

超微細気泡による油汚染土壌改質と油水分離

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

後藤 世至男 (京大院)、芹澤 昭示 (京大)、江口 俊彦 ((株) オーラテック)、

田中 博 ((株) クリモトメック)、伊津美 満 ((株) クリモトメック)

GOTO Yoshio, SERIZAWA Akimi., EGUCHI Toshihiko, TANAKA Hiroshi, ITSUMI Mitsuru

Abstract Oil-contaminated soil is one of the serious environmental hazards in our daily life. The purpose of this report is to develop a new technique for purifying the soil by micro air bubble injection. This separation process inherently incorporates two requirements. One is the separation of oil from solid particles. The other is to separate the oil from water in oil-in-water emulsion. In this report, we will describe our developed technique for oil separation in oil-in-water emulsion and the related mechanism. We also present the optimal conditions for plant design.

Keywords: micro bubbles, oil-in-water emulsion, separation

1. 緒論

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。特に油汚染土壌の浄化についてはいくつかの方法が試され、実用化に向けて研究がなされている。現在、比較的軽い油は 200℃以上の熱を与え、揮発させることによって処理を行っている。それ以外の油に関しては微生物による分解など様々な方法が試されているが、大量の油を安定した性能で処理する方法が求められており、その1つの方法として、マイクロバブル(超微細気泡)を用いる方法が検討されている。マイクロバブルの物理的吸着や浮上効果などを利用し、油分の分離除去を促進するものである。実用化に際して、汚染土壌からの油成分の分離、プラントの排水中に含まれる油のエマルジョン中の油水分離などの技術開発が求められる。本研究では、試験プラントを用いてマイクロバブルによる油汚染土壌改質実験を行った。特に、水-油エマルジョン系における油水分離に関する成果を述べる。

2. 実験概要

2.1 実験装置

Fig.1 は実験装置の概略である。試験プラントは直径 350mm、高さ 550mm の円筒形で、材質は厚さ 10mm の透明なアクリルである。また、装置の底部はスラッジを取り除くため円錐形としている。ポンプで試験用原水を循環させ、試験容器底部近くに設けた2箇のマイクロバブル発生器から循環原水と共にマイクロバブルを容器内に導入する。使用したマイクロバブル発生器は(株)オーラテック社製のオーラジェットノズルで、水流による負圧を利用してノズルに空気を自吸させるエジェクタである。円筒容器底部周方向に相対して設置されたマイクロバブル発生器は容器側面の接線方向に対して水を流入させるため、容器内に旋回流を誘起する。この旋回流により上昇速度の極めて遅いマイクロバブルを円筒容器内に効率的に様に分布させることが出来る。また、中心部での気泡の合体や油分の落下を防ぐために中心に細い棒を設置した。側面にはバルブを 75mm おきに設置し、サンプリングを行った。エマルジョンの油は界面活性剤などが混入されていない胡麻油

を使用した。

2.2 測定方法

試験プラントの性能評価を行うためには試験容器内の油濃度分布及びその時間変化を測定する必要がある。エマルジョン中の油濃度を正確に測定する手法として、本研究では新たなサンプリング法を開発した。

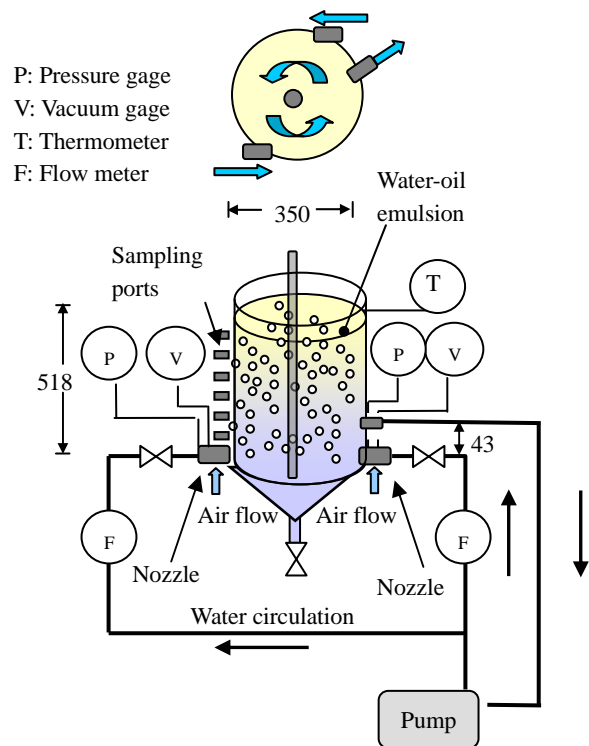


Fig.1 Experimental apparatus for oil-water separation

まず試験容器内の所定の位置から (Fig.1 中に Sampling ports として図示) 原水約 400cc をサンプルし、その質量を電子天秤で計測する。サンプル液中のマイクロバブルは遠心分離機により予め除去し、また流体の密度及びサンプル容器の容積を一定に維持するため、測定は温度を 15°C に保って行った。測定誤差は ±300ppm 程度である。実験は油-水エマルジョンの初期油分濃度を約 10000ppm 及び 20000ppm として行った。

ボイド率は試験容器内 (界面から約 200mm 下方の位置) でサンプルした気泡を含む溶液の質量を計測し、気泡を含まない場合の溶液との質量差から求めた。

また、ボアスコープを用いて界面より深さ 150mm の位置での気泡径を可視観測した。また、油のエマルジョン液での気泡及び油粒子の様子を観測するために、マイクロスコープを用いて 1000 倍及び 2000 倍での画像を取めた。

3 実験結果及び考察

3.1 ボイド率と気泡径

Fig.2 は試験容器内のボイド率 α の測定結果である。本研究で使用したマイクロバブル発生器の原理から推測し、吸い込み空気流量が増加するとともに気泡径が大きくなると予想されるが、Fig.2 に示すドリフトフラックスモデル (分布パラメータ $Co = 1.2$ 、ドリフト速度: ストークス則仮定) (Fig.2 中の実線) との比較も妥当な結果を示している。またボアスコープによる可視観察からも平均気泡径は 100 μm (低空気流量時) ~ 300 μm (高空気流量時) と推

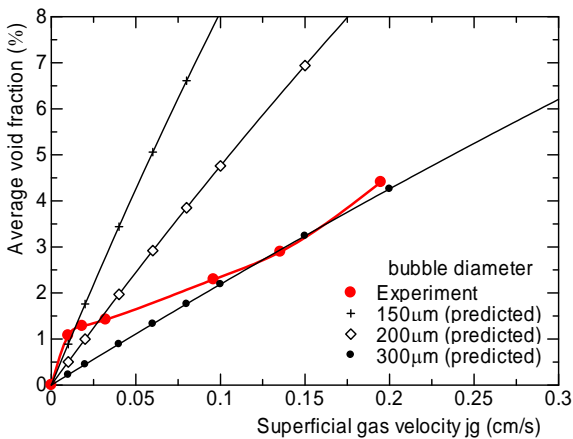


Fig.2 Average void fraction

3.2 油成分濃度分布の時間推移

Fig.3 は気泡発生部より約 300mm 上方でのサンプル液の油濃度を処理経過時間 t に対して測定し、初期値で規格した無次元濃度 C^* ($C^* = C(t)/C(t=0)$) を示したものである。試験溶液を静置した場合の方が「気泡なし」の循環時よりも油水分離が優れているのは、循環液の混合作用により分離された油滴が浮上するのを阻害されるためである。一方で、 $\alpha = 0\%$ の時に比べるとボイド率が上がるにつれ、気泡による油の浮上効果が明確に読み取れる。そして、ほぼマイクロバブルによる処理開始後 10 分程度で平衡に達し、それ以後の効果は顕著には見られない。Fig.4 は平衡濃度を規格化した値をボイド率に対してプロットしたものである。この図からボイド率が 3% 程度で十分な効果が得られること

が分かる。ここに $C^*(\alpha) = \frac{C(\alpha, t)}{C(\alpha, t=0)}$ 、

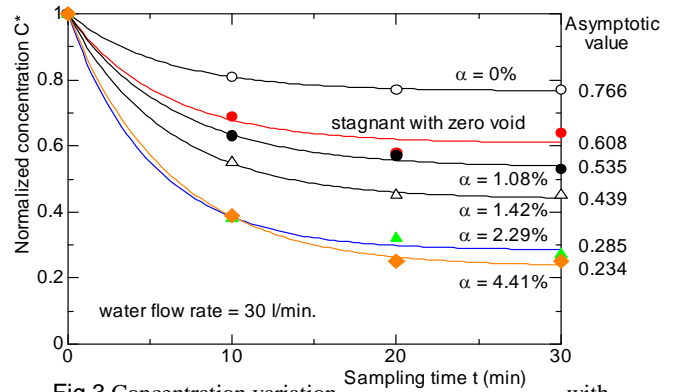


Fig.3 Concentration variation with processing time

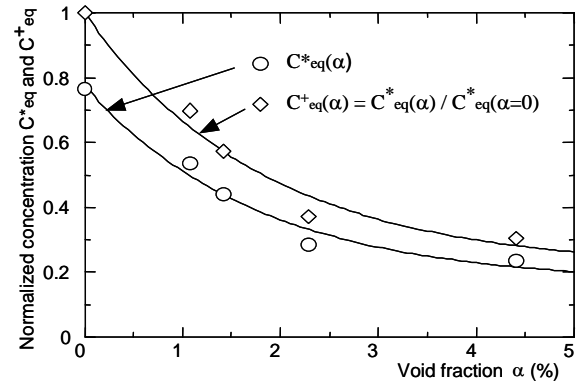


Fig.4 Equilibrium oil concentration versus void fraction

$$C_{eq}^+(\alpha) = \frac{C_{eq}^*(\alpha)}{C_{eq}^*(\alpha=0)}$$

である。

3.3 油粒子および気泡の挙動観測

Fig.5 は幅 0.45mm のセル内で油のエマルジョン内に気泡流を流し、気泡の油粒子の与える影響を観測した。ここで、1000 倍のマイクロスコープを用いた。写真左下、及び右上に見えるのが気泡で大きさは約 30~40 μm である。また、数 μm の油粒子がブラウン運動をして存在することが確認できた。そして、気泡表面に油粒子が吸着し、浮上を促進する様子が観測できた。

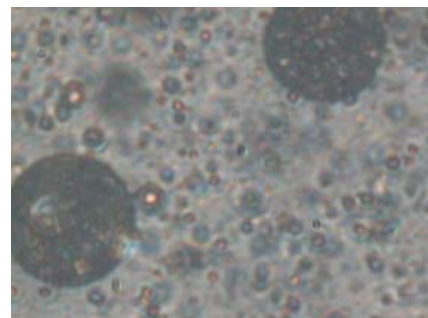


Fig.5 Micro bubbles in oil-water emulsion

4. 結論

本研究により、油が処理水中でエマルジョン化した油滴となった状態での分離にマイクロバブルが非常に効果的であることが明らかとなった。また、その分離機構がマイクロバブル表面への油滴の吸着による floatation であることを明らかにした。さらに、実機プラントの設計の目安として、オーラテック社製の発生器を使用した場合、原水の処理槽内滞留時間 10 分、ボイド率 3% 程度で除去率 70~80% が得られることを示した。今後は、気泡による油分分離の可視観測などを通して、そのメカニズムを更に詳しく解析していく予定である。