

気仙沼地域における休廃止鉱山の公共用水域に及ぼす 砒素等重金属類の影響調査（第Ⅱ報）

The Investigation of Arsenic and Other Heavy Metals in Rivre Waters from Inactive or Disuse Mines in Kesen-numa Area (Ⅱ)

佐藤千鶴子 千葉文博 波岡陽子 赤崎千香子 福地信一
三浦和樹*1 清野 茂*2 郷右近順子*3 渡部正弘

Chizuko SATO, Fumihiro CHIBA, Yoko NAMIOKA, Chikako AKSAKI, Shinichi FUKUCHI,
Kazuki MIURA, Shigeru SEINO, Junko GOUKON, Masahiro WATANABE

過去におこなった気仙沼地域の公共用水域調査では、一部の環境基準地点において環境基準値（0.01mg/L）よりも高い濃度の砒素が検出されている。この地域は金鉱脈を伴う休廃止鉱山が多数分布していることから、これら休廃止鉱山由来の流出水による公共用水域の汚染状況を把握するため、砒素等重金属の調査をおこなった。

キーワード：気仙沼地域；休廃止鉱山；砒素

Key words : Kesen-numa Area ; Inactive or Disuse Mines ; Arsenic

1 はじめに

平成 23 年度の宮城県公共用水域水質調査において、気仙沼地域を流れる神山川の環境基準点・神山橋で、環境基準値を超える 0.012mg/L の砒素の検出報告¹⁾があった。神山橋では、過去にも 0.005~0.012mg/L の砒素の検出報告があり、神山川以外の気仙沼地域を流れる鹿折川、面瀬川の環境基準点でも砒素の検出が報告されている¹⁾。

気仙沼地域は、金鉱脈を伴う砒素を含んだ金属鉱床が分布しており、昭和年代までは採掘がおこなわれていた²⁾。現在は全て休廃止鉱山となっているが、公共用水域調査対象河川上流にも多くの鉱山が点在している（図 1）。

砒素は毒性の高い金属で、過去には宮崎県土呂久鉱山等の砒素公害が問題となった事例³⁾⁴⁾がある。そこで休廃止鉱山由来の流出水による公共用水域の汚染実態を把握するためこの地域における鉱山からの流出水及び公共用水域の水質調査を行った。

第Ⅰ報として、平成 24 年度の調査報告はすでに行っているが⁵⁾、平成 25 年度の調査を併せて報告する。なお、砒素の環境基準値は 0.01mg/L、当所の報告下限値は 0.005mg/L である。

2 調査方法

気仙沼地域の休廃止鉱山である鹿折金山、松岩鉱山、羽田鉱山、金取鉱山及び新館鉱山²⁾⁶⁾周辺の流出水及び

公共用水域の河川水を採取し、ICP-AES（誘導結合プラズマ発光分光分析装置）及びオートアナライザー（連続流れ分析装置）により分析を行った。測定項目は、砒素、カドミウム、鉛、セレン、全クロム、銅、亜鉛、全鉄、全マンガン、ふっ素とした。

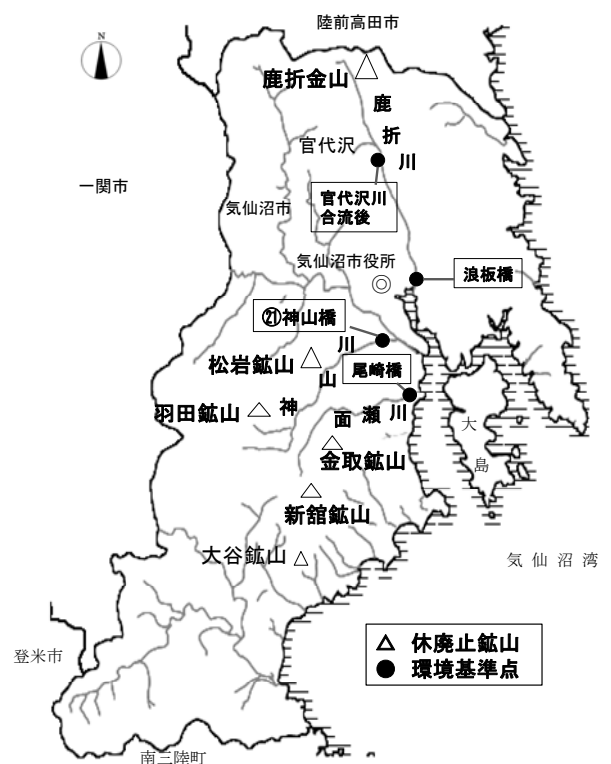


図 1 気仙沼地域の休廃止鉱山および環境基準点

*1 東部保健福祉事務所 *2 退職 *3 中南部下水道事務所

3 調査地点

調査対象の休廃止鉱山及び公用水域水質調査の環境基準点を図 1, 採水地点 21 カ所を図 1~4 に示す。以下本文の調査地点①~⑳は図及び表中の番号と対応する。

3.1 鹿折川流域

鹿折川上流域に鹿折金山が位置しており,その周辺域では図 2 中の①~⑤において採水した。周辺での聞き取り調査により,鹿折金山の複数ある坑口の中で,坑内水が流出している坑口として,八千代坑口及び四番坑口を確認した。坑内からの流出水は周辺域の沢水と合流し鹿折川に流入しており,流入する地点が金山橋である。坑内流出水の八千代坑口①及び四番坑口②で採水を行った。坑内流出水の鹿折川への流入状況調査のため,鹿折川流入前の金山橋④,鹿折川上流の金山橋上流③及び金山橋下流⑤において採水を行った。

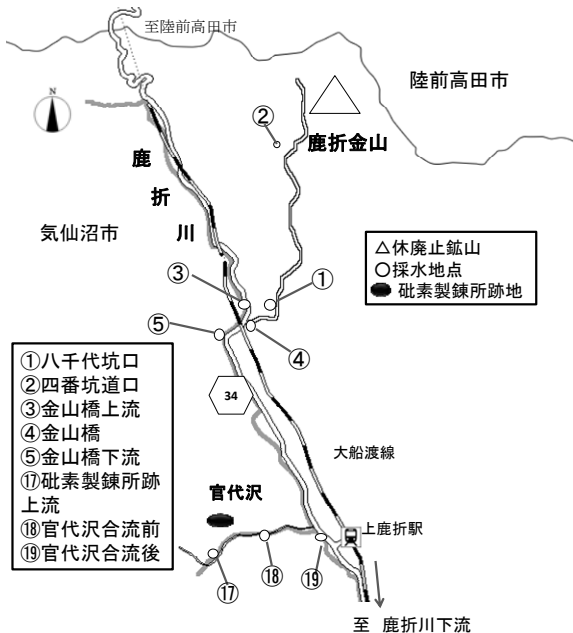


図 2 鹿折川流域採水地点

鹿折川には中流域で官代沢が流入するが,官代沢上流域に砒素製錬所跡地がある。気仙沼市では砒素の流出防止のため,昭和 47 年に施設及び鉱さいを埋没処理し,その後,コンクリートで封鎖する工事を行っている。これにより河川への砒素の流出が抑制されたが,気仙沼市の継続調査によれば,跡地周辺の河川水で,環境基準を超える報告があった。砒素製錬所跡地上流⑦,鹿折川合流前の官代沢合流前⑧及び,鹿折川合流後の官代沢合流後⑨において採水した。

平成 24 年度は 6 月に①②, 9 月に③~⑤の採水調査を行った。平成 25 年度は 9 月と 1 月に③~⑤及び⑦~⑨の採水を行い, 1 月の調査では⑦~⑨の流量調査を併せ

て行った。

3.2 神山川流域

神山川上流域に羽田鉱山,中流域に松岩鉱山が位置している。羽田鉱山周辺域では図 3 中の物見沢⑥及び羽田沢⑦において採水を行った。羽田鉱山は詳細な場所が不明であり,文献²⁾⁶⁾から位置を推測し,羽田沢を調査地点とした。羽田沢は流下し,物見沢と合流後神山川となる。

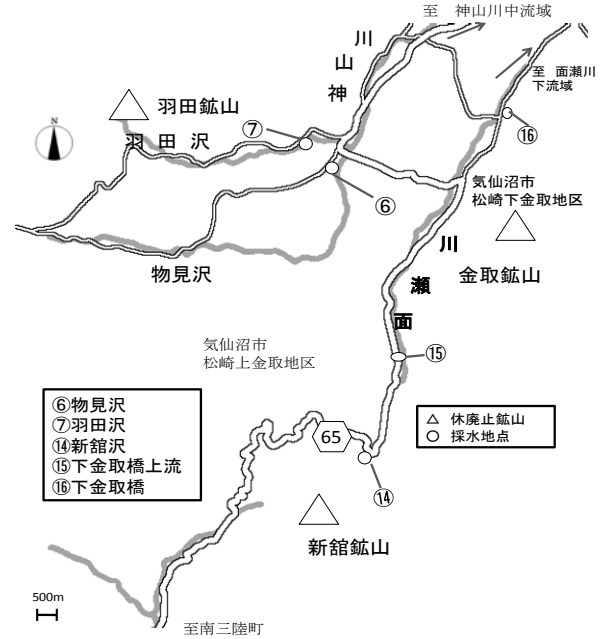


図 3 神山川上流域および面瀬川流域採水地点

神山川中流域の松岩鉱山周辺では図 4 中の⑧~⑬において採水を行った。周辺の聞き取り調査で,松岩鉱山の坑口の一つである大切坑口から流出水が神山川に流れ込んでいることを確認し,大切坑口⑨から採水,さらに大切坑上流⑧と大切坑下流右岸⑩,大切坑下流流心⑪及び大切坑下流左岸⑫において採水した。

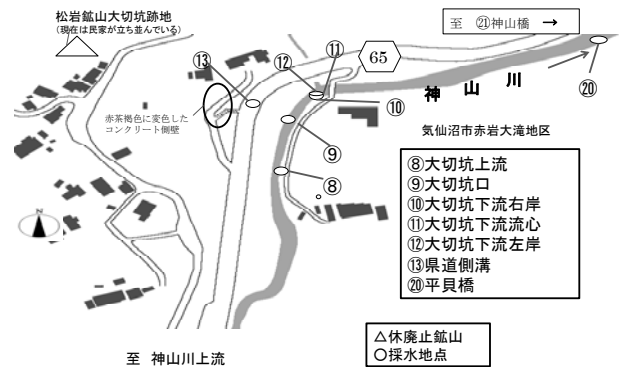


図 4 神山川中流域採水地点

周辺調査により,気仙沼市赤岩大滝地区を通る県道 65 号線の道路側壁面の塩ビ管から鉱山流出水と思われる浸出水が側壁面を赤茶褐色に変色させていた。さらに

流出水は県道側溝⑬を通じ、神山川に流入しているため⑬からも採水した。

平成 24 年度は 9 月に⑬, 11 月に⑥~⑫の採水調査を行った。平成 25 年度は 1 月に⑧⑨⑩の採水及び流量調査を行い、神山川下流域調査のため、平貝橋⑳と神山橋㉑(図 1)でも採水調査を行った。

3.3 面瀬川流域

面瀬川流域は図 3 に示すとおり、上流域に新館鉦山、中流域に金取鉦山が位置している。新館鉦山及び金取鉦山は、羽田鉦山と同様に詳細な位置は不明であり、文献²⁾⁶⁾から位置を推測し、周辺の公共用水域を調査地点とした。

新館沢は流下すると面瀬川と合流するため、新館鉦山周辺の新館沢⑭, 金取鉦山の流出水が流入すると推測される下金取橋⑯及びその上流の下金取橋上流⑰で採水した。

平成 24 年 9 月に⑯, 11 月に⑭⑰の採水調査を行い、平成 25 年度は⑭⑰の採水調査を 9 月と 1 月に行い、1 月には⑰の流量調査も併せて行った。

4 結果及び考察

採水地点①~㉑の測定結果を表 1~6 に示す。

4.1 鹿折川流域

採水地点①~⑤の結果を表 1 に示す。

平成 24 年度の調査では、砒素濃度は八千代坑口①が 0.073mg/L, 四番坑口②が 0.11mg/L であり、環境基準値と比較して高い結果であった。しかし、金山橋④では 0.007mg/L と環境基準値未満であり、鹿折川合流後の金山橋下流⑤では、<0.005mg/L であった。平成 24 年度の①・②と③~⑤の採水日は異なるが、坑口①・②からの流出水は周辺の沢水で希釈されたものと考えられる。また、平成 25 年度の 2 回の調査でも同様の結果を得ており、鹿折川流入前の金山橋④では 9 月 0.009mg/L, 1 月 0.007mg/L と報告下限値を上回っているが、流入後の金山橋下流⑤では、<0.005mg/L であり、金山橋上流③でも砒素は検出されなかった。下流域の環境基準点の官代沢川合流後⑰では、公共用水域調査結果によれば、報告下限値以上の砒素の検出報告¹⁾があるが(図 5), 鹿折金山坑内水からの砒素の影響は少ないと考えられる。

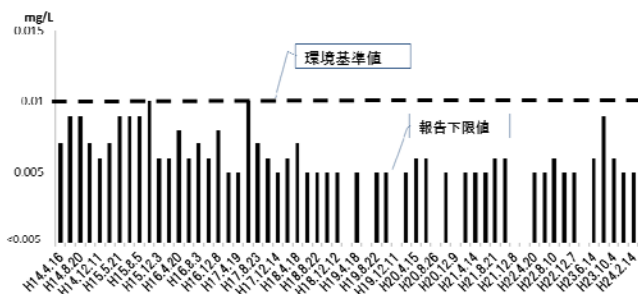


図 5 環境基準点官代沢川合流後⑰の砒素濃度の推移

平成 25 年度に新たに追加した官代沢調査(表 2)での砒素の値は、砒素製錬所跡地上流⑰, 官代沢合流前⑱, 官代沢合流後⑲で 9 月は⑰<0.005mg/L, ⑱0.020mg/L, ⑲<0.005mg/L で、1 月は⑰0.006mg/L, ⑱0.027mg/L, ⑲0.006mg/L であり、⑱は 2 回の調査とも環境基準値を超過していた。

表 1 鹿折川流域調査結果

No.	①	②	③	④	⑤	③	④	⑤	③	④	⑤
鉦山											
鹿折金山											
採水地点	八千代坑口	四番坑口	金山橋上流	金山橋	金山橋下流	金山橋上流	金山橋	金山橋下流	金山橋上流	金山橋	金山橋下流
採水年月日	H24.6.25		H24.9.26			H25.9.17			H26.1.15		
水温(°C)	14.1	11.7	17.0	15.4	16.6	15.5	15.2	15.4	3.9	1.2	2.8
pH	7.4	7.7	7.9	8.0	7.9	7.1	7.1	7.2	8.4	8.2	8.4
砒素	0.073	0.11	<0.005	0.007	<0.005	<0.005	0.009	<0.005	<0.005	0.007	<0.005
カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
鉛	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
全クロム	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
銅	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
亜鉛	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
全鉄	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.32	0.08	0.27	<0.05	<0.05	<0.05
全マンガ	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
ふっ素	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08

表 2 官代沢流域調査結果

No.	⑰	⑱	⑲	⑰	⑱	⑲
鉦山						
官代沢(砒素製錬所)						
採水地点	跡地上流	官代沢合流前	官代沢合流後	跡地上流	官代沢合流前	官代沢合流後
採水年月日	H25.9.17			H26.1.15		
水温(°C)	14.6	15.0	15.4	1.6	0.9	2.5
pH	7.3	7.3	7.1	7.6	8.0	8.6
砒素	<0.005	0.020	<0.005	0.006	0.027	0.006
カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
鉛	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
全クロム	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
銅	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
亜鉛	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
全鉄	0.11	0.2	0.85	<0.05	<0.05	0.11
全マンガ	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
ふっ素	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08

表 3 流量および負荷量調査結果

採水地点	流量	砒素値	負荷量	
	m ³ /s	mg/L	g/s	g/日
⑰砒素製錬所跡地上流	0.023	0.006	0.00014	12
⑱官代沢合流前	0.020	0.027	0.00054	47
⑲官代沢合流後	0.096	0.006	0.00058	50
⑨大切坑口	0.00063	0.14	0.000088	7.6
⑧大切坑上流	0.94	<0.005	—	—
⑩大切坑下流	0.51	<0.005	—	—
⑯下金取橋	0.049	0.007	0.00034	29

また、平成 25 年度 1 月調査における砒素の一日負荷量は、表 3 に示すとおり⑧が 47 g/日、⑨が 50g/日とほぼ同程度の値であった。

これらの結果より、鹿折川下流域における砒素の濃度は、官代沢からの流入水の影響を大きく受けていることが考えられる。なお、平成 25 年度 9 月の調査において、全調査地点で全鉄が検出されているが、台風直後の採水であったため増水と川床からの巻き上げなどの影響があったと推測される。

4.2 神山川流域

採水地点⑥～⑬⑯⑰の結果を表 4、5 に示す。

平成 24 年度調査での砒素の値は、大切坑口⑨が 0.16mg/L と、環境基準値を超えており、全鉄 (0.72mg/L)、全マンガン (0.36mg/L) も検出されている。大切坑下流右岸⑩及び大切坑下流流心⑪および大切坑上流⑧の砒素の値は<0.005mg/L であり、大切坑下流左岸⑫は 0.021mg/L であった。⑫は⑩、⑪と比較し砒素以外の全鉄 (0.15mg/L) も高く、全マンガン (0.05mg/L) も検出された。

大切坑内水が流入する河川は、川幅が 8m 程であり、川床に岩が多いため、流入水は希釈されることなく左岸沿いをしばらく流下すると推察される。また、平成 24 年度は県道側溝⑬で垂鉛 (0.11mg/L)、全鉄 (0.35mg/L)、全マンガン (0.62mg/L) が検出されたが、砒素は検出されなかった。

表 4 平成 24 年度 神山川流域調査結果

No.	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
鉢山	羽田鉢山		松岩鉢山					
採水地点	物見沢	羽田沢	大切坑上流	大切坑口	大切坑下流右岸	大切坑下流流心	大切坑下流左岸	県道側溝
採水年月日	H24.11.14		H24.11.14					H24.9.26
水温(°C)	10.5	11.0	11.3	13.3	11.3	11.3	11.4	19.3
pH	7.5	7.5	7.8	7.9	7.5	7.6	7.7	6.9
砒素	<0.005	<0.005	<0.005	0.16	<0.005	<0.005	0.021	<0.005
ガドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
鉛	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
全クロム	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
銅	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
垂鉛	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.11
全鉄	0.05	0.06	0.06	0.72	0.06	0.06	0.15	0.35
全マンガン	<0.05	<0.05	<0.05	0.36	<0.05	<0.05	0.05	0.62
ふっ素	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08

なお、上流域の物見沢⑥と羽田沢⑦の砒素の値は、<0.005mg/L であり、二つの沢の合流後の大切坑上流⑧においても砒素は検出されなかった。これら平成 24 年度の結果から、羽田鉢山からの砒素等有害金属の神山川へ流入は少ないと考えられる。

平成 25 年度の大切坑口上流⑧、大切坑口⑨、大切坑口下流流心⑪の砒素の結果を表 5 に示す。⑧、⑪が

<0.005mg/L で、⑨が 0.14mg/L であった。また、平成 25 年度 1 月調査での⑨の砒素負荷量は 7.6g/日 (表 3) であった。坑口からの流出水は河川左岸をしばらく流下することを 24 年度の調査で確認している。神山川下流域調査のため、下流域の平貝橋⑯と最下流の環境基準点・神山橋⑰を採水した結果、砒素の値は⑯ 0.006mg/L、⑰ 0.005mg/L であった。

環境基準点神山橋では過去にも環境基準値を超える砒素を検出しているが (図 6) ⑰、調査結果から、松岩鉢山大切坑口からの砒素を含む流出水が原因の一つと推察される。

表 5 平成 25 年度神山川流域調査結果

No.	⑧	⑨	⑪	⑯	⑰
鉢山	松岩鉢山				
採水地点	大切坑上流	大切坑口	大切坑下流流心	平貝橋	神山橋
採水年月日	H26.1.15			H26.1.16	
水温(°C)	2.1	10.4	2.5	4.1	2.8
pH	7.7	8.1	7.6	7.7	7.9
砒素	<0.005	0.14	<0.005	0.006	0.005
ガドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
鉛	<0.005	0.006	<0.005	<0.005	<0.005
セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
全クロム	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
銅	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
垂鉛	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
全鉄	0.07	0.40	<0.05	<0.05	0.31
全マンガン	<0.05	0.23	<0.05	<0.05	<0.05
ふっ素	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08

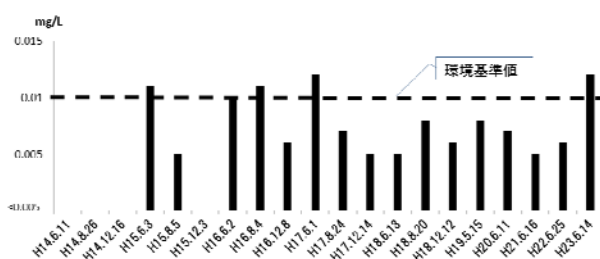


図 6 環境基準点神山橋⑰の砒素濃度の推移

4.3 面瀬川流域

採水地点⑭～⑱の結果を表 6 に示す。

平成 24 年の調査では、面瀬川上流域にある新館沢⑭で、砒素が<0.005mg/L であり、新館沢流入後の下金取橋上流⑮でも、<0.005mg/L であった。このことから、新館鉢山の正確な位置は不明であるが、面瀬川への砒素を含む有害金属の流入は少ないと考えられる。

平成 24 年度調査での砒素の値は、面瀬川中流域の下金取橋⑮では 0.006mg/L であった。平成 25 年度の調査での、砒素の値は⑮は 9 月、1 月とも<0.005mg/L であったが、下金取橋⑮は 9 月が 0.006mg/L、1 月が 0.007mg/L であった。また、1 月調査での⑱の砒素の

一日負荷量は 29g/日 (表 3) であり、金取鉱山の坑口の確認はできなかったが、下金取橋周辺は、鉱山からの浸出水が流れ込む地形であると考えられる。

面瀬川最下流にある環境基準点・尾崎橋の過去の結果では、砒素が<0.005~0.009mg/L であり¹⁾(図 7)、金取鉱山浸出水が一因であると推察される。

表 6 面瀬川流域調査結果

No.	mg/L						
	⑭	⑮	⑯	⑰	⑱	⑲	⑳
鉱山	新館鉱山		金取鉱山				
採水地点	新館沢	下金取橋上流	下金取橋	下金取橋上流	下金取橋	下金取橋上流	下金取橋
採水年月日	H24.11.14		H24.9.26		H25.9.17		H26.1.16
水温(℃)	10.2	10.8	17.6	14.9	17.8	1.6	3.6
pH	7.2	7.3	7.4	7.4	7.2	7.5	7.3
砒素	<0.005	<0.005	0.006	<0.005	0.006	<0.005	0.007
カドミウム	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
鉛	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.005
セレン	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
全クロム	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
銅	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
亜鉛	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
全鉄	0.11	0.05	0.07	0.09	0.31	<0.05	0.06
全マンガン	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
ふっ素	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08	<0.08

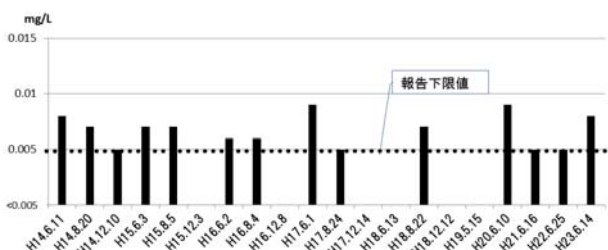


図 7 環境基準点尾崎橋の砒素濃度の推移

5 まとめ

今回調査した気仙沼地域の鹿折川、神山川、面瀬川三流域の調査地点では、鹿折金山八千代坑口、四番坑口、官代沢合流前、松岩鉱山大切坑口で、環境基準値を超える砒素を検出した。また、砒素の一日負荷量の値は、官代沢合流前で 47g/日、官代沢合流後で 50g/日、大切坑口で 7.6g/日、下金取橋で 29g/日であった(表 3)。

砒素以外の結果については、平成 25 年度 1 月の調査で、大切坑口と下金取橋で報告下限値 (0.005mg/L) 程度の鉛を検出したが、全調査においてカドミウム、セレン、全クロム、銅、亜鉛、ふっ素は全て報告下限値未満であった。平成 25 年 9 月の全調査地点の全鉄が報告下限値 (0.05mg/L) を超えたことは、前日の台風による川床の巻き上げと推測される。

5.1 鹿折川流域

鹿折金山坑口からは、高い砒素濃度の坑内水が流出しているが、鹿折川合流後の金山橋下流で、砒素が

<0.005mg/L であったことから、下流域に与える影響は少ないと推察できる。官代沢川合流後において砒素が検出²⁾されたことについては、中流域の官代沢砒素製錬所跡地からの流入水が大きな要因と考えられる。

5.2 神山川流域

上流域に位置する羽田鉱山からの砒素の流入は少ないと推察された。中流域にある松岩鉱山大切坑口からは、高い砒素濃度の坑内水が流出している。坑内水は神山川に継続的に流入するが、流入直後には混合・希釈が十分行われず、左岸沿いに流下し、下流域の平貝橋に至るまでには河川全体に混合されると考えられる。最下流域の神山橋では、たびたび砒素検出の報告があり¹⁾、このことは、松岩鉱山の坑内水が原因の一つと推察される。

5.3 面瀬川流域

下金取橋では、0.005mg/L 以上の砒素を検出した。このことから、下流域の尾崎橋での砒素の報告¹⁾は、中流域に位置する金取鉱山からの浸出水によるものと推測される。また、上流域に位置する新館鉱山からの砒素の流入は少ないと考えられる。

6 謝辞

本研究は気仙沼市教育委員会生涯学習課文化振興係、気仙沼市役所市民生活部環境課環境衛生係、宮城県環境生活部環境対策課水環境班、気仙沼保健所環境衛生部環境廃棄物班の協力を得て実施した。関係各位の協力に謝意を表す。

参考文献

- 1) 宮城県公共用水域及び地下水質測定結果 (平成 14~23 年度)
- 2) 気仙沼市史編纂委員会, 気仙沼市 V 産業編 (上), 264-300(1997)
- 3) 堀田宣之他: 土呂久砒毒病の臨床的研究, 体質医研報 29, 199-235(1979)
- 4) 津田敏秀他: 土呂久砒山からの近隣暴露による慢性ヒ素中毒症に合併した肺癌の 1 例, 産業医学, 29 巻 (1987)
- 5) 三浦和樹他: 気仙沼地域における休廃止砒山の公共用水域に及ぼす砒素等重金属類の影響調査 (第 I 報), 宮城県保健環境センター年報, 31, 44-47(2013)
- 6) 小泉久直他: 宮城県気仙沼市周辺の放射能探査, 地質調査所月報, 第 11 巻, 第 11 号, p743-756 (1956)
- 7) 気仙沼市域環境調査の現状 (平成 21 年度調査結果報告) p8