

那珂川上流, 五ヶ山地域の地球化学図

柚原 雅樹¹⁾・小路 泰之¹⁾・石原与四郎¹⁾・宇藤 千恵¹⁾

(平成 21 年 11 月 30 日受理)

Geochemical Map of 26 Elements in the Gokayama Area, upper Reach of the Naka River, Fukuoka Prefecture

Masaki YUHARA¹⁾, Yasuyuki SHOJI¹⁾, Yoshiro ISHIHARA¹⁾, and Chie UTO¹⁾

(Received November 30, 2009)

Abstract

We collected stream sediments from the Gokayama area, upper reach of the Naka River in the western part of Fukuoka Prefecture, and made geochemical maps in order to make an environmental assessment. The Cretaceous granitoids divided into the Itoshima Granodiorite and Sawara Granite are mainly outcropped in this area. The white-altered granodiorite of the Sawara Granite, caused by hydrothermal alteration, is exposed around the gold prospects and the Itayatoge Fault System. This granodiorite is enriched in arsenic.

Sample collection was performed by the method of Tanaka et al. (2001). The collected stream sediment samples were analyzed for 27 elements (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, As, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, S, Sr, Th, V, Y, Zn, Zr) by X-ray fluorescence spectrometry. The distributions of each element on the geochemical maps are explained by the difference of areal geology and the accumulation of rock-forming minerals. The distribution pattern of As suggests that white-altered granodiorite including As exists at northeast area of Higashiogochi.

Key words : geochemical map, arsenic, the Gokayama area, environmental assessment, Fukuoka Prefecture

はじめに

地殻表層における元素の濃度分布を示す地球化学図は、環境評価を目的として、全国各地で作成され(秋田県: 椎川ほか, 1984, 北関東地域: 伊藤ほか, 1991, 愛知県: Tanaka et al, 1994., 1996; 田中ほか, 1995; 戸上ほか, 1997; 山本ほか, 1998, 北海道: 官・黒沢, 1996, 日本海: 今井ほか, 1997, 山形県:

今井ほか, 2000; 太田ほか, 2002, 宮城県: 太田ほか, 2003, 東北地方: Ujiie-Mikoshiwa et al., 2006, など), それをもとにした地圏環境評価が行われている。これらの地球化学図の多くは、限定された地域で作成されたものであり、その手法は研究者によって若干異なるが、地域地質を良く反映している。産業技術総合研究所地質調査総合センターは、日本全域に渡る地球化学図を作成している(今井ほか, 2004)。このような国

¹⁾ 福岡大学理学部地球圏科学科, 〒 814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1

Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka, 814-0180, Japan

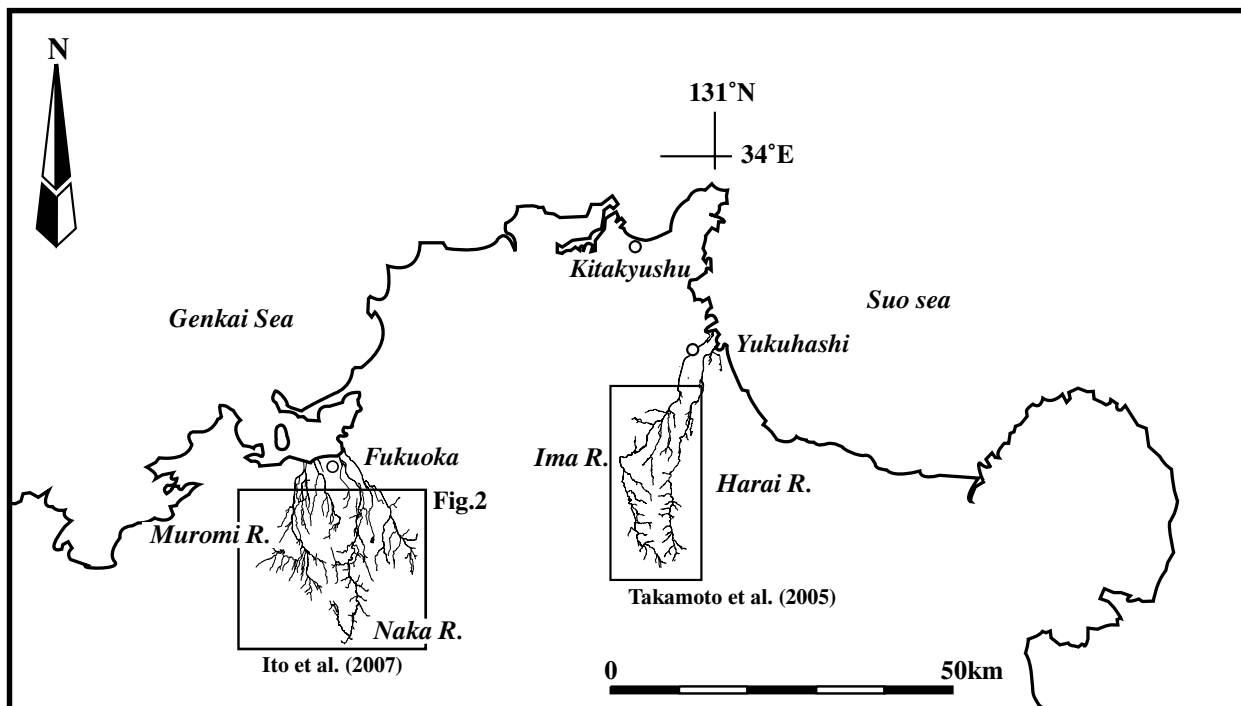


Fig. 1. Location of the Naka river and research areas of Takamoto et al. (2005) and Ito et al. (2007).

土全域に渡る地球化学図は、統一された規格と精度で日本全域を見るという点で、非常に重要であるが、試料採取密度が $10 \times 10\text{km}$ に1試料と精度が粗く、日本のような地質構造が複雑な地域においては、地域地質を反映しにくいと考えられる (今井ほか, 2004)。そこで、我々の研究グループでは、地域地質を反映する精度での地球化学図の作成を福岡県内で開始した。高本ほか (2005) は、県東部の今川・祓川流域の地球化学図を、伊藤ほか (2007) は、県西部の室見川・那珂川流域の地球化学図を報告した (Fig. 1) が、これらは今井ほか (2004) より精度が高いものである。福岡県内ではこれまで、精度の高い地球化学図は報告されていなかったため、このような地球化学図の蓄積は、県内における広域的な元素分布の把握とそれをもとにした環境評価を可能にする と期待される。

那珂川上流の五ヶ山地域には、ヒ素を最大 80ppm 以上含む熱水変質花崗岩が分布している (柚原ほか, 2006b)。この変質花崗岩は、金探鉱跡周辺と本地域に発達する断層沿いに認められるが、その分布を完全に把握するには至っていない。ヒ素は、変質花崗岩中の黄鉄鉱に含まれると推定されている (柚原・祐徳, 2005; 柚原ほか, 2006b)。この黄鉄鉱は、酸素濃度の高い地下水では不安定なため酸化分解され、ヒ素は硫黄とともにわずかながら地下水ならびに地表水中へ溶出していると考えられる。さらに、溶出したヒ素の大部分は褐色化した変質花崗岩中に含まれる鉄の酸

化・水酸化物中に再び吸着している。その結果、硫黄は地下水ならびに地表水中へ拡散するが、ヒ素のほとんどは岩石中に固定されると推定される。五ヶ山ダムの建設に伴い、周辺環境の変化が生じた場合、変質花崗岩中や鉄の酸化・水酸化物表面に吸着したヒ素が、再び溶出し地下水や河川水へ移動・拡散する可能性がある (川野・柚原, 2008a)。したがって、ヒ素を含む岩石の分布の把握は、ダム関連工事の環境への影響を考える上でもきわめて重要である。特定の元素を高濃度に含む岩石分布の把握には、地球化学図が極めて有効であるが、これまで行ってきた密度の試料採取 (高本ほか, 2005; 伊藤ほか, 2007) では、本地域のような狭い範囲内での検出は困難である。そこで、本報告では試料採取密度が従来よりも高い地球化学図の作成を目指した。また、本地域は白亜紀花崗岩類に属する糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩の境界部にあたり (Fig. 2)、岩石の化学組成の異なる地質体における地圏環境の元素濃度分布を詳細に検討することが可能である。本報告では、那珂川上流の五ヶ山地域の地球化学図を報告し、それをもとに地圏環境評価を行う。

地質概説

本調査地域には白亜紀に活動した花崗岩類が広く分布し、三郡変成岩類が小規模なレンズ状岩体として花崗岩類中に認められる (Fig. 3)。白亜紀花崗岩類は糸

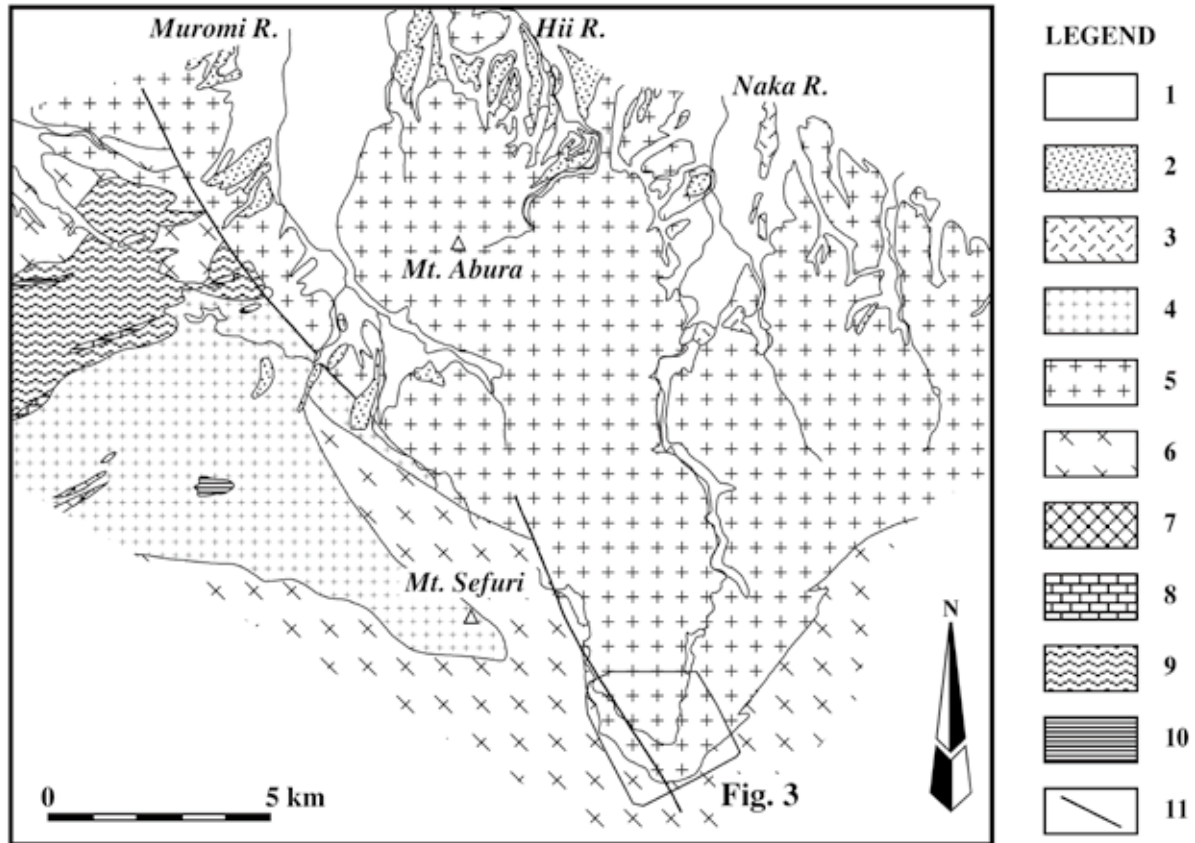


Fig. 2. Geological map of the around area of upper reach of the Naka river (modified from Kubo et al., 1993).
 1: alluvium, 2: terrace deposits, 3: Aso-4 pyroclastic flow deposit, 4: Saga Granite, 5: Sawara Granite, 6: Itoshima Granodiorite, 7: hornblende gabbro, 8: calcareous schist, 9: mafic schist - amphibolite, 10: pelitic schist, 11: fault.

島花崗閃緑岩と早良花崗岩からなる。そして、これらを覆う河川堆積物が那珂川および大野川に沿って点在する。

糸島花崗閃緑岩は、粗～中粒の面構造の発達した普通角閃石黒雲母トータル岩～石英閃緑岩である。本地域に分布するものは主に花崗閃緑岩からなる (川野・柚原, 2008b)。糸島花崗閃緑岩からは $116 \pm 17\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代, $93.4 \pm 0.5\text{Ma}$ の 鉍物アイソクロン年代 (大和田ほか, 1999), $110 \pm 10\text{Ma}$ のジルコン Pb-a 年代 (Karakida et al., 1965), $97 \pm 6\text{Ma}$ の黒雲母 K-Ar 年代 (Shibata and Karakida, 1965) が既に報告されているが、本地域の岩石からは、 $88.9 \pm 0.2\text{Ma}$ の全岩 - 鉍物アイソクロン年代が得られている (川野・柚原, 2008b)。

早良花崗岩は糸島花崗閃緑岩に貫入し、粗粒斑状黒雲母花崗岩～花崗閃緑岩からなる主岩相と細粒～中粒塊状黒雲母花崗岩～花崗閃緑岩からなる細粒相に区分される。本地域では、主岩相は北部域に分布し、細粒相は糸島花崗閃緑岩と主岩相の間に帯状に分布する

(Fig. 3)。細粒相分布域には2カ所の金探鉍跡が認められる (Fig. 3)。金探鉍跡周辺の細粒相は熱水変質作用により変質が進んでいる。柚原・祐徳 (2005) はそれらを白色変質花崗閃緑岩と呼び、金鉍床はこの熱水作用による産物であると推定した。同様な白色変質花崗閃緑岩は、北西 - 南東方向の断層と北北東 - 南南西方向の断層に沿っても点在する (柚原ほか, 2006b)。早良花崗岩からは $114 \pm 11\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代, $105.2 \pm 2.3\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩 - 鉍物アイソクロン年代 (大和田ほか, 1999), $84.3 \pm 0.3\text{Ma}$ の黒雲母アイソクロン年代 (柳ほか, 1999), $90 \pm 10\text{Ma}$ のジルコン Pb-a 年代, $90 \pm 10\text{Ma}$, $94 \pm 10\text{Ma}$ のモナザイト Pb-a 年代 (Karakida et al., 1965), $82 \pm 7\text{Ma}$ の黒雲母 K-Ar 年代 (Shibata and Karakida, 1965) が報告されており、本地域の花崗岩からは、主岩相について $96.6 \pm 5.9\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代, $88.3 \pm 0.5\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩 - 鉍物アイソクロン年代が、細粒相について $101.2 \pm 10.9\text{Ma}$ の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代が得られている (川野・柚原,

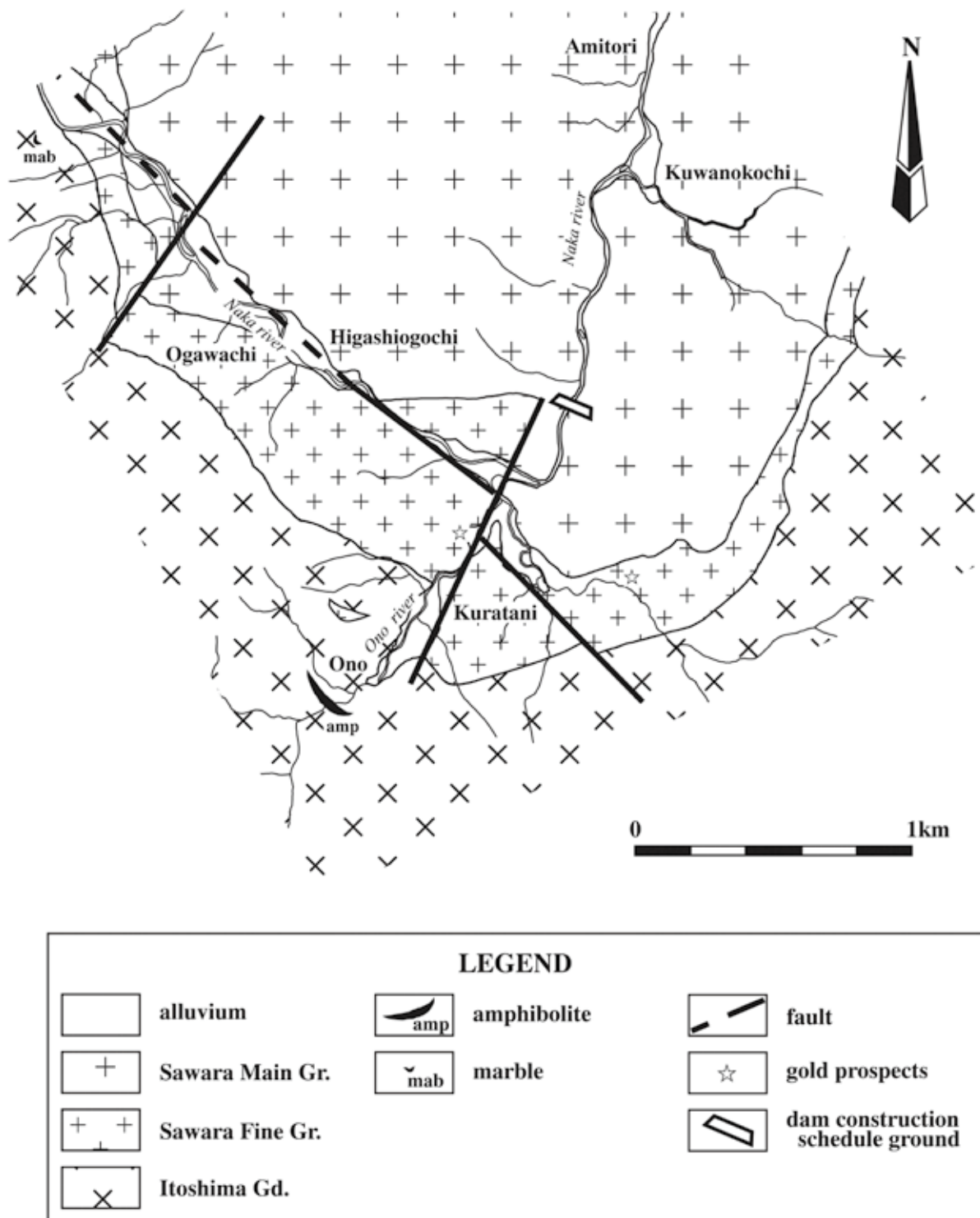


Fig. 3. Geological map of the Gokayama area (Kawano and Yuhara, 2008b).

2008b).

本地域には糸島花崗閃緑岩や早良花崗岩に含まれる小規模なレンズ状ブロック岩体として大理石, 角閃岩, 泥質~苦鉄質片岩が認められる. 大理石は小川内集落から北西へ1 kmほど離れた糸島花崗閃緑岩の分布域に幅5 m, 長さ15 mほどのブロックとして産する. 周囲の糸島花崗閃緑岩との接触部は確認できず, 交代作用が生じているのか定かではない. 角閃岩および泥質~苦鉄質片岩は大野川や倉谷川上流に厚さが最大25 m, 長さは100 m以上のレンズ状岩体として産する. これらの岩石の詳細な岩石記載は川野・柚原(2005, 2008a)で報告されている.

河川堆積物は那珂川・大野川流域に発達し, 早良花崗岩, 糸島花崗閃緑岩, 変成岩, ベグマタイト, アプライト, 閃緑岩等の細礫~巨礫を含む砂礫層からなる. 礫は亜角礫から亜円礫からなり, 大きさは最大数mに達する.

糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩との境界部付近では, 倉谷から小川内に伸びる北西-南東方向とそれを寸断する北北東-南南西方向の右横ずれ断層が認められ, 特に前者は最大幅2 mの破碎帯を伴う(柚原ほか, 2006a). これらは板屋峠断層系(九州活構造研究会, 1989; 久保ほか, 1993)に相当すると考えられる.

試料採取法および分析法

1. 試料採取法

地球化学図の作成のため, 高本ほか(2005)ならびに伊藤ほか(2007)と同様に, 44試料の河川堆積物を採取した. 試料採取地点はFig. 4に示した. 試料採取地点のほとんどはダム湖として水没してしまうため, 記録として試料採取地点の写真をAppendixに示す. これらの試料のほか, 伊藤ほか(2007)により本地域から採取された試料が6試料ある(Fig. 4). 試料採取は2004年9月~10月に行った. 河川堆積物試料の採取方法は, 田中ほか(2001)に従い, 80メッシュ(180 μ m)以下を分析試料とした. なお, 本研究の試料採取方法の詳細については, 古川ほか(2004)に報告している. 採取した試料は実験室内で風乾し, メノウ乳鉢で粉碎した. さらに, 調査地域内に分布する岩石も採取した(Fig. 4). 岩石試料の処理は, 柚原・田口(2003a)に従った. 採取した岩石ならびに河川堆積物の一部から60メッシュ(250 μ m)~80メッシュの鉱物試料(斜長石, カリ長石, 普通角閃石, 黒雲母, 変質した黒雲母(以後, 変質黒雲母と呼ぶ), イライト, 緑泥石, 黄鉄鉱)を, アイソダイナミックセパレーターおよび重液を用いて, 分離, 精製した. また, 古川ほか(2005)と同様に磁鉄鉱を, 大野川河床

ならびに早良花崗岩の露頭下で棒磁石を用いて採取した(Fig. 4). 精製した鉱物試料の一部をメノウ乳鉢で粉碎して分析試料とした.

2. 分析法

河川堆積物, 岩石および鉱物試料に含まれる主成分10元素(Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P)と微量成分17元素(As, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, S, Sr, V, Th, Y, Zn, Zr)を, 福岡大学理学部に設置の理学電機工業社製蛍光X線分析装置ZSX100eにより測定した. 試料調整および測定方法は, 柚原・田口(2003a, b, 2006), 柚原ほか(2004), 高本ほか(2005)に従った. 試料の吸着水(H₂O⁻)および構造水(H₂O⁺)は強熱減量法, FeOは過マンガン酸カリウム滴定法によりそれぞれ定量した. 測定結果をTables 1, 2, 3に示す.

結果と考察

1. 岩石ならびに鉱物の化学組成の特徴

Na₂O, Cu, Ga, Nb, Sr, Thは糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩の間で明瞭な濃度差は認められない(柚原・祐徳, 2005; 柚原ほか, 2006b; 川野・柚原, 2008b; Table 2). 糸島花崗閃緑岩は早良花崗岩に比べ, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃*, MnO, MgO, CaO, P₂O₅, Co, Cr, Ni, V, Y, Znに富み, SiO₂, K₂O, Ba, Pb, Rb, Zrに乏しい傾向にある.

早良花崗岩の主岩相と細粒相の化学組成は類似しており, 主岩相が細粒相に比べてSrにやや富む特徴がある. 熱水変質作用を被った白色変質花崗閃緑岩は, 早良花崗岩に比べFe₂O₃*, MgO, CaO, Srに乏しく, As, Sに富む(柚原・祐徳, 2005; 柚原ほか, 2006b).

三郡変成岩類の苦鉄質片岩および角閃岩は, 糸島花崗閃緑岩や早良花崗岩に比べ, TiO₂, Fe₂O₃*, MnO, MgO, CaO, P₂O₅, Cr, Ni, Vに富み, SiO₂, K₂O, Ba, Pb, Rb, Thに乏しい(伊藤ほか, 2007; Table 2). 結晶質石灰岩は, CaOに極めて富み, Srは他の岩石と同程度であるが, CaOとSr以外の元素に極めて乏しい特徴がある(柚原・田口, 2006; Table 2).

斜長石は, 他の鉱物と比べて, CaO, Na₂O, Srに, カリ長石はAl₂O₃, K₂O, Ba, Pb, Srに富む(Table 3). 普通角閃石はFe₂O₃*, MnO, MgO, CaO, Co, V, Y, Znに, 黒雲母はFe₂O₃*, MgO, K₂O, Ba, Co, Ga, Rb, S, Znに富む傾向がそれぞれ認められる. 変質黒雲母は, Al₂O₃, Fe₂O₃*, MgO, Ba, Cr, Cu, Ga, Znに富む. 緑泥石はAl₂O₃, Fe₂O₃*, MnO, MgO, Co, Ga, Znに, イライトはAl₂O₃, K₂O, As, Ga, S,

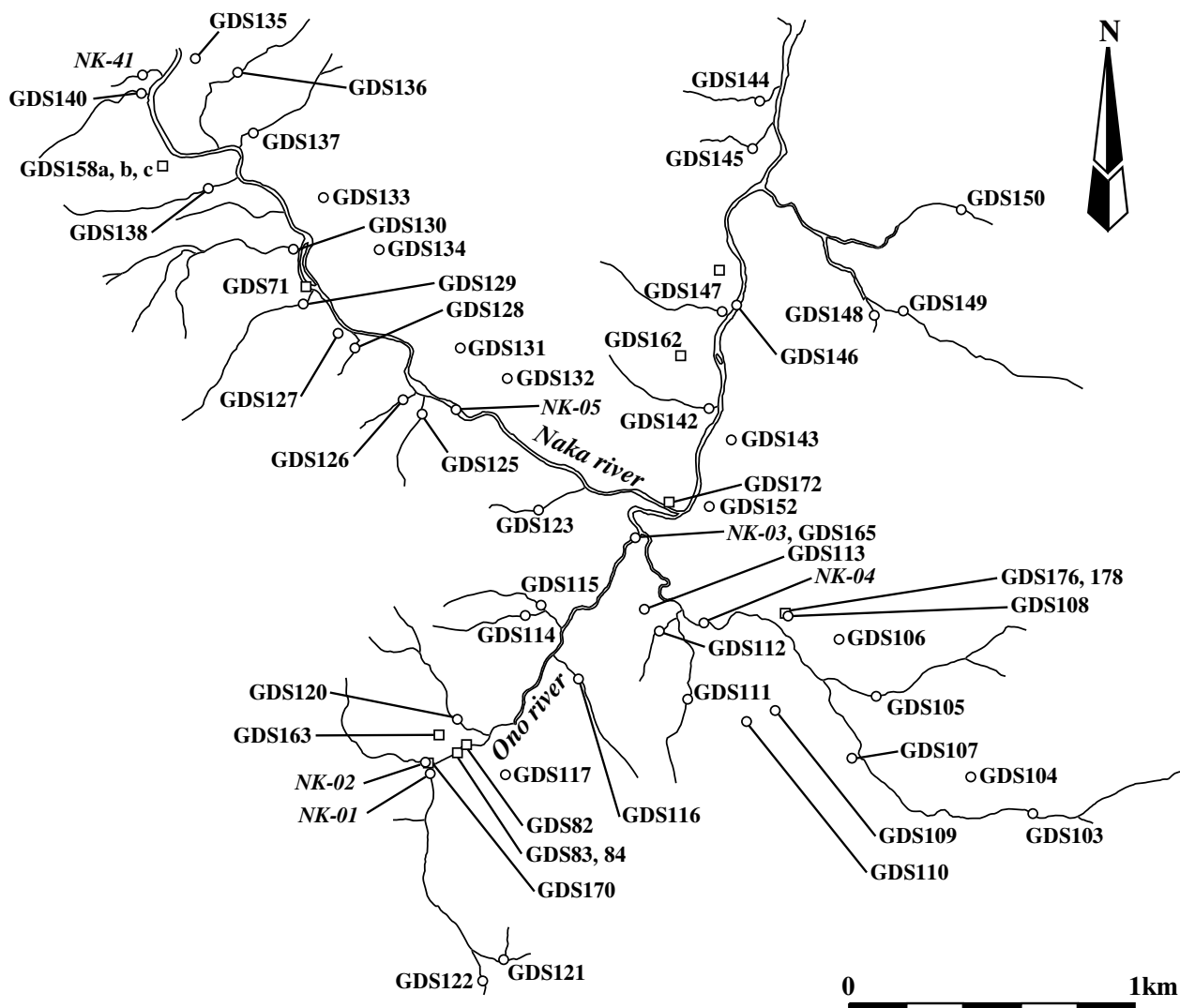


Fig. 4. Sample localities of stream sediments and rock samples.
 Open circles and squares are stream sediments and rock samples, respectively.
 Italic numbers are samples collected by Ito et al. (2007).

Zn に、磁鉄鉱は $Fe_2O_3^*$ 、Co、Cr、V、Zr に富む。黄鉄鉱は As に極端に富み、Cu、Pb に富む。黄鉄鉱が As に極端に富むことは、柚原・祐徳 (2005) および 柚原ほか (2006b) の推定を裏付けるものである。

2. 河川堆積物における元素の相関

河川堆積物における元素間の相関係数 (r^2) を Table 4 に示す。これらのうち、 TiO_2 と MgO と Co、MgO と CaO、CaO と Rb は極めて高い正の相関を示す。このことは、これら各ペアの元素が同じ挙動をしていることを示唆する。このほか、比較的良い正あるいは負の相関を示す元素関係が多数認められる。すなわち、 SiO_2 と Na_2O が正の相関を示し、 TiO_2

と $Fe_2O_3^*$ 、CaO、Y が正の、 TiO_2 と Na_2O 、 K_2O 、Ga、Rb が負の相関を示す。 Al_2O_3 と Ga が、 $Fe_2O_3^*$ と MgO、CaO、Co、Y が正の、 $Fe_2O_3^*$ と V が負の相関を示す。MnO と Y、MgO が正の、MgO と Na_2O 、 K_2O 、Ga、Pb、Rb が負の相関を示す。CaO と Co、V、Y が正の、 K_2O 、Ga、Pb が負の相関を示す。 Na_2O と Sr、V、Y は正の相関を示し、 Na_2O と Co は負の相関を示す。 K_2O と Ba、Rb が正の相関を、 K_2O と Co、V が負の相関を示す。 P_2O_5 や As、Ni、Zr と相関の良い元素はない。Co と Y は正の相関を、Co と Ga、Rb、Sr は負の相関を示す。Cr と Nb、Cu と Nb は負の相関を、Ga と Sr、Th は正の相関を示す。Th と V は負の相関を、Th と Zn、V と Y は正の相関を示す。

Table 1. Whole-rock chemical compositions of stream sediments in the Gokayama area.

Sample No.	GDS103	GDS104	GDS105	GDS106	GDS107	GDS108	GDS109	GDS110	GDS111	GDS112	GDS113	GDS114
SiO ₂ (wt.%)	52.30	45.29	46.25	46.76	50.08	52.72	44.61	45.77	48.90	51.81	52.81	52.32
TiO ₂	0.87	0.86	1.03	1.03	0.92	0.68	0.86	1.00	0.90	0.90	0.85	0.81
Al ₂ O ₃	17.09	15.90	15.59	15.73	16.13	15.40	15.00	18.02	17.42	17.19	17.85	18.23
Fe ₂ O ₃	4.60	1.34	2.92	0.39	3.58	0.27	1.36	1.37	2.13	2.79	1.83	1.44
FeO	3.87	7.21	7.77	8.99	5.09	4.75	6.27	7.46	6.09	5.06	4.32	4.54
MnO	0.15	0.16	0.17	0.17	0.17	0.14	0.15	0.20	0.15	0.16	0.11	0.12
MgO	2.50	2.24	2.34	2.53	2.45	1.25	2.22	2.78	2.56	1.97	1.42	1.79
CaO	3.67	3.18	3.35	3.68	3.24	1.45	3.09	3.62	3.32	2.59	1.79	2.89
Na ₂ O	2.79	2.15	2.10	2.16	2.47	2.84	2.02	2.08	2.00	2.15	2.20	2.65
K ₂ O	2.25	2.10	1.74	1.88	1.92	2.61	1.72	1.77	1.99	2.14	2.38	2.11
P ₂ O ₅	0.17	0.27	0.35	0.25	0.34	0.17	0.26	0.30	0.17	0.16	0.15	0.16
H ₂ O ⁻	2.17	4.06	3.64	3.48	3.67	3.85	4.47	3.47	2.80	2.73	3.33	2.72
H ₂ O ⁺	7.45	16.18	12.93	13.37	9.31	14.18	17.77	12.28	11.23	10.62	11.44	10.06
Total	99.88	100.94	100.18	100.42	99.37	100.31	99.80	100.12	99.66	100.27	100.48	99.84
As(ppm)	6	10	14	12	4	39	5	5	4	12	10	10
Ba	521	452	403	434	404	410	385	395	469	478	453	417
Co	20	20	21	21	22	15	20	21	17	18	16	13
Cr	44	37	46	48	32	105	38	35	37	87	51	58
Cu	18	19	12	17	20	20	23	34	28	17	22	29
Ga	21	20	20	20	21	20	20	24	22	20	23	22
Nb	14	13	20	17	14	15	13	14	15	15	14	17
Ni	15	12	12	13	12	19	17	14	16	17	17	20
Pb	21	26	23	20	21	28	24	21	22	21	23	23
Rb	63	69	58	63	58	99	58	66	68	81	100	82
S	193	538	381	424	230	549	528	308	324	286	298	319
Sr	264	221	220	220	214	182	198	216	213	196	186	217
Th	6	8	9	7	7	9	7	6	8	11	8	11
V	153	152	186	176	151	82	140	166	148	149	111	104
Y	23	30	39	36	29	22	29	34	32	33	22	26
Zn	140	150	157	145	135	159	144	154	158	133	132	121
Zr	921	1521	2125	2055	1244	1162	1161	896	1700	3031	906	1551

Sample No.	GDS115	GDS116	GDS117	GDS120	GDS121	GDS122	GDS123	GDS125	GDS126	GDS127	GDS128	GDS129
SiO ₂ (wt.%)	56.29	43.95	49.97	48.75	48.53	47.98	54.37	56.30	51.65	53.22	55.41	54.05
TiO ₂	0.71	0.70	0.86	0.83	1.18	1.01	0.75	0.84	0.94	0.83	0.92	0.87
Al ₂ O ₃	18.18	14.63	15.74	16.45	18.34	17.43	19.41	16.69	15.89	17.21	16.59	17.17
Fe ₂ O ₃	2.47	2.53	1.26	7.86*	3.85	6.87	2.18	3.89	2.72	1.93	3.56	3.42
FeO	3.36	3.36	6.70	-	5.52	5.00	2.88	3.42	5.42	5.51	4.17	4.78
MnO	0.13	0.14	0.17	0.18	0.16	0.16	0.08	0.14	0.18	0.12	0.15	0.16
MgO	1.55	2.05	2.69	2.49	2.86	2.58	0.91	1.96	2.60	1.47	2.17	2.52
CaO	2.90	2.82	4.18	4.01	3.71	3.51	1.37	3.41	4.16	3.16	3.78	4.26
Na ₂ O	3.18	2.05	2.51	2.27	1.50	1.70	3.12	2.98	2.37	3.10	2.72	2.74
K ₂ O	2.27	1.84	1.80	1.72	1.79	2.05	2.75	2.19	1.81	2.26	2.13	1.87
P ₂ O ₅	0.12	0.22	0.20	0.18	0.18	0.13	0.15	0.12	0.21	0.13	0.13	0.21
H ₂ O ⁻	1.94	5.47	2.82	3.02	2.37	2.36	2.96	1.55	2.49	2.00	1.59	1.69
H ₂ O ⁺	6.95	19.96	11.59	13.53	10.37	9.09	9.01	6.76	10.19	10.03	6.81	6.35
Total	100.05	99.72	100.49	101.29	100.36	99.87	99.94	100.25	100.63	100.97	100.13	100.09
As(ppm)	5	4	4	6	4	5	9	<4	<4	<4	<4	<4
Ba	445	375	416	439	515	542	472	405	365	402	389	441
Co	12	17	18	20	21	21	11	14	18	12	15	20
Cr	33	54	71	55	38	45	23	32	55	22	38	36
Cu	21	34	17	24	17	9	19	17	24	15	14	18
Ga	24	20	19	19	22	20	28	22	19	22	21	21
Nb	18	12	17	13	17	15	22	22	18	26	22	17
Ni	14	34	17	24	14	9	10	11	19	7	16	14
Pb	20	29	20	21	19	19	26	21	24	23	20	20
Rb	82	75	60	61	55	56	101	75	67	87	72	63
S	166	752	300	388	285	222	291	167	332	260	163	129
Sr	247	208	230	232	196	198	194	238	215	275	230	263
Th	10	8	6	7	6	7	14	10	7	8	8	5
V	89	97	144	133	177	207	57	110	143	103	124	137
Y	24	21	34	29	33	35	19	28	37	25	29	28
Zn	118	164	142	139	144	136	131	120	145	132	122	125
Zr	713	390	1433	1212	2108	4513	527	1228	1785	1124	1485	1092

*: total iron as Fe₂O₃, L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected.

Table 1. (continued)

Sample No.	GDS130	GDS131	GDS132	GDS133	GDS134	GDS135	GDS136	GDS137	GDS138	GDS140	GDS142	GDS143
SiO ₂ (wt.%)	48.01	44.57	45.14	46.96	51.30	57.51	55.64	56.13	50.49	50.29	53.17	54.59
TiO ₂	0.91	0.59	0.63	0.62	0.62	0.51	0.59	0.55	0.94	1.04	0.66	0.54
Al ₂ O ₃	16.32	15.57	15.88	17.69	18.12	18.81	19.21	20.25	15.99	16.85	18.10	17.07
Fe ₂ O ₃	2.16	0.27	0.42	4.53*	0.92	2.61	2.34	1.26	2.96	2.38	1.80	0.25
FeO	5.87	4.93	3.85	-	3.41	1.10	2.07	2.38	5.31	6.11	3.01	3.67
MnO	0.16	0.22	0.14	0.09	0.10	0.08	0.08	0.08	0.18	0.19	0.09	0.09
MgO	2.20	1.01	0.60	0.68	0.65	0.58	0.60	0.62	3.16	3.14	0.62	0.61
CaO	4.35	2.01	1.54	2.13	1.98	2.20	2.14	2.50	4.42	4.26	2.09	1.02
Na ₂ O	2.35	2.52	2.66	2.94	3.48	3.72	3.47	4.06	2.27	2.27	3.52	3.78
K ₂ O	1.61	2.04	2.18	2.08	2.35	2.74	2.60	2.57	1.62	1.61	2.64	3.12
P ₂ O ₅	0.23	0.23	0.22	0.15	0.13	0.07	0.09	0.06	0.16	0.14	0.14	0.14
H ₂ O ⁻	3.17	5.24	5.06	4.09	3.20	1.84	2.14	1.57	2.52	2.35	2.75	3.01
H ₂ O ⁺	12.77	21.36	22.76	19.85	14.42	8.65	9.62	8.01	10.40	9.67	11.97	12.75
Total	100.11	100.56	101.08	101.81	100.68	100.42	100.59	100.04	100.42	100.30	100.56	100.64
As (ppm)	<4	19	21	5	8	<4	<4	<4	<4	<4	13	17
Ba	395	433	445	494	535	566	580	630	351	342	580	611
Co	18	10	8	9	6	4	5	5	24	21	8	7
Cr	54	37	18	13	14	10	10	8	48	57	13	11
Cu	27	28	21	18	14	14	13	15	17	27	16	17
Ga	20	21	23	24	23	24	25	27	20	20	24	23
Nb	13	17	20	19	19	17	20	18	16	14	20	16
Ni	18	20	12	10	10	8	7	7	19	22	9	9
Pb	19	33	37	30	26	26	25	25	18	18	26	26
Rb	63	81	90	80	82	84	84	87	65	62	97	111
S	405	910	945	795	516	237	254	208	310	279	343	397
Sr	252	260	255	306	308	316	325	367	223	214	330	226
Th	5	12	12	17	12	11	13	11	6	4	17	12
V	173	51	44	41	43	32	38	30	151	163	46	39
Y	27	23	22	14	14	11	14	11	31	30	16	14
Zn	139	220	206	153	146	101	112	110	135	133	174	146
Zr	995	345	413	503	464	362	400	436	832	933	485	374

Sample No.	GDS144	GDS145	GDS146	GDS147	GDS148	GDS149	GDS150	GDS152
SiO ₂ (wt.%)	55.96	58.39	55.62	53.79	54.54	52.33	51.73	48.62
TiO ₂	0.59	0.56	0.87	0.69	0.58	1.07	1.00	0.63
Al ₂ O ₃	19.10	19.59	16.37	18.18	17.60	16.54	15.73	16.38
Fe ₂ O ₃	0.16	0.99	5.17	0.45	4.49*	6.33	3.74	0.56
FeO	3.72	2.49	3.69	4.23	-	4.26	5.33	4.28
MnO	0.07	0.06	0.16	0.08	0.08	0.19	0.18	0.18
MgO	0.65	0.61	2.40	0.72	0.78	3.08	2.98	0.48
CaO	2.54	2.75	3.99	2.00	1.24	5.07	4.42	0.99
Na ₂ O	4.33	4.59	2.95	3.75	3.50	2.68	2.57	2.96
K ₂ O	2.18	2.48	2.11	2.70	2.66	1.92	1.80	2.96
P ₂ O ₅	0.11	0.07	0.16	0.16	0.14	0.27	0.31	0.23
H ₂ O ⁻	2.10	1.30	1.07	2.48	2.83	1.66	2.21	4.39
H ₂ O ⁺	8.94	6.22	4.82	11.37	12.18	5.38	8.15	18.65
Total	100.45	100.10	99.38	100.60	100.62	100.78	100.15	101.31
As (ppm)	<4	<4	6	11	6	<4	<4	64
Ba	495	632	456	569	577	401	257	489
Co	5	4	17	7	6	21	20	9
Cr	16	14	56	8	16	40	138	13
Cu	13	9	15	16	15	16	23	22
Ga	25	26	20	24	24	20	20	25
Nb	19	17	17	22	17	18	19	19
Ni	7	8	15	7	9	11	32	9
Pb	23	25	18	25	25	16	18	32
Rb	82	83	65	111	102	54	62	123
S	236	194	138	342	402	146	216	658
Sr	375	427	256	327	255	255	237	199
Th	16	13	15	20	12	7	10	13
V	37	37	143	41	37	199	168	44
Y	12	11	36	19	13	40	35	17
Zn	123	100	127	160	157	135	136	214
Zr	440	291	211	596	380	2468	1289	406

*: total iron as Fe₂O₃, L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected.

Table 2. Whole-rock chemical compositions of country rocks in the Gokayama area.

Sample No.	GDS71	GDS83	GDS84	GDS82	GDS158a	GDS158b	GDS158c
	S.F.Gr.	Itoshima To.		M.P.sch.	Marble		
SiO ₂ (wt.%)	68.43	66.15	68.77	62.11	-	-	0.00**
TiO ₂	0.40	0.41	0.41	0.89	-	-	0.02**
Al ₂ O ₃	15.75	15.94	15.43	16.38	-	-	0.07**
Fe ₂ O ₃ *	2.94	4.27	3.11	6.95	-	-	0.00**
MnO	0.06	0.09	0.06	0.16	-	-	0.00**
MgO	0.74	1.56	0.76	1.96	-	-	0.50**
CaO	2.82	4.06	2.73	4.11	-	-	55.30**
Na ₂ O	4.41	3.61	4.20	3.23	-	-	0.00**
K ₂ O	2.64	2.44	2.94	2.12	-	-	0.00**
P ₂ O ₅	0.13	0.10	0.13	0.13	-	-	0.00**
L.O.I.	0.46	0.66	0.37	1.37	-	-	43.89**
Total	98.78	99.29	98.91	99.41	-	-	99.78**
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	<4	<4
Ba	486	605	572	309	-	-	36**
Cr	4	16	8	31	-	-	4**
Cu	10	n.d.	329	78	6	5	n.d.**
Ga	22	17	21	18	<4	<4	<4
Nb	15	10	15	5	<5	<5	<5**
Ni	<4	6	4	28	<4	<4	n.d.**
Pb	16	12	17	9	<5	<5	<5
Rb	92	69	96	65	<6	<6	<6**
S	6	23	231	1303	-	-	35**
Sr	345	312	338	202	-	-	332**
Th	10	16	14	<4	<4	<4	<4
V	27	57	29	123	-	-	6**
Y	14	14	13	26	<6	<6	<4**
Zn	81	63	84	76	<4	n.d.	<4**
Zr	197	90	214	141	<4	<4	16**

*: total iron as Fe₂O₃, **: reported by Yuhara and Taguchi (2006), L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected.
S.F.G.: Sawara Fine Granite, To.: Tonalite, M.P.Sch.: Mafic-pelitic schist.

3. 元素濃度分布と地質の関係

河川堆積物試料の化学分析結果 (Table 1) ならびに伊藤ほか (2007) の3試料 (NK-01, 02, 41) の分析値をもとに, 各元素の地球化学図を作成した. この際, H₂O⁻ が試料の乾燥状態により大きく変化するため, 高本ほか (2005), 伊藤ほか (2007) と同様に各元素濃度は H₂O⁻ を除いて再計算した値を使用した. また, 主成分元素は酸化物として扱い, 鉄は三価の鉄を全 Fe (Fe₂O₃*) とした. S は, 室見川や祓川では, 大部分が有機物由来で, 季節変動が大きい (古川ほか, 2004). 本研究の測定試料の採取期間は, 9月から10月と, 短期間ではあるが, S濃度が低濃度から高濃度へ変化する時期にあたるため, 測定試料中のS濃度をそのまま比較することはできない. そこでSの地球化学図の作成は行わなかった. 地球化学図作成には Surfer ver. 8.0 (Golden Software, Inc.) を用い, 最小曲率法でデータの補間を行った. この方法は, ランダムに分布する各データを3次元スプライン関数のなめらかな曲面で補間する方法である. この方法では, データがない領域に, 実在しない濃度勾配を形成することがある. このため, 隣接する試料採取地点で値に大きな偏りがある場合は, 極端に濃度が変化する領域が

できることがある. 本研究における試料採取地点は, 那珂川本流と大野川, 倉谷川沿いに集中している (Fig. 4). このような極端に偏在したデータを用いると, Fig. 5に示した地球化学図のように, 極端な濃度勾配を算出してしまい, 那珂川本流付近でピークを形成し, それより離れた広い領域で極端に高い値や低い値を示すことになる. したがって, 広域を対象とした高本ほか (2005) や伊藤ほか (2007) のような試料密度の場合は問題ないが, 本地域の地球化学図には, 試料の採取地点の位置情報をそのまま用いることはできない. 河川堆積物を用いた地球化学図作成は, 河川堆積物が流域の平均的な化学組成値を代表しているという仮定をもとに行われている. このため上岡ほか (1991), 太田ほか (2002, 2003) は, 流域を考慮した上で補間を行っている. しかし, いずれの場合でも補間のデータ処理がかなり複雑である. そこで, 本研究では試料採取地点の位置情報をその河川の集水域の中間標高地点に移し, 地球化学図を作成した (Fig. 6).

岩石の分布に規制された濃度分布を示す元素

TiO₂, Fe₂O₃*, MnO, MgO, CaO, P₂O₅, Co, Cr, Ni, V, Y濃度は, 糸島花崗閃緑岩分布域で高く, 早良花崗岩分布域で低い傾向にある (Fig. 6). これに

Table 3. Chemical compositions of minerals.

Sample No.	GDS-162	GDS-163	GDS-165	GDS-162	GDS-163	GDS-165	GDS-163	GDS-165
mineral	Pl.	Pl.	Pl.	Kfs.	Kfs.	Kfs.	Hbl.	Hbl.
SiO ₂ (wt.%)	77.68	72.67	71.44	64.14	68.99	67.44	43.70	43.35
TiO ₂	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02	1.03	1.20
Al ₂ O ₃	13.29	16.36	16.94	18.88	16.53	17.73	9.99	10.20
Fe ₂ O ₃ *	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.05	22.04	20.47
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	0.54
MgO	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.09	7.47	8.84
CaO	2.98	4.45	4.45	1.20	1.42	0.08	11.11	11.23
Na ₂ O	4.65	4.87	5.03	3.20	2.44	4.44	1.23	1.20
K ₂ O	0.31	0.33	0.36	10.20	8.94	7.38	1.18	1.14
P ₂ O ₅	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L.O.I.	0.32	0.23	0.36	0.43	0.29	0.60	0.69	0.93
Total	99.34	99.04	98.73	98.10	98.67	97.83	99.18	99.10
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	66	63	84	3826	2727	2008	44	52
Co	n.d.	<5	<5	<5	n.d.	n.d.	41	49
Cr	6	6	7	<4	<4	4	56	111
Cu	8	<4	<4	<4	<4	5	n.d.	n.d.
Ga	15	16	17	16	12	12	23	22
Nb	<5	<5	n.d.	<5	n.d.	n.d.	49	22
Ni	9	9	9	6	6	8	n.d.	12
Pb	11	12	13	38	34	26	<5	<5
Rb	8.70**	5.71**	8	205**	118**	135	n.d.	n.d.
S	n.d.	n.d.	3	n.d.	n.d.	4	48	51
Sr	415**	328**	358	614**	359**	318	26	34
Th	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	n.d.
V	7	6	6	7	5	7	371	406
Y	<6	<6	<6	<6	<6	<6	190	78
Zn	10	9	11	<4	5	13	268	249
Zr	109	11	n.d.	<4	n.d.	n.d.	126	106

Sample No.	GDS-162	GDS-163	GDS-165	GDS-178	GDS-176	GDS-170	GDS-172	GDS-176
mineral	Bt.	Bt.	A.Bt.	Chl.	Ill.	Mag.	Mag.	Py.
SiO ₂ (wt.%)	35.52	36.45	37.98	30.32	53.15	10.81	9.56	-
TiO ₂	3.47	3.01	2.43	2.23	2.15	0.80	0.60	-
Al ₂ O ₃	16.54	14.89	19.58	18.07	26.14	1.46	1.27	-
Fe ₂ O ₃ *	24.75	24.77	19.43	28.92	3.41	48.55	44.96	-
MnO	0.45	0.46	0.32	0.73	0.12	0.16	0.13	-
MgO	7.24	8.57	7.26	10.18	0.75	0.46	0.16	-
CaO	0.40	0.55	0.97	0.73	0.63	0.69	0.32	-
Na ₂ O	0.16	0.11	0.21	0.13	1.12	0.12	0.13	-
K ₂ O	8.40	8.84	3.37	0.50	7.17	0.15	0.19	-
P ₂ O ₅	0.15	0.06	0.11	0.20	0.20	0.09	0.18	-
L.O.I.	1.87	1.43	-	-	-	-	-	-
Total	98.95	99.14	91.66	92.01	94.84	63.29	57.50	-
As (ppm)	<4	<4	8	<4	67	<4	7	2263
Ba	745	469	337	<13	201	51	33	-
Co	44	62	57	81	10	248	266	-
Cr	25	59	83	33	18	317	160	-
Cu	n.d.	8	93	10	6	n.d.	n.d.	51
Ga	48	32	36	56	59	13	28	3
Nb	182	77	30	37	51	9	9	13
Ni	n.d.	<4	42	n.d.	10	n.d.	n.d.	<4
Pb	6	<5	15	19	30	8	6	91
Rb	598**	447**	251	26	295	n.d.	n.d.	14
S	201	170	92	n.d.	1140	n.d.	4	-
Sr	15.4**	5.83**	72	32	89	19	17	9
Th	<4	n.d.	<4	<4	32	5	10	<4
V	175	291	281	177	176	1448	838	-
Y	28	21	36	19	35	8	14	7
Zn	721	390	476	828	129	99	143	215
Zr	570	184	107	481	638	260	737	195

*: total iron as Fe₂O₃, **: analyzed by isotopic dilution method (Kawano and Yuhara, 2008b).

L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected.

Pl.: plagioclase, Kfs: K-feldspar, Hbl: hornblende, Bt: biotite, A.Bt.: argillized biotite, Chl.: chlorite,

Ill.: illite, Mag.: magnetite, Py.: pyrite.

Table 4. Correlation coefficient (r^2) of elements in stream sediments in the Gokayama area.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	As	Ba	Co	Cr	Cu	Ga	Nb	Ni	Pb	Rb	Sr	Th	V	Y	Zn	
SiO ₂																										
TiO ₂	0.21																									
Al ₂ O ₃	0.24	0.31																								
Fe ₂ O ₃	0.19	0.61	-0.35																							
MnO	-0.31	0.33	-0.38	0.44																						
MgO	-0.20	0.81	-0.44	0.65	0.37																					
CaO	0.08	0.61	-0.29	0.54	0.23	0.82																				
Na ₂ O	0.54	-0.60	0.34	-0.44	0.41	-0.60	-0.29																			
K ₂ O	0.34	-0.52	0.29	-0.45	-0.28	-0.69	-0.74	0.46																		
P ₂ O ₅	0.49	0.17	-0.34	0.21	0.42	0.18	0.07	-0.34	-0.21																	
As	0.01	0.04	0.01	0.06	0.00	0.11	0.25	0.00	0.22	0.03																
Ba	0.18	0.32	0.44	-0.24	-0.35	-0.43	-0.34	0.31	0.51	-0.25	0.02															
Co	0.33	0.82	-0.49	0.60	0.40	0.90	-0.75	0.61	-0.59	0.03	0.02	-0.39														
Cr	0.08	0.25	-0.38	0.24	0.23	0.39	0.34	-0.27	-0.28	0.16	0.00	-0.42	0.38													
Cu	-0.27	0.04	-0.15	0.05	0.13	0.10	0.02	-0.24	0.13	0.27	0.00	-0.23	0.13	0.45												
Ga	0.13	-0.50	0.73	-0.48	-0.34	-0.69	-0.58	0.41	0.48	-0.17	0.03	0.36	-0.66	-0.08	-0.16											
Nb	0.09	0.01	0.02	0.00	0.01	-0.11	0.04	0.13	0.09	0.03	0.01	0.00	-0.14	-0.52	-0.53	0.23										
Ni	-0.18	0.06	-0.27	0.17	0.18	0.21	0.13	0.22	-0.28	0.19	0.02	-0.39	0.19	0.12	0.04	-0.28	0.01	0.07								
Pb	0.02	-0.46	0.04	-0.33	-0.07	-0.50	-0.58	0.08	0.24	0.01	0.26	0.02	-0.32	-0.15	0.01	0.47	0.10	0.07	0.06							
Rb	0.15	-0.51	0.19	-0.48	-0.18	-0.69	-0.81	0.33	0.76	-0.09	0.32	0.20	-0.55	-0.31	0.22	0.31	0.06	-0.18	0.06	0.06						
Sr	0.23	-0.42	0.37	-0.27	-0.32	-0.40	-0.08	0.67	0.12	-0.23	0.04	0.33	-0.55	-0.34	-0.05	0.65	0.09	0.10	0.48	0.06	0.42					
Th	0.06	-0.22	0.15	-0.07	0.00	-0.30	-0.24	0.48	0.19	0.08	0.00	0.07	-0.30	-0.34	-0.03	0.52	0.00	0.15	0.34	0.43	0.42					
V	0.25	0.88	-0.40	-0.66	0.37	0.91	0.71	0.66	-0.60	0.22	0.06	-0.23	0.91	0.08	0.11	-0.22	0.16	0.05	-0.07	-0.21	0.14	-0.50				
Y	-0.26	0.71	-0.41	0.63	0.66	0.69	0.51	0.57	-0.48	0.30	0.03	-0.44	0.67	0.01	0.16	0.00	0.00	0.01	-0.37	-0.08	-0.07	0.00	0.74			
Zn	-0.36	0.00	-0.11	0.01	0.07	0.01	-0.08	0.07	0.00	0.22	0.43	0.00	0.01	0.14	0.03	-0.30	0.02	0.00	0.23	-0.28	-0.22	0.52	0.06	-0.44		
Zr	0.09	0.47	0.09	0.26	0.12	0.33	0.23	-0.36	0.17	0.03	0.01	0.04	0.37	0.09	0.47	-0.09	0.26	0.12	0.33	-0.23	-0.36	0.17	0.03	0.01	0.04	

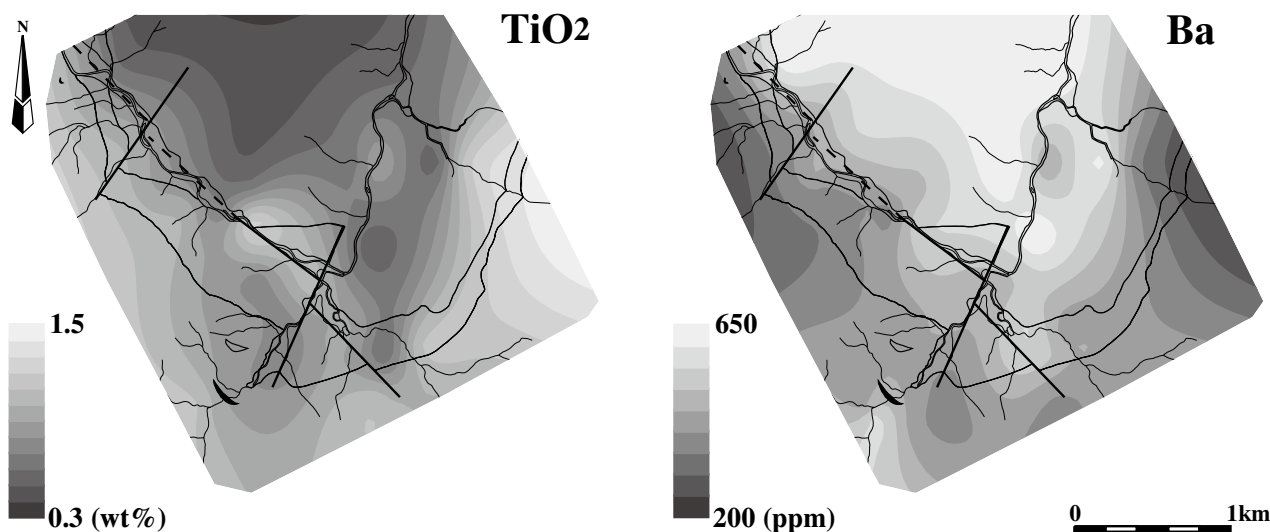


Fig. 5. Geochemical maps of the Gokayama area.

対し、 SiO_2 、 K_2O 、Ba、Pb、Rb 濃度は、早良花崗岩分布域で高く、糸島花崗閃緑岩分布域で低い傾向にある。これらの元素の濃度分布は、岩石の化学組成の特徴と一致しており、流域に分布する岩石の化学組成を反映していると考えられる。しかし、多くの場合その境界は、早良花崗岩主岩相側にシフトしている。これは、糸島花崗閃緑岩分布域から流下する小河川が早良花崗岩細粒相分布域内を流下し、早良花崗岩主岩相分布域で那珂川本流に合流しているため、早良花崗岩細粒相分布域内の河川堆積物は、糸島花崗閃緑岩の影響を強く受けているためであると考えられる。

As は大野金探鉱跡を中心とした領域で極めて高い濃度を示す。これは As に富む白色変質花崗閃緑岩の分布を反映している。しかし、白色変質花崗閃緑岩の分布を確認していない東小川内北東部においてもやや高い濃度を示す。したがって、東小川内北方に白色変質花崗閃緑岩が存在することが示唆される。該当地域は、五ヶ山ダムの周回道路が通る場所であり、道路の建設工事に伴って白色変質花崗閃緑岩あるいは As の移動が生じる可能性もあるため、工事に細心の注意が求められる。

岩石の分布に規制されない濃度分布を示す元素

Na_2O 、Cu、Ga、Nb、Sr、Th は岩石ごとの濃度差はあまり見られないが、地球化学図 (Fig. 6) 上では濃度分布に偏りが見られる。さらに Al_2O_3 と Zr は糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩の濃度関係とは逆の濃度分布を示す。また、Zn および Th は両者の分布とは無関係の濃度分布を示す。このことは、これらの元素は、流域に分布する岩石の化学組成の違いを反映していないことを示唆する。

これらの元素のうち、 Al_2O_3 と Ga、 Na_2O と Sr は、相関が良く (Table 4)、それぞれ類似した濃度分布を示す。Cu と Nb は、相関の良い元素はない。また、Zr は河川堆積物中の濃度が岩石よりも高い。

Zr は花崗岩類に普遍的に含まれているジルコンが、Th は本地域の花崗岩類に普遍的に含まれている (唐木田ほか, 1994) モナザイトが河川堆積物中に濃集したため高い濃度を示すと考えられる (高本ほか, 2005; 伊藤ほか, 2007)。

Al_2O_3 と Ga は相関が良く、類似した濃度分布を示すことから、同一鉱物が関与している可能性が高い。本研究および古川ほか (2005) と高本ほか (2005) によって報告された鉱物の化学組成から、これらの元素を濃集するのはイライトであると考えられる。したがって、これらの元素の濃度分布はイライトの濃集によって生じたと考えられる。

Na_2O と Sr は相関が良く、類似した濃度分布を示すが、これらの濃度分布は、両元素を濃集する斜長石 (高本ほか, 2005; 本研究) の含有量の変化によって生じたと考えられる。Cu は変質黒雲母や黄鉄鉱に、Nb は黒雲母、イライトに濃集するが、他の元素と相関を示さないことから、複数の鉱物が関与していると考えられる。

以上のことから、 Al_2O_3 、Cu、Ga、Nb、Sr、Th、Y、Zn、Zr の濃度分布を支配する要素は、ジルコン、モナザイト、イライト、斜長石、変質黒雲母、黄鉄鉱の河川堆積物中の含有量の差であると考えられる。

以上のことから、これらの元素の濃度分布は、流域に分布する岩石の化学組成の違い、もしくは鉱物の濃集の差によって説明される。また、高本ほか (2005)

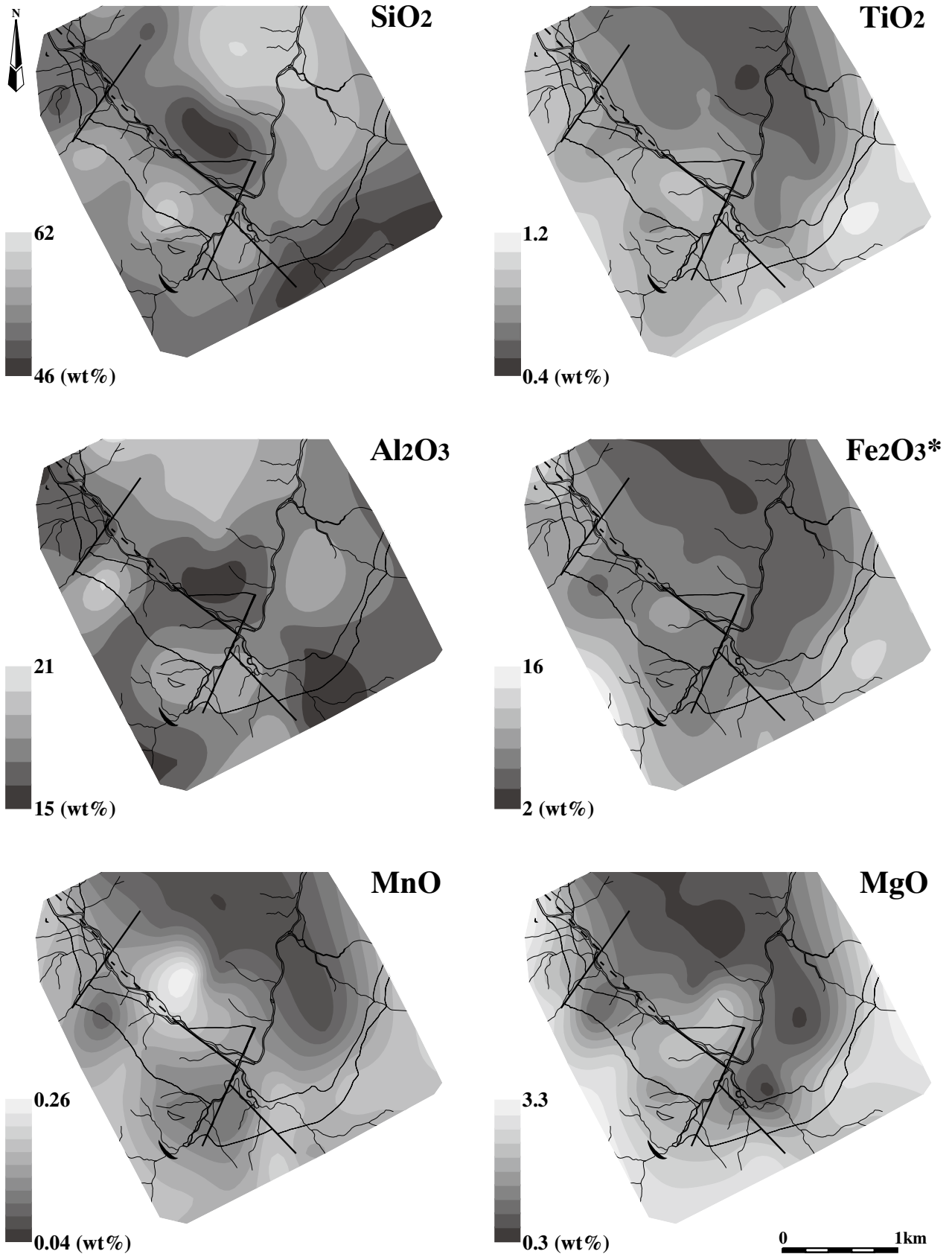


Fig. 6. Geochemical maps of the Gokayama area using corrected position data.

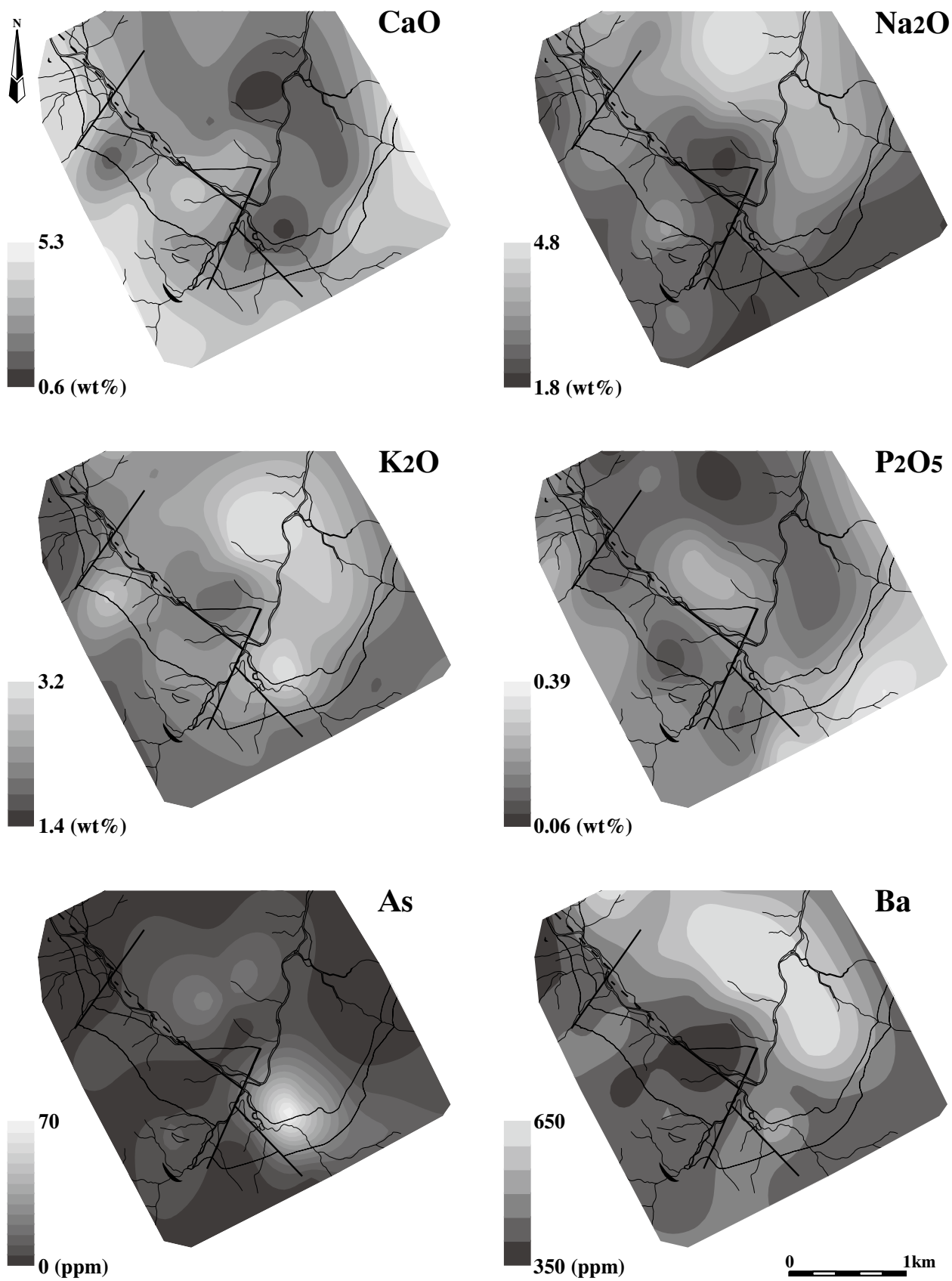


Fig. 6. (continued)

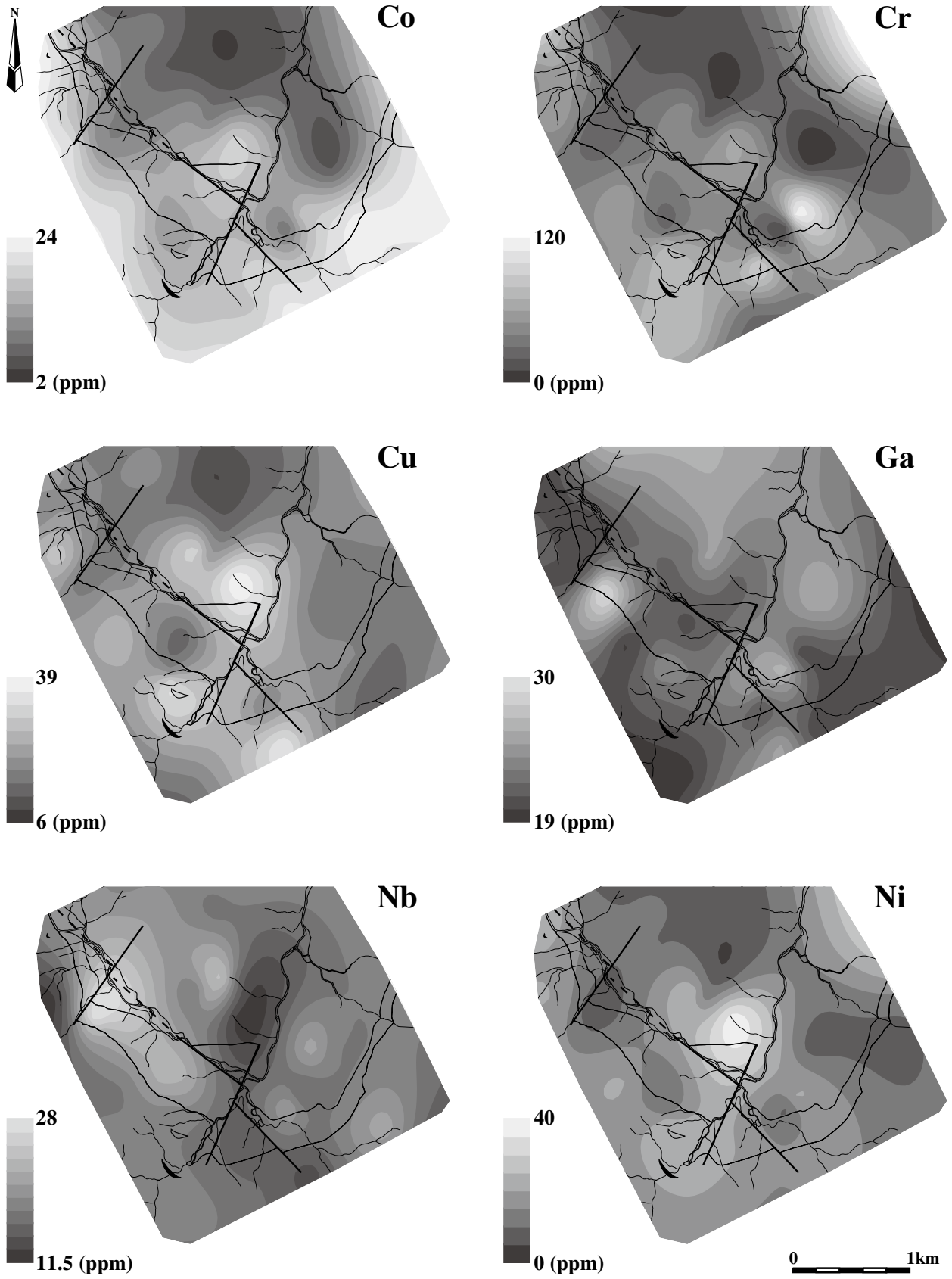


Fig. 6. (continued)

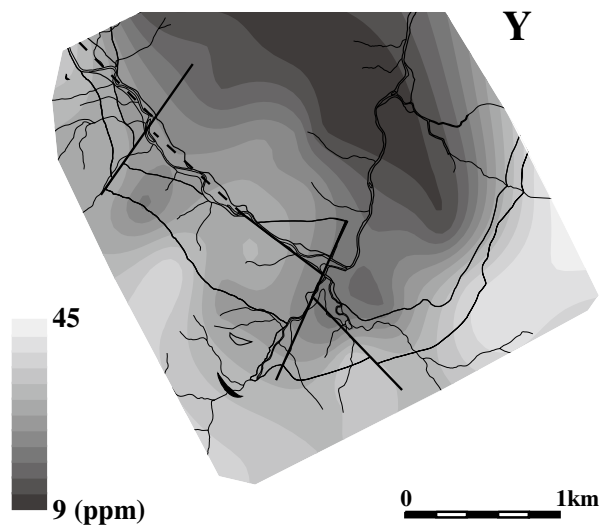
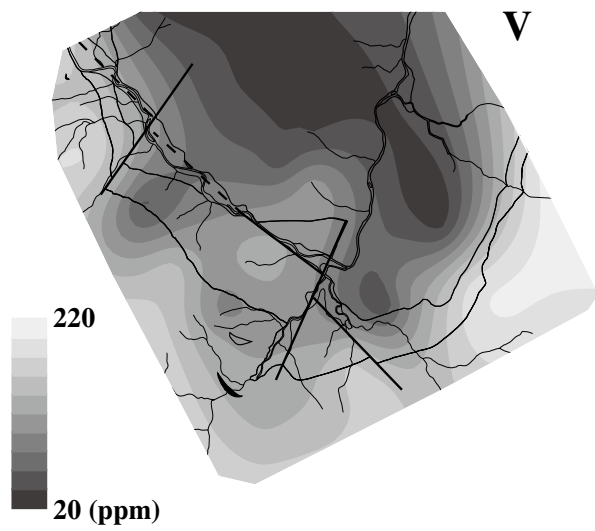
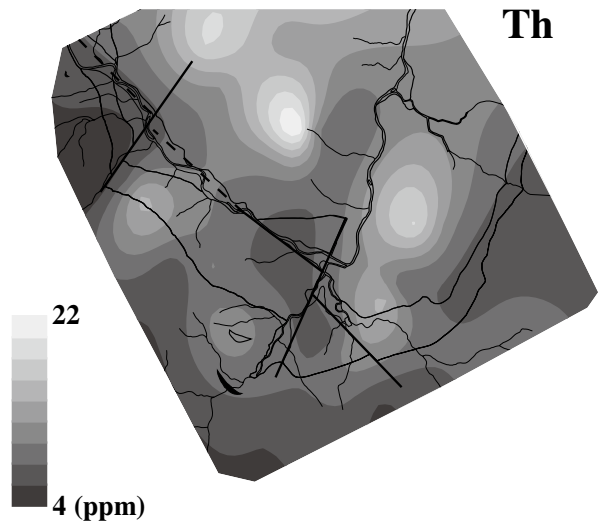
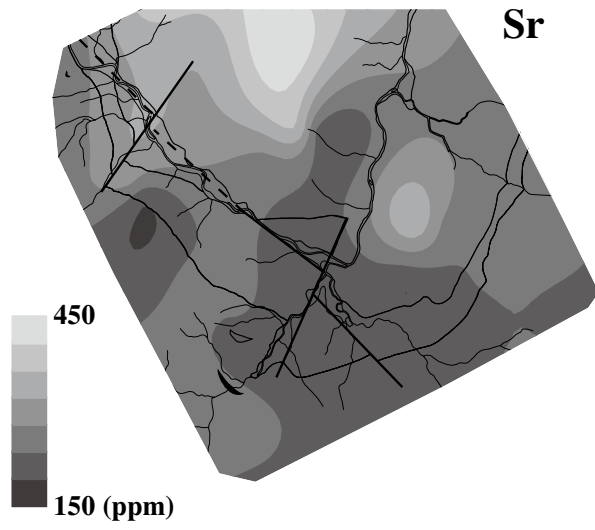
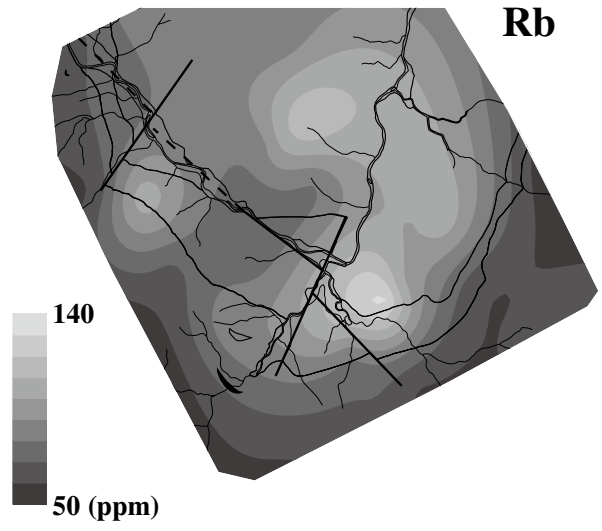
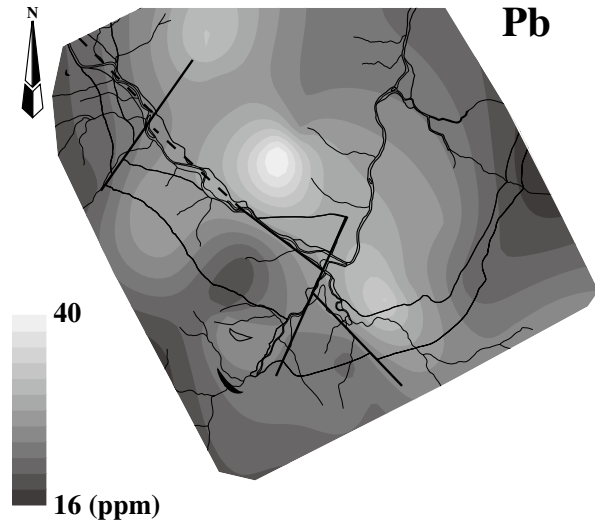


Fig. 6. (continued)

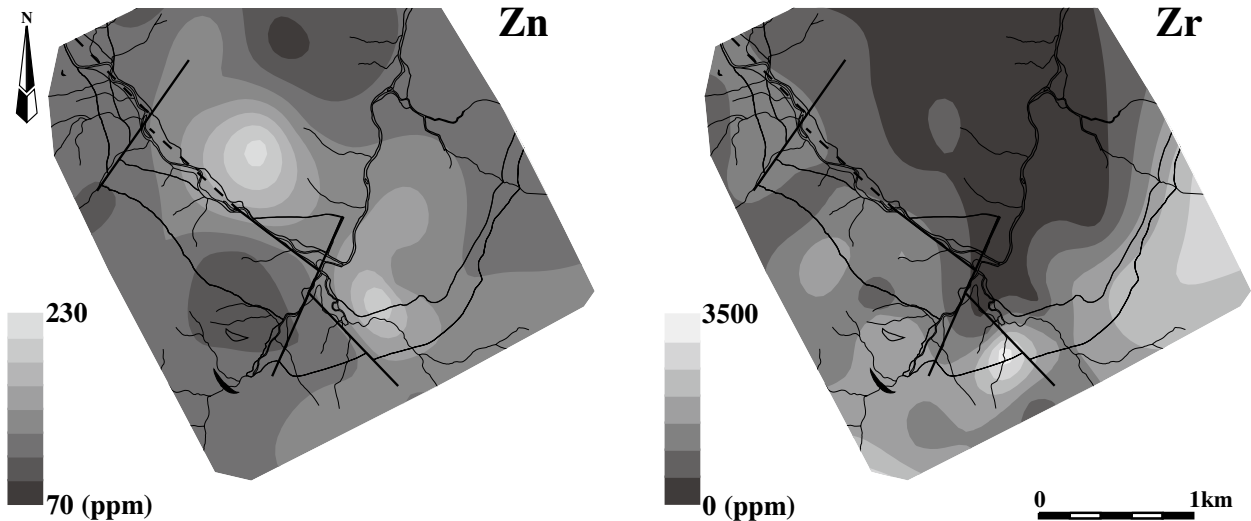


Fig. 6. (continued)

によって指摘されているような特定元素の極端な濃度ピークは認められないため、人為的な影響は検出できなかった。したがって、今回分析を行った元素については、濃度分布は地域地質を反映していると考えられる。

まとめ

那珂川上流の五ヶ山地域の河川堆積物の化学分析を行い、これまで日本各地で作成されている地球化学図よりも試料採取密度の高い地球化学図を作成した。その解析の結果、元素の濃度分布は、流域に分布する岩石の化学組成と、河川堆積物における特定の鉱物の濃集によって説明されることがわかった。さらに、それらの濃度分布は河川的作用により地質体の分布からずれることもわかった。したがって、これらの元素の濃度分布は地域地質を反映していると考えられる。また、Asの濃度分布から、まだ分布を確認していない地域に白色変質花崗閃緑岩が分布している可能性が示唆される。分布が示唆される地域は、五ヶ山ダムの周回道路の予定地を含む部分であり、工事には細心の注意が求められる。

謝辞

本論文は小路泰之の福岡大学理学部地球圏科学科における平成17年度の卒業研究をまとめたものである。福岡県五ヶ山ダム建設事務所ならびに福岡県教育庁総務部文化財保護課文化財保護係の伊崎俊秋氏には、現

地調査の機会を与えていただいた。福岡県筑紫郡那珂川町大野の築地蔵次氏、同町東小河内の伊藤博行氏、佐賀県神埼郡東脊振村（現：吉野ヶ里町）小川内大野の武廣邦敏氏には現地調査ならびに試料採取に同行していただいた。研究を進めるにあたり、福岡大学理学部地球圏科学科の田口幸洋教授、奥野 充准教授、鮎沢 潤博士には様々なご意見、御討論をいただいた。立正大学地球環境科学部の川野良信教授には査読をしていただき、有益な助言をいただいた。以上の方々に、記して感謝の意を表します。

文献

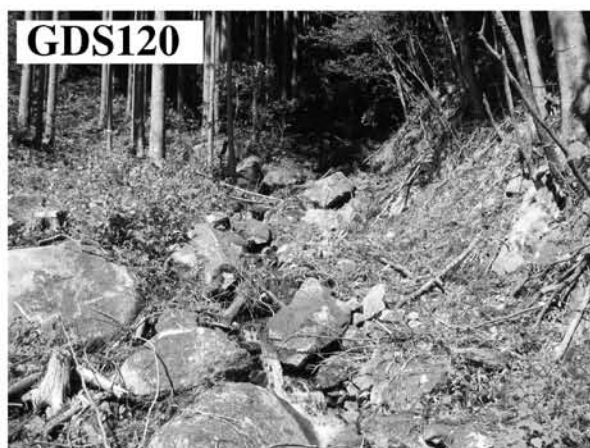
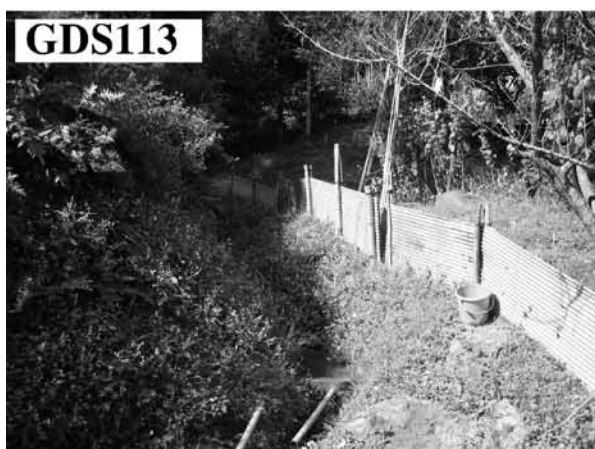
- 古川直道・柚原雅樹・伊藤裕之・高本のぞみ・柚原美恵, 2004, 河川堆積物の化学組成の季節変動－室見川および祓川の例－. 福岡大学理学集報, 34(2), 27-44.
- 古川直道・柚原雅樹・伊藤裕之・高本のぞみ・柚原美恵, 2005, 磁鉄鉱除去による河川堆積物の化学組成の変化. 福岡大学理学集報, 35(1), 1-10.
- 今井 登・岡井貴司・遠藤秀典・石井武政・田口雄作・上岡 晃, 2000, 山形市周辺地域の地球化学図－地質環境アトラス「山形市周辺地域」－. 地質調査所, 37-40.
- 今井 登・寺島 滋・片山 肇・中島 健・池原 研・谷口政碩, 1997, 日本海東部沿岸域海底表層堆積物中の重金属の地球化学的挙動. 地調月報, 48, 511-529.
- 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. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 209p.
- 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** (1), 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 亨・安藤 厚, 1991, 地球化学アトラスー北関東ー. 地質調査所出版物, 30 図版, 35 p.
- 上岡 晃・田中 剛・伊藤司郎・今井 登, 1991, 元素の地表分布パターンとその解析ー北関東の地球化学図. 地球化学, **25**, 81-99.
- 官 和哉・黒沢邦彦, 1996, 北海道中央部における土壌元素の地球化学図. 北海道立地下資源調査研究所, 39p.
- Karakida, Y., Tomita, T., Gottfried, D., Stern, T. and Rose, H. J. Jr., 1965, Lead-Alpha ages of some granitic rocks from North Kyushu and Central Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, Ser. D, (Geol.), **16**, 249-263.
- 唐木田芳文・富田幸臣・下山正一・千々和一豊, 1994, 福岡地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 192p.
- 川野良信・柚原雅樹, 2005, 福岡県五ヶ山周辺に分布する花崗岩類. 佐賀大学文化教育学部研究論文集, **10**, 143-149.
- 川野良信・柚原雅樹, 2008a, ii. 地質・鉱物. 福岡県教育委員会編 福岡県営五ヶ山ダム関連文化財調査報告 I 「五ヶ山・小川内」, 福岡県文化財調査報告書, 215, 45-56.
- 川野良信・柚原雅樹, 2008b, 福岡県那珂川上流, 白亜紀花崗岩類の年代学的, 同位体岩石学的研究. 地質雑, **114**, 218-230.
- 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・鎌田耕太郎・広島俊男・中島和敏, 1993, 20 万分の 1 地質図 福岡. 地質調査所.
- 九州活構造研究会, 1989, 九州の活構造. 東京大学出版会, 553p.
- 太田充恒・今井 登・岡井貴司・遠藤秀典・石井武政・田口雄作・上岡 晃・御子柴 (氏家) 真澄・寺島 滋, 2003, 地球化学図を用いた仙台市周辺地域の元素挙動の解明と環境評価. 地球科学, **57**, 61-72.
- 太田充恒・今井 登・岡井貴司・遠藤秀典・川辺禎久・石井武政・田口雄作・上岡 晃, 2002, 山形市周辺地域における元素分布の特徴についてー山形盆地南部の地球化学図ー. 地球化学, **36**, 109-125.
- 大和田正明・亀井淳志・山本耕次・小山内康人・加々美寛雄, 1999, 中・北部九州, 白亜紀花崗岩類の時空分布と起源. 地質学論集, no. 53, 349-363.
- Shibata, K. and Karakida, Y., 1965, Potassium-Argon ages of the granitic rocks from the Northern Kyushu. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **16**, 443-445.
- 椎川 誠・金山道雄・滝沢行雄 (応用地球化学研究グループ), 1984, 秋田県の地球化学図. 秋田大教育学地学, 29p.
- 高本のぞみ・柚原雅樹・古川直道, 2005, 福岡県東部, 今川・祓川流域の元素濃度分布. 福岡大学理学集報, **35** (2), 41-66.
- 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. Nagaya 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., Triumi, 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. Nagaya Univ.*, **43**, 27-47.
- 田中 剛・川邊岩夫・山本鋼志・三村耕一・浅原良浩・

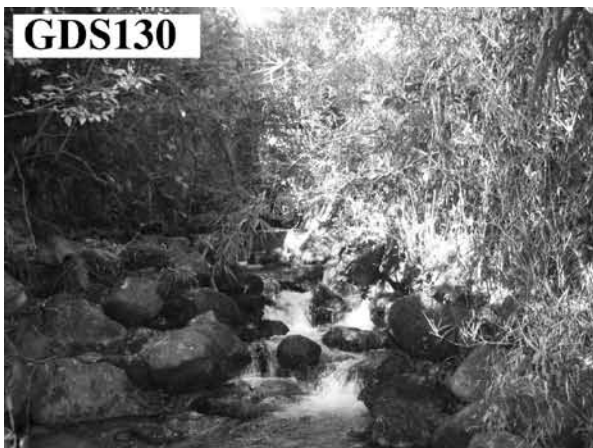
- 南 雅代, 2001, 地学野外実習としての地球化学図作成. 地質ニュース, **558**, 41-47.
- 戸上 薫・田中 剛・岩森 光, 1997, 愛知県北東部津具地域の元素濃度分布とその規定要因. 資源地質, **47**, 305-318.
- Ujiie-Mikoshihara, M., Imai, N., Terashima, S., Tachibana, Y. and Okai, T., 2008, Geochemical mapping in northern Honshu, Japan. *Appl. Geochem.* **21**, 492-514.
- 山本鋼志・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・井上祐介・川崎啓介・高木真理・根布悟志・稲吉正美, 1998, 愛知県豊田市北東部の領家花崗岩地域の地球化学図. 地質雑, **104**, 688-704.
- 柳 哮・浜本礼子・劉 旭東・中村 真, 1999, Rb-Sr 法による年代測定の新しい試み. 月刊地球, **21**, 811-816.
- 柚原雅樹・古川直道・田口幸洋, 2004, 粉末ペレット法による珪酸塩・炭酸塩岩石の微量元素の蛍光 X 線分析. 福岡大学理学集報, **34** (1), 43-49.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2003a, 蛍光 X 線分析装置 ZSX100e による珪酸塩岩石の主成分および微量元素の定量分析. 福岡大学理学集報, **33** (1), 25-34.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2003b, ガラスビード法による珪酸塩岩石の Co および S の蛍光 X 線分析. 福岡大学理学集報, **33** (2), 77-81.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2006, ガラスビード法による炭酸塩岩石の主成分および微量元素の蛍光 X 線分析. 福岡大学理学集報, **36** (2), 29-35.
- 柚原雅樹・宇藤千恵・小路泰之・川野良信, 2006a, 那珂川上流, 五ヶ山地域の白亜紀花崗岩類に発達する断裂系. 福岡大学理学集報, **36** (1), 55-67.
- 柚原雅樹・祐徳信武, 2005, 那珂川上流, 五ヶ山地域の金探鉱跡周辺に認められる早良花崗岩の変質. 福岡大学理学集報, **35** (1), 49-73.
- 柚原雅樹・祐徳信武・宇藤千恵・小路泰之, 2006b, 那珂川上流, 五ヶ山地域の金探鉱跡周辺の熱水変質早良花崗岩のヒ素含有量. 福岡大学理学集報, **36** (1), 43-53.



Appendix. Photographs of sampling points.











Appendix. (continued)

