

放射性物質の 環境モデリング

今泉圭隆¹ 鈴木規之¹ 森野悠² 大原利真²
1 国立環境研究所 環境リスク研究センター
2 国立環境研究所 地域環境研究センター

1

本日の発表内容

- ▶ 背景と目的
- ▶ 多媒体動態モデル
 - モデル概要
 - 計算条件の説明
- ▶ 予測計算結果
 - セシウム137存在量の推移
 - 観測値との比較
- ▶ 考察
 - 感度解析
 - 航空機モニタリングの解析
- ▶ まとめと今後の目標

2

背景と目的



3

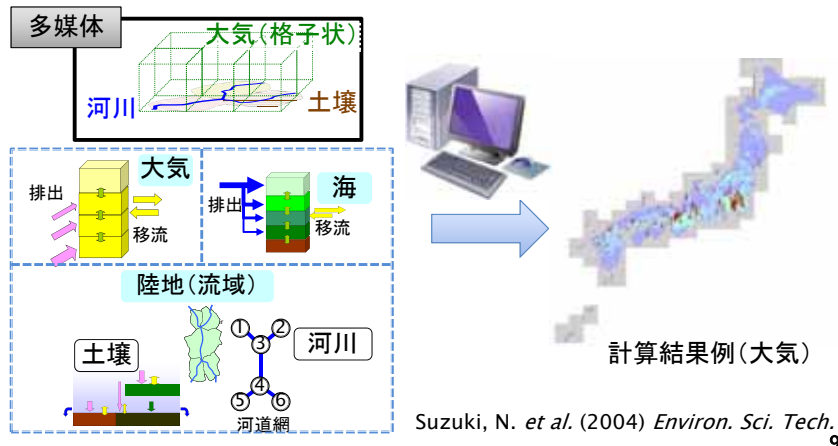
背景と目的

- ▶ 大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により、大気と海水中に放射性物質が排出された。
 - 大気中に排出された放射性物質は大気の流れにより輸送され、主に湿性・乾性の沈着によって地表に落下した。
 - 放射性物質の**地表面での残留、河川等への流出、底質等への沈降・分配、海域への流出**などの環境動態プロセス全体のモデル化による予測が必要
 - 将来にわたる放射線被曝量の予測や除染などの対策効果の推定などの有効な手段となると考えられる。
- ▶ **本研究の目的**
 - 福島県周辺地域における放射性物質の多媒体動態モデルを開発
 - これまで有機汚染物質を中心に開発を進めてきたG-CIEMS多媒体モデルをまず**セシウムを対象とするよう拡張**
 - モデルに設定するいくつかの**動態パラメーターの感度解析**実施

4

多媒体動態モデル(G-CIEMS)

- ▶ 多媒体(大気、土壌、河川など化学物質が存在する場)を全て計算
- ▶ 高解像度(大気: 1kmメッシュ、流域: 平均9km²の小流域)
- ▶ 空間輸送、沈着、分解、分配、生物濃縮などをコンピュータで計算する



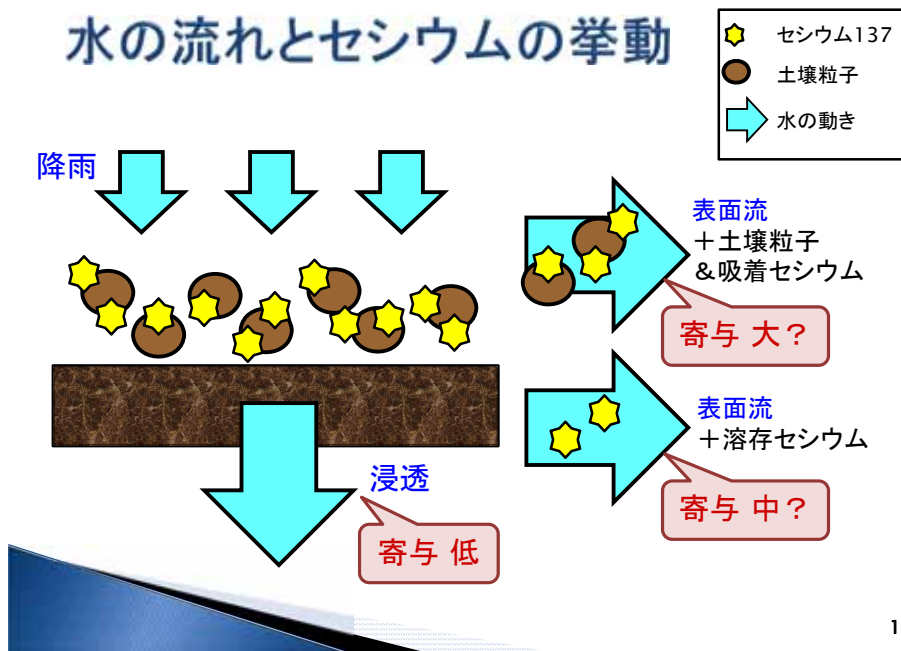
計算範囲の設定

- ▶ 計算の概要
 - セシウム137を対象
 - G-CIEMS多媒体モデルと大気モデル(CMAQ)のリンクで計算を実施
- ▶ 計算領域
 - 計算対象地域は福島県の太平洋沿岸を含めた15水系
 - 3,532個の小流域が含まれる。
 - これまでの大気予測により汚染気塊の主力が通過した領域
- ▶ 対象とする期間
 - 事故直後1月～当面2年程度
 - 一部10年、期間は今後延長



大気モデルによる事故直後一ヶ月の予測
⇒地上、河川、また除染効果などの数十年にわたる動態予測へ結びつける

水の流れとセシウムの挙動



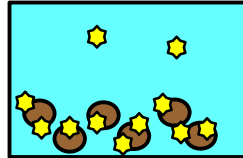
パラメータの設定(1)

- ▶ 固定値として設定したパラメータ
 - セシウムの化学形態の違いは考慮しない
 - 十分な情報がないため
 - 土壌層厚
 - 農地: 30 cm, 市街地: 3.5 cm, その他: 5 cm
 - 各土地利用区分における暫定的な仮説に基づく設定
 - 河川流量
 - 平水流量で一定
 - 河川底質
 - 一定の厚さ 2 cm
 - 3年間で完全交換する速度で再浮遊すると仮定
- ▶ 特定困難なために範囲として設定したパラメータ
 - 分配係数(K_d): 固相 ↔ 液相
 - 土壌流出係数: 土地利用区分ごとに設定


パラメータの設定 (2) 分配係数 K_d

粒子に吸着しているセシウムと水中に溶けているセシウムの割合

- 中間値 (Cent- K_d): IAEA report*における幾何平均値
- 高吸着 (High- K_d): 中間値の5倍
- 低吸着 (Low- K_d): 中間値の1/5倍



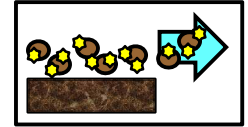
K_d (L/kg)	高吸着 High- K_d	中間値 Cent- K_d	低吸着 Low- K_d
土壌中	6.0×10^3	1.2×10^3	2.4×10^2
表流水&底質	1.45×10^5	2.9×10^4	5.8×10^3

 後述する結果に用いた中間的な条件

*IAEA (2010), Technical Reports Series no. 472.

13


パラメータの設定 (3) 土壌流出係数



土壌流出係数

- 森林・低木地: 筑波山におけるセシウムの流出量調査結果に基づく値 (0.3%/year)
- 農地: 土地改良事業計画指針に基づく値 (Case 1, 3), またはその1/5倍 (Case 2, 4)
- 市街地: 航空機モニタリングに基づく値 (Case 1, 2), または裸地と同じ (Case 3, 4)
- 裸地・その他: 農地の1/20倍 (土壌流出モデル (USLE式) の農作物係数を参照)

	土壌層厚 (cm)	土壌流出係数 (mm/y)			
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
森林・低木	5	0.17	0.17	0.17	0.17
農地	30	1	0.2	1	0.2
市街地	3.5	4.6	4.6	0.05	0.05
裸地・その他	5	0.05	0.01	0.05	0.01

 後述する結果に用いた中間的な条件

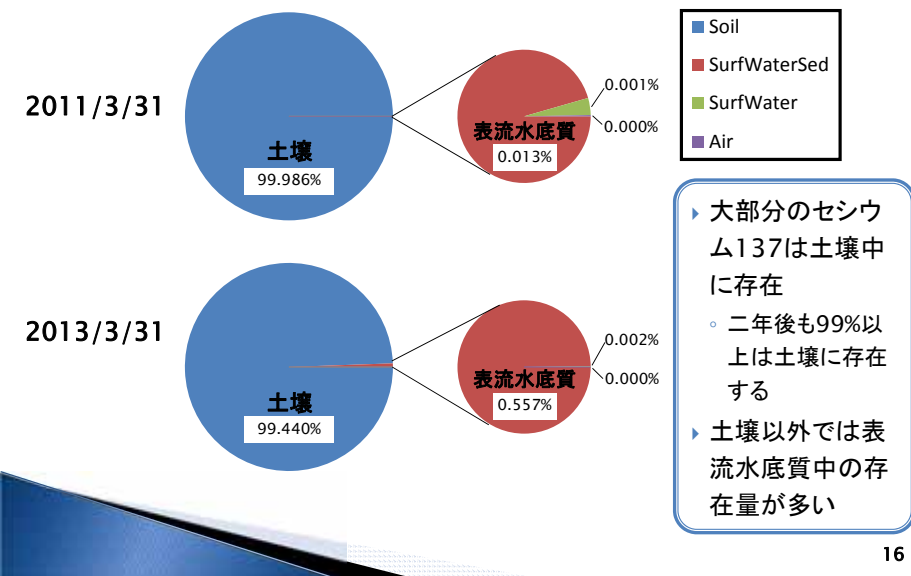
14

予測計算結果



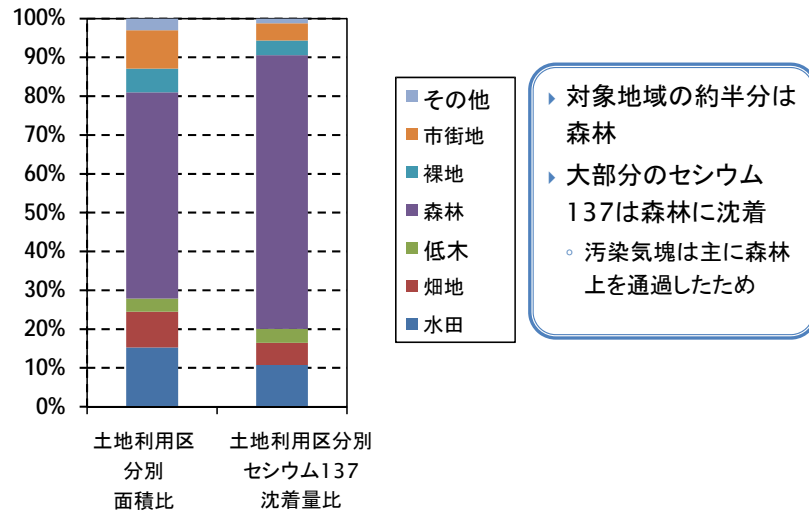
15

各媒体中のセシウム137存在量

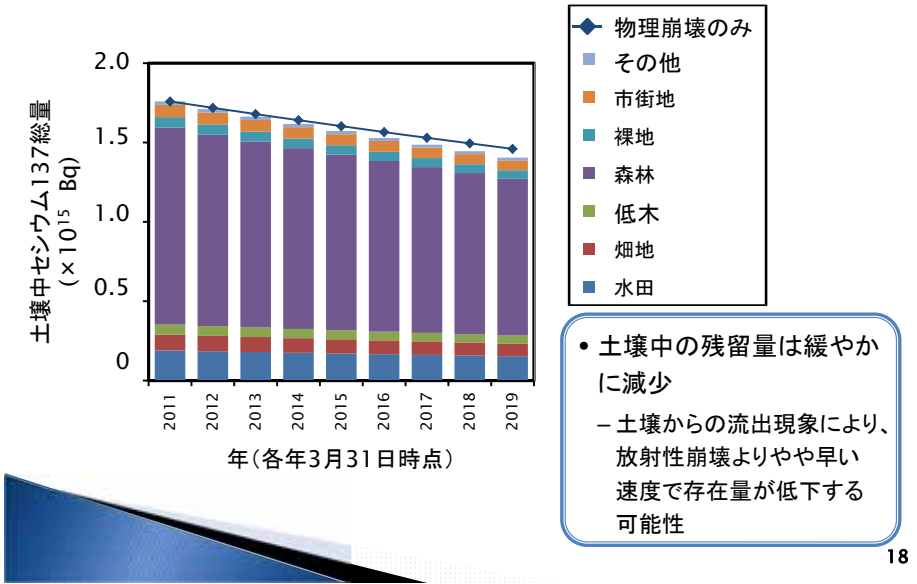


16

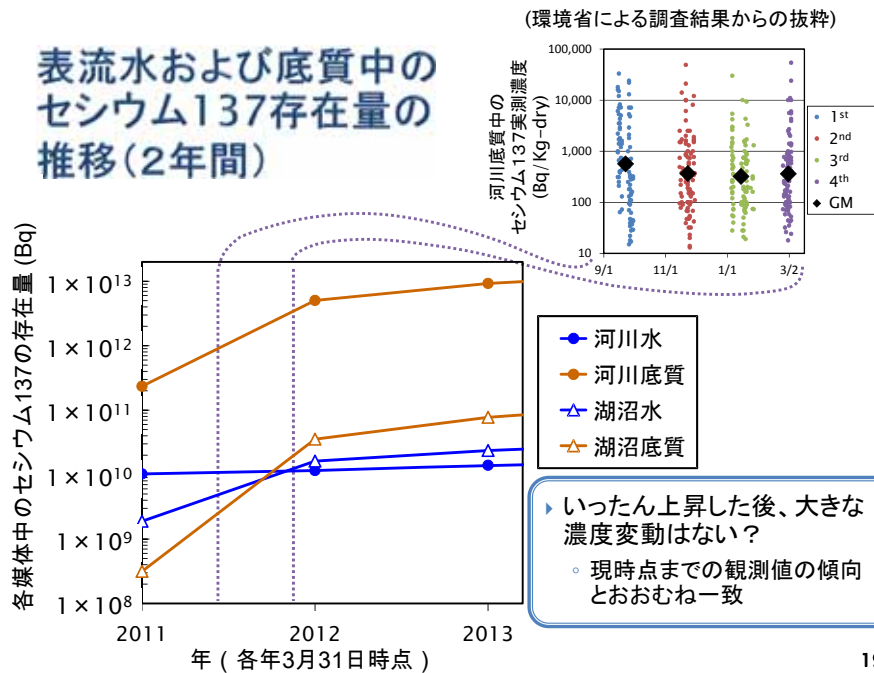
土地利用区分別セシウム137沈着量



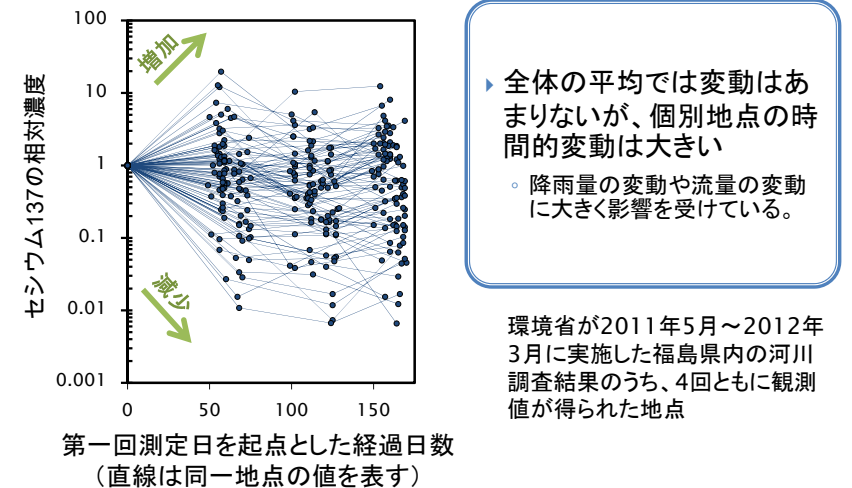
土壌中のセシウム137残留量の推移



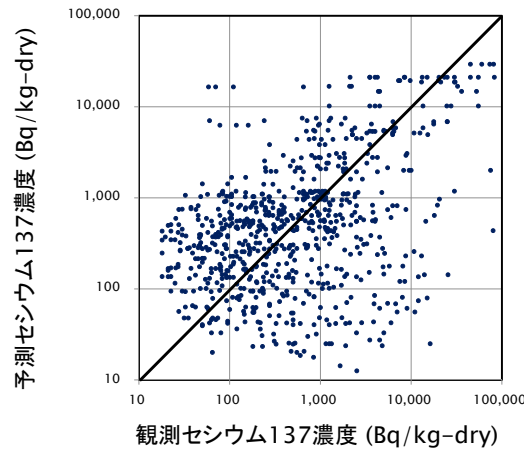
表流水および底質中のセシウム137存在量の推移(2年間)



観測値: 河川底質中セシウム137濃度の変動



河川底質中のセシウム137濃度の予測値と観測値の比較



- ▶ 濃度分布の範囲全体はおおむね一致
- ▶ より詳細な検証と他の媒体での検証が必要

環境省が2011年5月～2012年3月に実施した計算対象地域の河川調査結果のうち、比較可能な773サンプル分の観測値と、2012年3月31日時点の予測値を比較した

21



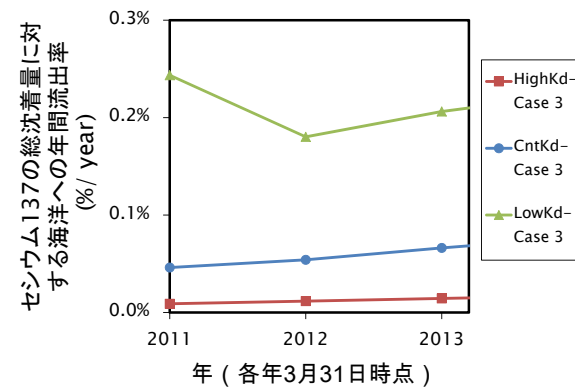
22

試算結果でわかったこと(再掲)

- ▶ 大部分のセシウム137は土壌中に存在
 - 特に森林に存在している
- ▶ 土壌中のセシウム137の残留量は緩やかに減少
 - 放射性崩壊よりやや早い程度の可能性
- ▶ 計算対象地域内の表流水や底質中のセシウム137存在総量は大きく変動しない
 - ただし、個別地点の時間的変動は大きい
- ▶ 河川底質中のセシウム137濃度の予測値の範囲全体は観測値とおおむね一致

23

考察(1): 感度解析 分配係数 - 陸域から海洋へのセシウム137の流出量

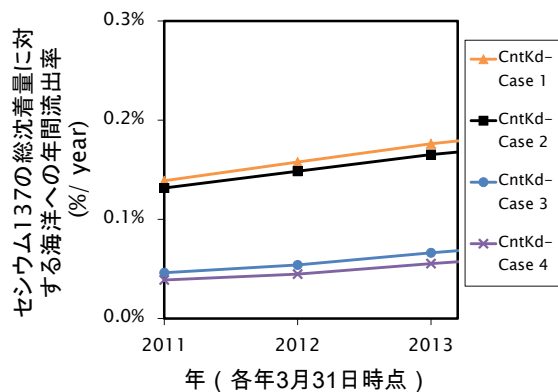


- ▶ セシウム137の海洋への流出量は分配係数の影響を強く受ける
- ▶ 吸着性が低いほど流出量が多い傾向(信頼性には他の要員の検討が必要)
- ▶ より詳細な検討が必要

K_d (L/kg)	高吸着 High- K_d	中間値 Cent- K_d	低吸着 Low- K_d
土壌中	6.0×10^3	1.2×10^3	2.4×10^2
表流水&底質	1.45×10^5	2.9×10^4	5.8×10^3

24

考察(1): 感度解析 土壌流出係数 - 陸域から海洋へのセシウム137の流出量

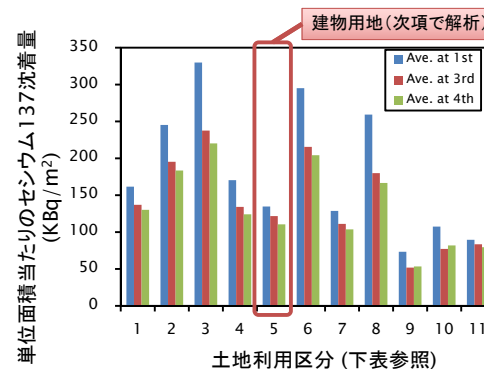


- ▶ セシウム137の海洋への流出量は土壌流出係数の影響を強く受ける
- ▶ より詳細な検討が必要

	土壌層厚 (cm)	土壌流出係数 (mm/y)			
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
森林・低木	5	0.17	0.17	0.17	0.17
農地	30	1	0.2	1	0.2
市街地	3.5	4.6	4.6	0.05	0.05
裸地・その他	5	0.05	0.01	0.05	0.01

25

考察(2): 航空機モニタリング結果の解析



- ▶ 単位面積当たりのセシウム137沈着量は森林が最も高い
- ▶ 建物用地に関して詳細に解析した(次項)
 - 表面からの土壌粒子の流出現象に高い関心があるため

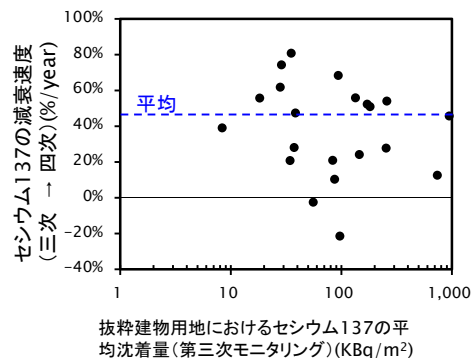
- 環境省による航空機モニタリング: 2011年の4月(第一次: 1st)、5-6月(第三次: 3rd)、10-11月(4th)
- 航空機モニタリングの結果と土地利用データ(100mメッシュ)を基に、GIS解析ソフト(ArcGIS 10)を利用して80km圏内の土地利用区別のセシウム137濃度の減少速度を解析
- 第一次モニタリングは第三次、第四次とは測定方法が異なるため注意が必要

土地利用区分*	土地利用区分*
1 田	7 その他の用地
2 その他の農用地	8 河川地及び湖沼
3 森林	9 海浜
4 荒地	10 海水域
5 建物用地	11 ゴルフ場
6 幹線交通用地	

*国土数値情報

26

考察(2): 航空機モニタリング結果の解析

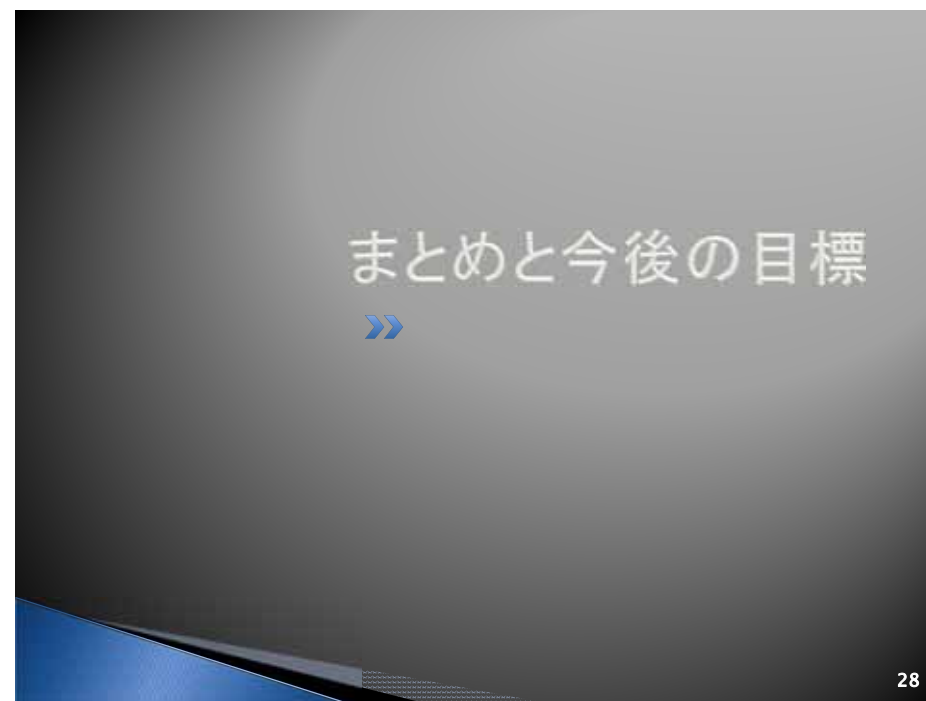


- ▶ 第三次から第四次にかけての減衰速度は -20~80 %/年
- ▶ 抜粋した建物用地におけるセシウムの平均沈着量と減衰速度の間にはっきりとした相関なし

80キロ圏内から抜粋した21箇所の建物用地に関して、各地点におけるセシウム137沈着量とその減衰速度との関係

- GIS解析ソフト(ArcGIS 10)を用いて、ある程度の規模以上の建物用地を抜粋した(21箇所、9-280ha)
- 第三次から第四次への減衰速度は-20%から80%の幅
→ 土壌流出係数の導出に用いた(case 3, 4)

27



28

まとめ

- ▶ セシウム137の福島周辺での挙動を予測する多媒体モデルの構築を進めた
 - 媒体別存在量
 - 長期間の推移
 - 海洋への排出量
- ▶ 予測の不確実性に関する予備的検討
 - 固液分配
 - 土壌流出

29

今後の目標

- ▶ モデル改良の必要性
 - 実測値とのより高い相関を目指す
 - 流出に関する詳細モデルの構築および検証が次の検討事項
- ▶ 今後の目標
 - 長期的なセシウム137濃度の推移とその地理的分布をより高い信頼性で予測する
 - 除染活動などの影響を予測する

30

ご清聴ありがとうございました

31