

足柄平野及び大磯丘陵の地下水位観測結果について (足柄平野の地下水 その7)

横山尚秀, 荻野喜作, 平野富雄

神奈川県温泉地学研究所*

Water-Level Monitorings in the Ashigara Plain and the Oiso Hills (Study of Groundwater in the Ashigara Plain, Part 7)

by

Takahide YOKOYAMA, Kisaku OGINO and Tomio HIRANO

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Groundwater levels have been recorded at 9 observation wells in the Ashigara Plain and the Oiso Hills. The annual trend of groundwater levels for the last two years shows upward tendency. This trend is due to the 1982 and the 1983 rain storms which attacked the area with the large precipitation of more than 500 mm/day.

In the coastal area of the Ashigara Plain, increase of chlorine content is found at a few industrial wells and the maximum content is 197 ppm. At these wells, as groundwater heads are much lowered to near or under the sea level by pumping, upconing of sea water into the aquifer is taking place.

はじめに

足柄平野や大磯丘陵**では工業用水及び水道水の水源は殆んど地下水に依存しており, 今後も更に地下水の需要が増加することが予想されている。

しかし, 足柄平野では水需要の増加に伴って, 地下水位が低下したため, 自噴域の縮小や沿岸地域で地下水塩水化の徴候が認められている(横山ほか 1980, 酒匂川水系地下水研究会 1983)。

このような事情のため, 水収支調査の一環として, 地下水位の連続観測と地下水の水質(塩素イオ

* 神奈川県足柄下郡箱根町湯本997 〒250-03

** 小田原市, 南足柄市, 松田町, 開成町, 大井町, 山北町, 中井町
神奈川県温泉地学研究所報告 第15巻, 第5号, 73—84, 1984

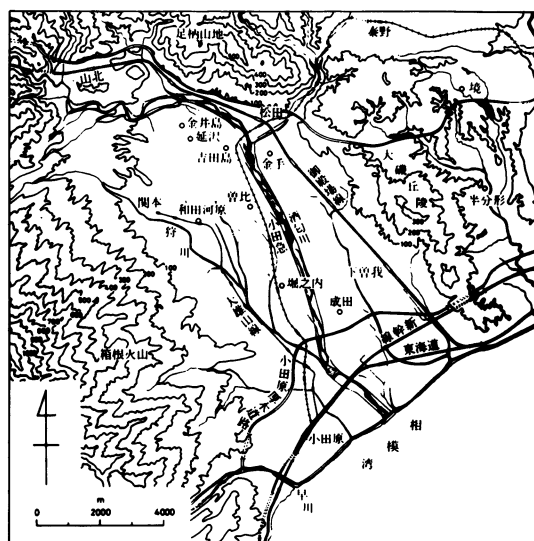


図1 水位観測井位置図

ン濃度) 調査を行った。

これらの調査の結果、足柄平野では地下水揚水量が僅かに増加傾向にあるものの、昭和57、58年と降水量が平年に比べ多かったので、水位上昇が認められた。また、沿岸地域で塩水化が進行し、塩素イオン量197ppmが観測された。

一方、大磯丘陵（中井町半分形）の水位観測結果について、小沢ほか（1977）以来の記録を検討したところ、目立った水位低下は認められなかった。

これらの調査結果の詳細は次節に述べるとおりである。

地下水位観測結果

〔足柄平野〕 足柄平野の上流域と中流域の8ヶ所に自記水位計を設置し、地下水位観測を行っている。各観測井の位置を図1に、観測結果を図2に、井戸仕様を表1に示した。

昭和57年の観測結果によると、殆どどの観測井で4月に最低水位を記録し、その後水位は上昇し、9月に最高水位が観測されている。ただし、成田観測井では7月に、堀之内観測井では3月に最低水位を記録している。

昭和57年は8、9月に台風が接近し、大雨が降ったため、水位が上昇して最高値を記録した。この年の水位は、県内各地で例年に比べて著しい上昇があった（なまずの会水位観測班 1982）。

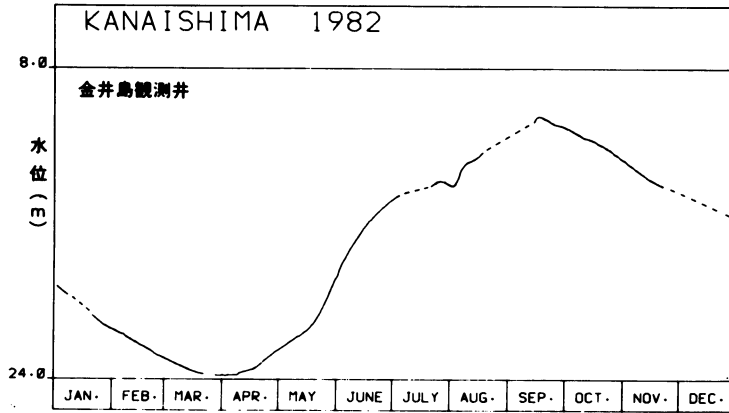
各観測井の年較差は、上流域で13.5～6 m、中流域で3～0.5mであった。

昭和58年は3月に最低水位を観測した後、水位は上昇し、8月に最高水位を記録した。ただし、成

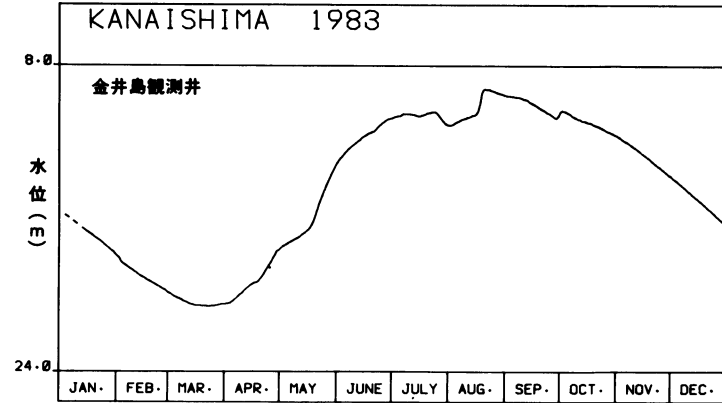
表1 地下水位観測井一覧表

No.	名 称	所 在 地	掘さく年	口 径	掘さく深 度	ストレーナー	現在深度
1	金井島観測井	開成町金井島	1968	75 ^{mm}	80 ^m	18～22, 42～46, 66～70m	38m
2	延沢観測井	開成町延沢	不明	1,000	不明	(浅井戸)	16
3	吉田島観測井	開成町吉田島	1968	100	60	28～39, 55～60	32
4	曾比観測井	小田原市曾比	1968	75	60	17～21, 38～42, 51～55	47
5	和田河原観測井	南足柄市和田河原	1968	75	60	44～53, 56～61	60
6	金手観測井	大井町金手	1968	75	70	40～44, 48～52, 64～68	49
7	堀之内観測井	小田原市堀之内	1968	75	60	30～34, 42～46, 54～58	60
8	成田観測井	小田原市成田	1977	150	70	46～68	70
9	半分形観測井	中井町半分形	1974	250	112	44～84, 89.5～93.5	112

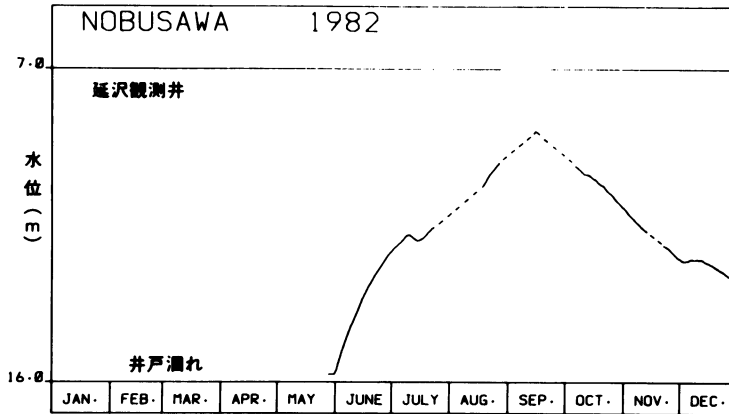
図2 地下水位観測結果 (1)



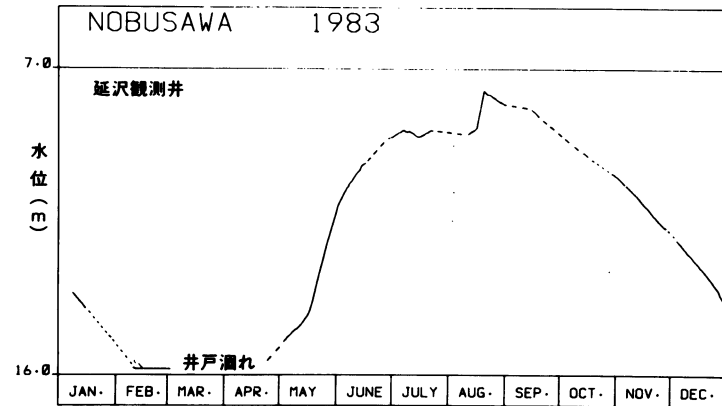
(ア) 金井島観測井 (昭和57年)



(イ) 金井島観測井 (昭和58年)

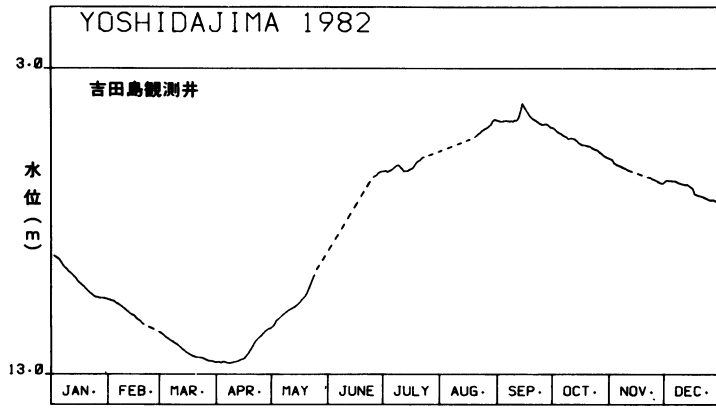


(ウ) 延沢観測井 (昭和57年)

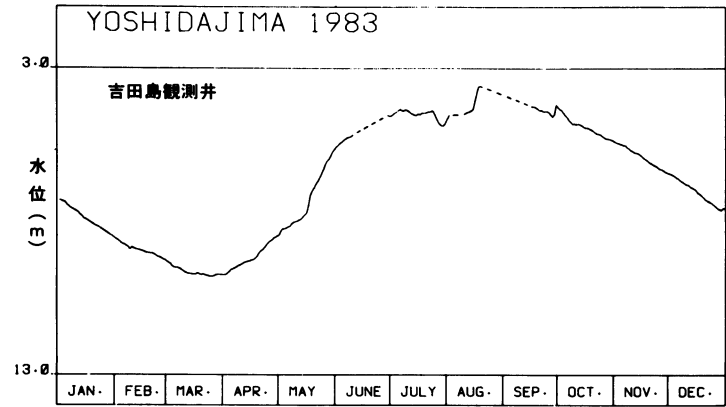


(エ) 延沢観測井 (昭和58年)

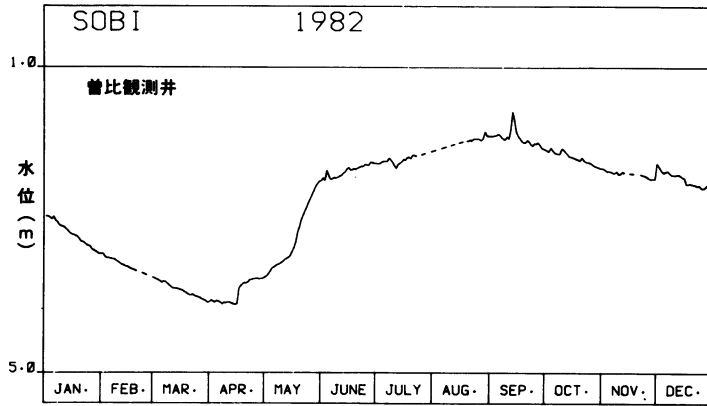
図2 地下水位観測結果 (2)



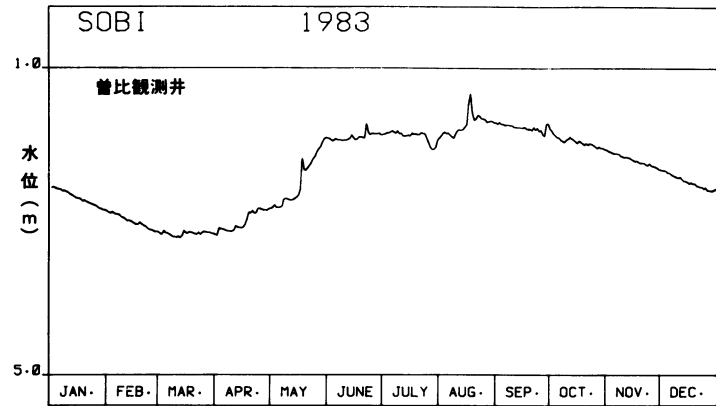
(才) 吉田島観測井 (昭和57年)



(力) 吉田島観測井 (昭和58年)

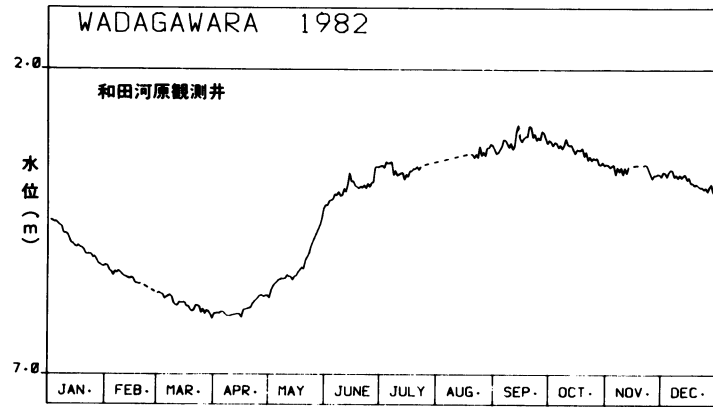


(才) 曾比観測井 (昭和57年)

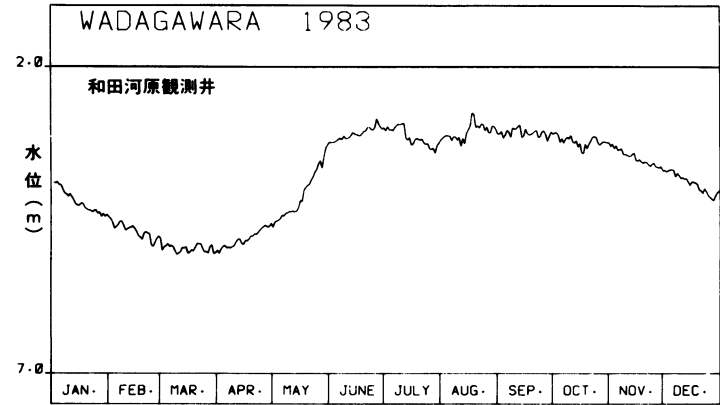


(ク) 曾比観測井 (昭和58年)

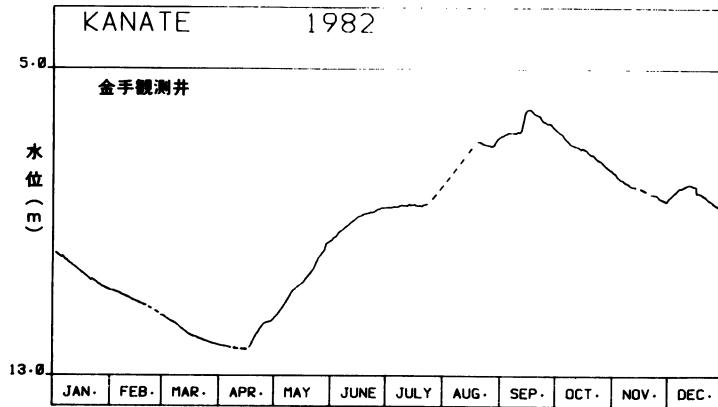
図2 地下水位観測結果 (3)



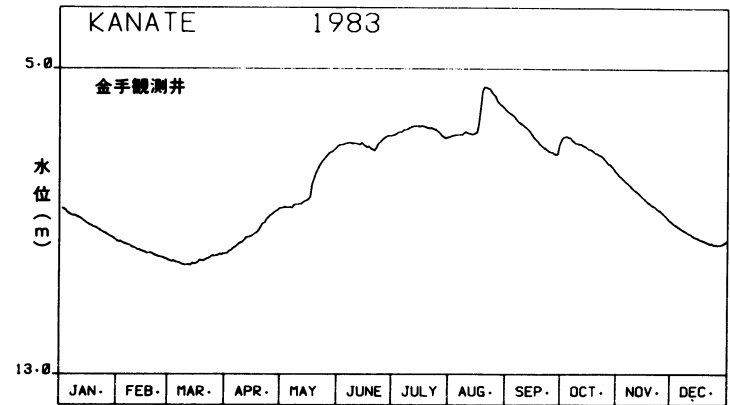
(ケ) 和田河原観測井 (昭和57年)



(コ) 和田河原観測井 (昭和58年)

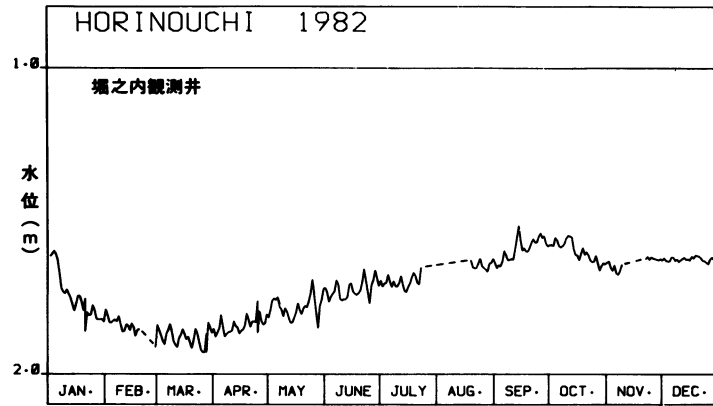


(サ) 金手観測井 (昭和57年)

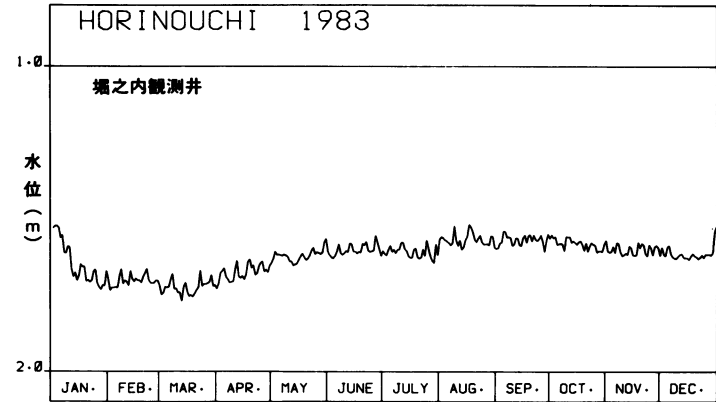


(シ) 金手観測井 (昭和58年)

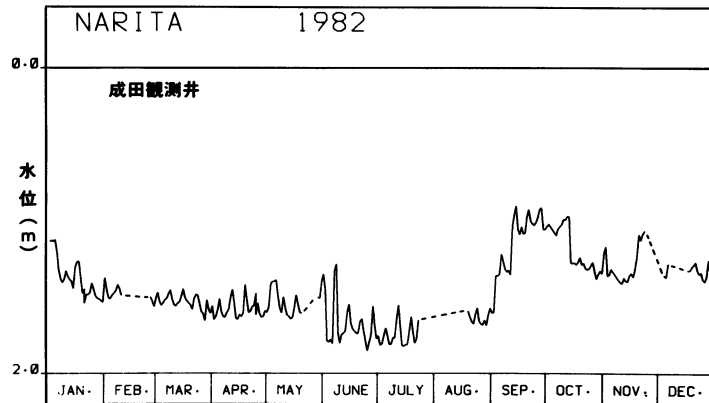
図2 地下水位観測結果 (4)



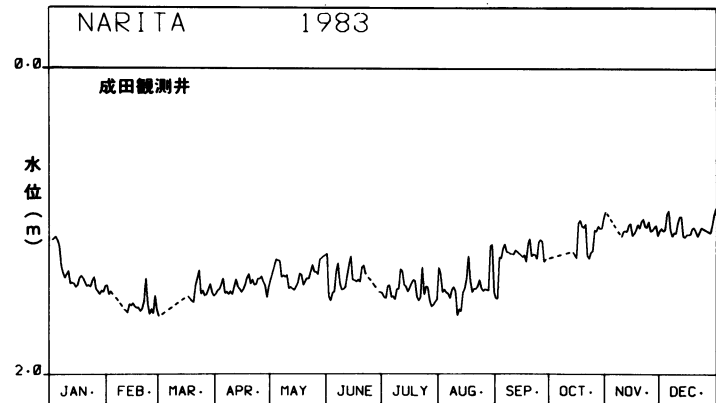
(ス) 堀之内観測井 (昭和57年)



(セ) 堀之内観測井 (昭和58年)



(ソ) 成田観測井 (昭和57年)



(タ) 成田観測井 (昭和58年)

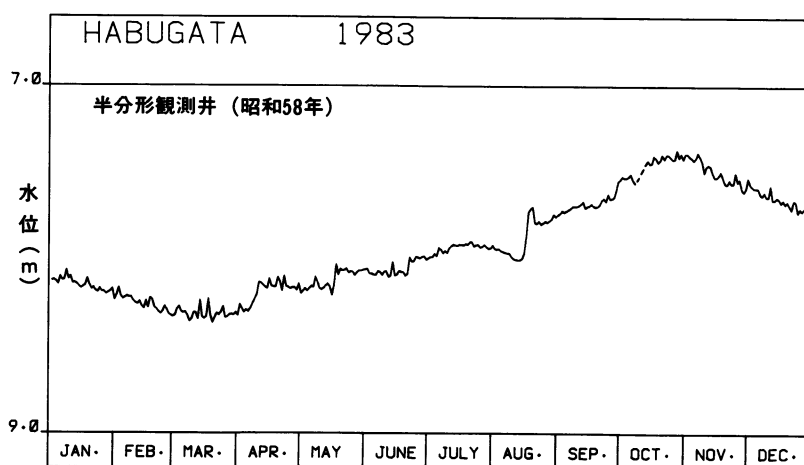


図3 中井町半分形観測井の
水位記録

田観測井では11月に最高水位を観測している。

昭和58年は、前年の8、9月に降水量が多かったため水位が上昇し、冬期の水位は高くなった。この影響を受け、最低水位が近年に無く上昇している。上流域では、前年に比べると3～2m最低水位が浅い。その上、昭和58年は年間降水量が2,000mmを越したため、最高水位も高まっている。

各観測井の水位年較差は、上流域で11～5m、中流域で2.3～0.3mであった。

〔大磯丘陵〕 大磯丘陵の中井町半分形に観測井が設置されている（図1）。昭和58年の地下水位変化は図3に示すとおりであった。

小沢ほか（1977）により解析されているように、水位の自記記録には気圧変化と揚水の影響が認められる。水位は3月に最低水位（8.3m）を記録した後、次第に上昇し、足柄平野に比べて約2.5ヶ月遅れた10月下旬に最高水位（7.4m）が観測されている。水位の年較差は0.9mであった。

地下水位の経年変化

足柄平野では、既に地下水低下に因る障害が認められ、地下水利用量の増加に対応した水位変化について報告されている（横山ほか 1982）。そこで、最近の地下水位変化の傾向について検討するため、各観測井の水位経年変化をグラフに表わした（図4）。グラフは観測井で記録された3月（又は4月）と7月中旬の水位*を用いて作成してある。

足柄平野では、地下水揚水量が増加した昭和40年代は全域にわたって水位低下が生じ、自噴域の面積が狭まった（図5）。堀之内観測井の記録によると、観測開始時は自噴**していたが、昭和45年に水位は地表面下に下がってしまった。この年の揚水量は、平野全体で17～18万m³/日と推定される。

* 地下水位が最低となる3月又は4月と、かんがい期の水位上昇が一段落する7月中旬を選び、比較した。

** 地下水位が地表面より上がっていた。

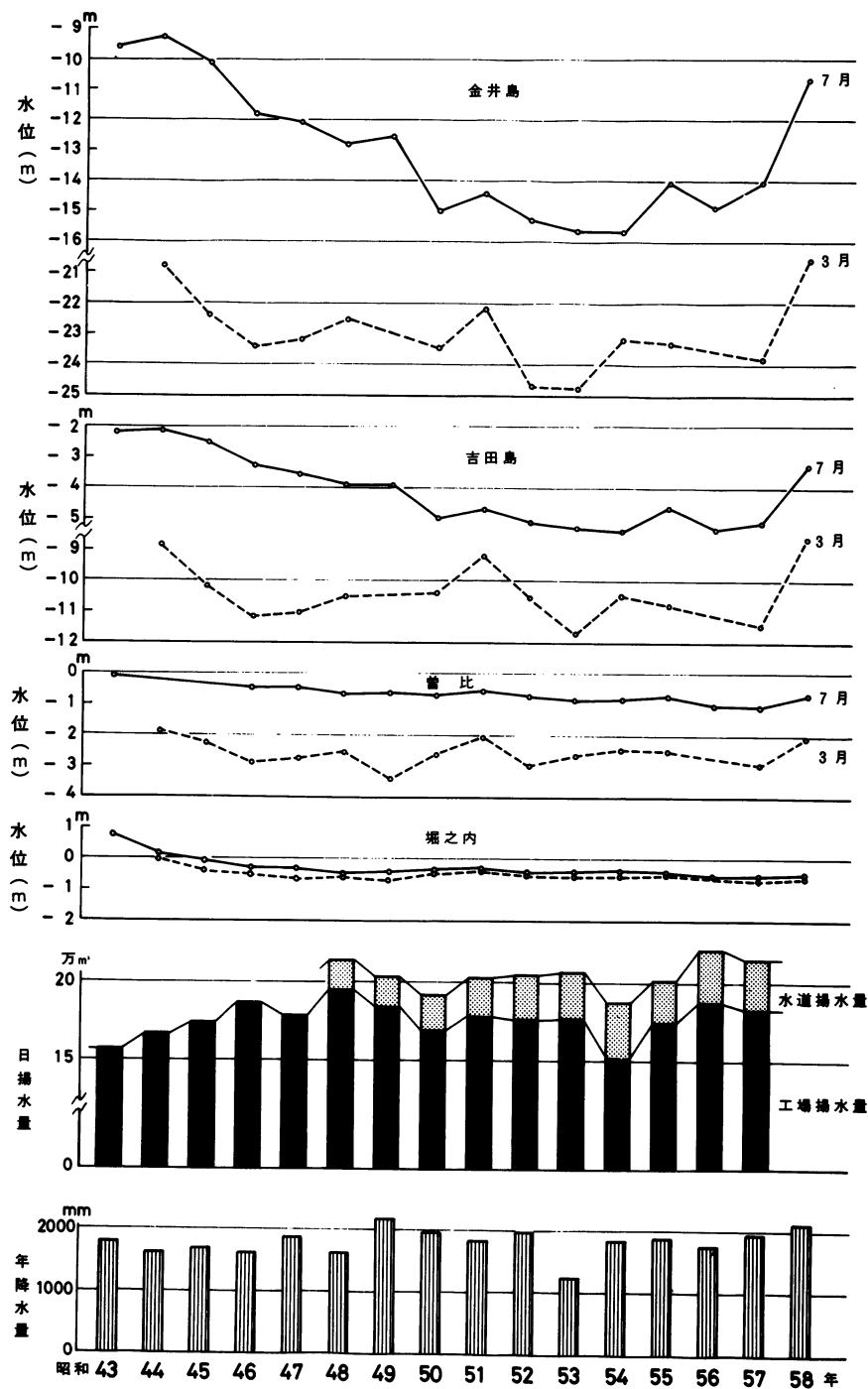


図4 主要観測井の水位経年変化

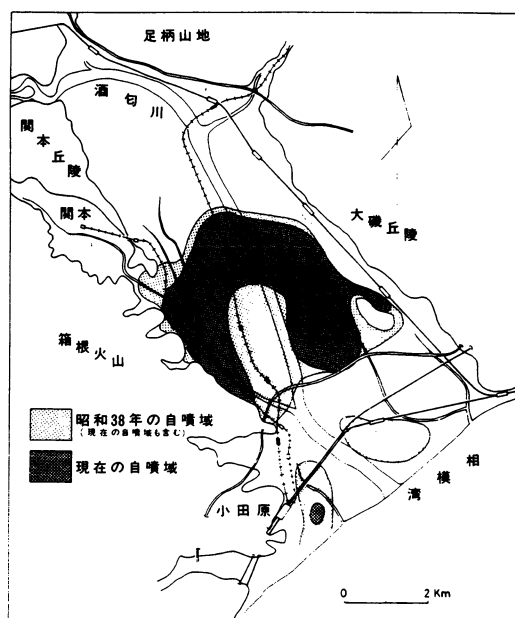


図5 自噴域の変化

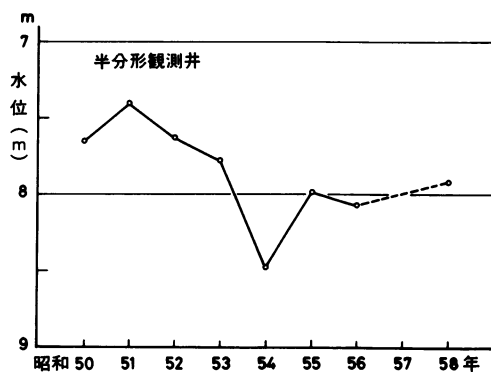


図6 半分形観測井の水位経年変化

昭和50年代になると、地下水揚水量は昭和40年代のような増加は止まり、横這いとなった。このため、地下水位の低下傾向は収まっている。

昭和50年代の後半になると、揚水量は僅かに増加傾向となった。しかし、水位は上昇傾向が読み取れる。とくに、平野の上流域では昭和58年に約3～2 mの上昇が観測されている。この現象は、前節で述べたように、降水の影響に因ると考えられる。

したがって、今後地下水の需要が高まり、揚水量が増加傾向を続ければ、再び水位低下が著しくなると予想される。

一方、大磯丘陵半分形観測井の水位経年変化を、足柄平野と同様に7月の水位を用いてグラフ化すると図6のようになった。

水位は昭和50年代初めに7.4～7.8 mであったが、昭和55年以降は8 m位となっている。グラフ上では水位が低下しているように読み取れる。しかし、昭和50年代初めは降水量が多かったことを考慮すれば、半分形観測井では著しい低下は認められない。

地下水塩水化

足柄平野下流部の小田原市小八幡付近の水源井では、地下水中に食塩 (NaCl) 成分の増加が認められ、塩水化の進行が数年前から心配されている。

そこで、地下水の水質を監視するため、塩水化した地域を中心に水質調査を実施している。調査井の位置を図7に、塩素イオン量分析結果 (昭和54, 56, 58年) を表2に示す。

昭和58年の調査結果によれば、塩素イオン濃度10ppm以上の塩水化した水源井*が8井あり、その内の3井が100ppm以上であった。昭和54年は塩素イオン濃度が100ppmを越える水源井が1井であった事に比べ、昭和58年は2井の増加が認められる。しかも、200ppm近い塩素イオン量の水源井まで出現している。このように、塩水化は徐々に進行している。

* 調査地域では、深井戸の塩素イオン濃度は10ppm以下が一般的である (横山ほか 1982)。

表2 塩素イオン量の経年変化一覧表

水 源 井			昭和54年(1979)			昭和56年(1981)			昭和58年(1983)		
No.	標 高	井 深	静止水位	揚水水位	C ℓ ⁻	静止水位	揚水水位	C ℓ ⁻	静止水位	揚水水位	C ℓ ⁻
	m	m	m	m	ppm	m	m	m	m	m	ppm
1	10.7	120	8.19	8.19	40.1		7.58	44.6	6.74	7.60	48.7
2	10.7	12			21.5			17.7		10.50	18.7
3	9.2	80		8.36	6.97	5.60	7.75	11.1	5.40	22.43	11.4
4	12.7	180			8.23						7.23
5	12.7	65			3.48				6.13	15.51	2.50
6	12.5	73	12.19	13.36	5.12				6.87	11.10	2.63
7	13.0	150	6.56	11.69	5.01				6.08	7.94	4.58
8	13.0	10	4.77		9.97						11.2
9	8.9	100		12.82	4.21			3.22		13.13	3.25
10	8.7	130	9.78		112.7	3.97	11.78	188.6			
11	8.7	130		8.38	42.2	4.02	7.94	104.0	3.74	7.59	150.8
12	11.1	130		11.26	61.2		12.52	122.0		14.83	196.6
13	10.2	95	6.55	22.85	18.9			24.0			31.4
14	10.3	95	5.42	23.82	5.49						
15	10.8	95	5.95	28.83	4.06						
16	11.0	95		10.93	3.85			2.93			2.92
17	10.0	130									23.4
18	10.1	98	6.56	9.36	47.9					10.29	117.5
19	5.3	88			3.69						3.08
20	9.5	130				3.88	4.50	3.71	4.05	4.59	3.71
21	10.0	95				6.50		14.9			15.8

塩水化が進行する様子は、昭和54年と58年の塩素イオン濃度を垂直分布（図8）で比較すると良く分かる。なお、断面線の位置は図7中に示した。

昭和54年には、塩水化の徴候が塩素イオン濃度50ppm、100ppmの等値線で図上に表現されている。これに対し、昭和58年は塩水侵入域が塩素イオン濃度50～200ppmの等値線で図中に描かれ、塩水化が強調されている。

塩水化は小八幡付近の水源井（No. 10, 11, 12, 18）で顕著である。これらの水源井では塩素イオン量が100～200ppmと高濃度を示し、No. 4, 6, 7の水源井と対照的である。

塩水化は標高-50m以下の帯水層で発生している。そして、揚水中の地下水位が海面下まで下がっている。このことは、ガイベン-ヘルツベルグの法則を裏付けるように、塩水が水圧低下部を狙って侵入し続けていることを示している。

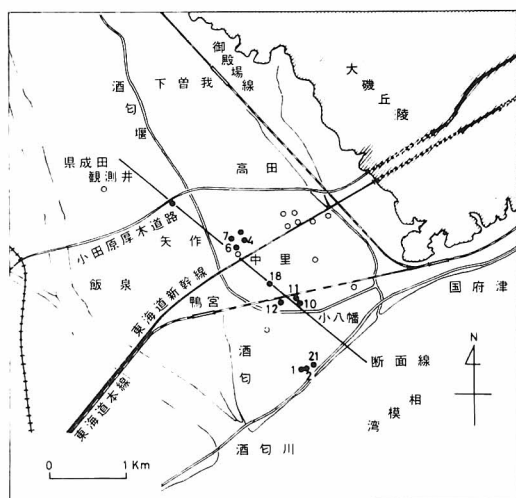


図7 水質調査井分布図（黒丸は断面図に記入された井戸）

54年当時に比べて、工場全体の揚水量は減少しているものの、一部の水源井に負担がかかり、連続揚水が行われている。このため水位が著しく低下し、塩水の侵入を促進している。

おわりに

足柄平野で心配されていた地下水障害の内、地下水位の低下傾向は止み、小康状態であるが、地下水塩水化は、昭和54、56、58年と年々進行している。

塩水化している地域は水位低下域と一致し、揚水中の水位は標高0 m近く、或は海面下まで低下している。とくに、水源井が多く分布する平野下流域では、夏期に揚水量が増えるため、成田観測井で記録されているとおり、夏期に水位が下がる。したがって、夏に塩水化の進行が著しくなると考えられる。

塩水化している水源井を持つ工場の場合、昭和

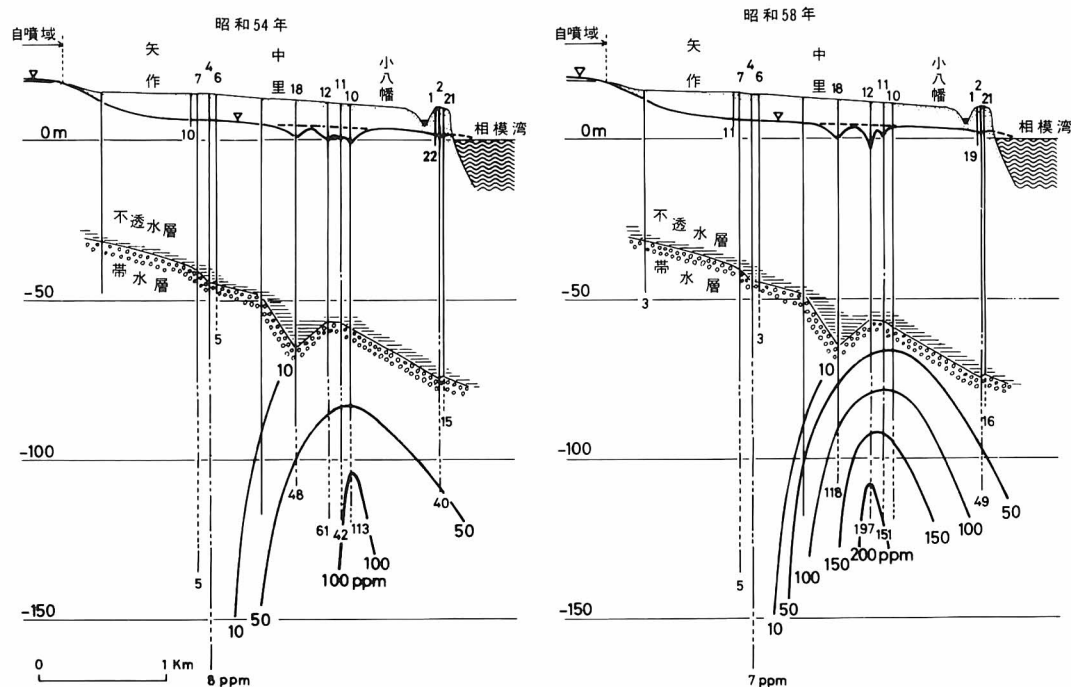


図8 沿岸地域の塩素イオン量垂直分布

足柄平野では、塩水化現象はガイベンーヘルツブルグの法則に則って発生している。したがって、塩水化の防止には、横山ほか（1980）が推定した許容水位（標高 2 m）が有効と考えられるので、この算定値（揚水量 4 割削減）を当分の目安として、水利用の合理化を行う必要がある。また、水質調査が重要であるので、水位観測調査と併せて、引き続き実施する必要がある。

謝 辞

本調査にあたり、対象となった事業所、各市、町には、現地調査に便宜をはかっていただき、貴重な資料を提供していただいた。また、県小田原土木事務所、県水資源対策室には調査資料を提供していただいた。温泉地学研究所長大木靖衛博士、平賀士郎研究部長からは有益な示唆をいただき、青木繁直管理課長ほか温泉地学研究所職員には調査にあたり協力していただいた。以上の方々に厚く御礼いたします。なお、この調査は神奈川県温泉地学研究所温泉等研究調査費によった。

参 考 文 献

- なまずの会水位観測班（1982）昭和57年7月～9月の地下水位観測と地震，神奈川温地研報告，Vol. 14，No. 3，71-79
- 荻野喜作，横山尚秀，加藤 浩，川合康男（1974）足柄平野の地下水（その1）—開成町付近の地下水—，神奈川温地研報告，Vol. 5，No. 3，155-166.
- 小沢 清，荻野喜作（1977）大磯丘陵中井町地域の地下水位連続観測，神奈川温地研報告，Vol. 8，No. 3，135-144.
- 小沢 清，荻野喜作，横山尚秀（1982）足柄平野の地質（その1），神奈川温地研報告，Vol. 13，No. 5，83-90.
- 小沢 清，荻野喜作，横山尚秀，栗屋 徹（1980）足柄平野中流部における観測井の掘さく—足柄平野の地下水（その4）—，神奈川温地研報告，Vol. 12，No. 2，57-62.
- 酒匂川水系地下水研究会（1976）酒匂川水系地下水研究会事業報告書，p. 30.
- Todd, D. K. (1976) Ground water hydrology, 2nd ed., New York, p. 535.
- 横山尚秀，荻野喜作，加藤 浩，大木靖衛（1975）足柄平野の地下水（その2），神奈川温地研報告，Vol. 6，No. 3，133-140.
- 横山尚秀，荻野喜作，大木靖衛（1977）足柄平野の地下水（その3），神奈川温地研報告，Vol. 8，No. 3，115-124.
- 横山尚秀，荻野喜作，平野富雄，小沢 清（1980）足柄平野下流部の地下水について—足柄平野の地下水（その5）—，神奈川温地研報告，Vol. 12，No. 2，63-74.
- 横山尚秀，荻野喜作，小沢 清（1982）足柄平野の地下水位観測結果（1981），足柄平野の地下水（その6），神奈川温地研報告，Vol. 13，No. 5，91-98.