

## 京都大学臨界実験装置(KUCA)におけるトリウムの貯蔵方法の記載漏れについて

### 1. はじめに

京都大学複合原子力科学研究所(以下、複合研)の臨界実験装置(KUCA<sup>\*1</sup>)は、2019年5月31日に低濃縮燃料の使用を追加した設置変更承認申請書(以下、設置申請書)の変更申請を行い、これまで当該変更申請に係る審査が行われてきた。その審査の最終段階として、これまで議論した変更内容について「試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下、設置許可基準規則)との適合性について規制庁研究炉審査班とヒアリングを行っていたが、設置許可基準規則第16条の「燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設」(資料-1)に対する適合性についての議論の中で、今回の変更申請の対象ではないがKUCAが保有する核燃料物質であるトリウム<sup>\*2</sup>の貯蔵について設置申請書に必要な記載が行われていないことが指摘され、原子力規制委員会に報告された<sup>1)</sup>。

- 1) 第26回原子力規制委員会(2021年8月25日)、議題4「国立大学法人京都大学臨界実験装置(KUCA)におけるトリウムの貯蔵に係る手続き漏れと対応方針」

### 2. 記載漏れの内容

KUCAは1974年に運転を開始したが、トリウムは運転開始前の1973年の設工認申請の中に記載しそれ以来所有してKUCAで使用していた。

KUCAの設置変更申請書の本文の「核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力」の中で「核燃料物質の貯蔵施設として燃料室を設けること」と記載しており、トリウムもこの燃料室において専用のトリウム保管庫の中に適切な管理の下で貯蔵されてきた。しかし、設置当初より設置変更申請書には濃縮ウランはバードケージに保管することを記載していたものの、トリウムについては保管方法(保管庫)についての記載がなかった。

### 3. トリウムの管理状況

KUCAには2"×2"×1/8"のTh Iと、2"×2"×1/2"のTh IIがあり、共に燃料室において専用のトリウム専用保管庫に貯蔵されている(写真1、2)。保管庫は鉛遮蔽体でできており、その内部にトリウム板を入れるための角柱の容器が入っており、保有する全てのトリウム<sup>■</sup>を入れた状態でTh I用保管庫の表面線量は約5~6 $\mu$ Sv/h、Th I用保管庫の表面線量は約5~14 $\mu$ Sv/hである。(複合研の原子炉施設保安規定では管理区域内で20 $\mu$ Sv/hを越える場所について立入制限区域とすることとしているので、このトリウム保管庫周辺はこの制限区域ではない)。

トリウムの貯蔵量(枚数)については、トリウムを使用・保管する都度、および毎年の国際原子

力機関(IAEA)のPIV検査でも確認している。

トリウム保管庫に全てのトリウムを保管した状態での実効増倍率の解析結果は約0.04274<sup>2)</sup>であり、十分な未臨界状態を確保できている。さらにこの保管庫の周囲に濃縮ウランを入れたバードケージを置いた場合であっても実効増倍率は0.95より十分に小さいことを確認している。

2) モンテカルロ計算コードMCNPによる解析結果

#### 4. 今後の対応

今後は以下のような手続きを進めること予定している。

- ① KUCAの設置申請書にトリウムの貯蔵に関する記載を追加する(現在申請中の低濃縮燃料追加の設置申請書の補正申請で対応する)
- ② 設工認申請を行ってトリウム保管庫を新設する(2基の予定)
- ③ 複合研の原子炉施設保安規定を改定して、トリウムの保管に関する記載を追加する

写真1 トリウム保管庫(1/8inch 厚さ Th I 用)  
(幅:約 70cm、奥行き:約 40cm、高さ:約 50cm)

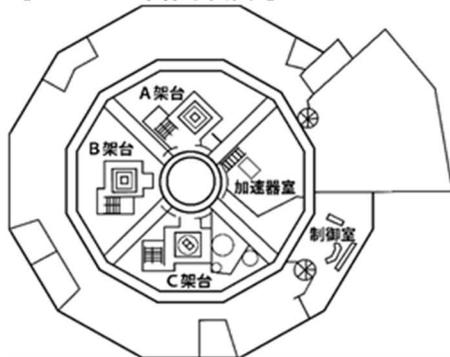
写真2 トリウム保管庫(1/2inch 厚さ Th II 用)  
(幅:約 50cm、奥行き:約 65cm、高さ:約 50cm)

※1 京都大学臨界実験装置(Kyoto University Critical Assembly)

京都大学複合原子力科学研究所に設置されている研究用の小型の原子炉2基のうちのひとつで、最大出力が100Wと非常に出力が低い小型の研究用原子炉で、1つの建屋の中に固体減速架台とばれる原子炉が2基、軽水減速架台と呼ばれる原子炉が1基設置されている。1974年に運転を開始して以来原子炉工学にかかわる基礎研究や学生実験に使用されてきた。

トリウムは固体減速架台で高濃縮ウラン燃料板と一緒に燃料体に装荷して使用している。

《 KUCA本体平面図 》



KUCA本体は左図のとおり遮蔽壁により4つの区分に区画され、  
\* 固体減速架台2基 (A、B架台)  
\* 軽水減速架台1基 (C架台)  
の3つの炉心と1つの加速器で構成されている。



\* 固体減速架台2基 (A, B架台)



\* 軽水減速架台1基 (C架台)

固体減速架台の燃料

(赤ペイントしたものが高濃縮ウラン板 2”× 2”×1/16”、白板が減速材のポリエチレン板)

## ※2 トリウム

原子番号 90 の元素で天然の同位体としては 100%が  $^{232}\text{Th}$  (半減期 140 億年)である。天然にはモナザイト(モナズ石)という鉱石に多く含まれており、モナザイトは希土類元素の資源であるためその副産物としてもトリウムが得られる。これまでにトリウムはランタン(キャンプ用品)のマントルの添加剤、船底塗料、カメラのレンズの添加剤などに用いられてきた。トリウムの崩壊系列の途中は  $^{220}\text{Rn}$  があり、このラドン(トロン)を含んだ温泉はトロン温泉と呼ばれる。

トリウムは法律上ではウランと同じ核燃料物質で、900gを越えると使用許可が必要となる。トリウムは核分裂断面積が非常に小さいためそれだけでは原子炉を臨界とすることができず、原子炉内にウラン等と一緒にに入れて運転を行うと徐々に  $^{232}\text{Th}$  が  $^{233}\text{U}$  に変換し、はじめて原子炉の燃料として使用することができるようになる (トリウムサイクル、 $^{232}\text{Th} + n \rightarrow ^{233}\text{Th}(\beta \text{ 崩壊}) \rightarrow ^{233}\text{Pa}(\beta \text{ 崩壊}) \rightarrow ^{233}\text{U}$ )。

KUCA では 1976 年以降トリウムを装荷した原子炉(トリウム炉)の特性を調べるための研究を行っているが、世界的にはインドが国内にトリウム資源が豊富にあるため積極的にトリウム炉の研究開発を行っており、トリウムを装荷した発電炉も運転している。

## 資料-1

「試験研究の用に供する原子炉等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」

(下線は今回のトリウム保管庫についての関係する条文)

### 第16条

(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)

第十六条 試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより、通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料(以下この条において「燃料体等」と総称する。)の取扱施設を設けなければならない。

- 一 燃料体等を取り扱う能力を有するものとする事。
  - 二 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事。
  - 三 崩壊熱により燃料体等が溶融しないものとする事。
  - 四 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする事。
  - 五 燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できるものとする事。
- 2 試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設を設けなければならない。
- 一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。
    - イ 燃料体等を貯蔵することができる容量を有するものとする事。
    - ロ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする事。
  - 二 使用済燃料その他高放射性の燃料体の貯蔵施設にあつては、前号に掲げるもののほか、次に掲げるものであること。ただし、使用済燃料中の原子核分裂生成物の量が微量な場合その他の放射線の遮蔽及び崩壊熱の除去のための設備を要しない場合については、この限りでない。
    - イ 使用済燃料その他高放射性の燃料体からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする事。
    - ロ 貯蔵された使用済燃料その他高放射性の燃料体が崩壊熱により溶融しないものとする事。
    - ハ 使用済燃料その他高放射性の燃料体の被覆材が著しく腐食するおそれがある場合は、これを防止できるものとする事。
    - ニ 放射線の遮蔽及び崩壊熱の除去に水を使用する場合にあつては、当該貯蔵施設内における冷却水の水位を測定でき、かつ、その異常を検知できるものとする事。
- 3 試験研究用等原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料取扱場所の放射線量及び温度を測定できる設備を設けなければならない。
- 一 燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し、及び警報を発することができるものとする事。
  - 二 崩壊熱を除去する機能の喪失を検知する必要がある場合には、燃料取扱場所の温度の異常を検知し、及び警報を発することができるものとする事。

(以上)