一般論文

イオン交換体内のイオンの形態に関する
考察と新しい観測方法武田 邦彦^{*1}, 佐々木光永^{*2}

* 1 芝浦工業大学工学部金属工学科

〒108 東京都港区芝浦3-9-14

* 2 新日本化学株式会社

〒971 いわき市小名浜渚2-4

(1993年12月2日受理)

要 旨

イオン交換樹脂内のイオンの価数と選択性を求めることのできる新しい方法を考案し、仮に“交点法”と名付けられたこの方法を用いることによってイオン交換樹脂内のイオンの正確な価数を求めることを試みた。イオン交換樹脂は有機高分子を母体にするので、水溶液よりも親油性であり、そのため普通に用いられる Nd^{3+} のような陽イオンと Cl^- などの陰イオンを用いる場合ですらイオン交換樹脂の中では錯体を形成して価数が変動する可能性がある。イオン交換挙動の研究には対象としているイオンの価数は常に正しく把握されている必要があるが、イオン交換樹脂が親油性であり、取り扱うイオンが錯体を形成してその価数が変化している可能性が高いにも拘わらず、しばしば無限希釈のイオンの価数を想定した取り扱いがなされることが多い。本論文ではイオン交換樹脂の中のイオンの価数を推定する方法を研究したので提案する。また、親油性の点ではこの方法は有機溶媒を用いた溶媒抽出にも応用が可能であるはずであるという考えから、有機溶媒中での安息香酸の会合度の推定を行った。その結果、イオン交換樹脂内のイオンの価数と溶媒抽出における錯形成状況、会合状態などが観測できる可能性が示唆された。

1. 緒言

イオン交換樹脂は一般的に有機高分子材料を母体として、イオン交換能を有する官能基を持つので、有機高分子としての親油性とイオン交換基の親水性を合わせ持っている。さらに一般的には架橋された有機材料が母体になっていて、イオン交換基の近傍は必ずしも自由にイオンが動きうる状態にはない。すなわち、イオン交換樹脂は濃厚な電解質水溶液に擬せられる場合もあるが、全体の雰囲気は親油性を有していること・イオンの動き

が束縛されていることなどから電解質水溶液より高度な取り扱いを必要とする。しかし、単純な陽イオンと Cl^- などの良く用いられるイオンを用いる場合でもイオン交換樹脂の中では錯体を形成する 경우가多く、形式的なイオンの価数で選択性やイオン交換率を計算することができないと考えられる。さらに、イオン交換樹脂の応用は水溶液中のイオンを交換することにとどまらず、有機溶媒中のイオン、有機イオンの交換や中性物質の交換など様々な分野に広がっている。これらの先端的な

応用分野においてもイオン交換樹脂の中の化学物質がどのような形で存在しているかが重要な問題となってくる。

イオン交換樹脂の中に存在するイオンの状態、主にそのイオンの価数が溶液中のそれとどのように異なり、関係しているかについての研究がなされており、イオン交換樹脂の中の反応のメカニズムに対するアプローチが、Schubert^{1) 2)}らにより、化学量論的な方法でイオン交換樹脂の中の吸着種について検討され、その後それらの方法を改良した方法も研究されている^{3) - 5)}。これらの研究はイオン交換樹脂内のイオンの価数についての知見は与えることのできるものの、解析の手法が限定的で誤差も大きく、そこから得られる情報は乏しい。著者らは先にイオン交換樹脂の平衡に関して“交点法”を用いてその平均価数と選択性を得る新しい方法を研究した⁶⁾。その結果、この方法はイオン交換樹脂内にある単純なイオンの価数や選択性について有用な情報を与える可能性が判った。さらにイオン交換樹脂と平衡にある溶液内の濃度が変化したときにどのようにイオン交換樹脂内の価数が変化するかについての知見が得られることが明らかになった⁷⁾。

本研究では今までイオン交換の“交点法”を溶媒抽出における有機酸の会合問題と関係づけて検討し、イオン交換とあわせ、溶媒抽出も含めた考察を行ったので、報告する。

2. 実験

2.1 イオン交換樹脂の合成と調整

蒸留して精製したスチレン80部と純度99.2%のm-ジビニルベンゼン20部をアゾビスイソブチロニトリル1部を用いて懸濁重合法で重合し、重合後得られた粒子を80-150メッシュのふるいで選別した。イオン交換基の導入は過剰のクロロスルホン酸でスルホン化した。また、本研究ではイオン交換樹脂の中のイオンの価数を求めることから、できるだけ均一な構造を有するイオン交換樹

脂を合成する目的で分離精製された架橋剤を使用した。すなわち、市販の56%のジビニルベンゼンを銅錯体法を用い、異性体の分離を行った。

2.2 用いた試薬、溶媒など

用いたイオンは、 Fe^{3+} 、 Nd^{3+} 、 Cl^- を用い、 Fe^{3+} の実験では配位子濃度とプロトン濃度を調整するためにHClを用いた。また、溶媒抽出の実験では安息香酸と複数の抽出溶媒を用いたが、安息香酸は再結晶により、溶媒は試薬特級を蒸留して精製した。

2.3 イオン交換容量、吸着量の測定

イオン交換容量は内径1cm、長さ20cmのジャケット付きパイレックスカラムを用いて一般的に用いられる手順で行った。すなわち一定量の陽イオン交換樹脂を充填したカラム上部から $1\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ のHCl水溶液を流下させて陽イオン交換樹脂を H^+ 型とし、十分に水洗した後 $1\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ のNaClで H^+ を流出させて中和滴定をおこなった。陰イオン交換樹脂のイオン交換容量を求めるにはカラム上部から $1\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ のHCl溶液を流し Cl^- を樹脂に吸着させた。樹脂を水洗後、 $1\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の KNO_3 溶液で Cl^- を流出させ、 Cl^- の量を硝酸銀溶液で滴定した。 Nd^{3+} 、及び錯イオンも同じ手順で吸着量の測定を行った。また、 H^+ 濃度は酸塩基滴定で、 Nd^{3+} は吸光光度法で、 Fe^{3+} は電位差滴定でそれぞれ定量した。

3. 結果及び考察

3.1 イオン交換の価数と選択性

A^{z_A} イオンと Cl^- イオンのイオン交換の場合のイオン交換平衡は式(1)で示される。

ここで、 R^+ は固定イオン、 A は対イオンで、価数

の表示iイオンについては“ ν_i ”を用いた。また、この交換平衡の陰イオン側の“基準イオン”として Cl^- を用い、陽イオン交換樹脂の反応形式と陰イオン交換樹脂の反応形式とは符号が異なるので、本論文では陰イオン交換樹脂の場合で代表させて記述した。

式 (1) に示されるイオン交換平衡の選択係数 (K) は、

$$K_{\text{Cl}}^A = \frac{(C_A)_R / (C_A)_S}{((\text{Cl})_R / (\text{Cl})_S)^{\nu_A}} \quad (2)$$

で示される。ここで添字 R はイオン交換樹脂、S は溶液相を示す。式 (2) はイオン交換樹脂の平衡における基本的な式であるが、この式がイオン交換樹脂の平衡で常に成立するとは限らない。むしろ、この式が厳密に成立するのは交換イオンの濃度がある程度低い必要がある。

一方 Donann 平衡条件から、交換体内のイオンとそれと平衡状態にある溶液相のイオンとの間に式 (3) で示される関係がある。

$$\begin{aligned} (C_A \cdot C_{\text{Cl}} \cdot \gamma_A \cdot \gamma_{\text{Cl}})_R \\ = (C_A \cdot C_{\text{Cl}} \cdot \gamma_A \cdot \gamma_{\text{Cl}})_S \end{aligned} \quad (3)$$

ここで γ は活量係数を示す。

またイオン交換樹脂の全交換容量は、式 (3) とイオン交換樹脂内の電気的中性の条件から、

$$\begin{aligned} (C_T)_R = \\ \frac{\sqrt{C_R^2 + 4(C_A \cdot C_{\text{Cl}} \cdot \gamma_A \cdot \gamma_{\text{Cl}})_S / (\gamma_A \cdot \gamma_{\text{Cl}})_R} + C_R}{2} \end{aligned} \quad (4)$$

で示すことができる。

式 (3) 及び式 (4) に含まれる活量係数の取り扱いが難しい。著者等の研究ではイオン交換樹脂の中のイオンの活量係数を測定しながら研究を進めるのは極めて困難であった。

そのため特にイオン交換樹脂内の活量係数の問題につき、著者等は先に式 (3) 及び式

(4) のようにイオンの濃度を“比”の形で取り扱う限りにおいては、実験の範囲が狭い場合には少なくとも活量係数の変化を考慮しなくても現象をある程度解析できることを確かめた⁹⁾。この様にイオン交換樹脂内の活量係数を考慮しなくても近似的な取り扱いができるのは、研究するイオン濃度範囲で活量係数が比較的一定である範囲にとどまるのであろう。すなわち Debye-Hückel の理論式を用いてイオン径パラメーターから計算される活量係数は、 Cl^- 濃度が $3\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の時、0.57, $5\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の時、0.58, $8\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の時、0.62 であり⁹⁾、この濃度範囲で大きく変化しないことに因ると考えられる。

陰イオン交換樹脂の交換平衡で、 Cl^- を基準イオンとしたとき、陰イオン交換樹脂に A イオンが交換したときのイオン交換樹脂の全体の吸着容量 (C_T) は、

$$C_T = (C_{\text{Cl}})_R + \nu_A \cdot (C_A)_R \quad (5)$$

で示される。結局、イオン交換樹脂の選択性 (K) は次の式で示すことができる。

$$K_{\text{Cl}}^A = \frac{(C_A)_R / (C_A)_S}{\{(C_T - \nu_A \cdot (C_A)_R) / (C_{\text{Cl}})_S\}^{\nu_A}} \quad (6)$$

式 (6) はイオン交換の選択性を基準イオンである Cl^- イオンのイオン交換樹脂内での濃度の項を消去したものである。

式 (6) の意味の 1 つは、 Cl^- イオンの濃度測定の問題と関係している。イオン交換樹脂の中にはイオン交換基の影響が直接的には及ばない領域が存在する。特にいくらかでも多孔質であるイオン交換樹脂の場合には、ミクロ構造的にイオン交換基が影響を持たない領域を観測することができる。この領域はイオン交換基が電気的に影響を及ぼさないで、溶液側とほぼ同じ組成になっていると

考えられる。しかし、本来の意味でのイオン交換選択性は、“イオン交換基の内部ではあるが外部の溶液と同じ組成である部分”を除いたイオンの濃度を測定するのが適切なので、区別が必要である。さらに選択性が弱い Cl^- イオンなどの場合には、イオン交換樹脂の中ではあるが外部溶液と同様のイオン濃度とイオン交換基上のイオン濃度が同程度であることが多く、その区別が一層困難になる。

また Fe^{3+} 錯イオン(Cl^- イオン配位子)の場合には、 Fe^{3+} イオンと錯体を形成している Cl^- イオンと、イオン交換基上の Cl^- イオン、さらに膨潤したイオン交換樹脂の中に溶液状態とほぼ同じ状態で存在する Cl^- イオンが共存する。この3つの Cl^- イオンは分離して観測することは困難であるので式(6)では交換樹脂の中の Cl^- イオンの濃度を消去してある。

式(6)の第二の意味はこの研究の主要な目的であるイオン交換樹脂の中のAイオンの平均価数と選択性を求めることができる点である。すなわち、実験で求められるAイオンのイオン交換樹脂中の濃度、溶液中の濃度、さらに基準イオン(Cl^- イオン)の溶液中の濃度が求まれば、1ヶの実験データは“ $\nu_A - K_A^A$ ”平面で1本の“軌跡”を示すと考えられる。また実験誤差が少なく、活量係数の変化が少なく、測定される実験条件の中でAイオンのイオン交換樹脂の中の価数と、選択性が変化しなければ、複数の実験データの軌跡は“ $\nu - K$ ”平面で一点に交差するはずである。

Nd^{3+} を用いた陽イオン交換樹脂の場合について実験で求めた軌跡の曲線を示す。Fig.1には4本の曲線が示されているが、この1本の軌跡が Nd^{3+} の溶液内の1ヶの濃度の実験に対応している。 Nd^{3+} の濃度を変えるとさらにもう1本の軌跡が書けるのでその交点からイオン交換樹脂内のイオンの平均価数と選択性を読み取ることができる。

Fig.1に於いて Nd^{3+} の平均価数が3.0を示しているのは Nd^{3+} が Cl^- イオンと錯体を形成しないの

で、イオン交換樹脂の中では+3価で存在することを示している。また、Fig.1の交点が広い濃度範囲(Nd^{3+} 0.005mol $\cdot$ dm $^{-3}$ から0.035mol $\cdot$ dm $^{-3}$)で1点に交わっていることから Nd^{3+} の選択性は Nd^{3+} の溶液内の濃度に依存せずに一定であることも判る。

Nd^{3+} の場合は+3価であることは自明であるとする場合が多いが、多くの陽イオンは陰イオンと錯体を形成するので、イオン交換樹脂の中で必ずしも形式的な価数を有しているとは限らない。すなわち電気的な釣り合いを保つため溶液内に陽イオンのみを存在させることはできないので、対イオンを共存させる。陰イオンとして Cl^- イオンなどを選ぶと、多くの陽イオンの場合錯形成の可能性が高まる。一般のイオン交換の文献等に不用意に Cl^- イオンなどの陰イオンを対イオンとして用いて研究を行い、陽イオンの形式的な価数で整理をしているのを見かける。たとえ溶液中において錯体を形成しないものでも、溶液濃度が高く、親油性

Fig.1 Locus plots of average charge vs. selectivity of Nd^{3+} on cation exchanger. (Plots represent experimental values of concentration of Nd^{3+} as follows; 0.005, 0.011, 0.025 and 0.035)

の雰囲気にあるイオン交換樹脂では十分な注意を要する。そのため Fig.1 で示した平均価数の決定が重要なのである。

次に同じ推定方法を用いた錯イオンのイオン交換について述べる。ここでは錯イオンとして $[\text{Fe}^{3+}(\text{Cl}^-)_m]$ 錯イオンを用いた。 Fe^{3+} イオンは Cl^- イオンと溶液内で複数の錯イオンを形成するので、溶液内の平均価数を求める場合には、分光学的やその他の様々な方法で求められた錯形成定数から錯体分布を計算してそれにより平均の配位数(イオンの価数)を求めることができる。しかしイオン交換樹脂の中の錯イオンに対しては分光学的な方法を用いることも困難であることなどから錯体分布を測定することが難しい。この研究では Fig.2 に示すように $[\text{Fe}^{3+}(\text{Cl}^-)_m]$ 錯イオンの場合の軌跡を式 (6) に基づいて作図したイオン交換樹脂の中の錯形成について調べた。 Fe^{3+} 錯イオンの濃度が $0.020 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ から $0.311 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の

Fig.2 Locus plots of average charge vs. selectivity of Fe-Cl complex ion on cation exchanger. (Plots represent experimental values of concentration of the complex ion as follows; 0.020, 0.050, 0.104, 0.203 and 0.311)

範囲において、軌跡は一点に交わり、イオンの平均価数、選択性ともに変化していないと考えられ、イオン交換の中で錯形成が進んでいることが判った。

3.2 溶媒抽出への応用と錯イオンの平均価数

“ ν -K 平面上の軌跡”によるイオン交換樹脂内のイオンの平均価数と選択性を求める方法は単純なイオンの場合も価数に分布を持つ錯イオンの場合も有効であると考えられる。

また式 (6) の形で記述できる平衡反応はイオン交換反応ばかりではなく、いくつかの化学平衡反応がこの形に記述できるはずである。

その中でも有機溶媒と水溶液の間の平衡を利用した溶媒抽出は有機高分子を母体とするイオン交換と類似した方法である。

溶媒抽出においても、式 (2) で示すような“交換型”の平衡式でその平衡関係を示すことができるが、一般的には2種の物質の交換と言うよりも、1種類の物質の抽出と捉える方法が一般的であるので半反応の形、

で表される。ここで、Sは有機相の溶媒分子、Xは溶質分子、 ν は有機相内での溶質Xの会合度である。この平衡関係は、溶媒とアフィニティー $\Delta \mu^\circ$ 及び有機相における溶質の溶媒和ポテンシャル $\Delta \mu_x$ を用いて、

$$\Delta \mu_x = \Delta \mu^\circ + \frac{RT}{\nu} \ln \frac{C_s}{C_{s\nu}} \quad (8)$$

と表される。但し、Rは気体定数、Tは絶対温度を表し、 C_s 、 $C_{s\nu}$ はそれぞれ濃度を示す。この場合も先のイオン交換平衡の場合と同様に研究範囲に置いて活量係数の変化が小さいことが必要である。また $\Delta \mu_x$ は標準状態でのXの化学ポテンシャルと任意の状態での化学ポテンシャルの差であっ

て、次式で定義される。

$$\Delta \mu_x \equiv \mu_x^\circ - \mu_x \quad (9)$$

また、 $\Delta \mu^\circ$ は溶媒抽出反応に関与するそれぞれの化学種の標準ポテンシャルを用いて次の式で表される。

$$\Delta \mu^\circ = \mu_x^\circ - (\mu_{s,x}^\circ - \mu_s^\circ) / \nu \quad (10)$$

2相間で液々平衡が成立していれば、イオン交換

Fig.3 Locus plots of average association degree vs. standard potential of benzoic acid in benzene. (Plots represent experimental values of concentration of benzoic acid in organic phase; 0.00322, 0.00552, 0.00853, 0.0266, 0.0600, 0.102, 0.173, 0.208, 0.292, 0.354, 0.436, 0.547 and 0.635, respectively)

Fig.4 Locus plots of average association degree vs. standard potential of benzoic acid in n-hexane. (Plots represent experimental values of concentration of benzoic acid in organic phase; Curves a, b and c are for values: 0.00046, 0.0292 and 0.0598, respectively) 0.208, 0.292, 0.354, 0.436, 0.547 and 0.635, respectively)

の場合と同様に式(8)を用いて、“ $\nu - \Delta \mu^\circ$ 平面上での軌跡”が求められる。ベンゼンを溶媒に用いた軌跡の作図を Fig.3 に示す。溶媒抽出の場合も安息香酸が $0.00320 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ から $0.0635 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の広い範囲にわたって複数の軌跡の曲線が一点に交わることが判る。横軸から読みとれる平均会合度 (ν) は約 1.8 程度で、ベンゼン溶媒中で安息香酸が会合していると考えられる。溶媒を n-ヘキサンを用いた場合について Fig.4 に、1, 2-ジクロロエタンを用いた場合について Fig.5 に示した。いずれの場合もきれいな軌跡の曲線群が得られるが、1, 2-ジクロロエタンの場合は安息香酸の濃度の変化に伴って $\nu - \Delta \mu^\circ$ の平面上の軌跡の交点が少しずつずれてくる。Fig.6 は溶媒に 1, 2-ジクロロエタンを用いた場合、安息香酸の濃度によって会合度、すなわち Fig.5 の交点がどのように変化するかについてプロットしたものである。その結果安息香酸の濃度が上昇するにつれて会合度が上がっていることが判る。溶媒抽出の研究ではジクロロエタンなどの有機溶媒で安息香酸を抽出する場合、安息香酸の濃度の上昇に伴って会合度が上がることが、スペクトル観察などで判っており、その観測結果と一致する^{(10) - (13)}。しかし分光学的な方法では会合分子の存在自体は確実に知ることが

Fig.5 Locus plots of average association degree vs. standard potential of benzoic acid in 1, 2-dichloroethane. (Plots represent experimental values of concentration of benzoic acid in organic phase; Curves a, b and c are for values: 0.00755, 0.176 and 0.558, respectively) 0.208, 0.292, 0.354, 0.436, 0.547 and 0.635, respectively)

できる反面、どの程度の会合度であるかについては吸光度の定量性などの問題から測定精度は十分ではない。本方法ではそれが定量的、かつ簡便に観測できた。

著者らは先報に於いて^{6), 7)}, $[\text{Fe}^{3+}(\text{Cl}^-)_m]$ 錯イオンのイオン交換樹脂内の平均価数について報告した。先報では平均価数を求める場合、イオン

Fig.6 Dependence of the degree of association on the concentration of benzoic acid in 1, 2-dichloroethane.

Fig.7 Locus plots of average charge vs. standard potential of Fe-Cl complex ionon cation exchanger. (Plots represent experimental values of concentration of the complex ion as follows; 0.011, 0.023, 0.051, 0.075 and 0.102)

交換樹脂内の構造をどのように考えるのが適当かについて研究した。その結果、複合モデルが適当であることが判り、複合モデルで平均価数(ν)と選択性の軌跡を作図したところ、(Fig.7), Cl^- イオンの濃度が $3\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ないし $5\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の場合には軌跡の交点は一点に交わるが、 Cl^- イオン濃度が $8\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ の場合は軌跡の交点は Fe^{3+} イオンの濃度が上がるにつれて少しずつ変化していくことが判った。このことを溶媒抽出における軌跡の交点の移動と併せて考えると、錯イオンのイオン交換平衡における軌跡の交点の移動は、イオン交換樹脂内の錯イオンの配位数が変化している可能性もある。すなわち、交点法でイオンの価数や溶媒中の会合度を推算するとき、交点が一点に交わらない場合があるが、その原因として、実験誤差がある場合と、イオンの価数や会合度が変化している場合とがある。実験誤差を少なくするためには同じ条件での測定をある程度行う必要がある。

4. 結論

1. イオン交換樹脂の中のイオンの価数、平均価数を“ ν -K平面の交点法”で求めることができる。
2. 溶媒抽出法にイオン交換の交点法を適用した。その結果溶媒抽出における安息香酸の溶媒の中での会合度を観測測定することができた。
3. “ ν - $\Delta\mu^0$ 平面の軌跡”の交点は安息香酸の濃度によって移動する。この知見は分光学的に研究された安息香酸の会合度の傾向に一致する。
4. $[\text{Fe}^{3+}(\text{Cl}^-)_m]$ 錯イオンのイオン交換において、 Cl^- イオン濃度が高いときに起こる軌跡の交点の移動はイオン交換樹脂の中の錯イオンの配位数が変化している可能性がある。
5. イオン交換樹脂の平衡において交点法を応用することによってイオン交換樹脂内のイオンやその他の化合物の状態をより正確に観測す

ることができると考えられ、イオンの価数の観測以外にもイオン交換樹脂内の会合度やその他の状態の観測に有力な手段を与えると考えられる。

文献

- 1) J. Schbert, *J. Phys. Chem.*, **52**, 340 (1948)
- 2) J. Schbert, J. W. Richter, *J. Phys. Chem.*, **52**, pp. 350 (1948)
- 3) S. Fronaeus, *Acta. Chem. Scand.*, **5**, 859 (1951)
- 4) H. Loman, E. von. Dalan, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **28**, 2037 (1966)
- 5) H. Loman, E. von. Dalan, U. *Inorg. Nucl. Chem.*, **29**, 699 (1967)
- 6) 吉田一男, 小花和平一郎, 武田邦彦, イオン交換学会誌, **2**, (2) 83 (1991)
- 7) 川上文明, 吉田一男, 佐藤 優, 武田邦彦, イオン交換学会誌, **3** (2) 69 (1992)
- 8) 武田邦彦, 川上文明, 佐々木光永, 日本化学会誌, **1984** (7) 1138 (1984)
- 9) H. S. Harned, B. B. Owen, *Physical Chemistry of Electrolytic Solution* (1958) pp. 726-727
- 10) T. Sekine, Y. Suzuki and N. Ihara, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **46**, 995 (1973)
- 11) P. Johansson and K. Gustavii, *Acta. Pharm. Suec.*, **13**, 407 (1976)
- 12) A. Buvari and L. Barcza, *Z. Phys. Chem. Neue Folge. Bd.*, **102**, S. 25 (1976)
- 13) Y. Hasegawa, T. Unno and G. R. Choppin, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **43**, 2154 (1981)
- 14) K. S. Lee, D. W. Lee and W. Lee, *Anal. Chem.*, **47**, 2270 (1975)

New Method for Calculating Average Charge of Ions on Ion-Exchanger

Kunihiko TAKEDA^{*1}, Mitunaga SASAKI^{*2}

^{*1} Shibaura Institute and Technology,
Department of Metallurgical Engineering,
3-9-14 Sibaura, Minato-ku, Tokyo 108 JAPAN

^{*2} Shinnipponkagaku Co. Ltd.,
2-4 Nagisa, Onahama, Iwaki-city 971 JAPAN

(Accepted December 2, 1993)

Summary

A new method by which an average charge number and the selectivity of ion-exchange can be calculated was studied. As an ion-exchanger which is made by organic polymer is somewhat hydrophobic, the charge number of ions even such as Nd^{3+} are not +3 as well as complex ions such as $(\text{Fe}^{3+}(\text{Cl}^-)_n)$. The method, which is called as "intersection point method", was found to be useful for calculating the ions and was applied to solvent extraction of benzoic acid by organic solvent. The association degree of benzoic acid its changes in organic solvents were easily observed by plotting the data on ν -K planes. The plots of solvent extraction are full of suggestions for more complicated ion-exchange phenomena.