

# Nal(Tl)シンチレーション検出器による河川水中の放射性核種モニタリング手法の検討 Development of river-water radionuclide monitoring system with a NaI(Tl) scintillation detector

○吉本周平\*・土原健雄\*・白旗克志\*・石田聡\*

YOSHIMOTO Shuhei, TSUCHIHARA Takeo, SHIRAHATA Katsushi, and ISHIDA Satoshi

## 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故によるフォールアウトを受けた地域では、除染対策の進展により営農が再開されつつある。これらの地域では放射性セシウム ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ) が農業用水を通じて除染された水田に流入する懸念があることから、農業用水源を対象とした観測態勢の整備が求められている。特に、出水時に発生しうるような放射性セシウム濃度の高い濁水を検知するためには、サンプリングによる離散的な測定を補完するような連続的な観測が必要である。

NaI(Tl)シンチレーション検出器は、ゲルマニウム半導体に比べて分解能が低く精度が劣るが、可搬性が高いことから現地観測への適用性が高い。筆者らは、既往研究において農地表面の放射性セシウム分布を現地でモニタリングする方法を検討している（吉本ら，2013）。

本研究では、河川水に含まれる放射性セシウムを連続的に観測するためのガンマ線測定装置を開発し、現地に設置してガンマ線スペクトルデータを取得した。その結果を解析し、河川水中の放射性セシウムの濃度を現地で連続観測するための課題を検討した。

## 2. 研究方法

検出器部を水中に据え付けて放射性セシウムを連続的にモニタリングできるように、防水容器に NaI(Tl)シンチレーション検出器、光電子増倍管 (PMT) およびデータ収録部を有する波高分析装置 (MCA ; クリアパルス製 7171 型) を封入する (図 1)。装置に取り付けられたケーブルを介して、外部のバッテリーから給電され、また PC を接続してデータを回収できる。検出器の上に設置された鉛だけでなく、周囲の河川水によっても、空間からの放射線を遮蔽する効果が期待できる。

収集されたガンマ線スペクトルから放射性セシウムによる計数を求めるために、接線法 (図 2 ; 吉本ら，2013) を適用した。これは、図 2 のように  $^{134}\text{Cs}$  (605 keV など) と  $^{137}\text{Cs}$  (662 keV) の複合ピーク A1 と  $^{134}\text{Cs}$  (796 keV など) のピーク A2 の間の極小値を基点として、両側に接線を引いて関心領域 (ROI) を決定する方法である。比較のために ROI チャンネル固定での計数も求めた。

検出装置は福島県浪江町内の河川に設置した。ここでは、2017 年 5 月 9 日～28 日に記録されたスペクトルの 10 分間積算値を解析対象とした。MCA は 1 ch で約 3 keV となるように設定した。

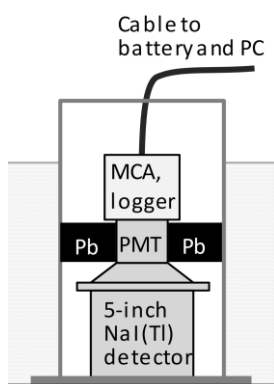


図 1 : 検出装置の機器構成  
Structure of detector unit

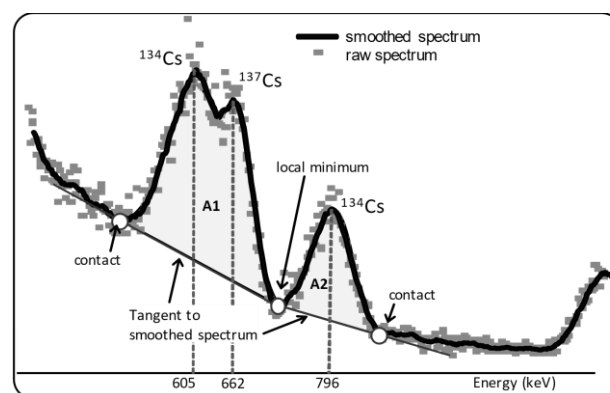


図 2 : 放射性セシウムによるガンマ線の計数方法 (接線法 ; 吉本ら，2013)  
Method to calculate gamma-ray counts of radiocesium

\* 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO  
キーワード：放射性セシウム，ガンマ線スペクトロメトリー，農地除染，農業用水，環境放射能

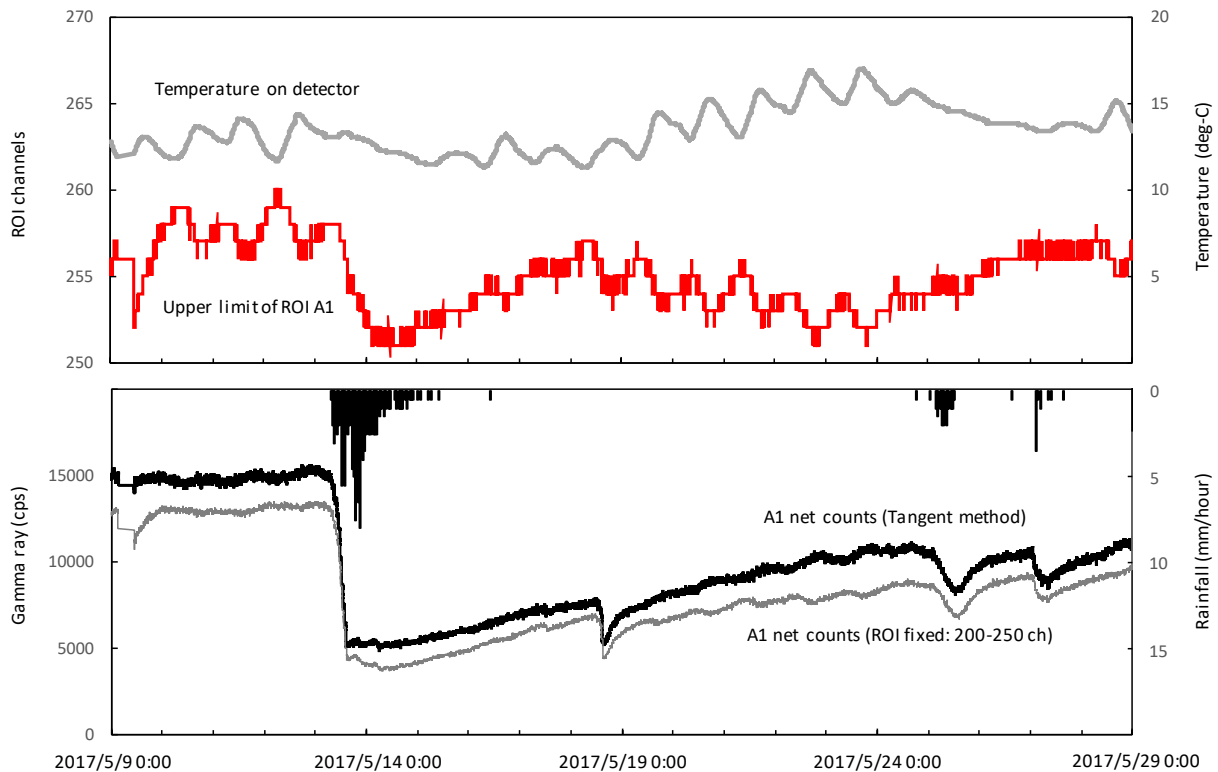


図3：検出装置によって得られたA1ピーク（図2）の計数，ROI上限，検出器温度および降水量の変化  
Variations in net counts for Peak A1 of Fig. 2, upper limit channel of ROI A1, detector temperature and AMeDAS rainfall

### 3. 結果と考察

検出装置で得られたスペクトルをみると，A1は概ねひとこぶのピークで220–240 ch付近に極大値があり，A2は270–280 ch付近に極大値があった。

接線法で決定された図2のA1のROIの上限の変化を，検出器の温度変化とともに図3の上段に示す．一般に，NaI(Tl)シンチレーション検出器とPMTには温度ドリフトと呼ばれる現象がある（例えば，日本アイソトープ協会理工学部会，2015；Ianakiev et al., 2009）．本事例では，日周期の変動を主とした約5°Cの温度変化に対して約10 chの幅でのROIの移動があり，検出器の温度が高いとROIが低いチャンネルに移動する傾向にあった。

接線法およびROIチャンネル固定（A1: 200–250 ch）で決定されたA1領域のガンマ線計数率の変化を，アメダス浪江の降水量とともに図3の下段に示す．ROIチャンネル固定での計数は上述の温度ドリフトのために過小となっているので，接線法がより適切であると思われる．接線法の結果をみると，降水時にガンマ線計数が減少していたのは，水位が上昇することで水が外部からの放射線を遮蔽する効果が大きくなったためと考えられる．本装置を用いて河川水中の放射性セシウムを流出を捉えるためには，河川水位とともに変化する遮蔽効果を解析時に考慮する必要がある。

河川水による遮蔽効果を評価するためには，採水試料中の放射性セシウム濃度での校正とともに幾何学的な遮蔽シミュレーションによってガンマ線の減少を推定することも有効であると思われる．また，より正確なモニタリングのためには， $^{214}\text{Bi}$ （例えば609 keV）などのウラン系列核種からのガンマ線の影響を把握して解析に反映させることも今後の課題である。

**謝辞** 本研究の一部は，農林水産省委託プロ「農地への放射性セシウム流入防止技術の開発」委託事業（課題番号221）によって実施された．本研究の実施にあたって，農林水産省東北農政局による協力を受けた．また，農研機構農村工学研究部門の久保田富次郎ユニット長には現地観測のための貴重な助言を戴いた．記して感謝申し上げる．

**引用文献** 1) 吉本ら（2013）：農工研技報，**214**，175–196，2) 日本アイソトープ協会理工学部会（2015）：NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータによる $\gamma$ 線スペクトロメトリーガイダンス，59p.，3) Ianakiev et al.（2009）：*Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*，**607**，432–438