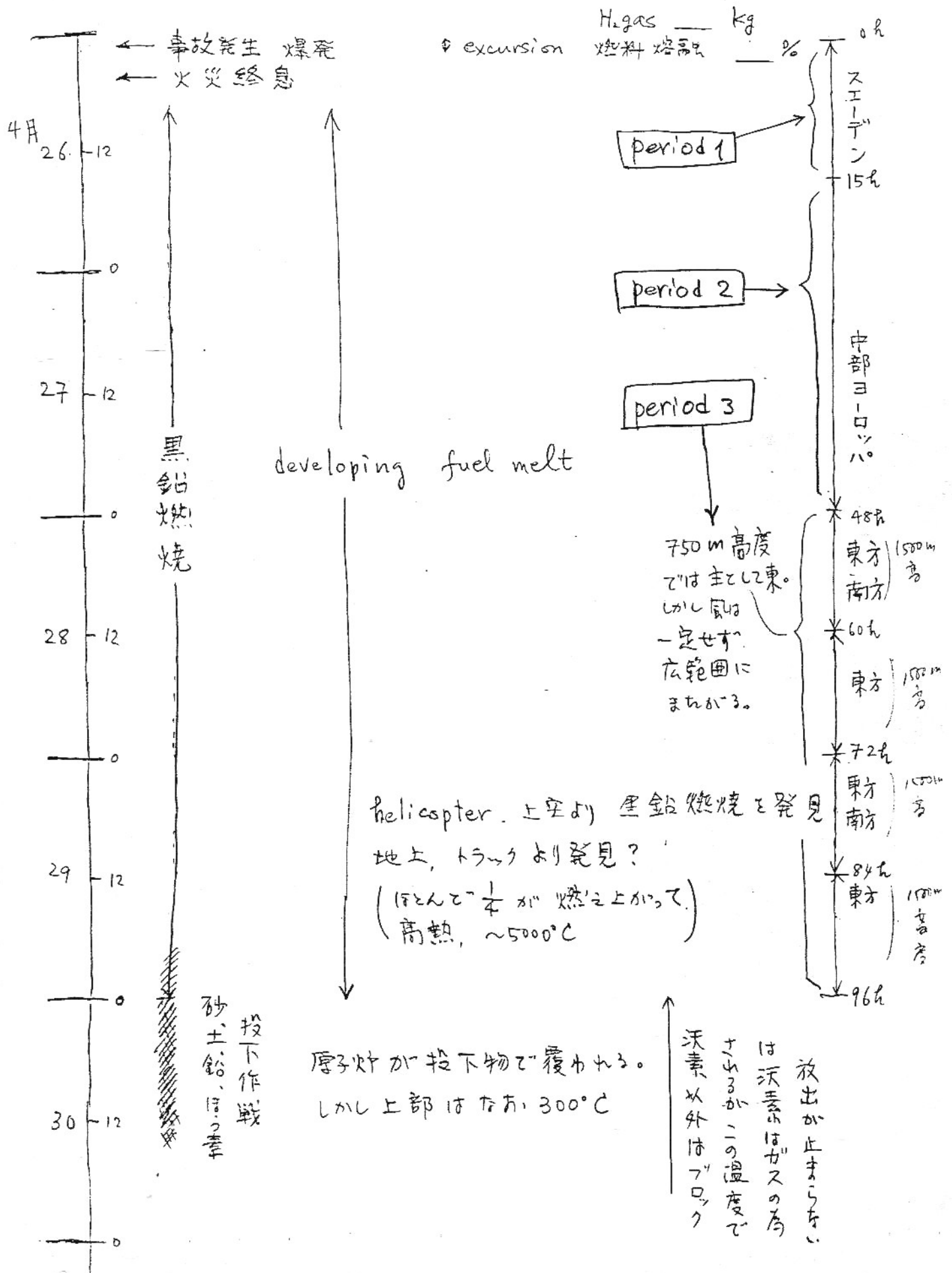


§1. Chernobyl 放出 mode



§2. Source term evaluation (revised, 1.7.86)

model

- ① $t=0$ 時点で熔融している fuel の割合は m とし、残りの $1-m$ は constant 率で 熔融 進行し、 $t=T_0$ で 全燃料が 熔融 する。
- ② 熔融 燃料 からの release は λ (h^{-1}) で 起こる。
- ③ 熔融 していない 燃料 は 全部 破れていると し、 此からの release の rate を μ (h^{-1}) と する。
- ④ release の 後、環境 に出る 前に 建屋 内で 一部 trap された 後 外 に出る 割合 (escape factor) を ν と する。

initial の 量 (fuel 内) を Q_0 と し、 熔融 状態 の activity の 量を Q_L 、 固体 状態 の ものを Q_S と 表わす。 nuclear life time を τ (h) と すれば

$0 \leq t \leq T_0$ の 時 ↙ melt した 分

$$dQ_S = -\frac{1}{T_0-t} Q_S dt - \frac{1}{\tau} Q_S dt - \mu Q_S dt \quad (1)$$

$$dQ_L = \frac{1}{T_0-t} Q_S dt - \frac{1}{\tau} Q_L dt - \lambda Q_L dt \quad (2)$$

(1) を 解き、 initial condition $t=0$ で $Q_S = (1-m)Q_0$ を 適用 すると

$$Q_S = Q_0 (1-m) \frac{T_0-t}{T_0} e^{-(\frac{1}{\tau} + \mu)t} \quad (3)$$

($0 \leq t \leq T_0$)

となる。 此を (2) に 代入 して $t=0$ で $Q_L = mQ_0$ という initial condition を 適用 すると

$$Q_L = Q_0 \left[\frac{1-m}{T_0(\lambda-\mu)} e^{-(\frac{1}{\tau} + \mu)t} + \left(m - \frac{1-m}{T_0(\lambda-\mu)} \right) e^{-(\frac{1}{\tau} + \lambda)t} \right] \quad (4)$$

($0 \leq t \leq T_0$)

となる。

fuel から出てくる activity は $\mu Q_s + \lambda Q_e$ であり、外部への放出は
それに v をかけた $t=0$ から
外部放出 rate は

$$v(\mu Q_s + \lambda Q_e) = Q_0 v \left\{ \mu(1-m) \frac{T_0-t}{T_0} e^{-(\frac{1}{\tau} + \mu)t} \right. \\ \left. + \lambda \left[\frac{1-m}{T_0(\lambda-\mu)} e^{-(\frac{1}{\tau} + \mu)t} + \left(m - \frac{1-m}{T_0(\lambda-\mu)} \right) e^{-(\frac{1}{\tau} + \lambda)t} \right] \right\} \\ (0 \leq t \leq T_0) \quad (5)$$

t_1 から t_2 までの放出量を g と表わし、その割合 $f = g/Q_0$ は

$$f = \frac{v\mu(1-m)}{M} \left\{ e^{-Mt_1} - e^{-Mt_2} - \frac{1}{MT_0} \left[(1+Mt_1)e^{-Mt_1} - (1+Mt_2)e^{-Mt_2} \right] \right\} \\ + \frac{v\lambda(1-m)}{(\lambda-\mu)MT_0} (e^{-Mt_1} - e^{-Mt_2}) + v\lambda \left(m - \frac{1-m}{(\lambda-\mu)T_0} \right) \frac{1}{\Lambda} (e^{-\Lambda t_1} - e^{-\Lambda t_2}) \quad (6) \\ (0 \leq t \leq T_0)$$

ここで、ここに

$$M \equiv \mu + \frac{1}{\tau}$$

$$\Lambda \equiv \lambda + \frac{1}{\tau}$$

§ 3. 実測値の整理

(R-4)

plume 量の計算式

高度 0 の大気中濃度 $C(0)$

$$C(0) = \frac{Q}{l} \frac{2}{\sqrt{2\pi} y \sigma_z} \exp\left(-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (\text{Bg/m}^3) \quad (7)$$

ground の deposition 濃度 C_g

$$C_g = C(0) v_d \frac{l}{v_w} \quad (\text{Bg/m}^2) \quad (8)$$

Q = activity in the plume (Bg)

l = plume の長さ (m)

σ_z = plume の高さ方向の幅 (m)

y = plume の横方向の幅 (m)

h = plume の中心部の高さ (m)

v_d = deposition velocity (m/s)

v_w = wind velocity (m/s)

(7), (8) から

$$Q = \sqrt{\frac{\pi}{2}} y \sigma_z \frac{v_w}{v_d} \exp\left(\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right) C_g \quad (9)$$

仮定する数値

$$y = 2.5 \times 10^5 \text{ m}$$

$$\sigma_z = 10^3 \text{ m}$$

$$v_w = 5 \text{ m/s}$$

$$v_d = 0.002 \text{ m/s (Particulate)}$$

$$0.005 \text{ m/s (Iodine)}$$

$$h = 400 \text{ m}$$

とすると,

$$Q = 8.486 \times 10^{11} C_g \quad (\text{particulate})$$

$$3.394 \times 10^{11} C_g \quad (\text{iodine})$$

(10)

3-1. period 1について

絶対量の評価については ^{137}Cs の Gävle における deposition から求める。

測定値 42.7 kBq/m^2 (^{137}Cs)

式(7), (8), (9), (10) から

Sweden の地点での ^{137}Cs 通過量は $3.27 \times 10^{16} \text{ Bq}$

Sweden に到るまでの deposition で 0.717 倍になつてたと
すると

Chernobyl では $4.56 \times 10^{16} \text{ Bq}$ (^{137}Cs)

Nuclide ratio は ^{137}Cs に対して (at Chernobyl on 26.4.86)

表 R1

	Sweden				Finland	
	Simpevarp air	Studsвик1 air	Studsвик2 air	Gävle grass	Nurmijärvi air	Riihimäki grass
^{103}Ru	0.273	0.203	0.179	0.295	0.264	0.555
^{106}Ru	—	0.125	0.046	0.148	0.0603	—
^{131}I (無枝)	6.070*	7.749*	10.60*	3.297**	5.664*	5.359**
^{140}Ba	0.807	—	—	1.522	0.615	0.483
^{141}Ce	0.0977	0.0818	0.0852	0.0679	0.050	—
^{144}Ce	—	0.155	—	0.0703	0.034	—

* Sweden までの deposition depletion の比 $\frac{0.717}{0.438} = 1.637$ をかけた

** 上記 depletion の比に dep. vel. の比の逆数 $\frac{0.002}{0.005} = 0.4$ を更にかけた

3-2, period 2 について

表12 の deposition の値は dry deposition と仮定

 ^{137}Cs 4.67 kBq/m^2 ... Bayern 州の 72 地点に
おける grass の平均沈着量

(9) 式で

$$y = 6 \times 10^5 \text{ m}$$

$$\sigma_z = 10^3 \text{ m}$$

$$v_w = 5 \text{ m/s}$$

$$v_d = 0.002 \text{ m/s}$$

$$h = 400 \text{ m}$$

と仮定すると

$$Q = 2.037 \times 10^{12} \times C_g = 9.511 \times 10^{15} \text{ Bq}$$

Bayern 州 1800 km の飛行による deposition depletion は 0.576 とする。

$$Q = 1.651 \times 10^{16} \text{ Bq} \quad \text{at Chernobyl on 26.4.86}$$

Nuclide ratio は ^{137}Cs に対する (at Chernobyl on 26.4.86)

表 R2

	Austria	Germany				France
	Linz air	Offenbach air	Bayern (14) air	Karlsruhe air	NLIS grass 837.5	Paris air
^{103}Ru	2.77	2.3	1.34	0.812	2.49	1.56
^{106}Ru	1.79	1.02	0.306	—	—	0.28
^{131}I (無機)	14.8*	9.23*	6.49*	6.15*†	5.16**	5.36*
^{140}Ba	0.926	—	0.657	0.78	1.904	0.649
^{141}Ce	—	—	—	—	0.171	0.0193
^{144}Ce	—	—	—	—	—	≤ 0.0164

* ヨーロッパ中部での depletion の比 $\frac{0.576}{0.262} = 2.1985$ をかけた。** 上記 depletion の比に dep. vel. の比の逆数 $\frac{0.002}{0.005} = 0.4$ を更にかけている。† Bayern (14) の data から $\text{I (無機)} / \text{I (total)} = 1/3$ を用いた。

3-3. 絶対量, Ru inventory との比

per. 1 の 絶対量 in 10^{15}Bg (^{137}Cs : 45.6)

表R3	Simp. A	Studs.1 B	Studs.2 C	Gävle D	Nurmj. E	Riihi F
^{103}Ru	12.4	9.26	8.16	13.5	12.0	25.3
^{106}Ru	—	5.70	2.10	6.75	2.75	—
^{131}I (無機)	277	353	483	150	258	244
^{140}Ba	36.8	—	—	69.4	28.0	22.0
^{141}Ce	4.46	3.73	3.89	3.10	2.28	—
^{144}Ce	—	7.07	—	3.21	1.55	—

$^{137}\text{Cs} = 45.6$

Inventory との比%, ()内は 15h 2-割, 4-割

表R4	A	B	C	D	E	F	Inventory in 10^{15}Bg
^{103}Ru	0.335 (0.0233)	0.250 (0.0167)	0.221 (0.0147)	0.365 (0.0243)	0.324 (0.0216)	0.684 (0.0456)	3700
^{106}Ru							?
^{131}I (無機)	47.8 (3.18)[2.67]	60.9 (4.06)[3.55]	83.3 (5.55)[5.04]	25.9 (1.72)[1.21]	44.5 (2.97)[2.45]	42.1 (2.80)[2.29]	580 ^{a)}
^{140}Ba	6.24 (0.416)	—	—	11.8 (0.784)	0.475 (0.0316)	0.373 (0.0249)	5900
^{141}Ce	0.0756 (0.00504)	0.0632 (0.00422)	0.0659 (0.00440)	0.0525 (0.00350)	0.0386 (0.00258)	—	5900
^{144}Ce	—	0.174 (0.0116)	—	0.0789 (0.00526)	0.0381 (0.00254)	—	4070
^{137}Cs	30.0 (2.00) [1.69]						152

[]内は initial melt $m=0.1$, escape factor $V_I=0.77$, $V_{Cs}=0.47$
と prompt release 分を評価し, 24h 差引いた残りの分

per. 2 の絶対量 in 10^{15} Bq

表R5	Linz G	Offenbach H	Bayern I	Karlsruhe J	NLIS K	Paris L
^{103}Ru	45.7	38.0	22.1	13.4	41.1	25.8
^{106}Ru	29.6	16.8	5.05	—	—	4.62
^{131}I (無機)	244	152	107	102	85.2	88.5
^{140}Ba	15.3	—	10.8	12.9	31.4	10.7
^{141}Ce	—	—	—	—	2.82	0.319
^{144}Ce	—	—	—	—	—	≤ 0.271
^{137}Cs	= 16.5					

inventory との比(%), () 内は 33 日で割ったもの

表R6	G	H	I	J	K	L
^{103}Ru	1.235 (0.0374)	1.027 (0.0311)	0.597 (0.0181)	0.362 (0.0110)	1.111 (0.0337)	0.697 (0.0211)
^{106}Ru						
^{131}I (無機)	42.1 (1.275)	26.2 (0.794)	18.4 (0.559)	17.6 (0.533)	14.7 (0.445)	15.3 (0.462)
^{140}Ba	0.259 (0.00786)	—	0.183 (0.00555)	0.219 (0.00663)	0.532 (0.0161)	0.181 (0.00550)
^{141}Ce	—	—	—	—	0.0478 (0.00145)	0.00541 (0.000164)
^{144}Ce	—	—	—	—	—	≤ 0.00666 (≤ 0.000202)
^{137}Cs	10.9 (0.329)					

$M=0.1$

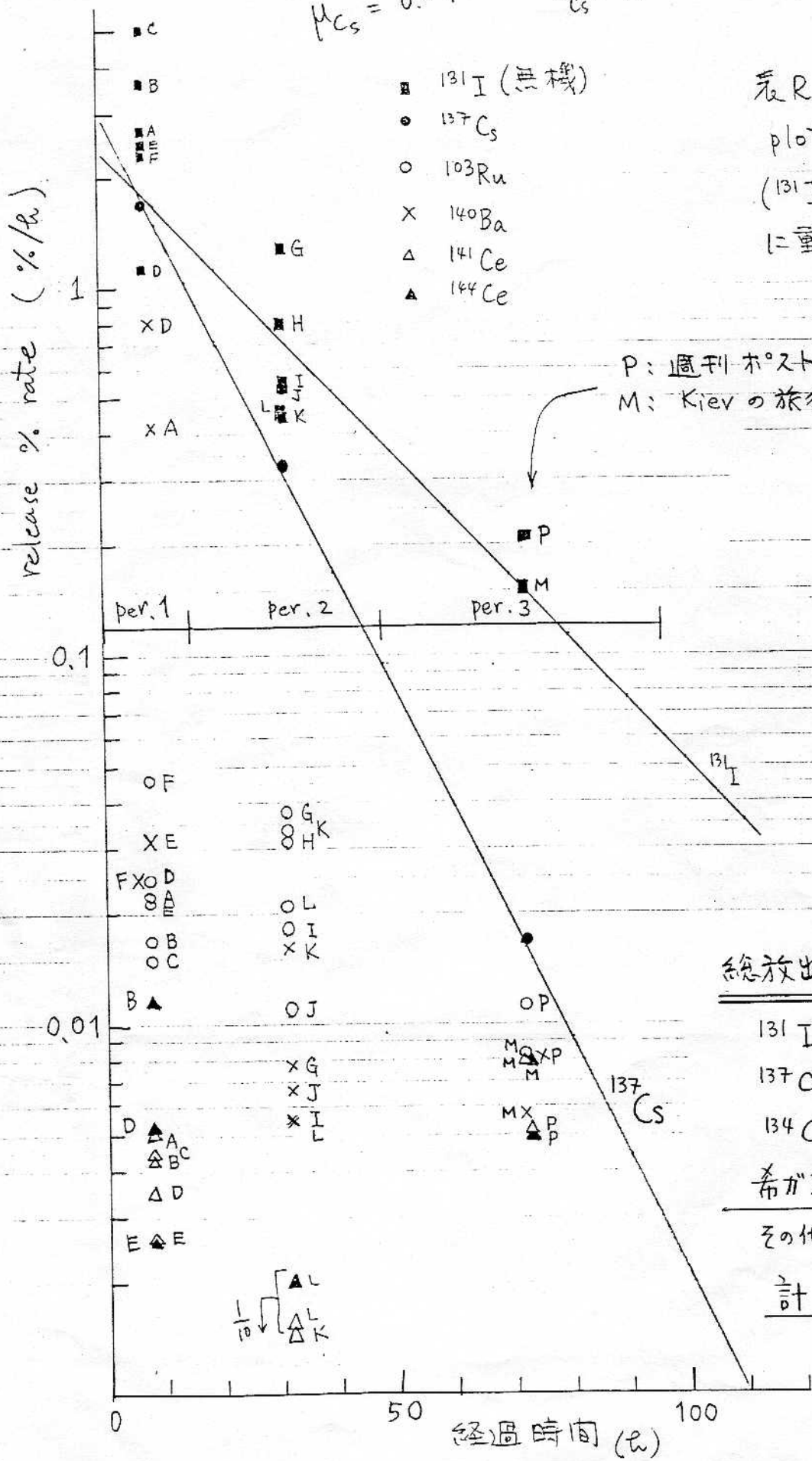
$\mu_I = 0.032$

$V_I = 0.77$

$\mu_{Cs} = 0.07$

$V_{Cs} = 0.47$

表 R4, R6 を
plot し、計算値
(^{131}I と ^{137}Cs の4)
に重ねたもの



総放出量推定値 (Ci)

^{131}I	6×10^7
^{137}Cs	4×10^6
^{134}Cs	2×10^6
希ガス	1.7×10^8
その他合せて	
計	4.3×10^8

§4. 事故の影響

長期間の影響の場合は ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs が主を占めるので、この三核種のみを考える。Sr や Pu についてはデータが不完全なので、こゝでの評価では省くが、重要でないわけではない。被曝線量算定の基礎は各地から報告された地面汚染濃度である。

各核種が 1nCi/m^2 の地面汚染濃度の時の被曝線量換算係数として次の数値を用いる。単位は $\text{rem}/(\text{nCi/m}^2)$

	^{131}I	^{137}Cs	^{134}Cs
inhalation ^{a)}			
whole body (50y)	1.14×10^{-7}	3.52×10^{-6}	6.16×10^{-6}
lung (50y)	9.24×10^{-7}	3.85×10^{-6}	5.50×10^{-6}
thyroid (50y)	6.47×10^{-5}	—	—
GI tract (50y)	4.84×10^{-8}	1.21×10^{-7}	2.31×10^{-7}
ingestion w.b. ^{b)}			
	3.58×10^{-5}	6.56×10^{-4}	9.37×10^{-4}
external ^{a)}			
cloud	1.80×10^{-8}	6.50×10^{-8}	1.79×10^{-7}
ground ^{c)}	1.04×10^{-6}	2.32×10^{-4}	3.38×10^{-4}

a) WASH-1400 (DRAFT) より

b) WASH-1400 と 国連科学委員会 (?)

c) shielding factor を $1/3$ とし、5年分の被曝量

実測値からの影響評価は次ページの表に示す。大部分が内挿外挿による推定値なので公表の段階にはない。ソ連国内については未完。

$$C = \frac{PD}{268} \quad D = \frac{268 \cdot C}{P}$$

131I, 137Cs, 134Cs による被曝の影響

(R-11)
2.8.86-12

個数 10 ⁴ m ²	国名	P 人口 (4入)	dep. conc. nCi/m ²		ガン死数				dose mrem
			131I	137Cs	その他	肺ガン	甲状腺ガン	胃腸ガン	
337	フィンランド	4860	378	108	3257	22	8.4	0.75	180
450	スウェーデン	8327	540	130	6816	52	21	1.8	220
324	ノルウェー*	4123	32	16	396	1.9	0.6	0.06	26
43	デンマーク*	5116	32	16	491	2.4	0.75	0.078	26
312	ポーランド*	36,571	2162	858	190403	1060	362	35	1390
108	東ドイツ	16,700	540	78	8705	93	41	3.3	140
248	西ドイツ	61,420	461	30	49595	340	130	12	216
128	チェコスロバキア	15,415	2860	1243	115684	611	202	20	2010
238	ルーマニア*	22,600	460	8	2484	91	48	3.4	29
93	ハンガリー*	10,700	405	8	1094	38	20	1.4	27
2884	オーストリア*	7552	540	81	4066	42	19	1.5	144
41	スイス*	6,400	680	320	12315	62	20	2.0	516
34	オランダ*	14,420	30	5.1	481	4.6	2.0	0.16	8.9
31	ベルギー*	9858	30	5.1	329	3.1	1.4	0.11	8.9
38	ルクセンブルグ*	366	30	5.1	12	0.1	0.05	0.004	8.9
551	フランス	54,453	180	5.4	3049	87	45	3.2	15
244	イギリス	56,377	110	81	26970	109	28	3.4	128
70	アイルランド*	3,443	73	37	1493	6	1.6	0.2	116
111	ブルガリア*	8940	243	5.4	579	19	10	0.7	17
256	ユーゴスラビア*	22,850	243	5.4	1480	49	25	1.8	17
301	イタリア*	56,742	300	50	9175	89	38	3.1	87
	アルバニア*	2840	150	3	108	3.8	2.0	0.14	10
131	ギリシャ*	9790	150	3	372	13	7	0.48	10
181	トルコ	47,000							
503	スペイン*	38,220	150	4.3	1740	51	26	1.9	12
256	ポルトガル*	9,930	150	4.3	452	13	6.8	0.5	12
8	アイスランド	253							
合計					441546	2863	1.066	97	

この表の数値は最終的な評価値ではないので一般公表の段階にはない

総合計

445,572

Risk factor は Gofman による。 * : 内挿推定値による。