

実シアン汚染土壌・地下水を対象とした過硫酸法による浄化特性評価

鹿島建設(株) 正会員 ○川端 淳一
鹿島建設(株) 河合 達司
三菱ガス化学(株) 君塚 健一
三菱ガス化学(株) 吉岡 成康
東邦ガス(株) 正会員 桐山 久

1. はじめに

石炭ガス製造工場やめっき工場跡地等におけるシアン化物汚染は、シアン化物が主に鉄シアノ錯体系として存在している。鉄シアノ錯体は一般的に化学分解や生物分解が困難¹⁾とされており、効果的な原位置分解方法は従来あまり知られていない。過硫酸塩-銀触媒法による酸化分解法(以下本手法)は、銀を含んだ触媒により過硫酸イオンを活性化し、強力な酸化力を持つ硫酸ラジカル ($\cdot\text{SO}_4^-$) を生成し、対象物質を酸化分解する。過硫酸塩はさらに、加水分解により過酸化水素を生成し、これよりヒドロキシルラジカル ($\cdot\text{OH}$) も生成する。従って、本手法は、ヒドロキシルラジカルを生成するフェントン法と同等、もしくはそれ以上の酸化分解効果を発現する可能性が考えられる。しかしながら、酸化分解法を実際の土壌・地下水汚染の分解に用いようとする場合には、阻害物質の存在や地盤環境によっては効果的でない場合もありうる。ここでは、本手法を石炭ガス製造工場跡地より採取した実シアン汚染土壌及び地下水に適用し、その分解特性について調べた結果を報告する。

2. 実汚染土壌及び地下水の性状

試験に供した実シアン汚染土壌と地下水の化学的特性を表-1 に、土粒子の粒径加積曲線を図-1 に示す。対象土壌は、0.075(mm)以下の細粒分を 29%含み、有機物や鉄由来と思われる COD 成分を多く含んでいた。

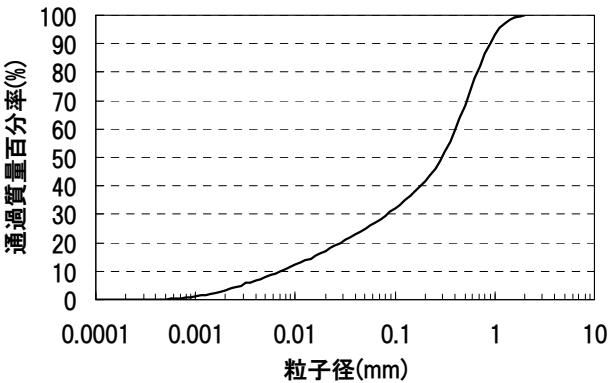


図-1 粒径加積曲線

表-1 実汚染土壌と地下水の性状

土壌			
分析項目	分析値	単位	分析方法
土壌 pH	10.2	—	地盤工学会基準 JGS0211
シアン含有量	<5	mg/kg	土壌含有量試験 (H15 年環境省告示第 19 号付表 2, 3(3))
シアン溶出量	0.76	mg/L	土壌溶出量試験 (H15 年環境省告示第 18 号)
COD _{Mn}	1.6	mg/g	0.1N 過マンガン酸カリウム滴定法 (S63 年環水管第 127 号 II-20)
TOC	7.77	wt%	塩酸洗浄後、CHN コーダーによる測定 (C 換算)
鉄含有量	2.25	wt%	酸分解後、フレイム原子吸光度法 (Fe 換算)
マンガン含有量	0.02	wt%	酸分解後、フレイム原子吸光度法 (Mn 換算)
地下水			
分析項目	分析値	単位	分析方法
pH	6.8	—	ガラス電極法
全シアン	0.74	mg/L	H9 年環境庁告示第 10 号 (JIS K 0102 38.1.2 及び 38.3)
COD _{Mn}	37	mg/L	過マンガン酸カリウム滴定法 (JIS K 0102 17)
鉄及びその化合物	0.07	mg/L	誘導結合プラズマ質量分析法 (H15 年厚労省告示第 261 号 33 別表第 6)
マンガン及びその化合物	0.03	mg/L	ICP 質量分析法 (JIS K 0102 56.5)

3. 実汚染土壌・地下水を用いた適用性試験

3.1 目的

酸化分解法の適用を検討するに当たり、実汚染土壌と実汚染地下水を用いて、酸化分解効果を評価すること
キーワード 土壌汚染, 地下水汚染, 適用性試験, シアン, 酸化分解, 過硫酸法, 銀触媒

連絡先 〒182-00324 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-3092

は重要である。土壌や地下水には様々な酸化分解反応の阻害要因を含んでいる可能性があり、さらに土壌に吸着していた鉄シアノ錯体が徐々に溶出し、見かけ上、地下水濃度の浄化効果が低減される可能性もあるためである。そこで、対象サイトから採取した実汚染地下水と実汚染土壌を用い、本手法による分解効果を評価した。

3.2 試験方法

2L のデュラン瓶に実シアン汚染土壌 100 g と実シアン汚染地下水 900 mL、本手法の薬剤、pH緩衝液を加えて、遮光状態を保ち室温（約 25℃）で静置し、適用性試験を行なった。試験は 31 日間継続し、全シアン濃度（平成 9 年環境庁告示第 10 号 JIS K0102 38.1.2 及び 38.3）と pH を経時的に分析した。なお、薬剤として過硫酸ナトリウムの添加濃度を 0%、0.5%、2% とした 3 段階の試験ケースを設け、0.5%、2% のケースでは pH 緩衝液として酢酸塩を用いた。

3.3 試験結果

全シアンの経時変化は、対照として試験を行なった過硫酸ナトリウム添加濃度 0%（ブランク）の試験ケースでは、経時的に全シアン濃度が増加する傾向が認められた。この濃度増加は土壌からのシアン化物の溶出によるものと考えられる（図-2）。

過硫酸ナトリウム添加濃度 2% の試験ケースでは、全シアン濃度を環境基準未満まで浄化でき、分解率は 100% であった。これにより、本手法は実汚染土壌・地下水に対しても適用可能であることが示された。

一方、過硫酸ナトリウム添加濃度 0.5% の試験ケースでは、2.0% 添加のケースと比べると全シアン濃度の低下速度は遅く、28 日目の段階では全シアンの分解率は 60% 強にとどまった。これは、土壌からのシアン化物の溶出によって、投入過硫酸の添加量が不足したためと推定される。従って、酸化剤の投入量の決定にあたっては、地下水濃度のみでは判断できず、当該箇所の土壌溶出量も踏まえて投入量や投入方法を考慮する必要があることが示された。

また、pH に関しては、0% のケースでは緩衝液を加えていないため、経時的に酸性化する傾向が見られたが、緩衝液を加えた 0.5%、2% のケースでは、試験期間中 pH は中性に維持された（図-3）。これにより、従来は pH が強酸性化する過硫酸法を、本手法では pH 中性の条件を維持したまま適用できることが示された。

4. まとめ

石炭ガス製造工場跡地より採取した実シアン汚染土壌及び地下水に対して、過硫酸塩-銀触媒法による適用性試験を行なった。土壌からシアンが溶出する条件で試験を実施したが、過硫酸濃度 2% の条件であれば中性下で地下水環境基準未満に濃度を低下でき、本サイトにおける本手法による原位置浄化の可能性が示された。

5. 参考文献

- 1) 仲山賢治, 河合達司, 川端淳一 (2009) : シアンとベンゼンの複合汚染を対象とした酸化分解特性の基礎的検討, 第 15 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会

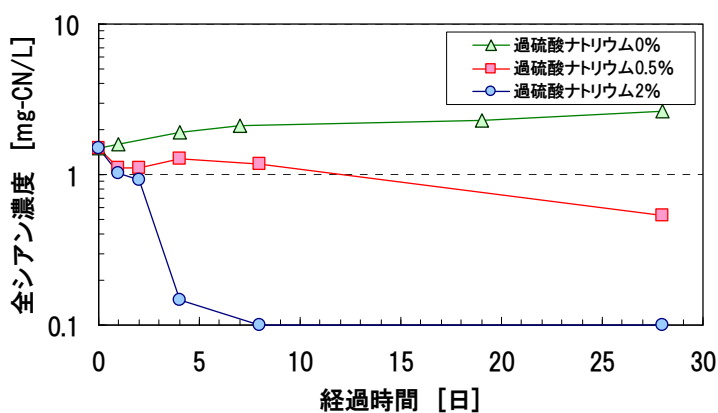


図-2 全シアン濃度の経時変化

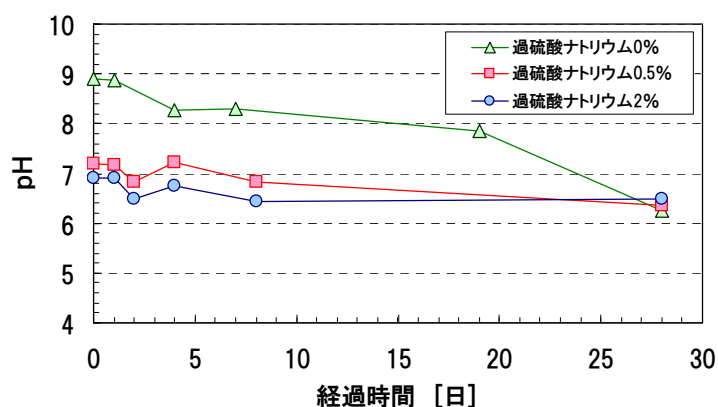


図-3 pHの経時変化