

「常陽」のソースターム評価に係る炉内蓄積放射性物質量の評価

1. 概要

「常陽」のbdba時のソースタームとして、大気中に放出される放射性物質の種類、放出量、放出時期を検討する。評価は、原子炉停止機能喪失型の事象（以下「ATWS」という。）及び崩壊熱除去機能喪失型の事象（以下「LOHRS」という。）の有効性評価の事象進展評価に基づき、以下の①～③のそれぞれの過程について実施する。本資料では、このうちの①の炉内蓄積放射性物質量の評価について記す。

- ① 炉内蓄積放射性物質量（以下「炉内インベントリ」という。）の評価
- ② 炉内ソースタームの評価
- ③ 炉外ソースタームの評価

2. 炉内インベントリの評価

標準平衡炉心（サイクル末期、平均燃焼度約 39,000Mwd/t）を対象に F P G S - 3 で計算した炉内インベントリを実用発電用原子炉（90 万 kW 級 PWR、熱出力約 2,700MW）と比較して第 1 表及び第 2 表に示す。核種 Gr 及び核種は実用発電用原子炉を参考に設定した。ただし、構造材の放射化物の放射能は、FP やアクチニドと比べて小さいことから除外した。また、全炉心を炉心燃料集合体（79 体）とした。

炉内インベントリは概ね実用発電用原子炉の出力比（約 0.037）に応じたものになっており、「常陽」において、特異な構成及び量とはならない。

なお、上述のとおり出力比に応じたものとなっているが、Pu-239 及び Am-241 等は出力比を上回ること、並びにナトリウムの放射化物が存在すること等の特徴がある。出力比からの差異が相対的に大きい主な核種及び要因を以下に示す。

- ① 核分裂収率の差異（崩壊、燃焼、照射の影響を含む。）：
Xe-135, I-134m, Cs-134, Sn, Sb, Te-127m, Te-127, Te-129m, Sm-151, Sm-153
- ② 運転時間の差異（長半減期核種、放射平衡核種）：
Kr-85, I-129, Cs-137, Sr-90, Ru-106, Rh-106, Ce-144, Y-90, Pr-144, Pm-147
- ③ 燃料の組成の差異（①を除く。）：
Np, Pu, Am, Cm

以上

第1表 炉内インベントリの比較

核種 Gr	主な核種	炉内インベントリ		
		実用発電用原子炉 (Bq) *1	「常陽」 (Bq) *2	「常陽」 / 実用発電 用原子炉 *3
Xe 類	Kr, Xe	3.0×10^{19}	1.3×10^{18}	0.042
I 類	Br, I	3.1×10^{19}	1.2×10^{18}	0.039
Cs 類	Rb, Cs	1.2×10^{19}	4.4×10^{17}	0.037
Te 類	Sb, Te	1.9×10^{19}	7.5×10^{17}	0.039
Ba 類	Sr, Ba	1.8×10^{19}	6.9×10^{17}	0.038
Ru 類	Mo, Tc, Ru, Rh	3.6×10^{19}	1.4×10^{18}	0.038
Ce 類	Ce, Np, Pu	6.6×10^{19}	1.5×10^{18}	0.022
La 類	Y, La, Pr, Am	6.6×10^{19}	2.4×10^{18}	0.036
Na	Na	—	2.4×10^{12} (Bq/kg_Na)	—

*1: 安全性向上評価届出書 (高浜発電所第3号機 (2,705MW (=2,652MWt×1.02))、平成30年1月10日)より集計

*2: FPGS-3による計算値 (燃料組成及び中性子スペクトルは「常陽」の値を使用)

*3: 「常陽」 / 実用発電用原子炉の出力比 $100/2705=0.037$

第2表 炉内蓄積量の比較（内訳）

核種 Gr	核種	炉内蓄積量		
		実用発電用原子炉 (Bq) *1	「常陽」 (Bq) *2	「常陽」／実用発 電用原子炉*3
Xe 類	Kr-83m	3.0E+17	1.3E+16	0.043
	Kr-85m	8.5E+17	2.8E+16	0.032
	Kr-85	2.9E+16	3.1E+14	0.010
	Kr-87	1.2E+18	5.1E+16	0.042
	Kr-88	1.7E+18	6.8E+16	0.040
	Kr-89	2.1E+18	8.0E+16	0.038
	Kr-90	2.2E+18	8.4E+16	0.038
	Xe-131m	2.6E+16	1.3E+15	0.047
	Xe-133m	1.7E+17	6.9E+15	0.040
	Xe-133	5.5E+18	2.1E+17	0.038
	Xe-135m	1.2E+18	4.5E+16	0.037
	Xe-135	2.1E+18	2.2E+17	0.104
	Xe-137	4.9E+18	1.8E+17	0.036
	Xe-138	4.6E+18	1.7E+17	0.035
	Xe-139	3.3E+18	1.2E+17	0.036
I 類	Br-83	3.0E+17	1.3E+16	0.043
	Br-84m	1.9E+16	5.5E+14	0.029
	Br-84	5.4E+17	2.2E+16	0.040
	Br-85	8.5E+17	2.7E+16	0.032
	Br-86	8.9E+17	3.7E+16	0.041
	Br-87	9.8E+17	4.1E+16	0.042
	I-129	8.4E+10	1.5E+09	0.017
	I-131	2.7E+18	1.1E+17	0.041
	I-132	3.9E+18	1.6E+17	0.040
	I-133	5.5E+18	2.1E+17	0.038
	I-134m	5.7E+17	3.3E+16	0.056
	I-134	6.0E+18	2.3E+17	0.038
	I-135	5.2E+18	1.9E+17	0.037
	I-136m	1.7E+18	4.9E+16	0.029
	I-136	1.8E+18	8.7E+16	0.048

核種 Gr	核種	炉内蓄積量		
		実用発電用原子炉 (Bq) *1	「常陽」 (Bq) *2	「常陽」／実用発 電用原子炉 *3
Cs 類	Rb-86	6.7E+15	2.8E+14	0.042
	Rb-88	1.7E+18	6.9E+16	0.040
	Rb-89	2.3E+18	8.9E+16	0.038
	Rb-90	2.1E+18	8.4E+16	0.040
	Cs-134	3.8E+17	6.7E+14	0.002
	Cs-136	1.5E+17	5.7E+15	0.037
	Cs-137	2.7E+17	3.7E+15	0.014
	Cs-138	5.0E+18	1.9E+17	0.038
Te 類	Sn-128	4.0E+17	2.2E+16	0.055
	Sb-127	2.5E+17	1.4E+16	0.053
	Sb-128m	4.3E+17	2.4E+16	0.055
	Sb-129	8.8E+17	3.8E+16	0.042
	Sb-131	2.1E+18	8.7E+16	0.041
	Te-127m	2.0E+16	1.6E+15	0.078
	Te-127	2.3E+17	1.3E+16	0.056
	Te-129m	9.0E+16	5.1E+15	0.057
	Te-129	8.6E+17	3.9E+16	0.045
	Te-131m	6.7E+17	2.2E+16	0.033
	Te-131	2.2E+18	9.3E+16	0.042
	Te-132	3.8E+18	1.5E+17	0.040
	Te-133m	2.6E+18	8.0E+16	0.031
	Te-134	4.7E+18	1.7E+17	0.034
Ba 類	Sr-89	2.4E+18	8.7E+16	0.036
	Sr-90	1.7E+17	2.1E+15	0.012
	Sr-91	3.0E+18	1.2E+17	0.039
	Sr-92	3.2E+18	1.3E+17	0.040
	Ba-139	4.8E+18	1.9E+17	0.038
	Ba-140	4.8E+18	1.8E+17	0.037
Ru 類	Mo-99	4.9E+18	1.9E+17	0.038
	Mo-101	4.6E+18	1.9E+17	0.041
	Tc-99m	4.3E+18	1.7E+17	0.037

核種 Gr	核種	炉内蓄積量		
		実用発電用原子炉 (Bq) *1	「常陽」 (Bq) *2	「常陽」／実用発 電用原子炉 *3
Ru 類	Tc-101	4.6E+18	1.9E+17	0.041
	Ru-103	4.4E+18	1.8E+17	0.039
	Ru-105	3.1E+18	1.2E+17	0.038
	Ru-106	1.6E+18	3.8E+16	0.023
	Rh-103m	4.3E+18	1.7E+17	0.040
	Rh-105	2.9E+18	1.2E+17	0.041
	Rh-106	1.7E+18	3.8E+16	0.022
Ce 類	Ce-141	4.3E+18	1.8E+17	0.040
	Ce-143	4.0E+18	1.5E+17	0.038
	Ce-144	3.1E+18	7.1E+16	0.023
	Ce-146	2.2E+18	8.3E+16	0.037
	Np-239	5.1E+19	9.5E+17	0.019
	Pu-238	2.7E+16	1.3E+15	0.047
	Pu-239	2.3E+15	2.9E+14	0.126
	Pu-240	4.2E+15	4.5E+14	0.105
	Pu-241	1.0E+18	3.1E+16	0.031
La 類	Y-90	1.8E+17	2.2E+15	0.012
	Y-91m	1.7E+18	6.7E+16	0.039
	Y-91	3.1E+18	1.2E+17	0.037
	Y-92	3.3E+18	1.3E+17	0.039
	Y-93	3.8E+18	1.5E+17	0.038
	Y-94	4.0E+18	1.6E+17	0.039
	Zr-95	4.5E+18	1.6E+17	0.035
	Zr-97	4.6E+18	1.8E+17	0.037
	Nb-95	4.5E+18	1.6E+17	0.034
	Nb-97	4.7E+18	1.8E+17	0.037
	La-140	4.9E+18	1.8E+17	0.036
	La-141	4.4E+18	1.8E+17	0.039
	La-142	4.2E+18	1.6E+17	0.038
	Pr-143	3.9E+18	1.5E+17	0.039
	Pr-144	3.1E+18	7.1E+16	0.023

核種 Gr	核種	炉内蓄積量		
		実用発電用原子炉 (Bq) *1	「常陽」 (Bq) *2	「常陽」 / 実用発 電用原子炉 *3
La 類	Pr-146	2.2E+18	8.3E+16	0.038
	Pr-147	1.7E+18	6.4E+16	0.038
	Nd-147	1.7E+18	6.5E+16	0.038
	Nd-149	1.0E+18	3.8E+16	0.037
	Nd-151	5.4E+17	2.0E+16	0.037
	Pm-147	4.5E+17	1.2E+16	0.026
	Pm-149	1.3E+18	3.8E+16	0.029
	Pm-151	5.4E+17	2.1E+16	0.037
	Sm-151	1.6E+15	1.2E+14	0.075
	Sm-153	9.8E+17	1.1E+16	0.011
	Am-241	4.0E+15	5.3E+14	0.131
	Cm-242	6.2E+17	2.3E+16	0.037
	Cm-244	2.8E+16	1.6E+13	0.001
Na	Na-22	-	3.2E+07 (Bq/kg_Na)	-
	Na-24	-	2.4E+12 (Bq/kg_Na)	-

*1 : 安全性向上評価届出書 (高浜発電所第3号機 (2,705MW (=2,652MWt×1.02)), 平成30年1月10日)

*2 : FPGS-3による計算値 (燃料組成及び中性子スペクトルは「常陽」の値を使用)

*3 : 「常陽」 / 実用発電用原子炉の出力比 100/2705=0.037