

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 ( $\gamma$  F1 と  $\gamma$  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  $\gamma$  F1 のすぐ下に設置されている。

本日の  $\gamma$  F1 と  $\gamma$  F2 の指示値の記録紙を写真 1-1、写真 1-2 に示す。10<sup>0</sup>~10<sup>6</sup>  $\mu$  Sv/h の対数スケールのため記録紙上での下限値は 1  $\mu$  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  $\gamma$  F1 は約 1.1  $\mu$  Sv/h、 $\gamma$  F2 は約 0.7  $\mu$  Sv/h となっている。(常に  $\gamma$  F1 のほうが  $\gamma$  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

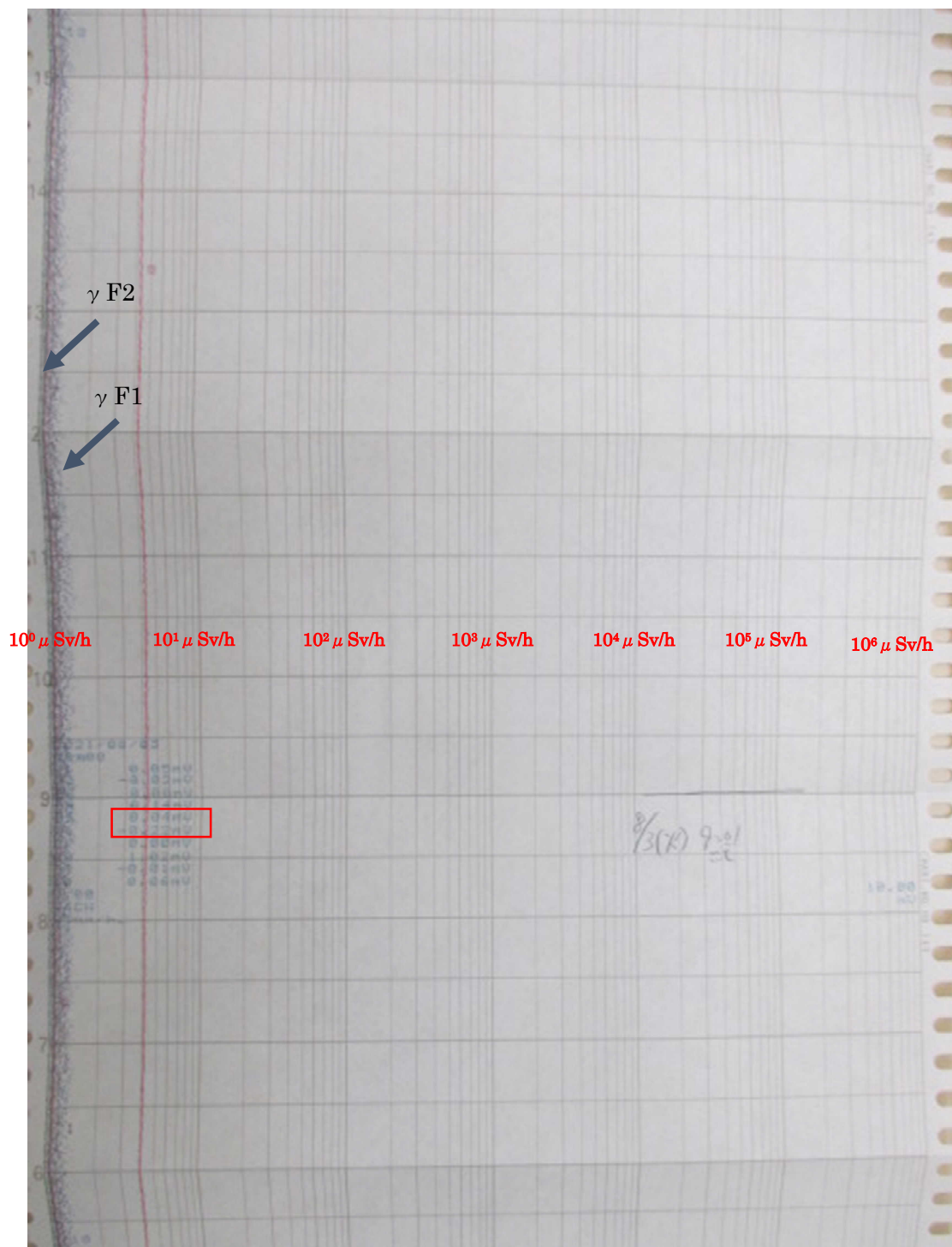


写真 1-1 燃料室ガンマ線エリアモニタ記録紙 (1)

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 0.04mV ( $1.1 \mu \text{ Sv/h}$ )、Ch.6 が -0.22mV ( $0.7 \mu \text{ Sv/h}$ ) となる。  
(記録紙[mV]と線量率[ $\mu \text{ Sv/h}$ ]の換算は、 $[\mu \text{ Sv/h}] = 10^{(6/10 \times [\text{mV}])}$  )。

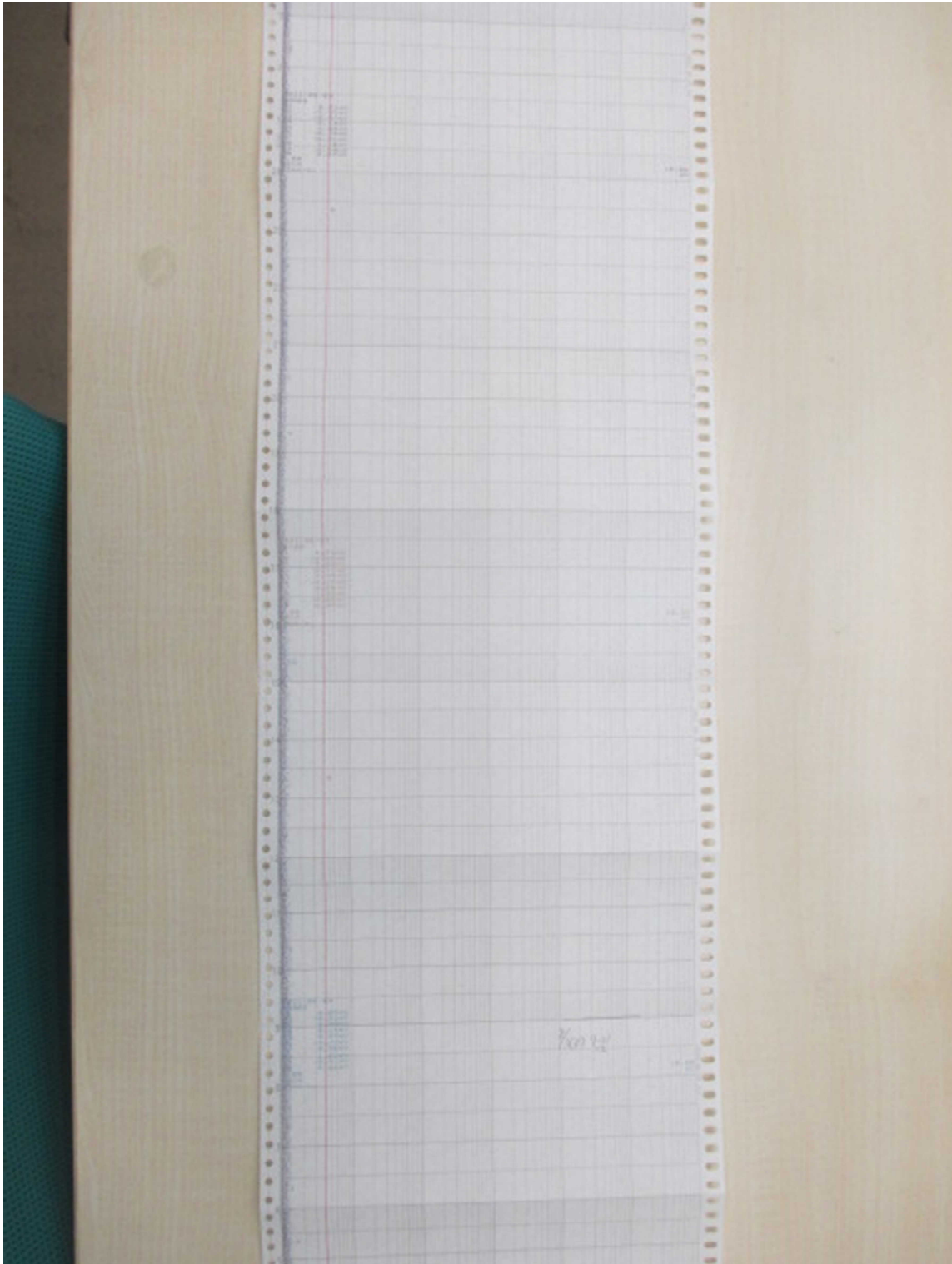


写真 1-2 燃料室ガンマ線エリアモニタ記録紙 (1 日分)

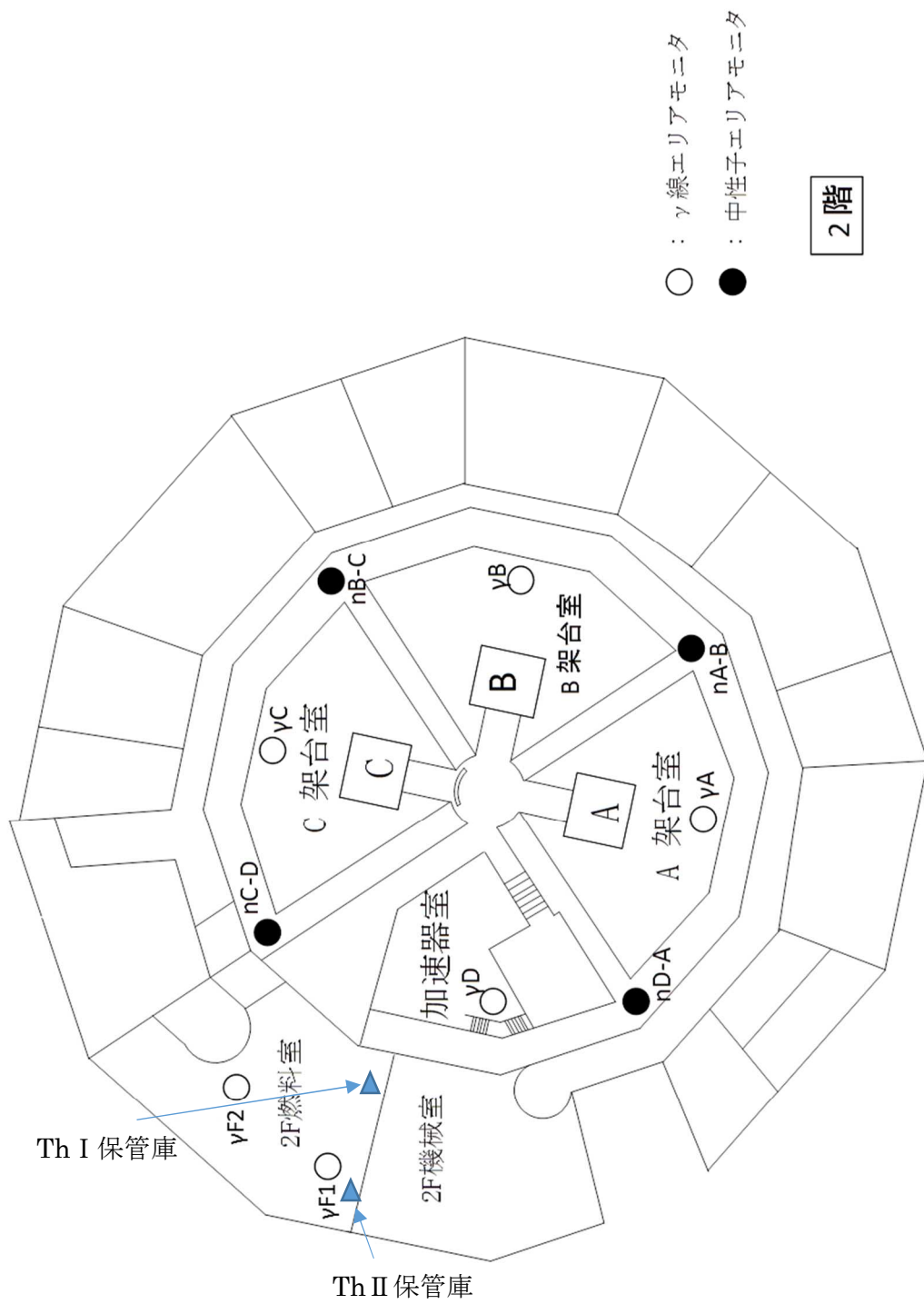


図1 炉室内放射線モニタ配置図

## 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  $0.06304 \pm 0.0005$  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）

$\sigma$  fission : 53.71  $\mu$  barn (核分裂断面積)

$\sigma$  capture : 7.338 barn (捕獲断面積)

$\nu$  p : 1.851  $\nu$  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

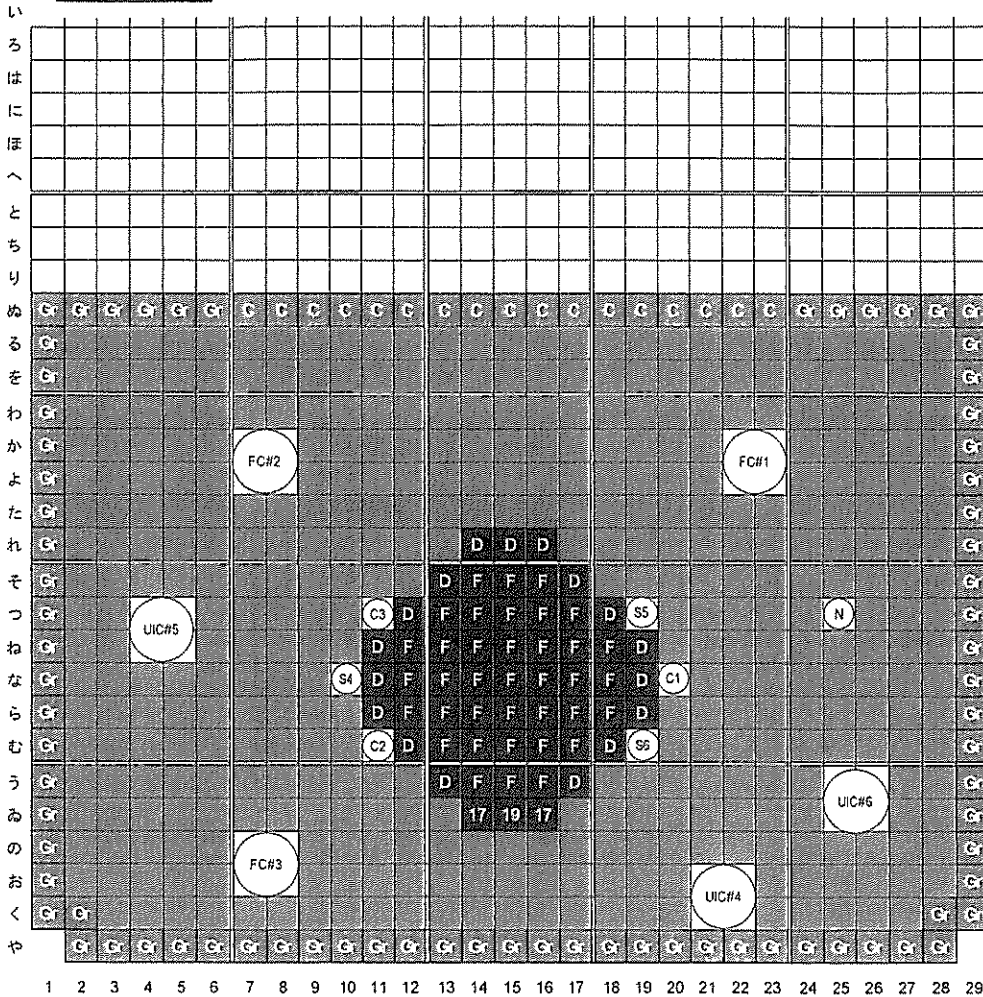


運転計画指令 C-18272 号

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">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 _____ 署名 _____</p> <p>1. 日 時 2018 年 12 月 13 日 (木) 09:30 ~ 終了まで</p> <p>2. 燃料等の配置 炉心配置変更計画指令 C-18273 号に従う</p> <p>3. 最終到達出力 1W 未満</p> <p>4. 主な実験 反応度測定</p> <p style="text-align: right;">(実験番号 1844)</p> <p>5. バイパスの指示 バイパス無し</p> <p>制御棒上限位置 1200 mm 可動オーバーフロー設定位置 _____ mm</p> <p>安全棒上限位置 1200 mm 毎回可動フロートスイッチ設定位置 _____ mm</p> <p>最高炉心温度 室温 <math>^{\circ}\text{C}</math></p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">                 運転架台                   B             </div>
<p>6. 特に必要な監視事項</p> <div style="background-color: #cccccc; height: 100px; width: 100%;"></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: #cccccc; 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"> <li><input checked="" type="checkbox"/> 過剰反応度、制御棒反応度 (one rod stuck 含む)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> 他反応度 (<math>\rho_{\text{back}}</math>, <math>\delta_{\text{prod}}</math>, <math>C_{\text{temp}}</math>, <math>\rho_{\text{ins}}</math>)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> U 比率、積算出力、炉心配置 (A, B 架台)</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> 中性子発生量 (加速器利用時)</li> </ul> <p>確認の根拠</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> 既知実験 (実施日 _____ 年 _____ 月 _____ 日) に類似</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> その他 (別紙参照)</li> </ul> <p style="text-align: right;">作成者 _____</p>	
<p>上記の運転計画を承認する。 臨界装置主任技術者 _____ 署名 <math>\frac{1}{2}</math></p>		
<p>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; padding: 2px;">KUCA 運転指令書</div>	<p style="text-align: center;">臨界装置部長 _____ 署名 _____</p> <p>1. 当直運転主任 : _____</p> <p>2. 当直運転員 : _____</p> <p style="padding-left: 20px;">放射線管理業務を行う者 : _____</p> <p>3. 交代時刻 : 交代無し</p> <p>4. その他注意事項 : _____</p>	



2018.12.13



運転架台

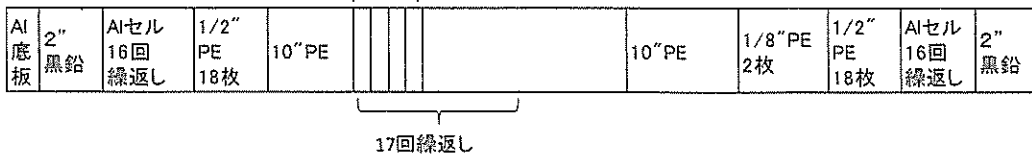
B

- 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

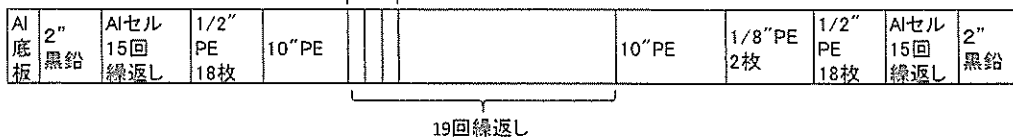
燃料体 (17)

1/16"EU+1/8"p × 2枚



燃料体 (19)

1/16"EU+1/8"p × 2枚



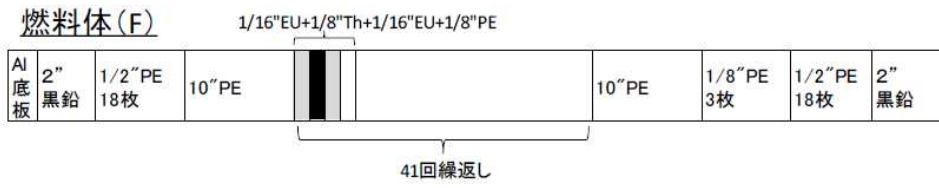
作成者

審査者

KUCA 主任技術者

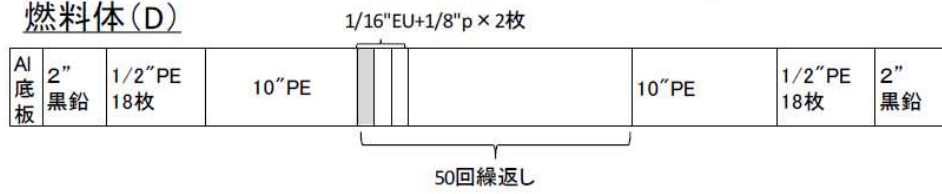
署名

燃料体(F)



(a) 1/8"p41EUT<sub>h</sub>EU 燃料体

燃料体(D)



(b) 2/8"p50EU 燃料体

# KUCA 運転計画指令書

**実施記録**

運転計画指令 C-20001 号 (1/2)

<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px; margin-bottom: 5px;">KUCA 運転計画</div> <p style="margin-top: 5px;">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 <span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 150px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span> 署名</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">運転架台</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; font-size: 2em; font-weight: bold; margin: 0 auto;">B</div>
<p>1. 日 時 <u>2020年 1 月 6 日 (月) 13:30~17:00</u></p> <p>2. 燃料等の配置 <u>KUCA 炉心配置変更計画指令書 C-20002 号による</u></p> <p>3. 最終到達出力 <u>1W 未満</u></p> <p>4. 主な実験 <u>KUCA におけるトリウム装荷炉心の核特性測定 (II) : 臨界近接実験</u> <u>(実験番号 2001 )</u></p> <p>5. バイパスの指示 <u>なし</u></p> <p style="margin-left: 20px;">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 style="margin-left: 20px;">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 style="margin-left: 20px;">最高炉心温度 <u>室温 °C</u></p> <p>6. 特に必要な監視事項</p>	<p>7. その他臨界装置主任技術者が必要と認める事項</p> <p style="margin-top: 10px;">主任技術者による核的制限値等の確認</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 過剰反応度、制御棒反応度 (one rod stuck 含む)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 他反応度 (<math>\rho_{back}</math>, <math>\delta\rho_{rod}</math>, <math>C_{temp}</math>, <math>\rho_{ins}</math>)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> U 比率、積算出力、炉心配置 (A,B 架台)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 中性子発生量 (加速器利用時)</p> <p>確認の根拠</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 既知実験 (実施日 <u>      </u> 年 <u>      </u> 月 <u>      </u> 日) に類似</p> <p><input type="checkbox"/> その他 (別紙参照)</p> <p style="text-align: right; margin-top: 10px;">作成者 <span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 150px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span></p>
<p>上記の運転計画を承認する。      臨界装置主任技術者 <span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 100px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span> 署名 <sup>1/6</sup></p>	

<p>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 <span style="background-color: #cccccc; display: inline-block; width: 150px; height: 1.2em; vertical-align: middle;"></span> 署名</p>
<p>1. 当直運転主任 :</p> <p>2. 当直運転員 :</p> <p style="margin-left: 20px;">放射線管理業務を行う者 :</p> <p>3. 交代時刻 :</p> <p>4. その他注意事項 :</p>	

# 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

Al 底板	2" 黒鉛	1/2" PE 18枚	10" PE		10" PE	1/8" PE 3枚	1/2" PE 18枚	2" 黒鉛
----------	----------	----------------	--------	--	--------	---------------	----------------	----------

41回繰返し

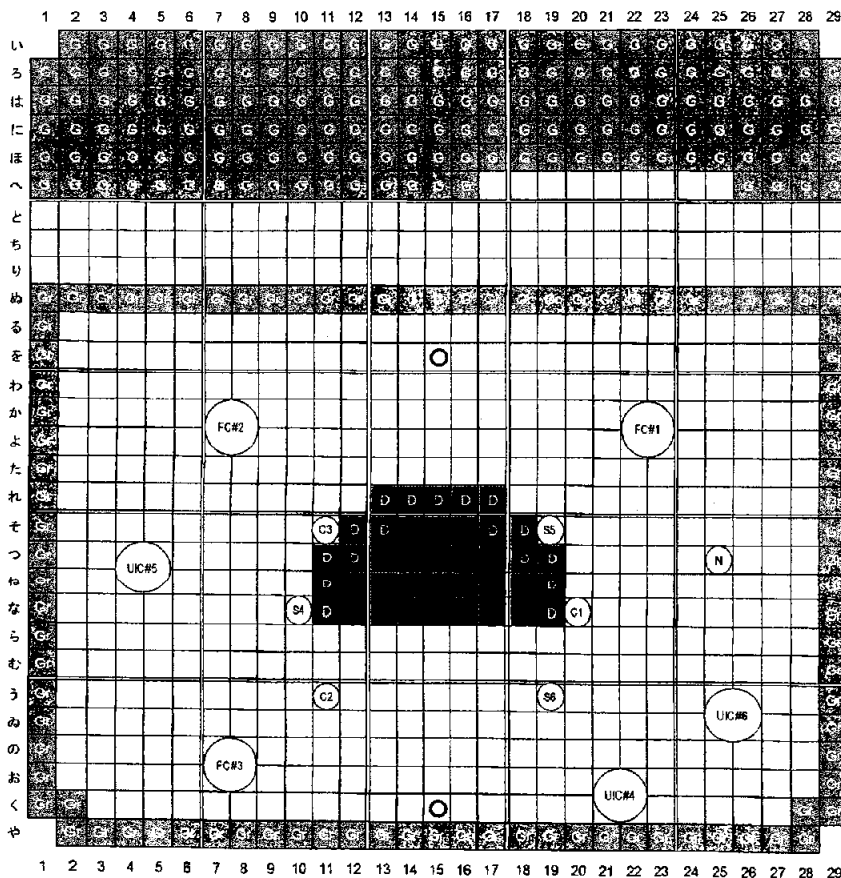
1/8" P41ETE 燃料体

1/16"EU+1/8"p×2枚

Al 底板	2" 黒鉛	1/2" PE 18枚	10" PE		10" PE	1/2" PE 18枚	2" 黒鉛
----------	----------	----------------	--------	--	--------	----------------	----------

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
- Control rod
- Safety rod
- Neutron source
- Fission chamber
- 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  $11.5 \text{ g/cm}^3$

(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)		約 47.5	約 95	約 380
材 質		トリウム	トリウム	トリウム
寸法 (mm)	断 面	約 $50.8 \times 50.8$	約 $50.8 \times 50.8$	約 $50.8 \times 50.8$
	板 厚	約 1.6	約 3.2	約 12.7
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)	約 0.015	約 0.015	約 0.015

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