

◇◇◇ 解説記事 ◇◇◇

イオン交換樹脂を用いた焼酎精製技術

宮 嶋 俊 樹

オルガノ株式会社 技術開発本部 開発センター

1. はじめに

イオン交換樹脂は本格焼酎（乙類焼酎）の酒質改善に古くから利用されており、精製用実装置が使用され始めたのは1960年代のことである。当時は焼酎甲類全盛時期であり、イオン交換樹脂により精製された焼酎は雑味を取り除かれ、すっきりした飲み口となることからイオン交換樹脂の焼酎精製への利用が普及していった。また、風味は軽くなるものの、連続蒸留により製造された甲類焼酎と比べて香味は残り、原料本来の持ち味を生かせるのも特長である。イオン交換樹脂を利用した焼酎はその後麦焼酎を中心に人気を博し、1970～1980年代の第2次焼酎ブームの火付け役となったと言っても過言ではない。現在は消費者の嗜好の多様化が進み、多種多様の焼酎が販売されているが、イオン交換樹脂による焼酎精製はその効果と手軽さから底堅い需要を示している。以下にイオン交換樹脂を用いた焼酎精製技術について述べる。

2. 焼酎精製の効果

イオン交換樹脂により除去あるいは低減される主な成分を表1に、イオン交換樹脂処理前後の焼酎の成分変化

表1 イオン交換樹脂処理により除去・低減される成分

成分	代表的物質	官能的性質
アルデヒド	アセトアルデヒド	木香様臭、二日酔い成分
有機酸	酢酸、プロピオン酸、イソ酪酸	酸臭、漬物臭、ツワリ香、渋味、辛味
無機イオン	Na, Ca, Fe 等	各成分特有の味
エステル	酢酸エチル、カブリン酸エチル、酢酸イソアミル、酢酸フェネチル	果実香、花香、吟醸香、酢酸エチルが多いと薬品臭
フーゼル油	n-プロパノール、イソブタノール、イソアミルアルコール	刺激的な香り、渋味、苦味
フルフラール	フルフラール	焦げ臭、重い香り、混濁物質

の一例を表2に示す。イオン交換法の特徴としては、本来のイオン交換作用に加え、アルデヒドが除去できる点にある。また、副次的な効果として、イオン交換樹脂への母体吸着によりフーゼル油などの有機物も一部吸着される。香氣成分であるエステルは完全には除去されないため、原料由来の特性ある香味は残り、すっきりとした、飲み口が軽やかな焼酎が得られる。

3. イオン交換樹脂

焼酎精製に用いられるイオン交換樹脂は、図1に示すようなスチレン架橋ポリマーの母体にイオン交換基を導入した化学構造を有し、形状は直径0.5mm程度のビーズ状である（図2）。これを筒状の樹脂塔に充填し、原液を樹脂層に通すことにより処理液を得る。使用したイオン交換樹脂は、酸、アルカリ、あるいは塩類の水溶液により再生でき、樹脂は繰り返し利用できる。

イオン交換樹脂は焼酎に限らず、多くの食品製造産業にて活躍している。例えば、飲料の製造用水としての純水や軟水製造のほか、糖類やアミノ酸の精製、果汁の風味改善など、食品や飲料そのものの精製プロセ

表2 イオン交換樹脂処理前後の成分変化

項目	原酒 (米焼酎)	精製酒
アルコール (vol%)	37.5	37.3
酸度	0.55	0.10
pH	5.8	6.6
アセトアルデヒド (mg/L)	6.3	0.7
1-プロパノール (mg/L)	258	217
n-ブタノール (mg/L)	305	224
i-アミルアルコール (mg/L)	582	448
酢酸エチル (mg/L)	86	28
全陽イオン (mg/L as CaCO ₃)	38	0.9
全陰イオン (mg/L as CaCO ₃)	43	1
電気伝導率 (μS/cm)	55.4	< 1

著者略歴

宮嶋俊樹 (Toshiki MIYAJIMA)

2016年 埼玉大学大学院理工学研究課 修士課程修了

現在 オルガノ株式会社 開発センター 機能材グループ所属

オルガノ株式会社 技術開発本部 開発センター 機能材グループ

〒252-0332 神奈川県相模原市南区西大沼4丁目4番1号

E-mail: miyajima-to@organo.co.jp

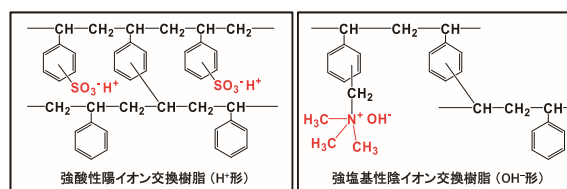


図1 イオン交換樹脂の化学構造

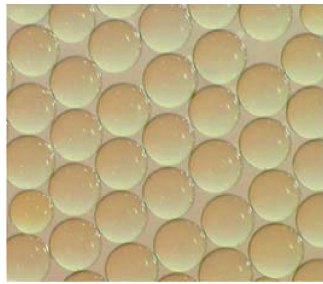


図2 イオン交換樹脂の拡大写真
強塩基性陰イオン交換樹脂、平均粒子径 0.5 mm

スにも広く利用されている。イオン交換樹脂は食品衛生法では食品添加物として扱われ、純度試験および溶出試験に適合したものは決められた条件下で使用が認められている。酒税法においては、酒質矯正を目的とした場合、活性炭とともに国税長官指定告示物品として使用が認められている吸着剤である。

4. 焼酎精製の原理

4.1 焼酎精製システムの構成

焼酎精製装置は、亜硫酸水素イオン形 (HSO_3^-) に調整した強塩基性陰イオン交換樹脂を充填したアルデヒド除去塔と、水素イオン形 (H^+) の強酸性陽イオン交換樹脂と水酸化物イオン形 (OH^-) の強塩基性陰イオン交換樹脂にそれぞれ調整し、混合して充填したイオン交換塔により構成される (図3)。原酒をアルデヒド除去塔からイオン交換塔の順に通液することで精製酒を得る。図4に実装置の写真を示す。

4.2 アルデヒド除去塔の働き

アルデヒドはイオンではないため、そのままの形ではイオン交換樹脂には吸着しない。そこで、アルデヒドが亜硫酸水素イオンと複合体を形成する性質を利用し、予め亜硫酸水素イオンを吸着させた陰イオン交換樹脂層に原酒を通液することで、複合体としてアルデヒドを樹脂層中に保持する (図5)。焼酎の焦げ臭やカラメル臭の原因となるフルフラールもアルデヒドの一種であり、アルデヒド除去塔で低減される。

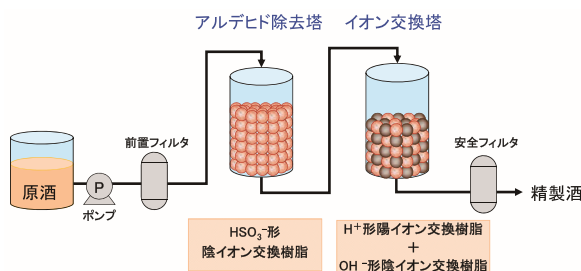


図3 焼酎精製システムの構成



図4 焼酎精製装置

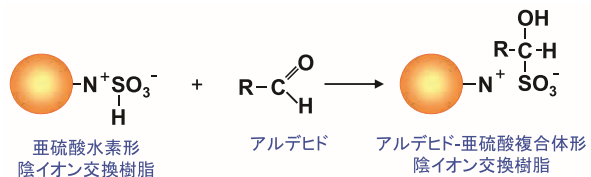


図5 陰イオン交換樹脂によるアルデヒドの吸着機構

4.3 イオン交換塔の働き

イオン交換塔では焼酎に含まれるイオン性物質を吸着する。陰イオン交換樹脂は有機酸 ($\text{R}-\text{COO}^-$) をイオンとして吸着し、 OH^- イオンを放出する。陽イオン交換樹脂は金属イオンを吸着し、 H^+ イオンを放出する。 H^+ と OH^- は結合して水 (H_2O) となり、混床塔出口ではイオン性の不純物がほぼすべて取り除かれた溶液が得られる。

さらに、イオン交換塔で使用される OH^- 形強塩基性陰イオン交換樹脂の官能基はその名の通り、強塩基性を示す。これが触媒として働き、エステルを有機酸とアルコールに加水分解する。生成した有機酸はそのまま陰イオン交換樹脂に吸着され、エステルが低減された処理液が得られる。

4.4 イオン交換樹脂母体への吸着

イオン交換樹脂は骨格がスチレン架橋ポリマーであり、樹脂母体との親和性により有機物を樹脂内部に弱く吸着する性質をもつ。渋味や苦味を呈する *n*-プロパノール、イソアミルアルコール、イソブタノールなどのフーゼル油成分はこの作用により一部イオン交換樹脂に吸着する。

5. 焼酎精製装置の運用

ここまで各成分の除去機構について述べてきたが、実際の焼酎製造現場においては、目的の香味をもつ製品を作るためにいくつか工夫がされている。イオン交換樹脂の特徴として、イオンの吸着は速く流速の影響

を受けにくい、母体吸着や触媒反応は液との接触時間に大きく依存する。よって、有機酸や無機塩は除去されるが、エステルやフーゼル油の残存率は流速によりコントロールが可能である。表3に通酒速度を変化させたときの各成分の残存率を示す。

6. 焼酎精製のトレンド

2000年代の芋焼酎を中心とした本格焼酎ブームを経て、多種多様な製品が流通しているなか、現在では新規焼酎消費者を生み出すべく若年層をターゲットとした飲みやすくかつ原料本来の華やかさをもった焼酎も人気を博している。このようなニーズに応えるため、イオン交換樹脂精製システムにいくつか工夫がなされてきた。例えば、イオン交換塔の陰イオン交換樹脂の母体構造および官能基を代えることにより、アルデヒドの除去性能は従来システムのままにエステルが全く分解せず、成分の母体への吸着も少ないシステムが開発されている。この新しいシステムによって精製された焼酎の成分分析の一例を表4に示す。

表3 麦焼酎成分の流速による除去率の変化 [1]

成分	原酒 (mg/L)	SV5		SV10		SV15	
		含有量 (mg/L)	除去率 (%)	含有量 (mg/L)	除去率 (%)	含有量 (mg/L)	除去率 (%)
アセトアルデヒド	14.6	3.8	74.2	8.6	41.9	12.5	15.6
イソブチルアルコール	271.6	164.5	39.5	198.7	26.8	241.1	11.3
イソアミルアルコール	457.6	275.7	39.8	313.2	31.5	390.6	14.6
酢酸エチル	62.3	19.2	69.2	29.3	53.0	45.5	27.0

SV：時間あたり、充填樹脂量に対する通液倍量 (L/L・樹脂)

表4 芋焼酎の精製における新システムと従来法の比較

	原酒 (芋)	新規法	従来法
アルコール (%)	25	25	25
pH	4.8	6.2	6.3
アセトアルデヒド (mg/L)	17	< 1	< 1
酢酸エチル (mg/L)	100	100	< 30
香り	芋を蒸した香り	芋を蒸した香り	ほぼ無臭
導電率 (μS/cm)	20.7	0.5	0.5

7. 今後の展望

近年では、GC-MS (ガスクロマトグラフ質量分析計) といった分析機器の高性能化と普及により、わずかな濃度でも香気に影響を与える含硫化合物、窒素化合物、カルボニル化合物、フェノール化合物など今まで分析されてこなかった閾値の低い微量成分の測定が容易となっている。さらに定量的な香味の品質管理の実現に向けて、味覚センサーや嗅覚センサーの開発が進んでいる。今後は、イオン交換樹脂処理における微量香気物質の挙動を解明することが課題であり、新しい焼酎精製システム、および焼酎製品の開発を目指す。

References

- 1) 中西志郎：しょうちゅうのイオン交換樹脂による精製について、醸協, **81**, 458-463 (1986).
- 2) 吸着技術ハンドブック, 株式会社 NTS, 1993.
- 3) 醸造物の成分, 日本醸造協会, 1999.

〔化学工学 Vol. 79, pp. 523-525 より改訂して掲載〕