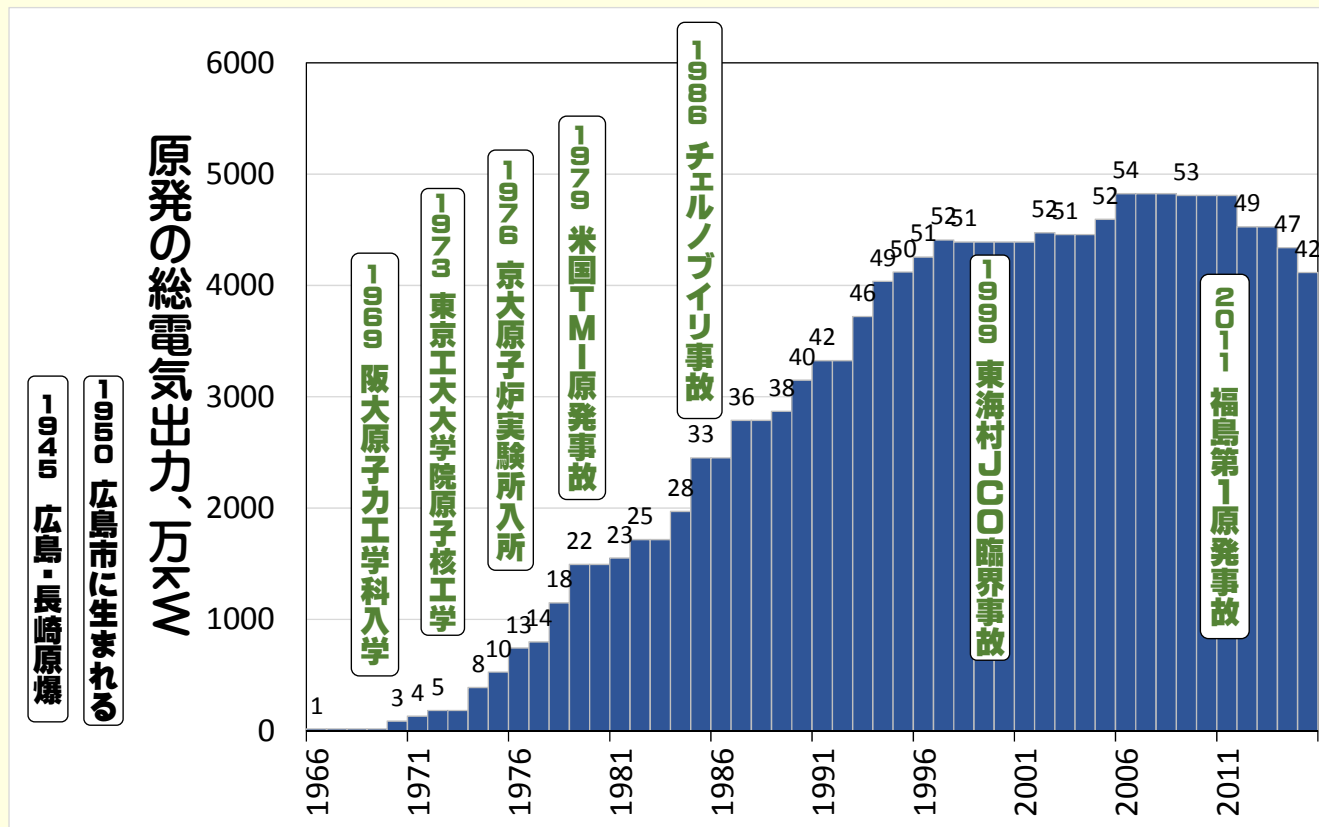


京都大学原子炉実験所 第50回学術講演会

原子力と付き合いって47年

－ 広島・長崎、チェルノブイリ、そして福島 －



日本の原発の数と容量

今中哲二

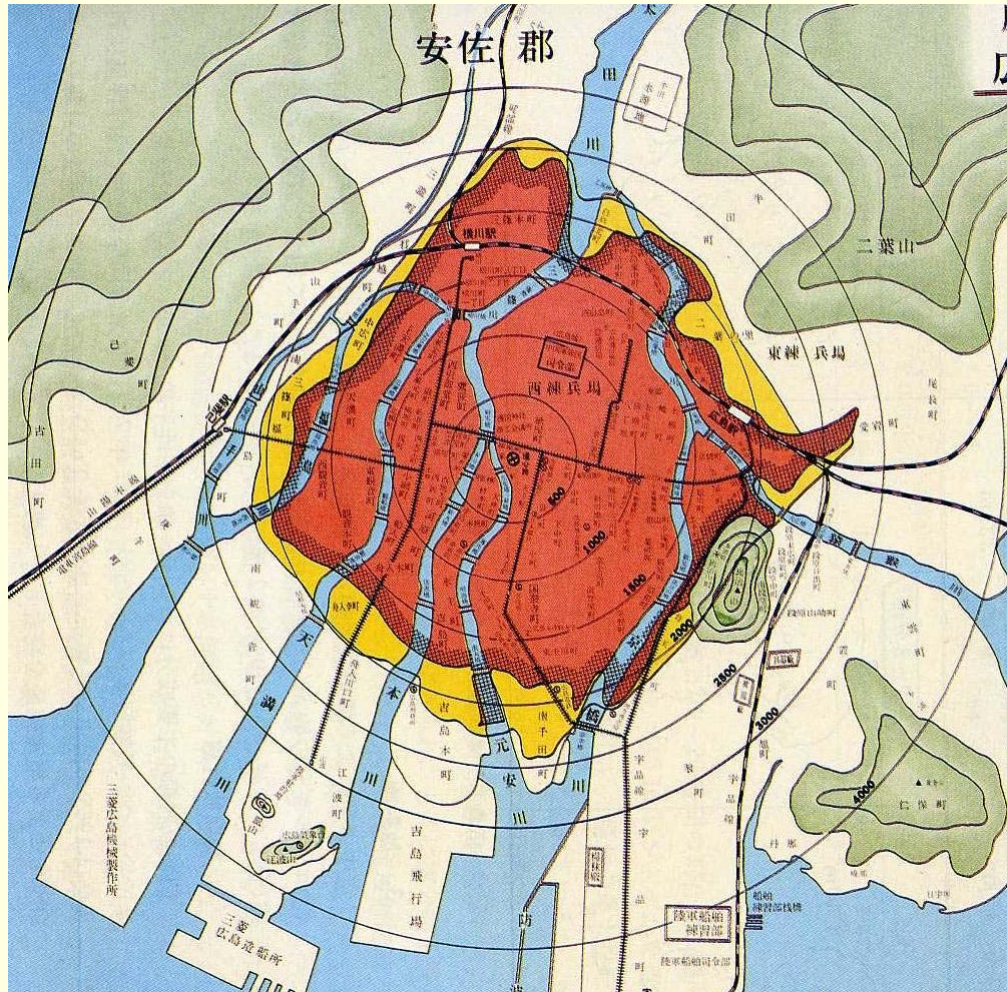
京都大学原子炉実験所

2016年1月28日

今日の話題

- 広島・長崎原爆と放射線量評価問題
- セミパラチンスク核実験場周辺村落の放射能汚染と被曝量評価
- 東海村JCO臨界事故と中性子輸送計算
- チェルノブイリ原発事故の調査
- 福島第1原発事故の調査

1945年8月6日 広島



爆心から半径2kmが壊滅した。



原爆当日の御幸橋 2.2km



母の実家の店 上田商店

広島原爆直後の残留放射能調査

<日本側科学者グループ>

- 理化学研究所 仁科研究室 8月8日～
- 京都帝国大学理学部 荒勝研究室 8月10日～
- 大阪帝国大学理学部 浅田研究室 8月10日～

<米国側科学者グループ>

- マンハッタン計画（MED）調査団 10月3日～
- 米海軍医学研究所調査団 11月1日～

京大荒勝研の第1次、第2次調査

- 荒勝らは京都から9日夜に出発し10日朝に広島着. 市内で土壌や金属などを採取し、11日に帰京し、京大研究室のガイガーカウンターで放射能を検出.
- 第2次調査隊は8月12日夜に出発、13日と14日に広島でサンプリング.

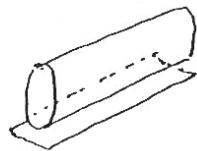
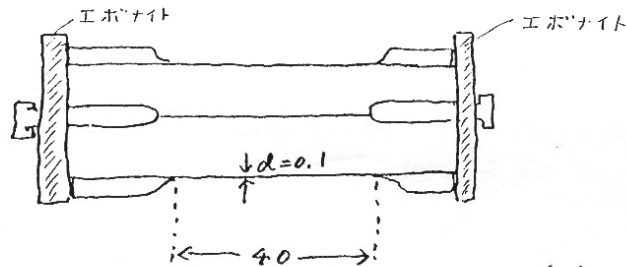
オギノ 石

石割

実験に使った GM カウンターは ジョージ・ミン製 の

直径 12 mm. 長さ 90 mm の部分が 厚さ 0.1 mm

に 作られて β -線を通すものです.



ワイヤ
石割の中の部分が P^{32} は β 線を通す
図のように、counter の
下に 長方形の sample
を置いて、全立体角の
何%が counter に入る
かを計算しています.

京大グループが使った
ガイガーカウンター
1983.5.23日付 私信

第2次調査隊に参加した石割氏による硫
黄の測定メモ (昭和20年11月19日)

$S =$ 関数計算 (20-11-19) (石割) 提出

Sample 中 = 出芽 β -active element n. fast neutron = 100.

$^{32}S(n, p)^{32}P$

相互反応 = 100. 作り. ^{32}P データ.

3個, Sample (407, 411, 510) = 100. data の 決まり.

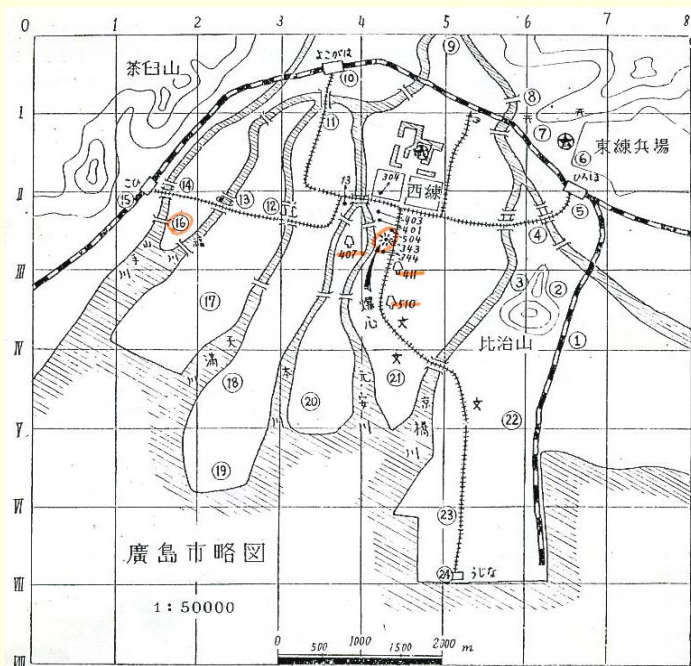
試料番号	計数値	中心距離 (cm)	質量 (g)
407	35	25.0	1.5
411	33	35.0	2.2
510	23	80.0	2.6

爆発後数日間に行なえる広島市の放射能学的 調査に関する報告*

京都帝国大学教授 荒 勝 文 策 (理学部物理学教室)

(1) 第 一 次 調 査

調査隊員 荒勝文策, 木村毅一, 清水榮, 花谷暉一, 上田隆三



第 2 図 広島市に於ける資料採集地点 (昭和 20 年 8 月 10, 13, 14 日調査)

第2次調査隊のサンプリング場所

原災報 第1分冊 (1953)

第 2 表 市周辺地区放射能測定 (測定時間 8 月 15 日及 16 日)

(註: “なし”とは自然計数毎分 18 程度を意味す)

番 号	資 料 採 集 場 所	爆心からの方向及び距離	β 線 放 射 能 強 弱
1	補 給 廠 内	東 南 約 2.5 軒	な し
2	比 治 山 東 麓	東 南 2.5	な し
3	同 西 麓 神 社 境 内	東 2.0	な し
4	荒 神 橋 西 詰	東 東 北 2.5	弱 11 ~ 13
5	広 島 駅 東 側	東 北 2.5	な し
6	東 練 兵 場	東 北 2.5	な し
7	饒 津 神 社 境 内	東 東 北 2.0	な し
8	日 島 東 中 町	北 北 東 2.0	な し
9	工 兵 第 五 大 隊 裏 門 附 近	北 2.5	弱 8 ~ 10
10	横 川 駅 東 側	北 北 西 2.5	弱 8 ~ 10
11	横 川 駅 南 側	北 北 西 2.5	な し
12	天 満 橋 西 詰	西 1.5	な し
13	福 島 橋 東 詰	西 2.5	弱 12 ~ 14

長崎市における残存放射能

調査員 荒勝文策 (京都帝国大学教授, 理学部物理学教室)

林 竹 男, 西川喜良

I 現 地 に お け る 調 査

本調査は長崎市の爆心下附近及び西山地区に残存する放射能の強さを測定し, これと平行して行なわれている医学的調査研究に対し, 参考資料を提供せんとの目的をもって行なわれたものである。調査は 1946 年 11 月 27, 28, 29 日の 3 日間にわたって実施せられた。(因に長崎市に爆弾の投下されたのは 1945 年 8 月 9 日午前 11 時頃であった。)

枕崎台風（1945.9.17）による山津波により、 大野浦陸軍病院にて京大第3次調査隊11名殉職

枕崎台風による遭難

京都大学調査班

敗戦の年は気象異変の多い年でもあった。中でも9月17日四国・中国地方を襲った「枕崎台風」は広島県下にも大きな被害を及ぼし、広島県の被害は死者1,199名、行方不明897名、流失家屋1,297戸、全壊家屋2,101戸の記録を残した。この台風による山津波で大野陸軍病院は、本館、病棟などが押し流され、多くの遭難者を出した。

回 想

木 村 毅 一



90 山津波に潰滅した大野陸軍病院（左端の山より決壊した）

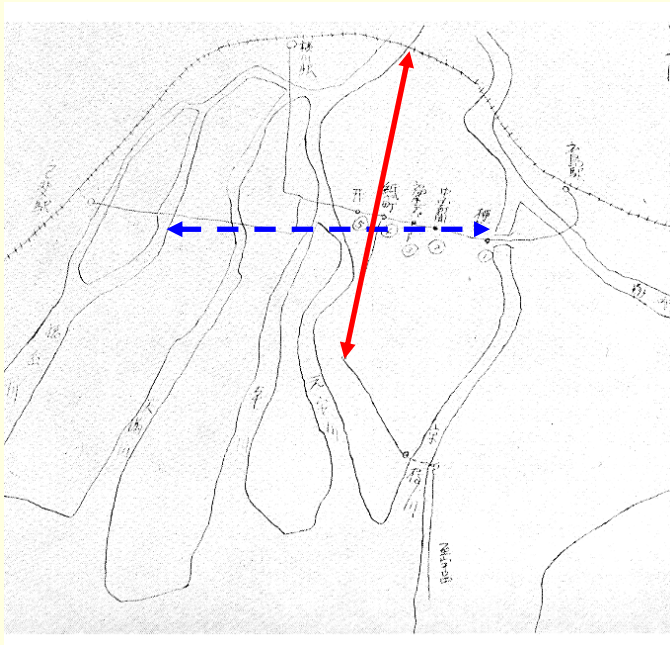


2008/11/29

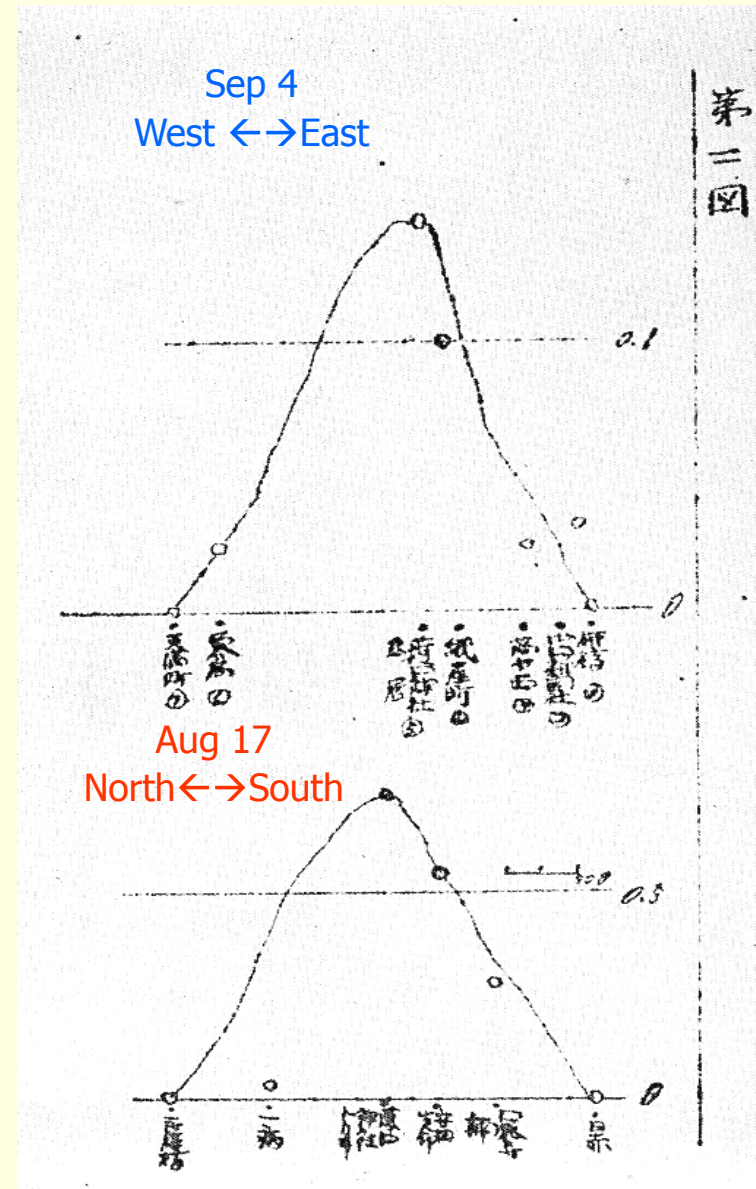
「原子爆弾：写真と記録」仁科記念財団(1973)

理研グループによる広島市内in-situ測定

- ローリッツェン検電器を用い、8月17日に木村らが市内中心部を南北に、9月4日に山崎らが東西に放射線量率の分布を測定している。最大で、BG放射線量率の6倍程度。

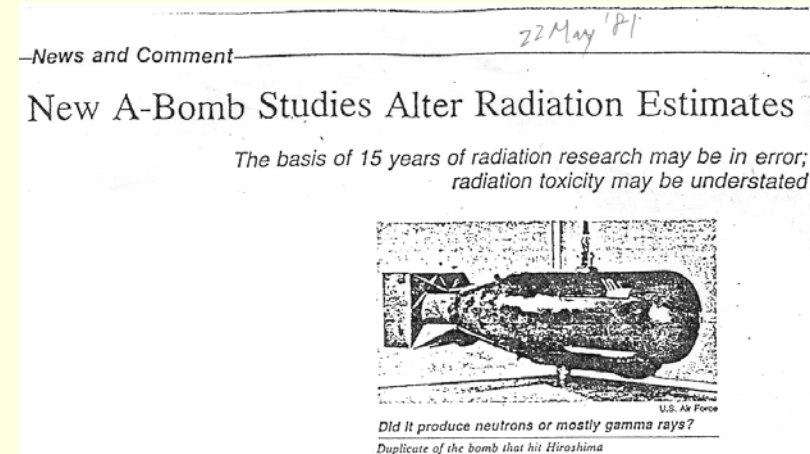


「広島原爆戦災誌 第5巻 資料編」広島市(1971)



今中の原爆線量問題への関わり

■ 1981 Scienceの記事



◆当時、広島・長崎の被爆生存者追跡調査に用いられていた被曝線量算定方式T65Dが間違っているらしい→放射線被曝の健康影響リスクも変わるかも...

*** 原子力資料情報室の高木仁三郎氏らと勉強会を開始。原爆線量評価の歴史や被爆生存者追跡調査の経緯を調べるとともに、放射線輸送計算を“見よう見まね”ではじめた。**

- 1983～1987 日米WGによるDS86（Dosimetry System 1986）策定作業

日本側WG代表：田島英三、米国側WG代表：R.F.Christy

東村ら 1963、市川ら 1966 瓦のTL測定を用いたガンマ線量評価

SCIENCE, VOL. 139

29 MARCH 1963

TAKENOBU HIGASHIMURA
YONETA ICHIKAWA
TUNAHICO SIDEI

Department of Nuclear Science,
Faculty of Science,
Kyoto University, Kyoto, Japan

Dosimetry of Atomic Bomb Radiation in Hiroshima by Thermoluminescence of Roof Tiles

Abstract. Thermoluminescence dosimetry is a powerful tool for obtaining the distribution of gamma dose, heretofore unknown, from the atomic bombs dropped on Hiroshima and Nagasaki. Roof tiles irradiated by the bombs show intense thermoluminescence, and the radiation dose for samples irradiated below 100 r by the bomb can be measured by this method.

Health Physics Pergamon Press 1966. Vol. 12, pp. 395-405. Printed in Northern Ireland

THERMOLUMINESCENCE DOSIMETRY OF GAMMA RAYS FROM ATOMIC BOMBS IN HIROSHIMA AND NAGASAKI

YONETA ICHIKAWA,* TAKENOBU HIGASHIMURA† and TUNAHICO SIDEI
Department of Physics, Faculty of Science, Kyoto University, Kyoto, Japan

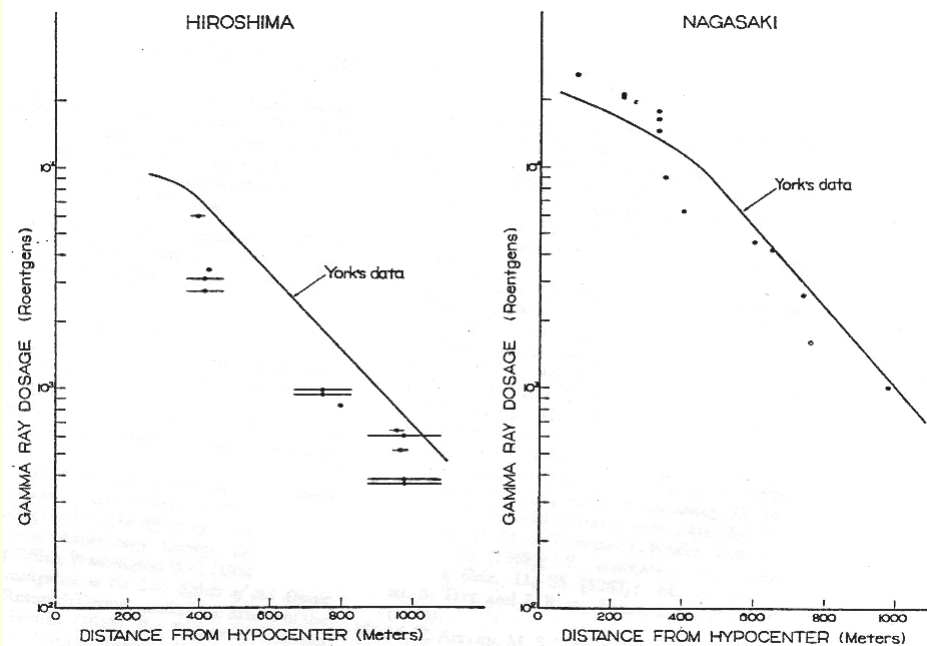


FIG. 5(a). Corrected gamma doses in Hiroshima as a function of distance from the hypocenter.

FIG. 5(b) Corrected gamma doses in Nagasaki as a function of distance from the hypocenter.

原爆ガンマ線の最初の測定データ

原爆による放射線の分類： γ 線と中性子

<初期放射線>	Time scale	寄与度
- 即発 -		
Prompt primary γ	< μ sec	○
Prompt neutron	< msec	○
Prompt secondary γ	< 0.1sec	◎
- 遅発 -		
Fireball FP γ	< 30 sec	◎
Delayed neutron	< 10 sec	小
Delayed secondary γ	< 10 sec	小

<残留放射線>	Time scale	寄与度
誘導放射能	< weeks	△
フォールアウト (黒い雨)	< months	?

DS86/DS02の評価対象は初期放射線のみ。（放影研の被爆生存者追跡集団に対して残留放射線は大きな寄与をしていないという前提。）

DS86 / DS02の原爆放射線量計算スキーム

Prompt source term

Leakage from the casing

Delayed source term

Emission from rising fire ball

Transport in Air-over-Ground

2 dimensional discrete ordinates

Transport in Air-over-Ground

2 dimensional discrete ordinates

Radiation fluence
above the ground

Coupling

Fluence inside
houses

Coupling

Organ dose

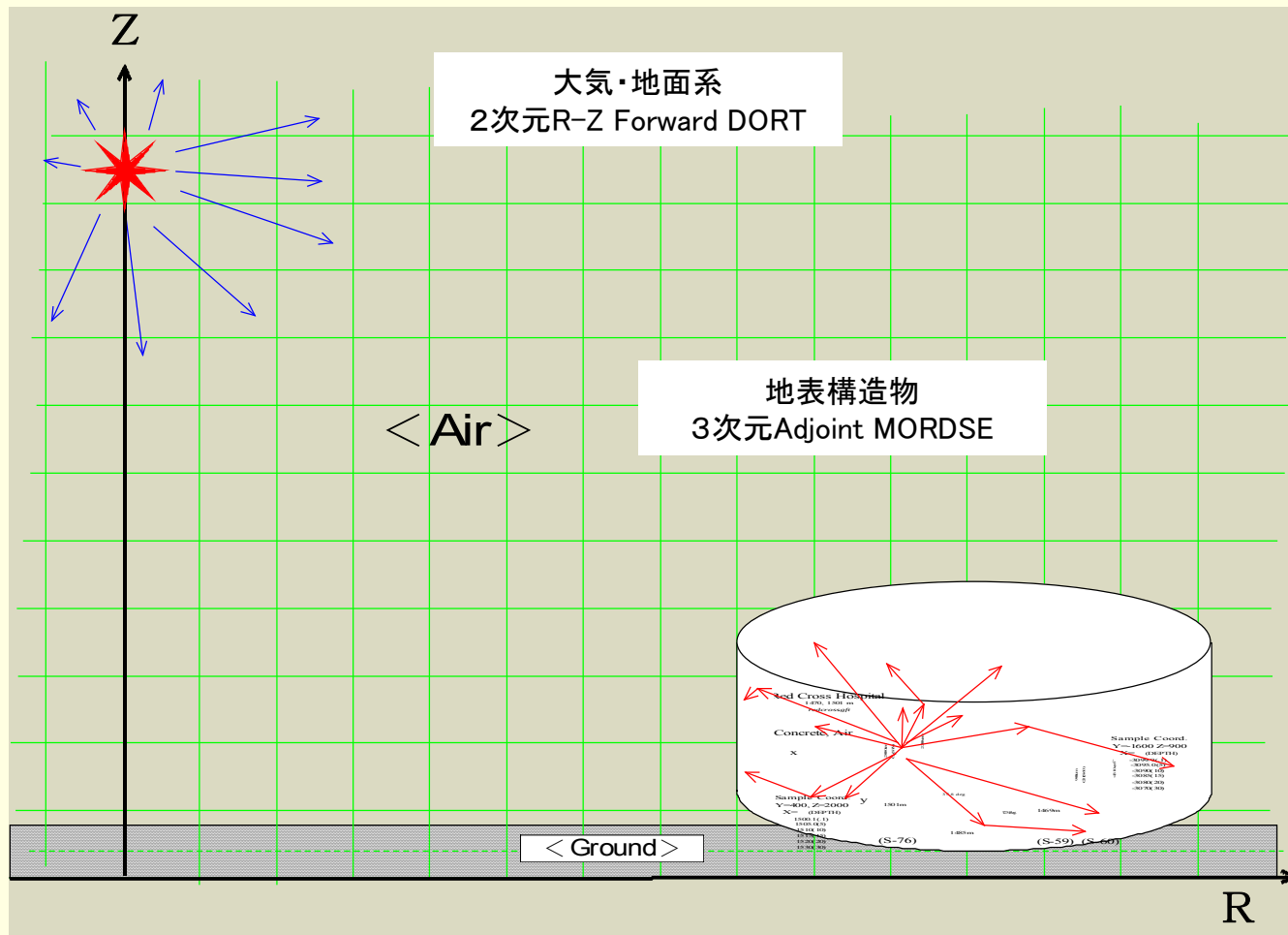
Shielding calculation in local structures

3 dimensional adjoint Monte Carlo

Shielding calculation by human body

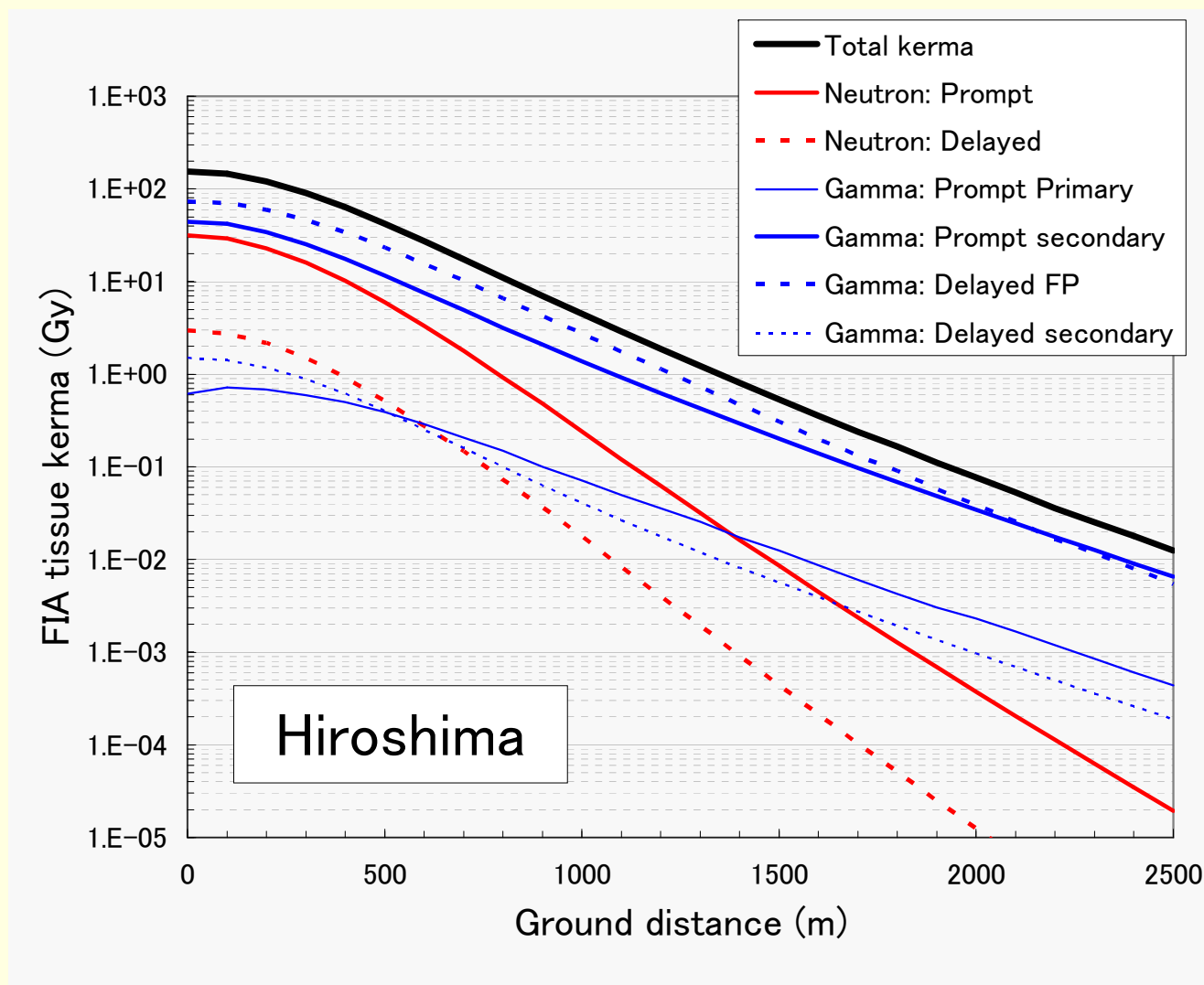
3 dimensional adjoint Monte Carlo

DSの放射線輸送計算体系

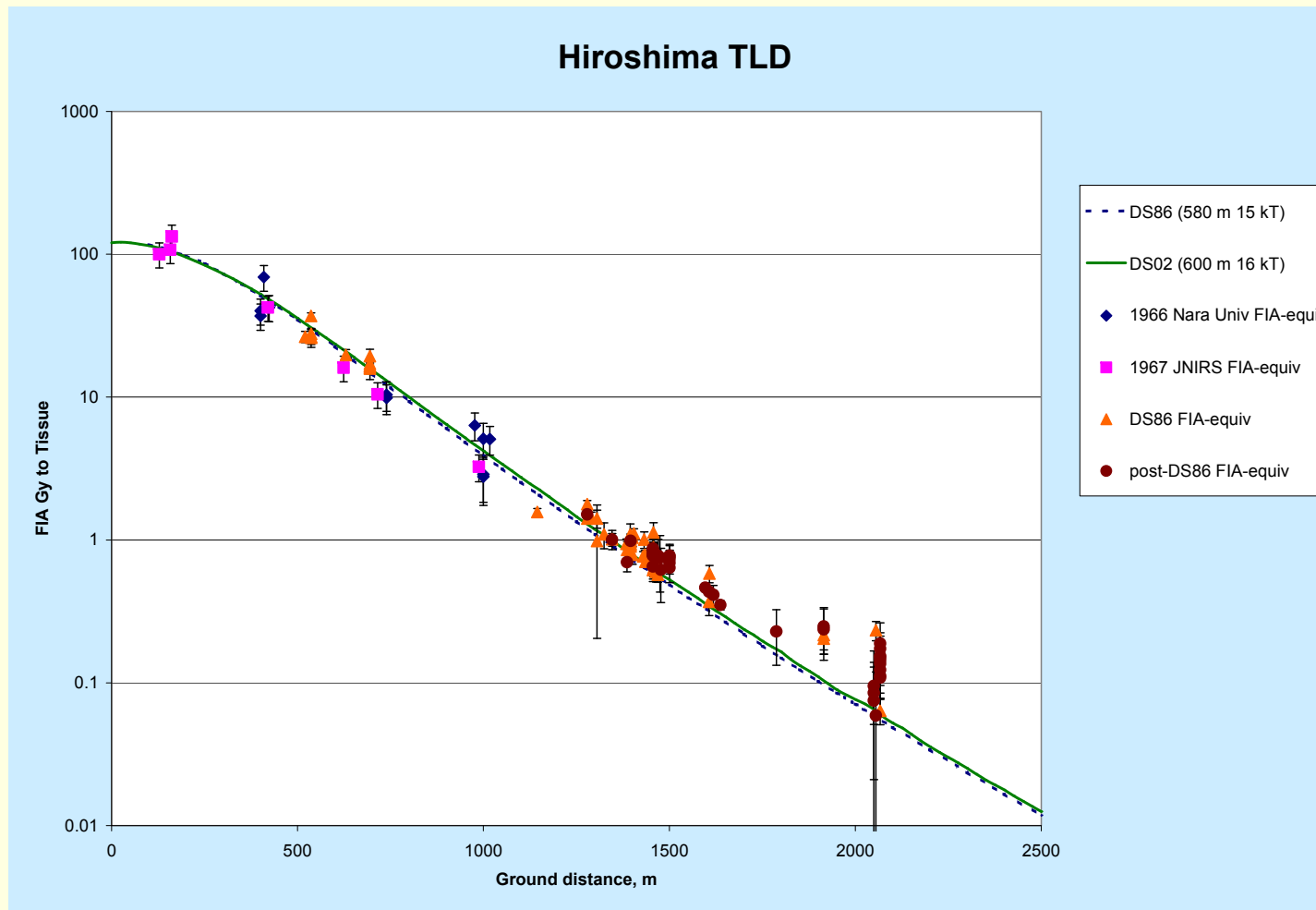


2次元Forwad DORTの計算結果と3次元Adjoint MORSEの計算結果を疑似境界面でCoupling

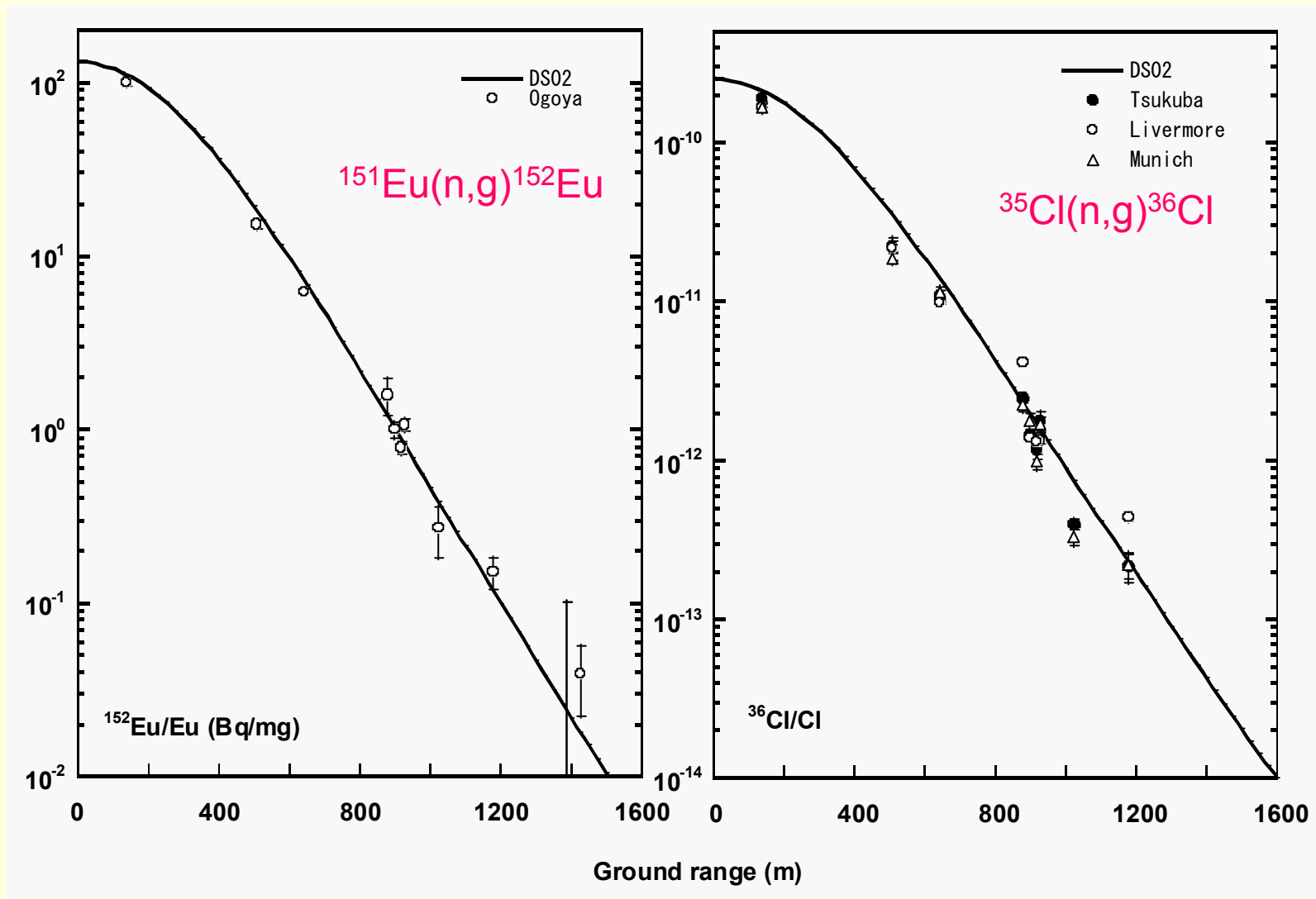
DS02: 地上 1 m での無遮蔽放射線量



広島ガンマ線量：計算値とTL測定値

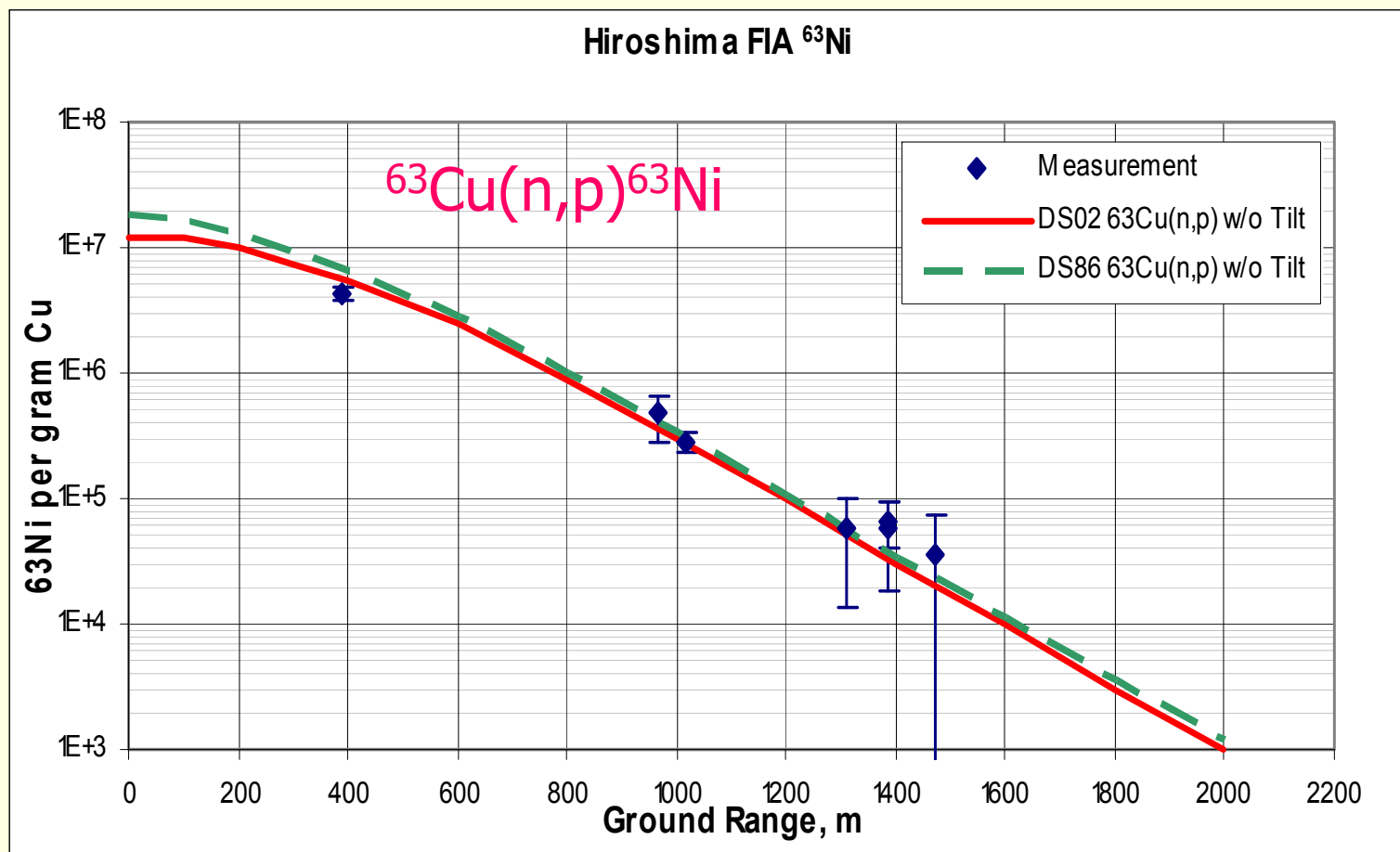


熱中性子放射化量：計算値と測定値 広島



Hoshi et.al, DS02 report (2005)

速中性子放射化量：計算値と測定値 広島



Egbert et.al, DS02 report (2005)

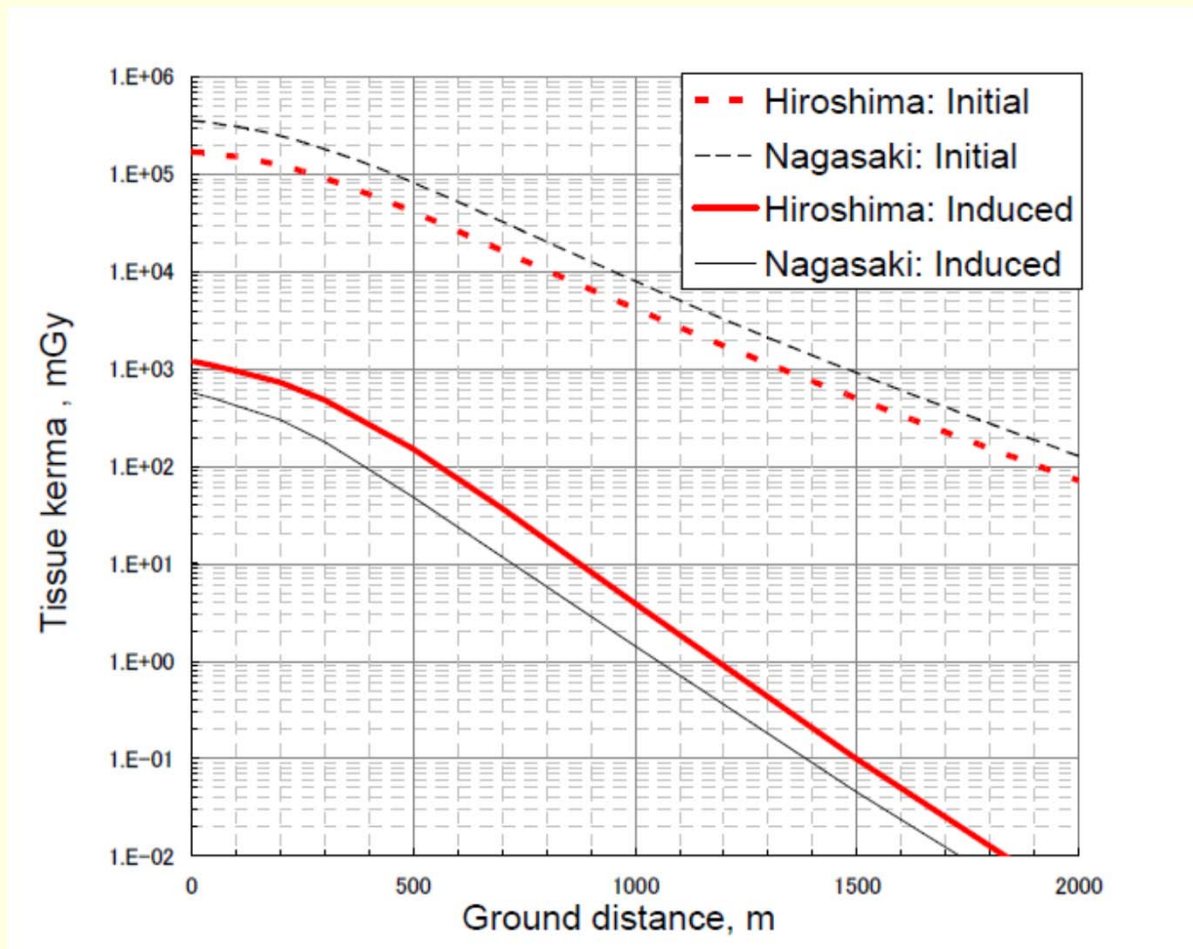
カルフォルニア工科大学でのDS02ミーティング 日米WGが策定したDS02をシニア委員会が承認



2003年1月 18

DS02以降- 1

早期入市者に対する誘導放射線被曝の評価

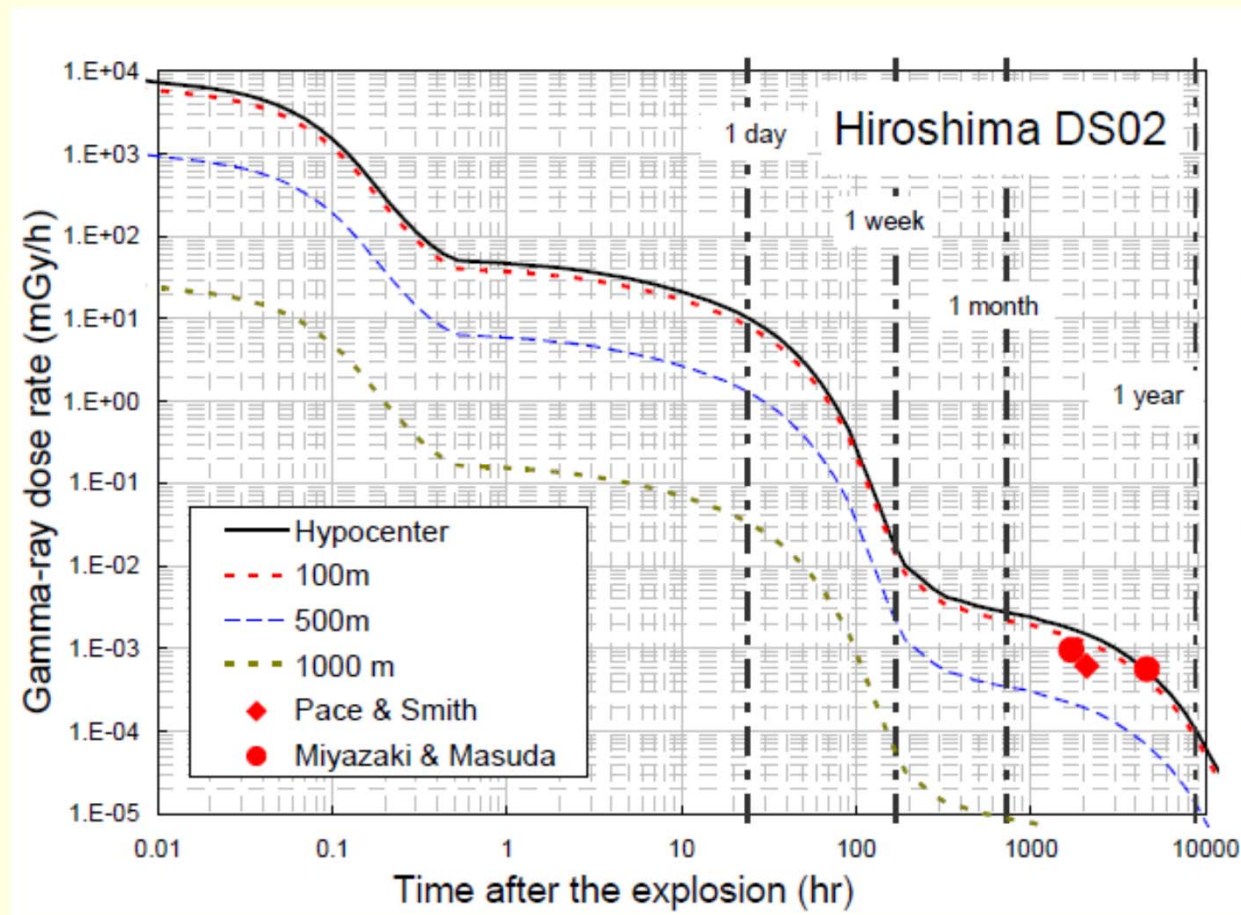


初期放射線量と誘導放射線量

誘導放射線量は、爆発直後からの無限時間積分値

DS02以降- 1

早期入市者に対する誘導放射線被曝の評価



爆発後時間の関数としての誘導放射線量率

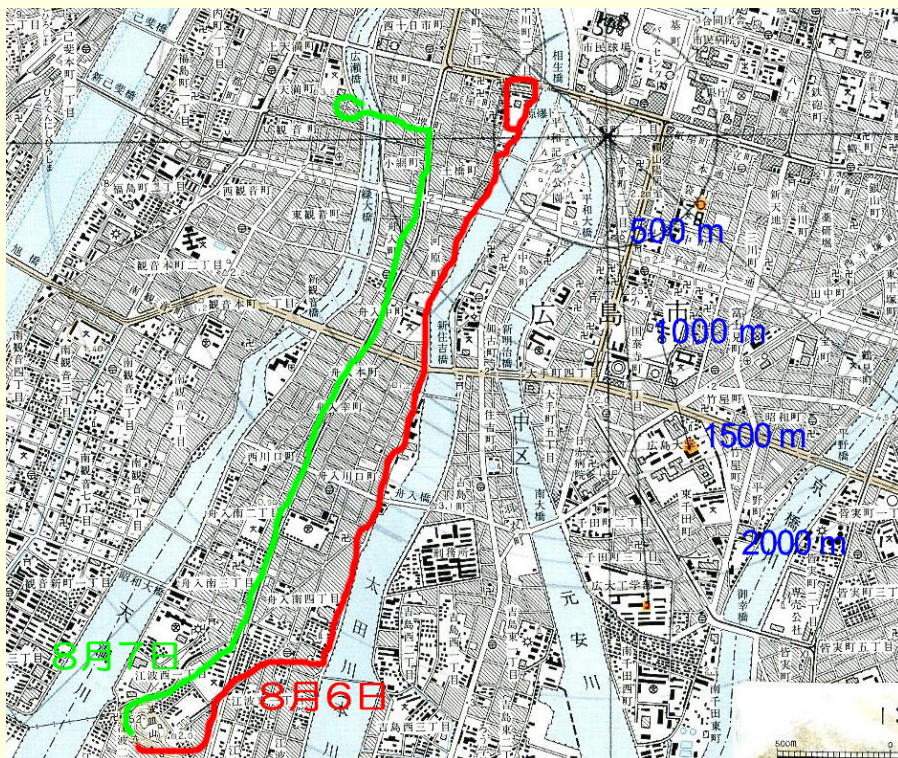
早期入市者の誘導放射線被曝計算のためのExcelツール



DS02以降- 1

早期入市者の誘導放射線被曝量計算例①

➤ 今中の母の場合 21才



● 8月6日: 23.5 mGy



● 8月7日: 0.17 mGy



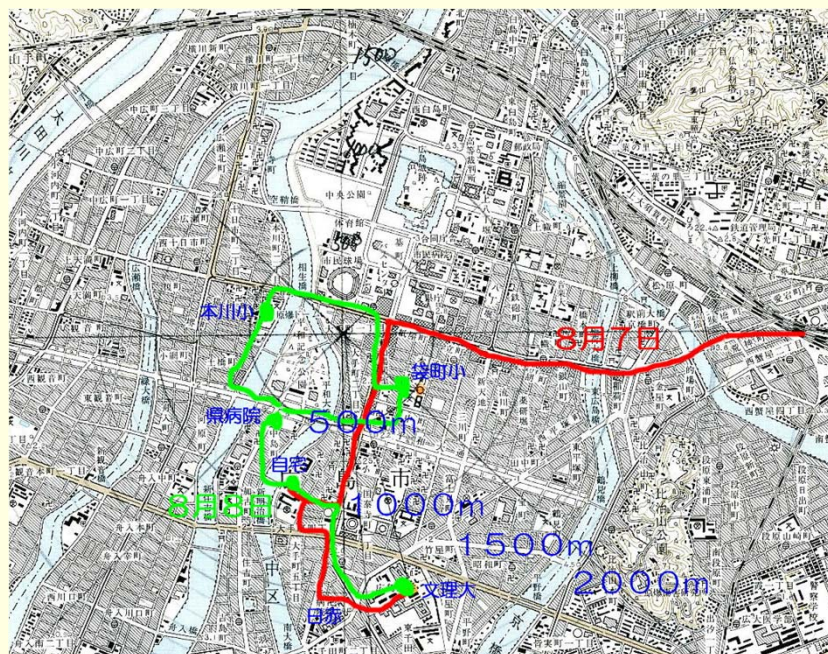
★ **合計: 24 mGy**

DS02以降- 1

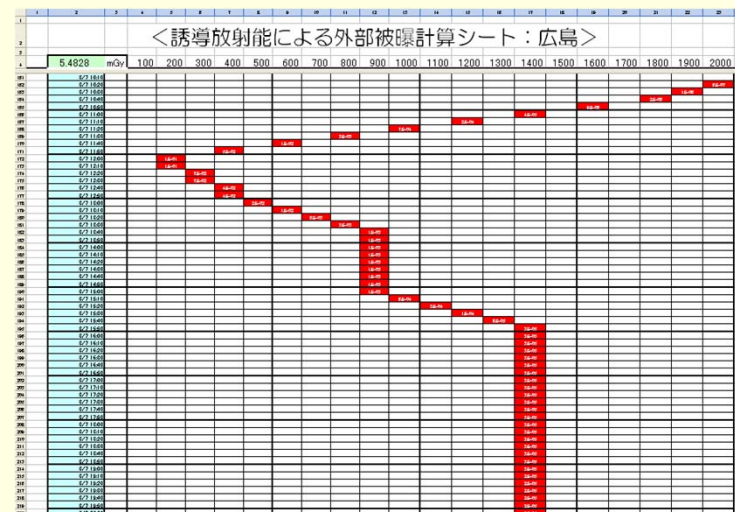
早期入市者の誘導放射線被曝量計算例②

● 8月7日: 5.5 mGy

➤ 計算例-2 Kさん 女性19才



8月7日に入市し、爆心から900mの自宅に立ち寄り、一週間ほど文理大グラウンド(1400m)で寝泊まりした。8月13日に発熱、下痢、口内痛を発症、1ヵ月後に歯齦出血、脱毛があった。



● 8月8日~13日: 3.9 mGy



★ Total dose: 9.4 mGy

DS02以降- 1

放影研（旧ABCC）に保存されている早期入市者Kさんの問診記録

SYMPTOMS

TYPE OF SYMPTOM	DATE OF ONSET	WILD	MODERATE	SEVERE	NOT STATED	NONE	REMARKS OR COMMENT
FEVER	Several days			✓			One week 8/13-8/20
MALEISE	"			✓			One month 8/13-9/13
VOMITING	"					✓	
NAUSEA	"					✓	
DIARRHEA (non-bloody)	Several days			✓			About three weeks 8/13-8/23
DIARRHEA (bloody)	"			✓			About two days 8/13-8/16
SORE THROAT	Several days			✓			About one week
SORE MOUTH	"			✓			" 7/13-8/16
BLEEDING GUMS	Several days			✓			About two weeks 9/6-9/20 (suppuration also)
PURPURA	"					✓	
OTHER BLEEDING	"					✓	
EPILATION	Several days			✓			About two weeks 30-35% 9/13-9/23

WOUNDS

Did patient have Amputations? ☒ Yes ☐ No Length of time experienced Half year Cause of amputation (if known), e.g. Fracture, Laceration, etc. Unknown

Has patient (1) after amputation? ☒ Yes ☐ No Source of illness Unknown (1) continued to work for long time? No (2) How did patient feel about it? Very good (3) How has the patient felt about it? Very good

GENERAL STATEMENT CONCERNING PRESENT HEALTH

Early gastro-intestinal condition of sepsis in general

(1) Is there any other illness? Yes (2) What is it? Stomach trouble, constipation, etc. (3) How long has it lasted? Since 8/13-8/20 (4) How has the patient felt about it? Very good (5) How has the patient felt about it? Very good

Name of Investigator E. A. T. S. Source of Information Interview Reliability Good Date 12 Sept. 54

急性放射線障害と同様の
症状が認められている

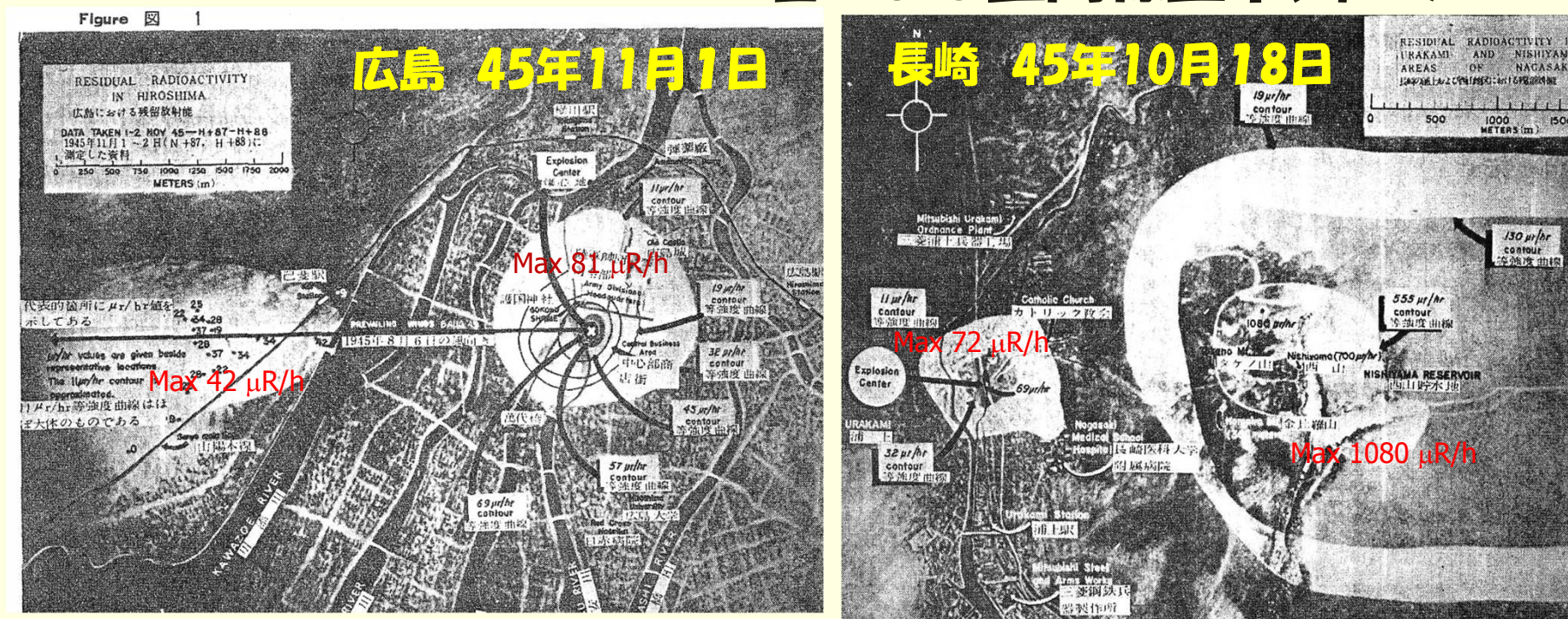
Date of record: March 29, 1954

Symptoms	Day of onset	Level of symptoms					Duration or comments
		Mild	Moderate	Severe	Not stated	None	
発熱 Fever	1 week later			✓			1 week 8/13-8/20
全身倦怠 Malaise	1 week later			✓			1 month 8/13-9/13
嘔吐 Vomiting						✓	
悪心 Nausea						✓	
食欲不振 Anorexia	Several days later		✓				~3 week 8/8-8/30
下痢（非血性） Diarrhea (non bloody)	1 week later			✓			~10 days 8/13-8/23
下痢（血性） Diarrhea (bloody)					✓		?
咽喉痛 Sore throat	1 week later			✓			~1 week 8/13-8/20
口内痛 Sore mouth	1 week later			✓			1 week 8/13-8/20
歯肉痛 Sore gums	1 month later			✓			~2 week 9/6-9/20
歯齦出血 Bleeding gums	1 month later			✓			~2 week 9/6-9/20 (suppuration 化膿有り)
斑点出血 Purpura						✓	
その他の出血 Other bleeding						✓	
脱毛 Epilation	1 month later	✓					~2 week 30-35%

DS02以降-2 放射性降下物（黒い雨）にともなう被曝量の評価

原爆後の残留放射線分布データ

Pace and Smith, ABCC TR 28-59
GM管による空間線量率、 $\mu\text{R}/\text{h}$



- DS86報告書によると、黒い雨による積算線量は、
 - 長崎の西山地区: 200~400 mGy
 - 広島 of 己斐・高須地区: 10~30 mGy

広島の黒い雨の痕跡： 己斐地区民家の壁の黒い雨

静間ら（2003）

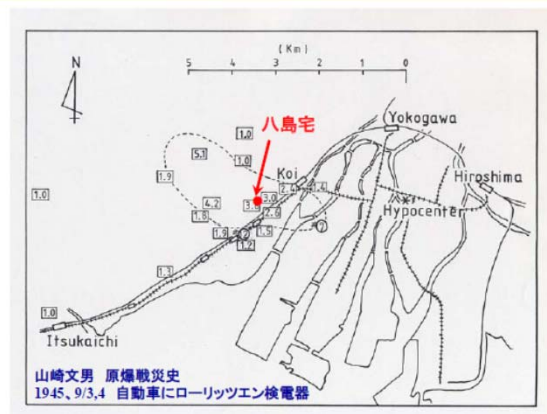


図 14 黒い雨壁面の八島宅と山崎文男氏のヒロシマ西部地域における線量測定

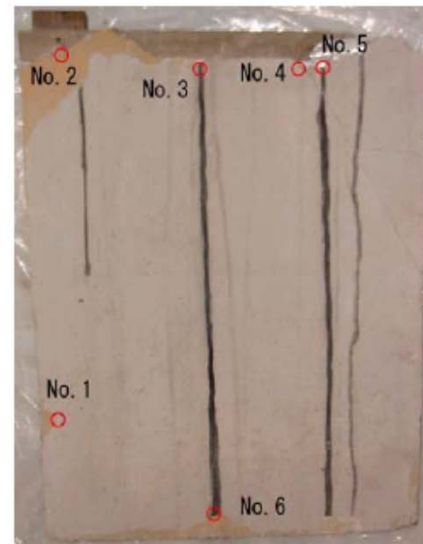


図 15 昭和 60 年に切り取られた壁面

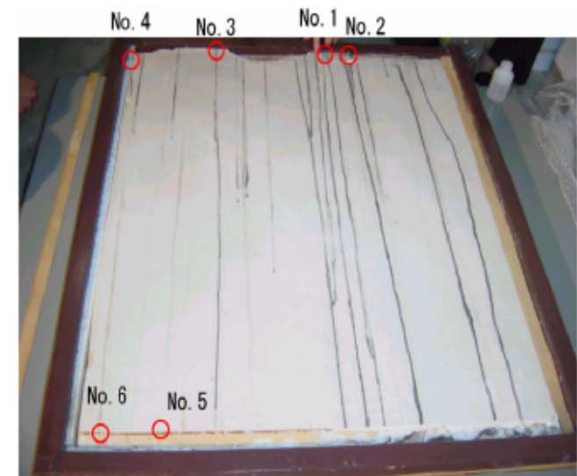
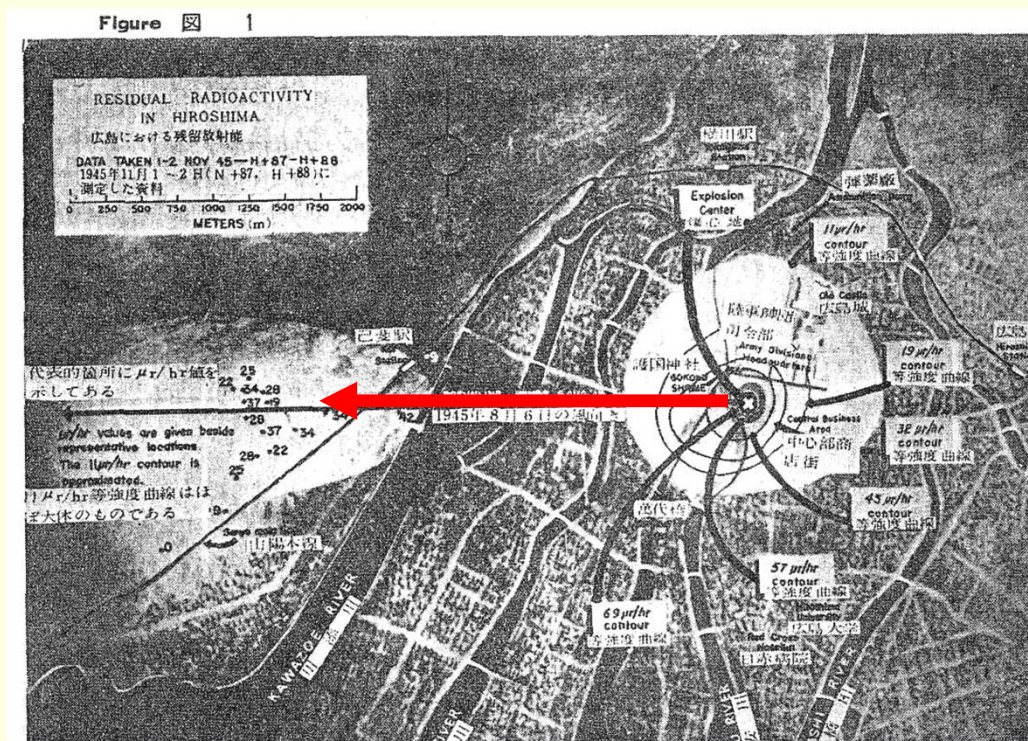
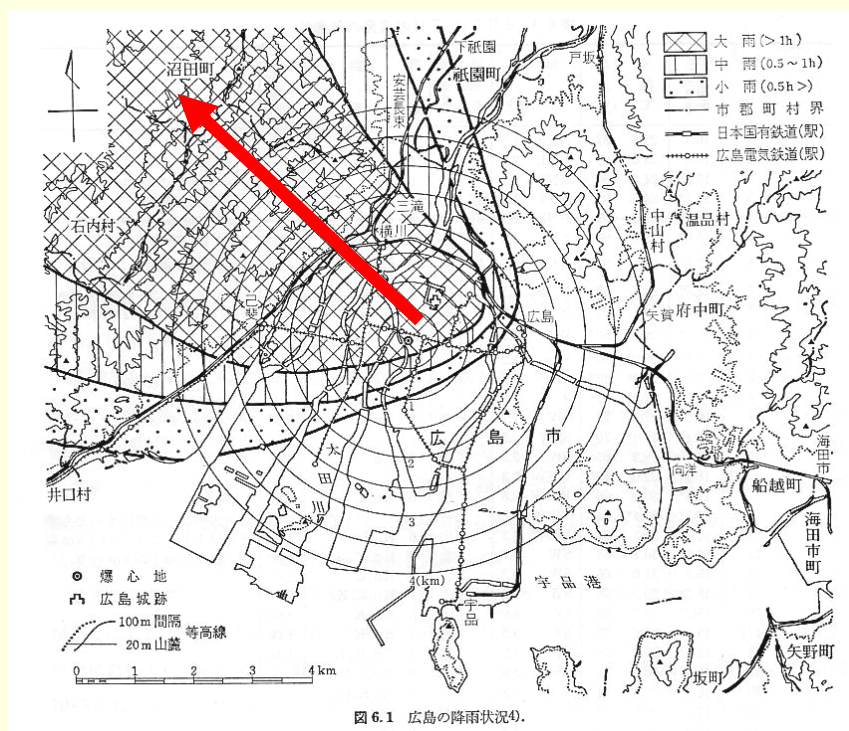


図 16 昭和 42 年に切り取られた壁面

壁に残った黒い雨の筋の部分から濃縮ウランとセシウム137を検出
(Fujikawa et al Health Physics 2003)

広島：黒い雨の降った方向と放射能が検出されている地域が一致しない



宇田雨域、岩波赤本(1979)より

（今中の）仮説

**己斐・高須地区の汚染は、黒
い雨による広範な放射能汚染
の一部に過ぎなかった**

黒い雨山間部で原爆由来放射能の 痕跡を検出する試み

- 広島市周辺土壌中のセシウム137測定調査
- 広島原爆由来のウラン同位体（U236、U235）測定調査
- （戦後に建築された家屋の）床下土壌中の放射能測定調査
- （原爆雲のシミュレーション計算）

残念ながら、いずれも原爆由来の放射能を示す確かな成果が得られていない！

いまの私の（我々の）知識では、説明 できないことが起きていた



- 4 kmでの初期放射線量は
ほぼゼロ。
- 急性症状が出るほどの誘導
放射能被曝や黒い雨被曝は考
えがたい。

千の証言に寄せて

「あの時、うそをついたことがその後何十年も大きな借金になりました。」
大阪府寝屋川市の松山五郎さん(85)は被爆直後の自身の行動への後悔の念を今も抱いている。

広島に原爆が投下された時、旧制中学3年生の16歳だった。学徒動員された機械工場で閃光を見た。爆心地から約4km。逃げようと思いつき、背中に土を被せて、爆風を受けてつんのめったが、けがはなかった。

「学生さん、元気をうたけら、この先生を診療所に運んでくれ」と頼まれたのは投下から数時間後のことだ。被害の全容を見ようと、川の土手に登った。草むらに15人近くが倒れていた。声を上げた男性の近くで「先生」と呼ばれた女性が伏せていた。とっさに「友達を呼んで来ます」と言って離れた。だがその後は下級生の安否確認に追われたこともあり、土手には戻らなかった。「運んだとしても助かったとは思えないでも、あの先生の心には『手を貸してくれなかった』という思いが残ったでしょうね」

翌日、郊外の海田町に向かうため広島市を西から東へ横切った。あちこちで人や馬が倒れていた。焼け焦げた木に見え、ゲタの裏で踏んだのは、炭化した人の足だった。

故郷に戻った1カ月後、

消えることない後悔

松山五郎さん(85)

自身が編集した本を手には被爆体験を語る
松山五郎さん 大阪府寝屋川市で

まつやま・ごろろ 広島県高光村(現・神石高原町)出身。旧制広島二中に在学中、原爆に遭った。戦後は県内の小学校や養護学校で教諭を務め、退職後は日中友好活動に関わった。1994年に大阪府寝屋川市に転居。

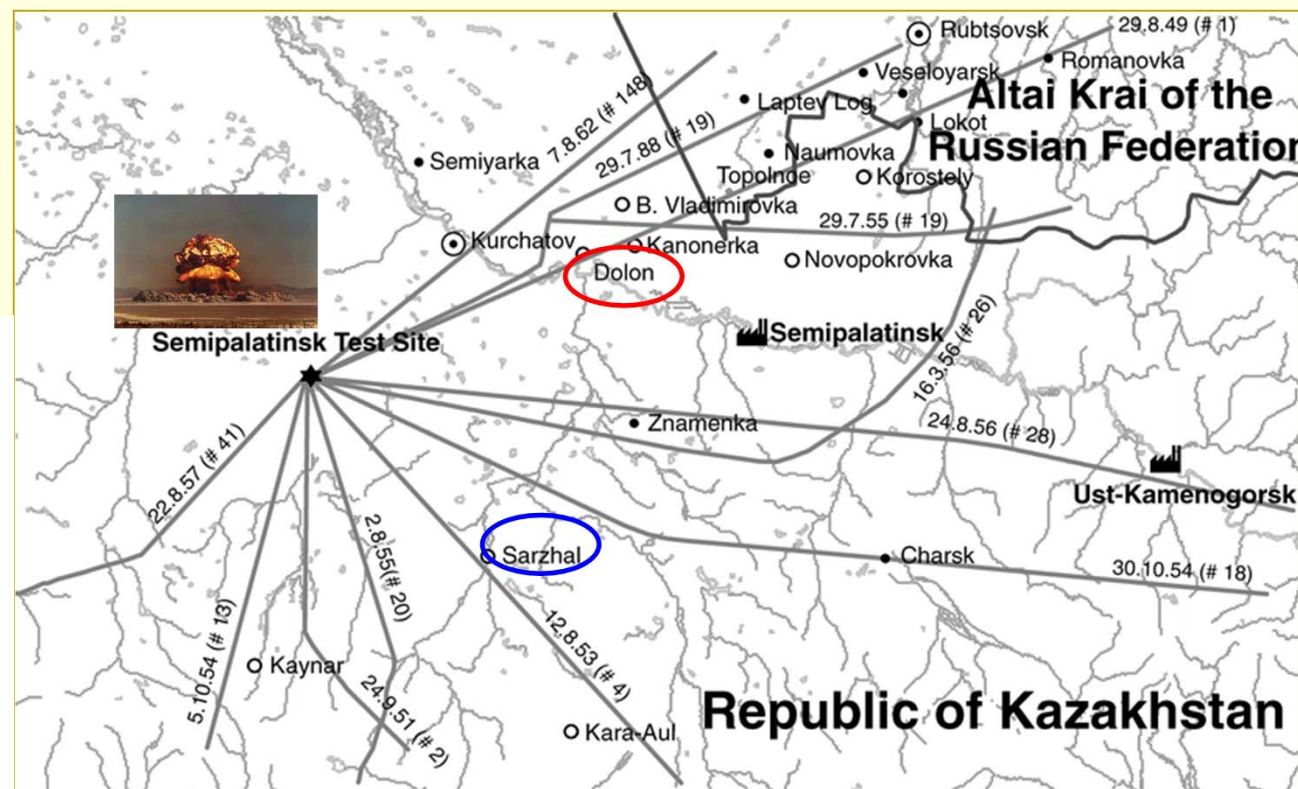
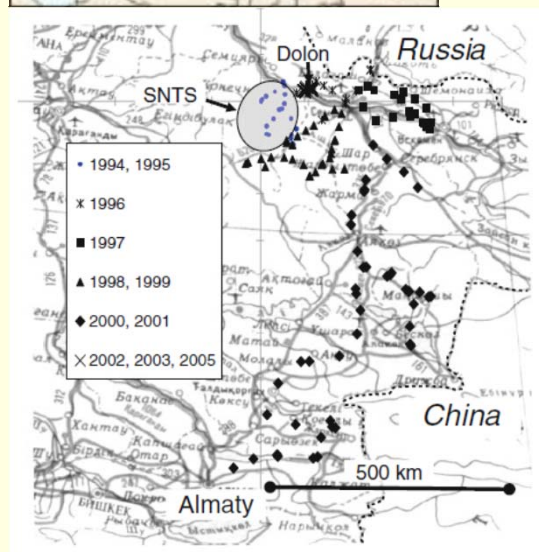
体に紫の斑点が現れ、髪が抜け、歯ぐきから血が出るようになった。近所では、爆の影響が不安だった。広島市内へ救援に入った大人が同じ症状で次々と死んだ。2008年、被爆者の会に入院し、死を覚悟。言葉をまとめ、自らの体験したが幸いにも回復した。も寄せた。翌年、あの日から戦後、教壇に立ったが、体ら64年ぶりに、記憶から消滅は一度も口にしなかった。登った。「ごめんね」とつぶやき、花をささげた。

セミパラチンスク核実験場周辺村落 の放射能汚染と被曝評価



1963年1月の“平和利用地下核実験”でできた原子の湖

セミパラチンスク核実験場では111回の大気圏内核実験が行われ、そのうち11回が周辺村落に有意な被曝をもたらした



Shinkarev KURRI-KR-181(2011)

山本・星らのカザフスタン調査土壌サンプルポイント

核実験場グラウンドゼロから100km離れたDolon村で、『レンガのTL線量が1 Gyあった』と聞かされてびっくりした。

1990年代半ば、金沢大の山本さんから、セミパラチンスク核実験場周辺村落の土壌汚染データを用いて被曝量の評価ができないか相談があった

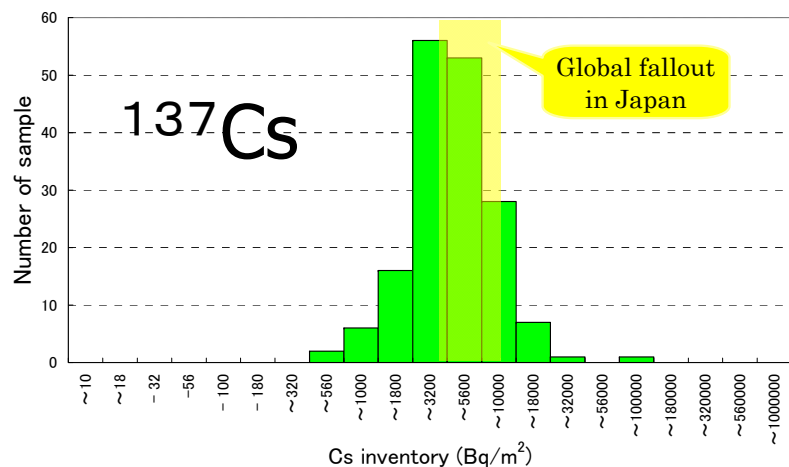


図 9 Histogram of ^{137}Cs inventory in Yamamoto soil samples

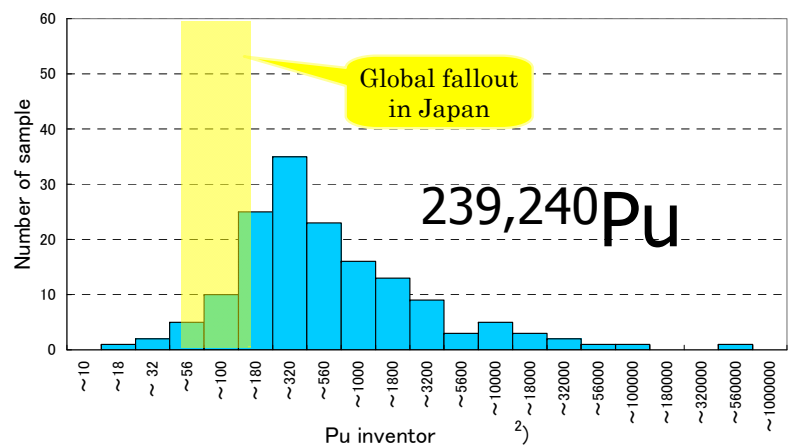
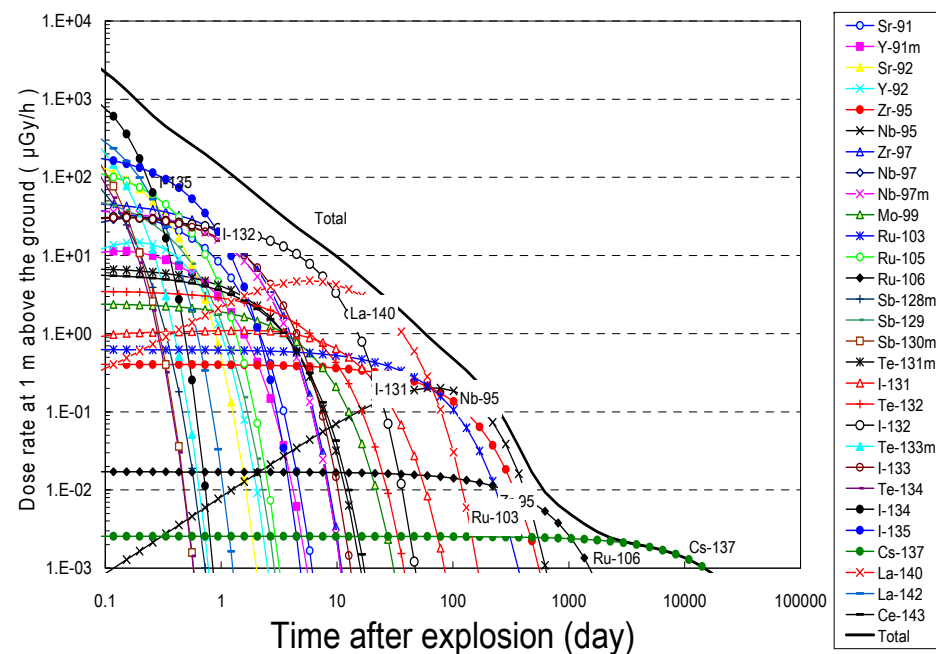
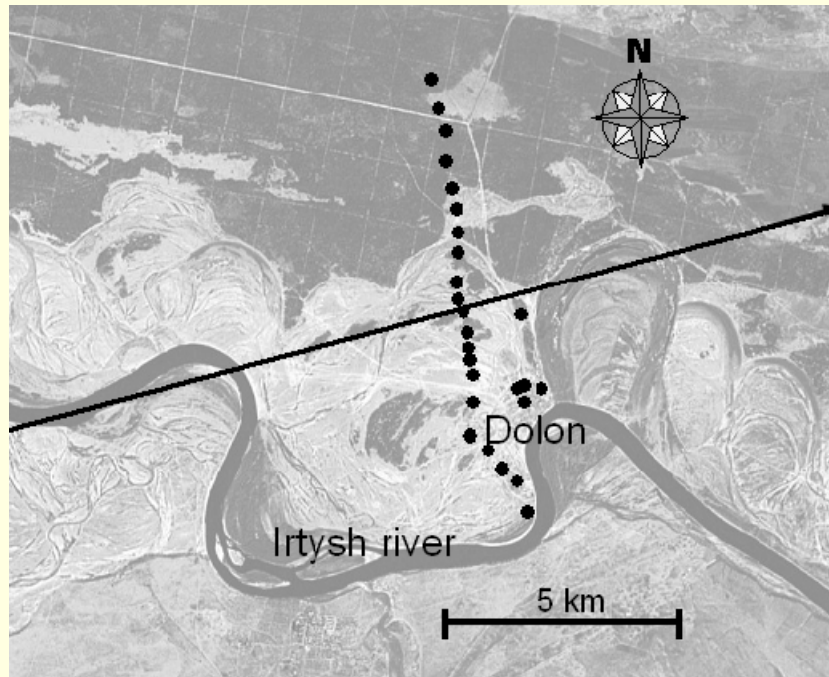


図 8 Histogram of $^{239,240}\text{Pu}$ inventory in Yamamoto soil samples



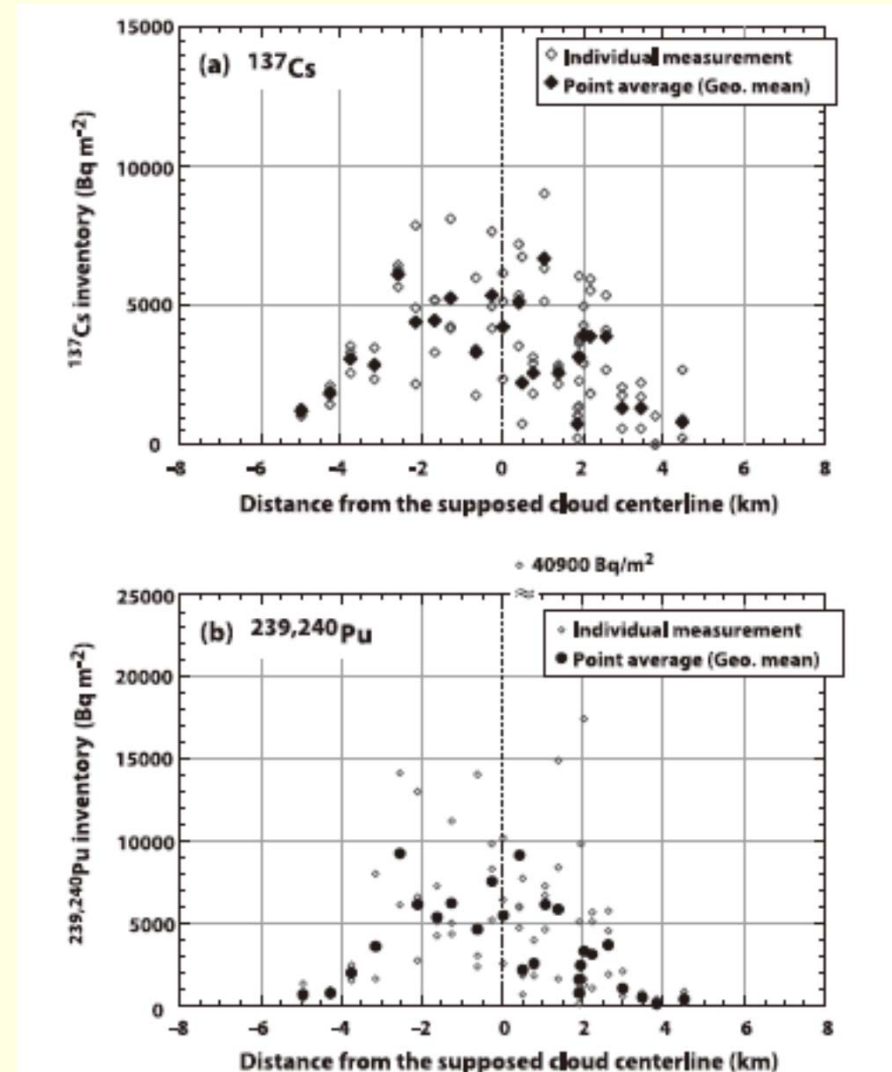
地上沈着FP(核分裂組成ママ)からの
地上1mでのガンマ線量率計算

ソ連最初の原爆実験（1949.8.29）による放射能プルームが通過したDolon村（グランドゼロから110km）の汚染調査（2005年）

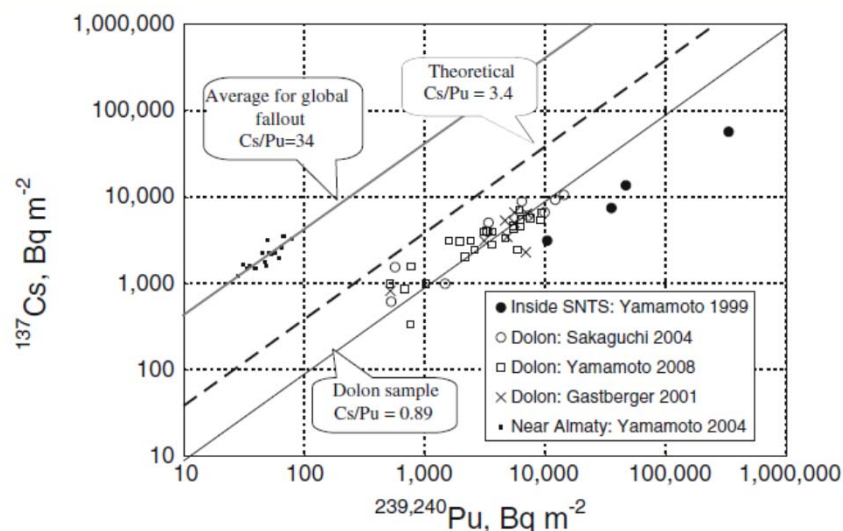


Yamamoto et al Health Phys (2008)

50年以上前の、放射能プルーム通過の痕跡を見事に観察できた。



Dolon村での核実験falloutによる平均 外部被曝量評価



< 評価結果 >

^{137}Cs 沈着量 : 13kBq/m 2

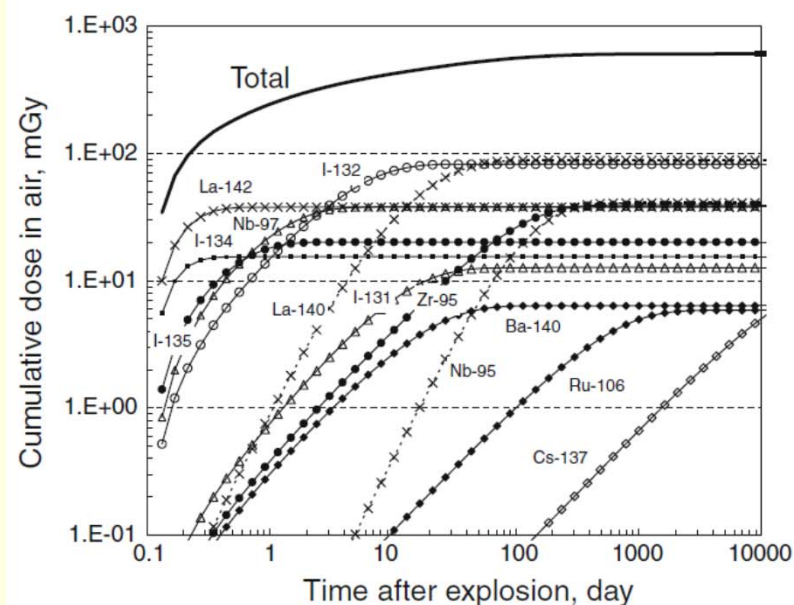
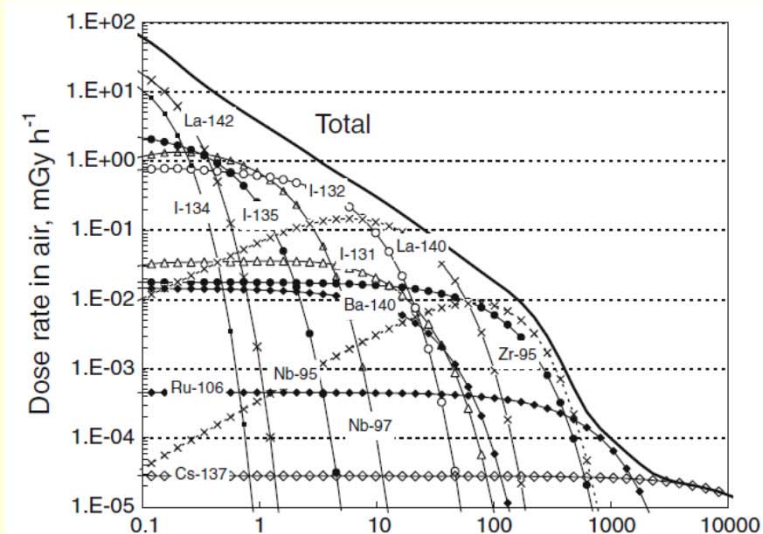
Fractionation ratio : 3.8

被曝量代表値 : 600mGy

最小被曝量 : 350mGy

最大被曝量 : 910mGy

Imanaka et.al REB2010



カザフの草原風景



1999年9月30日

“晴天の霹靂” だった東海村JCO臨界事故

1084号

1999年(平成11年) 10月1日 金曜日

10月1日

国内初の臨界事故

東海村 核燃施設で3人被ばく



東海村核燃料加工施設で、9月30日午後1時40分ごろ、臨界事故が発生した。作業員3人が被ばくしたとみられる。事故原因は、燃料棒の取り出し作業中に、燃料棒の先端が燃料棒ホルダから外れ、燃料棒の先端が燃料棒ホルダの先端に接触したためとみられる。



東海村核燃料加工施設で、9月30日午後1時40分ごろ、臨界事故が発生した。作業員3人が被ばくしたとみられる。事故原因は、燃料棒の取り出し作業中に、燃料棒の先端が燃料棒ホルダから外れ、燃料棒の先端が燃料棒ホルダの先端に接触したためとみられる。

放射線、一時
通常の1万倍
ウラン入れ過ぎ

10キロ圏内に屋内退避勧告

MAINICHI
新毎日

毎日新聞大阪本社

秋の空に
秋色灯る
十月です
三和銀行
since 1926

NEWSLINE

臨界事故 関連記事

2面 核燃料加工施設で臨界事故発生
3面 事故原因は燃料棒の先端が燃料棒ホルダの先端に接触したためとみられる
4面 事故発生後、作業員3人が被ばくしたとみられる
5面 事故発生後、作業員3人が被ばくしたとみられる

同巻と付録は23面

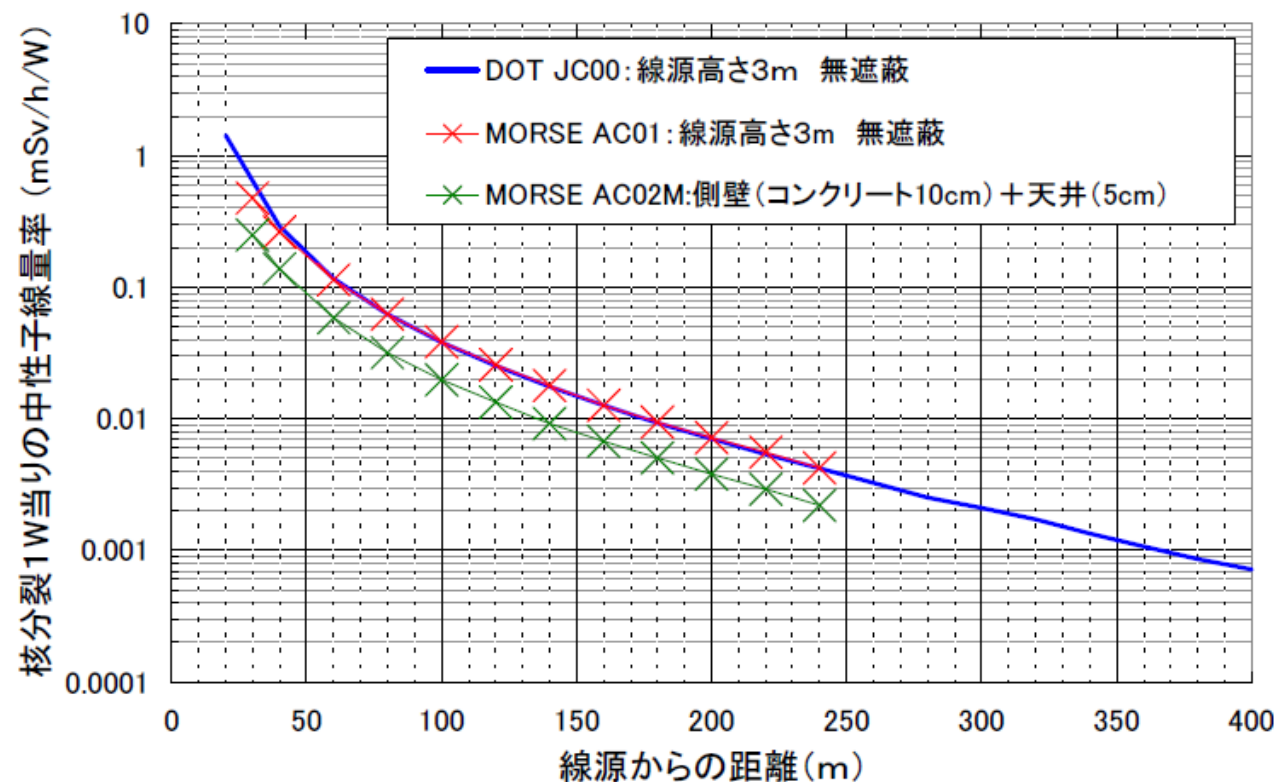
きょうの天気

1. 日本気象協会が発表する気象予報は、あくまで目安です。実際の気象は、気象庁の発表によるものとします。



転換試験棟
沈殿槽

翌日から中性子漏えいの計算をはじめ 10月5日に最初の結果を公表



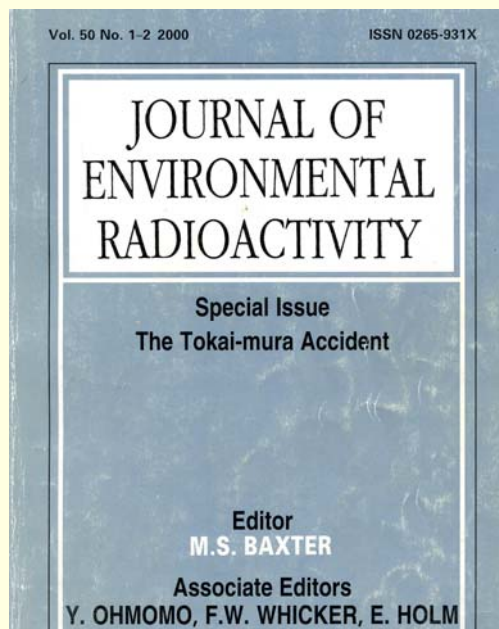
核分裂線源(1w)からの地表1mでの中性子線量率

- JC0の敷地境界（線源からの最短距離約70m）で測定された中性子線量は約 4 mSv/hであった。
- 図の値からは、臨界時の出力は50～100Wと判断される。
- 臨界は事故が発生した 9月30日10:30から翌日の4:30まで、同一出力で18時間続いたと仮定。
- 事故発生時のパルスは無視すると、800～1800Whの総出力となる。
- 隣接建屋や溶液の自己遮蔽効果を考えると、図の線量率は少なくとも数倍の過大評価と思われる。
- したがって、発生出力は1～10kWhと見積もっておくのが妥当なところか？
- 1mgのfissionは22.6kWhに相当するので、核分裂したU235量は0.05～0.5mgといったところになる。

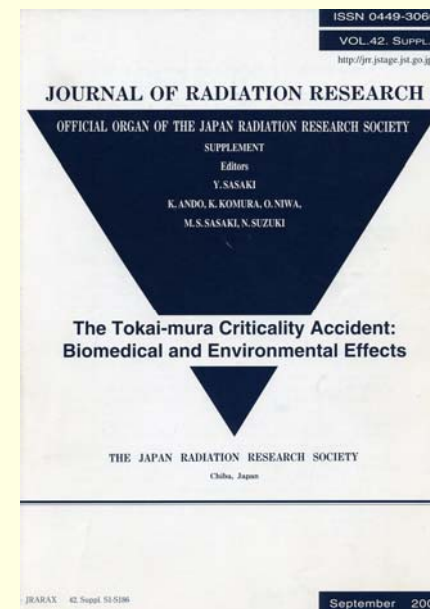
2000年2月12日 第6次調査



科研費小村グループの成果



2000年
特集号
論文21編



2001年
特集号
論文16編

Neutron dose and power released by the JCO criticality accident in Tokai-mura

Tetsuji Imanaka*

Research Reactor Institute, Kyoto University, Kumatori-cho, Sennan-gun, Osaka 590-0494, Japan

Received 6 January 2000; received in revised form 15 January 2000; accepted 26 January 2000

Table 2
Various estimates of the total number of fissions caused by the accident

Author	Number of fissions ($\times 10^{18}$)			Method
	Total	Initial stage	Steady stage	
STA, 1999	2.5	1.2	1.3	Activity concentration in the precipitation tank, neutron dose rate calculation.
Imanaka (this study)	1.9	(6-8%)	na ^a	Neutron dose calculation.
Mitugashira et al. ^b	2-3	na ^a	na ^a	Direct gamma-ray peak measurement from the precipitation tank.
Kondo ^c	2.3	0.4	1.9	Burst estimation, thermal energy balance.
Sekimoto ^c	0.9-4.0	na ^a	na ^a	Neutron dose rate calculation, activity concentration in the precipitation tank.
Takeda ^c	3.7	0.691	3	Dynamic analysis of criticality.
Tsuji et al. ^c	2.41	na ^a	na ^a	Dynamic analysis of criticality.

Transport Calculation of Neutrons Leaked to the Surroundings of the Facilities by the JCO Criticality Accident in Tokai-mura

TETSUJI IMANAKA^{1*}

¹Research Reactor Institute, Kyoto University, Kumatori, Sennan, Osaka 590-0494, Japan

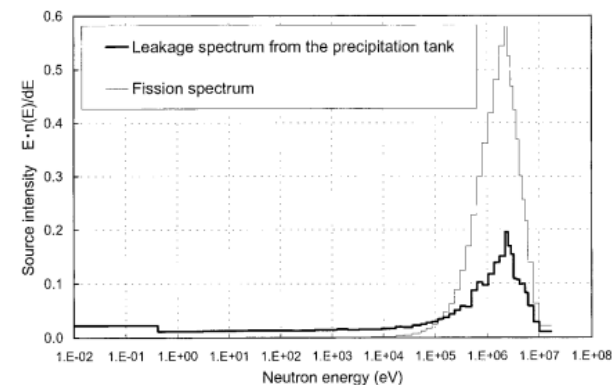


Fig. 2. Leakage neutron spectrum from the precipitation tank.

JCO敷地周辺での中性子線量：測定と計算

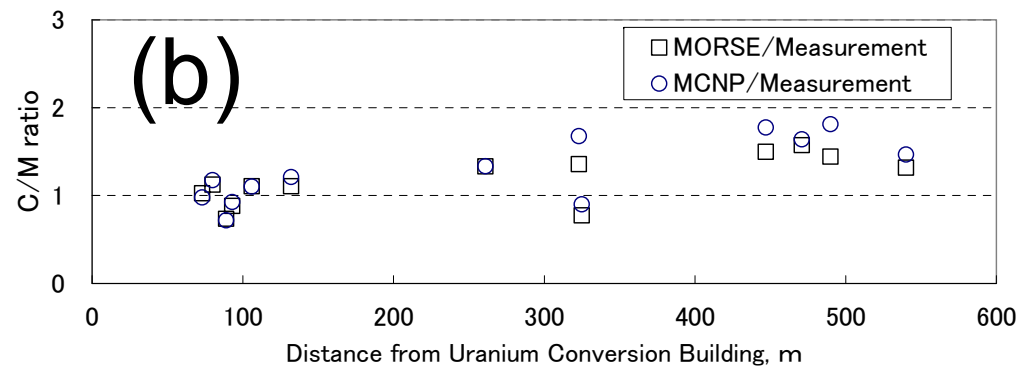
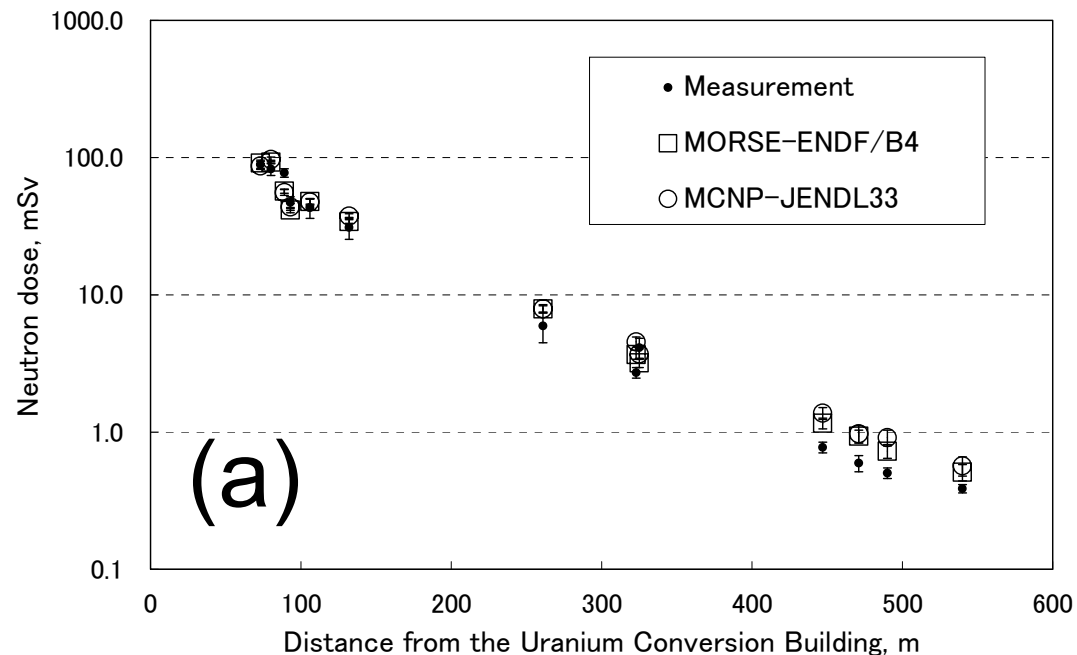
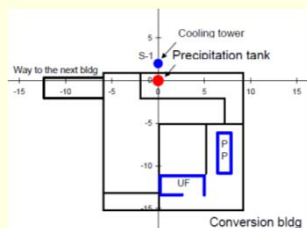
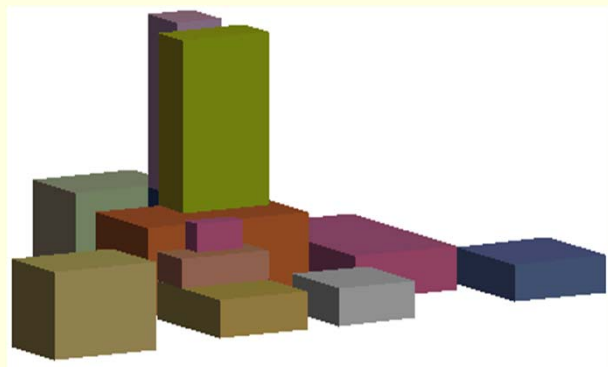
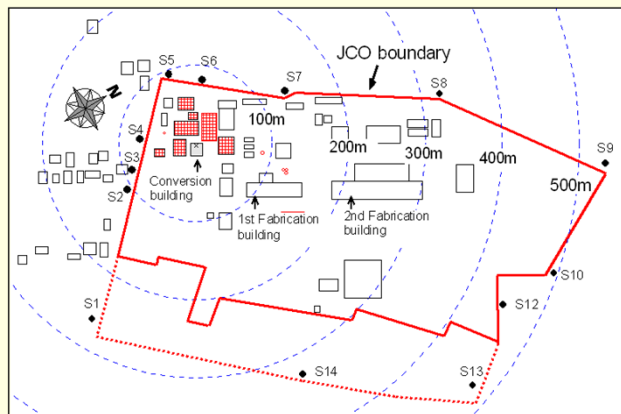
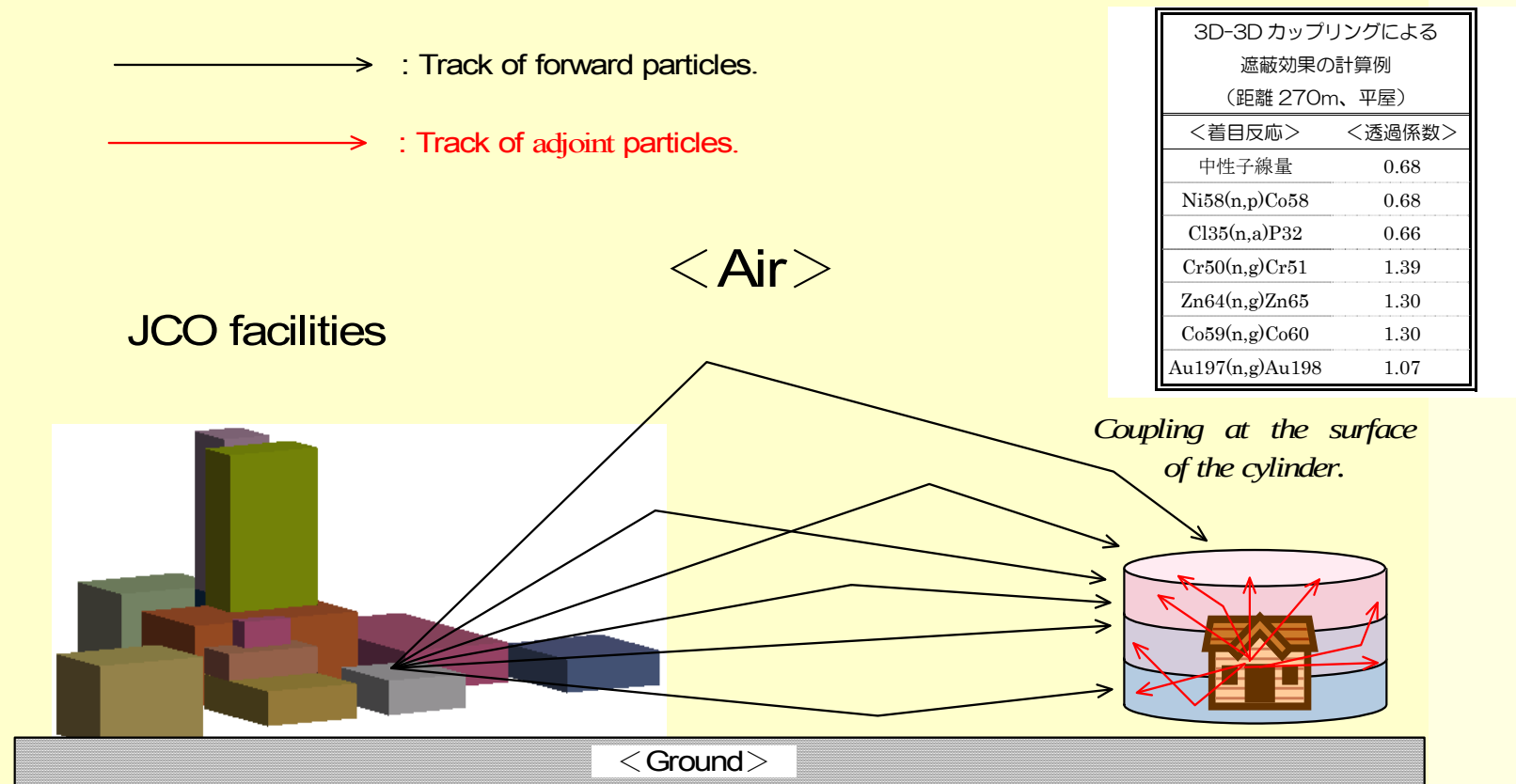


Fig. 3. Comparison of neutron dose calculation with measured values at monitoring points around JCO site. (a); neutron dose, (b); Calculation/measurement ratio.

3次元-3次元 forward-adjoint Monte Carlo計算couplingコードの開発

Concept of forward-MORSE and adjoint-MORSE coupling



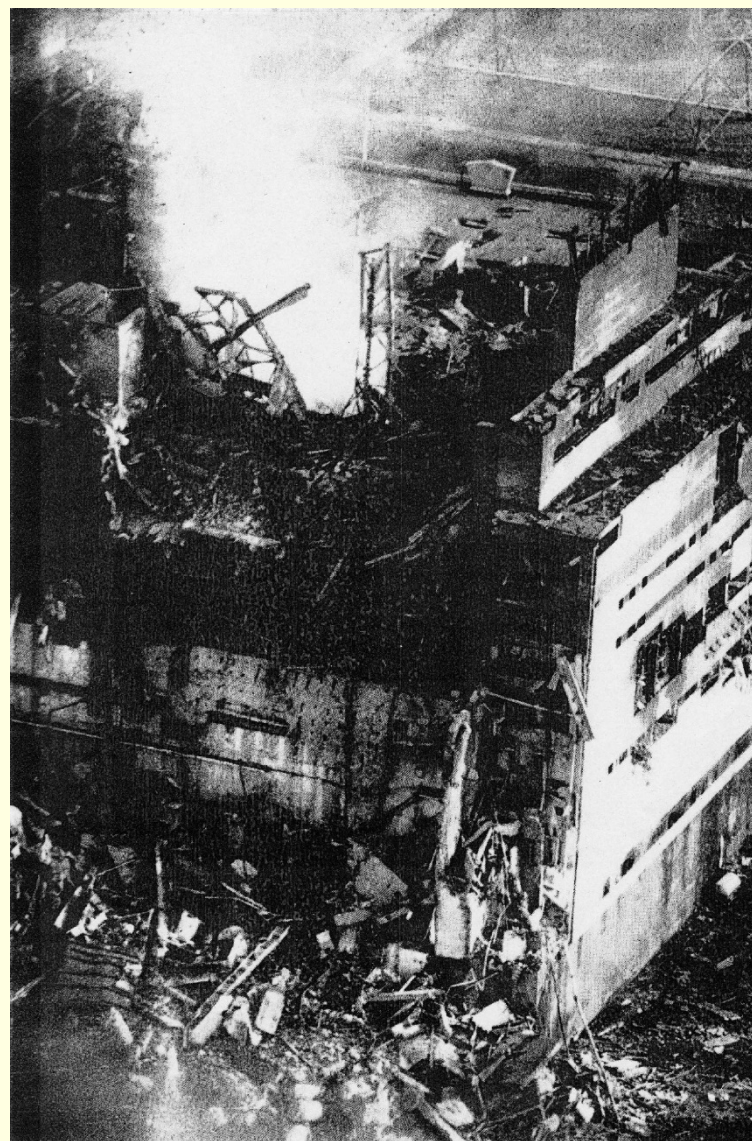
2004年より JCO計算は中断中.....

ついに起きた原発における最悪の事態

**1986年
4月26日
午前1時23分49秒**

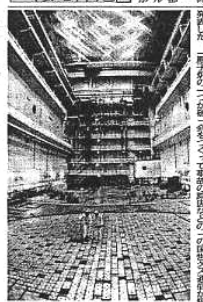
**チェルノブイリ
原発4号炉
が爆発炎上**

Чернобыльский репортаж (1988)



最悪事故、炉心が溶融

ソ連原発 二千人超す死者？ 西側に対策の助言要請



【モスクワ二十七日電】ソ連のチェルノブイル原子力発電所（チェルノブイル）で、四月二十五日午後一時三十分ごろ、二番機が暴走し、炉心が溶融した。この事故は、第二次世界大戦以来、最も重大な原子力事故の一つと見られる。事故発生後、ソ連政府は、事故現場の周辺地域を隔離し、住民の避難を命じた。また、事故現場の周辺地域に、放射能が拡散しているとの報告が相次ぎ、西側諸国に、事故現場の状況について情報を提供し、対策の助言を要請している。

放射能が拡散
事故発生後、チェルノブイル原子力発電所の周辺地域に、放射能が拡散しているとの報告が相次ぎ、西側諸国に、事故現場の状況について情報を提供し、対策の助言を要請している。

数万避難と西側筋語る
【モスクワ二十七日電】ソ連のチェルノブイル原子力発電所で、四月二十五日午後一時三十分ごろ、二番機が暴走し、炉心が溶融した。この事故は、第二次世界大戦以来、最も重大な原子力事故の一つと見られる。事故発生後、ソ連政府は、事故現場の周辺地域を隔離し、住民の避難を命じた。また、事故現場の周辺地域に、放射能が拡散しているとの報告が相次ぎ、西側諸国に、事故現場の状況について情報を提供し、対策の助言を要請している。

天皇陛下即位60年 政府主催記念式典 1000人がお祝い
【東京二十七日電】天皇陛下即位60年を記念し、政府主催の記念式典が、四月二十八日午後二時、皇居内で行われた。式典には、天皇陛下、皇后陛下、皇太子殿下、皇太子妃殿下、皇孫殿下、皇孫妃殿下、皇族、政府要人、国会議員、地方自治体首長、各界代表など、約1000人が参加した。式典は、天皇陛下の即位60年を記念し、皇国興隆の誓いを新たにするものであった。

veti
おぼつかない時代に、おぼつかない人々を、おぼつかない未来へ。
vetiは、おぼつかない未来へ、おぼつかない人々を、おぼつかない未来へ。
vetiは、おぼつかない未来へ、おぼつかない人々を、おぼつかない未来へ。

大佛次郎賞 読者のご推薦を
大佛次郎賞は、読者のご推薦を募集しています。ご推薦の作品は、大佛次郎賞に選ばれ、大佛次郎賞を受賞します。ご推薦の作品は、大佛次郎賞に選ばれ、大佛次郎賞を受賞します。

日揮
新技術分野への挑戦を続けるエンジニアリング
日揮は、新技術分野への挑戦を続けるエンジニアリングです。日揮は、新技術分野への挑戦を続けるエンジニアリングです。

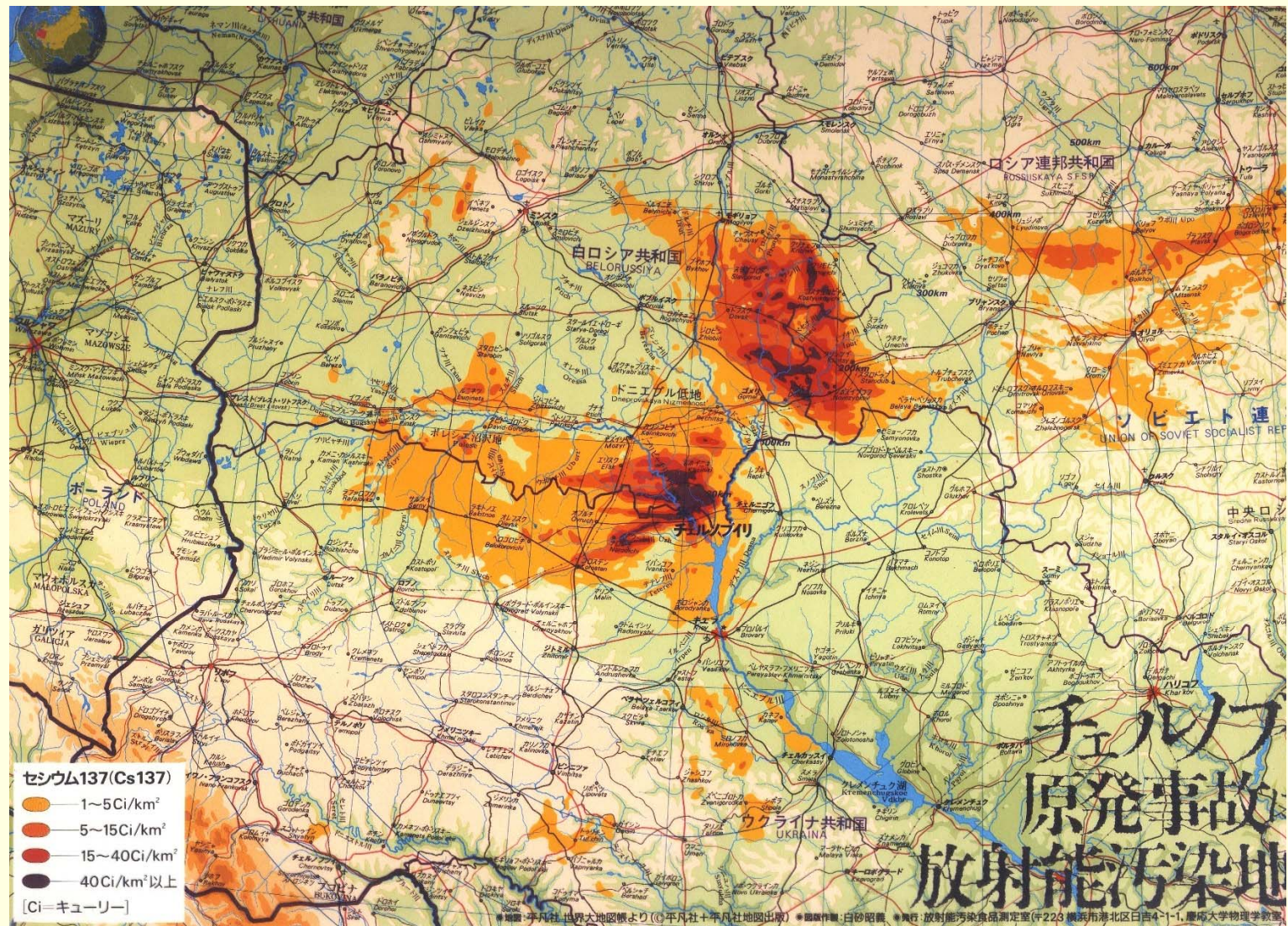
朝日新聞
朝日新聞東京本社
〒100 東京都千代田区千代田
電話(03)5561-1111
C社登録第1111号

パリで朝日新聞の伝説版
財政再建一時棚上げ提言
月山で不明の8人を救出
(注:伝説版)

朝日新聞
朝日新聞東京本社
〒100 東京都千代田区千代田
電話(03)5561-1111
C社登録第1111号

1986年
4月30日
朝日新聞

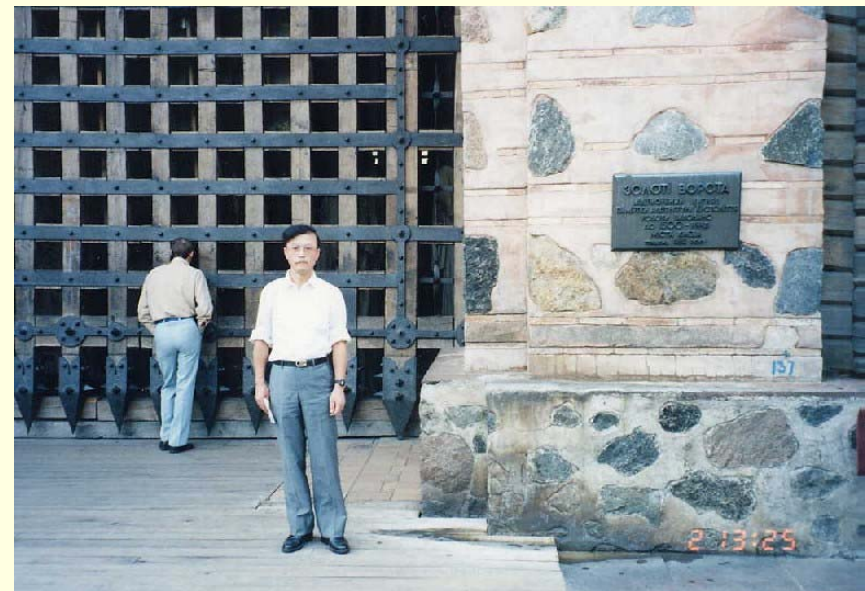
3年たって明るみに出た放射能汚染 —チェルノブイリ周辺セシウム137汚染地図—



1990年8月 最初のチェルノブイリ訪問

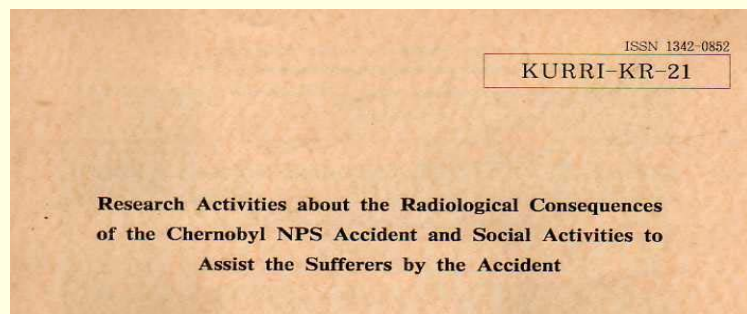


ベラルーシ・モギリョフ州の汚染地

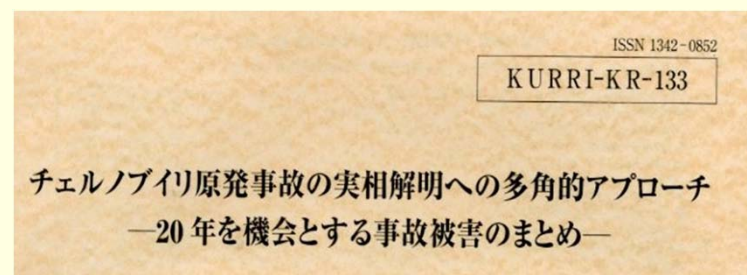


ウクライナ・キエフ
黄金の門の前の瀬尾さん

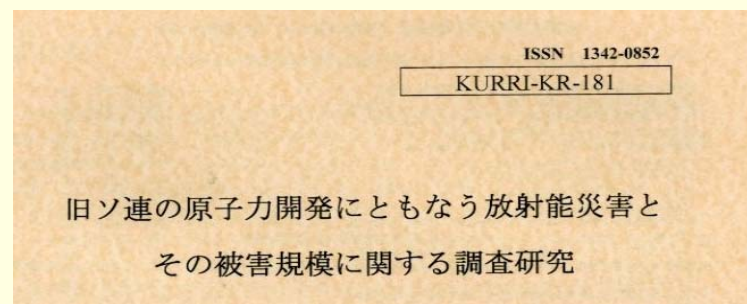
今中らのチェルノブイリ調査研究報告



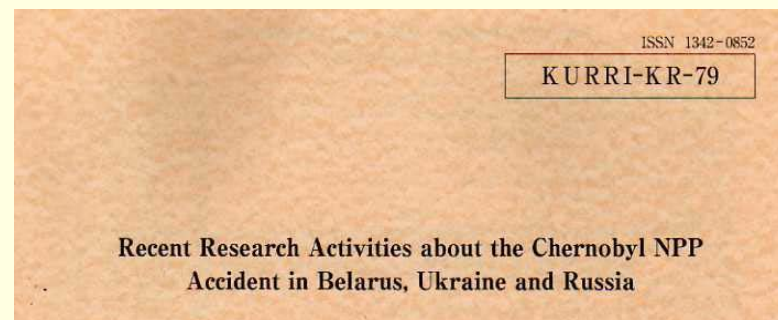
1998年 論文31編



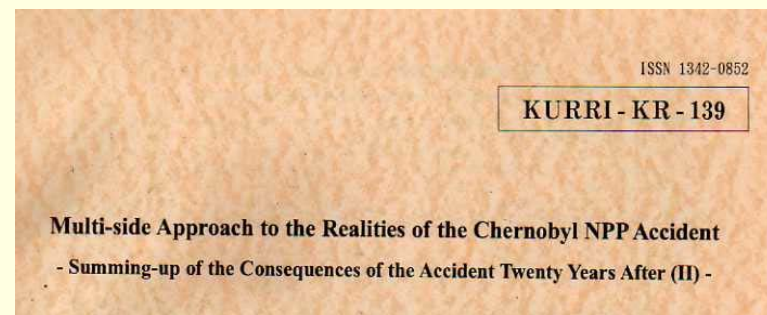
2017年 論文27編



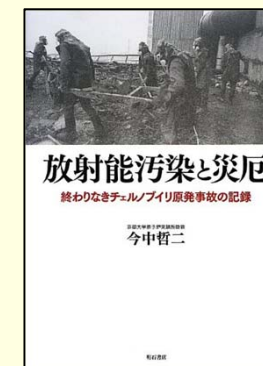
2013年 論文10編



2002年 論文23編



2008年 論文23編



技術と人間 1998年

明石書店 2013年

一般の人々に多くの放射線障害があった － 1992年に暴露されたソ連共産党秘密文書－

ソ連共産党中央委員会に報告されていた病院収容者の数

1986年5月4日 病院に収容された者1882人. 検査した人数全体は3万8000人. さまざまなレベルの放射線障害が現れた者 204 人、うち幼児 64 人. 18 人重症.

・
・
・

5月7日 この1日で病院収容者1821人を追加. 入院治療中は、7日10時現在、幼児1351人を含め4301人. 放射線障害と診断されたもの520人、ただし内務省関係者を含む. 重症は34人.

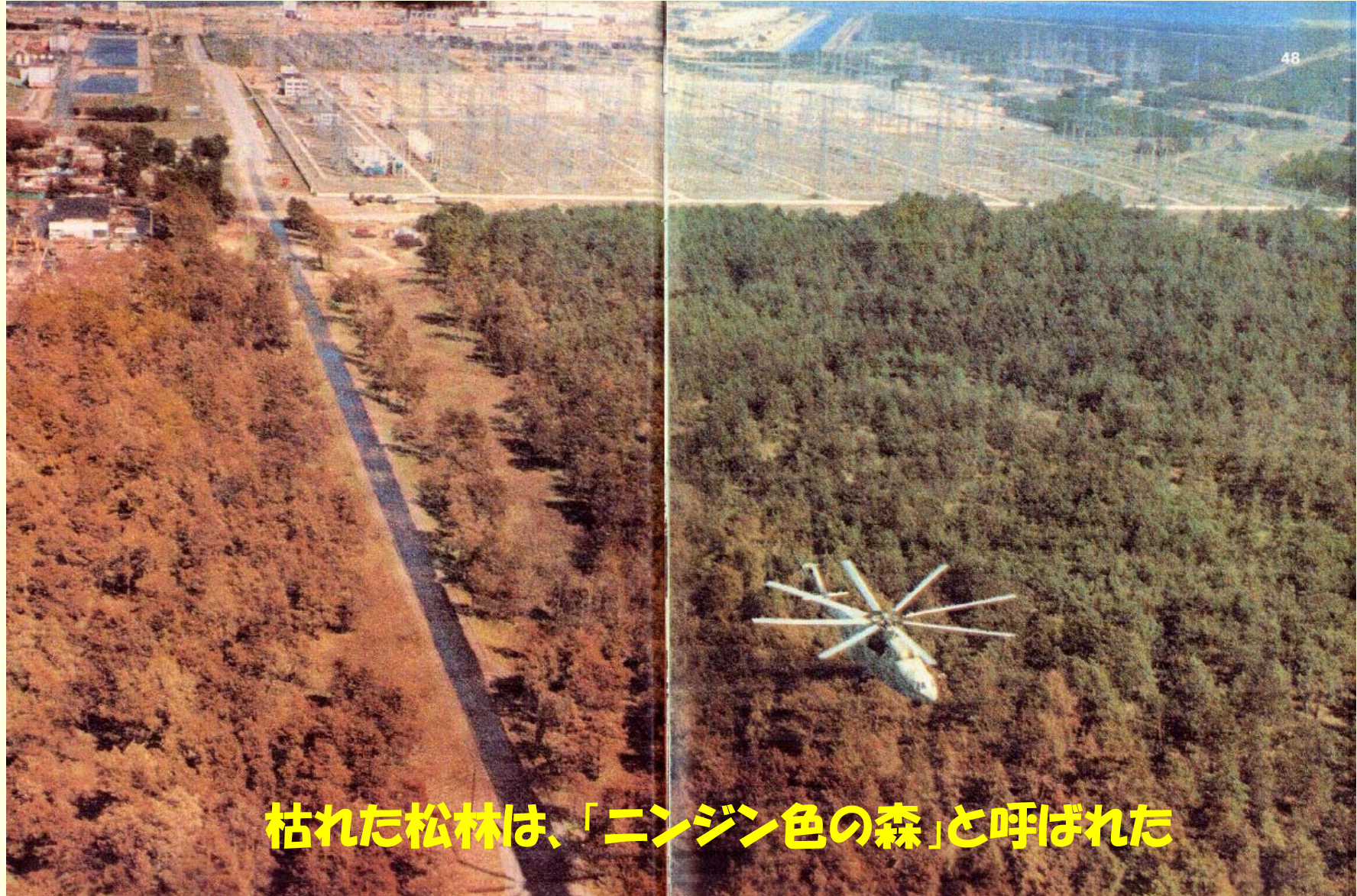
・
・
・

5月13日 この1日で443人病院収容. 908人が退院. 入院中は9733人で、うち子供4200人. 放射線障害の診断は、子供37人を含む299人.

・
・
・

5月28日 入院中5172人で、放射線障害は182人（うち幼児1人）. この1週間で1人死亡. これまでの死亡者は22人.

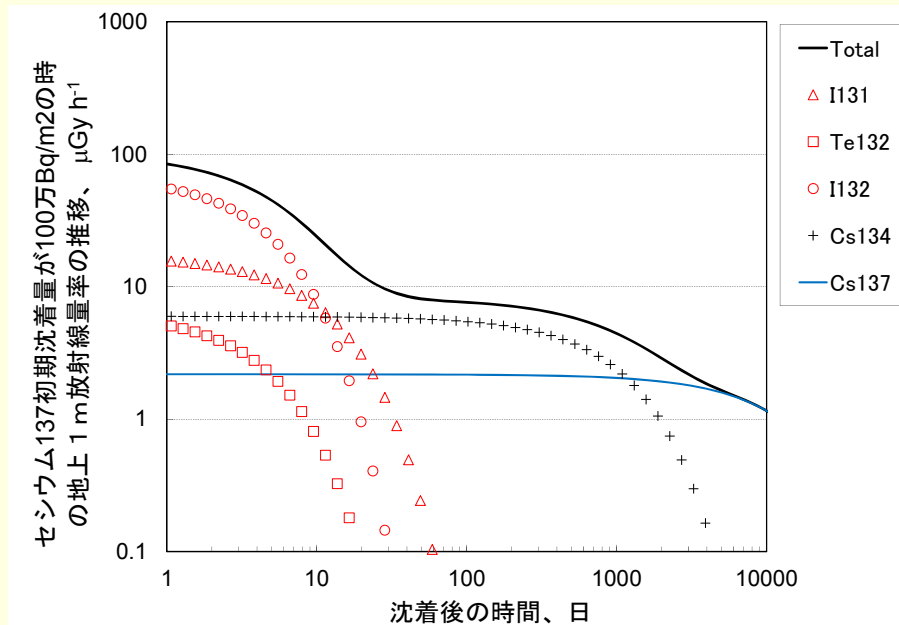
放射能で枯れた森



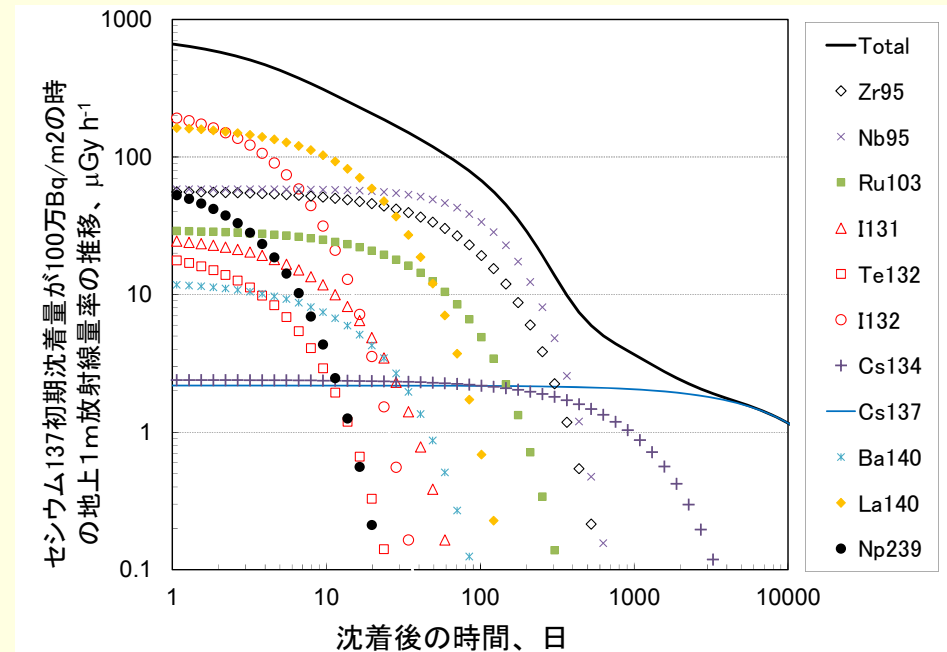
枯れた松林は、「ニンジン色の森」と呼ばれた

<福島とチェルノブイリ>

Cs-137の初期沈着が100万Bq/m²だった場合の地上1mでの空間線量率変化



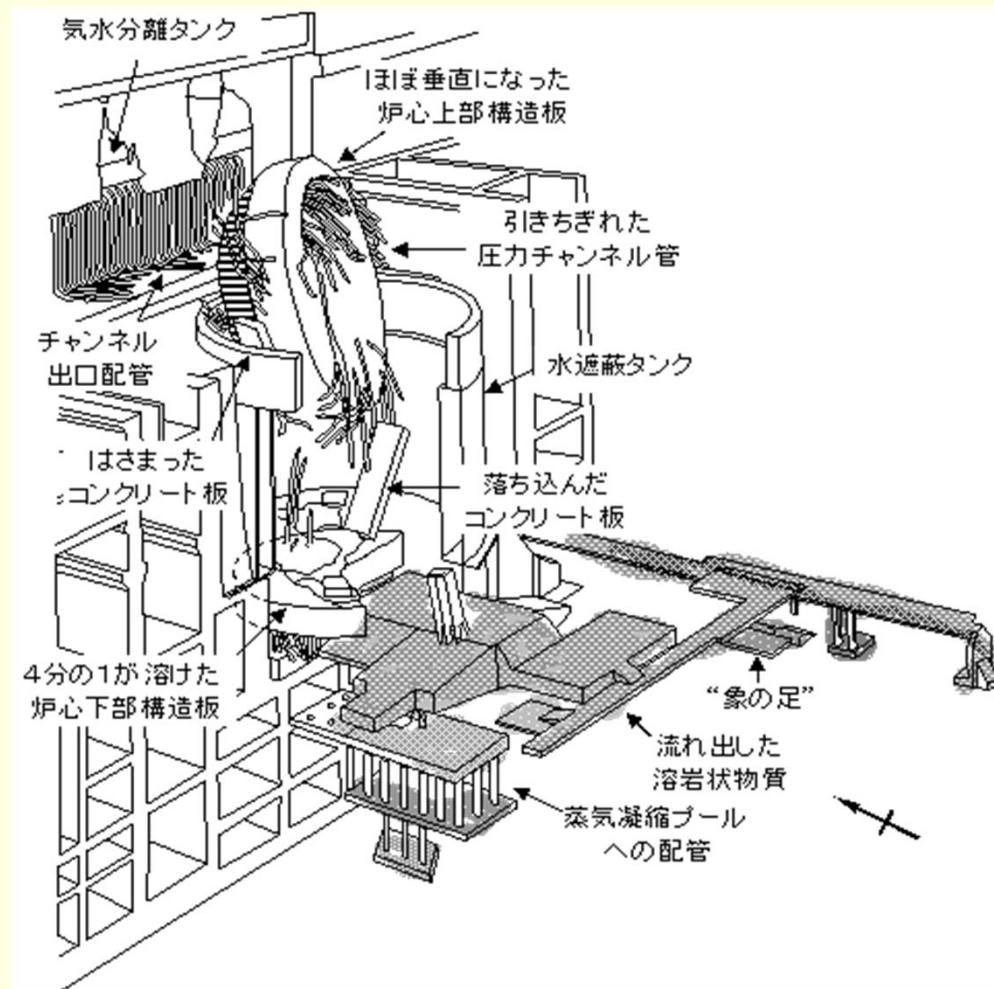
福島：飯舘村



チェルノブイリ：西方向

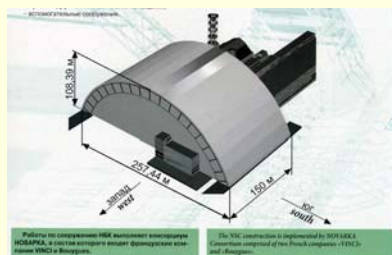
Imanaka JRR2015

炉心は空っぽだった



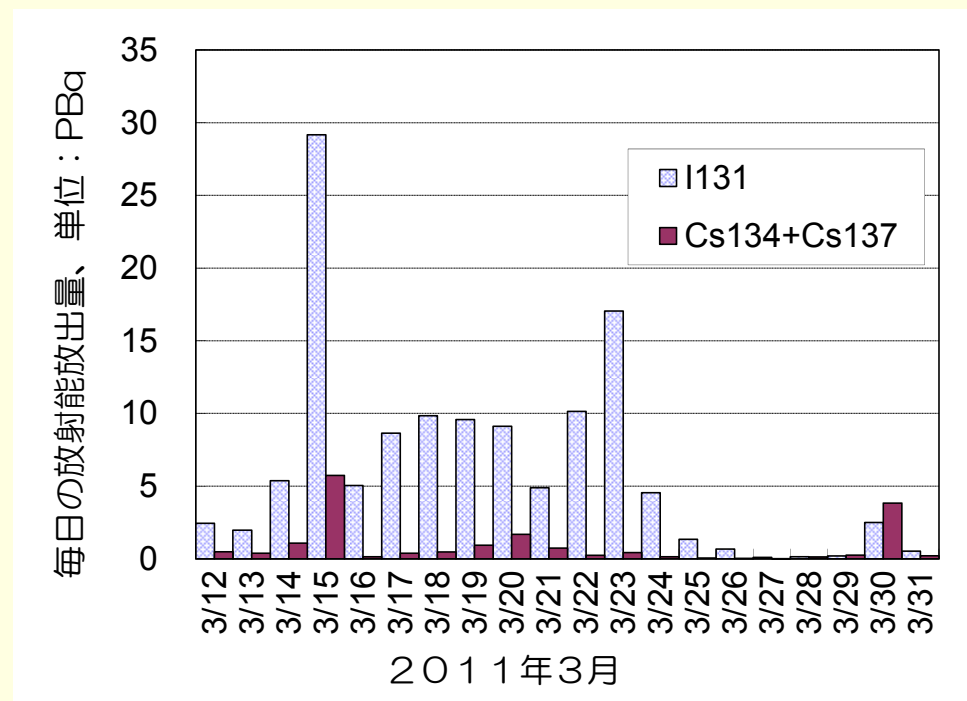
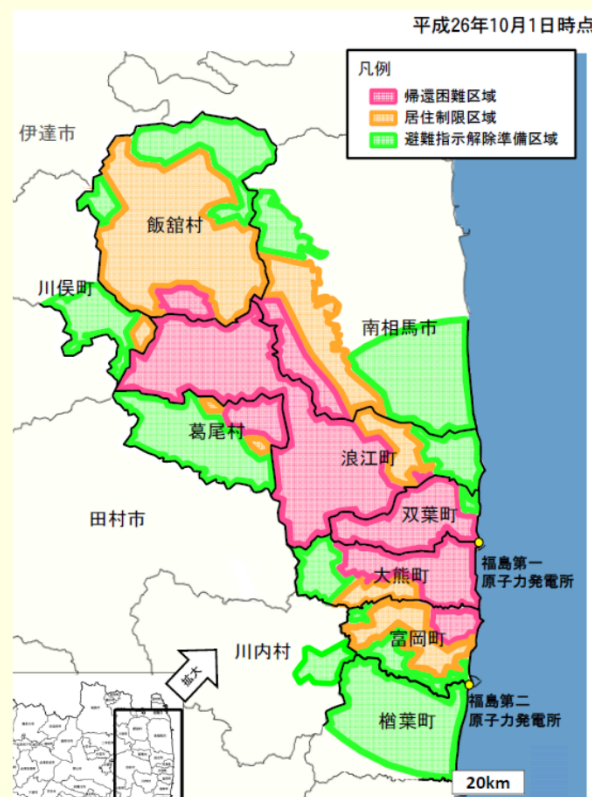
20年間のチェルノブイリ調査 から学んだこと

- 原発で大事故がおきると周辺の人々が突然に家を追われ、村や町がなくなり地域社会が丸ごと消滅する
- 原子力の専門家として私に解明できることは、事故被害全体のほんの一側面に過ぎず、解明できないことの方が圧倒的に大きい



チェルノブイリ新石棺建設現場 2013年6月

福島第1原発事故



UNSCEAR2013報告より作成

2011年3月15日午前11時、枝野官房長官の記者会見で、4号機で水素爆発が起き、2号機では格納容器が破壊された、発表されたとき、私は、『福島原発事故がついにチェルノブイリになってしまった』と確信した。

2011年3月29日の飯舘村調査 長泥曲田 $30 \mu\text{Sv/h}$



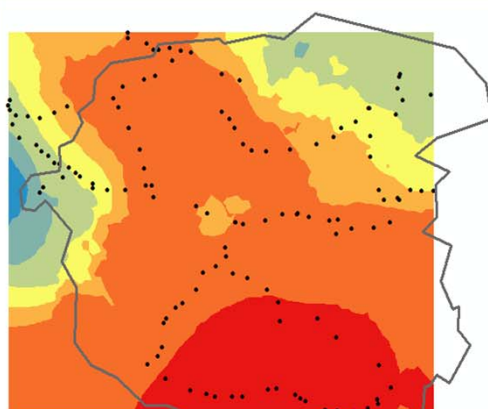
このような放射能汚染の中で、飯舘村の人々は普通に暮らしていた！

どうやら、福島原子炉と期を同じくして、日本の原子力防災システムもメルトダウンしていたようだ！

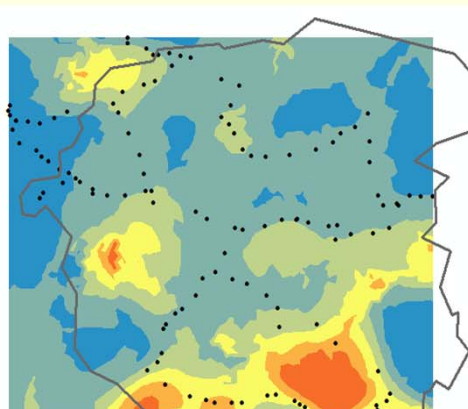
飯舘村の4年間の走行サーベイデータ 車内放射線量率の推移

$\mu\text{Sv/h}$

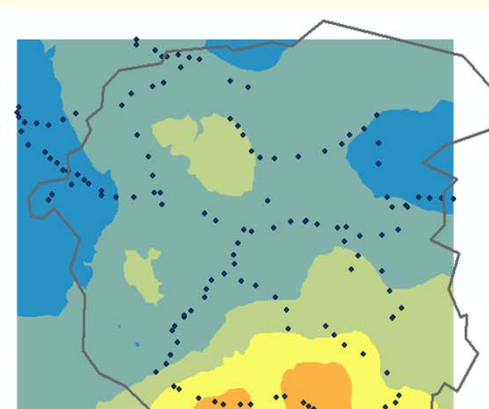
- < 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- 3 - 4
- 4 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20



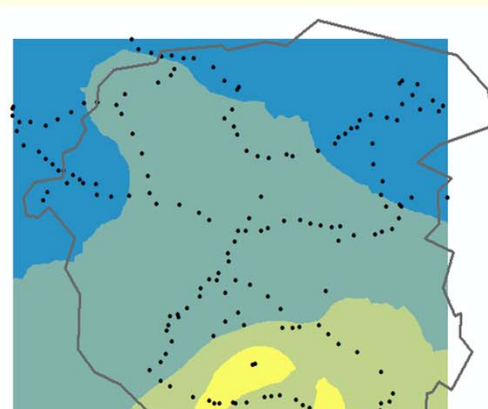
2011/3/29



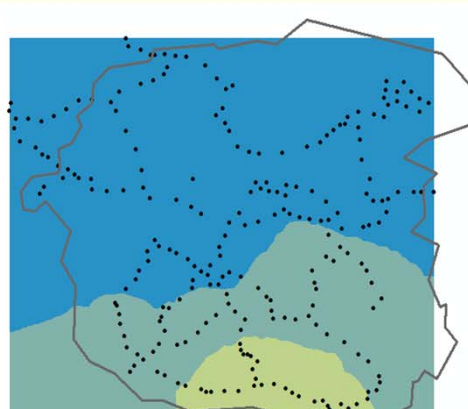
2011/10/5



2012/3/27



2013/3/17



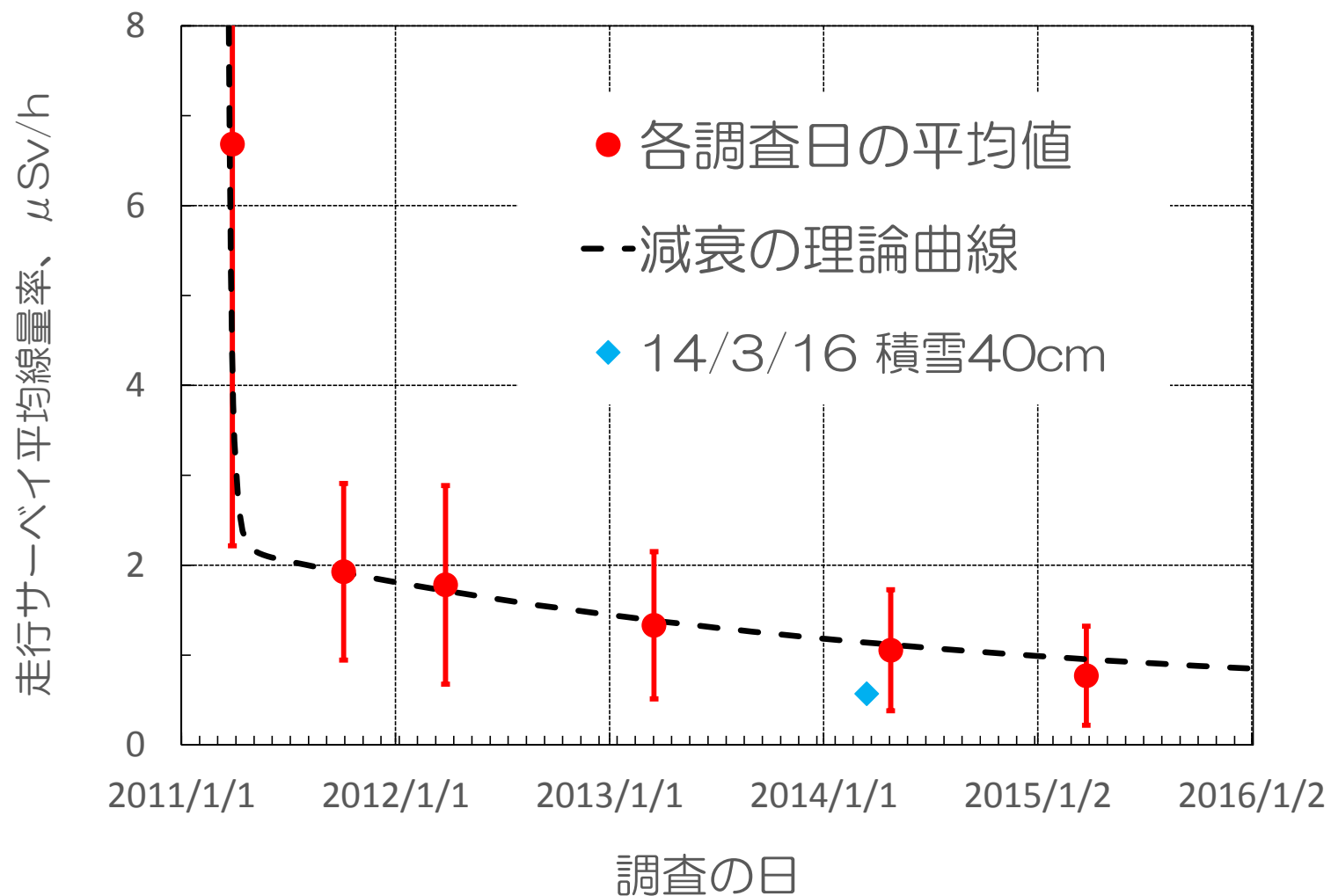
2014/4/26



2015/3/26

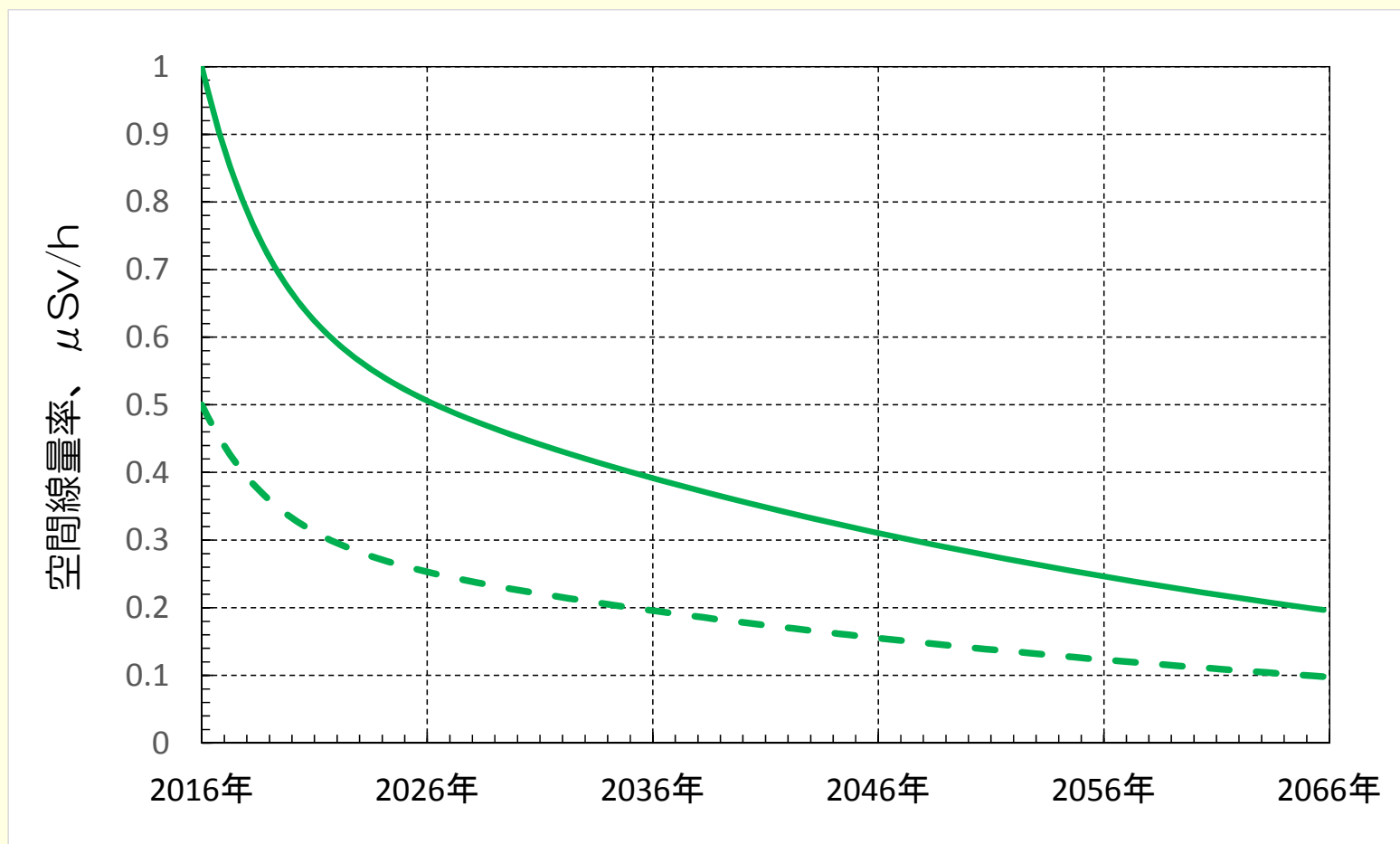
この4年間の飯舘村調査(2)

調査車内の平均放射線量の推移

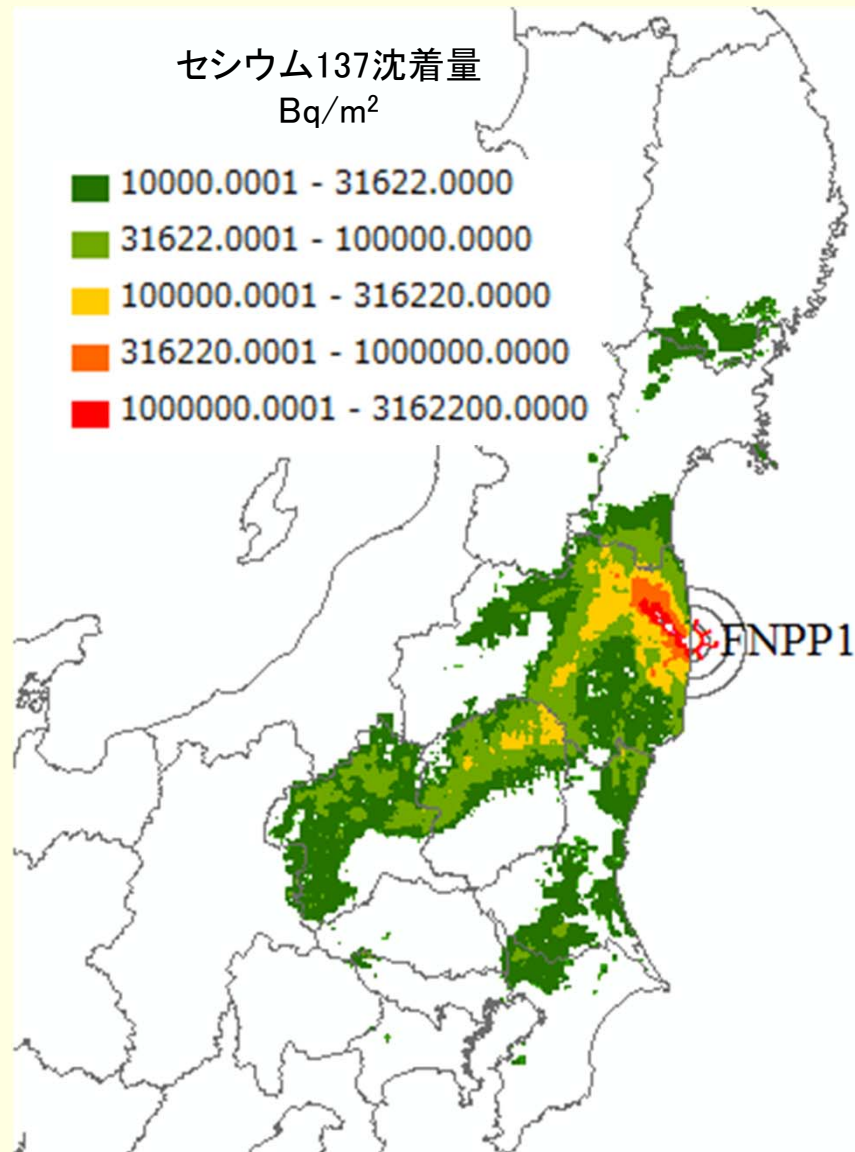


これからの空間線量率

2016年1月1日に、 $1\mu\text{Sv}/\text{h}$ 、 $0.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ だった場合の今後50年間の放射線量率の推移予測



日本も“放射能汚染と向きあう時代”になった



東京都から岩手県まで本州のかなりの部分で“無視できないレベル”のセシウム137汚染が生じた。

セシウム137の汚染が1平方m当り1万ベクレル以上の面積は約2万5000平方km.

汚染地域で暮らすとは

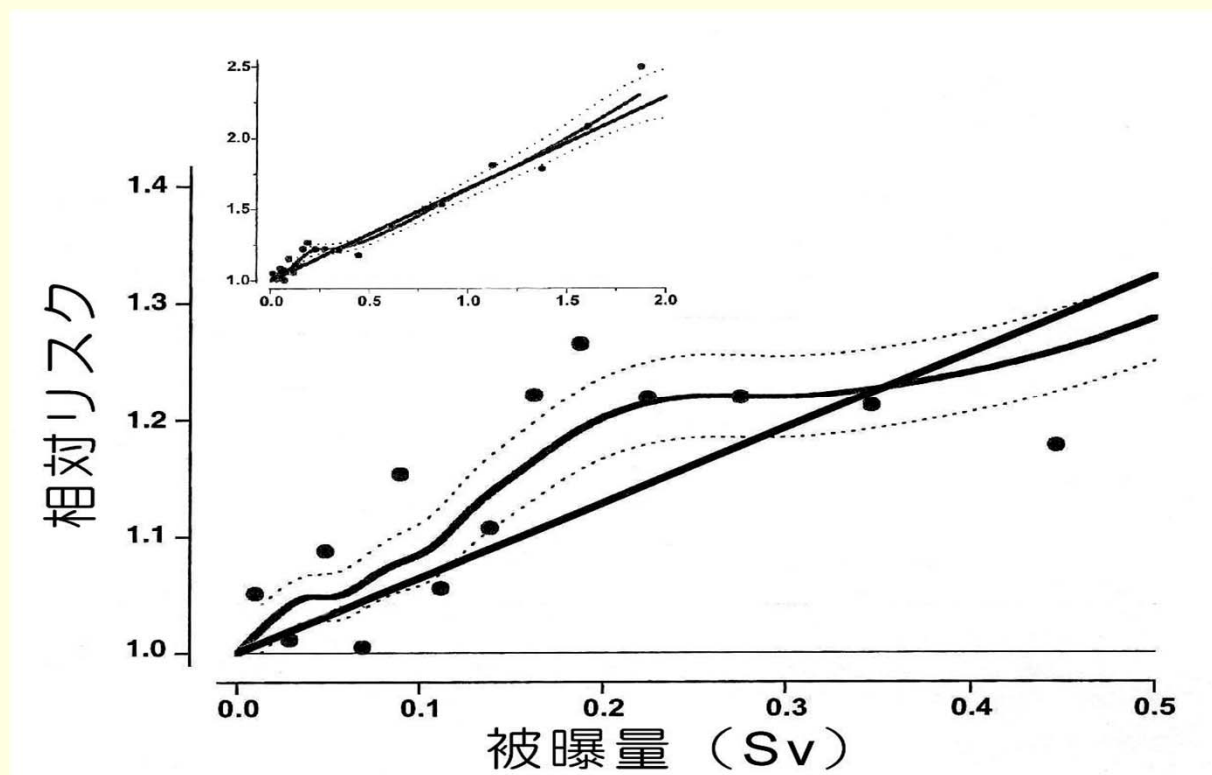
- 余計な被曝はしない方がいい
- ある程度の被曝は避けられない

この相反する2つのことに
どう折り合いをつけるか！

福島原発事故による汚染が余計なものである以上、私たちには『1ベクレル、1マイクロシーベルトたりともイヤだ』という権利はある。専門家の役割は、放射能汚染、被曝量、被曝リスクについて、できるだけ確かな情報を提供し、人々が自分で判断するのを手伝えることにある。

<『100mSv以下では被曝影響が観察されていない』について>

広島・長崎の被爆生存者追跡データ



50ミリシーベルト以下(0.05シーベルト以下)の影響は、直接的には分からない。

Pearce & Preston, Rad Res 2000

< 『100mSv以下では被曝影響が観察されていない』 について >

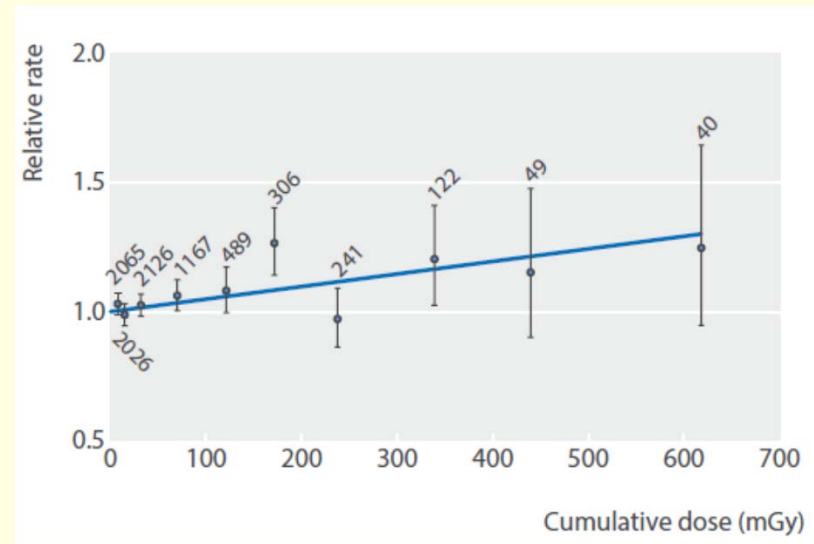
INWORKSデータ：英米仏3カ国の原子力労働者30万人のガン・白血病追跡データ

白血病以外の全ガン BMJ 2015

Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS)

David B Richardson,¹ Elisabeth Cardis,^{2,3,4} Robert D Daniels,⁵ Michael Gillies,⁶ Jacqueline A O'Hagan,⁶ Ghassan B Hamra,⁷ Richard Haylock,⁶ Dominique Laurier,⁸ Klervi Leuraud,⁸ Monika Moissonnier,⁹ Mary K Schubauer-Berigan,⁵ Isabelle Thierry-Chef,⁹ Ausrele Kesminiene⁹

- ・平均骨髓被曝量 21mGy
- ・被曝の相対過剰リスク 0.51/Gy



白血病 Lancet Haematology 2015

Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study

Klervi Leuraud, David B Richardson, Elisabeth Cardis, Robert D Daniels, Michael Gillies, Jacqueline A O'Hagan, Ghassan B Hamra, Richard Haylock, Dominique Laurier, Monika Moissonnier, Mary K Schubauer-Berigan, Isabelle Thierry-Chef, Ausrele Kesminiene

- ・平均骨髓被曝量 16mGy
- ・被曝の相対過剰リスク 2.96/Gy

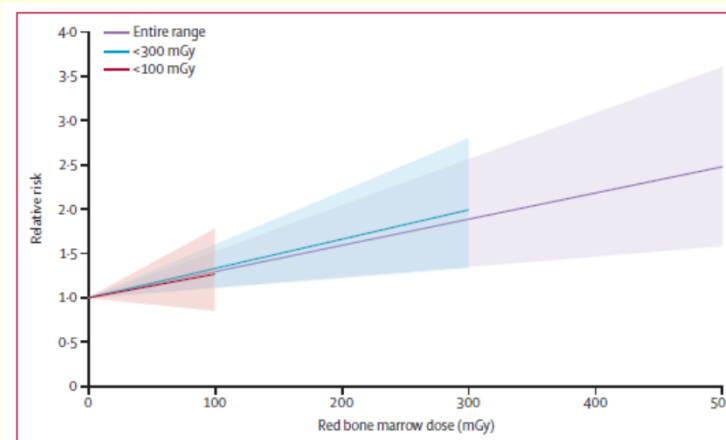
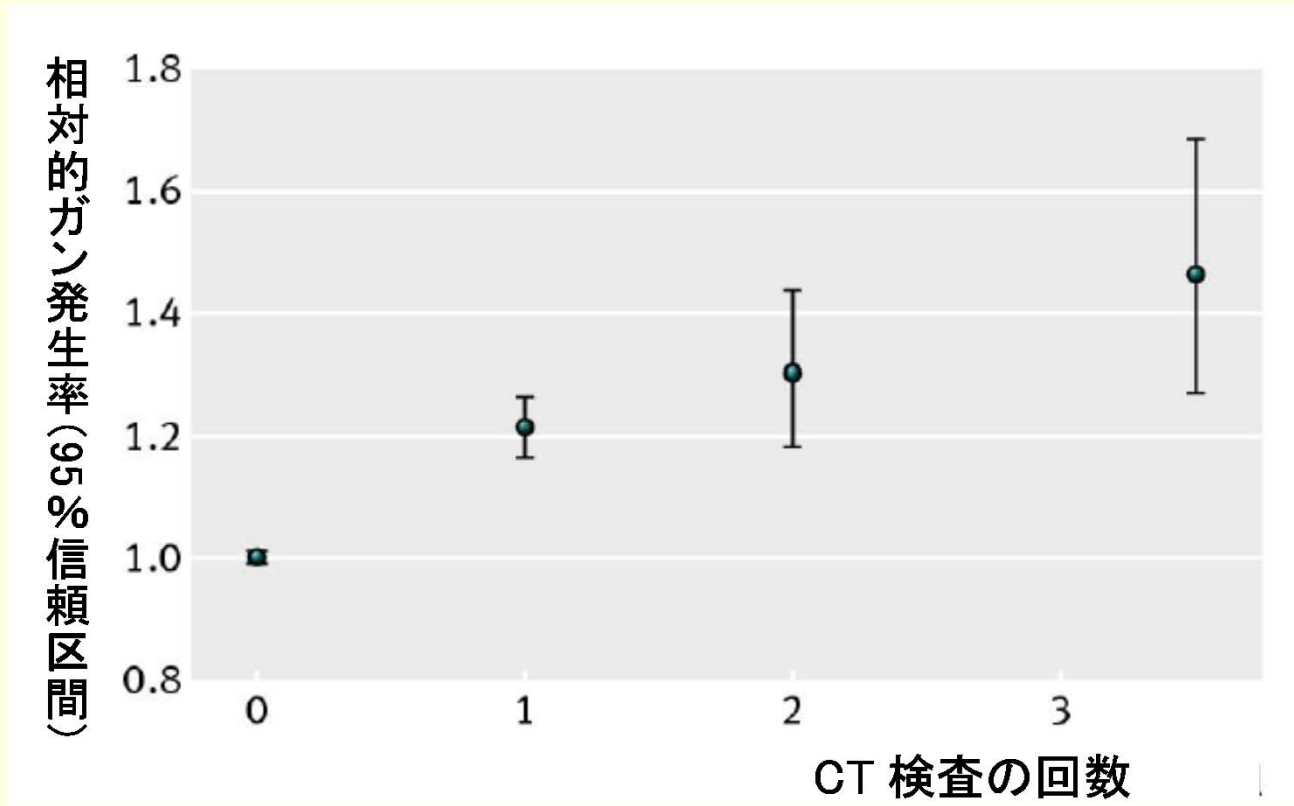


Figure: Relative risk of leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia associated with 2-year lagged cumulative red bone marrow dose
The lines are the fitted linear dose-response model and the shading represents the 90% CIs.

< 『100mSv以下では被曝影響が観察されていない』 について >

オーストラリアでCT検査を受けた子供68万人の追跡調査 CT検査によるガン増加データ

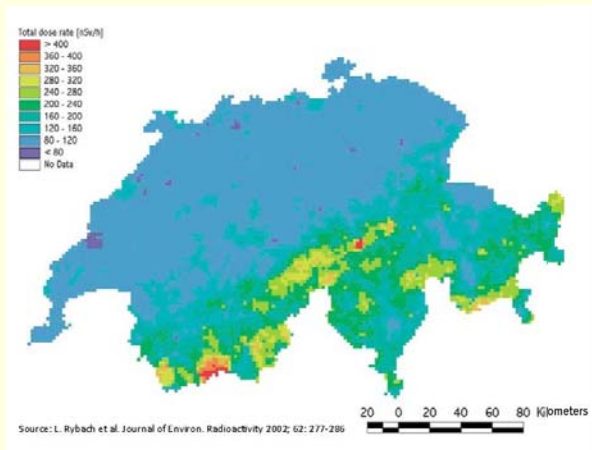


CT1回当りの被曝量は4.5ミリシーベルト。
CTの回数とともに有意なガン増加が認められた。

Mathews et al, BMJ 2013

< 『100mSv以下では被曝影響が観察されていない』 について >

自然放射線と小児ガン スイスの200万人追跡データ



スイスの自然放射線量率分布

Spycher et al,
EHP 123:622-8
(2015)

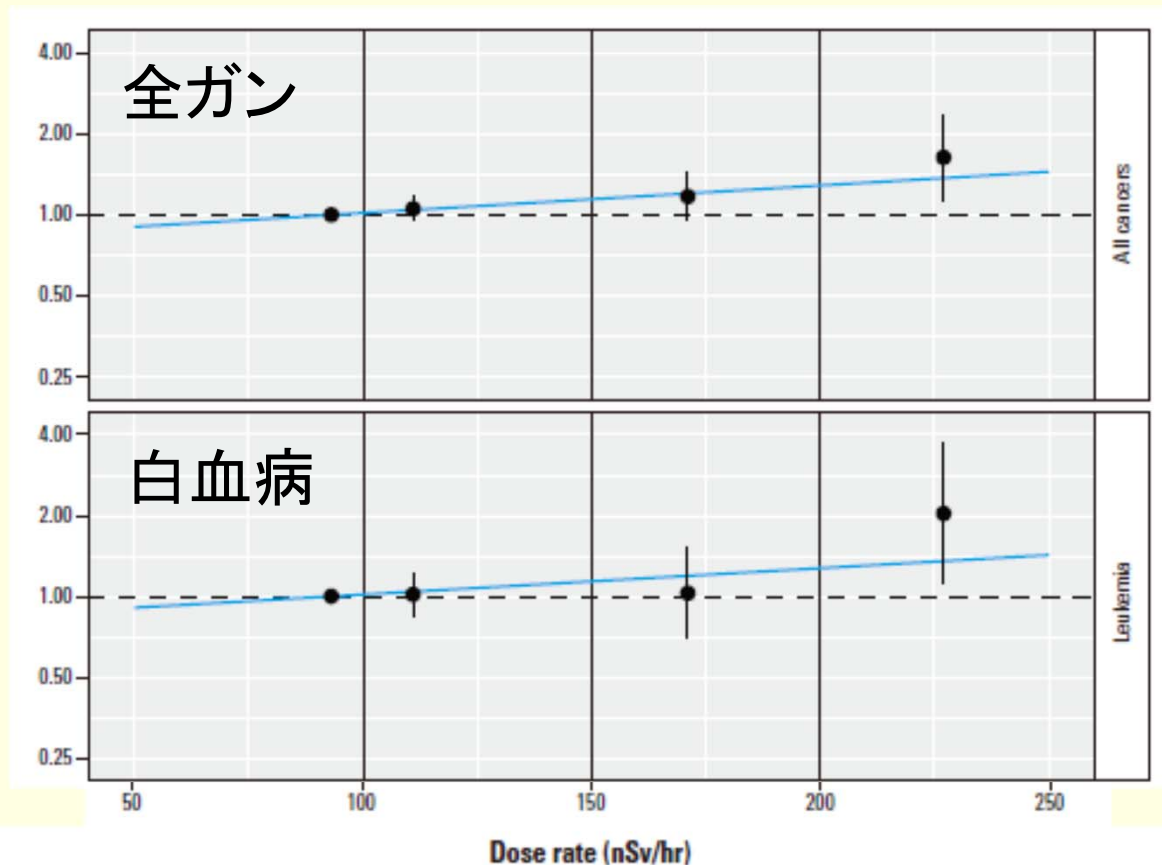
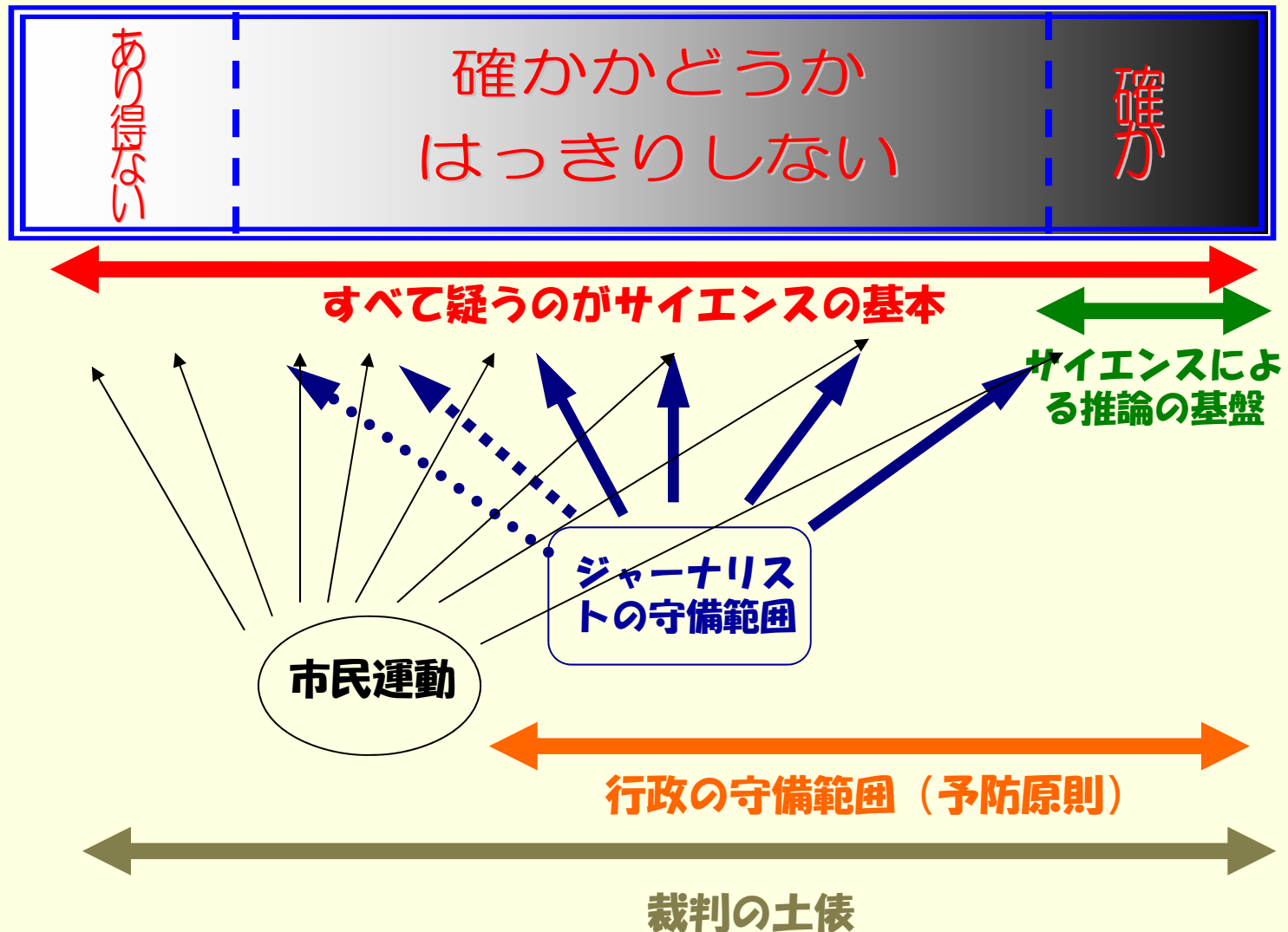


Figure 2. Hazard ratios for cancer by dose rate of external ionizing radiation among children < 16 years of age in the Swiss National Cohort. Results from Cox proportional hazards models adjusting for sex and birth year using a categorized exposure [points and bars (95% CIs) placed along the x-axis at mean dose rates within categories; categories delineated by vertical lines] and a linear exposure term (blue line). Dose rates < 100 nSv/hr are the reference category.

まとめにかえて 立場による“認識”の違い

<今中の事実認識>



1980年に第1回をはじめて、最後の原子力 安全問題ゼミです

第112回 原子力安全問題ゼミのご案内

◇日時： 2月10日（木） 14時－18時

◇場所： 事務棟会議室

- 14:00 - 15:00 Chernobyl, its role during 30 years and present
ボロジーミル・ティーヒー（ウクライナ）
- 15:00 - 16:20 福島原発事故から5年 今中哲二
- 16:30 - 17:00 コメント：海老沢徹、川野眞治、小出裕章、小林圭二
- 17:00 - 18:00 総合討論

原子力安全研究グループ

世話人 今中哲二

実験所のみなさん、40年間ありがとうございました！