

期待される新しい原子力発電

温暖化の原因とされる温室効果ガスの排出量を低減する「脱炭素化」に向け、様々なエネルギー分野で、イノベーションに向けた技術開発が進められています。原子力も、脱炭素化の選択肢として例外ではありません。安全性の向上はもちろんのこと、再生可能エネルギーとの共存や、水素の製造、熱エネルギーの利用といった多様なニーズにこたえる原子力技術のイノベーションが進められています。米国では、あのビル・ゲイツ氏が会社を立ち上げたり、ベンチャー企業が開発に参入したりと、これまでにない原子力技術への挑戦が繰り返されています。また、日本でも、原子力イノベーションに向けた取組みが進められています。

1 求められているのは、これまでにない「使いやすく安全な原子炉」

「原子力」には、みなさんもお存じの発電だけではなく、医療、工業、農業、科学等、様々な用途があります。では、これらの用途において求められている「革新的な原子力技術」の姿とはどのようなものなのでしょうか。

代表的なもののひとつが、「小型モジュール炉」です。SMR (Small Modular Reactor) とも呼ばれ、世界各国で開発が進められています。その特徴をキーワードであらわすとすれば、「小型」「モジュール」「多目的」の3つがあげられます。

原子炉を「小型」にすると、大型の原子炉よりも冷えやすくなります。技術的に言えば、小型炉は体積の割に大きな表面積をもっているために起こる現象なのですが、たとえば言うなら、「同じ運動をしても子供や痩せている人のほうが体温を外へ逃がしやすい」というイメージでとらえればいいでしょう。この特性を突きつめていくと、原子炉に水をポンプで入れて冷やさなくても自然に冷えてくれる、といったことも可能になります。実現すれば、安全性が高まるうえに、原子炉全体を簡単な構造にすることができ、メンテナンスもしやすくなります。その結果、コストの削減ができ、経済性も向上する可能性があります。

「モジュール」については、「モジュール建築」、いわゆるプレハブ住宅をイメージして考えてみるとわかりやすいでしょう。プレハブ住宅とは、規格化された部材一式を工場で生産し、さらに組み立てユニットまで作ってしまうもの。現地ではこのユニットを、ブロックを積み立てるように設置します。自然条件に左右される現地でゼロから作るのではなく、ある程度のところまでを工場で生産・管理することで、高い品質管理や短い工期、コスト低減を実現している工法です。これまで、原子力発電所の建設は、ひとつひとつが1点ものとして現地で建

設されており、そのため工期が長くなりがちでした。また、品質保証のために何重もの確認・認可試験を経てつくられてきました。そこで、モジュール建築の手法を最大限取り入れようというアイデアが生まれています。「型式認証」という方法で設計認可を取得しておき、全体を一括で「工場生産+組み立て+輸送+設置」という手法です。こういった



規格化された部材一式を工場生産し作った組み立てユニットを、現地で積み立てるように設置するプレハブ住宅（イメージ）

手法が、「小型」の原子炉であれば可能となります。この場合、まず先に、輸送できるサイズ（米国なら鉄道

や高速道路、欧州なら内陸運河）まで「小型化」し、それから原子炉の出力を決めるという流れになるでしょう。

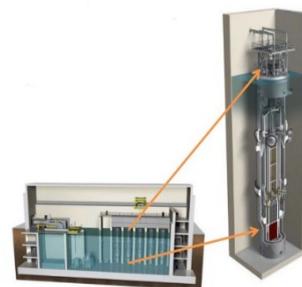
「多目的」に関するものとしては、「発電」の用途以外に、「水素の製造」、「熱エネルギーの利用」「遠隔地でのエネルギー源」、「医療」などに特化した原子力技術を開発しようという動きがあげられます。「遠隔地」では、離島や極地、はては宇宙での利用がターゲットに想定されることもあります。一方「医療」では、放射性物質を使ったがん検査や治療に特化した技術開発が進められています。ほかにも、材料改質を目的とした原子力技術の産業利用についても研究が活発化しています。

2 どんな原子力技術が開発中なのか？

世界の原子炉には、大きく分けて、原子炉の冷却に水をつかうものと、水以外の物質をつかったものがあります。それぞれの原子炉で、特徴を活かしたイノベーションが起こりつつあります。代表的なものをご紹介します。

① NuScale SMR

米国 NuScale 社は SMR 開発の先駆者の1つで、これまで米国エネルギー省からの支援を得ながら開発を進めています。初号機の建設はアイダホ国立研究所 (INL) の敷地内に計画されており、米国の原子力規制委員会での審査も最終段階にあります。



(提供) NuScale Power 社

特 徴

- ・ 1 モジュールの出力は 6 万 kW、通常の「加圧水型」原子炉の 1/20 程度
- ・ 最大 12 個のモジュールを大きなプールの中に設置
- ・ 1 モジュールは、「圧力容器」「蒸気発生器」「加圧器」「格納容器」をふくむ一体型パッケージで、大型の冷却水ポンプや大口径配管が不要
- ・ 各モジュールは、それぞれ独立したタービン発電機と復水器に接続
- ・ 小型化と一体化を図ることにより、大規模な冷却材喪失事故のリスクを回避

② BWRX-300

日立 GE ニュークリア・エナジー社と米国 GE Hitachi Nuclear Energy 社は SMR である BWRX-300 を開発中です。同社は、原子力発電所の設計・製造経験と、様々な製品のモジュール製造経験が豊富で、その経験を活かした原子力イノベーションを進めています。米国で BWRX-300 初号機の建設をめざして、米国原子力規制委員会にはすでに安全審査項目に関する技術レポートを提出しています。また、カナダでの建設も視野に入れ、カナダ原子力安全委員会でも審査を開始しています。

特徴

- ・ 従来の「沸騰水型」よりもさらに構造が単純で、建設コスト、運転コストの低減が可能
- ・ SMR のメリットである低い総建設費、工場完成一体据付、建設工期短縮のメリットを生かして資本リスク、建設リスクの低減が可能
- ・ ガス火力並みの価格競争力を持ち、米国のガス火力発電プラントの建て替え需要も視野に
- ・ 圧力容器と一体になった弁を採用し、大規模な冷却材喪失事故のリスクを実質的に回避



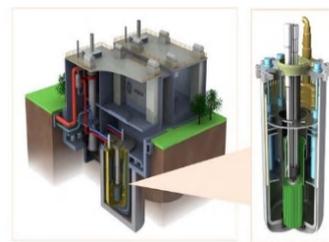
(提供) GE Hitachi Nuclear Energy 社

③ PRISM

PRISM (Power Reactor Innovative Small Module) も米国 GE Hitachi Nuclear Energy 社が開発する SMR ですが、こちらは原子炉の冷却に水ではなくナトリウムを使った原子炉です。「高速炉」と呼ばれるタイプの原子炉で、従来の原子炉と比べて廃棄物の有害度が低く、量も少ない、ウラン資源を有効活用できるといった特徴があります。米国エネルギー省は、PRISM をベースとした熱出力 30 万 kW の多目的試験炉 (VTR) を、アイダホ国立研究所に建設し、2030 年までに運転開始する計画を推進しており、これが PRISM 型の原子炉の第 1 号になると見られています。

特徴

- ・ 空気の自然循環を利用して熱を冷やす方式を採用し、高い安全性・信頼性をもつ
- ・ 高速炉は大気の大気圧) と同程度の圧力で運転されることから、冷却材喪失事故やそれにとまなう格納容器内の圧力上昇が発生しない
- ・ 出力あたりの原子炉建屋の大きさは、「加圧水型」や「沸騰水型」の SMR よりもさらに小さい
- ・ 高レベル放射性廃棄物の体積を減らすことが効率的にできる炉心温度が高く、軽水炉型にくらべて熱効率を飛躍的に向上できる



(提供) GE Hitachi Nuclear Energy 社

3 次世代の原子力発電所は、もっと小型で安全になる

次世代の原子力発電所は、もっと小型で安全になる。

小型で安全性が高いとされる新型原子炉の開発が米国で進められている。米国では脱炭素化に貢献する再生可能エネルギーとして重要な位置づけにある原子力だが、小型化やモジュール化といった技術的な革新を経て、商用化に結びつけることはできるのか。

原子力発電の未来は 20 年も前からずっと、オレゴン州立大学キャンパスにある天井が高い実験室に、ひっそりとたたずんでいた。原子力発電の歴史には対立が絶えず、政治的な苦悩も多い。だが、オレゴン州を拠点とする NuScale Power が運転しているこの原型炉は、その物語の新たな章を象徴するものである。

NuScale の原子炉には、巨大な冷却塔も、広大な緊急時計画区域も必要ない。しかも工場での生産が可能で、距離にかかわらずあらゆる場所に輸送できる。

広範にわたるシミュレーションでは、ほぼすべての緊急事態に対してメルトダウン (炉心溶融) を起こさずに対処できることが示されている。少なくとも既存の原子炉と比較すると、使用する核燃料がごくわずかであることが理由のひとつだ。規模の面でも、既存の原子炉に比べてはるかに小型になっている。

気候変動によって危機的な状況に陥っている地球にとって、これは朗報だろう。というのも、原子力エネルギーは一部の環境保護団体の悪評を買っている。一方で、核分裂によって発生するこのエネルギーが、世界の電力の脱炭素化において不可欠な要素になるだろうという考えに、多くのエネルギー専門家や政策立案者が賛同している。

「原子力発電 廃棄物の最終処分を考える 一知り・学び・理解しよう」の冊子より引用