

# 大阪大学東京電力福島第一原子力発電所 事故調査チーム；1F-2050

環境エネルギー工学専攻  
エネルギー量子工学コース 教授 村田 勲

工学研究科環境エネルギー工学専攻が中心となり、令和4年10月、テクノアリーナインキュベーション部門内に、大阪大学東京電力福島第一原子力発電所事故調査チーム「1F-2050」が設置された。本報では、この活動の現状について報告する。

## 1. 東京電力福島第一原子力発電所事故<sup>1)</sup>

2011年3月11日14時46分、宮城県沖を震源とする東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）が発生した。マグニチュード9、最大震度7（宮城県栗原市）を記録する未曾有の巨大地震であった。震源から二番目に近くに位置する原発（最も近い場所にあるのは女川原発）である東京電力福島第一原子力発電所（以下1F）は、地震により外部電源喪失となったが、非常用のディーゼル発電機が起動したため、当初は被害が抑えられているように見えた。しかしその後、10mを超える津波が発電所を襲い、全電源喪失に陥った。運転していた原子炉（1～3号機）は即座に運転を停止したが、核燃料の冷却ができなくなり、核分裂生成物などの崩壊に伴う熱を除去することができなくなった。この熱により発生した水素により、1、3及び4号機は水素爆発を起こし大きな損傷を受けることとなった（4号機は運転していなかったが、3号機から排気管を通じて水素が流入し爆発に至ったとされている）。なお2号機は、1号機の水素爆発により原子炉建屋上部側面のパネルが開き、水素が外部に排出されたため水素爆発を免れた。しかし、放射性物質をある程度取り除いてから外部に気体を放出する「ベント」という操作に失敗したため、最も多くの放射性物質が外部に放出されたと推定されている。また、炉心内に残っている核燃料は、その崩壊熱により自身を熔融させ、圧力容器下部に達するメルトダウンを引き起こしてしまった。この熔融した燃料の温度は非常に高く、圧力容器の下部を貫通し、その下の空間であるペDESTALに到達したと考えられている

（図1は、1号機のペDESTAL出口付近の写真であり、壁のコンクリートが消失し鉄筋のみになっていることが見て取れる）。現在はこの状態で冷却が続けられており、熱的には安定しているが、この付近に大量に存在していると推定される、核燃料を主成分とする物質（燃料デブリ）を取り出すことが1Fの廃炉の主要課題となっている。最近、東京電力は、最も被害が大きい1号機について、ペDESTAL内部の様子を撮影・公開するなど（図1）、様々な情報を発信し始めている。福島では、そのような最新情報を元に、きょうも多くの人員が、過酷な現場で廃炉に向けた活動を続けている。



図1 ペDESTAL出口付近の  
コンクリート壁の様子<sup>2)</sup>

## 2. 東京電力福島第一原子力発電所における事故分析に係る検討会<sup>3)</sup>

原子力規制委員会は2013年3月、東京電力福島第一原子力発電所事故の原因を解明し廃炉に繋げるため「東京電力福島第一原子力発電所における事故分析に係る検討会」を発足させた。1F事故の分析(原因究明)は原子力規制委員会の重要な所掌案件の一つであるためである。東京電力はもちろん、国が中長期にわたって、1Fの原因究明から廃炉にわたり責任を負うことは当然のことであり、原子力規制委員会が国として主導的役割を果たしている。検討会にはこれまで、原子力規制委員会委員、原子力規制庁職員の他、東京電力をはじめとする多くの企業や有識者が参加することで、包括的に1Fの廃炉までの道筋や実際の作業について議論が続けられている。

そんな中、2023年4月24日には、本稿執筆直近の検討会(第37回検討会)が実施され、以下の項目が議論された。

- (1) 1号機原子炉格納容器内部調査の進捗状況について
- (2) ケーブル加熱試験等の状況について
- (3) 水素燃焼試験の状況について
- (4) 1号機原子炉補機冷却系熱交換器の高汚染について

これらは全て現状の重要な案件とされているものであり、慎重に検討が進められているところであるが、我々1F-2050が特に取り組んでいる項目が、(1)1号機原子炉格納容器内部調査の進捗状況について、である。これは、具体的には、原子炉圧力容器の下部にあるペDESTAL内部の空間にROV(水中探査機)を投入し、取得した多数の画像を元に現状の把握を行った結果を報告するものであった。図2は検討会で報告されたペDESTAL内部の360°の景色のパノラマ写真である<sup>4)</sup>。すべての方向でコンクリートが消失していることが確認できる。図には含まれていないが、ここから上部を見ると一部で黒い空間が広がっており、この上部に存在する制御棒駆動機構や圧力容器内に存在した様々な物体が落下してしまっただのではないかと推測されている。しかし落下した物体は、全て無くなっているように見え、燃料により融かされデブリ化した可能性が示唆される。また、このコンクリートの様子から、ペDESTALの耐荷重性能が十分であるかが問題視されていることは、報道等でも取り上げられているとおりでである。検討会では、このような資料を用い、活発な議論が続けられているが、アカデミアからの貢献が少なかったことが問題点として指摘されていた。



図2 ペDESTAL内部の360°パノラマ写真<sup>4)</sup>

⑦(ペDESTAL開口部から中に入っすぐ左)から⑬まで時計回りで撮影した結果を繋げたもの。

### 3. 東京電力福島第一原子力発電所事故調査チーム 1F-2050<sup>5)</sup>

#### 3.1 設立の経緯

「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会」には、昨年より大阪大学から、環境エネルギー工学専攻の大石佑治准教授が有識者として参加していた。その検討会では、ペDESTAL付近のコンクリート等がこれまでの常識では考えられないような異常な状態で破壊されていることが明らかになり始めたことから、私たち（エネルギー量子工学コース）が、新たにアカデミアとして検討会に正式に参加することが原子力工学を専門とする研究者の役目ではないかという結論に達した。その後、工学研究科内で議論を深め、桑畑進研究科長のご判断、およびテクノアリーナ原圭史郎教授のサポートのもと、テクノアリーナ内、インキュベーション部門、社会課題解決型のグループとして、東京電力福島第一原子力発電所事故調査チーム「1F-2050」が令和4年10月に設立された。

#### 3.2 1F-2050の目的

“1F”はもちろん東京電力福島第一原子力発電所を意味する。“2050”は2050年を意味するが、それはカーボンニュートラルでもあり1Fの廃炉完了予想時期（正確には40年後の2051年）でもある。1F-2050の目的は、1Fの事故調査の結果からエネルギー問題を見据えた幅広い議論・検討を行うことであり、日本のエネルギーの未来に資することを目指している。具体的には、大阪大学がアカデミアとして「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会」に参加し事故原因の解明を進める。1F事故ではこれまで、人類が経験したことがないような異常な現象が起こったと考えられている。特にペDESTAL付近は推定することが難しいような状況であり、アカデミアの力でこの現象の発生メカニズムの解明を進め、1Fの廃炉とそれによる福島の復興に資することを目指している。もちろん得られた成果は広く公表し、現在国が進めようとしている次世代革新炉開発の安全性の向上にも活かしていく。

#### 3.3 1F-2050の組織

1F-2050は、専攻内ではなく工学研究科内に設置されている。これは、1F事故の問題は非常に幅広いため、専攻の横のつながりをフルに活用する必要があるためである。具体的には、チーム組織は工学研究科内のテクノアリーナに置かれ、別々の専攻に所属する研究者が連携して研究を進めることができるようになっている。図3にチームの組織図を示す。現在は、主としてペDESTAL内部及び外部のコンクリートの不自然な損傷について、その原因を解明することを主たる目的としており、図に示す通り工学研究科内では、マテリアル科学、生産科学の先生方にもご参加いただいている。また外部としては、福井工業大学の西嶋茂宏工学部長に全面的にご支援をいただいている。そして、1F事故は、原子炉の事故であり当然放射線が深く関係して

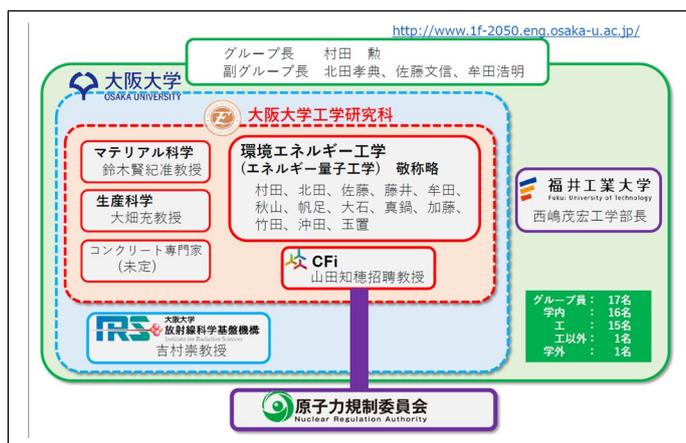


図3 1F-2050の組織図

いることから、放射線科学基盤機構の吉村崇教授にもご協力をいただいている。環境エネルギー工学専攻では、従来から原子力規制庁と連携するため山田知穂招へい教授(所属はテクノアリーナ)に来ていただいていたが、山田教授には規制庁との連携を進めるパイプ役をお願いしているところである。現在 1F-2050 には、総勢 17 名の研究者の皆さんに加わっていただいているが、この組織構成は、取り組む中身が新しく加わった場合、適宜見直される予定である。

#### 4. これまでの活動の概要

1F-2050 は、令和 4 年 10 月の設立以来、主としてペDESTAL 付近の異常なコンクリートの損傷現象の解明について研究を進めてきた。図 2 に示した通り、1 号機については、ペDESTAL 内部の様子が公開されているため、そのような損傷がどのように形成されたか検討してきた。原子炉の燃料は融け、圧力容器の下部を突き破り、ペDESTAL 内部に落下したと考えられている。そこには制御棒駆動機構も設置されていたが、すべて無くなったように見える。ペDESTAL のコンクリートとペDESTAL 出口付近のコンクリートの下部約 1 m が融け落ちたようになり、鉄筋のみとなっている。このような状況はどのようなシナリオにより作り上げられたのか、1F-2050 では、設立以来数か月にわたり検討を進めてきた。現在は、図 4 に示すような 2 つのシナリオ(阪大シナリオ)を想定し、損傷のメカニズムの解明を進めている。

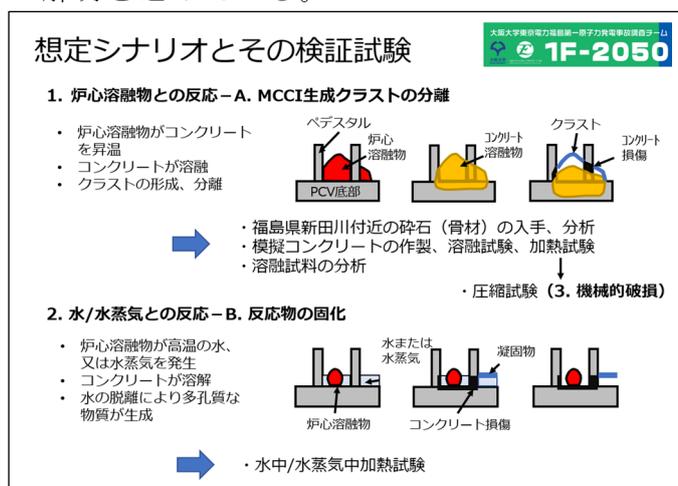


図 4 1F 事故の想定シナリオ(阪大シナリオ)

現在までの研究により、どちらのシナリオかを決定する結果は得られていない。しかし一方で、どちらかのシナリオの排除を強く示唆する結果も得られていない状況である。これまで、第 31 回検討会から 1F-2050 として参加し、第 32 回、第 34 回にて阪大シナリオについて報告を行ってきた。阪大シナリオは、令和 4 年 11 月に開催された、米国エネルギー省が主催する「Reactor Safety Technology Expert Panel Forensics Meeting」でも報告されるなど、高い評価を得ている。

#### 5. 今後の展開

1F-2050 は、これから 5 年間をかけて 1F 事故の原因解明を目指し活動が続ける予定である。現在はペDESTAL の異常現象についてのメカニズム解明を目指し、シナリオの提案及びその検討を進めている。その結果は、適宜「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会」で報告していく。しかし、1F にはそれ以外に数多くの未解決問題が存在している。シールドプラグ(圧力容器の上部に設置されている遮へいのための蓋)の不自然な放射能分布、事故直後のモニタリングポスト(原子炉建屋や周辺の主要都市における線量測定装置)の線量挙動、原子炉内部の不可解なガンマカメラ画像(放射能分布)、などは早急に検討を行いその現象を解明する必要がある。そして、最も重要になる、

最終的な燃料デブリの取り出し、が控えている。燃料デブリをどのように取り出すのか、そのために 1F-2050 では、燃料デブリが存在する位置と量の推定、という問題にも踏み込むべく準備を進めているところである。

我々 1F-2050 のメンバーの多くは、原子力の専門家である。1F の事故の原因究明を進め廃炉に寄与することは私たちの責任であると認識を新たにし 1F 問題に取り組んでいる。

### 参考文献

- 1) <https://www.tepco.co.jp/fukushima/review/>
- 2) [https://www.tepco.co.jp/library/movie/detail-j.html?catid=107299&video\\_uuid=k593g02e](https://www.tepco.co.jp/library/movie/detail-j.html?catid=107299&video_uuid=k593g02e)
- 3) [https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/jiko\\_bunseki01/index.html](https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/jiko_bunseki01/index.html)
- 4) [https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/jiko\\_bunseki01/14000085.html](https://www.nra.go.jp/disclosure/committee/yuushikisya/jiko_bunseki01/14000085.html)
- 5) <http://www.1f-2050.eng.osaka-u.ac.jp/>

(原子力 1986 年卒 1988 年前期)