

Petrological characteristics of granitoid gravels  
from the Kuzuryugawa River, Fukui prefecture,  
central Japan

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-01-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 上松, 泰斗, 三好, 雅也, 藤井, 純子, 佐野, 貴司, Uematsu, Yasuto, Miyoshi, Masaya, Fujii, Junko, Sano, Takashi メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10098/00028898">http://hdl.handle.net/10098/00028898</a>

# 福井県九頭竜川に分布する花崗岩質岩礫の岩石学的特徴

## Petrological characteristics of granitoid gravels from the Kuzuryugawa River, Fukui prefecture, central Japan

上松 泰斗\*

(福井県立奥越特別支援学校)

三好 雅也\*\*

(福岡大学 理学部地球圏学科)

藤井 純子\*\*\*

(福井大学 教育学部地学教室)

佐野 貴司\*\*\*\*

(国立科学博物館 地学研究部)

### 1. はじめに

福井県嶺北の大野市から坂井市を流れる九頭竜川は県を代表する一級河川であり、その周辺には複数の河原が存在する。九頭竜川の河原では花崗岩質岩礫が比較的多く観察され、九頭竜川の上流域には中生代末期～中新世の花崗岩類（花崗岩および花崗閃緑岩）が分布している（図1, 福井県, 2010）。九頭竜川の河原に分布する花崗岩質岩礫と上流域の深成岩体との関係を明らかにすることができれば、小学校5年生の理科単元「流れる水のはたらき」において、河川の運搬・堆積作用の授業実践に活用できる可能性がある。

本研究では、大野市、勝山市、福井市の各地点において、九頭竜川の河原に分布する花崗岩質岩礫を採取し、それらの岩石学的特徴を明らかにするために偏光顕微鏡観察および全岩化学組成分析を行った。また、花崗岩質岩礫の起源について制約を与えるため、九頭竜川の上流域に分布する深成岩体から採取した試料についても分析を行い、岩質を比較した。さらに、九頭竜川に分布する花崗岩質岩礫の地域地質教材としての可能性について探るため、大野市、勝山市、福井市の各地点における礫の粒径・円磨度を調査した。

(キーワード：礫, 岩石, 全岩化学組成, 福井, 九頭竜川)

---

\* Yasuto Uematsu

(Fukui Prefectural Okuetsu School for Special Needs Education, Fukui, 911-0802)

\*\* Masaya Miyoshi

(Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, Fukuoka, 814-0180)

\*\*\* Junko Fujii

(Geological Laboratory, Faculty of Education, University of Fukui, Fukui, 910-8507)

\*\*\*\* Takashi Sano

(Department of Geology and Paleontology, National Museum of Nature and Science, Ibaraki, 305-0005)

## 2. 試料および研究手法

調査地点は、大野市阪谷新橋下付近、勝山市発坂、福井市福松大橋下付近の3地点である（図2A～C）。本論では、便宜的にこれら3地点をそれぞれ上流域、中流域、下流域とよぶ（図1）。各地点の河原から花崗岩質岩礫を10試料ずつ採取した。このとき、採取試料の肉眼的特徴（優白質～優黒質）が偏らないように注意した。比較のために、大野市勝原（図2D）および打波川沿いに分布する深成岩体（それぞれ、勝原深成岩体、打波深成岩体）から各1試料を採取した（図1）。勝原深成岩体は前期中新世の荒島岳コールドロンの一部であり、打波深成岩体は白亜紀の岩体である（富岡ほか、2000）

採取した岩石試料に含まれる鉱物の組合せ、量比（モード組成）および組織を調べるため、偏光顕微鏡観察を行った。また、試料に含まれる主成分、微量元素含有量を調べるため、国立科学博物館筑波研究施設設置の波長分散型蛍光X線分析装置（XRF、株式会社リガク製ZSX Primus II）を用いた全岩化学組成分析を行った。主成分元素含有量および微量元素含有量の分析手順については、Sano et al. (2010) に従い、それぞれガラスビード法、ペレット法を用いた。上述の手法で得られた鉱物量比、全岩化学組成および強熱減量（Loss on ignition = LOI）測定結果をそれぞれ表1、2に示す。

上流域（大野市阪谷新橋下付近）、中流域（勝山市発坂）、下流域（福井市福松大橋下付近）の3地点の河原（図2）において実施した花崗岩質岩礫の粒径・円磨度の調査方法は以下のとおりである：(1) 河原にロープ（測線）を設置する；(2) 測線の左右30 cmの範囲から粒径2 cm以上の花崗岩質岩礫を採取する；(3) 採取した礫の画像をデジタルカメラで撮影する；(4) PC上で画像から粒径を計測し、円磨度（Powers, 1953に基づく）を評価する。以上の手順により、合計800個の花崗岩質岩礫（上流域400個、中流域200個、下流域200個）について調査した。

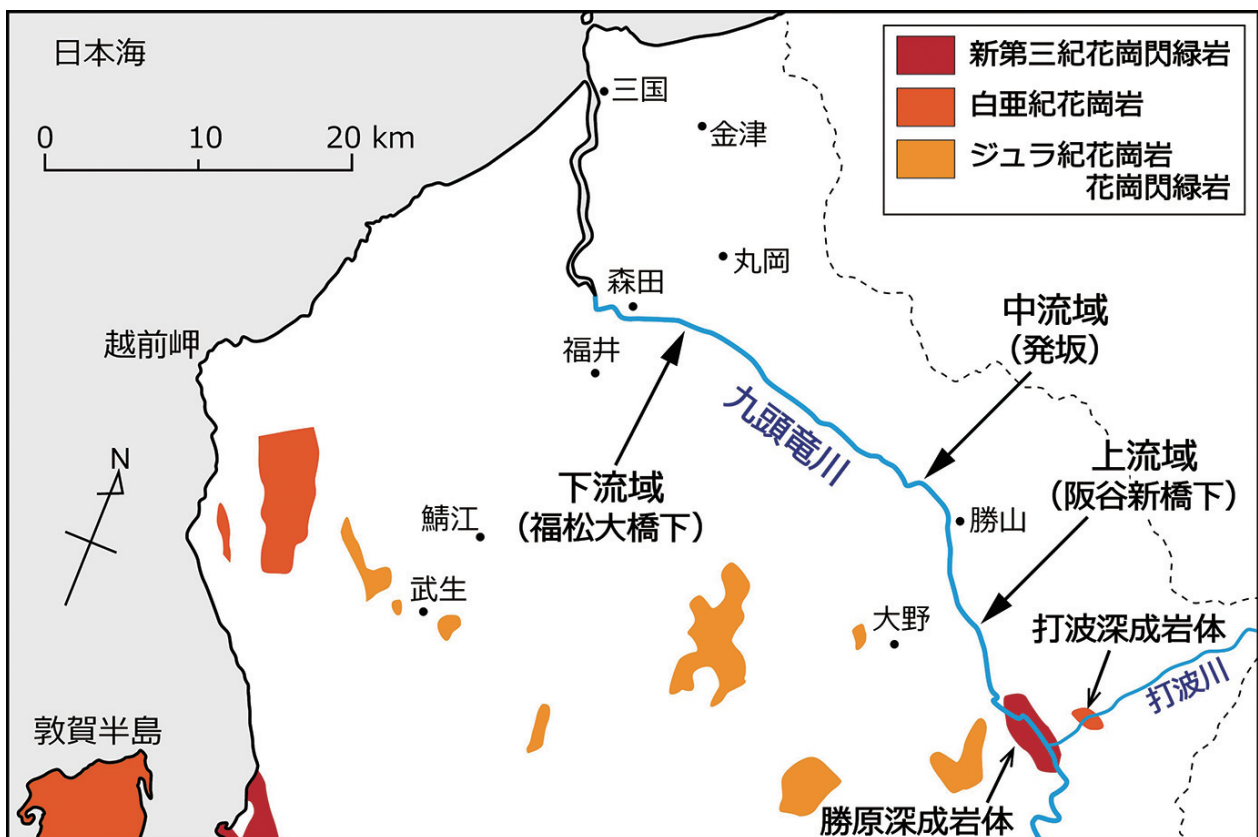


図1. 九頭竜川、打波川と調査地点の位置、および福井県内の主な中生代末期～中新世花崗岩類の分布（福井県、2010を改変）。点線は県境を示す。

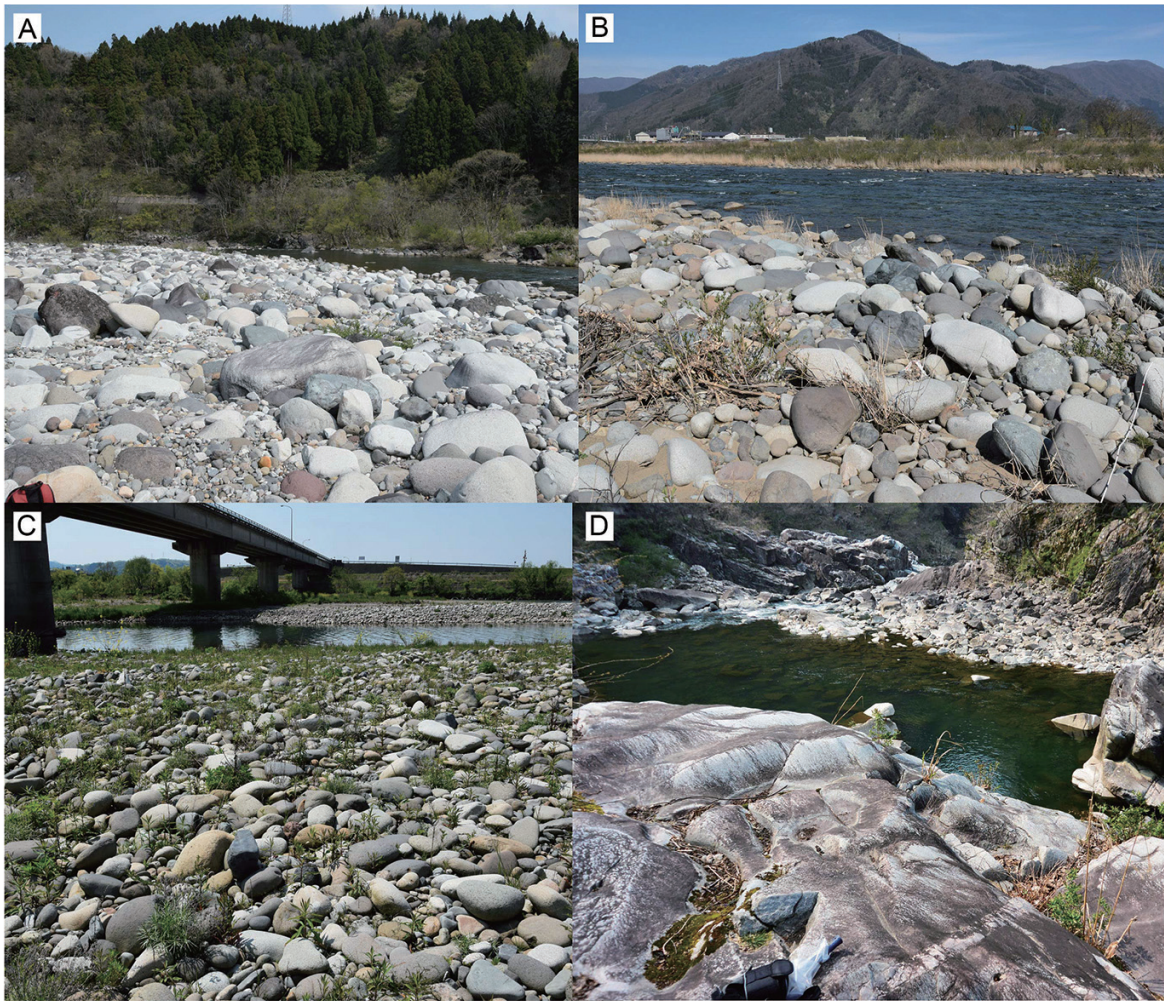


図2. (A) 大野市阪谷新橋下付近の河原（上流域），(B) 勝山市発坂の河原（中流域），(C) 福井市福松大橋下付近の河原（下流域），(D) 勝原深成岩体の露頭（大野市魚止）。

表1. 花崗岩質岩礫および深成岩体試料の鉱物モード組成.

試料 No.	SU-01	SU-02	SU-03	SU-04	SU-05	SU-06	SU-07	SU-08	SU-09	SU-10	HU-01	HU-02	HU-03	HU-04	HU-05	HU-06
採取地点	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	中流域	中流域	中流域	中流域	中流域	中流域
カリ長石 (vol.%)	16	12	13	15	12	12	11	11	10	10	15	16	15	14	15	13
斜長石	52	53	55	54	49	52	49	53	50	51	49	52	55	55	54	53
石英	12	14	15	14	12	15	14	13	12	12	19	18	14	12	14	16
単斜輝石	1	4	4	2	3	3	4	3	6	4	1	<1	2	2	2	3
直方輝石	2	3	3	1	3	4	3	4	4	5	<1	<1	1	1	2	3
普通角閃石	5	3	2	3	7	1	6	4	7	7	2	3	3	3	2	4
黒雲母	10	9	8	9	10	10	10	9	8	8	11	8	9	11	9	5
不透明鉱物	2	2	<1	<1	4	3	3	3	3	3	2	1	1	2	2	3
試料 No.	HU-07	HU-08	HU-09	HU-10	FU-01	FU-02	FU-03	FU-04	FU-05	FU-06	FU-07	FU-08	FU-09	FU-10	UY-01	AY-01
採取地点	中流域	中流域	中流域	中流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	勝原	打波
カリ長石 (vol.%)	13	13	14	8	13	14	20	14	15	16	11	12	11	14	15	4
斜長石	52	52	51	56	52	48	46	52	53	53	52	51	50	47	51	56
石英	12	13	14	6	17	18	21	13	14	13	15	10	12	11	12	14
単斜輝石	3	3	1	7	<1	2	<1	2	2	<1	1	4	3	5	3	-
直方輝石	2	2	<1	12	<1	1	<1	2	1	<1	<1	3	2	4	3	-
普通角閃石	4	4	4	3	3	4	2	4	3	5	4	7	7	7	6	11
黒雲母	12	11	12	3	11	11	8	10	9	9	14	8	10	8	7	10
不透明鉱物	4	2	4	5	2	2	2	3	3	2	1	5	5	4	3	5

表2. 花崗岩質岩礫および深成岩体試料の全岩化学組成.

試料No.	SU-01	SU-02	SU-03	SU-04	SU-05	SU-06	SU-07	SU-08	SU-09	SU-10	HU-01	HU-02	HU-03	HU-04	HU-05	HU-06
採取地点	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	上流域	中流域	中流域	中流域	中流域	中流域	中流域
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	62.71	62.08	62.38	63.45	60.25	62.45	62.68	62.09	62.68	63.82	65.13	65.32	63.68	61.28	63.33	63.26
TiO <sub>2</sub>	0.75	0.69	0.80	0.75	0.80	0.74	0.70	0.72	0.66	0.68	0.60	0.59	0.70	0.70	0.78	0.74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.92	15.79	15.65	15.80	15.98	15.88	15.63	16.08	16.27	15.78	16.55	17.29	15.75	16.37	15.49	15.61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.72	5.70	6.15	5.66	6.63	5.76	5.57	5.87	5.36	5.56	3.89	3.64	5.20	5.84	5.62	5.46
MnO	0.09	0.09	0.12	0.11	0.12	0.09	0.10	0.10	0.09	0.04	0.08	0.07	0.07	0.10	0.09	0.09
MgO	2.62	2.63	2.58	2.58	3.30	2.73	2.60	2.88	2.58	2.86	1.34	1.17	2.27	2.86	2.45	2.38
CaO	4.75	4.87	4.78	3.99	6.25	4.86	4.67	4.94	4.68	4.23	3.95	3.91	4.15	5.49	4.45	4.59
Na <sub>2</sub> O	3.65	3.57	3.67	3.82	3.43	3.62	3.59	3.62	3.43	3.46	4.13	4.27	3.66	3.59	3.65	3.70
K <sub>2</sub> O	3.07	3.07	2.99	3.36	2.46	2.92	2.98	2.88	3.16	2.69	2.86	2.80	3.64	2.76	3.18	3.14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0.16	0.19	0.18	0.19	0.18	0.17	0.17	0.17	0.17	0.15	0.16	0.16	0.19	0.17	0.17
LOI	0.04	0.07	0.04	0.06	0.02	0.08	0.06	0.06	0.06	0.12	0.07	0.08	0.06	0.04	0.05	0.03
Total	99.50	98.72	99.35	99.76	99.43	99.31	98.75	99.41	99.14	99.41	98.75	99.30	99.34	99.22	99.26	99.17
V (ppm)	129	133	137	131	164	132	121	141	117	141	63	61	119	146	127	126
Cr	26	26	27	30	43	30	26	29	21	29	11	8	25	34	30	26
Ni	9	9	8	8	8	10	12	11	13	13	2	0	8	14	9	9
Rb	82	86	81	87	67	88	94	84	88	86	86	77	103	70	90	87
Sr	470	486	465	488	491	480	520	545	609	549	649	719	450	607	438	460
Y	25	22	25	25	22	24	24	21	21	21	28	27	24	20	25	24
Zr	229	243	192	269	217	226	222	268	233	244	224	233	278	224	215	177
Nb	9	8	9	9	7	8	8	8	8	8	10	10	9	7	9	9
Ba	692	673	758	839	543	693	702	674	741	653	878	961	988	725	745	663
Pb	11	8	59	13	12	9	14	10	9	6	13	12	10	9	11	10
Ce	38	45	46	41	41	42	43	36	42	43	36	34	39	42	40	44
Th	11	11	9	10	9	11	11	10	11	11	10	10	11	9	11	11
試料No.	HU-07	HU-08	HU-09	HU-10	FU-01	FU-02	FU-03	FU-04	FU-05	FU-06	FU-07	FU-08	FU-09	FU-10	JR-3	JR-3
採取地点	中流域	中流域	中流域	中流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	下流域	(M.V.)	(R.V)
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	62.20	62.56	62.82	54.75	63.96	65.36	67.08	63.13	63.53	62.92	64.57	62.20	63.23	61.94	72.88	72.76
TiO <sub>2</sub>	0.62	0.73	0.77	0.87	0.69	0.61	0.46	0.73	0.69	0.74	0.52	0.62	0.60	0.73	0.23	0.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.88	15.92	15.71	18.51	17.11	17.38	17.90	16.23	16.23	16.02	16.38	16.59	16.64	16.49	12.23	11.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	5.15	5.88	5.83	8.44	4.50	3.72	2.90	5.59	5.05	5.57	4.88	5.34	4.75	5.82	4.93	4.72
MnO	0.09	0.08	0.08	0.13	0.08	0.08	0.06	0.10	0.08	0.11	0.09	0.07	0.09	0.14	0.08	0.08
MgO	2.51	2.89	2.65	3.67	1.63	1.19	0.93	2.01	2.20	2.03	1.96	2.59	2.28	3.10	0.12	0.05
CaO	5.06	4.45	4.58	7.50	4.09	3.90	4.09	4.57	4.53	4.15	3.85	5.19	5.03	4.91	0.15	0.09
Na <sub>2</sub> O	3.95	3.58	3.63	3.32	4.16	4.21	4.40	3.95	3.85	3.96	3.81	3.72	3.77	3.54	4.85	4.69
K <sub>2</sub> O	2.74	3.15	3.13	1.80	2.61	2.83	2.83	3.01	3.18	3.22	3.14	2.61	2.87	2.51	4.33	4.29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.17	0.18	0.40	0.18	0.16	0.12	0.18	0.16	0.18	0.13	0.17	0.15	0.18	0.02	0.02
LOI	0.09	0.08	0.08	0.10	0.06	0.10	0.06	0.03	0.06	0.05	0.06	0.05	0.08	0.10	0.06	
Total	99.45	99.49	99.46	99.49	99.07	99.54	100.83	99.53	99.56	98.95	99.39	99.15	99.49	99.46	99.88	98.81
V (ppm)	125	133	133	219	84	53	46	118	113	128	92	127	110	141	5	4
Cr	26	32	34	26	18	8	6	13	26	15	7	25	22	31	0	4
Ni	9	11	7	4	3	1	0	2	7	1	0	11	10	12	7	2
Rb	87	87	81	52	76	79	86	83	89	86	82	69	86	69	399	453
Sr	624	467	465	748	646	703	762	522	473	526	614	641	606	610	0	10
Y	20	23	24	14	28	27	25	23	23	23	24	20	19	19	173	166
Zr	210	191	186	159	218	242	224	194	285	252	202	229	206	223	1525	1494
Nb	7	8	8	4	11	10	8	8	8	8	7	7	7	7	512	510
Ba	639	756	752	484	834	1007	933	764	766	789	674	595	695	635	84	66
Pb	7	9	10	5	12	12	14	12	10	11	14	9	8	9	26	33
Ce	36	38	45	33	35	36	39	41	32	37	37	35	35	38	289	327
Th	9	10	10	6	9	9	9	10	11	10	7	10	11	10	120	112

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\* : 全鉄をFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とした値. n.d. = 検出されず. M.V. = 未知試料として分析した結果.

R.V. = 地球化学標準試料 (地質調査総合センター) 推奨値.

### 3. 記載岩石学的特徴

石英 - 斜長石 - カリ長石の三角ダイアグラム (図3, Streckeisen, 1974) において, 花崗岩質岩礫試料は石英モンゾ閃緑岩および花崗閃緑岩の領域にプロットされる. 勝原深成岩体, 打波深成岩体の試

料はそれぞれ、石英モンゾ閃緑岩、石英閃緑岩の領域にプロットされる。これら試料の偏光顕微鏡写真を図4に示す。

花崗岩質岩礫試料のうち、25試料(上流域10試料, 中流域8試料, 下流域7試料)が石英モンゾ閃緑岩である(図4A)。完晶質・等粒状組織であり、カリ長石(3.5 mm以下, 8~16 vol.%)、斜長石(5 mm以下, 47~56 vol.%)、石英(2.5 mm以下, 6~16 vol.%)、単斜輝石(2 mm以下, ~7 vol.%)、直方輝石(2 mm以下, ~12 vol.%)、普通角閃石(1 mm以下, 1~7 vol.%)、黒雲母(2.5 mm以下, 3~14 vol.%)、不透明鉱物(1.5 mm以下, ~5 vol.%)を含む。斜長石、単斜輝石、斜方輝石、普通角閃石、黒雲母は自形~半自形、カリ長石、石英は他形で存在する。また、一部の試料には、カリ長石と石英のミルメカイト組織がみられる。

花崗岩質岩礫試料のうち、5試料(中流域2試料, 下流域3試料)が花崗閃緑岩である(図4B)。完晶質・等粒状組織であり、カリ長石(2 mm以下, 13~20 vol.%)、斜長石(4 mm以下, 46~52 vol.%)、石英(2 mm以下, 17~21 vol.%)、単斜輝石(1 mm以下, ~2 vol.%)、直方輝石(1 mm以下, ~1 vol.%)、普通角閃石(1.5 mm以下, 2~4 vol.%)、黒雲母(2 mm以下, 8~11 vol.%)、不透明鉱物(1 mm以下, 1~2 vol.%)を含む。斜長石、単斜輝石、斜方輝石、普通角閃石、黒雲母は自形~半自形、カリ長石、石英は他形で存在する。また、カリ長石と石英のミルメカイト(微文象)組織がみられる。

勝原深成岩体の試料(UY-01)は石英モンゾ閃緑岩である(図4C)。完晶質・等粒状組織を示し、カリ長石(4 mm以下, 15 vol.%)、斜長石(3.5 mm以下, 51 vol.%)、石英(2 mm以下, 12 vol.%)、単斜輝石(1.5 mm以下, 3 vol.%)、直方輝石(1 mm以下, 3 vol.%)、普通角閃石(1.5 mm以下, 6 vol.%)、黒雲母(1.5 mm以下, 7 vol.%)、不透明鉱物(0.5 mm以下, 3 vol.%)を含む。斜長石、単斜輝石、斜方輝石、普通角閃石、黒雲母は自形~半自形、カリ長石、石英は他形で存在する。カリ長石と石英のミルメカイト組織がみられる。

打波深成岩体の試料(AY-01)は変質を被った石英閃緑岩である(図4D)。完晶質・等粒状組織を示し、カリ長石(1 mm以下, 4 vol.%)、斜長石(5 mm以下, 56 vol.%)、石英(2 mm以下, 14 vol.%)、普通角閃石(1 mm以下, 11 vol.%)、黒雲母(1.5 mm以下, 10 vol.%)、不透明鉱物(0.5 mm以下, 5 vol.%)を含む。斜長石、普通角閃石、黒雲母は自形~半自形、カリ長石、石英は他形で存在する。

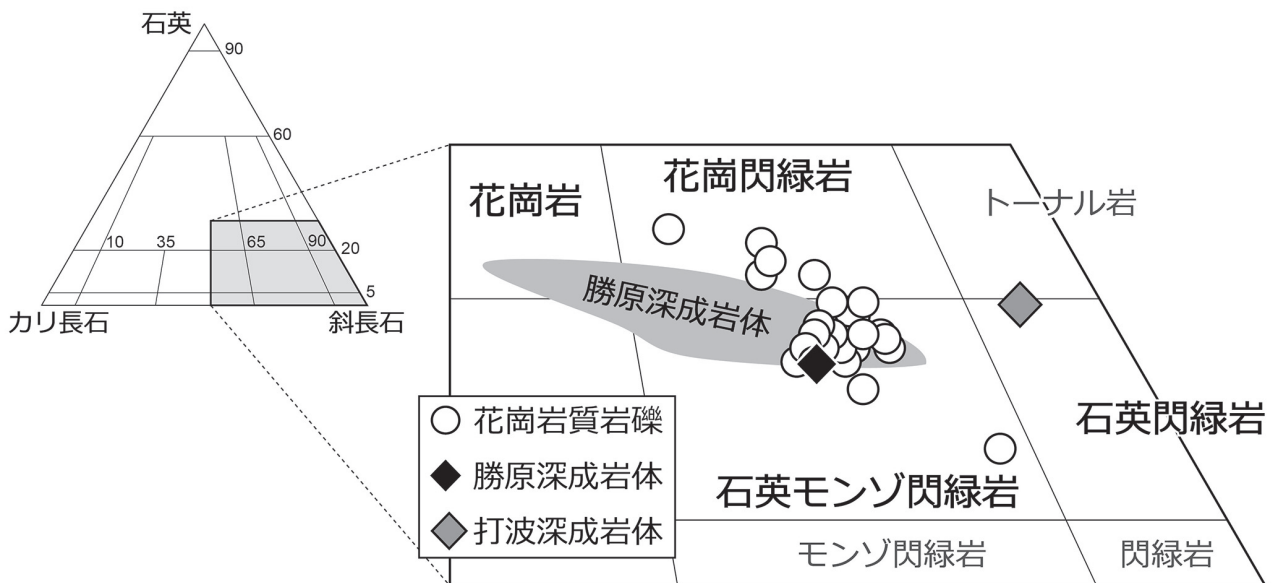


図3. 石英-斜長石-カリ長石の三角ダイアグラム (Streckeisen, 1974)。勝原深成岩体のデータ(右の図中の影の領域)は富岡ほか(2000)の報告値。

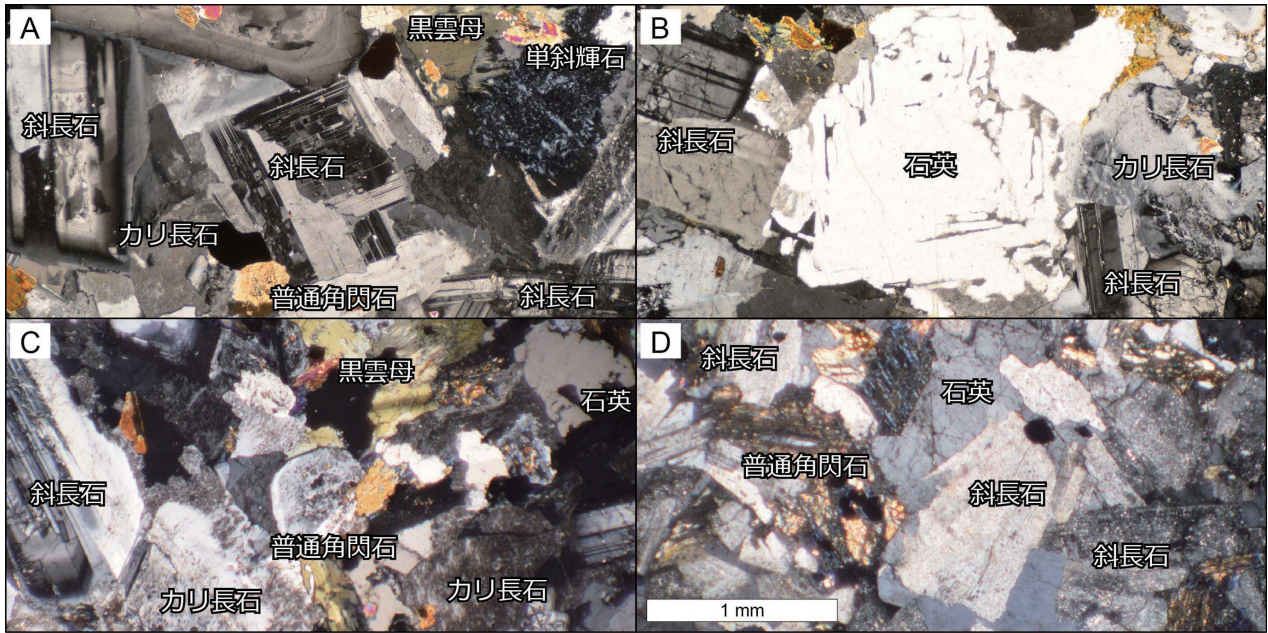


図4. 花崗岩質岩礫試料の (A) 石英モンゾ閃緑岩, (B) 花崗閃緑岩, および (C) 勝原深成岩体, (D) 打波深成岩体の試料の偏光顕微写真.

#### 4. 花崗岩質岩礫の起源

石英 - 斜長石 - カリ長石の三角ダイアグラム (図3) において, 花崗岩質岩礫試料の大部分および勝原深成岩体の試料のプロットは, 富岡ほか (2000) が報告した勝原深成岩体の組成範囲と重複する.

SiO<sub>2</sub> 組成変化図 (図5) において, 花崗岩質岩礫試料のうち石英成分に富む花崗閃緑岩は, 石英モンゾ閃緑岩と比較して高 SiO<sub>2</sub> 含有量である (それぞれ, 64 ~ 67 wt.%, 54 ~ 65 wt.%). また, 花崗岩質岩礫試料の石英モンゾ閃緑岩の大部分は, 勝原深成岩体の化学組成範囲 (富岡ほか, 2000) と重複する.

以上のとおり, 大部分の花崗岩質岩礫試料の岩石学的特徴は, 勝原深成岩体 (富岡ほか, 2000) と類似する. この観察事実は, 九頭竜川の河原から採取した花崗岩質岩礫試料の大部分が, 勝原深成岩体を起源とする可能性を示している.

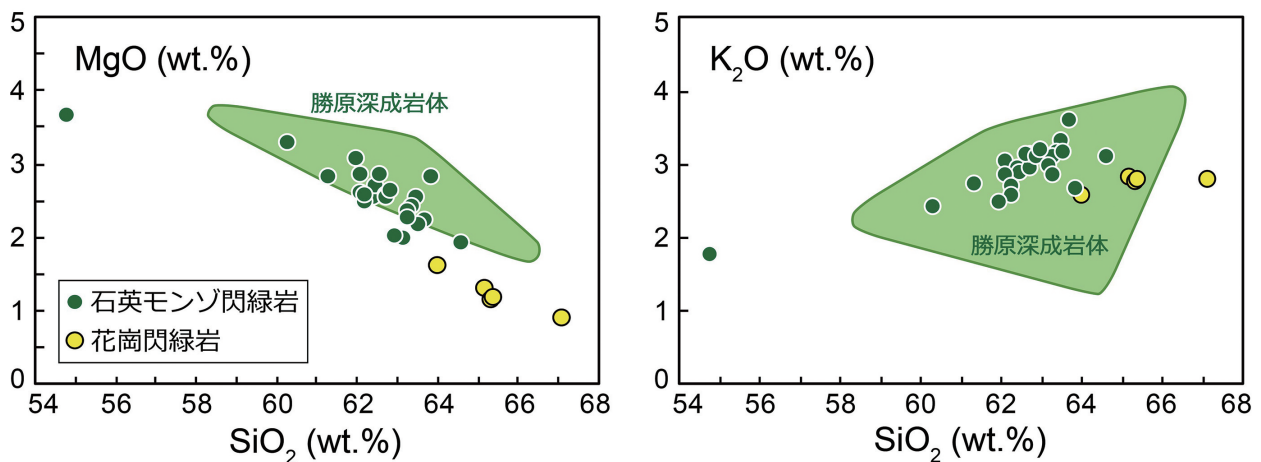


図5. 花崗岩質岩礫試料のSiO<sub>2</sub>組成変化図. 勝原深成岩体のデータ (図中の薄緑色の領域) は富岡ほか (2000) の報告値.

## 5. 花崗岩質岩礫の粒径・円磨度

九頭竜川に分布する大部分の花崗岩質岩礫の起源を勝原深成岩体であると仮定した場合、上流、中流、下流域の各地点の給源からの距離はそれぞれ、約 10 km、約 22km、約 40km である。図 6 に、各地点の花崗岩質岩礫の粒径頻度分布を示す。各地点の平均粒径（上流：16 cm；中流：22 cm；下流：13 cm）、最小粒径（2～3 cm）に大きな差異はみられないが、上流ほど礫の最大粒径が大きい（上流：156 cm；中流：77 cm；下流：43 cm）。図 7 に、各地点の花崗岩質岩礫の円磨度の頻度分布を示す。上流域ほど角礫・亜角礫が多く、下流ほど円礫が多くみられる。また、超角礫、超円礫は、それぞれ上流域、下流域のみにみられる。

上述の九頭竜川の河原に分布する花崗岩質岩礫の粒径に関する観察事実は、小学校 5 年生理科教科書（東京書籍）の「平地では小さい石が多い」という記述と調和的であるが、「山の中では大きな石が多い」という記述とは合致しない。円磨度に関する観察事実は、同教科書の「山の中では角ばった石が多く、平地に近いほど丸い石が多い」という記述と調和的である。

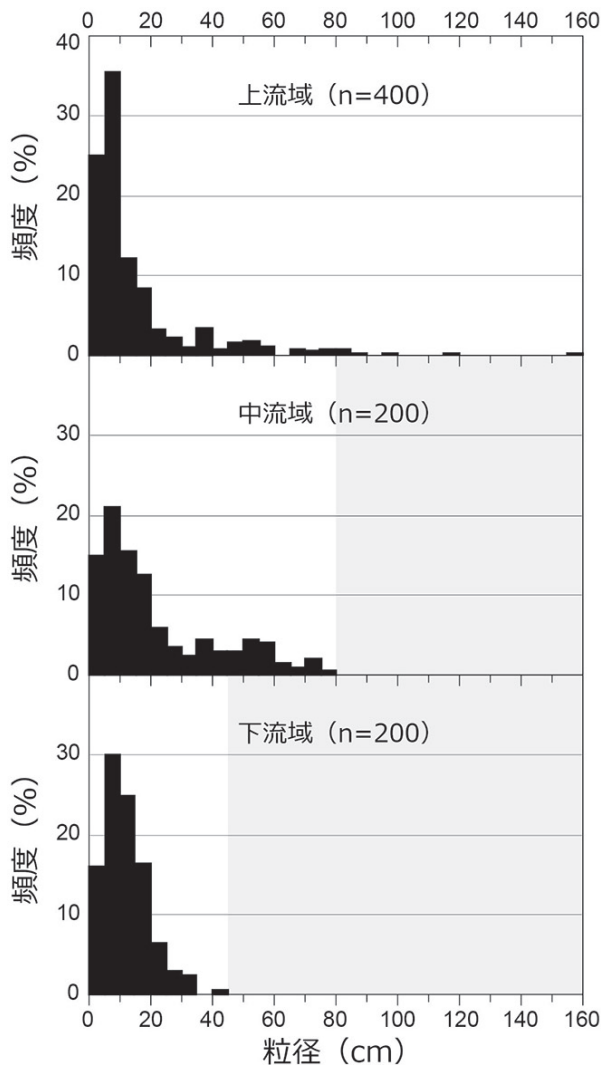


図6. 花崗岩質岩礫の粒径頻度分布。中流域、下流域の影の部分は、本研究で確認されなかった粒径範囲を示す。

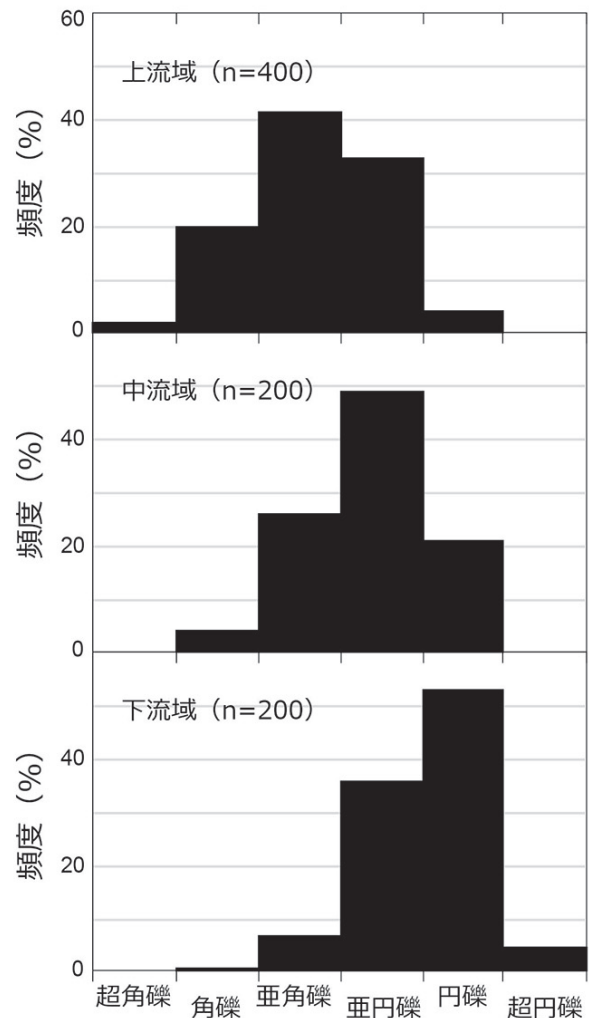


図7. 花崗岩質岩礫の円磨度の頻度分布。



## まとめ

福井県九頭竜川に分布する花崗岩質岩礫の起源について探るため、上流域（大野市）、中流域（勝山市）、下流域（福井市）において礫試料を採取し、偏光顕微鏡観察および全岩化学組成分析を行った。その結果、花崗岩質岩礫試料の岩質は花崗閃緑岩および石英モンゾ閃緑岩であることが明らかになった。礫試料と勝原深成岩体の試料の岩石学的特徴の類似性から、九頭竜川に分布する花崗岩質岩礫の大部分の給源は勝原深成岩体であると考えられる。

上流域～下流域における花崗岩質岩礫の粒径・円磨度の頻度分布は、概ね小学校理科教科書の河原の礫に関する記述内容（平地では細粒で円磨度が高いものが多い）と調和的であった。したがって九頭竜川の河原の花崗岩質岩礫は、流水の運搬・堆積作用の学習に適した福井県の地域地質教材になりうると考えられる。

## 謝辞

本研究は2020年度勝山市ジオパーク学術研究等奨励事業による助成を受けたものである。また、科学研究費補助金基盤研究C「地質データベースの充実と地域の石ころウェブ教材を活用した地学教育手法の開発」（研究代表者：藤井純子）の一部を使用した。福井大学教育学部理数教育講座地学教室の山本博文教授には、本論をまとめるにあたり終始激励と助言をいただいた。同教室4年生（当時）の深川礼弥氏には、野外調査の際にご協力いただいた。大学院2年生（当時）の紀 亜男氏には、蛍光X線分析のための岩石試料調整の際にご協力いただいた。以上の方々に、心から感謝いたします。

## 引用文献

- 福井県 (2010) 福井県地質図 2010 年度版. 福井県建設技術公社, 173p.
- Powers, M.C. (1953) A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 23, 117–119.
- Sano, T., K. Tani, K. and Murch, A. P. (2020) Major and trace element analyses of igneous rocks and sediments by X-ray fluorescence spectrometry using glass bead and pressed powder pellet. *Bulletin of the National Museum of Nature and Science. Series C*, 46, 1–14.
- Strecheisen, A. (1974) Classification and nomenclature of plutonic rocks recommendations of the IUGS subcommission on the systematics of Igneous Rocks. *Geologische Rundschau*, 63, 773–786.
- 富岡伸芳・石渡 明・棚瀬充史・清水 智・加々美寛雄 (2000) 福井県大野市、前期中新世荒島岳コールドロンの地質と岩石. *地質学雑誌*, 106, 313–329.