

# 継続監視している地下水のイオン成分の特徴—平成 20 年度—

大城洋平・玉城不二美・渡口輝・井上豪・天願博紀・仲宗根一哉・金城孝一

## Characterized Ionic Components of Underground Water (2008)

Yohei OSHIRO, Fujimi TAMAKI, Akira TOGUCHI, Go INOUE  
Hiroki TENGAN, Kazuya NAKASONE and Koichi KINJO

要旨：本稿では、平成 20 年度の地下水の継続監視調査のうち総 Hg, As の調査についてまとめた。当該地下水について、主要イオン成分をヘキサダイアグラムおよびキーダイアグラムで図示し、深層地下水型、浅層地下水型に分類した。調査の結果では、総 Hg が検出されなかったのに対し、As が全ての調査地点で検出され、As が検出された要因は、低 Ca, 高 Na の特徴を示す深層地下水型の 地層中粘土鉱物中の Na 等とのイオン交換によって溶出する場合と、浅層地下水型において ORP が低く水質が還元状態になり地層からの Fe の溶出に伴って Fe に吸着していた As が溶出する場合でほとんど説明することができた。

**Key words** : 地下水, As, Hg, ヘキサダイアグラム, キーダイアグラム, 深層地下水型, 浅層地下水型

### I はじめに

沖縄県では、昭和 46 年度から地下水の概況調査を行っており、有害物質等の検出された地域については、平成元年より継続的に監視調査を行っている(総 Hg は平成 3 年度, As は平成 4 年度から実施)。当該地下水については、これまでに原因究明調査が行われ、沖縄市、うるま市の無機 Hg が検出される原因は、自然由来の可能性<sup>1, 2)</sup>、また、As が検出される要因は、地下水の主要イオン成分の特性によって説明されている<sup>3)</sup>。

本稿では、平成 20 年度に実施した継続監視調査のうち総 Hg, As の調査地下水の主要イオン成分についてヘキサダイアグラムおよびキーダイアグラムによって図示し<sup>4)</sup>、当該地下水の特徴と総 Hg, As の関連について検討した。

### II 方法

#### 1. 調査地点

##### (1)総 Hg 調査地点

登川 1, 登川 2, 知花(沖縄市), 嘉手苺 1(うるま市) 計 4 地点

##### (2)As 調査地点

屋富祖, 当山(浦添市), 与儀(沖縄市), 北谷(北谷町), 石川, 屋慶名(うるま市), 谷茶 2(恩納村) 計 7 地点

#### 2. 調査日

夏季調査：2008 年 7 月 14, 29 日

冬季調査：2008 年 12 月 18, 19 日

#### 3. 調査方法

##### (1)総 Hg

還元気化原子吸光法(JIS0102 66.1.1)

##### (2)As

水素化物発生原子吸光法(JIS0102 61.2)

##### (3)陽イオン(Na, K, Ca, Mg), 陰イオン(Cl, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>) イオンクロマトグラム法

##### (4)HCO<sub>3</sub>

総アルカリ度(衛生試験法・注解 4.1.1.3.)

### III 結果および考察

#### 1. ヘキサダイアグラムによる地下水の分類

図 1 にヘキサダイアグラムを示す。登川 1, 知花, 嘉手苺, 北谷, 石川, 屋慶名, 谷茶 2(夏季)は、高 Ca・高 HCO<sub>3</sub> の石灰岩地域源流水に分類され、屋富祖, 当山, 与儀は低 Ca, 高 Na の深層地下水型に分類された。登川 2, 谷茶 2(冬季)は、電気伝導度(EC)が低く(表 1)、主要イオン成分の当量値も小さいことから、雨水である可能性が示唆された。

#### 2. キーダイアグラムによる地下水の分類

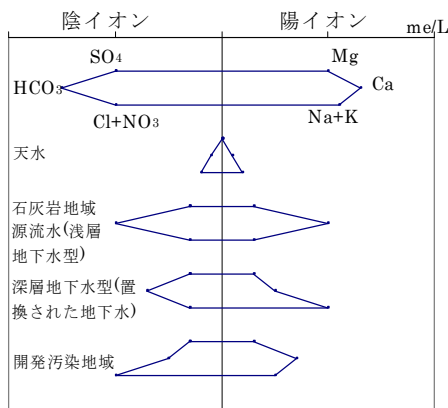
図 2 にキーダイアグラムを示す。登川 1, 登川 2, 知花, 嘉手苺, 北谷, 石川, 屋慶名, 谷茶 2 は、アルカリ土類炭酸塩の浅層地下水型に、屋富祖, 当山, 与儀は、アルカリ炭酸塩の深層地下水型に分類された。

#### 3. Hg・As と主要イオン成分の関係

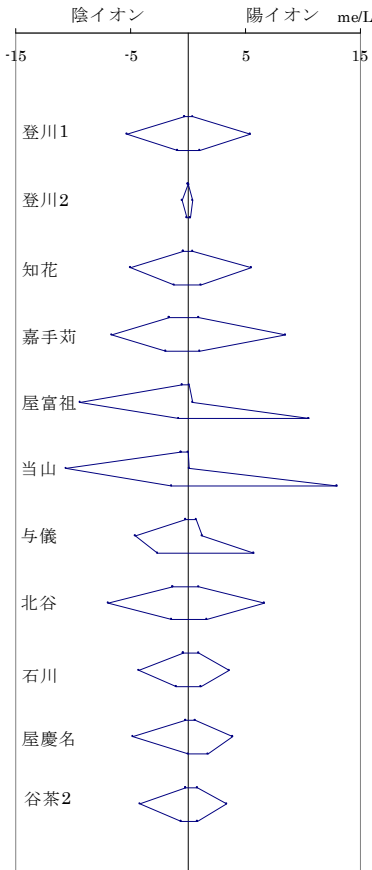
平成 20 年度の総 Hg 調査では、登川 1, 登川 2, 知花, 嘉手苺の 4 地点全てで検出されなかった(表 1)。この 4 地点は、石灰岩地域源流水に分類され、吉田らの報告と同様な結果が得られた。また、吉田らは、Hg 溶出と主要イオン成分の特徴に関連はないことを報告している<sup>1, 2)</sup>。

As については、全ての調査地点で検出された(表 1)。土壌中の As の溶出しやすい環境として、深層地下水型では、イ

(1) 凡例



(2) 夏季調査



(3) 冬季調査

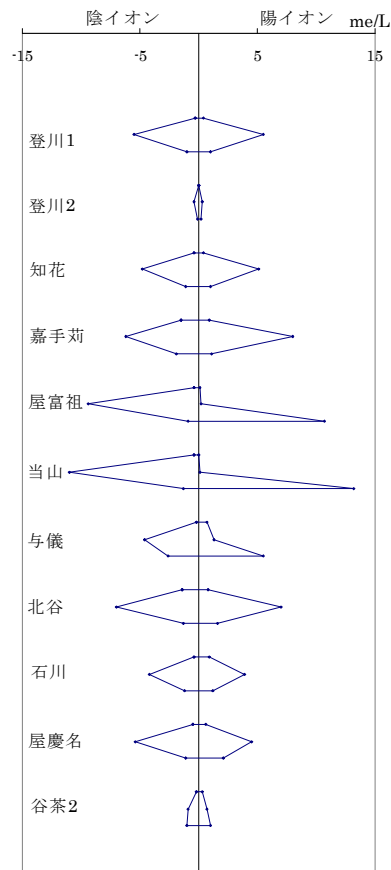


図1. ヘキサダイアグラム

ヘキサダイアグラムは、水平軸の中心より左側に陰イオン、右側に陽イオンに分け、上段に SO<sub>4</sub> と Mg、中段に HCO<sub>3</sub> と Ca、下段に Cl+NO<sub>3</sub> と Na+K をプロットし、各イオン成分の当量値を結んだ図示法である。(1)は、天水、高 Ca・高 HCO<sub>3</sub> の石灰岩地域源流水(浅層地下水型)、低 Ca・高 Na の置換型地下水(深層地下水型)、高 Cl の開発汚染地域の特徴を示している。

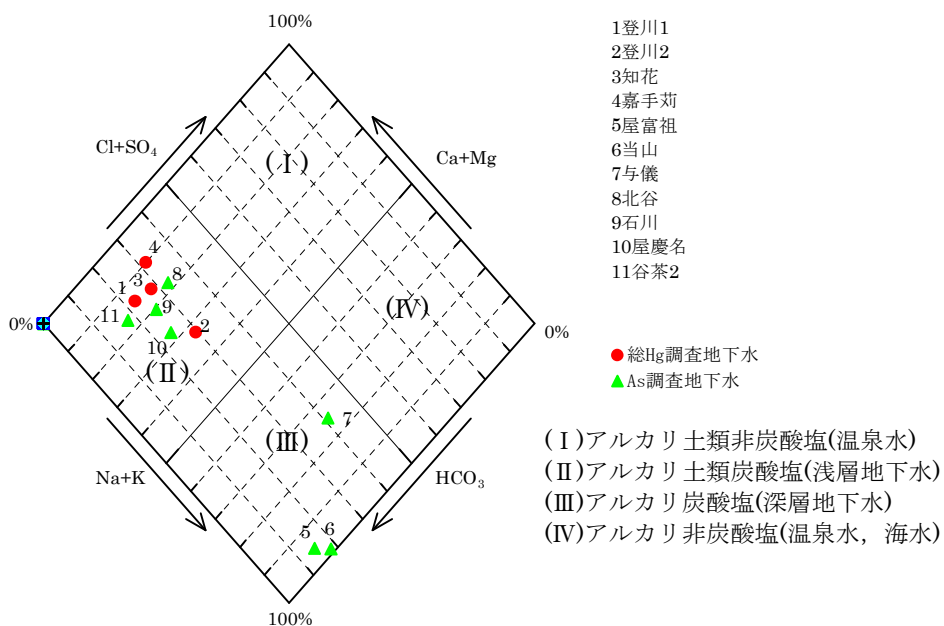


図2. キーダイアグラム

ダイヤモンド状の側面に Cl+SO<sub>3</sub>, Na+K, Ca+Mg, HCO<sub>3</sub> を示し、イオン成分の濃度を矢印方向によって高低を示している。水質特性を(I)アルカリ土類非炭酸塩(温泉水)、(II)アルカリ土類炭酸塩(浅層地下水)、(III)アルカリ炭酸塩(深層地下水)、(IV)アルカリ非炭酸塩(温泉水、海水)に分けた図示法である。

オン成分の置換(地層中粘土鉱物中の Na 等とのイオン交換)によって溶出し、浅層地下水型では、酸化還元電位(ORP)が低く、水質が還元状態になり、地層からの Fe の溶出に伴って Fe に吸着していた As が溶出すると言われている<sup>3)</sup>。今回、屋富祖、当山、与儀では、深層地下水型の主要イオン成分の置換によって As が溶出したと考えられ、北谷、屋慶名では ORP が低く、還元状態であったことが As 溶出の要因と考えられた。石川については、タンクに貯水した地下水を調査しているため、地下水の酸化還元状態は不明である。しかし、石川は浅層地下水型に分類されることから、地下水の還元状態によって溶出した可能性が考えられた。谷茶 2(夏季)においては、平成 20 年度の調査からは As が検出された要因について解析できなかった。ただし、谷茶 2 においては、環境基準以下(平成 9.3.13 環告 10)であった。

#### IV まとめ

地下水のイオン成分の特性をヘキサダイアグラムで図示することによって、地下水の特徴を容易に把握することができ

きた。平成 20 年度の調査の結果、総 Hg は検出されなかったのに対し、As が全ての調査地点で検出され、As が溶出した要因については、低 Ca、高 Na の主要イオン成分の置換によって溶出される場合と ORP が低く水質が還元状態によって溶出する場合でほとんど説明できた。

#### V 参考文献

- 1) 吉田直史, 普天間朝好, 宮城俊彦, 與儀喜真, 嘉数江美子, 下地武芳(2005)石川市嘉手苺地区における地下水水銀汚染について. 沖縄県衛生環境研究所報, 39 : 55-61
- 2) 吉田直史, 上地さおり, 玉城不二美, 渡口輝, 大城洋平, 宮城俊彦, 安里直和, 上原強(2006)沖縄市における地下水水銀汚染について. 沖縄県衛生環境研究所報, 40 : 59-63
- 3) 普天間朝好, 与儀喜真, 嘉数江美子, 宮城俊彦, 新垣和代(2001)県内 As 検出地下水の水質特性について沖縄県衛生環境研究所報, 30 : 137-140
- 4) 藤井國博, 岩間秀矩, 今井秀夫, 高橋義明(1999)農業環境モニタリングマニュアル. 農林水産省農業環境技術研究所

表 1. 地下水調査結果

(夏季)

総Hg

	深度(m)	総Hg(mg/L)	pH	ORP(mV)	EC(μS/cm)	KMnO <sub>4</sub> 消費量(mg/L)
登川1	60	<0.0005	7.79	201	796	0.92
登川2	-	<0.0005	8.75	172	147	1.3
知花2	18	<0.0005	7.00	197	754	16
嘉手苺	11.3	<0.0005	6.70	185	1034	2.6

As

	深度(m)	As(mg/L)	pH	ORP(mV)	EC(μS/cm)	KMnO <sub>4</sub> 消費量(mg/L)
屋富祖	300	0.086	8.47	143	1161	15
当山	-	0.03	8.67	120	1412	8.5
与儀	70	0.033	7.65	157	1053	2.1
北谷	30	0.014	6.56	33	996	4.0
石川	-	0.013	7.24	210	673	2.1
屋慶名	5	0.021	7.22	82	695	0.92
谷茶2	6	0.009	7.38	208	570	2.0

(冬季)

総Hg

	深度(m)	総水銀(mg/L)	pH	ORP(mV)	EC(μS/cm)	KMnO <sub>4</sub> 消費量(mg/L)
登川1	60	<0.0005	7.73	210	644	0.94
登川2	-	<0.0005	9.67	139	161	0.94
知花2	18	<0.0005	7.19	224	664	15
嘉手苺	11.3	<0.0005	6.79	275	961	1.7

As

	深度(m)	As(mg/L)	pH	ORP(mV)	EC(μS/cm)	KMnO <sub>4</sub> 消費量(mg/L)
屋富祖	300	0.082	8.51	168	1086	12
当山	-	0.028	8.72	160	1155	10
与儀	70	0.026	7.94	201	779	2.0
北谷	30	0.014	6.56	6	976	3.7
石川	-	0.019	7.25	263	580	1.5
屋慶名	5	0.024	7.31	213	696	4.1
谷茶2	6	<0.002	7.64	239	230	2.3