

風化軽石利用による水中ヒ素の除去法

野田 滋*・山根 忠昭**

A Removal Device of Arsenic Contained
Irrigation Water with Weathered Pumice

Shigeru NODA* and Tadaaki YAMANE**

I 緒 言

島根県で問題となったヒ素汚染農用地は笹ヶ谷、左ヶ山、石見金山(五十猛)の各鉱山の下流域で、104.17 haの水田が「土壤汚染防止法」により対策地域に指定されている。これらの地域は鉱害対策事業により鉱害防止工事(山元対策)が実施され、鉱山跡地を物理的に被覆・密閉し、汚染物質の外部への流出を防止する対策がとられている。しかし、笹ヶ谷地区の一部では、鉱山からヒ素に汚染された水が湧出し、河川への流入を防止できず、ヒ素濃度が他の河川に比べて高い。この河川水は主要な農業用水源であり、上流部の取入れ口ではしばしば農業用水基準(As 0.05ppm)を超えることから、緊急な対策が必要になった。

この対策としては、用水中のヒ素を何らかの手法を用いて除去するか、他の水源を利用して希釈するか、二通りの方法が考えられる。本論文では、鹿沼土を用いた前者のヒ素除去法について検討した。農業用水中のヒ素除去に関する既往の報告はほとんど見られないが、著者ら¹⁾は先に成因の異なる土壌と鉱床粘土鉱物を用いてヒ素の吸着実験を行い、これらの中で風化軽石、とりわけ鹿沼土のヒ素吸着量が多いことを明らかにした。

本報では現地のヒ素汚染の実態を明らかにするとともに、この鹿沼土を利用した農業用水中のヒ素除去方法について、得られた知見を報告する。

本論文取りまとめに当たり、当時環境保全科沢田真之輔科長には有益な助言をいただき、同高見有一主任

研究員に現地調査でご協力いただいた。ここに深く感謝の意を表す。

II 河川のヒ素汚染の実態

1. 地域の概況

笹ヶ谷鉱山は鹿足郡津和野町にあり、JR津和野駅から北西、約16kmの砥石山(標高481.8m)を中心とした、東西約2km、南北約700m、標高300~480mの長方形の地域に位置している。この鉱山の南部には精錬所跡及び汚染の最も大きかった本坑がある。本調査地はこの地域を流れる笹ヶ谷川及びその下流の高野川である。

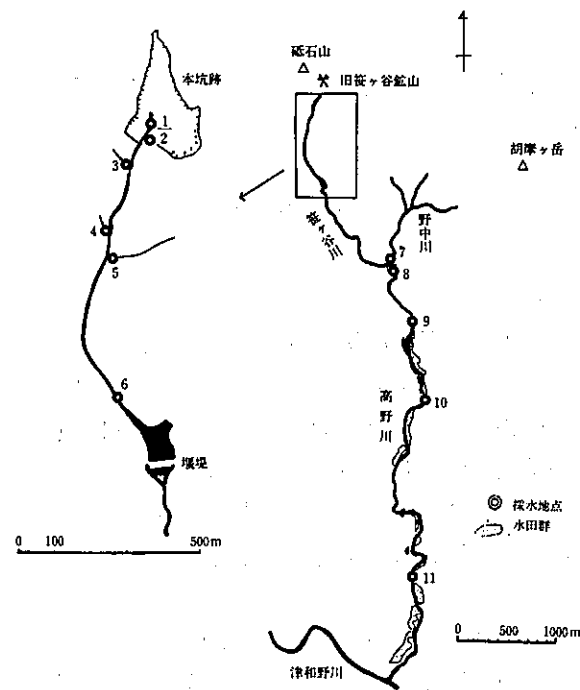
本鉱山は1971年に閉山し、土壤汚染防止対策として1973年から1983年にかけて、金属鉱業等鉱害対策特別措置法に基づいて、山元対策及び河川浄化事業が実施されている。そのうち、本坑地区は1978年に、堰堤内の沈澱堆積物をコンクリート擁壁等で封鎖して、汚染堆積物の下流への流出を防止する工事を、1980年には、精錬所跡や鉱さい等の汚染堆積物をその場で封鎖する汚染防止工事を完了した。また、高野川は1983年に、河道内の有害物質除去工事と、汚染土砂の流入防止及び流路固定を目的とする護岸整備工事を完了した。

2. 調査方法

笹ヶ谷川の汚染状況を調査するために、鉱山下方のコンクリートで改修された最上流部を中心に6地点の定点を選定した。また、水系の異なる野中川では最下流部に1地点、両河川が合流した高野川では、合流点近くで1地点、農業用水取入れ口として上流から下流

までの間に3地点の調査定点を設けた(第1図)。農業用水は1986~'88年の3カ年、概ね5, 7, 9月に各1回ヒ素濃度を測定した。また、用水として利用されていない笹ヶ谷川や高野川の合流点付近は1986年のみ、比較的河川の水量の多い6月と渇水期の8月に調査した。

笹ヶ谷川では河川中のヒ素の形態を明らかにするために、上記地点で採水した水中ヒ素の分別定量を永井¹⁰⁾の方法で行った。ヒ素の分析方法は従来の原子吸光法に比べて、感度、再現性に優れた水素化物発生装置を付加した原子吸光法で行った。



第1図 水質調査地点位置図

3. 調査結果

調査河川水のヒ素濃度を第1表及び第2表に示した。笹ヶ谷川のヒ素濃度は鉾山本坑(精錬所跡)下方の湧水観測点である最上流部で、1.8~2.5ppmと著しく高く、下流に至るに従い、水量の増加を伴って濃度は低くなった。また、支水路のヒ素濃度はいずれの地点も0.2ppm以下と本水路の濃度に比べて明らかに低かった。この結果から、鉾山周辺では上記の観測点以外からの汚染は小さいことが判明した。また、ヒ素濃度は渇水期である8月に比べて、雨が多く湧水量の増加する6月に高かった。

一方、水系の異なる野中川ではヒ素による汚染を認めなかった。笹ヶ谷、野中川が合流した高野川では、合流点近くのヒ素濃度は農業用水基準の約2倍であ

たが、下流になるに従い大きく低下した。最上流部の頭首工である9番地点のヒ素濃度は0.03~0.07ppmで、農業用水基準を越えることが多かった。しかし、その下流の10番地点は基準を上回ることにはなかった。また、更に下流の農業用水取入れ口では、ヒ素濃度は大きく低下した。

なお、笹ヶ谷川のヒ素の形態分析を行った結果、すべて5価のヒ素(ヒ酸)であった。

第1表 河川水のヒ素濃度(1986) (ppm)

地点番号	河川	採水月日		備考
		6月26日	8月4日	
1	笹ヶ谷川	2.520	1.760	湧水観測点
2	"	0.180	0.192	山腹水路
3	"	0.050	0.029	支水路
4	"	0.160	0.180	"
5	"	0.080	-	"
6	"	0.430	0.370	本水路
7	野中川	0.001	0.004	
8	高野川	0.108	0.077	合流点付近

第2表 かんがい水(高野川)の水質

地点番号	採水月日	1986		1987		1988	
		pH	As(ppm)	pH	As(ppm)	pH	As(ppm)
5	7.3	0.031	7.2	0.050	7.3	0.034	
9	7.0	0.072	7.2	0.066	7.0	0.054	
9	7.6	0.050	7.5	0.039	7.3	0.050	
5	7.4	0.027	7.7	0.040	7.4	0.028	
10	7.2	0.047	7.1	0.047	7.0	0.034	
9	7.9	0.037	7.4	0.031	7.3	0.047	
5	7.3	0.020	7.5	0.028	7.5	0.020	
11	7.0	0.030	7.2	0.035	7.1	0.028	
9	7.8	0.031	7.4	0.034	7.4	0.027	

III 水中ヒ素の除去実験

農業用水中のヒ素除去方法として、ヒ素とリンの化学的性質が類似していることから、リン吸着容量の大きい火山灰土壌の一種で、粒度が大きく透水性の良い鹿沼土に着目し、それを用いてカラムを作製し、ヒ素

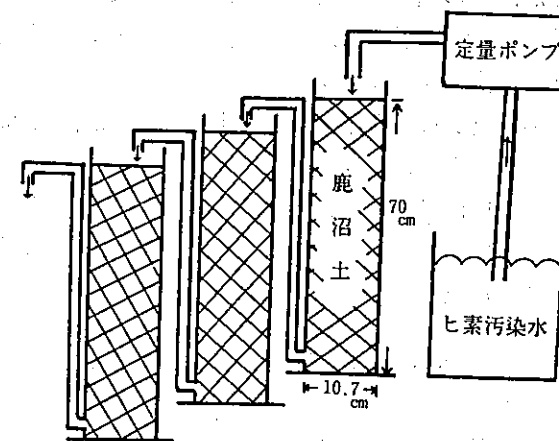
除去能力と現場での利用の可否及びヒ素吸着の主要因について検討した。

1. 材料及び実験方法

実験1. 鹿沼土を利用したヒ素除去装置とその除去効果

内径10.7cmの塩ビ製カラムを作製し、高さ70cmになるように鹿沼土を充てん(土量2730g)した。カラムの底部は立ち上がり管を付けて、ヒ素汚染水が3基のカラム内を上部から下部に向かって順次通過するようにした(第2図)。鹿沼土の粒径によってリン吸着量に差があるかどうかを知るために、現状のものと粉碎したものについてリン酸吸収係数を常法によって測定した結果、両者に差異のないことを確認した。したがって、透水性を考慮して2mm以下を篩別除外したものを供試した。

実験に使用した汚染水は、ヒ素濃度が1ppm以下の場合には笹ヶ谷川の水を用い、それを超える場合はヒ酸ナトリウムで、濃度をそれぞれ0.02, 0.1, 2.5, 5, 10ppmとなるように調製した。給水は定流量ポンプで流速8l/hrまたは12l/hrで行い、第3カラムの通過流量が24lになった時点で給水を中止し、分析用試料の採水を行った。採水は各カラム通過直後に行い、それぞれヒ素濃度を測定し、給水量と各カラムのヒ素除去効果を検討した。



第2図 水中ヒ素の除去実験装置

実験2. 現地適用可能判定試験

現地の農業用水中のヒ素濃度は比較的低く、0.1ppmを超えることがないことが判明した。したがって、笹ヶ谷川の水を希釈してヒ素濃度0.1ppmの汚染水を調製し、実験1に示した装置で給水速度及び給水量を増加してヒ素除去効果を検討した。

給水方法は現地で用水量が最も多い代かき期間を想

定し、給水速度25l/hr、給水量600lの条件で行った。すなわち、1日の水管理時間を8時間、1日当たりの代かき面積を1haと仮定して、現地の対象面積(2.5ha)から代かき日数がおおよそ3日かかることから、給水は1日8時間で3日間かけて行った。

採水は第3カラムの通過流量を目安にして、おおよそ25lおきに各カラムから同時に採取し、給水量と各カラムのヒ素除去効果を検討した。

なお、実験終了後、土壌に吸着されたヒ素の再溶出の有無を調べるために、カラム内の土壌を風乾後粉碎して2mmのふるいを通過させ、全ヒ素濃度(T-As)、1規定塩酸(1N HCl可溶性As)及び水(水溶性As)に溶出するヒ素濃度を測定した。その方法は、T-Asは過塩素酸分解法で、1N HCl可溶性Asは常法で、水溶性Asは風乾細土10gを100ml容ポリエチレンびんに採り、脱塩水50mlを加えて30分振とう後、ろ過して分析に供した。ヒ素の分析は前述の通りである。

実験3. 土壌の化学性とヒ素、リンの吸着量

風化軽石のヒ素吸着特性を明らかにするために、成因を異にする土壌や鉱床粘土鉱物を用いて、ヒ素及びリン酸吸着と三酸化物の関係を検討した。

供試したのは耕地土壌8種、風化軽石2種と鉱床粘土であるベントナイト2種及びゼオライト2種で、いずれも理化学的性質が著しく異なる。

ヒ素とリンの吸着実験はJACOBSら⁵⁾の方法に準拠した。すなわちAsあるいはPとして30ppmになるようにヒ酸ナトリウム溶液、亜ヒ酸ナトリウム溶液、リン酸一カリウム溶液を調製した。これらの試薬溶液25mlと土壌0.5gを50ml容遠沈管に採り、25℃で24時間振とう後、12,000rpmで10分間遠心分離し、上澄液を分析に供した。吸着量はμg/g土壌で表し、ヒ酸及び亜ヒ酸の吸着量とリン酸の吸着量を比較した。ヒ素は前述の原子吸光法、リン酸はモリブデン青法で比色定量した。

土壌に含まれる活性の三酸化物はTAMM法¹³⁾に準拠し、遊離の酸化アルミニウム及び酸化鉄を測定した。すなわち、風乾細土2gを300ml容三角フラスコに採り、酸性シュウ酸アンモニウム溶液(pH3.20~3.27)100mlを加えて室温で1時間振とう静置後、上澄液を東洋ろ紙No6で300ml容定容フラスコ中にろ過した。残さを更に上記試薬溶液100mlで同様に抽出後、最後に残さを同試薬液でろ紙上に移し、洗いながら定容とした。定量はともに原子吸光法で行い、アルミニウムについては高温バーナーを使用した。

第3表 ヒ素汚染水の濃度、流速と装置のヒ素除去効果

給水速度 (L/hr)		8					12				
ヒ素汚染水濃度 (ppm)		0.02	0.1	2.5	5	10	0.02	0.1	2.5	5	10
通過液の	第1カラム	0.00	0.00	0.01	0.15	1.24	0.00	0.00	0.11	0.24	3.70
ヒ素濃度	第2カラム	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.27
(ppm)	第3カラム	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

注) 採水時: 最終(第3)カラム通過液量24l

2. 実験結果

実験1

給水速度 8 l/hr と 12 l/hr における濃度別のヒ素除去の実験結果を第3表に示した。

給水速度が 8 l/hr の場合、ヒ素濃度が 2.5 ppm までは第1カラムだけでほとんど除去できた。また、5 ppm, 10 ppm の除去率はそれぞれ 97%, 87% であったが、第2カラムでほぼ完全に除去できた。

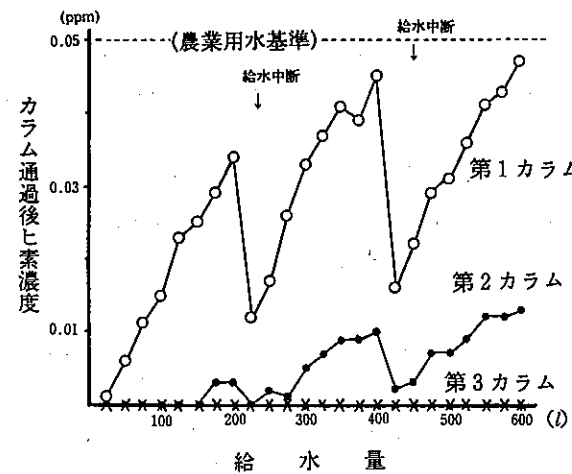
給水速度を更に 12 l/hr まで上げると、第1カラムのヒ素除去効果はヒ素濃度が低い場合に 8 l/hr とほとんど変わらなかったが、2.5 ppm 以上の高濃度になるとやや劣った。ヒ素濃度 10 ppm の除去率は第1カラムが 62%, 第2カラムが 97%, 第3カラムが 100% であったが、それ以下の濃度では第2カラムでほぼ完全に除去できた。

上記の結果から、鹿沼土のヒ素除去能力は非常に高いことが判明した。

実験2

現地での適用を考慮して、現地河川水を用い、流速を更に上げ、給水量を増加してヒ素除去の効果を検討した。

ヒ素濃度 0.1 ppm, 給水速度 25 l/hr の場合のカラム



第3図 給水量とヒ素除去効果

通過液量と各カラム通過時のヒ素濃度の関係を第3図に示した。

第1カラムから流出した水のヒ素濃度は給水量の増加に伴い上昇したが、200l でいったん給水を休止して約16時間おいて給水を再開すると、通過液のヒ素濃度の低下が認められた。低下したヒ素濃度は給水量の増加に伴い再上昇し、400l で、再度給水を休止すると、再び濃度の低下が認められ、以後同様に給水量の増加に伴い濃度が高くなったが、給水を600l で停止した段階でもヒ素濃度は農業用水基準の0.05 ppm を若干下回った。このように、給水を中止すると、ヒ素除去能力は回復することを認めた。しかし、回復力は給水量の増加に伴い弱まる傾向を示した。

第2カラムでは給水量が175l になった時点でわずかにヒ素が認められ、その後第1カラムと同様な傾向を示したが、その濃度は低く、給水量の600l でもヒ素濃度は基準を大幅に下回った。また、第3カラムの流出水にヒ素は検出されなかった。

以上の結果から、鹿沼土を使用したヒ素除去技術は現地で適用しうることが判明した。

次に、土壤に吸着されたヒ素の形態を調査し、土壤からの再溶出の難易度を検討した。土壤のヒ素分析結果を第4表に示した。

第4表 カラムに吸着されたヒ素の量と形態

As 形態	T-As	1N HCl 可溶性As	水溶性As
鹿沼土原土	5	0.1	0.0
第1カラム跡地土壤	376	18.3	0.4
第2カラム跡地土壤	37	1.0	0.0
第3カラム跡地土壤	7	0.1	0.0

ヒ素吸着量の多かった第1カラムをみると、T-As に対する 1N HCl 可溶性 As の割合は 5%, 水溶性 As は

0.1% であった。したがって、鹿沼土に吸着されたヒ素の形態は大部分が難溶性であった。第2カラムのヒ素吸着量は第1カラムの 1/10 と少なく、第3カラムでは原土とほとんど変わらなかった。

実験3

供試土壌の主な化学性とヒ素及びリンの吸着量を第5表、ヒ素あるいは亜ヒ酸イオンとリン酸イオンの土壤吸着の関係を第4図に示した。

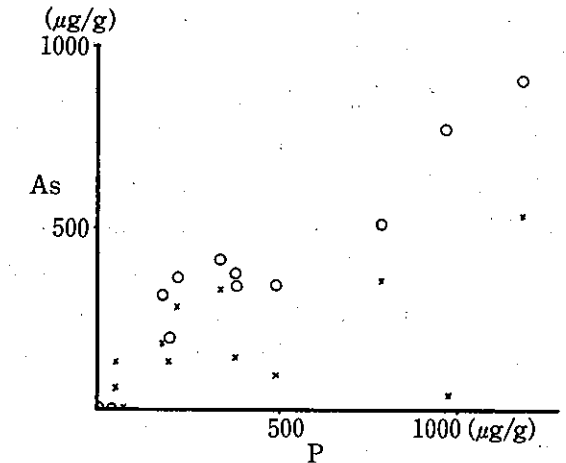
ヒ素とリンの土壤吸着の関係は第4図のように、ヒ酸イオンとリン酸イオンとの間に高い正の相関が得られたが、亜ヒ酸イオンとリン酸イオンの相関はこれに比べて低かった。

ヒ素及びリンの土壤吸着量は土壤の種類によって大きな違いが認められ、風化軽石の吸着量が最も多かった。黒ボク土ではヒ酸及びリン酸の吸着量は多かったが、亜ヒ酸はこれらに比べて顕著に少なかった。一方、陽イオン交換容量の高い鉾床粘土鉾物の吸着量はヒ素、リンともに極めて少なかった。

土壤 pH は、鉾床粘土がモルデナイトを除いて耕地土壤よりも高かった。

土壤のヒ素あるいはリンの吸着量は遊離の三二酸化物含量が高いほど多かった。吸着量の大きい風化軽石と黒ボク土は遊離の酸化アルミニウム含量が高く、本カラム実験に使用した鹿沼土は他の試料に比べて顕著に高かった。また、同じ風化軽石である俗称権現土(三瓶山由来)は、それに比べて酸化アルミニウム含量

が低く、ヒ素吸着量も少なかった。鉾床粘土の三二酸化物含量はいずれも低かった。



第4図 ヒ素吸着量とリン吸着量の関係

○: As(V), $r=0.952^{**}$

×: As(III), $r=0.624^{*}$

** : 1%水準で有意 * : 5%水準で有意

IV 考察

わが国の鉾山は歴史が古く、既に休廃止鉾山となっているところは数多く存在している。その付近では、坑内水やずり堆積地などから流出する浸透水によって、重金属などで河川が汚染されている例が認められてい

第5表 供試試料の化学性とヒ素及びリン酸の吸着量

土壤の種類及び粘土鉾物	pH		吸着量 (µg/g)			遊離酸化物 (%)	
	(H ₂ O)	(KCl)	As ₂ O ₅	As ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
中粗粒灰色低地土灰褐色系	6.2	4.0	514	119	1123	2.00	0.51
” ” 灰色系	5.1	5.3	514	185	871	0.89	1.07
中粗粒グライ土	5.5	4.5	568	185	871	1.34	1.13
中粗粒強グライ土	6.3	5.2	299	172	447	0.79	1.02
細粒褐色森林土	5.4	4.0	476	238	401	0.81	2.36
細粒黄色土	6.3	5.0	629	436	779	1.25	1.45
細粒赤色土	7.0	5.7	552	370	504	1.06	1.50
厚層多腐植質黒ボク土	4.9	4.4	1173	53	2211	4.23	1.61
風化軽石(鹿沼土)	6.1	5.0	1381	706	2704	15.57	1.81
” (権現土*)	6.6	4.9	775	462	1799	8.60	1.61
モンモリロナイト A	9.2	7.9	0	7	23	0.49	0.34
” B	9.5	7.5	0	0	0	0.36	0.36
クリノプチロライト A	8.8	6.6	0	79	103	0.62	0.74
” B	9.1	7.3	0	172	103	0.60	0.70
モルデナイト	6.5	3.0	0	7	160	0.36	0.24

注) * 飯石郡頓原産

る²⁰⁾。このような坑内水の流出は閉山後も持続することが多い。その対策は種々あるが¹⁾、笹ヶ谷鉱山では、雨水の浸透を防止するために、汚染されたところを防水シートで覆い、その上部を厚さ40cmの非汚染土で盛り土している。一方、多量のヒ素を含有した、野積みされた鉱滓、ずり堆積物並びに精錬所跡は特にコンクリート槽内に封入され、外部からの雨水による浸透を遮断し、浸透水の汚染を防止する処理方法がとられている。今回の水質調査結果では、鉱山付近の河川水のヒ素濃度は処理前に比べて減少を示していたが、笹ヶ谷川では依然として農業用水基準を超えるヒ素が検出された。また、本坑跡（精錬所、立坑跡）の湧水観測点でもある最上流地点のヒ素濃度が最も高く、特に降雨時期に濃度が高まることから、広範囲にわたり雨水からの浸透を完全に遮断することは極めて困難であると考えられる。したがって、本地域の主要水源である高野川の水を農業利用するための現実的対応策としては、農業用水中のヒ素を除去するか、他の水源を利用して安全なレベルまで希釈する方法が考えられるが、本報では前者の立場で検討を加えた。

休廃止鉱山の坑内水の重金属除去対策としては中和沈殿法がしばしば用いられている。これは重金属類一般の処理方法であり、この方法でヒ素の除去も可能である。一方、実用上優れた処理方法として鉄の水酸化物に吸着させ、共沈除去する方法があり⁶⁾、この方法として旧松尾鉱山のヒ素除去例などが知られている¹⁰⁾。しかし、これらの方法は沈殿物の固定方法や堆積用地などに問題があり、広大な設置面積を要し、設備費や処理経費が多くなる。また、休廃止鉱山に多くみられるように、湧水中の重金属濃度が低く、更に湧出量が多い場合は適切な処理方法と言えないという指摘もある⁷⁾。

一方、本調査結果から、農業用水として利用されている高野川では、ヒ素除去の必要な頭首工が一カ所で、用水のヒ素濃度は0.1ppm未満で農業用水基準をやや超える程度であり、対象面積も2.5haで比較的小規模であることが明らかになった。したがって、本地域では水中のヒ素を除去し、用水として利用する方法が最も適すると考えられる。

ここで報告する鹿沼土を用いたヒ素除去技術は、ヒ素とリンの化学的性質が類似していることに着目して行ったものである。この類似性を裏付けるものとして、従来、ヒ素の分別定量はリン酸の定量法に準じて行われており、JACOBSら⁹⁾は土壤にヒ素を吸着させ、添加

したヒ素をリン酸定量用試薬で完全に回収している。一方、ヒ素はヒ酸と亜ヒ酸の形態に分別されるが、ヒ酸イオンとリン酸イオンは類似した化学的性質をもち、土壤への吸着は両者に密接な関係があることが知られている。本報でも各種土壤を用いてヒ素とリンの吸着実験を行い、ヒ酸イオンとリン酸イオンの間に高い正の相関 ($r=0.952^{**}$) を得た。また、ヒ酸イオンの土壤への吸着量は亜ヒ酸イオンよりも明らかに多く、現地河川水中のヒ素の形態もすべてヒ酸イオンであることが判明した。

ヒ素及びリンの土壤への吸着機構に関しては、宮内ら⁹⁾が火山灰土壌の極めて大きなリン酸吸着量に、遊離酸化アルミニウム及び酸化鉄含量の果たす役割が大きいことを報告している。一方、ヒ素吸着についてはJACOBSら⁹⁾が土壤のヒ素吸着実験を行い、ヒ素吸着は三二酸化物含量に伴って増加し、TAMM試薬でこれらの酸化物を除去すると、吸着能も消失あるいは顕著に低下することを報告している。本報でもTAMM法で抽出される遊離の三二酸化物含量を調査し、これらの含量が高いほどヒ素及びリンの吸着量は多かった。特に、鹿沼土は遊離酸化アルミニウム含量が約16%と、他の土壤に比べて顕著に高く、吸着実験を行った結果からも、鹿沼土はリン酸と同様にヒ酸の吸着力が最も大きく、亜ヒ酸の吸着も多少ヒ酸を下回った程度で大きいことがわかった。一方、同じ風化軽石である権現土は、遊離酸化アルミニウム含量及びヒ酸の吸着量ともに鹿沼土に比べて約1/2で、ヒ素吸着資材としては劣った。他方、陽イオン交換容量の大きい鉱床粘土鉱物はヒ素、リンともに吸着量が少なかったが、これは遊離三二酸化物が耕地土壌に比べ少ないことに起因しており、更に、pHが高いことも関係していると考えられる。

以上のことから、本報で認められた鹿沼土の高いヒ素吸着能力が遊離の三二酸化物、特に非晶質のアルミニウム酸化物に起因することは明らかである。

なお、鹿沼土は多孔質の風化軽石で、粘土鉱物はアロフェンを主体としており⁹⁾、淡黄～黄色の軟らかい塊状をなし、透水性がよい反面、保水性もよく、ヒ素吸着資材として好適と考えられる。

この鹿沼土を利用したヒ素除去技術を実用化する場合、代かき用水量は需要のピークが高いために、用水計画上重要な役割を果たす水量である。本報の実験結果からこの代かき期の現地適用例を、日平均減水深20mm、代かき用水深140mm、1日当たりの代かき面積を1haとして試算すると、当該地域の面積は2.5ha

で、代かきに要する日数は3日となることから、代かき期間中の1日当たりの最大必要用水量は1,500m³になる⁴⁾。1日当たりの水管理時間を10時間と仮定すると、給水速度25l/hrで、内径10.7cmのカラムの単位面積(1m²)当たりの通水量は27.8m³/日になる。したがって、代かき用水量を処理するのに必要なカラム面積は54.0m²/日で、本結果からカラムのヒ素除去は第2カラムまでで十分効果を得たことから、内径2mのヒューム管を使用すれば17列、34本必要となる。そこで、鹿沼土を高さ70cmまで充てんとすれば、その必要量はおよそ75m³となる。

鹿沼土を利用したヒ素除去装置で、給水を休止すると、弱まったヒ素吸着能力が回復したが、この原因については明らかでなく、今後の研究課題である。また、このような回復性を有することは、現地で実用化する場合、間断的な取水でヒ素除去効果の持続性がかなり期待できる。しかし、現地に適用する場合には更に試験を重ねて鹿沼土の交換時期を決める指標を明らかにしておく必要がある。

以上、鹿沼土を利用した農業用水のヒ素除去法について検討したが、実用化するためには、大口径カラム内の水流の片寄り防止、ヒ素の吸着能力の低下した使用済み鹿沼土の処理方法、カラムの耐用期間などが今後検討を要する課題である。

V 摘 要

休廃止鉱山下流の、農業用水源となる河川のヒ素汚染の実態を調査し、水中に含まれるヒ素除去方法を検討した。

1. 鉱山付近を流れる笹ヶ谷川のヒ素汚染は本坑跡(精錬所、立坑跡)からの湧出水による汚染が大きく、その濃度はおよそ2~3ppmであった。

2. 調査河川のヒ素濃度は下流部に至るに従って大きく低下した。農業用水のヒ素濃度は0.02~0.07ppmで、その形態はすべてヒ酸イオンであった。

3. 農業用水中のヒ素除去方法として、鹿沼土をカラムに充てんしたヒ素除去装置を考案した。この装置によるヒ素除去能力は高く、特にヒ素濃度が低い場合に効果的であった。

4. カラムに用いた鹿沼土の大きなヒ素吸着力の主な原因はリンの場合と同様、高い遊離酸化アルミニウム含量に由来することを明らかにした。

5. 現地用水を用い、適用可能な給水速度(25l/hr)でヒ素除去装置の効果を検討した結果、高いヒ素除去効果が得られ、この場合カラム2基で十分であった。しかし、実用化するためには、ヒ素を吸着した使用済み鹿沼土の処分方法など検討すべき二三の問題点があることを指摘した。

引用文献

- 1) 石原 透(1979): 休廃止鉱山における排水(福岡正巳編: 地下水ハンドブック). 建設産業調査会, p. 1104-1111.
- 2) 伊藤 忠・佐々木恭輔(1981): ヒ素汚染水田の水稲に対する客土効果. 山口農試研報33:57-63.
- 3) 岩生周一編(1985): 粘土の辞典. 朝倉書店, 80pp.
- 4) 五十崎恒(1982): 理論・応用 かんがい排水. 養賢堂, 93pp.
- 5) JACOBS, L.W and KEENEY, D.R.(1970): Arsenic sorption by soils. Soil Sci. Am. Proc.34: 750-754.
- 6) 環境庁水質規制課編(1973): 水質汚濁(下) 公害と防止対策. 白亜書房, p. 305.
- 7) 松隈喜絵・青柳 博・松浦茂雄・手島利之・古閑豊・井清武弘・田中 誠(1976): 休廃止鉱山における坑内水処理の事例. 公害と対策12; 1121-1127.
- 8) 榎田太郎(1976): 休廃止鉱山による土壤汚染の現状と今後の課題. 公害と対策12; 1142-1147.
- 9) 宮内信文・中野篤弘(1971): 火山灰土壌のリン吸着, 吸着量におよぼすpH, リン酸濃度の影響. 鹿児島大農学術報告21: 143-152.
- 10) 永井 操(1974): ヒ素の過剰害について(第1報) 土壤におけるAs(III)とAs(V)の分離定量法. 大阪肥飼研資料49-1; 8-21.
- 11) 山田俊郎(1979): 旧松尾鉱山における排水対策(福岡正巳編: 地下水ハンドブック). 建設産業調査会, p.1,111-1,119.
- 12) 山根忠昭(1989): 水稲におけるヒ素被害の発生機構と対策. 島根農試研報24; 1-95.
- 13) 山家富美子・黒鳥 忠(1970): 森林土壌の遊離酸化鉄に関する研究(第1報) 天城, 高尾土壌の遊離酸化鉄, 遊離酸化アルミニウム. 土肥誌41: 477-482.

Summary

The real state of arsenic pollution in irrigation water by Mine Drainage was grasped and a device of removal of arsenic in the water with weathered pumice "Kanumatsuchi" was tested. The results were as follow.

1. The concentration of arsenic in the agricultural water was in the range from 0.02ppm to 0.07 ppm.
2. A filter system which passes arsenic polluted water through the column packed with "Kanumatsuchi" showed very high rate of removal of arsenic in dilute solutions.
3. This system was confirmed to be hopeful for practical use by purification experiment in which the river water was percolated through the column with increased loading rate.
4. The high adsorptive activity of arsenic as well as phosphorus with the pumice was attributed to a large amount of sesquioxide, predominantly to free Al oxide.