

口太川流域における ^{137}Cs 負荷量の推定 Estimation of ^{137}Cs load in Kutibuto River basin

○内藤舜斗*, 大西健夫*, 保高徹生**, 中村公人***, 宮津進****

Kiyoto Naito, Takeo Onishi, Tetsuo Yasutaka, Kimihito Nakamura, Susumu Miyazu

1. 背景 福島第一原子力発電所事故由来の放射性物質のうち、 ^{137}Cs の半減期は約 30 年であるため、長期にわたる環境影響が懸念される。 ^{137}Cs の長期的な環境動態を評価するためには、正確な河川中の ^{137}Cs 負荷量を知ることが重要である。そこで本研究では、流出モデルを構築し中流域における ^{137}Cs の流域あたりの負荷量と変動の推定を行った。

2. 調査地および方法 調査地は福島県内の中流域を対象とした (Fig.1)。流域面積は 22km^2 、標高は 329~1,050m、降水量は 1,158mm、平均気温は 14°C である。流域の土壌は褐色森林土 49%、黒ボク土 51%であり、土地利用は針広混交林 74%、畑地 17.4%、水田 8.6%である。



Fig.1 調査地概要

調査は、Fig.1 の●で定期採水・高水位時採水および水位の経時的観測を行った。定期採取した 20-40L の水は SS 回収カートリッジおよび亜鉛置換態プルシアンブルーカートリッジを用いて懸濁態 ^{137}Cs および溶存態 ^{137}Cs を回収、 ^{137}Cs 濃度を測定した。また、高水位時の採水は水位に連動し自動採水器 (ISCO 社製 自動採水器 6712 型) によって実施し、水は孔径 $0.45\mu\text{m}$ のフィルターを用いて懸濁態と溶存態を分離し、懸濁物質濃度 (SS) および懸濁態 ^{137}Cs 濃度のみを測定した。放射性 Cs の測定はゲルマニウム半導体検出器を用いて実施した。

経時的な河川中の懸濁態放射能濃度の推定は、実測データから求めた流量および SS 濃度の回帰式、SS 濃度および懸濁態 ^{137}Cs 濃度の回帰式を用いて、水位の経時実測結果から推定した流量を用いて実施した。また、連続的な溶存態 ^{137}Cs 濃度の推定は、河川中の SS 単位重量当たりの ^{137}Cs 濃度と溶存態 ^{137}Cs 濃度の比である分配係数 K_d を用いて、先に求められた経時的な河川中の懸濁態 ^{137}Cs 濃度を用いて計算した。流量測定期間外の流出推定のために、長期間の SWAT (Soil and Water Assessment Tool) モデルを構築した。SWAT モデルの入力データには、気象庁の気象データ、土地利用 (国土数値情報土地利用細分メッシュデータ)、土壌タイプ (20 万分の 1 土地分類基本調査 (土壌図)「福島県 (2004)」)、標高 (ASTERGDEM: 原データは経済産業省および NASA に帰属) を使用した。また、観測水位から換算した流量をモデル再現性評価に使用した。モデルのウォーミングアップ期間は 2012~2013 年、キャリブレーション期間は 2014/6/7~10/1、バリデーション期間は 2014/10/2~2015/7/2 である。キャリブレーションは 2000 回の試行をラテン超格子法により行い、再現精度を Nash-Sutcliff (NS) 値により評価した。

3. 結果および考察 キャリブレーションの結果、NS 値は 0.62 であった。流量と SS 濃度の関係 (Fig.2) には明瞭なヒステリシスが認められなかったため、指数関数による回帰式を

3. 結果および考察 キャリブレーションの結果、NS 値は 0.62 であった。流量と SS 濃度の関係 (Fig.2) には明瞭なヒステリシスが認められなかったため、指数関数による回帰式を

*岐阜大学応用生物科学研究科:Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University

**産業技術総合研究所:National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

***京都大学農学研究科:Graduate School of Agriculture, Kyoto University

****農村工学研究所:National Institute for Rural Engineering

Keywords 福島第一原子力発電所事故, ^{137}Cs , SWAT モデル

求めた。また、SS 濃度と放射能濃度の関係 (Fig.3) においても指数回帰による近似は高い相関を示した。次に K_d の流量による変動を検討したところ、Fig.4 のように変化がなかったため、平均値 1.26×10^6 (L/kg) を一定値として用いた。放射能濃度の推定にはこれらの回帰式および K_d の値を使用し、流量を乗じて 2012~2014 年の期間の流域あたりの負荷量を推定した。懸濁態 ^{137}Cs の年総負荷量推定値は $3.26 \times 10^8 \sim 2.38 \times 10^{10}$ Bq/yr/km² であった。また、溶存態 ^{137}Cs の年総負荷量は $1.01 \times 10^6 \sim 2.42 \times 10^6$ Bq/yr/km² であった。Fig.5 に懸濁態、溶存態 ^{137}Cs の負荷量の日ごとの変動を示す。懸濁態、溶存態 ^{137}Cs はともに流量に依存して増加しているが、懸濁態に比べ溶存態の変動は小さい。また降雨イベントに伴う流量の増加時に、懸濁態の年総負荷量の 90%程度が流出していた。Fig.6 から負荷量の比 (懸濁態 ^{137}Cs /溶存態 ^{137}Cs) は流量の増大とともに大きくなるのが分かる。Fig.3 の近似式より明らかなように溶存態 ^{137}Cs 算出に必要な SS 単位重量当たりの ^{137}Cs 濃度は、SS 濃度の 0.6188 乗で増加するが、懸濁態 ^{137}Cs は SS 濃度の 1.6188 乗で増加する。そのため流量の増加にともない懸濁態および溶存態 ^{137}Cs 濃度の間に大きな乖離が生じると考えられる。

4. まとめ 口太川流域の流出モデルを構築した。 ^{137}Cs 年総負荷量は、懸濁態が $3.26 \times 10^8 \sim 2.38 \times 10^{10}$ Bq/yr/km²、溶存態が $1.01 \times 10^6 \sim 2.42 \times 10^6$ Bq/yr/km² と推定された。特に懸濁態は台風などの大規模イベント時に大部分が流出していると推定された。計算には現地採取データから複数の近似式を作成し用いたため、負荷量の推定値には誤差が生じていると考えられる。そのため、今後はより詳細なデータ取得に加え、これらの計算の誤差から生じる負荷量の不確実性の範囲を明らかにする必要がある。

謝辞：本研究は科学研究費（課題番号：60610417、研究代表者：保高徹生）の研究助成により実施した。ここに記して謝意を表します。

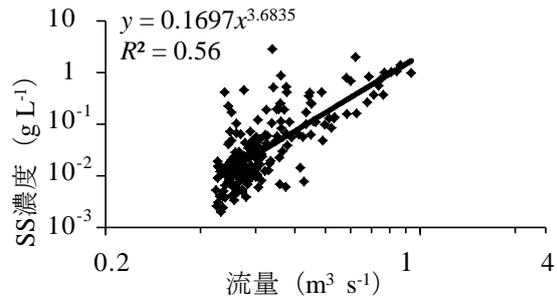


Fig.2 流量と SS 濃度の関係

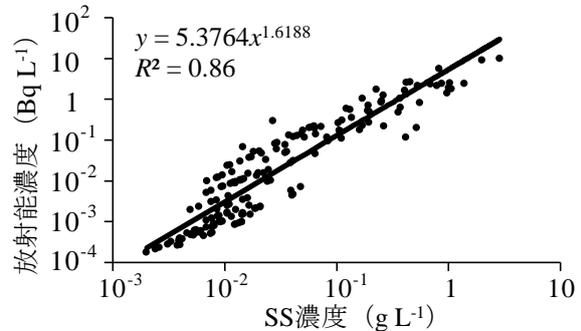


Fig.3 SS 濃度と放射能濃度の関係

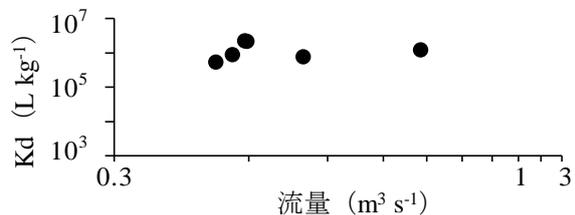


Fig.4 分配係数

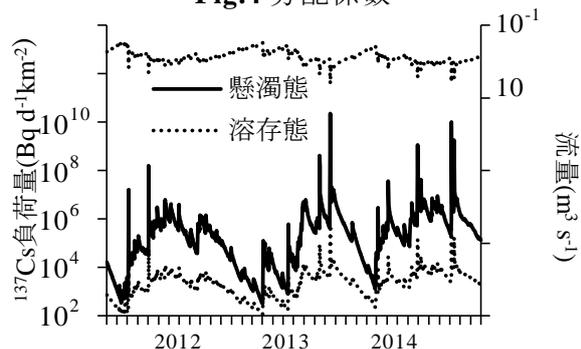


Fig.5 負荷量の変動

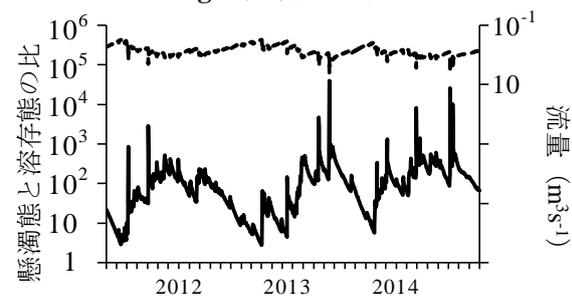


Fig.6 負荷量比の変動