリーダーシップを維持する

世界では 30 カ国で 450 基以上の原子炉が運転している。50 基以上の原子炉が現在建設中であり、この数は、多くの国が原子力オプションを評価するにつれて 400 基以上に増加する可能性がある。世界のエネルギー需要が増加し続けている中、世界の各国は、炭素排出を減らしつつ同時にエネルギー需要を満たさなければならないという困難な課題に直面している。原子力技術はこの問題の解決に役立つことができる。原子力技術は、経済を刺激し、豊富なクリーンエネルギーを創り出し、電力網を更に安定したものにする。

米国は、世界中で最良の原子力技術と最も多くの運転経験を保有している。実際、世界で運転中の原子力技術のほとんどは、米国の技術に由来している。しかし、原子力エネルギーが世界中に拡大し続けるにつれて、ロシアや中国のような国が、急速に原子力技術およびサービスの圧倒的な供給者になってきている。国家の後ろ盾、魅力的な資金調達オプション、そして（燃料供給と使用済燃料の引き取りのような）一括サービスによって、ロシアや中国は、米国のベンダーに対して、圧倒的な競争優位性を獲得している。ロシアや中国の原子力技術は、米国の商業ベンダーが先進原子力システムに本質的に組み込んでいるイノベーション、品質、安全性、および信頼性と同一レベルを維持していない。

米国の産業は、いかなる国のニーズも満たすことができるように一連のオプションを開発している。これらの設計には、ベースロード発電のための大型炉から、小型で柔軟な原子炉まで含まれる。小型炉はエネルギー需要の増加に合わせてスケールアップすることができる。2017年、米国商務省は、世界の民生用原子力市場は今後10年間で5000億～7000億ドルと評価され、米国に1000億ドル以上の輸出と数千人以上の新規雇用をもたらす可能性があると予想している。我々はこの市場を競争相手に譲るわけにはいかない。

我々はまた、原子力技術のリーダーとしての立場を失うわけにはいかない。米国のリーダーシップの役割と国際市場における米国技術の利用可能性は、平和目的で、しかも安全性と核不拡散を促進する形で、他の国々が原子力技術の利用を選択するのを確実にするための重要な手段となる。

(施策1, 2, 3の説明の翻訳は省略)

## 目標5 優秀な組織を実現する

ミッションを達成するために、NEは、有能な人材と良く管理された計画を持ち、ステークホルダーとの定期的なコミュニケーションを行う、優秀な組織を実現しなければならない。優秀な組織は、我々の計画の最大の価値を米国の納税者に提供する鍵となる。

(施策1, 2, 3の説明の翻訳は省略)

## 結論

NEは、米国の原子力部門のために、課題を解決し障壁を取り除くために精力的に取り組んでいる。我々は、先進原子炉技術への戦略的投資、及び既存の原子炉群と先進原子炉の両方を支えるR&D能力をもって、米国の原子力部門の繁栄を実現することができる。我々は、米国の原子力技術のための世界市場を開発し、米国の技術的リーダーシップを維持し、クリーンで炭素排出ゼロのエネルギーへのアクセスを増加させることができる。

この戦略ビジョンは、これらの目標を達成するための枠組みを示している。その結果は、より豊かで安全・堅牢な米国となって現れるだろう。

以上