

埼玉県中央部, 越辺川・毛呂川上流域の地球化学図

川野良信* 齊藤由香* 各務由香* 清水隆一*

キーワード：地球化学図, 越辺川, 毛呂川, 埼玉県

I. はじめに

地球化学図とは地殻表層における元素の濃度分布図のことであり(今井, 2001), 北アイルランドやイギリスで初めて作成された(Webb et al., 1973; 1978). 当初は重金属資源の探査を目的として始められたものだが, 近年は土壌汚染など, 有害物質の分布や拡散の把握などに活用されている(今井, 2001). 例えば, 2011年の福島第一原子力発電所の事故に関連した人工放射線量を識別するために, 大地から出ている自然放射線量の把握に用いられている(今井, 岡井, 2014; Ohta et al., 2021). 国内における地球化学図の作成は, 産業技術総合研究所をはじめ, 複数の研究機関や大学で行われており, 採取密度に差はあるものの, 北関東地域(伊藤ほか, 1991)を皮切りに, 本州北部(Ujiiie-Mikoshiba et al., 2006), 四国地域(Ujiiie-Mikoshiba et al., 2011), 愛知県(Tanaka et al. 1994; 1996; 田中ほか, 1995; 山本ほか, 1998), 福岡県(古川ほか, 2004; 伊藤ほか, 2007; 柚原, 2010; 柚原ほか, 2010; 2011)など, 日本各地の地球化学図が公開されている.

立正大学では, 2000年から埼玉県荒川流域を対象に, 埼玉県西部域の地球化学図が作成されてきた(福岡ほか, 2005; 2006; 2007; 2008; 新藤ほか, 2006; 青木ほか, 2009; 川野ほか, 2023). また, 樋口ほか(2021)は, 埼玉県西部の滝沢ダム周辺の河川堆積物を, 十数年の時間的間隔を空けて採取・分析し, 経年変化によって河川堆積物そのものに組成変化が生じた可能性を指摘した. さらに, 清水ほか(2022)は, 埼玉県西部の小森川流域の河川堆積物について化学組成の経年変化について検討し, 試料の採取位置の違いによって組成変化が生じた可能性は低いものの, 採取試料そのものの不均質性が化学組成の違いを生じたと考察している. このように, 地球化学図の活用は, バックグラウンドとしての基本的な元素分布の把握から, 化学組成の経年変化の議論へと発展しつつあり, 対象地域の環境変化を把握するためにも地

球化学図の需要は高まりつつある.

前述のように立正大学では20年以上にわたり荒川流域の地球化学図の作成を行ってきたが, 近年は関東平野西縁部を流下する河川流域の検討を進めている. その研究の一環として, 今後経年変化を議論する際の基本データとして今まで詳細な地球化学図が作成されていなかった埼玉県中央部の越生町を流下する越辺川および毛呂川上流域から試料採取を行い, 主成分元素, 微量元素, 希土類元素の分析を実施した. 本論では, 対象地域の代表的な地球化学図を用いて, 化学元素と地質の関連性や自然放射線量について検討を行う.

II. 地質概略

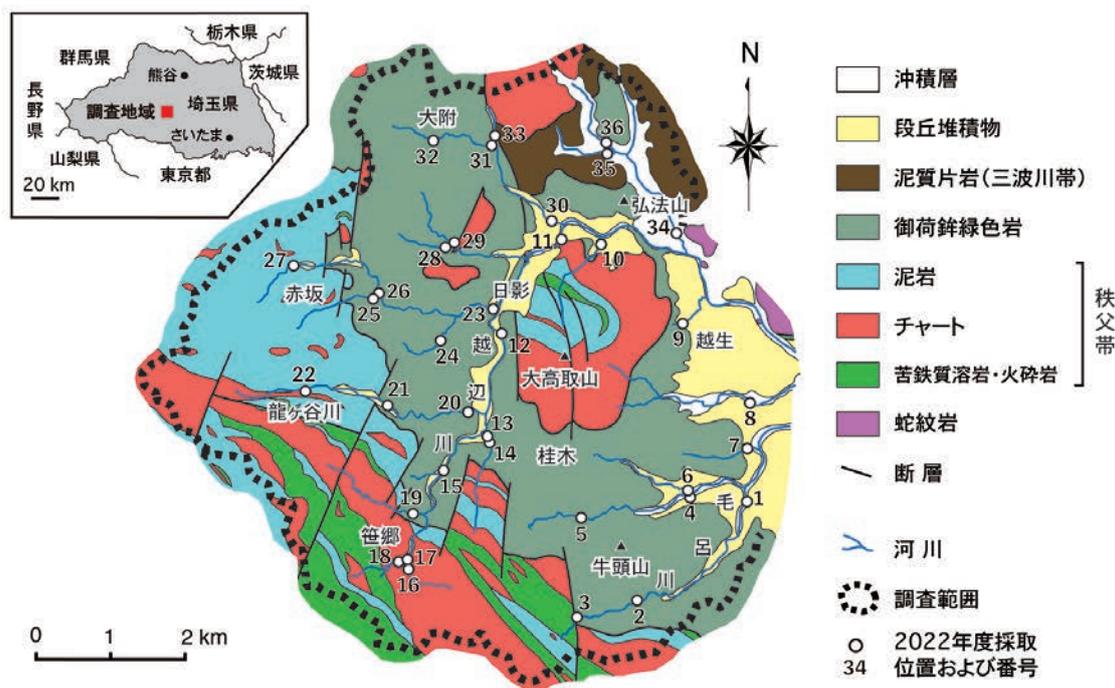
第1図に調査地域の地質概略図(埼玉県地質図編纂委員会, 1998; 1999)を示す. 調査地域では, 南西の笹郷から日影を経て, 弘法山にかけて越辺川が, 牛頭山の南側から北東にかけて毛呂川が流下し, 両河川に合流する複数の支流が発達している. また, 越辺川と毛呂川の分水嶺として大高取山が調査地域のほぼ中央付近に位置している.

調査地の東縁には蛇紋岩の小岩体が点在し, その西側に御荷鉾帯緑色岩, さらに西側に秩父帯が分布している. 一方, 調査地域の北東縁には三波川帯の泥質片岩の露出が認められる. また, 越辺川, 毛呂川流域や越生の東側に第四系の段丘堆積物および沖積層が分布している(第1図; 埼玉県地質図編纂委員会, 1998; 1999).

本地域に点在する蛇紋岩は, 越辺川の左岸側沿いに比較的規模の大きな岩体として露出するが, 大高取山周辺にも小規模な蛇紋岩体が点在している(原・冨永, 2022). 原・久田(2021)はこれらの蛇紋岩体を三波川変成岩, 御荷鉾緑色岩類, 秩父帯の3つに区分し, 蛇紋岩中のクロムスピネルの化学組成を用いた比較検討を行っている.

西部域に分布する秩父帯は, 泥岩を主体とし, 北西-南東の方向性をもった苦鉄質溶岩・火砕岩, チャートを

* 立正大学地球環境科学部



第1図 越辺川・毛呂川流域の地質図

埼玉県地質図編纂委員会（1999）を一部改変。図中の2桁の数値は、4桁の試料番号の下2桁を示したものである。

挟んでいる（埼玉県地質図編纂委員会，1998；1999）。本地域の秩父帯は、秩父北帯の柏木ユニットに分類され（指田，1992；松岡ほか，1998），挟まれている玄武岩類は、海洋島玄武岩（OIB）の化学的特徴を有している（Tominaga and Hara，2021）。なお、指田（1992）は調査地域南方の高麗川流域の柏木ユニットから中期ジュラ紀の放散虫化石を報告している。

調査地域中央部に広く分布する御荷鉾緑色岩は、主として苦鉄質～超苦鉄質岩類から構成される（原・富永，2022）。ハンレイ岩に伴われる斜長岩から 157.0 ± 0.9 MaのジルコンU-Pb年代が報告され（Tominaga and Hara，2021），ときがわ町に分布する御荷鉾緑色岩最上位の赤色泥岩から後期ジュラ紀の放散虫化石が報告されている（松岡，2008）。なお、大高取山周辺では御荷鉾緑色岩の上位に秩父帯柏木ユニットが低角な断層をもって衝上している（原・富永，2022）。

三波川帯は泥質片岩と苦鉄質片岩から構成されるが（嵐山町博物誌三波川帯グループ，2004），北東縁の泥質片岩は御荷鉾緑色岩や秩父帯と断層をもって接している（埼玉県地質図編纂委員会，1998；1999）。

第四系の段丘堆積物は、調査地域の東縁域および越辺川、毛呂川沿いの流域に、沖積層は越辺川やその支流に沿ってそれぞれ発達している（埼玉県地質図編纂委員会，1999）。

Ⅲ. 試料採取および分析方法

Ⅲ-1. 試料採取・試料処理法

試料の採取位置を第1図に示した。原則として下流側の採取位置を若い番号とし、同じ河川を下流から上流に、右岸側支流の採取位置を優先して番号を振っていき、後に左岸側支流の採取位置に下流側から順番に番号を付けていった。また、他の年度に実施した試料と区別するため、これらの番号に22年度採取を意味する「22」を付記し、最終的に4桁の数字を試料番号としている。なお、本研究で採取・分析した試料数は計36試料である。

試料は、青木ほか（2009）に従って採取・処理を行った。まず、スコップを用いて河川堆積物を80メッシュ（ $<180 \mu\text{m}$ ）の篩に採取し、河川水を用いて篩に通した。篩を通過した河川堆積物と水はポリバケツ（15リットル）に回収し、篩を通過しなかったものは適宜捨て、さらに河川堆積物を追加し、篩にかけた。これをポリバケツが満水になるまで繰り返した後、手で攪拌し5分間静置させた。静置後、上澄みを捨て、沈殿物を再び80メッシュの篩にかけ、ポリバケツに回収した。二度目は沈殿物を篩にかける際に新たな河川堆積物が追加されないように、じょうろで汲んだ河川水のみを用いて篩に通し、ポリバケツに回収した。ポリバケツに水が満ちた後、再び攪拌し、5分間静置させた。その後、上澄みを捨て沈

殿物をコーヒーフィルターに回収し、試料とした。採取した試料は、自然乾燥後、四分法により試料を分取し、アルミナ製乳鉢を用いてすりつぶした後にスチロール棒瓶に入れ保管した。

Ⅲ-2. 分析方法

採取した試料は、十分に乾燥させた後、900℃で恒量に達するまで加熱処理を行った。恒量した試料に、融剤（四ホウ酸リチウム）を重量比で試料1：融剤2となるように加え、アルミナ乳鉢で十分に混合した後、高周波炉を用いて溶融し、ガラスビードを作成した（福岡ほか、2005）。

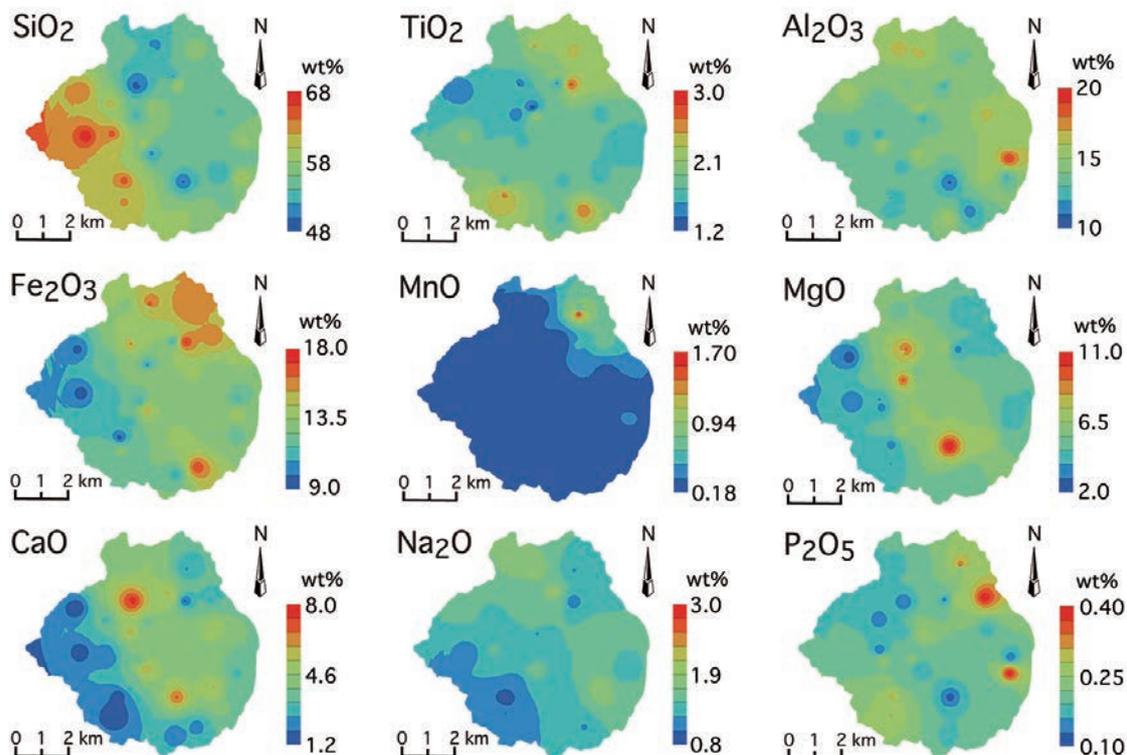
ガラスビードを用いた主成分・微量成分元素の分析は、川野（2010）に基づき立正大学地球環境科学部環境システム学科設置の蛍光X線分析装置（XRF；リガク社製ZSX Primus II）を用いて行った。ただし、分析条件を改善し、理論マトリックス補正計算はde Jonghモデルを用い、Loss on ignition (L.O.I.) を含む補正計算（山田、2010）を施した。測定した元素は、Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Pの主成分と、Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, Sc, Sr, Th, V, Y, Zn, Zrの微量成分の合計26元素である。希土類成分元素の分析は立正大学地球環境科学部環境システム学科設置のICP-MS（PerkinElmer社製NexION2000）とNd-YAGレーザーア

ブレーションシステム（New Wave Research社製UP-213）を連結したLA-ICP-MSを用いて測定した。分析手法は新藤ほか（2009）、川野・清水（2017）に準じ、XRFで求めたYを内標準元素として測定元素定量値の補正を行った。測定した希土類成分元素はLaからLuまでのランタノイドおよびHf, Ta, Uの計17元素である。

Ⅳ. 結果

Ⅳ-1. 主成分元素

主成分元素の分析結果を第1表に、主成分元素のうちSiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, P₂O₅の地球化学図を第2図にそれぞれ示した。なお、全ての地球化学図は稲吉（2005）のプログラムを使用して作成している。このプログラムでは、分析データのない空白地域を周辺の分析データを用い距離の2乗の逆数を重みとして近似的な補間する手法が用いられているが、本論のように広範な地域の組成差を把握するには充分である。SiO₂は、48.8~67.3 wt%の組成幅を有し、調査地域の西部で多く、北東部で少ない傾向を示す（第2図）。最高濃度は地点2222で67.3 wt%、最低濃度は地点2228で48.8 wt%であった。TiO₂は、1.30~2.69 wt%の組成幅を示し、北東部と南部で多く、北西部で少ない傾向が認められる。最高濃度は地点2210と2217であり、最低濃度



第2図 越辺川・毛呂川流域の代表的な主成分元素の地球化学図

第1表 主成分元素組成

Sample No.	SiO ₂ (wt%)	TiO ₂ (wt%)	Al ₂ O ₃ (wt%)	Fe ₂ O ₃ (wt%)	MnO (wt%)	MgO (wt%)	CaO (wt%)	Na ₂ O (wt%)	K ₂ O (wt%)	P ₂ O ₅ (wt%)	Total (wt%)
2201	60.09	1.92	13.37	11.96	0.27	6.00	3.34	1.65	1.90	0.20	100.68
2202	57.36	2.63	12.36	16.88	0.26	5.39	2.35	1.23	1.98	0.20	100.65
2203	58.95	1.69	15.90	11.29	0.21	5.44	2.17	1.28	2.87	0.18	99.99
2204	53.40	1.56	15.92	11.76	0.21	8.78	4.71	1.86	2.10	0.18	100.50
2205	49.95	1.67	11.82	14.10	0.23	12.89	6.74	1.29	0.49	0.12	99.29
2206	52.14	1.80	15.82	14.56	0.24	7.49	5.59	1.92	0.85	0.21	100.62
2207	54.20	1.62	19.16	14.12	0.39	4.21	3.09	1.25	0.91	0.39	99.33
2208	58.59	1.62	15.66	11.55	0.19	4.72	3.84	1.44	1.30	0.14	99.05
2209	53.83	1.67	16.67	12.86	0.24	6.30	5.18	1.67	0.86	0.17	99.46
2210	55.74	2.69	15.25	17.18	0.51	3.72	1.91	1.03	1.84	0.28	100.13
2211	58.82	1.53	12.94	11.06	0.19	7.95	5.22	1.55	1.31	0.15	100.73
2212	56.17	2.11	12.86	13.47	0.25	7.36	4.41	1.22	1.42	0.27	99.53
2213	52.85	1.69	16.32	13.35	0.23	7.84	5.29	1.57	0.94	0.17	100.25
2214	50.57	2.13	15.30	16.15	0.25	7.65	6.06	1.64	0.77	0.16	100.70
2215	58.84	1.75	12.88	11.23	0.23	7.81	3.33	1.05	1.80	0.21	99.11
2216	64.14	2.30	13.62	11.00	0.32	3.94	1.71	1.05	2.01	0.30	100.39
2217	59.81	2.69	12.64	14.97	0.27	5.18	1.57	1.01	2.34	0.23	100.72
2218	61.00	2.38	14.31	12.07	0.27	4.90	1.70	1.12	2.57	0.27	100.59
2219	65.06	1.69	14.08	9.61	0.33	3.68	1.50	0.82	2.26	0.29	99.33
2220	59.27	1.64	14.04	10.83	0.27	7.62	3.75	1.30	1.73	0.24	100.70
2221	61.52	1.80	16.01	10.91	0.26	3.84	1.96	1.31	2.56	0.25	100.41
2222	67.32	1.98	13.31	9.41	0.31	3.15	1.39	1.09	2.28	0.22	100.47
2223	58.49	1.30	16.36	10.67	0.24	5.92	3.65	1.62	1.64	0.24	100.13
2224	52.66	1.43	13.97	13.40	0.23	11.08	5.63	1.43	0.75	0.17	100.74
2225	60.57	1.59	13.63	12.07	0.23	6.42	3.17	1.26	1.59	0.14	100.68
2226	65.03	1.65	12.93	11.16	0.19	4.15	2.29	1.53	1.86	0.13	100.92
2227	63.72	1.45	15.97	9.69	0.22	2.64	1.33	1.61	2.22	0.19	99.03
2228	48.77	1.85	15.06	15.92	0.26	9.33	7.28	1.58	0.51	0.13	100.70
2229	50.10	1.31	14.23	13.30	0.23	11.36	7.89	1.48	0.43	0.10	100.42
2230	51.83	2.05	15.71	14.28	0.23	6.47	5.49	2.02	1.15	0.22	99.45
2231	52.95	1.83	17.28	13.40	0.28	6.86	4.79	2.02	1.35	0.22	100.96
2232	54.44	1.75	16.84	13.08	0.32	6.02	4.18	1.82	1.83	0.17	100.45
2233	50.59	2.52	15.87	17.23	0.26	5.92	4.40	1.62	0.95	0.21	99.57
2234	55.95	2.26	15.25	15.78	0.73	4.54	2.92	1.31	1.31	0.39	100.44
2235	56.83	2.33	13.69	16.09	1.62	5.03	2.58	1.21	1.28	0.21	100.86
2236	56.55	2.29	15.01	16.12	0.54	4.24	2.83	1.31	1.28	0.35	100.52

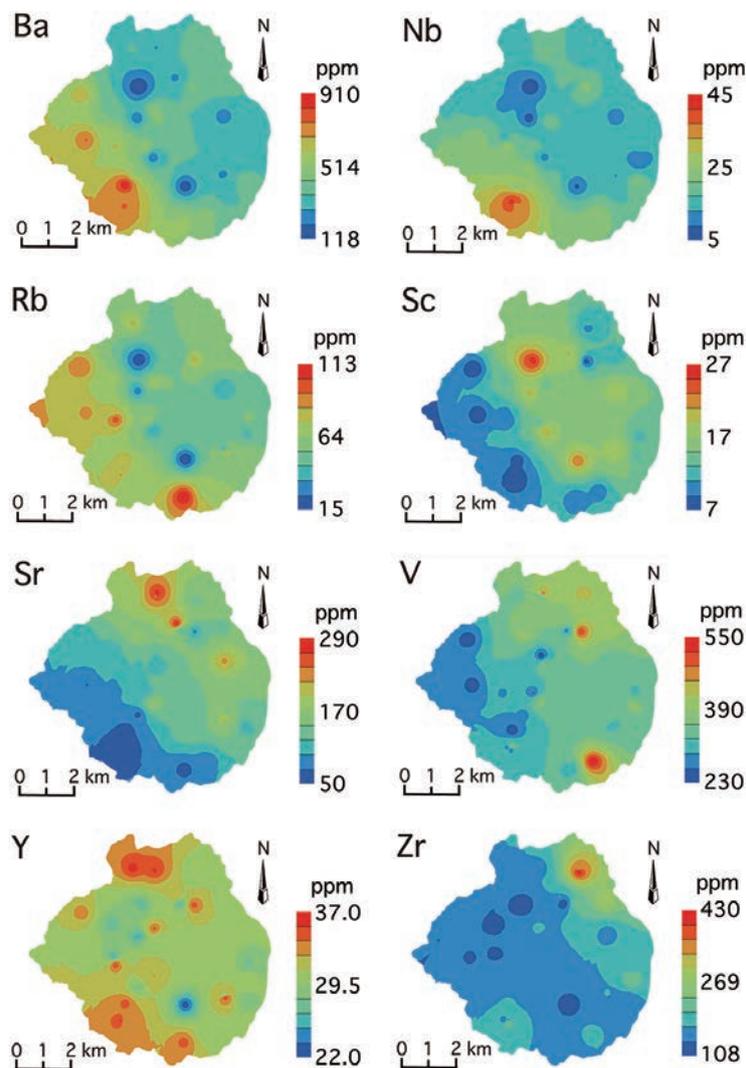
全鉄はFe₂O₃として表示.

は地点2223であった。Al₂O₃は、11.8~19.2 wt%の組成幅を示し、最高濃度は東部の地点2207で記録されている。最低濃度は、毛呂川の支流に位置する地点2205であった。Fe₂O₃には、9.41~17.2 wt%の組成幅があり、SiO₂とは逆の傾向が顕著である。すなわち、調査地域の西部で乏しく、東部で富む特徴がある。最高濃度は地点2233、最低濃度は地点2222からそれぞれ得られている。MnOは、組成幅が狭く、ほとんどの地点で0.25 wt%以下の濃度であり、調査地域の北西部に濃集が認められる。最高濃度は地点2235で1.62 wt%に達している。MgOは、調査地域の中央付近で濃度が高くなり、西部は比較的低濃度を示している。その組成幅は、2.64~12.9 wt%であり、最高濃度は地点2205、最低濃度は地点2227からそれぞれ得られている。CaOは、1.33~7.89 wt%の組成幅があり、調査地域の東部で乏しく、中央付近に濃度の高い地点が認められる。最高濃度は地点2229、最低濃度は地点2227

からそれぞれ得られている。Na₂Oは南西部で乏しくなる特徴があり、最高濃度は地点2230と2231で、最低濃度は2219であった。その組成幅は0.82~2.02 wt%である。P₂O₅は、調査地域の東部で濃度が高くなっており、地点2207および2234で最高濃度の0.39 wt%、中央やや南側の地点2229で最低濃度の0.10 wt%が得られている。

IV-2. 微量成分元素

微量成分元素の分析結果を第2表に、微量成分元素のうちBa, Nb, Rb, Sc, Sr, V, Y, Zrの地球化学図を第3図にそれぞれ示した。Baの最高濃度は900 ppmで、地点2219から採取され、最低濃度は地点2229の118 ppmであった。調査地域の南西部で高濃度、中央付近で低濃度を示す傾向がみられる。Nbは、Baと類似の傾向がみられ、最高濃度は地点2218の44.5 ppm、最低濃度は地点2229の5.22 ppmであった。Rbは、南西部で富み、中央



第3図 越辺川・毛呂川流域の代表的な微量元素の地球化学図

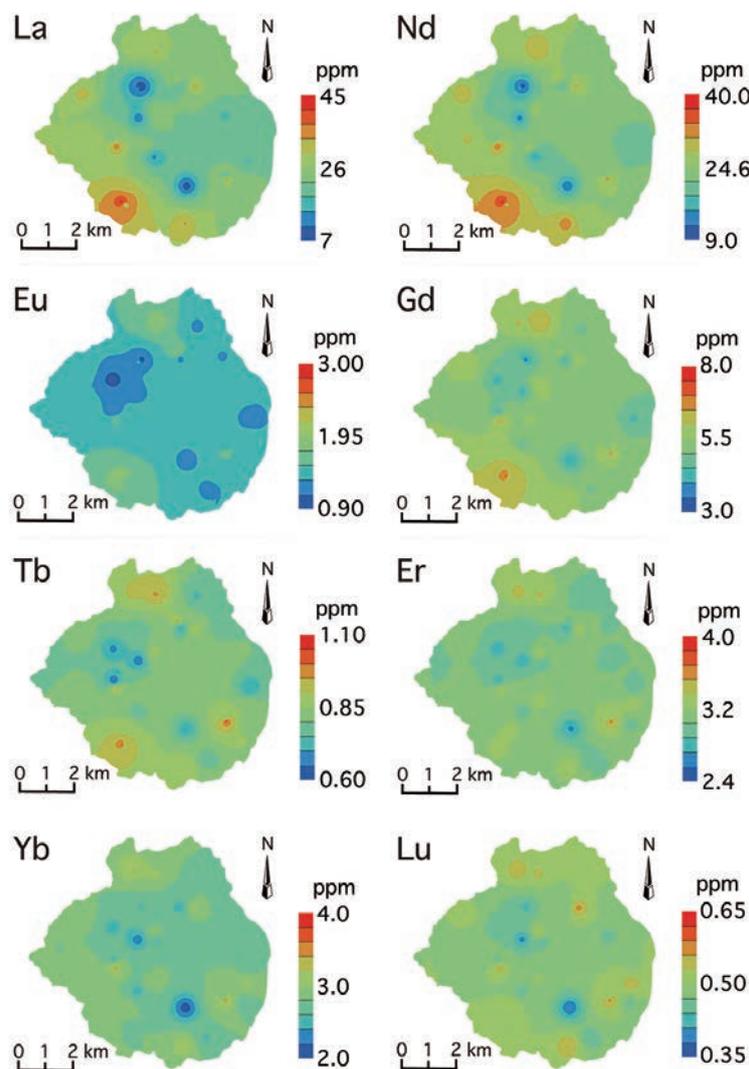
第2表 微量元素組成

Sample No.	Ba (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Ga (ppm)	Nb (ppm)	Ni (ppm)	Pb (ppm)	Rb (ppm)	Sc (ppm)	Sr (ppm)	Th (ppm)	V (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)	Zn (ppm)
2201	419	41.2	583	94.6	18.0	21.9	201	14.6	64.6	12.8	108	4.71	329	28.1	150	168
2202	461	46.8	946	92.2	20.5	25.2	178	12.6	71.1	9.8	82	8.67	541	29.9	184	189
2203	543	36.1	401	83.0	21.7	21.4	182	21.6	112	9.4	66	10.6	306	34.5	144	195
2204	342	53.0	938	111	20.3	14.2	398	15.4	83.5	17.3	129	10.6	290	36.7	134	165
2205	145	73.8	1556	153	16.1	8.62	627	7.5	15.3	22.6	145	1.42	342	22.8	115	97
2206	218	59.6	937	132	19.7	12.7	337	20.3	32.9	19.5	217	2.81	355	28.7	192	131
2207	336	41.9	400	121	24.3	9.82	165	26.6	42.0	12.2	139	4.46	374	30.4	236	140
2208	321	40.3	464	94.3	21.0	13.7	180	17.8	55.5	14.7	152	5.33	319	27.7	184	162
2209	251	52.4	548	154	21.5	12.0	262	18.9	36.7	18.7	221	3.85	335	30.8	155	136
2210	451	41.0	174	63.5	22.6	23.3	87.4	22.0	77.5	8.2	95	7.61	512	34.6	231	204
2211	346	44.4	694	104	16.4	15.6	274	10.7	47.7	18.9	128	4.76	283	26.4	109	142
2212	470	47.1	733	134	17.9	20.2	262	18.8	50.6	16.6	105	5.33	361	29.6	163	149
2213	254	57.2	662	148	20.1	12.3	325	16.2	41.1	18.5	150	4.14	315	30.9	157	134
2214	221	59.9	689	137	20.2	12.2	291	12.7	33.2	21.2	189	3.12	422	33.9	151	139
2215	505	44.4	762	129	17.5	25.9	292	17.6	59.6	12.6	68	5.54	283	28.2	152	155
2216	808	36.3	241	100	19.0	32.7	109	20.3	62.0	8.1	70	5.87	263	33.5	252	185
2217	665	39.8	700	68.4	19.8	41.0	129	14.0	76.1	8.0	50	8.03	399	32.5	164	215
2218	731	38.4	507	73.9	20.1	44.5	130	16.4	85.9	8.8	60	8.60	279	36.0	153	223
2219	900	30.9	157	97.2	19.5	24.5	92	21.5	78.5	7.9	62	7.90	235	34.6	177	164
2220	536	48.1	653	162	19.0	17.7	301	21.8	67.8	14.1	103	6.63	260	31.6	149	147
2221	604	32.7	208	75.3	21.8	26.4	96	24.0	98.8	9.4	93	11.1	287	35.0	155	198
2222	755	29.2	147	72.9	17.9	23.7	74	21.9	87.0	7.4	74	8.67	246	30.9	138	168
2223	481	42.4	488	135	20.3	14.8	232	24.0	71.7	14.0	121	8.39	242	34.4	183	158
2224	203	63.7	1081	206	17.5	6.53	506	18.9	29.3	19.8	121	3.53	317	25.5	160	103
2225	388	41.8	505	102	18.6	11.8	218	17.0	70.6	12.9	104	7.48	332	26.9	129	160
2226	562	30.9	296	65	18.9	14.5	103	22.2	75.4	10.1	96	8.61	326	25.9	128	173
2227	645	25.1	83.1	55.6	21.0	16.1	44.6	22.0	92.7	7.2	105	9.20	247	33.1	150	194
2228	130	67.2	834	198	20.1	7.92	347	9.8	19.8	24.2	190	2.80	430	28.7	130	111
2229	118	63.9	1005	146	17.2	5.22	430	8.3	16.9	26.9	145	1.46	341	25.8	110	78
2230	249	47.3	668	86.1	21.3	21.3	239	15.3	46.1	19.2	281	5.56	377	32.4	173	172
2231	311	52.0	633	100	22.0	23.2	273	16.0	54.5	17.0	239	5.45	323	36.3	156	212
2232	363	43.9	582	82.9	21.1	15.4	235	20.7	75.8	15.3	181	8.90	347	36.1	162	183
2233	268	52.6	553	93.3	23.0	18.1	231	16.2	45.7	16.2	285	6.40	488	34.0	167	178
2234	416	47.5	444	105	21.3	16.1	198	28.0	63.1	11.9	139	6.97	403	30.6	292	182
2235	423	47.3	434	69.3	20.6	14.4	210	17.6	62.3	10.4	132	7.91	419	29.6	426	186
2236	393	45.0	325	121	21.4	13.4	151	33.4	61.8	11.1	157	11.4	437	30.0	334	205

付近で乏しい傾向を示す。最高濃度は地点2203から112 ppm, 最低濃度は地点2205から15.3 ppmがそれぞれ得られている。Scは、Baとは逆の傾向を示し、西部で濃度が低く、中央付近で高濃度を示す特徴がみられる。最高濃度は地点2229で26.9 ppm, 最低濃度は地点2227で7.2 ppmがそれぞれ得られている。Srは、北部の地点2233で最高濃度の285 ppmが、南西部の地点2217で最低濃度の50 ppmが検出されている。Vは、西部で低濃度、東部で相対的に濃度が高くなる傾向が認められた。最高濃度は南端の地点2202から得られた541 ppmで、最低濃度は南西部の地点2219から得られた235 ppmであった。Yは、北部と南部で濃度が高くなる特徴を示す。地点2204で最高濃度の36.7 ppm, 地点2205で最低濃度の22.8 ppmがそれぞれ得られている。Zrは、全体的に濃度差が小さいが、北東部の地点2235が426 ppmで最高濃度を、地点2211が109 ppmで最低濃度をそれぞれ示している。

IV-3. 希土類成分元素

希土類成分元素の分析結果を第3表に、希土類成分元素のうちLa, Nd, Eu, Gd, Tb, Er, Yb, Luの地球化学図を第4図にそれぞれ示した。軽希土類元素であるLaは、7.6~44.3 ppmの組成幅を示し、最高濃度は最西端の地点2218から、最低濃度は北部の地点2229からそれぞれ得られている。中間希土類元素であるNdは、Laとほぼ同程度の組成範囲をとり、地点2218から最高濃度の39.2 ppm, 地点2229から最低濃度の9.9 ppmがそれぞれ得られている。中間希土類元素であるEuは、全体的に濃度が低く、LaやNdと同様に、地点2218から最高濃度の2.08 ppm, 地点2229から最低濃度の0.97 ppmがそれぞれ得られている。Gdも同様であり、最高濃度の7.17 ppmは地点2218から、最低濃度の3.69 ppmは地点2229から得られている。Tbは、顕著な特徴はみられず、高濃度を示す地点が分散している。最高濃度は地点2204か



第4図 越辺川・毛呂河流域の代表的な希土類元素の地球化学図

第3表 希土類元素組成

Sample No.	La (ppm)	Ce (ppm)	Pr (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Gd (ppm)	Tb (ppm)	Dy (ppm)	Ho (ppm)	Er (ppm)	Tm (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)	Hf (ppm)	Ta (ppm)	U (ppm)
2201	24.6	47.9	6.05	23.9	5.10	1.34	5.06	0.83	4.76	0.86	2.71	0.43	2.60	0.41	4.97	1.80	1.66
2202	26.5	51.4	6.44	25.3	5.19	1.26	4.96	0.77	4.58	0.85	2.64	0.41	2.58	0.40	5.39	1.96	2.18
2203	33.7	67.8	8.25	31.8	6.34	1.42	5.81	0.90	5.32	0.96	3.11	0.49	3.14	0.51	5.86	1.80	2.46
2204	33.7	71.1	8.52	32.6	7.11	1.64	6.66	1.06	6.61	1.19	3.61	0.55	3.44	0.53	5.21	1.32	1.81
2205	9.3	21.6	2.96	13.4	3.73	1.20	4.13	0.71	4.15	0.73	2.37	0.33	2.08	0.33	2.82	0.68	0.49
2206	16.1	34.9	4.64	19.0	4.76	1.48	4.96	0.81	5.02	0.93	2.86	0.44	2.79	0.45	3.78	1.05	0.91
2207	18.2	39.8	4.89	20.0	4.70	1.34	4.99	0.83	5.26	0.97	3.10	0.50	3.05	0.50	4.52	0.85	1.68
2208	18.5	41.2	4.99	19.1	4.48	1.22	4.43	0.70	4.57	0.80	2.68	0.40	2.65	0.44	4.90	1.16	1.72
2209	18.1	39.8	5.12	21.6	5.14	1.53	5.33	0.83	4.98	0.91	2.74	0.43	2.66	0.41	3.88	0.93	1.28
2210	30.7	63.9	7.67	28.3	6.31	1.53	5.64	0.88	5.30	0.95	3.09	0.48	3.05	0.52	6.24	1.98	2.41
2211	18.3	38.6	4.72	18.5	4.38	1.24	4.40	0.70	4.37	0.77	2.49	0.37	2.45	0.42	4.18	1.24	1.27
2212	24.0	46.4	5.87	22.8	5.24	1.41	5.66	0.82	4.91	0.86	2.71	0.38	2.57	0.40	4.11	1.54	1.54
2213	15.0	32.6	4.19	17.5	4.48	1.31	5.06	0.81	4.87	0.92	2.95	0.47	2.82	0.43	3.80	0.92	1.10
2214	13.5	29.4	3.88	16.3	4.71	1.53	5.50	0.86	5.54	1.02	3.25	0.45	3.13	0.48	3.76	0.87	0.97
2215	24.2	46.3	5.85	22.4	4.97	1.34	4.79	0.75	4.65	0.81	2.63	0.38	2.47	0.40	4.36	1.94	1.51
2216	28.6	57.4	7.28	28.4	6.08	1.57	5.92	0.88	5.19	0.96	2.91	0.44	2.65	0.43	4.91	2.60	1.88
2217	39.2	71.8	9.11	34.0	6.86	1.81	6.20	0.91	5.36	0.94	3.00	0.42	2.77	0.47	6.38	3.49	2.08
2218	44.3	83.7	10.43	39.2	7.82	2.08	7.17	1.02	5.94	1.04	3.16	0.47	3.01	0.48	6.57	3.69	2.25
2219	31.0	60.5	7.57	29.0	6.17	1.54	5.99	0.88	5.29	0.99	3.06	0.45	2.97	0.48	4.72	1.97	2.58
2220	25.2	53.7	6.54	25.7	5.52	1.51	5.67	0.83	4.83	0.93	2.84	0.42	2.73	0.42	4.16	1.44	1.96
2221	35.4	74.6	8.62	32.6	6.53	1.61	6.31	0.91	5.30	1.04	3.15	0.51	3.27	0.50	6.03	2.33	2.95
2222	29.8	65.4	7.43	28.1	5.58	1.44	5.48	0.81	4.70	0.90	2.84	0.42	2.85	0.45	4.86	2.05	2.57
2223	26.3	54.3	6.67	25.8	5.71	1.49	5.95	0.88	5.20	1.01	3.12	0.46	2.98	0.48	4.50	1.21	1.96
2224	12.0	26.4	3.45	14.3	3.71	1.14	4.28	0.66	3.98	0.77	2.40	0.37	2.26	0.35	2.85	0.51	0.86
2225	20.0	39.7	4.78	19.2	4.07	0.97	4.33	0.69	4.07	0.75	2.49	0.40	2.52	0.40	4.97	0.99	1.67
2226	22.4	47.5	5.56	20.9	4.45	1.11	4.36	0.65	3.94	0.78	2.47	0.38	2.57	0.41	5.43	1.29	2.03
2227	31.2	63.2	7.77	29.7	6.05	1.46	5.98	0.83	4.91	0.94	2.94	0.46	3.00	0.47	5.81	1.43	2.51
2228	11.0	25.4	3.58	15.6	4.16	1.39	4.91	0.76	4.56	0.90	2.78	0.40	2.69	0.40	3.01	0.52	0.62
2229	7.6	16.6	2.27	9.9	2.86	0.97	3.69	0.60	4.06	0.79	2.58	0.39	2.53	0.37	2.04	0.35	0.52
2230	26.4	53.9	7.02	27.4	5.82	1.83	5.66	0.91	5.41	0.95	2.87	0.42	2.65	0.42	4.58	1.51	1.33
2231	31.1	64.4	8.08	30.6	6.73	1.90	6.37	0.96	5.90	1.07	3.31	0.50	3.19	0.50	5.85	1.87	1.63
2232	28.9	57.6	7.17	27.4	6.00	1.57	6.03	0.92	5.63	1.06	3.28	0.50	3.21	0.50	5.48	1.21	1.83
2233	27.1	55.8	7.55	29.8	6.63	1.87	6.34	0.94	5.64	1.00	3.06	0.45	2.89	0.46	5.09	1.40	1.57
2234	22.8	46.5	5.89	22.9	5.20	1.30	5.10	0.75	4.86	0.88	2.78	0.45	2.76	0.44	5.74	1.25	1.91
2235	21.9	43.8	5.70	22.3	4.97	1.28	4.87	0.74	4.72	0.86	2.62	0.42	2.81	0.45	5.98	1.15	1.89
2236	26.1	50.3	6.41	24.5	5.08	1.31	5.03	0.75	4.78	0.89	2.76	0.41	2.73	0.46	6.67	1.16	3.23

ら1.06 ppm, 最低濃度は地点2229から0.60 ppmがそれぞれ得られている。Erも顕著な濃集は認められず, 最高濃度は地点2204から3.61 ppm, 最低濃度は地点2205から2.37 ppmがそれぞれ求められている。重希土類元素であるYbは, 2.08~3.44 ppmの極めて狭い組成幅を示している。そのため, 高濃度を示す地点は明瞭ではなく, 最低濃度は地点2205から得られている。Luも, Ybと同様で, 0.33~0.53の極めて狭い組成範囲を有し, 最高濃度は地点2204, 最低濃度は地点2205からそれぞれ得られている。

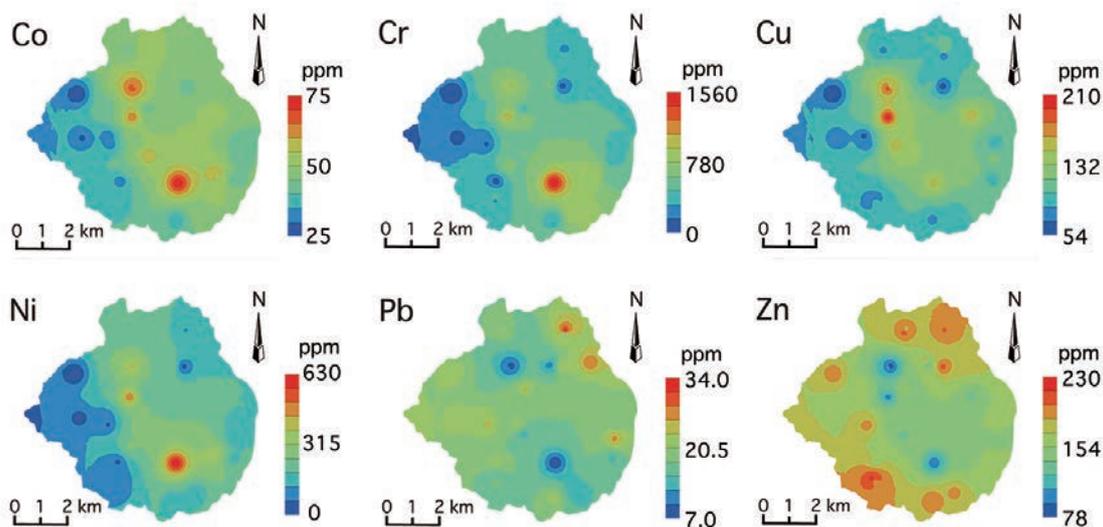
V. 考察

V-1. 重金属の起源

寺島ほか(1990, 1992)は長野県諏訪湖の底質中重金属の分析結果から, 都市下水や工業廃水, し尿処理水等の人為的影響によって1960年頃からCu, Zn, Pb, Ni, Crなどの重金属が急速に諏訪湖底に濃集したと報告している。そこで, ここでは人間活動の影響で自然に付加する重金属として知られるCo, Cr, Cu, Ni, Pb, Znの挙動について検討するため, それらの地球化学図を第5図に示した。Coは, 西部で濃度が低く, 中央付近で高濃度を示す特徴がある。最高濃度は, 73.8 ppmで地点2205から, 最低濃度は25.1 ppmで地点2227からそれぞれ得られている。Niは, 調査地域の西部で濃度が低く, 中央付近南域で濃度が高くなる傾向がある。最高濃度はCoと同じ地点2205(627 ppm)から, 最低濃度もCoと同じ地点2227(44.6 ppm)からそれぞれ得られている(第5図)。Crは, 調査地域の西部で乏しく, 最も濃度

の高い地点は中央部からやや南東の毛呂川支流に位置する2205で1556 ppmが得られた。同地点はMgOやCo, Niでも最高濃度を示している(第2, 5図)。この地点の上流域には蛇紋岩の露出が知られており, ダナイトやウエールライト起源でFeやTiに富むとされている(原・富永, 2022; Research Group of Peridotite Intrusion, 1967; Tazaki, 1966)。この蛇紋岩にはクロムスピネルも含まれていることから(原・久田, 2021), この蛇紋岩からの碎屑物がMgO, Co, Ni, Crの濃度を押し上げていると考えられる。Cuは, 調査地域の西部と北東部で乏しいが, 中央部からやや北西の地点2224で最高濃度の206 ppmが得られている。地点2224では, 河川堆積物中に花火の残渣であるプラスチックの小片が多く含まれていることから, 青色を放つ花火に含まれている銅によって河川堆積物が汚染された可能性が考えられる。Pbは, 地点2236で最高濃度の33.4 ppm, 二番目に濃集する地点は2234で28.0 ppm, 三番目に多い地点は2207で26.6 ppmであった。これらPbの濃集する地域はいずれも人口密集地と重なっており, 何らかの人為的影響を被っている可能性が示唆される。Znは, Co, Cr, CuやNiとは逆の傾向を示し, 南西部と北東部で富み, 中央付近で乏しい傾向がある。南西部の高濃度地点は2218や2217でそれぞれ223 ppmと215 ppmが得られ, 北東部の高濃度地点は2231や2236でそれぞれ212 ppmと205 ppmであった。南西部のZnの高濃度地点は秩父帯の苦鉄質溶岩の分布域と, 北東部の高濃度地点は御荷鉾帯緑色岩の露出域とそれぞれ一致していることから, Znはこれらの岩石由来であると考えられる。

今回明らかに人為的影響に依るものと考えられる元素



第5図 越辺川・毛呂川流域の重金属元素の地球化学図

はCuで，何らかの影響が推定される元素はPb，自然由来の元素としてCo，Cr，NiやZnがあげられる。

V-2. 化学元素から推定される自然放射線量

Ohta et al. (2021) は，日本列島の地球化学図のデータを用いた自然放射線量について述べている。それによれば，自然放射線率 (D) は，次式によって算出される (Beck et al., 1972)。

$$D \text{ (nGy/h)} = 13.0C_K + 5.4C_U + 2.7C_{Th}$$

ここで， C_K ， C_U ， C_{Th} はそれぞれK (%)，U (ppm)，Th (ppm) を， D (nGy/h) は地上1mの高さでの線量率をそれぞれ示している (湊，2006)。今井・岡井 (2014) では，自然放射線率を1グレイ = 1シーベルトと換算し，単位を $\mu\text{Sv/h}$ に置き換えて日本全国の内自然放射線量について論じている。本論でも，今井・岡井 (2014) に従って，結果を $\mu\text{Sv/h}$ に換算して示した (第6図)。

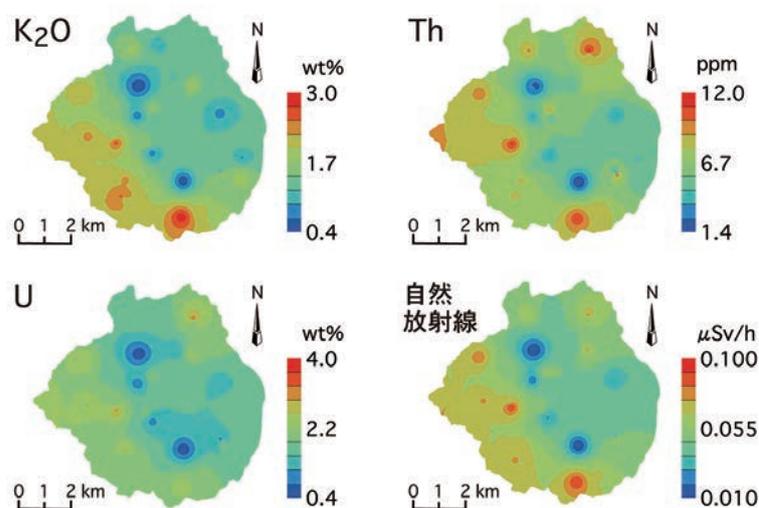
K_2O は調査地域の南端部でもっとも濃度が高くなっており，Thも同じ場所の濃度が高くなっている。この地点2203は毛呂川の最上流部で，御荷銓緑色岩と秩父帯苦鉄質溶岩が断層で接している部分に当たる。Thは，南西部に高濃度を示す地点が多く， K_2O とよく似た挙動を示すが，北東部の地点2236に最高濃度 (11.4 ppm) があるなど相違点もみられる。 K_2O やThに富む地域は秩父帯の泥岩やチャート，苦鉄質溶岩が露出する地域とはほぼ一致していることから，秩父帯中にこれらの元素を多く含む岩石が分布していると考えられる。Uは，調査地域の中央部に低濃度を示す地点が2つあり，それらはいずれも K_2O やThの低濃度地点でもある。いずれも御荷銓

緑色岩の分布域であるため，これら不適合元素の濃度が低くなっているのであろう。自然放射線量は， K_2O やThの変化傾向とよく一致している。すなわち，調査地域の南西部で高くなり，中央部でやや低くなる傾向がある。しかしながら，国内の花崗岩地域でみられるような0.127以上の高い自然放射線量 (今井・岡井，2014) は，調査地域には認められない。これは調査地域に花崗岩が分布していないことに加え， K_2O やTh，Uに乏しい苦鉄質岩が多く分布しているためだと考えられる。

V-3. 採取地点にみる元素の挙動と地質の影響

各種地球化学図 (第2～6図) を概観すると，同じような濃度分布の傾向を示す元素の組み合わせや，対照的な濃度分布を示す元素の組み合わせがあることがわかる。そこで，本研究で求められた主成分と微量成分元素の間の共存関係を調査するため，全36地点から得られた化学組成 (第1～2表) を基に，2種の元素間の相関係数 (r) を求めた (第4表)。希土類元素についても相関係数の算出を試みたが，化学的に挙動の似ているものが多く，特徴をみいだすには至らなかったため，ここでの言及は避ける。なお，希土類元素と0.8以上の正の相関をもつ元素は，Y， K_2O ，Rb，Nb，Thであり，-0.8以下の負の相関をもつ元素は認められなかった。

主成分元素同士では， MgO と CaO の間に相関係数0.8を超える強い正の相関が認められる。一方で， SiO_2 と CaO の間， CaO と K_2O の間では，-0.8以下の負の相関が認められる (第4表)。 MgO と CaO はいずれも適合元素であり，火成岩における一般的な挙動として，マグマ中の SiO_2 の増加とともに減少する傾向を示す。翻って，



第6図 越辺川・毛呂川流域の K_2O ，Th，U，自然放射線の地球化学図

SiO₂に乏しい苦鉄質火成岩はMgOとCaOに富んでいる。実際、SiO₂に乏しい御荷鉾緑色岩が分布する地域でMgOとCaOは高濃度を示しており、ともに御荷鉾緑色岩からもたらされたと考えれば、強い正の相関をもつことを説明できる。SiO₂が濃集する地域はチャート分布域を流下してきた河川堆積物が集積する場所であるため（第1図）、石灰岩や苦鉄質火成岩に多く含まれるCaOに極めて乏しくなったことが、SiO₂とCaOに負の相関がみられる原因であろう。一方、CaOが最も濃集する地点2229は、SiO₂やK₂Oが最も乏しい地点でもある。この地点は、御荷鉾緑色岩中の下流地点であり、CaOに富み、SiO₂やK₂Oに乏しい緑色岩の組成が強調されたためと推定される。さらに、調査地域の半分近くが御荷鉾緑色岩に占められていることも、CaOとMgOの正の相関、CaOとSiO₂、K₂Oに負の相関が強くなっている要因であると考えられる。

微量元素同士では、NiとCo、Crの間、ScとCo、Crの間、CoとCrの間、ThとRbの間にそれぞれ強い正の相関が認められる。また、BaとCo、Scの間、RbとCo、Scの間、CuとZnの間にそれぞれ負の相関が認められる。Ni、Co、Cr、Scはいずれも適合元素であるため、苦鉄質岩に多く含有されている。いずれも高濃度を示す地点（2205）は一致しており、前述のように上流域に小規模に分布する蛇紋岩（原・富永，2022）によって、Ni、Co、Cr、Scに富むに至ったと推定される。御荷鉾緑色岩には同様の苦鉄質岩が多く含まれている場合があるため、緑色岩が広く分布していることも、Ni、Co、Cr、Scに正の相関がみられる一因になったのであろう。一方、Ni、Co、Cr、Scに富む地点2205でThとRbはもっとも乏しくなる特徴があるが、両元素は不適合元素であり、化学的挙動が類似するので高い正の相関を示すに至ったのであろう。また、Co、ScとBa、Rbの間、CuとZnの間に負の相関がみられるのは、前者が適合元素、後者が不適合元素であるため、それぞれの化学的挙動を反映しているからであろう。

主成分元素と微量元素では、MgOとCo、Cr、Ni、Scの間、CaOとCo、Ni、Scの間、K₂OとBa、Rb、Thの間、SiO₂とBaの間、Fe₂O₃とVの間、MnOとZrの間にはいずれも強い正の相関があり、CaOとBa、Rbの間、SiO₂とCo、Scの間、K₂OとCo、Scの間には負の相関がそれぞれ認められる。すでに述べたようにMgO、Co、Cr、Ni、Scはいずれも適合元素であり、化学的挙動が類似している。調査地域にはこれら適合元素の起源と想定される御荷鉾緑色岩が広く分布していることから、強

い正の相関が強調されているのであろう。CaOとCo、Ni、Scの間で強い正の相関が認められる理由も、御荷鉾緑色岩に含まれる単斜輝石（Morimoto et al., 1988）が河川堆積物中に多く存在するためだと考えられる。なお、CaOは、斜長石にも多く含まれる元素ではあるが、同じく斜長石に多く含まれるAl₂O₃とは相関がみられないため、CaOが斜長石からもたらされた可能性は低いと考えられる。K₂Oは、Ba、Rb、Thなどと強い正の相関性を示すが、これらの元素の中でBaやRbは、Kと置換関係を示す元素であり、カリ長石や雲母に多く含まれる（都城・久城，1972）。カリ長石や雲母は花崗岩質岩や泥岩に比較的多く含まれ、苦鉄質岩やチャートにはほとんど含まれることはない。K₂OやBa、Rbは調査地域西部に濃集する傾向があり（第2、3図）、そこに分布している泥岩からもたらされたカリ長石や黒雲母の挙動を反映していると推定される。SiO₂とBaの間にも正の相関が認められるが、地球化学図の傾向はあまり類似していない（第2、3図）。しかし、両元素は御荷鉾緑色岩中に乏しいことが想定され、緑色岩の分布と低濃度を示す領域が一致することから、みかけ上、正の相関が強く表れているのであろう。Fe₂O₃とVは、西部で乏しく東部で相対的に富む共通の特徴を示す。よって、両者にみられる正の相関は、共通した鉱物に起因している可能性が高い。両元素を含む鉱物としては磁鉄鉱（中山，2014）があげられ、一般的に苦鉄質岩に含まれる鉱物として知られている。よって、御荷鉾緑色岩がFe₂O₃とVの正の相関を生じたと推定される。MnOとZrは、いずれも濃度幅が小さいものの、高濃度を示す地点が一致しており（第2、3図）、共通する最高濃度地点の2235は三波川帯の泥質片岩の分布域である。よって、両元素が強い相関を示すこととなったのは、ともに泥質片岩からもたらされたためであろう。

CaOとBa、Rbの間、SiO₂とCo、Scの間、K₂OとCo、Scの間は負の相関を示すが、これはCaOが適合元素であるのに対してBaやRbが不適合元素であり、CoやScが適合元素であるのに対してSiO₂やK₂Oが不適合元素であることを反映していると推定される。調査地域の御荷鉾緑色岩と泥岩の分布が、それぞれ適合元素と不適合元素の濃度分布の傾向と一致することから、適合元素は単斜輝石など苦鉄質岩に含まれる鉱物の挙動を、不適合元素はカリ長石や雲母など泥岩に含まれる鉱物の挙動をそれぞれ反映していると考えられる。

VI. まとめ

本論では、埼玉県越生町を流れる越辺川・毛呂川流域から36試料の河川堆積物を採取し、43元素の主成分元素、微量元素、希土類元素の化学分析を行った。さらに、将来化学組成の経年変化を論ずる際の基本とするべく本流域の地球化学図を作成し、化学組成から自然放射線量を算出した。調査地域の西部では、SiO₂, Ba, Rbに富むが、Fe₂O₃, CaO, Na₂O, Co, Ni, Srに乏しい特徴がみられた。これは、西部に秩父帯のチャートや泥岩が露出していることと対応していると推定される。また、毛呂川上流域にスポット的にMgO, Cr, Co, Niに富む地点が認められるが、上流域に露出する御荷銜帯蛇紋岩の影響であると推定される。重金属であるCuやPbの地球化学図からは、高濃度の領域が人口集中地域であることから何らかの人為的影響を受けている可能性が考えられる。調査地域の自然放射線量は日本国内の値と比較しても十分に低く、この原因は調査地域内に花崗岩が露出していないためと判断される。各元素間の相関は、流域に露出する岩石の特徴を反映しており、不適合元素の主な起源と想定される秩父帯のチャート・泥岩と、適合元素の起源と考えられる御荷銜緑色岩の分布に対応して、不適合元素と適合元素分布の対照性が強調される結果が得られた。

謝辞

本研究では、立正大学地球環境科学部環境システム学科の蛍光X線分析装置およびレーザーアブレーション誘導結合質量分析装置を用いた。これらの機器の導入および保守・管理に関しては環境システム学科関係者各位に日頃よりご支援いただいている。また、調査当時、環境岩石学研究室に所属していた学生諸氏には野外調査ならびに化学分析に際してご協力いただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げます。

引用文献

青木かおり・新藤智子・楠野葉瑠香・福岡孝昭 (2009) 河床堆積物の化学分析に基づく地球化学図作成の今後の展望。地球環境研究, 11, 227-238.

Beck, H. L., Decampo, J. and Gogolak, C. (1972) In situ Ge (Li) and NaI (Tl) gamma-ray spectrometry. USAEC Report HASL-258, New York.

福岡孝昭・栗下勝臣・小林町恵・浦野日峰・新藤智子・杉内由佳・福士裕輔・加藤直子・楠野葉瑠香・越田千博・杉恵理子・小暮岳実 (2005) 荒川上流中津川・神流川流域の地

球化学図の作成。立正大学文部科学省学術研究高度化推進事業オープンリサーチセンター (ORC) 整備事業平成16年度事業報告書, 128-135.

福岡孝昭・新藤智子・楠野葉瑠香・町田尚久・王丹・星有哉・関根友美・東千亜希・永川由紀・宇野友則・高草木愛・杉内由佳・小暮岳実・伊藤靖浩・石本光憲 (2007) 荒川上流河原沢川・赤平川流域の地球化学図。立正大学文部科学省学術研究高度化推進事業オープンリサーチセンター (ORC) 整備事業平成18年度事業報告書, 166-175.

福岡孝昭・新藤智子・嶋田有里奈・関美乃・三浦亜由美・楠野葉瑠香・宇野友則・高草木愛・東千亜希・永川由紀・田澤雄二・小暮岳実・石本光憲 (2008) 荒川上流薄川流域の地球化学図。立正大学文部科学省学術研究高度化推進事業オープンリサーチセンター (ORC) 整備事業平成19年度事業報告書, 151-160.

福岡孝昭・新藤智子・杉内由佳・草野未緒・宮下香織・越田千博・杉恵理子・加藤直子・楠野葉瑠香・星有哉・関根友美・福士裕輔・栗下勝臣・小暮岳実・伊藤靖浩・井上素子 (2006) 荒川上流中津川・神流川・河原沢川流域の地球化学図。立正大学文部科学省学術研究高度化推進事業オープンリサーチセンター (ORC) 整備事業平成17年度事業報告書, 207-214.

古川直道・柚原雅樹・伊藤裕之・高本のぞみ・柚原美恵 (2004) 河川堆積物の化学組成の季節変動—室見川および稜川の例—。福岡大学理学集報, 34(2), 27-24.

原英俊・富永紘平 (2022) 関東山地東縁部の御荷銜緑色岩類と北部秩父帯柏木ユニットの海洋性岩石およびクリッペ説の検証。地質学雑誌, 128, 179-198.

原英俊・久田健一郎 (2021) 関東山地東縁部に分布する蛇紋岩のクロムスピネル化学組成。地調研報, 72, 447-458.

樋口絢渉・関根栄一・山下慶祐 (2021) 滝沢ダム周辺の河川堆積物にみられる化学組成の経年変化。地球環境研究, 23, 9-25.

今井登 (2001) 地球化学図による元素解析。地学雑誌, 110, 454-458.

今井登・岡井貴司 (2014) 日本の自然放射線。「日本の地球化学図」補遺, pp.4, 産業技術総合研究所地質調査総合センター。

稲吉正美 (2005) 地球化学図作成プログラム。名古屋大学博物館報告, 21, 51-56.

伊藤裕之・柚原雅樹・石原与四郎・古川直道・小路泰之 (2007) 福岡県西部, 室見川および那珂川流域の地球化学図。福岡大学理学集報, 37, 37-56.

伊藤司郎・上岡晃・田中剛・富樫茂子・今井登・金井豊・寺島滋・宇都浩三・岡井貴司・氏家真澄・柴田賢・神谷雅晴・佐藤興平・坂本享・安藤厚 (1991) 地球化学アトラス—北関東—, pp.35, 地質調査所出版物, つくば。

川野良信 (2010) 蛍光X線装置による珪酸塩岩石および堆積物の定量化学分析。地球環境研究, 12, 85-97.

川野良信・村田もえ・木村春花 (2023) 埼玉県西部, 都幾川

- 流域の地球化学図. 川博紀要, 23, 33-44.
- 川野良信・清水隆一 (2017) レーザーアブレーションICP-MS分析法によるガラスビード試料定量分析条件の再検討. 地球環境研究, 19, 11-19.
- 松岡喜久次, 2008, 埼玉県ときがわ町, 御荷鉢ユニットの碎屑岩から産出したジュラ紀新世放射虫化石. 埼玉県自然の博物館研報, 2, 31-36.
- 松岡 篤・山北 聡・榊原正幸・久田健一郎 (1998) 付加体地質の観点に立った秩父累帯のユニット区分と四国西部の地質. 地質学雑誌, 104, 634-653.
- 湊 進 (2006) 日本における地表 γ 線の線量率分布. 地学雑誌, 115, 87-95.
- 都城秋穂・久城育夫 (1972) 岩石学 I 偏光顕微鏡と造岩鉱物. pp.248, 共立出版, 東京.
- 中山 健 (2014) バナジウム資源とその生成環境. 資源地質, 64, 31-53.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A.K., Ginzburg, I.V., Ross, M., Seifert, F.A., Zussman, J., Aoki, K. and Gottardi, G. (1988) Nomenclature of pyroxenes. American Mineralogist, 73, 1123-1133.
- Ohta, A., Imai, N., Okai, T., Manaka, M., Kubota, R., Nakamura, A. and Tachibana, Y. (2021) Watershed analysis for geochemical mapping in Japan based on a hydrologic model: The concentrations of 53 elements and the dominant lithology in a drainage basin. Geochemical Journal, 55, 59-88.
- 嵐山町博物誌三波川帯グループ (2004) 嵐山町の三波川帯. 嵐山町博物誌調査報告, 9, 1-12.
- Research Group of Peridotite Intrusion (1967) Ultrabasic rocks in Japan. J. Geol. Soc. Japan, 73, 543-553.
- 埼玉県地質図編纂委員会 (1998) 埼玉県地質図 (山地・丘陵地). 埼玉県農林部林務課, 埼玉.
- 埼玉県地質図編纂委員会 (1999) 埼玉県地質図 (山地・丘陵地) 解説書. pp.242, 埼玉県農林部林務課, 埼玉.
- 指田勝男 (1992) 関東山地東縁部の秩父帯北・中帯. 地学雑誌, 101, 573-593.
- 清水隆一・樋口絢渉・川野良信 (2022) 埼玉県西部小森川流域の河床堆積物にみられる化学組成の経年変化. 地球環境研究, 24, 23-40.
- 新藤智子・福岡孝昭・立正大学地球環境科学部宇宙地球化学研究室 (2006) 荒川上流中津川・神流川・河原沢川流域の地球化学図. 日本地球化学会第53回年会講演要旨集, 53, 126.
- 新藤智子・杉内由佳・嶋田有里奈・福岡孝昭 (2009) レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析 (LA-ICP-MS) 法によるガラスビード試料の定量分析. 地球環境研究, 11, 103-119.
- Tanaka, T., Kawabe, I., Hirahara, Y., Iwamori, H., Mimura, K., Sugisaki, R., Asahara, Y., Ito, T., Yarai, H., Yonezawa, C., Kanda, S., Shimizu, O., Hayashi, M., Miura, N., Mutoh, K., Ohta, A., Sugimura, K., Togami, K., Toriumi, T. and Matsumura, Y. (1994) Geochemical survey of the Sanage-yama area in Aichi Prefecture for environmental assessment. Jour. Earth Planet. Sci. Nagoya Univ., 41, 1-31.
- 田中 剛・川邊岩夫・山本剛志・岩森 光・平原靖大・三村耕一・浅原良浩・伊藤貴盛・米澤千夏・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・大森美美子 (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球環境評価の試み. 地球化学, 29, 113-125.
- Tanaka, T., Kawabe, I., Yamamoto, K., Iwamori, H., Hirahara, Y., Mimura, K., Asahara, Y., Minami, M., Ito, T., Dragusanu, C., Miura, N., Aoki, H., Ohta, A., Togami, K., Toriumi, T., Matsumura, Y., Sakakibara, T., Tanimizu, M., Mizutani, Y., Miyanaga, N., Murayama, M. and Takayanagi, Y. (1996) Geochemical mapping of the northern area of Toyota City, Aichi Prefecture, central Japan: Distinct chemical characteristics of stream sediments between granitic and sedimentary rock areas. Jour. Earth Planet. Sci. Nagoya Univ., 43, 27-47.
- Tazaki, K. (1966) Ultrabasic rocks in the northern Kwanto Mountains, central Japan. Earth Sci. (Chikyu Kagaku), 84, 14-25.
- 寺島 滋・井内美郎・宮田雄一郎・片山 肇・斎藤文紀・安田 聡・渡邊和明・吉川秀樹・稲崎富士 (1992) 諏訪湖底質中の重金属等11元素の地球化学的研究. 地調月報, 43, 549-564.
- 寺島 滋・井内美郎・中尾征三・米谷 宏 (1990) 諏訪湖底質中の重金属, 有機炭素, 硫黄, りん等14元素の地球化学的研究. 地調月報, 41, 147-172.
- Tominaga, K. and Hara, H., 2021, Paleogeography of Late Jurassic large-igneous-province activity in the Paleopacific Ocean: constraints from the Mikabu greenstones and Chichibu accretionary complex, Kanto Mountains, central Japan. Gond. Res., 89, 177-192.
- Ujiiie-Mikoshihara, M., Imai, N., Terashima, S., Tachibana, Y. and Okai, T. (2006) Geochemical mapping in northern Honshu, Japan. Applied Geochem., 21, 492-514.
- Ujiiie-Mikoshihara, M., Imai, N. and Tachibana, Y. (2011) Geochemical mapping in Shikoku, southwest Japan. Applied Geochem., 26, 1549-1568.
- Webb, J.S., Nichol, I., Foster, R., Lowenstein, P.L. and Howarth, R.J. (1973) Provisional geochemical atlas of Northern Ireland. Applied Geochemical Research Group, Imperial College, London, pp.36.
- Webb, J.S., Thornton, I., Thompson, M., Howarth, R.J. and Lowenstein, P.L. (1978) The Wolfson geochemical atlas of England and Wales. Clarendon Press, Oxford, pp.69.

- 山田康治郎, 2010. 鉱石・岩石分析等で有効なガラスビード法を用いた蛍光X線分析法. リガクジャーナル, 41, 24-32.
- 山本鋼志・田中 剛・川邊岩夫・岩森 光・平原靖大・浅原良浩・金 奎 漢・Richardson, C.・伊藤貴盛・Dragusanu, C・三浦典子・青木 浩・太田充恒・榊原智康・谷水雅治・水谷嘉一・宮永直澄・村山正樹・仙田量子・高柳幸央・井上裕介・川崎啓介・高木真理・根布悟志・稲吉正実 (1998) 愛知県豊田市東北部の領家花崗岩地域の地球化学図. 地質学雑誌, 104, 688-704.
- 柚原雅樹 (2010) 福岡県内の地球化学図. 福岡大学研究部論集C:理工学編, 2, 91-107.
- 柚原雅樹・伊藤吉宏・吉本 紋・宮崎佳輔・眞崎求一 (2011) 福岡県東部, 彦山川~城井川流域の地球化学図. 福岡大学理学集報, 41, 51-76.
- 柚原雅樹・小路泰之・石原与四郎・宇藤千恵 (2010) 那珂川上流, 五ヶ山地域の地球化学図. 福岡大学理学集報, 40, 45-70.

Geochemical map of the upper reaches of the Oppe and Moro rivers in central Saitama Prefecture

KAWANO Yoshinobu*, SAITO Yuka*, KAGAMI Yuka*, and SHIMIZU Ryuichi*

* Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho, University

Abstract :

Thirty-six samples of stream sediment were collected from the Oppe and Moro River areas flowing through the Ogose Town, Saitama Prefecture, and chemical analyzes were conducted for 43 major, trace, and rare earth elements. Geochemical maps of the Oppe and Moro River areas were created from the analysis results, and natural radiation was calculated from the chemical composition. The western part of the study area was rich in SiO₂, Ba, and Rb, but poor in Fe₂O₃, CaO, Na₂O, Co, Ni, and Sr. This is presumed to correspond to the exposure of chert in the Chichibu Belt at the western part. In addition, spots rich in MgO, Cr, Co, and Ni are observed in the upper reaches of the Moro River, but this is presumed to be due to the influence of serpentinite exposed in the upper reaches. There is a possibility that the heavy metals Cu and Pb were affected by anthropogenic factors. The natural radiation in the study area is sufficiently low compared to the values in Japan, and it is judged that this corresponds to the fact that no granite is exposed within the study area. The correlation between each element reflects the characteristics of the rocks exposed in the area, and the results emphasize the contrast between compatible and incompatible elements corresponding to chert and mafic rocks.

Key words : geochemical map, Oppe river, Moro river, Saitama Prefecture

