

## わが国における使用済み核燃料再処理 および中間貯蔵政策の展開

雨 河 祐 一 郎

はじめに

約 60 年の歴史を持つわが国の原子力発電は、通常の軽水炉でウラン 235 を 3~5% の低濃縮ウランにして燃焼させる方法が主流である。だが、従来は軽水炉で使用された核燃料を、まだ再利用できる減損ウランと核分裂によって生成されたプルトニウムに分離する「再処理」を行い、抽出されたプルトニウムを高速増殖炉で増殖させて持続的に（理論上は 1,000 年以上）発電自給を行っていくという核燃料サイクルが目指されていた。通常の軽水炉発電は、そのサイクルに移行するための初期段階として位置づけられていた。当初、高速増殖炉の商業的利用は 1970 年代に実現すると想定されていた<sup>1)</sup>。だがそれはいっこうに実現せず、2010 年代前半には、高速増殖炉開発はプルトニウム燃焼と高レベル核廃棄物等の減容に特化した高速炉開発の計画に置き換えられた。高速増殖炉の技術開発のために作られた原型炉「もんじゅ」は、完成後 22 年のうちわずか 250 日の稼働をもって 2016 年 12 月に廃炉が決定した<sup>2)</sup>。高速増殖炉を中心とした核燃料サイクルは、「もんじゅ」の失敗により事実上破綻したが、再処理を行い、プルトニウムを増殖せずに燃焼だけ行うという核燃料サイクルの計画は依然、継続されている。高速炉の技術開発は、2014 年 8 月に日本政府がフランスと提携を結んだ ASTRID 計画の開始が 2020 年から 2033 年以降に延期され、実現のめどはたっていない<sup>3)</sup>。2022 年 1 月には、日本原子力開発機構と三菱重工等の企業が、ビル・ゲイツらが所有するアメリカの Terra Power 社と高速炉開発の提携を行うことが発表された<sup>4)</sup>。しかし、その高速炉は、日本が採用した再処理によるプルトニウム利用を前提としたものではなく、劣化ウランまたは天然ウランおよび核分裂物質等を燃焼させる新方式のものである<sup>5)</sup>。このため、この高速炉計画が実現した場合でも、日本側の実用的なメリットは疑わしい。

2011 年の福島第一原発事故後、日本のすべての原子炉がいったん停止され、その後、2022 年 6 月までに 6 発電所で計 10 基の原子力発電所が再稼働してきた<sup>6)</sup>。使用済み核燃料のプー

ルが満杯になりつつある原子力発電所は、事故前から少なからず存在していた。そのため、再処理の実施を見込んで、多くの使用済み核燃料が六ヶ所村に運ばれてきた。もし六ヶ所再処理工場が本格稼働すれば、これまで国内外で大量に蓄積されてきたプルトニウムの処理がされなのまま、さらにつくられてしまうというように、いわゆる「プルトニウム余剰問題」が悪化する可能性がある。かといって、使用済み核燃料やプルトニウムなどの「核のごみ」の最終処分場が決まらないなか、適切にごみを保管せず再処理政策を放棄してしまえば、今後軽水炉利用を増やしていくという現在の政策方針を追求していくことはできなくなる。その場合、遅かれ早かれ全国の原子力発電所の核燃料プールがいっぱいとなり、発電自体ができなくなる可能性もある<sup>7)</sup>。このため、再処理実施の如何を問わず、放射性廃棄物の「中間貯蔵」の整備が喫緊の課題である。

本稿の目的は以下の二つである。第一は、わが国の再処理政策の歴史を概観し、六ヶ所再処理施設が使用済み核燃料の事実上の中間貯蔵施設として機能するようになった経緯を把握することである。第二は、今後の再処理実施の遅延または廃止に応じて必要となる使用済み核燃料の中間貯蔵の方策について考察することである。本稿の構成は以下の通りである。第1節では、国内外の再処理を通じて蓄積するプルトニウム余剰の問題について概観する。第2節では、高速増殖炉計画が軌道に乗らないまま、核燃料サイクルを通じたエネルギー安定供給の根拠が、プルトニウムの「増殖」から「燃焼」に移行した契機とその変容の様態を論じる。第3節では、六ヶ所再処理施設の建設、およびそれが実質的な中間貯蔵施設の役割を担うに至った経緯を明らかにする。第4節では、核燃料プールの代替として核のごみの中間貯蔵を行う「乾式貯蔵」方式の可能性について検討する。

## 1. 蓄積するプルトニウムの問題

### 1-1. 東海村における再処理

原子力委員会とその事務局である科学技術庁は、1956年の発足当初から、使用済み核燃料を再処理してプルトニウムを取り出し、それを増殖させて持続的に発電する核燃料サイクルの確立を目指していた。また、原子力委員会は、動力炉を自主開発する主体となる特殊法人の設立を目指した。その結果、1967年10月に廃止される原子燃料公社（原燃公社）を吸収合併する形で「動力炉・核燃料開発事業団」（動燃）が設立された。科学技術庁と動燃は、巨額の国家資金を投入して開発を進めるナショナル・プロジェクト方式を採用し、核燃料に関する基幹事業として、茨城県那珂郡東海村に核燃料再処理施設を建設することを計画した。1969年1月には、動燃が原燃公社を引き継いでフランスのサン・ゴバン・ヌクレール社に委託していた再処理工場の詳細設計が完成した。その後、1970年5月には茨城県知事と科学技術庁との交

渉が合意に達し、1971年6月、東海村において国営による日本初の再処理工場の建設が開始された<sup>8)</sup>。当時、民間への余波を恐れた電力会社はその進展を快く思っていたかったという<sup>9)</sup>。

他方、日本政府は、再処理をめぐるアメリカの動きや国際情勢を注視していた。アメリカは、1974年、インドが使用済み燃料から分離されたプルトニウムを使用して行った核実験の結果として、アメリカ自身の使用済み燃料の管理政策を再処理から直接処分に変更した。「再処理の世界的な拡大が核拡散のリスクを高める」という核拡散への懸念が政策転換の主な要因だった。アメリカのこの政策転換は、自国内で再処理を行いたい日本への牽制となった。その結果、日本側は、再処理による製造物が純粋なプルトニウムではなくウラン/プルトニウム溶液になるよう東海工場の設計を変更した<sup>10)</sup>。

東海再処理施設は1977年9月にホット試験を開始し、1981年1月から本格稼働した<sup>11)</sup>。施設の建設当初は、年平均210トンの使用済み核燃料を再処理する設計容量であった。しかし、1977年9月に妥結された日米再処理交渉において、東海再処理施設での再処理量の上限が2年間で99トンに制限された<sup>12)</sup>。再処理施設は2007年5月までに1,140トンを再処理して約7トンのプルトニウムを抽出した後、2014年に廃炉が決定した<sup>13)</sup>。その間、年平均の処理量は40トン未満であった<sup>14)</sup>。

## 1-2. 海外への再処理委託

1960年代初頭、日本の電力会社は、再処理への大胆な着手には非常に消極的であったという。使用済み燃料に有用なプルトニウムが含まれていることは認識していたが、発生した廃棄物の処理が複雑になることが予想され、適切な廃棄場所を見つけることが非常に困難であるからである。その頃、イギリスとフランスから再処理サービスの売り込みが入ってきて、日本の電力会社はこれに飛びついた。電力会社が新しい原発を建設する許可申請を行うのに際して、政府が使用済み核燃料を再処理する場所を申請書に明記することを要求していたためである。この要求は、原子力発電所に将来のリサイクルシステムを採用させることを意図して、核燃料のリサイクルを原子力の不可欠な部分と見なした「政府の方針」によるものだった。ただ、手続き的には「再処理予定地」を申請書に記入するだけでよかった。その後、海外との再処理契約だけで済ませたい電力会社と政府関係者との間で水面下の交渉が始まった<sup>15)</sup>。そして、1969年にはイギリスに、ついで1978年にはフランスに、計7,100トンの日本の使用済み燃料が送られた<sup>16)</sup>。当初、政府は国内工場を建設しながら使用済み燃料の多くをアメリカでも再処理することを企図していた。だが、先述のアメリカの再処理から直接処分への変更と、1983年のバーンウェルの再処理工場建設の断念により、結局アメリカに委託することはなかった<sup>17)</sup>。

イギリスとフランスで再処理されたプルトニウムは、MOX燃料<sup>18)</sup>に加工されたのち、日本に返還される必要があった。まずフランスの再処理により抽出されたプルトニウムを含む高

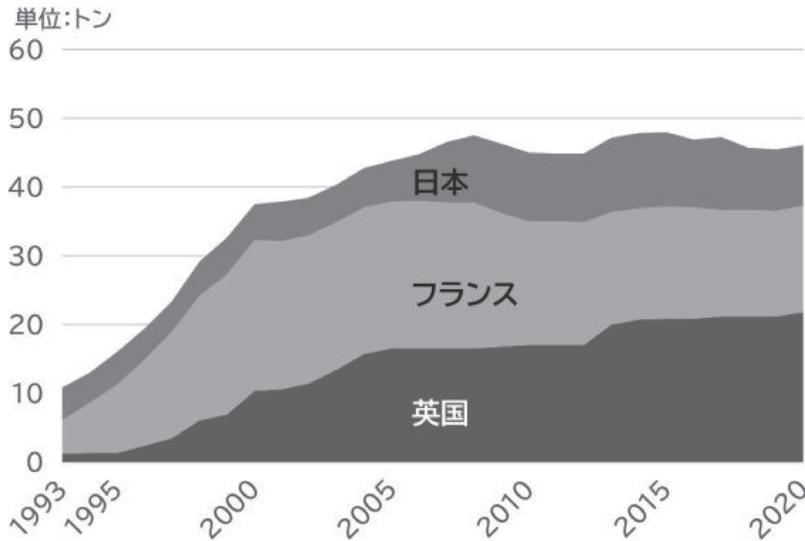


図1. 日本、フランス、イギリスに保管されている日本のプルトニウムの保管量の推移(1993~2020)

出所：原子力資料情報室（2022）

レベル放射性廃棄物のガラス固化体の返還が1995年4月から始まり、2007年8月までに12回、計1,310本が青森県六ヶ所村の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターに受け入れられた。次にイギリスからは2010年1月から2016年10月まで6回、計520本の受け入れが実施された。だが、日本に返還されたプルトニウムは一部であり、2020年12月末現在、日本のプルトニウムは、イギリスに21.8トン、フランスに15.4トン保管されている<sup>19)</sup>。その時点で日本国内に保管されている量は8.9トンに満たない（図1）。

### 1-3. 「余剰プルトニウムゼロ」の方針

イギリスとフランスによる再処理によって日本のプルトニウム蓄積が増大し核兵器開発能力が増大することへの国際的懸念を減じるため、原子力委員会は、1991年に「プルトニウム余剰ゼロ」政策を導入した<sup>20)</sup>。これ以降、日本政府は余剰プルトニウムを出さないための需給計画を立て、公表した。また、1993年に発足したビル・クリントン政権は、冷戦後の核兵器を含む大量殺戮兵器の不拡散を重視し、同年9月、「核不拡散および輸出管理に関する政策」を発表した。そのなかで、世界における核兵器の解体の必要性、および核エネルギーの民事利用に起因する核分裂物質（高濃縮ウラン、プルトニウム）の蓄積を最小限に抑える必要性を強調した。またアメリカは、西欧諸国や日本のプルトニウム民事利用を引き続き認めつつも、軍事・民事利用を問わず、アメリカ自身は再処理によるプルトニウム抽出は行わないことを公言

した<sup>21)</sup>。

このアメリカの方針に準ずるべく、日本政府は、余剰プルトニウムを備蓄しないという国際公約を掲げるようになった。1993年10月には、日本のプルトニウムの管理状況（供給・貯蔵・使用）に関する具体的数値が初めて公表され、その翌年から『原子力白書』でそのようなデータが毎年公表されるようになった<sup>22)</sup>。1994年6月に公表された原子力開発利用長期計画では、余剰プルトニウムは出さないと条件のもと、高速増殖炉の実用化を2030年ごろに果たし、それ以降の原子力発電はすべて高速増殖炉の増設で賄うという核燃料サイクルのシナリオが論じられている<sup>23)</sup>。

## 2. プルトニウムの「増殖」から「燃焼」へのシフト

### 2-1. 「フル MOX」大間原発計画

日本のプルトニウム余剰を制限する政策を評価したのか、クリントン政権が日本のプルトニウム管理方針に直接干渉することはなかった。しかし、国内で消費される微量のプルトニウムを除き、使うあてのないプルトニウムが国内外に蓄積していった<sup>24)</sup>。電力会社は、使用済み核燃料をすべて再処理するのではなく、中間貯蔵を検討していくことも国に進言したという。だが、原子力委員会は、全量再処理に固執し、電力会社からの申し出を受け入れなかった<sup>25)</sup>。

全量再処理政策が進むなか、プルトニウム余剰を制限するためには、生成されたプルトニウムを消費していく必要がある。この差し迫った必要に対して、1995年に2つの新しいプルトニウム利用計画が現れた。第一は、MOX燃料を炉心で100%燃焼する改良型軽水炉である、青森県下北郡大間町の大間原発の構想である。大間原発は、高速増殖炉と同様にプルトニウム増殖を本来の目的とした新型転換炉（ATR）実証炉の代替として発案され、プルトニウム燃焼のみに特化した軽水炉である。

ATRは、高速増殖炉よりプルトニウム増殖能力は劣るが、冷却材としてナトリウムではなく重水を使うことにより事故のリスクを抑え、高速増殖炉よりも早期の実現が見込まれていた日本独自の原子炉技術である。高速増殖炉の開発が遅々として進まないなか、核燃料サイクル計画を継続させるため、高速増殖炉実現までのいわば「つなぎ」として科学技術庁（当時）がその開発を急いだ<sup>26)</sup>。その結果作られた最初のATRが、原型炉の「ふげん」である。ふげんは1970年12月、動燃により福井県敦賀市で建設が開始され、1978年3月に初臨界を迎え、1979年3月から本格運転を開始した<sup>27)</sup>。ふげんの当初の目的はプルトニウム増殖であったが、のちに増殖ではなく燃焼に特化した運転方法に変更された<sup>28)</sup>。ふげんは、1979年3月のMOX燃料の初装着から運転を終了した2003年3月までの24年間で計772体のMOX燃料を燃焼した<sup>29)</sup>。

実験炉のふげんに続き、動燃は、1974年からATR実証炉の開発を開始した。原子力委員会は1982年に実証炉の建設と運転の実施主体を電源開発株式会社（J-Power）に移し、動燃は技術協力の担当となった<sup>30</sup>。電源開発は、1952年に制定された「電源開発促進法」に基づいて、同年に大蔵省（当時）の全額出資により設立された特殊法人である。電源開発は、日本国内に60か所以上の水力・火力発電所を有し、電力会社に電力を送ってきたが、原発への参画は各電力会社から阻まれてきた。それまで原発を開発し運転した経験が全くない電源開発がATR実証炉の開発の権利を獲得したのである<sup>31</sup>。

だが、1995年7月11日、電気事業連合会（電事連）は、青森県下北郡大間町に建設を予定していたATR実証炉の建設計画を中止する方針を発表し、原子力委員会は8月25日にそれを正式に承認した。1984年に3,960億円と見積もられていた実証炉の建設費用が1995年3月の時点で5,800億円にまでのぼり、発電原価も軽水炉の3倍以上に達する（1キロワット当たり38円）と見込まれた。このため、建設費用を負担する電力会社は、割に合わないと考えたのである<sup>32</sup>。アメリカ政府から余剰プルトニウムを出さないよう暗に圧力を受けていた日本政府は、当時、軽水炉でMOX燃料を燃やすプルサーマル計画を電力業界に持ち掛けていた。プルサーマルとは、「プルトニウム」に「サーマルリアクター（熱中性子炉ないしは軽水炉）」を足した和製英語である<sup>33</sup>。プルサーマルは、通常の軽水炉の炉心の約1/3を、プルトニウムを内包したMOX燃料の燃焼に使うという特殊な軽水炉利用である。このため、電事連は、大間町で新型転換炉実証炉の代わりに「全炉心MOX燃料装荷可能な改良型沸騰水型軽水炉」（フルMOX-ABWR）を建設することを原子力委員会に申し入れ、原子力委員会はATR実証炉計画の中止とあわせてそれを決定した<sup>34</sup>。

「フルMOX」大間原発は、通常の軽水炉が炉心の約1/3までしかMOX燃料を装着できないのに対し、100%装着できる特殊な原子炉を備える<sup>35</sup>。その出力は138.3万キロワットで、通常の軽水炉原発に比べて2割ほど大型の設計である<sup>36</sup>。計画では、1/3の炉心でMOX燃料の燃焼を開始し、5年から10年後に徐々にフル炉心に増やしていき、最大で年間約1.66トンのプルトニウムを含むMOX燃料を装荷する予定である<sup>37</sup>。

このように、大間原発は通常の軽水炉とは異なった性質を持っており、発電のための原発というよりは、蓄積するプルトニウムを消費するためのものである<sup>38</sup>。このため、通常の発電所では特定の地域の電力需要を満たすために発電を行うのに対し、大間原発で作られた電力は、沖縄を除く全国の9つの電力会社に買い取られることになっている<sup>39</sup>。六ヶ所再処理工場が本格稼働すると、年間最大800トンの使用済み燃料が再処理され、そこから4.8トンの核分裂性プルトニウムが抽出される。そのうち1.1トンのプルトニウムを大間原発で利用するという目算である<sup>40</sup>。

大間原発は、全炉心でプルトニウムを燃焼する世界発の原子炉で、これを原発の運転経験の

ない電源開発が実験炉、実証炉の段階を経ずに初めから商業炉として稼働しようとしている。大間原発で使用される ABWR（改良型沸騰水型軽水炉）は、経済効率を追求するため BWR（沸騰水型軽水炉）を大型化させたものだが、サイズの違いによって生じる性能やリスクの違いに関する十分な実証実験を経ずに大型化した原子炉や付属機器類を用いて運転することになる<sup>41)</sup>。また、原子炉内の核分裂のコントロールは、燃料集合体に制御棒を出し入れして、取り込む遅発中性子の量を加減することによるが、プルトニウムの核分裂に際して発生する遅発中性子はウランのその約 1/3 しかない。このため核分裂のコントロールは濃縮ウランよりプルトニウムの混ざった MOX 燃料のほうが難しい<sup>42)</sup>。さらに大間原発は、軽水炉の全炉心で MOX 燃料を燃焼させようとするものである。従って大間原発が重大事故を起こすリスクは通常の軽水炉原発よりも高く、それが起きた場合は、地元の大間市だけでなく、函館市も深刻な危害を被る可能性がある<sup>43)</sup>。このため、2010 年 7 月には、大間町民と函館市民を中心とする 168 名が大間原発中止のための訴訟を起こした<sup>44)</sup>。また函館市も、2012 年 9 月に電源開発に対して大間原発工事の中止を求めた<sup>45)</sup>。大間原発の建設は 2008 年に着工されたが、2011 年の東日本大震災発生以降、主な施設の建設工事が中断された。電源開発は、大間原発の 2030 年の運転開始を目指すとしている<sup>46)</sup>。

## 2-2. 「もんじゅ」事故と大規模プルサーマル計画

プルトニウム余剰を制限するために打ち出された第二の政策方針は、1995 年 12 月の高速増殖炉原型炉「もんじゅ」の事故を端緒とした大規模なプルサーマル利用の計画である。もともとプルサーマルはアメリカの主導で開発され、続いてベルギーとドイツによって発展した技術であった。フランスでは、遅れて 1985 年にプルトニウムのリサイクル政策の一環として導入された<sup>47)</sup>。しかしプルサーマルは、本来は濃縮ウラン燃焼を目的として設計される軽水炉において変則的に MOX 燃料を使用するシステムのため、再処理過程や稼働時に安全面でのリスクを伴う。このため、これまでアメリカやドイツをはじめとする諸国で放棄されている。現在も計画を維持しているのは日本とフランスだけである<sup>48)</sup>。

プルサーマルは、高速増殖炉を中核とした核燃料サイクル計画の遅延により、ATR と同様、軽水炉と高速増殖炉の間の「つなぎ」として検討されたものである。わが国でプルサーマルが初めて利用されたのは、1986 年の原電敦賀 1 号機で、その次が 1988 年の美浜 1 号機である<sup>49)</sup>。いずれも MOX 燃料の正常な燃焼を確認することを目的とした小規模の試験的な運転であった<sup>50)</sup>。その後、1991 年から原子力委員会の核燃料リサイクル部会が中心となって 1990 年代から 2010 年までのプルサーマル実施計画を打ち出したが<sup>51)</sup>、実行性の乏しい計画にとどまっていた。

国内においてプルサーマル計画が注目を集めるようになったのは、1995 年 12 月のもんじゅ

の事故がきっかけである。もんじゅは、わが国の従来の核燃料サイクル政策の本丸であった高速中性子増殖炉の開発において、発電用ではない実験炉「常陽」に続いて動燃によって1985年10月に建設が開始された原型炉である<sup>52)</sup>。当初の建設費用は3,500億円が見込まれたが<sup>53)</sup>、実際には5,886億円をかけて福井県敦賀市に完成した<sup>54)</sup>。1994年4月に初臨界を迎え、1995年8月に発送電に成功した。しかし、同年12月にナトリウム漏洩による火災事故を起こし、その後15年間停止状態が続いた<sup>55)</sup>。

もんじゅの事故は、各所の関係者に核燃料サイクルへの不信感を募らせた。事故の翌月の1996年1月には、原発立地県の知事3名が連名で「今後の原子力政策の進め方についての提言」を政府に提出し<sup>56)</sup>、爾後の原子力政策の在り方について国民各界各層の幅広い議論を喚起することや、プルサーマル計画やバックエンド対策の将来像の明確化を求めた。これを受けて、政府は反原発論者も招いた原子力円卓会議を計11回開催したが、核燃料サイクル政策を放棄することはしなかった。1997年1月には、通産省と原子力委員会がプルサーマル推進を公表し、2月には閣議了解が行われた。これを踏まえ、電事連は、2010年ごろまでに16~18基でプルサーマルを実施し、年間6トン前後のプルトニウムを消費する計画を打ち出した。さらに2000年の原子力開発利用長期計画では、プルサーマルを国策として実施していく方針が明記された<sup>57)</sup>。

2016年12月のもんじゅ廃炉の決定と、それに先立つ高速増殖炉開発の放棄から鑑みれば、大間原発を含む1990年半ば以降の軽水炉によるプルトニウム利用推進の方針は、日本の核燃料サイクル政策の意義が、プルトニウム増殖によるエネルギー自給の追求から核燃料サイクル政策に関わってきたステークホルダーの既得権益の維持に変わった重要な分岐点であったと考えられる<sup>58)</sup>。

### 3. 六ヶ所再処理計画

#### 3-1. 再処理施設建設の経緯

青森県上北郡六ヶ所村に建設中の六ヶ所再処理工場は世界最大級の商業目的の再処理工場である。年間800トンの使用済み核燃料を再処理して、4トンのプルトニウムを取り出せる能力を持つとされている<sup>59)</sup>。日本政府がこの施設の建設に向けて具体的に動き出した時期は1970年代に遡る。1973/74年頃、民間による大規模な再処理は当初の予想よりもかなり困難で費用がかかり、環境に有害であることが世界的に明らかになった。当時、フランス、イギリス、アメリカの再処理工場ではほぼ同時期に多くの事故と機能上の問題が発生した。その結果、これらの施設は再建または廃止される必要に迫られ、再処理の将来に関して技術的悲観論が世界中に広まり始めた<sup>60)</sup>。

当時の日本の電力会社は、イギリスのセラフィールドに建設が予定されていた再処理工場の建設費用の捻出のために、日本輸出入銀行（当時）<sup>61)</sup> から資金を得ようとしていた。自国の使用済み核燃料をイギリスの新工場で再処理してもらうためである<sup>62)</sup>。日本や西ヨーロッパの一部の国々は、アメリカが開発した濃縮二酸化ウランを燃料とする軽水炉を使用していた。イギリスも、濃縮二酸化ウランを燃料とする軽水炉（改良型ガス冷却炉）を開発し、そのための再処理工場を開設していたが、その工場は1973年に放射能漏洩事故を起こし、閉鎖されていた。このため、イギリスは軽水炉の使用済み核燃料を再処理できる新しい工場（のちのTHORP）の建設をもくろんでいた。イギリスの電力会社はコストの高い再処理の導入には乗り気ではなかったため、新再処理工場の建設の負担の多くは、海外の電力会社がそれぞれの契約量に応じて支払うことになっていた。第一期委託分の日本の契約量は全体の約38%を占めるほど多かったという<sup>63)</sup>。

当時の通産省は、電力会社が日本における本格的な再処理工場の建設を目指さない場合、日本輸出入銀行からの資金提供は行われないことを示唆した。このため電力会社は、1975年7月25日、国内再処理工場の建設に関して「前向きな姿勢」の表明を余儀なくされ、その4年後の1979年6月1日に「再処理民営化法」が可決された。電力会社に再処理工場を建設したいと言わせたのは、建設許可の権限を行使する科学技術庁の官僚であったという。再処理民営化法の成立は、電力会社が株のほとんどを保有する再処理会社の形成につながり、1980年3月1日に約100社の参加を得て日本原燃サービス株式会社（現・日本原燃株式会社）が設立された<sup>64)</sup>。これがのちに六ヶ所再処理工場の所有者・運営者となった。当時、六ヶ所村周辺は、政府の肝いりで1968年から進められてきた大規模工場基地構想である「むつ小川原開発」の事業対象地域であった。しかし、国内外の経済情勢の変化と工場誘致の停滞により、1983年に事業は暗礁に乗り上げる。事業主体の経営難と受け入れ自治体である六ヶ所村の抱える雇用不安により、1985年4月、県及び六ヶ所村は再処理施設を中心とする核燃料サイクル施設の受け入れを決定した<sup>65)</sup>。

六ヶ所再処理施設は1993年4月に建設が開始された<sup>66)</sup>。未完成ながら2006年3月から2007年11月までに試験的稼働を行い、1.8トンのプルトニウムを取り出した実績がある<sup>67)</sup><sup>68)</sup>。当初、1997年に完成する予定であったが<sup>69)</sup>、事故やトラブルによってこれまで26回も延期され、いまだ竣工には至っていない<sup>70)</sup>。当初、約7,600億円と試算された建設費は、実際には4倍以上の3兆1千億円に上った。運転費用や廃止処分を含めた総事業費は約14.4兆円に上るとされている<sup>71)</sup>。

### 3-2. 実質的な中間貯蔵施設としての役割

2011年に原子力委員会が行った試算によると、使用済み核燃料を単に保存してそれを処分

する場合と比較して、再処理を行い、それによって新たに生成される放射性廃棄物を処分する場合の日本の使用済み燃料の管理コストは2倍以上に増える<sup>72)</sup>。高速増殖炉計画が挫折したことによりいっそう経済的に不合理となった再処理の方針をなぜ継続するのか。これについては、全国原発から再処理を名目として使用済み核燃料を受け入れてきた青森県の意向が圧力となっている。1998年7月29日、青森県知事、六ヶ所村村長、日本原燃社長の3者は、電事連会長の立会いのもと<sup>73)</sup>、「再処理事業の確実な実施が著しく困難となった場合には、青森県、六ヶ所村及び日本原燃株式会社が協議のうえ、日本原燃株式会社は、使用済み燃料の施設外への搬出を含め、速やかに必要かつ適切な措置を講ずるものとする<sup>74)</sup>。」という覚書を交わした。この協定により、電力業界が再処理事業の継続の責任を放棄した場合、青森県が電力会社に使用済み核燃料の引き取りを求める可能性があった。六ヶ所村を使用済み燃料の事実上の廃棄物処分場としないためである。引き取りが実現した場合、排出元の多くの原発では、使用済み核燃料プールの充満により原発を運転できなくなる<sup>75)</sup>。再処理の支持者は、これを六ヶ所工場の再処理を稼働させることのほかに代案がないことの「証拠」として使用する。青森県側も、核燃料サイクルの円滑な推進を要求する際に、折を見てこの合意を引用してきた。核燃料サイクルの中心的役割を担う再処理政策の維持こそが、潤沢な収入源として青森県が切実に必要とするものであるからである<sup>76)</sup>。雇用の面からみても、再処理工場は使用済み燃料貯蔵プールよりもはるかに多くの高賃金の仕事が提供できるという点において、青森県のような地方政府にとって都合が良いといえる<sup>77)</sup>。

電力会社や政府の中で、過去に六ヶ所再処理事業の廃止を促す動きがあったこともある。2002年5月、電力自由化に直面していた企画部を中心に再処理事業を懸念する声が高まっていた東京電力（東電）は、経産省の幹部に六ヶ所再処理工場計画の中止を求めた。当時、経産省のほうも、東電に対し、六ヶ所再処理工場とフル MOX の大間原発の事業中止を提案するよう打診したという。これに対しては、東電がフランスの再処理事業者などとの国際的提携関係もあったことを理由に「自己都合で辞めます」と東電に言わせようとした経産省に対して、東電側が反発した。この時は、その後に原発のトラブル隠しが発覚して東電の経営陣が入れ替わり、電事連会長も核燃料サイクル推進派の藤洋作・関電社長に交代したため、再処理工場の廃止は免れた。2003年夏にも、電力会社の幹部と資源エネルギー庁の間で話し合いがもたれ、東電は再度、経産省に再処理事業の中止を申し入れた。だが、当時の経産相の平沼赳夫とその後継の中川昭一（2003年9月22日に交代）は、核開発の潜在能力を担保するために核燃料サイクルを維持することを持論としていたため、その申し入れは拒否された<sup>78)</sup>。

福島第一原発事故発生から5年後の2016年、政府は再処理事業を安定的基盤にのせるための施策を打ち出した。同年5月11日、日本の国会は「原子力発電における使用済み燃料の再処理などの実施に関する法律」を可決し、同年10月1日に施行した。この法律は、2005年に

発行された「原子力発電における使用済み燃料の再処理等のための積立金の積立て及び管理に関する法律」が改正されたものであり、略称として「再処理等拠出金法」とも呼ばれる。この法律の主な目的は、同年4月に電力市場が完全に自由化された後、仮に原子力にかかわる電力会社が競争に敗れて破産したとしても、再処理とMOX燃料の製造のための継続的な資金供与を保証することである<sup>79)</sup>。原発を扱う各電力会社は、以前は再処理の費用を自前で積み立てていた。だが現在では、この法律に従って2016年10月に設立された「使用済み燃料再処理機構」(NURO)に対して、使用済み燃料を再処理するための経費を支払う義務がある<sup>80)</sup>。政府は、電力会社による原子炉建設許可の申請に際して、電力会社が使用済み燃料の処分方法として「再処理」を選択したため、この義務があると主張するが、政府の再処理政策のせいで、電力会社には事実上、他の選択肢はなかった<sup>81)</sup>。いずれにしても、その費用を最終的に負担するのは、電気代を支払う国民である。この法律は、将来のプルトニウム消費計画に関係なく電力会社のプルトニウム分離の継続を強制するため、日本の「プルトニウム余剰ゼロ」政策の実施にとっては何の効力もない<sup>82)</sup>。

NUROの設立により、核燃料サイクル事業全体がリスクヘッジをとった形となったわけだが、その制度設計においては第二再処理、すなわちプルサーマル発電によって生じる使用済みMOX燃料の再処理も射程に置いている。六ヶ所再処理工場は、低濃縮ウランの使用済み燃料は再処理できるが、使用済みMOX燃料の再処理についてはできない設計になっている。使用済みMOX燃料の再処理を担う第二再処理工場の建設・稼働は、仮に実現しても恐らく何十年も先になるであろうが、そのための拠出金が再処理機構を通じて準備されつつあるのである<sup>83)</sup>。この第二再処理工場を建設するという想定は、2006年に経産省資源エネルギー庁によって策定された「原子力立国計画」において既に登場していた。当時は六ヶ所再処理工場の運転終了を2045年と想定し、その終了時に、通常の軽水炉使用済み燃料に加えて、高速増殖炉の使用済み燃料とプルサーマルMOX使用済み燃料を再処理することを前提としていた<sup>84)</sup>。

使用済みMOX燃料は、再処理しないのであれば最終処分場に送られることになる。その場合、必要な処分場の大きさを決めるのは廃棄物の量ではなく、発生する熱の量である。原子炉から排出された後の最初の50年から300年の間、使用済みMOX燃料が発する熱量は、使用済み低濃縮ウラン燃料の3倍から5倍になる。使用済みMOX燃料の毒性も、使用済み低濃縮ウラン燃料よりもはるかに強い。始めからMOX燃料を使わなければ使用済みMOX燃料は生じないため、そうした劣化を懸念する必要はない。だが、MOX燃料を使用しつつ毒性低減と減容化を目指す場合は、使用済みMOX燃料のための特別な再処理施設と、そこで分離されたプルトニウムを消費するための多数の高速炉の利用が不可欠である。また、マイナーアクチノイド<sup>85)</sup>の分離によるさらなる毒性の低減は、マイナーアクチノイドを分離できる特別な再処理施設、そしてそれらを燃料に追加できる燃料製造施設、および燃料を燃焼させる高速炉を前

提としている<sup>86)</sup>。したがって、第二再処理施設の利用可能性も、高速炉の実現が前提とされており、その見通しが立たないことがここでもネックとなる。

中長期的に高速炉と第二再処理施設の実現が不透明ななか、現在、六ヶ所再処理工場の燃料プールは、事実上、使用済み核燃料と高レベル核廃棄物の中間貯蔵に関する日本の中心的な施設となっている。再処理を名目としてこれまで全国の原子力発電所から六ヶ所再処理工場の原材料プール（容量 3,000 トン）に集められてきた使用済み核燃料の累計は、2018 年 8 月時点で、BWR 使用済燃料 9,829 体（約 1,703 トン）および PWR 使用済燃料 3,942 体（約 1,690 トン）の計 13,771 体（約 3,393 トン）である。そのうち 425 トンをアクティブ試験によって再処理したため、燃料プールには 2,968 トン保管されており、あと 32 トンでいっぱいとなる<sup>87)</sup>。六ヶ所再処理工場が本格稼働する場合、分離された物質の貯蔵庫のニーズは急速に増加することが見込まれる。

## 4. 乾式中間貯蔵の可能性

### 4-1. 青森県むつ市の乾式中間貯蔵施設

再処理を名目として使用済み核燃料を六ヶ所村に集積する以外の保管方法として、乾式中間貯蔵庫への保管がこれまで議論されてきた。1990 年代に使用済み燃料貯蔵スペースの不足に初めて直面した日本の原発事業者は、乾式キャスク貯蔵庫、リラッキング（使用済み燃料プール内で燃料棒集合体を互いに接近させて配置する方法）、1つの敷地で2つ以上の原子炉用の既存の貯蔵プールを共同で使用する手法、新しいジョイントプールの構築など、さまざまな中間貯蔵ソリューションを試した。その結果、乾式キャスク貯蔵庫が選ばれ、東京電力福島第一原子力発電所において日本で初めて乾式貯蔵施設が設置された（1995 年 8 月完成）<sup>88)</sup>。また 2001 年には、茨城県東海村の東海第二原子力発電所において 2 番目の乾式貯蔵施設が建設された<sup>89)</sup>。

わが国では、追加生産の投資を行わずとも、年間約 100 基の炭素鋼キャスクを製造でき、同じく年間約 100 基を海外から調達できる。200 基のキャスクには約 2,000 トンの使用済み燃料を収容できる。これは、わが国のすべての原子炉が稼働した場合の発電用原子炉からの年間排出量の約 3 倍に相当する<sup>90)</sup>。現に、福島第一原発事故後に九州電力玄海原発が再稼働されれば 3 年で使用済み核燃料プールが一杯になるとの経産省による見通しから、5,000 トンの使用済み核燃料を貯蔵可能な中間貯蔵施設が 5、6 施設必要になるという議論がされたこともあった<sup>91)</sup>。にもかかわらずこれまで日本に確たる使用済み核燃料の中間貯蔵政策がなかったのは、日本が再処理を基本政策としていたことによる。原子炉敷地における使用済み燃料の過度な集積に対する反応は常にアドホックであり、その結果、使用済み核燃料は日本の原発構内の燃料

プールに蓄積されてきた<sup>92)</sup>。皮肉にも、この蓄積の進度を抑えたのは、日本中の原発をストップさせた福島第一原発事故だったのである。

東海第二原発の次に建設されたのは、青森県むつ市の中間貯蔵庫である。その施設は、原子炉プールから離れたところに配置する日本で最初の「オフサイト」乾式キャスク中間貯蔵施設として1998年に許可され、それに伴って、中間貯蔵施設を管理する「リサイクル燃料貯蔵株式会社」が2005年11月に設立された<sup>93)</sup>。むつ施設は2010年に建設が開始され、建設費約1,000億円をかけて、金属キャスク288本（核燃料約3,000トン）を貯蔵可能な建屋が2013年8月に完成した<sup>94)</sup>。オフサイトの中間貯蔵施設を建設するという着想は、六ヶ所再処理工場の運用を行うという仮定に基いたものである。六ヶ所の再処理能力を超える量のみが中間貯蔵施設に保管され、後に作られる第二再処理工場で再処理されるという長期展望であった<sup>95) 96)</sup>。したがって、むつ施設は、保管される燃料は最終的に再処理されるという前提のもと、まず3,000トンの使用済み核燃料を貯蔵し、その後2つ目の建屋を建設後に5,000トンの使用済み燃料を貯蔵するよう計画された<sup>97)</sup>。さらに、高レベル廃棄物の最終処分場を持たないまま再処理を進める場合、再処理後に生じる高レベル廃棄物もあわせて中間貯蔵される必要が出てくる<sup>98)</sup>。

当初、むつ施設は2010年に運用を開始する予定であった。2010年頃の全国における年間の使用済み燃料排出量を1,200トンとし、六ヶ所再処理工場で計画通り年間800トンの使用済み核燃料を再処理すると仮定した場合、毎年400トンの使用済み燃料（一部使用済みMOX燃料を含む）が余り、それらが中間貯蔵に回される算段であった。当時、2050年の高速増殖炉への移行が計画されていたため、それまでの40年間に蓄積する使用済み燃料の総量は、高速増殖炉での利用に必要な備蓄量と概ね合致するという計算であった<sup>99)</sup>。しかし、六ヶ所再処理工場は度重なる完成の延期により2010年以後もずっと稼働していない。このため、六ヶ所再処理施設を主管する青森県は、工場が商業運転を開始するまで、同じく同県が主管するむつ施設での使用済み燃料の貯蔵を許可しないと表明している<sup>100)</sup>。その結果、オフサイト貯蔵のための出荷が遅れており、電力会社は、当初の設計よりも多くの使用済み燃料を原子力発電所内の燃料プールに詰め込んでいる<sup>101)</sup>。

#### 4-2. オンサイトによる乾式中間貯蔵の可能性

オフサイトの中間貯蔵施設は、オンサイトのそれと比べてより長期的貯蔵の性格が強い。このため、それを受け入れる自治体は、中間貯蔵が永続的になる（すなわち、将来、そこに最終処分場が作られる）可能性を恐れるのも無理はない。青森県のほかに、2004年、関西電力会社の3つの原子力発電所を主管する福井県の3つの町の町長が、オフサイトの中間燃料貯蔵施設の受け入れの検討を行う意欲を表明した。しかし、当時の福井県知事は受け入れを拒否した<sup>102)</sup>。

しかしながら、オンサイトの乾式キャスク貯蔵施設については、近年、いくつかの地方自治体から支持を取り付けている。ほかの原発施設に先駆けて既存の建屋に乾式キャスクを導入した福島第一原発では、2011年3月の事故により、使用済み核燃料プールの脆弱性と乾式貯蔵庫の堅牢性が明白に浮き彫りになった。海岸に面した乾式貯蔵建屋は津波で損壊したが、408本の使用済み燃料棒を含む9つの乾式キャスクはすべて無事だったのである<sup>103)</sup>。これに対し、1,331体の使用済み燃料集合体が密集していた福島第一原子力発電所4号機の使用済み燃料プールでは、津波の侵入による建屋の破壊と冷却水の喪失により、壊滅的な火災と放射能漏れが発生する可能性があった<sup>104)</sup>。この違いは、使用済み燃料プールとは異なり、キャスクには故障する可能性のある動力付き冷却システムがないことによる。キャスク内部の燃料からの放射性崩壊熱は表面に伝導され、受動的な空気対流によって除去されるのである<sup>105)</sup>。アメリカ原子力規制委員会(NRC)は、原子力事業者が、冷却プール内に残っている使用済み燃料を乾式キャスク貯蔵庫に移すことによってプール内の直近5年間の放出分まで減らしていた場合、使用済み燃料プールの火災によるセシウム137の放出は、実際の福島での放出量の約100分の1に匹敵するレベルまで減らすことができると推定した<sup>106)</sup>。

福島第一原発事故での経験を踏まえ、2013年3月5日と10月31日に、静岡県知事(当時)の川勝平太は、オンサイトの乾式キャスク中間貯蔵の建設が、浜岡原子力発電所の3つの原子炉の再稼働のための安全要件であると述べた<sup>107)</sup>。また、当時、日本の原子力規制委員会委員長であった田中俊一は、プールの貯蔵よりもはるかに安全であると主張して、乾式キャスク貯蔵施設の迅速な導入を促した。さらに、2016年10月、政府は、乾式キャスク貯蔵庫に関する規制を合理化してプロセスを加速させる構想を発表した<sup>108)</sup>。その結果、現在では伊方発電所、玄海原子力発電所、浜岡原子力発電所、および福島第二原子力発電所が乾式中間貯蔵施設の新たな設置を計画している<sup>109)</sup>。乾式キャスクをオンサイトで使用する場合、日本の原子力発電所の使用済み燃料プールがいっぱいになって発電所自体が閉鎖されるという可能性は減少する。安全上の理由によりオンサイトの乾式キャスク貯蔵施設の設置を検討する原発受容コミュニティの意欲が高まっている状況は、人々が原発に頼ることを選択する限り、原子力発電所の閉鎖を心配することなく、六ヶ所再処理工場の運用を中止できることを示唆している<sup>110)</sup>。

仮に将来、六ヶ所再処理施設を運営しないという決定が下された場合、安全に運営されていると原子力規制当局が判断した原発を主管する県と自治体は、一つの選択に直面する。プール貯蔵よりも安全性の高いオンサイトの乾式キャスク貯蔵を受け入れるか、それともそれを拒み、使用済み燃料プールが一杯になったときに、発電を止めて原子力発電所を主管することによる税金やその他の経済的利益を失うことを受容するかのどちらかである。原子力施設を主管する自治体は、これらの施設からの経済的利益に依存しており、固定資産税からの収入は、平均的な日本の自治体の1人当たりの約2倍である。中央政府および電力会社からの原子力関連の助

成金と拠出はさらに高くなる<sup>111)</sup>。原子力発電所の閉鎖は、これらの経済的利益の損失を意味する。他方、オンサイトの乾式キャスク貯蔵を選択する場合、原子力発電所を主管する県は、青森県のむつ施設について計画されているように、乾式キャスクに保管される大量の使用済み燃料に課される特別税から収益を上げて、その収益を地域社会と共有することができる。また、プルサーマル発電のための MOX 燃料の使用が予定されている原発を主管する自治体については、そのために与えられる補助金を、現場での乾式キャスク貯蔵施設を奨励する目的に転用することも可能である。安全で大きなオンサイト貯蔵施設の利用を受け入れることにより、原発を受け入れる地域社会はプルトニウムの分離と核燃料リサイクルに関連するすべてのコストと危険を不要にすることができる。ただし、わが国では、原子力発電事業者が、原子力発電所敷地内で乾式キャスク貯蔵施設を含む新しい施設を建設することへの同意を政府に要求する「紳士協定」を県や地方自治体と結んでいる。このため、政府が事業者にオンサイトでの乾式キャスク貯蔵施設の設置を命じることはできない。この点で、わが国はアメリカや他の諸国とは異なる<sup>112)</sup>。

また、青森県も、仮に再処理政策が廃止される場合、原発を主管する他県から、オンサイト中間貯蔵施設を通じて六ヶ所村にある使用済み核燃料を引き取るといわれたら、経済的に困るには違いない。日本原燃は青森県の最大の企業であり、2022年4月1日現在、1,942人の青森県の居住者を直接雇用している<sup>113)</sup>。六ヶ所再処理工場の本格運用の開始が遅れたため、青森県は1991年から再処理するために持ち込まれた使用済み燃料の量に応じて「核燃料税」を課していたが、2006年からは保管されている燃料の量に応じて課すようになった。さらに2012年4月には、低レベルおよび高レベルの廃棄物を保管するための税の割合を増やした<sup>114)</sup>。青森県に移入・保管された使用済み燃料に対して日本原燃が県に納付する税金は、県の「核燃料税」の大部分を占めており、2022年度（会計年度）におけるその額は192.6億円に上った<sup>115)</sup>。日本原燃からの固定資産税と原子力産業からの拠出金に対して、六ヶ所村が受け取る多額の中央政府助成金（2021年度で約38.6億円）を加えた合計は、村の歳入（約162.4億）の1/4近くを占めている<sup>116)</sup>。

再処理から貯蔵へのこの課税シフトは、六ヶ所再処理工場が機能しない間も、使用済み燃料のむつ施設への移送を拒否して工場の燃料プール内の使用済み燃料を排出元の発電所へ返却するということをしない限り、青森県を課税ベースの損失から保護することとなる<sup>117)</sup>。保管している使用済み燃料がなくなれば、そうした核燃料税は入らなくなる。このことは、日本の原子力産業と青森県との依存関係が相互的であることを示しており、わが国が再処理を含む核燃料サイクル政策をやめられない理由の核心の一つであるといえる。

## 5. おわりに

わが国の再処理政策は、政府が民間の電力会社に半ば押し付ける形で進められてきた。電力会社のほうは、計画段階から、再処理を介して生み出される核廃棄物の問題を深刻に捉えていた。このため、国内で本格的な再処理を実施するために六ヶ所再処理施設の建設が始まった1990年代においても、使用済み核燃料をすべて再処理するのではなく、一定程度、中間貯蔵していくことを望んでいた。2000年代前半には、再処理計画の中止を政府に申し出たこともあった。これに対し、高速（増殖）炉を用いた核燃料サイクルの運用にこだわり続けてきた政府は、東電側に自己都合で再処理をやめることを言わせようとした一時期を除き、使用済み燃料の全量再処理に固執してきた。高速増殖炉によるエネルギー自給の夢が潰え、妥協的な代替策として案出された、廃棄物減容の目的に特化した高速炉の実現がいつこうに見通せないなか、再処理を行って余剰プルトニウムを生み出し、大間原発やプルサーマルによってそれを燃焼していくことの合理性はない。国民が莫大なコストを払ってわざわざ不要で危険なごみを出し、軽水炉を使ってその始末をするということだからである。

こうした不合理な政策を政府がやめられない理由として、再処理を名目として全国の原子力発電所から使用済み核燃料を受け入れてくれてきた青森県と六ヶ所村に対する「負い目」が大きく作用していると思われる。本稿では、政府が原発の再稼働と建て替えを通じて軽水炉発電を再活性化しようとしているなか、今後いっそう重要性を増す使用済み核燃料の中間貯蔵の方策として、乾式キャスク貯蔵の可能性を論じた。乾式キャスクによる中間貯蔵の安全性は高く評価されており、政府の施策を通じてオンサイトによる施設配備が目下進められていることは望ましいことである。だが長い目で見れば、それも一時しのぎの処方箋に過ぎない。将来、高速炉の利用が実現しない可能性も見据え、今後は再処理政策の廃止と六ヶ所村付近の産業の多角化も視野に入れながら、核廃棄物の中間貯蔵と最終処分の政策を進めていくべきであろう<sup>118)</sup>。

### 注

1) Takubo (2017) pp.186。

2) 簾智 (2016)。

3) Takubo (2017) pp.185。

4) 朝日新聞 (2022)。

5) Terra Power (2022)。

6) Nippon Data (2022)。

7) 2022年12月16日、経産省は、稼働後60年を経過した原子炉も継続利用を可能とし、また廃炉が決

定された原子炉の次世代革新炉への建て替え（リプレース）を可能とする新方針を関係審議会に諮り、大枠で了承された（ロイター 2022）。

- 8) 上川 (2018) pp.52-53。
- 9) Takubo (2008) pp.78-79。
- 10) Berkhout, Suzuki, and Walker (1990) pp.526-527。
- 11) 中野 (2021) pp.17。
- 12) 上川 (2018) pp.89。
- 13) 中野 (2021) pp.17。
- 14) Katsuta and Suzuki (2011) pp.6827。
- 15) Takubo (2008) pp.78-79。
- 16) Takubo (2008) pp.80。
- 17) Pickett (2002) pp.1344。
- 18) 「MOX」とは「ウラン・プルトニウム混合酸化物」を指す。Mixed Oxideの頭辞語である。具体的にMOX燃料とは、再処理によって取り出された二酸化プルトニウム ( $\text{PuO}_2$ ) と二酸化ウラン ( $\text{UO}_2$ ) を混ぜてプルトニウム濃度を4-9%に高めた核燃料である（日本原燃 n.d.）。
- 19) 原子力資料情報室 (2022)。
- 20) Katsuta and Suzuki (2011) pp.6827。
- 21) 上川 (2018) pp.115。
- 22) 同上。
- 23) 和嶋・川島・山下 (1996) pp.133。
- 24) 当時、高速増殖炉実験炉の「常陽」と新型転換原型炉の「ふげん」の2基が国内でプルトニウムを利用していた（上川 2018, pp.116）。
- 25) 上川 (2018) pp.115-116。
- 26) 上川 (2018) pp.51。
- 27) 上川 (2018) pp.53。
- 28) 上川 (2018) pp.116。
- 29) JAEA (2022)。
- 30) JAEA (2003)。
- 31) 野村 (2015) pp.184。
- 32) 上川 (2018) pp.120。
- 33) 稲沢・三浦 (2014) pp.123。
- 34) 上川 (2018) pp.120。
- 35) 可部 (2020) pp.1。
- 36) 稲沢・三浦 (2014) pp.122。
- 37) Takubo and Von Hippel (2018) pp.290。
- 38) 稲沢・三浦 (2014) pp.9。
- 39) 稲沢・三浦 (2014) pp.122。
- 40) 佐知ら (2021) pp.145。
- 41) 野村 (2015) pp.168。
- 42) 野村 (2015) pp.157。

- 43) 稲沢・三浦 (2014) pp.123。
- 44) 野村 (2015) pp.129。
- 45) 野村 (2015) pp.117。
- 46) NHK News Web (2022a)。
- 47) Berkhout et al. (1990) pp.531–532。
- 48) 稲沢・三浦 (2014) pp.123。
- 49) 佐知ら (2021) pp.54。
- 50) 沸騰水型軽水炉 (BWR) の敦賀発電所 1 号機では 1990 年 2 月まで 2 体, 加圧水型軽水炉 (PWR) の関電美浜発電所 1 号機では 1991 年 12 月まで 4 体の MOX 燃料が使用された (電気事業連合会 2023)。
- 51) 1991 年 8 月の計画では 1990 年代末までに 4 基, 2010 年頃までに 12 基でプルサーマルを実施するという計画だった。その後, 1994 年 4 月に発表された原子力開発利用長期計画では, 2000 年頃に 10 基程度, 2010 年頃までに 10 数基程度とされた (上川 2018, pp.124)。
- 52) 文部科学省 (2015) pp.3。
- 53) 上川 (2018) pp.120–121。
- 54) 文部科学省 (2015) pp.1。
- 55) Takubo (2017) pp.182。
- 56) 3 名の知事とは, 佐藤栄佐久・福島県知事, 栗田幸雄・福井県知事, 平山征夫・新潟県知事 (当時) である (上川 2018, pp.123)。
- 57) 上川 (2018) pp.123–125。
- 58) これまで実際に稼働したプルサーマル基は, 福島第一原発事故後に再稼働した 9 基のうち, 関西電力高浜発電所の 2 基 (3 号機, 4 号機), 四国電力伊方発電所の 1 基 (3 号機), 九州電力玄海原子力発電所の 1 基 (3 号機) の計 4 基である。2020 年 12 月, 電事連は「新たなプルサーマル計画について」という文書を公表した。そのなかで, プルサーマル基を 16~18 基導入するというそれまでの方針を改め, 2030 年度までに現在 4 基あるプルサーマル基を 12 基以上に増やすという目標を掲げた (Sustainable Japan 2020)。
- 59) 鎌仲 (2009) pp.54。
- 60) Högselius (2009) pp.258。
- 61) 日本輸出入銀行は, 1999 年, 海外経済協力基金とともに「国際協力銀行」に統合された。
- 62) Takubo (2008) pp.79–80。
- 63) 平野 (2022) pp.1–2。
- 64) Takubo (2008) pp.79–80。
- 65) 船橋・長谷川 (2012) pp.33–36。
- 66) 船橋 (2012) pp.152。
- 67) 鎌仲 (2009) pp.54。
- 68) 試験当時, 2012 年 10 月竣工に向けて, それまでアクティブ試験を継続していく予定であった。だが, 試験の途中で, ガラス溶融炉に技術的な問題が生じたり, 天井レンガの損傷・落下等が見られた結果, 試験は中断された (若山 2011, pp.32)。
- 69) ふくしまミエルカ PROJECT (2022)。
- 70) 直近では 2022 年上期に竣工する予定であったが, 2024 年上期に延期された (NHK News Web 2022b)。

- 71) NHK News Web (2022b)。
- 72) Takubo and Von Hippel (2013) pp.5。
- 73) 上川 (2018) pp.143。
- 74) 内閣府 (2012)。
- 75) 上川 (2018) pp.143。
- 76) Takubo (2008) pp.78。
- 77) Von Hippel (2001) pp.2398。
- 78) 上川 (2018) pp.144–145。
- 79) Suzuki and Takubo (2016)。
- 80) 資源エネルギー庁 (2018)。
- 81) Takubo (2017) pp.184。
- 82) Suzuki and Takubo (2016)。
- 83) 佐知ら (2021) pp.57。
- 84) 資源エネルギー庁 (2006) pp.11。
- 85) マイナーアクチノイドとは、アクチノイドのなかでウランより原子番号が大きいもののうち、プルトニウムを除いた計 10 種類の元素を指す。
- 86) Takubo (2017) pp.185。
- 87) 田中 (2019) pp.32。
- 88) Takubo (2008) pp.76。
- 89) 電気事業連合会 (2019) pp.2。
- 90) Takubo and Von Hippel (2013) pp.22。
- 91) 河野 (2012) pp.56。
- 92) Macfarlane (2011) pp.1226。
- 93) Katsuta and Suzuki (2011) pp.6830。
- 94) J-CAST ニュース (2013)。
- 95) Takubo (2008) pp.88。
- 96) 現にむつ中間貯蔵施設の建設は、第二再処理工場の建設計画への発端ともなった。2005 年 10 月 19 日にむつ中間貯蔵施設の契約に署名する直前に、当時の青森県知事の三村申吾は、第二再処理工場の建設に関する関係閣僚から得られた保証を、施設の契約に同意する理由のひとつとして引用し、こう述べた。「すべての使用済み燃料の再処理が中間貯蔵プログラムの前提であることが非常に重要です。したがって、使用済み燃料のむつ市における保管は永遠のものであってはなりません。」(Takubo 2008, pp.88)
- 97) Takubo and Von Hippel (2013) pp.16。
- 98) Takubo (2008) pp.88。
- 99) 河田 (2012) pp.240。
- 100) Von Hippel and MacKerron (2015) pp.16。
- 101) Takubo and Von Hippel (2013) pp.3。
- 102) Takubo and Von Hippel (2013) pp.23。
- 103) Takubo (2017) pp.184。
- 104) 実際には、通常は水で満たされていない原子炉ウェルから核燃料プールに水が偶発的に漏れた結果、

- プールの水は、燃料が露出して発火するレベルまで沸騰しなかった (Takubo and Von Hippel 2018, pp.295)。
- 105) Takubo and Von Hippel (2013) pp.21。
- 106) Takubo and Von Hippel (2018) pp.295。
- 107) Takubo and Von Hippel (2013) pp.23。
- 108) Takubo (2017) pp.184。
- 109) 資源エネルギー庁 (2019)。
- 110) Takubo and Von Hippel (2018) pp.297–298。
- 111) 全国市民オンブズマン連絡会議 (2011) pp.23。
- 112) Takubo and Von Hippel (2013) pp.23。
- 113) 日本原燃 (2022)。
- 114) Takubo and Von Hippel (2013) pp.29。
- 115) Web 東奥 (2022)。
- 116) 六ヶ所村 (2021)。
- 117) Takubo and Von Hippel (2013) pp.29–30。
- 118) 六ヶ所村付近の産業の多角化については、フランスで最大の再処理工場とフラマンビル原発のあるラアグの事例が参考になる。ラアグ周辺は、ここ 10 年あまりで洋上風力ブレードの生産や観光による産業の多角化が進んだ。原発のみに頼る単一経済ではなくなった背景のもと、2022 年 6 月、約 800 人のラアグ住民が原発敷地内の核燃料プールの増設に反対する抗議デモを行っている (浅川・宮川 2023)。六ヶ所村の場合、再処理事業をやめ、軽水炉イノベーション開発の拠点として再編していくことも考えられる。

## 参考文献

[邦文]

- 浅川大樹, 宮川裕章 (2023). 「行き詰まる核燃サイクル 原発大国フランスの悲鳴」毎日新聞 2011 年 1 月 6 日 <https://mainichi.jp/articles/20230105/k00/00m/020/246000c> (閲覧日: 2022 年 1 月 7 日).
- 朝日新聞 (2022). 「(社説) 高速炉協力 現実を見た議論が先だ」2022 年 1 月 28 日 <https://www.asahi.com/articles/DA3S15186522.html> (閲覧日: 2022 年 1 月 28 日).
- 稲沢潤子, 三浦協子 (2014). 『大間・新原発を止めろ』東京, 大月書店.
- Web 東奥 (2022). 「核燃税収 192 億円 青森県が全国突出」2022 年 5 月 3 日 <https://www.toonippo.co.jp/articles/-/1037454> (閲覧日: 2023 年 1 月 2 日).
- NHK News Web (2022a). 「大間原発の安全対策工事延期 電源開発が大間町に伝える」2022 年 9 月 9 日 <https://www3.nhk.or.jp/lnews/aomori/20220909/6080017407.html> (閲覧日: 2023 年 1 月 5 日).
- NHK News Web (2022b). 「六ヶ所村の再処理工場 完成目標時期を 2024 年度上期へ」2022 年 12 月 21 日 <https://www3.nhk.or.jp/lnews/aomori/20221221/6080018311.html> (閲覧日: 2023 年 1 月 10 日).
- 可部歩人 (2020). 「国策に飲み込まれた大間町 世界初のフルMOX原子力発電所」*ND Policy Brief*, 7 (2), 1–4. [https://www.nd-initiative.org/wordpress/wp-content/uploads/2020/11/ND-PolicyBrief\\_vol7.pdf](https://www.nd-initiative.org/wordpress/wp-content/uploads/2020/11/ND-PolicyBrief_vol7.pdf) (閲覧日: 2021 年 6 月 25 日).
- 鎌仲ひとみ (2009). 「核燃料サイクルの何が問題か」『都市問題』100(11), 51–59. [https://www.timr.or.jp/shinsai/docs/21\\_kamanaka\\_toshimondai0911.pdf](https://www.timr.or.jp/shinsai/docs/21_kamanaka_toshimondai0911.pdf) (閲覧日: 2021 年 4 月 27 日).

わが国における使用済み核燃料再処理および中間貯蔵政策の展開（雨河）

- 上川龍之進（2018）.『電力と政治（上）』東京，勁草書房．
- 河田東海夫（2012）.「日本の核燃料サイクル その意味と歴史的重み」『日本原子力学会誌』54(4)，235-242.
- 原子力資料情報室（2022）.「英仏に保管されている日本のプルトニウムの保障措置状況」 <https://cnic.jp/41491>（閲覧日：2023年1月3日）.
- 河野太郎（2012）.「わが国の核燃料サイクルの問題」『日本原子力学会誌』54(5)，52-55.
- Sustainable Japan（2020）.「電事連，原発プルサーマル基を「2030年までに12基」という新計画。中間貯留・再処理という難題も」2020年12月20日 <https://sustainablejapan.jp/2020/12/20/mox-fuel-japan/571>（閲覧日：2023年1月8日）.
- 佐知悦郎，佐多務，田中治邦，福田龍，堀内知英，澤田哲生（2021）.「座談会 核燃料サイクルのリアリティ」『日本原子力学会誌』63（2），141-151.
- JAEA（2022）.「プルトニウム利用実績」 <https://www.jaea.go.jp/04/fugen/about/dbase/plutonium/>（閲覧日：2023年1月5日）.
- JAEA（2003）.「新型転換炉実証計画」 [https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat\\_detail\\_03-02-06-02.html](https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_03-02-06-02.html)（閲覧日：2023年1月5日）.
- J-CAST ニュース（2013）.「使用済み核燃料の初の中間貯蔵施設が完成 原発の先行き不透明で「宝の持ち腐れ」？」 <https://www.j-cast.com/2013/09/11182934.html>（閲覧日：2023年2月7日）.
- 資源エネルギー庁（2019）.「使用済みの核燃料を陸上で安全に保管する「乾式貯蔵」とは？」 [https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyokanshiki\\_tyoizou.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyokanshiki_tyoizou.html)（閲覧日：2023年1月20日）.
- 資源エネルギー庁（2018）.「資源エネルギー庁がお答えします！核燃料サイクルについてよくある3つの質問」 [https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoka\\_kakucycle.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoka_kakucycle.html)（閲覧日：2021年12月10日）.
- 資源エネルギー庁（2006）.「原子力立国計画」 <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2006/siryo33/siryol3.pdf>（閲覧日：2022年10月8日）.
- 全国市民オンブズマン連絡会議（2011）.「原発利益誘導によってゆがめられた地方財政」 <https://www.ombudsman.jp/nuclear/yugami.pdf>（閲覧日：2023年2月6日）.
- 田中治邦（2019）.「六ヶ所再処理工場の現状と課題」『日本原子力学会誌』61(1)，30-34.
- 電気事業連合会（2023）.「プルサーマルの実績」 <https://www.fepc.or.jp/nuclear/cycle/pluthermal/jisseki/index.html>（閲覧日：2023年1月7日）.
- 電気事業連合会（2019）.「再処理まで使用済燃料を安全に貯蔵 東海第二発電所 乾式貯蔵施設」 *Enelog*，39，pp.2. [https://www.fepc.or.jp/enelog/cover/vol\\_39.htm](https://www.fepc.or.jp/enelog/cover/vol_39.htm)（閲覧日：2023年1月19日）.
- 内閣府（2012）.「使用済燃料の返送リスクについて（改訂版）」 <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/tyoki/hatukaku/siryo/siryol5/siryol-5.pdf>（閲覧日：2023年1月22日）.
- 中野尚政（2022）.「東海再処理施設と環境中のヨウ素 -129」 *Japanese Journal of Health Physics*，56(1)，17-25.
- 日本原燃（2022）.「会社概要」 <https://www.jnfl.co.jp/ja/company/about/>（閲覧日：2022年1月2日）.
- 日本原燃（n.d.）.「MOX燃料加工事業の概要」 <https://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/mox/summary/>（閲覧日：2023年1月16日）.
- Nippon Data（2022）.「日本の原子力発電所マップ 2022年版」 <https://www.nippon.com/ja/japan-data/h01365/>（閲覧日：2022年1月21日）.

野村保子 (2015). 『大間原発と日本の未来』札幌市, 寿郎社.

旗智広太 (2016). 「22年で稼働はたった250日。廃炉される「もんじゅ」に投じられた金額に衝撃」  
BuzzFeed News, 2016年12月21日 <https://www.buzzfeed.com/jp/kotahatachi/shin-monju-2> (閲覧日: 2022年9月3日).

平野あつき (2022). 「破綻したイギリスの核燃料サイクル セラフィールド再処理工場の終焉と六ヶ所再処理工場の行方」*ND Policy Brief*, 9, 1-3 <https://www.nd-initiative.org/wordpress/wp-content/uploads/2022/04/1efaa9ad921df6d521f314f95abb28a9.pdf> (閲覧日: 2022年10月14日).

ふくしまミエルカ PROJECT (2022). 「六ヶ所再処理工場と核燃料サイクル (2022年版)」 [https://311mieruka.jp/info/report/fuelcycle\\_2022/?gclid=CjwKCAiAk--dBhABEiwAchIwkVzRCiRBEbht7k-pbodtN1N5Owrh-HCZ3r-M2mMxpJDeFCIs92CwrRoCljsQAvD\\_BwE](https://311mieruka.jp/info/report/fuelcycle_2022/?gclid=CjwKCAiAk--dBhABEiwAchIwkVzRCiRBEbht7k-pbodtN1N5Owrh-HCZ3r-M2mMxpJDeFCIs92CwrRoCljsQAvD_BwE) (閲覧日: 2023年1月10日).

船橋晴俊 (2012). 「第四章 開発による人口・経済・財政への影響と六ヶ所村民の意識」船橋晴俊, 長谷川公一, 飯島宣子著『核燃料サイクル施設の社会学 青森県六ヶ所村』東京, 有斐閣選書, 139-170.

船橋晴俊, 長谷川公一 (2012). 「第一章 巨大開発から核燃料基地へ」船橋晴俊, 長谷川公一, 飯島宣子著『核燃料サイクル施設の社会学 青森県六ヶ所村』東京, 有斐閣選書, 19-84.

文部科学省 (2015). 「高速増殖炉「もんじゅ」の経緯と現状について」 [https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/kaihatu/019/shiryo/\\_icsFiles/afiedfile/2015/12/28/1365680\\_03.pdf](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/kaihatu/019/shiryo/_icsFiles/afiedfile/2015/12/28/1365680_03.pdf) (閲覧日: 2023年1月8日).

ロイター (2022). 「経産省, 原発活用の具体策で方針 建て替えや運転期間延長」2022年12月16日 <https://jp.reuters.com/article/japan-nuclear-idJPKBN2T00YU> (閲覧日: 2023年1月16日).

六ヶ所村 (2022). 「令和3年度決算状況」 <https://www.rokasho.jp/index.cfm/11,11113,c,html/11113/20221116-145517.pdf> (閲覧日: 2023年1月2日).

若山靖記 (2011). 「六ヶ所再処理工場の試運転の状況等について ガラス溶融炉の安定運転に向けて」『技術開発ニュース』141, 31-32. [https://www.chuden.co.jp/resource/seicho\\_kaihatu/kaihatu/kai\\_library/news/news\\_2020/news\\_141\\_N14131.pdf](https://www.chuden.co.jp/resource/seicho_kaihatu/kaihatu/kai_library/news/news_2020/news_141_N14131.pdf) (閲覧日: 2022年10月4日).

和嶋常隆, 川島克之, 山下隆 (1996). 「FBRの導入と核燃料サイクルシステムの展開」『日本原子力学会誌』38 (2), 51-60.

[英文]

Berkhout, Frans, Suzuki, Tatsujiro, and Walker, William (1990). The approaching plutonium surplus: A Japanese/European predicament. *International Affairs*, 66(3), 523-543.

Högselius, Per (2009). Spent nuclear fuel policies in historical perspective: An international comparison. *Energy Policy*, 37, 254-263.

Katsuta, Tadahiro and Suzuki, Tatsujiro (2011). Japan's spent fuel and plutonium management challenge. *Energy Policy*, 39, 6827-6841.

Macfarlane, Allison M. (2011). The overlooked back end of the nuclear fuel cycle. *Science*, 333(6047), 1225-1226.

Pickett, Susan, E. (2002). Japan's nuclear energy policy: from firm commitment to difficult dilemma addressing growing stocks of plutonium, program delays, domestic opposition and international pressure. *Energy Policy*, 30, 1337-1355.

Suzuki, Tatsujiro and Takubo, Masa (2016). Japan's new law on funding plutonium processing. IPFM

- Blog, May 26, 2016. [https://fissilematerials.org/blog/2016/05/japans\\_new\\_law\\_on\\_funding.html](https://fissilematerials.org/blog/2016/05/japans_new_law_on_funding.html) (accessed 2021-07-21).
- Takubo, Masa (2017). Closing Japan's Monju fast breeder reactor: The possible implications. *Bulletin of the Atomic Sciences*, 73(3), 182-187.
- Takubo, Masafumi (2008). Wake up, stop dreaming: Reassessing Japan's reprocessing program. *Nonproliferation Review*, 15(1), 71-94.
- Takubo, Masafumi, Von Hippel, Frank N. (2018). An alternative to the continued accumulation of separated plutonium in Japan: Dry cask storage of spent fuel. *Journal for Peace and Nuclear Disarmament*, 1(2), 281-304.
- \_\_\_\_\_. (2013). Ending processing in Japan: An alternative approach to managing Japan's spent nuclear fuel and separated plutonium. *International Panel on Fissile Materials*, Research Report, No. 12, 1-48. [http://fissilematerials.org/publications/2013/11/ending\\_reprocessing\\_in\\_japan\\_a.html](http://fissilematerials.org/publications/2013/11/ending_reprocessing_in_japan_a.html) (accessed 2021-06-21).
- Terra Power (2022). Traveling wave reactor technology: Creating scalable clean energy. <https://www.terrapower.com/our-work/traveling-wave-reactor-technology/> (accessed 2022-09-09).
- Von Hippel, Frank N. (2001). Plutonium and reprocessing of spent nuclear fuel. *Science*, 293(5539), 2397-2398.
- Von Hippel, Frank N. and MacKerron, Gordon (2015). Alternatives to MOX: Direct-disposal options for stockpiles of separated plutonium. *International Panel on Fissile Materials*, Research Report, No. 13, 1-60. <https://fissilematerials.org/library/rr13.pdf> (accessed 2021-07-21).

## The Development of Spent Nuclear Fuel Reprocessing and Interim Storage Policy in Japan

This article provides a historical review of the development of Japan's reprocessing policy and identifies measures to address the issue of plutonium accumulation associated with reprocessing. Japan's aspiration for quasi-eternal energy self-sufficiency ended with the government's decision in December 2016 to decommission Monju, the only prototype fast breeder reactor developed in Japan. Despite this, the government persists in advocating for full reprocessing of all spent nuclear fuels, envisioning active plutonium consumption through the large-scale plu-thermal system, the Ohma "full-MOX" nuclear plant, and as-yet-unbuilt commercial fast reactors focused on waste reduction. A vital reason why the government cannot withdraw from these economically and technically risky policies is its indebtedness to Aomori Prefecture and Rokkasho Village, which have accepted spent nuclear fuels from power plants nationwide in the name of reprocessing over decades.

It is argued that the use of on-site interim dry-cask storages for spent nuclear fuel should be promoted further. This would enable the Japanese public nuclear administration to store spent nuclear fuels on-site more safely, tightly control their flow to Rokkasho, and sustain or expand the use of conventional light-water reactors nationwide. However, it still remains a stopgap measure. In the long run, the abolition of the reprocessing policy and the diversification of industries in the vicinity of Rokkasho Village should be pursued for more sustainable energy security in Japan.

(AMEKAWA, Yuichiro, Associate Professor, College of International Relations, Ritsumeikan University)