

富士宮市域地下水調査報告書

平成8年3月

富士宮市

はしがき

富士宮市の依頼に基づき、さきに同市北部の朝霧地域の地下水調査を実施した（富士宮市北部朝霧地域地下水調査報告書，富士宮市・静岡大学理学部，1992，1-35頁）が、今回はその結果を基礎に、主として富士宮市南部の地下水調査をおこない、同市全域の地下水のメカニズムと全容を明らかにし、富士宮市の今後の地下水利用と保全に役立てようとするものである。

今回の調査は平成5年4月から同8年3月まで3ヵ年、主な調査研究項目として

- 1) 自然湧水の分布と地下水系、水源の解明
 - 2) 富士宮全域の地下水系区分
 - 3) 富士宮全域の地下水利用量の変遷と地下水涵養量との関係
 - 4) 富士宮全域の水収支
 - 5) 地下水保全に必要な今後の利活用および観測体制の提案
- の5つをとりあげ、これらの調査と研究を実施した。

本調査研究の実施にあたっては、中井 信之 名古屋大学名誉教授・理博（水文科学）、北川 光雄 静岡英和女学院短期大学教授（自然地理学）、茨木 雅子 静岡大学理学部助教授・理博（年代層序学）の方々にそれぞれの専門分野から積極的な協力を頂いた。

本調査研究をすすめるにあたり、富士宮市都市開発部水とみどりの課の方々には一方ならぬお世話を頂いた。また、水質分析については市民部市民生活課の方々に御協力頂いた。ボーリング調査、河川流量調査については応用地質(株)静岡支店の方々が担当された。ここに記して関係された方々に厚く御礼申し上げる。

平成8年3月

土 隆 一
静岡大学名誉教授・地球科学

「富士宮市域地下水調査報告書」正誤表

PAGE	行	誤	正
1	9	1995(年)	1993(年)
	10	総降水量は2313m	総降水量は2313mm
	〃	白糸の降水量1603m	白糸の降水量1608mm
5	30	1944年7月まで	1994年7月まで
14	図4	的播発電所	的場発電所
15	33	10~15m ³ /日	10~15万m ³ /日
21	21	δ ¹⁸ O又はδ ¹⁸ D=	δ ¹⁸ O又はδD=
37	23	平成3年	平成5年
51	25	年湧水量	日湧水量
〃	26	年地下水涵養量	日地下水涵養量

- 目次 -

はしがき

1. 富士宮市の水収支 北川 光雄 ... 1
 2. 天子山地の地質年代と地下水涵養 茨木 雅子 ... 17
 3. 富士宮市地下水の化学的・同位体的特徴 中井 信之 ... 21
 4. 富士宮市の地形・地質と水資源 土 隆一 ... 37
-

富士宮市の水収支

北川 光雄

(静岡英和女学院短期大学教授・自然地理学)

1. 富士宮市の降水量

富士宮市の降水量については、これまでいくつかの報告書で資料が提出されてきた。

富士宮市(1988) 富士宮市の自然

富士宮市(1990) 富士宮市の地下水(調査と記録)

富士宮市(1990) 富士宮市水需給基本計画

これらに記載されている降水量の資料は時間的にも位置的にも連続性は十分でないにしても、それらの数値を整理しておく必要性はある。また、建設省や静岡県において観測された資料も収集したが、それらを同一基準で整理する段階に至っていない。最近ではこれまで欠如していた天子山地の降水量が猪之頭から下部に通じる湯之奥林道の標高920mの地点で1995年8月から1年間観測され(表1)、比較のための貴重な資料となっている(表2)。その間の総降水量は2313mmで標高530mの白糸の降水量1603mmとくらべて140%の雨量となる。なお、1地点の日雨量が20mmをこえる日について5地点の日雨量を記し、富士山麓の降水量の比較を考える材料として添付した(表3)。

富士宮市域全体の傾向を示すひとつの資料として気象庁によって作成された国土数値情報のメッシュ・データにもとづく100mごとの等雨量線図があるので、さしあたり、その図をもとにして市域全体に与えられる水の量を求めた。資料としては1953年から1976年の観測値が用いられている。方法としては等値線間の面積を求め、その間の降水量との積から平均年降水量を算出した。その結果、平均年降水量は2428mmであり、この値はさきに市内の11地点の平均値(1988)をもとにした平均年降水量2264mmの1.07倍にあたり、天子山地の降水量の影響が含まれてくるのかもしれない。そして、富士宮市の面積を315km²、平均年降水量を2428mmとすると、1日あたりの降水量は210万m³となり、さきの報告書(1988)による192万m³を18万m³ほど増えることになる。また、市域における潤井川流域面積は177.68km²芝川流域面積は136.54km²であるので、その降水量を仮に単純比例配分すると、潤井川流域に日量119万m³、芝川流域に91万m³の水がもたらされることになる。

富士山麓の水資源については富士山の積雪についての資料の検討が必要となる。しかし山頂の気象観測の項目としては積雪期における毎日の積雪深があげられており、積雪量については不詳である。そこで富士山の積雪について1979年から1991年にかけての積雪日数とその年間比率、1日あたりの積雪量を静岡県気象月報をもとに整理してその傾向を求めようとした(表4)。経年変化が大きいが、12年間のうち積雪日数では232日から277日と45日の開きがあり、1日あたりの平均積雪量にしても75cmから165cmとその差はおおきく、地下水の涵

表1 湯之奥林道降水量観測結果一覧表

年 月	平成5年						平成6年								
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
1		0.0	0.0	3.0	0.0	0.5	0.0	21.0	0.0	1.0	0.0	0.0	4.0	0.0	21.5
2		3.5	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	1.5	0.0	2.5	0.0	25.0
3		19.0	21.0	17.5	0.0	1.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0
4		0.5	169.5	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	49.0	0.0	0.0	0.5	0.0
5		3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
6		22.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0
7		1.0	43.5	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	21.5
8		2.0	67.0	69.0	14.0	0.0	0.0	9.0	61.0	12.5	0.0	0.0	1.0	8.5	12.0
9		4.0	114.5	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	14.5	6.0	0.0	8.5	20.0	0.0	0.0
10		99.5	0.5	0.0	0.0	42.0	0.0	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
11		95.5	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	18.5	0.0	0.0	0.0	1.0
12		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	61.5	16.5	8.0	0.0	5.5	0.0
13		0.0	0.0	3.5	84.5	0.0	0.0	6.5	0.5	8.5	0.0	4.5	0.0	15.0	22.0
14		3.0	22.5	12.0	0.5	3.5	1.5	2.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	1.0	1.5
15		1.5	0.0	0.0	0.0	0.5	3.5	2.5	1.0	0.0	50.5	0.0	0.0	0.0	1.5
16	0.0	4.5	0.0	8.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.0
17	2.0	6.0	0.0	3.0	0.0	4.5	38.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	71.5
18	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	2.5	7.0	95.0	0.0	18.5
19	7.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	101.5	0.0	1.5	11.0
20	1.0	1.5	0.0	0.0	15.5	7.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	3.5	0.0
21	0.0	1.0	3.0	4.0	43.5	0.0	0.0	28.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	0.0
22	0.0	1.0	31.5	0.0	0.5	0.0	2.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5
23	0.0	8.0	8.5	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	66.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
24	25.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	4.5	0.0	0.0	
25	164.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	1.5	
26	44.0	17.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	0.0	0.0	11.0	
27	3.0	12.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	79.0	0.0	0.5	0.0	
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	17.5	0.0	0.0	
29	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	45.0		0.0	0.0	2.0	1.0	0.0	0.0	
30	90.0	0.0	26.0	93.5	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	13.5	0.0	1.5	1.5	
31	4.5	0.0		0.0		7.0	0.0		0.0	0.0	0.0		1.5	0.0	
合計	343.5	307.0	525.0	227.5	161.5	71.0	94.5	84.5	159.0	152.0	315.5	164.0	129.5	69.5	256.0

表2 降水量の比較

高度(m)	湯の奥	御中道	大滝	巻原	品荒	上井出(建)	白糸	富士宮消防	広見	上井出(県)	吉原	山宮	朝霧(農大)	富士宮
920	2500	1700	500	945	1200	540			720	490	80	530		140
1993-8	307	271	200	155	141	145	470	117	130	134	133	117	289	166
9	525	559	534	477	416	434		348	419	456	253	400	507	392
10	227	262		190	270	242		224	217	188	246	234	153	297
11	161	168		146	167	145	136	167	150	153	158	159	99	188
12	71	6		66	93	79	76	101	72	70	118	82	34	104
1994-1	94	60	75	35	62	56	45	40			60			
2	84	1	25	62	85	47	84	70			74			
3	159	49	148	140	165	158	142	62			144			
4	152	168	197	123	150	158	128	132			174			
5	315	320	290	212	241	219	209				197			
6	164	216	181	163	178	167	170				145			
7	129	116	180	145	198	224	105				95			
1993/8-1994/7 計	2311	2196		1914	2166	2074					1797			
平均年降水量		2385	2887	2135	2189	2621	2077		1728	1989	1797	2080	1852	

富士の降水量(C)(mm)

年次	吉原	白糸	林道	大滝	御中道	12-10	82	44	42	54	2
1993-07-02	x	x	x	96	92	02-01	13	21	21		
04	x	x	x	49	64	12	26	24			
06	x	x	x	18	21	21	17	28	29		
24	22	14	26	59	81						
25	123	150	161	175	175	03-08	74	64	61	44	26
26	40	41	44	42	55	23	45	42	66	72	
07-30	43	105	90	106	114						
08-02	23	4	4	15	17	04-01	33	25	24	43	36
05	24	1	4	20	17	12	77	63	62	102	98
10	15	45	100	90	86	13	22	11	9		
11	46	96	3	5		23	2	5	20	9	9
26	9	8	17	27	48	05-04	30	23	49	48	71
27	19	6	12	17	58	11	31	15	19	31	27
						12	23	8	17		
09-02	8	21	5	18	29	15	26	39	51	30	37
03	3	1	21	115	106	26	21	40	80	150	149
04	51	30	170	22	42	27	50	68	79	3	7
06	4	3	7	24	33	29	1	1	2	20	21
07	39	x	43	49	46						
08	64	x	67	81	75	06-18	4	4	7	40	45
09	30	61	115	49	44	19	94	122	102	80	98
13			24	26		20	8	4	8	16	20
14	13	23	23	15	19						
22	24	x	32	36	41	07-09	2	5	20	8	5
30	10		26	76	65	12	1			27	16
						17	32				
10-03	26	x	18	48	58	18	40	97	95	86	67
08	79	51	69	63	71	20				23	1
29		2			25						
30	199	10	94	x	84	08-05				16	24
						20		3	4	32	18
11-13	78	81	85	x	90	21	8	10	19	38	45
20	21	10	16	x	47	23	22				
21	49	33	44	x	13	09-01	5	4	22	15	16
						02	22	16	25	33	30
						05	34				
						07		1	22	11	19
						13	28	17	22	44	42
						15	8		2	19	22
						16	10	15	35	58	53
						17	14	68	72	68	89
						18	75	15	19	7	7
						24	22	20	x	30	29
						29	25	55	x	187	206
						30	17	197	x		1

表3 多雨日の降水量の比較

年次	積雪日数	年間の比率	1日当たり積雪量
1979~1980年	234	64	122
1980~1981年	276	76	85
1981~1982年	232	64	76
1982~1983年	274	75	165
1983~1984年	239	65	75
1984~1985年	260	71	109
1985~1986年	255	70	120
1986~1987年	259	71	122
1987~1988年	246	67	108
1988~1989年	273	75	162
1989~1990年	277	76	163
1990~1991年	249	68	96
平均	256	70	117

表4 富士山積雪に関する資料

表5 年平均気温と年蒸発量

(単位: °C・mm)

地点	区分	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均 年合計
富士 14m	A	5.7	6.0	8.9	13.5	17.7	21.2	25.3	26.5	23.6	18.1	13.4	8.4	15.7
	B	8	10	21	47	80	111	147	150	114	67	37	16	808
	C	21	23	37	55	89	109	138	131	96	58	35	23	815
富士宮 125m	A	4.2	4.9	7.9	12.9	17.0	20.9	24.9	25.8	22.9	17.0	11.9	6.6	14.7
	B	6	8	20	47	78	111	144	144	110	63	33	12	776
	C	19	21	35	55	84	109	138	131	91	55	32	22	773
白糸 500m	A	2.5	3.0	5.8	10.7	14.7	18.1	22.3	22.8	20.5	15.3	10.2	5.5	12.6
	B	5	6	18	43	73	97	131	127	98	62	32	14	706
	C	17	19	31	48	74	94	120	110	79	50	29	20	671
富士山 3,772m	A	-19.9	-19.1	-15.4	-9.7	-4.7	0.6	5.5	6.3	2.7	3.4	-9.7	-16.0	-6.3
	B	0	0	0	0	0	25	89	91	53	54	0	0	312
	C	3	4	7	12	20	31	43	40	26	23	7	4	220

表6 流量観測結果一覧

年	月	横手沢	橋本	黒田
		月流量 (m ³)	月流量 (m ³)	月流量 (m ³)
1993	7	(8,536,176)		(5,196,812)
	8	71,331,662	(25,292,397)	48,409,475
	9	53,175,769	55,099,029	54,695,763
	10	37,486,434	29,478,776	59,231,119
	11	31,573,533	30,180,648	49,406,180
	12	28,352,186	23,203,809	50,765,529
1994	1	23,606,987	17,774,770	52,175,267
	2	18,589,162	16,011,990	38,723,065
	3	21,507,382	19,559,918	37,422,247
	4	21,546,471	12,243,451	30,366,260
	5	22,856,529	11,073,832	31,316,829
	6	24,990,144	12,493,929	33,772,864
	7	22,577,184	13,644,923	32,002,016
	8	18,318,492	8,083,472	(4,685,196)
	9	23,767,560	(12,429,070)	
	10	(7,835,241)		
年間流量 (m ³)		324,580,273	248,848,547	518,286,614

注. () は月の途中で測定を開始または終了している。

表7 観測地点における日流量

	横手沢 (万m ³ /日)	橋本 (万m ³ /日)	黒田 (万m ³ /日)
1993-8	230		156
9	177	183	182
10	120	95	191
11	105	100	164
12	91	74	163
1994-1	76	57	168
2	66	57	138
3	69	63	120
4	71	40	101
5	73	35	101
6	83	41	112
7	72	44	103
8	59	26	
9	79		
平均	98	68	142

養に影響してくることが考えられる。また、積雪日数の月別変化をみると降り初めてから積雪量は徐々に増大して4~5月に最大値を示し、その後急激に減少するパターンをもち、融雪水が地下水の増大に関係することも考えられるが、量的な把握はできない。

2. 蒸発散量

蒸発散量については観測値がえられないので、気温をもとにして推定される方法がとられる。富士宮市内の蒸発散率をさきの報告書(1988)にもとづいて降水量の25%とすると、蒸発散量は日量53万m³となる。この25%の推定については、標高80m、平均気温15.3°Cの吉原観測所における年間蒸発散量が、812mm、標高1000mの平均気温を10°Cとすると年間蒸発散量は336mmとなり、これらの推定値と市域の高度分布、気温の変化に伴って比較的減少するという仮定などをもとにしてえられた平均的な数値で既存資料によっている。また、全国的に算出された[日本国内地点別蒸発散値](1984)にあげられている結果を示した(表5)。その資料では平均気温(A)をもとにソンスウェイト(B)とハモン(C)の方法による結果が併記されている。ソンスウェイトの方法によると気温がマイナスになると蒸発がみられないが、そのことについての疑問ももたれている。山麓部では年700-800mmの値となり降水量の約30%をしめている。また、ソンスウェイトの計算結果の約60%が実際の蒸発散量に近いといわれるなど、蒸発量については問題が多い。

3. 流出量

富士宮市内の流出量としての水の量は降水量の値から蒸発散量を減じた量であり、水の賦存量ともいわれる。つまり、日量53万m³の蒸発散量をさしひいた157万m³であり、流域面積による比例配分をすると潤井川流域89万m³、芝川流域68万m³で計157万m³が流出量となる。さらに、この流出量が地下水と地表水に区分されることになるが、火山地域であるので表面流出率を約40%程度の値をもつことになり全体の概算として流出量157万m³の内訳は表流水63万m³、地下水94万m³の流出となる。しかし、この流出率の値は地域差がおおきく、流出率をどのようにするかによって配分は大きく変化するので問題は大きい。富士宮市地下水調査報告書(1971)によると富士宮市の地下水日流動量130万m³としている。また、富士宮市による水賦存量の資料(1990)によると、1975年の平水年(富士宮年降水量1901mm)で地表水日量61万m³、地下水104万m³、1984年の渇水年(富士宮年降水量1351mm)で地表水日量40万m³、地下水68万m³、1982年の豊水年(富士宮降水量2085mm)で地表水日量86万m³、地下水147万m³という試算があり、変動が大きい。

しかし、潤井川と芝川における1993年8月から1994年7月まで1年間の流量観測の結果によると、平均日流量として潤井川が142万m³、芝川が68万m³、合計して日量210万m³の値となり、降水量をもとにして推定された数値より多くなり、また、潤井川の流出量は芝川のほぼ2倍となっている。なお、その期間における流量観測地点は潤井川は富士宮市黒田地点、芝川は芝川町橋本地点でいずれも富士宮市域の出口に近いので市域の水をほとんど集めている



図1 富士宮市主要河川図及び観測地点

表8 (A) 水系名河川名と流域面積・流路延長(国土庁(1982)による)

番号	水系名 河川名	流域面積					幹線流路 延長
		全流域 面積 (A)	山地面積 (B)	(B)/(A)	平地面積 (C)	(C)/(A)	
521	芝川	210.8	208.7	99.1	1.2	0.6	91.9
522	本川	65.1	63.9	98.2	0.7	1.1	33.6
523	五斗目木川	36.8	36.8	100.0	0	0	16.2
524	猪の窪川	81.5	81.5	100.0	0	0	17.9
525	原川	0.8	0.8	100.0	0	0	2.6
526	半野川	1.4	1.4	100.0	0	0	3.2
527	大倉川	16.6	16.2	97.6	0	0	8.9
528	袖野布沢川	5.0	5.0	100.0	0	0	4.0
528	猫沢川	3.6	3.6	100.0	0	0	5.5
551	伝法沢川	10.7	8.5	79.4	2.2	20.6	10.9
552	潤井川	210.4	197.9	94.1	11.1	5.3	146.6
553	本川	19.7	12.3	57.1	6.3	36.3	39.4
554	大堰川	3.2	1.6	50.0	1.5	46.9	5.2
554	足取川	32.7	32.2	90.5	0.5	1.5	21.6
556	神田川	0.8	0	0	0.8	100.0	1.1
557	弓沢川	48.8	48.2	98.8	0.5	1.0	27.2
558	本川	46.5	45.9	98.7	0.5	1.1	22.2
558	久遠寺川	2.3	2.3	100.0	0	0	5.0
559	凡夫川	58.4	56.8	97.3	1.5	2.6	32.6
559	本川	53.1	51.5	97.0	1.5	28	22.8
560	砂沢川	5.3	5.3	100.0	0	0	9.8

表8 (B) 河川延長と流域面積(静岡県資料による)

支川名	第1次	第2次	第3次	河川延長 (m)	流域面積(km ²)		
					支川流域	自己流域	計
潤井川				25,400	185.35	36.70	222.05
		凡夫川		5,070	6.66	42.09	48.75
			砂沢川	1,140		6.66	6.66
		弓沢川		5,600	14.60	47.29	61.89
			久遠寺川	3,200		14.60	14.60
		神田川		1,140		0.95	0.95
		風祭川		1,900		42.36	42.36
		足取川		2,800		29.53	29.53
	大堰川		5,200	1.87	1.87		

支川名	第1次	第2次	第3次	第4次	河川 延長(m)	流域面積(km ²)		
						支川流域	自己流域	計
芝川					22,500	153.06	38.96	192.02
✓		猫沢川			1,450		2.93	2.93
		袖野布沢川			1,100		3.65	3.65
		大倉川			4,200		14.86	14.86
		半野川			3,200		0.92	0.92
		原川			2,600		0.68	0.68
		猪ノ窪川			800		83.38	83.38
✓		五斗目木川			11,500		46.64	46.64

と考えられ、横手沢地点は芝川の45km²の流域面積をもつ地点である。各月毎の3地点における流量観測結果(表6)と平均日流量(表7)を表に示した。これらの観測結果と降水量からえられた流出量との数値をくらべてみると観測値は高い値をもち、それをどのように説明したらよいかその理由づけは困難であるが、次のような点の検討が求められる。なお、市域の河川図(図1)と流域面積等を表示した(表8)。

①等雨量線図から求めた1日あたりの市域に与えられる平均日雨量と2河川の平均日流量の合計とがほぼ同じ値を示しているが、流量の観測結果がかなり多めの数値となっていることも推定される。②芝川流域と潤井川流域とでは地形や地質などの土地条件の差による降水分布の違いによって降水量の配分がことなり、それが流出量に影響してくる。③観測期間内における降水量とほかの期間との降水量との比較の必要がある。④地表や地下の流出率について地域性をもとに検討する必要がある。⑤表流水が地下水や湧水などによって涵養される量が多い地域であり、地下水と地表水の交流、河川水の供給源としての湧水量などについて検討し、全体の水循環としての流動を考えることが必要である。⑥表流水の流域範囲と地下水の流域範囲とは同一でないために、地下水の集水範囲を確定して他水系からの水の供給源についても検討する必要がある。さらに、県域をこえた集水区域の検討も必要課題であろう。⑦平均値としての日流量はたまたま発生した異常な降水流量の影響もおおきいので日平均流量とともに湧水量や平水量など基底流量に近い値を利用することも考えられる。⑧富士山体にもたらされる積雪量と融雪水の流動と供給のしくみなどをもとに山麓への水の涵養について新しい視点で検討する。

4. 生活用水

富士宮市域の人口増加や生活様式の変化にともなって生活用水や都市用水の使用量が増加し、水道水源の確保や施設の拡充がはかられてきた。そして、富士宮市では表流水と地下水にその水源を依存している。生活用水に関しては、取水量の増加にともなう地下水位の低下や湧水量の減少といった量的な問題とともに、水質の汚染といった質的な問題もあり、水資源や水環境に関する課題はおおい。そこで生活用水の利用に関する諸量をあげてその課題に関する手がかりとしたい。

[静岡県の水道の現況](静岡県1993)によって1日当りの給水量(m³)をみると

表流水	17967
地下水浅井戸	5238
地下水深井戸	10945
湧水等	19027
合計	53179

となり、地下水と湧水とで35210m³/日の給水量があり、実績の最大給水量は58243m³/日となっている。また、地下水調査報告書(1994)によると生活用水としての地下水の利用量は日量42266m³であり、地下水の取水量は約40000m³/日とみてよい。

なお、1995年度を計算目標年次とする整備事業(富士宮市の資料による)では計画給水人口120000万人、計画1日最大給水量75000m³/日、水源別は次のようになっている。

表流水(北山水源)	16500
地下水(淀師水源ほか)	14300
湧水(椿沢水源ほか)	44200
合計	75000

となり、地下水と湧水とで58500m³/日の取水量となってくる。整備計画からみて、日量にして40000~55000m³/日が生活用水のための市域全体からの揚水量とみることができ、平均的に50000m³/日が妥当な値と考えられる。また、表流水については北山水源から16500m³/日の取水となる。

5. 工業用水

工業統計において工業用水に関する統計は従業員30人以上の事業所について集計されている。富士宮市における工業に関する1993年度の工業統計によると、事業所総数441のうち従業員30人以上の事業所は88で20.0%であるが、製造品出荷額では全体の90.0%をしめている。したがって、工業用水使用量も30人以上の事業所の水の使用量でほぼ代表されると推定できるので集計結果を引用すると次のような値となっている。

淡水合計	327384m ³ /日	100.0%
公共水道上水道	9420	2.8
地表水および伏流水	32226	9.8
井戸水	132985	40.6
回収水	15293	46.8
回収水を除く補給水	175540	53.2

地下水調査報告書(1994)によると工業用水の地下水利用状況として1992年度においても88事業所で132985m³/日となっており、30人以下の事業所についても考慮すれば日量14~15万m³(145000m³)の取水量と考えられる。なお、条例による届出量では日量195370m³となっており、この数値については既得権も考慮して実使用量をはるかにこえていると考えられる。工業用水の需要増大にともなう地域の一般的課題として、地下水依存から地表水利用への水利形態の変換、節水にともなう回収水の比率の増大などがあげられ、地下水保全への姿勢が示されている。いずれにしても、工業用水として地下水が140000m³/日、地表水30000m³/日の取水量といえる。

また、淀師・大中里(青見)周辺では漁業(養鱒)用水及び工業用水としての地下水の揚水が多く行われているが、地域的に集中した多量の地下水取水は地下水保全に関連した問題となってくる。なお、水系調査書の工場排水の項においても日量75000m³が潤井川への計画排水量となっており、河川流量を増加させることとなる。

表9 用水名一覧(静岡県(1971)による)

用水名	水源名	受益面積 (ha)	かんがい期間 (月)	取水量 (m ³ /S)	
				最高	常時
猪之頭用水	芝川	20	4~9	0.50	0.30
中村用水	"	10	"	0.20	0.16
内野用水	"	25	"	0.60	0.55
北山用水	"	150	"	3.00	2.00
半野用水	"	50	"	1.70	1.50
原用水	"	36	"	1.80	1.10
上井出用水	"	22	"	0.57	0.40
狩宿用水	"	13	"	0.70	0.50
大堰用水	"	220	"	5.29	4.00
中堰用水	"	40	"	0.71	0.50
新堀用水	"	70	"	0.55	0.42
代官寺用水	"	30	"	0.42	0.35
長瀬用水	"	20	"	1.11	1.00
上堀用水	大倉川	20	"	0.40	0.30
阿原口用水	潤井川	10	5~9	0.30	0.25
野中用水	"	20	4~9	0.40	0.30
田中用水	"	9	"	0.20	0.15
山本用水	"	15	"	0.40	0.25
江柏用水	和田川	5	5~9	0.40	0.30
風祭川用水	風祭川	10	"	0.40	0.30
黒田用水	方辺川	41	"	0.60	0.50
木ノ行寺用水	弓沢川	15	"	0.20	0.15
桜田用水	弓沢川	20	"	0.30	0.25

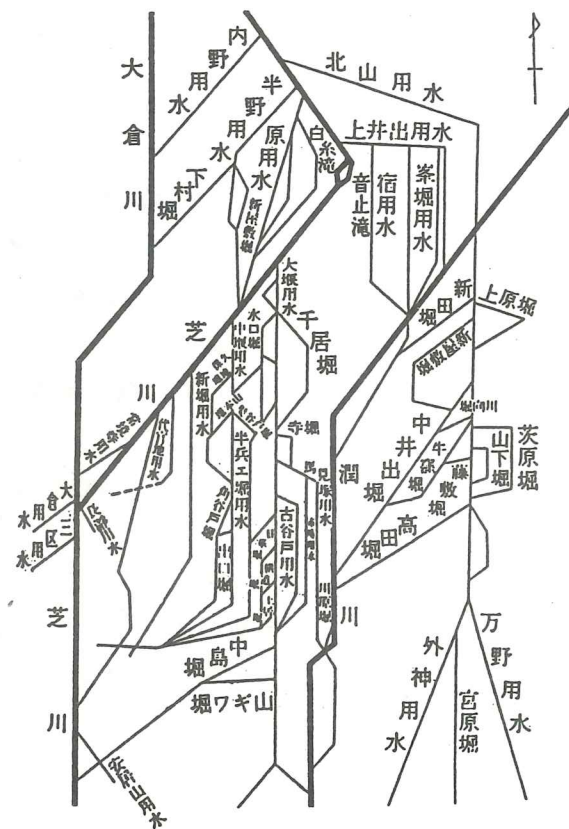


図2 潤井川・芝川水系灌漑系統図(芝川町誌(1973)による)

6. 農業用水

芝川や潤井川の河川水は農業用水として取水され、多くの灌漑水路が古くから開かれてきた(表9, 図2)。富士火山山麓一帯の緩傾斜地は一般に水の乏しい土地条件であるが、この山麓地域では恵まれた湧水に涵養された豊かな表流水が水田耕作の成立基盤を形成してきたといえる。歴史の古い北山用水や大堰用水をはじめ縦横にはりめぐらされた人工の水系網をもつ水路によってもたらされた用水が自然流下のかげ流し灌漑で水田を潤している。それらの農業用水の取水量の実態を把握することは困難であるが、慣行として設定されている水利権の資料によってその状況を理解するほかない。また、近年は減反政策や都市的土地利用の進展にともなう水田面積の減少によって灌漑用水使用量の減少があるにしても、農業用水の削減や他利用への転換などについての方策はあまりみられない。

一般に水田への灌漑水の供給量は灌漑期と非灌漑期ではことなり、年間を通して一様でなく時期的に集中する特性をもっている。富士宮市の資料(1990)によると灌漑日数は代かき期15日と普通期135日としている。そして、供給量は代かき期には市域全体で19.91m³/s、日量にして約1720000m³、普通期は11.07m³/s日量にして960000m³が河川水から取水されるとしている。年間取水量154924千m³、灌漑期を150日とした場合の平均日取水量にして1032826m³となり、全体の取水量を1日平均すると約420000m³となる。

芝川や潤井川の水のほとんどは湧水によって涵養され、また、水田から浸透して地下水を涵養する役割をもっており、地下水と表流水との交流が著しいことも地域の特色である。また、灌漑用水の場合には取水した水は流れとして利用される形態をもつので流水の循環過程のひとつともいえる。このようなバイパスを通過するような水利用は水収支の概念における支出とは考えにくい側面をもっている。ある地域の水の存在の量的把握にあたってどのように処理すべきかの課題として残された。図3 灌漑系統図にはそれぞれの用水から取水される日量の通常の水取水量を記入した。取水量は全体で1047000m³/日うち、潤井川水系から367000m³/日、芝川水系から680000m³/日となるが、芝川から潤井川水系へ467000m³/日ほど流域変更によって流出するが再び戻りもあり、水のやりとりは複雑である。

7. 発電用水

富士宮市域において、芝川と潤井川とそれらの支流猫沢川、大倉川、半野川、大堰川にそって小規模な発電所が明治期から建設がすすみ、現在19か所立地している(表10)。これらの発電所の発電用水として全体の合計で常時ほぼ58m³/s、日量にして約5000000m³の水が使用されている。発電用水は上流の施設から順次下流の施設へと水路管や開水路によって導水され、ある区間は河川を下流しながら反復利用されていること、半野用水や大堰用水などでは農業用水の水に水利権を設定して非灌漑期には取水していること、などの特色をもちながら水利用景観を有している(図4)。このように、毎秒58m³の水が本流やバイパスを経由しながら錯綜した人工水路や表流水として循環するので、灌漑用水と同様に流出過程の一部として組み込むことができる。

表10 発電所と使用水量(国土庁(1982)による)

発電所名	位置		流域面積 km ²	使用水量		有効落差		発電力	
	取水口 (取水河川名)	放水口		最大	常時	最大	常時	最大	常時
芝川	富川	芝川	204.0	11.41	9.16	7.42	7.43	630	520
芝川	"	"	192.00	4.17	1.46	47.09	48.63	1,500	410
長貴山	"	長貴河合	192.00	8.13	8.13	50.86	50.86	3,080	3,080
西並	"	小野田	188.00	8.16	8.16	30.42	60.2	2,000	2,000
鹿並	"	鳥並上村	182.00	8.35	6.96	17.00	17.21	2,060	898
大北	鹿並	大鹿窪	171.21	5.565	4.174	16.97	17.00	750	586
猫原	猫沢(発)	猫沢字清村	167.15	5.56	3.62	26.36	27.44	1,100	700
観音	猫沢(発)	富士宮市大字精進川字北原	3.58	1.66	-	33.35	-	400	-
熊久保	芝川	字郷戸	152.04	1.67	0.417	72.03	72.27	864	219
符白	"	字半野	100.00	1.11	0.22	53.18	17.17	420	84
内野	"	大字狩野字芝川附	147.45	4.16	4.16	50.00	50.00	1,500	1,500
足形	足形(発)	大字佐折字神棚	63.33	4.174	1.391	24.24	22.66	650	225
猪之頭	足形(発)	大字内野字川久保	57.10	7.43	5.83	30.00	30.35	1,700	1,300
大倉	芝川	字一本木	57.10	7.43	5.83	31.82	32.45	1,700	1,400
大倉	芝川	大字猪之頭字西遠原	45.70	10.00	5.61	50.13	51.36	4,000	2,200
大倉	芝川	字大棚	43.40	5.00	3.60	15.810	15.810	610	440
大倉	大倉	大字精進川字尾崎	11.72	2.37	1.95	100.15	101.00	1,800	1,400
大倉	大倉	大字半野字熊久保	1.25	0.83	0.14	34.50	34.50	200	34
潤井川第3	潤井川	字若松	158.00	11.13	8.35	31.82	31.82	2,500	700
潤井川第2	"	字石の宮	106.00	10.52	6.23	50.00	50.15	3,835	2,279
潤井川第1	"	大字山本字横巻	91.00	4.90	3.40	34.85	35.15	1,244	862
青木	大堰	大字青木字備前	156.70	1.391	1.391	77.87	77.87	700	700
的香第2	"	大字上野	166.00	1.95	1.53	17.17	17.17	250	196
的香第2	"	大字上条字下槽	166.00	3.06	1.67	11.41	11.82	270	153
東原	"	字東原	166.00	4.04	2.37	35.11	35.64	1,090	651

表11 湧水量(m³/日)

年	地区	6月		11月	
		A	B	A	B
1986	A	20.1	23.0		
	B	35.3	30.0		
	C	55.4	53.0		
1987	A	13.4	23.2		
	B	22.7	29.5		
	C	36.1	52.7		
1988	A	21.4	42.2		
	B	30.0	40.5		
	C	51.4	82.7		
1989	A	29.4	43.8		
	B	32.0	48.7		
	C	61.6	92.5		
1990	A	29.9	34.0		
	B	34.5	43.9		
	C	64.4	77.9		
1991	A	23.2	47.3		
	B	28.0	51.2		
	C	51.2	98.5		
1992	A	23.5	30.2		
	B	35.1	27.0		
	C	58.6	57.2		
1993	A	21.5	29.4		
	B	39.3	33.4		
	C	60.8	62.8		
1994	A	19.0	15.9		
	B	29.6	22.4		
	C	48.6	38.3		

Aは富士宮地区、Bは猪之頭地区、Cは合計

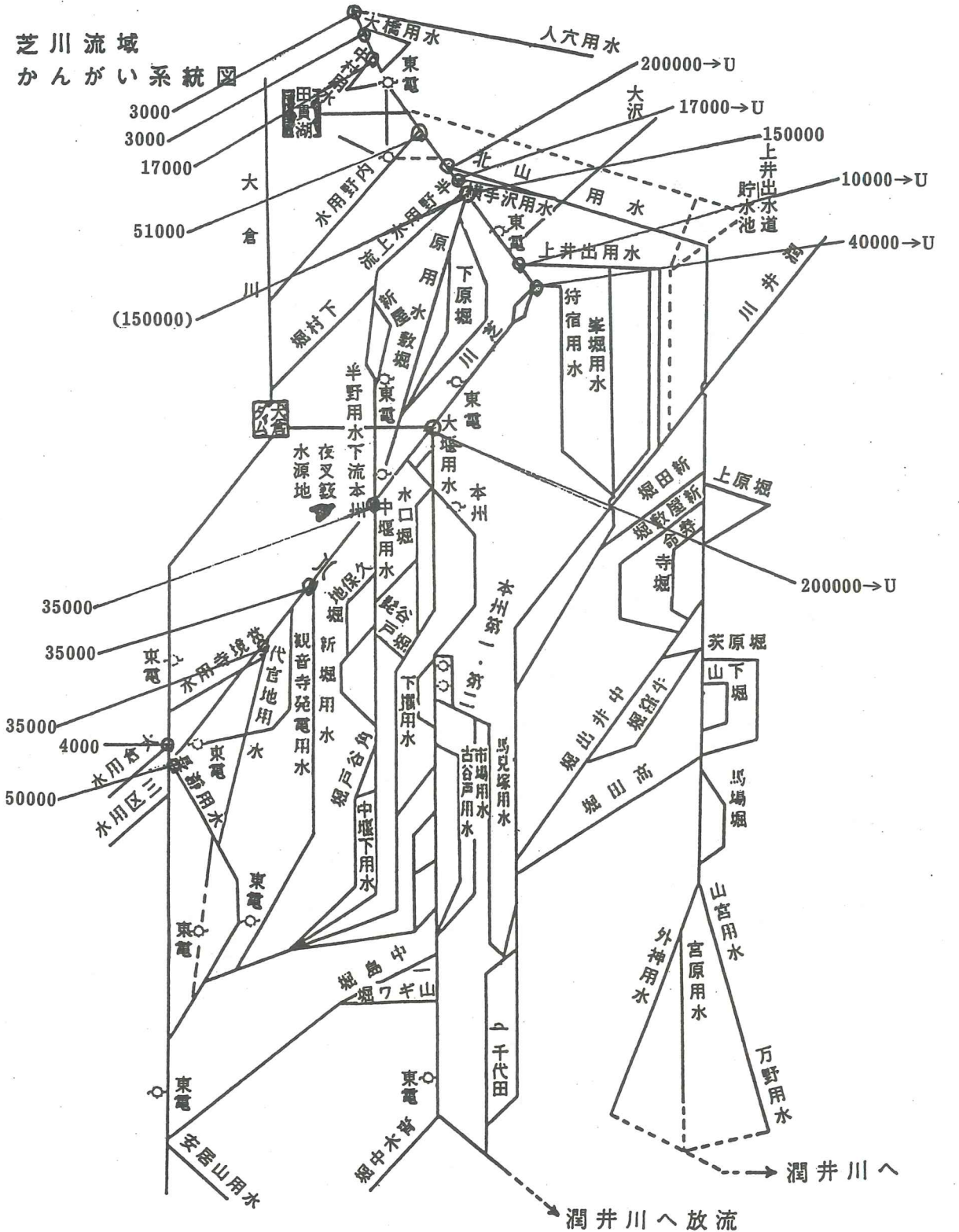


図3 農業用水取水量(m³/日)

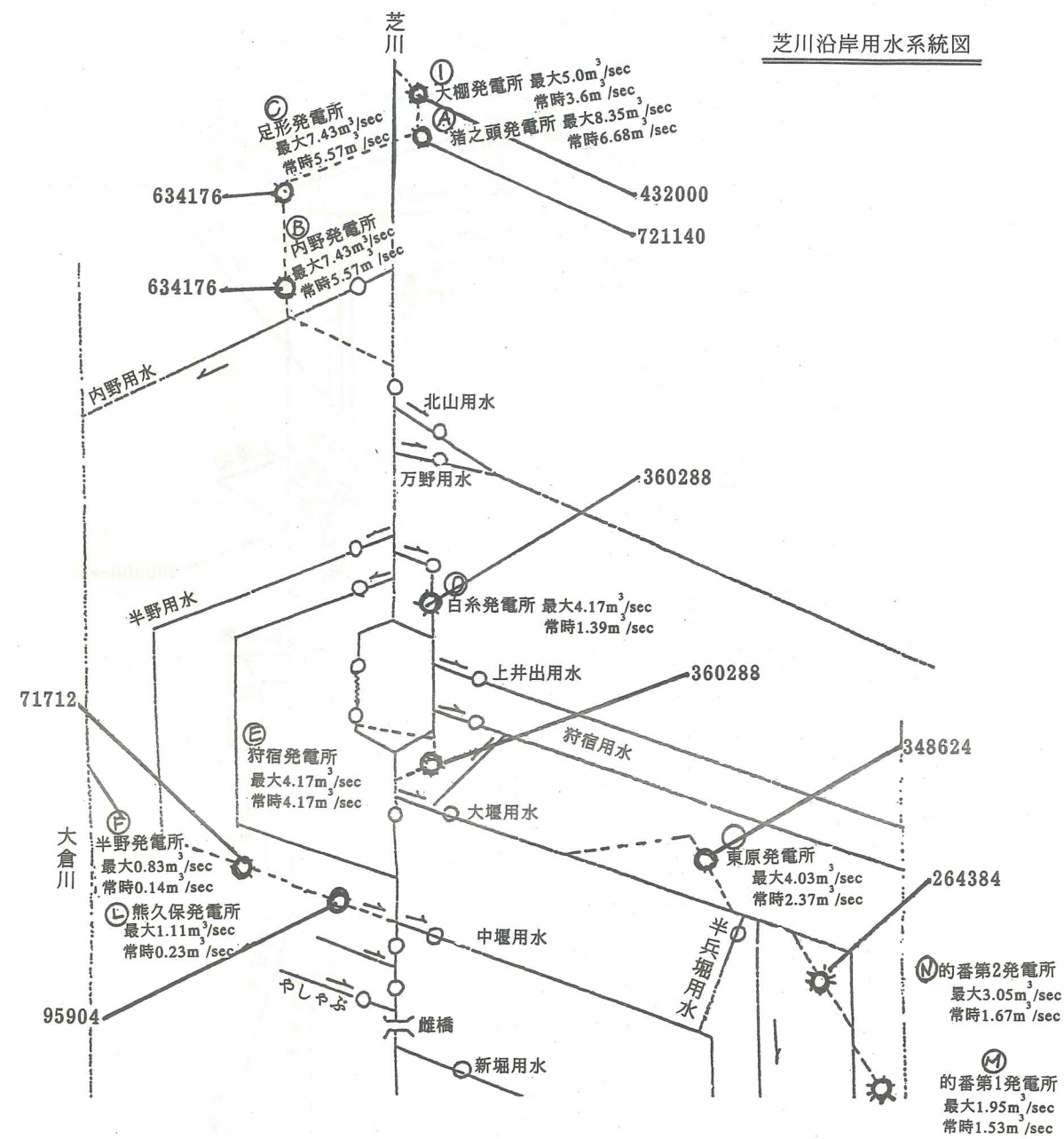


図4 発電用水取水量(m³/日)

8. 湧水量

富士宮市域の河川水の多くは湧水によって涵養されているといえる。そこで湧水量調査の結果をもとにその量について記しておきたい。湧水量調査のひとつは地下水利用対策協議会によるもので、富士宮地区では湧玉池、淀師、青見、よしま池の4か所、猪之頭西斜面地区として猪之頭、五斗目木、西川、白糸の4か所について年2回（6月と11月）定期的に観測がなされている。そこで1986年から1994年の9年の結果について両地区についての湧水量をまとめたのが表11である。6月と11月とを比較すると一般に11月のほうが多くなっているが、地下水の水位の変動をみても11月頃に上昇する傾向をもち、ほぼ同様な変動をしている。また、経年的な変化では降水量の変化とほぼ連動し、1989年や1991年などにそれが表れている。両地区を合計した数値としては、6月には日量約36万m³から64万m³の間、11月には38万m³から98万m³へと変動の幅が大きい。これらの湧水量が表流水や地下水の量に関わりをもつことになる。

9. まとめ—水循環と水収支—

これまで富士宮市域における水の存在形態とその流れについて記してきたが、それらをひとつの循環系としてまとめてみたい。まず、与えられる水についてであるが年平均降水量と市域の面積から日量210万m³となるが、富士山西麓の集水範囲の境界が市域をこえて山梨県にもおよぶことが想定されるので、10%増の230万m³とする。また、蒸発散量はおよそ日量53万m³であるので、177万m³が地域内の水賦存量となる。

つぎはこの水の流出の配分であるが、流域別と流出場所別に区分する必要がある。流域別は面積の比例配分から潤井川流域には100万m³、芝川流域には77万m³の水が1日にもたらされる。流出場所としては地表水と地下水に区分できるが、表面流出率を40%とした場合、表流水が日量71万m³、地下水が日量106万m³となる。しかし、富士宮市域の河川は地下水の湧出による湧水が大量に河川水に供給されること（たとえば猪之頭湧水は芝川に流れ湧玉池の湧水は神田川をへて潤井川に注ぐ）、芝川と潤井川とはさまざまな水路（たとえば北山用水や大堰用水）によって結ばれて流域変更が著しいのでその出口にける流出量についての面積配分は成立しない。

潤井川の市域の出口にあたる黒田地点の流量観測結果（1958-1967）によると湧水平均流量712800m³/日、年平均流量1123200m³/日という資料がある。また、芝川については古くなるが猪之頭地点の流量観測結果（1927-1937）によると湧水平均流量411264m³/日、年平均流量529632m³/日という数値がある。また、富士市の地下水流動の調査結果によると富士市に潤井川水系からもたらされる地下水はおよそ12万m³/日とされている。このような既存の資料も参考にすると、さきに記した全体で流出量177万m³/日のうち潤井川水系には122万m³/日、芝川水系には55万m³/日とし市域から流出する地下水量をそれぞれ10～15m³/日程度と見積もると河川流量は潤井川で110万m³/日、芝川で42万m³/日程度が表流水として流出することになる。なお、静岡県資料によると推定湧水量として潤井川は715392m³/日、芝川は680832m³/日で計139万m³、

推定平水量として潤井川966816m³/日、芝川は822528m³/日、計178万m³という結果もあり、流域変更も考慮にいれると、2河川のトータルとして水の存在を考えるほうが妥当かもしれない。このような流れのなかにあつて生活用水として地下水から5万m³、工業用水として17万m³が市域から取水されている。また、農業用水は灌漑期が中心であるが年平均としては日量約40万m³の表流水からの取水があり、その水は水田や水路を經由して河川や地下水にもどり、工業用水の一部は工場排水として河川に還元されることになる。したがってこれらの水利用は取水というよりある区間の流水をバイパス経路で利用するといった形態である。

富士宮市域の水はこのように地表水、地下水、人工の農業用水路、発電用水路、湧水、湖沼（田貫湖や大倉川ダム）など、その多様な存在形態を示しながら流出している。そして、水の流出量は人為的に操作されながら、また流下の過程で利用されながら変化している。このように水の存在形態と流動量は変動し、ある区間は地下水として流れた水が次の区間では湧出して河川水となり、それが水路によって発電用水となる、といったような挙動をとるので水収支的に利用可能量を特定し、推定することは困難である。しかし、富士宮市地下水調査（1973）によると520000m³/日の地下水を利用可能量としている事例はある。しかし、これは総量としての試算であつて地下水系の位置や範囲とか地域別の賦存量のことになると不詳の点が多い。そのため自然の人為的改変が進行したこの地域の水収支の算定には、時間的な単位や地域的な拮がりにもさらに検討を加えながら現場の状況に適合した調査方法の開発が求められる。

天子山地の地質年代と地下水涵養

茨木 雅子

（静岡大学 理学部 地球科学教室）

1. はじめに

富士宮市の西側には天子山地と呼ばれる天子ヶ岳、長者ヶ岳、毛無山など標高1300m～1900mの山々が連なる。天子山地は南部フォッサマグナ地域にあたり、砂岩・頁岩・礫岩互層、凝灰質砂岩、凝灰角礫岩などを主体とする地層である。南部では礫岩層が厚く分布する。これらの地層は興津川流域や浜石岳の地層の北方延長なので、ほぼ同年代とされてきたが、詳しくは確かめられていない。そこで、地質調査とともに浮遊性有孔虫によって地質年代を決定するために、稲子川沿い、猪之頭からハンググライダー場へ行く道路沿い、北方の本栖湖・河口湖周辺で岩石試料採取をおこなった。

2. 天子山地に分布する地層

南部の山麓に分布する礫岩層は南方の浜石岳から続く一連のもので、礫岩の岩相も類似する。礫岩は円礫、垂円礫を主とし、礫の大きさは径5～6cmのものが多いが、一般に不揃いで、径20cmを越すものもある。礫の種類は火山岩、砂岩、頁岩、花崗岩などである。礫岩層の間に砂岩層やまれに泥岩層が挟まれ、海生生物の化石を産するので、海成の礫岩層である。礫岩層は緻密に圧縮され、礫の破断したものが見られる。泥岩層から取り出した約0.3mmの浮遊性有孔虫も強く圧縮され、変形しているものが多い。堆積後に地層が強く圧縮や変形を受けたことが推定される。地層の構造は富士川や稲子川沿いでは北東または北西に傾斜するが、しばしば急斜したり直立したりする。しかし、芝川町の桜峠付近ではゆるく北に傾斜し、芝川側では北西に傾斜するので全体としては山稜を軸に向斜構造をつくっているようである。

天子ヶ岳から長者ヶ岳・毛無山にかけては砂岩・泥岩互層、凝灰角礫岩、凝灰質砂岩を主とする地層が分布する。これらは興津川周辺に分布する小河内層群の延長に当たると思われる。しかし、泥岩部分は興津川周辺の岩石に比べて、より緻密で硬い。

天子山地は毛無山(1945m)を最高点として、北東へ御坂山地に続く。ここには *Lepidocyclina*, *Miogyphina* など大型有孔虫を産出する西八代層群が分布する。

3. 浮遊性有孔虫による地質年代

多くの岩石試料のうち、稲子川側から桜峠を通過して芝川に抜ける道路脇（サンプル1、上柚野西方）と稲子川の上流の入山（サンプル2、坂林西方）から浮遊性有孔虫が得られた。その他の試料については同定可能な浮遊性有孔虫を得ることは難しく、河口湖周辺の

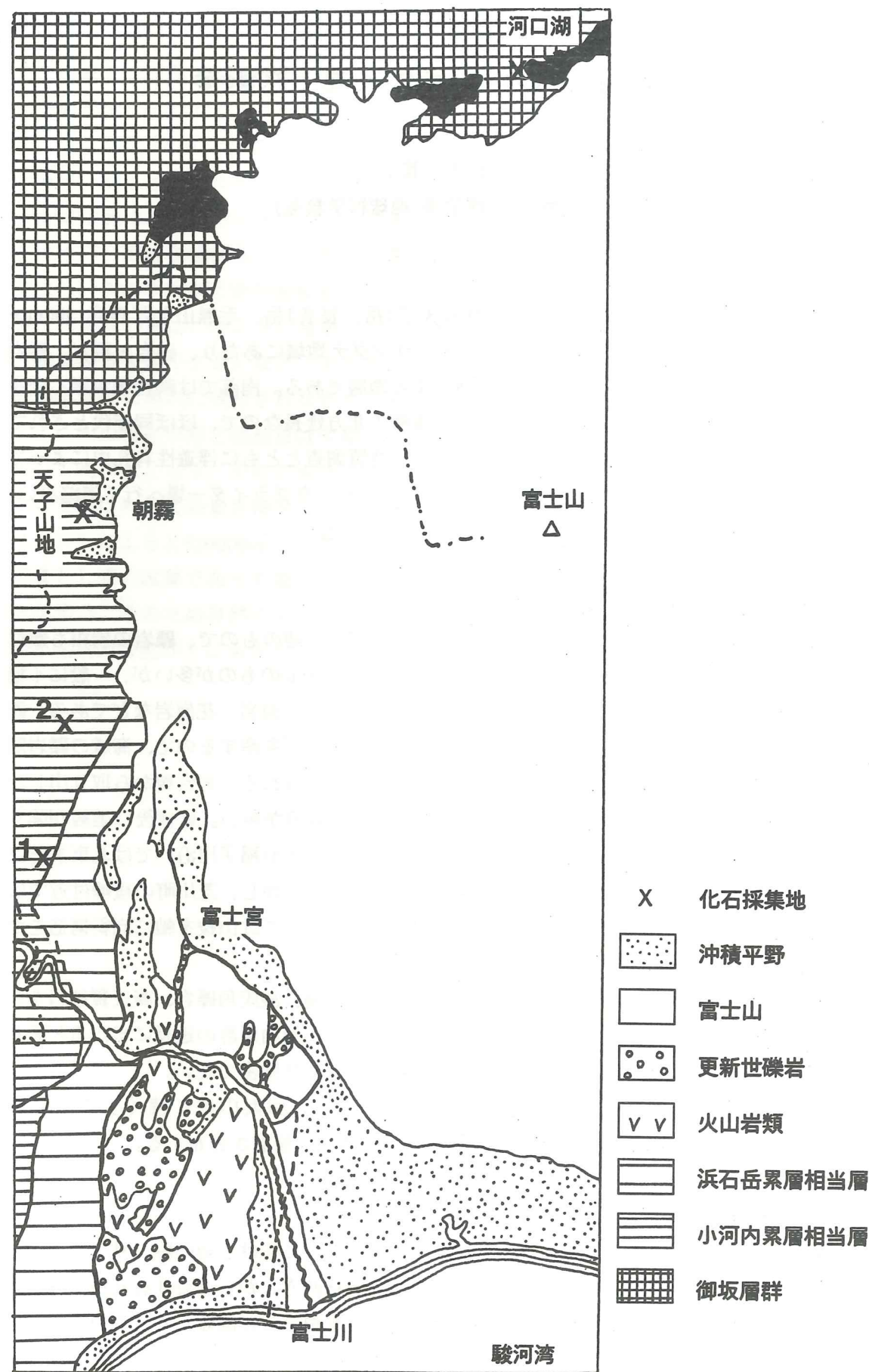


図1 天子山地周辺の地質と微化石採集地点

試料から1個体が確認できた。

サンプル1は礫岩層に挟まれたシルト岩層で、得られた浮遊性有孔虫は次の17種である。

- Globigerina falconensis* Blow
- Globigeirnoides bollii* Blow
- Globigerinoides conglobatus* (Brady)
- Globigerinoides immaturus* LeRoy
- Globigerinoides obliquus* Bolli
- Globigerinoides sacculifer* (Brady)
- Globoquadrina altispira* Cushman
- Orbulina universa* d'Orbigny
- Orbulina suturalis* Bronnimann
- Globorotalia menardii* (Parker, Jones and Jarvis)
- Globorotalia miozea* Finlay
- Globorotalia multicamerata* Cushman and Jarvis
- Globorotalia scitula* (Brady)
- Globigerinella siphonifera* (d'Orbigny)
- Sphaeroidinellopsis kochi* Caudri
- Sphaeroidinellopsis seminulina* (Schwager)
- Sphaeroidinellopsis subdehiscens* Blow

このうち年代決定に有効な種は*Globigerinoides conglobatus* [N17帯-Recent現世], *Globorotalia multicamerata* [N17b-N21], *Sphaeroidinellopsis kochi* [N10-N19]があり、また、*Sphaeroidinellopsis* 属から進化しN19から出現する *Sphaeroidinella*属が見られないので、この地層の年代はN17b-N18すなわち後期中新世末 (7~5Ma) に相当する。

サンプル2は稲子川上流の入山で道路沿いに露出する砂岩・泥岩互層の泥岩部分を採取した。岩石は非常に硬く、岩石からの浮遊性有孔虫の分離は難しかったが、次の12種の浮遊性有孔虫を同定できた。

- Globigerina angutumilicata* Bolli
- Globigerina bulloides* d'Orbigny
- Globigerina falconensis* Blow
- Globigerina nepenthes* Todd
- Globigerinoides bollii* Blow
- Globigerinoides conglobatus* (Brady)
- Globigerinoides elongatus* d'Orbigny
- Globigerinoides sacculifer* (Brady)

Globigerinita glutinata (Egger)

Orbulina suturalis Bronnimann

Sphaeroidinellopsis seminulina (Schwager)

Neogloboquadrina acostaensis (Blow)

このうち年代決定に有効な種は *Globigerina nepenthes* [N14-N19], *Globigerinoides conglobatus* [N17-Recent], *Globigerinoides elongatus* [N16-Recent] である。したがって、この地層の年代は N17-N19 となるが、サンプル 1 とほぼ同年代と思われる。

猪之頭の西側に分布する砂岩・泥岩互層、本栖湖周辺の試料については同定可能な浮遊性有孔虫は産出しない。河口湖奥間の試料に *Sphaeroidinellopsis seminulina* と思われるものが 1 個体得られた。

産出した浮遊性有孔虫種群は 1 と 2 のサンプルで大きな違いはなく、暖流系種が多産する。浮遊性有孔虫は海水の表層に生活し、種の分布は海水温に左右される。暖流系種が多産は表層水温が高いことを示すので、中新世末の海水温は現在よりかなり高かったことが推測される。

天子山地の南側一帯に分布する礫岩層と砂岩・泥岩互層を主体とする海成層は興津川流域の小河内層群に対比される。

なお、河口湖奥間の試料から得られた 1 個体の浮遊性有孔虫は生存期間が初期中新世から鮮新世までと非常に長い。しかし、御坂山地をつくる西八代層群には前述したように、大型有孔虫の *Lepidocyclina*, *Miogyopsina* が知られるので、前期中新世に相当すると考えている。

4. 地下水の涵養について

この地域は一般に南東方向からの強い圧縮を受けている地域にあたり、地層の境界にはしばしば衝上断層が南北に走っている。礫岩層、砂岩・泥岩互層、凝灰岩層は、かなり圧縮され、緻密で硬く固化している。したがって、地下水の涵養は少ないと考えられるが、岩質の違う地層が共に圧縮され、褶曲する際に生ずる亀裂やずれは間隙をつくる。この間隙に若干の地下水の涵養が期待される。

【文献】

茨木 雅子(1981): 浮遊性有孔虫による南部フォッサマグナ新第三系の地質。地質学雑誌、87(1), p.47-49.

Ibaraki, M. (1989): Geologic ages of the Neogene sequences of the Foss Magna based on planktonic foraminifera. Repts. Fac. Science, Shizuoka Univ., V.23, p.85-99.

富士宮市地下水の化学的・同位体的特徴

中井 信之

(名古屋大学名誉教授・地球科学)

1. はじめに

富士宮市は東に富士山、西に天子山系の広大かつ標高差の大きい集水域に恵まれ、数多くの湧水が一年を通じて豊富な水を供給している。これらの湧水はもとより、地下水や河川水もこの広大な涵養源からの自然の贈り物であり、富士山の降水は勿論のこと融雪水が大きな供給源となっている。このような自然の贈り物である貴重な湧水・地下水を将来にわたって有効に活用するためには、その涵養源と供給のメカニズムを明らかにしておく必要がある。

そこで、これらの天然水の供給源を明らかにするため、その一つの手法である水の同位体分析を取り上げた。涵養源となる降水の安定同位体組成は、標高により変化する特徴がある。一方、水の放射性同位体は降水が地表に到達後、時間とともに半減期に従って一方的に減少するので、湧水や地下水の地下滞留時間の目安になる。これら安定・放射性両同位体及び溶解化学成分を組合せることにより、猪之頭・朝霧高原(朝霧地域)及び富士宮を含む富士山南西麓(富士宮地域)の結果について報告する。

2. 天然水の安定同位体

天然水(H₂O)の酸素と水素には質量数(原子量)の違う同位体が存在する。すなわち、次のように各々 3 種類存在する。

酸素: ¹⁶O, ¹⁷O, ¹⁸O 水素: ¹H (又はH), ²H (又はD), ³H (又はT)

1) 安定同位体

上記述同位体のうち、³H(T)以外はすべて安定同位体(放射崩壊しない)である。安定同位の酸素は¹⁸O/¹⁶O比を、水素はD/Hを測定する。そして、測定された同位体組成は次式のように、標準海水(SMOW)の同位体比との千分偏差(‰, パーミル)としてδ¹⁸O及びδDで表現される。

$$\delta^{18}\text{O} \text{ 又は } \delta^{18}\text{D} = \frac{(R) - (R_0)}{(R_0)} \times 1000 \quad (\text{単位: } \text{‰, SMOW})$$

R: 試料の同位体比

R₀: 世界共通の標準海水の同位体比

酸素同位体 δ¹⁸O: R ≡ ¹⁸O/¹⁶O

水素同位体比 δD: R ≡ D/H

測定誤差は $\delta^{18}\text{O}$ で $\pm 0.1\%$ 、 δD で $\pm 1.5\%$ である。

これら δ 値が大きい値を示すほど-----重い同位体 (^{18}O , D) が多く、重い水で、
降水 (雪や雨) による涵養高度が低い、
また、 δ 値が小さい値を示すほど-----軽い同位体 (^{16}O , H) が多く、軽い水で、
降水による涵養高度が高い、

水であることをことを意味する。このように、『 $\delta^{18}\text{O}$ 及び δD 値は天然水の由来を追求するトレーサ』として用いられる。

2) 放射性同位体

^3H (以下Tとする) はトリチウムで、放射性同位体 (半減期=12.4年) である。T濃度は次のようにTU (トリチウム ユニット) で表現され、

$$1\text{TU} : \text{T}/\text{H} = 10^{-18}$$

である。このT濃度は『地下水などの年代の目安』に用いられる。しかし、周知のように、原水爆実験の影響で1963~1964年に異常高濃度のトリチウム雨が降ったため、解析には充分の検討が必要である。

3) 降水の安定同位体組成を支配する要因

湧水・地下水など天然水の涵養源となる降水 (雪, 雨) の $\delta^{18}\text{O}$ 及び δD 値には経験的に見出された規則性がある。すなわち、

(1)緯度効果(温度効果) (2)高度効果 (3)内陸効果 (4) $\delta^{18}\text{O}$ と δD の直線関係

である。これらのうち、(2)高度効果は富士山に涵養源をもつ富士宮市の地下水調査には最も重要かつ有用な効果である。降水による涵養高度が高い地下水ほど $\delta^{18}\text{O}$ と δD 値が小さい同位体組成をもつ軽い水であることを意味する。上記(1)~(4)の規則性について詳しくは、「富士宮市北部、朝霧地域地下水調査研究報告書」(平成4年3月、富士宮市・静岡大学理学部、p.33-35)を参照頂きたい。

3. 富士山及び周辺天然水の同位体組成

1) 河川水・地下水・湖水の地域別安定同位体の分布

富士山周辺の天然水の安定同位体組成($\delta^{18}\text{O}$)を概観してみる。ここで用いたデータは、

河川水: 91試料 地下水・湧水: 137試料 試掘井水: 30試料 湖水: 9試料

の総数241試料である。これらすべての試水について安定同位体組成の分布は、

$$\delta^{18}\text{O} = -12.2 \sim -6.7\%$$

の範囲であり、一地方としては異常に大きな変動幅である。 δD 値についても同様である。この変動幅が大きいことは、標高差の大きく異なる降水による涵養を反映しており、後背地に富士山をもつこの地方の特徴である。

これらの採取点を便宜上地域に分け、図1のように西富士側3地域、東富士側3地域とし

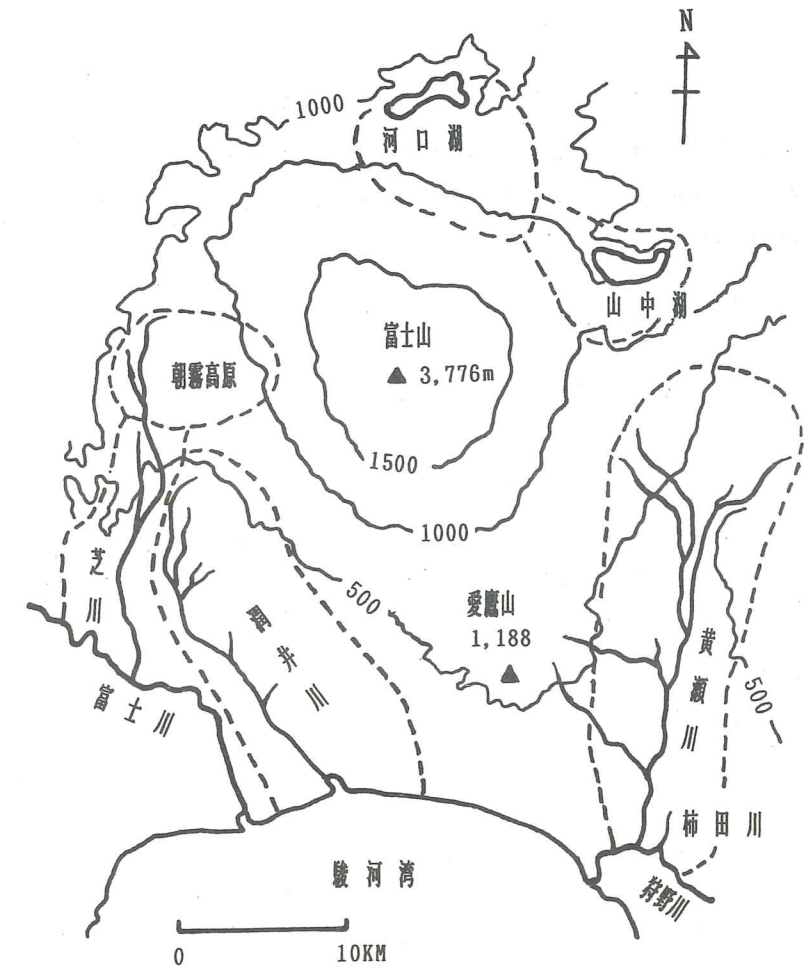


図1 富士山周辺の天然水の同位体組成($\delta^{18}\text{O}$)の地域地図

表1 富士山周辺の天然水の安定同位体組成($\delta^{18}\text{O}$)

地域 対象別	富士山西斜面・西麓				富士山東斜面・東麓				
	芝川流域	潤井川流域	朝霧高原・猪之頭		黄瀬川流域			山中湖周辺	河口湖周辺
			天子山地	朝霧・猪之頭	愛鷹山東斜面	黄瀬川周辺	箱根西斜面		
河川本流水 (上流~下流)	-9.8~-8.7	-9.2~-8.5	—	—	—	-8.9~-7.5	—	—	
支流水 (本流へ流入)	-9.1~-8.6	-9.2~-6.7	-9.5~-8.7	—	-7.8~-7.0	-9.0~-6.8	-8.1~-7.0	—	
湧水 井戸水	-9.7~-7.7	-9.8~-7.5	—	-11.3~-8.5	—	-10.0~-7.0	—	-10.0~-7.8 -12.2~-9.3	
湖水	—	—	—	—	—	—	-7.6~-7.3	-10.3~-8.8	

た。すなわち、

西富士：① 芝川流域、② 潤井川流域、③ 朝霧高原

東富士：① 黄瀬川流域、② 山中湖周辺、③ 河口湖周辺

である。これらの地域別に $\delta^{18}\text{O}$ 値を対象別の変動幅で示すと表1の通りである。

全地域で $\delta^{18}\text{O}$ 値は、

河川本流水：-9.8～-7.5%

支流水：-9.2～-6.7%

地下水：-12.2～-7.0%

湖水：-10.3～-7.3%

である。湧水や井戸水の地下水が一番変動幅が大きく、しかも異常に小さい軽い水の存在することを示している。また、地域別の特徴をみると、地下水では富士山の東西両側とも明らかに北にゆくほど $\delta^{18}\text{O}$ 値は小さくなり、高標高涵養型の軽い水になる傾向がある。

2) 地域と涵養源

前項で述べた安定同位体の分布から、涵養源について考察する。まず、全地域の河川水・地下水・湖水について、 $\delta^{18}\text{O}$ 値が一地方としては異常に大きな5.5%という変動幅を示すことは、幅広い高度からの水の涵養を示唆している。しかし、最も小さい $\delta^{18}\text{O}$ 値(-12.2%、河口湖周辺地域の湧水)をもち、最も高い標高で涵養されたと考えられる湧水でも、富士山の降水の高度効果から推算して、その涵養高度は1,500mないし2,000mと考えられる。この涵養高度は平均高度であり、色々な高度での涵養水の混合であることは勿論のことである。すなわち、富士山の高さに比べて、全般的に意外に低高度からの涵養水の寄与の大きいことが結論される。このことは、富士山の山腹傾斜の緩やかになった中腹より低標高の裾野部分が表面積が大きいために、主涵養源となっていることを意味する。

次に、全地域にわたって河川水・支流水・地下水・湖水のそれぞれの $\delta^{18}\text{O}$ 値をながめると、地下水の変動幅が最も大きく、しかもとび離れて小さい値をもつものがある。このことから、地下水の涵養高度に幅のあること、また地下水に最も涵養高度の高いものがあると結論される。

さらに、地下水について地域的特徴を考察すると、北の方ほど $\delta^{18}\text{O}$ 値が小さくなる。これは北麓ほど標高の高い所での涵養水の寄与が大きくなることを示している。このことは、山麓の地形からも頷ける結果である。

4. 河川水の安定同位体組成

河川水に関しては、富士山西側の芝川と潤井川、富士山東側の黄瀬川の3河川について、本流の上流部から下流部までの詳細な測定値、本流に流入する支流の測定値がある。表1にみられるように3河川本流の $\delta^{18}\text{O}$ 値は、富士山西側の潤井川・芝川[-9.8～-8.5%]と富士山東側の黄瀬川[-8.9～-7.5%]で明らかに異なっている。一般的に、河川水の $\delta^{18}\text{O}$ 値はその流

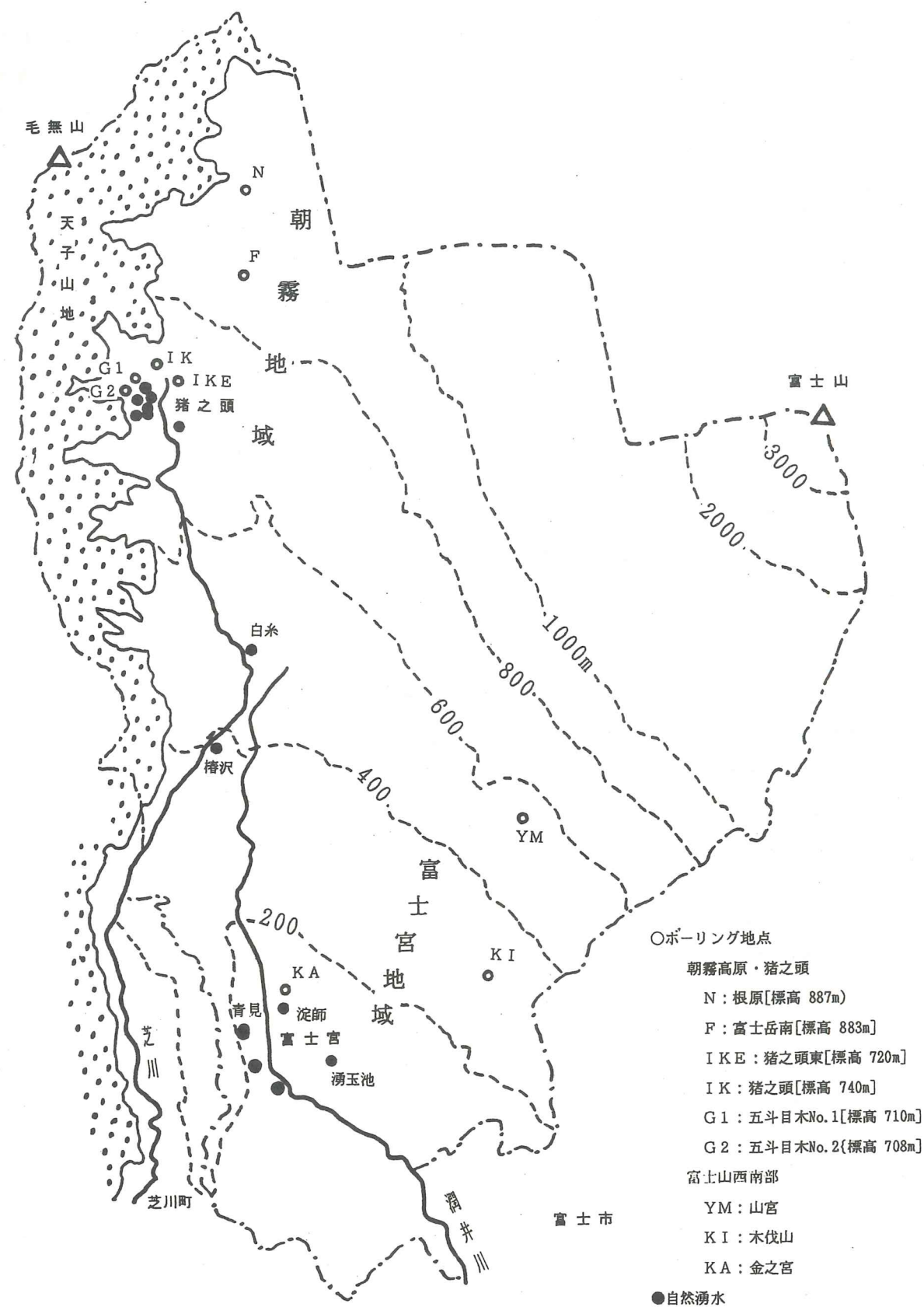


図2 朝霧地域・富士宮地域のボーリング地点及び調査湧水地点

域の湧水・地下水のそれを反映（洪水時を除く）することから、富士山西側の河川すなわち富士宮市を潤している潤井川や芝川は、富士山東側の河川水に比べ相対的に高標高の涵養水の寄与が大きいことを示している。すなわち、富士宮市では河川水だけでなく、湧水・地下水も富士山系の水の依存度が高いといえる。δD値についても、全く同様であり、このことは富士山東側の黄瀬川は富士山だけでなく、比較的高度の低い箱根山や愛鷹山からの供給水の寄与の大きいことを暗示している【中井ら(1995)；中井(1995)】。

さらに、河川の流動にともなうδ¹⁸O値の変化を詳細にみると、富士山の高所で涵養された地下水が支流水を涵養、本流水に付加する場所が本流流域に沿って不連続的に存在することがわかる。その場所は、

潤井川流域-----河口からの距離約25~22kmと約5~2kmの地域

芝川流域-----富士川合流点からの距離約22~28kmの地域

黄瀬川流域-----河口からの距離約28~20kmと約8km~5kmの地域

である。また、逆に比較的低高度の水の涵養場所は、

潤井川流域-----河口からの距離約5~15kmの地域

黄瀬川流域-----河口からの距離約10~20kmの地域

であることがわかる。

5. 朝霧地域及び富士山南西麓の地下水

平成2年及び平成3年に実施された富士宮市朝霧地域地下水調査で得られた朝霧ボーリング・湧水の分析結果、平成5年及び平成6年に実施された富士宮ボーリング・湧水調査の分析結果をもとに考察する。尚、これらの調査地点は図2に示した。

1) 地下水の帯水層別特徴—安定同位体(δ¹⁸O)

前項で涵養源の異なる地下水の平面的な分布について述べた。そこで、次に地下水の帯水層深度による涵養源の特徴を探ってみる。分析結果について詳しくは、朝霧地域は「富士宮市北部 朝霧地域地下水調査研究報告書」(平成4年3月, 富士宮市・静岡大学理学部, p.13-14)を富士宮地域は本報告書(p.4-5)を参照されたい。ボーリング井及び調査湧水の地点は図2及び表2に示した。また、以下の考察に用いる安定同位体δ¹⁸O値、放射性同位体T濃度、溶存全陽イオン濃度(Na⁺+K⁺+Ca⁺⁺+Mg⁺⁺:m.eq./ℓ)も表2に挙げた。

ボーリング孔水のδ¹⁸O値を、それぞれのボーリング孔について深度による変化を図3に示した。朝霧・富士宮両地域とも深い帯水層の地下水ほどδ¹⁸O値が小さくなる傾向がみられ、深い地下水ほど高所で涵養されたものであることを示している。朝霧高原の富士丘南ボーリングの深度103-145mの地下水では、δ¹⁸O値が-11.3%で今回の調査の最低値であり、T濃度も1.2TUの低い値を得た。このことは、この地下水は最も高い所で涵養され、地下での滞留時間が非常に長かったことを示唆している。そして、この地下水は今回の朝霧調査で得られた試水中で唯一の古富士泥流層のものであった。ボーリング①猪之頭東(IKE)、②猪之頭(IK)、③

表2 朝霧・富士宮両地域のボーリング孔帯水層別地下水及び湧水のδ¹⁸O値、T濃度、溶存全陽イオン濃度

試料名	孔井名 湧水名	地表 標高 (m)	帯水層 深度 (m)	δ ¹⁸ O (‰)	T (TU)	溶存全 陽イオン (m.eq./ℓ)
朝霧地域						
ボーリング孔水						
FS	富士丘南	863	101	-8.9	5.7±0.4	1.718
F			103-145	-11.3	1.2±0.3	4.958
N-1	根原	887	83-86	-9.5	8.8±0.4	0.969
-2			92-99	-9.4	8.8±0.4	1.097
-3			106-111	-9.3	9.8±0.4	0.997
-4			130-134	-9.5	9.3±0.4	1.117
-5			134-141	-9.8	11.1±0.4	—
IKE-1	猪之頭東	720	48-56	-10.0	10.2±0.4	1.106
-2			56-67	-10.3	11.1±0.4	1.004
-3			71-88	-10.3	11.1±0.4	1.123
-4			107-116	-10.3	10.7±0.4	—
IK-1	猪之頭	740	51-54	-9.0	9.3±0.4	0.773
-2			66-70.3	-9.3	9.6±0.4	0.826
-3			82-85	-9.6	11.0±0.4	0.863
-4			109	-9.6	11.0±0.4	0.995
G1-1	五斗目木No.1	710	17.6-23.2	-8.9	7.5±0.4	0.694
-2			41.2-52.8	-9.0	7.7±0.4	0.705
-3			59.3-80.0	-8.9	7.5±0.4	0.674
G2-1	五斗目木No.2	708	29.7-31.9	-9.0	8.4±0.4	0.665
-2			39.9-48.0	-9.2	10.9±0.4	0.934
湧水						
1	猪之頭湧水No.1	720	—	-9.1	8.7±0.4	0.873
2	猪之頭湧水No.2	705	—	-9.0	8.1±0.4	0.753
3	五斗目木湧水1	705	—	-9.0	7.1±0.4	0.674
富士宮地域						
ボーリング孔						
YM-1	山宮	540	41-76	-7.9	4.3±0.3	—
-2			145±	-9.4	7.7±1.0	—
KI-1	木伐山 (村山)	312	85-100	-8.4	2.2±0.3	—
-2			100-110	-8.4	0.8	—
KA-1	金之宮神社 (淀師)	158	32-35	-8.7	4.9±0.4	—
-2			53.3-66.3	-8.9	4.1±0.4	—
湧水						
1	湧玉池		—	-8.5	4.5±0.4	—
2	淀師		—	-9.0	5.5±0.4	—
3	青見(大中里)		—	-9.0	5.1±0.4	—
4	白糸		—	-9.5	6.2±0.4	—
5	椿沢		—	-9.5	6.8±0.4	—

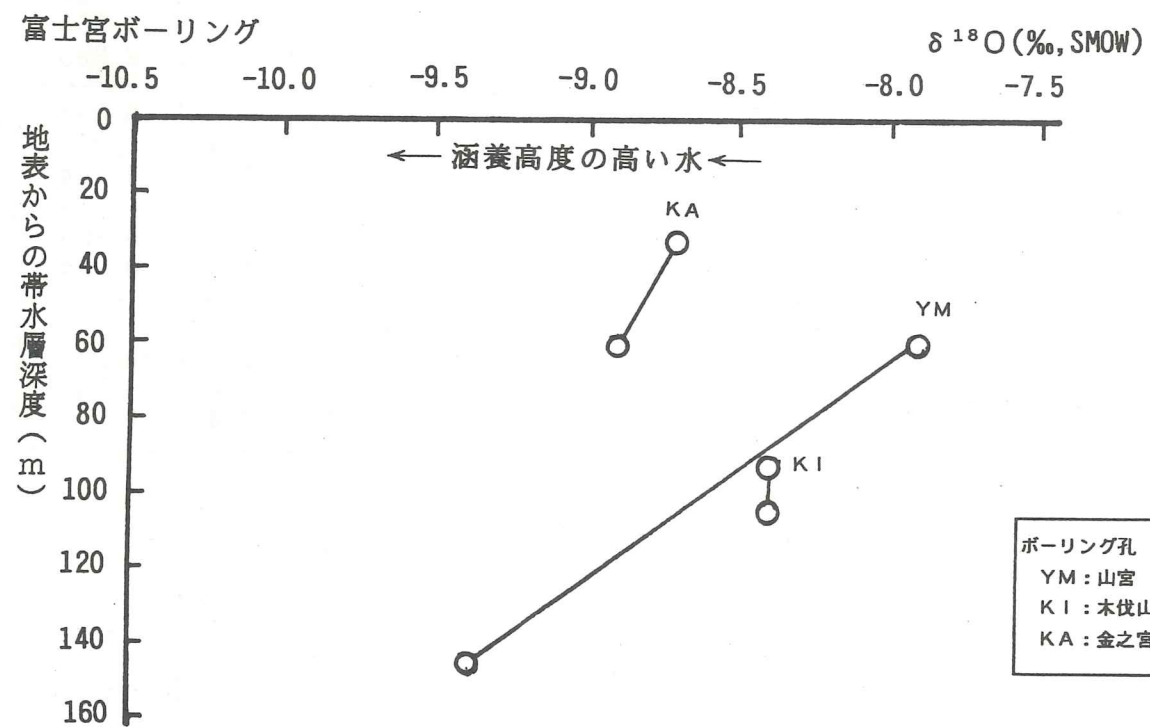
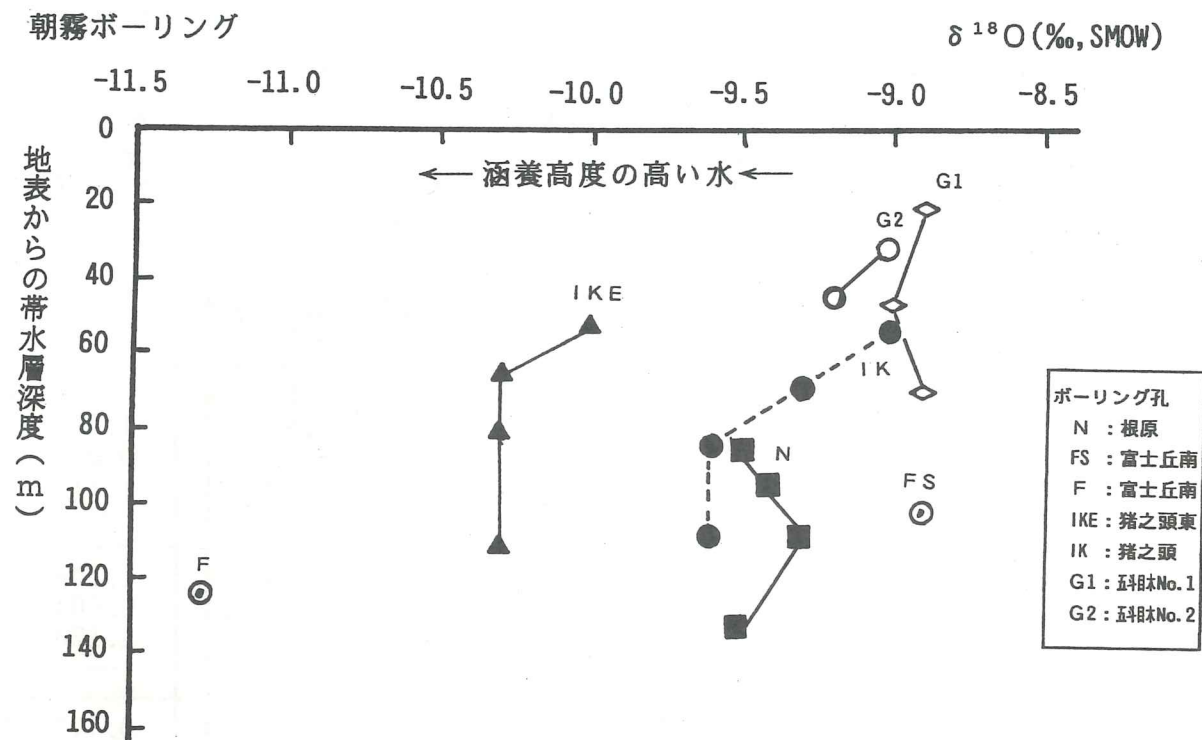


図3 朝霧地域・富士宮地域のボーリング孔水(帯水層別)の $\delta^{18}O$ 値の深度変化

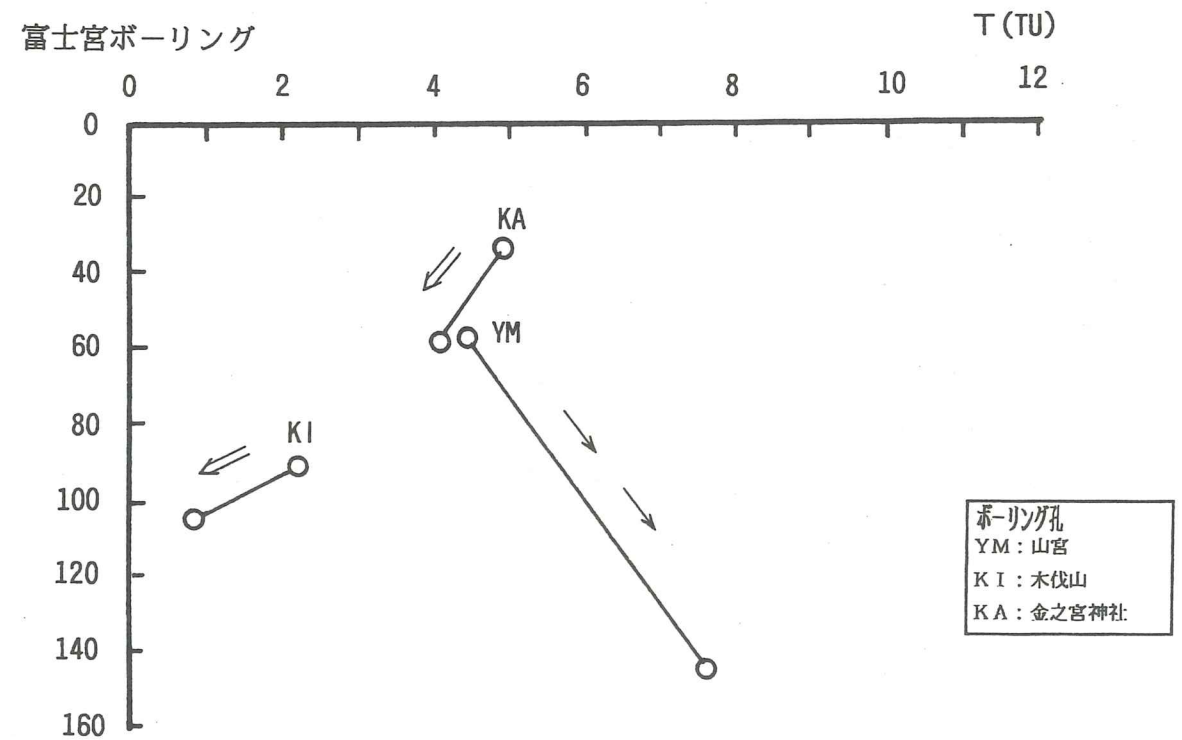
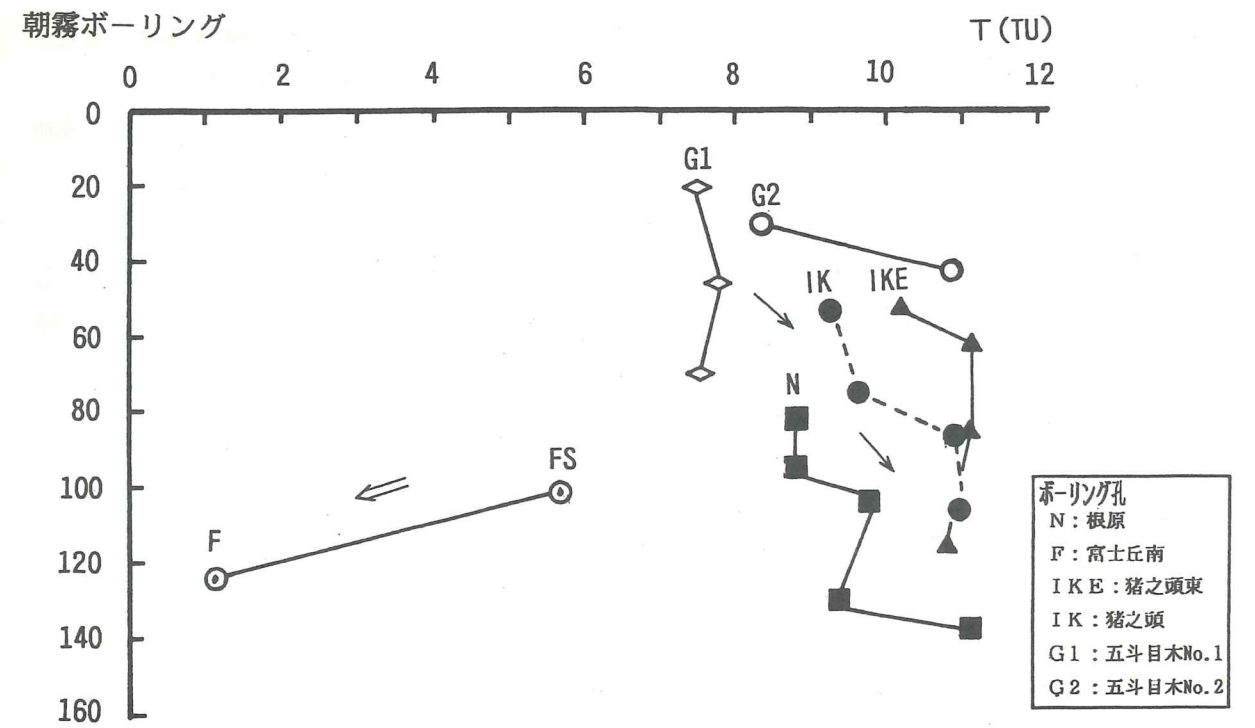


図4 朝霧地域・富士宮地域のボーリング孔水(帯水層別)のT(トリチウム)濃度の深度変化

五斗目木No.1(G1)と五斗目木No.2(G1)の順に(北東→南西)次のように $\delta^{18}\text{O}$ 値は大きくなる。

富士山 → ① -10.3~-10.0% → ② -9.6~-9.0% → ③ -9.2~-8.9% ← 天子山系

この傾向は①、②、③の順に富士山に比べかなり標高の低い天子山系の地下水が混入する割合が大きくなっていることを示している。

富士宮ボーリングの結果で、各ボーリングの最も浅い帯水層の地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 値をみると①山宮(標高:540m, 深度:41-76m)、②木伐山(標高:312m, 深度:85-100m)、③金之宮神社(標高:158m, 深度:32-35m)の順に $\delta^{18}\text{O}$ 値は次のように小さくなる。

富士山 → ① -7.9% → ② -8.4% → ③ -8.7%

すなわち、自由地下水面の地下水は標高の低い所ほど高所涵養型であることを物語っている。

いずれにしても、この両地域の“深い地下水ほど高所涵養型”であるという結果は、富士山東側の黄瀬川流域の“浅い地下水ほど高所涵養型”(中井ら, 1995)であるのとは対照的である。

2) 帯水層別地下水の特徴—放射性同位体トリチウム(T)

次に、地下滞留時間の目安になるT濃度についてながめてみる。表2に示したようにT濃度は、

朝霧地域

6ボーリング孔帯水層別20試水--- 1.2~11.1TU (2試水を除き7.5~11.1TU)

湧水(3ヶ所) ----- 7.1~ 8.7TU

富士宮地域

3ボーリング孔帯水層別6試水--- 0.8~ 7.7TU

湧水(5ヶ所) ----- 4.5~ 6.8TU

ボーリング孔水及び湧水ともに、T濃度は相対的に朝霧地域で高く富士宮地域で低い。そして、両地域とも湧水のT濃度は、ボーリング水の最低~最高値の中間の値をとる。T濃度は地下での滞留時間が長いほど放射崩壊(半減期 $T_{1/2}$: 12.4年)によって減少するが、その地下滞留時間(t)とT濃度(N)との関係は次の式で表される。

$$t(\text{年}) = \frac{T_{1/2}}{0.693} \ln \frac{N_0}{N} \quad \text{----- (1)}$$

N_0 : 地下へ浸透した時のT濃度

そこで、まずT濃度とボーリング孔水の帯水層深度の関係をみると、図4の如くである。この図から、両地域とも、

- ① T濃度<約5TUでは、深度とともにT濃度は減少し、
- ② T濃度>約5TUでは、深度とともにT濃度は増加する

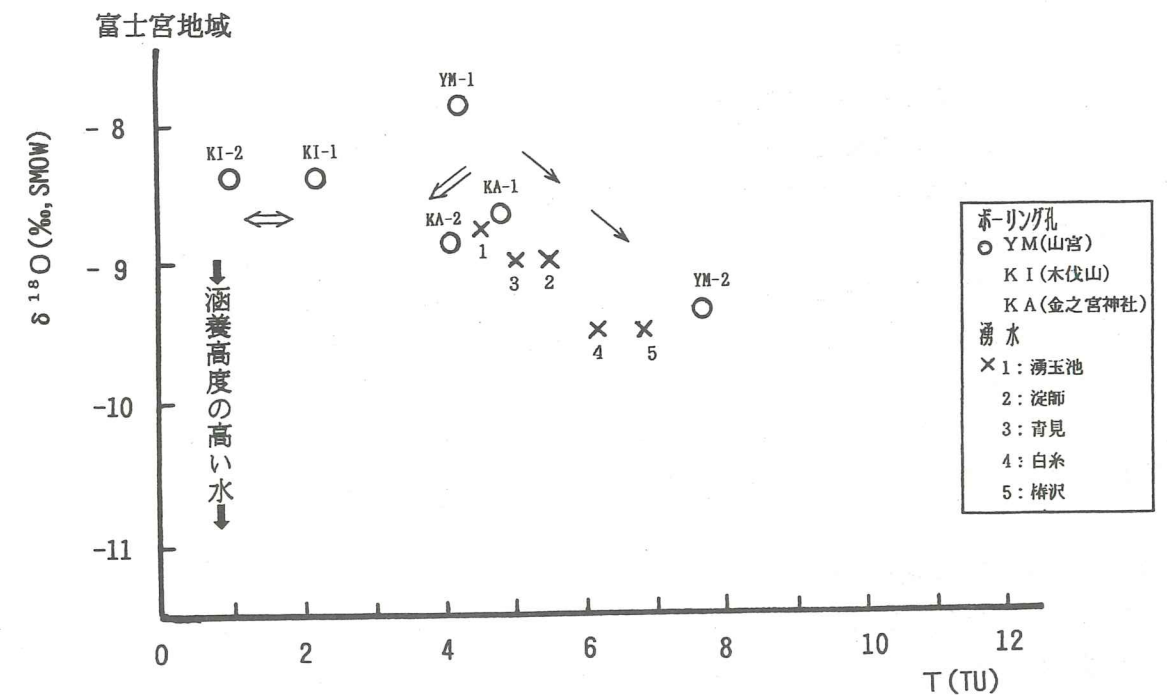
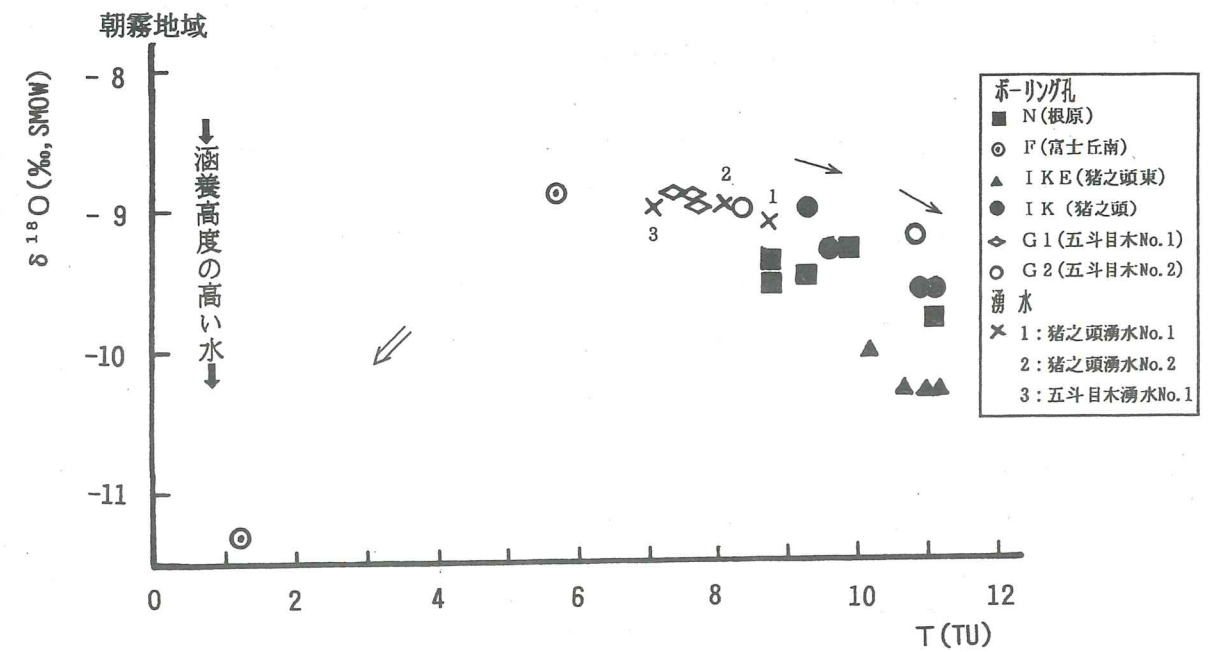


図5 朝霧地域・富士宮地域のボーリング孔水(帯水層別)及び湧水のT(トリチウム)濃度と $\delta^{18}\text{O}$ 値の関係

傾向を示す。本来であれば、深度の深い帯水層ほど地下滞留時間の長い古い地下水があると考えるのが普通である。従って、②の場合は、明らかに常識から逸脱している。

そこで、さらに詳細に検討するために、涵養高度と関係のある $\delta^{18}\text{O}$ 値とT濃度の関係を考察する(図5)。 $\delta^{18}\text{O}$ 値は、その地下水が降水によって涵養された高度が高いほど小さい値をもつことを前にも述べた(降水の“高度効果”)。従って、

$\delta^{18}\text{O}$ 値小さい程---高所で涵養--->---地下滞留時間長い

$\delta^{18}\text{O}$ 値大きい程---低所で涵養--->---地下滞留時間短い

と考えられる。この考えが正しいとすれば、図5のパターンはT濃度5ないし6TUを境にして、ボーリング孔水

① 低T濃度では、 $\delta^{18}\text{O}$ が小さく高所涵養水ほどT濃度が低くなり、地下滞留時間が長い、または $\delta^{18}\text{O}$ 値が同じでもさらにT濃度が低くなっており(図5の⇒または⇐印)

② 高T濃度では、 $\delta^{18}\text{O}$ が小さい高所涵養水ほどT濃度高く、地下滞留時間が短い傾向を(図5の⇒)

湧水

③ 両地域の湧水も、ボーリング孔水と同じ傾向

を示している。ここでも、②のT濃度の高い水に関しては矛盾を生じる。

さらに、以上の矛盾を確認するため、 $\delta^{18}\text{O}$ 値と溶存化学成分の総量を代表する全陽イオン[m.eq./l(ミリ当量/l): $\text{Na}^+\text{+K}^+\text{+Ca}^{++}\text{+Mg}^{++}$]濃度との関係を図6に示した。その理由は、地下滞留時間が長いほど溶存化学成分の量が増えるので、それと $\delta^{18}\text{O}$ 値の関係を検証するためである。図6から $\delta^{18}\text{O}$ 値と全陽イオン濃度は、きれいな関係、すなわち高い高度で涵養された地下水ほど、溶存化学成分量が多く、地下滞留時間の長いことが示された。湧水についても、図からわかるようにボーリング孔水と同じ傾向がみられた。

以上のT濃度の深度変化、T濃度と $\delta^{18}\text{O}$ や全溶存陽イオン濃度による検証によって、T濃度が5ないし6TU以上の場合は異常であることが判明した。

「地下水・湧水のT濃度の意味」

この両地域のT濃度は上記理由により、5ないし6TU以上を含む地下水・湧水は1963年前後の原水爆実験の影響を蒙った降水(図7)が涵養源になっていると結論される。すなわち、原水爆実験の頃の降水が今になって湧水や深所の地下水となって、朝霧・富士宮地域に到達していることを物語っている。したがって、

- ① T濃度<5ないし6TU以下の地下水は1963年以前に涵養され、T濃度が高いほど地下滞留時間が短く、T濃度が低いほど地下滞留時間が長い、
- ② T濃度>5ないし6TU以上の地下水は1963年以後に涵養され、T濃度が高いほど地下滞留時間が長く、T濃度が低いほど地下滞留時間が短いことになり、(1)式と

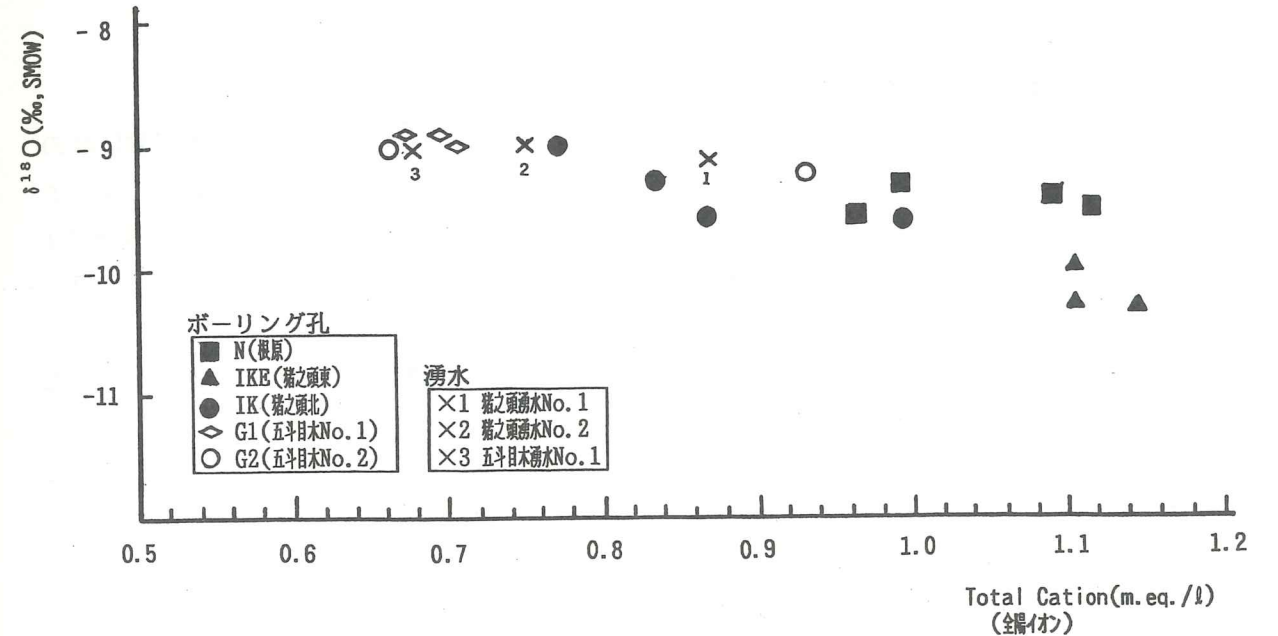


図6 朝霧地域・富士宮地域のボーリング孔水(帯水層別)及び湧水の $\delta^{18}\text{O}$ 値と溶存全陽イオンの関係

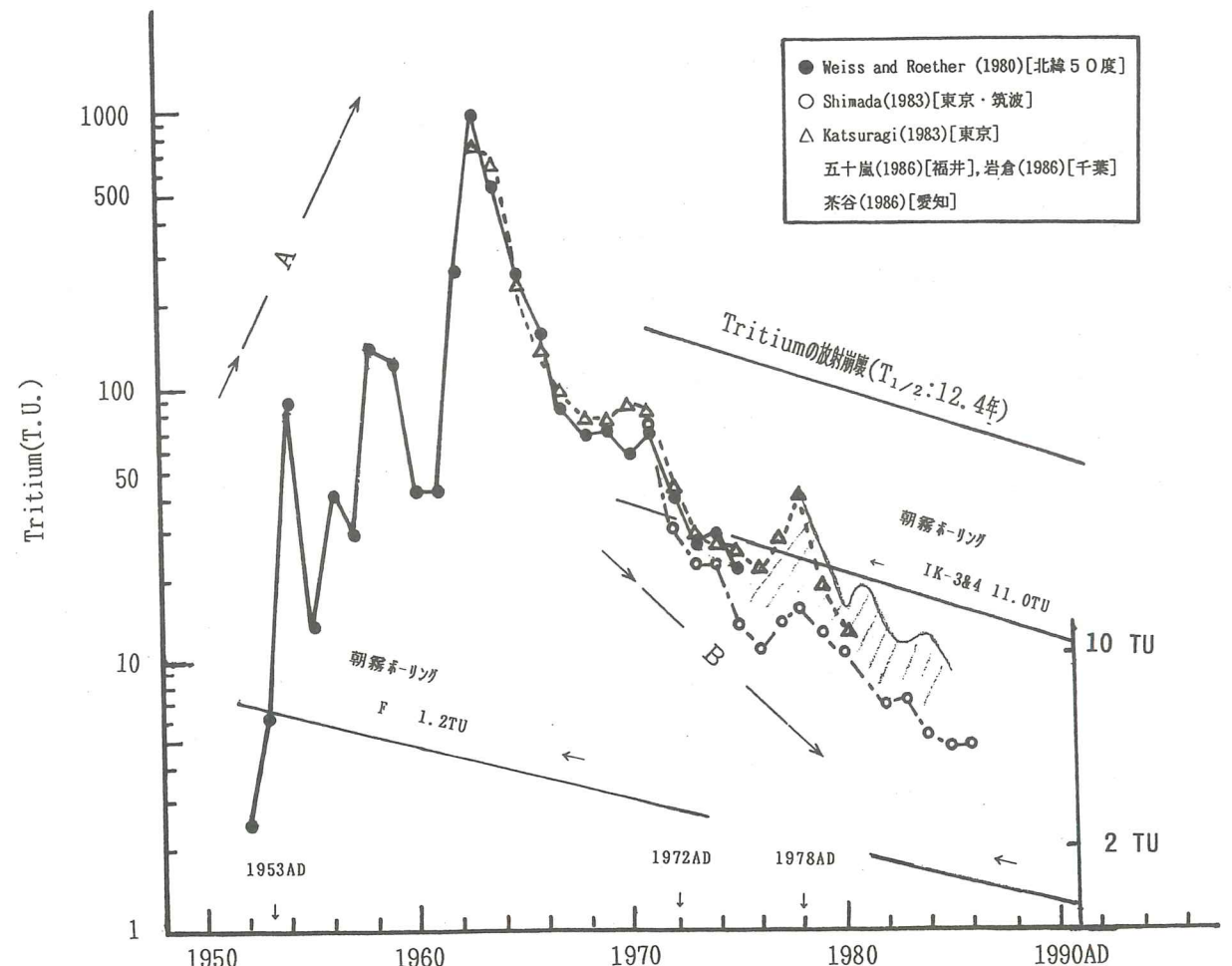


図7 過去における降水のトリチウム(T)濃度の経年変化 [1952~1988年]

は逆の年代傾向を示すことになる。

3) 地下水・湧水の地下滞留時間(年代)の推定

現在降っている降水の年平均T濃度は5~6TUと測定されている。また、原水爆実験以前の降水のT濃度のデータはないため、数年前までは約10TUと推測されていたが、最近になって5.5TU前後ではないかと考えられるようになった。また、富士山頂の1993~1994年の降水のT濃度は2.5TU程度、富士山山頂の井戸水(銀明水:深度3m)のT濃度が3.3TUであったとの報告もある(垣内, 1995)。したがって、今回得られた朝霧・富士宮両地域のボーリング孔地下水や湧水で、少なくとも最近の降水の5~6TU、原水爆実験の影響のない頃の5.5TUよりも高濃度のT濃度の水が見出されたことは、全く矛盾するし、ありえないことである。これらのことと、前項で解析した今回の調査結果を総合すると、富士宮市の湧水や地下水の地下滞留時間すなわち年代をT濃度から推算するには、原水爆実験の影響を蒙った降水を念頭におかすには行なえないことが判明した。

そこで、まず1952年以降1988年までの降水の年平均濃度の経年変化を図7でながめてみる。この図から、

降水のT濃度: 1952年→1963年 増加 [図7の-A→印]、
 1963年----- 最大値(1000TU以上)、原水爆実験による
 トリチウム雨のピーク、
 1963年→1988年 減少 [図7の-B→印]、地上核実験禁止
 による影響

の変化が窺える。

したがって、富士宮市の湧水やボーリング孔水については、試料水のT濃度を試料採水年から図中の“Tritium放射崩壊($T_{1/2}$:12.4年)”直線と同じ傾斜をもった直線で過去に引き戻す。そして、試水のT濃度が5ないし6以下の場合にはA線と、以上の場合にはB線と交差する年(AD)がその試水の地下への涵養年となる。図7に、1991年採水したT濃度=1.2TU(朝霧ボーリング, 富士丘南F)及びT濃度=11.1TU(朝霧ボーリング, 猪之頭IK-3,4)の実例を示した。このようにして、得られた地下滞留時間(年代)のおおよその値は次のとおりである。この推定値を幅をもって表現した。

朝霧地域(1991年採水)ボーリング試水

富士丘南 FS	37[A]	猪之頭東 IKE-1	10~20[B]
F	38[A]	IKE-2,3	15~20[B]
根原 N-1	10~15[B]	猪之頭 IK-1,2	10~15[B]
N-5	15~20[B]	IK-3,4	15~20[B]

試料名	地下滞留時間(年)	試料名	地下滞留時間(年)
五斗目木No.1 G1-1	10~15[B]	五斗目木No.2 G2-1	5~10[B]
G1-2	10~15[B]	G2-2	15~20[B]
G1-3	10~15[B]		

朝霧地域(1991年採水)湧水

試料名	地下滞留時間(年)	試料名	地下滞留時間(年)
猪之頭1	10~15[B]	五斗目木湧水1	5~10[B]
猪之頭2	10~15[B]		

富士宮地域(1993~1993年採水)ボーリング試水

試料名	地下滞留時間(年)	試料名	地下滞留時間(年)
山宮 YM-1	?~10[B]	金之宮 KA-1	35~40[A]
YM-2	15~20[B]	KA-2	35~40[A]
木伐山 KI-1	39[A]		
KI-2	40[A]		

富士宮地域(1993~1993年採水)湧水

試料名	地下滞留時間(年)	試料名	地下滞留時間(年)
湧玉池	35~40[A]	白糸	10~20[B]
野尻養鱒場	35~40[A]	椿沢	10~20[B]
富士フィルム	35~40[A]		

以上のような地下滞留時間が得られた。これらの値はおおよその時間(年代)で、トリチウム雨の降った1963年前後であることは明らかである。正確な時間を知るには、図7のA線かB線の何れを使用するかを的確に知る必要がある。本報告では、その判断をT濃度、 $\delta^{18}O$ 値、溶存全陽イオン濃度を総合的に勘案して、AかB線の選択をした。

6. おわりに

天然水の安定・放射性同位体及び溶存全陽イオン濃度の解析から、

- ① 富士宮市の地下水は、 $\delta^{18}O$ 値から富士山東側とは対照的に高高度涵養型で、富士山水系の依存度が高いことが判明した。
- ② 潤井川流域における地下水の水系の違いが判明し、河川水の $\delta^{18}O$ 値から高高度涵養型(富士山系)と低高度涵養型の供給場所を特定できた。
- ③ 朝霧・富士宮両ボーリング孔帯水層別試料の $\delta^{18}O$ 値の深度変化から、深層部ほど高高度涵養型、浅層部ほど低高度涵養型であることが明らかになった。これは、富士山東側の黄

瀬川流域・御殿場とは全く逆である。

④ T濃度の深度分布、 $\delta^{18}\text{O}$ 値との関係、溶存全陽イオン濃度との関係及び降水のT濃度の1952～1988年の経年変化等々から、現在湧出している地下水・湧水は明らかに原水爆実験の影響を受けた降水が涵養源となっていることが確認された。

⑤ 原水爆実験の影響を蒙ったとして、T濃度から地下滞留時間を推算した結果、今回の朝霧・富士宮ボーリング孔水、湧水の地下滞留時間は、

朝霧：ボーリング孔---- 5-10～38年 富士宮：ボーリング孔--10-20～40年
湧水 ---- 5-10～10～15年 湧水----10-20～35～40年

算出され、古い水で約40年、新しい水で5-10年であった。

7. 今後の課題

今回のボーリングによる調査により、我々に貴重なデータを提供して頂いた。特に、「T濃度について原水爆実験の影響を受けた降水が供給源であった」という結論を出せたことは、おおよそその地下滞留時間を絞り込むのに充分であった。今後はボーリング孔や湧水のT濃度の経年変化を追跡し、T濃度が増加していくのか減少していくのかを確認することにより、より精度の良い地下滞留時間を得るべく努力すべきである。また、湧水の場合、湧水量と $\delta^{18}\text{O}$ 値、T濃度、水温との関係を把握し、帯水層の規模を把握すべきである。

【文献】

- 垣内正久(1995): 富士山およびその周辺の地表水のトリチウム濃度. 「富士山の地下水流動系の研究」文部省科学研究費研究成果報告書(代表者:高山茂美), p.56-64.
- 丸井敦尚・安原正也・河野 忠・佐藤芳徳・垣内正久・檜山哲哉・鈴木裕一・北川光雄(1995): 富士山北麓西湖の水質と湖底湧水. ハイドロロジー, 25, p.1-12.
- 水谷義彦(1986): 水文学に望まれる諸問題—安定同位体水文学—. ハイドロロジー, 16, p.74-82.
- 中井信之(1986): 地下水研究への同位体の利用. 地学雑誌, 95, p.15-22.
- 中井信之(1992): 天然水の同位体組成による富士山周辺の地下水の研究. 富士宮市北部 朝霧地域地下水調査報告書, 富士宮市・静岡大学理学部, p.33-35.
- 中井信之・土 隆一(1994): 富士山及び周辺の地下水・河川水の安定同位体組成とその水文科学への応用. 日本水文科学会講演予稿集, 8, p.18-21.
- 中井信之・菊田直子・土 隆一(1995): 富士山及び周辺の地下水・河川水の安定同位体組成とその水文学への応用. ハイドロロジー, 25, p.71-81.
- 早稲田・中井信之(1983): 中部日本・東北日本における天然水の同位体組成. 地球化学, 17, p.83-91.
- 土 隆一(1992): 富士宮市北部朝霧地域地下水の水理地質学的研究. 富士宮市北部朝霧地域地下水調査報告書, 富士宮市・静岡大学理学部, p.1-22.

富士宮市の地形・地質と水資源

土 隆一

(静岡大学名誉教授・地球科学)

1. はしがき
2. 富士宮市内各地の地下水について
3. 天子山地の降水量
4. 芝川・潤井川の河川流量
5. 富士山の地形・地質と水資源—特に西側斜面について
6. 富士宮市の地下水

1. はしがき

平成5年から3年間、富士宮市の地下水の解明のため、3地点のボーリングによる調査、地下水・湧水の水質分析、天子山地の降雨量調査、芝川・潤井川両水系の流量調査等を実施し、多くの貴重な資料を得ることができた。この調査結果をもとに、富士山西側斜面、天子山地東側斜面を含む富士宮市全域の地下水の地下水系と地下水涵養について検討したので以下に述べる。

2. 富士宮市内各地の地下水について

1) 木伐山(古富士泥流)の地下水

古富士火山の泥流堆積物は一般に新富士火山溶岩の下にかくれて分布するが、富士宮市街北東の粟倉、木伐山一帯は古富士泥流が直接地表に露出し、堆積当時の地表面の面影が残されている数少ない地域の1つである。このような地域の地下の地質や地下水の状態はどのようになっているのかまだよくわかっていない。そこでこれらを解明するための一助として、木伐山で地質・地下水調査のためのボーリングをおこなった(図1,2)。

標高312mの地点“木伐山”で地表下110mまで掘削をおこなった結果、黒色火山灰質表土約2m以下は、ほとんどが類似の様な泥流状岩相であった。そして、全体が不透水ないし難透水性の泥質の地層であるためか、地下水は地表下約40m以下の部分でところどころから少しずつしみ出してくるような状況であった。このことは湧水圧と孔内微流速測定結果に示されている。水質分析のヘキサダイアグラムは図3に示す。酸素同位体濃度 $\delta^{18}\text{O}$ は-8.4‰、水素同位体濃度 ^3H はトリチウムユニット 2.2 ± 0.3 と 0.79 —が得られている。この値から見ると、 $\delta^{18}\text{O}$ はそれほど軽い値ではないが、 ^3H についてはかなりの長年月を暗示している。孔内の地下水位は平成5年7月24日から観測をはじめたが、8月中旬から水位は上昇し、10月が最も高く、12月から徐々に下降するという全体的に緩慢に降水に対応する傾向を示した。なお、平成3年は白糸では8-10月の降水量が最も多かった。

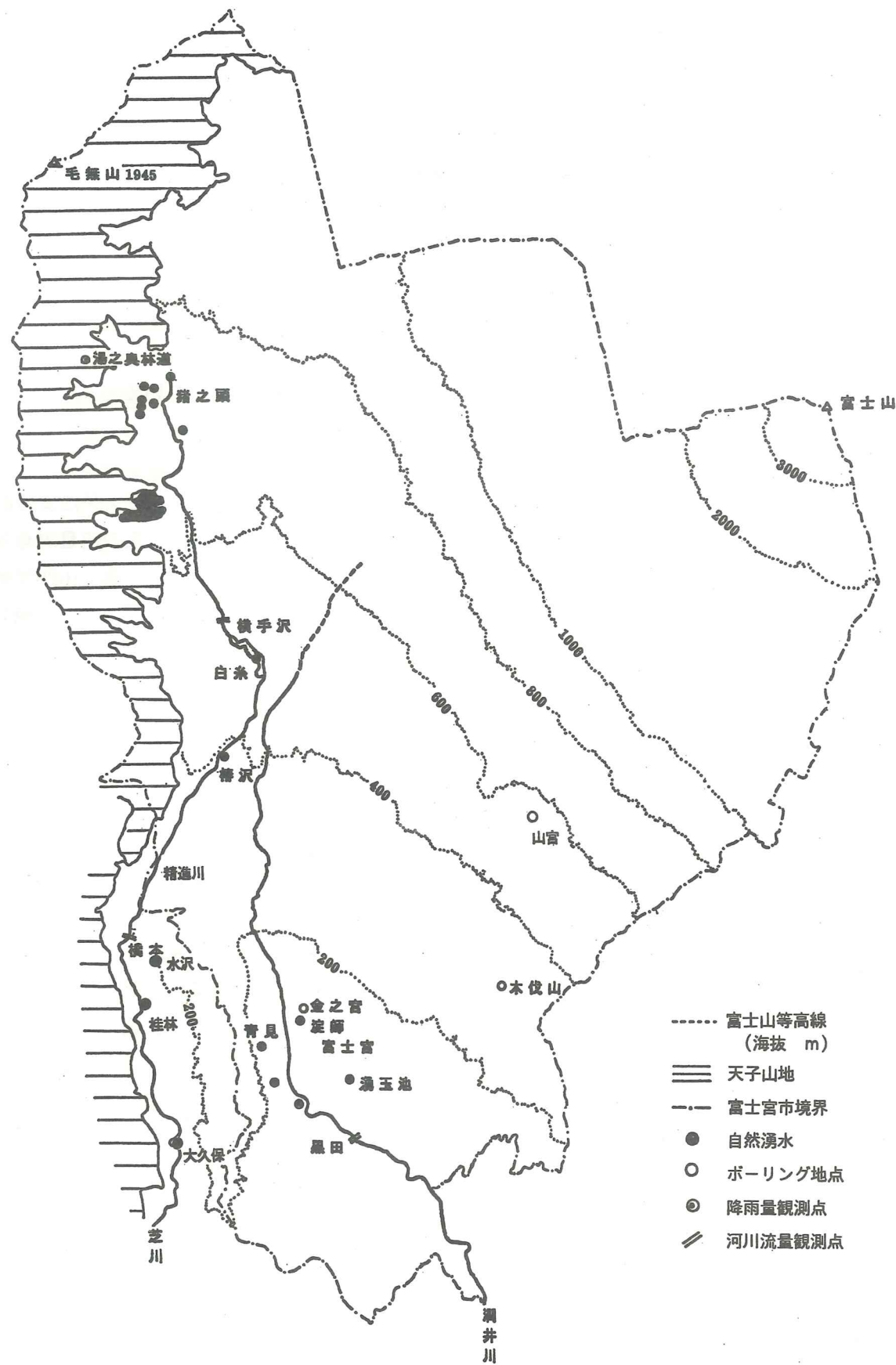


図1 富士宮市地下水調査地点図

2) 金之宮 (外神溶岩) の地下水

富士宮市街北西部の淀師は自然湧水が古くから知られているが、その水源については湧玉池と同じく新富士火山の富士宮溶岩に由来し、富士宮溶岩中の地下川が二又にわかれ湧玉池と淀師に湧出しているのではないかと考えられていた。一方、同じ新富士火山溶岩ではあるが、富士宮溶岩より少し古い外神溶岩が北方から淀師付近まで流下しているが、この溶岩中には地下水があるのかどうか今までのところよくわかっていない。そこで、淀師湧水群のすぐ北側にあたる金之宮神社境内でボーリングによる地質・地下水調査をおこなった(図1, 2)。

金之宮神社境内は外神溶岩上に位置し、淀師湧水のすぐ北側の丘の上にある。標高158m地点で地表下70mまでボーリングによる調査をおこなった。その結果、地表下60.4mまで玄武岩溶岩層が続き、褐色の薄いローム質火山灰層をはさんで、それ以下に古富士泥流層が分布することがわかった。溶岩層は間にクリンカー部分をはさむ5つの層からなっており、地下水は3層と4層の間の地表下約24m、4層と5層の間の地表下約33-35m、溶岩基底部の地表下約60mのいずれも破碎部分で湧水している。このことは孔内湧水圧と微流速の測定結果に示されている。孔内の地下水位は平成5年7月24日から観測をはじめたが、ここでも8月中旬から上昇し、10月11日が最も高く、12月中旬から低下するといったように、降雨にひとつひとつ敏感には反応しない全体として緩慢な傾向を示している。これは外神溶岩の中上流部の大部分が新しい別の溶岩におおわれているといったことに起因すると考えたい。

ところで、この金之宮の地下水のうち、特に最上部のものは淀師の湧水になっているか、あるいは青見の湧水になっているかも知れないと考え、それらの水質分析をおこなってヘキサダイアグラムを作成したところ(図3)、互いにきわめて近い値を示し、比較のためおこなった湧玉池よりも上記の4者が互いに近似しているように見える。このことから、金之宮の地下水は淀師及び青見に湧出しており、大宮溶岩に由来する湧玉池とは別系統の外神溶岩の地下水ではないかと考えている。なお、去る平成3年9月に富士山北部の大雨のため富士五湖の異常増水があった際、湧玉池周辺よりも淀師、青見周辺で河岸から平常は見られないような多量の湧水があったが、このことは北方から流下した外神、馬見塚、北山それぞれの溶岩流中の地下水が沖積面下の末端でそれぞれ湧出したと考えるとこれらの事象をよく説明することができる。

3) 山宮 (富士山麓高所 標高540m) の地下水

富士山麓のできるだけ高所の地下水の状況を調査する目的で、標高540mの山宮の篠坂地内、新富士火山富士宮溶岩流の上流側分布範囲と考えられる地点で、地表下194mまで堀削した。地下の地質状況は、地表下38mまでは新富士火山の噴出物で溶岩層と凝灰角礫岩層との互層、それ以深は古富士火山噴出物で、ときに厚さ約2mの溶岩層をはさむが、

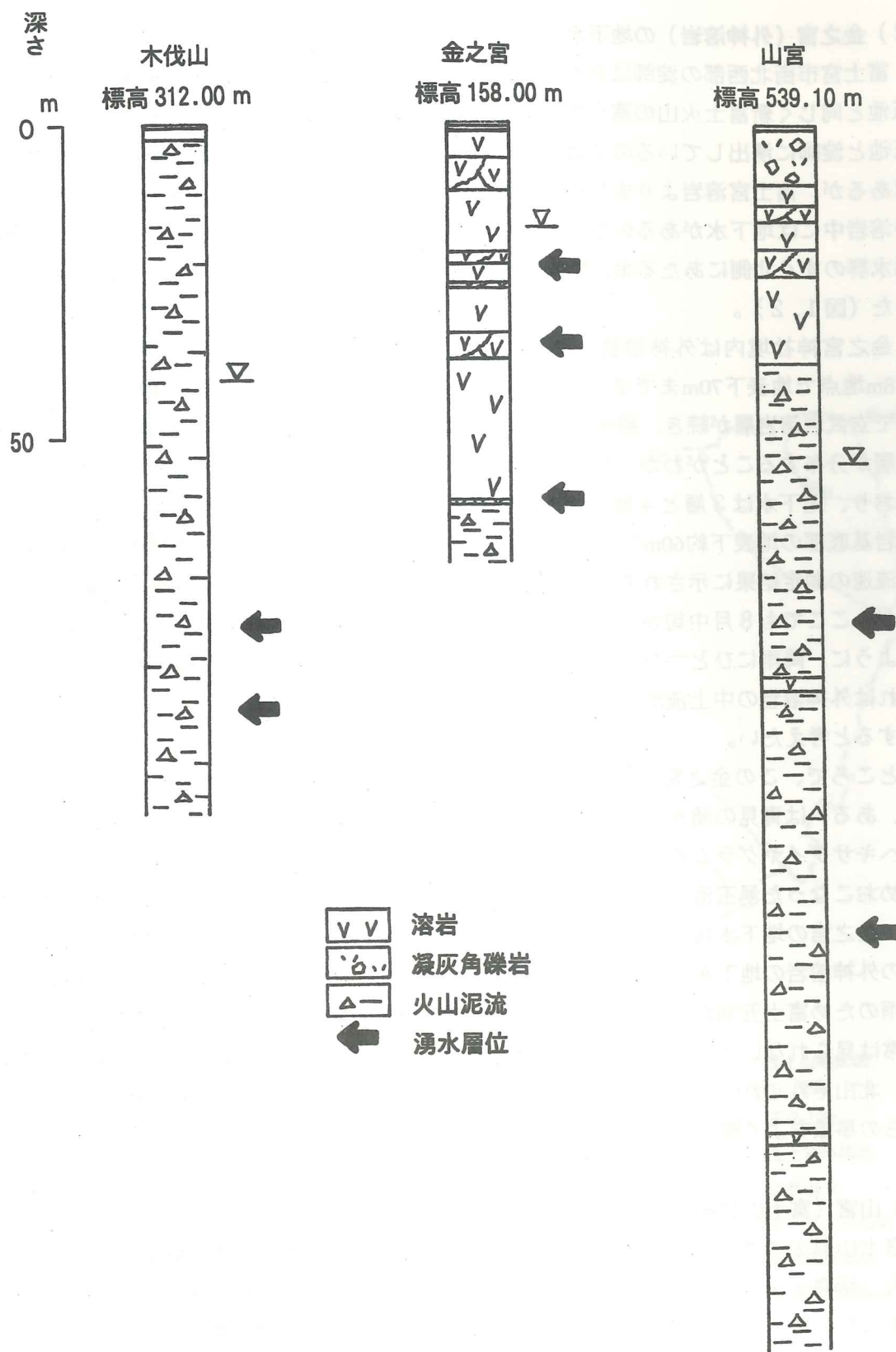


図2 木伐山, 金之宮, 山宮の地質柱状図, 自然水位と湧水層位

	水質分析	TR	$\delta^{18}O$	採水年月日
木伐山① 85-100 m		2.2 ± 0.3	-8.4	1993/ 6/14
木伐山② 100-110 m		0.79-	-8.4	1993/ 6/16
湧玉池		4.5 ± 0.4	-8.5	1993/ 7/12
金ノ宮神社① 32-35 m		4.9 ± 0.4	-8.7	1993/ 7/ 5
金ノ宮神社② 53.3-66.3 m		4.1 ± 0.4	-8.9	1993/ 7/12
淀師 (養鱒場)		5.5 ± 0.4	-9.0	1993/ 7/12
青見		5.1 ± 0.4	-9.0	1993/ 7/12

図3 富士宮ボーリング・湧水・水質分析 平成5年

1.0 0.5 0 0.5 1.0(epm)

+ Na⁺⁺ K⁺ Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ Cl⁻ HCO₃⁻ SO₄⁻

	水質分析	TR	$\delta^{18}O$	採水年月日
YM-1 山宮-1 41-76 m		4.3 ± 0.3	-7.9	1994/ 6/21
YM-2 山宮-2 145 m		7.7 ± 1.0	-9.4	1994/ 8/26
白糸		6.2 ± 0.4	-9.5	1994/ 1/12
椿沢		6.8 ± 0.4	-9.5	1994/ 1/12

図4 富士宮ボーリング・湧水・水質分析 平成6年

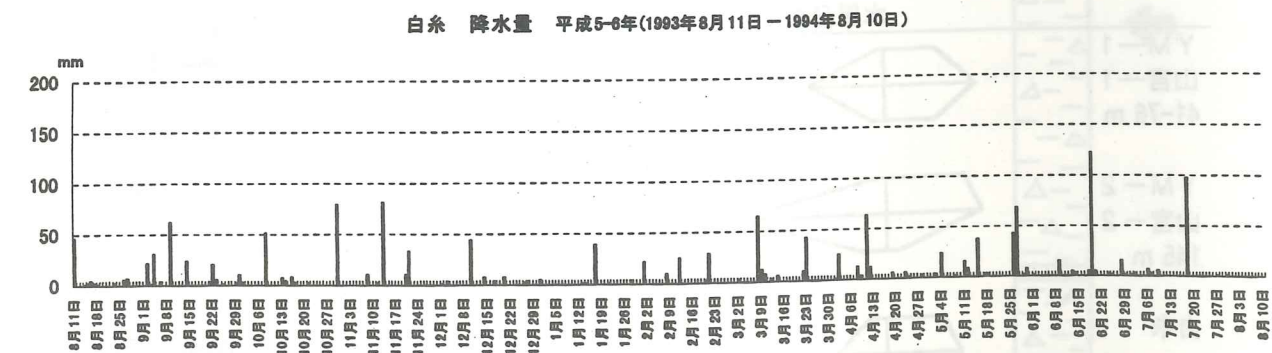
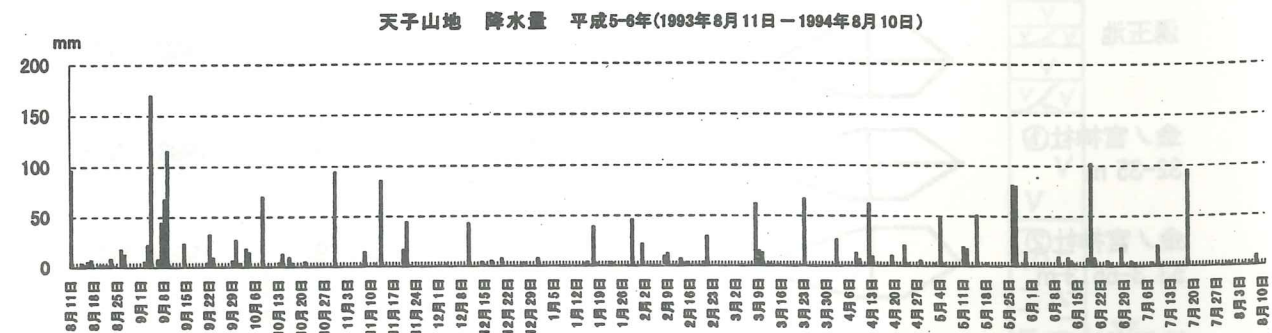


図5 天子山地・白糸の降水量

ほぼ全体が火山泥流層であった(図1, 2)。

地下水は上部の溶岩と凝灰角礫岩の互層中にはなく、古富士泥流層の上部(深さ41-76m)と下部(154m以深)に滲み出すような形で見られた。この点で地下水の状況は木伐山に類似する。

以上のように、富士山麓の高所に行くとも溶岩中の浅所で地下水を見出すことは一般的に難しくなることと、その下位の古富士泥流層中では、深く掘削することによっていくつかの層準からある程度地下水を得ることができるといった状況であることがわかった。水質分析ヘキサダイアグラムは昨年度実施した同じ古富士泥流層中の木伐山のそれに類似するが、トリチウム濃度は深所では比較的高く、酸素同位体濃度は深所では低い値であった(図3, 4)。

4) 椿沢湧水の水源地

白糸滝南西方にあたる椿沢湧水はこれまで水源地がどこであるかについては不詳であった。古富士泥流堆積物の直下なので古富士泥流が水源地の可能性もあったし、また位置的に天子山地に近いことから天子山地に由来すると考えることもできた。

今回水質分析を白糸の湧水と比較しながら行ったところ、ヘキサダイアグラム、トリチウム濃度、酸素同位体濃度の何れも互いにきわめて近い値であることが明らかとなった。この結果から見ると、両者の水源地は共に新富士火山白糸溶岩流に由来するもので、その中をそれぞれ被圧地下水として流下し、その末端近くから湧き出した湧水とすることがもっとも妥当と思われる(図4)。

このようなことから考えてみると、富士宮溶岩流、外神溶岩流、白糸溶岩流、猪之頭溶岩流などのように新富士旧期溶岩流のうちでも大規模に流下したものは、それぞれの中を地下水が流れ、末端にほぼ1ヶ所程度の自然湧水が見られると考えてよさそうである。

3. 天子山地の降水量

天子山地でどれ位の降雨があるのかは、これまで全く資料がなく、富士宮市の水収支を検討するにはどうしても必要であったため、昨年度に引き続き、天子山地東側斜面の湯之奥林道標高920m地点で降雨量連続観測を実施し、通算して1年間の総降雨量を得ることができた。また、これと白糸との比較も出来るようになった(図5)。

平成5年8月から平成6年7月までの1年間、多少の欠測日があったが、湯之奥林道(標高920m)における総降水量は2313mmであった。これを白糸観測所(標高530m)の値1608mmと比較すると140%と多い。わずか1年間の値ではあるが、各月について見ると6月は白糸と湯之奥林道でほぼ同量の降雨があったが、その他の月はいずれも湯之奥林道の方がより多かったので、この傾向は一般的と見なすことができそうである。

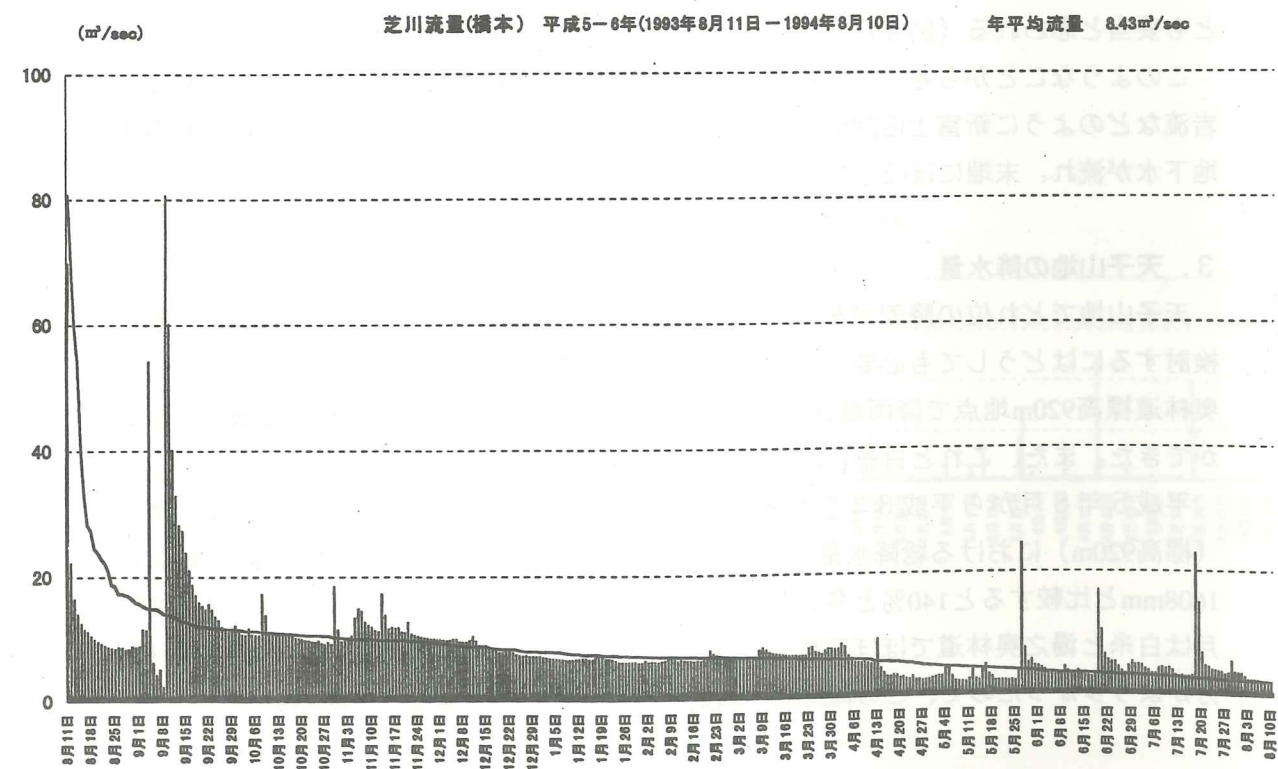
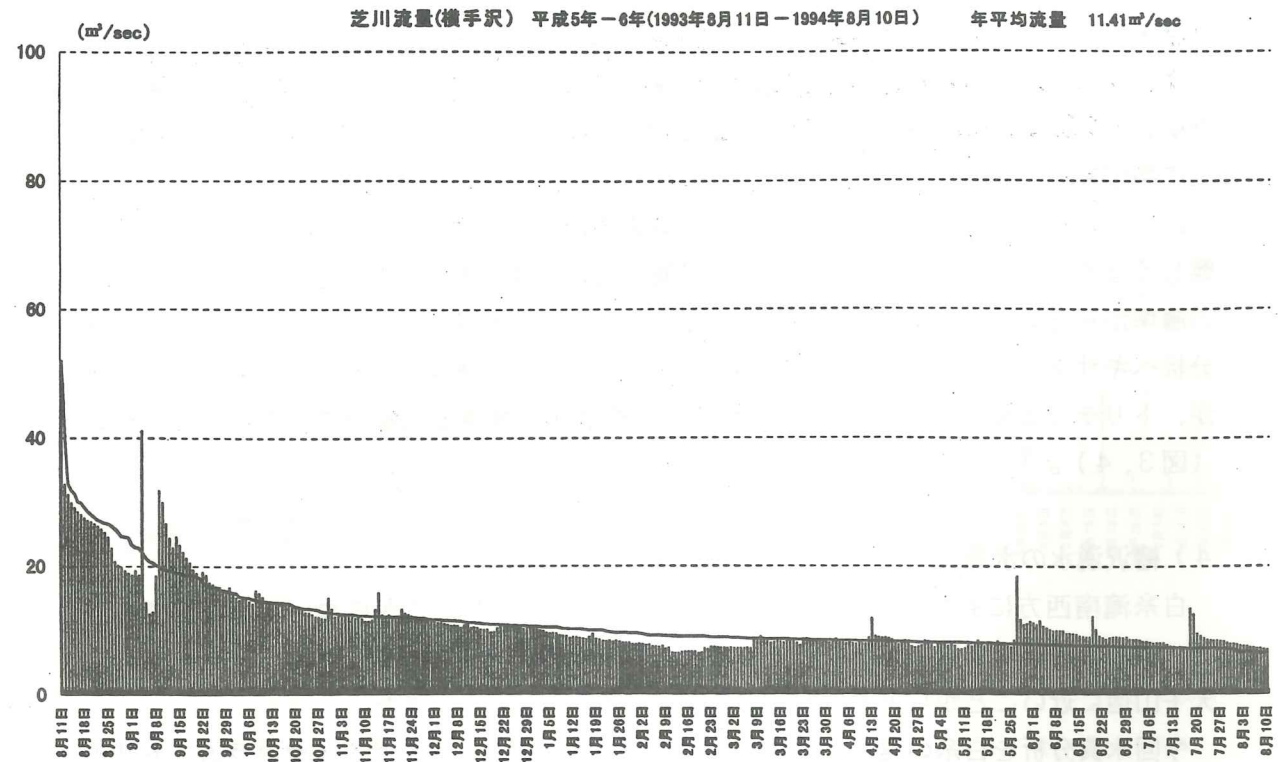


図6 芝川水系 横手沢、橋本の流況曲線

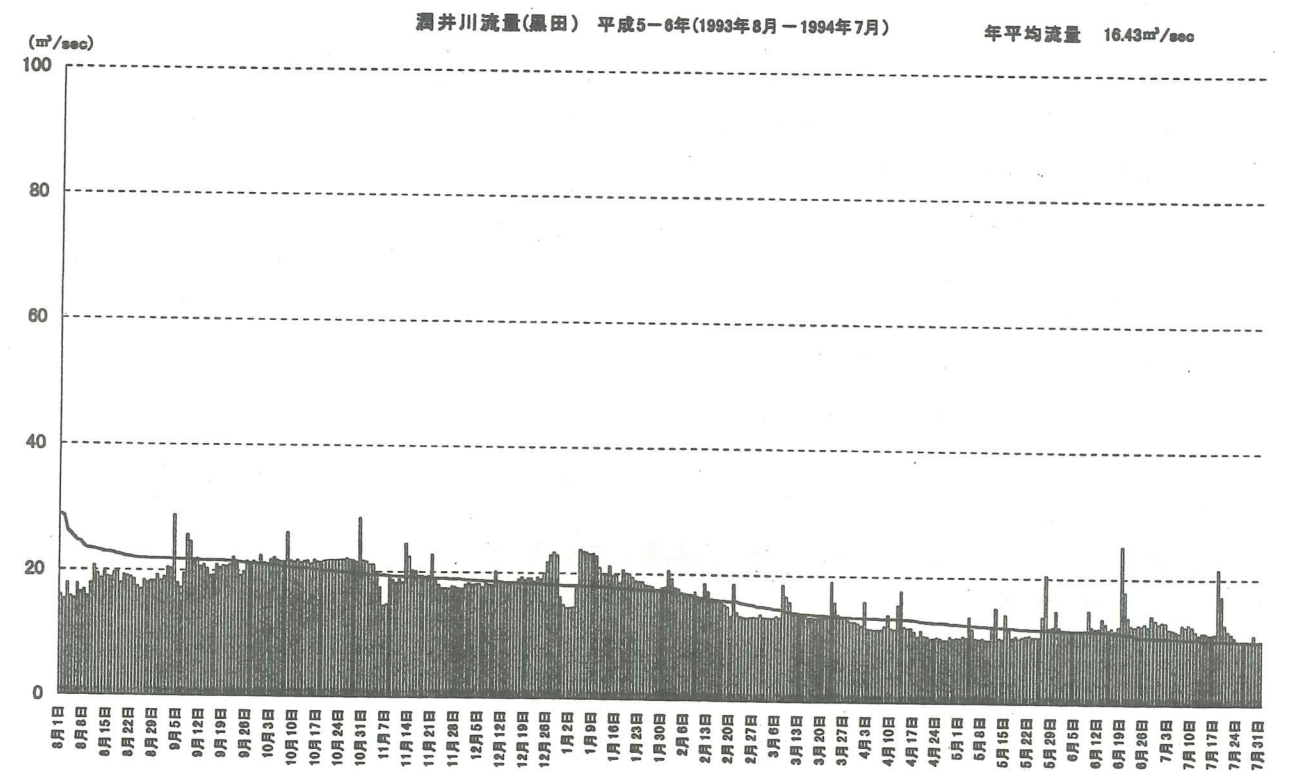
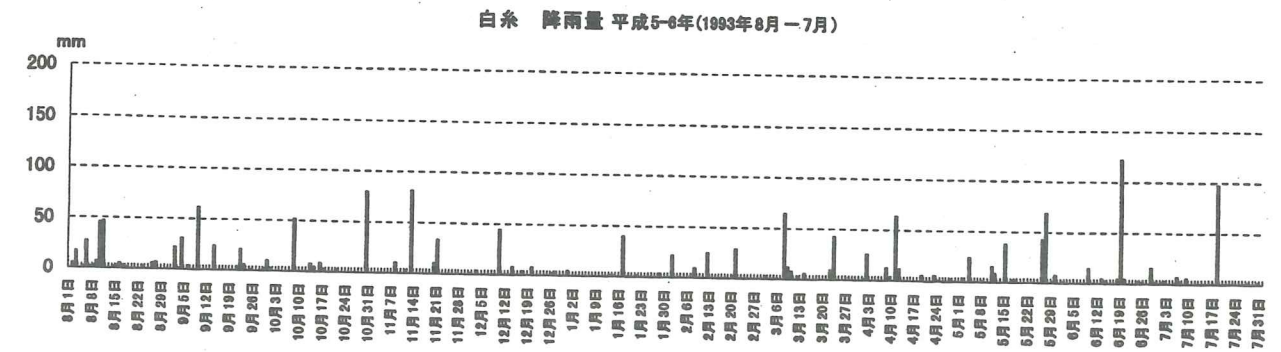


図7 潤井川水系 黒田の流況曲線

4. 芝川・潤井川の河川流量

富士宮市の水収支にとって欠かせない、富士宮を流れる2つの河川、芝川と潤井川の流量観測を実施し、平成5年夏から平成6年夏まで1年間の流量を観測することができた。観測は芝川では横手沢と橋本、潤井川では黒田でおこなった(図1)。それぞれの流況曲線を白糸の降雨量と対照させて示す(図6, 7)。なお流量観測は建設省河川砂防技術規準に示された方式でおこなった。

その観測結果によると、富士宮市の横手沢では芝川上流の平均日流量は98万トン、年間では2月の日流量55万トンから9月の448万トンまで変化する。次に、富士宮市の境界に近い芝川町橋本における芝川下流の平均日流量は67万トン、日流量17万トンから697万トンまで変化があった。また、富士宮市黒田における潤井川の平均日流量は141万トン、日流量88万トンから日流量246万トンまで変化していた。また、このように平均日流量では潤井川は芝川の約2倍と多く、降雨による変化は芝川の方がはるかに大きかった。

ところで、これら3つの流況曲線を比較すると次の諸点に気づく。1)は芝川の上流(横手沢)の流量より下流(橋本)の流量の方が少ないことと、潤井川黒田の流況曲線は12月、1月に流量が多く、年間降雨の一般的傾向と一致しないこと、および芝川下流(橋本)の流量に見られるように例えば4月に急激に低下しているような異常が見られる点である。これらは芝川中流の水は用水によりかなりの量が潤井川水系に流れ込んでいると考えられるし、農業用水等人工的影響がかなり表れていると考えられる。2)は芝川上流(横手沢)の流況がもっとも自然に近いと考えられるということ、および3)それにしても両河川とも降雨による影響が比較的少ないし、降雨があってもその影響が強くあらわれない特徴を持っていることである。これは両河川とも自然湧水によって流量の多くが賄われていることを暗示している。

両河川を合わせると平均日流量は208万トンとなる。このほか農業用水、発電用水水道用水等の流路からのとり入れや流路への流入を考慮しなければならないが、この値から天子山地40km²に由来する水量およそ日量20万トンを除いたものは、日量188万トンとなるが、これは富士宮の富士山麓すなわち富士山西側斜面における自然湧水の1日あたりの総量にほぼ等しいことになると考えている。

5. 富士山の地形・地質と水資源—特に西斜面について—

1) 富士山の降水の行方

富士山はその位置を見ると、駿河湾に面して海岸から直接3776mの高さでそびえていると考えてよい。この地域では西南西の風が卓越するので、海から運ばれてくる湿った空気は富士山にぶつかって上昇し、多量の降水をもたらすことになる。海岸地帯の富士吉原の降水量は平均2126mm/年であるが、西側の白糸(標高530m)では2327mm/年、東側の御殿場(標高468m)では2774mm/年となる(1988-1995の8年の平均)。太郎坊(1282m)では3000mm/年に達するという。また、北側の河口湖(860m)では降水量の平年値は1444mm/

年である。北西—南東にのびた富士山の形も関係するとは思いますが、東の御殿場側がもっとも多雨で、次が西の白糸側、南側と特に北側の地域はもっとも寡雨のように見える。

富士山全体の降水量は年22億トンとされる(山本, 1970)が、これは1日あたり600万トンの計算になる。このように多雨であるにもかかわらず、富士山には溜谷はあっても恒常河川は見られない。そのため、降水の大部分は山体地下に浸み込み、底部の基盤の上に湖水のように湛えられ、やがて溢れて山麓に湧水として湧き出すとも考えられた(山本, 1970)し、あるいは、富士山の表面をおおっている玄武岩溶岩は孔隙に富むため水を通しやすく、富士山の下にかくされている古富士火山は主に火山泥流から出来ているため水を通し難いので、浸み込んだ水は古富士火山の表面を地下川として流れ下り、やがて山麓の溶岩流末端で自然湧水として湧き出しているとも考えられた(蔵田, 1951)。

2) 富士山麓の湧水のメカニズム

富士山麓の湧水は楽寿園小浜池などの三島湧水群、柿田川、吉原、富士宮浅間大社の湧玉池、白糸の滝、猪之頭、忍野八海などが知られている。これらは規模の大きいものであり、小規模のものはこのほかにもいくつかあるし、中腹にもいくつか知られている。しかし、規模の大きい湧水の位置を見ると何れも新富士旧期溶岩流の末端にある。富士五湖についても古くから湖底の湧水が知られ、現在の湖岸は寄生火山溶岩や扇状地でおおわれているが、その下に旧期溶岩流の存在が推定される。新富士旧期溶岩は今からおよそ1万年前、富士山の大規模な噴火の際に流出したもので、山頂火口から四方に流下し、古富士火山をおおい、現在の富士山の輪郭をつくった。例えば三島溶岩流は山頂から三島まで約35kmも流下している。溶岩の厚さは山麓でおよそ30mとされたが、実際には、湧玉池では27m、三島では75m、柿田川では50m以上、猪之頭では100m以上と30m以上の厚さのところも多い。このように、旧期溶岩流は寄生火山溶岩流や新期溶岩流に比較して厚く、はるかに広域に分布している特徴がある。湧水はこのような大規模な溶岩流の末端にはどこでもあるわけではなく、規模の大きい湧水は各溶岩流について1ヵ所程度に限られる。このこと自体が溶岩中の地下水路や湧水の性質を表しているものと考えられる(図8, 9, 10)。

湧水が溶岩中をどのように地下水として流れるのかを調べるため、三島楽寿園北側でボーリングによる調査をおこなった(土, 1985)。その結果、地下水は溶岩中をどこでも流れているのではなく、溶岩流単層中心部の緻密な部分はほとんど水を通さず、溶岩流単層と単層の間のクリンカー状に破碎された部分が地下水路となっていることがわかった。ここでは厚さ30mの溶岩層が6つの溶岩流単層の重なりからできていて、層間の地下水は何れもそれぞれ異なった水圧を持っている被圧地下水であることもわかった。つまり、何層も重なった地下水路それぞれに充満しているわけである。ただ、現在のところ水路の中がどれ位なのかは未詳であるが、広いところでは50m以上あるように見える。以上のような溶岩中における地下水の賦存状態は柿田川でも、湧玉池でも、朝霧でも何れも同様であっ

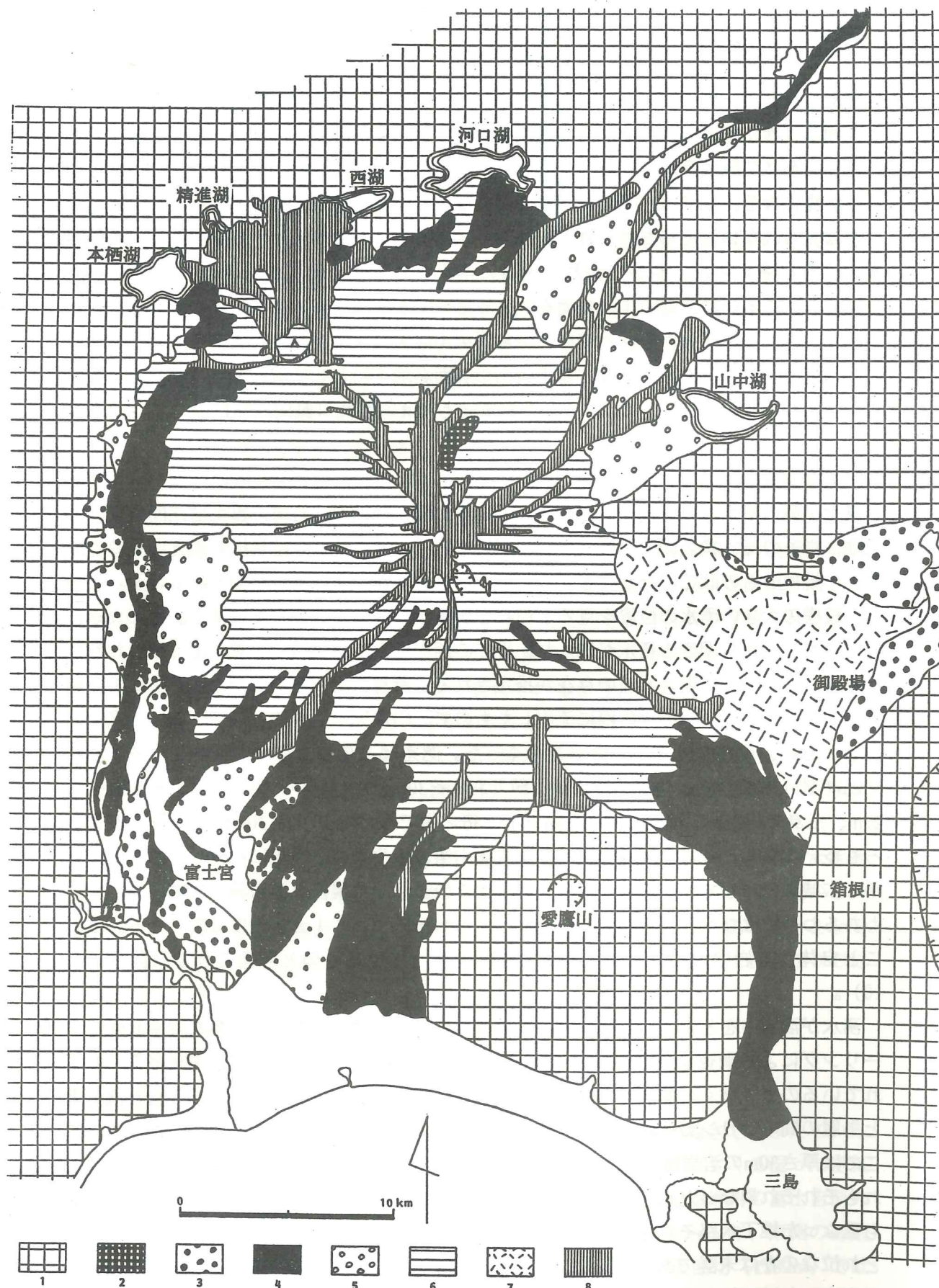


図8 富士山の地質図 (津屋, 1971; 町田, 1965 に加筆)
 1. 周辺の山地 2. 小御岳火山 3. 古富士火山噴出物 4. 新富士火山旧期溶岩
 5. 扇状地 6. 新富士火山中期・新期噴出物 7. 御殿場泥流 8. 寄生火山の溶岩

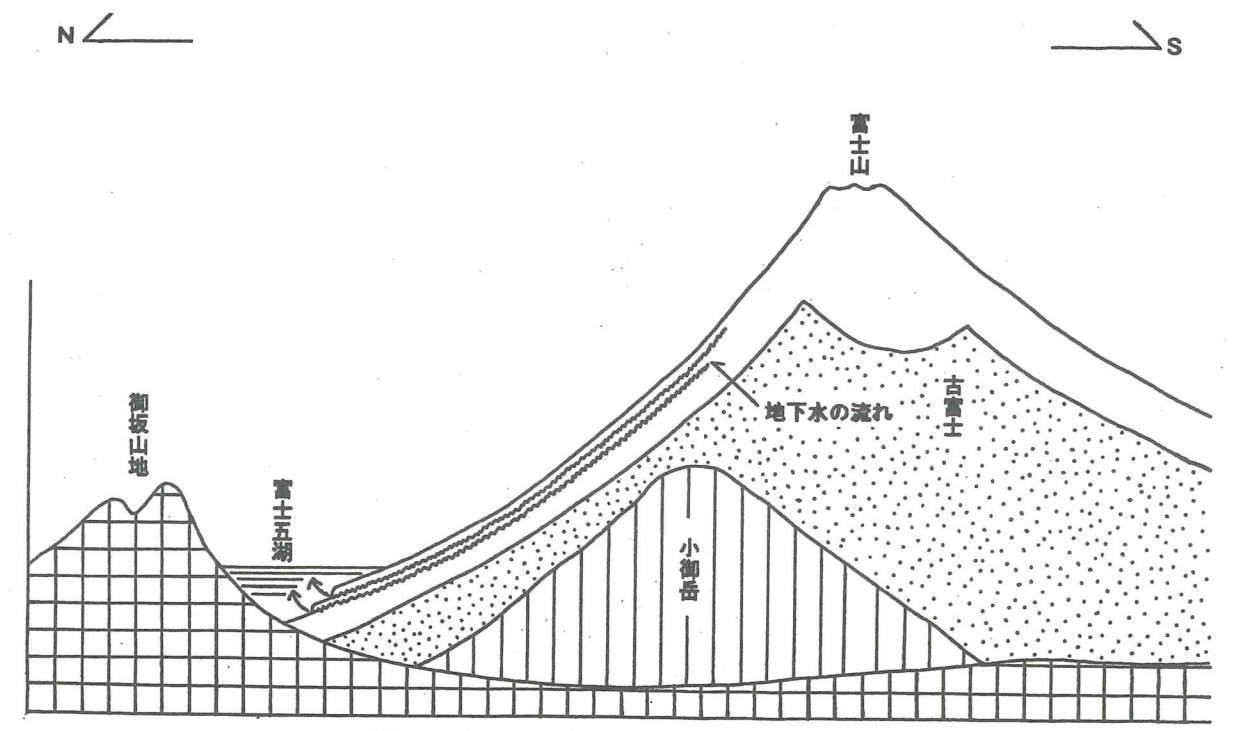


図9 富士山の模式的断面図と地下水の流れ

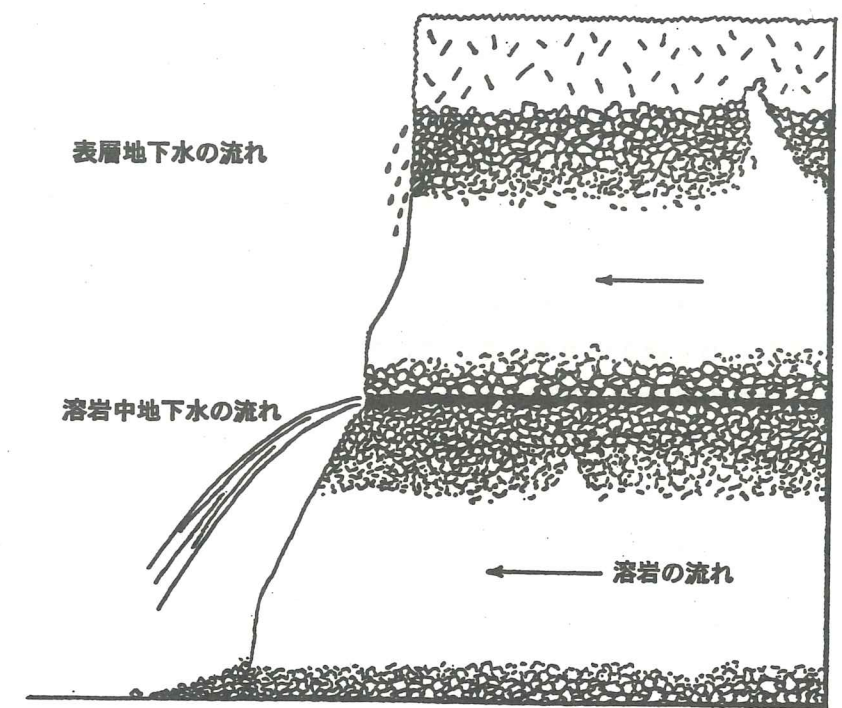


図10 溶岩流の重なり方とその中の地下水の流れ

た。以上のことから、富士山高所の降水は、溶岩中には入り込み、高さによる水圧のため末端で押出されるようにして湧水すると考えている。富士山高所というのは、溶岩中に水がはいることができるのは側方からなので、溶岩流が薄く幅狭くなる高所の方が溶岩中には入り易いと考えられるからである。そして、もしそうだとすれば、湧水の水源は湧水地付近ではなく、しかも地下水となつてから湧出するまでにはかなりの時間がかかると推定される。現在までのところ、湧水の酸素同位体濃度 $\delta^{18}\text{O}$ は例えば湧玉池では-8.3‰と低く、少なくとも湧水地より1000m以上の高度の水源を暗示し、トリチウム濃度TRも例えば湧玉池では $6.2 \pm 0.2\text{TU}$ と低く、数10年の年数が見積もられる点は上記の推定をよく裏づけている(土, 1992)。

山頂部を中心とする雪融け水はまず溶岩中の被圧地下水になると思われる。これは山頂の融雪と楽寿園小浜池の水位上昇が一致することから見るとそう考えるのがもっとも妥当である。しかし、裾野は広大なので、富士山の降水すべてが溶岩中の被圧地下水になるとは思えない。富士山体表面をおおうスコリア質火山灰や表面が孔隙に富む玄武岩溶岩は表層部および表面上にかなりの浅層自由地下水も涵養すると考えられる。これらも溶岩流の末端から滲み出して河川に流出するだろう。小浜池や柿田川の地質断面に見られるように、自然湧水には地表近くの自由地下水もかなり流入している。一方、黄瀬川は三島溶岩上を流下しているので、溶岩には不透水の部分があることをそれ自体で示していることになる。そのようなわけで、自然湧水には周辺の自由地下水も入り込むが、その主たる部分は富士山高所の降水に由来する被圧地下水であろうと考えている。

3) 古富士泥流中の地下水

富士山の地下水を前記のように考えると、富士山では主たる地下水は表層を覆う旧期溶岩中に層状にわかれて溶岩単層間の間に被圧地下水として涵養されていることになる。そして、古富士泥流表面にも地下水はあるが、現在までのところ、旧期溶岩中の方がより多いと思われる。これは白糸の滝で実際に眺めることができる。

では、古富士泥流中の地下水はどうか。古富士火山は現在見られる新富士火山の溶岩に大部分がおおわれてしまっているが、富士宮市街北東の粟倉から木伐山一帯には古富士火山噴出物が直接地表に露出している。このような地域は富士山でも数少ない。古富士火山の噴出物はどこでも火山泥流が主であるが、ここでも広く一帯に火山泥流の地層が分布している。このような泥がちの地層では水は通しにくいと思われるが、木伐山で深さ110mまでのボーリングによる調査をおこなった結果、すべてが一様な火山泥流で、溶岩ははさまれていなかった。地下水は多くはないが、40m以深でボーリング孔内のところどころからじわじわと滲み出すように出てくるのがわかった。一様な泥流堆積物といっても粗粒細粒部があり、いく分粗粒の部分から滲み出しているように思われる。水質分析を見ると、ヘキサダイグラムは重炭酸・カルシウムイオンの多い富士山型をしているが重炭酸イオンと硫酸イオンが特に多く、湧玉池とはやや異なること、酸素同位体濃度とトリ

チウム濃度からは、標高500mを含むこの付近一帯に由来する水ではあるが、きわめて長年月をかけて浸み込んだ水であると推定される。

4) 河川流量から推定した富士宮市および富士山の地下水涵養

地形図で富士宮市域を見ると、北は本栖湖南方の静岡・山梨県境から南は富士宮市湧玉池の少し南まで、東は富士山頂を含み、西は富士山の裾野末端から天子山地東側斜面までを含んでいる。市の境界線は多少の出入りはあるが、市の全域は富士山斜面のほぼ西側1/4を占めることになる。しかも、この範囲は新富士旧期溶岩流の区分ともよく一致するので、この範囲の降水に由来する地下水もこの範囲内に涵養されると考えてよい。図11に旧期溶岩流の分布にもとづいた富士山地下水系の大区分を示す。富士宮市はほぼこの図のWの範囲に相当する。

ここには芝川と潤井川の2つの河川がある。芝川は富士宮市北部の富士山旧期溶岩流である猪之頭溶岩流の末端に湧き出る猪之頭湧水を水源とし、途中白糸溶岩流末端の白糸の滝湧水等を集めて南流し、やがて富士川に合流する。潤井川は大沢扇状地の末端からはじまるが、大宮溶岩流や外神溶岩流の末端で湧き出す富士宮の湧水群を集めてこれも南流し、やがて富士で駿河湾に注ぐ。このように、以上2つの河川は大部分が湧水を集めて流れているもので、それは酸素同位体濃度が低いことからもうなずける。したがって、この2つの河川流量を合計したものは、富士山西側斜面降水量から蒸発散量を差引いた量または富士山西側の総湧水量を表していると考えられる。勿論、そのほかに天子山地斜面の降水に由来する水も加わっているし、あるいは富士山西麓の降水に由来する表流水や溶岩上の火山灰層中を流れる浅層地下水も加わっていると思われる。

平成5年夏から平成6年夏まで1年間の芝川と潤井川の流量を富士宮市境界に近い橋本と黒田で観測した結果、芝川の平均日流量は67万トン、潤井川の平均日流量は141万トン、計208万トン/日であった。このうちから天子山地東斜面 40km^2 の降水に由来する水量およそ20万トン/日を差引くと約188万トン/日となる。このほかにも水路による農業用水の利用、水道用水の利用等、考慮すべき点がいくつかあるが、この値が富士山西側斜面の年湧水量または年地下水涵養量に近いものということになる。

ところで、この値が富士山の西側斜面の年湧水量または年地下水涵養量に近い値とすれば、次に富士山全体ではどうなるかということになる。そのためには富士山周辺の全湧水量を合計すればよい。あるいは、富士山麓から流出する黄瀬川、柿田川、鮎沢川、桂川の適当な位置の流量を合計してもよい。しかし、現在のところ黄瀬川、柿田川は資料を得られるが、箱根山、愛鷹山に由来する分を除かなければならないし、他の河川については実際に観測をしなければならない。何れにしても現在はまだ難しいが、将来は可能になると考えている。

そこで差当り、富士宮地域の地下水涵養量から富士山全体の分をおよそ推定してみることにする。ここでは富士山の底面積をそれぞれW223、N245、E206、S160、計 832km^2 と

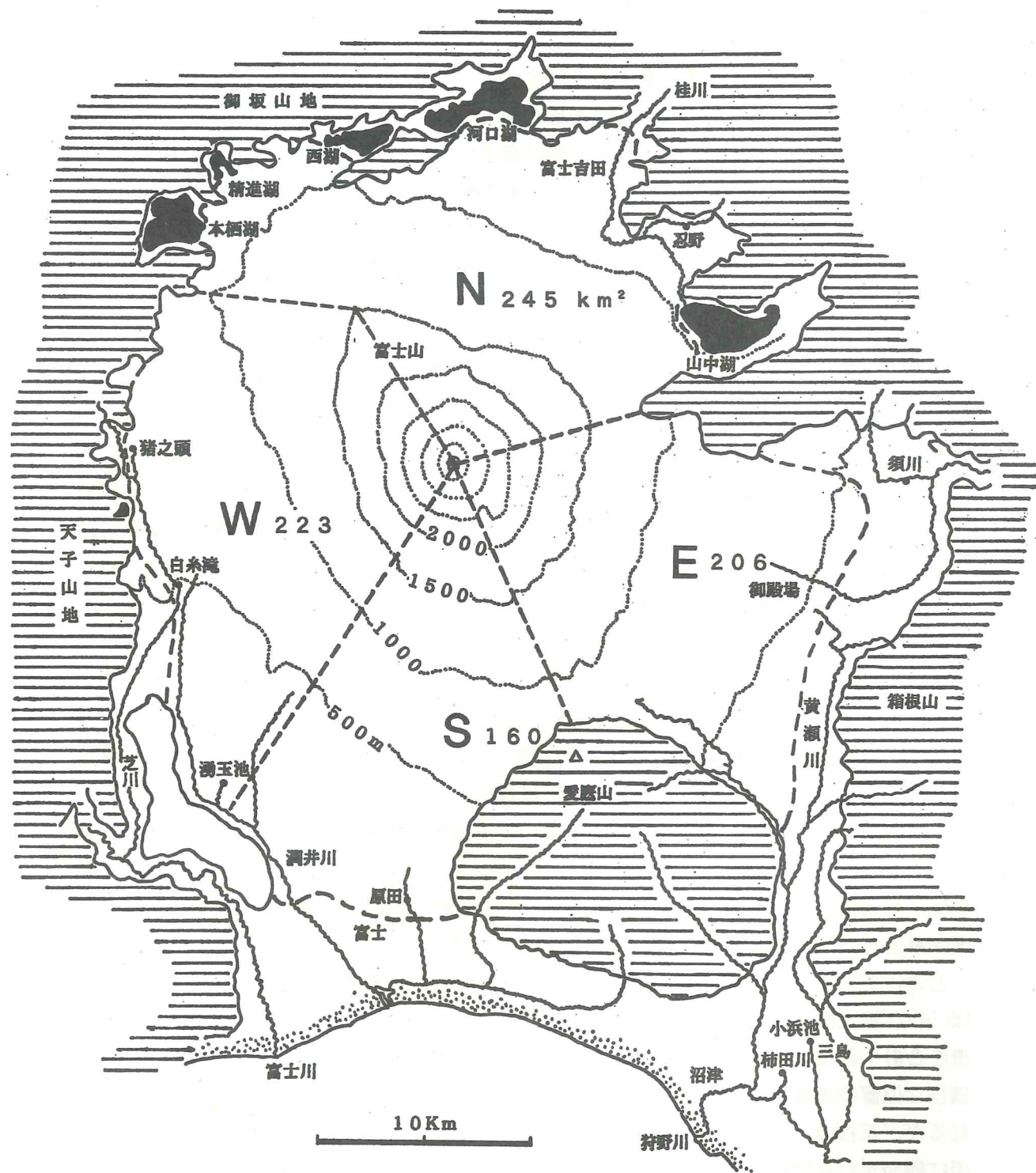


図11 富士山の地下水系大区分とそれぞれの底面積

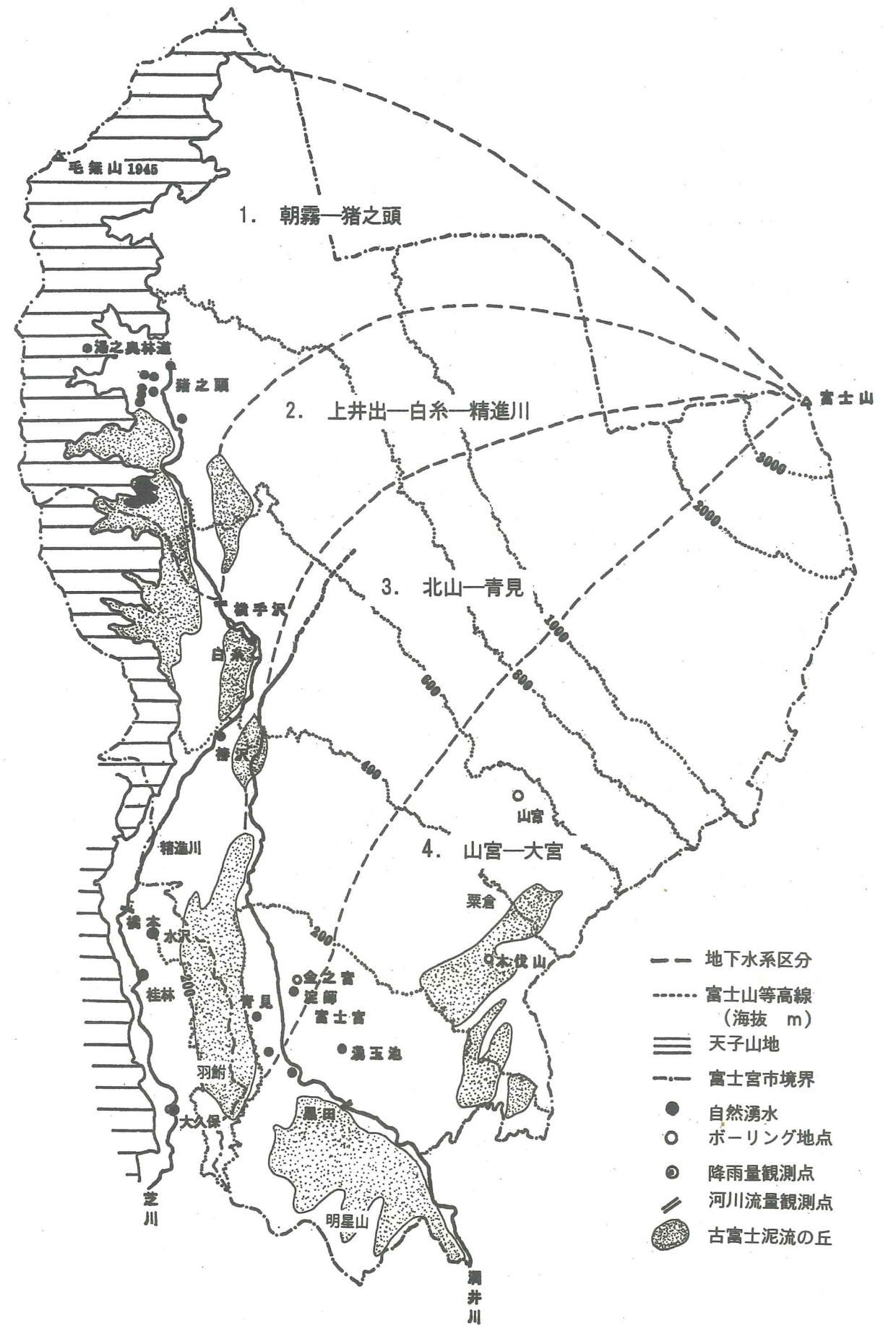


図12 富士宮市の地下水系区分

考えた。面積比はWを1とするとN1.10、E0.92、S0.72、計3.74となる。富士宮地域は富士山の1/4の西側斜面であるが、南側斜面と東側斜面は愛鷹山のために面積はより狭くなる。しかし、東側の降水量はもっとも多い。一方、北側は富士五湖すべてを含む地域なので面積はやや広いが、降水量は山中湖側を除いてかなり少いと予想される。前述した平均降水量をWを1とするとN0.62、E1.19、S0.91、計3.72となる。そのようなわけで、白糸、御殿場、吉原、河口湖の平均降水量と東西南北の面積の比率すなわちWを1としてN0.68、E1.09、S0.66、計3.43となることから、ごく大雑把には富士宮市域の地下水涵養量188万トン/日の3.43倍である644万トン/日が富士山麓全体の年湧水量、または富士山の年地下水涵養量に近い値だろうと思われる。ちなみに、この値を地域全体の降水量分布から推定された富士山の年降水量約22億トン、日量にして600万トンと比較して見ると、蒸発散量を全体で25%と考えれば、面積は少なく計算しているにもかかわらず、858万トン/日、31億トン/年となり、今回の見積りはやや大きい値を示す。これは富士山の降水量は実際には従来の推定より多いということを暗示するのも知れないが、現段階ではむしろ、別の観点から推定した富士山降水量はこれまでの見積もりをやや上回る値だったというところであろう。

6. 富士宮市の地下水

1) 富士宮市の地下水系区分

これまで述べてきたことをもとに、富士宮市の地下水系の大区分を試みた。これは主な地下水は互いにそれぞれが新富士火山の大規模溶岩流毎に独立して流れ、それぞれの末端で湧水となっているという考えが基礎となっている。図12に示すように1. 朝霧-猪之頭、2. 上井出-白糸-精進川、3. 北山-青見、4. 山宮-大宮の4地下水系区である。これらの地下水系区の地下にはそれぞれ同系統の地下水が流れていると考えてよい。

1. 朝霧-猪之頭地下水系は朝霧・猪之頭溶岩流の区域で猪之頭付近の湧水群がその末端にあたる。ただ、ここには毛無山(標高1945m)を含む天子山地東斜面の水系や伏流水も芝川や湧水に合流する。また、この区分内に一部山梨県を含んでいるように描かれているが、県境付近の地下水は山梨県の区域であっても同系統の地下水であることを示したものである。

2. 上井出-白糸-精進川地下水系は白糸溶岩流の系統で主に白糸の滝、椿沢に湧水し、精進川地域まで同系統の地下水がのびている。ここでも、芝川以西であるが、天子岳を含む天子山地東斜面の水系・伏流水を含む。

3. 北山-青見地下水系は外神・馬見塚・北山溶岩流の系統で、淀師・青見などで湧水する。なお、大沢崩の水系・伏流水の大部分はこの区域に含まれると考えている。

4. 山宮-大宮地下水系は大宮溶岩の系統で湧玉池、よしま池などで湧水する。

以上の1, 2地区の湧水・地下水は芝川に流れ、3, 4のそれらは潤井川に流れる。このほか、図にも示したように、田貫湖のある丘、畜産試験場付近の丘、熊久保の丘、羽鮒丘

陵、明星山丘陵、粟倉付近のように周囲より小高い丘が7つ以上点在している。これらの丘はそれぞれ独立した古富士泥流から出来ている地塊なので、上に述べた地下水は何れもさえぎられて障壁となり、地下水系の区分の境界となっている。しかし、古富士泥流はきわめて水を通しにくいので、田貫湖の水が湛えられているように、それぞれが限られた水源の独立した小さい地下水系をつくっていると考えている。ただ、羽鮒丘陵上は水田や用水路の水の地下浸透を考慮する必要がある。

2) 富士宮市の地下水将来計画への提言

平成5年度から実施している地下水調査のこれまでの結果にもとづくと、富士宮市の地下水および将来の水需要に関して以下のように提言することができる。すなわち、富士宮市全域の地下水系は1. 朝霧-猪之頭、2. 上井出-白糸-精進川、3. 北山-青見、4. 山宮-大宮の4地区に大きく区分されること、平成5-6年の1年間河川流量=湧水総量と考えた時、およそ208万トン/日であることが明らかになった。これはすでに述べたように平成5年夏から平成6年夏までの芝川・潤井川両河川の観測結果からの値である。この時期は特に多雨年ではないので平年値に近いと考えてもよいと思っている。ただ、前4年間の平成元-4年が続いて多雨年であったので、その影響が及んでいる可能性はある。また、降水量・蒸発散量からの水収支が別稿でなされ、より少ない値が見積もられているのでそれとの関係を検討する必要がある。また、河川の維持流量は確保しなければならないし、下流域のことも考えなければならない。より少ない降水量の年も時々訪れることも忘れてはならない。そうすると、これだけの量がまとまってあるわけではなく、広い地域にわかれて存在するので、十分な余裕があるという状況ではない。むしろ、これらにもとづいて市全域で将来の効率的な利水と涵養計画をたてると共に、必要な常時地下水観測を実施し、計画水量の維持と開発に伴う変化をチェックできる体制を早期に確立するよう期待したい。

【文献】

蔵田延男(1951): 三島溶岩中の地下川について. 地質学雑誌, 57, p.79-86, p.225-226.

町田 洋(1964): Tephrochronologyによる富士火山とその周辺地域の発達史(その1, 2).

地学雑誌, 73(5), p.17-30; (6), p.23-38.

土 隆一(1985): 富士山三島溶岩流n構造と地下水. 三島市小浜池保存調査に関する報告書, 三島市, p.81-98.

土 隆一(1992): 富士宮市北部朝霧地域地下水の水理地質学的研究. 富士宮北部朝霧地域地下水調査研究報告書, 富士宮市・静岡大学理学部, p.1-22.

津屋弘達(1971): 富士山の地形・地質. 富士山, 富士山総合学術報告書, 富士急行, p.1-149.

山本莊毅(1970): 富士山とその周辺の陸水. 富士山, 富士山総合学術報告書, 富士急行, p.152-207.

富士宮市域地下水調査報告書

平成8年3月30日

編集人 静岡大学名誉教授

土 隆 一

〒422 静岡市宮竹1-9-24

Tel.054-238-3240 Fax.054-238-3241

発行人 富士宮市（都市開発部 水とみどりの課）

〒418 富士宮市弓沢町150

Tel.0544-22-1169 Fax.0544-22-1208
