文献 ID：13-12-025

1．基本情報

区分	市街地	担当者名	和田桂子、古米弘明、尾崎則篤
タイトル（英文）	Suspended-sediment sources in an urban watershed, Northeast Branch Anacostia River, Maryland		
タイトル（和文）	メリーランド州アナコスティア川北東支流の都市排水路における懸濁性堆積物の起源		
キーワード	source tracing; suspended sediment; sediment sources; sediment fingerprinting; urban sediment sources; AnacostiaRiver		
著者	Devereux, OH; Prestegaard, KL; Needelman, BA; Gellis, AC		
文献	HYDROLOGICAL PROCESSES, 24, 1391-1403(2010)		

（1）対象地域

Maryland の Anacostia 川北東支流の都市流域を対象地域としている（Fig. 1）。この支流は、Anacostia 川の一部につながり、Chesapeake 湾の Potomac 川に合流している。流域面積は 188km^2 で、Paint Branch Creek、Little Paint Branch、Indian Creek、および Beaverdam Creek の 4 つの主要な支流からなる。北部や東部は人口密度の低い郊外である一方、南部は都市域である。南部では、雨水管網やセメント製の水路が発達している。北東支流流域は Piedmont と Coastal Plain の 2 つの県に及んでいる。Piedmont の川は Coastal Plain の川よりも急で堆積物は荒く、この 2 つの県では岩石の浸食由来の微粒子堆積物の元素濃度は異なっていることが示唆される。この流域における細粒堆積物は、高台の土、氾濫原、川岸、および道路塵埃の 4 つの主要な供給源に由来するとした。北東支流流域は、湿潤大陸性気候で、平均気温は 13.2℃、平均年間降水量は 1170 mm である。

（2）重要な図表

Table1 は懸濁堆積物サンプルの特性を表している。サンプリング時の流出量は 0.3~15.5 m^3/s で推移し、堆積物濃度は 23~623 mg/L で推移した。Table2 は各元素の分析方法を示している。

発生源を特定するトレーサーのうち、供給源場所や異なる県の間で変動が見られなかったもの、懸濁堆積物における元素濃度が堆積物供給源よりも高かったものは除かれた。またノンパラメトリック手法である Kruskal-Wallis means comparison test によって、供給源グループ間で有意な差を示さないトレーサーも除かれた。残ったトレーサーのうち、堆積物供給源を区別するものが Table3 に示されている。

Table5 にはトレーサーのうち、互いに相関をもたず、異なる化学的性質をもち、Mixing model における誤差が最も小さくなるような元素、すなわち堆積物供給源を県ごとに区別できるような元素 Ti, TiO_2 が示されている。

Table7 には、これらの元素を用いて各県の堆積物供給源としての相対的な寄与の推定値が示されている。この結果から、堆積物供給源としては Coastal Plain よりも Piedmont からの寄与が大きいことが判明した。8 つの降雨イベントのうちの 7 つで Piedmont からの寄与は 70%に及んだ。

Table6 には、堆積物供給源を供給源場所（川岸、高台、道路塵埃）で区別できるようなトレーサー、

Ho,Sr,W が示されている。

Table9 には、これらの元素を用いて各場所の堆積物供給源としての相対的な寄与の推定値が示されている。秋と春の降雨における懸濁堆積物については、川岸が主要な供給源であった。冬の降雨における懸濁堆積物については、高台が主要な供給源であった。このような堆積物の起源に関する季節的な変動は樹木葉による被覆や水位変動（地下水などの？）が大きく左右していると示唆している。なお道路塵埃からの負荷は 200 年確率で起こった降雨イベントを除いて約 13%であった。ただし，これは常時同量の負荷が存在するという訳ではなく，他の供給源との相対的な負荷であることに注意しないといけない。

Table VI. Tracers used in mixing model to differentiate sediment sources by source locale (streambanks, upland and street residue)

Tracer (mg kg^{-1})	Kruskal–Wallis p	Streambank mean ($N = 18$)	Streambank CV	Streets mean ($N = 2$)	Street CV	Upland mean ($N = 14$)	Upland CV
Ho	0·005	2·17	34·46	1·31	1·63	1·62	24·66
Sr	0·043	58·23	19·37	117·75	22·04	57·12	17·63
W	0·033	1·97	20·27	1·15	6·15	1·75	20·39

Table IX. Estimation of relative sediment source contributions by source locale using tracers: holmium, strontium and tungsten

Date of suspended sediment collection	Streambanks % contributing	Streambanks flux (g^{-1} s)	Streets % contributing	Streets flux (g s^{-1})	Upland % contributing	Upland flux (g s^{-1})	Error
7 October 2005	98	124·82	2	2·55	0	0·00	0·904
22 October 2005	85	37·97	15	6·70	0	0·00	0·515
25 December 2005	11	1·16	14	1·47	75	7·89	0·253
18 January 2006	12	18·02	12	18·02	76	114·11	0·138
4 February 2006	90	23·03	10	2·56	0	0·00	0·356
23 April 2006	85	247·04	15	43·59	0	0·00	0·394
11 May 2006	82	5·11	18	1·12	0	0·00	0·748
25 June 2006	0	0·00	15	4742·01	85	26871·36	0·089
Average	58	2335·43	13	508·23	30	1189·90	0·424
Fall average	92	78·71	9	7·31	0	0·00	0·707
Winter average	38	23·41	12	7·45	50	31·23	0·249
Spring average	56	5924·67	16	1701·88	28	3010·20	0·41

2. 提言につながる情報

（1）モニタリングへの活用

堆積物源サンプルと懸濁堆積物サンプルの Cs^{137} と K^{40} の放射性核種分析は Canberra-2000 Genie-2000 Spectroscopy System を用いたガンマ線分光計によって行われた。Cs^{137} の検出下限は 1.0Bq/kg、K^{40} については 10.0Bq/kg であった。

（2）流出挙動・経路

筆者は、川岸と高台のサンプルの季節変化の結果から、高台における葉による覆いや低水位は微細堆積物の浸食を防ぎ、また葉による覆いは雨による浸食も防ぐことが示唆されているとしている。また、嵐の際に堆積物を流域に運ぶ能力が道路については限られている一方、ほかの供給源については制限がないため、微細堆積物源の定量の際に希釈の影響を慎重に考慮しなければならないとしている。さらに、サンプル採取のタイミングが供給源の特定に影響を与えるとしており、移動時間がサンプル採取地点からの距離に依存すると指摘している。

（3）除染の際の留意点

複数の供給源の把握とその時間的変動を明確にすることが効率のよい除染に繋がると推察される。

（4）担当者のコメント

季節によって堆積物の供給源が変化することは非常に興味深く、Cs などの放射性物質もこの現象に当てはまることが予想できる。環境中挙動を定点観測する際，水文条件や土地利用も含めた包括的な通年のモニタリングを準備することが必要になると考えられる。

本論文では，単一の元素ごとで議論している傾向にあったが，Cs に関しては他の元素間との複合的な作用についても考察を加える必要がある。