

2021年7月13日
京大 KUCA ヒアリング資料

京都大学臨界実験装置 (KUCA)
設置変更承認申請について

【添付書類10に関する補足説明資料】

京都大学複合原子力科学研究所

【質問番号 73】

線型出力系の指示値は、核計装の検出器位置によってある程度の幅で変化する。炉心の出力上昇に対するスクラムを担保している安全出力系について、出力範囲をカバーできることを示すこと。また、高濃縮ウラン炉心における炉心配置の実績を示すこと。また、線型出力系と機器構成、機能で相違する点があれば比較すること。

安全出力系は線型出力系と同じ非補償型電離箱を使用しており、線型出力系とは別の系統(高圧電源、定圧電源、増幅アンプ)を使用している。線型出力系との相違点は出力レンジの切り替えができないことで、検出器からの入力電流が $1\mu\text{A}$ のときに表示値が 100%となるように設定されており、値が 120%となるとスクラム信号が発生される(設置変更申請書に記載)。

安全出力系は 120W 以下でスクラム信号が発することができるよう、やや炉心に近い側に配置されている。図 A-1～A-3 に各架台の 2018 年の施設定期検査時の炉心配置を示す。ここで矢印で示した UIC #6 と記載したものが安全出力系の非補償型電離箱である。

10W 運転時の各炉心の安全出力系の指示値を表 A-1 に示す。

各炉心共に指示値が 100%となったときの炉心出力は 100W 以下となるように検出器を設置している。検出器位置を少し炉心から離すことで約 100W で 100%指示値とするように対応することができる。

表 A-1 10W 出力運転時の安全出力系指示値

炉心	安全出力系指示値
A 架台炉心 (A3/8”P36EU(3) 炉心)	34 %
B 架台炉心 (B3/8”P36EU(3) 炉心)	40 %
C 架台炉心 (C35G0(5 列))	58 %

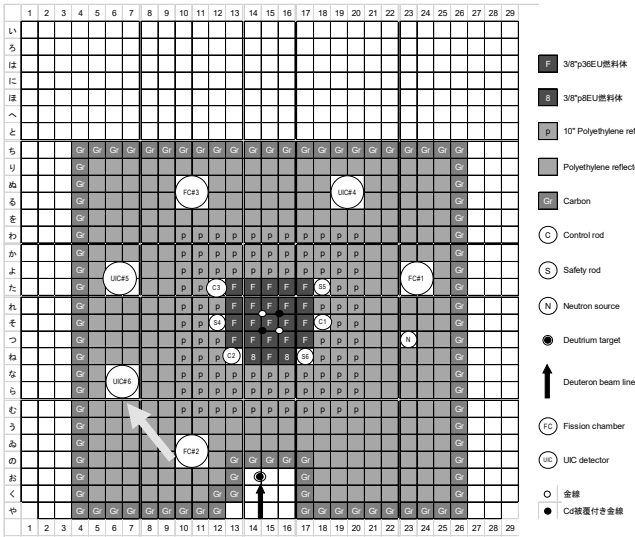


図 A-1 A 架台での施設定期検査炉心

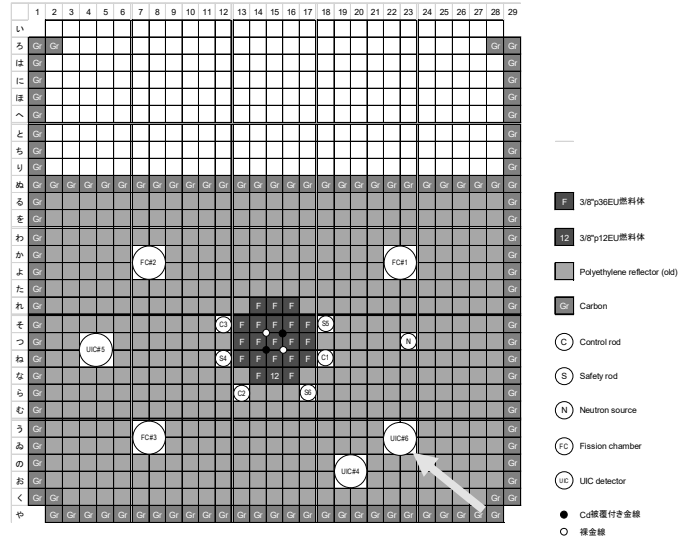


図 A-2 B 架台での施設定期検査炉心

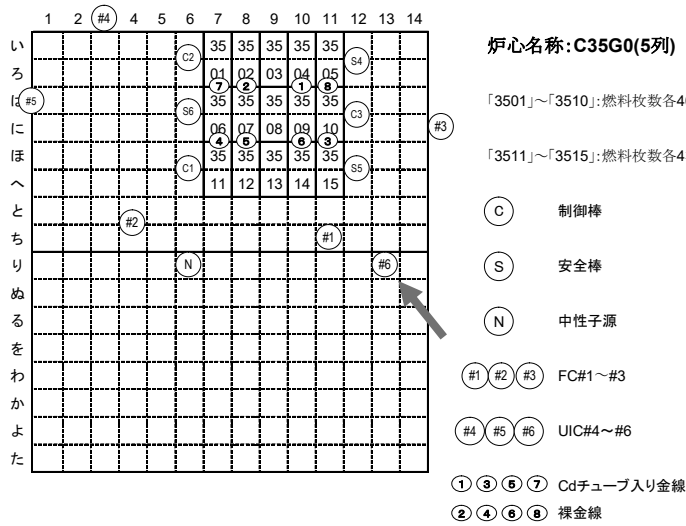


図 A-3 C 架台での施設定期検査炉心

【質問番号 74】

出力運転中の制御棒の異常なひき抜きについて、初期出力の変化範囲が 100-80W としているが、1W までの範囲で評価すること。

(以前の資料でより低出力の範囲で結果が大きくなっていたが、今回の結果との関係を説明すること)

前回のヒアリング資料(2021年7月8日)の表2-3、表2-5に初期出力を変更した結果を追記する。ヒアリング資料で説明したとおり、初期出力を90Wより低くすると積算出力が小さくなり、燃料温度上昇も小さくなる。

なお、「以前の資料でより低出力の範囲で結果が大きくなっていた」結果はケースBのゆっくり出力を上昇させる場合で、その場合は初期出力を0.01Wとした結果のほうがより温度上昇は大きくなる。(起動時の制御棒の異常な引抜きの項目に結果を示している。)

表2-3 出力運転中の制御棒の異常な引抜き (L5.5P-30 炉心)
(ケースA) 初期出力の影響

	120W 超 (s)	最大出力 (W)	0.1W まで (s)	積算出力 (J)	温度上昇 (°C) a)	温度上昇 (°C) b)	比 ^{c)}
初期出力 100W ^{d)}	4.24	127.6	374.4	2.40E+03	2.98E-01	6.83E-01	—
初期出力 94W	5.39	128.5	370.3	2.41E+03	3.00E-01	6.86E-01	1.00
初期出力 90W	6.04	129.1	367.9	2.41E+03	3.00E-01	6.86E-01	1.00
初期出力 80W	7.60	130.7	361.2	2.39E+03	2.97E-01	6.79E-01	0.99
初期出力 50W	12.10	137.1	322.5	2.15E+03	2.67E-01	6.11E-01	0.89
初期出力 10W	21.98	139.5	256.0	1.55E+03	1.92E-01	4.04E-01	0.64
初期出力 1W	37.63	138.9	239.7	1.54E+03	1.91E-01	4.02E-01	0.64

表 2-5 出力運転中の制御棒の異常な引抜き (C45G(2H₂O) 4 列炉心)

(ケース A) 初期出力の影響

	120W 超 (s)	最大出力 (W)	0.1W まで (s)	積算出力 (J)	温度上昇 (°C) ^{a)}	温度上昇 (°C) ^{b)}	比 ^{c)}
初期出力 100W ^{d)}	4.30	127.5	391.5	2.63E+03	7.93E-02	2.08E-01	—
初期出力 94W	5.32	128.4	388.0	2.62E+03	7.92E-02	2.08E-01	1.00
初期出力 90W	5.98	129.0	385.5	2.62E+03	7.90E-02	2.07E-01	1.00
初期出力 80W	7.56	130.6	378.8	2.58E+03	7.79E-02	2.04E-01	0.98
初期出力 50W	12.20	136.9	352.9	2.30E+03	6.95E-02	1.82E-01	0.88
初期出力 10W	20.47	163.4	286.4	1.41E+03	4.27E-02	1.12E-01	0.54
初期出力 1W	26.30	182.5	248.8	9.12E+02	2.75E-02	7.23E-02	0.35

【質問番号 77】

燃料の機械的破損について、FP 放射能を運転終了後 1 日で評価しているが、FP 放射能は運転終了後の冷却時間によって数桁にわたって変化する。高出力運転後の炉心交換作業について作業開始をどのように制限しているか、また、今回設定している冷却時間は運用管理において担保されることを説明すること。

原子炉施設保安規定には高出力運転後の作業開始の規定については記載が無く、被ばく管理の基本方針として、「放射線管理部長は、管理区域に立ち入る者の線量を、通常時において、放射線業務従事者については $1 \text{ mSv} / \text{週}$ 以下にするように被ばく管理上の措置を講じなければならない。」と記載されており、それに従って作業を行うことが原則となる。

現状では 1W 以上の高出力運転を行った直後は点検も含めて炉心に近づく作業は禁止して翌日に炉心作業を行うことにしており、その際であっても燃料体を取り出して操作する作業は鉛エプロンを装着して短時間で行うなどなどの対応をすることで、できる限り被ばく量を少なくするように努めている。

設計基準事故では 100W で 1 時間運転を行った後に燃料操作を行ったときに燃料破損をしてしまうことを想定している。

運転後の経過時間を変化させた時の燃料 1 体から発生する放射線による 1m 離れた位置での線量率の解析結果を表 A-1 に示す。この表での 1 時間というのは、臨界状態から停止までにかかる時間と炉室作業を始めるまでの準備にかかる時間を考慮して、運転後に燃料操作を開始する最短時間の目安と考える。

燃料作業を行う際の燃料との作業員との距離は 1m よりもっと短いため、作業場所での線量率はこの表の値の数倍以上となると考えられる。1 回の作業当たりの放射線被ばく量を 1mSv 以下に抑えることを考えると、運転停止後 24 時間以上経過してから燃料作業を行うという考え方にならざるを得ないと考える。(これまでの経験から考えると、被ばく線量を下げするためにさらに数日以上時間を開けることになる)と考える)

表 A-1 100W 運転後の燃料 1 体当たりの線量率

経過時間	線量率 (mSv/h/m)
運転直後	98
1 時間後	17
24 時間後	0.47

軽水減速炉心を想定

解析コード:ORIGEN 2.2

【質問番号 81、82】

燃料損傷に伴う被ばく線量について、評価で使用している換算係数が希ガス、ヨウ素について示されているが、各核種について示すこと。

サンプル資料の破損による被ばく線量について、評価で使用している換算係数が希ガス、ヨウ素について示されているが、各核種について示すこと。

前回のヒアリング資料（2021年7月8日）の表8-3に計算に必要な情報を追記する。

表8-3 (A) 燃料損傷に伴う被ばく線量（固体減速炉心 L3-50 炉心）

核種	生成量 (Bq)	放出量 (Bq) ①	実効エネルギー ^{*)} (MeV/dis) ②	0.5MeV 換算 放出量 (Bq) ③	合計放出量 (Bq) ④	実効線量 (μ Sv)
^{83m} Kr	1.64E+07	3.31E+02	0.0025	1.65E+00	6.74E+04	5.79E-07 ^{*)}
⁸⁵ Kr	6.45E+05	1.30E+01	0.0022	5.72E-02		
^{85m} Kr	1.51E+08	3.04E+03	0.159	9.68E+02		
⁸⁷ Kr	7.13E+04	1.44E+00	0.793	2.28E+00		
⁸⁸ Kr	6.99E+07	1.41E+03	1.950	5.49E+03		
^{131m} Xe	1.44E+06	2.90E+01	0.020	1.16E+00		
¹³³ Xe	1.41E+09	2.85E+04	0.045	2.57E+03		
^{133m} Xe	8.42E+07	1.70E+03	0.042	1.43E+02		
¹³⁵ Xe	5.31E+09	1.07E+05	0.250	5.35E+04		
^{135m} Xe	2.70E+08	5.44E+03	0.432	4.70E+03		

*) $6.74e4 \times 8.60e-18$ (Sv/Bq)

**) 「被ばく計算に用いる放射線エネルギー等について」原子力安全委員会了承（平成元年3月27日、平成13年3月29日一部改訂）

③ : ① \times ② \div 0.5、 ④ : ③の放出量の合計

表 8-3 (B) 燃料損傷に伴う被ばく線量 (固体減速炉心 L3-50 炉心)

核種	生成量 (Bq)	放出量 (Bq) ①	表 8-2 と同じ 核種iの吸入摂取に よる小児の実効線 量係数 (Sv/Bq) ②	¹³¹ I 等価放出量 (Bq) ③	合計放出量 (Bq) ④	実効線量 (μ Sv)
¹³¹ I	5.64E+08	1.14E+04	1.6E-7	1.14E+04	3.75E+04	4.10E-03 ⁾
¹³² I	1.85E+09	3.73E+04	2.3E-9	5.37E+02		
¹³³ I	4.61E+09	9.30E+04	4.1E-8	2.38E+04		
¹³⁴ I	3.25E+03	6.56E-02	6.9E-10	2.83E-04		
¹³⁵ I	1.68E+09	3.39E+04	8.5E-9	1.80E+03		

*) $3.75e4 \times 1.60e-7$ (Sv/Bq) $\times 2.20e-6$ (h/m³) $\times 0.31$ (m³/h)

**) 「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」(平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日原子力安全委員会一部改訂)

③ : ① \times ② $\div 1.6E-7$ (¹³¹I の値)、 ④ : ③ の放出量の合計