

II-453

有機塩素化合物の土壌への吸着・脱着評価方法について

鹿島建設（株） 正会員 今立 文雄
 鹿島建設（株） 正会員 川端 淳一

I. はじめに

トリクロロエチレン（以降TCEと記す）等の揮発性有機塩素化合物による土壌・地下水汚染が全国規模で多数発見され大きな社会問題となっている。これら揮発性有機塩素化合物は生物分解性が低く、長期にわたり汚染が続くため早急に処理し除去することが求められている。

土壌や地下水中から揮発性有機塩素化合物を除去するためには、これらの物質の地中での挙動を支配する土壌への吸着・脱着特性を把握する必要がある。土壌への有機塩素化合物の吸着には土壌中の有機物量が強く関連していることは判明しているものの、吸着量の評価方法・条件は確立されていなく、また、脱着に関する報告例も少ないのが現状である。

今回、TCEの土壌への吸着性を評価し、評価のための試験方法について得た知見及び界面活性剤による脱着促進効果について報告する。

II. 試験方法

1. 供試土壌

試験に供試した土壌は、ピート、畑土、園芸土（市販の芝芽土）の3種であり、これらの性状を表-1にとりまとめて示した。供試土壌は風乾後中小礫、木片等を除き、団塊を粗砕した後、畑土及び園芸土は2mmフルイ通過分を、ピートは0.25mmフルイ通過分を試験に使用した。

2. 吸着試験

①バイアル瓶（容量70ml）に試料土を分取し、純水（TCE濃度0.0005ppm 未満）60mlを加えて12hr静置する

②TCE溶液を1ml（約10 μ g）添加した後、純水を気相部が残らなくなるまで満たす

③テフロンコーティングセプタムで栓をした後4hr振とう（振とう幅4～5cm）する

④振とう後、所定時間静置したものを0.45 μ mのメンブレンフィルターを用いてろ過する

⑤ろ液10mlをバイアル瓶（容量22ml）に取り、表面温度120℃のヒーティングブロックで10min加温後、そのヘッドスペースガスを質量ガスクロマトグラフ法（GC-MS法）により分析した。

分析結果から次式によりTCE吸着量を算出した。

$$X_s = X - (C_L \times V_L), \quad X_s: \text{吸着量} (\mu\text{g}), \quad X: \text{添加量} (\mu\text{g}),$$

$$C_L: \text{水中のTCE濃度} (\mu\text{g/ml}), \quad V_L: \text{水相の容積} (\text{ml})$$

3. 脱着試験

①バイアル瓶（容量70ml）に試料土を3g分取し、純水60mlを加えて12hr静置する

②TCE溶液を1ml（約10 μ g）添加した後、純水を気相部が残らなくなるまで満たす

③テフロンコーティングセプタムで栓をした後4hr振とう（振とう幅4～5cm）し24hr静置後ろ別したものをTCE吸着試料とした。

④この試料2gをバイアル瓶（容量70ml）に分取し純水を気相部が残らなくなるまで満たし、テフロンコーティングセプタムで栓をした後4hr振とう後12hr静置した上澄を0.45 μ mのメンブレンフィルターでろ過し、ろ液について吸着試験の⑤に示した方法で分析した。純水によるこの操作を7回繰り返す、その積算濃度からTCE脱着率を求めた。

⑤④で用いた純水に替えて濃度140mg/lの界面活性剤を使用し同様の脱着試験を行った。但し、操作は1回である。

表-1 供試土壌の性質

項目	*1 pH	*2強熱 減量 (%)	*3陽イオン 交換容量 (meq/100g)	*4TCE 含有量 (mg/kg-乾土)
ピート	3.32	49.6	64.1	0.001未満
畑土	6.54	17.6	55.5	0.001未満
園芸土	6.46	12.7	26.8	0.001未満

*1 JSF T 211-1990, *2 JSF T 211-1990

*3 ショーレンベルガー法, *4 溶媒抽出・ガスクロマトグラフ法

III. 試験結果

1. 吸着試験結果

当初、吸着試験は容量22mlのバイアル瓶に

1 gの土壌を分取し、純水8 ml, T C E溶液8 ml (10 μ g)を加えバイアル瓶内に約6 mlの気相がある条件で行った。しかし、この方法では分析結果のバラツキが大きく不安定な条件であると考えられたため、気相部を無くすことにより安定した結果が得られる方法を採用した。

図-1に土壌採取量3 gにおける静置時間とT C E吸着率（吸着量／添加量 $\times$ 100）の関係を示した。吸着率は土壌の種類により大きく異なり、静置12hrではピート：90%、畑土：45%、園芸土：7%であった。これは土壌の強熱減量（表-1参照）と一次の相関を示しており、土壌の有機物量が強く影響していることが確認された。また、吸着は12hrではほぼ平衡に達していると判断され、その時点での土壌単位重量当たりのT C E吸着量は下記ようになる。

ピート ; 3.2 μ g / g-dry
畑土 ; 1.6 μ g / g-dry
園芸土 ; 0.3 μ g / g-dry

次に、土壌採取量とT C E吸着率の関係を図-2に示す。畑土は3 gと5 gの間でも吸着率は増加しているが、ピート、園芸土は3 g以上ではほぼ一定になっている。これから、本試験のようにT C E量が10 μ g程度の吸着には最低3 gの土壌が必要であると言える。

2. 脱着試験結果

1回の脱着時間を12hrとした脱着繰り返し回数と脱着率（累積脱着量／添加量 $\times$ 100）の関係を図-3に示す。これから、畑土、園芸土は1回の操作で90%以上が脱着されているが、ピートは35%の脱着率であり90%を超えるのは3回目（36hr）であることが判る。また、いずれの土壌も7回目には脱着率が100%に達していた。

表-2に界面活性剤による脱着効果及び比較のため純水での脱着試験結果も併記した。なお、使用した界面活性剤はD以外すべて非イオン性である。これから、いずれの界面活性剤も脱着率は純水より増大しており、特にHは脱着率が86%に達し非常に大きな効果が認められた。

なお、畑土、園芸土は静置12hr吸着率や単位重量当たりのT C E吸着量が大きく異なるにもかかわらず、両者の脱着試験結果には大きな差異がないことから単に有機物含有量の多少だけではなく有機物の種類も吸脱着に影響していると思われる。

IV. おわりに

土壌のT C E吸着性を評価する方法として、安定性の高い適切な試験条件を確立することができた。今後は、本方法をより多くの土壌に適用しデータの蓄積を行う予定である。また、界面活性剤はT C Eの脱着促進に大きな効果が認められたため、更に効率の高い界面活性剤の選定を行うとともに、汚染土壌浄化、原位置における簡易分析方法などへの適用を検討する予定である。

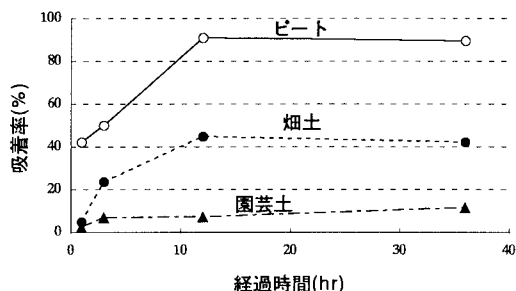


図-1 TCE吸着率の経時変化

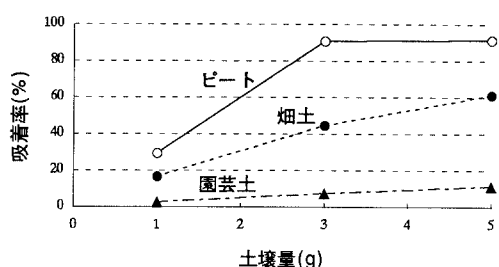


図-2 土壌量に対するTCE吸着率

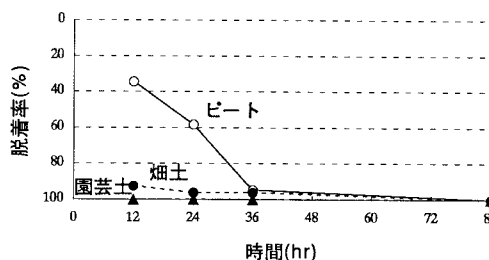


図-3 TCE脱着試験

表-2 界面活性剤の脱着促進効果
土壌：ピート，脱着時間：12hr

界面活性剤	脱着率 (%)	界面活性剤	脱着率 (%)
純水	35	E	66
A	52	F	73
B	48	G	59
C	48	H	86
D	52	I	59