

分離技術シリーズ 33

# 攪拌技術の基礎と応用

分離技術会 編

分離技術会

## 「分離技術シリーズ」の継続刊行に当たって

研究開発とは、新しい原理や現象を発見することばかりではなく、原理・現象は既知であっても新しい方法を案出するとか、あるいは新しい組み合わせを創案することによって、新しい技術、商品、品質、機能、用途、方法等々を創出することである。

本会は主に化学品の製造に関わる分離技術を包括的に扱う専門の学会であるが、研究者・技術者を糾合して正に関連分野の研究・開発の進展を目指し、急激な変化に対応しようと心がけている。

すでに何冊か刊行された本シリーズのなかには、本学会誌「分離技術」誌に掲載された論文によっているものもある。しかし、論文に記載された技術を取捨選択し、それらの組み合わせを考えて執筆されたものであるから、上述の視点から成書としての価値は高いといえるであろう。

さて、最近あらたな構想のもとに、本委員会よりいろいろな分野の権威者に執筆を依頼し、本シリーズに書き下ろしの著作物が加えられることになったのは誠に慶賀に堪えない次第である。分離技術の益々の発展に寄与することは勿論、読者諸兄姉に研鑽のお役に立つものと信じている。

分離技術シリーズ出版委員会

# はじめに

攪拌技術は分離技術とは相対峙し、互いにその対極にあるものといえようが、決して相反するものではない。両者は一枚のコインの裏表の関係にあるともいえ、相方の理解を深めることは、双方の技術の高度化や精緻化に欠かせないことと考える。泰斗故永田進一先生の手になる、まさに攪拌技術のバイブルともいえる MIXING Principles and application<sup>1)</sup> が世に出て 50 年以上となるが、Zwietering の「限界浮遊回転数」<sup>2)</sup> にしても、Metzner の「見掛け粘度算定手法」<sup>3)</sup> にしても未だ、色褪せないで活用されている。この間、流体計測・画像解析手法や流動解析に関するコンピュータ利用技術の長足の進歩により、攪拌技術に関する多種多様な展開がなされてきた。またわが国で独自の発展を遂げた大型翼の開発は、欧米の化学工業・産業界をも席卷する機運にある。本書でこれら全てをカバーすることは、もとより無理なことであり、当初から念頭にはないが、その幾つかでも噛み砕き、解き述べることで、これを繙かれる読者諸兄の用に供することができるようにと努めた。

本書は全 2 編からなり、第 1 編は、基礎編として計測・解析手法の紹介と同手法を用いての流動・分散状態に関して、第 2 編は、応用編として幾つかの攪拌型装置における混合状態・性能評価に関して記す。

2020 年 3 月

上ノ山 周

## 執筆者一覧

**上ノ山 周**

横浜国立大学大学院工学研究院機能の創生部門

**川口 洋一**

川口技術士事務所

**仁志 和彦**

千葉工業大学工学研究科工学専攻

**滝山 博志**

東京農工大学工学研究院応用化学部門

**正岡 功士**

(公財)塩事業センター・海水総合研究所

**神谷 哲**

株式会社 明治 研究本部 研究戦略統括部

**鈴木 悠介**

旭硝子株式会社 化学品カンパニーライフサイエンス事業本部

# 目 次

## 第1編 基礎 計測・解析編

第1章 層流攪拌場における流動・分散・混合状態	1
1.1 同心2重円筒槽における非ニュートン流体の流動状態と 所要動力	1
1.2 非ニュートン擬塑性流体の見掛け粘度	4
1.3 降伏応力を有するスラリー系流体における カバーン形成状態のCFD解析とERT計測	9
1.4 異粘性スラリーの混合過程シミュレーション	14

(上ノ山 周)

## 第2章 乱流攪拌場における気泡・液滴の分散と

固体粒子の浮遊挙動	20
1. 気泡液滴分散	20
2. 乱流場での分散	20
3. 攪拌槽における気泡液滴挙動	22
4. 粒子の浮遊挙動	27
5. まとめ	33

(川口 洋一)

## 第2編 応用 装置・評価編

第1章 双腕式捏和機における混合評価	37
湿潤粉体を対象とした混合装置	37
1. はじめに	37
2. 湿潤粉体の混合装置	39
3. 湿潤粉体混合装置における所要動力の見積	43
4. 湿潤粉体の混合状態評価法	46

(仁志 和彦)

## 第2章 攪拌型晶析槽における流れと結晶品質

2.1 晶析装置での攪拌・流動と結晶粒子群品質との関係	55
-----------------------------	----

	(滝山 博志)	
2. 2	製塩晶析における攪拌操作が製品品質に与える影響	66
	(正岡 功士)	
2. 3	液液転相現象の ERT 計測	83
	(上ノ山 周)	
第3章	ローター・ステーター型ミキサーの	
	性能評価方法とスケールアップについて	85
	はじめに	85
1.	ローター・ステーター型ミキサーの概要	85
2.	性能評価指標について	87
3.	性能評価指標の導出	89
4.	指標の妥当性確認	93
5.	スケールアップへの応用	95
6.	スケールアップの精度	97
	おわりに	99
	(神谷 哲)	
第4章	層流プロセス内連続流れ場における機械的攪拌の	
	混合評価	102
	試験装置	104
	測定装置	104
	測定濃度処理	106
	結果と考察	107
	流路内電解質濃度分布測定	108
	まとめ	119
	(鈴木 悠介)	