

バイオベンティングが汚染土壌中の微生物及びガスの挙動に及ぼす影響

Effect of Bioventing on Microorganisms and Gas Transfer

須甲武志 井本博美 溝口勝 宮崎毅

Takeshi SUKO Hiromi IMOTO Masaru MIZOGUCHI Tsuyoshi MIYAZAKI

1. はじめに

汚染土壌を現場で安価に浄化する技術として、土着の微生物に栄養塩や酸素を与えて活性化させ、汚染物質の分解を促すバイオレメディエーションがある。なかでも、現場に井戸を掘り、空気を送りこむ手法をバイオベンティングという。欧米では、この技術が実用的に利用され、実施前のシミュレーション手法の開発も進んでいる(McClare et al. (1996))。しかし、それらは砂を用いたものが多く、わが国に広く存在する火山灰土についての報告は少ない。また、土壌のガス移動に関して、拡散に焦点をあてたものは多いが、強制的な通気や微生物の活性を中心に扱ったものは少ない。

そこで、本研究では、(1) 豊浦砂および火山灰土を用いて、微生物活動による汚染物質(軽油)の除去効率の違いを確かめること[バッチ試験]、(2) 強制的な通気が、汚染物質の除去や微生物活動に及ぼす影響を明らかにすること[カラム試験]を目的として実験を行なった。

2. 実験

2.1 試料

豊浦砂および火山灰土(千葉県八千代市の深さ 150cm の立川ローム層[乾燥密度: 0.53 Mg m^{-3} 、含水比: 125%])を用いた。

汚染物質として軽油を質量比で乾土 1 あたり 1%になるよう混合した。栄養塩には、細菌の培養で一般的に用いられるエッグアルブミン培地液を用いた。軽油、及び栄養塩は、実験前に試料土と混合し、冷蔵庫にて一日放置した。

2.2 実験方法

(1) バッチ試験

実験条件を Table 1 に示す。100mL のバイアル瓶に軽油、栄養塩を混合した試料を 30g 程度入れ、ゴム栓をしたものを 8 個作り、30 のチャンバー内に放置した。そして、3, 7, 10, 14, 21, 28, 38, 48 日後に 1 個ずつ取り出し、各測定を行った。

Table 1 バッチ試験の実験条件

Conditions of batch test

| 試料名 | 試料土 | 含水比 (%) | AC 処理 ¹⁾ | 軽油(%) |
|--------|------|---------|---------------------|-------|
| S10N1 | 豊浦砂 | 10 | 無 | 1.0 |
| S25N1 | 豊浦砂 | 25 | 無 | 1.0 |
| S10A1 | 豊浦砂 | 10 | 有 | 1.0 |
| S10N0 | 豊浦砂 | 10 | 無 | 0.0 |
| V90N1 | 火山灰土 | 90 | 無 | 1.0 |
| V140N1 | 火山灰土 | 140 | 無 | 1.0 |
| V90A1 | 火山灰土 | 90 | 有 | 1.0 |
| V90N0 | 火山灰土 | 90 | 無 | 0.0 |

1) AC 処理とは、126、1.2atm で 30 分間のオートクレーブ処理のことを指す。

(2) カラム試験

装置図を Fig.1 に示す。内径 5cm、高さ 2cm のアクリルリングを 10 個積み重ねたカラムに、軽油・栄養塩を加えた豊浦砂(1.55 Mg m^{-3})、および火山灰土(0.50 Mg m^{-3})で充填し、下から 1.030 kgf m^{-2} の圧力で 40 日間通気を行った。

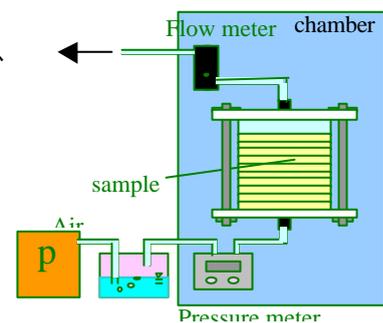


Fig. 1 カラム試験の概略図

Outline of Column test

2.3 測定項目

Table. 2 に測定項目を示す。

Table. 2 測定項目

| Measurement items | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|
| 測定項目 | 測定法 | バッチ試験 | カラム実験 |
| O ₂ 、CO ₂ 濃度 | GC | | |
| 残留軽油濃度 | IR | | |
| 微生物数 | 全菌数計測 | | |
| ガス流量 | 流量計 | | |

: 測定を行った項目

GC: ガスクロマトグラフ

IR: 赤外分光光度計

3. 結果と考察

3.1 バッチ試験

Fig. 2 にガス濃度の経時変化、Fig. 3 に軽油の除去率の経時変化を示す。豊浦砂、火山灰土とも、含水比の低い条件の方が、微生物活性(O₂、CO₂ 濃度変化から判定)、軽油の除去効率とも高くなった。また、O₂、CO₂ の濃度変化は、火山灰土において、CO₂ の増加量が O₂ の減少量より緩やかであった。これは、CO₂ の土壌水分への溶解や、土粒子への吸着などが主な原因と考えられる。

最大除去率は、48 日のバッチ試験において、豊浦砂で 52%、火山灰土で 29%であった。これ

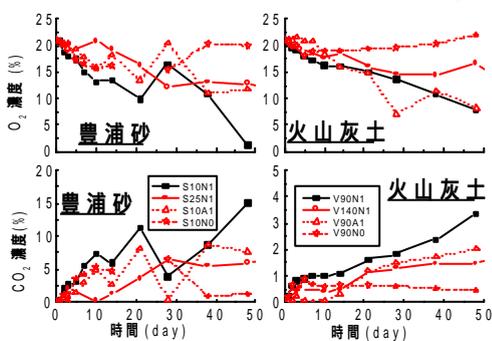


Fig. 2 O₂、CO₂濃度の経時変化

O₂ and CO₂ concentration

は、豊浦砂のほうが間隙内全体に O₂ が行き渡りやすく、それによって微生物の活性が大きくなるため、微生物が栄養源として軽油を消費するスピードが速かったためであると考えられる。

3.2 カラム試験

Fig. 4 の(a)に豊浦砂、(b)に火山灰土を用いたカラム実験における軽油残留率の分布を示す。軽油残留率は、下層で低下した。これはカラム内に汚染の除去率の分布ができたことを意味する。このような分布ができたのは、揮発が起こっているのと同時に、微生物による分解が下層で起こっているからであると考えられる。

4. まとめ

火山灰土は豊浦砂に比べ、軽油の除去効率は劣っていることが分かった。また、通気による軽油の浄化には、揮発と微生物分解という2つの成分があることがわかった。今後、その2つの成分の分離法、そして、汚染除去の視点から、微生物の生育するための最適な条件(水分量、通気流量、温度など)について考える必要がある。

【参考文献】 McClare et al. J. of Environ. Engine. No. 122(11) pp. 1003-1012 (1996)

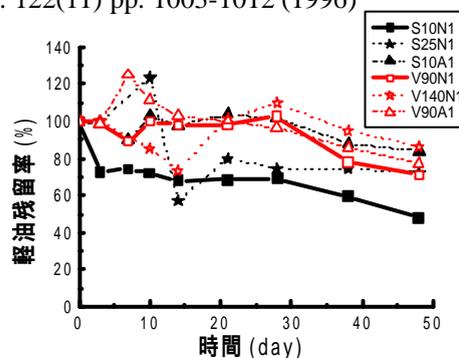


Fig. 3 軽油残留率の経時変化

Residual rate of light oil

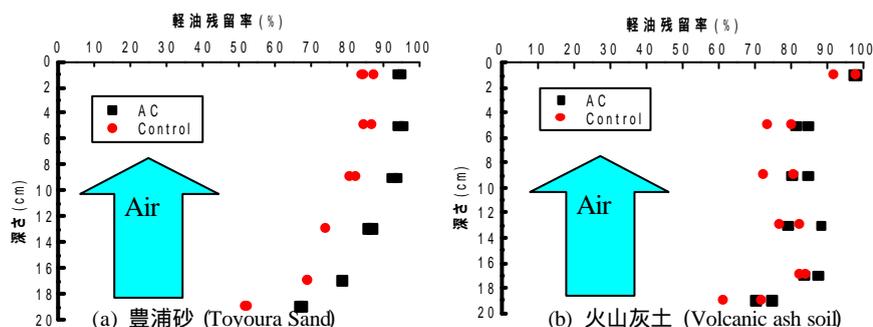


Fig. 4 軽油残留率分布

Distributions of residual rate of light oil