

県内As検出地下水の水質特性について

The characteristics of Groundwater containing Arsenic in Okinawa Island

普天間朝好・与儀喜真・嘉数江美子・宮城俊彦・新垣和代

Tomoyosi Futenma・Kishin Yogi・Emiko Kakazu・Toshihiko Miyagi・Kazuyo Arakaki

砒素 (As) は地質中に比較的高濃度に存在し (地殻中平均濃度1.8mg/Kg) 国内各地で地下水からのAs検出事例も多い。県内でも地下水概況調査等によりAsの検出された地下水があり、定期モニタリング調査 (2回/年) を行っている。

As検出地下水の水質特性を把握するために定期モニタリング地点及び対照試料としてAsが検出されていない周辺地下水の主要イオン成分等の分析を行った。

定期モニタリング調査地点等

As調査地点の略図を図1に示す。Asの定期モニタリング地点は本島中部地域に点在している。なお、沖縄島の地質は図中の多幸山付近で大きく変化し、多幸山以北では中生代以前の地層が見られるのに対し、南側では島尻層群 (泥岩主体) や琉球石灰岩等の新生代の地層しか見られないとされている¹⁾²⁾。定期モニタリング地点ではA~D及びK地点が多幸山の南側にあり、E, F, I, J地点は北側に位置している。



測定項目等

pH, 導電率(EC), DO (夏期のみ), KMnO₄消費量 (夏期のみ), 溶解性鉄 (D-Fe), 溶解性マンガン (D-Mn), Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NH₄-N, アルカリ度, F⁻, Cl⁻, NO₂-N, Br⁻, NO₃-N, PO₄³⁻, SO₄²⁻及びAsの測定を行った。測定方法はJIS-K0102及び上水試験法に準拠した。

測定結果

夏期定期モニタリング時調査結果を表1に、冬期調査結果を表2に示す。陽イオンではA~C試料はNaの比率が高く、その他の試料ではCaの比率が高かった。陰イオンではアルカリ度 (HCO₃) の比率が高かった。また、殆どの試料で各測定項目に大きな変動は見られなかったが、D試料では夏期と冬期にはDO, D-Fe, D-Mn等に大きな変動が見られた。

考察等

測定結果より作成したキーダイヤグラムを図2に示す。定期モニタリング地下水の水質は領域 (河川水・浅層地下水型) と領域 (深層地下水型) の2つに分類された。

深層地下水に分類された地下水(A,B,C試料)は地域的には広範囲に存在し、深度は数10m~300mとされている。また、これらの試料のpHは8以上のアルカリ側にあった。

一方、周辺地下水のL試料では井戸深度が200mであってもCa²⁺の比率が高く深層地下水の水質特性を示さずAsは不検出であった。図3に井戸深度の深いこれら4地下水の主要イオン成分のレーダーチャートを示す。

従って深層地下水については地域性よりも水質特性がAsとの関連では重要であると考えられる。

既往の文献³⁾⁵⁾で、高pH, 低Ca²⁺, 高Na⁺等の水質特性は地層中でFeにアノイとして吸着しているAsが溶出しやすい条件とされている。今回の結果から深井戸である

A～C試料については前記の条件を満たしており地層由来のAs溶出の可能性が高いものと考えられる。

一方、浅層地下水（領域 ）に属しAsの検出された試料（D～K）は、すべて沖積層地域の地下水であり、pHは概ね7～8の範囲にあった。一地点（D）を除いては、夏期と冬期で水質に大きな変化は見られなかった。

D試料はAsが0.006mg/L検出された夏期にはDOが低く、アンモニア性窒素とD-Fe、D-Mn濃度が高濃度に検出されており還元状態にあったことが分かる。冬期にはDOが5.2mg/Lあり還元状態が解消し、Asも検出されなかった。

一般にAsはFeに吸着され易いことからD地下水については水質が還元状態に陥った時に地層（土壤中）からのFe溶出に伴ってFeに吸着していた微量のAsが溶出していた可能性が高いものと考えられる⁵⁾。

E,F試料は本島西岸域の沖積層に位置する同一地区内にある。周辺地下水としてE,F付近の2地下水（夏期G1,H 冬期G2,H）を含めて調査した結果、 PO_4^{3-} 濃度に顕著な相違が見られ、As不検出地下水の PO_4^{3-} 濃度と比較すると定期モニタリング地点のE,F試料は PO_4^{3-} 濃度が高いという特徴が見られた。

I,J,K地下水は本島東岸域の沖積層に位置しており、I,J地下水では F^- が高い特徴が見られた。また、K試料では PO_4^{3-} が不検出地下水と比較して高濃度であった。

また、D試料以外の浅層地下水に属する地下水ではAs及び F^- 、 PO_4^{3-} については夏期と冬期で濃度に大きな変化は見られなかった。

PO_4^{3-} は環境中でAsと似た性質を示すとされている物質である。また、 F^- も地層からのAs溶出との関連が指摘されている物質である⁴⁾。

今回の調査結果から、これらの浅層地下水についても地質とAs濃度に何らかの関連があるものと考えられる⁶⁾。

まとめ

平成12年度の定期モニタリング時に行った調査結果から、As検出地下水の水質特性は深層地下水型と浅層地下水型の2つに分類できた。

深層地下水型の試料については高pH、低Ca、高Na等のAs溶出を起しやすいと見られている水質特性があり、地層からのAs溶出の可能性が考えられる。

浅層地下水型の試料のうち1地点についてはDO、D-Fe、D-Mn等の結果から水質が還元状態に陥った時期に

Feの溶出に伴ってAsが溶出している可能性が高い結果となった。

また、その他の浅層地下水型の試料についてはAsの検出された地下水の F^- 、 PO_4^{3-} が高い傾向が見られた。

参考文献

- a 木崎 甲子郎 : 琉球弧の地質誌
- s 神谷 厚昭 : 琉球列島の生いたち, 37, 新星図書出版, (1984)
- d 金子恵美子, 菅野直: 仙台市内の地下水調査(第2報) - ヒ素について -, 仙台市衛生試験所報, 9, 174-178, 1979
- f 福岡県保健環境研究所: ヒ素等有害金属の地下水汚染機構の解明及びその浄化に関する研究, 28-33, 1999
- g 齊籐明男, 矢島久美子, 樋口洋一郎: 井戸からのヒ素検出事例について, 群馬県衛生環境研究所報, 29, 86-89, 1997
- h 杉本貴之ら: 砒素による地下水汚染事例, 宮崎県保健環境研究所報, 117-128,

表1 平成12年度地下水調査結果(夏期)

試料名	A	B	C	D	E	F	G1	H	I	J	K	L
採水年月日	8月10日	8月10日	9月1日	9月1日	9月1日	9月1日	9月1日	9月1日	9月1日	9月1日	9月1日	8月10日
pH	8.1	8.8	8.1	6.9	7.1	7.4	7.5	7.1	7.4	7.4	7.2	7.4
EC (μS/cm)	998	1193	1225	880	796	843	4920	803	541	720	544	799
As (mg/L)	0.1	0.0344	0.035	0.006	0.089	0.011	0.004	<0.002	0.017	0.072	0.006	<0.002
DO (mg/L)	6.7	6.3	6.2	1.4	3.1	6.5	5.8	2.6	5.2	3.0	3.9	7.4
KMnO ₄ 消費量 (mg/L)	13.3	10.9	1.9	2.9	6.1	1.9	9.3	2.5	1.9	1.9	3.2	1.7
D-Fe (mg/L)	0.04	0.04	<0.04	1.49	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0.07
D-Mn (mg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	0.89	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Na ⁺ (mg/L)	242	292	211	44	39	26.7	965	39	21.1	35.4	26.9	36.2
K ⁺ (mg/L)	1.38	1.5	4.91	1.68	4.61	2.85	41.35	3.39	2.81	4.85	5.51	1.78
Ca ²⁺ (mg/L)	5.02	1.56	36.6	131	107	89.5	38.2	114	76.4	72.4	76.7	110
Mg ²⁺ (mg/L)	1.09	0.48	15.2	19	13.9	10.8	78.5	11.7	10.5	27.2	7.9	12.4
NH ₄ -N (mg/L)	0.33	0.84	0.12	1.28	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
アルカリ度 (mg/L)	484	556	310	441	314	240	202	288	221	270	296	272
F ⁻ (mg/L)	0.451	0.52	0.083	0.168	0.142	0.137	0.522	0.263	0.401	1.023	0.167	0.119
Cl ⁻ (mg/L)	27.2	44.3	192	37.5	61.4	56.6	1450	76.4	25.1	37.3	28.2	40.5
NO ₂ -N (mg/L)	0.097	0.055	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Br ⁻ (mg/L)	0.084	0.132	0.74	0.239	0.206	0.131	5.19	0.449	0.124	0.21	0.118	0.159
NO ₃ -N (mg/L)	0.773	0.728	3.27	<0.05	3.43	0.928	0.975	0.935	3.021	5.961	0.361	2.2
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	1.904	2.925	0.24	<0.05	1.3	1.79	0.53	0.09	0.07	0.13	0.48	0.039
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	18.7	22.7	26	17.9	13	11.4	232	17.4	16.6	36.3	20	45.8

表2 平成12年度地下水調査結果(冬期)

試料名	A	B	C	D	E	F	G2(*)	H	I	J	K
採水年月日	2月5日	2月5日	2月5日	2月5日	2月22日	2月22日	2月22日	2月22日	2月22日	2月22日	2月22日
pH	8.5	8.75	8.17	7.72	7.54	7.34	7.54	7.51	7.61	7.85	7.16
EC (μS/cm)	1001	1192	1097	423	673	747	638	791	794	514	850
As (mg/L)	0.112	0.032	0.032	<0.002	0.131	0.010	<0.002	<0.002	0.022	0.115	0.099
DO (mg/L)	-	-	-	5.2	-	-	-	-	-	-	-
KMnO ₄ 消費量 (mg/L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D-Fe (mg/L)	0.31	0.20	0.20	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0.05	0.1	0.1
D-Mn (mg/L)	<0.02	<0.02	<0.02	0.06	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Na ⁺ (mg/L)	251	304	187	19.5	47.7	41.6	42.0	41.3	24	32	54
K ⁺ (mg/L)	2.04	2.65	12.80	4.47	14.05	8.89	7	9.89	4.00	5.58	12.20
Ca ²⁺ (mg/L)	4.55	1.14	29.7	63	111.0	91.0	76	93	57.0	65.0	106.0
Mg ²⁺ (mg/L)	1.24	0.42	11.8	6.89	14.2	11.4	9	10.6	10	28.8	12.7
NH ₄ -N (mg/L)	0.19	0.48	0.11	0.24	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.23
アルカリ度 (mg/L)	497	578	286	202	292	212	200	218	168	256	268
F ⁻ (mg/L)	0.403	0.466	0.106	0.144	0.124	0.123	0.318	0.23	0.391	1.04	0.191
Cl ⁻ (mg/L)	27	43.9	161	15.7	91	82.1	70.6	72.1	28.1	35	89.6
NO ₂ -N (mg/L)	0.095	0.03	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Br ⁻ (mg/L)	0.079	0.125	0.595	0.043	0.295	0.292	0.409	0.252	0.153	0.148	0.314
NO ₃ -N (mg/L)	1.02	1.21	3	0.147	1.6	0.83	0.332	3.391	3.44	4.4	0.299
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	1.92	2.93	0.2	<0.05	1.27	1.79	0.06	<0.05	<0.05	0.14	0.81
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	18.6	22.7	17.0	7.4	19.0	14.1	17.2	39.3	15.1	33.6	40.5

(*)夏期G1地点は、海水混入が認められたため、冬期は直近のG2に採水地点を変更した。

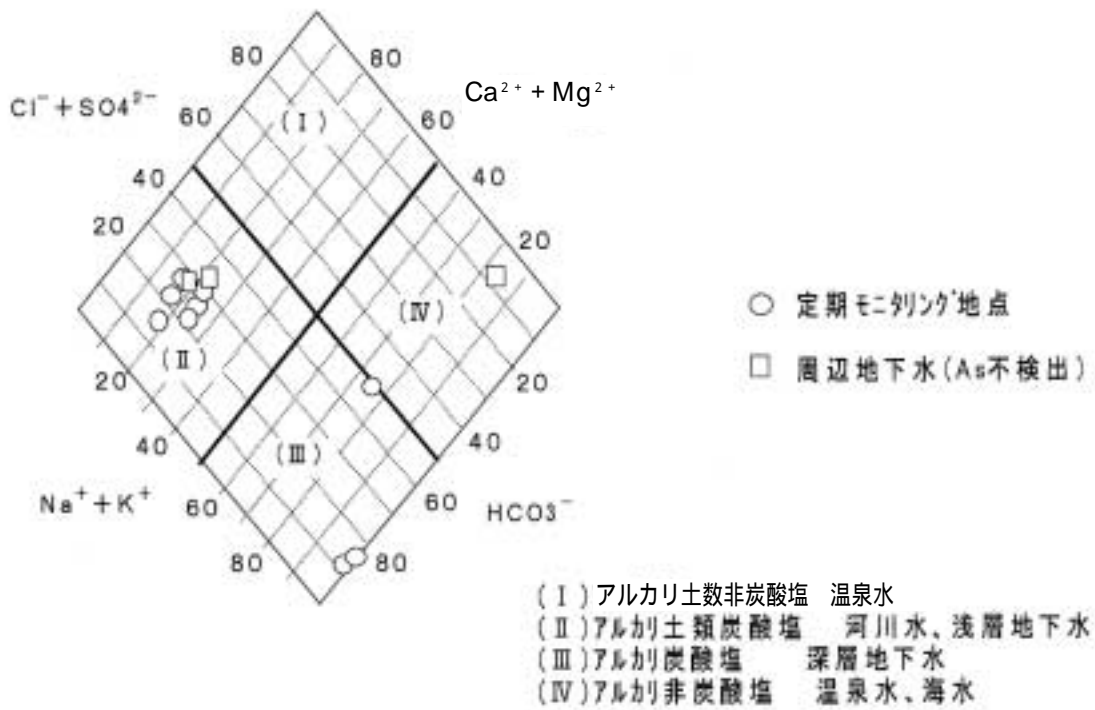


図2 夏期調査結果のキーダイアグラム

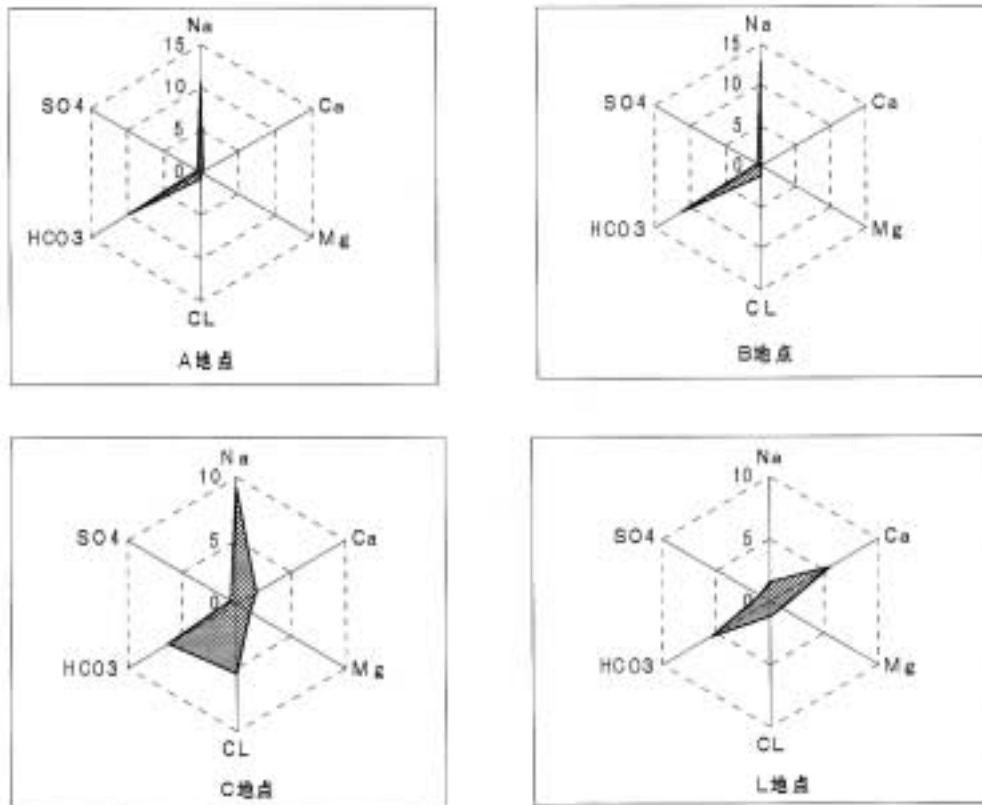


図3 深層地下水(A~C地点)とL地点地下水の比較(単位meq/l)