

広島原爆“黒い雨”にともなう 放射性降下物に関する研究の現状

今中 哲二

京都大学原子炉実験所

2011年2月24日

厚生労働省健康局
「原爆体験者等健康意識調査報告書」等に関する検討会

今日の内容

- 広島の“黒い雨”問題を再検討するに至ったきっかけ
- 「黒い雨研究会」がやってきたこと
- 「黒い雨研究会」のこれからの課題

はじめに 従来の“定説”

「長崎の黒い雨の放射能は広範囲で強かったが、広島の黒い雨の放射能は弱かった」

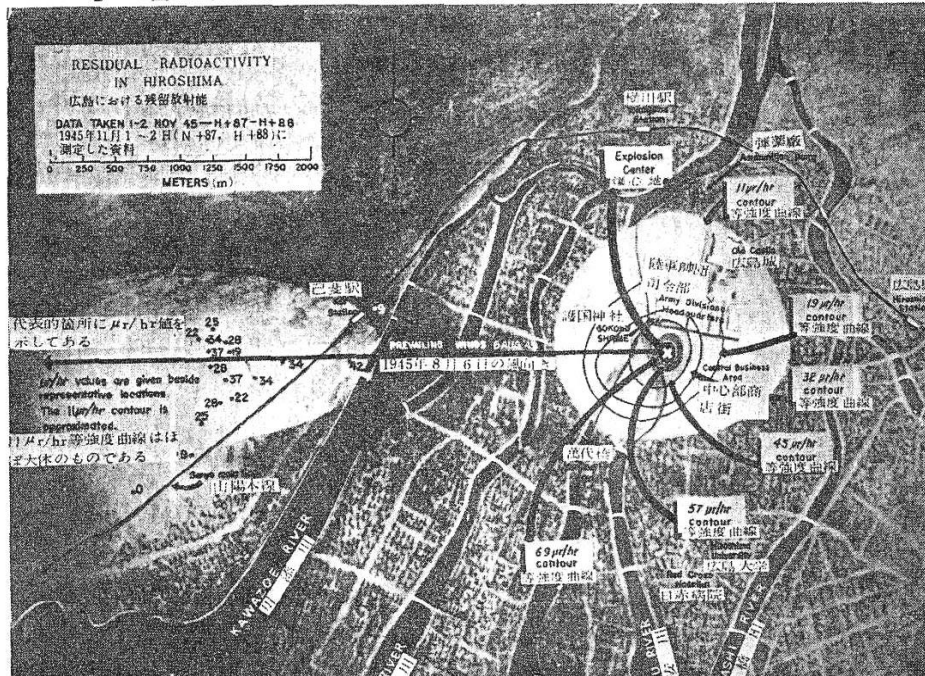
- DS86報告書によると、黒い雨による積算線量は、
 - 長崎の西山地区：200～400 mGy
 - 広島の己斐・高須地区：10～30 mGy

「広島で‘死の灰’を含む黒い雨が降ったのは己斐・高須に限られていた」

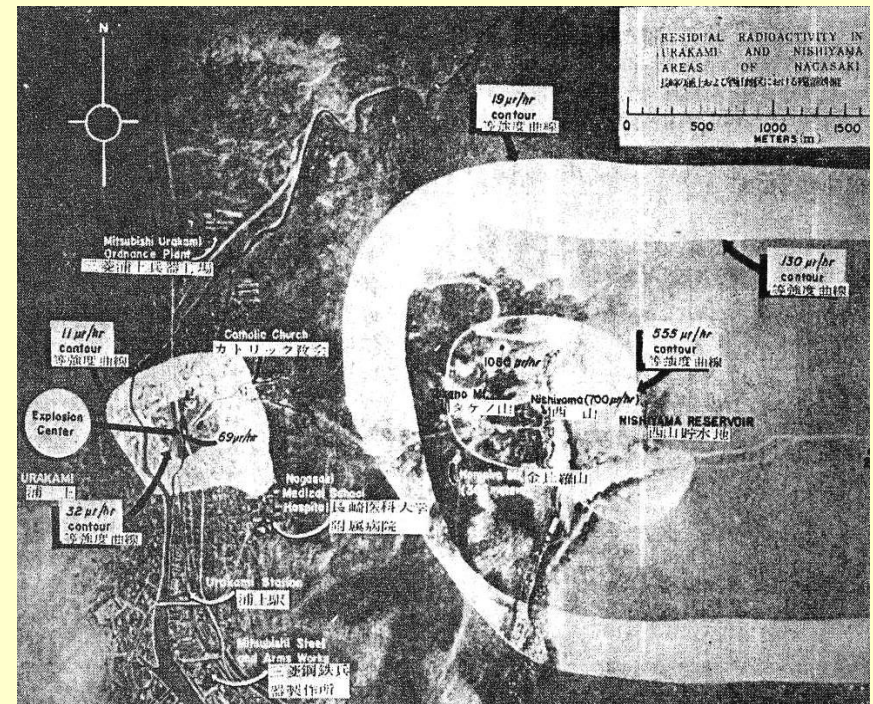
原爆後の残留放射能測定データ

Pace and Smith, US海軍医学研究所 ABCC TR 28-59
GM管による空間線量率、 $\mu R/h$

Figure 図 1

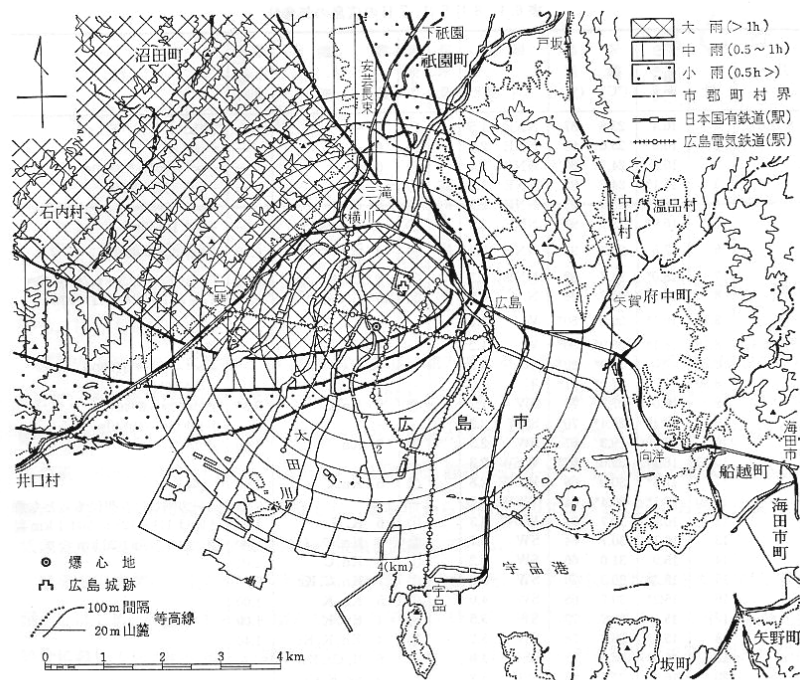


広島 45年11月1日

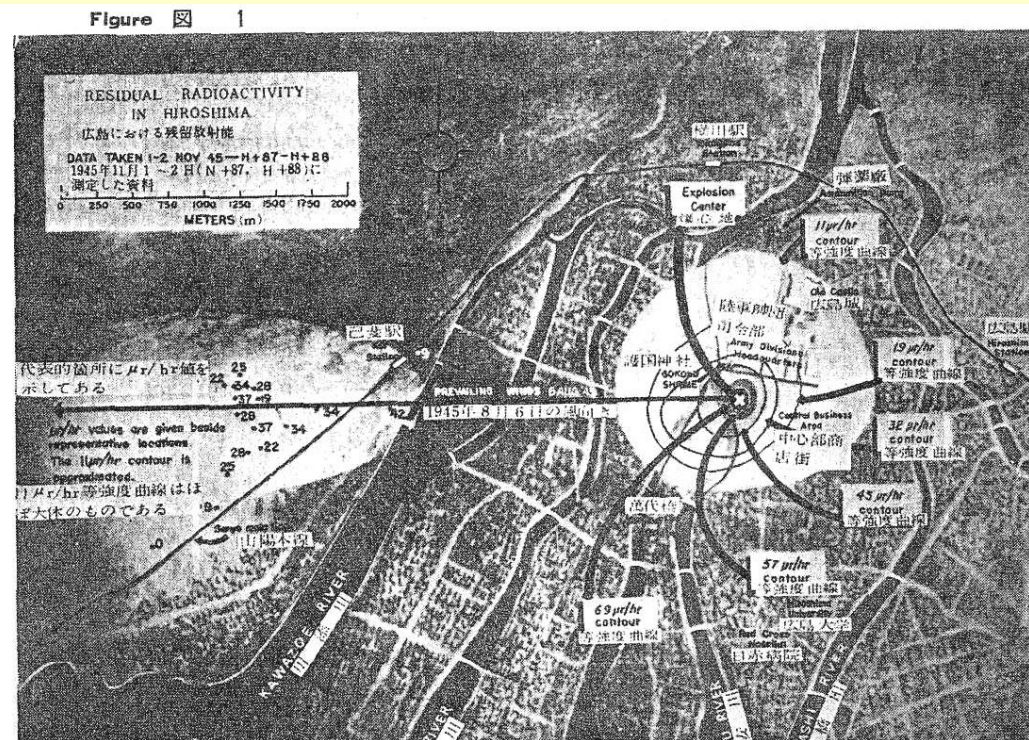


長崎 45年10月18日

広島では、 「放射能の強い雨(FP fallout)」と「放射能の弱い雨(誘導放射能fallout)」があった？



宇田雨域、岩波赤本(1979)より



「‘死の灰’放射能の雨」は西の方向でチョッピリ降っただけだった？

定説は本当か？

その1. 吉川・丸山シミュレーション

図3. 広島に投下された原子爆弾により8月6日午前9時から同日15時までに地上に降下した放射性物質からの投下12時間後における被ばく線量率 (mR/h). 照射線量1 mR は、 $8.7 \mu\text{Gy}$ として空気カーマに換算できる.

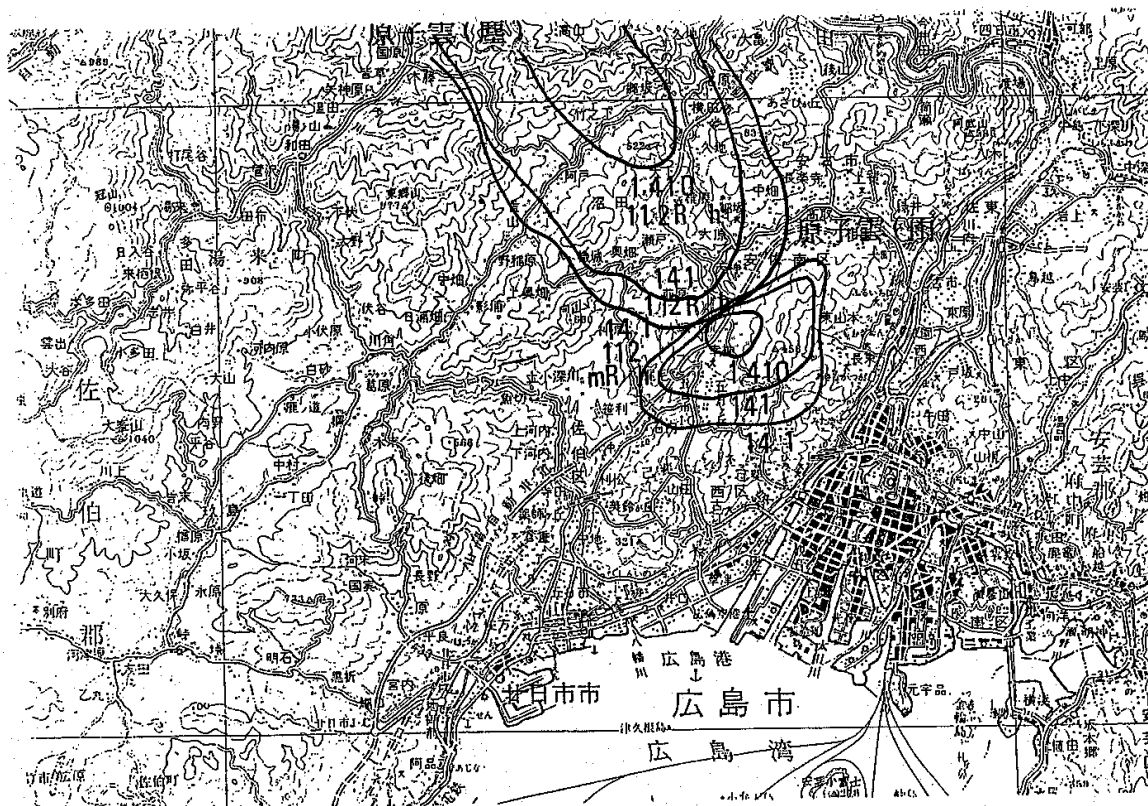


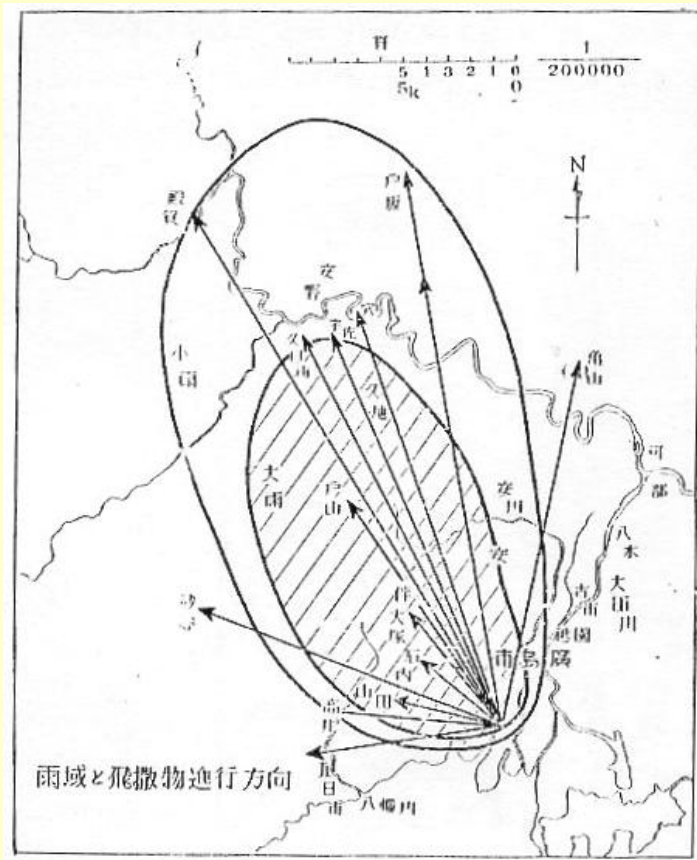
図3a 原爆雲から塵および雨としての落下した放射性物質.

丸山隆
丸山隆 KURRI-KR-114
KURRI-KR-114(2005)
2005

気象シミュレーション(1991)では「死の灰」の黒い雨は北の方に降っている！

定説は本当か？

その2. 気象シミュレーション、主な雨域、飛散物分布のいずれも、北～北西方向に！



雨域と飛散物 原災報 宇田報告 (1953)

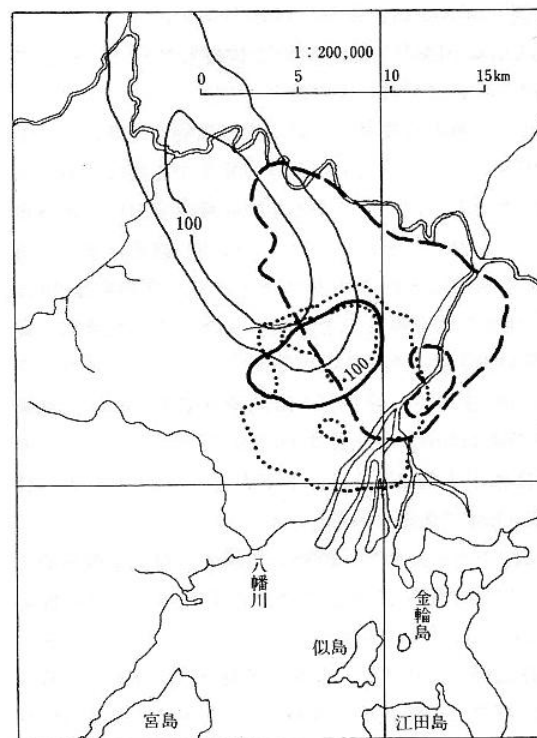


図4.4 報告書に添付されたシミュレーション結果の図をまとめたもの

細い実線：原爆雲乾燥落下、太い実線：原爆雲雨落下、点線：衝撃雲雨落下、破線：火災雲雨落下の粒子分布図。いずれも外側の線の中は粒子数が10～100、100の線の中は粒子数が100以上を示す。(増田作成)

吉川・丸山シミュレーションのまとめ
沢田昭二、増田善信(1999)

‘発想の転換’の結果：

(今中の)作業仮説

**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**

広島“黒い雨”放射能研究会

＜活動のきっかけ＞

- 今中（京大）、星、静間（広島大）らDSO2に関わってきた研究者の残留放射線への取り組みの延長
- サフー（NIRS）によるU236の新データが出てきたこと
- 広島市当局からの研究推進への要望

広島“黒い雨”放射能研究会の活動

2008.2.5 第1回「原爆による放射性降下物の実態解明に関する検討会」

- 黒い雨問題の経緯 星(広島大)
- 被曝直後の放射線サーベイ活動とCs137データに基づく被ばく評価の検討 今中(京都大)
- TIMSによるU236の測定 サフー(放医研)
- U236データの解析 遠藤(広島大)
- これまでの放射能測定 静間(広島大)
- 従来の気象シミュレーションの検討 青山(気象研)

広島“黒い雨”放射能研究会の活動

2009.1.20 第3回「原爆による放射性降下物の実態解明に関する検討会」

- 床下サンプル測定報告 山本(金沢大)

2009.3.27 広大原医研 Black rain workshop

- AMSによるU236測定システムの報告 Steier(ウィーン大学)
- AMSによるU236測定結果 坂口(広島大)
- 1976土壌Cs137データの再解析 Whitehead(ニュージーランド)

2009.7.29 第4回「原爆による放射性降下物の実態解明に関する検討会」

- 黒い雨アンケートの解析 大瀧(広島大)
- 気象シミュレーション国際コンペの提案 青山(気象研)
- 1976土壌Cs137データの再解析 Cullings(放影研)

2010.2.1 黒い雨の実態に関する公開報告会

広島“黒い雨”放射能研究会の活動

2010.3.3-4 広大原医研 Black rain workshop

- 写真に基づくキノコ雲のCG解析 馬場(広島市大)
- 長崎の黒い雨 高辻(長崎大)

2010.5月 “黒い雨”研究の現状に関する中間報告書

2009.6.23 「原爆雲シミュレーションコンペ」(HiSoF)に向けての検討会

2010.8.20 黒い雨放射能研究会KURミーティング

- TIMS/AMS相互比較測定結果 サファー・坂口
- 床下サンプル測定報告 山本(金沢大)
- 黒い雨によるベータ線被ばく評価 遠藤(広島大)

2010.10.21 放射線影響学会“黒い雨”シンポジウム
(研究会メンバー7人の報告)

2010.12.15 HiSoFミーティング

2011.1.11 黒い雨放射能研究会ミーティング(広大原医研)

2011.1.13 広大原医研 Black rain workshop

それぞれの仕事の説明:

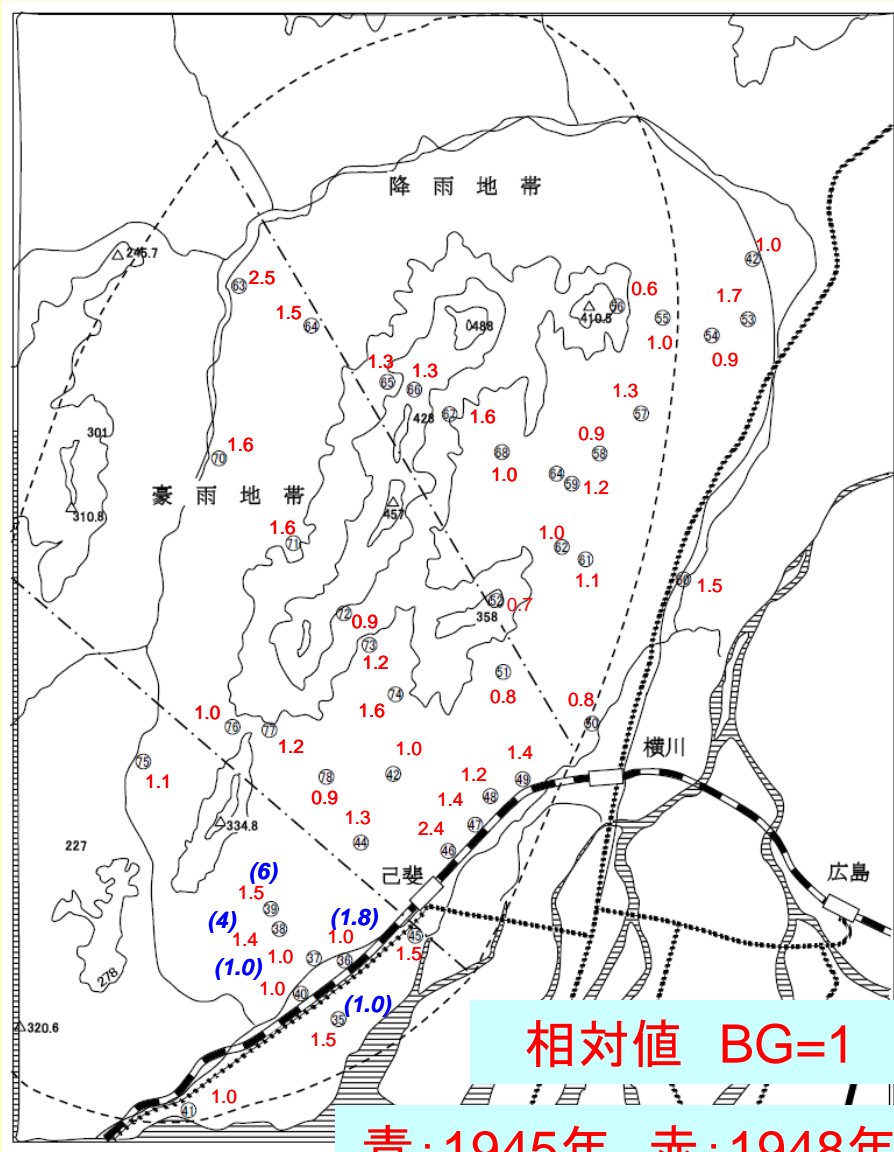
これまでの残留放射能測定

- 原爆直後の放射線サーベイ
- 1976年土壤中放射能広域調査
- 静間らの残留放射能測定

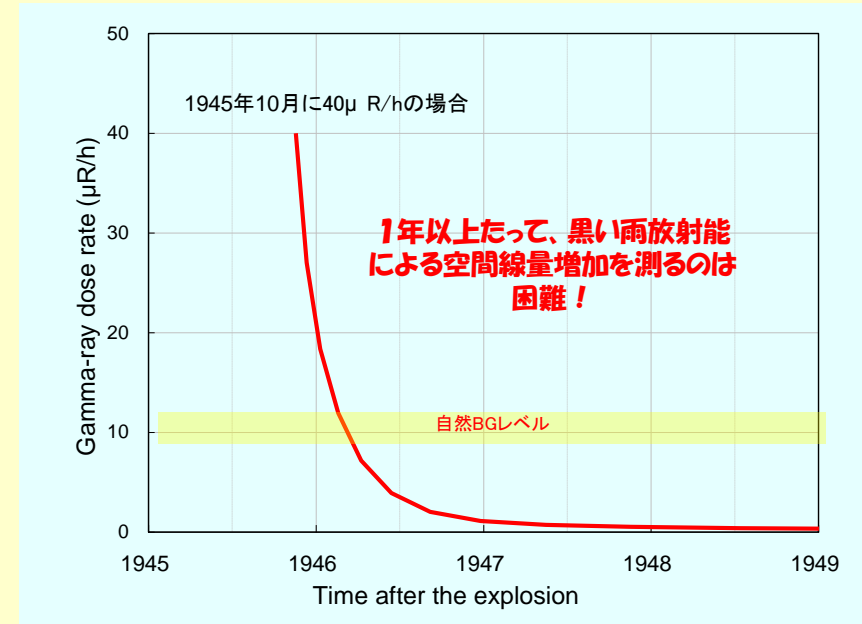
原爆直後の放射線サーベイ

- 原爆直後
 - 8月9日、理研・仁科博士ら広島入り
 - 8月10日、京大・荒勝教授グループ広島入り
 - 8月10日、阪大・浅田教授グループ広島入り
- 学術会議調査団（原災報、1953）
 - 山崎報告：9月3、4日、ローリッツェン検電器を車に積んで己斐―草津方面の国道で測定
 - 宮崎・増田報告：1946年1月27日～2月7日、高須地区をネイヤ型宇宙線計で測定、
 - 藤原・竹山報告：1945年9月と1948年にローリッツェン検電器で黒い雨地域を測定
- マンハッタン計画調査グループ（1946レポート）
 - 1945年10月3―7日、携帯型GM管とローリッツェン検電器で広島調査、
- Pace & Smith報告（ABCC TR 28-59）
 - 1945年10月17-18日、携帯GM管で爆心地と己斐高須地域をモニタリング

原災報 藤原・竹山報告: 1945年9月と1948年



青: 1945年、赤: 1948年



原爆直後の放射線サーベイ

Masudaレポート 1946年1.30~2.7測定

Fig. 3.- Intensity distribution of the neighbouring districts

(Jan. 30th - Feb. 7th 1946)

(The figures give the intensity of the radiation in unit of J)



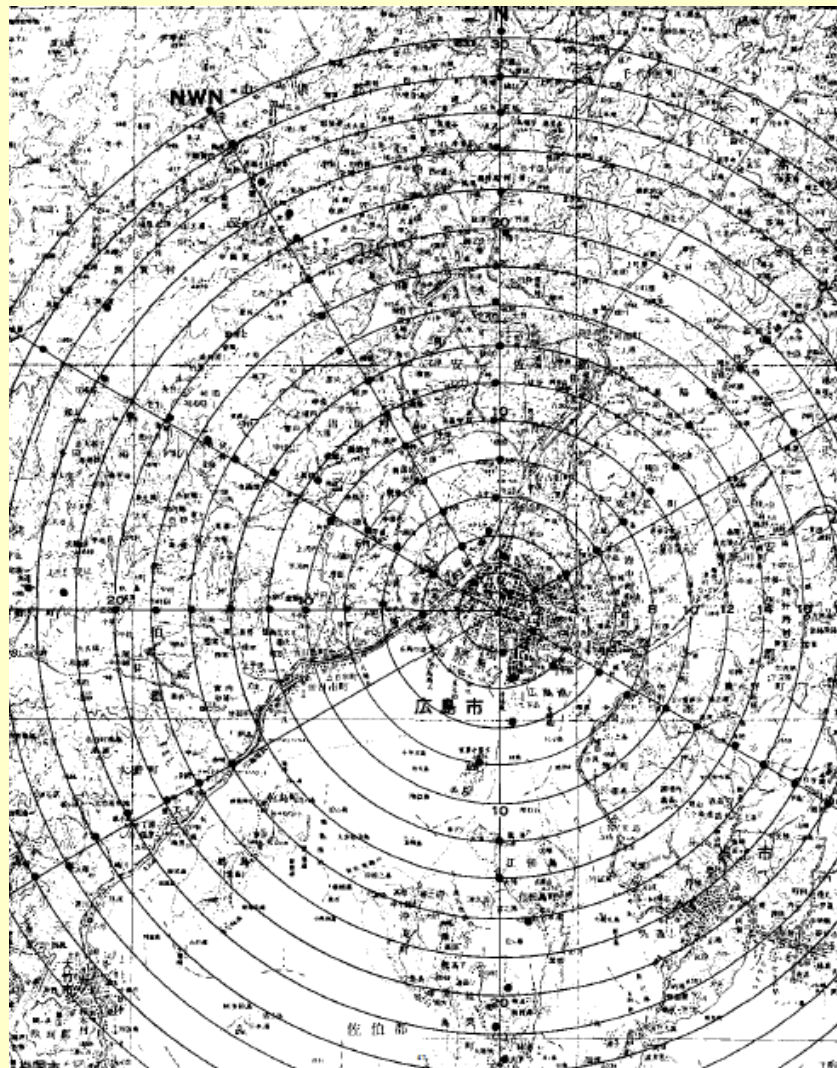
2010.7月

国会図書館より
USSBS関連マイ
クロフィッシュ入手

原爆直後の放射線サーベイ まとめ

- 広島市街地の放射線サーベイは原爆数日後から精力的に実施された。
- “黒い雨山間部地域”の放射線サーベイは原爆直後の数ヶ月間に行われていない。

厚生省 1976年土壤放射能広域調査

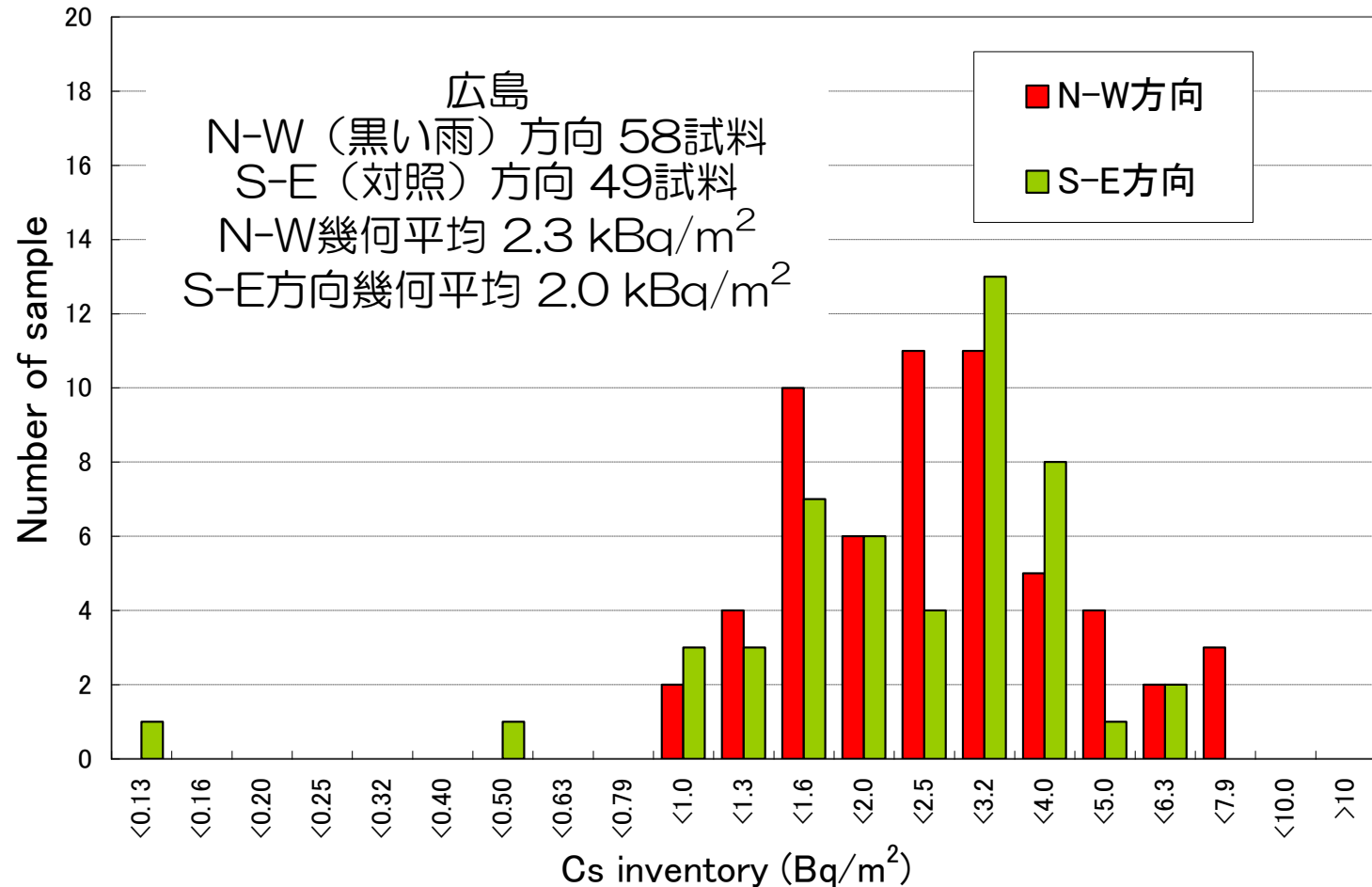


広島市周辺から
107の土壌コアをサ
ンプリングし
Cs137とSr90の汚
染調査

厚生省 1976年土壤放射能広域調査

セシウム137密度ヒストグラム

黒い雨方向 vs 対照方向

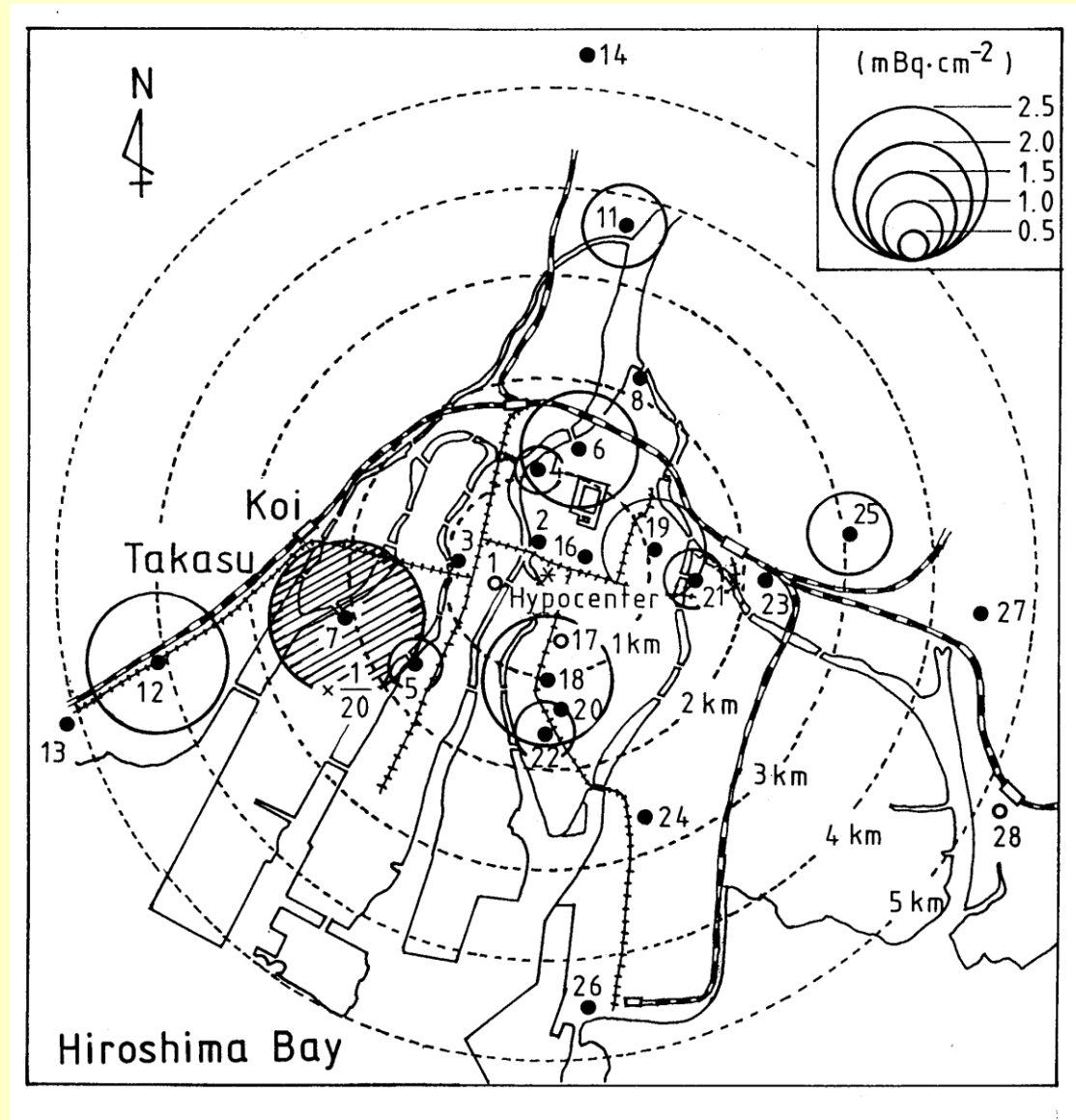


By Imanaka

静間らの測定



仁科土壤サン
プルのセシウ
ム137測定



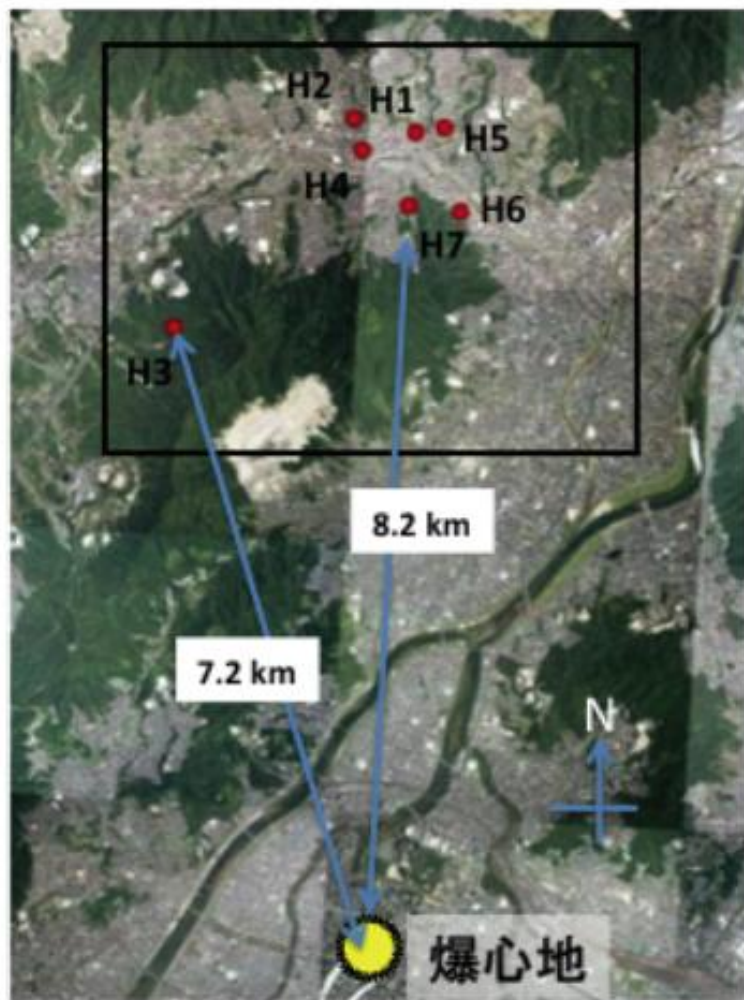
結局、

- 原爆直後の山間部における放射線サーベイは不十分だった。
- その後の土壌放射能データは核実験グローバルフォールアウトの影響が大きい。
- これまでの放射能データから、“(今中)仮説”の妥当性について結論できない。

黒い雨放射能研究会による 新たな取り組み

- 床下土壌セシウム137測定
- TIMS、AMSによるウラン236測定
- TIMS、(ICP-MS)によるウラン235/ウラン238比測定
- 仁科土壌、“黒い雨の壁”試料の再測定
- セシウム初期沈着に基づくRetrospective被曝評価
- (気象モデル・シミュレーション)
- (キノコ雲のCG解析)

床下セシウム137データ



H6-3



表2 Result of ^{137}Cs measurement in soil

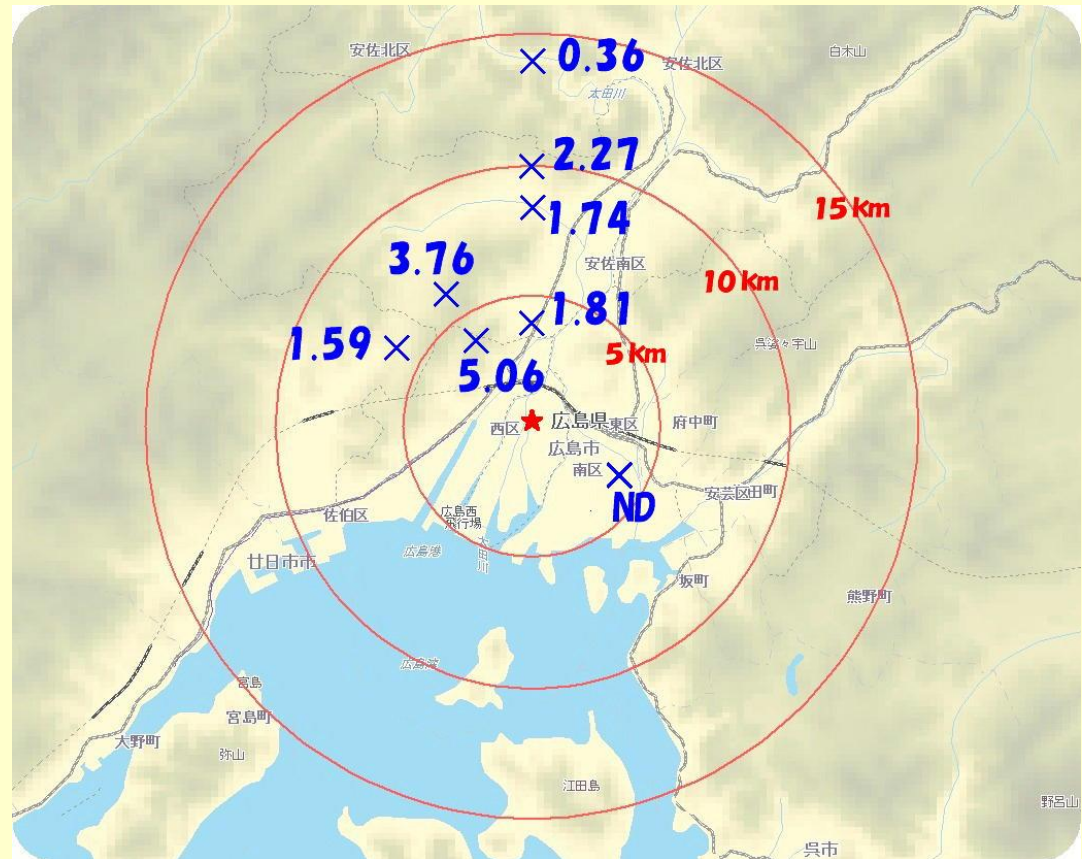
(All data are as of the measurement date)						
Site (Built year)	Sampling No.	Underground Ge after Chemical Sep. Cs-137 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/m ²)	Non-destructive (LLRL) Cs-137 (Bq/m ²)		
H1 (1946)	H1-1	0.028 ± 0.004	10.2 1.6	Low		
	H1-2					
	H1-3					
	H1-4					
	H1-5					
H2 (1947-1952)	H2-1	1.613 ± 0.033	354.5 ± 7.2	High	276.4 ± 18.6	
	H2-2	1.755 ± 0.021	500.9 ± 6.0		417.6 ± 22.3	
	H2-3	1.494 ± 0.029	402.1 ± 7.9		278.6 ± 21.3	
H3 (1948)	H3-1	0.497 ± 0.024	160.6 ± 7.7	High		
	H3-2					
	H3-3				250.8 ± 25.2	
H4 (1946)	H4-1	0.029 ± 0.004	9.7 ± 1.5	Low		
	H4-2	0.027 ± 0.004	9.4 ± 1.4			
	H4-3	0.222 ± 0.009	78.5 ± 3.1			
H5 (1948)	H5-1	0.090 ± 0.011	36.4 ± 4.3	Low		
	H5-2					
	H5-3				0.131 ± 0.007	52.4 ± 2.8
H6 (1946)	H6-1	1.073 ± 0.017	313.6 ± 5.0	High	268.3 ± 29.2	
	H6-2				208.3 ± 21.2	
	H6-3				1.496 ± 0.053	271.9 ± 9.7
H7 (?)	H7-1	0.086 ± 0.006	15.2 ± 1.1	Low		
	H7-2	0.239 ± 0.014	52.0 ± 2.9			
	H7-3					
	H7-4					

TIMSによる土壌中U236測定結果

核反応	速中性子断面積 barn
分裂 $^{235}\text{U}(n, \text{fission})$	1.24
吸収 $^{235}\text{U}(n, \gamma)^{236}\text{U}$	0.09

●リトルボーイで核分裂したウラン235の量は 912 g.

●従って、断面積の比から、74gのウラン236が同時に生成したはずである。



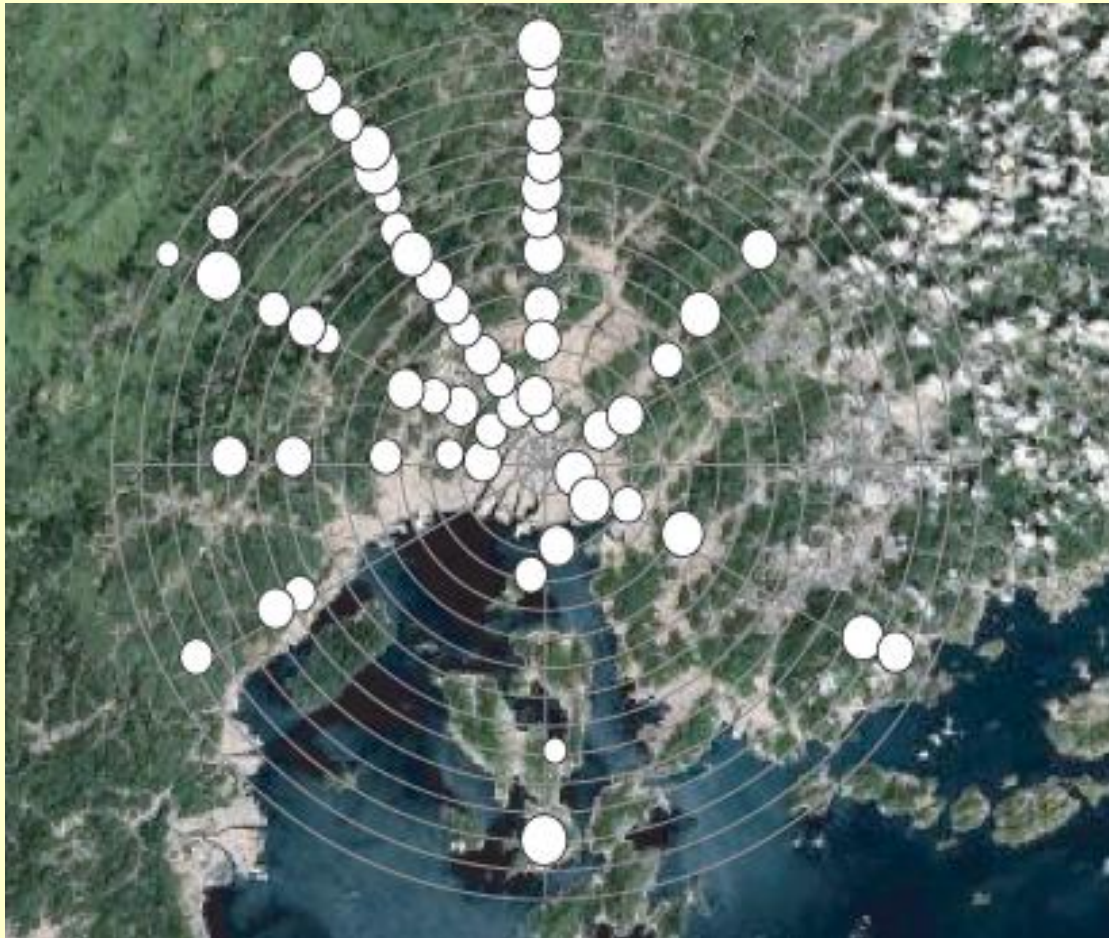
TIMS ^{236}U 測定結果

^{236}U density: 10^{13} atoms/m²

(2008年放射線影響学会 ポスター報告)

黒い雨地域でU236が大きい傾向が見られる

AMSによる土壌中U236測定結果



Sakaguchi.

Black rain
workshop at RIRBM
(2010)

$4.13 \times 10^{11} - 2.64 \times 10^{13}$, ave: 8.21×10^{12} (atoms/m²)

黒い雨地域と黒い雨地域でU236密度の違いが認められない。 Global falloutとしてのU236か？

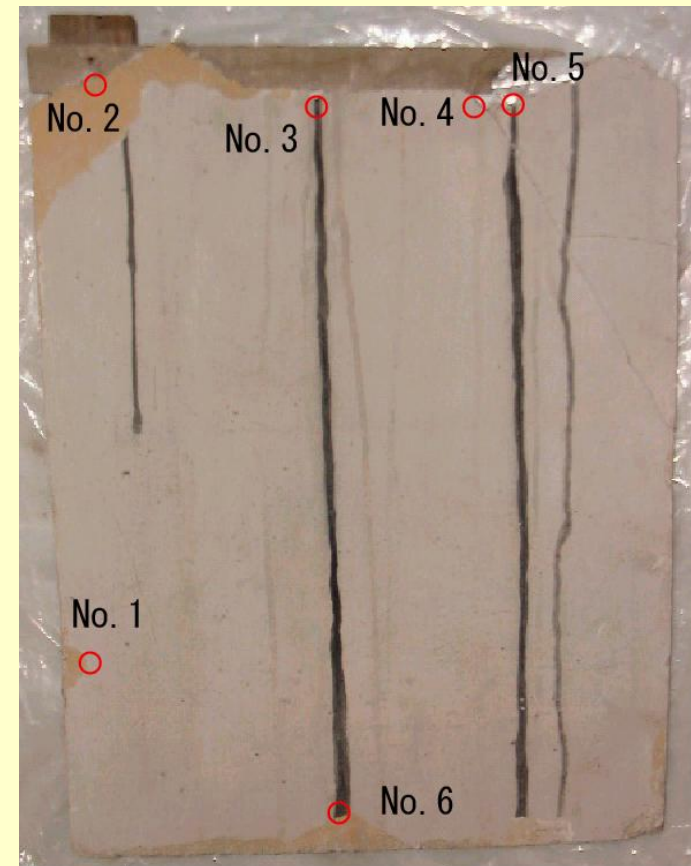
TIMSとAMSの相互比較測定

- 第1段階：金沢大学で調整した土壌抽出液をTIMSとAMSで測定

Sample Number	$^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$	
	AMS	TIMS
EN-20	$(5.04 \pm 0.07) \times 10^{-8}$	2.87×10^{-8}
WSW-26	$(1.20 \pm 0.02) \times 10^{-8}$	1.82×10^{-8}

- 第2段階：放医研で調整した試料をウィーン大学のAMSで測定中
- 第3段階（科研費申請中）：ダブルブラインド方式でTIMSとAMSの相互比較を実施する

仁科試料・黒い雨壁試料の ウラン同位体とセシウム137測定



Global fallout以前の試料であり、広島原爆falloutについて
貴重な知見が得られる

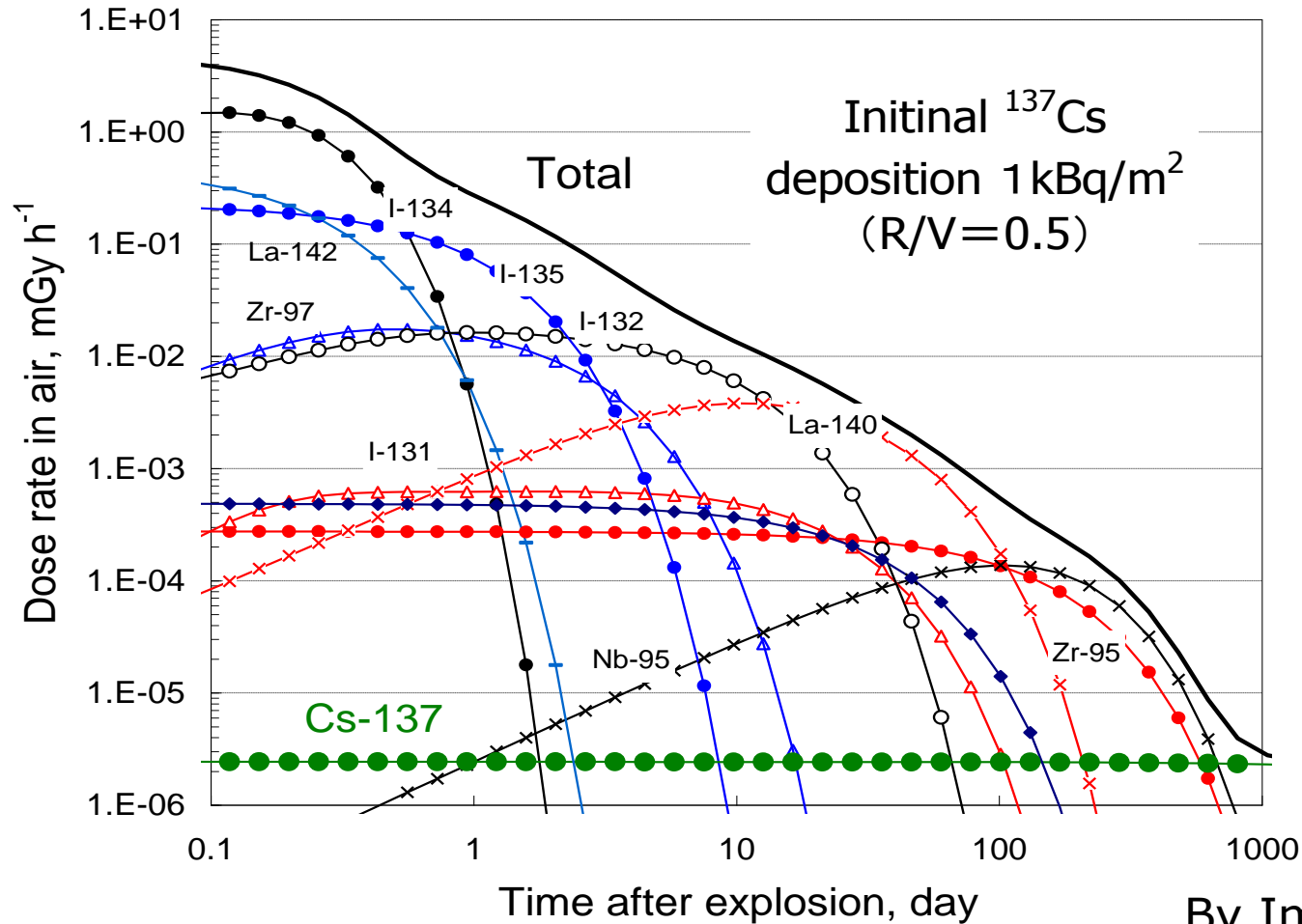
黒い雨放射能研究会の 基本的課題

**なんとかして
山間部で黒い雨放射能の痕跡を
つかまえる**

- － 痕跡さえつかまえれば・・・**
- － たとえ、つかまえられなくとも・・・**

黒い雨地域での被曝量評価

セシウム137の初期沈着量評価値に基づいて他のFP沈着量を求め、空間線量率を計算する

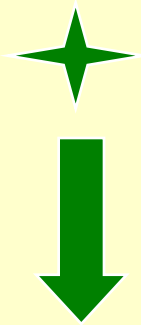


By Imanaka

黒い雨による外部被曝量評価の手順

手持ちのデータから
黒い雨地域での ^{137}Cs 沈着量を
何とかして見積もる

0.5~2.0 kBq/m²



1 kBq/m² の ^{137}Cs 初期沈着が
あったときの、FP全体による
積算外部被曝を計算する

20~30 mGy per kBq/m²

原爆直後における黒い雨地域の
外部被曝量を推定できる

Lower side、0.5 x 20 = 10 mGy

Higher side、2.0 x 30 = 60 mGy

By Imanaka

気象シミュレーションプロジェクト

HiSoFホームページ <http://city.youth-service.com/>

HiSoF Hiroshima Study group
on Re-construction of Local Fallout
from A-bomb in 1945



Contact

Home

Publications

Events

Databases

About HiSoF

日本語
Japanese

You are : Home

Publications

- Forthcoming publications
- Call for papers

Events

- International meeting 2012

Databases

1. Initial conditions
2. Validation data
3. Related data

About HiSoF

日本語 Japanese

Contact



Welcome to the HiSoF website !

Purpose of this website

The main purpose of this website is to provide a database and the latest scientific findings on local fallout and black rain from the A-bomb explosion at Hiroshima on 6 August 1945, with a view to conducting an inter-laboratory comparison of model simulations re-constructing local fallout and black rain.



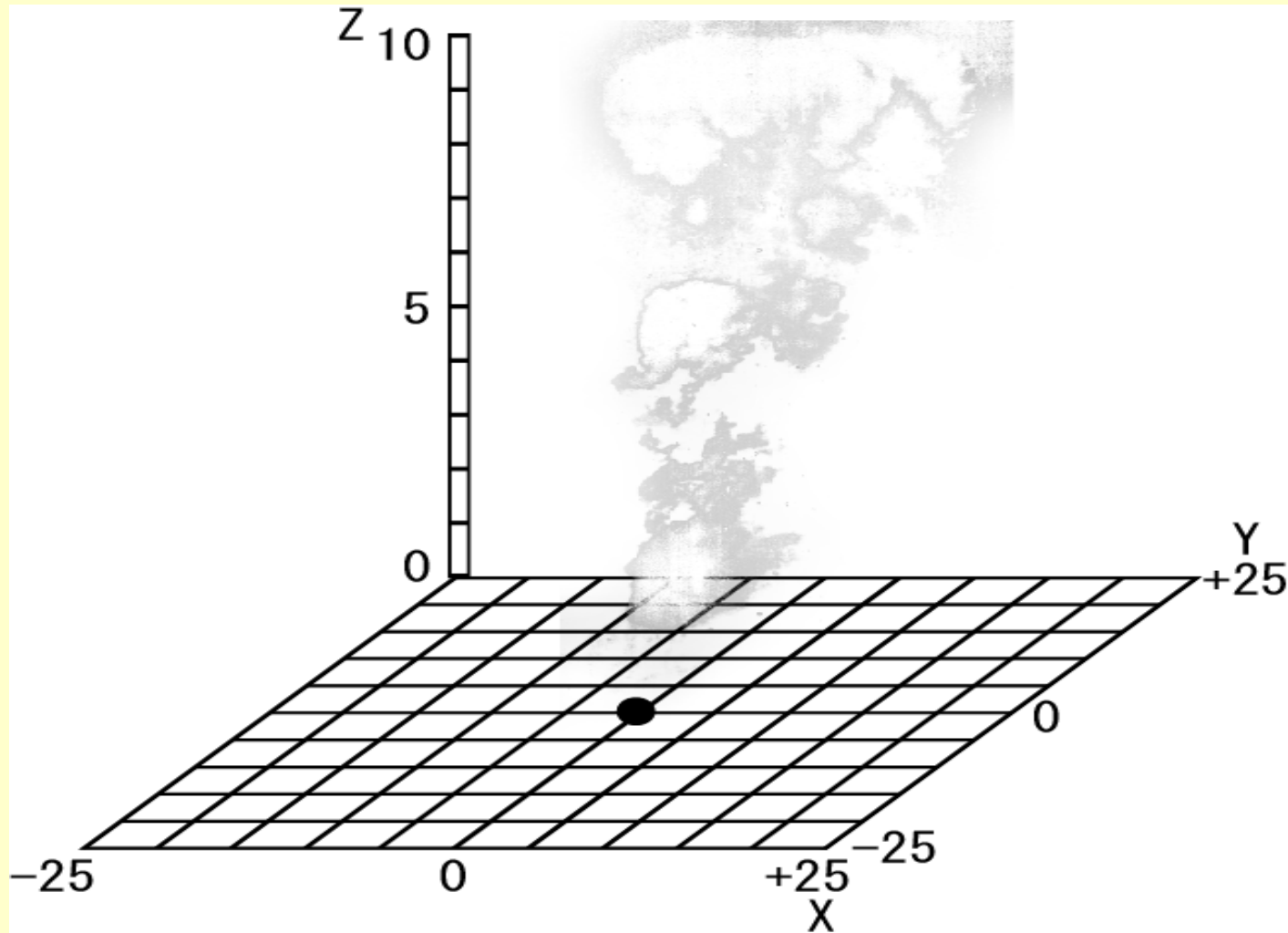
米軍撮影 広島平和記念資料館提供
HIROSHIMA ATOMIC STRIKE

HiSoF第1段階： シミュレーションのための初期条件・境界条件の 提唱

- 原爆当時の風の場の再現
- 原爆雲写真のCG解析
- 原爆火災による木材燃焼量
- 放射能生成量

**HiSoF第2段階：
原爆雲気象シミュレーション国際比較プロジェクトの実施**

再現の基本は、核爆発によって生じた核分裂生成物あるいは誘導放射能が風に乗って流れて、そこで雨と共に、あるいは粒子として降下する状況を計算するものである。



雲の形状の推定結果 by Baba

海岸線の写った写真



まとめ

- 『山間部黒い雨地域で広島原爆放射能の痕跡をつかまえた』とは、まだ言えない。
- 同時に『山間部黒い雨地域で広島原爆 fallout の中心であった』という仮説は否定されない。
- 『沈着後2週間で10～60mGyの外部被曝』という今中の見積もりはいまでも有用である。

‘黒い雨’放射能研究会の基本姿勢

いずれにせよ、

66年前に広島・長崎で起きたことを明らかにしておくため、それぞれの専門性の範囲で、できる限りのことをやっておく。

ご静聴ありがとうございました！