

超微細気泡を含む気泡水による油汚染土壌の改質の試み

Oil Separation by Micro Bubble Injection in Oil-Polluted Soil Processing

後藤世至男（京大院） 芹澤昭示（京大） 八尋俊彦（株）オーラテック

GOTO Yoshio, SERIZAWA Akimi, YAHIRO Toshihiko

Abstract A preliminary experiment has been conducted by micro air bubble injection to remove oil contamination from the polluted soil. A crowd of micro bubbles consist milky bubbly water. The average size of micro bubbles is roughly several tens microns. Along with oil-contaminated soil experiments, we visually observed micro bubble behaviors and their hydraulic interactions with glass beads of different diameters which simulated soil particles in stagnant liquid. The result indicated that micro bubble injection enhances efficient oil separation from polluted soil under fluidized conditions. However, it is likely that micro bubbles do not so efficiently interact with closely packed solid particles in stagnant conditions.

Keywords: oil separation, polluted soil, micro bubbles

1. はじめに

近年、日本のみならず世界中で環境問題の解決に向けて様々な研究がなされている。その1つに工場敷地内や産業廃棄物置場等での有害物質や油汚染土壌の浄化処理問題がある。たとえば、石炭系炭化水素、油分、及びPCB等の有害物質に汚染された土壌に至るところで確認されており、問題は年々深刻化している。こうした汚染土壌の浄化法の1つとして、近年、マイクロバブル（超微細気泡）を利用する方法が検討されている。本研究は、汚染土壌の下からマイクロバブルを含む気泡水を流すことによって、マイクロバブルの持つ物理的吸着効果や油成分の剥離効果を利用して土壌中の汚染物質を分離し、土壌洗浄を行うことを目的とした研究の第一歩である。本研究では、マイクロバブルを含む気泡水や汚染物質の挙動などを観察するため、油汚染土壌の土粒子の代用としてガラスビーズを用い、汚染物質として市販のドリル用オイル（成分：鉱油）を用いた模擬実験、及び、実際に油により汚染された土壌に気泡水を流入させ、マイクロバブルの効果を観測した。

2. 実験法

2.1 実験装置

Fig.1 は本実験で用いた可視観察装置である。水槽内でマイクロバブルを発生させて得た気泡水を自由落下とポンプ水流を利用して試験部へ送る。この気泡水を試験容器内の油を付着させたガラスビーズの下方から流入させる。使用したビーズ径は0.2mm、0.6mm、1.0mmの3種類である。また、試験部容器は高さ100mm、幅50mm、奥行きは使用したガラスビーズの径の倍のサイズの透明アクリル製矩形容器である。また、実際の油汚染土壌を用いた洗浄実験で使用した透明アクリル製矩形容器は高さ240mm、横150mm、幅50mmである。また、マイクロバブルは（株）オーラテック社製の加圧溶解式ポンプとキャビテーションノズルを使用して発生させた(Fig.2)。この装置で発生する気泡は平均気泡径50 μ 、気泡数密度 10^6 個/cc、気泡水のボイド率は約0.5%程度である。

2.2 測定方法

本実験ではマイクロバブル、微粒子などを観測するために二つの光学系を用いた。一つは、デジタルズームによる

ビデオカメラに接写レンズを取り付けたもので、実倍率は20倍程度である。他は顕微鏡を高速カメラに取り付けたもので、実倍率は300倍程度である。前者は巨視的観察を目的とし、ガラスビーズ間でのマイクロバブルの流動や気泡の合体、及び、ガラスビーズに付着させた油の離脱の様子を可視観察するのに用いた。後者はビーズ表面でのマイクロバブル、油成分の挙動を微視的に観測するのに使用した。

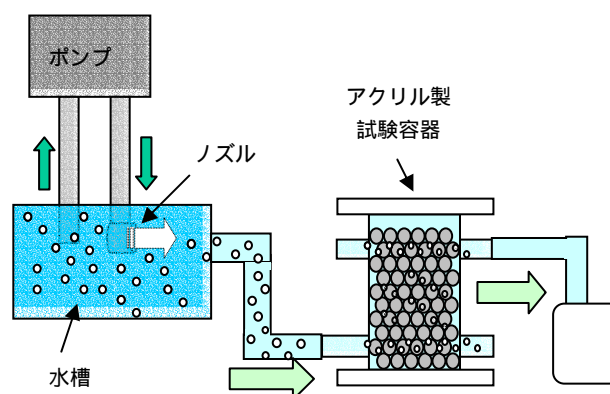


Fig.1 Schematic of experimental apparatus



Fig.2 Micro bubble generation by cavitation nozzle

3. 測定結果

3.1 静止した粒子間を通過するマイクロバブル挙動の観察

気泡はガラスビーズ間を通過する時にその表面に付着し、他の気泡と合体・成長し、観測場の諸所に気泡コロニーを形成する。この気泡コロニーは時間と共に更に成長し、浮力により離脱浮上し、周囲に局所的な循環流を形成する。Fig.3 はガラスビーズ間での合体成長を含む気泡挙動の観察結果の一例である。1.0mm 径のガラスビーズでは比較的大きな気泡コロニーにまで成長し、多数のマイクロバブルの通過が観察されたが、ビーズ径が小さくなるに従い、気泡は通り難くなる。径0.2mm の場合ではほとんど気泡は通らなかった。実際の土粒子は大きさが数十ミクロンのものもあり、土粒子が静止した状態では土粒子間に多数のマイクロバブルを通過させることは容易でない。

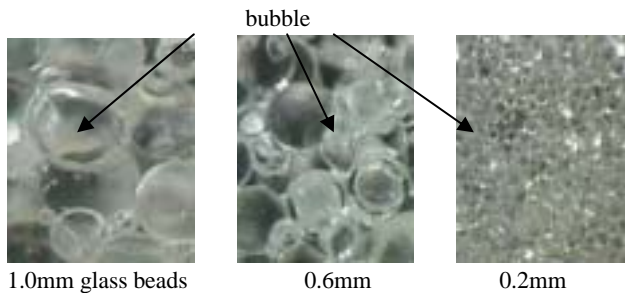


Fig.3 Micro bubble behaviors between glass beads

3.2 粒子表面における油付着の観察

次に顕微鏡を用いてガラスビーズ表面の油の様子を観測した (Fig.4)。このときの気泡水の流速は約 2.8cm/s である。Fig.4 の 1 と 2 の写真から、ビーズ表面の油の有無はビーズの色の明暗と模様から識別できる。たとえば、3、4、5 の写真の明度は次第に明るくなっている。変化はビーズ表面からの油の離脱に対応するものである。(写真の黒点模様は他の付着物)。

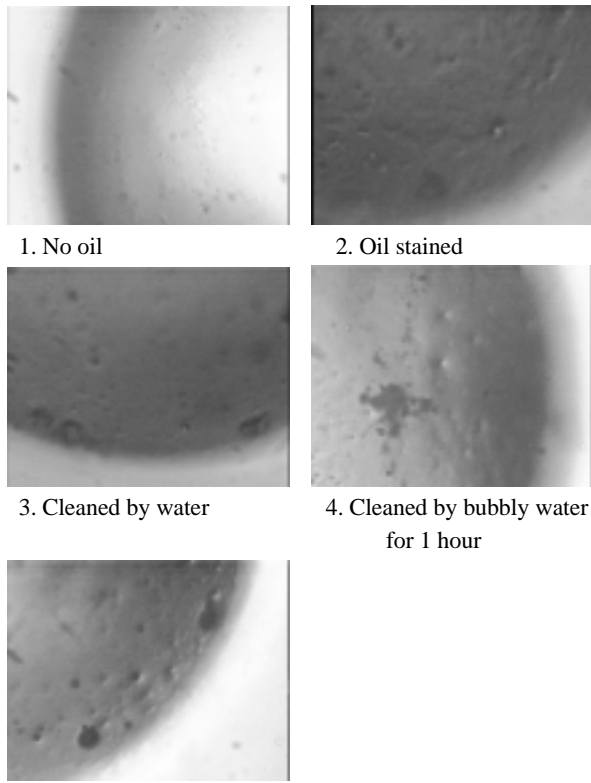


Fig.4 Surface of glass beads observed by microscope

3.3 汚染土壌の流水による洗浄実験

油で汚染された土壌サンプル 300 グラムを試験容器に入れ、水単相流及びマイクロバブルを含む気泡水を用いて、流水条件下で洗浄した場合の洗浄度の違いを測定した。流水条件は、水単相流及び気泡水の流入流量を調整し、汚染土壌粒子が浮遊状態になる条件とした。この時の流速は約 95cm/s であった。洗浄後の廃液の上澄み液をサンプリングし、更に微小な固体粒子をフィルターで除去する。この液は懸濁状態にあり、長時間放置しても沈殿しないことから、エマルジョン化した油が液中に浮遊しているものと考えられる。Fig5 は水単相流及び気泡水で処理した後のそれぞれのサンプル液のカラー写真を、任意の水平方向の色相の値をグラフ化し、解析したものである(解析ソフト Image nos)[1]。ご写真の背景色にブルーの紙を用いたことから、色相の値はブルーに近い値で解析した。なお、RGB の色彩モデルでも解析できるが、より明確な違いが出た色相の成分で行うことにした。この解析結果は、気泡水に比べて水単相流の方が大きな色相値を示しており、気泡水による洗浄廃液の方が液中に混濁物質が多く存在することが分かる。即ち、マイクロバブルを含む気泡水の方が水単相流よりも油汚染土壌からより多くの油成分を取り除いている。

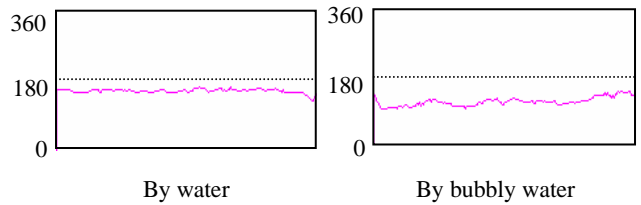


Fig.5 Analysis of oil in water by hue

4. 考察及び結び

油を付着させたガラスビーズ及び汚染土壌の洗浄実験より、マイクロバブルを含む気泡水により洗浄効果が促進されることを定量評価により確認した。Fig.6 に現状で想定される、マイクロバブルによる粒子表面から油成分の離脱過程を示したが、その詳細な機構解明や定量評価を行う段階に到っていない。土壌洗浄に関しても、気泡水中の気泡径、気泡密度、流量、攪拌性等々への依存性など、詳細なデータが必要である。今後、油の定量分析や気泡挙動解析などを課題に研究を進める予定である。

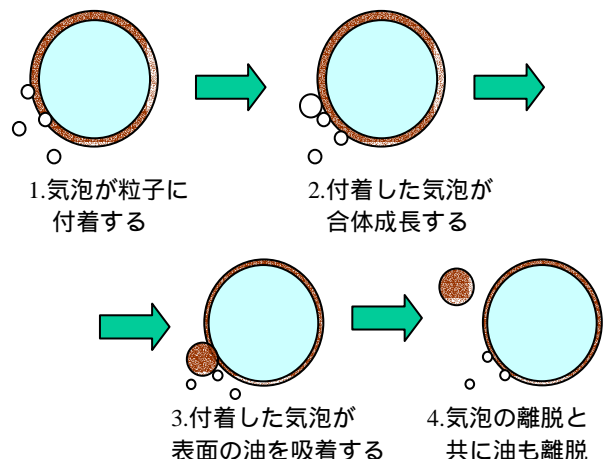


Fig.6 粒子表面からの油成分除去モデル

参考文献

[1] 流れの可視化ハンドブック 浅沼強 他

