

砂・砂礫・鹿沼土に対する TCE ガスの吸着現象に関する研究

広島工業大学院 学生会員 ○柳井 祥吾
 広島工業大学 正会員 石井 義裕
 広島工業大学 非会員 堅田 高伸
 広島工業大学 非会員 藤岡 直也

1. 研究目的

汚染を完全に除去するためには、汚染源の特定が必要であり、汚染源の特定には土の特性を把握することが重要となる。本研究では、土の特性を把握するため、ガスクロマトグラフを用い、土の種類、粒径の条件の違いにより、地下空間において土壌が吸着量や遅延係数にどのような影響を与えるか検討する。

2. 土壌の特性値

写真-1, 2に示す鹿沼土, まさ土を実験で用いた。これらの土の特性を把握するために密度試験¹⁾, 含水比試験¹⁾, 粒度試験¹⁾を行った。

表1, 表2に試験結果を示す。密度試験はいずれも大きな違いは見られなかった。しかし、含水比を見ると、鹿沼土は10%程度水を含んでいるのに対し、まさ土はほとんど水を含んでいないことがわかる。また、間隙比においては、水と空気の割合が土粒子の体積に比べ、鹿沼土は大きく、まさ土は小さいという違いが見られた。粒度試験においては、鹿沼土の D_{50} 値は0.008mm、まさ土の D_{50} 値は1.0mmであった。また、図1より鹿沼土の特徴として、細粒分が多い土であることがわかる。まさ土においては細粒分と粗粒分が同じ程度ある土であることがわかる。この結果より、吸着量や遅延係数に違いが出るのではないかと考えられる。

3. 実験方法

試料土を110℃で24時間炉乾燥させ、含水比を0%にする。次に、土壌を入れたバイアル瓶にTCE原液1μlを注入し、常温（約20℃）で24時間振とうさせる。そして、ガスクロマトグラフで測定する。得られたデータから式(1)に代入し吸着係数を求める。

$$\frac{C_B V_B}{C_S V_S} - 1 = K_d \cdot \frac{M}{V_S} \quad (1)$$

ここで、C：ヘッドスペース部分のTCE濃度（mg/l）、V：ヘッドスペース部分の体積（ml）、M：土壌の質量（g） K_d ：土壌吸着係数、添字B、Sは空のバイアル瓶（blank）、土壌の入ったバイアル瓶（sample）を表す。

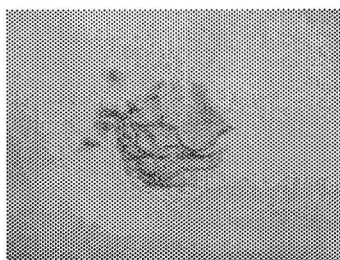


写真 1 鹿沼土

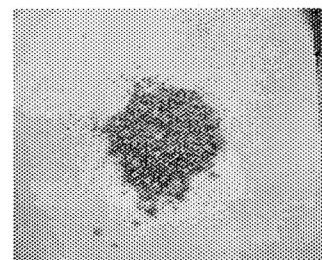


写真 2 まさ土

表 1 鹿沼土の特性値

粒径(μm)	密度(g/cm ³)	含水比(%)	間隙比	間隙率(%)
850	2.574	10.584	8.569	89.550
425	2.589	9.638	8.234	89.171
250	2.591	9.693	7.633	88.416
106	2.585	8.791	6.732	87.066
以下	2.583	8.734	5.944	85.598

表 2 まさ土の特性値

粒径(μm)	密度(g/cm ³)	含水比(%)	間隙比	間隙率(%)
850	2.568	0.277	0.668	40.059
425	2.608	0.426	1.418	58.642
250	2.612	0.434	1.714	63.157
106	2.558	0.619	1.893	65.431
以下	2.538	0.871	1.647	62.214

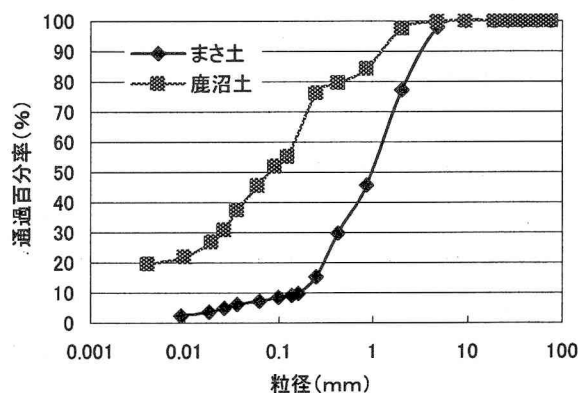


図 1 粒土試験結果

4. 実験結果

(1) 鹿沼土の吸着係数と遅延係数

図2に粒径ごとの吸着係数の比較、図3に吸着係数と間隙率の関係、表3に粒径と表面積の関係を示す。図2より粒径が大きくなるにつれて、吸着係数も大きくなっているのがわかる。図3より間隙が大きくなると吸着係数も増加しているのがわかる。また、表3より土の表面を球状と考えた場合、鹿沼土の平均粒径は粒度試験より0.08mmであり、鹿沼土の単位体積当たりの表面積は、まさ土と比べて約100倍であるのがわかる。間隙、表面積の増加によりTCEが多く吸着したのではないかと考えられる。また、図4に粒径ごとの遅延係数の比較を示す。粒径が大きくなるにつれて、遅延係数も大きくなっている。すなわち粒径が大きくなると、時間的に汚染の広がりが遅くなるということがわかった。

(2) まさ土の吸着係数と遅延係数

広島県に多く存在するまさ土について検討した。実際の土壌状態に近づけるため、ふるい分けを行っていない土を使用するものとする。表4にまさ土の吸着係数を示す。吸着係数は79.7であり、鹿沼土に比べ、土に吸着しないことがわかる。まさ土は間隙が少なく、平均粒径も大きいいため、単位体積当たりの表面積は少なく、吸着しにくかったのではないかと考えられる。また、表3にまさ土の遅延係数を示す。遅延係数は5.0で、鹿沼土の遅延係数に比べ、小さい値になっている。これよりまさ土は、汚染が広がる時間が早いということが考えられる。

表4 まさ土の遅延係数

吸着係数(K_d)	土の乾燥密度(ρ_d)	間隙率(n_e)	遅延係数(R)
79.7	2.0	40.2	5.0

5. 結論

本研究で得た知見を以下に示す。

1. 吸着量は、間隙と表面積に左右される。
2. 鹿沼土において、粒径、吸着係数、遅延係数は大きく関係している。
3. 鹿沼土は汚染物質が吸着しやすいが、遅延係数は大きく、時間的に汚染が広がりにくい特性を持っている。
4. まさ土は汚染物質は吸着しにくい、遅延係数が低い、時間的に汚染が広がりやすく、同一時間内においては土壌汚染が広範囲に広がってしまう特性を持っている。

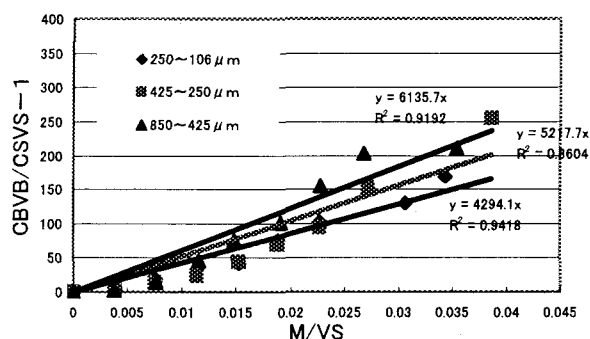


図2 吸着等温線（鹿沼土）

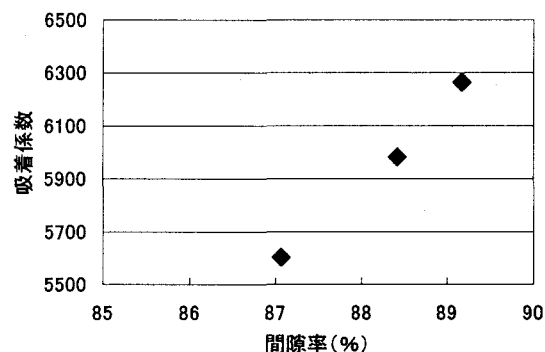


図3 間隙率と吸着整数の関係

表3 間隙率と吸着整数の関係

土の種類	鹿沼土	まさ土
平均粒径(mm)	0.08	1.0
粒子1つあたりの表面積(mm ²)	0.02	3.14
1mm内の各粒径の個数(個)	16100	1
単位体積あたりの表面積(mm ²)	321	3.14

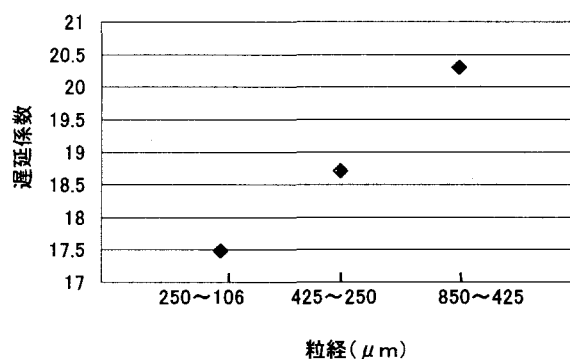


図4 間隙率と吸着整数の関係