

鉄バクテリア法砒素除去に伴い発生する汚泥の砒素溶出特性の検討

京都大 正会員 ○藤川 陽子 大阪産業大 姜 博 岩崎 元 米田 大輔
大阪産業大 正会員 菅原 正孝 濱崎 竜英 東洋濾水機(株) 谷 外司

1. 研究の背景・概要と目的

鉄バクテリア法(以下、鉄バク法)は、新鮮な地下水をろ床に連続通水することで地下水中に自生する鉄・マンガン酸化細菌をろ材に付着、増殖させて鉄やマンガン等を酸化させ、生成した鉄・マンガン酸化物(鉄バクフロックと略称)をろ材および菌体上に沈着させて物理濾過・除去する方法である。原水に砒素が含まれている場合、砒素はろ材上に連続的に生成する鉄バクフロックに吸着除去され、原水中のアンモニアはろ材上に繁殖した硝化菌により硝化される。著者らはこれまで鉄バク法を砒素・鉄・マンガン・アンモニア同時除去に適用するため、パイロット施設を京都府下に設置して技術開発を行ってきた。

鉄バク法においてはろ過速度を維持するためにろ過塔を定期的に逆洗し、ろ材上に沈積した鉄バクフロックを除く。発生する逆洗排水にポリ塩化アルミニウム(PAC)を添加することで固形分を逆洗汚泥として沈降分離させるが、砒素除去を行った場合、砒素を含む逆洗汚泥の処分が問題になる。

例えば、大阪湾岸への埋め立てにおける上水汚泥の廃棄物受入規程では汚泥は含水率 85%以下に脱水した上で、砒素または砒素化合物の環告 13 号溶出試験(昭和 48 年 2 月 17 日環境庁告示第 13 号「廃業廃棄物に含まれる金属等の検定方法」)で溶出濃度 300 $\mu\text{g/L}$ 以下を満足しなければならない。本研究では著者らの鉄バク法のパイロット施設で採取した砒素を含む逆洗汚泥を環告 13 号溶出試験に供した。環告 13 号においては溶出試験の液を孔径 1 μm の濾紙によりろ過することとなっているが、真空吸引ろ過をすると孔径 1 μm の濾紙を用いても大粒子径の粒子が濾紙を通過するという情報もあるため、本研究では孔径 1 μm でのろ過と孔径 0.45 μm でのろ過の 2 通りのろ液について試験した。ろ液中の砒素濃度、粒子径および濁度を測定すると共に、汚泥の主要元素組成も測定した。この試験結果をもとに、大阪湾岸への安全な埋め立てが可能となる逆洗排水への PAC 添加量など汚泥の調整方法、ならびに溶出試験に適した濾紙の選定を検討することを目的とした。

2. 実験方法

鉄バク法砒素除去のパイロット施設現場にて逆洗排水に PAC (Al_2O_3 10%相当)を所定量(0, 65, 130, 260 μL -PAC/L-逆洗排水)の割合で添加後、手で 5 分間ほど攪拌して凝集沈殿させた。これを、実験室に持ち帰った後、ろ別して汚泥を回収、50 $^{\circ}\text{C}$ でオーブン乾燥させたものを溶出試験に供した。対照として鉄バク法パイロット施設と同じ原水に対して次亜塩素酸ナトリウムによる酸化・攪拌・PAC による凝集沈殿でえた汚泥(塩素酸化汚泥)ならびに PAC を添加せずにろ別によって得た汚泥も溶出試験に供した。

溶出試験においては、ポリエチレン製の容器に固液比(kg:L) 1:10 となるように乾燥逆洗鉄バク汚泥と純水を秤り取り、水平振とう機で振とう幅 4cm, 200rpm で 6 時間振とう後、孔径 1.0 μm ガラス繊維濾紙(GA-100)、または、孔径 0.45 μm のメンブレンフィルターで吸引濾過した。これを検水とし、水素化物発生原子吸光法による砒素測定およびナノ粒子径分布測定装置(島津 SALD-7100)による粒子径分布測定、高感度ラボ用濁度計(ハック社 2100N)による濁度測定に供した。汚泥の一部は 300 メッシュアンダーに粉碎の上ペレット状に成型し、エネルギー分散型の蛍光 X 線法(島津 EDX-900)による主要元素組成測定ならびに密閉容器内マイクロ波分解(硝酸使用)による全量分解後、水素化物発生原子吸光法による砒素測定に供した。

3. 実験結果

蛍光 X 線法および全量分解分析で測定した汚泥の組成を図 1 に示す。図から明らかなように主要な金属元素として鉄が多く含まれ、それ以外にケイ素、カルシウム、アルミニウム(PAC 由来で PAC 注入量に応じて変

キーワード 鉄バクテリア, 砒素, 除去, 逆洗汚泥, 溶出試験

連絡先 〒590-0494 大阪府泉南郡熊取町朝代西 京都大学原子炉実験所 TEL 072-451-2447

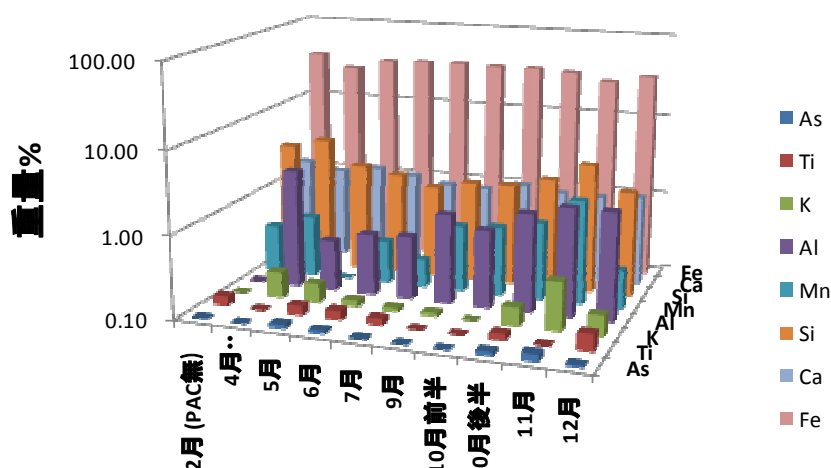


図1 汚泥組成

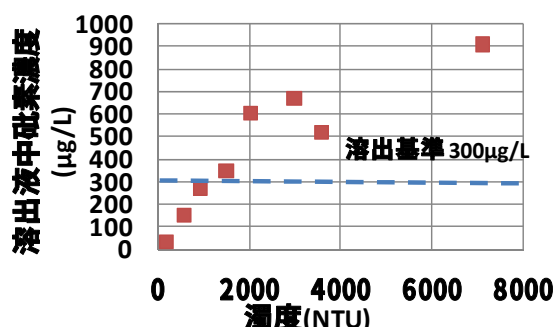


図2 濁度と溶出砒素濃度の相関(1μmろ過)

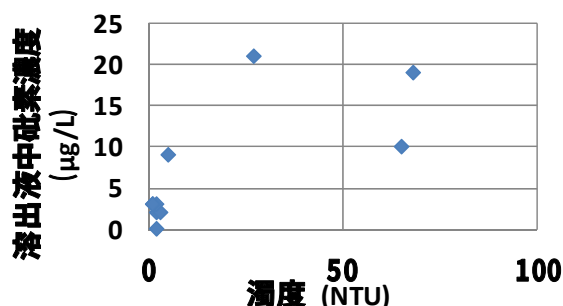


図3 濁度と溶出砒素濃度の相関(0.45μmろ過)

化), マンガンが含まれる. 図からは読み取り難いが汚泥中砒素の濃度は 0.04 から 0.12%程度の間で変化した. 図1で4月の試料は塩素酸化汚泥で, それ以外は鉄バク法の逆洗汚泥である. 汚泥組成の採取時期による変動は後述する溶出液中砒素濃度の変動に比し小さい.

図2と図3に溶出液の濁度と溶出液中砒素濃度の相関を示す(一部の試料については液を使いきって濁度が測定できていないため図から省いた). 濁度と砒素濃度が相関し

ていることから, 砒素の溶出はほぼ汚泥から発生する粒子成分量に依存していることが読み取れる. 0.45μm ろ過では全ての溶出液が埋め立てのための基準を満足しているが, 1μm ろ過では基準超過例が多い. なお, 溶出砒素濃度と汚泥中砒素濃度の間に相関はなかった.

表に 1μm ろ過のろ液の状態と汚泥の調製条件の関係を示す. PAC 添加量 65μL/L で形成させた汚泥は濁度成分の発生が多く PAC 添加量が増えると濁度が減少し溶出基準に適合する汚泥が増えていく. このところから汚泥形成時に加える PAC 量を必要十分な量に増やすことで濁度成分発生および砒素の溶出は抑制できると考えられた. 実際, 表に示す汚泥のアルミニウム濃度が 1%を超える試料では濁度・砒素ともにそれ以外の試料より低い. ただし, PAC を添加せずろ別だけでえた汚泥も溶出基準に適合したことから, PAC 添加量以外にも砒素溶出を抑制する要因が存在する可能性もあり検討課題である.

さらに, 表から, ろ紙を通過した粒子の平均粒子径が時に 1μm を大きく超えていることがみてとれる. ただし濁度と平均粒子径の間には相関は認められないことから,

ろ紙を通過する粒子の孔径が変化するわけではない. 試料によって汚泥からの濁度成分の粒子形状が孔径 1μmのろ紙を通過しやすいということになる. 換言すれば, 本研究で使用したろ紙では直径が 1μmよりの大きい粒子がろ紙を通過する場合のあることが確認できた. ろ紙選択に関して注意が必要である.

試料名	表 ろ液の状態と汚泥の調製条件の関係					溶出基準適合
	PAC添加量 (μL/L)	溶出液砒素濃度 (μg/L)	平均粒子径 (μm)	濁度 (NTU)	汚泥のAl濃度 (重量%)	
2月	0	121	23.9	—	0.01	○
4月塩素酸化汚泥	不明	33	0.02	—	2.75	○
5月前半	65	518	1.68	3580	0.4	×
5月後半	65	432	—	—	—	×
6月	65	909	1	7125	0.54	×
7月	65	671	0.9	2990	0.57	×
9月	130	153	219	562	1.19	○
10月前半	130	270	6.73	929	0.85	○
10月後半	130	603	6.88	2040	1.52	×
11月	130	347	0.85	1499	1.99	×
12月	260	32	0.75	176	1.99	○