

水中臭素濃度による足柄平野地下水の涵養源の推定

結田康一

農林水産省農業環境技術研究所*

Sources of Groundwater Inferred from the Distribution of Bromine Concentration in the Ashigara Plain

by

Koichi YUITA

National Institute of Agro-Environmental Sciences

1. 研究目的

前報で用いた、臭素をトレーサーとして撒水するアクチバブルトレーサー法は、地表から浅層地下水面まで、期間も1～2年といった、短距離、短期間の水追跡には有効である。一方、広域かつ長年月にわたる水の動態追跡には利用しがたい。

そこで、地下水や地表水中の臭素濃度を指標にして、足柄平野地下水の涵養源やその涵養域を推定することを試みた。さらに、水田等農地の非農地化と大量揚水が地下水に及ぼす影響について、臭素濃度指標による把握を試みた。

2. 研究方法

(1) 地下水と地表水の採水

足柄平野ならびに箱根外輪山東麓を中心に、浅層および深層地下水は41地点、地表水は9地点で採水した。採水期間は、39点は1983年6月30日から1985年10月8日である。この間1～5ヶ月間隔で計12回採水したが、10回以上採水したのは11地点のみで、あとは1～5回である。残り10地点は1987年7月に1回のみ採水した。いずれも神奈川県温地研、農土試水利2研と合同で採水を行った。採水量は1地点1回10ℓで、採水現場でミリポアフィルターでろ過した。

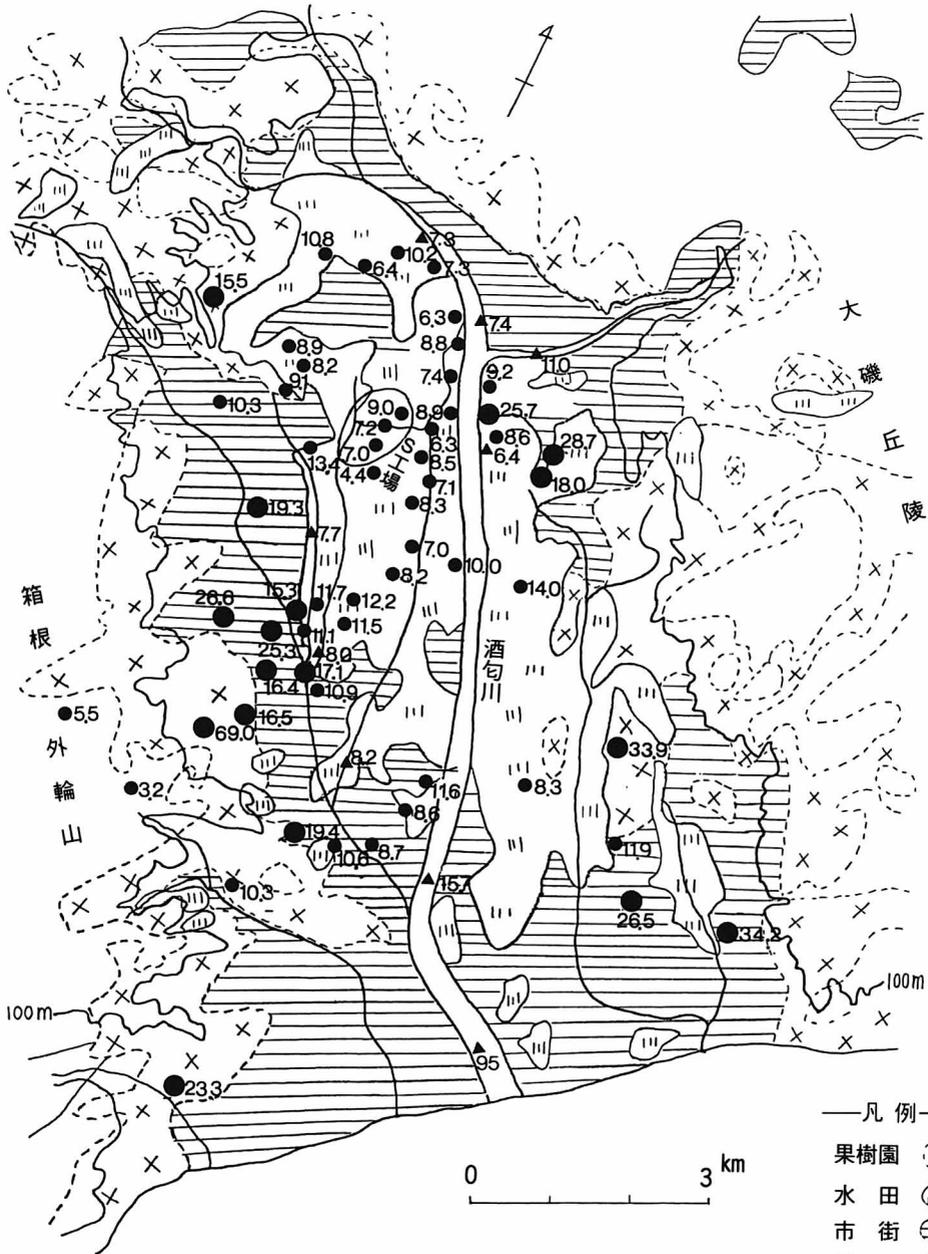
さらに、足柄平野海岸部の企業群の井水より採取した地下水10点（1983年12月）を、塩水化調査試料として神奈川県温地研より提供いただいた。

(2) 地下水および地表水中臭素の放射化分析

ろ過した水2ℓにKOH液を滴下してアルカリ性にした後10mlまで加熱濃縮した。これより1mlとっ

*茨城県つくば市観音台3-1-1 〒305

神奈川県温泉地学研究所報告、第19巻、第4号、79-84、1988



- ▲ 表流水
- 地下水
- 地下水 [Br 濃度が酒匂川流水 (除く下流) の文命用水(7.3)と十文字橋(7.4)の2倍以上の地点]

図1 足柄平野の地下水および表流水中臭素濃度 (平均値、ppb)
 -臭素濃度指標による水涵養と水涵養域の推定-

て(0.1mlずつ10回)ろ紙にしみ込ませた後、属分離放射化学分析法1)で臭素を定量した。

3. 研究の結果および論議

(1) 臭素濃度指標による足柄平野地下水の涵養源とその涵養域の推定

酒匂川流域内の足柄平野、箱根外輪山東斜面、大磯丘陵、関本丘陵の土地利用の概略と地下水および表流水中臭素濃度を図1に示した。平野部の地下水中臭素濃度は、周辺部を除き大部分は7~10ppb(浅層、深層を問わず)で、平野上部の酒匂川表流水や、これより水田灌漑用に取水した文命用水中臭素濃度(7.4および7.3ppb)に近い。さらに、水田を灌漑した剰余の水や、水田からの排水を集めて狩川に流入する小河川の臭素濃度(8.0ppb前後)とも近い。

一方、平野周辺部の濃度は中心部の5~2倍ほど高いところが多い。周辺部と中心部の濃度の違いはどこからきたのか考察した。箱根外輪山東麓や大磯丘陵のかなりの部分は果樹園(ミカン、梅)や茶園等樹園地(一部畑)として利用されている。ここでは塩加肥料(臭素濃度1,000ppm)の施肥量が多く、一部では含臭素農薬である臭化メチル剤なども使われている。そのために樹園地の地下水中臭素濃度は高くなっている(ミカン、茶園地帯の三竹の地下水69ppb)と推定される。この臭素濃度の高い地下水は平野部へ流下し、平野部の地下水を涵養することになる。箱根外輪山東斜面には、麓の樹園地の背後に広大な森林地帯がある。森林地帯の地下水中臭素濃度は、図1に示すごとく3.2および5.5ppbと平野中心部よりさらに低い。しかし、斜面を流下する過程で樹園地で浸透した臭素濃度の高い水と混ざり、平野部へ流下してきたときには、いわば臭素で標識された水になっていると考えられる。したがって、平野周辺部の臭素濃度の高い地下水は、箱根外輪山東斜面や大磯丘陵、関本丘陵の森林および樹園地(含畑)で浸透した地下水によって涵養されたと推定される。

一方、水田では含臭素農薬は使用されないし、塩加肥料の使用量も樹園地に比べるとわずかであるため、水田からの排水(浸透水と田面水の混ざった水)中臭素濃度も8.0ppb前後で、取水時の灌漑水中濃度とほとんど差がない。平野中心部の地下水中臭素濃度は、前述のごとく平野上部の酒匂川表流水や水田灌漑水・排水とほぼ同じレベルであることから、これら表流水によって涵養されたと推定される。なお、酒匂川左岸部では、平野中心部に近いところでも比較的臭素濃度の高い地下水が存在する。これは、左岸平野部に果樹園等がかなりの面積に分布しているためと推定される。

(2) 臭素濃度指標による水田等の非農地化が地下水に及ぼす影響の把握

1章において、土地利用形態別水涵養機能を計測し、箱根外輪山斜面の森林や樹園地は透水性がよく、水涵養機能も高いが、灌漑される水田、中でも足柄平野上部の排水のよい水田はさらに高いことを明らかにしてきた。

一方、足柄平野上部の水田の宅地化、工業用地化等非農地化は近年著しく(小前ほか1988、横山ほか1988)、今後ともこの傾向は続く予想される。それに伴い水涵養機能の低下が著しいことも水涵養評価式等を用いて定量的に示されている(横山ほか、前出)。この場合、平野部地下水位の低下が促進さ

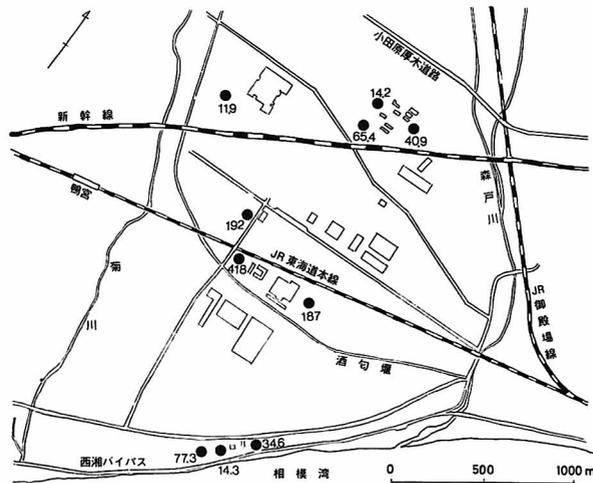


図2 海岸部地下水の臭素濃度 (ppb)

表1 塩水化調査*地下水中臭素、塩素濃度

番号	工場等 企業記号	井番号	井深	臭素濃度 ppb	塩素濃度 ppm**	塩素/臭素 濃度比
1	Y	No. 1	13m	65.4	31.4	480
2	Y	5		14.2	2.9	208
3	Y	6		40.9	23.4	572
4	A		17m	192	117.5	612
5	O		12m	14.3	18.7	1,308
6	O		120m	77.3	48.7	630
7	K	No. 2	130m	187	150.8	806
8	K	3	130m	418	196.6	470
9	I			11.9	3.4	287
10	F			34.6	15.8	457

* 神奈川県温泉地学研究所による調査・採水

No. 4、7、8、10は1983年12月5日、No. 1、2、3、5、6は同年12月31

日、No. 9は同年12月22～23日採水

** 神奈川県温泉地学研究所による分析値

れることはいうまでもないが、地下水の涵養源やその涵養域の変動も予想される。

すなわち、平野部水田の非農地化の動きに比べて、山地や丘陵地の非農林地化の速度はにぶく、水涵養機能の低下も小さいと予想される。そのため、周辺山地、丘陵地浸透地下水の平野部地下水への涵養源としてのウェイトは相対的に増大し、その涵養域も平野中心部に向かって広がることが推定される。かかる変動の把握に水中臭素濃度を指標とする方法は有力な武器となると考えられる。

(3) 臭素濃度指標による大量揚水が地下水に及ぼす影響の把握

足柄平野に進出した工場等による大量揚水（自然の循環量を上回る人為的揚水）によって、地下水流

動系を大きく変化させ、地層中の停滞性地下水の引き込みや深層地下水の浮上現象が生じている（横山ほか、前出）。また、海岸部では海水の侵入を許し塩水化現象も生じている（横山ほか、1980）。ここでは、地下水中臭素濃度を指標に、大量揚水の影響を把握することを試みた。

足柄平野の上部に位置し揚水量の大きいS工場の3井（井深40～50m）の臭素濃度は7.0～9.0ppbで、周辺の民家等の揚水量の小さい井水（浅層、深層を問わない）と同レベルである（図1）。このS工場の井水には、小前ら（前出）によって、停滞水や深層地下水が引き込まれていることが明らかにされている。臭素濃度ではかかる動きの把握はできないが、S工場井水に引き込まれた停滞水や深層地下水の涵養源は、やはり酒匂川等表流水や水田灌漑水であることが、臭素濃度指標から推定される。

海岸部工場等企業群の井水中臭素濃度を表1、図2に示す。10井のうち3井は数百ppbと、平野上・中部の地下水に比べてけた違いに高い臭素濃度（最高はNo.8の418ppb）である。表1に示すごとくこれらの井水では塩素濃度もけた違いに高く（最高はNo.8の197ppm）、かなり塩水化が進んでいることがうかがえる。中には海岸沿いの浅井戸で14.3ppb（塩素18.7ppm）など低い井水が3地点ほど存在したが、これは揚水量が少ないためと推定される。

臭素は、塩素と同様海水中に大量に存在し、塩素／臭素濃度比 ≈ 270 とほぼ一定している。また、化学的性質も近似しており、臭素濃度より塩水化の程度を把握できるはずである。

塩素（ Cl^- ）が塩水化の第1指標とすれば、臭素（ Br^- ）は第2指標として使うことができ、両方を併用すればより確度の高い塩水化の実態把握が可能であろう。

将来、足柄平野地下水の揚水量がさらに増大し、一方で水田の非農地化により水涵養量が減少すれば、海岸部地下水の塩水化はさらに進行し、塩水化区域も内陸部の方へ拡大していく恐れがある。これらの変動把握にも臭素濃度指標は有効であろう。

4. 要約

(1) 酒匂川流域の地下水や地表水中の臭素濃度を指標にして、地下水の涵養源やその涵養域を推定した。

その結果、足柄平野周辺部の地下水は箱根外輪山東斜面、大磯丘陵、関本丘陵地の森林・樹園地で浸透した地下水によって涵養されていること。足柄平野中心部の地下水は平野上部の酒匂川表流水や水田灌漑水によって涵養されていることが推定された。

(2) 臭素濃度指標は、水田等の非農地化や工場等の大量揚水の影響評価や変動予測にも有効に使えることを示唆した。

ア、足柄平野の非農地化の進行に伴い、水田灌漑水による地下水の涵養域は狭まり、その分周辺山地・丘陵地での浸透地下水の涵養域が平野中心部に広がることを推定される。かかる変動把握に臭素濃度指標は有効である。

イ、足柄平野海岸部では大量揚水に伴い塩水化が進んでいる現象を、臭素を指標にして把握できた。また、足柄平野上部でも大量揚水があるが、現在の水涵養源は酒匂川表流水や水田灌漑水であることが

推定された。

5. 参考文献

- 結田康一 (1988)、土壤、植物、土壤溶液および雨水中ヨウ素、臭素および塩素の放射化分析法、農技研報B、35、73-110.
- 小前隆美、浜田浩正 (1988)、同位体による水涵養機能に対する外的インパクトの影響評価と変動予測、国土資源資料、印刷中.
- 横山尚秀、萩野喜作 (1988)、酒匂川流域における水涵養機能に対する外的インパクトの影響評価と変動予測、国土資源資料、印刷中.
- 横山尚秀、萩野喜作、平野富雄、小沢清 (1980)、足柄平野下流部の地下水について 一足柄平野の地下水 (その5) 一、神奈川湿地研報告、Vol.12、No. 2、63-74.



写真1 小田原市曾比の実験地

付表1 足柄平野地下水および地表水中臭素、ヨウ素濃度

(1983年6月30日～1985年10月7日の間12回、神奈川県温泉地学研究所、農業土木試験場水利第2研究室との共同一斉採水した試料の分析結果)

臭素(ppb)															
番号	酒匂川流域調査地点	回	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
	(井深)	日付	6/30	11/2	4/13	5/30	7/19	9/6	12/20	2/6	4/19	6/5	7/18	10/7	
1	文 命 用 水		7.8		9.5	7.2	6.0	4.1	5.4	9.6		10.6	6.5	5.9	7.3
2	開成町第1水源 (80m)		13.6		19.0		13.3								15.3
3	山崎一雄 (30m)			3.2	13.0		10.5								8.9
4	遠藤文男 (30m)			5.7	8.5	15.0	10.6	6.3	10.6	14.7	9.3	12.4	9.4	7.1	10.0
5	北村 勇 (18m)		6.7	7.3	11.0	5.0	5.0	9.3	7.6	10.6	5.7	7.5	6.1	5.3	7.3
6	十文字橋下(酒匂川流水)			8.5	6.8		6.4				7.7				7.4
7	小野行夫 (28m)			7.1	6.7	5.7	7.4	10.4	3.9	12.4	7.3	7.8	6.7	5.9	7.4
8	林アパート (15m)			7.8	5.7	8.8	7.7	7.1	3.9	6.1	3.4	6.1	7.3	5.8	6.3
9	松田町宮下水源 (50m)				13.0		8.2								9.2
10	山陽スコット1号(40m)											8.6	6.8	5.6	7.0
11	大内行雄 (11m)			4.5	9.4	13.0	4.0	11.8	10.8	16.1	7.2	8.7	6.4	8.2	9.1
12	露木猛 (22m)			20.6	13.0	22.0	8.7	14.9	8.5	6.3	13.5	15.5	20.0	30.0	15.7
13	小野鉄藏 (20m)			6.5	7.2		6.5					5.9	6.5	4.9	6.3
14	開成町第4水源 (85m)				9.9		7.9								8.9
15	府川昌治 (22m)			4.3	12.0		9.2								8.5
16	富士ゼロックスB号														
17	曾比神社 (30m)				10.0		6.6								8.3
18	大井町第4水源 (100m)				9.4		7.7								8.6
19	曾比付近用水路														
20	片山徹 (40m)				7.8	11.0	7.8	7.9	6.5		12.6	7.8	6.8	5.2	8.2
21	曾比暗渠(旧)				14.0	8.4	12.4	6.5	14.7	13.5	9.9	5.7	10.9	3.8	10.0
22	井上静夫 (75m)			14.0		21.9									18.0
23	平野富雄 (4m)		31.4		31.0		28.2					32.7	20.1		28.7
24	内田孝 (湧水)				25.0		28.2			28.5	19.7	29.8	20.5		25.3
25	高島敏三				28.0		13.9					11.2	11.8	11.4	15.3
26	南足柄市第3水源(80m)				12.0	13.0	9.4	11.0	10.1	8.4	8.5	7.8	23.4	7.7	11.1
27	狩 川 流 水				1,250		1,167								1,209
28	加藤角二 (自噴)			14.5	22.0		15.6		17.8	16.0		11.4	17.3		16.4
29	ウォーターケム (65m)											8.1	9.8	6.6	8.2
30	渡辺定仕 (40m、自噴)			12.0											12.0
31	曾比暗渠(新)														
32	川 音 川 流 水				11.0										11.0
33	酒匂川下流流水(国鉄鉄橋下)		94.9												94.9
34	酒匂川中流流水(大井町第4水源井附近)				6.4										6.4
35	富士ボトリング (60m)		8.3												8.3
36	小田原市中曾根補助水源														
37	小田原市第1水源(80m)		8.7												8.7
38	開成町第3水源 (80m)			10.2											10.2
39	鈴広3号 (60m)			23.3											23.3
40	諸星産業 (70m)				13.0							16.0	13.0		14.0
41	鶴宮・杉山														
42	河原町・白石 (11m)			8.8											8.8
43	露 木 広 造														
44	白石ガソリンスタンド(30m)			6.4											6.4
45	焼肉 寿 英 (30m)			7.1											7.1
46	曾比・戸塚雑治(5~7m、自噴)			7.0											7.0
47	山崎倉蔵 (18.5m)											9.9		10.8	10.4
48	小島政夫 (45m)											35.4	22.8	18.8	25.7
49	田中亀雄 (11m)											8.1	11.3	9.3	9.6
50	明治製菓3号 (15m)											9.8	14.6	10.3	11.6
51	明治製菓4号 (100m)											11.3	9.2	5.2	8.6
52	山陽スコット2号(40m)											8.8	11.1	7.2	9.0
53	山陽スコット3号(50m)											11.2	6.7	3.7	7.2
54	大同毛織 (150m)											27.8	25.2		26.5
55	小野田レミコン (9m)												34.2		34.2
56	陸洋産業 (8m)												33.9		33.9

(分析者 結田康一)

ヨウ素(ppb)

番号	酒匂川流域調査地点 (井深)	回	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
		日付	6/30	11/2	4/13	5/30	7/19	9/6	12/20	2/6	4/19	6/5	7/18	10/7	
1	文 命 用 水		0.69		0.96	0.76	0.63	0.59	0.75	1.00		0.65	0.49	0.59	0.71
2	開成町第1水源 (80m)		0.54												0.54
3	山崎一雄 (30m)			0.53											0.53
4	遠藤文男 (30m)			0.27	1.08	0.33	0.36	0.36	0.36	0.29	0.25	0.30	0.44	0.26	0.39
5	北村勇 (18m)		0.27	0.25	0.27	0.41	0.21	0.46	0.46	0.30	0.29	0.32	0.41	0.29	0.32
6	十文字橋下(酒匂川流水)			0.67							0.42				0.55
7	小野行夫 (28m)			0.76	0.50	0.55	0.41	0.56	0.27	0.48	0.29	0.43	0.47	0.42	0.47
8	林アパート (15m)			0.75	0.40	0.38	0.36	0.47	0.23	0.36	0.17	0.29	0.42	0.43	0.39
9	松田町宮下水源 (50m)														
10	山陽スコット1号(40m)														
11	大内行雄 (11m)			0.33	0.47	0.32	0.22	0.42	0.48	0.48	0.36	0.42	0.45	0.31	0.38
12	露木猛 (22m)			0.95	0.84	0.67	0.55	0.59	0.59	0.39	0.48	0.35	0.49	0.65	0.60
13	小野鉄蔵 (20m)			0.27											0.27
14	開成町第4水源 (85m)														
15	府川昌治 (22m)			0.19											0.19
16	富士ゼロックスB号														
17	曾比神社 (30m)														
18	大井町第4水源 (100m)														
19	曾比付近用水路														
20	片山 徹 (40m)				0.48	0.31	0.37	0.35	0.27		0.24	0.28	0.42	0.21	0.33
21	曾比暗渠(旧)				0.50	0.43	0.69	0.58	0.40	0.51	0.22	0.40	0.71	0.24	0.47
22	井上静夫 (75m)														
23	平野富雄 (4m)		3.4												3.4
24	内田孝 (湧水)				1.56		1.47			1.18	0.96	1.31	0.99		1.25
25	高島敏三											0.62			0.62
26	南足柄市第3水源(80m)				0.53	0.34	0.52	0.43	0.45	0.54	0.22	0.47	0.36	0.33	0.42
27	狩川流 水				87.9										87.9
28	加藤角二 (湧水)			1.10	1.63		1.24		1.30	1.12		1.01	1.26		1.24
29	ウォーターケム (65m)														
30	渡辺定仕 (40m、自噴)														
31	曾比暗渠(新)														
32	川音川流水														
33	酒匂川下流流水(国鉄鉄橋下)														
34	酒匂川中流流水(大井町第4水源井附近)														
35	富士ボトリング (60m)														
36	小田原市中曾根補助水源														
37	小田原市第1水源(80m)														
38	開成町第3水源 (80m)				0.37										0.37
39	鈴広3号 (60m)				2.5										2.5
40	諸星産業 (70m)														
41	鴨宮・杉山														
42	河原町・白石 (11m)				0.39										0.39
43	露木広造														
44	白石ガソリンスタンド(30m)				0.29										0.29
45	焼肉寿英(30m)				0.17										0.17
46	曾比・戸塚健治(5~7m、自噴)				0.57										0.57
47	山崎倉蔵 (18.5m)														
48	小島政夫 (45m)														
49	田中亀雄 (11m)														
50	明治製菓3号 (15m)														
51	明治製菓4号 (100m)														
52	山陽スコット2号(40m)														
53	山陽スコット5号(50m)														
54	大同毛織 (150m)														
55	小野田レミコン (9m)														
56	陸洋産業 (8m)														

(分析者 結田康一)

付表2 箱根外輪山東麓と酒匂川右岸平野地下水臭素、ヨウ素、塩素、硝酸および硫酸濃度
(神奈川県温泉地学研究所と共同一斉採水した試料の分析結果)

番号	採水地点	井深	特徴	臭素 (ppb)	ヨウ素 (ppb)	塩素 (ppm)	硝酸 (ppm)	硫酸 (ppm)	pH	水温 ℃
1	まるみや釣具店 (小田原市新庄)	5~6m つき井戸	狩川堤防すぐ下	10.9		7.2	8.0	18.5	6.8	17.9
2	赤塚庄八宅 (同上より30m)	20m (自噴井)	(8ℓ/43.5sec) 箱根外輪山東麓(以下東麓)	17.1		5.7	6.7	19.0	7.4	17.3
3	椎野養魚場	湧水	東麓	10.6		4.5	6.4	3.16	7.0	15.9
4	◇	100m	東麓	19.4		9.2	33.0	15.3	7.4	16.3
5	沼田湧水	湧水	東麓(コイが遊泳)	16.5		5.8	25.0	18.7	7.1	17.2
6	加藤角二宅	30m	(8ℓ/35sec)東麓(自噴井)	17.6	0.23	5.0	18.8	5.5	7.3	15.7
7	御獄山神社	湧水	東麓	10.0		5.1	6.4	5.9	6.7	14.4
8	坪田好雄宅	28m	東山(海拔198m)	3.2		3.0	5.4	3.6	6.6	15.7
9	長泉院	湧水	東麓	5.5		3.3	3.8	3.9	6.8	14.5
10	大角亮宅	18m	酒匂川右岸平野	10.3		6.3	10.6	10.1	6.8	17.1
11	吉野酒店	38m	◇	19.3		8.9	27.9	20.0	7.3	19.5
12	内田孝宅(塚原)	自噴井	(8ℓ/30sec)東麓	19.4		7.4	39.7	20.5	7.2	16.0
13	古屋潔宅(塚原)	◇	(8ℓ/1m34sec)東麓	26.6		7.6	39.7	14.7	7.2	17.1
14	高嶋敏三宅	浅井戸	酒匂川右岸平野	11.7		6.4	12.2	41.9	7.0	18.5
15	武井藤宅	◇	◇	11.5		11.4	6.7	21.0	6.0	17.5
16	加藤退三宅	10m	関本丘陵(キウイ・ミカン畑)	15.0		14.5	64.8	45.5	6.8	17.7
17	F工場 No.18	70m	東麓・狩川隣接地	593	14.3	4.6			6.8	16.9
18	◇ No.40	500m	◇	8.2	1.17	3.0			7.8~8.0	15.9
19	小沢重吉宅(三竹)	5m	東麓(ミカン・茶園)	69.0	0.51	4.1			6.2	16.5

• No.1~16は1987年7月7日採水、ミリポアろ紙(0.4μm)でろ過した。No.17~18は1986年10月17日、No.19は1987年11月19日採水(この3点は温地研によって採水されたもの)。

• 臭素とヨウ素は放射化分析法、塩素(Cl⁻)、NO₃⁻、SO₄²⁻はイオンクロマト法で分析。pH、水温は温地研による測定値。

(分析者 結田康一)

付表3 狩川中・下流および酒匂川支流・本流表流水中臭素、ヨウ素、塩素、硝酸および硫酸濃度

番号	採水地点	臭素 (ppb)	ヨウ素 (ppb)	塩素 (ppm)	硝酸 (ppm)	硫酸 (ppm)
1	狩川・大雄橋	622	13.4	2.8	4.6	19.5
2	狩川・花下橋	376	16.0	4.1	4.7	17.3
3	泉川(F工場排水口直下)	2,693		117	8.3	8.8
4	狩川・駒千代橋	715		11.3	5.9	11.1
5	太刀洗川・駒千代橋	151	4.09	5.0	6.5	5.0
6	狩川・飯田岡橋	297		8.4	5.6	12.1
7	狩川・酒匂川流入直前	175		7.8	5.3	13.3
8	文命用水	8.4		4.1	3.7	10.9
9	酒匂川・狩川合流直前	15.7		4.7	3.1	12.1
10	酒匂川・狩川(JR鉄橋)	97.7		8.3	5.1	14.8
11	酒匂川・サイクリング公園	146		8.5	5.0	15.2
12	洞川下原橋	7.7		3.7	2.5	11.3
13	仙了川下仙橋	8.2		5.9	3.2	15.3
14	要定川・狩川合流直前	8.0		6.1	3.6	15.0
15	酒匂川・吉田島	6.2	0.48	2.7		
16	川音川・茶屋	7.4	0.34	3.7		
17	河内川・峰	3.5	0.36	1.9		
18	鮎沢川・透間	6.9	1.12	5.4		
19	鮎沢川・足柄	11.7	0.85	4.4		

• No. 1～11は1987年7月6日、No.12～14は1987年7月8日、No.15～19は1987年8月19日採水。いずれもミリポア(ろ紙)でろ過。

• 臭素とヨウ素は放射化分析法、塩素(Cl⁻)、NO₃⁻、SO₄²⁻はイオンクロマト法で分析。

(分析者 結田康一)