

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

令和 3 年 8 月 2 5 日
原子力規制庁

1. 経緯

国立大学法人京都大学（以下「京都大学」という。）より、臨界実験装置（KUCA）^{※1}において低濃縮ウランを追加するための設置変更承認申請が 2019 年 5 月になされ（以下「現行申請」という。）、現在、審査を進めている。

現行申請の審査において、原子力規制庁から核燃料物質貯蔵施設における燃料の貯蔵状況を確認したところ、ウランについては適切に貯蔵されていたものの、トリウム^{※2}については、臨界管理が不要なことから、設置変更承認申請における核燃料物質貯蔵設備である燃料貯蔵棚のバードケージではなく、燃料室内の保管庫に保管しているとの説明を受けた。

これを受け、トリウムの貯蔵に係るこれまでの許認可手続きを確認したところ、必要な手続きがなされていないことが判明した。

2. トリウムの貯蔵に係る法令上の手続き状況、貯蔵状況及び安全上の確認

(1) トリウムの貯蔵に係る法令上の手続き状況

トリウムについては、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 2 条第 2 項の核燃料物質に該当し、核燃料物質の貯蔵については、試験炉規則^{※3}第 13 条（貯蔵）において、核燃料物質の貯蔵に関する措置として、貯蔵施設において行うこと、いかなる場合においても、臨界に達するおそれがないように行うこと等を要求している。また、貯蔵施設は、許可基準規則^{※4}第 16 条（燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設）において、燃料体を貯蔵することができる容量を有するものとする、臨界に達するおそれがないものとする、高放射線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、高放射線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、高放射線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等々を要求しており、技術基準規則^{※5}第 26 条（核燃料物質貯蔵設備）も同様の要求をしている。また、試験炉規則第 15 条（保安規定）において、保安規定に核燃料物質の貯蔵に関することを規定することを要求している。

これら要求事項に対して、既承認の設置承認申請、設計及び工事の計画の承認申請（以下「設工認申請」という。）、保安規定承認申請においてトリウムの貯蔵に係る記載がなされておらず、過去の規制機関の審査においてもこれら基準要求に対しての確認がなされていなかった。

(2) トリウムの貯蔵状況及び安全上の確認

京都大学の説明によると、トリウムは、KUCAで使用するために必要な許認可を経たうえで、1977年から使用されており、核燃料物質貯蔵施設である燃料室において、鉛遮蔽を有する2つの専用の保管庫に全数貯蔵されており、保管庫の表面線量率は5~14 μ Sv/h程度であるとしている。また、燃料室に設置された2台の γ 線エリアモニタにより、外部放射線に係る線量率が20 μ Sv/hを超えないよう監視しており、設定値を超えた場合には制御室及び現場で警報が発生する状態で貯蔵されているとしている。

原子力規制庁は、京都大学から説明を受け、貯蔵されているトリウムは臨界に達するおそれがないものであること、保管庫は燃料体を貯蔵することができる容量を有するものであること、保管庫は適切な遮蔽能力を有するものであることを確認した。

さらに、原子力運転検査官により、トリウムの貯蔵に係る現状及び過去の記録について、以下を確認した。

- ・トリウムの現状の貯蔵状況は安全上の観点からは問題は認められない。
- ・トリウム燃料保管庫に関する検査記録はない。
- ・保障措置の査察によりトリウムの貯蔵状態及び保管量の異常がないことを確認したことが記録されている。
- ・エリアモニタの記録に異常は認められない。

3. 今後の対応方針（案）

以上を踏まえ、京都大学に対し、トリウムの貯蔵に係る許認可手続きを早急に実施させることとする。この際、設置承認申請に係るトリウムの貯蔵の措置については、現行申請に補正申請で追記し、低濃縮ウランの追加に係る審査と合わせて、核燃料物質貯蔵施設等の審査を行う。現行申請の処分後、設工認申請、保安規定承認申請を速やかに行わせ、これら申請の審査を行うこととする。

なお、京都大学は、今後、トリウムを用いた原子炉の運転を当面想定しておらず、保管庫による貯蔵が続く状態になるとしている。

※1：KUCAは、高濃縮ウラン等を用いた最大熱出力100Wの臨界実験装置であり、固体減速炉心と軽水減速炉心の2つの炉心から構成されている。

※2：トリウムは、固体減速炉心の燃料要素の一つとして、設置変更承認申請書に記載されており、
厚さ25cm以下の金属トリウムを貯蔵している。

※3：試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則

※4：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

※5：試験研究の用に供する原子炉等の技術基準に関する規則

<参考>

- 参考1 参照条文
- 参考2 原子炉設置変更承認申請書 抜粋
- 参考3 原子炉施設保安規定 抜粋
- 参考4 ヒアリング資料（2021年8月5日）

核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

(昭和三十二年六月十日法律第百六十六号)

(保安及び特定核燃料物質の防護のために講ずべき措置)

第三十五条 試験研究用等原子炉設置者及び外国原子力船運航者は、次の事項について、原子力規制委員会規則で定めるところにより、保安のために必要な措置を講じなければならない。

- 一 試験研究用等原子炉施設の保全
 - 二 試験研究用等原子炉の運転
 - 三 核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の運搬、貯蔵又は廃棄（運搬及び廃棄にあつては、試験研究用等原子炉施設を設置した工場又は事業所（原子力船を含む。次項において同じ。）において行われる運搬又は廃棄に限る。次条第一項において同じ。）
- 2 試験研究用等原子炉設置者及び外国原子力船運航者は、試験研究用等原子炉施設を設置した工場又は事業所において特定核燃料物質を取り扱う場合で政令で定める場合には、原子力規制委員会規則で定めるところにより、防護措置を講じなければならない。

試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則

(昭和三十二年総理府令第八十三号)

(貯蔵)

第十三条 法第三十五条第一項の規定により、試験研究用等原子炉設置者は、次の各号に掲げる核燃料物質の貯蔵に関する措置を採らなければならない。

- 一 核燃料物質の貯蔵は、貯蔵施設において行うこと。
- 二 貯蔵施設の目に付きやすい場所に、貯蔵上の注意事項を掲示すること。
- 二の二 核燃料物質の貯蔵に従事する者以外の者が貯蔵施設に立ち入る場合は、その貯蔵に従事する者の指示に従わせること。
- 三 使用済燃料は、冷却について必要な措置を採ること。
- 四 核燃料物質の貯蔵は、いかなる場合においても、核燃料物質が臨界に達するおそれがないように行うこと。

(保安規定)

第十五条 法第三十七条第一項の規定による保安規定の認可を受けようとする者は、認可を受けようとする工場又は事業所（船舶にあつては、その船舶。以下この条において同じ）ごとに、次の各号に掲げる事項について保安規定を定め、これを記載した申請書を原子力規制委員会に提出しなければならない。

- 一 ～ 十一 ≪省略≫
- 十二 核燃料物質の受払い、運搬、貯蔵その他の取扱い（工場又は事業所の外において行う場合を含む。）に関すること。
- 十三 ≪以下、省略≫

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

(平成二十五年原子力規制委員会規則第二十一号)

(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)

第十六条

- 1 <<省略>>
- 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。
 - ロ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
 - 二 使用済燃料その他高放射性の燃料体の貯蔵施設にあっては、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。
 - 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。
 - 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。
 - 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っては、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。
- 3 <<省略>>

試験研究の用に供する原子炉等の技術基準に関する規則

(令和二年原子力規制委員会規則第七号)

(核燃料物質貯蔵設備)

第二十六条 核燃料物質貯蔵設備は、次に掲げるところにより設置されたものでなければならない。

- 一 燃料体等が臨界に達するおそれがないこと。
- 二 燃料体等を貯蔵することができる容量を有すること。
- 三 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備えるものであること。
 - イ 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であること。
 - ロ 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であること。
- 2 使用済燃料その他高放射性の燃料体を貯蔵する核燃料物質貯蔵設備は、前項に定めるところによるほか、次に掲げるところにより設置されていなければならない。
 - 一 使用済燃料その他高放射性の燃料体の被覆が著しく腐食することを防止し得るものであること。
 - 二 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であること。
 - 三 使用済燃料その他高放射性の燃料体の崩壊熱を安全に除去し得るものであること。
 - 四 使用済燃料その他高放射性の燃料体を液体中で貯蔵する場合は、前号に掲げるところによるほか、次に掲げるところによること。
 - イ 液体があふれ、又は漏えいするおそれがないものであること。
 - ロ 液位を測定でき、かつ、液体の漏えいその他の異常を適切に検知し得るものであること。

京都大学原子炉実験所
原子炉設置変更承認申請書

(臨界実験装置の変更)

平成 26 年 9 月

京都大学原子炉実験所

格子の中心部は、周辺の固定部から分離されて独立に落下するようになっている。この中心部の大きさは、A 架台では 3 行×3 列、B 架台では 5 行×5 列の大きさである。この中心架台は、油圧によって下から押し上げられる。このための油圧装置は安全のために中心架台が上の方に来るほど順次自動的に上昇速度が低下する構造になっている。この中心架台の落下は、制御棒の炉心挿入に対して独立した系統の反応度抑制機構を形成し、特に停止時、完全な炉心分離による未臨界状態維持の機能を果たす。なお、この中心架台の上昇のみで臨界に到達させることはない。

燃料集合体等を構成するさや管はアルミニウム製で、有効高さ約 1.5m で断面は [redacted] の角形である。また、制御棒案内管及び固体減速架台炉心用挿入管（検出器や試料及びパルス状中性子発生装置の延長管挿入用等）を備える。

C 架台は軽水減速架台で、炉心タンク及び制御棒駆動装置を支える 2 段式の支持構造とする。炉心は、直径約 2m、深さ約 2m のアルミニウム製炉心タンクの中に設けられる。炉心は炉心格子板に燃料集合体をはめ込んで立てる構造である。

軽水以外の反射材は必要に応じ、容器に密閉し、炉心格子板に固定する。炉心格子板は 16 行×14 列の大きさである。炉心格子板は水平に 2 分割できる構造になっていて、その一方は固定、他の一方は可動として、その間隔は、0cm から約 20 cm まで自由に変えられる。寸法はそれぞれ約 0.6m×約 1m である。炉心タンクへの給水は、ポンプによって行われる。臨界近接は水位制御又は制御棒駆動によって行う。緊急停止の際は、ダンプ弁を開いて炉心タンクの水を下のダンプタンクに速やかに排水する。これは制御棒の炉心挿入に対して独立した系統の反応度抑制機構を形成し、特に停止時、完全な未臨界状態に保つ機能を果たす。炉心タンクには、水の加熱と保温のための電気ヒータを含むループを設ける。また、ダンプタンクには水の加熱のための電気ヒータを設ける。

炉心を構成する標準型燃料板支持フレームは外形寸法が [redacted] である。また、制御棒案内管及び軽水減速炉心用挿入管（検出器挿入用等）を備える。

(ii) 燃料体の最大挿入量

固体減速炉心	濃縮ウラン	[redacted] (U-235 量)
	天然ウラン	500kg
	トリウム	500kg
軽水減速炉心	濃縮ウラン	[redacted] (U-235 量)

(iii) 主要な核的制限値

最大過剰反応度

固体減速炉心	0.35% $\Delta k/k$
軽水減速炉心	0.5 % $\Delta k/k$

反応度温度係数

軽水減速炉心	$2 \times 10^{-4} \Delta k/k/^\circ\text{C}$ 以下
--------	---

減速材対燃料の割合

固体減速炉心	H/U-235 の原子数比	4.0×10^2 以下
	C/U-235 の原子数比	1.6×10^4 以下

軽水減速炉心 H/U-235 の原子数比 4.0×10^2 以下

(iv) 主要な熱的制限値

使用温度

軽水減速炉心 減速材及び反射材 80°C以下

(v) その他の制限

- a. 固体減速炉心は室温で使用し、人為的に炉心温度の昇降は行わない。ただし、パイルオシレータ使用時の実験用試料温度は局部的に-270°C~1000°Cの間で可変であり、周辺の炉心部へ伝わり難いよう断熱構造とする。
- b. 固体減速炉心において中心架台が下限の状態では炉心開口部に異物が落下することにより臨界となることを防ぐため、固体減速炉心の中心架台には、燃料要素を含む少なくとも1体の燃料集合体を装荷する。ただし過剰反応度が負の場合は除く。
- c. 固体減速炉心に装荷する燃料集合体及び反射体の最上部及び最下部には耐火性を持たせるため厚さ5cm以上の黒鉛又は金属を装填することとする。ただし、検出器等の挿入孔のある集合体等で設置できない場合を除く。さらに、炉心周辺の最低1層は耐火性を持つ黒鉛又は金属を入れたさや管で囲むこととする。ただし、パルス状中性子発生装置及び中性子発生設備のターゲット付近の一部は除く。

(2) 燃料体

(i) 燃料材の種類

固体減速炉心用

ウランアルミニウム合金 (U-Al) (角板)

濃縮度 

軽水減速炉心用

ウランアルミニウム合金 (U-Al) (標準型燃料板、彎曲型燃料板)

濃縮度 

ウランアルミニウム分散型合金 (UAl_x-Al) (彎曲型燃料板)

濃縮度 

この他試験用として、炉心の一部に天然ウラン、トリウムの金属又は酸化物を使用する。

(ii) 被覆材の種類

固体減速炉心用 耐放射線性プラスチック

軽水減速炉心用 アルミニウム (JIS A 1200P 又は JIS A 5052 相当)

(iii) 燃料要素の構造

固体減速炉心用

濃縮ウラン 角板 
(この内に含まれる U-235 量は  である。)

天然ウラン及びトリウム  厚さ 25cm 以下

軽水減速炉心用

濃縮ウラン

a. 標準型燃料板 [] (被覆を含む)
(この内に含まれる U-235 量は [] である。)

b. 彎曲型燃料板 [] (被覆を含む)
(この内に含まれる U-235 量は [] である。)

なお、彎曲型燃料板は燃料として炉心で用いないこととする。

(iv) 燃料集合体の構造

固体減速炉心用

角板等を断面 [] 有効長さ約 1.5m のさや管の中へ装填する。

軽水減速炉心用

外形寸法が [] の標準型燃料板支持フレームの溝に燃料板をはめ込む。

(v) 最高燃焼度

最大積算出力を月間 100Wh、年間 1kWh に制限しているため、燃焼度については特定の制限を設けない。

(3) 減速材及び反射材の種類

固体減速架台においては、黒鉛又はポリエチレンを用いる。また、軽水減速架台においては、減速材として軽水を用いる。反射材としては、主に軽水を用いるが、重水を用いることがある。重水はあらかじめ定めた量をアルミニウム製の重水タンクに封入し、炉心格子板に固定して用いる。

ただし、炉心の特性試験用として、これらの炉心の一部にベリリウム、アルミニウム、アルミナ、鉄、ステンレス鋼、鉛等を用いることがある。

(4) 原子炉容器

(i) 構造

固体減速架台 該当事項なし

軽水減速架台 炉心を納める炉心タンクはアルミニウム製円筒開放型タンクで、床面に設けられた架台支持構造上に据付けられる。タンクの主要寸法は直径約 2m、高さ約 2m で、給排水管、実験孔等が設けられる。

(ii) 最高使用圧力及び最高使用温度

軽水減速架台

最高使用圧力 常圧

最高使用温度 90°C

(5) 放射線遮蔽体の構造

炉室の外周壁は鉄筋コンクリート製で、 []

リート壁で仕切られている。

(6) その他の主要な事項

起動用中性子源 起動用中性子源 (Am-Be) は炉室内の中性子源格納容器に納められ、炉心の任意の位置へ駆動装置により挿入される。

二. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備

(1) 核燃料物質取扱設備の構造

燃料室に核燃料物質の取扱設備として作業機を設ける。

作業機は燃料体を取扱う能力を有する設計とし、燃料要素の種類ごとに一度に取扱うことのできる枚数を定めることで、臨界に達することを防止する設計とする。燃料体の取扱いはすべて手作業で行い、クレーン等の機械を用いないものとする。

(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力

核燃料物質の貯蔵施設として燃料室を設け、その中に燃料貯蔵棚を設ける。燃料はバードケージに入れて燃料貯蔵棚に納める。固体減速架台用燃料は、バードケージあたり U-235 量にして 〇 〇 〇 の濃縮ウランを入れる。また、軽水減速架台用燃料は、バードケージあたり U-235 量にして 〇 〇 〇 の濃縮ウランを入れる。全体で U-235 量にして 〇 〇 〇 まで貯蔵できる。

燃料貯蔵棚は燃料要素を貯蔵することができる十分な容量を有する設計とする。燃料要素はバードケージに収納して保管し、バードケージには燃料要素の種類ごとに収納可能な枚数を定め、かつ反射材及び減速材と隔離して貯蔵することで、未臨界を確実に担保するものとする。また、バードケージを納める燃料貯蔵棚は、バードケージごとに十分な隔離距離を設け、想定されるいかなる場合においても臨界に達するおそれのない配置とする。

なお、バードケージは、物理的に収納可能な最大枚数まで燃料要素を収納したとしても、臨界に達するおそれはない設計とする。燃料取扱場所に複数台の放射線モニタを設け、放射線量が設定値を超えたときには現場及び制御室で警報を発する設計とする。

ホ. 原子炉冷却系統施設の構造及び設備

冷却のための施設は設けない。

へ. 計測制御系統施設の構造及び設備

計測制御系統施設は、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、炉心及びそれに関連する系統の健全性を確保するために必要なパラメータを、適切な想定範囲に制御し、監視できるように設計する。

その他に次のようなものを設ける。

オーバーフロー

各種測定器取付座（水位、温度、水質など）

なお、炉心タンク、配管、ダンプタンク等が破損した場合であっても、水が炉室外に漏えいしない構造とする。

8-2-1-2 燃料体の最大挿入量

(1) 固体減速炉心

濃縮ウラン (U-235 量)

天然ウラン 500kg

トリウム 500kg

(2) 軽水減速炉心

濃縮ウラン (U-235 量)

8-2-1-3 主要な核的制限値

(1) 最大過剰反応度

固体減速炉心 0.35%Δk/k

軽水減速炉心 0.5 %Δk/k

(2) 反応度温度係数

軽水減速炉心 $2 \times 10^{-4} \Delta k/k/^\circ\text{C}$ 以下

(3) 減速材対燃料の割合

(i) 固体減速炉心

ポリエチレン減速の場合：

H/U-235 の原子数比 4.0×10^2 以下

黒鉛減速の場合：

C/U-235 の原子数比 1.6×10^4 以下

(ii) 軽水減速炉心

H/U-235 の原子数比 4.0×10^2 以下

(4) 代表的炉心構成

添付書類 10 の運転時の異常な過渡変化、及び設計基準事故の解析に使用する炉心を整理するために代表的な炉心構成を評価する。各炉心は「8-2-1-2 燃料体の最大挿入量」及び「8-2-1-3 主要な核的制限値」を満足し、臨界状態とすることができる炉心である。

(i) 固体減速炉心

固体減速炉心の組み方は、燃料を含んでいる部分が単一組成でできている単一炉心と、大部分の反応度を炉心の周辺領域に持たせて内部に異なるスペクトルのテスト領域を構成するドライバ型炉心に分けられるが、炉心の動特性はドライバ領域の特性でほぼ決定

8-2-1-4 主要な熱的制限値

使用温度 軽水減速炉心 80℃以下

8-2-1-5 その他の制限

- (1) 固体減速炉心は室温で使用し、人為的に炉心温度の昇降は行わない。ただし、パイロオシレータ使用時の実験用試料温度は局部的に-270℃～1000℃の間で可変であり、周辺の炉心部へ伝わり難いよう断熱構造とする。
- (2) 固体減速炉心において中心架台が下限の状態では炉心開口部に異物が落下することにより臨界となることを防ぐため、固体減速炉心の中心架台には燃料要素を含む少なくとも 1 体の燃料集合体を装荷する。ただし過剰反応度が負の場合は除く。
- (3) 固体減速炉心に装荷する燃料集合体及び反射体の最上部及び最下部には耐火性を持たせるため厚さ 5cm 以上の黒鉛又は金属を装填することとする。ただし、検出器等の挿入孔のある集合体等で設置できない場合を除く。さらに、炉心周辺の最低 1 層は耐火性を持つ黒鉛又は金属を入れたさや管で囲むこととする。ただし、パルス状中性子発生装置及び中性子発生設備のターゲット付近の一部は除く。

8-2-2 燃料体

8-2-2-1 燃料材の種類

ウランアルミニウム合金 (U-Al) (角板、標準型燃料板、彎曲型燃料板)

濃縮度 []

ウランアルミニウム分散型合金 (UAl_x-Al) (彎曲型燃料板)

濃縮度 []

この他、試験用として炉心の一部に次のものを使用する。

天然金属ウラン

金属トリウム

酸化トリウム

8-2-2-2 被覆材の種類

固体減速炉心用 耐放射線性プラスチック []

軽水減速炉心用 アルミニウム []

8-2-2-3 燃料要素の構造

(1) 固体減速炉心用

約 93%濃縮ウラン燃料

燃料要素 (角板) は、U-Al 合金の角板に耐放射線性プラスチックを被覆したもので、大きさは [] で、その内に含まれる U-235 量は [] である。

また、天然ウラン及びトリウム角板は [] 厚さは 25cm 以下である。

(2) 軽水減速炉心用

濃縮ウラン燃料（標準型燃料板、彎曲型燃料板）

燃料要素は、U-Al 合金を芯材とし、これを額縁状に打抜いたアルミニウム板にはめ込み、上下をアルミニウム板でサンドイッチ状にした後、圧延成型するもので、十分な機械的強度を有するとともに、核分裂生成物の封じ込めにも十分な能力を有している。

濃縮ウラン燃料（彎曲型燃料板）

燃料要素の芯材は、濃縮ウラン燃料の芯材を UAl_x-Al に置換したものである。被覆材は濃縮ウラン燃料要素と同じアルミニウムであり、十分な機械的強度を有するとともに、核分裂生成物の封じ込めにも十分な能力を有している。

標準型燃料板

（これは被覆を含む大きさを芯材部の寸法はである。）

芯材の U/Al 比が約 20wt% のとき U-235 量は に相当するが、必要に応じてこの比が 20wt% 以下のものも使用する。これらは、刻印等によって識別できるようにする。

彎曲型燃料板

これは被覆を含む大きさを芯材部の寸法はある。）

これらは、刻印等によって識別できるようにする。芯材の U/Al 比は濃縮ウランの場合約 20wt% で、濃縮ウランの場合約 42wt% である。このため、濃縮度の異なる燃料板については形状等により識別できるようにする。

なお、彎曲型燃料板は燃料として炉心で用いないこととする。

8-2-2-4 燃料集合体の構造

(1) 固体減速炉心用

有効長さ約 1.5m のアルミニウム製のさや管の中へ燃料要素（角板）を減速材板等とともに重ねて納める。

(2) 軽水減速炉心用

外形寸法が標準型燃料板支持フレームの溝に燃料板をはめ込む構造とする。溝のピッチの代表的なものは、約 3mm、約 3.5mm、約 4.5mm の 3通りであるが、それ以外にも H/U-235 の原子数比制限値の範囲内で使用可能である。また、フレームの側板に照射試料等を取り付けるための溝を付けたものも利用可能である。

各種フレームはアルミニウムを主材料とする。

8-2-2-5 最高燃焼度

最大積算出力を月間 100Wh、年間 1kWh に制限しているため、燃焼度については特定の制限を設けない。

8-2-3 減速材及び反射材の種類

固体減速架台においては、黒鉛又はポリエチレンを用いる。形状は燃料に準じるが、厚さは燃料の厚さの整数倍のものを原則とする。軽水減速架台においては減速材として軽水を用いる。反射材としては主に軽水を用いるが、重水を用いることができる。

重水を用いる場合は、あらかじめ定めた量をアルミニウム製の重水タンクに封入し、炉心格子板又は2分割された炉心間隙に設置してタンクが浮上しないように固定して用いる。また、重水のレベルが設定値以下では給水できないよう給水インターロックを設ける。

8-2-4 原子炉容器

8-2-4-1 構造

(1) 固体減速架台

該当事項なし

(2) 軽水減速架台

炉心を納める炉心タンクはアルミニウム製円筒開放型タンクで炉室床面に設けられた架台支持構造上に据付けられる。タンクの主要寸法は直径約2m、高さ約2mで、給排水管、パイパスドレイン管、実験孔、照射設備模擬配管等が設けられる。

8-2-4-2 最高使用圧力及び最高使用温度

最高使用圧力 常圧

最高使用温度 90℃

8-2-5 放射線遮蔽体の構造

炉室の外周壁は、壁外周表面の線量率を $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以下にするため、普通コンクリートとする。天井は厚さの12角錐である。これにより、壁外周表面の直接線及びスカイシャイン線の線量率を $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以下に抑える。また、実験所敷地周辺における直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による空間線量率を、空気カーマ換算で年間 $50\mu\text{Gy}$ 以下にする。

各架台室及び加速器室間は、の普通コンクリート壁で仕切られ、運転中の架台入口は厚さ鉄板製可動遮蔽によって仕切られることにより、他の架台室等の空間線量率を低くおさえる。

8-2-6 その他の主要な事項

起動用中性子源

起動用中性子源としてAm-Beを使用する。中性子源格納容器を炉室に設け、炉心の任意の位置へ遠隔駆動装置により挿入、若しくは引き抜きを行う。

8-3 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備

臨界集合体棟の浸水のおそれのない [] 燃料室を設け、その中に核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設を設置する。

8-3-1 核燃料物質取扱施設の構造

燃料を原子炉施設に搬入し、炉心に装荷するまで、及び燃料を炉心から取出し並びに原子炉施設から搬出するまでの取扱を行うことができる核燃料物質の取扱施設を設けるものとする。

核燃料物質の取扱施設として燃料室に燃料体の組立解体場所を設ける。燃料体の組立及び解体は、全て作業員の手作業で行い、確実に把持して燃料体の落下を防止するものとする。組立解体場所では、同時に取扱うことのできる燃料枚数もしくは燃料体数を制限することで、臨界に達するおそれのないものとする。

なお、本原子炉施設は低出力の炉であり、燃料の燃焼及び核分裂生成物の蓄積は無視しうるほど小さい。このため、崩壊熱の除去及び燃料の冷却は考慮しない。また、放射線に対する遮蔽能力については、作業状況に応じて適宜、仮設遮蔽を設けることで対応するものとする。燃料取扱場所に燃料室モニタを設け、放射線量が設定値を超えたときには現場及び制御室で警報を発する設計とする。

8-3-2 核燃料物質貯蔵施設の構造及び貯蔵能力

燃料室に [] ユニットの棚をもつ貯蔵棚を設け、バードケージに収納した核燃料物質を貯蔵する。固体減速炉心用燃料要素（角板）は、 [] の [] 方式で、U-235 量にして [] の濃縮ウランを入れる。軽水減速炉心用燃料要素は、 [] の [] 方式で、U-235 量にして [] の濃縮ウランを入れる。全体で U-235 量にして [] まで貯蔵できる。これは TID-7016³⁾ の Table 6 輸送用バードケージの U-235 密度の [] に相当する。

また、貯蔵棚は炉心から全ての燃料を取出し、貯蔵したとしても十分に余裕のある容量を有するものとする。バードケージは複数のバードケージが近接、又は浸水、若しくは物理的に収納可能な枚数の濃縮ウランを収納しても臨界とはならない構造とする。バードケージは作業員が手で操作するか、又はフォークリフトで操作する。

なお、本原子炉施設は低出力の炉であり、燃料の燃焼及び核分裂生成物の蓄積は無視しうるほど小さい。このため、崩壊熱の除去及び燃料の冷却は考慮しない。また、放射線に対する遮蔽能力については、作業状況に応じて適宜、仮設遮蔽を設けることで対応するものとする。燃料板はバードケージに収納して保管する。バードケージは燃料収納部の周りに枠が取り付けられており、バードケージ同士を隣接させた場合であっても、燃料収納部間に十分な隔離距離がとれる構造となっている。バードケージには燃料板の種類毎に収納可能な枚数を定め、かつ反射材及び減速材と隔離して貯蔵することで、実効増倍率 $k_{\text{eff}} = 0.95$ 未満の未臨界を確実に担保するものとする。また、バードケージを納める燃料棚は、バードケージ毎に十分な隔離距離を設け、臨界に達するおそれのない配置

とする。

また、バードケージは、物理的に収納可能な最大枚数まで燃料板を収納し、かつ、その状態のバードケージが完全に水没した状態で三次元的に無限に隣接した場合であっても、臨界に達するおそれはない設計とする。

8-4 原子炉冷却系統施設の構造及び設備

本装置には強制冷却のための施設は設けない。

8-5 計測制御系統施設の構造及び設備

原子炉施設の状態等を監視及び測定するために、下記の要件を満足する計測制御系統施設を設ける。

- (1) 炉心及びこれに関連する系統の健全性を確保するために監視することが必要なパラメータは炉心出力、放射線量率（炉室ガンマ線）及び炉心温度であり、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時においても想定される範囲内に制御でき、監視できるものとする。
- (2) 設計基準事故が発生した場合の状況を把握し、及び対策を講ずるために必要なパラメータは炉心出力、放射線量率（炉室ガンマ線）及び炉心温度であり、設計基準事故時に想定される環境下において、十分な測定範囲及び期間にわたり監視及び記録できるものとする。

計測制御系統施設は上記要求事項の他に、操作、点検及び保守等にあたり、誤操作を防止するために、人間工学上の諸因子を考慮し、盤の配置及び操作器具、弁等の操作性に留意するとともに、計器表示及び警報表示により、原子炉施設の状態が正確、かつ、迅速に把握できるよう留意されたものとする。

8-5-1 核計装設備

本装置の核計装は、3 架台のうち運転される 1 つの架台に対してのみ、中継箱の切替えによって中性子検出器と核計装が接続され、制御可能となる。また、この接続が不完全であると運転できないようなインターロックが設けられている。核計装系統図（本文参考図 18）に示されるように中性子検出器は各架台固有に配置されている。中性子検出器の配置は炉心内で可変である。核計装は起動系 3 チャンネル、線型出力系、対数出力炉周期系、安全出力系各 1 チャンネルの独立した合計 6 チャンネルからなる。

8-5-1-1 起動系

起動系は主として起動時の中性子束を監視するもので、中性子検出器として核分裂計数管を使用する。中性子検出器の出力は電流入力型線型増幅器を経て対数計数率炉周期計に接続する。対数計数率炉周期計は対数計数率計と炉周期計よりなる。対数計数率計の出力は記録計に接続され

原子炉施設保安規定

令和3年5月7日

京都大学複合原子力科学研究所

- (5) 実験の種類に関する事項
 - (6) スクラム等の条件及びインターロックの解除に関する事項
 - (7) 特に必要な監視事項
 - (8) 訓練運転に関する事項
 - (9) 教育のための制御台操作等に関する事項
 - (10) その他臨界装置主任技術者が必要と認める事項
- 4 臨界装置部長は、第2項の運転計画をたてるに当たって、臨界装置を使用する実験にあつては第89条の許可されたものであることを確認しなければならない。
- 5 臨界装置主任技術者は、第2項の承認を行うに当たり、別表第2に掲げる主要な核的制限値及び熱的制限値並びに別表第2の2に掲げる炉心配置その他の制限を満たしていることを確認する。
- 6 臨界装置の運転計画の変更手続については、前4項の規定を準用する。ただし、第3項第3号、第6号及び第10号については、臨界装置主任技術者又はその指定した者の承認で変更することができる。

(運転の指令)

第60条 臨界装置部長は、前条の運転計画に基づき、当直運転主任に臨界装置の運転を指令するとともに、その旨を中央管理室長に報告するものとする。

- 2 前項の運転の指令は、次の各号に掲げる事項を記載するKUCA運転指令書により行うものとする。
- (1) 運転指令（運転計画を含む。）
 - (2) 当直運転主任及び当直運転員の氏名
 - (3) 放射線管理業務を行う者の氏名
 - (4) 交替時刻
 - (5) その他注意事項

第3節 臨界装置用燃料要素等及び燃料集合体の取扱い

(燃料要素の管理)

第61条 臨界装置用燃料要素の受払い及びその措置、検査、運搬、仮置き並びに貯蔵その他の臨界装置用燃料要素の取扱いについては、核燃料管理室長の管理の下に、臨界装置部長が行う。

(燃料要素及び燃料集合体の保管)

第62条 臨界装置部長は、臨界装置用燃料要素及び燃料集合体の保管に関し、臨界装置燃料室燃料貯蔵棚又は炉心において行わなければならない。ただし、臨界装置主任技術者が確認の上、燃料室机上を仮置き場所とすることができる。

- 2 臨界装置燃料室燃料貯蔵棚の専用保管庫において保管し、及び燃料室机上において仮置きする場合、固体減速架台用燃料要素は██████████、軽水減速架台用燃料要素は██████████とする。ただし、軽水減速架台用燃料要素のうち彎曲型燃料板については██████████とする。この場合、それぞれの燃料要素を混載してはならない。

3 臨界装置部長は、臨界装置用燃料要素及び燃料集合体を貯蔵している間は、次の各号に掲げる処置をとらなければならない。

- (1) 貯蔵場所の目につきやすい場所に、貯蔵上の注意事項を掲示すること。
- (2) 燃料要素の貯蔵に従事する者以外の者が貯蔵場所に立ち入る場合は、その貯蔵に従事する者の指示に従わせること。
- (3) 非選択架台炉心においては、燃料要素及び燃料集合体を移動しないこと。ただし、軽水減速架台に限り、ダンプ弁“開”の条件の下で、臨界装置主任技術者又はその指定した者の立会のもとに燃料要素及び燃料集合体を移動することができる。
- (4) いかなる場合においても、核燃料物質が臨界に達するおそれがないようにすること。

(燃料要素の点検)

第63条 臨界装置部長は、次の各号に掲げる場合には、臨界装置用燃料要素の外観について点検を行い、異常のないことを確認しなければならない。

- (1) 燃料要素を収納しようとするとき。
 - (2) 燃料室に保管中の燃料要素、1年に1回以上
 - (3) 燃料集合体を組み立てるとき。
- 2 臨界装置部長は、前項の点検の結果、異常のある場合には、直ちに中央管理室長、核燃料管理室長及び臨界装置主任技術者に報告しなければならない。
- 3 前項の報告を受けた中央管理室長は、核燃料管理室長及び臨界装置主任技術者と協議の上、異常の拡大防止及び汚染の拡大防止のために必要な指示をするとともに、これを所長に報告しなければならない。

(燃料要素の研究所内における運搬)

第64条 臨界装置用燃料要素の研究所内での運搬（研究所外への運搬に係るものも含む。）及びこれに関連した運搬容器への収納などの作業については、第66条に規定する計画書を作成し、当直運転主任及び当直運転員は、臨界装置部員及び放射線管理部員の立会いの下に行わなければならない。

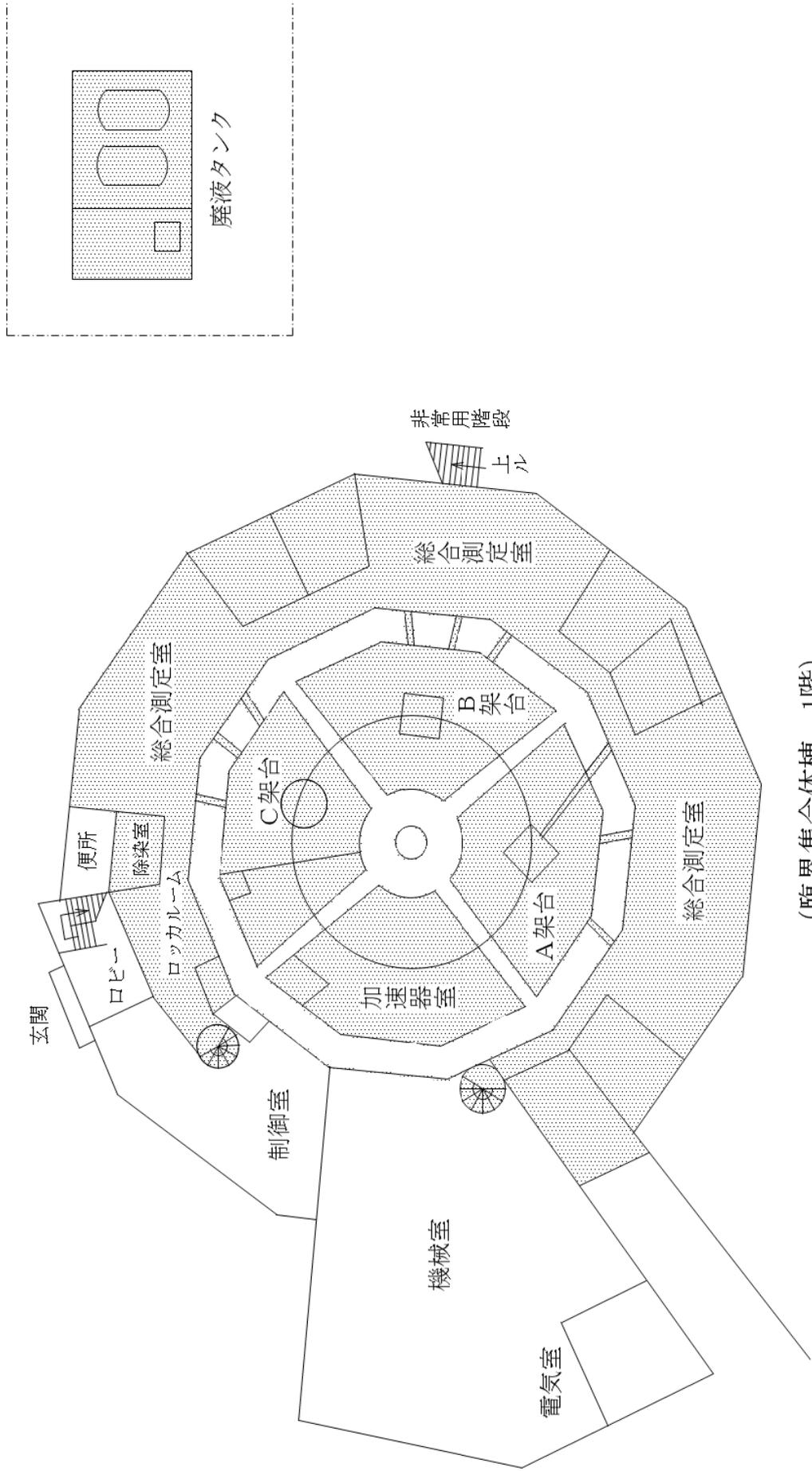
- 2 臨界装置部長は、前項の作業について、炉規則第12条による措置を講じなければならない。
- 3 放射線管理部長は、燃料要素が運搬容器に収納された後、運搬容器に係る放射性物質の表面密度並びに運搬容器及び車両に係る線量率が炉規則第12条第1項第4号に定める値を超えないことを確認しなければならない。
- 4 立会いの臨界装置部員は、運搬中に放射性物質の漏えい等の異常が生じた場合には、直ちに付近の交通を遮断する等の応急措置を講じるとともに、中央管理室長、核燃料管理室長、臨界装置部長及び臨界装置主任技術者に報告しなければならない。
- 5 前項の報告を受けた中央管理室長は、核燃料管理室長及び臨界装置主任技術者と協議の上、異常の状況を確認し、異常の拡大防止及び汚染の拡大防止のために必要な指示をするとともに、これを所長に報告しなければならない。

(核燃料物質によって汚染された物の研究所内における運搬)

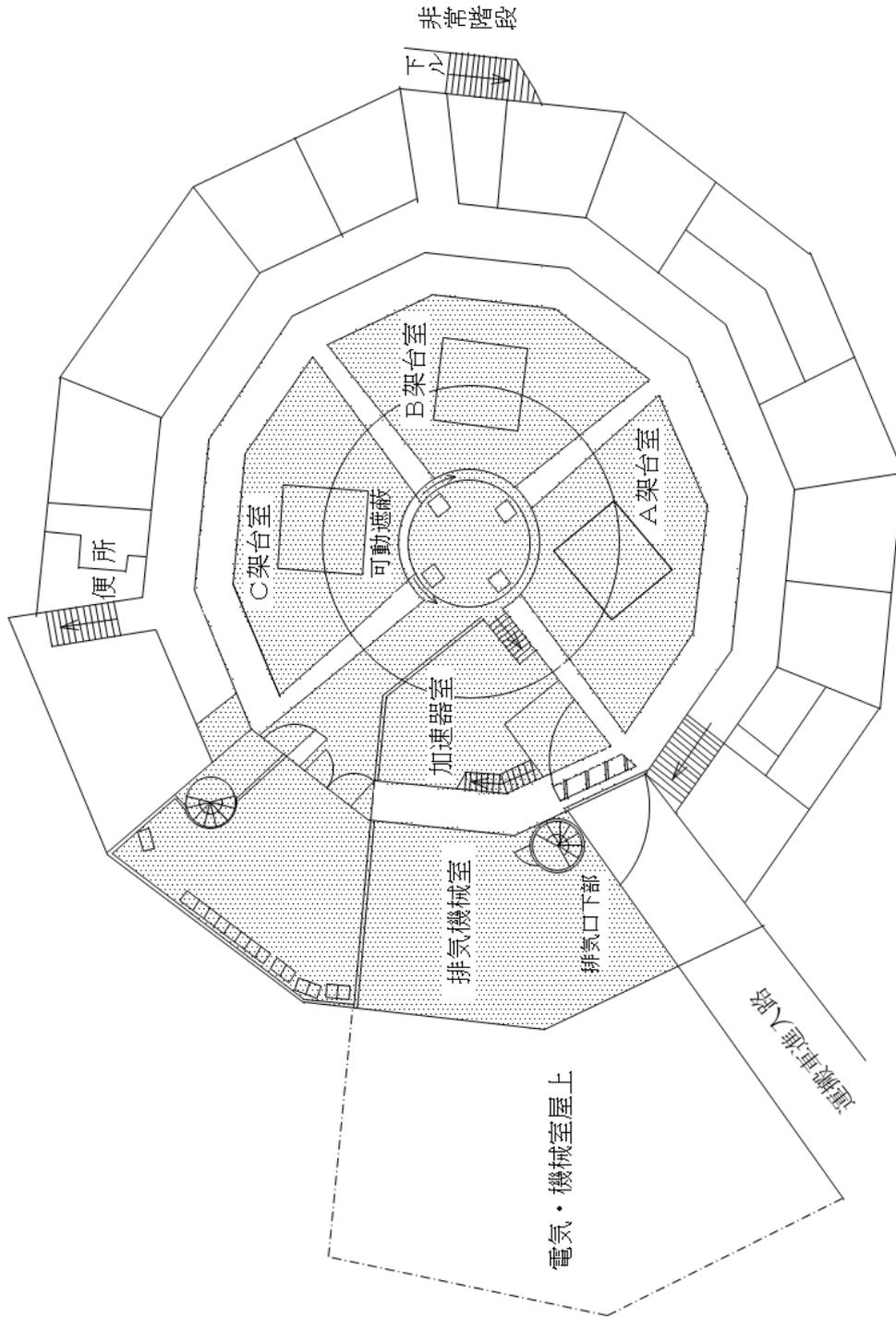
第65条 臨界装置の運転等によって発生した核燃料物質によって汚染された物（放射性廃棄物を除

別図第5 管理区域の設定範囲 (その3)

臨界装置炉室及び燃料室、臨界装置の排気機械室及び排気口
 臨界装置の排水施設並びに臨界装置総合測定室



(臨界集合体棟 1階)



(臨時集合体棟 2階)

(参考 4)

2021 年 8 月 5 日
京大 KUCA ヒアリング資料 修正

京都大学臨界実験装置 (KUCA)
設置変更承認申請について

【トリウムの管理について】

京都大学複合原子力科学研究所

1. 燃料室ガンマ線エリアモニタの記録

補足資料 1 にガンマ線エリアモニタの記録を示す。

燃料室には図 1 に示すように 2 台の電離箱のガンマ線エリアモニタ (γ F1 と γ F2) が壁面に設置されている。厚さ 1/2inch のトリウム II の保管容器は γ F1 のすぐ下に設置されている。

本日の γ F1 と γ F2 の指示値の記録紙を写真 1-1、写真 1-2 に示す。10⁰~10⁶ μ Sv/h の対数スケールのため記録紙上での下限値は 1 μ Sv/h である。本日は保有している高濃縮ウラン燃料板とトリウム板はすべて燃料室に保管されており、記録紙に印字されたデジタル数値から換算するとトリウム保管庫に近い γ F1 は約 1.1 μ Sv/h、 γ F2 は約 0.7 μ Sv/h となっている。(常に γ F1 のほうが γ F2 に比べて高い値を示している)

トリウム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保管している。この保管庫表面のガンマ線線量については補足資料 3 に示す。

2. トリウム燃料が臨界にならない旨の説明資料

補足資料 2 にトリウムの増倍率の解析結果を示す。

トリウム燃料は無限体積としても臨界となることはない。

3. 燃料室の全景、トリウム燃料の専用容器の写真

補足資料 3 にトリウム保管庫の写真を示す。

現在、厚さの異なる 2 種類のトリウム板を 2 箇所保管している。

4. 直近の利用実績

補足資料 4 に新規規制基準対応以降のトリウムの利用実績の資料を示す。

2017 年 6 月に運転を再開して以降は 2018 年 12 月と 2020 年 1 月の 2 回、トリウムを含む炉心での実験を行っている。

5. トリウム燃料の設工認

補足資料 5 にトリウム燃料の設工認 (KUCA 増設設工認「その 3」、昭和 48 年 4 月) を示す。

補足資料 1

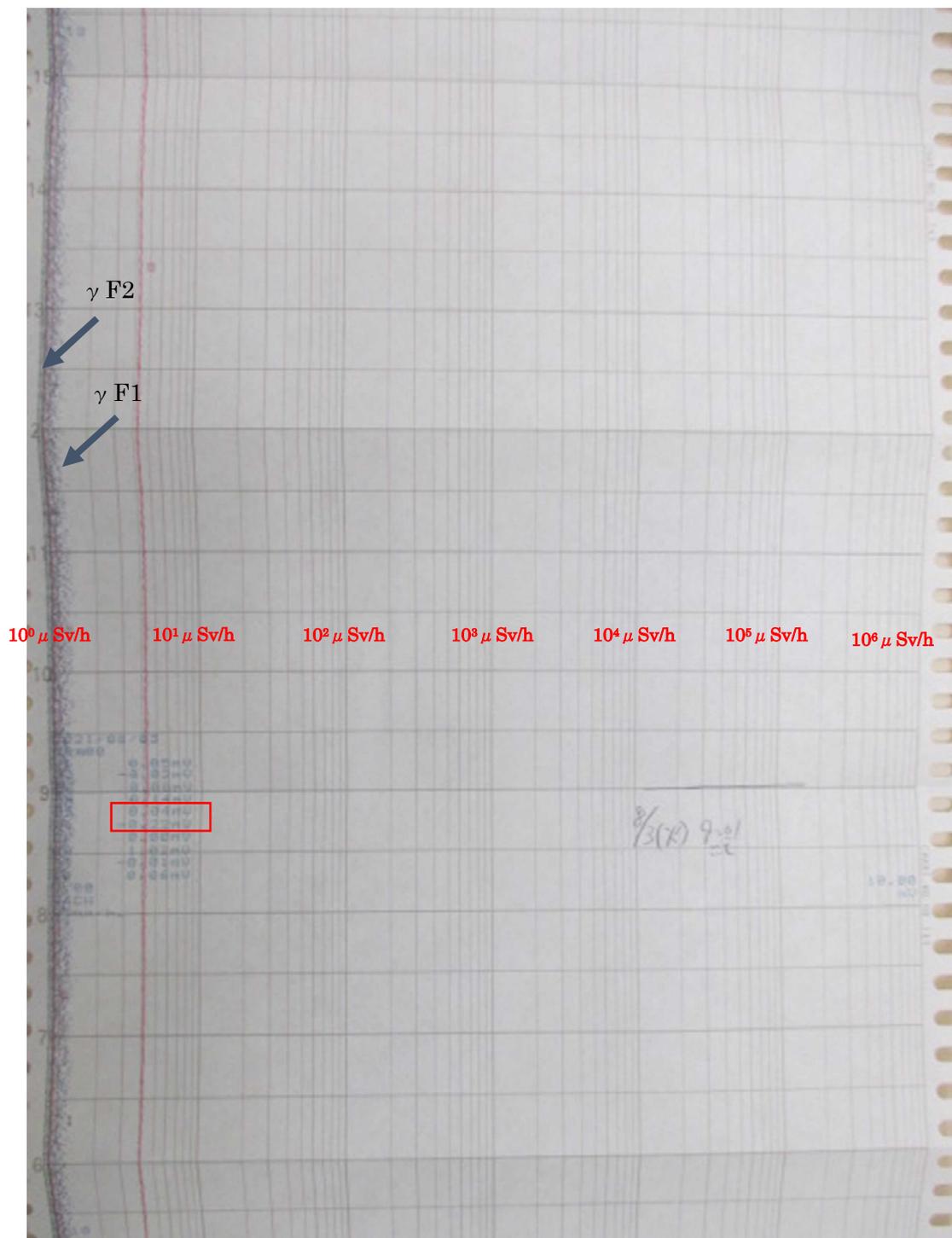


写真 1-1 燃料室ガンマ線エリアモニタ記録紙 (1)

記録紙 (データは打点式) は 6 デカードで $10^0 \mu \text{ Sv/h}$ から $10^6 \mu \text{ Sv/h}$ の範囲を示す。
 $\gamma \text{ F1}$ は Ch.5、 $\gamma \text{ F2}$ は Ch.6 で、ここでの表示のデジタル値 (赤枠) は Ch.5 が 0.04 mV ($1.1 \mu \text{ Sv/h}$)、Ch.6 が -0.22 mV ($0.7 \mu \text{ Sv/h}$) となる。
(記録紙[mV]と線量率[$\mu \text{ Sv/h}$]の換算は、 $[\mu \text{ Sv/h}] = 10^{(6/10 \times [\text{mV}])}$)。

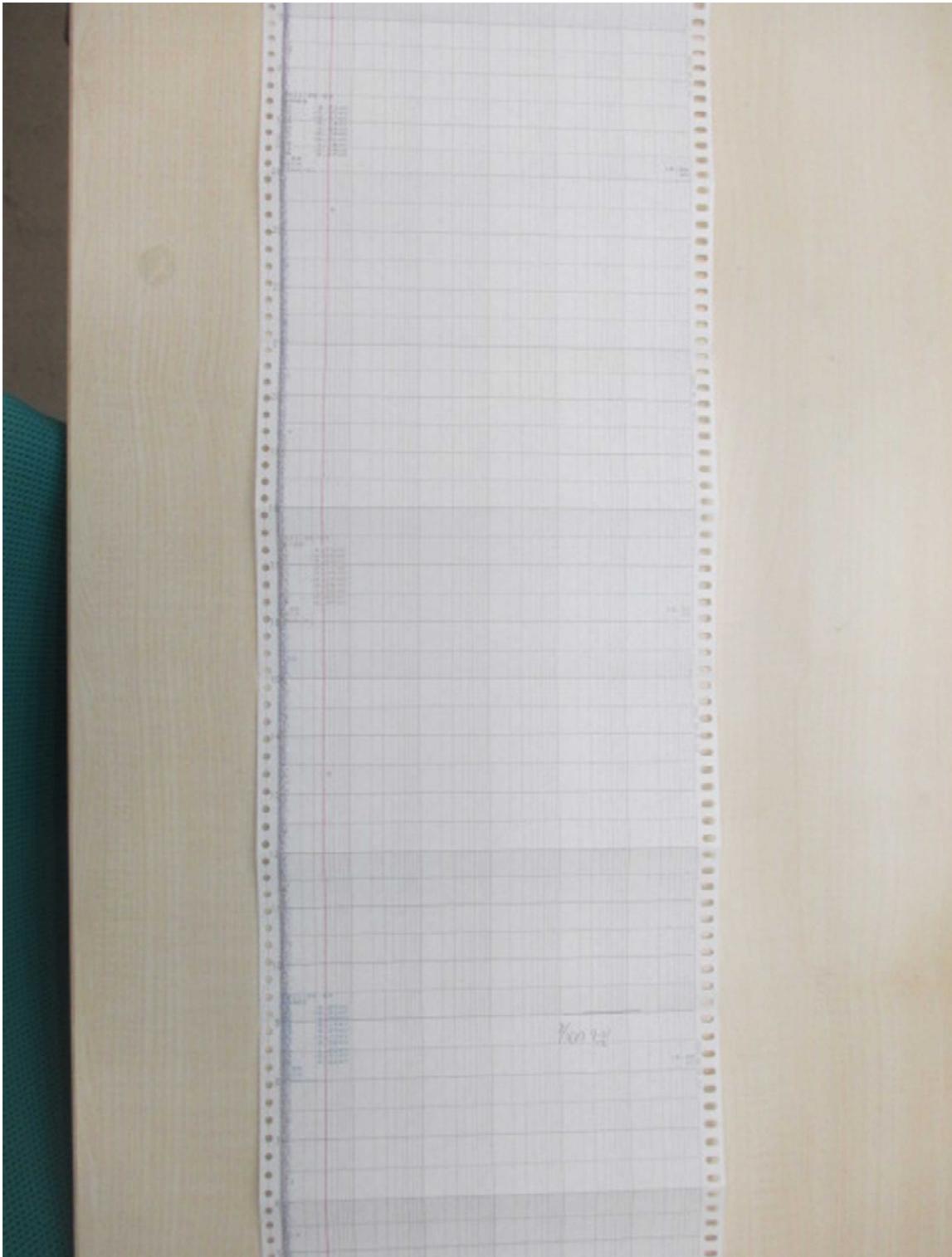


写真 1-2 燃料室ガンマ線エリアモニタ記録紙 (1 日分)



○ : γ 線エリアモニタ
● : 中性子エリアモニタ

2階

図1 炉室内放射線モニタ配置図

補足資料 2

トリウムの臨界計算

トリウムの増倍率について考える。

① 減速材無し

モンテカルロ計算コード MCNP によりトリウム（金属）単体の無限増倍率を計算した。

無限増倍率は 0.06304 ± 0.0005 となり、1 より十分に小さな値であるので無限体積としても未臨界となることを確認した。

② 減速材あり（熱領域での増倍）

Th-232 の熱エネルギー領域で断面積等は以下の通りである。（0.0253eV での値）

σ fission : 53.71 μ barn (核分裂断面積)

σ capture : 7.338 barn (捕獲断面積)

ν p : 1.851 ν d : 4.9e-2 (1核分裂での中性子発生数)

出典 : JENDL-4.0

<https://wwwndc.jaea.go.jp/cgi-bin/Tab80WWW.cgi?lib=J40&iso=Th232>

$$\text{増倍率} = (\nu p + \nu d) \times \sigma \text{ fission} / \sigma \text{ capture} = 1.39 \times 10^{-5}$$

熱領域の増倍率は 1 より十分に小さな値であるので無限体積としても未臨界となることを確認した。

(以上)

補足資料 3



写真 3-1 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)

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いる。保有する全て Th I を入れた状態で保管庫の表面線量は約 $5\sim 6\ \mu\text{Sv/h}$ である。

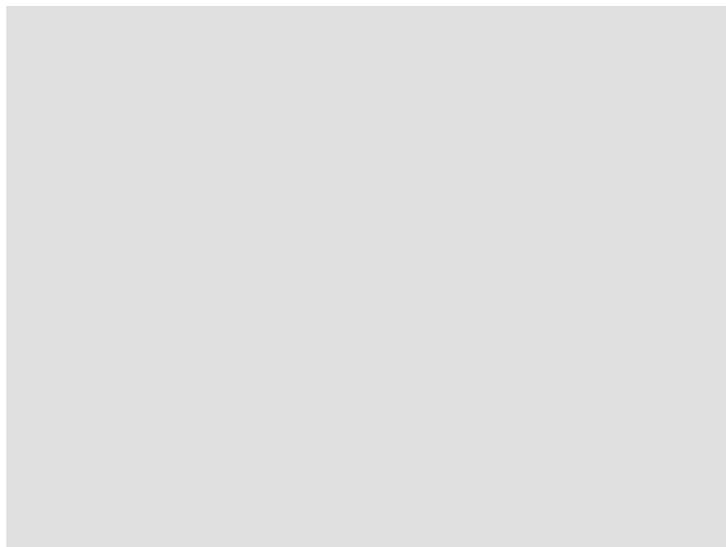
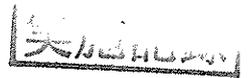


写真 3-2 トリウム保管庫 (1/2inch 厚さ Th II 用)
(幅：約 50cm、奥行き：約 65cm、高さ：約 50cm)

保管庫は鉛遮蔽体の周囲にカバー用のアルミ製のボックスを被せた構造になっており、鉛遮蔽体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いる。保有する全て Th II を入れた状態で保管庫の表面線量は約 $5\sim 14\ \mu\text{Sv/h}$ である。

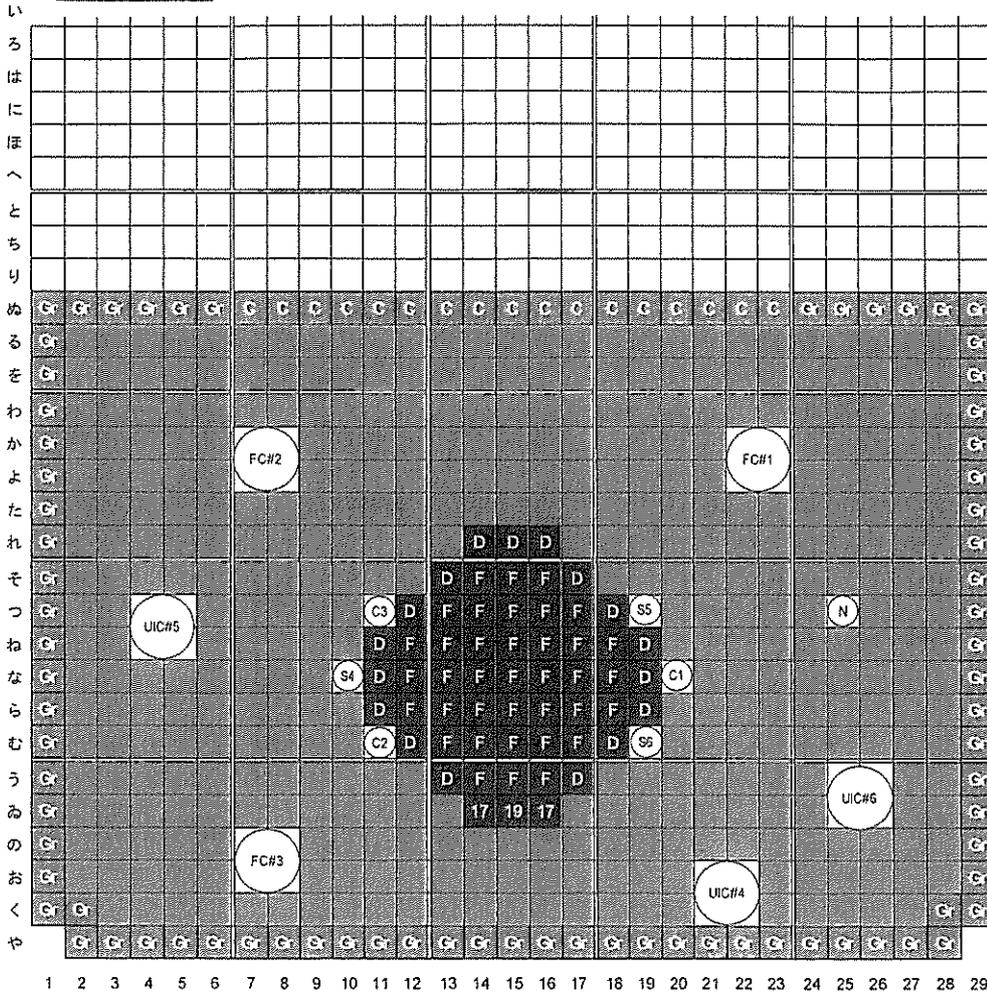
KUCA 運転計画指令書



運転計画指令 C-18272 号

<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px; margin-bottom: 5px;">KUCA 運転計画</div> <p>下記の通り臨界装置 (KUCA) の運転を計画する。</p> <p style="text-align: center;">臨界装置部長 [Redacted] 署名</p> <p>1. 日 時 <u>2018 年 12 月 13 日 (木) 09:30 ~ 終了まで</u></p> <p>2. 燃料等の配置 <u>炉心配置変更計画指令 C-18273 号に従う</u></p> <p>3. 最終到達出力 <u>1W未満</u></p> <p>4. 主な実験 <u>反応度測定</u></p> <p style="text-align: right;">(実験番号 1844)</p> <p>5. バイパスの指示 <u>バイパス無し</u></p> <p>制御棒上限位置 <u>1200 mm</u> 可動オーバーフロー設定位置 <u> mm</u></p> <p>安全棒上限位置 <u>1200 mm</u> 毎回可動フロートスイッチ設定位置 <u> mm</u></p> <p>最高炉心温度 <u>室温 °C</u></p> <p>6. 特に必要な監視事項</p> <div style="background-color: gray; height: 100px; width: 100%;"></div>	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px; margin-bottom: 5px;">運転架台</div> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px; margin-top: 5px; width: 80px; text-align: center; font-size: 24px;">B</div>
<p>7. その他臨界装置主任技術者が必要と認める事項</p> <div style="background-color: gray; height: 20px; width: 100%;"></div> <p>主任技術者による核的制限値等の確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 過剰反応度、制御棒反応度 (one rod stuck 含む) <input checked="" type="checkbox"/> 他反応度 (ρ_{back}, δ_{prod}, C_{temp}, ρ_{ins}) <input checked="" type="checkbox"/> U 比率、積算出力、炉心配置 (A,B 架台) <input checked="" type="checkbox"/> 中性子発生量 (加速器利用時) <p>確認の根拠</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> 既知実験 (実施日 <u> </u> 年 <u> </u> 月 <u> </u> 日) に類似 <input checked="" type="checkbox"/> その他 (別紙参照) <p style="text-align: right;">作成者 [Redacted]</p>	
<p>上記の運転計画を承認する。 臨界装置主任技術者 [Redacted] 署名 ^{1/2}</p>	
<p style="text-align: center;">上記の運転計画に基づき次の通り KUCA の運転を指令する。</p> <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px; margin-bottom: 5px;">KUCA 運転指令書</div> <p style="text-align: right;">臨界装置部長 [Redacted] 署名</p> <p>1. 当直運転主任 : [Redacted]</p> <p>2. 当直運転員 : [Redacted]</p> <p style="padding-left: 20px;">放射線管理業務を行う者 : [Redacted]</p> <p>3. 交代時刻 : 交代無し</p> <p>4. その他注意事項 : <u> </u></p>	

2018.12.13



運転架台

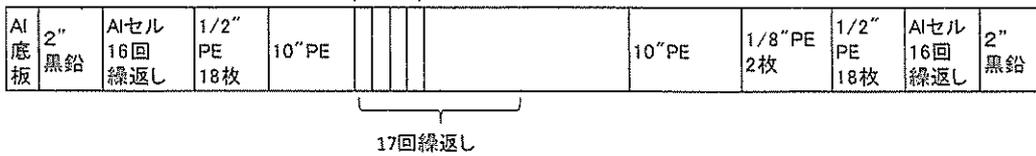
B

- F** 2/8"p27ETEE燃料体
- D** 2/8"p49EU燃料体
- 19** 2/8"p19EU燃料体
- 17** 2/8"p17EU燃料体
- Polyethylene reflector (old)
- C** Carbon
- C** Control rod
- S** Safety rod
- N** Neutron source
- FC** Fission chamber
- UIC** UIC detector

添付図 炉心配置図

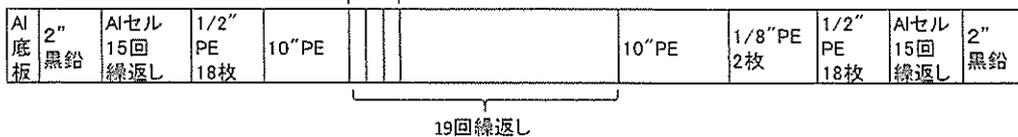
燃料体 (17)

1/16"EU+1/8"p × 2枚



燃料体 (19)

1/16"EU+1/8"p × 2枚

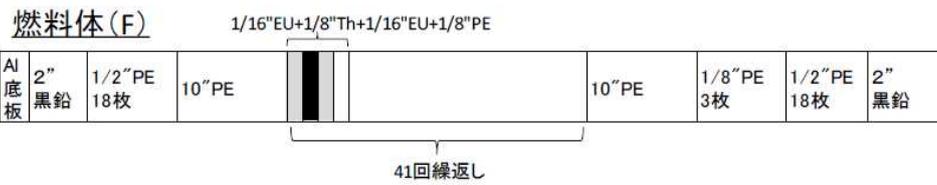


作成者

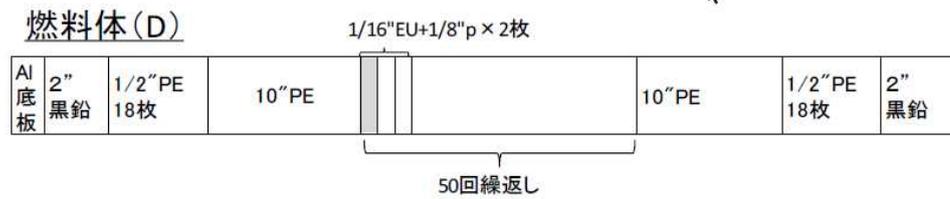
審査者

KUCA 主任技術者

署名



(a) 1/8"p41EUT_hEU 燃料体



(b) 2/8"p50EU 燃料体

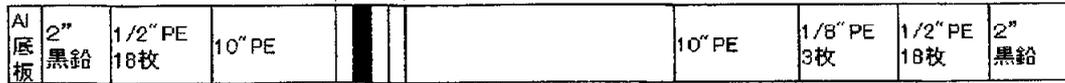
KUCA 炉心配置変更計画指令書

炉心配置変更計画指令 C-20002 号 (2/2)

2020年 1月 6日(月)

別紙

1/16"EU+1/8"Th+1/16"EU+1/8"PE



41回繰返し

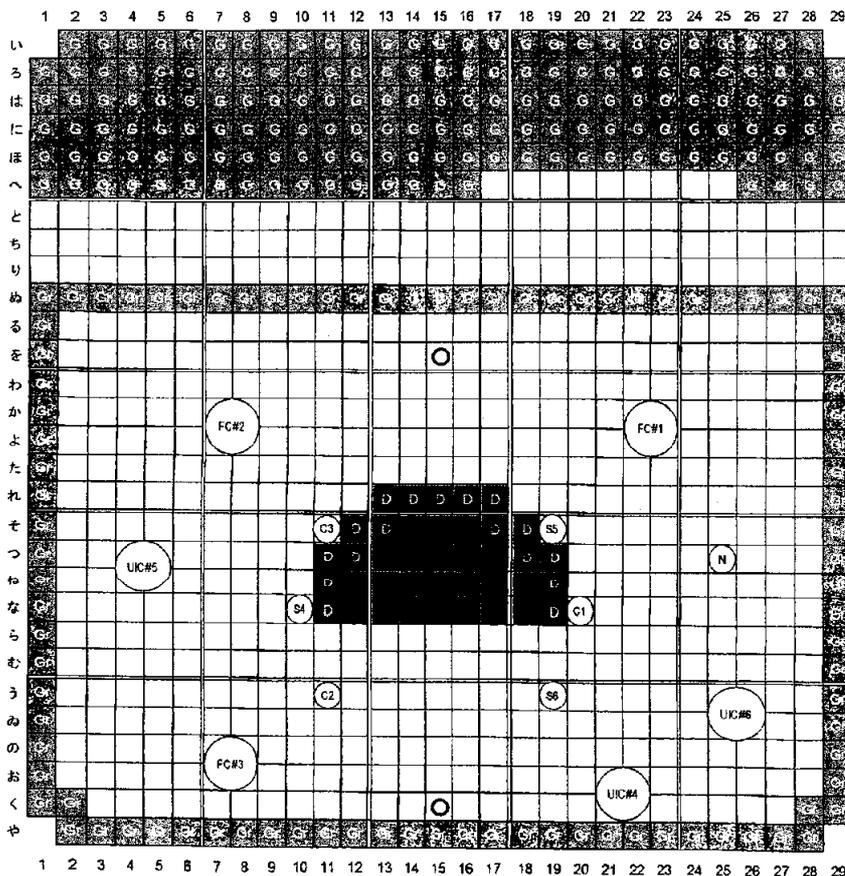
1/8" P41ETE 燃料体

1/16"EU+1/8"p×2枚



50回繰返し

2/8" P50EU 燃料体



- 1"φBF3
- Graphite Reflector
- Graphite
- Polyethylene reflector
- 1/8"P41ETE fuel
- 2/8"P50EU fuel
- C Control rod
- S Safety rod
- N Neutron source
- FC Fission chamber
- UIC UIC detector

最終炉心配置図

作成者
審査者

臨界装置主任技術者

署名

II. 原子炉施設の設計及び工事の方法

II-1 原子炉本体

1. 燃料体

1-1 概要

燃料要素は、固体減速炉心用と軽水減速炉心用とに分けられる。固体減速炉心用燃料要素（以下燃料角板とよぶ。）には濃縮ウラン—アルミニウム合金のものを主体に、一部トリウム、天然ウラン及び劣化ウランの金属または酸化物が使用される。

これら燃料角板の寸法は国際規格になっており、耐放射線性プラスチック塗料で被覆されている。これらの燃料角板を黒鉛、プラスチック等各種の減速材角板と適当に組合せて、耐食アルミニウム製角筒型の燃料さやにおさめ、燃料集合体を形成する。燃料さやには下部に足がつけてあり、炉心底部の格子板孔に挿入され、配列装荷される。

また、軽水減速炉心用燃料要素（以下燃料長板とよぶ。）は、濃縮ウラン—アルミニウム合金にアルミニウムによる被覆を施した細長い板である。この板が最小単位であり、これらを燃料要素支持フレームの溝に並べて挿入したものを燃料集合体とする。この燃料要素支持フレームは、内側に一定間隔の溝をもつ2枚の平行板とこれらを固定するための支持部分からなっており、下部には2つの集合体固定足が設けてある。この足を炉心タンク内の格子板に設けられた穴に挿入して、集合体を支持し、位置決めを行なう。

また、燃料と減速材の体積比を変える事ができるように溝の間隔の異なる3種類のフレームがある。

1-2-3 トリウム燃料

(1) 材質

金属トリウム

(2) 純度

次表に掲げる含有不純物元素についてはそれぞれ示された量以下とする。

元 素	PPM	元・素	PPM
水 素	20	炭 素	1.000
硼 素	5	そ の 他	1.000
カドミウム	1		

(3) 密度

約 11.5 g/cm^3

(4) 主な仕様

主な仕様は次のとおりである。

		A	B	C
Th重量 (g/要素)				
材 質		トリウム	トリウム	トリウム
寸法 (mm)	断 面			
	板 厚			
要素数 (枚)		約 5,250		
被 覆	材 質	耐放射線性プラスチック塗料	耐放射線性プラスチック塗料	耐放射線性プラスチック塗料
	厚み (mm)			

注：要素数の数字については、別の修正表で約5250、約1000、約500と修正されている