

# 小型モジュール炉の開発と政策的支援の動向

## Policy Supports for Development of Small Modular Reactors

キーワード：小型モジュール炉、研究開発投資、カーボンニュートラル

堀 尾 健 太

近年、欧米諸国を中心に、小型モジュール炉（SMR）の開発・導入に向けた取組みが活発になっている。SMRは、大型化を追求してきた過去の原子炉開発の系譜とは一線を画すが、資金リスクの軽減（資本費の低減、工期短縮による早期の投資回収）、再生可能エネルギーとの共存、化石燃料を用いた発電のリプレイス、熱利用や水素製造等の観点で期待が寄せられている。

本稿では、民間企業が主体となり、複数のSMRが開発・検討されている米国、カナダ、英国を取り上げ、SMR開発の状況や政策的支援の動向を分析する。

1. はじめに
2. 小型モジュール炉とは
3. 主要国における SMR 開発と政策的支援
  - 3.1. 米国
  - 3.2. カナダ
  - 3.3. 英国
4. 考察
  - 4.1. SMR 開発への政策的支援の見通し
  - 4.2. SMR の導入とカーボンニュートラル
5. おわりに

## 1. はじめに

近年、小型モジュール炉（SMR: Small Modular Reactor）の開発や導入に向けた取組みが活発になっている。北米や欧州を中心に、2010年代に関心が高まり、日本でも「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」やエネルギー基本計画などにおいて言及されるようになってきた（経済産業省2020及び2021）。

SMRの開発主体は主として民間企業である。しかし、各国政府も資金供与等の形で開発を支援しており、昨今のカーボンニュートラル（温室効果ガスのネットゼロ排出）目標の宣言を受けて、加速している向きもある。

本稿では、民間企業が主体となり、複数のSMRが開発・検討されている米国、カナダ、英国の3か国を対象として、SMRの開発状況と政策的支援の動向について分析を行い、傾向や今後の見通しを考察する。

## 2. 小型モジュール炉とは

元来、原子炉の炉型の名称は、技術的な特性、特に冷却材や減速材の種類を表現したものが主であった（例えば、軽水炉や重水炉）。一方で、SMRは、経済的な特徴をより反映した名称である。すなわち、出力規模を小さくする（規模の不経済を甘受する）とともに、モジュール化によって学習効果による経済性の追求を図るものである。「小型」について統一的な定義はないが、一般に、1基あたりの電気出力が30万kW以下の原子炉を指すと理解されており（IAEA2020）、大型化を追求してきた過去の原子炉開発の系譜とは一線を画す。モジュール化の程度は炉型によって異なるが、原子炉、或いは蒸気供給系全体をモジュールとし、工場で製造することが想定されている。

ただし、SMRの定義については国ごとに違いがある。主な違いは軽水炉型SMRに限定するか、非軽水炉型SMRも含めるか、である（第3章参

照)。本稿では、SMRと称する場合は炉型を特定しないものとし、炉型を特定する必要がある場合は「軽水炉型SMR」などと表記する。

国際原子力機関（IAEA）によれば、現在、世界各国で開発・検討されているSMRは72ある（IAEA2021）。開発段階は様々だが、炉型は、軽水炉、高温ガス炉、高速炉、熔融塩炉があり、出力も、30万kW程度から、1万kW以下のマイクロ炉まで幅がある（IAEA2020）。このうち2030年までの導入を計画しているものが25あるとされる。

モジュール炉の概念自体は以前から存在しており、過去にも、資金リスクの軽減（資本費の低減、工期短縮による早期の投資回収）などの観点から注目されたことがあった（山地1985）。近年SMRへの関心が高まったのも、米国や欧州での大型軽水炉建設におけるコストオーバーランが要因の1つだと考えられる。ただし、現在では、資金リスクの軽減に加えて、再生可能エネルギーとの共存や化石燃料を用いた発電のリプレース、立地の柔軟性（需要地への近接、オフグリッドの遠隔地での利用等）、熱利用や水素製造なども期待されている（IAEA 2021）。

### 3. 主要国におけるSMR開発と政策的支援

本稿では、米国、カナダ、英国におけるSMR開発と政策的支援に焦点をあてる。これら3か国に共通するのは、SMRの開発が民間企業を主体として行われており、かつ複数の炉型が開発・検討されていることである。

#### 3.1. 米国

米国において、SMRとは、一義的に軽水炉型SMRを指す。原子力規制委員会（NRC）は、「軽水炉型、電気出力30万kW以下」の原子炉をSMRと呼称している<sup>1</sup>。一方、非軽水炉型SMRは、SMR以外の非軽水炉と合わせて、先進的原子炉（advanced reactor）と称される。

#### SMRの開発と許認可の状況

米国には、複数の軽水炉型SMRプロジェクトがあるが、導入に向けて先陣を切っているのはNuScaleである。NuScaleは、オレゴン州立大学発の企業であり、2000年代初頭からSMR開発に取り組んでいる。同社が開発するNuScale Power Moduleは、1基あたりの電気出力7.7万kWであり、1つのサイトに複数基を設置するものである。初号機は、アイダホ国立研究所の敷地内に建設される予定である。事業者であるユタ州公営共同電力事業体（UAMPS）は当初12基の導入を予定していたが、現在は4基／6基／8基のオプションも検討している<sup>2</sup>。

SMRに関する許認可の申請状況としては、NuScaleが、2016年12月31日にNRCに設計認証の申請を行い（翌2017年3月20日受理）、2020年9月29日に標準設計承認（Standard Design Approval）が発行された（U.S. NRC 2020）。また、2020年3月11日、Oklo Powerが、同社が開発する原子炉Auroraの建設・運転の一括許認可（COL）の申請を行った<sup>3</sup>。Auroraは電気出力0.15万kWの高速炉であり、非軽水炉として初めての許認可申請である。その後、NRCは、2022年1月6日、設計に関する情報の不足を理由に、Oklo Power社の申請を却下した（U.S.NRC 2022）。ただし、これは将来の再申請を妨げるものではない。

これに加えて、NRCは、申請前レビュー（Pre-

<sup>1</sup> U.S.NRC, Small Modular Reactors (LWR designs)  
<https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/smr.html>

<sup>2</sup> UAMPS, Carbon Free Power Project  
<https://www.uamps.com/Carbon-Free>

2021年7月21日、6基に決定したとの報道（Nuclear Newswire

2021）があったが、本稿執筆時点で公式発表はない。

<sup>3</sup> U.S.NRC, Aurora – Oklo Application  
<https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/col/aurora-oklo.html>

application Review) という仕組みを設け、設計認証の申請前に、SMR開発者と規制当局の間で意見交換を行っている。本稿執筆時点では、6社 (General Atomics、X-Energy、TerraPower、Kairos Power、Westinghouse Electric Company、Terrestrial Energy) がこの仕組みを活用している<sup>4</sup>。

## 政府による支援

米国は連邦制のため、連邦政府と州政府の間で権限の分担がある。原子力については、研究開発や安全規制は連邦政府が担っているが、発電事業については州政府の役割が大きい。また、三権分立も明確であり、特に連邦政府の予算は立法府 (連邦議会) の権限であることに留意が必要である。

連邦政府によるSMR開発の支援策は、これまでのところ、資金や連邦政府の研究施設に対するアクセスの供与が中心である。エネルギー省 (DOE) は、主として許認可技術支援 (LTS: Licensing Technical Support) 及び先進的原子炉実証プログラム (ARDP: Advanced Reactor Demonstration Program) を通じて、SMR開発者やSMR導入に取り組む事業者に対する資金供与を行っている。LTSは、許認可取得を目指すSMR開発者や事業者に対して、許認可取得に掛かる費用を50対50で負担するものであり、NuScale等に供与されている<sup>5</sup>。一方、ARDPは、文字通り、先進的原子炉の実証を目的としたプログラムであり、額の異なる3つのタイプの資金供与がある<sup>6</sup>。中核を占めるのは、5-7年以内に実証炉を実現することを目指したAdvanced reactor demonstrationsで、2020年10月13日、DOEはTerraPowerとX-Energyを対象に選んだことを公表した (U.S.DOE 2020a)。両者は、最初の資金供与として8千万ドルずつを受領した。また、

より少額な支援プログラムとして、Risk Reduction for Future DemonstrationsとAdvanced Reactor Concepts-20 (ARC-20)があり、2020年12月に、前者については5件 (1件あたり3千万ドル)、後者については3件 (1件あたり2千万ドル) のプロジェクトが選定された (U.S.DOE 2020b及び2020c)。

また、米国では、DOE以外にもSMR開発に資金供与を行っている連邦政府機関がある。例えば、国防総省 (DOD) は2020年3月9日、可搬型のマイクロ炉の開発の支援対象としてBWXT、Westinghouse、X-energyの3社を選定した (U.S. DOD 2020)。このうち、BWXTとX-Energyについては、最終設計に進むことが2021年3月21日に発表されている (U.S.DOD 2021)。

表1に、米国におけるSMRの開発と政策的支援の状況をまとめた。

さらに、2021年11月に成立した「超党派インフラ投資法 (The Bipartisan Infrastructure Deal)」 (U.S.DOE 2021) には、先進的原子力に対する25億ドルの投資が含まれており、今後一層支援が拡充されることが見込まれる。

この他にも、2015年に設立されたGateway for Accelerated Innovation in Nuclear (GAIN)<sup>7</sup>は、SMRや先進的原子炉の開発に取り組む民間企業に対して、連邦政府の研究施設の利用などのサービスを提供している。またLTSやARDPと比べると少額だが、資金供与も行っている。

SMRの導入に対しては、DOEによる債務保証や生産税控除の仕組みが適用可能である。いずれも2005年エネルギー政策法に基づくもので、大型軽水炉の新設等を念頭に整備された。債務保証については、原子力の枠は109億ドルである<sup>8</sup>。生産税控除については、1kWhあたり1.8セ

<sup>4</sup> USNRC, Advanced Reactors (non-LWR designs) – Pre-Application Activities  
<https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/advanced/ongoing-licensing-activities/pre-application-activities.html>

<sup>5</sup> U.S.DOE, SMR Licensing Technical Support (LTS) Program  
<https://www.energy.gov/ne/smr-licensing-technical-support-lts-program>

<sup>6</sup> U.S.DOE, Advanced Reactor Demonstration Program

<https://www.energy.gov/ne/advanced-reactor-demonstration-program>

<sup>7</sup> U.S. DOE, Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear  
<https://gain.inl.gov/>

<sup>8</sup> U.S.DOE, Advanced Nuclear Energy Projects Loan Guarantees  
<https://www.energy.gov/lpo/advanced-nuclear-energy-projects-loan-guarantees>

表1 米国におけるSMRの開発と政策的支援

開発者	名称	炉型	出力	許認可	政策的支援		
					LTS	ARDP	DOD
NuScale	NuScale Power Module	軽水炉	7.7万kW	SDA発給	○	-	-
Holtec	Holtec SMR-160	軽水炉	16万kW	-	-	②	-
TerraPower / GE-Hitachi	Natrium™	高速炉 (ナトリウム冷却)	34.5万kW	事前レビュー	-	①	-
Advanced Reactor Concepts	ARC-100	高速炉 (ナトリウム冷却)	10万kW	-	-	③	-
General Atomics	Energy Multiplier Module (EM2)	高速炉 (ヘリウム冷却)	26.5万kW	事前レビュー	-	③	-
X-Energy	XE-100	高温ガス炉	8万kW	事前レビュー	-	①	○
マサチューセッツ工科大学	Modular Integrated Gas-Cooled High Temperature Reactor (MIGHTR)	高温ガス炉	未公表	-	-	③	-
Kairos Power	Kairos Power FHR (KP-FHR)	熔融塩炉	14万kW	事前レビュー	-	②	-
Terrestrial Energy	Integral Molten Salt Reactor (IMSR)	熔融塩炉	20万kW	事前レビュー	-	-	-
TerraPower	Molten Chloride Fast Reactor (MCFR)	熔融塩炉	未公表	-	-	②	-
Oklo Power	Aurora	マイクロ炉	0.15万kW	COL申請	-	-	-
Westinghouse	eVinci micro reactor	マイクロ炉	0.02-0.5万kW	事前レビュー	-	②	○
BWXT Advanced Technologies	BWXT Advanced Nuclear Reactor (BANR)	マイクロ炉	未公表	-	-	②	○

注) ARDPの欄の表記は、①がAdvanced reactor demonstrations、②がRisk Reduction for Future Demonstrations、③がAdvanced Reactor Concepts-20 (ARC-20)を指す。

ントの税控除を8年間にわたって認めるものである。後者については、元々は2020年12月31日までに運転を開始する発電所が対象だったが、2018年度予算にて、2021年1月以降に運転を開始する発電所についても、600万kWを上限に適用することを認めた。

収益性の面では州政府の政策も重要である。この観点ではいくつかの州で導入されているゼロ・エミッション・クレジット (ZEC) が注目されるが、これまでのところ既設炉の早期閉鎖の抑制が主眼である (服部2017)。

### 3.2. カナダ

カナダにおいて、SMRは軽水炉型も非軽水炉型も含む。ただし、後述するように、開発や導入に向けた取組みが進んでいるのは、非軽水炉型SMRが中心である。

#### SMRの開発と許認可の状況

カナダを拠点にSMRや先進的原子炉の開発に取り組む企業は、米国ほど多くはないが、10社程度存在する。この中で、カナダ原子力安全委員会 (CNSC) に対して、正式に許認可の申請をしているのは、Global First Power (GFP) で

ある<sup>9</sup>。GFPは、マイクロモジュール炉 (MMR) を開発するUltra Safe Nuclear Cooperation (USNC) とオンタリオ州営電力会社 (OPG) の合弁会社である。MMRは、電気出力0.5万kWの高温ガス炉であり、カナダ原子力研究所 (CNL) のチョークリバーサイトに実証炉を建設する予定である。

また、CNSCには、事前ベンダー設計レビュー (Pre-licensing Vendor Design Review、以下VDR) という仕組みがある<sup>10</sup>。VDRは、CNSCスタッフと原子炉の開発者が技術的な対話を行うための仕組みである。設計認証のような規制判断ではなく、あくまでも評価サービスであるが、概念設計、基本設計、詳細設計の3フェーズがあり、それぞれのフェーズが完了するごとに、CNSCがレポートを発行する (一般には要約のみ公表)。これまでVDRには10社が申請している。内訳は、軽水炉型3、非軽水炉型7であり、フェーズ2に進んでいるものが半数を占める。これらはいずれも電気出力30万kW以下であり、SMRに該当する。

#### 政府による支援

カナダも、米国同様、連邦制を敷いている。

<sup>9</sup> CNSC, Global First Power Micro Modular Reactor Project <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/research-reactors/nuclear-facilities/chalk-river/global-first-micro-modular-reactor-project.cfm>

<sup>10</sup> CNSC, Pre-Licensing Vendor Design Review <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/reactors/power-plants/pre-licensing-vendor-design-review/index.cfm>

特に、カナダの憲法に基づき、天然資源を管理する権限は州政府が有することから、カナダで産出されるウラン資源を用いる原子力の発電利用に関する政策は州政府の権限であることが特徴である。

連邦政府の役割は研究開発や安全規制等であるが、特に研究開発については天然資源省 (NRCan) が管轄するCNLが中核的な役割を果たす。CNLは、2017年4月に公表した10年計画の中で、エネルギー分野の主要課題の1つとしてSMRを挙げ、「2026年までにSMRの商業化の実証」という目標を掲げた (CNL2017)。ただし、CNL自身がSMR開発を行うのではなく、CNLの敷地や設備等を活用して、民間による実証・商業化を支援する。

CNLによる支援は、チョークリバーサイトにおける実証炉の建設と、資金供与である。実証炉の建設については、GFP、StarCore Nuclear、U-Battery Canada、Terrestrial Energyが選択されている (前述の通りGFPは既に許認可申請を行っており、他に比べて先行している)<sup>11</sup>。炉型はTerrestrial Energyが熔融塩炉、他は高温ガス炉である。一方、資金供与については、カナダ原子力研究イニシアティブ (CNRI)<sup>12</sup>というプログラムの下で、コストシェアリングを行ってお

り、これまでに、Terrestrial Energy、USNC、Kairos Power、Moltex Energyが採択されている (CNL2019)。

州レベルでは、オンタリオ州、ニューブランズウィック州、サスカチュワン州が関心を示しており、3州の政府間で覚書 (MOU) を締結し (New Brunswick 2019)、3州のフィージビリティスタディを共同で実施している (Ontario, New Brunswick and Saskatchewan 2021)。また、フィージビリティスタディの公表と同時に、アルバータ州も、3州のMOUに参加した (Saskatchewan 2021)。

州ごとには、オンタリオ州は、OPGが、同社ダーリントンサイトにSMRの建設を目指しており、GE日立、Terrestrial Energy、X-energyの3社とSMRの設計やエンジニアリングの作業を進めていた (OPG2020及び2021a)。2021年12月2日、OPGは、軽水炉型SMR (BWRX-300)を開発するGE日立をパートナーに選定したことを発表した (OPG2021b)。ニューブランズウィック州は、Advanced Reactor Concept (ARC)及びMoltex Energyをパートナーに選出している<sup>13</sup>。

表2に、カナダにおけるSMRの開発と政策的支援の状況をまとめた。

表2 カナダにおけるSMRの開発と政策的支援

開発者	名称	炉型	出力	許認可	政策的支援			
					実証炉	CNRI	OPG	NB
Global First Power	Micro Modular Reactor (MMR)	マイクロ炉	0.5万kW	申請済	○	-	-	-
Ultra Safe Nuclear Corporation	MMR-5 / MMR-10	マイクロ炉 (高温ガス炉)	0.5-1万kW	VDR (2)	-	○	-	-
U-Battery	U-Battery	マイクロ炉 (高温ガス炉)	0.4万kW	VDR	○	-	-	-
LeadCold Nuclear	SEALER	マイクロ炉 (熔融塩炉)	0.3万	VDR	-	-	-	-
X-Energy	XE-100	高温ガス炉	8万kW	VDR (2)	-	-	○	-
StarCore	StarCore small modular reactor	高温ガス炉	1.4/2/6万kW	-	○	-	-	-
Terrestrial Energy	Integral Molten Salt Reactor (IMSR)	熔融塩炉	20万kW	VDR (2)	○	○	○	-
Moltex Energy	Moltex Energy Stable Salt Reactor	熔融塩炉	30万kW	VDR	-	○	-	○
Kairos Power	Kairos Power FHR (KP-FHR)	熔融塩炉	14万kW	-	-	○	-	-
Advanced Reactor Concepts	ARC-100	高速炉	10万	VDR	-	-	-	○
GE日立	BWRX-300	軽水炉	30万kW	VDR (2)	-	-	◎	-
NuScale	NuScale Power Module	軽水炉	7.7万kW	VDR (2)	-	-	-	-
Holtec	SMR-160	軽水炉	16万kW	VDR	-	-	-	-

注) VDR (2)はVDRの第2フェーズを指す。また、OPGの欄は、設計等の作業を進めていた3社のうち、パートナーに選定されたGE日立を◎と表記した。

<sup>11</sup> CNL, Siting Canada's First SMR  
<https://www.cnl.ca/clean-energy/small-modular-reactors/siting-canadas-first-smr/>

<sup>12</sup> CNL, Canadian Nuclear Research Initiative (CNRI)  
[https://www.cnl.ca/clean-energy/canadian-nuclear-research-](https://www.cnl.ca/clean-energy/canadian-nuclear-research-initiative-cnri/)

<sup>13</sup> Small Modular Reactors in New Brunswick, What is happening in New Brunswick?  
<https://smrnb.ca/whats-happening-in-new-brunswick/>

### 3.3. 英国

英国において、SMRとは、軽水炉型SMRを指す。ビジネス・エネルギー・産業戦略省 (BEIS) は、既設炉よりも小型であり、建設リスクや資本費の低減のため工場で製造可能な原子炉を「先進的原子力技術 (Advanced Nuclear Technology)」と総称し、軽水炉型のSMRと、非軽水炉型の先進的モジュール炉 (AMR: Advanced Modular Reactor) の2つに区分している (U.K.BEIS 2021a)。

#### SMRの開発と許認可の状況

英国において、軽水炉型SMRについては、Rolls-Royceが主体となり、UK SMRコンソーシアムを形成している。UK SMRは、Rolls-Royceの原子力潜水艦の製造の経験を基に開発されたもので、電気出力47万kWと、SMRの中ではやや出力が大きい (Rolls-Royce 2021a)。2021年5月21日、先進的原子力技術についての包括設計審査 (GDA: Generic Design Assessment) が開始され (U.K.BEIS 2021b)、同11月17日、Rolls-Royceが申請を行ったと報じられた (World Nuclear News 2021) <sup>14</sup>。

一方、非軽水炉型SMRについては、許認可の申請に至っていないものはない。

#### 政府による支援

英国は、連邦制であるが、米国やカナダとは

異なり、原子力行政は連邦政府に集中している。SMRについては、2018年に公表されたNuclear Sector Dealの中で、軽水炉型SMRの開発・導入支援と、非軽水炉型SMRの研究開発への資金供与に言及したのが始まりである (U.K.BEIS 2018a)。その後、Advanced Modular Reactor Feasibility & Development Projectの下で資金供与を行っている (U.K.BEIS 2018a)。第1フェーズは8つのプロジェクトに対して総額400万ポンドが供与された。第2フェーズでは、第1フェーズの8つから絞り込み、3つのプロジェクトに対して総額4千万ポンドが割り当てられた。

表3に、英国におけるSMRの開発と政策的支援の状況をまとめた。

さらに、2020年11月18日に公表した「グリーン産業革命のための10の計画 (The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution)」では、10項目の1つに原子力 (Delivering New and Advanced Nuclear Power) が掲げられた (U.K. Prime Minister's Office 2020)。この中には、大型軽水炉の新設と、先進的原子力技術の双方が含まれるが、後者については、総額38.5億ポンドの先進的原子炉基金 (Advanced Nuclear Fund) の創設が公表された。同基金のうち、21.5億ポンドが英国製の軽水炉型SMRの開発に、17億ポンドは非軽水炉型SMRの実証炉1基の建設 (2030年代前半) に、それぞれ割り当てられる。

軽水炉型SMRについては、2021年11月8日、

表3 英国におけるSMRの開発と政策的支援

開発者	名称	炉型	出力	許認可	AMR F&D	
					フェーズ1	フェーズ2
Rolls-Royce	UK SMR	軽水炉	47万kW	申請済	-	-
Ultra Safe Nuclear Corporation	MMR-5 / MMR-10	マイクロ炉 (高温ガス炉)	0.5-1万kW	-	○	○
U-Battery	U-Battery	マイクロ炉 (高温ガス炉)	0.4万kW	-	○	-
DBD Limited	HTR-PM	高温ガス炉	未公表	-	○	-
Moltex Energy	Moltex Energy Stable Salt Reactor	熔融塩炉	30万kW	-	○	-
Westinghouse	Westinghouse LFR	高速炉 (鉛冷却)	40万kW	-	○	○
Blykalla Reaktorer Stockholm	SEALER-UK	高速炉 (鉛冷却)	4万kW	-	○	-
Advanced Reactor Concepts	ARC-100	高速炉 (ナトリウム冷却)	10万kW	-	○	-
Tokamak Energy Ltd	Advanced Modular Fusion	核融合炉	未公表	-	○	○

注) AMR F&DはAdvanced Modular Reactor Feasibility & Development Projectを指す。

<sup>14</sup> ただし、本稿執筆時点で公式発表はされていない。

Rolls-Royceが新たな民間資金の調達を公表したが、これにより政府からの資金供与を受ける道が開けた（Rolls-Royce 2021）。

非軽水炉型SMRについては、2021年7月29日、英国政府は、様々な炉型についての技術評価を踏まえて、高温ガス炉を選択する方針を示した。その後、パブリックコメントを経て、同12月2日に正式に決定した（BEIS2021d及びe）。

なお、SMRに関する英国の原子力行政の特徴として、対話の実践が挙げられる。例えば、2016年からはSmall Modular Reactors Competitionと題して、政府と関係者との対話の機会を設けた（U.K.BEIS 2016）。様々なステークホルダー（開発者、事業者、投資家等）の関心を把握することが目的であり、計33の組織が参画した。また、2020～21年前半にかけて、パブリック・エンゲージメントを目的として、サイエンスワイズと題する対話が行われている（U.K.BEIS2021c、Sciencewise 2021）。

## 4. 考察

### 4.1. SMR開発への政策的支援の見通し

第3章で取り上げた3か国での政策的支援は、軽水炉型SMRと非軽水炉型SMRで様相が異なる。

軽水炉型SMRについては、米国ではNuScale、英国ではRolls-Royceと、既に中心となる開発者が限定されている状況にある。そのため、政策的支援も、自然とこれらに特化したものになっている。

一方、非軽水炉型SMRは、軽水炉型SMRに比べて、開発者の数が相対的に多く、特定の炉型に絞ったとしても、複数の選択肢がある状況である。そのため、資金供与や実証炉建設の支援の際には、何らかの形で対象とする開発者を絞り込んでいる。ただし、これまでのところは、特定の開発者にリソースを集中させるのではなく、複数の分散させる傾向の方が強い。

各国が投じているリソースが、SMRの導入に

向けて十分かどうかについては、現時点で評価・判断することは難しい。また、将来的に追加のリソースが必要となった場合に支援が継続されるかも予見することは困難である。しかし、少なくとも当面、SMRに対する政策的支援には追い風が吹くと見られる。大きな要因は、近年、各国が相次いで表明しているカーボンニュートラル目標である。カーボンニュートラルの実現には、経済・社会のあらゆるセクターを脱炭素化する必要があり、そのためには様々な革新的技術の開発と実装が求められる。米国の「超党派インフラ投資法」や英国の「グリーン産業革命のための10の計画」はまさに革新的技術への投資を含むものだが、SMRをそうした技術の1つに位置づけている限り、大幅な方針転換は考えにくい。

なお、政策的支援とはやや趣が異なるが、分析の対象とした3か国では、SMRに関する政策形成や規制対応において、ステークホルダーや一般市民との間で対話が行われていることも指摘しておきたい。米国やカナダではSMR開発者と規制当局の対話の仕組みが存在し、英国ではパブリック・エンゲージメントを目的とした対話が行われている。リスク管理や社会的な受容を考慮することの重要性はSMRも例外ではなく、今後深掘りの余地がある論点だと言える。

### 4.2. SMRの導入とカーボンニュートラル

SMRの導入については、短期的・中期的には、いくつかの先行するプロジェクトの帰趨が注目される。しかし、長期的には、その後の市場の広がりへの影響が大きい。冒頭整理した通り、SMRの場合、経済性のためには学習効果が生じる程度の「数」が必要となるためである。

これまでにも、SMRや先進的原子炉に関するグローバルな市場調査の結果がいくつか公表されているが、これらの調査に特徴的なのは、現時点で原子力発電を利用していない国、特に発展途上国も対象となっていることである

(NNL 2014, Third Way 2021)。電力の系統や需要が小さい途上国では、大型炉のニーズはないが、SMRであれば導入の可能性があることから注目されている。いずれにしても、技術の行く末に、個々のプロジェクトの実現性ととも、全体の市場規模が関係するのは、SMRの特徴である。

この観点でも、各国のカーボンニュートラル目標の宣言は注目に値する。第2章では、SMRに期待が寄せられる理由として、化石燃料を用いた発電のリプレースや、再生可能エネルギーとの共存などがあると述べたが、こうした点は原子炉やサイト単位ではなく、エネルギーシステム全体を考慮しないと評価できないものも多い。今後、カーボンニュートラルな社会におけるエネルギーシステムの検討が深化する中で、SMRの価値や位置づけがより明確になることが期待される。

## 5. おわりに

本稿では、SMRに関する世界の動向を踏まえた上で、米国・カナダ・英国における開発状況と政策的支援の実情を分析した。これまでのところ、各国における支援は、資金供与や政府施設内での実証炉の建設が中心であり、軽水炉型SMRについてはいくつかの特定のプロジェクトに対する支援、非軽水炉型SMRについては対象を絞り込んだ上での複数プロジェクトへの支援、となっている傾向が明らかとなった。

こうした支援の有効性については、現時点では判断できないが、カーボンニュートラル目標の宣言などを受けて、少なくとも当面、SMR開発に対する支援を大幅に方針転換することは考えにくい。今後は、カーボンニュートラルの実現に向けて、SMRの位置づけに関する検討が進展することが期待される。

## 【参考文献】

- CNL (2017) 2016-2026 10-Year Integrated Plan Summary, 18 April 2017  
[https://www.cnl.ca/wp-content/uploads/2020/08/Long\\_Term\\_Strategy\\_2017April18.pdf](https://www.cnl.ca/wp-content/uploads/2020/08/Long_Term_Strategy_2017April18.pdf)
- CNL (2019) CNL to fund collaborations with SMR vendors to accelerate clean energy deployment, 15 November 2019  
<https://www.cnl.ca/cnl-to-fund-collaborations-with-smr-vendors-to-accelerate-clean-energy-deployment/>
- IAEA (2020) Advances in Small Modular Reactor Technology Developments: A Supplement to IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS) 2020 Edition.
- IAEA (2021) International Status and Prospects for Nuclear Power 2021, Report by the Director General, GOV/INF/2021/32-GC(65)/INF/6.
- New Brunswick (2019) Province signs MOU with Ontario and Saskatchewan on the development of small modular reactors, 1 December 2019  
[https://www2.gnb.ca/content/gnb/en/departments/intergovernmental\\_affairs/news/news\\_release.2019.12.0641.html](https://www2.gnb.ca/content/gnb/en/departments/intergovernmental_affairs/news/news_release.2019.12.0641.html)
- NNL (2014) Small Modular Reactors (SMR) Feasibility Study, December 2014  
<https://www.nnl.co.uk/wp-content/uploads/2019/02/smr-feasibility-study-december-2014.pdf>
- Nuclear Newswire (2021) UAMPS downsizes NuScale SMR plans, 21 July 2021  
<https://www.ans.org/news/article-3087/uamps-downsizes-nuscale-smr-plans/>
- Ontario, New Brunswick and Saskatchewan (2021) Feasibility of Small Modular Reactor Development and Deployment in Canada, April 2021  
<https://www.ontario.ca/page/small-modular-reactor-feasibility-report>
- OPG (2020) OPG paving the way for Small Modular Reactor deployment - OPG advances work with three grid-scale SMR developers, 6 October 2020  
[https://www.opg.com/media\\_release/opg-paving-the-way-for-small-modular-reactor-deployment/](https://www.opg.com/media_release/opg-paving-the-way-for-small-modular-reactor-deployment/)
- OPG (2021a) OPG advances new nuclear at Darlington - CNSC approves site prep licence renewal, 13 October 2021  
[https://www.opg.com/news-and-media/media-releases/media\\_release/opg-advances-new-nuclear-at-darlington/](https://www.opg.com/news-and-media/media-releases/media_release/opg-advances-new-nuclear-at-darlington/)
- OPG (2021b) OPG advances clean energy generation project GE Hitachi Nuclear Energy selected as Small



- Modular Reactor technology development partner, 2 December 2021  
[https://www.opg.com/media\\_releases/opg-advances-clean-energy-generation-project/](https://www.opg.com/media_releases/opg-advances-clean-energy-generation-project/)
- Rolls-Royce (2021a) More power and updated design revealed as nuclear power team targets first place in the assessment queue in Autumn 2021, 17 May 2021  
<https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2021/17-05-2021-more-power-and-updated-design-revealed-as-nuclear-power-team-targets-first-place.aspx>
- Rolls-Royce (2021b) Rolls-Royce announces funding secured for Small Modular Reactors, 8 November 2021  
<https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2021/08-11-2021-rr-announces-funding-secured-for-small-modular-reactors.aspx>
- Saskatchewan (2021) Small Nuclear Reactor Study Released, Alberta Signs SMR MOU, 14 April 2021  
<https://www.saskatchewan.ca/government/news-and-media/2021/april/14/small-nuclear-reactor-study-released-alberta-signs-smr-mou>
- Sciencewise (2021) New public dialogue on Modular Nuclear Technologies suggests public has more concerns than hopes about nuclear technology  
<https://sciencewise.org.uk/2021/09/new-public-dialogue-on-modular-nuclear-technologies-suggests-public-has-more-concerns-than-hopes-about-nuclear-technology/>
- Third Way (2021) 2021 Update: Map of the Global Market for Advanced Nuclear, 9 November 2021  
<https://www.thirdway.org/memo/2021-update-map-of-the-global-market-for-advanced-nuclear>
- UK Prime Minister's Office (2020) The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution, 18 November 2020  
<https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution>
- U.K.BEIS (2016) Small Modular Reactors competition, 17 March 2016  
<https://www.gov.uk/government/publications/small-modular-reactors-competition-phase-one>
- U.K.BEIS (2018a) Nuclear Sector Deal, 27 June 2018  
<https://www.gov.uk/government/publications/nuclear-sector-deal>
- U.K.BEIS (2018b) Advanced Modular Reactor (AMR) Feasibility and Development Project, 5 September 2018  
<https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactor-amr-feasibility-and-development-project>
- U.K.BEIS (2021a) Advanced Nuclear Technologies, Updated 11 May 2021  
<https://www.gov.uk/government/publications/advanced-nuclear-technologies/advanced-nuclear-technologies>
- U.K.BEIS (2021b) Entry to the Generic Design Assessment for Advanced Nuclear Reactors, 11 May 2021  
<https://www.gov.uk/government/publications/entry-to-the-generic-design-assessment-for-advanced-nuclear-reactors>
- U.K. BEIS (2021c) Public dialogue on Advanced Nuclear Technologies (ANTs), 26 August 2021  
<https://www.gov.uk/government/publications/public-dialogue-on-advanced-nuclear-technologies-ants>
- U.K. BEIS (2021d) Advanced modular reactors (AMRs): technical assessment, 29 July 2021  
<https://www.gov.uk/government/publications/advanced-modular-reactors-amrs-technical-assessment>
- U.K. BEIS (2021e) Potential of high temperature gas reactors to support the AMR RD&D programme: call for evidence, 2 December 2021  
<https://www.gov.uk/government/consultations/potential-of-high-temperature-gas-reactors-to-support-the-amr-rd-demonstration-programme-call-for-evidence>
- U.S.DOD (2020) DOD Awards Contracts for Development of a Mobile Microreactor, 9 March 2020  
<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2105863/dod-awards-contracts-for-development-of-a-mobile-microreactor/>
- U.S.DOD (2021) Strategic Capabilities Office Selects Two Mobile Microreactor Concepts to Proceed to Final Design, 21 March 2021  
<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2545869/strategic-capabilities-office-selects-two-mobile-microreactor-concepts-to-proceed/>
- U.S.DOE (2020a) U.S. Department of Energy Announces \$160 Million in First Awards under Advanced Reactor Demonstration Program, 13 October 2020  
<https://www.energy.gov/ne/articles/us-department-energy-announces-160-million-first-awards-under-advanced-reactor>
- U.S.DOE (2020b) Energy Department's Advanced Reactor Demonstration Program Awards \$30 Million in Initial Funding for Risk Reduction Projects, 16 December 2020  
<https://www.energy.gov/ne/articles/energy-departments-advanced-reactor-demonstration-program-awards-30-million-initial>
- U.S.DOE (2020c) Energy Department's Advanced Reactor Demonstration Program Awards \$20 million for Advanced Reactor Concepts, 22 December 2020

<https://www.energy.gov/ne/articles/energy-departments-advanced-reactor-demonstration-program-awards-20-million-advanced>

U.S.DOE (2021) DOE Fact Sheet: The Bipartisan Infrastructure Deal Will Deliver For American Workers, Families and Usher in the Clean Energy Future, 9 November 2021

<https://www.energy.gov/articles/doe-fact-sheet-bipartisan-infrastructure-deal-will-deliver-american-workers-families-and-0>

U.S. NRC (2020) NuScale Power, LLC; NuScale Small Modular Reactor, NRC-2020-0202, 29 September 2020

<https://www.federalregister.gov/documents/2020/09/29/2020-21429/nuscale-power-llc-nuscale-small-modular-reactor>

U.S. NRC (2022) NRC Denies Oklo Combined License Application for Lack of Information; Company May Reapply in the Future, No: 22-002, NRC News, 6 January 2022

<https://www.nrc.gov/docs/ML2200/ML22006A267.pdf>

World Nuclear News (2021) Rolls-Royce submits SMR design for UK assessment, 17 November 2021

<https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Rolls-Royce-submits-SMR-design-for-UK-assessment>

経済産業省 (2020) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、2020年12月25日

<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.html>

経済産業省 (2021) 第6次エネルギー基本計画、2021年10月22日

<https://www.meti.go.jp/press/2021/10/20211022005/20211022005.html>

服部徹 (2017) 米国の電力市場改革と原子力発電の収益性—収益の見通しに関する総合評価—、電力中央研究所報告 Y17005、2017年

山地憲治 (1985) モジュール型原子炉の経済性、電力中央研究所報告 584009、1985年

(最終アクセス日 : 2021年12月23日)

堀尾 健太 (ほりお けんた)

電力中央研究所 社会経済研究所