

平成 24 年度原子力災害影響調査等事業  
(事故初期のヨウ素等短半減期核種による内部被ばく線量評価調査)  
第 2 回専門委員会議事次第

1. 日時: 平成 24 年 10 月 16 日(火)14:00~17:00

2. 場所: 東京八重洲あすか会議室(303D 室)

3. 議題

- (1) 本事業の進捗状況
- (2) 検討委員会(線量評価・経口摂取)での検討事項
- (3) 検討委員会(拡散シミュレーション)での検討事項
- (4) 第 2 回国際シンポジウムプログラム
- (5) 今後の予定
- (6) その他

4. 配布資料

資料 2-① 本事業の進捗状況について

資料 2-② 検討委員会(線量評価・経口摂取)での検討事項

資料 2-③ 検討委員会(拡散シミュレーション)での検討事項

資料 2-④ 第 2 回国際シンポジウムプログラム(案)

資料 2-⑤ 今後の予定

参考資料① 実施体制の一部変更について

参考資料② 線量評価対象核種の選定について

参考資料③ 線量再構築の方法

参考資料④ 拡散シミュレーションによる内部被ばく線量の試算結果

参考資料⑤ 屋内防護ファクター

参考資料⑥ 経口摂取に関する検討

参考資料⑦ WSPEEDI の概要と福島第一原子力事故への対応

## 本事業の進捗状況について

平成 24 年 10 月 16 日  
放射線医学総合研究所

1. 事故初期の実測データの探索  
国際シンポジウム(7/10-11)を開催し、現在査読付プロシーディングとして刊行するための準備を進めている。11 月中旬頃に刊行予定。
2. 検討委員会の開催
  - (1) 線量評価(8/6, 10/10)
  - (2) 経口摂取(8/6, 9/14, 10/10)
  - (3) 拡散シミュレーション(8/28, 10/12)
3. 内部被ばく線量評価システムの開発・整備
  - (1) 基本プログラムの開発:外部委託先との契約締結(9/1)
  - (2) 基本プログラムの機能拡張(システム化):仕様書確定(現在契約手続き中)
  - (3) サーバー構築:仕様検討中
4. その他
  - (1) 個人計測データの再評価:甲状腺計測の実験的検証及び数値ファントムを用いた検出器応答関数のシミュレーションなど(準備中)
  - (2) 他機関との共同研究(計画中)

## 検討委員会(線量評価・経口摂取)での検討事項

平成 24 年 10 月 16 日  
放射線医学総合研究所

### 1. 今回の初期内部被ばく線量評価の対象と期間について

- 福島県及び近隣県に居住する一般公衆に対する事故初期段階の内部被ばく線量(代表値)を試算する。加えて、警戒区域からの避難者について、外部被ばく線量評価の観点から検討された代表的行動パターン(18 パターン)毎の内部被ばく線量を試算する。ここで、事故初期段階とは、概ね 4 月下旬までを考慮することとした。評価線量は、実効線量と甲状腺等価線量とすることとした。

### 2. 評価対象核種の選定について

- I-131 以外の核種による内部被ばくの線量寄与を保安院発表の大気中放出量データ(平成 23 年 10 月 24 日公表のもの)を用いて試算した。この結果、吸入、経口摂取ともに、I-131 の線量寄与が全体の約 8 割と高く、次いで Te-132 が約 1 割であり、他の核種の寄与はほとんどが 1%未満であった。
- 保安院の大気中放出データでは、I-131 が  $1.6 \times 10^{17}$  Bq, Cs-137 が  $1.5 \times 10^{16}$  Bq であり、拡散シミュレーションによる逆推定から推定されたこれらの核種の放出量に比べて若干高いものの、概ね一致している。したがって、初期内部被ばく線量評価においては、I-131 を主要核種として行うことで妥当である。
- 一方、文科省の環境モニタリングでは、核種の存在比が場所によって異なる結果となっており、原子力機構及び高エネ研のエアサンプリングでは、I-131 と Cs-137 の大気中濃度比が時間によって大きく変動することが確認されている。したがって、線量再構築においては、核種別線量寄与の場所の違いを考慮する必要がある。

### 3. 拡散シミュレーションに基づく内部被ばく線量評価について

- 現時点での最新版の拡散シミュレーションの結果に基づき、幾つかの地点での吸入摂取量及び内部被ばく線量を試算した。この結果、これまでに得られている個人モニタリングからの内部被ばく線量の数値とオーダーとしては概ね一致した。
- 内部被ばく(吸入)線量評価では、滞在場所におけるプルームの通過時刻が重要なファクターとなる。また、プルーム通過時刻における評価対象者の滞在場所(屋内、屋外)や呼吸率などのファクターを考慮する必要があると思われる。将来的に個人毎の

内部被ばく線量を試算する際は、詳細な行動情報が不可欠である。

- 個人モニタリングにより得られた内部被ばく線量評価結果との比較検証が重要である。ただし、今年度は一般公衆の行動及び個人モニタリングの利用が難しいため、初動対応者の情報を用いて検証を行う方針。
- 日本人固有のヨウ素の線量係数を用いる必要性について、拡散シミュレーションの結果と併せて検討する。

#### 4. 経口摂取について

- 経口摂取の評価は個人の行動情報に基づいて行うべきであるが、今回の調査の中では平均的な食生活を仮定した経口摂取による内部被ばく線量を試算する。この試算には、厚労省による食品中放射性物質濃度データ及び各自治体による水道水データを利用する。評価対象とする飲食物は、野菜類(葉菜)、牛乳及び水道水とする。
- 食品別や地域別に細分化すると利用できるデータ数が少なくなり、濃度の経時変化を関数化することが困難。また、モニタリング開始前の濃度の推定をどのように行うかについて検討中。

#### 5. その他

- 線量再構築の方法は、拡散シミュレーション以外に、ホールボディカウンタから得られたセシウムによる内部被ばく線量から、ヨウ素/セシウム比を用いて行う方法を検討中。
- 本調査で得られる初期内部被ばく線量結果について、公表の前には関係機関への事前説明が必要。

## 検討委員会(拡散シミュレーション)での検討事項

平成 24 年 10 月 16 日  
放射線医学総合研究所

### 1. 検討委員会(拡散シミュレーション)の進め方とアウトプット

- 本事業で行う初期内部被ばくの線量再構築においては、拡散シミュレーションが屋台骨となる。拡散シミュレーションに係る実質的な作業については、日本原子力研究開発機構に依頼(再委託)することとなった。本検討委員会(拡散シミュレーション)の進め方については、日本原子力研究開発機構の提案に対して検討委員会メンバーで議論してゆく形をとる。本検討委員会のアウトプットは、初期内部被ばくの線量計算に用いる I-131, Cs-137 等の空气中濃度マップを整備することである。

### 2. 拡散シミュレーションの精度向上と精度評価

- 幾つかのソースタームに対する拡散シミュレーションを行い計算結果の比較を行う。
- 精度評価のため、航空機サーベイで得られた地表沈着量データとの計算値との比較を検討。
- ヨウ素とセシウムについては、拡散及び沈着に係るプロセスの感度解析を行い、拡散シミュレーションの不確かさを検討。
- 計算領域については、委託元からの指示に基づき、福島県及び近隣県を含む範囲とした。計算期間は、事故発生日から約 2 か月間(昨年度の 4 月末まで)とした。
- I-131 以外の短半減期核種についても拡散シミュレーションの追加を予定。
- 線量評価を行う観点からも、空气中濃度マップの空間分解能及び時間分解能等の条件を検討する。

### 3. その他

- 検討委員会から、同一ソースタームを用いたモデル間の比較を行うことが提案された。放医研からはそのための趣意書を作成する。

## 第2回国際シンポジウムプログラム(案)

「東京電力福島第一原子力発電所事故における初期内部被ばくの線量再構築」

■シンポジウム目的:東京電力福島第一原子力発電所事故に伴い環境中に放出された放射性物質の内、特に事故初期に多く存在していた放射性ヨウ素に代表される短半減期核種による周辺住民の内部被ばく線量を推計することを目的として、本事業で実施してきた線量再構築の検討プロセスとともに内部被ばく線量の試算結果を公表する。併せて、初期内部被ばくの線量再構築の今後の更なる展開について、国内外の専門家間で議論する。

■日程:平成 25 年1月 27 日(日)(決定) 9:30~17:00

### ■規模

全体:250名程度

講演者:7~9名

国内専門家:30名程度

海外招聘者:15名程度

一般傍聴:150名程度

### ■言語

日本語(同時通訳あり)

### ■会場

東京駅周辺

### ■プログラム(案)

開会挨拶

事業概要

一般講演 1:低線量被ばくリスク

一般講演 2:環境モニタリング

一般講演 3:チェルノブイリ事故における線量再構築

基調講演 1:拡散シミュレーションの精度向上(※拡散シミュレーションの講演は 2 件も可)

基調講演 2:内部被ばく線量評価に係る検討結果について

基調講演 3:初期内部被ばく線量の暫定結果

※基調講演の後はディスカッションの時間を設ける。

閉会挨拶

### ■その他

シンポジウム翌日に施設見学と併せて、今後の線量再構築に向けたディスカッションを国内外の専門家間で実施予定。

## 今後の予定

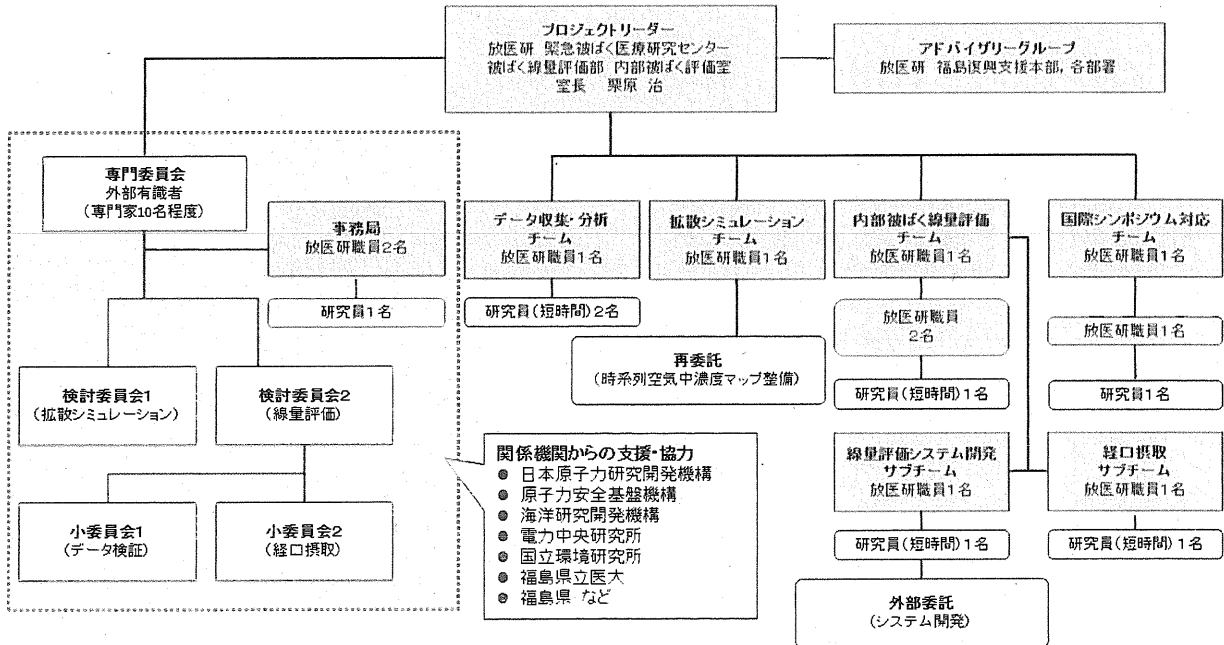
作業内容	9月	10月	11月	12月	1月	2月
1. 線量評価に係る検討	★9/14	★10/10, ★10/25	★ ★	★ ★	★ ★	★ ★
典型的行動パターンの内部被ばく線量評価		↑	↑			
防護ファクターの検討		↑	↑			
内部被ばく線量評価システムの開発				↑		↑
経口摂取のモデル化及び線量推計				↑		↑
報告書取りまとめ						↑
2. 大気拡散シミュレーション		★10/12	★	★	★	★
放出源条件などの計算入力データの整備			↑			
大気拡散シミュレーション計算				↑		
結果の評価				↑		
時系列大気中放射性物質濃度マップ作成			↑		↑	
報告書作成						↑
3. その他						
個人計測データの検証				↑		
専門委員会の開催					○予定	○予定
国際シンポジウムの開催					○1/27(決定)	

★検討委員会の開催

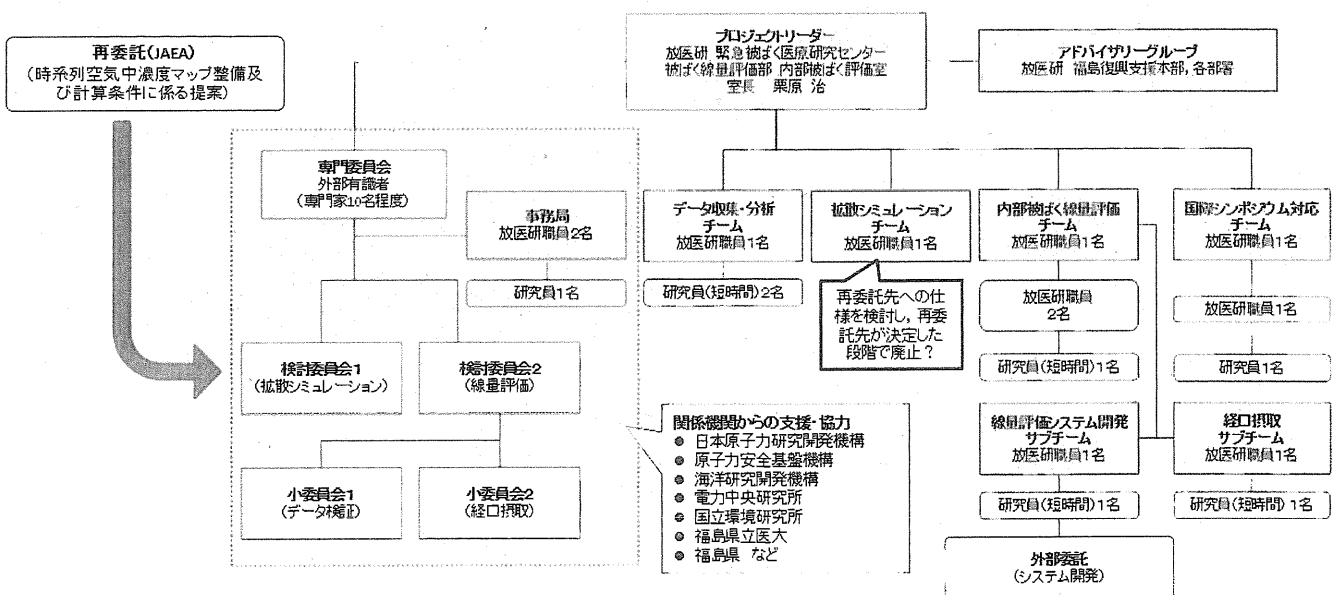
## 実施体制の一部変更

- 本プロジェクトにおいて初期内部被ばく線量推計に必要となる放射性核種の濃度マップの整備について、放医研から原子力機構に再委託することとなった。この再委託の枠組みの中で、原子力機構から提供される検討材料や提案に基づき、検討委員会(拡散シミュレーション)の活動をを進めることになった。これに伴い、本プロジェクトの実施体制を一部変更する。

### 変更前



### 変更後





# 線量評価対象核種の選定 について

平成24年10月16日

平成24年度原子力災害影響調査等事業  
(事故初期のヨウ素等短半減期による内部被ばく線量評価調査)

# 放射性物質の放出量の試算値

## ● 原子力安全・保安院試算値

表1 福島原発から放出された放射性物質の推計値と原発敷地内で測定された放射性核種の大気濃度の例。

核種	放出量(Bq)		大気濃度***) (Bq cm <sup>-3</sup> )	
	日本原子力研究開発機構*)	原子力安全・保安院**)	ガス	粒子
<sup>131</sup> I	1.5 × 10 <sup>17</sup>	1.6 × 10 <sup>17</sup>	5.9 × 10 <sup>-3</sup>	1.1 × 10 <sup>3</sup>
<sup>132</sup> I	—	4.7 × 10 <sup>14</sup>	2.2 × 10 <sup>-3</sup>	3.8 × 10 <sup>4</sup>
<sup>133</sup> I	—	6.8 × 10 <sup>14</sup>	3.8 × 10 <sup>-5</sup>	—
<sup>134</sup> Cs	—	1.8 × 10 <sup>16</sup>	ND	2.2 × 10 <sup>3</sup>
<sup>137</sup> Cs	1.3 × 10 <sup>16</sup>	1.5 × 10 <sup>16</sup>	ND	2.4 × 10 <sup>3</sup>
<sup>106</sup> Ru	—	2.1 × 10 <sup>9</sup>	2.1 × 10 <sup>-4</sup>	—
<sup>129m</sup> Te	—	3.3 × 10 <sup>15</sup>	—	—
<sup>132</sup> Te	—	7.6 × 10 <sup>14</sup>	6.7 × 10 <sup>-5</sup>	—
<sup>144</sup> Ce	—	1.1 × 10 <sup>13</sup>	ND	—
<sup>133</sup> Xe	—	1.1 × 10 <sup>19</sup>	—	—

\*) 日本原子力研究開発機構の2011年5月12日発表資料<sup>2)</sup>より。

\*\*\*) 原子力安全委員会の2011年4月12日発表資料<sup>1)</sup>より。

\*\*\*\*) 原子力安全・保安院の2011年3月25日発表資料<sup>4)</sup>より。福島原発敷地内において、3月19日11:53-12:13に採取された大気試料の測定結果。

第40回原子力安全委員会資料第1号(平成23年6月6日)

<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/anzen/shidai/genan2011/genan040/siryo1.pdf>

訂正

第77回原子力安全委員会資料第1号(平成23年10月24日)

<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/anzen/shidai/genan2011/genan077/siryo1.pdf>

表5 解析で対象とした期間での大気中への放射性物質の放出量の試算値(Bq)

核種	半減期	1号機	2号機	3号機	合計
Xe-133	5.2 d	3.4 × 10 <sup>10</sup>	3.5 × 10 <sup>10</sup>	4.4 × 10 <sup>13</sup>	1.1 × 10 <sup>13</sup>
Cs-134	2.1 y	7.1 × 10 <sup>14</sup>	1.6 × 10 <sup>16</sup>	8.2 × 10 <sup>14</sup>	1.8 × 10 <sup>16</sup>
Cs-137	30.0 y	5.9 × 10 <sup>14</sup>	1.4 × 10 <sup>16</sup>	7.1 × 10 <sup>14</sup>	1.5 × 10 <sup>16</sup>
Sr-89	50.5 d	8.2 × 10 <sup>13</sup>	6.8 × 10 <sup>14</sup>	1.2 × 10 <sup>15</sup>	2.0 × 10 <sup>15</sup>
Sr-90	29.1 y	6.1 × 10 <sup>12</sup>	4.8 × 10 <sup>13</sup>	8.5 × 10 <sup>13</sup>	1.4 × 10 <sup>14</sup>
Ba-140	12.7 d	1.3 × 10 <sup>14</sup>	1.1 × 10 <sup>15</sup>	1.9 × 10 <sup>15</sup>	3.2 × 10 <sup>15</sup>
Te-127m	109.0 d	2.5 × 10 <sup>14</sup>	7.7 × 10 <sup>14</sup>	6.9 × 10 <sup>13</sup>	1.1 × 10 <sup>15</sup>
Te-129m	33.6 d	7.2 × 10 <sup>14</sup>	2.4 × 10 <sup>15</sup>	2.1 × 10 <sup>14</sup>	3.3 × 10 <sup>15</sup>
Te-131m	30.0 h	2.2 × 10 <sup>15</sup>	2.3 × 10 <sup>15</sup>	4.5 × 10 <sup>14</sup>	5.0 × 10 <sup>15</sup>
Te-132	78.2 h	2.5 × 10 <sup>16</sup>	5.7 × 10 <sup>16</sup>	6.4 × 10 <sup>15</sup>	8.8 × 10 <sup>16</sup>
Ru-103	39.3 d	2.5 × 10 <sup>16</sup>	1.8 × 10 <sup>16</sup>	10 <sup>16</sup>	7.5 × 10 <sup>16</sup>
<b><sup>132</sup>Te放出量: 7.6E+14 Bq → 8.8E+16 Bq</b>					
Ce-144	284.3 d	3.1 × 10 <sup>11</sup>	1.1 × 10 <sup>13</sup>	1.4 × 10 <sup>11</sup>	1.1 × 10 <sup>13</sup>
Np-239	2.4 d	3.7 × 10 <sup>12</sup>	7.1 × 10 <sup>13</sup>	1.4 × 10 <sup>12</sup>	7.6 × 10 <sup>13</sup>
Pu-238	87.7 y	5.8 × 10 <sup>10</sup>	1.8 × 10 <sup>10</sup>	2.5 × 10 <sup>10</sup>	1.9 × 10 <sup>10</sup>
Pu-239	24065 y	8.6 × 10 <sup>17</sup>	3.1 × 10 <sup>19</sup>	4.0 × 10 <sup>17</sup>	3.2 × 10 <sup>19</sup>
Pu-240	6537 y	8.8 × 10 <sup>17</sup>	3.0 × 10 <sup>19</sup>	4.0 × 10 <sup>17</sup>	3.2 × 10 <sup>19</sup>
Pu-241	14.4 y	3.5 × 10 <sup>10</sup>	1.2 × 10 <sup>12</sup>	1.6 × 10 <sup>10</sup>	1.2 × 10 <sup>12</sup>
Y-91	58.5 d	3.1 × 10 <sup>11</sup>	2.7 × 10 <sup>12</sup>	4.4 × 10 <sup>11</sup>	3.4 × 10 <sup>12</sup>
Pr-143	13.6 d	3.6 × 10 <sup>11</sup>	3.2 × 10 <sup>12</sup>	5.2 × 10 <sup>11</sup>	4.1 × 10 <sup>12</sup>
Nd-147	11.0 d	1.5 × 10 <sup>11</sup>	1.3 × 10 <sup>12</sup>	2.2 × 10 <sup>11</sup>	1.6 × 10 <sup>12</sup>
Cm-242	162.8 d	1.1 × 10 <sup>10</sup>	7.7 × 10 <sup>10</sup>	1.4 × 10 <sup>10</sup>	1.0 × 10 <sup>11</sup>
I-131	8.0 d	1.2 × 10 <sup>16</sup>	1.4 × 10 <sup>17</sup>	7.0 × 10 <sup>15</sup>	1.6 × 10 <sup>17</sup>
I-132	2.3 h	1.3 × 10 <sup>13</sup>	6.7 × 10 <sup>16</sup>	3.7 × 10 <sup>16</sup>	1.3 × 10 <sup>17</sup>
I-133	20.8 h	1.2 × 10 <sup>16</sup>	2.6 × 10 <sup>16</sup>	4.2 × 10 <sup>15</sup>	4.2 × 10 <sup>16</sup>
I-135	6.6 h	2.0 × 10 <sup>15</sup>	7.4 × 10 <sup>13</sup>	1.9 × 10 <sup>14</sup>	2.3 × 10 <sup>15</sup>
Sb-127	3.9 d	1.7 × 10 <sup>15</sup>	4.2 × 10 <sup>15</sup>	4.5 × 10 <sup>14</sup>	6.4 × 10 <sup>15</sup>
Sb-129	4.3 h	1.4 × 10 <sup>14</sup>	5.6 × 10 <sup>16</sup>	2.3 × 10 <sup>12</sup>	1.4 × 10 <sup>14</sup>
Mo-99	66.0 h	2.6 × 10 <sup>19</sup>	1.2 × 10 <sup>19</sup>	2.9 × 10 <sup>18</sup>	6.7 × 10 <sup>19</sup>

# 核種毎の線量寄与比(1)

核種  $i$  の線量寄与比 =  $\frac{\text{核種 } i \text{ の放出量} \times \text{核種 } i \text{ の線量係数}}{\sum (\text{核種 } i \text{ の放出量} \times \text{核種 } i \text{ の線量係数})}$

## 核種毎の線量寄与比(吸入摂取/甲状腺量等価線量)

核種	半減期	旧) 放出量 (Bq)	新) 放出量 (Bq)	吸入タイプ	f1	3 month	1-y-old	5-y-old	10-y-old	15-y-old	Adult
Cs-134	2.1 y	1.8E+16	1.8E+16	F	1.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.2%
Cs-137	30.0 y	1.5E+16	1.5E+16	F	1.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%
Sr-89	50.5 d	2.0E+15	2.0E+15	M	0.1 (0.2)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Sr-90	29.1 y	1.4E+14	1.4E+14	M	0.1 (0.2)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ba-140	12.7 d	3.2E+15	3.2E+15	M	0.1 (0.2)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Te-127m	109.0 d	1.1E+15	1.1E+15	F (Vapour)	0.3 (0.6)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Te-129m	33.6 d	3.3E+15	3.3E+15	F (Vapour)	0.3 (0.6)	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Te-131m	30.0 h	9.7E+13	5.0E+15	F (Vapour)	0.3 (0.6)	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
Te-132	78.2 h	7.6E+14	8.8E+16	F (Vapour)	0.3 (0.6)	12.3%	11.1%	10.0%	9.0%	9.1%	9.2%
Ru-103	39.3 d	7.5E+09	7.5E+09	M	0.05 (0.1)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ru-106	368.2 d	2.1E+09	2.1E+09	M	0.05 (0.1)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Zr-95	64.0 d	1.7E+13	1.7E+13	M	0.002 (0.02)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ce-141	32.5 d	1.8E+13	1.8E+13	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ce-144	284.3 d	1.1E+13	1.1E+13	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Np-239	2.4 d	7.6E+13	7.6E+13	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pu-238	87.7 y	1.9E+10	1.9E+10	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pu-239	24065 y	3.2E+09	3.2E+09	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pu-240	6537 y	3.2E+09	3.2E+09	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pu-241	14.4 y	1.2E+12	1.2E+12	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Y-91	58.5 d	3.4E+12	3.4E+12	M	0.0001 (0.001)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pr-143	13.6 d	4.1E+12	4.1E+12	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Nd-147	11.0 d	1.6E+12	1.6E+12	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cm-242	162.8 d	1.0E+11	1.0E+11	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
I-131	8.0 d	1.6E+17	1.6E+17	F (Vapour)	1.0	81.4%	83.0%	84.6%	86.0%	85.9%	85.8%
I-132	2.3 h	4.7E+14	1.3E+13	F (Vapour)	1.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
I-133	20.8 h	6.8E+14	4.2E+16	F (Vapour)	1.0	5.8%	5.4%	4.9%	4.5%	4.4%	4.4%
I-135	6.6 h	6.3E+14	2.3E+15	F (Vapour)	1.0	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Sb-127	3.9 d	6.4E+15	6.4E+15	M	0.01 (0.02)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Sb-129	4.3 h	1.6E+14	1.4E+14	M	0.01 (0.02)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mo-99	66.0 h	8.8E+07	6.7E+09	M	0.1 (0.2)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

# 核種毎の線量寄与比(2)

## 核種毎の線量寄与比(吸入摂取/実効線量)

核種	半減期	放出量 (Bq)		吸入タイプ	f1	年齢別寄与率 (%)					Adult
		旧)	新)			3 month	1-y-old	5-y-old	10-y-old	15-y-old	
Cs-134	2.1 y	1.8E+16	1.8E+16	F	1.0	0.6%	0.4%	0.5%	1.0%	1.8%	2.9%
Cs-137	30.0 y	1.5E+16	1.5E+16	F	1.0	0.4%	0.3%	0.3%	0.6%	1.1%	1.7%
Sr-89	50.5 d	2.0E+15	2.0E+15	M	0.1 (0.2)	0.2%	0.2%	0.1%	0.2%	0.2%	0.3%
Sr-90	29.1 y	1.4E+14	1.4E+14	M	0.1 (0.2)	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%
Ba-140	12.7 d	3.2E+15	3.2E+15	M	0.1 (0.2)	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%	0.4%
Te-127m	109.0 d	1.1E+15	1.1E+15	F (Vapour)	0.3 (0.6)	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Te-129m	33.6 d	3.3E+15	3.3E+15	F (Vapour)	0.3 (0.6)	0.5%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
Te-131m	30.0 h	9.7E+13	5.0E+15	F (Vapour)	0.3 (0.6)	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%
Te-132	78.2 h	7.6E+14	8.8E+16	F (Vapour)	0.3 (0.6)	13.7%	12.4%	11.5%	11.2%	10.8%	11.0%
Ru-103	39.3 d	7.5E+09	7.5E+09	M	0.05 (0.1)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ru-106	368.2 d	2.1E+09	2.1E+09	M	0.05 (0.1)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Zr-95	64.0 d	1.7E+13	1.7E+13	M	0.002 (0.02)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ce-141	32.5 d	1.8E+13	1.8E+13	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Ce-144	284.3 d	1.1E+13	1.1E+13	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Np-239	2.4 d	7.6E+13	7.6E+13	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pu-238	87.7 y	1.9E+10	1.9E+10	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pu-239	24065 y	3.2E+09	3.2E+09	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pu-240	6537 y	3.2E+09	3.2E+09	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pu-241	14.4 y	1.2E+12	1.2E+12	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Y-91	58.5 d	3.4E+12	3.4E+12	M	0.0001 (0.001)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pr-143	13.6 d	4.1E+12	4.1E+12	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Nd-147	11.0 d	1.6E+12	1.6E+12	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cm-242	162.8 d	1.0E+11	1.0E+11	M	0.0005 (0.005)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
I-131	8.0 d	1.6E+17	1.6E+17	F (Vapour)	1.0	78.2%	80.2%	81.6%	81.4%	80.3%	78.4%
I-132	2.3 h	4.7E+14	1.3E+13	F (Vapour)	1.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
I-133	20.8 h	6.8E+14	4.2E+16	F (Vapour)	1.0	5.4%	5.4%	4.8%	4.3%	4.3%	4.1%
I-135	6.6 h	6.3E+14	2.3E+15	F (Vapour)	1.0	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Sb-127	3.9 d	6.4E+15	6.4E+15	M	0.01 (0.02)	0.2%	0.1%	0.1%	0.2%	0.2%	0.3%
Sb-129	4.3 h	1.6E+14	1.4E+14	M	0.01 (0.02)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mo-99	66.0 h	8.8E+07	6.7E+09	M	0.1 (0.2)	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

# 核種毎の線量寄与比(1) (モニタリングデータ)

## ● Takeyasu et al., JNST (2011)

原子力機構・核サ研(東海村)で得られた  
空気モニタリングに基づく内部被ばく線量評価値(吸入)

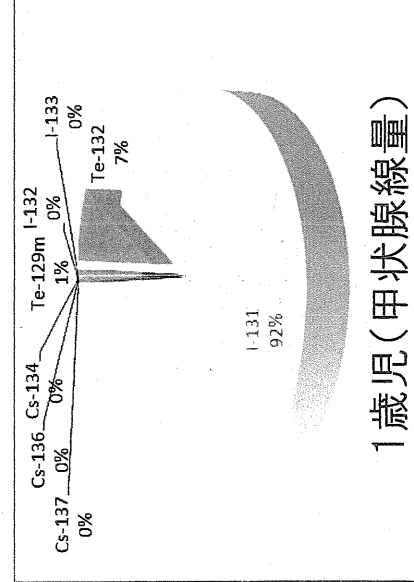
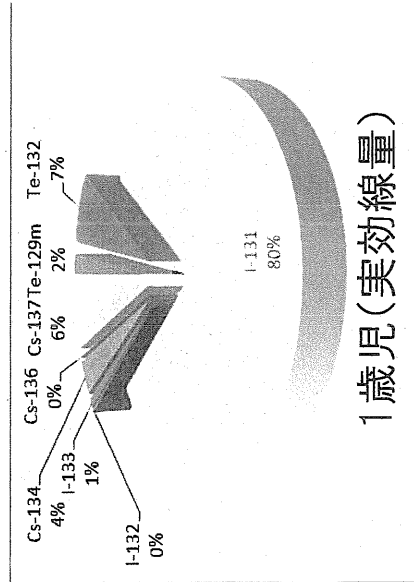
Journal of Nuclear Science and Technology, Volume 49, No. 3, March 2012

285

Table 1. Results of the estimation of doses.

Nuclide	Average concentration Bq/m <sup>3</sup>	Effective dose coefficient Sv/Bq	Thyroid equivalent dose coefficient Sv/Bq	Effective dose mSv	Thyroid equivalent dose mSv
<b>(a) Doses to adults</b>					
Te-129m	1.5	$7.9 \times 10^{-9}$	$1.3 \times 10^{-8}$	$1.9 \times 10^{-2}$	$3.1 \times 10^{-2}$
Te-132	3.7	$5.1 \times 10^{-9}$	$7.6 \times 10^{-8}$	$3.0 \times 10^{-2}$	$4.4 \times 10^{-1}$
I-131	$1.2 \times 10$	$2.0 \times 10^{-8}$	$3.9 \times 10^{-7}$	$3.8 \times 10^{-1}$	7.4
I-132	3.7 <sup>a</sup>	$3.1 \times 10^{-10}$	$3.6 \times 10^{-9}$	$1.8 \times 10^{-3}$	$2.1 \times 10^{-2}$
I-133	$5.6 \times 10^{-1}$	$4.0 \times 10^{-9}$	$7.6 \times 10^{-8}$	$3.6 \times 10^{-3}$	$6.8 \times 10^{-2}$
Cs-134	1.3	$2.0 \times 10^{-8}$	$6.3 \times 10^{-9}$	$4.1 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-2}$
Cs-136	$2.1 \times 10^{-1}$	$2.8 \times 10^{-9}$	$1.0 \times 10^{-9}$	$9.0 \times 10^{-4}$	$3.2 \times 10^{-4}$
Cs-137	1.5	$3.9 \times 10^{-8}$	$4.4 \times 10^{-9}$	$9.4 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$
Sum	-	-	-	$5.7 \times 10^{-1}$	7.9
<b>(b) Dose to 1-year-old children</b>					
Te-129m	1.5	$3.2 \times 10^{-8}$	$1.4 \times 10^{-7}$	$1.8 \times 10^{-2}$	$7.7 \times 10^{-2}$
Te-132	3.7	$4.5 \times 10^{-8}$	$7.8 \times 10^{-7}$	$6.1 \times 10^{-2}$	1.1
I-131	$1.2 \times 10$	$1.6 \times 10^{-7}$	$3.2 \times 10^{-6}$	$7.0 \times 10^{-1}$	$1.4 \times 10$
I-132	3.7 <sup>a</sup>	$2.3 \times 10^{-9}$	$3.8 \times 10^{-8}$	$3.1 \times 10^{-3}$	$5.1 \times 10^{-2}$
I-133	$5.6 \times 10^{-1}$	$4.1 \times 10^{-8}$	$8.0 \times 10^{-7}$	$8.5 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-1}$
Cs-134	1.3	$6.3 \times 10^{-8}$	$1.6 \times 10^{-8}$	$3.0 \times 10^{-2}$	$7.6 \times 10^{-3}$
Cs-136	$2.1 \times 10^{-1}$	$1.1 \times 10^{-8}$	$3.9 \times 10^{-9}$	$8.2 \times 10^{-4}$	$2.9 \times 10^{-4}$
Cs-137	1.5	$1.0 \times 10^{-7}$	$1.1 \times 10^{-8}$	$5.6 \times 10^{-2}$	$6.1 \times 10^{-3}$
Sum	-	-	-	$8.8 \times 10^{-1}$	$1.5 \times 10$

Note: <sup>a</sup>Radioactive equilibrium to Te-132 was assumed.



# 核種毎の線量寄与比(2) (モニタリングデータ)

## ● Nagakawa et al., Radioisotopes (2011)

RADIOISOTOPES, 60, 467-472 (2011)

ノート

福島第一原子力発電所事故による放射性物質漏えいに関わる  
都内環境放射能測定及び被ばく線量測定

永川榮泰, 鈴木隆司, 金城康人, 宮崎則幸\*, 関口正之, 櫻井 昇, 伊瀬洋昭

地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター

115-8586 東京都北区西が丘 3-13-10

\*東京都立食品技術センター

101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 1-9

2011年6月29日 受理

2011年3月11日の東日本大震災に伴い、福島第一原子力発電所の事故が発生した。この事故後から東京都内(世田谷区深沢)で大気浮遊塵、農畜水産物、浄水の放射能濃度及びγ線の空間線量率のモニタリングを行った。5月31日までの測定結果を基に<sup>137</sup>Te, <sup>131</sup>I, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Csの5核種による内部被ばく線量及び空間線量率による外部被ばく線量を試算した。その結果、測定開始から1年間の積算線量は425.1μSvとなり、ICRPの定める一般公衆の年間被ばく限度(1mSv)を超えないものと推定された。

Key Words : Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant, radioactive substance, ambient radioactivity, dust, agricultural and livestock product, drinking water, gamma ray, dose rate, Tokyo, exposure dose

測定データ: 東京都立産業技術センター

<http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUSA/2011/12/60lcq100.htm>

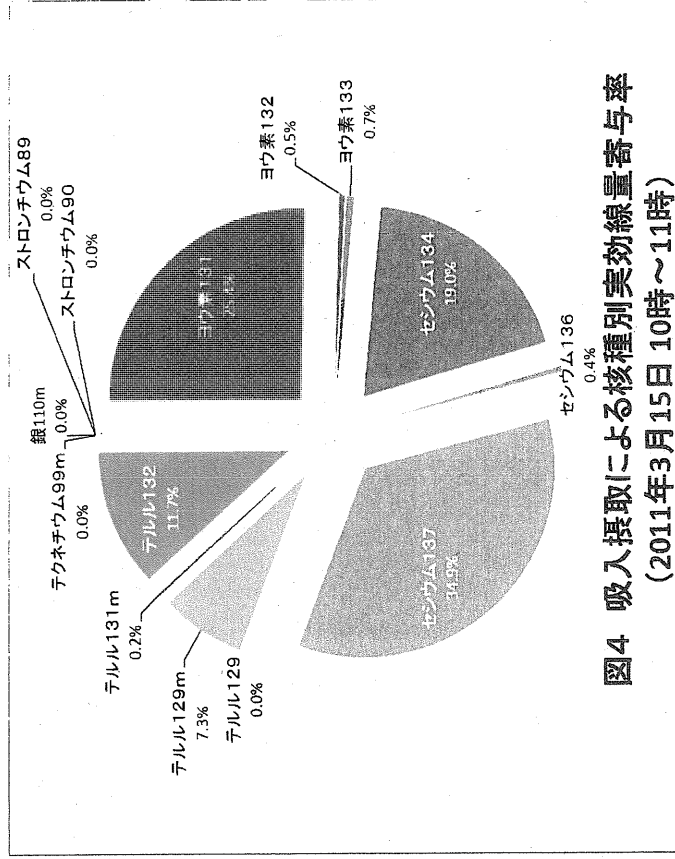


図4 吸入摂取による核種別実効線量寄与率  
(2011年3月15日 10時~11時)

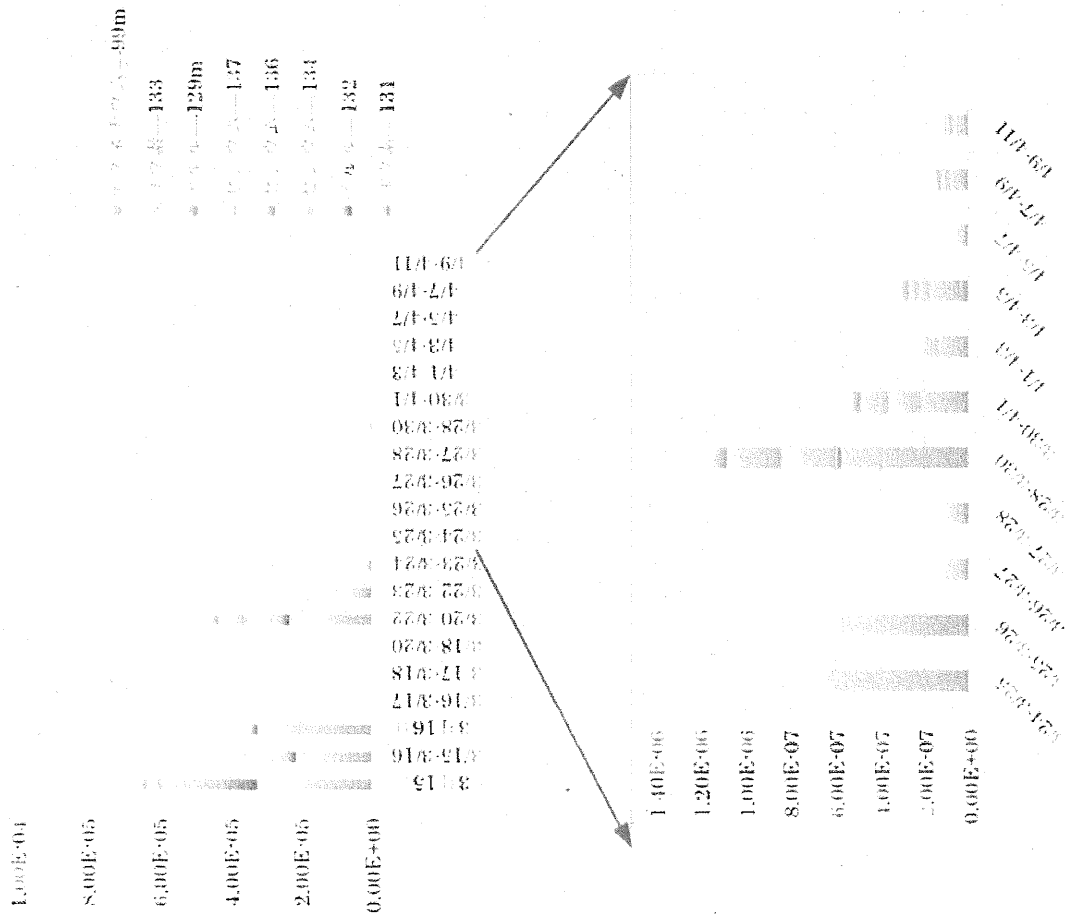
2011年3月15日から9月末までの大気浮遊塵を吸入摂取したことによる被ばく(実効線量)

- 成人では24μSv
- 全体の寄与:<sup>137</sup>Cs(35%), <sup>131</sup>I(30%), <sup>134</sup>Cs(19%)

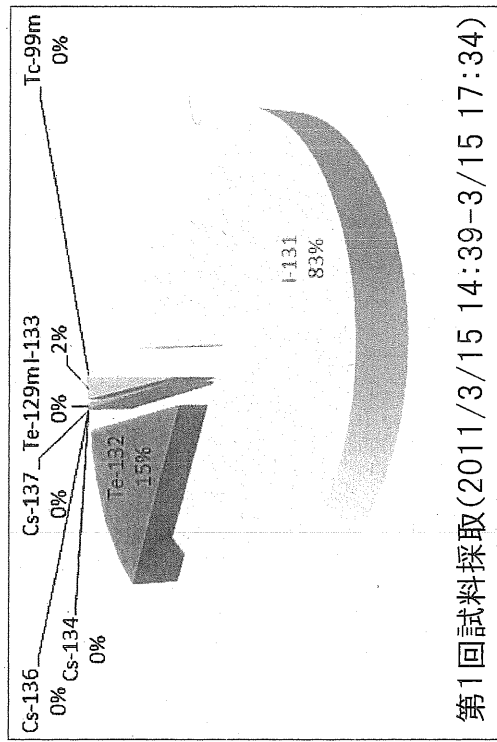
蒸気状ヨウ素は捕集されていない

# 核種毎の線量寄与比(3) (モニタリングデータ)

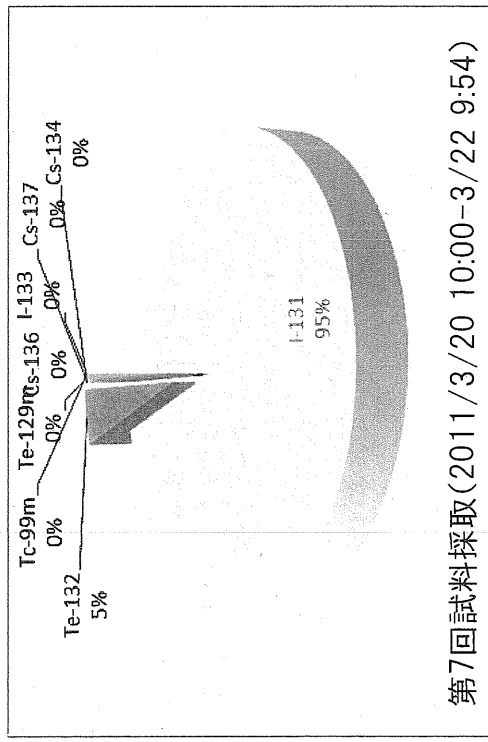
## ● KEK公表データ



## 1歳児(甲状腺線量)



## 第1回試料採取(2011/3/15 14:39-3/15 17:34)



## 第7回試料採取(2011/3/20 10:00-3/22 9:54)

## CONTRIBUTIONS OF SHORT-LIVED RADIOIODINES TO THYROID DOSES RECEIVED BY EVACUEES FROM THE CHERNOBYL AREA ESTIMATED USING EARLY *IN VIVO* ACTIVITY MEASUREMENTS

M. Balonov<sup>†\*</sup>, G. Kaidanovsky<sup>†</sup>, I. Zvonova<sup>†</sup>, A. Kovtun<sup>‡</sup>, A. Bouville<sup>§</sup>, N. Luckyanov<sup>§</sup> and P. Voillequé<sup>||</sup>

<sup>†</sup>Institute of Radiation Hygiene, St Petersburg, Russia

<sup>‡</sup>Institute of Industrial and Marine Medicine, St. Petersburg, Russia

<sup>§</sup>DHHS/NIH/NCI/Division of Cancer Epidemiology and Genetics, Bethesda, MD, USA

<sup>||</sup>MJP Risk Assessment, Inc., Denver, CO, USA

### INVITED PAPER

**Abstract** — A series of *in vivo* gamma spectrometric measurements of 65 people evacuated from Pripyat 1.5 days after the Chernobyl Nuclear Power Plant Unit 4 explosion was performed in St Petersburg, Russia, as early as 30 April 1986. The historical spectra and interviews were recently processed and the results used for thyroid dose estimation. Activities of <sup>131</sup>I in thyroid and <sup>132</sup>Te in lungs were determined easily; for estimation of <sup>132</sup>I and <sup>131</sup>I activities in thyroid, sophisticated methods of spectral processing were developed. According to thyroid measurement data, the mean ratio of <sup>132</sup>I/<sup>131</sup>I activities (at the time of the accident) inhaled by residents of Pripyat was 2.0. The mean ratio of thyroid dose from <sup>132</sup>I inhalation to that caused by <sup>131</sup>I amounts to 0.3, which confirms the accuracy of dose estimates based on the evolution of the Chernobyl accident. The mean ratio of <sup>132</sup>I activity in thyroid to that of <sup>132</sup>Te in lungs was assessed from the human measurement data to be 0.2, which is in reasonable agreement with the metabolic properties of these radionuclides. The mean ratio of thyroid dose from <sup>132</sup>I originating from <sup>132</sup>Te deposited in lungs to the dose caused by <sup>131</sup>I was  $0.13 \pm 0.02$  for Pripyat residents who did not take KI pills and  $0.9 \pm 0.1$  for persons who took KI pills. Thus, the contribution of short-lived radioiodines to total thyroid dose of Pripyat residents, which was on average 30% for persons who did not use stable iodine prophylaxis, and about 50% for persons who took KI pills on 26-27 April, should be accounted for in the assessment of thyroid health effects.



**INDIVIDUAL THYROID DOSE ESTIMATION FOR A  
CASE-CONTROL STUDY OF CHERNOBYL-RELATED THYROID  
CANCER AMONG CHILDREN OF BELARUS—PART I:  $^{131}\text{I}$ ,  
SHORT-LIVED RADIOIODINES ( $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{135}\text{I}$ ), AND  
SHORT-LIVED RADIOTELLURIUMS ( $^{131\text{m}}\text{Te}$  AND  $^{132}\text{Te}$ )**

Yuri Gavrilin,\* Valeri Khrouch,\* Sergey Shinkarev,\* Vladimir Drozdovitch,<sup>†</sup>  
Victor Mimenko,<sup>‡</sup> Elena Shemiakina,<sup>§</sup> Alexander Ulanovsky,<sup>§</sup> André Bouville,\*\*  
Lynn Anspaugh,<sup>††</sup> Paul Voillequé,<sup>††</sup> and Nickolas Luckyanov\*\*

**Abstract**—Large amounts of radioiodines were released into the atmosphere during the accident at the Chernobyl nuclear power plant on 26 April 1986. In order to investigate whether the thyroid cancers observed among children in Belarus could have been caused by radiation exposures from the Chernobyl accident, a team of Belarusian, Russian, and American scientists conducted a case-control study to compare cases and controls according to estimated thyroid dose. The primary purpose of this paper is to present detailed information on the estimated thyroid doses, due to intakes of  $^{131}\text{I}$ , that were used in the case-control study. The range of the  $^{131}\text{I}$  thyroid doses among the 107 cases and the 214 controls was found to extend from 0.00002 to 4.3 Gy, with medians of approximately 0.2 Gy for the cases and 0.07 Gy for the controls. In addition, the thyroid doses resulting from the intakes of short-lived radioiodines ( $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ , and  $^{135}\text{I}$ ) and radiotelluriums ( $^{131\text{m}}\text{Te}$  and  $^{132}\text{Te}$ ) were estimated and compared to the doses from  $^{131}\text{I}$ . The ratios of the estimated thyroid doses from the short-lived radionuclides and from  $^{131}\text{I}$  for the cases and the controls range from 0.003 to 0.1, with median values of approximately 0.02 for both cases and controls.

Health Phys. 86(6):565–585; 2004

**Key words:** Chernobyl; thyroid; cancer; children

amounts of radioactive materials. Of particular concern were the releases of 1.3 to 1.8 exabecquerels ( $10^{18}$  Bq) of  $^{131}\text{I}$  plus similar amounts of shorter lived radioiodines ( $^{132}\text{I}$  and  $^{133}\text{I}$ ), much of it contaminating southern areas of Belarus (IAEA 1996; UNSCEAR 2000). Anticipating an increase in thyroid cancer, Soviet health authorities initiated an intensive medical screening program among children in areas of heavy fallout (Ministry of Health 1987; Astakhova 1990). In 1992, the number of cases of thyroid cancer in children of Belarus following the accident was reported to be 131 (Kazakov et al. 1992). In order to investigate whether these thyroid cancers could have been caused by radiation exposures from the Chernobyl accident, a team of Belarusian, Russian, and American scientists decided to undertake a case-control study to compare cases and controls according to estimated  $^{131}\text{I}$  thyroid dose. An extensive discussion of the clinical and epidemiological aspects of the study was

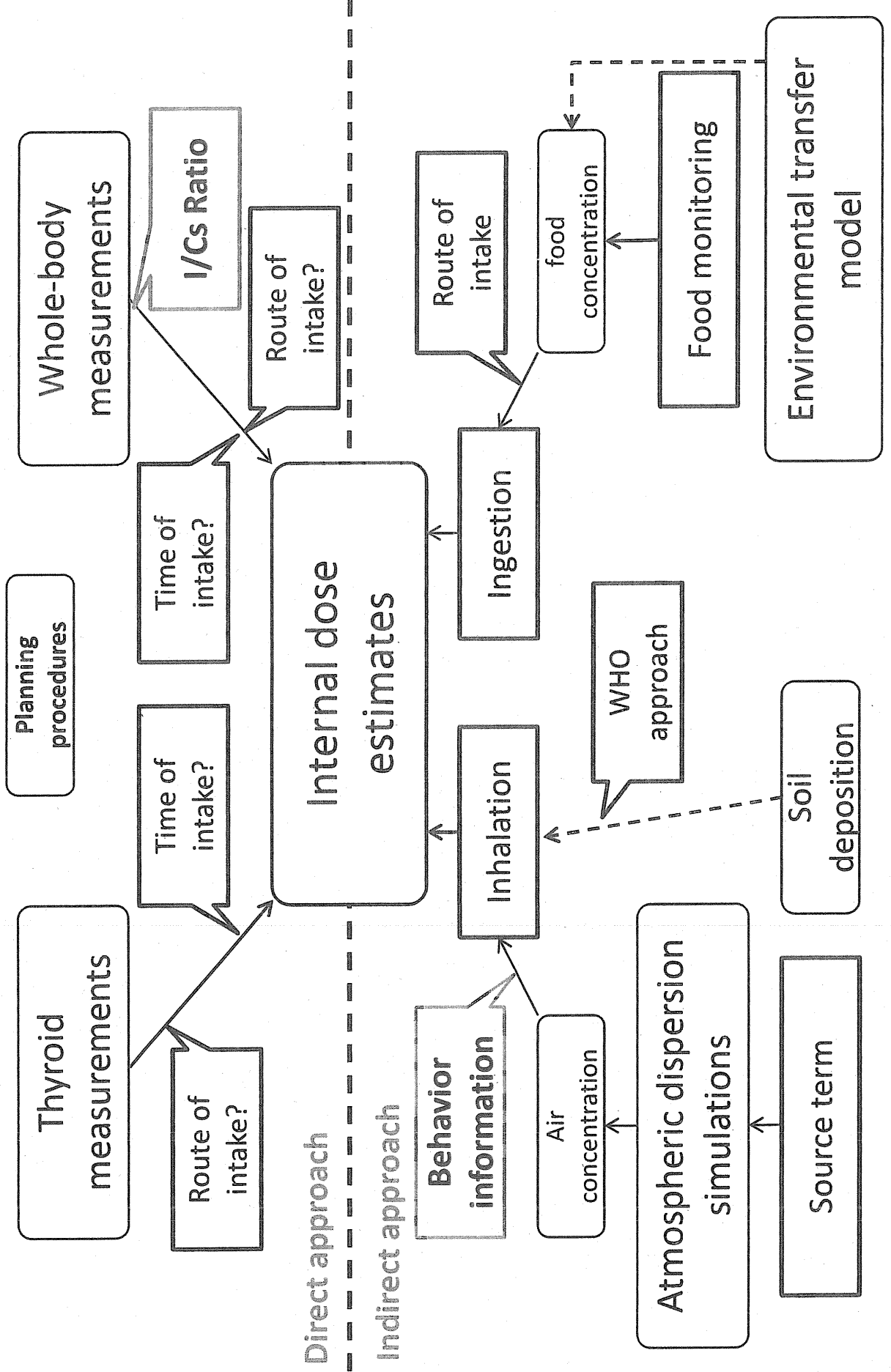
# 線量再構築の方法

平成24年10月16日

平成24年度原子力災害影響調査等事業

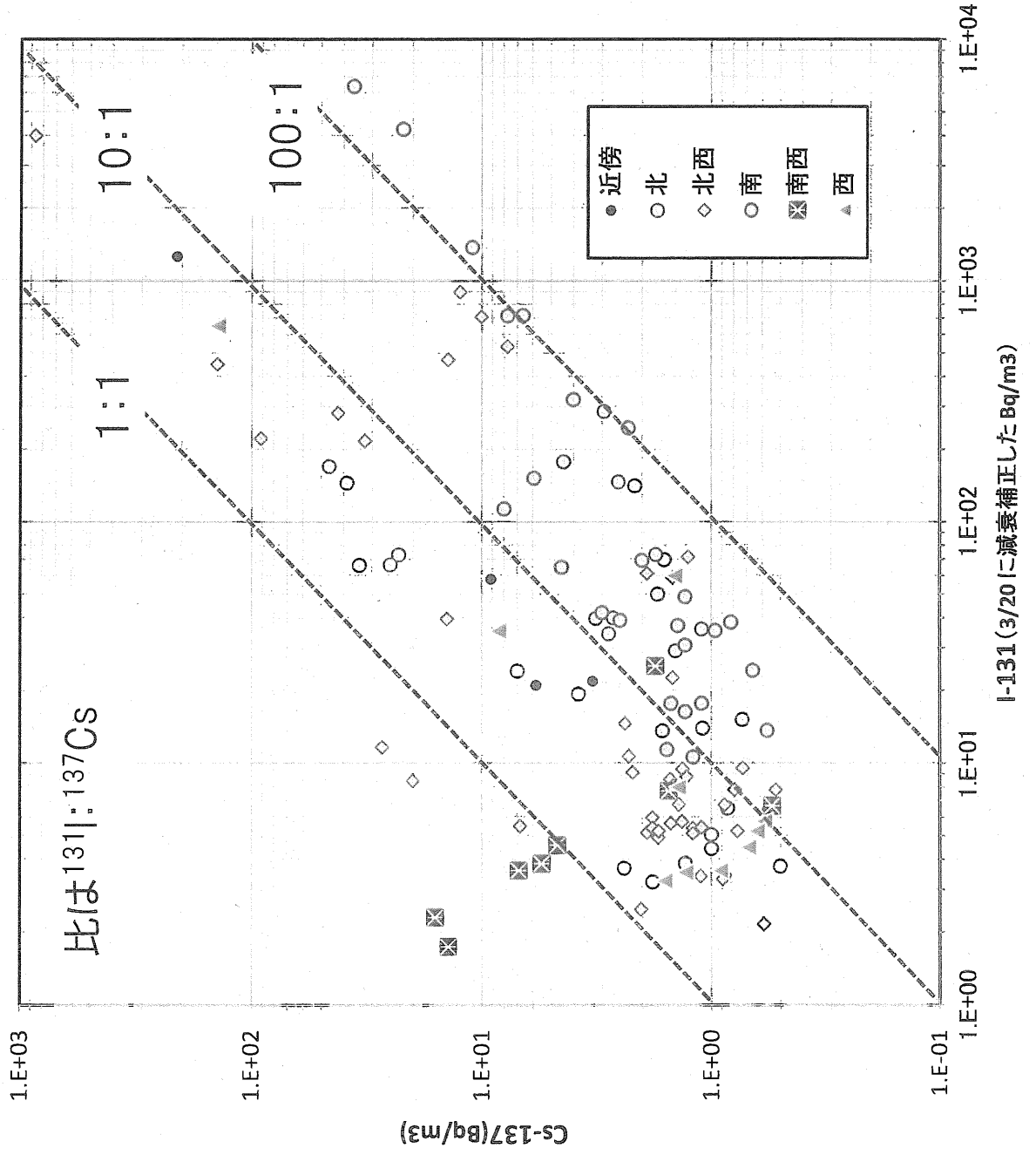
(事故初期のヨウ素等短半減期による内部被ばく線量評価調査)

# 線量再構築の方法



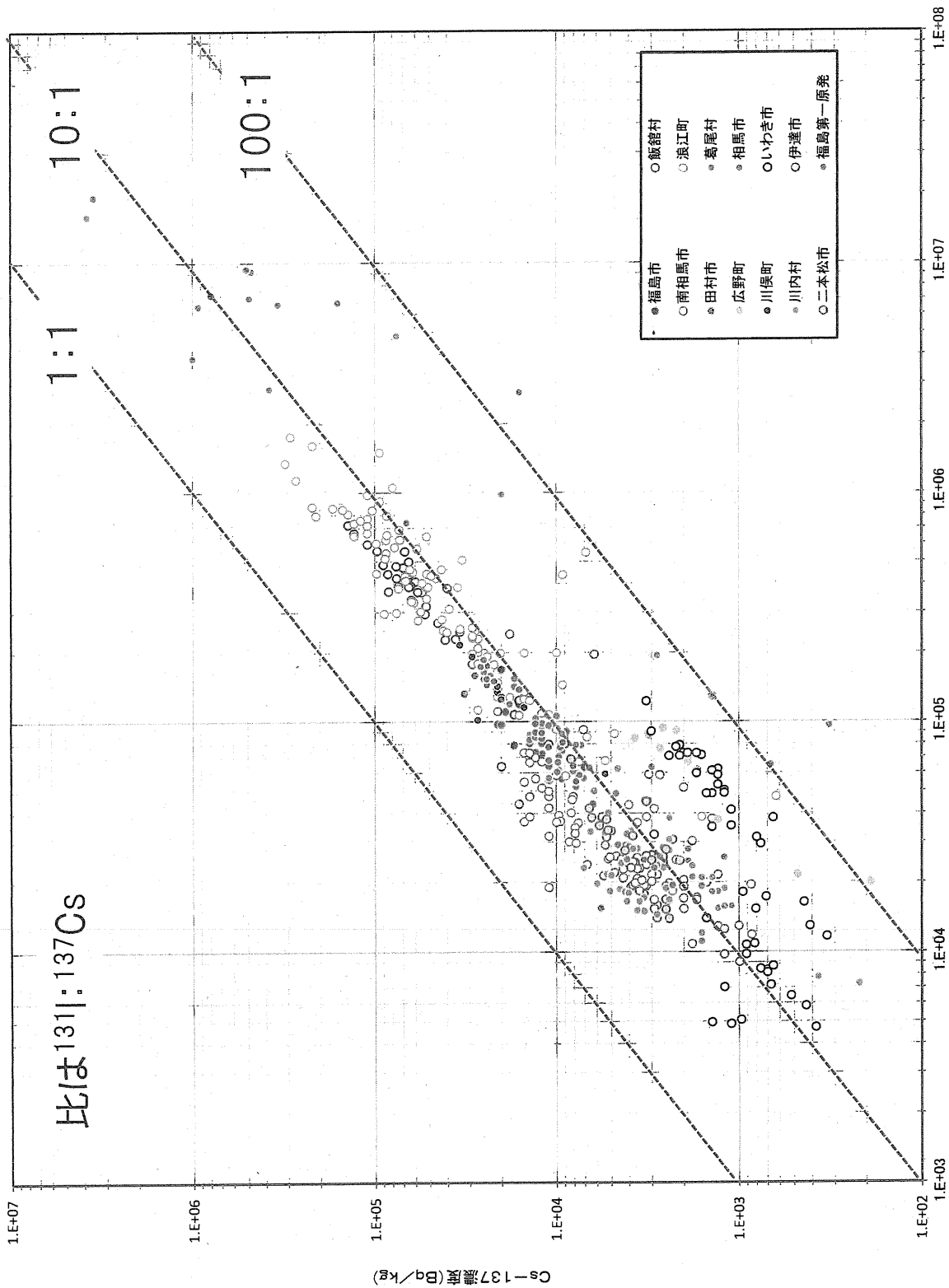
# 大気中濃度比( $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ ) 福島県

福島県の大気中I-131とCS-137濃度の相関



# 土壌中濃度比( $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ ) 福島県

福島県の土壌サンプルのI-131と濃度Cs-137濃度の相関



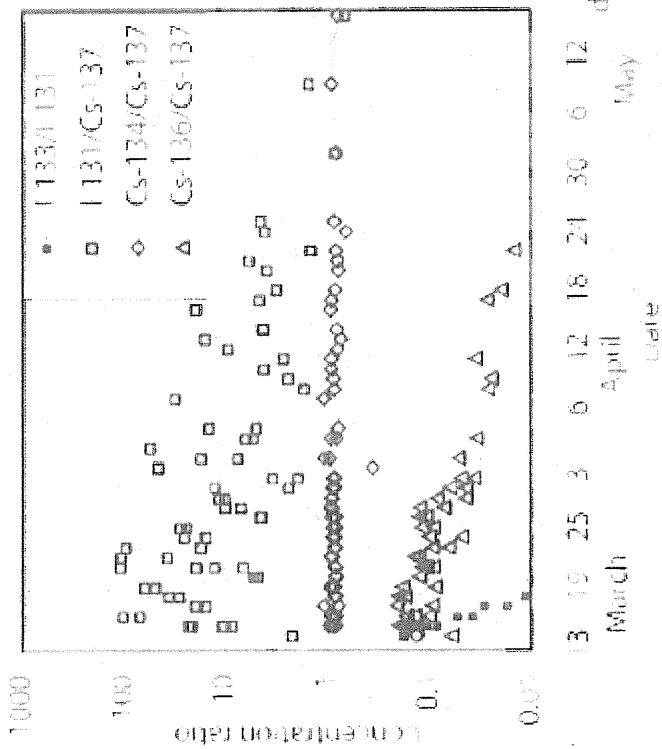
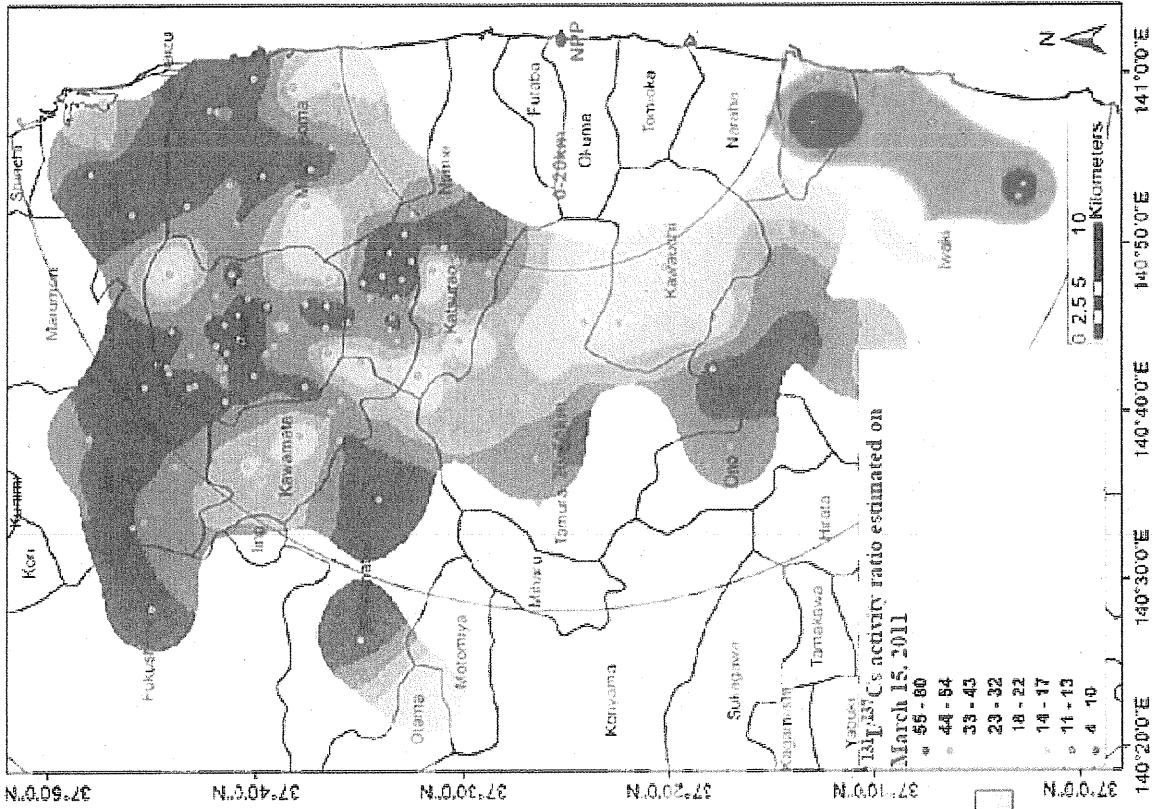


Figure 4. Fluctuation in the air concentration ratios of radionuclides (sum of aerosol and gaseous forms).

Table 6-VII - Law of distribution (mode±standard deviation) of the activity ratios (in reference to cesium-137) on March 15, 2011, within the 20-100 km radius around the Fukushima Dai-ichi site. The distributions of the isotope ratios for iodine-131 and tellurium-129m present two modes corresponding to two different geographic sectors.

$^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$	$^{136}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$	$^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$	$^{129\text{m}}\text{Te}/^{137}\text{Cs}$	$^{110\text{m}}\text{Ag}/^{137}\text{Cs}$
$0.89 \pm 0.05$	$0.39 \pm 0.2$	$11.7 \pm 4.6$ (northwest) $48.2 \pm 7$ (south)	$1.56 \pm 0.62$ (northwest) $6.1 \pm 1.4$ (south)	$0.05 \pm 0.06$



## 拡散シミュレーションによる内部被ばく線量の試算結果

平成 24 年 10 月 16 日

(概要) 拡散シミュレーションによる初期内部被ばく線量推計の精度を検証するため、個人モニタリングの結果との比較を試みている。今回は、JAEA の永井氏から提供された、いわき、飯館、浪江、津島地区、川俣、南相馬、郡山、北茨城、東海村、新宿の  $^{131}\text{I}$  及び  $^{137}\text{Cs}$  の空気中濃度(計算値)の結果を用いて、各場所に 4 月末まで屋外に滞在した場合における吸入による内部被ばく線量を試算した。また、行動調査が得られた個人に対する内部被ばく線量を計算し、個人モニタリングの結果との比較を試みた。

(結果)

- 表 1 各場所に屋外滞在し続けた場合の摂取量( $^{131}\text{I}$ )
- 表 2 各場所に屋外滞在し続けた場合の甲状腺等価線量( $^{131}\text{I}$ )
- 表 3 各場所に屋外滞在し続けた場合の摂取量( $^{137}\text{Cs}$ )
- 表 4 各場所に屋外滞在し続けた場合の実効線量( $^{137}\text{Cs}$ )
- 図 1-(1) いわき、飯館、北茨城、東海村の空気中濃度の時間変化( $^{131}\text{I}$ , 1 時間値)
- 図 1-(2) いわき、飯館、北茨城、東海村の空気中濃度の時間変化( $^{131}\text{I}$ , 積算値)
- 図 2-(1) いわき、飯館、北茨城、東海村の空気中濃度の時間変化( $^{137}\text{Cs}$ , 1 時間値)
- 図 2-(2) いわき、飯館、北茨城、東海村の空気中濃度の時間変化( $^{137}\text{Cs}$ , 積算値)
- 図 3-(1) 浪江、津島地区、川俣、南相馬、郡山の空気中濃度の時間変化( $^{131}\text{I}$ , 1 時間値)
- 図 3-(2) 浪江、津島地区、川俣、南相馬、郡山の空気中濃度の時間変化( $^{131}\text{I}$ , 積算値)
- 図 4-(1) 浪江、津島地区、川俣、南相馬、郡山の空気中濃度の時間変化( $^{137}\text{Cs}$ , 1 時間値)
- 図 4-(2) 浪江、津島地区、川俣、南相馬、郡山の空気中濃度の時間変化( $^{137}\text{Cs}$ , 積算値)

内部被ばく線量の比較対象となる個人モニタリングデータは限られているが、①昨年 3 月下旬に実施された小児甲状腺スクリーニング検査(いわき、川俣、飯館村居住の小児の甲状腺等価線量は最大でも 50mSv を超えない)、②IRSN が公表した国外避難者及び③東海村滞在の原子力機構職員の線量評価結果とオーダとしては一致している。また、百瀬氏が国際シンポジウムで発表した福島県各地の WBC による線量評価結果、都内で測定された大気中濃度から得られる線量評価とも比較的良く一致している。

表 5 と表 6 は、弘前大学の床次氏らが調査した浪江町の避難住民の行動調査の一例である。拡散シミュレーションから概算される線量は、甲状腺計測から得られた線量に比べて高い傾向にある。同様のケーススタディを重ね、拡散シミュレーションからの線量評価(吸入摂取)において考慮すべきファクターを検討する必要がある。

IRSN Fukushima, one year later Initial analyses of the accident and its consequences (2012)

Figure 8-15 shows the geographical distribution of private individuals staying in Japan, in the cities of Sendai, Iwaki, Koriyama, or Fukushima, during the most significant release events, i.e. between March 15 and 16, or in Tokyo (March 15 and 16 and between the afternoon of March 20 and March 23), who had a positive result in the in vivo  $\gamma$ -ray spectrometry performed upon their return to France.

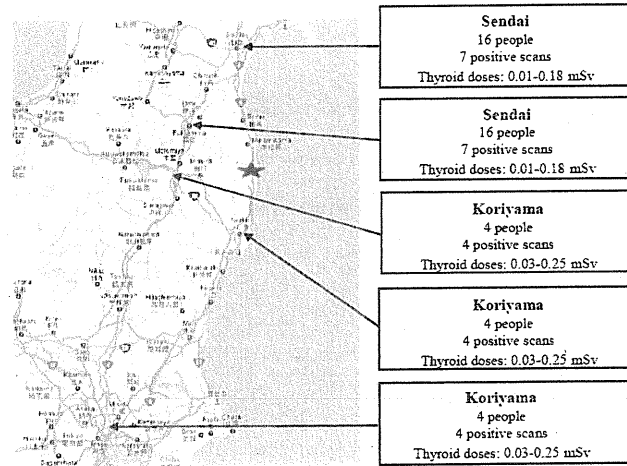


Figure 8-15 - Geographical distribution of private individuals staying in Sendai, Fukushima, Koriyama, or Iwaki during the releases on March 15-16 or in Tokyo (releases on March 15-16 and March 20-23, 2011), whose in vivo  $\gamma$ -ray spectrometry produced a positive result

Figure 8-16 shows the geographical distribution of journalists present in Tokyo, Soma, or Sendai during the most significant release event, i.e. between March 15 and 16, who had a positive result in the in vivo  $\gamma$ -ray spectrometry performed a few days later upon their return to France.

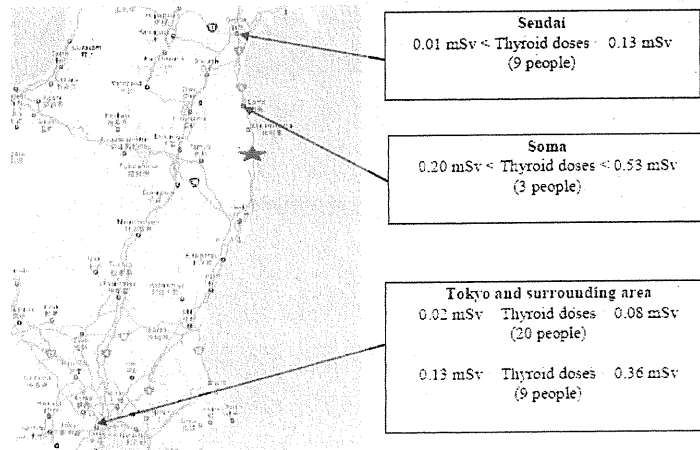


Figure 8-16 - Geographical distribution of journalists present in Sendai, Soma, or Tokyo during the releases on March 15-16, whose in vivo  $\gamma$ -ray spectrometry produced a positive result

These results show that the contamination of people at the time of the releases and in the days that followed essentially depended on their behavior (especially the time they spent outdoors) and their precise location while they were in the contaminated areas, the influence of local weather conditions being the dominant factor. These results cannot be generalized to everyone staying in a given city, but do give an indication of the possible dose range to which people may have been exposed on those dates and in those locations.



表 1 各場所に屋外滞在し続けた場合の摂取量(<sup>131</sup>I)

4/1までの摂取量	I-131 (Bq)-Intake										
	IWAKI	IITATE	NAMIE	TSUSHIMA	KAWAMATA	MINAMISOMA	KORIYAMA	N-IBARA	TOKAI	SHINJUKU	
3mo	6.7E+03	7.0E+03	9.9E+04	2.4E+04	1.0E+04	1.3E+04	6.7E+02	1.8E+03	1.0E+03	1.7E+02	
1y	1.2E+04	1.3E+04	1.8E+05	4.3E+04	1.8E+04	2.3E+04	1.2E+03	3.2E+03	1.8E+03	3.1E+02	
5y	2.0E+04	2.1E+04	3.0E+05	7.2E+04	3.1E+04	3.9E+04	2.0E+03	5.4E+03	3.1E+03	5.2E+02	
10y	3.6E+04	3.7E+04	5.3E+05	1.3E+05	5.4E+04	6.8E+04	3.6E+03	9.5E+03	5.4E+03	9.1E+02	
15y	4.7E+04	4.9E+04	6.9E+05	1.7E+05	7.1E+04	8.9E+04	4.7E+03	1.3E+04	7.1E+03	1.2E+03	
Adult	5.2E+04	5.4E+04	7.7E+05	1.8E+05	7.9E+04	9.9E+04	5.2E+03	1.4E+04	7.8E+03	1.3E+03	

表 2 各場所に屋外滞在し続けた場合の甲状腺等価線量(<sup>131</sup>I)

4/1まで線量	I-131 (mSv) -Thyroid										
	IWAKI	IITATE	NAMIE	TSUSHIMA	KAWAMATA	MINAMISOMA	KORIYAMA	N-IBARA	TOKAI	SHINJUKU	
3mo	22.0	23.0	326.0	77.9	33.6	42.0	2.2	5.9	3.3	0.6	
1y	38.4	40.2	570.3	136.3	58.7	73.4	3.8	10.3	5.8	1.0	
5y	38.6	40.3	572.2	136.8	58.9	73.6	3.9	10.3	5.9	1.0	
10y	33.8	35.4	502.0	120.0	51.7	64.6	3.4	9.1	5.1	0.9	
15y	29.0	30.3	430.4	102.9	44.3	55.4	2.9	7.8	4.4	0.7	
Adult	20.2	21.1	299.0	71.5	30.8	38.5	2.0	5.4	3.1	0.5	

表 3 各場所に屋外滞在し続けた場合の摂取量(<sup>137</sup>Cs)

Cs-137 (Bq)-Intake											
4/1までの摂取量	IWAKI	IITATE	NAMIE	TSUSHIMA	KAWAMATA	MINAMISOMA	KORIYAMA	N-BARA	TOKAI	SHINJUKU	
3mo	1.3E+03	1.0E+03	1.4E+04	2.9E+03	1.4E+03	1.4E+03	4.9E+01	6.8E+02	1.8E+02	1.5E+01	
1y	2.3E+03	1.8E+03	2.6E+04	5.3E+03	2.5E+03	2.6E+03	8.9E+01	1.2E+03	3.2E+02	2.8E+01	
5y	3.9E+03	3.1E+03	4.4E+04	8.9E+03	4.2E+03	4.3E+03	1.5E+02	2.1E+03	5.4E+02	4.7E+01	
10y	6.8E+03	5.4E+03	7.7E+04	1.6E+04	7.3E+03	7.6E+03	2.6E+02	3.6E+03	9.5E+02	8.3E+01	
15y	9.0E+03	7.1E+03	1.0E+05	2.1E+04	9.6E+03	1.0E+04	3.5E+02	4.8E+03	1.2E+03	1.1E+02	
Adult	9.9E+03	7.8E+03	1.1E+05	2.3E+04	1.1E+04	1.1E+04	3.8E+02	5.3E+03	1.4E+03	1.2E+02	

表 4 各場所に屋外滞在し続けた場合の実効線量(<sup>137</sup>Cs)

Cs-137 (mSv)-Effective											
4/1まで線量	IWAKI	IITATE	NAMIE	TSUSHIMA	KAWAMATA	MINAMISOMA	KORIYAMA	N-BARA	TOKAI	SHINJUKU	
3mo	0.01	0.01	0.13	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	
1y	0.01	0.01	0.14	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	
5y	0.01	0.01	0.16	0.03	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	
10y	0.03	0.02	0.29	0.06	0.03	0.03	0.00	0.01	0.01	0.00	
15y	0.04	0.03	0.45	0.09	0.04	0.04	0.00	0.02	0.02	0.01	
Adult	0.05	0.04	0.52	0.10	0.05	0.05	0.00	0.02	0.02	0.01	

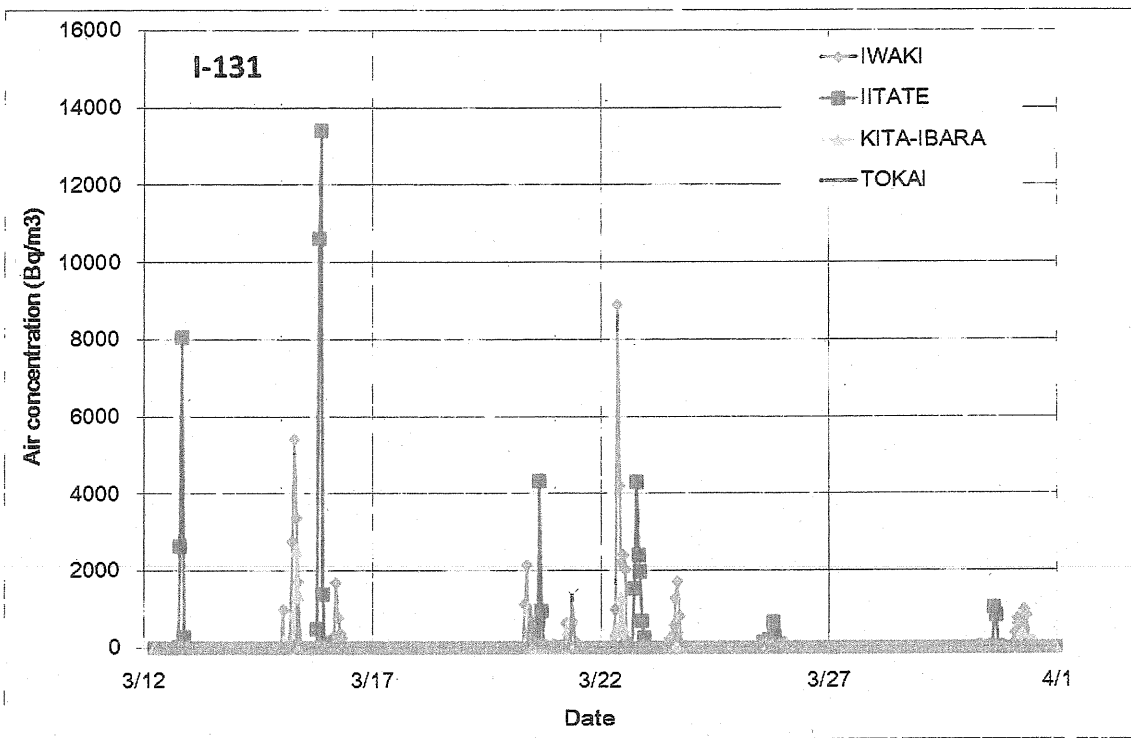


図 1-(1) いわき, 飯舘, 北茨城, 東海村の空气中濃度の時間変化(<sup>131</sup>I, 1 時間値)

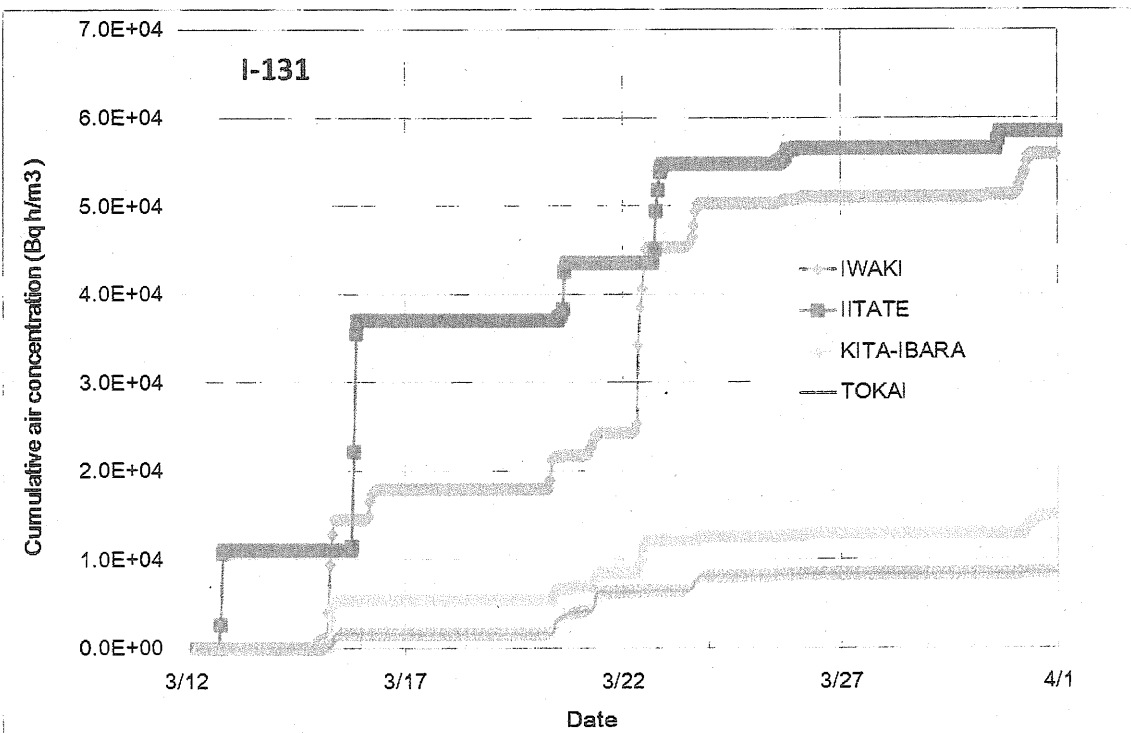


図 1-(2) いわき, 飯舘, 北茨城, 東海村の空气中濃度の時間変化(<sup>131</sup>I, 積算値)

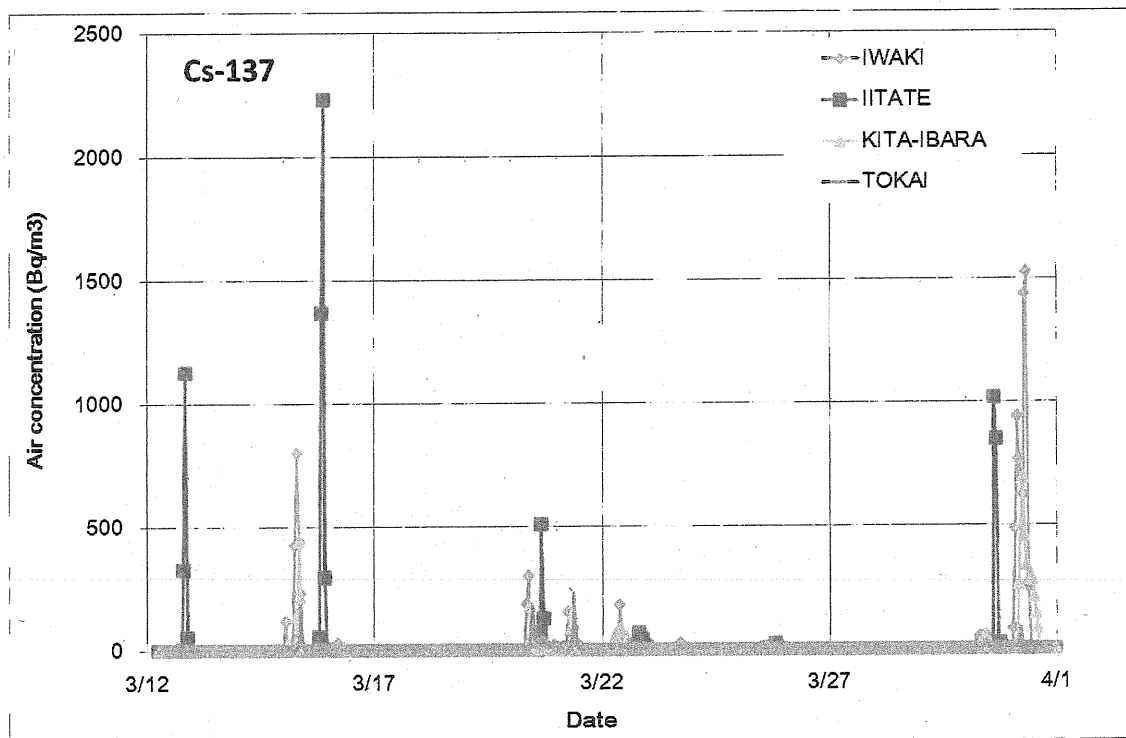


図 2-(1) いわき, 飯館, 北茨城, 東海村の空气中濃度の時間変化(<sup>137</sup>Cs, 1 時間値)

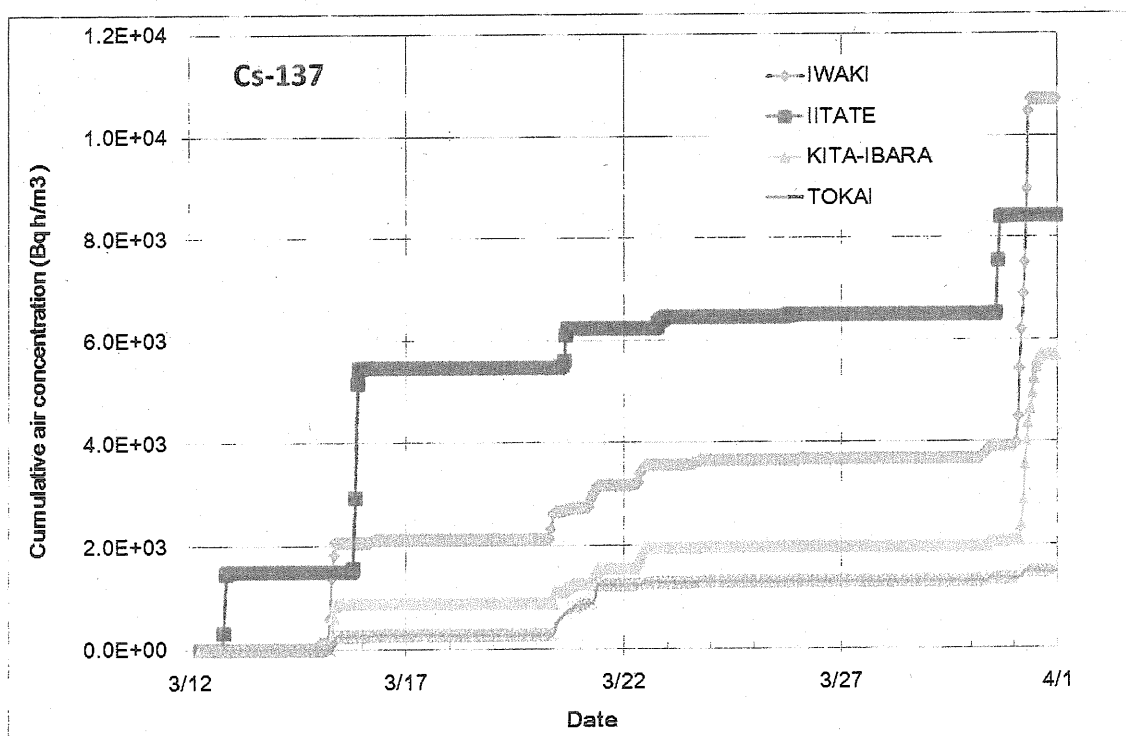


図 2-(2) いわき, 飯館, 北茨城, 東海村の空气中濃度の時間変化(<sup>137</sup>Cs, 積算値)

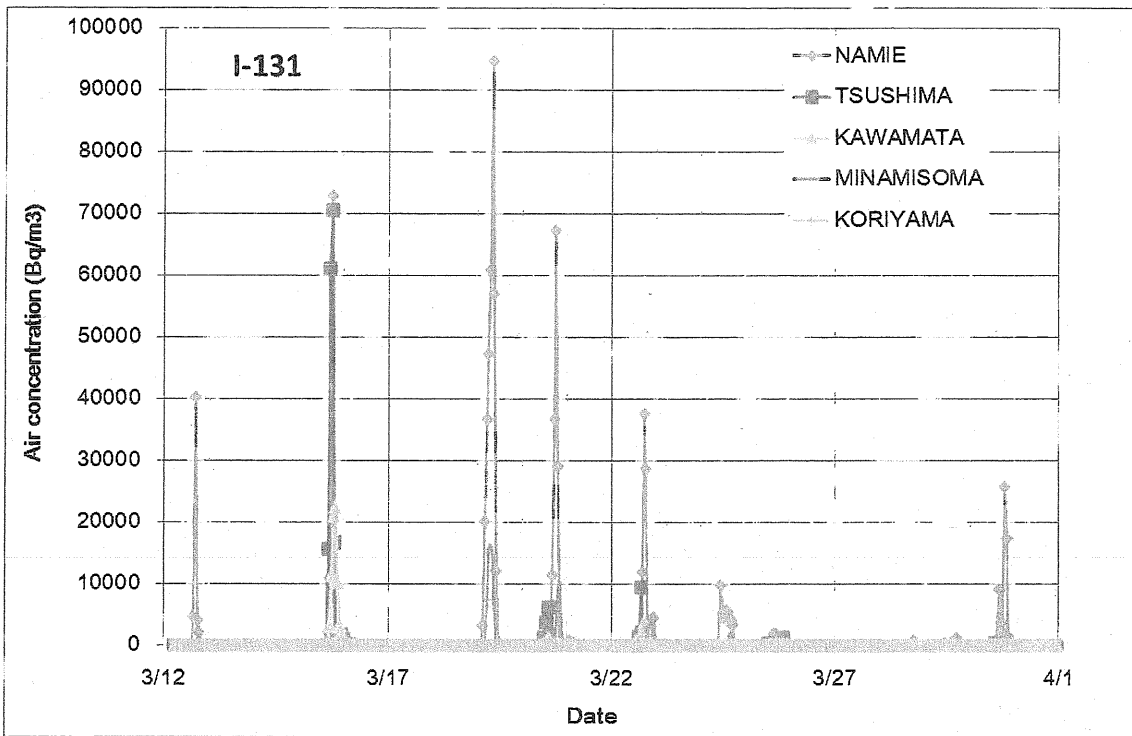


図 3-(1) 浪江, 津島地区, 川俣, 南相馬, 郡山の空气中濃度の時間変化(<sup>131</sup>I, 1 時間値)

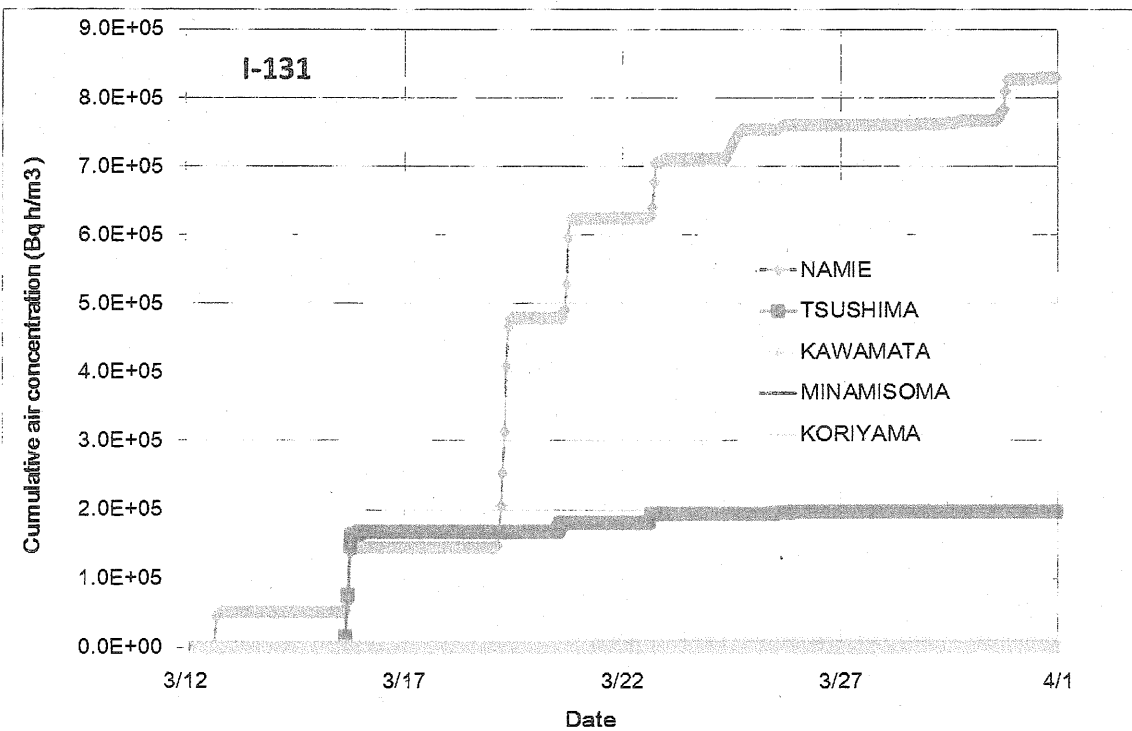


図 3-(2) 浪江, 津島地区, 川俣, 南相馬, 郡山の空气中濃度の時間変化(<sup>131</sup>I, 積算値)

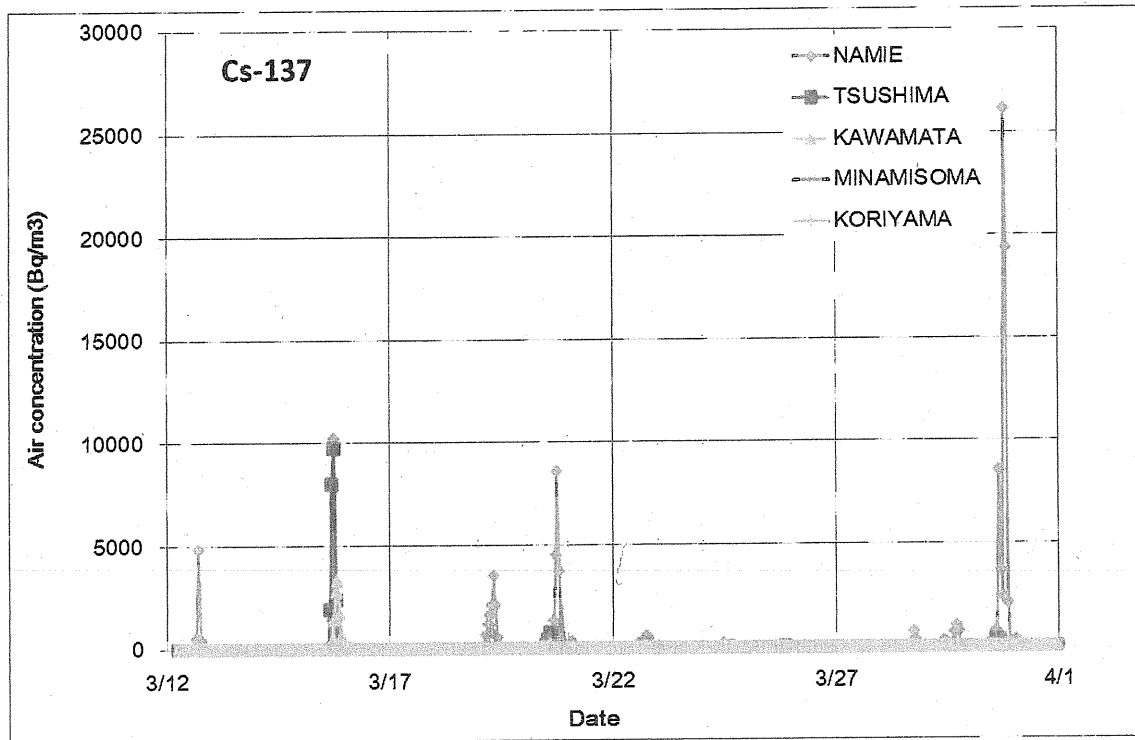


図 4-(1) 浪江, 津島地区, 川俣, 南相馬, 郡山の空气中濃度の時間変化(<sup>137</sup>Cs, 1 時間値)

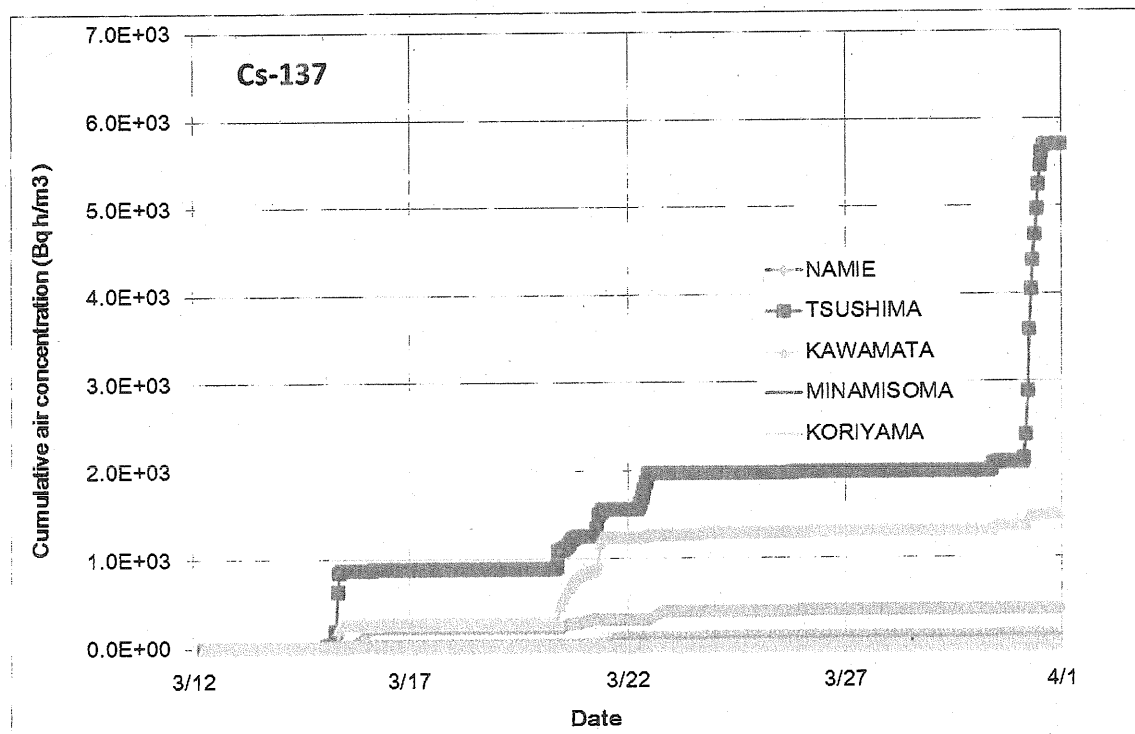
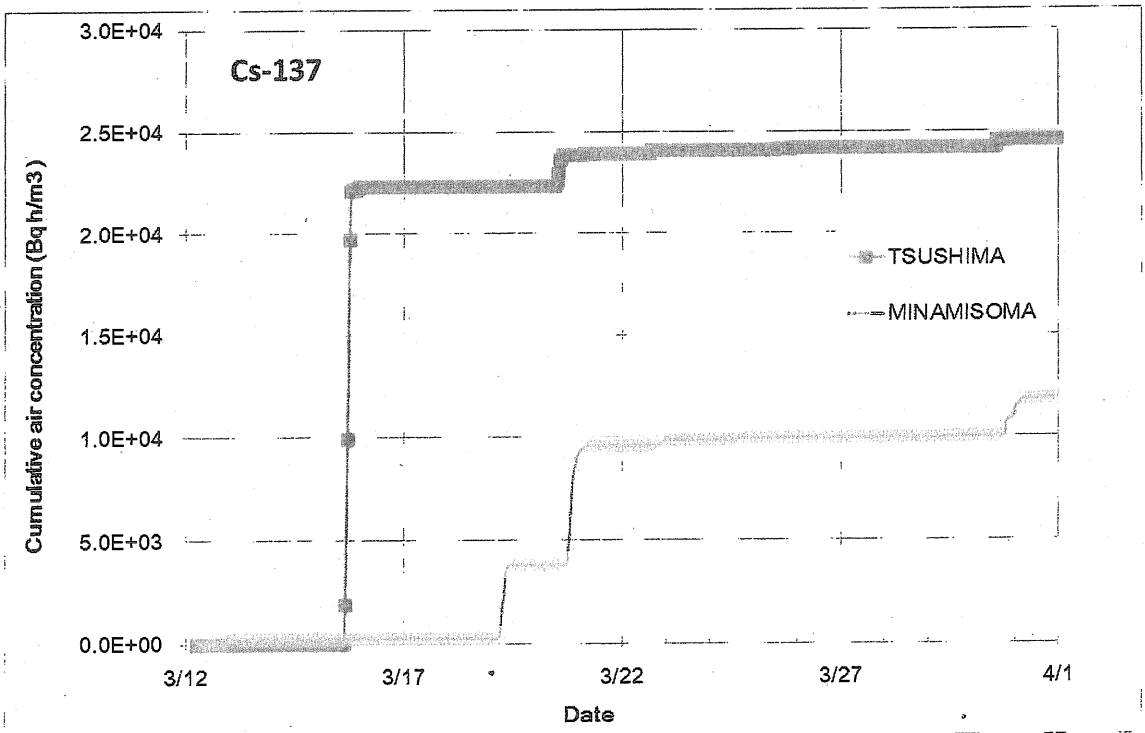
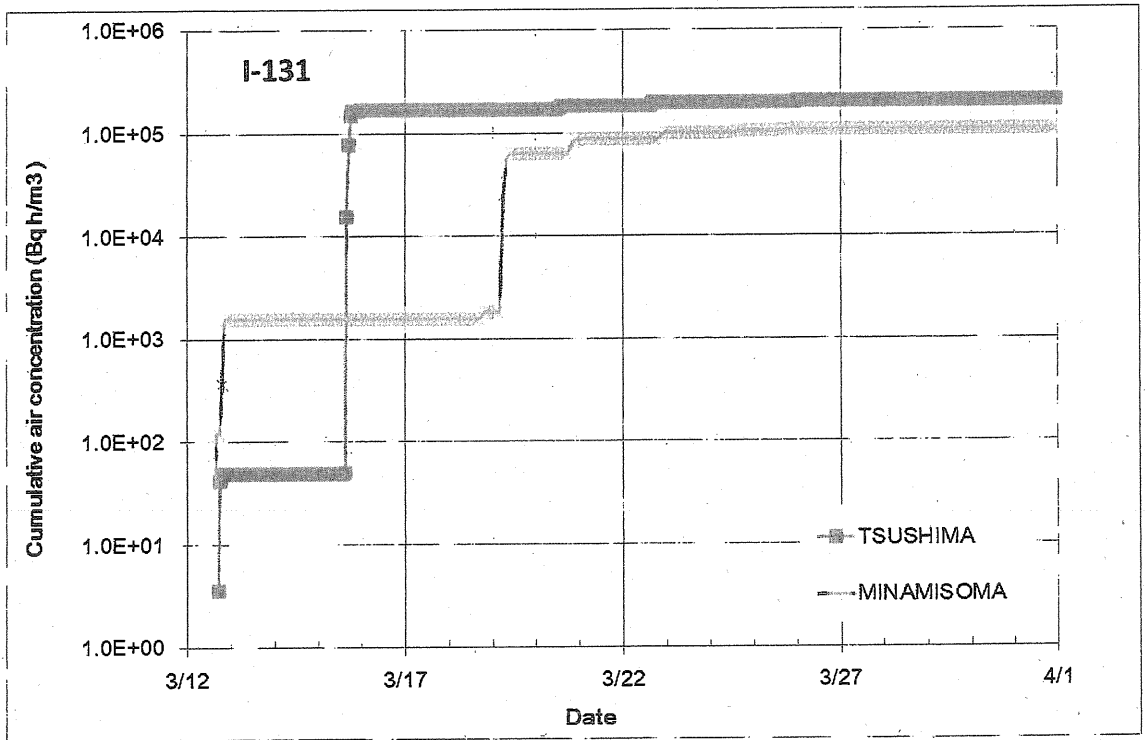


図 4-(2) 浪江, 津島地区, 川俣, 南相馬, 郡山の空气中濃度の時間変化(<sup>137</sup>Cs, 積算値)

表5 [redacted]の行動調査(弘前大学・床次氏提供)

<p>3月11日</p> <p>[redacted]</p>	<p>[redacted]</p>
<p>3月12日</p> <p>[redacted]</p>	<p>[redacted]</p>
<p>3月13日</p> <p>[redacted]</p>	<p>[redacted]</p>
<p>3月14日</p> <p>[redacted]</p>	<p>サーベイの結果はどうだったのか？</p> <p>[redacted]</p>
<p>3月17日</p> <p>[redacted]</p>	<p>いつから福島をでたのか？ 外出時間帯は？</p>
<p>4月7日~7月7日</p> <p>[redacted]</p>	<p>内部被ばくは0</p>
<p>7月8日~10月22日</p> <p>[redacted]</p>	<p>内部被ばくは0</p>
<p>10月23日</p> <p>[redacted]</p>	<p>内部被ばくは0</p>
<p>10月28日</p> <p>[redacted]</p>	<p>[redacted]</p>
<p>[redacted]</p>	<p>[redacted]</p>





の線量評価

3/20 (最大摂取量) の急性摂取で摂取量を評価

2011/3/20 ←南相馬市において最大濃度のプルームが到達した日

2011/10/28

222 ←経過日数

220日目Cs全身残留率 ( Calculated by MONDAL)

成人 ( タイプF, 1マイクロ )

Cs-134	Cs-137
0.0611	0.0739

TSの全身量 ( Bq )	1000	1200
TSの摂取量 ( Bq )	1.64E+04	1.62E+04

WSPEEDIでの計算 : 4/1までのCs-137の積算摂取量

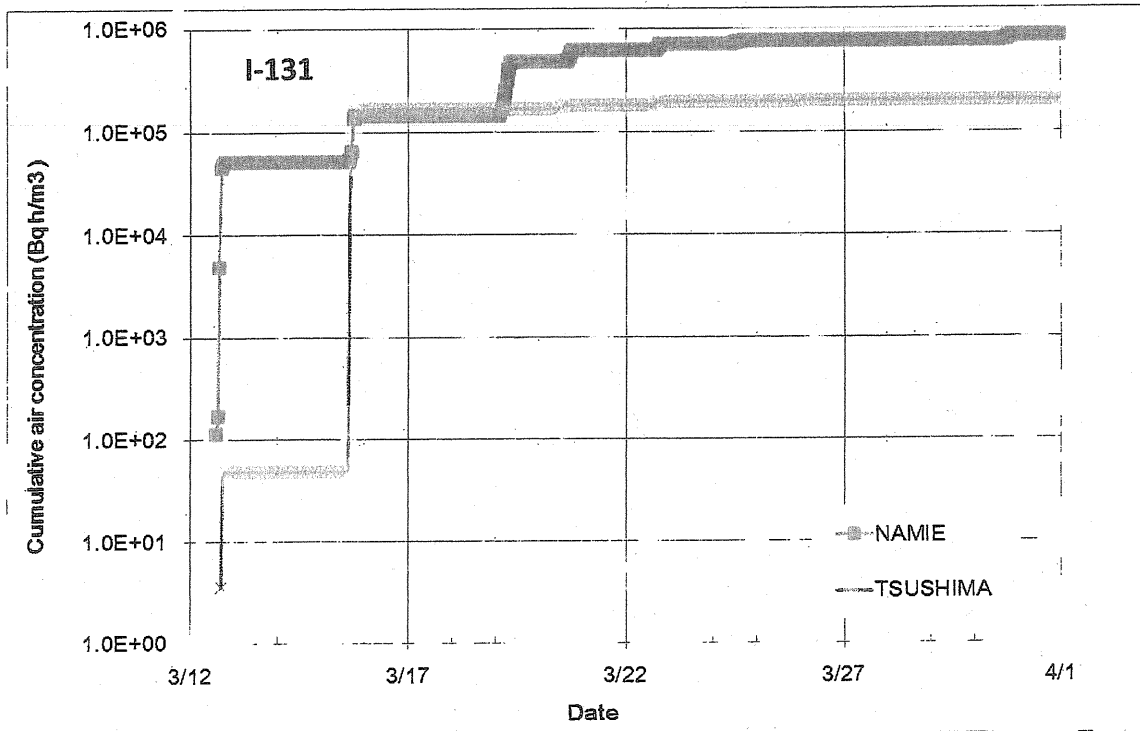
積算摂取量 ( Bq )	1.10E+04	←	南相馬市の積算値	線量係数 ( Sv/Bq )
線量 ( mSv )	5.06E-02	←	Cs-137のみ	Cs-134 6.6E-09
	1.2E-01	←	Cs-134 ( 同量 ) の寄与を含める	Cs-137 4.6E-09

WSPEEDIでの計算 : 4/1までのI-131の積算摂取量

積算摂取量 ( Bq )	4.47E+01	3/13の9:00まで津島
	9.72E+04	3/13の9:00以降は南相馬
合計 ( Bq )	9.73E+04	
線量 ( mSv )	3.79E+01	←ただし, 線量係数はVaporを仮定

表6 [redacted] の行動調査(弘前大学・床次氏提供)

[redacted]	
[redacted]	大湍ダム→大梯ダム 濃度としては、津島と浪江の間くらい？



<u>I-131</u>	<u>NAMIE</u>	<u>TSUSHIMA</u>
3mo	326.0	77.9
1y	570.3	136.3
5y	572.2	136.8
10y	502.0	120.0
15y	430.4	102.9
Adult	299.0	71.5

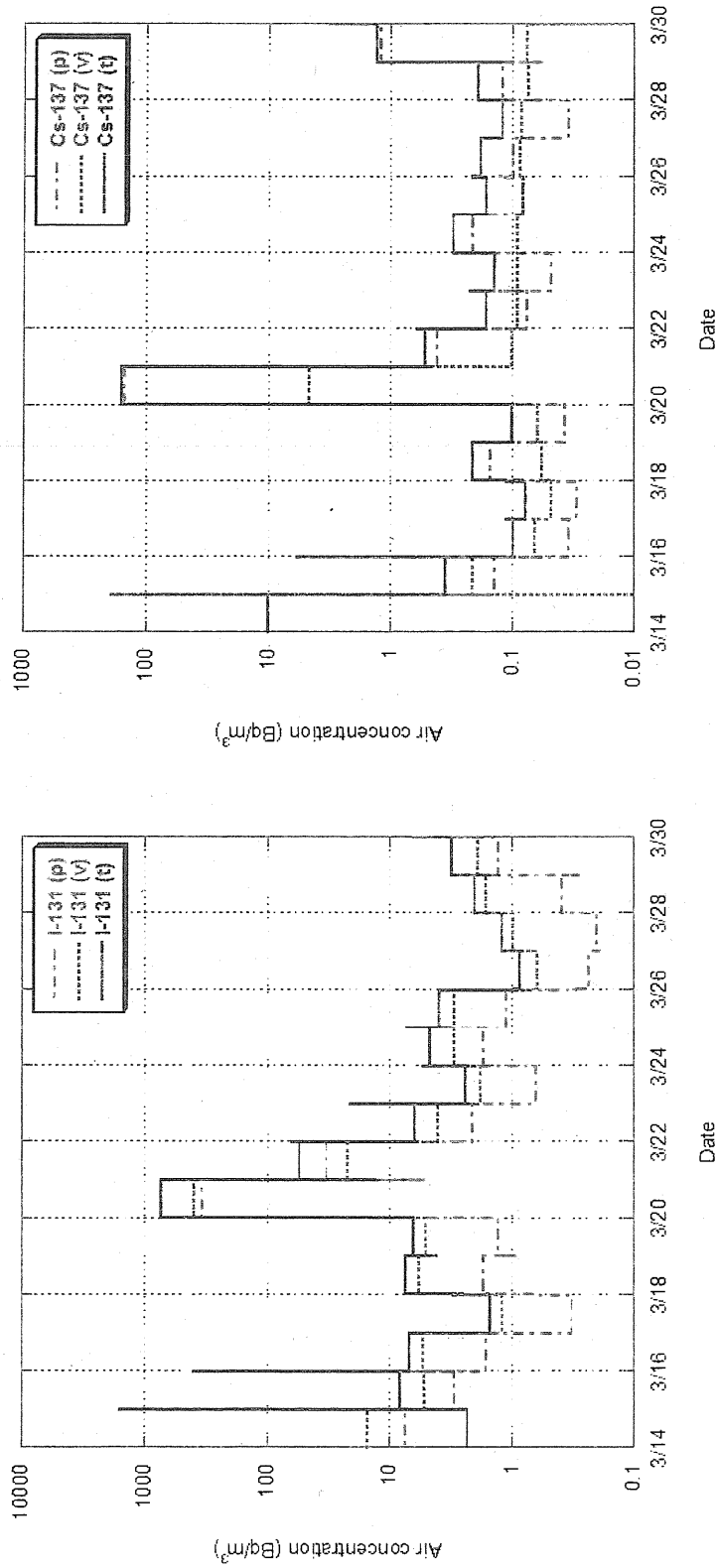
(mSv)





(参考) 放射性核種の摂取量の差異

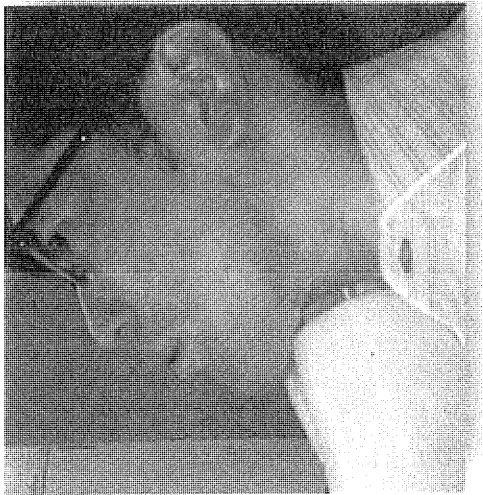
JAEA核サ研(東海村)の大気中放射性物質濃度



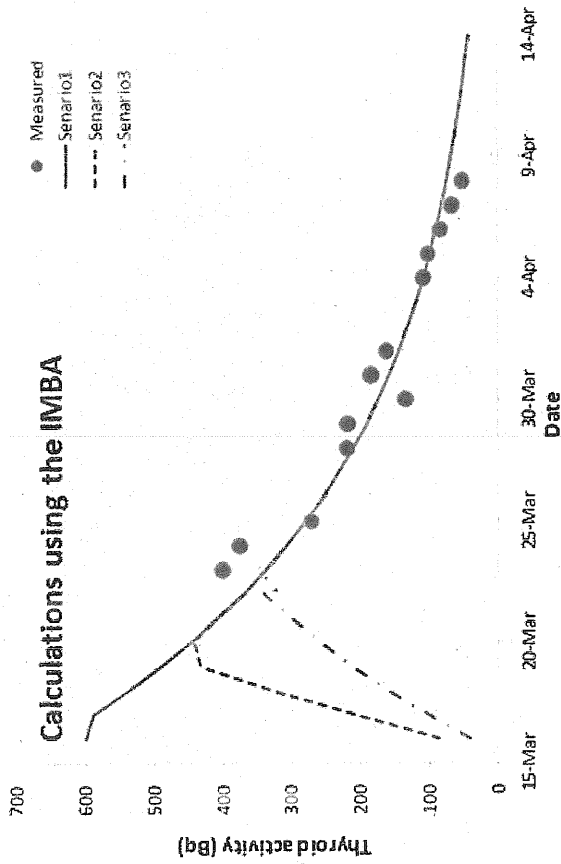
3/14 9am-3/31 9amまでの  
吸入摂取量(成人)  
1.8E+04 Bq

3/14 9am-3/31 9amまでの  
吸入摂取量(成人)  
2.3E+03 Bq

※成人呼吸率には0.925 m³/h(22.2 m³/day)を用いた



Thyroid monitoring with a NaI(Tl) scintillation spectrometer



Trends of measured and predicted thyroid activity

Intake scenario	Intake activity (Bq)	Effective dose (mSv)
Acute intake on 15-Mar	2.64E+03	5.23E-02
Chronic intake from 15-Mar to 18-Mar	2.18E+03 (5.45E+02 d <sup>-1</sup> )	4.31E-02
Chronic intake from 15-Mar to 21-Mar	1.87E+03 (1.87E+03 d <sup>-1</sup> )	3.70E-02

Based on the assumption of iodine as vapor form (SR-I, Type F)

WBCの計測値: <sup>137</sup>Cs 600 Bq (3/25測定時点) → 1500 Bq (摂取量 3/15急性摂取仮定)

プルーム通過時の屋内退避による内部被ばく線量低減効果

電中研 荻野

EPA, Manual of Protective Action Guides and Protective Actions for Nuclear Incidents  
<http://www.epa.gov/rpdweb00/docs/er/400-r-92-001.pdf>

Table C-6 Representative Dose Reduction Factors for External Radiation

Table C-6 Representative Dose Reduction Factors for External Radiation

Structure	DRF	Effectiveness (percent)
Wood frame house (first floor)	0.9	10
Wood frame house (basement)	0.6	40
Masonry house	0.6	40
Large office or industrial building	0.2 or less	80 or better

C-14

Table C-7 Dose Reduction Factors for Sheltering from Inhalation of Beta-Gamma Emitters

Table C-7 Dose Reduction Factors for Sheltering from Inhalation of Beta-Gamma Emitters

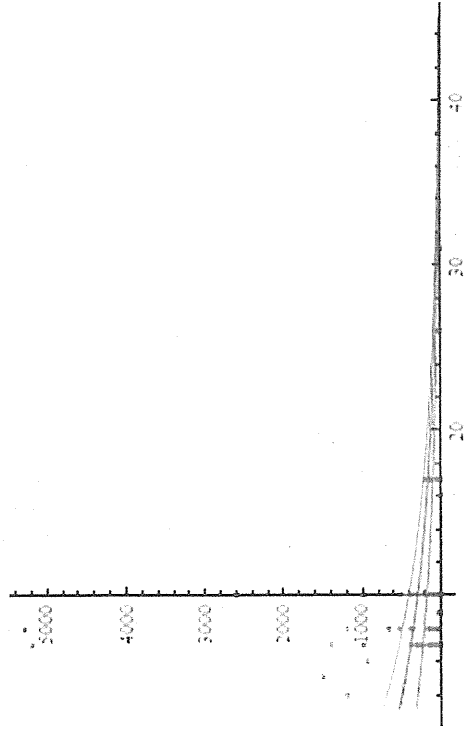
Ventilation rate (air changes/h)	Duration of plume exposure(h)	DRF
0.3 <sup>a</sup>	0.5	0.07
	1	0.14
	2	0.25
	4	0.41
	6	0.54
1.0 <sup>b</sup>	0.5	0.21
	1	0.36
	2	0.56
	4	0.75
	6	0.83

<sup>a</sup>Applicable to relatively "airtight" structures such as well- sealed residences, interior rooms with chinked doors and no windows, or large structures with outside ventilation shut off.

<sup>b</sup>Applicable to structures with no special preparation except for closing of doors and windows.

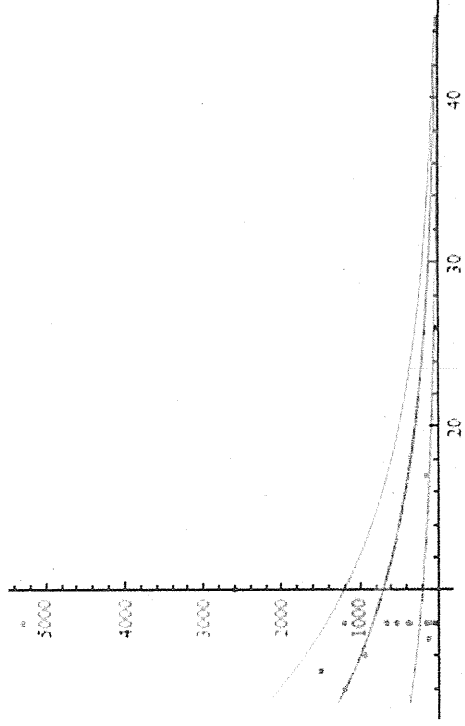
# I-131 原乳

## 福島県全体



3月12日での予測濃度:  
699 Bq/kg (C.I.: 411 - 987)

## 川俣町



3月12日での予測濃度:  
1675 Bq/kg (C.I.: 475 - 2877)

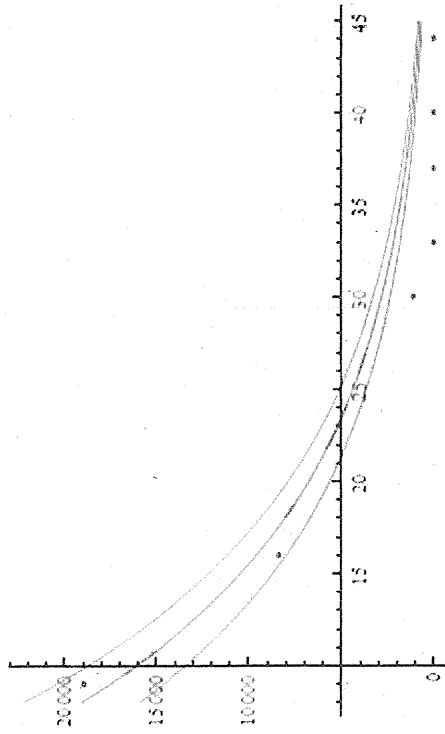


# I-131 野菜類

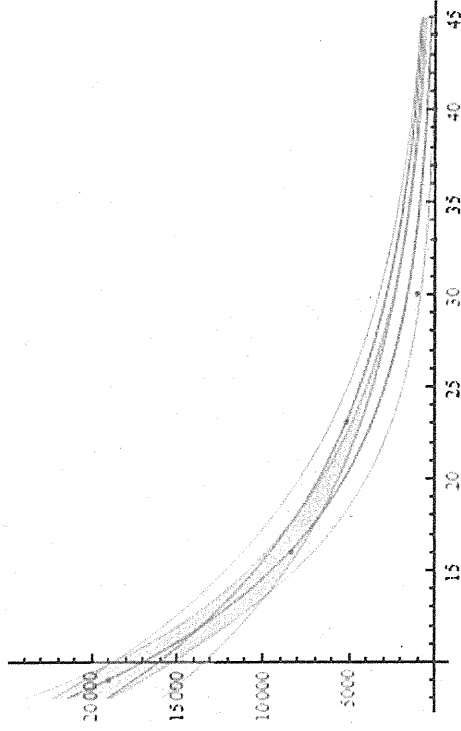
田村市のみ

半減期を8日に固定

$b(1/2)^a$ と  
半減期を8日に固定したものの比較



3月12日での予測濃度:  
38171 Bq/kg (C.I.: 31762 - 44579)



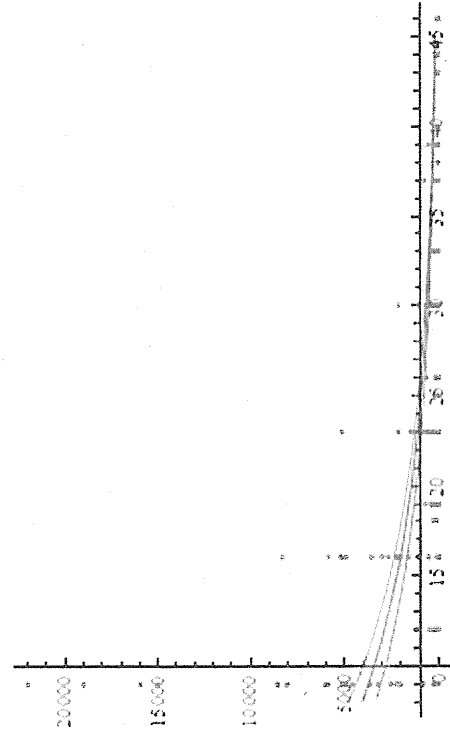
3月12日での予測濃度:  
54690 Bq/kg (C.I.: 39221 - 70160)  
半減期: 5.934日 (C.I.: 4.686 - 7.181)

# I-131 野菜類

半減期を8日に固定した時の95%信頼区間

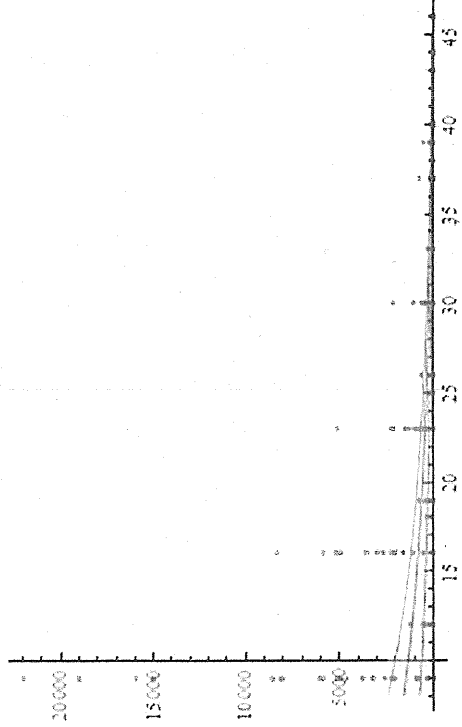
データに直接フィッティング

NDを考慮した中央値への当てはめ



3月12日での予測濃度:

8701 Bq/kg (C.I.: 7173 - 10229)



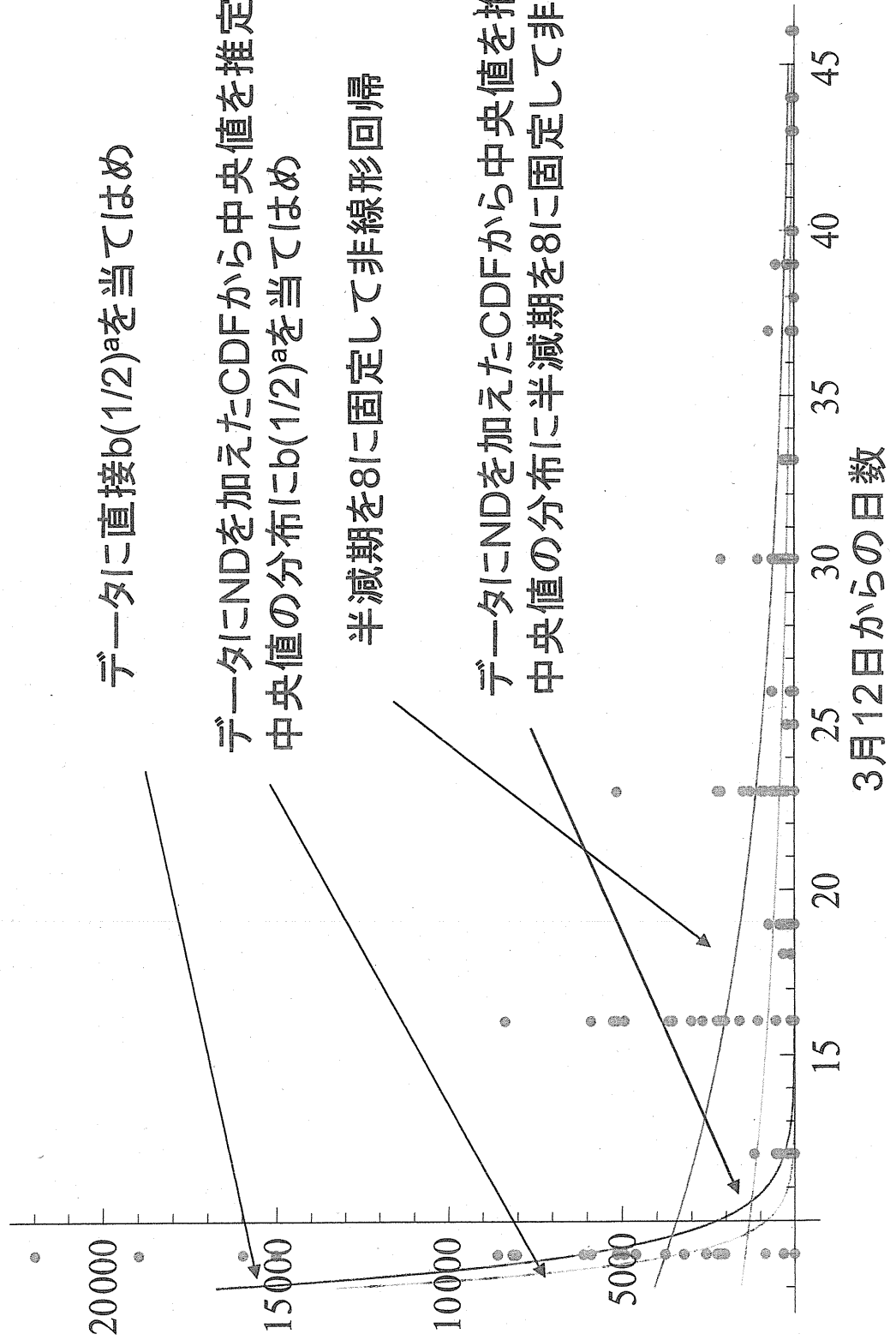
3月12日での予測濃度:

3194 Bq/kg (C.I.: 1421 - 4967)

# I-131 野菜類

厚生労働省のデータから、野菜類に分類されているもので、葉采(?)をピックアップ

セリ, ニラ, ネギ, 品目, ウルイ, オオバナバナ, フユナ, ミズナ, ミツバ, 山東菜, 莖立菜, アブラナ, キャベツ, コマツナ, サラダ  
 菜, サンチュ, チヂレナ, ルッコラ, 信夫冬菜, シュンギク, ビタミンナ, アスパラガス, ホウレンソウ, リーフレタス, アイスプラ  
 ント, クサソテツ(コゴミ), モミジガサ(シドケ), アスパラガス(紫アスパラガス)





H24.8.28

# WSPEEDIの概要と福島第一原子力発電所事故への対応

日本原子力研究開発機構  
原子力基礎工学研究部門  
環境・放射線科学ユニット  
環境動態研究グループ



- ・緊急時環境線量情報予測システムSPEEDIの開発(1980～1985)  
⇒ 原子力安全技術センターが運用
- ・世界版SPEEDI(WSPEEDI)の開発(1987～)  
⇒ WSPEEDI-IIの完成(2009:プレス発表)
- ・大気-海洋-陸域の包括的移行予測システムSPEEDI-MPの開発(1999～)

## 東京電力福島第一原子力発電所事故への適用

1. 大気放出量の推定
2. WSPEEDIによる大気拡散解析
3. SPEEDI-MPによる海洋拡散解析

### SPEEDI-MP開発の背景と目的

#### [社会の変化とニーズ]

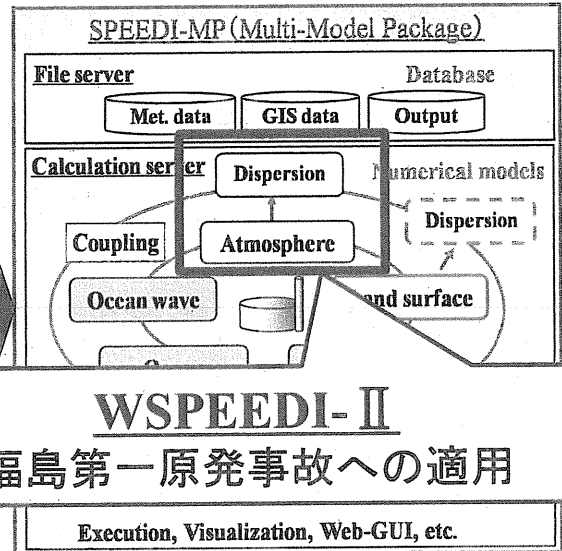
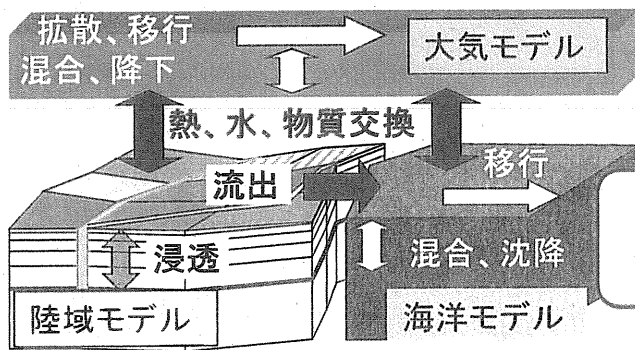
- 原子力活動の多様化と放出・移行形態の複雑化
  - ・再処理施設 ( $^{14}\text{C}$ 、 $^3\text{H}$ 、 $^{129}\text{I}$ などの環境放出)、アジアでの原子力開発など



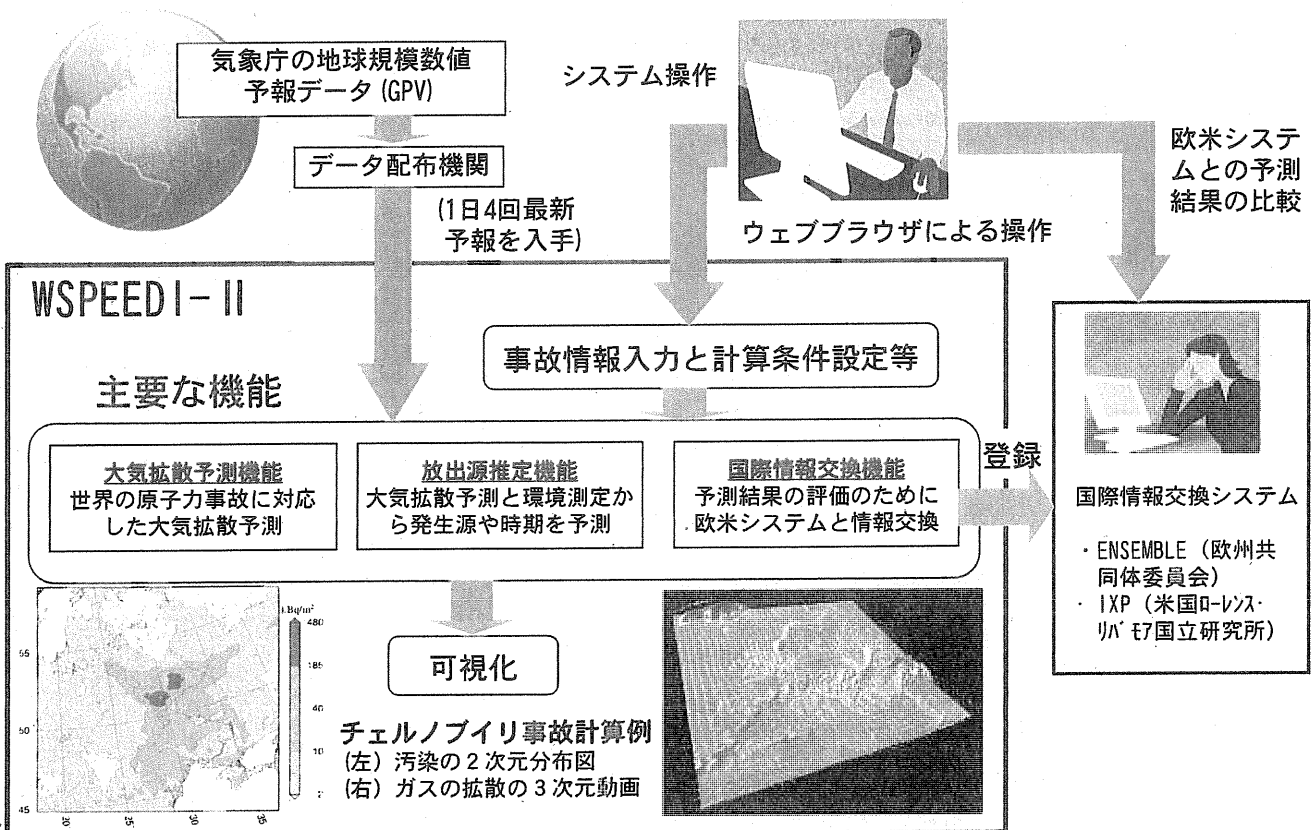
#### [研究の展開と目的] 包括的動態予測モデルシステムSPEEDI-MPの開発

大気、陸域、海洋複合系の結合計算

- 環境中移行の連続予測(中長期対応)
- 複合系の相互作用・双方向の物質交換(複雑な移行形態に対応)



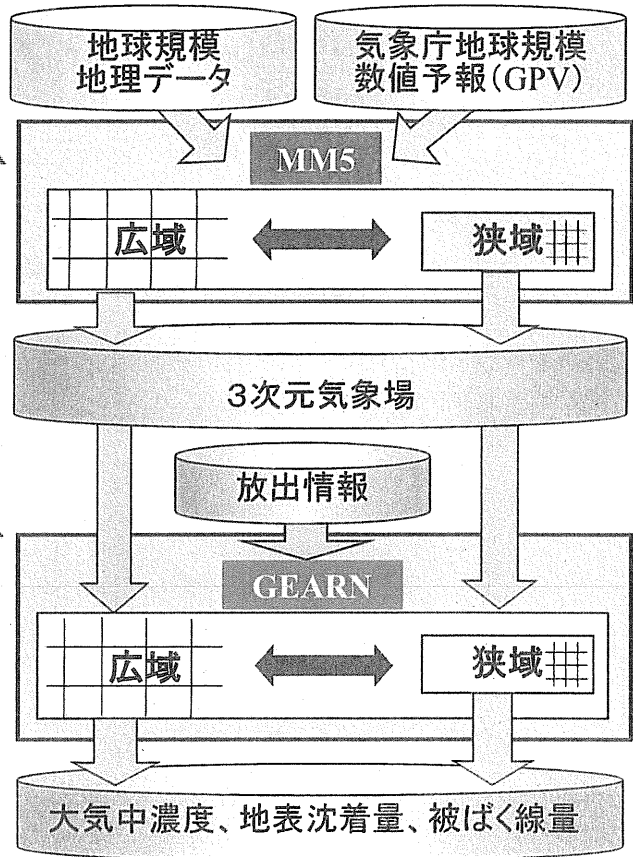
### WSPEEDI-IIの構成



**WSPEEDI-IIの概要**

**MM5 (PSU/NCAR開発)**  
 領域気象力学モデル  
 - 雲・降水、大気放射等の各種物理過程を考慮  
 - 気流、乱れ、降雨、雲量等の気象変数の予測

**GEARN (原子力機構開発)**  
 ラグランジュ型粒子拡散モデル  
 - 放射性核種の移流・拡散・沈着・崩壊を考慮  
 - 大気中濃度、地表沈着量、被ばく線量の予測



参考文献: 寺田、他: 緊急時環境線量情報予測システム(世界版)WSPEEDI第2版の開発, 日本原子力学会和文論文誌, 7[3], 257-267 (2008).

**WSPEEDI-IIの検証と適用****【検証】**

- チェルノブイリ事故による放射性物質の大気拡散シミュレーション  
 - IAEA, WMO, EC共催のATMES等 ⇒ 第2版の性能向上確認
- 欧州広域拡散実験ETEXの実時間及び事後シミュレーション(1994年)  
 - 日米欧の参加国の予測性能評価 ⇒ 世界トップクラスの性能実証

WSPEEDI第1版完成(1997年)

WSPEEDI第2版開発

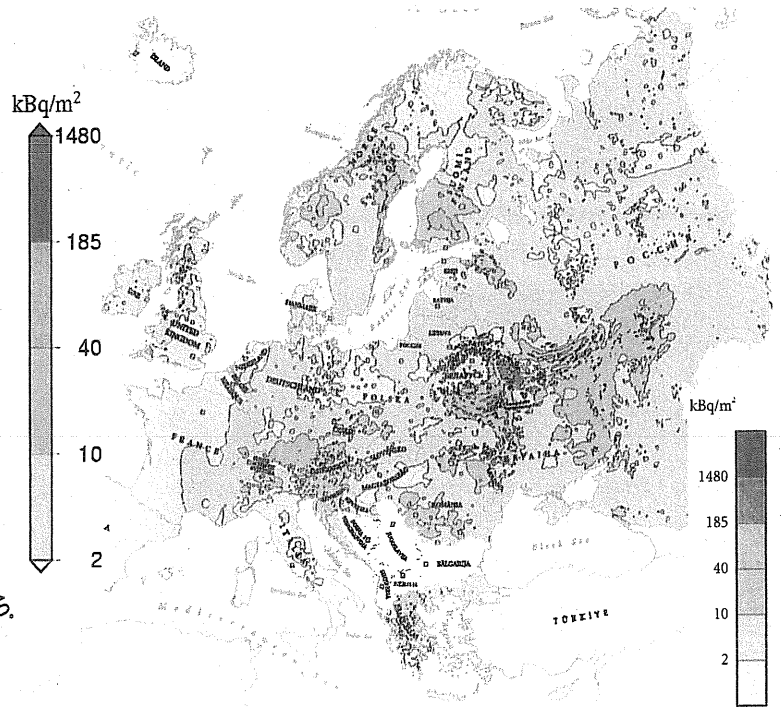
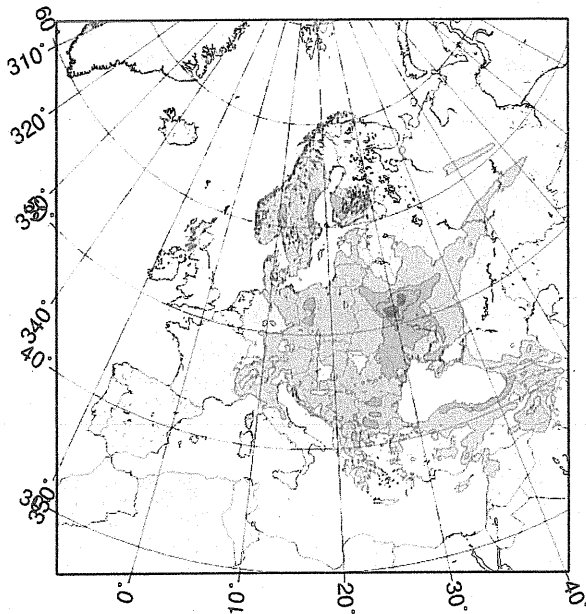
**【適用】**

- アルゲシラス(スペイン)でのCs137誤焼却事故への対応  
 - 米国NARACとの共同拡散評価 ⇒ 国際情報交換の活用
- IAEA緊急時対応訓練ConvExに併せた大気拡散シミュレーション  
 - 日米欧システムの共同参加 ⇒ 国際情報交換の活用
- 稲ウンカの中国大陸からの飛来予報 ⇒ 他分野への活用で有用性実証  
 - 農水省2004年10大研究成果、NatureのNews in Briefで紹介
- 北朝鮮核実験(09年5月25日)による放射性物質放出を想定した拡散予測  
 - 文部科学省防環室に予測情報提供 ⇒ 国の有事対応に貢献 ⇒

欧州全域でのCs137沈着量分布

WSPEEDI

EUが取りまとめた測定値

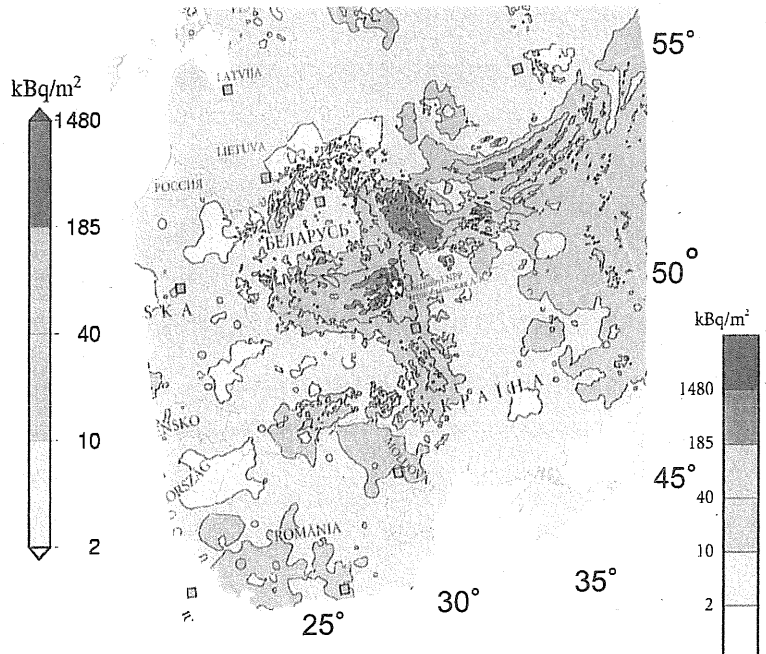
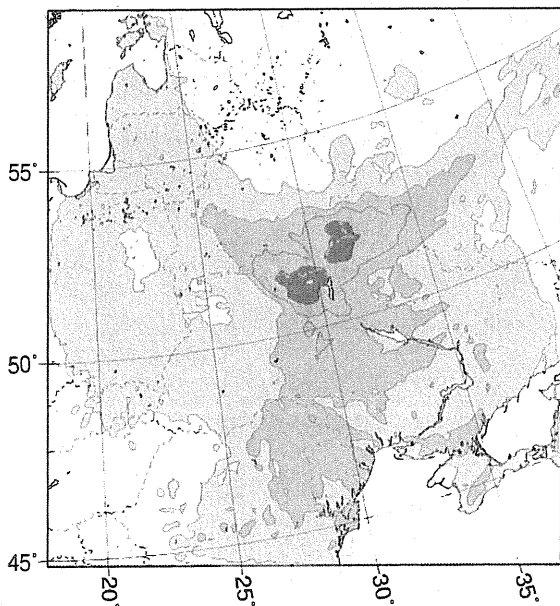


チェルノブイリの1700 km 四方でのCs137沈着量分布

第2版の性能向上により局地域の詳細分布を初めて再現

WSPEEDI

EUが取りまとめた測定値



【放出量推定】原子力安全委員会への協力

- 暫定放出量推定発表:原子力安全委員会発表(4月12日、5月12日)  
原子力学会欧文誌 M. Chino, et al., 2011: J. Nucl. Sci. Technol., 48,1129-1134
- 3月15日までの放出量の再評価:原子力安全委員会発表(8月22日)  
(<http://www.nsc.go.jp/anzen/shidai/genan2011/genan063/siryos5.pdf>)  
G. Katata, et al., 2012: J. Environ. Radioactiv., 109, 103-113

【大気拡散解析】

- 局地詳細計算によるプラント北西地域の線量上昇プロセスを解析  
⇒ 6月13日プレス発表  
(<http://www.jaea.go.jp/02/press2011/p11061302/index.html>)  
G. Katata, et al., 2012: J. Environ. Radioactiv., 111, 2-12
- 事故発生後2ヶ月間の日本全国の被ばく線量を暫定的に試算  
⇒ 6月15日原子力機構HP技術解説  
(<http://www.jaea.go.jp/jishin/kaisetsu03/kaisetsu03.htm>)
- 東日本域の大気降下量の試算と推定放出量の確認+沈着過程の解析  
⇒ 8月31日厚労省プレス発表、9月6日原子力機構HP技術解説  
(<http://nsed.jaea.go.jp/fukushima/data/20110906.pdf>)  
H. Terada, et al., 2012: J. Environ. Radioactiv., 112, 141-154

- 原子力安全委員会に協力して、  
拡散シミュレーションと環境モニタリング  
データから放出量を逆推定

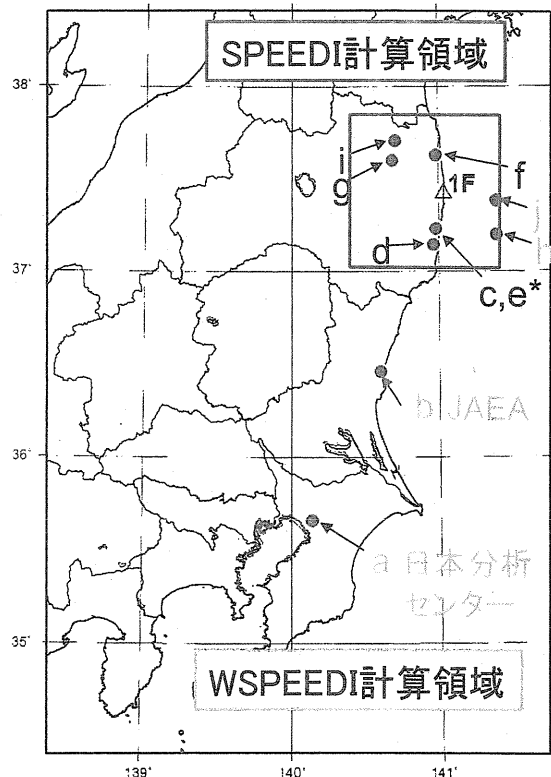
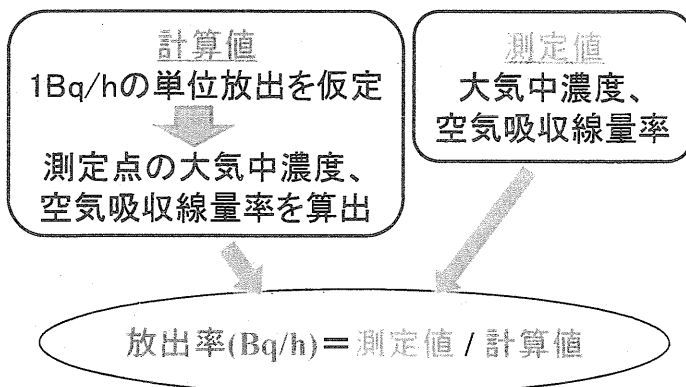
[暫定放出量推定]:

4月5日までの暫定放出量を早期に推定

[放出量再推定]:

3月12~15日の放出量を再推定

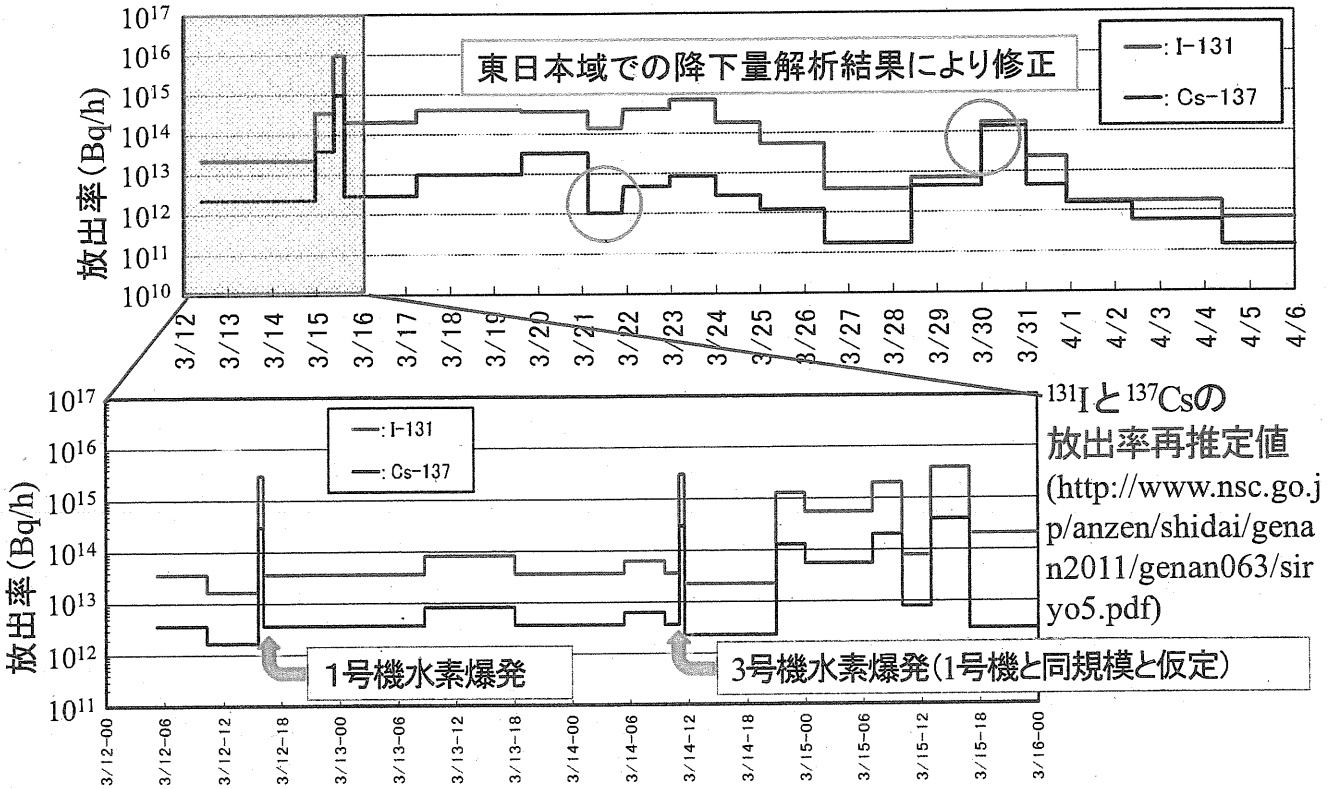
放出量推定手法の概念



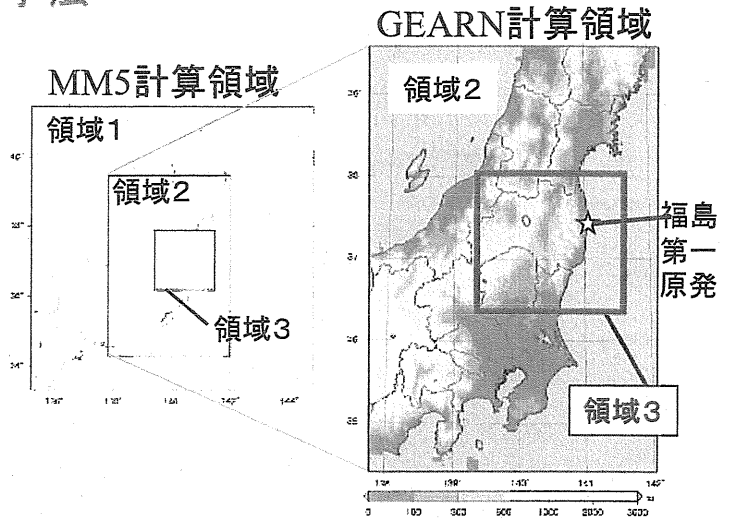
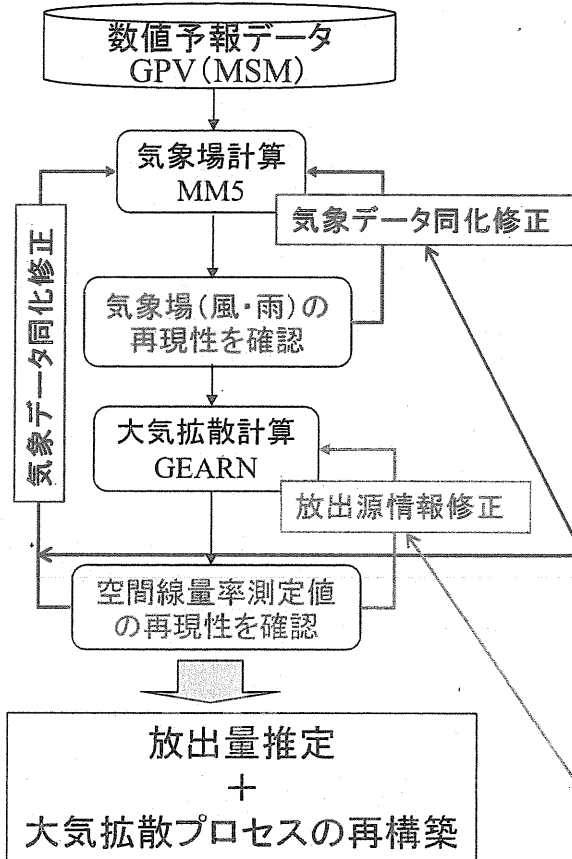


<sup>131</sup>Iと<sup>137</sup>Csの暫定放出率推定値(M. Chino, et al., 2011: JNST, 48,1129-1134)

3月11日から4月30日までの総放出量 <sup>131</sup>I:  $1.2 \times 10^{17}$  Bq <sup>137</sup>Cs:  $0.9 \times 10^{16}$  Bq



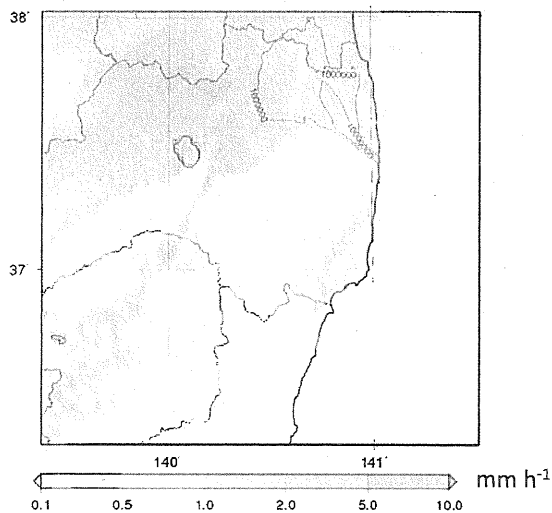
利用機関	利用内容
日本政府	<ul style="list-style-type: none"> <li>■IAEAに対する日本政府の報告書に暫定推定値を記載(6月)</li> <li>■IAEAに対する追加報告書に再推定値を記載(9月)</li> </ul>
原子力安全委員会	<ul style="list-style-type: none"> <li>■推定値を用いたSPEEDIの甲状腺被ばく線量試算を公表(3/23)</li> <li>■推定値を用いたSPEEDIの外部被ばく線量試算を公表(4/10)</li> <li>■総放出量を発表(保安院のINESレベル7参考データ)(4/12)</li> </ul>
WHO	<ul style="list-style-type: none"> <li>■被ばく線量評価のための大気拡散解析の入力データ(9月末)</li> </ul>
研究機関、大学、等	<ul style="list-style-type: none"> <li>■国立環境研究所、名古屋大学、等が、大気拡散シミュレーションのための入力データとして活用</li> </ul>
JAEA	<p>WSPEEDIによる大気拡散解析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■原発北西部の線量上昇解明(6/13プレス発表)</li> <li>■日本全国の2ヶ月間の被ばく線量試算(6/15HP公開)</li> <li>■東日本域の降水量の解析(9/6HP公開)</li> </ul>



- 気象データ同化 (analysis/observation nudging)  
アメダスの気象データ、  
福島第一・第二原発の風速・風向データ
- 空間解像度: 9 km (D1), 3 km (D2), 1 km (D3)
- 計算期間: 2011年3月14日 17時~3月17日 0時
- 放出核種:  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{Te}$  (+ $^{132}\text{I}$ ),  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$
- 放出率: Chino et al. (2011)の推定結果を基に、  
空間線量率測定値を再現するように調整

降水量および $^{131}\text{I}$ の鉛直積算濃度

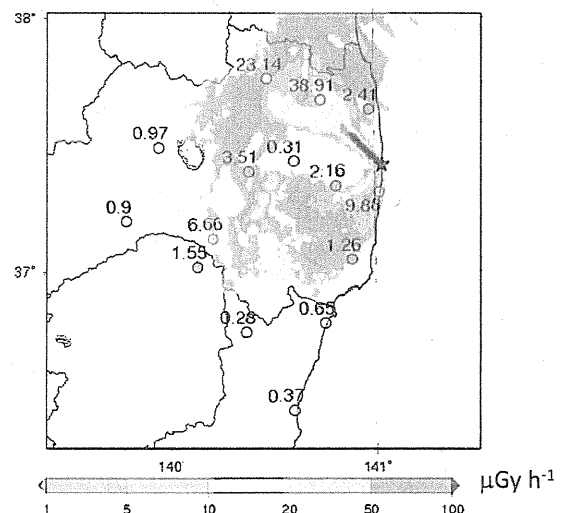
時刻 (UTC) 2011-03-15\_09h



カラー面塗り: 降水量計算値  
赤等値線: 地上から上空までの  
積算濃度 [ $\text{Bq m}^{-2}$ ]

空間線量率

時刻 (UTC) 2011-03-15\_09h

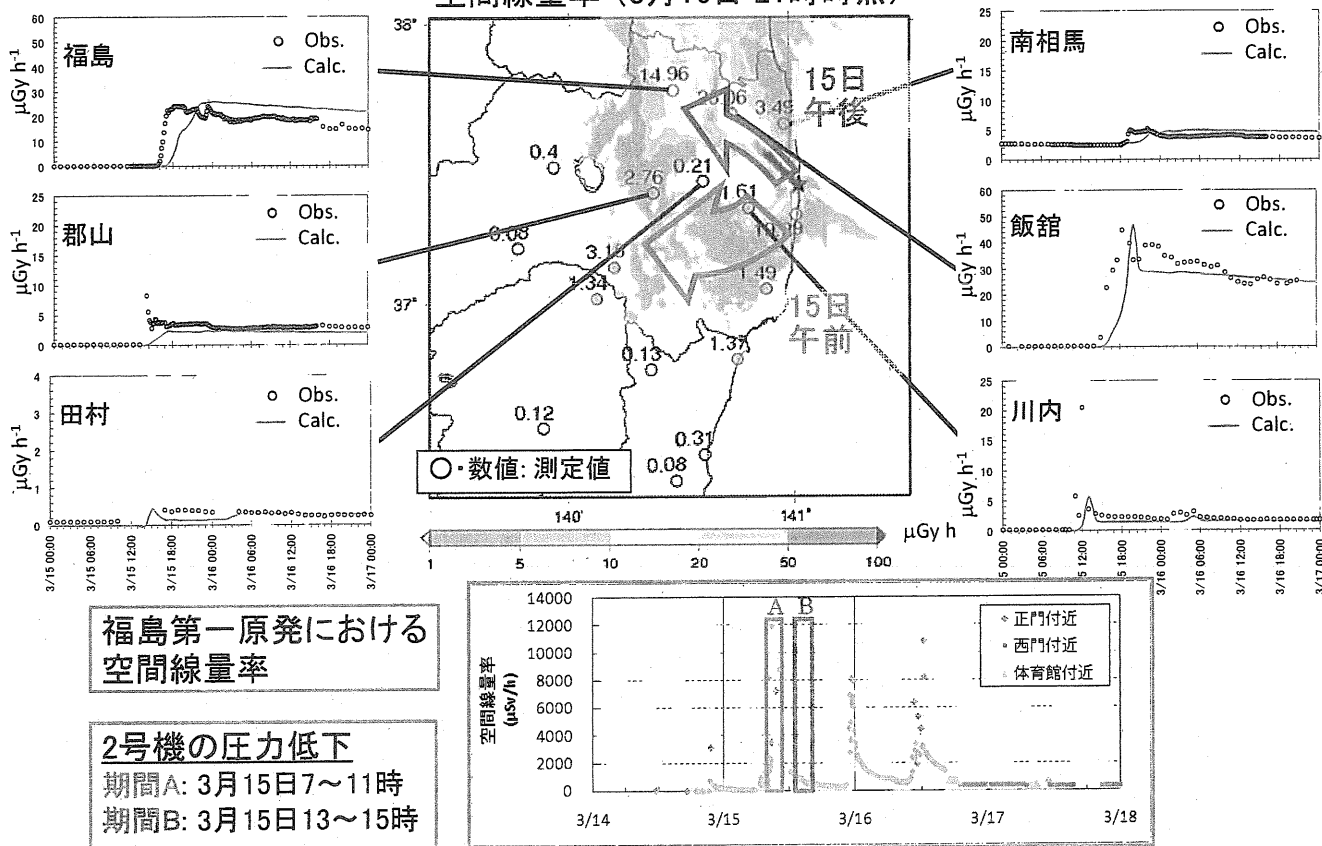


カラー面塗り: 空間線量率の計算結果  
○・数値: 空間線量率のモニタリング値

■ 3月16日以降、沈着物質からの線量の分布傾向を概ね再現した

解析結果

空間線量率 (3月16日 21時時点)



福島第一原発における空間線量率  
2号機の圧力低下  
期間A: 3月15日7~11時  
期間B: 3月15日13~15時

解析の概要

■ 計算領域: 東西690km × 南北960km × 鉛直10km

■ 空間分解能: 3kmメッシュ

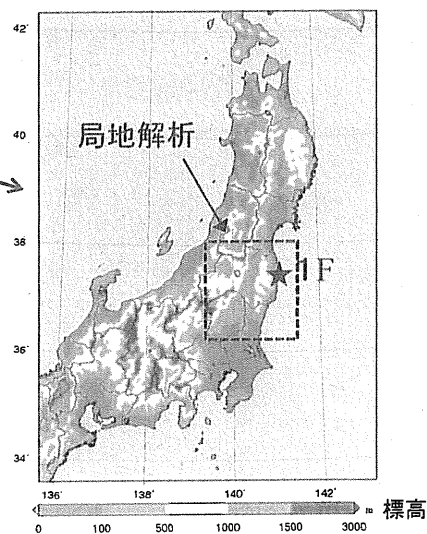
■ 計算期間: 2011年3月12日5時~4月30日24時

■ 気象予測の初期・境界条件

- ・ 気象庁数値予報格子点値GPV(MSM): 3h間隔
- ・ 気象庁アメダス、福島第一原発(1F)及び第二原発における観測データの同化により予測値を修正

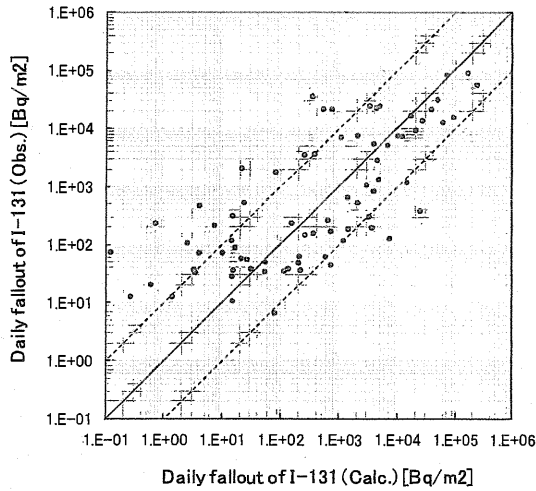
■ 放出率

- ・ Chino et al.(2011)及び原子力機構が8月22日の原子力安全委員会で報告した推定値(3月21日及び30日については、さらに修正)
- ・ 4月6日以降は4月5日の放出率が継続すると仮定

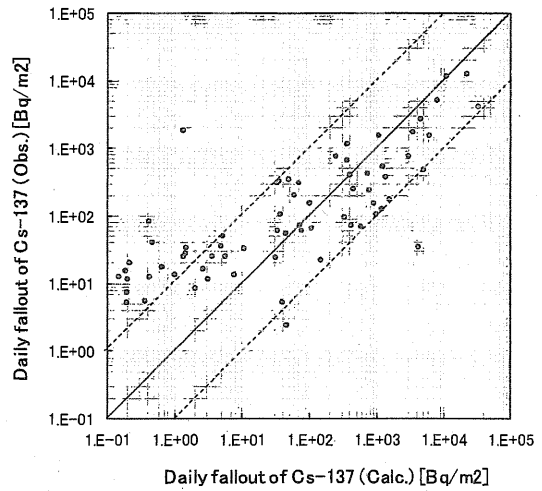


広域拡散計算と降下量測定値との比較による推定放出率の妥当性確認

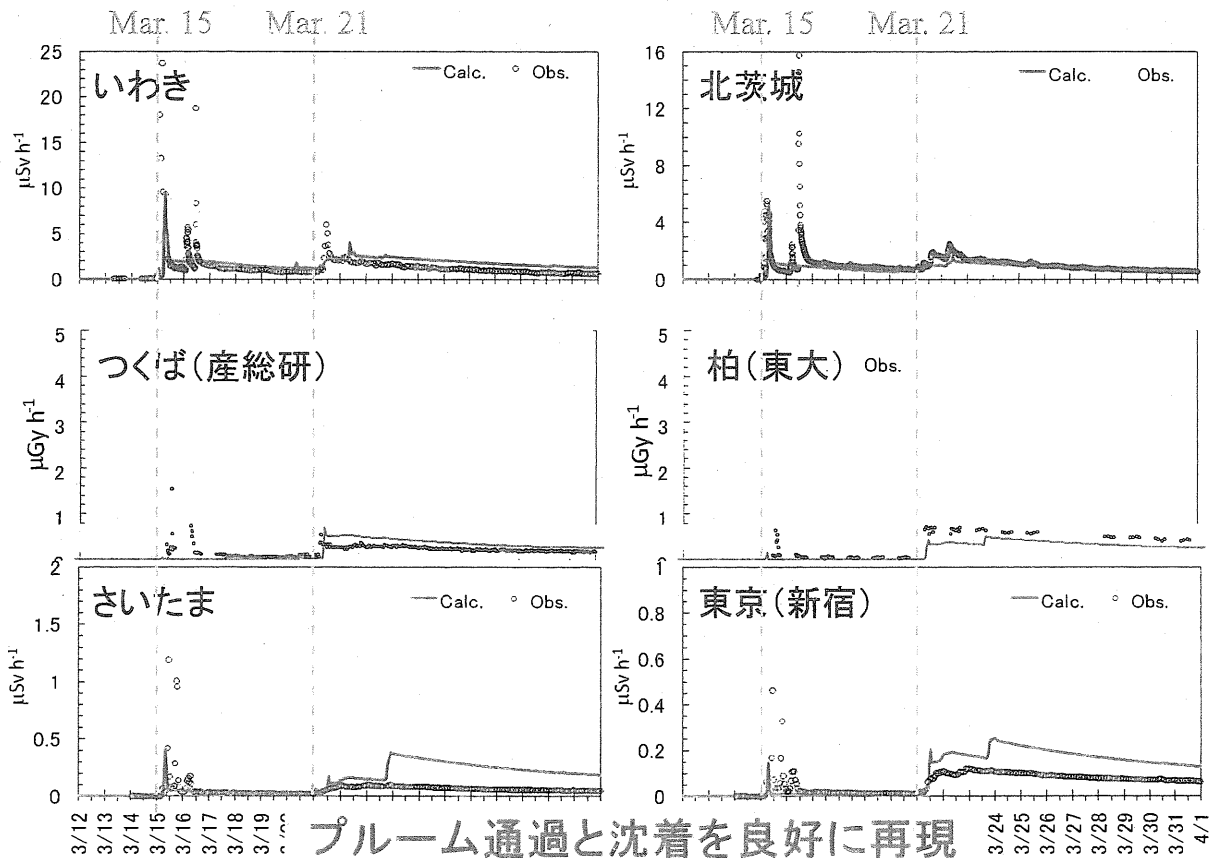
<sup>131</sup>I日降下量の散布図



<sup>137</sup>Cs日降下量の散布図

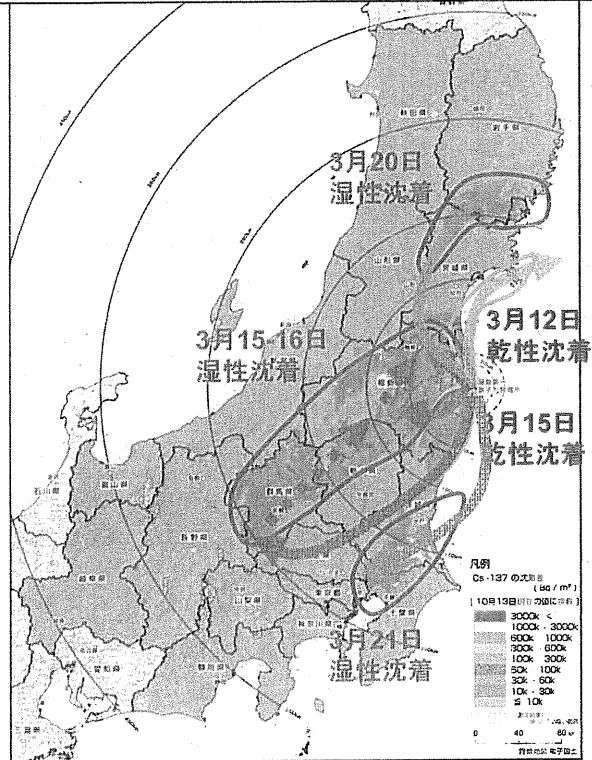
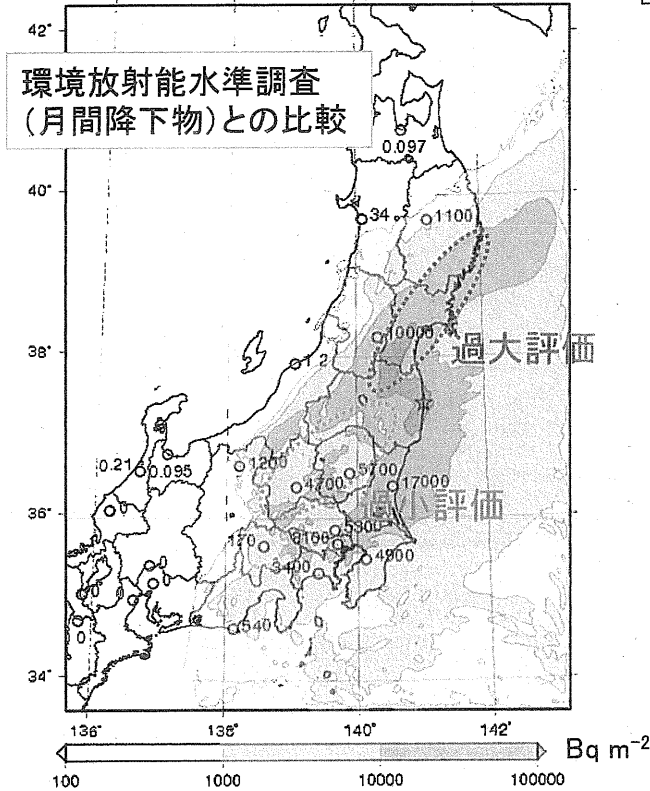


Radionuclides	FA2 (%)	FA5 (%)	FA10 (%)	Correlation coefficients
<sup>131</sup> I	22.4	48.7	65.8	0.75
<sup>137</sup> Cs	26.5	48.5	70.6	0.72



積算値: 3月31日24時まで

文科省航空機モニタリングの<sup>137</sup>Cs沈着量



湿性沈着過程の基本方程式

$$\frac{dq_n}{dt} = -\Lambda q_n$$

$q_n$  : 粒子(n)の放射能量 [Bq]

$\Lambda$  : 洗浄率 [1/s]

洗浄率: H. D. Brenk and K. J. Vogt, Nuclear Safety, 22, (1981)に基づく

$$\Lambda(x, y, z, t) = \alpha(\gamma_{con} \cdot F_{con} + \gamma_{non} \cdot F_{non})^\beta$$

$\alpha, \beta$  : 測定に基づく定数 ( $\alpha=5 \times 10^{-5}, \beta=0.8$ )

$\gamma_{con}, \gamma_{non}$  : 対流性、比対流性降水強度 [mm/h]

$F_{con}, F_{non}$  : 各セルの対流性、比対流性降水の有無

MM5の計算値から設定

➡ 雲中/雲下、氷相/液相による差異を考慮していない



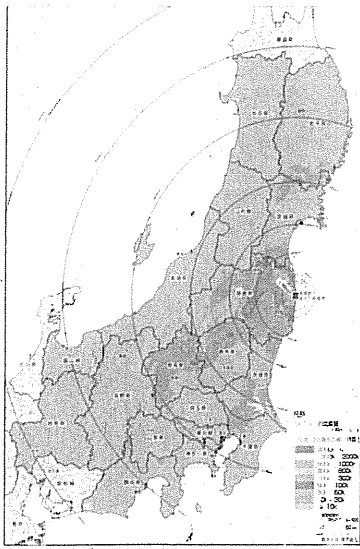
湿性沈着パラメータを変更

湿性沈着過程: 氷相/液相、雲中/雲下、霧水沈着の考慮

### 沈着過程の検討

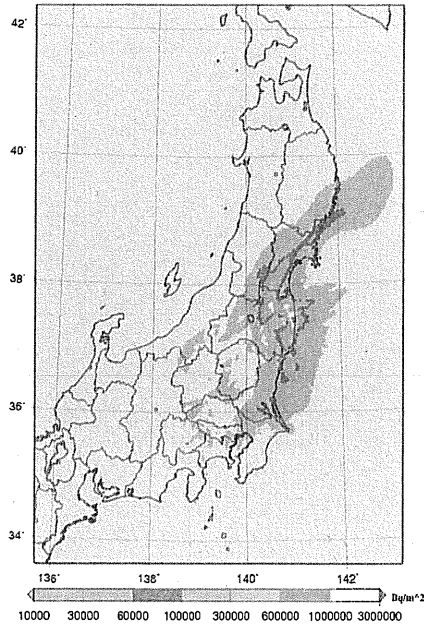
文科省航空機モニタリングの<sup>137</sup>Cs沈着量

湿性沈着過程: 氷相/液相、雲中/雲下、霧の考慮  
湿性沈着パラメータを変更



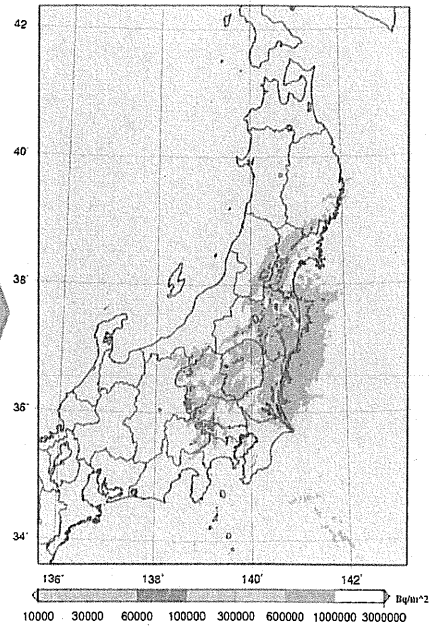
変更前

f Cs-137 at UTC= 2011-03-31\_20h



変更後

f Cs-137 at UTC= 2011-03-31\_20h



### 今後の課題

#### [放射性物質の環境拡散評価]

- WSPEEDIによる大気拡散解析
  - 大気放出量推定 (原子力安全委員会に協力、国の報告書等に幅広く利用)
  - 原発北西部の線量上昇解明 (JAEAプレス発表: 6月13日)
  - 東日本域での降下量解析 (厚生労働省、茨城県へ解析結果を提供)
- 放出量推定結果の不確実性
  - 環境モニタリングデータからの逆推定の限界
  - 海外研究者発表との相違

#### [今後の課題]

- 放出量推定結果の精査
- SPEEDI-MP結合計算の適用
  - 大気・陸域・海洋結合計算による核種移行解析
- 実測データとの融合解析
  - AMSを利用した核種移行データを用いた詳細解析

#### 包括的物質動態予測システムSPEEDI-MP

