

平成24年度「放射線の健康影響に関わる研究調査事業」  
研究成果発表会

## 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

今中哲二

京都大学原子炉実験所

平成25年2月6日  
於 東京国際交流館

1

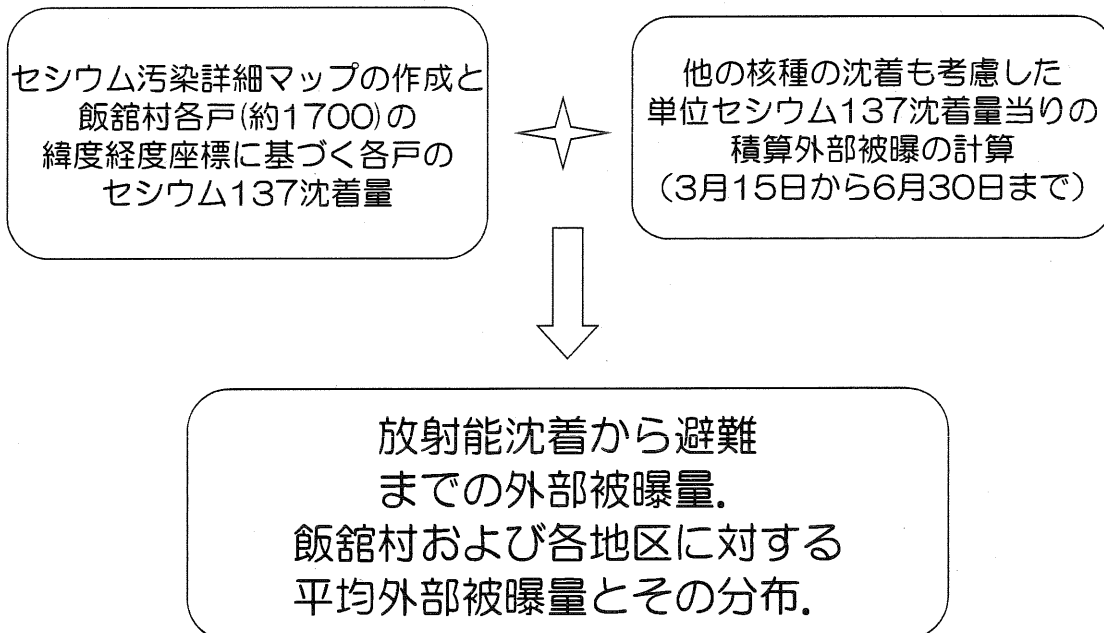
### 問題意識

- 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。

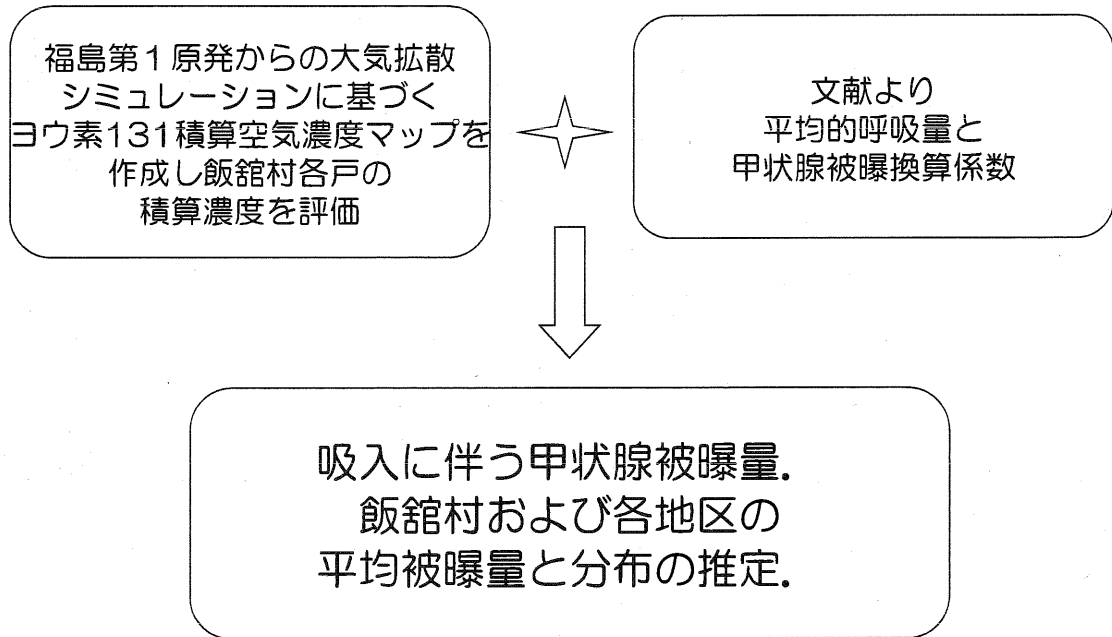
# 本研究課題の概要

- 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）を利用して、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気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・積算空気中濃度を割り当て、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。

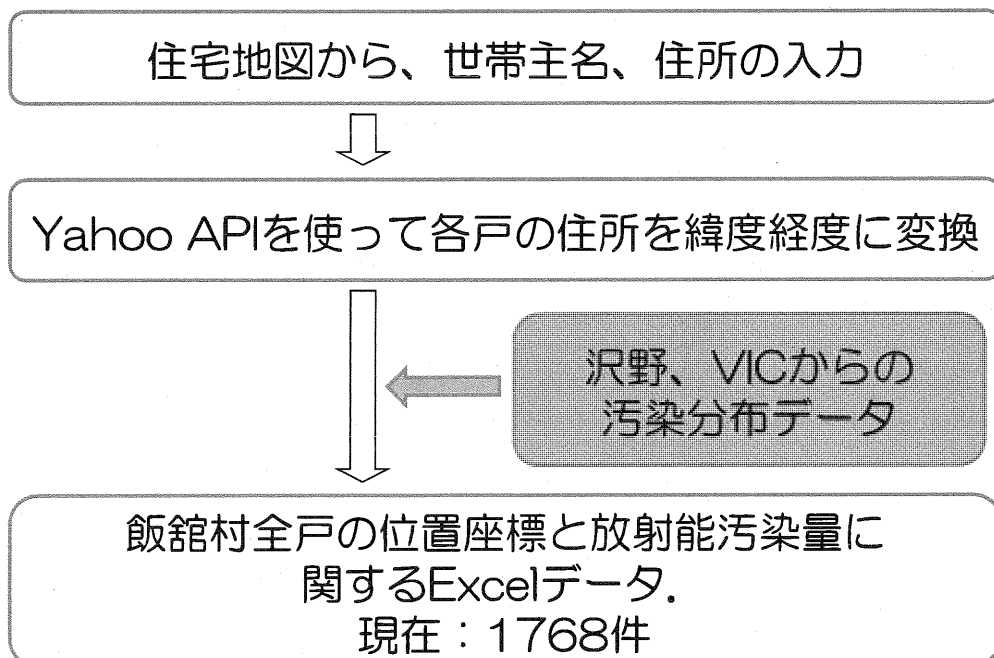
## 積算外部被曝量の評価の方法



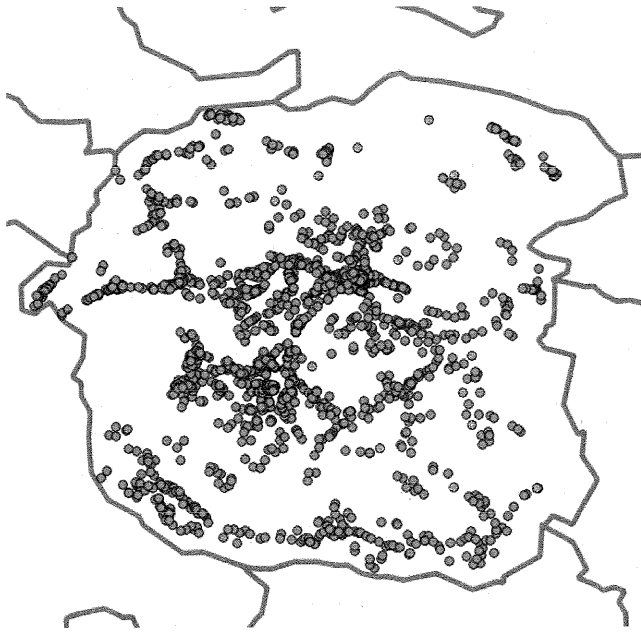
# ヨウ素吸入甲状腺被曝の評価方法



## 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



# 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

住所	緯度	経度	緯度	経度	緯度	経度
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-1	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-2	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-3	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-4	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-5	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-6	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-7	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-8	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-9	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-10	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-11	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-12	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-13	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-14	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-15	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-16	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-17	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-18	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-19	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-20	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-21	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-22	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-23	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-24	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-25	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-26	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-27	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-28	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-29	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000
1. 飯舘 大字 飯舘 1-1-30	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000	37.72010000	140.56841000

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

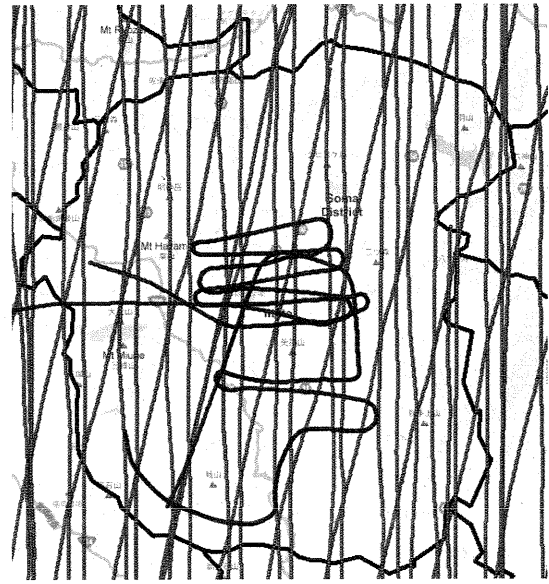
ENVIRONMENTAL MEASUREMENTS IN AN EMERGENCY:  
THIS IS NOT A DRILL

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

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

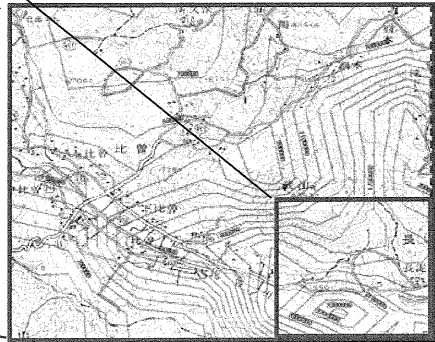
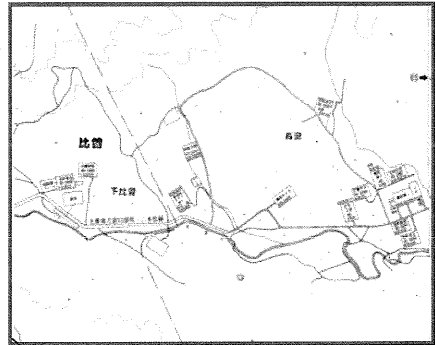
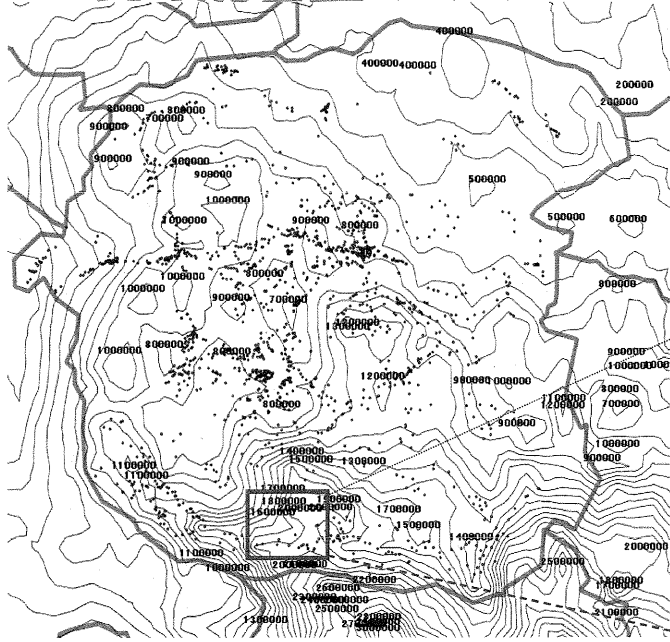


NNSAのヘリコプター  
サーベイ



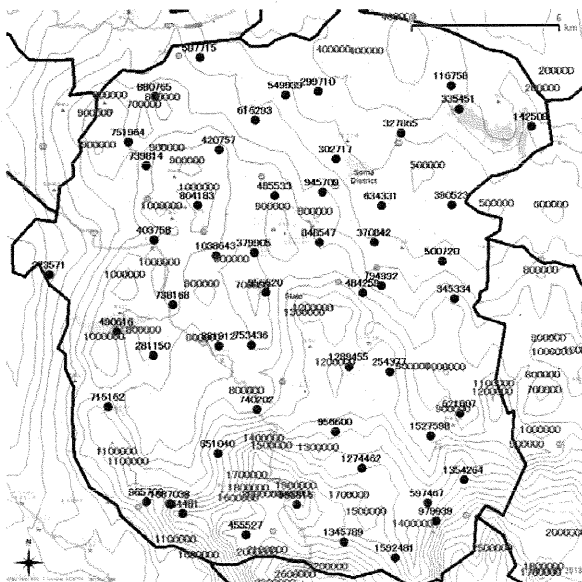
飯舘村のサーベイ軌跡  
緑(飛行機): 4月15日と5月3日  
黒(ヘリコプター): 4月1日

# 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

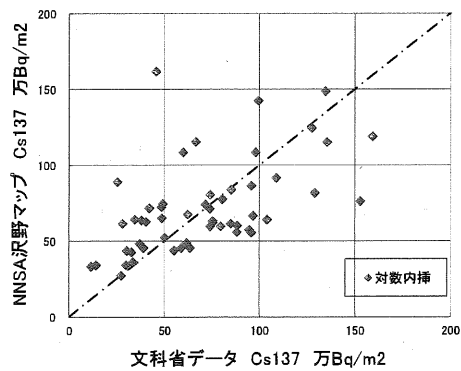


NNSAデータに基づくセシウム137沈着量  
コンタと住宅の位置

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



黒字: 文科省  
赤字: NNSA内挿値

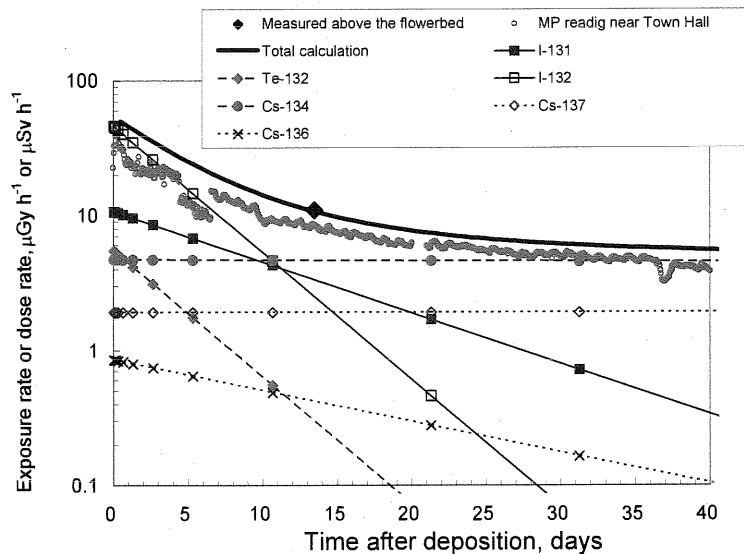


沈着量が小さいところでは、内挿値の方が大きくなる傾向があるが、なんとか使えるだろう。

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

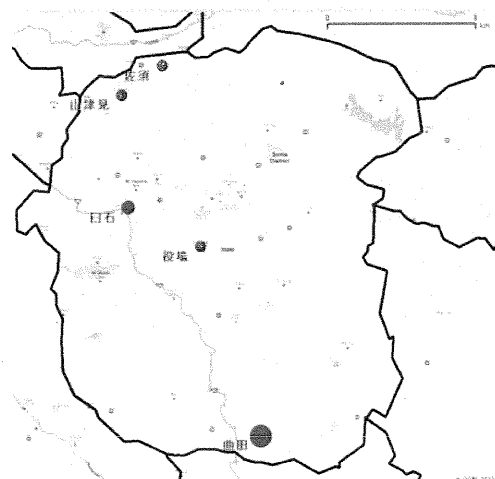


初期の外部被曝への寄与は、Te132/I132、I131、Cs134、Cs137を考えればよい。

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

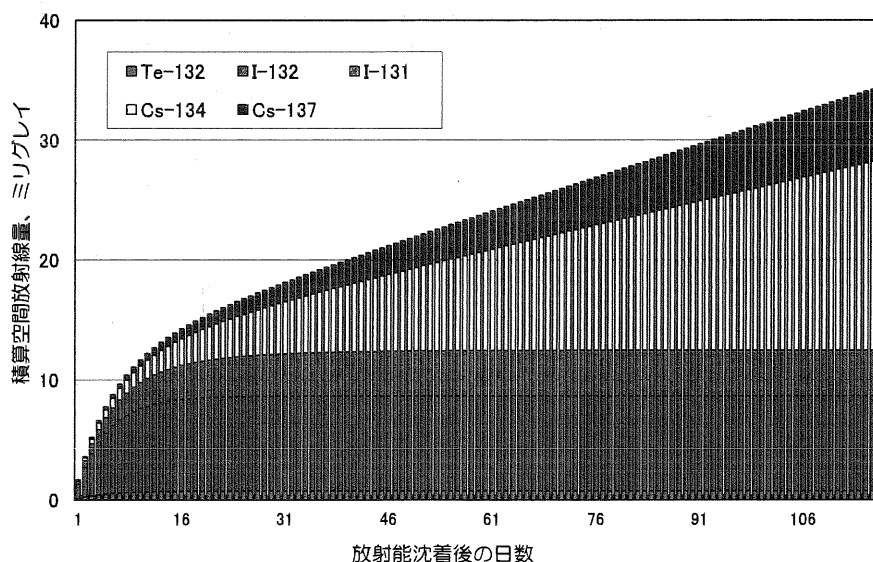
## 空間線量率計算の仮定

- 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。
  - $\text{Cs}134/\text{Cs}137=1$ 、 $\text{I}131/\text{Cs}137=9.2$ 、 $\text{Te}132(\text{I}132)/\text{Cs}137=8.3$
- 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

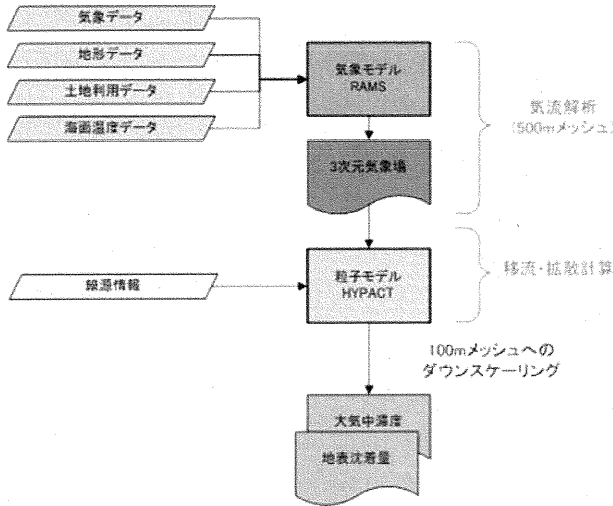
## 積算空間線量率（地表1m）の計算結果

セシウム137初期沈着：100万 $\text{Bq}/\text{m}^2$ 当り：

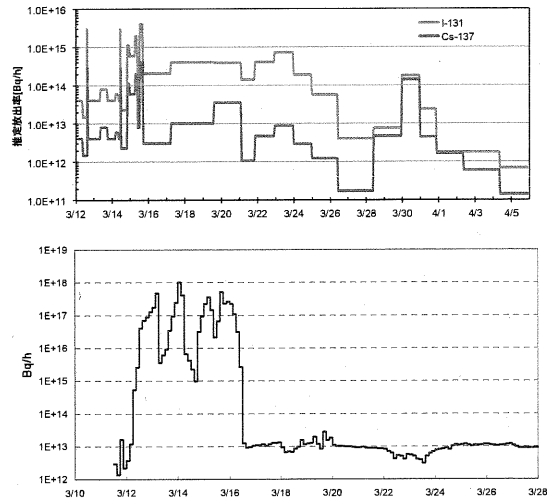


6月30日12:00（107日後）に避難したとし、それまで24時間ずっと野外にいたとして、積算空間線量は32.6ミリグレイ。

# 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



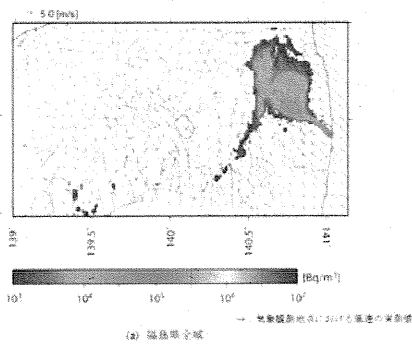
ソースターム

上: I-131とCs137(安全委)  
下: Xe-133(Stohl論文)

15

## 大気拡散シミュレーション計算結果 (1)

福島県



飯舘村

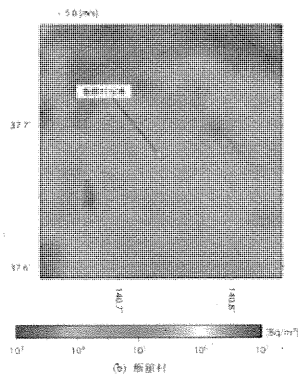


図 5-25 2011/3/15 19:00 の <sup>131</sup>I 大気中濃度分布

I131空気中濃度分布  
3月15日19:00

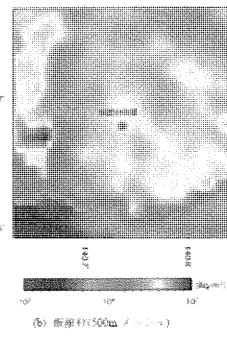
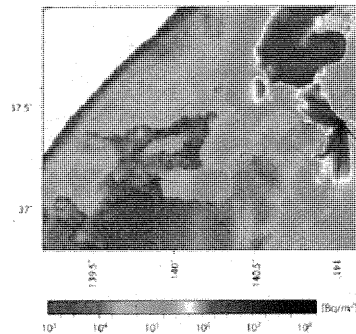


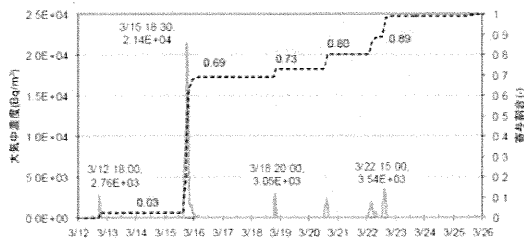
図 5-17 2011/3/14~3/17 における <sup>131</sup>I の積算沈着量分布

I131地表沈着量分布

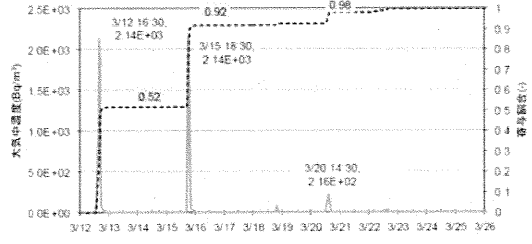
16



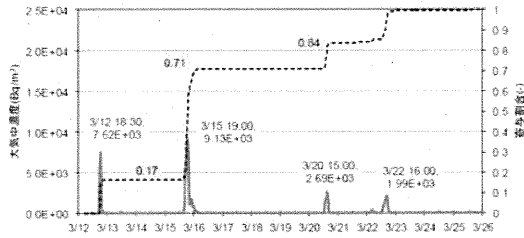
# 大気拡散シミュレーション計算結果 (2)



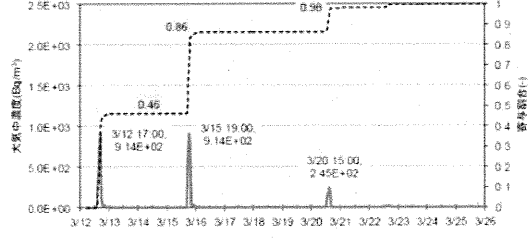
(c) 飯館村長泥



(c) 飯館村飯館村長泥



(d) 飯館村役場



(d) 飯館村役場

図 5-21 2011.3.12 5:00~3.26 0:00の飯館村における<sup>131</sup>Iの大気中濃度の経時変化と寄与割合(1)

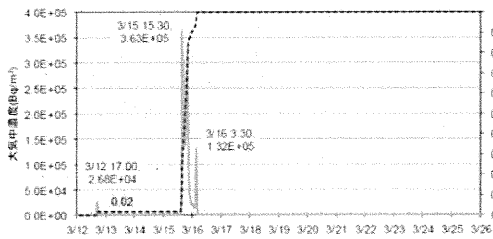
図 5-23 2011.3.12 5:00~3.26 0:00の飯館村における<sup>131</sup>Iの大気中濃度の経時変化と寄与割合(2)

I131空気中濃度の時間変化と積算割合  
長泥地区と村役場

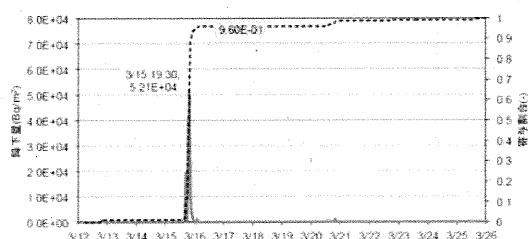
Cs137空気中濃度の時間変化と積算割合  
長泥地区と村役場

上図の通りだと、3月12日にも飯館村に、無視できないフルームが来ている。

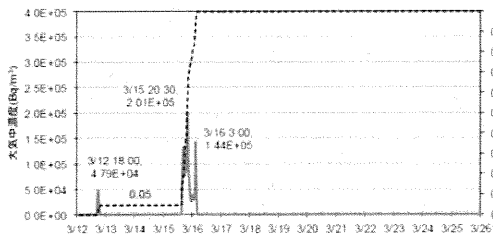
# 大気拡散シミュレーション計算結果 (3)



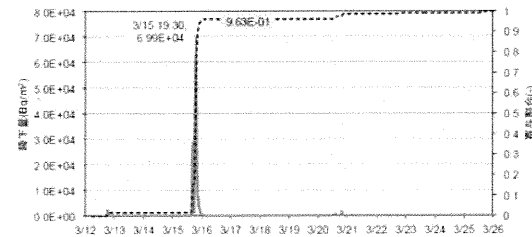
(c) 飯館村長泥



(c) 長泥曲田



(d) 飯館村役場



(d) 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<sup>133</sup>Xeの大気中濃度の経時変化と寄与割合(1)

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)

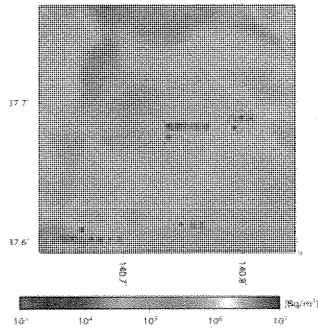


図 5.25 飯館村における<sup>131</sup>Iの時間積分濃度 (2011.3.12 5:00~3.26 11:00(JST))

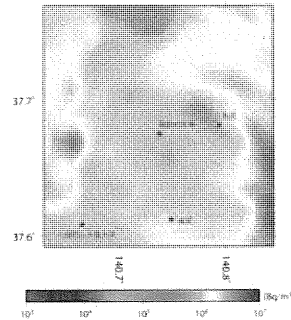


図 5.41 飯館村における<sup>135</sup>Xeの時間積分濃度 (2011.3.11 9:00~3.26 0:00(JST))

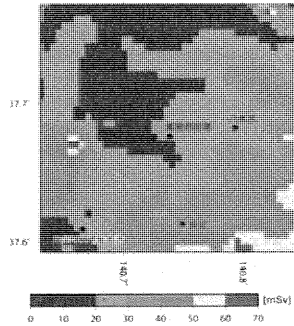


図 5.26 参考: 飯館村における<sup>131</sup>Iの吸入による小児甲状腺等価線量 (2011.3.12 5:00~3.26 11:00(JST))

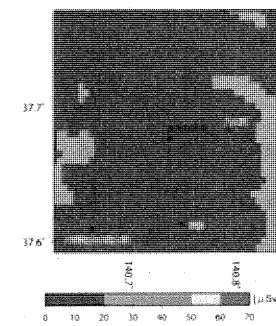


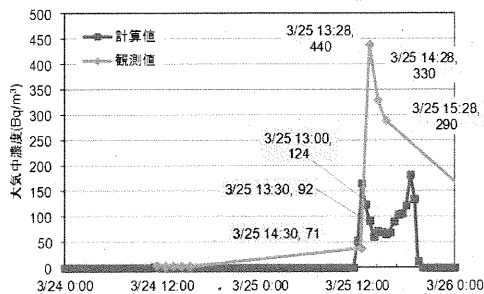
図 5.42 参考: 飯館村における<sup>135</sup>Xeによるサブマージョン外部被曝線量 (2011.3.11 9:00~3.26 11:00(JST))

小児は24時間ずっと野外の仮定. 呼吸率  
0.31m³/h. 甲状腺等価線量換算係数  
01.4E-3mSV/Bq.

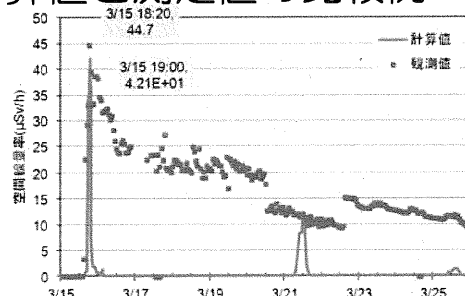
Xe133のサブマージョン外部被曝は  
数10μSv程度なので、被曝としては  
無視しておいてよさそう。 19

# 大気拡散シミュレーション計算結果 (5)

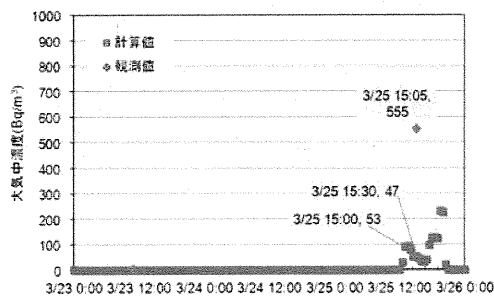
## 大気拡散シミュレーション計算値と測定値の比較例



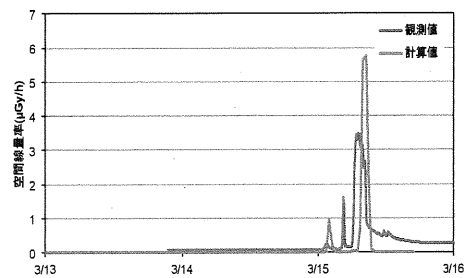
長泥の空气中131濃度



村役場の空間線量率



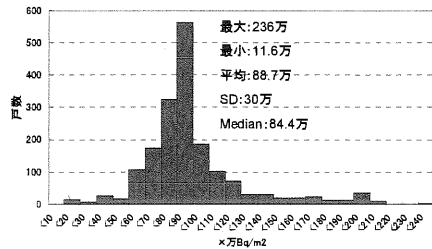
川俣町山木屋の空气中131濃度



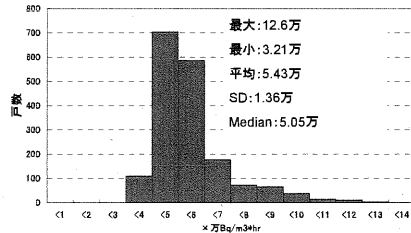
東海村JAECでの空間線量率

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。

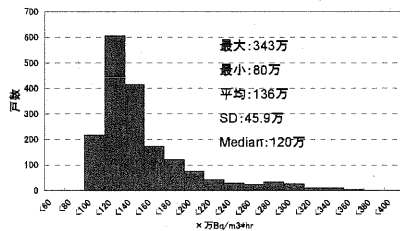
# 村内の放射能汚染・被曝の分布



セシウム137沈着量ヒストグラム NNSA:飯舘村全域 1768戸



ヨウ素131積算空気中濃度ヒストグラム:飯舘村全域 1768戸



キセノン133積算空気中濃度ヒストグラム:飯舘村全域 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吸入によ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サスマージョン外部被曝

(換算係数5.2E-6(μSv/h)/(Bq/m<sup>3</sup>). ずっと野外モデル.)  
平均:7.1μSv、SD2.4μSv、最大18μSv、  
最小4.2μSv、メディアン6.3μSv

## まとめと今後のとりくみ

- 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I131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。

# ISPプロジェクトメンバー

- 代表者 今中哲二
- 分担者 沢野伸浩
- 協力者 遠藤 暁
- 菅井益郎
- 小澤祥司
- 川野徳幸
- 参加者 林 剛平
- 受託者 市川克樹
- 城戸寛子
- 黒澤直弘