

食品産業におけるろ過・分離技術の最近の話題

横浜国立大学 松本 幹治

1. 食品に適用される

液体清澄化技術

食品産業において分離が主要プロセスのひとつとなる食品は(1)製糖・甘味料・澱粉、(2)乳・乳製品、(3)食用油、(4)酒類・飲料および(5)調味料・食品素材・香料分野のものである。これらの食品製造における分離の目的は、(a)原料破片・他の混入物などの夾雑固体物の除去、(b)タンパク質・塩・色素など溶解性物質の除去あるいは部分的分離による品質の安定化と混濁物質の発生(析出など)防止、(c)製品の清澄化、透明度の向上、(d)機能性食品・生理活性物質の分離などである。

上記の目的を達成するために各食品分野では従来からいろいろな分離操作や装置が使用されている。先に述べた食品群の多くは液状製品であり、原料あるいは原料液の清澄化過程を経るものが多い。食品産業における液体処理は生産プロセスに限らず、排液処理にも用いられる。これらの液体処理に関する技術を液体清澄化技術と総称している。

液体清澄化技術とは(1)分離技術、(2)クリーン化技術および(3)サニタリー技術をキーテクノロジーとしてそれらに関連する全ての技術を意味している。現在社会のキーワードとして(a)環境、(b)安全および(c)省エネルギーなどがあるが、液体清澄化技術はいずれのキーワードを達成するためになくてはならない技術である。約4年前に各種の液体清澄化技術に関する製品等の製造あるいは販売しているサプライヤーとそれらの製品を利用しているユーザーからなる日本液体清澄化技術工業会(略称:清澄化工業会)が設立された(現在会員企業数約100社、清澄化工

業会については本誌・前回特集号¹⁾を参照)。今月号に清澄化工業会企画による特集記事を載せる機会を得た。本稿では特に(a)～(c)のキーワードに関する最近の話題について述べる。

2. ケイ藻土とろ材の再利用

液状食品の固液分離に膜分離、ケイ藻土などの助材ろ過、遠心分離、脱水・圧搾ろ過などがよく用いられている。このうち使用に伴い原材料に含まれるもの以外の廃棄物が出るのは膜ろ過とケイ藻土ろ過であり、これらはいずれも産業廃棄物として処理されている。膜ろ過は助剤を使用することなく大量処理も可能であり、かつ除菌ができるということでケイ藻土ろ過に取って替わりうる技術として注目され、製薬工場では菌体の分離などに用いられている。しかしながら、ケイ藻土ろ過は、安いランニングコストで高い原液濃度のものを大量に処理できるという他のろ過方式に代替し難いものがある。そのため使用済みケイ藻土の有効利用あるいは再使用が大きな課題である。

再使用についてはセラミック膜を用いた醤油のケイ藻土ろ過に、水洗した使用済みケイ藻土を繰り返し使用して再生ケイ藻土の目詰まり特性を調べた実験報告があるが²⁾、実用規模で使用されているものに生醤油のろ過³⁾とビールのろ過⁴⁾がある。生醤油のケイ藻土ろ過の場合には温水により攪拌洗浄／脱水を数回繰り返した後一部はリサイクルされ、残りは廃棄される。生醤油ろ過におけるケイ藻土の再利用は3回程度であるが、そのリサイクル回数はろ過する原料に依る。ビールの使用済みケイ藻土の再生は温苛性ソーダ溶液にて酵母その他の有機物を分解し、硫酸で中和し、水で洗浄した後脱水して行う。再生したケイ藻土は水分75%のスラリーとし、新品

と組み合わせて使用するもので、リサイクル率は70～80%である。これらはいずれも湿式再生法であるが、使用済みケイ藻土が大量の場合には流動層燃焼により再生する乾式法も使用されている例もあるとのことである。高分子製の安価なプレフィルターやカートリッジフィルターも毎日大量に産廃として廃棄され、その処分に困っているが、最近は一部溶高炉に投入され、補助燃料とされている例もあるが、このようなろ材もケイ藻土と同様に何回か繰り返して使用できるよう工夫がいる。初期コストは高いがセラミックフィルターやステンレス製フィルターのように物理的・化学的に堅牢で、再生が比較的容易なフィルターが、低成本で供給されれば今後伸びる可能性がある。

3. 食品廃棄物からの

有価物分離および再生

食品廃棄物は製造、流通および消費の各段階で毎日大量に発生し、一部は家畜の飼料やコンポスト(肥料)として利用されているが、多くは産業廃棄物あるいは一般廃棄物として焼却・埋立により処分されている。このため平成13年4月から施行の食品リサイクル法が制定されたが、この法律は食品関連事業者に発生量の抑制(減量)と再利用を促し、今後5年間で食品循環資源の再資源化率を20%(現在の約20%から40%)向上させることを目的としている。このような背景も含めて平成5年～8年にかけて食品廃棄物の有効利用を目的とした「食品産業エコ・プロセス技術研究組合」が設立され、8つの研究課題が検討された⁵⁾。また続いて平成12年に同様な研究組合として「ニューフード・クリエーション技術研究組合(食品産業における新規分離抽出技術の開発)」が設立されたが、この研究組合も食品廃棄物からの有効成

分の分離・回収を目的とした6研究課題がスタートしている。先に行われた「食品産業ハイセパレーション・システム技術研究組合(1988~1991)」を含めてこれらの研究課題で使用されている主な分離技術は膜分離、クロマト分離、超臨界流体抽出分離である。

膜分離の応用例として廃棄食用油脂の再生について述べる⁶⁾。国内向け食品油脂の総需要量は290万トン/年程度であり、廃食油は回収されると、焼入油、石けんの原料、肥料の油カスや飼料、ボイラーの燃料あるいはディーゼル燃料として再生されている例もあるが、多くの食用油は廃棄処分されていると予想される。廃食油の再生法として廃潤滑油の再生と同様にアルカリ洗浄、活性白土処理などがあるが、いずれも処理工程が複雑で、その処理に伴う残渣が大量に出るという問題がある。廃食油をNTGS-2200膜によりろ過することにより、抗酸化物質が除去されるため酸化安定性は低下するが、色調や粘度は新油の状態と同程度に改善されるという結果を得ている。一方、超臨界流体による抽出・分画あるいは分離技術は有機溶媒等を使用しないため環境に優しい技術とされているが、現状ではコスト的に問題がある場合が多い。

4. 食品の安全性と

サンタリーろ過機器

食品における安全性とは(1)微生物による汚染防止、(2)食品汚染物(異物)の混入防止、(3)食品成分の変質防止および(4)食品添加物の適正使用、が満たされていることである。食品の生産管理ではサンタリー操作やサンタリー機器が要求され、一般的には(1)と(2)の項目を指すが、無菌ろ過と異物除去もサンタリーろ過の範囲である⁷⁾。サンタリーとは[衛生的な]という意味であり、さまざまな機器にサンタリーの名が付いている。しかしながら何をもって[サンタリー]とするのかという最も基本的なことについてJISにもISOにも定められておらず明確な定義がないのが現状である。サンタリー機器が持つべき一般的な仕様は簡単にいって、液や異物が付着、滞留しにくく、分解・組立て・洗浄が容易で、剥離・溶出がなく、耐久性に優れた材質により製造されていることである。サンタリー用機器の主要な部材はステンレス鋼(SUS304、

SUS316など)あるいは耐熱(短時間90℃程度)・耐薬品性高分子材料で上記の仕様を満たすように設計されている。昨年発生した食品の異物混入事件以来、異物除去・混入防止の管理が重要となっているが、各種のステンレス製の捲線型フィルター(ファインウェッジ⁸⁾、ノッチワイヤー⁹⁾、トライアングルワイヤー¹⁰⁾など)が各種の液状あるいはペースト状食品の異物除去に利用され、それを利用したスクリュープレス¹⁰⁾も開発されている。

近年サンタリーろ過器として耐熱性高分子あるいはセラミック製ろ過膜モジュールが使用されている。サンタリー用ろ過膜としては一般に分解が容易な平膜を用いたプレート&フレーム型モジュールが用いられているが、単位体積当たりの膜面積が小さい。その値が大きいスパイラル型モジュールの欠点は流路が広いために液溜まりが生じ易く、殺菌しにくいことである。その点を改良したUターンベッセル¹¹⁾に加熱殺菌用のジャケットを付けたモジュールが開発されている¹²⁾。また近年ろ過・脱水と乾燥のように複数の単位操作を一つの機器に組み込んだ多機能装置が製薬関係等に多用されている。多機能装置の一般的な長所はコンタミの現象、歩留まりの向上、洗浄時間の低減である。

5. 省エネルギー分離プロセス

省エネルギー分離プロセスとは狭義の意味では単位製品量を生産するのに必要なランニングコストが少ないプロセスを意味する。溶液やスラリーの濃縮あるいは脱水ろ過の場合には異なる濃縮・脱水法あるいは同一濃縮・脱水法における異なる機種間で濃縮率や脱水率を基準にした動力比較ができるが、使用する消耗品、設備費(減価償却費)あるいはLCAを考慮した場合には単純な動力比較だけでは省エネ評価はできない。また食品の場合には特に味・香り・サンタリーなど製品の品質保証という前提があり、使用する分離法あるいは機種によりその品質が異なるという事態が生じる。果汁、抽出液、牛乳などの液状食品では輸送、貯蔵、乾燥コストの低減のために前処理として濃縮操作が行われる。液状食品の濃縮法には蒸発法、膜濃縮法、凍結濃縮法の三つの方法がある。製品のアロマ成分の回収を考慮した品質の保証については凍結濃縮法、膜濃縮法、蒸発法の

順であり、エネルギー消費量についてはその逆である(しかしながら多重効用缶と減圧蒸発を使用すると蒸発法のコストはかなり低下する)。初期設備コストは設備の複雑度に応じて凍結濃縮法(懸濁晶析法)、膜濃縮法、蒸発法の順に高くなる。性能とサンタリー性維持・管理のための費用は膜濃縮法、凍結濃縮法、蒸発法の順で高い。これらの要素を総合して凍結濃縮法の適用は現時点ではかなり限定されたものとなっている。しかしながら、従来の懸濁晶法でなく冷却面に塊状氷層を形成させる界面凍結濃縮法を応用することにより懸濁晶法の問題である母液と氷結晶の固液分離が極めて容易で、システムが単純化するため設備費が大幅に低下する可能性のあることがトマトと果汁の濃縮実験などで示された¹³⁾。この例は従来から知られていた現象を装置的工夫と化学工学的解析により実用化への可能性を示した例と言える。但し、この方法を省エネプロセスとするためには氷蓄熱法による冷熱供給システムとの統合が必要とされている。なお、超臨界流体による抽出技術が食品に広く使用されない理由も性能の限界性以外に凍結濃縮法と同様に高い初期設備費であるため、より普及するためには何らかの技術革新を必要としている。

〈参考文献〉

- 1) 松本幹治: 食品と開発、34、11、5-7 (1999)
- 2) 柴田正人:MRC News, No.13, 88-92 (1994)
- 3) 古川俊夫: 日本醸造協会誌、94、8, 635-649(1999)
- 4) 清澄化工業会 News Letter, No.12, p.7 (2000)
- 5) 食品産業エコ・プロセス技術研究組合: 食品産業における廃棄物からの有価物分離・利用技術報告書(平成8年11月)
- 6) 宮城 淳:MRC第12回秋期研究例会講演要旨集, pp.64-72(2000年10月)
- 7) 松本幹治: 化学工学、65、193-194 (2001)
- 8) 東洋スクリーン工業(株)カタログ
- 9) 神奈川機器工業(株)カタログ
- 10) (株)荒井鉄工所カタログ
- 11) 佐々木 隆: 食品と開発、34、15-17 (1999)
- 12) 古川俊夫: 月刊フードケミカル、No.11, 77-89(1997)
- 13) 宮脇長人: 実用産業情報、No.24, 35-40 (2001)

〈著者略歴〉

松本幹治(まつもと かんじ)

69年 東京大学工学部化学工学科卒

現在 横浜国立大学大学院教授