

## 6) 菊池市の地下水水質について —平成30年度菊池市硝酸性窒素概況調査結果より—

木野世紀 武千尋 前田敏孝\*<sup>1</sup> 中原優子\*<sup>2</sup>

### はじめに

熊本県は、県内各地において地下水の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による汚染の概況調査<sup>1)</sup>を実施している。

汚染原因を特定し、適切な対策を講じるためには硝酸性窒素以外の水質項目等も検討する必要があることから、調査の際には他の主要イオン成分等の測定も併せて行い、水質特性等の把握に努めている。

今回は、平成30年度に菊池市で実施した調査(81井戸)の結果とともに、水質形成要因等について若干の考察を試みたので、併せて報告する。

日の間に7回に分けて採水した。

調査項目及び分析方法について pH, EC(導電率)は電極法、溶存成分のうち陽イオン( $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )と陰イオン( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ )のうち  $\text{HCO}_3^-$ を除く成分はイオンクロマトグラフ法、 $\text{HCO}_3^-$ は硫酸滴定法により求めた。

また金属成分(V, Rb)については、誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)法で分析を行った。

なお、クラスター分析には、統計解析アドインソフト エクセル統計2012(株式会社社会情報サービス)を使用した。

### 調査方法

調査地点を図1、地点(井戸)情報を表1に示した。本調査では平成31年1月17日から平成31年2月25

### 結果及び考察

#### 1 溶存成分等について

今回の水質分析結果を表2-1、表2-2に示した。

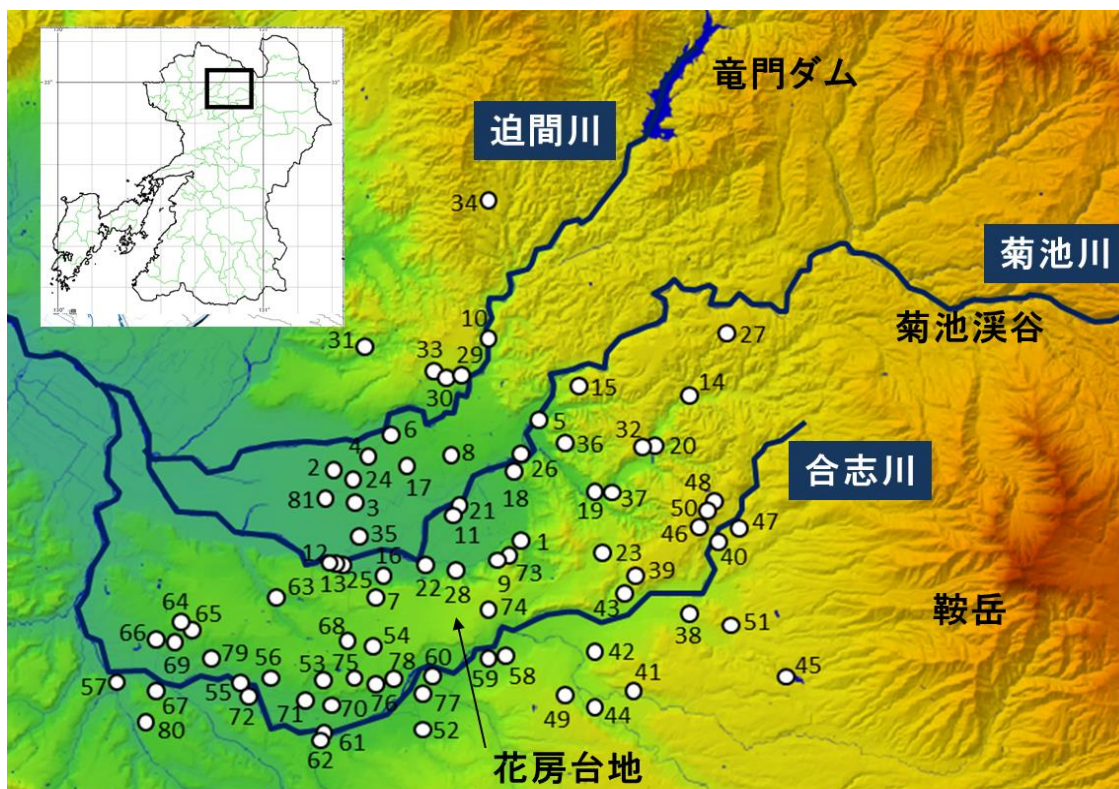


図1 調査井戸の位置(数字は井戸番号)

国土地理院地図(デジタル標高地形図 令和2年9月閲覧)を筆者が加工して作成

\*<sup>1</sup> 現環境生活部環境局環境保全課 \*<sup>2</sup> 現県北広域本部保健福祉環境部

表1 調査地点情報（井戸等所有者からの聞き取り等による。）

井戸番号 No.	所在地	井戸深度 (m)	土地利用 状況	井戸番号 No.	所在地	井戸深度 (m)	土地利用 状況	井戸番号 No.	所在地	井戸深度 (m)	土地利用 状況
1	菊池市森北	46	宅地	28	菊池市出田	不明	宅地	55	菊池市泗水町豊水	50	田
2	菊池市西寺	8	田	29	菊池市西迫間	不明	田	56	菊池市泗水町豊水	不明	宅地・山林
3	菊池市西寺	6	田	30	菊池市玉祥寺	80	宅地	57	菊池市泗水町南田島	40	宅地
4	菊池市野間口	30	田	31	菊池市木野	不明	宅地	58	菊池市泗水町住吉	45	畑
5	菊池市木庭	40	畑	32	菊池市下河原	55	宅地	59	菊池市泗水町住吉	60	宅地
6	菊池市野間口	不明	宅地	33	菊池市婆婆尾	不明	宅地	60	菊池市泗水町富納	不明	宅地
7	菊池市広瀬	100	宅地	34	菊池市小木	45	畑	61	菊池市泗水町福本	60	宅地
8	菊池市大琳寺	不明	宅地	35	菊池市長田	不明	宅地	62	菊池市泗水町福本	不明	宅地
9	菊池市森北	不明	畑	36	菊池市藤田	55	宅地	63	菊池市泗水町亀尾	50	田
10	菊池市豊間	50	畑	37	菊池市下河原	不明	田	64	菊池市泗水町田島	55	畑
11	菊池市赤星	50	宅地	38	菊池市旭志小原	50	宅地	65	菊池市泗水町田島	60	畑
12	菊池市木柑子	10	宅地	39	菊池市旭志伊萩	80	山林	66	菊池市泗水町田島	50	畑
13	菊池市泗水町亀尾	100	畑	40	菊池市旭志弁利	45	宅地	67	菊池市泗水町南田島	不明	田
14	菊池市四町分	20	宅地	41	菊池市旭志尾足	260	畑	68	菊池市泗水町吉富	60	宅地
15	菊池市木庭	180	田	42	菊池市旭志川辺	130	畑	69	菊池市泗水町田島	55	畑
16	菊池市広瀬	不明	宅地	43	菊池市旭志伊萩	不明	宅地	70	菊池市泗水町吉富	不明	宅地
17	菊池市西寺	60	宅地	44	菊池市旭志川辺	120	畑	71	菊池市泗水町豊水	10	宅地
18	菊池市今	不明	宅地	45	菊池市旭志麓	13	畑	72	菊池市泗水町豊水	52	宅地
19	菊池市下河原	80	田	46	菊池市旭志弁利	101	宅地	73	菊池市森北	80	畑
20	菊池市下河原	70	山林	47	菊池市旭志弁利	30	田	74	菊池市泗水町住吉	70	畑
21	菊池市赤星	不明	宅地	48	菊池市旭志弁利	50	宅地	75	菊池市泗水町吉富	60	宅地
22	菊池市出田	不明	宅地	49	菊池市旭志川辺	150	畑	76	菊池市泗水町吉富	不明	宅地
23	菊池市下河原	不明	畑	50	菊池市旭志麓	67	宅地	77	菊池市泗水町永	50	畑
24	菊池市西寺	35	宅地	51	菊池市旭志麓	25	宅地	78	菊池市泗水町吉富	45	田
25	菊池市木柑子	76	畑	52	菊池市泗水町永	50	宅地	79	菊池市泗水町田島	60	畑
26	菊池市片角	40	宅地	53	菊池市泗水町吉富	70	宅地	80	菊池市泗水町南田島	30	畑
27	菊池市原	14	山林	54	菊池市泗水町吉富	60~70	宅地	81	菊池市西寺	40	宅地

表2-1 調査地点（井戸）の水質（溶存成分量・金属）結果 井戸番号 No.1~No.40

井戸番号 No.	pH	水温 ℃	EC (μS/cm)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	硝酸性窒素 及び 亜硝酸性窒素 (mg/L)	V (μg/L)	Rb (μg/L)
1	6.8	18.5	205	9.6	<0.1	7.0	6.4	16.9	55.2	5.0	<0.03	16.2	13.6	3.6	5.0	20.6
2	6.7	21.1	156	7.1	<0.1	3.3	3.9	14.4	37.9	4.7	<0.03	11.4	10.1	2.5	1.0	1.2
3	6.7	16.5	162	8.0	<0.1	4.0	4.4	13.0	35.7	4.8	<0.03	17.7	11.4	4.0	2.0	1.7
4	6.9	18.7	129	7.0	<0.1	2.6	3.0	11.2	35.7	4.8	<0.03	7.0	7.3	1.6	1.3	1.9
5	6.9	16.0	101	5.2	<0.1	3.2	2.9	7.6	32.4	2.4	<0.03	3.5	4.8	0.8	1.8	11.1
6	7.2	17.0	142	7.4	<0.1	4.0	4.2	11.3	49.5	4.3	<0.03	8.4	7.2	1.9	2.1	7.4
7	8.1	11.0	324	11.8	<0.1	5.3	11.7	29.3	101.7	10.7	<0.03	53.5	5.5	12	2.8	11.3
8	7.6	18.9	173	7.8	<0.1	4.4	4.4	16.9	70.3	3.9	<0.03	10.5	7.3	2.3	2.5	12.1
9	7.1	14.1	223	11.6	<0.1	7.8	7.4	17.0	47.6	8.6	<0.03	22.8	9.0	5.1	4.9	11.9
10	6.8	19.0	150	9.1	<0.1	6.0	4.1	10.6	44.3	3.7	<0.03	9.0	7.4	2.0	2.9	21.2
11	7.0	18.0	225	10.0	<0.1	6.3	7.2	20.2	70.7	6.3	<0.03	13.6	11.8	3.0	3.2	14.9
12	6.8	19.0	250	17.3	<0.1	10.6	6.1	17.1	62.7	8.6	<0.03	21.3	15.1	4.8	6.4	18.5
13	7.7	18.0	343	9.6	<0.1	5.4	11.6	32.2	72.4	10.5	<0.03	81.0	12.4	18	2.2	6.6
14	7.0	16.0	161	8.4	<0.1	12.1	4.0	9.3	47.0	4.4	<0.03	11.0	8.5	2.4	6.3	36.8
15	8.1	19.2	91	5.5	<0.1	3.3	2.8	6.0	43.6	2.0	<0.03	1.1	3.0	0.3	7.6	8.0
16	6.8	15.5	198	8.5	<0.1	7.1	5.4	17.7	53.9	6.2	<0.03	17.7	9.9	4.0	3.5	10.8
17	7.5	19.6	204	11.1	<0.1	8.6	4.9	18.3	86.6	5.5	<0.03	8.0	7.5	1.8	4.3	10.5
18	7.4	16.5	195	10.1	<0.1	5.3	6.5	15.0	67.7	6.0	<0.03	16.4	9.0	3.7	8.2	8.6
19	7.2	17.0	141	8.0	<0.1	4.6	4.0	11.2	59.8	3.1	<0.03	2.8	4.8	0.6	11.0	7.3
20	7.2	17.2	124	6.5	<0.1	4.4	3.5	9.5	47.9	2.9	<0.03	7.8	5.4	1.7	5.0	14.9
21	6.6	19.5	177	6.9	<0.1	4.2	5.0	16.3	35.7	5.7	<0.03	16.1	11.4	3.6	1.7	6.8
22	7.0	18.5	202	9.6	<0.1	8.3	6.3	15.5	60.1	6.2	<0.03	18.0	9.0	4.0	5.6	9.4
23	7.4	19.0	411	13.2	<0.1	8.4	16.7	39.0	159.1	11.5	<0.03	35.3	10.4	7.9	3.7	20.1
24	7.7	19.5	144	9.0	<0.1	5.5	3.8	10.1	56.5	5.0	<0.03	8.0	5.9	1.8	5.2	14.3
25	7.3	12.0	345	12.7	<0.1	6.7	11.8	32.9	112.8	9.1	<0.03	46.6	8.8	10	5.4	8.9
26	6.9	18.5	172	9.6	<0.1	6.7	4.5	13.0	51.3	4.4	<0.03	13.6	8.7	3.0	2.3	18.9
27	6.7	16.5	108	6.1	<0.1	2.8	2.7	9.3	35.0	1.8	<0.03	2.0	5.8	0.5	2.1	12.7
28	6.9	18.0	207	11.4	<0.1	9.3	5.8	14.5	38.0	6.9	<0.03	20.6	12.1	4.6	6.7	15.3
29	7.6	17.0	146	8.3	<0.1	5.3	4.6	10.8	60.1	3.8	<0.03	6.5	4.6	1.4	5.3	10.3
30	7.3	22.5	165	9.1	<0.1	4.2	5.5	13.4	57.6	3.4	<0.03	13.3	8.4	3.0	1.6	11.1
31	6.8	16.5	210	13.7	<0.1	8.1	5.4	14.0	46.5	6.9	<0.03	17.1	16.4	3.8	4.3	13.4
32	6.9	19.3	141	6.9	<0.1	4.6	4.0	11.3	45.3	3.1	<0.03	6.7	7.2	1.5	4.1	17.2
33	7.0	19.5	240	12.3	<0.1	6.8	7.3	18.9	69.0	6.3	<0.03	27.1	13.3	6.1	3.6	19.3
34	7.3	19.5	230	9.7	<0.1	1.2	5.4	27.2	95.5	7.1	<0.03	7.0	9.8	1.6	2.1	0.1
35	7.5	21.5	206	10.9	<0.1	7.1	6.4	16.3	87.2	5.6	<0.03	7.5	9.3	1.7	6.3	12.6
36	7.1	17.1	143	7.8	<0.1	4.5	4.0	11.0	52.0	3.2	<0.03	6.8	5.4	1.5	8.3	13.9
37	7.1	17.9	184	8.3	<0.1	6.2	5.2	15.7	58.9	6.1	<0.03	11.7	8.9	2.6	5.4	14.7
38	8.1	17.1	109	5.1	<0.1	2.1	2.9	9.1	35.8	4.1	<0.03	13.8	2.6	3.1	6.6	9.8
39	7.1	16.0	295	12.7	<0.1	6.5	10.7	23.2	75.8	12.2	<0.03	43.9	9.6	9.9	3.7	9.8
40	6.9	18.6	240	7.6	<0.1	3.7	8.5	22.7	52.4	7.5	<0.03	24.9	10.7	5.6	1.6	10.4

表2-2 調査地点（井戸）の水質（溶存成分量・金属）結果 井戸番号 No. 41~No. 81

井戸番号 No.	pH	水温 °C	EC ( $\mu S/cm$ )	Na <sup>+</sup> (mg/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	硝酸性窒素 及び 亜硝酸性窒素 (mg/L)	V ( $\mu g/L$ )	Rb ( $\mu g/L$ )
41	8.1	18.5	91	5.9	<0.1	1.8	2.4	6.8	38.9	2.6	<0.03	3.0	2.5	0.7	10.6	7.1
42	8.2	20.5	142	19.3	<0.1	3.0	1.7	5.7	60.0	2.7	<0.03	1.2	13.8	0.3	14.4	11.3
43	7.6	15.0	112	6.4	<0.1	2.8	3.3	9.3	45.5	3.1	<0.03	4.4	4.0	1.0	7.9	10.9
44	7.4	18.5	153	6.6	<0.1	3.2	5.1	12.7	54.6	5.1	<0.03	13.5	4.8	3.0	5.8	11.9
45	8.2	16.0	82	4.6	<0.1	1.6	2.5	7.0	39.4	2.0	<0.03	0.8	2.8	0.2	6.0	6.9
46	7.3	16.0	525	13.8	<0.1	8.5	21.5	49.6	155.0	23.6	<0.03	87.5	5.5	19	1.4	33.2
47	7.0	18.5	294	7.9	<0.1	4.1	11.7	29.3	98.6	7.7	<0.03	25.7	8.9	5.8	1.0	13.0
48	7.6	16.1	427	11.9	<0.1	7.1	17.5	40.5	151.1	16.8	<0.03	59.9	0.8	13	1.7	23.0
49	7.3	15.6	169	7.4	<0.1	3.6	5.7	14.1	57.7	5.8	<0.03	15.2	6.2	3.4	6.2	13.1
50	7.8	14.6	158	5.5	<0.1	1.9	5.4	14.0	42.7	4.9	<0.03	32.0	1.7	7.2	5.3	7.3
51	7.9	16.5	92	4.5	<0.1	1.8	2.7	7.6	40.9	2.5	<0.03	4.9	2.4	1.1	5.9	7.5
52	7.3	18.5	277	11.1	<0.1	6.2	9.7	25.7	105.4	7.6	<0.03	12.9	14.6	2.9	4.2	21.0
53	7.2	18.4	305	12.5	<0.1	4.8	9.7	27.2	71.7	9.7	<0.03	50.7	17.9	11	2.9	7.0
54	7.5	19.5	205	8.0	<0.1	2.8	8.8	18.0	82.5	3.1	<0.03	14.4	8.7	3.2	1.2	11.0
55	6.9	25.0	351	17.4	<0.1	7.2	12.9	28.6	96.5	13.5	<0.03	25.1	21.6	5.6	3.5	5.9
56	7.3	15.7	76	5.1	<0.1	3.1	2.0	3.7	15.5	3.9	<0.03	9.6	4.1	2.1	2.8	7.9
57	7.0	21.5	338	23.8	<0.1	7.2	9.8	22.5	74.3	28.1	<0.03	11.4	30.2	2.5	6.2	15.1
58	7.2	13.0	314	11.1	<0.1	6.0	12.5	26.1	84.4	6.7	<0.03	46.3	19.4	10	2.7	8.8
59	7.3	18.0	215	9.8	<0.1	4.1	6.5	18.8	63.1	7.1	<0.03	27.3	8.0	6.1	5.5	14.5
60	6.8	16.0	634	18.9	<0.1	10.5	22.0	60.4	66.6	80.3	<0.03	27.1	82.7	6.1	2.3	19.9
61	6.8	19.2	372	14.6	<0.1	9.0	14.1	33.0	118.4	11.6	<0.03	36.6	2.5	8.2	1.7	32.0
62	7.2	19.0	261	12.3	<0.1	6.4	8.7	21.1	73.3	10.6	<0.03	33.3	10.4	7.5	4.3	9.9
63	7.4	16.8	328	13.0	<0.1	6.4	10.3	31.2	94.9	11.1	<0.03	42.4	17.1	9.5	12.9	17.3
64	6.3	24.5	395	13.3	<0.1	2.0	14.2	33.4	25.6	41.4	<0.03	83.4	1.1	18	0.2	0.1
65	6.7	23.7	342	15.0	<0.1	9.9	12.8	25.2	71.3	18.9	<0.03	44.7	9.7	10	2.5	5.4
66	7.0	19.0	370	13.5	<0.1	6.2	13.4	32.6	86.7	18.4	<0.03	44.1	22.5	9.9	1.6	15.8
67	7.0	25.0	368	13.3	<0.1	6.1	13.6	32.4	84.6	18.6	<0.03	44.6	22.8	10	1.5	15.8
68	8.0	18.5	189	7.2	<0.1	2.5	7.7	16.2	70.2	5.1	<0.03	17.6	7.8	3.9	1.6	9.5
69	6.7	22.0	271	14.3	<0.1	6.0	10.4	19.1	62.8	6.2	<0.03	30.3	15.8	6.8	3.0	3.0
70	6.7	18.3	206	9.2	<0.1	3.7	5.9	19.9	49.7	8.5	<0.03	12.8	10.7	2.9	1.8	9.6
71	6.6	20.3	252	10.6	<0.1	2.4	7.4	26.8	61.2	10.7	<0.03	11.4	15.1	2.5	1.3	7.8
72	7.4	19.0	286	12.3	<0.1	5.7	10.1	23.9	88.0	12.3	<0.03	31.8	9.5	7.2	3.5	12.6
73	7.0	16.5	345	12.2	<0.1	8.1	12.2	30.6	93.0	9.7	<0.03	46.2	15.3	10	2.2	10.5
74	7.3	16.5	482	16.6	<0.1	10.1	18.3	43.3	141.0	20.1	<0.03	67.3	14.5	15	2.8	19.4
75	7.5	17.0	395	12.2	<0.1	5.0	17.1	37.3	157.7	11.1	<0.03	30.1	15.6	6.8	2.1	9.6
76	7.3	17.2	542	14.9	<0.1	6.6	24.7	49.0	166.3	27.4	<0.03	77.7	5.0	17	2.0	15.7
77	6.2	18.5	197	9.0	<0.1	2.5	6.5	16.4	17.7	10.7	<0.03	14.9	22.1	3.3	0.8	7.6
78	7.6	17.5	326	12.4	<0.1	5.3	11.1	30.1	106.1	11.1	<0.03	42.1	11.1	9.5	2.1	10.8
79	7.1	25.0	293	13.0	<0.1	7.8	10.0	23.2	75.9	8.9	<0.03	27.1	26.4	6.1	3.3	10.1
80	7.0	22.0	349	11.9	<0.1	7.0	13.0	29.1	72.7	15.6	<0.03	51.3	24.6	11	1.9	8.9
81	7.3	19.3	169	9.9	<0.1	5.0	4.4	13.2	63.5	5.3	<0.03	8.8	8.0	2.0	4.2	7.8

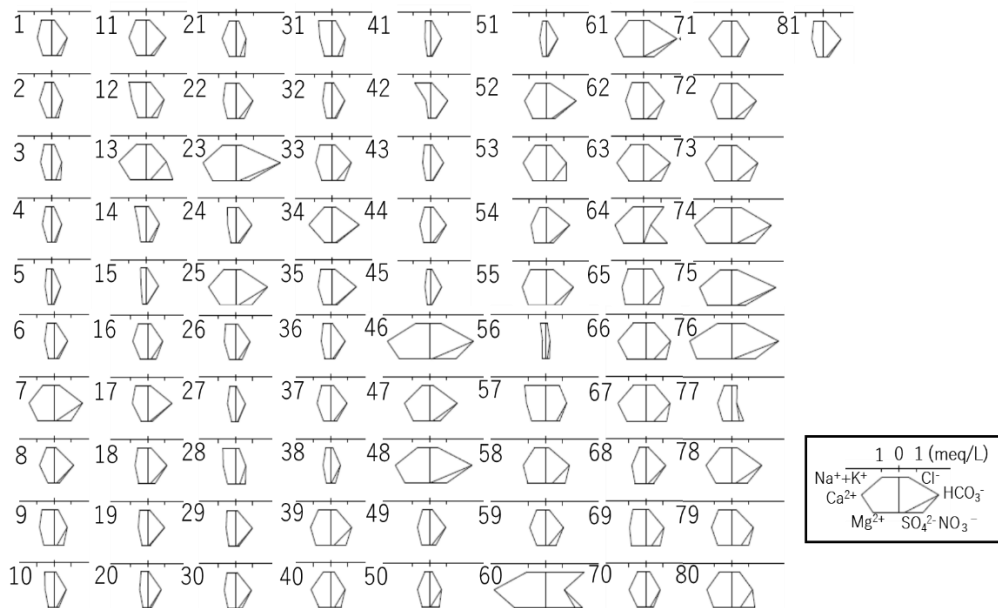


図2 各調査地点のヘキサダイアグラム

pH は 6.2 (No.77) ~8.2 (No.45) の範囲にあり、菊池川沿いや合志川の下流側に 7 未満の弱酸性～中性の地点があり、その他は 7 以上の弱塩基性を示す地点が多かった。

EC は  $76 \mu\text{S/cm}$  (No.56) ~ $634 \mu\text{S/cm}$  (No.60) の範囲にあり、迫間川～菊池川沿いの低地、菊池川の上流側や合志川左岸の上流側で比較的低め、花房台地周辺～合志川沿いに高めの地点が多く分布した。

溶存成分について、水質の特徴を把握するため、ヘキサダイアグラムを図 3 に示した。

溶存成分量は花房台地～合志川右岸にかけての地点で比較的多く、EC の傾向と概ね一致した。大半は  $\text{Ca-HCO}_3$  を主成分とするアルカリ土類 - 炭酸塩型であった。しかし No.10,12,14,15,24,28,29,31,41,42,56,57 のように  $\text{Na}^+$  や  $\text{K}^+$  に比較的高いものや No.60,64,77 のように  $\text{Cl}^-$  や  $\text{SO}_4^{2-}$  に比較的高いものもあり、これらは主に北側山地との境界や花房台地周縁の地点で見られた。

次に、類似した水質の特徴を有する群で区分することを試みるため、 $\text{NH}_4^+$  と  $\text{NO}_2^-$  を除く 6 種の溶存成分を用いてウォード法によるクラスター分析を行った結果を図 3 に示した。

得られた樹形図の距離を 100 に定めると A～E の 5 つのグループに分けることが出来た。更に No.64 と No.60 を個別クラスターとして扱い、計 7 つのグループ (クラスター) とした。また、図 2 のヘキサダイアグラムを改めて各グループ別に区分したものを図 3、更に各グループ (クラスター) の地図上の分布を図 4 に示した。

グループ A は 25 地点が分類された。EC は  $76 \sim 240 \mu\text{S/cm}$  であり、全 7 グループの中で最も溶存成分量が少ない。主に菊池川上流側や合志川上流側の左岸のほか、一部は迫間川や菊池川下流側の低地にも分布した。

グループ B は 26 地点が分類された。EC は  $141 \sim 338 \mu\text{S/cm}$  であり、グループ A に次いで溶存成分量が少ないグループであった。主に迫間川沿い、菊池川下流側沿いの低地のほか、花房台地の北東縁や南西縁 (合志川右岸) の一部の地点も含まれた。

グループ C は 8 地点が分類された。EC は  $146 \sim 351 \mu\text{S/cm}$  であり、グループ A、グループ B に次いで溶存成分量が少ないグループであった。No.29 と No.47 がそれぞれ迫間川や合志川の上流側、No.54 が花房台地の中央部付近に存在し、他は各河川の下流側の低地に分布した。

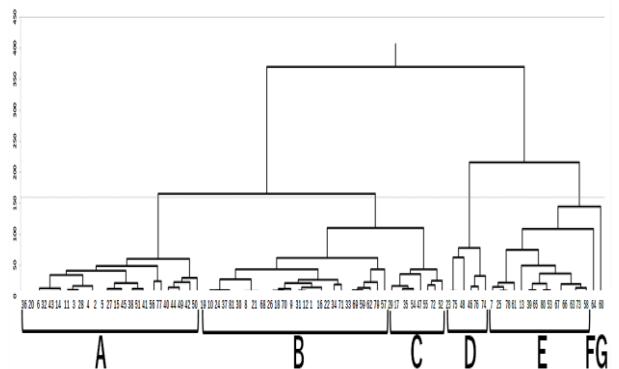


図 3 クラスター分析結果

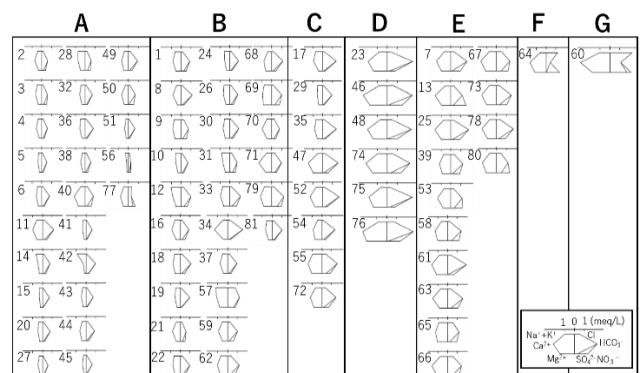


図 4 図 2 のヘキサダイアグラムをクラスター分析結果を基にグループ別に区分して並べ替えたもの。

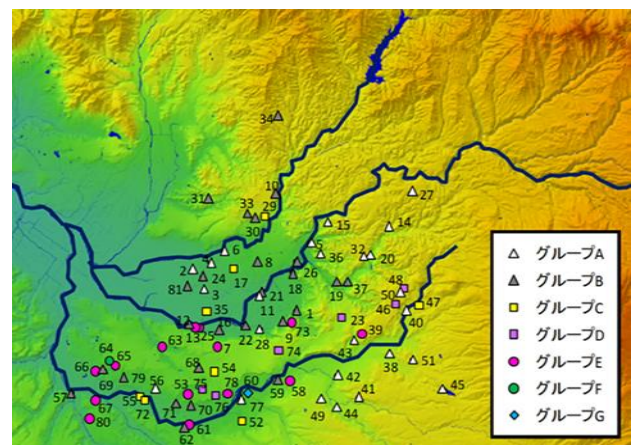


図 5 各グループ (クラスター) の分布図

グループ D は 6 地点が分類された。EC は  $395 \sim 542 \mu\text{S/cm}$  であり、総じてこれまでの 3 グループより溶存成分量が多く、 $\text{NO}_3^-$  濃度が高いという特徴が見られた。主に花房台地南側、合志川右岸に分布した。

グループ E は 14 地点が分類された。EC は  $295 \sim 372 \mu\text{S/cm}$  であり、溶存成分量は全体的にグループ D

より若干少なかった。一方で  $\text{NO}_3^-$  濃度はグループ D と同様に高いという特徴があった。主に花房台地の周囲や合志川下流側の左岸に分布した。

グループ F は 1 地点のみ分類され、 $\text{HCO}_3^-$  が少ない一方で  $\text{Cl}^-$  や  $\text{NO}_3^-$  が多く、特に  $\text{NO}_3^-$  濃度は全体で 2 番目に高い値であった。花房台地西部に位置した。

グループ G も 1 地点のみ分類され、EC 並びに  $\text{SO}_4^{2-}$  が全地点中最大値を示した。合志川左岸に位置した。

以上のことから、対象地域における地下水流動や水質特性について以下のとおり推察した。

まずグループ A 及びグループ B の分布から、迫間川沿いの地下水は菊池川や合志川上流側の左岸のそれとは異なる由来を持つと考えられた。また、迫間川と菊池川に挟まれた低地にはグループ A~C に分類された地下水が混在することから迫間川や菊池川の上流域を起源とする地下水がこの地域に流入していることが示唆された。

一方、菊池川左岸~花房台地~合志川にかけては溶存成分量、特に  $\text{NO}_3^-$  濃度が高いグループ D~F に分類された地下水が見られた。 $\text{NO}_3^-$  は岩石等にほとんど含まれず人為由来であり、当該地域内に  $\text{NO}_3^-$  による汚染源が複数存在、あるいは特定の地点で生じた汚染が周辺に拡散している可能性が考えられる。

なお、「硝酸性窒素および亜硝酸性窒素」が地下水の環境基準値 (10 mg/L) を超過した地点は図 6 に示す 9 地点 (No.7,13,46,48,53,64,74,76,80) であり、全てこの 3 グループ (No.46,48,74,76 はグループ D, No.7,13,53,80 はグループ E, No.64 はグループ F) に含まれた。また比較的高め (7mg/L 以上 10 mg/L 未満) の地点も 13 地点あり、一部 (うち 4 地点) を除きこの 3 グループに含まれた。

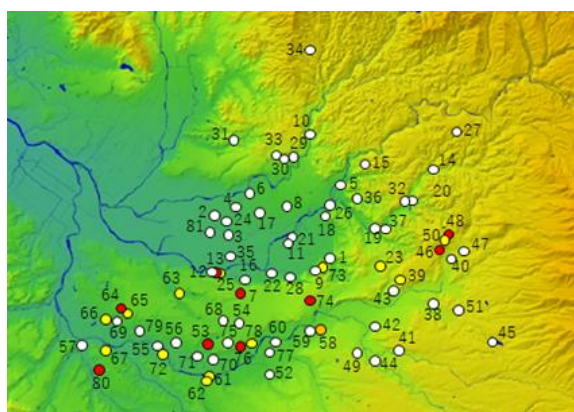


図 6 「硝酸性窒素および亜硝酸性窒素」濃度分布  
(● : 10 mg/L 以上 ● : 7 mg/L 以上 10 mg/L 未満)

## 2 金属成分 (V, Rb) について

渡邊らは県南部地域 (八代~人吉地域) の地下水中の V (バナジウム) 濃度及び Rb (ルビジウム) 濃度について、安山岩の影響が考えられる地下水では V 濃度が  $5.0\mu\text{g/L}$  以上かつ Rb 濃度が  $1.0\mu\text{g/L} \sim 10\mu\text{g/L}$  であること、また流紋岩の影響が考えられる地下水では V 濃度は高くならないものの Rb 濃度が  $10\mu\text{g/L}$  以上と更に高くなることを報告した<sup>2)</sup>。

今回の調査地域の地質図を図 8 に示す。これまでの研究<sup>3)~8)</sup>によれば、菊池市北部の迫間川上流域に白亜紀の菊池花崗岩や玉名花崗閃緑岩、東部の鞍岳に第四紀の先阿蘇火山岩類が分布する。更に、これらを覆うように阿蘇火砕流堆積物が台地や低地に分布する。阿蘇火砕流堆積物は、古いものから順に Aso-1、Aso-2、Aso-3、Aso-4 火砕流堆積物と呼ばれ、菊池川源流域~菊池溪谷は概ね Aso-1 及び Aso-2 火砕流堆積物、菊池溪谷から菊池市街地に至る菊池川流域には主に Aso-3 火砕流堆積物が分布している。Aso-4 は主に合志川左岸に分布しているが、合志川上流の右岸や迫間川流域の一部でも見られる。花房台地ではこれらの地質の上に河川の侵食・堆積作用等による段丘堆積物が見られる。

岩石の種類について、先阿蘇火山岩類が安山岩溶岩及び火砕岩<sup>8)</sup>に対し、阿蘇火砕流堆積物は年代により異なるが珪長質岩 (デイサイト、流紋岩) や安山岩が多いとされる<sup>4) 9)</sup>。

このように菊池地域も県南部地域同様、安山岩や流紋岩が広く分布する地域であることから、今回も V や Rb について測定した。結果を表 2 に示す。

V 濃度は  $4.0 \pm 2.7\mu\text{g/L}$  ( $0.2\mu\text{g/L}$  (No.64) ~  $14.4\mu\text{g/L}$  (No.42)) であった。図 6 に示すとおり主に菊池川沿いや合志川上流側の左岸の地点で V 濃度が  $5.0\mu\text{g/L}$  以上となった地点が多く分布した一方、迫間川沿いでは 1 地点 (No.29) のみであった。

一方、Rb 濃度は  $12.1 \pm 6.6\mu\text{g/L}$  ( $0.1\mu\text{g/L}$  (No.34) ~  $36.8\mu\text{g/L}$  (No.14)) であった。図 7 に示すとおり Rb 濃度が  $10\mu\text{g/L}$  以上の地点は今回調査範囲のほぼ全域に分布した。V の場合とは対照的に、迫間川沿いで No.10,29,30,31,33 のように Rb が  $10\mu\text{g/L}$  以上の地点が多く分布したのに対し、合志川上流側では No.38, 41,45,51 等 V 濃度が  $5.0\mu\text{g/L}$  以上であった地点では Rb 濃度が  $10\mu\text{g/L}$  未満であった。

菊池川流域には安山岩等を含むとされる阿蘇火砕流堆積物、合志川上流には安山岩等からなる先阿蘇火山岩類の鞍岳といった V の供給源が存在すると考えられるのに対し、迫間川上流域には V に富まない

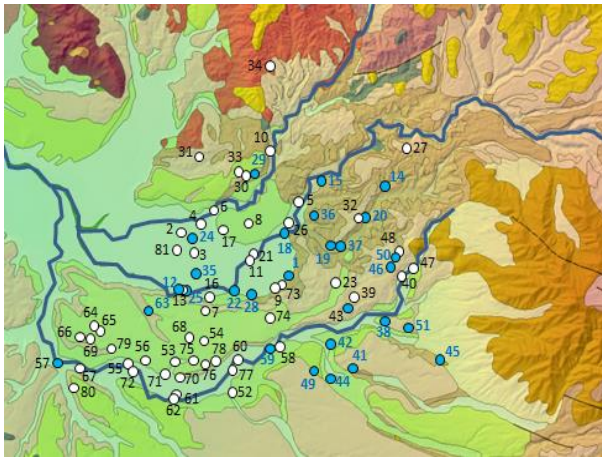


図6 V濃度が5.0μg/L以上の地点分布（青丸で示す）

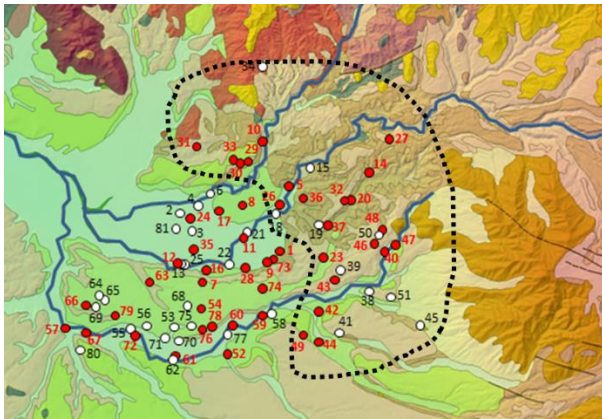


図7 Rb濃度が10μg/L以上の地点分布（赤丸で示す）



図8 調査対象地域の表層地質図

産総研地質調査総合センターウェブサイト<sup>10)</sup>のシームレス地質図V2をもとに筆者が加筆修正。主な地質の明記。「○」は調査井戸。

花崗岩類<sup>11)</sup>が多く分布する。また合志川上流域はRbに富まない安山岩が分布する一方、迫間川流域にはRbに富む花崗岩類<sup>12)</sup>が分布する。このため、VとRbについて高濃度地点の分布が異なった可能性がある。

なお、菊池川沿いや花房台地の東側（山地側）にはVとRbが共に高濃度である地点が多く分布した。これらの地域を覆う阿蘇火砕流堆積物が年代により流紋岩～安山岩であるため、地下水が双方の岩石からの影響を受けているものと考えられる。

一方、地球化学図によると花崗岩や流紋岩などの二酸化ケイ素の含有量が高い酸性岩においてはK（カリウム）の濃度が高い<sup>13)</sup>とされている。そこで、Rb濃度が10μg/L以上であった地点について溶存成分の一つであるK<sup>+</sup>濃度との関係も調べた。

その結果、図9に示すとおりやや高い相関(R=0.586)があり、特に図7の点線で囲まれた上流側の21地点(No.5, 10, 14, 20, 23, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 37, 40, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49)に限ると更に高い相関(R=0.847)が認められた。

K<sup>+</sup>の供給源は人為的（施肥等）なものもあり、この相関の差は岩石あるいは人為的という双方からの影響の程度の差を反映していると考えられる。

つまり、地下水の水質は山間部へ向かう程に地質（岩石）の影響を強く受けているものと思われる。

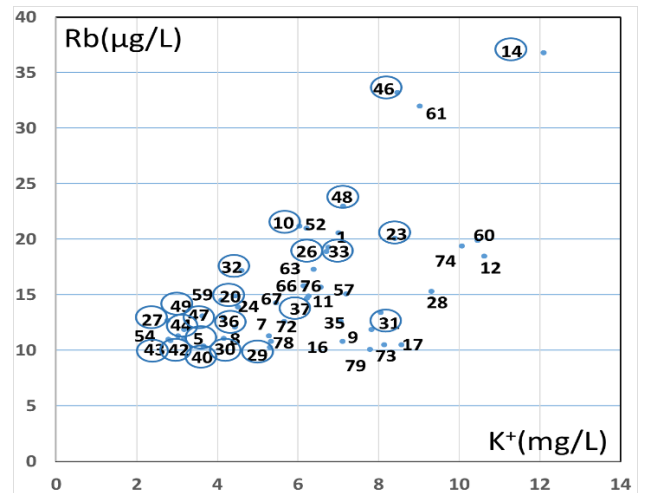


図9 K<sup>+</sup>とRb濃度の関係

(Rb濃度10μg/L以上の地点のみ表示)

数字は井戸番号

丸囲みは図7の点線に囲まれた22地点。

まとめ

菊池市地域の81井戸について、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素による汚染状況とともに、他の溶存成分等を

調査し、水質特性を把握した。

その結果、溶存成分の特徴から調査対象井戸が7つのグループに分類できること、うち人為的影響が考えられる NO<sub>3</sub>濃度等の高い井戸が特定の3グループに含まれることを見出した。

更に、本地域が複数の異なる由来を持つ地下水から成る可能性や、地域の地質（岩石）も地下水の水質に影響を及ぼしている可能性も示唆された。

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:地質ニュース 604号, 30-36, (2004).

## 謝 辞

本調査の実施にあたり、調査対象井戸の所有者並びに所有者との連絡調整や採水等に協力いただきました菊池市役所環境課の関係者の皆様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 熊本県：“水質調査報告書（公共用水及び地下水）”，（平成30年度ほか）。
- 2) 渡邊和博, 前田敏孝, 内田大智, 石原宏明, 小林亜由美, 本田智宣:熊本県保健環境科学研究所報, **47**, 63-72 (2018)。
- 3) 松本篤夫, 松本幡郎編：“阿蘇火山”, p.248 (1981), (東海大学出版会)。
- 4) 小野晃司, 渡辺一徳：“阿蘇火山地質図”, (1995), (地質調査所)。
- 5) 田中伸廣, 平山利明:アーバンクボタ, no. 27, p.46-51 (1988)。
- 6) 横山勝三：“熊本市の地形.「新熊本市（通史編, 第1巻, 自然・原始・古代）」”, 47-74 (1998), (熊本市)。
- 7) 渡辺一徳：“熊本市の地形.「新熊本市（通史編, 第1巻, 自然・原始・古代）」”, 75-108 (1998), (熊本市)。
- 8) 星住英夫, 尾崎正紀, 宮崎一博, 松浦浩久, 利光誠一, 宇都浩三, 内海 茂, 駒澤正夫, 広島俊夫, 須藤定久：“20 万分の1 地質図幅「熊本」”, (2004), (独立行政法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター)。
- 9) 星住英夫, 宮縁育夫, 宮城磯治：“阿蘇火砕流及び降下火砕物の層序”, 日本火山学会講演予稿集, (2017)。
- 10) 産業総合研究所地質調査総合センターウェブサイト <https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php> 令和2年9月閲覧
- 11) Ando,A et.al., *Geochem.J.* **23**, 143-148(1989).
- 12) 倉沢一：“地質ニュース 167号”,33, (1967)。
- 13) 今井登, 寺島滋, 太田充恒, 御子柴 (氏家) 真澄,