

平成23年10月31日

文部科学省による放射線量等分布マップ

(テルル 129m、銀 110mの土壤濃度マップ)の作成について

文部科学省 原子力災害対策支援本部
モニタリング班

1. 本調査の実施目的

文部科学省は、地表面に沈着した放射性物質による住民の健康への影響及び環境への影響を将来にわたり継続的に確認するため、梅雨が本格化し、土壤の表面状態が変化する前の時点において、東京電力(株)福島第一原子力発電所から概ね100km圏内の約2,200箇所で、空間線量率を測定するとともに、各箇所5地点程度で表層5cmの土壤を採取し、土壤についてゲルマニウム半導体検出器を用いて核種分析を実施した。(空間線量率の測定結果は8月2日、12日に公表済み、放射性セシウムの土壤濃度マップについては8月30日公表済み、ヨウ素の土壤濃度マップについては、9月21日に公表済み、プルトニウム、ストロンチウムの核種分析結果については、9月30日に公表済み)

他方で、ヨウ素 131、放射性セシウムの分析の過程において、同じくガンマ線放出核種であるテルル 129m^{※1}、及び銀 110m^{※1}が比較的、広範囲に検出されていることが確認されたことから、これらの核種の拡散状況の確認のため、全ての土壤試料について再度、これらの放射性核種について分析を実施した。

その結果、多くの土壤試料から測定結果を得ることが出来たことから、文部科学省内に設置した「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」(別紙1)において、測定結果の妥当性の検証やマップ化の方向性について検討を行った上で、報告をまとめた。

※1：テルル 129 や銀 110m など、原子番号と質量数が同じ複数の放射性核種がある場合に、エネルギー順位が高い放射性核種について、準安定状態 (metastable：メタステーブル)であることを示す「m」を付けて区別する。

2. 本調査の詳細

○土壤採取日：第1期 6月6日～6月14日

第2期 6月27日～7月8日

○土壤採取者：国立大学法人大阪大学、国立大学法人筑波大学、国立大学法人東京大学、(独)日本原子力研究開発機構、電気事業連合会「現地支援チーム」ほか(詳細は、8月2日、12日公表済の放射線量等分布マップの作成に向けた調査の協力組織一覧参照)

○核種分析者：(財)日本分析センター及び国立大学法人東京大学ほか19機関(詳細は8月30日公表済の放射線量等分布マップ(土壤濃度マップ)の作成に向け

た核種分析の協力組織一覧参照)

○対象項目 : 単位面積あたりの地表面へのテルル 129m、及び銀 110m の沈着量

3. 本調査の結果

採取した土壌について、テルル 129m、及び銀 110m の核種分析結果をまとめた「土壌濃度マップ」※は別紙 2-1、2-2 のとおりである。

※本マップは、土壌表層近くに残留している単位面積当たりの放射エネルギーの分布状況を示しており、イメージをつかみやすくするため、便宜的に「土壌濃度マップ」と表現している。

なお、上記の土壌濃度マップの作成にあたっては、以下の条件をもとに作成した。

- 平成 23 年度科学技術戦略推進費「放射性物質による環境影響への対策基盤の確立」『放射性物質の分布状況等に関する調査研究』において、文部科学省が 6 月 6 日から 7 月 8 日までに採取した土壌の核種分析結果をもとに作成した。
- 土壌の採取方法、核種分析の手法は別紙 3 のとおりである。
- 土壌の核種分析にあたっては、全国 21 の研究機関のゲルマニウム半導体検出器を用いた。
- 今回の調査結果は、第 1 期土壌採取期間から第 2 期土壌採取期間までの日数があいていることから、マップを作成するにあたっては、第 1 期土壌採取の最終日である 6 月 14 日時点の放射能に半減期を考慮して補正した。
- 4 月に実施した航空機モニタリングの結果において、東京電力(株)福島第一原子力発電所から 80km 圏内に、放射性物質の沈着量が多い箇所が集中していることが確認されたことから、原則として、80 km圏内は 2km メッシュに 1 箇所の地点について調査を実施し、80~100 km及びこの圏外の福島県においては、10 kmメッシュに 1 箇所の地点について調査を実施した。
- 各土壌採取箇所におけるテルル 129m、及び銀 110m の地表面への沈着量は、同一箇所で採取された複数の土壌試料の核種分析結果を算術平均した値を使用した。なお、核種分析結果には検出下限値以下の値が含まれるため、以下のように、ヨウ素 131 の土壌濃度マップ作成時と同様の要領で求めた各箇所のテルル 129m、及び銀 110m の沈着量の値をマップ作成に使用した。(別紙 4 参照)
 - ①同一箇所で採取した複数試料の核種分析結果が全て検出下限値以下の場合、その採取地点の測定結果は不検出と見なす。
 - ②同一箇所で採取した複数試料の核種分析結果のうち、1 試料でも検出下限値以上の値が存在する場合、その他の試料が検出下限値以下であったとしても、検出下限値以上の測定値及び検出下限値以下の場合に得られる参考値を算術平均した値を使用する。なお、同一箇所で採取した複数試料の核種分析結果が全て検出下限値以上の場合、それらの値を算術平均した値を使用する。

4. 考察

4. 1 全体的な考察

○今回採取した土壌は、ある程度の広さを持った攪乱のない土地を選んで採取し、測定されたものであり、6～7月時点のテルル 129m、及び銀 110mの沈着状況の分布を広域かつ詳細に確認することができた。そのため、福島第一原子力発電所から初期に放出された放射性プルームの状況の検証、及び地表面への沈着経路の解明に活用されることが期待される。

また、チェルノブイリ事故に関する報告書において、テルル 129mの放出量の評価は行われているのに対し、銀 110mの放出量の評価は行われていない。また、原子力安全・保安院が平成 23 年 6 月 6 日に公表した「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」においても銀 110mの放出量推計値はない。そのため、銀 110mの土壌濃度マップは、銀 110mの放出源情報を推定する上でも、線量評価の観点からも重要なデータとなることが予想される。

なお、本調査では、テルル 129m、及び銀 110m を予め分析を実施することを予定していなかったため、全ての土壌試料について調査結果を得ることが出来なかった。そこで、テルル 129m、及び銀 110m の土壌濃度マップの精緻化に向け、更なる調査を実施する。

○本調査でテルル 129m、及び銀 110m の沈着量の最高値が検出された箇所^{※1}において、仮に、50 年間滞在した場合に生じる、土壌からの再浮遊に由来する吸入被ばく、及び土壌からの外部被ばくに基づく線量の積算値（以下、「50 年間積算実効線量」と言う。）について、IAEA が提案している緊急事態時の被ばく評価方法^{※2}に基づき計算したところ、本調査においてセシウム 134 やセシウム 137 の沈着量の最高値が検出された箇所における 50 年間積算実効線量と比べて、非常に小さいことが確認された。

※1：警戒区域又は計画的避難区域の中にあり、現在、人は居住していない。

※2：IAEA-TECDOC-955、1162 に記載されている被ばくの評価手法。本手法では、放射性核種が沈着した地面上に恒常的に留まると仮定し、放射性核種が地表面に沈着した後のある期間（最初の 1 ヶ月間、2 ヶ月目の 1 ヶ月間、50 年間）の積算実効線量を評価する手法を定めている。なお、この実効線量には外部被ばく線量及び再浮遊した放射性核種を吸入することによる預託線量が含まれる。また、積算実効線量の算出に当たっては、放射性核種の崩壊、核変換ならびにウェザリングの効果が考慮されている。加えて、放射性核種の再浮遊による吸入被ばくを安全側に評価するため、実際の事故時において観測されているよりも安全側の再浮遊係数として $10^{-6}/m$ を用いている。

(参考 1)

●本調査において、テルル 129m、及び銀 110m の沈着量の最高値が検出された各箇所における 50 年間積算実効線量

- | | | |
|-----------|---|--------|
| ①テルル 129m | : | 0.6mSv |
| ②銀 110m | : | 3.2mSv |

(参考 2)

●本調査において、セシウム 134、及びセシウム 137 の沈着量の最高値が検出された各箇所における 50 年間積算実効線量

- | | | |
|-----------|---|-------|
| ③セシウム 134 | : | 71mSv |
|-----------|---|-------|

④セシウム 137 : 2.0Sv (2,000mSv)

○セシウム 134、及び 137 の 50 年間積算実効線量に比べて、テルル 129m、及び銀 110m の 50 年間積算実効線量は非常に小さいことから、今後の被ばく線量評価や除染対策においては、セシウム 134、137 の沈着量に着目していくことが適切であると考えられる。

4. 2 テルル 129m、銀 110m の測定結果に対する考察

○テルル 129m、銀 110m の地表面への沈着状況を確認するため、セシウム 137 に対するそれぞれの核種の沈着量の比率について比較したところ、別紙 5 に見られるように、セシウム 137 の沈着量は多くないものの、テルル 129m は、南方沿岸部では、北方や南方内陸部とは顕著に異なる比率で地表面に沈着している傾向が確認された。

また、銀 110m については、セシウム 137 の沈着量と明確な相関関係は確認できなかったが、北方及び南方の沿岸にそって、セシウム 137 に対して銀 110m が周辺より比較的高い傾向で地表面に沈着していることが確認された。

この理由としては、

- ・発電所からの放射性物質の放出時期の違いにより、形成された放射性プルームに含まれるテルル 129m、及び銀 110m とセシウム 137 の比率や放出された際の物理的・化学的形態が異なっていたこと
- ・テルル 129m、及び銀 110m、並びにセシウム 137 の核種組成等が異なるいくつかの放射性プルームがそれぞれ通過した時の天候が異なっていたこと

などが考えられる。

○なお、チェルノブイリ事故時においては、放射性セシウムに対するその他の放射性核種の沈着量の比率は、概ね原子炉から遠方になるにつれて小さくなる傾向が確認されているが、テルル 129m については、距離に関係なくほぼ一定の比率で沈着しているという報告がある。本調査においても、セシウム 137 とテルル 129m の沈着量の比率は、同様の傾向が確認されている。この理由としては、セシウム 137、及びテルル 129m は双方とも揮発性の放射性核種であり、沸点もセシウム 137 は 671℃、テルル 129m は 988℃と比較的近いことから、似た挙動で沈着したものと考えられる。

他方で、本調査におけるセシウム 137 に対する銀 110m の沈着量の比率を見ると、大きくばらついていることから、放射性セシウムとは異なる挙動で沈着していることがわかる。この理由の一つとしては、銀の沸点は 2,164℃であり、放射性セシウムやテルル 129m と比べて高いことから、銀 110m は、今回の事故では気体でなく、粒子状物質として環境に放出され、セシウム 137 やテルル 129m と異なる沈着状況となったものと考えられる。

放射線量等分布マップの作成等に係る検討会について

1. 開催の目的

「環境モニタリング強化計画」（平成 23 年 4 月 22 日 原子力災害対策本部）及び「原子力被災者への対応に関する当面の取組方針」（平成 23 年 5 月 17 日 原子力災害対策本部）に基づき、事故状況の全体像の把握や区域等の解除に向けて活用するため、放射線量等分布マップを作成する。

当該マップの作成にあたり、技術的検討を行うことを目的として「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」を開催する。

2. 検討内容

- 放射性物質の分布状況を把握するための「線量測定マップ」作成に係る技術的事項
- 土壌表層中の放射性物質の蓄積状況を把握するための「土壌濃度マップ」作成に係る技術的事項
- 農地土壌における放射性物質の蓄積状況を把握するための「農地土壌放射能濃度分布マップ」作成に係る技術的事項
- 地表面からの放射性物質の移行状況（河川、地下水等の水圏への移行、地表面等からの巻き上げ、土中への移行等）の確認に係る技術的事項

3. 庶務

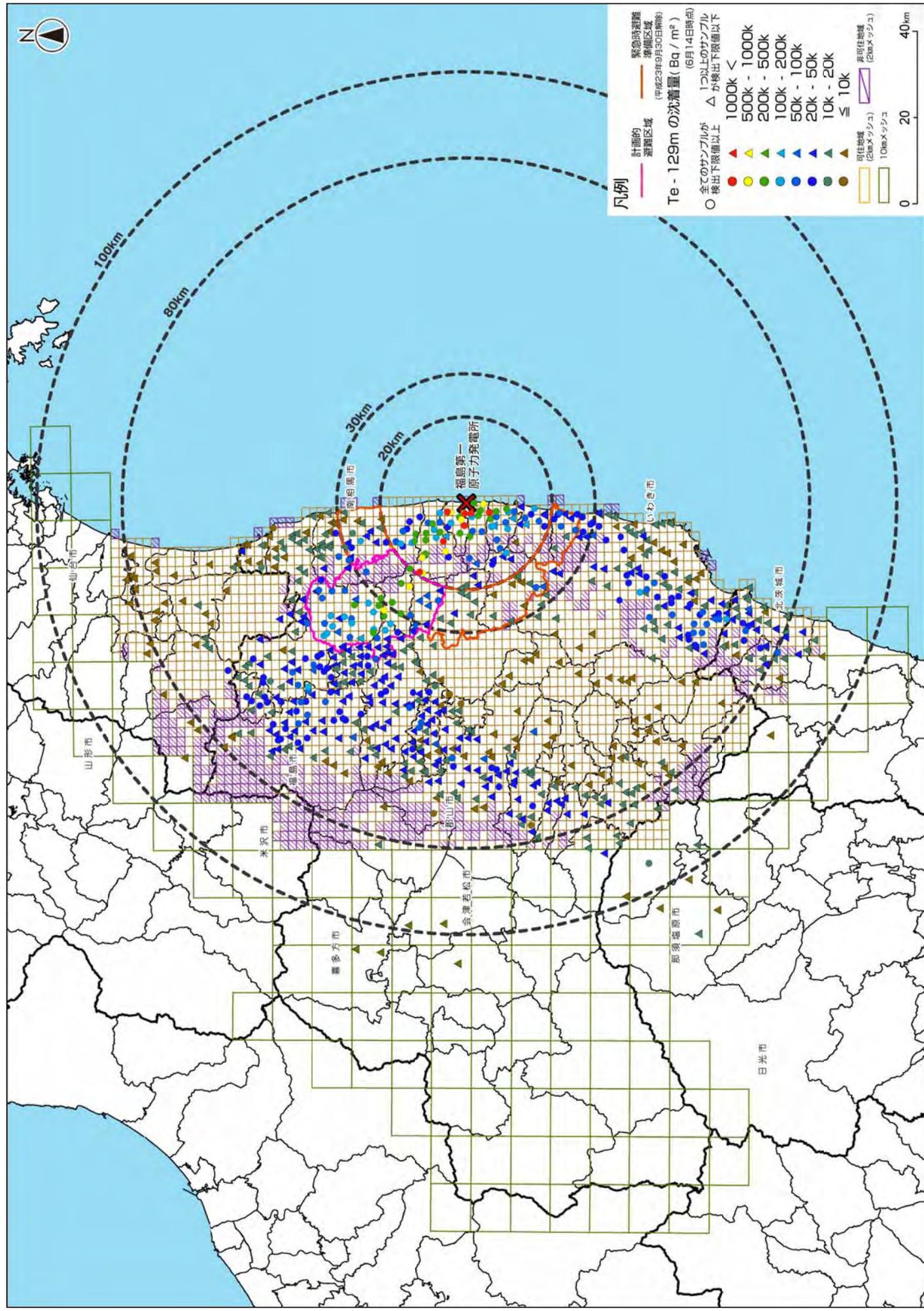
委員会の庶務は、科学技術・学術政策局原子力安全課において処理する。

4. 検討会構成員

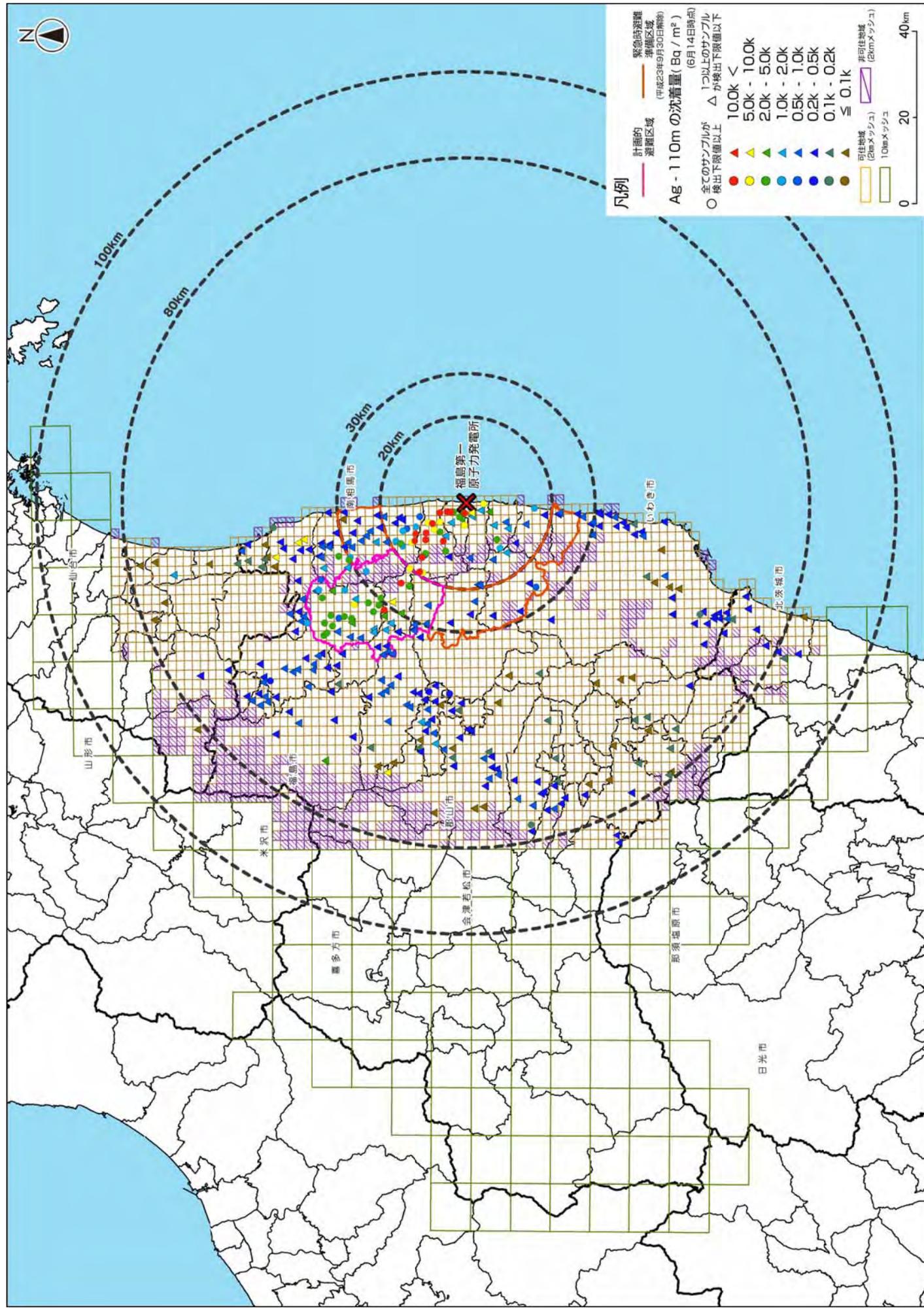
名前	所属
池内 嘉宏	財団法人 日本分析センター 理事
木村 秀樹	青森県 環境生活部 原子力安全対策課 副参事
小山 吉弘	福島県 生活環境部 原子力安全対策課 課長
斎藤 公明	独立行政法人 日本原子力研究開発機構 福島支援本部 上級研究主席
柴田 徳思	独立行政法人 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター 客員研究員
下 道國	藤田保健衛生大学 客員教授
杉浦 紳之	独立行政法人 放射線医学総合研究所 緊急被ばく医療研究 センター センター長
高橋 隆行	福島大学 副学長（研究担当）・附属図書館長
高橋 浩之	東京大学 原子力国際専攻 教授
高橋 知之	京都大学 原子炉実験所 原子力基礎工学研究部門 准教授
茅野 政道	独立行政法人 日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究部門 副部門長
長岡 鋭	財団法人 高輝度光科学研究センター 安全管理室長
中村 尚司	東北大学 名誉教授
長谷部 亮	独立行政法人 農業環境技術研究所 研究統括主幹
久松 俊一	財団法人 環境科学技術研究所 環境動態研究部 部長
村松 康行	学習院大学 理学部 化学科 教授
吉田 聡	独立行政法人 放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター 運営企画ユニット ユニット長

(敬称略、50音順)

テルル129mの土壤濃度マップ



銀110mの土壤濃度マップ



土壤の採取方法及び土壤試料中の核種分析の手法について

1. 土壤の採取方法

- 土壤は、可能な限り3m×3m の範囲で採取しやすい位置の中から5 地点程度選定し、採取した。その際、できるだけ等間隔に採取するように心がけた。
- 事前調査により、ヨウ素131、セシウム134、137は、地表面から5cm以内の土壤中に存在することを確認したことから、U8容器を用いて、地表面から5cmの深さまで土壤を採取することとした。採取した土壤は良く攪拌した後に、U8容器に封入した。
- 福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の沈着状況を把握するため、土壤試料採取位置に細かい雑草などの植生が生えている場合は、雑草も含めて土壤採取を行った。また、根系層もあわせて土壤試料として採取した。
- 採取した土壤試料は、判別のため、試料番号等のラベル、土壤の種類及び土色が判断できるように写真に撮り、記録した。また、土壤試料を封入した袋に、試料番号、採取年月日、時刻、採取者を記載したラベルを添付し、他の土壤試料との取り違いが起こらないように注意した。
- 土壤試料の核種分析時の参考にするため、土壤試料採取容器表面の線量当量率を測定し、記録した。
- 土壤採取に使用した綿手袋及びゴム手袋は、土壤試料採取の都度必ず交換することで、二次汚染及び試料間の放射性核種の混合の防止に努めた。
- 土壤試料採取に使用した道具類は二次汚染防止のために、採取の都度、除染を行った。
- 土壤試料採取容器が完全に密封されていることを確認し、アルコールティッシュ等で容器表面を除染した上で、袋に封入して、土壤試料を分析機関に輸送した。輸送にあたっては、L 型輸送物の規準に準拠した。

2. 土壤試料の核種分析の手法

- 土壤試料中の放射能濃度の測定は、放射エネルギーが既知の標準線源を用いて校正したゲルマニウム半導体検出器（Ge 検出器）を用いて行った。
- 測定は、短半減期核種を検出することを考慮し、最長1時間まで測定を実施した。また、短半減期核種が検出下限値以下であったとしても、得られた見かけの放射能の値（参考値）の情報も合わせて示すこととした。（ $< A_{LD}$ （検出下限値） Bq/m^2 ； $A \pm B Bq/m^2$ ）
- 各土壤試料の測定後は、必ず、検出器の試料を置く遮蔽体内部を除染するか、または検出器に放射性物質が付着していないことを確認した。

3. 分析結果の確認体制

- 測定および分析は、土壤試料の測定時における試料の取り違えの防止、及び測定結果の信頼性の確保するため、作業項目毎のチェックリストを測定記録簿として作成し、複数人でチェックした。
- 核種同定のためのスペクトルの解析手法をいつでもチェックできるように、スペクトルデータからカウント数、標準試料の測定結果すべてを保管し、各測定機関の責任ある者が集計し、取りまとめ機関において、解析手法および結果を独立にチェックした。

4. 核種分析結果の相互比較について

- 総試料数の 3%の試料について、日本分析センターと他の機関、東京大学と他の機関とで、同一試料を相互に測定した。

テルル 129m、及び銀 110m の土壤濃度マップに使用する各調査箇所の沈着量の値について

1. 背景

○テルル 129m、及び銀 110m の半減期が比較的短い（テルル 129m：半減期 33.6 日、銀 110m：249.95 日）ことに加え、本調査が予めテルル 129m、及び銀 110m の核種分析を予定していなかったため、ゲルマニウム半導体検出器では、有意な値を検出できない調査箇所や装置の有する検出下限値以下の値しか得られない調査箇所が多数存在したほか、採取した全ての土壤試料について核種分析を実施することが出来なかった。

2 テルル 129m、銀 110mの土壤濃度マップに使用する各調査箇所の沈着量の値について

○各調査箇所で採取した複数の土壤試料のうち、いくつかの地点で検出下限値以上の測定結果が得られた調査箇所は、テルル 129m においては約 800 箇所あり、銀 110m においては約 350 箇所あった。土壤濃度マップを作成するにあたっては、以下のようにヨウ素 131 の土壤濃度マップ作成時と同様の要領で求めた各調査箇所の沈着量の値をマップの作成に使用することとした。

- ①同一箇所で採取した複数試料の核種分析結果が全て検出下限値以下の場合、その箇所では、統計的に有意な値を一つも得ることができなかったことから、その箇所の測定結果は不検出と見なした。
- ②各調査箇所で採取した複数の土壤試料のうち、最低 1 試料でも検出下限値以上の有意な測定結果が得られた場合、その箇所でテルル 129m、及び銀 110m が検出されたと判断し、以下の要領で各調査箇所のテルル 129m、及び銀 110m の沈着量の値を決定した。
 - ・ 同一箇所で採取した複数試料の核種分析結果のうち、1 試料でも検出下限値以上の値が存在する場合、各調査箇所の沈着量の値について最も確からしい平均値を算出することを念頭におき、検出下限値以上のデータ及び検出下限値以下の場合に得られた参考値も使用して算術平均することとした。なお、同一箇所で採取した複数試料の核種分析結果が全て検出下限値以上の場合、それらの値を算術平均した値を使用した。
 - ・ 統計的なばらつきにより、マイナスの参考値が得られている場合は、その地点の測定結果を 0 として各調査箇所の平均値を算出する際に使用した。また、検出下限値以下の場合において、参考値を記載していない場合も同様に、その地点の測定結果を 0 として扱った。

土壤採取箇所におけるセシウム 137 に対するテルル 129m、及び銀 110m の沈着量の比率について

1. 目的

地表面へのテルル 129m、及び銀 110m の沈着状況について確認するため、福島第一原子力発電所から北方に位置する調査箇所（以下、「北方」と言う。）と南方に位置する調査箇所（以下、「南方」と言う。）について、セシウム 137 に対するテルル 129m、及び銀 110m の沈着量の比率を比較した。

2. 調査結果

2. 1 テルル 129m の沈着状況について

①セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量の比率について

テルル 129m の測定結果が得られている調査箇所について、セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量の比率を図示した。（参考 1 参照）

その結果、緯度方向で南方に位置し、経度方向で福島第一原子力発電所より西側 34 km 未満に位置する調査箇所（以下、「南方沿岸部」と言う。）は、同じく南方に位置し、経度方向で福島第一原子力発電所より西側 34 km 以西に位置する調査箇所（以下、「南方内陸部」と言う）、及び北方と比較して、セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量の比率が高い傾向にあることが確認された。

②北方及び南方（内陸部、沿岸部）におけるテルル 129m とセシウム 137 の沈着状況の詳細比較

テルル 129m とセシウム 137 の沈着状況を詳細に比較するため、北方及び南方（内陸部、沿岸部）に位置する調査箇所のテルル 129m とセシウム 137 の沈着量をグラフ化した。（参考 3 参照）

その結果、北方における、セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量の比率の平均値は 0.19 程度であるのに対し、南方沿岸部における、セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量の比率の平均値は 0.88 程度であり、南方沿岸部では、北方に比べて、セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量の比率が高い傾向であることが確認された。なお、南方内陸部における、セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量の比率の平均値は 0.23 程度であり、セシウム 137 に対するテルル 129m の沈着量の比率は北方と同様の傾向であることが確認された。

2. 2 銀 110m の沈着状況について

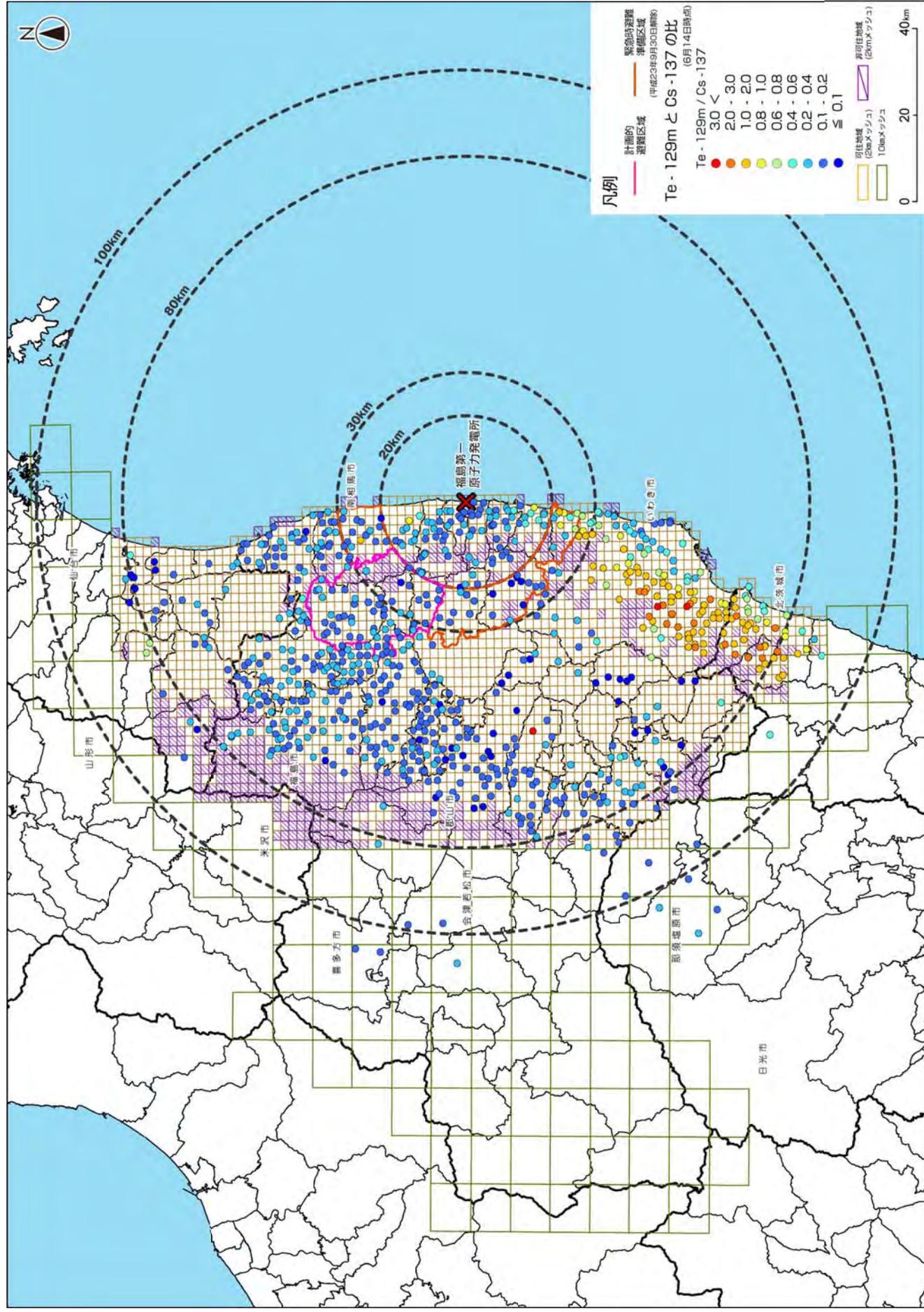
①セシウム 137 に対する銀 110m の沈着量の比率について

銀 110m の測定結果が得られている調査箇所について、セシウム 137 に対する銀 110m の沈着量の比率を図示した。（参考 2、4 参照）

その結果、全体的に比率がばらついており、セシウム 137 の沈着量との相関は確認できなかったものの、北方、南方ともに沿岸にそって、セシウム 137 に対する銀 110m の沈着量の比率が高い傾向にあることが確認された。

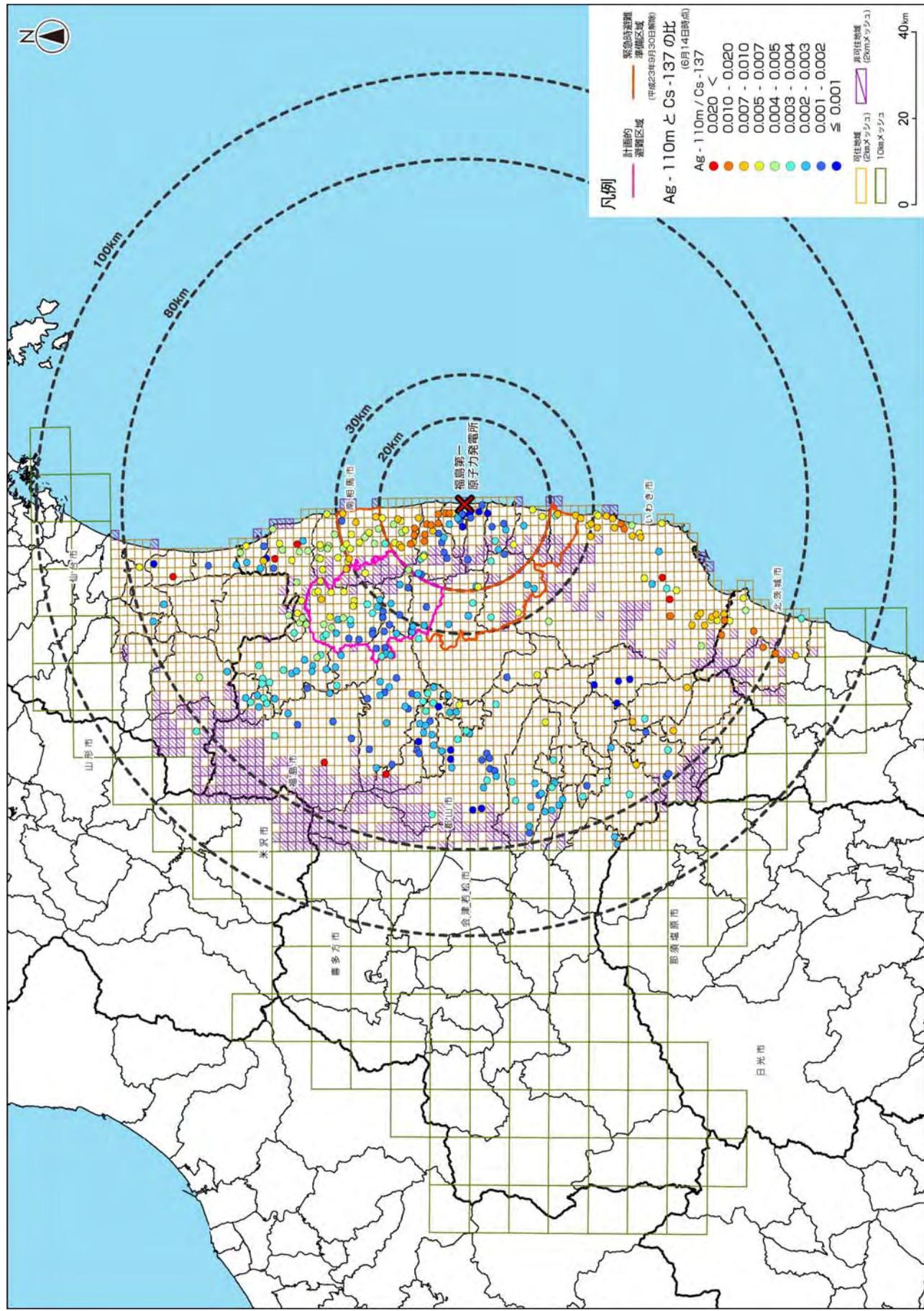
セシウム137に対するテルル129mの沈着量の比率について

(参考1)



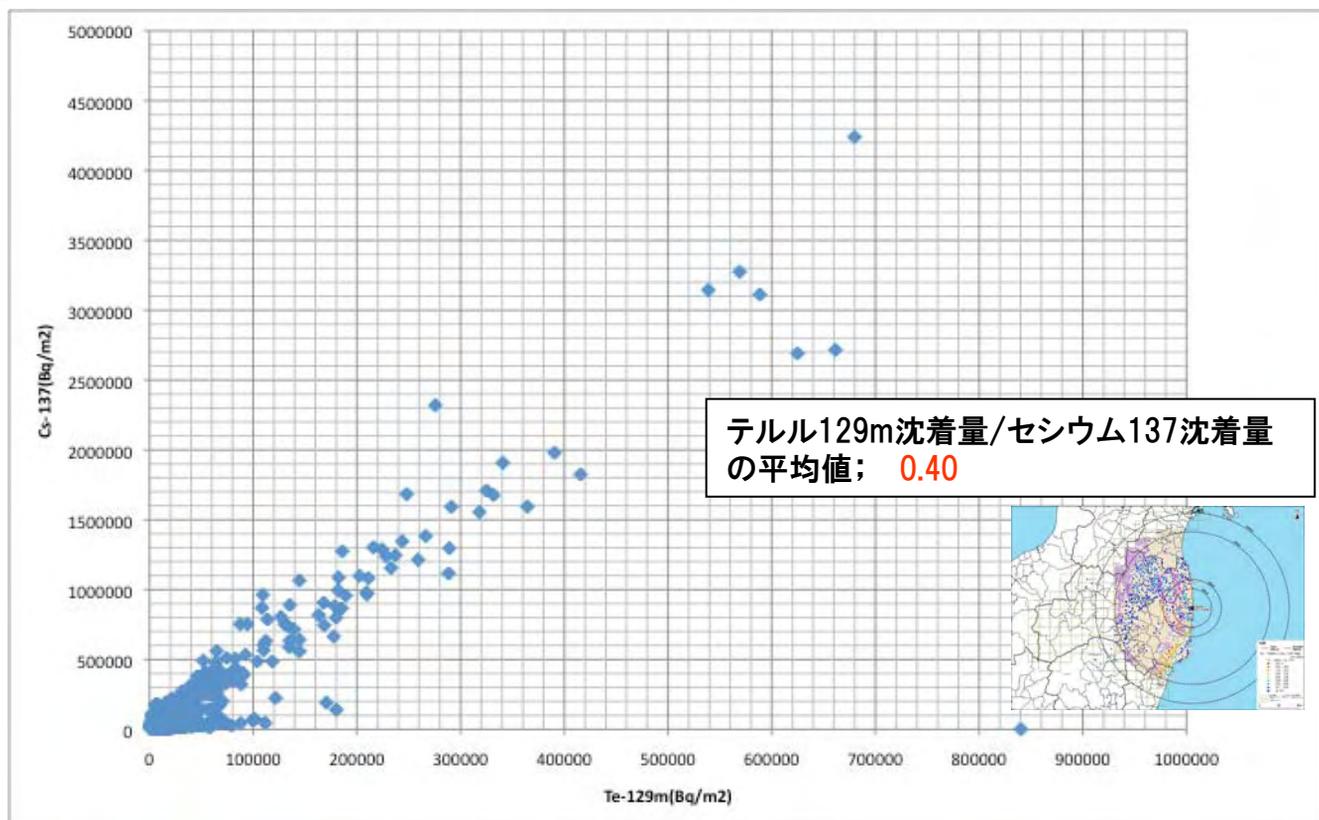
セシウム137に対する銀110mの沈着量の比率について

(参考2)

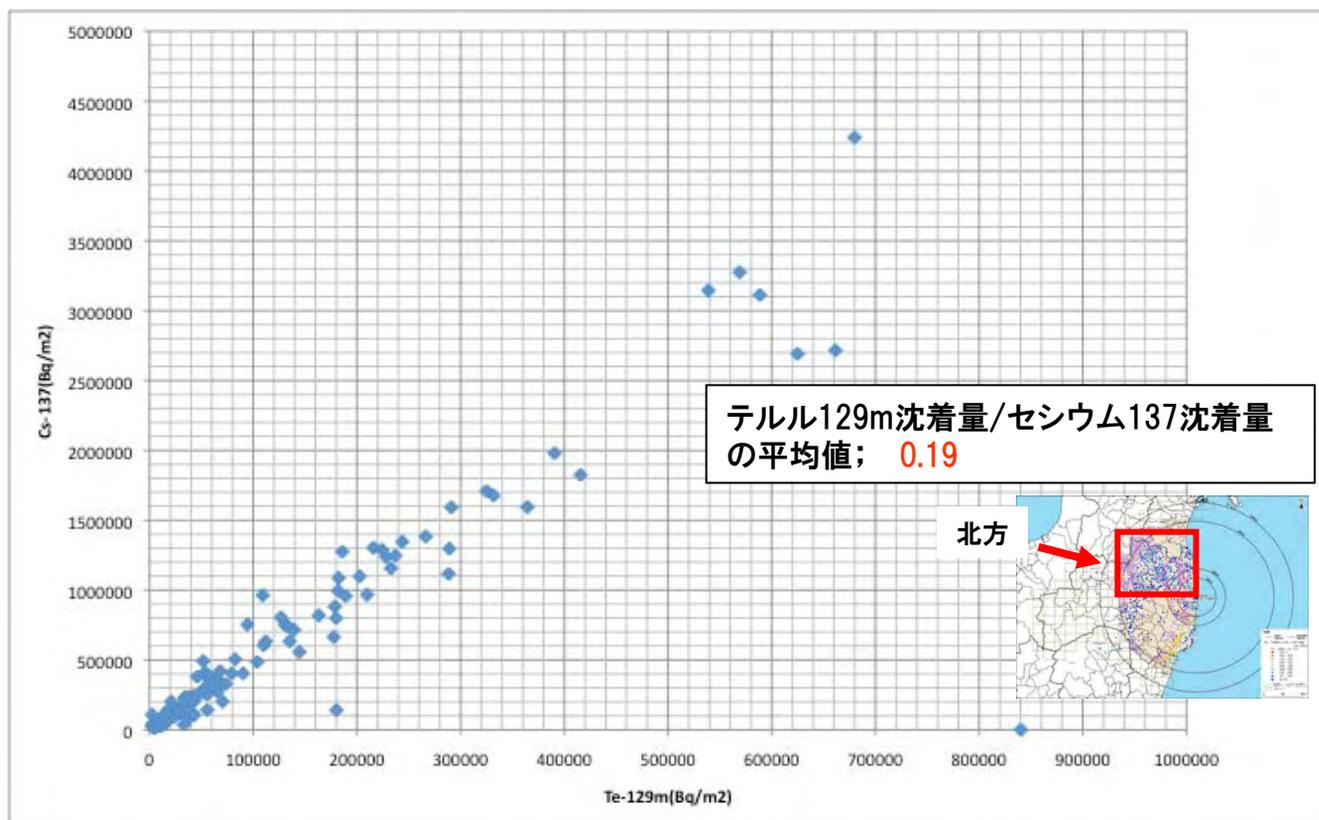


北方と南方(内陸部、沿岸部)におけるテルル129mの沈着量とセシウム137の沈着量との関係(その1)

①テルル129mとセシウム137の沈着量の関係



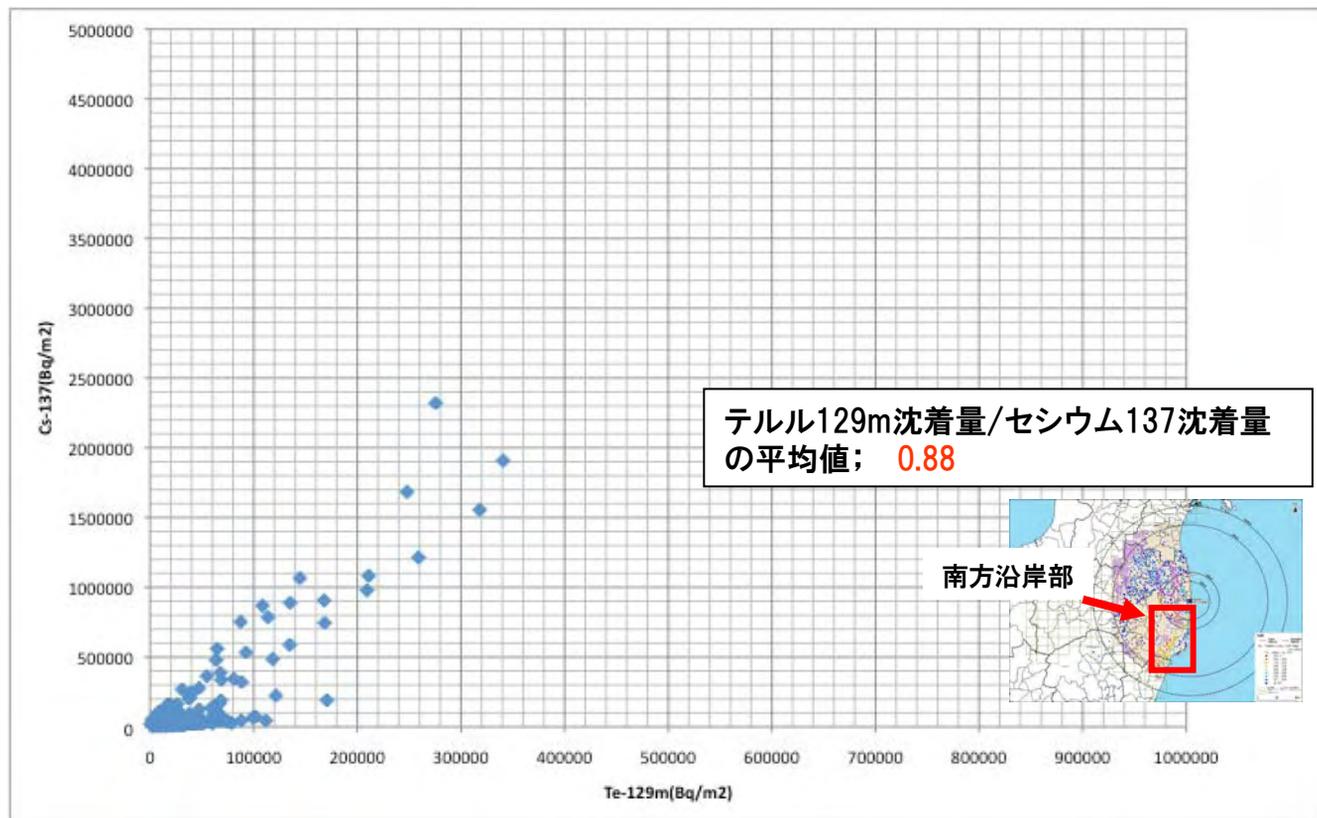
②北方におけるテルル129mとセシウム137の沈着量の関係



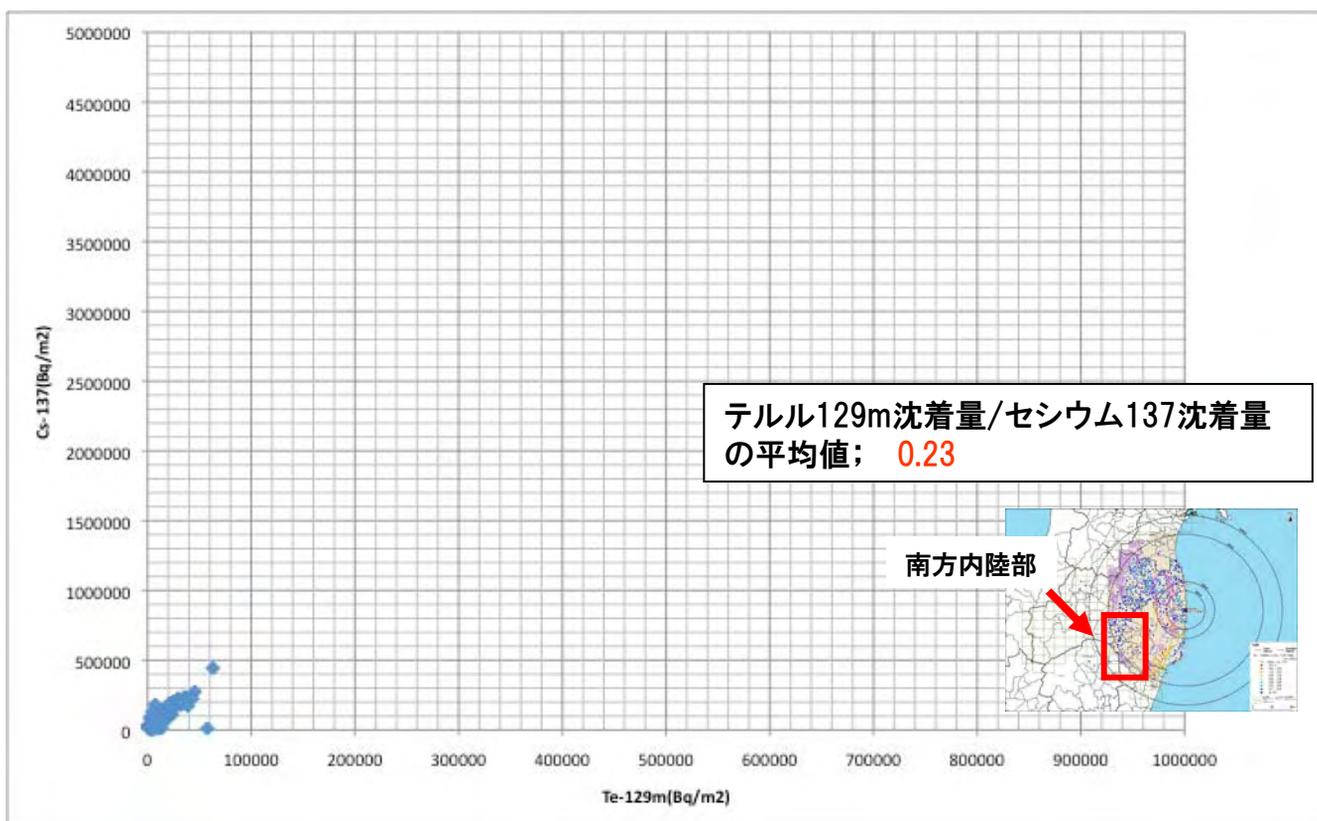
(参考3)

北方と南方(内陸部、沿岸部)におけるテルル129mの沈着量とセシウム137の沈着量との関係(その2)

③南方沿岸部におけるテルル129mとセシウム137の沈着量の関係



④南方内陸部におけるテルル129mとセシウム137の沈着量の関係



北方(内陸部、沿岸部)と南方における銀110mの沈着量とセシウム137の沈着量との関係(その1)

①銀110mとセシウム137の沈着量の関係

