

分離技術シリーズ24

実用超臨界流体技術

福里隆一・後藤元信共著

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
委員長 小島博光

はじめに

日本で超臨界流体の研究開発が始まってから 30 年ほど過ぎ、抽出溶媒としての超臨界二酸化炭素に始まり、環境負荷低減に寄与できる反応溶媒であるとの認識に基づく超臨界水および超臨界アルコールの利用、そしてナノ構造体の材料調製媒体などとして超臨界流体が注目されてきた。これまでに多くのプロセスが実用化されてきており、近年のアジアでの実用化は眼を見張るものがある。超臨界領域のみならず、臨界点以下の亜臨界状態の液体や気体も反応場、分離溶媒として有用であることが示されてきている一方、臨界点を遥かに超えた高压の超臨界流体の利用も始まっている。

しかしながら、超臨界流体は高压あるいは高温高压の流体ということもあって、特殊な流体としてみなされる傾向があり、それぞれの利用分野で開発された技術は必ずしも、汎用性のある技術として工学的見地から技術基盤が構築されていないのが現状である。

本書では、超臨界流体技術の工業的利用の観点から、応用分野の学際的な係わりを示したのち、化学工学的技術基盤に基づくプロセス基本設計指針を明示する。

第 1 章では、超臨界流体の特性を他の流体(液体、気体)と対比して示した後、特に二酸化炭素および水などの汎用的に超臨界流体として扱われる物質について、それらの特徴について示した。

第 2 章では、超臨界流体利用技術実用化概要として、実用化開発の歴史について述べた後、超臨界流体の利用技術を溶媒機能の観点から体系的に説明した。

第 3 章では、抽出溶媒としての超臨界流体の適用として、超臨界二酸化炭素抽出および高温高压水抽出技術について示した後、最近の動向としてのグリーン溶媒抽出プラットフォーム構想について示した。

第 4 章では、材料形態制御溶媒としての超臨界流体の適用として、非凝縮性の利用、溶解度制御性の利用および低粘性、高拡散性、高浸透性の利用などについて、最近の開発事例などを概説した。

第5章では、反応溶媒としての超臨界流体の適用として、亜臨界、超臨界水（高温高圧水）による酸化分解，加水分解，バイオマス処理およびバイオディーゼル燃料製造などについて，実用例などを含めて概説した。

第6章では、超臨界流体プロセスを実用化するに際して、最も重要な基本計画および基本設計について概説した後，実用化のための基本技術情報を提供する基礎実験について，条件設定および装置検討方法について説明した。

2012年2月

福里隆一
後藤元信

目 次

1. 超臨界流体とは	1
1.1 超臨界流体の特性	1
1.2 汎用的な超臨界流体の特徴	4
1.2.1 二酸化炭素	4
1.2.2 水	8
1.2.3 メタノール	11
2. 超臨界流体利用技術の実用化開発状況の概要	12
2.1 超臨界流体利用技術開発の歴史	12
2.1.1 超臨界二酸化炭素利用技術	12
2.1.2 超臨界水利用技術	13
2.2 超臨界流体の溶媒機能と利用技術	14
2.3 超臨界流体利用技術の体系	15
2.3.1 抽出・分離	15
2.3.2 機能性加工	17
2.3.3 材料形態制御	18
2.3.4 反応	18
2.4 超臨界流体利用技術の実用化状況	19
3. 抽出溶媒としての超臨界流体の適用	21
3.1 超臨界二酸化炭素抽出	21
3.1.1 概況	21
3.1.2 超臨界二酸化炭素抽出技術の基礎	22
3.1.3 天然物からの有用物質の抽出および機能性食品素材製造の現状	36
3.1.4 超臨界二酸化炭素抽出事例	38
3.2 高温高圧水抽出	48
3.2.1 概況	48

3.2.2	高温高压水抽出事例	48
3.3	最近の抽出技術の動向(グリーン溶媒抽出)	52
4.	材料形態制御溶媒としての超臨界流体の適用	58
4.1	材料形態制御溶媒としての超臨界流体	58
4.2	材料形態制御溶媒としての超臨界二酸化炭素利用実施例	62
4.2.1	非凝縮性の利用	62
4.2.2	溶解度制御性の利用	67
4.2.3	低粘性, 高拡散性, 高浸透性の利用	87
4.2.4	可塑化効果	100
4.3	超臨界二酸化炭素による新規材料創生	101
5.	反応溶媒としての超臨界流体の適用	107
5.1	超臨界水酸化	107
5.2	加水分解	111
5.2.1	ポリウレタン	111
5.2.2	ポリエステル	112
5.2.3	ナイロン6	112
5.2.4	TDI 残渣	117
5.3	微粒子合成	119
5.4	バイオマス処理	122
5.4.1	バイオマス資源およびバイオマス利用技術の分類	122
5.4.2	亜臨界・超臨界水のエネルギー・環境への適用プロセス	124
5.5	バイオディーゼル燃料	126
5.5.1	油脂の化学	127
5.5.2	超臨界メタノールによる BDF の製造	129
6.	超臨界流体プロセスの基本	133
6.1	プロセス計算概要	133
6.1.1	化学プロセスの基本構成	133
6.1.2	プロセスシミュレーション	134
6.2	超臨界流体プロセスの基本設計	137

6.2.1	超臨界流体プロセスの実用化	137
6.2.2	基本設計の概念	139
6.2.3	超臨界二酸化炭素抽出プロセスの基本プロセス計算	144
6.2.4	抽出槽およびポンプの仕様検討	147
6.2.5	配管仕様検討	148
6.2.6	充填層内圧力損失評価	149
6.2.7	熱回収評価	150
6.3	実験条件および実験装置の評価	152
6.3.1	完全バッチ実験の条件設定	152
6.3.2	半連続実験の条件設定	155
6.3.3	熱交換器に使用する配管長の設定	155
索引		160

