有機イオン交換樹脂の扱い方とその機能（その1）

松下 聿宏¹, 渡辺 純哉^{2*}

¹栗田工業株式会社 研究開発本部開発企画部

〒160-8383 東京都新宿区西新宿 3-4-7

²三菱化学株式会社 機能化学品研究センターイオン交換樹脂研究所

〒806-0004 福岡県北九州市八幡西区黒崎

(受理日：2002年3月22日)

有機系イオン交換樹脂の入門シリーズとして、基礎的な知見を紹介した。イオン交換樹脂の基本構造について、イオン交換基の種類、基体構造の観点から概説した。

また、これらの使用の観点から、試験用試料の調整法について、言及し、イオン交換樹脂のコンディショニング法、基準形調整法について説明を加えた。また、実際の使用にあたってイオン交換樹脂の容積測定法と見掛密度、水分測定法、及び、各種イオン交換基に対応した交換容量の測定法について、説明を加えた。

1. はじめに

イオン交換樹脂は、3次元架橋された有機ポリマーにイオン交換性の官能基を化学的に結合させたものであり、水中の種々イオン種を吸着、あるいは回収、除去といった機能性を持つ有機系高分子として開発されたものである。最近の種々の産業分野での発展にともない、従来の単純な水中のイオン吸着のみならず、様々な工業的な応用がなされたきた。例えば、食品分野における精製・製造に関わる用途、医薬品・中間体の精製・回収、金属回収・除去、半導体製造における超クリーンな純水製造、原子力、火力発電などでの沸騰水、加圧水の精製、工業規模の有機系酸性触媒等枚挙にいとまがないほどである。

今回は、これらの種々の使い方の基礎となるイオン交換樹脂のイオン交換基の定量方法について、紹介する。

2. イオン交換樹脂の基本構造とイオン交換

イオン交換樹脂は架橋した3次元の高分子基体にスルホン酸基や、四級アンモニウム基のようなイオン交換基が化学結合した有機系の合成樹脂である。高分子基体としては、大部分がスチレンとジビニルベンゼンの共重合体であり、形状は0.3~1.2 mm程度の大きさの球状粒子である。高分子基体に結合したイオン交換基は自由に移動することが出来ず固定イオンと呼ばれる。これらの固定イオン

と電氣的に中和している異符号の可動性のイオンを対イオンとよぶ。この対イオンと外部から樹脂粒子内の3次元網目構造の中に拡散してくる同符号イオンとが交換することをイオン交換と称する。

3. イオン交換樹脂の分類と種類

イオン交換樹脂は **Table 1** に示すようにイオン交換基の種類によって大別される。

また、3次元網目構造の目安となる架橋度（スチレンとジビニルベンゼン合計量に対するジビニルベンゼンの比

Table 1 イオン交換樹脂の化学構造からの分類

樹脂タイプ	官能基
強酸性カチオン交換樹脂	$-\text{SO}_3^-\text{Na}^+$
強塩基性アニオン交換樹脂 (Ⅰ型) (Ⅱ型)	$-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{Cl}^-$ $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_2(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})\text{Cl}^-$
弱酸性カチオン交換樹脂	$-\text{COOH}$
弱塩基性アニオン交換樹脂	$-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ 等
キレート樹脂	$-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COONa})$ $-\text{CH}_2\text{NH}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH})_n\text{H}$ $-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)(\text{CH})_4\text{CH}_2\text{OH}$ <div style="text-align: right; margin-right: 20px;"> OH </div>
合成吸着剤	イオン性官能基を持たない

本講義は第5回イオン交換講習会の内容をまとめたものである。

* Corresponding author

E-mail: 2806496@cc.m-kagaku.co.jp

率)により、分類される。また、スチレンとジビニルベンゼンの共重合により得られるゲル型樹脂、物理的に付与された多孔性構造を有するポーラス型樹脂、さらに多孔性を有するハイポーラス樹脂等に分類される。

3.1 イオン交換基

1) 陽イオン交換樹脂

陽イオン交換樹脂は交換基がスルホン酸基 ($-\text{SO}_3\text{H}$) の強酸性陽イオン交換樹脂と交換基がカルボン酸基 ($-\text{COOH}$) の弱酸性陽イオン交換樹脂の2種類があり、強酸性陽イオン交換樹脂は全 pH 域でイオン交換性を示し、交換はしやすいが再生されにくい。一方、弱酸性陽イオン交換樹脂は溶液 pH が中性からアルカリ域で解離し交換性を示し、交換力は弱い再生されやすい。

2) 陰イオン交換樹脂

陰イオン交換樹脂は、4級アンモニウム基の強塩基性陰イオン交換樹脂と、1～3級アミン基の弱塩基性陰イオン交換樹脂の2種がある。強塩基性樹脂にはⅠ型とⅡ型があり、全 pH 域でイオン交換し、Ⅰ型がⅡ型より交換力が強いが再生はⅡ型がⅠ型よりしやすい。一方、弱塩基性樹脂は溶液 pH が中性～酸性で解離し、交換性を示し、イオン交換力は弱い再生されやすい。

通常のⅠ型強塩基性アニオン交換樹脂の場合、再生形での耐熱温度は、 60°C とされているが、最近では、耐熱性の高い新規のアニオン交換樹脂も開発されている。

3) キレート樹脂

キレート樹脂は、金属イオンと特異的にキレート結合を形成する官能基を導入した樹脂であり、キレート性の官能基としては、N, S, O, P 等の電子供与性の元素を有し、金属イオン種に応じた選択的な吸着性を示す。再生は、一般的には金属イオンを鉱酸で溶離し、アルカリで活性化することが行われる。

EDTA キレート剤に類似の構造を有するイミノジ酢酸型のキレート樹脂、ホウ酸分析に用いられる糖類の構造を固定化した N-メチルグルカミン型のホウ酸選択性キレート樹脂等が良く知られている。

4) その他 合成吸着剤

合成吸着剤は、イオン交換基をもたないマクロポアーを有する多孔性樹脂である。特徴として、多孔質のため、大きな比表面積を有し、種々の有機物を疎水吸着し、吸着した有機物は有機溶媒や酸、アルカリで溶離する。

これらの吸着剤は、主として、有用成分中から不純物の選択的な除去、或いは、混合成分中から、選択的に目的物を吸着・溶離・回収するプロセスの中で用いられている。

3.2 基体構造

イオン交換樹脂には、大別して、ゲル型とポーラス型(多孔性型)の樹脂がある。ゲル型は水中で膨潤して生じるミクロポアーを有し、このポアー内をイオンが移動拡散する。このポアーの大きさは、ジビニルベンゼンの量(架橋度)により支配される。ジビニルベンゼンが多い程ミクロポアーが小さく、逆にジビニルベンゼンが小さい程、ミクロポアーが大きくなる。一方、ポーラス型はミクロポアー以外にマクロポアーを有し、大分子量の分子が粒内に拡散できる構造となっている。一般的には、大分子有機物による樹脂の表面汚染に対して耐久性がある。

これらの関係を Fig. 1 に示す。

4. イオン交換樹脂の使用法

4.1 試験用試料の調整法

使用したイオン交換樹脂サンプルの場合には可溶性の有機物や鉄・カルシウム等の無機物を混有していることがあるので、これらの混有物を出来るだけ溶出除去して試験に供しねばならない。このような目的で行う前処理操作

Fig. 1 イオン交換樹脂の構造説明図

をコンディショニングと呼んでいる。

コンディショニングした後樹脂は種類によって、定められたイオン形の基準系にしなければならない。以下に述べる性能測定はいずれも基準のイオン系をベースにしている。強酸性陽イオン交換樹脂は Na 形、弱酸性陽イオン交換樹脂は H 形、強塩基性陰イオン交換樹脂は Cl 形、弱塩基性陰イオン交換樹脂は OH 形が基準形とされている。

i) イオン交換樹脂のコンディショニング法

イオン交換樹脂を樹脂塔に詰め、 2 mol dm^{-3} -HCl 通液、水洗、 2 mol dm^{-3} -NaOH 通液、水洗を交互に数回繰り返す。HCl または、NaOH は充填したイオン交換樹脂の交換容量より過剰に使用する。

ii) 基準形調整法

イ) 強酸性陽イオン交換樹脂： 2 mol dm^{-3} -NaCl 溶液を過剰に流し Na 形にした後、脱塩水で Cl^- が認められなくなるまで洗浄する。

ロ) 弱酸性陽イオン交換樹脂： 2 mol dm^{-3} -HCl を過剰に流し H 形にした後、脱塩水でメチルオレンジに対し中性になるまで洗浄する。

ハ) 強塩基性陰イオン交換樹脂： 2 mol dm^{-3} -NaCl を過剰に流し Cl 形にした後、脱塩水で Cl^- が認められなくなるまで洗浄する。

ニ) 弱塩基性陰イオン交換樹脂： 2 mol dm^{-3} -NaOH を過剰に流し OH 形として後、脱塩水でフェノールフタレインに対し中性になるまで洗浄する。

4.2 イオン交換樹脂の容積測定法

イオン交換樹脂は一般に容積が基準となる。

樹脂の見掛け体積の測定法には逆先水抜法とメスシリンダー法とがある。商品の取引は主に前者によるが、測定法が煩雑で樹脂も比較的多量に要するので、実験室等では後者がもちいられることが多い。ただし両者間の測定値は、いくらか異なる。ここではメスシリンダー法を紹介する。

i) メスシリンダー法による体積測定

予め水を入れたメスシリンダーに樹脂を入れ、底部を軽くたたきながら、体積がこれ以上減少しなくなった体積を読みとる。

メスシリンダーの大きさによって測定値が異なるのでメスシリンダーは樹脂量に応じて次の目安で選択する。

10 cm^3 までの樹脂量の場合は

10 cm^3 のメスシリンダー

10 cm^3 以上 25 cm^3 までの樹脂量の場合は

25 cm^3 のメスシリンダー

25 cm^3 以上 50 cm^3 までの樹脂量の場合は

50 cm^3 のメスシリンダー

50 cm^3 以上 100 cm^3 までの樹脂量の場合は

100 cm^3 のメスシリンダー

100 cm^3 以上 250 cm^3 までの樹脂量の場合は

250 cm^3 のメスシリンダー

250 cm^3 以上 500 cm^3 までの樹脂量の場合は

500 cm^3 のメスシリンダー

500 cm^3 以上 1000 cm^3 までの樹脂量の場合は

1000 cm^3 のメスシリンダー

4.3 見掛け密度及び水分測定法

基準形にした試料をメスシリンダーで 10 cm^3 正確にはかり取る。この樹脂を布又はビニールスポンジに包み遠心分離して、附着水分をのぞいた後、すばやく秤量ビンに写し密栓し、正確に樹脂重量を測定、見掛け密度を計算する。

重量を測定した後、 $105^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ の恒温乾燥器中で約 4 時間乾燥した後、デシケーター中に 30 分放冷し、乾燥樹脂の重さをはかり水分を計算する。

$$\text{見掛け密度 (wet-g/dm}^3\text{-R)} = \frac{\text{試料 (wet-g)} \times 100}{10}$$

$$\text{水分 (\%)} = \frac{\text{乾燥減量 (g)} \times 100}{\text{試料 (wet-g)}}$$

4.4 総交換容量、中性塩分解容量測定法

カラム法で測定する場合の樹脂塔は、いろいろのものが使用されるが、代表的なものを Fig. 2 に示す。

カラム法で交換容量を測定する時、樹脂塔は垂直にし、樹脂は均一に詰まるように充填し、通液中は樹脂層中に気泡が入らないように注意しなければならない。

i) 強酸性陽イオン交換樹脂

未使用の強酸性陽イオン交換樹脂の交換基は $-\text{SO}_3\text{H}$ なので、中性塩分解容量は総交換容量と一致する。従って、未使用の樹脂については、中性塩分解容量だけを測定すればよいわけであるが、樹脂が長期間使用され酸化を受けた場合には、 $-\text{COOH}$ 基を混有することがある。このような時は、中性塩分解容量を測定した後弱酸基交換容量も測定しなければならない。

基準形樹脂の調整法

試料約 20 cm^3 を樹脂塔に詰め、 2 mol dm^{-3} -HCl 560 cm^3 を SV 約 70 で流し、次に脱塩水約 1 dm^3 を SV 約 70 で流して洗浄する。次に 5% NaCl 溶液 500 cm^3 を SV 約 70 で流し Na 形にした後、脱塩水を SV 約 70 で流し、洗浄液に Cl^- が認められなくなるまで洗浄する。

中性塩分解容量測定法

基準形にした試料を、10 cm^3 のメスシリンダーで 10 cm^3 正確にはかり取り、脱塩水を用いて樹脂塔に写し、 2 mol dm^{-3} -HCl 280 cm^3 を SV 約 70 で流し再生する。次に脱塩水約 1 dm^3 を SV 約 70 で流して洗浄した後（洗浄液に Cl^- が認められる場合はさらに洗浄を続ける）、5% NaCl 溶液 250 cm^3 を SV 約 70 で流し 250 cm^3 メスフラスコに受け定容とする。これよりピペットで約 50 cm^3 を正確に取りメチルレッド・メチレンブルー混合指示薬を用いて 0.1 mol dm^{-3} -NaOH 溶液で滴定し、次式により中性塩分解容量 (meq/ml) を算出する。乾燥樹脂重量当たりの交換容量 (meq/g-Dry-R) を求める場合は、基準形に調

Fig. 2 総交換容量測定用樹脂

整した残りの樹脂、又は、交換容量を測定した樹脂を脱塩水で洗浄した後、見掛密度及び水分を測定し次式により算出する。

$$\text{中性塩分解容量 meq/ml-R} = \frac{(0.1 \text{ mol dm}^{-3}\text{-NaOH 滴定 cm}^3) \times (\text{NaOH 力価}) \times 0.1 \times 250/50}{10}$$

$$\text{中性塩分解容量 meq/g-R} = \text{meq/ml-R} \times \frac{1000}{\text{見掛密度 (g/dm}^3\text{)}} \times \frac{100}{(100 - \text{水分}\%)}$$

弱酸基交換容量測定方法

NaCl 溶液を通液し中性塩分解容量を測定した後、50 cm³ の 0.1 mol dm⁻³ NaOH 溶液を SV10 で流し、流出液をビーカーに受ける。つぎに 30 cm³ のアセトンを通して

樹脂層を洗浄し、さらに樹脂層に残留する液は圧空を用いて押しだし、洗液および押し代液は前と同じビーカーに受け、これを 0.1 mol dm⁻³ HCl 溶液でメチレンブルー・メチルレッド混合指示薬を指示薬として滴定する。

$$\text{弱酸基交換容量 meq/ml-R} = \frac{(50 \times 0.1 \times \text{NaOH 力価}) - (0.1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl 滴定 cm}^3 \times 0.1 \times \text{HCl 力価})}{10}$$

$$\text{弱酸基交換容量 meq/g-R} = \text{meq/ml-R} \times \frac{1000}{\text{見掛密度 (g/dm}^3\text{)}} \times \frac{100}{(100 - \text{水分}\%)}$$

総交換容量

中性塩分解容量と弱酸基交換容量とを加えると総交換容量が得られる。

ii) 強塩基性陰イオン交換樹脂

強塩基性陰イオン交換樹脂の交換基は、4 級アンモニウム基が主成分なので、中性塩分解容量を測定すればよいことになる。しかし商品によってははじめから弱塩基を混有することもあり、また長期に使用した樹脂は弱塩基化して

いくることがあるので、中性塩分解容量のほかに弱塩基交換容量も測定しなければならない。

基準形樹脂の調整法

試料約 20 cm³ を樹脂塔に詰め、2 mol dm⁻³ NaOH 1,500 cm³ を SV 約 70 で流し、次に脱塩水約 1 dm³ を SV 約 70 で流して洗浄する。次に 5% NaCl 溶液 500 cm³ を SV 約 70 で流し Cl 形にした後、脱塩水を SV 約 70 で流し、洗浄液がフェノールフタレインで中性になるまで洗浄

する。

中性塩分解容量測定法

基準形にした試料を、10 cm³ のメスシリンダーで10 cm³ 正確にはかり取り、脱塩水を用いて樹脂塔に移し、2 mol dm⁻³-NaOH 750 cm³ をSV 約70 で流し再生する。次に脱塩水約1 dm³ をSV 約70 で流して洗浄した後（洗浄液がフェノールフタレインでアルカリ性を示す場合はさらに洗浄を続ける）、5% NaCl 溶液 250 cm³ をSV 約70

で流し 250 cm³ メスフラスコに受け定容とする。これよりピペットで 50 cm³ を正確に取りメチルレッド・メチレンブルー混合指示薬を用いて 0.1 mol dm⁻³-HCl 溶液で滴定し、次式により中性塩分解容量 (meq/ml) を算出する。乾燥樹脂重量当たりの交換容量 (meq/g-Dry-R) を求める場合は、基準形に調整した残りの樹脂、又は、交換容量を測定した樹脂を脱塩水で洗浄した後、見掛密度及び水分を測定し次式により算出する。

$$\text{中性塩分解容量 meq/ml-R} = \frac{(0.1 \text{ mol dm}^{-3}\text{-HCl 滴定 cm}^3) \times (\text{HCl 力価}) \times 0.1 \times 250/50}{10}$$

$$\text{中性塩分解容量 meq/g-R} = \text{meq/ml-R} \times \frac{1000}{\text{見掛密度 (g/dm}^3\text{)}} \times \frac{100}{(100 - \text{水分}\%)}$$

弱塩基交換容量測定方法

NaCl 溶液を流した後、100 cm³ の 0.1 mol dm⁻³ HCl 溶液をSV10 で流し、流出液をビーカーに受ける。つぎに 50 cm³ のメタノールを流して樹脂層を洗浄し、さらに樹

脂層に残留する液は圧空を用いて押しだし、洗液および押し代液は前と同じビーカーに受け、これを 0.1 mol dm⁻³ NaOH 溶液でメチレンブルー・メチルレッド混合指示薬を指示薬として滴定する。

$$\text{弱酸基交換容量 meq/ml-R} = \frac{(50 \times 0.1 \times \text{HCl 力価}) - (0.1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaOH 滴定 cm}^3 \times 0.1 \times \text{NaOH 力価})}{10}$$

$$\text{弱塩基交換容量 meq/g-R} = \text{meq/ml-R} \times \frac{1000}{\text{見掛密度 (g/dm}^3\text{)}} \times \frac{100}{(100 - \text{水分}\%)}$$

総交換容量

中性塩分解容量と弱塩基交換容量とを加えると総交換容量が得られる。

弱酸性陽イオン交換樹脂、弱塩基性陰イオン交換樹脂等についても同様な方法により、官能基の量を定量化することが出来る。

5. イオン交換樹脂の工業的な応用例

代表的な工業的な応用例を Table 2 に示した。

6. まとめ

スチレン系のイオン交換樹脂が開発されて約半世紀になるが、この間の産業の発達は目覚ましく、その用途も当初の水処理だけでなく、食品、医薬、触媒、その他へと広が

り、それに伴ってイオン交換樹脂も単純な陽イオン交換樹脂、陰イオン交換樹脂だけでなく、キレート樹脂、合成吸着剤、蛋白分離剤等と種類も豊富になった。また、品質面においても「超純水」や「超 LSI」等に代表される「超」の時代を迎え、益々高純度、高機能が要求されるようになった。

また、一方で、環境に配慮した資源のリサイクル化、排水、廃棄物に対する規制の考え方も相まって、吸着・分離サイクルにおける剤としての活用方法も検討されている。

今回は、基本的な樹脂のイオン交換容量の測定について取り上げたが、高度化する種々用途に関して、最も基本的な事柄を述べたことにすぎない。さらに多くの成書、文献等を参考に種々の特性について知見を多くされることを期待申し上げる次第である。

Table 2 イオン交換樹脂の使用例

全脱塩	水、または非電解質溶液中から溶解電解質イオンを全量イオン交換除去する 純水：ボイラー用給水、プロセス用（超純水、飲料純水等） SK(H)→SA(OH), SK/SA 糖液：ブドウ糖、異性化糖、ショ糖（PA/WK） その他：グリセリン、ゼラチン、希薄排水回収
イオン置換	特定イオンを他のイオンと置換する。 軟水：用水中の硬度除去、SK(Na) NO ₃ 除去：井水中のNO ₃ イオン除去、飲適水とする（R-Cl） その他、排煙脱硫排水 S ₂ O ₆ 除去（WA-Cl）
分離・濃縮	アミノ酸：発酵液中のアミノ酸の吸着濃縮（SK-NH ₄ ） その他、食品・医薬発酵液の目的物回収（PK, PA, WA 等）
脱色	糖液、発酵液等の脱色
電解質中の選択分離	金属イオンの選択性（キレート樹脂による分離） 電解ライン中の Sr, Ca, Mg 除去 廃触媒抽出液中の Ni, Co 分離回収 排水中の有害イオン除去（Hg, Cd, Cr, F 等）
分離	イオン排除クロマト 蔗糖蜜の糖分と塩分離、エチレングリコール中の塩分離（SK） アシッドリタレーションクロマト 硫酸アルマイト廃液の硫酸と硫酸アルミの分離（SA） 配位子クロマト 果糖（F/G）分離（SK-Ca） 分子サイズクロマト、タンパク質等の分子量差による分離
中和、酸アルカリ変換	果汁中の遊離有機酸の除去中和（WA）、グルコン酸ソーダの遊離酸製造（SK）、有機アミン塩の遊離アミン製造（PA）
有機溶媒中のイオン分離	アルコール中のトコフェロールの分離精製（PA） 有機溶媒中の KCl 除去（PK, PA）
疎水吸着	抗生物質の分離精製（HP） 高級脂肪酸のクロマト分離（HP）
触媒	エステル加水分解、エステル化、付加反応、異性化（SK, PK）
脱水	非極性溶媒中の水分除去（SK）

注) SK：ゲル型強酸，PK：ポーラス型強酸，WK：ポーラス型弱酸，SA：ゲル型強塩基，PA：ポーラス型強塩基，WA：ポーラス型弱塩基，HP：合成吸着剤

実験方法概説

i) 強酸性陽イオン交換樹脂の中性塩分解容量と総交換容量の求め方

(1) 基準形樹脂の調整

試料イオン交換樹脂 約 20 cm³

カラム充填

洗浄

2 mol dm⁻³-HCl 560 cm³ SV 約 70

脱塩水 約 1 dm³ SV 約 70

Na 形変換

5%NaCl 溶液 500 cm³ SV 約 70

洗浄 Cl⁻ が認められなくなるまで

(2) 中性塩分解容量測定

基準形試料

タップ

メスシリンダーで 10 cm³ 正確にはかり取る

カラム充填

脱塩水を使用

再生

2 mol dm⁻³-HCl 280 cm³ SV 約 70

洗浄

脱塩水 約 1 dm³ SV 約 70

(洗浄液に Cl⁻ が認められる場合はさらに洗浄を続ける)

イオン交換

5%NaCl 溶液 250 cm³ SV 約 70

250 cm³ メスフラスコに受け定容とする

サンプリング

ピペットで約 50 cm³ を正確に取る

滴定

メチルレッド・メチレンブルー混合指示薬

0.1 mol dm⁻³-NaOH 溶液で滴定する

中性塩分解容量 (meq/ml)

算出

次式による

中性塩分解容量 meq/ml-R =
$$\frac{(0.1 \text{ mol dm}^{-3}\text{-NaOH 滴定 cm}^3) \times (\text{NaOH 力価}) \times 0.1 \times 250/50}{10}$$

乾燥樹脂重量当たりの交換容量 (meq/g-Dry-R)

中性塩分解容量 meq/g-R = meq/ml-R ×
$$\frac{1000}{\text{見掛密度 (g/dm}^3\text{)}} \times \frac{100}{(100 - \text{水分}\%)}$$

(3) 弱酸基交換容量測定方法

中性塩分解容量測定後のサンプル

通液	50 cm ³ 0.1 mol dm ⁻³ NaOH 溶液 SV10
流出液	ビーカーにより受ける
樹脂層洗浄	30 cm ³ アセトン
樹脂水分押し出し	圧空により樹脂層の残留液を押し出す 流出液と同一ビーカーに受ける
滴定	0.1 mol dm ⁻³ HCl 溶液 メチレンブルー・メチルレッド混合 指示薬を指示薬として滴定する
算出	中性塩分解容量 (meq/ml)

次式による

$$\text{弱酸基交換容量 meq/ml-R} = \frac{(50 \times 0.1 \times \text{NaOH 力価}) - (0.1 \text{ mol dm}^{-3} \text{ HCl 滴定 cm}^3 \times 0.1 \times \text{HCl 力価})}{10}$$

$$\text{弱酸基交換容量 meq/g-R} = \text{meq/ml-R} \times \frac{1000}{\text{見掛け密度 (g/dm}^3\text{)}} \times \frac{100}{(100 - \text{水分}\%)}$$

(4) 総交換容量

中性塩分解容量と弱酸基交換容量とを加えると総交換容量が得られる。

【注】 Fig. 2(e)装置の在庫があります。欲しい方は事務局まで連絡下さい。

Introduction of Basic Operational Methods of Ion Exchange Resins and Those Functions

Nobuhiro MATSUSHITA¹ and Junya WATANABE²

¹Kurita Water Industries Ltd. 4-7, Nishi-shinjuku 3-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 160-8383, Japan

²Mitsubishi Chemical Corporation Kurosaki, Yahatanishi-ku Kitakyushu 806-0004, Japan

(Received March 22, 2002)

Abstract

We introduce the basic operational methods of ion exchange resins and those fundamental functions. We explain the kind of ion exchange groups and polymer structures. For actual use, we summarized pre-conditioning methods of ion exchange resins. And we also explained measuring methods of those several properties.