

横浜市域にみられる地下水中のマンガン分布とその地質的背景

吉川循江・田中礼子・荒井桂子・磯田信一・杉本 実

第 12 回環境地質学シンポジウム論文集 別刷

(2002 年 11 月)

Reprinted from

*The Proceedings of the 12th Symposium on Geo-Environments and Geo-Technics
& International Symposium for Geological Environment, November 2002*

横浜地域にみられる地下水中のマンガン分布とその地質的背景

吉川 循江 田中 礼子 荒井 桂子 磯田 信一(横浜市衛生研究所)
杉本 実(横浜市環境科学研究所)

1 はじめに

横浜地域には家庭用井戸が 6,000 ケ所以上存在する。これらの内 3,700 ケ所は、災害時に生活用水として近隣住民へ提供することを前提に、「災害応急用井戸」と位置づけ、毎年、水質検査を行っている。一方、横浜市の上水道普及率はほぼ 100%に上っているが、井戸水を飲用として利用している家庭も多い。また、経費削減を目的として地下水を飲用や業務用に利用する事業所も存在する。その際、Fe、Mn が水道水質基準を超過する例がある。

地下水の水質を岩質によって区分することは難しいが、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^{+} を指標とし、岩質による水質の差異を利用して地下水の流動方向を検討した報告¹⁾例もあり、岩石中に包蔵されている地下水については、岩質と水質との関係がある程度予測することが可能と考えられる。神奈川県内では Mn を含む鉱石が山北町、秦野市等で産出され、Mn 鉱脈が知られている²⁾が、横浜市内の地層中の Mn 分布は不明である。また、地下水中の Mn 濃度の報告例も Fe に比べて少ないため、実態は不明である。そこで、横浜地域の地域ごとに地下水中の Mn のバックグラウンド値を把握し、基礎資料を得ることを目的として調査を行った。あわせて、地下水の水質特性と地質的特徴について検討したので報告する。

2 調査方法、試料

平成 14 年 2 月から 3 月に持ち込まれた 271 ケ所の井戸水について Mn、イオン類および水質基準項目等について上水試験方法に準じ調査を行った。

横浜市の地形・地質図 1996 (横浜市) を用いて井戸の所在地を確定した。

地下水の深度を示す指標として、水質が還元状態か否かを用い、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が検出 (0.12mg/L 以上) され、かつ、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が不検出である場合の地下水を還元性地下水 (深井戸) とした。

3 結果と考察

3-1 Mn の検出状況

Mn が水質基準 (0.05mg/L) を超えて検出されたのは 23 ケ所 (8.5%)、快適水準 (0.01mg/L) を超えて、水質基準未満の検出は 49 ケ所 (18.1%) だった。最高値は 1.9mg/L を示した。なお、2002 年に稲葉らが発表した東京多摩地域の井戸 204 井を対象とした重金属類調査では、基準値、快適水準を超えて検出された Mn はそれぞれ、1 ケ所、18 ケ所と報告されており、比較すると横浜は Mn の検出率が高い。

Mn の検出量を $\text{NH}_4\text{-N}$ の検出状況に分けて Fig. 1 に示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ が検出された 44 ケ所は、Mn が高率、高濃度で検出される場合が多かった。この 44 ケ所からは $\text{NO}_3\text{-N}$ が検出されず、還元性地下水と考えられ³⁾、還元状態にある底部水中では Mn 濃度が高い例⁴⁾が報告がされており、こうした報告ともよく一致していた。

3-2 地域特性

地層と地下水の地域性を水質特性から検討するため、井戸の所在地を横浜市の地形・地

質図上にプロットし、北部、西部、臨海に分け Fig. 2 に示した。その3地域の地層と地下水との関係を調べた。Table1 は地層と Mn 検出量との関係を、Table2 は地層と水質特性(平均値)との関係をそれぞれ示したものである。

(1) 北部地域

北部地域(青葉、緑、都筑、港北、鶴見区、地形は多摩丘陵、下末吉台地に区分されている)にある 89 ケ所の地下水のうち、Mn が 12 ケ所(13.4%)から水質基準を超えて検出され、20 ケ所(22.5%)が快適水準を超えた。検出率は 53.9%にのぼった。

上総層群の王禅寺層、柿生層、鶴川層から採水している地下水は 38 ケ所の井戸である。Mn が検出された井戸 18 ケ所と不検出 20 ケ所について水質を比較すると(Table 2)、イオンバランスが類似し、同質の地下水と推定された。しかし、色度、有機物量、pH、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ はそれぞれ異なり、これらの検出値に影響を与える井戸の深さ(地層の深さ)に Mn の検出状況も影響されると考えられる。

鶴見川流域は広大な沖積層が形成されている。沖積層は河成堆積物の砂礫、シルト、有機質土と海成堆積物の砂、シルト、粘土から成っている。その下位は上総層群である。沖積層から採水している地下水 16 ケ所(浅井戸 10 ケ所)のうち、浅井戸を含む 14 ケ所から Mn が検出され、その中の 4 ケ所が基準を超えていた。特に下流域の地下水は、溶存イオン総量が他地域の約 2 倍と多く、硬度、 Cl^- イオン、色度、有機物量等も高い。このような浅い地層の地下水から Mn が検出される原因には、京浜工業地帯最盛期の地下水過剰揚水¹⁰⁾が考えられる。一方、上流域の 8 ケ所から Mn が検出された。この水質は、前述した上総層群の王禅寺層、柿生層、鶴川層から採水している地下水の水質と同様の傾向を示し、有機物、pH、色度、イオンバランス等が類似していた。

また、Mn が高濃度で検出された地下水は、フミン酸の指標である色度が 4 度前後と高値を示している。すなわち上総層群の一部地下水は、準化石型の地下水を採水している可能性が考えられる。

(2) 西部地域

西部地域(瀬谷、泉、戸塚区の一部、地形は相模原台地に区分されている)にある 36 ケ所の地下水のうち、Mn が水質基準以上の値で検出された地下水は 2 ケ所でいずれも還元性地下水であった。この 2 ケ所はそれぞれ、上総層群大船層または小柴層、中里層または屏風ヶ浦層から採水されている地下水と考えられる。

なお、この地域は全国的に見て主要地下水賦存地域に挙げられ¹⁾、市域では最大、かつ広域に帯水層が分布する地域である。地質断面図^{5,6,7)}によると帯水層は主に相模野礫層と土屋砂層が報告されている。相模層群の相模野礫層、武蔵野ローム層から採水されていた 23 ケ所、下末吉層、下末吉ローム層から採水されていた 12 ケ所は Mn が低濃度検出されるにすぎなかった。2001 年の著者らの調査では、土地利用状況から、この地域は農地が約 20% 存在し、肥料に由来すると思われる $\text{NO}_3\text{-N}$ の検出量が多く、pH が酸性化している地域⁸⁾と特徴づけている。本調査からも、従来通りの結果が得られた。この結果は $\text{NO}_3\text{-N}$ イオンが陰イオンであるため土壌には吸着されないこと⁹⁾。また、採水層が礫土壌のため透水性が高く $\text{NO}_3\text{-N}$ が地下水へ移行しやすく、さらに、地下水量が豊富で涵養性に富む(降水浸透

量が多い)地層から形成されているためと考えられる。一方、近年、河川の Mn の検出量が増大している原因は肥料などによる pH の酸性化が一因であるという報告³⁾がされている。しかし、今回得られた Mn 濃度は、地下水の pH の酸性化と関連していないように見受けられる。また、肥料関連成分である SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} の検出量もそれほど多くなかった。今後、これらの項目の関連性について検討していきたい。

(3) 臨海地域

臨海地域(磯子、南区の一部)において、Mn が快適水準を超えて検出される 8 ヶ所はすべて還元性地下水であり、上総層群の小柴層、中里層の地下水が採水されていると考えられる。海岸平野に存在する地下水は、過剰揚水で海水の浸入汚染が度々問題になっている¹⁾。また、筆者らは、湾岸地域の Cl^- 濃度が内陸地域に比べ相対的に高いことを報告してきた⁸⁾。しかし、この地域の地下水水質は海岸沿いにもかかわらず、 Cl^- 濃度、 SO_4^{2-} 濃度が低く、pH は高い値を示した。地下水中に塩水(海水)の浸入が行われ難いのは被圧地下水のためと考えられた。その水質は北部地域の上総層群の水質と類似傾向にあるが、色度、有機物量が低く、pH が高い点で異なった特徴がみられた。また、当地域と同様、海岸沿いにある鶴見川下流域の水質を比較すると溶存イオン総量、色度、有機物量等が明らかに異なっていた。

臨海地域の丘陵・台地に分布する 8 ヶ所はローム層の地下水が採水されていると考えられている。このうち、3 ヶ所の井戸の地下水から Mn が検出された。その水質は SO_4^{2-} が多い特徴が認められた。

4 まとめ

地下水中から Mn やイオン類が多く検出される地域の特殊性や地質的特徴を研究した結果、次のことが明らかになった。

- ① 北部地域は Mn が 12 ヶ所 (13.4%) から水質基準を超えて検出され、20 ヶ所 (22.5%) が快適水準を超えた。この地下水は上総層群の王禅寺層、柿生層、鶴川層などの地層から採水していることが分かった。
- ② 西部地域は $\text{NO}_3\text{-N}$ が多く検出され、pH が酸性化していた。しかし、Mn は低濃度検出されるにすぎなかった。地下水は豊富で涵養性に富む相模層群の相模野礫層、武蔵野ローム層の地層から採水されていた。
- ③ 臨海地域の Mn が快適水準を超えて検出される 8 ヶ所は上総層群の小柴層、中里層から採水していた。

Mn が地層の指標元素となりうるかは現地調査を含めて、さらに検討する必要がある。本報告では、地質図を用いて各井戸を地層ごとに分類し、その特徴を水質との関係で考察したが、地下水の連続性については明らかにできなかった。しかし、本調査において地下水の水質特性から、その連続性を把握し、汚染源の特定や拡散の防止を図ることが可能と思われる。今後は、地層の元素分析等と併せ、市内の井戸の構造を詳しく調べていきたいと考えている。

謝辞

本研究にご協力いただいた各福祉保健センターの環境衛生監視員、ならびに衛生局生活衛生課の各位に感謝い

たします。

引用文献

- 1) 地下水ハンドブック：地下水ハンドブック編集委員会編集 建設産業調査会(1980)
- 2) 小出良幸ほか：かながわの自然図鑑① 岩石・鉱物・地層 有隣堂 横浜(2000)
- 3) 上水試験方法：日本水道協会 2001年度
- 4) 和田 攻ほか訳：環境汚染物質の生体への影響 1 マンガン・アスベスト 東京化学同人(1977)
- 5) 美濃輪和朗、杉本 実：横浜の地下水環境に関する研究(5)ー境川流域の地下帯水層及び地下水環境についてー、横浜市環境科学研究所報、第20号(1996)
- 6) 杉本 実：横浜の地下水環境に関する研究(4)ー相模野帯水層の地下水汚染機構解明調査ー、横浜市環境科学研究所報、第19号(1995)
- 7) 杉本 実、梅原順造、飯塚貞男：横浜の地下水環境に関する研究(3)ー境川・帷子川流域に分布する帯水層と地下水環境ー、横浜市環境科学研究所報、第17号(1993)
- 8) 松岡良樹ほか：横浜市内井戸水の衛生学的調査 平成13年度地方衛生研究所全国協議会関東甲信静支部理化学部研究部会総会・研究会資料78-81
- 9) 硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き：環境省環境部地下水・地盤環境室監修 公害研究対策センター(2002)
- 10) 横浜市地盤図集：横浜市(1996)

Table 1 The well water containing Mn of strata

Table1 横浜地域の地層別Mn検出状況

地質図上の井戸の位置		北部地域				西部地域				臨海(磯子区付近)地域			
		井戸数	Mn(mg/L)の検出された井戸数			井戸数	Mn(mg/L)の検出された井戸数			井戸数	Mn(mg/L)の検出された井戸数		
			>0.05	>0.01	≥0.004		>0.05	>0.01	≥0.004		>0.05	>0.01	≥0.004
沖積層 (軟弱地盤) 2万年～1.8万年前	鶴見層・舞岡層隣接	10	2	4	2								
	王禅寺層隣接	5	1	4	0								
	鶴川層隣接	1	1	0	0								
	中里層(砂質泥岩)隣接									13	0	8	0
	上里川層(砂層)隣接									1	0	0	0
相模層群 60万年～5万年前	TcL 立川ローム層	4	1	0	1								
	Tc 立川礫層												
	M ₃ L 武蔵野ローム層上部					2	0	0	1				
	M ₃ 中台段丘礫層												
	M ₂ L 武蔵野ローム層中部	1	0	0	1	21	1	0	7				
	M ₂ 武蔵野礫層(相模野礫層)	2	0	0	0								
	M ₁ L 武蔵野ローム層下部	3	1	0	2	1	0	0	1				
	M ₁ 小原台砂礫層												
	SL 下末吉ローム層	7	1	0	1	7	0	0	0				
	S 下末吉層	2	0	0	2	5	1	0	1	1	0	0	0
	TuL 土屋・土橋ローム層	1	1	0	0								
	Tt 戸塚層・寺尾層												
	SoL 早田ローム層・舞岡ローム層	1	0	0	1								
	Tm 鶴見層・舞岡層	14	0	0	4								
上総層群 100万年前	NGsg 長沼層(砂及び礫)									1	0	1	0
	NGsm 長沼層(砂質泥)												
	OZ 王禅寺層	17	1	5	1								
	KK 柿生層	5	0	1	0								
	IG 稲城層												
	TR 鶴川層	16	3	6	1								
	KH 上里川層												
	HM 浜層												
	NZsm 中里層(砂質泥岩)									8	0	1	2
	NZam 中里層(砂泥互層)												
	KHam 上里川層(砂層)									1	0	0	0
	KHas 上里川層(細粒砂層)												
	Ko 小栗層												
	OF 大船層(泥岩)												
野島層(凝灰質砂岩)	OFts 大船層(凝灰質砂岩)												
	NJts 野島層(凝灰質泥質砂岩)												
	NJtg 野島層(凝灰質礫岩)												
合計		89	12	20	16	36	2	0	10	25	0	10	2
検出率(%)			13.5	22.5	18.0		5.6	0	27.8		0	40	8

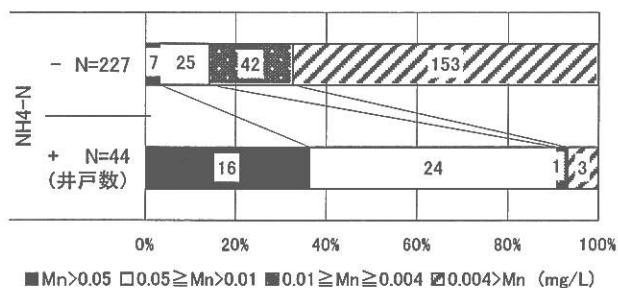


Fig.1 The correlation between Mn and NH4-N



Fig 2 The area of well water on geologic map
横浜市の地質と調査位置図

Table 2 The characterization of well water in Yokohama City

		(平均値)													
試料数	井	有機物	pH	色度	硬度	Na	K	Mg	Ca	Cl	NO ₃ -N	NH ₄ -N	F	SO ₄	Mn
		mg/L			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
北部地域	下流	5.1	7.3	7.8	263	39	8.7	11	87	47	1.9	0.13	0.11	79	0.29
	上流	2.3	7.4	3.9	135	15	6.0	9.4	39	9.1	0.9	0.52	0.08	24	0.12
	沖積層	1.3	6.4	2.3	96	17	2.4	10	22	14	6.7	0.01	0.02	27	0.06
	沖積層・舞岡層	18	2.5	7.3	132	17	5.5	13	30	10	1.2	0.94	0.08	42	0.42
西部地域	上総層群	20	1.5	6.6	2.5	110	14	4.3	11	27	11	3.3	0.03	43	0.10
	Mn検出	23	1.0	6.4	1.7	107	14	1.1	12	22	13	9.4	0.01	28	0.19
	Mn不検出	8	0.9	7.8	2.3	139	11	3.6	7.1	44	5.6	0.1	0.54	13	0.05
	武蔵野ローム層	8	3.2	6.7	3.3	169	22	6.8	17	39	18	2.7	0	72	0.41
臨海地域	沖積層														
	中里層(砂質泥岩)														

Geological study of the ground water containing manganese (Mn) in Yokohama city.

Yukie KIKKAWA¹⁾ Reiko TANAKA¹⁾ Keiko ARAI¹⁾ Shinichi ISODA¹⁾
Minoru SUGIMOTO²⁾

Abstract

There are 6000 or more drilled-wells in Yokohama City. The well water is generally used for industry. It is also considered as drinking water that will be provided in the case of disaster. However in some of well water the manganese content has been more than a standard established in the Water Supply Law. To understand the relationship between the manganese distribution and geologic strata in Yokohama city, we examined the well water taken from 271 drilled-wells and compared with the Topographic and geologic map.

In the north area of Yokohama city, the well water containing manganese more than the standard was observed at 12 points. They were drawn from the strata of Kazusa formation.

In the west area, they containing $\text{NO}_3\text{-N}$ but not manganese were low pH. They were also drawn from the strata of Sagami formation.

In the coastal area, although well water was drawn from the strata of Kazusa formation, there was no point that the manganese content is more than the standard.

This study would be useful for understanding the spread of pollution through the ground water.

Key word: manganese (Mn), $\text{NO}_3\text{-N}$, ground water, Topographic and geologic map of Yokohama city

1) Yokohama City Institute of Health 1-2-17, Takigashira Isogo-ku, Yokohama 235-0012 Japan

E-mail: yo900509@city.yokohama.jp

2) Yokohama Environmental Research Institute 1-12-5 Takigashira Isogo-ku, Yokohama 235-0012 Japan