

## 黒い水の生成過程と処理

渡辺 洋一 須貝 敏英 小野 雄策 増田 武司 小林 進

### 要 旨

廃棄物埋立地から浸出する黒く懸濁した水の特性を明らかにし、埋立地浸出水が黒色に変化する過程を解明するため室内実験を行った。

その結果、埋立地浸出水は放置すると嫌気性状態になり、硫黄成分が還元されて硫化物イオンが生成することがわかった。この硫化物イオンが金属イオンと反応して金属硫化物を生成するため黒色を呈するものと推察された。金属硫化物は硫化物イオンが過剰に存在するとゾル化し流出しやすくなり、金属イオンが過剰に存在するとゲル化し埋立地外部に流出し難くなる。

そこで、黒い水を浄化するために、土壌及び消石灰を用いて処理実験を行ったところ、火山灰土壌で処理することにより、硫化物イオンを除去できることがわかった。これは、火山灰土壌に大量に含まれる活性な遊離酸化鉄と硫化物イオンが反応し、土壌に捕捉されるためである。

廃棄物埋立地の選定や覆土材の選別の際などにこれらの結果を活用することにより、黒い水の浸出を防止できるものと思われる。

### 1 はじめに

埼玉県の産業廃棄物の発生量は年々増加しており、昭和60年度の県内事業所からの産業廃棄物発生量は約11016千tであり、今後も増加し、平成7年度には15859千tに達すると予想されている。これらの廃棄物の一部は再利用がなされているが、ほとんどの廃棄物は減量化処理などを施された後埋立処分されているのが実情である。<sup>1)</sup>

本県では、都市化の進展に伴い埋立処分場用地の確保が困難なため、産業廃棄物埋立処分場の不足が深刻な問題となっており、埼玉県環境白書<sup>1)</sup>によれば昭和63年度では不法投棄が82件、不適正処理が476件も発生している。

これら不法投棄や不適正処理を行った場合には、埋立地から黒い水が発生することが多い。この黒い水は、有機性の廃棄物を埋め立てたり、泥炭地や湿地帯のように未分解性の植物残渣等を多く含む地層に埋め立てられた場合に発生する。また、時期的にみると埋立初

期の梅雨開けから秋にかけて発生することが多く、硫化水素臭などの悪臭を放ち、河川や農業用水路などを汚染し、魚や農作物などに被害を及ぼすこともある。

浸出水の性状については、現場や模擬埋立実験も含めて種々研究されているが<sup>2)~6)</sup>、廃棄物埋立地から浸出してくる黒い水の知見はほとんどなかった。

そこで、埋立地浸出水が黒色化する過程を室内実験で調査し、その機構の解明と有効な処理方法の検討を試みた。

ただし、黒い水が発生しやすい有機性廃棄物でも、管理型埋立地に埋め立てた場合、浸出水は直接外部に流出しないような設備が施されており、集水管を通過して水処理されるため黒い水の排出を防ぐことができる。しかし、安定型埋立地に埋め立てた場合や不適正な埋め立てがなされた場合には、黒い水が発生し埋立地周辺に流出することが多い。

このような場合、広大な埋立地から流出する黒い水を浄化するには、周囲に膨大な量の処理材を投入しなければならない。このため、大量の処理材によって別

の環境汚染を引き起こす可能性もある。そこで、処理方法の検討に当たっては、資材として安全かつ安価な自然物である土壌を用いて黒い水を浄化する実験を行った。

## 2 黒い水の生成過程調査

未分解の有機物を多く含む埋立初期の浸出水は、そのまま放置すると時間経過とともに黒色を呈する場合が多い。そこで、この浸出水を用いて好気性、準嫌気性、及び嫌気性の状態をつくり、黒色水へと変化する過程を室内実験により調べた。

### 2・1 実験方法

#### 2・1・1 実験試料

埋め立て開始後間もない浸出水を採水して実験試料とした。埋め立てられている廃棄物は一般廃棄物の焼却残渣が主であり、埋立地の底部にある集水設備から採水した。実験試料は茶褐色を帯び、懸濁物を含んでいた。分析結果は表1の通りで、有機物、塩類、有機酸が多く、金属では鉄、マンガンが多かった。

表1 実験試料分析データ

項目	測定値	項目	測定値
pH	7.7	酢酸	950 mg/l
EC	15.0 mS/cm	フロン酸	360 mg/l
Eh	+92 mV	i-酪酸	15 mg/l
COD	220 mg/l	n-酪酸	190 mg/l
TOC	900 mg/l	i-吉草酸	36 mg/l
S <sup>2-</sup>	<0.1 mgS/l	n-吉草	28 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	37 mgS/l	i-カプロン酸	3.2 mg/l
T-S	37 mgS/l	n-カプロン酸	9.7 mg/l
K	600 mg/l	フェノール	1.3 mg/l
Na	1700 mg/l	Hg	0.0005mg/l
Ca	890 mg/l	Cd	<0.005 mg/l
Mg	26 mg/l	Pb	0.03 mg/l
Fe	4.5 mg/l	As	0.00 mg/l
Mn	6.5 mg/l	T-CN	<0.01 mg/l
T-Cr	<0.01 mg/l	Cu	0.01 mg/l
Ni	0.09 mg/l	Zn	0.11 mg/l
Cl <sup>-</sup>	4300 mg/l		

#### 2・1・2 実験区

試料を嫌気性状態(A)、自然酸化状態(B)、過ばっ

気状態(C)の3区に分け、恒温槽中でそれぞれの経時変化を調べた。実験条件を表2に示す。

表2 実験条件

実験区	酸化状態	酸化方法等	温度	光	サンプル量
A	嫌気性	流動パラフィンで空気とシャ断	30℃	遮光	1000ml
B	自然酸化	試料表面が空気と接触	30℃	遮光	1000ml
C	過ばっ気	空気ポンプによるばっ気	30℃	遮光	1000ml

#### 2・1・3 実験装置及びサンプリング方法

実験装置は図1に示したように、ガラス製2口フラスコに試料を入れ、サンプリング用ガラス管を挿入したものを用いた。Aは試料の上に流動パラフィンを注ぎ込み、サンプリング用の管の先端をピンチコックで止めて空気とシャ断した。Bは2口フラスコの一方の口を開放にした。Cはばっ気用の管を挿入し、空気ポンプに接続した。なお、実験は全て30℃の恒温槽中で行った。

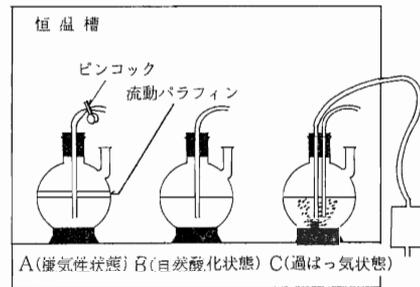


図1 実験装置

実験期間は20日間で、実験開始時及び実験開始後1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 13, 20日目にそれぞれペリスタポンプを用いて採水を行った。

1回の採取量は55ml、そのうち10mlは20%水酸化ナトリウム溶液1mlを入れた試験管中に採取し、硫化物イオン及び全硫黄測定用とした、残りの45mlは直ちにその他の分析に供した。

#### 2・1・4 分析方法

pH, EC, Ehは試料採取後直ちに電極法により測定した。硫化物イオン、硫酸イオン、全硫黄, TOC, 及び有機酸は、孔径0.45 μmのメンブレンフィルター

でろ過し、そのろ液について測定を行った。その他の項目は、孔径  $1 \mu\text{m}$  のグラスファイバーろ紙でろ過したろ液について測定を行った。全硫黄は鉍泉分析法指針<sup>7)</sup>により、臭素水と加熱して硫酸イオンとした後、JISK0102<sup>8)</sup>のクロム酸バリウム吸光光度法により測定した。硫酸イオンはイオンクロマトグラフィー、有機酸は下水道試験法<sup>9)</sup>のGC法に準じて測定し、その他の項目はJISK0102に準じて測定した。

## 2・2 黒い水生成実験結果

### 2・2・1 嫌気性にした試料(実験区A)の経時変化

試料は薄い茶褐色を帯びた水であったが、1日で急激に嫌気性状態になり、黒色の懸濁液に変わり硫化水素臭を放った。10日目くらいから試料液の黒色は幾分薄くなり始め、フラスコの壁面に黒色の沈澱物が付着し始めた。試料液をろ過した残渣は一日目から黒色を呈し、ろ液は薄い黄色味を帯びた透明であった。このことから、黒色を呈するのは粒子状成分が主であり、静置すると徐々に沈澱することがわかった。各分析項目の推移を図2に示す。

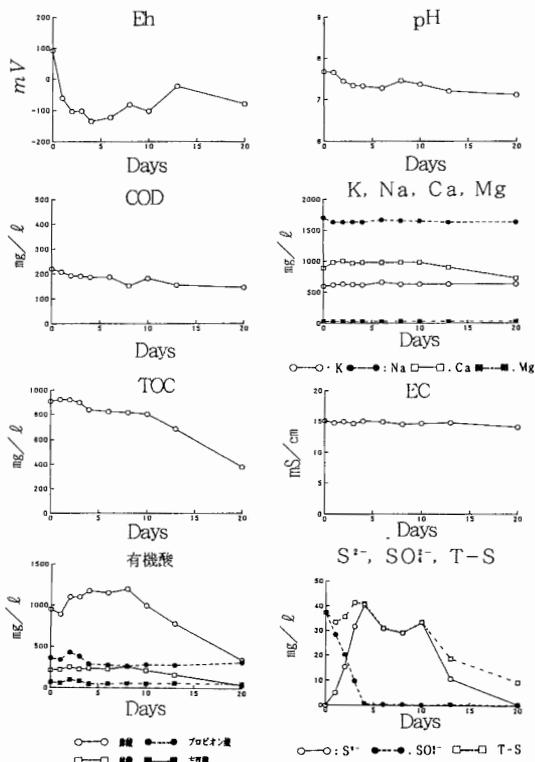


図2 嫌気性試料の経時変化

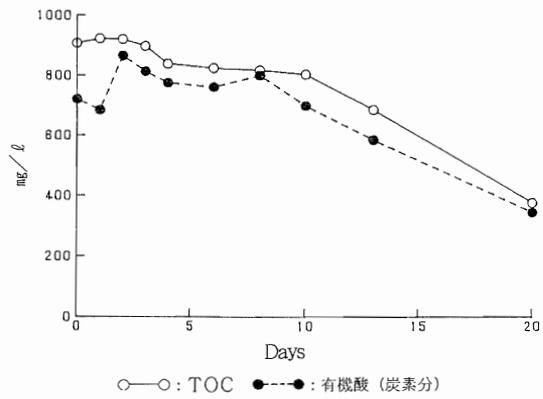


図3 TOCと有機酸(炭素分)の比較

酸化還元電位は実験開始後急激に還元状態となり、4日目に最低値を示した。その後比較的ゆるやかに上昇した。

有機物の中ではTOCと酢酸の濃度が高く類似した経時変化を示したので、酢酸などの有機酸を炭素換算しTOCと比べたところ、図3のようにTOCのほとんどが有機酸であることが判明した。他方、COD値はほとんど減少せず、TOCとは異質のものであることもわかった。

pH値は終始7~8の弱アルカリ性を示した。

Na, K, Ca, Mg等の塩類はいずれも高濃度で試料液中に存在しており、13日目からCaがやや減少している以外はほとんど一定濃度を保った。

硫黄成分は、当初はほぼ全量が硫酸イオンであった。また、硫酸イオンは試料液の還元状態が進むにつれて硫化物イオンに変化し、4日目以後はほとんど検出されなくなった。他方、硫化物イオンは急激に増加し、

表3 沈澱物の金属含有量

項目	試料液中濃度 (mg/l)	沈澱物中濃度 (mg/kg)
Cd	<0.005	1.6
Pb	0.03	220
Cu	0.01	100
Zn	0.11	600
Fe	4.5	4,400
Mn	6.5	6,300
Ni	0.09	55
K	600	3,100
Na	1,700	3,500
Ca	890	270,000
Mg	26	730

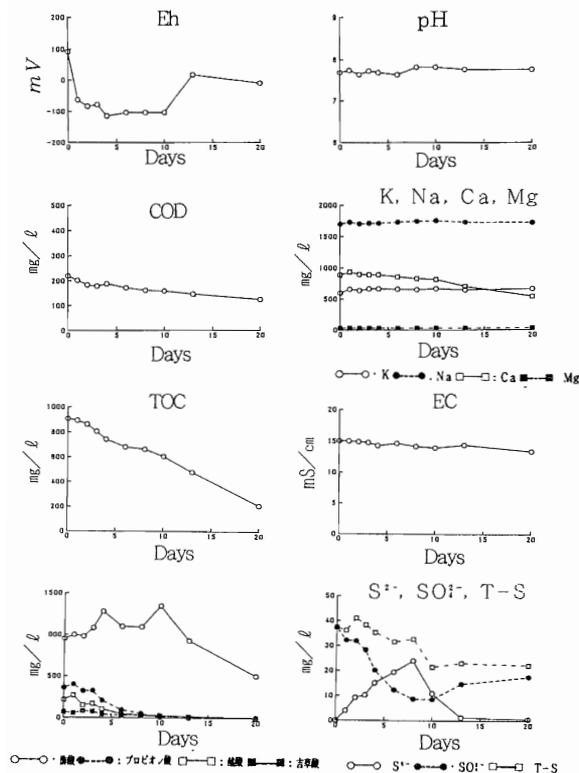


図4 自然酸化試料の経時変化

4日目には全硫黄のはぼ全量を占めるようになった。硫化物イオン濃度は4日目に最高となり、10日目まで高濃度を保った後急激に減少した。硫化物イオンの減少の原因は、試料液中の金属を含む粒子への吸着や金属イオンとの反応による金属硫化物の沈澱、及び硫化水素の揮散などが考えられる。

実験終了後沈澱物を採取して分析したところ、表3に示すようにCd、Pb、Cu、Zn、Ni、Fe、Mn等の重金属が濃縮されていることがわかった。

### 2・2・2 自然酸化状態にした試料(実験区B)の経時変化

自然酸化状態に保った試料(B)は、A(嫌気性)の試料と同様に急激に嫌気性状態になり、1日目には黒色の懸濁液に変わり硫化水素臭も伴った。2日目くらいから表面に白っぽい膜が生じた。この膜の形成により、溶液は嫌気性を維持したと思われる。各分析項目の推移を図4に示す。

Bの酸化還元電位はAと同様に急激に還元状態になったが、Aと比べて最低値が高く、上昇も速かった。

CODはAとあまり変わらなかったがTOCの減少は

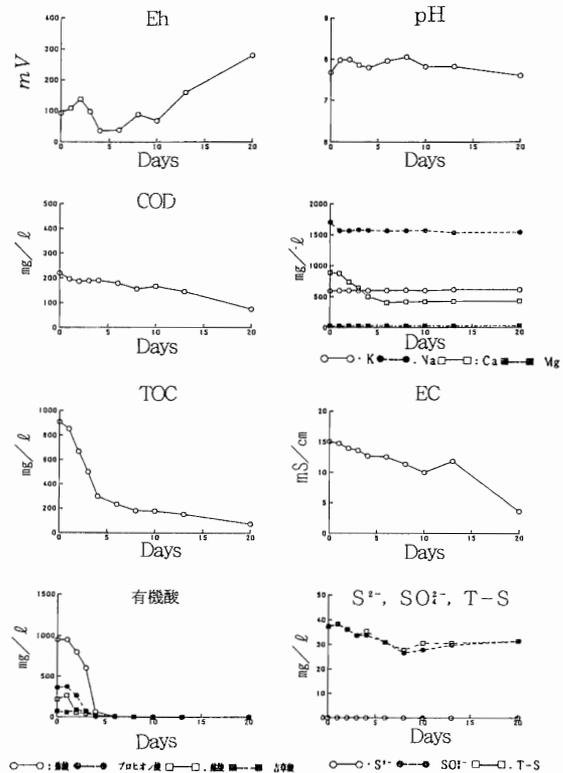


図5 過ばっ気試料の経時変化

速かった。TOC値に大きく寄与すると見られる有機酸の推移を見ると、酢酸以外の有機酸の減少が著しかった。

pHはAに比べてやや高かったが、ほとんど経時変化はなかった。なお、試料液が蒸発したため、pH、Eh以外の分析項目は濃縮率を求め、もとの試料液中の濃度に換算した値を用いた。

硫酸イオンは、Aに比べるとゆるやかに減少し、13日目からはゆるやかに増加し始めた。硫化物イオンは硫酸イオンの増減に対応してゆるやかに増加した後減少した。これは、酸化還元電位の変化と対応して硫黄成分が変化したものと考えられる。また、試料中の全硫黄はAのように急激に減少はしなかった。

今回実験に供したような埋立初期の浸出水は、そのまま空气中に放置しても嫌気性となりやすく10日以上も嫌気性状態を保つことがわかった。

### 2・2・3 過ばっ気状態にした試料(実験区C)の経時変化

空気ポンプでばっ気した試料は、20日目まで最初の試料の色と同じであったが、蒸散作用により濃縮され

たため茶褐色が濃くなり、また、微生物等の影響により粘性の高い溶液となった。各分析項目の分析結果は2・2・2と同様にもとの試料液中濃度に換算して図5に示した。

酸化還元電位は終始酸化状態を示した。

TOCはBよりも更に急激に減少し、有機酸も同様の傾向を示した。

硫黄成分はほぼ全量が硫酸イオンで、大きな経時変化は示さなかった。また、硫化物イオンは全く検出されなかった。このことから、硫化物イオンは酸化状態では生成しないことがわかった。

さらに、A、Bで見られた黒色の懸濁物及び沈澱物は生成しなかった。

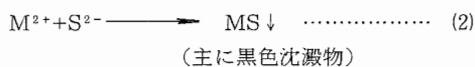
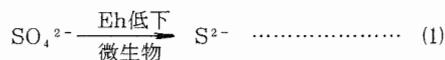
### 2・3 黒い水生成についての考察

埋立初期の未分解性有機物を多く含む浸出水を用いて、空気の供給量を変えることにより、黒い水の生成要因や特性について経時変化を調べた。

その結果、嫌気性状態を示したA(嫌気性)とB(自然酸化)の浸出水は黒色を呈していた。今回実験に供したような埋立初期の浸出水は、そのまま空気中に放置しても嫌気性となりやすく、10日以上も嫌気性状態を保つことがわかったが、実際の埋立地では有機物等が廃棄物から供給されるため、浸出水は相当期間嫌気性状態を保つと考えられる。

他方、好気性状態にしたC(過ばっ気)の浸出水は茶褐色となることが判明した。

AとBの浸出水が黒色を呈したのは、浸出水中の有機物を微生物が分解する際に急激に酸素を消費したため、嫌気性状態となり、硫酸還元菌などによって硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)が硫化物イオン(S<sup>2-</sup>)に還元され(式1)、この硫化物イオンが金属イオン(M<sup>2+</sup>)と反応し、ゲル化して凝固沈澱(黒色沈澱)したためと考えられる(式2)。次にその反応式を示す。



そこで、黒色沈澱物を採取し金属類や塩類について分析したのが図6である。この結果からもわかるように、塩類濃度はほとんど差がみられないが、同じ黒色を呈する沈澱物であっても、Bより嫌気性の強いAの

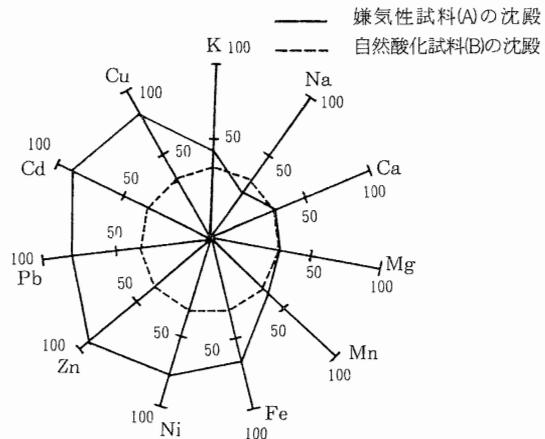


図6 沈澱中の金属含有量  
注) 自然酸化の試料中の含有量を30とした時の比で示した。

沈澱物の方が多くの重金属が濃縮されていることがわかった。これはBよりAのほうが硫化物イオンの生成量が多いことに起因すると考えられる。

また、Cの沈澱物は茶褐色を呈し、粘性が高く、量が少なかった。そのため分析を行えなかったが、粘性が高いなどその外観からみて菌体成分を多量に含む沈澱物であろうと推察された。

また、塩入ら<sup>10)</sup>によれば、一般に嫌気性状態を示す土壌中では、金属硫化物は溶液中に金属イオンよりも過剰の遊離硫化水素が存在するとゾル状になって分散し、遊離硫化水素が存在しないとゲル状になって凝固すると述べている。また、硫化水素が過剰に存在する場合、ゾル状になった金属硫化物(硫化鉄等)は陰荷電であることを認め、このため陰荷電を持つ土壌に吸着されず可動性となると述べている。

従って、嫌気性状態になりやすい埋立地では、金属イオン量に比べて過剰の硫化物イオンの生成する埋立初期に、金属硫化物はゾル状となって分散し、覆土などに吸着せずに黒い水となって埋立地外部に浸出すると考えられる。

このように、黒い水が生成する条件としては、次のことが挙げられる。

- 1 有機物の分解により酸素が消費されて嫌気性となること。
- 2 多量の硫黄成分の存在により、遊離硫化水素が生成すること。
- 3 金属イオンが硫化水素に比べて少ないこと。

### 3 黒い水の処理方法

2で判明したように、黒い水の原因は金属硫化物であった。金属硫化物は過剰の硫化物イオンによりゾル化し覆土中を移動しやすくなる。しかし、覆土（土壌）中に大量に存在する活性な遊離酸化鉄などこの過剰な硫化物イオンが全て反応すれば、金属硫化物はゲル化して凝固沈澱し不動態化するものと考えられる。

そこで、この現象を利用して土壌などによる処理実験を行った。

#### 3・1 土壌の処理能力の検討

はじめに土壌による硫化物イオンの捕捉能力を検討するため、ガラスカラムに土壌を充てんし、硫化物イオンを流した

##### 3・1・1 実験方法

黒い水の原因となる硫化物イオンは、土壌中に多く含まれる活性の遊離酸化鉄で捕捉できるので、各種の土壌について遊離酸化鉄を分析した（表4）。なお、土壌中の遊離酸化鉄の測定は、Asamiらの方法によった<sup>11)</sup>。

表4 土壌中の遊離鉄

土 壌		遊離鉄含有量 (%乾燥重量)
火山灰土壌	表層土	9.8
	下層土	11
沖積土壌	表層土	1.9
	下層土	4.0

その結果、火山灰土壌が遊離酸化鉄を大量に含むことがわかった。そこで、火山灰土壌を処理資材として用いることにした。ただし、現場で火山灰土壌を用いる場合、表層土と下層土が混じることが多いので、幾分能力の劣る火山灰表層土について試験した。

また、生成された硫化鉄は溶液が酸性になると再溶解する恐れがあるため、処理補助剤として消石灰を用いてアルカリ性に保った。

これらの資材の処理能力を検討するため、A（土壌のみ）、B（土壌と消石灰を層状に充てんしたもの）の2種のカラムを作成した。

ガラスカラムに水を満ちし、これらの資材を図7のように充てんし、脱気して実験カラムとした。

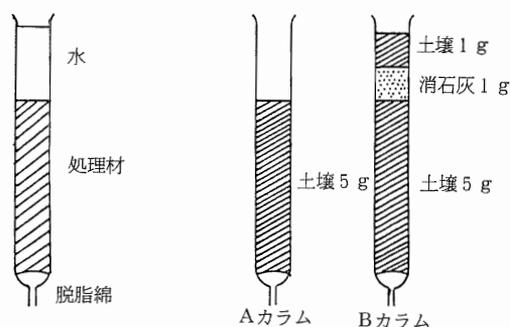


図7 処理材の充てん方法

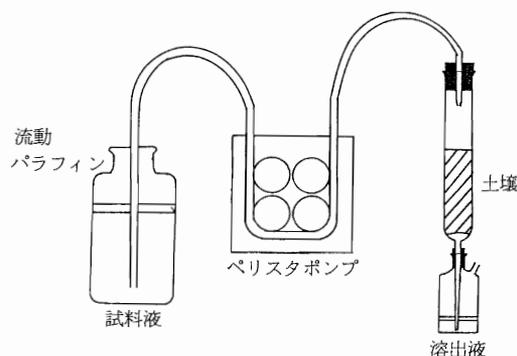


図8 処理実験装置

図8の装置により、硫化ナトリウム溶液(156mg/l)を0.2ml/minの流速で、実験カラムに100ml送液して硫化物イオンの処理効果を比較した。強アルカリ性の硫化ナトリウム溶液を用いたため、土壌中から茶褐色の腐食成分が抽出されたので、この妨害を防ぐために全硫黄を測定して処理効果を比較した。

##### 3・1・2 土壌の処理能力の検討結果

硫化ナトリウム溶液100ml (S<sup>2-</sup>として15mg)をそれぞれのカラムに付加した時の全硫黄の溶出量を測定した。

除去率をみると、Aの土壌カラムでは99.6%、Bの土壌+消石灰では100%と高い値を示した。

硫化ナトリウム溶液を付加した後のカラムを見るとAカラムでは土壌の上層から徐々に中層まで黒く変化した。Bカラムでは初め消石灰層の上の土壌が黒変し、かなり遅れて下の土壌の上層が黒く変色していった。

### 3・2 実験料の処理

不適正な処理を施した廃棄物埋立地から浸出している黒い水を採水し、処理資材を充てんしたカラムに送液して処理実験を行った。

#### 3・2・1 実験方法

実験に用いた試料は廃棄物埋立地から浸出している水を2地点で採水したもので、いずれも黒く懸濁しており、硫化水素臭を放っていた。

これらの試料を1 $\mu$ mメンブレンフィルターで窒素加圧ろ過し、ろ液を窒素を充てんしたフラスコにとり実験に供した。黒い水のろ液の分析結果を表5に示した。2地点の黒い水を3・1で用いたA及びBと同様のカラムにそれぞれ1ml/minで200ml送液し、容出液を40mlづつ分取して分析した。

表5 処理実験用試料分析データ

項目	試料 No.1	試料 No.2
pH	7.5	7.6
EC	4.8 mS/cm	3.2 mS/cm
COD	1,000 mg/l	320 mg/l
Eh	-200 mV	-120 mV
S <sup>2-</sup>	160 mg/l	97 mg/l
T-S	230 mg/l	150 mg/l
Fe	0.53mg/l	0.15mg/l
Mn	0.97mg/l	0.61mg/l
Na	270 mg/l	110 mg/l
Ca	930 mg/l	610 mg/l
K	83 mg/l	48 mg/l
Mg	120 mg/l	35 mg/l

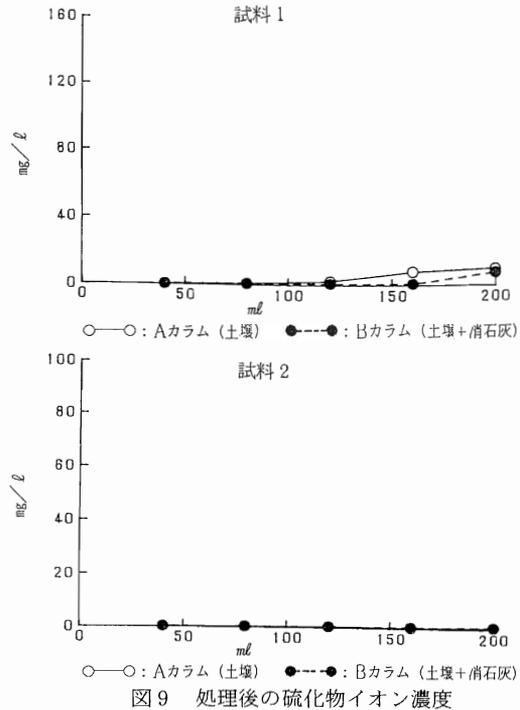
#### 3・2・2 実験結果

AカラムとBカラムのそれぞれについて、2種類の黒い水を流して比較検討した。

黒い水の原因物質である硫化物イオンの推移を図9に示した。

試料1 (S<sup>2-</sup>濃度160mg/lの浸出水) の場合、Aカラムでは、試料液を80ml以上流すと、溶出液中の硫化物イオン濃度はわずかに増加し始めるが、Bカラムでは、160mlまでは処理効果が変わらなかった。しかし、いずれも硫化物イオン濃度は10mg/l以下であり、試料1を200ml処理した時の硫化物イオンの除去率はAカラムでは97.3%、Bカラムでは98.6%であった。

試料2 (S<sup>2-</sup>濃度97mg/lの浸出水) では、A、Bどちらのカラムで処理しても、溶出液中の硫化物イオン濃度は1mg/l以下の低濃度で推移した。試料2を200ml処理した時の硫化物イオンの除去率はAカラム、Bカ



ラムともに99.5%であった。

また、試料液は1 $\mu$ mフィルターでろ過した後も着色していたが、Aカラムを通した溶出液は、透明度が増しており、Bカラムを通した溶出液は無色透明であった。

なお、Bカラムの方が溶出液のpHはやや低く、ECも低かった。(図10) また、塩類除去の効果もBカラムの方が若干高かった。(図11)

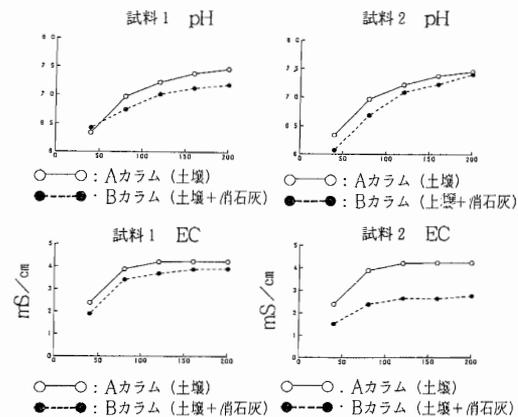


図10 処理水のpH、ECの推移

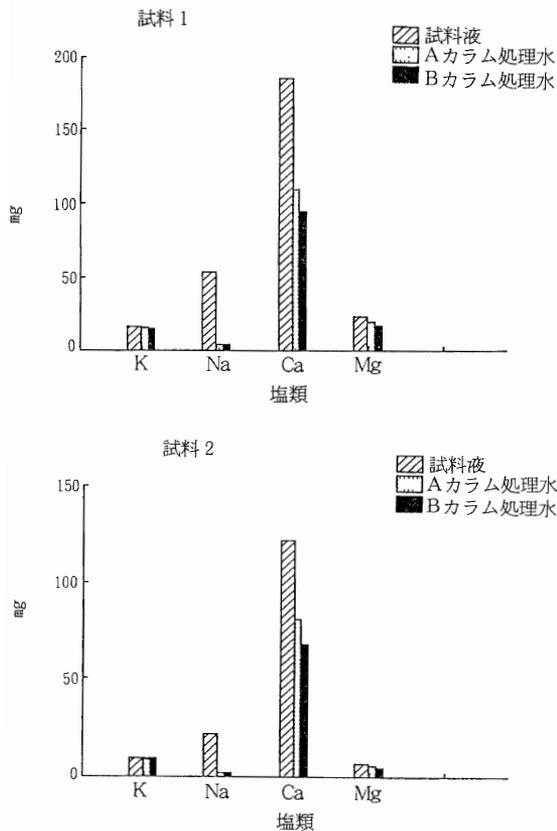


図11 塩類の溶出量

### 3・3 処理方法についての考察

2で判明したように、金属硫化物は過剰の硫化物イオンの存在によりゾル化して可動性となり、黒い水となって流出する。

そこで、黒い水の原因物質であるこのゾル化粒子の流出を防止するには、過剰の硫化物イオンを除去し、ゾル化した金属硫化物をゲル化させ不動態化すればよいと考えられる。

過剰の硫化物イオンは当量以上の金属イオンと反応させれば不動態化できるが、安全かつ安価な金属イオンを有する資材を選択する必要がある。たとえば、安価な塩化鉄のような資材を用いた場合には、塩化鉄がすぐに溶解して浸出水が褐色化し、逆に環境汚染を引き起こす可能性がある。しかし、資材として活性な遊離酸化鉄を大量に持つ自然土壌を用いれば、安全かつ安価な処理が可能になる。

今回用いた土壌は活性な遊離酸化鉄の含有率が非常に高く、土壌1g当りの硫化物イオン(S<sup>2-</sup>)処理容量はFeS換算で56mgまで期待できた。

硫化物イオン濃度160mg/lと97mg/lの2種類の実試料200mlを火山灰土壌5g及び、火山灰土壌6gに消石灰1gを添加してそれぞれ処理したところ、除去率はいずれもほぼ100%であった。

ただし、Zn, Ni, Fe, Mnなどの硫化物は酸濃度が高くなると溶解する恐れがあり、Fe, MnがpH4, NiがpH3, ZnがpH1.7以下になると溶解し始める<sup>12)</sup>ので、pH値が低い場合はこれら重金属の溶出が懸念される。しかし、図10に示すようにpH値はほぼ中性を保ったので、これらの重金属類も溶出していなかったと思われる。

消石灰層を併用することによって、これら重金属の溶出を防ぐとともに、浸出水の色を脱色することもできる。その反面、消石灰層を併用した時には、浸出液はアルカリ性になると予想されるが、他方、火山灰土壌はアルカリ性に対する緩衝作用があるので<sup>13)</sup>、消石灰層の後に火山灰層を通った浸出水は中性となる。

また、今回用いた土壌は透水性が非常に良いため<sup>14)</sup>接触時間を確保する工夫が必要であったが、消石灰層は水分を通し難いので、透水性の面からも火山灰と併用することにより、黒い水の処理に有効であると思われる。

さらに硫化物イオンの処理容量を増やすためには、活性な遊離酸化鉄を多量に含む褐鉄鉱などの資材を投入する必要がある。<sup>15) 16)</sup>

また、重金属類も土壌中に保持されると思われるが、今後、土壌処理された物質の再溶出についての検討が必要である。

## 4 まとめ

黒い水は有機性の廃棄物を埋め立てたり、泥炭地や湿地帯のように未分解性の植物残渣等を多く含む地層に埋め立てられた場合に発生することが多く、また、時期的には埋立初期に発生しているので、まだ黒変していない埋立初期の浸出水を用いて、黒い水の生成過程について検討した。

その結果、浸出水が黒くなるのは金属硫化物に起因するものと思われた。

生成要因として次のような条件が推定された。

- 1 微生物により嫌気性消化が行われること(未分解性有機物の存在)
- 2 硫化物イオンになり得る硫黄分(硫酸イオン等)が大量に存在すること(硫酸還元菌等によって硫酸

イオンが硫化物イオンに還元される)

3 金属イオンに比べて硫化物イオンの量が多いこと  
(金属硫化物は過剰の硫化物イオンの存在によりゾル化して可動性となり、黒い水となって流出する)  
過剰の硫化物イオンは当量以上の金属イオンと反応させれば不動態化できるので、資材として活性な遊離酸化鉄を大量に持つ自然土壌を用いれば、安全かつ安価な処理が可能になる。

そこで、遊離酸化鉄を多く含む火山灰土壌を用いてカラム実験を試みた。

その結果、硫化物イオン濃度160mg/lと97mg/lの2種類の実試料200mlを、火山灰土壌5gと火山灰土壌6g+消石灰1gの2種類のカラムで処理した時の除去率はほぼ100%であった。

今回の実験で、遊離酸化鉄を多く含む土壌によって黒い水の流出を防止できることがわかったが、今後、硫化物として土壌中に保持された重金属等の再溶出についての検討が必要である。

## 文 献

- 1) 埼玉県環境部環境管理課：環境白書，171～180，1989
- 2) 佐野昌之ら：産業廃棄物埋立地の調査（第1報），水利処理技術，**10**，25～32，1987
- 3) 大方政信ら：産業廃棄物埋立地浸出水の性状と処理（1），産業公害，**6**，27～35，
- 4) 水野勝ら：産業廃棄物埋立地モデルの浸出水について，愛知県公害センター所報，26～33，1984
- 5) 田中信寿，神山桂一：嫌気性混合ごみ埋立層中の可溶性汚濁物生成過程に関する研究，衛生工学研究論文集，**24**，189～196，1988
- 6) 小野雄策ら：産業廃棄物埋立地対策全国協議会全国大会講演集，埋立における汚濁成分等の動向（第1～7報），**33～39**，1982～1988
- 7) 環境庁自然保護局：鉱泉分析法指針（改訂），（1977）
- 8) 日本工業標準調査会：工場排水試験方法（JIS-K0102，1986）
- 9) 日本下水道協会：下水試験方法（1984）
- 10) 塩入松三郎博士論文集：土壌学研究，朝倉書店，121～127，
- 11) T. Asami and K. Kumada : A New Method For Determining Free Iron In Paddy Spills, Soil and Plant Food, **3**, 141～146, 1959
- 12) 岩崎岩次：分析化学概説，東邦大学，48～95，1975
- 13) 小野雄策ら：産業廃棄物埋立地対策全国協議会全国大会講演集，埋立における汚濁成分等の動向（第7報），**39**，158～163，1988
- 14) 小野雄策ら：産業廃棄物埋立地対策全国協議会全国大会講演集，埋立における汚濁成分等の動向（第8報），**40**，24～29，1989
- 15) 川口桂三郎ら：土壌学，朝倉書店，155～157，1965
- 16) 小西千賀三，高橋治助：土壌肥料講座，朝倉書店，13～29，1961