# タイ国サイノイ廃棄物処分場における粘土層遮水状況の検討

東京工業大学　学生会員　○奥村浩幸
東京工業大学　Samerjai Panyosaranya，浦瀬太郎，竹村次朗，日下部治
埼玉大学　小松登志子
宇都宮大学　今泉繁良
カセサート大学　Chart Chiemchaisri，Cheema Chomsurin

## 1 はじめに

途上国においても廃棄物処分場の維持管理は極めて重要である．東京工業大学では，フィリピン大学，カセサート大学と日本学術振興会の拠点大学交流プログラムによる研究交流を行っており，途上国における廃棄物処分場管理をひとつのテーマとしている．本研究では，タイ国サイノイ（Sainoi）廃棄物処分場において，処分場内およびその周囲7ヶ所でボーリングを行い，粘土層による遮水の状況を調査井戸から汲み上げた水の水質により検討したので，その報告を行う．

## 2 調査地点と調査井戸の掘削

サイノイ廃棄物処分場はタイ国ノンタブリ県の廃棄物処分場の1つである．処分場はノンタブリ市より38［km］離れたサイノイ地区にある．処分場はノンタブリ県自治体（Provincial Administration Organization of Nonthaburi （PAON））が所有し，管理運営を行っている．処分場はノンタブリ県のほぼ全ての固形廃棄物(約800［tons/day］）を受け入れている（2004）．受け入れられた固形廃棄物はオープンダンピングエリアに埋め立てられてきたが，2005年1月から衛生埋立地である埋立地Bおよび埋立地Cで埋め立てられている．埋立地からの浸出水は処理されることなく，貯水池に集められる．各埋立地は粘土層によって遮水されている．

処分場内およびその周囲7ヶ所で直径10［cm］，深さ約10［m］のボーリングを行った．ボーリング地点をFig. 1に示す．Borehole（以下BH）1，3，4は埋立地の外側にある．BH2，5，6，7は埋立地内にある．ボーリング柱状図をFig. 2に示す．BH1，3，4は粘土層である．BH2は地下3.0［m］までが粘土と廃棄物の混合層，それ以下が粘土層である．BH5は地下4.5［m］までが廃棄物層，5.5［m］までが粘土と廃棄物の混合層，それ以下が粘土層である．BH6は地下1.0［m］までが廃棄物層，5.5［m］までが粘土と廃棄物の混合層，それ以下が粘土層である．BH7は地下3.5［m］までが廃棄物層，それ以下が粘土層である．採水地点はBH1，2，3，4，5及びLeachate Pond（以下LP），New Leachate Pond（以下NLP）の7ヶ所である．Table. 1にBH5，6，7における粘土層の透水係数を示すが，$2.6\sim9.6\times10^{-9}$［cm/s］であり，実質的に不透水であると言える．

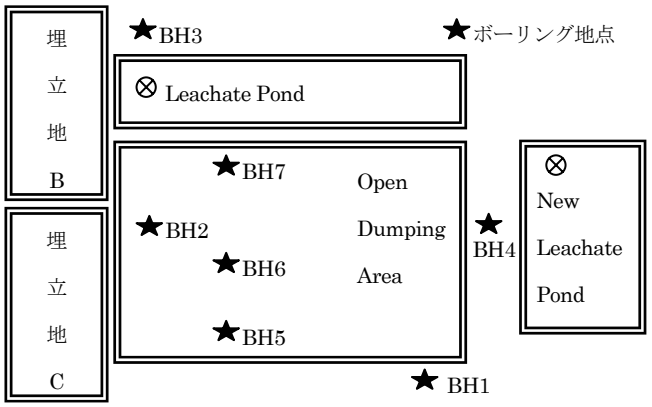


Fig. 1　サイノイ廃棄物処分場概略図

## 3 水質調査と測定方法

現地において水位，水温，電気伝導度を測定した．また現地で採水したサンプルを実験室へ持ち帰り，電気伝導度，VOC（Volatile Organic Compounds），BPA

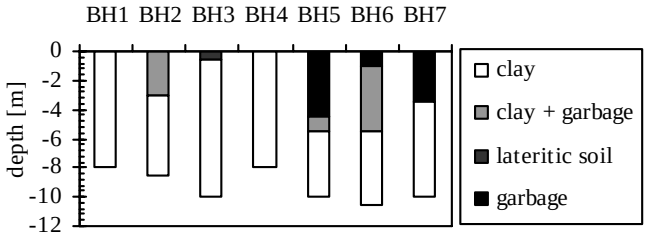


Fig. 2　ボーリング柱状図

Table. 1　BH5，6，7の粘土層における透水係数

| parameter | BH5 | BH6 | BH7 |
|---|---|---|---|
| Soil description | Medium gray clay | Medium gray clay | Stiff brown clay |
| Dept [m] | 5.5-6.0 | 5.5-6.0 | 4.0-5.0 |
| Density [g/cm$^3$] | 1.75 | 1.62 | 1.96 |
| Misture content [%] | 47.30 | 62.47 | 22.86 |
| Permeability [cm/s] (ASTM D5084) | $9.59\times10^{-9}$ | $8.74\times10^{-9}$ | $2.55\times10^{-9}$ |

キーワード　廃棄物処分場，遮水，電気伝導度，揮発性有機化合物，ビスフェノールA
連絡先　〒152-8552　目黒区大岡山2-12-1-M1-1　東京工業大学緑が丘1号館518号室

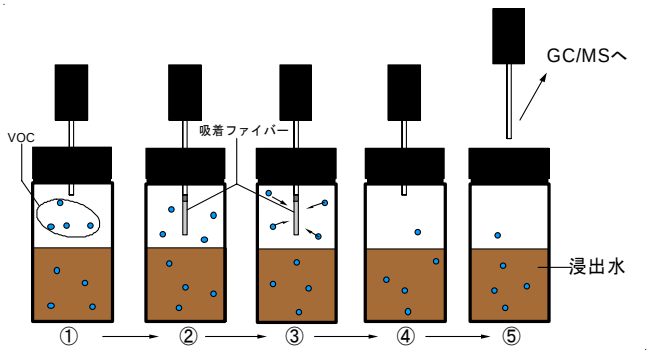


Fig. 3 固相マイクロ抽出法

（Bisphenol A）の濃度を測定した．浸出水中の VOC の測定は固相マイクロ抽出法（SPME 法）を用いた．10［mL］の浸出水を密閉可能なバイアル瓶に入れたものを試料とし，40［℃］の状態で気相中にある VOC を吸着ファイバーに吸着させ GC/MS で測定し濃度を算出した(Fig. 3)．BPA は HP/LC を用い分析定量した．各地点でサンプルを 2 つずつ採水し，その平均値を各地点での結果とした．

## 4 結果と考察

水位，水温，電気伝導度，BPA の結果を Table. 2 に示す．水位は地面より－0.6~－7.5［m］であった．埋立地の外側である BH1，3，4 は－2.3~－7.0［m］と低く，埋立地内である BH2，5，6 は－0.6~－1.0［m］と高かった．したがって，動水勾配にしたがい廃棄物層の外側へ水が流れる構造と考えられるが，揚水後の水位回復速度を調べる揚水試験が水理的状況の確認のためには必要である．

水温は 29.5~37.0[℃]であった. 特に BH5, 6 は 37.0, 35.3［℃］と高かった．BH5，6 は廃棄物層にあり，有機物の分解反応によって地中で発熱していると考えられる．

電気伝導度は 3.72~24.57［mS/cm］であった．現地で宿泊したホテルの水道水の電気伝導度 0.28［mS/cm］と比較しても明らかに高かった．埋立地内にある BH2, 5，6 よりも貯水池である LP，NLP の方が高かった．これは貯水池を蒸発池としても機能させていることから，水面からの水の蒸発が多く，イオン含有量が相対的に高くなるためと考えられる．埋立地の外側にある BH1，3，4 においても自然状態よりも電気伝導度は明らかに高く何らかの水みちの存在が疑われる．なお，表面からの汚水の浸入は極力防ぐ構造にはなっているが雨季に状況を確認する必要がある．

Table. 2 水位，水温，電気伝導度，BPA の結果

| | BH1 | BH2 | BH3 | BH4 | BH5 | BH6 | LP | NLP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W.L.[m] | −2.3 | −1.0 | −7.6 | −4.0 | −0.6 | −0.7 | − | − |
| temp[℃] | 31.2 | 29.5 | 31.3 | 30.5 | 37.0 | 35.3 | 30.0 | 34.5 |
| cond[mS/cm] | 6.43 | 11.35 | 7.79 | 3.72 | 19.05 | 11.8 | 22.59 | 24.57 |
| BPA[mg/L] | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 1.65 | − | 2.18 | 1.66 |

Table. 3 VOC の結果［μg/L］

| NAME | BH1 | BH2 | BH3 | BH4 | BH5 | LP | NLP |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1,1-dichloroethylene | N.D. | N.D. | N.D. | 3150 | N.D. | N.D. | N.D. |
| Benzene | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| Trichloroethylene | N.D. | N.D. | N.D. | 2790 | N.D. | N.D. | 0.33 |
| Toluene | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 57.9 | 0.89 | 1.24 |
| Ethyl Benzene | N.D. | N.D. | N.D. | 0.19 | 3.49 | N.D. | N.D. |
| m-Xylene, p-Xylene | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | 37.9 | N.D. | 0.29 |
| o-Xylene | N.D. | 0.13 | N.D. | 0.09 | 18.2 | 0.12 | 0.11 |
| 3 or 4 Ethyl Toluene | 0.03 | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| 1,3,5 Trimethyl benzene | N.D. | 0.04 | N.D. | 0.03 | 0.85 | 0.07 | 0.04 |
| 2 Ethyl Toluene | N.D. | 0.03 | 0.01 | N.D. | 0.13 | 0.01 | N.D. |
| 1,2,4 Trimrthyl benzene | N.D. | 0.02 | N.D. | 0.02 | 1.4 | 0.08 | 0.03 |
| 1,2,3 Trimethyl Benzene | N.D. | 0.01 | N.D. | 0.01 | 0.64 | 0.02 | 0.01 |

VOC の結果を Table. 3 に示す. BH4 で有機塩素化合物である 1,1-dichloro ethylene，Trichloroethylene が高濃度で検出された．他の対象物質と比較しても極めて濃度が高いことから, BH4 の近傍に 1,1-dichloro ethylene, Trichloroethylene を含むものが廃棄されたと考えられる. BH4 の隣にある NLP でも低濃度で Trichloroethylene が検出された．その他の地点で検出される VOC は Benzene, Toluene, Ethyl Benezene, Xylene, Ethyl Toluene, Trimethyl Benezene など芳香族炭化水素である. 廃棄物層の中にある BH5 で濃度が高かった. 廃棄物がこれらの VOC の起源になっていると考えられる．

BPA についても処分場内および浸出水貯水池から，高濃度で検出されたが周辺地下水からは検出されなかった．

## 5 結論

処分場は透水係数が $10^{-9}$［cm/s］オーダーの粘土で遮水されていたが, 処分場直近のボーリング孔内水は, 電気伝導度が高く，VOC類が検出された．

処分場内ボーリング孔内で検出される VOC 類は, 芳香族炭化水素類であり，かなり濃度が高かったが浸出水貯水池では濃度が減少しており揮発したと考えられる．

また, 処分場内および浸出水貯水池から BPA も高濃度で検出された．

## 謝辞

本研究は，日本学術振興会の拠点大学交流プロジェクト【東京工業大学，フィリピン大学（カセサート大学)，「アジア型都市地域における環境と調和したインフラ整備モデルの構築」】によって行われた．