

帯水層中の塩水の地球化学的水質特性について

九州大学大学院 学生員 大串 昌宏 九州大学工学部 正会員 神野 健二
九州産業大学工学部 正会員 細川 土佐男 九州大学工学部 正会員 広城 吉成
(株)日本海洋コンサルタント 安藤 満 (株)日本海洋コンサルタント 山下 徹

1. はじめに

沿岸部で地下水の過剰揚水の結果、地下水の塩水化が問題となり水資源の確保に障害を起こすことが知られているが、代替水源がない場合には、脱塩プラントにより淡水を確保せざるを得ないこともある。また、最近では海水淡水化事業などで帯水層中の塩水を利用する機会も増えつつある。このような場合、電気伝導度の測定以外にも、塩水化した地下水の地球化学的な水質特性について十分に把握しておく必要がある。そこで本研究では、現地の実測値を基に、帯水層中の塩水の化学的組成について、地球化学的な考察を行った。

2. 調査地域の概略

調査対象としたのは、千葉県九十九里浜一松海岸付近の帯水層中の塩水であり、一松海岸付近の概略を図-1に、採水箇所と現地の断面形状を図-2に示す。一松海岸は、太平洋に面した延長約 60 km の九十九里海岸の南部に位置し、海岸侵食が著しい。また、背後には幸治川が流れており、帯水層には淡水レンズが形成されている。

3. 水質特性

水質分析を行うための地下水を採水した箇所は、図-2において■印を付している。①③④⑤⑦の箇所はいずれも塩分濃度が 3%を超えており、淡塩水境界面より下の方にある塩水と考えられるが、②⑥の箇所は塩分濃度が 3%を超えておらず、淡水層中の地下水であると思われる。また、各イオンのデータがある③④⑤⑥⑦において、塩分濃度が 3%を超えているのは③④⑤⑦であるが、これはナトリウムイオン、塩化物イオンの値を見ても分かる。

採取した地下水の水質分析結果を表-1に示す。

①②は、共に地下水面から約 2m 下で採取されたものである。②は大腸菌群数が 2400(MPN/100ml)と非常に大きな値を示しており、また DO は 0.5(mg/l)未満と低く、全リンや COD の値は大きく、微藻臭が確認されている。

③④⑤は共に淡塩水境界面より下の方にある塩水であるが、リンの値が

0.24~0.75(mg/l)と大きくなっている。③④⑤の酸化還元電位は、それぞれ-66、-99、-380(mV)と低く、還元的な状態にある。③④では第一鉄イオン、⑤では硫酸還元やメタンガスの発生がそれぞれ十分考えられ、全リンの値と比較すると、酸化還元電位が低いとリンが出やすいことと一致する。

また、②同様に⑤でも DO が 0.5(mg/l)未満と低いことや、硫化物イオンの値が高いことから、No.5 調査孔の周辺では還元的な環境下で硫酸イオンが還元され硫化水素臭が発生していると考えられる。

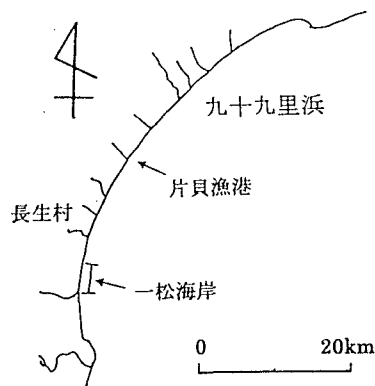


図-1 一松海岸付近の概略

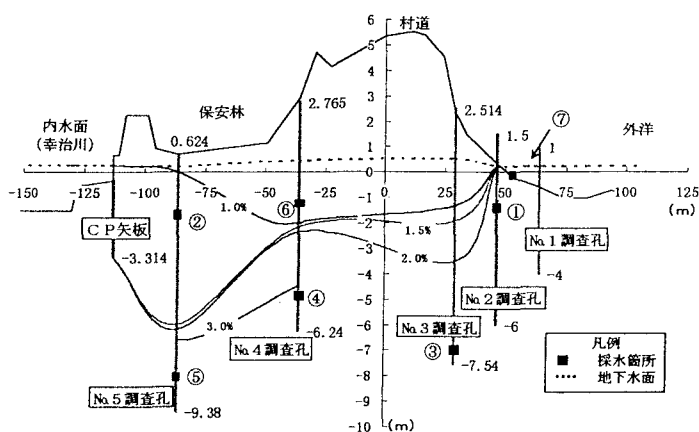


図-2 一松海岸付近の断面形状

表-1 水質分析結果

採取年月日	採水箇所	1997/8/12		1998/6/2			1998/8/2	
		No. 2 調査孔 (水面下2.0m ・塩水層)	No. 5 調査孔 (水面下2.0m ・淡水層)	No. 3 調査孔 (塩水層)	No. 4 調査孔 (塩水層)	No. 5 調査孔 (塩水層)	No. 4 調査孔 (淡水層)	海水 (汀線付近)
		TP -1.380	TP -1.620	TP -6.941	TP -5.835	TP -7.976	TP -1.235	TP +0.000
番 号		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
水素イオン濃度(℃)	pH	8.1(24)	7.9(24)	8.2(18)	7.2(18)	6.9(18)	7.6(23)	7.7(23)
ナトリウムイオン(mg/ℓ)	Na ⁺			4500	5900	5500	120	10000
カリウムイオン(mg/ℓ)	K ⁺			170	220	210	15	380
カルシウムイオン(mg/ℓ)	Ca ²⁺			190	240	220	45	380
マグネシウムイオン(mg/ℓ)	Mg ²⁺			480	650	620	39	1100
第一鉄イオン(mg/ℓ)	Fe ²⁺			<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1
全マンガニオン(mg/ℓ)	Mn ²⁺			0.06	1	0.17	0.04	<0.01
塩化物イオン(mg/ℓ)	Cl ⁻			7300	9500	9100	230	16000
重炭酸イオン(mg/ℓ)	HCO ₃ ⁻			110	240	400	190	130
炭酸イオン(mg/ℓ)	CO ₃ ²⁻			<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
硫酸イオン(mg/ℓ)	SO ₄ ²⁻			1000	1200	980	40	2300
溶存酸素量(mg/ℓ)	DO	1.7	<0.5	(4.1)	(2.9)	<0.5	3.5	7.4
溶解性有機炭素(mg/ℓ)	DOC			5	5	11	<1	2
全有機炭素(mg/ℓ)	TOC			7	14	20	1	2
酸化還元電位(mV)	Eh			-66	-99	-380	78	18
リン酸態リン(mg/ℓ)	PO ₄ -P	0.045	0.25	0.17	0.13	0.39	0.038	0.023
全リン(mg/ℓ)	T-P	0.078	0.33	0.24	0.24	0.74	0.11	0.057
アンモニア性窒素(mg/ℓ)	NH ₄ -N	0.17	0.41	0.54	0.41	0.71	0.08	1.1
二酸化硫黄(mg/ℓ)	SO ₂			<0.1	<0.1	<0.1	-	-
硫化物イオン(mg/ℓ)	S ²⁻			<0.5	<0.5	11	<0.5	<0.5
化学的酸素消費量(mg/ℓ)	COD	3.1	7.6					
大腸菌群数(MPN/100ml)		110	2400					
ノルマンヘキサン抽出物質(mg/ℓ)		<1	<1					
溶解性鉄(mg/ℓ)		<0.01	<0.01					
ヨウ素消費量(mg/ℓ)		<5	<5					
亜硝酸性窒素(mg/ℓ)	NO ₂ -N	0.26	0.011					
硝酸性窒素(mg/ℓ)	NO ₃ -N	0.35	0.03					
過マンガン酸 カリウム消費量(mg/l)	KMnO ₄	9	21					
全硬度(mg/ℓ)		5500	1600					
色 度(度)		13	38					
濁 度(度)		4	8					
透視度(度)		30以上	30以上					
臭 気		無臭	微藻臭					

4. 終わりに

以上に述べてきた事柄を要約すれば、次のようになる。②の DO, 全リン, COD, 大腸菌群数, 臭気, ③④⑤の酸化還元電位, 全リン, また⑤の DO 等の値を考えると, 淡塩水境界面より下の方にある塩水や, No.5 調査孔周辺の地下水は還元的な状態にあると言える。この原因として, 淡塩水境界面より下の方にある塩水については, 対流速度が遅く滞留時間が長いために, 溶存酸素が少なく, TP-12m 付近に有機質の層があるためと考えられる。また, No.5 調査孔周辺の地下水については, 上記の理由に加え, 内水面に周囲の住居や施設からの排水や, 水田や畑からの農業排水が流入しており, その影響によるものと考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたり, 貴重なデータの提供をしていただいた財団法人土木研究センターの方々に, ここに記して感謝の意を表します。