真空精留と分子蒸留装置

中 川 洋

日本酸素株式会社東京製作所 (東京都大田区下丸子 2 の 12 の 15)

Vacuum Fractionating Apparatus and Molecular Distillation Equipments

Hiroshi NAKAGAWA

Nippon Sanso K.K. (Japan Oxygen Co., Ltd.), Tokyo Factory
(2-12-15 Shimomaruko, Ōta-ku, Tokyo)

1 ま え が き

石油や油脂工業において、製品精製には蒸留操作が欠くべからざる重要な手段として古くから広く使われている。したがってこの方面の工業に対する蒸留操作の応用については、もはやとくに問題とするような点もないように思われる。

しかし、石油工業、油脂工業に限らず、一般の化学工業においても製品品質の純度への要求、製品歩留り向上への要請は非常にきびしいものがある一方、精製工程の合理化、すなわち装置の設備費、運転費、保守費をできる限り軽減させる必要があり、蒸留装置の能力、性能に対する向上の要望は飛躍的に高まったといえよう。このため従来の小型装置を単に大型装置に置き換えるというのではなく、新しい原理に基づいたより高い性能の装置にしたり、従来は実用的でないと考えられていた操作条件で運転したり、ほとんど人手を要しない自動制御連続装置を考えたり、いろいろと新しい試みが数多く行なわれている。

一般化学工業に應用される蒸留操作の取り上げ方に対して、石油工業と油脂工業方面では、比較的保守的な色彩が濃く、とくに油脂工業では戦前からの蒸留器をそのまま用いている例も少なくないし、また新設されたものでも、原理や構造が昔のままということもまれではない。一方石油工業に使われる蒸留器といえば、コンビナートにそびえ立つ大きな精留塔を思い出すように、もはや技術的にはなんらの改良の余地もないように思われる。

このようにきわめて伝統を重んずる分野にも、今や新しい試みを実施して、能率、品質の向上を計る必要が日一日と強くなっているように思われる。

本稿では、最近のこの方面の進歩を含めて、主として真空精留と分子蒸留の装置について解説する。

2 真空蒸留の必要性

本稿では、真空を併用した蒸留装置について解説するのであるが、各論にはいる前に、なぜ真空を併用するかという点、および、真空を併用することによって生ずるいろいろのトラブルについて触れておきたい。とくに真空を利用することによって生ずる利点を最大限に發揮することが、新しい装置を考えたり、従来の装置の能力、性能を向上させる最大のポイントであるから、その理由をよく考察しておくことは決して無意味ではないと思う。

2-1 沸点の低下

当然のことながら、物質の沸点は真空下に置かれれば、常圧下よりも低下する。一般に真空蒸留を採用する目的の第一はこの点にあるわけで、操作温度をできる限り下げて、物質の分解、重合を極力防止しようとするのである。しかし、すべての場合に、操作圧力が低ければ低いほど良いかというとはそうではなく、たとえば、コンデンサーにおける凝縮温度も下がり、通常の冷却水では間に合わなくなったり、留分が凝結したり高真空にするための排気装置が膨大なものになったりするので、適当な圧力で妥協することになる。

表-1 は著者の経験から、きわめて大体の操作圧を、扱う物質の分子量から分類してみたものである。分子量と蒸気圧とは決して一定の関係にあるわけではないが、

表-1 蒸留対象物の分子量と操作圧力

分子量	操作圧力 (Torr)
50~100	100~10
100~200	10~1
200~300	1~10 ⁻¹
300~500	10 ⁻¹ ~10 ⁻²
500 以上	<10 ⁻³

石油、油脂製品については特別な場合を除いて大体この分類にはいるのではないと思う。

最近、この方面で問題にされる物質は、しだいにその分子量が大きくなっていて、昔は精製操作を必要としなかったまたは、精製不能とされていたものが、品質向上などの面で蒸留

精製を要求されるようになった例が多い。このような場合当然真空下の蒸留が必要となる。

2.2 物質の分解、重合

真空下で沸点を下げて、蒸留温度を低くすることによって、物質の分解、重合をおさえることはできるが、そのほかにも考慮すべき問題がある。すなわち、物質の変質は温度のみでなく、高温に保たれている時間にも関係する。分解、重合速度が操作温度と滞留加熱時間のどのような関数であるかは、種々論議のあるところで、また物質によっても相当違うであろうが、ここでは Hickman¹⁾の説に従って操作温度が 10°C 上がるごとに分解速度が 2 倍になり、また分解反応は滞留時間に比例するとする。ジベンジルフタレイトを例にとりてこの Hickman 説による分解の危険性は表-2 のようになる。この表は厳密に成立するわけではなく、大体の傾向を示すものである。

ここで、物質の分解、重合を防ぐためには、操作圧力すなわち操作温度を下げるだけでなく、滞留時間を減少するよう考慮すべきであり、ときにはその方が効果が大いことにもあることに注意せねばならない。この点、昔ながらの回分式の蒸留では少なくとも真空蒸留にはあまり向いていないというべきで、最近の真空蒸留器は、すべて滞留時間を短くするよう考慮されている。とくに表-2 からわかるように、遠心式分子蒸留器は、ほかのいかなる方法に比べても分解、重合の危険性が少ない。

表-2 各種の真空蒸留における分解の危険性

	操作圧力 (Torr)	蒸留温度 (°C)*	温度係 数**	加熱時間 (sec)	分解危険 度比***
工業用回分蒸留ガマ	760	360	2 ²³	10×3,600	1.5×10 ¹³
常圧フラスコ蒸留	760	360	2 ²³	1×3,600	1.5×10 ¹²
低真空回分蒸留ガマ	100	320	2 ¹⁹	10×3,600	9.5×10 ¹¹
高真空回分蒸留ガマ	10	270	2 ¹⁴	10×3,600	3.0×10 ¹⁰
クライゼンフラスコ 真空蒸留	3	250	2 ¹²	1×3,600	7.4×10 ⁸
フラッシュ蒸留器	1	220	2 ⁹	60	1.5×10 ⁶
実験用ポットスチル	10 ⁻²	170	2 ⁴	1×3,600	2.9×10 ⁶
流下膜式分子蒸留器	10 ⁻³	130	1	20	1×10 ³
遠心式分子蒸留器 (工業用)	10 ⁻³	130	1	1	5×10
(実験用)	10 ⁻³	130	1	0.02	1

* ジベンジルフタレイトの場合を仮定した。

** 温度が 10°C 上昇すると、分解、重合が 2 倍の速さで起こるとした。

*** (温度係数)×(加熱時間)。実験用遠心式分子蒸留器を 1 とした。

一方、真空にすることによって、蒸留している物質に触れる酸素の量が少なくなるために、酸化作用がおさえられるという利点も考えられる。しかしこの点をよく考えてみると、普通の石油や油脂関係の真空蒸留の操作圧力、すなわち 10~100 Torr 程度では、酸素の存在量は大气と比較して 1/10~1/100 程度には減っているが、物質が酸化するためにはいまだ充分多量に存在するとみてよい。また、石油や油脂の分解、重合は酸素の存在量だけによって決まる訳でもなく、自動酸化のように酸素

の存在量に無関係に進む場合もある。

このように普通の真空蒸留では、真空にすることによって、酸素の作用がなくなると考えるのはちょっと無理であって、分子蒸留のように 10⁻³~10⁻⁸ Torr になった場合にはある程度正しい考え方であるといえよう。

ただ、装置からの漏えいについて、気相中への漏えいはほとんど問題にならないが、液相中への漏えいは非常に分解、重合を促進することが多い点に注意せねばならない。たとえ装置に大容量の排気装置がついていて、多少の漏えいであっても所定の圧力に引き切ることができる場合でも、液相に対する漏えいがあると、濃い酸素（といっても空気であるが）を高温の液に吹き込んでいることになり、その影響は決して無視できない。さらに、液相への漏えいがある場合、普通の漏えいテストではなかなか発見できないこともあって、原料が酸化、分解、重合を起こしているのを、その物質の特性であると考えている場合も多いようである。

図-1 テトラデカン-ヘキサデセンの平衡曲線

図-2 テトラデカン-ヘキサデセン 50 mol%-50 mol% 混合液と平衡にある蒸気の組成

2.3 分離効率

低圧においては、一般に物質の蒸気圧が、常圧のときよりも低下すると同時に、二つ以上の物質の混合物の各成分の示す蒸気分圧の比が、常圧下の比よりも大きくなる。いいかえれば比揮発度は低圧になればなるほど大きな値を示す。図-1 に示したのは、その一例であって、混合液から発生する蒸気の組成が、低圧になればなるほど、液の組成と違うことを示している。たとえば A 成分と B 成分の 1:1 の混合溶液を蒸留した場合、常圧ならば、図-2 に示すように A 成分 62% の蒸気が発生するが 100 Torr ならば 69%, 10 Torr ならば 77% にも達する。すなわち真空にすることによって、一般に分離効率が大きい点は、とくに精留のように、多数の蒸留段を要するときはきわめて有効に利用される。

さらに、成分によっては共沸物を生成する場合は、第三成分を加えて、いわゆる共沸蒸留、抽出蒸留などを行なわなければならない場合、真空下で共沸点が消滅する現象を利用できる場合もある。

分子蒸留の場合は、常圧または減圧下の比揮発度とは全然異なった分子比揮発度という値を分離の指標として用いなければならない。詳しいことは省略するが、A, B 二成分のある温度における純成分の蒸気圧をおおの P_A, P_B とすると、常圧蒸留ではラウール法則に従う系の比揮発度は P_A/P_B に比例するが、分子蒸留では $P_A\sqrt{M_B}/P_B\sqrt{M_A}$ (M_A, M_B は分子量) に比例するという差異がある。

2.4 真空を用いることによるトラブル

第一に排気装置を必要とし、装置の気密を保たねばならない。これは確かに常圧の装置に比較して余分な設備ではあるが、最近の真空技術の発達によって、大容量、高性能の排気装置が容易に得られるようになったし、気密の問題も、常圧であっても漏えいのない装置を要求されるような時代になったことを考えれば、この点は根本的なトラブルとはいえない。

それよりも、真空下では、液ヘッドによる静圧が、全体にかかっている圧力に比較して無視できないために、沸騰現象を用いることができない、したがって伝熱係数が小さいという方がより問題であろう。一般に真空蒸留の効率が悪いと称せられるのは、この点に対する対策が不充分の場合が強く印象づけられているゆえである。この問題も、適当な対策、すなわち強制循環を行なうなどによって解決できる。

3 真 空 精 留

前述のように、最近石油、油脂関係で取り扱う物質の分子量がしだいに大きくなり、しかも製品の品位も高純度のものが要求されるようになったので、とくに真空精留の必要性はますます強くなってきた。

一般の精留において、段効率のなるべく良いタナ板、または理論段当たりの長さ (HETP) のなるべく短い充填塔が要求されるが、真空精留においてはとくに圧力降下の少ないという要請も加わる。一般に、段効率または理論段長さは圧力降下と反比例の関係にあり、この両者は相反する要求であることは良く知られている。したがって両者をどこで妥協させるかが大きな問題である。

3.1 タナ 段 塔

常圧精留に用いられるホウ鐘板 (バブルキャップトレイ)、穴明板 (シーブプレート) をそのまま真空精留に用いている例が多いが、このままでは、大体段効率 70~50%, 一段当たりの圧力降下 3~5 Torr といった値を示す。しかし、現在真空精留に要求される性能は段効率 50% 程度、圧力降下は 1 Torr 以下であって、もはや普通の精留板では満足できないようになった。

このような精留板に対する研究は比較的遅れていて、いまだ決定的な構造というものは公表されてはいないが、著者の経験ではターボグリッド精留板が比較的満足すべき性能を示すように思う。

図-3 ターボグリッド板の構造 2 例

ターボグリッド板は主として石油の精留用として開発された 図-3 に示すごく簡単な構造の精留板であり、普通はダウンカマーを備えていない。液は、板にあけられた穴を通じて落下し、一方、蒸気も同じ穴を上昇する。

このように、気-液の接が普通の精留板と違う状態で起きるので、運転条件も普通の精留板とは違ってくる。

図-4 ターボグリッドの圧降下特性

文献には、ターボグリッド板は、構造が簡単であり、価格が安いという特長の代わりに、段効率が劣り、処理量の許容範囲が狭いと記載されているが、これを真空精留に用いた状態での性能は 図-4 に示したように比較的すぐれたものであると考えられる。とくに各段当たりの圧降下を 1 Torr 以下に抑えることは、ダウンカマーのある普通の精留板ではほとんど不可能であり、しかも 10 Torr 付近の高真空でも段効率 50% を保つものとしては、ほかに類をみないものではないと思われる。

3.2 充テン塔

真空精留に関する現在まで発表されたデータは、ほとんど充テン塔に関するものである。これは、主として、研究室規模の精留実験では、タナ段塔よりも充テン塔の方が製作しやすいし、また性能もすぐれているからである。

図-5 充テン物の圧降下

図-6 充テン筒の HETP

充テン塔の真空下における性能の研究は比較的多く発表されている²⁾。とくに筒径 100 cm までの小型の実験用の塔については、非常に詳しい報告が多数出ている。これらのうち、二、三の例を 図-5、図-6 に示す。

真空精留に最も普通に用いられる充テン物は、マクマホンパッキング、ラシッヒリング、ヘリックスパッキングなどで、特に精密な蒸留にはステッドマンパッキングなどが用いられる。

工業的な大型の塔では、充テン物の価格がかなり高いので、特に製作に手間のかかるマクマホンパッキングなどでは充テン物だけで、数千万円の価格になることもある。

このため前述のように、工業用精留塔としてはタナ段塔が多く用いられるのであるが、圧降下をできるだけ少なくするために比較的安価なラシッヒリング、ポールリングなども好んで用いられている。とくにポールリングは安価な割に精留効果もすぐれていて、工業的に使用する目的には最も適した充テン物といえよう。

充テン物に関する研究は数多くあるが、10 Torr 以下の高真空における性能はほとんど発表されていない。最近のように、操作圧力の非常に低い、すなわち 2~3 Torr における真空精留が要求される場合、圧力降下は比較的簡単に推定できるが、理論段当たりの筒長などは推定が著しく困難である。これはなにも真空下に限ったことではなく、一般的に充テン塔における気-液の流れ方、すなわち、チャンネルング、ブロッキングなどの現象は、非常に複雑であり、安定した運転を行なうためには注意深く設計された塔を使用する必要がある、とくに 2~3 Torr 程度の真空精留塔の選択、設計は非常に困難な問題であることを付言しておく。

図-7 ガラスシステル

3.3 特殊な真空精留装置

タナ板塔, 充テン塔において, 一般には一理論段当たりの圧力降下は 3~5 Torr であり, 非常に上手に設計された筒でも, 1 Torr 内外であることを述べたが, 最近の要求はさらにきびしく, もっと圧力降下の少ないものが出現することを期待している。段効率や理論段当たりの長さをぎせいにしないでこのような要求に答えるためには, 気-液の接触を, 蒸気の上昇力と, 液の流下力とだけによっていたのでは不可能であって, なんらかの機械的操作を導入して気-液接触を促進させる必要がある。

ポリエチレングリコールの精留圧力 1×10^{-3} Torr

図-8 プラシスチルの性能

このような例として 図-7 に示したブラッシュ精留器³⁾は, 蒸気が筒の中心で 400~800 rpm で回転している冷却筒で凝縮し, 液はそこから, ブラシの毛を伝って, 加熱面へ送られ, そこでふたたび蒸発するものである。この方式では, 蒸気が液を貫くための圧力降下がないので, 全体の圧力降下はきわめて少なく, また, 液はブラシの作用によって配分されるので, 効率もきわめてよい。図-8 はこの蒸留器によって, ポリエチレングリコールを精留した結果である。この結果から 1 HETP は約 50 mm であると測定された。

回転力を利用したものも, 多数研究されている。図-9

図-9 キルシバウム蒸留器

図-10 ロータリートレイ

に示したのはその一例で, ロータリーカラム精留塔⁴⁾は回転する円筒のところどころに液を飛ばすみぞがついていて, ここから凝縮液を加熱面に液滴としてもどすようになっている。円筒の代わりに, 冷却された板, または金網が回転するものを, スピニングバンド精留塔⁵⁾と称している。

さらに, 多少大型の回転精留塔として, 図-10 に示したような形式が発表されている。原理的には, 上述のものと大差なく, 液滴を回転力によって飛び散らせて, その間を蒸気が上昇するとき, 気-液接触を行なわせるものである。表-3 はこのような蒸留器の一例のロータリーコーン精留塔⁶⁾の性能を示したものである。

さらに, この蒸気をインペラーで圧縮し, 圧降下が逆になるようなコンプレッション精留塔⁷⁾などが考えられている。このように, 機械的操作の導入は回転力が最も簡単であるから, 精留効果をあげるために回転力を導入した精留塔がいろいろと考えられているが, 工業的規模

表-3 ロータリーコーン蒸留器の性能

回転数 (rpm)	液 量 (ml/min)	圧降下 (Torr/ 理論段)	HETP (cm)	ホールド アップ (ml/段)
1,500	1.8	0.018	0.87	1.07
"	4.7	0.022	0.95	1.35
"	6.3	0.026	1.12	1.63
"	7.0	0.030	1.04	1.57
"	9.4	0.034	1.13	1.73
500	2.8	0.021	1.09	1.48
"	4.8	0.019	0.93	1.33
"	5.2	0.021	0.94	1.36
"	6.7	0.027	1.02	1.50
"	8.5	0.032	1.13	1.70
250	1.0	0.012	1.06	—
"	3.7	0.017	1.16	—
"	5.6	0.020	1.23	—

図-11 マイクロフラクター

の装置で、長いシャフトを高速で回転させることは多分に困難な問題があり、今のところ、実験の規模のものしか実用化されていない。

そのほか、変わったところでマイクロフラクター⁸⁾と称する図-11に示したような精留器も考えられている。すなわちベルトAに原液を塗布してDにより加熱して蒸発させ、これを、上部のベルトEに凝縮させる。これをさらに上部に動かしてふたたび蒸発させる。還流は、未蒸発の液がベルトの動きにつれてふたたび元にもどる仕組みになっている。この方式は精留の原理を目前で実現しているようなもので、とくに粘度の高い物質の精留に適していると思われる。しかし大型の装置に応用することには非常に困難な機械的問題が起こるであろう。

3.4 真空精留の応用

真空精留は古くから、各方面で利用されているので、もはやあまり問題がないかのように考えられているようで、精留塔の形式、性能に関する報告は数多くあっても、応用される物質、すなわち何を精留したとき、どのような結果になったというような報告はほとんどみられない。

しかし、石油留分のうち、重質分は真空下で精留されているし、油脂関係では、高級アルコール⁹⁾、トール油¹⁰⁾などが真空精留の対象になっている。このほか、多くの石油、油脂類の真空精留が行なわれているはずであり、また最近のように品質の要求が高くなればなるほど、真空精留の必要性を増してくるものと思われる。

4 分子蒸留装置

戦後、荒廃したわが国の産業復興に大きな役割を果たした肝油の輸出に対して、分子蒸留によるビタミンAの濃縮は非常に有効な手段として活用された。昭和30ころは全国で30基もの分子蒸留装置が稼動していたが、最近では、すっかり有機合成化学の分野に株を奪われた感がある。すなわち、DOPを初めとする可塑剤の連続蒸留や、TDI、MADなど略号だけでは名前の判断さえつかないような新しい合成物の分離、精製に分子蒸留、または準分子蒸留的な操作が行なわれている。

4.1 流下膜分子蒸留器

ビタミンAの濃縮に活躍した分子蒸留器は図-12のようなもので、蒸発面積20m²程度のものが作られて

図-12 流下膜分子蒸留器

図-13 流下膜蒸留器
(ループ式蒸留器)

いる¹¹⁾。このような大型の流下膜蒸留器では、液が加熱面を流下する時間を極力短くするために、加熱面を低くし、代わりに径を大きく取っている。

また、排気口、すなわち真空引き口の抵抗をできるだけ少なくするために、凝縮面を多管式にして、その間から排気するような設計も行なわれている。

加熱面の流下時間があり問題にならない場合は、筒長を大きく、径を小さくした形式、たとえば、図-13に示したようなものが用いられる。これらは、長らく外国のメーカーの特許として、輸入にたよっていたのであるが、最近では、これに対抗する特許が得られたので、充分国産できるようになった。流下膜蒸留器のポイントは、いかに加熱面上で液が均一に、かつすみやかに流れるかにある。このために自然流下のみでなく機械的操作の導入によって、目的を果たそうとしている。

ブラシ、へら、板などを加熱面上、または加熱面すれすれのところを回転させ、液を均一化するようになっており、それぞれワイプト蒸留器、タバフィルム蒸留器、などと称されている。流下膜蒸留器の種々の型式の解説¹²⁾、性能の比較¹³⁾に関しても数多く発表されているが、ここではこの程度に止めておく。

4.2 遠心式分子蒸留器

流下膜蒸留器では、ブラシなどで液の流下を均一にするよう考えているが、流下そのものは、あくまで重力のみによるので、たとえば膜厚などある程度以下にすることはできない。

回転する円盤の中心に液を落とせば、瞬時に遠心力で広がり、きわめて薄い液膜の生成が可能であり、かつ、加熱面に停滞する時間も短くてすむことは明らかで、これらの点が遠心式分子蒸留器の特徴となっている。

この形式は、非常に性能がすぐれているにもかかわらず、長い間、外国特許に抑えられて国産化されなかったが、ようやく最近、基本特許が切れて国産化が可能となった。

同じ物質を流下膜式分子蒸留器と、遠心式蒸留器とで比較してみると遠心式が非常にすぐれていることがわかる¹⁴⁾。

ただむずかしいのは、高速で回転する軸をシールすることであるが、これも最近の真空技術の発達によって容易になったので、今後ますます普及するものと思われる。

4.3 実験用分子蒸留器

分子蒸留は有機化学の研究の一つの手段として古くか

図-14 ミクロ分子蒸留器

図-15 実験用回転分子蒸留器

図-16 多段分子蒸留器

ら広く用いられるので、実験室規模での研究は非常に多くの考案が提案されている。それらのうち、おもなものを二、三図示する。

図-14 に示した装置は非常に少量の物質の分子蒸留に用いられるもので、1 ml 程度の試料を 0.2 ml 程度の 6 留分に分けることができる。

図-15 は同じく実験用の分子蒸留器¹⁵⁾であるが、原液を回転させることによって薄膜を形成させる。この形式は一部工業的にも使われている。

図-16 は、分子蒸留器を多数連結した一種の精留器¹⁷⁾であって、この装置によって石油留分のエイコサン (炭素数 20 の炭化水素) を分留した結果を図-17 に示す。

図-17 多段分子蒸留器によるエイコサンワックス分離

表-4 分子蒸留の応用

油脂および油脂成分	オリーブ油、大豆油、トール油、精油、綿実油、ヤシ油、スカ油、ナタネ油、アマニ油、精油、パーム油、鯨皮油、イカ油、肝油、サナギ油、モノグリセリド、スクワレン、コレステリン、ステリン
ビタミン類	ビタミン A, A ₂ , D, E, ホルモン、キトール、カロチン、その他
脂肪酸類	オレイン酸、ステアリン酸、オレイルオレエーリ、セチルオレエート、メチルエステル、脂肪酸アミド
ロウ	トウモロコシワックス、エイコサンワックス、ミツロウ、乳ロウ
エステル	フタル酸、セバシン酸などのエステル
炭化水素	パラフィン、石油留分、アスファルト
有機合成品	ポリエチレングリコール、ポリグリコール、エポキシ樹脂シリコン、ビニル重合体、ポリエチレンオキシド、ヨノン

4.4 分子蒸留の応用

分子蒸留はいわゆる高沸点物の蒸留、精製には必ず使用されているといっても過言ではなく、石油類、油脂類に広く応用されている。その中でも注目すべきものを表-4 に示した¹⁸⁾。これらは、すべて工業化されているというわけではないが、少なくとも研究段階では分子蒸留を用いたという報告があったものばかりである。

5 おわりに

石油、油脂関係に使われる、真空精留と分子蒸

留について、きわめて大体のところを紹介した。

この分野における研究，実用化はこれからますます発展するものと思われるが，何分いまだ装置としても体系的な研究が行なわれていない一方，それぞれの用途に対する研究も断片的なものに止まっているので，この解説もはなはだまとまりのないものとなってしまった。

今後の発展によって，より詳細な解説が可能となる日を待ちたいと思う。

(昭和 42 年 3 月 2 日受理)

文 献

- 1) K.C.D. Hickman, *Chem. Rev.*, **54**, 51 (1944)
- 2) 中川 “真空蒸留” 真空技術講座, p. 191 (1964) 日刊工業新聞社
- 3) E.S. Perry, 1956 Vacuum Symposium Trans. Am. Vac. Soc., 151 (1956)
- 4) C.B. Willingham *et al.*, *Ind. Eng. Chem.*, **39**, 706 (1947)
- 5) R.G. Nester, 1956 Vacuum Symposium Trans. Am. Vac. Soc., 147 (1956)
- 6) B.J. Mais *et al.*, *J. Res. Natl. Bur. Stands.*, **22**, 519 (1939)
- 7) D.F. Othemer, R.D. Beattie, *Ind. Eng. Chem.*, **53**, 799 (1961)
- 8) K.C.D. Hickman, 1961 Vacuum Symposium Trans. Am. Vac. Soc., 383 (1960)
- 9) 中川, 高橋, 真空化学 **5**, 103 (1957)
- 10) 平田, 山野井, 真空化学, **4**, 151 (1956)
- 11) 中川, “分子蒸留” 新化学工学講座 (1957) 日刊工業新聞社
- 12) P.R. Watt “Molecular Stills” (1963) Chapman and Hall Co.
- 13) R. Schneider, *Chem. Ing. Technik*, **27**, 257 (1955)
- 14) G. Burrows “Molecular Distillation” (1960) Oxford Clarendon Press.
- 15) C.W. Gould *et al.*, *Anal. Chem.*, **20**, 361 (1948)
- 16) H.E. Zaugg *et al.*, *Anal. Chem.*, **26**, 1999 (1954)
- 17) B.J. Mair *et al.*, *Anal. Chem.*, **27**, 190 (1955)
- 18) 分子蒸留の応用に関しては文献 2), 12), 14) に詳しい。

書 評

食 品 の 酸 化 と そ の 防 止 (B6 判, 178 ページ, 900 円) (光 琳 書 院 発 行)

八 木 一 文・秋 谷 年 見 著

食品関係の多くの図書を出版している光琳書院から，光琳全書の中の一つとして「食品の酸化とその防止」が発行された。著者は油化学協会の会員であり，おなじみの深い人達である。

水分の多い食品の保存には微生物，酵素など種々考慮すべき因子が多いが，水分の少ない食品の場合でも油脂の酸化を始めとしてそれぞれ多くの問題点をかかえている。かく申す私自身，食品関係の研究室に所属しているので，種々の食品を手がけたことがあり，また食品に関する相談を受ける機会も多いのであるが，食品の保存の問題の解決は結局最後には油脂部門にゆだねられるケースが多いことを経験している。

本書では食品の酸化とその防止の諸事項を 第1章 食品の成分の酸化，第2章 酸化の測定法，第3章 抗酸化機構と抗酸化剤，第4章 食品成分内の酸化と還元，第5章 各種食品の酸化とその防止に分けて解説している。脂質の酸化のほかにアミノ酸やビタミンの酸化についても扱っており，対象とする食品は揚げ油，マーガリン，ショートニング，マヨネーズ，畜肉，魚肉，牛乳，それらの加工品，果実，そ菜，即席めん，インスタントみそ汁，粉末ジュースなどにわたっている。

自動酸化のメカニズムや抗酸化剤の理論なども平易に解説されており，そのほか関連性のある文献が広く紹介されている。本文全部で B6 版 200 ページ足らずで，比較的小冊子であるが，食品酸化の実態を知り，その防止の実状を認識するには十分な内容である。

保存を要する食品の範囲はきわめて広く，その現象も複雑である。食品の保存上の問題点を整理し，解決への糸口を見付ける上に本書はよい参考となろう。

(太田 静行)