

自転公転式攪拌装置による高粘度流体中からの脱泡

野辺善仁^{*,**†}・高畑保之^{**}・野々村美宗^{**}・高橋幸司^{***}

*アキシス(株) 東京都荒川区南千住3-6-15 (〒116-0003)

**山形大学工学部バイオ化学工学科 山形県米沢市城南4-3-16 (〒992-8510)

***鶴岡工業高等専門学校 山形県鶴岡市井岡字沢田104 (〒997-8511)

† Corresponding Author, E-mail: y.nobe@j-axis.co.jp

(2017年4月4日受付, 2017年7月12日受理)

要 旨

脱泡は一般に遠心脱泡で行われるが、擬塑性を示す液体中からの微細気泡の脱泡は難しい。本研究では新たな脱泡装置として自転公転式攪拌機を開発し、擬塑性を示す高粘度ジェル中に存在する1 μLの大きさの気泡の脱泡を試みたところ、気泡の数にかかわらず数十秒で脱泡が終了した。この脱泡のメカニズムを明らかにするため、液面上部に赤く染色したジェルを滴下して自転公転操作を行い、遠心操作との比較を行ったところ、遠心脱泡法では赤色ジェルは攪拌前と同じ場所に残留しており、2液の混合はまったくなされていなかったが、自転公転式攪拌では、ジェル全体が赤色に染まり、容器内全体を攪拌する流れが生成していることが確認できた。すなわち、遠心操作に加えて自転操作を行うことで流動が促進され、攪拌と脱泡がされたものと考えられる。

キーワード：脱泡, 自転公転式攪拌機, 高粘度流体, 遊星式攪拌機

1. 緒 言

気泡の混入は塗料, インキ, 化粧品, 接着剤の品質に悪い影響を及ぼすことがある。たとえば, 塗工プロセスにおいて気泡が混入すると, 表面に凹凸があらわれて商品の見栄えや塗膜の透明度が悪くなるだけでなく, 接着面積の低減や変形時の応力集中が生じて接着強度や絶縁性などの機能が低下する恐れがある¹⁾。液送プロセスにおいては, 吐出量の変動や時間的な遅れを招いて液送量の精度に影響を及ぼす。また, 化粧用クリームや口紅などのゲル製剤に気泡が存在すると, 皮膚に塗布したときにのび・滑らか感などの使用感やつや感などの仕上がりを損ない, 長期保存をした際には酸化の原因にもなるという^{2,3)}。

近年これらの製剤にはナノメートルオーダーの微細な顔料が配合されることが増えたため, 乳化・分散のプロセスでは攪拌翼を高速で回転させて強いせん断を加えることが必要になり, それにともなって大量の気泡が発生しやすくなっている。とくに極端に粘度の高い液体やチキソトロピー性の液体中に分散した気泡を除去することは困難である⁴⁾。一般には真空ポンプや遠心分離機を用いて脱泡が行われるが, 真空脱泡は, 香り成分や溶剤が揮発したり, 気泡が膨張と破裂を繰り返すうちに容器から液体があふれ出すことがある⁵⁾。また遠心分離による脱泡は, 数百Gの重力がかかる遠心力の効果で比重の軽い気泡を液面まで浮上させることができるものの, 破泡しにくく, 各成分が比重の異なる場合には, 分離が起こることがある⁶⁾。高粘度流体が示すShear-thinning性流体中の脱泡法としては, 気泡が意図的に膨張・収縮をするよう圧力振動を用いた脱泡方法⁷⁾も開発されている。

筆者らは, 高粘度液体から効率的に攪拌脱泡を行う方法とし

て自転公転式攪拌機に着目した。自転公転式攪拌機とは, 試料を入れた容器を40~45°の傾斜を保ち公転とともに自転を行う遊星軌道の機能を追加した攪拌機で, 攪拌翼をもたず遠心力で攪拌と脱泡操作が行えるのが特徴である。これまでも自転公転式攪拌装置を用いて, 歯科用石こう材料⁸⁾, 白色ワセリンを主成分としたステロイド軟膏剤⁹⁾が調製されている。また, 福岡らは, 自転公転式攪拌機を用いてゾル調製を行うと, 従来のマグネチックスターラーと比べ短時間で均一なゾルが調製できることを報告している¹⁰⁾。また, 少量バッチ処理の特性を活かして, ジルコニアボールを用いたナノ粒子の粉碎も報告されている¹¹⁾。しかしながらこの自転公転式攪拌機の脱泡の効果を従来の方法と比較した報告はなく, また, その脱泡のメカニズムは明らかにされていない。

本研究では, 自転公転式攪拌機の脱泡特性を確認するために, 一般に脱泡が難しいとされている擬塑性 (Shear-thinning) を示す高粘度ジェル中に分散された50~150個の気泡の消泡挙動を評価した。さらに自転公転運動による脱泡のメカニズムを明らかにするために, 液面に赤色の顔料を添加して攪拌を行ったときの状態を観察した。

2. 実 験

2.1 実験装置

本研究で用いた自転公転式攪拌機は, 一つのモーターで容器を回転運動させて遠心力で容器を浮上させ, 公転回転しながら容器が摩擦板と接触することで自転回転を行っている^{12,13)}。Fig. 1に実験装置の概要を示す。回転用のモーターは200 Wのインバーターモーター (オリエンタルモーター(株), モーター: BHI62ST-A, 制御: FE200A) を用いた。モーターが回