

# 平成20年度低コスト・低負荷型土壤汚染調査対策技術検討調査 及びダイオキシン類汚染土壤浄化技術等確立調査結果

代表機関名		技術の名称	
東急建設株式会社		操業中の工場を対象とした原位置浄化技術	
技術の概要			
調査／対策	技術の区分	実証試験の対象物質	実証試験の場所
対策	原位置分解	トリクロロエチレン, シス-1, 2-ジクロロエチレン	原位置
<p>本技術は、操業中の工場等で操業を停止せずに建物直下の浄化を行うことを目的とした工法である。狭い場所でも施工可能な小型自在ボーリングマシンを用いて、揮発性有機塩素化合物を嫌気性微生物により分解促進させる薬剤（HRC：Hydrogen Release Compound）を建物の外側から建物直下の汚染部位へ注入し、原位置で浄化する技術である。</p>			
図1 浄化工法の模式図			
技術保有会社のコスト・環境負荷低減の考え方			
<p>自在ボーリング工法を採用することにより、操業中の工場等で操業を停止せずに施工することができ、鉛直井を用いた工法よりも少ない井戸数で汚染浄化を行うことでコスト、環境負荷の低減を図る。また、これまでの自在ボーリングによる薬剤注入は、傾斜井戸を設置して行ってきたが、本実証調査では、ボーリング孔を利用し薬剤を注入するため、井戸の設置が不要となるため、コストやエネルギー消費量の縮減に資すると考えられる。</p>			
調査結果の概要			
(1) 実証調査方法			
①実証調査条件			
<p>本実証調査では、自在ボーリングによる薬剤注入の効果を、鉛直ボーリングと比較しながら確認することを目的とする。</p>			
<p>施工フロー</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 測量、地下埋設物確認（試掘工）</li> <li>2) ピット（泥だめ）施工：バックホウ</li> <li>3) 自在ボーリングマシン設置、その他機械搬入</li> <li>4) 削孔、位置計測：ロケータ・挿入式センサ併用</li> <li>5) 到達・位置と形状確認後、引抜きながら HRC 注入（1 m 毎、約 1,200kg）</li> <li>6) 引抜き完了後地表部埋戻し</li> <li>7) マシン等撤去・現地作業完了</li> </ol>			

## ②モニタリング方法

土壌は、試験前・中・後の3回、ボーリングにより土壌を採取し分析（4項目：トリクロロエチレン，シス-1,2-ジクロロエチレン，1,1-ジクロロエチレン，塩化ビニルの含有量および溶出量）を行った。また、観測井戸を設置し地下水を採取して表1に示す項目についてモニタリングを行った。

表1 効果確認用観測井戸 測定項目

	項目	回数	場所	検体数	方法
①	測定対象物質 トリクロロエチレン，シス-1,2-ジクロロエチレン，1,1-ジクロロエチレン，塩化ビニル	6回/本	井戸8本	各48検体	JISK0125
②	環境指標 水素イオン濃度，酸化還元電位，電気伝導度，溶存酸素，水温	6回/本	井戸8本	各48検体	電極法
③	阻害物質 環境指標 硝酸イオン，硫酸イオン，鉄イオン	6回/本	井戸8本	各48検体	JISK0102
④	微生物 デハロ菌	2回	井戸1本 (A1)	2検体	PCR法
⑤	薬剤量 全有機炭素	6回/本	井戸8本	48検体	燃焼酸化-赤外線式TOC分析法
⑥	その他 地下水位	6回/本	井戸8本	48回	水位計
	沈下測定（工場内）	3回	定点4箇所	12回	レベル測量

## (2) 土壌の処理量及び性状等

- 1) 土質 : 細砂およびシルト
- 2) 性状等 : 自然地盤 地下水 GL-2~-3m
- 3) 試料量 : 約 625m<sup>3</sup>
  - ・トリクロロエチレン溶出量 最大値 0.18 mg/L(鉛直ボーリング 10m地点)
  - ・シス-1,2-ジクロロエチレン溶出量 最大値 3.0mg/L(鉛直ボーリング 10m地点)

## (3) 有効性についての考察

### ①除去率

自在ボーリング工法の施工部位において、シス-1,2-ジクロロエチレン溶出量は、初期土壌中の最大値 0.048 mg/L が、3ヶ月（109日）経過後、最大値 0.030 mg/L まで減衰した。また、シス-1,2-ジクロロエチレン含有量は初期土壌中の最大値 1.3 mg/kg が、3ヶ月（109日）経過後、最大値で 0.3 mg/kg まで減衰し、除去率は 57~85%となっていた。

一方、鉛直ボーリング工法によるシス-1,2-ジクロロエチレン含有量の除去率は 44~97%となっていた。また、トリクロロエチレン含有量は、定量下限値未満となった。これらの初期に観測された VOCs の減少は、微生物による分解そのものではなく、注入した薬剤による溶出の効果が起こっていることによるものと考えられる。

なお、地下水中においては VOCs の増加がみられた。これは、測定地周辺の土壌に残留していた VOCs が薬剤により溶出し、地下水中へ移流したためと推測される。このようなことから、ボーリング施工部位周辺土壌からの汚染物質の溶出と地下水への移流については今後も追跡調査が必要である。

3ヶ月経過時では、地下水の酸化還元電位が-300mV程度まで低下し、微生物による分解に適した環境に変化していることから、その後の微生物による浄化効果を確認する必要がある。

## ②副生成物

嫌気性微生物の脱塩素化の過程においてシス-1,2-ジクロロエチレン、塩化ビニルモノマーが生成する可能性があり、地下水モニタリングでは、シス-1,2-ジクロロエチレン、塩化ビニルモノマーの増加が確認された。

## (4) 実用性についての考察

本技術は小型のボーリングマシンを使用することで、道路幅 3.88m の路側に機材を設置して車両通行を確保しながら施工できた。作業中の工場は、車両等の動線を確保する必要があり、工事中の占有面積を抑えることは有効である。また、注入する薬剤は、食品等にも利用される薬剤のため、注入後の環境負荷も少なく、安全性が高いと考えられる。

## (5) 経済性についての考察

### ○効率性

実証調査における作業効率は、75,000kg/人・h であった。従来の技術では浄化設備の設置が必要であるが、本技術は、薬剤注入後の管理や追加作業が少なく、定期的なモニタリングを行うだけである。ただし、浄化期間は 1～数年を要する。

### ○経済性

本実証調査 (625 m<sup>3</sup> : 1,250t) から汚染土壌 1t を処理するのに必要な費用は、22,900 円/t はかかるものと試算された。汚染土壌 10,000t を処理すると仮定して試算すると、処理費用は 10,600 円/t となる。

## (6) 周辺環境への負荷

### ①環境大気

敷地境界における試験前、中、後とも、VOCs については環境基準値および大気指針値未満であった。

### ②二酸化炭素排出量

本実証調査における二酸化炭素量排出量は、0.203kg-CO<sub>2</sub>/t であり、10,000t 規模では 0.115kg-CO<sub>2</sub>/t と試算された。なお、従来の技術などと比較しても、機械の運転などがないことから排出量が少ないことが確認できた。

## 検討会概評

本技術は、自在ボーリング工法を利用し、建物下の汚染部位に薬剤を注入し、嫌気性微生物分解を行うものである。施工後はモニタリングのみで低負荷な技術であるが、効果の発現までは時間を要する。

実証調査では、小型自在ボーリングにより施工及び建物下への薬剤注入を省スペースで行うことができた。109 日経過後の含有量からみた除去率はジクロロエチレンで自在ボーリングが 57～85%、鉛直ボーリングが 44～97% であった。地下水分析では時間経過と共に VOCs の増加傾向が確認された。これは土壌に残留していたものが薬剤により溶出・移流したためと推定された。

本実証により、狭い場所での施工が可能であること、環境負荷の低いことは確認できた。しかし、実証を行った 109 日程度では、土壌含有量及び溶出量の VOCs の低減傾向が確認できたものの、地下水への溶出が認められたことから、引き続きモニタリングを行い定量性、持続性、移流の影響の解析等を継続して検討する必要がある。

別紙（操業中の工場を対象とした原位置浄化技術）

## 1. 費用の算出

○ 実証対象技術のコストについて

### 1) 試算前提の主要諸元

汚染土壌濃度（溶出量）	: 0.4mg/l
目標処理濃度（溶出量）	: 0.01mg/l
処理量（t）	: 10,000 t
モニタリング期間（年）	: 3年
処理時間（年）	: 1年
処理条件	: 自在ボーリング 6本
工費の試算範囲内	: ボーリング費、薬剤費、人件費、モニタリング費
工費の試算範囲外	: 運搬費

### 2) 処理費用の算出

上記を基に本実証試験で得られたデータから経済性を試算すると以下の様に算定された。

総費用（10,000t 処理時）	106,000,000 円
処理単価	10,600 円/t

## 2. 二酸化炭素排出量の算出

二酸化炭素排出量の計算に当っては、上記の費用算出と同条件とし、“地球温暖化対策の推進に関する法律施行令第三条第一項第一号（平成 18 年 3 月 24 日一部改正）”の排出係数の数値を用いて二酸化炭素排出量を算出した。

### 算出根拠

実規模プラントでの自在ボーリングに伴う軽油使用量：375 L

実規模プラントでの薬剤注入に伴う電気使用量：300 kWh

### 算出式

$$\begin{aligned} & \text{軽油使用量 (375 L)} \times \text{排出係数 (2.62 kg-CO}_2\text{/L)} \\ & + \text{電気使用量 (300 kWh)} \times \text{排出係数 (0.555 kg-CO}_2\text{/kWh)} = 1,150 \text{ kg-CO}_2 \end{aligned}$$

総排出量（10,000t 処理時）	1.15 t-CO <sub>2</sub>
排出原単位	0.115 kg-CO <sub>2</sub> /t