報 文

電気伝導度検出器を用いた高速液体クロマトグラフィー
によるアニオン界面活性剤の分析

近 藤 征 弘

花王株式会社・研究所

(〒321-34 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2606)

Analysis of Anionic Surfactants by High-Performance
Liquid Chromatography with Conductive Detector

Yukihiro KONDOH

Kao Research Laboratories, Kao Corporation, 2606,

(Akabane Ichikai-machi, Haga-gun, Tochigi-ken, 〒 321-34)

A high-performance liquid chromatographic method with high sensitivity and selectivity for analysis of anionic surfactants (ASF) is described. ASF such as alkylbenzenesulfonate (LAS), alkanesulfonate (SAS), α -olefinsulfonate (AOS), alkyl sulfate (AS) and poly(oxyethylene) alkyl ether sulfate (ES) were separated by reversed-phase chromatography using ODS-silica (Hitachi gel 3053) as a stationary phase and 1 mM sodium perchlorate in acetonitrile-water (30 : 70) as a mobile phase and were detected with non-suppressor type conductive detector. The calibration curve was linear in the range from 0.005 to 17 μg for C_{12} AS-Na and the relative standard deviation with five measurements was 0.31% for 1.0 μg C_{12} AS-Na. The results of homolog analysis of LAS by the proposed method showed good agreement with those by the UV detection. Nonionic, cationic and amphoteric surfactants did not interfere with the analysis of ASF. By the proposed method, ASF in commercial household and cosmetic products were analyzed with high sensitivity and selectivity. Better separations were achieved by the gradient elution method.

1 緒 言

洗剤、シャンプーなどの家庭用製品及び化粧品に利用されている界面活性剤の多くはアニオン界面活性剤 (ASF) である。ASF の中には直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS), アルカンスルホン酸塩 (SAS), 硫酸アルキル塩 (AS) 及び硫酸アルキルポリ (オキシエチレン) 塩 (ES) など、数多くの種類があるが、市販の ASF はいずれもアルキル基に分布を有する混合物からなる。一般に、製品中の ASF を簡便、迅速に同定するには薄層クロマトグラフィー (TLC)^{1)~3)} が用いられているが、この方法ではアルキル組成に関する情報は得られない。ASF の組成分析に関してはガスクロマトグラフィー (GC)^{4)~8)} や高速液体クロマトグラフィー (HPLC)^{9)~15)} が主として用いられる。GC は、製品中に含まれる混合界面活性剤からあらかじめ ASF を単離した後、揮発性成分に誘導体化するなどの煩雑な前処理

操作を必要とする。一方、HPLC は難揮発性成分を前処理することなく分析することが可能であるため、盛んに研究されているが、改良すべき点も多い。例えば、Nakae ら^{9), 10)} は紫外検出器及び蛍光検出器を用いた逆相クロマトグラフィーにより、LAS の親油基分析及び微量定量を行っているが、SAS, AS 及び ES などの ASF の多くは、いずれも UV 吸収や蛍光を有しないため、検出法が問題となっている。また、Nakamura ら^{11), 12)} は、示差屈折率 (RI) 検出器を用いた逆相クロマトグラフィーにより、種々のイオン性及び非イオン性界面活性剤混合物の分離分析を行っているが、RI 検出器は選択性に欠けるため、製品の分析に際しては複雑なクロマトグラムとなり、かつ、感度も低い。したがって、製品中に配合された ASF を精度良く分析するためには選択的検出法が不可欠であり、種々の試みが行われている。最近、Nakae ら¹³⁾ はニュートラルレッドをイオン対試薬として用いるイオン対抽出検出器 (IPED) を開

発し, Smedes ら¹⁴⁾ 及び Kanesato ら¹⁵⁾ もアクリジニウムクロリドとメチレンブルーをイオン対試薬として用いる IPED による分析法を報告している。しかし, IPED もアルキル鎖の違いにより感度が異なるなど定量性に問題があり, また, ポストカラム法であるためピークの広がりによる分離能の低下は避けられない。一方, Weiss¹⁶⁾ はジビニルベンゼン樹脂を固定相に, 水酸化アンモニウムまたはテトラアルキルアンモニウム=ヒドロキシドを含むアセトニトリル-水を移動相に用い, サプレッサー型電気伝導度検出器を用いるイオンクロマトグラフィーにより, SAS, AS 及び α -オレフィンスルホン酸塩 (AOS) の分析を行った。また, Kunitani ら¹⁷⁾ も同法による AS の定量性について検討しているが, 洗剤やシャンプーなどの実使用の家庭用製品及び化粧品の実分析に応用してはいない。

本報では, 最も一般的に用いられている逆相充填剤である ODS シリカを固定相に用い, 検出器としてノンサプレッサー型電気伝導度検出器を用いることにより, 製品中の ASF の簡便で選択的, 高感度な分析法を検討した。

2 実 験

2.1 装 置

高速液体クロマトグラフは送液ポンプ (日立製, 655-11 型), グラジェントコントローラー (日立製, L-5000 型), サンプルインジェクター (Reodyne 製, 7125 型), カラム恒温槽 (島津製, CTO-6 A 型), 電気伝導度検出器 (東ソー製, CM-8 型) 及び データ処理装置 (島津製, クロマトパック C-R 3 A 型) よりなる。

2.2 試薬及び試料

固定相には主として $5\mu\text{m}$ の球状 ODS シリカである日立ゲル 3053 を用い, 比較のために LiChrospher RP-18, LiChrospher RP-18 (e), Zorbax ODS 及び Wakosil 5 C₁₈ を用いた。アセトニトリルは高速液体クロマトグラフ分析用溶媒 (関東化学) を用いた。直鎖ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム (DBS) は和光純薬製 (ABS 測定用) を, テトラデカンスルホン酸ナトリウムは東京化成工業製を用いた。C₁₂, C₁₄, C₁₆ の硫酸アルキルナトリウム, *N*-メチル-*N*-パルミトイルタウリンナトリウム及び 2-ペンタデセン-1-スルホン酸ナトリウムはいずれも実験室合成品を再結晶して用いた。その他の試薬はいずれも試薬特級品を用いた。

2.3 分析操作

分析カラムには日立ゲル 3053 を充填した内径 4.0 mm, 長さ 150 mm のステンレス管を用い, カラム温度は 40℃に保った。定組成溶離法では溶離液として 1.0 mM 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水 (30 : 70) を用い, 1.5 mL/min の流速で送液した。一

Table-1 Time program of the gradient elution.

Time (min)	Solvent A (%)	Solvent B (%)
0	100	0
8	50	50
25	0	100
30	0	100
30.1	100	0
45	100	0

方, グラジェント溶離法では溶離液として 1.0 mM 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水 (10 : 90) (A 液), 1.1 mM 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水 (40 : 60) (B 液) を用い, 流速 1.5 mL/min で, Table-1 に示したタイムプログラムにより分析した。なお, グラジェント溶離法ではベースラインのドリフトが大きいため, ベースライン補正を行った。溶離液に溶解した試料 5~50 μL を注入し, そのピーク面積を測定した。

試料中にアンモニアやトリエタノールアミンなどのアルカノールアミンが含まれている場合には, 試料をメタノールに溶かした後 (ASF が 10~5 000 ppm となるように), その 5 mL を採取し TOYOPAK IC-SP M (東ソー製) を通過させた。さらに, メタノール約 10 mL で洗浄し, 洗液を合わせた後, 0.2% *p*-ニトロフェノールを 2 滴加え, 0.1 N 水酸化ナトリウムで中和した。さらに, 溶媒を留去した後, 溶離液を加えて 25 mL とし, 測定に供した。

3 結果と考察

3.1 分離条件の検討

Nakae らは, 紫外検出器を用いた HPLC による ASF (LAS) の分析をするため, 固定相として日立ゲル 3053 を, 溶離液に 0.1 M 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水 (45 : 55) を用いており⁹⁾, また, Nakamura らによるイオン性及び非イオン性界面活性剤の分析においても, 溶離液として 0.4 M 塩化ナトリウムまたは 1 M 過塩素酸ナトリウムを含むメタノール-水 (リン酸で pH 2.5 に調整) を用いている^{11), 12)}。本研究では, 検出器としてノンサプレッサー型電気伝導度検出器を用いるため, 溶離液中の塩の濃度を減少させ, バックグラウンドの電気伝導度を下げる必要があると考えられる。そこでまず, ASF として DBS を用い, その分離に及ぼす過塩素酸ナトリウム濃度の影響を, UV 検出器を用いた HPLC により検討を試みることにした。カラムとして日立ゲル 3053 を用い, アセトニトリル含量を 45 % に固定し, DBS の *k'* に及ぼす過塩素酸ナトリウム濃度の影響を調べることにした。その結果を Fig.-1 に示

Conditions : column : Hitachi gel 3053, 4.0 mm i.d. $\times$ 150 mm ; eluent : 0.005~0.10 M NaClO_4 in acetonitrile-water (45 : 55) ; flow rate : 1.5 mL/min ; column temperature : 40 $^\circ\text{C}$; detector : UV 225 nm. Capacity factors of 2-phenyl isomer of DBS were plotted.

Fig.-1 Effect of the concentration of sodium perchlorate on the capacity factor of DBS.

す。 k' は過塩素酸ナトリウム濃度の増加に伴い増大し、この傾向はSmedesら¹⁴⁾の結果と一致した。次に図には示していないが、過塩素酸ナトリウム濃度を1 mMに固定し、アセトニトリル含量を変化させたと、アセトニトリル含量の減少に伴い強く保持され、アセトニトリル含量が30%においてNakaeら⁹⁾の結果とほぼ同程度の分離が得られた。この分離条件において、検出器として電気伝導度検出器を用いてLAS-Na, AS-Na標準混合物及び C_{12} のES-Naを分析した際のクロマトグラムはいずれも良好な分離が得られた (Fig.-2)。図には示していないが、塩の種類について検討を行ったところ、フッ化ナトリウム、塩化ナトリウム、臭化ナトリウム、ヨウ化ナトリウム、硝酸ナトリウム、リン酸二水素ナトリウムなどの無機塩、ギ酸ナトリウム、酢酸ナトリウム、安息香酸ナトリウム、サリチル酸ナトリウム、フタル酸ナトリウムなどの有機酸塩を用いても過塩素酸ナトリウムとほぼ同程度の分離が得られた。また、ナトリウム以外のリチウム、カリウム、アンモニウム塩を用いた場合にも同程度の分離が得られたが、クロマトグラム上に不明な負ピークが現れた。この負ピークはODSシリカ中のシラノール基がイオン交換基として作用し、ASFの対イオンであるナトリウムイオンが溶出することによるものであると推定された。さらに、固定相について、市販のODSシリカ系の充填剤数種を用いて検討したところ、保持挙動はいずれも基本的に同じであった

(A) LAS-Na, (B) AS-Na, (C) $\text{C}_{12}\text{ES-Na}$ Conditions : eluent : 1.0 mM NaClO_4 in acetonitrile-water (30 : 70) ; detector : conductive detector. Other conditions are the same as in Fig.-1.

Fig.-2 Chromatograms of anionic surfactants with isocratic elution.

Conditions : eluent : 1.0 mM NaClO_4 in acetonitrile-water. Other conditions are the same as in Fig.-2. Sample : DBS 10 μg .

Fig.-3 Effect of the concentration of acetonitrile in mobile phase on the sensitivity.

が、1 mM程度の塩濃度では良好なピーク形が得られないものが多く、日立ゲル 3053が最も良好であった。

3・2 溶離液組成の検出感度に及ぼす影響

DBSを用いて溶離液組成の検出感度に及ぼす影響を検討した。Fig.-3は溶離液中の水含量のピーク面積に及ぼす影響を示す。Fig.-3から明らかなように、アセトニトリル含量が10~60%の範囲では相対検出感度は96~101%であり、大きな変化は認められなかった。

3・3 相対モル感度

ASを用いてアルキル鎖長の違いによる感度の比較を行った (Table-2)。アルキル鎖長に依存せずほぼ等しいモル感度で検出できることが確認された。また, LASのアルキル組成分析の本法による値と紫外検出法⁹⁾による値を比較したところ, 両者は良好な一致を示した (Table-3)。さらに, 本法による種々の ASF の相対モル感度を求めたところ, ASF の種類に依存せずほぼ同じ感度で検出可能であることが分かった (Table-4)。

3・4 検量線及び再現性

AS-Na (C_{12} , C_{14} , C_{16}) 及び DBS についておのおの検量線を作成したところ, いずれも広い範囲で良好な直線性を有する検量線が得られ, $1.0 \mu\text{g}$ または $3.0 \mu\text{g}$ 注入における再現性も良好であった (Table-5)。

3・5 選 択 性

本法ではイオン性界面活性剤を選択的に検出できるため, 非イオン界面活性剤は検出されない。また, ODS シリカを用いたカチオン界面活性剤の分析では溶離液中

に過塩素酸ナトリウム等の塩を 0.1 M 程度添加する必要があり^{11), 18), 19)}, 本法では塩濃度は 1 mM 程度と低く, アセトニトリル含量も少ないため, アルキルトリメ

Table-3 Comparison of the result of homolog analysis of LAS by the proposed method with that by the UV detection method⁹⁾.

Alkyl chain length and isomer distribution	Proposed method ^{a)}	UV detection method ^{a)}
C_{10}	8.1	8.4
4-to 5-phenyl	2.2	2.3
3-phenyl	2.3	2.2
2-phenyl	3.6	3.9
C_{11}	40.4	40.2
4-to 6-phenyl	17.0	17.5
3-phenyl	9.6	9.3
2-phenyl	13.8	13.4
C_{12}	30.4	30.7
5-to 6-phenyl	9.0	9.5
4-phenyl	4.9	5.1
3-phenyl	6.2	6.3
2-phenyl	10.3	9.8
C_{13}	21.1	20.7
5-to 7-phenyl	7.4	7.3
4-phenyl	3.1	3.3
3-phenyl	4.1	4.0
2-phenyl	6.5	6.1

Table-2 Relative molar response of the homologs of AS.

Alkyl chain length	Relative molar response ^{a)}	
	Isocratic elution	Gradient elution
C_{12}	1.00	1.00
C_{14}	0.98	0.99
C_{16}	0.98	0.98

a) Relative molar response to C_{12} AS.

a) Presented as peak area %.

Table-4 Relative molar response of several anionic surfactants.

Anionic surfactant	Relative molar response ^{a)}
Sodium dodecylbenzenesulfonate	0.98
Sodium tetradecanesulfonate	0.97
Sodium 2-pentadecene-1-sulfonate	1.02
Sodium <i>N</i> -methyl- <i>N</i> -palmitoyltaurate	0.98
Sodium dodecyl sulfate	1.00

a) Relative molar response to sodium dodecyl sulfate.

Table-5 Range of calibration curves and reproducibilities of AS and DBS.

Surfactant	Range of calibration curve (μg)	Coefficient of correlation	R. S. D. ^{a)} (%)	Injection amount (μg)
Sodium dodecyl sulfate	0.005~17	0.9999	0.31	1.0
Sodium tetradecyl sulfate	0.020~19	0.9999	0.60	1.0
Sodium hexadecyl sulfate	0.050~21	0.9999	1.12	1.0
Sodium dodecylbenzenesulfonate	0.050~30	0.9998	1.35	3.0

a) Relative standard deviation ($n=5$).

チルアンモニウム塩, ジアルキルジメチルアンモニウム塩などのカチオン界面活性剤は本条件ではいずれもカラムに強く保持され, 溶出しにくい。また, ペタイン型及びイミダズリン型両性界面活性剤も本条件では検出されなかった。このように, 本法では ASF のみを選択的に検出することが可能である。

3.6 実試料の分析

本法により市販のシャンプーを何ら前処理することなく分析した際のクロマトグラムの一例を Fig.-4 に示す。

Fig.-4 から明らかなように, 溶離液に溶かして注入するのみで ASF を選択的, 高感度に分析できた。しかし, 試料中にアンモニアやトリエタノールアミン, モノエタノールアミンなどのアルカノールアミンが含まれている場合には, 3.1 項に示したように, シラノール基がイオン交換基として作用するため, クロマトグラム上にこれらに由来する負ピークまたは正ピークが出現し, 妨害となる場合があった。Fig.-5 (A) にその一例として AS 及び ES のアンモニウム塩を含む市販のシャンプーを分析した際のクロマトグラムを示す。このような場合には, 2.3 項に示した前処理用イオン交換カラムを用いる操作によって, その妨害を除くことができた [Fig.-5 (B)]。C₁₄ の AS を用いて本操作における回収率を求めたところ, 回収率は 100.6%であった。なお, 家庭用製品では硫酸エステル型 ASF とスルホン酸型 ASF が混合して用いられる場合があるが, 硫酸エステル型 ASF を酸分解した後, 本法により分析することによりスルホン酸型 ASF のみを分析することが可能であると考えられる^{13), 20)}。

Chromatographic conditions are the same as in Fig.-2.

Fig.-4 Analysis of anionic surfactants in a commercial shampoo.

Chromatographic conditions are the same as in Fig.-2.

Fig.-5 Analysis of anionic surfactants in a commercial shampoo without pretreatment (A) and with pretreatment (B).

3.7 グラジェント溶離法による分析

Fig.-6 に, 種々の溶離液組成における ASF(LAS) の k' とアルキル鎖長の関係を示す。溶離液として 1.0 mM 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水 (30 : 70), 0.1 M 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水 (45 : 55) 及び 0.1 M 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水 (50 : 50) の 3 種を用いた際の比較を示したが, 1.0 mM 過塩素酸ナトリウムを含むアセ

Conditions : eluent : —○— 1.0 mM NaClO₄ in acetonitrile-water (30 : 70) ; —△— 0.1 M NaClO₄ in acetonitrile-water (45 : 55) ; —□— 0.1 M NaClO₄ in acetonitrile-water (50 : 50). Other conditions are the same as in Fig.-1. Capacity factors of 2-phenyl isomer of LAS were plotted.

Fig.-6 Relationships between the capacity factor of LAS and their alkyl chain length.

トニトリル-水(30 : 70)を用いた場合は0.1 M 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水(45 : 55)及び(50 : 50)を用いた場合に比べ、長いアルキル鎖長を有するASFの溶出が遅くなると共に、ピーク形が悪化する傾向が認められた。一方、短鎖のASFでは製品中に含まれる無機塩との分離が不十分となる場合もあった。そこで、短鎖から長鎖までのASFを同時に分析するため、グラジェント溶離法による分析を検討した。過塩素酸ナトリウム濃度及びアセトニトリル含量の最適化を検討したところ、溶出力とベースラインの変動を考慮して

Conditions : eluent : 1.0 mM NaClO_4 in acetonitrile-water (10 : 90) (solvent A) ; 1.1 mM NaClO_4 in acetonitrile-water (40 : 60) (solvent B) ; gradient time program is shown in Table-1. Other conditions are the same as in Fig.-2.

Fig.-7 Chromatogram of AS-Na with gradient elution.

Chromatographic conditions are the same as in Fig.-2 and Fig.-7. 1, C_{14} hydroxy ; 2, C_{14} alkenyl ; 3, C_{16} hydroxy ; 4, C_{16} alkenyl ; 5, C_{18} hydroxy ; 6, C_{18} alkenyl.

Fig.-8 Chromatogram of AOS-Na with isocratic elution (A) and gradient elution (B).

2・3項に示した溶離液及びグラジェントタイムプログラムを決定した。本グラジェント溶離法を用いれば、ベースラインのドリフトはあるものの、ベースライン補正を行うことによりほぼ満足のいくベースラインが得られた。しかし、定組成溶離法に比べると10倍程度の感度(S/N比)の低下は避けられなかった。グラジェント溶離法によりAS-Na標準混合物を分析した際のクロマトグラムをFig.-7に示す。Fig.-2と比べるとより良好なピークが得られた。また、Table-2に示すように相対モル感度も、 C_{12} , C_{14} , C_{16} のASでは大きな変化は認められなかった。これはFig.-3の結果からも予想されるように、10%から40%程度のアセトニトリル含量の変化では検出感度はあまり変化しないためであると考えられる。Fig.-8に C_{14} , C_{16} 及び C_{18} のAOS-Na混合物を定組成溶離法とグラジェント溶離法の両方で分析した際のクロマトグラムを示す。グラジェント溶離法では C_{14} のヒドロキシ体から C_{18} のアルケニル体まで良好に分離することが可能であった。

4 総 括

電気伝導度検出器を用いたHPLCによるASFの分析法を検討した。ASFを日立ゲル 3053を固定相に、1.0 mM 過塩素酸ナトリウムを含むアセトニトリル-水(30 : 70)を移動相に用いる逆相クロマトグラフィーで分離した後、ノンサプレサー型電気伝導検出器により高感度で選択的に分析することができた。検量線は C_{12} のAS-Naの場合、 $0.005 \sim 17 \mu\text{g}$ の範囲で良好な直線性を示し、再現性も良好であった。本法によるLASのアルキル組成分析の値は紫外検出器による値と良好な一致を示した。また、非イオン、カチオン及び両性界面活性剤は妨害しなかった。本法を市販の家庭用製品及び化粧品中のASFの分析に応用することができた。さらに、グラジェント溶離法によってより高分離な分析ができた。

本研究を進めるに当たり、実験に協力して頂いた飯田国夫君に感謝致します。

[平成3年(1991年)1月24日受理]

文 献

- 1) 高木 徹, 福住一雄, 油化学, 13, 520 (1964)
- 2) M. Mutter, *Tenside Deterg.*, 5, 138 (1969)
- 3) 米勢千鶴男, 矢戸 健, 金子隆英, 丸山一茂, 油化学, 27, 592 (1978)
- 4) J.D. Knight, R. House, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 36, 195 (1959)
- 5) H.L. Lew, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 44, 359 (1967)
- 6) H.L. Lew, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 49, 665 (1972)
- 7) 西 末雄, 分析化学, 14, 917 (1965)
- 8) 松谷成晃, 繁 猛, 永井俊雄, 油化学, 28, 847 (1979)
- 9) A. Nakae, K. Tsuji, M. Yamanaka, *Anal.*

- Chem.*, 53, 1818 (1981)
- 10) A. Nakae, K. Tsuji, M. Yamanaka, *Anal. Chem.*, 52, 2275 (1980)
 - 11) K. Nakamura, Y. Morikawa, I. Matsumoto, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 58, 72 (1981)
 - 12) K. Nakamura, Y. Morikawa, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 61, 1130 (1984)
 - 13) A. Nakae, K. Tsuji, *Comun. Jorn. Com. Esp. Deterg.*, 14, 133 (1983)
 - 14) F. Smedes, J.C. Kraak, C.F. Werkhoven-Goe-
wie, U.A. Th. Brinkman, R.W. Frei, *J. Chro-
matogr.*, 247, 123 (1982)
 - 15) M. Kanesato, K. Nakamura, O. Nakata, Y. Mo-
rikawa, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 64, 434 (1987)
 - 16) J. Weiss, *J. Chromatogr.*, 353, 303 (1986)
 - 17) M.G. Kunitani, L.M. Kresin, *Anal. Biochem.*,
182, 103 (1989)
 - 18) J. Kawase, *J. Chromatogr.*, 262, 293 (1983)
 - 19) S.L. Abidi, *J. Chromatogr.*, 324, 209 (1985)
 - 20) 界面活性剤分析研究会編, “界面活性剤分析法”, 幸書
房(1975), p. 153

書 評

ポリマーフィルムと機能性膜

伊保 内賢・清水 明・増田 定雄 編著

A 5 判 335 ページ

定 価 5,665 円

技 報 堂 出 版 発 行

我々の身の回りで各種の材料として用いられているプラスチックのうちはほぼ半分はフィルムやシート等の膜に加工成型されている。ポリマーの機能を最大限に活用し、実用に供するためには薄膜形成の技術の案出や改良が重要であることは論をまたない。プラスチックの用途が医用材料や電子材料にまで広がり、ポリマーフィルムに期待される機能が高まるにともなって、その加工技術は最近数年間で飛躍的に進歩をとげた。しかし、このような成膜過程の詳細について総合的にかつわかりやすく述べた成書はこれまで少なかったように思われる。本書はポリマーフィルムの成型技術や、その性質、機能さらには用途について広い視野から解説したものである。

本書は7章からなる。第1章はポリマーフィルムの最近の同行を概説している。フィルムの性質について一般的を解説が第2章に述べられ、ポリマー個別の性質が製造法とあわせてポリマーごとに第3章にまとめられている。第4章では押出、キャスト、延伸等の基礎的なポリマーフィルム加工技術について、第5章ではフィルムの二次加工技術について製品との関連をまじえて述べている。第6章はフィルムの耐久性についてまとめている。第7章では現在のポリマーフィルムの用途、製品について豊富な写真を用いて説明している。

本書の大きな特徴は一般の読者にとってわかりやすく書かれていることである。著者が化学企業等の第一線での研究や生産にたずさわった経験を有するために各事項が具体的に説明されており、いくつかのやや専門的な事項には丁寧な解説が加えてあるので理解しやすい。また、著者の知識に基づく装置の図が多数含まれているために成膜技術についての具体的なイメージがつかみやすくなっている。さらに、代表的なプラスチックフィルムや複合フィルムの性質について巻末に要領よくまとめられており、それらの比較や検索ができる。この分野を専攻する工学系の学生や、高分子工業にたずさわろうとする学生の入門書として、またポリマーフィルムを利用している技術物の方の参考書として推薦できる。

(小坂田耕太郎)