

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：82111

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25660195

研究課題名(和文)ため池底泥中のCsの直接計測技術の開発

研究課題名(英文)Developing a field survey system for radio cesium in bottom sediments

研究代表者

吉永 育生(yoshinaga, ikuo)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・水理工学研究領域・主任研究員

研究者番号：50414420

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：ため池底質中の放射性Csから放出されるガンマ線を現場で効率的に計測できるシステムを提案する。市販のサーベイメータを使って底質表層のガンマ線を計測し、開発したソフトによって、サーベイメータから出力されるcsvファイルと、GNSS受信機から出力される緯度経度データを照合し、移動の軌跡とガンマ線の計測結果をリアルタイムで描画する。本システムにより、短時間で底質表層のガンマ線を計測でき、水域内におけるガンマ線の面的な分布傾向やホットスポットを効率的に把握することができる。含水比などの底質の性状が類似する同一水域内では、得られたガンマ線の値から、底質表層に含まれる放射性Cs濃度の値を概略予測できる。

研究成果の概要(英文)：We developed a simple field survey system for gamma ray emitted from radioactive cesium accumulated in reservoir bottom sediment. The system is composed of a CsI analyzer in waterproof acryl box, a global navigation satellite system (GNSS) receiver, and a trace drawing software. The software can draw spatial distribution of gamma ray by checking csv files saved by the CsI analyzer and tracing log file saved by the GNSS receiver in real time. The system enable to understand spatial distribution and hot spots of gamma ray in bottom sediments. The concentration of radioactive cesium can be calculated from the gamma ray values by a correlation curve obtained in same water bodies.

研究分野：農業土木

キーワード：研究質定量化・予測 農業水利・灌漑排水

1. 研究開始当初の背景

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって放出された放射性物質が問題となっている。流域に降下した放射性セシウム(以下、Cs)の一部は、降雨にともなって水と共に移動し、ダム湖やため池等の貯水施設の底泥に堆積している。東北農政局の調査によると、貯留された水に含まれるセシウム濃度は大半が検出下限値以下、一部で 3.0Bq/l 程度で、農業用水としての利用に支障があるレベルではない。しかし、ため池の底泥における Cs 濃度は 150~170,000Bq/kg と比較的高く、これらが貯留水に回帰すると、農業用水中の Cs 濃度が大きく上昇することが懸念されている。

既往の研究により、Cs は土粒子に吸着されやすく、特に粘土には強く吸着されること、一方で有機物に対する吸着力は弱く、溶脱しやすいこと等が知られている。また、堆積土では、単位重量あたりの吸着量は粒径が小さい粘土のほうが大きいものの、全体の量からすると土中に多く存在する 0.01mm 以上の粗い粒子への付着量が多いこと、底泥に付着した Cs の再拡散の主要因は風による底泥の巻き上げであり、深水域では 6 年で堆積量が 50% 増加したことが報告されている。そのため、Cs の存在や移動形態は、流域の土壌や水域の特性によって大きく異なることが予想される。

国内の調査研究は緒に就いた段階で、ため池を対象とした報告例は少ない。申請者らが、ため池を対象として調査したところ、Cs は底泥の表層 2cm に主に存在していること、水深が深い箇所は高い濃度を示す傾向にあること、が明らかになっているが、近接する地点であっても濃度の値が大きく異なっている。また、水域内の流れとの関係性を見出すことも難しく、Cs 汚染の状況を判断するためのデータ取得が難しい状況である。

底泥の Cs 濃度を把握するには、底泥の不均一性を排除できるほどの大きな面積でサンプル採取を行うか、もしくは近接する地点で多数のサンプル採取・分析を行うことが有効であるが、いずれも多大な労力、コストと時間を要するため、現実的とは言えない。

2. 研究の目的

市販されているポータブルセンサーを利用し、水中の泥に堆積している Cs を直接かつ短時間で計測する手法を開発する。これにより、短時間かつ低コストで、底泥の Cs 汚染度を評価することが可能となり、水域の汚染度の判断、詳細調査地点の抽出や、除染対策手法の検討に資することが期待される。

3. 研究の方法

はじめに、実験用の試作品を作成する。センサー(シンチレーション検出器)とデータ取得用のタブレット PC、GPS ロガー等を保護する防水容器をアクリルで作成し、データ取

得や動作確認を行う。対象試料として、福島県内の底泥を採取し、実験用に調整する。

試作品を使って計測手法を整理し、現場試験を行う。ため池の底質では、狭い範囲でも Cs 濃度が大きく異なるため、Cs の面的な分布状況を把握することに重点を置く。また、計測時の位置情報の高精度化と作業の効率化を図る。水上では、計測位置の特定が難しいため、作業が非効率となる場合がある。そこで、ガンマ線の計測値と高精度な GPS データとを連携するアプリケーションの開発により、計測作業の効率化をはかる。

4. 研究成果

(1) 開発した計測システムは製作の容易さを重視して、できるだけ市販品を活用した。計測システムは、底質のガンマ線を計測する装置、GNSS 受信機、及びこれらのデータを表示する PC で構成される(図-1)。ガンマ線を計測するサーベイメータは、内径 20cm のアクリルの防水容器の中央下部に固定する。防水容器を沈めるために、おもりとしてアクリル容器にダイビング用の鉛ベルトを巻く。

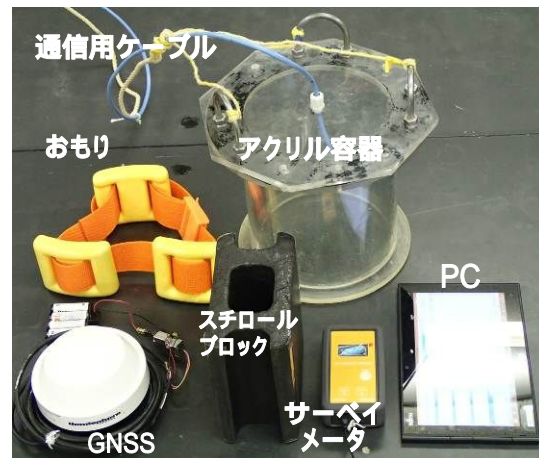


図-1 使用した主な機材

ガンマ線を計測する場合、検出器に到達するガンマ線の計数が多いほど誤差が相対的に小さい。底質からのガンマ線を計測する場合、水がガンマ線を遮蔽する。本装置は、サーベイメータの周辺は空気であるためガンマ線が遮蔽されにくく、ガンマ線のエネルギーを効率よく計測することができる。放射線のエネルギーを 0.5MeV、質量減衰長を水は 0.117m、空気は 100m とし、計測容器のサイズでガンマ線の到達量を求めると、サーベイメータ周辺が空気の場合、到達量は水の場合の約 1.6 倍となる。

また、測定範囲は防水容器の底面を中心とした領域となり、通常のコアサンプリングに比較して広いので、局所的な放射性 Cs の分布の偏りに影響を受けにくい。なお、サーベイメータのデータは、本来は USB ケーブルによる出力であるが、到達距離を長くし、防水性を保つため、水中でのデータ転送は変換器を介して LAN ケーブルを使用している。

計測装置の空中重量は約 10kg で、計測中は浮力を受けるため取り扱いは比較的容易であり、一連の計測作業は作業員 2 名で対応できる。外周部の鉛のおもりで重さを調整することで、底質が柔らかい場合でも深く沈み込まず、乱さない状態で計測ができる。また、上面より下面の直径を短くすることで、沈降時に容器が回転したり、転倒することを防いでいる。

位置情報は、単独での測位精度 60cm の GNSS 受信機で計測する。PC へのデータ通信は Bluetooth で行う。PC で受信したガンマ線の値と位置情報は、開発したソフト (GPS&FieldDataViewer) で表示する。ソフトでは、GNSS 受信器からの位置情報と、サーベイメータから出力されるデータの計測時刻を照合し、移動の軌跡とガンマ線の値をリアルタイムで描画する。描画の際に、WGS84 測地系の緯度経度情報は、日本測地系 9 系の平面座標系に変換する。

(2) 計測作業は地点ごとに実施する。サーベイメータ及びその付属ソフト、GNSS 受信器、開発したソフトを起動させた状態で、ポートから計測装置を沈め、底質表層に着底させる。計測装置は底質表層に留まるため、底質表層におけるガンマ線を計測する。PC に出力されるサーベイメータの計測値を確認し、値が安定したら、ソフトの「測定中」ボタン (図-2 の) を押して、測定時刻を記録する。これは、サーベイメータは、計測とデータ出力を連続して実施しており、描画の際には、全計測データの中から底質表層における計測データのみを抽出するためである。計測が終了したら、装置を底質から 50cm 程度引き上げ、底質を乱さないように注意しながら、次の計測地点へ移動する。

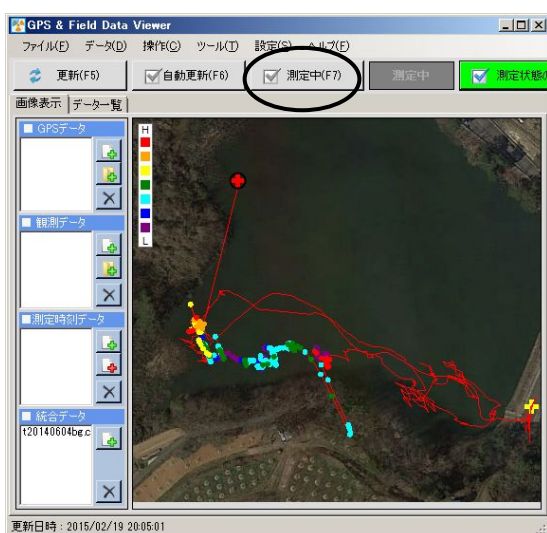


図-2 GPS &FieldDataViewerソフトの使用イメージ (jpg画像を背景に表示)

開発したソフトのその他の特徴として、過去のデータを重ねて表示できる、任意の jpg

画像ファイルを背景として表示できる (図-2)、さらに、一連の計測結果を kml ファイル (GoogleEarth 等で描画できる) に出力することができる。また、描画する計測データのフォーマットが一致していれば、ガンマ線以外のデータを描画することも可能である。

(3) 開発したシステムの動作確認のため、福島県内の 2 箇所のため池を対象として現地観測を実施した。

ため池 A では、2014 年 12 月 4 日と 5 日に、面的な分布の把握を目的とした計測を実施した。また、底質は、2013 年 10 月 17 日に表層 0-6cm を 7 地点 (4 反復) でコアサンプラーによって採取した。

ため池 B では、底質の線量率と放射性 Cs 濃度との比較検討を目的として、2014 年 10 月 29 日にシステムによる計測を 7 地点で実施し、翌 30 日に同一地点で底質をエクマンバージ採泥器で採取した。

採取した底質は、前処理の後、ガンマ線スペクトロメトリー法により放射性物質量を定量した。Cs 濃度は、 ^{134}Cs と ^{137}Cs の合計量であり、放射線量の減衰を考慮し、システムによる計測日の値に換算している。

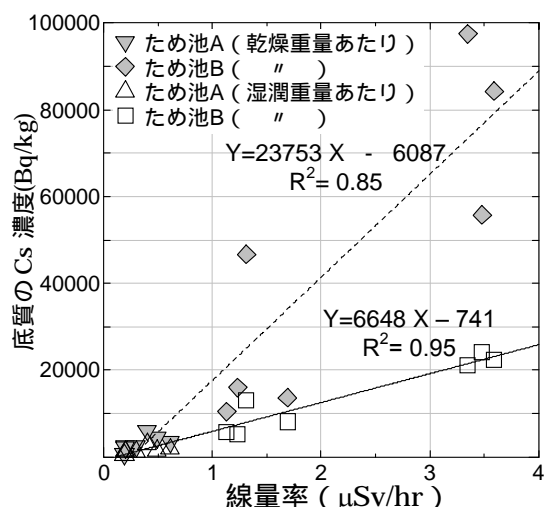


図-3 線量率とCs濃度の比較(ため池AとB)

図-3 の結果より、対象とした 2 つのため池では、線量率と表層の Cs 濃度の間に正の相関があり、この計測手法は、ため池底質の概略的な調査法として妥当であることを示している。線量率と Cs 濃度の比較において、乾燥重量あたりと湿潤重量あたりでは、回帰直線の傾きが大きく異なる。特に、ため池 B の底質は、含水比が平均で 200%と、水の占める割合が高く、2 つの回帰曲線の傾きが 3 倍ほど異なる結果となった。

得られた線量率の値から底質の Cs 濃度に換算する場合、湿潤重量あたりの Cs 濃度と比較するほうが望ましい。底質は、含水比が高くなると土の体積比は大きく低下する。例えば含水比が 100%から 300%になると、土の

体積比は約 28%から約 11%になり、湿潤密度は約 1.4g/cm³から約 1.15g/cm³に低下する。湿潤重量あたりの Cs 濃度は、底質中の土の体積比を反映しているため、含水比が異なる底質同土を比較する場合には適した指標と言える。

なお、ガンマ線の減衰長は底質の密度に左右されるが、その変化の割合は小さい。前述の条件でサーベイメータに到達するガンマ線を概算すると、含水比 100%が 300%になると、到達するガンマ線は約 9%増加する。この増加割合は小さく、底質の密度による影響を考慮する必要性は低い。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

吉永育生、島崎昌彦、常住直人、高木強治、水域底質におけるガンマ線の直接計測装置とその適用例、平成 26 年度農業農村工学会東北支部第 57 回研究発表会、2014 年 10 月 30 日、宮城県仙台市

吉永育生、島崎昌彦、常住直人、高木強治、水域底質におけるガンマ線の簡易な直接計測装置、第 48 回日本水環境学会年会、2014 年 3 月 17 日-18 日、東北大学(宮城県仙台市)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：放射線計測装置とその装置を用いた放射線計測方法

発明者：吉永育生、高木強治、島崎昌彦、久保田富次郎、吉本周平

権利者：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構

種類：特許

番号：特願 2014-052552

出願年月日：平成 26 年 3 月 14 日

国内外の別：国内

取得状況(計 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉永 育生 (YOSHINAGA, Ikuo)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・水利工学研究領域・主任研究員

研究者番号：50414420

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：