

平成25年度実績概要

# 使用済燃料プールから取り出した 損傷燃料等の処理方法の検討

平成26年5月29日

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

無断複製・転載禁止 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構  
©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

## 目的

東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の原子炉建屋プールの燃料には、海水による塩分等の不純物の付着が考えられ、一部の燃料は落下したコンクリート片などにより損傷、漏えいしている可能性もある。

これら燃料は、取り出し後当面、同発電所内の共用プールに保管する計画であるが、将来の処理・処分に向けた方向付けを行う必要が出てくることから、まずは再処理の技術的な成立性を判断するため、損傷燃料等の取扱いに係る国内外の事例等を調査することにより、再処理における技術的課題及びその対策を整理する。また、実施可否に係る判断指標を整備する上での必要な情報及び課題を整理する。

# 平成25年度実施計画

## (1)国内外における損傷燃料等に関する事例調査

再処理施設内での損傷燃料の移送及び貯蔵等における課題の抽出及びその対応の検討に資することを目的とし、法令報告書等の公開資料・文献等から国内事例における損傷燃料の取り扱い方法を調査する。また、IAEA等の損傷燃料に関する文献や国際原子力情報システム(INIS)等のデータベースを利用し、国外事例も同様に調査する。

## (2)諸外国における損傷燃料等の取り扱い要件・判断基準等の調査

再処理施設において損傷燃料を取り扱うための判断指標の整備、及び再処理施設内における課題の抽出及びその対応の検討に資することを目的とし、諸外国における燃料の損傷状態を分別するための確認項目、判断基準、燃料の検査方法等についての文献調査等を行う。

## (3)再処理施設における損傷燃料等の取り扱い方法、事例の調査

再処理施設において損傷燃料等を取り扱う上での課題や制約条件を把握することを目的とし、現状の国内再処理施設の許認可資料における使用済燃料の取り扱いについての記載内容を整理する。また、東海再処理施設におけるピンホール燃料の処理実績を調査し、その取り扱い方法について健全な使用済燃料との相違点等についてとりまとめる。さらに、海外の再処理施設における損傷燃料の取り扱い事例について文献調査等を行う。

## (4)再処理に向けた判断指標及び技術的課題の整理

上記結果を踏まえ、再処理の実施可否にかかる判断指標の整備に必要な情報及び課題、以降の研究計画に反映すべき損傷燃料等の取り扱いに係る技術的課題を抽出し、それらへの対応策について整理する。

**IRID**

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

3

# (1)国内外における損傷燃料等に関する事例調査(その1)

## ○国内事例

国内の事例については、一般財団法人原子力技術協会が運営している原子力施設情報公開ライブラリー「ニューシア」等により調査を行い、BWR35件、PWR38件、その他12件の損傷事例について報告書等を収集。燃料損傷の要因・状態及び取扱い方法について整理を実施。

⇒数は少ないものの燃料集合体の補修事例、破損燃料の輸送、漏えいが疑われる燃料集合体の検査項目について情報有り(具体的な補修方法及び輸送等に係わる情報はなし)。

## ○国外事例

海外の損傷燃料の取り扱い事例についてIAEAにより報告されている。また、アメリカの損傷燃料の事例や経験について、パシフィックノースウエスト研究所(PNL)及びアイダホ国立研究所(INL)により報告されている。損傷燃料等に係わる有用な事例及び取扱い方法について整理を実施。

1)IAEA,Catalogue of methods,Tools and Techniques for Recover from Fuel Damage Events,IAEA-TECDOC-627,1991. TMI-2, Chernobylを含む主要な事故などで実際に使用された装置等について、この分野での経験がある加盟国等にアンケート調査を行い、その結果について報告。アメリカGE社が開発したBWRバンドル分解ツール、フランスFRAGEMA社が開発した損傷PWR集合体の補強方法及び実績(約200体)等の情報を含む。

2)IAEA,Storage of Water Reactor Spent Fuel in water Pools,IAEA, Technical reports series No.218,1983.

使用済燃料貯蔵プールに係わる事項について世界22か国に対してアンケート調査を行いその結果について報告。欠陥燃料の貯蔵方法として約30%が集合体をカプセル化、5%は取り外した欠陥ロッドをカプセル化、20%は囲われたバスケットに貯蔵等の情報を含む。

**IRID**

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

4

## (1)国内外における損傷燃料等に関する事例調査(その2)

### 3)IAEA, Underwater inspection, repair and reconstitution of water reactor fuel, IWGFPT/29,1988.

フランスでは、漏えい燃料は、再処理、修理後に原子炉へ再装填、そのまま原子炉へ再装填されるものがあり、損傷燃料は修復、復元されたのち原子炉へ再装填。修理に係わる主要な装置は作業台、“OSCAR”と呼ばれる燃料棒引き抜き装置、“PIC”と呼ばれる燃料棒引き抜き・挿入装置で構成される。

アメリカでは、破損または損傷燃料集合体は、アセンブリの状況及び状態に応じて、いくつかの方法で修復。破損した燃料棒のみを互換性のあるロッド(濃縮度、寸法形状)に交換するか、スケルトンと呼ばれる新しい集合体の骨組みに損傷した集合体から健全な燃料棒を移し替える手法にて修理。

ベルギーでは、フランスFRAGEMA社等が損傷燃料の修理を実施しており、20体の修理実績について報告。

### 4)W.J.Bailey,Categorization of failed and damaged spent LWR fuel currently in storage,PNL-5882,1987.

アメリカ等の破損燃料と損傷燃料の分類、種類及び事例について報告。損傷燃料に係わる情報分類を10段階(1.破損、あるいは損傷が視覚的に観察、2.カプセル化、あるいは他の是正措置を実施、3.特別なハンドリングが必要、4.稠密化処理が不可能、5.物理的変形、6.プールラックに不適合、7.被覆管損傷、8.放射能漏洩、9.その他、10.未収集)とし、各発電所から収集した損傷事例を整理。

### 5)W.J.Bailey,Experience with Failed or damaged spent fuel and its impact on handling,PNL-SA-17727,1990.

アメリカ等の湿式及び乾式貯蔵の経験、破損または損傷燃料の取扱い、燃料の輸送、高燃焼度燃料の経験について報告。1988年末、貯蔵されている使用済燃料は62,700体であり、そのうち約3200体は破損又は損傷燃料。そのなかで、35体は特別な取り扱いが必要、1体は集合体ごとカプセル封入が必要。湿式及び乾式貯蔵における損傷の拡大などの影響は認められない。損傷燃料の乾式輸送は汚染拡大の可能性。

### 6)Brett.Carlsen, et al., Damaged Spent Nuclear Fuel at U.S. DOE Facilities, Experience and Lessons Learned, INL/EXT-05-00760,2005.

米国エネルギー省(DOE)は、海外研究炉燃料及び米国内サイトの使用済燃料をINL, HanfordおよびSavannah Riverで一元管理・貯蔵している。DOE管理下のSNFは数百種類あり、損傷燃料も含まれるが、長年、安全に貯蔵されている。これまでのSNF貯蔵環境とSNF劣化、極端に劣化したSNFの取り扱いと再梱包の経験、および関連する教訓の概要について報告。湿式貯蔵における水化学、燃料と水の相互作用、乾式貯蔵のためのSNFの乾燥、乾式環境におけるUO<sub>2</sub>燃料の酸化、中間貯蔵期間の延長における懸案事項、損傷SNFに対するキャニスタの設計について報告。

## (2)諸外国における損傷燃料等の取り扱い要件・判断基準等の調査

### ○諸外国の損傷燃料の取り扱い要件・判断基準等について、以下の公開文献を調査

#### 1) IAEA, Management of Damaged Spent Nuclear Fuel, IAEA Nuclear Energy Series No. NF-T-3.6, 2009.

損傷燃料処理を必要としている国等に指針を提供することを目的とし、IAEA技術会合における各国の情報提供に基づき、損傷燃料の識別方法、管理指針、性能要件及び検知技術について報告。また、損傷燃料の取り扱い方法(燃料棒の交換、容器への封入、水のろ過、気体廃棄物のろ過等)が纏められている。

#### 2) IAEA, Spent Fuel Performance Assessment and Research:Final Report of a Coordinated Research Project (SPAR-II),IAEA-TECDOC-1680,2012.

使用済燃料の長期貯蔵に関する技術的知見を高めることを目的とし、貯蔵設備及び使用済燃料の健全性評価・研究について各国の経験を収集し報告。各国の燃料の健全性の定義、検知技術の概要、容器の概要等が纏められている。

### ○更に詳細なものとして、以下の米国指針・規格等を調査

#### 1) NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Interim Staff Guidance-1, Rev 2, Classifying the Condition of Spent Nuclear Fuel for Interim Storage and Transportation Based on Function. (Formerly entitled “Damaged Fuel”),2007.

#### 2) AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE, Characterizing Damaged Spent Nuclear Fuel for The Purpose of Storage and Transport, ANSI N14.33-2005, 2005.

#### 3) Electric Power Research Institute, Industry Spent Fuel Storage Handbook, 2010.

### (3)再処理施設における損傷燃料等の取り扱い方法、事例の調査

#### ○国内再処理施設における使用済燃料の取り扱い方法の調査

再処理事業指定申請書における使用済燃料の取り扱いについての記載内容を整理。

#### ○東海再処理施設におけるピンホール燃料等の再処理事例調査

##### ・ピンホール燃料

ピンホール型のPWR燃料16体の再処理実績あり。

ピンホール燃料は原子炉施設において密封性を有する燃料缶に収納した上でキャスクに収納し輸送。再処理施設のプールで燃料缶から燃料を取り出し、密封容器付燃料貯蔵バスケットに収納・貯蔵。以降の取り扱いは健全な燃料と同一。

##### ・再組立燃料集合体

照射後試験に供した燃料の再組立燃料集合体3体(BWR燃料の部材を用い、被覆管付きの燃料片や燃料ペレットをウォータ・ロッドの中に充填)の再処理実績あり。

再組立燃料は照射後試験施設において密封容器に収納した上でキャスクに収納し輸送。以降の取り扱いは、U量が少ないことによる調整工程での硝酸ウラニルの添加を除き、健全な燃料と同一。

構造が通常の燃料と若干異なることから、せん断に係る評価を実施し、再組立燃料の構造に反映。また、事前に模擬燃料集合体のせん断試験を実施。



東海再処理施設における燃料缶(燃料取り出し後)の取り扱い

IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

7

### (3)再処理施設における損傷燃料等の取り扱い方法、事例の調査

#### ○海外の再処理施設における損傷燃料の取り扱い事例調査

公開文献の調査の他、大使館を通じて英・仏の再処理事業者へ情報提供依頼を実施。また、1月末に英・仏の再処理施設を訪問、損傷燃料等の取り扱いに係る施設等を視察。

##### ・イギリスにおける損傷燃料の再処理事例

BWR損傷燃料をマルチエレメントボトルに収納し、輸送・再処理した事例、BWR損傷燃料を補強、容器及びマルチエレメントボトルに収納し、輸送・再処理した事例等あり。また、損傷したBWR燃料棒を保管・輸送するためのQuiverと呼ばれる容器を開発、再処理施設で使用するためのせん断試験を実施。その他、AGR燃料棒を缶に収納し再処理している。

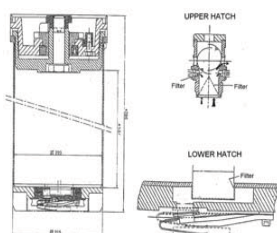


BWR用マルチエレメントボトル\*

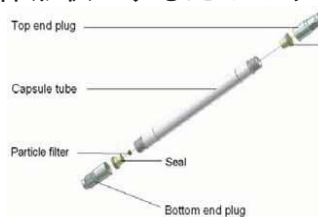
\*A.H.C.Callaghan,et al.,The Management of Non-standard, Failed and Damaged Oxide Fuels at Sellafield, 2005.

##### ・フランスにおける損傷燃料の再処理事例

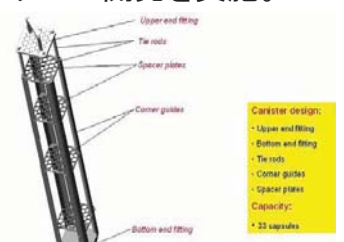
排水機能、排気機能(フィルタ付)を有する燃料集合体用容器(ボトル)を用い、損傷燃料の輸送・再処理した事例等有り。また、輸送・再処理等の必要条件を考慮した排水機能、排気機能(フィルタ付)を有する燃料棒用容器(カプセル)とそれを燃料集合体形状にするためのキャニスターの開発を実施。



損傷(ガスリーク)燃料集合体用容器\*\*



燃料棒カプセル\*\*



燃料棒カプセル用BWR型キャニスター\*\*

\*\*IAEA, Spent Fuel Performance Assessment and Research: Final Report of a Coordinated Research Project (SPAR-II), IAEA-TECDOC-1680, 2012.

IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

8

## (4)再処理に向けた判断指標及び技術的課題の整理

### ○再処理施設での損傷燃料の取り扱いを困難にする主な要因

- ・放射性物質の漏えい……プール水の汚染
- ・機械的強度の低下……チャンネルボックス取り外し、ハンドリングへの影響
- ・変形……チャンネルボックス取り外し、機器との干渉
- ・不純物の同伴……化学処理工程等への影響

### ○考えられる対応策(損傷状態、程度による)

- ・収納缶(密封(排気/排水機能)/非密封)
- ・補修・補強
- ・再組立

### ○主な技術的課題

- ・ハンドリングへの影響(チャンネルボックス、収納缶、補修・補強の影響含む)
- ・化学処理工程等への影響(腐食、製品、廃棄物、工程運転)

### ○考えられる判断指標(再処理施設における許容範囲)

- ・放射性物質の漏えい率
- ・変形量
- ・不純物の同伴量
- ・収納缶の構造・寸法 等