

令和4年度原子力の利用状況等に関する調査
(原子力分野における国際協力枠組み等に関する調査)
報告書

令和5年3月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

目次

はじめに	3
1. 原子力分野の二国間協力に関する調査.....	5
1-1. 日米ラウンドテーブル	5
1-1-1. 日米発言の要旨	5
1-2. 米国の取組に関する調査.....	10
1-2-1. 米国の取組（SMR 導入）	10
1-2-2. 米国の取組（サプライチェーン）	21
1-2-3. 米国の取組（水素戦略）	42
1-2-4. 米国の取組（サイバーセキュリティ）	51
2. 海外の原子力産業市場に関する調査.....	56
2-1. 背景	56
2-2. 世界のエネルギー事情.....	57
2-3. 世界の原子力プロジェクト.....	62
3. 海外における原子力サプライヤの支援活動に関する調査.....	65
3-1. 英国の原子力サプライヤの支援活動	65
3-2. 韓国の原子力サプライヤの支援活動	69
3-3. カナダの原子力サプライヤの支援活動.....	80
4. 海外のサプライチェーン管理の取組に関する調査	82
5. 海外企業のサプライヤ選定プロセスに関する調査	104
5-1. EDF.....	104
5-2. Framatome	106
5-3. EDF Energy.....	107
5-4. Rolls-Royce.....	118
5-5. NuScale	121
5-6. GE-Hitachi	128
5-7. Westinghouse	136

6. サプライヤが参画するセミナー等の企画・運営.....	140
6-1. 日英産業政策対話	140
6-2. 原子力サプライヤ米国訪問	140
6-3. 原子力サプライチェーンシンポジウム.....	141
6-3-1. プログラム	141
6-3-2. 発言主旨	142
6-3-3. アンケート	161
略語集.....	162

はじめに

1. 事業名

令和4年度原子力の利用状況等に関する調査（原子力分野における国際協力枠組み等に関する調査）

2. 事業目的

世界規模での気候変動問題への意識の高まり、新興国における急激なエネルギー需要の拡大等の観点から、原子力の利用を拡大しようとする動きは加速している。とりわけ、新興国における原子力の導入は、今後、拡大していく見込みであり、日本の近隣諸国でも多数の原子力発電所新增設計画が進められている。

一方、原子力の平和・安全利用、不拡散問題、核セキュリティへの対応は、エネルギー需給構造の安定化だけでなく、世界の安全保障の観点から、引き続き重要な課題である。上述のとおり、新たに原子力を利活用する国が増加していくことが見込まれる中、国際機関や原子力利用の主要国の役割は、今後、さらに重要性を増していく。原子力をめぐる議論は、一国に閉じた議論では十分に対応できるものではなく、より国際的な観点で取り組みを進めていかなければならない課題となっている。

また、我が国のエネルギー需給構造上、米国とは、より戦略的、包括的なエネルギー協力の枠組みを構築していくことが重要である。原子力分野では、日米はパートナーとして、原子力の平和利用、核不拡散、核セキュリティ確保などを国際的に確保しながら原子力を利用する体制を強化するための重要な役割を担っている。

本調査は、上述のような背景を踏まえ、我が国が関与する原子力分野における多国間枠組みや原子力分野の日米間協力に関する会合における議論の動向について把握し、我が国原子力政策への影響等について分析を行うものである。

3. 事業内容

(1) 原子力分野の二国間協力に関する調査

日米の官民が一体となって参加する国際セミナー及び原子力分野の日米間協力に関する会合での動向把握のため、日米ラウンドテーブルに参加した。また、影響等の分析として、今回及び過去の日米ラウンドテーブルで議論となった項目について調査を行った。

(2) 原子力プラント・機器・部材メーカー等が参加する国内外の会合の企画・運営

日本のプラント・機器・部材メーカー等の今後の海外展開の活動に資することを目的として、海外の原子力産業の市場調査、海外における原子力サプライヤの支援活動に関する調査、海外で注目が集まっている偽造品や不正品（CFI）管理に関する調査、海外企業のサプライヤ選定プロセスに関する調査を行った。

日米、日欧の官民が一体となって参加する国際セミナーや原子力分野の国際協力に関する会合、国内における原子力サプライヤ関連の会合として、日英産業政策対話、米国企業との米国での意見交換会、国内での原子力サプライチェーンシンポジウムのサポートを行った。

4. 事業期間

2022年10月14日から2023年3月31日まで

1. 原子力分野の二国間協力に関する調査

日米の官民が一体となって参加する国際セミナー及び原子力分野の日米間協力に関する会合での動向把握のため、2023年2月23日に開催された日米ラウンドテーブルに参加した。また、影響等の分析として、今回及び過去の日米ラウンドテーブルで議論となった項目について調査を行った。

1-1. 日米ラウンドテーブル

日米ラウンドテーブルは、日米間の協力関係を強化し、原子力に対する国民の理解を深めるために、The Howard Baker Forum 主催により設立された会合である。原子力エネルギーに影響を与える現在の動向と日米のパートナーシップの強化に焦点を当てる会合であり、両国の政府、産業界から多数参加し、日米の官民の直接の交流の場となっている。

- ・ 日時：2023年2月23日（木）8:30～18:00（米国東部時間）
- ・ 場所：The Willard Hotel 1401 Pennsylvania Avenue NW Washington, DC 20005

1-1-1. 日米発言の要旨

日米ラウンドテーブルにおける、日米発言の要旨を以下に示す。

開会挨拶

- ・ 世界は困難な時代にあるが、エネルギー安全保障が重要視され、気候変動対策は国家的優先事項となっている。そのような状況で、日本の新たな原子力政策の重要性を認識している。

基調講演

○ DOE

- ・ 日本との原子力協力関係による恩恵に深く感謝しており、今後も協力を継続することで、革新的な原子力技術の開発、サプライチェーンの構築、労働力の確保などにおける前進を期待している。

○ METI

- ・ アジア諸国を含む世界で原子力発電の導入や拡大が進んでおり、IAEA 21世紀閣僚会議では、DOEのGranhholm長官をはじめ多くの国が原子力の重要性を強調した。
- ・ 日本も昨年末に新たな原子力政策を発表した。その中には、安全性を前提とした次世代革新炉の開発・建設、米国等との国際連携を通じた原子力サプライチェーンの強化など

が含まれている。

パネル 1: 原子力エネルギー政策 – 世界の現状

- DOE
 - ・ ウクライナ侵攻以降、ウクライナの人々を支援するだけでなく、パートナーであり価値観を共有する国として、エネルギーの安全確保を明確に優先することが重要だと考えている。
- METI
 - ・ 岸田総理は、日本の原子力産業に対して非常に重要な宣言をした。ウクライナ侵攻という非常に厳しい状況を認識し、エネルギー安全保障の解決策をなるべく早く確保しなければいけないということを発信した。
- DOE
 - ・ 日米両国は非常に困難な時期を乗り越えた。このような支援やパートナーシップは、日本が大きな回復力を持って立ち直ることに貢献し、実際、日本は復活を遂げた。
 - ・ 今後 1 年間は、原子力に関するコミュニケーションに力を入れることも重要である。原子力発電が日常生活にどのような影響を与えるかを伝えることで、国民が原子力を受け入れ、あらゆるレベルの利害関係者を巻き込むことが出来る。また、原子力の利点を地域社会に伝えることが出来る若い世代の育成を支援する必要もある。

パネル 2: 日米の原子力イノベーションの実現に向けて

- DOE
 - ・ イノベーション促進に関する大学への投資は、DOE 原子力 (NE) 局の研究開発資金の 20% を占める。最近、若手のテニユア・トラック教員を支援するキャリア・プログラムを開始した。より多くの人々が参加できるよう、大学や専門学校を含め、その方法を拡大していく。
- MHI
 - ・ 三菱重工は日本の PWR のサプライヤーであると同時に、再稼働のための取組において電力会社を支援している。現在は、既存の原子炉を置き換える新しいタイプの原子炉を開発しており、将来のさまざまなニーズに応えるため、SMR、高温ガス炉、高速炉、マイクロリアクターなど、5 種類の先進的な原子炉を開発している。
- GE 日立
 - ・ GE は 100 年以上にわたり日本とのパートナーシップを築いてきた。2007 年には日立とのジョイント・ベンチャーをスタートさせた。日米協力は、BWRX-300 やその他先進的な原子炉の将来展開に大きく貢献するだろう。
- NuScale
 - ・ NuScale は会社の初期段階から DOE による多くの資金調達援助を受けており、支援額

は約 14 億ドルに及ぶ。しかし、最初の SMR として成功するための重要な要素の 1 つは、NRC の設計承認を取得したことである。IHI、JBIC、日揮の 3 社は、このプロジェクトに対して非常に協力的で、日本のパートナーからの支援に感謝している。

特別講演（米国大使館）

- ・ 日本において、原子力は気候変動に関する目標を達成するための重要な役割を担っている。岸田総理は原子力発電所の再稼働と原子力の活用を発表した。また、SMR に関連しては、日本は NuScale への大きな投資家でもある。日本の革新的な技術、投資力、長年の原子力の実績をともに活かし、日米がエネルギー分野でのリーダーシップを発揮することを期待している

パネル 3: 原子力サプライチェーンの強化

○ US Department of State

- ・ サプライチェーンの話をするとき、現在の原子力サプライチェーンにはいくつかの問題といくつかの機会があることを認識する必要があると思う。問題は、現在のサプライチェーンが歪んでいて、十分に活用されていないことである。
- ・ GE 日立などの SMR 企業は、すでにサプライチェーンの統合計画を持ち、日米のサプライチェーン全体を利用して、米国における SMR 建設を進めている。

○ NEI

- ・ 歴史的な気候変動に関する法律が可決されたが、これは既存の原子力発電所の長期運転だけでなく、次世代の原子炉の到来を告げるものでもある。原子力は、クリーンエネルギー転換とロシアによるウクライナ侵攻といった問題の中心的な存在であり、日米は原子力サプライチェーンのリーダーとなる。

○ JAIF

- ・ 強固なサプライチェーンを構築するための重要な要素は技術革新への投資、人材育成、設備への投資である。サプライヤが長期的なビジネス展望を持つためには、投資家所有の電力会社（IOU）からの継続的な受注が必要となる。国内市場のみならず、グローバル市場でのある程度の受注量、そして世界中のパートナーとの協業という国際的なスキームが必要となる。

○ NEI

- ・ 様々な分析を通じて、米国だけではできないことを実感しており、国際協力は不可欠である。世界規模で原子力を支えている他の国々との協力を長い間信頼を置いてきたが、北米での活動も例外ではない。サプライチェーンのあらゆる部分を強化することを念頭に、NRC と緊密に連携している。

パネル 4: 産業政策における原子力の役割 - 日米の視点

○ Hogan Lovells

- ・ 日本企業による SMR への投資、TerraPower や Holtec International などと日本企業との協力などを背景に、サプライチェーンも充実してくるだろう。サプライチェーンの中には、日本でのみ製造できるものや、原子力グレードの黒鉛など、製造に重工業用設備が必要なものがある。
- JGC
 - ・ 日揮は EPC 企業として米国の原子力事業に関与し、2021 年以降 NuScale プロジェクトへ参画している。直接発電事業を行うわけではないが、EPC 企業として米国の高い技術による脱炭素の取組に関与し、日米の技術協力という取組にも貢献したいと考えている。
- American Iron and Steel Institute
 - ・ 米国の鉄鋼業界は、世界の 9 大鉄鋼生産国の中で最もエネルギー効率と CO2 効率が高いが、原料を鉄鋼製品に変えるため、大量の電気、石炭、天然ガスが使用されている。そのため、安価で信頼性の高いエネルギーが必要とされる。原子力産業と鉄鋼メーカーには長い協力関係があり、SMR の展開は鉄鋼業界にとっても大きなチャンスである。
- X-energy
 - ・ X-Energy の Xe-100 は高温ガス炉型の SMR で、2020 年代後半に設置し、2035 年頃に施設を稼働させたいと考えている。日本は高温ガス炉の実績があり、電力と産業分野の両方で共有できる規模は膨大である。強固なサプライチェーンが必要であり、規制の観点から、軽水炉以外の技術の利点や、現在の技術との違いを理解してもらう必要がある。
- METI
 - ・ 新しい先進炉プロジェクトに関連し、GX により今後 10 年間で 1 兆円（74 億ドル）が投資される。高温ガス炉や高速炉開発、BOP も含む産業サプライチェーンの支援が含まれる。特に高温ガス炉は熱利用や水素製造という用途もあるため、原子力業界が化学業界や鉄鋼業界といった幅広い分野とのつながりを持つことを期待している。
- American Iron and Steel Institute
 - ・ 米国の鉄鋼業界にとっても送電網が重要である。風力発電や太陽光発電への投資や電力購入契約だけでなく、特に原子力発電によるグリーンな送電網は、継続的な脱炭素化の取り組みに不可欠なものである。低炭素燃料の安定供給なくして低炭素社会は実現しない。
- X-energy
 - ・ 特に送電網の安定性に関して原子炉が貢献できることは、負荷追従である。太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーに原子力の負荷追従が追加されることで、安定性と信頼性を持った送電網を実現できる。
- JGC
 - ・ 原子力新規建設の流れが継続することによってサプライチェーンが維持でき、学習曲線により成長できる。そのため SMR や大型炉建設プロジェクトが継続することを期待している。

閉会挨拶

○ MHI

- ・ 脱炭素、安全保障の観点から、原子力エネルギーは重要なエネルギーである。今後も日米がお互いに補完する関係で協力を続けていきたい。米国からは、既存の原子力インフラ活用においてライセンス更新や、停止期間と寿命延長に関する経験についてもお聞きしたい。

○ Atlantic Council

- ・ 重要なマイルストーンを確認できた。METI、日本の皆さん、大使館、ウィラードホテル、Howard Baker Forum、内部のチームの全ての参加者に感謝する。

○ Howard Baker Forum

- ・ METI、DOEをはじめ、多くの登壇者を集めてくれた Atlantic Council に感謝する。

1-2. 米国の取組に関する調査

国内原子力政策への影響分析として、今回及び過去の日米ラウンドテーブル議論となった SMR 導入、サプライチェーン、水素戦略、サイバーセキュリティに関する取組に関して調査を行った。

1-2-1. 米国の取組（SMR 導入）

(1) SMR 導入に関する DOE の政策

米国エネルギー省（DOE）原子力エネルギー（NE）局は、2021 年 1 月に戦略ビジョンを公表した。戦略ビジョンでは、米国の原子力産業において、電力市場環境により既存の原子炉が早期廃止されるなど、国のサプライチェーンの弱体化を課題としている。また、ロシアや中国などの国々は急速に原子力技術の主要輸出国になりつつあり、米国の影響力は徐々に弱まりつつあることも懸念事項となっている。一方、従来の原子炉の新規建設はコストと時間がかかるため、米国内の既存のインフラやサプライチェーン能力を活用して原子力技術の市場機会を拡大する戦略として、革新的な原子炉設計を迅速に実証する必要性が協調されている。

戦略ビジョンにおいて、NE 局は、従来の原子炉より小型モジュール炉（SMR）の開発を支援しており、以下のような SMR のメリットを挙げ、SMR の導入により建設と運用のコストが低くなることへの期待を表している。

【戦略ビジョンで指摘されている SMR のメリット】

- SMR はよりシンプルでコンパクトな設計であるため、電力会社は原子力を導入するための選択肢を増やすことができ、これには、大型の原子力発電所を支えることができない場所での原子炉開発が含まれる。
- SMR は、小規模な電力市場や電力網、孤立した地域、および水の限られた場所に電力を供給することができる。
- また、モジュールを追加することで、エネルギー需要に応じて規模を拡大することができる。また、SMR は、老朽化し運転終了する化石燃料発電所を置き換えるのに最適な大きさである。
- 電力会社や開発会社は、SMR を導入する場所を特定する際に、取水口や配電設備などの既存のインフラを利用することができる。
- 小型モジュール炉とマイクロリアクターは、原子力技術を展開する機会を拡大する。小型で受動的な安全機能を備え、緊急時計画区域が狭いため、大型原子炉では不可能な場所に簡単にアクセスできる。
- 大規模な建設プロジェクトの不動産要件や資本コストなしに、一定で信頼できるクリー

ンな電力源を必要とする顧客に選択肢を提供する。

NE 局は、米国初の SMR の実証試験を支援しており、2029 年までに稼働する予定としている。また、水素製造、海水淡水化、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プロセスで使用できる高度な原子炉の開発も支援している。

1

DOE は、革新的な SMR が国の経済、エネルギー安全保障、環境の展望に変革的価値をもたらすことを長い間認識し、軽水冷却型 SMR の開発を大幅に支援してきた。軽水冷却型 SMR は原子力規制委員会（NRC）において許認可審査中で、2020 年代後半から 2030 年代前半に配備される可能性がある。また DOE は、液体金属、塩類、ガスなどの非伝統的な冷却材を使用する SMR の開発にも、安全性、運転性、経済性の面で潜在的なメリットがあるため関心を寄せていることを表明している。²

上記「軽水冷却型 SMR」は、NuScale Power 社（NuScale）による SMR の開発を指している。DOE が 2012～2017 年に実施した SMR 認可技術支援（LTS）プログラムは、SMR の実用化にむけた開発者の研究開発を支援することを目的としており、DOE はテネシー峡谷開発公社（TVA）社による SMR 建設に向けた早期サイト許可申請の準備作業、NuScale とユタ州公営共同電力事業体（UAMPS）社による SMR 建設のためのサイト選定と許認可申請の準備作業、NuScale による SMR 設計の完成と設計認証申請の準備作業等に対して補助金を交付した。また、同プログラムの期間中に SMR の立地、許認可、経済性及び商用化に関する一連の検討を行った。³

以下、Nuscale SMR の海外展開動向やサプライチェーン構築動向を含む開発状況と、DOE による支援について紹介する。また、日本企業が開発に関与している BWRX-300 と Natrium の開発状況についても紹介する。

(2) Nuscale SMR

NuScale の最初の発電所は、西部 6 州の電気事業者 48 社で構成されるユタ州公営共同電力事業体（UAMPS）のカーボンフリー電力プロジェクト（CFPP）として計画されている。

2015 年、UAMPS は CFPP を正式に立ち上げ、同年 8 月、DOE が UAMPS とのコンバインド・ライセンス申請（COLA）準備のための扶養負担型の補助金として、1660 万ドルを

¹ US Department of Energy, Office of Nuclear Energy, Strategic Vision, 2021, <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021/01/f82/DOE-NE%20Strategic%20Vision%20Web%20-%202001.08.2021.pdf>

² US DOE “Advanced Small Modular Reactors (SMRs)”, <https://www.energy.gov/ne/advanced-small-modular-reactors-smrs>

³ US DOE “SMR Licensing Technical Support (LTS) Program”, <https://www.energy.gov/ne/smr-licensing-technical-support-lts-program>

NuScale に授与した。2016 年 2 月、DOE は UAMPS に対して CFPP のサイト使用許可を発行したことで、UAMPS はアイダホ・フォールズのアイダホ国立研究所 (INL) 内で、Nuscale のプラントを建設する候補地の特定と特性評価を行うことを許可された。2019 年 7 月に優先的な INL サイトが選定された。2020 年 10 月、DOE は CFPP の開発・建設資金として、UAMPS に 13 億 5500 万ドルの複数年費用負担型補助金を承認した。⁴

NuScale の SMR は、一体型加圧水型原子炉 (IPWR) である。2000 年代前半にオレゴン州立大学で開発された多目的小型軽水炉をベースに設計された。NuScale は自然循環型軽水炉で、原子炉圧力容器に炉心とヘリカルコイル蒸気発生器があり、円筒形の鋼製格納容器内に収容されている。原子炉容器・格納容器モジュールは、地下に位置する原子炉建屋のプール原子炉建屋は 12 基の SMR を収容できるように設計されており、Nuscale SMR は、1 基あたり定格熱出力 160 MWt、電気出力 50 MWe で、12 基で合計 600 MWe の発電能力を持つ。

⁵ 2020 年 11 月、NuScale は、NuScale パワーモジュール (NPM) のモジュールあたりの出力がさらに 25% 高い出力で発電でき、モジュールあたりの出力が合計 77 MWe (グロス) となり、12 モジュールプラントの出力が約 924 MWe になるとの分析の結論を発表した。同時に、NuScale は、4 モジュール (約 308 MWe) 及び 6 モジュール (約 462 MWe) 規模の小型発電所ソリューションのオプションを発表した。⁶

a. 許認可状況

NuScale Power 社は 2017 年 1 月 6 日付で NuScale の設計証明 (DC) 申請を NRC に提出した。⁷NRC は 2016 年 10 月 31 日付官報⁸で通知した NuScale 炉に関する設計固有の審査基準 (DSRS)⁹に基づき、最終安全性評価報告書 (FSER) の発行により、NuScale の設計認証申請 (DCA) の最終段階であるフェーズ 6 の審査を完了した。2020 年 9 月、NRC は標準設計認可を発行した。NuScale は SMR として初めて NRC の設計認可を受けた企業として歴史を刻み、SMR の市場投入競争において米国が真のリーダーであることを世界

⁴ NuScale Power “Carbon Free Power Project”, <https://www.nuscalepower.com/projects/carbon-free-power-project>

⁵ US NRC “Design Certification Application - NuScale” <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/smr/licensing-activities/nuscale.html>

⁶ NuScale Power “NuScale Power Announces an Additional 25 Percent Increase in NuScale Power Module™ Output; Additional Power Plant Solutions”, https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2020/NuScale-Power-Announces-an-Additional-25-Percent-Increase-in-NuScale-Power-Module-Output-Additional-Power-Plant-Solutions/default.aspx?utm_source=nuscalepower&utm_medium=web&utm_campaign=nucleuswinter2020&utm_content=upraterelase

⁷ NuScale Power “Design Certification Application”, Application”, December 2016.

⁸ US Federal Register Notice 81 FR 75449 “NuScale Power, LLC, Design-Specific Review Standard and Scope and Safety Review Matrix”, October 31, 2016.

⁹ US NRC “Design-Specific Review Standard for NuScale Small Modular Reactor Design”, August 5, 2016.

に示した。¹⁰

NRC は、2022 年 7 月 29 日、NuScale の SMR 設計を米国で使用するために認証する最終規則を発行するよう職員に指示した。認証の発効日は、NRC が連邦官報に規則を公示してから 30 日後である。NRC の認証は、設計が NRC の適用する安全要件を満たしていることを意味する。認証された設計を参照する原子力発電所統合免許の申請は、設計認証規則によって解決される問題に対処する必要はない。その代わりに、COLA 申請と NRC の安全審査で、計画中の原子力発電所に残る安全と環境問題を解決することになる。設計認証は NuScale の原子炉の「設計管理文書」を承認するもので、この文書は最終規則に参照として盛り込まれている。¹¹なお、最終規則の公表日は 2022 年 11 月 25 日であり、発行日は 2022 年 11 月 25 日から 30 日後となる。¹²

b. 海外展開動向

NuScale は国内外の複数の企業と覚書（MOU）を締結し、NuScale SMR 発電所の配備の可能性を探っている。以下は NuScale が公開している諸外国との MOU 一覧¹³に MOU の時期等、報道等の情報を追加したものである。

【カナダ】

- オンタリオ州電力公社（OPG）は、カナダ原子力安全委員会（CNSC）とのベンダー設計審査（VDR）において NuScale を支援することに同意した。2018 年 11 月締結。¹⁴
- カナダ初の民間原子力発電事業者である Bruce Power 社は、NuScale の SMR をカナダ市場に導入するためのビジネスケースを開発し、OPG との MOU のわずか 1 カ月後に調印した。2018 年 11 月締結。¹⁵

【中東】

- ヨルダン原子力委員会（JAEC）より、Nuscale の SMR 発電所をヨルダンで利用する

¹⁰ NuScale Power “Licensing” <https://www.nuscalepower.com/technology/licensing>

¹¹ NRC NEWS “NRC To Issue Rule Certifying NuScale Small Modular Reactor” July 29, 2022
<https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/news/2022/22-029.pdf>

¹² US NRC “Planned Rulemaking Activities - Rule” <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/rulemaking-ruleforum/active/ruledetails.html?id=40>

¹³ NuScale Power “NUSCALE ON THE GLOBAL STAGE” <https://www.nuscalepower.com/newsletter/nucleus-spring-2020/nuscale-on-the-global-stage>

¹⁴ NuScale Power “NuScale and Ontario Power Generation Sign MOU to Support SMR Expansion to Canadian Market” 11/07/2018 <https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2018/NuScale-and-Ontario-Power-Generation-Sign-MOU-to-Support-SMR-Expansion-to-Canadian-Market/default.aspx>

¹⁵ NuScale Power “BRUCE POWER IN CANADA”, <https://www.nuscalepower.com/newsletter/nucleus-spring-2019/partnership-spotlight>

ための評価を受ける。2019年1月、JAECと覚書に調印した。¹⁶

【欧州】

- ポーランドのエネルギー企業 UNIMOT S.A.(UNIMOT)、米国の総合エネルギー企業 Getka Group と NuScale は、2021年9月、ポーランドの既存の石炭火力発電所の代替として NuScale の SMR 技術の展開を検討することを含む、ビジネス目的で覚書 (MOU) に署名したと発表した。¹⁷また、ポーランドの KGHM Polska Miedź S.A.(KGHM)と、2022年9月7日、ポーランドのカルパックで開催された経済フォーラムにおいて2022年2月に NuScale と KGHM の両社が署名した早期作業契約(EWA) に基づいて作業を開始するための最初のタスクオーダーと開始声明に署名した。タスクオーダーに基づき、NuScale は、追加の予備的安全性分析報告書の起草および国立原子力庁 (NAEA) との調整を含む活動を通じて、SMR の配備のためのポーランド初の申請である NAEA への KGHM の申請を引き続き支援し、NuScale の革新的な SMR 技術の評価を支援する。¹⁸
- ルーマニアの国営原子力発電事業者である Societatea Nationala Nuclearelectrica SA が、ルーマニアにおける NuScale の SMR 技術の用途を検討するため、2019年3月に MOU を締結。¹⁹その後、米国貿易開発庁 (USTDA) が、2021年初めに Nuclearelectrica に助成金を与え、既存の石炭火力発電所を SMR 発電所に置き換えることができる場所を含むルーマニア全土のいくつかの場所を特定し評価するための調査を実施した。この調査は、米国の Sargent & Lundy 社によって実施され、ルーマニアのドイチェスティ地区を含む複数の候補地を特定し、Nuclearelectrica 社が SMR の最初の導入場所として望ましいと判断した。さらに、2022年5月、VOYGR™発電所の1基目を展開するのに望ましい場所であるルーマニアのドイチェスティでエンジニアリング調査、技術審査、ライセンス供与、許可活動を実施する MOU を締結したことを発表した。これに基づいて NuScale と Nuclearelectrica はルーマニアで最初の NuScale

¹⁶ NuScale Power “THE JORDAN ATOMIC ENERGY COMMISSION”,

<https://www.nuscalepower.com/newsletter/nucleus-spring-2019/partnership-spotlight>

¹⁷ NuScale Power “Signs Memorandum of Understanding with Getka and UNIMOT to Explore SMR Deployment in Poland” 09/23/2021 <https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2021/NuScale-Power-Signs-Memorandum-of-Understanding-with-Getka-and-UNIMOT-to-Explore-SMR-Deployment-in-Poland/default.aspx>

¹⁸ NuScale Power “NuScale Power and KGHM Sign Task Order to Initiate the Deployment of First Small Modular Reactor in Poland” 09/12/2022 <https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2022/NuScale-Power-and-KGHM-Sign-Task-Order-to-Initiate-the-Deployment-of-First-Small-Modular-Reactor-in-Poland/default.aspx>

¹⁹ NuScale Power “NuScale and Romanian Energy Company Sign Agreement to Explore SMRs for Romania”

<https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2019/NuScale-and-Romanian-Energy-Company-Sign-Agreement-to-Explore-SMRs-for-Romania/default.aspx>

VOYGR™-6(6 モジュール)、462 Mwe の発電所を展開するための措置を講じている。ルーマニアは、欧州で初めて SMR を導入し、この地域の SMR の触媒となるとともに、この新技術を他の国で運用するための支援拠点となる可能性を持っている。²⁰

- チェコ共和国の 2 つの原子力発電所を所有・運営するチェコの大手電力会社コングロマリットである ČEZ グループが、NuScale の SMR 技術の用途を調査。2019 年 9 月締結。²¹
- ウクライナの原子力放射線安全科学技術センター (SSTC NRS) と、Nuscale SMR 発電所をウクライナで認可、建設、運転するための米国とウクライナのプロセス間の規制と設計のギャップについて協力。2020 年 2 月締結。²²
- ブルガリアのコズロドイ原子力発電所内で SMR を建設する可能性を探るため、2021 年 2 月、コズロドイ原子力発電所増設会社 (KNPP-NB) と協力覚書を締結。²³
- エストニアの Fermi Energia と NuScaleno 革新的技術がエストニアにおけるカーボンフリー目標にどのように貢献するかを検討することで合意し、2022 年 8 月に MOU を締結。²⁴
- 英国 Sheffield Forgemasters と NuScale Power は、2016 年 7 月、将来英国で SMR を展開するための製造技術を開発する新しいパートナーシップを発表した。²⁵
- 英国のハイブリッドエネルギー開発企業である Shearwater Energy 社は、同社が計画している風力 SMR 水素製造プロジェクトにカーボンフリーのベースロードおよび負荷追従エネルギーを供給するために、米国の主要な SMR 技術として NuScale を選択したと発表した。²⁶

²⁰ NuScale Power “<https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2022/NuScale-Power-Signs-Agreement-with-Nuclearelectrica-and-Owner-of-Preferred-Site-for-First-SMR-Site-in-Romania/default.aspx>”

²¹ NuScale Power “NuScale Partners with ČEZ to Explore SMR Deployment in the Czech Republic”
<https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2019/NuScale-Partners-with-EZ-to-Explore-SMR-Deployment-in-the-Czech-Republic/default.aspx>

²² NuScale Power “NuScale and Ukraine’s State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety Sign Memorandum of Understanding” <https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2020/NuScale-and-Ukraines-State-Scientific-and-Technical-Center-for-Nuclear-and-Radiation-Safety-Sign-Memorandum-of-Understanding/default.aspx>

²³ NuScale Power “NuScale and Kozloduy NPP – New Build Plc Sign Memorandum of Understanding to Explore SMR Development in Bulgaria” <https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2021/NuScale-and-Kozloduy-NPP-Sign-Memorandum-of-Understanding-to-Explore-SMR-Development-in-Bulgaria/default.aspx>

²⁴ NuScale Power “NuScale Power and Fermi Energia Sign MOU to Explore Advanced Nuclear Application in Estonia”
<https://newsroom.nuscalepower.com/press-releases/news-details/2022/NuScale-Power-and-Fermi-Energia-Sign-MOU-to-Explore-Advanced-Nuclear-Application-in-Estonia/default.aspx>

²⁵ Nuclear AMRC “Forgemasters and NuScale announce SMR collaboration”
<https://www.namrc.group.shef.ac.uk/industry/forgemasters-nuscale/>

²⁶ NuScale Power “UNITED KINGDOM: SHEARWATER ENERGY, LTD.”
<https://www.nuscalepower.com/projects/current-projects/europe#EP4>

日本の NuScale への関与については、2022 年 4 月、株式会社国際協力銀行 (JBIC) が、米国人 NuScale 社の発行済み株式を米国人 Fluor Corporation より取得した。NuScale への出資参画は、日揮ホールディングス株式会社と株式会社 IHI が NuScale に出資するために設立した特別目的会社経由で行う。本出資は「特別業務」として実施するものであり、JBIC による出資額は約 110 百万ドルとなる。²⁷

c. サプライチェーン構築

国内外からの需要に対応するため、NuScale は強固なサプライチェーンを構築し、クライアント候補のニーズに答えている。その例として、以下が挙げられる。¹³

- NuScale の原子炉で次世代核燃料技術の利用を検討するため、Lightbridge Corp と Framatome の合弁会社である Enfission, LLC が設立された。NuScale の設計は既に世界で最も耐震性の高い原子炉であるが、Lightbridge Corp の燃料は炉心設計、性能、電力の平準化コストの改善に拍車をかける可能性がある。
- バージニア州に本社を置く BWX テクノロジーズ社 (BWXT) が、最初の NuScale Power Module™ (NPM) の建設に向けたエンジニアリング作業を推進する。2020 年 6 月まで、BWXT は、製造性、組み立て性、輸送性を高めるために、当社の先駆的な設計を改良する。
- ミネソタ州の PaR Systems, LLC が、NuScale の革新的な原子力発電所設計の重要な要素である原子炉建屋クレーン (RBC) 製造のためのエンジニアリング作業を実施する。原子炉建屋クレーンの概念実証試験は、2020 年夏に開始される予定である。
- NuScale は、技術的な専門知識を提供し、原子炉のさまざまな部品を製造する企業との契約をさらに進めている。直近では、韓国斗山と Sargent & Lundy が NuScale に現金で出資している。Sargent & Lundy は、NRC 認証に基づく標準プラント設計の開発を支援し、斗山は、UAMPS の CFPP 向け 12 モジュール 720MWe プラントの最も重要で複雑な NPM サブアセンブリの一部を製造する予定である。最初のモジュールは 2029 年半ばまでに稼働し、残りの 11 モジュールは 2030 年までにフル稼働する予定である。

(3) 先進的原子炉実証プログラム (ARDP)

DOE は、NuScale の支援を実施した LTS プログラムの他に、SMR を含む革新炉の開発支援のための資金提供機会や助成金プログラムを推進している。そのうち、2020 年 5 月から開始された先進炉実証プログラム (ARDP) は、米国産業界との費用分担によるパートナーシ

²⁷ 株式会社国際協力銀行「米国人 NuScale Power, LLC に対する出資」
<https://www.jbic.go.jp/ja/information/press/press-2022/0404-016140.html>

ップを通じて、先進炉の実証を加速するものである。多くの可能性を秘めたこれらの先進的な原子炉を迅速に開発することにより、クリーンエネルギーへのアクセスを拡大し、重要なインフラとサプライチェーンの能力が失われる前に市場機会を利用することができる。設計の成熟度に応じて、以下の3つの支援ルートが設定されている。

- 5～7年以内に2つの先進的原子炉設計が確実に稼働開始できるよう支援する「先進的原子炉の実証」ルート
- 将来の実証炉に備えるために、技術的、運用上、規制上の課題に取り組む最大5つの追加チームを支援する「将来的な実証に向けたリスクの削減」ルート
- 2030年代半ばに実用化する可能性のある革新的で多様な設計を支援する「先進的原子炉概念2020（ARC20）」。

以下は ARDP の支援対象技術であり、米国で開発中の SMR が含まれている。以下は開発者、原子炉の設計（種類）、支援額の一覧である。

【先進的原子炉実証】

- X-Energy、Xe-100（高温ガス炉※SMR）、\$80 million
- Terrapower、\$80 million、Natrium（ナトリウム高速炉）

【将来実証リスク低減 支援期間は7年間】

- Kairos Power)、Hermes 小規模試験炉(溶融塩炉)、\$629 million (DOE 支援額：\$303 million)
- Westinghouse、eVinci（ヒートパイプ冷却原子炉）、\$9.3 million (DOE 支援額：\$7.4 million)
- BWXT Advanced Technology、BANR（高温ガス炉）、\$106.6 million (DOE 支援額：\$85.3 million)
- Holtec Government Services、SMR-160（改良型軽水炉※SMR）、\$147.5 million (DOE 支援額：\$116 million)
- Southern Company Services、溶融塩実験炉 MCRE（溶融塩炉）、\$113 million (DOE 支援額：\$90.4 million)

【ARC20】

- Advanced Reactor Concepts、ARC-100（ナトリウム高速炉※SMR）、支援期間は3年半、\$34.4 million (DOE 支援額：\$27.5 million)
- General Atomics、FMR（高温ガス冷却式高速炉）、支援期間は3年間、\$31.1 million (DOE 支援額：\$24.8 million)
- マサチューセッツ工科大学、MIGHTR（高温ガス炉）、支援期間は3年間、\$4.9 million (DOE 支援額：\$3.9 million)

(4) 日本企業が開発に関与する SMR の開発状況

a. BWRX-300

BWRX-300 は、GEH 社（米国）と日立 GE ニュークリア・エナジー（日本）によって開発されている、300 MWe の軽水冷却式自然循環 SMR（BWR）である。BWRX-300 は、米国 NRC 許認可を受けた 1,520 MWe の ESBWR を進化させたもので、天然ガス火力とコスト競争力を持つ、クリーンで柔軟なエネルギー供給を提供することを目的に設計されている。²⁸実証済みのノウハウと建設技術により、早ければ 2028 年に配備可能である。

2022 年 8 月には、テネシー峡谷開発公社（TVA）が、テネシー州オークリッジ近郊のクリンチ・リバー・サイトに BWRX-300 SMR を導入する可能性について、その計画および予備ライセンス取得を支援する契約を GEH と締結した、と発表した。²⁹

【政府支援】

DOE は、2020 年 5 月 14 日、BWRX-300 を使用した人工知能対応のデジタルツインを使用して、革新的原子炉の運用と保守を変革するツールを開発するための、2 つの専門家チームへの資金提供を発表した。GE Research とマサチューセッツ工科大学は、DOE のエネルギー高等研究計画局（ARPA-E）の「インテリジェント原子力資産により管理された発電」（Generating Electricity Managed by Intelligent Nuclear Assets ; GEMINA）プログラムを通じて助成金を授与された。

【許認可状況】

- 米国では、NRC が 2019 年以降、BWRX-300 SMR の設計アプローチと方法論を記述した多数のライセンス・トピカル・レポート（LTR）のレビューなど、設計証明（DC）のための申請前の審査を行っている。³⁰
- カナダでは、原子力安全委員会（CNSC）が 2020 年 1 月より事前審査（Pre-Licensing VDR）のフェーズ 1 と 2 が進行中である。³¹
- 英国では、ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）の資金による成熟度評価が 2019 年時点で完了している。²⁸

【海外展開】

- カナダ
 - BWRX-300 はカナダのオンタリオ・パワー・ジェネレーション社（OPG）より、ダーリントン新規原子力プロジェクトの技術パートナーとして選定されている。

²⁸ GEH, 2019/9/30, Status Report – BWRX-300, https://aris.iaea.org/PDF/BWRX-300_2020.pdf

²⁹ WNN “TVA, GEH cooperate on BWRX-300 deployment at Clinch River” 03 August 2022. <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/TVA-GEH-cooperate-on-BWRX-300-deployment-at-Clinch>

³⁰ US NRC “GEH BWRX-300” <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/smr/licensing-activities/pre-application-activities/bwrx-300.html>

³¹ Canadian Nuclear Safety Commission “Pre-Licensing Vendor Design Review”

<https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/?pedisable=true>

GEH は、OPG と協力して、BWRX-300 をダーリントン・サイトに配備し、早ければ 2028 年に完成させる予定である。³²

- 2021 年 7 月 5 日、カナダおよび世界各国での BWRX-300 SMR の展開をサポートするため、オンタリオ州に 80 名の高技能職を創出することを発表した。専門技術職は、オンタリオ州マーカムにある GEH 社のカナダ SMR 本部を拠点に、主にエンジニアリング、プロジェクトマネジメント、調達、品質などの分野で活躍する予定である。³³
- 2022 年 6 月 27 日、サスカチュワン州の電力会社 Sask Power が、BWRX-300SMR を 2030 年代半ばの導入に向けて採用することを発表した。³⁴

- ポーランド

- GEH カナダは、2021 年 9 月 23 日、カナダのウラン燃料会社 Cameco Corporation、ポーランドの化学原料メーカー Synthos Green Energy とウラン燃料サプライチェーンをカナダで確立する可能性について評価する覚書を締結した。³⁵
- 2021 年 12 月、GEH、BWXT カナダ、Synthos Green Energy は、ポーランドにおける SMR の展開を支援する意向を発表し、2022 年 7 月には Synthos Green Energy と PKN Orlen の合弁会社 Orlen Synthos Green Energy (OSGE) がポーランド国立原子力庁 (Państwowa Agencja Atomistyki) に SMR 技術 BWRX-300 の評価を申請した。³⁶

b. Natrium

Natrium は、Terra Power と GEH、HALEU 金属燃料を使用する 345MWe のナトリウム冷却高速炉と、熔融塩エネルギー貯蔵を統合した原子炉と統合エネルギーシステムである。2021 年 6 月、TerraPower 社は、Natrium の実証炉をワイオミング州内で建設することで同州の M.ゴードン知事、および同州を含む西部 6 州に電力を供給する PacifiCorp 社

³² GE Hitachi “GE Hitachi Nuclear Energy Selected by Ontario Power Generation as Technology Partner for Darlington New Nuclear Project” December 02, 2021. <https://www.ge.com/news/press-releases/ge-hitachi-nuclear-energy-selected-by-ontario-power-generation-as-technology-partner>

³³ GE Hitachi “GE Hitachi Nuclear Energy Invests in Ontario Jobs” July 15, 2021. <https://www.ge.com/news/press-releases/ge-hitachi-nuclear-energy-invests-in-ontario-jobs>

³⁴ GE Hitachi “SaskPower Selects GE Hitachi Nuclear Energy BWRX-300 Small Modular Reactor Technology for Deployment in Saskatchewan” June 27, 2022. <https://www.ge.com/news/press-releases/saskpower-selects-ge-hitachi-nuclear-energy-bwrx-300-small-modular-reactor>

³⁵ GE Hitachi “GE Hitachi Nuclear Energy, BWXT Canada and Synthos Green Energy Announce Intention to Support Deployment of Small Modular Reactors in Poland” December 15, 2021. <https://www.ge.com/news/press-releases/ge-hitachi-nuclear-energy-bwxt-canada-and-synthos-green-energy-announce-intention-to>

³⁶ WNN “Services agreement paves way for Canadian-Polish SMR collaboration” 14 October 2022 <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Services-agreement-paves-way-for-Canadian-Polish-S>

と合意した。³⁷1162021年11月、TerraPower社は実証炉の建設場所として Pacific Corp社の Naughton 石炭火力発電所（440MWe）近傍を選択したと発表した。将来的に同火力発電所の代替発電所とする予定である。³⁸

【政府支援】

Natriumは2020年10月13日、DOEの ARDPプログラムの「先進的原子炉の実証」の枠の支援対象に選定され、初回の支援金8,000万ドルの交付対象となった。(1-4-1(1)cを参照)

【許認可状況】

現在、NRCとTerra Powerが事前申請のための調整を行っている。³⁹2021年6月8日、建設許可を2023年8月、運転許可を2026年3月にそれぞれ申請したいとする規制関与計画をNRCに送付した。⁴⁰

【日本の関与】

2022年1月、日本原子力研究開発機構（JAEA）と三菱重工業などは、TerraPower社とナトリウム冷却高速炉技術に関する協力覚書を締結した。覚書締結を受け、JAEA、三菱重工業、三菱FBRシステムズ、TerraPower社の4者で、相互に技術の情報交換を行った上で、燃料交換機や破損燃料検出系を含むナトリウム冷却炉に特有の技術など、高速炉の開発協力について協議を進める予定である。⁴¹

(5) まとめ

以上、米国のSMR導入戦略について、DOEによるSMRに関する政策、展開への準備が世界でも最も進んでいるNuScale SMRの事業動向、SMRを含む革新炉への支援プログラムについて紹介した。米国ではSMRの許認可取得への支援、研究開発への助成、海外展開のためのMOU締結等、国としてSMRの導入を支援している。

³⁷ TerraPower “TerraPower, Wyoming Governor and PacifiCorp announce efforts to advance nuclear technology in Wyoming” June 3, 2021. <https://governor.wyo.gov/media/news-releases/2021-news-releases/terrapower-wyoming-governor-and-pacificcorp-announce-efforts-to-advance-nuc>

³⁸ TerraPower “TerraPower selects Kemmerer, Wyoming as the preferred site for advanced reactor demonstration plant” November 16, 2021. <https://www.terrapower.com/natrium-demo-kemmerer-wyoming/>

³⁹ US NRC “Natrium” <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/advanced/licensing-activities/pre-application-activities/natrium.html>

⁴⁰ 電気事業連合会、2021/6/30、テラパワー社、先進型炉 Natrium™の建設許可を2023年8月に申請希望 https://www.fepc.or.jp/library/kaigai/kaigai_topics/1260498_4115.html

⁴¹ 原子力産業新聞、2022/1/27、原子力機構他、米テラパワー社と高速炉開発協力で覚書、<https://www.jaif.or.jp/journal/japan/11558.html>

1-2-2. 米国の取組（サプライチェーン）

米国エネルギー省（DOE）は、エネルギー部門産業基盤（ESIB）をエネルギー部門に関与するサプライチェーンと定義している。ESIB の範囲は、採掘、製造、エネルギー変換・供給、廃棄物管理、サービス、デジタル製品など非常に広範囲に及ぶ。

ここでは、原子力分野のサプライチェーンに関する報告書として DOE の原子力エネルギー局（DOE-NE）の原子力エネルギーの深堀評価文書⁴²の記載内容を中心に紹介する。また、サプライチェーンに関する取組として DOE-NE の原子力の技術革新を促進するゲートウェイ（GAIN）と産業界の Utilities Service Alliance（USA）を紹介する。

(1) DOE のサプライチェーンに関する報告書

2021 年に署名された大統領令 14017「米国のサプライチェーン」に従い、DOE は、「クリーンエネルギーへの移行を確実にするためのサプライチェーン確保に向けた米国の戦略⁴³」を 2022 年 2 月 24 日付で公表した。DOE は、サプライチェーンに関して分析すべき 11 の技術分野と 2 つの横断的なトピックを特定し、下記のそれぞれの深堀評価文書を併せて公表している。

【技術分野】

- 炭素吸着材料
- 変圧器や直流高電圧（HVDC）を含む電力網
- エネルギー貯蔵
- 燃料電池と電解槽
- 水力発電（揚水発電（PSH）を含む）
- ネオジウム磁石
- 原子力エネルギー
- 白金族金属およびその他の触媒
- 半導体
- 太陽光発電(PV)
- 風力

【横断的トピック】

- 商業化と競争力
- サイバーセキュリティとデジタル機器

上記のうち、原子力エネルギーの深堀評価文書では、既設の 93 基のプラントの継続運転と革新炉の建設に関するサプライチェーンの課題を整理している。特に、革新炉の配備に際

⁴² DOE, Nuclear Energy, Supply Chain Deep Dive Assessment , February 24, 2022

⁴³ DOE, America's Strategy to Secure the Supply Chain for a Robust Clean Energy Transition, February 24, 2022

し、高純度低濃縮ウラン（HALEU）や TRISO 燃料、ウラン金属燃料といった新型燃料の要件に対する解決策に着目している。

本報告書では、原子力のサプライチェーンのリスク評価についても記載されており、表 1-1 に燃料と材料の問題点が重要な順に列挙されている。また、米国のエネルギーサプライチェーンを支援する取り組みの優先順位付けのために DOE 政策室が提供する標準的なテンプレートを使用した評価テーブルが示されている（表 1-2）。

表 1-1 現在の大型炉と革新炉のサプライチェーンにおける問題点

機器／製品	問題点
現在の大型炉	
ウラン採掘、精錬、転換	ウランのほとんどは輸入品で、転換は海外の業者が行っている。
濃縮リチウム	リチウムのほとんどは輸入品であり、他の産業からの需要も増えている。EPRI は代替品の可能性を研究している。
クロム、ニッケル	現在のプラントでは、様々な高合金鋼の機器が交換されるため、一定の鋼製機器が必要となる。
革新炉	
HALEU	ほとんどの革新炉では、燃料に HALEU が必要になる。
燃料製造	米国内には、新型核燃料のための燃料製造施設が限られている。
原子力用黒鉛	黒鉛はすべて輸入品であり、米国内に核燃料用黒鉛のサプライヤーは存在しない。
リチウム	熔融塩炉の中にはリチウムを必要とするものがあるが、輸入品であり、他の産業からの需要も増える見込みである。
リチウム、塩素の濃縮	リチウムと塩素は、原子炉で利用するために高純度まで濃縮する必要がある。

原子力発電所の建設と運転に必要な多くの機器とプロセスには、ベンダーの認証が必要である。米国機械学会（ASME）は基準を設定し、原子力品質保証（NQA）プログラムの下で厳密な監査を実施している。図 1-1 は、米国における原子力（N）スタンプ保有者の分布を示している。原子力機器やサービスに対する将来の潜在的需要に対して認証業者が不足すると、新しい原子炉の配備が妨げられ、コストの上昇や建設期間の延長につながる可能性がある。NQA プログラムの評価では、品質保証を低下させることなく管理負担を軽減することが可能であり、プログラムを NRC の要件と整合させることにより、将来の原子力プロジェクトにおける品質保証の有効性と効率の両方を向上させることができるとしている。米国の N スタンプ取得業者の一覧については表 1-3 を参照。

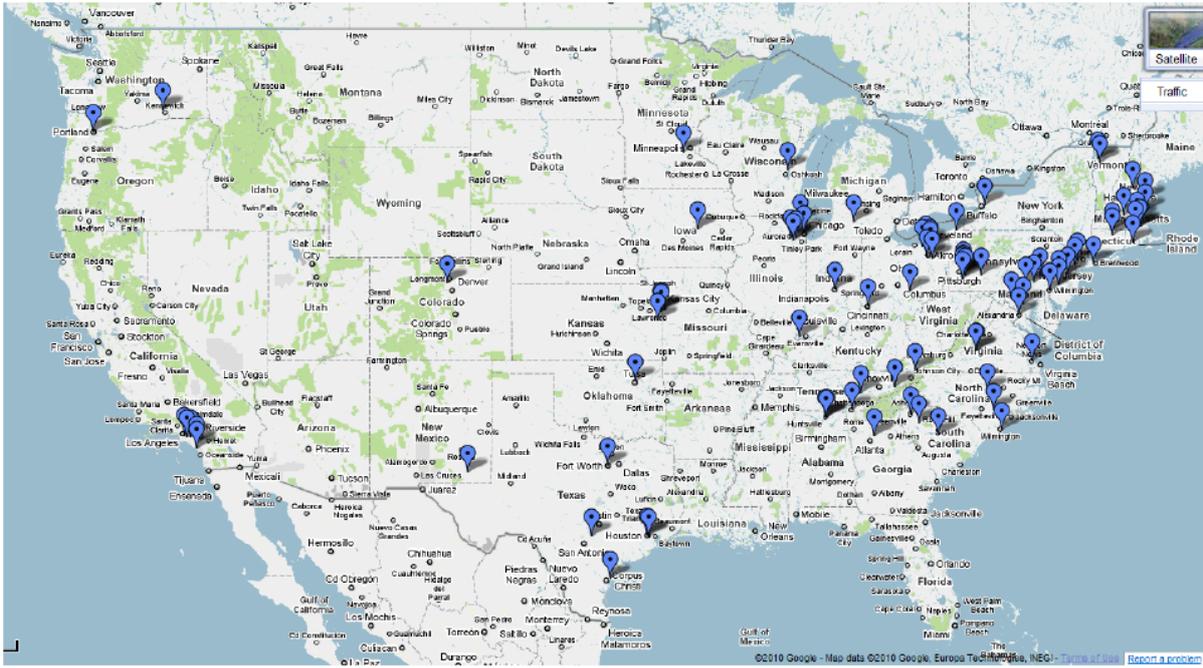


図 1-1 N スタンプ認証を有する原子力発電所

表 1-2 原子力サプライチェーンの評価テーブル *

機器/製品	最終製品の需要に対応する SC セグメント	国内の主要サプライヤ	大きな国内需要	大きな国内の見込	重要な世界市場	世界的に大きな需要の見込	国内サプライヤのコスト競争力	米国と世界のサプライヤ間のコスト競争力	海外供給元は十分に安全か？	環境問題への取り組みは十分か？	人権への懸念に十分対処しているか？	製品/機器の国内生産能力の構築に意味があるか？
原子力燃料												
	ウラン原料・精錬	No (ほとんどが輸入)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	可能性あり	可能性あり	?	Yes
	ウラン転換	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	可能性あり	可能性あり	?	Yes
	濃縮 LEU	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	該当なし	該当なし	該当なし	No
	濃縮 HALEU	現在はないが今後拡大予定	現在はない	Yes (革新炉)	現在はない	Yes (革新炉)	現在は該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	Yes
	LWR 燃料製造	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	該当なし	該当なし	該当なし	No
	先進的な原子力製造	現在はないが今後拡大予定	現在はない	Yes (革新炉)	現在はない	Yes (革新炉)	現在は該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	Yes
原子炉容器、配管、その他の設備												
懸念される鉱物	ハフニウム	No	No	Yes	Yes	Yes	該当なし	該当なし	可能性あり	Yes	?	米国内での埋蔵量が少ない/ない
	インジウム	No	No	Yes	Yes	Yes	該当なし	該当なし	可能性あり	Yes	?	
	ニオブ	No	No	Yes	Yes	Yes	該当なし	該当なし	可能性あり	Yes	?	
	イットリウム	No	No	Yes	Yes	Yes	該当なし	該当なし	可能性あり	Yes	?	
	クロム	No	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes	Yes	
その他の懸念なし)	ニッケル	No	Yes	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	Yes	Yes	対応なし
	カドミウム、コバルト、銅、鉛、モリブデン、銀、錫、チタン、タングステン、バナジウム、ジルコニウム	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	対応なし
製造	大型機器の鍛造・製造	No	No	Yes	Yes	Yes	?	?	Yes	?	?	可能性あり (将来の原子炉の中には、機能を必要としないものや、高度な製造方法を利用するものがあるかもしれない)
	その他の機器の鍛造・製造	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	対応なし
その他の主要機器												
	ベリリウム*	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	対応なし
	原子力黒鉛	No	No	Yes	No	Yes	可能性あり	可能性あり	No	No	?	米国での埋蔵量が少ない/ない、原子炉用黒鉛構造物/機器を現在製造しているメーカーがない
冷却材	ヘリウム	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	対応なし
溶融塩												
	ベリリウム*	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	対応なし
	リチウム濃縮	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	可能性あり	?	Yes	リチウムは次世代溶融塩炉だけでなく、PWRの化学制御にも必要とされている。
	リチウム濃縮	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	可能性あり	?	Yes	対応なし
	塩素濃縮	No	No	Yes	Yes	Yes	可能性あり	可能性あり	?	?	?	今後
	塩燃料の合成	No	No	Yes	No	Yes	可能性あり	可能性あり	?	?	?	今後

* JANUS注:「その他の機器の鍛造・製造」の行の「国内の主要サプライヤ」と「大きな国内需要」の欄は色分けと評価が一致しておらず原文の誤植と思われる。

機器/製品	最終製品の需要に対応する SC セグメント	国内の主要サプライヤ	大きな国内需要	大きな国内の需要見込	重要な世界市場	世界的に大きな需要の見込	国内サプライヤのコスト競争力	米国と世界のサプライヤ間コスト競争力	海外供給元は十分に安全か？	環境問題への取り組みは十分か？	人権への懸念に十分対処しているか？	製品/機器の国内生産能力の構築に意味があるか？
高温炉	セラミック	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	対応なし
建設	鋼材	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	該当なし	Yes	該当なし	対応なし
	コンクリート	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	該当なし	Yes	該当なし	対応なし

表 1-3 ASME スタンプ取得者一覧

会社名	プラント所在地	市	州	認証				
				N-Nuclear 機器	NA-Nuclear 設置・工場 組立	NPT-Nuclear 部品	NS-Nuclear 機器	NV-Nuclear 安全/逃し 安全弁機器
Bechtel Power Corporation	12011 Sunset Hills Road	Reston	VA	N-N-4490	NA-N-4491	NPT-N-4492	NS-N-4493	
Bechtel Power Corporation	12011 Sunset Hills Road	Reston	VA	N-N-4514				
BNL Industries, Inc.	30 Industrial Park Road	Vernon	CT	N-N-2882		NPT-N-2883		
Bristol Metals, LLC	390 Bristol Metals Road	Bristol	TN			NPT-N-3104		
Chempump	959 Mearns Road	Warminster	PA	N-N-2057		NPT-N-2058		
Chicago Bridge & Iron Company	14105 S. Route 59	Plainfield	IL	N-N-3267	NA-N-3268	NPT-N-3269	NS N-3270	
Chicago Bridge & Iron Company	14105 S. Route 59	Plainfield	IL	N-N-3267-2	NA-N-3268-2			
Consolidated Power Supply	1000 Industry Road	McKeesport	PA		NA-N-4477	NPT-N-3341	NS-N-4029	
Control Components Inc.	22591 Avenida Empresa	Rancho Santa Margarita	CA	N-N-2695		NPT-N-2696		
Conval, Inc.	265 Field Road	Somers	CT	N-N-3199		NPT-N-3200		
Crane Nuclear, Inc.	860 Remington Blvd.	Bolingbrook	IL	N-N-2899		NPT-N-2900		
Crosby Valve, LLC	55 Cabot Blvd.	Mansfield	MA	N-N-1876		NPT-N-1877		NV-N-1878
Curtiss-Wright Electro-Mechanical Corporation	1000 Wright Way	Cheswick	PA	N-N-1385		NPT-N-1386	NS-N-3425	
Curtiss-Wright Nuclear Division	125 West Park Loop	Huntsville	AL	N-N-4673	NA-N-4674	NPT-N-3193		
Curtiss-Wright Nuclear Division	2950 E. Birch Street	Brea	CA	N-N-2826		NPT-N-2827	NS-N-3102	
Dieterich Standard, Inc.	5601 North 71st Street	Boulder	CO	NPT-N-1728				

会社名	プラント所在地	市	州	認証				
				N-Nuclear 機器	NA-Nuclear 設置・工場 組立	NPT-Nuclear 部品	NS-Nuclear 機器	NV-Nuclear 安全／逃し 安全弁機器
Dragon Valves, Inc.	13457 Excelsior Drive	Norwalk	CA	N-N-1033				
Dresser LLC	12970 Normandy Blvd	Jacksonville	FL	N-N-4536				
Dresser LLC	12970 Normandy Blvd	Jacksonville	FL	NPT-N-4742				
Dresser LLC	12970 Normandy Blvd	Jacksonville	FL					NV- N-4743
Dresser, Inc.	8011 Shreveport Hwy	Pineville	LA	N- N-1746				
Dresser, Inc.	8011 Shreveport Hwy	Pineville	LA	NPT-N-2434				
Dresser, Inc.	8011 Shreveport Hwy	Pineville	LA					NV- N-1747
Dubose National Energy Services Inc. (DNES)	900 Industrial Drive	Clinton	NC	NA-N-3584		NPT-N-3165	NS-N-3278	
Ellis & Watts Global Industries, Inc.	4400 Glen Willow Lake Lane	Batavia	OH	N-N-3591	NA-N-3709	NPT-N-3813	NS-N-3849	
Energy & Process Corporation	2146 Flintstone Drive	Tucker	GA			NPT-N-3725		
Energy Steel	3123 John Conley Drive	Lapeer	MI	N-N-2994	NA-N-3956	NPT-N-2928	NS-N-3083	
Fisher Controls International LLC	1700 South 12th Avenue	Marshalltown	IA	N-N-1929		NPT-N-1930		
Flowserve	2300 E. Vernon Avenue	Vernon	CA	N-N-1130		NPT-N-1131		
Flowserve Corporation	1900 South Saunders Street	Raleigh	NC	N-N-1562		NPT-N-1563		
Fluid Handling LLC, Xylem Incorporated	175 Standard Parkway	Cheektowaga	NY	N-N-3464	NA-N-3465	NPT-N-3466		
Fluor Nuclear Power	100 Fluor Daniel Drive	Greenville	SC	N-N-3263	NA-N-3266	NPT-N-3264	NS-N-3265	
Fluor Nuclear Power	100 Fluor Daniel Drive	Greenville	SC	N-N-3263-1	NA-N-3266-1	NPT-N-3264-1	NS-N-3265-1	

会社名	プラント所在地	市	州	認証				
				N-Nuclear 機器	NA-Nuclear 設置・工場 組立	NPT-Nuclear 部品	NS-Nuclear 機器	NV-Nuclear 安全／逃し 安全弁機器
Fluor Nuclear Power	100 Fluor Daniel Drive	Greenville	SC	N-N-4375				
Framatome Inc.	3315 Old Forest Road	Lynchburg	VA	N-N-1650	NA-N-3716	NPT-N-2843	NS-N-3362	
Fronex Anchor/Darling Enterprises, Inc.	86 Doris Ray Court	Laconia	NH				NS-N-3015	
GE-Hitachi Nuclear Energy Americas LLC	3901 Castle Hayne Road	Wilmington	NC	N-N-1888		NPT-N-1151		
GE-Hitachi Nuclear Energy Americas LLC	3901 Castle Hayne Road	Wilmington	NC	N-N-4388				
Graham Corporation	20 Florence Ave	Batavia	NY	N-N-3663	NA-N-3720	NPT-N-3733	NS-N-3897	
Hayward Tyler Inc.	480 Roosevelt Highway	Colchester	VT	N-N-2884	NA-N-2885	NPT-N-2886	NS-N-3286	
Henry Pratt Company	401 South Highland Avenue	Aurora	IL	N-N-1030		NPT-N-1031		
Holtec Manufacturing Division	Keystone Commons 200 Braddock Avenue	Turtle Creek	PA	N-N-2918		NPT-N-2919	NS-N-4575	
HydroAire Service, Inc.	834 W. Madison	Chicago	IL	N-N-3352		NPT-N-3194		
Instrument & Valve Services Company	757 Old Clemson Road	Columbia	SC			NPT-N-3156		
ISCO Industries, Inc.	100 Witherspoon Street	Louisville	KY		NA-N-3680	NPT-N-3822		
ISCO Industries, Inc.	100 Witherspoon Street	Louisville	KY		NA-N-3680-1	NPT-N-3822-1		
ITT Engineered Valves, LLC	33 Centerville Road	Lancaster	PA	N-N-2649		NPT-N-2650		
Joseph Oat Corporation	2500 Broadway	Camden	NJ	N-N-1488	NA-N-1577	NPT-N-1489	NS-N-3014	

会社名	プラント所在地	市	州	認証				
				N-Nuclear 機器	NA-Nuclear 設置・工場 組立	NPT-Nuclear 部品	NS-Nuclear 機器	NV-Nuclear 安全／逃し 安全弁機器
Kiewit Power Constructors Co.	9701 Renner Boulevard	Lenexa	KS	N-N-3662	NA-N-3723	NPT-N-3728	NS-N-3903	
Kiewit Power Constructors Co.	9701 Renner Boulevard	Lenexa	KS	N-N-3662-1	NA-N-3723-1	NPT-N-3728-1	NS-N-3903-1	
Lisega, Inc.	370 East Dumplin Valley Road	Kodak	TN			NPT-N-2951	NS-N-3025	
Major Tool & Machine, Inc.	1458 East 19th Street	Indianapolis	IN	N-N-3141	NA-N-4592	NPT-N-3142	NS-N-3228	
Met Weld International, LLC	5727 Ostrander Road	Altamont	NY		NA-N-4343	NPT-N-4344	NS-N-4345	
Mirion Technologies (Conax Nuclear), Inc.	402 Sonwil Drive	Cheektowaga	NY	N-N-1849		NPT-N-1850		
Newport News Industrial Corporation	11850 Jefferson Avenue	Newport News	VA	N-N-3921	NA-N-3274	NPT-N-3275	NS-N-3276	
Newport News Industrial Corporation	11850 Jefferson Avenue	Newport News	VA	N-N-3921-1	NA-N-3274-1	NPT-N-3275-1	NS-N-3276-1	
Newport News Industrial Corporation	11850 Jefferson Avenue	Newport News	VA	N-N-3922				
Nuclear Logistics LLC	7410 Pebble Drive	Fort Worth	TX	N-N-3158		NPT-N-3159	NS-N-3160	
NuSource, LLC	320 King Street	Alexandria	VA	N-N-4306				
OFI Custom Metal Fabrication	10412 Design Road	Ashland	VA			NPT-N-3914	NS-N-3915	
Parker Hannifin Corporation	1005 A Cleaner Way	Huntsville	AL	N-N-3218				
Parker Hannifin Corporation	1005 A Cleaner Way	Huntsville	AL	N-N-3218-1				

会社名	プラント所在地	市	州	認証				
				N-Nuclear 機器	NA-Nuclear 設置・工場 組立	NPT-Nuclear 部品	NS-Nuclear 機器	NV-Nuclear 安全/逃し 安全弁機器
Parker Hannifin Corporation	1005 A Cleaner Way	Huntsville	AL	N-N-3218-2				
PCI Energy Services, LLC	One Energy Drive	Lake Bluff	IL		NA-N-3173-3	NPT-N-3174-3		
PCI Energy Services, LLC	One Energy Drive	Lake Bluff	IL		NA-N-3173	NPT-N-3174		
PCI Energy Services, LLC	One Energy Drive	Lake Bluff	IL		NA-N-3173-1	NPT-N-3174-1		
PCI Energy Services, LLC	One Energy Drive	Lake Bluff	IL		NA-N-3173-4	NPT-N-3174-4		
Precision Custom Components, LLC	500 Lincoln Street	York	PA	N-N-2995	NA-N-4402	NPT-N-2996	NS-N-3079	
Precision Defense Services, Inc.	1 Quality Way	Irwin	PA			NPT-N-4570		
Premier Technology, Inc.	1858 West Bridge Street	Blackfoot	ID		NA-N-3496	NPT-N-3497	NS-N-3498	
Ranor, Inc.	1 Bella Drive	Westminster	MA		NA-N-3084	NPT-N-3085	NS-N-3086	
Reuter-Stokes, LLC.	8499 Darrow Road	Twinsburg	OH			NPT-N-2703		
Rotating Equipment Repair, Inc.	W248 N5550 Executive Drive	Sussex	WI			NPT-N-4276		
Ruhrpumpen, Inc	400 Rotary Street	Hampton	VA	N-N-4433		NPT-N-4429		
Senior Operations LLC	2400 Longhorn Industrial Drive	New Braunfels	TX			NPT-N-2778		
SPX FLOW US LLC COPEX-VULCAN OPERATION	5620 West Road	McKean	PA	N-N-3052	NA-N-4563	NPT-N-3053		

会社名	プラント所在地	市	州	認証				
				N-Nuclear 機器	NA-Nuclear 設置・工場 組立	NPT-Nuclear 部品	NS-Nuclear 機器	NV-Nuclear 安全／逃し 安全弁機器
Stone & Webster, Inc. dbwa Stone & Webster Construction Inc.	3735 Glen Lake Drive	Charlotte	NC	NA-N-1511	NA-N-1511-7	NPT-N-1512		
Stone & Webster, Inc. dbwa Stone & Webster Construction Inc.	3735 Glen Lake Drive	Charlotte	NC			NPT-N-1512-7		
Stone & Webster, Inc. dbwa WECTEC Contractors Inc.	3735 Glen Lake Drive	Charlotte	NC		NA-N-3376	NPT-N-3377		
Sulzer Pumps (US) Inc.	2800 N.W. Front Avenue	Portland	OR	N-N-4619		NPT-N-4620		
Sulzer Pumps (US) Inc. (Sulzer Nuclear Service Center)	4126 Caine Lane	Chattanooga	TN	N-N-2614		NPT-N-2615		
Super Radiator Coils	104 Peavey Road	Chaska	MN	N-N-3178		NPT-N-3177	NS-N-4265	
Swagelok Company	29500 Solon Road	Solon	OH	N-N-3100	NA-N-3688	NPT-N-3101		
Swepeco Tube LLC	1 Clifton Boulevard	Clifton	NJ			NPT-N-2913		
Target Rock	1966 E. Broadhollow Road	E. Farmingdale	NY	N-N-1947		NPT-N-1948		NV-N-1949

会社名	プラント所在地	市	州	認証				
				N-Nuclear 機器	NA-Nuclear 設置・工場 組立	NPT-Nuclear 部品	NS-Nuclear 機器	NV-Nuclear 安全／逃し 安全弁機器
Teledyne Brown Engineering, Inc.	300 Sparkman Drive	Huntsville	AL	N-N-2983		NPT-N-2984	NS-N-3874	
Turner Industries Group, L.L.C.	1200 19th St. S.W.	Paris	TX		NA-N-3681	NPT-N-3821	NS-N-3845	
Valcor Engineering Corporation	2 Lawrence Road	Springfield	NJ	N-N-1076				
Valcor Engineering Corporation	2 Lawrence Road	Springfield	NJ			NPT-N-1077	NS-N-3902	
Velan Inc. dba Velan Valve Corp.	94 Avenue C	Williston	VT	N-N-4580		NPT-N-4581		
Vigor Works LLC	9700 S.E. Lawnfield Road	Clackamas	OR	N-N-4615	NA-N-4617	NPT-N-4616	NS-N-4618	
Watlow Electric Manufacturing Company	12001 Lackland Road	St. Louis	MO			NPT-N-4222		
WEC Carolina Energy Solutions, LLC	244 E. Mount Gallant Road	Rock Hill	SC		NA-N-3491	NPT-N-3492		
WEC Carolina Energy Solutions, LLC	244 E. Mount Gallant Road	Rock Hill	SC		NA-N-3491-1	NPT-N-3492-1		
WEC Carolina Energy Solutions, LLC	244 E. Mount Gallant Road	Rock Hill	SC		NA-N-3491-2	NPT-N-3492-2		
Weed Instrument Co., Inc.	707 Jeffrey Way	Round Rock	TX	N-N-4235		NPT-N-4236	NS-N-4237	
Weir Valves & Controls USA Inc.	29 Old Right Road	Ipswich	MA	N-N-2606		NPT-N-2607		

会社名	プラント所在地	市	州	認証				
				N-Nuclear 機器	NA-Nuclear 設置・工場 組立	NPT-Nuclear 部品	NS-Nuclear 機器	NV-Nuclear 安全／逃し 安全弁機器
Westinghouse Electric Company, LLC	178 Shattuck Way	Newington	NH	N-N-2040	NA-N-2460	NPT-N-2041	NS-N-3070	
Westinghouse Electric Company, LLC	1000 Westinghouse Drive	Cranberry Township	PA	N-N-1149	NA-N-2804	NPT-N-2805		
			合計	70	42	86	39	4

大規模な原子力発電所には、容器、配管、鋳造品、構造鋼、コンクリート、ケーブル、及び計測器と制御装置が含まれている。部品点数が多いため、これらのプラントを支える広範な国際的サプライチェーンが存在する。米国では、大型軽水炉の新規建設は、ジョージア州の2基の AP1000 プラントに限定されている。図 1-2 は、AP1000 のグローバルサプライチェーンを示しており、米国のサプライヤが多い一方で、韓国、日本、イタリア、スイス、ブラジル、カナダにもサプライヤがいることを示している。この図ではサプライチェーンの中で機器の製造のみを示しており、必要な原材料をカバーするための追加のサプライチェーンもあり、サプライヤリストに他の多くの国が追加されている。AP1000 の国内サプライチェーンにおける機器の製造業者の一覧表については表 1-4 を参照。

次世代の原子炉には、SMR やマイクロ炉が含まれる見込みとなっており、SMR には軽水炉、高温ガス炉、液体金属、熔融塩の設計がある。現在これらのプラント製造施設は一つも存在しないが、革新炉のサプライチェーンを開発するためには製造施設の設立が必要である。

革新炉のサプライチェーンを確立するために供給が必要となる材料について、厳密には実証と商業展開の後の段階まで不明である。しかし、開発中の様々な設計に基づき、必要とされる共通の材料が存在する。表 1-5 は、異なる原子炉タイプに必要とされる様々な燃料、被覆管、および構造材料の情報を示している。



図 1-2 WH 社の AP1000 のグローバルサプライチェーン ⁴⁴

⁴⁴ MPR Associates (2018), United States Nuclear Manufacturing Infrastructure Assessment, Report No. 1660-0001-RPT-001, Rev. 1, <https://www.osti.gov/biblio/1494317>

表 1-4 AP1000 の米国のサプライチェーン

AP1000 構成機器	都市／州名	国	大陸	会社
復水器	Sacheon	韓国	アジア	BHI Company
格納容器	横浜	日本	アジア	IHI
炉心槽	横浜	日本	アジア	東芝
脱塩機	Ansan City	韓国	アジア	TSM Tech Co.
熱交換器	Ansan City	韓国	アジア	TSM Tech Co.
主昇圧変圧器	東京	日本	アジア	東芝
原子炉容器	Changwon	韓国	アジア	Doosan
蒸気発生器	Changwon	韓国	アジア	Doosan
タービン発電機	東京	日本	アジア	東芝
弁	Cheonan	韓国	アジア	Samshin
アキュムレータ	Panellia	イタリア	ヨーロッパ	Mangiarottia SpA
クラス 1E バッテリー ー充電器	Wettingen	スイス	ヨーロッパ	Gutor Electronic
格納容器再循環ス クリーン	Winterthur	スイス	ヨーロッパ	CCI AG
炉心補給水タンク	Panellia	イタリア	ヨーロッパ	Mangiarottia SpA
格納容器内燃料取 替用水タンク	Winterthur	スイス	ヨーロッパ	CCI AG
加圧器	Panellia	イタリア	ヨーロッパ	Mangiarottia SpA
静的 RHR 熱交換器	Panellia	イタリア	ヨーロッパ	Mangiarottia SpA
弁	Balterswil	スイス	ヨーロッパ	CCI AG
AP1000 モジュール	Cambridge, ON	カナダ	北アメリカ	Aecon
	Lake Charles, LA	米国	北アメリカ	Chicago Bridge & Iron
	Corvallis, OR	米国	北アメリカ	Greenberry
	Lakeland, FL	米国	北アメリカ	Specialty Maintenance and Construction
	Clackamas, OR	米国	北アメリカ	Vigor Works
自動減圧系爆破弁	McKean, PA	米国	北アメリカ	SPX Flow Control
補助逃し弁	Brantford, ON	カナダ	北アメリカ	Farris Engineering

AP1000 構成機器	都市／州名	国	大陸	会社
クラス 1E バッテリー	Hays, KS	米国	北アメリカ	EnerSys
クラス 1E 配電盤	New Stanton, PA	米国	北アメリカ	Westinghouse
制御棒駆動機構	Newington, NH	米国	北アメリカ	Westinghouse
クレーン	Shoreview, MN	米国	北アメリカ	PaR Nuclear
脱気装置	Neenah, WI	米国	北アメリカ	Val-Fab
燃料集合体	Columbia, SC	米国	北アメリカ	Westinghouse
計装用弁	Solon, OH	米国	北アメリカ	Swagelok
一体型原子炉容器蓋	Blackfoot, ID	米国	北アメリカ	Premier Technologies
液封式真空ポンプ	Pittsburgh, PA	米国	北アメリカ	Gardner Denver
放射線モニタリングシステム	San Diego, CA	米国	北アメリカ	General Atomics Electromagnetic Systems Group
原子炉冷却材ループ配管	Philadelphia, PA	米国	北アメリカ	Tioga
原子炉冷却材ポンプ	Cheswick, PA	米国	北アメリカ	Curtiss-Wright
原子炉容器フロースカート	York, PA	米国	北アメリカ	Precision Custom Components
原子炉容器内吊り上げ装置	Blackfoot, ID	米国	北アメリカ	Premier Technologies
再循環ヒーター	Pittsburgh, PA	米国	北アメリカ	Chromalox
電磁弁	Pittsburgh, PA	米国	北アメリカ	ASCO
蒸気発生器循環・排水ポンプ	Colchester, VT	米国	北アメリカ	Hayward Tyler
遮蔽建屋用パネル	Newport News, VA	米国	北アメリカ	Newport News Industrial
使用済樹脂タンク	Neenah, WI	米国	北アメリカ	Val-Fab
タンク脱塩機	Detroit, MI	米国	北アメリカ	Sharpsville Container
ユニット補助変圧器	Rincon, GA	米国	北アメリカ	Efacec Power Transformers

AP1000 構成機器	都市／州名	国	大陸	会社
弁	Bolingbrook, IL	米国	北アメリカ	CCI
	Rancho Santa Margarita, CA	米国	北アメリカ	Fisher Controls
	Marshalltown, IA	米国	北アメリカ	Weir Valves
	Ipswich, MA	米国	北アメリカ	Tyco Valves
	Winchester, MA	米国	北アメリカ	Flowserve US
	Raleigh, NC	米国	北アメリカ	Flowserve US
	Springville, NC	米国	北アメリカ	Flowserve US
可変周波数駆動装置	New Kensington, PA	米国	北アメリカ	Siemens
冷却塔ファン (V.C. Summer のみ)	Sao Paulo	ブラジル	南アメリカ	Tecsis

表 1-5 炉型、冷却材、燃料、被覆管、構造材料

炉型	冷却材	燃料	被覆管	炉内構造材料	炉外構造材料
PWR	水 (単層)	UO ₂ or MOX	ジルコニウム合金	ステンレス鋼、ニッケル基合金	ステンレス鋼、ニッケル基合金
BWR	水 (二層)	UO ₂ or MOX	ジルコニウム合金	ステンレス鋼、ニッケル基合金	ステンレス鋼、ニッケル基合金
SCWR	超臨界水	UO ₂	F-M、インカロイ、ODS、インコネル	被覆管のオプションと同様に低スウェリング SS	F-M、低合金鋼
VHTR	ヘリウム	UO ₂ or UCO	黒鉛被覆の SiC or ZrC と周囲の黒鉛	黒鉛、PyC、SiC、ZrC、容器：F-M	Ni 基超合金、遮熱板付き F-M、低合金鋼
GFR	ヘリウム or 超臨界 CO ₂	MC、UO ₂	セラミック	耐熱金属・合金、セラミック、ODS、容器：F-M	Ni 基超合金、遮熱板付き F-M
SFR	ナトリウム	MOX、U-Pu-Zr、MC、or MN	F-M or F-M ODS	F-M ダクト、316 SS グリッド板	フェライト鋼、オーステナイト鋼
LFR	鉛 or 鉛ビスマス	MN	高 Si F-M or ODS、セラミック、or 耐熱合金	該当なし	高 Si オーステナイト鋼、セラミック、or 耐熱合金
MSR	溶融塩 (FLiNaK)	塩、TRISO	該当なし	セラミック、耐熱金属、Mo、Ni 基合金、黒鉛、ハステロイ N	高 Mo、Ni 基合金

表 1-6 は、国際競争の中で米国の原子力輸出の強み、弱み、機会、及び脅威をまとめたものである。NRC の「ゴールドスタンダード」と呼ばれる安全評価や、20 世紀半ば以降の原子力問題に関する政府の広範な国際協力など、さまざまな強みに米国政府が寄与していることを指摘している。また、輸出申請や国内の研究開発プログラムに長い時間がかかるなどの弱点も指摘されている。その他の弱点と脅威としては、米国の原子力産業が抱える財政難、外国の競争相手による政府支援の融資、原子炉の開発と輸出に対する外国政府による長期的で揺るぎないコミットメントなどが挙げられている。

表 1-6 米国原子力セクターの強み、機会、弱点、および脅威

強み	弱点
米国の原子力関連企業	米国の原子力関連企業
原子力に関する豊富な知見と専門知識	近年の米国の原子力プロジェクトにおけるコストとスケジュールの超過
技術革新に強い文化	プラントと建設のバランス戦略への関心が低い
高品質な製造能力	電力システム以外のビジネスモデルへの関心が低い
原子力の建設および運転における高い安全基準	
米国政府	米国政府
原子力規制の「ゴールドスタンダード」(NRC)	原子力の研究開発、プログラム、実証のための長いリードタイム
投資、研究開発、燃料のための強力な国際関係	米国企業および海外顧客に対する多くの厳しい要求事項
国際開発金融公社および輸出入銀行からの支援	
国立研究所における世界トップレベルの研究	
原子力の研究開発、プログラム、実証のための資金援助	
機会	脅威
今後の世界的なクリーンエネルギーの成長、特に非 OECD 諸国における成長	コストが低下している他のクリーンエネルギー資源との競争
先進的な原子力の技術革新によるコスト削減の可能性	中国、ロシアを中心とした国有企業との競争
新エネルギー製品および適応可能な市場	インフラ投資による他国の影響力の増大
原子力新規参入国との長期的な関係	政策やプログラムが変更され、進展が阻害される可能性

(2) 原子力の技術革新を促進するゲートウェイ (GAIN)

DOE-NE の使命は、研究・開発・実証 (RD&D) を通じて技術、コスト、安全、核拡散抵抗性、およびセキュリティの障壁を解決することにより、国家のエネルギー、環境、および国家安全保障のニーズを満たすことができる資源として原子力を発展させることである。多くの革新的なアイデアが存在する一方で、これらの概念を商業的な準備レベルにまで高めるために必要な RD&D は、従来から長期的かつ多額の費用がかかることが認識されている。

そこで、原子力コミュニティに、既存の原子力フリートの継続的な安全性、信頼性および経済性を確保しながら、革新的な原子力エネルギー技術を商業化に向かわせるために必要な技術、規制および財政支援へのアクセスを提供するために、DOE-NE は 2016 年に原子力の技術革新を促進するゲートウェイ (GAIN: Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear)

を設立した。

図 1-3 に GAIN の取り組みの概念図を示す。GAIN は、エネルギー省（DOE）の国立研究所全体の広範な能力へのアクセスポイントを提供する。DOE は、原子力研究の専門知識とインフラを構築し維持するために数十億ドルを投資している。この膨大な能力は、GAIN を通じて新しい先進原子力技術の商業化を支援するために活用されている。

GAIN を通じて、DOE は、革新的な原子力技術の商業的準備に向けたより迅速でコスト効率の良い開発を達成するために、その最先端かつ継続的に改善する RD&D インフラを関係者に提供している。GAIN を通じて利用可能な能力は以下のとおり。

- ・ 核・放射線施設に焦点を当てた実験能力、及びその他の試験能力（例：熱水カループ、制御システム試験など）
- ・ 最先端のモデリングおよびシミュレーションツールによる計算能力
- ・ 知識・検証センターを通じた情報・データ
- ・ 実証施設のための土地利用と立地情報

GAIN の取り組みの一環として、革新炉の開発メーカーと革新炉に関連するサプライヤをまとめたディレクトリを作成し、一定期間ごとにその内容を更新している。2022 年 10 月現在では、2021 年 7 月 1 日発行版⁴⁵が最新である。



図 1-3 GAIN の取り組み⁴⁶

⁴⁵ GAIN, Advanced Nuclear Directory Seventh Edition, July 1, 2021, [https://gain.inl.gov/SiteAssets/Advanced%20Nuclear%20Directory/GAINAdvancedNuclearDirectory-SeventhEdition_07.01.2021\(1\).pdf](https://gain.inl.gov/SiteAssets/Advanced%20Nuclear%20Directory/GAINAdvancedNuclearDirectory-SeventhEdition_07.01.2021(1).pdf)

⁴⁶ Gain, <https://gain.inl.gov/SitePages/Home.aspx>

(3) Utilities Service Alliance

米国の Utilities Service Alliance, Inc. (USA) は、1996年に法人化された。USAは、加盟電力会社の幹部で構成される取締役会によって統治されており、2022年10月現在で表1-7に示す8つの電力会社と9つの原子力発電所がメンバーとなっている。その他に、ウラン濃縮施設である Urenco USA もメンバーになっている。

USAでは、メンバーがプラントのパフォーマンスと経済的利益のイニシアチブで協力するためのビジネスプラットフォームを提供することを使命としている。アライアンスの一員になることで、原子力事業者としての独立性を維持しながら以下のような恩恵を受けることができる。

- ・ スケールメリットの恩恵を受けながら、各サイトの独立した管理を維持する。
- ・ 単一サイトの原子力発電所の立場を維持しながら、業界における集団的な影響力を持つ。
- ・ 所有権を譲渡することなく、既存のリソースを共有する。
- ・ 大規模フリートのように、経験、教訓、およびベンチマークを共有する。

表 1-7 USA メンバーの電力事業者と発電所 ⁴⁷

電力事業者	発電所
Talen Energy	Susquehanna-1/2 (BWR)
STP Nuclear Operating Company	South Texas Project-1/2 (WH-PWR)
Xcel Energy - Minnesota	Prairie Island-1/2 (WH-PWR)
	Monticello (BWR)
DTE Energy	Fermi-2 (BWR)
Nebraska Public Power District	Cooper (BWR)
Indiana Michigan Power Company	Cook-1/2 (WH-PWR)
Luminant	Comanche Peak-1/2 (WH-PWR)
Energy Northwest	Columbia (BWR)

また、USAではサプライチェーンにおける協力も目的としており、業界で最も優れたサプライヤーと「Win-Win」の関係を築くことを理念として掲げている。2022年10月現在で46のサプライヤーがUSAのパートナーとなっている。USAは事業者とサプライヤーの交流を促進するために、サプライヤーフェア、ウィンターカンファレンス、エグゼクティブサミットといったイベントを積極的に開催している。

⁴⁷ Utilities Service Alliance, inc., <https://www.usainc.org/>

サプライヤフェア

毎年、米国のメンバー企業のプラントで交互にサプライヤフェアを開催している。ここでは、プラント関係者と米国サプライヤの代表者との間に親密な関係を築き、対話を促進するための「ミニ見本市」のような位置付けとなっている。USA サプライヤがプラントの担当者から受けるフィードバックや質問は、USA メンバーのニーズや期待に応えるために貴重なものである。プラント担当者は、安全性、効率、規制遵守、コスト削減を向上させる製品やサービスについて学ぶいい機会になる。米国メンバーは少なくとも3年ごとにサプライヤフェアを開催するよう奨励されている。

ウィンターカンファレンス

USA サプライチェーン・マネジメントチームは、メンバーおよびサプライヤ・パートナーのために毎年1月にウィンターカンファレンスを開催している。参加者が日々の忙しさから解放され、戦略、コラボレーション、来年のプランに集中できるような、ユニークで美しい会場を探し、フリートの参加とパートナーシップを通じて得られる相互利益を最大化することを目的としている。この会議の特徴は、優れた情報のプレゼンテーションと関係構築の機会に加え、議題の大部分が、事業者メンバーとサプライヤとの対面会議に当てられていることである。

エグゼクティブ サミット

直近では、第26回原子力発電所及びサプライヤ・エグゼクティブ・サミットが、USA 主催で、2022年6月28日から7月1日まで開催された。プレゼンテーションや議論が行われたほか、約50社の産業界サプライヤが製品、サービス、アイデアを展示する総合見本市にも参加し、約375人が出席した。

一般セッションに先立ち、高度な遠隔監視、人材共有、サプライチェーン・マネジメントなどのテーマで商談が行われた。ビジネスだけでなく、表彰や贈呈の時間も設けられている。

1-2-3. 米国の取組（水素戦略）

(1) 水素戦略に関する DOE の政策

DOE は 2000 年代初頭より、水素戦略に関するプログラム計画、ロードマップ、ビジョンを記した政策文書を策定している。また、DOE 内各局がそれぞれ打ち出している戦略や開発・実証計画も策定されている。以下は最近（2020 年以降）に DOE として発表している包括的な戦略に関する政策である。⁴⁸

a. 水素プログラム計画（Hydrogen Program Plan）⁴⁹

DOE が 2020 年に策定した水素プログラム計画は、米国における水素および関連技術の研究、開発、ならびに配備（RD&D）を加速するための DOE の包括的かつ部門横断的な戦略計画である。本プログラムは、エネルギー効率化・再生可能エネルギー（EERE）、化石エネルギー（FE）、原子力（NE）、電力（OE）、科学（SC）など複数の DOE 各局にわたる活動を含み、先進研究機関エネルギー（ARPA-E）とも連携している。既存の、または将来的に需要が見込まれる水素利用の用途について図 1-4 に示す。

	Transportation Applications	Chemicals and Industrial Applications	Stationary and Power Generation Applications	Integrated/Hybrid Energy Systems
Existing Growing Demands	<ul style="list-style-type: none"> Material-Handling Equipment Buses Light-Duty Vehicles 	<ul style="list-style-type: none"> Oil Refining Ammonia Methanol 	<ul style="list-style-type: none"> Distributed Generation: Primary and Backup Power 	<ul style="list-style-type: none"> Renewable Grid Integration (with storage and other ancillary services)
Emerging Future Demands	<ul style="list-style-type: none"> Medium-and Heavy-Duty Vehicles Rail Maritime Aviation Construction Equipment 	<ul style="list-style-type: none"> Steel and Cement Manufacturing Industrial Heat Bio/Synthetic Fuels 	<ul style="list-style-type: none"> Reversible Fuel Cells Hydrogen Combustion Long-Duration Energy Storage 	<ul style="list-style-type: none"> Nuclear/Hydrogen Hybrids Gas/Coal/Hydrogen Hybrids with CCUS Hydrogen Blending

図 1-4 DOE 「水素プログラム計画」（2020）既存または将来的に需要が見込まれる水素利用の用途

水素利用の用途の新たな市場機会としては、複数の輸送用途（特に大型用途の燃料電池電気自動車、合成燃料の原料、石油やバイオ燃料のアップグレード）、産業用途（鉄鋼やセ

⁴⁸ US DOE “Program Plans, Roadmaps, and Vision Documents”

https://www.hydrogen.energy.gov/roadmaps_vision.html

⁴⁹ US DOE, Hydrogen Program Plan, 2022.

メント製造)、産業システムや建物内の熱利用、発電(大規模電力、オフグリッド分散電力、バックアップや非常用電力)、エネルギー貯蔵を挙げている。また、発電エネルギーを最適化するハイブリッドエネルギーシステムも有望な市場機会であり、水素製造技術を実用規模の発電所と統合するコンセプトは、発電所の収益性を向上させるとともに、グリッド・レジリエンスをサポートする可能性があるため、関心が高まっているとし、関連する例として、余剰電力から水素を製造し(電気分解)、その水素を販売するか他の目的に使用するか、または需要が高い時に(燃料電池やタービンを介して)電力に再変換する風力発電所や原子力発電所を挙げている。原子力発電所に水素製造を組み込むことについて、原子力ハイブリッドシステムはまだ本格的な商業展開には至っていないが、既存の原子力発電所で現在進行中のパイロットプロジェクトは、多くの残存する不確定要素を迅速に解決し、本格的な実施に向けてその利用を加速することが期待されるとしている。

本プログラムでは、必要な技術的進歩に基づく、水素とその関連技術のコストの目標値を以下のように定めている。

- ✓ 輸送用水素の製造：\$ 2/kg、輸送・流通：\$ 2/kg
- ✓ 産業用・定置用発電アプリケーションの水素：\$ 1/kg
- ✓ 長距離大型トラックと燃料電池システム：\$ 80/kW、耐久性を 25,000 時間とする。
- ✓ 車載用水素貯蔵装置：\$ 8/kWh、2.2 kWh/kg、1.7 kWh/l
- ✓ 電解槽の資本コスト：\$ 300/kW、耐久性は 8 万時間、システム効率は 65%。
- ✓ 燃料電池のシステムコスト：\$ 900/kW、耐久性は 40,000 時間で、燃料に柔軟性のある定置型高温燃料電池である。

b. 水素ショット (Hydrogen Shot) ⁵⁰

DOE は 2021 年 6 月、クリーン水素の市場ポテンシャルを引き出すため、クリーン水素のコストを 80%削減し、1 年後に 1 キログラムあたり 1 ドルとする「水素エネルギー・アースショット (水素ショット) を立ち上げた。水素ショットは、DOE のエネルギー・アースショットの第 1 弾であり、10 年以内に、より豊富で、安価で、信頼性の高いクリーンエネルギーソリューションのブレークスルーを加速させることを目指すとともに、給料の良い組合員の仕事を創出し経済を成長させることを目的としている。

c. クリーン水素戦略とロードマップ (DOE National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap) (ドラフト文書) ⁵¹

⁵⁰ US DOE “Hydrogen Shot” <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-shot>

⁵¹ US DOE “DOE National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap” Draft - September 2022.

DOE は 2022 年 9 月、クリーン水素戦略とロードマップと題する報告書のドラフト版を公開した。本報告書では、米国における水素の生産、輸送、貯蔵、および利用の現状と、部門を超えた国家目標に貢献するためにクリーン水素が提供できる機会について概観している。このドラフト文書は、超党派インフラ法（BIL）としても知られるインフラ投資・雇用法（公法 117-58）の第 40314 条に規定された立法文言に対応するものである。DOE は、ワークショップやリスニングセッションなどの機会を通じて関係者から意見を募り、そのフィードバックを利用して報告書を確定し、BIL の要求に従い更新を行う。また、利害関係者は、電子メールで意見を提出することもできる。

本報告書ドラフト文書において、水素は長期間のエネルギー貯蔵を通じて自然エネルギーを可能にし、現在の原子力発電や先進原子力、その他の革新的技術のようなクリーンな発電に柔軟性と複数の収益源を提供する技術であると考えられていると述べ、以下のとおり 2022 年～2036 年までの主要プログラム目標時期を定めている。

- 2023 年まで：原子力と統合した水素製造のための電解槽：1.25MW
- 2028 年まで：再生可能エネルギー（洋上風力を含む）、原子力、CCS 付き廃棄物・化石燃料を用いた 10 以上の実証実験
- 電解のための 20MW の原子力の熱抽出、分配、制御

原子力水素に関連して、「今日の原子力発電所群と次世代の先進的原子力アプローチ（小型モジュール炉を含む）により、クリーンでベースロードの原子力発電のための複数の地域的機会が存在する。電解槽は、風力や太陽光のポテンシャルが高い地域や原子力発電所の近くに設置する必要があるだろう。」と述べている。

(2) DOE が支援する水素関連事業

a. U.S. Industry Opportunities for Advanced Nuclear Technology Development プログラム

52

DOE NE 局は、2018 年 4 月から 3 か月に 1 度のペースで、技術革新や規制効率化を図るようなプロジェクトに対し資金援助を行っており（U.S. Industry Opportunities for Advanced Nuclear Technology Development プログラム）、事業者や研究所の開発を支援している。本プログラムは 2022 年末までの継続を予定している。以下に、プログラムサイトに掲載されている主な水素製造に関連する資金援助及び開発状況を示す。なお、2020 年第 3 四半期のプロジェクトは、DOE のエネルギー効率化・再生可能エネルギー部の水素・燃料電池技術課と共同で資金援助を行っている。

- Energy Harbor 社（旧 FirstEnergy Solutions 社）、Davis Besse 発電所（PWR）低温電気分解（LTE）による水素製造の実証の実証（2019 年第 3 四半期、918 万ドル）

⁵² US DOE “Industry FOA Awardees” <https://www.energy.gov/ne/industry-foa-awardees-8>

- Davis Besse 発電所では、原子力発電所からの電気エネルギーを利用する低温電気分解 (LTE) による水素製造の商業利用の実証が 2020 年に開始した。本プロジェクトは 2 か年のプロジェクトであり、平行した 2 つのトラックに分かれる。トラック 1 では、ピーク時発電用の水素貯蔵を含む軽水炉ハイブリッド発電／水素プラントの場所別技術・経済評価を実施する。トラック 2 は、Davis Besse 発電所に低温電解パイロット施設を統合し、試験する。その際、既存の機器やプラント・実験施設を利用する。低温電解施設では 2 MWe の電力を使用し、コンテナ化された固体高分子電解質膜電解槽と 1 日あたり 2,400 gal の水を使用して 800 kg から 1,000 kg の水素を生産する。発電所は、石油精製所、鉄鋼メーカー、合成ガス・化学プラントなど、既存の主要な水素消費者から 150 マイル以内に位置している。Energy Harbor 社の目標は、電解施設の統合を支える機器がプラントの運転、設計、許認可ベースに与える影響を決定すること、及び機器を統合プラントの配電システムに接続するための最も安全で最も効率的な手段を開発することである。また、入力変数に基づいて水素出力を変調することができるソフトウェアのテストを行うことも重要である。⁵³
- Xcel Energy 社 Prairie Island 発電所 (WH-PWR) における高温水蒸気電解 (HTSE) による水素製造の実証及び Arizona Public Service 社 Palo Verde 発電所 (CE-PWR) でのフェージビリティ評価 (2020 年第 3 四半期、1,376 万ドル)
 - 本プロジェクトは上記の Energy Harbor 社のプロジェクトの続き (トラック 3、4) である。トラック 3 では、原子力発電所からの電気／熱エネルギーを利用し、約 4kg/hr 以上の水素を生成する HTSE 水素製造パイロット施設を設置する予定である。この水素製造施設は、まずアイダホ国立研究所 (INL) で試運転される。その後、原子力発電所で試運転を行い、データ収集、HTSE の性能監視、原子力発電所や配電システムとの相互作用、季節ごとの気候条件での運転状況の把握などを行う。本プロジェクトでは、軽水炉ハイブリッド運転に必要な主要なインターフェイス (例えば、電力網と電解ユニット間の蒸気と電力出力の接続) を開発し、試験し、改良する。
 - トラック 4 では、Arizona Public Service 社 Palo Verde 発電所の水素貯蔵インフラを対象とし、可逆水素電気分解システムをプラントの二次系に統合するためのプラント初期設計と実現可能性評価を行う。これらの評価と Energy Harbor 社と Xcel Energy 社のプロジェクトに基づいて、トラック 4 では、水素製造と応答性発電を可能にする統合可逆性電解ユニットを設置し、技術的・経済的な実現可能性

⁵³ US DOE "LWR Integrated Energy Systems Interface Technology Development & Demonstration", 2019/9, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/12/f69/CX-020902.pdf>, POWER, 2020/6/11, <https://www.powermag.com/hydrogen-may-be-a-lifeline-for-nuclear-but-it-wont-be-easy/>

を実証するための設計パッケージを開発する。この設計には、水素貯蔵も組み込むことが期待されている。⁵⁴

- FuelCell Energy 社による固体酸化物電解セル (SOEC) の開発 (2020 年第 3 四半期、1250 万ドル)
- FuelCell Energy 社は、INL と共同で HTSE システムの実証・検証プロジェクトに取り組む。本プロジェクトにより、低温電解による水素製造と高温電解による水素製造のメリットを簡単かつ厳密に比較することができる。本プロジェクトの目的は、原子力発電による電気と蒸気の両方を利用した水素製造のビジネスケースを確立し、システムの効率性と柔軟性を最大化するために必要な物理試験データを提供することである。本プロジェクトでは 250 kW の SOEC サブスケールシステムの検証を行い、200～500MW のモジュール式 SOEC 実用規模システムの開発へとつなげる。⁵⁵
- なお、2022 年 9 月、本プログラムにおいて、「原子力と結合した水素製造と利用」事業を募集している。この発表は、高温水素製造または原子力エネルギーの水素結合最終用途に必要とされる原子力プラントの熱統合の開発を支援することを目的としている。DOE のエネルギー効率化・再生可能エネルギー局 (EERE) 水素・燃料電池技術室と連携して、DOE NE 局の軽水炉持続可能性プログラム室によって発表された。⁵⁶

b. H2@Scale プログラム⁵⁷

上記のような NE 局による資金援助に加えて、DOE は、原子力に限定しない水素製造の基盤技術開発プロジェクトに対する資金援助を 2016 年より行っている (H2@Scale プログラム)。ただし H2@Scale プログラムにおいても原子力に関連するプロジェクトが実施されており、それらの概要を以下に示す。

- 「組織化された電力市場と社内の水素供給への動的な運転を可能にするための原子力発電所での電解槽運転のデモンストレーション」⁵⁸

⁵⁴ US DOE “LWR Integrated Energy Systems Interface Technology Development & Demonstration”
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/10/f79/IND%20FOA%20FY20__%20Summary-Abstract%20ARD-20-22098%20Northern%20States%20Power.pdf

⁵⁵ US DOE “Solid Oxide Electrolysis System Demonstration”
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/10/f79/IND%20FOA%20FY2020%20Summary-Abstract%20ARD-20-23636%20-%20FuelCell.pdf>

⁵⁶ US DOE “DOE Funding Opportunity for Nuclear-Coupled Hydrogen Production and Use” SEPTEMBER 1, 2022
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/articles/doe-funding-opportunity-nuclear-coupled-hydrogen-production-and-use>

⁵⁷ US DOE “H2@Scale” <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/h2scale>

⁵⁸ Exelon “Demonstration of electrolyzer operation at a nuclear plant to allow for dynamic participation in an organized electricity market and in-house hydrogen supply”
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/12/f69/fcto-fcs-h2-scale-2019-workshop-4-otgonbaatar_0.pdf

- 実施組織：Exelon 社、Nel Hydrogen 社、INL、米国再生可能エネルギー研究所(NREL)、アルゴンヌ国立研究所 (ANL)
- 期間：2019 年 8 月～
- 予算：361 万ドル
- 実施内容：Exelon は、Nel Hydrogen および複数の国立研究所と提携し、Exelon の原子力発電所敷地内で水素製造、貯蔵、利用の統合施設を実証する。Exelon は、陽子交換膜 (PEM) 電解槽とそれに付随する水素貯蔵システム、サポートインフラ、電解槽のダイナミックな操作を可能にする制御システムを設置する予定である。プロジェクトの目標の 1 つは、原子力発電所内で使用するカーボンフリーの水素を経済的に供給することである。さらに、研究所と協力して電解槽の動的制御のシミュレーションと実証を行い、組織的な電力市場へのハイブリッド電力／水素システムの参加に道を開く。
- 「原子力水素製造の可能性に関する技術・経済的ケーススタディ」⁵⁹
 - 実施組織：INL、ANL、NREL、Exelon 社
 - 期間：2018 年 6 月 18 日～2019 年 5 月 17 日、予算：157.5 万ドル
 - 実施内容：Exelon 社の原子炉を対象に、FuelCell Energy 社の HTSE 法を統合した場合の技術的／経済的フェージビリティ評価を行う。
- 「溶融塩反応炉原子力発電所と電気・熱ハイブリッド水素製造プロセスの融合」⁶⁰
 - 実施組織：サバンナリバー国立研究所 (SRNL)、サンディア国立研究所 (SNL)、Southern Company Services 社, Terrestrial Energy US 社
 - 期間：2018 年 1 月 1 日～2020 年 5 月 31 日、予算：150 万ドル
 - 実施内容：S-I サイクルを Terrestrial Energy 社の一体型溶融塩炉 (IMSR) に統合した場合のシステム解析、及び膜電極接合体 (MEA) の改良を行う。
- 「PWR/MCFR/TWR を用いた HTSE による水素製造・エネルギー貯蔵の評価」⁶¹
 実施団体：INL、パシフィック・ノースウェスト国立研究所 (PNNL)、TerraPower 社

DOE NE 局は、2022 年 9 月、2023 年以降の研究計画書を公表し、原子力水素製造について、最初の商業利用に至るまでの研究開発とパイロットプロジェクトの実施スケジュール

⁵⁹ Exelon “Merchant Hydrogen at Scale: A Technical-Economic Case Study of the Potential for Nuclear Hydrogen Production”, <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/12/f69/fcto-fcs-h2-scale-2019-workshop-7-otgonbaatar.pdf>

⁶⁰ SRNL, “Hybrid Electrical/Thermal Hydrogen Production Process Integrated with a Molten Salt Reactor Nuclear Power Plant”, https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review18/h2026_anton_2018_p.pdf

⁶¹ US DOE “H2@Scale: Enabling affordable, reliable, clean, and secure energy across sectors” <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/09/f79/h2-at-scale-crada-projects-2020.pdf>

ル（図 1-5）を示している。

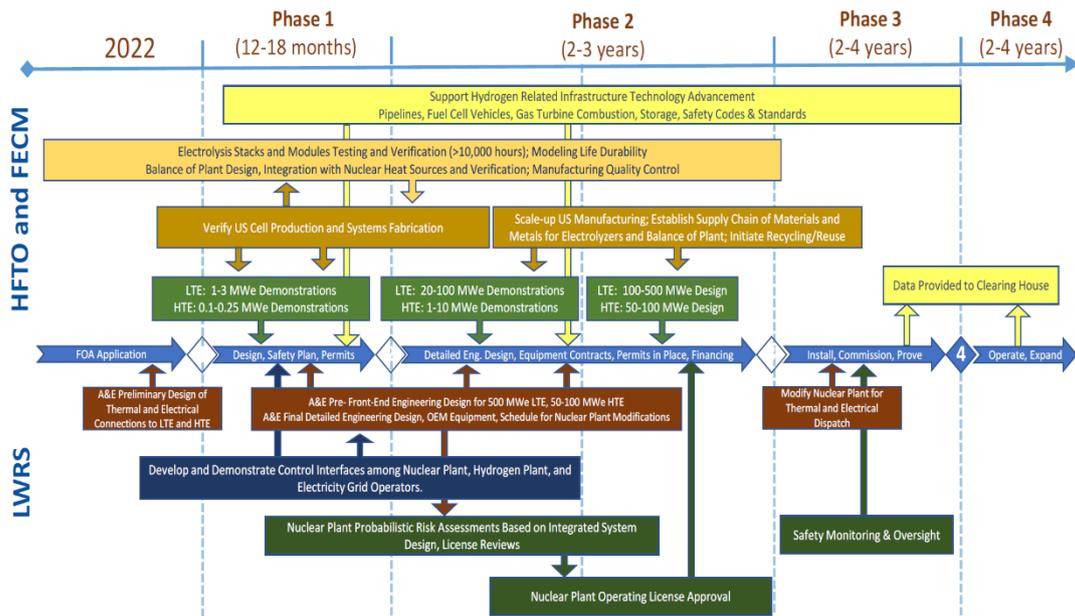


Figure 12. Approximate schedule for R&D and pilot demonstration projects leading up to the first commercial project

図 1-5 DOE NE 局が示した水素製造研究開発のスケジュール

(3) NuScale を用いた水素製造

発電以外の様々な用途（脱塩、石油精製、水素製造等）に電気と熱を供給するため、NuScale プラントを使用することの実用性を評価する一連の技術・経済評価研究が行われている。天然ガスが安価な米国では、水蒸気メタン改質が最も一般的な水素製造方法だが、メタンを分解するのに必要な熱と蒸気を発生させるために、原料のメタンの約 10～15%を燃焼させる必要があり、その結果 CO₂ の排出が懸念されている。一方、電気分解は、水や蒸気を分解し、クリーンな水素と酸素を得ることができる方法である。高温水蒸気電解法（HTSE）は新しい技術で、従来の水の電気分解よりも 40%ほど効率が高い。HTSE プロセスに熱と電気を供給する際の水素製造コストのベースラインを確立するための研究が NuScale、Fluor Corporation、およびアイダホ国立研究所（INL）の研究者らによって 2014 年に実施された。

このケーススタディでは、NuScale のパワーモジュール（NPM）で生産した熱と電力を、800°Cで運転する比例スケールの HTSE ユニットの直接送電した。

HTSE ユニットでは、熱回収スキームを用いて、HTSE の給水側を予熱するために精製された水素と酸素で熱交換を行い、入り口側の蒸気とガスリサイクルフローを過熱する。HTSE の蒸気ループが予熱された給水を沸騰させ、高圧蒸気を過熱する。NuScale を使って発電した 1.15 MWe の電力を用いて蒸気とリサイクルガスを 800°Cまで加熱する。残りの電力で電解を行う。本ケーススタディの結果を表 1-8 に示す。

表 1-8 NuScale の HTSE による水素製造ケーススタディの結果

パラメータ	値
NuScale モジュール数	1
出力サイクル効率	31.8%
電気出力 (MWe)	46.2
HTSE 電気分解用電力	44.9
HTSE ポンプ機器電力	0.11
HTSE 付加熱用電力	1.15
プロセス熱出力 (MWt)	12.3
HTSE ユニット数	1
水素製造効率 (%)	32.0
水量 (kg/hr)	11,900
消費水量／水素製造量	9.04
時間当たり製造ガス量	-
水素 (kg/hr)	1,310
酸素 (kg/hr)	10,400

上記のケースでは 160 Wt NuScale が 1 モジュールで 1,310 kg/hr の水素を製造しているが、中規模の水素製造プラントとして水素製造量を 200t/d とすると 6 モジュール必要となる。200t/d の水素製造能力があると、中規模アンモニア製造プラント (製造能力:1,150t/d)、石油精製所 (製造能力:40,000~50,000 barrels/d) または製鉄所の工場群に必要な水素を供給することができる。また、このケーススタディで実施された経済性評価の結果は、天然ガス価格や技術の成熟度により、天然ガスの改質の方がコスト面で優位であった。ただし、NuScale-HTSE の組み合わせは、天然ガス価格、炭素排出価格、HTSE プロセスの成熟といった要素により、コスト競争力が高まる可能性がある。また、負荷追従発電能力において言及したハイブリッドエネルギーシステムとして、NuScale、水素製造、風力発電を組み合わせることにより、再エネの有効活用と無炭素の発電及び水素製造を組み合わせることができる。

62

NuScale は 2020 年 11 月、モジュールあたりの出力が 25%増加して合計 77 MWe となることで、250 MWt の NPM1 台で 2,053 kg/hr の水素、すなわち約 50 t/d の水素を製造できることが判明したことを発表した。さらに、出力増加による電力コストの低減の結果、NuScale の HTSE システムによって製造される水素は、高容量係数再生可能水素製造コスト

⁶² Idaho National Laboratory, EXTENDING NUCLEAR ENERGY TO NON ELECTRICAL APPLICATIONS, The 19th Pacific Basin Nuclear Conference (PBNC 2014), August 2014

の見積もりに対してコスト競争力を持つと同時に、連続的かつ制御された水素製造を実現すると予想されるとしている。⁶³NuScale は現在自社ウェブサイトで、HTSE システムによる水素製造について次のように紹介している；

1 台の NPM から出るエネルギーは、過熱蒸気となり、850°Cで運転する HTSE システムに直接送られる。NPM の電気出力 (1.8MWe) のわずか 2%が、NPM 出口の 300°Cから電解槽の 850°Cまでのプロセス蒸気温度上昇に使用されている。さらに、NuScale HTSE システムによって製造される水素は、連続的かつ制御された水素製造を実現する一方で、高容量係数再生可能水素のコスト見積もりに対して競争力があると予想される。250 MWt の NuScale モジュール 1 台で、1 時間あたり 2,053 kg、1 日あたり約 50 t の水素を生産することができる。NPM1 台で、米国の平均的な年間使用率で 38,000 台の燃料電池自動車または 1,500 台の長距離燃料電池トラックを駆動するのに十分な水素を製造することができる。⁶⁴

(4) まとめ

以上、米国の水素戦略について、DOE が打ち出している政策と DOE が支援する水素製造関連事業について紹介した。水素の幅広い用途の想定や、水素の製造・輸送等のコストや価格について具体的な目標を定めている。原子力水素に関しては、発電所と組み合わせた原子力ハイブリッドシステムはまだ本格的な商業展開には至っていないとしているが、電力会社と国立研究所による共同実証研究への支援が行われており、NuScale の HTSE による水素製造の実証研究と経済性評価も行われている。

⁶³ NuScale “December 2020 NuScale Power Business Update”

https://s24.q4cdn.com/104943030/files/doc_downloads/business_update/December-2020-Business-Update.pdf

⁶⁴ NuScale “COST-COMPETITIVE, CARBON-FREE HYDROGEN PRODUCTION”

<https://www.nuscalepower.com/environment/clean-hydrogen-production>

1-2-4. 米国の取組（サイバーセキュリティ）

原子力発電所では、生産性を最大化するために、デジタルシステムの利用が進んでいる。原子力発電所が直面するサイバーセキュリティの課題に対応するため、原子力規制委員会（NRC）は、インフラの変更、省庁間インターフェースの強化、検査の強化、サイバーセキュリティロードマップの開発などの措置を取っている。以下では、NRCのセキュリティ要件とDOEの報告書におけるサイバーセキュリティに関する記載内容について紹介する。

(1) NRCのセキュリティ要件

NRCの認可施設に対するセキュリティ要件は、10CFR Part 73「プラント及び核物質の物的防護」に規定されている。そこでは、特殊核物質の貯蔵及び運搬時を対象に、潜在的に脅威となる対象の特定（設計基準脅威（DBT））、核物質防護要件、施設及び機密情報へのアクセス、職員の資格及び不測事態計画等が規定されている。また、2001年9月11日のテロ攻撃後、NRCはセキュリティ勧告と命令を発令し、原子力発電所に対して特定のコンピュータシステムの保護を強化するための措置をとることを求めた。

a. サイバーセキュリティ要件（10CFR73.54）

2009年3月、NRCは10CFR73.54「デジタルコンピュータおよび通信システムならびにネットワークの保護」を発行し、原子力発電所の安全、セキュリティおよび緊急時対応機能に関連するデジタルコンピュータおよび通信システムがサイバー攻撃から確実に保護されることを運転中の原子力発電所の認可取得者およびライセンス申請者に要求した。その結果、安全システムを監視・制御し、原子炉の運転を支援する運転中の発電所のコンピュータシステムは、外部との通信から隔離されることになった。また、施設の安全対策を行うセキュリティシステムも、インターネットを含む外部通信から隔離されている。

本要件は、新設炉の運転認可（OL）またはコンバインド・ライセンス（COL）申請者だけでなく既設炉の認可取得者にも適用される。従って、認可取得者及び申請者は10CFR50.90に基づく認可変更申請としてサイバーセキュリティ計画（CSP）を提出しなければならない。

b. 原子力施設のサイバーセキュリティプログラム

NRCスタッフは、2010年1月付でReg. Guide 5.71「原子力施設のサイバーセキュリティプログラム」を公表した。産業界は、本規則に従うCSPの策定を支援するためのガイダンスを検討し、2010年4月付でNEI 08-09, Rev.6「原子炉のサイバーセキュリティ計画」をNRCに提出した。NRCは、2010年5月5日付で、NEI 08-09, Rev.6が容認可能であるとの見解を示し、今後Reg. Guideを改訂する際にエンドースする意向であるとNEIに通知した。

NEI は、10CFR73.54 の対象となるデジタルコンピュータ、通信システム、ネットワークを特定するための産業界ガイダンス (NEI 10-04, Rev.2「サイバーセキュリティ規則の対象となるシステム及びアセットの特定」) を 2012 年 6 月 27 日付で NRC に提出した。それに加えて、NEI は、重要なデジタル設備 (CDA: Critical Digital Asset) *を保護するためのサイバーセキュリティ管理プロセスを効率化するための産業界ガイダンス (NEI 13-10, Rev.6「サイバーセキュリティ管理評価」) を 2017 年 9 月付で NRC に提出した。米国の原子力発電所のサイバーセキュリティの関連組織を図 1-6 に示す。

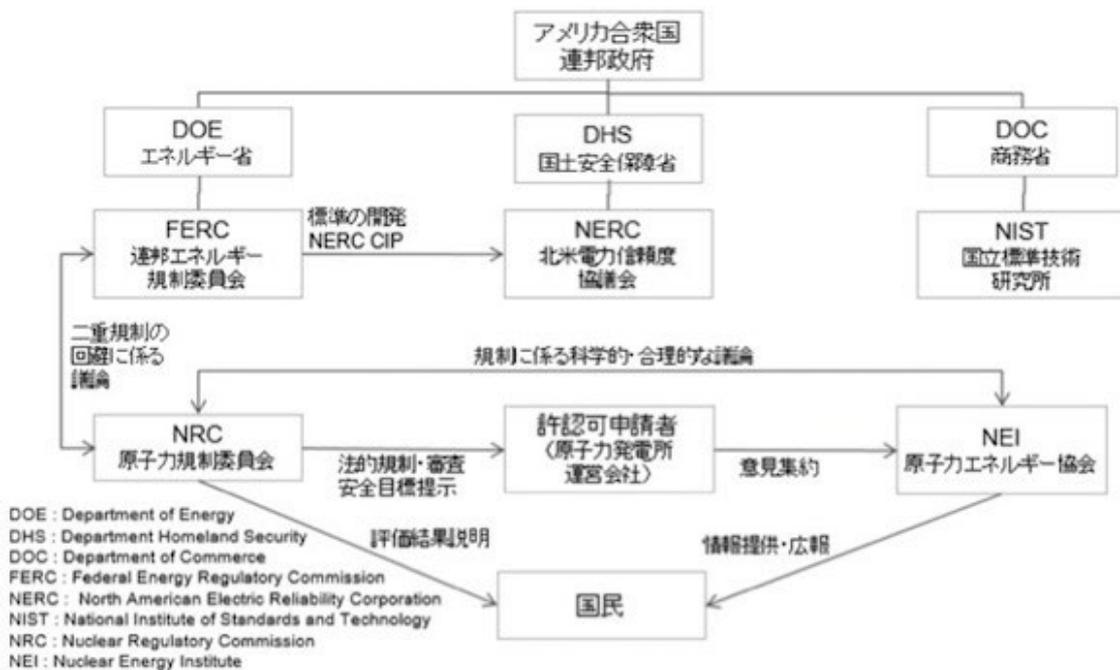


図 1-6 米国原子力発電所のサイバーセキュリティの関連組織 ⁶⁵

該当する認可取得者は、図 1-7 に示すように 7 つのマイルストーンを通じて巡回検査を受けた。米国の全原子力発電所は、サイバー攻撃からの保護のために NRC が定めた規制を遵守するため、2017 年末までに NEI 08-09, Rev.6 に基づいてサイバーセキュリティプログラムの完全実施を完了した。

評価の結果、データダイオードで隔離した、防護区域 (PA) および枢要区域 (VA) の内部に配置されている CDA は、適切な深層防護策が講じられていない場合、物理的およびサプライチェーンの経路を通じてサイバー攻撃を受ける可能性があることが分かった。こ

* JANUS 注: CDA は NEI 08-09 Rev.6 の付録 B で次のように定義されている。コンピュータ、通信システム、またはネットワークのうち、重要なシステムの構成要素 (安全関連・重要安全機能、セキュリティ機能、オフサイトコミュニケーションを含む緊急時対応機能 (SSEP)) を実行する設備、重要なシステムを支援する設備、保護する設備、重要なシステムへの経路を確保する設備が含まれる)、またはサイバー攻撃の結果、その故障または損害が SSEP 機能に悪影響を及ぼすと考えられるサポートシステム設備。

⁶⁵ スマートジャパン, https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1812/06/news021_3.html

これらの評価により、データダイオードで隔離した CDA、PA および VA の内部にある CDA を保護するためには、認可取得者は CDA の脆弱性および関連する脅威を特定するための評価を実施し、適用可能なセキュリティ管理を決定する必要があることが示された。

NRC は、完全実施検査の過程で、CSP が要求する深層防護対策に十分に対応していないとして、安全上の重要性が低い違反を複数指摘した。しかし、全般的には、合理的な保証があれば、認可取得者は CSP に記載されたサイバーセキュリティの要求事項を理解し、サイバーセキュリティプログラムを実施しているとスタッフは結論付けた。

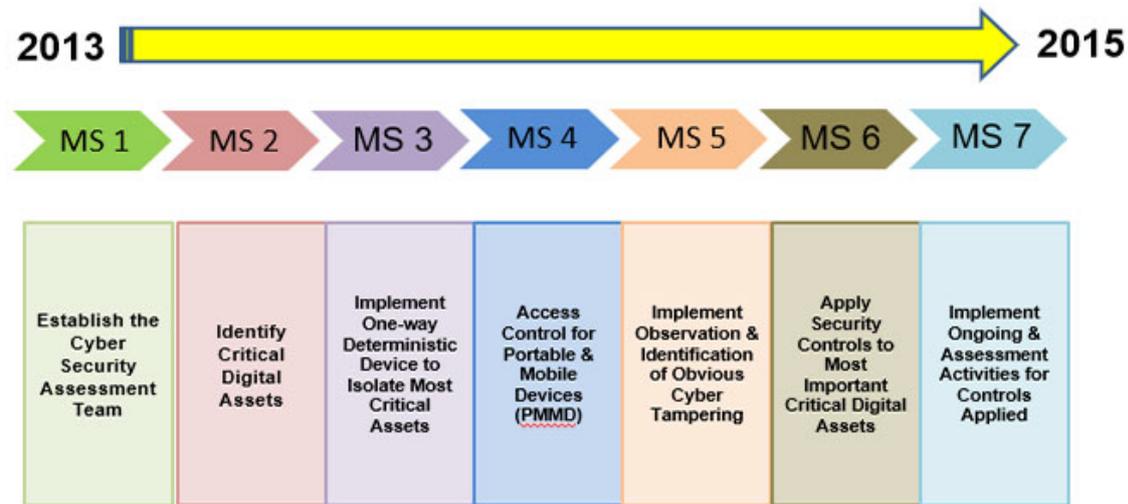


図 1-7 サイバーセキュリティ検査の 7つのマイルストーン ⁶⁶

c. サイバーセキュリティ事象通報要件

NRC は、10CFR73.77「サイバーセキュリティ事象通報」の最終規則を 2015 年 11 月 2 日付官報で公表した。本要件は、サイバーセキュリティ事象の通報について規定している。サイバー攻撃や設計基準脅威からデジタルコンピュータ及びネットワークを保護し、NRC が認可取得者のサイバーセキュリティプログラムの信頼性及び効果を分析できるような新しいサイバーセキュリティ事象通報手法の確立を目的としている。NRC は、サイバーセキュリティ事象通報要件に関するガイダンスとして NRC に通報すべきサイバーセキュリティ事象の例を示す Reg. Guide 5.83「サイバーセキュリティ事象通報」を 2015 年 7 月付で公表した。

また、NEI は、10 CFR 73.77「サイバーセキュリティ事象通報」を遵守するためのガイダンスである NEI 15-09, Rev.0「サイバーセキュリティ事象通報」を 2016 年 2 月 29 日付で NRC に提出した。NRC は、NEI 15-09, Rev.0 をレビューし、エンドースすることを 2016 年 4 月 25 日付で NEI に通知した。

⁶⁶ NRC, <https://www.nrc.gov/security/cybersecurity.html>

(2) DOE のサプライチェーンに関する報告書

DOE は、2022 年 2 月 24 日付で公表した「クリーンエネルギーへの移行を確実にするためのサプライチェーン確保に向けた米国の戦略」⁶⁷と共に発行された深堀報告書の1つで横断的トピックとして「サイバーセキュリティとデジタル機器」⁶⁸を発行している。

本報告書の対象には、エネルギー部門産業基盤（ESIB）内の全てのシステムが含まれており、レガシーシステムのサイバーサプライチェーンリスクの管理と緩和が今後も優先的な懸念事項であり続けることを指摘している。また、仮想プラットフォームの利用拡大や人工知能（AI）/機械学習（ML）の適用による運用効率の追求が進む中、これらのデジタル資産のサプライチェーンがサイバーセキュリティを考慮して開発されていることを確認する戦略的な機会であることを指摘している。表 1-9 に報告書中で紹介されている AI/ML 戦略と取り組みのレビュー文献を示す。

表 1-9 連邦政府の AI/ML 戦略と取り組みのレビュー文献

連邦政府	タイトル	URL
米国標準技術研究所（NIST）	AI 政策への貢献	https://www.nist.gov/artificial-intelligence/ai-policy-contributions
NIST	AI リスクマネジメントの枠組み	https://www.nist.gov/itl/ai-risk-management-framework
NIST	AI リスクの分類法	https://www.nist.gov/system/files/documents/2021/10/15/taxonomy_AI_risks.pdf
国防総省／統合人工知能センター	データ作成マネジメント支援	https://www.govconwire.com/2021/04/jaic-seeks-data-preparation-management-support-for-dods-ai-development-initiatives/
科学技術政策室と全米科学財団	人工知能研究リソースタスクフォース(NAIRRTF)	https://www.ai.gov/nairrtf

原子力分野に関しては、深堀報告書の「原子力エネルギー」⁶⁹の中でサイバーセキュリティに関するリスクに言及している。本報告書では、原子力発電所に対するサイバー攻撃の可能性のある 5 つの分野⁷⁰として以下を紹介している。

- トリップ信号を無効にするようなデジタル化された保護システム
- 補助給水ポンプと弁を無効にするようなデジタル化された制御システム
- 警報の解除や誤った情報の送信など運転員の過誤を引き起こすようなシステム

⁶⁷ DOE, America's Strategy to Secure the Supply Chain for a Robust Clean Energy Transition, February 24, 2022

⁶⁸ DOE, Cybersecurity and Digital Components, <https://info.publicintelligence.net/DoE-CybersecuritySupplyChainReport.pdf>

⁶⁹ DOE, Nuclear Energy, Supply Chain Deep Dive Assessment, February 24, 2022

⁷⁰ JW Park and SJ Lee (2020), "A quantitative assessment framework for cyber-attack scenarios on nuclear power plants using relative difficulty and consequence," Annals of Nuclear Energy 142:107432.

- 非常用ディーゼル発電機の無効化などの物理的な機器
- 冷却材喪失を引き起こす弁作動などの事故シナリオへの直接的な関与

米国の電力会社、国立研究所、およびその他の組織のサイバーセキュリティの専門家は、既存の原子力発電所に対するこのような攻撃を防止し、脆弱性を最小限に抑えるためのシステムを開発するために取り組んでいる。EPRIの技術評価手法⁷¹は、原子力発電所のシステム全般にわたるサイバーセキュリティリスクを評価するための統合的なフレームワークを提供している。

Egger⁷²は、原子力サプライチェーンのサイバー脆弱性について議論し、「サプライチェーンの悪用は、製品ライフサイクルの初期に導入され、発動されるまで持続し検出されない可能性がある」とこと、「汎用的なハードウェアとソフトウェアの使用は、敵対者が公開された情報を利用して悪用に必要な知識を得ることを可能にし、参入障壁を低くしている」ことを指摘している。図1-8は、原子力サプライチェーンにおけるサイバー脆弱性を、構成機器とプロセスを表すブロック図で表したもので、上部の緑色の図形は標的型攻撃の可能性が低く、下部の桃色の図形は可能性が高いことを示している。

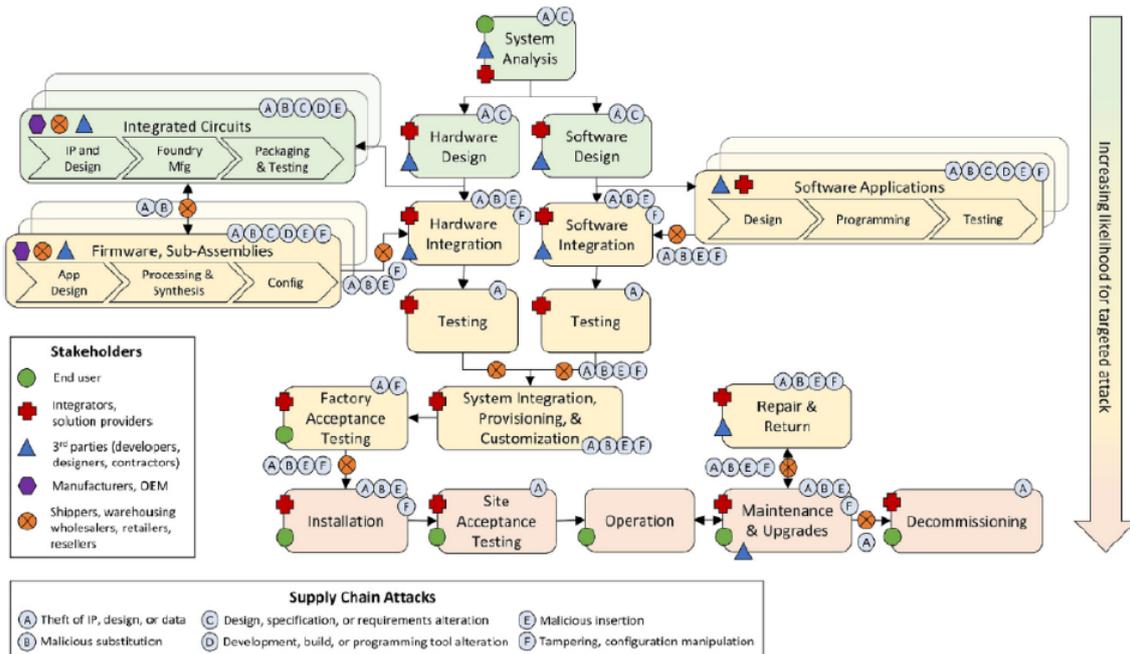


図 1-8 原子力サプライチェーンにおけるサイバーセキュリティの脆弱性

⁷¹ EPRI Journal (2020), "Toward a New Risk-Informed Approach to Cyber Security," January/February.

<https://eprijournal.com/wp-content/uploads/2020/02/epri-journal-2020-no-1.pdf>

⁷² Shannon Eggers (2021), "A novel approach for analyzing the nuclear supply chain cyber-attack surface," Nuclear Engineering and Technology 53:879-887

2. 海外の原子力産業市場に関する調査

日本のプラント・機器・部材メーカー等の今後の海外展開の活動に資することを目的として、海外の原子力産業の市場調査を行った。

2-1. 背景

2021年11月の第26回国連気候変動枠組条約締約国会議（COP26）を経てグラスゴー気候協定が採択されたことで、2050年までに世界のCO₂排出量をネットゼロにすることを目指して、新たな機運が高まっている。COP26においては、多くの国が国別貢献量を改定し、今後数十年でCO₂排出量をネットゼロにすることを約束し、この気候目標達成のために原子力発電が果たす役割が認識された。

その後の新型コロナウイルス（COVID-19）によるパンデミックや、地政学的緊張、ヨーロッパでの軍事紛争などの最近の出来事は、エネルギーシステムの信頼性に影響を与え、地域間のエネルギーフローを阻害し、エネルギー価格の大幅な上昇につながっている。このことから、現在では、将来のエネルギー供給と価格ショックを回避するためのエネルギー安全保障に原子力が重要な役割を果たすという認識が広まっている。

斯様にエネルギー事情が変化するなか、気候変動対策への強いコミットメントとエネルギー安全保障への新たな視点から、多くのIAEAの加盟国が国のエネルギー政策を見直し、既存の原子炉の長期運転、第三世代／第三世代+原子炉の新規建設、小型モジュール炉（SMR）の開発と展開に関する決定を行っている。

本節においては、主に2050年までに予想される世界のエネルギー事情、原子力プロジェクトについて概説し、現在の原子力機器ベンダーの製造能力と将来的に期待される新しい技術について紹介する。なお、本節に含まれる原子力の発電容量（electric generation capacity）は、2021年時点で想定される経済成長、電力需要の増加の予測に基づき以下の2つのケースで分類するものとする。⁷³

High case（高予測）

野心的であるものの実現可能と考えられるケース。

本ケースは、各国の気候変動に関する政策を考慮しているものの、野心的な二酸化炭素のネットゼロエミッション（net zero carbon emission）を反映したものではない。さらに、各国のエネルギーシステムの転換の具体的な道筋を反映したものではない。本ケースは、原子力発電の利用拡大について各国が表明した内容を統合している。

⁷³ High case 及び Low case の定義は IAEA, "Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050", 2022. による。本節では WNA, The launch of The World Nuclear Supply Chain: outlook 2040 report, Oct 7, 2020. で示される、The Upper scenario 及び The Reference scenario を同上の High case 及び Low case と同義とし情報を整理している。

Low case（低予測）

現在の市場、技術及び利用される資源のトレンドが変わらず、原子力に影響を与えるような明示的な法律、政策、及び規制の追加的な変更がほぼ存在しないケース。本ケースは、「保守的であるものの、もっともらしい」予測となるように設計されている。また、特定の国の原子力に関する目標が必ずしも達成されることを必要としていない。

2-2. 世界のエネルギー事情

(1) 最終エネルギー消費(2021年時点)

2021年までの世界の最終エネルギー消費の概要を図2-1に示す。

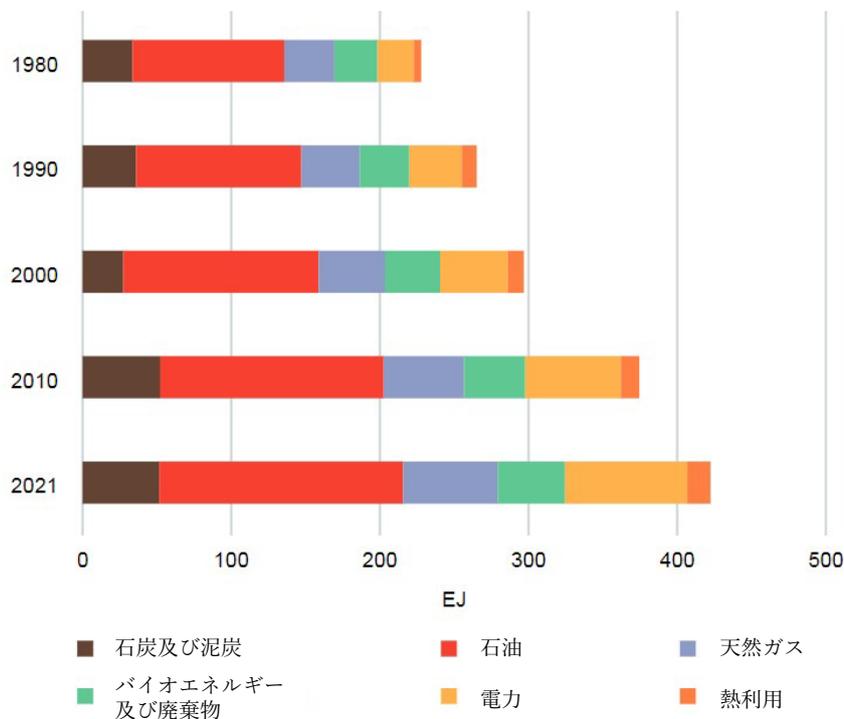


図2-1 世界の最終エネルギー消費⁷⁴

1980年以降、化石燃料は最終エネルギー消費の大部分を占め続けているが、その合計シェアは1980年の74%から2021年には66%へと徐々に減少している。石炭のシェアは、1980年から2000年にかけてやや減少し、2000年から2010年にかけて増加し、その後再び減少している。天然ガスは約15%のシェアを一定に保っている。石油のシェアは1980年以降やや低下し、2010年以降は約40%で安定している。

⁷⁴ IAEA, "Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050", 2022.

<https://www.iaea.org/publications/15268/energy-electricity-and-nuclear-power-estimates-for-the-period-up-to-2050>

1980年以降、最も大きく変化したのは電力のシェアで、9ポイント増加し、年平均約3%の割合で消費量が伸びている。将来的に、電力消費量は最終エネルギー消費を上回るペースで増加することが予想されるため、電力のシェアは今後も拡大していくものと考えられる。

(2) 最終エネルギー消費及び電力(2050年まで)

2050年までに予想される最終エネルギー消費及び電力の比較を表2-1に示す。

最終エネルギー消費は、2030年までに2021年比で約12%、2050年までに約27%、年平均約1%の割合で増加する見込みである。2050年までに、最終エネルギー消費に占める電力の割合が2021年の割合から約10ポイント増加、電力消費量が年平均約2.4%のペースで増加し、電力消費量は2倍に増加すると予想されている。

表 2-1 世界の最終エネルギー消費及び電力の比較

最終消費	2021	2030	2040	2050
エネルギー[EJ]	422.4	471.2	498.3	535.1
電力[EJ]	82.3	105.5	132.1	159.6
エネルギーに対する電力の割合[%]	19.5	22.4	26.5	29.8

(3) エネルギー源別の発電量(2021年時点)

世界のエネルギー源別の発電量の概要を図2-2に示す。

1980年以降、原子力や再生可能エネルギーのシェアが高まっているにもかかわらず、化石燃料(特に石炭)のシェアは60%を超え、依然として優勢を維持していることが確認できる。

化石燃料の内、天然ガスのシェアは、1980年以降10ポイント以上増加している。一方で、石炭のシェアは2010年まで40%前後で推移していたが、その後徐々に数%ポイント減少している。なお、化石燃料の中では、石油の割合が最も大きく変化しており、1980年の約20%から2021年には約2%に減少している。

水力は、1980年から約4ポイント減少しているものの、依然として低炭素電力の最大の供給源であり、16%を占めている。また、近年では、太陽光と風力のシェアが急速に増加し、1980年の1%未満から2021年には9%に上昇している。

原子力のシェアは1980年から1990年にかけて急速に増加し、ほぼ2倍になったが、2000年以降は減少している。

なお、2020年の世界の電力需要の減少は、20世紀半ば以降で最大の年間減少幅となった。2021年には世界の電力消費は回復し、2019年の水準を超えた。一方で、総エネルギー

一消費量は増加したものの、2019年の水準には達しなかった。

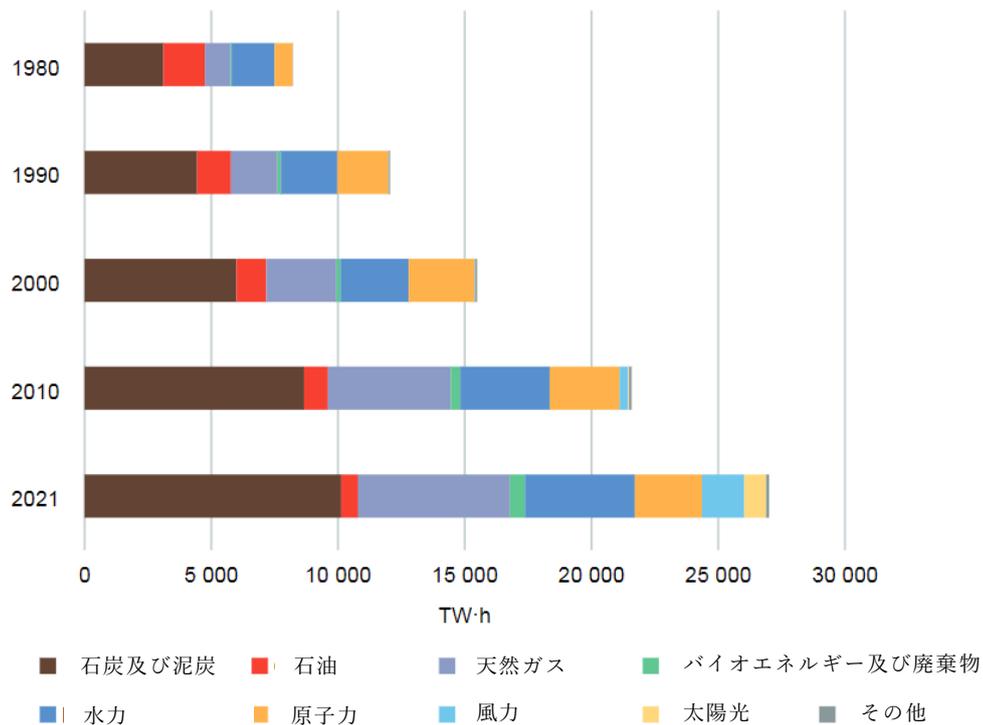


図 2-2 エネルギー源別の発電量(2021年時点)

(4) 原子力の発電量(2021年時点)

各国の原子力の発電量を図 2-3 に、電源構成に占める原子力の割合を図 2-4 に示す。世界全体でみた場合、総発電量に対する原子力の割合は約 9.8% で前年よりも 0.4% 減少していた。一方、その発電量は 2,653TWh で前年と比較し約 4% 増加していた。

(5) 原子力の発電量(2050年まで)

2050年までに予測される、世界の総発電量と原子力の発電量の関係を表 2-2 に、世界及び地域毎の原子力発電の発電量を表 2-3 に示す。総発電量は、2021年比で 2030年までに約 23%、2050年までに 85% 増加すると予測される。

High Case の場合、原子力の発電量は 2021年比で 2030年までに約 40%、2050年までに 2.5 倍以上増加すると予想され、総発電量に占める原子力の割合は 3%ポイント以上増加する見込みである。

Low Case の場合、原子力の発電量は 2030年までに 2021年比で約 12% 増加し、2050年までに 29% に上昇すると予想される。総発電量に占める原子力の割合は 3ポイント程度低下する見込みである。

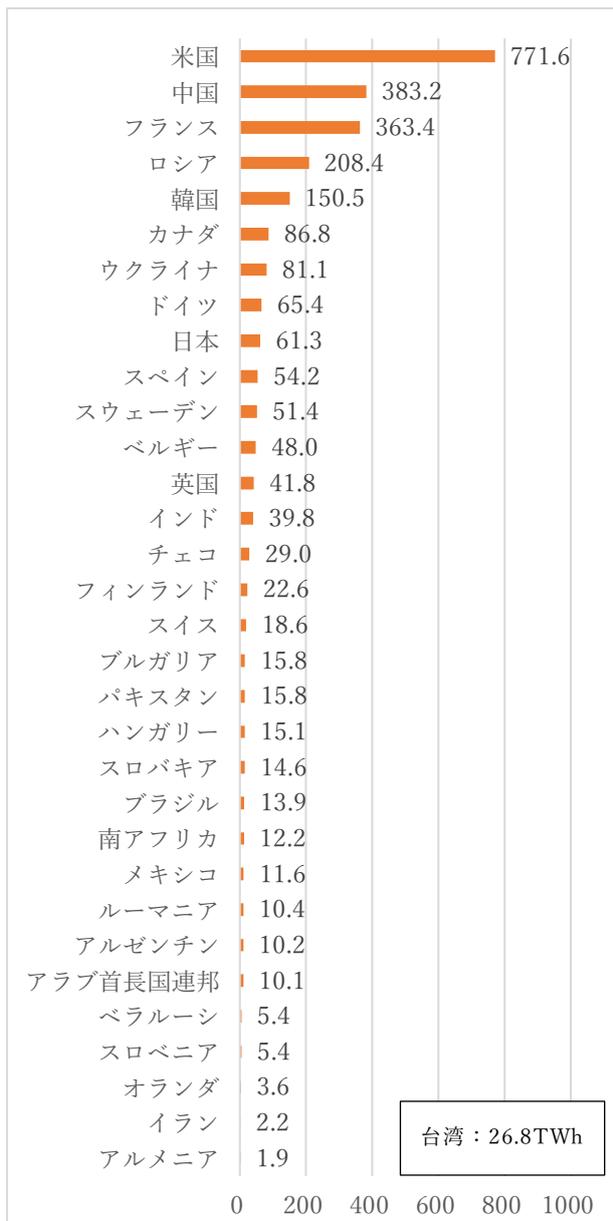


図 2-3 各国の原子力の発電量[TWh]



図 2-4 各国の原子力の割合[%]

表 2-2 世界の総発電量と原子力の発電量の関係[TWh]

発電量	2021	2030		2040		2050	
		Low case	High case	Low case	High case	Low case	High case
総発電量 [Twh]	27,007	33,275		41,508		50,071	
原子力の 発電量 [TWh]	2,653	2,963	3,724	3,169	5,336	3,435	7,010
総発電量に 対する原子 力の割合[%]	9.8	8.9	11.2	7.6	12.9	6.9	14.0

表 2-3 世界の原子力の発電量[TWh]

地域	2021	2030		2040		2050	
		Low case	High case	Low case	High case	Low case	High case
世界合計	2,653.1	2,963	3,724	3,169	5,336	3,435	7,010
北米	858.4	699	896	515	908	326	1,031
中南米	35.7	42	46	65	123	92	197
北欧、西 欧、南欧	674.4	678	727	580	928	353	1,092
東欧	379.8	399	465	425	707	492	816
アフリカ	12.2	13	22	57	84	69	151
西アジア	12.0	56	64	91	141	112	189
南アジア	58.8	132	211	239	361	370	609
中央アジ ア、東アジ ア	621.8	943	1,293	1,188	2,047	1,597	2,793
東南アジア	-	-	-	8	37	24	118
オセアニア	-	-	-	-	-	-	14

2-3. 世界の原子力プロジェクト

(1) 原子炉の開発動向（2021 年末時点）

世界では、2021 年末時点で 437 基の原子炉が稼働中であり、その合計の電気容量は 398.5GW であった。また新たに 6 基、総発電容量 520 万 kW の原子力発電所が系統に接続され、10 基、総発電容量 870 万 kW が廃止された。2021 年末時点の世界で運転中、建設中の原子炉及び原子力の発電量を表 2-4 に示す。

表 2-4 世界の原子力発電所の発電量(2021 年時点)

国	運転段階		建設中		(2021 年時点)	
	ユニット数[基]	正味の容量[MW]	ユニット数[基]	正味の容量[MW]	発電量 [TWh]	原子力の割合
世界合計	437	389,508	56	58,096	2653.1	9.8
アルゼンチン	3	1,641	1	25	10.2	7.2
アルメニア	1	448	-	-	1.9	25.3
バングラデシュ	-	-	2	2,160	-	-
ベラルーシ	-	1,110	-	1,110	5.4	14.1
ベルギー	7	5,942	-	-	48.0	50.8
ブラジル	2	1,884	-	1,340	13.9	2.4
ブルガリア	2	2,006	-	-	15.8	34.6
カナダ	19	13,624	-	-	86.8	14.3
中国	53	50,034	16	15,967	383.2	5.0
チェコ	6	3,934	-	-	29.0	36.6
フィンランド	4	2,794	-	1,600	22.6	32.8
フランス	56	61,370	-	1,630	363.4	69.0
ドイツ	3	4,055	-	-	65.4	11.9
ハンガリー	4	1,916	-	-	15.1	44.7
インド	22	6,795	8	6,028	39.8	2.8
イラン	1	915	1	974	3.2	1.0
日本	33	31,679	2	2,653	61.3	5.1
韓国	24	23,091	4	5,360	150.5	26.5
メキシコ	2	1,552	-	-	11.6	3.4
オランダ	1	482	-	-	3.6	3.1
パキスタン	5	2,242	1	1,014	15.8	10.6

国	運転段階		建設中		(2021年時点)	
	ユニット数[基]	正味の容量[MW]	ユニット数[基]	正味の容量[MW]	発電量[TWh]	原子力の割合
ルーマニア	2	1,300	-	-	10.4	19.0
ロシア	37	27,727	4	3,759	208.4	19.2
スロバキア	4	1,868	2	880	14.6	52.3
スロベニア	1	688	-	-	5.4	36.9
南アフリカ	2	1,854	-	-	12.2	3.4
スペイン	7	7,121	-	-	54.2	20.8
スウェーデン	6	6,882	-	-	51.4	31.4
スイス	4	2,960	-	-	18.6	29.5
トルコ	-	-	3	3,342	-	-
ウクライナ	15	13,107	2	2,070	81.1	55.0
アラブ首長国連邦	2	2,762	2	2,690	10.1	1.3
イギリス	12	7,343	2	3,260	41.8	14.8
米国	93	95,523	2	2,234	771.6	19.6

(2) 原子力の新設と閉鎖の見通し(2050年まで)

原子力の発電容量の2021年の実績ならびに、2050年までの見通しを図2-5に示す。

2021年末時点で原子炉の3分の2は運転開始から30年が経過しており、近い将来に閉鎖されることが予定されているため、それを補うための原子炉の新設の必要性が高まっている。

High Caseの場合、閉鎖予定の複数の原子力発電所の運転期間が延長され、2030年までに閉鎖される原子力発電所は2021年時点の発電能力の約8%に留まると考えられる。この結果、2030年までに約90GW、その後の20年間で390GW以上の発電容量の純増(原子力発電所の新設分から閉鎖分を差し引いたもの)が期待される。

Low Caseの場合、2030年までに既存の原子炉の約18%が閉鎖され、プラントの新設により約60GWの発電容量が追加されると考えられる。2030年から2050年にかけては、新規プラントによる発電容量の増加がプラントの閉鎖に伴う発電容量の減少を若干上回ると予想される。



図 2-5 原子力の発電容量の 2021 年の実績ならびに、2050 年までの見通し [GW]

3. 海外における原子力サプライヤの支援活動に関する調査

日本のプラント・機器・部材メーカー等の支援活動に資することを目的として、海外における原子力サプライヤの支援活動に関する調査を行った。

3-1. 英国の原子力サプライヤの支援活動

(1) 政府による原子力輸出やサプライヤ支援に関する取り組み

英国では、原子力発電は重要な脱炭素電源として位置づけられており、国全体のエネルギー戦略の中で原子力に関する方針が記載されている。以下に英国政府及び政府機関のエネルギーに関する政策の中で、原子力産業に対する支援に関わるものを示す。

a. グリーン産業革命のための 10 ポイントプラン

英国政府は 2020 年 11 月、「グリーン産業革命のためのテンポイントプラン（The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution）⁷⁵」を公表し、再生可能エネルギーや原子力といった脱炭素技術に対する支援策を公表した。そのタイトルにある通り、グリーン産業革命のためのポイントとして 10 項目が挙げられており、原子力に関しては Point 3 として「新型炉及び革新炉の導入（Delivering New and Advanced Nuclear Power）」が掲げられている。Point 3 の記載内容は以下の通り。

概要

- 英国内ではおよそ 6 万人の人々が原子力産業に従事しており、英国における原子力産業はさらに発展する可能性を秘めている。
- 大型炉にしろ、SMR 及び AMR（Advanced Modular Reactor）といった次世代型の技術にしろ、原子力の新設は低炭素電源と雇用創出の面で英国を成長させるものである。
- 「革新原子力ファンド（Advanced Nuclear Fund）」を設立し、SMR を含む次世代型原子力技術の開発に 3 億 8500 万ポンドの支援を行う。内訳は、英国内での SMR の開発に 2 億 1500 万ポンド、AMR の研究開発プログラムとして高温ガス炉の実証に 1 億 7000 万ポンドとする。
- さらに、規制の枠組み策定と英国サプライチェーンに追加で 4000 万ポンドの支援を行う。

⁷⁵

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/936567/10_POINT_PLAN_BOOKLET.pdf

新型炉及び革新炉導入による効果の予測

- 大型炉の新設をすると、建設時に最大 10,000 人の雇用を創出する。
- 政府支援により、民間から SMR の開発だけで最大 3 億ポンドの投資が促される。
- 1GW の原子力発電所の建設毎に、200 万世帯にクリーンエネルギーを供給する。
- ターゲットのマイルストーン
- 2020 年 エネルギー白書の発行
- 2021 年 UK SMR 設計開発の第 2 フェーズの公開
- 2020 年代半ば Hinkley Point C 原子力発電所の稼働開始
- 2030 年代初頭 英国国内初の SMR 及び AMR 実証炉の導入

b. 英国エネルギー安全保障戦略

英国政府は 2022 年 4 月、「英国エネルギー安全保障戦略(British Energy Security Strategy)⁷⁶」(日本原子力産業協会による邦訳⁷⁷)を公表し、前述の「10 ポイントプラン」に引き続き、更なる政府支援を表明した。本戦略は、2022 年 2 月に開始されたロシアによるウクライナ侵攻を起因とするエネルギー価格の高騰を受けた「エネルギー安全保障戦略」となる。クリーンエネルギーのみならず、光熱費への即時支援や、石油とガス (Oil and Gas) といった項目についても記載されており、前回に続き原子力 (Nuclear) も項目の中に含まれている。概要は以下の通り。

概要

- 2050 年までに民生用原子力発電所の発電容量を現在の 3 倍以上となる 24GW まで高め、英国内の電力需要の 25%を賄うようにする。
- 1つの原子力プロジェクトの FID (最終投資決定) を可能にするため、最大 17 億ポンドの直接政府資金の提供を約束する。
- Sizewell C プロジェクトに 1 億ポンドの支援を行う。
- Rolls-Royce 社による SMR 開発に 2.1 億ポンドの支援を行う。
- 新規原子力開発のための 1.2 億ポンドの未来原子力実現基金 (Future Nuclear Enabling Fund) を立ち上げる。

c. 原子燃料基金 (NFF)

英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS) は 2022 年 7 月、原子力発電所用原子燃料の国内生産量拡大を目的とした 7,500 万ポンドの「原子燃料基金 (NFF)」を開始する

⁷⁶

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1069969/british-energy-security-strategy-web-accessible.pdf

⁷⁷ https://www.jaif.or.jp/cms_admin/wp-content/uploads/2022/04/british_energy_security_strategy

ことを表明した⁷⁸。

d. 次世代型原子力技術に対する 330 万ポンドの資金支援

英国政府は 2022 年 9 月、英国政府が支援する次世代型原子炉への資金支援を表明した。英国政府は、先進的な原子力技術を支援する 330 万ポンドの資金提供により、英国政府の原子力に関する野望的な挑戦を実現するものとしている。本資金提供により、英国内での AMR の導入に係る研究が支援され、英国中のプロジェクトが恩恵を受け、さらに英国の自国開発の原子力技術は英国のエネルギー自給の維持強化をさらに加速させるものであるとしている。

本支援策では、具体的な資金提供の支援先として、2022 年 9 月の発表時点で既に 6 つの企業及びプロジェクトが選定されており、総額 250 万ポンドの資金提供を受けている。以下にその 6 つのプロジェクトと資金提供額を括弧内に示す。

- U-Battery AMR プロジェクト (499,845 ポンド)
- EDF Energy 社の高温ガス炉プロジェクト (499,737 ポンド)
- Ultra Safe Nuclear Corporation (USNC) UK のマイクロモジュール炉 (MMR) (498,312 ポンド)
- 英国国立原子力研究所 (NNL)、日本の JAEA、英 Jacobs らの英日合同チームによる高温ガス炉プロジェクト (497,495 ポンド)
- Springfields Fuels の高温ガス炉燃料プロジェクト (243,311 ポンド)
- 英国国立原子力研究所 (NNL) の高温ガス炉燃料プロジェクト (250,000 ポンド)

(2) 原子力産業界による原子力輸出促進やサプライヤ支援に関する取り組み

英国では、原子力関連企業による独自のサプライヤ支援の取り組みや、サプライチェーンチームを創設してサプライヤ支援を行っている事例が見られる。それらを以下に記載する。

a. Rolls-Royce 社の取り組み

前項(1)b. 「英国エネルギー安全保障戦略」に示す通り、英国の原子力主要企業である Rolls-Royce 社は、英国政府から SMR 開発の補助を受け、UK-SMR の開発を行っている。

また同社は、原子力サプライチェーンに関連し、グローバルサプライヤポータルと呼ばれる Web サイト⁷⁹により、サプライヤ向けの管理文書、調達案件等を公開している。

加えて同社は、既設原子力発電所で使用されているが既に販売中止となって購入できなくなってしまう旧式化 (Obsolescence) してしまった資機材に関する問題を解決する

⁷⁸ <https://www.gov.uk/government/publications/nuclear-fuel-fund-nff>

⁷⁹ <https://suppliers.rolls-royce.com/GSPWeb/appmanager/gsp/guest>

POMS (Proactive Obsolescence Management System)というシステムを開発している⁸⁰。POMSは、世界中の原子力発電所から資機材の在庫状況やメンテナンスに関する情報を収集し、同時にサプライヤも旧式化した部品の状況やスペアパーツの供給可否の情報を更新できるようになっている。POMSを活用することで、旧式化に関する問題の早期発見や資機材メーカーのサプライチェーン構造の把握といったことが可能になっている。

b. Sizewell C 原子力発電所新設計画のサプライチェーンチーム

EDF Energy 社及びそのパートナー出資者は、英国東部サーフォーク海岸に数十億ポンドの費用をかけて Sizewell C 原子力発電所を新設する計画をしている。サーフォーク商工会議所は、EDF Energy 社と提携し、本計画を効率的かつ効果的に進めるためサプライチェーンを支援していくとしており、「Sizewell C サプライチェーンチーム」を発足させた⁸¹。本チームは、Sizewell C ウェブサイトポータルを運営しており、サプライチェーンの1次企業が潜在的なサプライヤを探し出す支援を行っている。

(3) 学術機関 AMRC による原子力サプライヤ支援の取り組み

Sheffield 大学の研究機関 AMRC (Advanced Manufacturing Research Centre) は、Fit For Nuclear (F4N)プログラムという独自のサービスを提供しており、英国企業が原子力サプライチェーンの中で事業を実施する支援を行っている。F4Nは、原子力発電所の建設や運転、廃炉に関わる様々なサプライチェーン上のメーカーが参画しており、原子力事業を実施する上での様々な支援が提供されている。既に1,000社以上がオンラインでのF4Nアセスメントを完了し、ほとんどの企業がF4Nによる継続的な支援を受けているとされている。

AMRCからF4Nの認定を受けた企業は、F4N Companiesとしてウェブサイトで公開されている⁸²。さらにF4N Connectというポータルサイトでは、F4Nの認定を受けた企業が製品種別や製造技術のカテゴリを選択して検索できるようになっている。

⁸⁰

https://na.eventscloud.com/file_uploads/c625db404e3778b50bf37ca288fc69fe_15ManagingDataPOMSandCMISRAPID2016_RobLittles.pdf

⁸¹ <https://www.sizewellsupplychain.co.uk/>

⁸² <https://namrc.co.uk/services/f4n/companies/>

3-2. 韓国の原子力サプライヤの支援活動

(1) 政府による原子力輸出やサプライヤ支援に関する取り組み

韓国では 2022 年 3 月に実施された大統領選挙により政権が交代し、新たに選出された尹錫悦大統領は前政権での脱原発政策を方針転換し、国内原子力産業の復活に向け原子力プラント輸出促進やサプライヤ支援に関する取り組みをスピード感を持って実行している。さらに原子力産業の基盤強化に向け、原子力産業界への財政支援や人材育成、研究開発にも力を入れている。

以下では韓国政府による原子力輸出やサプライヤ支援等に関する取り組みについて時系列でまとめる。

a. 原子力輸出基盤構築事業の実施

韓国の産業通商資源省（MOTIE）は 2022 年 5 月 16 日に、原子力の輸出競争力の強化及び受注可能性の向上のため、総額 47.9 億ウォン規模の「2022 年度原子力輸出基盤構築事業」を実施すると発表した⁸³。MOTIE は近年、世界的なカーボンニュートラル基調の拡散とエネルギー安保の価値が高まるなど原発の重要性が浮き彫りになったことから、原子力輸出が原子力産業の復活と国富創出の重要な手段であると判断し、同事業を通じて官民の受注力量を総結集し、海外原子力受注の可能性を高めていく計画である。2022 年度はチェコ、ポーランドなど原子力導入が本格的に推進されている国々を中心に各国の特性と条件に合わせて原子力輸出関係ネットワークの構築、機材輸出の支援、基盤造成など多様な受注活動を展開していく計画だ。

具体的には、①原子力輸出に関する巡回説明会や原子力輸出対象国の政府・産業界・学界の主要関係者の招請、メディア広報を通じて韓国の原子力業界のイメージ向上と技術力をアピールし、②中小企業の海外展示会の参加支援や海外販路の開拓支援諮問など、韓国の中小原子力企業の海外資機材輸出を支援する一方、③原子力と機材発注情報の入手や輸出競争国の情報提供など原子力輸出関連基盤の構築を推進する計画である。

b. 産業通商資源省（MOTIE）と関係機関による原子力輸出促進に向けた議論

産業通商資源省（MOTIE）は 2022 年 6 月 8 日、関係省庁及び業界関係者*とともに原子力輸出促進のための準備団会議を開催した⁸⁴。

83

http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=165589&bbs_cd_n=81¤tPage=11&search_key_n=title_v&cate_n=&dept_v=&search_val_v

84

http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=165662&bbs_cd_n=81¤tPage=11&search_key_n=title_v&cate_n=&dept_v=&search_val_v

同会議はエネルギー安全保障強化とカーボンニュートラルによるグローバルレベルにおける原子力市場拡大の動きに対応し、韓国の原子力技術を世界市場に輸出するために各機関が持つ技術を集結し、輸出先各国の特徴や条件に合う防衛産業・経済支援など多様な事業をパッケージ化することで原子力の受注競争力を高め、同時に韓国が強みを持つ産業の一体的な進出を図るためのものである。

MOTIE は同準備団の運営を通じて国別輸出戦略とパッケージ準備などを事前に準備し、これを土台に早期に官民が参加する「原子力輸出戦略推進団」を稼働する予定である。また、今回の会議で MOTIE は世界各国の原子力政策と市場動向について関係機関と情報を共有する一方、各機関に原子力輸出に必要な事項についての意見共有を行った。MOTIE はチェコやポーランドなどの原子力政策の動向並びに建設推進状況を説明し、原子力受注競争力を高めるため、各機関の積極的な支援と協力を要請した。

*出席者：MOTIE 原子力産業政策局長（主宰）、国務調整室、企画財政部、外交部、防衛事業庁、韓国水力原子力(KHNP)、韓国電力公社(KEPCO)、韓国電力技術(KEPCOE&C)、韓電原子力燃料(KNF)、韓電 KPS、産業銀行、輸出入銀行、貿易保険公社、KOTRA、韓国原子力産業協会(KAIF)

c. 産業通商資源省（MOTIE）による原子力産業企業への支援の公表

産業通商資源省（MOTIE）は 2022 年 6 月 22 日、前政権による脱原発方針のもとで危機的状況に直面している原子力産業企業を支援することを目的とした「原子力産業企業への支援対策」を発表した⁸⁵。支援内容を表 3-1 にまとめる。

表 3-1 原子力産業企業への支援対策

支援内容	具合的な取り組み
国内向け発注の早期実施	<ul style="list-style-type: none"> 既設炉の予備品と新ハンウル 3・4 号機の建設再開のための設計等に 925 億ウォン規模の発注を 2022 年中に実施 2025 年までに 1 兆ウォン以上の発注を追加実施し、できるだけ早期に契約を締結する一方、大規模な事業が創出される新ハンウル 3・4 号機の建設については電力需給基本計画の反映手続きを経て早期に発注を推進する予定。

85

http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=165706&bbs_cd_n=81¤tPage=1&search_key_n=&cate_n=&dept_v=&search_val_v=

支援内容	具合的な取り組み
輸出拡大	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力産業の事業連続性を維持し、持続的な成長を支援するため、原子力輸出を強力に推進。 ・ チェコ・ポーランドなど事業者選定が近い国はパッケージ作りと政府高官級による受注活動に注力し、プラント輸出、機材輸出、運営・サービス輸出など輸出方式も多角化して、国別特性に応じたオーダーメイド型受注戦略を推進。 ・ 政府・関係機関など官民が参画するコントロールタワーとして「原子力輸出戦略推進団」を7月に発足し、受注能力を総結集させ、主要な輸出戦略拠点を大使館に指定し専門担当官の派遣も推進。 ・ 原子力サプライヤのグローバルサプライチェーンへの参入を支援するため、オーダーメイド型入札情報システムを2022年下半期に稼動し、輸出に必要なグローバル認証の支援、海外ベンダーの登録、輸出マーケティングの支援等も強化。
原子力産業界への財政支援	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中小企業政策資金、技術保証、協力会社への融資支援など、2022年に3,800億ウォン規模の流動性を原子力産業界に供給。 ・ 韓国水力原子力(KHNP)を中心に協力企業に2,000億ウォン規模の流動性を支援し、投資型支援規模も現在の120億ウォンから300億ウォン以上拡大する予定。 ・ 金融機関が現場を直接訪れる「金融相談デスク」とMOTIE第2次官主宰による「原子力産業界競争力T/F」を運営し、原子力産業界の懸案問題の解消を支援。
原子力技術の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 原子力R&Dに2022年6,700億ウォン、2023年から2025年まで3兆ウォン以上を投資。 ・ 2022年12月まで原子力産業界バリューチェーンを深層分析し、これを基に炉内機材の国産化開発と中小協力業者の輸出支援のための海外需要連携型のR&Dに集中投資する一方、原子燃料と素材・部品のサプライチェーンに支障がないよう核心物資を管理。 ・ 原子力水素、原子力解体、放射性廃棄物管理など次世代技術と原子力の安全性向上、素材・部品・装備分野への投資も強化。

支援内容	具合的な取り組み
人材育成	<ul style="list-style-type: none"> 原子力 R&D に大学の参加を拡大させて研究人材を養成し、高レベル放射性廃棄物融合大学院を 2023 年に新設し、今後専門人材の需要の増加が予想される高レベル廃棄物管理分野の修士・博士人材を毎年 20 人規模で養成。 原子力関連学科卒業生の原子力産業へのリクルートを促進するためにインターンシップ採用及び正規職転換を支援し、原子力企業在職者の力量強化、現場実務人材に対する教育プログラムを運営。
SMR（小型モジュール原発）及び原子力水素	<ul style="list-style-type: none"> 韓国独自モデルである革新型 SMR の開発・商用化に 2028 年までに 3,992 億ウォンを集中投資。 中小機材業者の SMR 部品供給力量を確保するための R&D、技術分析・検証、性能認証、装備活用などを支援。 また、SMR 開発と並行して海外マーケティングも推進する一方、海外先導企業との協力を通じて韓国国内企業が SMR グローバルサプライチェーンの形成段階で早期に進入できるよう支援。 既設炉と連携した水素生産のため、基盤研究及び系統影響の分析を先行し、これに基づき実証、法制度の整備、海外原子力の受注連携を推進。

d. 韓国政府による原子力産業界への支援対応に関するまとめ

上述した韓国政府による原子力産業界への支援の対応状況について表 3-2 にまとめる。表 3-2 の通り、韓国政府は政権交代後から矢継早に原子力産業界への支援策を発表しており、原子力産業復活に向けた強い決意がうかがえる。支援策の内容としては、プラント輸出やサプライヤ支援を中心に、財政支援、人材育成、R&D 等、広範囲に及んでいる。中でもプラント輸出については所管省庁である MOTIE だけでなく他の関係する省庁が一丸となり取り組んでおり、輸出先国別に戦略を立てるなど力の入れようが伺える。

表 3-2 韓国政府による原子力産業界への支援の対応状況のまとめ

(下線部がサプライヤ支援に関する内容)

支援策（実施日）	内容
原子力輸出基盤構築事業の実施（2022 年	<ul style="list-style-type: none"> 原子力輸出に関する巡回説明会や原子力輸出対象国の政府・産業界・学界の主要関係者の招請、メディア広報を通じて韓国

5月16日)	<p>の原子力業界のイメージ向上と技術力をアピール</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>中小企業の海外展示会の参加支援や海外販路の開拓支援諮問など、韓国の中小原子力企業の海外資機材輸出を支援</u> ・ <u>原子力と機材発注情報の入手や輸出競争国の情報提供など原子力輸出関連基盤の構築を推進する計画である。</u>
産業通商資源省 (MOTIE) と関係機関による原子力輸出促進に向けた議論 (2022年6月8日)	<p>(以下は会議での議論内容)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 関係省庁及び業界関係者とともに原子力輸出促進のための準備団会議 ・ MOTIE は同準備団の運営を通じて国別輸出戦略とパッケージ準備などを事前に準備し、これを土台に早期に官民が参加する「原子力輸出戦略推進団」を稼働予定。 ・ 今回の会議で MOTIE は世界各国の原子力政策と市場動向について関係機関と情報を共有する一方、各機関に原子力輸出に必要な事項についての意見共有。 ・ MOTIE はチェコやポーランドなどの原子力政策の動向並びに建設推進状況を説明し、原子力受注競争力を高めるため、各機関の積極的な支援と協力を要請した。
産業通商資源省 (MOTIE) による原子力産業企業への支援 (2022年6月22日)	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>国内向け発注の早期実施 (既設炉用予備品等の早期発注)</u> ・ <u>輸出拡大 (サプライヤの海外進出支援を含む)</u> ・ <u>原子力産業界への財政支援 (原子力業界全体での資金流動性確保)</u> ・ <u>原子力技術の強化 (サプライヤの海外進出支援関連の R&D を含む)</u> ・ 人材育成 ・ SMR (小型モジュール炉) 及び原子力水素

(2) 原子力産業界による原子力輸出促進やサプライヤ支援に関する取り組み

韓国の原子力産業界はプラントメーカーやサプライヤが「Team Korea」として政府とも連携しながら原子力プラント輸出促進に関する取り組みを実施している。韓国の原子力産業界による原子力輸出促進やサプライヤ支援に関する取り組みの状況を以下にまとめる。

a. 世界原子力協会 (WNA) 主催の世界原子力シンポジウム (2022年) への出展

WNA 主催世界原子力シンポジウムは世界各国の原子力産業界のリーダー、専門家、幹部陣が一堂に会する会合であり、原子力業界の更なる発展に向け、関連する情報や知見に

ついて共有することを目的に毎年開催されている。2022年は9月7日から9日にかけて英国ロンドンにて開催された⁸⁶。

2022年の世界原子力シンポジウムには韓国原子力業界より、韓国電力公社（KEPCO）のCEOがスピーカーとして参加し、「Nuclear is the engine for sustainable development」という題目で講演を行った。さらに、世界原子力シンポジウムでは出展機会があり、韓国原子力業界は「Team Korea」として出展し、UAEでのAPR1400の建設成功を背景とした韓国原子力業界の強みをアピールした模様である。図3-1に2022年の世界原子力シンポジウムへの出展企業一覧を示す。なお、今回のシンポジウムにはスピーカー、出展者ともに日本からの参加はなかった。

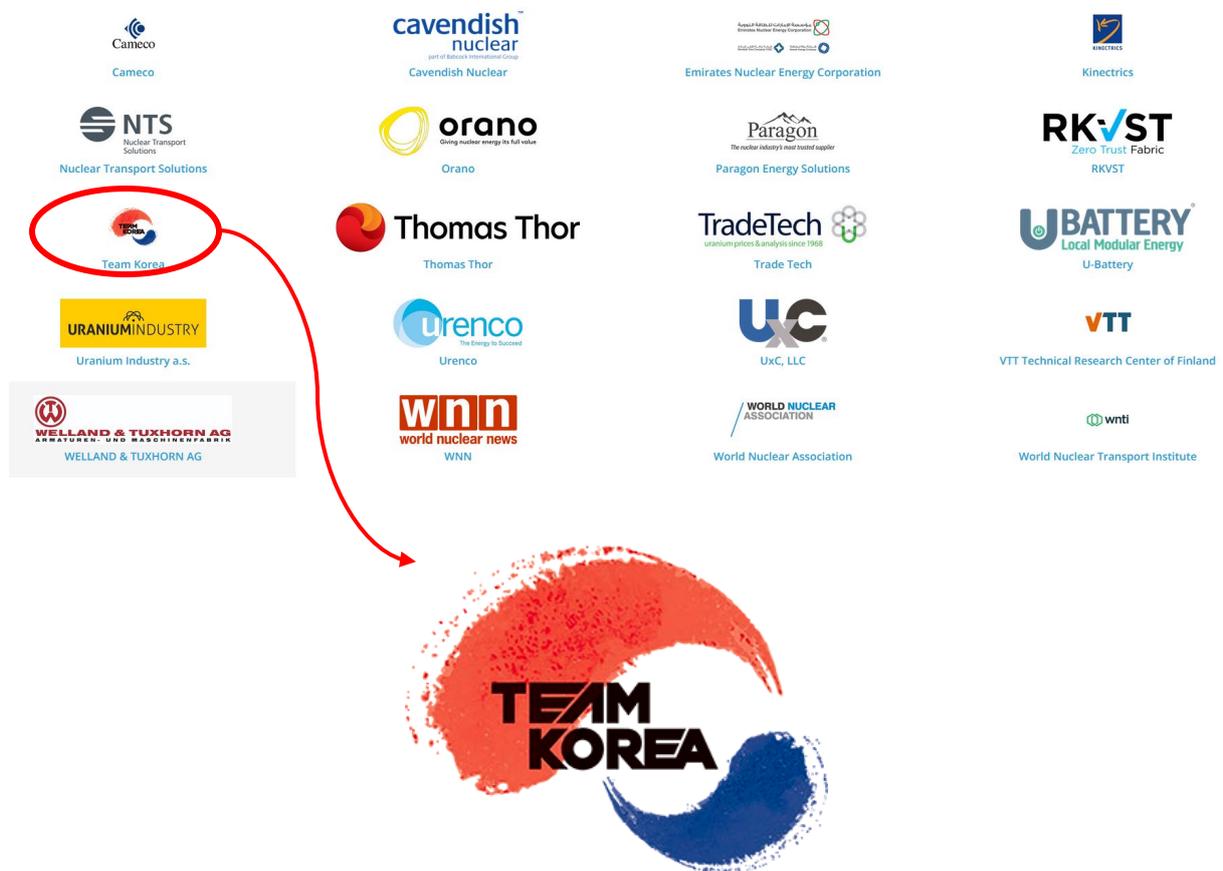


図 3-1 2022 年の世界原子力シンポジウムへの出展企業一覧

(WNA ホームページより (一部加工))

⁸⁶ <https://www.wna-symposium.org/>

b. 原子力プラント輸出候補国（ポーランド）における韓国原子力業界アピールのためのイベント開催

ポーランドは現行のエネルギー政策において、2043年までに合計6基の大型炉の建設を予定しており、現在、Westinghouse (AP1000)、EDF (EPR)、KHNP (APR1400) が受注に向けた営業活動を同国にて展開している。

韓国原子力産業界では、韓国の原子力産業界の国際協力の橋渡しを行っている非営利組織であるKNA（韓国原子力協会）が中心となり「Team Korea」として受注獲得に向けた取り組みを実施している。取り組みの一つとして、韓国原子力産業界は2022年6月30日に、韓国の原子力産業界の優位性をアピールし、ポーランドの関係者との協力関係を深めることを目的としたイベント「Korean Nuclear and High-tech Day」を開催した⁸⁷。図3-2に「Korean Nuclear and High-tech Day」のプログラムを示すが、韓国原子力業界の説明の他に、韓国料理の提供や韓国文化のパフォーマンスなど、趣向を凝らした内容となっている。

Program	
17:30	Registration & Networking
18:00 ~ 19:00	<ul style="list-style-type: none"> ■ Opening Remarks Chung, Jae-hoon, President & CEO of KHNP ■ Congratulatory Remarks Lee, Chang-Yang, Minister of Trade, Industry and Energy of ROK (Poland Side To be confirmed), ■ Introduction of KHNP and it's capability (by KHNP) ■ Introduction of Korean Nuclear and High-tech Industry (by KNA) ■ Introduction of Polish Energy Market (by IGEOS)
19:00 ~ 21:00	<ul style="list-style-type: none"> Dinner & Performances ■ Dinner and Korean Culture Experience Event ■ Korean Traditional Performances & K-POP Dance

図 3-2 「Korean Nuclear and High-tech Day」のプログラム

⁸⁷ https://www.igeos.pl/images/aktualnosci/2022/Invitation_of_Korean_Nuclear_and_High-tech_Day_2022.pdf

c. 米国原子力アライアンス（USA）の定期総会への参加

米国原子力産業界では、複数の小規模原子力事業者がアライアンスという組織を設立し、原子力発電所の運営効率化に向けた情報共有や予備品の融通などを行っている。米国におけるアライアンスである USA（Utilities Service Alliance）⁸⁸は 8 事業者（9 発電所）から構成されており、情報共有活動の一環として、サプライヤリストを作成し、アライアンス加盟事業者の発電所においてサプライヤフェアの実施や年に一度サプライヤカンファレンスを実施している。

韓国水力原子力（KHNP）は、2021 年 12 月に USA との協業を目的とした協定を締結した（図 3-3 に協定締結時の様子を示す）⁸⁹。この協定を受け、KHNP は 2022 年 6 月に開催された USA の定期総会に参加した⁹⁰。今回の総会には、USA 参加企業 8 社の他、NuScale、NRC、EPRI、Westinghouse、Paragon 等の原子力関連組織から 250 人余りが出席した。今回で 26 回目となる定期総会に米国以外の海外企業が出席したのは KHNP が初めてである。2022 年 5 月に米韓首脳間で原子力協力を拡大することで合意し、KHNP が両国の原子力運営会社間の協力強化と原子力産業界の維持のための方策を推進することによるものである。

「Nuclear's Next Wave」というテーマで開かれた今回の定期総会で、出席者たちはエネルギー産業環境と原子力の役割変化について意見を交わした。また、定期総会と並行して開催されたサプライヤの展示会では、KHNP の原子力プラント輸出子会社である KNP をはじめ、韓国国内 3 社の中小企業と共に参加して関連技術を PR した。



図 3-3 KHNP と USA の協定締結時の様子

⁸⁸ <https://www.usainc.org/>

⁸⁹ <https://www.usainc.org/utilities-service-alliance-signs-agreement-with-koreas-largest-electric-power-generation-company-korea-hydro-nuclear-power-co-ltd-to-support-usa-objectives-goodwill-and-innovation/>

⁹⁰

https://www.khnp.co.kr/board/BRD_000187/boardView.do?pageIndex=1&boardSeq=80818&mnCd=FN070107&schPageUnit=10&searchCondition=0&searchKeyword=

d. 原子力産業界による原子力輸出促進やサプライヤ支援に関する取り組みのまとめ

上述した原子力産業界による原子力輸出促進やサプライヤ支援の対応状況について表 3-3 にまとめる。表 3-3 の通り、韓国原子力産業界では「Team Korea」として産業界が一丸となり、国際的なイベントへの出展や輸出候補国でのイベント開催などを行っている。また、米韓での原子力開発に関する協力関係での合意に基づき、米国原子力産業界への韓国原子力産業界のアピールも行われている。

表 3-3 韓国原子力産業界による原子力輸出促進やサプライヤ支援の対応状況のまとめ

実施内容	詳細
世界原子力シンポジウム（2022 年）への出展	<ul style="list-style-type: none"> 世界原子力シンポジウム「Team Korea」として出展。 KEPCO の CEO がスピーカーとして講演。
原子力プラント輸出候補国（ポーランド）における韓国原子力産業界アピールのためのイベント開催	<ul style="list-style-type: none"> ポーランドに対して、韓国の原子力産業界の優位性をアピールし、ポーランドの関係者との協力関係を深めることを目的としたイベントを開催。 韓国原子力産業界の説明の他に、韓国料理の提供や韓国文化のパフォーマンスなど、趣向を凝らした内容。
米国原子力アライアンス（USA）の定期総会への参加	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー産業環境と原子力の役割変化について意見を交わす。 定期総会と並行して開催されたサプライヤの展示会では、KHNP の原子力プラント輸出子会社である KNP をはじめ、韓国国内 3 社の中小企業と共に参加して関連技術を PR した。

(3) 原子力サプライヤに対する海外輸出支援のためのツール

韓国では、原子力産業界の国際協力の橋渡しを行っている非営利組織である KNA が、原子力サプライヤに対する海外輸出支援のためのツールとして、①海外の需要家向けに韓国サプライヤを紹介するサイト（K-NEXT）及び②韓国内のサプライヤ向けに海外での入札情報等の海外輸出に必要な情報を紹介するサイト（K-NEISS）を運営している（それぞれのサイトの URL は以下の通り）。

- ・ K-NEXT

www.k-next.kr

- ・ K-NEISS

<https://www.k-neiss.org/>

K-NEXT では、韓国原子力産業界の全般的な説明のほかに、KEPCO、KHNP といった原

子力主要企業の説明（動画付き）やサプライヤディレクトリ（全 115 社）が用意されている（サイト内の情報はすべて英語で記載されている）。このほか、KOREA NUCLEAR BULLETIN として定期的に韓国原子力産業界に関するニュースを配信している。K-NEXT のトップ画面を図 3-4 に示す。

K-NEISS は上述の通り、韓国内のサプライヤ向けに海外での入札情報等の海外輸出に必要な情報を紹介しているが、情報は韓国語のみの提供であり、詳細情報はアカウント登録したもののみが閲覧可能となっている。K-NEISS のトップ画面を図 3-5 に示す。

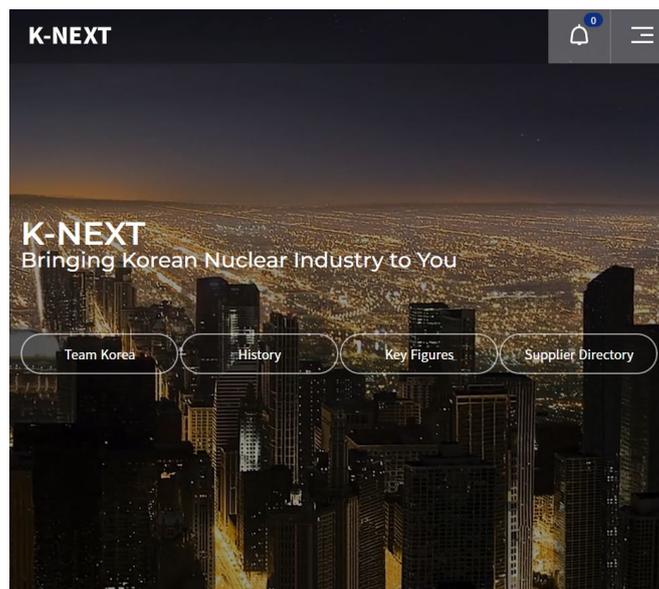


図 3-4 K-NEXT のトップ画面

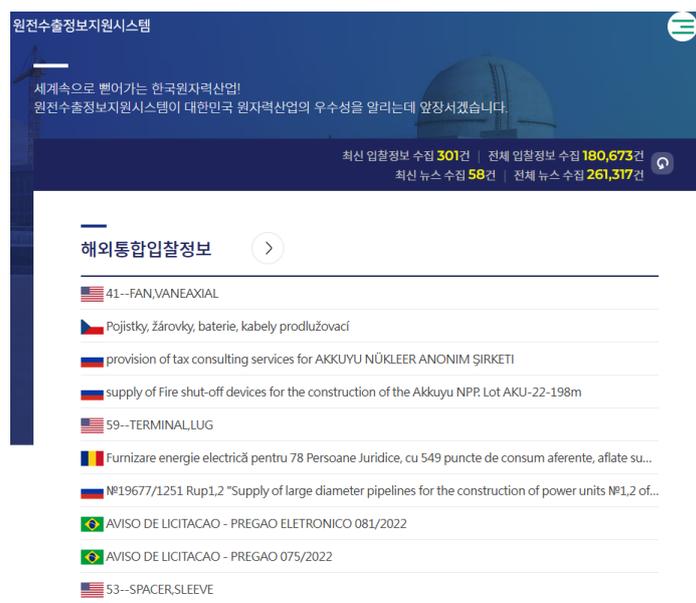


図 3-5 K-NEISS のトップ画面

(4) 韓国における原子力サプライヤの支援活動のまとめ

韓国政府は政権交代後から矢継早に原子力産業界への支援策を発表しており、原子力産業復活に向けた強い決意がうかがえる。支援策の内容としては、プラント輸出やサプライヤ支援を中心に、財政支援、人材育成、R&D等、広範囲に及んでいる。中でもプラント輸出については所管省庁である MOTIE だけでなく他の関係する省庁が一丸となり取り組んでおり、輸出先国別に戦略を立てるなど力の入れようが伺える。

韓国原子力産業界では「Team Korea」として産業界が一丸となり、国際的なイベントへの出展や輸出候補国でのイベント開催などを行っている。また、米韓での原子力開発に関する協力関係での合意に基づき、米国原子力産業界への韓国原子力産業界のアピールも行われている。

さらに韓国原子力産業界では、①海外の需要家向けに韓国サプライヤを紹介するサイト (K-NEXT) 及び②韓国内のサプライヤ向けに海外での入札情報等の海外輸出に必要な情報を紹介するサイト (K-NEISS) を運営することで、サプライヤの海外進出支援を積極的に行っている。

3-3. カナダの原子力サプライヤの支援活動

(1) カナダ原子力産業機構による原子力輸出やサプライヤ支援に関する取り組み

カナダ原子力産業機構（OCNI）は、1979年に設立されたカナダの原子力産業界のサプライヤ 240社以上で構成される非営利団体で、カナダ型加圧重水炉（CANDU 炉）や軽水炉の機器設備を設計・製造する企業やエンジニアリング・サービス企業などが参加し、国内外の原子力市場に、これらの機器やサービスを提供している。カナダの原子力産業であるカナダ原子力協会(CNA)、カナダ原子力学会(CNS)、CANDU Owners Group (COG)、オンタリオ州発電(OPG)、ブルース・パワー (BP)、ニューブランズウィックパワー(NB パワー)、カナダ原子力研究所(CNL)、サスカチュワンパワー(サスクパワー)、並びにハイドロケベックとパートナーシップを結ぶことでサプライチェーンの強化を図っている。また、2022年1月12日に発表された「カナダ原子力産業のための先進製造ロードマップ」に沿った進捗状況を監督するために招集されたサプライヤ、公益事業、研究機関、大学、政府機関を含むカナダの原子力産業の代表者の業界団体であるカナダ原子力産業先進製造同盟(CAMiNA)に参画している。



カナダ原子力産業先進製造同盟(CAMiNA)に参画している団体

OCNIでは、タイムリーなウェビナーやバーチャルサプライヤデーを通じて、サプライヤに対して、政府機関との直接的なコミュニケーション、世界中の原子力発電所への紹介、話し合いの場を提供している。また、原子力に関する知識を深め、サプライヤや電力会社からの最新情報を入手できる独占サプライヤデーイベント、ビジネス開発セミナー、貿易使節団、業界パートナーのショーケース、OCNI タウンホール等のイベントを開催している。OCNIのメンバーには、OCNIのトレードショーに出展する資格、OCNIのオンラインディレクトリへの掲載、会社概要とウェブサイトへの直接リンク、OCNIのメンバーロゴの使用を提供している。また、業界の最新情報、ハイライト、今後のイベント情報を掲載した月刊ニュースレターを発行している。過去5年間で、11カ国(ルーマニア、アルゼンチン、中国、インド、

韓国、インド、英国、フランス、ポーランド、南アフリカ)に 20 以上の国際貿易使節団の派遣を管理している。⁹¹

(2) CANDU Owners Group による原子力輸出やサプライヤ支援に関する取り組み

CANDU Owners Group (COG) は、世界中の CANDU 炉運営公益事業、カナダ原子力研究所(CNL)、サプライヤ及びプログラム参加者によって自発的に資金提供されている民間の非営利法人で、1984 年に設立された団体である。カナダ原子力安全委員会 (CNSC) も、COG に定期的に寄付金・助成金を提供している。COG は、メンバー、サプライヤ、研究及びパートナー組織とともに、最高水準の安全性、効率性、環境性能を確保するために、原子力発電所の機器とプロセスを継続的に革新していくこと、また、CANDU 原子力技術の多くの面で豊富な経験を持つ高度に熟練したチームで構成される信頼できる原子力業界のリーダーであることを目的としている。

サプライヤ参加企業は以下の通りである。

Acuren、AECOM、Aecon、ATS Automation、BWXT Canada、Cameco、Canadian Power Utility Services、CNPO、E.S. Fox、Hatch、KEPCO E&C、Kinectrics、Lakeside Controls、MDA Systems、Nuvia Canada、Promation、RCM Technologies、Rolls Royce Civil Nuclear、SNC-Lavalin、Stern Laboratories Inc.、Weir Group、Westinghouse、Worley Parsons

パートナー協定を結んでいる、強力な技術提携を結んでいる団体は以下の通りである。

カナダ原子力公社 (AECL)、カナダ原子力協会 (CNA)、カナダ規格協会 (CSA)、原子力発電運転協会 (INPO)、カナダ規格協会 (IAEA)、電力研究所 (EPRI)、カナダ原子力産業機構 (OCNI)、Nuclear Generation II and III Association (NUGENIA)、University Network of Excellence in Nuclear Engineering (UNENE)、世界原子力発電事業者協会 (WANO)

CANDU Owners Group (COG) では、サプライヤ参加者プログラム(SPP)を通じて、CANDU 炉サプライヤに、事業者とサプライヤ間の情報交換、訓練、交流の機会を提供している。SPP の目的は次のとおりである。

- サプライヤの視点、運転経験、教訓を共有する。
- 顧客向けサービスの実施における一般的な課題を特定、伝達、解決する。
- サプライヤが対処すべき最大の問題について顧客から理解を得る。
- 顧客と関わり、原子力産業の利益のために障害を取り除く。

また、CANDU 炉サプライチェーン全体を強化し、保護する共有プログラムの機会を提供している (偽造部品の防止と特定、良好事例と経験の共有等)。⁹²

⁹¹ OCNI ウェブサイト, <https://www.ocni.ca/>

⁹² COG ウェブサイト, <http://www.candu.org/Pages/SUPPLIERS.aspx>

4. 海外のサプライチェーン管理の取組に関する調査

日本のプラント・機器・部材メーカー等の海外展開の活動に資することを目的として、海外のサプライチェーン管理の取組のうち、近年、海外で注目が集まっている偽造品や不正品（CFI）管理に関する調査を行った。

(1) CFI

原子力産業界における偽造品や不正品（CFI）の混入については、米国 NRC の監査部門が 2022 年 2 月に、CFI の事例についてまとめた報告書を作成するなどして、近年、急速に注目が集まっている⁹³。NRC の監査部門が作成した報告書では、米国原子力発電所での CFI の混入事例について報告するとともに、NRC に対して、CFI への対策を強化するように勧告している（JANUS 注：2022 年 12 月時点で、NRC が CFI に対して具体的な規制強化等を行ったという公表はない）。

以下では、IAEA が作成した図書である No. NP-T-3.26 「原子力産業界における偽造品や不正品の管理」⁹⁴をもとに、CFI の管理手法をまとめる。

a. 背景情報

市場に出回る偽造品や不正品（Counterfeit or Fraudulent Items: CFI）の数が増加しているのには、多くの要因がある。CFI に関する懸念は、部品や機器レベルだけでなく、原材料にまで及んでいる。機器が相手先商標製品製造業者（OEM）から購入される場合でも、製造業者が使用する材料や部品が偽造品や不正品である可能性がある。原子力施設とそのサプライヤは問題意識を持ち、原材料や部品を含む CFI の混入や使用を検知・防止するための対策を実施する必要がある。CFI のグローバルサプライチェーンへの浸透は、世界中で懸念が高まっている。CFI は、労働者の安全、原子力施設のパフォーマンス、公衆や環境に直接的かつ潜在的な脅威を与え、プラントの運営コストに悪影響を与える可能性がある。サプライヤは利益、知的財産、評判を失い、作業員は職を失うリスクがある。従って、各原子力施設の上級管理者は、CFI リスクの軽減に関する知識を有し、積極的にこれを支援する必要がある。

CFI は、不注意に調達され、既に原子力施設に設置されている可能性がある。CFI は可能な限り早期に特定する必要があり、安全、コスト、及び作業スケジュールに対する個々の影響を評価し、適切な対応策を決定する必要がある。これには、社内で情報を伝達し、文書化することと、その結果として得られた教訓を原子力産業全体と共有することが含ま

⁹³ <https://www.nrc.gov/docs/ML2204/ML22040A111.pdf>

及び

<https://www.nrc.gov/docs/ML2204/ML22040A058.pdf>

⁹⁴ <https://www.iaea.org/publications/11182/managing-counterfeit-and-fraudulent-items-in-the-nuclear-industry>

れる。

CFI がもたらす危険に対する認識を高めることが重要である。国、業界団体、原子力事業者の中には、CFI のリスクを認識していない者もいる。この危険性は、IAEA 安全基準シリーズ No.GSR Part 2「安全のためのリーダーシップと管理」、IAEA 原子力シリーズ No.NP-T-3.21 の調達ガイドラインに記載されている管理システムを効果的に実施し、本書及びその他の国内外の CFI 関連出版物や合意基準にある CFI 固有の情報を加えることにより低減することが可能である。

エンジニアリングと調達の担当者は、サプライチェーンに侵入する CFI の増加に関連した課題にも直面している。これらの課題は、オリジナルメーカーの品目がもはや入手できないこと、またはメーカーが一部の品目に必要な厳格な試験と文書化、あるいは材料認証プロセスをサポートする意思がないことに起因している可能性がある。したがって、エンジニアリングと調達の担当者は、原子力グレードに準拠したアイテムが利用できないため、しばしば一般汎用品に依存する。残念ながら、このような状況は、利益率を上げるために意図的に CFI を供給しようとするベンダーにとって好都合なのである。

ベンダーによっては、CFI の問題を防止または対処するためのプロセスの弱点を利用することがある。調達仕様の定義の甘さ、CFI を禁止する調達条項の弱さまたは欠落、ベンダー認定プロセスの弱さまたは欠落、受領検査の受け入れ基準の弱さまたは欠落、出荷品に CFI が発見された場合の影響がないこと、または、原子力施設運営者間での不適合ベンダーに関する情報の共有の欠如が考えられる。

CFI の発見、特定及び解決は、通常、不適合品の管理のための既存の原子力施設プロセスを用いて達成することができる。したがって、新たなプロセスや実施手順は必要ない場合がある。この文脈での「解決」とは、CFI に関連する問題の最終的な解決、すなわち、特定の問題をどのように解決するかについての決定を下すことである。

組織全体にわたる強固な安全文化は、新しいプロセスやアプリケーションの導入を含め、潜在的な問題や得られた教訓を伝えるための開放性と透明性を促進する。CFI が原子力施設に侵入する可能性は、強固な安全文化を採用することにより低下することができる。

製品またはサービスに関わる異常事態が確認された場合、その後の調査または試験により、その品目が真正、不適合、偽造または不正であることが証明されるまでは、その品目は疑わしいと考えるべきである。以下に、用語にそれぞれの定義を示し、図 4-1 にこれらの用語の関係を示す。

- ・ Genuine：偽りの意図なく生産され、認定された正規品。
- ・ Non-genuine：偽りの意図をもって製造され、認定された非正規品。
- ・ Non-conforming(substandard)：意図された要件または機能を満たさない不適合（規格外）製品。これらは、欺く意図なしに正規のサプライヤから提供される場合がある。非正規品（CFI）は、意図された要件や機能を満たさない純正品と同様に、すべて不適合とみなされる。
- ・ Suspect：真正品でない可能性が示唆または疑われる疑義品。

- ・ **Fraudulent** : 意図的に虚偽の記載をした不正品。不正な商品には、不正な証明書、偽造または不正確な証明書とともに提供される商品が含まれる。また、特定の数量を製造する法的権利を取得した事業者が、許可された数量を超えて製造し、余剰分を正規の在庫として販売するものも含まれる。
- ・ **Counterfeit** : 正規品と偽るために、意図的に製造、改修、改造を行い、正規品を模倣した製品（偽造品）。

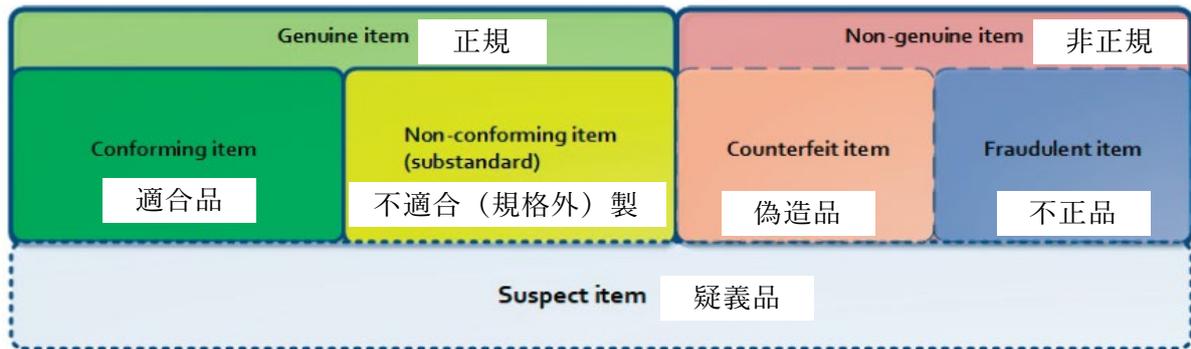


図 4-1 CFI に関する用語の説明

b. CFI の具体例

CFI の具体例として、図 4-2 から図 4-6 に偽造品等の実例を示す。



FIG. 3. Counterfeit (left) and legitimate breaker (right) supplied to a hospital in Montreal, Canada. (Reproduced from Ref. [11] with permission courtesy of Canadian Standards Association Group Inc.)

図 4-2 偽造品（左）と正規品（右）の回路遮断器



FIG. 4. Flanges received as 'new' at Savannah River, South Carolina. Note clamp marks and different rivet sizes. (Reproduced from Ref. [10] with permission courtesy of US Department of Energy.)

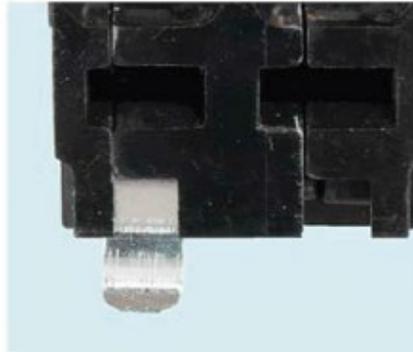
図 4-3 新品として納品されたフランジ部品

Counterfeiting Characteristics - QO Circuit Breakers

Characteristics are for QO & QOB 1-pole, 2-pole & 3-pole breakers under 80 amps and QO tandem breakers.



Some counterfeit labels do not indicate country of origin.



Many counterfeit breakers have a bright silver rail clip.



Some counterfeit breakers have printed logos or logos that appear to be etched. Some counterfeit breakers may be missing the logo.



Ampere ratings molded into the handles of new (post 1999) breakers indicate the product is counterfeit.

FIG. 5. Square D QO counterfeit breaker characteristics. (Courtesy of Schneider Electric.)

図 4-4 偽造品の遮断器の特徴

(左上：原産国表示がない、右上：光沢のあるレールクリップ、左下：ロゴマークの印字、エッチング、欠損、右下：新品遮断器のハンドルに定格アンペア数が形成)

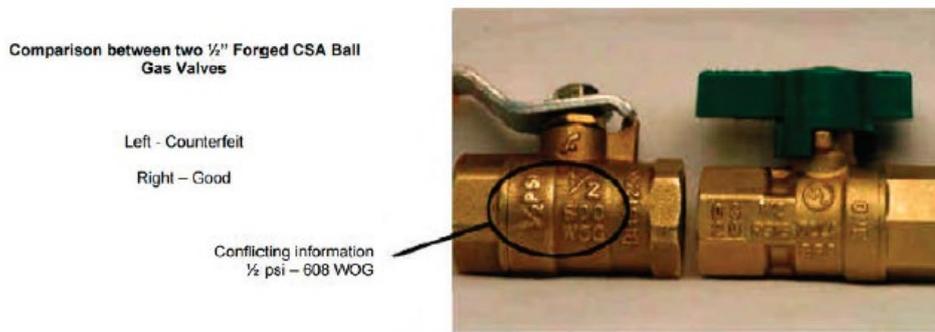


FIG. 6. Forged Canadian Standards Association ball valves. (Reproduced from Ref. [10] with permission courtesy of US Department of Energy.)

図 4-5 偽造品（左）と正規品（右）のボールバルブ
（矛盾のある表示がある）



FIG. 7. Cloned batteries simulating a trademarked product. (Reproduced from Ref. [10] with permission courtesy of US Department of Energy.)

図 4-6 偽造品（左）と正規品（右）の乾電池

c. CFI への対応方針

偽造品や不正品に対処するために、発電所レベルでの管理システムプログラムには以下のような対策を含める必要がある。

- ・ CFI が原子力施設に侵入することを防止する。
- ・ 疑わしい CFI を特定し、調査し、解決する。
- ・ 特定された CFI を管理、監視及び制御する。
- ・ 潜在的に影響を受ける可能性のある他の発電所、規制当局、及び他の業界参加者と情報を共有する。

また、偽造品や不正品に対処するための具体的なツールとして、以下が挙げられる。

- ・ 模倣品の認識に関するトレーニングプログラム
- ・ 調達と製品受け入れにおけるエンジニアリング部門の関与

- ・ 独立系代理店や部品ブローカーの使用削減、効果的なサプライヤ監査など、サプライヤに関する詳細な知識
- ・ サプライヤ監査チェックリストにおける CFI の特定方法とプログラムに関する質問
- ・ CFI の懸念を考慮した入札評価プロセス
- ・ リスクのある調達の特定
- ・ 明確かつ完全な調達要求事項
- ・ CFI に対応した調達条項及び契約書の文言
- ・ ベンダーの模倣行為に対する排除ポリシー
- ・ 知的財産の保護
- ・ スクラップ及び廃棄に関する方針
- ・ ヒューマン・パフォーマンス・ツール
- ・ 偽造の実施が困難で識別しやすいツールの使用
- ・ 供給の多様性を重視した設計ルールと実践
- ・ 徹底した受入検査
- ・ 独立した試験を実施するための契約上の取り決め
- ・ OEM の関与を含む、CFI の疑いへの対応手順
- ・ 発見された品目の規制当局への報告の義務化
- ・ 事象データに関する業界データベース
- ・ 産業界組織への参加
- ・ 内部告発者の保護と報奨

上記のツールの内、トレーニングに関しては、以下のようなものがある。

- ・ 全般的な社員教育
- ・ 倫理研修
- ・ エンジニアリング技術者研修
- ・ 調達担当者研修
- ・ 品質保証・品質管理・監査・検査担当者研修
- ・ 受入検査担当者研修
- ・ 保守・工事担当者研修
- ・ サプライヤトレーニング

さらに、上記のツールの内、エンジニアリング部門の関与については、以下のようなものがある。

- ・ 調達活動へのエンジニアリングの関与には、以下のようなものがある。
- ・ 調達文書に引き継ぐべき機能・技術要件を含む技術仕様の作成
- ・ 重要な要素と安全機能を記述すること。購入品目の重要な特性は、調達文書に明記する必要がある。これらの特性について、供給元検査（ホールド、レビュー、立会ポイント

- など) または受領検査 (使用前など) において検証するために選択する必要がある。
- ・ 設計活動の一環としてサプライヤから提供される成果物 (図面、マニュアル、ソフトウェアコードなど) のレビューと受入。
 - ・ 調達文書の技術的な変更や逸脱のレビュー。
 - ・ 製品の受入に適用される特定の検証試験要件及び方法の決定。検証試験の範囲は、品目の不当表示の履歴、サプライヤの過去の実績、品目またはサービスのサンプルサイズの数値、および品目の安全機能または重要性に基づくべきである。
 - ・ 試験結果の評価及び受け入れ
 - ・ CFI の評価と特徴づけ。これには、品目に適用される仕様への準拠を分析することにより、品目が真正、不適合、偽造または詐欺であることを評価することが含まれる。
 - ・ CFI 問題の解決に向けた技術的な正当性の文書化。
 - ・ より恒久的に対処できるまで、疑わしい品目を現在設置されている用途で使用できるようにするための補償措置 (例: 特別な検査または受入基準、特別な現場マーキング) を開発すること。
 - ・ 品目またはサプライヤの技術的パフォーマンスの選択または検証に役立つ監査、サーベイランス活動、供給元検査またはテストへの参加。
 - ・ 製品の受入・検収プロセスへの技術サポートの提供。
 - ・ 品目の適切な保管環境と保管中のメンテナンス要件の指定 (例: 長期保管や予備部品保管の前に倉庫に保管)。
 - ・ 陳腐化の問題に対処するための部品交換、設備改造、設計変更に関連するエンジニアリング作業の実施。
 - ・ 他発電所へのフィードバックのために、運用経験を文書化または評価。

次に、調達時の CFI のリスク要因について、表 4-1 にリスク分野ごとのリスク要因をまとめ、さらに、潜在的な偽造品や不正品の兆候について、物品別に表 4-2 に示す。

表 4-1 リスク分野ごとの CFI のリスク要因

リスク分野	リスク要因	備考
製品特徴	製品が偽造されやすいことが分かっている。	建築資材、電気機器、過去の経験など。
	製品が、偽造されやすいことが知られている商品または商業用グレードのものである。	市販品は販売可能な範囲が広いため、例えば、特別生産されたエンジニア製品よりも偽造される可能性が高い。
	業務上の経験から、類似のタイプの CFI の疑いがあるものを受領していることが確認されている。	製造者/供給者、部品/モデル番号の組み合わせが類似している。
	製品は長い間、一般市場で入手不可能とされてきた。	例えば、旧式の部品に対して、同種の代替品が突然入手可能になった場合。
	不適合品の廃棄や再加工は、サプライヤにとって非常に大きなコストとなる。	サプライヤは、製品を適合しているように見せかけるために、不正な証明書を提供しようとする場合がある。
	受入検査において、製品が偽造品であることを発見することが困難である。	特に、多くのサブコンポーネントを持つ製品に適用され、そのうちの 1 つでも模倣品である可能性がある。電子機器、複雑な電気・機械・油圧機器などが該当する。
	サプライヤ特徴	サプライヤが発注書を受け付けない。
サプライヤが新しい（実績がない）、または供給元を変更した。		新しいサプライヤは安全文化が異なる可能性があり、コスト削減のために模倣品を使用する可能性がある。
サプライヤが不明または未確認のサプライヤ、機器ブローカ、独立した代理店またはインターネット専売のサプライヤである場合。		—
サプライヤが OEM でない、または OEM から購入品目を提供す		認定代理店は、通常、部品の真正性を確保するための厳格なプロセスを採用し

リスク分野	リスク要因	備考
	<p>る認可を受けていない（昇降装置、安全装置、火災防護などの品目は認可が重要である）。</p>	<p>ている。サプライヤのウェブサイトや広告に、OEM の認定代理店であることを示す文言があったとしても、通常、そのサプライヤの現在のステータスを確認するのに十分であるとは考えられない。これには、OEM 以外の供給元からの同一または類似の品目が含まれる。</p>
	<p>サプライヤが、発注書内の偽造防止または不正行為に関する文言に例外を認めた場合。</p>	<p>—</p>
	<p>供給元が追跡可能であること、製品認証の提供または責任を負うことを拒否することを含め、供給元が要件に強い異議を唱える場合。</p>	<p>—</p>
	<p>サプライヤが CFI に対する保護や経験に関して、購入者の懸念や問い合わせに無関心または無回答である。</p>	<p>—</p>
	<p>注文された製品が、その種の偽造品を提供することが知られている地域から発信されたものであることが分かっている。</p>	<p>—</p>
	<p>ドロップ SHIPPING が計画されている。ドロップ SHIPPING とは、サプライヤが第三者（通常は卸売業者や製造業者）から直接顧客に発送するよう手配し、サプライヤの施設で商品を受け取り、検品することなく、発送することである。</p>	<p>検査ステップをバイパスすることで、CFI を受ける可能性が高まる。</p>
	<p>サプライヤの財務状況が悪い、または悪化している。</p>	<p>サプライヤは、コスト削減のために模倣品を使用する動機が生じる可能性がある</p>

リスク分野	リスク要因	備考
		る。
	サプライヤの所有者が変更された。	新しいサプライヤの所有者は、コスト削減のために模倣品を使用するよう圧力をかける可能性がある。
価格特徴	見積り単価が、他の見積りや過去の購入価格より著しく低い（同様の条件を課す注文の場合）。	—
納期圧力	調達プロセスが迅速なスケジュールである（例：停電や大型プロジェクトのクリティカルパス）。	サプライヤや社内スタッフが手抜きのパレッシャーを感じる可能性がある。

表 4-2 潜在的な偽造品や不正品の兆候

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
全般	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 銘板、ラベル、タグが変更されている、コピーされている、シルクスクリーン印刷されている、塗装されている、固定されていない、紛失している、または不完全なデータを示している。プレプリントされたラベルは、通常、タイプされた項目を示している。 ✓ 過剰な塗装やワイヤーブラシ、手塗り（タッチアップ）、塗装済みステンレス鋼、またはきれいで明るい非鉄金属（銅、真鍮、青銅など）、最近の研磨を示すなど、明らかに美化の試みが行われている。 ✓ ガasket、シム、薄い金属部品のエッジに手工具による切断やドレッシングの跡（ヤスリ、ハクソー、ニッパーなど）があるなど、手作り部品であることがわかる。 ✓ ファスナーやその他の組立部品に工具の跡がある（例：ねじやボルトの頭に金属の盛り上がりがある）、または部品が異なっている（例：8本のボルトのうち7本は同じ材料で、1本は異なる材料）。 ✓ 組立てたアイテムの収まりが悪い。 ✓ 構成がサプライヤの他の品目と一致していない、またはサプライヤの文献や図面と異なっている。 ✓ 品物に記載されている業者名と輸送用コンテナに記載されている業者名に矛盾がある。 ✓ 銘板が、リベットの代わりにネジ、またはリベットとネジのように、一貫性のないファスナーで取り付けられている。 ✓ 銘板の取り付け位置が通常と異なる。 ✓ 銘板が古く見える、磨耗している、塗料が付着している、部品より新しく見える。 ✓ 金属製の部品に穴があいていたり、腐食している。 ✓ 銘板にメーカー標準のマーク、スタンプ、ロゴがない、または不規則なスタンプや一貫性のないタイプスタイルがある。 ✓ 同じ出荷品に含まれる品目が、互いに異なって見える。 ✓ 適切に識別された品目（例：ストラット、フィッティング）と、識別されていない品目（例：メーカー名、ロゴ、パーツ番号、負荷容量がない）が混在している。 ✓ 箱詰め、梱包が通常とは異なる。包装がサプライヤの通常の包装または文書要件と矛盾している。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 寸法が注文書で要求された仕様と出荷時にサプライヤから提供された仕様とで異なっている。 ✓ フランジ裏面にボルトの頭を削った跡がある、またはその部分が研磨された跡がある。 ✓ ファスナーが緩んでいる、または紛失している。 ✓ フランジに傷、工具の跡、プルシアンブルーやラッピングコンパウンドの跡、または以前に嵌め合わせた跡がある。 ✓ 熱による変色が見られる。 ✓ 異種材料が不用意に接触している。 ✓ 商品の清掃状態が悪い。 ✓ 商品の価格が異常に安い。 ✓ サプライヤが工場認定業者でない。
文書	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 修正液や修正テープの使用が認められる。字体、サイズ、ピッチの変更が認められる。 ✓ インクジェットプリンターで印刷したようなインクの汚れがある。 ✓ 日付の不一致がある（例：試験証明書において、有効期限が証明書の発行日より前である、証明書の日付が発行された規格、コードまたはISO認証と一致していない）。 ✓ 必要な場合でも、署名またはイニシャルがない、過度に薄くなっている、不鮮明（複数回の連続コピーを示す）、またはデータの欠落がある。 ✓ 文書の承認者名や肩書きが不明である、またはタイプされた承認者名が署名と一致しない。 ✓ 原本であることが要求される署名が、電子的に追加されたように見える（例：画像ファイルとして追加）。 ✓ 技術データがコードや規格の要求と一致していない（例：衝撃試験の結果が提供されていないが、衝撃試験は要求されている、物理試験データは熱処理がないことを示しているが、熱処理は要求されている、化学分析はある材料を示しているが、物理試験は別の材料を示している）。 ✓ 化学合金組成が認証材料試験報告書に示されるように合計 100%（または 99.75%以上）でない。 ✓ ヒート番号とロット番号が、同じ発注で異なる材料について同じである（例えば、6010 と 7018 の溶接ワイヤは、同じヒートとロットの材料から製造することはできない）。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 通常の変動が予想される場合でも、認証または試験結果が異なる品目で同一である。 ✓ 試験結果の正確さについて、異常な免責事項や責任の否定が含まれている。 ✓ 文書のトレーサビリティが明確でない。文書は、調達した品目に対してトレーサビリティを確保する必要がある。 ✓ 注文書で要求されたとおりに文書が提供されていない、または通常とは異なる形式で提供されている。 ✓ 原本が期待される場合でも、文書がコピーされている。 ✓ 訂正箇所が、署名、日付により適切に記録されていない。 ✓ ページ上のテキストが突然終了し、ページ数が文書と矛盾している。 ✓ 必要な透かしがない。 ✓ 製品と製品資料の間、または同じサプライヤの他のアイテムの間で構成に一貫性がない。 ✓ 帳票の線が曲がっている、切れている、途切れているなど、データの削除や交換（物理的なカットアンドペースト）が行われていることがわかる。 ✓ 1つの行のデータの高さが異なっている。 ✓ アイテムまたはコンポーネントが、加盟国の CFI リストに記載されているものと一致する。
バルブ（塗装）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 塗装されたばかりのようで、ステムにも塗装が施されている。 ✓ 塗装面に摩耗痕や傷がある。 ✓ ステムは保護されているが、保護材が塗られている。 ✓ 塗装が標準の OEM カラーと異なる。 ✓ 外装に補修を試みた跡がある（例：スプレー塗装を補修するための刷毛の跡など）。 ✓ 塗装面に一貫性のない色合いがある。
バルブ（タグ）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ タグが通常と異なる方法（例：リベットではなくネジ）で取り付けられている、または異なる場所に取り付けられている。 ✓ タグが古い、摩耗している、またはバルブ自体より新しいと思われる。 ✓ タグに塗装が施されている。 ✓ タグに部品番号が付いていない。 ✓ タグの刻印が不規則である。 ✓ タグにメーカーのロゴがない。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ タグの取り付けネジが使用により傷んでいる。
バルブ（ハンドル）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ハンドルがバルブ自体より古く見える。 ✓ ハンドルがサンドブラスト加工されているか、バルブ自体より新しいように見える。 ✓ 同じメーカーの弁でも、ハンドルの種類が異なる。
バルブ（ボルト及びナット）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ボルト・ナットに使用感がある（例：フラット部にレンチの跡がある）。 ✓ ボルト・ナットの材質が不適切な場合（例：ステンレスの軸に青銅のナット）。 ✓ ボルトのサイズやグレードの表示が異なっている。
バルブ（弁体）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 鋳造マークが削り取られ、その部分に他のマークが刻印されている（OEMのマークは、ほとんど刻印されていないことが多い）。 ✓ 溶接補修の跡がある。 ✓ 寸法が正しくない。 ✓ アイボルト、グリースフィッティング、ステムなど、サンドブラストされたばかりの外観。 ✓ フランジ裏面にボルトの頭部を削った跡がある、または削った跡がある。 ✓ ステンレス製バルブにおいて、ビードブラスト処理による異常な光沢、またはサンドブラスト処理による異常な鈍化が見られる。サンドブラスト仕上げであることがわかる。新品のバルブの仕上げは、その中間でなければならない。
バルブ（製造者のロゴ）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ロゴがない。 ✓ ロゴプレートがバルブ自体より新しいように見える。 ✓ ロゴプレートは以前の使用による変色が見られる。
バルブ（その他）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ バルブ内部に異物がある、または手直しの跡がある（金属片、汚れ、ラッピングコンパウンド、プルシアンブルーなど）。 ✓ バルブステムパッキンについて、すべての調整箇所ですすれた跡がある。 ✓ ゲートバルブにおいて、バルブの開放端からゲートを確認したとき、ゲートが中心からずれている。 ✓ 同じ出荷のバルブの間に明らかな違いがある。 ✓ 組み立てられた部品間のかみ合わせが悪い。 ✓ 不適切な材料が使用されている（例：ステンレスのステムに青銅のナット）。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
	<p>ット、ステンレスのバルブに錆びや磁気のような炭素鋼の性質が見られる)。</p> <p>✓ バルブパッキン、グランド、ナット、ボルトにスパナの跡がある。</p>
ファスナ	<p>✓ ヘッドマークが傷んでいる、欠けている、または変更されているように見える。</p> <p>✓ スレッドにドレッシングや磨耗の痕跡がある（スレッドは均一な色と仕上げであるべき）。</p> <p>✓ ヘッドマークがヒートロット内で一貫していない、または製造後に刻印されたように見える。</p> <p>✓ 同一ロットまたは出荷品の製造者のヘッドマークに、グレードが混在していることが明らかである。</p> <p>✓ ボルトが識別されていない、またはそのようなマークがない。</p> <p>✓ 異なる規格に適合していることを示すために、ボルトにハンドスタンプが押されている。</p> <p>✓ アイボルトに製造者表示がない、または指定以外の国で製造されたことを示す表示がある。</p> <p>✓ アイボルトの寸法が仕様に合っていない、あるいは材料の種類が不明確である。</p> <p>✓ 同じファスナー上にメートル法と SAE 法の刻印がある。</p> <p>✓ ファスナー（テスト）：化学物質に関する材料仕様の要求事項を満たさない。</p> <p>✓ ファスナー（テスト）：機械的または物理的限界に関する材料仕様の要求事項を満たさない。</p>
電気品（一般）	<p>✓ 接続部に以前の取り付け跡がある（例：金属のひっくり返りや傷、ドライバーの跡）。</p> <p>✓ 電気リード線の長さが異なる、または製品カタログに記載されている長さとは異なる。</p> <p>✓ 接続部にアーク痕や変色が見られる。</p> <p>✓ 塗装や煙の跡があるように見えるもの。</p> <p>✓ 金属の色にばらつきがある。</p> <p>✓ プラスチック部品の色が異なっている。</p> <p>✓ 接点やラグに凹み、磨耗、破損、損傷がある。</p> <p>✓ 接触面が正しく嵌合しない。</p> <p>✓ はんだの終端が壊れている、乱雑である、または損傷している。</p>

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 端子のねじの種類や品目が異なる。 ✓ 端子が欠けている。 ✓ 金属の粗い部分が目立つ。 ✓ 潤滑剤が古い。 ✓ ファスナーが緩んでいる、紛失している、または金属の盛り上がりが見られる。 ✓ 第三者機関の検査が必要な製品で、ラベルがない、またはコピーされたものと思われる。 ✓ 製造者のラベルが変色している、または色あせている、コピーされた可能性がある。 ✓ 商品が製造元の容器に入っていない（例：無地のパッケージに入っている）、および/または、製造元のバーコードがない。 ✓ 使用した形跡がある。 ✓ 工場出荷時の塗装やコーティングにキズや折れ目がある。 ✓ タグが、スタンプではなく、手書きまたはタイプされている。 ✓ 銘板が変更されている、または再スタンプされている。 ✓ 銘板の情報が不十分である。 ✓ 銘板の固定が不適切である。 ✓ リベットの欠損、通常リベットが使用される場所にネジが使用されている、またはリベットが再使用されているように見える。 ✓ 校正用ステッカー（内部および外部）の期限が切れている。 ✓ コンパートメントドアを閉じたまま、モータ制御回路ブレーカ、スイッチ、またはディスコネクトを容易に開閉することができない。 ✓ コンパートメントドアが開き、バスワークが露出している。 ✓ ヒューズのラベルがない、または劣化している。 ✓ デバイスに電気承認マークがない。 ✓ ベースが磨耗している。 ✓ 電気品（テスト）：指定された条件での作動、機構の拘束、その他の不利な動きなどの動作要件を満たさない、または抵抗テストに適合しない。
回路遮断器	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ケースに割れや使用感がある。 ✓ 試験所の製品検査機関のラベル/マークまたは元の製造業者のラベル/マークが変更またはコピーされた形跡がある（例：白黒、判読性が悪いなど）。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 回路遮断器の定格が変更された形跡がある（例：定格がケースに刻印される代わりに塗装されている）、または同じ改修済み遮断器の異なる部分に矛盾するアンペア定格が表示されている。 ✓ モールドケースの回路遮断器は、規格外または不正な遮断器を検出するためにメーカーが提供するチェックリストと一致していない。 ✓ モールドケースの回路遮断器に光沢がある、またはラッカーで塗装されているように見える。 ✓ ケースを固定するためのリベットやその他のコネクタのタイプやサイズが適切でない、またはリベットが取り外されている。ケースは、木ねじ、金属ねじ、またはナットとボルトで固定されている可能性がある。 ✓ 証明書がコピーされている、または偽造された形跡がある（可能な限り、証明書の原本は販売店から入手する必要がある）。 ✓ 遮断器の形状が製造中止、または古い。 ✓ 短絡定格が異なる。 ✓ 遮断器が、メーカー純正の箱ではなく、安価な一般的なパッケージ（例えば、ビニール袋、茶色の紙袋、手書きのラベルが付いた段ボール箱で一括包装されている）に入っている。 ✓ ダンボール箱やラベルのデータが変更されている、または一貫性がない。 ✓ モールド・ケース回路遮断器に、既知の製造業者のラベルではなく、改修業者の名前が記載されている。 ✓ ラベルに原産国名が記載されていない。 ✓ ロゴが印刷されているか、エッチングされているように見えるか、または欠落している。 ✓ ケース遮断器を挟むメーカーシールが破損または欠損している。 ✓ 遮断器に製造者の日付コードが刻印されていない。 ✓ ワイヤラグに、改ざんされた形跡がある。 ✓ ブレーカの表面に傷や擦れ、光沢がある（改修業者は透明なプラスチックでコーティングして光沢を出し、一見したところ新品であるかのような印象を与えることが多い）。新しいモールドケースのブレーカのプラスチックケースは、しばしばくすんで見える。 ✓ 定格印の位置が違う。 ✓ サードパーティのマークがある。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 両端に端子ラグがある。 ✓ 端子金具のサイズや種類が違う、または不一致がある。 ✓ カバーねじのシールがない、荒れている、または再シール不良である。 ✓ Square D の回路遮断器のトグルスイッチに、定格電流が白色で描かれていない。
リレー	<ul style="list-style-type: none"> ✓ コイルリードのはんだ付けが甘い。 ✓ リレーベースのグロメットが塗装されている（通常は塗装無し）。 ✓ 端子台がアイレットで固定されている。 ✓ 端子台とリレーハウジングが塗装されたリベットで固定されている。 ✓ 端子ネジが茶色の紙袋に入っている（ヒートシールされた透明なビニール袋に入る）。 ✓ リレーの内側ベル面が再塗装されている。 ✓ 日付コード、検査スタンプ、テストスタンプがない、または一貫性がない。 ✓ シャフトリレーカバーのクリアランスが正しくない、シャフトの遊びがある、またはベアリング潤滑剤がない。 ✓ ローターシャフトの上部が黒以外の色で塗られている。 ✓ コンタクトデッキに不統一な番号が刻印されており、様々なリレーからデッキが構成されていることがわかる。 ✓ 間違ったコイルが取り付けられている（例：125V の直流リレーに 200V の直流コイルが取り付けられている）。
コンデンサ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 研磨面に傷やへこみがある。 ✓ 終端ラグに傷がある。 ✓ ターミネーションガードにゴミや汚れが溜まっている。 ✓ パッケージが無地である（例：メーカーのバーコードがない）
電子部品	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 電解コンデンサに日付コードがない。 ✓ 電解コンデンサの寸法が異なる。 ✓ フェアチャイルド・フォトランジスタ・オプトカプラのサイズが小さい、パッケージが正しくない、または純正デバイスが OEM によって製造中止された後に疑わしいデバイスが製造されたことを示す日付コードがある。 ✓ 集積回路基板のチップが、実際よりも新しく見えるように改造されている。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
回転機械及びバルブ内部パーツ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 機械や部品に傷、工具の跡、摩耗痕、エンジニアブルーやプルシアンブルー、ラッピングコンパウンドの跡、その他以前に取り付けや組み立てを試みた形跡がある。 ✓ 熱による変色が見られる。 ✓ バルブディスクやシート、ポンプのインペラーに浸食、腐食、線引き、「ディンプル」（逆円錐形の印象）の痕跡がある。
配管及び配管機器	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 中古部品の外観があるもの。 ✓ 包装に異常や不十分な点がある。 ✓ 外国の新聞紙が梱包材として使用されている。 ✓ 部品の外装に傷がある。 ✓ 本体、ネジ、タグ、銘板に改ざんされた形跡がある。 ✓ 部品にマーキングがない。 ✓ ピットイングまたは腐食が認められる。 ✓ 外部溶接や熱の痕跡が見られる。 ✓ 疑わしい、または意味のない数字がある。 ✓ タイプされたラベルがある。 ✓ 手作りの部品がある。 ✓ ステンレス鋼、塗装されたばかりの部品、または色の不一致がある。 ✓ 鉄鋼部材がきれいで明るい。 ✓ 余分なワイヤーブラシや塗装が見受けられる。 ✓ 鋳造痕を削り、その周辺にスタンプ痕がある。 ✓ 溶接の補修跡がある。 ✓ スレッドに摩耗やドレッシングの跡がある。 ✓ ラベルに矛盾がある。 ✓ 銘板が古い、または磨耗している。 ✓ 銘板が部品より新しく見える。 ✓ メーカー標準のマークやロゴがない。 ✓ プルシアンブルーの痕跡がある。 ✓ マークが読み取れない。 ✓ 再印刷された形跡がある。 ✓ 仕様番号がない。 ✓ サイズ指定がない。 ✓ 圧力等級がない。 ✓ 材料が想定より薄い。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 証明書に、不適合や政府の仕様や規格に適合しない項目に対するいかなる義務や責任も放棄する旨の免責事項が記載されている。 ✓ 金属フランジに鍛造品として刻印されているが、フランジの表面にある他のマークは部品が冷間圧延されたことを示している。 ✓ 金属フランジが製造組立品の一部であり、フランジ上に製造者、材料タイプ、仕様、寸法などの必要な表示がない。
火災防護機器	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 消火器のハンドルが不適切な材料で作られているか、不適切な色である（例：OEM 製品はアルミニウム製のハンドルが銀色だが、模倣品は黒または赤のプラスチック製ハンドルである）。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 消火器の底の形状やデザインが異なっている。 ➤ 底面が直線的で平らでなく、厚く、ロール状または湾曲している。 ➤ 日付コードの刻印がない。 ➤ 軽量な材料で作られている。 ➤ 溶接の質が悪い、または複数または異なる場所（特に底部）で溶接されている。 ➤ 圧力計の外観が異なっていたり、色が違っていたり、またはゲージが不適切に組み立てられていたり、機能していなかったりする。 ➤ シリンダーを逆さにしたとき、内容物が上部に落ちる。 ✓ 消火器のラベルに問題がある。 <ul style="list-style-type: none"> ➤ ラベルの背景が本物のラベルと同じ色や濃淡でない。 ➤ ラベルがスクリーン印刷で、異なるシリンダーに同一の製造番号が使用されている。（これらの偽造品を見つける最も簡単な方法は、シリアルナンバーを確認することである。複数のシリンダーに同じシリアルナンバーがある場合、すべてのシリンダーが偽造品であると考えられることができる） ➤ 不適切な認証マークがある（例：Underwriters Laboratories のラベル情報が不適切）。 ➤ ラベルや説明書に、スペルミスの単語や誤ったフォントタイプが含まれている。 ➤ 円、文字、記号などの偽造防止機能がラベルにカットされておらず、ラベルに印刷されている。 ➤ ロゴまたはメーカーのシンボルが間違っている（例：わずかに異なる色が使用されている、またはロゴのサイズまたは形状が異なっている）。

物品	潜在的な偽造品や不正品の兆候
吊り上げ器具	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 吊り具が目に見えて変更されている（例：オーバースタンプ、元の情報を打ち消し、新しいマークを追加している）。 ✓ 使用済みの外観を持つもの（例：ストリングが摩耗している、フックに以前使用した形跡がある）。 ✓ 文書が不完全であるか、または紛失している。 ✓ 赤い芯糸がないポリエステル製リフティングスリングが見えている、あるいはスリングと一緒に受け取った情報と異なっている。

5. 海外企業のサプライヤ選定プロセスに関する調査

日本のプラント・機器・部材メーカー等の海外展開時の活動に資することを目的として、海外企業のサプライヤ選定プロセスに関する調査を行った。

5-1. EDF

フランス電力（EDF）の一般的な調達プロセスは、以下の流れで行われる。^{95, 96}

- ・ 調達内容の提示
- ・ コンサルテーション戦略
- ・ 入札募集
- ・ 入札の技術的および商業的な分析
- ・ 交渉および契約締結
- ・ 契約の履行とその監視
- ・ フィードバック

入札について EDF は、水、エネルギー、運輸および郵便サービス部門における公共調達手続きの調整に関する欧州指令 2014/25/UE (2014 年 2 月 26 日付)、およびフランスの法律に転置された条文を遵守している。入札は、規制要件の遵守以外に、欧州連合官報 (OJEU) での事前公開が行われる。

サプライヤは、EDF グループ調達ポータルを介して入札募集に参加できる仕組みとなっている。そのため新規サプライヤは、EDF グループ調達ポータルの登録フォームに必要事項を記入し、仕入先登録を行う必要がある。EDF グループ調達ポータルは、EDF グループ独自のオンライン・コンサルテーション・プラットフォームであり、サプライヤは参考情報として EDF グループに自社を知らせることができる。招待されたサプライヤは、入札募集への参加、コンサルテーション文書へのアクセス、技術的および経営的な申請書類の提出が可能になる。

新規サプライヤは、EDF の原子力プロジェクトに関係する入札に参加する場合、まず EDF の認定を受け、承認されたサプライヤリストに登録されなければならない。この EDF のプロセスは、以下に示すステップで行われる。⁹⁷

ステップ 1：情報収集

- ・ 最初の事前接触

⁹⁵ EDF, Become a supplier, Our process. <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/suppliers/become-a-supplier/our-process>

⁹⁶ EDF Purchasing Portal

<https://pha.edf.com/page.aspx/en/usr/login?ReturnUrl=/page.aspx/fr/buy/home>

⁹⁷ EDF, "How to find a good supplier?", IAEA Webinar, 14/01/2021.

- ・ 情報提供依頼書（RFI）の送付

ステップ2：事前選定

- ・ RFI フィードバック分析に基づきサプライヤを事前に選定
- ・ 事前評価のためのサプライヤ訪問、及びフィードバック

ステップ3：事前認定

- ・ 技術的な訓練コースおよびワークショップなどの開発計画の実行
- ・ 必要に応じた、製品またはプロセスの品質試験
- ・ 詳細な技術評価のための見積依頼書（RFQ）の送付

ステップ4：認定

- ・ 契約締結前のサプライヤ認定（承認されたサプライヤのリスト）

サプライヤリストに登録された後、契約締結までの EDF のプロセスは、図 5-1 に示すステップで行われる。

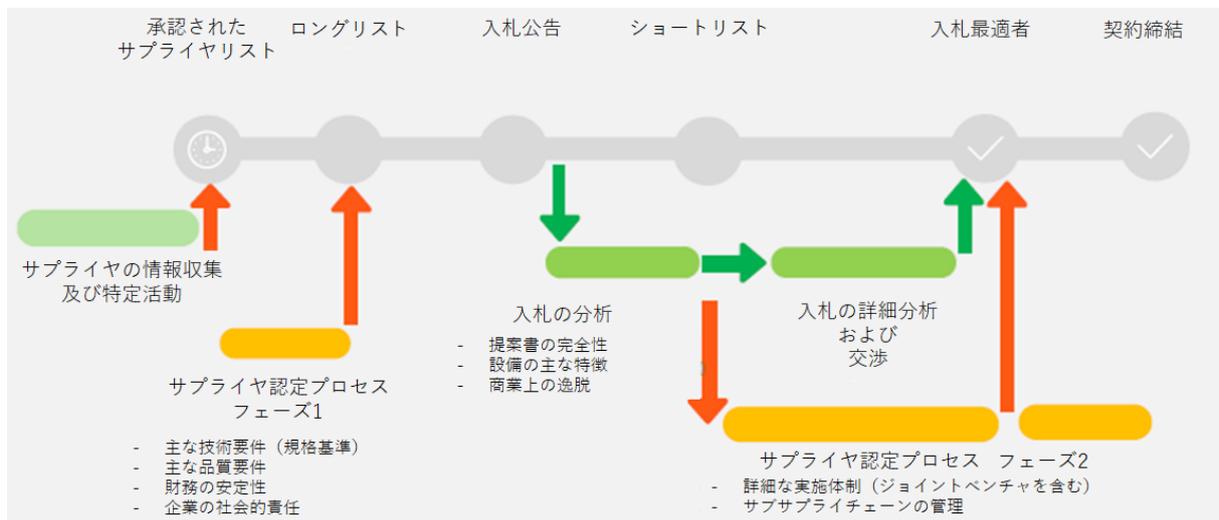


図 5-1 EDF の原子力プロジェクトにおけるサプライヤ選定及び契約発注プロセス

契約書類

- ・ 一般調達条件

EDF は、EDF グループ調達ポータルで一般調達条件を公表している。EDF は、調達に関する様々な方法と課題をカバーするために、調達担当者が利用できる標準的な契約の例を作成している。これらの文書は統一された契約構成で作成されており、EDF が締結したすべての契約間で一貫性を確保しながら、各種調達の特性が考慮される。標準的な契約書は、以下で構成されている。

- 一般調達条件（CGA）の各項目
- 調達の目的、特性、規模に合わせた特定の購入条件（CPA）

特に、スタートアップ企業に適用される標準契約書が、EDF との契約を容易にするために作成されている。

- ・ コンプライアンス誓約書

EDF は 2017 年に、コンプライアンス誓約を設定することにより、サプライヤの監視を強化した。サプライヤは、EDF グループの価値観を遵守する必要がある。サプライヤは、贈収賄および汚職、マネーロンダリング、テロリストの資金調達、および利益相反に関するコンプライアンス誓約書に署名しない限り、入札手続きに参加することはできない。

この誓約および添付されたその他の文書は、入札の募集に関与するサプライヤを評価するために考慮される。

5-2. Framatome

Framatome は、サプライヤ向けの調達ポータル（非公開エリア）を設けている。この調達ポータルにおいて、Framatome および Framatome の協力パートナー（third party partner）のユーザー認証システムによって承認されたサプライヤは、Framatome の秘密保持契約を事前に無条件で受け入れることを条件に、提案依頼書（RFP）、情報提供依頼書（RFI）、入札または招待されたイベントへの応答または参加が可能になる。この調達ポータルにアクセスするためには、以下の 2 つの規約に同意する必要がある。⁹⁸

- ・ FRAMATOME グループの調達ポータルへのアクセス・使用、および FRAMATOME グループのイベントへの電子参加を規定する一般条件（ポータルサイト利用規約(T&C)）
- ・ Bravosolution 社の技術的なプラットフォームで主催されるイベントへの参加を規定する一般条件

Framatome は、自社のウェブサイト上（公開エリア）で、Framatome グループの調達に関連して参照すべきあるいは必要とされる以下の情報・文書を提供している。⁹⁹

- ・ Framatome の倫理的コミットメント
- ・ 商品およびサービスの調達に関する一般条件
- ・ 不正行為および偽造行為の対策（サプライヤの意識化）
- ・ サプライヤの持続可能な開発に関するコミットメント

Framatome の商品およびサービスの調達に関する一般条件には、Framatome および/または関連会社が商品の供給および/またはサービスの実施を承諾したサプライヤに委託する条件が規定されている。サプライヤは、発注書の適切な実施に責任を負い、その職員および下

⁹⁸ Framatome, “General Terms and Conditions Governing Access to and Use of the Framatome Group’s Procurement Portal and Electronic Participation in the Framatome Group’s Events (Portal’s Terms and Conditions (T&CS))”, as of 5 January 2017, reference no: CGUPF0516.

⁹⁹ Framatome website, Be a Framatome’s supplier, <https://www.framatome.com/en/about/be-a-framatome-supplier/>

請業者が、注文書に指定された期間において、職場の安全およびセキュリティなど含め、商品および/またはサービスに関する発注書の要求事項の遵守を保証することが求められている。¹⁰⁰

5-3. EDF Energy

(1) 新規建設プロジェクト

英国で最大の電気事業者である EDF Energy は、子会社である NNB GenCo を通じて、Hinkley Point C (EPR 2 基) を建設中であり、Sizewell C (EPR 2 基) の建設計画を進めている。

ここでは、具体的に機器の調達が行われている Hinkley Point C について調査した結果を示す。なお、Sizewell C については、立地地域のサプライヤ向け¹⁰¹、或いは英国内サプライヤ向けのウェブサイト¹⁰²はあるものの、具体的なサプライヤ選定の情報は確認されなかった。

(2) サプライヤリスト

Hinkley Point C のウェブサイト¹⁰³に掲載されているサプライヤリストのうち、本体設備に関するリストを表 5-1 に示す (土木工事や管理役務を除く)。本表は調達品毎に次の項目を整理したものである。

- ・ Category (設備のカテゴリ : Nuclear Island、Balance Of Plant 等)
- ・ Package (調達内容)
- ・ Cost (およその調達額)
- ・ Award (発注時期)
- ・ Supplier (サプライヤ名)
- ・ Website (ウェブサイト)

(3) サプライヤ要件

Hinkley Point C のウェブサイトで公開されているサプライチェーンガイダンス¹⁰⁴に記載される要件を以下にまとめる。これらは入札参加のために求められる要件であり、入札後は

¹⁰⁰ Framatome, “General Terms and Conditions for Purchase of Goods and/or Services”, 2021.

¹⁰¹ Sizewell C Supply Chain, <https://www.sizewellsupplychain.co.uk/>

¹⁰² The UK Supply Chain Portal, <https://www.competefor.com/sizewellc/>

¹⁰³ EDF Energy, Work packages and contract information, <https://www.edfenergy.com/energy/nuclear-new-build-projects/hinkley-point-c/for-suppliers-and-local-businesses/work-packages>

¹⁰⁴ EDF Energy, Hinkley Point C Supply Chain – be part of it, https://www.edfenergy.com/file/1405/download?token=gcM0D47gaHPuYvBZ7XqN0y_fjxKHL0vYuZJg1hoqRjc

契約書、購入仕様書等で規定される要件に従うことになる。

a. サプライヤの事前認証

次の項目についてサプライヤの事前認証が行われる。

- ・ 健康と安全に関する統計分析（過去3年分）
- ・ 設計及び製造能力
- ・ 法人存在証明（無犯罪証明）
- ・ 保険関係
- ・ 財務健全性、必要な場合は親会社含む。
- ・ 経験/能力
- ・ サプライヤプールにおける認証/実績
- ・ 主要製品の実績
- ・ 環境方針及び手順
- ・ セキュリティ（物理的及びIT関連サイト両方に関し、人員及びITシステム）
- ・ キャパシティ
- ・ CDM規制の理解

b. サプライヤの入札時評価

事前認証に合格すると、公式に調達パッケージの入札に招待される。入札時のサプライヤ評価は広範囲に渡るもので、その調達品に応じて設定される。一般的な評価項目は次の通りである。

- ・ 詳細技術評価
- ・ 技術提出物に対する健康、安全、環境評価
- ・ CDM規制に対する業務能力（サイト作業のみ）
- ・ サプライヤ保証体制
- ・ 組織文化評価（原子力安全文化を含む）
- ・ 製造検査管理（QMS評価を含む）
- ・ ITPIA（製造段階における独立第三者機関のチェック）に対する戦略
- ・ 不適合/違反/許容管理プロセス
- ・ プロジェクトマネジメント及びコントロール能力
- ・ 下請け管理
- ・ リスク管理
- ・ 組織的な強み
- ・ 経験/コンピテンシー/キャパシティ
- ・ ローカルサプライヤ活用戦略
- ・ サプライヤ及びITシステムに対するセキュリティコントロール
- ・ クレジットリスクチェックー財務健全性の詳細チェック

- ・ 60年のプラント運転に対するサポート能力

c. 安全クラス品に対する評価

安全クラス品の調達に関しては、サプライヤのマネジメントシステムに対する監査、またケースバイケースで外注先に対する監査も行われ、これには原子力安全文化のチェックも含まれる。

表 5-1 Hinkley Point-C サプライヤリスト

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
Balance Of Plant	BOP Pipework Fabrication	£ 25m to £ 50m	2020 Q1	Bilfinger Piping Technology UK Ltd	
Balance Of Plant	Cathodic Protection	£ 1m to £ 5m		Ovivo	http://www.ovivowater.co.uk
Balance Of Plant	CRF Motor Driven Pumps	£ 5m to £ 25m	2017 Q1	GE-Power	http://www.ge-alstom.com
Balance Of Plant	Demineralisation and degassing processes and water treatment plant	£ 5m to £ 25m	2018 Q4	Veolia	http://www.veolia.co.uk
Balance Of Plant	Embedded Frames for Security Doors, Grids and Blast Dampers & APC Doors	£ 5m to £ 25m	2016 Q4	Sommer	http://www.sommer-hof.com
Balance Of Plant	Gas Plant	£ 1m to £ 5m	2019 Q3	MEH Joint Venture	
Balance Of Plant	HCB Fish Recovery Equipment (Equipment in the Filtering Recovery Pit Building)	£ 1m to £ 5m		Ovivo	http://www.ovivowater.co.uk

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
Balance Of Plant	HOR Thermal Driven Pumps	£ 1m to £ 5m	2017 Q2	Flowserve	http://www.flowserve.com
Balance Of Plant	HP- Filtration	£ 5m to £ 25m	2017 Q1	Ovivo	http://www.ovivowater.co.uk
Balance Of Plant	KRS Environmental Monitoring	£ 1m to £ 5m	2019 Q1	Bertin-Saphymo	http://www.bertin-instruments.com
Balance Of Plant	Physical and Electronic Security Systems	£ 25m to £ 50m	2019 Q4	Chubb Integrated Systems	
Balance Of Plant	Power Transmission	£ 50m to £ 100m	2017 Q2	Linxon (ABB & SNC Lavelin JV)	http://www.linxon.co/contacts/
Balance Of Plant	PSAD for HPC	£ 1m to £ 5m	2019 Q4	GE-Power	http://www.ge-alstom.com
Balance Of Plant	Pumphouse Pumps	£ 5m to £ 25m	2018 Q2	Trillium Flow Services Ltd	
Balance Of Plant	Security Doors, Grids and Blast Dampers	£ 50m to £ 100m	2017 Q4	Sommer	http://www.sommer-hof.com
Balance Of Plant	XCA Boiler-Building+systems	£ 5m to £ 25m	2019 Q4	EDF Igneum	
Conventional Island	HVAC for HM (Turbine Hall), HF (Non-Classified Elec Bldg, Galleries and Auxillary Bldgs)	£ 25m to £ 50m	2018 Q4	Exyte-Hargreaves	
Conventional Island	Large Capacity Travelling Crane	£ 5m to £ 25m	2017 Q2	FAYAT (Comète/Joseph Paris)	http://www.josephparis.fayat.com
Conventional Island	TG Condensor, LH Feedwater Plant, Auxillaries, APA and AAD Motors	> £ 1B	2016 Q3	GE-Power	http://www.ge-alstom.com

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
Electrical and I&C	10kV Switchboards	£ 5m to £ 25m	2017 Q1	Schneider Electric	http://www.schneider-electric.com
Electrical and I&C	Balance of Switchboards HV/LV & LV/LV Transformers	£ 100m to £ 250m	2017 Q2	Comeca UK	http://www.comeca-group.com
Electrical and I&C	Batteries for HL 1, 2, 3 & 4	£ 1m to £ 5m	2017 Q1	Hoppecke	http://www.hoppecke.com
Electrical and I&C	Electrical Erection	£ 250m to £ 500m	2019 Q2	MEH Joint Venture	
Electrical and I&C	Electrical Penetrations through Containment Buildings	£ 5m to £ 25m	2016 Q4	Mirion	http://www.mirion.com
Electrical and I&C	Full Scale Simulator (SIM3)	£ 5m to £ 25m	2022 Q1		
Electrical and I&C	Hydrogen & Fire Detection	£ 25m to £ 50m	2018 Q2	DEF	
Electrical and I&C	Instrumentation	£ 25m to £ 50m	2019 Q4	Framatome GmBH	
Electrical and I&C	Intermediate Simulator (SIM1)	£ 1m to £ 5m	2018 Q2	Corys	http://www.corys.com
Electrical and I&C	Intermediate Simulator (SIM2)	£ 5m to £ 25m	2018 Q1	Corys	http://www.corys.com
Electrical and I&C	IT & Comm Networks	£ 50m to £ 100m	2019 Q1	Telent	http://www.telent.com
Electrical and I&C	Main Control Room Set-up	£ 5m to £ 25m	2017 Q2	Efinor/Clemessy jv	
Electrical and I&C	Main Diesel Generators	£ 100m to £ 250m	2017 Q1	Bouygues Energies & Services	http://www.bouygues-es.co.uk
Electrical and I&C	PS ICBM (functional Static	£ 5m to £ 25m	2015 Q1	WS Atkins	http://www.atkinsglobal.com

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
	Analysis/compiler Validation)				
Electrical and I&C	SBO Diesel Generators	£ 25m to £ 50m	2019 Q1	Rolls-Royce	http://www.rolls-royce.com
Electrical and I&C	Small power & lighting (all Island)	£ 100m to £ 250m	2019 Q2	MEH Joint Venture Imtech	
Electrical and I&C	UK EPR Independent Confidence Building Measures	£ 50m to £ 100m	2017 Q1	ATOS Worldgrid	http://atos.net
Electrical and I&C	UPS Chargers & Inverters	£ 1m to £ 5m	2017 Q4	Schneider Electric	http://www.schneider-electric.com
Handling & Ventilation	Chillers Lot 1 (DEL)	£ 5m to £ 25m	2018 Q4	Friotherm	http://www.friotherm.com
Handling & Ventilation	Chillers Lot 2 &3 (DER/DEQ)	£ 5m to £ 25m	2017 Q2	J&E Hall	http://www.jehall.co.uk
Handling & Ventilation	Fuel Handling	£ 25m to £ 50m	2017 Q3	RÉEL	
Handling & Ventilation	Fuel Transfer Cask (Lorries (MSDG))		2021 Q1		
Handling & Ventilation	HK & HQ Cranes	£ 25m to £ 50m	2017 Q1	RÉEL	
Handling & Ventilation	Hoists	£ 1m to £ 5m	2019 Q2	PCT Group Comète	
Handling & Ventilation	HVAC for Classified Buildings	£ 100m to £ 250m	2018 Q4	MEH Joint Venture	
Handling & Ventilation	Lifts and Goods Lifts (standard & Specific)	£ 5m to £ 25m	2018 Q1	Otis	
Handling & Ventilation	Miscellaneous handling devices	£ 5m to £ 25m	2019 Q2	Comète	

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
Handling & Ventilation	Polar Crane & Heavyweight Handling	£ 50m to £ 100m	2017 Q3	APCO Technologies	http://www.apco-technologies.eu
Handling & Ventilation	Spent Fuel transfer cask facility -Part A	£ 5m to £ 25m	2019 Q3	CNIM	http://www.cnim.com/en/
Handling & Ventilation	Ventilation Stack	£ 1m to £ 5m	2018 Q4	China Nuclear Power Engineering	
Mechanical Equipment	ASG & RRI Motors and Classified Pumps	£ 5m to £ 25m	2017 Q1	SPX-Flow	http://www.spxflow.com/en/clydeunion-pumps
Mechanical Equipment	EVU Motors and Classified Pumps	£ 1m to £ 5m	2017 Q1	Sulzer	http://www.sulzer.com
Mechanical Equipment	Filters for the BNI	£ 1m to £ 5m	2017 Q2	Pall Europe	http://www.pall.com
Mechanical Equipment	Heat Exchangers	£ 25m to £ 50m	2017 Q1	Rolls-Royce	http://www.rolls-royce.com
Mechanical Equipment	HVD/HXA/HVL Tanks	£ 5m to £ 25m	2018 Q2	H & E Engineering Ltd (Huaxing/Efinor)	
Mechanical Equipment	Other Pumps: Lot C - Volumetric (unclassified)	£ 1m to £ 5m	2017 Q1	Cletral	http://www.optimex-pumps.com
Mechanical Equipment	Other Pumps: Lot A - Centrifugal	£ 1m to £ 5m	2018 Q2	Flowserve	http://www.flowserve.com
Mechanical Equipment	Other Pumps: Lot B - Submersible	£ 1m to £ 5m	2017 Q1	Optimex	http://www.optimex-pumps.com
Mechanical Equipment	PTR Motors & Classified Pumps	£ 1m to £ 5m	2017 Q1	Flowserve	http://www.flowserve.com
Mechanical Equipment	Reinjection Pumps	£ 1m to £ 5m	2017 Q4	SPX-Flow	http://www.spxflow.com/en/clydeunion-pumps

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
Mechanical Equipment	Submersible Pumps	£ 1m to £ 5m	2017 Q4	Kaiquan Pumps	http://www.kaiquan-group.com
Mechanical Equipment	Tanks and Demineralisers	£ 5m to £ 25m	2018 Q2	ADF	http://www.adfgroup.com
Mechanical Equipment	TEG Compressors	£ 1m to £ 5m	2018 Q2	Flowserve	http://www.flowserve.com
Nuclear Island	BNI Mechanical Erection	£ 250m to £ 500m	2019 Q1	MEH Joint Venture	
Nuclear Island	Boronmeters	£ 5m to £ 25m	2019 Q2	Mirion	http://www.mirion.com
Nuclear Island	Diesel antfire equipments	£ 1m to £ 5m	2017 Q2	Tyco Fire & Integrated Solutions SFS (Fire Services / Chubb Systems) jv	
Nuclear Island	Filters Handling Machine (TES)	£ 1m to £ 5m	2017 Q1	RÉEL	
Nuclear Island	HQ TES Process	£ 5m to £ 25m	2017 Q1	Babcock Noell GmbH	
Nuclear Island	HR & HK Dynamic Containment	< £ 1m	2021 Q4		
Nuclear Island	NDT (Non Destructive Testing) and associated Services	£ 25m to £ 50m		Applus RTD UK Ltd Bilfinger Salamis UK Ltd CEGELEC Bourg de Peage CGN Inspection Technology Company Limited CTE Nordtest DCNS BU Nucleaire Civil INSTITUT DE SOUDURE INDUSTRIE James Fisher NDT Limited NRL Group Limited	

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
				Oceaneering International Services Limited Vulcain Engineering Ltd Westinghouse Electric Company UK Limited	
Nuclear Island	NSSS Forgings	£ 50m to £ 100m		Framatome	http://www.framatome.com
Nuclear Island	Nuclear Sampling	£ 5m to £ 25m	2017 Q1	GE-Power	http://www.ge-alstom.com
Nuclear Island	Nuclear steam Supply System	> £ 1B	2016 Q4	Framatome	http://www.framatome.com
Nuclear Island	Radioprotection Dosimetry KRC	£ 5m to £ 25m	2020 Q3	Mirion	http://www.mirion.com
Nuclear Island	Radioprotection Process KRT - Classified Equipment	£ 5m to £ 25m	2019 Q2	Mirion	http://www.mirion.com
Nuclear Island	Radioprotection Process KRT - Non Classified Equipment	£ 5m to £ 25m	2020 Q4	Mirion	http://www.mirion.com
Nuclear Island	Systems Waterproofing (H2 & N2)	< £ 1m	2021 Q4		
Valves	Classified Butterfly Valve	£ 5m to £ 25m	2016 Q4	Griss	http://valves.pentair.com
Valves	Classified Diaphragm Valves	£ 1m to £ 5m	2016 Q4	KSB Sisto	http://www.ksb.com

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
Valves	Classified Gate Valves Swing Check Valves and Globe Valves	£ 5m to £ 25m	2016 Q4	Velan-Segault	http://www.velan.com
Valves	Classified Plug Valves	£ 5m to £ 25m	2016 Q4	Daher-Vanatome	http://www.daher.com
Valves	Control Valves	£ 5m to £ 25m	2016 Q4	Phönix	http://www.curtisswright.com
Valves	Low Pressure Check Valves	£ 1m to £ 5m	2016 Q4	KSB Amri	http://www.ksb.com
Valves	NB	£ 5m to £ 25m	2016 Q4	Velan-Segault	http://www.velan.com
Valves	NB 80 to 250mm Classified Globe Check Valves and Globe Valves	£ 5m to £ 25m	2016 Q4	Daher-Vanatome	http://www.daher.com
Valves	Non-classified Butterfly Valve	< £ 1m	2016 Q4	KSB Amri	http://www.ksb.com
Valves	Non-classified Diaphragm Valves	£ 1m to £ 5m	2016 Q4	Phönix	http://www.curtisswright.com
Valves	Non-classified Plug Valves	< £ 1m	2016 Q4	Salvi	http://www.salvi-valves.com
Valves	Non-classified Valves and check valves	£ 1m to £ 5m	2016 Q3	SNRI	http://www.valcogroup.fr
Valves	Particular Containment Isolation Valves	£ 1m to £ 5m	2016 Q4	KSB Amri	http://www.ksb.com
Valves	Pressure Reducing Valves and Back-pressure Regulators	< £ 1m	2016 Q4	Daher-Vanatome	http://www.daher.com
Valves	Remote	£ 1m to	2018 Q2	Griss	http://valves.pentai

Category	Package	Cost	Award	Supplier	Website
	Mechanical Operations for Valves	£ 5m			r.com
Valves	Safety Relief Valves	£ 1m to £ 5m	2016 Q4	Weir Power & Industrial	http://www.global.weir.com
Valves	Specific Safety Relief Valves	< £ 1m	2016 Q4	Weir Power & Industrial	http://www.global.weir.com
Valves	Specific Classified Butterfly Valves	< £ 1m	2016 Q4	Griss	http://valves.pentair.com
Valves	Specific Classified Diaphragm Valves	< £ 1m	2016 Q4	Griss	http://valves.pentair.com
Valves	Specific Classified Plug Valves	£ 1m to £ 5m	2016 Q4	Daher-Vanatome	http://www.daher.com
Valves	Specific Control Valves	£ 1m to £ 5m	2016 Q4	Emerson	http://www2.emersonprocess.com
Valves	Specific Non-Classified Valves and Check Valves	< £ 1m	2016 Q3	SNRI	http://www.valcogroup.fr
Valves	Vent Check Valves	< £ 1m	2016 Q4	KSB Sisto	http://www.ksb.com

5-4. Rolls-Royce

(1) 原子力調達ポータル

英国の主要な原子力メーカーである Rolls-Royce は、同社のサプライチェーンを管理するためのポータルサイト”Global Supplier Portal”¹⁰⁵を運営している。サプライヤは本サイトに登録し、入札に参加することが可能となっている。入札案件やサプライヤ要件については登録サプライヤでなくても本サイトから閲覧可能である。ここでは Rolls-Royce の英国民間原子力調達のサプライヤ要件をまとめる。

(2) 英国民間原子力調達のサプライヤ要件¹⁰⁶

サプライヤ調達要件は 10 章から構成され、具体的な要件が定義されているのは 4 章から 10 章になる。これら要件の概要を表 5-2 に示す。

サプライヤ要件は BS/EN/ISO 9001:2015 をベースに作成されており、IAEA GSR Part 2 (安全のためのリーダーシップとマネジメント) の良好事例と整合するとされている。

Global Supplier Portal には、サプライヤ要件の自己チェックリスト¹⁰⁷も用意されている。

表 5-2 Rolls-Royce 英国原子力調達のサプライヤ要件

節	タイトル	概要
4.	組織	
4.1	組織及び組織内の理解	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
4.2	ニーズと期待事項の理解	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
4.3	品質マネジメントシステム (QMS) の範囲	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 品管クラス (QA Grade) を 1, 2, 3 に分類する。
4.4	QMS プロセス	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う OSHAS、RoHS 指令、CDM、化学物質管理、セキュリティ対策について規定

¹⁰⁵ Rolls-Royce, Global Supplier Portal, <https://suppliers.rolls-royce.com/GSPWeb/appmanager/gsp/guest>

¹⁰⁶ Rolls-Royce, Supplier Management system Requirements - Civil Nuclear UK, Revision 1.1, Edition 3, 18 July 2018, <https://suppliers.rolls-royce.com/GSPWeb/ShowProperty?nodePath=/BEA%20Repository/Global%20Supplier%20Portal/Section%20DocLink%20Lists/SABRe%203/Civil%20Nuclear%20UK%20SABRe/Column%201/Introduction/Documents/Civil%20Nuclear%20UK%20SABRe//file>

¹⁰⁷ Rolls-Royce, Global Supplier Portal, Civil Nuclear UK SABRe, https://suppliers.rolls-royce.com/GSPWeb/appmanager/gsp/guest?_nfpb=true&_windowLabel=supplierdocuments_2&supplierdocuments_2_actionOverride=%2Fcom%2Frollsroyce%2Fgsp%2Fportlets%2Fsupplierdocuments%2FshowPageContent&supplierdocuments_2_subPageURLPath=Civil+Nuclear+UK+SABRe&supplierdocuments_2_pageURLPath=SABRe+3&supplierdocuments_2_bgflag=1

5.	リーダーシップ	
5.1	リーダーシップとコミットメント	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 原子力安全文化について規定
5.2	品質方針	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
5.3	組織の役割、責任、権限	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
6.	計画	
6.1	リスク及び機会への対処	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う リスク管理、BCP について規定
6.2	品質目標及び達成計画	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
6.3	変更計画	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
7.	サポート	
7.1	資源	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 人員、インフラ、業務環境、監視測定機器 (ISO/IEC 17025, BS/EN/ISO 10012) について規定
7.2	力量	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
7.3	意識	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
7.4	コミュニケーション	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
7.5	文書情報	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 文書作成、情報管理、電子情報管理、承認、 記録管理、文書保管、最終リリース、輸出管理 について規定
8.	運営	
8.1	運営計画及び管理	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 製品安全、偽造防止、品質保証計画、FUD (試験計画)、品質保証のグレーデッドアプローチ、進捗会議、業務プロセス図、生産計画、試験/検査基準について規定
8.2	製品及びサービスの要件	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 顧客とのコミュニケーション、要件の決定、要件のレビュー、要件の変更について規定
8.3	製品及びサービスの設計及び開発	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 一般事項、計画、インプット、管理 (適用規格含む)、アウトプット、変更管理について規定。
8.4	外部から供給されるプロセス、製	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う

	品、サービスの管理	外注先へのアクセス、調達文書、管理の種類と程度、サプライヤの情報について規定
8.5	製品及びサービス条項	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 製品及びサービスの管理（キックオフ会議、検査/サーベイランス、職場環境、プログラム管理、特殊プロセスの妥当性管理、目視検査、作業手順、サーベイランス、ホールドポイント、立会検査、技術検査管理、放射線フィルム等）、特定とトレーサビリティ、顧客又はサプライヤに属する資産、保管、納入後の活動、変更管理について規定
8.6	納品	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う EOMR（製造完了報告書）について規定
8.7	不適合管理	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 不適合品、文書化、不適合品の許可、再生産品の管理について規定
9.	パフォーマンス評価	
9.1	モニタリング、計測、分析、及び評価	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 顧客満足度、分析及び評価について規定
9.2	内部監査	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う 監査プログラム、プロセス/製品監査について規定
9.3	マネジメントレビュー	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う インプット、アウトプットについて規定
10	改善	
10.1	一般事項	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
10.2	不適合及び是正処置	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う
10.3	継続的改善	BS/EN/ISO 9001:2015 に従う

5-5. NuScale

(1) NuScale Power 社の経営上の特徴

NuScale Power 社は自社にて製造能力や EPC 遂行能力を有しておらず、いわゆるアセットライト経営を志向しており、サプライチェーンの構築においては、原子力分野で経験を有するパートナー企業を適材適所で採用する方針である。個別機器の調達における NuScale Power 社と EPC コントラクターとのスコープは以下の通りとしている。

- ・ NuScale 社のスコープ：モジュール本体、燃料（フラマトムから燃料集合体を調達予定、燃料自体は事業者が調達）、メカニカルハンドリング（原子炉クレーン、モジュール置き場、燃料交換システムなど）、計装制御システム
- ・ EPC コントラクターのスコープ：サイト工事、周辺機器（電気機器、電気計装系）、建屋及び構造設計

(2) 初号機建設プロジェクトの遂行体制

NuScale の初号機建設は、米国エネルギー省傘下のアイダホ国立研究所内で計画されており、プロジェクトのオーナーは米国のユタ州公営共同電力事業体 (UAMPS) であり、UAMPS は本プロジェクトの遂行のために特別目的事業体 (SPE) として Carbon Free Power Project LLC (CFPP) を設立した。

CFPP は 2021 年 1 月に当該プロジェクトの EPC コントラクターとして NuScale Power 社の主たる出資者である Fluor 社を選定した¹⁰⁸。CFPP が NRC に提出したプロジェクトの遂行体制を図 5-2 に示す。図 5-2 の通り、CFPP のプロジェクト遂行体制として、Tier 1 には、EPC コントラクターである Fluor 社の他、NuScale Power 社（原子炉モジュールの製造。実際の製造は、韓国の斗山エナビリティが担当予定¹⁰⁹）、オーナーエンジニアとして MPR 社及び Burns & McDonnell 社、そして運転及び保守管理の担当として、米国電力会社の Xcel Energy 社の子会社である Xcel Energy Nuclear Services 社が入る。また、EPC コントラクターである Fluor 社のもとには、Tier 2 として、NuScale Power 社（規制対応担当）や原子力建屋側のエンジニアリング担当として Sargent & Lundy 社が入る。

CFPP では、6 モジュールから構成されるプラントを 1 基建設予定である。合計出力は、1 モジュール 77MWe×6 モジュールで 462MWe となる。また、CFPP のプロジェクトの実施スケジュールについて、CFPP は表 5-3 の通りに示している。表 5-3 の通り、2026 年 7 月に工事が開始され、最初のモジュールが 2029 年 12 月、全てのモジュールが 2030 年 11 月に運転開始予定となっている。

¹⁰⁸ <https://www.cfppllc.com/cfpp-epc-contractor>

¹⁰⁹ <https://www.nuscalepower.com/en/news/press-releases/2022/nuscale-power-and-doosan-sign-agreement-to-begin-smr-production>

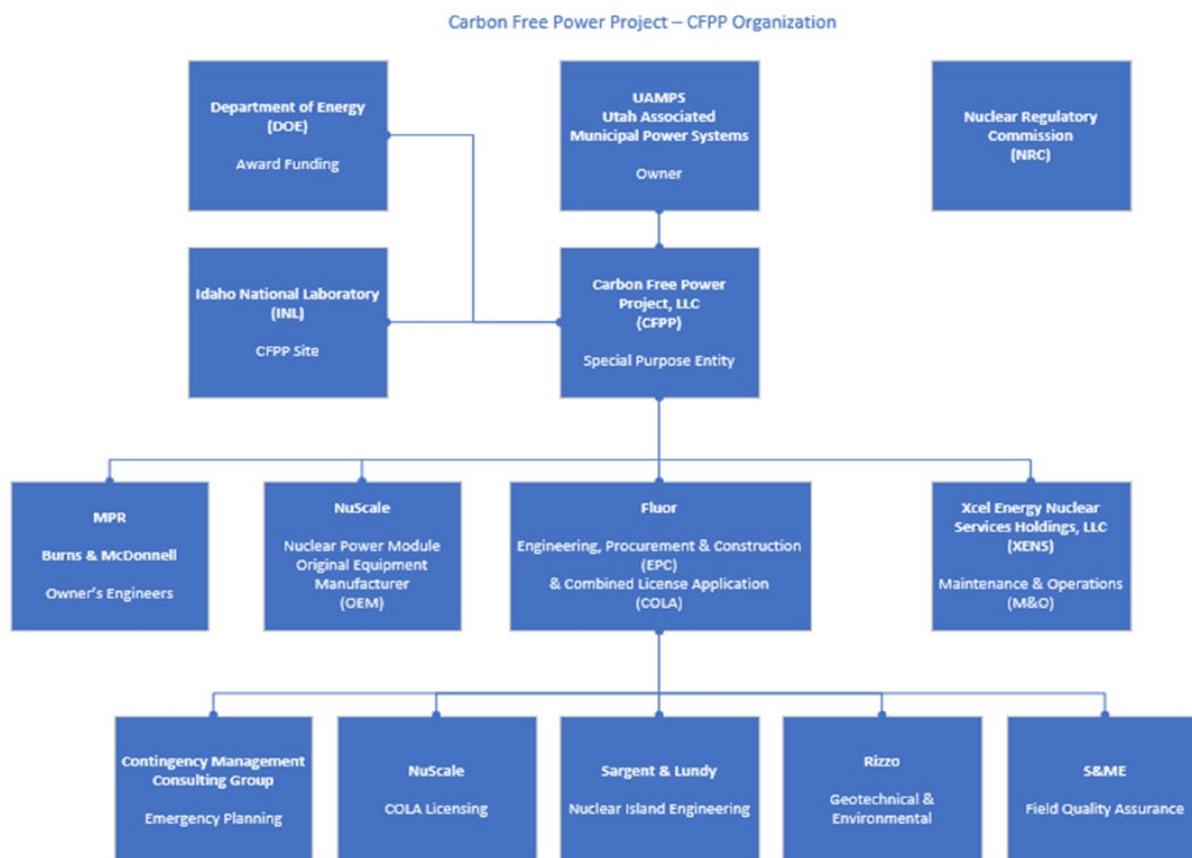


図 5-2 CFPP のプロジェクト遂行体制 ¹¹⁰

表 5-3 FPP のプロジェクトの実施スケジュール ¹¹¹

年月	実施内容
2021 年 1 月	EPC コントラクターとして Fluor 社を選定 建設・運転一括認可 (COL) の申請準備開始
2024 年 1 月	COL の申請書提出
2024 年 2 月	COL の審査開始
2026 年 7 月	COL の審査終了 最終着工指示
2029 年 12 月	1 モジュール目の運転開始
2030 年 11 月	全モジュールの運転開始

¹¹⁰ <https://www.nrc.gov/docs/ML2213/ML22130A802.pdf>

¹¹¹ <https://www.cfppllc.com/cfpp-timeline>

(3) 2号機以上の建設プロジェクトの遂行体制の予想

CFPP以降のプロジェクトの遂行体制に関して、2号機以降の数件のプロジェクトに関しては、初号機同様に、NuScale Power社の主たる出資者であるFluor社がEPCコントラクターになると考えられる。その後、NuScale Power社が欧州、中東、アジアの各国に営業を展開していく中で、地域的な優位性を考慮して、NuScale Power社に出資した日揮や韓国企業がEPCコントラクターを担っていくことが予想される。具体的には、日揮担当者が、2021年5月の電気新聞の記事上で「今後5年間は、フルアとのプロジェクトを通じてノウハウを蓄える。中東や東南アジアでは当社が中心となり、EPCを遂行したい」との考えを示している¹¹²。また韓国勢もEPCコントラクターとしての地位獲得のために、NuScale Power社との議論を進めている¹¹³。

なお、現時点で、初号機(CFPP)以降の具体的なプロジェクトについて情報は公開されていないが、NuScale Power社のホームページ上では、NuScaleに興味を示している企業等の一覧を示している(表5-4参照)。表の通り、米国のみならず、カナダ、東欧、アジア各国の企業がNuScaleに興味を示しており、ここ1-2年で複数の企業がNuScale Power社とNuScaleの建設に向けた基本合意書(MOU)を締結している。また、NuScaleは発電用途のみならず、水素製造用途としても検討が進められており、最近では、2022年11月にウクライナでのNuScaleを利用した水素製造の実証計画¹¹⁴、2022年12月にはNuScale Power社やShell Global Solutions社によるNuScaleを用いた水素製造システムの開発計画¹¹⁵が公表されている。さらに、カナダのProdigy Marine Power Station社とは、浮体式原子力発電所の開発を進めており、今後、NuScaleの潜在的な顧客が、通常の陸上設置の発電所のみならず、欧米各国やアジア各国で検討が進められている海上浮体式原子力発電所にも展開されていくことが予想される(図5-3にNuScaleを用いた浮体式原子力発電所のイメージを示す)。

¹¹² <https://www.denkishimbun.com/sp/125366>

¹¹³ <https://koreajoongangdaily.joins.com/2022/05/10/business/industry/Korea-nuclear-energy-Samsung-CT/20220510171831412.html>

¹¹⁴ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/USA-Ukraine-announce-cooperation-on-clean-fuels-fr>

¹¹⁵ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Collaborators-to-develop-SMR-based-hydrogen-product>

表 5-4 NuScale に興味を示している企業等一覧 ¹¹⁶

国	企業等名称（業態）	検討状況
米国	Associated Electric Cooperative(電力事業者)	✓ MOU 締結（2022 年）
米国	Dairyland Power Cooperative（電力事業者）	✓ MOU 締結（2022 年）
カナダ	Ontario Power Generation（電力事業者）	✓ MOU 締結（2018 年）
カナダ	Prodigy Marine Power Station（浮体式原子力発電所の開発企業）	✓ MOU 締結（2021 年） ✓ 概念設計完了（2022 年）
チェコ	ČEZ Group（電力事業者）	✓ MOU 締結（2019 年）
ウクライナ	Energoatom（原子力運転会社）	✓ MOU 締結（2021 年）
エストニア	Fermi Energia（電力事業者）	✓ MOU 締結（2022 年）
ポーランド	Getka（エネルギー企業（米国企業）） UNIMOT（エネルギー企業）	✓ MOU 締結（2021 年）
ポーランド	KGHM Polska Miedź S.A.（銀・銅生産企業）	✓ MOU 締結（2021 年） ✓ ファースト・タスクオーダー締結（2022 年）
ブルガリア	KNPP-NB（原子力発電所の新設のために設立された企業）	✓ MOU 締結（2021 年）
ルーマニア	S.N. Nuclearelectrica SA（エネルギー企業）	✓ MOU 締結（2019 年） ✓ 協業契約締結（2019 年） ✓ 技術検討に関する契約締結（2022 年）
ヨルダン	Jordan Atomic Energy Commission（政府組織）	✓ MOU 締結（2019 年）
カザフスタン	Kazakhstan Nuclear Power Plant	✓ 提案書提出（2019 年） ✓ MOU 締結（2021 年）

¹¹⁶ <https://www.nuscalepower.com/en/Projects>

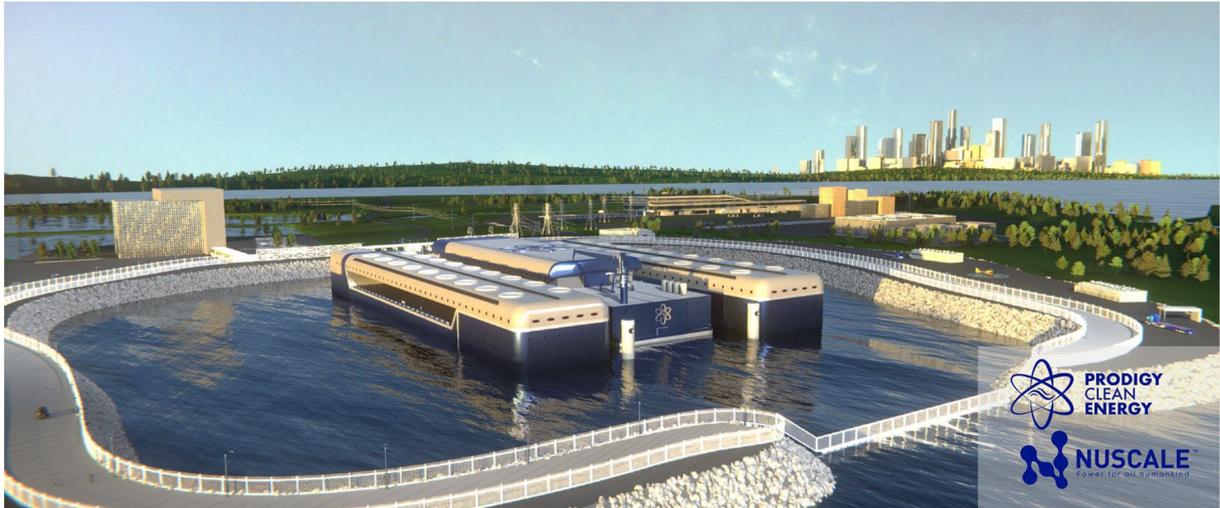


図 5-3 NuScale を用いた浮体式原子力発電所のイメージ ¹¹⁷

(4) NuScale Power 社の戦略的パートナー

前述の通り、NuScale Power 社は自社にて製造能力や EPC 遂行能力を有しておらず、サプライチェーンの構築においては、原子力分野で経験を有するパートナー企業を適材適所で採用する方針としている。NuScale Power 社は自社のホームページにて戦略的パートナーとなる企業一覧を示している（表 5-5 参照）。

¹¹⁷ <https://www.nuscalepower.com/en/news/press-releases/2022/nuscale-power-and-prodigy-clean-energy-advance-smr-marine-facility-design>

表 5-5 NuScale の戦略的パートナー企業一覧 ¹¹⁸

国	企業名	役務
米国	Fluor	EPC（出資者）
米国	Sargent & Lundy	設計試験（出資者）
米国	Xcel Energy	運転
米国	Honeywell	制御システム製造
米国	Paragon	モジュール保護システム製造
米国	SENSIA	計装システム製造
米国	ULTRA	計装システム製造
米国	Curtiss-Wright	制御棒駆動システム製造
米国	PCC	原子炉機器製造（詳細不明）
米国	Sarens	モジュール輸送、組み立て
米国	PaR Systems	原子炉建屋クレーン製造
カナダ	BWXT Canada	モジュール製造
英国	Sheffield Forgemasters International	モジュール製造
フランス	Framatome	燃料集合体製造
ウクライナ	Science and Technology Center in Ukraine	許認可ギャップ解析
ウクライナ	State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety	許認可
韓国	Doosan Enerbility, Ltd.	モジュール製造（出資者）
韓国	GS Energy	運転（出資者）
韓国	Samsung C&T Corporation	コントラクタ（出資者）
日本	日揮ホールディングス	EPC（出資者）
日本	IHI	モジュール製造

¹¹⁸ <https://www.nuscalepower.com/en/About/Strategic-Partners>

及び

<https://www.nuscalepower.com/-/media/nuscale/pdf/investors/2022/investor-presentation-nov2022.pdf>

(5) NuScale Power 社及び Fluor 社のサプライヤ要件

NuScale Power 社及び Fluor 社ともに、サプライヤ要件は公表していない。一方で、両社とも、ホームページ上にサプライヤ向けのポータルサイトを用意しており、サプライヤはポータルサイトにアカウントを作成することで、各種情報を入手できることができると考えられる。

NuScale Power 社のサプライヤ向けのポータルサイト：

<https://suppliers.nuscalepower.com>

※ポータルサイトにおける記載内容

- ✓ ポータルサイトへの登録は、ニュースケール社との取引に関心がある、あるいはすでに取引しているサプライヤ、請負業者、その他の組織のためのものである。提供された情報は、今後の参照と検討のために NuScale Power 社の内部データベース内に保管される。
- ✓ ポータルサイトへの登録により、登録した企業が NuScale Power 社に興味があることを明らかにするとともに、NuScale Power 社に対して、登録した企業の情報を提供する。
- ✓ ポータルサイトへの登録をしたとしても、ポータルサイト上では入札等の行為はできない。
- ✓ ポータルサイトへの登録をしたとしても、ポータルサイト上では、サプライヤの認証は行われない。登録されたことが、認証されたことを意味するわけではない。
- ✓ サプライヤの認証については、提案依頼書（RFP）のプロセスにおいて正式な発注の前に、認証の評価等が、（ポータルサイトを介さずに）直接的に実施される。

Fluor 社のサプライヤ向けのポータルサイト：

<https://www.fluor.com/services/procurement/supplier-and-contractor-portal>

※ポータルサイトにおける記載内容

- ✓ ポータルサイトへの登録により、Fluor 社は、登録業者が Fluor 社の業務に興味があることを確認できる。また、Fluor 社に対して、登録した企業の情報を提供する。
- ✓ ポータルサイトへの登録をしたとしても、ポータルサイト上では入札等の行為はできない。
- ✓ ポータルサイトへの登録をしたとしても、ポータルサイト上では、サプライヤの認証は行われない。登録されたことが、認証されたことを意味するわけではない。
- ✓ Fluor 社が調達する主たる物品は以下の通り。
 - 建築関連
 - 土独関連
 - 施工関連（間接業務）
 - コーポレート関連（間接業務）

- 電気機器及びバルク品
- 産業用塗料及び断熱材
- 計装系
- ロジスティクス
- 配管、弁、フィッティング
- プロセス機器
- 構造部材

5-6. GE-Hitachi

(1) GE-Hitachi のサプライヤ登録システム

GEH は、GEH のサプライヤとなるための手順とそのために登録が必要となるシステムを HP 上の資料で示している¹¹⁹。GEH のサプライヤとなるために登録するシステムとして、Supplier Connects (SCx)、iSupplier、Supplier Document Exchange SDX (PLM) の 3 つが紹介されている。それぞれのシステムの役割を表 5-6 に示す。

GEH のサプライヤになるには、まずは SCx に登録することとなる。SCx に登録すれば、SSO (シングルサインオン) と呼ばれる ID が付与される。SCx の登録後、GE Application Registration に登録することで、GE の複数のシステム (Application) にアクセスできるようになる。

¹¹⁹ https://nuclear.gepower.com/content/dam/gepower-nuclear/global/en_US/documents/suppliers/SCx-iSupplier-and-SDx-Registration-On-Boarding-Guide-rev-07-12-2022.pdf

表 5-6 GEH のサプライヤシステム

システム名	登録対象者	システムでできること
Supplier Connects (SCx)	経理部門 注文処理部門 営業部門	SCx は、各サプライヤ企業の GEH に対するプロフィールとなる。SCx では、以下のような情報がアップデート可能となる。 <ul style="list-style-type: none"> 最新の財務状況 会社住所（注文処理住所及び送金先住所） 会社連絡先 会社の認定資格 企業コンプライアンス（サプライヤの多様性、GSL（GE Global Supplier List）番号） 法人税情報 サイバーセキュリティコンプライアンス
iSupplier	経理部門 契約部門 注文処理部門	iSupplier は、注文書（PO）の承認／認識及びインボイス／クレジットの作成といった請求書ツールの GEH オンラインポータルである。iSupplier では、以下の項目が可能である。 <ul style="list-style-type: none"> PO の承認 インボイス作成 クレジットメモ作成 インボイス添付物のアップロード
Supplier Document Exchange SDX (PLM)	プロジェクトチーム 品質保証（QA）チーム マネジメント	SDx は、GEH の安全性を備えたサプライヤ文書交換ポータルである。SDx では、GEH の以下の情報が確認できる。 <ul style="list-style-type: none"> PO のリビジョン（改定履歴） 製品品目の特性 部品の図面 QA 文書（安全／非安全文書）

(2) GE の統合サプライチェーンプロセス

GEH は、米 GE と日本の日立製作所が原子力分野で協業するために設立された企業であるが、GEH のサプライヤ関連の文書はリンク先として GE Gas Power の文書が紹介されている。以下は GE Gas Power のサプライヤハンドブック¹²⁰の記載内容である。

GE はサプライヤとの契約や製品の納品のプロセスを示した「統合サプライチェーンプロセス」をサプライヤハンドブック内で示している。そのフロー図を図 5-4 に示す。

¹²⁰ https://www.ge.com/content/dam/gepower-new/global/en_US/downloads/gas-new-site/about/suppliers/supplier-document-library/ge-power-supplier-handbook-rev-2.pdf

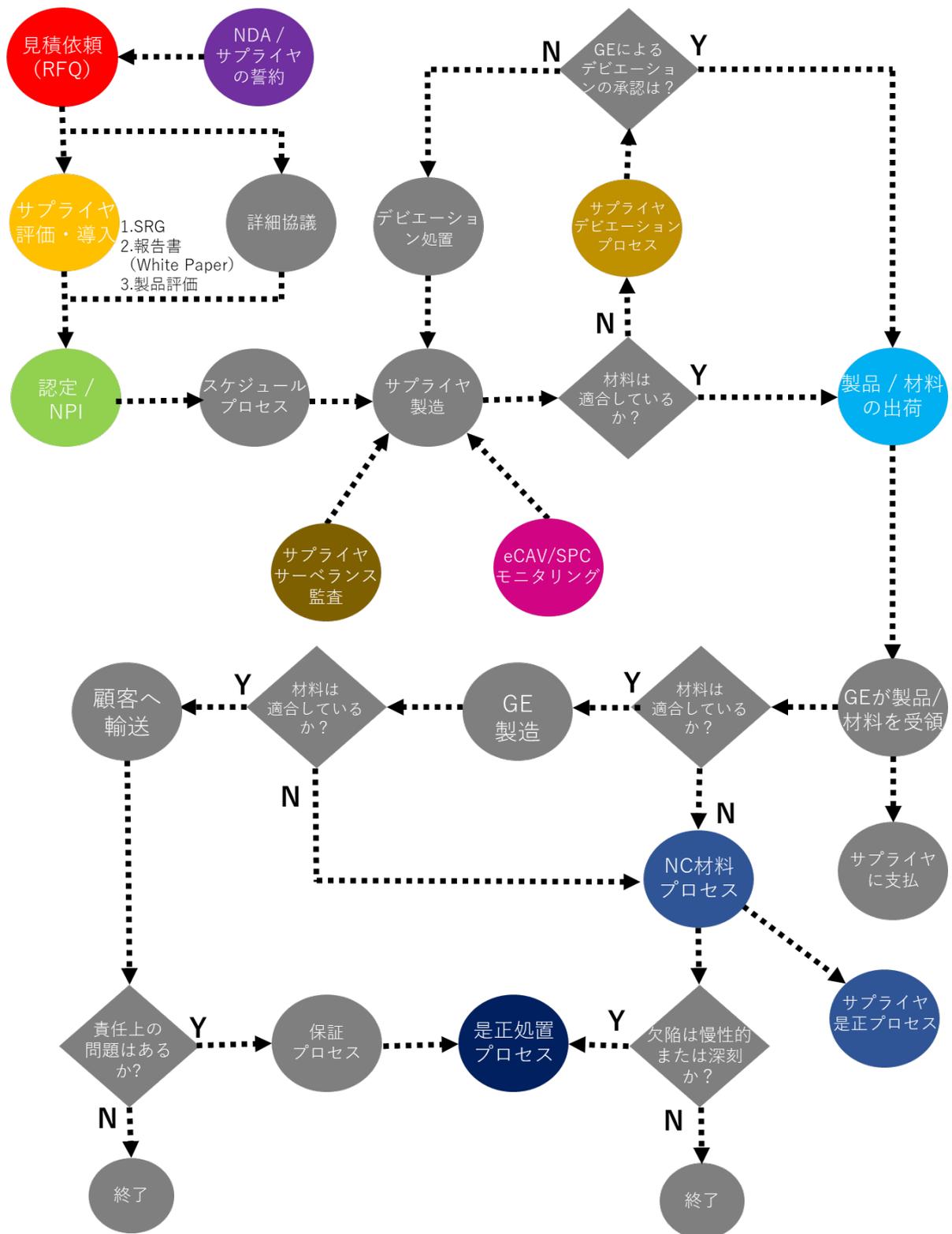


図 5-4 GEH の統合サプライチェーンプロセス

主なプロセスの説明は以下の通りである。

- ・ サプライヤとなる見込みのある企業に対して行う最初のステップは、GE とサプライヤとの間で締結された**秘密保持契約（NDA）**を取得することである。
- ・ NDA が締結されると、GE がサプライヤに見積依頼（RFQ）を送付する。
- ・ 候補となる企業が決まったら、正式な「**サプライヤ評価・導入プロセス**」に従って、サプライヤの能力を評価する手順を踏む。
- ・ サプライヤとビジネス上の関係を結ぶことが適切であると判断した場合、そのサプライヤが製造する製品が最初から、そして毎回適切であるものであることを保証するために、**認定/新製品導入（NPI）**プロセスを開始する。
- ・ 出荷前の任意の段階で、サプライヤが許容できると考える不適合な状態が特定された場合、サプライヤ、GE の**サプライヤデビエーションプロセス**を通じて、その状態のまま製品を出荷する許可を GE に要求することができる。
- ・ 準備が整った製品は、梱包やバーコードなどの作業を含む「**出荷プロセス**」の要求事項に従って、GE の施設に輸送される。
- ・ 製品出荷後に不適合が発見された場合、GE 社の**不適合（NC：Non-Conformance）材料プロセス**の一環として、不適合(NC)材料報告書が作成される。
- ・ サプライヤの不適合が重大な悪影響を及ぼす場合、**サプライヤ是正処置プロセス**が採用されることがある。
- ・ **eCAV モニタリング/SPC プロセス**（製品により異なる）は、より高いレベルの顧客の成功を実現するため、GE がサプライヤとの関係を通して継続的にサプライヤが向上していくことを支援する取り組みである。

(3) GEH のサプライヤに求められる条件

GE は、サプライヤハンドブックの中でサプライヤに求められる条件として以下を示している。

コンプライアンス

- ・ 適用されるすべての法律（労働・環境に関する法律（EHS）、技術規則・規格を含む）を遵守すること。
- ・ 米国が禁輸またはブラックリストに掲載している国との関係を持たないこと。
- ・ 自社および顧客の知的財産を確実に保護するための手順を持つこと。
- ・ 技術データの不適切な輸出を防止するための手順を持つこと。

マネジメント

- ・ 長期的な事業計画（3年以上にわたるもの）を持っていること。
- ・ 良好な労使関係の実績があること
- ・ トータルコストを理解し、算出していること

責任

- ・ 正式な受注から納品までを計画するシステムを有し、確率で期日通りに出荷できる制度が95%以上であること。
- ・ 概してスケジュールの変更への対応に努めること。
- ・ 実際のデータに基づく（製品の製造に関する）サイクルタイムを文書化していること。
- ・ 顧客からのフィードバックに対して、概ね納得のいく回答をすること。

品質

- ・ 入荷する製品・サービスの性能を保証できること。
- ・ 信頼性の高いゲージ校正とメンテナンスプログラムを有していること。
- ・ 根本原因の追求と効果的な是正処置システムの維持も含む、内部不適合品の管理を行っていること。
- ・ それぞれの業務に対し十分に訓練を受けた従業員を配置していること。
- ・ 検査、試験、内部監査の効果的なシステムを有していること。
- ・ 工程管理、文書管理の効果的なシステムを維持し、効果的なトレーサビリティシステムを有していること。

製造技術

- ・ 製造指示書、プロセス手順シートを使用していること。
- ・ 製造文書の改訂は、中央の担当者または組織で管理していること。
- ・ 製造担当者が改訂にアクセスできるようにしていること。
- ・ サンプル製造、試作品評価といった製造プロセスの開発を実施していること。

エンジニアリング技術

- ・ 設計解析に必要なソフトウェア（CAD、FMEA など）を有していること。
- ・ 設計レビュー、技術規則・規格遵守のプロセスを有していること。
- ・ エンジニアリング文書の管理手順を有していること。
- ・ 適切な認証資格と十分な実務経験を有する人材を重要な役割として登用していること。

特別工程及び非破壊試験（NDT）

- ・ 「特殊工程」（最終製品の検査の段階では、コンプライアンスの確認を容易に行うことのできない工程）を適切に管理すること。「特殊工程」には、鋳造、鍛造、熱処理、溶接、ワイヤー圧着、プリント基板製造といった工程が含まれる。
- ・ 非破壊検査（NDT）手順が確立され、（適切に）認証されていることを保証すること。

と。NDTには、目視検査（VT）、超音波検査（UT）、磁粉探傷検査（MPT）、液中探傷検査（LPT）、放射線検査（RT）等が含まれる。

(4) サプライヤ責任ガバナンス（SRG）

GEのサプライヤハンドブックには、サプライヤ責任ガバナンス（SRG; Supplier Responsibility Governance）が以下のように示されている。

サプライヤに期待すること

- ・ 環境関連法規制の遵守
- ・ 安全で健康的な職場の提供
- ・ 法定最低年齢または16歳以下の労働者のいないこと
- ・ 強制労働者、囚人労働者、年季奉公労働者、及びあらゆる形態の強制を受ける労働者の排除
- ・ 最低賃金、労働時間、超過勤務手当に関する法律の遵守
- ・ 結社の自由
- ・ いかなる形態の職場における差別の禁止
- ・ 従業員に対するハラスメントの禁止

GEでは、EHS認証（環境（Environment）、健康（Health）、安全（Safety）の認証）をサプライヤ導入時の事前確認事項として設けている。EHS認証の再監査の頻度は、GE社が適時実施しているサプライヤリスク評価に基づいている。EHS認証に関するステップは以下の通りである。

- ・ EHS訪問監査前テンプレートの記入
- ・ 現地での監査
- ・ 問題の特定
- ・ 発見事項への対処
- ・ EHS認証

(5) Darlington サイトでのプロジェクトのサプライヤ体制

カナダの電力会社である Ontario Power Generation (OPG)社は、2023年1月27日、GE-Hitachi、SNC-Lavalin、AeconとDarlington原子力発電所プロジェクトサイトでのSMR建設に関してパートナー契約を締結した¹²¹。

本契約に基づき、GEH、SNC-Lavalin、Aecon、そしてOPGの4社は、SMRのBWRX-300の開発、エンジニアリング、建設のための統合プロジェクト実現モデルの一部として、各社の多様な専門知識とサービスを提供し、2028年後半までにDarlingtonサ

¹²¹ <https://www.newswire.ca/news-releases/team-forms-to-build-north-america-s-first-smr-801298916.html>

イトでの建設を完了させる計画である。

Darlington 原子力新設プロジェクトにおける各社の役割は、以下の通りである。

- **OPG**：認可保有者。運転員のトレーニング、コミッショニング、先住民の関与、ステークホルダーへの働きかけ、そして全体監督を含むプロジェクトの全体的な責任を負う。
- **GE-Hitachi**：技術開発者。設計、主要部品の調達、エンジニアリング及びサポートを担当。
- **SNC-Lavalin**：建築エンジニア。設計、エンジニアリング、調達のサポートを担当。
- **Aecon**：建設会社。建設計画及び施工を担当。

Darlington 原子力発電所は、サスカチュワン州、ニューブランズウィック州、アルバータ州での同様のプロジェクトの先駆けとなることが期待され、米国や欧州でも関心が高まっている。現在、Darlington 発電所では建設準備が進められており、OPG はカナダ原子力安全委員会（CNSC）に建設認可を申請している。

(6) BWRX-300 の輸出に関する取り組み

チェコの国営電力会社 CEZ とカナダの電力会社 OPG は、「両社の管轄地域におけるクリーンで信頼性のある電力を安全に生産する、小型モジュール原子炉（SMR）を含む原子力技術の開発」で協業していく了解覚書（MOU）を締結した¹²²。

CEZ はチェコ国内に 3 つの原子力ユニットの新設計画を有しており、2022 年初頭にチェコ国内における最初の SMR 建設候補地として、現在 2 基のロシア製 PWR が運転している Temelin 原子力発電所の敷地内を挙げている。

本発表に際して、Todd Smith オンタリオ州エネルギー大臣は次のように語っている。「オンタリオ州が、クリーンな原子力技術をリードしていることを誇りに思う。強固な原子力サプライチェーンと優れた労働力を有し、我々は、世界にエネルギー安全保障を提供し、かつ温室効果ガスの排出量を削減する、原子力専門技術の世界展開を支援する準備が整っている。」

¹²² <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Ontario-Power-Generation-and-CEZ-to-collaborate-on>

5-7. Westinghouse

(1) Westinghouse 社の近況

2022年10月11日、カナダのウラン生産大手である Cameco 社と再生可能エネルギーに特化した投資会社のブルックフィールド・リニューアブル・パートナーズ (BEP) 社による戦略的企業連合が Westinghouse を総額 78 億 7,500 万ドルで買収すると発表した¹²³。また、2022年5月には、Westinghouse が、海外での AP1000 の建設協力を目的に、韓国の現代建設と戦略的協力協定を締結したと発表している¹²⁴。

(2) Westinghouse 社のサプライヤ要件

Westinghouse 社はサプライヤ要件を公表していない。一方で、ホームページ上にサプライヤ向けのポータルサイトは用意しているが、サプライヤ登録には Westinghouse 社からの招待が必要であり、招待なしのサプライヤ登録は認められないとされている¹²⁵。

また、Westinghouse 社のホームページ上では、サプライヤの行動規範 (全 15 ページ構成) が公表されており、以下の項目に関する規範が示されている¹²⁶。

- ・ 贈収賄と汚職の防止
- ・ 贈答品、接待、旅行に関するコンプライアンス
- ・ 慈善寄付と政治献金
- ・ コミュニケーション、ソーシャルメディア、公共およびメディアからの問い合わせ
- ・ 競争と独占禁止法
- ・ 利益相反
- ・ 差別・ハラスメント
- ・ 環境
- ・ 製品の品質向上
- ・ 人権
- ・ 奴隷制と人身売買
- ・ 児童労働
- ・ 賃金、福利厚生、労働時間、労働組合
- ・ 情報保護
- ・ インサイダー取引
- ・ マネジメントシステム

¹²³ <https://world-nuclear-news.org/Articles/Cameco-and-Brookfield-Renewable-join-forces-to-acq>

¹²⁴ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse-and-Hyundai-to-cooperate-on-AP1000>

¹²⁵ <https://supply.westinghousenuclear.com/Welcome.aspx>

¹²⁶

https://www.westinghousenuclear.com/Portals/0/about/mission%20vision%20values/WEC_SupplierCodeofConduct_Book-English_FIN.pdf?ver=2019-11-04-155047-297

- ・ 原子力安全
- ・ 製品の持続可能性と責任ある調達
- ・ プライバシーとデータ保護
- ・ セキュリティ
- ・ 小規模・多様なサプライヤの活用
- ・ 貿易コンプライアンス
- ・ 報告と報復の禁止

(3) 米国内で建設されている AP1000 のサプライチェーン

米国では、5 サイト（合計 10 基）において、AP1000 を建設・運転するための認可（COL）が発給されているが、実際に建設が開始されたのは Vogtle-3/4 と V.C. Summer-2/3 の 2 サイト（合計 4 基）のみであり、V.C. Summer-2/3 については、経営上の理由から建設中止となった。なお、Vogtle-3/4 については、3 号機が 2023 年第 1 四半期、4 号機が同年代 4 四半期の運転開始を目指している。

米国内でのサプライチェーンの詳細は「1-2-2 米国の取組（サプライチェーン）」を参照願う。AP1000 のサプライチェーンマップは、図 1-2 の通り公開されている。図 1-2 の通り、米国内での AP1000 の建設においては、米国の多くのサプライヤが参加しているものの、日本、韓国、イタリア、スイス、ブラジル、カナダのサプライヤも参加している。また図 1-2 は機器レベルでのサプライチェーンマップであるが、機器製造に必要な原材料のサプライヤも加えると、海外サプライヤの数はさらに増加する。米国では、1979 年の TMI 原子力発電所事故以降、長期にわたり、原子力発電所の新設が行われなかった結果、原子炉容器等の主要機器の製造能力を喪失し、日韓等からの輸入に依存している一方で、既設炉市場を背景に燃料やポンプ、バルブ等については国内にサプライチェーンを維持している。

なお、米国での AP1000 の建設は現時点で Vogtle-3/4 の 2 基のみとなっており、Vogtle-3/4 では建設コストや建設スケジュールの大幅な増加が発生しているが、米国マサチューセッツ工科大学が 2022 年 4 月に公表した報告書によると、Vogtle-3/4 以降の建設については Vogtle-3/4 から得られた教訓を反映することで、新規採用する炉型として魅力的なオプションであり、SMR と比べて単位発電量当たりの建設費用も低く、競争力を有しているとの結論を示している¹²⁷。

(4) 米国外での AP1000 の建設プロジェクト

米国外での AP1000 の建設プロジェクトについて、表 5-7 にまとめる。現時点で、具体的な建設基数が判明しているプロジェクトの合計として、今後、24 基の建設が計画されており、具体的な建設基数が判明していないものも含めるとその数はさらに増える。また、中国の事例にもある通り、AP1000 は発電用途だけではなく、地域暖房用熱源としても活用されてお

¹²⁷ <https://world-nuclear-news.org/Articles/AP1000-remains-attractive-option-for-US-market-say>

り、今後、原子力エネルギーの活用が期待されている水素製造等の非発電用途としての採用も期待されている。

表 5-7 米国外での AP1000 の建設プロジェクト

国名	プロジェクト概要
中国	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 三門原子力発電所で 2 基、海陽原子力発電所で 2 基、合計 4 基の AP1000 が運転を開始している。なお、海陽原子力発電所では、地域暖房用の熱供給も行っている。 ✓ 中国ではさらに 8 基の AP1000 の建設も予定されており、2022 年 4 月 20 日に、中国の国務院は李克強首相が議長を務める 4 月 20 日の常務委員会で、三門原子力発電所と海陽原子力発電所で、新たに 4 基建設する計画を承認した¹²⁸。
ウクライナ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2022 年 6 月 3 日に、エネルゴアトム社と Westinghouse は、同国で 9 基の AP1000 を建設するための契約を締結した。また、今回の契約には、ウクライナで稼働する 15 基の VVER すべてに Westinghouse 社製原子燃料を調達することも含まれている¹²⁹。
ポーランド	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ポーランド政府は 2022 年 11 月 2 日、大型原子炉を備えた最初の発電所として、AP1000 を建設することを承認したと発表した。その後、2022 年 12 月に、Westinghouse とポーランドの国営電力会社である PEJ が、AP1000 の建設に向けた協力協定を締結した。 ✓ ポーランドの 2040 年に向けたエネルギー政策では、2043 年までに複数サイトで 100 万 kW 級の原子炉を最大 6 基、合計出力 6,000~9,000 MWe を建設することになっており、政府は今回、このうちの最初の 3 基、3,750MWe に安全で実証済みの技術を用いた AP1000 を採用すると表明した¹³⁰。 ✓ ポーランド政府の発表に先立つ 2022 年 9 月、Westinghouse が、ポーランド及び中欧各国での将来的な AP1000 の建設におけるサプライチェーン構築を目指してポーランドの関係企業 22 社との MOU を締結した¹³¹。 ✓ さらに、東芝エネルギーシステムズ（東芝 ESS）は 2022 年 6 月 8 日、米国現地法人の東芝アメリカエナジーシステム社（TAES）とともに、米国エンジニアリング企業のベクテル社と、ポーランド初となる原子力発電所向けの機器納入に関する協業について合意したと発表している¹³²。

¹²⁸ <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/12852.html>

¹²⁹ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse-and-Energoatom-expand-plans-to-nine-A>

¹³⁰ <https://www.jaif.or.jp/journal/oversea/15307.html>

¹³¹ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse-developing-Polish-AP1000-supply-chain>

¹³² <https://www.jaif.or.jp/journal/japan/13443.html>

チェコ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2022年4月に、チェコで建設が計画されている原子炉に AP1000 が採用されることを前提に、Westinghouse と同国の関係企業 10 社とが覚書を締結したと発表された ¹³³。 ✓ 2022年11月に、チェコの <u>Dukovany サイトでの新設</u> に向けた入札が行われ、Westinghouse (AP1000) の他、韓国 KHNP (APR-1400)、仏国 EDF (EPR1200) が応札した。 ✓ 2023年2月28日に、Westinghouse と Bechtel がチェコ国内で Supplier Summit を開催し、同国の 55 の企業が参加した ¹³⁴。
ブルガリア	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 既存の Kozloduy サイトでの <u>4 基の AP1000 の建設</u> に向けて、同国の国会が建設促進のための法案を賛成多数で可決した ¹³⁵。

¹³³ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Westinghouse-expands-cooperation-in-Czech-Republic>

¹³⁴ https://info.westinghousenuclear.com/news/westinghouse-and-bechtel-host-czech-republic-supplier-summit?utm_campaign=ogsocial&utm_content=1677589614&utm_medium=social&utm_source=twitter

¹³⁵ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Bulgarian-parliament-backs-new-AP1000-reactor-at-K>

6. サプライヤが参画するセミナー等の企画・運営

日米、日欧の官民が一体となって参加する国際セミナーや原子力分野の国際協力に関する会合、国内における原子力サプライヤ関連の会合(以下セミナー等)として、日英産業政策対話、米国企業との米国での意見交換会、国内での原子力サプライチェーンシンポジウムのサポートを行った。

6-1. 日英産業政策対話

2022年11月1日、日本原子力研究開発機構大洗研究所において、経済産業省と英国ビジネス・エネルギー・産業戦略省(BEIS)による日英産業政策対話が開催された。日本の原子力サプライヤを代表して、東芝 ESS、荏原製作所、岡野バルブ、TVE の4社による原子力産業への貢献をアピールするプレゼンテーションを行った。

JANUS による冒頭挨拶を行い、各社の取組を紹介した。今回プレゼンを実施したサプライヤ4社は日本に原子力発電が導入された当初から原子力産業界に貢献しており、製品の信頼性は高いものがあり、英国の高温ガス炉、SMR 等の新型軽水炉向けにも貢献できる旨をアピールした。

6-2. 原子力サプライヤ米国訪問

2023年2月23日の日米の原子力関係者が集まる日米ラウンドテーブルの機会を活かし、米国での強靱なサプライチェーン構築の一助となることを期待して、米国企業への日本原子力サプライヤ紹介及び意見交換を経済産業省の主催により行った。

国内の原子力サプライヤ11社(ベンカン機工、富士電機、関水社、三菱電機、日本発条、日本製鉄、日本ギア工業、岡野バルブ、プロテリアル、東洋炭素、TVE)が米国に訪問し、2月21~22日に Vogtle 発電所の視察、2月23日に米国企業(Westinghouse、GE Hitachi、NuScale)と意見交換会を行った。意見交換会では東芝 ESS、IHI、JGC、日立 GE、JAIF も参加した。

6-3. 原子力サプライチェーンシンポジウム

2022年12月末に提示された「今後の原子力政策の方向性と行動指針（案）」では、原子力サプライチェーンの維持・強化が重要な柱の一つとして示され、地方経済産業局や日本原子力産業協会等の関係機関と連携し、原子力関連企業を支援する枠組みとして、原子力サプライチェーンプラットフォーム（NSCP）が設立される。

プラットフォーム設立発表に加え、日本企業による海外展開や事業承継・人材育成支援等の原子力サプライチェーンの維持・強化策を議論するためのシンポジウムを開催した。あわせて、海外原子力企業を招待し、同志国との原子力サプライチェーンの共同構築につなげるため、国内原子力サプライヤーによる技術や実績を紹介する展示会を開催した。

6-3-1. プログラム

経済産業省の主催、日本原子力産業協会の共催により、原子力サプライチェーンシンポジウムを開催した。オンラインを含め12カ国から約400名が参加した。日時、場所、プログラムを以下に示す。

- ・日時：2023年3月6日（月） 13：00～16：50
- ・場所：イイノカンファレンスセンター＋オンラインの日英同時通訳ハイブリッド形式
- ・プログラム：

時間	内容
13:00-13:05	開会挨拶（西村康稔 経済産業大臣）
13:05-13:15	基調講演（小澤典明 資源エネルギー庁次長） ・今後の原子力政策について
13:15-14:00	セッション1：原子力産業の将来像 ・エネルギー危機における原子力の役割（ファティ・ピロル IEA 事務局長） ・原子力産業の未来（ラファエル・マリアーノ・グロッシー IAEA 事務局長） ・世界の原子力サプライチェーンの展望（サマ・ビルバオ・イ・レオン WNA 事務局長） ・日本企業への期待（Westinghouse） ・革新軽水炉 SRZ-1200 開発の取組（三菱重工業）
14:00-15:00	ポスターセッション（サイドイベント） ・日本企業における技術・海外実績等の紹介 ・コーヒーブレイク
15:00-15:45	パネルセッション 2-A：サプライチェーン強化の取組①（海外PJへの参画） ファシリテータ：近藤 寛子 マトリクス K 代表

	<p>パネリスト：東芝 ESS、日立 GE、GE Hitachi、日揮、IHI、JAIF、三菱重工業、資源エネルギー庁</p> <ul style="list-style-type: none"> ・欧米企業からみる日本との協業可能性（Framatome、NuScale） ・海外 PJ 参画に向けた取組事例（東芝 ESS、日立 GE/GE Hitachi、日揮/IHI） ・海外展開支援の取組（JAIF） ・パネルディスカッション
15:45-16:35	<p>パネルセッション 2-B：サプライチェーン強化の取組②（人材育成、供給途絶対策・事業承継）</p> <p>ファシリテータ：近藤 寛子 マトリクス K 代表</p> <p>パネリスト：TVE、日本ギア、黒崎 健 革新炉WG 座長/京都大学教授、CSFN（(仏) 原子力産業戦略委員会）、関東経済産業局、資源エネルギー庁</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事業承継等の取組事例（TVE、日本ギア） ・日仏における人材育成の取組（黒崎教授、CSFN） ・原子力事業に関する補助金・税制の紹介（関東経済産業局） ・パネルディスカッション
16:35-16:40	<p>閉会挨拶（新井 史郎 日本原子力産業協会理事長）</p>

6-3-2. 発言主旨

原子力サプライチェーンシンポジウムの動画は以下 URL により公開されている。なお、前半（開会~ポスターセッション）と後半（セッション 2-A~閉会）に分かれている。

- ・原子力サプライチェーンシンポジウム〔オリジナル音声 Ver〕

<https://youtu.be/KTJ-1WSyQHc>

<https://youtu.be/UqN6a11r62g>

- ・原子力サプライチェーンシンポジウム〔日本語音声 Ver〕

<https://youtu.be/IGn0X0hJTiY>

<https://youtu.be/CibkwP5GNMA>

- ・Nuclear Supply Chain Symposium〔English Interpreter Ver.〕

<https://youtu.be/i1PDWTLnyrg>

<https://youtu.be/KLcZeZXRp1k>

登壇者の発言主旨を以下に示す。

1. 開会挨拶

(西村康稔 経済産業大臣)

- 世界のエネルギー需給の構造は歴史的な転換点にある。脱炭素社会の実現とエネルギー安全保障の両立という地球規模の課題解決に向けて今ほど原子力に注目が集まっている時はない。
- 一方で、日本の原子力産業は大きな危機に直面していることも事実である。東日本大震災以降、需要は大きく減退し、将来の商機を見出せない状況が続いてきた。経済安全保障の観点からも、サプライチェーンの維持・強化は喫緊の課題である。
- 先日閣議決定した「GX 実現に向けた基本方針」では、次世代革新炉による建て替えといった新たな方針を打ち出すとともに、大きな柱の一つとして、人材育成やサプライチェーンの維持・強化を盛り込んだ。
- 今後、経済産業省のイニシアティブで、サプライチェーンの隅々まで至るサポートを積極的に展開していく。具体的には、本日、各経済産業局や日本原子力産業協会等と連携した「原子力サプライチェーンプラットフォーム」を立ち上げ、全国約400社の関連企業それぞれのニーズに応じた支援策を展開していく。

2. 基調講演

(小澤典明 資源エネルギー庁次長)

- 令和5年2月10日に閣議決定された「GX 実現に向けた基本方針」では、原子力の活用に関する内容が盛り込まれている。
- 原子力は、その活用の大前提として、福島第一原子力発電所事故の反省と教訓を一時たりとも忘れることなく、「安全神話からの脱却」を不断に問い直し、自主的な安全性の向上、事業者組織体制の改革、自治体等の支援や防災対策の改善等による立地地域との共生、国民各層とのコミュニケーションの充実等に、『国が前面に立って取り組む』方針が示された。
- あわせて、安全性向上等の取組に向けた必要な事業環境整備を進めるとともに、『研究開発や人材育成、サプライチェーン維持・強化に対する支援を拡充』し、『同志国との国際連携を通じた研究開発促進、強靱なサプライチェーン構築、原子力安全・核セキュリティ確保にも取り組む』ことが示された。
- サプライチェーンの維持・強化に向けた行動指針として、地方経済産業局等と連携し、サプライチェーン全般に対する支援態勢を構築することが挙げられている。これに基づき、『原子力サプライチェーンプラットフォーム (NSCP: Nuclear Supply Chain Platform)』を立ち上げ、戦略的な原子力人材の育成・確保、部品・素材の

供給途絶対策・事業承継、海外プロジェクトへの参画支援を進めていく。

- また、革新サプライヤチャレンジ事務局を立ち上げ、炉型毎のプロジェクトチームにおいてサプライチェーンの議論を進めていく。今年は新しい原子力の基盤を作っていく機会と考えている。関係者には今後も積極的に関与していただきたい。

3. セッション1. 原子力産業の将来像

(ファティ・ビロル IEA 事務局長) ※ビデオメッセージ (南 亮 資源エネルギー庁首席統括調整官との対話形式)

- (南 調整官) ロシアのウクライナ侵攻とエネルギー価格の高騰により世界は未曾有のエネルギー危機に直面している。また、地球温暖化は待ったなしでCO2排出削減が急務となっている。ビロル事務局長は世界のエネルギーの未来における原子力の役割についてどのように考えているか。また、IEAは2022年6月に発表した「Nuclear Power and Secure Energy Transitions」と題した報告書の中で、サプライチェーンへの投資など原子力に関する政策立案者への提言を発表している。本報告書のキーメッセージと狙いについて教えてほしい。
- (ビロル事務局長) 仰る通り、ロシアのウクライナ侵攻はエネルギー危機を引き起こした。私の見解では、これは最初の世界的なエネルギー危機である。また、私たちにほもうひとつの危機、すなわち気候危機にも直面している。IEAは、世界各国に対して、どのような政策や技術を選択すれば、エネルギー安全保障を向上させながら、同時に気候危機にも対処できるのか、という提言を出した。特に注目すべきものは原子力発電である。日本、韓国、ヨーロッパ、アメリカ、そして発展途上国において、原子力発電が力強く復活していることを実感している。そして、エネルギー安全保障と気候変動の問題に対処するために、原子力は非常に有用であると考えている。
- (南 調整官) 日本はエネルギー安全保障と脱炭素化を実現するために次世代原子炉の開発・建設や、既存の原子力発電所をできるだけ活用するための運転期間の延長など、将来の原子力政策の方向性を発表した。この日本の動きについてどう考えているか。
- (ビロル事務局長) 日本政府が最近、エネルギー安全保障や気候変動への対応、経済的な理由から、原子力発電を日本のエネルギーミックスの重要な一部とすることを明らかにしたことは非常に心強いことである。私たちの報告書では、原子力の持続可能な利用は、特に日本のようなエネルギー安全保障を目的としたエネルギー輸入国、日本のような野心的な気候変動対策を行っている国にとって非常に重要であると述べている。日本政府と日本国民が原子力の立場を見直したことに祝意を表したいと思う。

- (南 調整官) 最後に、日本は原子力産業において大型軽水炉、高速炉、高温ガス炉などの先進的な原子炉の分野を含め、豊富な技術と製造の経験を持っている。日本の産業界に期待することは何か。
- (ビロル事務局長) 日本が世界のリーダーの1つであったことは同感である。福島第一原子力発電所事故後に一時的に鈍化したものの、日本の技術は国際的に非常に注目されている。私は、日本が再び技術的なステージに戻ることを強く望んでいる。そして、従来の原子力技術だけでなく、先進的な原子力技術も国際的な競争の一部となることを願っている。日本政府が進める原子力発電の新たな旅に参加するために日本の産業界が努力することを歓迎する。

(IAEA ラファエル・マリアーノ・グロッシー事務局長) ※ビデオメッセージ

- 本シンポジウムは、より強靱なサプライチェーンを構築し、国内外の原子力産業との協力を深めるという日本政府のコミットメントを示すものであり、IAEAも同様の信念を持って、加盟国が調達やサプライチェーンに関する積極的な管理システムを開発するのを支援する。
- 優れたサプライチェーンは、原子力産業の生命線であり、将来の成功の鍵である。私たちは世界をより持続可能なエネルギーの道筋へと移行させるために、この成功に期待している。今日、世界中のあらゆる産業がサプライチェーンのさまざまな課題と機会に直面しており、原子力分野もその例外ではない。
- 日本の主要な政策決定に原子力エネルギーが含まれていることは、その高度な製造プロセス、世界クラスの研究開発、運転・保守における設計の経験によるものである。国内のサプライチェーンは約1000万個の部品を生産することができ、日本のメーカーは世界中のプロジェクトに主要な材料や機器を供給している。世界の原子力産業の未来は、サプライチェーンにかかっており、日本とIAEAはサプライチェーンを支える重要な役割を担っている。そして、私は私たちの協力関係が継続することを楽しみにしている。本日の非常に重要なテーマについて、皆様が実りある議論をされることを祈念している。

(WNA サマ・ビルバオ・イ・レオン 事務局長) ※ビデオメッセージ

- 今日の世界のエネルギー情勢は数年前とは全く異なっている。ウクライナ紛争は化石燃料の輸入に依存し続けることによる供給の安全性への脅威を浮き彫りにした。
- WNAが発行した「世界の原子力サプライチェーンの展望」に関する最新報告書は、長期運転のための設備変更や原子力の新規建設に向けて、原子力のサプライチェーンが多くのステークホルダーの最重要課題となっている時期に発行されたものである。原子力産業がプロジェクトを成功させるためには、十分に機能するサプラ

イチェーンが肝である。

- なぜ機能的なサプライチェーンがそれほど重要なのか。次の3つを実行しない限り、国際的なネットゼロという野望を達成することはできないからである：(1)既存の原子力発電所を設計寿命まで運転し、適切な場合には60年または80年まで延長すること、(2)新しい原子力発電所の建設を大幅に加速すること、(3)既存のエネルギー網や新しい産業界の顧客向けに熱と電気を供給するセクターカップリングなど、新しいビジネス環境に適応すること。
- 今日世界中で60基近くの商用原子炉が建設中で、さらにプロジェクトの成熟度や計画の程度はさまざまだが100基以上の計画が存在する。野心的でありながら現実的なネットゼロ気候シナリオによると、1.5度の目標を達成するためには2050年までに世界の原子力発電容量を4倍にする必要がある。これは既設炉と新設炉の両方を意味し、大型炉、小型炉、超小型炉、従来型炉と先進炉、発電用途と非発電用途の全てである。これを実現するための製品、サービス、スキル、イノベーション、推進力は、サプライチェーンから生まれる。今後20年間の原子力発電所新設への投資の見通しだけでも1兆8000億ドル以上になる可能性がある。私たちは今、サプライチェーンが待ち望んでいた兆しが整い、より輝きを放ち始める時期に突入している。
- 次の問題は、この機会をどう活かすかである。WNAは、以下の6点を提案する：(1)原子力のサプライチェーンがより機敏で弾力的になるために、オープンで透明なビジネス環境を奨励すること、(2)政府、産業界、電力会社による改修や新設建設プロジェクトを現実にする事、(3)原子力プロジェクトにおけるサプライチェーンの機会の範囲を拡大すること、(4)既存国および原子力新規導入国において新たな展開の協力体制を構築すること、(5)実現技術と産業革新の可能性を解き放つこと、(6)サプライチェーンの開放と最適化をすること。
- サプライチェーンは、現在および将来の原子力発電所の信頼性、効率性、長寿命だけでなく、我々の業界が必要とする技術や人材の維持にとっても基本的なものである。今後数十年にわたり、原子力産業は直接的・間接的なサプライヤをサポートするために数百万人の労働力を必要とする。これは、私たちが必要とする人材を確保するための課題であると同時に、サプライチェーン全体でより多くのコラボレーションを促進する機会にもなるであろう。

(Westinghouse Mostafa Ahmed, Chief Engineer, Asia Innovation & Tech Center)

- Westinghouse社のAP1000とサプライチェーンについて紹介する。AP1000は、その主要な設計特徴であるパッシブ系は安全で単純かつ標準的な技術によって、原子力の世界でゲームチェンジャーとなりうる。

- AP1000 は第三+世代炉で唯一建設されている原子炉であり、実証済みの技術を用いている。外部電源に依存せず 72 時間の運転員対応が不要となっている。AP1000 は中国で初めて建設され、現在は米国の Vogtle-3/4 が建設中である。米国、中国、カナダ、英国、インドの審査を受けている。
- AP1000 では工期短縮のためにモジュール工法を採用している。工場でモジュールを製造し、モジュールを輸送して、現地で組み立てることで、品質が向上し、現場での作業を低減できる。
- 脱炭素を目的とした Westinghouse 社のサプライチェーンのプロセスは次の 8 ステップである：(1)スコープの定義、(2)サプライヤの特定、(3)事前のサプライヤ評価、(4)技術的・品質評価、(5)サプライヤ登録、(6)サプライヤ開発、(7)サプライヤ管理、(8)物流。
- Westinghouse 社のサプライチェーンの主要素は次の 3 つである：(1)サプライヤとの連携、(2)調達、(3)物流。Westinghouse 社のグローバル・サプライヤ・ベース (Global Supplier Base) は AP1000 の建設プロジェクトにおいて必要不可欠なものとなっている。
- Westinghouse 社では AP1000 プロジェクトの成功に対するリスクとなるものを次のように分類している：複雑度高の物品 (High-Complexity Commodities)、複雑度中の物品 (Medium Complexity Commodities)、複雑度低の物品 (Low Complexity Commodities)。各リスクに分類される物品の割合はそれぞれ以下の通り：複雑度高の物品 20%程度、複雑度中の物品 13%程度、複雑度低の物品 67%程度。このような体系的で厳格な準備により AP1000 プロジェクトをミスなく実行できる。
- AP1000 は最も安全で効率的な原子炉と言え、建設には早期のサプライチェーン確立が重要である。

(三菱重工業 加藤 顕彦 原子力セグメント長)

- 革新軽水炉 (SRZ-1200) とサプライチェーンの意義を紹介する。三菱重工業は、1970 年の美浜 1 号運開以来、技術改良に努め、安全性、信頼性、経済性、運転保守性のあらゆる面で世界に誇れる加圧水型軽水炉 (PWR) を提供してきた。国内 PWR の 24 基全てを納入し、既設プラントの再稼働支援にも注力している。国内軽水炉プラントの安全・安定運転だけでなく、日本における燃料サイクルの確立が重要である認識の下、燃料サイクル (高速炉含む) のほぼ全ての領域に事業を展開している。最近では PWR だけでなく BWR の再稼働にも関わっている。
- 国内プラントメーカーがビジネスパートナーとともに長期に亘って培ってきた高度な技術・品質は日本にとって貴重な財産である。裾野も広く、既設炉の安全・安定

運転のためにも産業基盤技術・人材・サプライチェーンの維持が重要である。

- 三菱重工業は、将来に亘って原子力を活用し、将来のカーボンニュートラル社会とエネルギー安定供給の両立に貢献するために、革新軽水炉 SRZ-1200 を早期実用化し、ビジネスパートナーとともに新設・リプレースに対応することで技術・人材・サプライチェーンを維持・向上していく。三菱重工業は、福島第一原子力発電所事故を踏まえ、メーカーとして既設プラントの再稼働、再稼働後の安全・安定運転の実現を通じて継続的な安全性向上や核燃料サイクルの早期実現に向けた取り組みを進めるとともに、世界最高水準の安全性を実現する革新軽水炉の設計を推進していく。

4. ポスターセッション（サイドイベント）

- 日本企業における技術・海外実績等の紹介を実施。
- 出展企業は次の通り：ベンカン機工、イーグル工業、富士電機、日立 GE、IHI、JAEA、JAIF、JGC、関水社、木村化工機、三菱電機、三菱重工業、日本発条、日本ギア、日本製鉄、岡野バルブ、スギノマシン、多摩川精機販売、東芝 ESS、東洋炭素、TVE

5. セッション 2-A：サプライチェーン強化の取組①（海外 PJ への参画）

（1）プレゼンテーション

「Framatome Supply Chain」（Framatome Vincent BESSIRON, President）

- まず Framatome は、フランスの企業であるが欧米や日本など海外でも事業を行っており、17000 名のスタッフがおり、年 2000 名採用している。現在 300 基以上の原子炉のメンテナンス、安全性向上、燃料供給などのサービスを提供している。
- Framatome のサプライチェーンでは 3 年前から年間 13 億ユーロ分の製品あるいはサービスの調達を行っている。日本でも、Framatome は非常に重要なサプライヤーで、鍛造品や弁などを提供している。本日伝えたいことは、供給量はこれから劇的に増える、ということである。なぜならフランス政府は、6 基の EPR+8 基の更なるオプションという方針を打ち出しているためである。イギリスや中欧、インドなどのプロジェクトで、Framatome はすべてのスコープに参画している。
- 我々のサプライチェーンではこういったクライテリアを用いているか、が重要であるが、日本と同じ S+3E という方針である。原子力安全、品質、安全文化、インテグリティ、それから労働安全も重要である。
- エネルギーセキュリティの観点では、サプライヤーがレジリエンスを有している必要があり、供給を途絶させないのが重要である。サプライヤー認証は、スライド記載のプロセスに則って行われている。キーワードは、安全性・供給のセキュリティ・コ

スト競争力である。

「Supplier Expectations」(NuScale Scott Bailey, Vice President of Supply Chain)

- 現在 NuScale は、日本ではすでに IHI や JGC と協力関係にあるが、さらに日本の企業との連携を広げていきたいと考えている。
- 我々の今後の課題は、必要となるものを確保し、ニーズを満たしていく必要があり、サプライヤに求めることとしては、複雑ものではなく、コスト・品質・スケジュールの3つである。
- コストとしては、コスト競争力が必要で、必ずしも最も低い必要はないが、トータルでのコストが低くなるということ。
- 品質については、安全プログラムや品質保証プログラムが必要である。

「東芝の革新炉および海外プロジェクトへの取組」(東芝 ESS 薄井 秀和 CNO)

- 東芝における革新炉への取り組みと海外プロジェクトへの取り組みについて紹介する。
- 東芝は、福島第一原発事故を踏まえ、安全最優先で取り組む必要があると考えている。
- 将来に向けた安定供給として、再エネとの共存のため2つの炉型を考えている。ベースロード電源の役割を果たしつつ、高温ガス炉では蓄熱システムによる柔軟な負荷変動に対応する。iBR では、BWR に特有の負荷追従のしやすさを活かしていきたい。
- 安定供給・安全性向上・経済性の追求に対して、我々の技術と実績で社会に応えたい。
- 原子力事業では、ウラン/燃料製造から ITER まで幅広く展開。国内では、福島第一の廃炉や再処理工場の竣工に総力を挙げて対応している。
- 海外プロジェクトへの取り組みについて。機器納入したものについてのサービス事業での貢献、欧米での法令・規制対応、競争力強化のために製造・試験設備の更新・増強、パートナーとの協業、アライアンス強化を目指している。海外プロジェクトへ積極参画し、国内プラント建設も見据えサプライチェーン維持・強化を推進していきたい。

「原子力サプライチェーンシンポジウム」(日立 GE 森脇 正直 本部長/ GE 日立 Peter Fehring VP, Advanced Nuclear Supply Chain)

- BWRX-300 の活動の状況と、我々が抱える課題・チャンスについて紹介する。
- 日立と GE の原子力アライアンスについて、2007 年に日本には日立 GE、米国には

GE 日立を設立。互いに補完し合いながら、最新の BWR テクノロジーを提供することを目指して事業を進めてきた。

- GE は長い歴史を持っており、原子炉の設計については 80 年を超える。GE と日立の協業は 50 年以上にわたる。
- BWRX-300 はもちろん BWR 型の炉であるが、“X”は GE の BWR として第 10 世代ということの意味する。300 は MW である。BWRX の最初となるプロジェクトはカナダのオンタリオのプロジェクトであるが、そのほか、北米や欧州でも覚書を結ぶなど取り組みを進めている。
- INL による研究で SMR の容量がどれくらい必要になるかというものがあるが、それによると 300MWe のものが 790 基が必要になると言われている。日本のサプライチェーンに求めることとして、このような大きな需要に応えていくためにもサポートしてほしい。
- 福島第一原子力発電所事故以前は、日立 GE は島根 3 号及び大間の建設を進めていたが、そこから 10 年に渡り、新設がない。そのような中でも、事故以前の経験を活かして、BWRX に機器を納入したい。モジュール工法についても実績がある。
- 過去 10 年に渡り新規建設が中断しており、新規建設のためのエンジニアリング、機器製造、建設の経験を若い世代に伝えることが困難な状況。機器供給、建設などのビジネスを続けるのも困難。拡大する海外の BWRX-300 プロジェクトに参加することにより、日立 GE 及び日本のサプライヤが機器製造、建設経験を獲得できる。日立 GE と GE 日立は、日本のサプライヤの皆さんとともに、この拡大する市場に果敢に挑戦し、ビジネスチャンスをものにしたいと考えている。

「NuScale 社と協業した SMR ビジネス」（日揮 木村 靖治 理事・原子力エネルギー本部長/IHI 伊地知 雅典 原子力プラント技術部 部長）

- NuScale に係る我々のチャレンジについて紹介する。
- JGC は海外事業が得意で、UAE や英国での EPC 事業にもプラントメーカーとともに参画してきた。国内では、バックエンド側に主に関与している。
- NuScale については、JGC は 2021 年 4 月に NuScale に出資、その後、IHI、JBIC が出資。
- NuScale のプロジェクトはアメリカのプロジェクトが先行するが、中長期的には日本、東南アジア、中東、アフリカに SMR が進出する際のサポートをしていきたい。
- 米国の CFPP については、DC が終わり COLA の段階。現在、JGC から Flour のオフィスに 13 名の技術者を派遣。JGC と Flour の協力体制で NuScale を支援し、初号機の建設を成功に収めたい。

- IHI の原子力事業は、1955 年に開始。国内での新設は約 20 年前が最後。技術の維持が課題となり、2006 年から海外事業を始め、2021 年に NuScale に出資した。国内では再稼働の他、再処理施設竣工、福島復興に取り組みながら、日米連携での SMR 事業を実現していきたい。
- 経産省の NEXIP 事業の中でも NuScale に関する開発を進めている。格納容器の溶接試験、高耐震化検討、モックアップでの取り組みを行っている。今年・来年あたりから実際に機器の発注が始まる。そういったところにサプライヤの皆さと参画していきたい。

「海外展開支援の取組み」(JAIF 植竹 明人 常務理事)

- サプライチェーン強化の一環として行っている海外展開支援の取組みについて紹介する。
- 一点目、官民連携による海外展開に関わる各種課題の検討について。「原子力インフラ海外展開検討会」は、2018 年より政府、産業界、金融機関をメンバーとして、原子力導入国に関する様々な情報を収集・整理し、課題認識の共有を図ってきている。特にインドに関しては、「日印原子力協力委員会」を設け、インド市場への参入の観点から、原子力損害賠償制度にかかる課題の検討を行ってきた。
- 二点目、ビジネス交流について、フランスとは、在日フランス大使館との協力におけるビジネス交流のほか、二年おきにパリで開催される世界原子力展示会 (WNE) へも出展。昨年 10 月には、共同ステートメントを発出し、強靱な原子力サプライチェーンを構築することの重要性を確認。米国とは、同様の共同ステートメントを昨年 10 月に発出したほか、先月には在米日本大使館に日・米の企業 18 社を集めて開催されたビジネスマッチングイベントに JAIF も協力した。英国については、ビジネス交流や調査団の派遣のほか、2016 年以降毎年、英国政府と当協会の共催イベントとして「日英原子力産業フォーラム」を在日イギリス大使館において開催。
- 三点目、会員企業と海外企業とのマッチング事業について。JAIF は、2010 年から会員企業を海外企業に紹介するための英文冊子を発行し、国際的なオケージョンにおいて広く活用してきたが、昨秋、これをウェブ化。会員各社が持つ優れた製品や技術に関する情報を素早く探し出せる検索機能や、バイヤーとサプライヤ間のマッチング機能などを備え機能を強化。特に、マッチング機能は、JAIF 会員企業だけが閲覧できる掲示板で、そこには海外企業が調達情報やパートナーシップの申し出などを書き込めるようになっており、商業機密を守りつつ、企業間のマッチングを図れるものとなっている。今後、世界原子力展示会などあらゆるオケージョンを通じて本ウェブサイトの浸透を図るとともに、政府や JETRO から協力を得てサイト

を充実させ、「革新サプライヤチャレンジ」事業に貢献したい。

(2) パネルディスカッション

(マトリクス K 近藤代表) Framatom・Nuscale から日本への期待に関するプレゼンがあったが、これを受けた今後の意気込みについて、MHI・IHI・日揮から伺いたい。

(MHI 三牧副セグメント長) MHI では 1990 年代から機器の輸出は実施してきており、米国や仏国などに PWR の主要機器を納めてきている。機器の製作にあたっては、国内サプライヤから素材を提供してもらい、加工して納めることになる。機器の輸出に際する課題としては、海外の規格への適合になる。海外各国への展開に際しては、国のサポートも得ながら、国内サプライヤとともに機器輸出の形で貢献していきたい。

(IHI 伊地知部長) IHI 自身、新設経験から約 20 年が経過し、多くのサプライヤと同様に技術の維持・強化が課題となっている。NuScale からは原子力経験豊富な日本のサプライヤへの期待とともに、競争力や ASME の QA が必要だとの要望があった。技術の維持、競争力の強化とともに、実機 PJ への参画が最も有効な手段である。NuScale の他、大型炉、小型炉それぞれ、グローバルで各種 PJ が発足しており実際の機会がある。原子力では実績が重要であり、初号機から受注を獲得していくことが有効。それらについてサプライヤとともに参画していきたい。

(日揮 木村部長) 東南アジアというと社会インフラ輸出実績のある日本サプライヤ企業もある。先の話になるかもしれないが、東南アジアでは、日本は規制や耐震での貢献から国内サプライヤに広げていく。さらに、準備をするという意味では、まずは米国で先行して進む SMR プロジェクトへ多くの日本企業やサプライヤが入っていくということがあるが、それだけで不十分であれば、欧州やアフリカなどでもサプライチェーンがあると思うが、我々でそれを掴みつつ、国内サプライチェーンに展開していく。NuScale は、建設エリアに近いところにサプライチェーンを構築したいと考えており、その方針とも一致する。

(マトリクス K 近藤代表) 基調講演でも説明のあったエネ庁の推進する革新サプライヤチャレンジにおいて、リーダー企業としてサプライヤをチームアップする上での課題を東芝・日立からコメントして欲しい。

(東芝 ESS 薄井 CNO) 国内で新設の機会が途絶えてからしばらく経っている。仕事の機会を作る必要がある。海外での仕事はその国の法令・規格への適合が難しいと感じ

ているサプライヤもあり、我々の知見でサポートしたい。またサプライヤが参画しやすくなるよう各海外PJの蓋然性を高めることも重要であると考えている。パートナーとの協業やアライアンス等を行いながら、PJの蓋然性を高めていきたい。

(日立 GE 森脇本部長) 革新小型炉の開発・導入を進める中で非常に積極的に・ポジティブに応じてくださるサプライヤ企業がある一方で、海外であることや市場の先行きに不安もあり投資に踏み込めない企業もある。民間同士の協力に加え、国や産業界、海外PJであれば多国間といったより大きな枠組みでの取組みと支援を支援してもらいながら、土壌を構築していくことが重要。引き続きエネ庁、サプライヤ各社と連携を強化し取組みを加速したい。

(GE 日立 Peter Fehring VP) 我々は今から動く用意ができています。もし日本のサプライヤが、アメリカの会社と協業したことがなければ、日立 GE がサポートする。経産省によるサポートにより、例えばシンプルで効率的な原子力機器輸出入のライセンスなどがあればそれはプラスに働くだらう。

(マトリクス K 近藤代表) こうした意見も踏まえて、政府としてはどう支援をしていくか。

(エネ庁 遠藤課長) 特に、ビジネスの不確実性の払しょくにおいて、政府が何をできるのか、が重要と認識。リスク軽減のために、例えばJBICなどの政府の金融ツールもある。研究開発に対する支援も行う。ニーズを踏まえて、政府がいかに補完をしていくのか、対話を続け、政策ツールの提供、改善を続けていく。

(マトリクス K 近藤代表) JAIF からも産業界として、サプライヤ支援に関するコメントをお願いしたい。

(JAIF 植竹常務) JAIF の特徴を生かして支援していきたい。JAIF の会員は約 400 社だが、これはほぼすべての原子力サプライチェーン企業をカバー。一方、JAIF は長年にわたり海外の原子力産業界とも太いパイプを有する。日仏・日米の共同声明を紹介したが、これをほかの国々にも広げていきたい。さまざまな国際イベントの機会をとらえて、ビジネスマッチングの機会を提供していきたい。

(マトリクス K 近藤代表) セッションの総括に移る。本セッションでは、欧米企業を含めた非常に多くのプレゼンを頂いたことで、パネルディスカッションにおいても有意

義な議論に繋がった。最後にエネ庁からも、セッションの総括を含め、本テーマに関する行政としての意気込みや産業界へ期待すること等のコメントをもらいたい。

(エネ庁 遠藤課長) まず、日本側の参加者においては、これからサプライチェーンを先頭に立って率いる意気込みや見通しを示されたことについて感謝したい。また、海外側の参加者からは、具体的に日本の企業に対する期待・何にポイントを置くべきなのか直接聞くことができた。国内・国外の関係を取り結んでいく機会を国が率先して作っていきたい。

6. セッション 2-B：サプライチェーン強化の取組②（人材育成、供給途絶対策・事業承継）

(1) プレゼンテーション

「TVE 原子力サプライチェーン強化への取組み」(TVE 榎村 英孝 執行役員)

- TVE は、1922 年創業、兵庫県尼崎市に位置し、各種バルブの製造販売、メンテナンス、各種鋳鋼製造品の製造販売を行っている。
- 主要事業であるバルブ事業、製鋼事業に加え、廃止措置・リファインメタル事業を新たに設立した。本事業では、令和 2 年度より「原子力産業基盤強化事業」の支援を受け、廃止措置に伴い発生するクリアランス金属再利用に向けたモバイル溶融設備開発及びクリアランス金属の原子力向けバルブへの再利用事業検証を実施した。
- 原子力向けバルブは、主に PWR 向けに安全系の重要なバルブの納入実績がある。原子力事業の状況は、泊 3 号機と大間原子力発電所以降の建設がなく、新增設やリプレイスがないと設備の維持が困難となる。SA や安全対策向けバルブで技術維持を図っている。TVE へのサプライヤのバルブ鋳鋼品用木型製作会社の支援連携も課題である。
- 令和 4 年度「原子力産業基盤強化事業」の支援を受け、原子力向け高温高圧バルブの鋳型を木型から発泡型へ移行するとともに、デジタル技術を活用した鋳型造形プロセスイノベーションを推進した。
- バルブ鋳造プロセスイノベーションでは、手作業によっていた木型から、精度、効率を重視した発泡型へ移行し、大型 3D デジタル発泡造形装置を導入した。木型製作図を 3D CAD データに移行した。2022 年 12 月 22 日に発表された GX 実現に向けた基本方針を受け、新たに安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉向けの大型バルブ製造に備え、木型製作図の 3D CAD 化した。3D CAD データから 3D デジタル発泡造形装置を自動で動かすための CAM データを作成し、そのためのオペレータを社内で育成した。
- バルブ鋳造プロセスイノベーションの導入は、コストの低減とリードタイムの短縮

に寄与した。鋳型の設計・製作・鋳造まで自社内調達、デジタルデータによる図面の一元管理、原子力発電所向け鋳鋼品やバルブ製造のリードタイム短縮、を実現し、柔軟な納期対応、鋳鋼品の品質向上により、原子力向け高温高圧バルブの製造能力を維持・強化していく。

「日本ギア工業における原子力サプライチェーン維持の取組」（日本ギア工業 鶴見 肇 常務執行役員）

- 日本ギア工業は、1938年設立、事業内容はバルブアクチュエータ、ジャッキ、ミキサー、減速機、歯車設計などの製造販売及びメンテナンスである。品質保証は、ISO9001、ASME NQA-1に対応している。
- 主要製品では、バルブアクチュエータ事業は50年以上の経験と知識があり、自社製品の他に1963年よりFlowserve Limitorque社とのライセンス契約品も供給しており、原子力以外にも火力、上下水、石油化学プラント、船舶など、340000台の納入実績がある。日本国内の原子力発電所のバルブアクチュエータの96%が日本ギア製（国内15000台以上）、海外は韓国、中国、中東などに4600台以上を納入している。
- RCIC（原子炉隔離時冷却系）に使用されるDCモータ駆動のアクチュエータは、DCモータ製造メーカーが事業撤退した。メーカーの事業撤退を受け、国内外の製造移管先を選定し、2020年に経済産業省の原子力産業基盤強化事業補助金の支援を受けDCモータ（全140機種）の開発を開始。2023年度中に全140機種の開発を完了予定である。
- AI（機械学習）を用いたアクチュエータ診断技術を開発中で、典型的な劣化診断であるトルクデータ分析をAIを用いて実施し、従来からの時間基準保全に加え、状態・予知保全を実現した。具体的にはアクチュエータに常設するトルクセンサーを開発した。

「日本/ANECにおける人材育成の取組」（革新炉WG座長/京都大学 黒崎健 教授）

- 大学における原子力教育は、自分の学部入学時（1991年当時）の状況は、旧帝大+ α の大学に、工学部原子力工学科/工学研究科原子力工学専攻があり、学科学生が約40名/学年、専攻学生数が30名弱/学年、教室教員数が約20名程度いた。6つの基幹領域（原子炉工学、原子炉材料、放射線計測、原子核化学、原子炉物理、核燃料）と協力講座があり、バランスの良い専門分野と充実した教員体制が取れており、原子力工学を一通り体系的に教育できていた。
- 1990年代以降は、社会情勢等を受けて原子力を志望する学生数は低下し、各大学においては原子力教育が独立して存在することの必然性について議論されるように

なり、段階的な組織再編や名称変更が行われ、教員の専門性も多様化した。その結果、一つの大学で、体系的な原子力教育を行うことは不可能な状況となっている。

- 文部科学省の国際原子力人材育成イニシアティブ事業では、日本の原子力人材育成を十年以上にわたって支援してきたが、個別の支援事業では人材育成、事業間の連携や協力は限定的であった。令和2年（2020年）度募集事業から事業内容を大きく見直し、拠点として一体的に原子力人材を育成することを目的としたコンソーシアムを形成し、プログラム・ディレクター（PD）を名古屋大学山本教授、プログラム・オフィサー（PO）を自分とし、未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム（ANEC：Advanced Nuclear Education Consortium for the Future Society）として活動している。
- ANECの参画機関は、中核機関に北海道大学（事務局）、東京工業大学、高専機構、近畿大学・京都大学、東北大学、福井大学の7機関を含む全51機関、また国内の原子力に関係するほぼすべての大学、産業界、研究機関が参画している。
- ANECの、注力・強化すべき点は、体系的な専門教育カリキュラムの構築と高度化、大型実験施設等を有する機関の原子力教育の充実、国際研鑽機会の付与、産業界や他分野との連携・融合の促進、コンソーシアム内のマネジメントシステムの構築、の5つである。
- 強みは、「我が国全体として」の活動であるというところ、弱みは、持続性（文科省の補助、コンソーシアムの体制）である。弱みを踏まえた上で、今後取り組むべき点は、教える側の仕組みの構築、教わる側の学生の確保である。
- 原子力人材育成は最重要課題であり、これまでの状況と変化を分析した上で、優秀な若者を呼び込むために活動する必要がある。ANECの取り組みだけでなく、原子力イノベーションの流れと人材育成により、サプライチェーンの維持・強化への貢献につながる。

「French nuclear sector Skills challenge」（フランス原子力産業戦略委員会（CSFN）
Herve Maillart/Head Coordinator of the French Nuclear Sector）

- フランス原子力セクターには、原子力発電に関わる全ての組織（研究、エンジニアリングと設計、採掘、濃縮、製造、リサイクルを含む燃料サイクル、運転、廃炉、廃棄物処理と貯蔵）がある。
- 原子力産業に関し国との戦略協定として、2019年1月に4つの軸（雇用・スキル・トレーニング、デジタル・トランスフォーメーション、R&D・環境保護トランスフォーメーション、国際的な側面）に署名した。2021年4月に付帯事項（UMN（原子力職業大学）の創設、セクター内の中小企業との連携強化、セクターの競争力と主権の強化）に署名した。

- フランスの原子力の復興計画として、2022年2月にマクロン大統領は新しいエネルギー戦略を発表した。主な内容は、再生可能エネルギーの大量導入、原子炉の寿命を運転から50年またはそれ以降まで延長、2050年までに6基のEPR2を建設、さらに8基のEPR2の建設を検討、SMRへの投資である。原子力産業でフランスに新たな雇用を生むことにつながる。
- UMNは、2021年4月に創設された。目的は、地域、地域間、国レベルでの合同アプローチによって、原子力セクターで特に重要度の高いスキルに関する訓練システムを強化することにある。UMNは新たな訓練組織ではないが、複雑な原子力エコシステムをより理解しやすいものとし、実施する訓練が一貫性のあるものとするためのプラットフォームである。
- UMNの主な活動として、溶接や機械加工などの重要な作業に対する新しい訓練サイト／コースの設置の支援や、現場実務に従事する専門職への魅力を高めるために学生に対する奨学金などを行っている。またラベルを作成し、一貫した訓練が提供され、現場のニーズにあった資格認定が得られ、雇用につながるものとしている。
- 原子力産業の現場実務のニーズを満たす訓練コースを設ける学校を対象に奨学金を創設し、原子力産業界に対する魅力を高めた。2021～2022年には、10の研究指定高校に通う生徒50人に奨学金を授与し、2022～2023年以降では、26の高校で生徒200人に授与する見込みである。

「地方経済産業局の取組について」（関東経済産業局 小澤 産業部次長）

- 関東経済産業局では、次世代革新炉の建設を念頭に、必要な技術・人材・サプライチェーンを維持するため、原子力サプライヤの支援を行っていく。プラントメーカー・サプライヤから事前のヒアリングを行い、①人材の育成・確保、②供給途絶対策・事業承継、③海外PJへの参画支援、の3つを柱に支援を進めていく。
- 地方経済産業局では、地域の関係機関と連携し、日頃より中小企業等への支援を実施している。今後もネットワークを活用し、全国に点在する原子力サプライヤ約400社に対して事業の課題をヒアリングし、実態把握を強化することを最優先としている。
- 各種支援策の活用に向けた支援として、原子力産業基盤強化事業のほか人材育成・確保、事業承継、設備投資等の各種支援施策を取りまとめた「原子力サプライヤが活用できる支援施策集」を作成している。国産化に向けた試作開発、熟練技術の再現性向上、システム化による業務効率の向上、溶接ロボット導入による生産性向上などに必要な設備投資などに、ものづくり補助金を使用可能である。

(2) パネルディスカッション

(マトリクス K 近藤代表) 供給途絶対策・事業承継について、原子力の関連企業が 400 社いる中で、大企業に比べて、投資余力が限定的な中堅・中小企業はどのように取組を行えばいいか。まず、TVE から説明のあった鋳型の自社内調達への移行に成功した背景について伺いたい。

(TVE 梶村執行役員) 元々技術継承への拘りがあったが、原子力向け大型バルブ鋳鋼品に必要な木型製作技術者の高齢化もあり対応が難しくなったため、木型の供給途絶リスクを踏まえて、新たに 3D デジタル技術の活用を決断したことが大きい。デジタル技術活用の取り組みは、私どものように少量多品種バルブの製造方法の最適化につながり、リードタイム短縮、柔軟な納期対応から受注機会を獲得し、ひいては製造能力維持、技術伝承を実現する手段といえる。

(マトリクス K 近藤代表) 日本ギアからも DC モータ事業の説明があったが、撤退企業からの事業承継が上手くいったポイントについて教えて欲しい。

(日本ギア 鶴見常務) DC モータの取引先の事業撤退への対策を考える中で、東芝からアドバイスをもらい METI の原子力産業基盤強化事業を初年度から有効活用できたことが奏功した。また日本ギアは 50 年近く原子力産業に関っており、その事業を絶やさないと DNA がある。しかし、我々の下請け企業(Tier 3/4 レベル)はあくまでビジネスとして成立するかどうかで判断する事から、ある一定以上のビジネスボリュームが確保されない場合には、撤退する可能性は今後も大きい。海外に出るのはそれなりにハードルが高いため、国内での原子力事業のビジネスボリュームを今後十分に確保する事も重要であると考え。

(マトリクス K 近藤代表) 国の支援を有効活用していくという発言もあったが、関東局からも何かコメントないか。

(関東経済産業局 小澤産業部次長) 関東経済産業局では、各都道府県にある産業支援機関と連携し、伴走型で支援している。中小企業向け資金も色々あるので様々な支援策を組み合わせるのが有効と考えている。支援策の活用方法は個別に相談に乗っており、今回のシンポジウムを契機に、大企業から事業継続に不安のある協力工場にも支援策を是非広めてほしい。

(マトリクス K 近藤代表) 原子力の人材育成の取組は日本とフランスで夫々実施されているものの、日本の原子力に従事する人材は依然として少なく、フランスとは大きな

違いがある。フランスで原子力人材を増やすことに成功した、最も重要なポイントはどこか CSFN から教えて欲しい。

(CSFN Herve Maillart/Head Coordinator of the French Nuclear Sector) フランスも状況は日本と同じで、3000 社以上が原子力に関わっておりその大半は中小企業で、新しい事業に投資するかはビジネスが成り立つ見通しが立つかが重要である。また関係機関で共通の関心を持つこと（トレーニングの必要性等）が重要で、フランスでは原子力産業に従事する人数が 22 万人、今後 2030 年には 30 万人が必要になると見込まれる中で、学校を作る等の共通のやり方に対して国や大企業が出資する等の財務的な手当てが必要となる。資格認定のための新しいトレーニングを提供する、そのための組織を拡充することも必要と考えており、フランスではそれらに関する新しい法律が年内に成立する見込みである。

(マトリクス K 近藤代表) 今の発言も踏まえ、日本への示唆を黒崎先生にコメントお願いしたい。

(革新炉 WG 座長/京都大学 黒崎教授) CSFN の意見は非常に参考になった。フランスの事例も活かし、ANEC 及び日本でどういった取組を行えばいいか検討したい。ANEC で大学との連携は進めているが、産業界のニーズを踏まえた対応は今後の課題で、サプライヤから意見がききたい。合わせて、フランスでは職業訓練校を活用したとのことだが、日本でも同様の需要はあると思うか。

(TVE 梶村執行役員) 安全上重要なバルブ設計製造は、新增設・リプレースでしか経験できないことも多く、経験した熟練設計者・技能者も 55 歳を超えており、あと 10 年すると設計・製造技術伝承が厳しい状況が想定される中、人材の確保・育成には苦勞している。原子力関係者との技術情報連絡会や交流会へ若手社員を参加させるなど原子力人材育成に取り組んでいるが、ものづくりに資する講座の拡充等を期待するほか、職業訓練校の活用も今後有効な手段の一つだと思う。

(マトリクス K 近藤代表) 本セッションでは、2-A 同様にフランスを含めた国内外の具体的な事例をご披露いただいたことで、踏み込んだ議論をすることができた。最後にエネ庁からも、セッションの総括を含め、本テーマに関する行政としての意気込みや産業界へ期待すること等のコメントをもらいたい。

(エネ庁 遠藤課長) 東日本大震災以降、国、電力、メーカーの関わり方、座組が変わっ

たと思う。地方経済産業局は国の持つ強みであり、今後は伴奏型の直接的な国による支援をしていく。各社からも発言のあった事業の見通しを明確にし、国内外のビジネスのボリュームはどうなるのか、国の支援策、事業環境の整備をぶれずに行うことが政府に求められていることだと考えている。原子力基本法の中で、サプライチェーン支援を法案に明記している。

7. 閉会挨拶

(JAIF 新井 史郎 理事長)

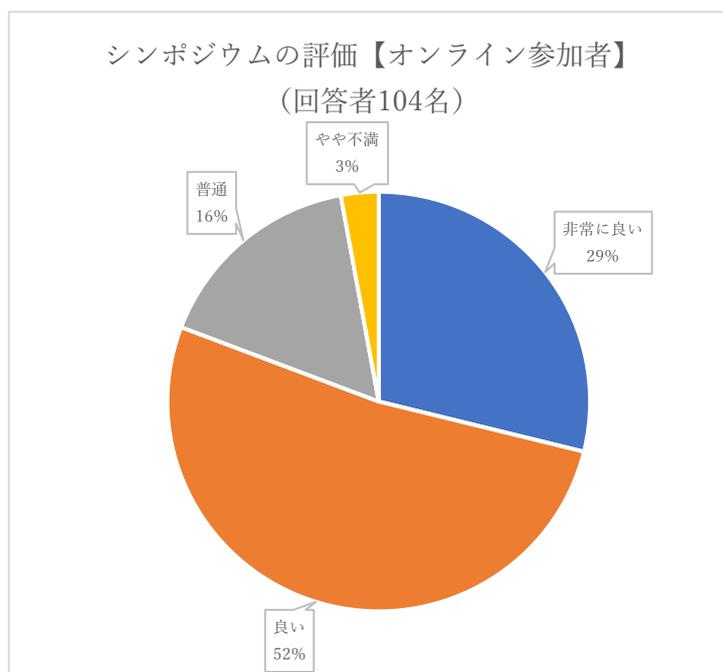
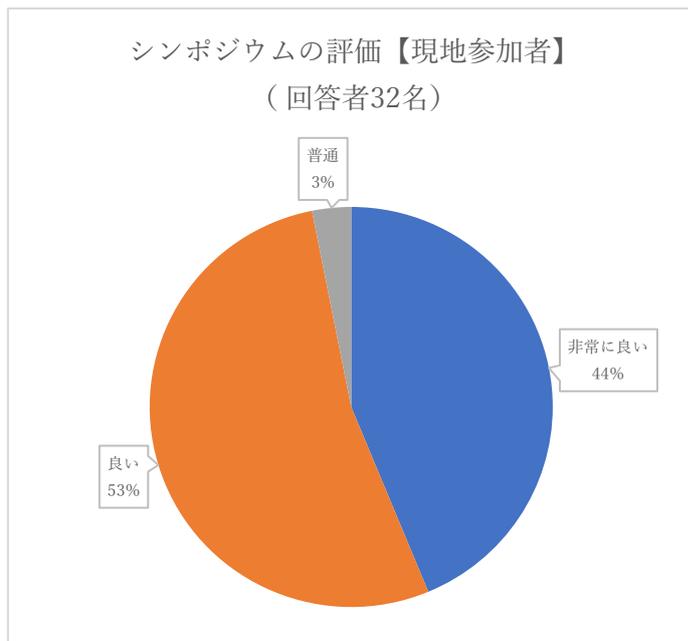
- 経済産業省 西村大臣の開会挨拶、及びそれに続く基調講演にて、『サプライチェーンの維持・強化』に向けた政策の明確な道筋が示されたことの紹介があった。
- セッション1では、原子力産業の将来像と題して、ビロル IEA 事務局長やグロッシェー IAEA 事務局長などからは、エネルギー安定供給や気候変動問題への寄与など海外における原子力への期待の大きさを伺うことができた。近年、世界各国で検討されている新規建設プロジェクトに、高い技術と品質で定評のあるわが国の企業が参加し、技術力の維持・強化とともに世界の原子力発電所の安全性向上にも寄与できるものとする。
- セッション2-Aでは、サプライチェーンの強化の取組のうち「海外プロジェクトへの参画」をテーマに国内企業の取り組みを紹介いただき、今後の海外プロジェクト参画に向けて何が重要となるかを考える機会となった。
- セッション2-Bでは、サプライチェーンの強化の取組のうち「人材育成、供給途絶対策・事業承継」をテーマに国内外の取組を伺うことができた。人材に関する観点では、原子力産業の持続的な維持・発展を支えるためには、幅広い分野において、継続的な人材の確保と育成が欠かせない。
- セッションにおけるパネルディスカッションでは、各登壇者から率直なご意見、あるいは刺激的なご意見など貴重なお話をお伺いすることができた。
- このシンポジウムを契機に、国内関係各方面によるサプライチェーンの維持・強化に関する取り組みと共に、同志国間でのサプライチェーンの共同構築に向けた協力が進展することを祈念する。

6-3-3. アンケート

原子力サプライチェーンシンポジウムへの参加者にアンケート回答をお願いし、現地参加者 32 名、オンライン参加者 104 名から回答を得た。

(1) 原子力サプライチェーンシンポジウムの評価

以下の通り、ほぼ全ての現地参加者及びオンライン参加者から良い評価を得た。



略語集

略語	原語	日本語
ABWR	Advanced Boiling Water Reactor	改良型沸騰水型原子炉
AECL	Atomic Energy of Canada Ltd.	カナダ原子力公社
AMR	Advanced Modular Reactor	新型モジュール式炉
ANEC	Advanced Nuclear Education Consortium for the Future Society	未来社会に向けた先進的原子力教育コンソーシアム
ANL	Argonne National Laboratory	アルゴンヌ国立研究所（米国）
ARDP	Advanced Reactor Demonstration Program	先進型原子炉実証プログラム
ASME	American Society of Mechanical Engineers	米国機械学会
BEIS	Department for Business, Energy & Industrial Strategy	ビジネス・エネルギー・産業戦略省（英国）
BOP	Balance-of-Plant	NSSS 以外の系統設備の総称
BWR	Boiling Water Reactor	沸騰水型原子炉
CAD	Computer Aided Design	コンピュータ利用設計ツール
CFPP	Carbon Free Power Project	CFPP（NuScale の初号機建設計画）
CCS	Carbon Dioxide Capture and Storage	酸化炭素回収・貯留
CDM	Certified Design Material	認可設計文書
CFR	Code of Federal Regulations	連邦規則（米国）
CNL	Canadian Nuclear Laboratories	カナダ原子力研究所
CNNC	China National Nuclear Corporation	中国核工業集団（中国）
CNSC	Canadian Nuclear Safety Commission	カナダ原子力安全委員会
COG	CANDU Owners Group	CANDU オーナーズ・グループ
COLA	Combined License Application	コンバインドライセンス申請
CSFN	French Nuclear Strategic Committee	フランス原子力産業戦略委員会
DOE	Department of Energy	エネルギー省(米国)

略語	原語	日本語
EDF	Electricité de France	フランス電力会社
EHS	Envieronmental & Heritage Service	環境遺産局（英国）
EPC	Engineering, Procurement, and Construction	エンジニアリング・調達・建設
EPR	European Pressurized Water Reactor	欧州型 PWR
EPRI	Electric Power Research Institute	電力研究所（米国）
EPZ	Emergency Planning Zone	緊急時計画区域
ESBWR	Economic Simplified Boiling Water Reactor	経済的単純化 BWR
FBR	Fast Breeder Reactor	高速増殖炉
FID	Final Investment Decision	最終投資判断
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis	故障モード影響解析
FOAK	First-Of-A-Kind	初号機
FSER	Final Safety Evaluation Report	最終安全評価報告書
GFR	Gas Cooled Fast Reactor System	ガス冷却高速炉システム
GSR	General Safety Requirement	一般安全要件（IAEA）
HALEU	High-Assay Low-Enriched Uranium	U235 の濃縮度が 5～20% の低濃縮ウラン
HTR	High Temperature Reactor	高温ガス炉
I&C	Instrumentation and Control	計装制御
IAEA	International Atomic Energy Agency	国際原子力機関
IEA	International Energy Agency	国際エネルギー機関
INL	Idaho National Laboratory	アイダホ国立研究所
INPO	Institute of Nuclear Power Operations	原子力発電運転協会
ISO	International Organization for Standard	国際標準化機構
JAEA	Japan Atomic Energy Agency	日本原子力研究開発機構
KEPCO	Korea Electric Power Corporation	韓国電力公社
KHNP	Korea Hydro & Nuclear Power Company	韓国水力・原子力発電株式会社

略語	原語	日本語
LFR	Lead-Cooled Fast Reactor System	鉛冷却高速炉システム
LTR	Licensing Topical Report	許認可トピカル・レポート
LWR	Light Water Reactor	軽水炉
MDEP	Multinational Design Evaluation Program	多国間設計評価プログラム
MHI	Mitsubishi Heavy Industries	三菱重工
MOTIE	Ministry of Trade, Industry and Energy	産業通商資源省（韓国）
MOU	Memorandum of Understanding	覚書
MOX	Mixed (Uranium and Plutonium) Oxide Fuel	混合酸化物燃料
MSR	Molten Salt Reactor	熔融塩炉
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米航空宇宙局
NEA	Nuclear Energy Agency	原子力機関（OECD）
NEI	Nuclear Energy Institute	原子力エネルギー協会
NEIMA	Nuclear Energy Innovation and Modernization Act	原子力エネルギー革新・近代化法
NNL	National Nuclear Laboratory	英国原子力研究所
NRC	Nuclear Regulatory Commission	原子力規制委員会（米国）
NREL	National Renewable Energy Laboratory	米国再生可能エネルギー研究所
NUGENIA	Nuclear Generation II&III Association	原子力発電 II & III 協会
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	経済協力開発機構
OEM	Original Equipment Manufacturer	納入先（委託者）商標による受託製造
PNNL	Pacific Northwest National Laboratory	パシフィック・ノースウェスト国立研究所
PTR	Pressure Tube Reactor	重水減速圧力管型炉
PWR	Pressurized Water Reactor	加圧水型原子炉

略語	原語	日本語
SCWR	Supercritical-Water-Cooled Reactor System	超臨界水却炉システム
SFP	Spent Fuel Pool	使用済燃料プール
SFR	Slutförvater för Kortlivat Radioaktivt avfall	短寿命放射性廃棄物処分場（スウェーデン）
SFR	Sodium-Cooled Fast Reactor System	Na 冷却高速炉システム
SMR	Small Modular Reactor	小型モジュール式炉
SNL	Sandia National Laboratory	サンディア国立研究所
STP	South Texas Project	サウステキサス・プロジェクト原子力発電所
TVA	Tennessee Valley Authority	テネシー・バレー開発公社
UAMPS	Utah Associated Municipal Power Systems	ユタ州公営共同電力事業体
VHTR	Very-High-Temperature Reactor System	超高温ガス炉システム
VVER	Vodo-Vodyanoi Energetichesky Reactor	ロシア型加圧軽水炉
WANO	World Association of Nuclear Operators	世界原子力発電事業者協会
WNA	World Nuclear Association	世界原子力協会