

## 河川堆積物の堆積環境の相違と微量・超微量成分元素組成について The preparation and homogeneity study of riverbed sediments for trace/ultra trace elements analysis

仁科 健二・村山 泰司  
Kenji Nishina and Yasuji Murayama

### Abstract

Through the geochemical analysis of riverbed sediment, we examined the homogeneity of these samples that were collected from various sedimentary conditions. There have been collected from the upper and middle area in drainage basin of Toyohiragawa River. From the each area, we picked up five samples that deposited on the points, for example, on a point bar, under the dead water of dam site, on riparian forest bed and etc. These samples were analyzed by ICP-MS after wet degradation. Although there are many variations in color, particle size and property of magnetic susceptibility, the geochemical property of fraction under  $31 \mu\text{m}$  are similar to each other. The similarity is presumed to be due to fine fraction ported as suspension particle. But, two samples that had been under a strong flow condition and that lay in subsurface horizon had unique geochemical properties that the one had high heavy mineral contents, the other had high rare earth elements contents.

キーワード：河川堆積物, 細粒フラクシオン, 微量・超微量成分元素, 堆積環境, 均質性

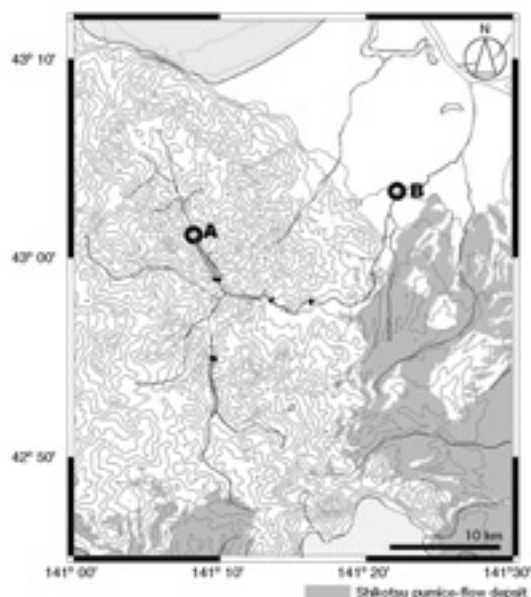
Key words : stream sediments, fine fraction, trace/ultra trace elements, sampling condition, geochemical homogeneity

### I はじめに

河川堆積物の化学組成に関する研究は、流域の地質環境特性を代表する試料として河川堆積物を分析の対象とする場合が多い。広範な流域において平均的な地球化学的特性を把握するためには、採取地点近傍から供給された粗粒な粒子を排除して、より上流から運搬された細粒な粒子を分析対象とすることが均質な試料を得る上でも望ましい。対象とする試料について欧州地質調査所フォーラムでは分析に供す試料の粒度について  $63 \mu\text{m}$  以下を推奨している (Salminen et al., 1998)。国内では  $180 \mu\text{m}$  以下 (80mesh) に調製される場合が多い (田中ほか, 1995 ; 今井ほか, 2004など)。これには細粒な試料は十分な量を確保することが困難であるとした便宜的な理由も含まれている (今井, 1987)。しかしながら、各種の元素濃度に粒径依存性が存在することは古くより指摘されており (Ackermann, et al, 1985 など)、シルト・泥の比率の高い堆積物中にはいわゆる重金属類が多く、細粒フラクシオンの量比が微量元素の濃度に強く影響する。さらに流水下で淘汰されている河川底質からは微細な試料は得にくく、加えて、流水面下からのサンプリング操作が淘汰作用となるため、比重の大きな粒子に偏る可能性がある。こうした物理的な影響による粒径依存性を補正することは、流域を縦断して海域にいたるまで、さらに河口域から沖合までの碎屑性粒子に伴われる元素の移動を追跡する際に不可欠なことであると考えられる。

本報では、河川横断面の高度の異なる箇所

で河川堆積物の極細粒フラクシオンの微量・超微量成分元素濃度をもとに採取位置による物理的、化学的特性への影響を検討した。その結果得られた化学的特性の等質性について報告する。



第1図 試料採取地点  
網がけは支笏火砕流堆積物の分布域、分布範囲は20万分の1シームレスデジタル地質図を改編した

Fig. 1 Sampling locations.  
The distribution of Spfl is modified from seamless digital geological map of Japan (1/200,000)

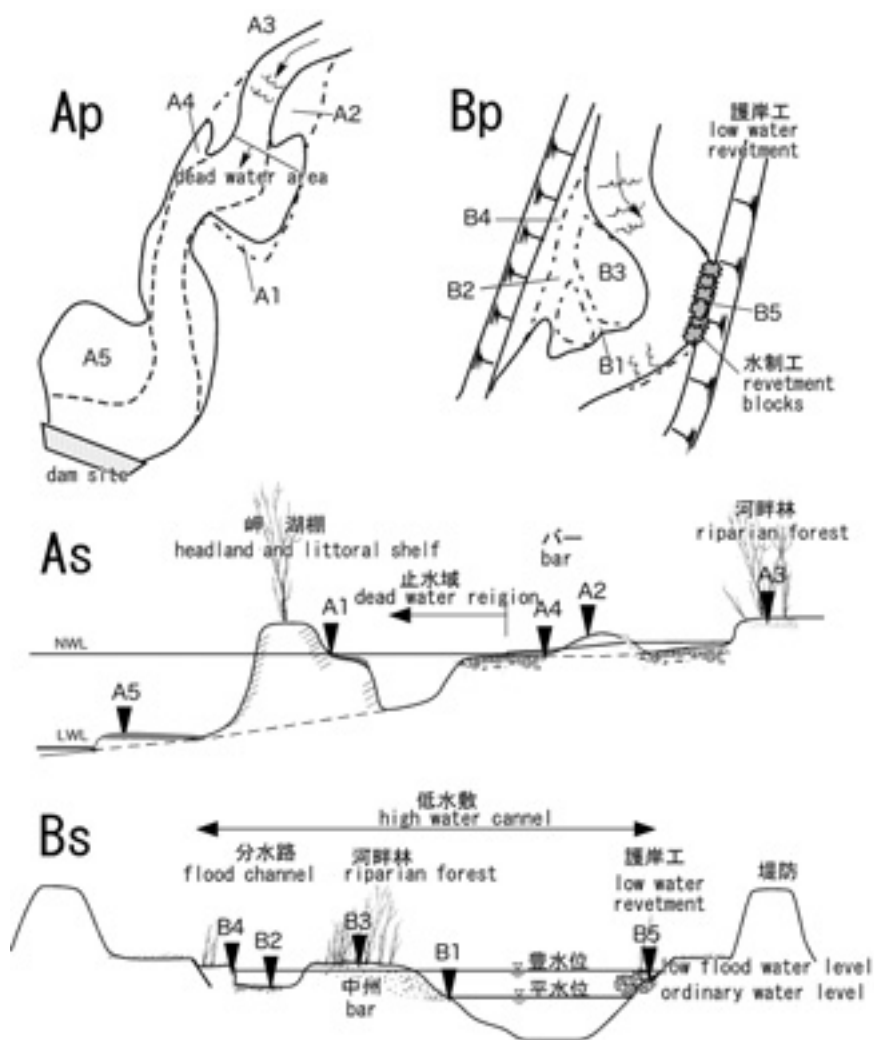
## II 試料および方法

### II. 1 試料採取および調製

試料は2005年6月, 10月および11月に豊平川中流域と上流の豊平川支流小樽内川の2地点(第1図)で, それぞれ近接する5箇所より採取した。採取地点には, 沈水状態にある箇所, 水際, 低水敷内の河畔林床, 砂州の中部および末端, 干出した水路床などバリエーションを与えた(第1表および第2図)。小樽内川流域はおもに安山岩質の溶岩・火砕岩からなり, 豊平川流域の東側には, 支筋火砕流堆積物が分布する。なお, 試料B4は採取時サクサクとした感触であり, スミアスライドによる鏡下観察では火山ガラスが多

く含まれていた。

試料は, 風乾後に $31\mu\text{m}$ 以下のフラクションが十分得られる量(160から550g)を四分法によって分取し,  $>250\mu\text{m}$ ,  $250\text{--}125\mu\text{m}$ ,  $125\text{--}63\mu\text{m}$ ,  $63\text{--}31\mu\text{m}$ および $<31\mu\text{m}$ の5分画に湿式篩分し,  $50^\circ\text{C}$ 乾燥後にそれぞれのフラクション重量を計測した。またそれぞれのフラクション中の磁性鉱物含有量の指標として, Bartington社製MS-2式帯磁率計をもちいて自然帯磁率の測定を $250\mu\text{m}$ より細粒なフラクションに対しておこなった。さらに, これらの試料のうち $<31\mu\text{m}$ のフラクションをイオン交換水で洗浄し,  $50^\circ\text{C}$ で乾燥した後分析試料とした。



第2図 採取地点ごとの採取箇所概要

A: 上流域, B: 中流域, p: 平面図, s: 断面図, A1: 平水時沈水湖棚, A2: 平水時露出湖棚, A3: バー末端, A4: バー中部, A5: 河畔林, B1: 平水時水際, B2: 平水時干出水路, B3: 低水敷内河畔林, B4: 低水敷内河岸, B5: 平水時干出水制ブロック間, 平面図中矢印は流下方向, 実線: 平水時水際線, 一点鎖線: 豊水時水際線

Fig. 2 Schematic distribution of sampling point in river sections.

A: upstream area, B: middle stream area, p: plane scheme, s: sectional view, A1: littoral shelf, A2: mid point of bar, A3: riparian forest, A4: foot of submergent bar, A5: under the dead water, B1: edge of the ordinary water, B2: low flood water (dry-up) channel bed, B3: riparian forest bed, B4: inner bank deposit, B5: gap of the revetment blocks, arrows in plane view: downstream direction, solid line: normal or ordinal water line, dashed line: low level water line, dashed-dotted line: low flood water line

第1表 試料採取地点の一覧  
Table 1 Characteristics of sampling points and samples for analysis.

sample number	sampling site	sampling point	sediment type	sanpling date
A1	upper stream	base of spar above the water	coarse sand	Oct-07
A2	upper stream	middle point of bar	medium sand	Oct-07
A3	upper stream	riparian forest bed	fine sand	Oct-07
A4	upper stream	foot of submergent bar	very fine sand	Oct-07
A5	upper stream	under the dead water	very fine sand	Nov-07
B1	middle stream	ordinary water line	fine sand	Jun-07
B2	middle stream	dry-up channel bed	silt	Jun-07
B3	middle stream	riparian forest bed	very coarse sand	Jun-07
B4	middle stream	inner bank deposit	fine sand	Jun-07
B5	middle stream	gap between the revetment blocks	fine sand	Nov-07

第2表 ICP-MS 測定条件  
Table 2 Operation conditions of ICP-MS.

Plasma incident powe	1350	W
Sampling depth	6.8	mm
Cooling gas flow	15	l/mim
Auxiliary gas flow	1.0	l/mim
Nebulizer gas flow	1.18	l/mim
Sample uptake rate	0.18	rps
Sample chamber temp.	2	°C
Nebulizer type	Babington	

II. 2 分析方法

試料を約200mgをテフロンピーカーに秤取り、フッ化水素酸5ml、過塩素酸3ml、硝酸4mlの混酸によって160°Cホットプレート上で湿式分解した。蒸発乾固した試料を(1:1)硝酸5mlで溶解し、内部標準としてInを終段で50µg/lとなるよう添加した後、イオン交換水で希釈して100mlとした。この試料をICP-MS(HP4500,横河アナリティカル製)によって、第2表に示した条件によって、23種の微量・超微量成分元素を定量した(第3表)。使用した試薬は、検量線基準液に和光純薬工業製の各元素1000mg/lの元素標準液および多元素混合標準液R-I, IIおよびIIIを使用し、分解時の硝酸および過塩素酸は和光純薬工業製の有害金属測定用を、フッ化水素酸は関東化学の原子吸光分析用を使用した。

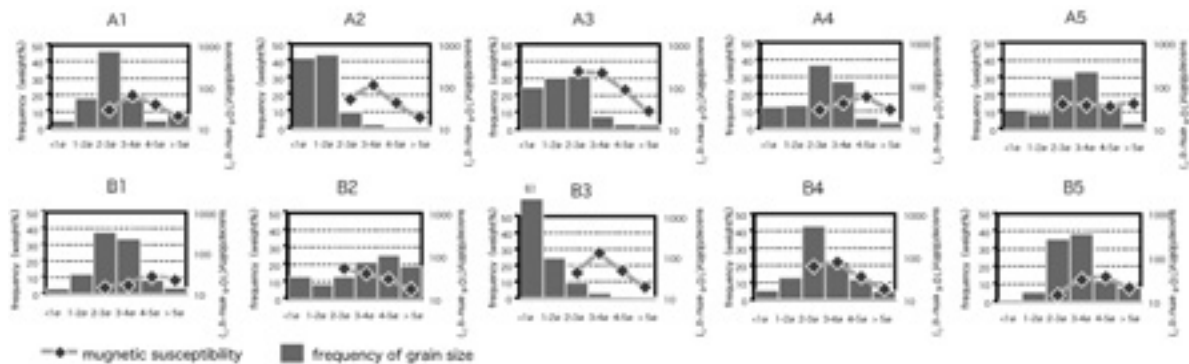
III. 3 解析方法

得られた10試料に対して元素ごとに濃度の平均値と標準偏差を、平均値0, 分散1のデータに変換(正規化)した。正規化したデータ変量として統計解析ソフト「R」(<http://www.r-project.org/>)をもちいて主成分分析およびクラスター分析をおこなった。クラスターリングはユークリッド距離をもとに、クラスター作成法として、隣近接法, 最遠隣法, 群平均法およびウォード法を適用した。

III 結果および考察

III. 1 物理的特性

採取した試料の色調, 粒度, 夾雑物の量比および種類についての特徴は試料間で大きく異なった。上流域は中流域の試料に比較して褐色であり, 河畔林床で採取した試料は他の試料よりも暗色で枝・葉等の植物片が混在していた。第3図に粒度および帯磁率の測定値を示す。それぞれの試料の最頻径は粗粒砂サイズから粗シルトサイズであり, 試料間での違いは大きく, また単位重量で規格化した自然帯磁率の最小値と最大値は17倍の違いがあった。粒度と最頻径との関係では, 最頻径を持つ分画よりも1ないし2分画小さな分画で自然帯磁率が高くなる試料が多かった。これは最頻径付近の構成粒子と等価



第3図 各試料の粒度組成および自然帯磁率  
Fig. 3 Result of particle analysis and magnetic susceptibility measurement.

な沈降特性を持つ比重が大きな磁性鉱物が, 最頻径よりも1段小さなフラクションに含まれるためと考えられる。

### Ⅲ. 2 微量・超微量成分元素濃度の特徴

23元素の定量限界値および地質調査所(現:産業総合研究所地質調査総合センター)の標準岩石試料JSd3(河川堆積物)の分析値と推奨値を示す(第3表)。元素の濃度が低濃度側へ最大20%の偏析が認められたが, Cr, Co, Ni, Zn, Sr, Sm, EuおよびPbの8元素を除く他の元素濃度はJSd3推奨値の誤差の範囲( $\pm 2\sigma$ )内であった。また, 標準岩石試料A3(安山岩)をもちいた繰り返し試験(n=10)による変動係数は, Cdの12%を除いて4%以下であった(第4表)。

元素濃度から算出した上流域および中流域試料の基本統計量(第5表)に認められる元素濃度の特徴は, 上流域と比較して中流域ではLi, Cr, Ni, Zn, Sr, Yおよび原子番号の小さい希土類元素(Nd, Sm, Eu, Gd, Tb)に富んでいた。また, 各地点別の元素濃度の標準偏差(SD)は, Cr, Co, NiおよびPbのいわゆる重金属元素が大きかった。変動係数(CV)は, いわゆる重金属元素に比べて希土類元素の係数が小さく, 上流域・中流域ともに10%未満であった。Znについては中流域のB5の値が他の値よりも著しく小さかったために標準偏差, 変動係数ともに大きく表現された。測定結

果をもとにおこなった主成分分析の結果(第6表)では, 第1主成分の寄与率は60%を越えており, 第3主成分までの累積寄与率は88%であった。第1主成分の固有ベクトルは希土類元素で高く, 第2主成分ではCo, Cd, Pbが大きくSrが小さい。また希土類元素の中では原子番号の大きい重希土類元素のベクトルがやや大きかった。第3主成分ではいわゆる重金属類が小さかった。主成分得点では, 第1主成分得点においてA群(上流域試料)はすべて負であり, 一方のB群(中流域試料)は正と対照的な結果が得られた。A2は他試料と比較して第2主成分得点が大きく, 第3主成分得点がいずれも小さい点において異なっており, B4は第1主成分, 第3主成分が高い点において異なっていた。第1主成分得点と第2主成分得点によるプロットでは2つの集団に区分され, それぞれはA群とB群によって構成された(第4図)。クラスター分析においては, 各方法ともB4とA2の他試料との非類似性が示された(第5図)。ウォード法クラスター分析によって分割された2つの群は, 上流・中流の試料群に相当し, 他の方法においてもB4を除く中流域試料は上流域の試料と区別された。

### Ⅲ. 3 採取地点および採取箇所の特徴と化学的特性

堆積条件が異なる採取箇所から得られた河川堆積物中の細粒なフラクションの化学特性は, 統計的に採取地点別の特徴をもつ集団として区分された。こ

第3表 測定元素, 質量数, 定量限界値(LOQ)および標準試料の測定値と推奨値

Table 3 List of measured elements, mass number, limit of quantification (LOQ) and analytical results of GSJ standard sample 'JSd3' comparing with recommended value (Imai et al., 1996).

element	m/z	LOQ ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )	LOQ* (ppm)	recommended value (ppm)		this study (ppm)	
				average	SD	average (n=2)	range
Li	7	3.17	1.59	151	15	132	6
Cr	53	0.42	0.21	35.3	2.3	30.6	1.8
Co	59	0.14	0.07	12.7	0.9	10.3	0.8
Ni	60	0.11	0.06	19.6	0.5	15.7	0.9
Cu	63	0.79	0.40	426	10	409	62
Zn	66	1.53	0.77	136	3	114	5
Sr	88	0.89	0.45	58.7	2.3	52.7	3.2
Y	89	0.24	0.12	14.9	4.3	9.9	0.4
Cd	111	0.04	0.02	1.045†	**	0.793	0.046
Ce	140	0.30	0.15	42.0	3.5	37.0	2.2
Nd	146	0.11	0.06	15.7	0.7	14.3	0.7
Sm	147	0.04	0.02	3.26	0.2	2.80	0.16
Eu	153	0.02	0.01	0.686	0.024	0.613	0.042
Gd	157	0.08	0.04	2.63†	0.60	2.53	0.13
Tb	158	0.02	0.01	0.368	0.047	0.359	0.026
Dy	163	0.07	0.04	2.22	0.25	2.03	0.16
Ho	165	0.03	0.02	0.443†	0.055	0.400	0.040
Er	167	0.03	0.02	1.07	0.27	1.13	0.10
Tm	169	0.01	0.01	0.155†	0.07***	0.176	0.021
Yb	173	0.06	0.03	1.40	0.19	1.23	0.27
Lu	175	0.01	0.01	0.196	0.051	0.192	0.039
Tl	205	0.05	0.03	2.06†	**	1.80	0.10
Pb	208	0.41	0.21	82.1	4.0	67.9	4.1

\* equivalent amount in 0.2 g sample, \*\*: n=1, \*\*\*: n=2 (range), †: preferable value.

のことは細粒なフラクションの化学的特性には採取箇所  
の相違よりも、それぞれの流域の後背地の条件が反映され  
たためと判断される。中流域では希土類元素の濃度が上流  
域に比べて高く、これは風化・土壌化の影響が少ない支  
筋火砕流堆積物の分布する流

域の影響が表れた結果であると考えられる。主成分分析  
およびクラスター分析によって、それぞれの群のなかで異  
なる特性を示したA2およびB4は、それぞれ上流域のバー  
中部の試料および中流域の低水敷内の河岸試料に該当す  
る。バー中部の試料(A2)は重金

第4表 元素濃度測定結果 濃度の単位は  $\mu\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$   
Table 4 Concentration of elements ( $\mu\text{m}\cdot\text{g}^{-1}$ ) and statistics value.

	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5
Li	14.7	17.0	20.0	17.8	19.7	28.2	29.0	35.0	35.4	42.0
Cr	18.7	43.6	22.3	20.4	25.2	55.5	49.1	72.9	47.5	65.8
Co	20.3	35.0	21.8	14.5	16.1	16.6	15.2	16.7	17.0	15.2
Ni	7.3	20.6	8.2	8.5	8.3	24.3	22.1	35.0	22.2	26.7
Cu	33.6	44.0	34.0	26.2	22.7	33.5	31.7	44.7	39.3	42.4
Zn	147	167	149	146	168	231	253	208	287	158
Sr	122	108	107	121	135	158	146	150	140	136
Y	17.0	16.5	16.5	15.7	17.1	17.4	18.2	19.2	21.4	18.0
Cd	0.442	0.925	0.352	0.558	0.442	0.621	0.728	0.515	0.486	0.300
Ce	28.5	32.3	29.6	25.5	27.1	33.1	32.2	32.9	34.5	33.6
Nd	13.9	13.3	14.0	12.4	13.3	15.4	15.4	16.0	16.7	15.6
Sm	3.33	3.15	3.27	2.94	3.16	3.49	3.50	3.59	3.85	3.46
Eu	0.90	0.85	0.86	0.78	0.80	0.90	0.91	0.90	0.96	0.85
Gd	3.53	3.35	3.51	3.07	3.33	3.56	3.67	3.78	4.14	3.58
Tb	0.52	0.53	0.53	0.48	0.51	0.54	0.56	0.58	0.64	0.54
Dy	3.42	3.48	3.29	3.06	3.26	3.38	3.68	3.71	4.37	3.52
Ho	0.75	0.74	0.71	0.69	0.69	0.70	0.75	0.77	0.86	0.74
Er	2.18	2.16	2.11	1.86	2.02	2.04	2.17	2.27	2.51	2.12
Tm	0.32	0.34	0.30	0.29	0.31	0.31	0.33	0.33	0.38	0.32
Yb	2.10	2.11	2.05	1.98	2.07	1.94	2.13	2.16	2.42	2.08
Lu	0.316	0.324	0.312	0.316	0.319	0.309	0.335	0.341	0.383	0.323
Tl	0.392	0.518	0.520	0.413	0.361	0.575	0.570	0.466	0.580	0.422
Pb	69.3	92.0	69.3	46.5	46.9	54.1	49.7	41.8	54.1	30.6

第5表 基本統計量の比較  
Table 5 Basic statistics of each group.

	group A			group B		
	average	SD	CV (%)	average	SD	CV (%)
Li	17.8	2.2	12	33.9	5.6	17
Cr	26.0	10.1	39	58.2	10.9	19
Co	21.5	8.1	38	16.1	0.9	5
Ni	10.6	5.6	53	26.1	5.3	20
Cu	32.1	8.2	26	38.3	5.6	15
Zn	155.3	11.1	7	227.2	48.6	21
Sr	118.6	11.5	10	146.0	8.8	6
Y	16.6	0.5	3	18.8	1.6	8
Cd	0.544	0.225	41	0.530	0.160	30
Ce	28.6	2.6	9	33.3	0.9	3
Nd	13.36	0.65	5	15.83	0.53	3
Sm	3.17	0.15	5	3.58	0.16	4
Eu	0.84	0.05	5	0.90	0.04	4
Gd	3.36	0.19	6	3.75	0.24	6
Tb	0.52	0.02	4	0.57	0.04	7
Dy	3.30	0.16	5	3.7	0.4	10
Ho	0.72	0.03	4	0.76	0.06	8
Er	2.06	0.13	6	2.23	0.18	8
Tm	0.31	0.02	6	0.34	0.03	8
Yb	2.06	0.05	2	2.14	0.18	8
Lu	0.317	0.004	1	0.34	0.03	8
Tl	0.441	0.073	17	0.52	0.07	14
Pb	64.8	19.0	29	46.1	10.0	22

## 第6表 主成分分析結果

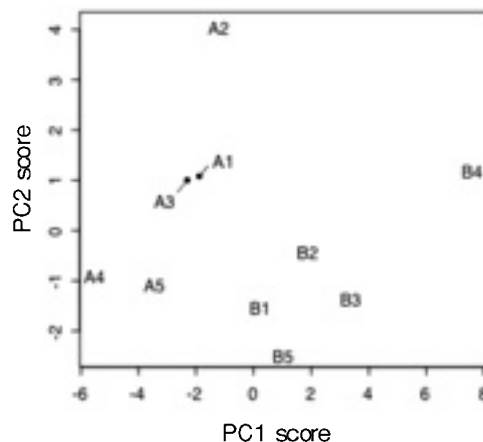
固有ベクトルと寄与率および主成分得点,  
太字は絶対値が0.2以上の値

Table 6 Result of component analysis. gothic bold type: absolute value is larger than 0.2.

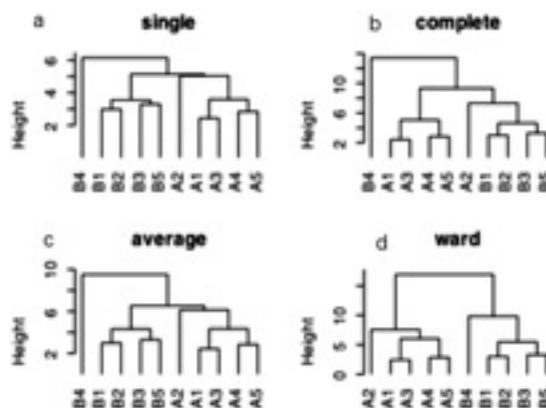
characteristic vector	principal component score				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Li	<b>0.20</b>	<b>-0.28</b>	-0.11	0.19	0.05
Cr	0.18	-0.19	<b>-0.38</b>	0.15	0.15
Co	-0.03	<b>0.46</b>	<b>-0.25</b>	0.17	0.01
Ni	0.19	-0.14	<b>-0.38</b>	0.11	0.20
Cu	0.16	0.13	<b>-0.32</b>	<b>0.45</b>	-0.06
Zn	<b>0.22</b>	-0.02	0.00	<b>-0.45</b>	0.11
Sr	0.14	<b>-0.35</b>	-0.11	<b>-0.32</b>	0.08
Y	<b>0.26</b>	-0.05	0.15	0.01	0.11
Cd	0.00	<b>0.28</b>	<b>-0.36</b>	<b>-0.39</b>	<b>0.46</b>
Ce	<b>0.23</b>	0.02	<b>-0.29</b>	0.07	-0.15
Nd	<b>0.25</b>	-0.15	-0.06	0.00	<b>-0.22</b>
Sm	<b>0.26</b>	-0.07	0.03	-0.03	<b>-0.24</b>
Eu	<b>0.23</b>	0.09	0.02	-0.15	<b>-0.38</b>
Gd	<b>0.26</b>	0.01	0.10	0.00	<b>-0.22</b>
Tb	<b>0.26</b>	0.06	0.06	0.00	-0.03
Dy	<b>0.26</b>	0.09	0.12	-0.01	0.09
Ho	<b>0.24</b>	0.14	<b>0.20</b>	0.08	0.07
Er	<b>0.24</b>	0.16	0.13	0.11	-0.08
Tm	<b>0.24</b>	0.19	0.08	0.06	<b>0.24</b>
Yb	<b>0.21</b>	0.17	<b>0.29</b>	0.11	<b>0.23</b>
Lu	0.23	0.09	<b>0.23</b>	-0.01	<b>0.35</b>
Tl	0.16	0.14	<b>-0.22</b>	<b>-0.42</b>	<b>-0.28</b>
Pb	-0.05	<b>0.49</b>	-0.10	-0.08	<b>-0.21</b>
Proportion of Variance	0.61	0.16	0.10	0.06	0.04
Cumulative Proportion	0.61	0.77	0.88	0.94	0.97

principal component score	principal component score				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
A1	-1.87	1.18	1.49	0.50	-0.93
A2	-1.16	4.09	-2.27	0.50	0.81
A3	-2.30	1.07	0.57	0.43	-1.66
A4	-5.51	-0.86	0.74	-0.44	1.01
A5	-3.42	-1.03	1.59	-0.26	0.83
B1	0.25	-1.49	-2.06	-1.75	-0.98
B2	1.93	-0.39	-0.43	-1.79	0.26
B3	3.41	-1.33	-1.02	1.00	0.46
B4	7.63	1.22	2.18	-0.34	0.27
B5	1.04	-2.45	-0.79	2.16	-0.09

属類に富む化学的特性と上流域試料群のなかでは最も粗粒な粒度特性を示した。これは、豊水時の強い流れから平水時に至る過程で強い淘汰作用を離水時まで連続的に受けたために、他の試料とは特異な化学的特性を有した堆積物となったと考えることができる。一方の中流域の低水敷河岸堆積物(B4)は他の中流域の試料より希土類元素に富む特性を示した。この試料は地表面下約30cmの河岸堆積物の断面から採取した試料であったことから、昨今の洪水時に運搬



第4図 第1および第2主成分得点  
Fig. 4 1st principal component score (PC1) vs. 2nd principal component (PC2) score.



第5図 クラスタ分析結果  
(a: 隣近隣法, b: 最遠隣法, c: 群平均法,  
d: ウォード法によるクラスター間距離に基づきクラスタリング)  
Fig. 5 Tree diagrams based cluster analysis.  
Clustering method is a: single, b: complete c: average, d: ward

され堆積したと考えられる他の試料とは堆積した時期が異なると判断される。この河岸堆積物は鏡下観察によって火山ガラスに富む特徴を有していたことから、過去に流域の東部に分布する支筋火砕流堆積物に由来する碎屑粒子が大量に供給された時期があり、その時期に堆積したと判断される。

近接した範囲の河川断面内における $31\mu\text{m}$ 以下のフラクション中の微量・超微量成分元素濃度特性を統計的に比較した結果、洪水時に浮遊状態で運搬されたと考えられる微細な粒子の化学組成は、採取箇所にかかわらず類似した特性を示した。河川断面での高度の相違から、浮遊状態にあった粒子が懸濁状態から河床に沈着した時期は河川の水位変化の段階によって異なると予想される。しかしながら、浮遊状態で運搬される粒子の化学特性がほぼ等質であった

結果は、採取地点にまで運搬された河床堆積物は既に上流側で均質化されたものである可能性を示している。さらに、上流域ではバー中部のA2を、中流域では河岸堆積物B4を除外すると、試料採取地点別の採取箇所の違いによらない、よりばらつきが改善された「均質」な試料として扱うことができる。

上流域および中流域のいずれの地点でも、元素濃度のばらつきは、希土類元素に比べ、いわゆる重金属類元素で高い結果であった。豊平川の重金属類については、 $74\mu\text{m}$ 以下の細粒な試料中の濃度が地域的・地質的あるいは季節的な変化が大きい(坂井ほか, 1987)ことや、細粒な粒子ほど比表面積が大きく、鉄・マンガン酸化物に伴われる元素の影響が大きい(Horowitz and Elrick, 1987)ことから、元素の移動プロセスをより詳細にするためには、鉄・マンガン水酸化物および有機物粒子を区分するといった方法(Tessier et al., 1978; Quevauviller et al. 1994など)を適用し、化学種形態別に元素の存在状態と移動過程を検討する必要がある。

#### IV まとめ

採取箇所の違いによる粒径、色調、帯磁率特性の相違に関わらず、 $<32\mu\text{m}$ の細粒フラクションの微量・超微量成分元素の濃度特性からは、上流、中流の2群が区別された。

流れの影響の大きな箇所(バー中部)および表層下で採取した試料の化学特性は周辺の河川堆積物試料と特性が異なった。

希土類元素のばらつきはCu, Pb, Znなどのいわゆる重金属類に比べて小さく、表層堆積物中の細粒フラクション( $<32\mu\text{m}$ )においては採取地点の相違に関わらず「均質」といえる。

#### 文 献

- Ackermann, A., Bergmann, H. and Shleicher, U. (1983): Monitoring of heavy metals in coastal and estuarine sediments - A question of grain-size:  $<20\mu\text{m}$  versus  $<60\mu\text{m}$ . *Environmental Technology Letter*, 4, 317-328.
- Horowitz, A.J. and Elrick, K.A. (1987): The relation of stream sediment surface area, grain size and composition to trace element chemistry. *Applied geochemistry*, 2, 437-451.
- 今井 登(1987): 誘導結合プラズマ発光分析法による河川堆積物の分析. *分析化学*, 36, 41-45.
- 今井 登, 寺島 滋, 太田充恒, 御子柴(氏家)真澄, 岡井貴司, 立花好子, 富樫茂子, 松久幸敬, 金井 豊, 上岡 晃, 谷口政碩(2004): 日本の地球化学図 元素の分布から何がわかるか?. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 209.
- Quevauviller, P., Rauret, G., Muntau, H., Ure, A.M., Rubio, R., Lopez-Sanchez, J.F., Fiedler, H.D. and Griepink, B. (1994): Evaluation of sequential extraction procedure for the determination of extractable trace metal contents in sediments. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*, 349, 808-814.
- Salminen, R., Tarvainen, T., Demetriades, A., Duris, M., Fordyce, F.M., Gregorauskiene, V., Kahelin, H., Kivisilla, J., Klaver, G., Klein, J., Laason, J.O., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mjartanova, H., Mouvet, C., O'Connor, P., Odr, L., Ottorillo, G., Paukula, T., Plant, J.A., Reimann, C., Schermann, O., Siewers, U., Steenfelt, A., Van der Sluys, J., deVivo, B. and Williams, L. (1998): Forges geochemical mapping field manual. *Geological survey of Finland guide 47, Geological survey of Finland*, 41.
- 坂井宏光, 新岡 正, 藏崎正明, 小島 豊, 佐々木胤則, 斎藤和雄(1987): 豊平川における水質および底質重金属の挙動と解析. 北海道大学大学院環境科学研究科邦文紀要, 3, 61-80.
- 田中 剛, 川辺岩夫, 山本綱志, 岩森 光, 平原靖大, 三村耕一, 浅原良浩, 伊藤貴盛, 米沢千夏, ドラグシャヌクリスチャン, 神田 聡, 清水乙彦, 林 正人, 三浦典子, 青木浩, 太田充恒, 戸上 薫, 鳥海貴弘, 松村陽子, 榊原智康, 谷水雅治, 水谷嘉一, 宮永直澄, 村山正樹, 大森扶美子(1995): 愛知県瀬戸市周辺における河川堆積物中の元素分布と地圏環境評価の試み. *地球化学*, 29, 113-125.
- Tessier, A., Campbell, P.G.C. and Bisson, M. (1978): Sequential extraction procedure for the speciation of particle trace metals. *Analytical Chemistry*, 51, 844-851.