

六ヶ所再処理工場の災害評価に関する覚書

京都大学原子炉実験所 小出 裕章

．はじめに

行うことは六ヶ所再処理工場で重大な事故がおきた時の災害を評価することである。六ヶ所再処理工場は、使用済み燃料を 3000 トン分貯蔵し、年間 800 トン分の再処理を行う計画である。

原子力発電所の炉心に存在する核燃料が 100 トンから 150 トンであるのに比べて、はるかに多いし、再処理の作業は燃料棒を切断して硝酸に溶かした上での化学分離であるので、平常運転時に環境に放出する放射能の量は原子力発電所に比べて桁違いに多くならざるを得ない。

ただ、再処理工場に搬入される燃料は、原子力発電所で使用済みとなり、その後数年間発電所内に保管された後に運び込まれるものである。そのため、運転中の原子力発電所で事故が起きた場合に比べれば、短い寿命の放射性核種は減衰してなくなってしまっており、再処理工場で事故が起きた場合には、短寿命の放射性核種からの影響は実質的に無視できる。一方、再処理工場に搬入される使用済み燃料は原子炉で燃え尽くされたものであり（燃焼度が高い）、長寿命の核種の蓄積が多い。それらの核種は超ウラン元素と呼ばれる一群の核種であり、その多くはアルファ線を出して、生物毒性が高い。

私の手元には、かつての同僚である瀬尾健さんが遺してくれた原子力発電所の災害評価を実行する一群のプログラムがある。それに手を加え、再処理工場での災害評価をできるようにすることがこの仕事の中心課題である。

．災害評価で考慮する放射性核種

すでに述べたように、原子力発電所の災害評価で考慮しなければならない核種と再処理工場の災害評価で考慮しなければならない核種は大きく異なる。瀬尾さんは米国原子力規制委員会の「原子炉安全性研究」で取り上げられた核種を採用して災害評価を行ったが、再処理工場用には災害評価に考慮する核種を選定しなおし、各核種についての放射線データや被曝線量関連のデータファイルを新たに作り直す必要がある。

今回はまず、JAERI-Reserch99-004、「使用済軽水炉燃料の核種組成評価」に示されたデータのうち「取出燃焼度 45GWD・tHM の PWR-UO₂ 燃料に対する核種組成データ」から冷却期間 5 年の値を採用して再処理工場に存在する放射性核種の量を決めた。そして、その中から被曝評価上重要な 45 核種を選んだ。ただし、H-3 については、このレポートの値が六ヶ所再処理工場の申請書に示された値と比べて著しく小さいので、申請書記載の値を参考に補正した。ただし、H-3 は平常運転時の被曝評価では重要だが、事故時の被曝には大きく寄与しない。

次に、それぞれの核種について吸入摂取した場合の線量換算係数を決める。瀬尾さんは ICRP-72 の値を使い、Pu など若干の核種について J.W.Gofman の評価を使って補正した。今回は、日本原子力研究所が科学技術庁からの委託調査「原子力発電施設等内部被ばく評価技術調査」によって作成した「内部被ばく線量評価システム：INDES Vers.4.1」（2000 年 3 月）コードを使って、成人に対する値を計算しなおし、すべての核種について、その値を採用した。その場合各核種の化学形は

表1 六ヶ所再処理工場に存在する放射性核種と線量換算係数

取出燃焼度 45GWd・tHM の PWR-UO2 燃料に対する核種組成データ、取り出し後 5 年冷却

	核種名	放射能量	半減期	線量換算計数[Sv/mCi]	
		10 ⁸ Ci	Days	30d	50y
1	H 3	1.892 × 10 ⁻⁰²	4.504 × 10 ⁺⁰³	5.550 × 10 ⁻⁰⁴	6.660 × 10 ⁻⁰⁴
2	Kr 85	2.625 × 10 ⁻⁰¹	3.908 × 10 ⁺⁰³	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	0.000 × 10 ⁺⁰⁰
3	Sr 90	2.626 × 10 ⁺⁰⁰	1.052 × 10 ⁺⁰⁴	3.700 × 10 ⁻⁰²	8.880 × 10 ⁻⁰¹
4	Y 90	2.659 × 10 ⁺⁰⁰	2.666 × 10 ⁺⁰⁰	5.550 × 10 ⁻⁰²	5.550 × 10 ⁻⁰²
5	Zr 93	7.367 × 10 ⁻⁰⁵	5.479 × 10 ⁺⁰⁸	6.290 × 10 ⁻⁰³	3.700 × 10 ⁻⁰¹
6	Tc 99	5.325 × 10 ⁻⁰⁴	7.816 × 10 ⁺⁰⁷	7.770 × 10 ⁻⁰²	1.480 × 10 ⁻⁰¹
7	Rh 102	3.097 × 10 ⁻⁰⁵	1.059 × 10 ⁺⁰³	5.550 × 10 ⁻⁰²	6.660 × 10 ⁻⁰¹
8	Ru 106	7.211 × 10 ⁻⁰¹	3.653 × 10 ⁺⁰²	3.478 × 10 ⁻⁰¹	2.442 × 10 ⁺⁰⁰
9	Ag 110 m	1.494 × 10 ⁻⁰³	2.520 × 10 ⁺⁰²	1.110 × 10 ⁻⁰¹	4.810 × 10 ⁻⁰¹
10	Cd 113 m	9.801 × 10 ⁻⁰⁴	5.114 × 10 ⁺⁰³	1.110 × 10 ⁻⁰¹	1.110 × 10 ⁺⁰⁰
11	Sb 125	9.000 × 10 ⁻⁰²	9.862 × 10 ⁺⁰²	7.030 × 10 ⁻⁰²	1.776 × 10 ⁻⁰¹
12	I 129	1.255 × 10 ⁻⁰⁶	5.844 × 10 ⁺⁰⁹	2.257 × 10 ⁻⁰¹	1.332 × 10 ⁺⁰⁰
13	Cs 134	1.407 × 10 ⁺⁰⁰	7.531 × 10 ⁺⁰²	5.180 × 10 ⁻⁰²	2.479 × 10 ⁻⁰¹
14	Cs 137	3.861 × 10 ⁺⁰⁰	1.102 × 10 ⁺⁰⁴	3.256 × 10 ⁻⁰²	1.739 × 10 ⁻⁰¹
15	C 144	4.636 × 10 ⁻⁰¹	2.842 × 10 ⁺⁰²	3.700 × 10 ⁻⁰¹	1.924 × 10 ⁺⁰⁰
16	Pr 144	4.630 × 10 ⁻⁰¹	1.202 × 10 ⁻⁰²	6.660 × 10 ⁻⁰⁴	6.660 × 10 ⁻⁰⁴
17	Pm 146	6.404 × 10 ⁻⁰⁵	2.009 × 10 ⁺⁰³	6.660 × 10 ⁻⁰²	6.290 × 10 ⁻⁰¹
18	Pm 147	1.596 × 10 ⁺⁰⁰	9.582 × 10 ⁺⁰²	5.920 × 10 ⁻⁰²	6.290 × 10 ⁻⁰¹
19	Sm 151	1.122 × 10 ⁻⁰²	3.287 × 10 ⁺⁰⁴	7.400 × 10 ⁻⁰³	1.480 × 10 ⁻⁰¹
20	x 152	5.816 × 10 ⁻⁰⁵	4.748 × 10 ⁺⁰³	9.620 × 10 ⁻⁰²	1.554 × 10 ⁺⁰⁰
21	x 154	1.586 × 10 ⁻⁰¹	3.105 × 10 ⁺⁰³	1.776 × 10 ⁻⁰¹	1.961 × 10 ⁺⁰⁰
22	x 155	7.383 × 10 ⁻⁰²	1.790 × 10 ⁺⁰³	4.440 × 10 ⁻⁰²	2.553 × 10 ⁻⁰¹
23	Ra 224	1.340 × 10 ⁻⁰⁶	3.653 × 10 ⁺⁰⁰	1.184 × 10 ⁺⁰²	1.184 × 10 ⁺⁰²
24	Th 228	1.337 × 10 ⁻⁰⁶	6.988 × 10 ⁺⁰²	5.180 × 10 ⁺⁰²	1.554 × 10 ⁺⁰³
25	Th 230	2.390 × 10 ⁻⁰⁹	2.922 × 10 ⁺⁰⁷	7.400 × 10 ⁺⁰¹	5.180 × 10 ⁺⁰²
26	Pa 231	8.591 × 10 ⁻¹⁰	1.198 × 10 ⁺⁰⁷	8.140 × 10 ⁺⁰¹	1.258 × 10 ⁺⁰³
27	U 234	3.656 × 10 ⁻⁰⁵	8.949 × 10 ⁺⁰⁷	7.770 × 10 ⁺⁰¹	3.552 × 10 ⁺⁰²
28	U 235	5.376 × 10 ⁻⁰⁷	2.571 × 10 ⁺¹¹	6.660 × 10 ⁺⁰¹	3.219 × 10 ⁺⁰²
29	U 236	9.808 × 10 ⁻⁰⁶	8.554 × 10 ⁺⁰⁹	7.030 × 10 ⁺⁰¹	3.330 × 10 ⁺⁰²
30	Np 237	1.338 × 10 ⁻⁰⁵	7.816 × 10 ⁺⁰⁸	7.030 × 10 ⁺⁰²	8.510 × 10 ⁺⁰²
31	Pu 238	1.375 × 10 ⁻⁰¹	3.205 × 10 ⁺⁰⁴	9.620 × 10 ⁺⁰¹	5.920 × 10 ⁺⁰²
32	U 238	9.357 × 10 ⁻⁰⁶	1.632 × 10 ⁺¹²	6.290 × 10 ⁺⁰¹	3.034 × 10 ⁺⁰²
33	Pu 239	1.122 × 10 ⁻⁰²	8.803 × 10 ⁺⁰⁶	8.510 × 10 ⁺⁰¹	5.920 × 10 ⁺⁰²
34	Np 239	1.029 × 10 ⁻⁰³	2.338 × 10 ⁺⁰⁰	3.515 × 10 ⁻⁰²	3.515 × 10 ⁻⁰²
35	Pu 240	1.821 × 10 ⁻⁰²	2.400 × 10 ⁺⁰⁶	8.510 × 10 ⁺⁰¹	5.920 × 10 ⁺⁰²
36	Am 241	4.227 × 10 ⁻⁰²	1.582 × 10 ⁺⁰⁵	8.510 × 10 ⁺⁰¹	1.554 × 10 ⁺⁰³
37	Pu 241	4.117 × 10 ⁺⁰⁰	5.219 × 10 ⁺⁰³	7.770 × 10 ⁻⁰³	6.290 × 10 ⁺⁰⁰
38	Am 242 m	2.314 × 10 ⁻⁰⁴	5.552 × 10 ⁺⁰⁴	4.440 × 10 ⁺⁰⁰	1.369 × 10 ⁺⁰³
39	Cm 242	1.066 × 10 ⁻⁰³	1.629 × 10 ⁺⁰²	9.990 × 10 ⁺⁰¹	1.924 × 10 ⁺⁰²
40	Pu 242	9.149 × 10 ⁻⁰⁵	1.363 × 10 ⁺⁰⁸	7.770 × 10 ⁺⁰¹	5.550 × 10 ⁺⁰²
41	Am 243	1.023 × 10 ⁻⁰³	2.692 × 10 ⁺⁰⁶	7.770 × 10 ⁺⁰¹	1.517 × 10 ⁺⁰³
42	Cm 243	7.247 × 10 ⁻⁰⁴	1.041 × 10 ⁺⁰⁴	9.250 × 10 ⁺⁰¹	1.147 × 10 ⁺⁰³
43	Cm 244	1.352 × 10 ⁻⁰¹	6.615 × 10 ⁺⁰³	9.250 × 10 ⁺⁰¹	9.990 × 10 ⁺⁰²
44	Cm 245	2.539 × 10 ⁻⁰⁵	3.105 × 10 ⁺⁰⁶	8.140 × 10 ⁺⁰¹	1.554 × 10 ⁺⁰³
45	Cm 246	4.740 × 10 ⁻⁰⁶	1.717 × 10 ⁺⁰⁶	8.140 × 10 ⁺⁰¹	1.554 × 10 ⁺⁰³

表2 各核種のガンマ線、ベータ線エネルギーと地表および雲から受ける被曝線量

核種名	Energy		DFG (1)	DFC (2)		
	Effective	Effective				
	MeV	MeV	(Sv/h)/(Ci/m ²)	(Sv/s)/(Ci/m ³)		
1	H	3	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	6.203 × 10 ⁻⁰³	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	0.000 × 10 ⁺⁰⁰
2	Kr	85	2.236 × 10 ⁻⁰³	2.297 × 10 ⁻⁰¹	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	5.167 × 10 ⁻⁰⁶
3	Sr	90	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	1.820 × 10 ⁻⁰¹	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	0.000 × 10 ⁺⁰⁰
4	Y	90	5.246 × 10 ⁻⁰⁸	7.627 × 10 ⁻⁰¹	6.470 × 10 ⁻⁰⁹	1.208 × 10 ⁻¹⁰
5	Zr	93	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	1.900 × 10 ⁻⁰²	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	0.000 × 10 ⁺⁰⁰
6	Tc	99	5.831 × 10 ⁻⁰⁹	9.733 × 10 ⁻⁰²	1.590 × 10 ⁻⁰⁹	1.322 × 10 ⁻¹¹
7	Rh	102	1.938 × 10 ⁺⁰⁰	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	3.220 × 10 ⁻⁰¹	4.528 × 10 ⁻⁰³
8	Ru	106	1.750 × 10 ⁻⁰¹	1.031 × 10 ⁺⁰⁰	2.980 × 10 ⁻⁰²	4.056 × 10 ⁻⁰⁴
9	Ag	110 m	2.168 × 10 ⁺⁰⁰	8.417 × 10 ⁻⁰²	4.270 × 10 ⁻⁰¹	6.194 × 10 ⁻⁰³
10	Cd	113 m	6.144 × 10 ⁻⁰⁵	1.967 × 10 ⁻⁰¹	1.210 × 10 ⁻⁰⁵	1.419 × 10 ⁻⁰⁷
11	Sb	125	3.819 × 10 ⁻⁰¹	9.988 × 10 ⁻⁰²	7.290 × 10 ⁻⁰²	9.667 × 10 ⁻⁰⁴
12	I	129	2.968 × 10 ⁻⁰³	5.000 × 10 ⁻⁰²	1.110 × 10 ⁻⁰³	5.556 × 10 ⁻⁰⁶
13	Cs	134	1.516 × 10 ⁺⁰⁰	1.659 × 10 ⁻⁰¹	2.580 × 10 ⁻⁰¹	3.611 × 10 ⁻⁰³
14	Cs	137	5.955 × 10 ⁻⁰¹	1.705 × 10 ⁻⁰¹	9.420 × 10 ⁻⁰²	1.311 × 10 ⁻⁰³
15	C	144	1.482 × 10 ⁻⁰²	9.543 × 10 ⁻⁰²	3.520 × 10 ⁻⁰³	3.444 × 10 ⁻⁰⁵
16	Pr	144	2.868 × 10 ⁻⁰²	9.886 × 10 ⁻⁰¹	4.050 × 10 ⁻⁰³	6.639 × 10 ⁻⁰⁵
17	Pm	146	7.445 × 10 ⁻⁰¹	9.805 × 10 ⁻⁰²	1.260 × 10 ⁻⁰¹	1.731 × 10 ⁻⁰³
18	Pm	147	3.569 × 10 ⁻⁰⁶	7.483 × 10 ⁻⁰²	8.740 × 10 ⁻⁰⁷	8.250 × 10 ⁻⁰⁹
19	Sm	151	6.462 × 10 ⁻⁰⁶	2.530 × 10 ⁻⁰²	3.150 × 10 ⁻⁰⁶	4.111 × 10 ⁻⁰⁹
20	x	152	8.091 × 10 ⁻⁰¹	7.123 × 10 ⁻⁰²	1.830 × 10 ⁻⁰¹	2.614 × 10 ⁻⁰³
21	x	154	1.022 × 10 ⁺⁰⁰	2.321 × 10 ⁻⁰¹	1.970 × 10 ⁻⁰¹	2.833 × 10 ⁻⁰³
22	x	155	5.399 × 10 ⁻⁰²	5.600 × 10 ⁻⁰²	1.440 × 10 ⁻⁰²	1.231 × 10 ⁻⁰⁴
23	Ra	224	9.398 × 10 ⁻⁰³	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	1.890 × 10 ⁻⁰³	2.175 × 10 ⁻⁰⁵
24	Th	228	1.452 × 10 ⁻⁰³	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	4.920 × 10 ⁻⁰⁴	4.528 × 10 ⁻⁰⁶
25	Th	230	2.516 × 10 ⁻⁰⁴	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	7.600 × 10 ⁻⁰⁵	5.528 × 10 ⁻⁰⁷
26	Pa	231	2.450 × 10 ⁻⁰²	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	4.680 × 10 ⁻⁰³	5.639 × 10 ⁻⁰⁵
27	U	234	6.333 × 10 ⁻⁰⁵	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	3.330 × 10 ⁻⁰⁵	2.497 × 10 ⁻⁰⁷
28	U	235	1.364 × 10 ⁻⁰¹	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	2.990 × 10 ⁻⁰²	3.194 × 10 ⁻⁰⁴
29	U	236	6.013 × 10 ⁻⁰⁵	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	1.510 × 10 ⁻⁰⁵	9.222 × 10 ⁻⁰⁸
30	Np	237	1.508 × 10 ⁻⁰²	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	4.780 × 10 ⁻⁰³	3.056 × 10 ⁻⁰⁵
31	Pu	238	1.694 × 10 ⁻⁰⁵	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	6.150 × 10 ⁻⁰⁶	3.333 × 10 ⁻⁰⁸
32	U	238	1.586 × 10 ⁻⁰⁴	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	5.430 × 10 ⁻⁰⁵	3.333 × 10 ⁻⁰⁷
33	Pu	239	8.015 × 10 ⁻⁰⁶	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	1.920 × 10 ⁻⁰⁶	1.856 × 10 ⁻⁰⁸
34	Np	239	1.143 × 10 ⁻⁰¹	1.433 × 10 ⁻⁰¹	2.430 × 10 ⁻⁰²	2.639 × 10 ⁻⁰⁴
35	Pu	240	2.036 × 10 ⁻⁰⁵	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	7.230 × 10 ⁻⁰⁶	4.083 × 10 ⁻⁰⁸
36	Am	241	2.142 × 10 ⁻⁰²	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	6.770 × 10 ⁻⁰³	4.667 × 10 ⁻⁰⁵
37	Pu	241	2.831 × 10 ⁻⁰⁷	6.933 × 10 ⁻⁰³	6.500 × 10 ⁻⁰⁸	6.611 × 10 ⁻¹⁰
38	Am	242 m	9.800 × 10 ⁻⁰⁵	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	3.370 × 10 ⁻⁰⁵	2.044 × 10 ⁻⁰⁷
39	Cm	242	3.333 × 10 ⁻⁰⁴	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	7.740 × 10 ⁻⁰⁵	7.722 × 10 ⁻⁰⁷
40	Pu	242	1.890 × 10 ⁻⁰⁵	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	6.730 × 10 ⁻⁰⁶	3.778 × 10 ⁻⁰⁸
41	Am	243	4.950 × 10 ⁻⁰²	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	1.440 × 10 ⁻⁰²	1.100 × 10 ⁻⁰⁴
42	Cm	243	7.002 × 10 ⁻⁰²	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	1.400 × 10 ⁻⁰²	1.619 × 10 ⁻⁰⁴
43	Cm	244	1.152 × 10 ⁻⁰⁵	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	4.130 × 10 ⁻⁰⁶	2.292 × 10 ⁻⁰⁸
44	Cm	245	7.912 × 10 ⁻⁰³	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	1.740 × 10 ⁻⁰³	1.844 × 10 ⁻⁰⁵
45	Cm	246	1.125 × 10 ⁻⁰⁵	0.000 × 10 ⁺⁰⁰	4.010 × 10 ⁻⁰⁶	2.253 × 10 ⁻⁰⁸

(1) 地表に沈着した放射性核種から地上1mの点で受ける線量

(2) 一様濃度の放射性核種に取り囲まれた時に地表で受ける線量

基本的に不溶性の酸化物とした。それら 45 核種について、3000 トン分の放射エネルギーと吸入した場合の内部被曝に関する線量換算係数を表 1 に示す。また、それぞれの核種が地表に沈着して引き起こす被曝線量と、一様濃度の放射性雲に取り囲まれた時の地表での被曝線量については、新たにプログラムを作成して計算しなおした。それらのデータを表 2 に示す。

・ 事故の想定

【シナリオ】

200 X 年 Y 月、嘉手納から三沢に移転してきた F 15 戦闘機が、訓練中、「バンカーバスター」を抱えたまま、使用済み燃料プールに突っ込み、炎上・爆発。

希ガスは直後に全量放出。

戦闘機と爆弾の爆発により、燃料プールにあった 3000 t の使用済み燃料のうち、5%が施設外に飛び散る。

燃料が冷却できなくなり、溶け出す。

現場に近づけず、環境中に数週間にわたって漏れ続ける。

放射能の放出は 2 期に分けて考えることにした。

まずは、バンカーバスターの爆発・炎上によって直ちに放出が始まり、30 分間で放出が終わるものを第 1 期とした。

その後、使用済み燃料プールの水が抜け、冷却ができなくなるに従い、半日ごとに燃料の 10% ずつが溶融するとした。そして、周辺に放出される放射性核種の割合については、以下のように仮定した。

核種	第 1 期 (5 % = 150 トン分の燃料が 30 分間に損傷する)		第 2 期 (10 % = 300 トン分の燃料が半日ごとに溶融する)	
	飛び散った燃料からの放出割合	3000 トンの使用済み燃料全体に対する割合	飛び散った燃料からの放出割合	3000 トンの使用済み燃料全体に対する割合
希ガス	1 0 0 %	5 %	1 0 0 %	1 0 %
H-3	1 0 0 %	5 %	5 0 %	5 %
ヨウ素	1 0 0 %	5 %	5 0 %	5 %
Cs, Ru, Rh, Ag, Cd, Sb	4 0 %	2 %	1 0 %	1 %
Sr, Y, Zr, Ce, Pr, Pm, Sm, Eu, Ra, Th, Pa, U および超ウラン核種	2 0 %	1 %	1 %	0 . 1 %

これらの核種が放出された後の、大気中の拡散、沈着については「原子炉安全性研究」の仮定にそのまま従った。ただし、気象条件は大気安定度 D 型、風速 4m / 秒。事故後 1 週間で住民は避難。短期間で住民が避難すると仮定したので、沈着した放射性核種からの被曝はもともと多くないし、

地面へのしみこみもないので、地面の遮蔽係数は無視した。また、放出高さは地上 10m とし、放出が起きる面積は 1000m² とした。第 2 期に関しては、放射能の放出が半日間続くとしたので、風向の変化を考慮して、45 度の範囲内に一様に拡散するとした。半日ごとに 10% ずつが溶け、45 度の範囲に拡散しながら 4 日間事故が継続するとすれば全体の 80% の燃料がこの間に溶けることになる。そして、その間、風が一様にあちこちに吹くとすれば、360 度全体が汚染を受けることになる。

・シミュレーション結果

第 1 期についての評価結果

六ヶ所再処理工場（緯度 40.9631、経度 141.3269）

計算モデル RPP1 放出開始時刻/h= .0 放出継続時間/h= .5

放出高/m= 10.0 実効面積/m²= 1000.0

大気安定度= D 風速(m/s)= 4.0 雲の広がり角度= 15.12

遮蔽係数= 1.0000 避難日= 7.0

急性影響：短期線量 4.0 Sv で 50 %、6.0 Sv で 90.0 % 急性死

ガン死線量= 2.5 Sv

再処理工場からの距離と被曝線量の計算結果を、短期線量と長期線量の 2 種類について図 1 に示す。短期線量と長期線量の定義については、瀬尾さんの本「原発事故、その時、あなたは！」に詳しく記載してある。簡単に言えば、短期線量とは避難までに受ける線量と、その後、事故後 30 日までに受ける線量の半分を加えた値。長期線量とは事故後 50 年間に受ける総被曝線量である。

このうち、短期線量は急性死者の算出に用い、長期線量はがん死者の算定に用いる。はじめに述べたように、再処理工場の事故では、短半減期の放射性核種がなくなっているため、原子力発電所の事故に比べて短期線量は低くなる。その結果、急性死者が生じるのはせいぜい数十 km の範囲となり、風がどちらの方向に向こうと青森県内のみである。それぞれの風向きにおける急性死者の数を表 3 に示す。米軍三沢基地は再処理工場から約 24km の地点にあり、そこでの短期被曝量は約 1 Sv である。

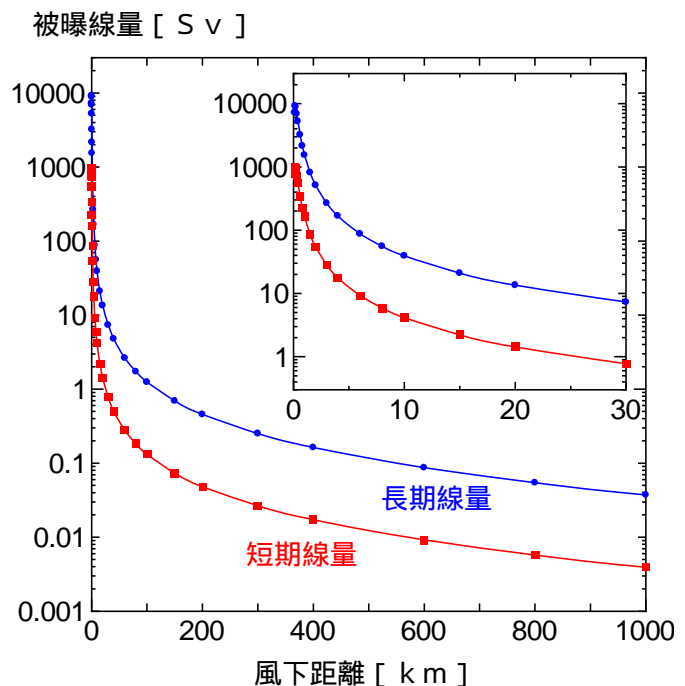


図 1 第 1 期についての計算結果

表3 第1期に急性死者が生じる風向と人数

風下 角度	都道 府県	市町村区	人口 [人]	距離 [Km]	放射能雲の 到達時刻	線量(Sv)		急性死
						短期	長期	
120	青森	六ヶ所村	11853	3.7	0^00:15	20.390	193.208	11851
180	青森	三沢市	42493	33.1	0^02:18	.669	6.330	3
195	青森	上北町	9929	28.2	0^01:57	.853	8.075	2
	青森	十和田市	63364	41.8	0^02:54	.474	4.487	1
210	青森	東北町	10662	23.7	0^01:39	1.104	10.454	10
	青森	天間林村	8722	29.6	0^02:03	.792	7.502	1
240	青森	野辺地町	16011	21.7	0^01:30	1.266	11.985	31
255	青森	平内町	14528	32.1	0^02:14	.702	6.643	1
	青森	青森市	297763	51.2	0^03:33	.351	3.327	1
330	青森	横浜町	5506	13.2	0^00:55	2.698	25.546	582
345	青森	むつ市	49340	37.2	0^02:35	.564	5.336	1

再処理工場の事故の場合、アルファ線を放出する超ウラン元素の存在割合が高くなっており、それらの核種は一度吸入してしまえば、長期間にわたって体内に残留し被曝を与え続ける。その結果、仮に事故後1週間で汚染地から避難したとしても、長期にわたって受ける被曝線量は多大なものになる。

その結果生じるがん死者の数を風向別に図2に示す。事故時に風がどちらに向いているかによって被害が発生する場所はもちろん異なる。図2では、それぞれの風向きごとにがん死者の数を示してあるが、これらは、すべてがいっせいに生じるわけではなく、どれか一つの風下だけで被害が生じることになる。たとえば、風向が東北地方を縦断して東京方面に向かう場合には、190万人近いがん死者が出ることになるが、その他の地域ではがん死者は生じない。風下に巻き込まれた場合に、どの地域でどれだけのがん死者が出るかを直感的に把握するために、がん死者の出方を図3に鳥がん図にして示す。

また、事故後の短期の防災だけでなく、長期間の防災を考えるために、Cs-137による汚染距離を表4に示す。

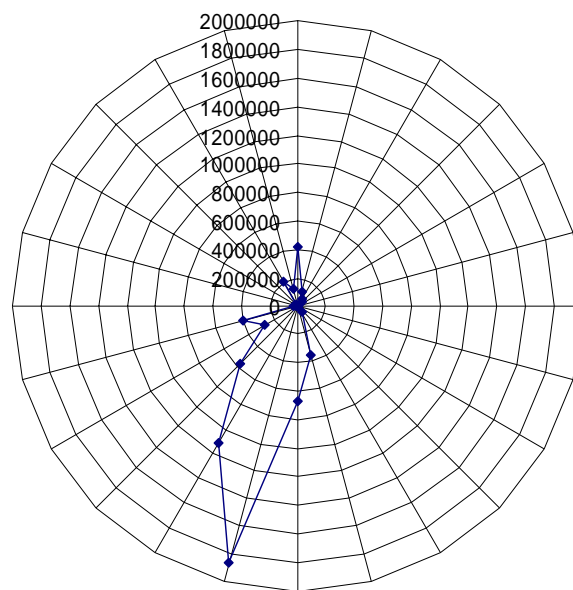


図2 第1期の被害で生じる風向別がん死者数

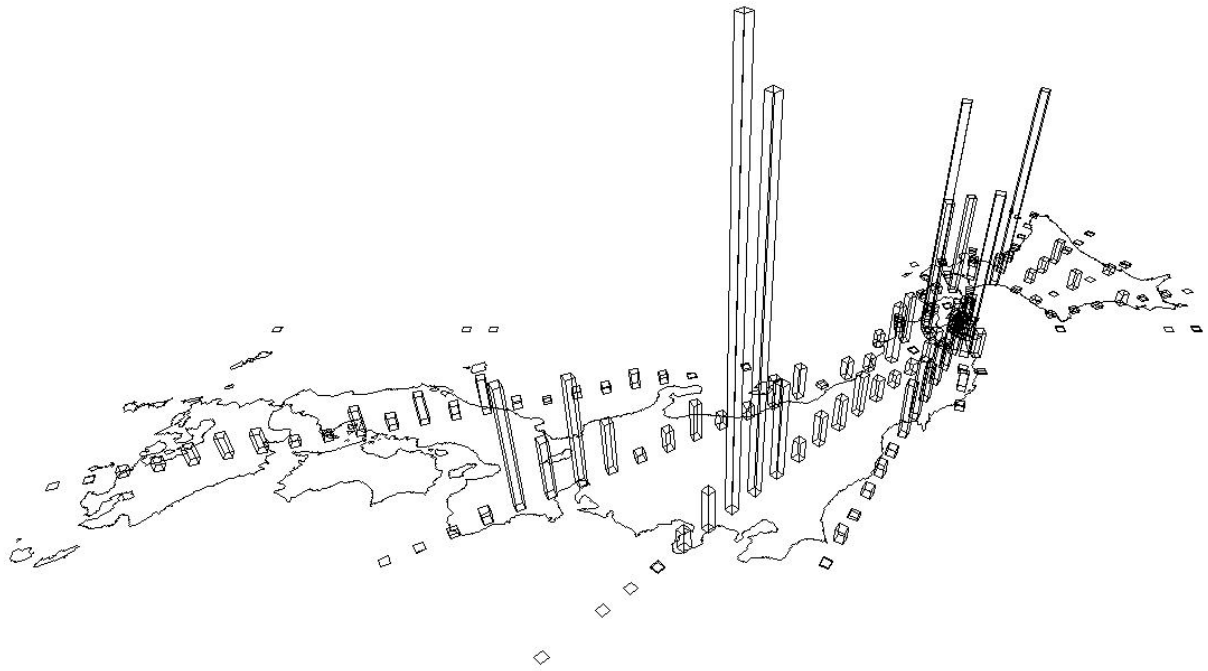


図3 第1期の影響でがん死者が出る地域

表に汚染密度として示した数値について一言補足するなら、40[Ci/km²]はチェルノブイリ事故において事故直後に強制避難をさせられた地域、15[Ci/km²]はその後汚染が判明した後に強制避難をさせられた地域である。また、日本の法令においては1[Ci/km²]以上の汚染がある場所は放射線の管理区域としなければならないし、放射線の管理区域であっても労働者が容易に触れることができる壁や床などの表面は10[Ci/km²]以上の汚染があってはならない。

表4 第1期の事故においてCs-137による汚染が及ぶ距離

汚染密度 [Ci/km ²]	40	15	10	5	1
[Bq/m ²]	1480000	555000	370000	185000	37000
距離 [km]	356	671	858	1267	2691

第2期についての評価結果

計算モデル RPP2 放出開始時刻/h= .5 放出継続時間/h= 12.0

放出高/m= 10.0 実効面積/m²= 1000.0

大気安定度= D 風速(m/s)= 4.0 雲の広がり角度= 45.00

遮蔽係数= 1.0000 避難日= 7.0

急性影響：短期線量 4.0 Sv で 50 %、6.0 Sv で 90.0 % 急性死

ガン死線量= 2.5 Sv

第2期の場合には、バンカーバスターの爆発・炎上による被害を受けるわけではなく、プールの

破損と冷却の喪失によって燃料が溶融すると仮定した。そのため、被曝に主要な寄与を与える超ウラン元素の放出割合を表1に示したように1%という小さな値にした。そのため、第2期の被曝線量は第1期のものに比べて小さなものになっている。その場合の距離と被曝線量の関係を図4に示す。急性死が生じるのは数kmの範囲であり、風がどちらに吹こうと実質的に六ヶ所村以外に急性死は生じない。それを表5に示す。

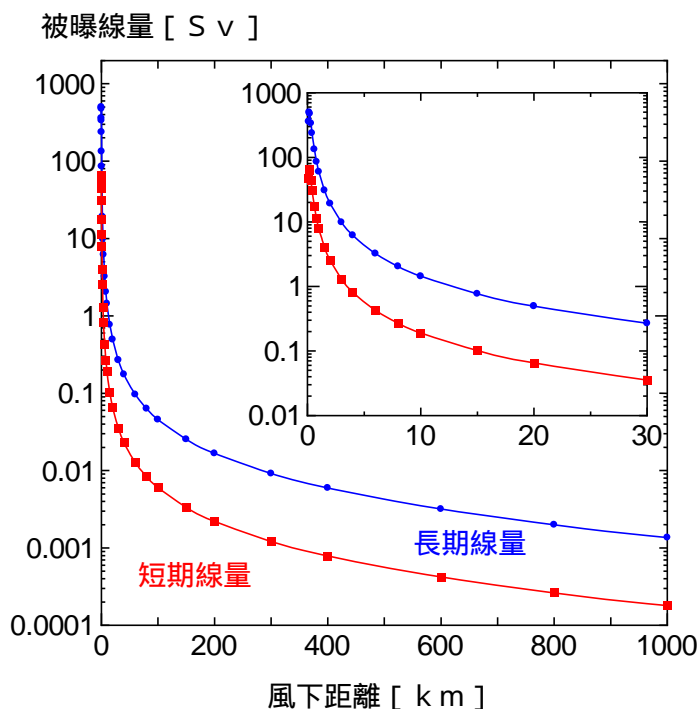
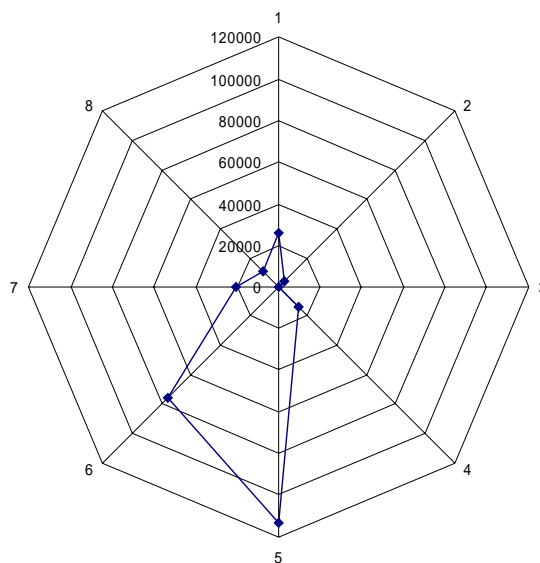


図4 第2期についての計算結果

表5 第2期に急性死者が生じる風向と人数

風下角度	都道府県	市町村区	人口 [人]	距離 [km]	放射能雲の到達時刻	線量(Sv)		急性死
						短期	長期	
105	青森	六ヶ所村	11853	3.7	0^00:15	.937	7.125	5
120	青森	六ヶ所村	11853	3.7	0^00:15	.937	7.125	5
135	青森	六ヶ所村	11853	3.7	0^00:15	.937	7.125	5

第2期については、プールに存在していた燃料の10%分(300トン)が半日ごとに溶融しながら環境に放出されると仮定しており、半日間の風向のふれも考慮して、45度の広がり角に一樣に放射能が広がるとした。そして、4日にわたってこの放出が続き、風が一様に全方向を覆うとすれば、360度すべての方向が被害を受ける。そこで、風が真北に向かう場合から45度づつ風向を変化させながら、それぞれの風向別にどれだけのがん死者が出るかを図5に示す。図2に示した第1期の場合に比べれば、がん死者の数は1桁以上小さくなり、放射能が南に流れる場合でも、がん死者の数は11万人程度である。ただし、



8 図5 第2期の被害で生じる風向別がん死者数

第 1 期の場合とは異なり、こちらの場合には、すべての方角に図に示した被害が出ることになる。それぞれの風向きの中の位置でどれだけのガン死者が出ることになるのかを、図 6 の鳥がん図に示す。

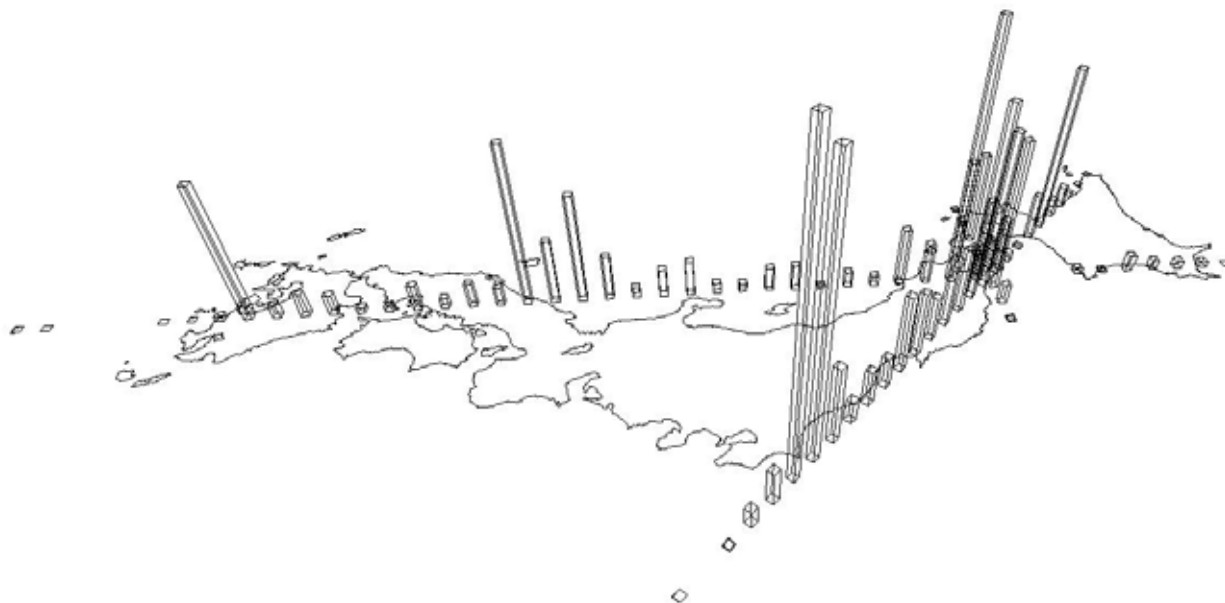


図 6 第 2 期の影響でガン死者が出る地域

また、第 2 期に放出される Cs-137 による汚染が及ぶ距離を表 6 に示す。

表 4 に示した第 1 期の事故の汚染は、およそ 2700km のかなたまで放射線の管理区域にしなければならない汚染が生じることを示しているが、この場合には汚染が生じるのはおよそ 15 度角の風下だけである。一方、本メモでは、第 2 期の事故は 4 日にわたって続いて全方位に放射能を拡散させると考えているので、表 6 に示した Cs-137 による汚染は六ヶ所再処理工場を中心にあらゆる方向に適用できる。そして、1100km を越えるかなたまで放射線の管理区域にしなければならないということをこの表は示している。

表 6 第 2 期の事故において Cs-137 による汚染が及ぶ距離

汚染密度 [Ci/km ²]	40	15	10	5	1
[Bq/m ²]	1480000	555000	370000	185000	37000
距離 [km]	105	207	272	432	1151