

足柄平野沿岸部の地下水塩水化調査結果（昭和61年度）

横山尚秀、平野富雄、荻野喜作、大木靖衛

神奈川県温泉地学研究所*

Monitoring of Salt Water Intrusion in the Coastal Area of Ashigara Plain in 1986

by

Takahide YOKOYAMA, Tomio HIRANO, Kisaku OGINO and Yasue OKI

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

Monitoring of salt water intrusion was carried out in the coastal area of the Ashigara Plain in 1986. Increase in chlorine content was observed at three industrial wells at Koyawata, Odawara city. A comparison of the 1986 figure for chlorine content with that for 1985 showed that the maximum content for 1986, which was 330ppm, had increased by 19ppm over that for 1985. As the pumps often run at these wells, groundwater heads are under the sea level for long periods of time. Because of this long run and overdrawing, the upconing of the salt water into the aquifer has been becoming worse every year. The fact that the upconing is due to the Ghyben-Herzberg relation has been explained in the profile of chlorine content across Koyawata (fig.5). The origin of the chlorine was considered to be sea water intrusion. It is proposed that effective countermeasures should be taken against the spreading of salt water intrusion in Odawara city.

1 はじめに

足柄平野の相模湾沿岸地域には豊富な地下水資源を求めて進出した企業が多く、工業用水として地下水が大いに利用されている。昭和54年小田原市小八幡地区で塩水化の兆候が認められ（横山ほか、1980）、それ以来地下水障害として塩水化に関心が持たれている（政経かながわ、1984）。とくに、食料・飲料等製造業や写真・精密機械製造業等では、汲み上げる地下水の水質が塩水化によって悪化しないかが重大問題である。このような事情から、地下水水収支調査の一環として、地下水塩水化の動向監視のため

* 神奈川県温泉地学研究所 足柄下郡箱根町湯本997 〒250-03

神奈川県温泉地学研究所報告 第19巻、第3号、17-24、1988

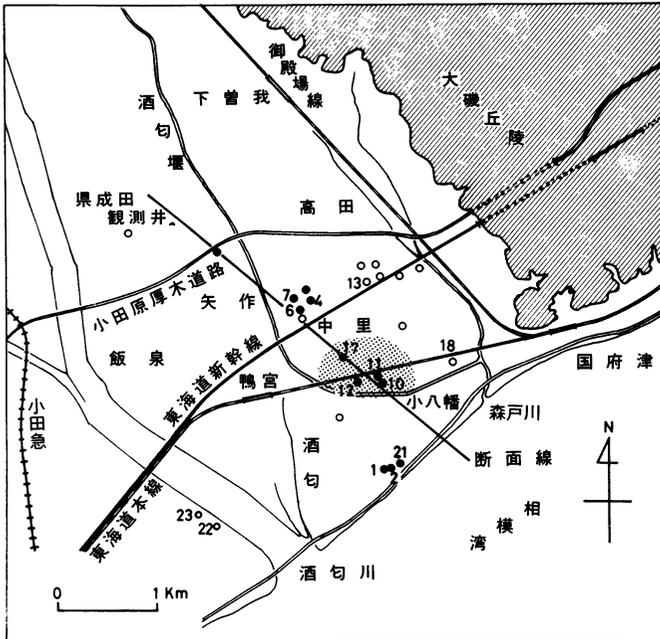


図1 調査地域及び調査井の位置
(黒丸は断面中の井戸)

毎年水質調査を実施している。

調査地域は足柄平野の相模湾沿岸部(図1、写真1)である。採水調査は毎年1回18事業所、34水源井で行い、現地では採水と同時に水位測定を行っている。調査は地下水中の塩素イオン量と地下水位の変動との関係に重点を置き、地下水塩水化の動向を監視している。昭和61年度は10月に採水調査を行った。調査結果によると、塩水化が発生している小田原市小八幡地区では、その範囲拡大は認められなかったものの、塩素イオン濃度が更に増加し、塩水化は前年度と比べ進行していることが明らかになった。

2 調査地域の地質

調査地域は足柄平野の末端部で、小田原厚木道路より海側の工業団地を中心とする地域である(図1)。山崎ほか(1982)によれば、調査地域の地質状況は地表面下50~70mまで砂泥層からなる沖積層があり、それ以下の少なくとも深度500m以浅には円礫層を主とする更新世の砂礫層が続くことがボーリング調査により認められている。

砂泥質の沖積層は難透水層の役割を持ち、更新世の砂礫層が帯水層となっている。ストレーナーはおおよそ深度80m以深に設置され、揚水試験結果によれば、帯水層の透水量係数は1,000~2,000m³/日である(横山ほか、1980)。したがって、帯水層は良好で、多くの深井戸によって利用されている。

これらの地層が相模湾と接する様子は明らかでないが、酒匂川三角州は沖合いに続かないことが地形断面から読み取れ、この海底地形によって地層は相模湾の沖に伸延していないと見なした。すなわち、帯水層は海中に露出に近い状態で切れ、海水は帯水層に侵入し易いと考えられる。

3 調査結果

図1中に丸印で表した水源井で採水調査を行った。図中に塩水化区域を網目で表したが、調査は塩水化が認められている酒匂川左岸地域に重点を置き行った。調査井の内から図中に番号を付けて表した主要水源井を10井選び、昭和54年以降の塩素イオン濃度と地下水位変化を表1に示した。表1によれば塩素イオン量が100ppmを越えた井戸は小八幡地区所在の3井で、塩水化地域の拡大は認められなかった。



写真1 調査地域（昭和63年1月 大磯丘陵、田島にて撮影）

表1 主要井戸の塩素イオン濃度と地下水位観測結果

整理番号	標高 m	井深 m	塩素イオン ppm 水位 (標高) m	昭和54年 (12月)	昭和56年 (12月)	昭和58年 (12月)	昭和59年 (12月)	昭和60年 (12月)	昭和61年 (10月)	備 考
1	10.7	120	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	40.1 2.51	44.6 3.12	48.7 3.10	48.1 2.88	45.9 —	47.3 —	
2	10.7	12	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	21.5 —	17.7 —	18.7 0.20	19.3 0.37	18.1 0.40	16.1 —	
9	8.9	100	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	4.21 -3.92	3.22 —	3.25 -4.23	4.28 -4.31	3.99 -3.10	3.50 -3.13	
11	8.7	130	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	42.2 0.32	104.0 0.76	150.8 1.11	198.7 0.38	311.4 0.07	330.1 -0.54	塩水化
12	11.1	130	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	61.2 -0.16	122.0 -1.42	196.6 -3.73	225.6 -5.78	224.5 -4.16	226.0 -5.58	塩水化
13	10.2	95	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	18.9 -12.65	24.0 —	31.4 —	30.8 18.80	41.2 -14.92	31.6 -19.80	
17	10.1	98	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	47.9 0.74	— —	117.5 -0.19	132.3 -1.80	143.8 -1.71	158.1 -2.01	塩水化
18	5.3	88	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	3.69 —	— —	3.08 —	3.81 -2.41	3.39 -3.10	3.90 —	
21	10.0	95	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	— —	— —	15.8 —	15.5 —	16.8 —	15.2 —	
22	6.1	80	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	— —	— —	— —	50.0 1.59	43.5 1.38	58.5 —	
23	6.1	80	塩素イオン濃度 運 転 中 水 位	— -1.03	— —	— —	38.4 -8.26	26.4 -5.40	35.3 -6.68	

しかし、濃度の最高値はNo.11の330ppmで、昨年に比べ19ppm増加している。

昭和60年度と比べ塩素イオン濃度が10ppm以上増加した水源井はNo.11、13、17の3井であった。中でもNo.13の増加量が最も多く、42ppmにのぼった。これらの井戸では連続的に揚水が行われ、揚水中の地下水位は海水面（標高0m）より下に下がっている。No.11、17の揚水中とポンプ停止中の水位経年変化は図2のとおりである。連続揚水が行われ、多量の地下水が揚水されると水位は海水面下に下がってしまい、塩水化は進行する。No.11とNo.12は交互に連続揚水し、使用頻度を変えて調節しているものの、塩水化は進行した。No.17では昭和58年以降水位を海面下に下げて揚水が行われていることが分かる。なお、塩水化が認められない井戸の地下水位経年変化を図3に示した。成田観測井やNo.13の水位には低下の傾向は認められない。塩水化の動向を塩素イオン量の変化で表せば図4のとおりである。No.11、12、17の塩素イオン量は昭和54年以降急速に増加している。No.11、12の塩素イオン量は昭和56年に

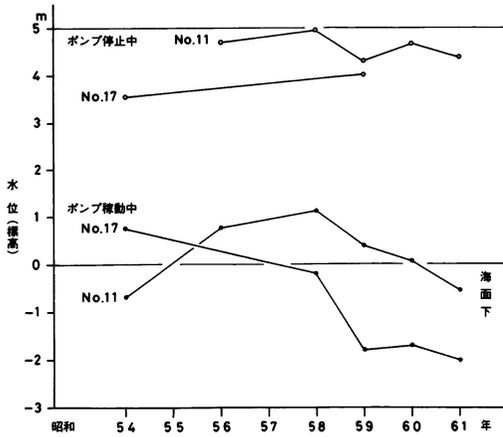


図2 塩水化した井戸の水位経年変化
(水位は標高、m)

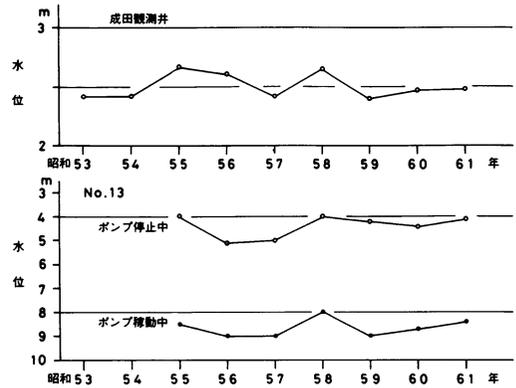


図3 塩水化が認められない井戸の水位経年変化
(水位は地表面からの深度、m)

100ppm を過ぎ、昭和60年には200ppm を越えた。そして、昭和61年はNo.11の濃度が330ppm となった。一方、No.17の濃度も150ppm を越え158ppm となった。

4 考察

塩水化の状況を昭和54、58、61年の3年について断面図に表せば図5のとおりになる。なお、断面線の位置は図1中に示した。等濃度線が示すように、中心部の塩素イオン濃度は毎年着実に濃くなっている。No.11、12、17の井戸では連続的にポンプが稼働し、地下水位が海面下まで下がっている。地下水を汲

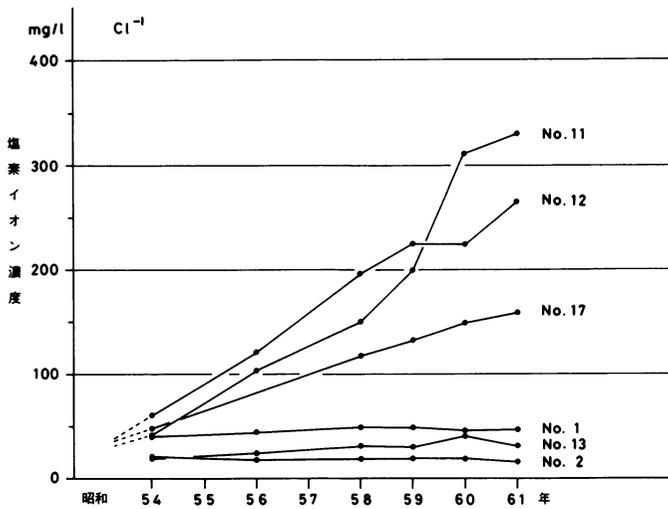


図4 塩素イオン濃度の経年変化

み上げると水位は揚水井を中心に漏斗状に低下するが、水位を海面下まで下げると水圧低下により上下のバランス（成層）が崩れ、揚水井の真下で深部から高濃度の塩水が侵入してくる。この様子は濃度分布に良く表れている。塩水侵入部は水位低下部分と対応し、その下でとんがり帽子を伏せたような円錐形をしている。

調査地域の塩水化は揚水によって地下水位が海面下に低下する頻度が多くなった井戸に発生している（横山ほか、1980）。その現象

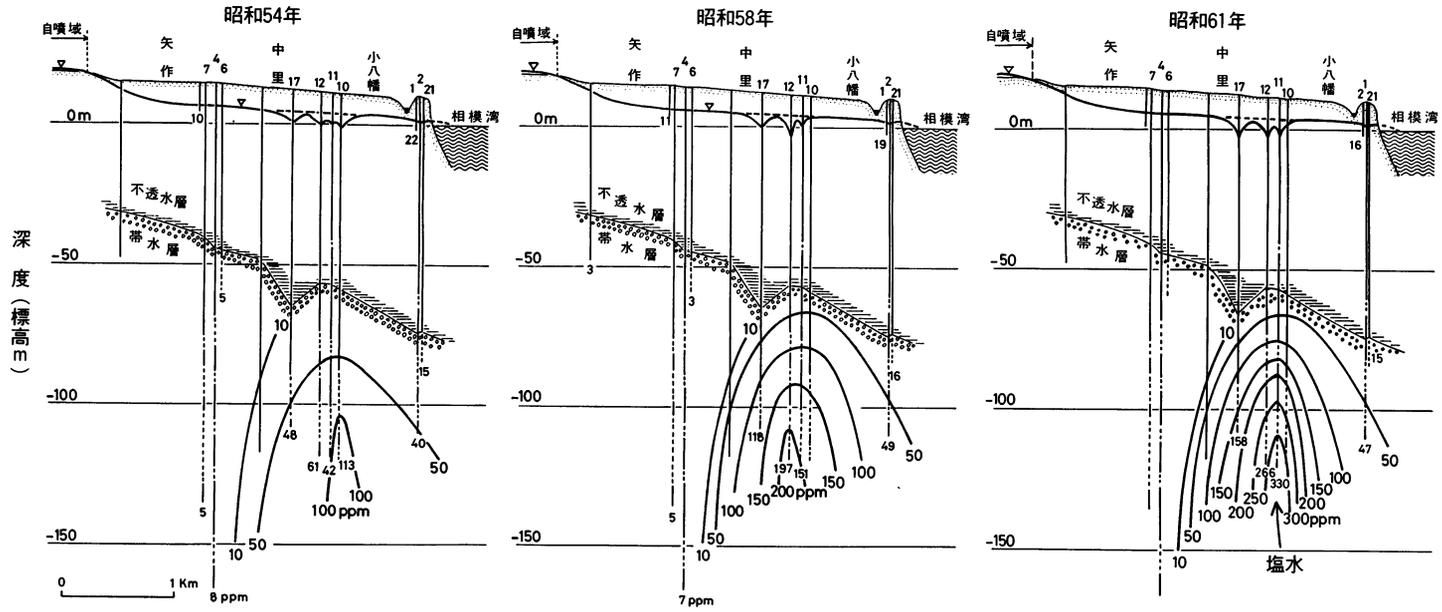


図5 塩素イオン濃度垂直分布の経年変化 (断面位置は図1に示す)

はガイベンーヘルツベルグの法則に従っており、塩水化は漸移帯の上昇、高濃度塩水の進入と順に進行する。塩水の起源は海水侵入の可能性が強い。以上に述べた調査地域の塩水化のメカニズムを模して図示すれば図6のとおりになる。なお、塩水の起源についてさらに明らかにするため、現在水素-酸素同位体調査を行っている。

5 まとめ

地下水塩水化調査の結果小田原市小八幡地区で塩水化が進行していることが明らかになり、最も高濃度の井戸では330ppmの濃度が観測された。調査地域の塩水化は湘南地区（神奈川県環境部、1983）や他地域に比べまだ範囲が狭く、濃度も著しく濃くないが、その濃度の増加はかなり早い。このままの状態がすすめば塩素イオン濃度は近い将来500ppmを越えるであろう。

地下水の塩水化がこのまま進行し、拡大すれば、水の豊かな西湘地域のイメージを崩すことは素より、塩水化が直接工場の操業に影響を及ぼすであろう。例えば、ボイラーや給排水施設には障害が起きるし、さらに水質に神経質な写真関係、食料・飲料製造業、IC関係等の工場では操業に支障が出るであろう。

塩水化は地下水の水収支バランスが崩れたことを表し、毎年の塩素イオン濃度の増加は地下水障害進行の警鐘である。したがって、地下環境保全のため次の事項を参考に塩水化防止策を検討する必要がある。

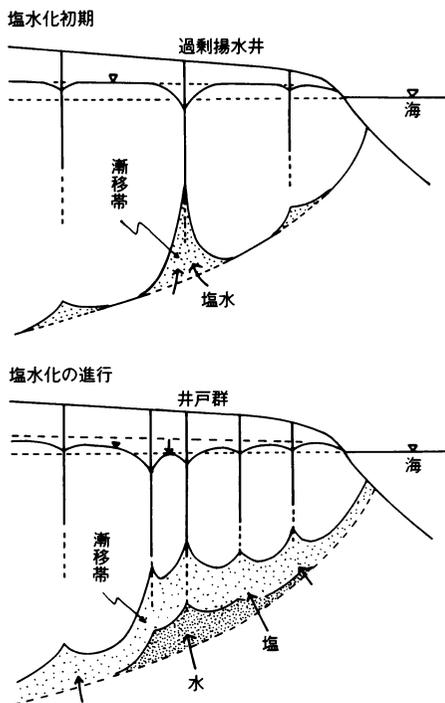


図6 塩水化進行の模式図

(1) 既に当所研究所報告で示されているように、調査地域の塩水化を進行させない安全な地下水位(揚水中の水位)と考えられる標高2mを目標とする地下水利用計画を作成し、防止対策を講じる。

(2) 当面の対策として、揚水中の水位を海面下に下げないようにポンプを稼働させる。このため用水の節約や水利用の合理化による揚水量削減と安全揚水をはかる。

(3) 以上の事項を推進させるため、各事業所が自社の水源井に関心を持ち、自主的に水源井の水位、水質、揚水量、稼働状況等を調査し、水源井の管理を確実にを行う。

6 謝辞

本調査を進めるにあたり、各事業所、施設の方々には現地調査に協力していただき、貴重な資料を提供していただいた。また、諸星忠義管理課長をはじめ管理課の方々には調査を円滑に進めるため配慮いただいた。以上の皆様に深く感謝いたしたい。なお、前研究部長の故平賀士郎博士には日頃御指導いただいた。御冥福をお祈りいた

します。

なお、本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。

7 参考文献

神奈川県政経懇話会 (1984)、県西地方の地下水塩水化進む、政経かながわ、No.933、4-6.

神奈川県環境部 (1983)、地下水許容揚水量算定調査書、県央・湘南地域.

荻野喜作、横山尚秀 (1987)、足柄平野の地下水、月刊「水」、Vol.29、No.4、22-28.

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.

山本荘毅 (1983)、新版地下水調査法、古今書院.

山崎晴雄、垣見俊弘、加藤完、池田喜代治、高橋誠、永田松三、伊藤吉助 (1982)、プレート北端部の造構運動の調査研究、「フィリピン海プレート北端部の地震テクトニクスに関する特定総合研究 (中間報告)」、368-393、科学技術庁研究調整局.

山崎晴雄 (1985)、足柄平野の地質と地殻変動、月刊「地球」、Vol.7、No.8、466-472.

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) 一、神奈川温地研報告、Vol.12、No.2、63-74.

横山尚秀、荻野喜作、平野富雄 (1984)、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)、神奈川温地研報告、Vol.15、No.5、73-84.