

# 放射性物質拡散 シミュレーション結果について



岐阜県

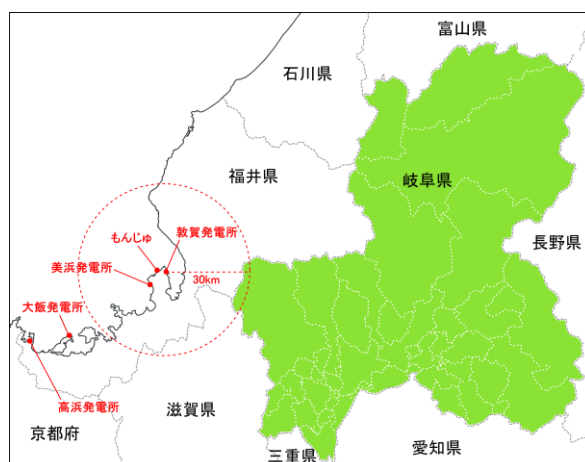
## はじめに

平成23年3月の福島第一原子力発電所事故では、従来の防災対策を重点的に充実すべき地域を超える範囲にまで、放射性物質による影響がありました。

岐阜県は、最寄りの原子力事業所（敦賀発電所）から県境まで約25kmの位置にあることに加え、若狭湾方向から風が吹く日が多いことから、県としても原子力災害に対して対策を講じておく必要があります。

この対策につなげるため、福島第一原子力発電所事故と同様の放射性物質の放出が、本県に最寄りの原子力事業所の位置で発生したと仮定した場合における本県への影響を、科学的な手法によりシミュレーションしました。

なお、このシミュレーションは、過去の気象条件のもとに、福島第一原子力発電所事故での推定放出量や沈着に関するモデル計算手法などを用いて計算したものです。したがって、事故が発生した場合には、放射性物質の拡散の傾向を示すものとして捉え、その時点における事故の状況、気象条件、放射線モニタリングデータなどの情報を勘案し、対策を考えていくべきものです。



## シミュレーションの進め方

今回のシミュレーションは、次の2つのステップで行いました。

### ステップ1：連続定量放出計算

本県に影響のある気象条件や本県への流入経路などの傾向を把握するため、放出源である敦賀発電所の位置から本県に至る地形データと平成22年の気象データを使用して、毎時1ベクレルの放射性物質を連続的に1年間放出させた場合の、県内12地点\*における放射性物質の空气中濃度の変化と地表への沈着量を計算しました。

- 気象データは、気象庁による解析データ（MSMデータ）を使用
- 放射性物質は、ガス状と粒子状の2種類

※県内12地点

岐阜県庁、保健環境研究所、西濃総合庁舎、関ヶ原町関ヶ原、揖斐総合庁舎、揖斐川町坂内、中濃総合庁舎、郡上総合庁舎、東濃西部総合庁舎、恵那総合庁舎、飛騨総合庁舎、下呂総合庁舎

## ステップ2：原発事故シミュレーション

各季節における典型的な気圧配置における場合、並びにステップ1（連続定量放出計算）の結果をもとに判明した本県において各季節の最大線量となるケース、最も影響が広がるケース、及び郡上又は飛騨方面へ流入するケースについて、次表のとおり県内における被ばく線量をシミュレーションしました。（合計28ケース）

ケース抽出の考え方		ケースの詳細
典型的な気圧配置（8ケース） ・吸入による内部被ばく ・沈着した放射性物質による外部被ばく		春：2ケース（日本海低気圧、移動性高気圧） 夏：2ケース（梅雨前線、夏型） 秋：2ケース（移動性高気圧、台風接近） 冬：2ケース（冬型、南岸低気圧）
各季節で最大線量となるケース	吸入による内部被ばく（4ケース）	春夏秋冬で各1ケース：計4ケース
	沈着した放射性物質による外部被ばく（4ケース）	春夏秋冬で各1ケース：計4ケース
その他の流入ルート	吸入による内部被ばく（2ケース）	・郡上市方面への流入ルート
		・飛騨地域への流入ルート
	沈着した放射性物質による外部被ばく（2ケース）	・郡上市方面への流入ルート
		・飛騨地域への流入ルート

※県内で最も影響が広がるケースは吸入による内部被ばく、沈着した放射性物質による外部被ばくのケースとも、各季節の最大線量となるケースの夏と重なりました

- 放射性物質の放出量は、福島第一原発事故における単位時間当たりの最大放出量（推計値）をもとに条件設定
- 放射性物質の種類は、福島第一原発事故における放射性物質の種類ごとの放出総量（推計値）と、人体への影響の程度を考慮して10種類選択（16ページ参照）

それぞれの結果を区分するにあたり、IAEA（国際原子力機関）、並びに原子力災害対策本部（政府）の防護措置を必要とする基準を参考としました。

### ①内部被ばく（空気中の放射性物質（ヨウ素等）の吸入によるもの）

甲状腺等価線量	主な防護措置	備考
50ミリシーベルト（7日間）	安定ヨウ素剤予防服用	IAEA（国際原子力機関）の包括的判断基準

### ②外部被ばく（地表に沈着した放射性物質（セシウム等）によるもの）

実効線量	主な防護措置	備考
100ミリシーベルト（年間）	数日から1週間程度の間 に避難	IAEA（国際原子力機関）の包括的判断基準
20ミリシーベルト（年間）	概ね1月の間に避難	原子力災害対策本部（政府）の「計画的避難区域」の設定に際し目安とした基準

### シミュレーション結果一覧

シミュレーションを実施したケース	放出開始日	内部被ばく(ヨウ素)			外部被ばく(セシウム等)		
		50mSv未満	50mSv以上 100mSv未満	100mSv以上	20mSv未満	20mSv以上 100mSv未満	100mSv以上
典型的な気圧配置	春:日本海低気圧	3/20(内・外)	○			○	
	春:移動性高気圧	4/8(内・外)	○			○	
	夏:梅雨前線	6/19(内・外)	○			○	
	夏:夏型	8/22(内・外)	○			○	
	秋:移動性高気圧	10/7(内・外)	○			○	
	秋:台風接近	10/30(内・外)	○				④ (最大 23mSv)
	冬:冬型	1/7(内・外)	○				⑤ (最大 41mSv)
	冬:南岸低気圧	2/1(内・外)	○			○	
各季節で線量が最大	春	5/8(内)		① (最大 81mSv)		-	-
		3/28(外)					⑥ (最大 110mSv)
	夏	7/24(内)		② <sup>注1</sup> (最大 85mSv)		-	-
		7/6(外)					⑦ <sup>注2</sup> (最大 110mSv)
	秋	10/15(内)			③ (最大 110mSv)	-	-
		9/19(外)					⑧ (最大 42mSv)
	冬	1/29(内)	○			-	-
		12/24(外)					⑨ (最大 220mSv)
郡上方面に流入するケース	7/26(内・外)	○				⑩ (最大 26mSv)	
飛騨地域に流入するケース	5/2(内・外)	○			○		

注1：最も広範に内部被ばく（ヨウ素）の影響が出るケース

注2：最も広範に外部被ばく（セシウム等）の影響が出るケース

注3：各丸数字番号は各ケースの図番号と一致

シミュレーション結果

## シミュレーション結果

### (1) 内部被ばく（空气中的放射性物質（ヨウ素等）の吸入によるもの）

典型的な気圧配置のケースや、その他の流入ルートの場合においては、50ミリシーベルトを超える地域は県内に現れませんでした。

50ミリシーベルトを超える地域が現れたケースは、いずれも放射性物質が県内に流入する大気の状態が長時間継続し、かつ降水がなかったケースです。

### (2) 外部被ばく（地表に沈着した放射性物質（セシウム等）によるもの）

典型的な気圧配置のケースにおいては、20ミリシーベルトを超える地域は8ケース中2ケースで一部に現れました。

20ミリシーベルトを超える地域が現れたケースはいずれも、放射性物質が県内に流入した時間帯に、県内で降水がありました。この時間帯の大気の動きにより、この地域の分布が直線的であったり、面的な広がりを見せたりし、また降水のタイミングによって、非連続的な線量分布が出現したと推測されます。

さらに、100ミリシーベルトを超えるケースは、上記の条件で放射性物質の滞留と降水の強さの度合いが大きいため高線量になったものと推測されます。

また、その他の流入ルートの場合において、郡上市方面への流入ルートで20ミリシーベルトを超える地域が現れました。

### (3) 放射性物質の流入経路

各季節で最大線量となるケースは、いずれもこの典型的な流入ルートに該当します。

<典型的な流入ルート>

①原発付近での概ね5 m/s以上の西北西の風による揖斐川町西側の山を越え、同町北西部を通過して、そのまま県内を直進するケース

②原発付近での5 m/s以下の北北西から北西の風により滋賀県内を南下した後、西風により関ヶ原町付近を通過して、県南西部に至るケース

また、上記の他に、大気の動きや降水の状況が重なれば、郡上市方面からの流入ルートによっても県内に影響が現れることがあります。

以下、指標値以上の線量が出現した10ケースについて、次ページ以降に県内への影響を図示します。

#### 用語解説

**等価線量** 放射線の種類やエネルギーによって影響が異なることを考慮して、組織や臓器ごとの被ばく量を計算した線量です。今回のシミュレーションでは、空气中的放射性物質を吸入することに伴う甲状腺等価線量を計算しています。

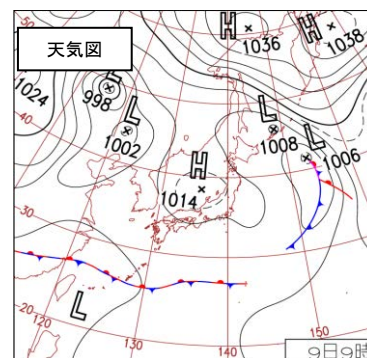
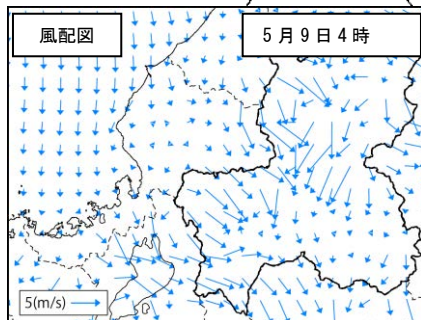
**実効線量** 人体への全体的な影響を評価した被ばく線量で、内部被ばくによる実効線量と、外部被ばくによる実効線量に分かれます。外部被ばくは、主として、空气中的放射性物質からのガンマ線と、地表に沈着した放射性物質からのガンマ線によって起こります。今回のシミュレーションでは、地表沈着量から被ばく線量に換算する係数を用いて外部被ばくの実効線量を計算しています。

## 吸入による内部被ばく

①各季節で線量が最大：春（平成22年5月8日20時放出開始）

甲状腺等価線量

50mSv 以上(最大 81mSv)



※ 降水がなかったため降水分布図を省略しました。

### <気象概況>

移動性高気圧が本州付近を覆ったため、岐阜県では概ね晴れた。

### <放射性物質の動き>

放射性物質は、北西の風により滋賀県北東部を南東に進む。

9日0時頃の西の風より、放射性物質は東に進行方向を変え1時頃に県南西部に至り、概ね5m/s以下の風により県内をゆっくり進んで、13時頃に県内を通過。この間、降水はない。

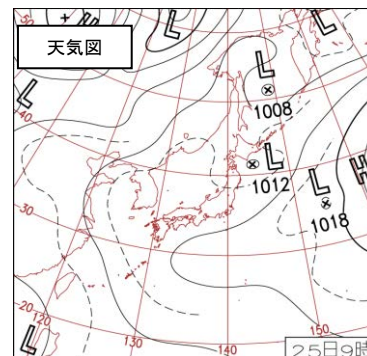
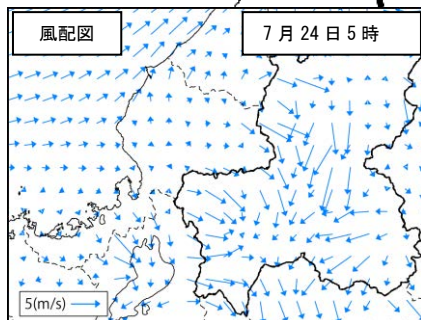
**【分析】県内に流入した後、県内では風がゆっくり進んだため空気中の放射性物質の滞留時間が長く、降水が見られないといった条件が重なり、吸入量が増加したと推測される。**

## 吸入による内部被ばく

②各季節で線量が最大：夏（平成22年7月24日20時放出開始）

甲状腺等価線量

50mSv 以上(最大 85mSv)



※ 降水がなかったため降水分布図を省略しました。

### <気象概況>

太平洋高気圧に覆われた。岐阜県では概ね晴れた。

### <放射性物質の動き>

放射性物質は、北西の風により滋賀県北東部を南東に進む。

25日0時頃の西の風より、放射性物質は東に進行方向を変え1時頃に県南西部に至り、概ね5m/s以下の風により県内をゆっくり進んで、14時頃に県内を通過。この間、降水はない。

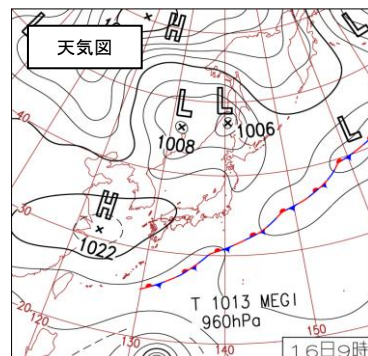
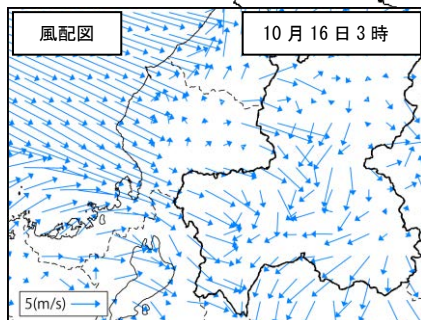
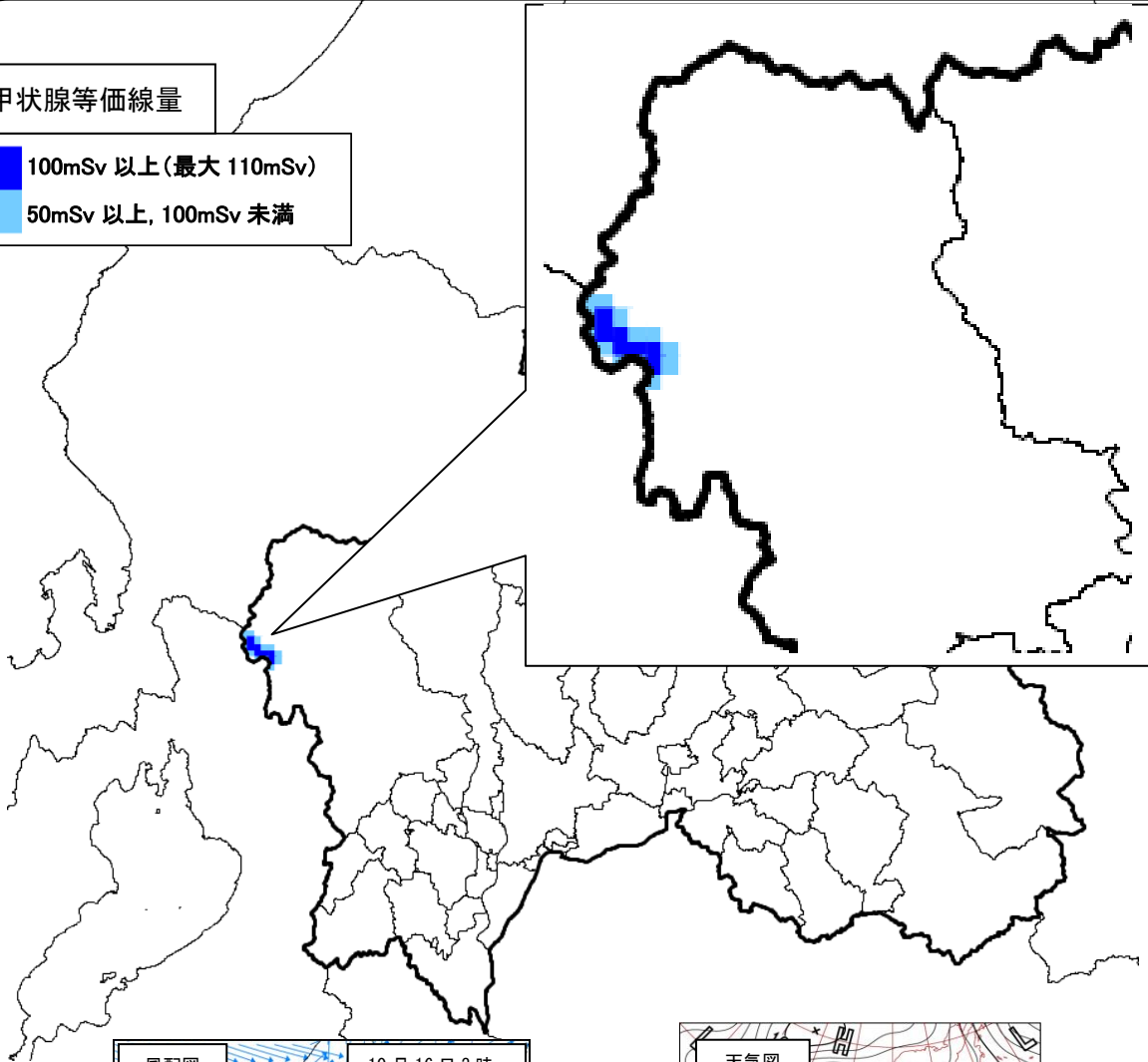
**【分析】県内に流入した後、県内では風がゆっくり進んだため空気中の放射性物質の滞留時間が長く、降水が見られないといった条件が重なり、吸入量が増加したと推測される。**

## 吸入による内部被ばく

③各季節で線量が最大：秋（平成22年10月15日20時放出開始）

### 甲状腺等価線量

- 100mSv 以上 (最大 110mSv)
- 50mSv 以上, 100mSv 未満



※ 降水がなかったため降水分布図を省略しました。

### <気象概況>

日本付近は西から次第に高気圧に覆われた。岐阜県は概ね晴れた。

### <放射性物質の動き>

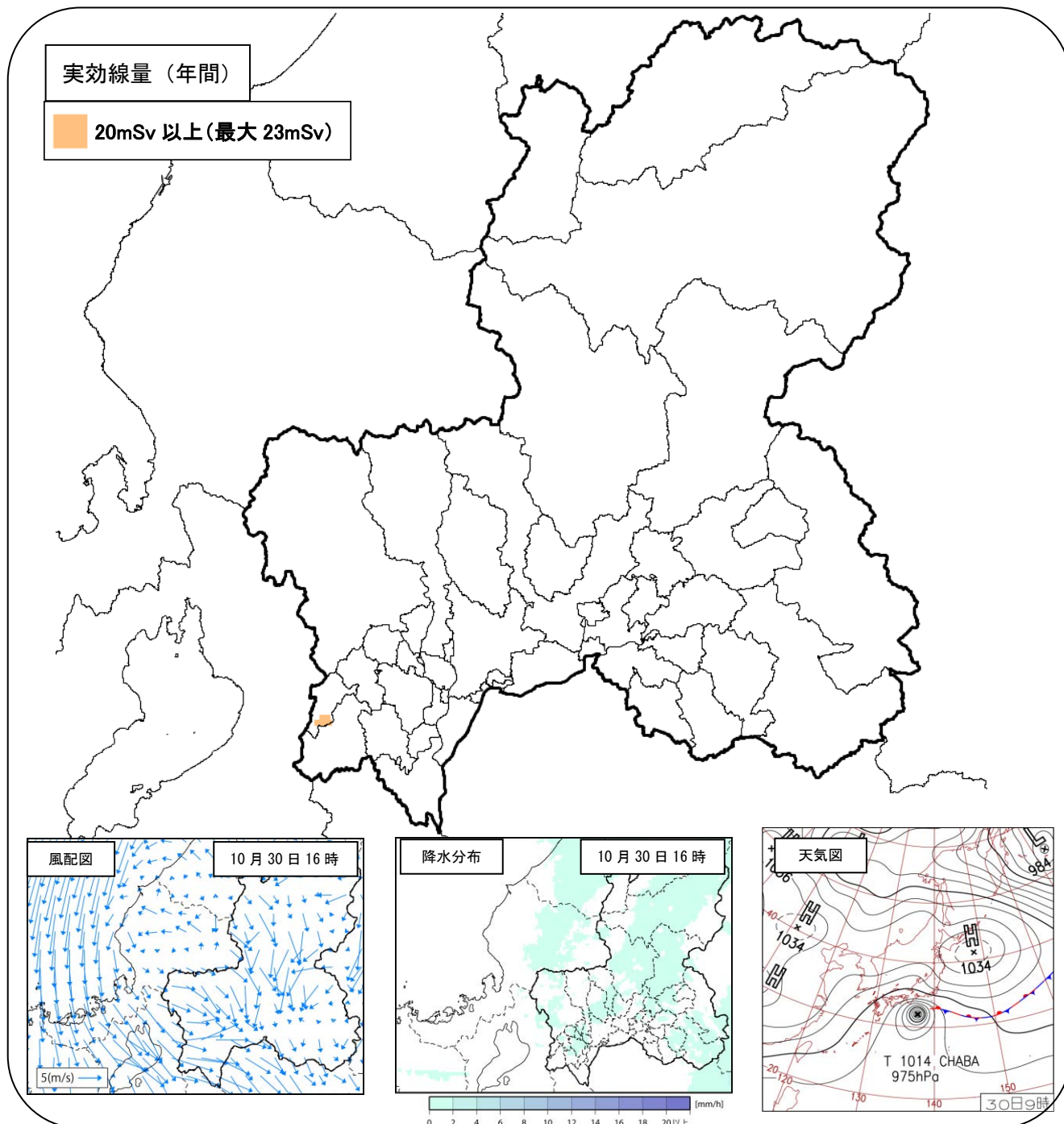
放射性物質は、概ね 10m/s 以上の西北西の風により、揖斐川町西境の山を越え 1 時頃に同町北西部に至る。県内では、複雑な風の流れにより濃度を下げて広がる。この間、降水はない。

**【分析】県境を越える強い西北西の風、県内での弱く複雑な風、降水なし、これら3条件が重なったことにより、県内に放射性物質が滞留し、吸入量が増えたと推測される。**



## 沈着した放射性物質による外部被ばく

### ④典型的な気圧配置：秋（台風）（平成22年10月30日9時放出開始）



#### <気象概況>

台風第14号が東海道沖を北東に進んだ。岐阜県では美濃地方を中心に雨が降った。

#### <放射性物質の動き>

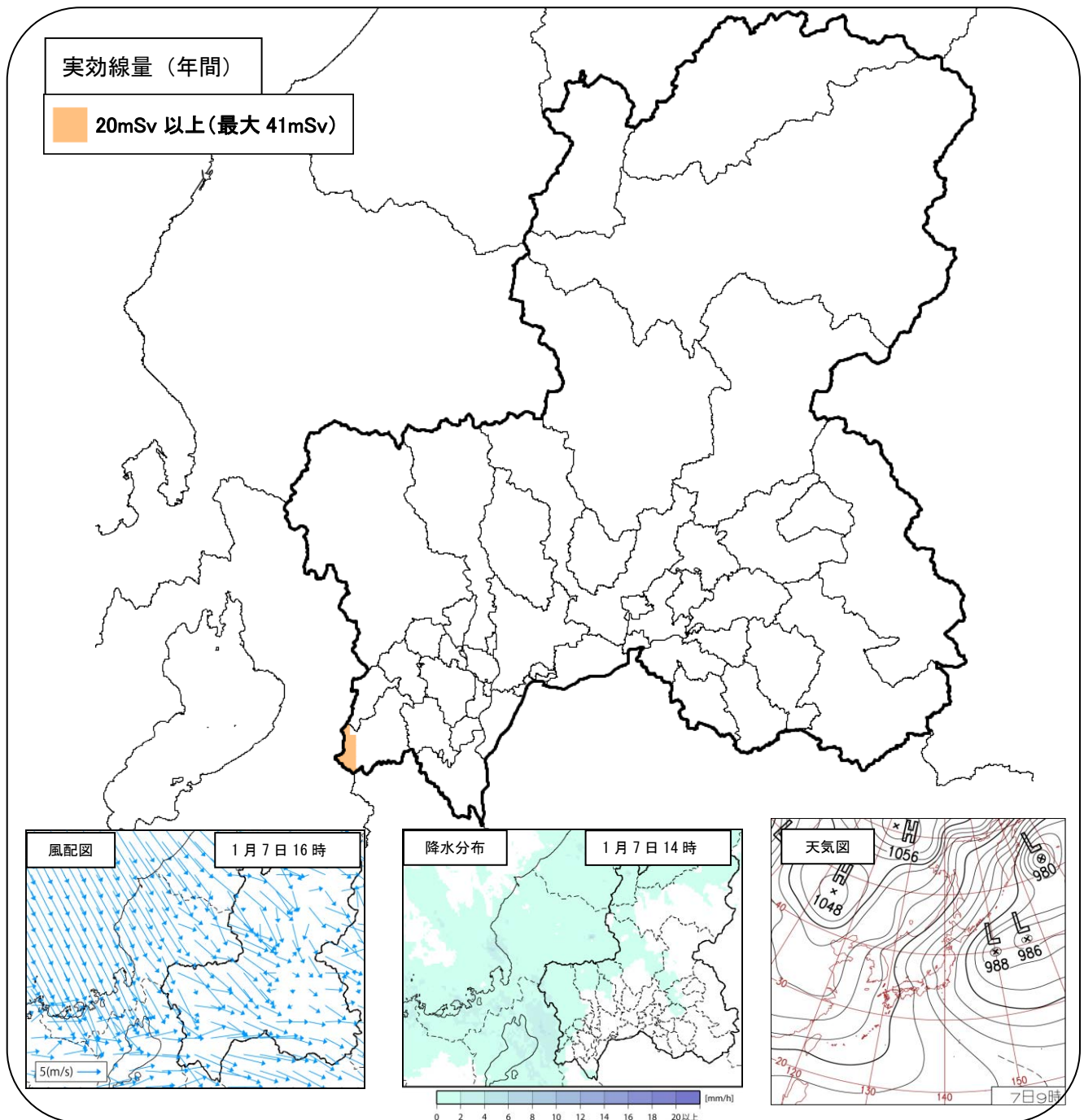
放射性物質は、北北西の風により滋賀県北東部を南南東に進む。この間、同県北東部では降水はない。

13時頃の北西の風より、放射性物質は南東に進行方向を変え、14時頃から19時頃にかけて県南西部を通過するが、15時頃から17時頃の県南西部の一部地域における降水により地表に沈着。

**【分析】強い北西の風により県南西部を素早く通過するが、降水のあった一部地域で地表に沈着したものと推測される。**

## 沈着した放射性物質による外部被ばく

⑤典型的な気圧配置：冬（冬型）（平成22年1月7日9時放出開始）



### <気象概況>

前日より冬型の気圧配置が続いており、岐阜県では山地を中心に雪が降った。

### <放射性物質の動き>

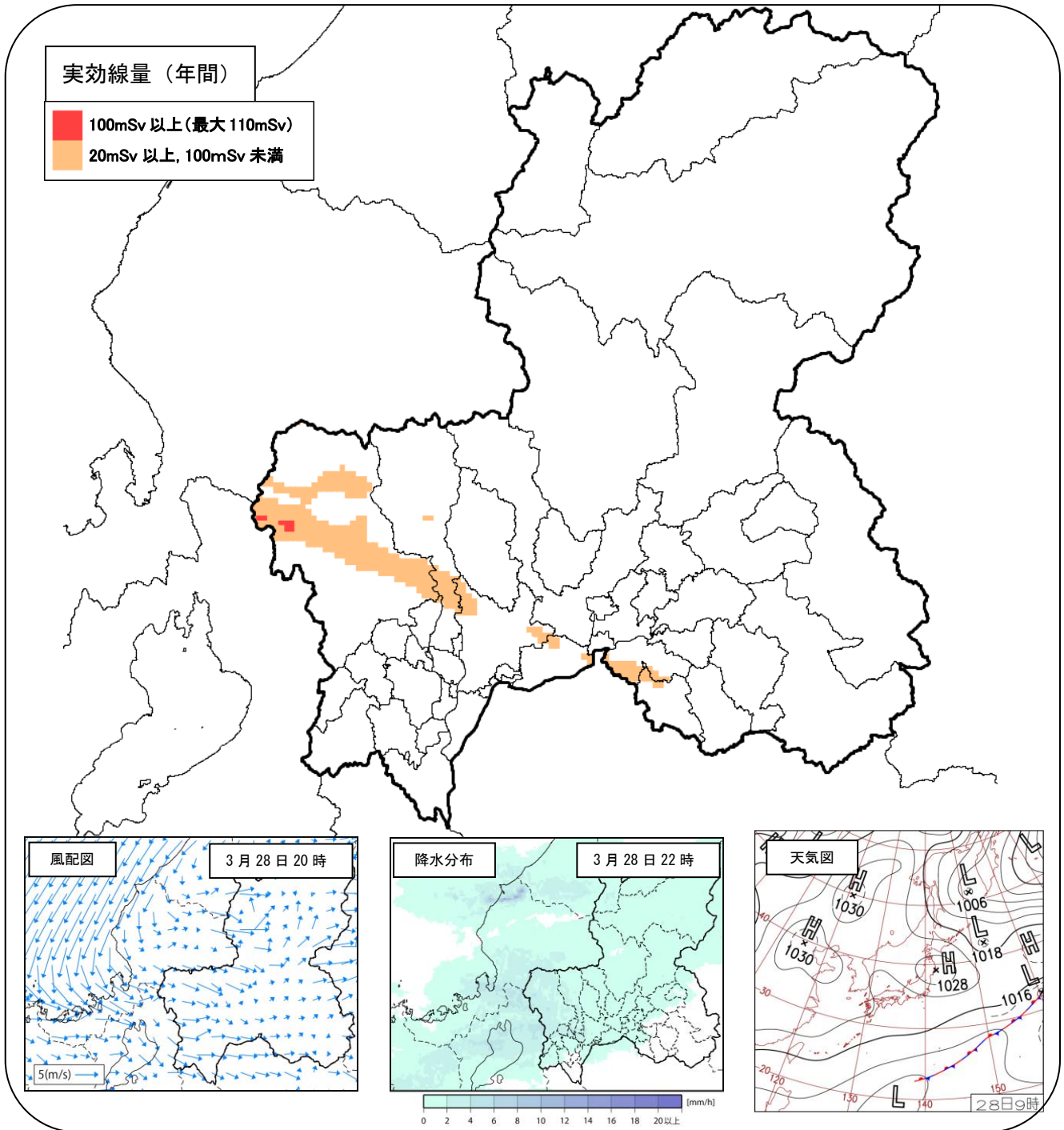
放射性物質は、北北西の風により滋賀県北東部を南南東に進む。この間、同県北東部では降水があり、放射性物質の濃度は低下している。

13時頃の西の風より、放射性物質は東に進行方向を変え、14時頃から19時頃にかけて県南西部を通過する。この間、県南西部では降水があるが、降水量の多かった（時間4ミリ）一部地域において地表に沈着。

**【分析】強い北北西の風により県南西部を素早く通過するが、降水量の多かった一部地域で地表に沈着したものと推測される。**

## 沈着した放射性物質による外部被ばく

⑥各季節で線量が最大：春（平成22年3月28日14時放出開始）



### <気象概況>

気圧の谷が本州上を通過した。岐阜県は概ね曇りで、所々で雨が降った。

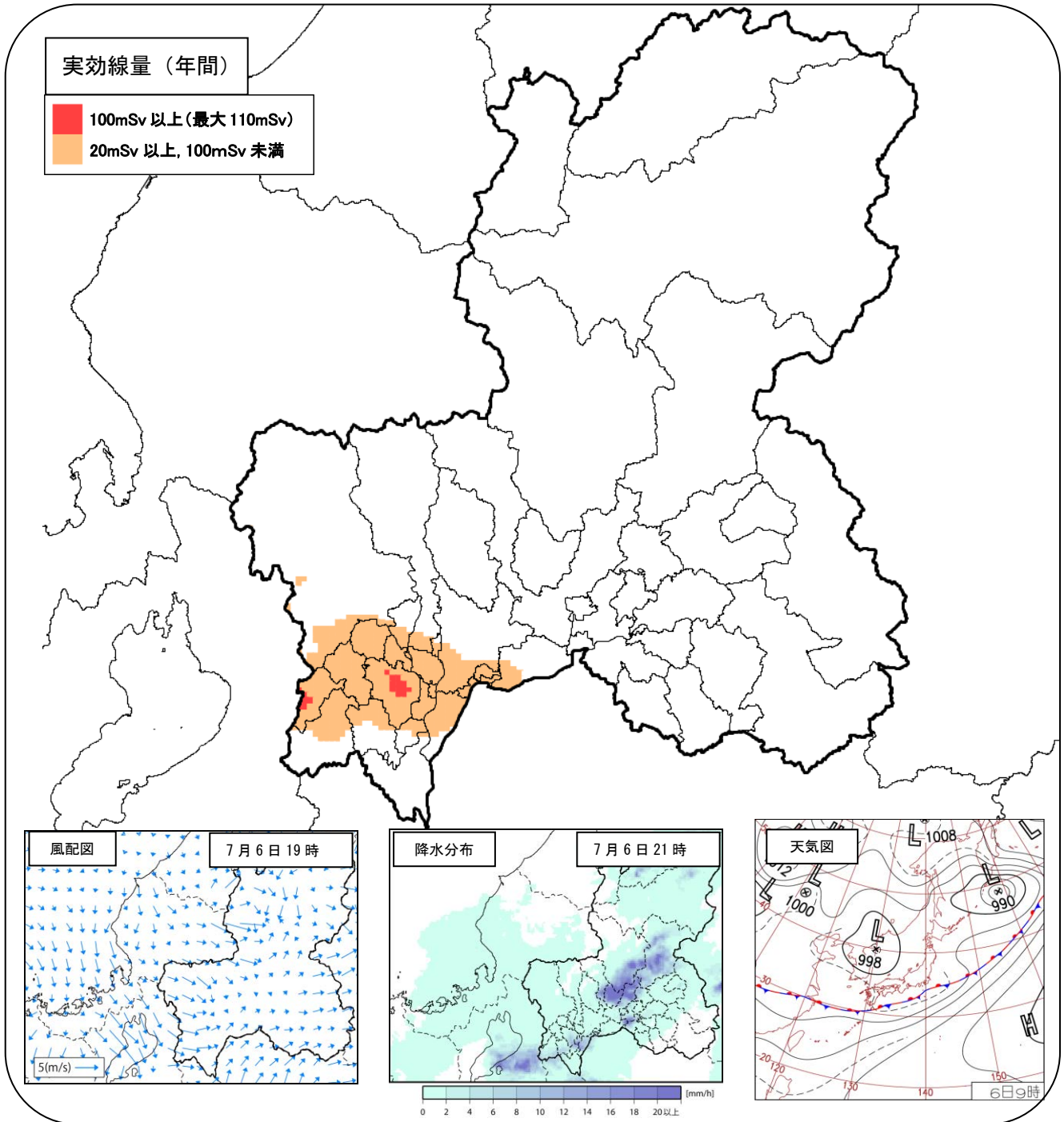
### <放射性物質の動き>

放射性物質は、18時頃からの概ね10m/s以上の西北西の風により、揖斐川町西境の山を越え19時頃に同町北西部に至る。県内で概ね5m/s以下に風速を落としつつ東南東に進み、29日2時には県内を通過。この間、28日20時頃からの降水により、地表に沈着。放射性物質が県中南部に進んだ頃は、一部地域を除き降水はない。

**【分析】** 西北西の強い風により直線的に県内に至ったが、県内での降水は少なく、降水のあった地域にだけ沈着量が増えたと推測される。

## 沈着した放射性物質による外部被ばく

⑦各季節で線量が最大：夏（平成22年7月6日10時放出開始）



### <気象概況>

本州の南海上に梅雨前線が停滞した。岐阜県は、南西からの湿った気流と上空の寒気の影響で大気の状態が不安定となり、所々で大雨となった。

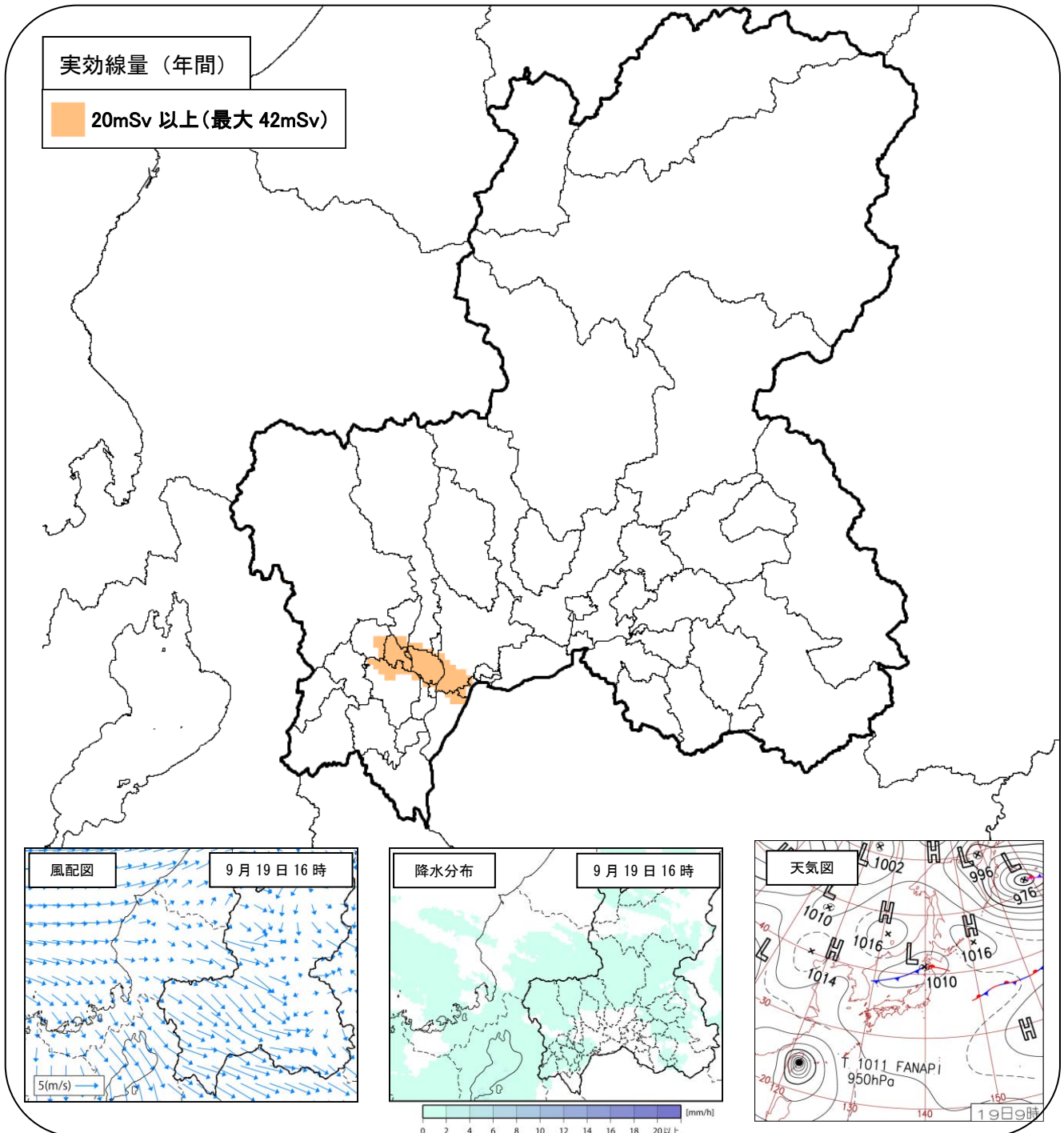
### <放射性物質の動き>

放射性物質は、北西の風により滋賀県北東部を南東に進む。18時頃の西北西の風により進行方向を変え、19時頃に関ヶ原町付近に至る。6日20時頃から7日1時頃の県南西部の降水により地表に沈着するが、特に時間6ミリ以上の降水となった一部地域で多く沈着。

**【分析】滋賀県を南下する北西の風、県内に流入する西北西の風、の2条件が重なり県内流入し、さらに、県内の滞留と広範囲のやや強い降雨のため、沈着が広がったと推測される。**

## 沈着した放射性物質による外部被ばく

⑧各季節で線量が最大：秋（平成22年9月19日10時放出開始）



### <気象概況>

高気圧に覆われ、岐阜県では概ね晴れたが、気圧の谷が近づいて午後は次第に曇りや雨となった。

### <放射性物質の動き>

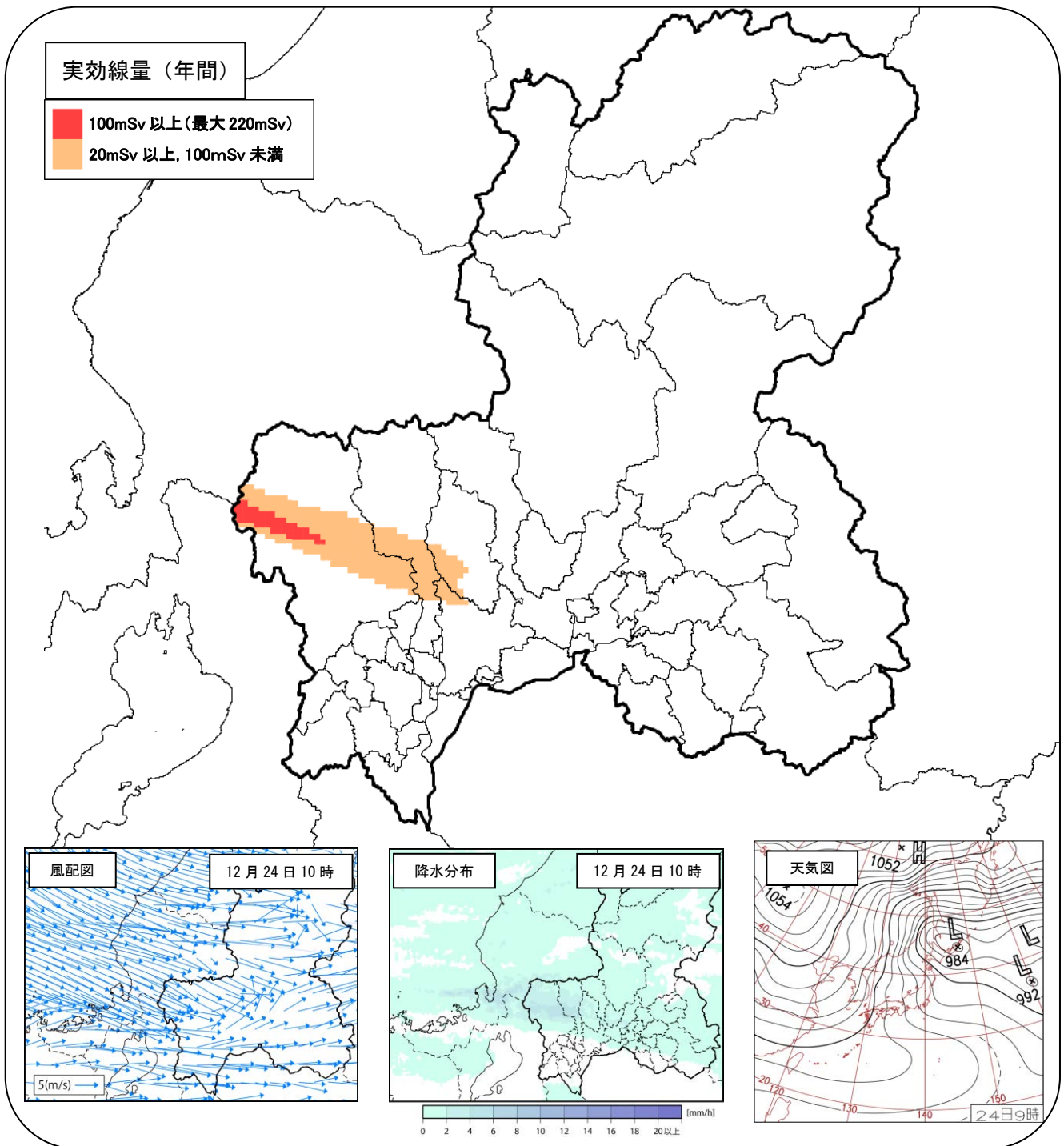
放射性物質は、北西の風により滋賀県北東部を南東に進む。この間、同県北東部で降水はない。

15時頃の西北西の風により、放射性物質は東南東に進行方向を変え16時頃に関ヶ原町付近に至り、20時頃にかけて県南西部を通過する。同時間帯の県南西部の降水により地表に沈着。

**【分析】滋賀県を南下する北西の風、県内に流入する西北西の風、の2条件が重なり県内流入し、さらに、県内での放射性物質通過中に降雨のあった一部地域で沈着したと推測される。**

## 沈着した放射性物質による外部被ばく

⑨各季節で線量が最大：冬（平成22年12月24日4時放出開始）



### <気象概況>

日本付近は強い冬型の気圧配置となった。岐阜県では山地を中心に雪や雨が降った。

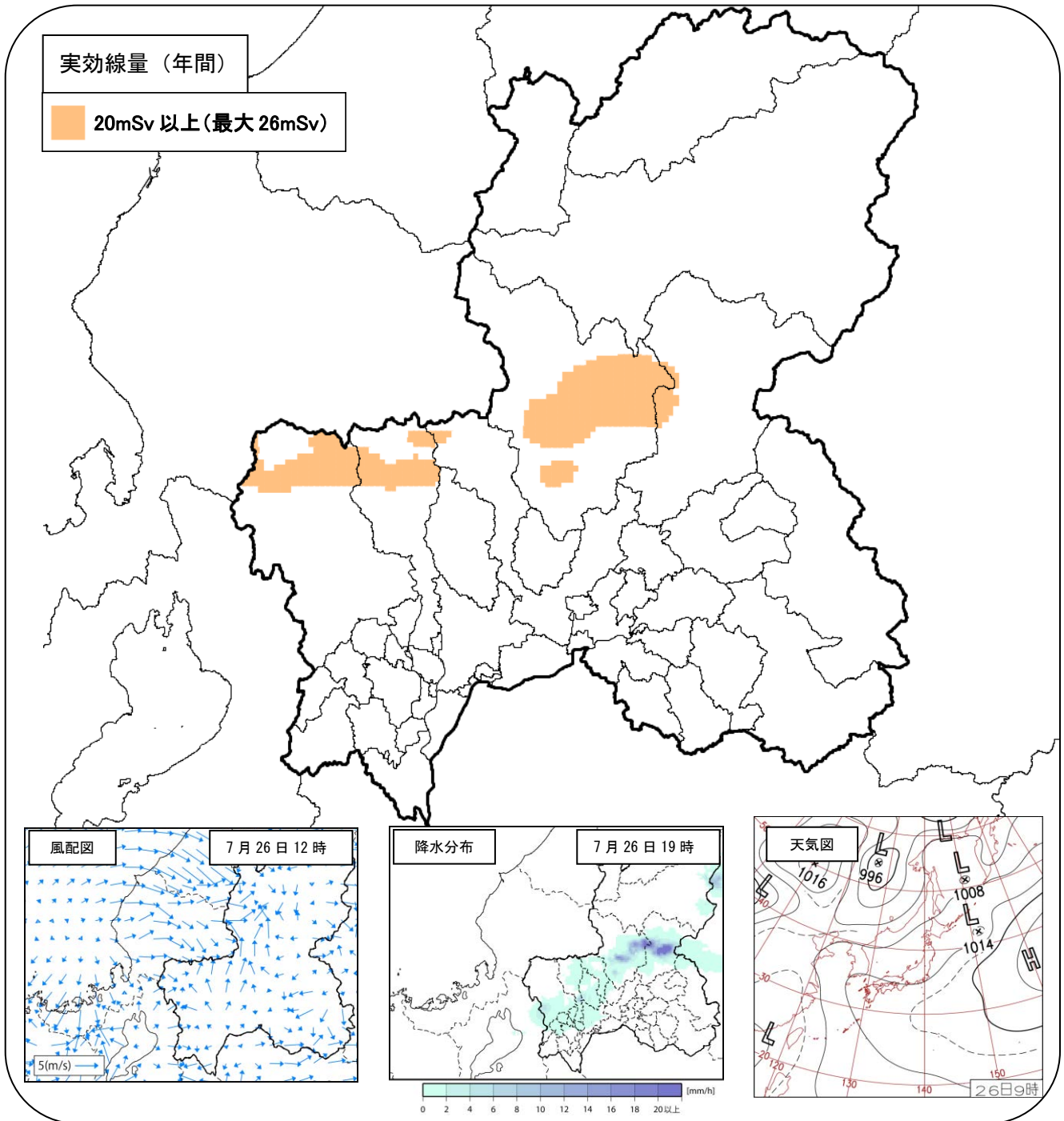
### <放射性物質の動き>

放射性物質は、概ね 10m/s 以上の西北西の風により、揖斐川町西境の山を越え 5 時頃に同町北西部に至る。県内でもそのまま東南東に進み、12 時には県内を通過。この間降水があり、特に時間 6 ミリ以上の降水となった揖斐川町北西部において多く沈着。

**【分析】** 西北西の強い風により直線的に県内に至った。同時に降水が重なったため、放出源に近い地域で沈着量が増加したと推測される。

## 沈着した放射性物質による外部被ばく

⑩郡上市方面に流入するケース（平成22年7月26日5時放出開始）



### <気象概況>

太平洋高気圧に覆われ、概ね晴れたが、上空の寒気の影響で飛騨南部を中心に所々で大雨となった。

### <放射性物質の動き>

放射性物質は、概ね 5m/s 以下の西の風により、揖斐川町北境を沿うようにゆっくり東に進み、17 時頃に郡上市付近に至る。その後、23 時頃からの南の風により県内を北に進み、27 日 9 時までに県内を通過。この間、26 日 17 時頃から県内に降水域が現れ、特に時間 10 ミリ以上の降水となった郡上市などにおいて多く沈着。

**【分析】概ねの西風により福井県境付近や郡上市付近に流入した。風速は弱いため、ゆっくりと県内に至り、これに加え降水があった所に沈着量が増えたと推測される。**

## 計算プログラムについて

岐阜県は、西は養老山地や伊吹山地、東は木曾山脈や飛騨山脈といった山々に囲まれている一方、県南部の濃尾平野にはゼロメートル地帯も存在します。こうした高度差の大きい複雑な地形の影響を考慮した風の流れを踏まえ、放射性物質の移動シミュレーションを行う必要があります。また、福島第一原子力発電所事故では、地表に沈着した放射性物質の影響がみられました。

そのため、このシミュレーションでは、地形の影響や放射性物質の地表への沈着が考慮できる計算プログラムを使用しました。この計算プログラムは、以下の3つの計算の組み合わせで成り立っています。

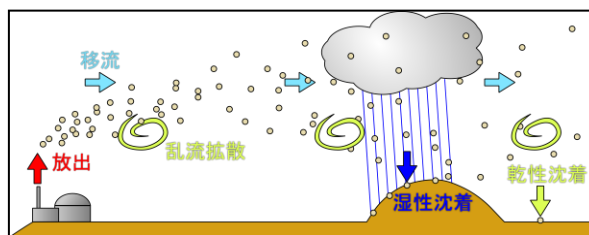
### 1. 大気の状態の計算

気象庁が解析した気象データや、地形データから、対象とする範囲内に設定した細かい領域（1 km 四方）における大気の状態(気流、気圧、気温、湿度等)を計算します。

### 2. 放射性物質の移動の計算

原子力施設等から大気中へ放出された放射性物質は、大気の乱れによって拡がりながら（乱流拡散）、気流に乗って移動していきます（移流）。その一部は、大気の乱れによって地表近くに流れ込み地面や植物などに付着(乾性沈着)したり、雨や雪とともに地表に沈着(湿性沈着)します。

今回のシミュレーションでは、放射性物質を多くの仮想的な粒子として、放射性物質の移動の状況を計算するとともに、1時間あたりの降水量に応じた地表沈着量を計算する手法を使用しています。



### 3. 被ばく線量の計算

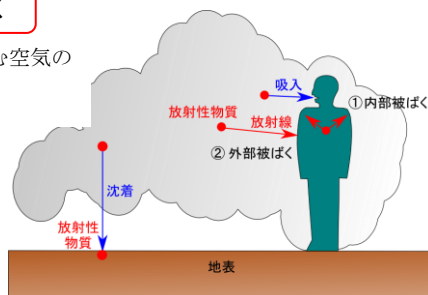
地表近くの空気中の放射性物質の濃度や、地表に沈着した放射性物質の量から、呼吸率や、被ばく線量へ換算する係数を用いて、それぞれの被ばく線量を計算します。

短期的	①空気中の放射性物質を吸入することによる内部被ばく	甲状腺等価線量を計算
	②空気中の放射性物質からの外部被ばく*	実効線量を計算
長期的	③地表に沈着した放射性物質からの外部被ばく	

※ ②については、最も影響の大きい場合でも、現行の防災指針の基準値（10mSv）の30分の1以下であったため、本書では図示を省略しています。

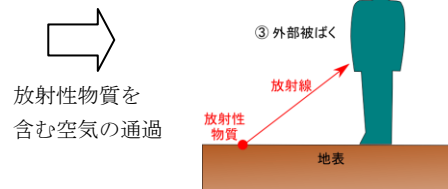
#### 短期的な被ばく

放射性物質を含む空気の通過中に起こる



#### 長期的な被ばく

放射性物質を含む空気の通過後に起こる





## 放射性物質の放出条件

放射性物質の放出条件は、福島第一原子力発電所事故に関して現時点で得られている推定放出量を参考にしました。1時間あたりの最大放出量が福島の事故よりも長く続くようにするなど、より厳しい条件を仮定しました。

### 1. 放出源の位置・・・【日本原子力発電株式会社敦賀発電所の位置】

岐阜県からの距離が最も近い原子力施設としました（県境から25キロメートル）。

### 2. 気象計算に使用する気象観測データ年・・・【平成22年】

気象庁が解析している気象データの精度が向上した平成22年を選択しました。

### 3. 放出高さ・・・【地上100m】

福井県内の原子力施設の平均的な放出高さである100mとしました。

### 4. 放出継続時間・・・【6時間】

福島第一原子力発電所事故の推定値（参考文献[1]）を参考に、以下の考え方で設定しました。

- ・ 1時間あたりの放出量の最大値が継続した時間は、3月15日13時から17時の4時間
- ・ 放出量を少なく見積もらないように、この時間帯の前後6時間分の放出量も考慮
- ・ 前後6時間分の放出量を1時間あたりの最大放出量で換算すると、約2時間分に当たるため、これを最初の4時間に加えて6時間と設定

### 5. 放射性物質の種類と1時間あたりの放出量

ヨウ素131とセシウム137の1時間あたりの放出量は、福島第一原子力発電所事故の推定値（参考文献[1]）の最大値とし、参考文献[2]の放射性物質の種類ごとの推定放出量と、外部被ばくと内部被ばくによる人体への影響の程度（参考文献[3],[4]）を考慮して選択しました。

放射性物質	1時間あたりの放出量 (ベクレル)
キセノン133	$2.8 \times 10^{17}$
ヨウ素131	$4.0 \times 10^{15}$
テルル132	$2.2 \times 10^{15}$
ヨウ素133	$1.1 \times 10^{15}$
セシウム134	$4.5 \times 10^{14}$
セシウム137	$4.0 \times 10^{14}$
アンチモン127	$1.6 \times 10^{14}$
テルル129m	$8.3 \times 10^{13}$
バリウム140	$8.0 \times 10^{13}$
ストロンチウム89	$5.0 \times 10^{13}$

#### 主な放射性物質の特徴

放射性希ガス（キセノン133など）、放射性ヨウ素（ヨウ素131など）及び放射性セシウム（セシウム134、137など）は、原子炉内の核反応によって作られる放射性物質の中でも、原子力発電所の事故などの際に環境中に放出されやすい放射性物質です。

放射性希ガスは、空気中にある状態での被ばく（外部被ばく）に注意が必要です。

放射性ヨウ素は、呼吸などにより体内に入ることによって起こる被ばく（内部被ばく）、特に、甲状腺の被ばくに注意が必要です。

放射性セシウムは、地表に沈着した状態での被ばく（外部被ばく）に注意が必要です。

### 6. その他の計算に用いた条件

空気中の放射性物質を吸入することによる内部被ばく	放射性物質が通過している時間の被ばく線量を積算	1日24時間のうち、屋外に8時間、屋内に16時間の割合で滞在すると仮定
空気中の放射性物質からの外部被ばく		
地表に沈着した放射性物質からの外部被ばく	放射性物質の放出開始時点から1年間の被ばく線量を積算	

## 岐阜県の環境放射線モニタリング

東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、平成23年4月に3基の追加整備を決定するなど、平成23年度内にモニタリングポスト9基の追加整備を行ってきました。

従来から設置していた1基を含め、県内10基のモニタリングポストの観測値を下記ホームページで公表しています。

また、平成24年度内に、揖斐川町坂内地区に1基のモニタリングポストを追加整備します。

<http://gifu-monitoring.jp/monitoring-post/pc/index.html>

### モニタリングポストの位置



### 防災交流センター



### 揖斐総合庁舎



### 西濃総合庁舎



## 参考文献

- [1] 「福島第一原子力発電所事故に伴う<sup>131</sup>Iと<sup>137</sup>Csの大气放出量に関する試算(Ⅱ)」、第63回原子力安全委員会資料第5号、平成23年8月22日、(独)日本原子力研究開発機構
- [2] 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故に係る1号機、2号機及び3号機の炉心の状態に関する評価について」、平成23年6月6日(平成23年10月20日一部訂正)、原子力安全・保安院
- [3] Health Physics Vol. 45, No. 3, 1987
- [4] ICRP Publication No. 72, 1995

## 放射性物質拡散シミュレーション結果について

発行年月 平成24年9月

編集・発行 岐阜県 原子力防災室

〒500-8570

岐阜県岐阜市藪田南2丁目1番1号

電話番号 058-272-1111 (内線2479)

電子メール c11118@pref.gifu.lg.jp