

「令和 3 年 1 月 1 7 日ヒアリング資料から抜粋」

2-3 実験物の異常等による反応度の付加

原子炉の出力運転中に、炉心に直接挿入又は燃料集合体に取り付けて炉心内挿入する実験物の位置が変化した場合、または挿入管が破損して内部に水が流入することにより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、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。以下の解析においては挿入管が破損して正の反応度が加わることを含めて「試料の落下」と記載して説明する。

2-3-1 解析シナリオ

(1) 解析対象炉心

解析の対象とする炉心は、固体減速炉心、軽水減速炉心ともに「第 381 回 核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合」（2020 年 11 月 5 日）の説明資料 2-1 で選定したすべての代表炉心を対象とする。

(2) 反応度等

実験物を取り付けられた状態での各炉心の過剰反応度

固体減速炉心、軽水減速炉心ともに $0\% \Delta k/k$

（過剰反応度と試料の落下により加わる反応度を足し合わせたものを過剰反応度の核的制限値以下であるとするので、過剰反応度がゼロの炉心ほど試料の反応度を大きくすることができるので、印加される反応度をできるだけ大きくするためにこのような条件を設定した）

実験物の反応度(取り付けることにより反応度が加わる試料)

固体減速炉心は絶対値で $0.35\% \Delta k/k$

軽水減速炉心は絶対値で $0.5\% \Delta k/k$

制御棒の全反応度は核的制限値の最小値

過剰反応度がゼロの炉心であるので $1.0\% \Delta k/k$

（本来は固体減速炉心 1.35% 、軽水減速炉心 1.5% のところを保守的に設定した。この設定が保守的であることは 2-3-3 節で確認する。）

反応度が最大の制御棒は核的制限値（全体の $1/3$ 以下）の最大値

$1.0 \times 1/3 = 1/3\% \Delta k/k$

(3) 初期運転条件

初期温度は室温として 25°C

固体減速炉心では中心架台上限、軽水減速炉心では炉心タンク満水

線型出力計は指示値が 100% で 100W となるレンジ

制御棒はすべて引き抜いて出力 0.01W の臨界状態

(4) スクラム信号発生

【ケース A】

- ・炉心に取り付けていた実験物が炉心から落下し、固体減速炉心では $+0.35\% \Delta k/k$ 、軽水減速炉心では $+0.5\% \Delta k/k$ の反応度がステップ状に加わる。
- ・線型出力計の指示値が120%（出力が120W）を超えたときにスクラム信号が発生し、1秒後に制御棒が落下する。
- ・最大反応度効果を持つ制御棒1本以外の制御棒はすべて炉心に挿入されるとするので、（実験物落下による反応度 $-2/3\% \Delta k/k$ ）の未臨界度となる。すなわち、固体減速炉心では「 $+0.35-2/3=約-0.32\% \Delta k/k$ 」の未臨界度、軽水減速炉心では「 $+0.5-2/3=約-0.17\% \Delta k/k$ 」の未臨界度となる。
- ・出力が0.1Wになるまで解析する。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。

【ケース B】

- ・炉心に取り付けていた実験物が炉心からゆっくり落下するような場合、または軽水減速炉心で炉心近傍の挿入管にゆっくり水が入り込むような場合を想定する。固体減速炉心では最大 $+0.35\% \Delta k/k$ 、軽水減速炉心では最大 $+0.5\% \Delta k/k$ の反応度が1時間（3600秒）かけて加わるとする。
- ・線型出力計の指示値が120%（出力が120W）を超えたときにスクラム信号が発生し、1秒後に制御棒が落下する。
- ・最大反応度効果を持つ制御棒1本以外の制御棒はすべて炉心に挿入されるとするので、（実験物落下による反応度 $-2/3\% \Delta k/k$ ）の未臨界度となる。（ケースAと同じ）
- ・出力が0.1Wになるまで解析する。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。

2-3-2 解析結果

ケース A

ケースAについて固体減速炉心の結果を表2-3-1に示す。最も燃料温度が高くなったのがL5.5P-30炉心で燃料温度上昇は約 0.56°C であり判定基準値を満たしている（出力変化を図2-3-1に示す）。

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2-3-2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 ℓ が各々8%の誤差を持った場合の結果より、 ℓ 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 (1.06×1.25) となるだけなので判定基準値を満たしている。 $(0.56^{\circ}\text{C} \times 1.25 = 0.70^{\circ}\text{C})$

ケース A について軽水減速炉心の結果を表 2-3-3 に示す。最も燃料温度が高くなったのが C45G(2H₂O) 4 列炉心で燃料温度上昇は約 0.14°C であり判定基準値を満たしている (出力変化を図 2-3-2 に示す)。

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 2-3-4 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 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。 $(0.14^{\circ}\text{C} \times 1.25 = 0.18^{\circ}\text{C})$

ケース B

ケース B について固体減速炉心の結果を表 2-3-5 に示す。最も燃料温度が高くなったのが L5.5P-30 炉心で燃料温度上昇は約 2.6°C であり判定基準値を満たしている (出力変化を図 2-3-3 に示す)。

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 2-3-6 に示す。燃料重量の誤差を考慮したときには燃料温度は 5% 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 1.16 倍 ($1.05 \times 1.08 \times 1.02$) となるだけなので判定基準値を満たしている。 $(2.6^{\circ}\text{C} \times 1.16 = 3.0^{\circ}\text{C})$

ケース B について軽水減速炉心の結果を表 2-3-7 に示す。最も燃料温度が高くなったのが C45G(2H₂O) 4 列炉心で燃料温度上昇は約 0.59°C であり判定基準値を満たしている (出力変化を図 2-3-4 に示す)。

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 2-3-8 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。 $(0.59^{\circ}\text{C} \times 1.12 = 0.66^{\circ}\text{C})$

表 2-3-1 実験物の異常等による反応度の付加（固体減速炉心）

【ケース A（ステップ状反応度印加）】

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	388.3	1.98E+03	2.20E-01	5.04E-01
L5.5P-40	58.0	138.8	388.3	1.98E+03	2.40E-01	5.52E-01
L5.5P-30	58.0	138.8	388.3	1.98E+03	2.47E-01	5.64E-01 c)
L4P-50	59.7	138.3	394.1	2.04E+03	2.00E-01	4.46E-01
L4P-40	60.6	138.0	396.6	2.06E+03	2.42E-01	5.31E-01
L4P-30	60.6	138.0	396.6	2.06E+03	2.57E-01	5.60E-01
L3P-50	61.5	137.7	399.8	2.09E+03	1.91E-01	4.06E-01
L3P-40	61.7	137.7	400.4	2.09E+03	2.12E-01	4.54E-01
L3P-30	62.0	137.6	401.1	2.10E+03	2.33E-01	4.85E-01
L2P-50	62.4	137.5	403.2	2.12E+03	1.43E-01	3.67E-01
L2P-40	63.0	137.3	405.0	2.13E+03	1.69E-01	3.75E-01
L2P-30	62.6	137.4	403.8	2.12E+03	1.78E-01	4.13E-01
L1P-50	62.0	137.6	402.6	2.11E+03	8.24E-02	2.67E-01
L1P-40	63.0	137.3	405.8	2.14E+03	8.77E-02	2.21E-01
L1P-30	62.8	137.3	405.2	2.13E+03	9.21E-02	2.82E-01
LL1P-50	61.5	137.7	401.4	2.10E+03	3.46E-02	1.31E-01
LL1P-40	62.1	137.5	403.3	2.11E+03	3.13E-02	1.14E-01
LL1P-30	61.9	137.6	402.6	2.11E+03	3.61E-02	1.43E-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

表 2-3-2 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	388.3	1.98E+03	2.47E-01	5.64E-01 ^{c)}	—
U 重量 6%減少	58.0	138.8	388.3	1.99E+03	2.61E-03	5.98E-03	1.06
β _{eff} 8%減少	46.1	144.0	350.1	1.65E+03	2.05E-01	4.69E-01	0.83
β _{eff} 8%増加	70.7	135.3	426.2	2.34E+03	2.91E-01	6.66E-01	1.18
ℓ 8%減少	58.0	138.8	388.3	1.98E+03	2.46E-01	5.64E-01	1.00
ℓ 8%増加	58.0	138.8	388.4	1.99E+03	2.47E-01	5.64E-01	1.00
温度係数 32%減少	57.8	138.9	388.5	1.98E+03	2.46E-01	5.64E-01	1.00
温度係数 32%増加	58.1	138.8	388.1	1.99E+03	2.47E-01	5.65E-01	1.00

a),b)は表 2-3-1 と同じ

c) 基準の結果に対する比

d) 表 2-3-1 の結果と同じ

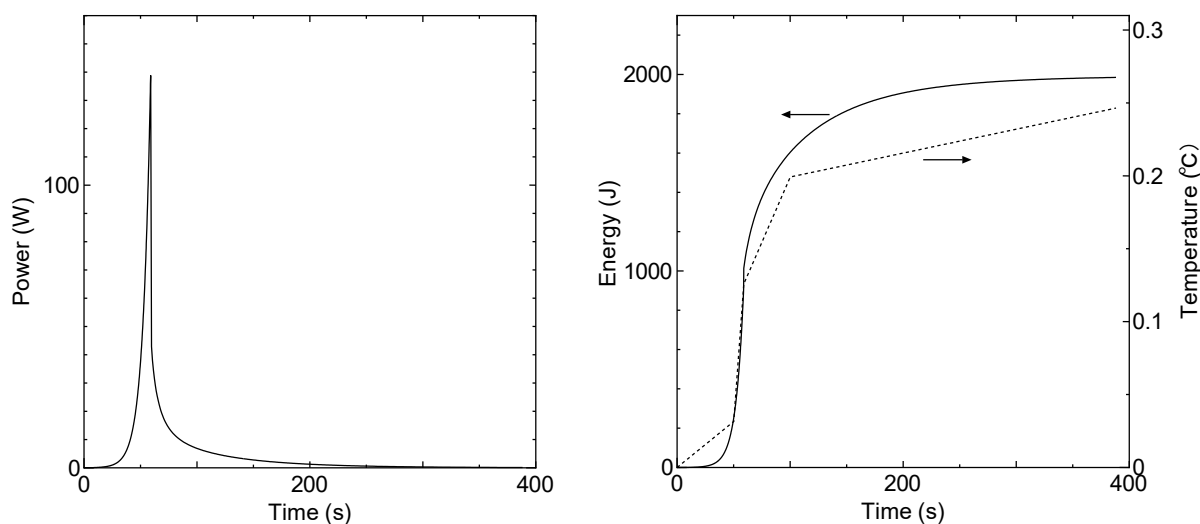


図 2-3-1 L5.5P-30 炉心

実験物の異常等による反応度の付加（ケース A ステップ状反応度添加）
 出力変化（左）、積算出力と温度変化（右実線：出力、右点線：温度）

表 2-3-3 実験物の異常等による反応度の付加（軽水減速炉心）

【ケース A（ステップ状反応度印加）】

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	481.7	1.76E+03	2.57E-02	6.52E-02
	5	19.9	180.0	481.6	1.76E+03	2.65E-02	6.31E-02
C35G0	4	20.1	179.3	483.0	1.77E+03	3.60E-02	8.18E-02
	5	20.0	179.6	482.3	1.77E+03	3.57E-02	8.21E-02
C45G0	4	19.8	180.2	480.5	1.76E+03	5.11E-02	1.02E-01
	5	19.8	180.2	480.6	1.76E+03	4.99E-02	1.05E-01
C60G0	4	19.3	182.3	476.5	1.73E+03	4.78E-02	8.68E-02
	5	19.3	182.3	476.6	1.73E+03	4.71E-02	8.89E-02
C45G(2H ₂ O)	4	19.4	182.0	477.2	1.73E+03	5.24E-02	<u>1.37E-01</u> ^{c)}
C45G(5H ₂ O)		18.3	186.3	469.9	1.68E+03	3.94E-02	1.30E-01
C45G(6H ₂ O)		18.3	186.3	469.9	1.68E+03	3.55E-02	1.17E-01
C45G(7H ₂ O)		18.4	185.9	470.6	1.72E+03	3.31E-02	1.05E-01
C45G(10H ₂ O)		18.9	183.5	474.7	1.72E+03	2.82E-02	7.49E-02
C45G(15H ₂ O)		19.5	181.3	478.9	1.75E+03	2.62E-02	5.59E-02
C45G(2H ₂ O)	5	19.3	182.3	476.5	1.73E+03	5.21E-02	1.34E-01
C45G(5H ₂ O)		17.9	188.0	467.3	1.67E+03	3.99E-02	1.33E-01
C45G(6H ₂ O)		17.8	188.4	466.6	1.66E+03	3.59E-02	1.21E-01
C45G(7H ₂ O)		17.9	188.0	467.2	1.67E+03	3.28E-02	1.09E-01
C45G(10H ₂ O)		18.6	185.1	472.0	1.70E+03	2.79E-02	8.09E-02
C45G(15H ₂ O)		19.3	182.0	477.5	1.74E+03	2.56E-02	6.11E-02
C60G(2H ₂ O)	4	18.7	184.6	472.5	1.70E+03	4.59E-02	1.20E-01
C60G(5H ₂ O)		17.8	188.3	466.0	1.66E+03	3.43E-02	1.05E-01
C60G(7H ₂ O)		18.0	187.5	467.8	1.67E+03	2.92E-02	8.26E-02
C60G(10H ₂ O)		18.6	185.0	472.0	1.70E+03	2.60E-02	6.03E-02
C60G(15H ₂ O)		19.1	183.0	475.5	1.72E+03	2.45E-02	4.57E-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

表 2-3-4 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 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	477.2	1.73E+03	5.24E-02	1.37E-01 ^{c)}	—
U 重量 6%減少	19.4	181.9	477.1	1.73E+03	5.55E-03	1.44E-03	1.06
β _{eff} 8%減少	13.5	215.3	433.9	1.46E+03	4.41E-02	1.16E-01	0.83
β _{eff} 8%増加	25.8	164.6	522.4	2.07E+03	6.24E-02	1.64E-01	1.18
ℓ 8%減少	19.3	182.0	477.0	1.73E+03	5.23E-02	1.37E-01	1.00
ℓ 8%増加	19.4	181.9	477.3	1.74E+03	5.24E-02	1.38E-01	1.00
温度係数 32% 減少	19.4	182.0	477.4	1.74E+03	5.24E-02	1.38E-01	1.00
温度係数 32% 増加	19.4	181.9	476.9	1.73E+03	5.23E-02	1.37E-01	1.00

a),b)は表 2-3-3 と同じ

c) 基準の結果に対する比

d) 表 2-3-3 の結果と同じ

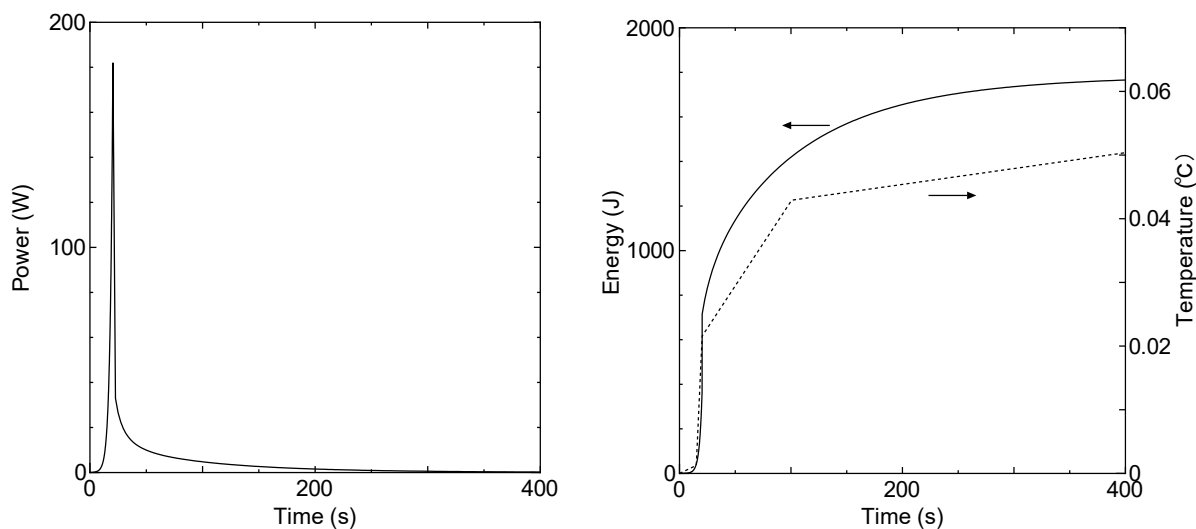


図 2-3-2 C45G(2H₂O) 4 列炉心

実験物の異常等による反応度の付加（ケース A ステップ状反応度添加）
 出力変化（左）、積算出力と温度変化（右実線：出力、右点線：温度）

表 2-3-5 実験物の異常等による反応度の付加（固体減速炉心）

【ケース B（ランプ状反応度印加）】

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	1507.2	9.23E+03	1.02E+00	2.34E+00
L5.5P-40	1175.0	121.9	1508.4	9.24E+03	1.12E+00	2.57E+00
L5.5P-30	1174.6	121.9	1508.0	9.22E+03	1.15E+00	2.62E+00 c)
L4P-50	1180.7	122.0	1516.2	9.21E+03	9.04E-01	2.02E+00
L4P-40	1184.7	121.9	1521.2	9.27E+03	1.09E+00	2.39E+00
L4P-30	1184.9	121.9	1521.5	9.28E+03	1.16E+00	2.52E+00
L3P-50	1187.2	122.0	1524.9	9.23E+03	8.45E-01	1.80E+00
L3P-40	1187.8	122.0	1525.6	9.23E+03	9.32E-01	2.00E+00
L3P-30	1188.7	122.0	1526.9	9.24E+03	1.03E+00	2.13E+00
L2P-50	1187.4	122.1	1526.1	9.10E+03	6.16E-01	1.58E+00
L2P-40	1190.6	122.0	1530.1	9.15E+03	7.26E-01	1.61E+00
L2P-30	1188.8	122.0	1527.8	9.13E+03	7.65E-01	1.78E+00
L1P-50	1183.6	122.1	1521.9	8.97E+03	3.50E-01	1.13E+00
L1P-40	1187.9	122.1	1527.4	9.01E+03	3.69E-01	9.30E-01
L1P-30	1187.0	122.1	1526.2	9.00E+03	3.88E-01	1.19E+00
LL1P-50	1180.2	122.2	1517.8	8.89E+03	1.47E-01	5.54E-01
LL1P-40	1182.7	122.1	1521.1	8.91E+03	1.32E-01	4.80E-01
LL1P-30	1181.8	122.1	1520.0	8.90E+03	1.52E-01	6.06E-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

表 2-3-6 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	1508.0	9.22E+03	1.15E+00	2.62E+00 ^{c)}	—
U 重量 6%減少	1172.6	121.9	1505.1	9.17E+03	1.21E+00	2.76E+00	1.05
β _{eff} 8%減少	1119.6	122.0	1437.6	8.70E+03	1.08E+00	2.47E+00	0.94
β _{eff} 8%増加	1227.1	121.9	1575.4	9.74E+03	1.21E+00	2.77E+00	1.06
ℓ 8%減少	1174.6	121.9	1507.9	9.22E+03	1.15E+00	2.62E+00	1.00
ℓ 8%増加	1174.7	121.9	1508.0	9.22E+03	1.15E+00	2.62E+00	1.00
温度係数 32%減少	1170.6	122.0	1503.7	9.05E+03	1.12E+00	2.57E+00	0.98
温度係数 32%増加	1178.7	121.9	1512.4	9.41E+03	1.17E+00	2.67E+00	1.02

a),b)は表 2-3-5 と同じ

c) 基準の結果に対する比

d) 表 2-3-5 の結果と同じ

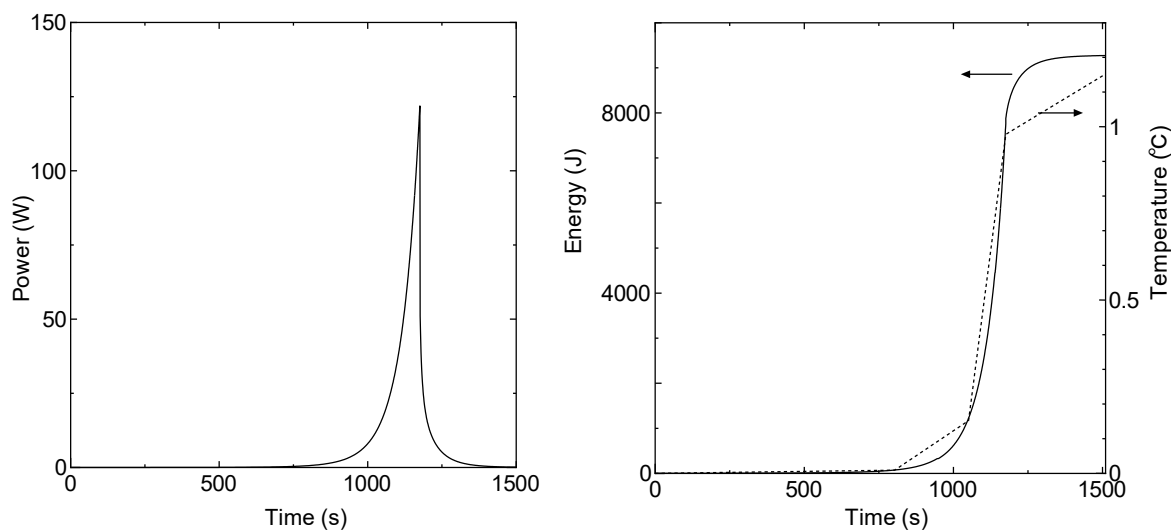


図 2-3-3 L5.5P-30 炉心 出力変化

実験物の異常等による反応度の付加（ケース B ランプ状反応度添加）

出力変化（左）、積算出力と温度変化（右実線：出力、右点線：温度）

表 2-3-7 実験物の異常等による反応度の付加（軽水減速炉心）

【ケース B（ランプ状反応度印加）】

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	1298.0	7.39E+03	1.08E-01	2.74E-01
	5	960.1	122.7	1298.0	7.39E+03	1.11E-01	2.64E-01
C35G0	4	961.8	122.7	1300.3	7.42E+03	1.51E-01	3.42E-01
	5	961.1	122.7	1299.3	7.41E+03	1.49E-01	3.44E-01
C45G0	4	960.3	122.7	1298.0	7.43E+03	2.16E-01	4.29E-01
	5	960.3	122.7	1298.0	7.42E+03	2.11E-01	4.45E-01
C60G0	4	955.6	122.7	1291.7	7.37E+03	2.03E-01	3.70E-01
	5	955.6	122.7	1291.6	7.37E+03	2.00E-01	3.78E-01
C45G(2H ₂ O)	4	956.4	122.7	1292.8	7.38E+03	2.23E-01	5.85E-01 ^{c)}
C45G(5H ₂ O)		947.5	122.7	1280.8	7.26E+03	1.70E-01	5.63E-01
C45G(6H ₂ O)		947.1	122.8	1280.3	7.25E+03	1.53E-01	5.04E-01
C45G(7H ₂ O)		947.9	122.7	1281.4	7.26E+03	1.40E-01	4.44E-01
C45G(10H ₂ O)		952.6	122.7	1287.8	7.31E+03	1.20E-01	3.19E-01
C45G(15H ₂ O)		957.3	122.7	1294.1	7.37E+03	1.11E-01	2.36E-01
C45G(2H ₂ O)	5	955.6	122.7	1291.6	7.36E+03	2.22E-01	5.71E-01
C45G(5H ₂ O)		943.7	122.8	1275.7	7.19E+03	1.72E-01	5.74E-01
C45G(6H ₂ O)		942.9	122.8	1274.7	7.19E+03	1.55E-01	5.23E-01
C45G(7H ₂ O)		943.9	122.8	1276.0	7.20E+03	1.42E-01	4.70E-01
C45G(10H ₂ O)		949.4	122.7	1283.5	7.27E+03	1.20E-01	3.47E-01
C45G(15H ₂ O)		955.7	122.7	1292.0	7.35E+03	1.09E-01	2.59E-01
C60G(2H ₂ O)	4	950.8	122.7	1285.2	7.31E+03	1.97E-01	5.14E-01
C60G(5H ₂ O)		943.6	122.8	1275.4	7.21E+03	1.49E-01	4.58E-01
C60G(7H ₂ O)		945.0	122.8	1277.4	7.23E+03	1.26E-01	3.57E-01
C60G(10H ₂ O)		949.6	122.7	1283.7	7.28E+03	1.11E-01	2.58E-01
C60G(15H ₂ O)		953.4	122.7	1288.9	7.32E+03	1.04E-01	1.94E-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

表 2-3-8 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	1292.8	7.38E+03	2.23E-01	5.85E-01 ^{c)}	—
U 重量 6%減少	956.5	122.7	1292.7	7.38E+03	2.36E-01	6.20E-01	1.06
β _{eff} 8%減少	911.00	122.8	1230.4	6.93E+03	2.09E-01	5.49E-01	0.94
β _{eff} 8%増加	1000.19	122.6	1353.1	7.82E+03	2.36E-01	6.20E-01	1.06
ℓ 8%減少	956.40	122.7	1292.7	7.38E+03	2.23E-01	5.85E-01	1.00
ℓ 8%増加	956.46	122.7	1292.8	7.38E+03	2.23E-01	5.85E-01	1.00
温度係数 32% 減少	956.04	122.7	1292.3	7.36E+03	2.22E-01	5.83E-01	1.00
温度係数 32% 増加	956.82	122.7	1293.2	7.39E+03	2.23E-01	5.86E-01	1.00

a),b)は表 2-3-7 と同じ

c) 基準の結果に対する比

d) 表 2-3-7 の結果と同じ

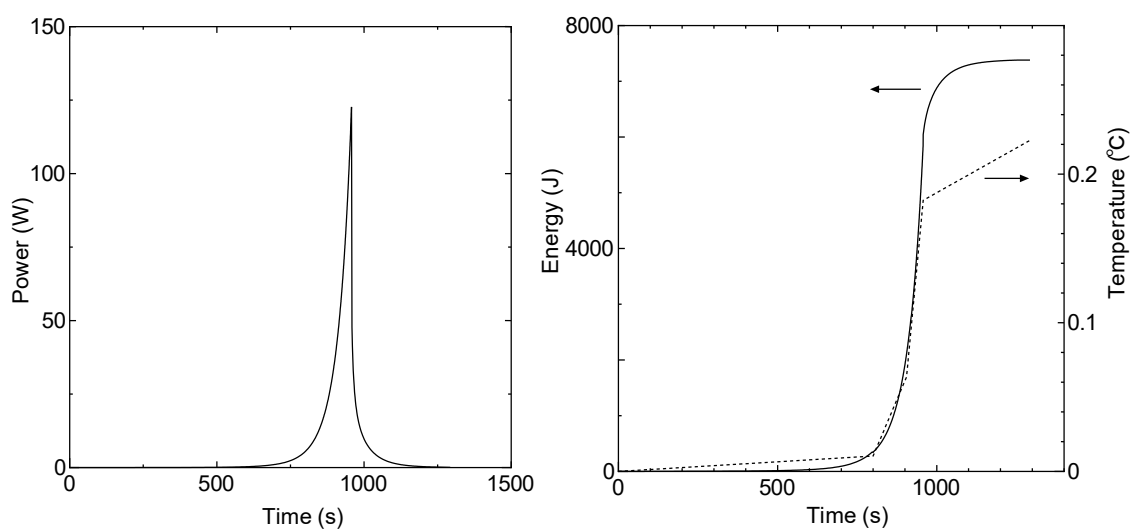


図 2-3-4 C45G(2H₂O) 4 列炉心 出力変化

実験物の異常等による反応度の付加（ケース B ランプ状反応度添加）
 出力変化（左）、積算出力と温度変化（右実線：出力、右点線：温度）

2-3-3 解析結果についての補足（スクラム反応度の変更）

「実験物の異常等による反応度の付加」の解析のシナリオでは、制御棒の全反応度を $1\% \Delta k/k$ としてスクラム時には one rod stuck を考えて $2/3$ 倍の反応度が加わるとしていたが、制御棒の全反応度を（ $1\% \Delta k/k$ + 最大過剰反応度）（固体減速炉心では $1.35\% \Delta k/k$ 、軽水減速炉心では $1.5\% \Delta k/k$ ）として one rod stuck を考慮した解析を行った。その他の解析条件については変更無し。

ケース A についての結果を表 2-3-9、表 2-3-10 に、ケース B についての結果を表 2-3-11、表 2-3-12 に示す。燃料上昇の最高温度はケース A の固体減速炉心では約 0.71 倍、軽水減速炉心では約 0.50 倍、ケース B の固体減速炉心では約 0.95 倍、軽水減速炉心では約 0.92 倍となった。

表 2-3-9 実験物の異常等による反応度の付加（固体減速炉心）

【ケース A（ステップ状反応度印加）】

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

表 2-3-10 実験物の異常等による反応度の付加（軽水減速炉心）

【ケース A（ステップ状反応度印加）】

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

表 2-3-11 実験物の異常等による反応度の付加（固体減速炉心）

【ケース B（ランプ状反応度印加）】

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	2.50E+00 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

表 2-3-12 実験物の異常等による反応度の付加（軽水減速炉心）

【ケース B（ランプ状反応度印加）】

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	<u>5.41E-01</u> ^{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