

液体中における分散物の濃度分布

— DCアーク発光分光分析法による解析 —

樋口 智寛*¹⁾

Concentration Distribution of Dispersed Powder in Liquid phase - Analysis by DC Arc Optical Emission Spectroscopy -

Tomohiro Higuchi*

キーワード：濃度分布, DCアーク発光分光分析

Keywords : Concentration distribution, DC arc optical emission spectroscopy

1. はじめに

潤滑油中の摩耗粉, 切削油中の金属切削粉や冷却水中のスケール成分等, 液体に粒子や粉体が分散した固-液分散系を有する工業機器は幅広く存在している。これらの分散物は, 循環系内において移動するため, 潤滑油膜切れによる焼き付き等, 作動中の装置へ直接影響をおよぼす。メンテナンスを適正に行うには, 潤滑油の粘度や水質の調査と並び, 分散物の混入量や分散状態を管理することも必要である。

系内への分散物の混入量については, 遠心分離等により沈殿物として分採し, 測定することによって, 平均濃度として比較的容易に知ることができる。分散状態については, 一般的に顕微鏡等の像から得られる分散物の粒径等の情報により判断されている。また, 系内における流れを考慮した分散状態に関する知見を得るために, 液体中における粒子の流れに関するシミュレーションが精力的に行われている⁽¹⁾。実際の機器, 例えば種々の金属を切断する切削加工機の場合, 切削油へ異種金属粉が混入していき, 刻々と成分, 濃度や粒径等が変化していく極めて複雑な系となる。そのため, 作動中の装置において, 系内の局所ごとにおける分散物の成分や濃度も, 分散状態に関する情報として極めて重要な因子となる。

本研究では, 固-液分散系において, ある瞬間における局所濃度や濃度分布を測定することを目的とし, 分散液を凍結-粉碎することによる局所の情報を伴った試料作製, およびそれら粉碎破片1個ごとにDCアーク発光分光分析により濃度の測定を行った。また得られた濃度分布から, 系内の分散状態についての考察を試みた。

2. 実験

2.1 モデル試料 潤滑油 (松村石油研究所製, 鉍物油,

*材料グループ

動粘度 (313 K) : $4.46 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, 密度 (288 K) : 878 kgm^{-3}
50dm³に, ステンレス粉 (Alfa Aesar 製 SUS316L, 粒径 : 150 μm 未満) 0.5-0.05%(m/m)を, マグネチックスターラーによる攪拌 (攪拌速度 : 約 1.5 s^{-1}) によって分散させ, 作動中の潤滑油のモデルを作製した。

2.2 局所濃度測定試料の作製 モデル試料を液体窒素へ投入し, 凍結させることにより, 系内のある瞬間における分散状態の固定化を行った。それぞれのモデル試料について, 凍結した状態を保ったまま粉碎した。これにより, 破片1個ごとが系内の局所におけるステンレス粉の濃度, すなわち分散状態を表した試料を作製した。粉碎手法については, 粉碎破片の直径を2.3に示した濃度測定装置の関係から数 mm 程度とする必要があり, 粒径を制御しやすくするため, ハンマーによる破碎とした。それぞれの粉碎物から, 破片50個をサンプリングし, 破片1個ごとを局所濃度測定試料とした。

2.3 濃度測定 測定装置には, 有機物系の試料に対して酸分解等の前処理を行うこと無く, 含有する主に金属元素の定性分析のほか, そのおおよその濃度も測定可能なことから, DCアーク発光分光分析装置 (日本ジャーレリアッシュ製, AURORA) を選択した。対極および補助電極には, 炭素電極 (Carbon of America, Ultra carbon division 製) を使い, それぞれコーンおよびカップ型に成型し, 測定に使用した。

局所濃度測定試料は1破片ずつ補助電極へ投入し, 電極間隔 2 mm, 励起電流 12 A, 測定時間 50 s とし, 大気中においてステンレス粉の含有量をそれぞれ測定した。ステンレス粉の濃度の判定は, ステンレス粉の主成分である鉄に起因する 238-260 nm 付近の発光線の強度から行った。測定された濃度を6段階に分類し, 段階ごとに破片数を積算していき, 濃度分布を得た。

3. 結果および考察

潤滑油へステンレス粉を分散させたモデル試料について、粉碎破片1個ごとの濃度を測定した結果、破片ごとにステンレス粉の含有量に差異が確認された。これにより、本法による液体中における分散物の局所濃度測定が可能であり、濃度分布を求められることが示された。

潤滑油へのステンレス粉の分散量を変化させ、得られた濃度分布を図1に示した。(a), (b)および(c)は、ステンレス粉の分散量をそれぞれ0.5, 0.1 および0.05%(m/m)としたものである。

各試料共に、広い濃度分布を得られた。ステンレス粉分散量が高い(a)は、分散量が少ない(c)と比較し、高濃度のステンレス粉を含有する破片が増加した。これらは、作動状態の潤滑油中において、局所的にステンレス粉が高濃度に存在し、さらにはステンレス粉の分散量上昇に伴い、その存在確率が增大することを示している。

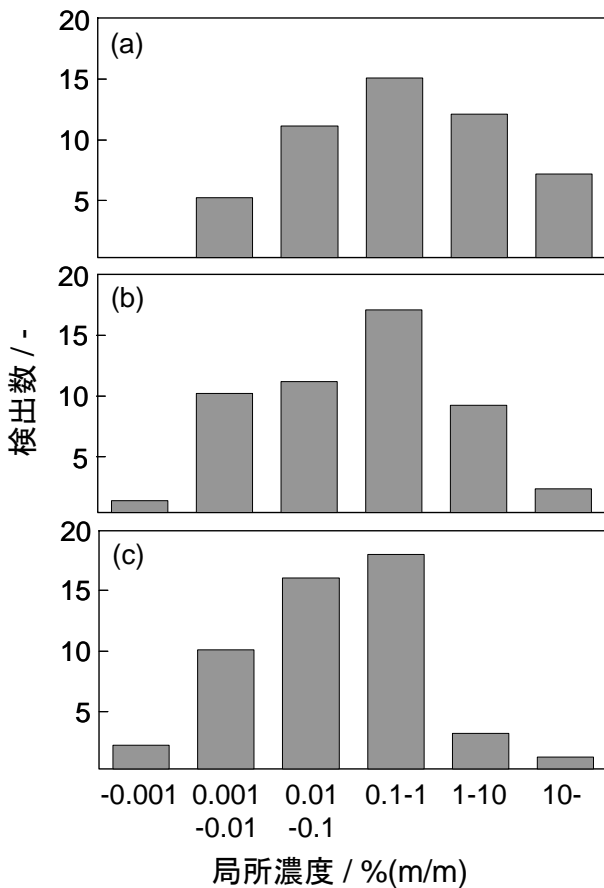


図1. 潤滑油へのステンレス粉分散量による濃度分布変化
(a) ステンレス分散量:0.5%(m/m), (b) 同:0.1%(m/m), (c) 同:0.05%(m/m)

そこで、得られた濃度分布から系内における分散状態を予測し、図2に示した。なお、系内に存在するステンレス粉は、均一に分散していないことが明らかとなったため、測定された局所濃度に匹敵する大きさに凝集していると仮定した。(a), (b)および(c)は、図1と同様にステンレス粉の

分散量を、それぞれ0.5, 0.1 および0.05%(m/m)とした試料の系内における分散予測である。海島構造の海の領域は潤滑油、島となっている黒点はステンレス粉の凝集体を表している。凝集体の大きさは、測定された局所濃度に対応させて示した。

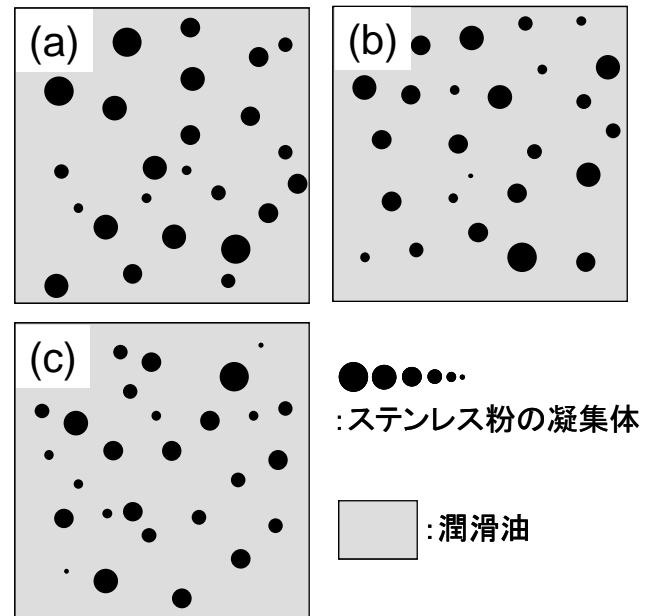


図2. 濃度分布から予想された分散状態

ステンレス粉が凝集していると仮定し、測定された局所濃度により大きさを変更した。

(a) ステンレス分散量:0.5%(m/m), (b) 同:0.1%(m/m), (c) 同:0.05%(m/m)

ステンレス粉の分散量が高い場合、より大きい凝集体が多数出現していると推測される。これら凝集体は、装置の焼き付き等のトラブルにつながる可能性もあり、装置の適切なメンテナンスを進めるには、系内における分散物の平均濃度のほかに、分散状態に関する情報を得ることが重要と考えられる。

4. まとめ

ある瞬間における液体中に存在する分散物の濃度分布を、試料を凍結-粉碎し、破片1個ごとにDCアーク発光分光分析法により濃度測定を行うことによって得られた。また、濃度分布から系内の分散状態を推察することが可能であった。

(平成20年7月4日受付, 平成20年7月31日再受付)

文 献

(1) Lian-Ping Wang, Martin R. Maxey, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 256, 27 (1993)