

北海道大学大学院農学研究科 ○水垣滋・中村太士・新谷融

1. はじめに

北海道の東部はおよそ 100 年前から本州入植者により開発されてきた。釧路湿原周辺は 1950 年代後半から大規模農耕草地が造成され、それに伴い蛇行流路が直線化されたため、下流域の湿原への土砂流入が加速されたと指摘されている。近年自然再生事業として釧路湿原の保全が試みられているが、その計画立案に足るような流域土砂流出情報は得られていないのが現状である。本研究の目的は、土地利用改変前後の流域土砂流出実態を解明するため、流域末端部に位置する河川湿原流入部において細粒土砂の堆積履歴を解析することである。

2. 研究方法

2.1 研究の方法

過去 60 年程度の細粒土砂堆積履歴について樹木年代学的手法及び放射性物質（セシウム-137 (^{137}Cs)、鉛-210 (^{210}Pb)）を用いて調べた。樹木年代学的手法では、ヤギ類一斉同齡林の成立年代と不定根年輪判読によって過去 20 年程度の出水ペーソトによるかぶり堆積履歴を推定した。また堆積土砂の ^{137}Cs 濃度深度分布から 1963 年表土の判別と、これ以降の土砂流出履歴の推測を行った。 ^{210}Pb 法では、堆積土砂の ^{210}Pb 濃度深度分布解析（粒径及び有機物含有率による影響を考慮）により、過去 60 年程度の平均堆積速度を推定した。

2.2 ^{137}Cs 法及び ^{210}Pb 法

^{137}Cs は 1950～60 年代前半の大気核実験により生成され地表に降下し、土壤微細粒子に特異吸着している。降下量のピークは 1963 年に観測され、堆積土層の ^{137}Cs 濃度深度分布を解析することにより、1963 年表土の判別と近 40 年間における土砂流出履歴を推測できる。 ^{210}Pb は岩石中のウラン-238 の崩壊過程で大気から一定の割合で降下し、土壤微細粒子や有機物に強く吸着され地表に集積することから、堆積土層の ^{210}Pb 濃度深度分布解析（堆積土砂の粒度及び有機物含有率が ^{210}Pb 濃度に与える影響を考慮）により半減期減衰曲線から過去 60 年間における平均堆積速度を推定した。

2.3 調査地及び野外調査

調査対象流域とした久著呂川流域の中・下流域では、1950 年代後半より農耕草地開発により湿地が農地に転換され、それに伴い 1965 年から 1980 年にかけて約 10km 延長の明渠排水路が造成された。排水路末端部より下流は天然記念物及び国立公園の指定を受けており、開発はされていない。調査地はこの久著呂川明渠排水路末端部の下流 210m (K1) 及び 450m (K2) 地点の自然堤防上および後背湿地とした。各地点右岸に流路から垂直方向の測線を設置し、約 25m 間隔で 5 地点ずつ、計 10 地点の土砂堆積調査地点を設置した。各土砂堆積調査地点において深度方向に 2.5～10cm ごとに最大 2.2m の深さまで土砂を採取した。自然堤防上の 3 地点からはオノヤギの根系を採取し、不定根の年輪数とその深度分布を調べた。

2.4 分析・解析方法

採取した土砂試料を風乾後 2mm メッシュの篩に通しアラスチック容器に密封して 20 日以上静置し、放射性物質測定試料とした。堆積土砂の ^{137}Cs 濃度（10 地点）及び ^{210}Pb 濃度（6 地点）は、北海道大学アイトーフ総合センターの γ 線ハエクロメーターにより γ 線を 80000 秒間検出することにより測定した。堆積土砂の ^{210}Pb 濃度には大気中ウラン-222 (^{222}Rn ; 半減期 3.8 日) から壊変し降下したもの ($^{210}\text{Pbex}$) と堆積粒子のラジウム-226 (^{226}Ra) から放出されたもの ($^{210}\text{Pbsup}$) を含む。測定試料中の ^{222}Rn と ^{226}Ra 及び ^{214}Pb が放射平衡であると仮定すると、 $^{210}\text{Pbex}$ は次式により求められる（Murray et al., 1987）。

$$^{210}\text{Pbex} = ^{210}\text{Pb} - ^{214}\text{Pb} \quad (1)$$

大気起源及び流送土砂起源の $^{210}\text{Pbex}$ 濃度が一定で、かつ堆積速度が一定であると仮定したとき、埋積した土砂の $^{210}\text{Pbex}$ 濃度は半減期にしたがって減少するので、 $^{210}\text{Pbex}$ 濃度深度分布は指数関数的に減少する。すなわち、

x: 深さ(cm), w: 堆積速度(cm/y)

$$C(x) = C(0) \exp(-\lambda x/w) \quad (2)$$

λ : ^{210}Pb の壊変定数 (0.03114)

C(x): 深さ x での $^{210}\text{Pbex}$ 濃度

と表せる。これより $^{210}\text{Pbex}$ 濃度深度分布を調べることにより平均堆積速度の推定を試みた。

また、堆積土砂の粒度分析及び有機物含有率測定も行った。

3. 結果

不定根年輪判読からは 1980 年代以降 3~4 回の出水イベントによる断続的な土砂堆積が判明した。堆積土層の ^{137}Cs 濃度深度分布は深部において顕著なピークを示し、その上層では ^{137}Cs 濃度が極端に低い（図-1）。流域の森林表層土壤の ^{137}Cs 濃度は顕著に高く、一方土砂生産源（河岸裸地斜面）から ^{137}Cs が検出されなかつたことから、1963 年以降の堆積土砂は裸地斜面から供給されたものと推測された。また年平均堆積速度は 1.3cm/y~6.2cm/y と推定された。 $^{210}\text{Pbex}$ 濃度の深度分布は（2）式に示した指数関数的な減少傾向は見られなかつた（図-2）。ここで $^{210}\text{Pbex}$ 濃度と土砂の粒度及び有機物含有率との関係を調べたところ、ともに正の相関があることが分かった。 $^{210}\text{Pbex}$ はとくに有機物に強く吸着すると考えられるため（Wallbrink et al., 1997）、本研究では有機物含有率の影響を除去した $^{210}\text{Pbex}$ 濃度補正值 $\text{Pb}(n)$ を考えた。すなわち、

$$^{210}\text{Pb}(\text{om}) = 0.0009\text{om}^{1.9} \quad (3)$$

$$^{210}\text{Pb}(n) = ^{210}\text{Pbex} / ^{210}\text{Pb}(\text{om}) \quad (4)$$

ここに om は有機物含有率（%）、 $^{210}\text{Pb}(\text{om})$ は有機物含有率から推定した $^{210}\text{Pbex}$ 濃度（Bq/g）である。これにより放射壊変による堆積土砂 $^{210}\text{Pbex}$ 濃度の減少傾向を見ることができる。（2）式の $C(x)$ に（4）式で求めた $^{210}\text{Pb}(n)$ 値を代入して年平均堆積速度を推定したところ、K1 の流路から 100m 離れた地点（K1-5）の場合、1940~1975 年で 0.14cm/y、1975~1981 年で 8.9cm/y、1981~2000 年で 2.0cm/y と算出された（図-3）。

4. 考察

^{137}Cs 及び ^{210}Pb により推定された 1960 年代以降の年平均堆積速度は極めて大きな値となり、とくに明渠排水路が造成された 1970 年代に顕著な土砂堆積がみられた。土地利用開発以降の堆積速度は開発以前の 14 倍も大きくなっているが、土砂生産量の増加のみが原因とは考えにくい。中流域の蛇行流路の直線化区間で 1980 年代以降に顕著な河床低下がみられ（水垣ら, 2000）、上流から流送された土砂が堆積域を失い下流へと運搬され、湿原内に集中堆積しているためと考えられる。また明渠排水路の湿原流入部付近では河床が上昇し（Nakamura et al., 1997）、1980 年代以降は出水により一度に土砂が厚く堆積することが明らかとなった。

5. おわりに

放射性物質を用いて細粒土砂の堆積履歴を解析することにより過去 60 年間の流域土砂流出情報を取得することができた。流域開発に伴う土砂流送機構の改変が湿原での堆積速度の増加に大きく関与しており、湿原への土砂流入防止には土砂生産の抑止と堆積域の確保が必要となる。そのためには、湿原の堆積土砂及び流域における土砂動態を定量的に把握する必要がある。

【引用文献】水垣ら(2000) 浮流砂定点観測および Cs-137 を用いた細粒砂生産・流送・堆積過程の解析—釧路湿原久著呂川の事例—, 平成 12 年度砂防学会研究発表会概要集, 392-393p

Murray et al.(1987) Analysis for naturally occurring radionuclides at environmental concentrations by gamma spectrometry. J. Radioanal.Nucl.Chem. Articles, 115-2, 263-288p

Nakamura et al.(1997) Influences of channelization on discharge of suspended sediment and wetland vegetation in Kushiro Marsh, northern Japan. Geomorphology, 18, 279-289p

Wallbrink et al.(1997) Quantifying the redistribution of soils and sediments within a post-harvested forest coupe near Bombala, New South Wales, Australia. CSIRO Land and Water Technical Report, No.7/97

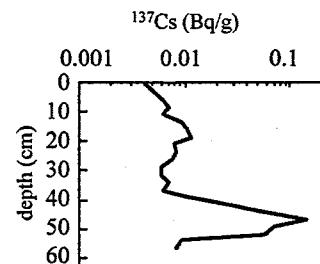


図-1 K2-5 (流路から 100m) における ^{137}Cs 濃度深度分布

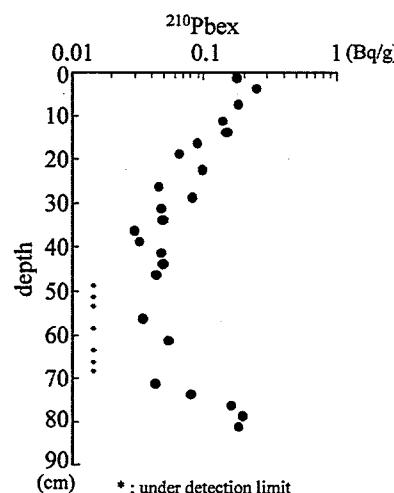


図-2 K1-5 における $^{210}\text{Pbex}$ 深度分布

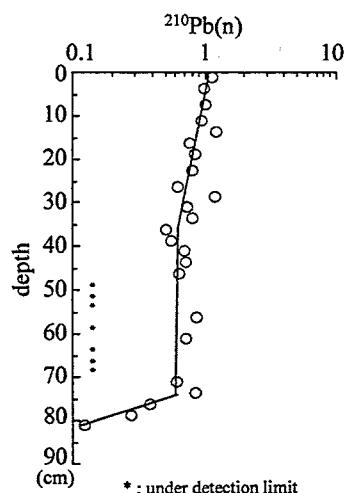


図-3 K1-5 における $\text{Pb}(n)$ 深度分布