

土壌調査及び分析方法

調査地点の選定

群馬県農耕地土壌図を2.5km四方の区画に分け、農耕地のある各区画から地目（水田・畑）及び当該地域に代表的な土壌群（土壌の種類）を指定したうえで、関係機関の協力を得て調査対象のほ場を農耕地面積等に応じそれぞれ1～3点、全体で770点選定した（注1）。

選定したほ場について実際に土壌調査を実施し、以下の条件を満たしていることが確認された地点の調査結果を地図作成に使用している（628点（注2））。

- ア 周辺環境・規模等が当該地域にあつて特異的でないこと。
- イ 調査実施について地権者・耕作者の了解を得られること（注3）。
- ウ 事故後30cmを超える深耕をしていないこと。
- エ 事故発生時（概ね3月中）に雨よけ・マルチ等の被覆がないこと。
- オ その他の理由で調査が不正確となるおそれがないこと（注4）。

注1）農耕地が極少の区画、また事前調査で上記条件を満たすほ場が得られない区画は選定対象から除外した。

注2）平成24年1月31日時点の点数。今後、現時点で未分析の試料のデータも追加し、更新する予定。

注3）了解を得るにあたり、個別の調査地点を特定する位置情報（ほ場所在地、緯度経度）は公表しない扱いとしている。

注4）例一反転耕の実施で土壌中の放射性セシウムの分布が著しく不均一になっていることが予想される等。

土壌断面調査及び土壌試料の採取方法

ほ場の土壌断面調査及び試料採取にあたっては、器具を水道水で洗浄、靴カバーを着用するなどの相互汚染防止に努めた。

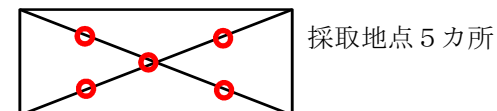
1 土壌断面調査

GPSで調査地点の位置情報（緯度、経度）を記録、ほ場中央部において1mオーガーにより土壌断面を調査するとともに、作土深を調査した。

2 土壌試料の採取

（1）採取地点

ほ場の対角線の交点1カ所と、交点と頂点を結んだ線の中点4カ所を目視で選定し採取地点とした。ほ場が広い場合は中心付近の10aを対象ほ場とみなした。また、ほ場内で浸水等により特異的になっていると考えられる部分がある場合にはその部分を調査対象から適宜除外した。



（2）採取方法

採取地点5カ所において、 $\phi 50\text{mm}$ の手動式採土器に、作土の深さに印を付け、採土内に透明円筒を入れ、作土の深さまで挿入後、透明円筒をフックで取り出し、作土を採取した。続いて透明円筒を入れ替え、作土より下採取可能な深さまでを採取した（次層）。作土・次層ごとに、5カ所で採取した土壌を合わせて1試料とした。フックによる取出が困難な場合には作土 $\sim 30\text{cm}$ までを1つの透明円筒で一括採取した後、透明円筒を解体して作土・次層を取り分けた。

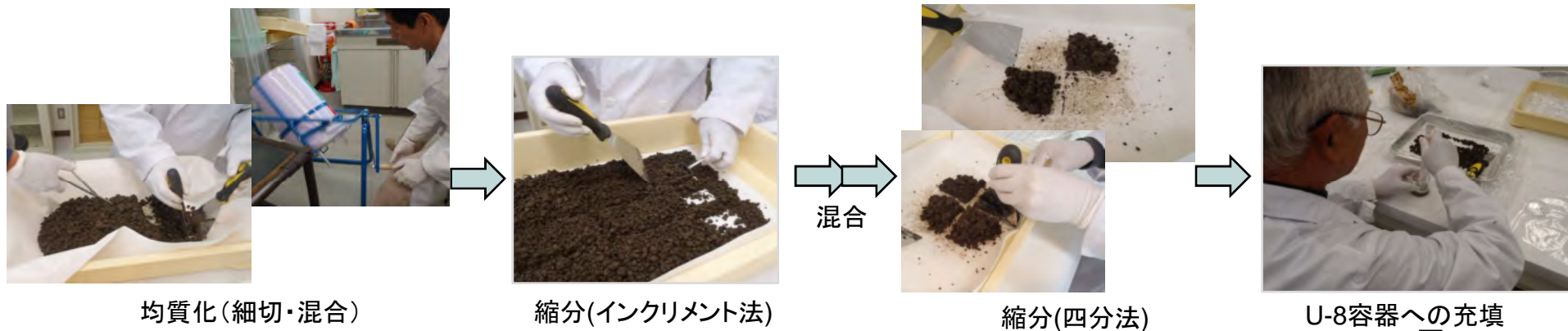
不耕起の場合には、採取可能な深さまでを作土試料として採取した。なお、礫が大きい場合には、 $\phi 80\text{mm}$ の採土器により試料採取した。

土壌試料の放射性セシウム濃度の分析について

A. 群馬県農業技術センター

1. 土壌試料の前処理方法および水分測定

調査地点で採取した土壌試料は概ね1~2kg程度であるが、放射性セシウム分析は100mLの容器(U-8容器)に充填して行うため、分析供試量は100~150g程度に過ぎない。そこで、分析前処理では試料の均質化および縮分を慎重に実施した。また、乾土重量あたりの放射性セシウム濃度を求めるため、土壌試料の水分を105℃ 24時間 常圧加熱乾燥法で測定した。



2. 放射性セシウム濃度分析

ゲルマニウム半導体検出器で5,000秒間測定した。

検出限界はCs-134が12Bq/kg_(乾土)以下、Cs-137が10Bq/kg_(乾土)以下であった。



ゲルマニウム半導体検出器

B. 日立協和エンジニアリング株式会社

C. (財)九州環境管理協会

放射性セシウム濃度分析の信頼性確保について

1. 測定時間の検討

放射性セシウム濃度分析においては、測定時間が長いほど測定値の誤差は小さく、検出限界値は低くなる。そこで、測定時間の延長効果が十分小さくなる最短の測定時間を検討し、5000秒を測定時間として採用した。

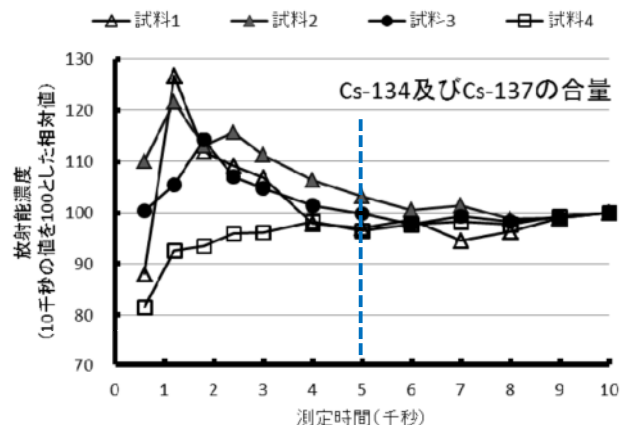


図1 測定時間の延長に伴う放射能濃度の変化

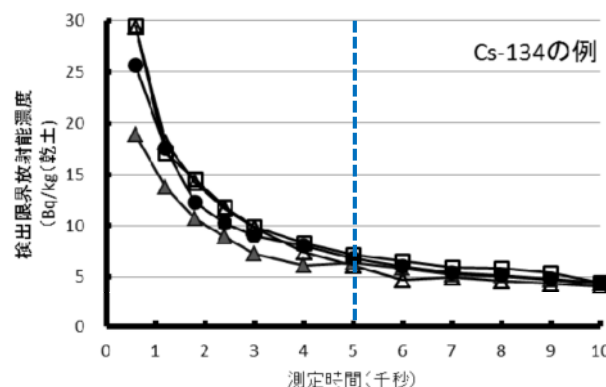


図2 測定時間の延長に伴う検出限界値の変化

| 凡例 | | | |
|----------------|-----|--------|---|
| | | 分類 | 放射性セシウム濃度 ^(注) [Bq/kg(乾土)] |
| -△- | 試料1 | 黒ボク土 | 41 |
| -▲- | 試料2 | 多湿黒ボク土 | 86 |
| -●- | 試料3 | 灰色低地土 | 105 |
| -□- | 試料4 | 褐色森林土 | 372 |
| 注) 5,000秒での測定値 | | | |

2. 繰り返し測定による測定値のばらつき確認

2地点の土壤試料を用いて、分析前処理(縮分以降)からゲルマニウム半導体検出器での測定までを6回繰り返して測定値のばらつきを確認した。変動係数はそれぞれ8%、11%であり、6回の各測定値と平均値との差は最大でそれぞれ12%、19%(平均値に対する割合)であった。

3. 試料取り違い等の人為的ミスの確認

試料ラベルの写真撮影と前処理作業の記録簿作成、写真と記録簿の確認により、試料取り違い等の人為的ミスの抑制、発見及び修正を行った。

放射性セシウム濃度測定値の減衰補正について

土壌試料中の放射性セシウムの放射能の強さは時間経過とともに減衰する。減衰の速度は半減期として表現されており、物理的な半減期は環境条件にかかわらず一定とされている。県内の放射性セシウムの分布を把握するために、基準となる日時(以下「基準日時」)における値に減衰補正する必要がある。

今回、地図作成に用いた測定値は、以下のとおり減衰補正を行った。

(1)基準日時

平成23年6月14日 12:00:00

(2)減衰補正式

半減期 T の放射性核種について、測定時点での放射能が A であれば、時間 t 前の放射能 A_0 は次式で求められる。

$$A_0 = A \times (0.5)^{-(t/T)}$$

(「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」(文部科学省、平成4年改訂)から引用。崩壊による減衰を補正計算する方法。)

(3)半減期

Cs-134:753.798日、Cs-137:10986.5日

「作土量」の測定・算出方法

分析による放射性セシウム濃度測定値=Bq/kg（乾土）から、分布図の作成に使用する沈着量（単位面積あたり土壤中に存在する放射性セシウムの量、Bq/m²）の値を求めるためには、調査ほ場について単位面積あたりの作土重量（kg（乾土）/m²、以下便宜的に「作土量」とする）が必要となる。以下のとおり、1により作土の仮比重を測定し、2のように仮比重と作土深から作土量を算出した。

1 仮比重（単位容積あたりの作土の乾燥重量）の測定

調査ほ場の対角線上3箇所から100mLの円筒（礫が多い場合には適宜採取容積を拡大）で作土土壌試料を採取し、実験室で105℃で乾燥して仮比重（g/cm³、1 g/cm³=1,000kg/m³）を求めた。

2 作土量の算出例

仮比重=0.9 g/cm³ = 900kg/m³、作土深= 15 cm = 0.15m

作土量=仮比重×作土深 = 900kg/m³ ×0.15m = 135 kg/m²

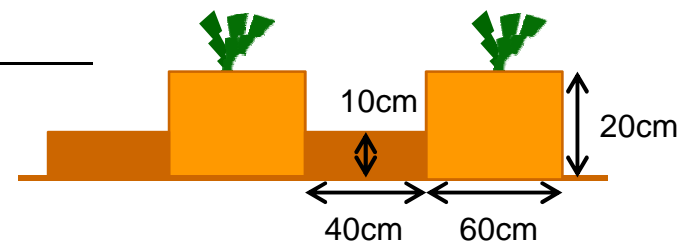
等として算出した。

【うねのある場合】

作土量=
$$\frac{\text{うね仮比重} \times \text{うね作土深} \times \text{うね幅} + \text{うね間仮比重} \times \text{うね間作土深} \times \text{うね間幅}}{\text{うね幅} + \text{うね間幅}}$$

$$= \frac{700\text{kg/m}^3 \times 0.2 \text{ m} \times 60 + 900\text{kg/m}^3 \times 0.1 \text{ m} \times 40}{60 + 40}$$

= 120 kg/m² 等として算出した。



1.沈着量分布図

1) 沈着量[Bq/m²]

沈着量は単位面積あたりに存在する放射性セシウム(Cs-134, Cs-137)の量として用いた。この沈着量は、主に外部被爆を考慮するとき用いられる。今回の事故で、放射性物質が、県内のどこにどのくらい降下したかを空間的に把握するため、沈着量分布図を作成した。

沈着量の求め方は、ゲルマニウム半導体検出器により測定した土壤中（作土）の放射性セシウム濃度に、各調査地点の作土深と仮比重を乗じて、各調査地点の沈着量（式①）として求めた。

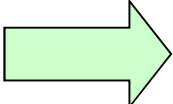
沈着量[Bq/m²]=

$$\text{濃度[Bq/kg(乾土)]} \times \text{作土深(cm)} \times \text{仮比重(g/cm}^3\text{)} \times 10 \dots \text{式①}$$


ほ場ごとの作土量[kg(乾土)/m²]

2)沈着量分布図の作成

この式①で求めた沈着量（628地点）と各調査地点の位置情報（緯度、経度）により、GISソフト（クリギング法）を用いて、空間データ解析を行い、等濃度線図を作成した。この等濃度線図を農耕地土壌図に当てはめて、農地への沈着量分布図とした。

 沈着量分布図

2.濃度分布図[Bq/kg(乾土)]

放射性セシウム(Cs-134, Cs-137)濃度は、主に内部被爆を考慮するとき用いられる。土壌中の濃度は、土壌から玄米や野菜など作物中に、どのくらい移行するかを推定する場合の基準となる数値である。この作物中の濃度を推定するために、沈着量分布図を基に土壌中の濃度分布図を作成した。

作物中の放射性セシウム濃度 = 土壌中の放射性セシウム濃度 × 移行係数

土壌中の濃度は、沈着量が同じであっても、作土の深さや重さ（仮比重）により異なり、空間的には不連続である。そのため沈着量分布図を先に作成した。沈着量分布図と地目及び各土壌群別の作土量の平均値から、土壌中の濃度を推定(式②)して、農地土壌の放射性セシウム濃度分布図を作成した。

$$\text{濃度 [Bq/kg(乾土*)]} = \text{沈着量 [Bq/m}^2\text{]} \div \text{平均の作土量 [kg (乾土) /m}^2\text{]} \cdot \cdot \text{式②}$$

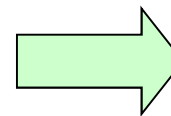
※礫、植物残さ等を含む

濃度分布図に用いた地目・土壌群ごとの作土量の平均値

| 地目 | 土壌群 | 仮比重 (g/cm ³) | 作土深 (cm) | 作土量 (kg/m ²) |
|----|----------|-----------------------------|-------------|-----------------------------|
| 水田 | 多湿黒ボク土 | 0.74 | 14.0 | 103 |
| | 低地水田土 | 0.86 | 13.1 | 113 |
| | グライ低地土 | 0.69 | 13.8 | 96 |
| | 灰色低地土 | 0.79 | 13.4 | 104 |
| | 褐色低地土 | 0.83 | 14.4 | 119 |
| 畑地 | 火山放出物未熟土 | 0.80 | 17.9 | 142 |
| | 黒ボク土 | 0.82 | 17.1 | 143 |
| | 褐色低地土 | 0.97 | 17.3 | 168 |
| | 褐色森林土 | 1.10 | 18.1 | 195 |

注)仮比重・作土深は、不耕起やうね・うね間で別に調査している場合は含まない。

作土量は、うね・うね間それぞれで、計算した値が含まれている。



濃度分布図