

揮発性有機化合物 (VOCs) および塩化ビニル・1,4-ジオキサンに対する 化学的分解法の適用性に関する研究

秦 浩司^{*1}

揮発性有機化合物 (VOCs) および塩化ビニル・1,4-ジオキサンに対する化学的分解法の適用性に関する基礎的実験として、フェントン法、過硫酸法および鉄粉法による各対象物質の分解率を調べた。テトラクロロエチレンなどのクロロエチレン類は、どの分解法でも90%以上の分解率が認められ、また、フェントン法と過硫酸法によるベンゼンの分解率は99%以上であった。一方、1,1,1-トリクロロエタンなどのクロロエタン類は分解法により分解率が大きく異なり、ジクロロメタンは過酸化水素1%のフェントン法での分解率85%が最大であった。塩化ビニルは、フェントン法と鉄粉法で分解率90%以上、過硫酸法で分解率89%であったが、1,4-ジオキサンは、フェントン法と過硫酸法での分解率は90%以下であった。

キーワード：揮発性有機化合物、塩化ビニル、1,4-ジオキサン、化学的分解、フェントン、過硫酸、鉄粉

1. はじめに

トリクロロエチレンなどの揮発性有機化合物 (VOCs) は、電子部品や金属製品の洗浄剤として広く使用されてきた。現在では発がん性等の有害性が疑われており、工業的に使用された一部が地盤に漏洩して土壌・地下水の汚染を引き起こしている。

土壌汚染対策法では、11種類の揮発性有機化合物が「第一種特定有害物質」として指定されている (2014年10月現在)。これらの物質は粘性が低く、ベンゼン以外は水よりも比重が大きいことから、地盤中では深部まで広範囲に広がりやすい特徴を持つ。一方、これらの物質は有機化合物であり、分解による無害化が可能であることから、汚染土壌や地下水の浄化措置として、原位置で化学的または生物的に分解して土壌や地下水を浄化する方法が有効である。

特に化学的分解法としては、過酸化水素を用いたフェントン反応による酸化分解 (以下「フェントン法」と称する) や、鉄粉を用いた還元的脱塩素による分解 (以下「鉄粉法」) による浄化事例が多い。また、近年では、酸化分解法の一つである過硫酸塩を用いた原位置浄化処理法 (以下「過硫酸法」) が普及してきている。これらの化学的分解法による各種揮発性有機化合物に対する分解性については、過去にいくつか報告があるが、対象物質を広く網羅したものや、分解法の比較についての情報は未だ少ないのが現状である。

そこで本報告では、VOCs 各種に対する酸化法 (フェントン法、過硫酸法) と還元法 (鉄粉法) の化学的分解法の適用性を確認することを目的に、基礎的実験を行った。対象物質としては、土壌汚染対策法の第一種特定有害物質の

ほか、2009年に地下水環境基準項目として追加され、土壌汚染対策法の特定有害物質への追加も検討されている、塩化ビニルモノマーと1,4-ジオキサンを選定した。

2. 方法

蒸留水に各物質の試薬を個別に添加して所定の濃度に調整し、フェントン試薬・過硫酸・鉄粉剤による分解試験を実施した。

対象物質は、土壌汚染対策法の第一種特定有害物質11種のうち1,3-ジクロロプロペンを除く10種類、および塩化ビニルモノマー (以下VC)、1,4-ジオキサン (以下14Diox) の12種類とした (表-1)。

表-1 分解試験に用いた物質

物質名	地下水環境基準(mg/l)	本文中略号
1,1-ジクロロエチレン	0.1	11DCE
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.04*	cis12DCE
トリクロロエチレン	0.03	TCE
テトラクロロエチレン	0.01	PCE
ベンゼン	0.01	Bz
1,2-ジクロロエタン	0.004	12EDC
1,1,1-トリクロロエタン	1	111TCA
1,1,2-トリクロロエタン	0.006	112TCA
ジクロロメタン	0.02	DCM
四塩化炭素	0.002	CTC
塩化ビニルモノマー	0.002	VC
1,4-ジオキサン	0.05	14Diox

*1,2-ジクロロエチレン (シス型+トランス型) として。土壌汚染対策法ではシス-1,2-ジクロロエチレンで指定(2014年10月現在)

分解試験の初期濃度は、VCのみ1 mg/lとし、その他11種の物質については10 mg/lとした。

*1 先端技術研究部

以下に、フェントン法、過硫酸法および鉄粉法による分解試験の方法について記述する。

2.1 フェントン法

100 ml 容アルミシールバイアルに、分解対象物質を濃度調整した液を 80 ml 入れ、pH 調整用にくえん酸を 0.2% (0.16 g) 溶解した後、過酸化水素試薬 (35 wt%) を用いて、過酸化水素濃度が 0.5% および 1.0% 濃度になるように添加した。更にフェントン反応の触媒として、硫酸第一鉄 (7 水和物) の水溶液を過酸化水素のモル比 1/50 となるように添加し、フェントン反応を起こした。溶液調製直後はガス発生量が多いため、30 分間開放状態とし、30 分後にテフロンライナー蓋をアルミシールで密閉した。別途、くえん酸とフェントン試薬を添加しないブランク試料を調整し、同様に 30 分開放後に密閉した。密閉後は室温にて静置保管した。

対象物質濃度は、試薬調整 6, 24, 48, 96 時間後に測定した。14Diox 以外の物質については、密閉容器のヘッドスペースガスを PID 検出器を搭載したガスクロマトグラフ (GC-311, 日本電子) で分析し、溶液中の VOC 濃度は、別途既知濃度のヘッドスペースガス測定にて作成した検量線から算出した。14Diox は上記方法では検出されないため、24, 48, 96 時間後に溶液 10 ml を別容器に移し、ヘッドスペースガスをガスクロマトグラフ-質量分析計 (GCMS-QP2010Ultra, 島津製作所) で分析することにより、溶液中の濃度を算出した。各種条件での対象物質の分解率は、96 時間 (4 日) 後のブランク試料との濃度比から計算した。

2.2 過硫酸法

方法は 2.1 のフェントン法に準ずるが、分解試薬として過硫酸ナトリウムを用い、溶液に対し 1.0% を添加した。また、活性化剤として、硫酸第一鉄 (7 水和物) を過硫酸ナトリウムの重量比 1/20 量で添加した。調整試料は遮光し、室温で振とう機 (50 rpm) でタイマー制御にて 4 時間振とうを 2 回 / 日の頻度で実施した。分析は試薬添加 1, 3, 7, 14 日後に実施し、各種条件での対象物質分解率は、14 日後のブランク試料との濃度比から計算した。

2.3 鉄粉法

鉄粉法は、Bz と 14Diox 以外の 10 物質に対して実施した。ガスクロマトグラフ-質量分析計のヘッドスペース測定用の 20ml 容アルミシールバイアルに、分解対象物質を濃度調整した液を 10 ml 入れ、市販の VOC 浄化用鉄粉剤 2 種 (以降鉄粉剤 A, B と称す) を溶液に対し 0.5 g (5%) 添加した。調整試料は遮光し、室温で振とう機 (50 rpm) で 4 時間振とうを 2 回 / 日実施した。分析は試薬添加

3, 7, 14 日後にガスクロマトグラフ-質量分析計 (GCMS-QP2010Ultra, 島津製作所) で実施し、各種条件での VOC 分解率は、14 日後のブランク試料との濃度比から計算した。各試験条件を表-2 にまとめる。

表-2 試験条件まとめ

対象物質濃度	VC は 1 mg/l, その他物質は 10 mg/l		
	酸化法		還元脱塩素法
分解法	フェントン法	過硫酸法	鉄粉法
使用試薬	過酸化水素 35% 溶液	過硫酸ナトリウム	市販 VOC 浄化用鉄粉 2 種 (A, B)
添加率 (%)	0.5, 1.0	1.0	5
触媒・活性化剤	クエン酸 0.2% 硫酸第一鉄 : 過酸化水素の モル比 1/50	硫酸第一鉄 (7 水和物) : 過硫酸塩の 重量比 1/20	なし
試験期間 (日)	4	14	14

3. 結果および考察

3.1 フェントン法

フェントン法による分解試験結果の代表例として、図-1 に PCE, 図-2 に 14Diox のデータを示す。

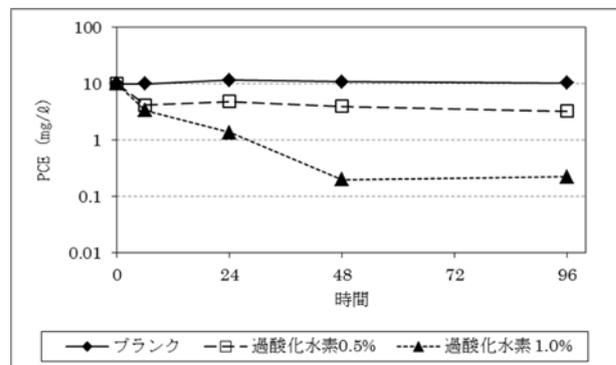


図-1 フェントン法によるテトラクロロエチレン (PCE) の分解データ

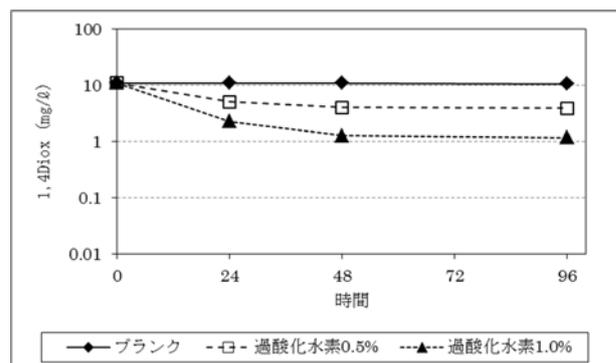


図-2 フェントン法による 1,4-ジオキサン (14Diox) の分解データ (6 時間後測定は実施せず)

フェントン法では、開始 48 時間後以降では対象物質の濃度低下率が小さくなり、フェントン反応が終了していることが示唆されるケースが多かったが、48 時間後以降も一定の濃度低下が認められるケースもあった。また、全ケースで過酸化水素濃度が 1.0%での分解率の方が 0.5%での分解率より高かった。

各条件での分解率について表-3 にまとめた。

表-3 フェントン法試験結果まとめ

対象物質	分解率 (%)	
	過酸化水素0.5%	過酸化水素1.0%
11DCE	84	94
cis12DCE	93	>99
TCE	87	>99
PCE	67	98
Bz	99	>99
12EDC	68	98
111TCA	27	56
112TCA	67	80
DCM	68	85
CTC	94	94
VC	76	94
14Diox	63	89

過酸化水素 1.0% で分解率が 90% 以下となった物質は、111TCA, 112TCA, DCM, 14Diox であり、これらの物質はフェントン法による処理が比較的困難な物質であることが分かった。

本試験結果と比較できる過去報文としては、大石ほか (2007)¹⁾、大澤・杉田 (2010)²⁾、および海老原ほか (2011)³⁾ が挙げられる。

大石ほか (2007)¹⁾ は、TCE, Bz, 11DCA (11-ジクロロエタン) および 111-TCA を蒸留水ベースで濃度を 100 mg/l に調整し、汚染物質 1 mol に対して過酸化水素を 8 ~ 24 mol (過酸化水素濃度で 0.03 ~ 0.1%) で添加、触媒としての硫酸第一鉄を 1,000 mg/l 濃度一定で添加し、16 日間の分解試験を実施したデータを紹介しており、TCE と Bz は初期値の 1/100,000 程度まで (分解率 >99%)、11DCA は初期値の 1/50 程度まで (分解率 ≒ 98%)、111TCA は初期値の 1/3 程度まで (分解率 ≒ 66%)、それぞれ濃度低減したことを報告している。

大澤・杉田 (2010)²⁾ は、濃度 5 mg/l に調整した Bz に対し、0.5% の過酸化水素を添加 (触媒として硫酸第一鉄をモル比 1/50 で添加) を添加する分解試験において、クエン酸で pH3 に調整する「通常フェントン法」とクエン酸 3 ナトリウムをキレートとして用いる「中性フェントン法」の 2 方法による分解試験を実施し、いずれも 24 時間以内に Bz が分解したことを報告している。

海老原ほか (2011)³⁾ は、10 mg/l に調整した 12EDC, 111TCA, CTC に対し、0.1% 濃度の過酸化水素でのフェントン法による分解試験の結果 (実施期間不明)、12EDC の分解率が約 50%、111TCA の分解率が約 40%、CTC の分解率が 10% 弱であったことを報告している。

本報告における条件は、大石ほか (2007)¹⁾ や海老原ほか (2011)³⁾ よりも過酸化水素濃度が高いが、フェントン法による TCE, Bz の分解率が高く、111TCA の分解率が低い結果は整合的である。一方、本報告における 12EDC および CTC の分解率が海老原ほか (2011)³⁾ よりも高い結果となっているのは、本報告試験での過酸化水素の濃度が高いことに因るものと考えられる。

3.2 過硫酸法

過硫酸法による分解試験結果の代表例として、図-3 に PCE, 図-4 に 14Diox のデータを示す。

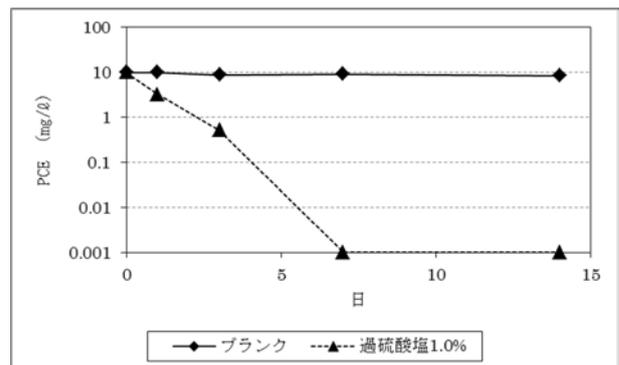


図-3 過硫酸法によるテトラクロロエチレン (PCE) の分解データ表

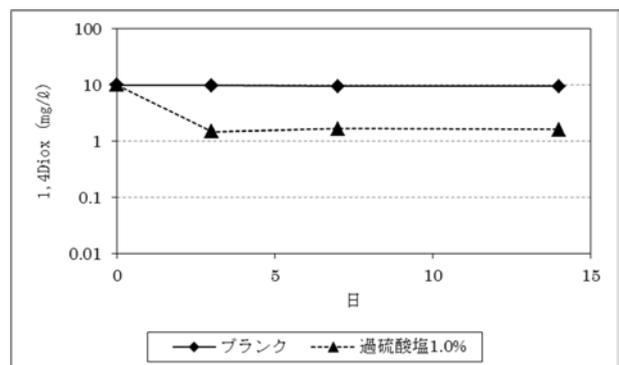


図-4 過硫酸法による 1,4-ジオキサン (14Diox) の分解データ (1 日後測定は実施せず)

過硫酸法では、開始 7 日後以降では対象物質の濃度低下率が小さくなり、約 7 日で反応が終了していることが示唆された。

各条件での分解率について表-4 にまとめた。

表-4 過硫酸法試験結果まとめ

対象物質	分解率(%)
	過硫酸塩1.0%
11DCE	>99
cis12DCE	>99
TCE	>99
PCE	>99
Bz	>99
12EDC	47
111TCA	13
112TCA	7
DCM	35
CTC	41
VC	89
14Diox	84

過硫酸塩 1.0% で分解率が 90% 以下となった物質は 7 物質、更に分解率が 50% 以下の物質が 12EDC, 111TCA, 112TCA, DCM, CTC の 5 物質あり、過硫酸法による処理が困難な物質であることが分かった (表-4)。

大石ほか (2007)¹⁾では、TCE, Bz, 11DCA (11-ジクロロエタン) および 111-TCA を蒸留水ベースで濃度を 100 mg/l に調整し、汚染物質 1 mol に対してペルオキシ二硫酸カリウム ($K_2S_2O_8$) を 40 ~ 120 mol (濃度約 1 ~ 4%) で添加、触媒として硫酸第一鉄を 1,000 mg/l 濃度一定で添加し、16 日間の分解試験を実施したデータを紹介しており、TCE と Bz は初期値の 1/100,000 程度まで低下 (分解率 >99%) した一方、11DCA, 111TCA は殆ど濃度変化がなかったことを報告している。

過硫酸塩からの硫酸ラジカルの生成は、触媒を添加しなくても進み、また、二価鉄以外の遷移金属やアルカリ剤の添加、または加温でも活性化されることが知られている。

海老原ほか (2011)³⁾は、10 mg/l に調整した cis12DCE, 12EDC, 111TCA, CTC に対し、0.7% 過硫酸ナトリウム-硝酸銀触媒での過硫酸法による分解試験を実施 (実施期間不明) した結果、CTC と cis12DCE の分解率は 99% 以上であったものの、12EDC の分解率は「数%」、111TCA の分解率は「一桁%」であったと報告している。

目黒ほか (2004)⁴⁾は、蒸留水ベースで濃度を 10 mg/l に調整した cisDCE, TCE, PCE に対し、1,000 mg/l (0.1%) の過硫酸ナトリウムを添加 (触媒無添加) し、20°C にインキュベートした結果、いずれも 72 時間 (3 日) 以内に分解していることがグラフに示されている。

星野ほか (2009)⁵⁾は、2 mg/l に調整した 11DCE, cis12DCE, TCE, PCE に対し、1,000 mg/l (0.1%) の過硫酸ナトリウムを添加し、温度条件を変えて分解試験を実施したグラフを示しており、20°C では 5 ~ 20 日以内に 0.1 mg/l 以下まで濃度低下していることが読み取れる。また、

22.4 mg/l 濃度に調整した DCM に対し、過硫酸ナトリウムを 25,000 mg/l (2.5%) 添加し、0.5 M-KOH のアルカリにより活性化させた結果、1 日以内に分解したことをグラフに示している。

大澤ほか (2010)⁶⁾は、ミリ Q 水ベースで 33 ~ 52 mg/l に調整した Bz に対し、アルカリにより活性化させた過硫酸ナトリウムを $4.2 \times 10^{-2} \sim 1.1 \times 10^{-1}$ mol/l (1 ~ 2.6%) 濃度で添加したところ、いずれも 168 時間で Bz が不検出になったことを報告している。また、cis12DCE, TCE, PCE, 111TCA を 15 ~ 24 mg/l に調整し、アルカリ活性化させた過硫酸ナトリウムを 7.1×10^{-1} mol/l (9.7%) 濃度で添加して 1 時間の濃度低減率から分解速度を求め、111TCA の分解性が低いことを報告している。

榎本ほか (2010)⁷⁾は、14Diox の過硫酸法による分解試験結果を報告している。空気曝気した純水をベースに 14Diox 濃度を 1 mg/l 濃度に調整し、過硫酸ナトリウムを 5.0 g/l (0.5%)、活性化剤として炭酸水素ナトリウムを 3.6 g/l 添加し、温度を 15°C, 25°C, 30°C に設定して分解試験を行った結果、温度が高い条件の方が分解速度が大きいものの、15°C 条件でも 15 日以内に分解したことがグラフに示されている。また、土壌を加えると分解速度が大幅に低減することを報告している。

これら過去報告と本報告の結果を比較すると、過硫酸法では 11DCE, cis12DCE, TCE, PCE, Bz の分解率が高いこと、及び 12EDC, 111TCA の分解率が低いことは整合的であった。一方、DCM や 14Diox は、本報告の鉄触媒による方法では分解率がそれぞれ 35%, 84% であったが、アルカリ活性化法による分解では >99% と報告されている。小川ほか (2013)⁸⁾は、PCE 分解における過硫酸法の活性化法の違いを比較し、アルカリ活性化法が鉄触媒-キレート活性化法よりも PCE を速く分解することを報告しており、活性化法による分解率の違い等については今後の検討が必要であると考えられる。

3.3 鉄粉法

鉄粉剤 A による PCE の分解データを図-5 に示す。鉄粉法では、PCE の分解生成物として、TCE, cis12DCE, 11DCE, VC が発生する可能性があるため、対象物質の濃度と共に、分解生成物の濃度も測定した。PCE の濃度低下に伴い、3 日後に TCE, 11DCE がそれぞれ 0.02, 0.01 mg/l で、7 日後に VC が 0.005 mg/l で検出されたが、cis12DCE は検出されなかった。14 日後の PCE 濃度は 0.006 mg/l で、分解率は 99% 以上であった。

このように、表-5A, B に鉄粉剤 A, B それぞれについて、分解対象物質の鉄粉法による分解率と、還元脱塩素により生成する (特定有害物質に指定された) 分解生成物と

して可能性のある物質の検出の有無についてまとめた。

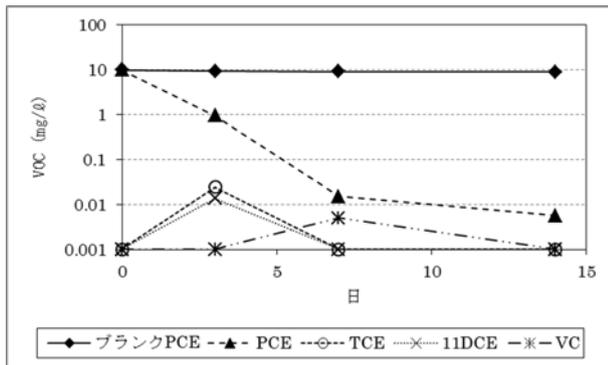


図-5 鉄粉法（鉄粉剤A）によるテトラクロロエチレン（PCE）の分解データ

表-5 鉄粉法試験結果まとめ

(A) 鉄粉剤 A

対象物質	分解率(%)	分解生成物の検出有無*
11DCE	99	VC◎
cis12DCE	>99	VC◎
TCE	>99	cis12DCE○, 11DCE○, VC×
PCE	98	TCE○, cis12DCE×, 11DCE○, VC◎
Bz	実施せず	-
12EDC	63	-
111TCA	>99	11DCE○, VC◎
112TCA	94	12EDC◎, cis12DCE×, 11DCE◎, VC◎
DCM	65	-
CTC	>99	DCM◎
VC	88	-
14Diox	実施せず	-

*×：検出せず ○：検出（基準適合）◎：検出（基準不適合）

(B) 鉄粉剤 B

対象物質	分解率(%)	分解生成物の検出有無*
11DCE	>99	VC×
cis12DCE	>99	VC×
TCE	>99	cis12DCE×, 11DCE×, VC◎
PCE	>99	TCE×, cis12DCE×, 11DCE×, VC◎
Bz	実施せず	-
12EDC	60	-
111TCA	>99	11DCE×, VC◎
112TCA	>99	12EDC◎, cis12DCE×, 11DCE×, VC◎
DCM	70	-
CTC	>99	DCM◎
VC	98	-
14Diox	実施せず	-

*×：検出せず ○：検出（基準適合）◎：検出（基準不適合）

鉄粉剤 A, B ともに、分解率が 90% 以下となった物質は、DCM と 12EDC であった。これらは鉄粉法による分解が比較的困難な物質であることが知られている（清水・長井，2006⁹⁾；横山ほか，2010¹⁰⁾）。CTC と 112TCA に鉄粉法を適用する場合、これら対象物質自体には高い分解率を示しているが、分解生成物として低分解性の DCM や 12EDC が生

成することが留意すべき点として挙げられる。

また、鉄粉剤 A では VC の分解率が 88% と他物質よりも分解率が低かった。鉄粉法による VC の分解性については、土壌-地下水混合系での実験結果について横山・友口 (2014)¹¹⁾ が報告しており、使用鉄粉剤により VC の分解率に差があること、及び cis12DCE よりも分解に時間を要することが示されている。VC は多くの物質の還元脱塩素法での分解生成物であり（表-5 A, B）、地下水環境基準が 0.002 mg/l と他物質よりも規制値が一桁低いため、注意を要する。今後、VC が土壌汚染対策法での指定物質となった場合、鉄粉法の適用可能性は、分解生成物である VC の基準値クリアについて十分考慮して検討する必要がある。

揮発性有機化合物 (VOCs) および塩化ビニル・1,4-ジオキサンに対する、フェントン法、過硫酸法、鉄粉法による分解率について、本報告で得られたデータと過去報告値を表-6 にまとめた。PCE, TCE, cis12DCE, 11DCE のクロロエチレン類ほどの分解法でも 90% 以上の分解率が認められ、また、フェントン法と過硫酸法による Bz の分解率は 99% 以上であった。一方、クロロエタン類のうち 111TCA, 112TCA はフェントン法と過硫酸法での分解率が低く、12EDC は過硫酸法と鉄粉法で分解率が低かった。DCM は過酸化水素 1% のフェントン法で分解率 85% が最大であった。VC は、フェントン法と鉄粉法で分解率 90% 以上、過硫酸法で分解率 89% であったが、14Diox は、フェントン法と過硫酸法での分解率は 90% 以下であった。

4. おわりに

本報告の結果は、対象物質ごとの各種化学分解法の適用性判定の指標になると考えられる。一方、実汚染サイトで地下水や土壌の浄化に適用する場合は、地下水成分や土壌成分による影響が考えられることから、表に示された分解率がそのまま適用されるものではないことに注意を要する。また、試験条件によって分解率にばらつきが認められることや、VC や 14Diox など、物質によっては未だ情報が少ないことから、今後更にデータの蓄積が必要と考えられる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、(株)計測企画の中島史暁氏に実験全般をサポートしていただきました。ここに感謝の意を表します。

表-6 各物質に対する化学分解法の分解特性まとめ

方法	初期濃度 (mg/l)	試薬添加 濃度	試験期間 (日)	対象物質と各試験での分解率(%)												文献
				11DCE	cis12 DCE	TCE	PCE	Bz	12EDC	111TCA	112TCA	DCM	CTC	VC	14Diox	
フ ェ ン ト ン	10 (VCは1)	0.5% 1%	4 4	84 94	93 >99	87 >99	67 98	99 >99	68 98	27 56	67 80	68 85	94 94	76 94	63 89	本報告
	100	0.03~1%	16			>99		>99			66					大石ほか(2007) ¹⁾
	5	0.5%	1					>99								大澤・杉田(2010) ²⁾
	10	0.1%							50	40			<10			海老原ほか(2011) ³⁾
過 硫 酸	鉄触媒法 10 (VCは1)	1% 1~4%	14 16	>99	>99	>99	>99	>99	47	13	7	35	41	89	84	本報告
	鉄触媒法 100	1~4%	16			>99		>99	<10	<10						大石ほか(2007) ¹⁾
	銀触媒法 10	0.7%			>99				<10	<10			>99			海老原ほか(2011) ³⁾
	触媒なし 10	0.1%	3		>99	>99	>99									目黒ほか(2004) ⁴⁾
	触媒なし 2	0.1%	5-20	>95	>95	>95	>95									星野ほか(2009) ⁵⁾
	アルカリ活性化法 22.4	2.5%	1										>99			星野ほか(2009) ⁵⁾
	アルカリ活性化法 33~52	2.6%	7					>99								大澤ほか(2010) ⁶⁾
アルカリ活性化法 1	0.5%	15												>99	榎本ほか(2010) ⁷⁾	
鉄 粉	鉄粉剤A 10	5%	14	99	>99	>99	98	-	63	>99	94	65	>99	88	-	本報告
	鉄粉剤B (VCは1)	5%	14	>99	>99	>99	>99	-	60	>99	>99	70	>99	98	-	

参 考 文 献

- 1) 大石雅也, 伊藤豊, 根岸昌範, 増岡健太郎, 樋口雄一, 松村邦弘: 原位置化学的酸化分解に関する基礎的研究, 第13回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S3-12, pp 318-323, 2007
- 2) 大澤武彦, 杉田和俊: 土壌・地下水浄化への化学酸化技術の適用に関する研究 - クエン酸 Na・鉄キレートを用いたフェントン法に関する実験的検討, 土壌環境センター技術ニュース, No. 17, 1-8, 2010
- 3) 海老原孝, 濱口高嘉, 君塚健一, 吉岡成康: 土対法規制低分子有機化合物の酸化分解に関する基礎的検討, 第17回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S2-17, pp174-176, 2011
- 4) 目黒裕章, 長谷部吉明, 竹井登, 三宅西作, 江口正浩: 過硫酸塩を用いたVOCsの分解, 第10回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S2-6, pp148-151, 2004
- 5) 星野隆行, 上野俊洋, 森田暢彦: 活性化した過硫酸塩による原位置酸化分解法, 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 講演集, S3-16, pp328-332, 2009
- 6) 大澤武彦, 角田真之, 西村実: 化学酸化剤としてのアルカリ活性化過硫酸ソーダのVOCなどに対する分解と浄化適用性, 第16回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S2-23, pp33-38, 2010
- 7) 榎本幹司, 星野隆行, 上野俊洋: 過硫酸塩を用いた1,4-ジオキサソル汚染地下水の原位置処理法の検討, 第16回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S4-14, pp374-377, 2010
- 8) 小川えみ, 和知剛, 草場周作: 過硫酸によるVOCsの分解性評価, 第19回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S1-14, pp52-57, 2013
- 9) 清水要樹, 長井康行: 新規鉄粉の揮発性有機塩素化合物分解機構について(2), 第14回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S5-11, pp573-576, 2008
- 10) 横山圭一, 鎌田雅美, 間瀬貴久, 岡田健一, 上原大志: 1,2-ジクロロエタン含有地下水の鉄粉による処理検討, 第16回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S4-15, pp378-381, 2010
- 11) 横山圭一, 友口勝: 塩化ビニルモノマーの原位置浄化方法の検討, 第20回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S5-14, pp506-510, 2014

Study of the Applicability of Chemical Decomposition Methods to Volatile Organic Compounds (VOCs) including Vinyl Chloride and 1,4-dioxane

Hiroshi HATA

As a study of the applicability of chemical decomposition methods to volatile organic compounds (VOCs) including vinyl chloride and 1,4-dioxane, the decomposition rates of the compounds using Fenton's reagent, persulfate and the Fe method were investigated. All the methods showed decomposition rates of over 90% for the chloroethylene group, such as perchloroethylene. Benzene was decomposed over 99% by both Fenton's reagent and persulfate. As for the chloroethane group such as 1,1,1-trichloroethane, the rates were varied among the methods applied. The highest decomposition rate of dichloromethane was 85% under the condition of 1% of Fenton's reagent. Fenton's reagent and the Fe method decomposed over 90% of vinyl chloride, while the rate was 89% by persulfate. The decomposition rates of 1,4-dioxane were less than 90% by Fenton's reagent and persulfate.