PWR 廃止措置における炉内サンプリング工事について

The nation's sampling of internal reactor vessel on PWR decommissioning

三菱重工業(株)	永田	亮	Ryo NAGATA	member
三菱重工業(株)	新田	義一	Yoshikazu NITTA	Non-member
三菱重工業(株)	橋本	達矢	Tatsuya HASHIMOTO	Non-member
三菱重工業(株)	池谷	俊志	Syunji IKEGAYA	Non-member
三菱重工業(株)	森川	玲於奈	Leona MORIKAWA	Non-member
三菱重工業(株)	鬼塚	博徳	Hironori ONITSUKA	Non-member
三菱重工業(株)	南山	彰男	Akio MINAMIYAMA	Non-member
三菱重工業(株)	野田	雅紀	Masaki NODA	Non-member

Abstract (Times New Roman 10pt) should be about 150 words.

Mihama Unit 1 & 2 are the first decommissioned nuclear power plants in the Japanese PWR (Pressurized Water Reactor). Internal reactor vessel sampling in PWR has never been conducted in Japan before. Mihama Unit 1 & 2 is the first one in the Japanese PWR. Usually, radioactive concentration on nuclear power plant is estimated based on operation history. Decommissioned nuclear power plants are demanded verification between estimation of radioactive concentration and measured result. This dissertation is describing about summary and result of internal reactor vessel sampling construction.

Keywords: Decommissioning, PWR, Mihama Unit 1 & 2, Genkai Unit 1, Internal reactor vessel,

1. 諸言

関西電力(株)美浜発電所1,2号機は、2015年3月に 廃止を決定し、2017年4月に原子力規制庁より廃止措置 計画の認可を受けている。その廃止措置は、解体準備、 原子炉周辺設備解体撤去、原子炉領域解体撤去、建屋等 解体撤去の4段階の期間に区分して段階的に進める計画 となっている。解体準備期間の最初の工事として、2017 年に系統除染工事が完了しており、これに引き続いて 2018年9月に2号機、2018年11月に1号機の原子炉容 器(以下、R/V)内のサンプリング工事を実施した。廃止 措置におけるPWR プラントの R/V 内のサンプリング工 事はこれまで実施されておらず、今回が国内初の工事と なった(Fig.1)。

R/V内のサンプリング工事は、放電加工装置を用いて R/V内のサンプルを採取し、採取したサンプルを核種分 析することによって、放射化分布を評価することを目的 としている。ここでは、サンプリング工事の概要を報告 する。



Fig.1 Picture of construction on site

連絡先: 永田亮 〒652-8585 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業(株) E-mail:ryo_nagata@mhi.co.jp

2. 工事の目的と採取位置

2.1 炉内サンプリングの必要性

原子力規制委員会の定めた「発電用原子炉施設及び研 究用等原子炉施設の廃止措置計画の審査基準」では、核 燃料物質による汚染の分布とその評価方法に関する説明 書において、『発電用原子炉の機能停止時又は発電用原子 炉施設の解体時に発電用原子炉施設に残存する放射性物 質(放射化放射性物質、汚染放射性物質及び発電用原子 炉の運転中に発生した放射性固体廃棄物)の種類、数量 及び分布が、発電用原子炉の運転履歴等を基にした計算 結果、測定結果等により適切に評価されていること。』と の要求があり、許認可における今後の対応を考慮し、実 機より採取したサンプルの分析結果と計算結果を組み合 わせ、放射能濃度分布を評価することが必要となる。ま た、美浜発電所1.2 号機に対しては、RV 内の L1/L2 領域 について、その境界の把握及び放射能濃度評価方法の確 立も目的として炉内サンプリングを実施した(Fig.2)。

2.2 サンプリング位置の考え方

R/V 内からのサンプリングは、放射化評価の放射能濃 度に影響を与えるパラメータである中性子束、元素組成、 放射化断面積及び照射履歴のうち、中性子束の観点と元 素組成の観点を考慮して位置や数を決定した。中性子束 の観点からのサンプリング位置・数は、①径方向・軸方 向の評価結果の妥当性確認、②複雑形状部位の単純化モ デルの妥当性の確認及び③中性子ストリーミング影響範 囲の評価の妥当性確認の観点から設定した。また、元素 組成の観点からは、①放射化評価における構造材の元素 組成(放射化標的元素の組成)及びばらつきの把握(材 料毎に3サンプル以上)の観点から設定する。

2.3 サンプリング位置と数量

美浜2号機を代表プラントとしてサンプル分析結果と 比較して放射能濃度評価方法を確立することで、美浜2 号機以降のプラント(以下、後続プラント)については、 同評価手法を用いることにより、代表プラントよりもサ ンプリング数量の合理化を図ることができる。電力殿を 交えて様々な視点で協議を重ねた結果、L1/L2領域の境界 把握及び評価方法の確立の観点より、代表プラントにつ いては、L1/L2領域から12サンプルを採取し、以降の後 続プラントについては、合理化を図り、R/V内の下部等 の採取を除く、6サンプルを採取することとなった(Fig.3)。



Fig.2 Verification flow of estimated radioactive concentration



Fig.3 Sampling points of Mihama

3. サンプリング装置の概要

サンプリング工法については、①材質(SUS・低合金鋼) を問わずに加工が可能であること、②機械加工に比べて 切削反力がなく小型化が可能であること、③過去の保全 工事において実績のある技術であり、信頼性が高いこと を考慮して放電加工を選定した。また、装置の位置決め、 ハンドリングにあたっては、現地での作業性を考慮した 工法を選定しており、特に遠隔での位置決めが必要とな る R/V と炉内構造物、下部炉心支持板については、連結 ポールを組み上げて位置決めを行う工法とした。

3.1 R/V 及び炉心構造物サンプル採取装置

R/V 及び炉内構造物(以下、CI)のサンプル採取装置 と設置概念図を Fig.4 に示す。サンプル採取は2つの電極 を1軸で旋回させて2方向から放電加工することでボー ト状のサンプルが採取できる構造となっている。装置へ ッドはR/V採取装置とCIの採取装置とで共用化されてお り、電極のサイズを変更により採取するサンプルの大き さを変更できる。サンプル採取装置は、連結ポールを用 いて対象のサンプリング位置へ位置決めする。



Fig.4 Concept figure of R/V and CI sampling machine

3.2 上部炉心構造物(G/T)サンプル採取装置

上部炉心構造物(以下、UCI)のガイドチューブ(以下、 G/T)のサンプル採取装置の概念図をFig.5に示す。G/T はUCIへ固定されていることから、固定ボルトを取り外 してG/T 仮置き架台に移動・設置を行う(Fig.6)。サンプ ルの採取は、上下方向で2箇所切断し、筒状のサンプル を採取する。サンプル採取装置は、G/T 仮置き架台のガ イドレールに沿って案内され、手巻きウインチを用いて サンプリング箇所への位置決めを行う。



Fig.5 Concept figure of G/T sampling machine



Fig.6 Procedure of removal G/T from UCI

3.3 下部炉心支持板サンプル採取装置

下部炉心支持板(以下、LCSP)のサンプル採取装置の 概念図をFig.7に示す。下部炉心板中央部にある通路蓋を 開放し、LCSP ヘアクセスしてサンプルを採取する。装置 設置状態の概念図をFig.8に示す。サンプルの採取は、他 のサンプル採取装置と同様に放電加工を用いており、2 つの電極を旋回させてボート状のサンプルを採取する。 サンプル採取装置は、連結ポールを用いて下部炉心板穴 に位置決めピンを挿入し、対象のサンプリング位置へ位 置決めする。



Fig.7 Concept figure of LCSP sampling machine



Fig.8 Installation figure of LCSP sampling machine

4. サンプリング工事の事前準備

サンプリング工事へ向けた事前準備として、当社の所 有する総合保全訓練センターにて、サンプル採取装置の モックアップを用いた検証、実機を模擬した設備でのト レーニングを実施し、現地工事に万全を期して臨んだ。 特に、装置設置については、10mを超える長尺物のポー ルを扱い、水中カメラにて確認しながらの設置が必要と なることから、実物大のモックアップを用いてのトレー ニングは非常に有効であった。Fig.9 にモックアップを用 いたトレーニング状況を示す。



Fig.9 Picture of training by using mock-up

5. サンプリング工事の結果

R/V 内のサンプリング工事で採取したサンプルデータ の一例を Table1 に示す。放射能濃度分布の評価に必要な 位置、大きさのサンプルを要求通りに採取することがで きた。これらのサンプルはA型輸送容器に収納した後、 サンプルの分析を行うため、当社の関連会社であるニュ ークリア・デベロップメント(株)へ運搬した。

450 Tim 448 BP	試料寸法(mm)					採取試料	14.4.21
休以依备	幅	×	長さ	×	厚さ	里重 (g)	形状(今莫)
原子炉 容器	約30	×	約90	×	約20	約300	
下部炉心 構造物	約25	×	約50	×	約5	約30	
上部炉心 構造物	¢	17	.5	×	約120	約90	
下部炉心 支持板	約30	×	約60	×	約5	約30	

Table.1 Sample data (example)

6. 結言

国内 PWR 初の廃止措置における美浜発電所1、2 号機 の R/V 内のサンプリング工事を無事故・無災害で完遂し た。今回の工事で採取したサンプルから得られる分析結 果は、放射能評価結果と比較し妥当性の検証に資すると 共に、L1/L2 領域についてその境界の把握及び評価方法の 確立に大いに貢献できる情報となるものと考えられる。 また、今後具体化する廃止措置計画において、被ばく低 減を考慮した解体や処理処分計画策定の基礎となる貴重 な知見になるものと考えられる。なお、後続プラントと なる九州電力(株) 玄海1号機についても、同作業を完 了しており、現在サンプル輸送の準備中である。

謝辞

美浜発電所1、2号機のR/V内のサンプリング工事実施 にあたり、関西電力(株)原子力事業本部廃止措置技術 センター殿、美浜発電所機械工事グループ殿をはじめと する関西電力(株)殿の関係者各位の多大なご指導、ご 協力を頂きましたこと、厚く御礼申し上げます。