



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Numerical simulation of restructuring behavior of non-fractal aggregate in simple shear flow [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Lieu, Tu Uyen
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12313号
Issue Date	2016-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/61783
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Lieu_Tu_Uyen_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 Lieu Tu Uyen

審査担当者 主 査 准教授 原田 周作
 副 査 教 授 五十嵐 敏文
 副 査 教 授 廣吉 直樹
 副 査 教 授 高橋 正宏

学位論文題名

Numerical simulation of restructuring behavior of non-fractal aggregate in simple shear flow
(一様せん断流中における非フラクタル凝集体の再配列的挙動に関する数値シミュレーション)

流体中における微粒子凝集体の挙動を理解することは、環境工学、資源工学、化学工学など種々の工学分野と密接に関連するコロイド系や微粒子分散系において、その分散状態を予測・制御するためには不可欠である。一般に、凝集体の構造はその生成過程に依存して多様なものとなることが知られており、流体中の挙動もその構造によって大きく異なったものとなる。枝状の分岐を有するようなフラクタル凝集体においては、流体応力による解砕や一次粒子の再配列による構造変化などこれまでに多くの研究が行われているが、塊状を有する非フラクタル凝集体の挙動、特に流体との相互作用による構造変化については、最終的な分散状態に大きく影響を与えるにもかかわらず、ほとんど明らかにされていないのが現状である。

本研究では、一様せん断流中の微粒子凝集体の挙動に関して、粒子間の流体力学的相互作用を正確に計算することが可能である Stokesian dynamics 法を用いた数値解析を行った。特に周囲流体の応力と強度が同程度の非フラクタル凝集体を対象とし、周囲流体との相互作用によって凝集体の内部構造と強度がどのように変化するのかについて調べた。

本学位論文は全 6 章から構成される。

第 1 章は緒論であり、微粒子分散系の動力学、特に流体中の凝集体の挙動に関する研究背景と既往の研究成果に基づいて示すとともに、本論文の目的および構成について記述した。

第 2 章では、本研究で用いた解析手法と解析条件について記述した。本解析では、個々の粒子の位置から粒子-流体間の相互作用力の導出が可能である Stokesian dynamics 法に基づいた数値計算を行っており、その定式化について詳述した。また本解析で用いた仮定とその適用性について述べた。

第 3 章では、初期構造の異なる非フラクタル凝集体が、さまざまな流体応力下でどのような再配列挙動を示すのかについての結果を示した。解析結果から、1) 周囲流体との相互作用によって凝集体の構造が疎にも密にも変化し得ること、2) それぞれの流体応力下において安定した凝集構造が存在すること、3) 凝集体の再配列挙動は一次粒子同士の結合と分離を考慮した簡単な物理モデルによって記述可能であること、を示した。

第 4 章では、凝集体の再配列挙動に関する統一的理解のために、凝集体内部の構造変化と強度変化の結果に対する物理的な考察を行った。その結果、流体応力の小さい極限における凝集体は固有な構造を有しており、任意の流体応力下における安定構造との間に可逆性があることを示した。さらに、既往の凝集体の強度モデルとの比較から、凝集体の固有構造からのずれと内部強度の間に普遍的

な相関があることを明らかにした。以上の結果から、任意の流体応力下における任意の構造を有する非フラクタル凝集体の安定構造が予測可能となるような関係性を示した。さらにこの関係性から、第2章で示した再配列過程に関する物理モデルの構成式を直接導出した。これらの結果に基づいて、再配列後の安定構造だけでなく、安定構造に至る動的過程を予測可能であることを示した。

第5章では、流体中において非フラクタル凝集体の再配列が生じる条件について述べた。既往の解砕モデルを拡張し、一次粒子の再配列が生じ得る条件を内部強度と流体応力の関係から導出した。その結果、本解析条件の範囲では凝集体内部を透過する流体の影響は小さく、再配列は主に凝集体表面の応力によって生じることや、再配列が生じる具体的な条件などについて明らかにした。

第6章は結論であり、本研究によって得られた成果をまとめている。

以上を要するに、著者は流体中の微粒子凝集体の挙動に関して、特に非フラクタル構造を有する凝集体の再配列挙動に着目した数値解析を行い、流体応力によって生じる内部構造変化および強度変化について検討した。その結果、再配列後の安定構造や、安定構造への動的過程に関する知見を得るとともに、任意の流体応力下における再配列挙動の予測モデルを提案した。これらの研究成果は、資源・環境工学分野における学術的進歩に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。