

東京都品川区の浅層地下水の陰イオン界面活性剤濃度

伊 東 優 希* 李 盛 源** 安 原 正 也**

キーワード：東京，都市，浅層地下水，陰イオン界面活性剤，硝酸イオン，下水漏水

1. はじめに

合成洗剤（界面活性剤）による水系汚染は，東京都世田谷区玉川浄水場の1961年冬の発泡事故（加藤，1973）や多摩川など都市河川の発泡現象（三浦，1978；東京都環境局，2022）により，わが国でもいわゆる高度成長期の環境問題として広く認識されることとなった．地下水についても合成洗剤による汚染が小林（1974）によって指摘され，その後も神奈川県川崎市の都市域（川崎市公害局，1975）や茨城県大洋村（現鉾田市）の農村地帯（石原・田瀬，1989）の地下水において，0.20mg/Lを超える濃度の陰イオン界面活性剤による汚染事例が報告されている．このような水系の合成洗剤汚染は，当時の未処理の生活雑排水の河川への排水や地下浸透処理にその主な原因をもとめることができる（加藤，1973；石原・田瀬，1989）．

しかしその後，ABS（アルキルベンゼンスルホン酸塩）からLAS（直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩）やAS，AOS，AES等の高生分解性界面活性剤への転換が図られ，また合併処理浄化槽の普及や流域の下水道の整備に伴い未処理生活雑排水の環境中への排出が減少したことから，近年では合成洗剤による水系汚染が社会問題化することはなくなった（東京都環境科学研究所，1997；安部ほか，1998）．ちなみに，川崎市における西村・千田（2006）の調査では，陰イオン界面活性剤は調査対象9地点すべての河川水から検出されたものの，0.005～0.015mg/Lと低濃度であった．さらに地下水については，陰イオン界面活性剤が検出されたのは50地点中1地点のみ（濃度0.005mg/L）であった．

このような中，著者らは都市の浅層地下水の起源と水質形成プロセスの解明を目的とした研究を東京都品川区において実施しているが（伊東ほか，2020），その過程で，後述するように地下水から0.25mg/Lという高い濃度の陰イオン界面活性剤が検出された．品川区の下水道普及

率は1985年時点で96%に達しており（下水道東京100年史編纂委員会，1989），さらに普及率100%となった1994年（東京都下水道局，2022）から現在まですでに30年近くが経過している．すなわち，下水道が整備され，水系への人為起源物質による環境負荷が長期間に渡って存在しないはずの都市域の地下水から，このような高い濃度の陰イオン界面活性剤が検出されたことは注目に値する．

本稿では研究地域の都市地下水に認められた陰イオン界面活性剤の濃度とその空間分布・季節変化を明らかにするとともに，他の水質成分の分析結果も参考にしながら，陰イオン界面活性剤の起源や挙動について予察的な検討を行った．その結果を報告する．

2. 研究地域

研究地域は，武蔵野台地と旧東海道に挟まれた東西約0.6km，南北約1.2km，地盤標高5m未満の沖積低地上に展開する品川区有数の人口密集地である（図1）．当該地域には独立家屋，集合住宅，商店，飲食店，寺社，学校が集中し，公共施設や公園も散在する．一方で大規模な工場は認められない．ちなみに，2019年の品川区全体での人工構造物被覆地の割合は82.2%，また緑被率は15.1%（品川区，2020）である．

東京湾に向かって東流する目黒川の左岸が北品川地区，右岸が南品川地区となる．北品川地区の東西約100m，南北約60mのエリア内に7本の浅井戸（地点N2～N6，地点N8および地点N9）が，また南品川地区には3本の浅井戸（地点S7，地点S10および地点S11）が存在する（図1）．深さが明らかな井戸については，その深度はいずれも12m以浅であった（表1）．一例として，北品川地区の地点N3の井戸の外観を写真1に示す．

研究地域を含む東京湾西岸地域の沖積平野には，層厚15～20mの砂泥からなる沖積層が堆積している（岡ほか，1984）．この沖積層のうち，約12,000～11,000年前より後

* 立正大学大学院地球環境科学研究科

** 立正大学地球環境科学部環境システム学科

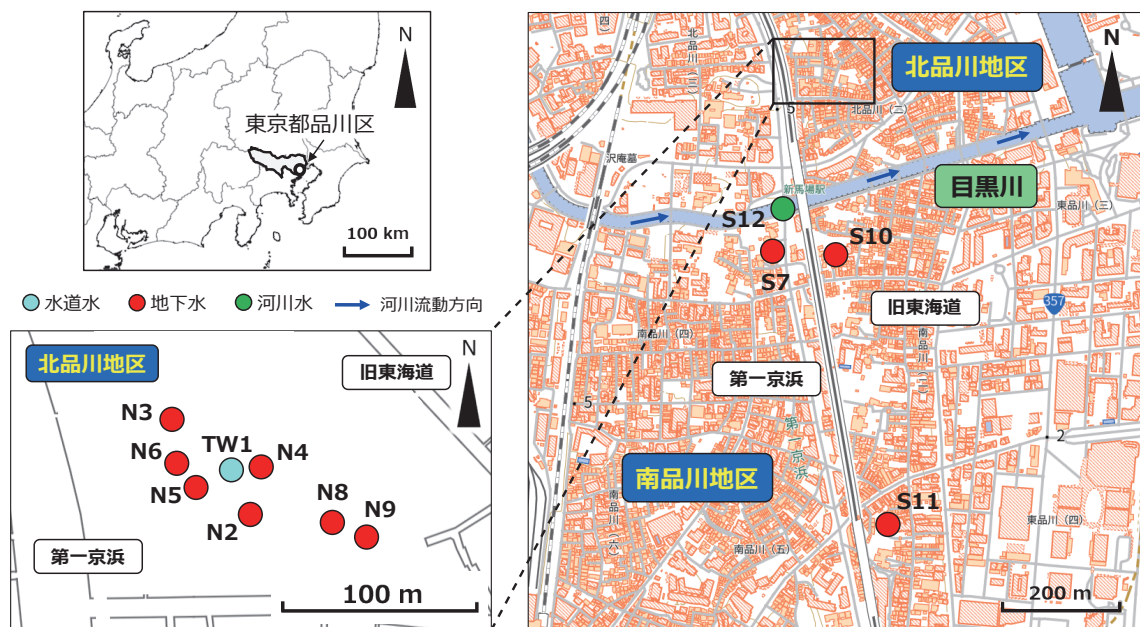


図1 研究地域（東京都品川区）の概要と井戸の分布

基図は国土地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/vector/#4/36.104611/140.084556/&ls=vstd&disp=1&d=1>).

表1 現地測定データ（2019年2月27日，2019年7月27日，2021年8月18日）

採水日	時間	試料	標高	井戸深度	地下水位	河川水位	水温	pH	EC	DO	ORP _{SH}
		試料名	種類	m	m	m	℃		mS/m	mg/L	mV
2019.2.27	11:28	TW1	水道水	—	—	—	10.2	7.57	29.5	10.48	+581
	11:15	N2	地下水	4.5	9.1	—	17.0	7.05	45.2	1.99	+171
	12:14	N3	地下水	4.9	—	—	17.0	7.34	40.9	2.32	+465
	11:55	N4	地下水	4.6	11.6	-2.35	16.6	7.07	67.6	4.10	+525
	12:25	N5	地下水	4.7	—	—	17.6	7.38	41.4	1.52	+456
	12:38	N6	地下水	4.8	—	—	16.4	6.84	38.6	2.07	+467
	14:14	S7	地下水	3.4	—	—	15.7	7.53	32.8	2.91	+418
	13:11	N8	地下水	4.9	7.1	-2.75	17.0	7.16	46.2	3.26	+443
	13:23	N9	地下水	4.7	—	—	16.5	7.44	57.6	7.70	+426
	14:29	S10	地下水	4.4	4.6	—	16.0	7.47	35.2	5.50	+413
	15:13	S11	地下水	4.2	—	—	16.5	7.48	32.2	6.44	+415
2019.7.27	9:30	TW1	水道水	—	—	—	22.8	6.98	19.8	8.14	+775
	9:55	N2	地下水	4.5	9.1	-1.15	21.8	6.94	46.0	0.83	+48
	11:35	N3	地下水	4.9	—	—	16.6	7.01	38.5	2.35	+332
	13:03	N4	地下水	4.6	11.6	-1.42	22.1	6.90	50.5	3.62	+336
	12:13	N5	地下水	4.7	—	—	17.6	7.06	42.4	1.77	+347
	10:57	N6	地下水	4.8	—	—	17.4	6.80	44.9	1.88	+329
	14:34	S7	地下水	3.4	—	—	18.7	7.15	34.7	2.38	+313
	13:30	N8	地下水	4.9	7.1	-2.18	18.4	7.22	50.4	3.22	+332
	13:55	N9	地下水	4.7	—	—	20.2	7.17	53.1	2.28	+310
	15:16	S10	地下水	4.4	4.6	-2.35	19.4	7.13	25.7	3.04	+306
2021.8.18	9:27	TW1	水道水	—	—	—	23.7	7.65	17.3	8.32	+744
	9:02	N2	地下水	4.5	9.1	-0.92	17.6	7.05	49.7	4.04	+22
	10:33	N3	地下水	4.9	—	—	17.7	7.04	35.0	2.15	+414
	9:46	N4	地下水	4.6	11.6	-1.20	24.3	6.99	33.9	3.36	+498
	11:29	N5	地下水	4.7	—	-0.83	19.3	7.20	45.1	1.52	+346
	10:59	N6	地下水	4.8	—	—	19.1	6.71	37.9	0.57	+398
	15:28	S7	地下水	3.4	—	—	20.6	6.67	38.0	2.39	+307
	12:09	N8	地下水	4.9	7.1	-1.93	17.7	7.13	51.9	2.93	+336
	12:33	N9	地下水	4.7	—	—	21.3	7.05	53.2	2.56	+486
	14:50	S10	地下水	4.4	4.6	-1.91*	21.2*	7.02*	18.8*	2.83*	+335*
	14:08	S11	地下水	4.2	—	—	20.4	6.77	29.0	3.99	+339
	15:45	S12	目黒川	—	—	—	-3.74	27.0	7.78	910.0	+294

—：データ無し

*：参考値（強い雨により井戸周辺が一時的に冠水し，雨水が井戸内へ混入した可能性があるため）



写真1 北品川地区の地点N3の井戸
2019年1月撮影（伊東優希）

の海進による堆積物は有楽町層、それ以前の堆積物は七号地層と呼ばれる（石綿，2004）。これら沖積層は堆積環境により岩相が著しく異なり，横方向の変化が激しい礫層から泥層までが同時異相として堆積している（岡ほか，1984）。北品川・南品川地区における有楽町層と七号地層の境界深度は明らかではないが，井戸の深度から判断すると，本研究で対象とした浅層地下水はこのいずれかの沖積層中に賦存しているものと考えられる。

なお，研究地域の下水道は合流式である。また前述したとおり，下水道普及率が100%となった1994年（東京都下水道局，2022）から現在まで，すでに30年近くが経過している。

3. 現地調査・分析方法

現地調査・採水は2019年2月（冬季渇水期），2019年7月と2021年8月（夏季豊水期）に行った（表1，2）。手

表2 主要溶存成分および陰イオン界面活性剤濃度（2019年2月27日，2019年7月27日，2021年8月18日）

採水日	試料名	種類	Cl ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	陰イオン界面活性剤 mg/L
2019.2.27	TW1	水道水	30.9	8.9	40.0	45.1	23.7	3.2	n.d.	4.5	23.9	<0.05
	N2	地下水	30.2	5.2	25.0	151.3	30.0	8.3	n.d.	4.7	45.9	0.10
	N3	地下水	27.6	11.3	24.4	142.4	26.7	8.9	n.d.	5.7	41.7	0.05
	N4	地下水	31.9	14.2	54.5	290.1	24.9	10.0	n.d.	9.6	100.5	0.05
	N5	地下水	21.5	8.8	30.5	160.4	24.1	7.7	n.d.	5.6	49.0	<0.05
	N6	地下水	21.9	34.1	24.6	112.2	19.9	6.9	n.d.	4.2	45.1	<0.05
	S7	地下水	10.6	8.9	19.0	150.4	16.8	5.0	n.d.	7.9	37.0	<0.05
	N8	地下水	18.9	11.1	38.3	188.5	21.3	8.1	n.d.	5.5	65.2	0.05
	N9	地下水	17.4	1.6	55.6	270.5	20.3	8.2	n.d.	7.7	94.3	0.05
	S10	地下水	10.8	14.0	17.5	158.9	12.7	10.0	n.d.	5.8	46.2	0.15
	S11	地下水	10.6	9.4	16.9	144.9	10.6	6.4	n.d.	5.2	42.4	-
2019.7.27	TW1	水道水	13.0	7.4	24.5	43.9	11.9	2.2	n.d.	3.6	18.1	<0.05
	N2	地下水	42.3	n.d.	5.7	116.4	32.9	8.5	5.5	2.1	23.0	0.05
	N3	地下水	23.1	21.1	27.0	125.3	24.2	8.9	n.d.	6.6	39.6	0.15
	N4	地下水	21.0	16.9	32.7	181.2	17.7	6.6	n.d.	6.8	65.4	<0.05
	N5	地下水	21.5	16.4	31.2	158.1	23.8	8.6	n.d.	7.2	49.1	<0.05
	N6	地下水	24.0	34.8	25.9	154.4	22.8	8.2	n.d.	6.7	55.7	<0.05
	S7	地下水	12.3	8.5	21.8	154.2	18.3	6.0	n.d.	10.2	37.4	<0.05
	N8	地下水	24.1	23.2	40.0	189.4	22.6	9.4	n.d.	7.4	68.8	<0.05
	N9	地下水	15.7	6.6	47.0	242.0	19.7	8.2	n.d.	7.6	81.5	<0.05
	S10	地下水	6.2	8.8	11.5	104.6	8.4	7.5	n.d.	4.9	29.2	0.05
	S11	地下水	6.2	8.8	11.5	104.6	8.4	7.5	n.d.	4.9	29.2	0.05
2021.8.18	TW1	水道水	11.1	5.7	18.4	46.7	11.6	2.1	n.d.	3.2	15.7	<0.05
	N2	地下水	38.3	n.d.	10.7	210.2	33.7	9.5	10.4	5.6	44.0	0.25
	N3	地下水	16.0	17.7	23.2	113.3	20.5	7.5	n.d.	5.2	32.9	0.05
	N4	地下水	11.4	9.1	23.0	169.7	13.0	5.7	n.d.	4.9	54.3	<0.05
	N5	地下水	20.5	16.5	28.8	184.0	25.2	8.8	n.d.	7.6	53.0	0.10
	N6	地下水	22.2	22.4	21.0	130.2	22.1	7.3	n.d.	5.2	42.7	0.05
	S7	地下水	13.8	3.0	22.5	179.2	18.4	5.4	n.d.	10.7	42.1	0.05
	N8	地下水	20.8	21.1	40.1	210.5	22.4	8.9	n.d.	7.2	71.7	0.05
	N9	地下水	13.5	8.7	40.4	257.5	19.9	8.3	n.d.	7.3	81.2	<0.05
	S10	地下水	3.7*	4.4*	7.6*	92.6*	6.5*	6.3*	n.d.*	3.5*	22.9*	0.15*
	S11	地下水	6.9	5.4	14.3	140.3	10.0	7.0	n.d.	5.6	37.6	0.05
	S12	目黒川	2898.5	41.8	392.5	82.7	1608.3	57.2	0.7	180.0	84.7	-

n.d. : not detected - : データ無し * : 参考値（強い雨により井戸周辺が一時的に冠水し，雨水が井戸内へ混入した可能性があるため）

押しポンプ、電動ポンプ、あるいは地下水サンプラー（ペーラー）を用いて地下水試料を採水した。また、地下水との比較のため、北品川公園の水道水（地点TW1）と目黒川の河川水（地点S12）も調査対象とした（後者については2021年の8月のみ）。現地において水温（D617、テクノセブン社製）、pH・電気伝導度（EC）（WM-32EP、東亜DKK社製）、溶存酸素（DO）（HQ30d、HACH社製）、酸化還元電位（ORP）（RM-20P、東亜DKK社製）、地下水位・河川水位（WL50M、ヤマヨ測定機社製）を測定した。本研究で使用したORP計の比較電極は3.3mol/L塩化銀電極であるため、表1には標準水素電極（SHE）に換算した値（ ORP_{SHE} ）を示した。試料は溶存イオン（ Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ）濃度測定用に250mLのポリプロピレンボトルに採水し、冷蔵保存した。試料は実験室に持ち帰り、0.22 μ mメンブレンフィルター（Millex®-GP、MerckMillipore社製）で濾過した。その後、 HCO_3^- はpH4.8アルカリ度滴定法、その他の溶存イオンはイオンクロマトグラフ（Dionex ICS-1600、Thermo Fisher Scientific社製）を用いて濃度を測定した。

陰イオン界面活性剤については、日本工業規格JIS K 0102 30.1.1のメチレンブルー吸光光度法と類似した釜谷ほか（1999）の方法で濃度測定を行った。検水にメチレンブルーを加えて振り混ぜ、ポリプロピレンチューブの壁面に付着した陰イオン界面活性剤とメチレンブルーの会合体をエタノールで溶解し、比色測定する。吸光度の測定にはDPM2-DET（共立理化学研究所製）を用い、0.05mg/L単位で濃度を求めた。本手法は、従来のメチレンブルー／クロロホルム抽出法（MBAS）やエチルバイオレット／キシレン抽出法（EVAS）とは異なる簡便法ではあるが、抽出に際して有害なクロロホルムやキシレンを使用しない安全かつ迅速な測定法であるため、本研究ではこの方法で一連の濃度測定を実施した。なお、2019年2月、7月には0.22 μ mメンブレンフィルターで濾過した試料、また2021年8月には未濾過試料で陰イオン界面活性剤濃度を測定した。濾過の有無が測定値に及ぼす影響については2019年の試料を用いて検証を行い、その影響がないことが確認できたため、作業時間短縮の点から2021年の試料については未濾過試料を測定に用いた。

4. 結果と考察

表1と表2に測定結果を示す。地下水面は地表面下約3m以内に位置する。2019年2月（冬季渇水期）と2019

年7月（夏季豊水期）を比較すると、地点N4と地点N8で7月にはそれぞれ93cm、57cm水位が上昇している（表1）。また、季節を問わず、研究地域では浅層地下水が目黒川の河川水を涵養する（伊東ほか、2020）。地下水のDOは水温を反映して渇水期に高濃度、反対に豊水期に低濃度となる。2019年2月には地点N2と地点N6、2019年7月には地点N2、地点N5、地点N6、また2021年7月には地点N5と地点N6でDOが2.0mg/L未満まで低下した。2019年7月の地点N2において、観測期間中で最も低いDO値（0.83mg/L）が観測された。ORP_{SHE}はいずれの時期にも地点N2の値が最も低く、全地点の中で最も還元的な状態におかれていたことがわかる（表1）。特に2019年7月と2021年8月には、それぞれ+48mV、+22mVとその傾向が顕著であった。

陰イオン界面活性剤濃度（表2）は、2019年2月に<0.05~0.15mg/L（地点S10）、2019年7月に<0.05~0.15mg/L（地点N3）、また2021年8月に<0.05~0.25mg/L（地点N2）の値を示した。いずれの時期も濃度には地点間で差異が生じており、最高濃度を示す地点も一定ではない。0.05mg/L以下の地点も相当数存在する。ただ、地点N2では2021年8月（0.25mg/L）以外にも、2019年2月に0.10mg/L、7月に0.05mg/Lの陰イオン界面活性剤が検出されるなど、他の地点と比較して濃度が高い傾向がある。地点S10も同様に、2019年2月には0.15mg/L、また7月にも0.05mg/Lの陰イオン界面活性剤が検出された。このように地点間の違いや季節変化はあるものの、研究地域の浅層地下水には、現在でもかなりの濃度の陰イオン界面活性剤が含まれる場合があることが明らかとなった。

陰イオン界面活性剤濃度の空間分布を調査時期ごとに図2~4に示した。北品川地区では7本の井戸が東西約100m、南北約60mの狭い範囲内に近接するが、陰イオン界面活性剤濃度は著しく不均質な空間分布を呈する。さらに、季節によっても濃度は変化する。これらの事実から、陰イオン界面活性剤による地下水汚染はいわゆる点源負荷によること、またその負荷量は空間的・季節的に大きく変化することを示唆している。

さて、都市地下水の涵養源としては地表からの浸透水、水道漏水、下水漏水が考えられる（たとえば、Lerner、1990）。まず、公共下水道が整備されて久しい本研究地域やその周辺において、地下浸透をはじめとする生活雑排水の違法な処理が現在も広く行われているとは考えにくい。したがって、浸透水に伴って地表から陰イオン界面活性剤が地下水へ負荷されるというシナリオは否定さ

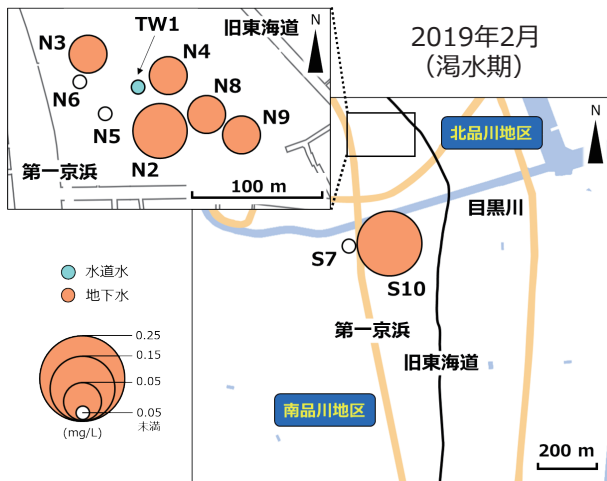


図2 2019年2月の陰イオン界面活性剤の濃度分布

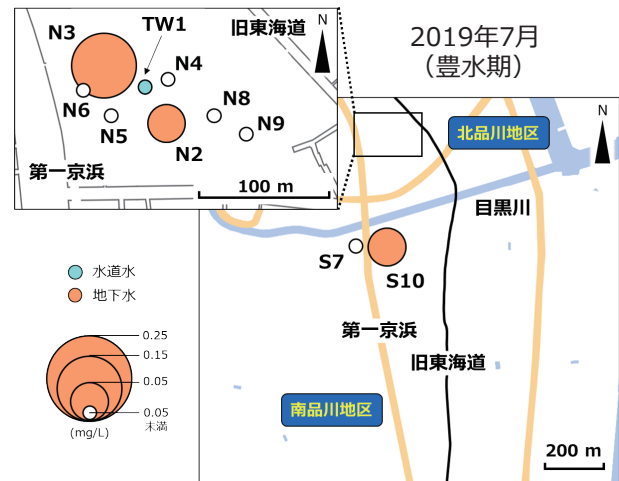


図3 2019年7月の陰イオン界面活性剤の濃度分布

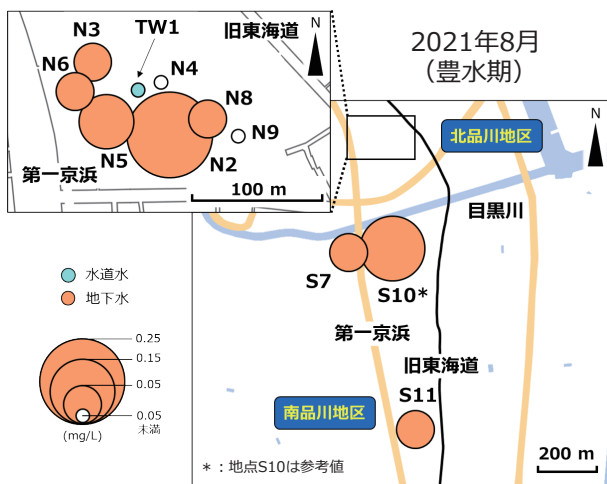


図4 2021年8月の陰イオン界面活性剤の濃度分布

地点S10は参考値（井戸周辺の冠水により、雨水が混入した可能性があるため）。

れよう。水道漏水については、表2の地点TW1（水道水）の測定結果（いずれの時期も陰イオン界面活性剤濃度は0.05mg/L未満）、また東京都の大規模浄水場の浄水（水道水）の同濃度が長年にわたって0.02mg/L未満（東京都水道局、2022）であることから、上述した地下水の陰イオン界面活性剤濃度を水道漏水で説明することはできない。以上の結果から、研究地域においては排水管や下水道管の破損部（点源）から発生する下水漏水によって、陰イオン界面活性剤が地下水にもたらされるものと推定される。地下水における陰イオン界面活性剤の存在は下水漏水の混入、言い換えると地下水の涵養源として下水漏水が一定の役割を果たしていることを意味している。このような都市地下水の起源に関する考察は、窒素同位体比に基づく伊東ほか（2020）の結果とも整合的である。

石原・田瀬（1989）によると、生活排水の影響を受ける茨城県大洋村の地下水の NO_3^- 濃度と陰イオン界面活性剤濃度の間には明瞭な正の相関（相関係数 $r=0.93$ ）が存在する。しかし、品川地域の地下水ではこのような関係は認められない（表2）。すなわち、2019年2月の地点N2では陰イオン界面活性剤濃度：0.10mg/L、 NO_3^- 濃度：5.2mg/Lと NO_3^- は低濃度であり、また2021年8月の地点N2では陰イオン界面活性剤濃度：0.25mg/L、 NO_3^- 濃度：不検出であった。対照的に、 NO_3^- 濃度が全地点中で最高値を示す地点N6（2019年2月、2019年7月とも NO_3^- 濃度は約34mg/L）では、両時期とも陰イオン界面活性剤濃度は<0.05mg/Lであった。この理由として、DOや ORP_{SHE} （表1）から判断すると、地点N2と周辺の地下水は他の地点と比較して嫌氣的・還元的な状態にある。このような環境下では、生物化学的反応による陰イオン界面活性剤の分解は進みにくい（大場・三浦、1985）。一方、下水漏水によって陰イオン界面活性剤とともに地下水に負荷された大量の NO_3^- は、漏水地点から地点N2まで流動する間の嫌氣的・還元的な環境下で、脱窒反応によってその多くが失われた（ $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$ ）ものと推定される。 NO_3^- と同じく下水漏水中に大量に含まれるものの、地下水中での生物化学的反応の影響を受けにくい Cl^- 濃度が地点N2で高いことも矛盾しない（表2）。反対に、地下水がより好氣的・酸化的な状態下にあった地点N6のようなケースでは、生物化学的反応によって陰イオン界面活性剤の濃度が低下する一方で、脱窒反応による NO_3^- 濃度の低下が進まなかったと考えられる。

今後さらに考察を進めるためには、同様な測定事例の蓄積が必要である。陰イオン界面活性剤濃度は、上述し

た地下水の置かれている環境以外にも、地下水の水温や滞留時間、他の地下水涵養源である地表浸透水や水道漏水との混合、点源としての下水漏水そのものの水量および水質の地点間での違いや季節変化など、多くの要因の影響を受けているものと考えられる。この意味から、地下水の陰イオン界面活性剤濃度の検討は、都市の地下水の起源やその複雑な水質形成プロセスの解明の一助となるものと期待され、今後の研究の進展が待たれる。

5. おわりに

本研究の結果、地点間の差異や季節変化はあるものの、東京都品川区の浅層地下水には現在でも陰イオン界面活性剤がかなりの濃度で含まれていることが明らかとなった。また、陰イオン界面活性剤は下水漏水によって地下水にもたらされるものと推定された。

わが国において、標準耐用年数50年を経過した下水道管渠の延長は10年後には8.2万km（総延長の17%）、20年後は19万km（同39%）と急速に増加する（国土交通省、2022）。このような下水道管渠の老朽化はその設置・整備が早かった都市域ほど著しい。したがって、都市域では今後、下水漏水が点源から線源へ、さらに面源へと変化・広域化し、それに伴って地下水の洗剤汚染が一層深刻化する恐れが大きい。行政による組織的な監視が必要となろう。

合成洗剤による水系の汚染問題については、現在社会的な関心が高いとは言えない。しかし、陰イオン界面活性剤は日常的に使用され環境中に多量に排出され続けている。本研究の結果は、陰イオン界面活性剤による水系汚染問題は決して過去のものではなく、現在はもちろん将来にわたってこれまで以上の注意を払う必要があることを意味している。一方で近年、非イオン界面活性剤の販売量が急増し、減少傾向にある陰イオン界面活性剤（2016年に約30万t）の1.7倍程度（同約50万t）となっている（日本界面活性剤工業会、2022）。今後は非イオン界面活性剤による水系汚染についても監視が必要となる。

陰イオン界面活性剤の分析には、メチレンブルー／クロロホルム抽出法（MBAS）などこれまで多くの方法が用いられてきた。最近では固相抽出－高速液体クロマトグラフ法も普及しつつある。陰イオン界面活性剤濃度の長期間にわたるモニタリング、また地域間での濃度比較の際の障害とならないよう、これら種々の手法による測定値の系統誤差についての検討も急務であることを最後に記しておきたい。

謝辞

地下水試料の採取に際しては、地域住民の方々ならびに品川区役所から多大なご協力をいただきました。また、山梨大学国際流域環境研究センターの中村高志准教授には地下水の水質形成プロセスについて有益なご助言をいただきました。記して感謝いたします。

引用文献

- 安部喜也・富沢 実・堀内清司（1998）：多摩川河川水の発泡特性の分布と変化に関する研究 —20年前との比較—。財とうきゅう環境浄化財団研究助成no. 183報告書，35p。
- 下水道東京100年史編纂委員会編（1989）：下水道東京100年史。東京都下水道局，1084p。
- 石原 廉・田瀬則雄（1989）：茨城県大洋村における地下水汚染 —合成洗剤を中心として—。筑波大学水理実験センター報告，13，81-87。
- 伊東優希・安原正也・李 盛源・中村高志・稲村明彦（2020）：東京都品川区の浅層地下水の地球化学的性状について。地球環境研究，22，111-121。
- 石綿しげ子（2004）：東京湾北部沿岸域の沖積層と堆積環境。第四紀研究，43，297-310。
- 釜谷美則・土屋富雄・岡内完治・瓦林孝夫（1999）：陰イオン界面活性剤の簡易分析法の開発。用水と廃水，41，224-228。
- 加藤 迪（1973）：都市が滅ぼした川 —多摩川の自然史—。中公新書，207p。
- 川崎市公害局（1975）：川崎市地下水総合調査報告書，106p。
- 小林 勇（1974）：わが国における合成洗剤による環境汚染の深刻な状況と対策について。日本の科学者，9，516-522。
- 国土交通省（2022）：下水道の維持管理
https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000135.html。（2022年12月7日閲覧）
- Lerner, D.N.（1990）：Groundwater recharge in urban areas. International Association of Hydrological Sciences (IAHS) Publ. No.198, 59-65。
- 三浦千明（1978）：合成洗剤と環境 —環境測定データからの考察—。水質汚濁研究，10，315-321。
- 日本界面活性剤工業会（2022）：界面活性剤ってなんだろう？ 界面活性剤工業の歩みと現状。
<https://jp-surfactant.jp/surfactant/history/>。（2022年12月7日閲覧）
- 西村和彦・千田千代子（2006）：川崎市の地下水及び公共用水域における界面活性剤の実態調査。川崎市公害研究所年報，33，51-55。
- 岡 重文・菊地隆男・桂島 茂（1984）：東京西南部地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，148p。
- 大場健吉・三浦千明（1985）：界面活性剤の環境中における動態。油化学，34，10-16。
- 品川区（2020）：品川区みどりの実態調査報告書。品川区防

- 災まちづくり部公園課, 124p.
- 東京都下水道局 (2022) : 23区別下水道100%普及達成年次表.
<https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/living/a2/spread/tasseinennzi/index.html>. (2022年12月3日閲覧)
- 東京都環境科学研究所 (1997) : 合成洗剤 (界面活性剤) の水辺環境に及ぼす影響. 東京都環境科学研究所ニュース, 12, 1-6.
- 東京都環境局 (2022) : 写真集 水質汚濁.
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/data/photo/scenery/water/film_02.html. (2022年12月3日閲覧)
- 東京都水道局 (2022) : 水源・水質.
<https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suigen/data/>. (2022年12月4日閲覧)

Anionic surfactant in shallow groundwater in Shinagawa, central Tokyo, Japan

ITO H Yuki*, LEE Seongwon** and YASUHARA Masaya**

* Graduate School of Geo-Environmental Science, Rissho University

** Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

Abstract :

The groundwater survey conducted in 2019 and 2021 demonstrated that urban shallow groundwater in Shinagawa, central Tokyo, Japan contained anionic surfactants at a high concentration of 0.25mg/L, comparable to that of the 1960s to 1980s when groundwater pollution by synthetic detergents had been a social problem. In addition, it was estimated that anionic surfactants were brought into shallow groundwater by sewage leakage through damaged parts of the sewer pipes of less than 12m deep. Deterioration of the sewer pipes is likely to be more pronounced in densely populated areas like downtown Tokyo where its sewerage system was completed in as early as the 1980s. In the study area, therefore, there is a fear that the amount of sewage leakage is supposed to increase in the future with the passage of time, resulting in the progress of severe groundwater pollution by anionic surfactants. Systematic oversight by the government will be needed to protect urban groundwater from pollution by synthetic detergents.

Key words : Tokyo, urban area, shallow groundwater, anionic surfactant, nitrate, sewage leakage

