

原子炉の使用済燃料中に含まれる核種

表1-1 PWRの使用済ウラン燃料中に含まれる元素(1/2)

	g/t	Bq/t(Ci/t)	W/t
アクチノイド			
ウラン	9.54×10^5	1.50×10^{11} (4.05)	4.18×10^{-2}
ネプツニウム	7.49×10^2	6.70×10^{11} (1.81×10^1)	5.20×10^{-2}
プルトニウム	9.03×10^3	4.00×10^{15} (1.08×10^5)	1.52×10^2
アメリカシウム	1.40×10^2	6.96×10^{13} (1.88×10^2)	6.11
キュリウム	4.70×10^1	6.99×10^{14} (1.89×10^4)	6.90×10^2
小計	9.64×10^5	4.70×10^{15} (1.27×10^5)	8.48×10^2
核分裂生成物			
トリチウム	7.17×10^{-2}	2.55×10^{13} (6.90×10^2)	2.45×10^{-2}
セレン	4.87×10^1	1.47×10^{10} (3.96×10^{-1})	1.50×10^{-4}
臭素	1.38×10^1	0(0)	0
クリプトン	3.60×10^2	4.07×10^{14} (1.10×10^4)	6.85×10^1
ルビジウム	3.23×10^2	7.03×10^{12} (1.90×10^2)	0
ストロンチウム	8.68×10^2	6.44×10^{15} (1.74×10^5)	4.50×10^2
イットリウム	4.53×10^2	8.81×10^{15} (2.38×10^5)	1.05×10^3
ジルコニウム	3.42×10^3	1.02×10^{16} (2.77×10^5)	1.45×10^3
ニオブ	1.16×10^1	1.93×10^{16} (5.21×10^5)	2.50×10^3
モリブデン	3.09×10^3	0(0)	0
テクネチウム	7.52×10^2	5.29×10^{11} (1.43×10^1)	9.67×10^{-3}
ルテニウム	1.90×10^3	1.85×10^{16} (4.99×10^5)	3.13×10^2
ロジウム	3.19×10^2	1.85×10^{16} (4.99×10^5)	3.99×10^3
小計	3.09×10^4	1.55×10^{17} (4.18×10^6)	1.96×10^4
合計	9.95×10^5	1.59×10^{17} (4.31×10^6)	2.04×10^4

これらの量は原子炉に装荷された新燃料中のウラン1トン当たりのものである。全体としての平均燃焼度は33,000MWd/t、また平均出力30MW/tで、燃料取り出し後150日経過したものである。

(軽水炉の使用済燃料－ATOMICA－より)

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/04/04070102/01.gif>

表1-2 PWRの使用済ウラン燃料中に含まれる元素(2/2)

	g/t	Bq/t(Ci/t)	W/t
バリウム	8.49×10^2	0(0)	0
銀	4.21×10^1	$1.02 \times 10^{14}(2.75 \times 10^3)$	4.16×10^1
カドミウム	4.75×10^1	$2.20 \times 10^{12}(5.95 \times 10^1)$	2.13×10^{-1}
インジウム	1.09	$1.32 \times 10^{10}(3.57 \times 10^{-1})$	1.04×10^{-3}
スズ	3.28×10^1	$1.42 \times 10^{15}(3.85 \times 10^4)$	1.56×10^2
アンチモン	1.36×10^1	$2.95 \times 10^{14}(7.96 \times 10^3)$	2.74×10^1
テルル	4.85×10^2	$4.96 \times 10^{14}(1.34 \times 10^4)$	1.66×10^1
ヨウ素	2.12×10^2	$8.21 \times 10^{10}(2.22)$	8.98×10^{-3}
キセノン	4.87×10^3	$1.15 \times 10^{11}(3.12)$	3.04×10^{-3}
セシウム	2.40×10^3	$1.19 \times 10^{16}(3.21 \times 10^5)$	2.42×10^3
バリウム	1.20×10^3	$3.70 \times 10^{15}(1.00 \times 10^5)$	3.93×10^2
ランタン	1.14×10^3	$1.82 \times 10^{13}(4.92 \times 10^2)$	8.16
セリウム	2.47×10^3	$3.06 \times 10^{16}(8.27 \times 10^5)$	7.87×10^2
プラセオジウム	1.09×10^3	$2.85 \times 10^{16}(7.71 \times 10^5)$	5.73×10^3
ネオジウム	3.51×10^3	$3.50 \times 10^{12}(9.47 \times 10^1)$	2.65×10^{-1}
プロメチウム	1.10×10^2	$3.70 \times 10^{15}(1.00 \times 10^5)$	9.17×10^1
サマリウム	6.96×10^2	$4.63 \times 10^{13}(1.25 \times 10^3)$	2.18
ユーロピウム	1.26×10^2	$5.00 \times 10^{14}(1.35 \times 10^4)$	7.19×10^1
ガドリニウム	6.29×10^1	$8.58 \times 10^{11}(2.32 \times 10^1)$	3.34×10^{-2}
テルビウム	1.25	$1.11 \times 10^{13}(3.02 \times 10^2)$	2.54
ジスプロシウム	6.28×10^{-1}	0(0)	0
小計	3.09×10^4	$1.55 \times 10^{17}(4.18 \times 10^6)$	1.96×10^4
合計	9.95×10^5	$1.59 \times 10^{17}(4.31 \times 10^6)$	2.04×10^4

これらの量は原子炉に装荷された新燃料中のウラン1トン当たりのものである。全体としての平均燃焼度は33,000MWd/t、また平均出力30MW/tで、燃料取り出し後150日経過したものである。

(軽水炉の使用済燃料－ATOMICA－より)

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/04/04070102/02.gif>

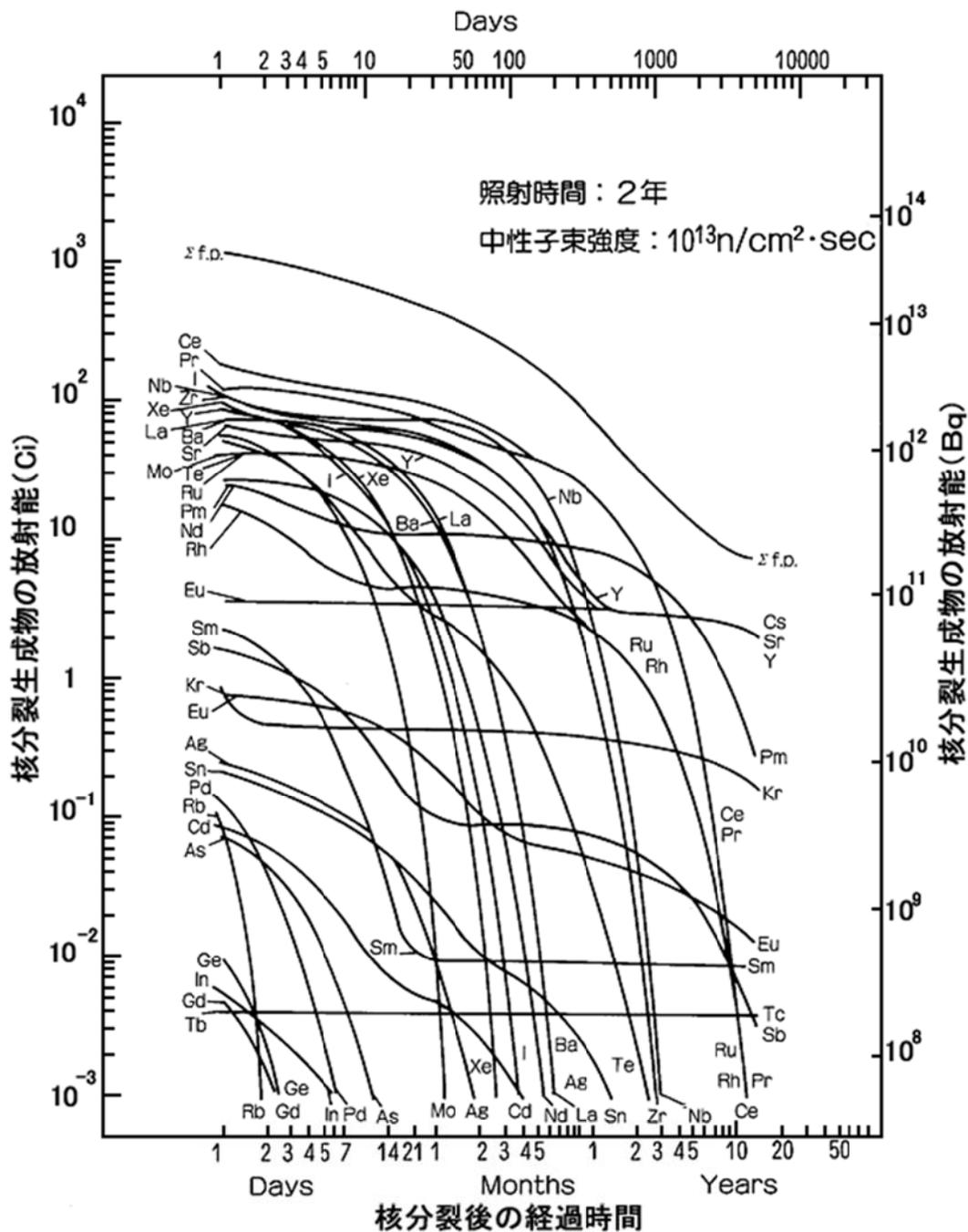


図1 放射性核分裂生成物の減衰

(軽水炉の使用済燃料—ATOMICA—より)

<http://www.rist.or.jp/atomica/data/pict/04/04070102/04.gif>

表3 融点および沸点

原子番号	元素記号	元素名	融点(°C)	沸点(°C)	原子番号	元素記号	元素名	融点(°C)	沸点(°C)
1	H	水素	-259.14	-252.8	37	Rb	ルビジウム	38.89	688
2	He	ヘリウム	-272.2 ³⁾	-268.9	38	Sr	ストロンチウム	777	1414
3	Li	リチウム	180.5	1347	39	Y	イットリウム	1520	3388
4	Be	ベリリウム	1287	2472	40	Zr	ジルコニウム	1852	4361
5	B	ホウ素	2077	3870	42	Mo	モリブデン	2623	4682
6	C	炭素(黒鉛)		3370 ²⁾	44	Ru	ルテニウム	2250	4155
7	N	窒素	-209.86	-195.8	45	Rh	ロジウム	1960	3697
8	O	酸素	-218.4	-182.96	46	Pd	パラジウム	1552	2964
9	F	フッ素	-219.62	-188.14	47	Ag	銀	961.93	2162
10	Ne	ネオン	-248.67	-246	48	Cd	カドミウム	321.03	767
11	Na	ナトリウム	97.81	883	49	In	インジウム	156.61	2072
12	Mg	マグネシウム	650	1095	50	Sn	スズ*	231.97	2603
13	Al	アルミニウム	660.4	2520	51	Sb	アンチモン	630.7	1587
14	Si	ケイ素	1412	3266	52	Te	テルル	449.8	991
15	P	リン(赤)	589.5 ⁴⁾	430 ²⁾	53	I	ヨウ素	113.6	184.4
		(黄)	44.1	280.5	54	Xe	キセノン	-111.9	-108.1
16	S	硫黄(斜方)	112.8	444.7	55	Cs	セシウム	28.4	658
		(単斜)	119	-	56	Ba	バリウム	729	1898
17	Cl	塩素	-101	-34.05	58	Ce	セリウム	799	3426
18	Ar	アルゴン	-189.2	-185.9	62	Sm	サマリウム	1072	1791
19	K	カリウム	63.65	765	64	Gd	ガドリニウム	1312	3266
20	Ca	カルシウム	842	1503	73	Ta	タンタル	2985	5510
22	Ti	チタン	1666	3289	74	W	タングステン	3407	5555
23	V	バナジウム	1917	3420	75	Re	レニウム	3180	5596
24	Cr	クロム	1857	2682	76	Os	オスミウム	3045	5012
25	Mn	マンガン	1246	2062	77	Ir	イリジウム	2443	4437
26	Fe	鉄	1535	2863	78	Pt	白金	1769	3827
27	Co	コバルト	1495	2930	79	Au	金	1064.43	2857
28	Ni	ニッケル	1455	2890	80	Hg	水銀	-38.84	356.58
29	Cu	銅	1084.5	2571	81	Tl	タリウム	303.5	1473
30	Zn	亜鉛	419.58	907	82	Pb	鉛	327.5	1750
31	Ga	ガリウム	29.78	2208	83	Bi	ビスマス	271.4	1561
32	Ge	ゲルマニウム	937.4	2834	86	Rn	ラドン	-71	-61.8
33	As	ヒ素(六方)	817 ¹⁾	603 ²⁾	88	Ra	ラジウム	700	1140
34	Se	セレン(灰色)	220.2	684.9	90	Th	トリウム	1750	4789
35	Br	臭素	-7.2	58.78	92	U	ウラン	1132.3	4172
36	Kr	クリプトン	-156.6	-153.4	94	Pu	プルトニウム	639.5	3231

註) 1) 36気圧 2) 昇華 3) 26気圧 4) 43.1気圧

[出典] 国立天文台(編): 理科年表 2010年版, 丸善(2009年10月), p.395

Knacke, Kubaschewski, Hesselmann: Thermochemical Properties of Inorganic Substances, 2nd ed., Springer Verlag (1991)

日本化学会(編): 化学便覧 改訂4版, 基礎篇, 丸善 (1993), p.1-26

チェルノブイリ事故

1986年4月26日、旧ソ連のウクライナ共和国キエフ市北方約130kmのチェルノブイリ原発4号機(黒鉛減速軽水冷却沸騰型: RBMK-型、1000MWe)で発生した原子炉事故。

蒸気爆発で炉心の一部が破損し、黒鉛火災が起こり、建物の一部が吹き飛んで大量の放射性物質が放出された。

原子炉の炉型は、黒鉛減速沸騰軽水圧力管型原子炉の RBMK-1000 型(ソビエト型)。

原子炉容器内に減速材である黒鉛ブロック(断面 250×250mm, 高さ 600mm)を柱状に積み上げ、円筒状の炉心(直径 11.8m, 高さ 7.0m)を構成している。黒鉛ブロックには垂直方向に円筒状の穴(直径 114mm)があり、この中に燃料集合体を収納する 1661 本の圧力管が差し込まれている。燃料集合体を構成する燃料棒の隙間には高温高压の冷却水が流れている。この圧力管は燃料チャンネルとも呼ばれており、炉心にはこの他に 211 本の制御棒用チャンネルと若干の計装用チャンネルがある。

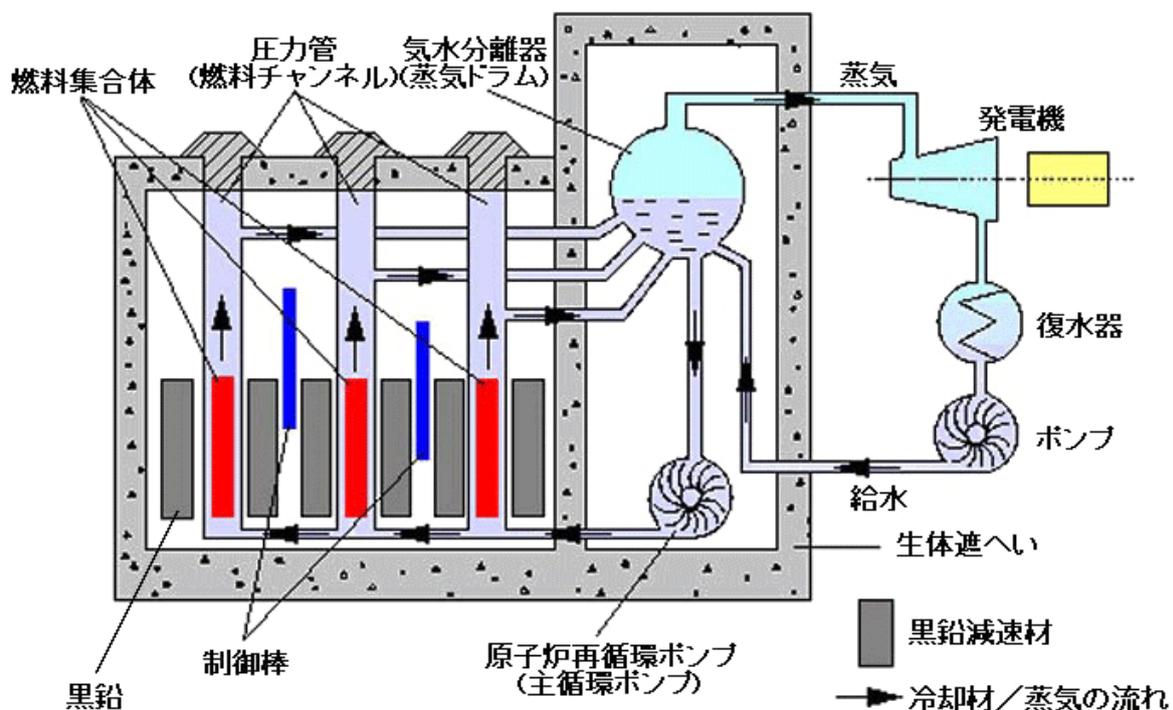


図1 RBMKの基本構成

[出所] Chernobyl Accident (Mar.2006): World Nuclear Association Information and Issue Briefs, <http://www.world-nuclear.org/info/chernobyl/inf07.htm>