

# **Comparison of radioactive contamination between Chernobyl and Fukushima**



**Chernobyl April 1986**



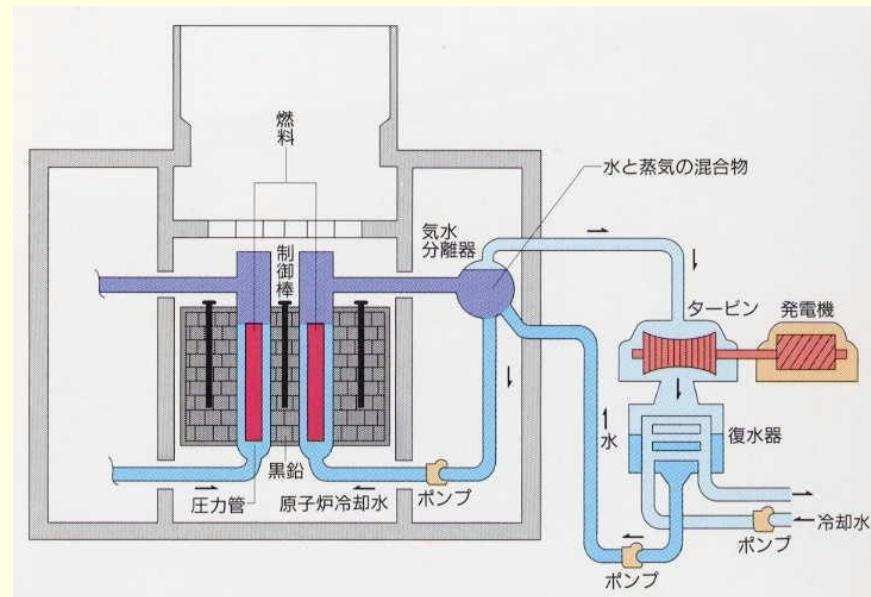
**Fukushima March 2011**

**Imanaka T.**

Research Reactor Institute, Kyoto University  
June 27, 2012

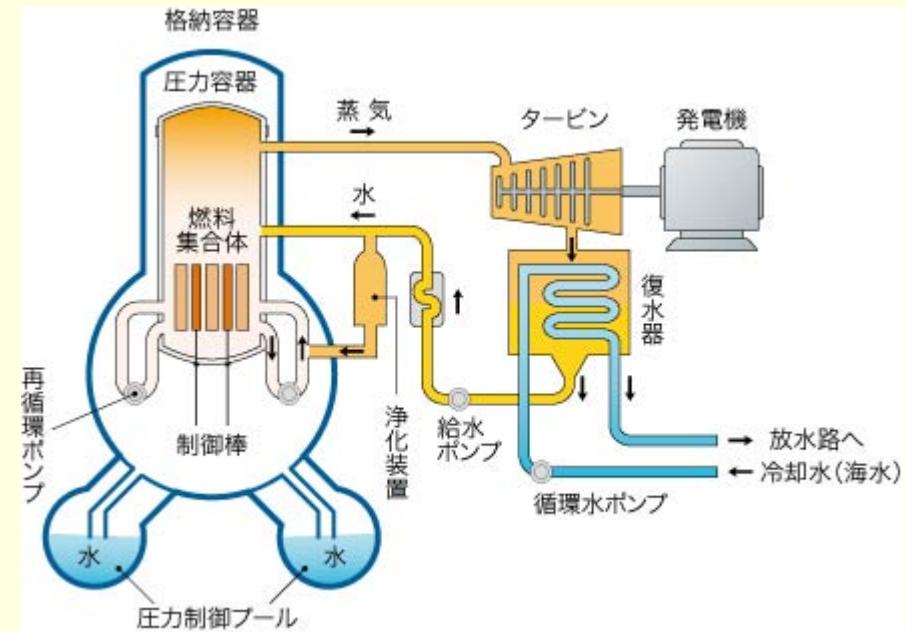
# チェルノブイリ型原発（左）と 福島型原発（右）

RBMK



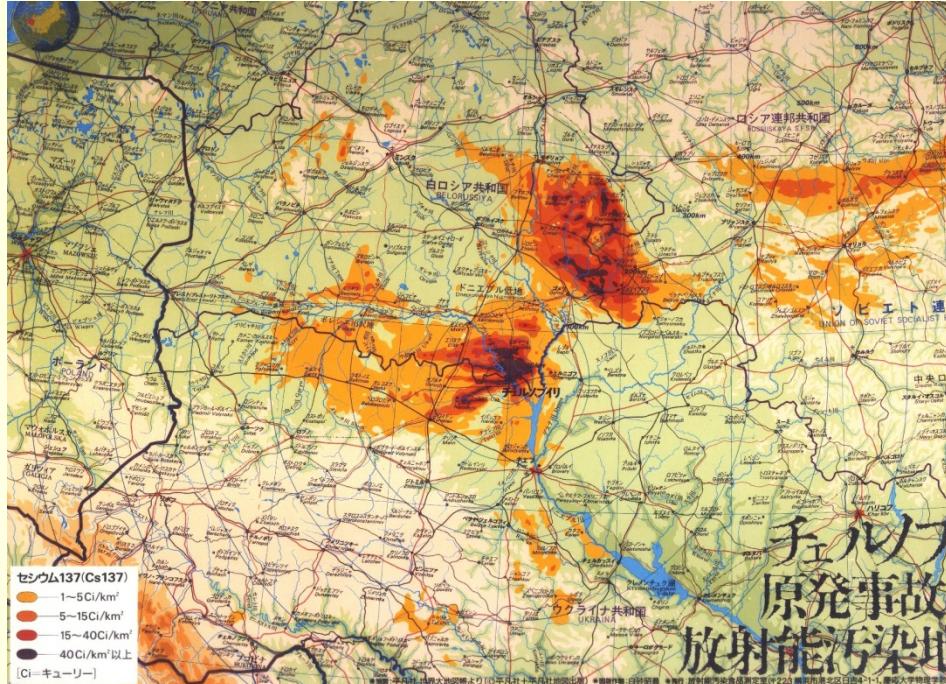
黒鉛減速沸騰軽水冷却  
チャンネル炉

BWR

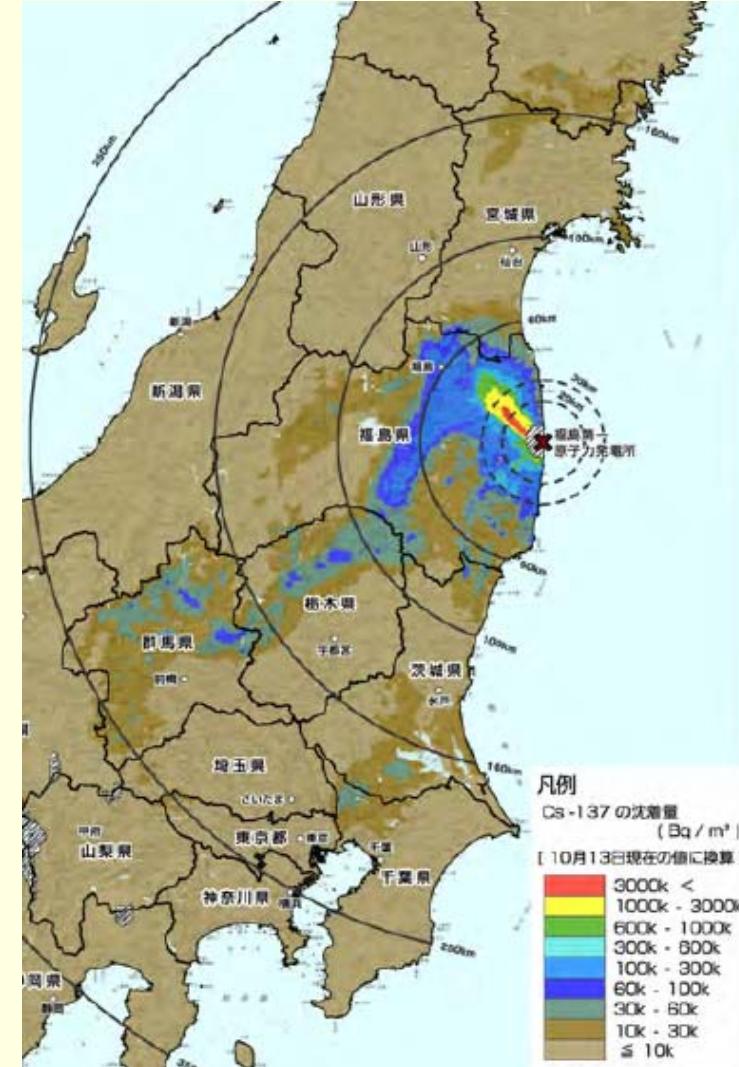


軽水減速沸騰軽水冷却  
圧力容器炉

# “Period after Fukushima” began also in Japan



Chernobyl 原発事故  
 放射能汚染地



Significant contamination with radiocesiums occurred along the coast of the northern half of Honshu island.

# 2011年3月～6月の放射性物質の都道府県別月間降下量と汚染

2011年12月現在

## 「文部科学省発表」 放射性セシウム134・137の合計 (小数点第一位以下切り上げ)

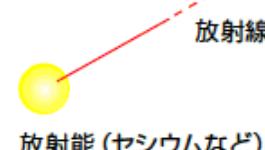
単位: MBq (メガベクレル) / km<sup>2</sup> (平方キロメートル) あたり=ベクレル換算時は×1,000,000 (100万ベクレル) とする

…100メガベクレル/平方キロメートルを超える都県

- H23年8月27日・福島第1原発から放出された放射性セシウム137は広島型原爆168.5個分。政府(細野豪志原発担当相)提出半減期約30.1年
- H23年5月 8日・1平方メートル当たりセシウム134と137の蓄積土地の汚染が Chernobyl 超え Chernobyl 最高148万～370万ベクレル 福島300万～3000万ベクレル(東京電力福島原子力発電所、事故対策統合本部の共同会見で発表)
- H23年9月 8日・日本原子力研究開発機構などのグループの試算によると海に流出した放射性物質の量は1万5千テラベクレル(テラは1兆)に達すると発表。

### ベクレルとは…

ベクレルとは、1秒間に1個の原子核崩壊を起こして放射線を発する性質(放射能)の強さを表します。1メガベクレルの強さは秒間100万本の放射線が発せられることを表します。



### は各都県の食品等におけるセシウム検出のニュース

作成:Botan

このチラシの配布・使用・インターネットによる転載は自由です。  
データ元: <http://hostingserver.sakura.ne.jp/data/map3-6.pdf>  
子供たちを放射能汚染から守りたい <http://ameblo.jp/kansairobotan/>

参考: 1平方キロメートルあたり

福島県(双葉郡)	6兆8360億5000万ベクレル
東京都(新宿区)	173億5400万ベクレル
奈良県(奈良市)	1420万ベクレル
沖縄県(うるま市)	910万ベクレル

※45都道府県合計の4マ倍が福島の降下量

北海道

17.1

7月21日…(岩手県)  
の稻わらから最大1万  
3000ベクレル/キロ  
セシウム検出

7月27日…(宮城県)  
牛5頭から1150～510ベ  
クレル/キロのセシウム  
検出

福島第一原発

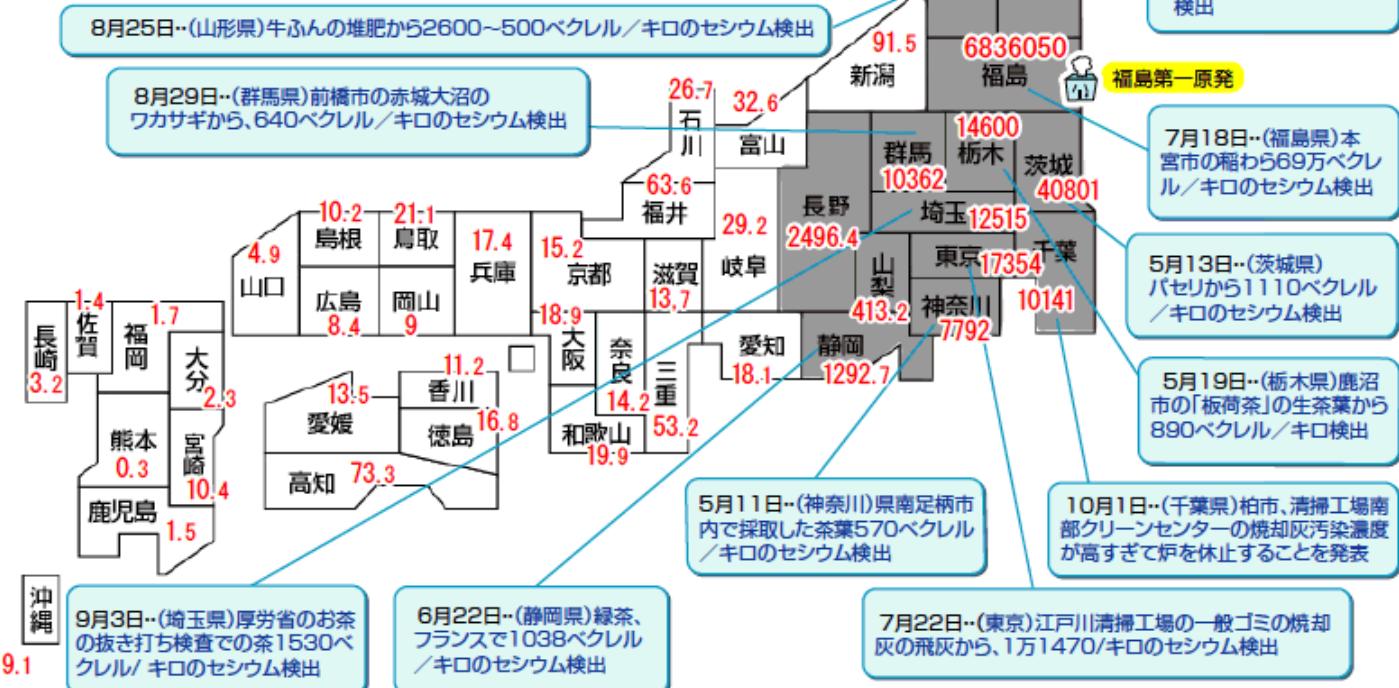
7月18日…(福島県)本  
宮市の稻わら69万ベク  
レル/キロのセシウム検出

5月13日…(茨城県)  
バセリから1110ベクレル  
/キロのセシウム検出

5月19日…(栃木県)鹿沼  
市の「板荷茶」の生茶葉から  
890ベクレル/キロ検出

10月1日…(千葉県)柏市、清掃工場南  
部クリーンセンターの焼却灰汚染濃度  
が高すぎて炉を休止することを発表

7月22日…(東京)江戸川清掃工場の一般ゴミの焼却  
灰の飛灰から、1万1470/キロのセシウム検出



この地図は県名のみの表示ですが、降下量は県全体をさすわけではありません。測定した場所(市や区)は以下の資料でご確認ください。  
[http://radioactivity.mext.go.jp/ja/monitoring\\_by\\_prefecture\\_fallout/2011/12/](http://radioactivity.mext.go.jp/ja/monitoring_by_prefecture_fallout/2011/12/)

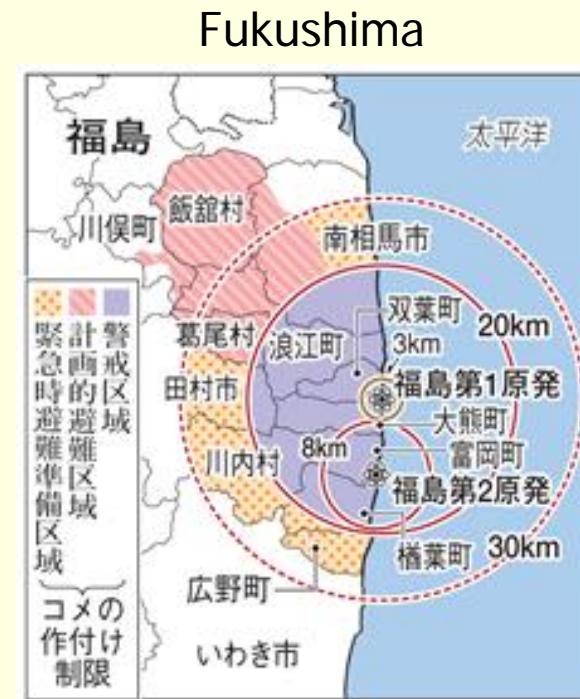
# Fukushima and Chernobyl

## - Evacuation area near NPP -

26 years after Chernobyl



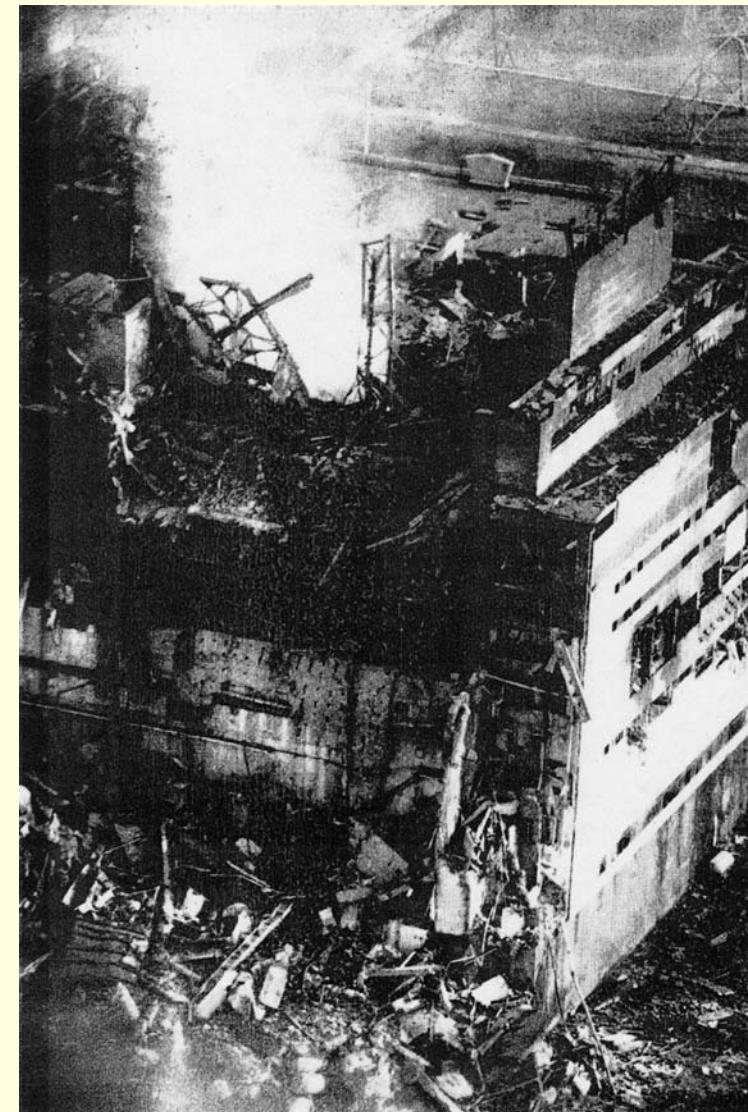
切尔诺布伊利周边立入禁止区域



Both accidents indicate consequences of the worst situation at NPP that core radioactivity in the core was directly released into the environment.

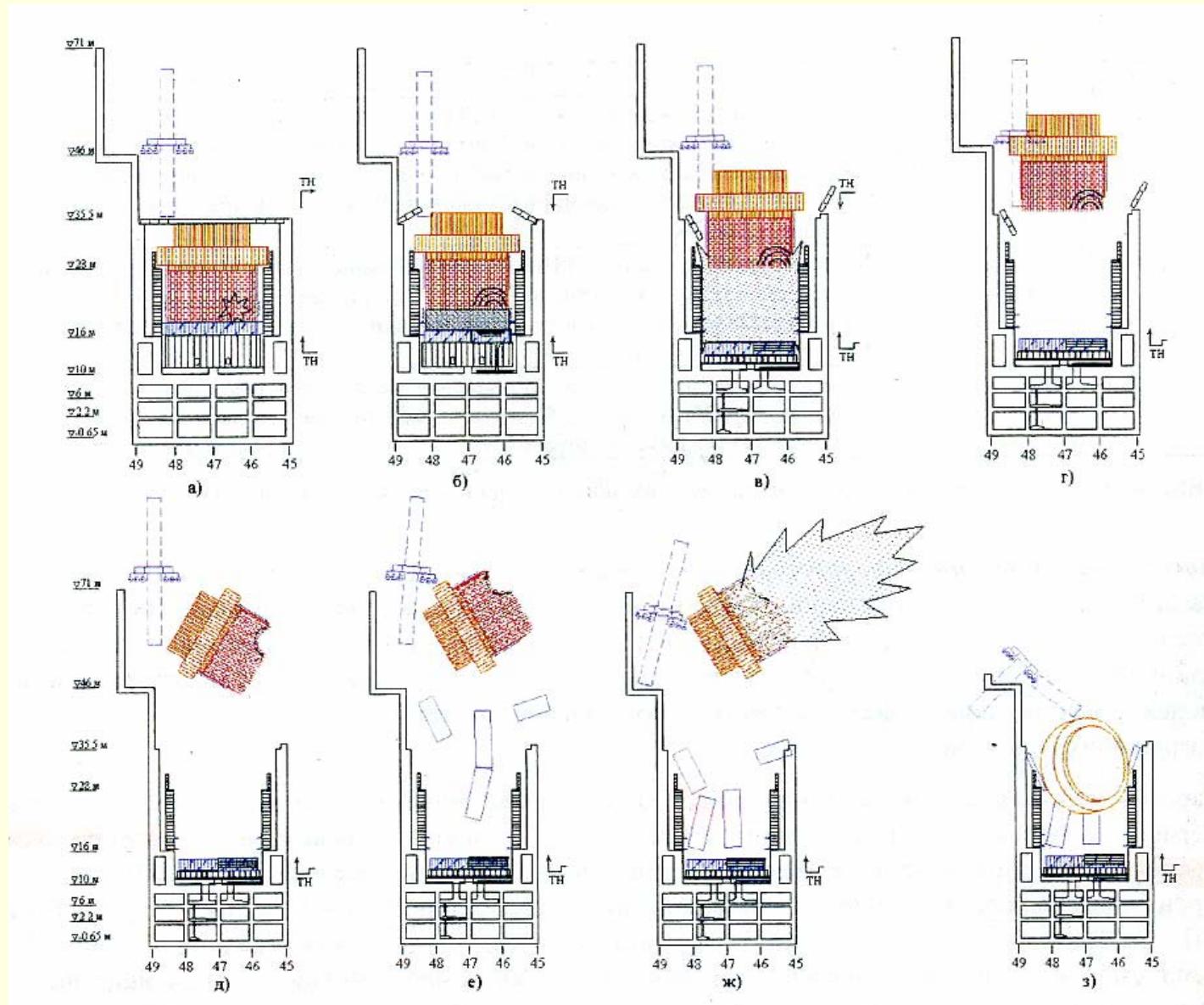
# *Chernobyl*

April 26  
1986



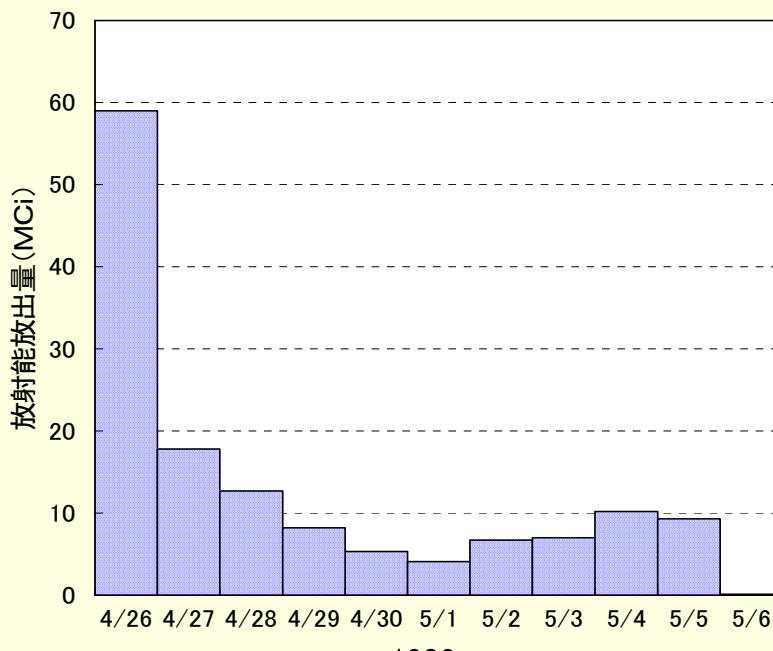
*Чернобыльский репортаж (1988)*

# In-air explosion opinion by Checherov

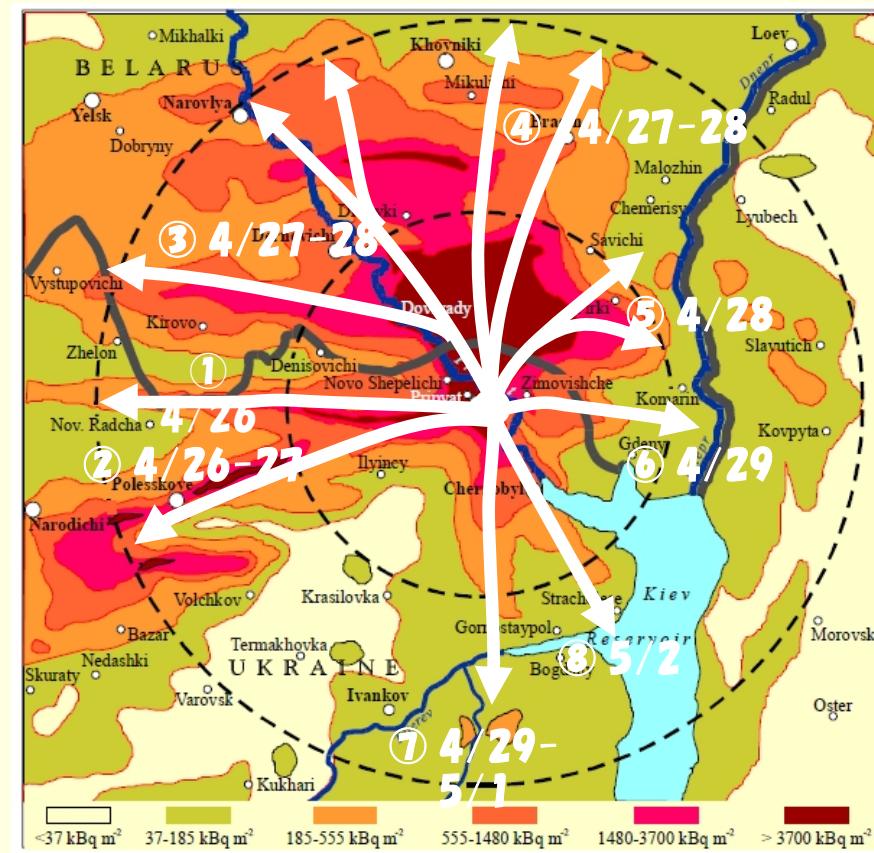


Checherov  
2005

# Radioactivity release



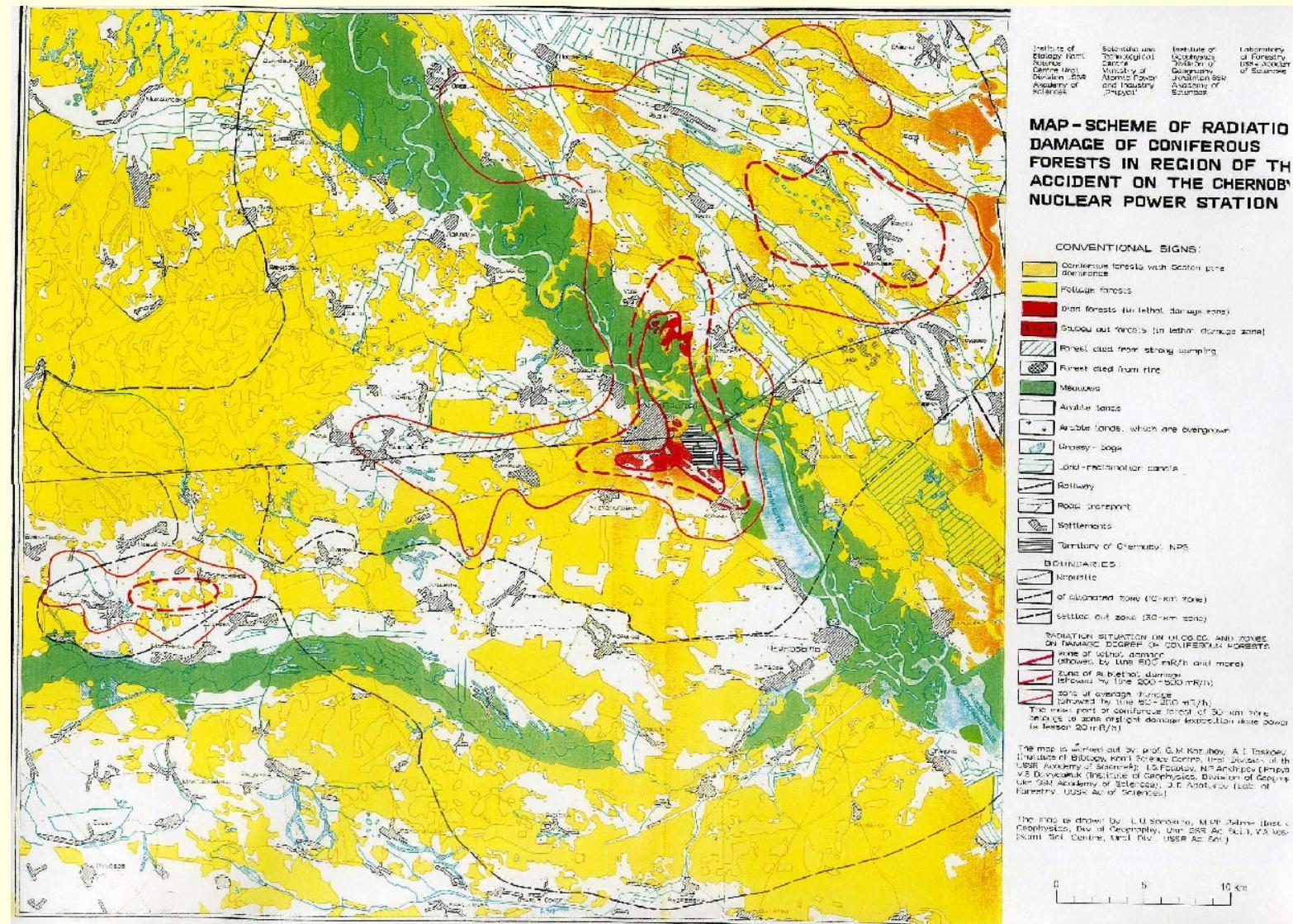
Daily release (without rare gases)  
Based on 1986 USSR report.



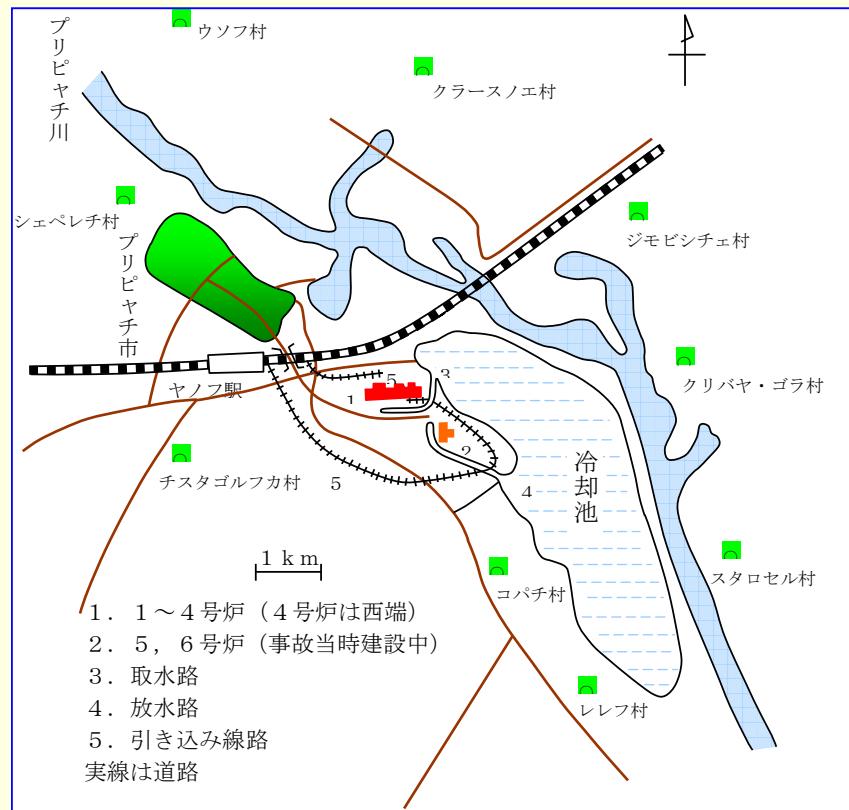
Direction of radioactive plumes.  
Izrael(2005.12 Moscow).

# Radiation situation on June 1, 1986 Kozubov 1991

Red color indicates “Red forest”



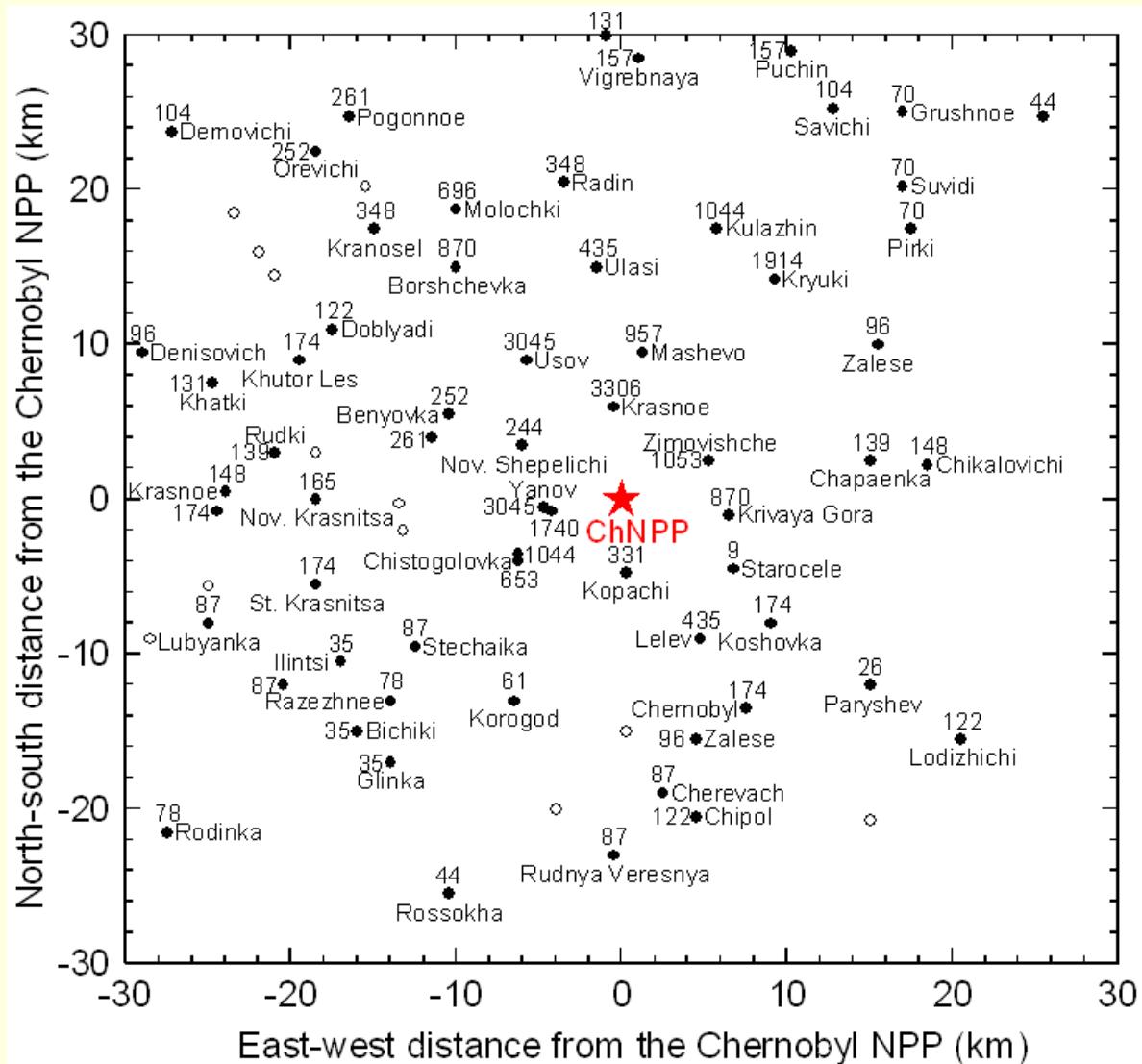
# チェルノブイリ原発周辺10km



プリピヤチ市より 2005年10月

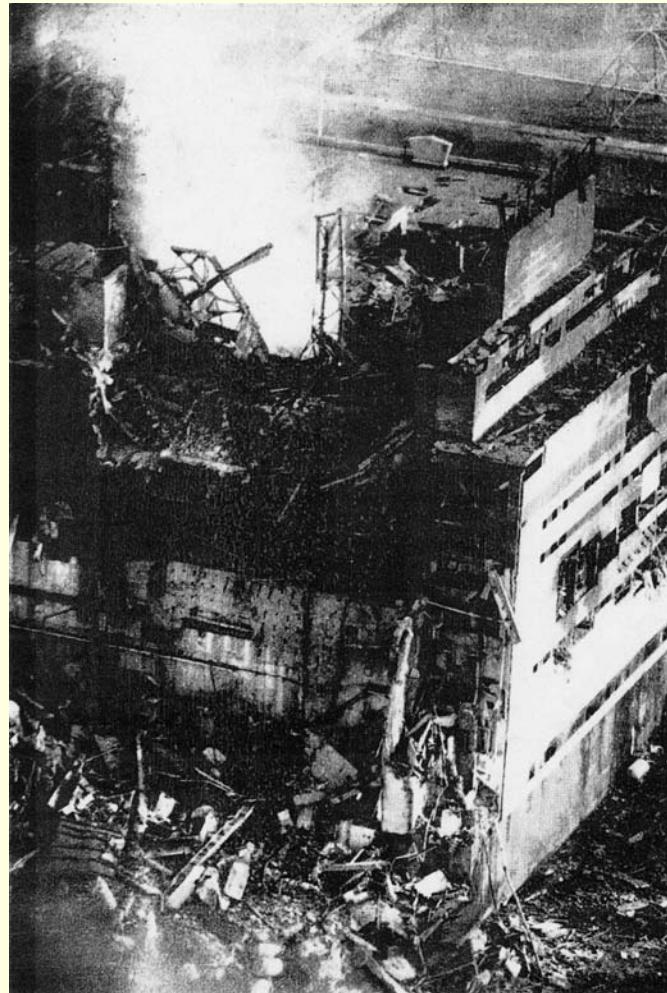
# Radiation dose in the 30km zone

## May 1, 1986, $\mu\text{Sv}/\text{h}$

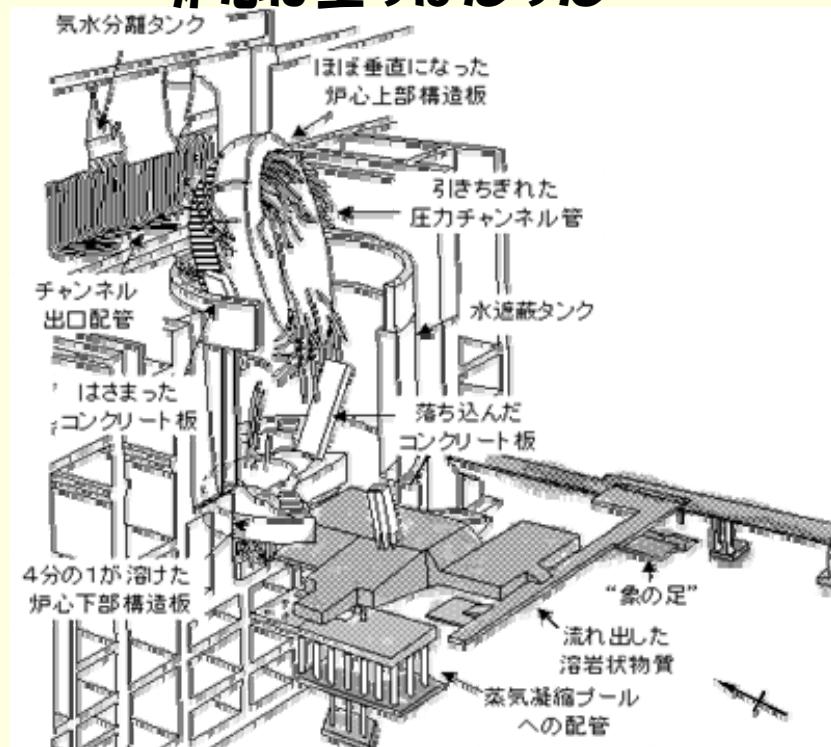


# チェルノブイリでは出力暴走により原子炉と建屋が爆発・炎上

2年後、TVカメラを入れてみると  
炉心は空っぽだった



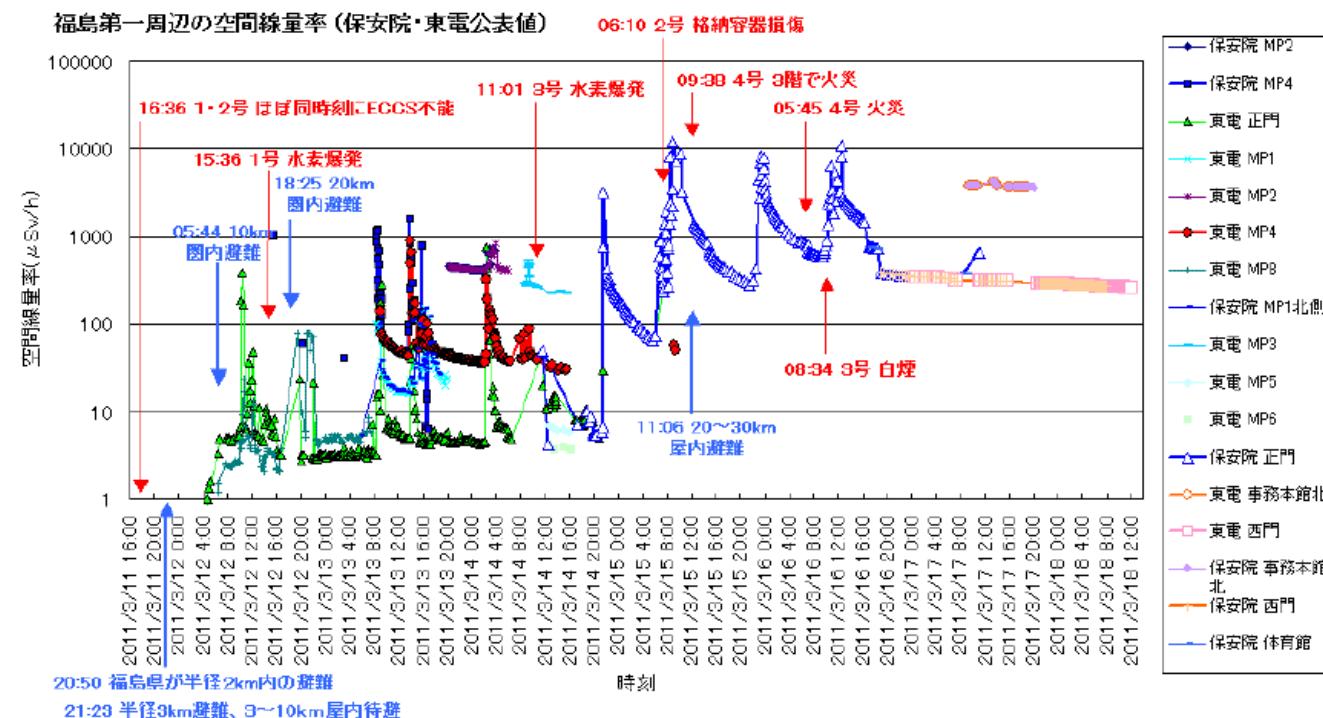
Чернобыльский репортаж (1988)



# Fukushima accident



①放射線量の変化と事故の経過(~3/18 12:00)



美浜の会ホームページ



March 12,  
Hydrogen  
explosion #1

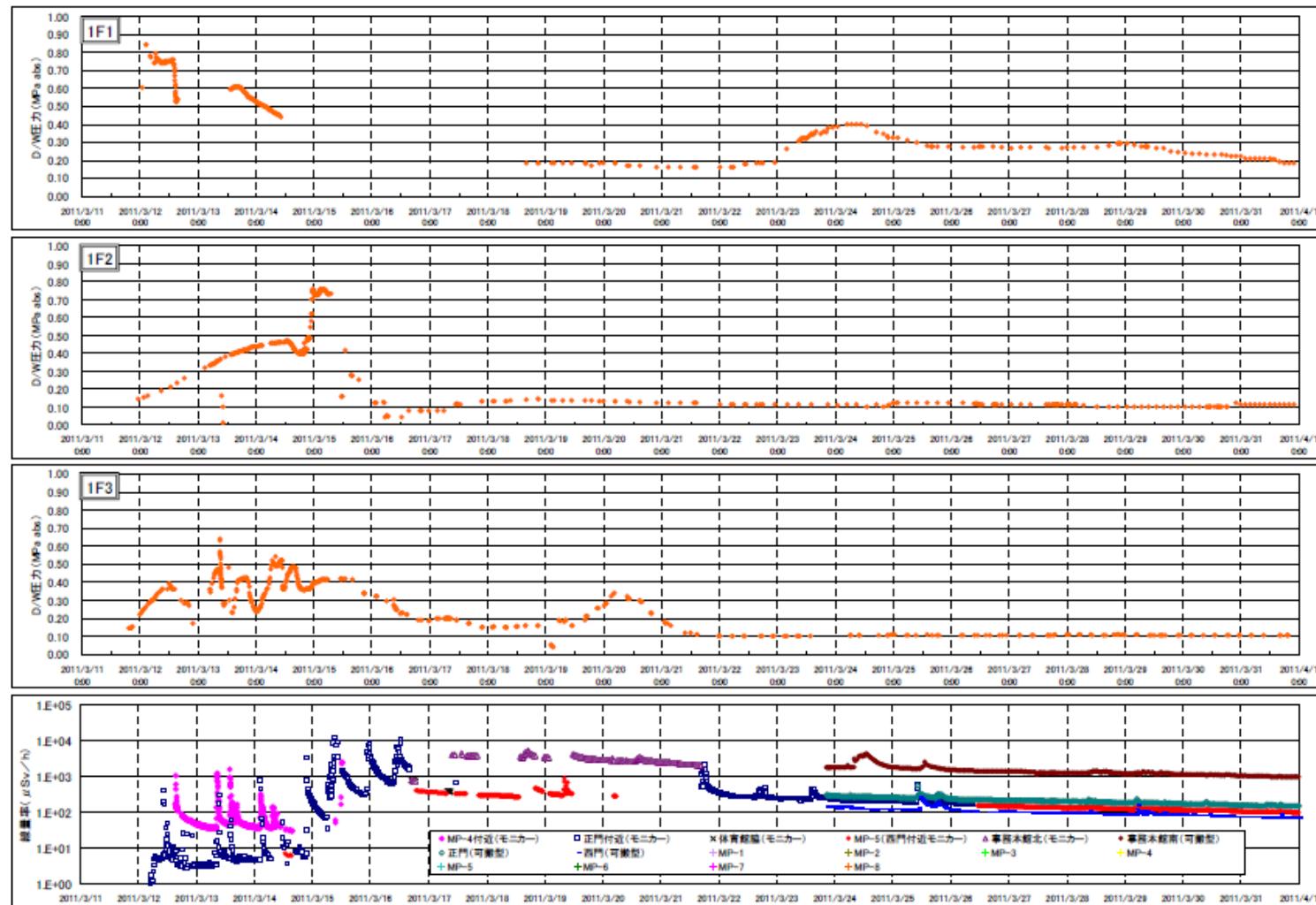


March 14,  
Hydrogen  
explosion #3

# March 15, Containment failure #2



# Containment pressure and radiation monitoring data at NPP



ドライウェル圧力と発電所内外のモニタリングデータ

# Daily release from NPP

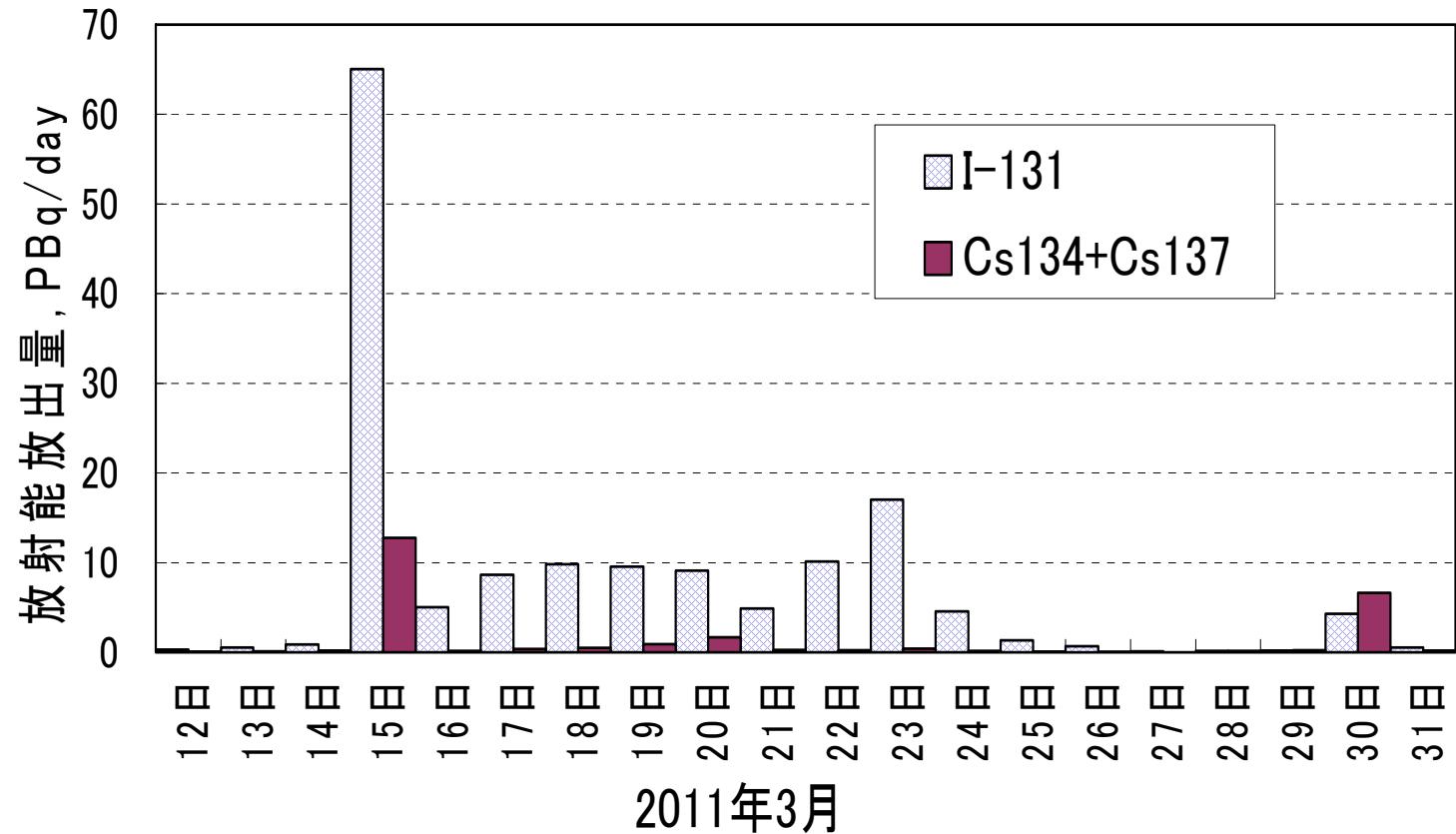


Fig.4. Daily release of I-131 and Cs-137+Cs134 from the Fukushima Daiichi NPP accident up to March 31. Daily values are calculated from the results by Chino et al[8], assuming the same release of Cs-134 as Cs-137.

Prepared by Imanaka

**About 80,000 people were evacuated from the 20 km zone on March 12.**

**But, no data of radioactive contamination was released from the authorities, only saying “No danger fro public health”.**

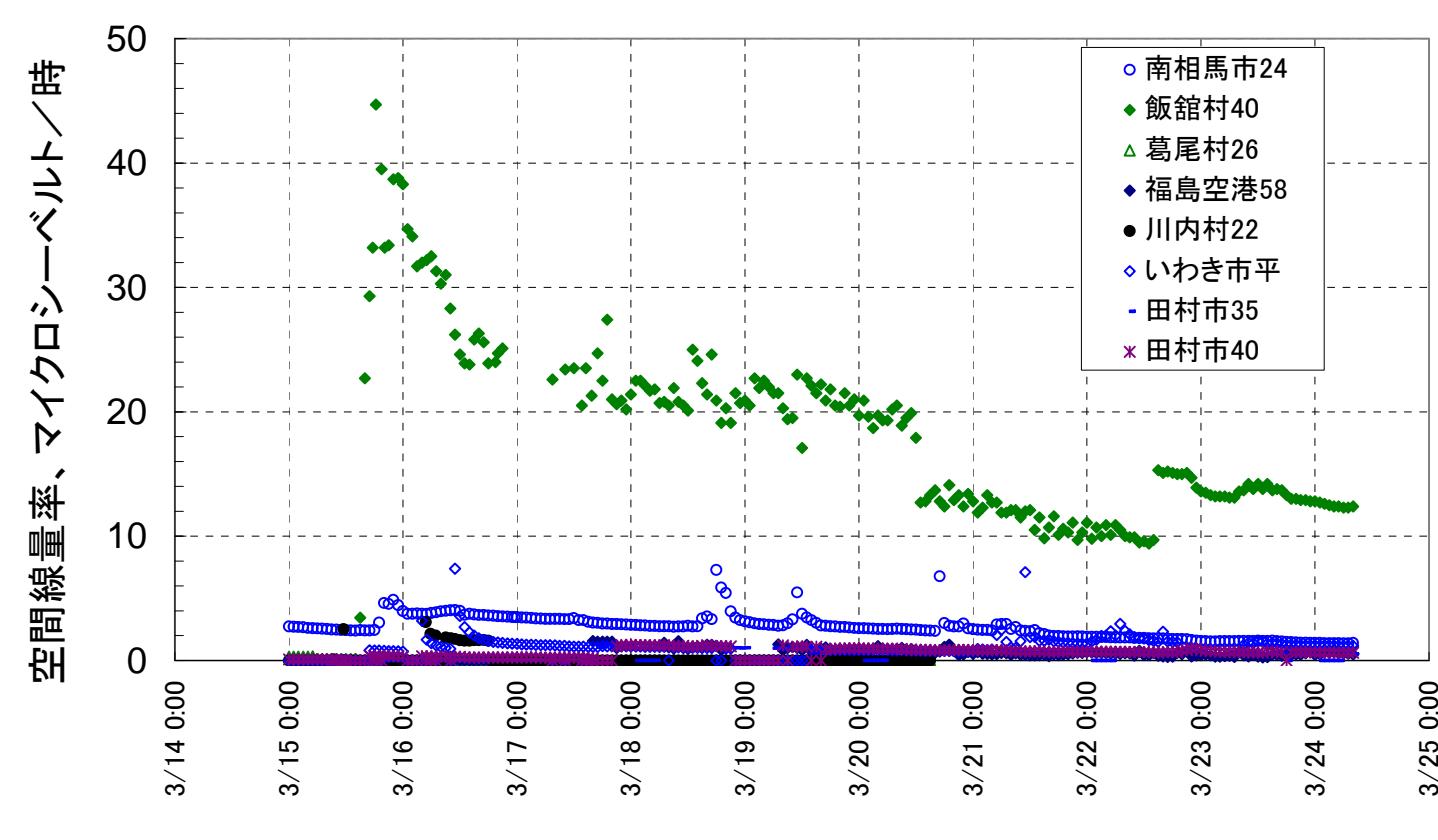
# SPEEDI simulation on March 15

大気中濃度（ヨウ素）（地上高）  
日時 = 2011/03/15 20:00 - 2011/03/15 21:00  
気象データ = GPVのみ

福島第1 2号炉 広域図



# 飯館村の放射線レベル



Data from Fukushima prefecture HP

# Sample Monitoring on March 15



測定試料採取場所	試料名	種類又は部位	測定日時	放射能濃度 (Bq/kg)			実施者	ページ番号	備考
				$\text{^{131}\text{I}}$	$\text{^{134}\text{Cs}}$	$\text{^{137}\text{Cs}}$			
同試験道路SA付近(小野町)	雜草	葉菜	2011/3/15 17:00	277,000		31,100		福島県	1
国道349と県道50交差点	雜草	葉菜	2011/3/15 17:28	862,000		106,000		福島県	1
国道114と国道348交差点	雜草	葉菜	2011/3/15 17:58	1,230,000		109,000		福島県	1
国道114 医大入口交差点	雜草	葉菜	2011/3/15 18:21	1,190,000		109,000		福島県	1
原子力センター福島支所	上水	蛇口	2011/3/16 8:00	177		33		福島県	1 市公表済み
支所屋上水盤	雨水		2011/3/15 16:00	2,053		238		福島県	
支所屋上水盤	雨水		2011/3/15 18:30	103,000		1,625		福島県	

- ヨウ素131が100万Bq/kgのほうれん草を100g食べると、10万Bqの取り込み。
- それが乳児であれば、甲状腺の等価線量は。 $2.8 \times 10^{-3} [\text{mSv/Bq}] \times 10^5 [\text{Bq}] = 280\text{mSv}$ となる。

Data from HP

***Knowing that awful  
contamination occurred outside  
30 km zone, no warning was  
issued from the authorities.***

***Imanaka supposed that  
headquarters of our government  
also melted down as well as three  
reactors in Fukushima.***

# Radiation monitoring in Iitate village in 28-28 March $30 \mu\text{Sv/h}$ in Nagadoro-Magata



# Dose rate map on March 29, 2011 in Iitate

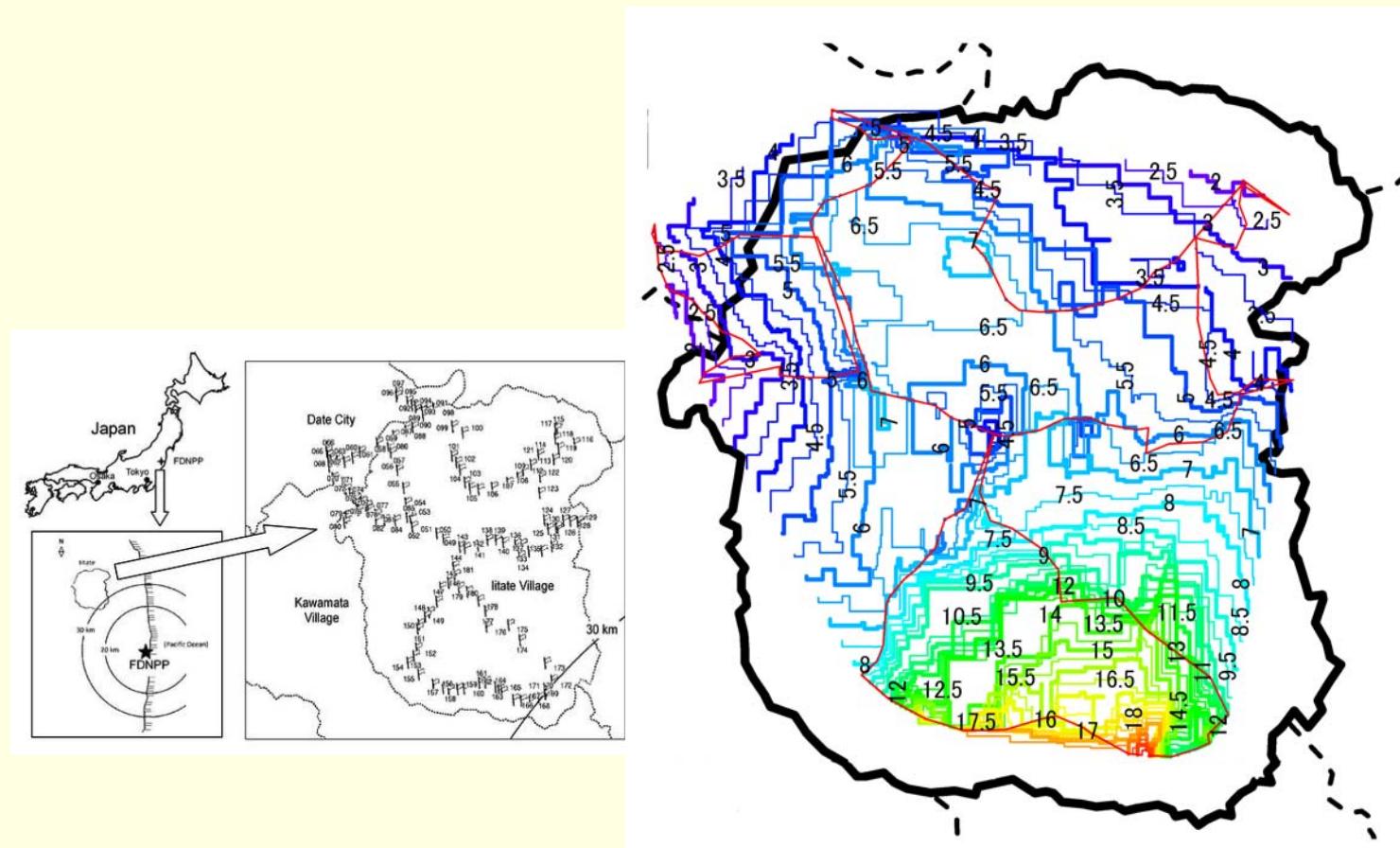


Fig. 7. Location of Iitate village (left) and the contour of radiation dose rate in Iitate village on March 29<sup>th</sup>, 2011 (right). Dose rates were measured in a car moving along main roads inside village using a pocket survey meter ALOKA PDR101. Unit:  $\mu\text{Sv/h}$ .

# Estimates of radioactivity release into the atmosphere

单位 : PBq =  $1 \times 10^{15}$  Bq

	Fukushima			Chernobyl	
	# 1 ~#3 Total		2.03 GWe	1GWe	
	NSC (April 12)	NISA (May 16)	Stohl et al (ACPD 2011)	Chernobyl Forum (2005)	
Xe-133	—	11,000 (97%)	16,700	6,500	(100%)
I-131	150	160 (2.5%)	—	1,760	(55%)
Cs-137	12	15 (2.6%)	35.8	85	(30%)
Sr-90	—	0.14 (0.03%)	—	10	(5%)
Pu-239, 240	—	0.0000064 (0.0002%)	—	0.03	(1.5%)

( ): Released fraction of the core inventory.

# **$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{239,240}\text{Pu}$ contamination in litate**

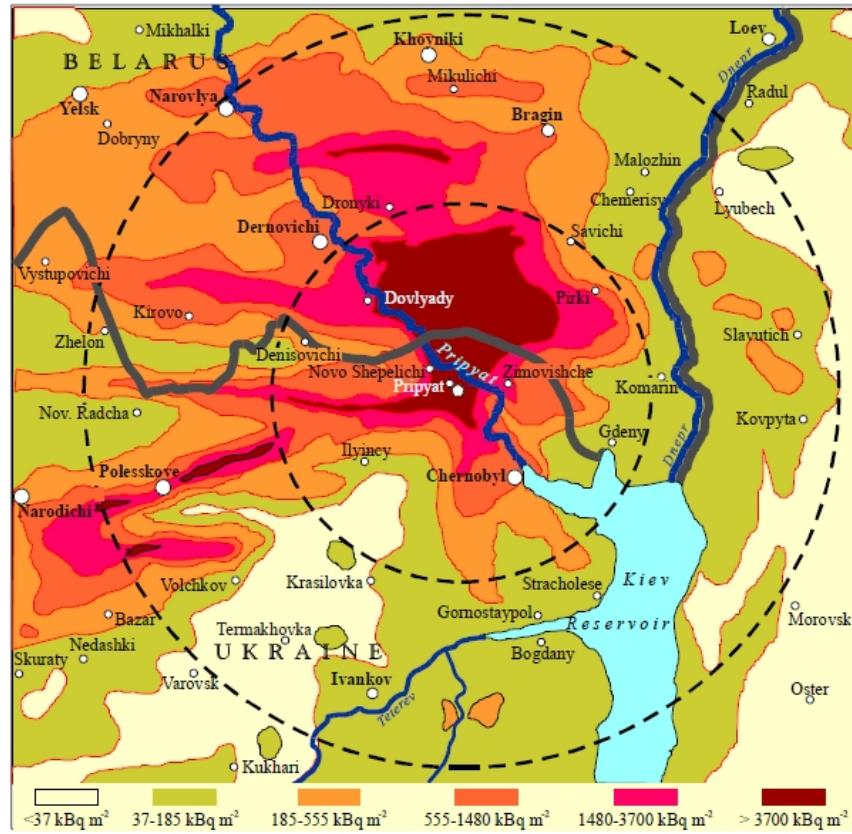
Soil contamination, Bq/m <sup>2</sup>			
	Cs-137	Sr-90*	Pu-239, 240**
<litate village: NW30–40km>			
#53	1, 000, 000	390	0. 01
#88	590, 000	300	0. 07
#165	2, 200, 000	790	0. 2
<Kyiv city : S110km Garger et al. Health Physics1996>			
Average of 6 samples	25, 000	5, 800	160

\* (財) 九州環境管理協会に測定を依頼。Global を含む

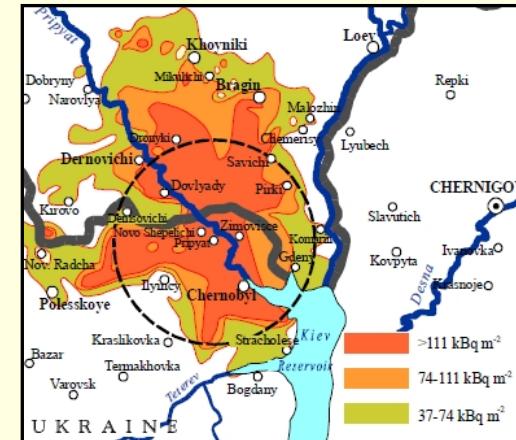
\*\*山本（金沢大）による測定。Pu-238との比から、Globalを差し引いた値。

**Contamination ratio of Sr90 to 137 is 1/2000~1/3000,  
compared with Kyiv. For Pu isotopes, it is less than 1/1 million.**

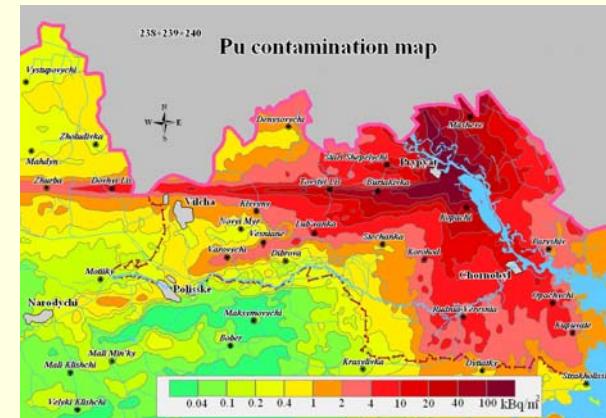
# $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{239,240}\text{Pu}$ around Chernobyl



Cs-137      UNSCEAR(2000)



Sr-90 UNSCEAR (2000)



Pu-234,240 Gaydar KURRI-KR-79 (2002)

**Sr90 and Pu isotopes are about 10 % and 1 \$ of Cs137, respectively.**

# Cs<sup>137</sup> body burden in Belarus (upper) and Russia (lower) after Chernobyl

Table 7. Measured <sup>137</sup>Cs body burdens for adults in the Belarusian population.

Year	<sup>137</sup> Cs body-burden (kBq) <sup>a,b</sup>		
	Cities <sup>c</sup>	Towns	Rural settlements
1986	no estimate	28 ± 20 (367)	129 ± 148 (3,328)
1987	10 ± 3.6 (16)	17 ± 14 (117)	59 ± 107 (4,498)
1988	4.1 ± 6.2 (20)	6.4 ± 9.6 (606)	25 ± 46 (3,266)
1989	3.4 ± 4.9 (1,405)	6.3 ± 6.2 (5,283)	13 ± 20 (10,652)
1990	1.8 ± 1.6 (3,551)	4.6 ± 6.6 (5,989)	7.2 ± 11.1 (8,232)
1991	1.0 ± 2.1 (11,458)	4.8 ± 9.4 (2,994)	6.4 ± 9.5 (4,617)
1992	1.0 ± 2.0 (7,155)	3.5 ± 7.0 (5,264)	6.4 ± 17.9 (5,921)
1993	0.8 ± 1.4 (1,266)	2.8 ± 4.9 (4,679)	4.4 ± 7.0 (5,414)
1994	1.1 ± 2.6 (2,001)	6.7 ± 12.8 (5,488)	7.1 ± 11.8 (5,098)
1995	1.0 ± 1.4 (530)	6.3 ± 7.3 (361)	6.9 ± 10.4 (392)

<sup>a</sup> Values of the mean ± the standard deviation of all results for the year.

<sup>b</sup> Number of measurements shown in parentheses.

<sup>c</sup> Cities (Gomel, Mogilev, and Mozyr) are located in areas with <sup>137</sup>Cs soil contamination >37 kBq m<sup>-2</sup>.

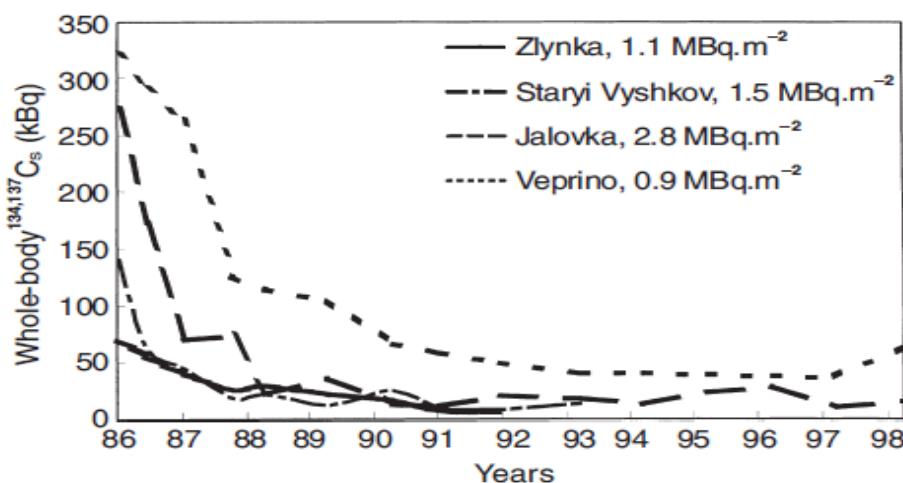
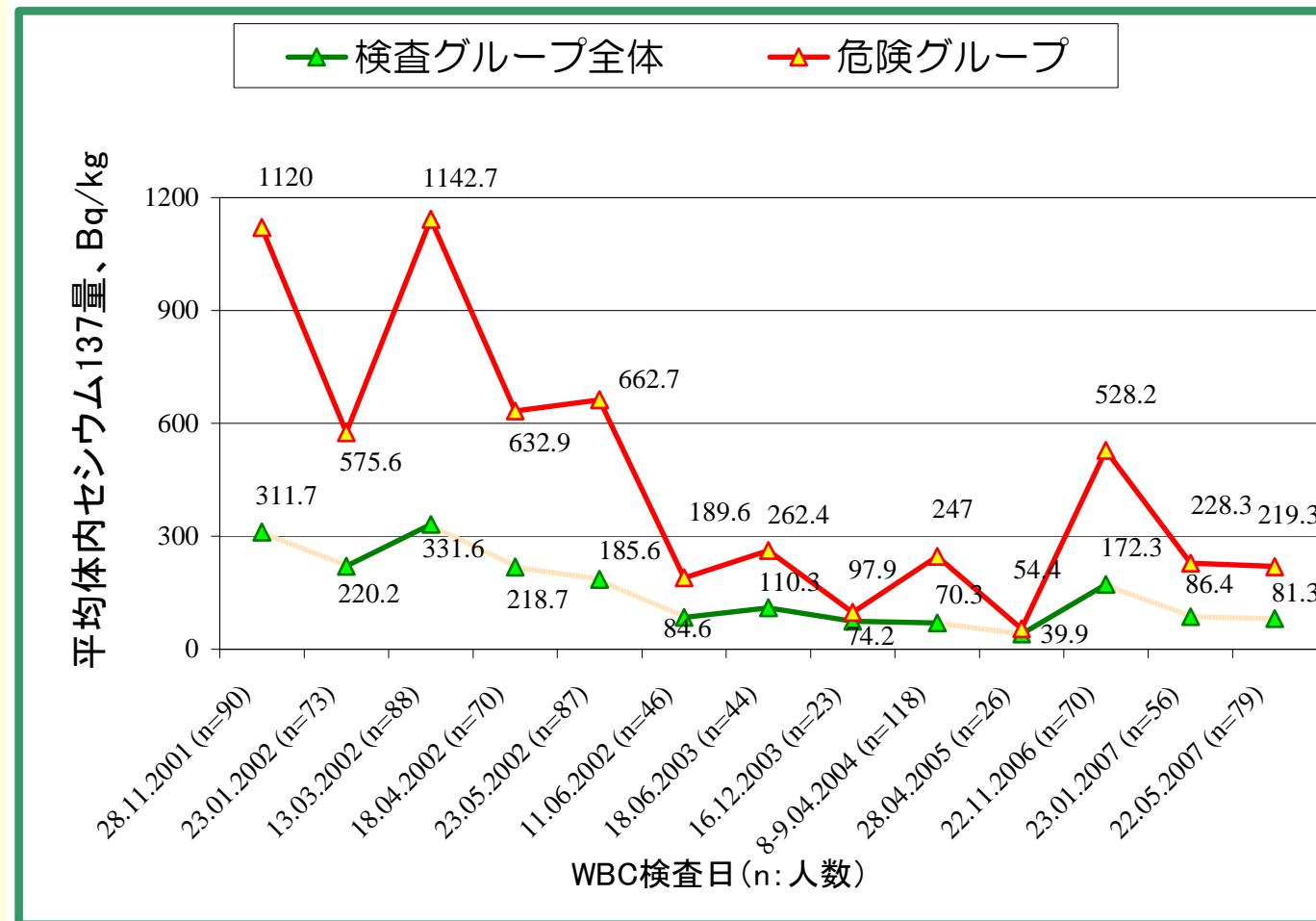


Figure 2. Dynamics of average content of <sup>134</sup>Cs + <sup>137</sup>Cs radio-nuclides in adult inhabitants of some settlements of the Bryansk region.

Minenko et.al  
Health Physics 2006

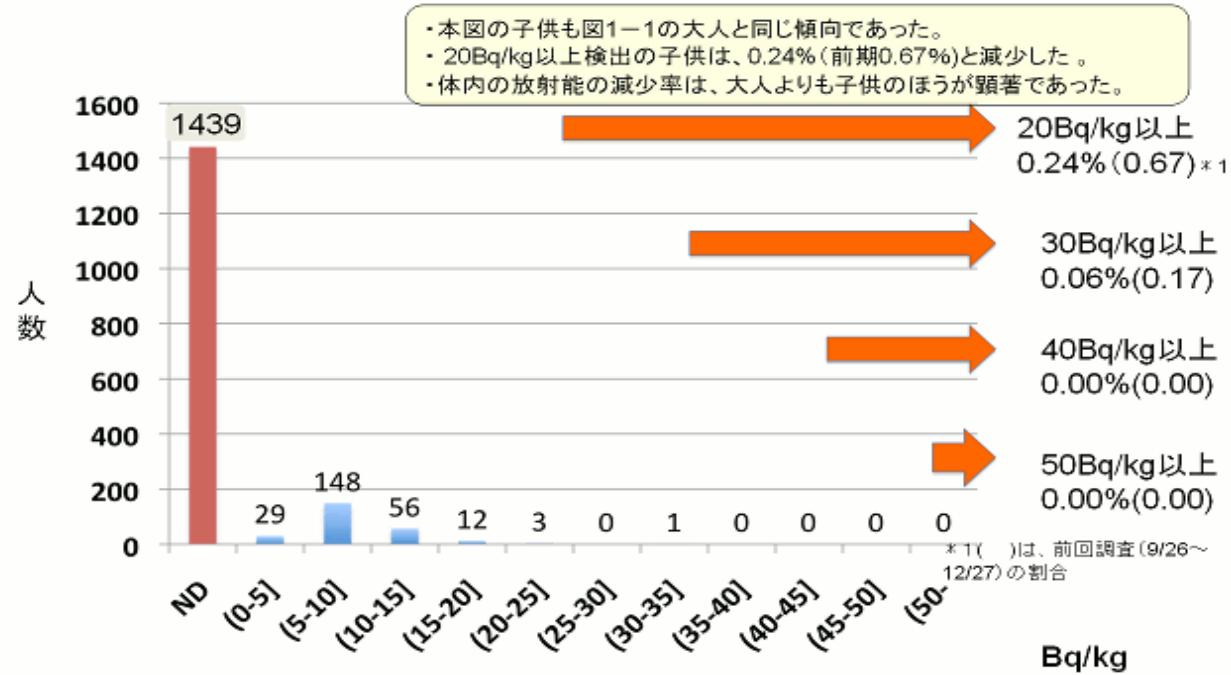
Znova et al.  
Radiation Protection Dosimetry  
2000

# Recent Cs137 body burden od children in contaminated area in Belarus. Data from Belrad.



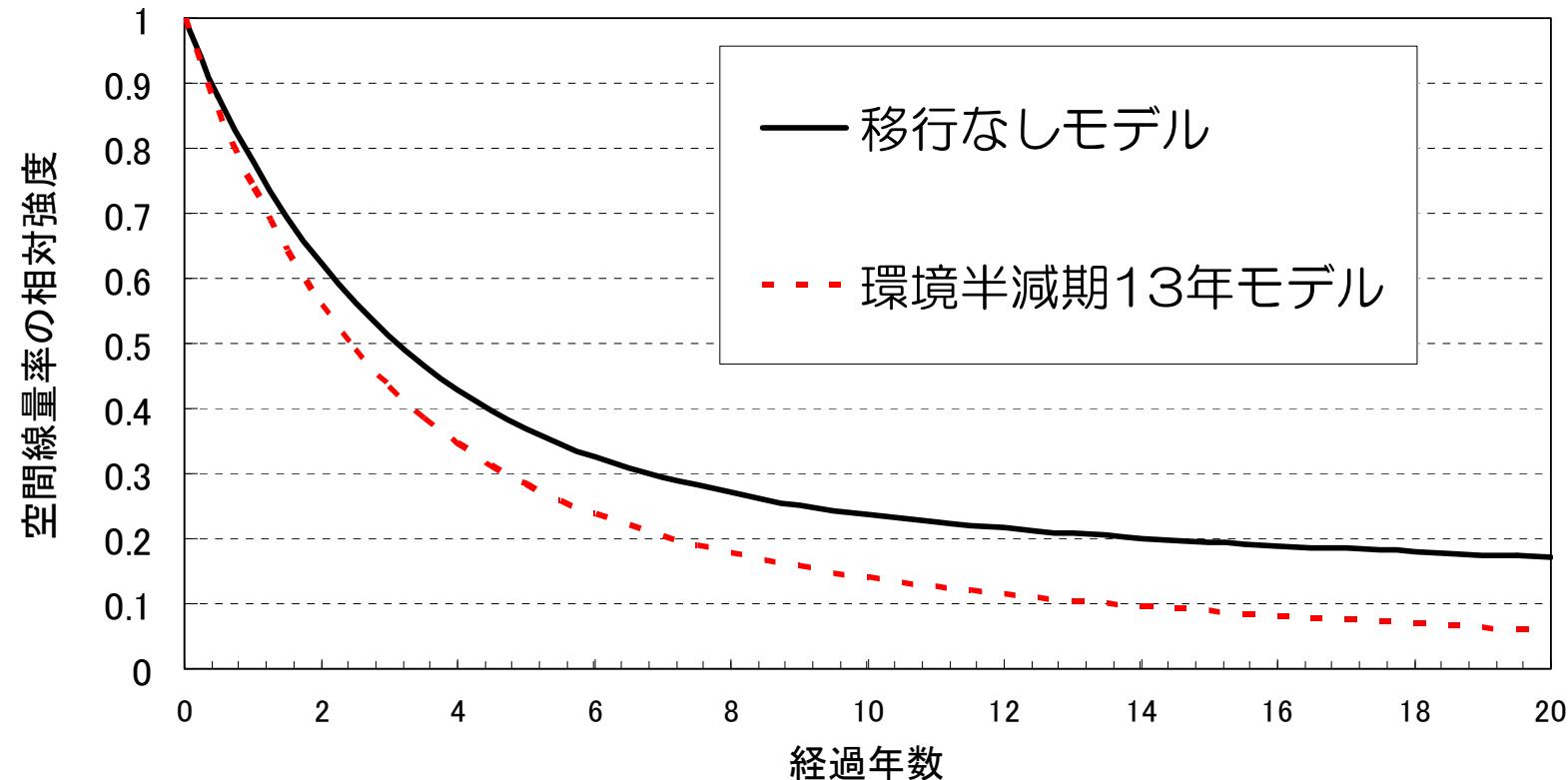
# *WBC results in children of Minami-soma city*

図1-2 セシウム137の体内放射能量別の被験者数  
9/26～3/31受診 (n = 1688) 子供(中学生以下)



Data from Minami-Soma city HP

# *Forecast of external dose rate change from deposited radiocesium*



セシウムによる空間線量率変化の予測  
(移行なしモデルと環境半減期13年モデル)

# Summary

- The same scale of radiological consequences as Chernobyl occurred around Fukushima #1 NPP.
- Released amounts into the atmosphere by the Fukushima accident seem to be double for Xe-133 and 20 – 40 % for Cs-137.
- Contamination by Sr-90 and Pu-239,240 was significantly lower than Chernobyl.
- So far, internal contamination by radio cesiums are surprisingly lower than Chernobyl.