

ガンマ線放出希少核種 (Te-129m, Ag-110m) データの処理について

1. データの選択とマップ化

6月6日から7月8日までに採取した土壌試料中の希少核種である Te-129m (半減期 33.6 日)、Ag-110m (半減期 250 日) の分析結果に関しては、半減期が短いことや沈着量が Cs-137, 134 に比べて小さいことが原因で、検出されないデータあるいは検出下限値以下の数値しか得られないケースが多数存在した。検討の結果、検出下限値以下のデータを含むデータセットについては I-131 と同様に次の取扱いをすることとした。

- 1 地点で採取した複数試料のうち検出下限値以上のデータが 1 つもない場合には、統計的に有意な情報が得られなかったので不検出と判断する。
- 最低 1 試料について検出下限値以上のデータがある場合には、統計的に有意なデータが存在するので該当核種がその地点で検出されたと判断し、その地点の濃度平均値を計算して示すこととした。

平均に際して、検出下限値以下のデータが含まれている場合でも、1 地点の試料全体に対する最も確からしい平均値を得ることを念頭におき、その値を含めて平均値を計算することとした。一部のデータでは、測定値が検出下限値以下の場合に測定値を記載していないものが存在した。この場合には 0 として平均値を計算した。また、バックグラウンド差し引きの統計的なばらつきによりマイナスの測定値が出ている場合が少数存在したが、物理的にあり得ないために 0 として扱った。減衰補正により第 1 回目調査の最終日である 6 月 14 日の値で表した。

図 1 及び図 2 に Te-129m 及び Ag-110m が検出された地点の濃度をマップ化して示している。Te-129m では 799 地点について、Ag-110m では 349 地点についてのデータをマップ上にプロットした。

Cs-134, 137 と同様に、福島第一原子力発電所から北西方向に高い濃度の地点が存在している一方、福島県の中通りならびに原子力発電所から南方向にも希少核種が検出された地点が存在する。Te-129m についてはチェルノブイル事故においても相当量が環境中に放出された報告があるのに対し、Ag-110m については環境放出に関する明確な報告はなされておらず、放出の経路について今後の説明が望まれる。

2. 沈着核種による外部被ばく線量の概算

検出された最大濃度は Te-129m で $2,660,000 \text{ Bq/m}^2$ 、Ag-110m で $83,200 \text{ Bq/m}^2$ であるが、これらはいずれも発電所から数キロメートル以内で観測された値である。

この最大濃度と国際原子力機関(IAEA)の技術報告書 TECDOC-995、TECDOC-1162 に示された線量換算係数を用いて、50年間の積算実効線量を概算することが可能である。この換算係数を用いることで、汚染された地面上に人間が留まると想定し、関心のある期間における外部線量及び再浮遊に起因する吸入の預託実効線量を評価できる。この方法により、Te-129m 及び Ag-110m による 50 年間の実効線量は 0.6 mSv、3.2 mSv 程度と評価される。

また、空間線量率が 0.1～5 μ Sv/h の範囲の 50 地点を選んで、6月14日の時点での空間線量率への各核種の寄与を TECDOC-1162 の線量換算値を用いて評価した結果、Cs-134 が約 70%、Cs-137 が約 30%を占め、Te-129m、Ag-110m の寄与は 1%以内であることが明らかになった。但し、食物摂取による内部被ばく線量については、別途評価する必要がある。

3. Cs-137 との濃度比

Cs-137 に対する Te-129m 及び Ag-110m の比率を測定地点上にプロットしたマップを図 3 及び図 4 に示す。Te-129m に関しては、I-131 と同様に南方の沿岸地区において高い比率を示す傾向が見える一方、Ag-110m については、沿岸部分全体に高い比率が観測されている。

図 5 に、Te-129m と Cs-137 の沈着量の相関図を示すが、Te-129m と Cs-137 の沈着量にはある程度の相関関係がある傾向がうかがえる。図 5 ではさらに、原子力発電所より緯度が北の地域（北方）、緯度が南かつ海岸から 28 km 以内の地域（南方沿岸部）、緯度が南かつ海岸から 28 km 以遠（南方内陸部）の 3 地域に区分した相関図も示している。

Te-129m/Cs-137 の平均比率を比較すると、南方沿岸部の比率が他の地域に比べて高い値を示す傾向がある。南方沿岸部の相関図をよく観察すると、比率の高い部分と低い部分が混在しており、この結果として南方沿岸部の比率を引き上げていることがわかる。そこで、南方沿岸部のうち Te-129m/Cs-137 比の高い地域のデータをさらに抜き出して示したのが図 6 (e)である。明らかに他の地域と異なる傾向を示している。これらの事実は、汚染の起源が北方、南方内陸部と南方沿岸部で異なることを示唆するとともに、南方沿岸部内においても起源の異なる複数のプルームにより汚染が生じた可能性も示している。

図 6 に Ag-110m と Cs-137 の沈着量の相関図を示す。Te-129m と異なり、Cs-137 との相関関係は明らかではない。

Te-129m 及び Ag-110m の Cs-137 との比が地域により異なることの解釈として、プルームが放出された時期により Cs-137 との比率が異なり、いくつかの異なる起源のプルームにより周辺地域の汚染が生じたことが予想される。これらのデータは I-131/Cs-137 比率の特徴的な分布と合わせて、沈着の経路を解明するための貴重な基礎データとなることが期待される。

4. Te-129m と Ag-110m の挙動について

チェルノブイル事故時に関する報告書においては Te-129m が大量に放出されたと評価されているのに対し、Ag-110m 放出量に関する公式な評価は報告書にはほとんどない。チェルノブイル事故後に環境中で Ag-110m が観測されたという報告があるため、放出があったことはほぼ確かであると考えられるが、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」における放出量推定値の中にも Ag-110m に関するデータはない。従って、今回得られた Ag-110m の沈着量マップは、Ag-110m の放出源情報を推定する上で、また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。

チェルノブイル事故においては、セシウムに対する他の放射性核種の比率は、ほとんどの場合原子炉から遠方になるほど小さくなるが、テルルに関しては距離に関係なくほぼ一定の値を示す、との報告がなされている。今回の測定値でも、Cs-137 と Te-129m の濃度は、第 5 図に示すように、一部の地域を除いて全般に良い相関を示すことがうかがえる。セシウムとテルルはともに揮発性の元素であり、また沸点がそれぞれ 671°C と 988°C と他の元素に比べて近いことから、似た挙動を示すことが予想される。

一方、銀の沸点は 2164°C であるため、今回の事故においては、気体となって放出された可能性は低く、粒子状で環境に放出されたものがほとんどであるため、Cs-137 や Te-129m とは挙動を異にすることが考えられる。図 6 の Cs-137 との相関図を見ても、比率がおおきくばらついており、セシウムとは異なる挙動を示すことを示唆する結果が得られている。

図1. Te-129mの沈着量

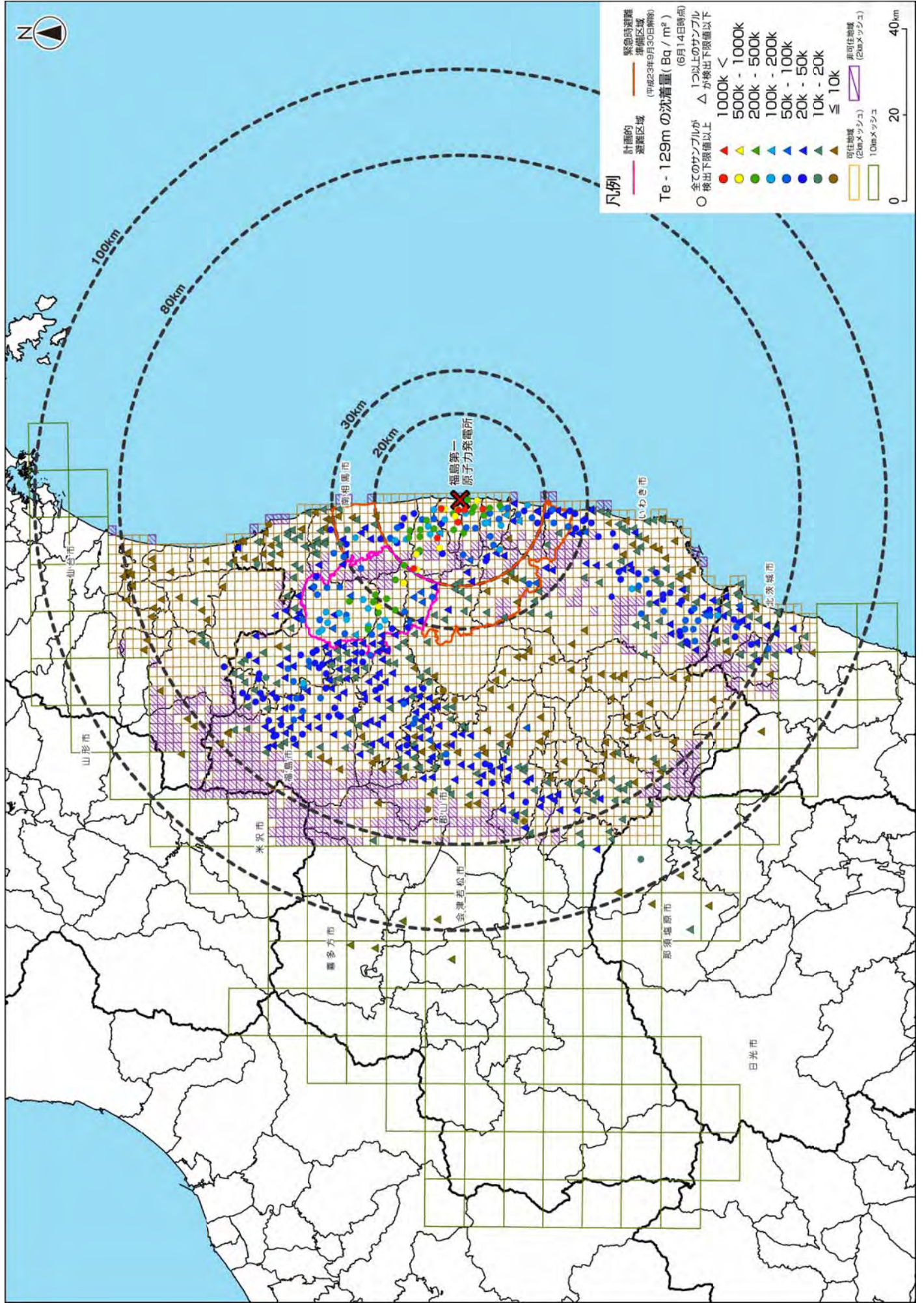


図2. Ag-110mの沈着量

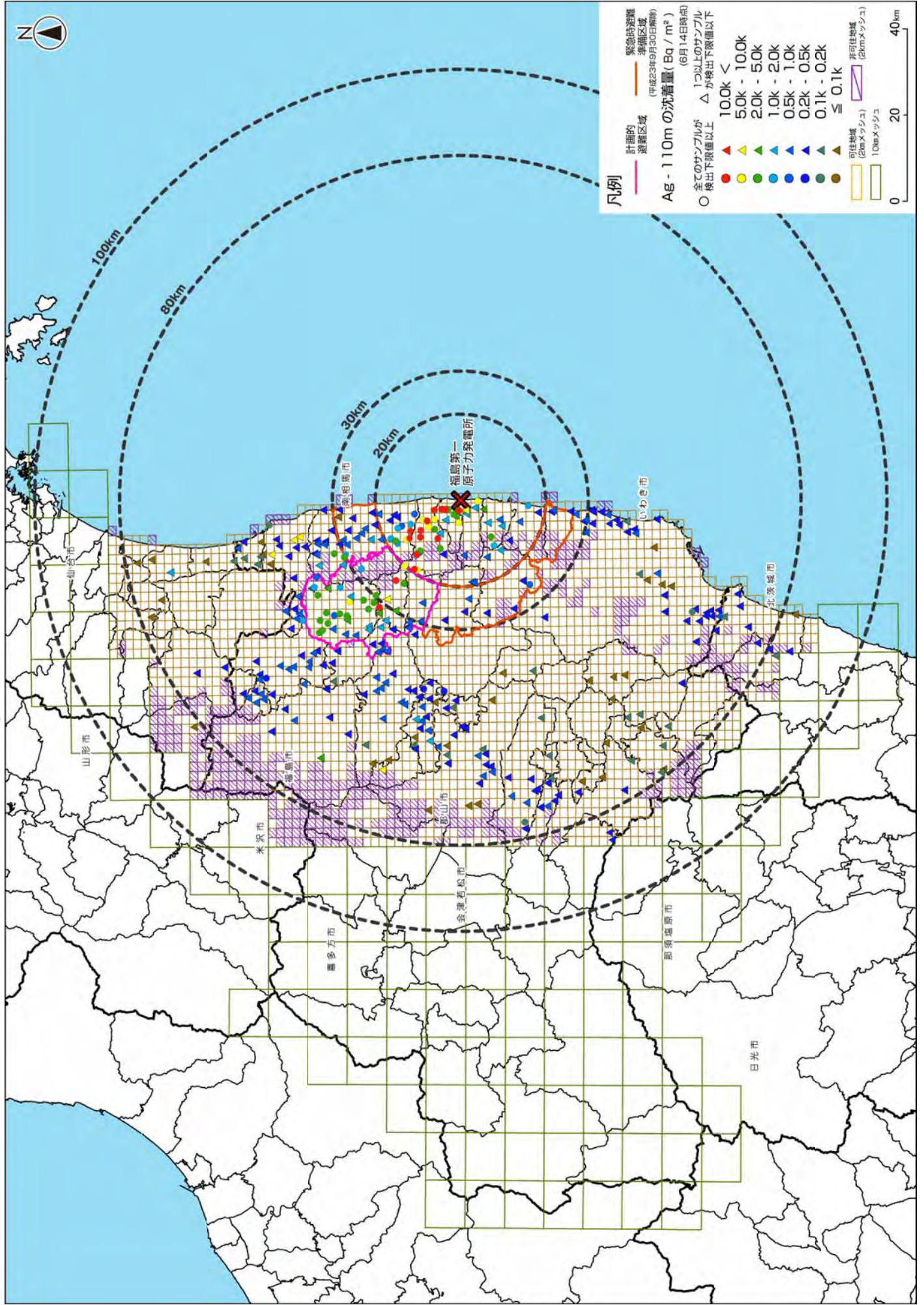


図3. Te-129m / Cs-137 沈着量比率

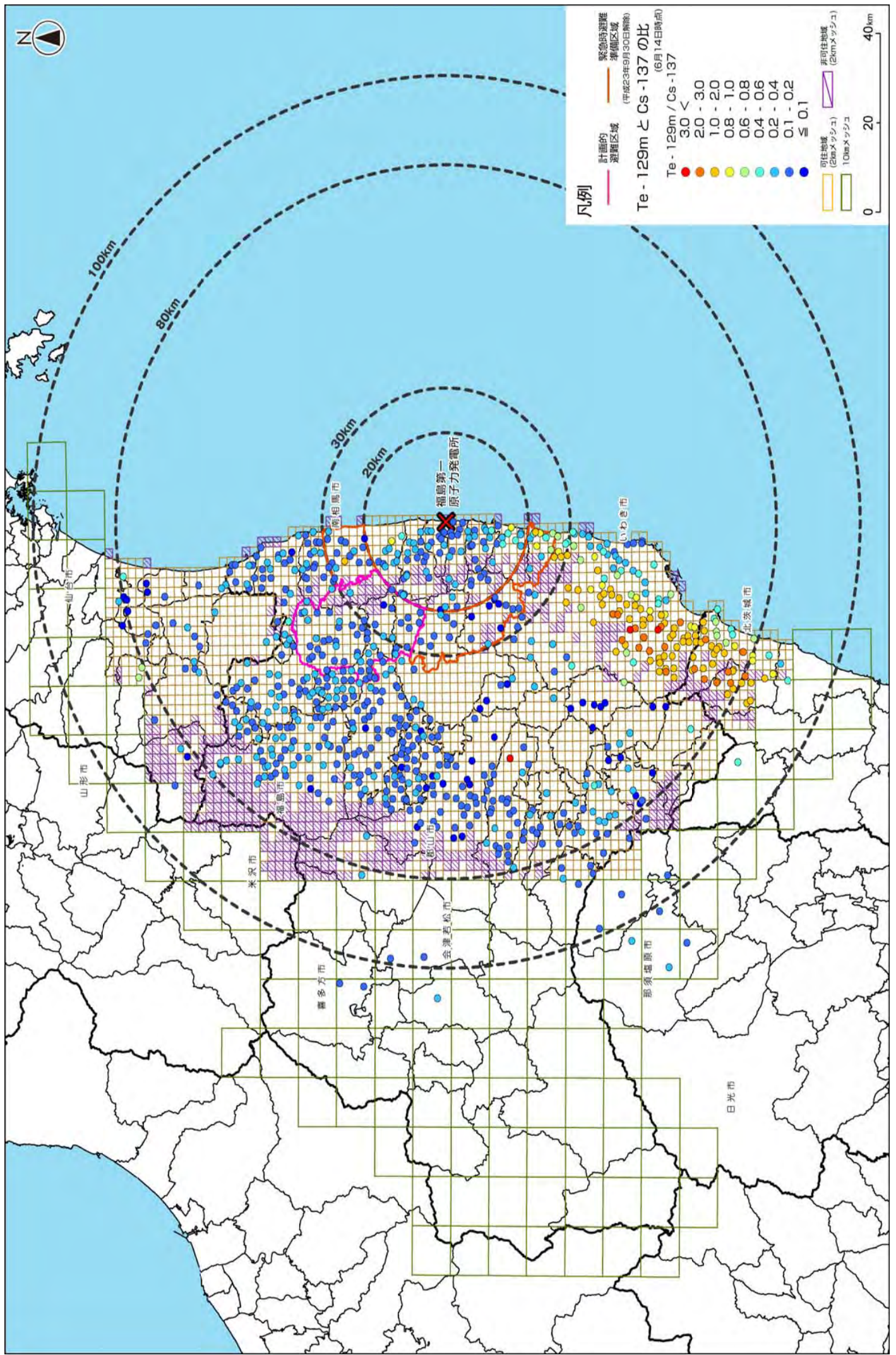


図4. Ag-110m / Cs-137 沈着量比率

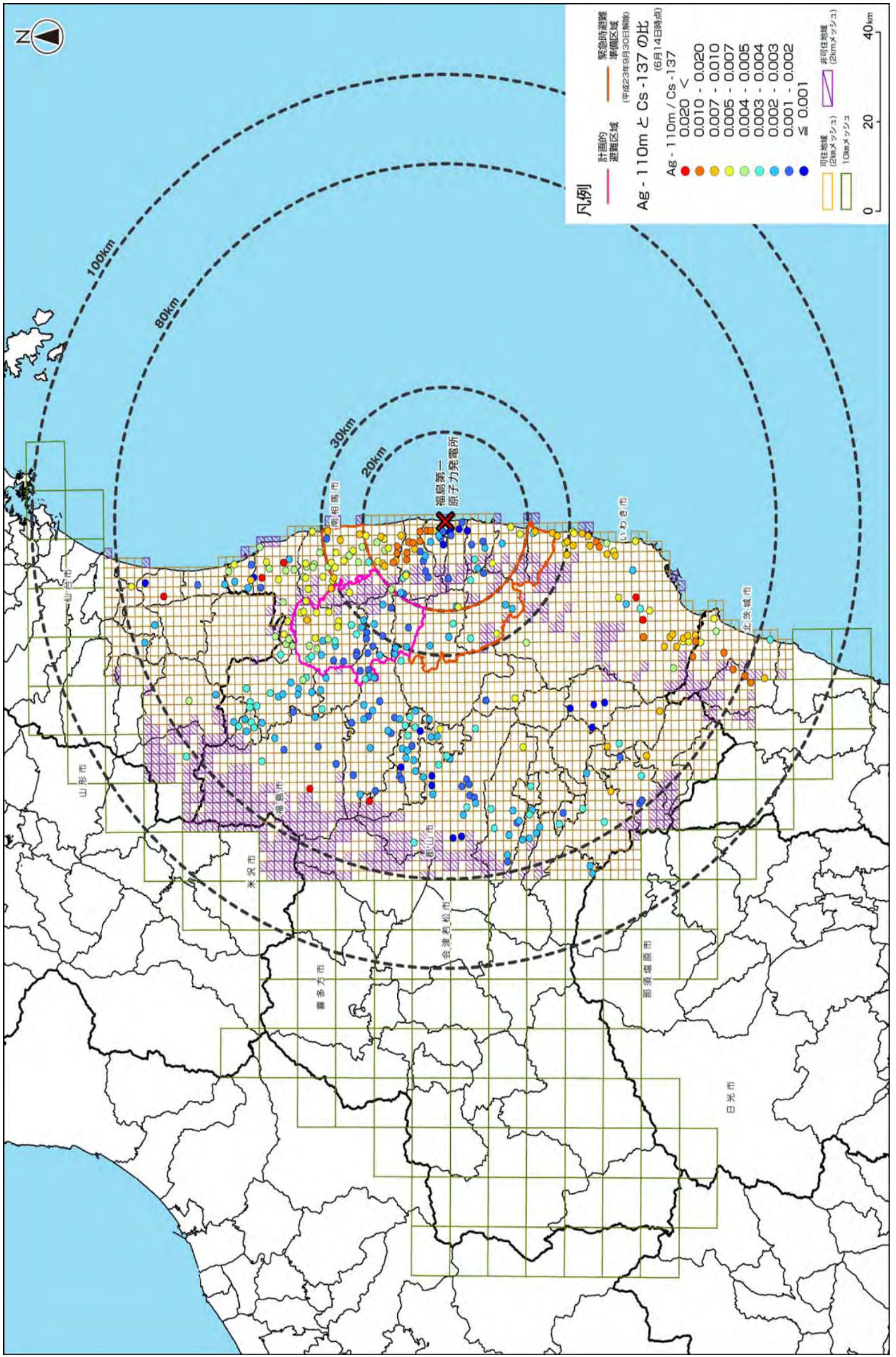
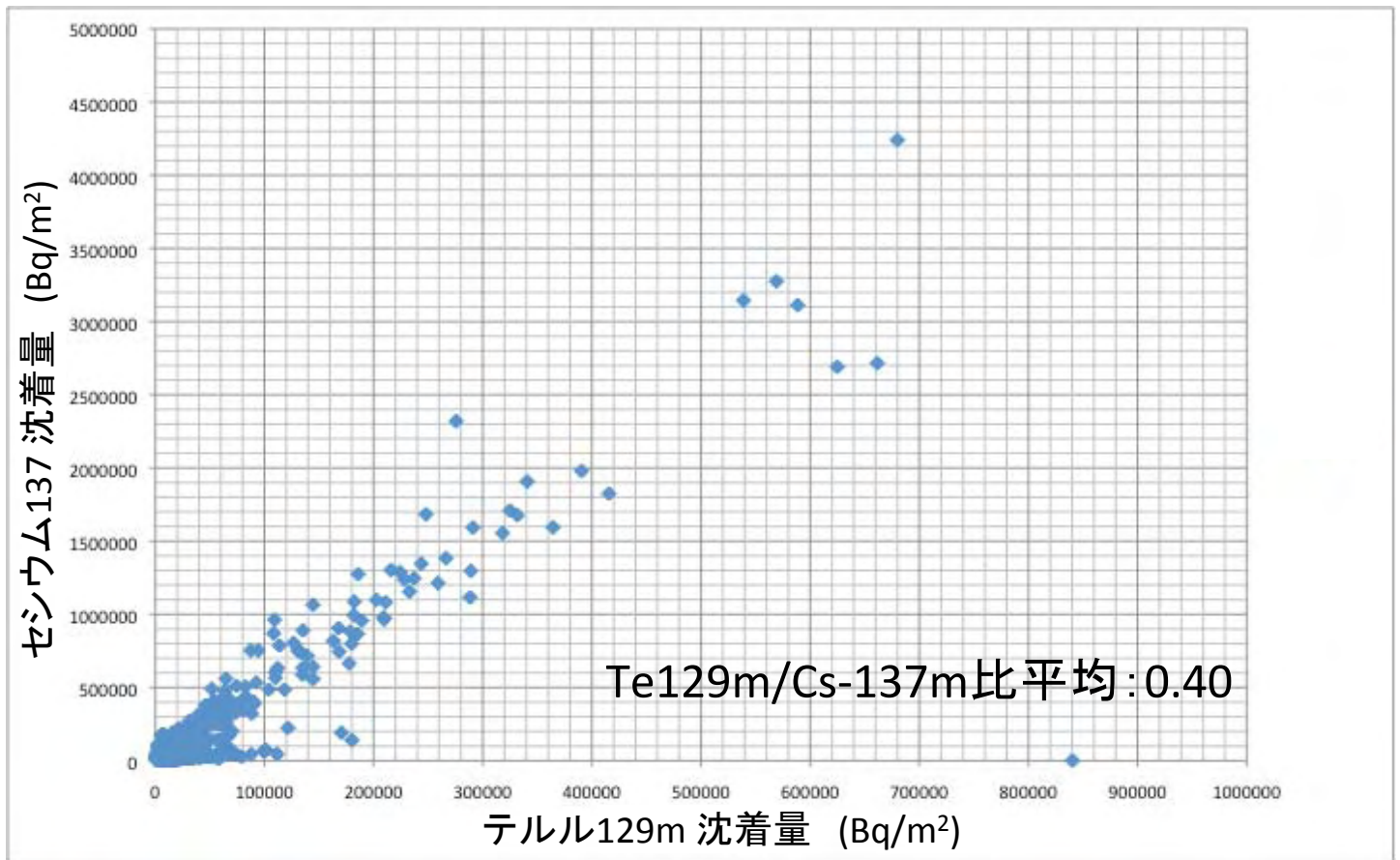
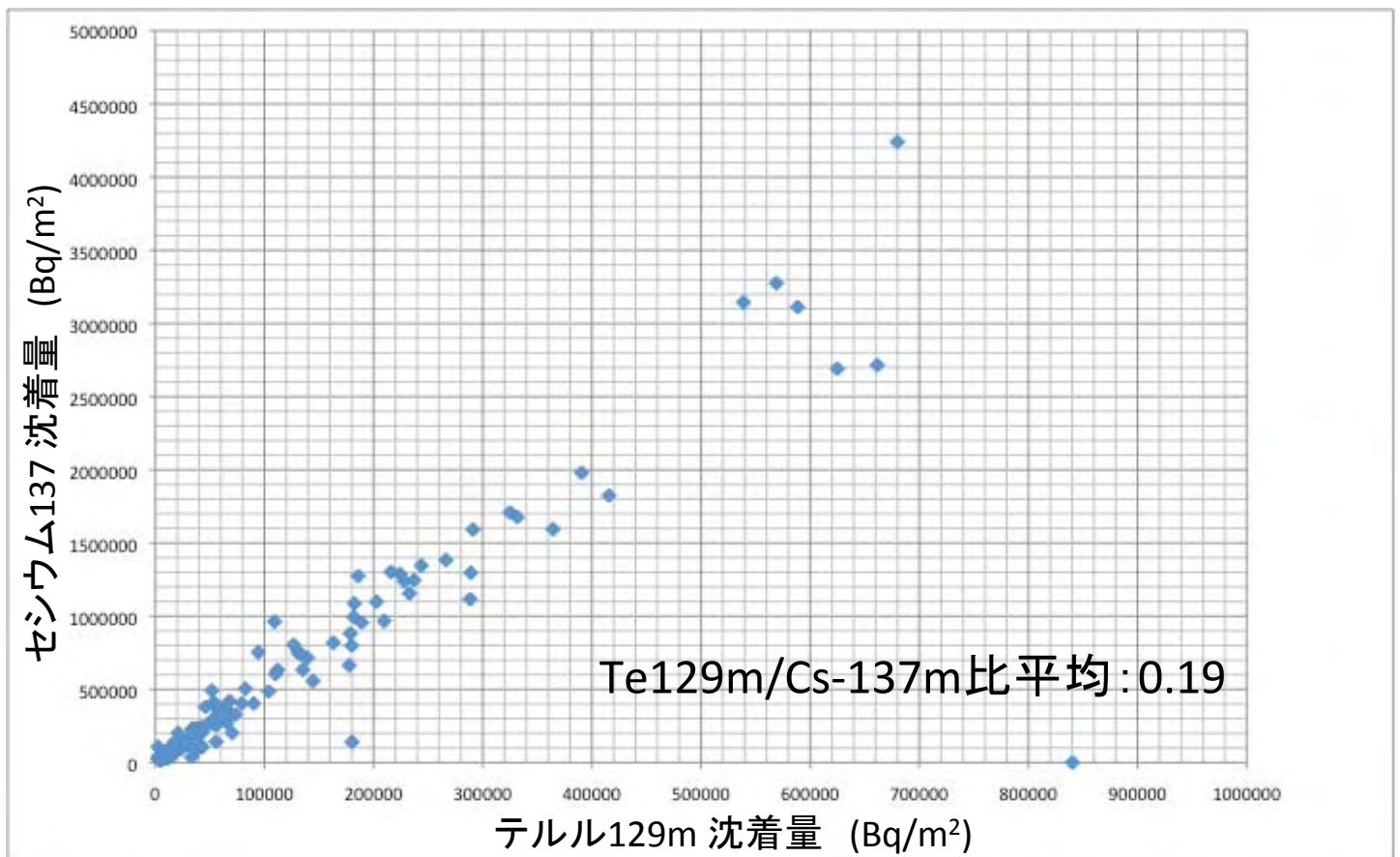


図5 Te-129mとCs-137の沈着量の比率

(a) 全体

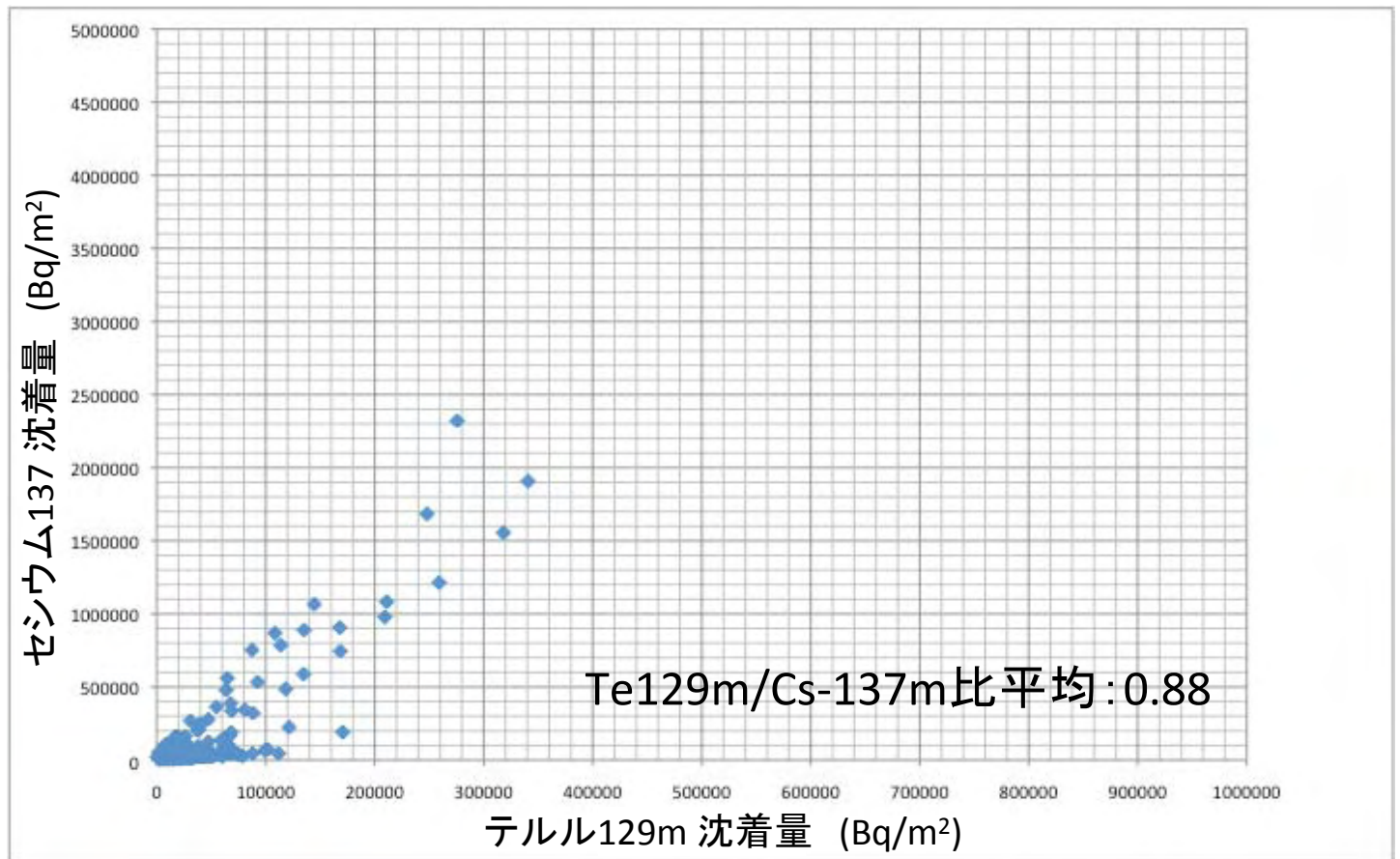


(b) 北方

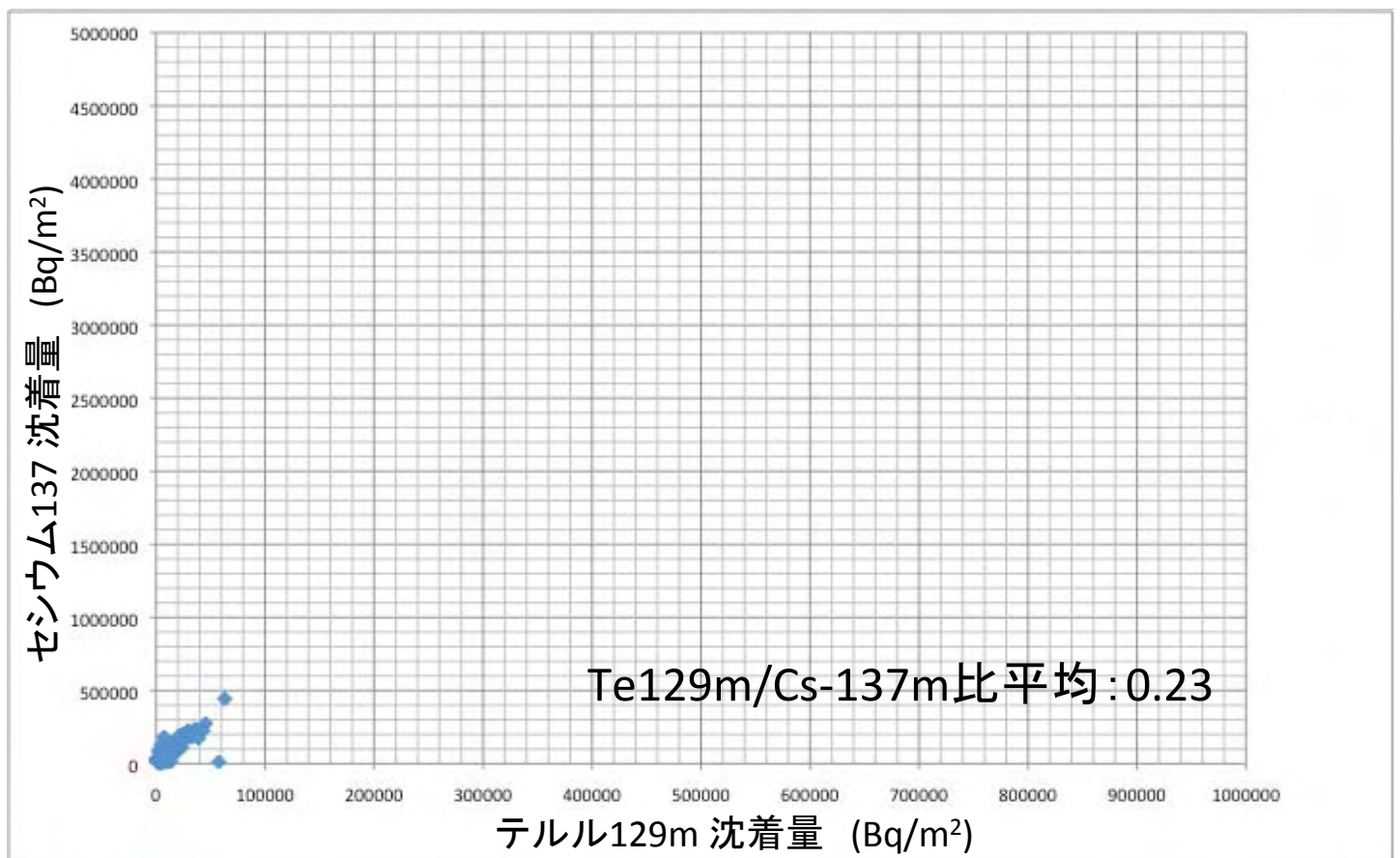


Te-129mとCs-137の沈着量の比率

(c) 南方沿岸部



(d) 南方内陸部



Te-129mとCs-137の沈着量の比率

(e) 南方沿岸部中央地域

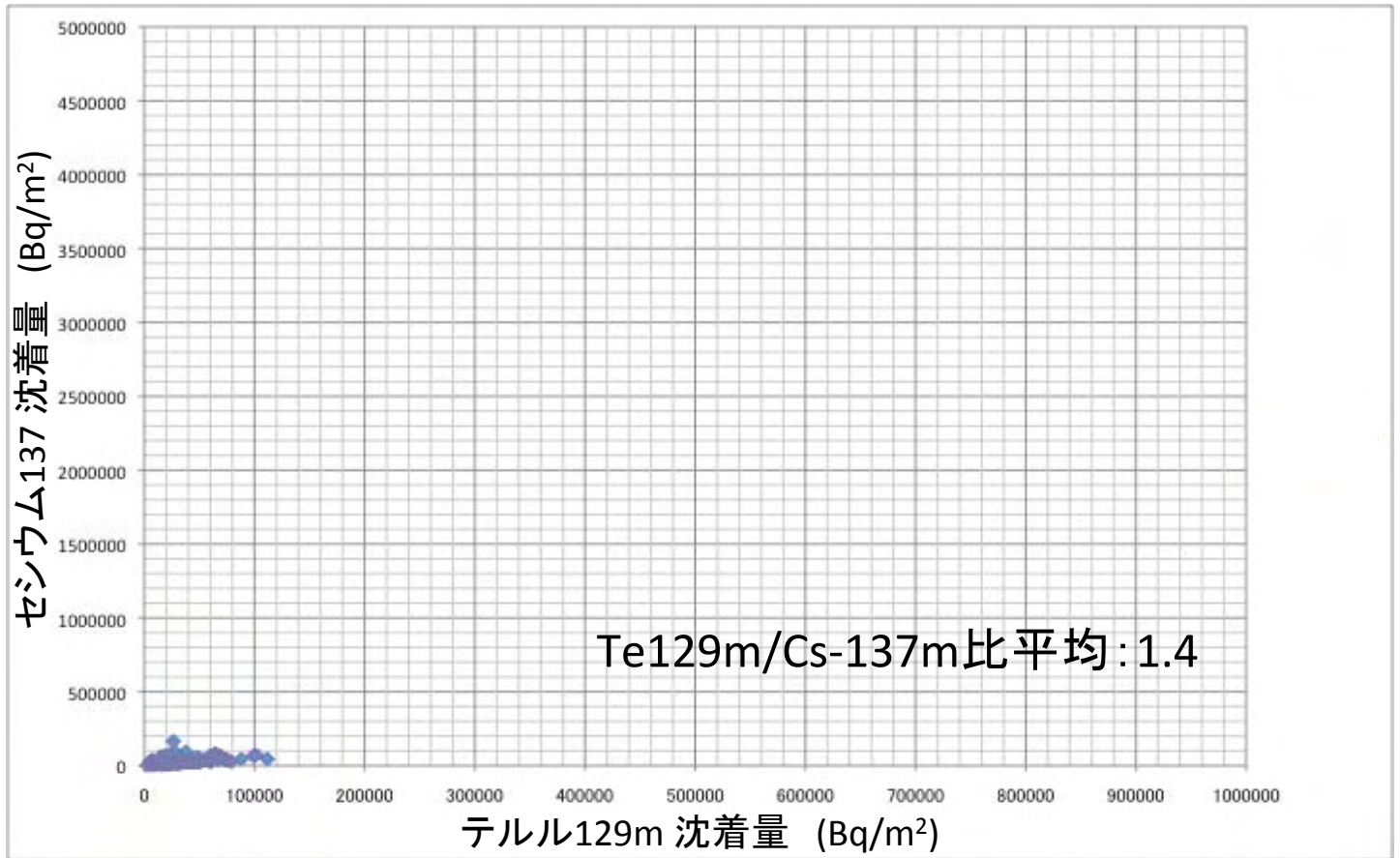


図6 Ag-110mとCs-137の沈着量の比率

