

平成25年2月9日

環境省委託

「放射線の健康影響に関わる研究調査事業」

# 「福島第1原発事故による飯舘村住民の初期放射線被曝評価に関する研究」の現状

今中哲二

京都大学原子炉実験所

注:このパワーポイントの内容は、上記研究調査事業の研究成果報告会(H25.2.6東京)で我々の研究の現状を報告するのに使ったものであり、今後詳細に検討すべき点が多々残されている。

# 問題意識

- 福島原発事故に対する初期モニタリングは、放射能汚染が従来の原子力防災計画を越えた範囲に及んだこと、オフサイトセンターが機能喪失状態に陥ったことから、極めて不十分であったし、その後の被曝量評価も不十分なままである。
- 可能と思われるさまざまな手法を使って、初期被曝評価を試みておく必要がある。

# 本研究課題の概要

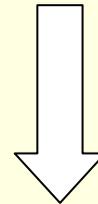
- 飯舘村については、代表者・今中らが2011年3月末に行った放射能汚染調査データがあること、また、その後の調査を通じて飯舘村村民との良好な関係があることから、とりあえず飯舘村の初期被曝量評価に努力を集中する。
- 分担者・沢野は、米国NNSA空中サーベイデータとGIS（地理情報システム）利用して、村内の詳細な沈着量マップを作成する。
- VIC社は、大気拡散シミュレーション（ヨウ素131、セシウム137、キセノン133を対象）により村内の積算空气中濃度分布を求める。
- OFB社は、住宅地図等を用いて村内全戸の緯度経度ならびに放射能沈着量・積算空气中濃度を割り当て、今中らが被曝量を算出する。これらの情報は、次年度に予定のインタビュー等による当時の行動調査の基礎資料となる。
- 以上より、飯舘村の初期被曝として、地表沈着放射能からの外部被曝、ヨウ素吸入にともなう甲状腺被曝、セシウム吸入にともなう実効線量、キセノン等の通過にともなうサブマージョン被曝を見積もる。

# 積算外部被曝量の評価の方法

セシウム汚染詳細マップの作成と  
飯舘村各戸(約1700)の  
緯度経度座標に基づく各戸の  
セシウム137沈着量



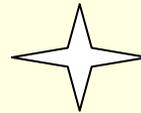
他の核種の沈着も考慮した  
単位セシウム137沈着量当りの  
積算外部被曝の計算  
(3月15日から6月30日まで)



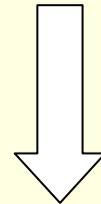
放射能沈着から避難  
までの外部被曝量。  
飯舘村および各地区に対する  
平均外部被曝量とその分布。

# ヨウ素吸入甲状腺被曝の評価方法

福島第1原発からの大気拡散  
シミュレーションに基づく  
ヨウ素131積算空気濃度マップを  
作成し飯舘村各戸の  
積算濃度を評価



文献より  
平均的呼吸量と  
甲状腺被曝換算係数



吸入に伴う甲状腺被曝量.  
飯舘村および各地区の  
平均被曝量と分布の推定.

## 作業1：担当 OFB社

# 飯舘村各戸に対する緯度経度と沈着量・空气中濃度の割り当て

住宅地図から、世帯主名、住所の入力



Yahoo APIを使って各戸の住所を緯度経度に変換

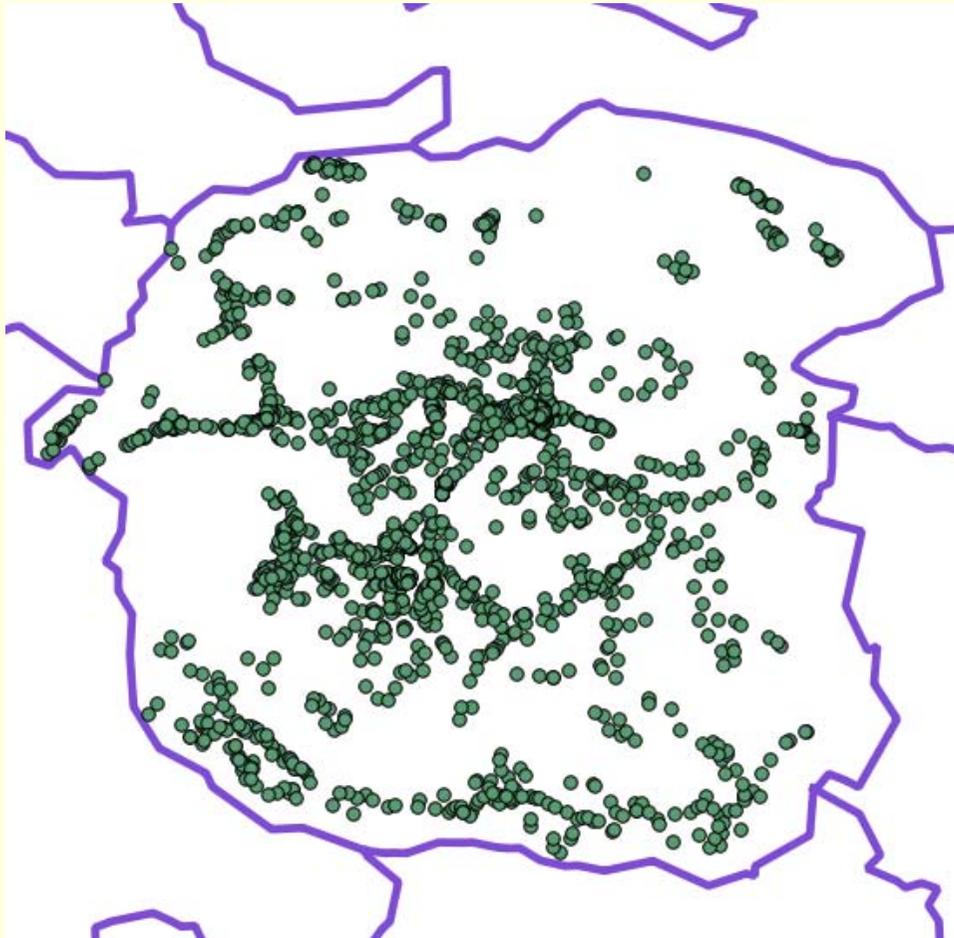


沢野、VICからの  
汚染分布データ

飯舘村全戸の位置座標と放射能汚染量に  
関するExcelデータ。  
現在：1768件

# 作業1：担当 OFB社

# 飯舘村各戸の緯度経度読み取り



村内各戸の位置

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	住宅ID	住宅地回ページ	町名1	町名2	番地	行政区コード	行政区名	WGS84北緯	WGS84東経
1									
2	1	1	前田	農家	106	19	前田	37.72810038	140.68416591
3	2	1	前田	農家	110	19	前田	37.73028088	140.68581051
4	3	1	前田	農家	120	19	前田	37.73081183	140.68628793
5	4	1	前田	農家	127	19	前田	37.73817762	140.68671116
6	5	1	前田	農家	142	19	前田	37.73344170	140.68707110
7	6	1	前田	農家	210	19	前田	37.73378003	140.68814324
8	7	1	前田	農家	230	19	前田	37.73435000	140.68800427
9	8	1	前田	農家	250	19	前田	37.73518049	140.68854030
10	9	1	前田	農家	256	19	前田	37.73543049	140.68845680
11	10	1	前田	農家	266	19	前田	37.73525836	140.68828575
12	11	1	前田	農家	270	19	前田	37.73556888	140.688278285
13	12	1	前田	農家	26	19	前田	37.72746704	140.67798416
14	13	1	前田	農家	25	19	前田	37.73048871	140.67868888
15	14	1	前田	雑田	118	19	前田	37.72174284	140.68078251
16	15	1	前田	雑田	126	19	前田	37.72126520	140.68045255
17	16	1	前田	雑田	155	19	前田	37.72275666	140.68850482
18	17	1	前田	雑田	160	19	前田	37.72287331	140.68818281
19	18	1	前田	雑田	165	19	前田	37.72167942	140.68822433
20	19	1	前田	雑田	38	18	前田	37.72125883	140.68641552
21	20	2	白石	菅田	102	18	白石	37.70645289	140.68568561
22	21	2	白石	菅田	137-2	18	白石	37.70549188	140.68811338
23	22	2	白石	菅田	147-3	18	白石	37.70650008	140.68528007
24	23	2	白石	菅田	183	18	白石	37.70284484	140.68723286
25	24	2	白石	菅田	2	18	白石	37.70821647	140.68152190
26	25	2	白石	菅田	14	18	白石	37.70885306	140.689318419
27	26	2	白石	菅田	79	18	白石	37.70481421	140.68743884
28	27	2	白石	菅田	87	18	白石	37.70622516	140.68348301
29	28	2	白石	菅田	88	18	白石	37.70635571	140.68380788

Excelデータ

# 作業2:担当 沢野 米国NNSAの空中サーベイデータの用いた Cs137沈着量マップ

Operational Topic

## ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS IN AN EMERGENCY: THIS IS NOT A DRILL

Stephen V. Musolino,\* Harvey Clark,† Thomas McCullough,† and Wendy Pemberton†

Health Phys. 102(5):516-526; 2012

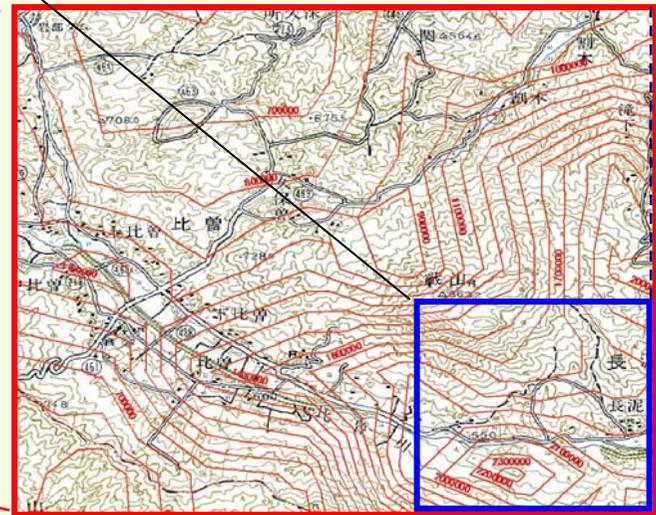
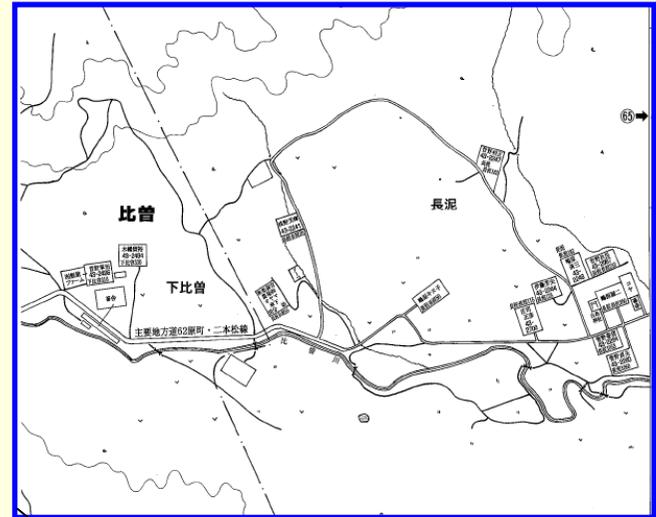
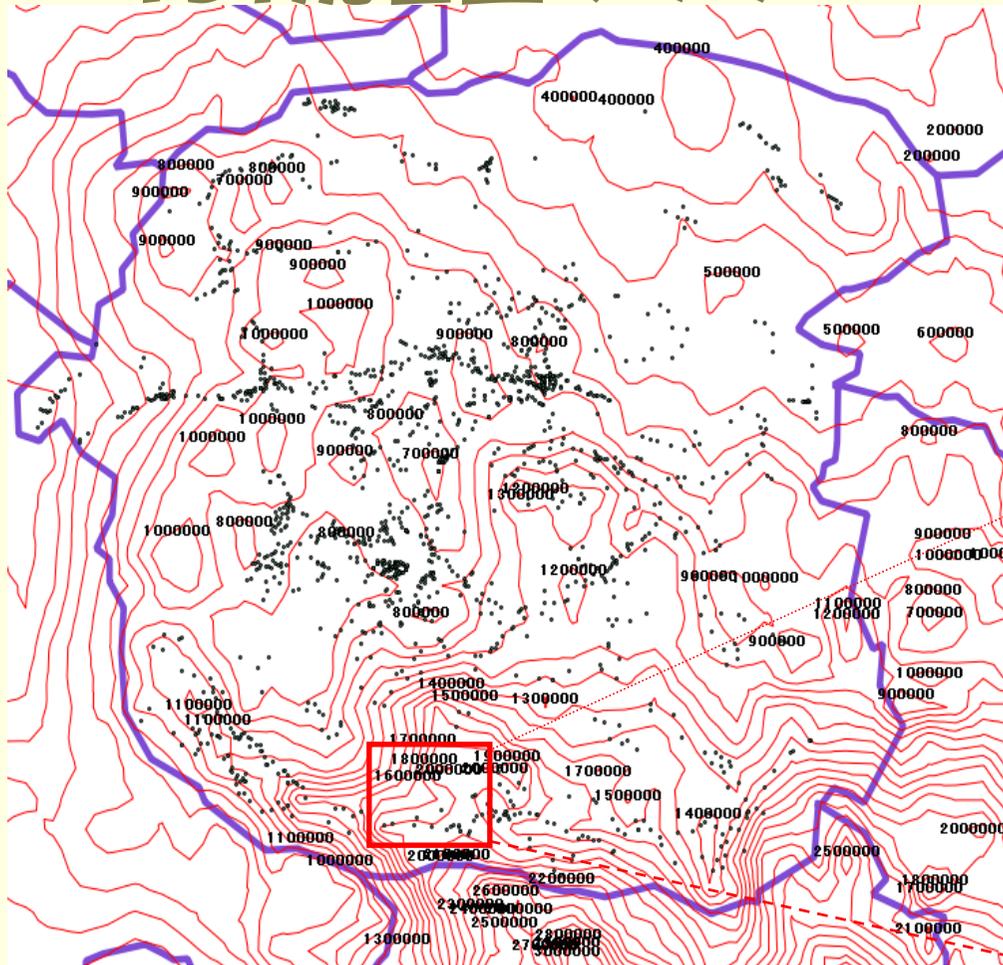


NNSAのヘリコプター  
サーベイ



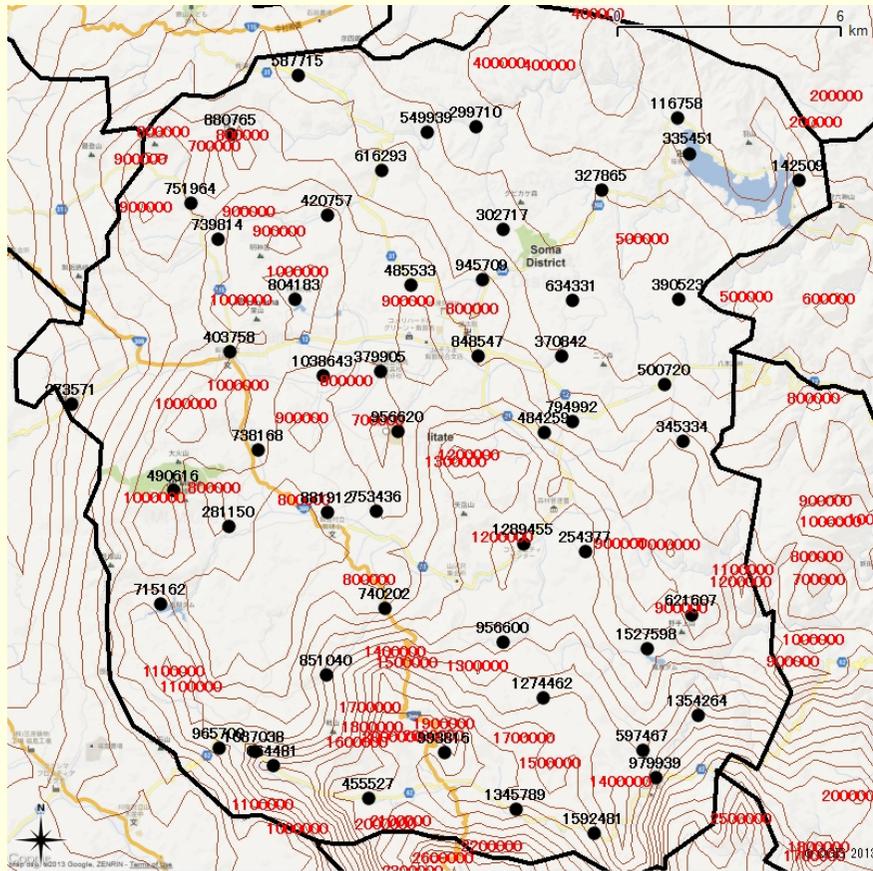
飯舘村のサーベイ軌跡  
緑(飛行機):4月15日と5月3日  
黒(ヘリコプター):4月1日

# 作業2:担当 沢野 米国NNSAの空中サーベイデータの用いた Cs137沈着量マップ

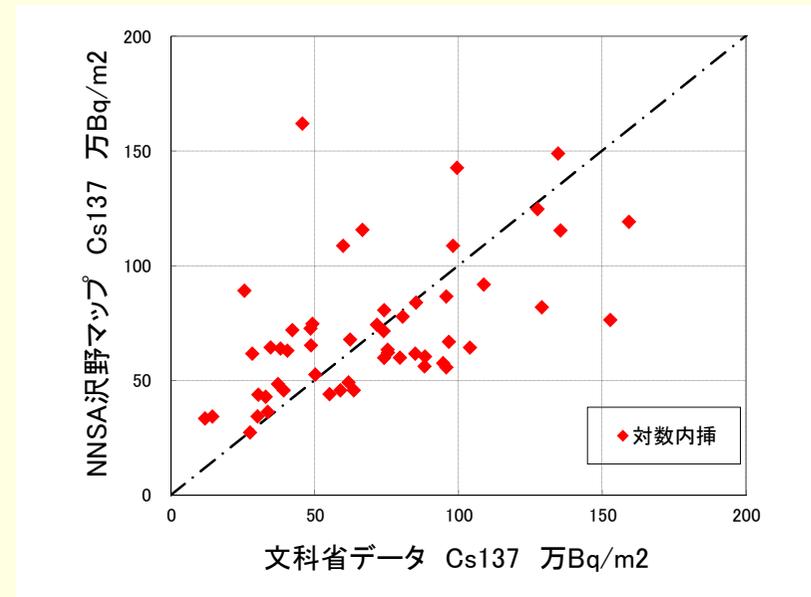


NNSAデータに基づくセシウム137沈着量  
コンタと住宅の位置

# 作業2:担当 沢野 空中サーベイに基づくCs137沈着量と文科 省土壤測定データ（村内53点）と比較



黒字: 文科省  
赤字: NNSA内挿値

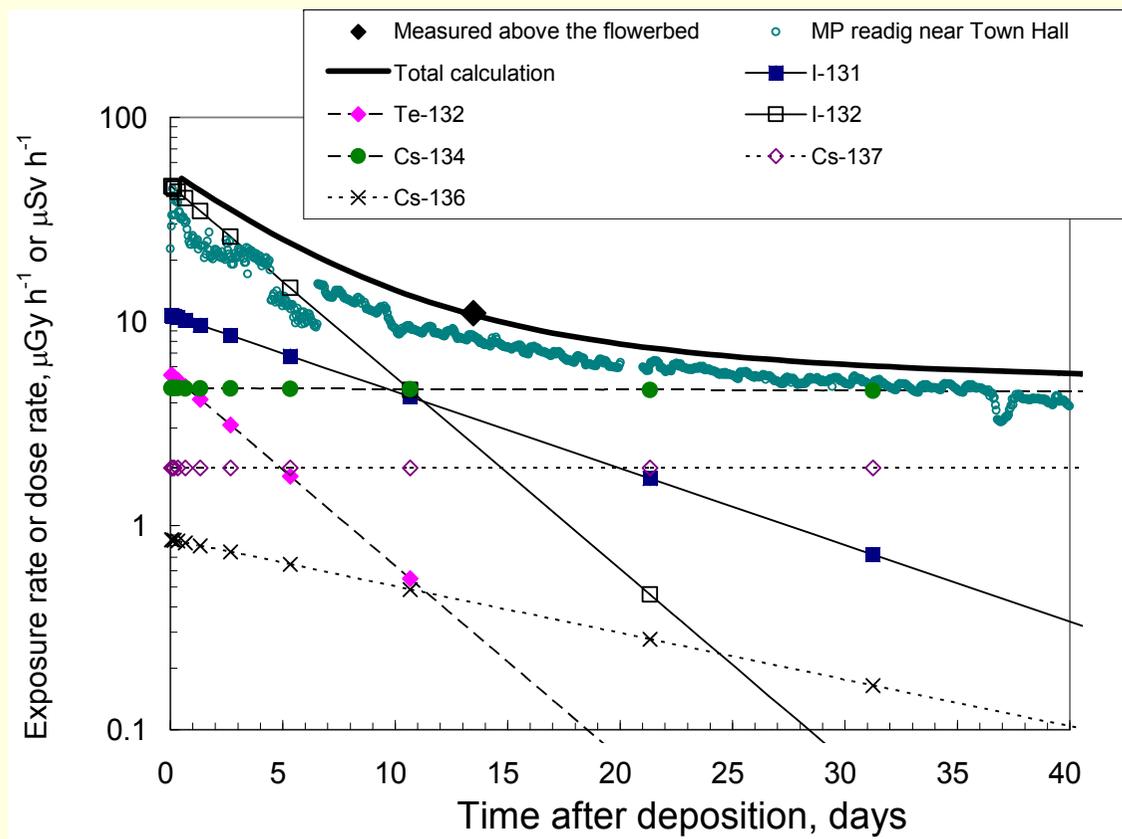


沈着量が小さいところでは、内挿値の方が大きくなる傾向があるが、なんとか使えるだろう。

## 作業3:担当 今中

# セシウム沈着量に基づく積算外部被曝量の評価

地表沈着放射エネルギーに基づく計算による空間線量率変化の再現：役場モニターと約100m離れた花壇の測定と計算

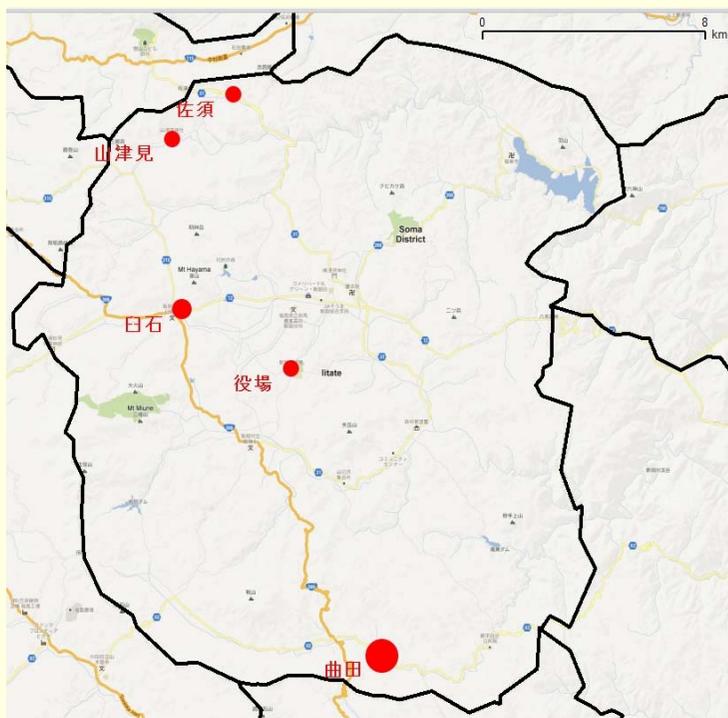


初期の外部被曝への寄与は、Te132/I132、I131、Cs134、Cs137を考えればよい。

## 作業3:担当 今中

# セシウム沈着量に基づく積算外部被曝量の評価

5つの土壌サンプル（2011.3.29採取）測定に基づく飯館村での沈着放射能比。



Cs137に対するI131、Te132の沈着比  
2011/3/15 18:00換算

	Cs137 kBq/m <sup>2</sup>	I131/Cs137 7比	Te132/Cs137 7比
白石	956	9.6	6.9
佐須	774	10.9	8.9
山津見	588	10.1	10.0
役場	672	8.2	7.9
長泥曲田	2188	7.0	8.0
平均		9.2 ± 1.5	8.3 ± 1.2

サンプル位置. 赤丸はセシウム沈着量.

**$I131 / Cs137 = 9.2$ 、 $Te132 / Cs137 = 8.3$**   
**を飯館村全域に適用**

## 作業3:担当 今中

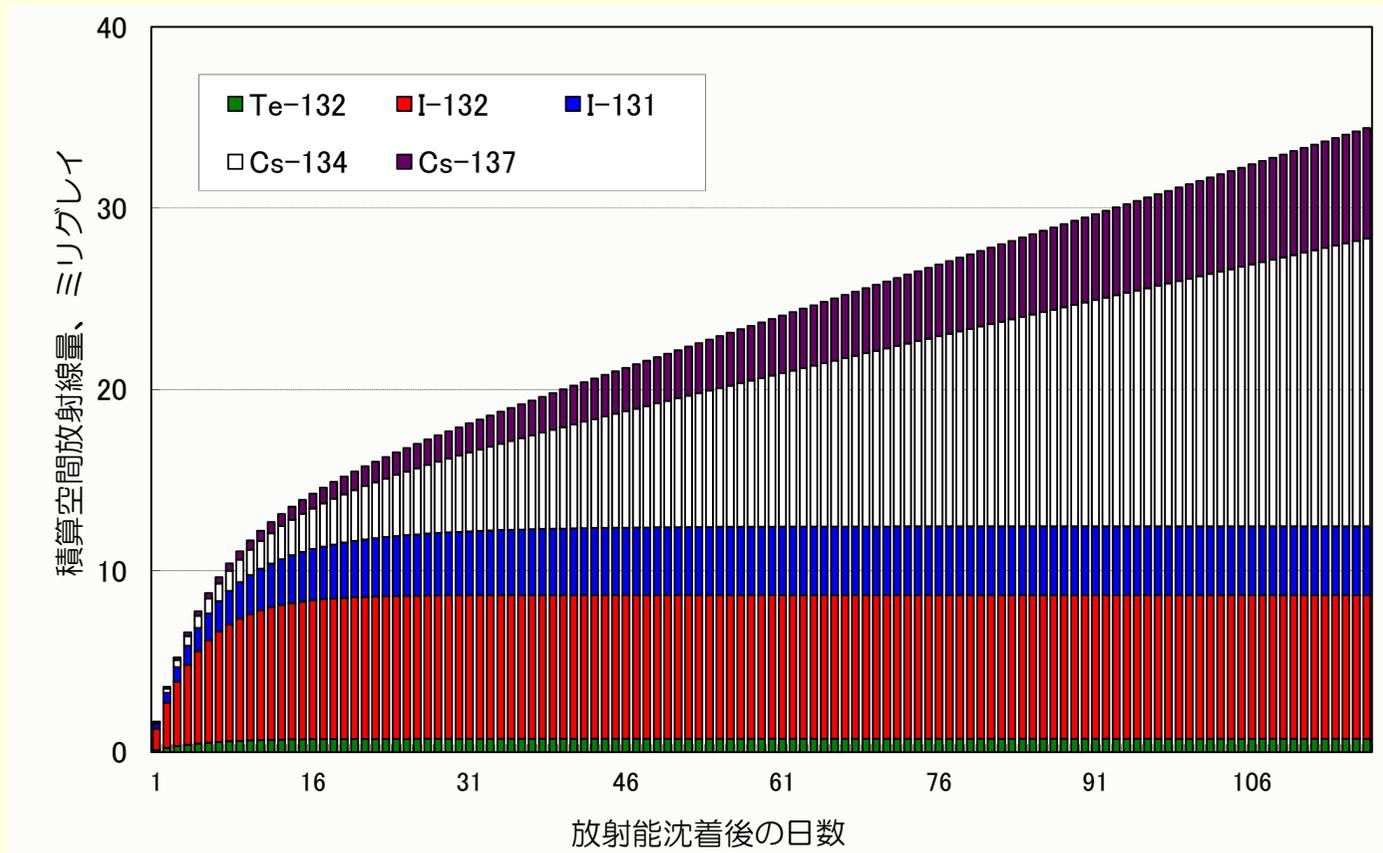
# 空間線量率計算の仮定

- 仮定1：飯舘村の放射能沈着は、2011年3月15日18:00に一挙に発生。
  - 18:20に役場で18:20の $44.7 \mu\text{Sv/h}$ という空間線量最大値が記録された。
- 仮定2：セシウム137に対する沈着組成比は村の全域で同じ。
  - $\text{Cs134}/\text{Cs137}=1$ 、 $\text{I131}/\text{Cs137}=9.2$ 、 $\text{Te132}(\text{I132})/\text{Cs137}=8.3$
- 仮定3：沈着放射能は移行せず、じっとしている
  - 地表1mへの空間線量率換算係数はBeckの値（EML-378, 1980）を使用。

## 作業3:担当 今中

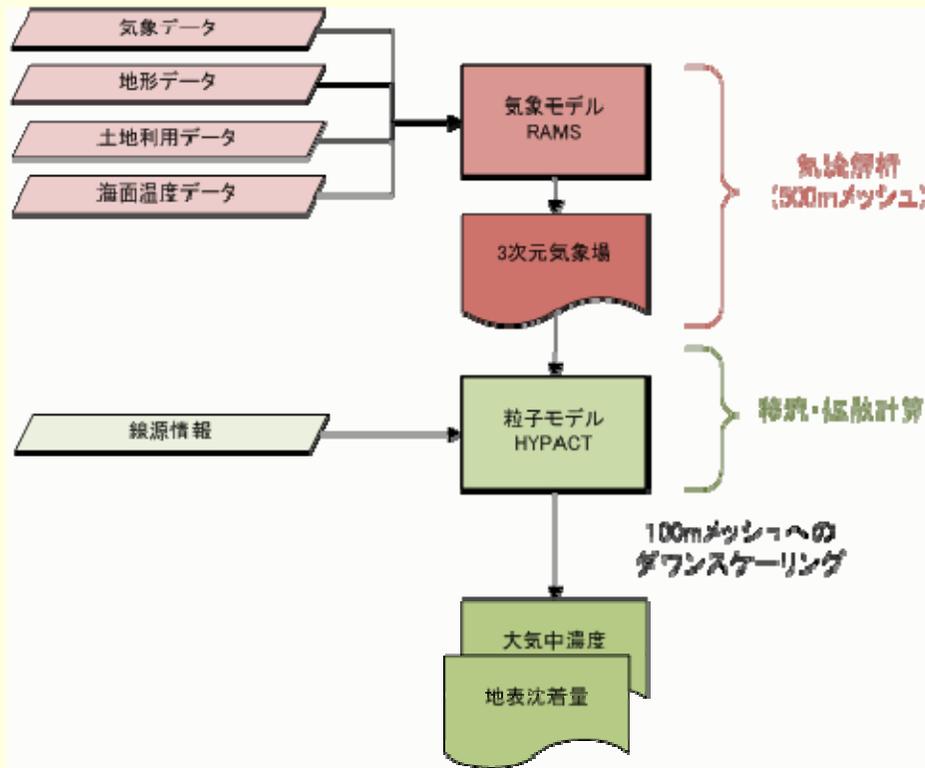
# 積算空間線量率（地表1m）の計算結果

セシウム137初期沈着：100万Bq/m<sup>2</sup>当り：

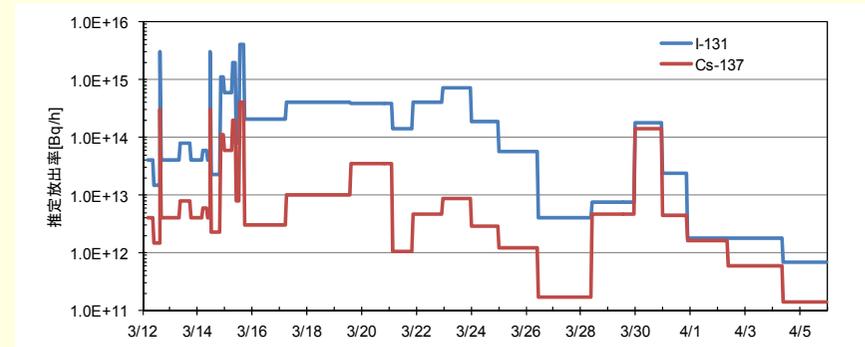


**6月30日12:00（107日後）に避難したとし、それまで24時間ずっと野外にいたとして、積算空間線量は32.6ミリグレイ。**

# 作業4:担当 VIC社 大気拡散シミュレーション



大気拡散の計算プロセス



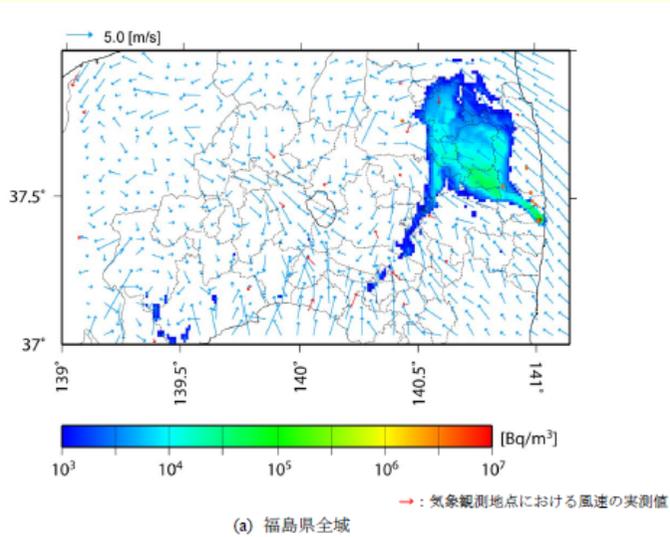
ソースターム

上: I-131とCs137(安全委)

下: Xe-133(Stohl論文)

# 大気拡散シミュレーション計算結果 (1)

福島県



飯舘村

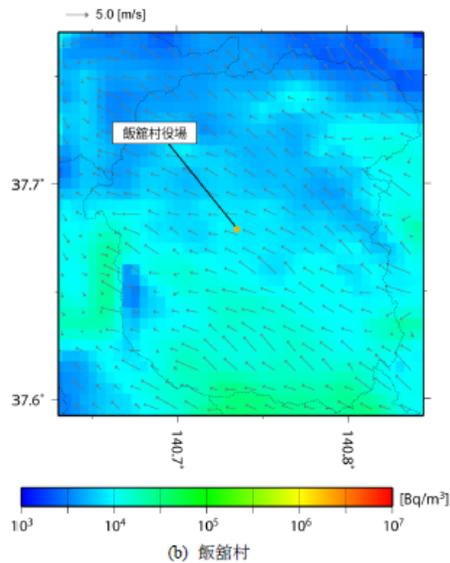


図 5-25 2011/3/15 19:00 の <sup>131</sup>I 地表大気中濃度分布

131I 空气中濃度分布  
3月15日19:00

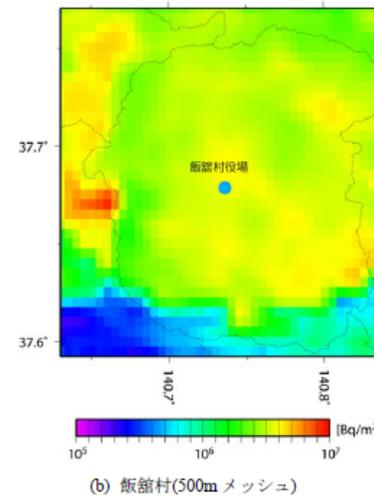
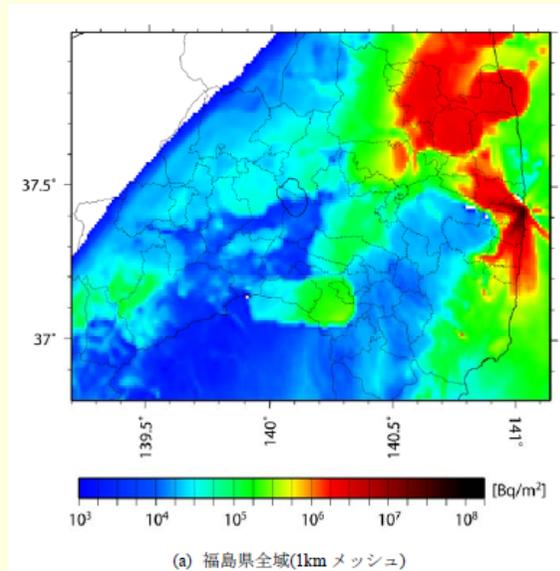
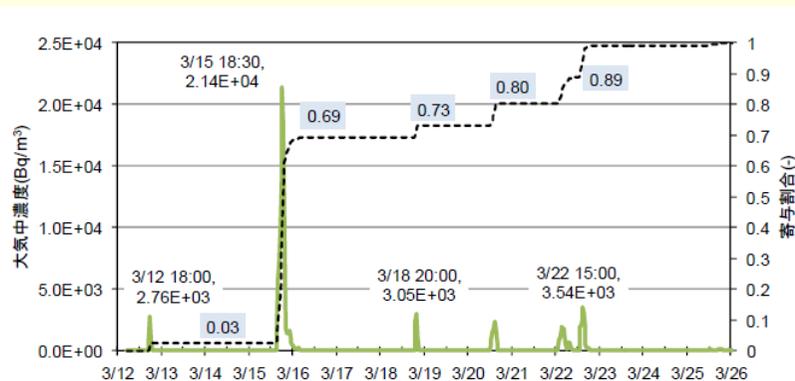


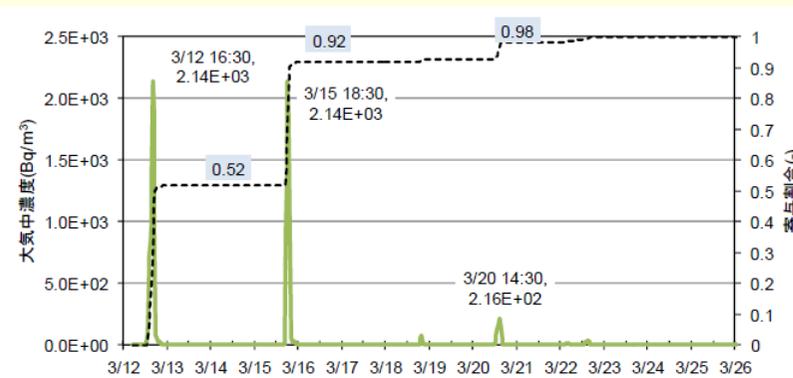
図 5-17 2011/3/14~3/17 における <sup>131</sup>I の積算沈着量分布

131I 地表沈着量分布

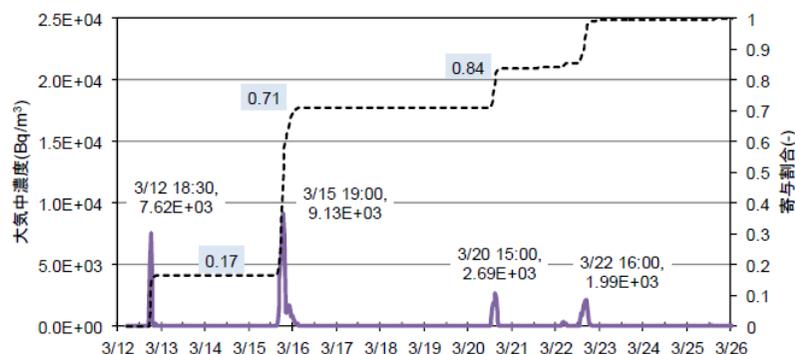
# 大気拡散シミュレーション計算結果 (2)



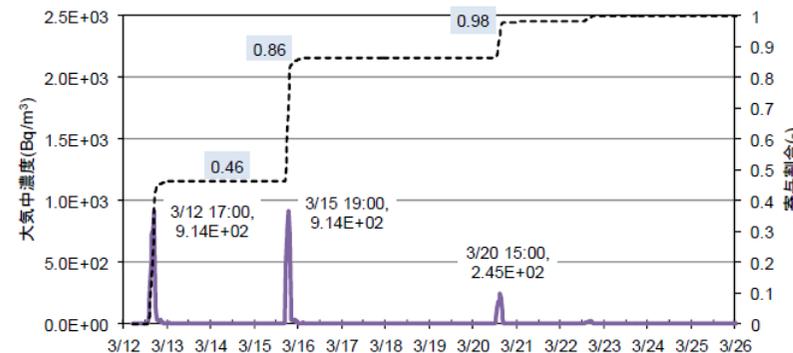
(c) 飯舘村長泥



(c) 相馬郡飯舘村長泥



(d) 飯舘村役場



(d) 飯舘村役場

図 5-21 2011/3/12 5:00~3/26 0:00 の飯舘村における <sup>131</sup>I の大気中濃度の経時変化と寄与割合 (2/2)

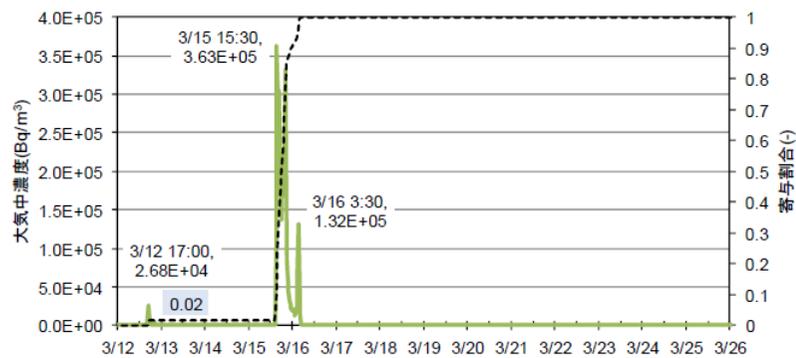
図 5-23 2011/3/12 5:00~3/26 0:00 の飯舘村における <sup>137</sup>Cs の大気中濃度の経時変化と寄与割合 (2/2)

131I 空気中濃度の時間変化と積算割合  
長泥地区と村役場

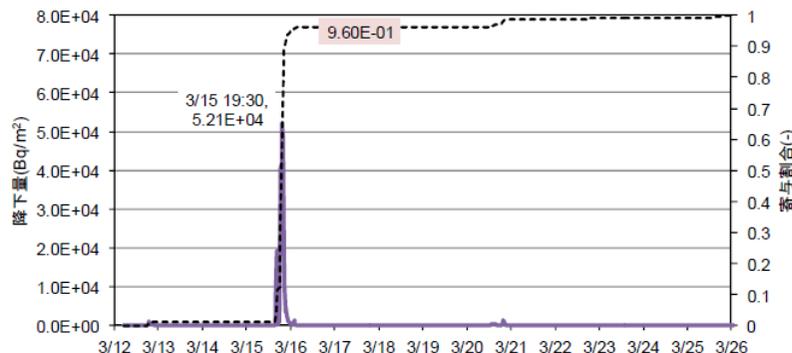
Cs137 空気中濃度の時間変化と積算割合  
長泥地区と村役場

上図の通りだと、3月12日にも飯舘村に、無視できないプルームが来ている。

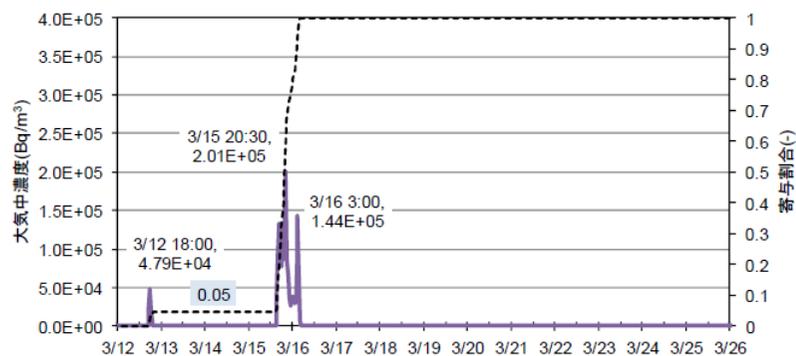
# 大気拡散シミュレーション計算結果 (3)



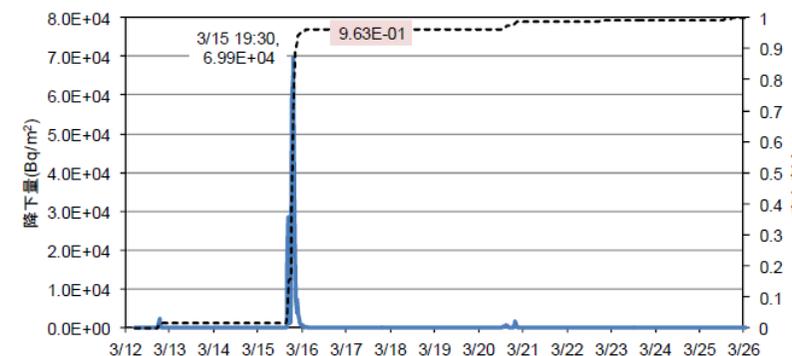
(c) 飯館村長泥



(c) 長泥曲田



(d) 飯館村役場



(a) 飯館村役場

図 5-40 2011/3/11 9:00~3/26 0:00 の飯館村における  $^{133}\text{Xe}$  の大気中濃度の経時変化と寄与割合(2/2)

Cs137地表沈着量の時間変化と積算割合  
長泥地区と村役場

Xe133空気中濃度の時間変化と積算割合  
長泥地区と村役場

**Cs137の沈着（右側）は降雪があった3月15日が大部分、という仮説はとりあえずOK.**

# 大気拡散シミュレーション計算結果 (4)

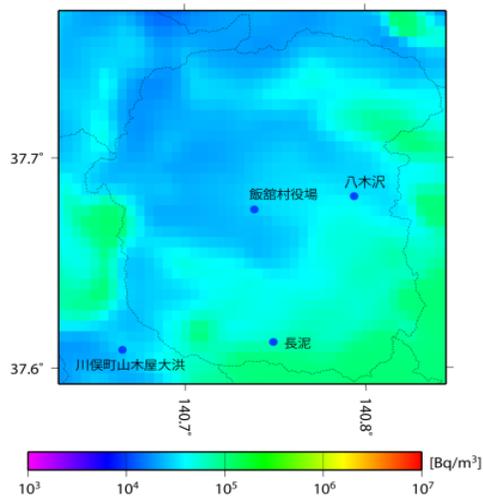


図 5-25 飯館村における  $^{131}\text{I}$  時間積算濃度 (2011/3/12 5:00~3/26 11:00(JST))

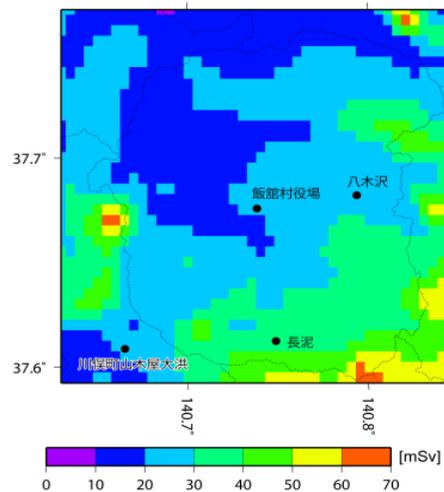


図 5-26 参考: 飯館村における  $^{131}\text{I}$  の吸入による小児甲状腺等価線量 (2011/3/12 5:00~3/26 11:00(JST))

小児は24時間ずっと野外の仮定. 呼吸率  
 $0.31\text{m}^3/\text{h}$ . 甲状腺等価線量換算係数  
 $01.4\text{E}-3\text{mSV}/\text{Bq}$ .

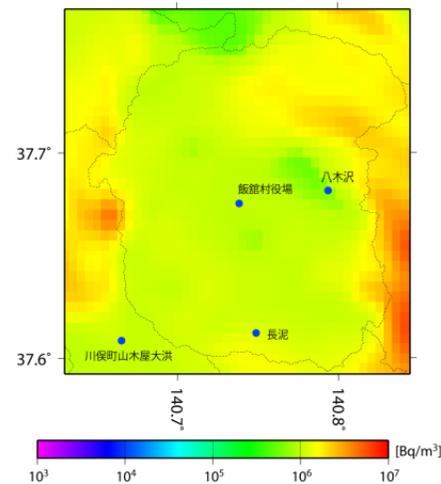


図 5-41 飯館村における  $^{133}\text{Xe}$  時間積算濃度 (2011/3/11 9:00~3/26 0:00(JST))

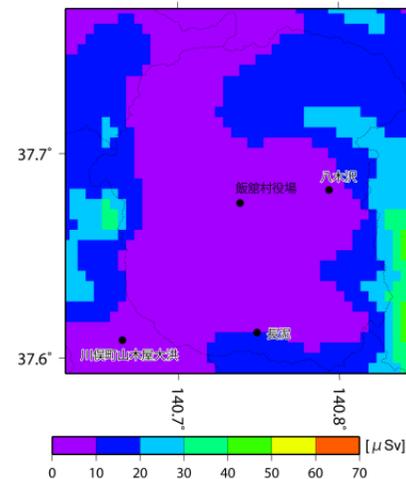
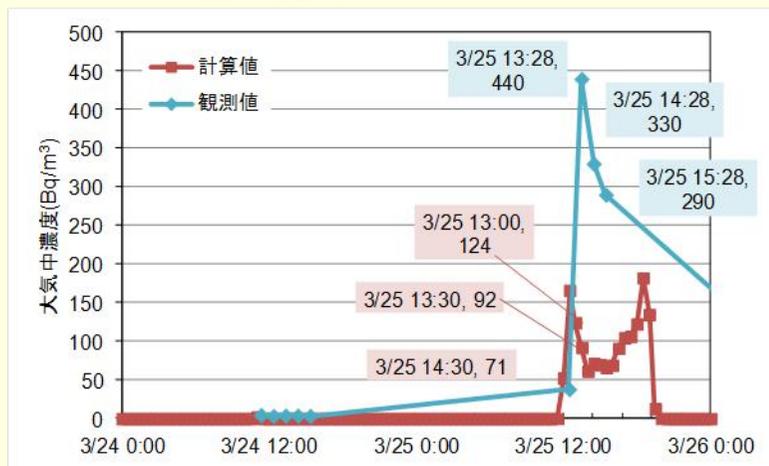


図 5-42 参考: 飯館村における  $^{133}\text{Xe}$  によるサブマージョン外部被ばく線量 (2011/3/11 9:00~3/26 11:00(JST))

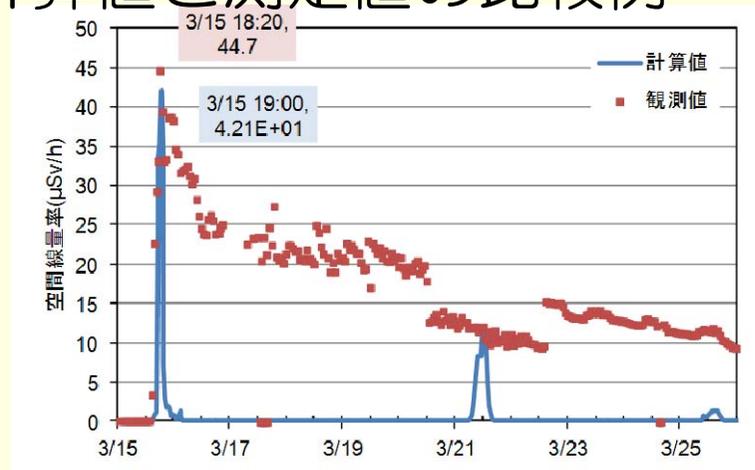
**Xe133のサブマージョン外部被曝は  
 数10 μSv程度なので、被曝としては  
 無視しておいてよさそう。**

# 大気拡散シミュレーション計算結果（5）

## 大気拡散シミュレーション計算値と測定値の比較例



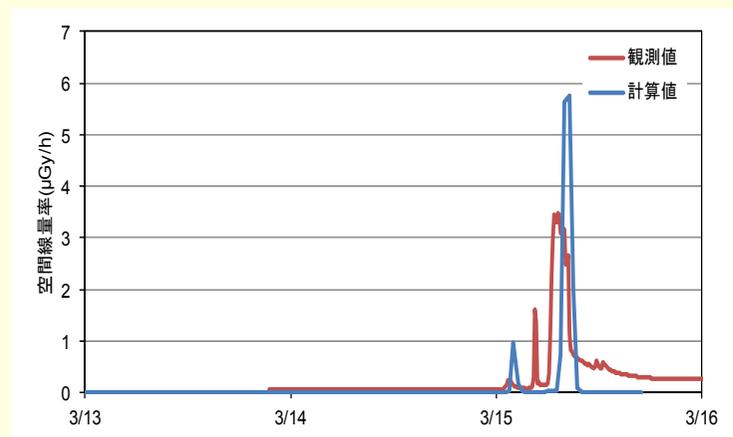
長泥の空气中I131濃度



村役場の空間線量率



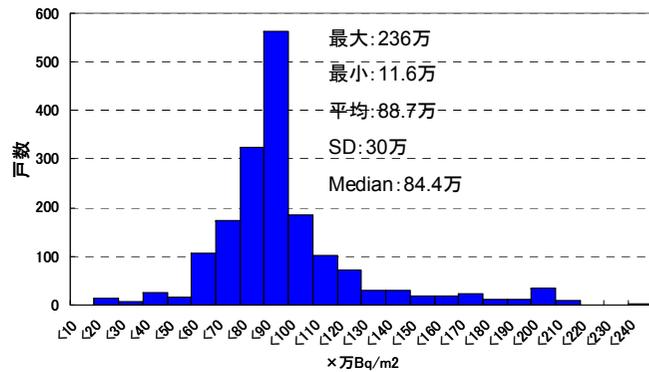
川俣町山木屋の空气中I131濃度



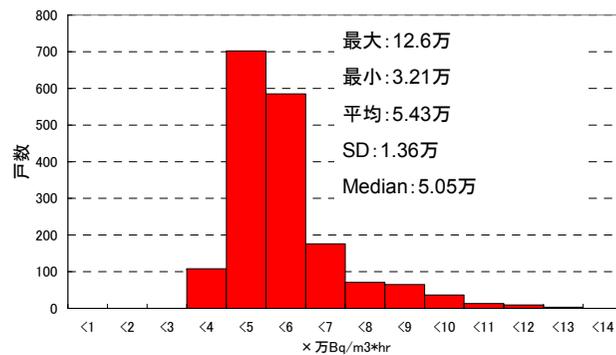
東海村JAEAでの空間線量率

シミュレーションがどの程度確かかは簡単には判断できないが、  
“当たらずとも遠からず” の話にはなっていると思われる。

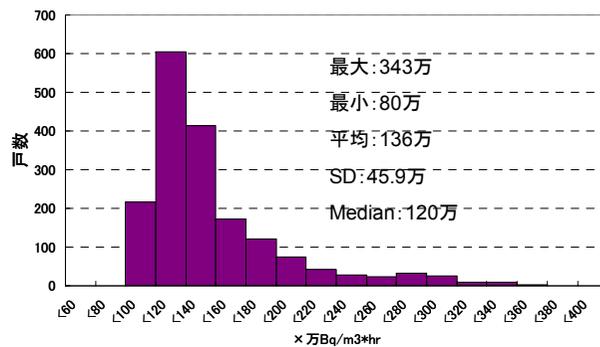
# 村内の放射能汚染・被曝の分布



セシウム137沈着量ヒストグラム NNSA: 飯館村全域 1768戸



ヨウ素131積算空気中濃度ヒストグラム: 飯館村全域 1768戸



キセノン133積算空気中濃度ヒストグラム: 飯館村全域 1768戸

## ●Cs137沈着量に基づく積算外部被曝

(3/15 18:00に全量沈着. 6/30 12:00に避難. その間ずっと野外モデル. Sv/Gy換算係数0.8)

平均: 17mSv、SD5.8mSv、最大45mSv、  
最小2.2mSv、メディアン16mSv、

## ●I131吸入にともなう小児甲状腺等価線量

(1歳児、呼吸量0.31m<sup>3</sup>/h、換算係数1.4E-3mSv/Bq. ずっと野外モデル.)

平均: 24mSv、SD5.9mSv、最大55mSv、  
最小14mSv、メディアン21mSv、

## ●Xe133サブマージョン外部被曝

(換算係数5.2E-6( $\mu$ Sv/h)/(Bq/m<sup>3</sup>). ずっと野外モデル.)

平均: 7.1  $\mu$ Sv、SD2.4  $\mu$ Sv、最大18  $\mu$ Sv、  
最小4.2  $\mu$ Sv、メディアン6.3  $\mu$ Sv

# まとめと今後のとらえかた

- 沈着放射能からの外部被曝については“ますます批判に耐えられる評価”になっているであろう。
  - 家屋遮蔽係数の導入や、インタビューによる行動記録が得られれば評価のqualityが改善される。
- 大気拡散シミュレーションについては、検証データが限られているので“おおよその評価”の域をでない。
  - それでも、印象はますますである。他者のシミュレーションと比較したい。
  - ヨウ素吸入取り込み量を数値で言えることの意味は大きい。本研究では“飯舘村の小児ずっと野外”の平均で1万7000Bqの<sup>131</sup>I吸入取り込みとなっている。Unknownである“経口取込”の意味合いを判断する目安になる。

## (今後の取り組み)

- 今年度の残りの時間で、これまでの結果を吟味・検討する。
- 次年度は、(抜き取り)インタビュー調査を実施し、事故当時の個人の行動や飲食物についての情報を収集する。
  - 飯舘村からの避難日は必須情報。