

チェルノブイリ原発事故にともなう放射能放出量の推定とソ連・ヨーロッパ地域における発ガン影響の評価

8 1. ソ連報告書の謎

1-1. Total release

Table 4.13 に経日変化。5月6日換算。5月6日までの総量 50 MCI (rare gas を含まず)。

Table 4.14 に放出核種の内訳
問題点

1. Table 4.14 の trivial な誤り。

^{239}Np の initial release $2.7 \text{ MCI} \rightarrow 0.27 \text{ MCI}$

^{99}Mo の release $0.45 \text{ MCI}, 3 \text{ MCI} \rightarrow 0.045 \text{ MCI}, 0.3 \text{ MCI}$

2. Table 4.14 の initial release は 5月6日換算

のものか、4月26日の
実量が不明。

→ 5月6日換算の

ものと見なす。

Table 4.14. ESTIMATED RELEASES OF RADIONUCLIDES FROM THE ACCIDENT UNIT OF CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT*

Nucleide	initial release Released activity, MCI		Release (C) percentage by 08.05.86	Inventory 6.5.86 USSR*) WASH-1400	
	(A) 28.04.86	(B) 08.05.86**			
Xe-123	5	45	may be up to 100		
Kr-86m	0.15	0.15	-		
Kr-85	-	0.9	-		
I-131	10.6	7.3	20	36.5	35.9
Te-132	4	1.3	15	8.67	13.7
Ca-134	0.15	0.5	10	5.0	7.4
Ca-137	0.3	1	13	7.69	4.7
Mo-99	0.45	3	2.3	130	13.4
Zr-95	0.45	3.8	3.2	119	135
Ru-103	0.8	3.2	2.9	110	92
Ru-106	0.2	1.8	2.9	55.2	24.6
Ba-140	0.5	4.3	5.8	76.8	93
Ce-141	0.4	2.8	2.3	122	122
Ce-144	0.45	2.4	2.8	85.7	83
Pu-238	0.1E-3	0.8E-3	3.0	0.027	
Pu-239	0.1E-3	0.7E-3	3.0	0.023	
Pu-240	0.2E-3	1E-3	3.0	0.033	
Pu-241	0.02	0.14	3.0	4.67	3.4
Pu-242	0.3E-3	2E-3	3.0	-	
Cm-242	0.3E-2	2.1E-2	3.0	0.70	
Sr-89	0.25	2.2	4.0	55	82
Sr-90	0.015	0.22	4.0	5.5	3.7
Np-239	2.7	1.2	3.2	37.5	86

* Estimated error

** Total release by May 8, 1986.

* ESTIMATED ERROR 30%

** Q VALUES ARE RECALCULATED FOR MAY 8, 1986
TAKING INTO ACCOUNT THE RADIOACTIVE DECAY

initial release の

希ガスを除く部分の

和は

{ 15 MCI (訂正前)
12.6 (訂正後)

(105.4)
(58.9) MCI

↑ 10日分の decay
逆補正

(15)
(12.6)

↓ 10日分の decay

(5.44)
(5.31) MCI

1/2
3.8

275.18 ± 50%

*) (B)/(C) × 0.01 で計算した。

3. Table 4.14 の 5月6日までの放出量合計の欄の値には initial release が含まれているか。 → 含まれているとみなす。

以上のように解釈した場合の矛盾点。

- ① 5月6日換算の希ガス以外の initial release は Table 4.14 から 9.15 MCi となり Table 4.13 の値 12 MCi とくちがう
- ② 5月6日までの希ガス以外の total release は Table 4.14 から 33.3 MCi となり Table 4.13 では 50 MCi となっており、くちがう。

1-2. Initial release

毎日の放出量は、原子炉上空の空气中濃度測定データ (Table 4.10) をもとにしたものと思われる。では initial release の量はどのように出したか。(突然の出来事で推測不可能だったはず)。推測として、total release 50 MCi を deposition data からおさえ、そこから毎日の放出量全部を差し引いた残りが 12 MCi になったと考えられる。この推測は、Table 4.14 の initial release の数値が 5月6日換算だとする解釈と consistent。

Table 4.10. Relative activity of the air sample above the damaged reactor, b_i (%)

Radio-nuclide	25.04.88	29.04.88	02.05.88	03.05.88	04.05.88	05.05.88	Relative radionuclide content in the fuel, 25.04.88
Zr-95	4.4	8.3	9.3	0.8	7.0	20	3.8
Nb-95	0.8	0.8	9.0	1.3	8.2	18	3.8
Mo-99	3.7	2.8	2.0	4.4	2.8	3.7	3.9
Ru-103	2.1	3.0	4.1	7.2	8.9	14	3.9
Ru-106	0.8	1.2	1.1	3.1	1.3	9.5	2.1
I-131	5.8	8.4	5.7	25	8.2	19	2.3
Te-132+I-132	40	31	17	45	15	8.8	8.4
Cs-134	0.4	0.6	0.8	1.8	0.8	-	0.8
Cs-136	0.3	0.4	0.5	0.9	-	-	0.1
Cs-137	-	-	1.4	3.7	1.3	2.2	0.4
Ba-140	3.2	4.1	8.0	3.3	13	12	3.8
La-140	11	4.7	15	2.3	19	17	4.0
Ce-141	1.4	1.9	7.8	0.9	8.4	15	3.8
Ce-144	1.8	2.4	8.1	-	5.1	11	3.4
Nd-147	1.4	1.7	2.5	-	2.1	5.4	1.4
Pr-239	23	3.0	11	0.8	2.8	8.8	58.7
$\Sigma A_i C_i$	$3.8E-7$	$3.2E-7$	$5.0E-8$	$7.0E-8$	$1.0E-8$	$7.0E-9$	

γ & = $(A_i / \Sigma A_i) \times 100\%$, where A_i = activity of i -nuclide; data is stated in round numbers

和 99.5 70.1 100.9 99.9 99.7 162.3 %?

問題点 1. Table 4.10 の数値は実量か、5月6日換算か

2. Table 4.10 の 4月27日, 28日, 30日, 5月1日の data が何故きい。

3. 4月29日の total % は 70.1%, 5月5日は 162.3% となり、100と大巾にちがう。

1-3. Total deposition

deposition に関しては Table 4.1. と Table 5.2 がある。

Table 4.1 の 8-14 MCi (6月26日) の平均 11 MCi を 5月6日に換算すると 4.5 MCi

Table 5.2 の 12 MCi (5月11日) を 5月6日に換算すると 19.3 MCi

ソ連の報告書では 30 km 圏内に 20 MCi deposit したとされている。

Table 4.1 の数値と 5月29日の汚染地図 Fig 5.4 とは一桁もくちがっていない。

Fig. 5.4. Gamma-field distribution, mR/h on 29.5.86

Table 4.1.
Estimated surface activity in 30-km
zone of the damaged reactor,

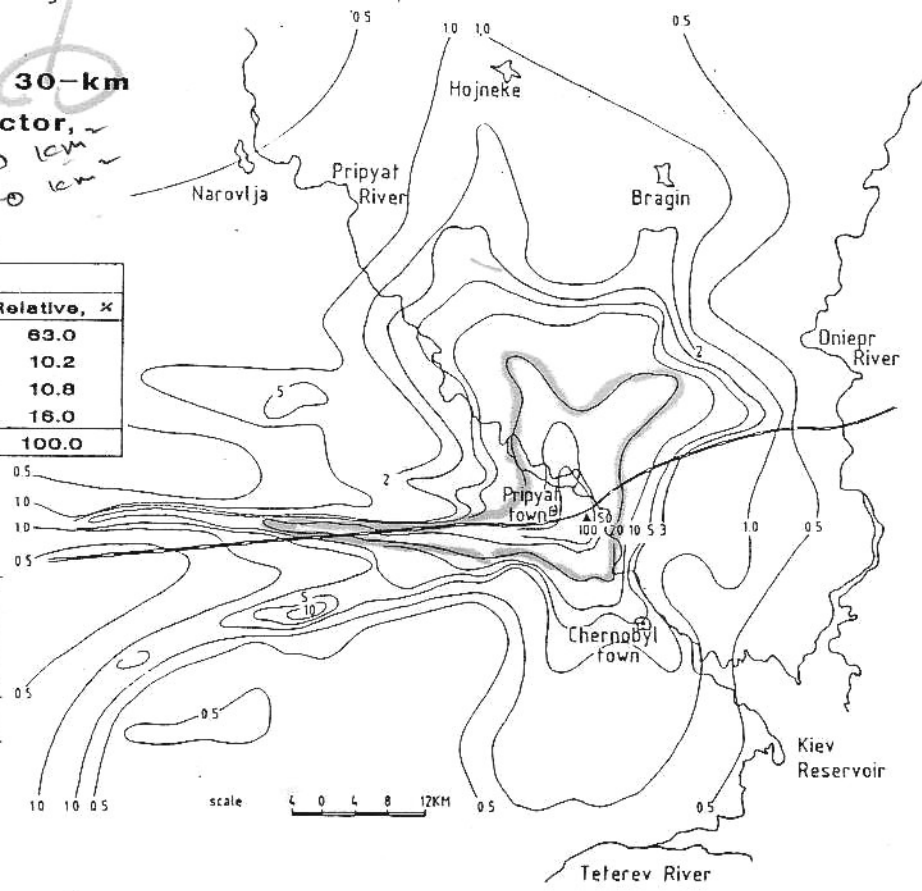
26.06.86
 $\pi(30)^2 = 2830 \text{ km}^2$
 $\pi(80)^2 = 20100 \text{ km}^2$

Range of the activity, mR/hr	Area of zone, sq km	Activity	
		Absolute, Mcl	Relative, %
20 - >20	20 870 1.7x10 ⁷	5 -8.7	83.0
10 - 20	15 480 0.7x10 ⁷	0.8-1.4	10.2
5 - 10	7.5 1100 0.8x10 ⁷	1 -1.7	10.8
3 - 5	4 2780 1.1	1.3-2.2	16.0
Total	5230	8-14	100.0

Table 5.2

30km 圏の total deposition

The Amount of Radioactive Products on the Surface			
Date	(r/hour).sq meter	MeV/C	Cl
11.05.86	7.9E+7	3.3E+17	1.2E+7



30 km 圏外の deposition は 30 MCi と評価されているが、データは示されていない。
合計は 50 MCi となり、これが Table 4.13 などの total release の値の根拠となっている？

§ 2. 実際に放出された量 (total 50 MCi が正しいと仮定して)

§1. の数値は 5月6日換算から実量より可成り小さい。これを decay の逆補正すれば
実量が得られる。composition の data は Table 4.10 を用いる。data の欠けているところは
は内挿(直線)する。137Cs の濃度の抜けているところは 134Cs の2倍と仮定し、140La につ
いては 4月29日以降 0 と仮定した。結果は Table 1 に示す。gas を除く 4月26日 -

5月6日の放出量 (initial
release 分を除く) は

81.5 MCi となる。これに
initial release の実量 (p.1) 58.9 MCi を加えると
total 140.4 MCi となる。

これに、ガス性の 131I が aero-
sol の 4倍と仮定すると
(10.7+7.4)×4 = 72.4 MCi

Table 1
実放出量 (kCi) Table 4.10 と Table 4.13 をもとに計算

	4月					5月					total
	26-27	27-28	28-29	29-30	30-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	
ZR95	783	651	483	359	331	626	758	63	808	15	4877
NB95	107	86	63	46	160	473	733	136	947	13	2764
MO99	658	431	253	148	109	166	163	461	323	3	2715
RU103	374	310	230	171	153	282	334	754	797	10	3415
RU106	142	121	91	68	53	86	90	325	150	7	1132
I131	996	759	523	365	279	448	464	2619	947	14	7414
TE132	7116	4786	2901	1766	1194	1635	1385	4714	1732	6	27235
CS134	71	60	45	34	27	45	49	168	69	0	569
CS136	53	43	31	23	20	35	41	94	0	0	340
CS137	142	121	91	68	57	101	114	388	150	2	1234
BA140	569	453	324	234	245	506	652	346	1501	9	4837
LA140	1957	948	313	0	0	0	0	0	0	0	3218
CE141	249	203	148	108	172	430	619	94	739	11	2774
CE144	285	241	182	137	165	367	497	0	589	8	2471
ND147	249	194	136	97	89	169	204	0	242	4	1384
NP239	4092	3277	2360	1709	1073	1308	896	63	323	5	15106

TOTAL 1784412684 8176 5332 4126 6677 699710225 9318 106
TOTAL = 81485.141
Table 4.10 は実量と仮定

^{133}Xe 50 MCI は 4月26日換算で 185 MCI となるから、これを全部を
 合せると $140.4 + 72.4 + 185 = 398 \approx 400 \text{ MCI}$ となる。但し、これは
total 50 MCI (5月6日) が正しいとした場合。

§3. ヲ連国内の deposition の考察

Table 5.3 (5月11日 時点)

Radionuclide	Zr-95	Ce-141	Ce-144	I-131	Te-132	Ru-103	Ru-106	Ba-140
Amount on the surface, Ci	1.8E+5	1.7E+6	1.3E+6	1.3E+6	2.5E+5	1.5E+6	5.7E+5	9.1E+5
Fraction in reactor core, x	1.5	1.7	1.0	5.1	5.0	1.4	0.8	1.4

Radionuclide	Cs-134	Cs-137	Sr-89	Sr-90	Y-91	Total amount
Amount on the surface, Ci	1.3E+5	2.8E+5	6.2E+5	8.5E+4	6.4E+5	1.12E+7
Fraction in reactor core, x	0.8	1.9	1.2	0.85	0.85	1.4

→ 29.47×10^6

Table 5.3 に 30 km 圏内の deposition の composition が出てくる (5月11日)。
 各地域の地上の空間線量から、deposition の量を逆算する際に、Table 5.3 の
 composition を用い、APS report に出ている dose conversion factor ^($\times 0.867$) を用いると
 得られた ^{137}Cs の分布は、距離に対して系統性がなく、ひどくばらついてしまう。
 そこで、Table 5.3 の composition が一定であるという仮定に問題があると考え、
 まず、composition の距離依存を調べることにする。

3-1. Composition data のまとめ

Table 2, 3, 4 に composition data のまとめ (4月26日換算) を示す。
 放出点での composition は Table 4.14 と Table 1 (daily data) を用い、放出期間
 を3つに分類する。period 1: initial + (26日-27日), period 2: 27日-29日
 period 3: 4月29日-5月6日。但し period 3 については環境データが余りないので
 period 2 で代用する。

^{137}Cs に対する各 nuclide の比を 距離 X に対して plot したのが (図1) (period 1)
 と (図2) (period 2)。

Table 5.1 事故初期の air

Radionuclide	Ce-144	Ce-141	Ba-140	I-131	Ru-103	Ru-106	Cs-137
Fractionating Coefficient	1.23	1.03	0.84	5.22	2.21	1.7	5.84

Table 2

137Cs is 137I33
 26.486 R-normalize
 原子核上空 200mm air sample (Table 4.10)

T _{1/2} (d)	26.4	29.4	2.5	3.5	4.5	5.5	initial release (Table 4.18)	近心の air (Table 5.1)	close in air (Table 5.3)	Kiev depos. (西)	Gärle depos. (-)	Nurmijärvi air (-)	Bayern air (小山)	Karlsruhe air (西)	Linz air (西)	Berlin depos. (小山)	Nickers. depos. (小山)	Paris air (小山)
65.2 ⁹⁵ Zr	5.5	5.42	7.08	0.175	5.86	10.0	1.67	0.177	0.734	14.2	0.0888	0.0322	—	—	—	0.0290	—	—
35.0 ⁹⁵ Nb	0.75	0.708	7.21	0.403	7.39	9.77	—	—	—	—	0.0743	0.0677	—	—	—	—	—	—
2.8 ⁹⁹ Mo	4.63	4.55	6.31	6.73	15.6	15.6	1.80	—	—	—	—	0.403	—	0.822	1.48	—	—	—
39.5 ¹⁰³ Ru	2.63	2.63	3.25	2.20	6.1	7.45	2.37	0.392	6.96	12.0	0.294	0.264	1.34	0.812	2.82	2.81	2.49	1.564
366 ¹⁰⁶ Ru	1.00	1.01	0.793	0.889	1.02	4.44	0.667	0.306	2.09	2.80	0.147	0.0603	0.306	—	1.80	—	—	0.277
80.5 ¹³¹ I	7.00	6.91	6.83	12.4	12.5	18.7	35.3	0.926	16.9	68.6	5.05	3.46	2.95	8.39*	7.39	7.31	5.87	2.403
3.25 ¹³² Te	50.0	49	43.6	54.1	62.5	26.6	113	—	219	—	—	5.27	14.4	6.76	—	—	—	—
750 ¹³⁴ Cs	0.5	0.5	0.429	0.432	0.462	—	0.5	—	0.471	0.486	0.551	0.613	0.574	0.524	0.902	0.485	0.551	0.517
13.0 ¹³⁶ Cs	0.38	0.333	0.493	0.354	—	—	—	—	—	—	0.227	0.297	0.259	0.234	0.388	0.207	—	0.217
12.8 ¹⁴⁰ Ba	4.00	4.02	7.93	1.30	15.4	8.86	2.87	0.149	7.32	13.1	1.53	0.615	0.657	0.780	0.998	1.256	1.904	0.649
32.3 ¹⁴¹ Ce	1.75	1.68	6.16	0.281	5.83	8.23	1.63	0.183	8.32	18.0	0.0673	0.0501	—	—	—	0.0850	0.171	0.0193
284 ¹⁴⁴ Ce	2.00	2.02	4.42	—	4.00	5.09	1.53	0.218	4.82	12.5	0.0708	0.0338	—	—	—	0.0385	—	≤ 0.0164
2.35 ²³⁹ Np	28.8	60.6	46.1	1.28	22.8	44.0	17.2	—	—	—	—	0.617	—	—	—	—	—	—
52.1 ⁸⁹ Sr	—	—	—	—	—	—	0.967	—	2.72	—	—	—	—	0.105	—	—	—	—
11030 ⁹⁰ Sr	—	—	—	—	—	—	0.05	—	0.304	—	—	—	—	0.010	—	—	—	—
57 ⁹¹ Y	—	—	—	—	—	—	—	—	2.71	—	—	—	—	—	—	—	—	—
137 ¹³⁷ Cs	0.28	0.38	0.07	0.26	1.3	0.0154	0.3 MC	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* is total

Table 3

Kiev

on deposition

Kaliningrad

	28-29 4.	29-30 4.	30-4 1.5	1-2 5.	2-3 5.	3-4 5.	4-5 5.		26-27 4.	27-28 4.	28-29 4.	29-30 4.	30-4 1.5	1-2 5.	2-3 5.	3-4 5.	4-5 5.
⁹⁵ Zr	1.22	0.308	9.12	2.00	6.68	24.7	10.5		1.67	0.276	0.467	1.39	0.945	6.66	5.03	8.16	15.1
⁹⁵ Nb	4.20								0.379								
⁹⁹ Mo																	
¹⁰³ Ru																	
¹⁰⁶ Ru																	
¹³¹ I	22.4	11.9	4.00	54.0	51.5	59.7	73.6		9.48	54.6	75.5	1235	64.1	83.8	79.5	47.8	47.5
¹³² Te	51.4								34.0								
¹³⁴ Cs																	
¹³⁶ Cs																	
¹⁴⁰ Ba	2.04	1.02	9.70	13.8	13.7	30.8	7.08		1.74	0.70	0.714	1.34	3.00	—	20.6	11.3	8.48
¹⁴¹ Ce	12.9								0.719								
¹⁴⁴ Ce																	

period 3

period 1

Table 4

全部 4月26日操作

	Table 1 x-27 26	Table 1 x-27 26	Table 1 x-27 26	period 1
				137Cs 合計
95Zr	783	500	1283	2.90
95Nb	107	-	-	-
99Mo	658	540	1198	2.71
103Ru	374	710	1084	2.45
106Ru	142	200	342	0.774
131I	996	10600	11596	26.2
132Te	7116	33800	40916	92.6
134Cs	71	150	221	0.5
136Cs	53	-	-	-
137Cs	142	300	442	1
140Ba	569	860	1429	3.23
141Ce	249	490	739	1.67
144Ce	285	460	745	1.69
147Nd	249	-	-	-
239Np	4092	5160	9252	20.9
	KCi	KCi	KCi	-

Table 1

Table 1 Table 1.10'	period 2
27-27 28-21	左 合計
658 493	1151
88 66	154
552 415	967
315 238	553
121 91	212
827 621	1448
5724 4444	10368
60 45	105
45 35	80
121 91	212
478 361	839
227 154	361
242 183	425
206 154	360
4401 4257	8658
KCi	KCi

period 2

Table 1

Table 1 Table 1.10'	period 3
29-30 30-1 1-2 2-3 3-4 4-5 5-6	合計 合計
371 345 660 808 68 879 16	3147
49 173 522 825 156 1110 15	2851
311 293 572 720 2608 2340 28	6872
180 164 308 371 851 916 12	2802
68 53 87 91 329 152 7	787
473 394 689 778 4785 1886 30	9035
3349 2802 4749 4980 20978 9540 41	46439
34 27 45 49 169 70 0	394
27 25 46 57 137 0 0	292
68 57 101 114 388 150 2	880
275 304 663 902 505 2315 15	4979
115 187 478 703 109 875 13	2480
138 167 371 504 0 601 8	1789
116 114 229 294 0 394 7	1154
2295 3491 5716 5259 497 3420 71	20749
KCi	KCi

period 3

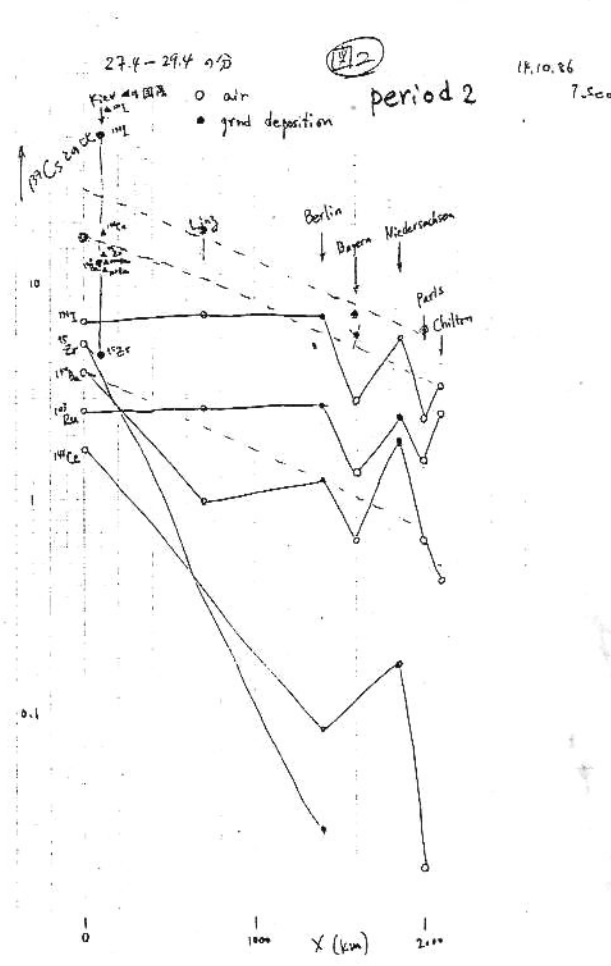
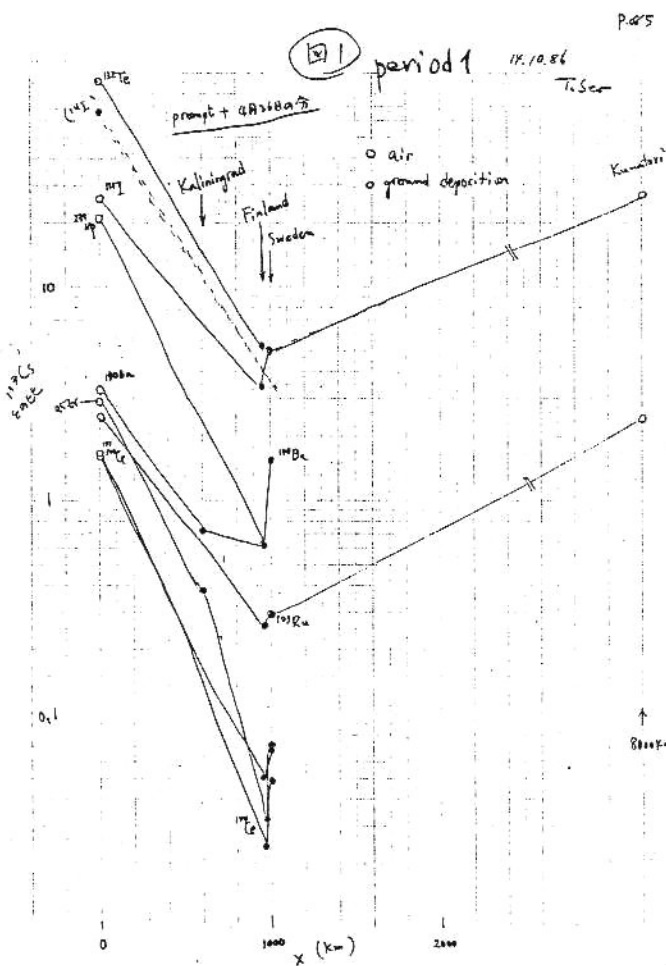


Table 5.5 (a)

The Fallout of Radionuclides on the Surface
Ci/sq km.day

Date	Kiev			
1986	I-131	Ba-140	Zr-95	Cs-137
26-27.04				
27-28.04				
28-29.04	1.9E-2	1.8E-3	1.3E-3	1.1E-3
29-30.04	6.6E-2	6.4E-3	2.3E-3	7.8E-3
30.04-1.05	2.5	7.1E-1	8.3E-1	9.6E-2
01-02.05	10.3	3.2	6.0E-1	3.2E-1
02-03.05	2.6	8.6E-1	5.7E-1	9.2E-2
03-04.05	3.3E-1	2.2E-1	2.5E-1	1.1E-2
04-05.05	7.8E-1	1.0E-1	2.2E-1	2.3E-2

Table 5.5 (b)

The fallout of Radionuclides on the Surface,
Ci/sq km.day

Date	Kallningrad			
1986	I-131	Ba-140	Zr-95	Cs-137
26-27.04	2.0E-2	3.8E-3	3.8E-3	2.3E-3
27-28.04	4.6	6.3E-2	2.7E-2	1.0E-1
28-29.04	4.9	5.1E-2	3.8E-2	8.4E-2
29-30.04	10.5	1.3E-2	1.6E-2	1.2E-2
30.04-01.05	2.0E-1	1.2E-2	4.3E-3	4.8E-3
01-02.05	1.6E-1		2.0E-2	3.2E-3
02-03.05	4.0E-2	1.3E-2	4.3E-3	9.2E-4
03-04.05	2.4E-2	7.3E-3	7.5E-3	1.0E-3
04-05.05	1.8E-2	3.8E-3	1.0E-2	7.3E-4

図 1, 2 をにらんで、この ^{137}Cs に対する比 R の x -dependence を

$$R(x) = R_0 e^{-\frac{x}{x_0}}$$

と仮定し、各 element の分類 (AE = Alkaline Earths, NO = Nonvolatile Oxides, VO = Volatile Oxides, TE = Telluriums, I = Iodines, CS = Cesiums) に対して、 R_0 の inventory に対する比と x_0 がこれらの分類に対して固有のものだと仮定して、Table 5 のようにまとめられる。Table 5 の右側 4 列が図 1, 2 からエイヤツと決めたパラメータである。

3-2. Ground deposition の計算

以上で composition の x -dependence が決定されたから、各地域の ^{137}Cs に対する比が決まり、これを用いて、各地域の空間線量データに合うように deposition concentration を決める。この時用いた dose conversion factor は APS の値を 0.54 倍して用いた。deposition の成分は period 1 と 2 でちかうので、地域によってどういう混合になっているか、ちかうはすである。ここでは大雑把な仮定として右図のように period 1 の fraction を仮定する、period 1 + period 2 = 1 である。

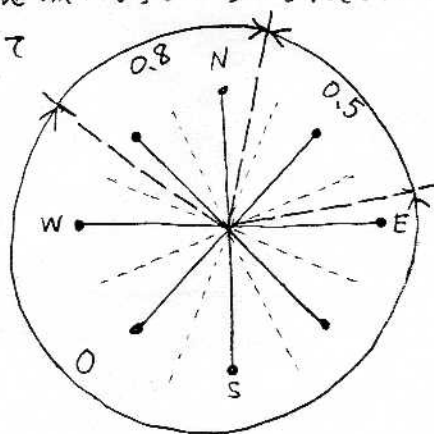


Table 6 の解析結果は Table 4.1 の data をもとにしたもの。この場合 period 1 の fraction を 0.5 と仮定した。

Table 7 は Table 7.2.1 の数値から出した。位置のはまりしている Chernobyl だけ fraction を 0 とし、他は 0.5 と仮定した。

Table 8 は Table 7.2.2 に基くもの。これも fraction を全部 0.5 と仮定した。

Table 7.2.1

Estimated doses of public exposure in some populated areas in the 30 km - zone around ChNPS
↓ "D" + 15 = 5月11日

Settlement	Distance from ChNPS km	Dose rate on "D" + 15 mR/h	Dose from discharge cloud R	Dose on child's thyroid rem	Dose from Radioactive fallout in 7 days R	
					estimate	actual
Chistowka	5.5	12	10	120	8.4	3.2
Leviev	9	25	7	250	17	10
Chernobyl	16	8	1.2	80	5.6	3.0
Rudki	22	8	0.6	80	5.6	2.2
Crevichi	29	2.5	0.2	25	1.8	4.4

NE = $\frac{1}{2} \times \text{Vol} \times \text{Oxide}$
 NO = $\frac{1}{2} \times \text{Vol} \times \text{Nucleoside Oxide}$

Inventory is 1/2 of
 #1421132 2.312 WASH-1400 2.312

Table 5

group element	T _{1/2} (d)	Inventory (NCI)		Period #1		Period #2	
		(Y ₂) (WASH-1400)	(Active)	R ₀	X ₀	R ₀	X ₀
1 AE	89Sr	52.1	63.1 (82)	94.1	1.58	710	1.91
2 AE	90Sr	11030	5.5 (0.31)	3.7	0.138	740	0.147
3 NO	90Y	2.67	3.9 (0.31)		0.060	268	0.084
4 NO	91Y	59	120 (156)		1.85	4	2.6
5 NO	95Zr	65.2	132 (17)	150	2.03	4	2.8
6 NO	97Zr	0.71	150 (14)		2.31	4	3.2
7 NO	95Nb	35	150 (14)		2.31	4	3.2
8 VO	99Mo	2.8	155* (20)	160	3.0	450	3.1
9 VO	103Ru	39.5	131 (17)	110	2.5	450	2.6
10 VO	106Ru	366	56.2 (7.3)	25	1.07	450	1.11
11 VO	105Rh	150	58* (7.5)		1.11	450	1.15
12 TE	127mTe	109	1.1 (0.14)		1.39	334	0.59
13 TE	127mTe	125	13 (17)		16.4	334	7.0
14 TE	132Te	3.25	73.1 (45)	120	42	334	39
15 NO	127Sb	3.88	6.1 (0.74)		0.094	268	0.13
16 I	131I	805	86.4 (11.2)	85	65	346	28
17 I	133I	0.875	170 (22)		12.8	346	55
18 CS	134Cs	750	505 (0.86)	7.5			
19 CS	136Cs	13.0	3.0 (0.34)				
20 CS	137Cs	11000	7.70 (1)	4.7	4.2		
21 AE	140Ba	12.8	132 (17)	160	2.3	740	4.0
22 NO	140La	1.67	160 (21)		2.46	268	3.4
23 NO	141Ce	32.3	150 (17)	150	2.31	4	3.2
24 NO	143Ce	1.38	130 (17)		2.00	4	2.8
25 NO	144Ce	264	88 (11.4)	85	1.36	4	1.9
26 NO	143Pr	13.7	130 (17)		2.00	4	2.8
27 NO	147Nd	11.1	60 (7.8)		0.92	4	1.3
28 NO	239Np	2.35	1640 (0.13)	1510	25.3	4	35
29 NO	241Pu	5350	4.7 (0.61)	34	0.072	4	0.10

* 1/2 of the value is 1/10 of the value, ** 105Ru is dangerous for the value

Analysis of 300g

Dose-conversion factor to WASH-1400 (DRAFT) on 0.54 1E

Table 6 ① Table 4.1 1.1 (6A > 6B)

X (km)	R (μR/g)	Dose Conc. (μCi/m ²)			
		5A11B	5A11B	5A11B	5A11B
17	870	20000	81.5	6579	346
21	480	10000	40.6	3281	174
28	1100	5000	20.0	1633	88
41	2780	3000	12.0	971	539

Table 7 ② Table 7.2.1 (5A11B)

WT	X (km)	R (μR/g)	Dose Conc. (μCi/m ²)			
			5A11B	5A11B	5A11B	5A11B
Chistogolovsk	5.5	12000	547	842	43.3	1535
Leviev	9	25000	1139	1753	90.8	3186
Chernobyl	16	8000	279	429	36.6	1129
Rudki	22	8000	364	560	29.9	1020
Crevichi	29	2500	114	175	9.47	318

Table 8 ② Table 7.2.2 1.1 (30km 11B)

X (km)	R (μR/g)	Period #1	Dose Conc. (μCi/m ²)			
			5A11B	5A11B	5A11B	5A11B
3-7	10-120	0.5	456-5472	36-432	1379-1538	1914-2208
7-10	14-92	0.5	638-4193	981-6447	51-335	1790-11743
10-15	1.6-100	0.5	72.7-4555	112-7008	526-366	204-12735
15-20	0.4-36	0.5	18.2-1438	38.0-2501	148-133	51.1-4499
20-25	0.52-48	0.5	23.7-2188	35.4-3360	134-179	66.3-6120
25-30	0.16-16	0.5	7.27-727	11.18-118	0.604-604	20.4-2038

fraction of period #1



Table 9

③ Fig. 7.2.4 から 5月26日 時点の数値を記す。(Bqを換算し、2)

町	X (km)	Dose rate (μR/h)	Fraction of period #1	gnd. conc. (μCi/m ²)			Total
				131I	137Cs	5月26日	
Kiev	120 (S)	40	0	1.90	10.6	0.98	15.4 35.5
Chernigov	90 (E)	240	0	5.00	28.0	2.52	41.5 95.0
Cherkassy	270 (SSE)	40	0	0.89	4.97	0.51	6.49 15.4
Vinnitsa	270 (SSW)	20	0	0.44	2.49	0.255	3.25 7.68
Minsk	320 (NNW)	12	0.8	0.37	2.05	0.193	1.79 4.94
Gomel	160 (NNE)	90	0.5	2.69	15.0	1.08	14.8 39.2
Vitebsk	410 (N)	28	0.5	0.051	0.285	0.033	0.296 0.744
Brest	440 (W)	12	0	0.271	1.52	0.176	1.84 4.43
Voroshilovgrad	740 (ESE)	10	0	0.215	1.20	0.174	1.41 3.38
Poltava	380 (SE)	30	0	0.68	3.79	0.42	4.69 11.2
Bryansk	370 (NE)	40	0.5	1.06	5.95	0.62	6.07 15.6
Leningrad	940 ()	6	0.8	0.081	0.453	0.171	0.66 1.39

④ Table 7.2.5 より (5月11日)

町	X (km)	Dose rate (μR/h)	Fraction of period #1	gnd. conc. (μCi/m ²)			Total
				131I	137Cs	5月11日	
Gomel'staya	160 (NNE)	870	0.5	36.7	56.5	4.06	103 147
Kiev'staya	100 (S)	440	0	15.8	24.3	2.21	60.1 82.0
Bryansk'staya	350 (NE)	300	0.5	12.6	19.3	2.02	35.9 50.8
Zhitomir'staya	160 (SW)	200	0	7.31	11.2	1.07	26.8 36.6
Mogilev'staya	290 (N)	150	0.8	6.89	10.6	0.93	17.5 25.4
Orlovskaya	430 (NE)	140	0.5	5.70	8.77	1.06	16.5 23.2
Chernigov'staya	90 (E)	140	0	5.01	7.71	0.895	19.2 24.2
Tul'skaya	550 (NE)	120	0.5	4.66	7.16	1.06	13.8 19.3
Cherkasskaya	270 (SSE)	91	0	3.40	5.23	0.538	11.7 16.2
Brest'skaya	440 (W)	81	0	3.07	4.72	0.550	9.47 13.8

Table 10

⑤ Table 7.2.9 の rural の値 (1年分) から 5月11日 時点に逆推算

$$D_{fall} (rem/year) = 2.5 R (5月11日) (mR/h)$$

町	X (km)	Dose rate (μR/h)	Fraction of period #1	gnd. conc. (μCi/m ²)			Total		
				131I	137Cs	5月11日			
ウクライナ									
{	Cent. of Ukraine	150 (S)	108	0	3.94	6.05	0.57	14.5	19.8
	West "	370 (W)	26.8	0	1.01	1.56	0.172	3.36	4.64
	East "	570 (E)	30.8	0	1.17	1.79	0.23	3.68	5.10
	South "	400 (S)	18.0	0	0.652	1.05	0.118	2.24	3.09
白ロシア									
{	SE of Byelorussia	180 (N)	342	0.8	18.8	28.9	1.91	46.7	68.1
	NW "	370 (NW)	37.6	0.8	1.66	2.56	0.273	4.33	6.22
{	Moldavskaya	420 (S)	33.6	0	1.27	1.96	0.225	4.16	5.74
	Bryansk'staya	350 (NE)	200	0.5	8.38	12.9	1.34	24.0	33.9
{	16,000 Kaliningrad	680 (NW)	4.8	0.8	0.172	0.264	0.058	0.517	0.744
	120,000 Kal. Tul. Smolensk	500 (NE)	48	0.5	1.90	2.92	0.398	5.58	7.81
{	00,000 Orl. Kurik. Lipetsk	520 (E)	56	0	2.12	3.27	0.403	6.76	9.36

図中の数字は 5月6日 時点の deposition

単位は ④
単位は ⑤: 1000年分

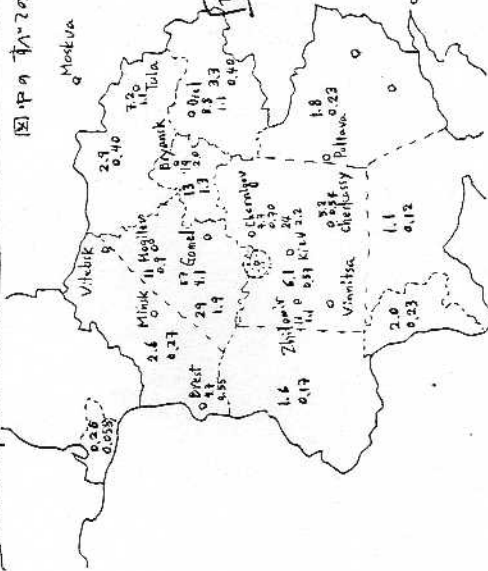


Table 12

5月6日 時点の total deposition		5月6日 時点の total deposition	
④: μCi/m²	⑤: 1000年分	④: μCi/m²	⑤: 1000年分
Ukraine	4.92	Ukraine	4.92
Byelorussia	7.71	Byelorussia	7.71
Moldavskaya	0.19	Moldavskaya	0.19
Bryansk'staya	1.70	Bryansk'staya	1.70
Kaliningrad	0.01	Kaliningrad	0.01
K. TS	0.94	K. TS	0.94
O. KL	0.94	O. KL	0.94
-total	16.41	-total	16.41

⑤の deposition conc. は ④ から
平均値を求め、その平均値を
1000年分の deposition conc. とする。
⑤の deposition conc. は ④ から
平均値を求め、その平均値を
1000年分の deposition conc. とする。

Table 7.2.2

Estimated doses of the countryfolk
external exposures in the 30 km-
zone around Ch NPS, rem *)

Table 7.2.2 の値は、7日、1か月、1年分の線量を示しているが、これはソ連の報告書の次の式に基づいて出されたものと考える。

$$D(7 \text{ days}) (\text{rem}) = 0.7 R_y(15)$$

$$D(1 \text{ month}) \quad " \quad = 1.2 R_y(15)$$

$$D(1 \text{ year}) \quad " \quad = 2.5 R_y(15)$$

ここに $R_y(15)$ というのは 15日目つまり5月11日時点での空間線量率 (mR/h) である。

Table 9 は Fig. 7.2.4 から5月26日時点の数値を読みとったもの。

Table 10 は Table 7.2.5 の "D" + 15 の数値、つまり5月11日時点の空間線量から取った。

Table 11 は Table 7.2.9 の最初の1年分の線量 (RURAL) の値から、上式を用いて出した。解析の結果として、図3と図4にそれぞれ ^{131}I と ^{137}Cs の deposition concentration の X-dependency を plot したが、前と比べて系統性は非常に良くなった。やはり composition の評価が正しくなかったのが、前の系統性の悪さの原因であった。

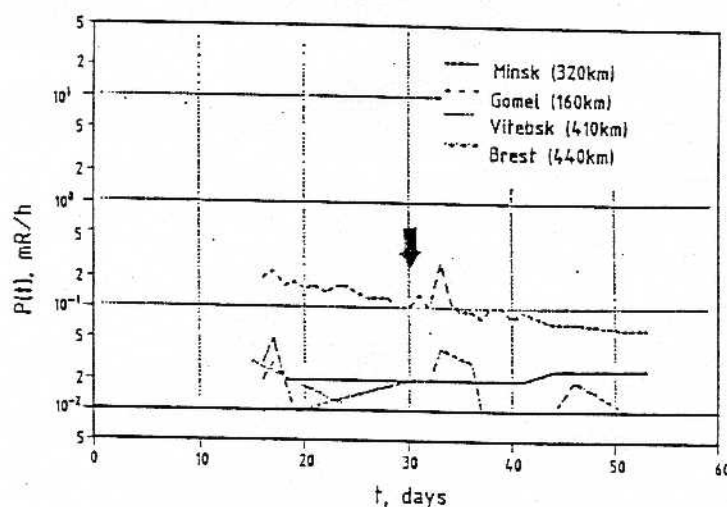
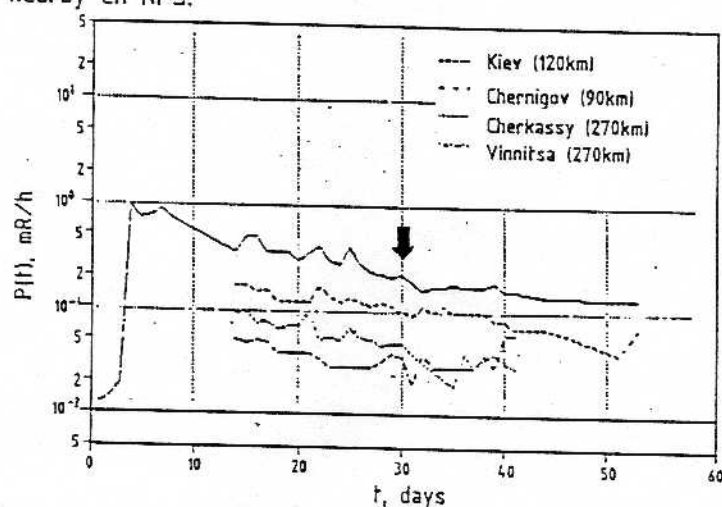
Table 12 に Table 11 をもとにして各地の面積をかけたものを示す。total とは 16.4 MCi となり、ソ連の報告書にある 10-30 MCi と一応 consistent になっている。

Table 13 に計算結果の一例を示す。左側は Table 4.1 の 870 km² 領域の最低値 20 mR/h に対する deposition。右側は Table 7.2.5 の Kievskaya の値に基づく deposition の量。いずれも測定日と5月6日換算の両方の値を示す。

Distance from Ch NPS/km	Number of settlements	External irradiation dose from radioactive fall-out		
		7 days	1 month	1 year
3-7	5	8-80	10-130	25-300
7-10	4	10-80	18-100	35-230
10-15	10	1.2-75	2-120	4-250
15-20	18	0.3-25	0.5-40	1-80
20-25	20	0.4-35	0.8-60	1.3-120
25-30	18	0.1-12	0.2-20	0.4-40

*) obtained on the base of life habits of rural population and protection coefficients of village houses. For cities these means will be nearly twice lower.

Fig. 7.2.4.
Dynamics of the γ -radiation rate change in the open country of the UKSSR(a) and BSSR(b) regional centres, situated nearby Ch NPS.



**RADIATION LEVELS AND PREDICTED DOSE VALUES OF
THE EXTERNAL EXPOSURE OF THE PUBLIC IN 10 REGIONS,
SUBJECTED TO THE GREATEST RADIOACTIVE CONTAMINATION
BY CH NPS ACCIDENTAL RELEASE PRODUCTS.**

REGION	AVERAGE DOSE RATE "D" + 15 Mr/h	IRRADIATION DOSE OF POPULATION IN		IRRADIATION DOSE DURING 50 YRS,	
		rem		rem	
		RURAL	URBAN	RURAL	URBAN
GOMELSKAYA	0.83 *	1.39	0.74	4.7	2.5
KIEVSKAYA	0.44 *	0.74	0.40	2.5	1.4
BRYANSKAYA	0.30	0.50	0.27	1.7	0.92
JITOMIRSKAYA	0.20	0.34	0.18	1.2	0.63
MOGILEVSKAYA	0.15	0.25	0.14	0.86	0.46
ORLOVSKAYA	0.14	0.24	0.13	0.81	0.44
CHERNIGOVSKAYA	0.14	0.26	0.12	0.78	0.42
TULSKAYA	0.12	0.20	0.11	0.67	0.37
CHERKASSKAYA	0.091	0.15	0.082	0.52	0.28
BRESTSKAYA	0.081	0.14	0.073	0.48	0.25

FOOTNOTE : * - OUTSIDE 30 KM ZONE AROUND CH NPS

Table 7.2.9

**PREDICTED DOSES OF THE EXTERNAL EXPOSURE
POPULATION IN SOME REGIONS OF THE USSR
EUROPEAN PART**

REGION	POPULATION MILLIONS	DOSE FOR 1988 REM/YEAR		COLLECTIVE DOSE 10 ⁶ MAN*REM	
		RURAL	URBAN	FOR 1988	FOR 50 YRS
UKR.SSR CENTR.	13.6	0.270	0.150	2.750	9.31
UKR.SSR WEST	8.3	0.087	0.038	0.440	1.47
UKR.SSR EAST	14.5	0.077	0.041	0.750	2.52
UKR.SSR SOUTH	14.4	0.045	0.024	0.730	2.47
BSSR SOUTH-EAST	2.9	0.980	0.520	2.050	6.94
BSSR NORTH-WEST	7.0	0.094	0.050	0.470	1.58
MOLDAVIA	4.1	0.084	0.045	0.270	0.92
BRYANSKAYA REG.	1.5	0.500	0.270	0.440	1.49
KALININGR. REG.	0.8	0.012	0.003	0.008	0.02
KALUJ.,TULSK.					
SMOL. REG.	4.0	0.120	0.084	0.320	1.08
LIPETSK. REG.	3.4	0.140	0.075	0.350	1.17
TOTAL	74.5	-	-	8.6	29.0

REDUCTION OF DOSE CONV. FACTOR (WASH-1400) = 0.54
DATE OF DATA = 26.6.86
DISTANCE (km) = 17
FRACTION OF PERIOD#1 = 0.5
DOSE RATE (uR/h) = 20000

Table 4.1.
2)

REDUCTION OF DOSE CONV. FACTOR (WASH-1400) = 0.54
DATE OF DATA = 11.5.86
DISTANCE (km) = 100
FRACTION OF PERIOD#1 = 0
DOSE RATE (uR/h) = 440

Table 7.2.5 1)
Kievskaya ④

NUCLD	T1/2 (d)	26.6.86		6.5.86		11.5.86		6.5.86	
		GND. CONC. (nC/m2)	DOSE (uR/h)	GND. CONC. (nC/m2)	DOSE (uR/h)	GND. CONC. (nC/m2)	DOSE (uR/h)	GND. CONC. (nC/m2)	DOSE (uR/h)
Sr89	52.1	254587.7	0.000	521487.6	0.000	3179.086	0.00000	3397.753	0.00000
Sr90	10300	51846.0	0.000	52024.3	0.000	339.012	0.00000	339.126	0.00000
Y90	2.67	0.0	0.000	1766.3	0.019	2.829	0.00003	10.361	0.00011
Y91	59	357514.8	7.143	650888.2	13.004	3606.207	0.07205	3824.385	0.07641
Zr95	65.2	415383.0	4484.137	714359.8	7715.086	3949.235	42.65174	4164.838	44.98025
Zr97	0.71	0.0	0.000	52.1	0.670	0.002	0.00002	0.304	0.00391
NB95	35	270798.3	2983.114	743314.9	8190.560	3933.213	43.32827	4342.619	47.83829
MO99	2.8	0.2	0.001	87560.6	340.435	167.043	0.64946	575.947	2.23928
Ru103	39.5	298401.4	2320.369	730251.7	5678.437	4413.536	34.31966	4818.277	37.46692
Ru106	366	331426.3	1073.821	365034.4	1182.711	2382.946	7.72074	2405.618	7.79420
RH105	1.5	0.0	0.000	3796.1	5.739	2.480	0.00375	25.001	0.03780
TE127M	109	224502.0	40.006	310505.4	55.332	1101.170	0.19622	1136.745	0.20256
TE131M	1.25	0.0	0.000	15276.2	277.172	3.308	0.06366	56.141	1.01863
Te132	3.25	48.9	1.666	2594430.6	88262.530	3266.811	111.13693	9489.583	322.85364
SB127	3.88	0.6	0.003	6173.6	32.170	14.749	0.07685	36.033	0.18776
I131	8.05	81468.4	492.721	6578637.3	39787.599	15800.152	95.33932	24301.687	146.97660
I133	0.875	0.0	0.000	11109.7	88.788	0.780	0.00623	40.968	0.32741
Cs134	752	164308.0	4258.865	172216.4	4463.849	1089.165	28.23117	1094.197	28.36158
Cs136	13	4033.6	130.691	61188.1	1982.496	297.788	9.64833	388.766	12.59601
Cs137	11000	346288.6	3141.530	347403.2	3151.642	2206.571	20.01802	2207.267	20.02432
Ba140	12.8	45806.5	450.186	725009.3	7125.391	3607.682	35.45630	4729.531	46.48183
La140	1.67	0.0	0.000	15186.7	492.052	11.123	0.36038	88.616	2.87117
Ce141	32.8	249721.4	296.469	733703.9	871.640	3853.619	4.58047	4285.316	5.09095
Ce143	1.38	0.0	0.000	5200.2	24.711	2.475	0.01176	30.506	0.14496
Ce144	285	462323.6	299.585	523376.9	339.148	3030.342	1.96379	3067.619	1.98781
Pr143	13.7	36062.1	0.000	476073.4	0.000	2168.570	0.00000	2792.791	0.00000
Nd147	11.1	8095.0	17.485	195583.1	422.459	842.861	1.82058	1151.742	2.48776
NP239	2.33	0.1	0.000	519377.6	1590.230	693.761	2.12415	3031.794	9.28274
PU241	5330	28070.2	0.000	28256.5	0.000	163.107	0.00000	163.214	0.00000
TOTAL		3640688.0	20000.000	17189445.	172093.98	60134.037	440.00000	81998.759	741.31504

ソ連国内の deposition (5月6日 推算)

7.12.86, T. Ser

 ^{131}I

図3

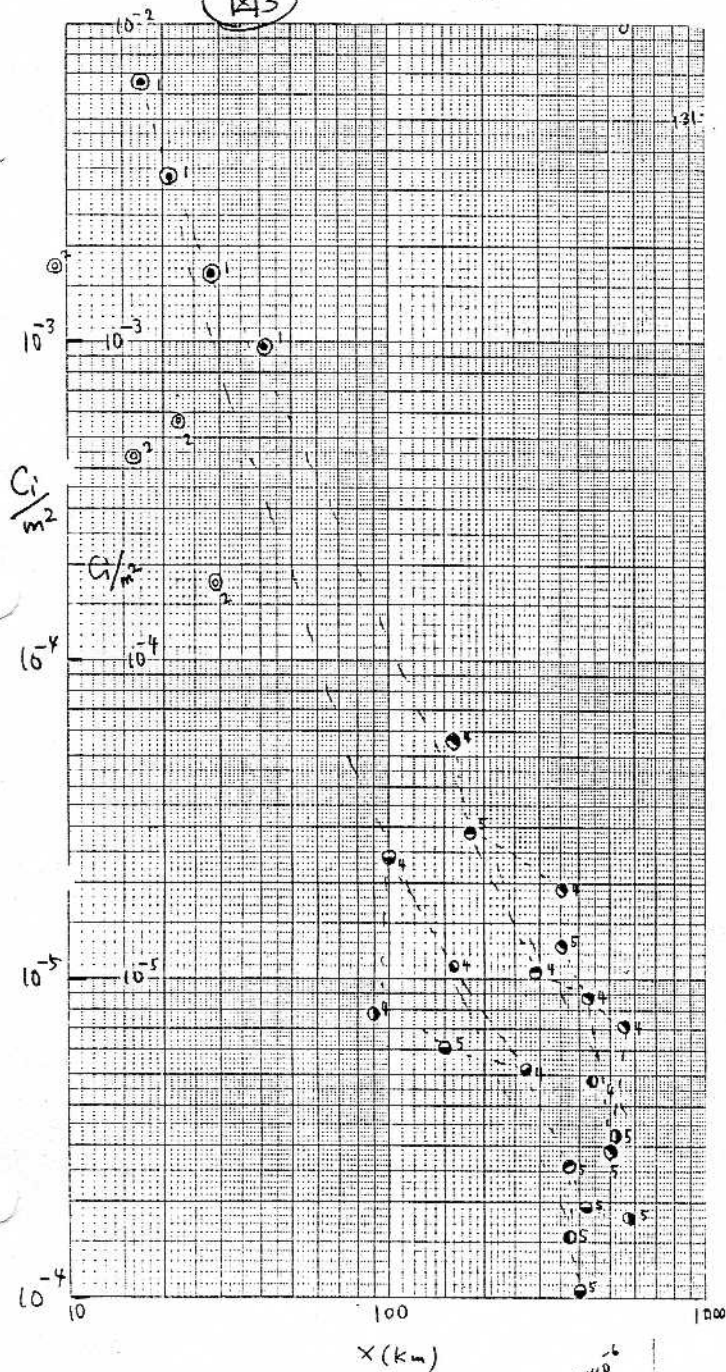
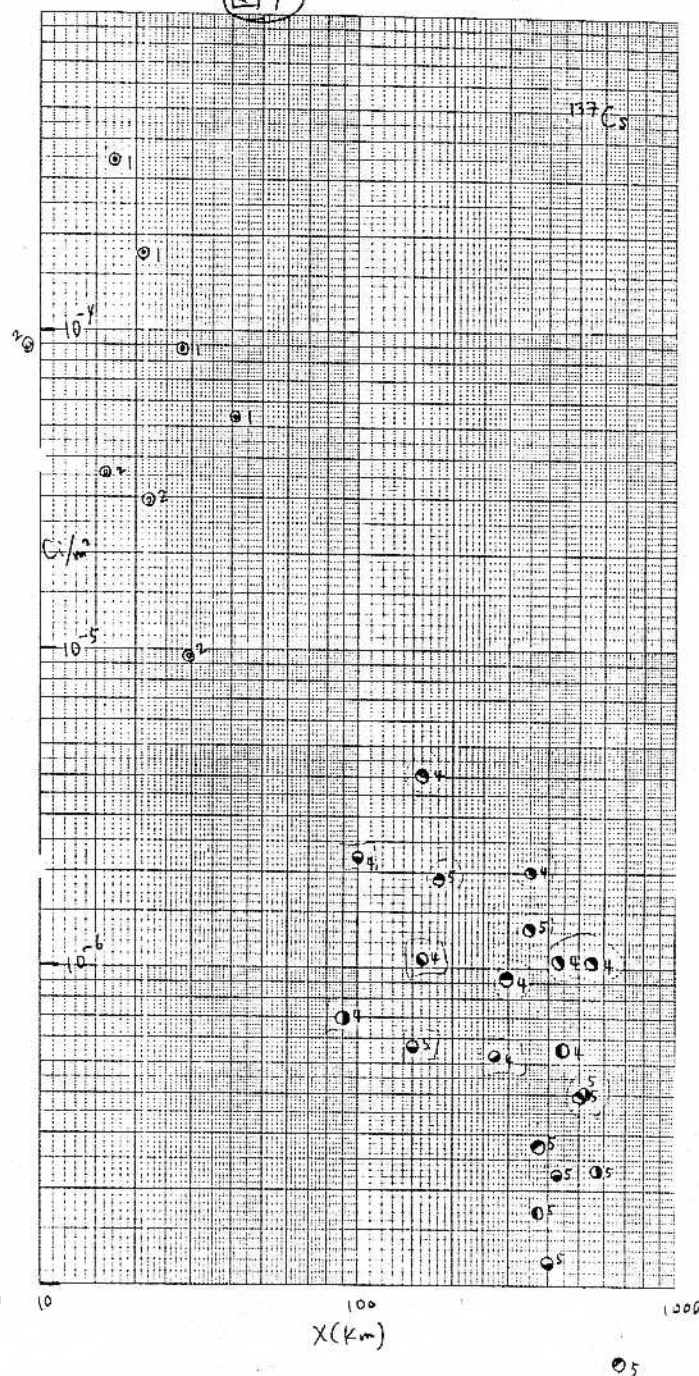
 ^{137}Cs

図4

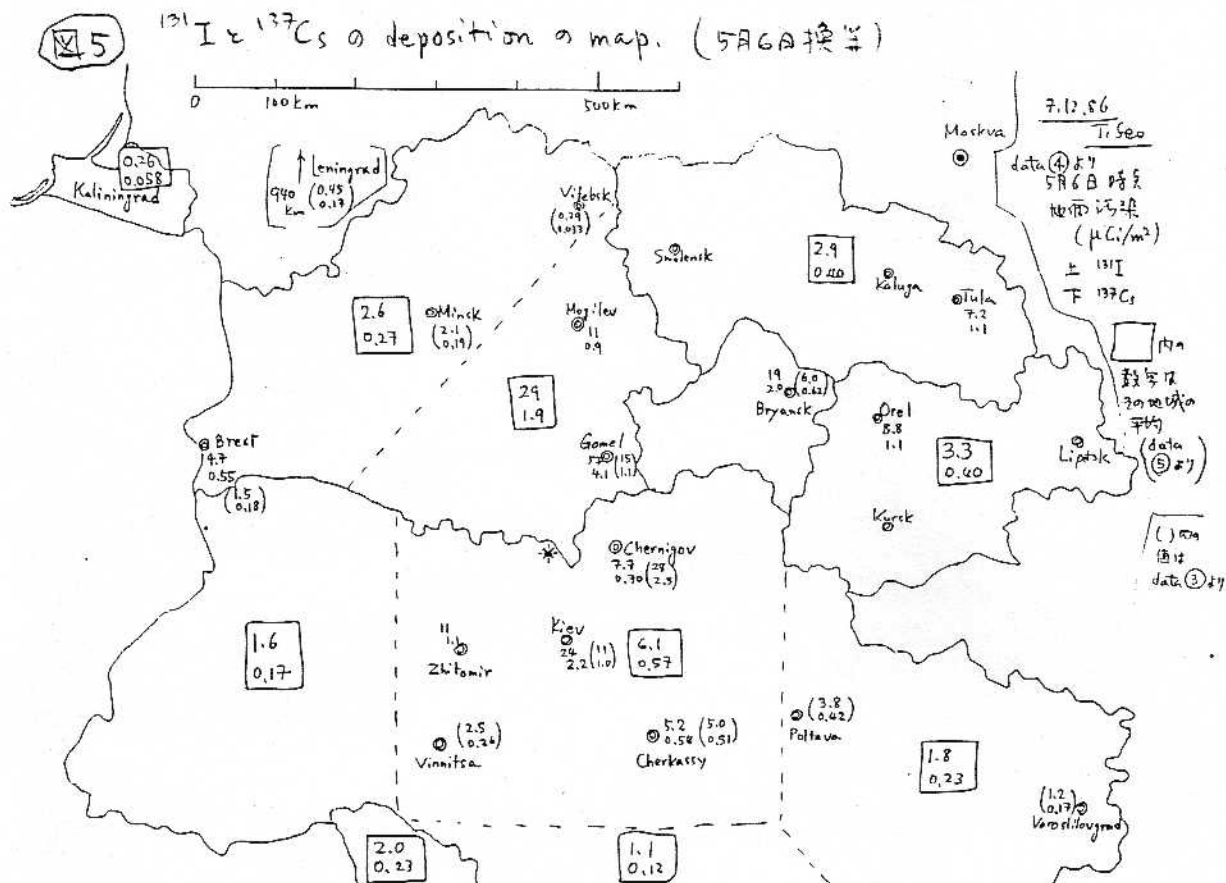


番号 1 = Table 6, 2 = Table 7, 4 = Table 10, 5 = Table 11

以上を map にしたのが 図5 に示してある。

§ 4. Total release

total release の量は ソ連国内だけでなく全世界に降下した放射能の総和と考える。
 これを評価するために、上で得られた 単位面積当りの deposition の量に、その地点の
 距離をかけたもの 調べる。ヨーロッパ地域の data も合せて示したのが Table 14。これを



図示したのが図6。

ソ連国内の data が相当はらついて
いるが一応

$$30\text{ km 圏内は } 300 e^{-\frac{x}{17}} \text{ (Ci/m)}$$

$$800\text{ km 圏内は } 10 e^{-\frac{x}{480}} \text{ (Ci/m)}$$

の関数形が支配的と見られる。

距離による減衰のちがいは aerosol
の粒形分布等によると考えられる。

1000 km より 遠方では 全方位のデータ

が余りない。一応ヨーロッパと日本、

アメリカの唯一のデータをもとに、大雑に
直線を引きと $0.39 e^{-\frac{x}{30000}}$ となるが

plume の遠方での挙動を 2π 方向で
一様とは考えにくいので 日本とアメリカ
の数値を $\frac{1}{2}$ にしてみた。この場合は

$$0.42 e^{-\frac{x}{8000}} \text{ (Ci/m)}$$

となる。

Table 14

total gnd. conc. = $X(\text{km})$ を用いて 5月6日換算

① Table 6 より

$X(\text{km})$	Ci/m
17	292
21	180
28	119
41	104

② Table 7 より

$X(\text{km})$	Ci/m
5.5	12.1
9	41.2
16	24.5
22	32.2
29	13.2

③ Table 8 より

$X(\text{km})$	Ci/m
5	9.2 - 110
8.5	21.8 - 143
12.5	3.66 - 229
17.5	1.28 - 115
22.5	2.14 - 197
27.5	0.80 - 80.2

④ Table 9 より

City	$X(\text{km})$	Ci/m
Kiev	120	4.26
Chernigov	10	8.57
Cherkassy	270	4.16
Vinnitsa	270	2.07
Minsk	320	1.58
Gomel	160	4.27
Vitebsk	440	0.31
Brest	440	1.95
Voroshilovgrad	940	2.50
Poltava	380	4.26
Bryansk	350	5.46
Leningrad	940	1.31

⑤ Table 10 より

City	$X(\text{km})$	Ci/m
Gomelskaya	160	23.5
Kievskaya	100	8.2
Bryanskaya	350	13.8
Zhitomirskaya	160	5.86
Mogilevskaya	290	7.37
Orlovskaya	430	9.98
Chernigovskaya	90	2.36
Tul'skaya	550	10.6
Cherkasskaya	270	4.37
Brestskaya	440	6.07

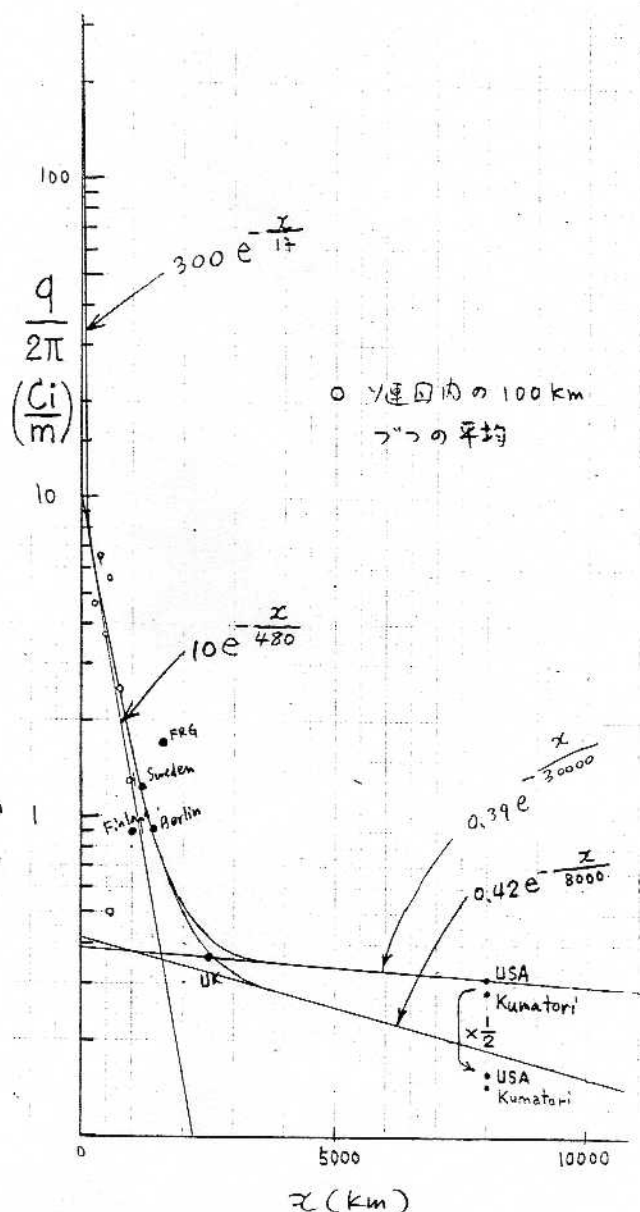
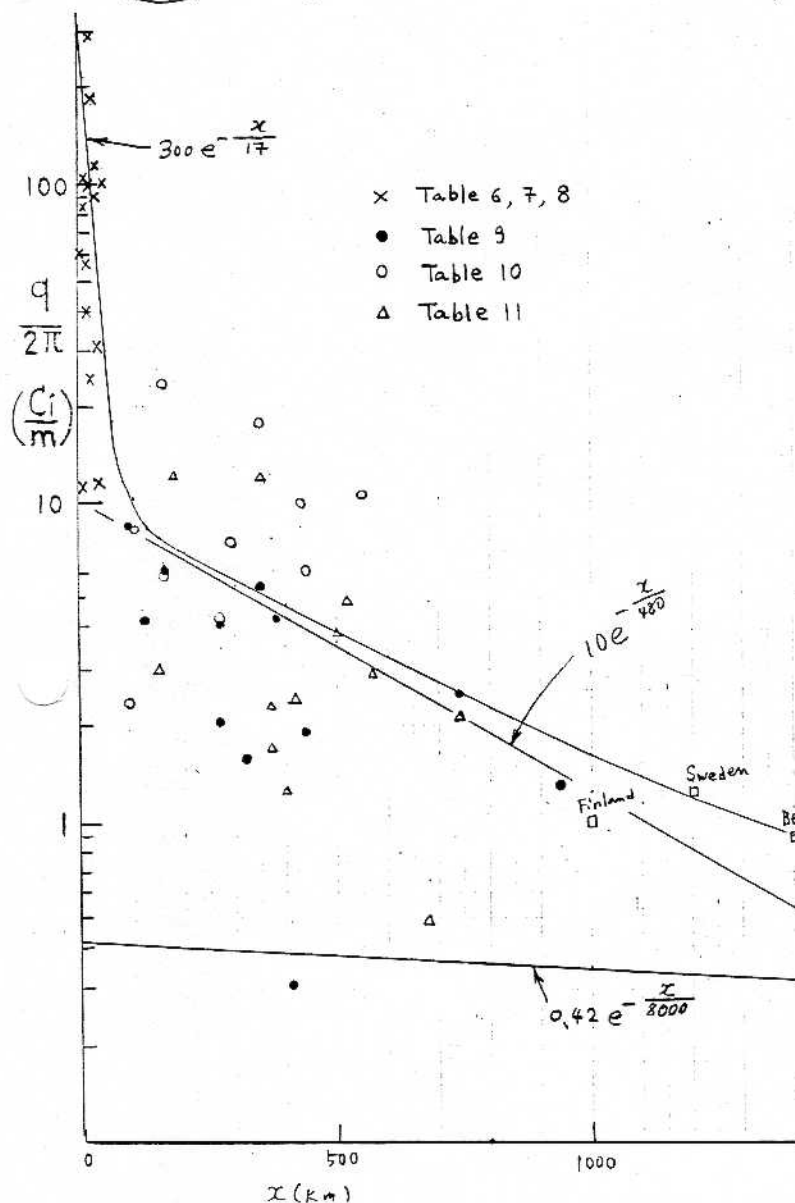
⑥ Table 11 より

City	$X(\text{km})$	Ci/m
Ent. Ukraine	150	2.97
W "	730	1.72
E "	570	2.91
S "	400	1.24
SE Byelorussia	180	12.3
NW "	370	2.30
Moldavskaya	420	2.41
Bryanskaya	350	11.9
Kaliningrad	650	0.49
Kal.-Tul. Spol.	500	3.91
Orl. Kur. Lipe.	520	4.87

⑦ Table 12 より

Country	$X(\text{km})$	Ci/m
Sweden (1200km)	1200	0.17 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 1.03 \mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 1.24 \text{ Ci/m}$
Berlin (1600km)	1600	0.0079 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 0.15 \mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 0.91 \text{ Ci/m}$
Finland (1000km)	1000	0.11 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 0.90 \mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 0.90 \text{ Ci/m}$
FRG (1600km)	1600	0.13 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 1.07 \mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 7.71 \text{ Ci/m}$
UK (2000km)	2000	0.15 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 1.07 \mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 3.58 \text{ Ci/m}$
Japan (800km)	800	0.035 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 0.280 \text{ Ci/m}$
USA (enorm)	enorm	0.119 $\mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 0.939 \mu\text{Ci}/\text{m}^2 \rightarrow 0.939 \text{ Ci/m}$

⑥ deposition of radial density (Ci/m) 5月6日換算



deposition of radial density q (Ci/m) は

$$q(x) = 2\pi \left(300 e^{-\frac{x}{17}} + 10 e^{-\frac{x}{480}} + 0.42 e^{-\frac{x}{8000}} \right) \quad (\text{Ci/m})$$

と表わせる。 ^{137}Cs と ^{131}I の deposition については図7に示したような $^{137}\text{Cs}/\text{total}$, $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比の systematics を仮定して計算することにする。 $x_1 - x_2$ 間の deposition の量は $\int_{x_1}^{x_2} q(x) dx$ で計算すれば得られる。結果は下表 (Table 15)、単位は MCi 。

X (km)	Deposition (MCi) (5月6日換算)		
	total	^{137}Cs	^{131}I
0 - 30	28.5	0.65	6.4
30 - 600	26.6	0.85	5.6
600 - 1000	5.8	0.42	1.5
1000 - ∞	22.4	2.24	7.8
合計	83.3	4.16	21.3

今後の課題

- 遠距離のデータを充実させて long range term を確定にする。
- もう一度 §1, §2 の計算をやり直す。
- Gaseous iodine の量が non-gas の4倍とすると inventory より多い放出 → 光分解と関係あり?

7

