

VII-285

飽和層でのエアースパーキングの影響範囲に関する基礎実験

山梨大学大学院 学生員 竹花 智章

山梨大学工学部 正 員 坂本 康

山梨大学工学部 西田 継

1. はじめに

エアースパーキング法とは、地下の飽和層に空気を注入し、揮発性有機化合物を気化させて地下水を浄化する技術であるが、地下での物質の動きについてはほとんど解明されていない。そこでガラスビーズを飽和層として模擬実験を行い、ガラスビーズの粒径、注入空気量が空気の通過する範囲に与える影響について検討した。

2. 実験方法

2-1 実験手順

アクリル板で製作した実験装置(図1, 高さ 25cm, 幅 30cm, 奥行 1cm)の中央に注射針を設置し、条件に合ったガラスビーズを底から 18cm ほどになるように振動を与えて均一に詰めた。

次に飽和層になるように赤インクで着色した水を注入し、ガラスビーズ層から空気を抜いた。空気注入によってビーズが舞い上がることを防ぐため、層上にさらに大きいガラスビーズを載せ圧力をかけた。この状態で底部の注射針から空気を注入し、20 分後の空気の移動した様子(空気みち)を観察した。

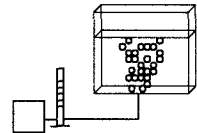


図1 実験装置概要

2-2 実験条件

実験で用いたガラスビーズの粒径、注入空気量、実験回数を表 1 に示す。また、この他に実験 6 の条件で実験装置を 30 度傾けて、重力の影響を弱めた実験も行った。

表 1 実験条件

実験	粒径 (mm)	注入空気量 (ml/min)	実験回数
1	0.84~1.00	26.9	3
2	0.84~1.00	67.9	3
3	0.84~1.00	62.1	3
4	0.84~1.00	260.1	3
5	1.00~1.41	26.9	3
6	1.00~1.41	67.9	3
7	1.00~1.41	62.1	3
8	1.00~1.41	260.1	3
9	1.41~1.70	26.9	3
10	1.41~1.70	67.9	3
11	1.41~1.70	62.1	3
12	1.41~1.70	260.1	3

3. 結果と考察

3-1 水平方向移動距離に与える粒径、空気量の影響

空気みちの水平方向移動距離(底面から 18cm 上での値)とガラスビーズの平均粒径との関係を図 2 に示す。表 2 には、文献¹⁾に見られた同様にガラスビーズを使った実験での値(図から計測)を示す。図 2 には、粒径が大きいほど水平方向の移動が起りやすい傾向が、とくに空気量が比較的小さいときに見られる。粒径が 0.75mm の文献の値では、さらに水平移動が小さい。

水で飽和された空隙に空気が侵入するときの駆動力は空気と水の絶対圧力の差である。一方、水と空気との界面での表面張力、粒子面での粘性力が空気への侵入抵抗力として働いている。これらの力だけでは、空気は鉛直方向の空隙にも水平方向の空隙にも同じように侵入しうるが、実際には鉛直方向の移動が卓越しており、重力の関与も大きい。鉛直方向への駆動力、 $\langle \text{絶対圧力差} \rangle + \langle \text{重力(浮力)} \rangle - \langle \text{侵入抵抗力} \rangle$ が水平方向への駆動力、 $\langle \text{絶対圧力差} \rangle - \langle \text{侵入抵抗力} \rangle$ よりどの程度大きいかにより空気の侵入方向が決まると考えられる。実験前は、粒径が小さいときは侵入抵抗力の影響が重力の影響より相対的に大きくなり、重力方向の卓越性は弱まり水平方向にも移動しやすくなると考えた。しかし、実験結果は逆の傾向であった。

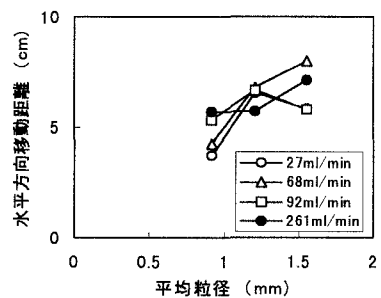


図2 平均粒径と水平方向移動距離

キーワード 地下水汚染, エアースパーキング, フラクタル次元

連絡先 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8591 FAX 055-220-8770

水平方向移動距離と空気量との関係を図3に示す。ここでは、粒径が小さいときには空気量が多いほど水平方向移動が大きい傾向が見られる。この傾向は表2にも見られる。

表2 文献¹⁾の値

	空気量	0.75mm	0.75mm+0.3mm
移動距離 (cm)	low (236ml/min)	1.82	—
	moderate (?)	6.18	18.2
	high(3937ml/min)	18.2	22.7
フラクタル 次元 (-)	low (236ml/min)	1.44	—
	moderate (?)	1.56	1.70
	high(3937ml/min)	1.86	1.77

3-2 空気みちのフラクタル次元に与える粒径、空気量の影響

空気みちの広がり方の複雑さをフラクタル次元で評価した。フラクタル次元の値が大きいほど空気みちが複雑で、水と空気の接触がよく起こり、揮発性有機化合物の気化には適すると考えられる。

平均粒径、空気量とフラクタル次元の関係を図4、5に示す。空気量が多いときには大きな粒径のときにフラクタル次元が極端に小さく、粒子が大きいときには空気量が多いほどフラクタル次元は小さくなる傾向が見られる。大きな空隙を強い力で移動するときには1次元の流れになると考えられる。さらに粒径の小さい文献¹⁾の結果では、逆に空気量が多いほどフラクタル次元は大きくなっている。

3-3 空気みちの方向の決定要因

空気みちの形成には、絶対圧力差、重力（浮力）、侵入抵抗（毛管力、粘性力）が関係すると考えられる。今回は、絶対圧力の差は測定していない。透気係数が粒径の2乗に比例するときは、絶対圧力の差は $Q/(d \cdot d)$ に比例すると予想される。また、空気の侵入を妨げる毛管力、粘性力は、空隙が小さいほど大きいと考えられ、その大きさは $1/d$ 、 $Q \cdot d$ などに関係すると考えられる。しかし、これらをパラメータとしたデータ整理の結果には、はっきりした傾向は見られなかった。

一方、重力の影響を小さくするため、実験装置を30度傾けた実験では、他の条件は同じ実験6のフラクタル次元1.69より大きいフラクタル次元1.74となり、重力の影響が確認できた。

実験結果のように、粒径が大きいほど水平方向移動距離が大きいことを説明するためには、鉛直方向の方が水平方向よりも侵入抵抗の影響が小さいと考える必要がある。原因としては、粒子の詰まり方、接触角の相違などが考えられるが確認できていない。

4. まとめ

エアースパージングでの空気の移動について以下が観測された。

- 1) 空気量が比較的小さいときは、粒径が大きいほど水平方向移動が起こりやすい傾向がみられた。粒径が小さいときには、空気量が多いほど水平方向の移動が起こりやすい傾向が見られた。
- 2) 空気量が多いときには大きな粒径のときにフラクタル次元が極端に小さく、粒子が大きいときには空気量が多いほどフラクタル次元は小さくなる傾向が見られた。
- 3) 実験装置を傾け重力の影響を小さくした実験では、フラクタル次元はより大きくなった。

[文献]

1) Wei Ji ら: Laboratory Study of Air Sparging: Air Flow Visualization, GWMR, Fall 1993, pp.115-126.

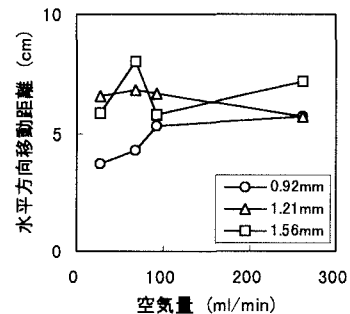


図3 空気量と水平方向移動距離

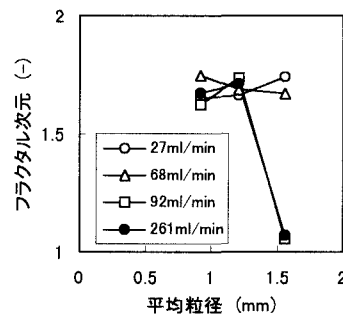


図4 平均粒径とフラクタル次元

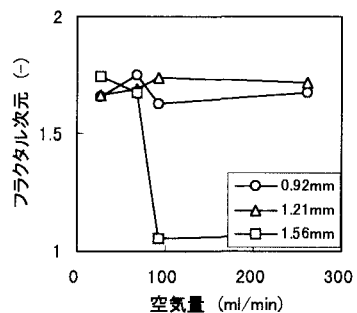


図5 空気量とフラクタル次元