

(3) 大気拡散シミュレーションについて

平成24年度環境省委託事業「事故初期のヨウ素等短半期による内部被ばく線量評価調査」
成果報告書より抜粋

4. 2 拡散シミュレーションに基づく線量推計

本節は、大気拡散シミュレーションによって再現された放射性核種の空气中濃度マップを用いて、吸入摂取による内部被ばく線量の推計を試みた。同マップの作成には、日本原子力研究委開発機構で開発整備された WSPEEDI-II1-3 が用いられた。本推計に利用した空气中濃度マップのデータは、堅田らの文献にある計算値である。ソースターム等の計算条件については、これまでに何回か見直しが行われている（表 15）^{4,5}。

表 15 東京電力福島第一原子力発電所事故における WSPEEDI-II の大気拡散解析の経緯

【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/siryo5.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>)
- 東日本域の大気降水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

4. 2. 1 甲状腺積算線量マップ

今回利用した放射性核種の空气中濃度マップは、¹³¹I と ¹³⁷Cs の 2 核種であり、メッシュ間隔は約 3 km 平方、時間間隔 1 時間である。同マップが与えられる領域を図 28 に示した。

¹³¹I の吸入摂取による甲状腺線量の線量マップを、評価期間毎に図 29（1 歳児）及び図 30（成人）に示した。甲状腺線量は次式によって求めた。

$$H_{Tj} = e_i \cdot B_i \cdot \int C(t) dt$$

ここで、 H_{Tj} ：年齢区分 j の甲状腺線量 (mSv)， e_i ：年齢区分 i の甲状腺等価線量係数 (mSv

Bq^{-1} ⁶, B_i : 年齢区分 i の単位時間当たり呼吸量 ($m^3 h^{-1}$) ⁷, $C(t)$: 空气中 ^{131}I 濃度 ($Bq m^{-3}$)
 上式中に与えるパラメータには, 表 16 に示す数値を用いた。

表 16 甲状腺線量の計算に用いたパラメータの数値

年齢	3 か月	1 歳児	5 歳児	10 歳児	15 歳児	成人
$e_i (mSv Bq^{-1})^{*1}$	2.54E-03	2.48E-03	1.43E-03	7.18E-04	4.60E-04	2.94E-04
B_i^{*2}						
($m^3 day^{-1}$)	2.86	5.16	8.72	15.3	20.1	22.2
($m^3 h^{-1}$)	0.119	0.215	0.363	0.638	0.838	0.925

*1 ^{131}I の甲状腺等価線量係数 (60%元素状ヨウ素+40%粒子状ヨウ素 (吸収タイプ F))

*2 上段は 1 日当たりの呼吸量, 下段は 1 時間当たりの呼吸量

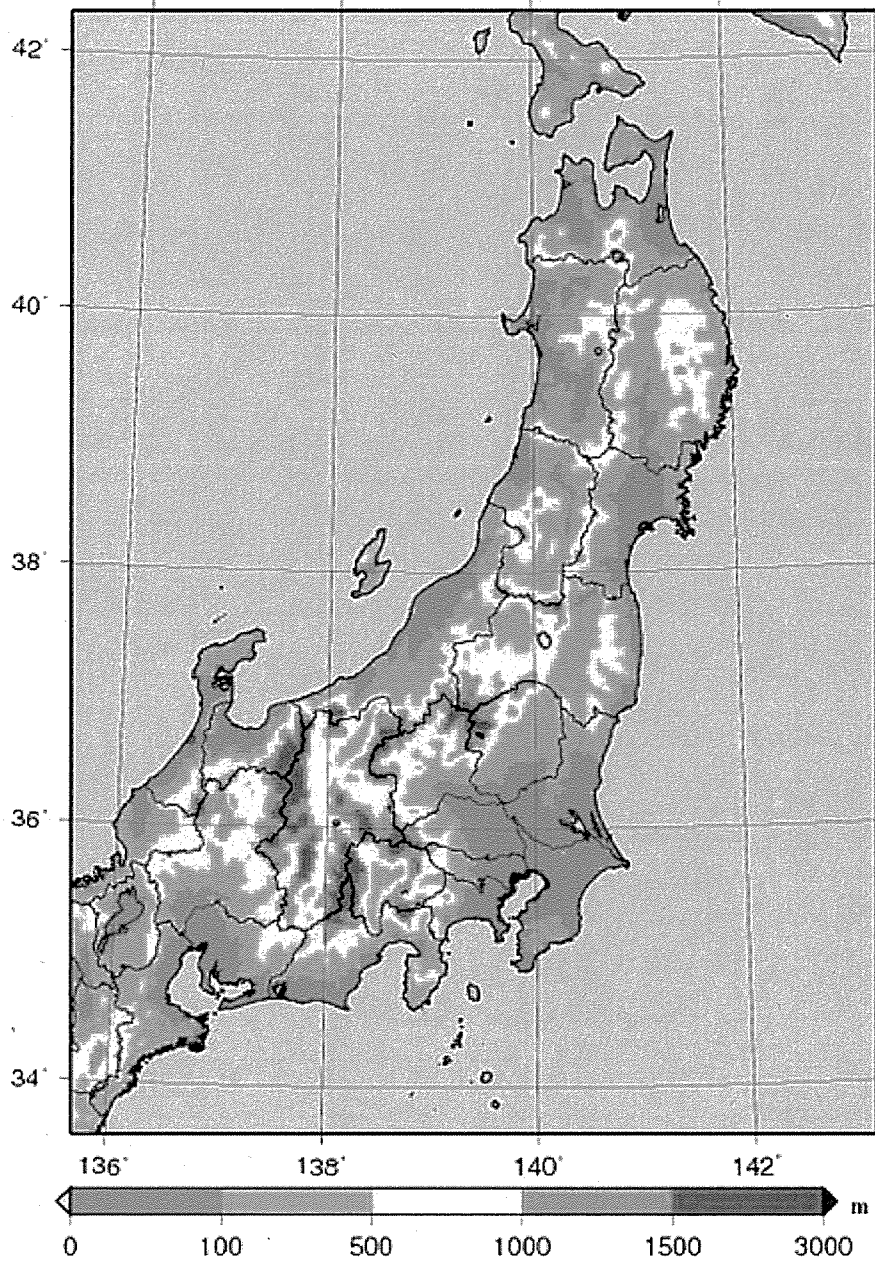
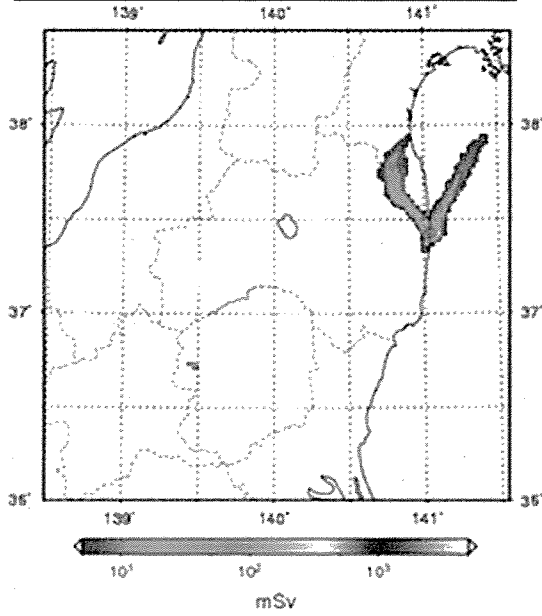
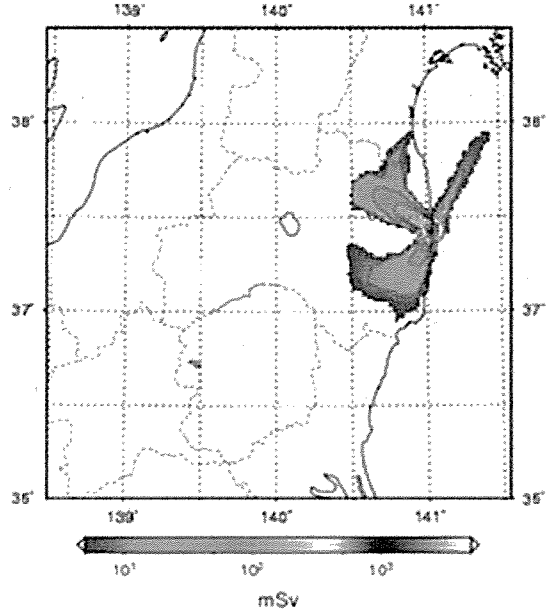


図 28 放射性核種の空気中マップの領域

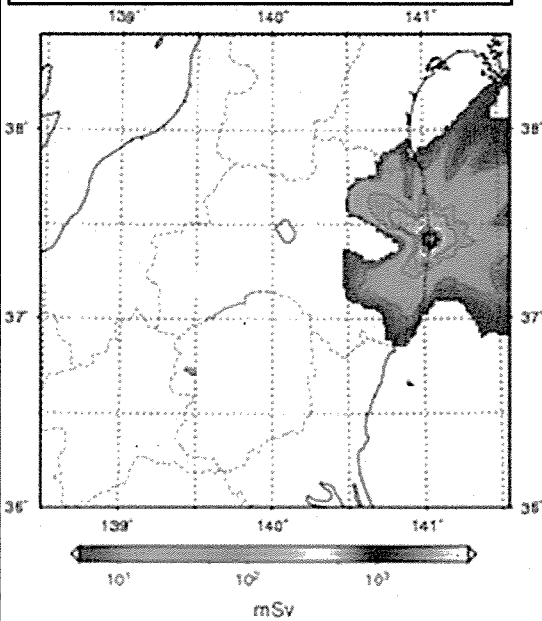
2011年3月14日24:00まで



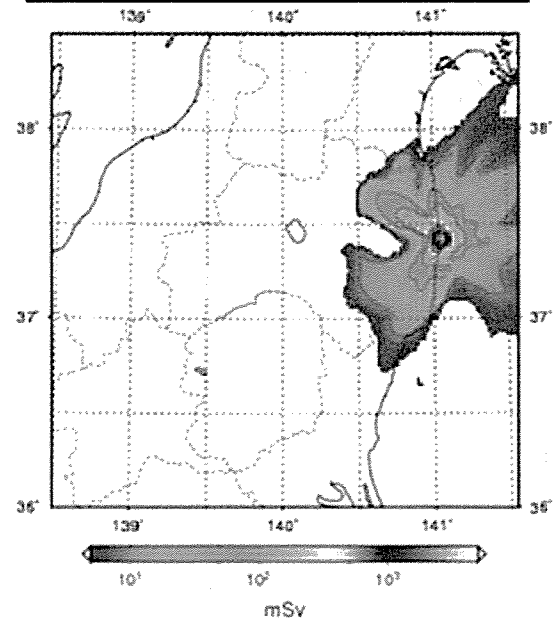
2011年3月15日24:00まで



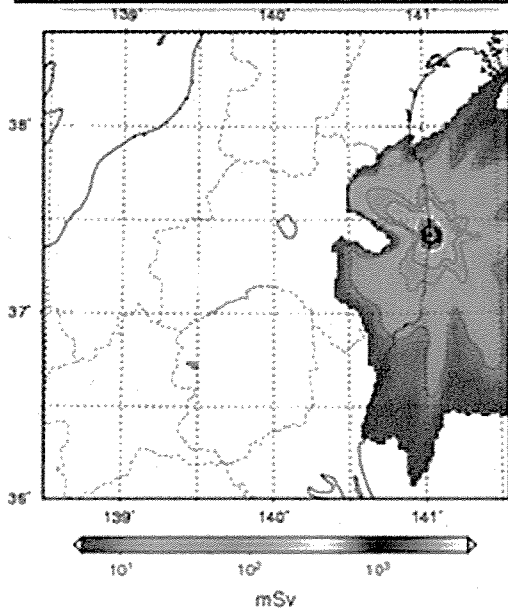
2011年3月21日24:00まで



2011年3月22日24:00まで



2011年3月31日24:00まで



2011年4月30日24:00まで

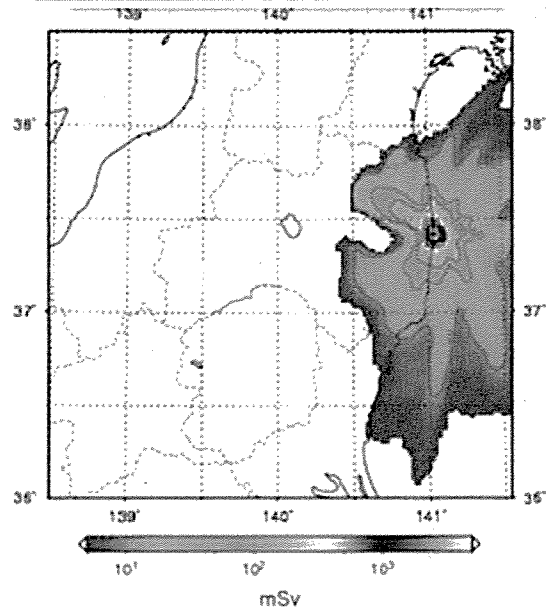
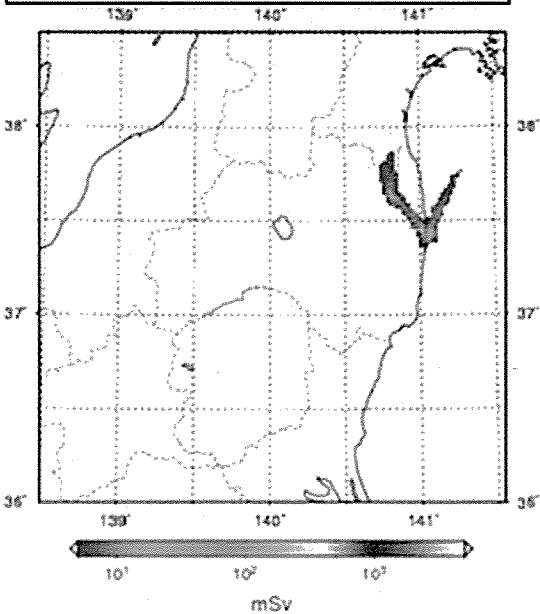
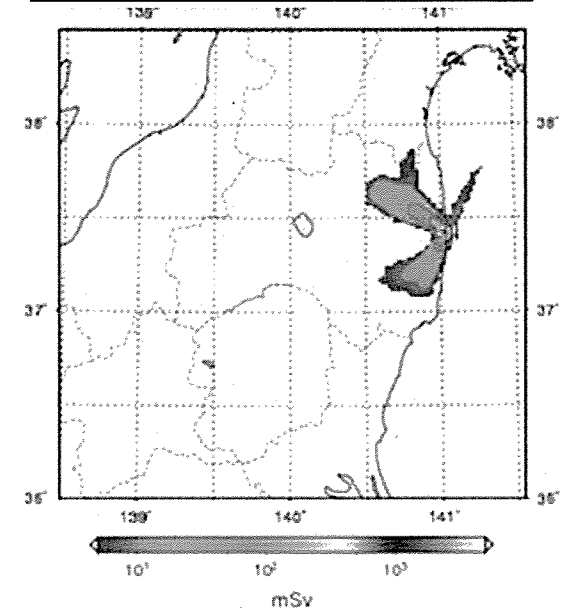


図 29 評価期間別甲状腺線量マップ (1 歳児)

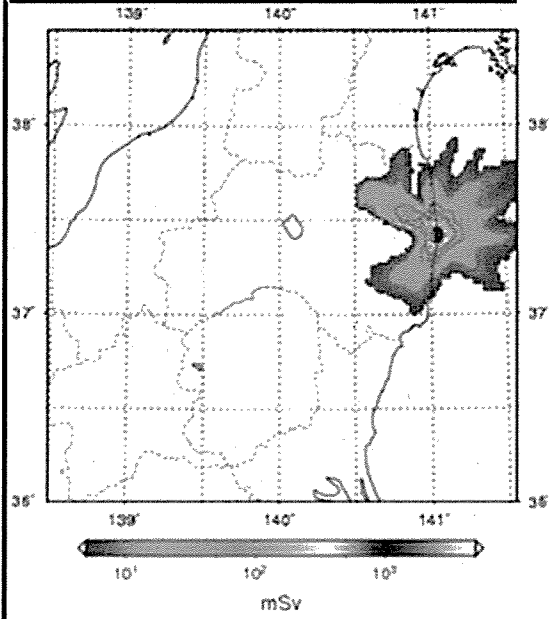
2011年3月14日24:00まで



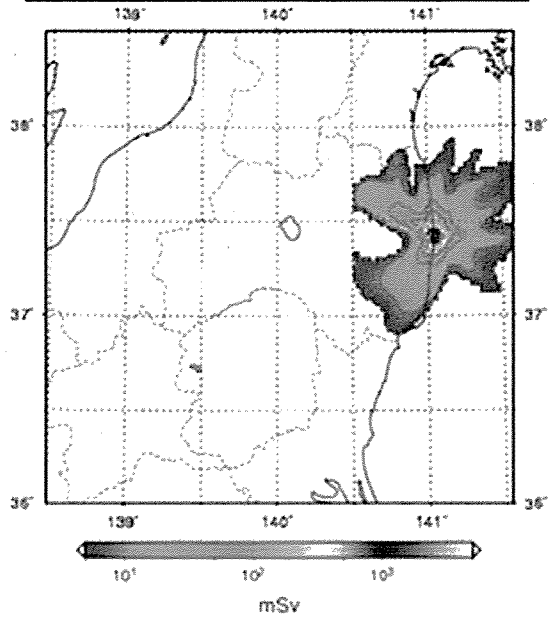
2011年3月15日24:00まで



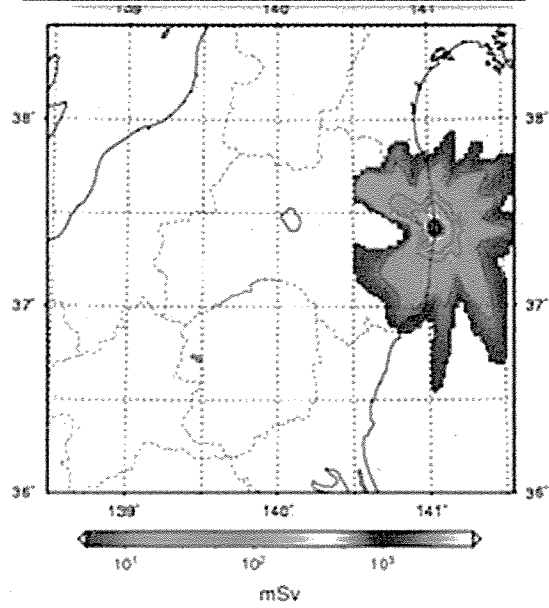
2011年3月21日24:00まで



2011年3月22日24:00まで



2011年3月31日24:00まで



2011年4月30日24:00まで

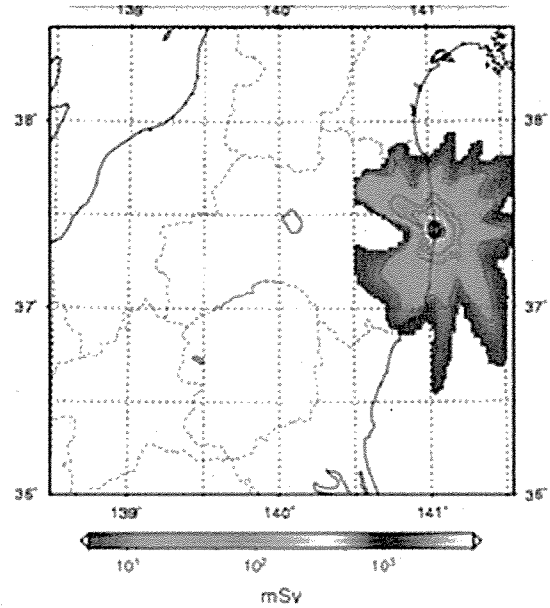


図 30 評価期間別甲状腺線量マップ (成人)

平成24年度環境省委託事業「事故初期のヨウ素等短半期による内部被ばく線量評価調査」の「大気拡散シミュレーションのよる時系列大気中放射能濃度マップの整備」成果報告書より抜粋

2. 事業の概要

(1) 目的

東京電力福島第一原子力発電所の事故時（以下「事故時」という。）に放出された放射性物質による福島県等の住民の健康リスク評価を行うための基礎データとして、住民の被ばく線量の把握は重要である。このうち、ヨウ素等の短半減期核種による事故初期段階における内部被ばく線量については、現時点では実測に基づく評価が困難であり、大気拡散シミュレーションにより得られる時系列大気中放射性物質濃度マップと行動パターンを組み合わせた推計が現実的である。本件では、この線量推計に必要となる、時系列された大気中放射性物質濃度マップを、大気拡散シミュレーションにより構築することを目的とする。

(2) 実施内容

上記目的を達成するために、以下の項目を実施する。

① 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を実施するため、事故時におけるヨウ素等の短半減期核種の放出率の時系列変化、放出高さ等の放出源条件について、これまでに公表されている情報や文献に基づき調査・整理し、シミュレーション計算の入力条件として整備する。

② 大気拡散シミュレーション計算

大気拡散シミュレーションでは、三次元気象モデルによる事故時の気象場再現計算と、これに引き続き大気拡散モデルにより、先に整備した放出源条件を用いて放射性物質の移流、拡散、沈着に関する計算を実施する。この計算に用いる気象モデルおよび大気拡散モデルについてはシミュレーションの精度が十分に検証されているものを用いる。

③ 大気拡散シミュレーション結果の評価

大気拡散シミュレーションで計算した核種別の大気中濃度、核種別の地表沈着量、および合計核種による空間線量率と実地に得られているモニタリングデータを比較することにより、計算結果の妥当性確認および誤差評価を行う。

④ 時系列大気中放射性物質濃度マップの構築

大気拡散シミュレーションで計算した地上付近の核種毎の大気中濃度分布を、水平方向（東西・南北それぞれ）の所定の間隔、毎時刻（正時～正時の1時間における平均値）で出力し、時系列大気中放射性物質濃度マップを作成する。

(3) 結果の概要

① 放出源条件などの計算入力データの整備

事故時におけるヨウ素等の短半減期核種の放出源条件について、これまでに公表されている情報や文献に基づき調査・整理し、大気拡散計算の入力条件として整備した。計算対象核種は、放医研が設置した「拡散シミュレーション検討委員会」の検討結果に基づき、放出量推計に基づく内部被ばく線量への寄与率を考慮して、 ^{131}I 、 ^{133}I 、 ^{132}Te 、 ^{137}Cs とし、 ^{137}Cs については、沈着量データとの比較に利用することとした。放出率の時間変化は、原子力機構による ^{131}I 、 ^{137}Cs の推定結果を用い、他の短半減期核種 (^{133}I 、 ^{132}Te) は、数少ない環境モニタリングデータと、減衰係数や推定インベントリから、 ^{131}I 、 ^{137}Cs との放射能比率を推定した。これにより設定した各核種の放出率の時間変化を基本放出源条件とし、この放出率がファクター3 程度の幅を持つとして、放出源情報の不確実性の影響評価を行った。

② 大気拡散シミュレーション計算

大気拡散シミュレーションでは、原子力機構で開発した「緊急時環境線量情報予測システム (世界版) WSPEEDI 第2 版 (寺田他, 2008)」を用いた。WSPEEDI の大気拡散シミュレーションは、非静力大気力学モデル MM5 (米国大気研究センター (NCAR) とペンシルバニア州立大学 (PSU) 開発) による事故時の気象場再現計算と、これに引き続き粒子拡散モデル GEARN (原子力機構開発) により、上記の放出源条件を用いた放射性物質の移流、拡散、沈着計算を実施する。被ばく線量評価の対象範囲は、放出源を中心とした半径 250km の陸上であるため、大気中濃度等を計算する領域を、東西 690 km×南北 960 km 水平方向の空間分解能を、3km とした。対象期間は、平成 23 年 3 月 11 日 00 時から 4 月 30 日 24 時までとした。

③ 大気拡散シミュレーション結果の評価

WSPEEDI で計算した空間線量率、空気中核種濃度、および ^{137}Cs 沈着量分布と測定値を比較することにより、予測精度を評価した。空間線量率の時系列の比較においては、東日本の各地点での時間変化は概ね再現できているが、期間や地域によっては、プルーム通過時刻に 2、3 時間程度のずれがあるケースや、通過位置が数メッシュずれているケースが見られた。空気中核種濃度の時系列についても時間変化の再現性は同様な傾向であったが、定量的には過小評価となっているケースもあり、放出源条件の不確実性の影響も示唆される。航空機モニタリングによる ^{137}Cs 沈着量分布との比較においては、WSPEEDI のオリジナル版では宮城県における過大評価と群馬県および栃木県における過小評価があったが、今回の解析で湿性沈着過程の氷相と液相の洗浄率設定を変えることによって再現性の向上が見られた。また、大気中核種の存在形態による乾性沈着速度と洗浄率の違いも考慮した解析を行い、その影響評価を行った。

④ 時系列大気中放射性物質濃度マップの構築

WSPEEDI の大気拡散シミュレーションで計算した地上付近の核種毎の大気中濃度分布および地表沈着量分布を、水平方向 (東西・南北それぞれ) の 3km 間隔、毎時刻 (正時～正時の 1 時間における平均値) で出力し、時系列大気中放射性物質濃度マップを作成した。

この際に、大気拡散計算は単位放出条件により実行し、後から放出源条件を設定可能なデータベース形式の出力とした。また、主要な大気拡散プロセスである沈着過程について、ガス状や粒子状の物質に対するパラメータを設定したケース毎にデータベースを作成し、各ケースの結合により、任意のガス・粒子割合を対象とした拡散解析結果を作成可能とした。

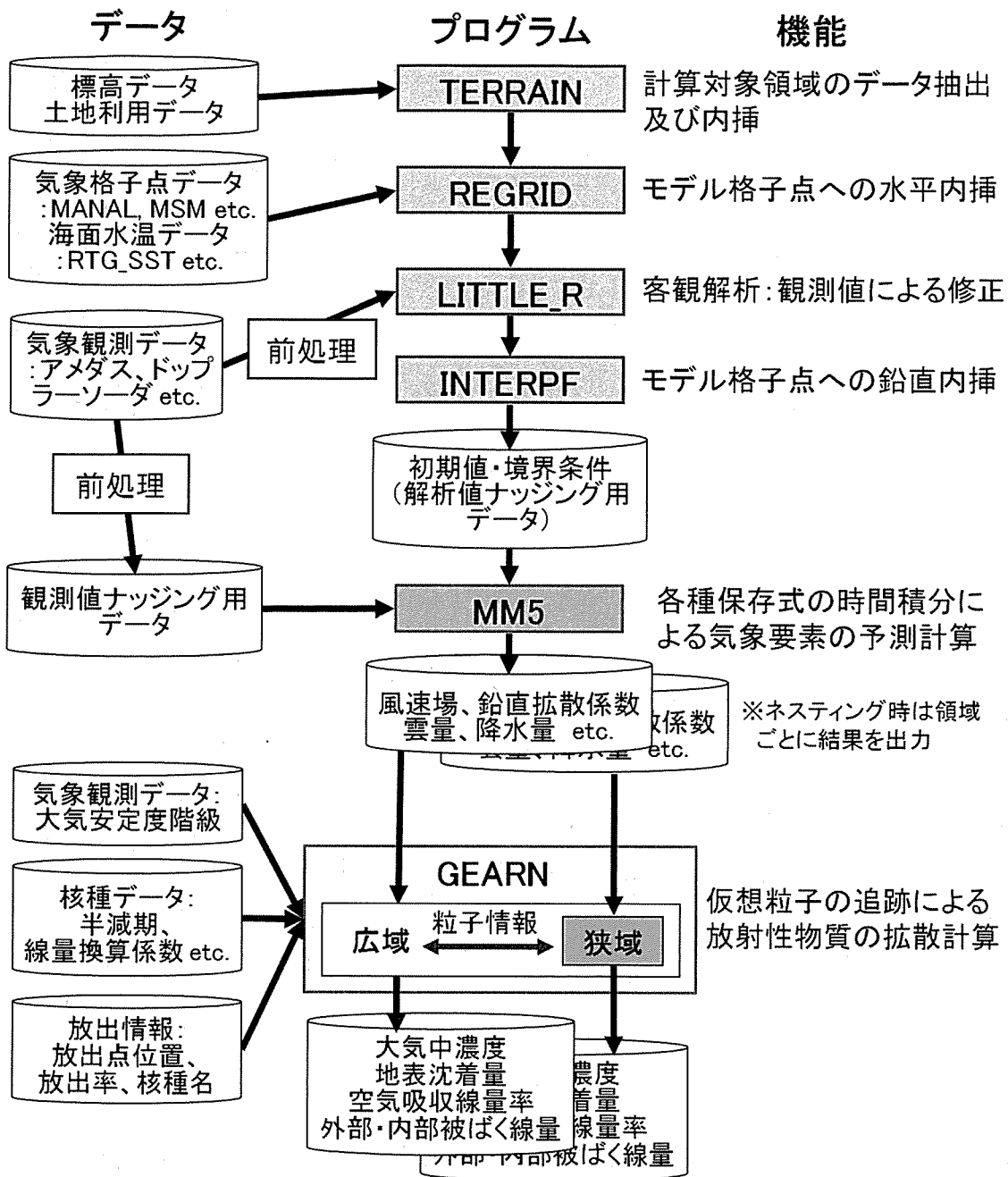


図3-1 大気拡散モデルWSPEEDIの全体構成と計算フロー

表 4.1-2 核種ごとの放出率 (Bq h⁻¹) 時間変化

放出開始時刻 UTC		放出終了時刻 UTC		I-131	Te-132	Cs-137	Cs-134	I-133
3/11	20:00	3/12	00:30	3.7E+13	6.4E+13	3.7E+12	3.7E+12	7.1E+13
3/12	00:30	3/12	06:30	1.7E+13	2.8E+13	1.7E+12	1.7E+12	2.8E+13
3/12	06:30	3/12	07:00	3.0E+15	4.8E+15	3.0E+14	3.0E+14	4.5E+15
3/12	07:00	3/13	14:00	8.4E+13	1.2E+14	8.4E+12	8.4E+12	7.9E+13
3/13	14:00	3/14	02:00	3.6E+13	4.2E+13	3.6E+12	3.6E+12	1.8E+13
3/14	02:00	3/14	02:30	3.0E+15	3.3E+15	3.0E+14	3.0E+14	1.2E+15
3/14	02:30	3/14	12:30	2.3E+13	2.4E+13	2.3E+12	2.3E+12	8.1E+12
3/14	12:30	3/14	15:00	1.3E+15	1.3E+15	1.3E+14	1.3E+14	3.8E+14
3/14	15:00	3/14	22:00	3.5E+14	3.8E+14	4.0E+13	4.0E+13	8.9E+13
3/14	22:00	3/15	01:00	3.0E+15	2.7E+15	3.0E+14	3.0E+14	6.6E+14
3/15	01:00	3/15	04:00	8.0E+13	7.1E+13	8.0E+12	8.0E+12	1.6E+13
3/15	04:00	3/15	08:00	4.0E+15	3.4E+15	4.0E+14	4.0E+14	7.2E+14
3/15	08:00	3/16	21:00	2.1E+14	2.1E+13	3.0E+12	3.0E+12	2.1E+13
3/16	21:00	3/19	06:00	4.1E+14	4.7E+13	1.0E+13	1.0E+13	9.9E+12
3/19	06:00	3/20	18:00	3.8E+14	1.1E+14	3.5E+13	3.5E+13	2.3E+12
3/20	18:00	3/21	12:00	1.4E+14	3.4E+13	1.4E+13	1.4E+13	3.8E+11
3/21	12:00	3/22	14:00	4.1E+14	9.5E+12	4.7E+12	4.7E+12	5.8E+11
3/22	14:00	3/23	15:00	7.1E+14	1.4E+13	8.9E+12	8.9E+12	4.7E+11
3/23	15:00	3/24	15:00	1.9E+14	3.7E+12	2.9E+12	2.9E+12	6.1E+10
3/24	15:00	3/26	02:00	5.6E+13	1.2E+12	1.2E+12	1.2E+12	7.5E+09
3/26	02:00	3/28	01:00	4.0E+12	1.2E+11	1.7E+11	1.7E+11	1.6E+08
3/28	01:00	3/29	12:00	7.5E+12	2.3E+12	4.7E+12	4.7E+12	8.7E+07
3/29	12:00	3/30	02:00	1.5E+13	3.4E+12	8.8E+12	8.8E+12	8.4E+07
3/30	02:00	3/30	15:00	1.8E+14	4.8E+13	1.4E+14	1.4E+14	6.8E+08
3/30	15:00	3/31	13:00	2.4E+13	1.3E+12	4.5E+12	4.5E+12	5.4E+07
3/31	13:00	4/02	00:00	1.8E+12	3.7E+11	1.6E+12	1.6E+12	1.7E+06
4/02	00:00	4/04	00:00	1.8E+12	9.2E+10	5.8E+11	5.8E+11	5.0E+05
4/04	00:00	4/07	08:00	7.0E+11	1.3E+10	1.4E+11	1.4E+11	2.9E+04
4/07	08:00	4/13	14:00	7.0E+11	1.1E+10	3.5E+11	3.5E+11	9.5E+02
4/13	14:00	4/30	15:00	7.0E+11	4.8E+08	1.8E+11	1.8E+11	2.3E-01

(以下、図表については参考資料を参照のこと)

4.3 大気拡散シミュレーション結果の評価

WSPEEDI で計算した空間線量率、空气中核種濃度、および 137Cs 沈着量分布と測定値を比較することにより、予測精度を評価した。大気中に放出された放射性物質の拡散と地表汚染形成過程については、公開ワークショップ「福島第一原子力発電所事故による環境放出と拡散プロセスの再構築」(原子力機構, 2012)における参加機関の議論により、航空機モニタリングで測定された 137Cs 沈着量分布を形成した主要なプルームの動きと沈着過程を以下のようにまとめた。また、その様子を図 4.3-1 に示す。

- ① 3月12日：南相馬を通過して海上に流れ、女川原子力発電所周辺を通過し乾性沈着。
- ② 3月15日：未明に放出されたプルームが沿岸部を南下し、いわき市から茨城県北部で乾性沈着。
- ③ 3月15-16日：上記が茨城付近から関東平野内陸部に流れ、群馬県、栃木県で湿性沈着。午前中に放出されたプルームは南西から西方に流れ、福島県中通りで湿性沈着。午後に放出された高濃度プルームが原子力発電所北西方向に流れ湿性沈着し、高線量地域を形成。
- ④ 3月20日：北西方向に流れた後北東に向かい、宮城県北部から岩手県南部を通過する際に湿性沈着。
- ⑤ 3月21日：海上を南下し、茨城県南部から千葉県北西部を通過する際に湿性沈着し、この地域のホットスポットを形成。

ここでは、この結果をベースに、プルーム通過およびその際の沈着の再現性について評価を行う。

(1) 空間線量率・空气中核種濃度時系列との比較

空間線量率と空气中核種濃度の比較に用いたデータの測定地点を図 4.3-2 および表 4.3-1 に示す。空間線量率の時系列の比較においては、①の事象について、南相馬における測定値との比較(図 4.3-3)、②の事象について、第二原発、いわき、北茨城、および水戸における測定値との比較(図 4.3-4)、③の事象について、さいたま、甲府、宇都宮、および前橋における測定値との比較(図 4.3-5)、および郡山、飯館、福島、および南相馬における測定値との比較(図 4.3-6) ⑤の事象について、第二原発、いわき、北茨城、および水戸における測定値との比較(図 4.3-7) を、代表的な例として示す。

この比較においては、測定地点に該当する計算格子の他に、測定地点から 3 km または 9 km の範囲に含まれる計算格子の値も示している。これは、空間で離散的な測定データとの比較では、プルームの通過位置がわずかにずれただけでも測定値の再現性が大きく低下することを考慮して、そのようなケースとずれの程度を把握するために行ったものである。

これらの結果から、東日本の各地点での時間変化は概ね再現できているが、期間や地域によっては、プルーム通過時刻に 2、3 時間程度のずれがあるケースや、通過位置が数メッシュずれているケースがあることがわかる。また、3月15日夜中から16日に南下したプ

ルームについては、図 4.3-8 に示すように、東海上に大きくずれた予測となっており、実測データの再現性が低い。このケースについては気象場計算の再現性向上が必要であり、拡散計算における設定による改善は期待できない。気象場計算の再現性向上のためのモデル改良および計算手法の検討は、今後の課題である。大気拡散シミュレーション結果を用いた被ばく線量評価においては、このようなプルーム通過の時間空間的なずれによる不確実性を考慮する必要がある。

空气中核種濃度の時系列については、東海村（JAEA）における3月14日～17日と20日～21日のプルーム通過時の¹³¹I大気中濃度測定値と計算値の比較を図4.3-9に示す。この比較においても、測定地点に該当する計算格子の他に、測定地点から18kmの範囲に含まれる計算格子の値も示している。時間変化の再現性は空間線量率と同様な傾向であったが、定量的には過小評価となっているケースもあり、放出源条件の不確実性の影響も示唆される。

(2) ¹³⁷Cs 沈着量分布との比較

航空機モニタリングによる¹³⁷Cs沈着量分布との比較においては、WSPEEDIのオリジナル版では、測定値をファクター10の範囲で再現しているが、宮城県における過大評価と群馬県および栃木県における過小評価があった（図4.3-10）。なお、放出源条件の不確実性の影響を評価する上での参考として実施した他の2つの放出源条件による沈着量分布も示したが、基本放出源条件を用いた場合の方が実測値の再現性が高く、妥当な条件であるといえる。

前述の「4.2(2) 拡散計算における沈着過程の検討」を反映した解析結果により、¹³⁷Cs沈着量分布の計算結果がどの程度変化するかを図4.3-11に示す。湿性沈着過程において、粒子状物質の最大洗浄係数を用いることで群馬県と栃木県における過小評価が、氷相の洗浄係数を1/10にすることにより宮城県における過大評価が、それぞれ改善されることがわかる。宮城県における過大評価については、計算では3月15日に放出された高濃度プルームが上空を通過し、雪に取り込まれて沈着していたことから、氷相の洗浄係数が小さくなることにより、沈着量が減少して改善した。この結果から、氷相の洗浄係数を小さくしたケースにおいて、放出タイミングに応じて粒子の状態が変化すると仮定し、洗浄係数を最大から最小の間で変化させることにより、沈着量分布の再現性をさらに向上できることが示唆される。その1例として、3月16日までは最大の洗浄係数、それ以降最小の洗浄係数を用いることで再現性が向上したケースを図4.3-12に示す。今後、大気中核種の存在形態と沈着過程を解明することで、モデルの予測精度を向上することが期待される。

拡散計算における沈着過程の変更により、航空機モニタリングによる¹³⁷Cs沈着量分布の再現性が向上可能であることが示されたが、これにより内部被ばく線量評価に使用する地上付近の大気中核種濃度計算にどの程度の影響があるかを調べてみた。ここでは、最大限の影響の幅を把握するために、放射性核種が全てガス状のケースと全て粒子状のケースの相違（図4.3-13）、氷相の洗浄係数を1/10にすることによる相違（図4.3-14）、さらに

粒子状における最大洗浄係数のケースと最小洗浄係数のケースの相違（図 4.3-15）を、地上付近の大気中濃度積算値の比較により示す。

放射性核種が全てガス状から全て粒子状に変更（図 4.3-13）することにより、沈着量が大幅に増加しているが、地上付近の大気中濃度積算値も大きく増加している。これは、沈着により大気中の放射性核種が除去されることを考えると、除去量が増えたのに濃度も増えているという一見矛盾する結果となっているが、沈着過程の相違と除去量の 3 次元的な分布に起因する妥当な結果である。表 4.2-4 にまとめた沈着パラメータを用いると、放射性核種が全てガス状の場合、粒子状に比べて乾性沈着速度が 6 倍であるが、降水による洗浄係数は粒子状の最大ケースより小さい。このため、放射性核種が全てガス状から全て粒子状になると、乾性沈着は大幅に減少するが湿性沈着は増加することになる。湿性沈着では雲および降水により上空の大気からも放射性核種が除去され沈着量も多くなるのに対して、乾性沈着では地上付近の大気中核種が除去されて沈着することにより、沈着量は少なくとも地上付近の大気中濃度についての減少は大きくなるためである。従って、放射性ヨウ素については、ガス状と粒子状の割合が変わることにより、地上付近の大気中濃度が大きく変わるため、内部被ばく線量評価への影響が大きくなる。

氷相の洗浄係数を 1/10 に変更（図 4.3-14）することにより、¹³⁷Cs 沈着量分布の宮城県における過大評価が改善されるが、地上付近の大気中濃度積算値はほとんど変化していない。

これは、氷相による洗浄過程変更の影響は、気温が低い上空のプルームに限定されるため、地上付近の大気中濃度はほとんど変わらなかったためである。したがって、氷相の洗浄係数変更による ¹³⁷Cs 沈着量分布の再現性向上は、内部被ばく線量評価に対してはほとんど影響しないと考えられる。

粒子状における最大洗浄係数と最小洗浄係数の相違（図 4.3-15）では、沈着量の減少に伴い地上付近の大気中濃度積算値が増加するという、通常想定される結果となっている。特に、③3 月 15-16 日および⑤3 月 21 日のプルーム通過時に湿性沈着が支配的になっていた地域において、沈着量および地上付近の大気中濃度積算値の変化割合が大きくなっており、内部被ばく線量評価において注意が必要である。

(4) ホールボディカウンターで計測したセシウムからの推計（ヨウ素セシウム比）について

平成24年度環境省委託事業「事故初期のヨウ素等短半期による内部被ばく線量評価調査」
 成果報告書より抜粋

1) ヨウ素／セシウム比及び甲状腺線量の導出

WBC 測定から得られた実効線量から、甲状腺線量を導出する方法を以下に述べる。
 実効線量は 134Cs 及び 137Cs の合計線量である。134Cs と 137Cs はほぼ同量の割合で環境中に存在し、WBC 測定においてもこれを支持する結果が得られている。134Cs 及び 137Cs の成人に対する実効線量係数は、それぞれ $6.6E-09$ Sv Bq⁻¹ 及び $4.6E-09$ Sv Bq⁻¹ であり、両核種の合計した実効線量が 1 mSv であれば、摂取量は $8.9E+04$ Bq ずつとなる¹。
 ここで仮に、137Cs と等量の 131I を吸入摂取するならば、131I の摂取量も $8.9E+04$ Bq となる。これに 131I の成人の甲状腺等価線量係数（元素状ヨウ素： $3.9E-07$ Sv Bq⁻¹）を乗じると、甲状腺線量は 35 mSv となる。これに、ヨウ素の実際の物理化学的性状及び他核種からの線量寄与を考慮した補正を加えると、放射性セシウムによる実効線量が 1 mSv のとき、137Cs と 131I の摂取量比が 1 であれば、甲状腺等価線量は約 30 mSv となる²。以上の計算は、成人についてである（WBC 測定から得られた実効線量は、成人の被検者から得られたものである）。次に、同一環境中において成人と小児が吸入摂取をする場合を考えると、摂取量としては呼吸率の違いを考慮して、1 歳児については $2.1E+04$ Bq ($=8.9E+04 \times 5.16 / 22.2$)、10 歳児については、 $6.2E+04$ Bq ($=8.9E+04 \times 15.3 / 22.2$) となる。
 さらに、それぞれの年齢に対応する甲状腺線量等価線量係数を乗じて、1 歳児は 60 mSv、10 歳児は 50 mSv と計算される。ここで述べたことを整理すると、図 26 に示すようになる。

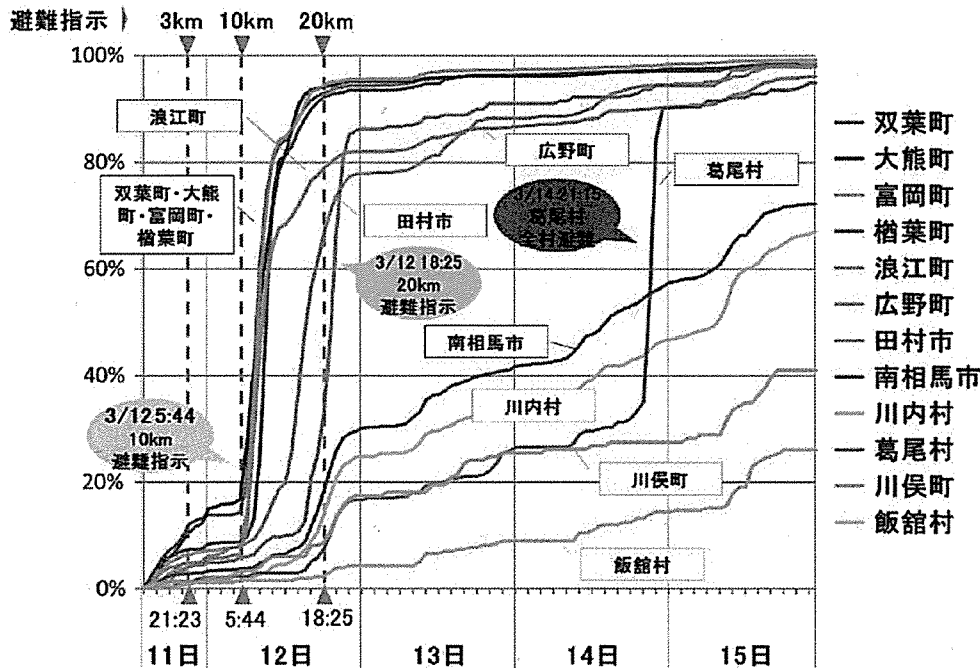


図 25 各自治体の住民の避難状況

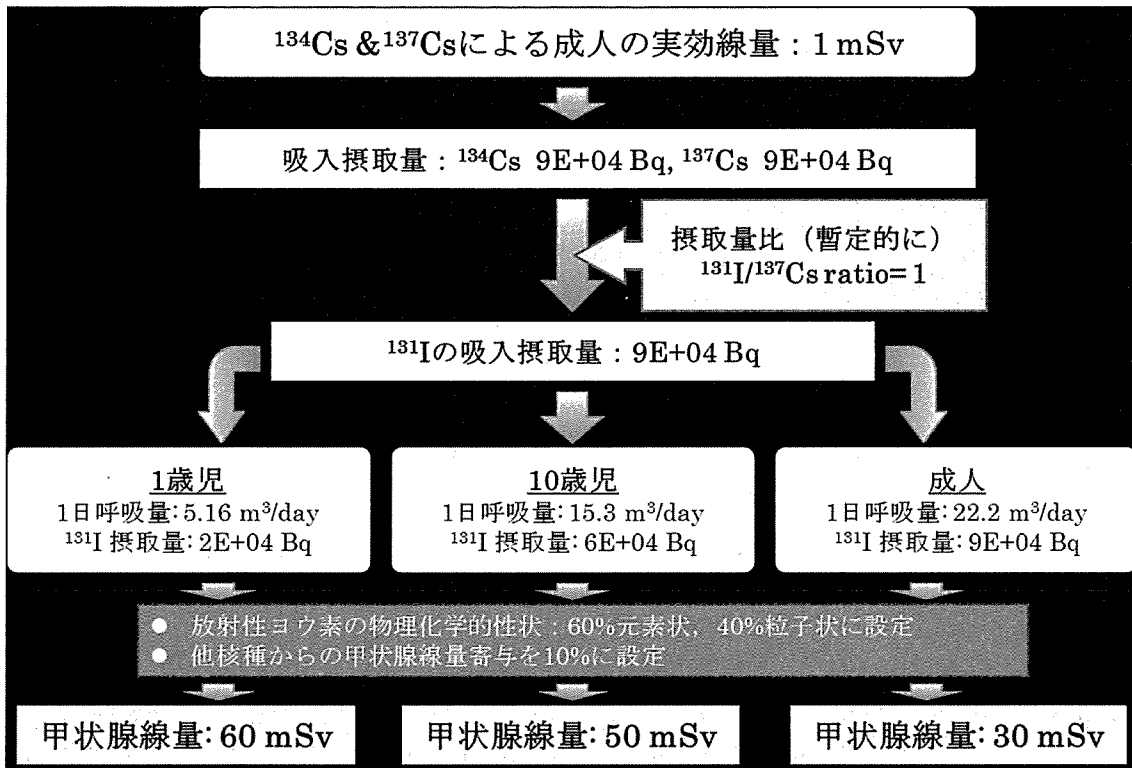


図 26 実効線量から甲状腺線量の導出仮定

飯館村及び川俣町については、小児甲状腺被ばくのスクリーニング検査とWBC測定からの実効線量（成人）の両者が得られていることから、図26に示す実効線量と甲状腺線量の関係を利用して¹³¹Iと¹³⁷Csの摂取量比を導出することが出来る。

図20に示すスクリーニング検査の結果から、飯館村及び川俣町の小児甲状腺線量の90パーセントイル値は、それぞれ15 mSv、7 mSvと算定された（ただし、シナリオ1の場合である）。スクリーニング検査の被検者の大半は、5歳児又は10歳児の年齢区分に属する。一方、飯館村及び川俣町の成人の実効線量の90パーセントイル値は、それぞれ0.17 mSvと0.07 mSvと算定された。ここで、図25に示す関係を保持しながら、摂取量比（=¹³¹I/¹³⁷Cs）を変化させて、スクリーニング検査とWBC測定の双方の結果に一致する摂取量比を探索する。すなわち、飯館村の場合であれば、実効線量の90パーセントイル値は0.17 mSvであり、摂取量比が1であれば、1歳児、10歳児及び成人の甲状腺線量はそれぞれ10.2 mSv、8.5 mSv及び5.1 mSvとなる。摂取量比が2であれば、これらの数値が単純に2倍になる。この関係を図示したのが図27である。横軸は摂取量比であり、縦軸は各年齢区分の甲状腺線量である。飯館村の小児甲状腺線量の90パーセントイル値は15 mSvであることから、この数値を与える摂取量比は1.8となる。スクリーニング検査の精度についての不確かさ（2倍の過小評価）を見込んだ場合は、摂取量比は3.5となる。同様に、川俣町の場合は、摂取量比は2～4の範囲となる。以上の解析から、摂取量比の最確値を3に決定した。

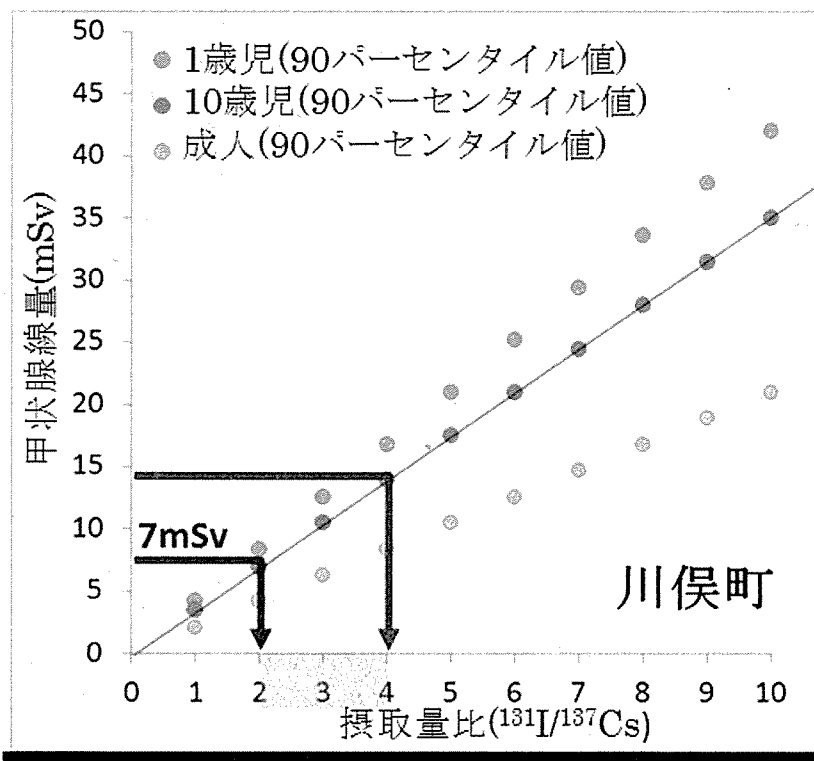
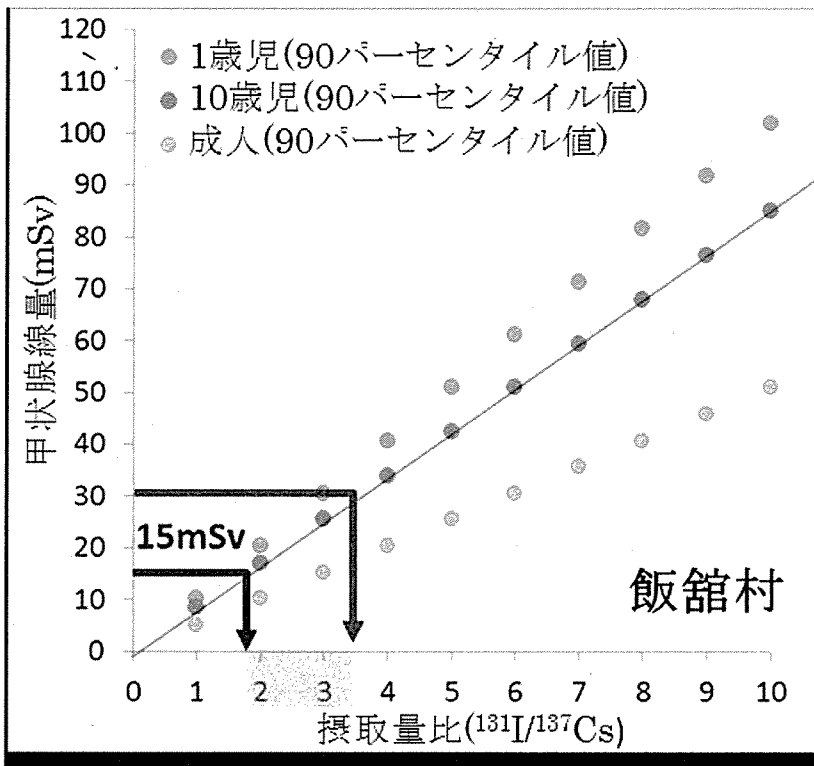


図 27 甲状腺線量から摂取量比 ($^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$) の導出 (上段: 飯舘村, 下段: 川俣町)

2. 事故初期の外部被ばく関係

県民健康管理調査「基本調査」に基づく、外部被ばく線量推計結果
(平成25年11月12日第13回福島県「県民健康管理調査」検討委員会資料より抜粋)

3 実効線量推計結果の状況

累計460,887人の推計を行い、そのうち放射線業務従事者を除く451,364人の推計結果は、県北・県中地区では90%以上、県南地区では約91%の方が、会津・南会津地区では99%以上の方が1mSv未満となり、相双地区は約78%の方が、いわき地区でも99%以上の方が1mSv未満となっている。(表3)

表3

実効線量 (mSv)	全データ	「放射線業務従事者を除く」の地域別内訳(%は地域ごとの線量割合)										相双 (注2)	いわき				
		放射線業務従事者を除く		県北 (注1)		県中		県南		会津				南会津			
		人数	割合	人数	割合	人数	割合	人数	割合	人数	割合			人数	割合		
～1未満	304,418	298,332	66.1%	40,602	31.7%	65,167	59.0%	23,076	90.7%	36,971	99.4%	3,732	99.4%	59,689	77.9%	69,095	99.2%
～2未満	132,159	129,817	28.8%	74,887	58.4%	38,989	35.3%	2,364	9.3%	217	0.6%	23	0.6%	12,782	16.7%	555	0.8%
～3未満	20,519	20,141	4.5%	12,136	9.5%	6,057	5.5%	12	0.0%	8	0.0%	0	0.0%	1,908	2.5%	20	0.0%
～4未満	1,508	1,432	0.3%	439	0.3%	290	0.3%	0	0.0%	1	0.0%	0	0.0%	699	0.9%	3	0.0%
～5未満	618	576	0.1%	44	0.0%	6	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	524	0.7%	2	0.0%
～6未満	488	432	0.1%	25	0.0%	2	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	405	0.5%	0	0.0%
～7未満	288	253	0.1%	8	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	245	0.3%	0	0.0%
～8未満	163	127	0.0%	1	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	126	0.2%	0	0.0%
～9未満	123	82	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	82	0.1%	0	0.0%
～10未満	76	46	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	46	0.1%	0	0.0%
～11未満	75	45	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	45	0.1%	0	0.0%
～12未満	52	32	0.0%	1	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	31	0.0%	0	0.0%
～13未満	37	14	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	14	0.0%	0	0.0%
～14未満	35	13	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	13	0.0%	0	0.0%
～15未満	32	11	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	11	0.0%	0	0.0%
15以上～	296	11	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	11	0.0%	0	0.0%
計	460,887	451,364	100.0%	128,143	100%	110,511	100%	25,452	100%	37,197	100%	3,755	100%	76,631	100%	69,675	100%
最高値	66mSv	25mSv		11mSv		5.9mSv		2.6mSv		3.6mSv		1.6mSv		25mSv		4.8mSv	
平均値	0.8mSv	0.8mSv		1.2mSv		0.9mSv		0.5mSv		0.2mSv		0.1mSv		0.7mSv		0.3mSv	

(注1) 先行地区(川俣町山木屋地区)を含む。
(注2) 先行地区(浪江町、飯館村)を含む。

※割合(%)は線量別に端数処理を行っているため、合計が100%にならない場合がある

※線量別分布状況、年齢別・男女別内訳は、別添資料2、3のとおり。市町村内訳は、別添資料4のとおり。

県民健康管理調査 基本調査

外部被ばく線量推計結果

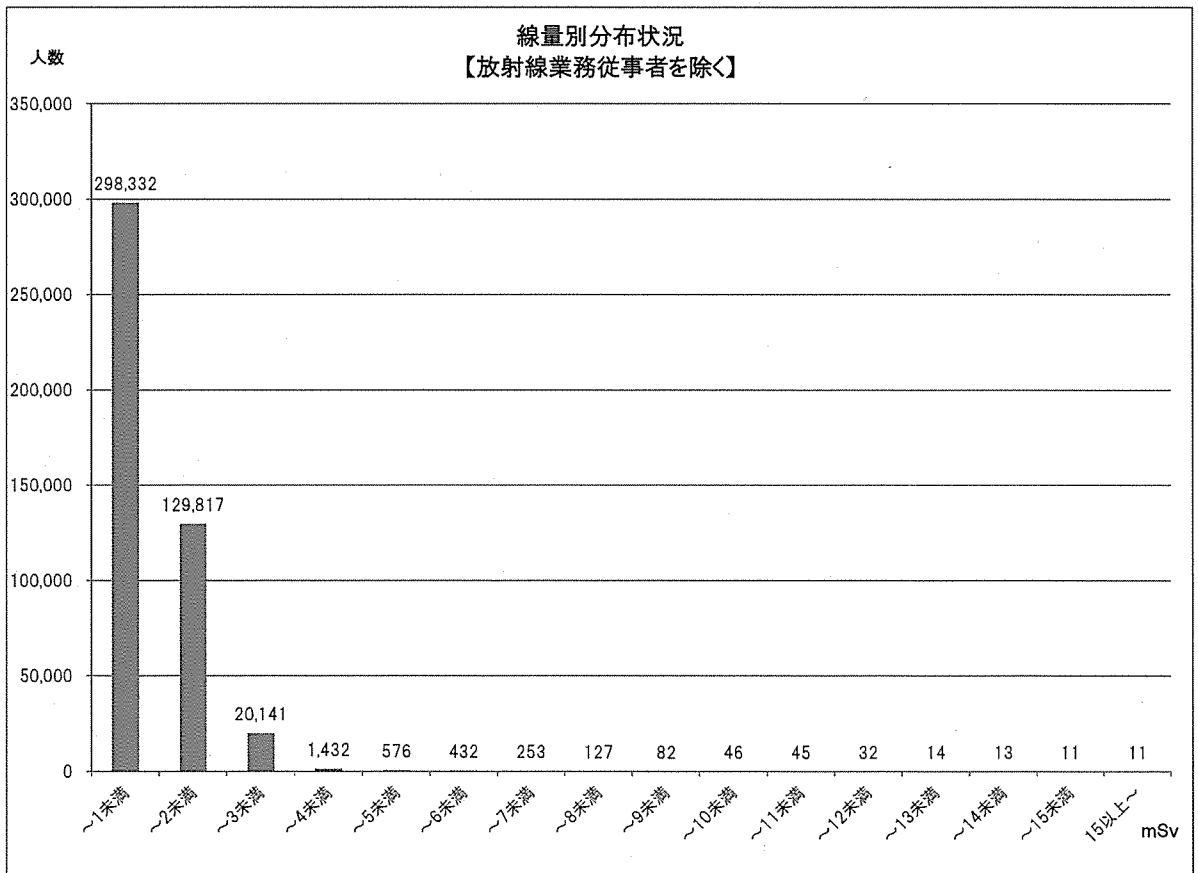
平成25年9月30日現在

【全県調査(先行調査+全県民調査)】

地域別・線量別推計

実効線量 (mSv)	全データ	放射線業務 従事者除く	左の内訳							放射線業務従事者除く線量別 割合(%)		
			県北	県中	県南	会津	南会津	相双	いわき			
～1未満	304,418	298,332	40,602	65,167	23,076	36,971	3,732	59,689	69,095	66.1	94.9	99.8
～2未満	132,159	129,817	74,887	38,989	2,364	217	23	12,782	555	28.8		
～3未満	20,519	20,141	12,136	6,057	12	8	0	1,908	20	4.5	4.8	
～4未満	1,508	1,432	439	290	0	1	0	699	3	0.3		
～5未満	618	576	44	6	0	0	0	524	2	0.1	0.2	
～6未満	488	432	25	2	0	0	0	405	0	0.1		
～7未満	288	253	8	0	0	0	0	245	0	0.1	0.1	
～8未満	163	127	1	0	0	0	0	126	0	0.0		
～9未満	123	82	0	0	0	0	0	82	0	0.0	0.0	
～10未満	76	46	0	0	0	0	0	46	0	0.0		
～11未満	75	45	0	0	0	0	0	45	0	0.0	0.0	
～12未満	52	32	1	0	0	0	0	31	0	0.0		
～13未満	37	14	0	0	0	0	0	14	0	0.0	0.0	
～14未満	35	13	0	0	0	0	0	13	0	0.0		
～15未満	32	11	0	0	0	0	0	11	0	0.0	0.0	
15以上～	296	11	0	0	0	0	0	11	0	0.0		
計	460,887	451,364	128,143	110,511	25,452	37,197	3,755	76,631	69,675	100.0	100.0	100.0
最高値	66	25	11	5.9	2.6	3.6	1.6	25	4.8			
平均値	0.8	0.8	1.2	0.9	0.5	0.2	0.1	0.7	0.3			

※割合(%)は線量別に端数処理を行っているため、合計が100%にならない場合がある

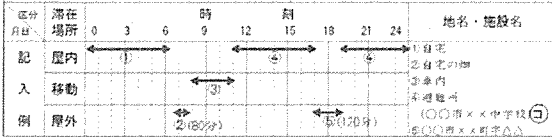


放医研が開発した外部被ばく線量評価システムで用いる計算アルゴリズム

行動パターン調査

福島県健康管理調査の問診票により行動パターンを調査

調査対象期間：2011年3月12日～7月11日の4ヶ月間
 調査項目：滞在（場所、時間、建物の造り）
 移動（場所、時間）



線量率マップ

SPEEDIと文科省データから一日平均の実効線量率マップを作成

3月12日～14日：SPEEDIの評価結果
 3月15日以降：文科省公表のモニタリングデータ

文科省：周辺線量当量率 } 周辺線量当量率は0.6を乗じて
 SPEEDI：実効線量率 } 実効線量率に換算

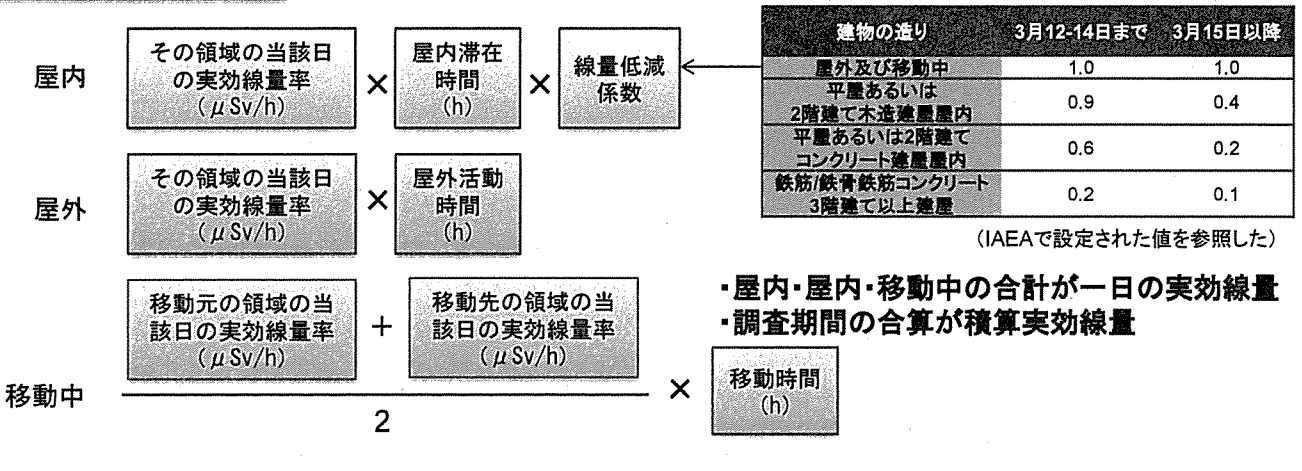
2km×2kmのメッシュに区分け
 離散データをソフトで内挿しマップ化

* 自然放射線の値を含まない。

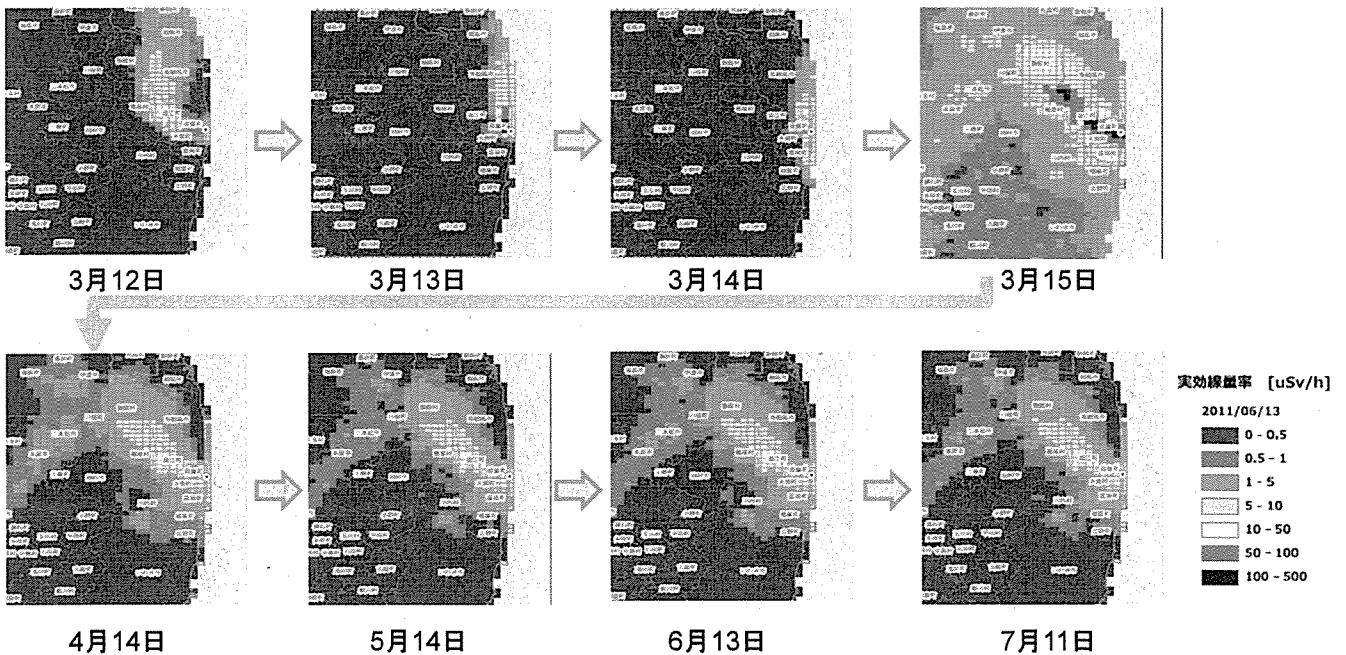


積算実効線量計算

行動パターン及び線量率マップから実効線量を評価



外部被ばく線量評価システムに使用されている 時系列線量分布図



使用している線量分布図

3月16日以降については、文部科学省が公表しているモニタリングデータを利用した。
 文部科学省が公表しているモニタリングデータが利用できない3月12日から15日のうち、3月12日から14日までの3日間は、本年6月に原子力安全・保安院が公表した放射性物質の放出量データを用いて、緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム（SPEEDI）により計算された結果を適用し、3月15日については、3月16日のデータと同じとした。

避難行動のモデルケース別の外部被ばく線量の試算

(独)放射線医学総合研究所による避難行動のモデルケース別の外部被ばくによる累積被ばく線量の試算では、
 ①20 km圏内から避難した住民の外部被ばくによる累積被ばく線量は、実効線量で数ミリシーベルト以下、
 ②計画的避難区域から避難した住民の外部被ばくによる累積被ばく線量は、実効線量で20 ミリシーベルト以下、
 となった。

20km圏内からの避難

計画的避難区域からの避難

20km圏内からの避難			計画的避難区域からの避難		
行動パターン	線量値 (mSv)		行動パターン	線量値 (mSv)	
1 富岡町	3月11日富岡町役場。 3月12日川内村役場に6時までに移動。 3月16日ビッグパレットふくしまに10時から移動。	0.76	6 楡葉町	3月11日楡葉町役場。 3月12日いわき市役所に13時に移動。 3月16日会津美里町役場に10時から移動。	0.25
	町内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合。	0.76		町内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合	0.25
2 大熊町	3月11日大熊町役場。 3月12日船引就業改善センターに13時に移動。	0.94	7 浪江町	3月11日浪江町役場。 3月12日つしま活性化センターに15時に移動。 3月16日安達体育館に10時から移動。	2.0
	町内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合	1.1		町内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合	2.3
3 双葉町	3月11日双葉町役場。 3月12日川俣小学校に8時に移動。 3月19日さいたまスーパーアリーナに10時から移動。 3月31日旧県立駒西高校に10時から移動。	0.22	8 田村市	3月11日田村市(*)。 3月12日デンソー東日本に8時までに移動。 3月31日ビッグパレットふくしまに10時から移動。 (*)20km圏内の最大線量領域を仮定	0.77
	町内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合	0.64		9 南相馬市	3月11日南相馬市(*)。 3月15日伊達市役所に10時から移動。 3月31日あづま総合体育館に10時から移動。 (*)20km圏内の最大線量領域を仮定
4 双葉町	3月11日双葉町役場。 3月12日一号機の水素爆発に伴い川俣小学校に16時から移動。 3月19日さいたまスーパーアリーナに10時から移動。 3月31日旧県立駒西高校に10時から移動。	0.23	10 広野町		3月11日広野町(*)。 3月12日小野町役場に8時に移動。 (*)20km圏内の最大線量領域を仮定
	町内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合	1.6		11 川内村	3月11日川内村(*)。 3月13日川内村小学校に10時から移動。 3月16日ビッグパレットふくしまに10時から移動。 (*)20km圏内の最大線量領域を仮定
5 楡葉町	3月11日楡葉町役場。 3月12日いわき市役所に13時に移動。 3月31日船引就業改善センターに10時から移動。	0.30	12 葛尾村		3月11日葛尾村(*)。 3月14日あづま総合体育館に10時から移動。 (*)20km圏内の最大線量領域を仮定
	町内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合	0.30		13 浪江町	3月11日浪江町つしま活性化センター 3月23日安達体育館に10時から移動。 町内の計画的避難区域内で避難開始までの線量が最大になる領域からの避難の場合
14 葛尾村	3月11日葛尾村役場。 3月21日あづま総合体育館に10時から移動。	0.84	15 飯館村		3月11日飯館村役場。 5月29日福島市役所飯野支所に10時から移動。 村内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合
	村内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合	7.2		16 飯館村	3月11日飯館村役場。 6月21日福島市役所飯野支所に10時から移動。 村内で避難開始までの線量が最大になる領域から避難の場合
17 南相馬市	3月11日南相馬市(*)。 5月20日南相馬市役所に10時から移動。 (*)計画的避難区域内の最大線量領域を仮定	1.8	18 川俣村山木屋地区		3月11日川俣町山木屋地区(*)。 6月1日川俣町役場に10時から移動。 (*)計画的避難区域内の最大線量領域を仮定

参考資料

- 線量率マップ作成方法
- 実効線量への換算について
- バックグラウンド値について
- 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
- モデルケース(18例)の仮定シナリオ
- モデルケース(18例)別の被ばく線量の詳細
- モデルケース(18例)の避難行動パターン図
- 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

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。
 - SPEEDI出力結果を1日24時間で平均化。
 - 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ならず、福島県が測定したデータも含んでいる。
(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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。
 - 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。
 - 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:0.03μSv/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 μSv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。

防護量: 身体中において定義されている線量

実用量:

身体中における線量の測定と評価のための計測量

臓器又は組織T中の
等価線量, H_T [Gy, J/kg]

実効線量, E [Sv]

吸収線量, D [Gy, J/kg] (物理量)

周辺線量当量, $H_p(10)$ [Sv]
個人線量当量, $H_p(10)$ [Sv] など

安全側に評価

- 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/ϕ (成人), $H^*(10)/\phi$ を算出。 $(\phi: \gamma$ 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、 γ_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。

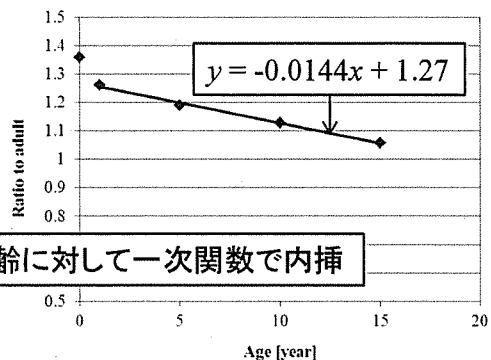
実効線量への換算について ～小児への換算～

- 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



4. 各年齢に対して一次関数で内挿

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 ビッグパレットふくしま(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)→一号機の水素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 ビックバレットふくしま(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 旧県立騎西高校	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 旧県立騎西高校	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ビックバ 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 ビックバレットふくしま(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	3.8 mSv 3/11~3/23 浪江町つしま活性化センター	1.0 mSv 3/23~7/11 安達体育館(二本松市)	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	0.48 mSv 3/11~3/21 葛尾村役場	0.36 mSv 3/21~7/11 あづま総合体育館(福島市)	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	5.2 mSv 3/11~5/29 飯館村役場	0.31 mSv 5/29~7/11 福島市役所飯野支所	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	6.0 mSv 3/11~6/21 飯館村役場	0.16 mSv 6/21~7/11 福島市役所飯野支所	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	1.6 mSv 3/11~5/20 南相馬市(*)	0.21 mSv 5/20~7/11 南相馬市市役所	1.8 mSv
(*)計画的避難区域内の最大線量領域を仮定			
18	2.6 mSv 3/11~6/1 川俣町山木屋地区(*)	0.40 mSv 6/1~7/11 川俣町役場	3.0 mSv
(*)計画的避難区域内の最大線量領域を仮定			

17

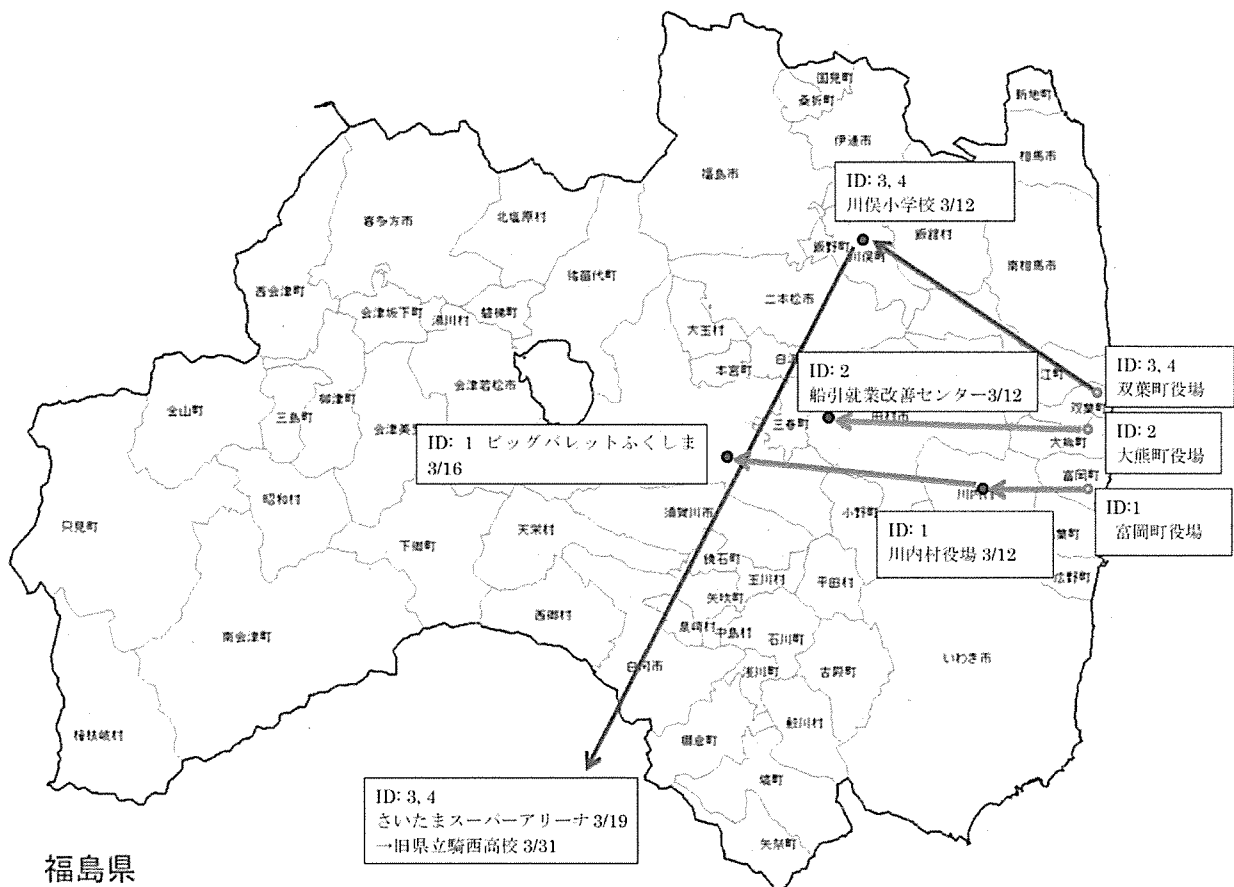


図1: 行動パターン(ID:1から4)

18

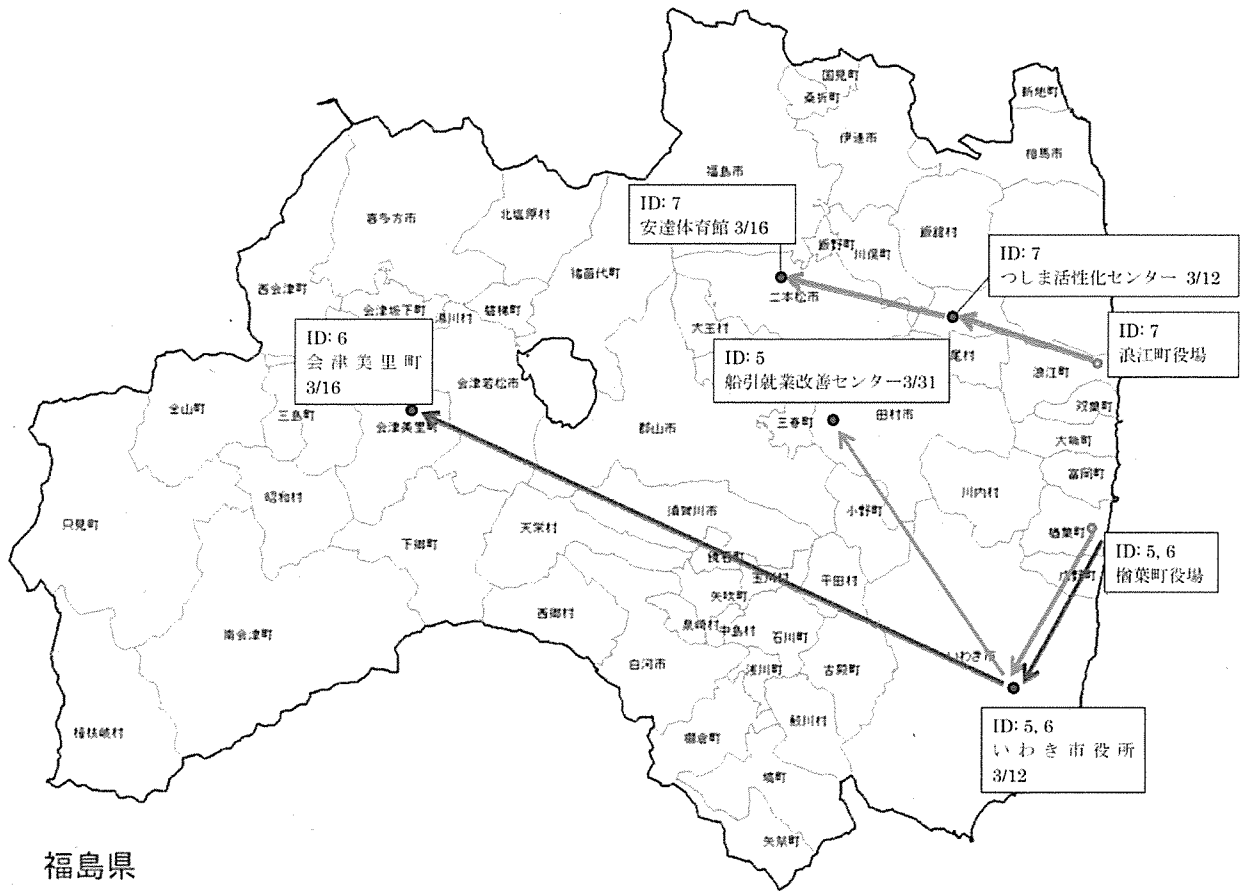


図2: 行動パターン(ID:5から7)

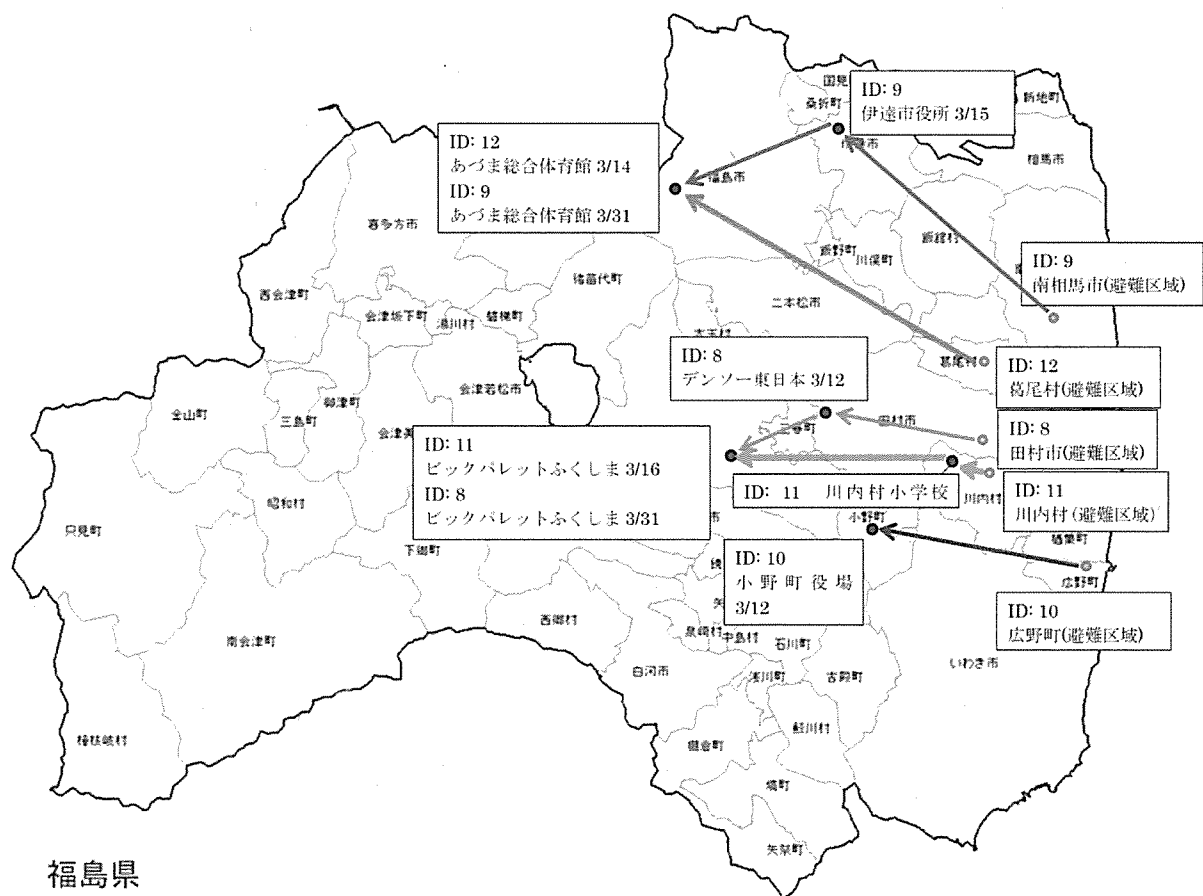


図3: 行動パターン(ID:8から12)

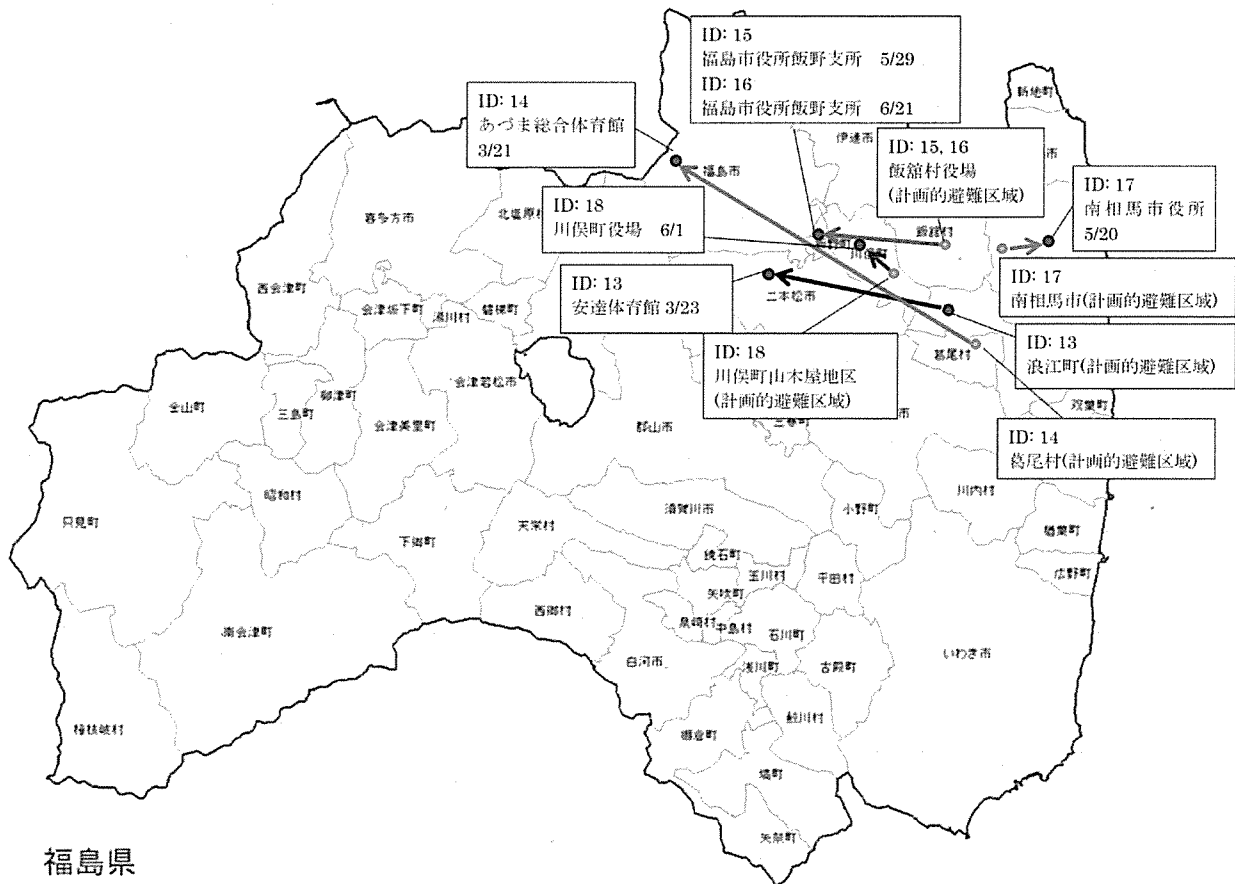


図4: 行動パターン(ID: 13から18)

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。

