

■ 論 文

使用済み核燃料の処理・処分をめぐる国際協力 —欧州 WENRA の経験と東アジアへの示唆—

吉田 央*、李 秀澈**、周 瑋生***、柳 恵琳****
崔 鐘敏*****、何 彦旻*****、明日香壽川*****

【要旨】

原子力発電は高レベル放射性廃棄物の発生を不可避免的に伴うが、2026年時点で最終処分地を確定している国はフィンランドとスウェーデンのみであり、処分政策の確立は世界的に遅れている。使用済み核燃料の処理・処分は、高度な専門性と巨額の費用を要する長期的課題であり、単独の国家枠組みでの対応には限界がある。欧州では、WENRAをはじめとする協力体制がバックエンド分野へと展開し、安全基準の調和や技術開発の共同化を通じて、国際協力の有効性を示してきた。

一方、東アジアでは、日本・中国の再処理路線や韓国の導入検討など、直接処分を主流とする国際的潮流とは異なる動向が見られる。加えて、事故の越境影響や核不拡散上の懸念から、地域協力の重要性は高いものの、地政学的緊張により包括的協力の実現は困難である。本稿は、①環境モニタリングやデータ共有による信頼醸成、②廃止措置・処分技術の共同研究といった中期的協力、③広域的処分戦略の議論への発展という段階的協力モデルを提示する。欧州の経験を踏まえ、政治的制約の強い東アジアにおいても適用可能な国際協力の在り方を検討する。

キーワード：使用済み核燃料処理・処分、原子力分野の国際協力、再処理と核拡散防止、WENRA（欧州原子力規制協力）、東アジア地域協力

I. はじめに

原子力発電は、電力生産の代償として、日常的な運転に伴って排出される低レベル放射性廃棄物と、使用済み核燃料もしくはそれを再処理した後に残る高レベル放射性廃棄物を必然的に生み出す。

高レベル放射性廃棄物について、2026年8月の時点でその最終処分地が決定している国はフィンランドとスウェーデンのみである。それら2国に加えてフランスでも最終処分場の立地選定が進められているが、これら3カ国を除いては高レベルの放射性廃棄物の処分について具体的な立地の選定からは程遠い状況にある¹⁾。アメリカでは、高レベル放射性廃棄物の処分場をいったんネヴァダ州のヤッカマウンテンに決定したが、ネヴァダ州および

* 東京農工大学農学研究院 准教授

** 名城大学 名誉教授

*** 立命館大学政策科学部 特別任用教授

**** 名古屋商科大学経営学部 准教授

***** ソウル大学日本研究所 学術研究教授

***** 追手門学院大学 経済学部経済学科 准教授

***** 東北大学 東北アジア研究センター／環境科学研究科 教授

地元住民が反対したのに加えて、ヤッカマウンテンが先住民居住地であったため「環境正義」の観点からも問題視され、紆余曲折を経た後 2021 年に当時のバイデン政権によって決定が撤回されている²⁾。

高レベル放射性廃棄物は、少なくとも数百年、おそらくそれ以上の長期間にわたって管理が必要であるが、産業革命以降の「近代」がせいぜい 300 年程度の時間しかないことを考えれば、少なくとも数百年以上にわたって高レベル廃棄物を管理しなければならないということは人類にとって極めて困難な課題であると言える。数百年の間には、現在の電力会社は消滅している可能性があり、高レベル廃棄物の管理には必然的に国による関与がなければならない。

使用済み核燃料の処理・処分は、1990 年代までは各国の国内問題として、それぞれが責任を持って独自に行われてきた。しかし、高レベル廃棄物の管理にあたっては、少なくとも数百年という長い時間と、多大な費用が必要であり、国家でさえも最終的な責任主体として完全に信頼し得るとは限らないとなれば、必然的に国際協力が重要になってくる。しかしその一方で、高レベル放射性廃棄物の管理は核兵器の製造と密接に関連しており、そのためいわゆる地政学的な障害と各国の国内政治によって、高レベル放射性廃棄物に関わる国際協力は強く制限を受けている。

ヨーロッパでは、1999 年に設立された WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association ; 西ヨーロッパ原子力規制機関協会) が、当初は原子力発電所の安全に焦点を当てていたものの、2000 年代に入り、使用済み核燃料の管理や廃炉といった「原子力バックエンド」分野にも活動範囲を拡大した。これは、各国が経験や技術を共有することで、重複投資を回避し、より効率的かつ安全に課題を解決できるという共通の利害があったためである。また、国際協力は、使用済み核燃料の処理・処分に対する一般公衆や政策決定者の信頼を高めるというメリットももたらす。

本論文では、使用済み核燃料に関わる国際協力を、①情報共有 (データ・透明性)、②規制の整合 (標準化・相互評価)、③能力の向上 (共同 R&D・訓練・緊急時連携)、④処分の実施 (合意形成と社会的受容、処分地の確保と施設の建設、必要な資金の確保、長期にわたる責任体制の確立など) の 4 次元で評価する。このうち WENRA は主として②と③を制度化してきたが、④処分の実施は加盟国主権と国内政治に深く依存し、協力の限界領域として残っている。

このような背景のもと、本稿は、まず使用済み核燃料の処理処分方法について説明した後、使用済み核燃料処理に関する国際協力の現状を述べ、その中で WENRA の位置づけについて考察する。最後に、これらの考察から日中韓を中心とする東アジア地域における国際協力の可能性を模索する。

II. 使用済み核燃料の処理処分方法

使用済み核燃料の処理・処分に関しては、大きく 2 つの方向性が選択されている。1 つは、使用済み核燃料を「再処理」(reprocessing) する国々であり、フランス、日本、ロシアがこれに該当する。中国は現在再処理工場を建設中であり、これが稼働開始すれば中国もこちらに含まれる³⁾。韓国も、現時点での再処理工場の具体的な計画はないものの、現在

主流である PUREX（湿式）法とは異なる乾式法（pyroprocess）という再処理技術の研究を継続している⁴⁾。現在では、これら5カ国以外は、つまり世界の大半の国では、使用済み核燃料の再処理を行わず、そのまま処分する「直接処分」を選択している。なお、インドは基本的には直接処分であるが、小規模な再処理も行っている。かつてイギリスでは再処理を行っていたが2022年に終了した。ドイツも再処理工場の建設を計画したが、反対運動と経済性の問題のため1990年に計画中止している⁵⁾。

使用済み核燃料の再処理とは、原子力発電に使用された核燃料を化学的に処理し、プルトニウム・燃料中に残っているウラン・核分裂生成物に分離する作業である。使用済み核燃料を再処理することにより、その中に含まれているウランやプルトニウムは、（コストを無視すれば）再び核燃料として使用することができる。核燃料の原料となるウラン鉱石の採掘から、精錬・濃縮・燃料形成を経て原子力発電所で核燃料として使用したのち、使用済み核燃料を再処理して再び核燃料として使用する一連の過程を「核燃料サイクル」と呼ぶ（図1）。使用済み核燃料から分離された核分裂生成物が、ガラスと混合されて「ガラス固化体」にされた後、最終的には地下深部に埋設する「地層処分」が行われる。

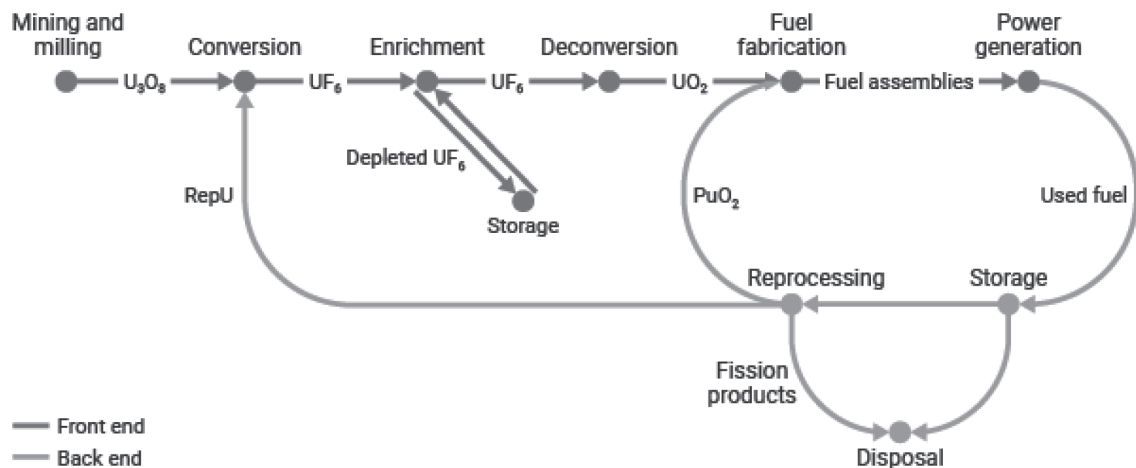


図1 核燃料サイクル

出所：World Nuclear Association

<https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/introduction/nuclear-fuel-cycle-overview>

一方、再処理を行わずに直接処分する国では、使用済み核燃料はキャスクと呼ばれる容器に収納し、数十年間にわたって（例えば、アメリカでは原則として60年⁶⁾、ドイツは原則40年⁷⁾、日本のむつ中間貯蔵施設は50年⁸⁾）中間貯蔵した後で、地下深部に地層処分する。図2はアメリカのマクガイア原発の使用済み燃料中間貯蔵エリアであるが、この図の通り、アメリカではコンクリートで覆われたキャスクを使用して露天に設置している（他のアメリカ国内の中間貯蔵施設も同様）。日本やヨーロッパでは建物内に金属製キャスクを収納している。この写真の通り、アメリカでは、中間貯蔵施設は大きなリスクがあるとは考えられておらず、テロ防止のための手段も特に取られていない。なお日本は表向きの政策としては使用済み核燃料を全量再処理することになっているが、実際にはむつ中間貯蔵施設および原子力発電所の敷地内で中間貯蔵も行っている。



図2 アメリカのマクガイア原発の使用済み核燃料貯蔵エリア。
一つ一つが使用済み燃料を格納したキャスク

出所：<https://nuclear.duke-energy.com/2015/05/05/dry-cask-storage-an-alternative-for-storing-used-fuel>

Ⅲ. 使用済み核燃料管理をめぐる国際協力の現状

Ⅲ. 1 IAEA

使用済み核燃料の再処理技術及び核燃料製造のためのウラン濃縮技術は、核兵器開発と密接に関連した技術なので、核拡散防止条約（NPT）加盟国内にある再処理及びウラン濃縮関連の施設は国際原子力エネルギー機関（IAEA）によって厳重な査察を受けている。

IAEAの目的はNPTに違反した核兵器開発を防止することであるが、同時に再処理施設やウラン濃縮施設をはじめとする原子力関係施設の安全性に関しても活動している。

IAEAは、2006年に発行された Safety Fundamentals (Fundamental Safety Principles) に基づき、Part.1 から Part.7 までの General Safety Requirements (GSR) を発行している。また 1. 立地選定 (Site Evaluation)、2. 原子力発電所、3. 試験研究炉、4. 核燃料サイクル施設、5. 放射性廃棄物の処分、6. 放射性物質の輸送の 6 項目に関する Specific Safety Requirements (SSR) を発行している (図3)。放射性廃棄物処分に関する SSR は 2011 年、核燃料サイクル施設に関する SSR は 2017 年に発行された。

引き続き、SSR をさらに詳細化する Specific Safety Guide (SSG) が順次発行されている。2017 年には、再処理施設の安全性に関する SSG-42 が発行されている。SSG-42 は 2025 年に改訂され、SSG-42 Rev.1 となった。使用済み核燃料の貯蔵については、2012 年に SSG-15 が発行され、2020 年に改訂されて SSG-15 Rev.1 になっている。これらの Safety Fundamentals、GSR、SSR、SSG は IAEA のウェブサイト (<https://www.iaea.org/publications>) からダウンロードできる。

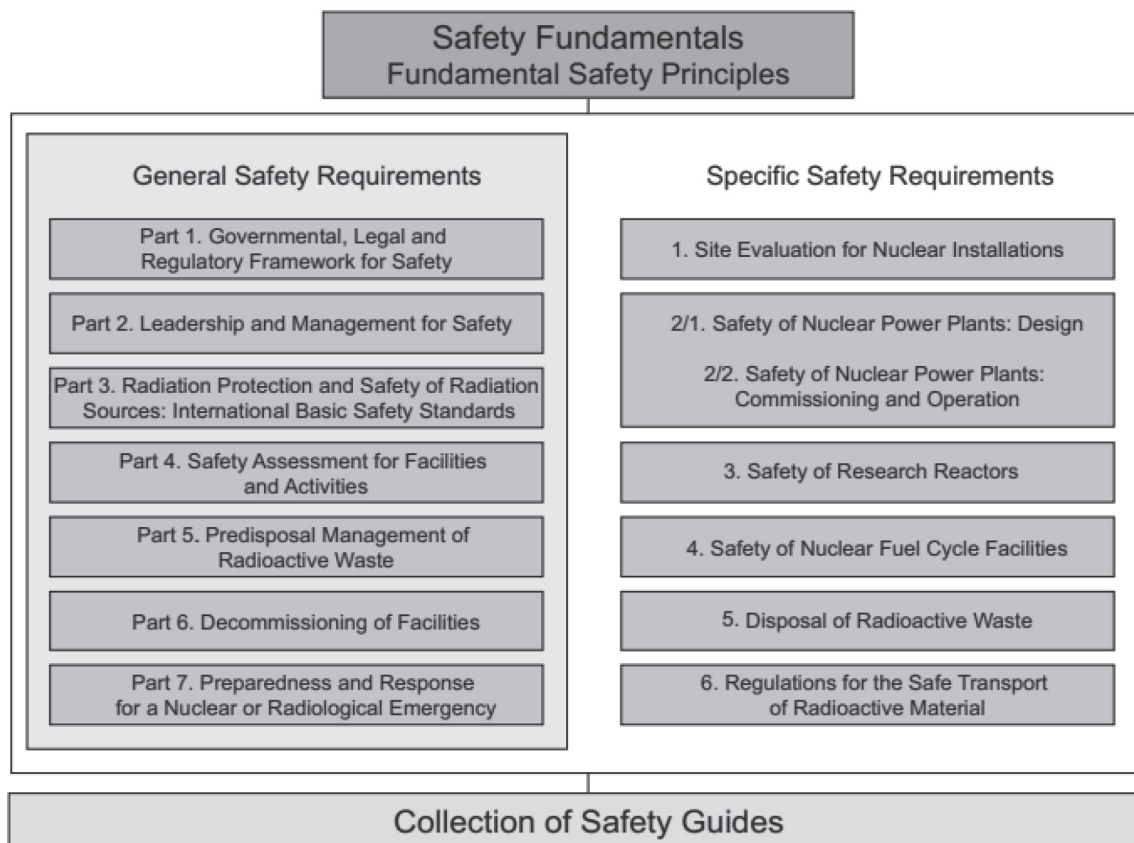


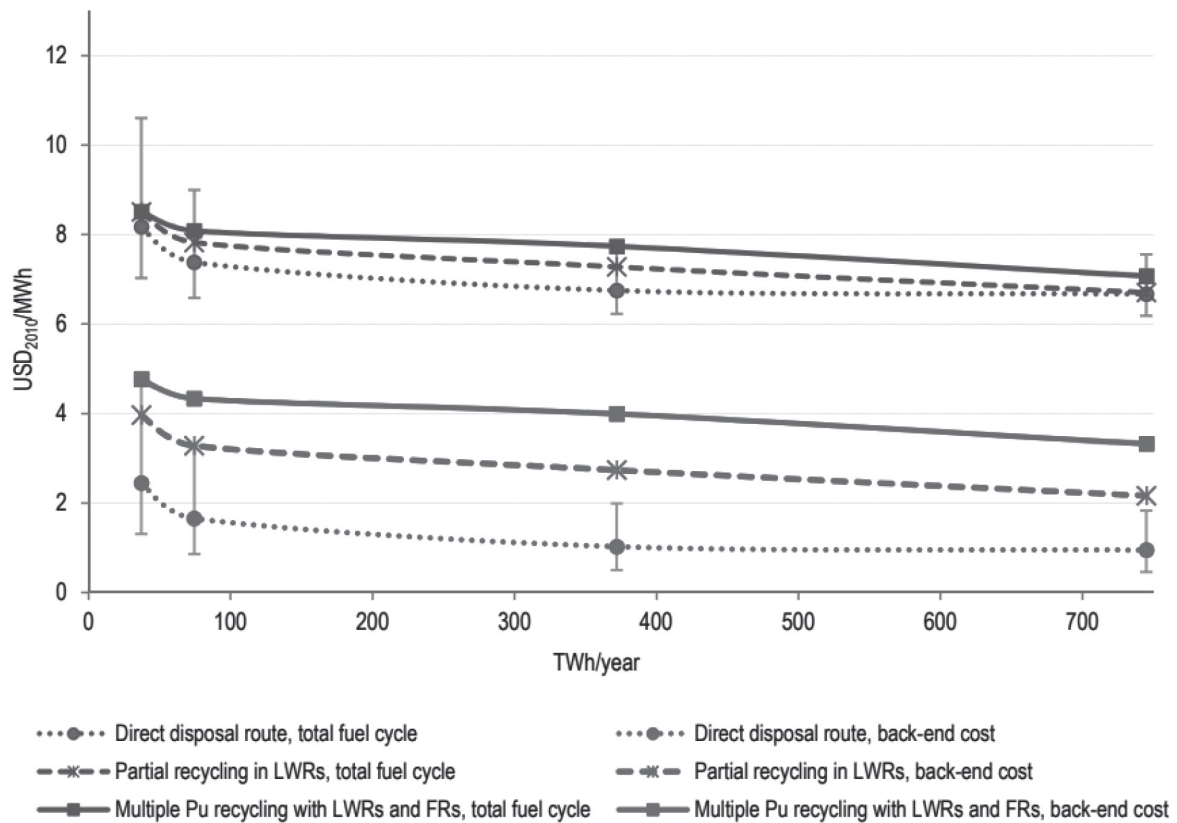
図3 IAEAの安全基準シリーズの体系

出所：IAEA, “CURRENT STATUS OF THE IAEA SAFETY STANDARD SERIES AND NUCLEAR SECURITY SERIES”, 2026, p.3
<https://nucleus.iaea.org/sites/committees/Policy%20Documents/status.pdf>

Ⅲ. 2 OECD

OECD（経済開発協力機構）は Nuclear Energy Agency（NEA）を設置し、原子力安全のほか、IAEA が関わっていない原子力の経済性に関する国際協力を推進している。使用済み核燃料の管理に関して、OECD は 2017 年に “The Economics of the Back End of the Nuclear Fuel Cycle” というレポートを公表している⁹⁾。同レポートによれば、使用済み核燃料を再処理することは、直接処分 に比べてはるかにバックエンド・コストが高いことが示されている。また、再処理によって抽出されたプルトニウム（PU）を燃料として使用した後、再び再処理を行う Multiple PU recycling はさらにバックエンドコストが高くなっている。ただし、直接処分・Partial 再処理・Multiple 再処理でバックエンドコストには大きな差があるが、核燃料サイクル全体のコストは大差がないと評価されている（図4）。

使用済み核燃料の処分に係るコストは、大きな不確実性がある。大きな不確実性を持つ問題に関して、先進国の共通の理解を作り出し、各国の政策立案のよりどころ（根拠）となることが OECD のレポートの役割であると考えられる。



* Uncertainty bands are only plotted for the direct disposal case. Similar bands apply to the other options.

図 4 異なる炉型構成および戦略における燃料サイクル全体およびバックエンドの均等化コスト (割引レート 3% のケース)

出所：OECD, “The Economics of the Back End of the Nuclear Fuel Cycle”

Ⅲ. 3 日米原子力協定と韓米原子力協定

日本及び韓国は、原子力発電開発の初期を除いて、アメリカから軽水炉を導入して建設している¹⁰⁾。アメリカからの原子力技術の導入にあたって、日本と韓国は、日米原子力協定及び韓米原子力協定を結んでおり、使用済み核燃料の再処理や処分にあってはアメリカの同意を得る必要がある。

日本は、アメリカとの交渉を経て、使用済み核燃料の再処理およびウラン濃縮の同意を得ている。アメリカと日本の再処理を巡る交渉は、1977年にアメリカのカーター大統領が日本の再処理を禁止しようとした「カーターショック」とも言われる事件が起きるなど、困難なものであった。

また、日本の原子力発電所で発生した使用済み核燃料の一部を、イギリスとフランスに委託して再処理を行っているが（イギリスでの再処理委託は終了した）、これも使用済み核燃料の管理に関する国際協力の一つの形である。

一方、韓国も再処理およびウラン濃縮の同意をアメリカに求めているが、アメリカは韓国には同意していない。そのため韓国は、再処理については、日本と違って乾式再処理 (pyroprocessing) の研究の一部しかしておらず、当面は再処理工場を建設する可能性は低い。

Ⅲ. 4 東欧諸国及びソ連・ロシアの原子力協力

冷戦の時代、旧ソ連は、東欧の社会主義圏に旧ソ連型の軽水炉（VVER）を積極的に輸出していた。ソ連崩壊後、ソ連を中心とした経済体制（COMECON）も消滅し、旧東欧社会主義圏の諸国はEU加盟を進めることになった。ここで問題になったのが、旧東欧諸国に存在するソ連型原子炉である。2026年現在でも東欧16基・フィンランド2基・ウクライナ17基（ロシアが占領中で停止しているザポリージャ原発を含む）のソ連型原発の運転が継続されている。

市川浩によれば¹¹⁾、ソ連が輸出したVVER型炉¹²⁾で使用された核燃料は、使用後にソ連が回収し、再処理を行っていた。ソ連は国内外のVVERで発生した使用済み核燃料を再処理して抽出したウランを、国内の黒鉛減速軽水冷却炉（RBMK、「チェルノブイリ型」原発）で燃料として使用していた。RBMKはVVERをはじめとする軽水炉のように燃料としてウラン濃縮を必要とせず、VVERの使用済み燃料から抽出されたウランでも稼働できるからである。なお、上記市川（2018）によればRBMKの使用済み核燃料は再処理されていなかった。

ソ連崩壊後、ロシアは1992年に「環境保護法」を制定し、外国からの使用済み核燃料の輸入を禁止した¹³⁾。この時点では東欧および旧ソ連諸国からの使用済み核燃料は例外としてロシアへの輸入が認められたものの、東欧諸国では使用済み核燃料の処分（再処理）についてロシアに依存できなくなることも想定する必要に迫られた。なお、ロシアは2001年に「環境保護法」を改正し、外国からの使用済み燃料の受け入れを積極的に行う方針に転換した¹⁴⁾。また、フィンランドもソ連型炉を有しており、1992年までは使用済み核燃料をソ連・ロシアに輸出していたが、フィンランドは1992年の時点でロシアへの使用済み核燃料の輸出を中止した。

東欧のソ連型原発用の燃料はロシアから供給されていたが、ロシアと「西側」の関係悪化によってロシアからの燃料供給が行われなくなる可能性が懸念されており、東欧諸国およびフィンランドはアメリカのWestinghouseなどロシア以外からの調達も図るようになっている。ロシアの政策が不透明であるが、東欧諸国がロシア以外から調達した核燃料が使用済みになった時には、東欧諸国の国内で処分する必要性が生じる可能性は十分あるといえる。

Ⅲ. 5 西ヨーロッパでの国際協力

2002年より、EU各国の放射性廃棄物処理に責任を負う機関の間で研究協力が開始された。2006～7年には深部地層処分が最適な処分方法であることが合意され、2009年11月にEU主導でImplementing Geological Disposal of radioactive waste Technology Platform (IGD-TP)が設置された。

一方、EU（EURATOM）は、紆余曲折を経て、使用済み核燃料の処理処分に関する指令となる2006年に“Directive on Shipments of Radioactive Waste and Spent Fuel (2006/117/Euratom)”，2011年にRadioactive Waste and Spent Fuel Management Directive (2011/70/Euratom)を採択した¹⁵⁾。

IGD-TP のウェブサイト (<https://igdtp.eu/>) によれば、その目的は (1) 一般公衆と政策決定者の間での地層処分の安全性への信頼を造成する、(2) 各国で、地層処分を組み込んだ放射性廃棄物プログラムをつくることを促進する、(3) 地層処分野における専門知識及び技術へのアクセスを促進し、この分野での欧州各国の競争力を高める、などである。

IGD-TP は発足後“Vision 2025”を公表し、2025年までに高レベル廃棄物の処分場を設置することを目標としていたが、これはオンカロ処分場・フォルスマルク処分場として実現した¹⁶⁾。ただし、IGD-TP の活動がどれだけこれらの処分場設置にどの程度実質的に貢献したのかは必ずしも明らかではない。

また IGD-TP は 2020 年 9 月に“Vision 2040”を公表し、2040 年までにさらに高レベル廃棄物の最終処分場を設置することを目標としている。ただし実際に設置が進められているのはフランスのビュール (Bure) 処分場のみである。現在は「ビュール地下研究所」が設置されて地質などの研究を進められている。

2002 年 2 月に、自力では高レベル廃棄物の最終処分場を見つけることが困難な原子力小国 (ベルギー、ブルガリア、ハンガリー、スイス) が集まって、ARIUS (Association for Regional and International Underground Storage) を結成した。その後オランダ等も参加した。ただし ARIUS の活動は停滞しており、仕切り直す形で 2009 年に ERDO-WG (European Repository Development Organisation) が結成されたが、これも活発な活動はできていない¹⁷⁾。

欧州においても、どの国も他国で発生した使用済み核燃料の処分を受け入れる気はなく、したがって使用済み核燃料を含む放射性廃棄物の処分にはそれぞれの国が責任を負っている。そのため現時点では国際協力の役割は技術協力などに限定されている。技術開発の面では、使用済み核燃料の処分に関する技術を国際協力しながら開発することにより、各国が重複して研究開発を行うことを防止し、より効率的に技術を開発できるようになっていると考えられる。

IV. WENRA の活動

1999 年に西ヨーロッパの 10 カ国 (Belgium, Finland, France, Germany, Italy, Netherlands, Spain, Sweden, Switzerland, United Kingdom) によって加盟国の原子力安全向上問題を協議する目的に WENRA が設立された。WENRA は、東欧諸国でのソ連型原発の安全性向上について助言・提言するなど積極的に取り組んでいる¹⁸⁾。2003 年には東欧諸国 (Bulgaria, Czech Republic, Hungary, Lithuania, Romania, Slovakia, Slovenia) も WENRA に加盟している。

WENRA は 1999 年、EU 拡大に伴い加盟候補国における原子力安全規制の共通的なアプローチを構築する必要性から設立された。とりわけ、当時原子力発電所を保有していた東欧 7 カ国 (ブルガリア、チェコ、ハンガリー、リトアニア、ルーマニア、スロバキア、スロベニア) の原子力安全を、EU 側が一貫した枠組みで評価することが課題となった。これらの国々では多くが旧ソ連設計の原子炉を運転していたことから、その安全水準を客観的に検証し、他の欧州諸国と整合的な規制水準を確保することが重視されていたと理解されている。

WENRA は 2000 に “Report on Nuclear Safety in EU Applicant Countries” を発表し、それに基づいて、東欧諸国の EU 加盟にあたって特に問題が大きいと考えられたリトアニアのイグナリナ原発（RBMK 型炉）と、ブルガリアのコズロドゥイ原発 1・2 号機、スロヴァキアのボフニチェ原発 1・2 号機（いずれも VVER 型炉の中で最も古いタイプである VVER-440/230 型炉）は閉鎖されたが、それ以外のソ連型原発は当面は運転を継続することになった。

WENRA の枠内では、その後、放射性廃棄物・使用済み核燃料および廃止措置を対象とする作業部会 WGWD（Working Group on Waste and Decommissioning）が 2002 年に設置され、これらの分野における規制アプローチの調和が進められてきている。WENRA-WGWD は使用済み核燃料と放射性廃棄物の管理に関する Safety Reference Level（SRLs）の策定に取り組み、2006 年に 77 項目からなる SRLs v1.1 を準備（draft）したが、WENRA 理事会に承認されず、公表されなかった。その後、WENRA-WGWD は 61 項目からなる SRLs を策定し（SRLs v2.1）、各国の SRLs への対応状況を評価するレポートを 2014 年と 2024 年に公表した。2024 年のレポートでは、フランスと新しく加盟したウクライナを除く各国が、SRLs をほぼ達成している¹⁹⁾。安全参照水準（Safety Reference Levels: SRLs）の策定と発展過程においては、各国規制当局による自己評価、WENRA メンバー間の同僚検討（ピアレビュー）、その結果を踏まえた国家行動計画の作成、そして再評価というサイクルが確立されてきている。このプロセスを通じて、SRLs 自体には法的拘束力がないにもかかわらず、加盟国間で実質的な規制調和が段階的に達成されてきたと評価されている。（WENRA、2024）。

欧州の協力が機能してきた背景には、WENRA のようなソフトな専門家ネットワークだけでなく、EURATOM を含む超国家的枠組みが“規制収斂の受け皿”として存在してきた点が重要である。本章は WENRA を中心に論じたが、協力の制度化可能性は、(1) 法制度による最低限の共通目的設定、(2) 専門家ネットワークによる運用上の学習と基準化、という二層構造（hard-soft dual structure）として理解される必要がある。

これらの WENRA の SRLs は、IAEA が発行した Safety Fundamentals（SF）、General Safety Requirements（GSR）、Specific Safety Requirements（SSR）、Specific Safety Guide（SSG）等に準拠し、それらのなかから項目を取り入れる形で構成されている。一方で、WENRA-WGWD の SRLs には、施設の立地に関する地質学的条件、住民合意の形成、必要な資金の確保と管理など、実際に使用済み核燃料の保管／処分施設を建設しようとしたときに問題になる重要な事項が含まれていない。このようになっている原因として考えられることは、(1) WENRA は参加各国の合意に基づいて運営される機関なので、WENRA の SRLs には、使用済み核燃料管理の費用負担や住民合意など、各国の間で共通の理解を形成することが難しい事項については盛り込めないこと、(2) 東欧を中心にしてまだ使用済み燃料の処分について具体的に進捗していない国があり、現時点で具体的な基準などを定めることが難しいこと、(3) (2) と関連することであるが、東欧には旧ソ連型原発が存在するため、技術的に考えればロシアとの協力が有益であるにもかかわらず、いわゆる地政学的障害のためにロシアとの協力関係が困難になっていること、(4) 使用済み核燃料を再処理するフランスと、再処理しないで直接処分する他の国で技術的に大きな違いがあるので、技術面で共通の SRLs をつくるのが困難であること、が考えられる。今後、各国におい

表 1 WENRA の 2024 年版 Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels

Safety management	Responsibility	S-1~S-10
	Management system	S-11~S-14
	Record keeping	S-15~S-18
Design	Storage facility design requirements	S-19~S-30
	Handling and retrieval requirements	S-31~S-33
	Storage capacity	S-34
Operation	Conduct of operation	S-35~S-36
	Emergency preparedness	S-37~S-39
	Operational experience feedback	S-40~S-41
	Operation facility modification	S-42~S-43
	Maintenance, periodic testing and inspection	S-44~S-48
	Specific contingency plans	S-49~S-50
	Requirements for acceptance of waste and spent fuel packages and unpackaged spent fuel elements	S-51~S-54
Safety verification	Contents and updating of the safety case	S-55~S-58
	Periodic safety review	S-59~S-61

出所：WENRA Report、Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels (Version 2.3)、
2024 より筆者要約

表 2 各国の SRLs 達成状況

	2024			2014		
	A	B	C	A	B	C
Belgium	61	0	0	39	0	22
Bulgaria	61	0	0	61	0	0
Czech Republic	61	0	0	35	3	23
Finland	61	0	0	61	0	0
France	44	0	17	44	0	17
Germany	61	0	0	61	0	0
Hungary	53	0	8	53	0	8
Italy	50	0	1	59	0	2
Lithuania	61	0	0	61	0	0
The Netherlands	53	4	4	30	23	8
Romania	61	0	0	61	0	0
Slovakia	61	0	0	61	0	0
Slovenia	61	0	0	59	1	1
Spain	61	0	0	61	0	0
Sweden	61	0	0	61	0	0
Switzerland	61	0	0	61	0	0
Ukraine	50	0	11	WENRAに未加入		
United Kingdom	61	0	0	61	0	0

出所：表 1 と同じ

て使用済み核燃料の処分計画が具体化・現実化していくにつれて、現時点での SRLs には含まれていない要素が SRLs に取り込まれていく可能性を含めて、WENRA をはじめとする国際協力の役割は増大していくと予想される。

本稿が参照する WENRA 経験の射程は、『最終処分政策そのものの決定』ではなく、(i) 中間貯蔵・廃棄物管理を中心とした規制期待水準の可視化、(ii) 自己評価とピアレビューを通じた制度学習の反復、(iii) 協力の正当性 (policy legitimacy) を支える専門家ネットワークの形成にある。すなわち、WENRA は“処分場を決める制度”ではなく、“処分政策の正当性と信頼性を支える制度的インフラ”として理解されるべきである。

V. 東アジア地域における使用済み核燃料管理の国際協力の可能性

本論文の「はじめに」で、使用済み核燃料に関わる国際協力を評価する観点として、①情報共有 (データ・透明性)、②規制の整合 (標準化・相互評価)、③能力の向上 (共同 R&D・訓練・緊急時連携)、④処分の実施 (合意形成と社会的受容、処分地の確保と施設の建設、必要な資金の確保、長期にわたる責任体制の確立など) の 4 点を挙げた。本論文で取り上げた国際協力の事例を、上記①～④の観点に当てはめれば、表 3 のようになるであろう。とりわけ WENRA は主として②と③を制度化してきたが、④処分の実施は加盟国主権と国内政治に深く依存し、協力の限界領域として残っている。

表 3 使用済み核燃料をめぐる 4 つの観点と事例

関連	本論で取り上げた事例
①情報共有 (データ・透明性)	IAEA (International Atomic Energy Agency) OECD (The Organization for Economic Co-operation and Development)
②規制の整合 (標準化・相互評価)	IAEA EU/EURATOM WENRA-WGWD (Western European Nuclear Regulators Association - Working Group on Waste & Decommissioning)
③能力の向上 (共同 R&D・訓練・緊急時連携)	EU/EURATOM WENRA-WGWD (Western European Nuclear Regulators Association - Working Group on Waste & Decommissioning) Implementing Geological Disposal of radioactive waste Technology Platform (IGD-TP)
④処分の実施 (合意形成と社会的受容、処分地の確保と施設の建設、必要な資金の確保、長期にわたる責任体制の確立など)	European Repository Development Organisation (ERDO) Co-operation between Soviet/Russia and Eastern Bloc Countries

出所：筆者作成

既述のように IAEA や OECD において使用済み核燃料の管理に関する安全性・経済性に関する国際協力が行われている。同時に、アメリカから原子力発電の技術提供や核燃料の供給を受けている日本と韓国では、使用済み燃料の管理に関しても日米原子力協定や韓米原子力協定に基づいてアメリカの同意が必要となっている。

このような IAEA や OECD での取り組みや二国間の協力とは別に、地域において使用済み核燃料に関する国際協力を行う意義はあるだろうか。前節でみたとおり、ヨーロッパにおいて原子力安全に関する国際協力 (WENRA) が行われる前提条件として、東欧旧社会主

義圏諸国の EU 加盟にあたり、そこに存在するソ連型原発の安全性を向上しなければならないという緊急の課題があった。

ヨーロッパにおいては、現時点で再処理を行っているのはフランスだけであり、他の国は数十年間中間貯蔵した後で最終処分を行うことになっている。アメリカ、カナダも再処理を放棄している。ところが東アジアにおいては、このような世界の潮流に反して日本と中国は再処理工場を建設中であり、韓国も再処理を模索している。再処理工場は、日常の放射性物質の保有量は原子力発電所よりはるかに多く、万が一大型火災など重大事故が起きると国境を越えて周辺諸国に甚大な影響を及ぼすおそれのある施設である。ここに東アジア地域での安全確保に向けた地域協力の政策的意義が認められる。ヨーロッパでの類似の事例として、イギリスのセラフィールド再処理工場から排出された放射性物質はイギリスとアイルランドの間のアイリッシュ海に放出されており、アイルランドは懸念を表明している（なおアイルランドには原子力発電所はなく、WENRA の正式メンバーにはなっていない）。東アジアにおいても、再処理工場の安全確保や、周辺環境モニタリングなどでは日中韓 3 国での協力の必要性があると考えられる。

本稿の考察を踏まえると、東アジアにおける国際協力の可能性は以下の三層に整理できる。

(1) 比較的容易に協力可能な分野

東アジアにおいて使用済み核燃料の管理に関する国際協力を困難にしている原因の一つは、使用済み核燃料の再処理技術が核兵器製造と関連した技術であり、核兵器拡散防止の観点から多国間のみならず 2 国間（日米原子力協定、韓米原子力協定）の厳重な規制を受けていることである。さらに日本と韓国が原子力技術のみならず、安全保障全般にわたってアメリカと同盟関係にある一方で、中国とアメリカはそのような関係ではない。このため、日中韓 3 国の協力を推進するためには、政治と技術を分離し、地政学的障害の影響を受けにくい、技術的な事項から始める必要がある。

使用済み燃料を再処理するにせよしないにせよ、いずれにせよ使用済み核燃料の中間貯蔵は必要なので、中間貯蔵施設における安全基準の共同開発は、利害が一致しやすく協力の糸口となり得る。中間貯蔵施設には軍事的な意義はないので、政治的な障害も少ない。

さらに、環境モニタリングや放射性物質の排出データの共有、事故・トラブル発生時の迅速な情報交換などは、国境を越える影響が明白であり、協力による利益が大きいので、三国が早期に合意可能な分野であろう。

(2) 努力次第で協力可能となる分野

次に、廃止措置や廃棄物処理技術に関する共同研究、資金調達メカニズムの透明化、さらには住民合意形成に関する知見の共有などは、容易ではないが段階的な交渉を通じて協力の可能性が拓かれる分野である。欧州において IGD-TP や WENRA WGWD が果たした役割を参考に、東アジアでも「協力プラットフォーム」を制度的に整備することで、協力の厚みを増すことが可能となろう。

(3) 現時点で協力が困難な分野：長期的課題

最後に、再処理技術の共有や最終処分場の共同設置は、核不拡散や国内世論の反発といった要因から、当面は現実的でない。特に再処理は軍事利用の懸念を伴うため、短期的には協力の対象とし得ない。ただし、将来的に廃棄物処理の負担が各国の大きな制約となった

際には、地域的な共同管理や国際的な分担の議論が避けられなくなる可能性がある。

WENRA の SRLs が地質条件・社会的受容・資金配分を直接扱えないという限界は、WENRA の弱点というより、最終処分が不可避免的に国内政治に埋め込まれることを示している。したがって東アジア協力は、処分地の共同化を急ぐよりも、まず“事故時の越境影響を減らす”協力（モニタリング、情報公開、貯蔵安全）を制度化することが合理的である。

このように考えると、東アジアにおける国際協力の第1段階では、既存の TRM 等を実務ハブとして位置付け、①放出データの共通フォーマット、②異常時の連絡手順（24/7 連絡点）、③共同モニタリングの相互校正（inter-calibration）という“最小限の成果物”を設定する。第2段階では、中間貯蔵の安全要求を共通化し、限定的なピアレビュー（パイロット）を導入する。第3段階（処分・再処理）は、核不拡散・国内政治の制約が大きいため、当面は透明性とリスク低減に資する協議体（専門家会合）に留めることになるだろう。

以上の検討から明らかになったとおり、東アジアにおける国際協力は「小さな協力から始めて積み上げていく」アプローチが不可欠である。環境監視やデータ共有といった、政治的、軍事的意味がない技術的な面での協力から始めてから信頼を醸成し、制度的な対話の場を構築することで、より複雑で敏感な課題に取り組むための条件を整えていくことが望ましい。欧州の経験が示すのは、国際協力は単なる技術的選択肢ではなく、国民的合意形成や政策的正当性を支える重要な基盤であるという点である。日中韓三国は、この教訓を踏まえ、現実的な協力分野を積極的に拡大していくことが、地域の安定と原子力の平和的利用の持続可能性を確保するうえで不可欠であろう。

使用済み核燃料の処理処分に関する日中韓三国の協力が有益である一方、この地域には複雑ないわゆる地政学的な障害が存在しているため、協力の範囲と限界を現実的に見極めることが求められる。この点は、東ヨーロッパに旧ソ連型の原発が存在しており、そのためソ連の後継国であるロシアとの協力が有益であるにもかかわらず、地政学的障害のためにロシアとの協力が進まないヨーロッパの状況とも共通している。

しかし、米ソ冷戦期や EU・ロシア関係とは異なり、東アジアでは経済的相互依存が極めて深い。日本は中国との強い経済的結びつきを有しており、中国との関係を前提としない地域政策の構想は現実的ではない。また、韓国も中国との安定的関係を維持する外交姿勢をとっている。こうした構造的相互依存は、政治的対立が存在しても、完全な分断を回避する抑制要因として作用している。

また使用済み核燃料管理を含む原子力安全分野は、核拡散に関わる面があるものの、同時に技術的・機能的領域に属するものであり、政治的緊張下でも技術協力が可能な分野と考えられる。実際、冷戦期においても米ソ間で原子力安全に関する対話は存在していた。その成果として、ソ連は「西側」の原発を参考にして VVER 型炉の設計を改善して安全性を向上させ、東ヨーロッパ旧社会主義圏諸国が EU に加盟したのちも、最初期の VVER-440/230 型炉を除いて 2026 年でもソ連製 VVER の運転が継続している²⁰⁾。原子力事故は国境を越えて影響を及ぼすため、政治的対立があっても協力の誘因は存在している。IAEA や東アジア地域レベルの TRM（Top Regulators' Meeting）などの既存の多国間枠組みを活用することで、二国間関係の政治的緊張を緩和しつつ、技術的協力を進める余地があるのではないかと考えられる。

VI. 結論

本稿は、使用済み核燃料処理・処分をめぐる国際協力の現状を、欧州の経験と比較しつつ、東アジアにおける今後の方向性を探った。欧州では、各国が最終処分の責任を国内に保持しながらも、WENRA や IGD-TP といった枠組みを通じて使用済み核燃料の処理処分に関する安全基準の調和や技術開発の共同化を進め、政策的正当性と社会的信頼を強化してきた。これらの取り組みは、費用分担の合理化や情報共有の促進にもつながり、国際協力の有効性を示すものである。

一方、東アジアでは、日本と中国が再処理工場を建設し、韓国もその導入を模索するなど、世界的潮流である直接処分路線とは異なる動向がみられる。再処理は巨額のコストと高いリスクを伴い、事故時には国境を越える影響を及ぼす可能性があるため、地域的な協力の必要性はむしろ欧州以上に高い。しかし、地政学的緊張や制度的非対称性により、広範な協力を直ちに実現することは困難である。

もっとも、東アジアで国際協力を進めることには多くのメリットがある。第一に、技術協力や共同研究により重複投資を避け、コストを大幅に削減できる。第二に、環境モニタリングや安全基準の共通化は、域内全体のリスクを低減させ、事故時の被害を最小化する。第三に、透明性の確保と情報共有は、各国政府や電力事業者への信頼を高め、国民的合意形成を容易にする。さらに、再処理が核兵器技術と結びつきやすいことを踏まえれば、協力枠組みを通じた透明性向上は、不拡散の観点からも国際的な信頼を獲得するうえで非常に重要である。

以上を踏まえると、東アジアにおける国際協力の方向性は、①環境モニタリングや排出データ共有、事故情報交換など、比較的容易に合意可能な分野から信頼醸成を進めること、②廃止措置や廃棄物処理技術の共同研究、住民合意形成に関する知見共有など、中期的な協力の制度化を目指すこと、③最終的には、長期的負担の大きい処分戦略に関する広域的な議論へと発展させること、に整理できる。欧州の経験が示すように、協力は単なる技術的選択肢ではなく、社会的受容性と政策的正当性を支える基盤である。日中韓三国は、この教訓を踏まえ、まず小さな協力から出発し、段階的に制度的枠組みを構築することで、持続可能で信頼される原子力ガバナンスを確立していくことが求められる。

本稿の貢献は、使用済み核燃料の管理に関する国際協力を“技術の共有”ではなく、“信頼の制度化”として再定義した点にある。欧州経験は、協力がコストや安全性だけでなく、社会的受容と政策正当性の条件であることを示す。東アジアでは核不拡散と地政学制約により包括協力は困難だが、政治的中立性の高い領域から段階的に制度を積み上げることで、協力の実現可能性を最大化できる。

謝辞

本論文は、科学研究費助成事業 基盤研究 (B)「東アジアにおける原子力安全及びリスクの相互評価・協働取組に向けた国際枠組構築」(課題番号: 24K03151) の助成を受けた研究成果の一部である。ここに記して感謝の意を表す。

[注]

- 1) 資源エネルギー庁／原子力環境整備促進・資金管理センター、『諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について（2024年版）』、2024年。
- 2) U.S. Congress, “Civilian Nuclear Waste Disposal”, <https://www.congress.gov/crs-product/RL33461>
- 3) World Nuclear Association, “Processing of Used Nuclear Fuel”, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/processing-of-used-nuclear-fuel>
- 4) Choi, Jong-min. (2022). A Comparative Study of the Formation of Spent Fuel Reprocessing Technological Systems in Korea and Japan. ECO, 26 (1), 359-407
- 5) 注3) と同じ
- 6) Frank von Hippel, “Managing spent fuel in the United States: The illogic of reprocessing”, 2008, <https://www.nrc.gov/docs/ML0817/ML081780779.pdf>
- 7) “Safety of Long-term Interim Storage Facilities”, Workshop Proceedings, Munich, 2013. <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2021-02/csni-r2013-10.pdf>
- 8) むつ市、「使用済燃料中間貯蔵事業に関する経緯と現状について」、2021年
- 9) OECD, “The Economics of the Back End of the Nuclear Fuel Cycle”, 2017. <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/7061-ebenfc.pdf>
- 10) 日本で最初に建設された東海原子力発電所はイギリスから導入されたGCR（マグノックス炉）の耐震性を強化したものである。韓国で最初に建設された古里原子力発電所は、カナダから導入された重水炉（CANDU炉）である。
- 11) 市川浩、「“東側”の原子力－1960～1980年代、原子力分野における旧ソ連邦から東欧“同盟”諸国への科学技術協力について－」（『広島平和科学』40巻、2018年）および市川浩、『ソ連核開発全史』、ちくま新書、2022年
- 12) VVERは“Voda Voda Energo Reaktor”の略で、ソ連型の軽水減速軽水冷却型原子炉のことである。RBMKは“Reaktor Bolshoy Moshchnosti Kanalnyy”の略で、ソ連型の黒鉛減速軽水冷却型原子炉のことである。1986年に大事故を起こしたチェルノブイリ原発はRBMKである。
- 13) Oana C. Diaconu and Michael T. Maloney, “Russian Commercial Nuclear Initiatives and U.S. Nuclear Nonproliferation Interests.,” The Nonproliferation Review, Volume 10, Issue 1, 2003.
- 14) 「ロシアが使用済核燃料ビジネスに参入か 外務省が情報分析」EIC ネット 2001年8月10日 <https://www.eic.or.jp/news/?act=view&serial=1178>
- 15) EU/EURATOM, “Radioactive waste and spent fuel”, https://energy.ec.europa.eu/topics/nuclear-energy/radioactive-waste-and-spent-fuel_en. なお、使用済み燃料枠組み指令が採択されるまでの紆余曲折については、植月献二「使用済み燃料及び放射性廃棄物管理に関する欧州原子力共同体の枠組み指令」、外国の立法 252号、2012年に詳しく説明されている。
- 16) ITG-TP, “Strategic Research Agenda Main Achievements and Way Forward”, <https://igdtp.eu/wp-content/uploads/2018/04/secigd2-d1-7.pdf>

- 17) World Nuclear Association, “International Nuclear Waste Disposal Concepts”, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-waste/international-nuclear-waste-disposal-concepts>
- 18) WENRA, “On nuclear safety in the candidate Countries to the European Union”, <https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wenrasummary2000.pdf>
- 19) WENRA Report, Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels (2014), https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wgwd_storage_report_final.pdf 同 (2024)、https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/WENRA_WGWD_StorageReport_v2_3_January2024.pdf
- 20) フィンランドの Loviisa 原子力発電所はソ連製 VVER-440/213 型軽水炉であるが、建設にあたり Westinghouse および Siemens の部品供給と技術協力を得たので “Eastinghouse” というニックネームが付けられた。Loviisa 発電所は 1 号機が 1979 年、2 号機が 1981 年に運転開始されたが、2026 年時点でも運転が継続されている。

[参考文献]

- 1) 資源エネルギー庁／原子力環境整備促進・資金管理センター、『諸外国における高レベル放射性廃棄物の処分について（2024 年版）』、2024 年
- 2) U.S. Congress, “Civilian Nuclear Waste Disposal”
- 3) Choi, Jong-min. (2022). A Comparative Study of the Formation of Spent Fuel Reprocessing Technological Systems in Korea and Japan. ECO, 26 (1), 359-407
- 4) Frank von Hippel, “Managing spent fuel in the United States: The illogic of reprocessing”, 2008、<https://www.nrc.gov/docs/ML0817/ML081780779.pdf>
- 5) OECD/NEA, “Safety of Long-term Interim Storage Facilities”, Workshop Proceedings, Munich, 2013. <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2021-02/csni-r2013-10.pdf>
- 6) むつ市、「使用済燃料中間貯蔵事業に関する経緯と現状について」、2021 年、https://www.city.mutsu.lg.jp/gikai/kiroku/files/20210715_document_1.pdf
- 7) IAEA, “CURRENT STATUS OF THE IAEA SAFETY STANDARD SERIES AND NUCLEAR SECURITY SERIES”, 2026、ほか
- 8) OECD, “The Economics of the Back End of the Nuclear Fuel Cycle”, 2017. <https://www.oecd-nea.org/upload/docs/application/pdf/2019-12/7061-ebenfc.pdf>
- 9) 市川浩、「“東側”の原子力ー 1960 ～ 1980 年代、原子力分野における旧ソ連邦から東欧 “同盟” 諸国への科学技術協力についてー」（『広島平和科学』40 巻、2018 年）
- 10) 市川浩、『ソ連核開発全史』、ちくま新書、2022 年
- 11) Oana C. Diaconu and Michael T. Maloney, “Russian Commercial Nuclear Initiatives and U.S. Nuclear Nonproliferation Interests.,” The Nonproliferation Review, Volume 10, Issue 1, 2003.
- 12) 「ロシアが使用済核燃料ビジネスに参入か 外務省が情報分析」EIC ネット 2001 年 8 月 10 日 <https://www.eic.or.jp/news/?act=view&serial=1178>
- 13) EU/EURATOM, “Radioactive waste and spent fuel”, <https://energy.ec.europa.eu/topics/>

nuclear-energy/radioactive-waste-and-spent-fuel_en.

- 14) 植月 献二 「使用済み燃料及び放射性廃棄物管理に関する欧州原子力共同体の枠組み指令」、外国の立法 252 号、2012 年
- 15) ITG-TP, “Strategic Research Agenda Main Achievements and Way Forward” <https://igdtp.eu/wp-content/uploads/2018/04/secigd2-d1-7.pdf>
- 16) World Nuclear Association, “International Nuclear Waste Disposal Concepts”, <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-waste/international-nuclear-waste-disposal-concepts>
- 17) WENRA, “On nuclear safety in the candidate Countries to the European Union”, <https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wenrasummary2000.pdf>
- 18) WENRA Report, Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels (2014), https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wgwd_storage_report_final.pdf
- 19) WENRA Report, Waste and Spent Fuel Storage Safety Reference Levels (2024), https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/WENRA_WGWD_StorageReport_v2_3_January2024.pdf

International Cooperation on the Treatment and Disposal of Spent Nuclear Fuel: Lessons from the European WENRA Experience and Implications for East Asia

Hiroshi Yoshida, Soocheol Lee, Weisheng Zhou, Heylim You
Jong-min Choi, Yanmin He, Jusen Asuka

Abstract:

Nuclear power generation inevitably produces high-level radioactive waste. However, as of 2026, only Finland and Sweden have confirmed final disposal sites, and the establishment of disposal policies has been delayed worldwide. The treatment and disposal of spent nuclear fuel constitute a long-term challenge requiring advanced expertise and enormous financial resources, and addressing this issue within a single national framework has clear limitations. In Europe, cooperative frameworks such as the Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) have expanded into the back-end sector, demonstrating the effectiveness of international cooperation through the harmonization of safety standards and the joint development of technologies. In contrast, East Asia exhibits different trends from the global mainstream of direct disposal, with Japan and China pursuing reprocessing strategies and South Korea considering their introduction. Furthermore, although the importance of regional cooperation is high due to transboundary impacts of nuclear accidents and concerns related to nuclear non-proliferation, geopolitical tensions make comprehensive cooperation difficult to achieve. This paper proposes a phased cooperation model consisting of: (1) trust-building through environmental monitoring and data sharing; (2) medium-term cooperation such as joint research on decommissioning and disposal technologies; and (3) the eventual development of discussions on a regional disposal strategy. Drawing on European experiences, this study examines forms of international cooperation that could be applicable even in East Asia, where political constraints are particularly strong.

Keywords: spent nuclear fuel management and disposal; international nuclear cooperation; reprocessing and nuclear nonproliferation; WENRA (Western European Nuclear Regulators Association); regional cooperation in East Asia.