

化学工学物性測定マニュアル

岩井 芳夫・滝脇 繁樹 編著
辻 智也・栃木 勝己

分 離 技 術 会

序 文

化学工学物性はプロセスの設計に必要な不可欠なデータとなることはいままでの1970年代の石油化学に関する研究，1980年代の超臨界二酸化炭素に関する研究，1990年代の超臨界水に関する研究，2000年代の水素貯蔵やイオン液体に関する研究に見られるよう時代を反映した物性データが取得されてきた。同時に，この間のコンピュータの発達が目覚ましいものがあり，分子シミュレーションがパーソナルコンピュータで計算可能になり，分子構造から相平衡などの物性を推算できるソフトウェアも容易に入手できる環境にある。文献検索システムやデータベースが充実し，インターネットを経由したシミュレータから，また，大学，公的研究機関，企業のシステムから，必要な情報を入手できるようになり，図書館で文献複写することが少なくなったことは記憶に新しい。図書館は蔵書機関であると同時にデータベースのゲートウェイ機能を有することになった。しかし，その反面，新規な物質，合成法，分離法に対して，必要な物性や相平衡データが入手できない場合ももちろん存在する。それに対して分子構造からシミュレーションが可能となっても，その物性が本当に現れるかどうか，さらには関連する物性データも同時に取得できないかというニーズも出てきた。ドイツ Oldenburg 大学の J. Gmehling 教授は 1973 年から Dortmund Data Bank (DDB) を構築し，ソフトウェアパッケージ Dortmund Data Bank Software Package (DDBSP) に組込まれている。同時に The Laboratory for Thermophysical Properties (LTP) を 1999 年に設立し，必要に応じて物性データの取得業務も行っている。残念ながら，わが国には，物性測定を専門とする測定機関，企業などに依頼することは少なく，大学，公的機関との測定依頼や共同研究は，学会，講演会などを通して測定者，技術者，研究者のクチコミに頼っていた感がある。本書刊行の契機は 2011 年 9 月に当時の公益社団法人化学工学会基礎物性部会部会長および副部会長であり，本書編者でもある広島大学・滝脇繁樹教授および九州大学岩井芳夫准教授の「どうしても欲しい物性があるのだが，どこに相談・依頼してよいか分からない」という民間企業，公的機関，大学から要望に応えるべく部会員が保有している物性測定装置一覧を 11 月に基礎物性部会ホームページ上に公開したのがはじまりである。このホームページは，今でも受託研究や技術相談の道標となっている。さらに，日本の物性測定と物性推算に関して第一人者であり，J. Gmehling 教授とともに世界の物性研究をリードしてきた日本大学栃木勝己教授が分離技術会企画委員長就任時に，この財産をさらに広く一般に活用できないかという素晴らしい企画を立案され，自らも編者を買って出て本書出版が実現に至った。

まずは，大学や研究機関がどのような装置や技術を持っているかを，各物性測定のスペシャリストに紹介していただいた。合わせて研究機関-企業間，研究機関-研究機関間の連携

を強く PR していただくことも念頭において執筆していただいた。さらには、原理・測定法をわかりやすく解説していただき、技術相談のみならず大学、研究機関内での装置の引継、移管の際にも活用いただくことも配慮いただいた。特に装置を用いて実際に測定する際の具体的手順や、得られる数値データからの物性値への変換についても例示した。

本書の構成は2部構成になっており、第1部は緒論として1章化学工学物性実験の目的、報告書作成法、2章数値取扱法について述べた。第2部の実験各論では1章P-V-T関係、2章蒸気圧、3章熱容量、4章気液平衡、5章溶解度、6章粘度、7章熱伝導度、8章拡散係数を説明した。最後に基礎物性部会ホームページ上に公開したデータベースと国内外の物性測定が依頼できる機関を加筆して巻末付録にまとめた。各項目の執筆を快諾し、詳細かつ簡便に執筆いただいた各先生方に感謝する。また、出版において、分離技術会の三澤事務局長、白石出版委員会長はじめ出版、企画委員の各先生には励ましの言葉と多くの助言をいただいた。ここに謝意をしめす次第である。

2015年 秋景爽風 編者を代表して

辻 智 也 しるす

目 次

第 1 部 緒 論

1. 総 説	辻 智也…	1
1. 1 化学工学物性実験の目的		
1. 2 受託から報告書作成まで		
2. 数値取り扱い法	栃木 勝己…	6
2. 1 誤差, 平均値, 標準偏差, 相関係数		
2. 2 実験式の造り方—最小 2 乗法—		
2. 3 代数方程式の解法		

第 2 部 実験各論

1. P-V-T 関係と液密度		
1. 1 定容法	辻 智也…	14
1. 2 変容法	宮本 泰行…	18
1. 3 ピエゾメータ法	富田 大輔…	25
1. 4 デイラトメータ法	佐藤 善之…	30
2. 蒸気圧と蒸発潜熱		
2. 1 蒸気圧		
2. 1. 1 循環法	栃木 勝己…	35
2. 1. 2 静置法	辻 智也…	40
2. 2 臨界点		
2. 2. 1 目視法	宮本 泰行…	45
3. その他の熱物性		
3. 1 定圧比熱		
3. 1. 1 熱緩和法	田中 勝之…	51
3. 2 音 速		
3. 2. 1 音速測定法	高木 利治…	56
4. 気液平衡		
4. 1 気液平衡(定圧～中圧)		
4. 1. 1 循環法(常圧)	松田 弘幸…	61
4. 1. 2 循環法(低圧～常圧)	栗原 清文…	67

4. 1. 3 循環法(低圧～常圧～加圧)	日秋 俊彦…	74
4. 1. 4 流通法	辻 智也…	81
4. 2 気液平衡(高圧)		
4. 2. 1 循環法	児玉 大輔…	86
	辻 智也	
4. 2. 2 流通法	岩井 芳夫…	93
4. 2. 3 シンセチック法	滝島 繁樹…	98
4. 3 無限希釈活量係数		
4. 3. 1 エブリオメータ法	栃木 勝己…	103
4. 3. 2 ガス・ストリップング法	福地 賢治…	109
4. 3. 3 クロマト法(GC)	岩井 芳夫…	115
5. 溶解度		
5. 1 液液平衡		
5. 1. 1 目視法	栃木 勝己…	119
5. 2 固液平衡		
5. 2. 1 直接測温法	辻 智也…	125
5. 2. 2 目視-測温併用法	松田 弘幸…	129
5. 2. 3 クロマト法(HPLC)	松田 弘幸…	135
5. 3 ガス溶解度		
5. 3. 1 希釈法	宮野 善盛…	142
5. 3. 2 重量法	佐藤 善之…	147
5. 4 固気平衡		
5. 4. 1 半回分流通法	春木 将司…	153
6. 粘度		
6. 1 粘度		
6. 1. 1 転落球法	富田 大輔…	161
6. 1. 2 密閉スリット法	木原 伸一	
	春木 将司…	165
	滝島 繁樹	
7. 熱伝導度		
7. 1 熱伝導度		
7. 1. 1 非定常面熱源法	村岡 道弘…	171
8. 拡散係数		
8. 1 拡散係数		
8. 1. 1 過度応答法(Taylor 法, CIR 法)	船造 俊孝…	178
付録 物性測定が依頼できる機関	辻 智也…	184

編著者

岩井 芳夫：九州大学大学院工学研究院化学工学部門 准教授
滝島 繁樹：広島大学大学院工学研究院物質化学工学部門 教授
辻 智也：日本大学生産工学部応用分子化学科 教授
栃木 勝己：日本大学名誉教授

著 者

木原 伸一：広島大学大学院工学研究院物質化学工学部門 准教授
栗原 清文：日本大学理工学部物質応用化学科 教授
児玉 大輔：日本大学工学部生命応用化学科 准教授
佐藤 善之：東北大学大学院工学研究科附属超臨界溶媒工学研究センター 准教授
高木 利治：京都工芸繊維大学 元教授
田中 勝之：日本大学理工学部精密機械工学科 准教授
富田 大輔：東北大学多元物質科学研究所 助教
春木 将司：広島大学大学院工学研究院物質化学工学部門 助教
日秋 俊彦：日本大学生産工学部応用分子化学科 教授
福地 賢治：宇部工業高等専門学校物質工学科 教授
船造 俊孝：中央大学理工学部応用化学科 教授
松田 弘幸：日本大学理工学部物質応用化学科 准教授
宮野 善盛：倉敷芸術科学大学生命科学部生命科学科 教授
宮本 泰行：富山県立大学工学部機械システム工学科 准教授
村岡 道弘：国立研究法人 産業技術総合研究所創エネルギー研究部門 プロジェクト
研究員