

2021年11月30日

京大 KUCA ヒアリング資料 1

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 運転時の異常な過渡変化】

実験物の異常等による反応度の付加

京都大学複合原子力科学研究所

10-2-4 実験物の異常等による反応度の付加

10-2-4-1 発生状況及び防止対策

原子炉の出力運転中に、炉心に直接又は燃料体に取付けて挿入する照射物の位置が変化した場合、あるいは軽水減速炉心の炉心周辺に設置した挿入管に軽水が流入する又は位置が移動する等の異常が発生した場合、炉心に反応度が印加され、原子炉出力が急上昇するため、燃料及び減速材の温度が上昇して、許容設計限界を超える可能性がある。このような過度の反応度印加を防止し、また、万一発生した場合でもその影響を限定するために、次のような対策を講じている。

- (1) 炉心に直接又は燃料体にテープ等で取付けて挿入する照射物については、その位置が変化しないように、予め粘着テープ等で十分に固定する、又は隣接する燃料集合体を密着させて、その間の照射物を固定する等の措置を取る。
- (2) 軽水減速炉心の炉心周辺に設置した挿入管は、使用前に外観に異常がないことを確認する。またボルトで固定することにより、使用中に移動することがないように措置を取る。
- (3) 急激な反応度印加に伴い、炉周期が 30 秒以下になれば、インターロックにより制御棒の引抜きは制限されるとともに、警報が発報し運転員に異常を知らせる。さらに、15 秒以下になれば一せい挿入、10 秒以下になればスクラムが作動し、原子炉は自動停止する。また、出力が線型出力計の各レンジの 110%以上のとき一せい挿入、120%以上のときスクラムが作動し、原子炉は自動停止する。固体減速炉心の中心架台及び軽水減速炉心のダンプ弁は、作動しないとする。

以上の対策により、実験物の異常等による反応度印加の発生防止とその影響低減を行っているが、ここでは、低濃縮ウラン炉心において、照射物が炉心から落下する、又は挿入管が破損して内部に水が流入する等により反応度印加が発生した場合の影響を評価することとする。

なお、高濃縮ウラン炉心については、燃料体に取付けて挿入する照射物は使用しないこと、及び挿入管は異常が生じて炉心に反応度の影響を及ぼさない位置に設置することが規定されているため、本解析は実施しない。

10-2-4-2 過渡変化の解析（低濃縮ウラン炉心）

低濃縮ウラン炉心における実験物の異常等による反応度の付加については、以下のシナリオに従った解析を行うものとする。なお、「8-9-5 炉心装荷物」に記載したとおり、照射物と挿入管に異常が生じたときに印加される反応度は、同時に異常が生じた場合での値として制限しているので、以下のシナリオでは、照射物に異常が生じたとして記載する。

- (1) 照射物の反応度は、固体減速炉心については絶対値で $0.35\% \Delta k/k$ 、軽水減速炉心については絶対値で $0.5\% \Delta k/k$ とする。固体減速炉心、軽水減速炉心ともに過剰反応度は $0\% \Delta k/k$ とし、**制御棒の全反応度は制限値の最小値（固体減速炉心では $1.35\% \Delta k/k$ 、軽水減速炉心では $1.5\% \Delta k/k$ ）、ダンプ弁開放又は中心架台落下による反応度は制限値の最小値（ $1\% \Delta$**

k/k) であるとする。制御棒の全反応度及びダンプ弁開放又は中心架台落下による反応度は、全て制限値の最小値 (1%Δk/k) であるとする。

(2) 照射物を装着した状態で 0.01W の臨界状態を保っており、その際の線型出力計の指示値は、100% で出力が 100W となるレンジであったとする。

(3) 【ケース A】

炉心に取り付けていた照射物が炉心から落下し、照射物の最大反応度 (固体減速炉心で 0.35%Δk/k、軽水減速炉心で 0.5 %Δk/k) がステップ状に加わるものとする。その際、対数出力炉周期系の単一故障を仮定し、炉周期短によるスクラム及び一せい挿入には、期待しないものとする。

【ケース B】

炉心に取り付けていた照射物が炉心からゆっくり落下し、照射物の最大反応度 (固体減速炉心で 0.35%Δk/k、軽水減速炉心で 0.5 %Δk/k) が 1 時間 (3600 秒) をかけてランプ状に加わるものとする。その際、対数出力炉周期系の単一故障を仮定し、炉周期短によるスクラム及び一せい挿入には、期待しないものとする。

(4) 出力が線型出力系の指示値の 120% である 120W を超えたとき、スクラム信号を発するとする。ただし、指示値の 110% 以上のときに作動する一せい挿入には期待しないものとし、制御棒の最大の反応度を持つ 1 本が挿入できないとする。スクラム信号が発生した 1 秒後に、制御棒挿入によりステップ状の負の反応度加わるものとする。固体減速炉心の中心架台及び軽水減速炉心のダンプ弁は、作動しないとする。

10-2-4-3 解析結果 (低濃縮ウラン炉心)

【ケース A】

解析結果を第 10-2-11 表及び第 10-2-12 表に示す。固体減速炉心で最も燃料温度が高くなるのは L5.5P-30 炉心で、初期温度を 25°C としたとき、燃料温度上昇は約 0.44°C である。出力及び温度変化を第 10-2-9 図に示す。軽水減速炉心で最も燃料温度が高くなるのは C45G(2H₂O)4 列炉心で、燃料温度上昇は約 0.07°C である。出力及び温度変化を第 10-2-10 図に示す。両炉心ともに、減速材の温度上昇量は、それ以下の値となるため、運転時の異常な過渡変化に対する判断基準を満足している。また、各パラメータの誤差を考慮したときの燃料温度上昇量の変化は、最大でも +20% 以下であり、判断基準を満足している。

【ケース B】

解析結果を第 10-2-13 表及び第 10-2-14 表に示す。固体減速炉心で最も燃料温度が高くなるのは L5.5P-30 炉心で、初期温度を 25°C としたとき、燃料温度上昇は約 2.5°C である。出力及び温度変化を第 10-2-11 図に示す。軽水減速炉心で最も燃料温度が高くなるのは C45G(2H₂O)4 列炉心で、燃料温度上昇は約 0.41°C である。出力及び温度変化を第 10-2-12 図に示す。両炉心ともに、減速材の温度上昇量は、それ以下の値となるため、運転時の異常な過渡変化に対する判断基準を満足している。また、各パラメータの誤差を考慮したときの燃料温度上昇量の変化は、最

大でも+10%以下であり、判断基準を満足している。

第 10-2-11 表 固体減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）の実験物の異常等による
反応度の付加の解析結果（ケース A）

炉心名称	120W 超まで の時間 (s)	最大出力 (W)	0.1W まで の時間 (s)	積算出力 (J)	温度上昇 ^a (°C)	温度上昇 ^b (°C)
L5.5P-50	58.0	138.8	388.3	1.98×10^3	2.20×10^{-1}	5.04×10^{-1}
L5.5P-40	58.0	138.8	388.3	1.98×10^3	2.40×10^{-1}	5.52×10^{-1}
L5.5P-30	58.0	138.8	388.3	1.98×10^3	2.47×10^{-1}	5.64×10^{-1}
L4P-50	59.7	138.3	394.1	2.04×10^3	2.00×10^{-1}	4.46×10^{-1}
L4P-40	60.6	138.0	396.6	2.06×10^3	2.42×10^{-1}	5.31×10^{-1}
L4P-30	60.6	138.0	396.6	2.06×10^3	2.57×10^{-1}	5.60×10^{-1}
L3P-50	61.5	137.7	399.8	2.09×10^3	1.91×10^{-1}	4.06×10^{-1}
L3P-40	61.7	137.7	400.4	2.09×10^3	2.12×10^{-1}	4.54×10^{-1}
L3P-30	62.0	137.6	401.1	2.10×10^3	2.33×10^{-1}	4.85×10^{-1}
L2P-50	62.4	137.5	403.2	2.12×10^3	1.43×10^{-1}	3.67×10^{-1}
L2P-40	63.0	137.3	405.0	2.13×10^3	1.69×10^{-1}	3.75×10^{-1}
L2P-30	62.6	137.4	403.8	2.12×10^3	1.78×10^{-1}	4.13×10^{-1}
L1P-50	62.0	137.6	402.6	2.11×10^3	8.24×10^{-2}	2.67×10^{-1}
L1P-40	63.0	137.3	405.8	2.14×10^3	8.77×10^{-2}	2.21×10^{-1}
L1P-30	62.8	137.3	405.2	2.13×10^3	9.21×10^{-2}	2.82×10^{-1}
LL1P-50	61.5	137.7	401.4	2.10×10^3	3.46×10^{-2}	1.31×10^{-1}
LL1P-40	62.1	137.5	403.3	2.11×10^3	3.13×10^{-2}	1.14×10^{-1}
LL1P-30	61.9	137.6	402.6	2.11×10^3	3.61×10^{-2}	1.43×10^{-1}

a 燃料板のみの温度上昇を考慮

b 各炉心の「最大値／平均値」及び燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.09 倍、ただし LL1 炉心についてのみ 1.23 倍）を掛けた値

網掛け箇所は修正前（以下同じ）

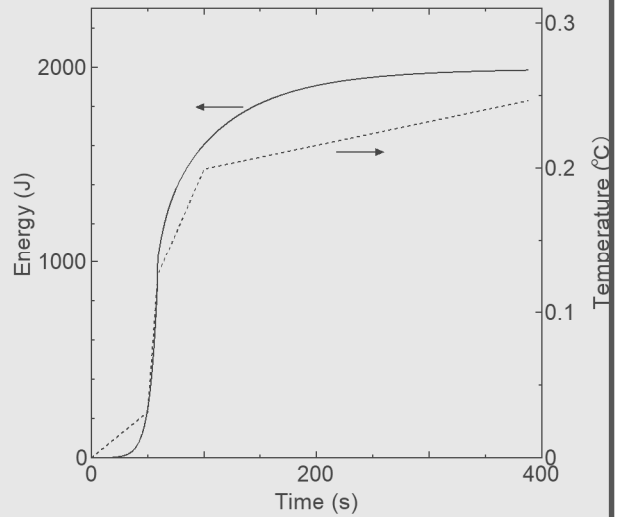
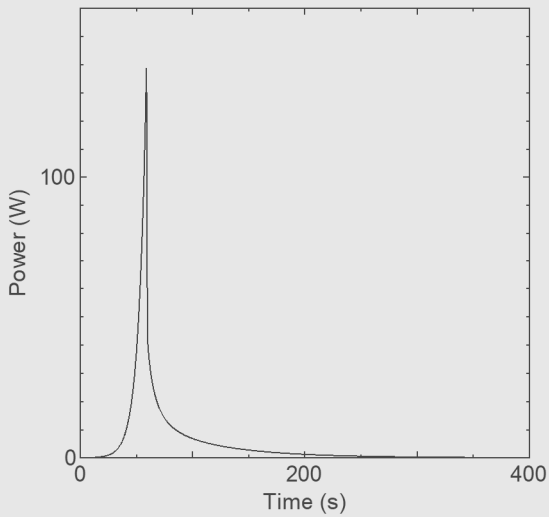
第 10-2-12 表 軽水減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）の実験物の異常等による

反応度の付加の解析結果（ケース A）

炉心名称	列	120W 超までの時間 (s)	最大出力 (W)	0.1W までの時間 (s)	積算出力 (J)	温度上昇 ^a (°C)	温度上昇 ^b (°C)
C30G0	4	19.9	180.0	481.7	1.76×10^3	2.57×10^{-2}	6.52×10^{-2}
	5	19.9	180.0	481.6	1.76×10^3	2.65×10^{-2}	6.31×10^{-2}
C35G0	4	20.1	179.3	483.0	1.77×10^3	3.60×10^{-2}	8.18×10^{-2}
	5	20.0	179.6	482.3	1.77×10^3	3.57×10^{-2}	8.21×10^{-2}
C45G0	4	19.8	180.2	480.5	1.76×10^3	5.11×10^{-2}	1.02×10^{-1}
	5	19.8	180.2	480.6	1.76×10^3	4.99×10^{-2}	1.05×10^{-1}
C60G0	4	19.3	182.3	476.5	1.73×10^3	4.78×10^{-2}	8.68×10^{-2}
	5	19.3	182.3	476.6	1.73×10^3	4.71×10^{-2}	8.89×10^{-2}
C45G (2H ₂ O)	4	19.4	182.0	477.2	1.73×10^3	5.24×10^{-2}	1.37×10^{-1}
C45G (5H ₂ O)		18.3	186.3	469.9	1.68×10^3	3.94×10^{-2}	1.30×10^{-1}
C45G (6H ₂ O)		18.3	186.3	469.9	1.68×10^3	3.55×10^{-2}	1.17×10^{-1}
C45G (7H ₂ O)		18.4	185.9	470.6	1.72×10^3	3.31×10^{-2}	1.05×10^{-1}
C45G (10H ₂ O)		18.9	183.5	474.7	1.72×10^3	2.82×10^{-2}	7.49×10^{-2}
C45G (15H ₂ O)		19.5	181.3	478.9	1.75×10^3	2.62×10^{-2}	5.59×10^{-2}
C45G (2H ₂ O)	5	19.3	182.3	476.5	1.73×10^3	5.21×10^{-2}	1.34×10^{-1}
C45G (5H ₂ O)		17.9	188.0	467.3	1.67×10^3	3.99×10^{-2}	1.33×10^{-1}
C45G (6H ₂ O)		17.8	188.4	466.6	1.66×10^3	3.59×10^{-2}	1.21×10^{-1}
C45G (7H ₂ O)		17.9	188.0	467.2	1.67×10^3	3.28×10^{-2}	1.09×10^{-1}
C45G (10H ₂ O)		18.6	185.1	472.0	1.70×10^3	2.79×10^{-2}	8.09×10^{-2}
C45G (15H ₂ O)		19.3	182.0	477.5	1.74×10^3	2.56×10^{-2}	6.11×10^{-2}
C60G (2H ₂ O)	4	18.7	184.6	472.5	1.70×10^3	4.59×10^{-2}	1.20×10^{-1}
C60G (5H ₂ O)		17.8	188.3	466.0	1.66×10^3	3.43×10^{-2}	1.05×10^{-1}
C60G (7H ₂ O)		18.0	187.5	467.8	1.67×10^3	2.92×10^{-2}	8.26×10^{-2}
C60G (10H ₂ O)		18.6	185.0	472.0	1.70×10^3	2.60×10^{-2}	6.03×10^{-2}
C60G (15H ₂ O)		19.1	183.0	475.5	1.72×10^3	2.45×10^{-2}	4.57×10^{-2}

a 燃料板のみの温度上昇を考慮

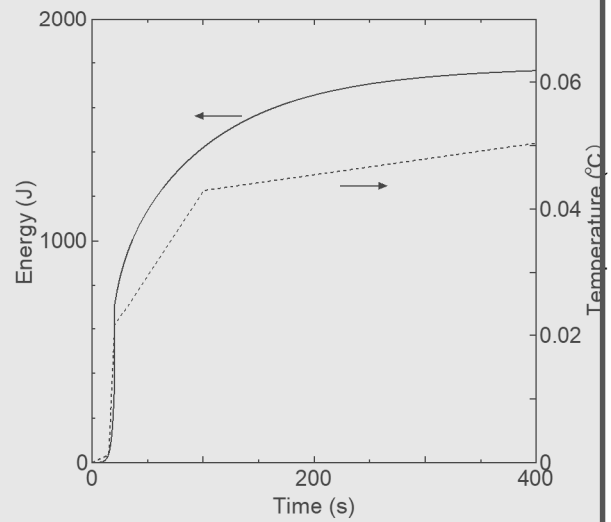
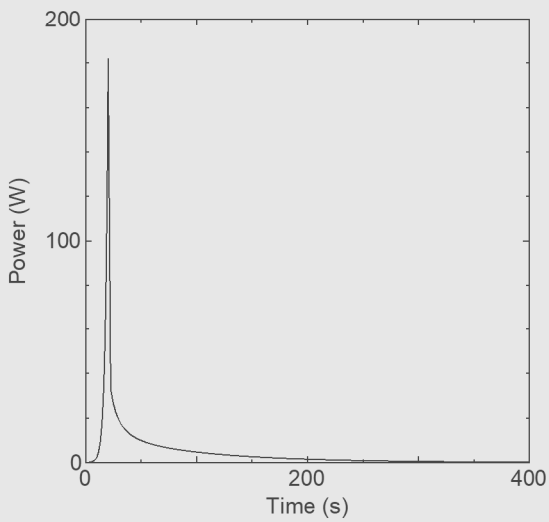
b 各炉心の「最大値／平均値」及び燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.01 倍）を掛けた値



第 10-2-9 図 実験物の異常による反応度の付加 (ケース A)

左図：出力変化、右図：積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(固体減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : L5. 5P-30 炉心)



第 10-2-10 図 実験物の異常による反応度の付加 (ケース A)

左図：出力変化、右図：積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(軽水減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : C45G (2H₂O) 4 列炉心)

第 10-2-13 表 固体減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）の実験物の異常等による

反応度の付加の解析結果（ケース B）

炉心名称	120W 超までの時間 (s)	最大出力 (W)	0.1W までの時間 (s)	積算出力 (J)	温度上昇 ^a (°C)	温度上昇 ^b (°C)
L5.5P-50	1173.7	121.9	1507.2	9.23×10^3	1.02×10^0	2.34×10^0
L5.5P-40	1175.0	121.9	1508.4	9.24×10^3	1.12×10^0	2.57×10^0
L5.5P-30	1174.6	121.9	1508.0	9.22×10^3	1.15×10^0	2.62×10^0
L4P-50	1180.7	122.0	1516.2	9.21×10^3	9.04×10^{-1}	2.02×10^0
L4P-40	1184.7	121.9	1521.2	9.27×10^3	1.09×10^0	2.39×10^0
L4P-30	1184.9	121.9	1521.5	9.28×10^3	1.16×10^0	2.52×10^0
L3P-50	1187.2	122.0	1524.9	9.23×10^3	8.45×10^{-1}	1.80×10^0
L3P-40	1187.8	122.0	1525.6	9.23×10^3	9.32×10^{-1}	2.00×10^0
L3P-30	1188.7	122.0	1526.9	9.24×10^3	1.03×10^0	2.13×10^0
L2P-50	1187.4	122.1	1526.1	9.10×10^3	6.16×10^{-1}	1.58×10^0
L2P-40	1190.6	122.0	1530.1	9.15×10^3	7.26×10^{-1}	1.61×10^0
L2P-30	1188.8	122.0	1527.8	9.13×10^3	7.65×10^{-1}	1.78×10^0
L1P-50	1183.6	122.1	1521.9	8.97×10^3	3.50×10^{-1}	1.13×10^0
L1P-40	1187.9	122.1	1527.4	9.01×10^3	3.69×10^{-1}	9.30×10^{-1}
L1P-30	1187.0	122.1	1526.2	9.00×10^3	3.88×10^{-1}	1.19×10^0
LL1P-50	1180.2	122.2	1517.8	8.89×10^3	1.47×10^{-1}	5.54×10^{-1}
LL1P-40	1182.7	122.1	1521.1	8.91×10^3	1.32×10^{-1}	4.80×10^{-1}
LL1P-30	1181.8	122.1	1520.0	8.90×10^3	1.52×10^{-1}	6.06×10^{-1}

a 燃料板のみの温度上昇を考慮

b 各炉心の「最大値／平均値」及び燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.09 倍、ただし LL1 炉心についてのみ 1.23 倍）を掛けた値

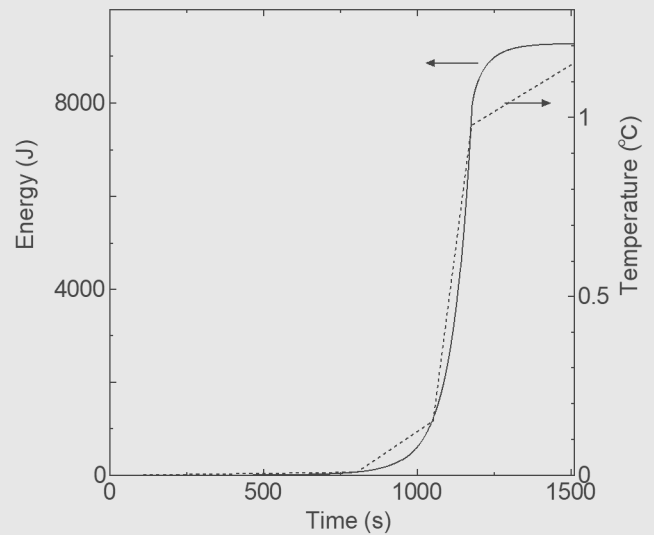
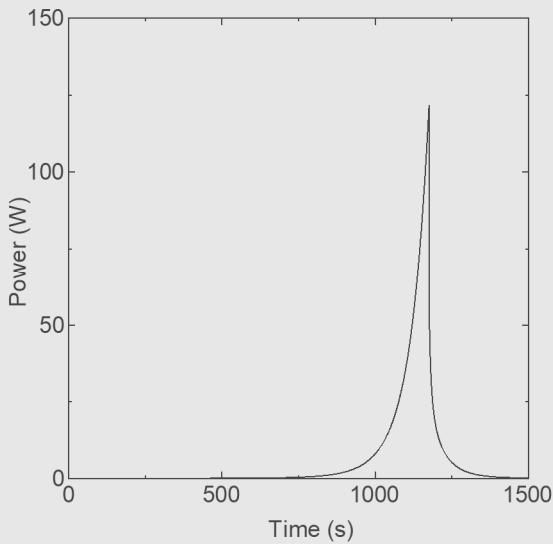
第 10-2-14 表 軽水減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）の実験物の異常等による

反応度の付加の解析結果（ケース B）

炉心名称	列	120W 超までの時間 (s)	最大出力 (W)	0.1W までの時間 (s)	積算出力 (J)	温度上昇 ^a (°C)	温度上昇 ^b (°C)
C30G0	4	960.1	122.7	1298.0	7.39×10^3	1.08×10^{-1}	2.74×10^{-1}
	5	960.1	122.7	1298.0	7.39×10^3	1.11×10^{-1}	2.64×10^{-1}
C35G0	4	961.8	122.7	1300.3	7.42×10^3	1.51×10^{-1}	3.42×10^{-1}
	5	961.1	122.7	1299.3	7.41×10^3	1.49×10^{-1}	3.44×10^{-1}
C45G0	4	960.3	122.7	1298.0	7.43×10^3	2.16×10^{-1}	4.29×10^{-1}
	5	960.3	122.7	1298.0	7.42×10^3	2.72×10^{-2}	5.75×10^{-1}
C60G0	4	955.6	122.7	1291.7	7.37×10^3	2.03×10^{-1}	3.70×10^{-1}
	5	955.6	122.7	1291.6	7.37×10^3	2.00×10^{-1}	3.78×10^{-1}
C45G (2H ₂ O)	4	956.4	122.7	1292.8	7.38×10^3	2.23×10^{-1}	5.85×10^{-1}
C45G (5H ₂ O)		947.5	122.7	1280.8	7.26×10^3	1.70×10^{-1}	5.63×10^{-1}
C45G (6H ₂ O)		947.1	122.8	1280.3	7.25×10^3	1.53×10^{-1}	5.04×10^{-1}
C45G (7H ₂ O)		947.9	122.7	1281.4	7.26×10^3	1.40×10^{-1}	4.44×10^{-1}
C45G (10H ₂ O)		952.6	122.7	1287.8	7.31×10^3	1.20×10^{-1}	3.19×10^{-1}
C45G (15H ₂ O)		957.3	122.7	1294.1	7.37×10^3	1.11×10^{-1}	2.36×10^{-1}
C45G (2H ₂ O)	5	955.6	122.7	1291.6	7.36×10^3	2.22×10^{-1}	5.71×10^{-1}
C45G (5H ₂ O)		943.7	122.8	1275.7	7.19×10^3	1.72×10^{-1}	5.74×10^{-1}
C45G (6H ₂ O)		942.9	122.8	1274.7	7.19×10^3	1.55×10^{-1}	5.23×10^{-1}
C45G (7H ₂ O)		943.9	122.8	1276.0	7.20×10^3	1.42×10^{-1}	4.70×10^{-1}
C45G (10H ₂ O)		949.4	122.7	1283.5	7.27×10^3	1.20×10^{-1}	3.47×10^{-1}
C45G (15H ₂ O)		955.7	122.7	1292.0	7.35×10^3	1.09×10^{-1}	2.59×10^{-1}
C60G (2H ₂ O)	4	950.8	122.7	1285.2	7.31×10^3	1.97×10^{-1}	5.14×10^{-1}
C60G (5H ₂ O)		943.6	122.8	1275.4	7.21×10^3	1.49×10^{-1}	4.58×10^{-1}
C60G (7H ₂ O)		945.0	122.8	1277.4	7.23×10^3	1.26×10^{-1}	3.57×10^{-1}
C60G (10H ₂ O)		949.6	122.7	1283.7	7.28×10^3	1.11×10^{-1}	2.58×10^{-1}
C60G (15H ₂ O)		953.4	122.7	1288.9	7.32×10^3	1.04×10^{-1}	1.94×10^{-1}

a 燃料板のみの温度上昇を考慮

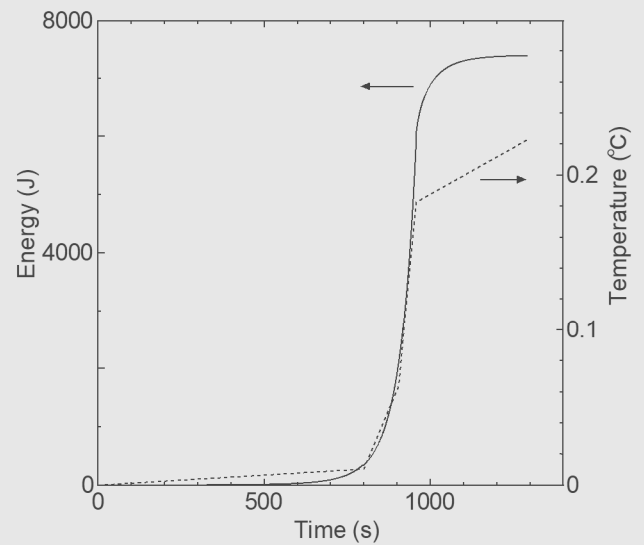
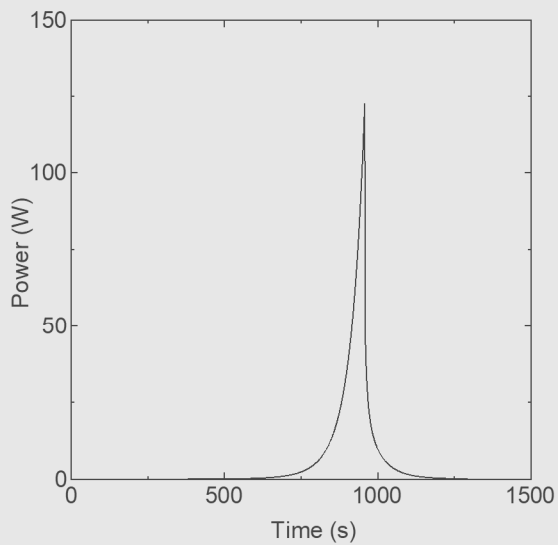
b 各炉心の「最大値／平均値」及び燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.01 倍）を掛けた値



第 10-2-11 図 実験物の異常による反応度の付加 (ケース B)

左図 : 出力変化、右図 : 積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(固体減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : L5.5P-30 炉心)



第 10-2-12 図 実験物の異常による反応度の付加 (ケース B)

左図 : 出力変化、右図 : 積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(軽水減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : C45G (2H₂O) 4 列炉心)

第 10-2-11 表 固体減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）の実験物の異常等による
反応度の付加の解析結果（ケース A）

炉心名称 ^{a)}	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)}
L5.5P-50	58.0	138.8	297.3	1.55E+03	1.72E-01	3.93E-01
L5.5P-40	58.0	138.8	297.3	1.55E+03	1.87E-01	4.30E-01
L5.5P-30	58.0	138.8	297.3	1.55E+03	1.92E-01	4.40E-01^{c)}
L4P-50	59.7	138.3	301.9	1.59E+03	1.56E-01	3.47E-01
L4P-40	60.6	138.0	304.0	1.60E+03	1.89E-01	4.14E-01
L4P-30	60.6	138.0	304.0	1.60E+03	2.00E-01	4.36E-01
L3P-50	61.5	137.7	306.5	1.63E+03	1.49E-01	3.16E-01
L3P-40	61.7	137.7	307.0	1.63E+03	1.65E-01	3.54E-01
L3P-30	62.0	137.6	307.6	1.63E+03	1.81E-01	3.78E-01
L2P-50	62.4	137.5	309.0	1.65E+03	1.11E-01	2.85E-01
L2P-40	63.0	137.3	310.6	1.66E+03	1.32E-01	2.92E-01
L2P-30	62.6	137.4	309.5	1.65E+03	1.38E-01	3.21E-01
L1P-50	62.0	137.6	308.4	1.64E+03	6.40E-02	2.07E-01
L1P-40	63.0	137.3	311.0	1.66E+03	6.82E-02	1.72E-01
L1P-30	62.8	137.3	310.4	1.66E+03	7.16E-02	2.19E-01
LL1P-50	61.5	137.7	307.2	1.63E+03	2.69E-02	1.01E-01
LL1P-40	62.1	137.5	308.8	1.64E+03	2.43E-02	8.84E-02
LL1P-30	61.9	137.6	308.3	1.64E+03	2.81E-02	1.11E-01

a) 燃料板のみの温度上昇を考慮

b) 各炉心の「最大値／平均値」、および燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.09 倍、ただし LL1 炉心についてのみ 1.23 倍）を掛ける

c) 温度上昇が最大となる結果

第 10-2-12 表 軽水減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）の実験物の異常等による

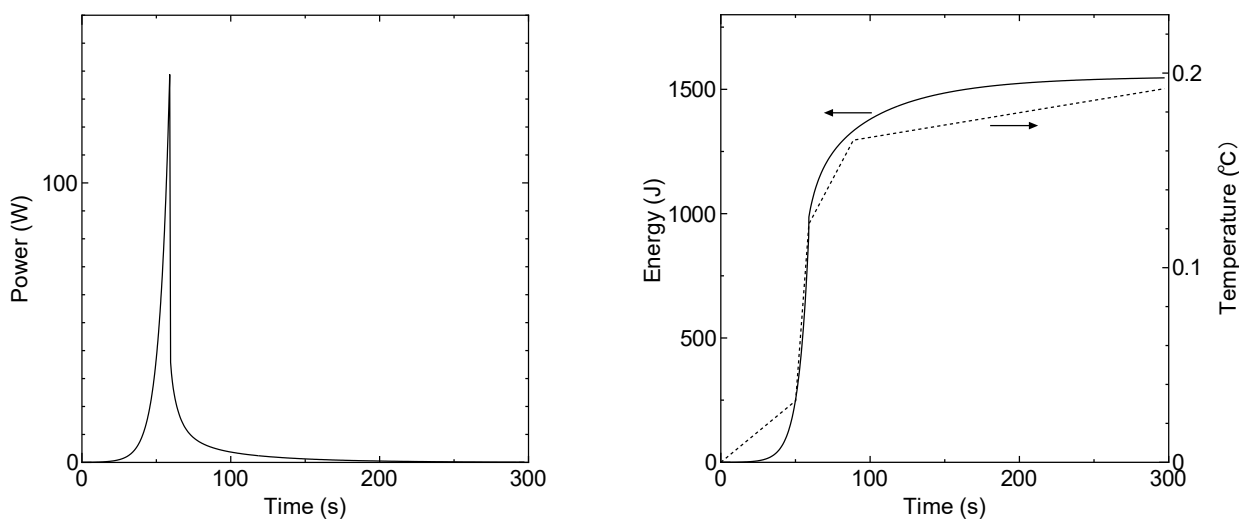
反応度の付加の解析結果（ケース A）

炉心名称	列	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)}
C30G0	4	19.9	180.0	239.1	8.80E+02	1.28E-02	3.26E-02
	5	19.9	180.0	239.1	8.80E+02	1.32E-02	3.15E-02
C35G0	4	20.1	179.3	240.0	8.86E+02	1.80E-02	4.08E-02
	5	20.0	179.6	239.6	8.83E+02	1.78E-02	4.10E-02
C45G0	4	19.8	180.2	238.8	8.79E+02	2.55E-02	5.08E-02
	5	19.8	180.2	238.8	8.79E+02	2.49E-02	5.26E-02
C60G0	4	19.3	182.3	236.4	8.64E+02	2.39E-02	4.34E-02
	5	19.3	182.3	236.4	8.64E+02	2.35E-02	4.44E-02
C45G (2H ₂ O)	4	19.4	182.0	236.8	8.67E+02	2.62E-02	6.87E-02 ^{c)}
C45G (5H ₂ O)		18.3	186.3	232.4	8.40E+02	1.96E-02	6.51E-02
C45G (6H ₂ O)		18.3	186.3	232.4	8.40E+02	1.77E-02	5.84E-02
C45G (7H ₂ O)		18.4	185.9	232.8	8.42E+02	1.63E-02	5.16E-02
C45G (10H ₂ O)		18.9	183.5	235.2	8.57E+02	1.41E-02	3.74E-02
C45G (15H ₂ O)		19.5	181.3	237.6	8.71E+02	1.31E-02	2.79E-02
C45G (2H ₂ O)	5	19.3	182.3	236.4	8.64E+02	2.60E-02	6.70E-02
C45G (5H ₂ O)		17.9	188.0	230.8	8.31E+02	1.99E-02	6.63E-02
C45G (6H ₂ O)		17.8	188.4	230.4	8.28E+02	1.79E-02	6.03E-02
C45G (7H ₂ O)		17.9	188.0	230.8	8.30E+02	1.63E-02	5.41E-02
C45G (10H ₂ O)		18.6	185.1	233.6	8.47E+02	1.39E-02	4.04E-02
C45G (15H ₂ O)		19.3	182.0	236.8	8.66E+02	1.28E-02	3.05E-02
C60G (2H ₂ O)	4	18.7	184.6	234.0	8.50E+02	2.29E-02	5.97E-02
C60G (5H ₂ O)		17.8	188.3	230.4	8.29E+02	1.71E-02	5.26E-02
C60G (7H ₂ O)		18.0	187.5	231.2	8.33E+02	1.46E-02	4.12E-02
C60G (10H ₂ O)		18.6	185.0	233.6	8.47E+02	1.30E-02	3.01E-02
C60G (15H ₂ O)		19.1	183.0	235.6	8.60E+02	1.22E-02	2.28E-02

a) 燃料板のみの温度上昇を考慮

b) 各炉心の「最大値／平均値」、および燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.01 倍）を掛ける

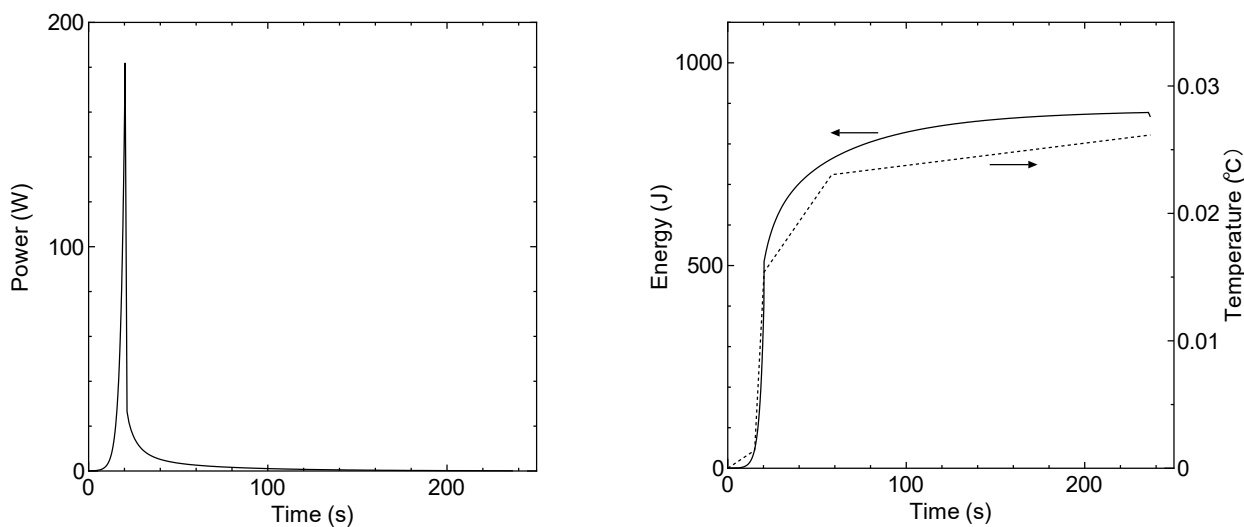
c) 温度上昇が最大となる結果



第 10-2-9 図 実験物の異常による反応度の付加 (ケース A)

左図 : 出力変化、右図 : 積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(固体減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : L5.5P-30 炉心)



第 10-2-10 図 実験物の異常による反応度の付加 (ケース A)

左図 : 出力変化、右図 : 積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(軽水減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : C45G (2H₂O) 4 列炉心)

第 10-2-13 表 固体減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）の実験物の異常等による
反応度の付加の解析結果（ケース B）

炉心名称 ^{a)}	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)}
L5.5P-50	1173.7	121.9	1458.5	8.81E+03	9.77E-01	2.24E+00
L5.5P-40	1175.0	121.9	1459.7	8.82E+03	1.07E+00	2.45E+00
L5.5P-30	1174.6	121.9	1459.3	8.80E+03	1.09E+00	<u>2.50E+00</u> ^{c)}
L4P-50	1180.7	122.0	1466.9	8.78E+03	8.61E-01	1.92E+00
L4P-40	1184.7	121.9	1471.8	8.84E+03	1.04E+00	2.28E+00
L4P-30	1184.9	121.9	1472.0	8.85E+03	1.10E+00	2.41E+00
L3P-50	1187.2	122.0	1475.1	8.80E+03	8.05E-01	1.71E+00
L3P-40	1187.8	122.0	1475.8	8.79E+03	8.88E-01	1.91E+00
L3P-30	1188.7	122.0	1477.0	8.80E+03	9.77E-01	2.03E+00
L2P-50	1187.4	122.1	1475.7	8.66E+03	5.86E-01	1.50E+00
L2P-40	1190.6	122.0	1479.6	8.71E+03	6.91E-01	1.53E+00
L2P-30	1188.8	122.0	1477.4	8.69E+03	7.28E-01	1.69E+00
L1P-50	1183.6	122.1	1471.3	8.53E+03	3.33E-01	1.08E+00
L1P-40	1187.9	122.1	1476.6	8.56E+03	3.51E-01	8.84E-01
L1P-30	1187.0	122.1	1475.5	8.55E+03	3.69E-01	1.13E+00
LL1P-50	1180.2	122.2	1467.3	8.45E+03	1.39E-01	5.27E-01
LL1P-40	1182.7	122.1	1470.4	8.47E+03	1.25E-01	4.56E-01
LL1P-30	1181.8	122.1	1469.3	8.46E+03	1.45E-01	5.76E-01

a) 燃料板のみの温度上昇を考慮

b) 各炉心の「最大値／平均値」、および燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.09 倍、ただし LL1 炉心についてのみ 1.23 倍）を掛ける

c) 温度上昇が最大となる結果

第 10-2-14 表 軽水体減速架台炉心（低濃縮ウラン炉心）の実験物の異常等による

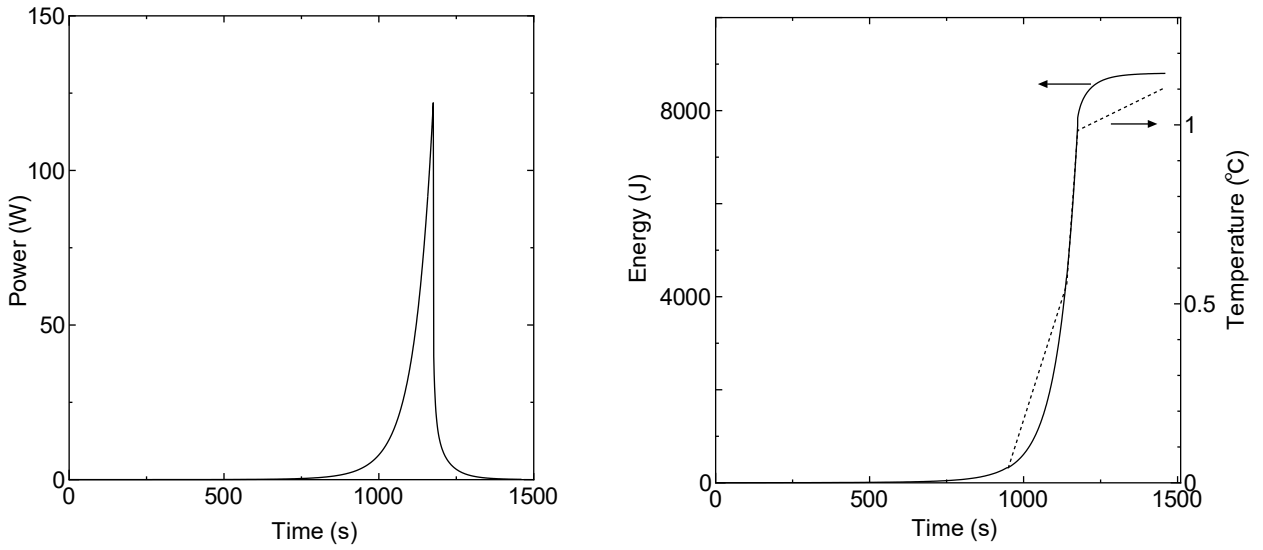
反応度の付加の解析結果（ケース B）

炉心名称	列	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)
C30G0	4	960.1	122.7	1228.2	6.84E+03	9.98E-02	2.53E-01
	5	960.1	122.7	1228.2	6.84E+03	1.03E-01	2.45E-01
C35G0	4	961.8	122.7	1230.4	6.86E+03	1.39E-01	3.16E-01
	5	961.1	122.7	1229.5	6.86E+03	1.38E-01	3.18E-01
C45G0	4	960.3	122.7	1228.5	6.88E+03	2.00E-01	3.97E-01
	5	960.3	122.7	1228.4	6.87E+03	1.95E-01	4.12E-01
C60G0	4	955.6	122.7	1222.6	6.82E+03	1.88E-01	3.42E-01
	5	955.6	122.7	1222.5	6.82E+03	1.85E-01	3.50E-01
C45G(2H ₂ O)	4	956.4	122.7	1223.6	6.83E+03	2.06E-01	5.41E-01 c)
C45G(5H ₂ O)		947.5	122.7	1212.3	6.73E+03	1.57E-01	5.21E-01
C45G(6H ₂ O)		947.1	122.8	1211.9	6.71E+03	1.42E-01	4.66E-01
C45G(7H ₂ O)		947.9	122.7	1212.9	6.72E+03	1.30E-01	4.12E-01
C45G(10H ₂ O)		952.6	122.7	1218.8	6.77E+03	1.11E-01	2.95E-01
C45G(15H ₂ O)		957.3	122.7	1224.7	6.82E+03	1.02E-01	2.18E-01
C45G(2H ₂ O)	5	955.6	122.7	1222.5	6.82E+03	2.05E-01	5.29E-01
C45G(5H ₂ O)		943.7	122.8	1207.5	6.66E+03	1.60E-01	5.32E-01
C45G(6H ₂ O)		942.9	122.8	1206.5	6.66E+03	1.44E-01	4.85E-01
C45G(7H ₂ O)		943.9	122.8	1207.8	6.67E+03	1.31E-01	4.35E-01
C45G(10H ₂ O)		949.4	122.7	1214.8	6.73E+03	1.11E-01	3.21E-01
C45G(15H ₂ O)		955.7	122.7	1222.7	6.80E+03	1.01E-01	2.40E-01
C60G(2H ₂ O)	4	950.8	122.7	1216.5	6.77E+03	1.83E-01	4.76E-01
C60G(5H ₂ O)		943.6	122.8	1207.3	6.68E+03	1.38E-01	4.24E-01
C60G(7H ₂ O)		945.0	122.8	1209.2	6.69E+03	1.17E-01	3.31E-01
C60G(10H ₂ O)		949.6	122.7	1215.0	6.74E+03	1.03E-01	2.39E-01
C60G(15H ₂ O)		953.4	122.7	1219.8	6.78E+03	9.62E-02	1.80E-01

a) 燃料板のみの温度上昇を考慮

b) 各炉心の「最大値／平均値」、および燃料板内の出力分布を考慮する係数（1.01 倍）を掛ける

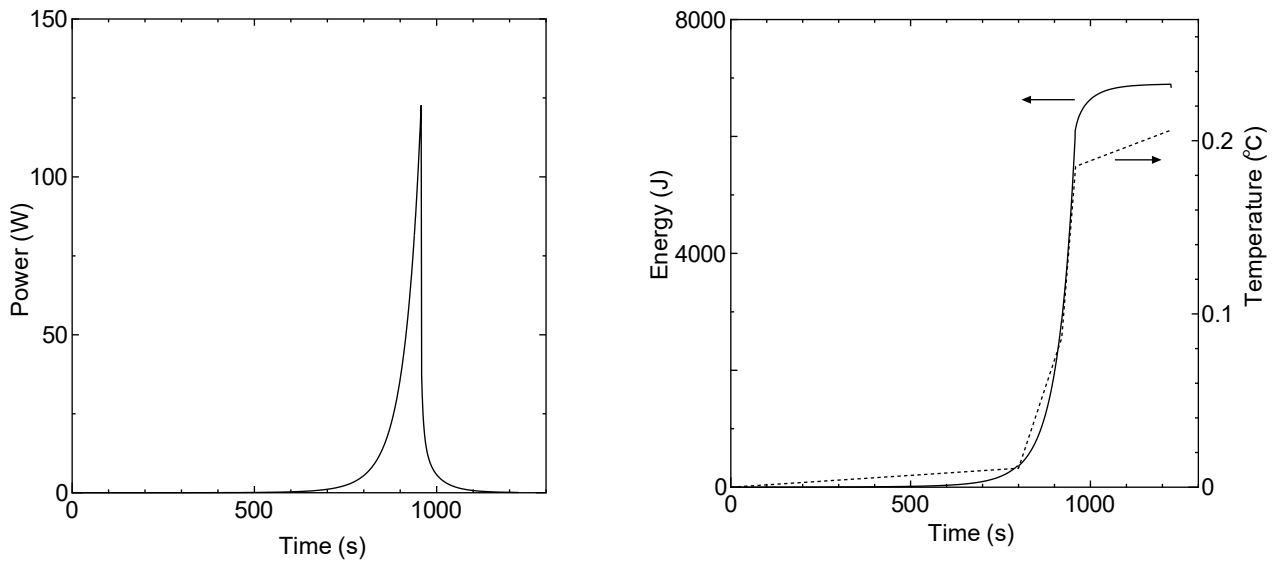
c) 温度上昇が最大となる結果



第 10-2-11 図 実験物の異常による反応度の付加 (ケース B)

左図 : 出力変化、右図 : 積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(固体減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : L5.5P-30 炉心)



第 10-2-12 図 実験物の異常による反応度の付加 (ケース B)

左図 : 出力変化、右図 : 積算出力と温度変化 (実線は積算出力、点線は温度)

(軽水減速炉心 (低濃縮ウラン炉心) : C45G (2H₂O) 4 列炉心)

補足

誤差を考慮した解析

ケース A

この炉心の燃料重量の誤差（6%）、即発中性子減衰定数の誤差（8%）、温度係数の誤差（32%）を考慮したときの結果を表 A-1 に示す。燃料重量の誤差を考慮したときには燃料温度は 6% 高くなる。 β_{eff} と ρ が各々 8% の誤差を持った場合の結果より、 ρ の誤差が結果にほとんど影響を及ぼさないが、 β_{eff} に誤差があった場合には燃料温度が最大 18% 上昇する。温度係数の誤差も結果に影響しない。

これらの誤差があったとしても燃料温度は約 1.25 倍 (1.06×1.18) となるだけなので判定基準値を満たしている。 $(0.44^{\circ}\text{C} \times 1.25 = 0.55^{\circ}\text{C})$

この炉心の燃料重量の誤差、即発中性子減衰定数、温度係数の誤差を考慮したときの結果を表 A-2 に示す。燃料重量の誤差を考慮したときには燃料温度は 6% 高くなる。 β_{eff} と ρ が各々 8% の誤差を持った場合の結果より、 ρ の誤差が結果にほとんど影響を及ぼさないが、 β_{eff} に誤差があった場合には燃料温度が最大 19% 上昇する。温度係数の誤差も結果に影響しない。

これらの誤差があったとしても燃料温度は約 1.26 倍 (1.06×1.19) となるだけなので判定基準値を満たしている。 $(0.07^{\circ}\text{C} \times 1.26 = 0.09^{\circ}\text{C})$

ケース B

この炉心の燃料重量の誤差、即発中性子減衰定数、温度係数の誤差を考慮したときの結果を表 A-3 に示す。燃料重量の誤差を考慮したときには燃料温度は 7% 高くなる。 β_{eff} と ρ が各々 8% の誤差を持った場合の結果より、 ρ の誤差が結果にほとんど影響を及ぼさないが、 β_{eff} に誤差があった場合には燃料温度が最大 5% 上昇する。温度係数の誤差により燃料温度が約 2% 上昇する。

これらの誤差があったとしても燃料温度は約 1.15 倍 ($1.07 \times 1.05 \times 1.02$) となるだけなので判定基準値を満たしている。 $(2.5^{\circ}\text{C} \times 1.15 = 2.9^{\circ}\text{C})$

この炉心の燃料重量の誤差、即発中性子減衰定数、温度係数の誤差を考慮したときの結果を表 A-4 に示す。燃料重量の誤差を考慮したときには燃料温度は 6% 高くなる。 β_{eff} と ρ が各々 8% の誤差を持った場合の結果より、 ρ の誤差が結果にほとんど影響を及ぼさないが、 β_{eff} に誤差があった場合には燃料温度が最大 6% 上昇する。温度係数の誤差も結果に影響しない。

これらの誤差があったとしても燃料温度は約 1.12 倍 (1.06×1.06) となるだけなので判定基準値を満たしている。 $(0.54^{\circ}\text{C} \times 1.12 = 0.60^{\circ}\text{C})$

表 A-1 実験物の異常等による反応度の付加 (固体減速炉心 L5.5P-30 炉心)

(ケースA) 誤差の影響

	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)
基準 d)	58.0	138.8	297.3	1.55E+03	1.92E-01	4.04E-01	—
U 重量 6%減少	58.0	138.8	297.3	1.55E+03	2.03E-01	4.28E-01	1.06
β_{eff} 8%減少	46.0	144.0	265.9	1.28E+03	1.59E-01	3.65E-01	0.83
β_{eff} 8%増加	70.6	135.4	328.6	1.82E+03	2.27E-01	5.19E-01	1.18
ℓ 8%減少	57.9	138.9	297.2	1.54E+03	1.92E-01	4.39E-01	1.00
ℓ 8%増加	57.9	138.9	297.3	1.55E+03	1.92E-01	4.39E-01	1.00
温度係数 32% 減少	57.8	138.9	297.2	1.54E+03	1.92E-01	4.39E-01	1.00
温度係数 32% 増加	58.0	138.8	297.3	1.55E+03	1.92E-01	4.40E-01	1.00

a),b)は表 10-2-11 と同じ

c) 基準の結果に対する比

d) 表 10-2-11 の結果と同じ

表 A-2 実験物の異常等による反応度の付加 (軽水減速炉心 C45G(2H₂O) 4 列炉心)

(ケースA) 誤差の影響

	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)
基準 d)	19.4	182.0	236.8	8.67E+02	2.62E-02	6.87E-02	—
U 重量 6%減少	19.4	182.0	236.8	8.67E+02	2.78E-02	7.28E-02	1.06
β_{eff} 8%減少	13.5	215.4	212.6	7.29E+02	2.20E-02	5.78E-02	0.84
β_{eff} 8%増加	25.8	164.7	262.5	1.03E+03	3.12E-02	8.19E-02	1.19
ℓ 8%減少	19.3	182.1	236.7	8.66E+02	2.61E-02	6.86E-02	1.00
ℓ 8%増加	19.4	181.9	236.9	8.67E+02	2.62E-02	6.87E-02	1.00
温度係数 32%減 少	19.3	182.0	236.8	8.67E+02	2.62E-02	6.87E-02	1.00
温度係数 32%増 加	19.4	182.0	236.8	8.67E+02	2.62E-02	6.87E-02	1.00

a),b)は表 10-2-12 と同じ

c) 基準の結果に対する比

d) 表 10-2-12 の結果と同じ

表 A-3 実験物の異常等による反応度の付加 (固体減速炉心 L5.5P-30 炉心)

(ケース B) 誤差の影響

	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)
基準 d)	1174.6	121.9	1459.3	8.80E+03	1.09E+00	2.50E+00	—
U 重量 6%減少	1175.5	121.9	1460.4	8.84E+03	1.16E+00	2.66E+00	1.07
β_{eff} 8%減少	1120.1	122.0	1392.5	8.33E+03	1.03E+00	2.37E+00	0.95
β_{eff} 8%増加	1227.2	121.9	1523.8	9.26E+03	1.15E+00	2.63E+00	1.05
ℓ 8%減少	1174.6	121.9	1459.3	8.80E+03	1.09E+00	2.50E+00	1.00
ℓ 8%増加	1174.7	121.9	1459.4	8.80E+03	1.09E+00	2.50E+00	1.00
温度係数 32% 減少	1170.6	122.0	1454.7	8.62E+03	1.07E+00	2.45E+00	0.98
温度係数 32% 増加	1178.7	121.9	1464.0	8.98E+03	1.12E+00	2.55E+00	1.02

a),b)は表 10-2-13 と同じ

c) 基準の結果に対する比

d) 表 10-2-13 の結果と同じ

表 A-4 実験物の異常等による反応度の付加 (軽水減速炉心 C45G(2H₂O) 4 列炉心)

(ケース B) 誤差の影響

	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)
基準 d)	956.4	122.7	1223.6	6.83E+03	2.06E-01	5.41E-01 c)	—
U 重量 6%減少	956.5	122.7	1223.7	6.83E+03	2.19E-01	5.74E-01	1.06
β_{eff} 8%減少	911.0	122.8	1166.0	6.44E+03	1.94E-01	5.11E-01	0.94
β_{eff} 8%増加	1000.2	122.6	1279.1	7.21E+03	2.18E-01	5.71E-01	1.06
ℓ 8%減少	956.4	122.7	1223.5	6.83E+03	2.06E-01	5.41E-01	1.00
ℓ 8%増加	956.5	122.7	1223.6	6.83E+03	2.06E-01	5.41E-01	1.00
温度係数 32%減 少	956.0	122.7	1223.1	6.81E+03	2.06E-01	5.40E-01	1.00
温度係数 32%増 加	956.8	122.7	1224.0	6.85E+03	2.07E-01	5.43E-01	1.00

a),b)は表 10-2-14 と同じ

c) 基準の結果に対する比

d) 表 10-2-14 の結果と同じ

補正方針（本文）

<p>令和元年5月31日付け19京大施環化第47号をもって申請し、令和3年10月4日付け21京大施環化第79号及び令和3年11月10日付け21京大施環化第95号をもって一部補正した「京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更承認申請書（臨界実験装置の変更）」</p>	<p>変更</p>	<p>補足</p>
<p>5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備</p> <p>へ. 計測制御系統施設の構造及び設備</p> <p>(3) 制御設備</p> <p>(iii) 反応度制御能力</p> <p>制御棒の反応度抑制効果</p> <p>過剰反応度プラス 1%$\Delta k/k$ 以上</p> <p>ただし、反応度価値の最も大きな制御棒一本が固着した場合においても、炉心を未臨界に移行することができ、かつ、未臨界を維持できるよう、最も反応度の大きい制御棒でも全体の 1/3 を超えないものとする。</p> <p>反応度添加率（制御棒引抜きの場合）</p> <p>臨界近傍では、0.02%$\Delta k/k/s$ 以下</p>	<p>5. 試験研究用等原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備</p> <p>へ. 計測制御系統施設の構造及び設備</p> <p>(3) 制御設備</p> <p>(iii) 反応度制御能力</p> <p>制御棒の反応度抑制効果</p> <p>過剰反応度プラス 1%$\Delta k/k$ 以上</p> <p>炉心装荷物（挿入管、照射物）を使用した炉心について、挿入管の破損や照射物の移動により正の反応度が添加される場合には、さらにその正の反応度も加えた値とする。</p> <p>ただし、反応度価値の最も大きな制御棒一本が固着した場合においても、炉心を未臨界に移行することができ、かつ、未臨界を維持できるよう、最も反応度の大きい制御棒でも全体の 1/3 を超えないものとする。</p> <p>反応度添加率（制御棒引抜きの場合）</p> <p>臨界近傍では、0.02%$\Delta k/k/s$ 以下</p>	<p>炉心装荷物使用時の反応度抑制効果の制限値の変更</p>

別紙 2

補正方針（添付 8）

<p>令和元年 5 月 31 日付け 19 京大施環化第 47 号をもって申請し、令和 3 年 10 月 4 日付け 21 京大施環化第 79 号及び令和 3 年 11 月 10 日付け 21 京大施環化第 95 号をもって一部補正した「京都大学複合原子力科学研究所原子炉設置変更承認申請書（臨界実験装置の変更）」</p>	<p>変更</p>	<p>補足</p>
<p>8-5 計測制御系統施設の構造及び設備</p> <p>8-5-4 反応度制御設備</p> <p>制御棒の反応度抑制効果 過剰反応度プラス 1%$\Delta k/k$ 以上</p> <p>また、最も反応度の大きい制御棒でも、全体の 1/3 を超えない。</p> <p>反応度添加率 臨界近傍では 0.02%$\Delta k/k/s$ 以下 (制御棒引き抜きの場合)</p>	<p>8-5 計測制御系統施設の構造及び設備</p> <p>8-5-4 反応度制御設備</p> <p>制御棒の反応度抑制効果 過剰反応度プラス 1%$\Delta k/k$ 以上</p> <p>炉心装荷物（挿入管、照射物）を使用した炉心について、挿入管の破損や照射物の移動により正の反応度が添加される場合には、さらにその正の反応度も加えた値。</p> <p>また、最も反応度の大きい制御棒でも、全体の 1/3 を超えない。</p> <p>反応度添加率 臨界近傍では 0.02%$\Delta k/k/s$ 以下 (制御棒引き抜きの場合)</p>	<p>炉心装荷物使用時の反応度抑制効果の制限値の変更</p>