

# スリーマイル・アイランド原発 2 号機の廃炉事業と 1F 廃炉の将来像を考える

松岡俊二<sup>†</sup>

## Cleanup Program of Three Mile Island Unit 2 (TMI-2) and Decommissioning Policy of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant (1F)

Shunji Matsuoka

This article examined 1F decommissioning policy from a viewpoint of the social science and from a history of the governance of TMI-2 Cleanup Program in U.S.A. This article performed comparative analysis with partnership type decommissioning governance of TMI-2 based on the GEND agreement and the central government-led model decommissioning governance of 1F. The author got the following 3 important conclusions. Firstly, the improvement and innovation of the 1F decommissioning governance, based upon scientific examination and the discussion by a variety of people concerned are necessary. The second is importance of the formation of “Ba (place) of Dialogue” with the local communities. By the decision of the expert committee which lacked in “Ba of Dialogue” with the local communities, it cannot breed the social acceptance and social understanding. The third is importance of the recognition of the problem of Trans-Scientific Questions. There are not the measures without the recognition of the question.

### 1. TMI-2 事故の概要

1979 年 3 月 28 日午前 4 時 1 分 (アメリカ東部・現地時間), アメリカ・ペンシルバニア州のスリーマイル・アイランド原発 2 号機 (圧力水型炉: PWR, 電気出力 90 万 kW, 以下, TMI-2 と表記) において, 2 次冷却水系・脱塩塔のイオン交換樹脂の交換作業トラブルによって主給水ポンプが停止し, タービン・トリップ (緊急停止) が発生した (Walker, 2004: Osif et al., 2004: EPRI, 1990: GPUN, 1990)<sup>(1)</sup>。

タービン・トリップにより, 原子炉の温度・圧力が上昇し, 原子炉は緊急自動停止 (スクラム) した。その際, 加圧器逃し弁の故障により, 冷却水漏洩が続き, 非常用炉心冷却装置 (ECCS) が自動起動した。TMI-2 の当直運転員は, 状況が正確に把握できず, 冷却水は満水であると誤認し, ECCS の冷却水充填量を絞った。そのため, 圧力容器内の水位が低下し, 核燃料集合体がむき出し状態となり, メルトダウン (炉心溶融) が発生し, 核燃料の約 45% が溶融した。

TMI-2 事故により, ヘリウム, アルゴン, キセノンなどの放射性物質が大気中に放出され, 周辺

---

<sup>†</sup> 早稲田大学アジア太平洋研究科教授

住民 14 万人が一時的に避難する事態となった。しかし、オフサイトへの放射性物質放出量は 92.5 PBq で、周辺住民の被曝は 0.01 mSv から 1 mSv 程度と低線量にとどまり、住民の一時避難は数日から 1 週間程度で解除された。TMI-2 事故は、国際原子力事象評価尺度 (INES) でレベル 5 と評価された。ちなみに、1986 年 4 月 26 日に発生したチェルノブイリ原発 4 号機事故および 2011 年 3 月 11 日の福島第一原子力発電所 (以下、1F と表記) 事故は、レベル 7 と評価されている。

TMI-2 事故は、原子力発電所事故によるメルトダウンを描いた映画「チャイナ・シンドローム」の公開から 12 日後に発生したため、全米だけでなく世界に大きな衝撃を与えた。アメリカでは、1974 年のエネルギー再生法 (Energy Reorganization Act of 1974) によって、原子力利用促進と原子力安全規制の両方の機能を担っていた原子力委員会 (AEC: Atomic Energy Commission) が解体され、

表 1 TMI-2 事故の関係年表

年月日	出来事
1978 年 2 月 8 日	TMI-2 運転許可 (operating license) 取得
1978 年 9 月 18 日	TMI-2 発電開始
1978 年 12 月 30 日	TMI-2 本格稼働 (80%出力)
1979 年 3 月 28 日	TMI-2 事故発生 (97%出力)
1979 年 3 月 30 日	TMI 周辺地域への避難勧告 (最大 14 万人, 1 週間未満)
1979 年 4 月 1 日	カーター大統領 TMI-2 現地視察
1979 年 4 月 11 日	大統領令 (EO) によりケメニー委員会発足
1979 年 4 月 27 日	TMI-2, 安定冷温 (100 度未満) 停止状態を達成
1979 年 5 月 21 日	ランカスター市, 汚染水 (処理水) 河川放出の禁止を求める提訴
1979 年 10 月 30 日	ケメニー委員会報告書, カーター大統領へ提出
1979 年 12 月 7 日	大統領声明 (カーター大統領)
1980 年 2 月 27 日	NRC とランカスター市とが和解 (河川放出の禁止)
1980 年 3 月 26 日	GPU, EPRI, NRC, DOE の 4 者による GEND 協定の締結
1980 年 7 月 23 日	TMI-2 建屋・格納容器への立入調査
1980 年 11 月 12 日 ~1993 年 9 月 23 日 (13 年間)	NRC が設置した Citizen Advisory Panel (市民パネル) 78 回開催
1981 年 3 月 9 日	NRC・環境影響評価 (PEIS) 最終版発行
1981 年 5 月	GEND-007 (Base estimate core condition: デブリ取り出し戦略文書) 公表
1982 年 1 月 1 日	TMI-2 の所有・管理が GPU から GPU Nuclear へ移管
1982 年 3 月 15 日	DOE と NRC がアイダホ州 INEL への燃料デブリ輸送を合意
1984 年 7 月 24 日	TMI-2 圧力容器上蓋取り外し
1985 年 9 月 18 日	TMI-1 再稼働
1985 年 10 月 30 日 ~1990 年 1 月 30 日 (4 年 3 ヶ月)	燃料デブリ約 132 トンの取り出し作業
1986 年 7 月 20 日 ~1990 年 5 月 9 日 (3 年 10 ヶ月)	アイダホ州 INEL へ燃料デブリ輸送
1991 年~1993 年	処理水 9,000 トンの蒸発処理の実行
1993 年 12 月 28 日	NRC, TMI-2 の Post-defueling Monitored Stage (中間ステート) 移行認可

(出所) EPRI (1990), GPUN (1990), Walker (2004).

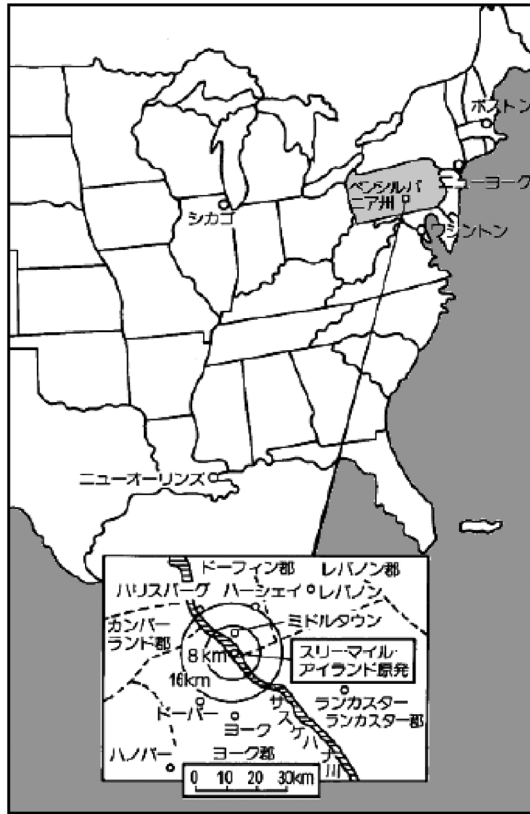


図1 スリーマイル・アイランド原発の位置図

(出所) 科学技術庁原子力安全局 (1981) 「米国原子力発電所事故調査報告書・第3次」  
『原子力安全委員会月報』通巻第33号, p. 34.

原子力利用はエネルギー省 (DOE: Department of Energy, 1977 年設立), 安全規制は原子力規制委員会 (NRC: Nuclear Regulatory Commission, 1975 年設立) に再編されたところであった。

TMI-2 事故は, 再編途上にあったアメリカの原子力安全規制や原子力産業に大きな影響を与えた。TMI-2 事故を契機とし, 原子力発電を担う全米の事業者は, 原子力発電運転協会 (INPO: Institute for Nuclear Power Operations) を 1979 年 12 月に設立した。INPO は, 原子力発電事業者による自主規制機関として機能し, 強力な self-regulation を推進し, 電力会社における安全文化の定着と向上に大きな役割を果たしている (Rees, 1994)。

TMI-2 のライセンス取得 (1978 年 2 月 8 日), 商業運転開始 (1978 年 9 月 18 日) から事故発生 (1979 年 3 月 28 日), その後の Cleanup Program の展開から中間ステートへの到達 (1993 年 12 月 28 日) までを, 表 1 に年表として示した。また, 図 1 に TMI-2 の立地を, 図 2 にスリーマイル・アイランド原発の全景を示した。さらに, 図 3 に TMI-2 の発電所概略図, 図 4 に事故後の TMI-2 圧力容器内の燃料デブリの状況の推計図 (1985 年時点) を示した。



図2 スリーマイル・アイランド原発の1号機、2号機の位置図

(出所) Negin, C. (2021), TMI-2 Fuel and Debris Handling: Based Ten Years Participation with TMI-2 Cleanup Project, 第16回1F 廃炉の先研究会・資料 (2021年9月24日)。

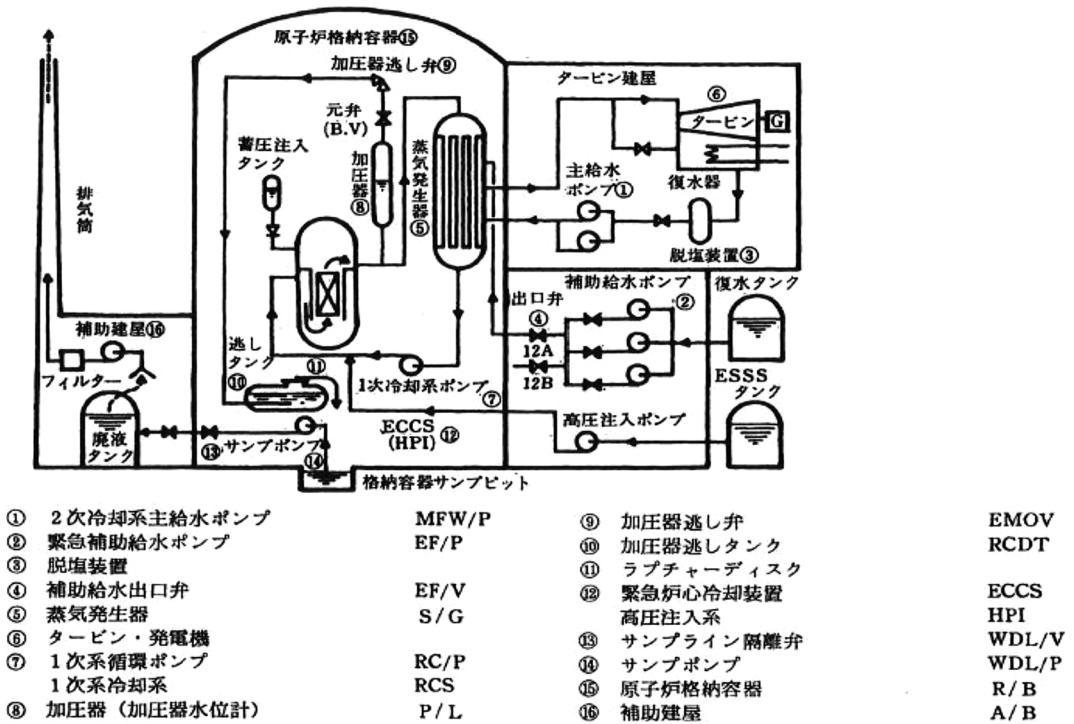


図3 TMI-2の概略図

(出所) 青木 (1980), p.118.

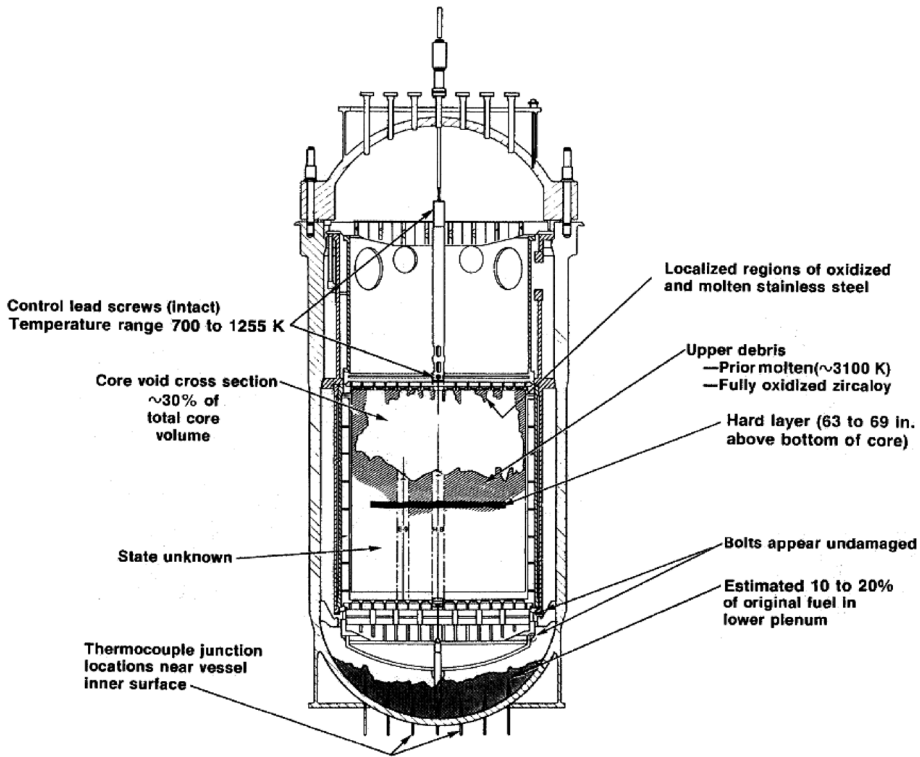


図4 TMI-2の圧力容器内の状況（1985年推定）

（出所）EPRI（1990），p.5-9.

## 2. TMI-2 事故への対応

TMI-2 事故から4日後の1979年4月1日、当時のカーター大統領はTMI-2の現地視察を実施した。1979年4月11日には、大統領令（EO: Executive Order）によるTMI-2事故・特別調査委員会としてケメニー委員会が発足した。1979年4月27日、事故を起こしたTMI-2の炉心は100℃未満となり、安定冷温停止状態の達成が宣言された。事故調査を担ったケメニー委員会は、1979年10月30日、カーター大統領へ報告書を提出した。ケメニー委員会報告書を受け、1979年12月7日、カーター大統領は大統領声明を発表し、NRC委員長の更迭とTMI-2事故処理の推進を表明した。

TMI-2事故処理（Cleanup Program）<sup>(2)</sup>は、TMI-2を運転していた電力会社（GPU: General Public Utility）、日本の電力中央研究所にあたるアメリカ電力研究所（EPRI: Electric Power Research Institute）、1975年に設立された原子力規制委員会（NRC）、1997年に設立されたばかりのエネルギー省（DOE）という4つの主要なプレーヤーによって合意された4者協定（GEND Coordination Agreement、以下、GEND協定と表記）を基礎としている。GEND協定は1980年3月26日に締結された。

GEND協定に基づき、DOEとGPUを中心とした現地対策チームが作られ、技術面でEPRIがサポートし、安全規制や地域社会との関係でNRCが役割を果たし、TMI-2のCleanup Programが作成された。プログラムに基づき、発電所内（オンサイト）の除染が進められ、1980年7月23日には、

事故後初めての TMI-2 格納容器への立入調査が、技術者 2 名によって、約 22 分間、実施された。

1985 年 10 月 30 日から 1990 年 1 月 30 日の 4 年 3 ヶ月をかけて、TMI-2 から約 132 トンの燃料デブリの取り出しが行われた。また、取り出された燃料デブリは、専用のキャニスターへ収納され、鉄道輸送用のキャスクへ入れられ、1986 年 7 月 20 日から 1990 年 5 月 9 日の 3 年 10 ヶ月の時間を使い、アイダホ州国立研究所（INEL: Idaho National Institute, INL とも表記される）の中間貯蔵施設へ輸送された。

1993 年 12 月 28 日、NRC は、TMI-2 の Post-defueling Monitored Stage（中間ステート、安定貯蔵）への移行を認可し、TMI-2 廃炉事業は、一端、終了することとなった。

なお、TMI-2 の原子炉や建屋などの解体・撤去は、事故後の 1985 年 9 月 18 日に再稼働していたスリーマイル・アイランド原発 1 号機（TMI-1）の運転終了及び廃炉の後に実施されることとなっていた。2019 年 9 月 20 日、TMI-1 が営業運転を終えたことで、今後、TMI-2 の原子炉・建屋などの解体・撤去が実施される予定である。現在、スリーマイル・アイランド原発を所有しているファースト・エナジー社によれば、TMI-1 の廃炉後に、TMI-2 の解体・撤去を 2041 年に開始し、2053 年に完了予定であるとのことである（『朝日新聞』2019 年 9 月 21 日）。

### 3. 本論文の目的と構成

本論文は、1F 廃炉の将来像を考察するため、TMI-2 Cleanup Program を比較対象とし、1F 廃炉政策や 1F 廃炉の将来像において考慮すべき社会経済的事項について考える。本論文の構成は、以下のとおりである。

まず 4, 5, 6 節で、1980 年 3 月の電力会社（GPU）、アメリカ電子力研究所（EPRI）、原子力規制委員会（NRC）、エネルギー省（DOE）の TMI-2 Cleanup Program に関する GEND 協定を中心に、TMI-2 の廃炉ガバナンスを考察し、1F 廃炉ガバナンスとの比較検討を行う。

続いて、7, 8, 9 節で、TMI-2 Cleanup Program の主要な構成要素である汚染水処理、燃料デブリ取り出し、燃料デブリのアイダホ州 INEL への輸送について検討し、1F 廃炉との類似点や相違点などについて考える。

10 節では、廃炉事業と地域社会との関係について、1980 年 11 月 12 日から 1993 年 9 月 23 日の期間、NRC が連邦法に基づいて設置した Citizen Advisory Panel（市民パネル）を対象として、1F 廃炉における地域社会との「対話の場」のあり方について考察する。

最後に、11 節において、今後の 1F 廃炉政策と 1F 廃炉の将来像を検討する上で、TMI-2 廃炉から学ぶ点は何かについて考える。

### 4. TMI-2 のパートナーシップ型廃炉ガバナンス

電力会社（GPU）、アメリカ電力研究所（EPRI）、原子力規制委員会（NRC）、エネルギー省（DOE）の 4 者による TMI-2 Cleanup Program への相互協力を定めた 4 者協定は、1980 年 3 月 26 日に締結された。4 者協定の正式名称は、Coordination Agreement: TMI Unit 2 Information and Examination Program であるが、4 者の頭文字をとって GEND Coordination Agreement（GEND 協定）と呼ばれている。



GEND 協定は、以下の3点を主要な目的としている（GEND, 1980, pp. 2-3 in DOE, 1993）。

- (1) TMI-2 事故および Cleanup Program の情報を、今後の軽水炉の安全性や信頼性の向上に活かすとともに、原子力安全規制や原子力発電所の運転改善に活用する。
- (2) TMI-2 Cleanup Program の経験や情報を、政府機関（DOE, NRC）、研究機関（EPRI）、電力会社（GPU）が協力し、それぞれの研究開発プログラムに活用する。
- (3) 政府機関（DOE, NRC）、研究機関（EPRI）、電力会社（GPU）が協力して実施する研究開発プログラムから得られた経験や情報を、TMI-2 Cleanup Program に有効に活用する。

上記の目的を達成するため、GEND 協定は、4者の幹部職員による統合調整グループ（Joint Coordination Group）を設立し、その会合を2ヶ月に1回開催し、4者会合の主宰者はEPRIとDOEの代表が交互に務めることとしている。また、統合調整グループの下に、技術ワーキング・グループ（TWG: Technical Working Group）を設置すること、さらに4者の技術統合事務所（TIO: Technical Integration Office）をTMI敷地内あるいはTMIの近くに立ち上げるとしている。なお、実際には、TIOの前身となる統合事務所は1979年10月にTMI敷地内に設置され、1980年1月には、ほぼフル稼働していたと言われている（EPRI, 1990, p. 2-27）。

TMI-2 Cleanup Program は、TMI-2 を運転していた電力会社 GPU が責任を持って実施すべき事業である。しかし、GEND 協定に基づき、電力会社 GPU と一緒に、エネルギー省（DOE）と原子力規制委員会（NRC）という連邦政府機関およびアメリカ電力研究所（EPRI）という全米レベルの民間研究機関との協働体制（廃炉ガバナンス）を、事故発生から1年弱で、公式に構築できたことは、TMI-2 Cleanup Program の円滑な進行にとって極めて重要なことであった。

GEND 協定に基づき、EPRI は原子炉一次冷却系（RCS）の除染技術開発を担当し、機械的除染法と化学的除染法の技術開発を行なった。また、DOE を中心にまとめられた燃料デブリの取り出しに関する基本文書は、1981年5月にはGEND協定に基づくGEND-007（Base estimate core condition）文書として承認され（Croucher, 1981）、TMI-2からのデブリ取り出し戦略の基本文書となった（EPRI, 1990, p. 8-3）。さらに、DOEとNRCは汚染水の浄化処理に伴って発生したEPICOR-IIプレフィルタライナーやSDSライナーなどの放射能レベルの比較的高い特殊廃棄物や取り出した燃料デブリの処理・貯蔵・輸送・処分方法に関する研究開発を行なった（EPRI, 1990, pp. 2-26-2-28: 藤崎・松鶴, 1985, p. 160）。

## 5. TMI-2のパートナーシップ型廃炉ガバナンスとIFの政府主導型廃炉ガバナンス

TMI-2 廃炉事業に関する GEND 協定を締結した4者は、日本の1F廃炉では、東京電力、日本原子力研究開発機構（JAEA）、経済産業省資源エネルギー庁、原子力規制委員会（NRA）という4者になる。しかし、レベル7の1F事故は、レベル5のTMI-2事故より遥かに深刻な事故であり、甚大な被害であったため、国・政府が前面に立った事故対応が必要であった。

具体的には、1F廃炉の基本戦略文書である「中長期ロードマップ（東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた中長期ロードマップ）」の現在のもの（第5回改訂）は、2019年12月27日に

政府の廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議（現在は、廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議）において決定されたものである。廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議の議長は、内閣官房長官が務めており、経済産業大臣、復興大臣、外務大臣、財務大臣、文部科学大臣、厚生労働大臣、農林水産大臣、国土交通大臣、環境大臣の9大臣が、主要メンバーである。会議出席者として、原子力規制委員会・委員長、日本原子力研究開発機構（JAEA）・理事長、東京電力・社長、日本原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）・理事長が入っているが、大臣以外の会議参加者は「末席メンバー」であるとの印象は拭えない。

GEND 協定に基づく TMI-2 のパートナーシップ型廃炉ガバナンスと 1F の政府主導型廃炉ガバナンスを比較すると、ガバナンスの基本構造や各プレイヤーの責任や役割という点で、幾つかの重要な違いがある。

TMI-2 Cleanup Program は、電力会社 GPU が責任を持って実施する事業である。その前提の上で、電力会社 GPU とアメリカ電力研究所（EPRI）、連邦政府組織であるエネルギー省（DOE）と原子力規制委員会（NRC）の4者が、対等なパートナーとして協力・協働することを定めたのが GEND 協定である。さらに、規制サイドの NRC と被規制サイドの GPU ではなく、EPRI と DOE が交互に4者統合調整グループ（Joint Coordination Group）会合を主宰するとし、会合は2ヶ月に1回開催すると定めている。GEND 協定は、4者は独立してそれぞれの法的・社会的責任を果たすことが前提とされ、その上で、TMI-2 Cleanup Program に伴う情報や経験の共有と研究開発における協力・協働が謳われている。

廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議をトップとする日本の 1F 廃炉ガバナンスは、政府（内閣）が一元的に 1F 廃炉の基本方針や基本戦略を決定するものである。メインプレイヤーは政府・閣僚であり、原子力規制委員会、日本原子力研究開発機構（JAEA）、東京電力、日本原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）はバイ・プレイヤーにすぎない。

原発事故はそれぞれが極めて特殊であり、個別であり、事例数も限られているため、一般的な事故炉の廃炉ガバナンスの原則や基準といったものはあり得ない。1F の政府主導型廃炉ガバナンスが良いのか、TMI-2 のパートナーシップ型廃炉ガバナンスが良いのかは、それぞれの社会の歴史的・文化的・制度的な文脈とも絡むことであり、一概には評価できない。

## 6. 1F の政府主導型廃炉ガバナンスと「対話の場」の形成の必要性

事故炉の除染、汚染水対策、廃棄物管理・処分、燃料デブリの取り出し・保管・管理・処分といった廃炉事業の主要項目に、臨機応変に効果的かつ効率的に対応するためには、現場に即した柔軟かつ明確なガバナンスが要求される。と同時に、事故炉の廃炉事業は、原子力発電所周辺の地域社会はもとより、広く市民社会への廃炉事業に関する情報公開と説明責任が重要であり、事故と廃炉に伴う様々なリスク管理に対する地域住民との丁寧な「対話の場」の形成が求められる。

現在の 1F の政府主導型廃炉ガバナンスは、廃炉の現場から遠い東京・霞ヶ関周辺で重要な廃炉方針が決められている。また、廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議は、第1回（2013年9月19日）から、現在までの8年間で、5回しか開催されていない。直近は、ALPS 処理水の海洋放出を決定した 2021 年 4 月 13 日の第5回会議である。



廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議を補完する廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議は、第1回（2013年12月26日）から現在まで、8年間で95回開催され、ほぼ1ヶ月に1回の頻度である。しかし、廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合／事務局会議は、そもそもの対策チームが経済産業大臣をチーム長とするもので、事務局長は経産副大臣という政府主導の立て付けになっている。そのため、事務局会議は、経済産業省資源エネルギー庁が主宰し、東京で開催されてきた（通常は東電本店での開催）。

こうした1Fの政府主導型廃炉ガバナンスは、廃炉現場から遠いところで、官僚主導で、1F廃炉の大事なものが議論され、決定されてきたという特徴を色濃く持っている。政府主導型1F廃炉ガバナンスが、現場に即した柔軟な順応的な対応が要求される事故炉の廃炉事業にとって、効果的なのか、あるいは効率的なのかは、もう少し時間をかけて評価することが必要であろう。

しかし、1F廃炉事業を責任を持って遂行すべき東京電力のオーナーシップという点では、汚染水・処理水対策において繰り返し指摘されてきたことであるが、現在の1Fの政府主導型廃炉ガバナンスが、事業者の自主性や主体性の形成を阻害している可能性は、慎重に検討されるべきことであろう。また、福島評議会といった地域社会への廃炉事業の「説明の場」は設けられているが、福島評議会は市町村長や団体・組織の長を主な対象にした説明会にすぎない。1F廃炉事業や原子力政策に関する社会的信頼の回復のためには、地域社会の一般住民との「対話の場」の形成が不可欠である。現在の1Fの政府主導型廃炉ガバナンスが、こうした「対話の場」の形成という課題に積極的に取り組めるようになるために、何が必要なのかも慎重に検討すべきことであろう。

ちなみに、GEND協定に基づくパートナーシップ型廃炉ガバナンスにおいて、アメリカのTMI-2 Cleanup Programにおける地域社会との「対話の場」形成の機能を担ったのは、原子力規制委員会（NRC）であった。NRCが連邦法に基づき1980年11月12日に設置したCitizen Advisory Panel（市民パネル）は12名が正式な委員であったが、原発に反対する市民組織メンバーも正式な委員として参加していた。また、一般市民のオブザーバー参加と発言も認められ、大変活発な「対話の場」として機能したと評価されている（NRC, 1994）。TMI-2 Cleanup Programが中間ステートに到達した1993年9月、市民パネルはその役割を終えたが、13年間で78回の市民パネル会合が開催された（NRC, 1994）。

市民パネルのあるメンバーは、市民パネルが13年間も続いたことは本当に驚きだと述べている。さらに、当初は年2回の開催予定であったが、実際には年6回も市民パネルが開催され、多くの一般市民が市民パネルの議論に参加し、市民パネル委員が、とても充実した市民パネルになったことを大変誇りに思うと語っていることが、NRCの設置した市民パネルの「成功」を物語っている（NRC, 1994）。

1F事故から10年が経過し、1F廃炉事業は、2022年度からデブリ取り出しが開始される予定である。デブリ取り出しや1F廃炉の将来像について、地域社会との実質的な「対話の場」を形成することが、「処理水問題」の「二の舞い」を避けるためにも、必要不可欠である。政府主導型1F廃炉ガバナンスであっても、地域社会との「対話の場」の形成は可能であるし、そうすることが必要である。アメリカの原子力規制委員会（NRC）による市民パネルの設置とその「成功」は、1F廃炉と地域社会との「対話の場」の形成にとって大きなヒントを与えている。

## 7. TMI-2 の処理水・蒸発処分と 1F 処理水の海洋放出：トランス・サイエンス的課題の認識はあったのか？

1979 年 3 月 28 日の TMI-2 事故発生後の 2 週間後から、補助・燃料取扱建屋（AFHB）の除染作業が行われた（藤崎・松鶴，1985, p. 157）。しかし、原子炉建屋や一次冷却系（RCS）などの主要施設の除染は、事故から 3 年後の 1982 年 3 月から本格化した。建屋などの主要部分の除染は 1984 年後半には終了し、1984 年後半から 1985 年半ばまで、デブリ取り出し作業のための追加的な除染が行われた（EPRI, 1990）。

TMI-2 の原子炉冷却や除染作業やデブリ取り出し作業に伴い、約 9,000 トンの汚染水が発生し、敷地内の 2 基の大型タンクに貯蔵された。汚染水は、EPICOR II などの汚染水処理装置によって浄化され、処理水とされた。

汚染水・処理水の処分方法は、事故当初から、サスケハナ川の TMI 下流に飲料水の取水口を持っているランカスター市などが強い関心を持っていた。事故からまもない 1979 年 5 月 21 日、ランカスター市は、TMI-2 事故により生じた汚染水処分について、たとえ浄化処理により環境基準内となった処理水であっても、河川放出を禁止することを求めて裁判所へ提訴した。

これを受け、1980 年 2 月 27 日、NRC は、事故由来の水の河川放出を禁止するという一方で、ランカスター市と和解した。電力会社 GPU は、処理水の河川放出が、時間的にも、費用的にも最適であるとして、河川放出の意向が強かった。しかし、NRC とランカスター市との和解条項により、別の方法として蒸発処理を採用し、1991 年から 1993 年の 3 年間で、処理水 9,000 トンの蒸発処理が実行された（EPRI, 1990）。

以上のような TMI-2 事故による汚染水・処理水の処分方法の決定プロセスは、1F の ALPS 処理水の処分方法の決定プロセスと大きな違いがある。日本の処理水処分方式の本格的検討は、政府（経済産業省資源エネルギー庁）が、2013 年 12 月 25 日に設置した原子力工学を中心とした 10 名の専門家によるトリチウム水タスクフォースが出発点である。トリチウム水タスクフォースは、15 回の会合を経て、2016 年 6 月 3 日に、事実上、海洋放出が時間的にも、費用的にも、最も科学的かつ合理的な解決策であるとの報告書をまとめた（経産省，2016: 松岡，2019ab & 2021abc）。

このトリチウム水タスクフォース報告書の海洋放出方式の提案が、政府主導型 1F 廃炉ガバナンスに基づく、その後の処理水処分方式の決定プロセスの経路依存性を決定づけた。トリチウム水タスクフォース報告書を受け、2016 年 11 月 11 日、政府は社会科学系も含めた 14 名の専門家による ALPS 小委員会（多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会）を設置した。ALPS 小委員会は 17 回の委員会を経て、2020 年 2 月 10 日、事実上、海洋放出が科学的に最適かつ合理的な解決策であることを強く示唆する ALPS 小委員会報告書をまとめた（経産省，2020）。

こうした経緯の上で、2021 年 4 月 13 日、政府（廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議）は ALPS 処理水の海洋放出を正式に決定した。正式決定の前後において、福島県や漁業団体などの地元関係組織への海洋放出政策に関する説明会が行われてきた。しかし、説明会は政府が決定した海洋放出策が最も科学的かつ合理的な手法であることの「説明の場」であった。処理水処分に関する多様な選択肢に関する政府・東京電力と地域社会との「対話の場」は、一度も開催されなかった。

ここで思い起こすべきは、1972 年、マンハッタン計画にも参加したアメリカの高名な核物理学者

Alvin Weinbergが提唱したトランス・サイエンス的課題（Trans-Scientific Questions）である。Weinbergは、低線量被曝の健康被害や原子力発電所の過酷事故などを事例とし、こうしたトランス・サイエンス的課題を、“*questions which can be asked of science and yet which cannot be answered by science*”（科学によって問うことができるが、科学によって答えることはできない課題）（Weinberg, 1972）と定義した（松岡, 2020ab & 2021abc）。

ALPS処理水の海洋放出はトランス・サイエンス的課題の典型的事例である。こうした課題の解決策は、科学に問うことはできるが、科学で解決策を決めることはできない。放射性廃棄物などの科学技術リスクに関わる課題の解決策は、科学者・専門家や政府・行政だけで決めると、社会的紛争を招く。リスク管理政策に関し、市民社会の参加・熟議プロセスを通じた決定を行うことが、社会的受容性や社会的納得性の醸成にとって不可欠である。

日本の原子力関係者の多くは、核物理学者として高名なWeinbergの名前を知っている。しかし、Weinbergのトランス・サイエンス的課題の問題提起を知る人は少ない。人はコンセプトを知らないと、そうした課題があることすら認識できない。専門知における“Unknown unknowns”（何が問題かが分からない）という状況は、問題となっている対象にどのような解決すべき課題が存在するのかを認識できず、課題解決に的確に取り組むことができないことを意味している（Wynne, 1992）。

トリチウム水タスクフォースの原子力工学関係者や資源エネルギー庁関係者が、トランス・サイエンス的課題という議論が存在することを認識していれば、政策決定プロセスのデザインは違ったものになっていたであろう。また、TMI-2事故における1979年のランカスター市のように、地域社会の要求を公式に強く主張する地方自治体があれば、東京中心の政府主導型1F廃炉ガバナンスも変化を余儀なくされたと考えられる。

なお、汚染水を入れていた大型タンクなどは、電力会社GPUが責任を持つべき汚染度の比較的低い放射性廃棄物（5,100 m<sup>3</sup>）に分類され、サウス・キャロライナ州バーンウェル（Barnwell）の低レベル放射性廃棄物処分場へ輸送し、トレンチ処分された。比較的高い汚染水処理機器（EPI-COR II）やベントナイトなどの関連資材の中レベル放射性廃棄物（200 m<sup>3</sup>）は、DOEの責任で、ワシントン州ハンフォード処分場において処分された（図7も参照されたい）。

1Fには、現在（2021年12月16日）、1,061基の貯蔵タンク（総容量137万トン、実績127.3万トン）があり、ALPS処理水の海洋放出をすすめたとしても、こうした貯蔵タンクの最終的な処分をどうするのが近い将来の課題となる。

## 8. TMI-2の燃料デブリ取り出しと1F廃炉の燃料デブリ取り出し<sup>(3)</sup>

1979年3月28日のTMI-2事故から6年半後の1985年10月30日からデブリ取り出しが行われ、1990年1月30日までの4年3ヶ月で全体の99%にあたる約132tのデブリ取り出しが行われた（GPUN, 1990）。図5にTMI-2のデブリ取り出し作業プロセスを示した。1986年は炉内の水に藻が発生、1988年は下部グリッドの切断作業による作業停滞が見てとれる（GPUN, 1990）。

TMI-2は1基だけの事故であり、PWR（加圧水型炉）で圧力容器は破損せず、1Fに比べ、燃料デブリは相対的に均一かつ均質な状態であったと推定される（EPRI, 1990）。デブリは圧力容器の底に溜まった状態で、圧力容器上蓋を開け、上部から水をはってデブリ取り出し作業を行うことが可能で

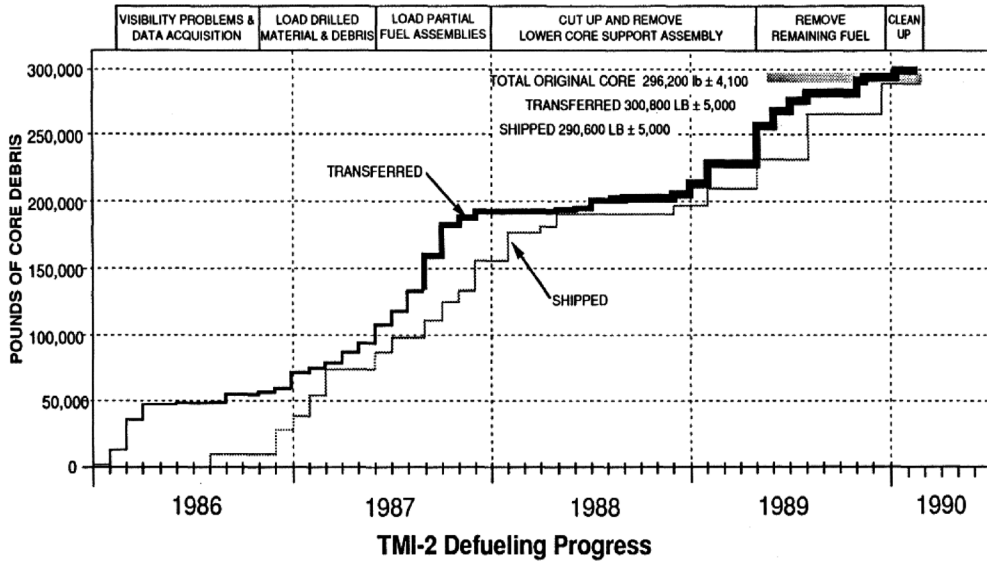


図5 TMI-2のデブリ取り出し作業プロセス（1985年10月30日～1990年1月30日）  
 （出所）GPUN(1990), p. 4-23.

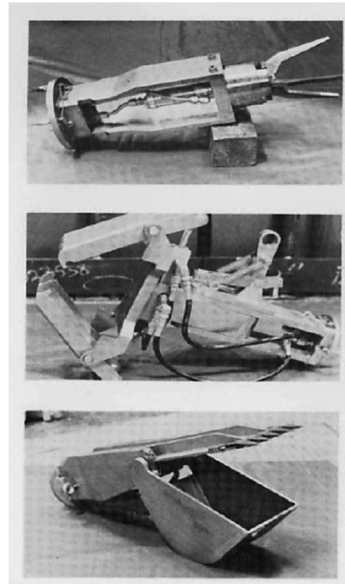


写真1 TMI-2のデブリ取り出し作業と取り出し用工具

（出所）バレット（Barrett），L.（2014）「スリーマイル島原子力発電所事故：復旧、クリーンアップ、教訓と今後」（2014年7月18日，PPT資料），p. 52.

あった。それでも1,125 kg程度のデブリが残り、デブリ全量取り出しは出来なかった（GPUN, 1990, p. 8-1）。写真1にデブリ取り出し作業の様子と工具を示した。

1Fは隣接する3基の原子炉事故であり、下から制御棒を出し入れするBWR（沸騰水型炉）である

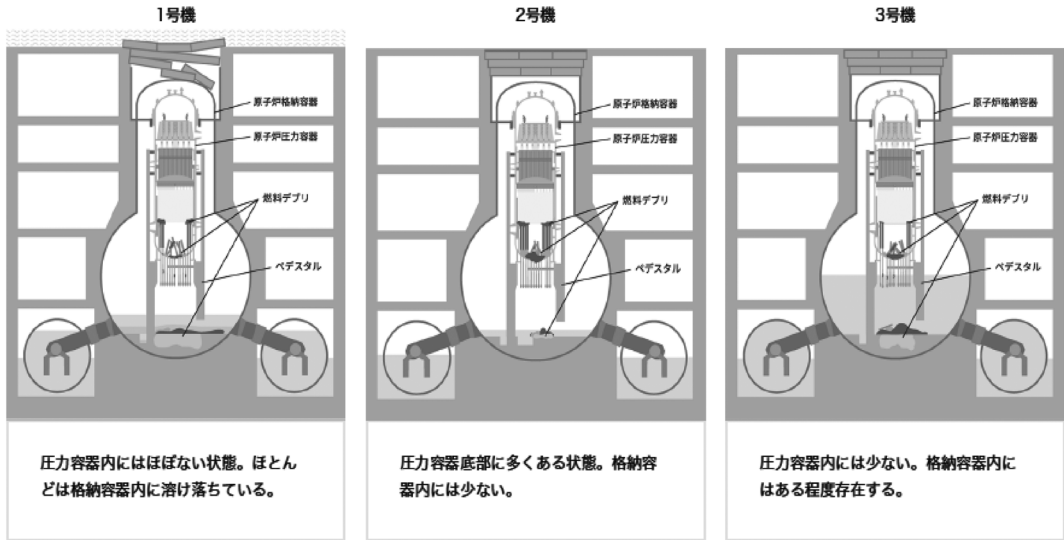


図6 1Fの1号機, 2号機, 3号機におけるデブリの状態推定

(出所) 東京電力 HP, <https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/retrieval/>(2021年5月10日閲覧).

表2 1Fの1号機, 2号機, 3号機の推定デブリ量

	1号機	2号機	3号機	合計
燃料集集体数(体)	400	548	548	1,496
集集体重量(トン)	約120	約164	約164	約448
核燃料重量(トン)	約69	約94	約94	約257
推定デブリ重量(トン)	約279	約237	約364	約880

(出所) 井上正・松岡俊二「1F 廃炉とその課題」, 環境経済・政策学会・2020年大会・企画セッション「1F 廃炉の先を考える: 福島における『復興と廃炉の両立』とは何か」BP, 2020年9月27日, p. 4. 元資料は, 桑原浩久(2016)「IRIDが取り組む研究開発の状況」技術研究組合・国際廃炉研究開発機構(IRID)・IRIDシンポジウム2016(2016年8月4日, 東京).





**写真2** イギリスのベオリオ・ニュークリア・ソリューションズ（VNS）と三菱重工が共同開発した特殊鋼製ロボットアーム（長さ約22 m、重さ約4.6 t）

（出所）経済産業省資源エネルギー庁 HP（2020）、「福島第一原発『燃料デブリ取り出し』への挑戦③」[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/debris\\_3.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/debris_3.html)（2021年9月10日閲覧）。

ため、デブリの性状は均一・均質ではないと推定されている。また、1Fでは压力容器だけでなく、格納容器も破損していると考えられ、1Fの「デブリ取り出し」はTMI-2よりも技術的にも社会的にもはるかに困難である。図6に1Fの1号機、2号機、3号機の燃料デブリの状態の推定図を示した。

1Fの1号機（46.0万kW）、2号機（78.4万kW）、3号機（78.4万kW）のデブリ量は日本原子力学会などが推計しているが（日本原子力学会，2020），表2では880 tと推計している。もともと装荷されていた燃料集合体の核燃料重量は1号機が69 t、2号機と3号機は各94 tと分かっているが、核燃料だけでなく炉内の機器類なども溶融しており、正確なデブリ量は分からない。

1Fに比べて容易にデブリ取り出しが可能であったTMI-2でさえ、131,814 kgのデブリ取り出しに4年3ヶ月を要した。1年間の作業日を260日と仮定すると、4年3ヶ月は1,105作業日となる。TMI-2のデブリ取り出し作業効率、 $131,814 \text{ kg} \div 1,105 \text{ 日} = 119.3 \text{ kg/日}$ となる。

1Fデブリ総量を880 tと仮定して、TMI-2と同じ作業効率でデブリ取り出しが可能と想定して、1Fのデブリ全量取り出しに要する年数は、 $880,000 \text{ kg} \div 119.3 \text{ kg/日} = 7,376 \text{ 日}$ 、 $7,376 \text{ 日} \div 260 \text{ 日/年} = 28.3 \text{ 年}$ 、約28年となる。

1Fでロボットアームなどで取り出せるデブリ量は、1回当たり20 kgから50 kg程度と推定されている（日本原子力学会員へのヒアリングに基づく）。1Fのデブリ取り出し作業は、高い放射線という劣悪な環境条件における極めて緊張した作業となり、取り出したデブリの計量・保管・管理も考えると、1作業日当たり1回のデブリ取り出しが可能かどうかということになる。写真2に、イギリスで開発されたロボットアームを示した。なお、このロボット・アームは、2021年7月12日に日本へ搬送された。

楽観的にみて、1作業日当たり50 kgのデブリ取り出しが可能と仮定し、年間作業日を260日として、880 tのデブリ全量取り出しには $880,000 \text{ kg} \div 50 \text{ kg/日} = 17,600 \text{ 日}$ 、 $17,600 \text{ 日} \div 260 \text{ 日/年} = 67.7 \text{ 年}$ 、約68年が必要となる。

厳しくみて、1作業日当たり20 kgのデブリ取り出しとすると、 $880,000 \text{ kg} \div 20 \text{ kg/日} = 44,000 \text{ 日}$ 、

44,000日÷260日/年=169.2年、約170年が必要となる。

楽観的に考えても、1Fのデブリの全量取り出しには70年、厳しくみると、170年が必要である。TMI-2では、デブリ1,125kg、核燃料としては900kg程度が残っていると推定されている（GPUN, 1990）。条件の良かったTMI-2ですらデブリ全量取り出しが出来なかったことを考えると、1Fのデブリ全量取り出しは、客観的根拠を欠いていると言わざるを得ない。

ところで、TMI-2で1作業日当たり119.3kgを取り出した燃料デブリを、どのようにキャニスター（燃料デブリ収納容器）へ入れたのかについては、筆者が代表をしている「1F廃炉の先研究会」の第16回研究会（2021年9月24日）で、Chuck Negin（1980年代のTMI-2 Cleanup Programに参加した原子力工学者）による説明があった。

TMI-2のデブリ取り出しは、原子炉压力容器上蓋を開け、格納容器内の上部から作業が行われた（写真1参照）。放射線防御や飛散防止のため、格納容器は水が満たされた。その水の中にキャニスターを固定し、压力容器下部から取り出した燃料デブリを、そのまま水中でキャニスターに入れた。合理的かつ安全な方法が採用されたことが分かる。燃料デブリキャニスターは合計271本で、1本当たり約486kg（4作業日分）のデブリを入れたことになる。

なお、TMI-2から取り出された燃料デブリの総量は、細かな計量が不可能だったことや、いくつかの段階（(1)デブリを入れたキャニスターを压力容器から搬出した時点、(2)一時貯蔵していた冷却プールから取り出して鉄道輸送用キャスクに入れる時点、(3)中間貯蔵施設であるアイダホ州INELへ到着した時点）で計量しているため、EPRI（1990）やGPUN（1990）の報告書でも複数の数字が使われている。筆者は、アイダホINELへ鉄道輸送される前の計量値（Shipped Value）の総量290,600ポンド（±5,000）、131,814kgを採用した。

TMI-2デブリ取り出し作業が、水を張って、上部から作業が可能であった状況と1Fの状況との違いは大きい。日本の原子力規制委員会が2021年3月に公表した1F事故調査・分析の『中間取りまとめ』報告書は、1Fの2号機や3号機では、3層のシールドプラグ（格納容器上蓋）の間に非常に高濃度のセシウム汚染があることを明らかにした（原子力規制委員会、2021）。このことは、TMI-2のように格納容器の上からデブリ取り出しを行うことが難しいことを意味する。また、1Fの1号機、2号機、3号機は、压力容器だけでなく、格納容器も破損しているため、TMI-2のように格納容器内に水を張ってデブリ取り出し作業を行うことも難しい。1Fでは、格納容器下部にある作業用窓からロボットアームを入れることが想定されているが、TMI-2に比べ、作業効率は著しく低くならざるを得ない。

## 9. TMI-2燃料デブリのアイダホ州INELへの輸送

1981年3月9日、NRCはTMI-2の放射性廃棄物保管に関する環境影響評価（PEIS）最終版を発行し、サスケハナ川の中洲であるスリーマイル・アイランドは、地質的理由から核廃棄物貯蔵に不適であると評価した。当初は、リスクの高い放射性廃棄物の輸送は行わず、オンサイト（TMI敷地内）保管・貯蔵という案もあったが、高レベル・低レベルを問わず、すべての放射性廃棄物をTMIから搬出し、より安全な保管・処分施設へ移動させることが決められた。

除染作業で述べたように、電力会社GPUが責任を持つ汚染度の低い放射性廃棄物（5,100 m<sup>3</sup>）は、

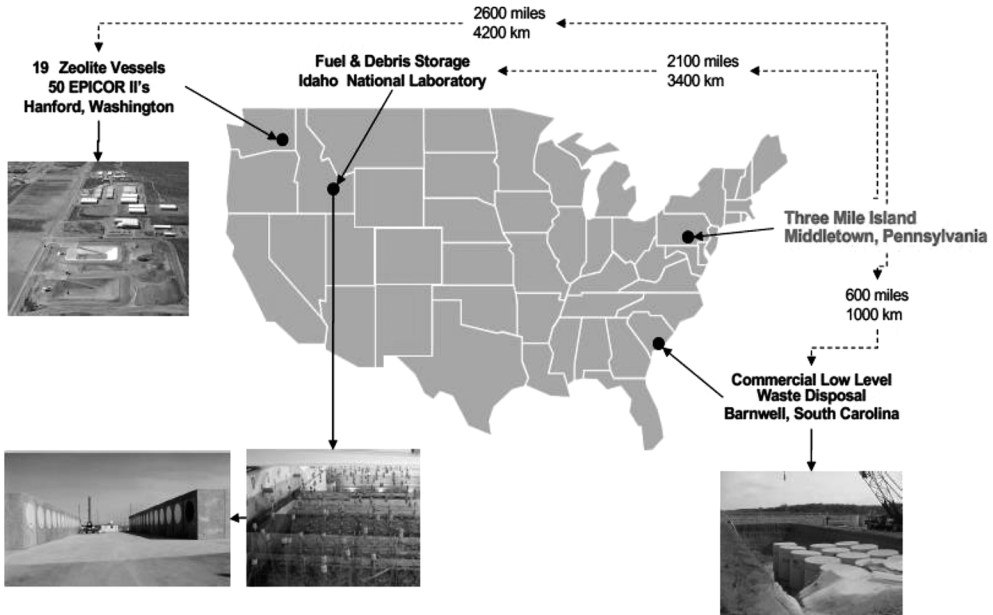


図7 TMI-2 放射性廃棄物の保管・処分施設の位置図

(出所) Negin, C. (2021), TMI-2 Fuel and Debris Handling: Based Ten Years Participation with TMI-2 Cleanup Project, 第16回1F 廃炉の先研究会・資料 (2021年9月24日)。

サウス・キャロライナ州バーンウェル (Barnwell) の低レベル放射性廃棄物処分場において処分された。比較的汚染度の高い汚染水浄化処理機器 (EPICOR II) や関連資材などの中レベル放射性廃棄物 (200 m<sup>3</sup>) は、DOE の責任で、ワシントン州ハンフォード処分場において処分された。さらに、燃料デブリやその容器 (キャニスター) などの高レベル放射性廃棄物も、DOE の責任で、アイダホ国立研究所 INEL において地上保管されることとなった。図7に、TMI-2 放射性廃棄物の保管・処分施設の位置図を示した。

ペンシルバニア州のスリーマイル・アイランドからアイダホ州の INEL への鉄道輸送については、(1) GAO (1987), *Nuclear Waste: Shipping Damaged Fuel from Three Mile Island to Idaho*, US General Accounting Office, (2) DOE (Schmitt, R. C., G. J. Quinn, and M. J. Tyacke) (1993), *Historical Summary of the Three Mile Island Unit 2 Core Debris Transportation Campaign*, DOE (Department of Energy) という詳しい報告書が存在する。

GAO (1987) リポートは 64 ページで、683 ページと長大な DOE (1993) リポートよりコンパクトで分かり易い。ただし、GAO (1987) は、アイダホ州 INEL への輸送が終わっていない段階でのリポートなので、輸送が全て終了した後にまとめられた DOE (1993) と併せて参照する必要がある。

また、DOE (1993) には充実した Appendix (付属資料集) が付いている。特に、Appendix A には、TMI-2 Cleanup Program の要 (Keystone) である 1980 年 3 月 26 日に調印された GEND 協定の全文が収録されている。

1986 年 7 月 20 日から 1990 年 5 月 9 日の 3 年 10 ヶ月の時間をかけて実施された、ペンシルバニア州 TMI からアイダホ州 INEL への燃料デブリ輸送事業については、キャスクやキャニスターの安全

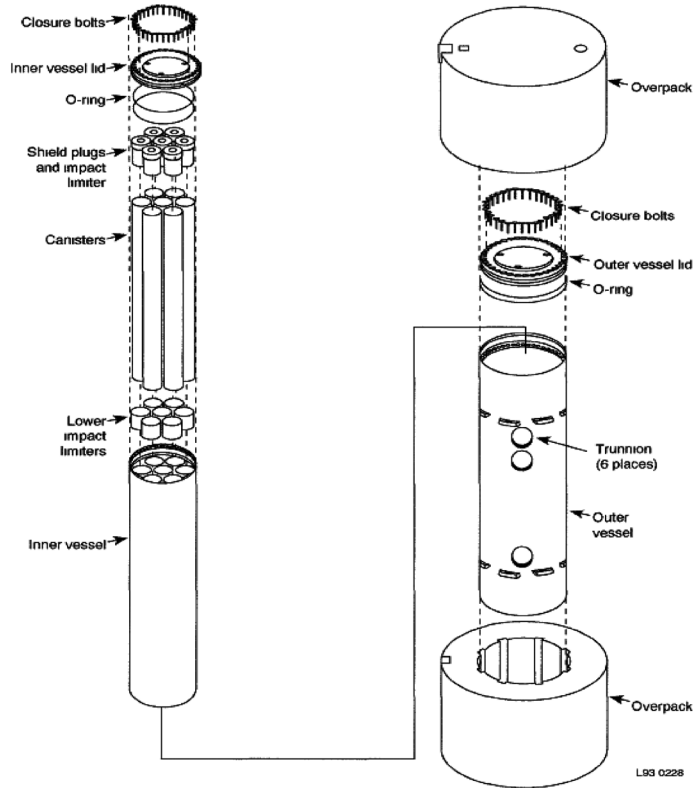


図8 キャニスターとキャスク (NuPac 125-B rail cask)

(出所) DOE (1993), p. 2-21.

試験なども含め、DOE (1993) 第3章に詳しい記述がある。

TMI-2 から取り出した約 132 トンの燃料デブリは、22 回の貨物列車 (特別仕様車両) 輸送により、合計 342 個のキャニスター (canister) に収納され、さらにキャニスターは計 49 個のキャスク (cask) に入れられて、アイダホ州 INEL へ輸送された。1 回の貨物列車輸送で、1 個から 3 個のキャスクを運搬し、1 つのキャスクには最大 7 個のキャニスターが入れられていた。輸送にあっては、鉄道会社の Conrail 社と Union Pacific 社が連携・協力し、10 州をまたぐ 2,383 マイル (3,834 km) の鉄道を、5 日から 4 日かけて輸送された。図 8 に燃料デブリを収納したキャニスターとキャニスターを収納した鉄道輸送用キャスクを示した。また、図 9 にペンシルバニア州 TMI からアイダホ州 INEL への鉄道輸送ルートを示した。

なお、DOE (1993) 報告書の第 2 章は、州政府や地方自治体による輸送検査や監視システム、住民やメディアとの関係、事故・緊急時へ備えた体制づくりなどを記述している。

## 10. TMI-2 廃炉事業と地域社会との「対話の場」の形成

GEND 協定に基づく TMI-2 Cleanup Program のパートナーシップ型廃炉ガバナンスにおいて、地域社会との「対話の場」を形成する役割を担ったのは、アメリカの原子力規制委員会 (NRC) であっ

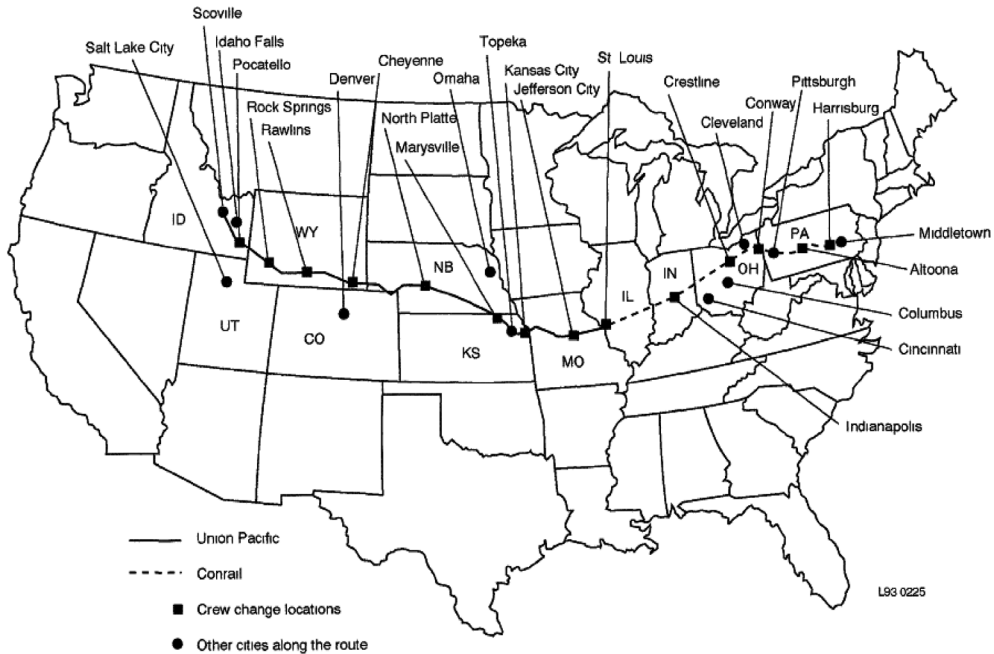


図9 ペンシルバニア州 TMI からアイダホ州 INEL への鉄道輸送ルート  
出所) DOE (1993), p. 2-79.

た。NRC は、連邦法である市民委員会設置法（FACA: Federal Advisory Committee Act of 1972）に基づき、TMI-2 Cleanup Program に関する市民パネル（Citizen Advisory Panel）を、1980 年 11 月 12 日に設置した（NRC, 1994）。

委員 12 名からなる市民パネルは、TMI-2 廃炉事業のあり方を多面的に議論する独立した市民委員会（Advisory Committee）である。

連邦政府の市民委員会設置法を所管する GSA（Government Service Admision）の規定で、市民委員の選定方法は、一般市民を含む多様な分野から公正でバランスのとれた委員の選定が定められている。市民委員会は、一般市民へ開かれた形（場所や時間のアクセスの容易性なども含め）で開催することが原則とされている（GSA, 2021）。

TMI-2 の市民パネル委員 12 名は、以下の 4 基準によって、NRC が選定した。

- (1) 選挙で選出された人とそうでない人
- (2) 技術者とそうでない人
- (3) 原発推進、中立、原発反対のそれぞれの立場の人
- (4) 一般住民と専門家

具体的には、以下の 12 名が選出された。

地方自治体の首長 3 名。ちなみに、2 代目の市民パネル座長を務めた Art Morris は、ランカスター



市長であった。NRC（1994）報告書は、座長としての Morris は、大変有能であり、リーダーシップがあったと高く評価している（NRC, 1994, p. 7）。1983年に2代目座長に就任した Morris は、その後、1993年9月23日の市民パネル終了まで座長として市民パネルを主導した。Morris のオープンかつ公平で、気さくな運営スタイルは、原発推進派も反対派も含め、多くの市民から高く評価された。ペンシルバニア大学などの科学者3名。

ペンシルベニア州政府役人3名（ただし、市民の批判を受け、この3名はすぐに専門家と市民へ変更された）。

一般市民3名。2,000名の会員を持つ反原発組織の TMIA: Three Mile Island Alert やサスケハナ川の汚染問題に取り組む市民組織 SVA: Susquehanna Valley Alliance などから選出された。

市民パネルの事務局（DFO: Designated Federal Officials）は、連邦法（FACA）に基づき、NRC職員が担った。市民パネルには、NRCにより以下の7つのアジェンダが設定されていた。ただし、第4のアジェンダは、市民パネルの議論の中から1986年に新たに設定されたものである。

- (1) 事故処理および廃炉の資金（Funding for cleanup and decommissioning）
- (2) 高レベル放射性廃棄物の保管・処分（Disposition of high-level radioactive waste）
- (3) 緊急事態対応（Whistleblowing activity at TMI）
- (4) 健康影響とその研究（Health effects and results of health studies）
- (5) 汚染水・処理水の保管・処分（Disposition of contaminated “accident” and cleanup water）
- (6) 廃炉作業員の被曝（Radiation exposure of cleanup workers）
- (7) エンドステートまでの安全貯蔵（Long-term storage of the facilities, prior to ultimate decommissioning）

市民パネルには、一般市民、NRC委員、NRC職員、事業者（GPUN）、DOE職員なども多数参加し、そうした一般参加者も市民パネルの場での発言が許され、議論に参加した。NRC（1994）報告書は、市民パネルは大変活発な「対話の場」として機能したと評価している。さらに、市民パネルは、TMI-2 Cleanup Program に対する“ultimate watch dog”（究極の監視者）として機能し、信頼と正統性、相互学習に特徴づけられるものであったと評価している。

市民パネルは、1980年11月12日から1993年9月23日（中間ステート・安定貯蔵への到達）までの13年間に、合計78回開催された。また、TMI-2近くのペンシルバニア州の州都ハリスバーグ市などでの公聴会（Public Meeting）も開催した。さらに、ワシントンDCのNRC本部においてNRC委員との定期的な会合も開催し、TMI-2廃炉事業への意見交換や提案を行った。なお、NRCへの市民パネル提案は、市民パネル委員12名による多数決による承認が必要とされていた。

市民パネルのある委員は、市民パネルが13年間も続いたことは本当に驚きだと述べている。さらに、当初は年2回の開催予定であったが、実際には年6回も市民パネルが開催され、多くの一般市民が議論に参加し、とても充実した「対話の場」となったことを大変誇りに思うと語り、NRCの設置した市民パネルの「成功」を物語っている（NRC, 1994）。

NRC（1994）報告書は、市民パネルの教訓として以下の7点を指摘している。

- (1) 市民パネルの目的設定 (Panel Objectives)
  - ・市民参加の程度と市民パネルの能力・有効性
  - ・市民パネル内あるいは市民間の意見の違いやコンフリクトの調整
- (2) 市民パネルを支えた特性 (Characteristics that Support Implementation of Advisory Panel)
  - ・適切な課題設定
  - ・市民パネルの成功と市民の関心の高さとの関係
- (3) 市民パネルの構成 (Panel Composition)
  - ・座長の役割の大きさ
  - ・専門家の役割や相互学習の重要性
  - ・多様な将来像の議論の重要性
  - ・市民パネル委員の多様性が市民パネルに対する社会的信頼を醸成した
- (4) 「場」のデザインやルール (Meeting Structure)
  - ・発言ルールの設定, インフォーマルな雰囲気の醸成
  - ・参加者のコメント集約により市民パネルと一般市民との対立を解消した
  - ・市民参加の促進と NRC への報告や要望の役割
- (5) 市民パネルの TMI-2 廃炉事業への効果 (Panel Influence on the Cleanup Program)
  - ・市民パネルの役割は NRC と事業者 (GPUN) への監視機能
  - ・市民パネルが 3 者 (市民, NRC, 事業者) のコミュニケーションを促進した
  - ・廃炉の技術的方法についても, 市民パネルや参加市民から提案された代替案が考慮された
- (6) メディアの役割 (Role of Medias)
  - ・ローカルメディアの役割や情報の伝達の重要性
  - ・市民パネルの活性化と市民参加
- (7) 長い年月の市民パネル (Panel Longevity)
  - ・市民パネル委員や一般市民が廃炉について学習する十分な時間の確保
  - ・効果的な廃炉に関するコミュニケーションを可能にする十分な時間の確保
  - ・市民パネルの参加者間の信頼の醸成

さらに、NRC (1994) 報告書は、多様な関係者へのインタビュー調査から、各アクターの市民パネル評価として、以下の 3 点を指摘している。

- (1) 市民パネルの活動から、効果的な情報伝達やコミュニケーションのあり方などについて、NRC は最も多くのものを得た。
- (2) 電力事業者 (GPUN) は、市民パネルは、反原発派の市民の意見が強く反映され、本当の一般市民の声が公正に反映されていないと評価した。
- (3) 反対に、市民サイドでは、市民パネルは原発推進派の意見を反映しすぎているとの不満が多く聞かれた。

最後に、市民パネルの二人の委員（市民委員）の意見を紹介しておきたい（NRC, 1994, p. 27）。

「市民パネルの委員は楽しいものではなかった。しかし、私は委員を続けた。なぜなら、市民パネルは、他には決してみられないやり方で、TMI-2 廃炉事業に関する地域住民の対話の場を活性化させたからである（The Panel was not fun, I didn't like doing it. But, I keep doing it and I'll keep doing it, because it is an effective public forum. It stimulated a public dialogue about the cleanup of TMI-2 that never would have taken place otherwise.）」。

「市民パネルの委員の経験はとても楽しかった。TMI-2 廃炉事業で何が行われているのかについて多くのことを学び、とても有益な学習の場であった（The Panel was great fun. It is tremendous educational experience—I know so much about how things work at TMI-2.）」。

## 11. 1F 廃炉政策は TMI-2 廃炉事業から何を学ぶべきなのか

1979年3月のTMI-2事故は、豊かな民主主義社会における過酷事故であり、事故炉から本格的な燃料デブリの取り出しが実行された世界で最初の事例である。TMI-2事故と1F事故とは質量も大きく異なるし、アメリカと日本は歴史的・社会的背景が大きく異なる。それでもなお、メルトダウンした3つの原子炉の廃炉という未曾有の困難な課題に立ち向かう日本社会は、「歴史に学ぶ」ことが重要である。ドイツの名宰相オットー・ビスマルクの格言「愚者は経験に学び、賢者は歴史に学ぶ」を深く考えたい。

本論文は、社会科学の視点から「1F 廃炉政策は TMI-2 廃炉事業から何を学ぶべきか」を考察し、以下の3点を結論として得た。

第一は、1F 廃炉ガバナンスの改善や革新について、科学的・専門的な検討と多様な関係者による議論が必要である。現在の1F 廃炉ガバナンスは、国を中心とした原子力政策の経路依存性の上に、1F 事故の重大性を反映し、政府主導型廃炉ガバナンスとして形成された。

日本だけを見ていると良くわからないが、1Fの政府主導型廃炉ガバナンスをTMI-2のパートナーシップ型廃炉ガバナンスと比較分析すると、1F 廃炉ガバナンスの課題が見えてくる。1F 廃炉の現場における事業を効果的かつ効率的に進めるため、現場（福島）と政策決定の場（東京）との連携や国と事業者との役割分担などを再検討すべきである。と同時に、長期的な1F 廃炉政策の形成にとっては、現場との一定の距離感も必要である。

現在の1Fの政府主導型廃炉ガバナンスは、廃炉現場に即した臨機応変で柔軟な意思決定という点においても、長期的な廃炉政策の形成という点においても、極めて中途半端である。形式的には政府主導でありながら、明確な長期的な廃炉政策の形成は不十分であり、廃炉現場の力が十分に発揮できるようにもなっていない。

第二は、地域社会との「対話の場」の形成の重要性である。ALPS 処理水の海洋放出問題に典型的にみられるように、地域社会との「対話の場」を欠いた専門委員会決定では、それが科学的合理性に基づくものであろうと、社会的受容性や社会的納得性の醸成はできない（松岡, 2018; 松岡・松本・竹内・吉田, 2021）。

2011年の1F事故で失われた原子力政策への社会的信頼の回復は、1F 廃炉事業の効果的かつ効率的な推進にとって不可欠である。社会的信頼の回復のためには、高い専門的知識や技能や公平性だけ

では不十分であることが、近年の信頼研究で明らかになっている（中谷内，2008）。多様な価値観の存在する社会においては、多様な価値や意見を認め、尊重することが、信頼形成にとって重要である。高い専門的知識・技能や公平性に基づく信頼は、「Competenceとしての信頼」といわれる20世紀型信頼である。多様な価値や意見を尊重する信頼は、「Careとしての信頼」と言われる21世紀型信頼である（Johnson, 1999; Allum, 2007）。

もちろん、全ての社会的信頼が「Competenceとしての信頼」から「Careとしての信頼」へ遷移しているわけではない。しかし、21世紀における社会的信頼形成において、「対話の場」の形成は有力なアプローチである。TMI-2のパートナーシップ型廃炉ガバナンスにおけるアメリカの原子力規制委員会（NRC）による市民パネルの設置とその「成功」の歴史は、1F廃炉事業と地域社会との「対話の場」の形成にとって重要な示唆を与えてくれる。

第三は、トランス・サイエンス的課題（Trans-Scientific Questions）の認識の重要性である。1972年にWeinbergが提起した、“*questions which can be asked of science and yet which cannot be answered by science*”（科学によって問うことができるが、科学によって答えることはできない）というトランス・サイエンス的課題が何かについては、多くの議論が存在する。しかし、こうしたトランス・サイエンス的課題が存在することを関係者が認識することなしに、その課題は見えてこない。

日本の原子力業界は技術中心主義（Technocentric Approach）が強く、社会的課題においても工学的手法によって最適解を導き出すことが可能だとの「神話」の信奉者が多い。しかし、あらゆる専門知は本質的に認識論的不確実性（Epistemic Uncertainty）を持っている。個々の専門知だけで問題を見ると、“Unknown Unknowns”（何が問題かが分からない）という状況に陥る危険性が高いことを、専門家は常に自覚する必要がある。

福島復興研究に取り組む中で、地域社会との「対話の場」の形成の重要性を語る筆者に対し、多くの専門家から、「異なる分野の専門家間の議論でさえ難しいのに、地域住民との対話はもっと難しい」という発言をよく聞く。このことは、全く正しい。

しかし、リスク管理政策が社会と関係するものであるかぎり、科学と政治と社会との関係性の中で社会的学習を続けていくことでしか、私たちの民主主義社会はトランス・サイエンス的課題を解決できない。だとすれば、いかに困難であろうと、科学者・専門家や政治家・行政関係者は地域社会との対話を行い、自らの「聞く力」を形成することが不可欠であろう。

（2021年11月12日，早稲田キャンパスの研究室にて脱稿）

## 付記

本論文は、筆者が代表を務める「1F廃炉の先研究会」の議論から多くを学んでいます。とりわけ、2021年9月24日に開催した第16回研究会では、TMI-2 Cleanup Programに10年間参加した経験を持つアメリカの原子力技術者 Chuck Neginさんから、TMI-2の汚染水処理、デブリ取り出し、アイダホ州 INEL へのデブリ輸送などについて詳しい報告を聞き、議論したことは大変貴重な機会でした。Chuckさんの話から、疑問に思っていた燃料デブリのキャニスターへの収納方法などが氷解しました。

ワシントン DC とオンライン開催した研究会で報告いただいた Chuck さん、Chuck さんを紹介いただいた井上正さん（電力中央研究所・名誉研究アドバイザー）、研究会副代表の森口祐一さん（国立環境研究所・理事）と崎田裕子さん（環境ジャーナリスト）に感謝申し上げます。

また、1F廃炉の先研究会の遠藤秀文さん（株式会社ふたば・社長）、小林正明さん（中間貯蔵・環境安全事業株式会社・社長）、宮野廣さん（日本原子力学会・福島第一原子力発電所廃炉検討委員会・委員長）、菅波香織さん（未来会議・事務局長）、永井祐

二さん（早稲田大学環境総合研究センター・研究院准教授）、小野田弘士さん（早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科・教授）、柳川玄永さん（三菱総合研究所原子力安全事業本部復興・再生グループ・主任研究員）、吉田恵美子さん（NPO法人・ザ・ピープル理事長、いわきおとんどSUN企業組合・代表理事）の皆さんにもお礼申し上げます。

なお、第14回1F廃炉の先研究会（2021年6月14日）で1F廃炉とデブリ取り出しについて報告いただいた東京電力の溝上伸也さん（東京電力1F廃炉推進カンパニー・燃料デブリ取り出しプログラム部APGMスペシャリスト）には、GEND協定の重要性やアイダホ州へのデブリ輸送に関するGAO報告書やDOE報告書、さらにはPWR炉とBWR炉との構造の違いなどについてご教示いただきました。大変有益なコメントをいただき、貴重な情報を提供いただき、本論文を完成させることができました。溝上さんにも心より感謝申し上げます。

本論文の表作成については、山田美香さん（早稲田大学ふくしま広野未来創造リサーチセンター次席研究員）、朱鉦さん（早稲田大学大学院アジア太平洋研究科・博士課程、松岡研究室RA）の協力を得ました。記して謝意を表します。

言うまでもなく、本論文の責任は全て筆者にあります。

## 注記

- (1) TMI-2事故の経緯や対応については、Walker (2004), EPRI (1990), GPUN (1990)などに依拠している。
- (2) TMI-2事故処理はCleanup Program（浄化計画）と表記され、Decommissioning（廃炉）とは表記されない。これは、事故後1年以上の期間、電力会社GPUはTMI-2を廃炉せずに、修理をして再稼働させる案を持っていたことも関連している。その後、GPUはTMI-1の再稼働を最優先し、そのためTMI-2の廃炉を決断する。こうした背景があり、本稿ではTMI-2 Cleanup Programという用語を主に使用する。現時点から評価すると、1979年から1993年までのTMI-2 Cleanup Programは廃炉プロセスの中間ステートまでの段階であり、本稿では、より一般的な表現として、TMI-2廃炉事業という用語も使用する。
- (3) 本節の記述は、松岡（2021ab）を修正したものである。

## 参考文献

- 青木通佳（1980）「スリーマイル島原発事故の分析」『人間工学』16(3), pp. 117-123.
- Allum, N. (2007), An empirical test competing theories of hazard-related trust: The case of GM food, *Risk Analysis: An International Journal*, 27(4), pp. 935-946.
- Croucher, D. W. (1981), *Three Mile Island Unit 2 Core Status Summary: A Basis for Tool Development for Reactor Disassembly and Defueling*. GEND-007. Idaho Falls, ID: EG6G Idaho, Inc.
- DOE (Schmitt, R. C., G. J. Quinn, and M. J. Tyacke) (1993), *Historical Summary of the Three Mile Island Unit 2 Core Debris Transportation Campaign*, DOE, 683 pp.
- EPRI (1990), *The Cleanup of Three Mile Island Unit 2: A Technical History: 1979 to 1990*, EPRI.
- 藤崎説男・松鶴秀夫（1985）「TMI-2号炉の除染作業と廃棄物の処理処分」『保健物理』20, pp. 157-165.
- GAO (1987), *Nuclear Waste: Shipping Damaged Fuel from Three Mile Island to Idaho*, US General Accounting Office.
- 原子力規制委員会（2021）『東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析に係る中間取りまとめ』2021年3月5日。
- GPUN (1990), *TMI-2 Defueling Completion Report*, GPU.
- GSA (General Services Administration) (2021), *The Federal Advisory Committee Act (FACA) Brochure*. <https://www.gsa.gov/policy-regulations/policy/federal-advisory-committee-management/advice-and-guidance/the-federal-advisory-committee-act-faca-brochure>（2021年9月7日閲覧）。
- 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議（2019）『東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ』。
- Johnson, B. B. (1999), Exploring dimensionality in the origins of hazard-related trust, *Journal of Risk Research*, 24(2), pp. 325-354.
- 経済産業省・トリチウム水タスクフォース（2016）『トリチウム水タスクフォース報告書』（2016年6月）。
- 経済産業省・多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会（2020）『多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会報告書』（2020年2月10日）。
- Kemeny Commission (1979), *Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island*.
- 松岡俊二（編）（2018）『社会イノベーションと地域の持続性：場の形成と社会的受容性の醸成』有斐閣, 295 pp.
- 松岡俊二（2019a）「福島復興知とは何か？：1F廃炉政策から考える」『アジア太平洋討究（早稲田大学大学院アジア太平洋研究センター）』37, pp. 49-75.
- 松岡俊二（2019b）「原子力災害からの地域再生と1F廃炉政策：福島復興知を考える」『環境情報科学』48(4), pp. 40-48.
- 松岡俊二（2020a）『復興と廃炉の両立』を考える：東日本大震災と福島復興『アジア太平洋討究（早稲田大学大学院アジア太平洋研究センター）』40, pp. 27-43



- 松岡俊二 (2020b) 「ポスト・トランス・サイエンスの時代における専門家と市民：境界知作業、記録と集合的記憶、歴史の教訓」『環境情報科学』49(3), pp. 7-16.
- 松岡俊二 (2021a) 「福島第一原子力発電所 (1F) 廃炉の将来像と『デブリ取り出し』を考える」『アジア太平洋討究 (早稲田大学大学院アジア太平洋研究センター)』41, pp. 89-110.
- 松岡俊二 (2021b) 「1F 廃炉の将来像と『デブリ取り出し』を考える」『環境経済・政策研究』14(2), pp.43-47.
- 松岡俊二 (2021c) 「原子力災害からの創造的復興：ポスト・トランス・サイエンスの時代における福島復興と 1F 廃炉」『アジア太平洋討究 (早稲田大学大学院アジア太平洋研究センター)』42, pp. 1-20.
- 松岡俊二・松本礼史・竹内真司・吉田英一 (2021) 「新たなステージに移行した日本の地層処分政策を考える：今、我々は何を考え、何を議論すべきなのか」『環境情報科学』50(3), pp. 2-12.
- 日本原子力学会・福島第一原子力発電所廃炉検討委員会 (2020) 「国際標準からみた廃棄物管理：廃棄物検討分科会中間報告」(2020年7月)
- 中谷内一也 (2008) 『安全。でも、安心できない…：信頼をめぐる心理学』筑摩書房.
- NRC (1994), *Lessons Learned from the Three Mile Island - Unit 2 Advisory Panel*, NRC.
- Osif, B. A., A. J. Baratta, and T. W. Conkling (2004), *TMI 25 Years Later: the Three Mile Island Nuclear Power Plant Accident and Its Impact*, Pennsylvania State University Press.
- Rees, J. (1994), *Hostages of Each Other: The Transformation of Safety since Three Mile Island*, Univ. of Chicago Press.
- Walker, S. J. (2004), *Three Mile Island: A Nuclear Crisis in Historical Perspective*, University of California Press.
- Weinberg, A. M. (1972), Science and Trans-Science, *Minerva*, 10(2), pp. 209-222.
- Wynne, B. (1992), Misunderstood Misunderstanding: Social Identities and Public Uptake of Science, *Public Understanding of Science*, 1, pp. 281-304.