

足柄平野南部の地下水の酸素同位体比

板寺一洋*

Isotopic Composition of Groundwater in the Southern Ashigara plain

by

Kazuhiro ITADERA*

1. はじめに

温泉地学研究所では、1979（昭和54）年に足柄平野沿岸部で地下水塩水化の兆候が確認され（横山ほか、1980）て以来、塩水化の指標となる塩素イオン濃度等の成分分析と、この地域に分布する工業用水源井の地下水位観測に基づき、塩水化の進行状況を把握するとともに、メカニズムの解明と塩水化の防止・改善対策についての提言を行ってきた（横

山ほか、前出、1988）。塩水の起源については海水の可能性が指摘されており、水素・酸素同位体調査による解明が課題として掲げられている（横山ほか、1990）。

一方、地元の小田原市は、1995（平成7）年度に施行された「小田原市豊かな地下水を守る条例」に基づき、足柄平野沿岸部を含めた市域の独自の地下水調査を実施している。この調査の一環として、1997（平成9）年～1999

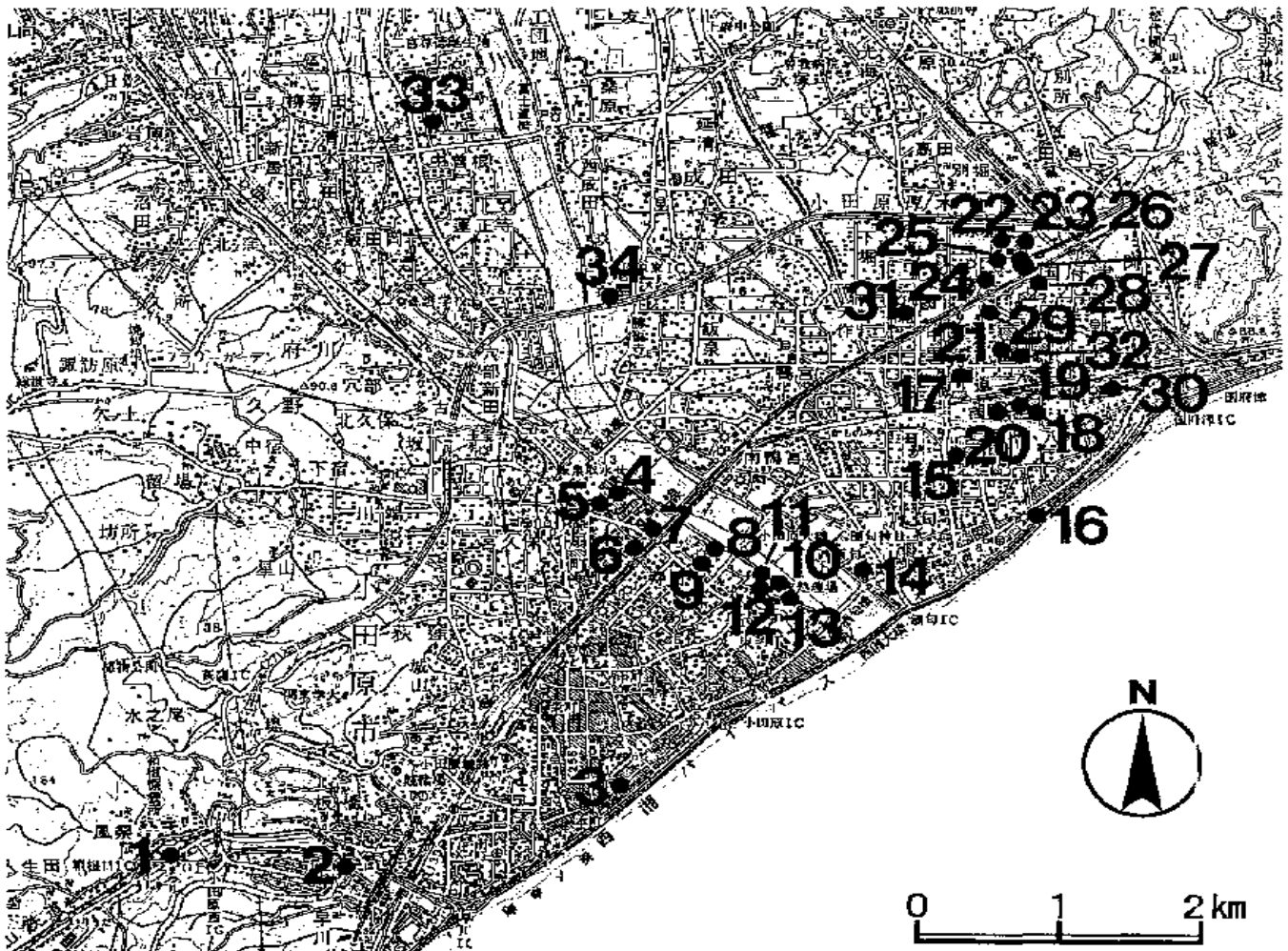


図1 調査対象井戸の位置（国土院発行 1/50000 地形図「小田原」の一部を使用、
図中、数字は表1のNo.に対応）

* 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 586
報告，神奈川県温泉地学研究所報告，第31巻，第2号，117-120，2000.

(平成 11) 年の冬季と夏季(2月と8月)の計6回、図1に示した水源井から地下水試料が採取された。今回、この試料の酸素同位体比を測定する機会を得たので、その結果について報告する。

足柄平野地域では、上述の地下水塩水化や自噴域の縮小といった地下水障害への対応、あるいは新たな開発に伴う地下水の利用と保全等の観点から、詳細な地下水収支の実態や地下水流動機構の解明が求められており、今回の酸素同位体比測定結果は、そのための基礎データとしても意義があるものと思われる。

2. 調査地域の概要および測定結果

横山ほか(1988)や神奈川県(1991)によると、足柄平野南部地域の地表下50~70mには、火山灰や火山泥流堆積物からなる泥質層が分布し、それ以深に厚く堆積する砂礫層中の地下水を被圧している。今回調査対象としたのは主に工業用の水源井であり、その深度(後掲)から、いずれも、この被圧地下水を採取しているものと考えられる。

表1に各水源井の深度、各試料の酸素同位体比の測定結果と平均値、塩素イオン濃度の平均値を示した。水源井の

表1 調査対象井戸の深度、酸素同位体比測定結果および塩素イオン濃度の平均値
(No.は図1に対応)

No.	井孔深度 (m)	酸素同位体比(‰ 年/月)							塩素イオン濃度 平均値(mg/l)
		1997/2	1997/8	1998/2	1998/8	1999/2	1999/8	平均値	
1	63.0	-7.85	-7.60	-7.83	-7.70	-7.79	-7.90	-7.78	21.4
2	70.0	-7.98	-7.77	-7.92	-7.82	-7.85	-7.98	-7.89	26.1
3	90.0	-8.07	-7.83	-7.81	-7.75	-7.47	-7.20	-7.69	25.3
4	60.0	-8.07	-8.13	-8.18	-8.22	-8.17	-8.14	-8.15	6.6
5	120.0	-7.89	-7.27	-8.10	-8.04	-8.02	-7.86	-7.86	15.0
6	75.0	-7.89	-8.12	-8.09	-8.07	-8.05	-7.87	-8.01	20.5
7	150.0	-8.16	-8.31	-8.63	-8.33	-8.36	-8.17	-8.33	33.6
8	76.0	-8.13	-8.24	-8.29	-8.22	-8.26	-8.16	-8.22	67.6
9	80.0	-8.12	-8.16	-8.27	-8.18	-8.25	-8.18	-8.19	60.1
10	80.0	-8.08	-8.12	-8.33	-8.15	-8.16	-8.30	-8.19	95.4
11	80.0				-8.25	-8.31	-8.25	-8.27	41.9
12	80.0	-8.06	-8.20	-8.28	-8.29	-8.19	-8.07	-8.18	57.2
13	80.0	-8.03	-8.08	-8.17	-8.18	-8.22	-8.14	-8.14	65.4
14	98.0	-8.07	-8.29	-8.11	-8.20	-8.23	-8.18	-8.18	16.0
15	90.0	-7.90	-8.05	-8.02	-8.16	-8.09	-8.23	-8.07	8.7
16	95.0	-8.00	-8.13	-8.13	-8.17	-8.17	-8.09	-8.11	22.5
17	121.0	-7.96	-7.99	-7.90	-8.26	-8.17	-8.16	-8.07	336.3
18	130.0	-7.52	-7.75	-7.66	-7.76	-7.71	-7.76	-7.70	195.4
19	130.0	-7.84	-7.57	-7.94	-8.02	-7.88	-8.02	-7.88	392.5
20	130.0	-8.03	-7.72	-8.20	-8.14	-8.06	-8.12	-8.05	521.9
21	80.0	-7.80	-8.15	-8.13	-8.19	-7.98	-8.02	-8.04	4.4
22	130.0	-8.02	-7.93	-7.85	-7.94	-7.87	-7.79	-7.90	2.6
23	130.0	-7.92	-7.96	-7.90	-8.02	-8.02	-7.84	-7.94	6.5
24	83.5	-8.05	-7.99	-8.03				-8.02	21.0
25	95.0	-8.05	-7.86	-7.86	-8.02	-7.99	-7.95	-7.95	3.2
26	130.0	-7.85	-8.02	-7.98	-8.05	-7.64	-7.83	-7.90	33.5
27	130.0				-8.19	-8.06	-8.05	-8.10	11.4
28	100.0	-7.52	-7.45	-7.68	-7.86	-7.67	-7.66	-7.64	5.7
29	100.0	-7.98	-7.39	-8.10	-8.24	-8.18	-8.07	-7.99	16.5
30	102.0	-7.50	-7.65	-7.54	-7.77	-7.76	-7.73	-7.66	4.0
31	180.0				-8.13	-8.01	-8.11	-8.08	2.9
32	90.0				-8.06		-7.96	-8.01	35.3
33	180.0				-8.36	-8.04	-8.20	-8.20	3.0
34	120.0				-7.98	-8.16	-8.20	-8.11	5.0

深度、塩素イオン濃度のデータは小田原市の提供によるものである。酸素同位体比の分析は、標準試料として蒸留水 [$^{18}\text{O} = -8.52\text{‰}$ (VSMOW)] を用い、当所の軽元素質量分析装置 (VG (現 Micromass) 社 PRISM) および自動平衡装置 (ISOPREP18) により行った。この装置による酸素同位体比分析の内部精度は $\pm 0.01\text{‰}$ であることから、分析結果は小数点以下2桁まで掲げている。

表1によると、調査時期により酸素同位体比が大きく変動しているものもあるが、全般的な傾向を把握するために、酸素同位体比、塩素イオン濃度とも算術平均値にみられる傾向について主に述べることにする。

3. 酸素同位体比と塩素イオン濃度

図2に水源井の深度と、酸素同位体比および塩素イオン濃度の関係を示した。図中黒丸で示したのは塩素イオン濃度が上位の10試料であり、その他の試料と比べて明らかに高い塩素イオン濃度を示していることがわかる。これに対して、酸素同位体比は、塩素イオン濃度の高低に関わらず同程度の値を示しており、違いを見出すことはできない。

黒丸で示した10試料は、さらに2つのグループに分けることができる。第一のグループは、塩素イオン濃度が水道水の飲用基準 200mg/l を上回るもので、図中 No. を付した No. 17, 18, 19, 20 の4井が該当する。これらは、かねてから地下水の塩水化が指摘されている地域に分布しており、井戸深度は $120 \sim 130\text{m}$ である。第二のグループは塩素イオン濃度が $数十 \sim 100\text{mg/l}$ のグループで、No. 8, 9, 10, 11, 12, 13 の6井が該当する (図中に No. は付していない)。これらは酒匂側の右岸近傍に分布し、井戸深度は $70 \sim 80\text{m}$ である。

図3は酸素同位体比と塩素イオン濃度の関係を示した図である。図中の直線は、酸素同位体比を 0‰ 、塩素イオン

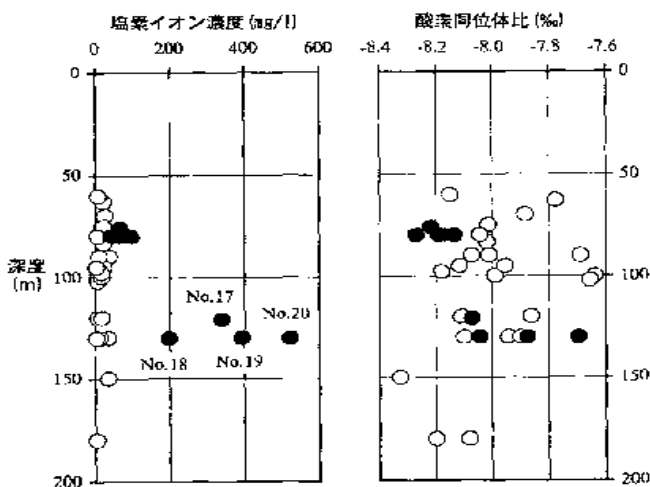


図2 井戸深度と試料の塩素イオン濃度および酸素同位体比 (○は塩素イオン濃度の上位10試料、No.は表1に対応)

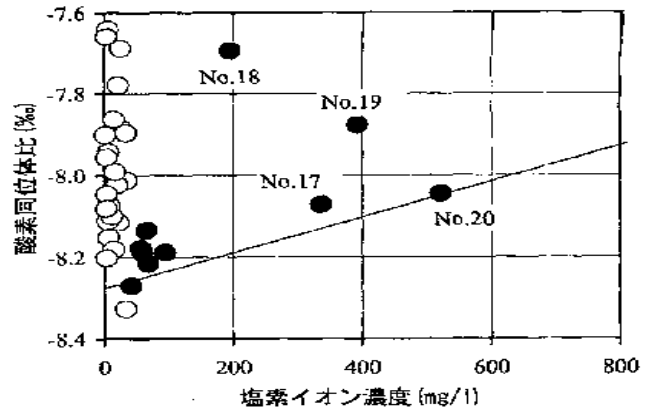


図3 塩素イオン濃度と酸素イオン濃度の関係 (○は塩素イオン濃度の上位10試料、No.は表1に対応)

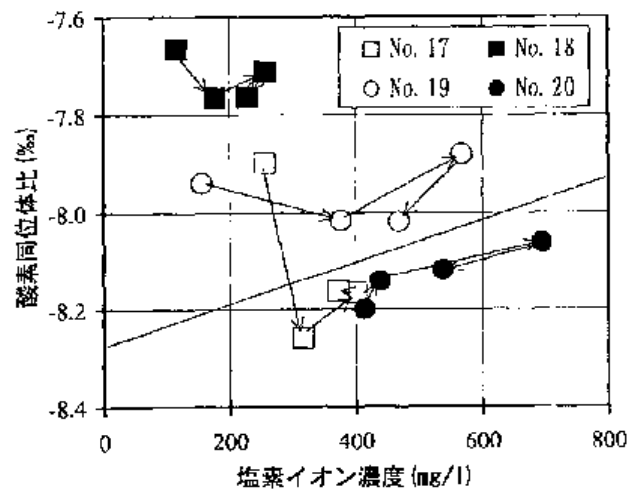


図4 塩水化地下水の塩素イオン濃度と酸素イオン濃度の推移 (No.は表1に対応)

濃度を 19000mg/l とした仮想海水を示す点と、今回の試料中最も塩素イオン濃度の高かった試料 (No. 20) を示す点とを結んだものである。本地域の地下水は、深部からの海水の侵入により塩水化している可能性が高い (横山ほか、前出) ことから、この直線は、この地域における典型的な塩水化地下水の傾向を示していると考えることができる。

第二グループ (上述) の地下水は、塩素イオン濃度の低い試料 (図中 ○) と比較すると、塩素イオン濃度が極端に高いわけではないが、直線の傾向に沿って仮想海水側にシフトしており、塩水化の兆候を認めることができる。

一方、顕著な塩水化の影響を被っている第一グループ (上述) の地下水は、直線に対するばらつきが大きい。塩水と淡水の混合系を示す直線 (以下、混合線) は、淡水側の端点の取り方によって異なる。塩素イオン濃度の低い試料の酸素同位体比が広い範囲に及んでいることから、第一グループの地下水は、塩水と混合系にある淡水の酸素同位体比が各々異なっていると考えることができる。

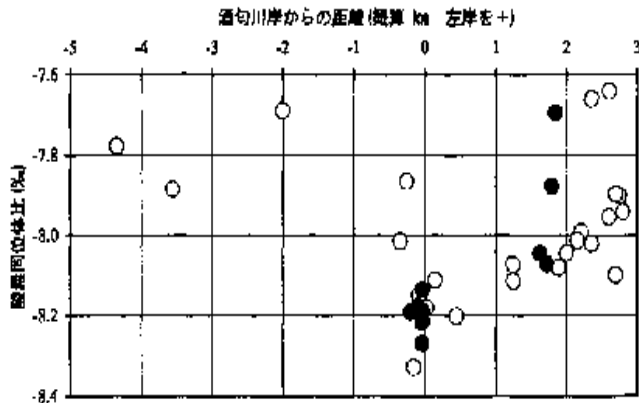


図5 酒匂川河岸からの距離と酸素同位体比の関係
(○は、塩素イオン濃度の上位10試料)

図4は、第一グループの地下水について、1998(平成10)年2月以降の塩素イオン濃度と酸素同位体比の推移を示している。この図によれば、両者の関係は、混合線に沿うように推移した時期と、それに斜交して推移した時期があったことがわかる。このような結果は、塩水と1種類の淡水の混合では説明できず、塩水化した地下水が、さらに酸素同位体比の異なる淡水と混合する機会があったことを示している。

4. 酸素同位体比の空間分布について

今回対象とした地下水の酸素同位体比の空間分布の特徴を把握するため、酒匂川岸からの距離と地下水の酸素同位体比の関係について検討を行った(図5)。酒匂川と各水源井の距離は、国土地理院発行5万分の1地形図上で、各水源井の位置から酒匂川河岸に直交する線分の長さを測定し、距離に換算したもので、実際の距離の概算値に相当する。

板寺(1999)は、酒匂川本流の河川水の酸素同位体比として $-8.2 \sim -8.6\text{‰}$ の値を報告している。図5によると、地下水の酸素同位体比は酒匂川近傍では河川水に近い値を示し、酒匂川から離れるにしたがって値が大きくなる傾向を認めることができ、特に左岸側で顕著であることがわかる。同様の傾向は黒部川扇状地における嶋田(1991)の調査においても報告されており、河川に近いほど河川水の浸透による涵養の影響が強く、河川から離れるほどそれ以外の(たとえば隣接地域や平野浅層から涵養される)水の寄与する割合が大きくなることを示しているものと考えられる。

5. まとめ

足柄平野南部の地下水試料の酸素同位体比を測定し、空間分布の特徴および塩素イオン濃度との関係について検討した、その結果は以下のようにまとめることができる。

- (1) 塩素イオン濃度の高い地下水と低い地下水の間で、酸素同位体比に明瞭な差異は見いだせなかった。
- (2) 酒匂川右岸近傍の地下水について、極端に塩素イオン濃度は高くないものの、塩水化の兆候が認められた。
- (3) かねてから塩水化が指摘されていた地域の地下水の酸素同位体比と塩素イオン濃度の推移は、塩水と1種類の淡水との混合系では説明ができない。
- (4) 地下水の酸素同位体比が酒匂川に近いほど河川水に近い値を示し、遠ざかるほど大きくなる傾向が認められた。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、小田原市環境保全課から試料および塩素イオン濃度等のデータを提供していただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- 板寺一洋(1999) 酸素同位体比を指標とした地下水涵養源推定の試み 酒匂川右岸地域の自噴地下水を例として、神奈川温泉地研報告, Vol.31, No.1, 53-56.
- 神奈川温泉地学研究所(1991) 平成2年度神奈川県地下水質資料集 - 県西部地域 -, 50p.
- 嶋田純(1991) 安定同位体による地下水流動解析、榎根勇編著、実例による新しい地下水調査法, 山海堂, 115-121.
- 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) -, 神奈川温泉地研報告, 12, 2, 63-74.
- 横山尚秀、平野富雄、荻野喜作、大木靖衛(1988) 足柄平野の地下水塩水化調査結果(昭和61年度), 神奈川温泉地研報告, 19, 3, 17-24.
- 横山尚秀、石坂信之、平野富雄、大木靖衛(1990) 足柄平野の地下水塩水化調査結果(昭和62年・平成元年), 神奈川温泉地研報告, 21, 3, 127-132.