

小型モジュール炉展開の戦略計画

2022年3月28日

(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、アルバータ州)

プレスリリース：[Provinces Release Strategic Plan to Advance Small Modular Reactors](#)

戦略計画：[A strategic plan for the deployment of small modular reactors | ontario.ca](#)

1. SMR 戦略計画 - エグゼクティブ・サマリー

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、アルバータ州の政府は、カナダの強力で成長を続ける経済とクリーンエネルギーの未来に対するビジョンを共有している。

気候変動に関する政府間パネル ([Intergovernmental Panel on Climate Change](#)) や国際エネルギー機関 (IEA, [International Energy Agency](#)) などの主要組織は、技術とイノベーションが低炭素経済への移行の触媒となり得ることに同意している。小型モジュール炉 (SMR) は、原子力のイノベーションと技術における次の発展段階である。

この戦略計画は、SMR の進歩と成長する経済と人々の要求を満たしながら、地域社会に電力を供給するための安全で信頼性の高いゼロエミッションの電源として SMR がもたらす機会のための道筋を示している。SMR は、私たちの生活の質を向上させ、経済成長と繁栄を促進し、カナダと世界が気候目標を達成する一助となり得る。

2019年12月以来、オンタリオ州、ニューブランズウィック州、サスカチュワン州はカナダで SMR を前進させるために協力しており、2021年4月にアルバータ州の参加を歓迎した。この戦略計画は、州間覚書 (MOU) に基づく最終成果物であるが、カナダにおける SMR イノベーションを推進するための次のステップを講じるために各州が協力するなかでの、ほんの始まりに過ぎない。

この戦略計画は、2021年4月に各州の電力会社が発表した SMR フィージビリティスタディ ([SMR Feasibility Study](#)) に基づいており、SMR を続行するかどうかの決定を可能にするために各州が取ることができる主要な行動を特定している。戦略計画は続行の決定に続いて、SMR の展開をサポートするためのさらなるアクションの概要を説明している。

4州は、SMR の開発と展開のための以下の5つの優先分野を特定した。

技術の準備

カナダが SMR を早期に採用すれば、カナダは新しい原子力イノベーションの世界的リーダーとなり、世界的な SMR 技術のハブとして位置付けられるだろう。カナダは SMR 市場の大きなシェアを実現し、SMR 開発の3つのストリームを通じて新たな経済と雇用の成長を創出することができる。

- **ストリーム1** - 2028年までにオンタリオ州のダーリントン原子力サイトにグリッド接続規模の30万kWのSMR建設プロジェクト。その後、サスカチュワン州で複数基建設 (最初のSMRは2034年運転予定)

- **ストリーム 2** - 2 種類の第 4 世代の先進 SMR をニューブランズウィック州で開発。ARC クリーン・エナジー社は、2029 年までにポイントルプロ原子力サイトで本格運転させることを目標としており、モルテックス・エナジー社は、2030 年代初頭までに、ポイントルプロ原子力サイトで、使用済燃料回収システムと原子炉の両方を運転させる予定である。
- **ストリーム 3** - 遠隔地のコミュニティや鉱山でのディーゼル使用を主に置き換えるために設計された新しいクラスのマイクロ SMR。オンタリオ州ヨークリバーで 5,000 kW のガス冷却実証プロジェクトが進行中で、2026 年までに運転する計画である。

規制の枠組

カナダは、公衆と環境の健康と安全を保護する原子力規制のリーダーである。カナダ原子力安全委員会 (CNSC) は、サイトの準備、建設から運転、そしてその寿命の終わりであるプラントの最終的な廃止措置まで、全てのライフサイクルにわたって SMR の許認可に対して責任を有している。

この規制プロセスには、あらゆる形態の放射性廃棄物の管理と処分も含まれる。カナダの強固な規制プロセスと安全性への注力は、世界の舞台で SMR のリーダーシップを提供するうえで重要な利点である。SMR 技術が従来の大型原子力プロジェクトと比較してリスクが低く、安全上の特性が強化されていることを認識して、SMR プロジェクトの連邦規制および許認可プロセスを合理化するために、いくつかの規制の変更と明確化が必要となる。

さらに、規制の変更と明確化は、投資家や運転事業者の承認のための合理的なコストとタイムラインを確保するために必要になる。

経済と資金調達

州によって特定された 3 つのストリームで提案されている SMR は、何千人もの雇用と数十億ドルの経済的利益を生み出す可能性を秘めている。これらの成果を達成するために、SMR 技術は、初めての設計を開発して展開するための高いコストを考えると、多額の先行投資が必要と予想される。

連邦政府と州政府は、カナダと世界の SMR 開発の基盤を築くために、金融リスクを共有するうえで重要な役割を果たす。連邦政府による投資と財政リスクの分担は、技術の選択や影響評価から用地許可・建設許可に至るまで、SMR を実現する広範な計画作業をサポートするために必要である。

覚書に署名した州は、この戦略計画で概説している SMR プロジェクト提案に財政的支援を割り当てるという保証を連邦政府に求めている。連邦政府の資金提供コミットメントは、各州が SMR の開発と展開を引き続き推進し、SMR がカナダの排出削減目標を達成するうえで重要な役割を果たすために不可欠である。

SMR の経済的利益はカナダ全土に及ぶ。例えば、カナダおよび世界中での SMR の成長は、ウラン需要の増加を促進し、サスカチュワン州および潜在的にアルバータ州でウラン生産の新たな機会を提供し、オンタリオ州の精錬および転換施設の利用を高める。

放射性廃棄物管理

放射性廃棄物管理機構 (NWMO、[The Nuclear Waste Management Organization](#)) は、先進原子炉や SMR からの使用済燃料廃棄物等の長期管理を担当する、連邦政府によって義務付けられた産業界主導の組織である。

NWMO は、カナダの使用済燃料廃棄物の恒久的な貯蔵と管理のための深地層処分場 (DGR) に適したホストコミュニティを特定する過程にある。22 のコミュニティが当初、DGR サイトの検討に関心を示し、NWMO のサイト選定プロセスに参加した。技術的なサイト評価と継続的な社会的関与を通じて、オンタリオ州の 2 か所の潜在的なサイトがまだ検討中であり、安全性評価とコミュニティの関与が進行中である。NWMO は 2023 年に 1 か所の優先サイトを選定する予定で、DGR の操業は 2040~2045 年の間に開始される予定である。

2021 年まで連邦政府は、カナダが国際的なベストプラクティスに合致し、利用可能な最良の科学に基づき、さらにカナダ人の価値と原則を反映した強力な放射性廃棄物政策を実施するために、カナダの放射性廃棄物の政策枠組をレビューし近代化を進めている。連邦政策レビューには、既存の原子炉からの廃棄物管理のための新しい統合戦略 (すなわち、低中レベル廃棄物と使用済燃料) および新技術からの将来の廃棄物の流れの策定も含まれている。

覚書の各州は、サスカチュワン州やアルバータ州を含む小規模な SMR 事業者が放射性廃棄物処分場を利用できるようにすることを含む、最終的な政策枠組と統合戦略について連邦政府とともに協力することを期待している。覚書の各州は、このレビューに関する連邦政府の公衆および先住民の関与を注視している。

先住民と公衆の関与

覚書に基づき、州政府は原子力エネルギーと SMR の経済的・環境的利益について公衆に情報提供するために協力して実施することを約束している。カナダの SMR ロードマップ

([Canada's SMR Roadmap](#)) と行動計画 ([Action Plan](#)) の一環として、4 州はすべて、先住民と公衆の関与が SMR 開発において果たしてきた、そして今後も果たし続ける重要な役割を強調している。

4 州間の協力は、先住民のコミュニティが SMR プロジェクトに参加する機会を創出するためのコミットメントを高め、強化する。これらの機会には、雇用、技能開発、投資、サプライヤーの取決、そしてプロジェクトの恩恵を共有するためのその他の手段が含まれる。

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、アルバータ州の政府は、SMR に関連する公衆との信頼と対話を構築する。公衆関与のトピックスには、原子力が、経済的・社会的に大きな利益をもたらすコスト効果の高い、クリーンなエネルギー源としてこれまで果たしてきた、そして今後も果たし続けるであろう従来の役割についての理解をさらに深めることがある。原子力発電がサスカチュワン州とアルバータ州にとって新しいものであることを考えると、意識を高め、情報や視点を交換するために、公衆の関与は特に重要になる。

カナダで政府や電力会社が SMR を進めるには、いくつかの決定が必要である。州の電力会社は、SMR プロジェクトの進行に関する州の意思決定を可能にするために、SMR 技術開発者との詳細な計画作業を完了する予定である。この作業には、以下に沿った技術的側面が含まれる。

- 目標とする展開のタイムラインに沿うために、SMR 技術開発者との詳細な設計、計画、準備、許認可の完了
- 選択された SMR 技術についてプロジェクトコストとスケジュール見積もりの精緻化
- 選択された技術がカナダのサプライヤーに提供する経済的機会の確認

州政府は、以下を含むプロジェクトのリスクと利益を慎重に検討する。

- 電力システムへの影響
- 電気料金支払者への影響
- 排出削減
- 先住民のパートナーシップの可能性
- 以下を通じた経済活動の強化
 - 選択された技術がカナダのサプライヤーに利益をもたらす可能性
 - イノベーションと研究能力の向上の可能性
 - グローバルな輸出の可能性
 - 近隣の州や米国市場へのクリーン電力の輸出の可能性

覚書の各州は、SMR の継続的な開発を支援するために必要な財政面、規制面および政策面の支援が確実に実施されるよう、連邦政府との SMR の進展に関する協力の機会を引き続き模索する。

この戦略計画は、SMR がカナダおよび世界中で果たし得る役割について交わされる会話をサポートするものである。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、アルバータ州の政府は、先住民のコミュニティ、公衆、研究・学界、政府パートナー、原子力産業と協力して、カナダの SMR の将来について情報交換し、視点を共有することを楽しみにしている。

2. 前書きと行動の必要性 (省略)

3. 州の SMR への関心

SMR は、覚書署名州だけでなく、カナダ全体にわたる多くの共通の優先事項を解決する可能性を秘めている。これらには、以下が含まれる。

・ 気候変動

SMR は、地方の電力グリッドである石炭火力発電や遠隔地のディーゼル発電など、化石燃料の電力に代わる可能性のある信頼性の高い炭素排出ゼロのエネルギー源である。SMR はまた、脱炭素化への移行燃料としての天然ガス発電の必要性を低減する。SMR は、グリッド上で間欠性の再生可能エネルギー源を補完するだけでなく、高品質の蒸気を生産し、産業プロセスからの炭素排出量の削減に貢献することができる。

2020年に、ニューブランズウィック州で消費された電力の80%以上がクリーンで無排出の電源から供給され、その約36%が原子力だった。ニューブランズウィック州はまた、大西洋岸の州、ケベック州、メイン州北部、ニューイングランド州と密接に相互接続している。大西洋地域では、より多くのクリーン電源が地域全体に流通するようにするため、これらの相互接続を拡大する研究作業が進行中である。SMRは、地域のクリーンな電力需要を満たすのに役立つクリーンエネルギーの潜在的な供給源である。

オンタリオ州では、消費される電力の90%以上がクリーンで無排出の電源から供給されており、原子力は約60%を占めている。原子力エネルギーは、オンタリオ州が2014年までに石炭火力発電から段階的に廃止するうえで重要な役割を果たし、これは大陸で唯一最大の温室効果ガス排出量削減であった。SMRは、将来の電力需要を満たし、天然ガス火力発電への依存を減らす潜在的なベースロード電源である。

サスカチュワン州では、2021年にサスクパワーの電力の76%が石炭と天然ガスから発電された。残りの24%は、再生可能エネルギー(水力、風力、太陽光、バイオマス)によって供給された。SMRは、温室効果ガスの排出を削減し、将来の電力需要を満たし、サスカチュワン州の発電における再生可能エネルギーの役割の増大をサポートするための潜在的なベースロード電源である。

アルバータ州では、大規模な産業施設が同州最大の排出源であり、SMRはオイルサンドのような産業施設に排出ゼロの高品質な蒸気を供給する可能性を有する。アルバータ州の電力システムもまた、急速に脱炭素化しており、最近の2017年には電力の大半を石炭が供給していたが、最後の石炭火力ユニットが2023年末までに天然ガスに置き換わる予定である。天然ガスは、アルバータ州の発電ミックスの不可欠な部分であるが、SMRは長期的には電力の脱炭素化の機会を提供する可能性がある。

・地域のエネルギー需要

SMRは、経済成長やエネルギー需要、産業施設の電化、輸送と家庭用暖房の電化、水素製造を支援するために、地方のグリッド上の新しい電力需要を満たすクリーンなエネルギー源である。SMRの負荷追従能力について多くを発見することのより、SMRは、より間欠性の再生可能エネルギーの利用をサポートする可能性を有している。さらに、SMRは、新規または拡大する産業(鉱業、オイルサンド生産、エネルギー集約型製造など)のためのクリーンエネルギーオプションとなり得る。

・経済開発

カナダは、ワールドクラスの原子力産業とサプライチェーンの本拠地である。SMRは、高スキルな雇用を創出し、先住民のコミュニティとの機会とパートナーシップを提供することにより、原子力産業とサプライチェーンを成長させ続ける機会である。長期的には、SMRはカナダのサービスと専門性を世界中に輸出する機会を提供する可能性がある。

カナダのサプライチェーンは強力で、SMRの開発と展開の進展を国内外で支援する準備ができている。クリーンエネルギーに対するカナダのニーズを満たす新世代の技術を開発することは、カナダの原子力サプライチェーンが成長とイノベーションを続けることを可能にする。

・研究、イノベーション

覚書署名州は、最先端の原子力研究とイノベーションの本拠地であることを誇りに思っている。SMR は次世代の原子力技術であり、カナダの大学や研究センターで進行中の進歩的な研究を支援、強化することができる。

4. SMR 展開に関する主な考慮事項

技術的準備

カナダは、SMR の機会を活用しようとしている他の主要な原子力発電国と世界的な競争をしている。カナダが世界の SMR 技術のハブ（拠点）となり、サプライチェーンの機会、雇用の増加、経済的利益の多くの部分を獲得するためには、先行者の優位性が不可欠である。近い将来、SMR の実証と展開に成功することは、カナダが先行者の優位性を確保するための鍵である。これはまた、カナダの排出削減目標に貢献し、戦略的産業部門の発展を助け、遠隔地のコミュニティに機会を提供する。

覚書署名州は、それぞれの州における SMR 開発を主導することの利点を認識しているが、カナダが成功すれば、すべての州と準州にとっても経済的・環境的利益となる。提案された 3 つの SMR プロジェクトのストリームと関連技術は、国内外で貴重な利用の可能性を有するため、さらなる研究開発にとって重要である。

SMR は、幅広い発電レベル、設計、技術的成熟度レベル、およびエンドユーザー利用をカバーしている。カナダの幅広いニーズを満たすために、SMR プロジェクトの 3 つのストリーム（流れ）が提案されている。

・ストリーム 1：オンタリオ州およびサスカチュワン州におけるグリッド接続型 SMR の展開

ストリーム 1 は、2028 年までにオンタリオ州のダーリントンサイトに 30 万 kW のグリッド規模 1 基の SMR 建設プロジェクトを提案している。これに続いて、サスカチュワン州で最大 4 基の後続ユニットが続き、最初のユニットは 2034 年に運転開始予定である。

すぐに着工できる状態にあるダーリントンサイトは、極めて重要な戦略的資産であり、その後の展開のために SMR 技術開発者を選択する機会を提供する。

2020 年、オンタリオパワー（OPG）は、オンタリオ州での SMR の開発を進めるために、いくつかの SMR 技術に関するデューデリジェンスプロセスを完了し、他の管轄区域での潜在的な展開への道を開いた。OPG は、詳細な評価を実施するために SMR 技術開発企業 3 社を選定した。2021 年を通して、SMR 技術開発企業の絞り込みのため、リスク、利益、機会に関する詳細な技術的、規制的、経済的評価が行われた。

2021 年 12 月、OPG はダーリントン SMR プロジェクトの優先技術開発者に GE 日立を発表した。OPG は、GE 日立と共同で、ダーリントンに展開するための GE 日立社製 BWRX-300 の設計、計画、準備、許認可の作業に取り組む。

サスクパワーは、OPG の 3 つの SMR 候補技術の詳細な評価に密接に関わってきた。サスクパワーは、OPG の SMR ベンダーの選択に同調し、サスカチュワン州で同じ SMR 技術の展開に基づいて許認可や影響評価を進めるかどうかについて、2022 年初めに決定を発表する予定である。

・ストリーム 2：ニューブランズウィック州におけるグリッド接続型 SMR の展開

ストリーム 2 は、ポイントルプー原子力発電所のサイトに展開するためにニューブランズウィック州における 2 つの先進設計の開発を提案し、その後、このサイトだけでなく、カナダや海外の他の地域に複数のユニットを展開する可能性がある。これらの先進 SMR 設計は、ストリーム 1 の設計を補完する。ARC クリーン・エナジー社は 2029 年までに全面運転することを目標としており、モルテックス・エナジー社は 2030 年代初頭までに使用済燃料回収システムと原子炉の両方を稼働させる予定である。

2018 年に連邦政府の SMR ロードマップの開発に参加したことに加えて、ニューブランズウィック州政府は、モルテックス・エナジー社と ARC クリーン・エナジー社の先進 SMR 開発企業に 1,000 万ドルのマッチングファンドを提供した。これらのベンダーは、2018 年以前に NB パワー社が実施したデューデリジェンスプロセスに従って選定された。両社はニューブランズウィック州で配電能力を開発しており、地域の経済発展を約束している。これらの設計は、放射性廃棄物をリサイクルし、より固有の安全特性を有し、より間欠性の再生可能エネルギーの拡大をサポートすることができる、グローバルな展開にとって魅力的な、より低コストの新しいユニットになると期待されている。

両ベンダーによるサプライチェーン評価調査によると、部品の 50~60% をニューブランズウィック州で製造することができ、この数字はある程度の能力開発によって増加する可能性がある。残りの部品の多くは、カナダの他の地域で供給することができる。この高い割合は、設計のシンプルさゆえに可能である。

ARC クリーン・エナジー社は、カナダ原子力安全委員会 (CNSC) の許認可前ベンダー設計審査 (VDR) プロセスのフェーズ 2 を開始し、モルテックスはフェーズ 1 を完了し、フェーズ 2 の準備を進めている。ベンダーが民間資金を獲得し、実証ユニットの建設に向けて設計を進めるためには、資金調達が必要である。

2021 年 2 月 10 日、ニューブランズウィック州政府は ARC クリーン・エナジー社にさらに 2,000 万ドルを提供し、同社は VDR のフェーズ 2 を進めるために 3,000 万ドルのマッチング資金を拠出することを発表した。

2021 年 3 月 18 日、連邦政府はモルテックス・エナジー社に 5,050 万ドルの資金提供を発表した。このマッチング資金はまた、VDR のフェーズ 2 を進めるために使用される。連邦政府の資金は、戦略的イノベーション基金 (SIF、[Strategic Innovation Fund](#)) と大西洋地域開発庁 (ACOA、[Atlantic Canada Opportunities Agency \(ACOA\)](#)) を通じて提供された。2021 年 3 月 30 日、OPG のカナダ原子力持続可能性センター (CCNS) は、モルテックス社が使用済燃料リサイクル研究の開発を進めるのを支援するために 100 万ドルの資金提供を発表した。

ポイントルプローでの両原子炉の実証は、国内外への展開の可能性を示している。ARC-100 の商業実証が成功すれば、ニューブランズウィック州での追加ユニットが検討される。ARC カナダ社の技術は、他の州で計画される後続のユニットとしての利用や、炭素排出量を削減するためのパスウェイとしての石油・ガス産業にも有益である可能性がある。そのサイズと高温出力は、重工業、水素、合成(クリーン)燃料の生産と淡水化での併用に適しており、その核拡散抵抗性と相まって、既存および新興の原子力発電国にも強気に適合する。これは、重工業と輸送部門における炭素排出量を削減する大きなチャンスとなる。

モルテックス社にとって、これは、他の州や確立された原子力計画と使用済燃料の備蓄を持つ国での増設の可能性を意味している。モルテックスの設計は、再生可能エネルギーに対する負荷追従能力のため、米国、英国、ヨーロッパの一部など、使用済燃料と再生可能エネルギー計画の両方がある地域に立地するのに特に適している。さらに、高温出力により、これらの原子炉は、電化以外に、暖房や工業プロセスなどのオフグリッド用にクリーンエネルギーを提供し、電化に加えて、ネットゼロへの追加のパスウェイを提供することができる。

可変性の出力であるため、再生可能エネルギーによる電力とうまく統合することができる。さらに、高温出力であるゆえに、電化に加えて、ネットゼロへの追加のパスウェイを提供することができる他の重要部門にエネルギーを供給することができる。

・ストリーム 3：マイクロ SMR の展開

ストリーム 3 は、主に産業、遠隔地のコミュニティ、その他の商業用途において、ディーゼル燃料を代替するために設計された新しいクラスのマイクロ SMR を提案している。

グローバル・ファースト・パワー(GFP)社による 5MW (5,000kW) のガス冷却炉実証プロジェクト、マイクロモジュール炉(MMR™)が、オンタリオ州のチョークリバーサイトで進行中である。2026 年までの運転が予定されている。この実証プロジェクトは、GFP を通じて OPG と USNC が共同で出資し、連邦政府からの出資も見込まれることを前提に、OPG が USNC と提携したものである。

このプロジェクトは、初号機実証ユニットが商業的に経済的であることを意図したものではないが、分析によると、将来の 2 基構成の 10MW プラントは、遠隔地のディーゼル発電と経済的に競争力があり、実証プロジェクトのコストをカバーするためのリターンを得る機会を提供するという。GFP は、1 基の MMR™ が採掘現場で 20 年間にわたり 2 億リットルのディーゼルを代替できると試算している。

ブルース・パワー社と原子カイノベーション研究所のパートナーはまた、ウェスチングハウス・カナダ社の eVinci™ マイクロ原子炉によるストリーム 3 の下でマイクロ SMR の機会も探っている。

2020 年 10 月、ブルース・パワー社とウェスチングハウス社は、信頼できるカーボンフリーエネルギー源を提供するために、カナダ国内で eVinci™ マイクロ原子炉の適用を追求する合意を発表した。ブルース・パワー社とウェスチングハウス社は共同で、eVinci™ マイクロ原子炉を産業、遠隔地のコミュニティ、その他の商業用途に展開する可能性を調査している。ウェスチングハウス社は、2020 年代半ばのカナダでの最初の展開をターゲットにしている。

ウェスチングハウス社は、ディーゼルのバックアップを備えた鉱山に1基の eVinci™ マイクロ炉を設置すると、炭素排出量を約 90%削減できると試算している。

燃料供給とリサイクリングの機会

検討中の SMR 設計はすべて、現在カナダで製造されていない様々な形態の燃料を必要とする。例えば、低濃縮ウラン、燃料塩、または CANDU 炉や他の原子炉からの使用済燃料の再処理が必要な場合がある。燃料は既存の世界的な供給から調達することができる場合もあれば、世界的な供給が限られている燃料もあり、また開発中の燃料もある。カナダにおける SMR の展開は、燃料製造やその他の支援能力がカナダ全土で開発される機会を意味する。カナダは、CANDU 炉群を支える強固な核燃料サプライチェーンのための知識と専門性を開発する能力をすでに実証しており、これは新技術を追求するための強固な基盤を提供するものである。さらに、カナダがより多様な原子炉群と研究用原子炉を獲得するにつれて、SMR は将来、燃料リサイクルと放射性廃棄物の最小化のための多くの興味深い機会を提供する。

規制枠組（省略）

経済性と資金調達

SMR の開発と展開は、SMR 実現可能性調査 ([SMR Feasibility Study](#)) で概説されているように、数千人の雇用と数十億ドルの経済的利益を創出する可能性がある。

ストリーム 1 では、オンタリオ州の 1 基とサスカチュワン州の 4 基から、SMR の生涯にわたってカナダに次の経済効果をもたらすとされる。

- 平均年間雇用 (直接、間接、誘発)
 - プロジェクト開発中： 1,528 人
 - 製造・建設中： 12,455 人
 - 運転中： 1,469 人
 - 廃止措置中： 1,193 人
- GDP へのプラスの影響 (直接、間接、誘発)： 170 億ドル
- 政府歳入の増加： 54 億ドル

ストリーム 2 では、ニューブランズウィック州の実証炉について、カナダに以下の経済効果をもたらすとされる。

- 平均年間雇用 (直接、間接)： 1,458 人
- GDP へのプラスの影響 (直接、間接)： 21.5 億ドル
- 政府歳入の増加： 1.98 億ドル

カナダと世界に輸出されるユニット群を通じて、2060 年までにこれを拡大する機会を得た場合は、次のようになる。

- 年間平均雇用 (直接、間接)： 17,900 人

- GDP へのプラスの影響（直接、間接）： 590 億ドル
- 政府歳入の増加： 52 億ドル

ストリーム 3 では、例えば、鉱山での 4 基の商業展開 (20MW) をする場合、稼働期間中に以下の経済効果をカナダにもたらすことができる。

- 平均年間雇用（直接、間接、誘発）
 - プロジェクト開発中： 240 人
 - 製造・建設中： 638 人
 - 運転中： 282 人
 - 廃止措置中： 180 人
- GDP へのプラスの影響（直接、間接、誘発）： 9 億ドル
- 政府歳入の増加： 3.2 億ドル

長期的にカナダ経済に利益をもたらすとともに、カナダ全土のクリーンエネルギーに対するニーズを満たす新世代の技術を開発するためには、多額の先行投資が必要である。

初号機の SMR プロジェクトは、リスクを伴い、高いコストに直面することが予想される。これらのプロジェクトは、初期の研究開発や、新しい SMR 技術の規制および許認可承認をサポートするための設計・エンジニアリング作業など、1 回限りの多額のコストに直面する。さらに、初号機の SMR プロジェクトは、建設と運転に関してより高いリスクを伴うと認識されるため、より高い資金調達コストに直面すると予想される。

連邦政府と州政府は、これらの提案された初号機の SMR プロジェクトの開発作業の完了、および承認された場合の建設・運転を支援するため、コスト回収とリスク分担のメカニズムにおいて重要な役割を果たす。初号機の SMR の展開が成功すれば、カナダにおける強固な SMR 産業の基盤が築かれ、将来の SMR プロジェクトをより効率的に進めることが可能になる。

サスカチュワン州では、サスクパワーは SMR 技術の選択 (OPG と共同)、影響評価とサイト許可、建設許可申請書を開発する 7 年間の計画段階の計画と予算を立案した。同時に、サスカチュワン州は、中等教育後の研究とトレーニングの能力開発、サプライチェーンの開発を追求する。最も重要なことは、先住民とステークホルダーの関与がこの間に行われることである。計画と予算は、州政府と連邦政府の共同資金に依存する。

カナダおよび世界中での SMR の成長は、ウランの需要の増加を牽引し、サスカチュワン州および潜在的にアルバータ州で生産されるウランに新たな機会を提供し、オンタリオ州の精錬および転換施設の利用を増加させる。短期的には、サスカチュワン州は計画中的カナダの SMR に供給するのに十分なウランを有しているが、長期的にはウラン価格次第で採掘活動の拡大が可能である。

放射性廃棄物管理（省略）

先住民及び公衆の関与（省略）

5. 連邦政府との協力

州間 SMR 覚書で強調されているように、連邦政府と協力して作業することは、SMR の開発と展開を進めるための鍵である。

カナダ天然資源省 (NRCan) は、カナダにおけるクリーンエネルギーの選択肢として SMR を前進させるために、州、準州、産業のカウンターパートと協力してきた。NRCan が主導するカナダの SMR のロードマップ ([Canadian Roadmap for SMRs](#)) は、カナダ国内で SMR プロジェクトを進めるためのいくつかの勧告を概説し、SMR 行動計画を策定すべきとの勧告を含むものであった。

カナダの SMR 行動計画 ([Canada's SMR Action Plan](#)) は、SMR の開発と展開に対する連邦政府の支援を原則として確認している。この観点から、各州は、SMR プロジェクトの資金調達、リスク分担および資金調達源を特定するために、連邦政府と協力することを心待ちにしている。

2020 年 10 月、当時の連邦イノベーション・科学・産業大臣は SMR への支援を表明し、「カナダ政府は、よりクリーンなエネルギー源を提供し、SMR におけるカナダの世界的なリーダーシップを築くために、この革新的な技術の利用を支援する。これらの小型原子炉の市場投入を支援することで、排出量を削減したエネルギーの生産、高スキルな雇用創出、カナダの知的財産開発など、環境と経済に大きな利益をもたらしている」と述べている。

連邦政府による初号機プロジェクトのコスト分担は、カナダの雇用創出とサプライチェーン開発の強化につながり、SMR 輸出市場における先行者優位性をカナダに与える。

その恩恵は国内だけでなく、世界的にも脱炭素化のための大きなチャンスがある。CANDU 炉のポジティブな影響に基づいて、カナダは他の国々が安全でクリーンな原子力発電にアクセスするのを助け、世界的な排出削減を支援する機会を得ている。CANDU の技術は現在、カナダだけでなく、韓国、中国、インド、アルゼンチン、ルーマニア、パキスタンでもクリーンな電力を生産しており、化石燃料発電による排出の回避に貢献している。SMR の開発と展開は、クリーンで信頼性の高い電力を世界中に輸出するカナダの次世代の取組を代表するものである。

連邦政府の国内 SMR プロジェクトに投資すれば、カナダが他の全ての主要原子力国の政府と歩調を合わせることができる。これらの政府は、SMR の早期展開を支援し、世界の SMR 市場のシェアを確保するためにすでに数十億ドルを投資している。米国政府は、先進炉実証プログラム (ARDP) を通じて複数の SMR 技術の展開を支援するために、7 年間で 32 億米ドルの投資を発表した。英国政府は、炭素排出ネットゼロを達成する計画に SMR を含めており、最近、国産 SMR を開発し展開するために 2.85 億米ドルの投資を発表した。フランスは、2030 年までに国内で最初の SMR を展開するために 11.6 億米ドルを投資することを約束した。

2020 年 6 月、OPG、ブルース・パワー社、NB パワー、サスクパワーは、カナダの SMR の開発と展開の機会の概要を説明し、SMR プロジェクトの 3 つのストリームに対する資金支援を要請する提案を連邦政府に提出した。覚書署名州は、カナダ国内での SMR の開発・展開を進めるための連邦政府の

財政的および政策的支援の必要性を指摘し、共同でこの提案を支持した。電力会社は、2021年2月に連邦政府への資金提供要請を繰り返し行った。

連邦政府は、電力会社の共同提案に回答しておらず、SMRの展開を財政的にどのように支援するつもりかを伝えていない。各州はSMR展開の3つのストリームすべてにおいて進展を続けているが、連邦政府は、SMR実現可能性調査とこの戦略計画で概説されているSMRプロジェクトの提案に財政的支援を割り当てる必要がある。カナダがSMRの機会をつかむためにすべての当事者が協力することが重要である。

カナダのシェイマス・オリーガン元天然資源相は、「原子力なくしてネットゼロへの道はない」と述べている。それ以降、首相は2035年までにネットゼロ電力システムの実現を約束している。

SMRの展開は、これらの目標を実現するために不可欠である。例えば、オンタリオ州では、SMRの展開は、システムの信頼性を維持し、オンタリオ州の電力需要を満たすために必要な天然ガス発電を置き換えることによって、電力システムからの温室効果ガス排出量をさらに削減するうえで重要な役割を果たす。これを可能にするために、連邦政府は州と協力し、この変革のコストを分かち合うことを約束する必要がある。

サスクパワーが温室効果ガス排出のネットゼロ目標を達成するために努力するなかで、SMRによる原子力発電が重要な役割を果たす可能性が高い。他のいくつかの州とは異なり、サスカチュワン州は広範囲な水力発電のための資源と地理的条件を欠いている。サスカチュワン州は風力や太陽光発電に最適な条件の幾つかに恵まれているが、これらのオプションは常に利用できるとは限らないため、現在の化石燃料への依存に代わる、これらの間欠性の再生可能エネルギーのオプションの拡大をサポートする、信頼性が高く費用対効果の高いベースロードオプションが必要となる。サスカチュワン州の電力グリッドが今後15~25年で温室効果ガス排出をネットゼロにするためには、SMRによる原子力発電のようなオプションをできるだけ早く商業運転させるために、多額の投資が必要である。

発電に加えて、SMRおよびマイクロSMRは、特に石油抽出・加工、カリやウランの採掘、および製造部門などの大規模な産業排出者にとって、産業の脱炭素化を達成するうえで役割を担う可能性を秘めている。サスカチュワン州はまた、水素製造、電力輸出、地域暖房、コージェネレーション、先端研究利用などの機会にSMRを利用するビジネスケースを評価している。

各州は連邦政府に対し、カナダが排出削減目標を達成するための重要なツールとして、原子力エネルギーとSMRに全面的にコミットするよう求めている。特に、各州は連邦政府に対し、現在風力や太陽光などの再生可能エネルギー源に限定されているものを含め、クリーンエネルギー技術の開発と展開を加速するために設計されたすべての連邦資金プログラムとインセンティブに、SMRプロジェクトもアクセスできるよう要請する。

カナダの国立原子力研究所は、SMRと原子力イノベーションの研究開発を継続するためのインフラと専門性を備え、SMRを前進させるうえで重要な役割を果たしている。さらに、放射性廃棄物規制は連邦政府の責任の範囲内にあるため、使用済燃料と放射性副産物が安全かつ責任ある方法で取り扱われ、燃料リサイクルが一貫して国家戦略に沿っているという自信を植え付けるためには、強固な放射性廃棄物の枠組の継続的な開発を確保することが不可欠である。

カナダは産学官の研究所で CANDU 技術に関して十分に発達した科学技術能力を有しているが、SMR 技術には新しいイノベーションと研究能力が必要である。サスカチュワン州とアルバータ州は原子力発電に不慣れであるため、新しい原子力産業を支援するために、高度な資格を持つ人々と関連する研究を生み出すための科学技術投資、能力、資源を増やす必要がある。中等教育後の能力構築と投資が、サスカチュワン州の SMR にとって重要な基本構成要素となり、アルバータ州の将来の SMR が潜在的にこれに続く予想される。オンタリオ州の成熟した原子力サプライチェーン企業もまた、国内および世界の SMR 市場にサービスを提供するために必要な再ツールと再スキルを支援する連邦政府の資金と投資プログラムへのアクセスから恩恵を受けるだろう。

許認可プロセスをより費用対効果が高く合理化するために、CNSC は許認可枠組としてリスクベースで段階的なアプローチを開発中である。政策立案者も同様のアプローチを適用して、SMR ベンダーと電力会社にとって保険と賠償責任が手頃なものになるようにすることも同様に重要である。

最後に、各州は連邦政府に対し、影響評価などの他の規制枠組がカナダにおける SMR の進歩を支援し、従来の大型原子力発電所と比較して SMR のユニークな特徴を確実に認識するよう求める。

6. 州の SMR 展開戦略

州の意思決定を可能にするための行動

州の意思決定を支援するためには、電力会社はプロジェクト提案を進め、最終決定するために、以下のようなさらなる作業が必要である。

- 目標とする展開タイムライン達成に向けた、SMR 技術開発者との詳細な設計、計画、準備、許認可の完了
- 選択された SMR 技術のプロジェクトコストとスケジュールの見積りりの精緻化
- 選択された技術がカナダのサプライヤーに提供する経済的機会の確認
- 資金調達やその他の支援に関する連邦政府との関わり
- 公衆の意識と関与の促進
- 先住民との協議とパートナーシップの推進

SMR プロジェクト提案に関する州の意思決定には、プロジェクトのリスクと利益の慎重な検討が必要である。提案は、一定の利益が実証できる場合にのみ進行する。これらには以下が含まれる。

- **電力システムおよび料金支払者にとって期待される利益**：電力システムの信頼性、送電システム要件および電気料金に対する SMR の影響の評価
- **排出削減**：各州の異なる発電ミックスと関連する温室効果ガスの排出を考慮しながら、SMR を他の電源と比較して費用対効果の高い排出削減源として評価
- **経済活動の強化**：各州およびカナダ全土での SMR 展開による GDP と雇用創出の評価。これには、必要な追加の経済評価の実施や SMR 実現可能性調査の一環として開始された作業を含む。さらに、選択された技術が原子力および非原子力のサプライチェーンにおいて、カナダの企業に利益をもたらす可能性の確立も含む(燃料製造の可能性を含む)

- **先住民のパートナーシップの可能性**：先住民のコミュニティが SMR プロジェクトに参加する機会の創出。これらの機会には、雇用、スキルの開発、投資、サプライヤーの取決、およびプロジェクトの利益をシェアするためのその他のメカニズムが含まれる
- **イノベーションと研究能力強化の可能性**：カナダにおける SMR の開発と展開を最も効果的かつ効率的に支援する能力を確保するための、既存および将来の連邦・州政府の原子力研究の調整
- **世界的な輸出の可能性**：SMR の採用はカナダと特定の州に輸出の機会を拡大する。ウラン輸出増加の機会(サスカチュワン州と潜在的にアルバータ州)、先進核燃料製造の機会(オンタリオ州、サスカチュワン州、潜在的にアルバータ州)、SMR の製造や輸出のための原子力の研究・開発・イノベーションにおけるリーダーシップの発揮、グリッド接続型 SMR 群の展開の主導、遠隔地コミュニティ向けのマイクロ SMR 展開の主導など
- **カーボンフリー電力の輸出**：覚書署名州は地理的に有利な位置にあり、近隣の州や米国市場にクリーンな電力を輸出する可能性から恩恵を受ける既存のインフラを有している

SMR プロジェクトの推進者は、コストとスケジュールに大きな影響を与える可能性のある主要なプロジェクトリスク(SMR 設計の完成、許認可リスク、燃料の適格性、可用性など)を管理するための戦略が実施されていることを実証する必要がある。プロジェクトの提唱者と州/連邦政府は協力して、パブリック・アクセプタンスの早期の兆候を特定し、SMR プロジェクトの成功に重要な先住民コミュニティとの関係を構築する。

サスカチュワン州では、州政府は、新しい電源として原子力を含めるかどうかの決定と、SMR とマイクロ SMR が州にもたらし得る経済成長の機会を活用するかどうか、そしてどのように、いつ活用するかを決定する必要がある。政府は、2030 年代初頭に利用可能な代替ゼロエミッションのベースロード電源オプションと比較して原子力のコストと便益を評価する包括的なビジネスケースと、原子力と非原子力サプライチェーンに対する SMR の影響、SMR 製造やウランの付加価値活動に関連する機会、イノベーション、研究開発、電力輸出の可能性を評価する経済影響分析を開発する。

アルバータ州の民間企業が、発電や産業用のいずれにせよ、競争の激しい市場で SMR を追求する必要があることを考えると、同州における意思決定は根本的に異なり、民間部門が相対的なメリットを比較検討したうえで SMR に投資するかどうかを最終的に決定する。しかし、アルバータ州とニューブランズウィック州、オンタリオ州、サスカチュワン州と緊密に連携することは、アルバータ州の技術に対する理解を深め、ステークホルダーに関連情報を提供するうえで非常に有益である。

州政府決定後の行動

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

州政府が SMR プロジェクトの推進を決定した場合、成功裏に実行するために、コスト回収、プロジェクトの監督、原子力サプライチェーンの準備を支援するための政策と規制の枠組を確立する必要がある。

オンタリオ州とニューブランズウィック州政府は、これまでの原子力プロジェクト開発の経験から、プロジェクトの経済と監督、サプライチェーンの支援、公衆および先住民の関与などの原子力

トピックスに関連する政策開発と規制の枠組について、サスカチュワン州・アルバータ州両政府と情報やガイダンスを共有するのいうってつけである。

アルバータ州

州内の発電および産業施設はすべて競争市場内での民間投資であるため、他州で挙げられた政策ツールの多くは、アルバータ州には適用されないであろう。他州と協力することで、アルバータ州は、政府が政策問題としてあるプロジェクトを他のプロジェクトよりも支持しない、競争市場により適合したアプローチを採用することができるようになる。

アルバータ州にとっての最初の焦点は、民間部門が SMR に投資決定を下す前に、政策と規制の枠組を明確にする必要があることである。原子炉に対する連邦政府の規制責任が、州の規制責任の分野とどのように相互作用するか、特に連邦政府が規制する SMR が州によって規制される施設の一部となる場合、それが明確でない限り、民間事業者は SMR 投資を追求しない。この作業のためのアルバータ州の即時の計画は、付録でより詳述している。

すべての署名州

民間投資を奨励しながら、SMR プロジェクトのコスト回収を支援できる州の政策ツールには、以下が含まれる。

- 電力購入契約 (PPA)
- 電気料金規制 (すなわち、料金規制資産)
- 州政府の資金援助
- 連邦政府や電力会社と協力して、初号機の SMR 開発コストの支援やその他の地域の機会の支援 (送電グリッドの拡張、化石燃料の段階的廃止のためのクリーンエネルギー補助金など) のための追加ツールの取組

2021 年 11 月、オンタリオ州政府は、オンタリオ州の独立エネルギー規制当局であるオンタリオエネルギー委員会 (OEB) の監督の下、ダーリントン SMR プロジェクトの料金を規制する規制改正を行った。これにより、OPG はプロジェクトの開発、建設、運営にかかる健全に発生したコストを電力料金の支払者から回収することができるようになった。

さらに、州政府は電力会社と協力して、適切な監督メカニズムを実施することができる。この監督メカニズムは、SMR プロジェクトが政府の政策優先事項に沿って確実に実施され、承認された予算とスケジュール内でプロジェクトを完了するための強固な財務保証と管理システムを保証する。

州の政策ツールは、以下を通じて SMR の開発と展開をさらにサポートすることができる。

- 政府の政策と規制が要求される分野 (政府の政策や規制が必要な分野 (燃料製造、研究開発補助金、SMR 技術開発者および/または連邦研究開発機関との戦略的パートナーシップやコラボレーション、教育や技能訓練など)
- 将来の鉱山や水素製造向けの独立した電力や熱の生産のためのマイクロ SMR の探求
- SMR の開発・展開の最前線で先住民とのパートナーシップの実現

カナダでの SMR の展開にとって重要な成功要因は、強力な国内サプライチェーンである。これには、カナダの中小規模の原子力サプライヤー、ウラン採掘、世界をリードする原子力研究が含まれる。これらのサプライヤーの柔軟性と経験は、SMR の展開にとって貴重であり、カナダの製造・エンジニアリング企業の能力を補完するものである。各州は、電力会社や厳選された SMR 技術開発者と協力して、SMR プロジェクトをサポートする準備を整えるために、サプライヤーを関与させ、熟練労働者を活用する。

州はまた、以下に焦点を当てて、SMR の展開をサポートするために、原子力サプライチェーンの準備態勢を確保するために、連邦政府と協力し共同で関与していく。

- 熟練労働者の利用可能性とサプライチェーン能力
- 研究所、研究センター、教育機関の活用を含むイノベーション能力の強化
- SMR コストを削減するための革新的な先進製造技術の開発

大学と研究センターは、この州間戦略において役割を果たすだろう。これらの組織は、すでに SMR 研究をリードしている。技術研究や材料試験から新しい原子力の社会的側面の理解まで、学术界は次世代の原子力労働者や指導者を訓練している。このような努力を活用するために、州政府は、イニシアチブを調整し、協力を促進し、公衆と共同で関与することを目標に、学術・研究コミュニティを招集することに重点を置くことができる。

SMR の展開の結果としての経済発展は、州の重要な関心事の 1 つである。各州は、SMR 関連のカナダの製品、サービス、専門知識を世界中に輸出する長期的な機会に関心を持っている。そのため、各州は、原子力協力協定(必要な場合)やカナダ企業への輸出開発支援など、SMR の国際市場を追求するため、いかにして連邦政府と協力するかを検討する。

オンタリオ州では、OPG は、ダーリントンサイトに提案されている SMR に必要な部品と材料の 70~80%以上が、オンタリオ州とカナダを拠点とする強力な原子力サプライチェーンのおかげで、州内で調達されると見積もっている。

ニューブランズウィック州では、ARC クリーン・エナジー社とモルテックス・エナジー社による最初の評価は、サプライチェーンのかなりの部分が州内の供給業者によって得られる可能性があることを示唆している。具体的には、原子炉部品の 50%はニューブランズウィック州で製造することができ、能力開発に投資すればその数は 75%以上に増加する。これまでの作業には、初期のサプライチェーンのニーズと経済的影響評価、潜在的な地元のサプライチェーン企業との個々の関与が含まれる。サプライチェーンの作業の多くは、カナダ製造業輸出業者協会(CFM)およびニューブランズ Opportunities NB(ONB)との協力で行われる予定である

SMR 技術の選択と併せて、サスカチュワン州は、サスカチュワン州に展開可能なユニットについて、原子力や非原子力サプライチェーンのどの部分をサスカチュワン州で調達できるかを確認するために、サプライチェーン研究を開始する予定である。ウランは、サスカチュワン州から調達することができるが、この研究はサプライチェーン全体を通じて燃料製造の機会と先住民の参加機会についても検討する可能性がある。

7. 次のステップ

世界が低炭素経済に移行するなか、SMRは、炭素排出の多い産業施設やプロセス、輸送、建物などでのエネルギー利用の脱炭素化を支援するユニークな位置付けにある。SMRは化石燃料を代替すると同時に、再生可能エネルギーの拡大を支えることができる。発電以外にも、SMRは地域暖房、海水淡水化、排出ゼロの高品質な蒸気や水素を提供し、産業プロセスからの排出量を削減する可能性がある。SMRはまた、カナダが原子力イノベーションとクリーンエネルギーの世界的リーダーとなり、SMRの新興世界市場に資本参加するためのエキサイティングな機会である。

カナダには世界クラスの原子力産業とサプライチェーンがある。これらは、新興のSMRを支援し、高スキルな雇用を創出し、先住民のコミュニティを含む新しいパートナーシップを構築し、カナダの知識と専門性を世界中に輸出する新たな機会である。SMRは次世代の原子力技術として、カナダの大学や研究センターにわたって最先端の原子力研究とイノベーションによって支えられている。SMRは、カナダの研究とイノベーションの能力を拡大するまたとない機会である。

2019年12月以来、覚書署名州は、SMRの開発と展開を進めるために協力して取り組んできた。この戦略計画は、州間SMR覚書の最終成果物であり、カナダでのSMRの実現に向けた私たちの旅の一步を意味する。

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、アルバータ州は、カナダにおけるSMRの開発と展開を進めるために、各州の経験と専門性を活用するために協力している。4州は、特定のSMRプロジェクトを進めるかどうかについての州の意思決定を可能にするために必要ないくつかの行動と、プロジェクトを進める決定がなされた場合に必要ないくつかの行動を概説した。

覚書に署名した州は、カナダのクリーンエネルギーの未来における原子力エネルギーとSMRの役割について、先住民のコミュニティ、公衆、研究と学界、原子力産業の多様な視点と優先事項に耳を傾けることに関与し関心を持ち続けている。

SMRに対する私たちの共通の関心（排出削減、地域のエネルギー需要、経済発展、研究とイノベーション）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、アルバータ州を結び付けた。連邦政府、パートナー、ステークホルダーと協力することで、現在および将来世代のカナダ人のためにSMRの可能性を実現することができる。

8. 付録 (省略)

以上