

## 徳島県下の地下水のイオン類について

徳島県立保健製薬環境センター

工内 輝実・山本 昇司・上畑 健太<sup>\*1</sup>

Report of major ions in groundwater in Tokushima Prefecture

Terumi KUNOUCI and Syouji YAMAMOTO, Kenta UEHATA

Tokushima Prefectural Public Health, Pharmaceutical and Environmental Sciences Center

### 要 旨

水質汚濁防止法第 16 条の規定に基づき、徳島県は地下水の水質状況を把握するため、ローリング方式及び継続監視調査等でイオン類を測定している。地下水は古くから生活・産業に利用されており水質の汚染の早期発見は重要である。

そこで徳島県の各地域における地下水のイオン類の傾向について解析を行った。徳島県下の地下水の水質は概ね良好であるが、水質汚染が発見されることがあり継続的な地下水の水質調査の必要性がうかがわれる。

Key words : 陽イオン 陰イオン 地下水 水質汚染 環境基準 硝酸性窒素

### I はじめに

地下水は水温・水質の安定性が高く、古くから飲用水、生活用水だけでなく工業用水や農業用水などに広く利用されており我々の生活・生産活動に欠かせない。

近年、工業用水、農業用水等の地下水の利用の増加に伴い過剰揚水による地盤沈下や井戸水位の低下、枯渇、また家庭排水や工業・農業生産活動による水質汚染が問題となっている。特に亜硝酸性窒素と硝酸性窒素の汚染（環境基準：合算値 10 mg/L）が他の地域でも多く見受けられる<sup>2)</sup>。

そこで地下水常時監視等の検体について各地域でのイオン類をスクリーニング的に分析し、環境基準、その水質の傾向について報告する。

### II 方法

#### 1 調査・採水時期

平成 24 年 6 月から平成 27 年 1 月の期間で 1 地点につき 1 回以上行った。

#### 2 調査地点

徳島県の地下水監視点のうち、図 1 及び表 1 から表 6 に示す地点で調査・採水を行った。

### 3 分析方法

ポリ容器に採水後、採水当日、または翌日に 0.2 μm メンブランフィルターまたは DISMIC-13HP (0.45 μm) でろ過を行った。ろ過した試料をイオンクロマトグラフ IC-2010 にて測定を行った。

### 4 装置及び器具

イオンクロマトグラフ：IC-2010 東ソー社製

(1) イオンクロマトグラフ

陽イオン：ガードカラム：TSKgel Guardcolumn SuperIC-CR  
(長さ：10 mm, 内径 4.6 mm)

カラム：TSKgel SuperIC-CR (長さ：150 mm, 内径 4.6 mm)

陰イオン：ガードカラム：TSKgel Guardcolumn SuperIC-AZ  
(長さ：10 mm, 内径 4.6 mm)

カラム：TSKgel SuperIC-AZ (長さ：150 mm, 内径 4.6 mm)

流速：0.8 mL/min カラム温度：40 °C

注入量：30 μL

検出器：電気伝導度検出器（サブレッサ式）

### 4 測定項目

陽イオン：Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>

陰イオン：F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

<sup>\*1</sup> 現環境管理課

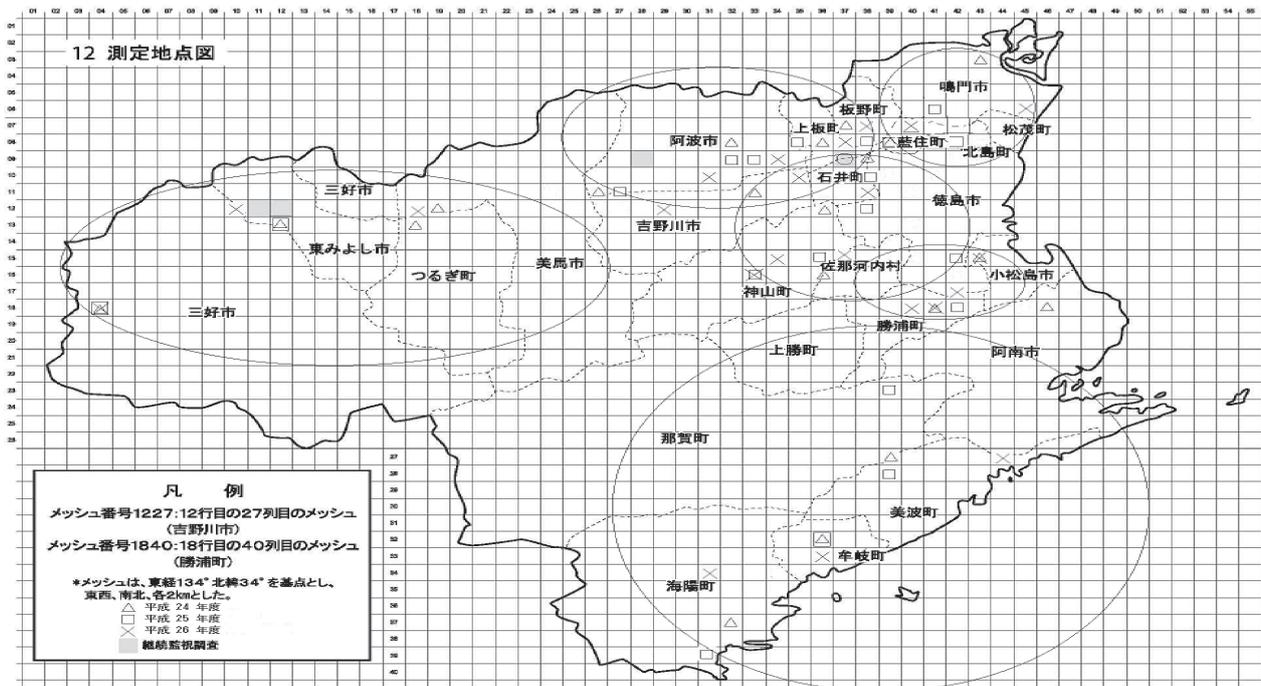


図1 調査地点・地域

公共用水域及び地下水の水質測定に関する計画（徳島県）より抜粋

### Ⅲ 結果及び考察

徳島県下を以下の6つの地域に分け、各地域でのイオン類の傾向を考察した。

含まれるイオン類として  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  の割合が多い。含有するイオンの総量として約 60 ~ 120 mg/L である。過去、硝酸性窒素の環境基準を超えた地点での継続調査、その他の地点においても環境基準超過は見られない。

1 三好・美馬地区：阿讃山地、四国山地に挟まれ、吉野川上流域の自然豊かな地区である。

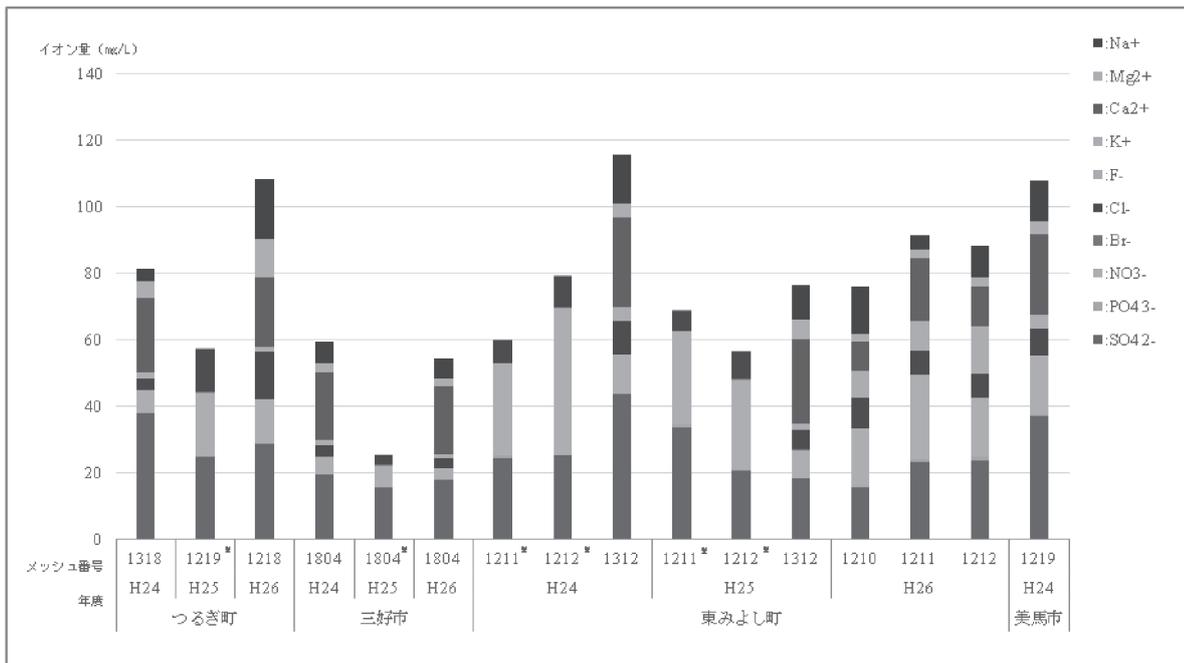


図2 三好・美馬地区のイオン類

※陰イオン類のみ測定

市町村	つるぎ町			三好市			東みよし町									美馬市
	H24	H25	H26	H24	H25	H26	H24			H25			H26			
メッシュ番号	1318	1219*	1218	1804	1804*	1804	1211*	1212*	1312	1211*	1212*	1312	1210	1211	1212	1219
使用目的	生活・農業用	生活用	生活用	水道水源	飲用	飲用	生活用	不使用	その他	生活用	不使用	不明	生活用	生活用	不使用	生活用
深度	5m	5m	3m	8m	8m	8m	3m	8m	30m	6~7m	8m	8~10m	8~10m	6~7m	8m	不明
Na <sup>+</sup>	3.9	-	17	6.7	-	5.9	-	-	14	-	-	10	14	4.5	9.7	12
Mg <sup>2+</sup>	4.8	-	11	2.3	-	2.2	-	-	4.4	-	-	5.7	2.3	2.6	2.7	3.8
Ca <sup>2+</sup>	22	-	20	20	-	20	-	-	26	-	-	25	8.6	19	12	24
K <sup>+</sup>	1.7	-	1.2	1.7	-	1.0	-	-	4.2	-	-	1.8	8.1	8.2	14	4.3
F <sup>-</sup>	0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1	0.1	0.4	<0.1	0.2	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	<0.1
Cl <sup>-</sup>	3.4	12	14	3.2	2.7	2.9	7.0	9.5	10	5.8	8.1	5.8	9.2	7.3	7.3	7.8
Br <sup>-</sup>	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7.0	19	13	5.2	6.4	3.4	27	44	11	28	27	8.4	17	25	17	17
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.8	0.4	0.1	0.7	0.2	0.1	0.3	0.7	1.1	0.6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	37	24	28	19	15	17	24	25	43	33	20	18	15	23	23	36

(mg/L)

表1 三好・美馬地区のイオン類

※陰イオン類のみ測定

2 阿波・上板・板野・吉野川地区：讃岐山脈、四国山地の吉野川中流域の地区である。含まれるイオン類としてNa<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の割合が多い。他の地区と比較してCa<sup>2+</sup>の割合が多い。

含有するイオンの総量としては約30~150 mg/Lである。過去、硝酸性窒素の環境基準を超えた地点での継続調査、その他の地点においても環境基準超過は見られない。

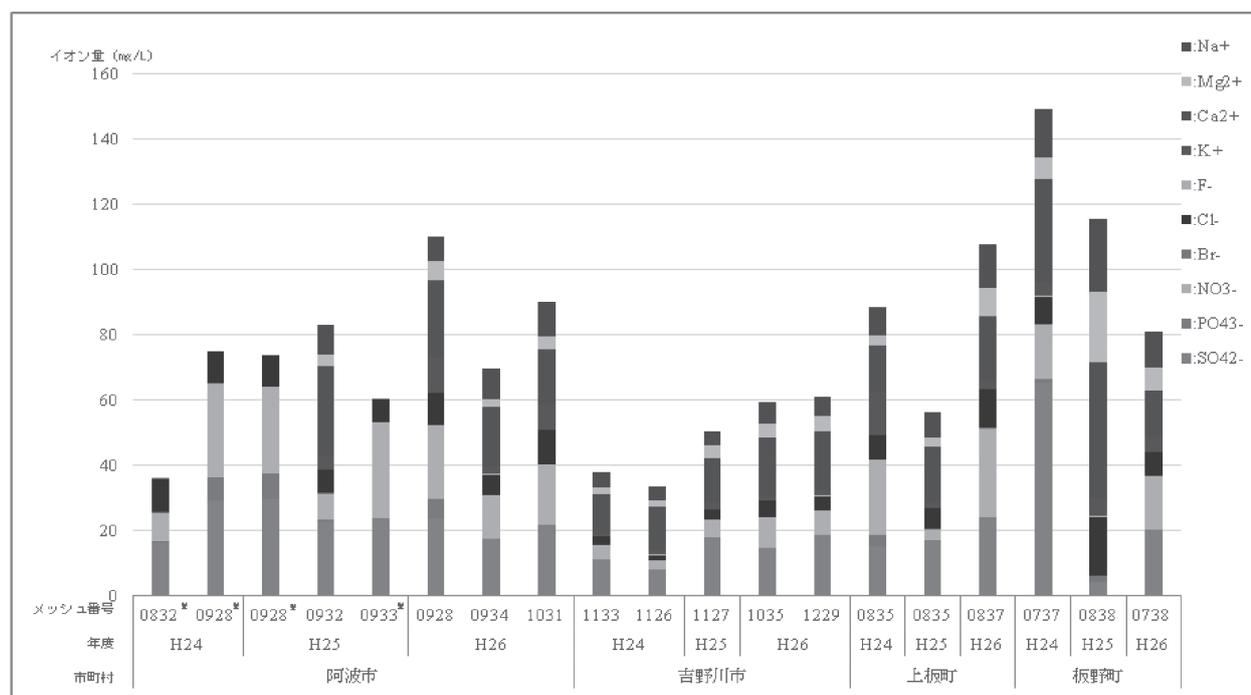


図3 阿波・上板・板野・吉野川地区のイオン類

※陰イオン類のみ測定

市町村	阿波市								吉野川市					
	H24		H25			H26			H24		H25	H26		
メッシュ 番号	0832 <sup>※</sup>	0928 <sup>※</sup>	0928 <sup>※</sup>	0932	0933 <sup>※</sup>	0928	0934	1031	1133	1126	1127	1035	1229	
使用目的	その他	その他 (コイ)	その他 (コイ)	農業用	生活用	その他 (コイ)	生活用	生活用	飲用	生活用	生活用	生活用	生活用	
深度	不明	8m	8m	8~10m	5~8m	8m	不明	不明	16m	不明	10m	8m	7m	
Na <sup>+</sup>	-	-	-	9.1	-	7.5	9.5	10	4.4	4.1	4.3	6.5	5.6	
Mg <sup>2+</sup>	-	-	-	3.7	-	5.7	2.5	4.0	2.0	1.9	4.0	4.4	4.9	
Ca <sup>2+</sup>	-	-	-	27	-	23	17	17	12	13	13	17	18	
K <sup>+</sup>	-	-	-	4.0	-	11	2.5	7.7	0.9	1.3	1.8	1.3	1.4	
F <sup>-</sup>	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1	
Cl <sup>-</sup>	10	9.6	9.2	7.0	7.0	9.8	6.2	10	2.6	1.7	3.1	4.9	4.3	
Br <sup>-</sup>	0.3	0.2	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	8.5	28	26	7.9	29	22	13	18	4.2	2.7	5.3	9.3	7.7	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.6	7.0	7.5	0.8	0.1	5.7	0.3	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	16	29	29	22	23	23	17	21	11	7.9	17	14	18	

(mg/L)

表2-1 阿波・上板・板野・吉野川地区のイオン類

※陰イオン類のみ測定

市町村	上板町			板野町		
	H24	H25	H26	H24	H25	H26
メッシュ 番号	0835	0835	0837	0737	0838	0738
使用目的	生活用	生活用	飲用	生活用	不明	農業用
深度 m	10m	不明	5.5m	1m	5m	3m
Na <sup>+</sup>	8.2	7.8	13	15	22	11
Mg <sup>2+</sup>	3.3	2.9	8.5	6.7	21	6.9
Ca <sup>2+</sup>	14	17	19	31	42	14
K <sup>+</sup>	13	1.3	3.0	4.3	5.0	4.6
F <sup>-</sup>	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.1	0.1
Cl <sup>-</sup>	7.1	6.2	11	8.4	18	7.2
Br <sup>-</sup>	0.1	0.1	<0.1	0.2	1.3	<0.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	23	3.1	27	16	<1.0	16
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3.4	<0.1	<0.1	1.3	0.5	<0.1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	15	17	24	65	4.0	20

(mg/L)

表2-2 阿波・上板・板野・吉野川地区のイオン類

3 石井・佐那河内・神山地区：四国山地の山間の自然豊かな地区である。  
含まれるイオン類としてNa<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の割合が多い。  
他の地区と比較してNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の割合が多い。

含有するイオンの総量としては約40~160 mg/Lである。  
過去、硝酸性窒素の環境基準を超えた地点での継続調査、  
その他の地点においても環境基準超過は見られない。

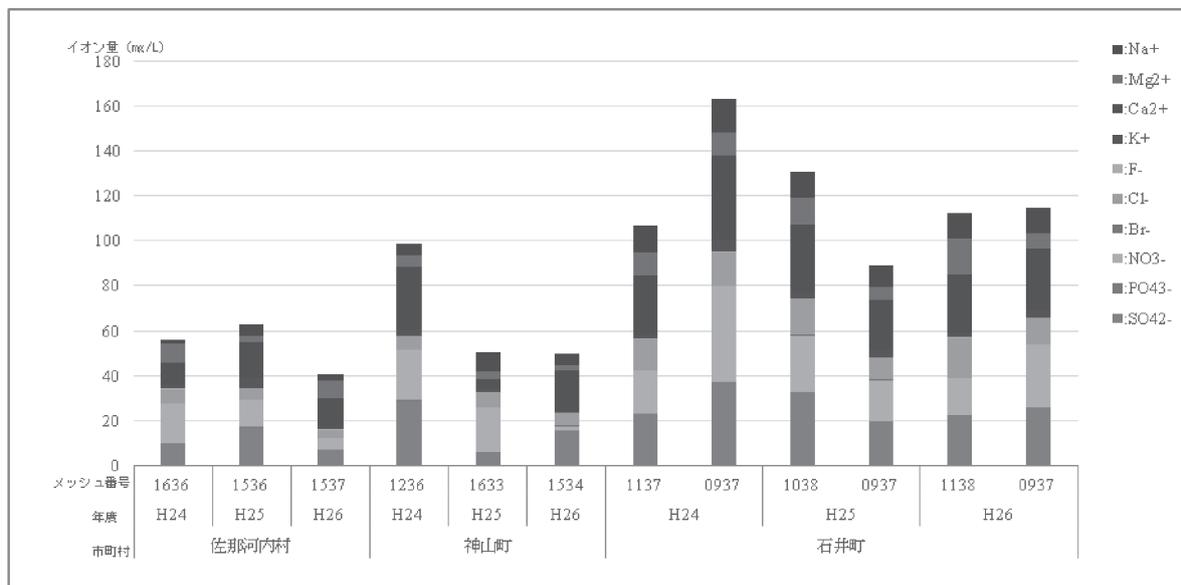


図4 石井・佐那河内・神山地区のイオン類

市町村	佐那河内村			神山町			石井町					
	H24	H25	H26	H24	H25	H26	H24		H25		H26	
メッシュ番号	1636	1536	1537	1236	1633	1534	1137	0937	1038	0937	1138	0937
使用目的	生活用	飲用・生活	農業用	生活用	生活用	生活用	飲用・生活用	生活用	飲用・生活用・農業用	生活用	飲用・生活用	生活用
深度	5m	6m	5m	6m	7m	3.5m	45m	20m	36m	20m	8m	20m
Na <sup>+</sup>	1.9	4.7	2.9	5.3	9.0	5.2	12	14	11	9.6	11	11
Mg <sup>2+</sup>	8.2	3.0	8.1	4.9	3.1	2.0	10	9.9	11	5.7	15	7.1
Ca <sup>2+</sup>	9.8	15	12	28	3.9	18	26	37	30	22	26	27
K <sup>+</sup>	1.8	4.7	1.0	3.1	1.9	0.6	1.7	5.1	3.0	3.1	2.1	3.1
F <sup>-</sup>	<0.1	0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1
Cl <sup>-</sup>	6.2	4.7	3.4	5.9	6.6	5.9	14	14	15	10	17	11
Br <sup>-</sup>	<0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	<0.1	<0.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17	12	4.9	22	20	2.0	19	42	25	18	16	28
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.4	0.3	0.3	0.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9.5	16	6.9	28	5.6	15	23	37	32	19	22	25

(mg/L)

表3 石井・佐那河内・神山地区のイオン類

4 鳴門・北島・藍住地区：讃岐山脈、四国山地の吉野川下流域の地区である。  
含まれるイオン類として  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  の割合が多い。

1 地点、硝酸性窒素の環境基準を超えた地点があり現在飲用の中止を広報し、継続調査中である。その他の地点では環境基準の超過は見られない。

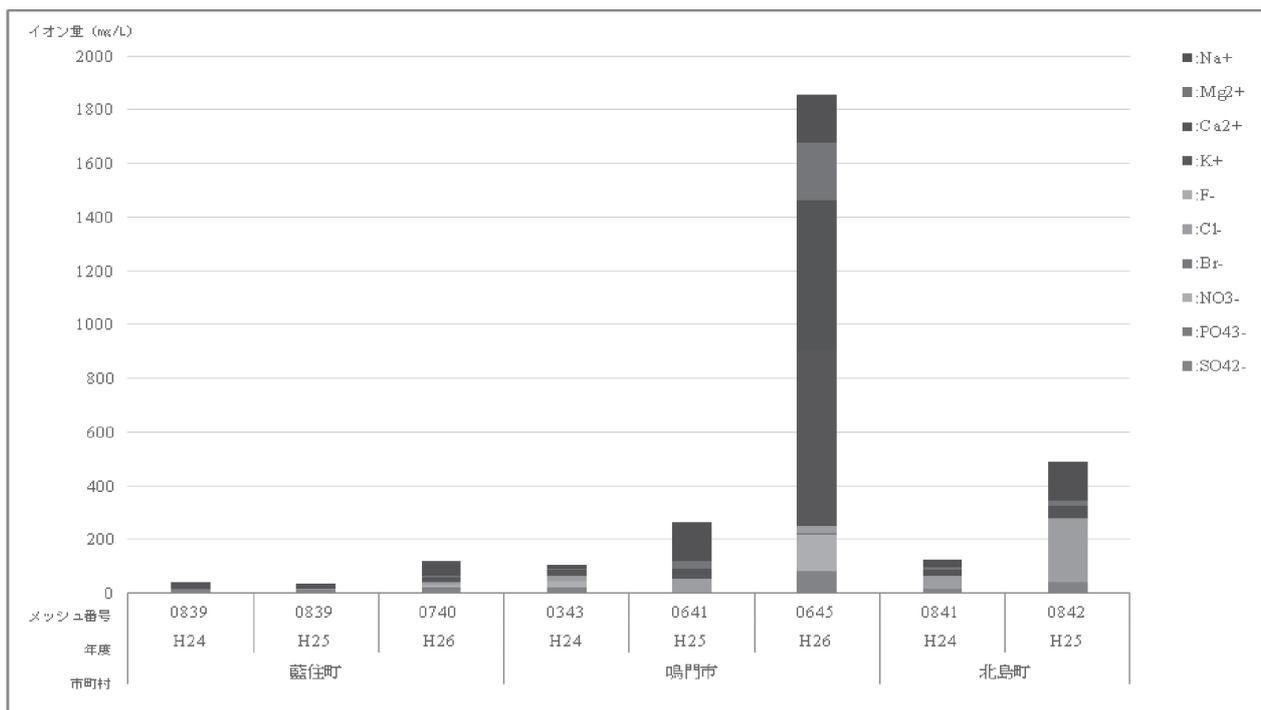


図5 鳴門・北島・藍住地区のイオン類

市町村	藍住町			鳴門市			北島町	
	年度	H24	H25	H26	H24	H25	H26	H24
メッシュ番号	0839	0839	0740	0343	0641	0645	0841	0842
使用目的	生活用	飲用・生活	生活用・農業用	生活用	農業用	農業用	その他	生活用
深度	65m	50m	38m	10m	不明	不明	14m	40m
$\text{Na}^+$	9.2	4.9	56	15	140	170	25	140
$\text{Mg}^{2+}$	2.7	3.7	6.9	3.7	29	210	9.0	19
$\text{Ca}^{2+}$	9.8	10	9.4	16	22	550	20	38
$\text{K}^+$	1.1	1.0	6.9	6.9	15	650	3.5	7.6
$\text{F}^-$	0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0.2
$\text{Cl}^-$	3.4	3.0	12	18	48	28	46	230
$\text{Br}^-$	0.1	0.1	<0.1	0.1	1.8	0.4	0.5	1.5
$\text{NO}_3^-$	2.9	2.0	8.8	21	<1.0	130	<1.0	<1.0
$\text{PO}_4^{3-}$	0.1	<0.1	1.3	1.0	2.7	<0.1	0.3	0.5
$\text{SO}_4^{2-}$	11	12	18	23	<1.0	84	17	39

(mg/L)

表4 鳴門・北島・藍住地区のイオン類

5 勝浦・小松島地区：四国山地から流れる勝浦川流域の地区である。

含まれるイオン類としてNa<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の割合が多い。

他の地区と比較して、陽イオンの割合が多い。

含有するイオンの総量としては約30~90 mg/Lである。

環境基準の超過は見られない。

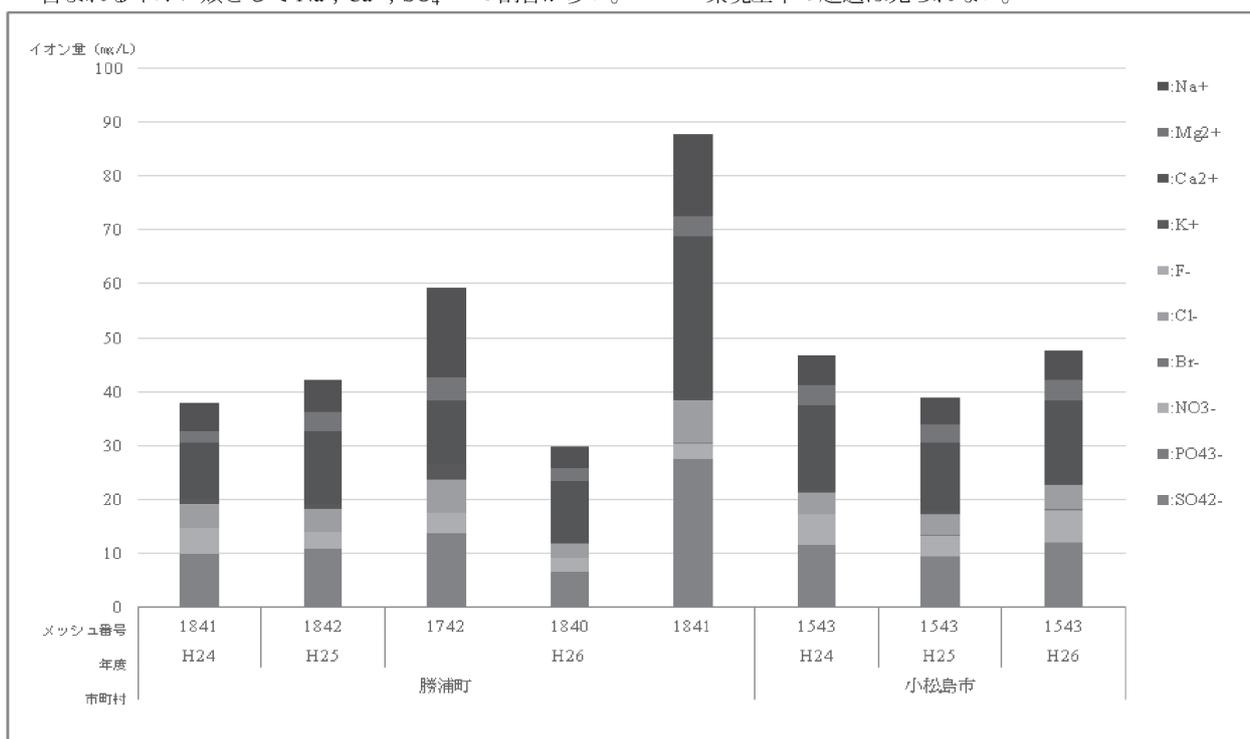


図6 勝浦・小松島地区のイオン類

市町村	勝浦町					小松島市			
	年度	H24	H25	H26	H26	H26	H24	H25	H26
メッシュ番号		1841	1842	1742	1840	1841	1543	1543	1543
使用目的		飲用	飲用	生活用	生活用	生活用	飲用・生活用	飲用・生活用	飲用・生活用
深度		20m	5m	4m	7m	9m	20m	10~15m	20m
Na <sup>+</sup>		5.2	5.9	16	4.1	15	5.4	5.0	5.4
Mg <sup>2+</sup>		2.2	3.3	4.3	2.1	3.9	3.6	3.1	3.7
Ca <sup>2+</sup>		10	13	11	11	29	15	12	15
K <sup>+</sup>		1.0	1.0	2.7	0.1	0.6	0.6	0.6	0.1
F <sup>-</sup>		0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Cl <sup>-</sup>		4.3	4.1	6.2	2.5	7.6	4.1	3.8	4.5
Br <sup>-</sup>		0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1	<0.1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		4.6	2.9	3.8	2.6	2.9	5.4	3.9	6.0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		0.2	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>		9.6	10	13	6.4	27	11	9.2	11

(mg/L)

表5 勝浦・小松島地区のイオン類

6 県南地区：四国山地南東部に位置し那賀川を含め多くの河川が流れる地区である。  
含まれるイオン類としてNa<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>の割合が多い。

含有するイオンの総量としては約20～120 mg/Lである。  
環境基準の超過は見られない。

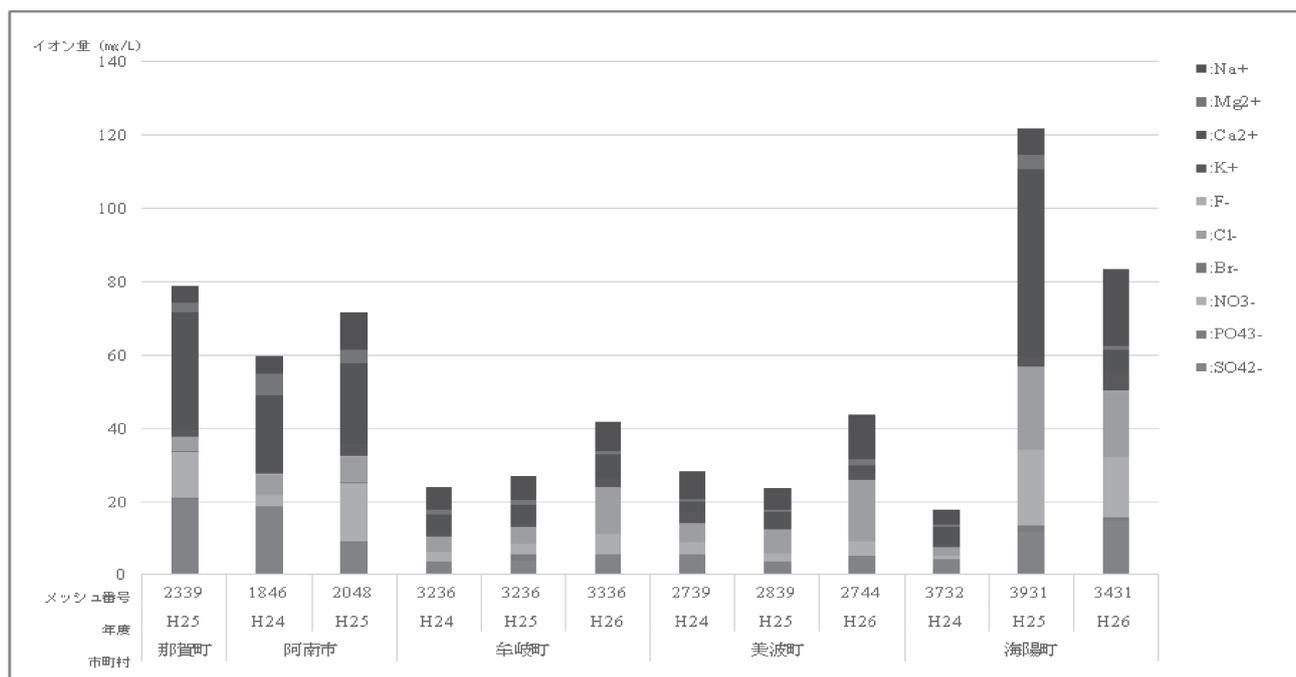


図7 県南地区のイオン類

市町村	那賀町			阿南市			牟岐町			美波町			海陽町		
年度	H25	H24	H25	H24	H25	H26	H24	H25	H26	H24	H25	H26			
メッシュ番号	2339	1846	2048	3236	3236	3336	2739	2839	2744	3732	3931	3431			
使用目的	生活用	不明	飲用												
深度	3～4m	20m	5m	15m	15m	不明	不明	6m	不明	不明	不明	5m			
Na <sup>+</sup>	4.6	4.9	10	6.2	6.6	7.6	7.4	6.1	12	3.9	7.0	21			
Mg <sup>2+</sup>	2.6	6.1	3.5	1.2	1.2	1.2	0.5	0.6	1.7	0.6	4.1	1.0			
Ca <sup>2+</sup>	32	20	21	4.6	4.9	6.3	2.6	3.7	2.0	4.9	51	5.8			
K <sup>+</sup>	1.5	0.7	3.5	1.0	0.8	2.4	3.4	0.7	1.9	0.6	2.7	5.3			
F <sup>-</sup>	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1			
Cl <sup>-</sup>	3.8	5.7	7.0	4.4	4.6	12	5.0	6.5	16	2.1	22	17			
Br <sup>-</sup>	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	12	2.9	15	2.5	2.8	5.3	3.2	2.3	3.7	1.2	20	16			
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0.1	<0.1	0.3	<0.1	1.5	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.5	0.8			
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	20	18	8.9	3.5	4.0	5.4	5.6	3.4	5.2	4.1	11	14			

(mg/L)

表6 県南地区のイオン類

徳島県下のほぼすべての地下水に  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、などの陽イオン類が 50 %前後の割合で含まれている。

$\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ もどの地域の地下水においても多くの割合で含まれていたが、肥料由来等人為的な活動で増えることも多く、注意が必要である。平成 24 年度から平成 26 年度の調査において亜硝酸性、硝酸性窒素の環境基準を超えた地点が 1 地点発見された。これからも特に  $\text{NO}_3^-$ は地下水の硝酸性窒素汚染の要因でもあるため調査していくことが重要である。

#### IV まとめ

地下水のイオン類は主として土壌からの由来、人為的な由来（施肥、排水）などにより影響を受ける。

徳島県下の地下水においては陽イオンでは  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、陰イオンでは  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ の割合が高い。含有するイオンの総量としては約 30～160 mg/L である。

平成 26 年度は亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の環境基準値超過地点があり、飲用の禁止などの措置を行った。

これらイオン類は人の健康・生活・生産活動に影響を与えるおそれがある。人の健康に影響するイオン類が環境基準を超えた場合は、関係者への周知など適切な対応を行うとともに調査を継続のうえ、安全を確認することが必要である。

ローリング方式・継続監視調査でイオン類等を測定しモニターすることが今後も望まれる。

#### 謝辞

本報告を執筆するにあたり、測定データのご提供、ご助言をいただきました関係者の皆様に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 中吉 憲幸 他：札幌市内における地下水水質について、札幌市衛研年報 31, 63-69 (2004)
- 2) 藪崎 志穂：日本の地下水・湧水等の硝酸態窒素濃度とその特徴、地球環境 Vol.15 No.2 121-131 (2010)
- 3) 瀧口 智亘 他：徳島県の名水に関する研究（第 3 報）、徳保環セ年報 No 21 15-16 (2003)
- 4) 地下水水質の基礎 日本地下水学会編 理工図書  
第 7 章 地中における微生物と化学 p 97-p 112  
第 10 章 名水の水質 p 143-p 171