

第 5 專 門 技 術 群
(核・放射線系)

平成 27 年度第 5 専門技術群（核・放射線系）専門研修会報告

1. 目的

原子炉、放射線関連施設等の保守、安全管理及び関連設備の維持管理は社会的影響の大きい業務であり、現場で業務に携わる技術職員の役割は重要である。

特別講演では技術力向上のために広い知見を得ること、技術発表は日常の業務と経験を報告することで技術、情報の共有を図り、技術力を高めることで安全管理、研究の技術支援に貢献することを目的とする。

2. 受講者名簿

| | 所 属 | 氏 名 | 所属専門技術群 |
|----|--------------------|--------|-----------|
| 1 | 京都工芸繊維大学高度技術支援センター | 尾崎 誠 | |
| 2 | 人間環境学研究科 | 吉田 あゆみ | 第 3 専門技術群 |
| 3 | 原子炉実験所 | 南 馨 | 第 5 専門技術群 |
| 4 | 原子炉実験所 | 土山 辰夫 | 第 2 専門技術群 |
| 5 | 原子炉実験所 | 山本 弘志 | 第 5 専門技術群 |
| 6 | 原子炉実験所 | 吉野 泰史 | 第 3 専門技術群 |
| 7 | 原子炉実験所 | 大野 和臣 | 第 5 専門技術群 |
| 8 | 原子炉実験所 | 奥村 良 | 第 5 専門技術群 |
| 9 | 原子炉実験所 | 吉永 尚生 | 第 5 専門技術群 |
| 10 | 原子炉実験所 | 阿部 尚也 | 第 5 専門技術群 |
| 11 | 原子炉実験所 | 藤原 慶子 | 第 5 専門技術群 |
| 12 | 原子炉実験所 | 藤原 靖幸 | 第 5 専門技術群 |
| 13 | 原子炉実験所 | 山田 辰矢 | 第 5 専門技術群 |
| 14 | 原子炉実験所 | 丸山 直矢 | 第 5 専門技術群 |
| 15 | 原子炉実験所 | 金山 雅哉 | 第 5 専門技術群 |
| 16 | 原子炉実験所 | 猪野 雄太 | 第 5 専門技術群 |
| 17 | 原子炉実験所 | 三宅 智大 | 第 5 専門技術群 |
| 18 | 原子炉実験所 | 中森 輝 | 第 5 専門技術群 |
| 19 | 原子炉実験所 | 栗原 孝太 | 第 5 専門技術群 |
| 20 | 原子炉実験所 | 阪本 雅昭 | 第 5 専門技術群 |
| 21 | 原子炉実験所 | 井本 明花 | 第 5 専門技術群 |
| 22 | 原子炉実験所 | 飯沼 勇人 | 第 5 専門技術群 |
| 23 | 原子炉実験所 | 荻野 晋也 | 第 5 専門技術群 |
| 24 | 原子炉実験所 | 小林 徳香 | 第 5 専門技術群 |

3. プログラム

開催日時：平成 27 年（2015 年）12 月 11 日（金）10：30～17：00

開催場所：【講演・発表】京都大学原子炉実験所 事務棟大会議室

プログラム

| | |
|---|----------|
| 受付：10：00～10：30 | |
| 開会挨拶：10：30～10：40 原子炉実験所 所長 川端祐司 | |
| 特別講演（1）：10：40～11：50 「低速陽電子ビームの発生・制御と計測システムへの応用」 原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門 教授 木野村 淳 | 司会：阪本 雅昭 |
| 昼休み：12：00～13：00 | |
| 特別講演（2）：13：05～14：15 「広島・長崎、チェルノブイリ、福島」 原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門 助教 今中 哲二 | 司会：猪野 雄太 |
| 休憩：14：15～14：30 | |
| 技術発表（1）：14：30～15：10 「京都大学原子炉実験所 放射性廃棄物の現状」 原子炉実験所 技術室 井本 明花 | 司会：中森 輝 |
| 休憩：15：10～15：25 | |
| 技術発表（2）：15：25～16：05 「重水設備トラブルについて」 原子炉実験所 技術室 吉永 尚生 | 司会：飯沼 勇人 |
| 休憩：16：05～16：20 | |
| 技術発表（3）：16：20～17：00 「環境試料中の放射能測定について」 原子炉実験所 技術室 三宅 智大 | 司会：藤原 慶子 |
| 懇親会：17：30～（会費 2000 円） | |

4. 研修内容

今年度は、教員の講義として今年度定年退職される先生と、新たに実験所に着任された先生に講義をお願いした。特に長きにわたり広島、長崎の原爆やチェルノブイリの事故に関する研究を続けられてきた今中先生には、東京電力の事故も含め、大変興味深いお話や今後の安全管理に向けてのご教訓をいただいた。また技術職員の発表については、本研修会で初めての発表する2名を含む3名が、準備と練習を重ね、発表をおこなった。

以下に予稿を掲載する。

低速陽電子ビームの発生・制御と計測システムへの応用

原子力基礎工学研究部門 木野村 淳

陽電子は電子の反粒子であり、電子と同じ質量で逆の電荷を持つ。真空中での陽電子は、電子と同様の手法を用いて、電場や磁場により加速や軌道制御を行う事ができる。しかし、陽電子が材料の中に入ると、陽電子は電子とはまったく異なる様子を示す。電子が永続的に材料中で存在できるのに対して、陽電子はピコ秒 (10^{-12} s) からナノ秒 (10^{-9} s) オーダーの短い時間で、材料中の電子と対になって消滅する。その際に放出されるエネルギー0.511MeVの2本の消滅ガンマ線を調べることによって、陽電子の消滅状態を知る事ができる。すなわち、陽電子が正の電荷を持つために陽電子は原子核から遠い場所（原子空孔や空隙）に捕らえられ易く、そのような場所は電子の密度も低いいため、対消滅の確率も減り、その結果、陽電子の寿命が延びる。陽電子の入射時間と消滅時間の差（＝陽電子寿命）を調べることにより、材料中の空孔・空隙に関する情報が得られる。また対消滅を起こすときに、消滅相手の電子状態により消滅ガンマ線のエネルギー分布の変化（＝ドップラーシフト）を起こすため、消滅サイトに関する情報を得る事もできる。このような陽電子固有の性質を利用して、陽電子消滅分光法は材料のユニークな分析手段として用いられている。

現在、京都大学原子炉実験所では、原子炉 KUR (Kyoto University Reactor) の B1 実験孔を利用した低速陽電子ビームシステムの開発を進めている。本講演では、KUR 低速陽電子ビームシステムを念頭に入れながら、陽電子消滅分光法とその装置及び応用に関し、以下のような項目について述べる予定である。

- ・陽電子とは
- ・陽電子の発生方法
- ・陽電子を用いた計測法
- ・国内外の陽電子研究施設
- ・KUR 低速陽電子ビームシステムの状況
- ・今後の方向

謝辞：本講演を行うにあたり、東北大学永井康介先生、原子炉実験所徐虬先生、佐藤紘一先生（現鹿児島大学）、及び他の研究協力者の皆様に感謝します。

広島・長崎、チェルノブイリ、福島

京都大学原子炉実験所 今中哲二

1895年のレントゲンによるX線の発見をきっかけに、原子・原子核に対する人類の理解は飛躍的な進歩をとげた。1938年末、ドイツのハーンとストラスマンがウランの中性子照射にともなうバリウムの生成の発見し、マイトナーとフリッシュがその現象をウラン原子核の核分裂として説明した。陽子92個と中性子143個から成るウラン235の原子核が2つに割れると、陽子の凝集にともなうクーロンポテンシャルエネルギーが核分裂片の運動エネルギーとして解放される。そして、中性子/陽子比の大きいウラン原子核が、中性子/陽子比の小さい核分裂生成物2つに分裂するのに伴って、余分な中性子が2個または3個放出される。ここに、核分裂連鎖反応の可能性が見いだされた。

原爆の開発：広島・長崎

核分裂現象が発見されたのは、ナチスドイツが勢力を拡大しつつあるときで、第2次大戦直前のことだった。ウラン核分裂発見の情報は、英国、米国、ドイツ、そして日本の物理学者に『超爆弾』の可能性を想起させた。しかしながら、核分裂性を示すのは存在比0.7%しかないウラン235であること、核分裂で生じる高速中性子を減速させ核分裂を起こしやすい低速中性子にするのに時間がかかることから、原子爆弾の実現は不可能と思われた。これらの難点を克服し、原爆実現の可能性を理論的に明らかにしたのは、ドイツから英国に亡命していた物理学者フリッシュとパイエルスで、1940年3月に“*On the Construction of a "Super-bomb" based on a Nuclear Chain Reaction in Uranium*”と題する覚書を作成している。この覚書では、5kgのウラン235の塊を用いて高速中性子による核分裂連鎖反応を起こすとダイナマイト数1000トン分の爆発力が得られると見積もっている。しかし当時の英国は対独戦争に手一杯で、本格的に原爆開発を行う余裕はなかった。

米国では、ハンガリーから亡命中だった物理学者シラードが1939年8月、同じく亡命中のアインシュタインを口説いて、ルーズベルト大統領に核開発を進言する書簡を出させている。当時の米国では、イタリアから亡命中のフェルミらが、黒鉛を減速材にして天然ウランで核分裂連鎖反応を実現する研究をしていたが、原爆開発をめざす具体的な動きはほとんどなかった。米国での原爆開発を後押ししたのは、1941年7月の英国からの情報(MAUD委員会報告)で、1941年12月の真珠湾攻撃をきっかけに米国も本腰になり、1942年6月に原爆開発秘密プロジェクト“マンハッタン計画”が始まった。

原爆開発の要点は、高速中性子による核分裂連鎖反応が可能な核物質の製造にある。マンハッタン計画では、濃縮ウラン(U235)を用いる爆弾とプルトニウム(Pu239)を用いる爆弾の2種類の原爆開発が目指された。前者では、ウラン235とウラン238を選び分けてウラン235の割合を高めるウラン濃縮技術の開発、後者では、天然ウラン中のウラン238に中性子を吸収させてプルトニウム239を生成するための原子炉開発が計画成功のためのカギであった。ウラン濃縮のためには、電磁分離法、熱拡散法、気体拡散法、遠心分離法といった技術が試みられ、テネシー州オークリッジ研究所がその中心になった。原子炉については1942年12月にフェルミらが天然ウラン燃料・黒鉛減速・空気冷却による核分裂連鎖反応を達成した(シカゴパイル1)。それを受けて、ワシントン州ハンフォードにプルトニウム生産用原子炉と再処理工場が建設された。そして、ニューメキシコ

州ロスアラモスには原爆組み立てのための研究所が設立され、英国からの研究者も原爆設計に参加した。

3年の歳月と20億ドル、50万人以上の労力をかけたマンハッタン計画の結果、“Trinity”と名付けられた最初の原爆が炸裂したのは1945年7月16日、米国ニューメキシコ州の砂漠の中だった。この原爆は、中空の円球状にプルトニウムを配置し、その周囲に球対称に火薬を配置して炸裂させてプルトニウムを中心部に圧縮して連鎖反応を起こさせる爆縮型原爆であった。2番目の原爆は、1945年8月6日に広島市上空600mで炸裂した。この原爆は濃縮ウラン（U235 平均濃縮度80%）を用いた原爆で、ウランの塊を2つに分けて大砲状円筒の筒先と根元に配置し、砲弾を発射するようにして根元のウランを筒先のウランに合体させて爆発させるので、大砲型（ガンタイプ）と呼ばれる。次いで、8月9日に長崎に原爆が投下された。長崎上空500mで炸裂した原爆はTrinityと同型である。広島原爆の出力はTNT火薬に換算して16キロトン、長崎原爆は21キロトン、広島原爆は細長いので“Little Boy”、長崎原爆は丸いので“Fat Man”というニックネームが与えられている。

原爆の開発：チェルノブイリ、福島

第2次大戦が終わると米国とソ連の間で冷戦がはじまり、ソ連でも、物理学者クルチャトフをリーダーとして原爆開発が本格化し、1949年8月、カザフスタンのセミパラチンスクでの最初の核実験に至った。この原爆の設計は、マンハッタン計画のスパイ情報に基づくTrinity/Fat Man プルトニウム原爆のコピーであったが、核物質製造のための原子炉、再処理工場、原爆組立工場がソ連において完成したことを示している。さらに、1952年10月には英国がオーストラリアで最初の核実験を実施した。

1953年12月、アイゼンハワー米国大統領は、国連総会で“Atoms for Peace”演説を行い、核エネルギーを平和目的に使うことを提唱した。世界で最初に原子力発電を行ったのは米国で、1951年12月にEBR-1という高速増殖実験炉が200Wの電気を発生したが、“実用”というにはほど遠かった。世界最初の原爆に相当するのは、1954年6月に電気出力5000kWで運転を開始した旧ソ連のオブニンスク原爆である。オブニンスク原爆は、原爆用プルトニウム生産のために開発された黒鉛減速軽水冷却チャンネル型原子炉を発電炉に発展させたもので、ソ連特有のこのタイプの原爆は、後に電気出力100万kWのチェルノブイリ型原爆（RBMK原爆）へとつながる。

米国では当初、液体ナトリウム冷却の高速増殖炉原爆の建設が試みられたが技術的困難が多くて頓挫し、民間会社を中心となって、軽水を減速材かつ冷却材とするBWR（沸騰水型原爆）とPWR（加圧水型原爆）の開発が進められた。PWRを開発したのはWH（ウェスチングハウス）社で、1958年6月に最初のPWRである SHIPPINGPORT 原爆（電気出力5万kW）が運転を開始し、BWRについてはGE（ジェネラルエレクトリック）社が1960年6月にドレスデン原爆（同18万kW）の運転を開始した。

日本での最初に原子力発電が行われたのは1963年10月26日、GE社の協力の下に茨城県東海村の日本原子力研究所に建設されたBWR原爆JPDR（電気出力1.25万kW、1976年運転終了、解体済み）であった。一方、最初の商業用原爆は英国から導入し1966年7月に運転開始した炭酸ガス冷却原爆東海1号機（炭酸ガス冷却、電気出力16.5万kW、1998年運転終了、解体作業中）であったが、この型の原爆は東海1号機のみである。1970年代に入ってから全国の電力会社でPWR

と BWR の導入がはじまり、2011 年 3 月に福島第 1 原発事故が起きたとき、日本では 53 基 (BWR30 基、PWR23 基) 総電気出力 4808 万 kW の原発が運転中だった。

原子力発電がはじまった当初から、大規模な放射能放出を起こし周辺環境に破局的な被害をもたらす事態に至る可能性があるとして、以下の 2 つの事故が懸念された。

- 核分裂連鎖反応のコントロールに失敗して出力が急上昇して原子炉が破壊される出力暴走事故
- 配管破断などにもない冷却材がなくなり崩壊熱の除去に失敗して炉心溶融に至る冷却失敗事故

1986 年 4 月に発生したチェルノブイリ原発事故は前者で、2011 年 3 月の福島第 1 原発事故は後者であった。

講演では、広島・長崎原爆、チェルノブイリ原発事故、福島第 1 原発事故の技術的な側面についてより詳しく説明する。

京都大学原子炉実験所における放射性廃棄物の現状について

放射性廃棄物処理部 井本明花

1.はじめに

現在、京都大学原子炉実験所(以下「実験所」と呼ぶ。)内で発生している放射性廃棄物は、核燃料物質および原子炉等規制法(以下[炉規法]と呼ぶ。)と放射線障害防止法(以下「障防法」と呼ぶ。)の 2 種類に分類できる。

炉規法に基づく放射性廃棄物は、主に KUR、KUCA など核燃料物質を取り扱っている施設から発生しており、それらは固形廃棄物倉庫(図 1、図 2)に一時保管している。

障防法に基づく放射性廃棄物は、主にホットラボやイノベーションラボなど RI を取り扱っている施設から発生しており、それらは日本アイソトープ協会(以下「RI 協会」と呼ぶ。)に引渡している。

2.障防法に基づく放射性廃棄物について

一昨年、昨年度及び今年度の、RI 協会へ引き渡したドラム缶(50L)の本数を表 1 に示す。

表 1.RI 協会引き渡したドラム缶の種類及び本数(単位:本)

| | 可燃性 ドラム缶 | 難燃性 ドラム缶 | 不燃性 ドラム缶 | 非圧縮性 ドラム缶 | 合 計 |
|----------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------|
| 平成 24 年度 | 11 | 28 | 15 | 4 | 58 |
| 平成 26 年度 | 78 | 142 | 49 | 59 | 328 |
| 平成 27 年度 | 15 | 60 | 4 | 95 | 174 |

平成 26 年度は、一昨年と比べて劇的に引き渡しているドラム缶の本数が増えていることがわかる。平成 27 年度は平成 26 年度より少ないもの、それでも引き渡しているドラム缶の本数は、平成 24 年度よりも多いことが分かる。

このような結果になった背景として、平成 25 年から始まったトレーサー棟の耐震・改修工事が上げられる。平成 26 年度は、その工事で発生したコンクリート破片や養生シート・作業時に使用したゴム手袋が、内訳の大半を占めている。

平成 27 年度も、トレーサー棟の耐震・改修工事が再開したこと、平成 26 年度の引渡しで引き渡すことが出来なかったドラム缶 50 本分も含まれているため、このような数値となっている。

引渡については、放射線管理部の立会の下で行っている。表面線量が高い放射性廃棄物については、引渡日当日でも線量・核種を測定している。

3.炉規法に基づく放射性廃棄物について

固形廃棄物倉庫には、炉規法で定められた放射性廃棄物が、2015 年 11 月現在 50L ドラム缶で 47 本、200L ドラム缶で 111 本収納・保管している。

主な内容物は、使用済みのイオン交換樹脂、耐震工事で発生したガラ、凝集沈殿処理で発生した放射性核種を吸着した沈殿物である。(以下「汚泥」と呼ぶ。)

汚泥は、凍結再融解処理で脱水した後ヒーターで乾燥したものを、ドラム缶に収納されている。それ

が 2010 年まで 1 年につき約 1 本~2 本のペースで増加していた。しかし耐震工事等により放射性廃棄物が増加しており、固形廃棄物倉庫の収容できるスペースが少なくなっている。そこで以前から 1 段から 2 段に積み上げるなど配置を工夫していたが、それでもスペース確保に限界が来ているため、新固形廃棄物倉庫の建設が来年度予定されている。



図 1.固形廃棄物倉庫 外観



図 2.固形廃棄物倉庫 内部

4.終わりに

放射性廃棄物を取り巻く環境は年々厳しくなっている。障防法に基づく放射性廃棄物のうち、 α 線核種について、RI 協会は現在事業を停止するのが確定した事業所についてのみ引き取るという状況である。すなわち、本実験所は、引き取ってもらうことは出来ない状態である。

炉規法に基づく放射性廃棄物は、新たに固形廃棄物倉庫を建設するとはいえ、その倉庫の容量にも限界がある。

それらの事を踏まえて、できる限り無駄な放射性廃棄物を増やさない努力が重要である。

KUR 重水設備からの重水漏えいの対策と現状について

京大炉技術室 吉永尚生

1. はじめに

平成 27 年 1 月に発生した京大炉 (KUR) の重水設備における重水漏洩事象に関して、復旧完了までの経緯および今後の対策について報告する。

2. 漏洩発見から復旧までの対応

2. 1 設備に係わる経緯と復旧作業

(1) 漏洩の発見

平成 27 年 1 月 18 日午前、図 1 に示すように KUR の炉室地下室にて漏水が発見され、同日の調査により漏洩した液体が重水であることが判明した。その後、重水設備のスペクトルシフタ 3 層および水シャッター層の計 4 層の重水を地下ストレージタンクに排水した後、漏水率が低下したため、重水設備からの漏洩であることが分かった。照射室内の重水給排水系付近を確認したところ、床面より 50 cm 程下にある H 鋼に水分が発見された。採取してトリチウム濃度を確認したところ、重水であることが判明した。この際、漏洩箇所および漏水の形跡のある場所は確認できなかった。

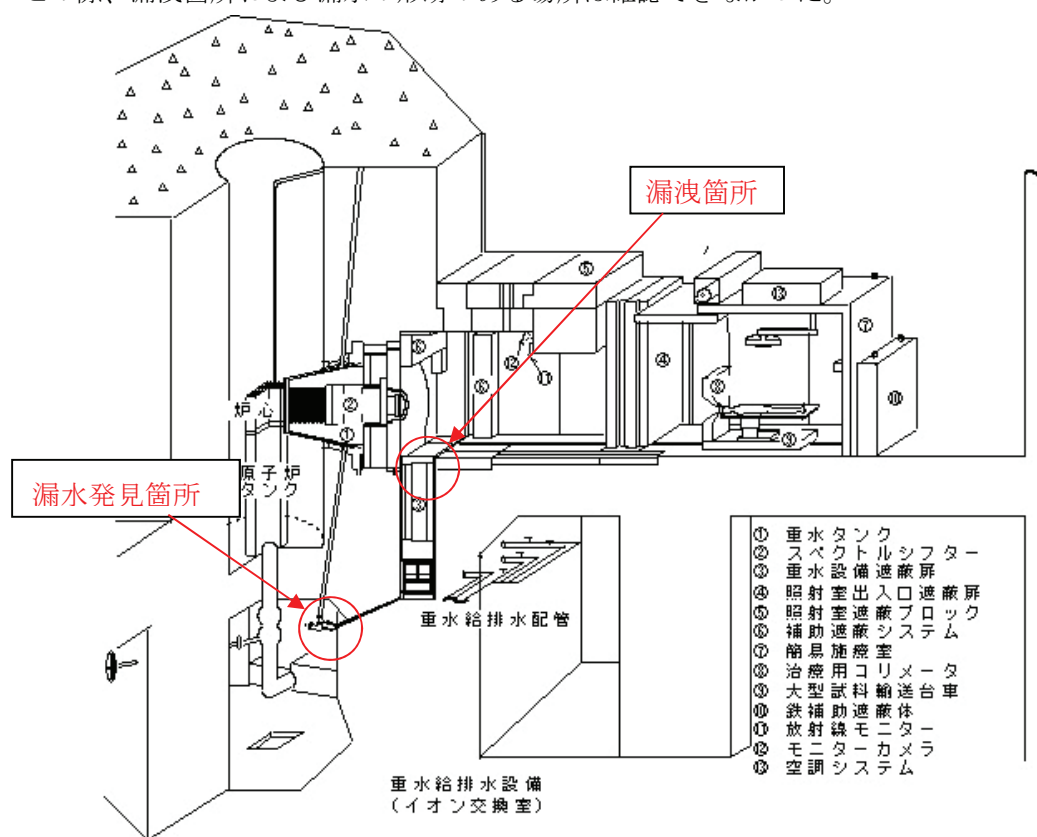


図 1 重水設備概観

(2) 漏洩箇所の特定

2 月 2~3 日、漏洩箇所の特定作業および補修作業をしやすいするために、照射室および遮蔽扉の解体作業を行った。以降、漏洩箇所の特定作業を進め、2 月 6 日に照射室内の重水給排水配管のうちスペク

トルシフタ①系統のステンレス製フレキシブル配管の下部フランジ接合部から微量の重水の滲みを確認し、漏洩箇所の一つとして特定した（写真1および2）。

2月20日に当該フランジを分解し、ステンレス製フランジおよび金属ガスケット（Uタイトシール）の状態を確認した。分解作業に先立って、重水給排水系のカバーガス（ヘリウム）の放出を行った。この際、炭酸カリウム（ K_2CO_3 ）水溶液トラップを用いて、放出されたガス中のトリチウム等の放射性物質を回収した。トラップ通過後のガスは、ガスサンプリングバックに入れて保管した。また、フランジ分解作業時は、漏洩するガスの吸入を防ぐために、作業場所の換気を良くし、フランジの上方に人がいないように配慮すると共に、フランジの解放時に出てくる重水水滴は、飛散しないようにウエス等で受けた。作業中においてはトリチウムモニタを作動させ、作業場所近傍の空気中トリチウム濃度を常時監視した。

フランジを分解したところガスケットに腐食が認められ、これが重水漏洩の原因であると判断された（写真3および4）。なお、フランジ面には酸化物などの付着があったが、腐食などは認められなかったため、フランジ面を清掃し、一時的な措置として樹脂製ガスケットを用いてフランジを再接続した。

2月24日、他の漏洩箇所の有無を調べるため、ヘリウムガスを用いた加圧テストを行い、設備全体のフランジ部およびバルブ類などの接合箇所から漏洩がないことを確認した。この結果、今回の重水漏洩箇所は、重水の滲みが確認されたスペクトルシフタ①系統のフランジ接合部のみであるという結論に至った。

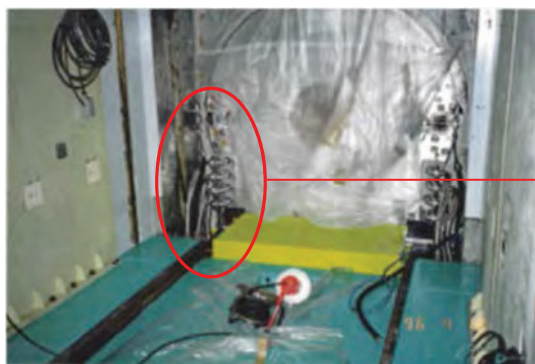


写真1 重水設備照射室内

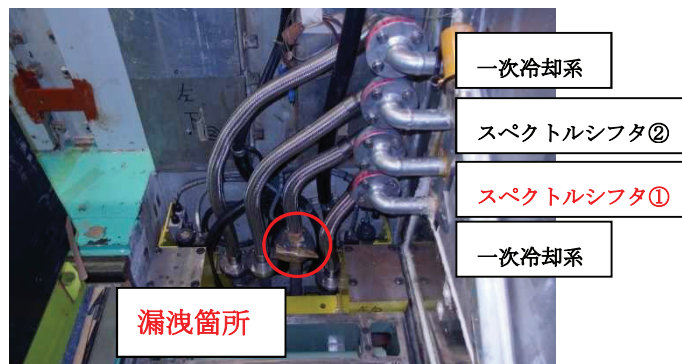


写真2 重水漏洩箇所



写真3 漏洩箇所のステンレス製フランジ

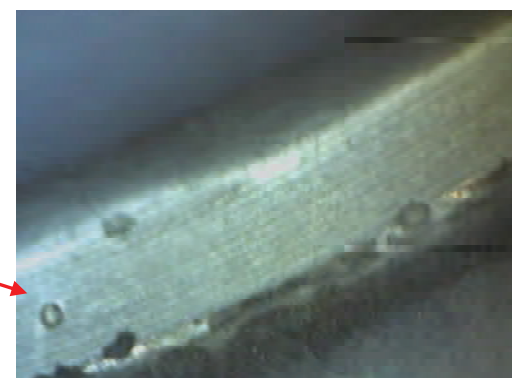


写真4 金属ガスケットの腐食状況

(3) 配管の健全性調査

3月20日、漏洩箇所以外のフランジ接合部の健全性を調査するため、照射室内の他の重水給排水系の

フランジ接合部の分解点検を行った。その結果、ステンレス製フランジには腐食は見られなかったが、重水設備側のアルミ製フランジのいくつかに微小な腐食部分があることが確認された(写真5および6)。また、4月16日に、重水給排水系統のステンレス製フレキシブル配管の清掃と漏洩検査を行い、フレキシブル配管が健全であることが確認された。

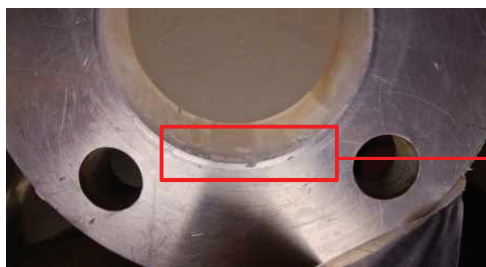


写真5 アルミニウム製フランジ



写真6 腐食部の拡大

(4) アルミ製フランジの補修

4月21～24日、アルミ製フランジ面の清掃を行い、腐食部分の詳細な観察を行った。その結果、重水給排水6系統のうち、3系統(スペクトルシフタ3系統)のアルミ製フランジの腐食部分の補修と金属ガスケットの交換を行うことが決定された。他の3系統(重水タンク、水シャッター、オーバーフロー)については、堆積物の付着が確認されたものの、ガスケット当たり面にほとんど腐食が見られなかったことから、堆積物の除去と金属ガスケットの交換が行われた。

5月11～20日、重水給排水系のアルミ製フランジの補修および金属ガスケットの交換を行った。あわせて、同様の構造である一次冷却系2系統(入口、出口)のフランジ面の清掃および金属ガスケット交換も行った。また、ファイバースコープを用いて、本体側配管内部を観察し、どの配管についても腐食等が無いことを確認した。

該当するフランジ面の堆積物を除去して清掃を行った後、腐食箇所に金属パテ(JAPAN DURMETAL COLDWELDING SYSTEM,LTD 製ペロメタル)を塗り、硬化後、オービタルサンダーなどを用いて研磨して、補修を行った。写真7に補修前のスペクトルシフタ①のアルミ製フランジの写真を示す。ガスケット当たり面の内側に堆積物が、また、当たり面近くに腐食が確認できる。補修後のフランジ面の様子を写真8に示す。

重水給排水系および一次冷却系の復旧後の様子を写真9および10に示す。重水給排水系については、復旧後、ヘリウムガスを用いた加圧試験を行い、復旧したフランジ部からヘリウムの漏洩が無いことを、リークディテクターを用いて確認した。一次冷却系については、復旧後、通水テストを行い、漏水がないことを確認した。

(5) 復旧の完了

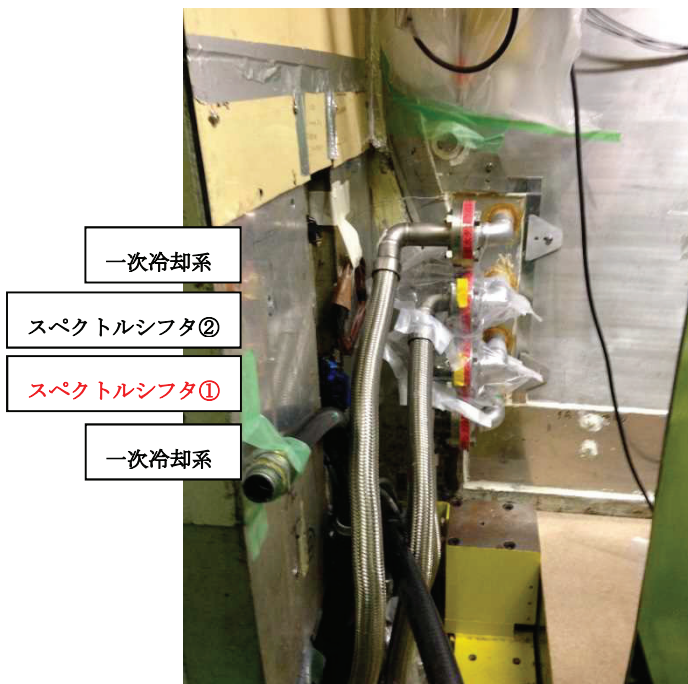
5月21日、重水タンク本体ならびにスペクトルシフタ3系統および水シャッターへの注水を行なった。注水後、重水漏洩のないことを確認した。そして、6月1～4日、解体されていた照射室および遮蔽扉を復旧し、本設備の補修復旧作業が完了した。



写真7 SP1系アルミフランジ補修前



写真8 SP1系アルミフランジ補修後



一次冷却系

スペクトルシフタ②

スペクトルシフタ①

一次冷却系



オーバーフロー

水シャッター

スペクトルシフタ③

重水タンク

写真9 向かって左側の系統の復旧後の状況 写真10 向かって右側の系統の復旧後の状況

2. 2 現在の状況

現在、重水漏洩の有無の確認は、(1)トリチウムモニタ(1F 重水タンク近傍、BF 重水ストレージタンク近傍、連続)、(2)研究炉巡視点検(BF 重水ストレージタンク近傍、他、一日朝夕の二回)、(3)除湿水の検査(BF 重水給排水系操作ステージ、BF 重水ストレージタンク近傍、一週間に一回)、(4)スタックガスのサンプリング検査(排気中ガス、三ヶ月に一回(炉室排気時))、(5)重水給排水系年次点検(1F 重水タンク近傍、1F 上下扉ピット内、BF 重水ストレージタンク近傍、一年に一回)、の5つの方法で行われている。また、重水水位およびカバーガス圧の変化にも注意を払っている。復旧以降現在に至るまで、異常は認められていない。

2. 3 放射線管理

(1) 屋内放射線管理

漏水発見直後における重水設備近傍の空気中のトリチウム濃度は $3.4 \times 10^{-1} \text{ Bq/cm}^3$ と評価された。この

濃度は、空气中濃度限度（トリチウム水における告示別表1の第4欄）である $8 \times 10^{-1} \text{ Bq/cm}^3$ 以下であった。その後、炉室内の空气中トリチウム濃度は、除湿器によって炉室内凝結水をサンプリングし、その凝結水中トリチウム濃度を測定することによって監視し、空气中トリチウム濃度が減少傾向にあること（一部補修復旧作業時を除く）及び空气中濃度限度を下回っていることを確認した。なお、補修復旧作業時には、作業場所の空气中トリチウム濃度の連続監視を行い、作業環境における異常なトリチウム濃度の上昇がないことを確認した。

また、炉室エアロック手前に安全靴（スリッパ）及び手袋等の脱着場所を設置し、入室前に手袋等を装備し、退出時に手袋は破棄、履物は履き替えを指示することにより、炉室内トリチウムの汚染の拡大を防止した。

(2) 排気中放射性物質管理

重水設備近傍のトリチウムモニタの計測値から、重水漏洩は1月15日9時30分過ぎから始まったと推測された。1月15日は炉室空調が運転されており、排気中トリチウム濃度は $4.0 \times 10^{-4} \text{ Bq/cm}^3$ と評価された。また、平成26年度第4四半期（平成27年1月～3月）では、この重水漏洩に起因する排気口におけるトリチウム濃度は、平均値で $1.0 \times 10^{-4} \text{ Bq/cm}^3$ 、最高値（一日平均）で $8.8 \times 10^{-4} \text{ Bq/cm}^3$ であり、「排気中又は空气中濃度限度」（トリチウム水における告示別表1の第5欄）である $5 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$ 以下であった。

平成27年度第1四半期（平成27年4月～6月）では、排気口におけるトリチウム濃度は、平均値で $<4.0 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3$ 、最高値（一日平均）で $1.7 \times 10^{-4} \text{ Bq/cm}^3$ であった。また、平成27年度第2四半期（平成27年7月～9月）では、排気口におけるトリチウム濃度は、平均値、最高値（一日平均）ともに $<4.0 \times 10^{-5} \text{ Bq/cm}^3$ であった。

これらの放出に起因する、周辺監視区域以遠における空气中トリチウム濃度の3ヶ月平均の最大値は、平成26年度第4四半期（平成27年1月～3月）で $6.1 \times 10^{-9} \text{ Bq/cm}^3$ （スタックの西南西170m地点）、平成27年度第1四半期（平成27年4月～6月）で $2.4 \times 10^{-9} \text{ Bq/cm}^3$ （スタックの南西170m地点）と評価された。これらの濃度はいずれも「排気中又は空气中濃度限度」（トリチウム水における告示別表1の第5欄）である $5 \times 10^{-3} \text{ Bq/cm}^3$ を下回っていた。

3. 今後の対策

3.1 現在の対応状況

上述2.2において挙げられている5つの方法を継続して実施する。さらに、トリチウムモニタの管理は研究炉部により行われているが、その情報を実験設備管理部・重水設備担当者も随時確認できるようにした。

さらに、重水設備のトラブルに関しては、原則、その保守管理者あるいは当番管理者が対応に当たることになっている。しかし、今回の重水漏洩の場合においては、より早急な対応が必要であるため、これを機に、発見者等が即座に対応できるマニュアルを作成した。

3.2 今後の対策

(1) トリチウムモニタ感度向上策および重水漏洩の飛散・拡散防止対策

漏洩重水の飛散・拡散防止のため、各フランジにカバーを設置し、トリチウム濃度計測のためのトリ

チウムのモニタのサンプリング管を増設する。各重水系統の上部フランジについては、図2に示すように炉心に向かって左側の4系統(一次冷却系出口、SP2、SP1、一次冷却系入口)、右側の4系統(オーバーフロー、水シャッター、SP3、重水タンク)をまとめて、それぞれ一つの受けを設置し、トリチウムモニタのサンプリング管に接続し、トリチウム濃度計測の感度を向上させる。

(2) フランジの定期点検およびガスケットの交換について

フランジの解体点検および金属ガスケットの交換時期は、2年後に行い、フランジ及び金属ガスケットの状況を確認した上で、その後の解体点検の期間について検討する。

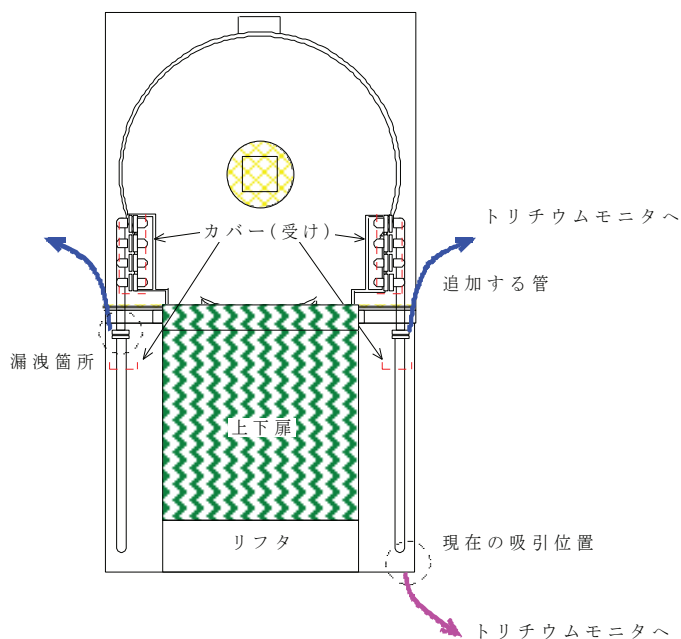


図2 カバー(受け)およびサンプリング管の増設位置

環境試料中の放射能測定について

京都大学原子炉実験所・技術室 三宅 智大

1、はじめに

京都大学原子炉実験所では、定期的に、原子炉施設から放出される排気及び排水並びに敷地境界付近における放射能濃度を測定・評価し、原子力規制委員会に報告している。

また実験所と熊取町、泉佐野市及び貝塚市との間にそれぞれ締結された「原子炉施設及び住民の安全確保に関する協定書」の取り決めに従い、上記の報告事項に加え、施設境界付近及び実験所外における実効線量並びに周辺環境試料中放射能濃度の測定結果を報告している。

2、報告内容

- ・環境試料中の放射能：池・河川の底質（土・堆積物）、陸上表層土、陸水（表層水）、飲料用の原水、海水及び空気中浮遊じん、降下物、農産食品又は指標生物中の各環境試料の放射能
- ・原子炉施設からの放出放射能：研究炉排気中のアルゴン 4 1 量、原子炉施設排水中の放射能
- ・外部放射線に係る実効線量：実験所の敷地境界付近及び所外観測所における空間放射能測定結果から、平常時の自然放射線実効線量（平常値）と原子炉運転時の実効線量を比較

3、試料採取、測定前処理

- 河川・池の底質及び陸上土壌：採取面積約 1000cm²、採取深度約 5cm、採取量約 3～6kg 採取
測定前処理：混入物（石、ゴミ、植物根等）を除去し、乾燥細粉化（2mm 以下）後、250～400g を測定容器（250cm³）に密封する。
- 陸水及び海水：表層水約 50採取
測定前処理：淡水は一度濾過し、1 L を蒸発乾固し、試料皿に入れる。海水は、鉄バリウム法で沈殿を作り試料皿に入れる。
- 生物（農産食品又は指標生物）：動植物とも可食部を主な試料とし、生育時期に合わせて 5～20kg 採取
測定前処理：試料を選別し、水で洗浄、乾燥細粉化後、灰化し測定容器に密封する。
- 大気中浮遊じん：18～70m³ の空気を吸引し、ろ紙上に浮遊じんを集める。
試料前処理：ろ紙を直径 5cm に打ち抜き使用する。
- 降下物：降水を集める
測定前処理：蒸発濃縮し、測定容器に密封する。

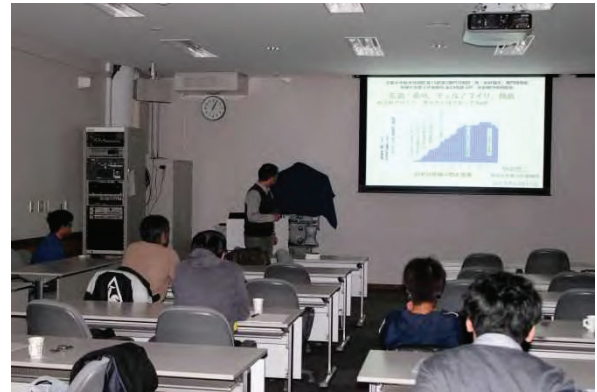
4、試料測定

- 河川・池の底質及び陸上土壌：低バックグラウンド Ge 半導体検出器を用いてガンマ核種分析
- 生物（農産食品又は指標生物）：低バックグラウンド Ge 半導体検出器を用いてガンマ核種分析
- 水（河川・池・海）： α β 2 系統多サンプル自動測定装置を用いて全ベータ放射能を測定
- 大気中浮遊じん： α β 2 系統多サンプル自動測定装置を用いて全ベータ放射能を測定
- 降下物：低バックグラウンド Ge 半導体検出器を用いてガンマ核種分析

5. 講義風景



所長挨拶



特別講義



技術職員発表



技術職員発表

6. 総括

福島での東京電力の事故以来、研究用原子炉は停止している。現在教員、事務員、技術職員全員が一丸となって、再稼働に向けて努力している。まだまだ原子力にとっては逆風が強く吹き荒れており、今後再稼働を果たした後も、国民からの厳しい監視の下に運転を続けて行かなければならない。そのためにも現場に一番近い技術職員が日々努力を重ね、知識と技術の向上を目指し、安全を守って行かねばならない。今回の研修会もその一つとなっていることであろう。

最後に、特別講演を行ってくださった先生方、技術発表を行った室員、受付、写真、準備等にご協力頂いた方々に、厚く御礼申し上げます。

平成 27 年度 第 5 専門技術群世話人会 南 馨、土山辰夫、吉野泰史、山本弘志