

機関番号：32682

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21810027

研究課題名（和文）使用済核燃料管理 - サイト内乾式貯蔵の可能性 -

研究課題名（英文）Nuclear Spent Fuel Management: The Possibility of On-site Dry Cask Storage Introduction

研究代表者

勝田 忠広 (KATSUTA TADAHIRO)

明治大学・法学部・准教授

研究者番号：80552463

研究成果の概要（和文）：

原子力発電所の発生する使用済核燃料の管理方法として、日本は再処理による核燃料サイクルの確立を目指している。本研究ではその問題点として、余剰プルトニウム、高レベル放射性廃棄物及び MOX 燃料の管理の困難さを示し、その解決策としてサイト内乾式貯蔵の可能性について評価し、さらに導入のための政治、社会的課題について国内と海外に対して調査を行った。

研究成果の概要（英文）：

Political and technical advantages to introduce spent nuclear fuel interim storage into Japan's nuclear fuel cycle are examined. Once Rokkasho reprocessing plant starts operation, 80,000 tHM of spent Low Enriched Uranium (LEU) fuel must be stored in an Away From Reactor (AFR) interim storage site until 2100. If a succeeding reprocessing plant starts operating, the spent LEU will reach its peak of 30,000 tHM before 2050, and then will decrease until the end of the second reprocessing plant operation. On the other hand, tripled number of final disposal sites for High Level Nuclear Waste (HLW) will be necessary with this condition. If there is no reprocessing or MOX use, the amount of spent fuel will reach over 115,000 tones at the year of 2100. However, the spent fuel management could be simplified and also the cost and the security would be improved by using an interim storage primarily.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	940,000	282,000	1,222,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,940,000	582,000	2,522,000

研究分野：原子力工学・原子力政策

科研費の分科・細目：環境影響評価・環境政策

キーワード：原子力発電、使用済核燃料、再処理、プルトニウム、サイト内乾式貯蔵

1. 研究開始当初の背景

現代社会において、環境問題はもはや一個人や自治体、企業や国家だけではなく、国家をも超えた取り組みが必要といわれる。従来、

廃棄物やエネルギー、地球温暖化等の問題について多くの取り組みが行われ、一定の成果をあげている。しかし、このような環境問題特有の問題を含みながら、解決策が見いだせ

ず停滞している分野がある。それが原子力発電の発生する使用済燃料管理政策である。複雑な背景や高度な専門的知識の必要性により、ほとんどの一般の人々に重要性が知られていないが、多種多様な利害関係者によって複雑化した国内問題としてだけでなく、国際的な核拡散問題にまで発展する危険性を持っている。

原子力発電は、エネルギー資源の少ない日本において二酸化炭素を放出しないクリーンなエネルギー源として積極的に推進されている。その結果、2009年現在、55基(約4,950万キロワット)の原子力発電所によって日本全体の約30%の電力量を供給している。一方で、使用済燃料の管理処分が緊急課題となっている。使用済燃料は現在、累計で12,320トン貯蔵されているが、国内の貯蔵プールは総容量19,240トンなので、年間1,430トンが発生する場合、あと約5年で満杯となる。もしどこかに運び出すことが出来なければ、原子力発電は運転停止をしなければならない。

日本は、核燃料サイクル政策、すなわち原子力発電所で発生する使用済燃料を再処理してプルトニウムやウランを回収、再利用することを国の基本政策としている。内閣府原子力委員会によれば、プルトニウムリサイクルが完成し、ウラン資源輸入の依存度を低減してエネルギー安全保障に貢献し、さらには貯蔵場所のない使用済み燃料の量を減らすことが可能だとされている。現在、試験運転中の六ヶ所再処理工場で毎年800トンの使用済燃料を再処理して約8トンのプルトニウムを抽出し、加工工場でウラン混合酸化物(MOX)燃料を製造する計画となっている。

しかし実際は多くの問題が生じている。(1) 六ヶ所再処理工場は2005年に最終テストに入ったが、2009年5月現在も深刻な技術トラブルで停止している。強行スケジュールや組織上の問題点も指摘され、今後の具体的な再稼働時期は未定となっている。また再処理時に放出される気体や液体の放射性物質に対する近隣住民からの懸念がある。(2) 再処理工場の処理能力は800トンなので、年間発生量1,430トン全てを処理出来ない。超えた量の使用済燃料は発電所「サイト外」に新たに専用の使用済燃料乾式中間貯蔵施設を建設して50年間貯蔵する計画である。しかしわずか5,000トン用の施設が青森県に2012年に建設予定となっている以外、他の計画は迷惑施設への抵抗感から難航している。(3) 再処理の際に大量に発生する高レベル放射性廃棄物は地下300メートル以下に地層処分し、数百年程度管理するとされている。しかし処分地の公募開始2002年以降、その場所は決定していない。以上の問題は、日本特有のトップダウン型で柔軟性の低い政策上の

問題、原子力発電という巨大科学特有の問題、消費地である都会のごみ問題を地方に押しつけようとする社会問題が背景にあるといえる。

さらに(4)新しく製造されるMOX燃料の利用計画は、安全性について原子力発電所立地県から強い懸念がある。(5)プルトニウムは長崎型原爆の原料であり、本来、再処理技術は本来、核兵器製造に関する技術である。日本は既に40トン以上の分離プルトニウムをフランスと英国の委託再処理によって保有したままになっている。また現状ではウラン資源を早急に節約する資源的経済的理由もないことから、その不透明な政策に海外諸国から懸念の声があげられている。日本が再処理工場の最終テストを開始した2005年には、核拡散防止条約再検討会議において、四人のノーベル賞受賞者やベリ一元国防長官を含む米国の専門家28人もの無期限停止の日本への要請書が提出された。以上は、核廃絶を目指す政策と矛盾してしまい、不必要な国際政治上の問題を引き起こして、日本の信用度を下げる要因となっている。

2. 研究の目的

本研究では、二つの方向からのアプローチにより、使用済燃料のサイト内乾式貯蔵の適用可能性を求める：1) 定量的評価：技術・経済的課題とその解決策、2) 定性的評価：社会・政策的課題の分析と解決策。

原子力発電の使用済燃料の管理問題に関して、研究代表者は2005年から研究を行ってきた。過去の研究では、技術的、社会的見地の両面から現状の課題を分析し、政策が進まない阻害要因を考察した。また国内外の状況と比較することで、その解決策の可能性を調査した。さらに不安定な国内政策が国際情勢にも影響を与える可能性を分析した。その結果、サイト内に使用済燃料を金属容器に封入して保管する乾式貯蔵施設を建設し、中間貯蔵を中心とした管理をすることで、柔軟性の高い、経済性もある安全な使用済燃料管理政策が出来る可能性を見出した。特に最近の研究では、以下のような重要な結果を得ている。1) 技術的課題について特に問題はなく、米国では100年程度を見越した貯蔵可能性を求めている。しかし国内では再処理ありきの政策が柔軟な対応を阻害している。2) 社会的課題について、立地県が使用済燃料を受け入れないといわれていたが、実は近年、地域住民の意識が変化している。また米国ではすでに変化している。

以上のように、研究内容や手法の妥当性は確認できたものの、より精度の高い分析のために、1) 大学教員で得られるシミュレーションや文献調査等の研究環境、2) 数多くの地方自治体や政策立案者とのコンタクトが得や

すい社会的地位等の活用が必要とされていた。

3. 研究の方法

初年度は、科学的手法に基づく定量的な評価と、それを材料とした米国の主要な利害関係者へのインタビュー調査と分析からなる。恣意的な情報による誤判断を避けるためだけでなく、数多くの立場の異なる利害関係者が同じ視点から冷静な議論を行う材料を提供するために、最初に定量的評価を行う。

米国内でのインタビューは、近年のオバマ政権交代の影響が落ち着いた時期の訪米調査を行う。ヤッカマウンテン最終処分施設計画や、再処理を国際的に行うグローバルニュークリアエネルギーパートナーシップ(GNEP)の予算停止に伴うサイト内貯蔵への影響を調査した。またこの時期は2010年の核拡散防止条約再検討会議が行われるので、その動向を効果的に利用する。

次年度は、まず国内の主要な利害関係者にインタビューを行い、サイト内貯蔵の可能性を調査した。この際、前年度に得た定量的な情報、及び海外動向の情報を提示・活用し、その結果、日米の政策や利害関係者の相違点を明らかにする。特に客観的な立場の研究者でしか出来ないと思われる具体的な質問(地元がサイト内貯蔵を受け入れる条件はあるのか。あるとしたらどのようなものなのか等)を行う。

なお2010年から原子力委員会は、国の原子力政策の骨格となる『原子力政策大綱』の改訂を行うことを予定している。また再処理施設について、六ヶ所再処理工場に続く第二再処理工場の是非についての議論を行うことを予定している。研究成果はこのスケジュールを視野に入れながら、国の政策に有効的に活用されるようにする。

4. 研究成果

初年度は、国内の使用済核燃料管理政策について、科学的手法に基づく定量的な評価と、それを材料とした主要な利害関係者へのインタビュー調査及び分析を行った。さらに海外の使用済核燃料管理については、主として文献調査と、国内に滞在した海外研究者へのインタビュー調査を行った。まず再処理政策の現状と将来の課題に関する定量的分析(準備、予備試算)として、日本国内の使用済核燃料発生量の現状および2100年までの発生量、再処理の場合における分離プルトニウム発生量、高レベル放射性廃棄物発生量の導出を行い、さらに乾式貯蔵を導入したオプションを想定しコスト比較を行った。その結果、現状においては、早くとも数年以内には各発電所の使用済核燃料貯蔵プールは満杯になり、また再処理工場内の貯蔵プールもその本格

操業が遅れているために2010年度には満杯になってしまう可能性を明らかにした。続く国内の現地調査は、佐賀県にある九州電力玄海発電所の立地地域において、玄海町長、反対派団体および地域住民にインタビューを行い、地元の賛成派と反対派の両方において、乾式貯蔵を受け入れる可能性があり得ることを見つけた。さらに、米国における使用済燃料管理の現状調査(国内での予備的な調査)として文献・資料調査及び国内に滞在した海外関係者とのインタビューを行った。その結果、米国においては民主党政権への変更によりエネルギー政策や使用済核燃料政策について大きな見直しは今後2年をかけて行われることが分かった。

図1は2100年までの使用済核燃料発生量の導出に用いた原子力発電電力量の想定である。式1および表1の試算条件で発生量を求めた。

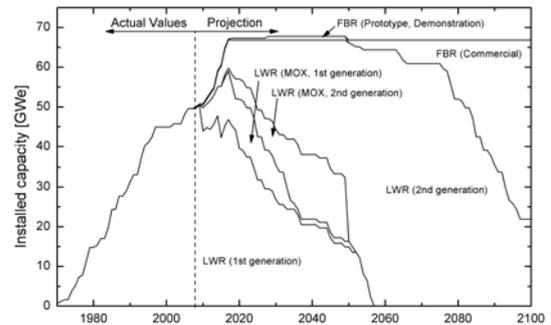


図1 Assumed installed capacity until 2100

式1 Equation for amount of spent fuel

$$\text{Mass of spent fuel[MTHM]} = \frac{\text{Installed electric capacity[GWe]} \times \text{Capacity factor} \times 365[\text{day}]}{\text{Thermal efficiency[GWe/GWth]} \times \text{Discharge burn-up[GWd/MTHM]}}$$

表1 parameters for spent fuel calculation

	PWR, BWR	APWR, ABWR	FBR*
Capacity factor [%]	80	80	80
Thermal efficiency [%]	34.5	34.5	34.5
Discharge burn-up [GWday/MTHM]	45	50	100

*Prototype, Demonstration, and Commercial FBRs

図2および図3に計算結果を示す。前者は六ヶ所再処理工場のみの場合で、後者は第二

再処理工場の操業を想定した場合である。高レベル放射性廃棄物や余剰プルトニウムが大量に発生することが分かる。

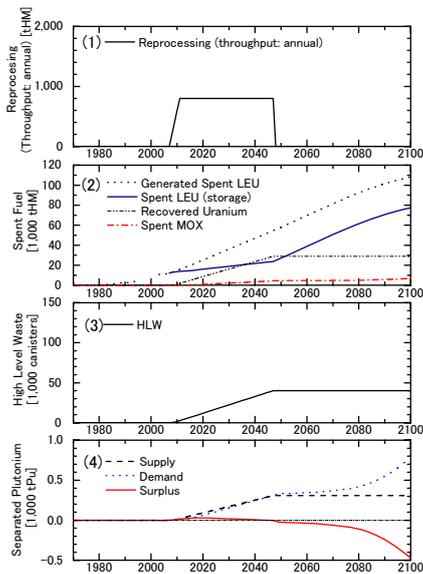


図 2 Spent Fuel, HLW and Separated Plutonium by the Rokkasho reprocessing plant operation (800 tHM/year)

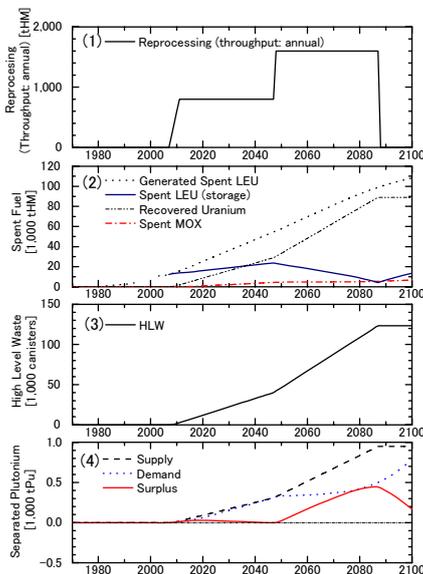


図 3 Spent Fuel, HLW and Separated Plutonium by the Rokkasho reprocessing plant operation (800 tHM/year) and succeeding plant (1,600 tHM/year)

表 2 Amount of spent fuel and HLW at 2100

	Rokkasho	Rokkasho + Second plant	No reprocessing
Reprocessing [t]			
Operation*, Waste transport and disposal by operation, Decommission	30,800	94,800	0
HLW [canisters]			
Transport	40,040	123,240	0
Disposal	40,040	123,240	0
Spent LEU fuel [t]			
Transport (Rokkasho)	30,800	94,800	0
Transport (Interim storage)	77,483	13,483	115,324
Interim storage	77,483	13,483	115,324
Spent MOX fuel [t]			
Transport	6,831	6,831	0
Interim storage	6,831	6,831	0

*Main part, Vitrified waste management, Vitrified waste storage, LLW management and storage

表 3 Backend unit cost of spent fuel and HLW

Reprocessing [million US\$/t]	Operation*, Waste transport and disposal by operation, Decommission	3.44
HLW [million US\$/canisters]	Transport	0.05
	Disposal [1]	0.64
Spent LEU fuel [million US\$/t]	Transport (Rokkasho) [2]	0.17
	Transport (Interim storage)	0.17
	Interim storage [3]	0.42
Spent MOX fuel [million US\$/t]	Transport	0.67
	Interim storage	1.68

*Main part, Vitrified waste management, Vitrified waste storage, LLW management and storage.

[1] HLW disposal: Technology development cost, Research and site acquisition cost, Design and construction cost (Ground and underground facility, Ground and underground equipment), Operation cost, Dismantling and decommissioning cost, Monitoring cost, and Project management cost.

[2] Spent LEU fuel transport: Capital cost (Construction cost, Cask cost, Dismantling and disposal cost), Operation cost (Management and repair cost, General administrative cost, Personnel cost, and Utility cost)

[3] Spent LEU fuel interim storage: Capital cost (Construction cost, Cask cost, Dismantling and disposal cost), Operation cost, Site planning and port facilities cost, Storage cask dismantling and decommissioning cost.

* In this cost assumption by the Government, different cask is used for transport and storage, and all spent LEU for interim storage will be moved to Mutsu interim storage site.

**We assumed that the spent MOX fuel transport and interim storage cost is four times compared with the cost of spent LEU.

表 4 Backend cost

Chart 14-1 Backend cost without direct disposal cost

	Rokka sho	Rokka sho + Second plant	No reprocessing
Reprocessing [billion US\$] Operation*, Waste transport and disposal by operation, Decommission	105.9	325.9	0.0
HLW [billion US\$] Transport	1.9	5.9	0.0
Disposal	25.5	78.6	0.0
Spent LEU fuel [billion US\$] Transport (Rokkasho)	5.2	15.9	0.0
Transport (Interim storage)	13.0	2.3	19.3
Interim storage	32.6	5.7	48.5
Spent MOX fuel [billion US\$] Transport	4.6	4.6	0.0
Interim storage	11.5	11.5	0.0
Total	200.1	450.2	67.8

*Main part, Vitrified waste management, Vitrified waste storage, LLW management and storage.

表 5 Backend cost with direct disposal cost

	Rokka sho	Rokkasho + Second plant	No reprocessing
Direct disposal* [billion US\$]	15.0	2.7	23.0
Total	215.1	452.9	90.8

* Direct disposal unit cost is assumed as 2 million US\$/t

表 2 から表 5 に、再処理をした場合と、それをせずに直接処分をする場合の使用済核燃料貯蔵量やそれに伴うコストを示す。図 4 は、直接処分を行った場合の使用済核燃料の管理方法について、3 つのステップに分けた管理方法を示している。図 5 はリラッキングの現状を示している。表 6 は、図 4 の結果をもとに導出した、各サイトにサイト内乾式貯

蔵施設を導入した場合の核燃料のストックとフローを試算した結果である。

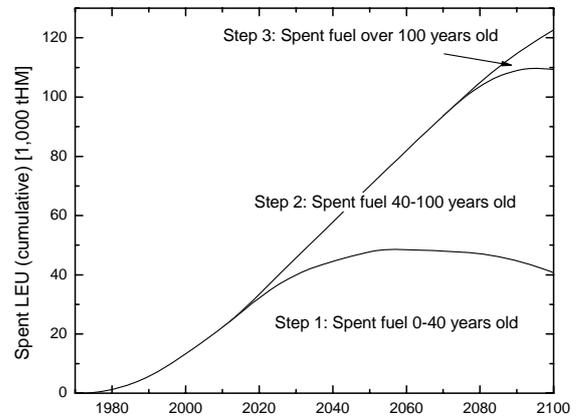


図 4 Cumulative spent LEU until 2100 without MOX use by LWRs, FBRs and Reprocessing

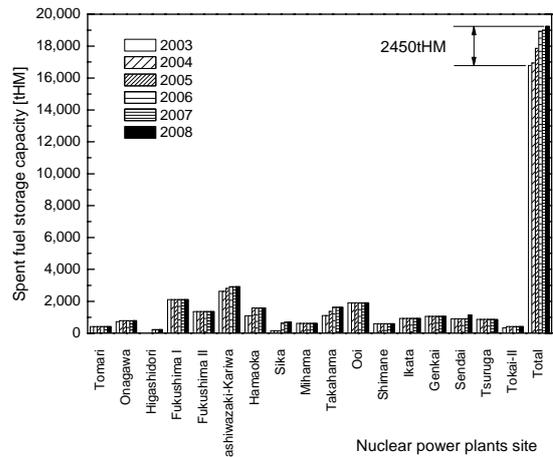


図 5 Storage capacities from 2003 to 2008

次年度は国内の地方自治体・研究機関・電力会社への調査及び米国の研究機関・NGO への取材調査を行い、サイト内乾式貯蔵の日米比較を行った。その結果、以下が明らかになった。1. 市町村と県との間に使用済核燃料管理に対する複雑な温度差があり配慮が必要である。2. 地元は必ずしも政策変更について強い抵抗があるとはいえない。3. 政府による再処理政策の必要性は、十分な根拠や定

量的な評価がなく、地元の説明内容も恣意的に簡略化されている。4. 米国の事例のように経済性重視の一方的で簡易な方式では地元にも懸念も残される。5. 2050年までの核燃料サイクルの数値計算シミュレーションを行った結果、再処理政策ではより管理が複雑で経済性が無く、問題解決に結びつかない。

本研究は今後、2010年から原子力委員会を中心として行われている原子力政策大綱の改訂作業等を通じて、有効に活用する計画である。

表 6 Flow and Stock of Spent LEU

Plant	Spent fuel [tHM] [1]	Number of Transport [2] [times/year]	Distance [km]	
	Total	Total	One way [3]	Total
Hokkaido Tomari	3,510	4.8	200	970
Tohoku Onagawa	3,840	5.2	300	1,570
Higashidori (Tohoku)	3,610	4.9	50	250
Namie Odaka	950	1.6	230	370
Tokyo Fukushima I	13,200	16.9	400	6,780
Fukushima II	8,540	11.1	400	4,450
Kashiwazak ikariwa	15,180	19.4	400	7,770
Higashidori (Tokyo)	3,680	5.0	50	250
Chubu Hamaoka	9,180	11.9	800	9,530
Hokuriku Shika	2,890	4.0	600	2,430
Kansai Mihama	3,000	4.2	800	3,350
Ohi	9,130	11.8	800	9,480
Takahama	6,470	8.5	800	6,820
Chugoku Shimane	4,290	5.8	900	5,220
Kaminoseki	3,650	5.0	750	3,750
Shikoku Ikata	3,710	5.1	1100	5,580
Kyusyu Genkai	6,460	8.5	1300	11,070
Sendai	3,250	4.5	1400	6,290
JAPC Tsuruga	7,110	9.3	700	6,530
Tokai II	1,930	2.9	500	1,430
J-Power Ohma	1,730	2.6	30	80
Total	115,310	153.3	12,510	93,970

[1] The number is rounded

[2] In the case of ship transport, capacity is 800tHM/year.

[3] Distance from each site to Rokkasho reprocessing plant or Mutsu interim storage (straight line).

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① 勝田忠広、「核なき世界」の近年の動向と課題—軍縮と平和利用促進の阻害要因としての科学技術—、「海外事情」第58巻7・8号、93-108 (2010).

② 勝田忠広、尾内隆之、使用済核燃料問題に「乾式中間貯蔵」による転回を—原子力政策における聡明な選択へ向けて、「科学」第79巻第11号、p.1191-1198 (2010).

③ 勝田忠広、日本のプルトニウム需給バランス—現状と将来の分析、「科学」第80巻第2号、p.192-197 (2010).

[学会発表] (計1件)

Tadahiro KATSUTA, "LONG TERM STORAGE OF NUCLEAR SPENT FUEL AS KEY ROLE OF JAPAN'S NUCLEAR FUEL CYCLE UNTIL 2100: COST AND BENEFIT", 13th International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management, 2010.10.3, Tsukuba, JAPAN.

[その他]

① 「玄海原発使用済み燃料 間隔狭め貯蔵量増へ」朝日新聞 2010/02/10

② 「核科学者 軍縮へ動く」読売新聞 2009/08/05

6. 研究組織

(1) 研究代表者

勝田 忠広 (KATSUTA TADAHIRO)

明治大学・法学部・准教授

研究者番号：80552463