文献 ID：13-20-002

# 1．基本情報

| 区分 | 市街地 | 担当者名 | 和田 桂子 |
|---|---|---|---|
| タイトル（英文） | Pavement alters delivery of sediment and fallout radionuclides to urban streams | | |
| タイトル（和文） | 舗装による都市河川への土砂と放射性降下物の輸送の変化 | | |
| キーワード | Fallout radionuclides; Sediment; Urban; Buried channels | | |
| 著者 | Gellis, Allen C.; Fuller, Christopher C.; Van Metre, Peter C.; Mahler, Barbara J.; Welty, Claire; Miller, Andrew J.; Nibert, Lucas A.; Clifton, Zach J.; Malen, Jeremy J.; Kemper, John T. | | |
| 文献 | Journal of Hydrology (2020), 588, 124855 | | |

## (1) 対象地域

アメリカ合衆国メリーランド州ボルチモアの都市流域の 1 つ Dead Run 流域の 2 つの区域にて、$^{7}$Be、$^{210}$Pbex、および $^{137}$Cs の放射性物質の活性を調査することで、土砂の発生源と輸送プロセスについて検討した。

○ Alexander Culvert (流域上流部)：都市化の際に全自然水路が埋め立てられ、多数の雨水管を通じて埋没(暗渠)水路網に流入する。表面流出水は Alexander Culvert の開渠で流出 (集水面積 0.369 km$^2$)。約半分は舗装（道路、屋上、駐車場等）で、残り半分は公園、芝生、緑地等の open space。

○ Dead Run Gage (Alexander Culvert から約 0.7km 下流)： 42%舗装、58%open space (集水面積 1.63 km$^2$)。Dead Run Gage の 2 つの支流は Alexander Culvert と Dead Run Gage 間で Dead Run に入る。これらの支流の上流は暗渠で、小雨水管も Gage の上流近隣から水路に入る。

## (2) 重要な図表

非混合モデルを使用した河川堆積物サンプルへの発生源の寄与 (%)

| Fluvial sediment type | Pavement | Soil | Banks and other FRN free material |
|---|---|---|---|
| Alexander suspended sediment | 45(25) | 22(19) | 32(35)* |
| Dead Run suspended sediment | 15(9) | 28(7) | 57(15) |
| Dead Run bed sediment | 4(2) | 39(11) | 57(12) |

値は平均%と(標準偏差)を示す。

* Alexander Culvert の河川堆積物の放射性降下物（FRN）活性は Dead Run の FRN 活性と同様。

舗装の堆積物は、芝生、open space の高地土壌、建設資材、落葉、粒子状大気降下物、摩耗タイヤ、舗装浸食等、様々な発生源から発生する可能性がある。$^{137}$Cs をトレーサーとして 2 成分混合モデルを使用して舗装堆積物への土壌および非土壌を計算した。非土壌材料（建設資材やタイヤ、アスファルトなど）は検出可能な 137Cs 放射能を持たないと予想される供給源からと仮定し、非土壌成分はゼロ活性

を割り当て、降雨イベント毎に放射性大気降下物中の $^{7}$Be と $^{210}$PBex 活性の高さで土砂にタグ付けした。

Alexander Culvert における埋没水路網から暗渠出口で収集された土砂サンプルは、低い成分の表土 22%と舗装 45%、河川堤防 32%の構成であった。カルバートの下流(Dead Run)では、河川堤防からの寄与が 57%となり、舗装は 15%、表土は 28%と大幅に減少した。

下図は、本研究にて計算された放射性降下物の活性測定の結果をもとに、都市環境を通る土砂の輸送サイクルに伴う変化の過程を概念図で示したものである。堆積物の色の違いは放射性核種の標識が時間とともに変化することを示している。

- **降雨の先行期**

  最後のイベントで堆積した土砂の活動は時間とともに減衰

- **初期流出期（降雨は $^{7}$Be と $^{210}$PBex が高い活性）**

  流出中の土砂は、堆積量に対する降水量の比率が高いため、高い活性を示す

  降雨によってタグ付けされる残存する土砂は、堆積物の質量に対する降水量の比率が低いため活性が低くなる

  カルバート下：ひび割れた配管は、より古い放射性降下物の放射性核種のない材料が導入される可能性がある

- **初期後の流出期（降雨中の $^{7}$Be と $^{210}$PBex 活性は嵐を通して減少）**

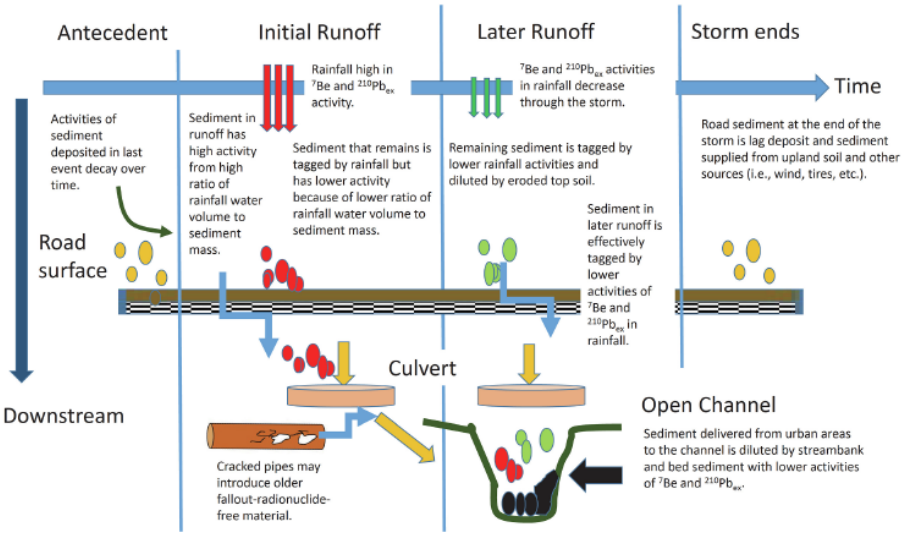
  残存している土砂は、低い降水活性にタグ付けされ、侵食された表土によって希釈される

  その後の流出水中の土砂は、降水中の $^{7}$Be と $^{210}$PBex のより低い活性に事実上タグ付けされる

  開渠部：都市域から水路への土砂供給は、$^{7}$Be と $^{210}$Pbex の活性が低い河岸と河床の土砂によって希釈される

- **降雨終了**

  降雨終了時の道路堆積物は、停滞した堆積物や高台の土壌や他の汚染源（風、タイヤなど）から供給される土砂である




都市環境を通る土砂(堆積物)の輸送サイクルに伴う放射性降下物の活性変化の過程概念図

## 2. 提言につながる情報

### （1）モニタリングへの活用

本論文は舗装などによる不浸透域の多い都市域で、河川や管路などの水路網における暗渠や開渠を通じて、どのように汚濁物質が輸送されるかを放射性降下物の測定によって把握している。放射性降下物中の放射性核種は、主に降雨によって地表面に到達し、表面由来の堆積物の指標になる。

北米の過去の遺産として $^{137}$Cs の放射性降下物は 1960 年代後半までに大部分が停止し、土壌に現在貯留されている。それとは対照的に、$^{7}$Be と $^{210}$Pbex は大気降下物によって地表に継続的に堆積しており、これらの 2 つ放射性核種は明確な特徴をもたらしている。

都市部流域の河川土砂は、農地や荒れ地等の河川土砂よりも $^{7}$Be および $^{210}$Pbex が高い活性を示すといわれている。舗装堆積物は不浸透性表面からの都市汚染物質の重要な媒介になる可能性があるため、河川土砂中の舗装の寄与割合は指標となりうる。このように非混合モデルを用いた発生源の特定のために 3 つのトレーサー（$^{7}$Be、$^{210}$Pbex、$^{137}$Cs）の活性割合のモニタリングは、舗装堆積物の河川への輸送、流出を適切に反映すると考えられる。

ただし、放射性核種トレーサーを使用した地域の河川土砂源と年代測定の研究においては土地利用による発生源の期間を決定する必要性が示唆されている。

### （2）流出挙動・経路

3 つのトレーサーを指標として各降雨イベントのモニタリングから、都市堆積物（舗装堆積物：道路、駐車場など粒子状物質、表土）の発生源とそれらの放射性降下物との関係を把握し、各媒体の挙動を検討した。モニタリング試料は、降雨、都市堆積物（舗装堆積物：道路、駐車場など粒子状物質、表土）、河川堤防、（浮遊堆積物および河床堆積物）で、夏、秋、冬/春の 3 期間の 17 降雨イベントで実施された。

その結果、舗装表面と暗渠水路が多く存在する地域では、舗装堆積物は、一般的な都市汚染物質の媒介となり、暗渠（埋没水路）網から開渠部の受水側の水路場所で、特に汚染物質の重要な要因となる可能性が示唆された。都市堆積物、河川堤防など発生源での放射性物質の活性の違いは、開発された都市部から河川への土砂の汚濁寄与を特定するためのツールを提供できることを示している。

### （3）除染の際の留意点

－

### （4）担当者のコメント

放射能汚染や除染に関する論文ではないが、都市河川への土砂供給源のトレーサーとして $^{7}$Be、$^{210}$Pbex、および $^{137}$Cs の有用性を示している。過去の放射性物質の蓄積と継続する放射性降下物の活性を測定することで、都市域に堆積する粒子状物質の河川や水路への流出挙動や輸送経路の予測等を把握する手段として興味深い論文である。