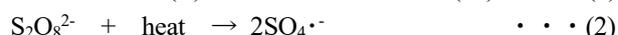
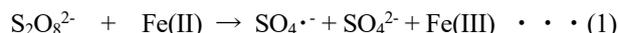


## (S6-03) ワイン残渣・ヤマブドウ果汁残渣を利用した過硫酸法による VOC 汚染浄化実証試験

○晴山 渉<sup>1</sup>・遠藤 哲哉<sup>2</sup>・坂本 宏行<sup>3</sup>・鳴海 貴之<sup>1</sup><sup>1</sup> 岩手大学、<sup>2</sup>(株)セロリ、<sup>3</sup>(株)大東環境科学

## 1. はじめに

揮発性有機化合物(VOC)による地下水・土壌汚染浄化において、土地取引等により工期が短く、速やかな浄化が求められる場合は、促進酸化法が有力な浄化方法のひとつとなっている。地下水・土壌汚染の浄化における促進酸化法は、フェントン法がよく用いられるが、過酸化水素が土壌成分とすぐに反応してしまうため、注入井戸からの有効範囲や持続性の問題がある。そのため、過酸化水素の代わりに過硫酸塩を酸化剤とする過硫酸法が、近年注目されている。過硫酸法は、(1)式、(2)式に示すように、過硫酸イオンに鉄触媒の添加や熱をかけることで、強酸化剤の硫酸ラジカル(SO<sub>4</sub>·-)を生成し、VOC を酸化分解する手法である。



筆者らのこれまでの研究<sup>1) 2)</sup>により、上記(1)式において酒石酸が存在することにより、過硫酸法におけるVOCの分解速度を著しく増加できることが分かっている。また、ここで用いる酒石酸の供給源は、ワイン残渣やヤマブドウ果汁残渣といった廃棄物を用いても環境浄化ができることが分かっている。前報<sup>3)</sup>において、筆者らはひとつのVOCの実汚染サイトにおいて、ワイン残渣を用いた過硫酸法の浄化法として有効性の確認を行った。しかし、実汚染サイトは、そのサイトにより透水性、汚染深度、土質等の様々な因子が異なり、それらの環境因子が過硫酸分解反応にも影響を及ぼすと考えられるため、本手法の有効性を検討するためには、より多くのサイトで検証する必要がある。

本研究では、透水性や汚染深度の異なる実汚染サイトにおいて、本手法におけるクロロエチレン類の浄化試験を実施し、過硫酸と廃棄物由来の酒石酸を用いたVOC分解手法の有効性について、さらなる検証を行った。廃棄物としてはワイン残渣およびヤマブドウ果汁残渣を用いた。



写真1 実験に用いたワイン残渣(左)とヤマブドウ果汁残渣(右)の例

## 2. 実験方法

ワイン残渣は岩手県または山梨県のワイン工場、ヤマブドウ果汁残渣は岩手県内のヤマブドウジュース工場より頂いたものを利用した。これらの残渣は、醸造・熟成時においてタンク内に発生する沈殿物を用いた(写真1)。実証試験では、これらの残渣を200Lタンクで溶解後、井戸から土壌への注入を行った(写真2)。

実証試験は、東京都および神奈川県内の工場跡地等の汚染サイト3か所において実施した。環境基準超過する汚染物質は、どのサイトにおいてもクロロエチレン類である。各サイトにおける汚染状況、井戸の設置状況、使用した残渣の種類を表1に示した。透水係数が比較的大きい、サイトAとサイ



写真2 ヤマブドウ残渣溶出液の注入状況

Field Studies of In-Situ Remediation of VOCs Pollutions by Iron Activated Persulfate Process Using Winery Waste and Waste from Wild Grape Juice Industry Factory

Wataru Hareyama<sup>1</sup>, Tetsuya Endo<sup>2</sup>, Hiroyuki Sakamoto<sup>3</sup> and Takayuki Narumi<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Iwate University, <sup>2</sup>Celery Co., Ltd., <sup>3</sup>Dito Environmental Science Co., Ltd.)

連絡先: 〒020-8551 岩手県盛岡市4-3-5 岩手大学理工学部 晴山 渉  
TEL 019-621-6947 FAX 019-621-6947 E-mail harewata@iwate-u.ac.jp

表1 実証試験を行った各サイトの汚染状況、井戸間の距離、使用した残渣

	サイト A	サイト B	サイト C
汚染物質	TCE, cis-1,2-DCE	PCE, TCE, cis-1,2-DCE	PCE, TCE, cis-1,2-DCE
汚染深度[m]	4~9	0~2	0~6
サイト内の平均透水係数 [m/s]	$7.9 \times 10^{-5}$	$4.9 \times 10^{-6}$	$2.6 \times 10^{-4}$
注入井戸と観測井戸の距離[m]	2.9	0	1~3
使用した残渣	ワイン残渣	ワイン残渣および ヤマブドウ残渣	ヤマブドウ残渣

トCにおいては、注入井戸と観測井戸を分け、観測井戸から定期的に地下水のサンプリングを行い、クロロエチレン類濃度、全有機炭素(TOC)、pH、酸化還元電位等の測定を行った。透水係数が小さいサイトBにおいては、注入井戸と観測井戸を同じ井戸として、薬剤またはワイン残渣等の溶出液を注入後に定期的にサンプリングを実施した。薬剤等は、まず注入井戸より過硫酸ナトリウムと硫酸第一鉄の混合水溶液を注入した。その後、ワイン残渣またはヤマブドウ残渣に水道水を加え酒石酸を水中に溶出された水溶液を注入することで実験を行った。

### 3. 実験結果および考察

全てのサイトの観測井戸において汚染が見られた TCE の濃度の経時変化と、残渣が注入されたことで増加すると考えられる TOC 濃度の経時変化を図2に示した。

初めにワイン残渣注入前(6-7d)の結果を見ると、サイトAにおいては、過硫酸イオンとFe(II)を注入することによって、土壤中の有機物を分解するなどしてTCEが土壌から溶出したためか、TCE濃度の増加が見られる。サイトBにおいては、注入井戸と観測井戸が同じ井戸であるため、大きなTCE濃度の減少は希釈による効果もあったと考えられる。そのため、11dで濃度が増加している。サイトCにおいては、過硫酸とFe(II)の注入のみでも濃度が大きく減少している。

ワイン残渣またはヤマブドウ果汁残渣注入後の6-16dを見ると、図2が示すとおり、11d以降でTOC濃度が増加しており、各残渣からの酒石酸溶出液が到達していることが分かる。この期間で過硫酸とFe(II)の注入だけはTCE濃度が低減しなかったサイトAやリバウンドによりTCE濃度が一度増加したサイトBも、TCE濃度が減少している。このことから分かるのとおり、ワイン残渣、ヤマブドウ果汁残渣に存在する酒石酸により、過硫酸法によるTCE分解が促進されていることが考えられる。

さらに、地下中に残渣由来の酒石酸等の有機物が残存することが懸念されるため、サイトCにおいてクロロエチレン類分解後も長期的に観測を行った。残渣中の有機物もクロロエチレン類が分解すると共に減少するためTOC濃度は減少し続け、最後のヤマブドウ果汁残渣の注入から約1か月後の分析においてTOC濃度は20mg/Lとなり、ほぼ薬剤注入前の数値となった。過硫酸イオンの注入量に対する残渣溶出液の注入量を調整することにより、地下中に有機物質が残存すること無く浄化できると考えられる。

これらの結果より、過硫酸法にワイン残渣とヤマブドウ残渣から溶出する酒石酸を注入することで、透水係数や汚染深度の異なる様々環境下においても、井戸の間隔や薬剤・残渣の注入方法を調整することにより、

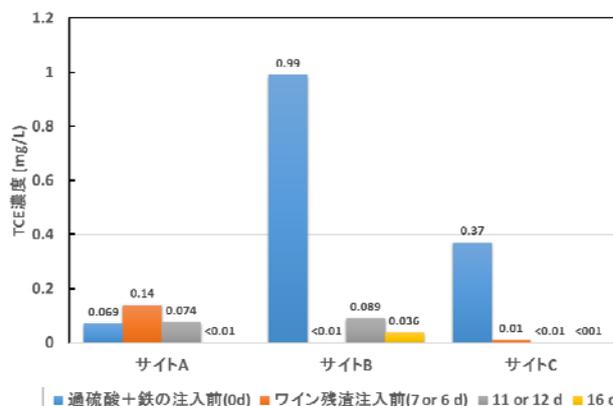


図1 各サイトの観測井戸におけるTCEの経時変化

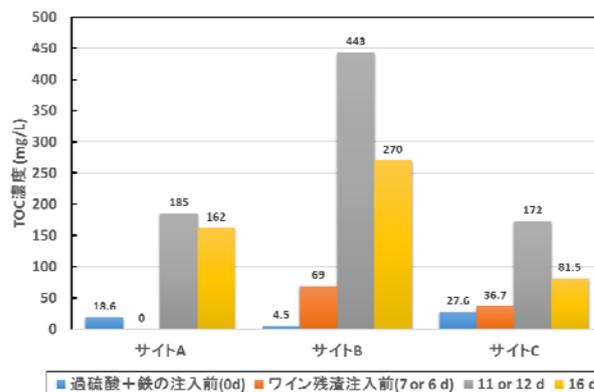


図2 各サイトの観測井戸におけるTOCの経時変化

効率的なクロロエチレン類の分解浄化が可能であることが確認された。

#### 参考文献

- 1) 大里 直己、晴山 渉、中澤 廣(2014) : 第 20 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会要旨集、pp.415-116
- 2) 大里 直己、晴山 渉、中澤 廣(2015) : 第 21 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会要旨集、pp.158-160
- 3) 晴山 渉、大里 直己、中澤 廣、遠藤哲哉、坂本宏行(2016) : 第 22 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会要旨集、pp.158-159