

核分裂収率理論から確認できる「放射能毒と化学毒の複合影響量」

山田國廣著

- (1) 原発はU-235核燃料に熱中性子を当て核分裂を起こすことにより生成されるエネルギーを利用する
- (2) U-235に熱中性子を当てた場合のテルル、ヨウ素、キセノン、セシウム同位体の核分裂収率を算定した。
- (3) 福島原発事故後の固定観測局における放射能測定ではこの4種類の核種が主に検出されが、つくば気象研で観測されCsボールにも**テルル、ヨウ素、セシウム同位体**が混入しており、キセノンは気体であり粒子状のCsボール内には存在しない。
- (4)) **Mo (モリブデン) ,Sn(スズ) ,Sb(アンチモン)** などCsボール内で検出されるのは**核分裂より生成される半減期の長い同位体**であり、**U (ウラン)** が検出されるのは**核燃料由来**の核種である。
- (5) テルル同位体の核分裂収率にはTe-128,Te-130のような安定核種とTe-132の短半減期核種が同時に生成されることがわかる。このことによって、テルル同位体の核分裂収率においてすでに「**Te-132のような放射能毒物とTe-128,Te-130のような化学毒物が同時に生成され環境中へ放出される**」ことがわかる。
- (6) 核分裂収率算定では、核分裂直後の瞬間値として $(\text{Te-128}+\text{Te-130})/\text{Cs-137}=0.33(33\%)$ である。福島第一原発事故直後における1号機、2号機、3号機原子炉内の安定テルル質量/Cs-137質量の比は、JAEAのデータコードから算定できて**1号機の安定テルルとCs-137の質量比=0.43, 2号機の質量比=0.39, 3号機の質量比=0.38**である。これらの数値は、原子炉稼働開始から原発事故直後までの稼働時間における積算値比であり、核分裂収率算定値より数値が大きくなっている。福島原発事故後における安定テルル質量は放射能ゼロであるため測定対象になっていないので不明であるが、**「Csボール内のCs-137質量×0.4=放射能安定テルルの質量」**の算定が可能となる。
- (6) 放射能毒で注目すべきは「テルル同位体の崩壊様式」で示すように ①Te-131(β 線放出) \Rightarrow I-131 (β 線放出) \Rightarrow Xe-131, ②Te-132 (β 線放出) \Rightarrow I-132 (β 線放出) \Rightarrow Xe-132, ③Te-133 Te-132 (β 線放出) \Rightarrow I-133 Te-132 (β 線放出) \Rightarrow Xe-133の壊変をする。
- (7) 「テルル同位体からヨウ素同位体へ β 線放出で壊変し、ヨウ素同位体からキセノン同位体へ β 線放出で壊変し、**「1回目の β 線放出でDNA損傷を与え、修復する間を与えずに2回目の β 線でDNA損傷の固定化を行うというDNA損傷における放射性テルルとヨウ素の複合影響**」が起こる。



福島原発事故放射能汚染公害被害原因裁定を求める会

表5 ①熱中性子②速中性子③14Mev高エネルギー中性子が照射される核分裂核種名

文献：「JNDC(Japanese Nuclear Data Committee)による核分裂生成物の各ライブラリー（第2版）」：日本原子力研究所シグマ研究会（著者：田坂完二、他6名）1990年7月19日公表より

「ライブラリーには1078の不安定FP核種と149安定FP核種に対する崩壊および核分裂収率データ、更に166核種に対する中性子断面積データが与えられている。崩壊データとしては各不安定各種の半減期と単位崩壊当たりのβ線ならびにγ線崩壊エネルギーが含まれている。これらの崩壊エネルギーについては測定値および理論計算値をすべて見なおし、最適値すなわち最も信頼性の高い値を今回の第2版ライブラリーの値として採用した。東京大学、オークリッジ研究所、ロス・アラモス研究所におけるTh-232からU-232,U-233,U-235,U-236,U-238,Np-237,Pu-239,Pu-240,Pu-241にわたる数多くの核分裂核種の崩壊熱の測定値と新しい第2版ライブラリーによる計算結果との比較から1000秒近傍ならびにそれ以上の冷却時間範囲において第1版より一致度が向上していることが明らかになった。・・・」

中性子の速度とエネルギーの種類	核分裂核種名
熱中性子	U-233, U-235, Pu-239, Pu-241
速中性子	Th-232, U-233, U-235, U-236, U-238, Np-237, Pu-239, Pu-240, Pu-241
14Mev 高エネルギー中性子	Th-232, U-233, U-235, U-238, Pu-239

図1：原発及び原爆の核分裂による生成核種

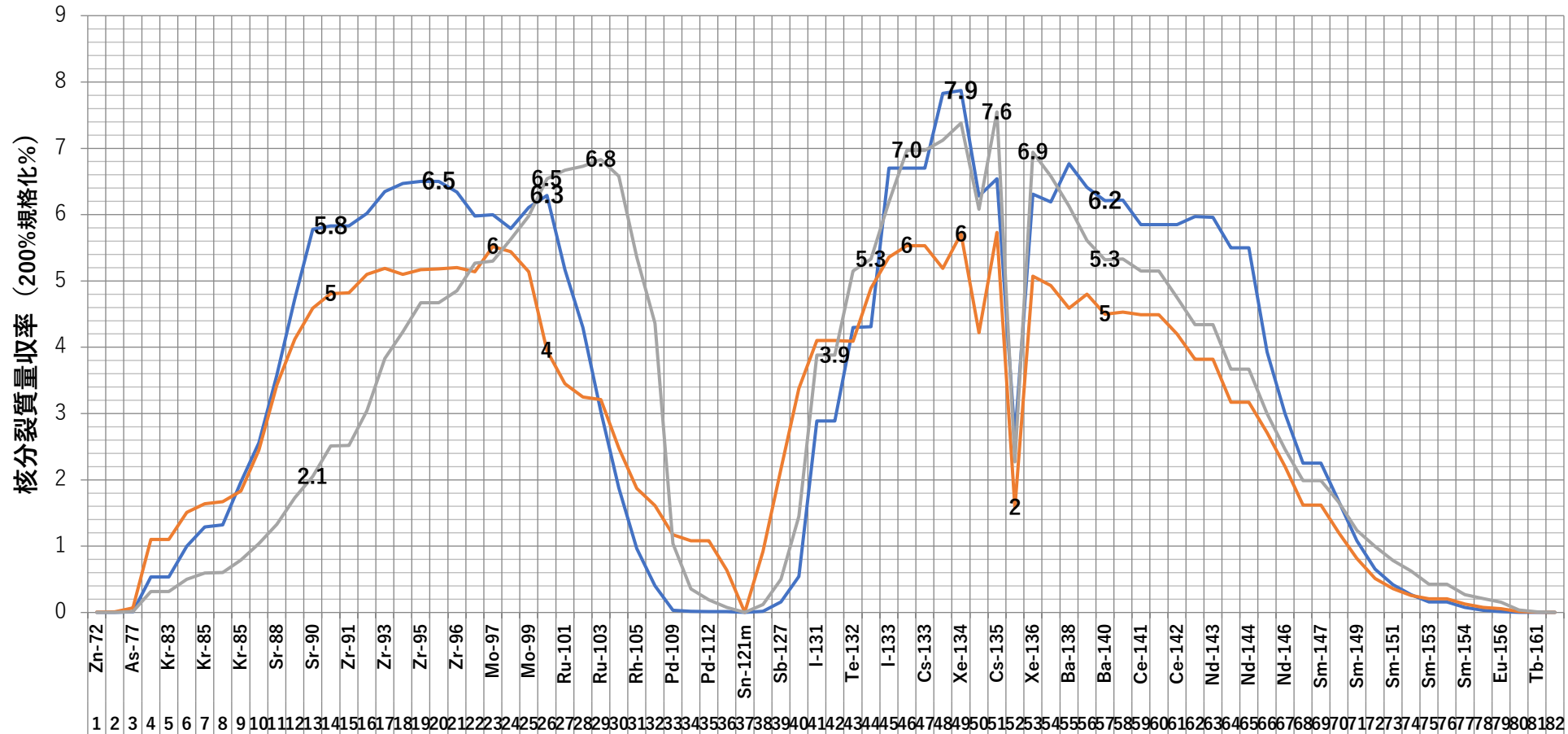
U-235(熱中性子)、U-235(14MeV)、Pu-239(速中性子)の核分裂収率(%)

注1：グラフ下部表記の核種の累積核分裂収率(200%に規格化)した収率

注2：中性子の種類は①熱中性子(U-235使用原発モデル)、②14MeV(広島原爆モデル)、③Pu-239の速中性子(長崎原爆モデル)

注3：グラフ下部表記の核種の累積核分裂収率(200%に規格化)した質量収率

文献：核分裂収率の元文献はロス・アラモス研究所のT.R.England and B.f.Rider: 'Evaluation and Compilation of Fission Product Yield, LA-UR-94-3106(1993)より



核分裂による生成核種： 記号後の数値は質量数すなわち(中性子数+陽子数)

— U-235(熱中性子) — U-235(14MeV) — Pu-239(速中性子)

山田國廣著「核分裂収率理論から確認できる”放射能毒と化学毒の複合影響量」

図2 原発のU-235燃料に熱中性子を当てた直後の核分裂により生成されたテルル (Te)同位体の累積核分裂収率 (%)

注：赤数値は安定核種であるTe-128,Te-130の収率

文献：「JNDC(Japanese Nuclear Data Committee)による核分裂生成物の各ライブラリー（第2版）」：日本原子力研究所シグマ研究会（著者：田坂完二、他6名）1990年7月19日公表より

図2 原発のU-235燃料に熱中性子を当てた直後の核分裂により生成されたテルル (Te)同位体の累積核分裂収率 (%)

注：赤数値は安定核種であるTe-128,Te-130の収率

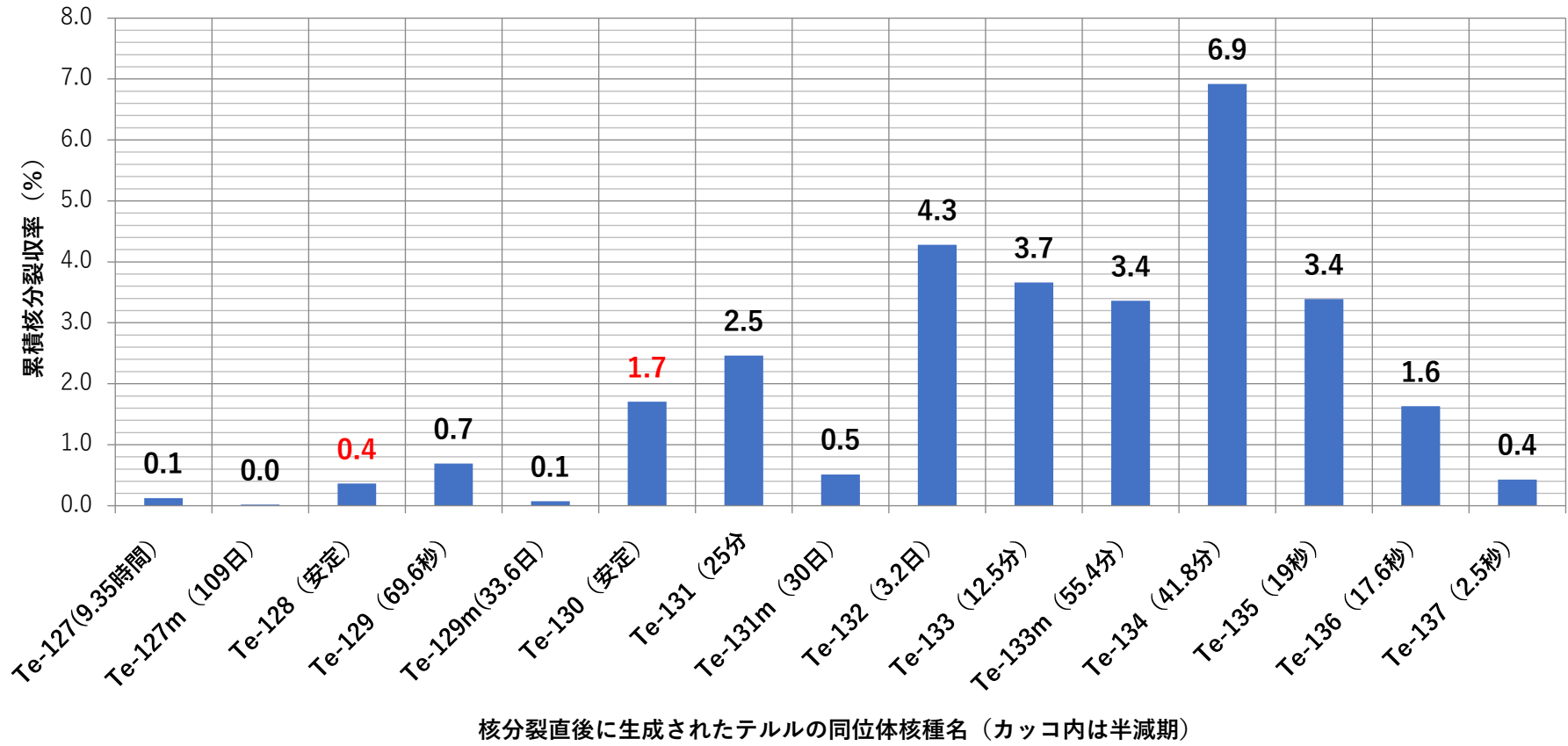


図3 原発のU-235燃料に熱中性子を当てた直後の核分裂により生成されたヨウ素 (I)同位体の累積核分裂収率 (%)

注：赤数値は安定核種であるI-127,I-129の収率

文献：「JNDC(Japanese Nuclear Data Committee)による核分裂生成物の各ライブラリー（第2版）」：日本原子力研究所シグマ研究会（著者：田坂完二、他6名）1990年7月19日公表より

図3 原発のU-235燃料に熱中性子を当てた直後の核分裂により生成されたヨウ素 (I)同位体の累積核分裂収率 (%)

注：赤数値は安定核種であるI-127,I-129の収率

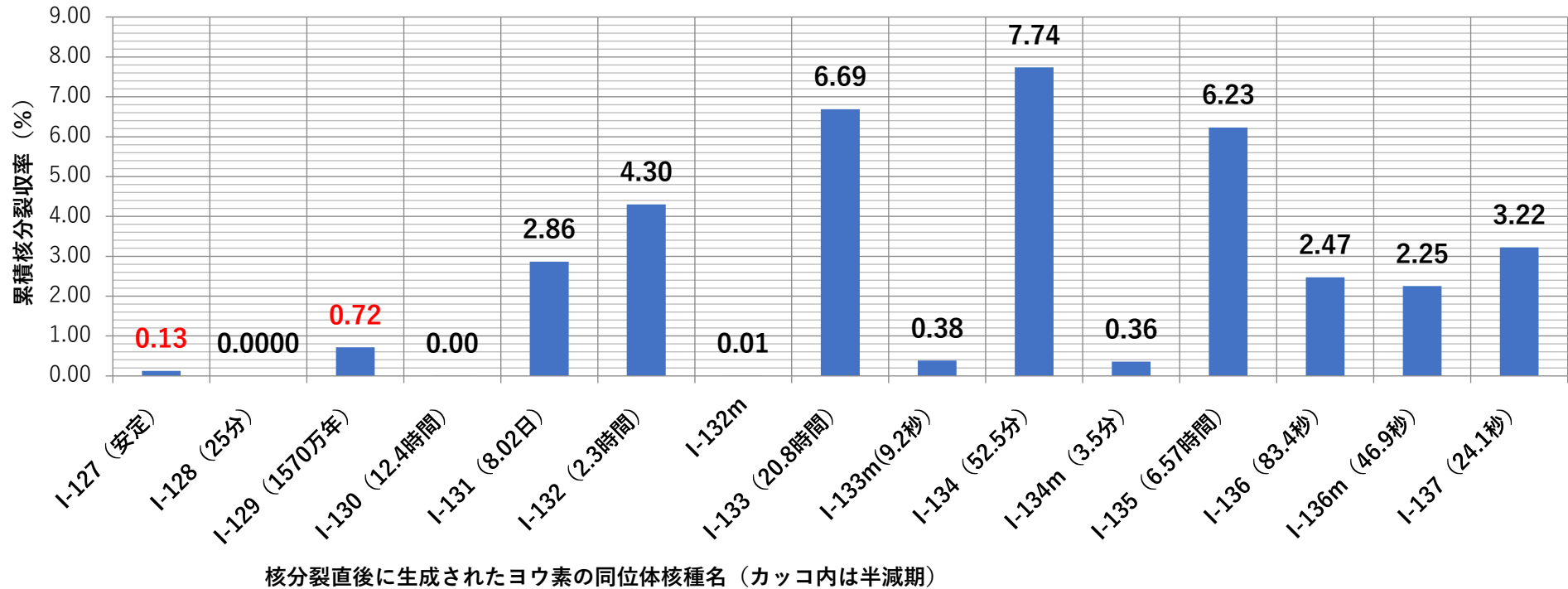


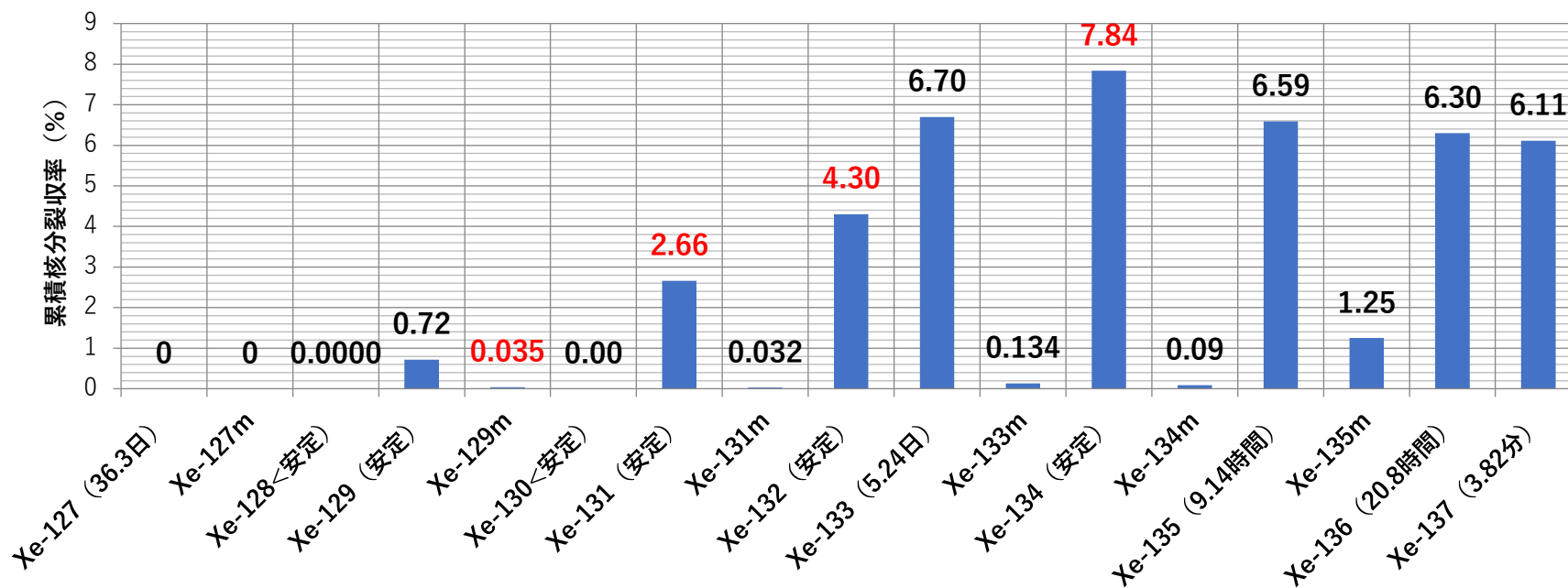
図4 原発のU-235燃料に熱中性子を当てた直後の核分裂により生成されたキセノン (Xe)同位体の累積核分裂収率 (%)

注：赤数値は安定核種であるXe-132,Xe-134,Xe-136の収率

文献：「JNDC(Japanese Nuclear Data Committee)による核分裂生成物の各ライブラリー（第2版）」：日本原子力研究所シグマ研究会（著者：田坂完二、他6名）1990年7月19日公表より

図4 原発のU-235燃料に熱中性子を当てた直後の核分裂により生成されたキセノン (Xe)同位体の累積核分裂収率 (%)

注：赤数値は安定核種であるXe-132,Xe-134,Xe-136の収率



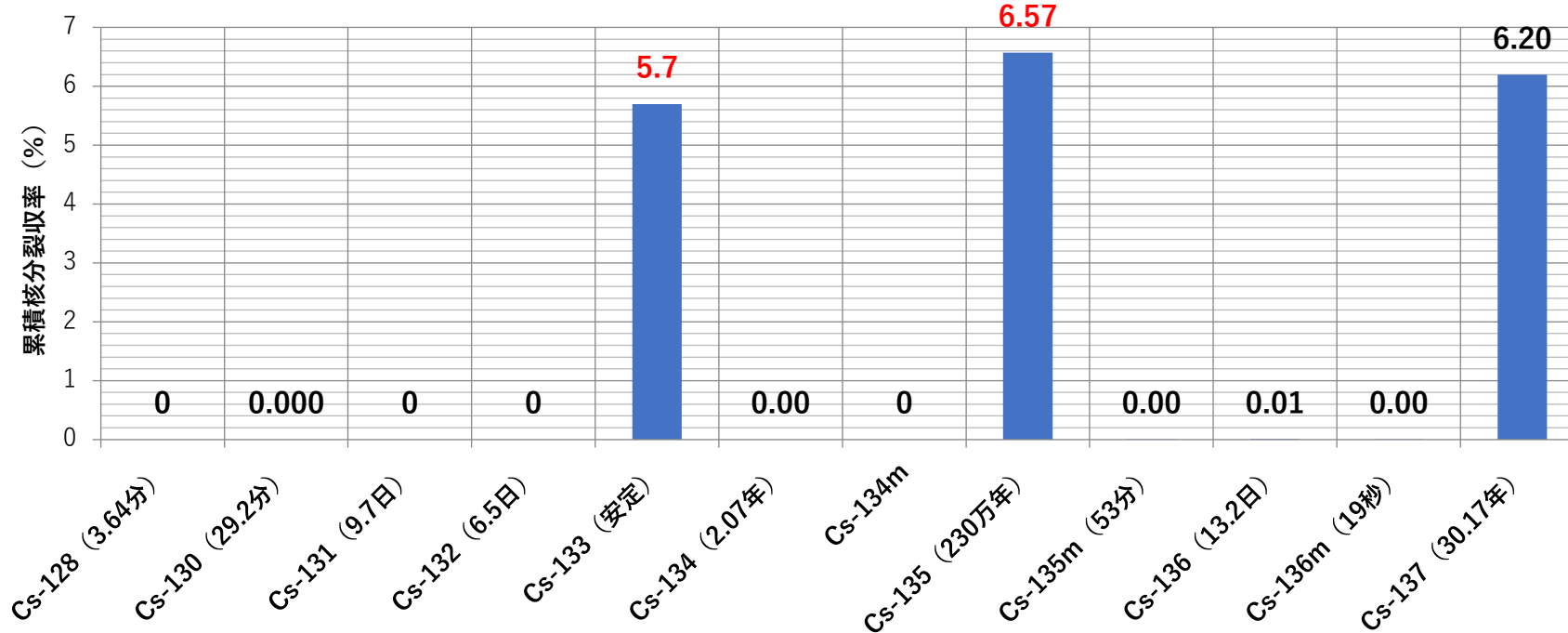
核分裂直後に生成されたキセノンの同位体核種名 (カッコ内は半減期)

図5 原発のU-235燃料に熱中性子を当てた直後の核分裂により生成されたセシウム (Cs)同位体の累積核分裂収率 (%)

文献：「JNDC(Japanese Nuclear Data Committee)による核分裂生成物の各ライブラリー（第2版）」：日本原子力研究所シグマ研究会（著者：田坂完二、他6名）1990年7月19日公表より

図5 原発のU-235燃料に熱中性子を当てた直後の核分裂により生成されたセシウム (Cs)同位体の累積核分裂収率 (%)

注：赤数値は安定核種であるCs-133,Cs-135の収率



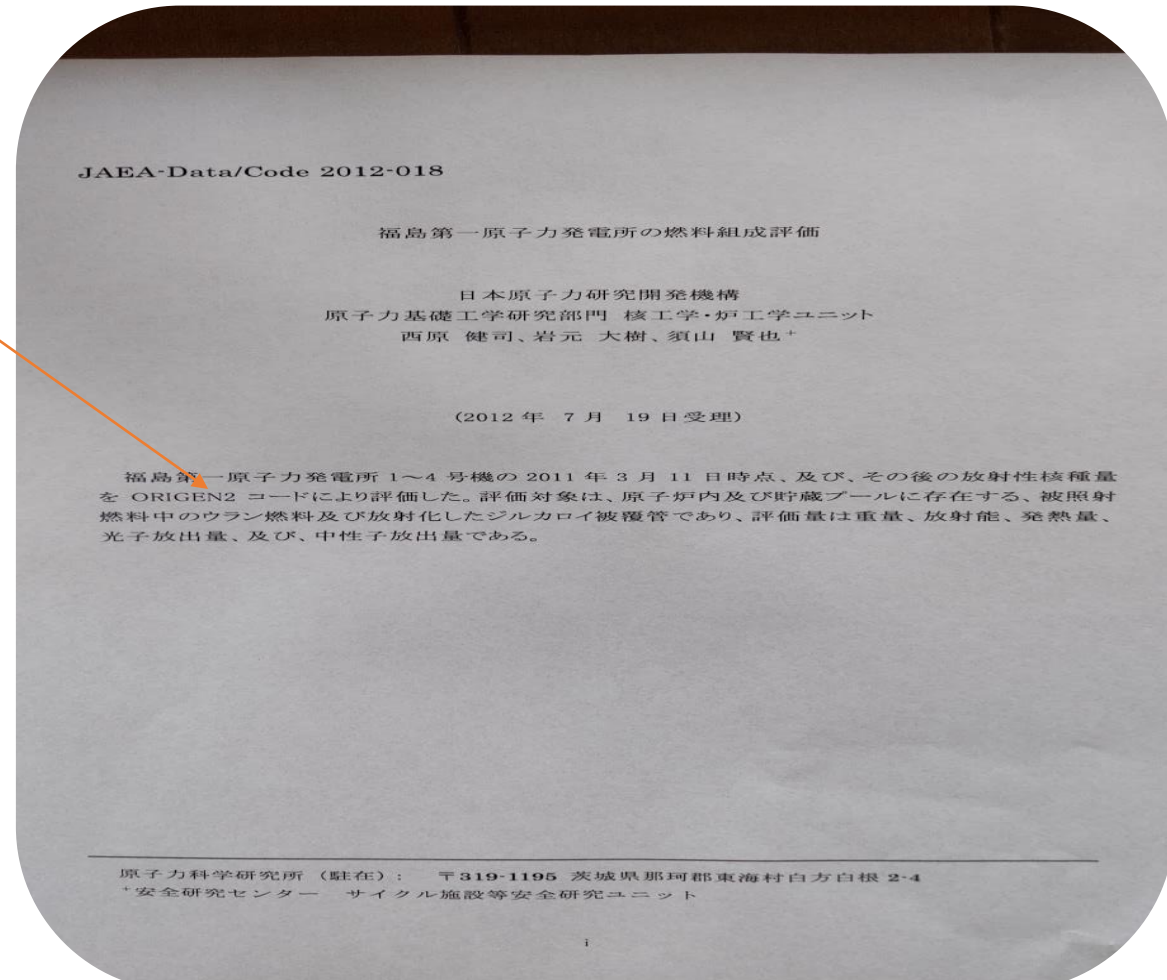
核分裂直後に生成されたセシウムの同位体核種名 (カッコ内は半減期)

福島第一原発事故直後の1号機、2号機、3号機原子炉内における核分裂生成物の放射能、質量などの基本情報は原子力研究開発機構発行の「JAEA-DaTa/Code 福島第一原発発電所の燃料組成評価」で公表されていた。

注：ORIGEN2モデルを使用して2011年3月11日以後の福島第一原子力発電所1号機~4号機の原子内及び使用済み核燃料プールにおける、ホットパーティクル形成核種の質量、放射能、発熱量などの時間変化が網羅的に算定されていた。

<https://jopass.jaea.go.jp>JAEA-Data-Code-2012-018>

「ORIGENとは”ORNL Isotope Generation and Depletion Code”のことである。放射性物資の生成、壊変、減損について計算を行うためのコードシステム。主に原子炉を対象として中性子や核分裂による放射性核種の生成とその後の壊変の過程を算定している。オークリッジ国立研究所（ORNL）が30年以上にわたる長い開発の歴史の中で、いくつかのバージョンを公表してきた。ORIGEN2（1981年）は初代ORIGENの改良版で、原子炉モデル、断面積、核分裂生成放射エネルギー、質量、熱量などが算定されている。」



福島原発事故・核分裂停止後の1号機（1日後）、2号機（3日後）、3号機（3日後）の炉心部に堆積していた放射性テルル（Te-127,Te-127m,Te-129,Te-129m,Te-131,Te-131m,Te-132）、安定テルル（Te-128,Te-130）、放射性ヨウ素（I-129,I-131,I-132,I-133）、放射性セシウム（Cs-134,Cs-137）の①半減期、②放射能（Bq）と③質量（g）及び⑤放射能毒と化学毒の分類

出典：、原子力研究開発機構が発行している「JAEA-Data/Code2012-018 福島第一原子力発電所の燃料組評価」より

原発事故前から1号機、2号機、3号機の炉心部に堆積していた②放射能（Bq）と③質量（g）										
		①半減期	1号機炉心部の放射能（Bq）	1号機炉心部の質量（g）	2号機炉心部の放射能（Bq）	2号機炉心部の質量（g）	3号機炉心部の放射能（Bq）	3号機炉心部の質量（g）	④Bq当たりの質量（g/Bq）	⑤毒性の分類
Cs-134/Cs-137			0.86		1.08		1.04			
Te-128質量/Cs-137質量				0.11		0.08		0.08		
Te-130質量/Cs-137質量				0.32		0.31		0.30		
質量比（Te-128+Te-130）/Cs-137				0.43		0.39		0.38		
毒物テルル1族	Te-127	9.35時間	9.48E+16	0.7	1.16E+17	1.2	1.20E+17	1.23	1.02E-17	化学毒+放射毒
	Te-127m	109日	8.19E+15	2.4	1.23E+16	3.5	1.34E+16	3.83	2.86E-16	化学毒+放射毒
	Te-128	7.7×10 ²⁴ 年	0	7070	0	6160	0	5810	0	化学毒
	Te-129	69.6秒	3.97E+16	0.03	4.28E+16	0.1	4.53E+16	0.584	1.29E-18	化学毒+放射毒
	Te-129m	33.6日	4.33E+16	37.3	6.95E+16	62.4	7.07E+16	63.5	8.98E-16	化学毒+放射毒
	Te-130	2.7×10 ²¹ 年	0	19840	0	24100	0	22700	0	化学毒
	Te-131	25分	4.06E+16	0.01	2.26E+16	0.01	2.31E+16	0.0109	4.72E-19	化学毒+放射毒
	Te-131m	30日	1.80E+17	2.0	1.01E+17	3.4	1.03E+17	3.49	3.39E-17	化学毒+放射毒
	Te-132	3.2日	1.57E+18	90.8	1.76E+18	157	1.76E+18	157	8.90E-17	化学毒+放射毒
放射性ヨウ素	I-129	1.57×10 ⁷ 年	6.2E+9	9490	7.5E+9	10500	7.1E+9	10800	1.53E-07	放射能毒
	I-131	8.02日	1.26E+18	236	1.87E+18	408	1.86E+18	406	2.18E-16	放射能毒
	I-132	2.3時間	1.84E+18	2.8	1.81E+18	4.7	1.81E+18	4.74	2.62E-18	放射能毒
	I-133	20.8時間	2.65E+17	6.3	4.58E+17	10.9	4.57E+17	10.9	2.38E-17	放射能毒
放射性セシウム	Cs-134	2.065年	1.90E+17	3970	2.76E+17	5770	2.51E+17	5250	2.09E-14	放射能毒
	Cs-137	30.17年	2.02E+17	62700	2.55E+17	79100	2.41E+17	74700	3.10E-13	放射能毒

①つくば気象研究所および関東圏のSPM観測所において2011年3月15日採取された2号機放出プルームから採取されたAタイプCsボールと呼ばれる微小粒子には放射性テルル (Te-129,Te-129m,Te-131m,Te-132 ; 放射能毒+化学毒),放射性ヨウ素(I-131,I-132,I-133 : 放射能毒),放射性セシウム (Cs-134,Cs-136,Cs-137 : 放射能毒) と安定テルル (Te-128,Te-130 : 高度化学毒物),ウラン (U : 高度化学毒物)とアンチモン (Sb : 中等度化学毒物)、スズ (Sn : 中等度化学毒物),モリブデン (Mo:中等度化学毒物)、鉛 (Pb : 中等度化学毒物) などが混入していた。

◎AタイプCsボールの形状 (球形で1 μ m程度の大きさ) と化学毒物と放射性毒物が混入するモデル図

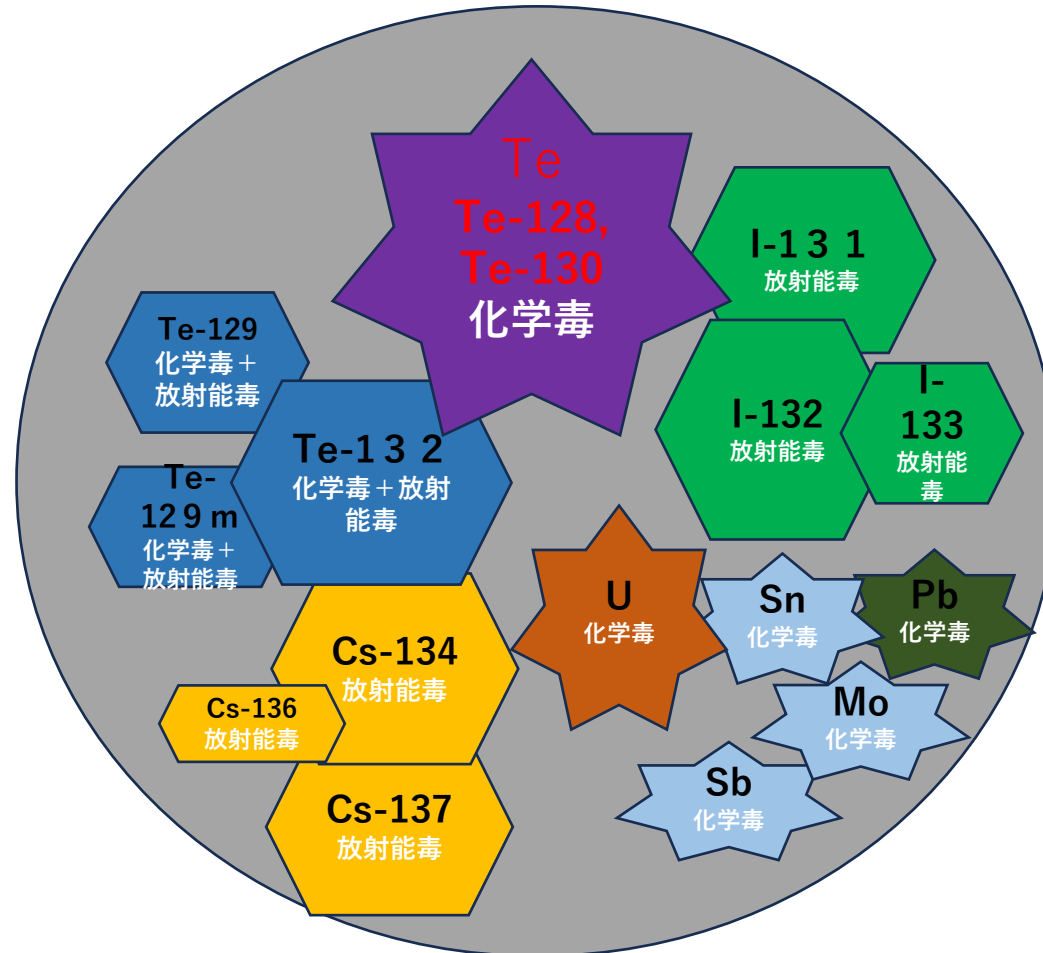


表7 テルル同位体の種類、半減期、崩壊様式、崩壊後生成物

注1:赤字核種は、福島第一原発から放出された放射能として実測された核種名

注2:青字は、核分裂収率解析により累積核分裂収率が0.01%以上の核種名で

注3:緑字は、安定または準安定核種で、累積分列収率が0.01%の異常の核種である。安定、準安定核種は核分裂後に環境中へ放出されて時間が経過しても、半減期は超長期であるので減衰せず、化学毒性もほぼ永久に持続する。放射性テルルには8種類の安定核種があるが、それらは全て福島第一原発の各号機において生成され、2011年3月12日以後の3月中は相対的に多くの量が、そして以後放出量は減少していくが長期(特に2号機は8年後も微量出し続けている)に継続して全国に放出され、毒性の強い安定テルルは、空気中、水、食品、皮膚から内部被ばくをもたらし、血液を通じて全臓器に分配され、その毒性影響を持続させ、がんやその他の疾病を発生させた主要原因物質であった。

同位体核種名と質量数	中性子数	中性子/陽子数(中性子過剰率)	半減期	崩壊様式	崩壊後の生成物	地球上の存在比率(%)
Te-105	53	1.02	1μ秒	α	Sn-101	
Te-106	54	1.04	70μ秒	α	Sn-102	
				α	Sn-103	
Te-107	55	1.06	3.1分	β ⁺	Sb-107	
				β ⁺	Sb-108	
Te-108	56	1.08	2.1秒	α	Sb-104	
				β ⁺	Sb-109	
Te-109	57	1.10	4.6秒	β ⁺	Sb-105	
Te-110	58	1.12	18.6秒	β ⁺	Sb-110	
Te-111	59	1.13	19.3秒	β ⁺	Sb-111	
Te-112	60	1.15	2分	β ⁺	Sb-112	
Te-113	61	1.17	1.7分	β ⁺	Sb-113	
Te-114	62	1.19	15.2分	β ⁺	Sb-114	
Te-115	63	1.21	5.8分	β ⁺	Sb-115	
Te-115m	63	1.21	6.7分			
Te-116	64	1.23	2.49時間	β ⁺	Sb-116	
Te-117	65	1.25	62分	β ⁺	Sb-117	
Te-117 m	65	1.25	103m秒			
Te-118	66	1.27	6日	EC	Sb-118	
Te-119	67	1.29	16.05日			
Te-119m	67	1.29	4.7日			
Te-120	68	1.31	準安定			0.09
Te-121	69	1.33	19.16日	β ⁺	Sb-121	
Te-121m	69	1.33	154日	IT		
Te-122	70	1.35	安定			2.55
Te-123	71	1.37	1.3×10 ¹³ 年	EC	Sb-123	0.89
Te-123m	71	1.37	119日	IT		
Te-124	72	1.38	安定			4.74
Te-125	73	1.40	安定			7.07
Te-125m	73	1.40	57.4日	IT		

山田國重著「核分裂収率理論から確認できる”放射能毒と化学毒の複合影響量”

同位体核種名と質量数	中性子数	中性子/陽子数(中性子過剰率)	半減期	崩壊様式	崩壊後の生成物	地球上の存在比率 (%)
Te-126	74	1.42	安定			18.84
Te-127	75	1.44	9.35時間	β^+	I-127	
Te-127m	75	1.44	109日	IT		
Te-128	76	1.46	7.7×10^{24} 年	$2\beta^-$	Xe-128	31.74
Te-128m	76	1.46	370 n 秒			
Te-129	77	1.48	69.6秒	β^-	I-129	
Te-129m	77	1.48	33.6日			
Te-130	78	1.50	2.7×10^{21} 年	$2\beta^-$	Xe-130	34.08
Te-130 m	78	1.50	1.9 μ 秒			
Te-131	79	1.52	25分	β^-	I-131	
Te-131m	79	1.52	30日			
Te-132	80	1.54	3.2日	β^-	I-132	
Te-133	81	1.56	12.5分	β^-	I-133	
Te-133m	81	1.56	55.4分			
Te-134	82	1.58	41.8分	β^-	I-134	
Te-134m	82	1.58	164n秒			
Te-135	83	1.60	19秒	β^-	I-135	
Te-135m	83	1.60	510 n 秒			
Te-136	84	1.62	17.63秒	β^-	I-136	
Te-137	85	1.63	2.49秒	β^-	I-137	
Te-138	86	1.65	14.4秒	β^-	I-138	
Te-139	87	1.67	500m秒	β^-	I-139	
Te-140	88	1.69	300m秒	β^-	I-140	
Te-141	89	1.71	100m秒	β^-	I-141	

参考文献

- ①ATOMIC WEIGHTS OF THE ELEMENTS:REVIE 2000 :Pure Appl,Chem.,Vol.75,N0.6,769pより
- ②The AME2016 atomic mass evaluation :Wj.Huang et al :Chiness Physics C、 Vol.41,No 3(2017)030002
- ③The NUBASE2016 evaluation of Nuclear Properties :G Audi et al :Chiness Physics C、 Vol.41,No 3(2017)030001
- ④桜井弘著:元素111の新知識(講談社ブルーバックス)239Pより
- ⑤フリー百科事典「ウィキペディア」、テルルの同位体より
- ⑥アイソトープ手帳(日本アイソトープ協会)57Pより 山田國廣著「核分裂収率理論から確認できる”放射能毒と化学毒の複合影響量」
- ⑦海老原充著:現代放射化学、化学同人、42pより