

# 災害廃棄物の放射能濃度の推定方法について

1. 測定結果の考察
2. 測定結果の活用に関する考察

平成23年6月19日

原子力安全基盤機構 廃棄物燃料輸送安全部

# 1. 測定結果の考察(1)

## ① 災害廃棄物の放射能濃度のばらつき

災害廃棄物の放射能濃度は、廃棄物の種類、土付着等の性状の他に、空間線量率にて代表される災害廃棄物発生地点の放射能汚染レベルに左右され、サンプル測定結果およびin-situ Ge測定結果にばらつきが見られる。

空間線量率が低く放射能レベルの低い地域においては、災害廃棄物の放射能濃度のばらつきも小さく、サンプル測定結果およびin-situ Ge測定結果は比較的良く一致しているが、空間線量率が高くばらつきの大きい地域では、両者の差が大きくなる。(図1参照)

## ② 災害廃棄物の種類別の放射能濃度

Cs-134とCs-137はほぼ同じレベルであり、廃棄物の種類(木質、瓦、コンクリート類)では有意な差異は見られず、サンプル測定結果とin-situ Ge測定結果には差異が見られた。(図2参照)

木質とその他については、in-situ Ge測定結果あるいは環境省の仮置場における災害廃棄物から1mの地点における空間線量率のデータを用いて、グループ分類の有意性の確認を行ったが、有意な差異は認められなかった。(図3参照)

このため、木質、瓦、コンクリート類は同じグループとして扱うのが適切である。

## ③ サンプル測定

サンプル測定におけるばらつき評価のために、種別にサンプル数を10個に増やし、内外面の測定を行ってばらつきの評価を行ったが、かなり高い地域のサンプルにおいても検出限界以下のものが混在するなど、サンプル測定値に大きな変動が見られた。従って、サンプル測定においては、代表点の抽出法や測定数の設定が重要である。

# 図1 空間線量率と災害廃棄物の放射能濃度

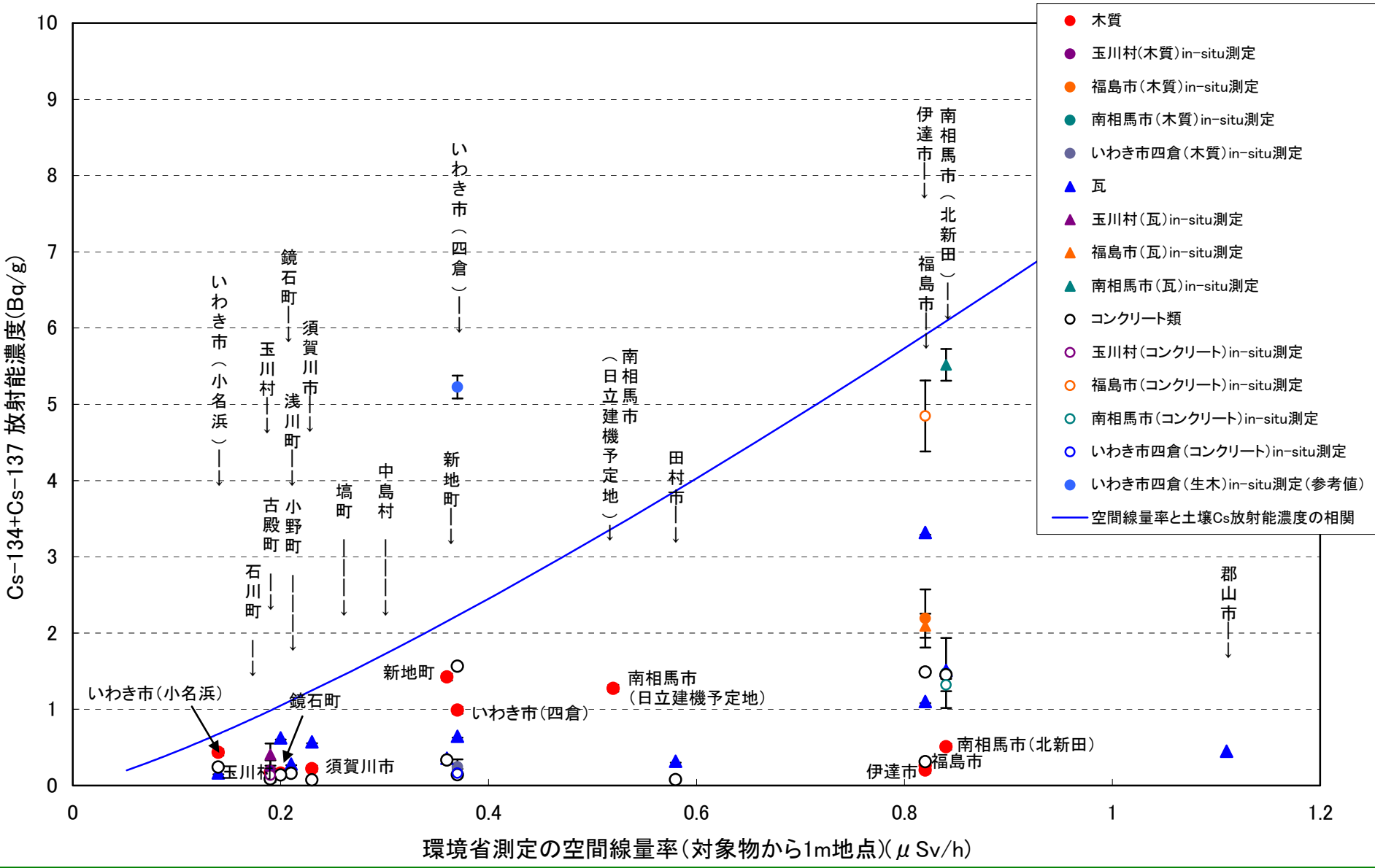
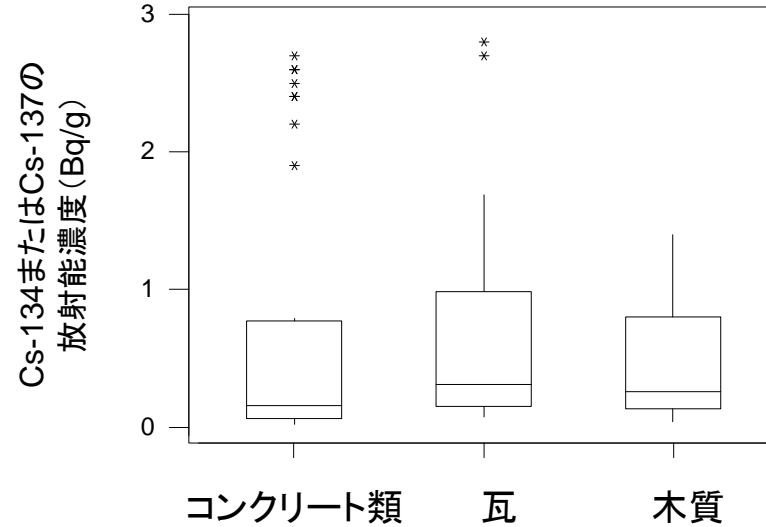
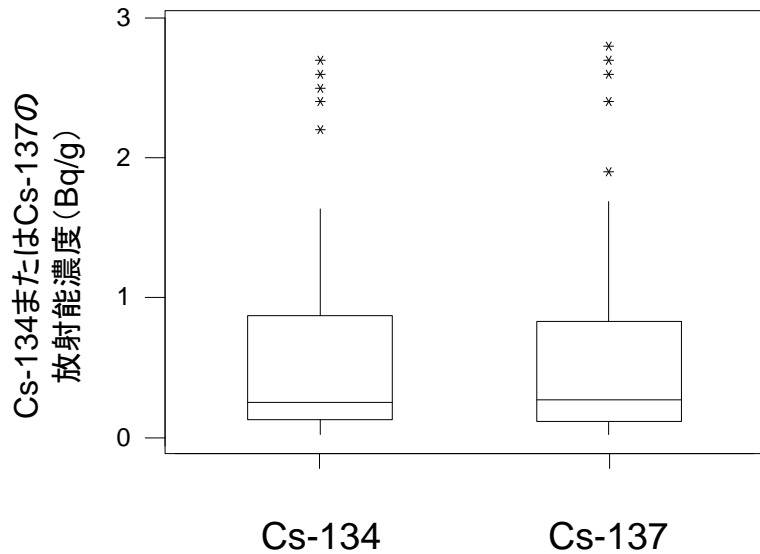
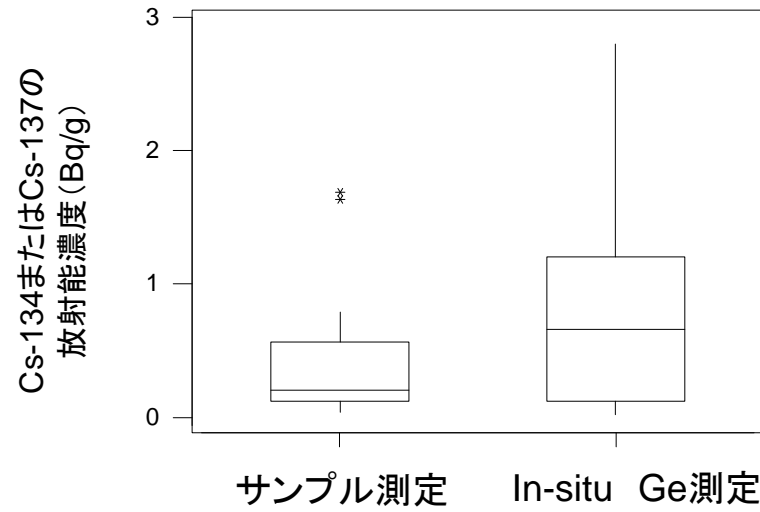
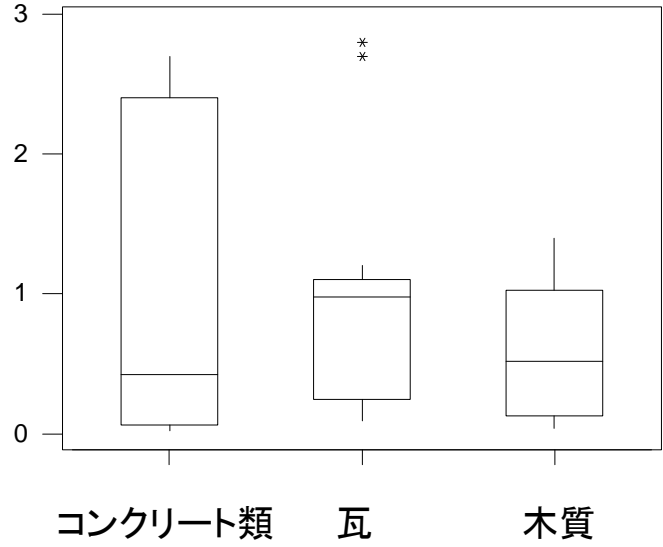


図2 放射能濃度の測定結果のばらつき(ボックスプロット)



## 図3 木質とその他の災害廃棄物のグループ分類の有意性

CS-134またはCs-137の放射能濃度 (Bq/g)



In-situ Geの測定結果(福島市、いわき市、南相馬市、玉川村)によるグループ分類の有意性

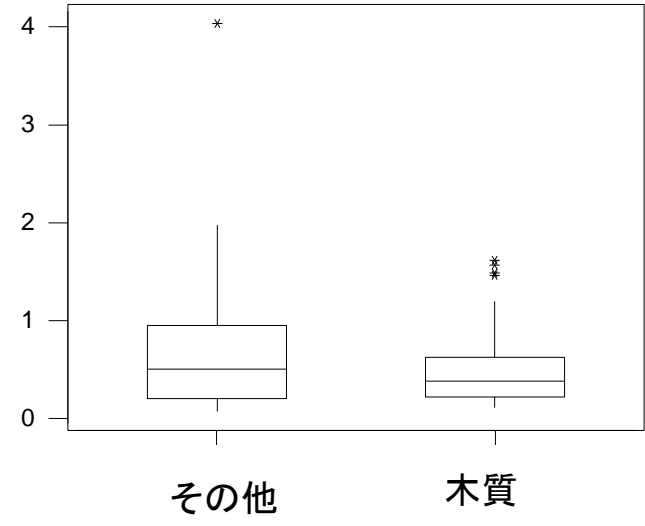
Cs-134及びCs-137の放射能濃度に測定点  
 コンクリート類: 4箇所、10点  
 瓦: 3箇所、8点  
 木質: 4箇所、11点

グループ分類の有意性: 有意差なし

環境省が測定した、福島市、いわき市、南相馬市、玉川村の仮置場における災害廃棄物から1m地点の空間線量率の測定値(192点)

木質とその他に分類  
 グループ分類の有意性: 有意差なし

災害廃棄物から1mの地点の空間線量率 ( $\mu$  Sv/hr)



# 1. 測定結果の考察(2)

## ④ 土壌のCs放射能濃度と空間線量率

空間線量率は同一地区においても、測定点によって大きなばらつきが見られるが、空間線量率と土壌のCs放射能濃度の間には有意な相関がある。この関係はMEXTの空間線量率と土壌のCs放射能濃度に関するデータや福島県小学校の校庭データから確認される。しかし、福島県小学校の校庭データに基づく回帰式は後述するように今回の災害廃棄物の放射能濃度を包絡するものでないため、全体のデータを用いた回帰式を用いるのが適切である。(図4参照)

## ⑤ 災害廃棄物の放射能濃度と土壌のCs放射能濃度

災害廃棄物の放射能濃度は単位重量当たりの表面積や材質の収着性に左右されると思われるが、今回のサンプル測定結果およびin-situ Ge測定結果は特殊なもの(生木や土とわらが混ざったもの)を除き、結果として上記の土壌のCs放射能濃度に包絡されており、災害廃棄物の放射能濃度はこの土壌のCs放射能濃度により安全側に推定できる。また、災害廃棄物の平均的放射能濃度はこの土壌のCs放射能濃度の枠内で一様にばらついていると想定すると、この枠の平均値と比較的良く一致する。(図5参照)

土壌中の深さ方向の放射能濃度分布は、表層の表面～5cmに集中している。このことは逆に濃度の高い表層の土が沢山付着したものは高い濃度になることを示唆しており、災害廃棄物は土の付着状況によって上記のように左右される。(図6参照)

### 図4 土壌のCs放射能濃度と空間線量率の相関関係

(MEXTのWeb 4月1日～5月22日の土壌の全データ及び福島県小学校のデータ) (2011/6/1に換算)

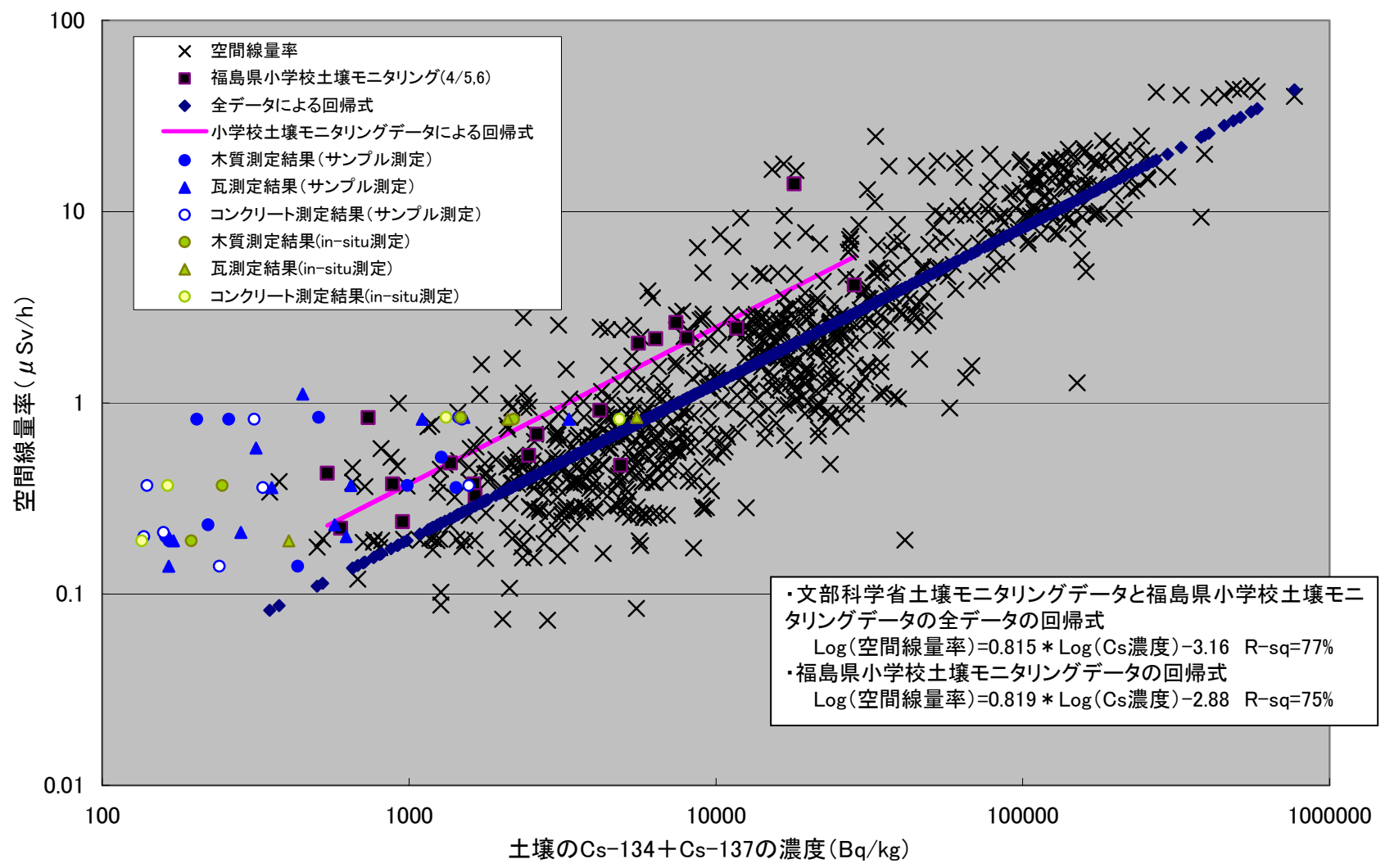


図5 災害廃棄物の放射能濃度と土壌のCs放射能濃度の相関関係

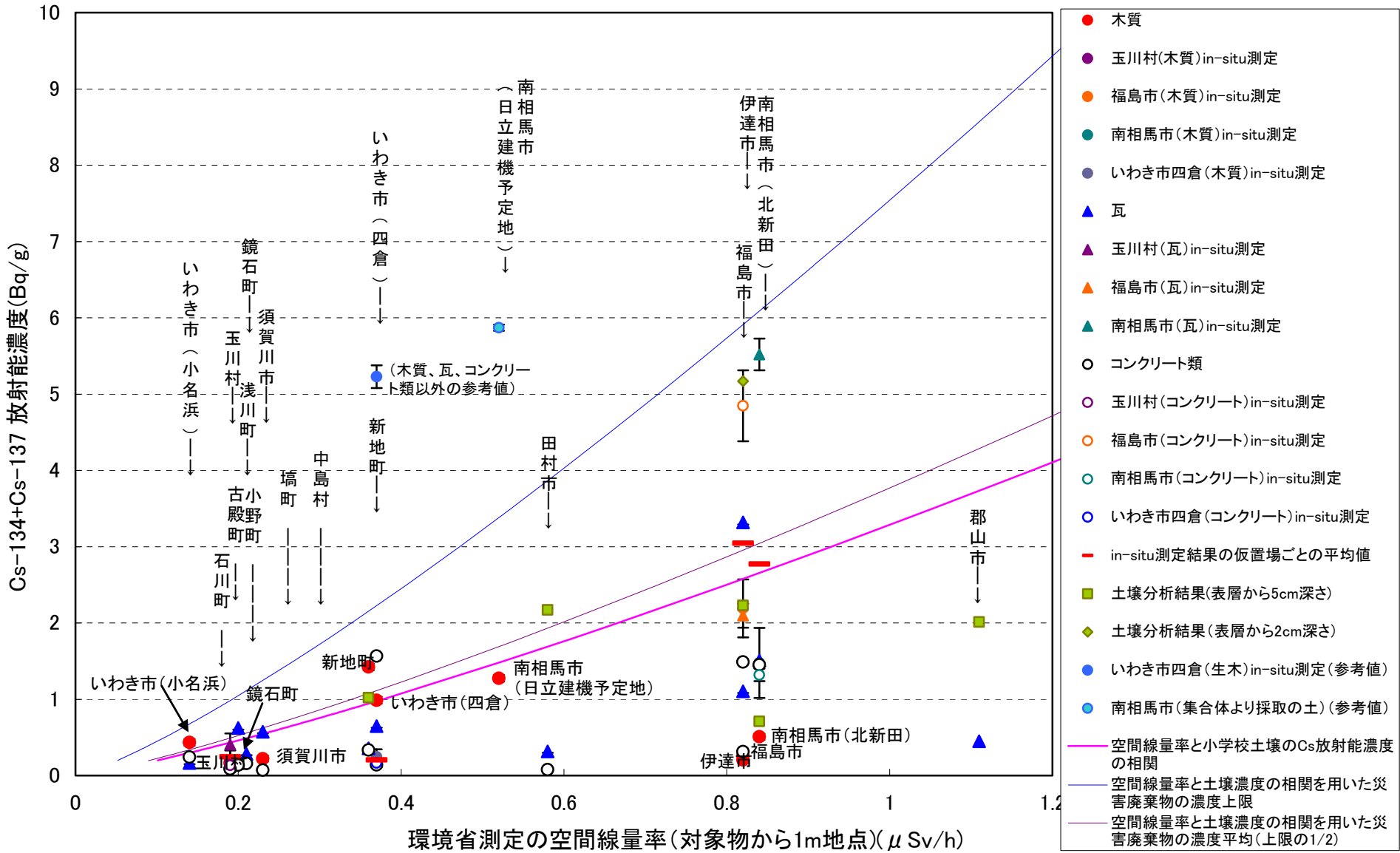
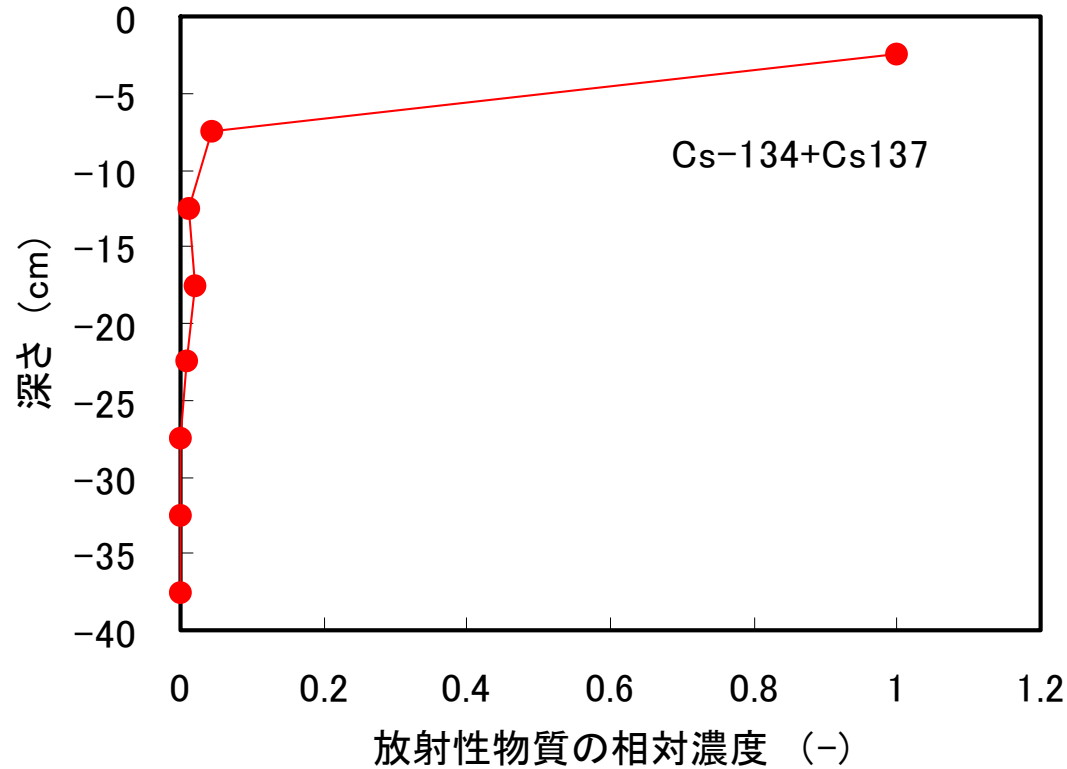




図6 土壌中のCs濃度の深度分布



\*) 0~5cmの濃度を1とした相対濃度を、測定地点5ヶ所で平均した。

\*\*\*) 1ヶ所については、5~10cmで一旦濃度が低下した後~20cmまで濃度上昇が見られたが、地質の状況の特殊性によるものと見られるため、平均から除外した。

## 1. 測定結果の考察(3)

### ⑥ サーベイメータによる災害廃棄物の空間線量率からの予測

サーベイメータによる災害廃棄物から1mの地点の空間線量率とバックグラウンドの空間線量率の半分(災害廃棄物背面からの寄与分を除く値)を差し引き、これを災害廃棄物による空間線量率とし、災害廃棄物の放射能濃度と空間線量率の線量換算係数を用いて、廃棄物の平均的放射能濃度をある程度評価できる。

環境省が測定(5/9～5/12)した廃棄物から1mの地点、バックグラウンド地点(バックグラウンド地点のデータがないものについては敷地境界地点)のデータを用いて、全仮置場の災害廃棄物の平均放射能濃度を算出したが、この値は前述した空間線量率と土壌のCs放射能濃度の相関関係から得られる災害廃棄物の平均放射能濃度と比較的良く一致している。(図7及び図8参照)

この図においては、各仮置場内における集合体のばらつきを考慮し、その変動幅も併せて表示した。個々の集合体には相当のばらつきがある評価結果となるが、平均値間には比較的良好な回帰式が得られた。

図7 各地点の仮置場における空間線量率の測定結果の例  
環境省測定データ(5月9日～12日)に基づくプロット

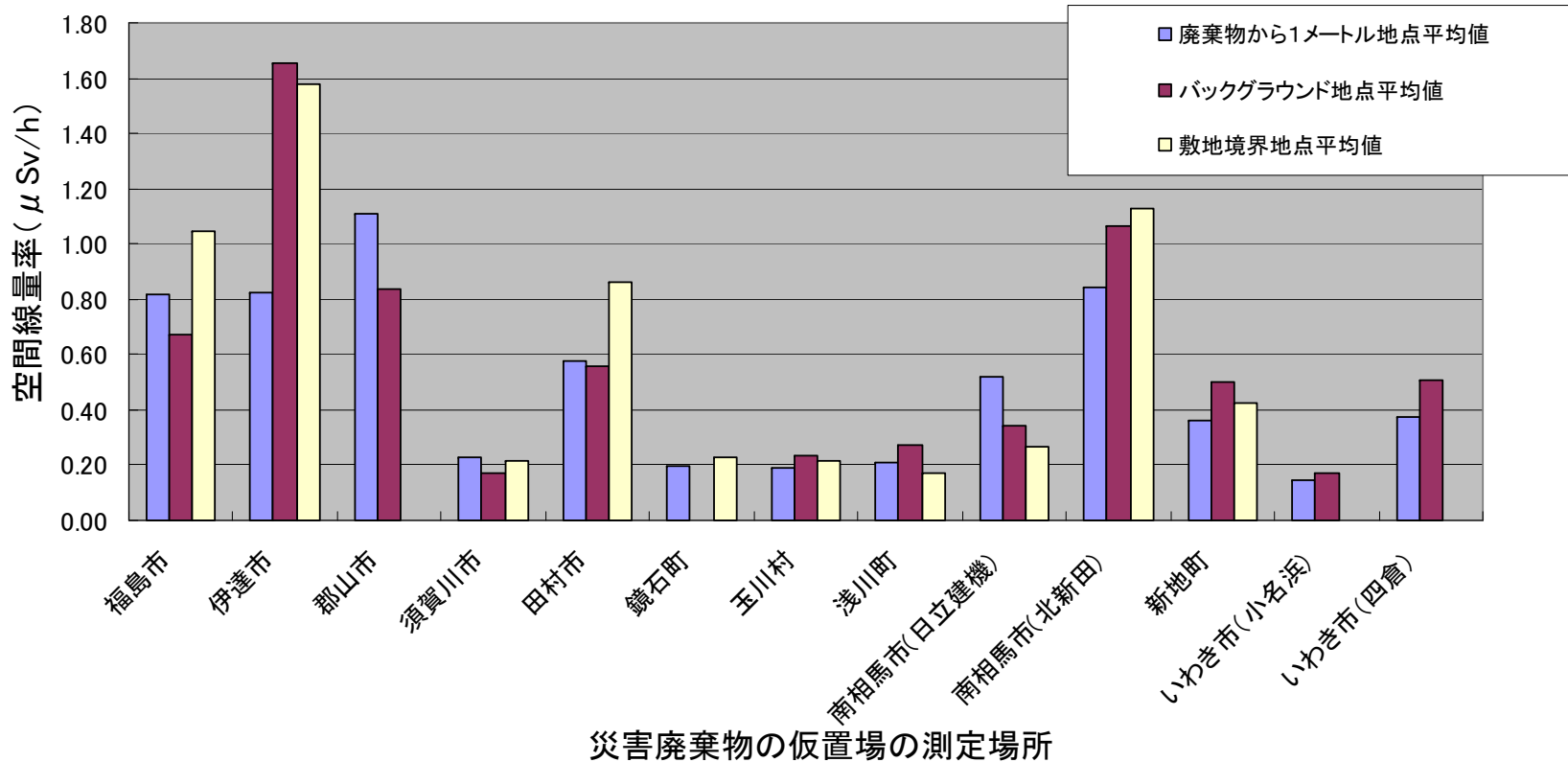
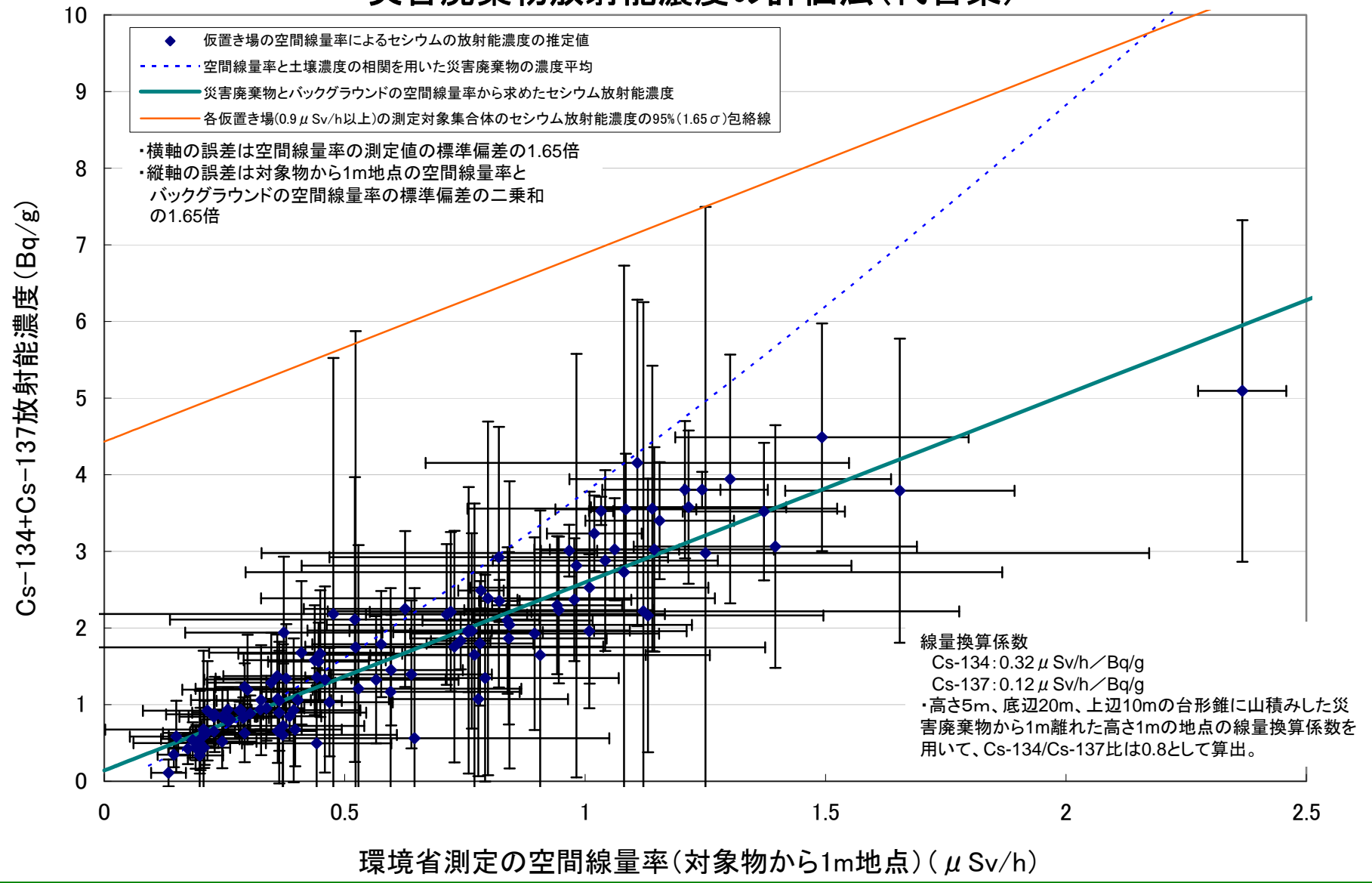


図8 各地点の仮置場における空間線量率による  
災害廃棄物放射能濃度の評価法(代替案)



# 1. 測定結果の考察(4)

## ⑦ 金属の災害廃棄物

主に金属の災害廃棄物を対象にしたスミアサンプルによる放射能濃度測定結果では、家庭内にあったと想定されるテレビ、冷蔵庫等からは殆ど何も検出されず、屋外に設置されていたと想定される金属板、トタン板、雨どい等や土の付着した家電製品で放射能が検出されている。これは水洗により除染されると思われる。(図9参照)

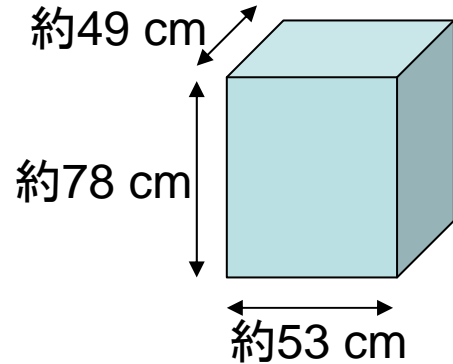
## ⑧ その他の核種

スミアサンプル測定の結果、検出された核種はCs-134、Cs-137及びI-131の他に、一部のサンプルで $\beta$ 線やNb-95とTe-129mが検出されている。MEXTが公表しているCs以外の主な核種はTe-129mとI-131であり、全 $\gamma$ 線のベクレル数に対するCsのベクレル数の割合は5月以降のデータで平均約80%程度である。しかし、Te-129mは $\gamma$ 線放出エネルギーが低く、放出割合が小さく、半減期も33.6daysであること、またI-131は半減期が8.04daysと短いことから、年間の平均的被ばく評価を行う観点からはあまり大きな影響はない。(図10参照)

## ⑨ 災害廃棄物近傍の汚泥やたまり水

災害廃棄物近傍のたまり水には、大部分のケースにおいて有意なレベルの放射能濃度は検出されなかった。雨水に溶けてCsが移行する割合は小さいと思われるが、側溝下部の汚泥やたまり水には高い濃度の放射能が検出された。汚泥と一緒にたまり水には注意する必要がある。(図11参照)

## 図9 家電製品の汚染の例(洗濯機)



洗濯機は直方体として表面積を概算した。

$$53 \times 78 \times 2 + 78 \times 49 \times 2 + 49 \times 53 \times 2 = 21106 \text{ cm}^2$$

重量は不明であるので重量が既知の洗濯機の密度から概算重量を算出し用いた。

採取場所	No	表面密度 (Bq/cm <sup>2</sup> )	γ線核種分析結果 (Bq/サンプル)			放射能濃度 (Bq/g)		
			Cs134	Cs137	Total Cs	Cs134	Cs137	Total Cs
新地町	7	0.17	0.66	0.81	1.47	$6.1 \times 10^{-3}$	$7.5 \times 10^{-3}$	$1.4 \times 10^{-2}$
南相馬市	19	0.16	0.7	0.93	1.63	$6.5 \times 10^{-3}$	$8.6 \times 10^{-3}$	$1.5 \times 10^{-2}$

※家電製品(テレビ、冷蔵庫、洗濯機)に対するスミヤは、32個の対象物から68サンプル採取したが、上記の2サンプルを除き汚染は認められなかった。上記2サンプルについては、核種分析により放射エネルギーを定量した。

その他、一部の雨どいやタン板等から比較的高い表面密度が測定された。

図10 各地域の土壌中の核種別放射能濃度  
(MEXTのwebより 2011年5月10日~21日のデータ)

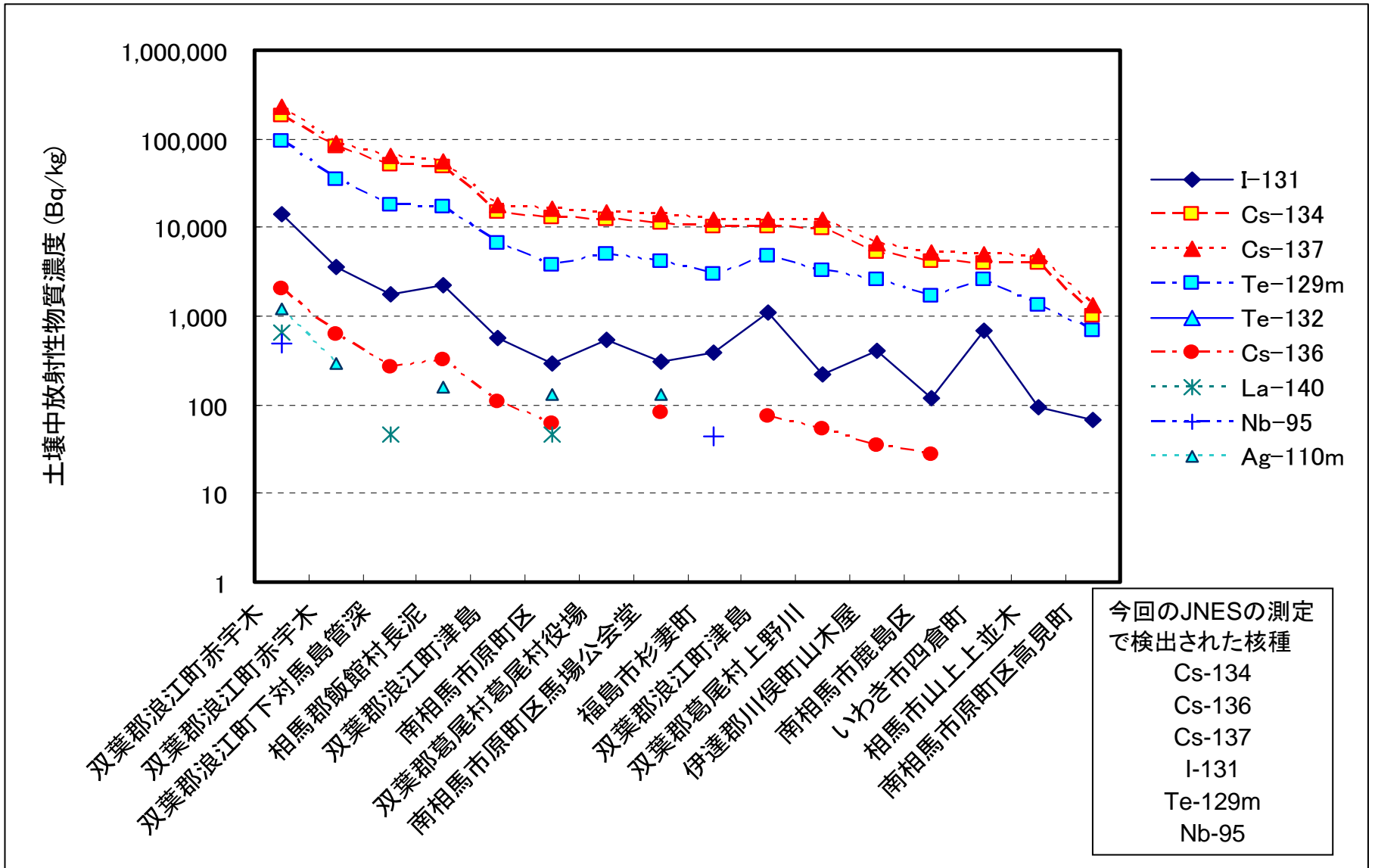
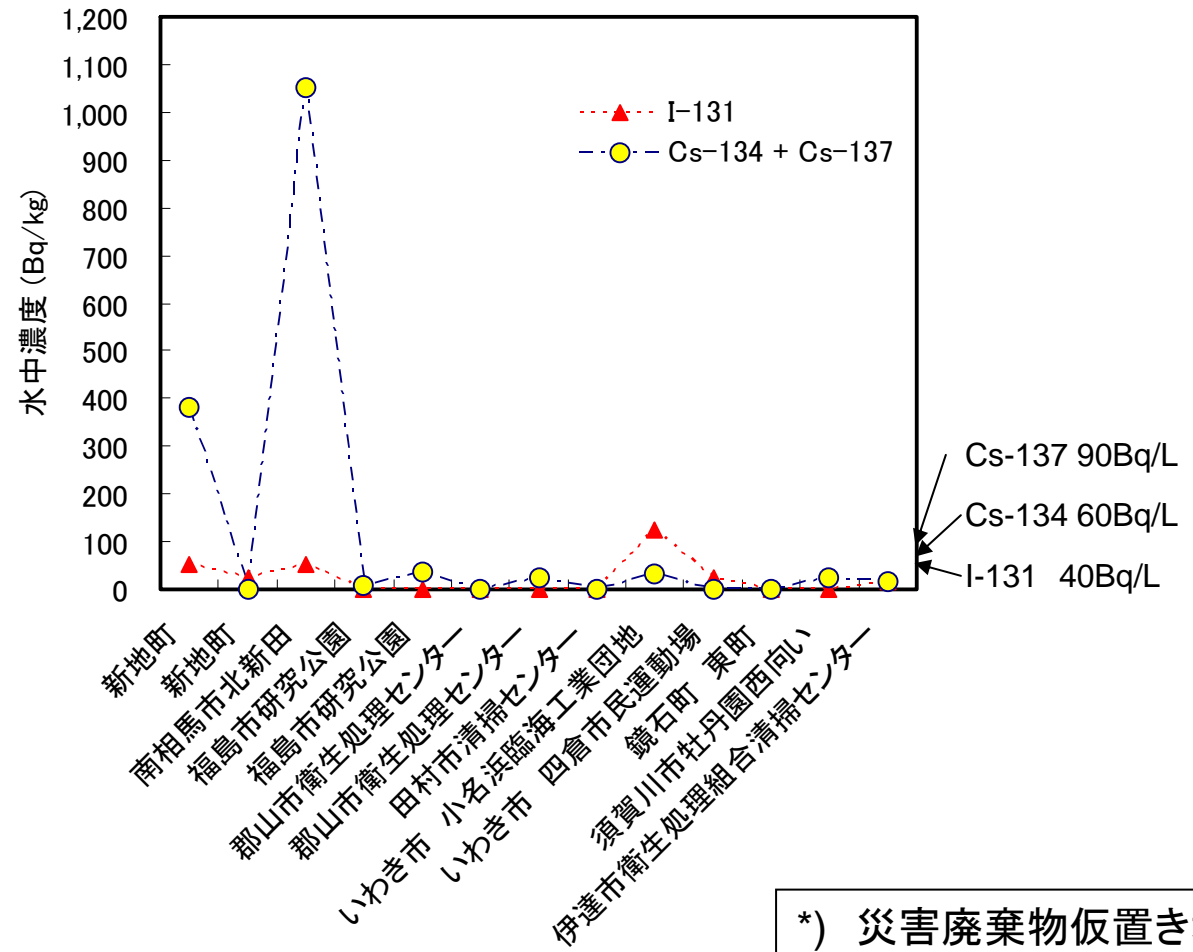


図11 災害廃棄物仮置き場のたまり水、側溝の水中の放射性物質濃度



濃度の高い水が検出された側溝の状況



新地町



南相馬市  
北新田

Cs-137 90Bq/L  
Cs-134 60Bq/L  
I-131 40Bq/L

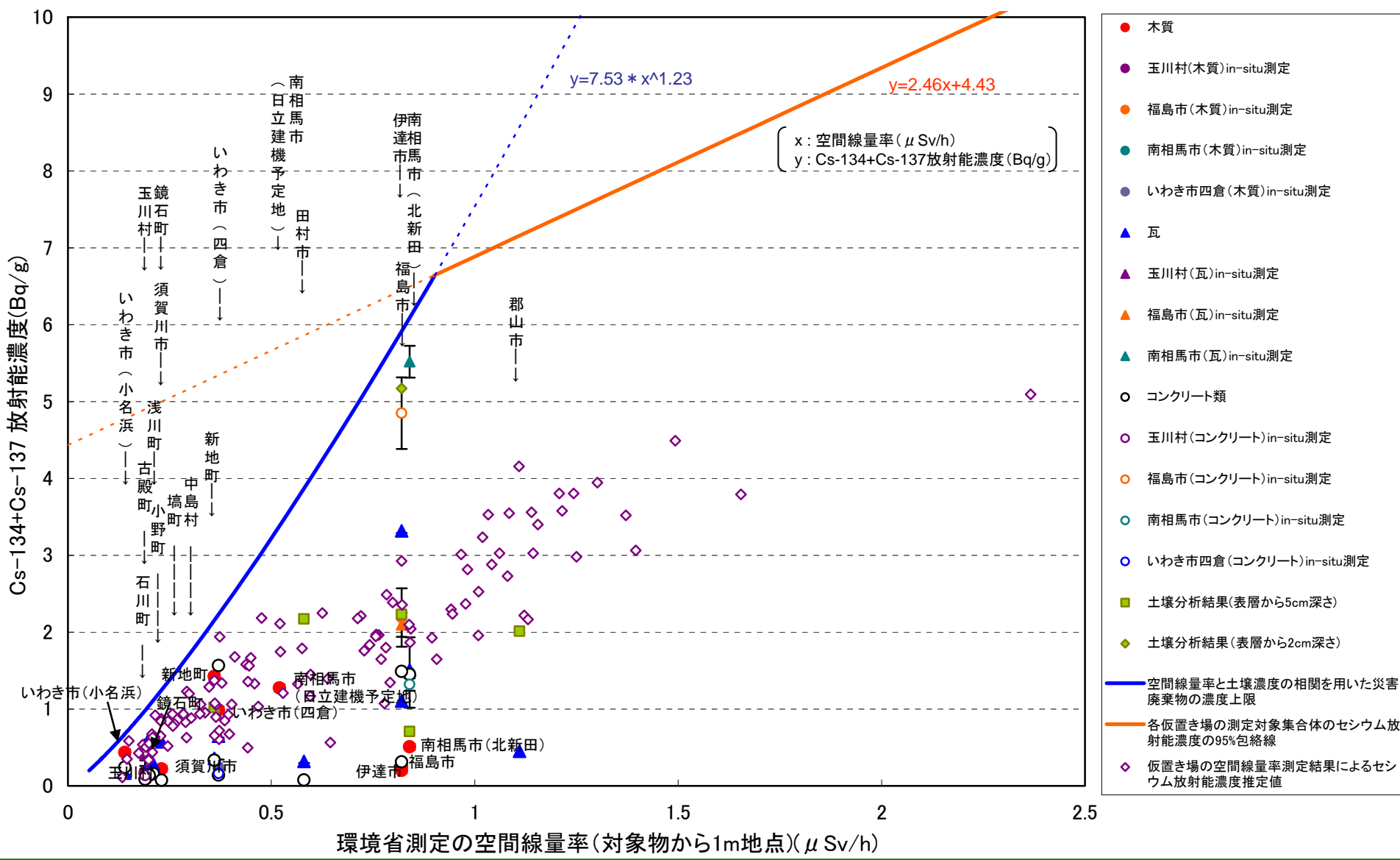
\*) 災害廃棄物仮置き場の近傍の、水たまり、側溝から採取  
\*\*) ろ過せずに、水試料をそのままGe半導体検出器で測定



## 2. 測定結果の活用に関する考察(1)

- ① 今回測定した災害廃棄物の放射能濃度は、前述したように災害廃棄物が発生した地域の土壌のCsの放射能濃度に安全側に包絡され、土壌のCsの放射能濃度と空間線量率には相関関係があることが確認された。また、サーベイメータによる災害廃棄物の空間線量率とバックグラウンドから算出した災害廃棄物の放射能濃度の予測値は、土壌のCsの放射能濃度から算出される災害廃棄物の平均の放射能濃度と比較的一致することが確認された。
- ② 従って、災害廃棄物の放射能濃度を安全側に評価するためには、以下の方法が考えられる。
  - I. 空間線量率と土壌のCsの放射能濃度の相関関係を用いて災害廃棄物の放射能濃度を評価する方法
  - II. 空間線量率が比較的高く、土壌のCsの放射能濃度の相関関係が過度な保守性をもたらす可能性がある領域においては、サーベイメータによる災害廃棄物の空間線量率とバックグラウンドから算出した災害廃棄物の放射能濃度に適切な安全裕度を持たせて予測する方法
  - III. 発生地点が不明な場合、上記による評価の適用性が検証されていない高い空間線量率の領域の場合、あるいは実際の廃棄物の放射能濃度を直接評価したい場合には、各災害廃棄物の集合体毎にin-situ Geで測定する方法
- ③ 上記のI. 及びII. に基づく具体的な災害廃棄物の放射能濃度の評価方法を図12に示す。
  - a. 空間線量率が比較的低い $0.9 \mu \text{ Sv/h}$ 以下の地域では、空間線量率と土壌のCsの放射能濃度の相関関係を用いて災害廃棄物の放射能濃度を評価する。
  - b.  $0.9 \mu \text{ Sv/h}$ 以上の空間線量率が比較的高く、土壌のCsの放射能濃度の相関関係が過度な保守性をもたらす可能性がある領域においては、サーベイメータによる災害廃棄物の空間線量率とバックグラウンドから算出した災害廃棄物の放射能濃度に適切な安全裕度を持たせて評価する。
  - c. in-situ Geによる測定により災害廃棄物の放射能濃度が確認されているのは、空間線量率が $0.8 \mu \text{ Sv/h}$ 程度までであるので、この範囲を超えて仮置場全てを包絡するように $2.5 \mu \text{ Sv/h}$ 程度まで適用するためには、念のため空間線量率のより高い仮置場(2~3カ所)で、in-situ Geにより保守性を再確認する。
  - d. 上記の評価式や安全裕度の妥当性については、災害廃棄物の放射能濃度の新たな知見やデータの蓄積を反映して適宜見直していくものとする。
- ④ 上記の災害廃棄物の放射能濃度を逸脱するような特殊な廃棄物については、in-situ Geにて直接測定する。

# 図12 災害廃棄物の放射能濃度の上限と平均放射能濃度



## 2. 測定結果の活用に関する考察(2)

- ⑤ in-situ Geで測定する場合には、家庭内のごみと屋外のごみで有意な差異があると思われるのでこれを区分するとともに、念のため屋外のごみについても、木質、瓦、コンクリート類、金属類等に区分して測定する。
- in-situ Geで現場測定する場合には、次の事項を考慮する。
    - I. コリメータ視野が対象物断面よりも小さくなるように、コリメータ開口角や対象物と検出器間距離を調整する(調査概要、山積み対象物の放射能濃度測定について)。
    - II. 対象物のバラツキの有無を確認するために、一つの集合体に対して数箇所の異なる場所から測定する。

材質	核種	平均値 (Bq/g)	変動係数	変動係数の平均値
木質	Cs-134	1.08	0.19	0.14
	Cs-137	1.12	0.29	
瓦	Cs-134	1.09	0.09	
	Cs-137	1.01	0.06	
コンクリート	Cs-134	2.43	0.07	
	Cs-137	2.40	0.15	

✓ 福島市の大笹生福島研究公園において、4箇所での放射能濃度測定値における変動係数(標準偏差/平均値)の平均値は0.14であった。