

# 線量率マップ作成方法1

## ～3月12日から3月14日まで～

### 領域メッシュ定義

国土地理院が定める二次メッシュ(経度:7.5分、緯度5分)を5分割した領域:おおよそ2km×2km

### マップ領域

SPEEDIが計算可能な領域と同一の領域

### 線量率マップ作成方法

- MELCOR(原子力安全・保安院)によるソースターム計算結果を用いたSPEEDI(原子力安全技術センター)の評価結果を基に作成。  
\*:住民の被ばく線量推定のためのSPEEDIによる計算の実施について  
(<http://www.meti.go.jp/press/2011/06/20110628007/20110628007.html>)
- SPEEDIは、1時間毎の外部被ばく実効線量(成人)を、98km×98kmの領域内において、1km×1kmのメッシュで出力する。これらは、本システムの領域メッシュ定義と異なるため、以下の手順で本システムにおいて使用可能な線量率マップを構築した。
  1. SPEEDI出力結果を1日24時間で平均化。
  2. 市販の地図情報処理ソフトを用いて、本システムのメッシュ定義で再構築。

7

# 線量率マップ作成方法2

## ～3月15日から7月11日まで～

### 領域メッシュ定義

国土地理院が定める二次メッシュ(経度:7.5分、緯度5分)を5分割した領域:おおよそ2km×2km  
(3月14日以前と同一)

### マップ領域

福島県全域及び隣接四県(宮城、山形、栃木、茨城)の一部。モニタリングデータのない海岸付近および福島県と新潟県の県境付近では、西隣もしくは東隣のメッシュ領域の線量率を用いる。

### 線量率マップ作成方法

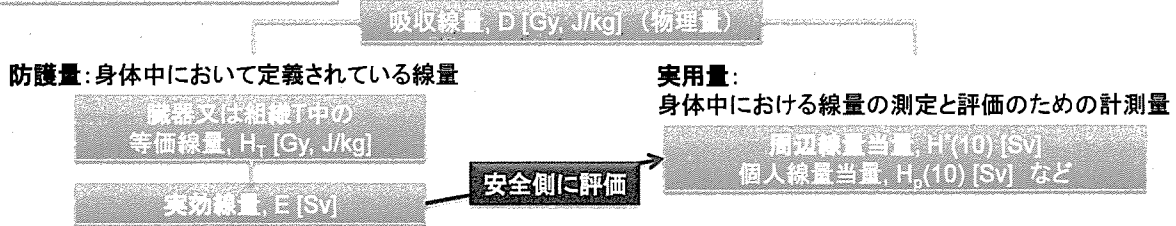
- 文科省公表のモニタリングデータを基に作成。  
\*:東京電力株式会社福島第1及び第2原子力発電所周辺の放射線量等分布マップ。  
このデータには文科省測定データのみにならず、福島県が測定したデータも含まれている。  
([http://radioactivity.mext.go.jp/ja/distribution\\_map\\_around\\_FukushimaNPP/](http://radioactivity.mext.go.jp/ja/distribution_map_around_FukushimaNPP/))
- 以下の手順で本システムにおいて使用可能な線量率マップを構築した。
  1. モニタリングデータは継続的に測定されていない地点もあるため、文科省の「積算線量推定マップ等」の作成において用いられた方法と同様に線量変化が最も急である地点の実測値との比を用いて全日の線量値に換算。
  2. 離散データであるモニタリングデータを一日毎に「Natural Neighbor」法を用いて内挿し、二次元空間分布図を作成。
  3. 定義した約2km×約2kmメッシュ領域毎にゾーン集計し、その平均値を算出。
  4. 3.で算出した値に、周辺線量当量から実効線量(成人)への換算係数:0.6を乗じる。
  5. バックグラウンドの線量を除くため、福島県内における3月11日以前のバックグラウンド値:0.03 $\mu$ Sv/hを差し引く。
- 3月15日については3月16日のモニタリングデータを基に構築した線量率マップを用いる。
  - 3月15日以前から継続的に行われているモニタリングデータを基に、以下の事実を確認している。
    - 福島第一原子力発電所南及び南西部を除いて、保守的な評価となる。
    - 福島第一原子力発電所南及び南西部においては、実効線量で最大約11 $\mu$ Svの過小評価にとどまる。

8

# 実効線量への換算について

## 周辺線量当量と実効線量

放射線防護を考える場合は防護量を基本とする。



- 人体に関係する防護量は実際には測定することができず、そのため、放射線モニタリングにおける量として直接使用できない。したがって、実用量が実際の規制などで用いられる。
- 実用量はある被ばくまたは照射条件下で防護量の推定または上限を与えることを目的とする。つまり、実用量は防護量を安全側に評価する。

## 換算係数の算出

1. ICRP74より $E/\phi$ (成人),  $H^*(10)/\phi$ を算出。(φ:γ線束)
2. Log-Log内挿により、核種,  $x$  が放出するガンマ線エネルギー,  $i$  における $(E/\phi)_i$ ,  $(H^*(10)/\phi)_i$ を算出。
3. 次の式を用いて、核種,  $x$  の実効的な換算係数を算出。
  - $E_{Eff,x} = \sum_i \{(E/\phi)_i \times \gamma_i\} / \sum_i \gamma_i$
  - $H^*(10)_{Eff,x} = \sum_i \{(H^*(10)/\phi)_i \times \gamma_i\} / \sum_i \gamma_i$
  - ここで、 $\gamma_i$ : ガンマ線 $i$ の放出率
4. 次の式を用いて、周辺線量当量から実効線量への換算係数,  $C_x$ 算出。
  - $C_x = E_{Eff,x} / H^*(10)_{Eff,x}$

5. 外部被ばくに起因すると考えられる7核種について $C_x$ を算出。(松村 他, 日本原子力学会和文論文誌, 10(3), 152-162(2011)等)

核種, X	$C_x$	核種, X	$C_x$	核種, X	$C_x$
Xe-133	0.44	I-131	0.53	Cs-134	0.58
Te-129m	0.30	I-132	0.59	Cs-137	0.57
Te-132	0.48				

6. 上表より、最も保守的(安全側)となる0.59を、有効数字一桁に丸めた「0.6」を本システムで採用する。
7. 上記の通り、本システムは成人の実効線量を評価する。本システムによる線量評価結果から、小児への換算について次ページに記す。

9

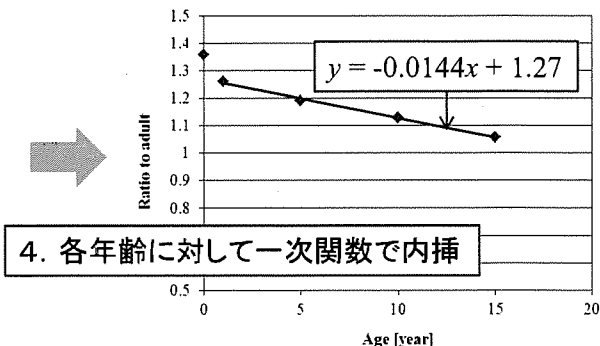
# 実効線量への換算について ～小児への換算～

- 体内に入射する放射線から臓器を遮蔽する上層組織の量が身体寸法の増加とともに増加するため、年齢が低いほど、γ線束あたりの実効線量換算係数は高い。
- つまり、周辺線量当量あたりの実効線量も年齢が低いほど高いこととなる。
- 成人の $C_x$ に対する各年齢の $C_x$ の比を示すことで、本システムで評価された値から小児の実効線量へ換算する目安を与える。

## 小児への換算係数

1. 成人の実効線量と同一の方法で小児に対する $C_x$ を算出。
2. 年齢毎の実効線量換算係数は、Y. Yamaguchi, "Age-dependent effective doses for external photons," Radiation Protection Dosimetry, 55 123-129 (1994)のデータを用いる。
3. 下表に成人の $C_x$ に対する各年齢の $C_x$ の比を示す。

核種, X	年齢 [才]				
	0	1	5	10	15
Xe-133	1.30	1.23	1.16	1.11	1.01
Te-129m	1.29	1.21	1.15	1.10	1.03
Te-132	1.36	1.26	1.19	1.13	1.06
I-131	1.33	1.24	1.18	1.12	1.05
I-132	1.29	1.21	1.15	1.11	1.04
Cs-134	1.29	1.21	1.16	1.11	1.04
Cs-137	1.30	1.21	1.16	1.10	1.04
最大値	1.36	1.26	1.19	1.13	1.06



# バックグラウンド値について

## モニタリングデータ

福島県内における3月11日以前のバックグラウンド値は以下の福島県公表データを基にした。

- 環境放射能の監視測定 (<http://www.pref.fukushima.jp/nuclear/kanshi/>)
  - 原子力発電所周辺環境放射能測定結果の評価結果  
(平成23年2月23日、福島県原子力発電所安全確保技術連絡)  
(<http://www.pref.fukushima.jp/nuclear/kanshi/H22-3.pdf>)
  - 福島県内の23地点(広野町1地点、楡葉町4地点、富岡町5地点、大熊町5地点、双葉町4地点、浪江町4地点)における空間線量率の過去の月間平均値:33~54 nGy/h
- 環境放射能測定結果・検査結果関連情報-県内7方部 環境放射能測定結果  
(<http://www.pref.fukushima.jp/j/7houbu492.pdf>)
  - 平常時の空間線量率 [ $\mu\text{Gy/h}$ ]

福島市	郡山市	白河市	会津若松市	南会津町	南相馬市	いわき市平
0.04	0.04-0.06	0.04-0.05	0.04-0.05	0.02-0.04	0.05	0.05-0.06

上記データより、中間値:0.04  $\mu\text{Gy/h}$ を採用する。

## バックグラウンド値

- 上記の空間線量率は空気カーマ率を意味している。周辺線量当量から実効線量への換算と同一の方法で、空気カーマから実効線量の換算係数を算出。 $\Rightarrow 0.75$  [Sv/Gy]
- 福島県内の平常時のバックグラウンドの実効線量率として、 $0.04 \times 0.75 = 0.03 \mu\text{Sv/h}$ を採用した。

11

# 避難行動のモデルケース別 外部被ばく線量の試算の考え方

## 避難行動

実際の避難場所等を参考に18例のモデルケースを作成

移動時間に対する仮定:

- 3月中は交通状態が通常より悪化していたため、県内の移動は時速10km、県外への移動は時速30kmを仮定
- 4月以降は通常の交通状態を仮定

屋外活動時間に対する仮定:

- 自宅周辺の屋外活動を避難までは4時間、避難所等では2時間と仮定。

\*: 詳細を表1及び図1から4に示す。

## 初期の居住場所

市町村毎に下記の2つの場所を仮定

- 当該市町村の役場、公民館などの公的な場所
  - 避難開始までの線量が最大となる領域
- \*: 適当な公的場所が20km圏内もしくは計画的避難区域に含まれない場合はb)のみの試算

1. 20km圏内:

全域: 富岡町、大熊町、双葉町

一部: 楡葉町、浪江町、田村市、南相馬市、広野町、川内村、葛尾村

2. 計画的避難区域

全域: 飯舘村

一部: 浪江町、葛尾村、南相馬市、川俣町

## 試算結果

放射線医学総合研究所において開発した放医研住民線量評価システムにより3月12日から7月11日までの積算外部被ばく実効線量を試算

- 20km圏内からの避難: 0.2 ~ 2 mSv
- 計画的避難区域からの避難: 0.8 ~ 19 mSv

表1. モデルケース18例の仮定シナリオ  
(行動パターンの括弧内は仮定した低減係数)

a) 20km圏内からの避難

ID	行動パターン
1	3月12日 富岡町役場(0.4)→川内村役場(0.4)に6時までに移動完了。移動時間3時間。 3月16日 ビックパレットふくしま(0.1)に10時から移動開始。移動時間6時間。
2	3月12日 大熊町役場(0.4)→船引就業改善センター(0.4)に13時に移動完了。移動時間3時間。
3	3月12日 双葉町役場(0.4)→8時に川俣小学校(0.4)に移動完了。移動時間5時間。 3月19日 さいたまスーパーアリーナ(0.1)に10時から移動開始。移動時間7時間。 3月31日 旧県立騎西高校(0.1)に10時から移動開始。移動時間1時間。
4	3月12日 双葉町役場(0.4)→一号機の 수소爆発に伴い川俣小学校(0.4)に16時から移動開始。移動時間5時間。 3月19日 さいたまスーパーアリーナ(0.1)に10時から移動開始。移動時間7時間。 3月31日 旧県立騎西高校(0.1)に10時から移動開始。移動時間1時間。
5	3月12日 楢葉町役場(0.4)→いわき市役所(0.4)に13時に移動完了。移動時間4時間。 3月31日 船引就業改善センター(0.4)に朝10時から移動。移動時間2時間。
6	3月12日 楢葉町役場(0.4)→いわき市役所(0.4)に13時に移動完了。移動時間4時間。 3月16日 会津美里町役場(0.4)に10時から移動開始。移動時間5時間。
7	3月12日 浪江町役場(0.4)→15時につしま活性化センター(0.4)に移動完了。移動時間3時間。 3月16日 安達体育館(0.4)に10時から移動開始。移動時間は4時間。
8	3月12日 田村市20km圏内最大線量領域(0.4)→デンソー東日本(0.4)に8時までに移動完了。移動時間1時間。 3月31日 ビックパレットふくしま(0.1)に10時から移動。移動時間1時間。
9	3月15日 南相馬市20km圏内最大線量領域(0.4)→伊達市役所(0.4)に10時から移動開始。移動時間6時間。 3月31日 あづま総合体育館(0.4)に10時から移動開始。移動時間1時間。
10	3月12日 広野町20km圏内最大線量領域(0.4)→小野町役場(0.4)に8時に移動完了。移動時間7時間。
11	3月13日 川内村20km圏内最大線量領域(0.4)→川内村小学校(0.1)に10時から移動開始。移動時間1時間。 3月16日 ビックパレットふくしま(0.1)に10時から移動開始。移動時間6時間。
12	3月14日 葛尾村20km圏内最大線量領域(0.4)→あづま総合体育館(0.4)に10時から移動開始。移動時間8時間。

13

表1. モデルケース18例の仮定シナリオ  
(行動パターンの括弧内は仮定した低減係数)

b) 計画的避難区域からの避難

ID	行動パターン
13	3月23日 浪江町つしま活性化センター(0.4)→安達体育館(0.4)に10時から移動開始。 移動時間は4時間。
14	3月21日 葛尾村役場(0.4)→あづま総合体育館(0.4)に10時から移動開始。移動時間2時間。
15	5月29日 飯館村役場(0.4)→福島市役所飯野支所(0.4)に10時から移動開始。移動時間1時間。
16	6月21日 飯館村役場(0.4)→福島市役所飯野支所(0.4)に10時から移動開始。移動時間1時間。
17	5月20日 南相馬市計画的避難区域内最大線量領域(0.4)→南相馬市役所(0.4)に10時から移動開始。移動時間0.5時間。
18	6月1日 川俣町計画的避難区域内最大線量領域(0.4)→川俣町役場(0.4)に朝10時から移動開始。移動時間0.5時間。

14

# モデルケース別の被ばく線量の詳細

## 20km圏内からの避難

1	0.000 mSv 3/11~3/12 富岡町役場	0.056 mSv 3/12~3/16 川内村役場等	0.70 mSv 3/16~7/11 ピックパレットふくしま(郡山市)	0.76 mSv	
富岡町内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は0.76mSvであった。					
2	0.70 mSv 3/11~3/12 大熊町役場	0.25 mSv 3/12~7/11 船引就業改善センター(田村市)		0.94 mSv	
大熊町内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は1.1mSvであった。					
3	0.006 mSv 3/11~3/12 双葉町役場	0.22 mSv 3/12~3/19 川俣小学校	0.000 mSv 3/19~3/31 さいたまスーパーアリーナ	0.000 mSv 3/31~7/11 旧県立駒西高校	0.22 mSv
双葉町内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は0.64mSvであった。					
4	0.018 mSv 3/11~3/12 双葉町役場	0.22 mSv 3/12 (一号機の水素爆発後 移動) ~3/19川俣小学校	0.000 mSv 3/19~3/31 さいたまスーパーアリーナ	0.000 mSv 3/31~7/11 旧県立駒西高校	0.23 mSv
双葉町内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は1.6mSvであった。					
5	0.000 mSv 3/11~3/12 楢葉町役場	0.16 mSv 3/12~3/31 いわき市	0.13 mSv 3/31~7/11 船引就業改善センター	0.30 mSv	
楢葉町内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は0.30mSvであった。					
6	0.000 mSv 3/11~3/12 楢葉町役場	0.017 mSv 3/12~3/16 いわき市	0.24 mSv 3/16~7/11 会津美里町	0.25 mSv	
楢葉町内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は0.25mSvであった。					
7	0.009 mSv 3/11~3/12 浪江町役場	0.65 mSv 3/12~3/16 津島活性化センター	1.3 mSv 3/16~7/11 安達体育館(二本松市)	2.0 mSv	
浪江町内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は2.3mSvであった。					

15

# モデルケース別の被ばく線量の詳細

8	0.13 mSv 3/11~3/12 田村市(*)	0.20 mSv 3/12~3/31 デンソー東日本(田村市)	0.44 mSv 3/31~7/11ピックパ レットふくしま(郡山市)	0.77 mSv
(*)20km圏内の最大線量領域を仮定				
9	0.71 mSv 3/11~3/15 南相馬市(*)	0.47 mSv 3/15~3/31 伊達市役所	0.28 mSv 3/31~7/11あづま総 合体育館(福島市)	1.5 mSv
(*)20km圏内の最大線量領域を仮定				
10	0.000 mSv 3/11~3/12 広野町(*)	0.18 mSv 3/12~7/11 小野町		0.18 mSv
(*)20km圏内の最大線量領域を仮定				
11	0.002 mSv 3/11~3/13 川内村(*)	0.036 mSv 3/13~3/16 川内村小学校	0.70 mSv 3/16~7/11 ピックパレットふくしま(郡山市)	0.74 mSv
(*)20km圏内の最大線量領域を仮定				
12	0.22 mSv 3/11~3/14 葛尾村(*)	0.49 mSv 3/14~7/11 あづま総合体育館(福島市)		0.71 mSv
(*)20km圏内の最大線量領域を仮定				

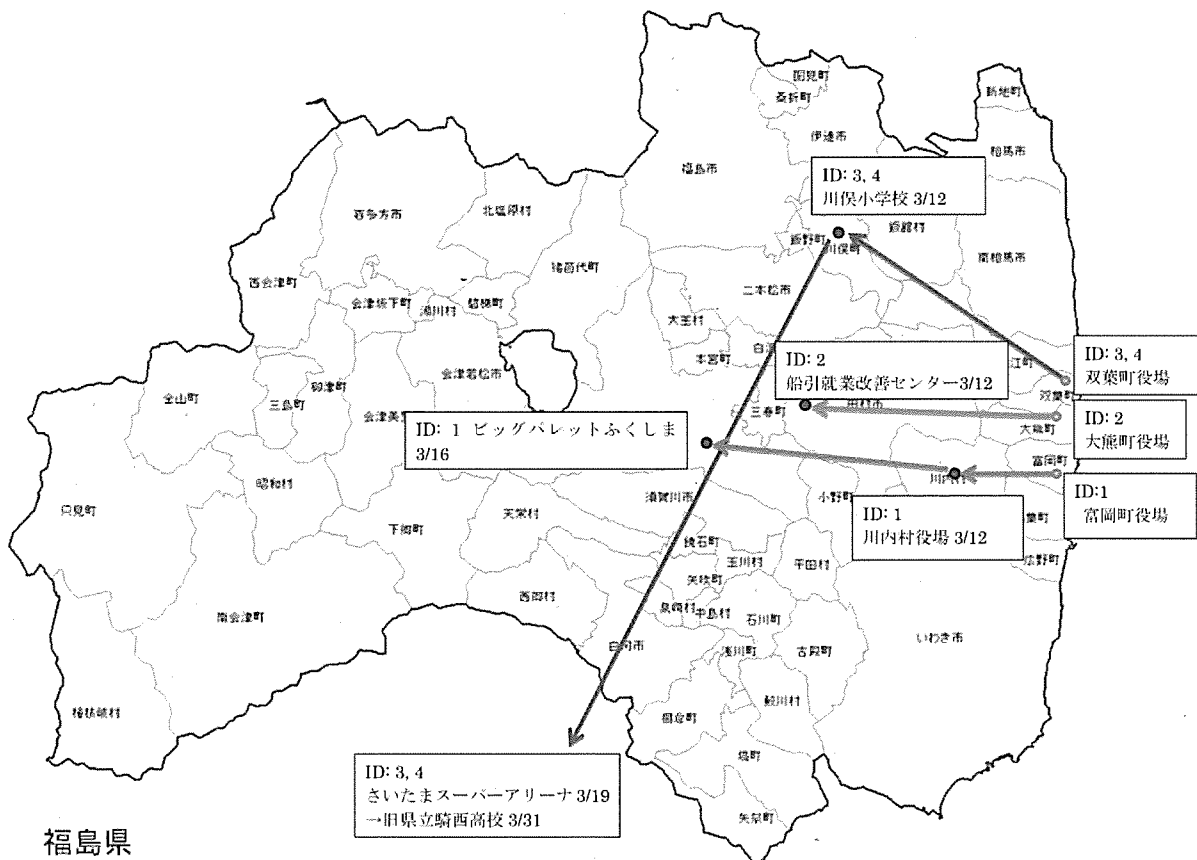
16

# モデルケース別の被ばく線量の詳細

## 計画的避難区域からの避難

- |   |                            |                            |          |          |          |
|---|----------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|
| 13  | 3/11~3/23<br>浪江町つしま活性化センター | 3/23~7/11<br>安達体育館(二本松市)   | 3.8 mSv  | 1.0 mSv  | 4.8 mSv  |
| 浪江町内の計画的避難区域内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は13mSvであった。 |                            |                            |          |          |          |
| 14  | 3/11~3/21<br>葛尾村役場         | 3/21~7/11<br>あづま総合体育館(福島市) | 0.48 mSv | 0.36 mSv | 0.84 mSv |
| 葛尾村内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は7.2mSvであった。         |                            |                            |          |          |          |
| 15  | 3/11~5/29<br>飯館村役場         | 5/29~7/11<br>福島市役所飯野支所     | 5.2 mSv  | 0.31 mSv | 5.5 mSv  |
| 飯館村内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は17 mSvであった。         |                            |                            |          |          |          |
| 16  | 3/11~6/21<br>飯館村役場         | 6/21~7/11<br>福島市役所飯野支所     | 6.0 mSv  | 0.16 mSv | 6.2 mSv  |
| 飯館村内において避難開始までの線量が最大になる領域での試算結果は19 mSvであった。         |                            |                            |          |          |          |
| 17  | 3/11~5/20<br>南相馬市(*)       | 5/20~7/11<br>南相馬市役所        | 1.6 mSv  | 0.21 mSv | 1.8 mSv  |
| (*)計画的避難区域内の最大線量領域を仮定                               |                            |                            |          |          |          |
| 18  | 3/11~6/1<br>川俣町山木屋地区(*)    | 6/1~7/11<br>川俣町役場          | 2.6 mSv  | 0.40 mSv | 3.0 mSv  |
| (*)計画的避難区域内の最大線量領域を仮定                               |                            |                            |          |          |          |

17



福島県

図1: 行動パターン(ID:1から4)

18

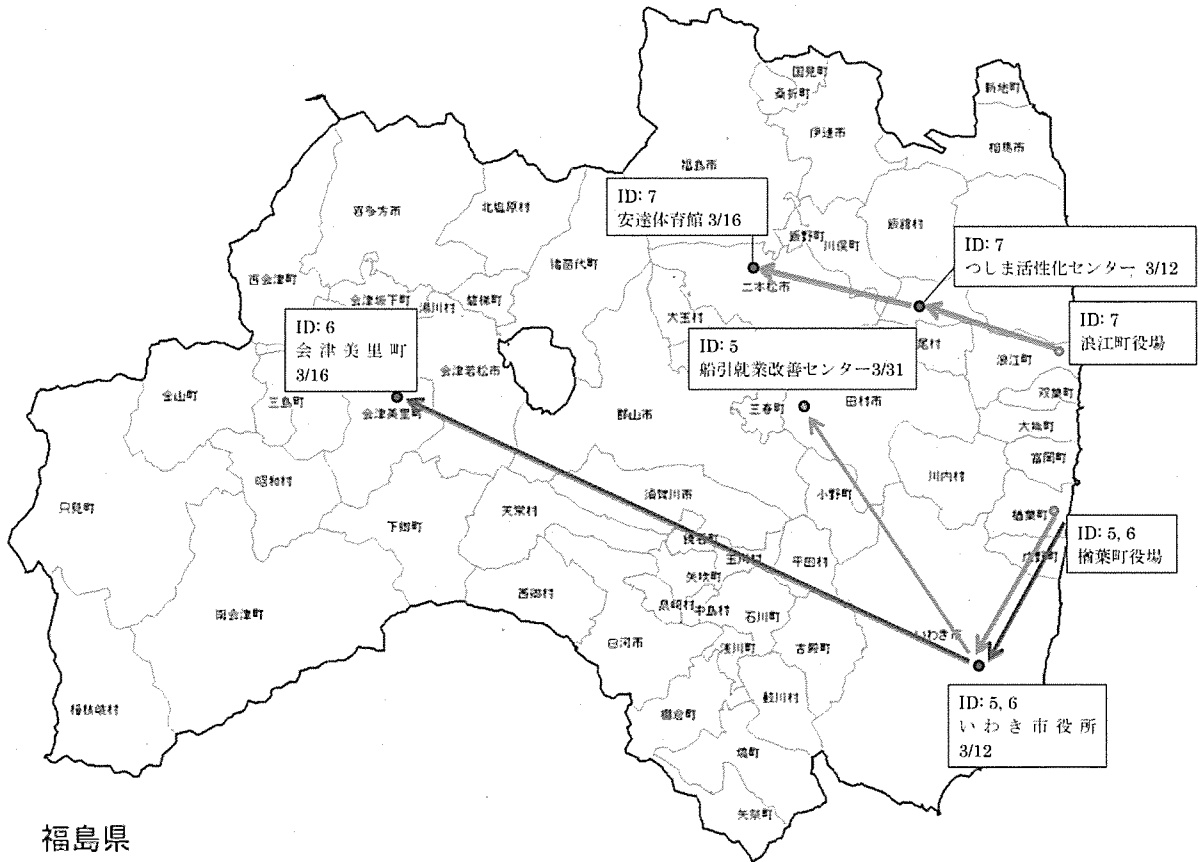


図2: 行動パターン(ID:5から7)

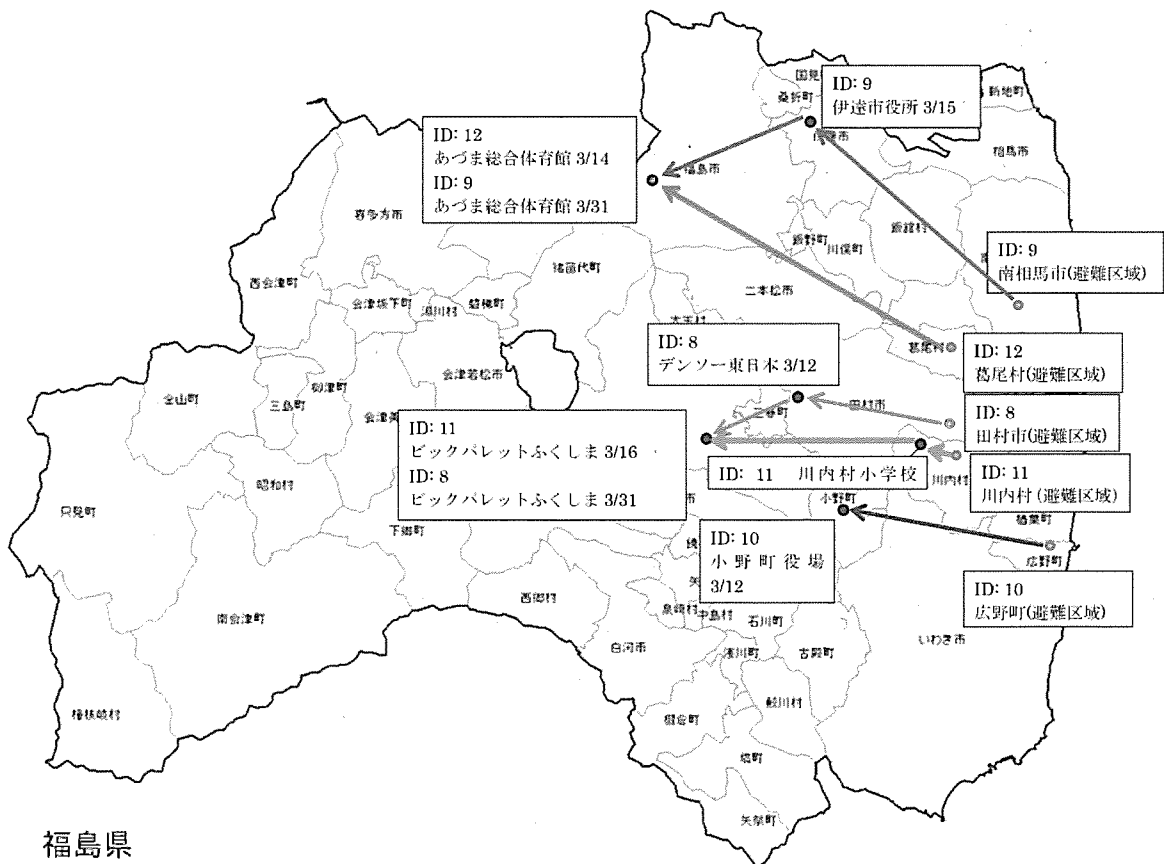


図3: 行動パターン(ID:8から12)

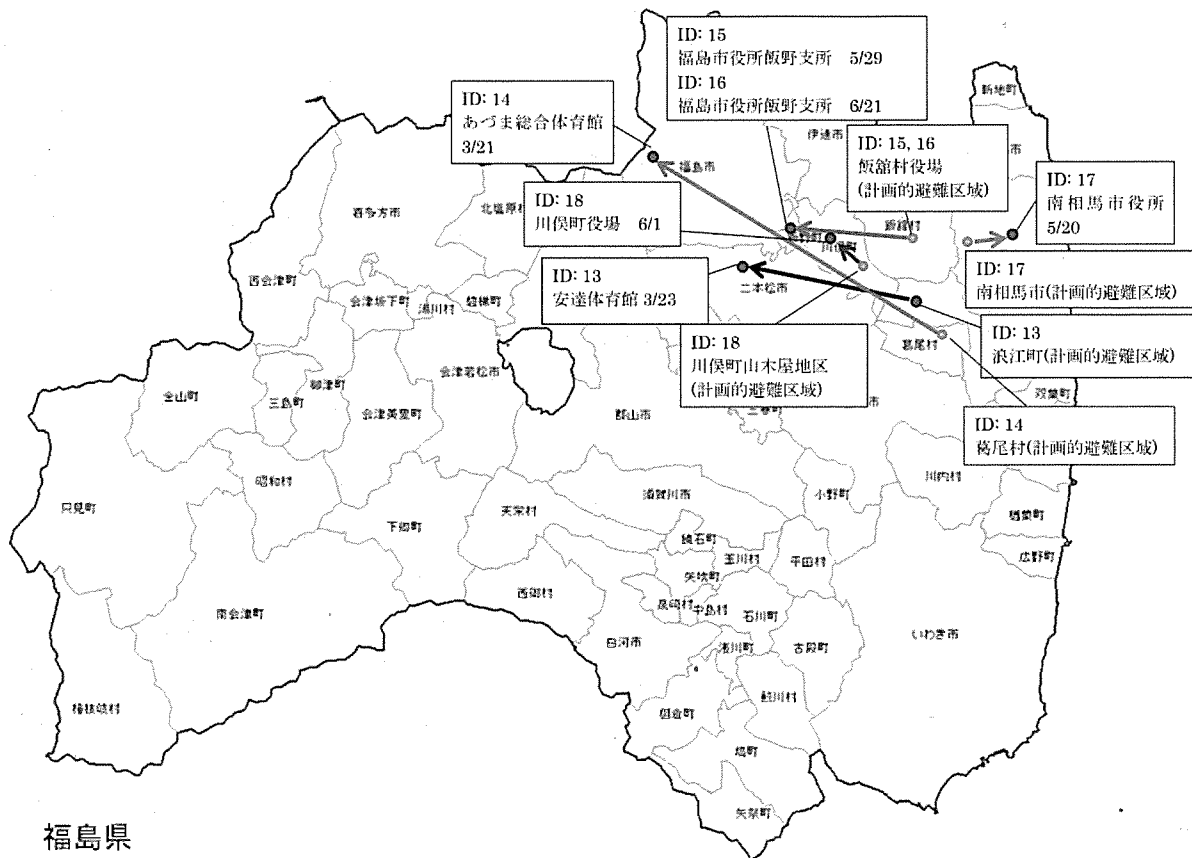


図4:行動パターン(ID:13から18)

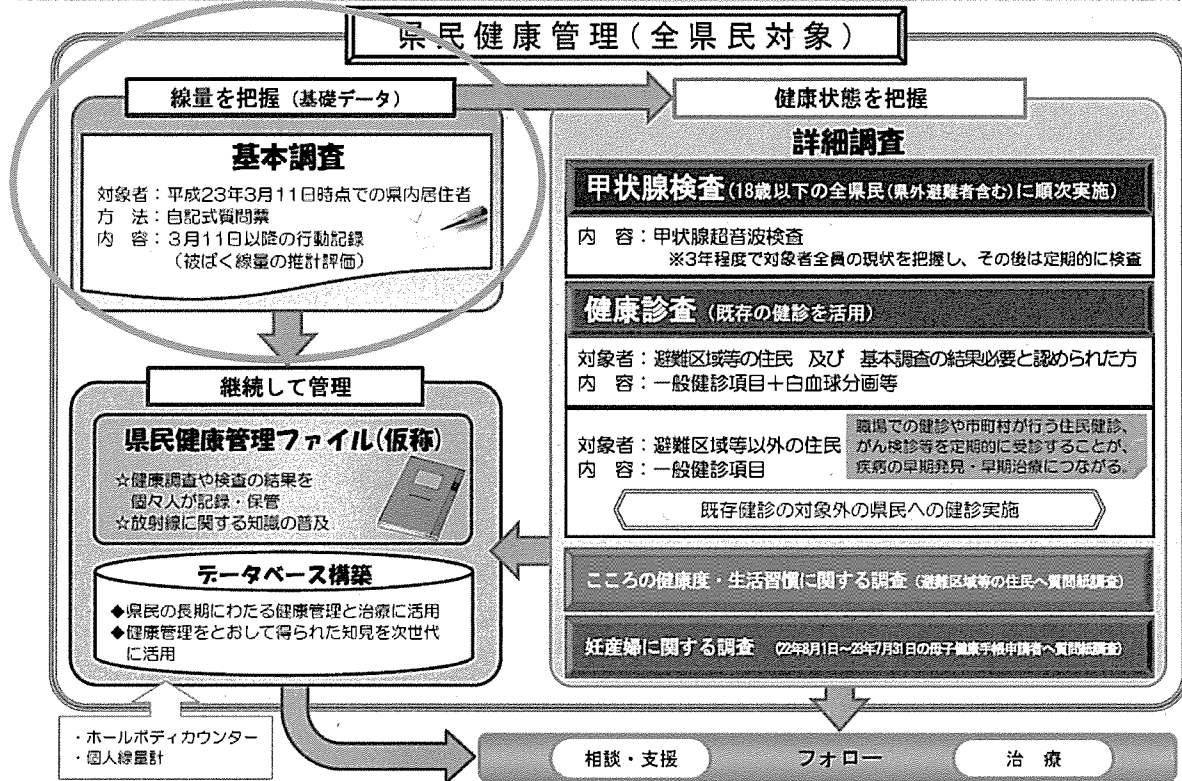
## 用語

- 吸収線量 [Gy (=J/kg)]
  - 放射線により物質1kgあたりに吸収されたエネルギー(J)。
- 空気カーマ率 [Gy (=J/kg)]
  - 単位時間(1時間)当たりの空気カーマの値。空気カーマとは、物質1kgあたりに、放射線によって電子などに与えられた運動エネルギーの和を指す。条件により吸収線量と空気カーマの値が等しくなることがある。
- 実効線量率 [Sv/h]
  - 単位時間(1時間)当たりの実効線量の値。実効線量とは、防護量の一つであり、代表人について放射線量と放射線リスクを関係付けるための量である。
- 周辺線量当量率 [Sv/h]
  - 単位時間(1時間)当たりの周辺線量当量の値。周辺線量当量とは、実用量の一つであり、直接測定が可能である。直接測定することができない防護量を評価するために導入された。実際の放射線管理、規制で用いられる。
- 個人線量当量 [Sv]
  - 周辺線量当量と同様、実用量の一つ。個人線量計で測定された値は個人線量当量を示す。



# 県民健康管理調査における外部被ばく線量の推計の位置づけ

福島県は、基金を活用して「県民健康管理調査」を実施し、全県民の外部被ばく線量の推計、18歳以下の全県民の甲状腺超音波検査、避難区域等の住民の健康診査、こころの健康度・生活習慣に関する調査、妊産婦に関する調査を実施することとしている。



## 福島第1原発事故による飯舘村住民の初期被曝放射線量評価に関する研究

飯舘村全域に対する初期放射能沈着量と積算放射能濃度の評価ならびに集落別の初期被曝量分布の評価

今中哲二（京都大学原子炉実験所・助教）

### 研究要旨

福島第1原発事故によって放射能汚染を蒙った飯舘村の住民は、計画的避難区域に指定され村から避難するまでの数ヶ月間、高放射能汚染の中での生活を余儀なくされたが、避難するまでの初期放射線被曝量の評価はいまだに不十分な状況にある。本研究では、米国 NNSA による空中サーベイデータを用いて飯舘村の放射能汚染詳細地図を作成し、それに基づいて飯舘村住民が村から避難するまでの初期外部被曝量を評価した。また、福島第1原発から放出された放射能について飯舘村への大気拡散シミュレーション計算を行い、放射能プルームが村に到達したときの大気中放射能濃度を求めて吸入内部被曝を評価した。

キーワード： 福島第1原発事故、飯舘村、放射能汚染、初期被曝、セシウム 137、ヨウ素 131

### 研究協力者：

川野 徳幸（広島大学平和科学研究センター・准教授）

遠藤 暁（広島大学大学院工学研究院・准教授）

明石 昇二郎（ルポルタージュ研究所・代表）

小澤 祥司（NPO 法人エコロジー・アーキスケープ、会員）

菅井 益郎（國學院大學経済学部・教授）

### 研究参加者：

林 剛平（京都大学農学部・修士課程2年）

### I 研究目的

飯舘村は、福島第1原発から北西方向 30～45km に位置する、人口約 6200 人（約 1800 戸）の農業を主体とする村である。2011 年 3 月 11 日、地震・津波をきっかけとして福島第1原発事故が発生した。事故期間中に最大の放射能放出が起きたのは、2号機の格納容器が破壊された3月15日であった。同日午後には放出された放射能は、北西へ向かう風により飯舘村から福島市の方向へ流れ、飯舘村へさしかかった際に折からの降雪により放射能の大量の地表沈着が生じた。飯舘村役場傍に急遽設置されていたモニタリングポストは、3月15日18:00に44.7 $\mu$ Sv/hの空間線量率を記録している。政府原子力災害対策本部は、昨年4月22日飯舘村を計画的避難区域に指定したが、ほぼ全員の村民が避難を済ませたのは7月末であった。原発周辺20km圏の住民が3月12日の避難指示で避難したのに比べ、飯舘村の村民は自宅に長くとどまっていたため、警戒区域の住民より大きな初期被曝を受けたと考えられている。

本研究では、米国公表の空中サーベイデータを利用したGIS（地理情報システム）技術による放射能沈着量の評価結果と大気輸送シミュレーションコード HYPACT 等による空气中放射能濃度

の計算結果とを組み合わせ、飯舘村における放射能汚染の発生時から避難までの住民の初期放射線被曝について、各戸および各集落単位での独自の評価を試みる。

## II 研究方法

飯舘村全戸（約 1700 戸）に対して、初期放射能沈着量と大気中放射能積算濃度の割り振りを行う。

### <初期放射能沈着量と外部被曝量の割り振り>

・まず、分担研究者の沢野が、米国 NNSA（核安全保障局）が公開している空中サーベイデータを GIS によって解析し、飯舘村全域のセシウム 137 汚染について下記左のような詳細汚染マップを作成する。次に、下記右に示すような住宅地図（左図の点線内）を用いて、飯舘村全戸（約 1800）の家屋位置におけるセシウム 137 沈着量の割り振りを行う（割り振り作業は外注）。汚染マップの確かさは、これまで公表されている土壌測定データと照合して確認するが、必要に応じて土壌サンプリングと測定を行う。

・セシウム 137 以外のガンマ線放出放射能（セシウム 134、セシウム 136、ヨウ素 131、テルル 132-ヨウ素 132、テルル 129m）の初期沈着量は、以下の 2 つの仮定を用いて算出する。

◇仮定 1：飯舘村での放射能沈着は、3 月 15 日夜の放射能プルーム到達時に一度に発生した。

◇仮定 2：セシウム 137 以外の沈着量のセシウム 137 沈着量に対する比は、飯舘村内一定であり、今中らの 5 つの土壌サンプル測定の平均値を適用できる。

以上のデータと仮定に基づいて、飯舘村全戸の家屋位置について、Excel VBA を用いて、下記左のような地表 1 m での空間線量率変化と、下記右のような積算空間線量を計算する。

・セシウム 137 以外のガンマ線放出放射能（セシウム 134、セシウム 136、ヨウ素 131、テルル 132-ヨウ素 132、テルル 129m）の初期沈着量は、以下の 2 つの仮定を用いて算出する。

◇仮定 1：飯舘村での放射能沈着は、3 月 15 日夜の放射能プルーム到達時に一度に発生した。

◇仮定 2：セシウム 137 以外の沈着量のセシウム 137 沈着量に対する比は、飯舘村内一定であり、今中らの 5 つの土壌サンプル測定の平均値を適用できる。

以上のデータと仮定に基づいて、飯舘村全戸の家屋位置について、Excel VBA を用いて、下記左のような地表 1 m での空間線量率変化と、下記右のような積算空間線量を計算する。

### <大気中積算放射能濃度とサブマージョン外部被曝量の割り振り>

JAEA の茅野らが報告している大気中への放射能放出量時間変化（ヨウ素 131 とセシウム 137）にキセノン 133 やテルル 132 といった核種を加えたものをソースタームとして大気拡散シミュレーション計算（外注予定）を実施し、3 月 11 日以降の飯舘村全域での空气中放射能濃度分布の変化を計算し、上記のセシウム 137 沈着量分布と同等な積算放射能濃度マップを作成する。次に、地表沈着の場合と同様のやり方で、飯舘村全戸に値を割り振って、各戸ごとのサブマージョン被曝量と積算空气中濃度の Excel データを作成する。

この段階での初期被曝は家屋位置において 24 時間ずっと野外にいたときに相当する。

### （倫理面への配慮）

本研究は医学的調査ではないので“疫学倫理”が要求される研究には該当しない。本研究を通じて得られる個人情報に関しては、個人情報の保護に関する法律に従って、本研究の目的以外に用いないことはもちろん、本人の事前承諾を得ることなしに、個人が特定されるような発表は行わない。

### III 研究結果

#### ①飯館村各戸に対する緯度経度とセシウム 137 汚染密度の割り振り

市販の住宅地図や国土地理院 2 万分の 1 地図などを用いて、飯館村の全戸位置に対する緯度経度の割り振りを行い、表計算ソフト・エクセルに入力した。図 1 に、エクセルの入力例を示す。

住所	住宅地図ページ	町名1	町名2	緯度	経度	汚染密度	WGS84北緯	WGS84東経
1	1	前田	豊平	406	19	前田	37.72810038	140.68416581
2	2	1	前田	410	19	前田	37.73080006	140.68581021
3	3	1	前田	420	19	前田	37.73080183	140.68628783
4	4	1	前田	427	19	前田	37.73217782	140.68672116
5	5	1	前田	442	19	前田	37.7344170	140.68702110
6	6	1	前田	450	19	前田	37.73478268	140.68814344
7	7	1	前田	459	19	前田	37.73430000	140.68828427
8	8	1	前田	460	19	前田	37.73518048	140.68846030
9	9	1	前田	456	19	前田	37.73543049	140.68845680
10	10	1	前田	465	19	前田	37.73548336	140.68828575
11	11	1	前田	470	19	前田	37.73546388	140.68827825
12	12	1	前田	496	19	前田	37.73748704	140.67788416
13	13	1	前田	498	19	前田	37.73848871	140.67888888
14	14	1	前田	418	19	前田	37.72143284	140.68073651
15	15	1	前田	428	19	前田	37.72420503	140.68248255
16	16	1	前田	455	19	前田	37.72275666	140.68850482
17	17	1	前田	460	19	前田	37.72287311	140.68818201
18	18	1	前田	465	19	前田	37.72167342	140.68862433
19	19	1	前田	488	19	前田	37.72145083	140.68841852
20	20	2	白石	450	18	白石	37.70848288	140.68588801
21	21	2	白石	457	18	白石	37.72143284	140.68073651
22	22	2	白石	447	18	白石	37.70855006	140.68838807
23	23	2	白石	493	18	白石	37.70284484	140.68732386
24	24	2	白石	4	18	白石	37.70821647	140.68152180
25	25	2	白石	44	18	白石	37.70885306	140.68931841
26	26	2	白石	79	18	白石	37.70481421	140.68743834
27	27	2	白石	87	18	白石	37.70522516	140.68848201
28	28	2	白石	89	18	白石	37.70535571	140.68838078

図 1. 飯館村各戸の緯度経度入力例

図 1 の緯度経度を用いて飯館村の住居位置をプロットしたものに、研究分担者・沢野が作成した飯館村のセシウム 137 汚染コンタマップを重ねたものが図 2 である。点々が住宅位置を示しており、各戸位置におけるセシウム沈着量を求めることができる。

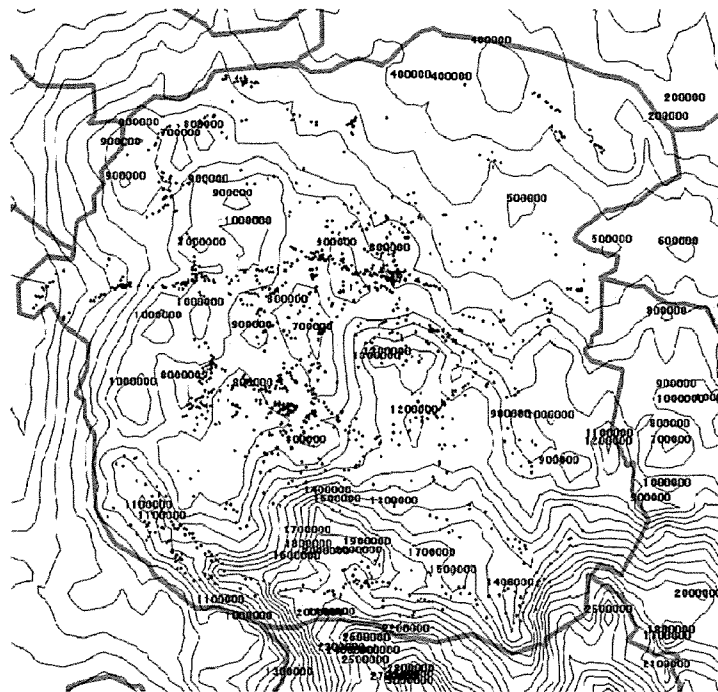
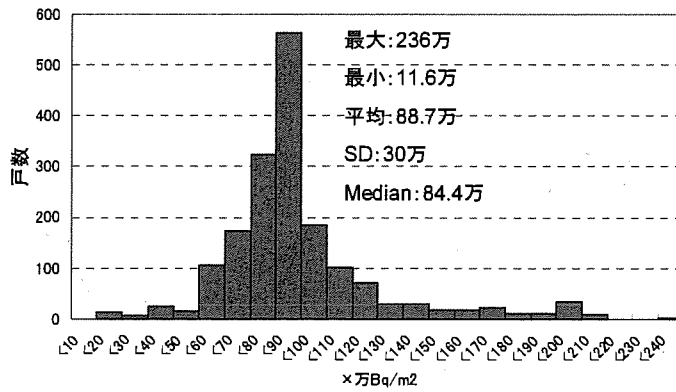


図 2. セシウム 137 汚染コンタマップと各戸位置

図3の上の図は飯館村全戸位置に対するセシウム137沈着密度のヒストグラムである。図3の下の図は、飯館村内20地区のうち、汚染の大きかった曲田地区、少なかった大倉地区、平均的な汚染であった伊丹沢地区のヒストグラムで、飯館村内においても約5倍の汚染レベルの違いが認められている。



セシウム137沈着量ヒストグラム NNSA: 飯館村全域 1768戸

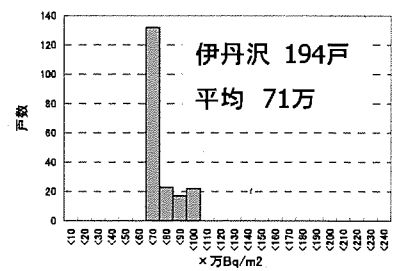
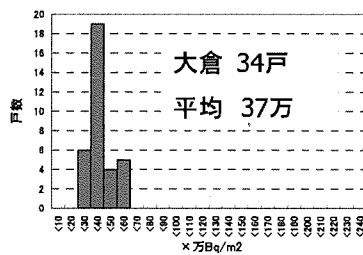
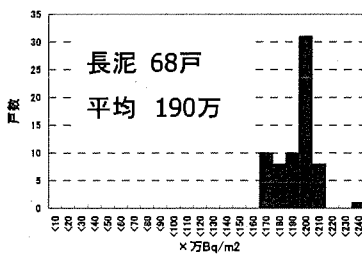


図3. 飯館村全域、長泥地区、大倉地区、伊丹沢地区に対するセシウム137沈着量ヒストグラム

②セシウム137単位沈着量当りの積算空間線量

図4は、3月15日18時に放射能の地表沈着が起きたとして、ずっと野外に存在したと仮定したときの、セシウム137沈着100万Bq/m<sup>2</sup>当りの地上1mでの積算空間線量である。飯館村の人々は6月30日に避難したと仮定すると、100万Bq/m<sup>2</sup>当り32.6mGyとなった。

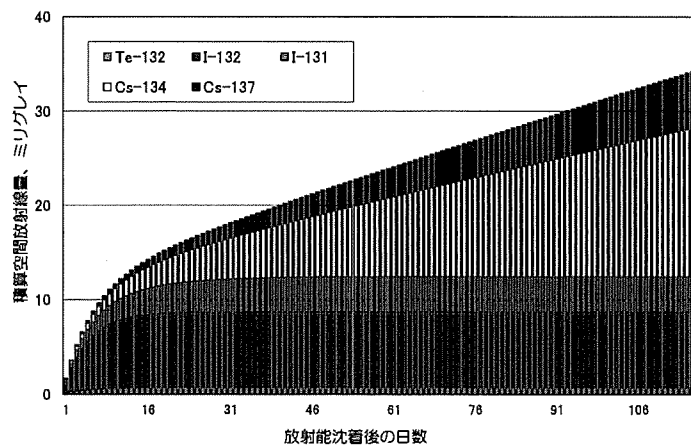


図4. セシウム137の初期沈着100万Bq/m<sup>2</sup>当りの地上1m積算空間線量

### ③飯館村での初期外部被曝の分布

以下の仮定の基に、飯館村村民の初期外部被曝分布を見積もると、図5のような結果が得られた。

- 仮定1：飯館村の放射能沈着は、2011年3月15日18:00に一挙に発生。
- 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。Cs134/Cs137=1、I131/Cs137=9.2、Te132 (I132) /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。
- 仮定4：Sv/Gy換算係数は0.8。家屋遮蔽など行動遮蔽係数は0.5。

図5が示すように、飯館村全域の平均で約12mSv、汚染の大きかった長泥地区で25mSv、汚染の少なかった大倉地区で4.8mSvとなった。

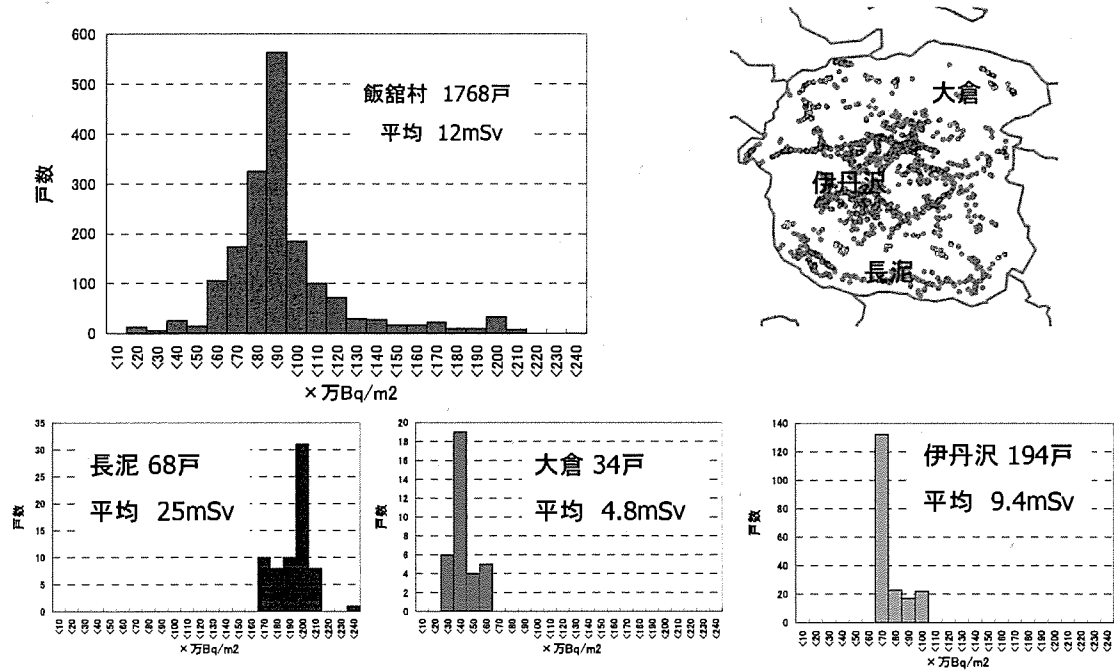


図5. 飯館村における沈着放射能からの積算外部被曝分布

### ④大気拡散シミュレーション

原子力安全委員会が発表している、図6に示すような福島第1原発事故からの放射能放出ソースタームを用いて、飯館村への大気拡散シミュレーションを行った。

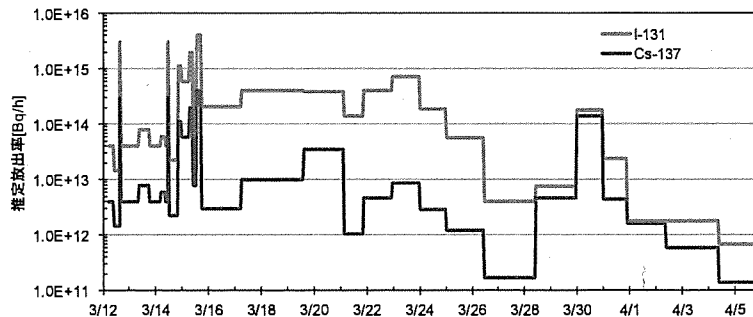


図6. 大気拡散シミュレーションに用いたソースターム

図7に、大気輸送シミュレーションによって得られた、飯舘村内でのヨウ素131積算空気中濃度と、ずっと野外にいた場合の小児甲状腺等価線量（1歳児、呼吸量  $0.31\text{m}^3/\text{h}$ 、ヨウ素131の甲状腺等価換算係数  $1.4 \times 10^{-3} \text{mSv/Bq}$ ）を示す。飯舘村全域の平均で  $24\text{mSv}$ 、最大  $55\text{mSv}$ 、最小  $14\text{mSv}$  となった。

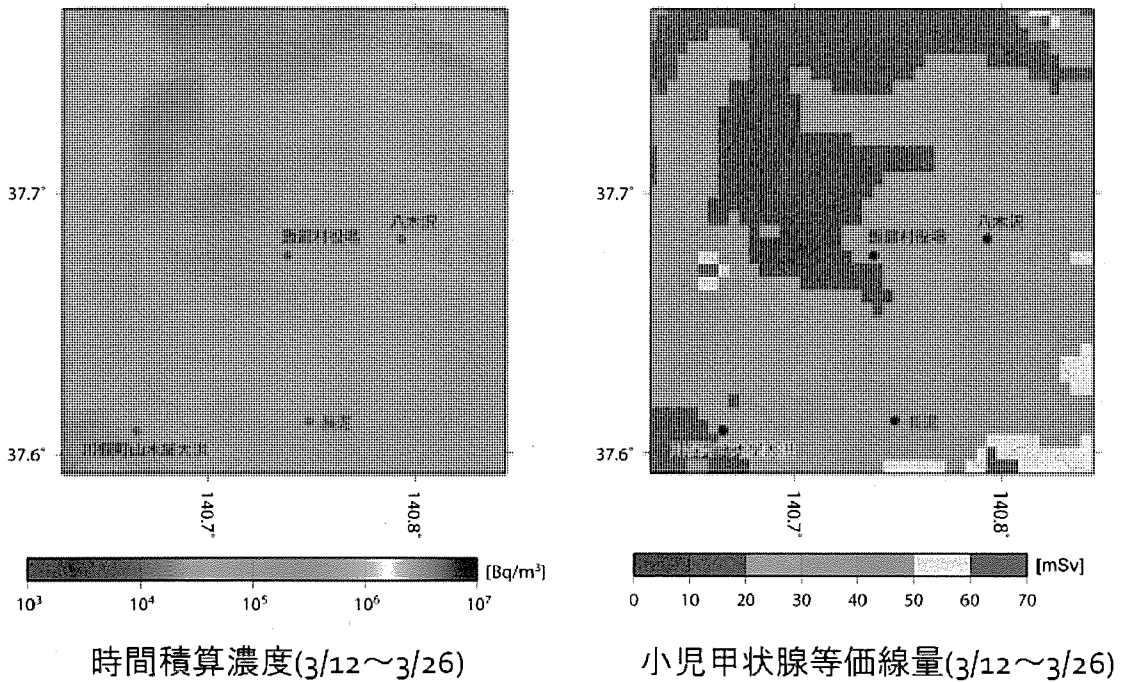


図7. 大気輸送シミュレーション結果

#### IV 考察

福島原発周辺住民に対する初期被曝のうち外部被曝については、福島県が実施している県民健康管理調査の一環として被曝量評価が実施されている。平成25年1月末の報告に基づく、飯舘村住民に対する平均外部被曝は約  $3\text{mSv}$  であり、本研究結果の約4分の1である。この違いについては今後の検討が必要である。

飯舘村の小児甲状腺被曝についての本研究の見積もりである  $10\sim 50\text{mSv}$  の甲状腺等価線量は、JAEA等の研究者による大気拡散シミュレーションと矛盾ない結果であるが、原子力安全委員会が報告している実測値よりは大きめであり、その違いについても今後の検討が必要である。

#### V 結論

本研究結果は、本研究の手法が飯舘村など福島原発周辺住民が受けた初期被曝量の評価に十分有効であることを示している。6月末の飯舘村村民の外部被曝は平均  $12\text{mSv}$  で、ずっと野外に居た場合の小児甲状腺等価線量は  $24\text{mSv}$  となった。

#### VI 次年度以降の計画

次年度研究計画は、飯舘村の3割（約500戸）に対するインタビュー計画として、すでに提出済みである。

# Initial Radiation Dose to Inhabitants in Iitate Village Due to the Fukushima-1 NPP Accident

Evaluation of initial radioactivity deposition and cumulative radioactivity concentration for all  
settlements in Iitate village

Tetsuji Imanaka<sup>\*1</sup>, Noriyuki Kawano<sup>\*2</sup>, Satoru Endo<sup>\*3</sup>, Shojiro Akashi<sup>\*4</sup>,  
Shoji Ozawa<sup>\*5</sup>, Masuro Sugai<sup>\*6</sup>, Gohey Hayashi<sup>\*7</sup>

*\*1 Research Reactor Institute, Kyoto University*

*\*2 Institute for Peace Sciences, Hiroshima University*

*\*3 Graduate school for Engineering, Hiroshima University*

*\*4 Reportage Institute*

*\*5 NPO Ecology Archiscape*

*\*6 Faculty of Economy, Kokugakuin University*

*\*7 Graduate school for Agriculture, Kyoto University*

**Keywords:** Fukushima-1 NPP accident, Iitate village, radioactive contamination, initial radiation dose, caesium-137, iodine-131

## **Abstract**

Even after the severe radioactive deposition occurred in the evening of March 15, 2011, most inhabitants in Iitate village remained at home until the end of June. Consequently they received higher radiation dose than the people within the 20-km zone around the Fukushima-1 NPP who evacuated on March 12 following the quick instruction by the Japanese government. In order to evaluate radiation dose delivered to inhabitants in Iitate village, we tried to reconstruct the radiation situation there during the initial stage after the Fukushima-1 NPP accident. External radiation exposure from the deposited radionuclides on the ground was estimated based on the Cs-137 deposition map elaborated from the aerial survey data released by US NNSA (National Nuclear Security Administration) as well as radionuclides ratios in soil samples collected by us at the end of March, 2011. A atmospheric transport simulation from the Fukushima-1 NPP site to Iitate village was also carried out to estimate radionuclides' concentrations and inhalation radiation dose after the accident. On the assumption that people continued to stay outside from the deposition until evacuation on June 30, 2011, average cumulative external effective dose of 12 mSv was obtained for the entire area of Iitate village. Regarding the equivalent dose for thyroid due to inhalation of I-131, an average dose of 24 mSv was estimated for one year old children.



# 福島第1原発事故による飯舘村住民の初期被曝放射線量評価に関する研究

初期被曝量評価のためのセシウム 137 沈着量マップの作成ならびに同評価システムの構築

沢野伸浩（金沢星稜大学女子短期大学部・准教授）

## 研究要旨

福島第1原発事故によって放射能汚染を蒙った飯舘村の住民は、計画的避難区域に指定され村から避難するまでの数ヶ月間、高放射能汚染の中での生活を余儀なくされたが、避難するまでの初期放射線被曝量の評価はいまだに不十分な状況にある。本研究では、飯舘村住民が村から避難するまでの初期外部被曝量を評価するため、米国 NNSA による空中サーベイデータを用いて飯舘村の放射能汚染詳細地図を作成した。

キーワード： 福島第1原発事故、飯舘村、放射能汚染、NNSA、GIS、セシウム 137

研究協力者：

小畑 貴之（NPO 法人基盤地図情報活用研究会・理事長）

## I 研究目的

飯舘村は、福島第1原発から北西方向 30～45km に位置する、人口約 6200 人（約 1800 戸）の農業を主体とする村である。2011 年 3 月 11 日、地震・津波をきっかけとして福島第1原発事故により飯舘村は高濃度の放射能汚染を蒙った。政府原子力災害対策本部は、昨年 4 月 22 日飯舘村を計画的避難区域に指定したが、ほぼ全員の村民が避難を済ませたのは7月末であった。原発周辺 20km 圏の住民が 3 月 12 日の避難指示で避難したのに比べ、飯舘村の村民は自宅に長くとどまっていたため、警戒区域の住民より大きな初期被曝を受けたと考えられている。

本研究では、放射能汚染の発生時から避難までの飯舘村各戸位置での初期放射線被曝を評価するため、米国公表の空中サーベイデータを利用した GIS（地理情報システム）技術により、飯舘村におけるセシウム 137 沈着量の詳細マップを作成する。

## II 研究方法

米国エネルギー省核安全保障局（NNSA）は、福島第一原子力発電所事故の発生後、日本政府と協力の下、飛散した放射性物質の測定を実施し、その測定結果を GIS（地理情報システム）データの形で 2011 年 10 月 21 日より同省のホームページにおいて公開を開始した。公開されているデータは、土壌汚染データ、エアフィルタによる大気中の放射性物質の測定など全部で 6 種類がある。

本研究においては、これらのデータの中から、主に航空機・ヘリコプターによって測定されたセシウム 134、セシウム 137 の地表面の沈着量データを用い、クリンギングにより詳細な汚染濃度マップの作成を行う。

マップの作成後、放射性物質の濃度分布をベクトルデータ化することで既存の緯度経度情報との重ねあわせを可能とする。さらに、調査対象の住民の居住地や滞在時間を空間データ化し、

ベクトル化した汚染マップとの重ね合わせ、GIS（地理情報システム）に内蔵された空間結合 (Spatial Join)処理を行うことで、住民の初期被曝量の推定値を求める。

（倫理面への配慮）

本研究においては、米国により測定されたデータ解析を主体とするものであり、特に個人情報や倫理面への配慮は必要ないものと認識される。しかし、当該住民の初期被曝量の推定にあつてはその扱いに他の研究参画者を含めて十分な配慮を行うものとする。

### III 研究結果

図1に、米国 NNSA 公開データを用いて作成した福島原発周辺におけるセシウム 137 地図を示す。データの内挿方法としては Disjunctive Kriging 法を採用してある。

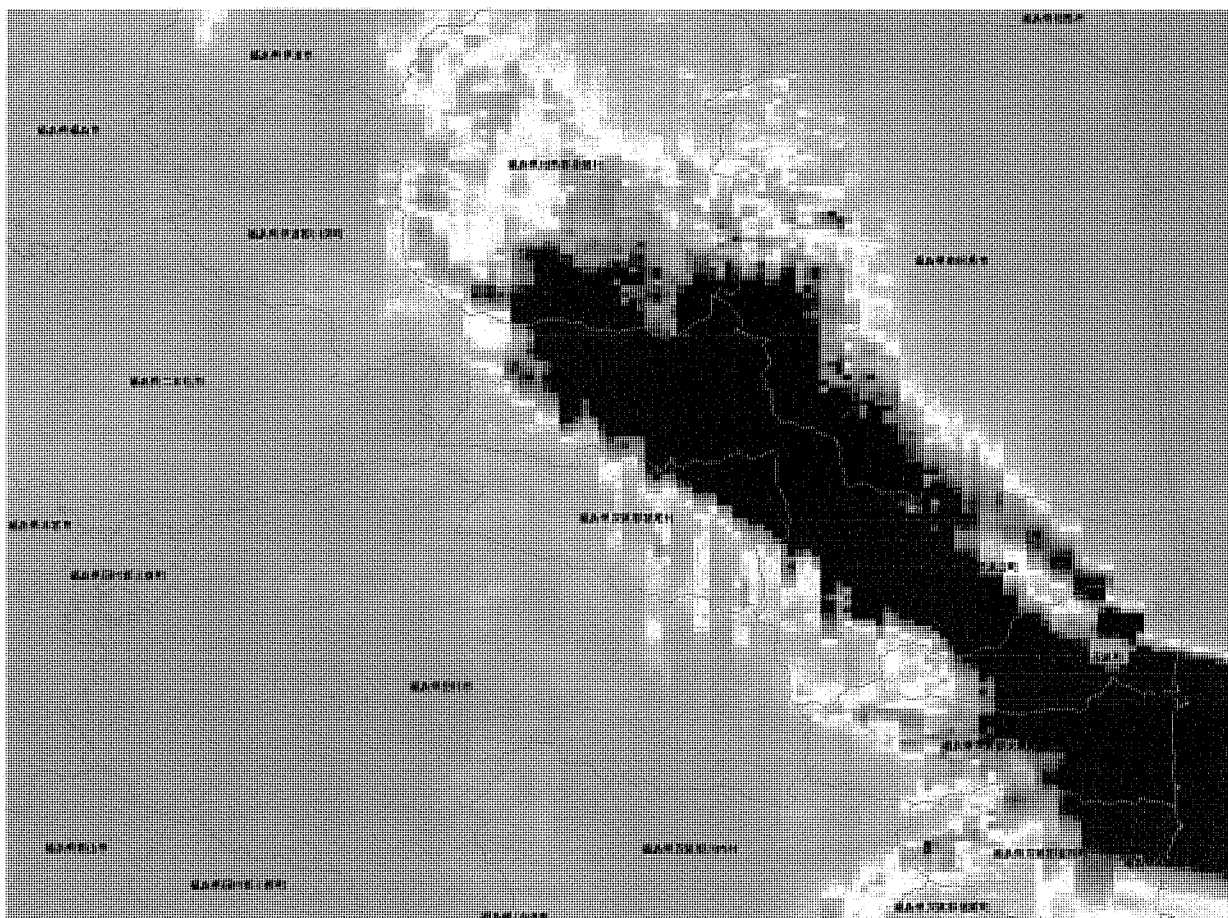


図1. 米国 NNSA データに基づいて作成した福島1原発周辺のセシウム 137 汚染地図。色分けの単位は Bq/m<sup>2</sup>。

図2の左パネルは、NNSAによる飯舘村上空サーベイで、右パネルは、飯舘村内のセシウム 137 沈着量コンタマップである。飯舘村内の汚染は 500m メッシュでの矩形に分割して、メッシュ毎にセシウム 137 沈着量を割り振って、各戸位置での汚染推定作業を行う主任研究者・今中に提供した。

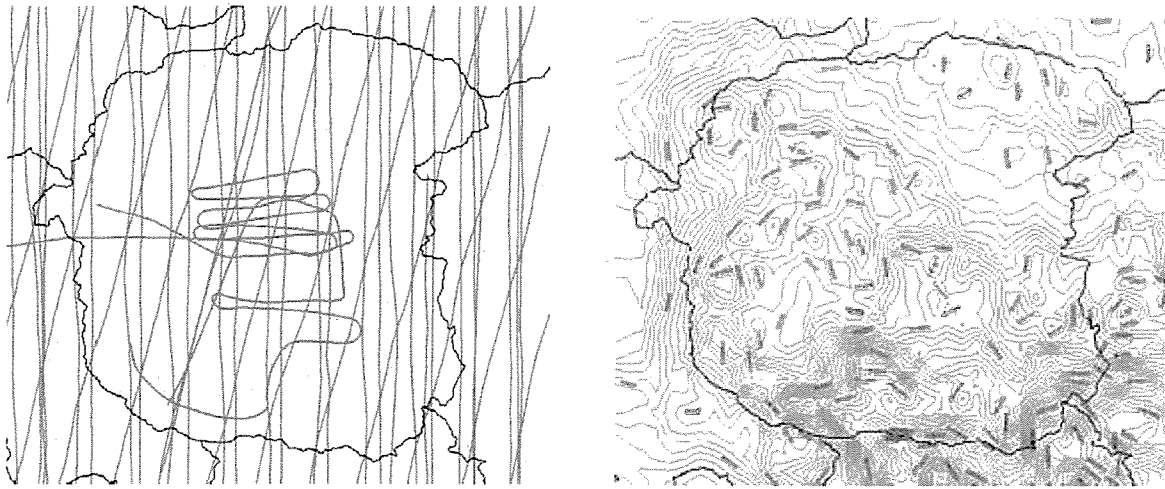


図2. 飯館村上空のNNSA サーベイ軌跡 (左) とセシウム 137 コンタマップ (右)

#### IV 考察

##### 文科省ヘリコプターサーベイに基づくマップとの比較

図3は、我々が作成したセシウム 137 のコンタマップ (左) を文科省発表のヘリコプターサーベイデータに基づく汚染マップ (右) とを比較したものである。サーベイデータの内挿法としては、我々の場合は Disjunctive-Kriging 法で文科省の場合は IDW 法であるが、セシウム汚染に関する基本的な傾向は一致している。それぞれのマップを文科省発表の土壤汚染データと比較してみると、我々の図と比較した場合の相関係数は 0.866 で、文科省マップの場合の相関係数は 0.819 となり、我々のマップの方が若干良い相関を示した。

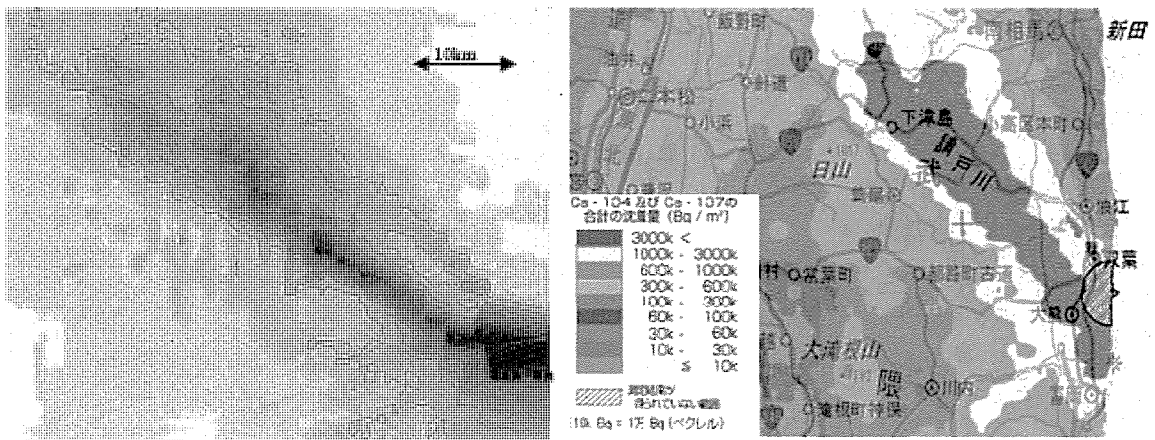


図3. NNSA データに基づくセシウム 137 コンタマップ (左) と文科省発表のヘリコプターサーベイに基づくセシウム 137 汚染マップの比較.

## V 結論

米国 NNSA によって公開されている空中サーベイデータを用いて、福島第 1 原発周辺でのセシウム 137 汚染マップを作成した。飯舘村については、500m メッシュで数値化したデータセットを作り、主任研究者・今中らによる初期被曝評価の作業に供した。我々のセシウム 137 汚染マップは、文科省が発表している汚染地図と基本的に一致した。

## VI 次年度以降の計画

本研究項目は本年度で終了した。