〔膜研究会講演録〕

酢酸セルロース膜の分離特性*

木村 尚史**

本日の話は酢酸セルロース膜についてでありまして、この膜はご承知のように1960年代に海水淡水化のための逆浸透法の膜として開発されたものでありまして、今日でも用いられている極めて特徴のある膜であります。この膜の構造と、何故、塩類を分離することができるのかというメカニズムについて考えてみたいと思います。

実は前回の橋本さんのお話で、膜が孔があるかないか、ということについてのなかで、電子顕微鏡でも孔は見えないというお話がありましたが、ここでご参考までに電子顕微鏡写真の例をお見せしたいと思います。

最初のは膜の断面（残念ながら写真は略す）でありまして、全体の厚さが約0.2ミリで、その表面に0.1ミクロンの層があり、これが食塩などの分離に有効なところとされており、残りののはスポンジ層となっています。この2つの層の間に空洞の多い部分がみえますが、これは膜の作り方が悪い、といいますか、ある条件で作りますとこのようになりますので、その意味で全体で3つの層からなっていると考える人もいます。この断面を拡大してみますとスポンジ層には約1ミクロンくらいの孔があいていることがわかります。

ところが表層を上からみまると、37,500倍程度に拡大しましても、あまり孔があるようには見えません。スポンジ層の表面には孔がたくさんあるのがみえます。ちなみに公称0.01ミクロンといわれているメンブレンフィルターを写真にとってみまると0.01ミクロンよりも大きな孔があいているようにみえます。

以上のように酢酸セルロース膜の表層には孔があるかわからない、ということで前回の橋本さんのお話があったわけです。このような膜に、最高100気圧程度の圧力を加えて膜を透過させますと塩類などが透過せず、水と分離できるわけですが、分離できるものは無機物に限らず有機物も分離できます。また、このようなことができるのは酢酸セルロース膜のみではなく、最近で

は、アロマチックポリアミドであるとか、その他多くの膜が出されています。逆浸透法が有効に働くかどうかは膜の性能にかかっているわけで、これらの膜がなぜ、塩類を分離することができるのかというメカニズムを理解することによって、新しい膜を探す方向を見出すことになるわけです。そのメカニズムについてお話しする前に、ちょっと、どういう風にデータを整理しているのかについてご説明したいと思います。

逆浸透法では輸送方程式 (transport equation) を使ってデータを整理してやらないと、膜の性能を定量的に比較できない、つまりある圧力で、ある濃度のものをどのくらい分離したというデータだけでは充分ではありません。輸送方程式もデータを整理し、拡散係数というような形で整理をしたいのですが、実は輸送方程式があまりはっきりしておりません。通常は(1)のように、水は機械的な圧力差 ΔP から浸透圧差 $\Delta \pi$ を引いたものに比例する。溶質は(2)のようにその濃度差 Δc に比例して移動する、と考える(1)、(2)式を用いますが、

$$J_w = (\Delta P - \Delta \pi) \quad (1)$$

$$J_s = B \cdot \Delta c \quad (2)$$

これは熱力学的に正しくなく(3)、(4)式のように、反撥係数 (reflection coefficient) σ を用い、また(4)式のように、溶質の移動は、濃度差によるものと、流れによるものと和である、と考える式の方が正しいとされています。

$$J_v = L_p (\Delta P - \Delta \pi) \quad (3)$$

$$J_s = \omega \Delta \pi + (1 - \sigma) c J_v \quad (4)$$

この式は、一般に膜の現象の解析に使われるわけですが、これを逆浸透法にあてはめようとしますと、(4)式の c (これは膜の内側と外側の平均の濃度) が問題となります。逆浸透法では濃度差が大きすぎて、これではまずいわけです。そこで、(3)、(4)式を微分的な膜の厚さに適用し、これを膜厚全体に積分してやりますと、(5)式のように除去率 R が与えられることになります。ここでは F は(6)式で与えられるものです。

$$R = \frac{c_2 - c_3}{c_2} = \frac{\sigma(1-F)}{1-\sigma F} \quad (5)$$

*第2回膜研究会 (昭和50年2月8日(土)於東京大学工学部) 講演録より再録。

**Shoji Kimura : 東京大学工学部化学工学科。

$$F = \exp \{-J_v(1-\sigma)/P\} \quad (6)$$

実際には、逆浸透法の場合には膜面の濃度 c_2 が、bulk の濃度 c_1 にくらべて大きくなるという濃度分極現象があり、この影響は(7)式で与えられます。

$$\frac{c_2 - c_3}{c_1 - c_3} = \exp(J_v/k) = H \quad (7)$$

これと(5)式を組合せると実際に実験で得られる除去率 R_E は、

$$R_E = \frac{c_1 - c_3}{c_1} = \left(\frac{1-\sigma}{\sigma} \right) \left(\frac{H}{1-F} \right) + 1 \quad (8)$$

で与えられます。

ところで(5)式の形は複雑ですので、 σ の値が1に近いとして展開してやりますと(9)式ようになります。一方、熱力学的に正しくないという(1)、(2)式から R を求めますと(10)式のようになり、 σ が1に近い場合には(1)、(2)式を用いても大差なく、 B 、すなわち溶質の透過係数が求められることになります。

$$R = \frac{J_v}{J_v + P/\sigma} \quad (9)$$

$$R = \frac{J_v}{J_v + B} \quad (10)$$

Fig 1 に示されるのが逆浸透法のデータで、 J_v という膜を通る流束を増加する、つまり圧力を大きくしていくと除去率 R が大きくなるわけですが、ここで点で示されているのが一つの膜を用いていろいろの濃度の NaCl 水溶液を分離したデータであり、実線は、(10)式にいろいろ

Fig. 1

ろの B の値を入れて計算して書いたもので、これから(10)式で整理できることがわかります。またここには7種類の膜がのせてありますが、これはそれぞれ熱処理温度のちがうもので、熱処理温度の高いものは除去率はよいが、流束が少ない、温度の低いものは逆になります。

このようにして膜性能を表わす A (これは純水の流束より求める) と B の値が求められるわけで、これを用いて膜性能を比較すればいいわけですが、もうひとつ反撥係数 σ を求めるにはどうしたらいいかといいますと、この値は求めにくいのですが、(5)式からわかるように $J_v \rightarrow \infty$ で $R \rightarrow \sigma$ となりますので、Fig 2 のように R を $1/\Delta P$ に対してプロットしてやりますと、 $1/\Delta P \rightarrow 0$ として $J_v \rightarrow \infty$ が実現でき、 $R \rightarrow \sigma$ として求められます。

以上のように求めた値が、膜の性質とどういう関係にあるかを知るためには、膜の性質をもっとくわしく調べる必要があります。そのために、今まで申上げたのは不均質の膜の話なのですが、無理に均質膜を作って実験を行ないました。それは製膜時に溶媒であるアセトンを完全に蒸発させて、ガチガチの膜を作るわけですが、それに Na とか Cl のラジオアイソトープを使いまして、分配係数とか、拡散係数を測定します。その一例が Fig. 3 で、もしも膜に孔があって、その孔に外部と同じ濃度のものが含まれているとしますと、含水率と分配係数は比例することになりますが、この図では分配係数がその値よりも小さく、膜に選択性があることを示します。また Na と Cl との間に差はなく、膜に電荷はないと考えてよいこともわかります。

また Table 1 には拡散係数を求めた値が示されてい

Fig. 2

Fig. 3

Tabel. 1
D×10⁸ (cm²/sec)

ホルムアミドの量			
	1%	15%	30%
熱処理なし	0.41	1.8	2.3
熱処理あり	0.048	1.19	0.24

ますが、熱処理をすると非常に小さくなり、またホルムアミドの量によっても違うことがわかります。

こんな値がわかってまいりますと、前回橋本さんのお話にもありましたように、摩擦係数という形に A, B, σ などの値を変形することができるようになります。膜と溶質の摩擦係数を f_{SM} 、膜と水とのそれを f_{WM} 、溶質と水とのそれを f_{SW} 、とするわけですが、ここで曲路率 t を用いまして、 f_{SW} の値を次のように分子拡散係数 D_S から求められる f_{SW}^0 から求めます。

$$\frac{f_{SW}^0}{f_{SW}} = \quad (11)$$

$$f_{SW}^0 = RT/D_S \quad (12)$$

Fig. 4

前に実験から求めた L_P (A の値と同じ。(1), (3)式を参照) と σ との関係は Fig. 4 のようになりますが、そこに t をパラメータとして摩擦係数の考え方より計算される値(詳細は略するが文献1)を参照)を実線で示しています。実験データがばらついていますが、点線で代表されるとしますと、逆に t がきまり、摩擦係数も求められます。それが Table 2 です。まず水の透過係数を表わす L_P の値が変わると、溶質の透過係数 P の値が急激にかわり、また σ の値は非常に1に近い、などがわかりますが、摩擦係数では f_{SM} の値が大きいく、 f_{SM}/f_{SM} の値は1000にもなるのです。前回の橋本さんのお話のセロファン膜では f_{SM} の値が一番大きいわけで、酢酸セルロース膜の特徴がわかります。しかしこれから先へ進むことは困難で、何か kinetic なモデルを考えないとこれ以上は定量的に何も出てこないわけです。

申し遅れましたが、前に示しました実験データのうち、 A と B との関係を図示しますと Fig. 5 のようになります、 B が A の約4乗に比例することになります²⁾、なぜこんな関係になるのか、孔があいていて孔径が変化することにより A の値がかわっているとすると、 B はなぜその4乗に比例するのか、などなにもわかっておりま

Table 2

$L_P \times 10^5$ (cm/sec. atm)	$P \times 10^4$ (cm/sec)	δ (—)	t (—)	$f_{SM} \times 10^{16}$ (dyne·sec) (mole·cm)	$f_{SW} \times 10^{16}$ (dyne·sec) (mole·cm)	$f_{WM} \times 10^{16}$ (dyne·sec) (mole·cm)	f_{SM}/f_{SW} (—)
0.28	0.01	0.999	0.037	4455	4.46	1.3	999
1.15	0.1	0.998	0.041	616.2	4.02	0.32	153
2.2	1.0	0.989	0.049	84.3	3.37	0.17	25.0
3.0	3.8	0.975	0.085	26.0	1.94	0.12	13.4

Fig. 5

せん。

そこでモデルの話になりますが、その1つで膜に孔があいていると考える代表的なものに Sourirajan³⁾ の考え方があります。Fig. 6 に示されるように、酢酸セルロース膜の表面には水が選択的に吸着しており、Na イオンなどは表面に近づけない、そして圧力を加えますと、吸着している水が流れ出す。そして孔の径が吸着層の厚さの2倍に等しければ吸着した層だけが流れ出るけれども、孔の径が大きくなると一部高圧側の液がもれだしてくる。そして先ほどの熱処理はこの孔の径を小さくする処理であると考えられるわけです。

それでは孔の径は一体いくらかということになるわけですが、計算を行なった人に Gluckauf と Beans という2人の人がいまして、この Beans は前回の橋本さんの中に出てくる人と同じです。この計算方法をご紹介しますと、Fig. 7 のように誘電率 ϵ_2 である酢酸セルロース

Fig. 6

Fig 7

ス膜の中に直径 D の孔があってそこに誘電率 ϵ_1 である水が入っている。この孔へ電荷 q のイオンを入れる時のエネルギーを次のように計算します。

$$\begin{aligned} \Delta w &= -\frac{q^2}{D} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - \frac{1}{\epsilon_1} \right) \\ &= \frac{q^2}{\epsilon_2 D} \cdot P(\epsilon_2/\epsilon_1) \end{aligned} \quad (13)$$

実際には球形のキャビティではなく、パイプのものかも知れませんが、その場合には $P(\epsilon_2/\epsilon_1)$ の形をその場

Fig. 8

Fig. 9

合に計算してやればよいわけです。このエネルギーがわかりますと、次の式から膜内のイオンの濃度 c が、外液の濃度 c_0 に対して求められます。

$$c/c_0 = \exp(-\Delta\omega/kT) \quad (14)$$

このようにして Beans が計算した結果は Fig. 8 のようになっており、 ϵ_2 として 3 と 10 との場合の計算を、1:1 型の塩から 2:2 型のものまで計算しております。この計算を逆浸透法の実験データと合せたのが Fig. 9 でありまして、これからみると 10A と 20A との間に孔径があることがわかります。

このような考え方に対して、10A 程度のものは孔とはいえないから、均質 (homogeneous) と考えるべきであるという説があります。膜を構成している分子がゆらいでいて、その時に確率的にできる空孔を通して水も溶質も透過するのだと考える考え方で、その代表は日本人でアメリカで仕事をされている Yasuda という人です。これは free volume theory に基づくもので、free volume として空孔に属するものとポリマーに属するものを考え、溶質は空孔をうめた水を通ることができるが、高分子に付着した水を通ることができないと考え、水は両方通ることができる考えるわけです。これから水や溶質の透過率 (permeability) を含水率 H の関係として求めるわけです。さらにもうひとつ diffusive permeability と、pressure permeability とを次のように定義します。

$$J_a = P (\Delta c / \Delta x) \quad (15)$$

$$J_f = K (\Delta p / \Delta x) \quad (16)$$

一般に

$$J_1 = -\frac{c_1}{f} \frac{d\mu_1}{dx} \quad (17)$$

μ_1 を書直すと、

$$J_1 = -\frac{c_1}{f} \left(\frac{RT}{c_1} \frac{dc_1}{dx} + \frac{v_1}{\rho} \frac{dP}{dx} \right) \quad (18)$$

これから

$$P = \frac{RT}{f}, \quad K = \frac{v_1 c_1}{f} = \frac{P v_1}{RT}$$

となる。

$$\omega = \frac{KRT}{P_{v1}} \quad (19)$$

実際にはこれで定義される pressure permeability にくらべて粘性流れの影響が入り、大きな値になるので、その値を K_1 として、前の式からの値との比を ω としているわけです。Fig. 10 にはいろいろの膜の水の diffusive permeability P_1 と溶質の値 P_2 とを、 H に対してプロットしたもので、 P_2 の方は H が小さくなると小さな値になるけれども P_1 の方は高分子について水中を通れるためにそれほど小さくならないことを示しています。また Fig. 11 では ω の値が H に対してどうかかわるかを示しており、 H が小さくなると 1 に近づくことがわかります。これらの値から、逆浸透の実験結果を計算できるわけで Fig. 12 のように水の透過係数 K_1 と除去率 R_s との関係がうまく説明できています。これが Yasuda 氏の理論ですが、これはこれでよいと思われますが、含水率のみで膜を規定してよいのかどうか疑問が残ります。

Fig. 10

Fig. 11

Sourirajan の考え方⁵⁾ はさらにいろいろと発展するわけですが、たとえば Fig. 13 にはアルコール類の水溶液の逆浸透実験データですが、横軸にはアルコール類の水素結合の強さを表す $\Delta\nu_s$ という値をとっています。これはこれらをエーテルに溶かした時と四塩化炭素に溶かした時の、赤外吸収における OH バンドの最高値のずれを表わしています。この図から $\Delta\nu_s$ と除去率は密

Fig. 12

Fig. 13

接な関係があり、膜に選択的に吸着することを水素結合が支配していることがわかります。

同様にカルボン酸の場合には Fig. 14 のようになります。すなわち酸性度が大きくなり、水素が動きやすくなると分離がわるくなってきますが、水素が完全に取れて解離してしまうと、イオンになってしまい、再び分離されるようになり、極小のところが出てきます。Fig. 15 は、これらカルボン酸類の分離に対する濃度の影響をみたもので、よく解離するものは、濃度が小さくなるとさらに解離が進み、よく分離されるようになるが、もともとあまり解離しないものはあまり濃度依存性がないことを示しています。

一方、酢酸セルロースは有機物ですから、水よりもよく吸着するものがあるわけですが、それでも分離されるものがあり、また Fig. 16 に示されるように、孔径が小さくなっていくと分離のされ方が A のように変化するものがあります。このような場合については次のように

Fig. 14

D *tert*-C₄H₉COOH

$$K_s = 0.89 \times 10^{-5}$$

Fig. 15

説明しています。選択的に吸着される場合に Fig. 17 のように、強く吸着された層と弱く吸着された層の2つが

孔径が減少する方向

Fig. 16

Fig. 17

らなっているが、孔径がある程度小さくなってくると弱く吸着している層がはがれてしまうために分離が悪くなり、もっと孔径を小さくすると、今度は強く吸着された層のみとなってここは流れ出ないために、再び分離がよくなる、というわけです。

以上にみたように Sourirajan の考え方は少しらっぽうなところもありますが、多くのデータを説明できるようです。

Yasuda 氏の理論に対しては Paul という人が、式が間違っていると攻撃しています。両者の議論が *J. Poly. Sci.*⁶⁾ にのせられています。Paul の議論は、もし均質系ならば、それは水と高分子の二成分系であり、拡散係数もトレーサーの拡散係数ではなく、相互拡散係数である。しかも高分子は動かないので、水のみが動く（化学工学でいう一方拡散という現象）ために、高分子の濃度分布ができる、とっています。また均質系でありながら粘性流を考えに入れた ω という値を使うのもおかし

Fig. 18

いといっています。このようにまだまだ議論があるところです。

さて孔があるかないかのきめ手となるもう1つの Sourirajan⁷⁾の試みた方法は、酢酸セルロース膜を凍結乾燥し、これでガスの透過実験を行い、これから孔径を出そうというわけで、ガスの場合は液の場合にくらべて、比較的多くのことがわかっていることを利用しようというわけです。すなわち凍結乾燥の前後に逆浸透の実験を行い、その値が変化しないことを確めて、ガス透過により孔径を求めるわけです。これによると直径約30 Åの孔があいていることになっています。

われわれも同じようなことをやってみたわけですが、孔径を測定する前に、実は変なことが起こってしまいました。それは Fig. 18 に示されるもので、いろいろのガス(主に不活性ガスですが)を透過させて、透過係数(A_g)を求め、これをガスの分子量に対してプロットすると、この図のようになるわけですが、酢酸セルロース膜(C.A.)では軽いガスがより速く透過します。

ちなみに点線で書いてあるシリコンゴム膜(S.R.)では重いガスがよく透過するわけで、これはシリコンゴムが液体に似た性質をもつことから理解できます。酢酸セルロース膜は孔があるから軽いものがより透過する、ということはいいいのですが、実はその分子量の依存性に問題があります。もし単に孔があいているのみならば分子量の $1/2$ 乗に逆比例するのが妥当と考えられますが、実験では分子量の逆数に比例するというようなことになってしまいました。一番最初にお見せしたメンブレンフィルタでは、完全に分子量の平方根に逆比例します。このフィルタと凍結乾燥した酢酸セルロース膜の中間の性能をもつ膜も作ることができまして、これらをまとめる分子量の依存性が、透過係数が小さくなるとともに $-1/2$ 乗から1乗に次第に変化することがわかりました。これは何かやはり吸着が重要な因子となっていると思われますが現在のところ、はっきりとはわかっておりません。また混合ガスの分離実験も行なっていますが、いまのところまだまとまっておられません。何かよいお考えがありましたらお教え下さいとたいへん助かります。

以上、下手な話で恐縮でしたが、これで終らせていただきます。

文 献

- 1) Kimura, S.: Proc. 4th Intern. Symp. on Fresh Water from the Sea, Vol. 4, 197 (1973)
- 2) Kimura, S. & S. Sourirajan: *AIChE J.*, **13**, 497 (1963)
- 3) Sourirajan, S.: *IEC Fundamentals*, **2**, 51 (1963)
- 4) Yasuda, H. & C. E. Lamaze: *J. Appl. Poly. Sci.*, **9**, 1537 (1971)
- 5) Matsuura, T. & S. Sourirajan: *ibid.*, **15**, 2905 (1971); **16** 1663, 2531 (1972); **17** 1043 (1973)
- 6) *J. Poly. Sci.*, part A **12** 1215 (1974)
- 7) Agrawal, J. P. & S. Sourirajan: *J. Appl. Poly. Sci.*, **14**, 1303 (1970)

第29回コロイドおよび界面化学討論会

昭和51年9月27日～29日、信州大学教養部

日本化学会のコロイドおよび界面化学部会が「膜」を特別討論主題として行なわれるというので、9月下旬の松本へ出掛けてきた。折から急に国鉄のストが行なわれるかも知れないという動きがあって(中止になったが)、最終日は始めから出席しないことにしていたし、研究発表の方もそれほど真面目に聞いたわけでもないが、少々

感じたことを述べてみたい。

今回の討論会が「膜」を主題とすることで研究発表を募集したところ、あまりにたくさんのお誘いがあって驚いた、という話をどこからかもしら聞いたが、筆者が感じたのも、やはりかなり広範囲の「膜」が研究発表の対象となっているということであり、これを12分の発表で理

解し、討論するのはかなり困難である、ということであった。従ってどのような研究者がどのような研究を膜について行っているかを知るには絶好の機会であったが、討論を通じて理解を深め合うというには至らなかったように思う。もちろん、こうゆう形で膜の研究が盛んになって行くことを筆者は希望しているし、それがコロイドおよび界面化学という物理化学的な観点から主としてなされるべきであるとも考えている。しかし今後のやり方を考えるならば、もむ少し膜についてのテーマを整理し、同じ傾向のものを集めるようにしていけば、もっと活発な討論を生みだし、お互に刺激になって成果を生むのではないかと思う。

その中で筆者が特に感銘を受けたのは北大の小島先生の特別講演「生体膜機能のコロイド的側面」であった。内容は筆者にも完全には理解し得なかったが実験に用いられたのが珍しい粘菌というものであり、それが種々の薬品に対して反応する（先生は粘菌がその薬を好きだとそちらへ寄っていくといわれた）様子を実験され、その結果が従来のコロイド化学的考え方で説明されることを示された。講演の内容は筆者にとっても示唆に富んだもので、大いに刺激を受けた。

なお、研究発表のうち膜に関するものは以下のとおりである。

(木村尙史・仲川勤)

(生体膜関係) 1) 水面上オレイン酸単分子膜酸化反応(II): オレイン酸単分子膜の溶解、分子再配向および酸化反応中間生成物について(都立大理) 岩橋, 村松。2) 表面張力測定による Aerosol OT および LANTI の加水分解反応の研究(京大工) 伊勢, 大山, 大久保。3) 生体膜内在性タンパク質の分離分析における界面活性剤の利用(阪大蛋白研) 高木, 三宅, 菜島。4) 神経ミエリン膜におけるタンパク質移動(京大薬) 真崎, 井上。5) 脂質膜間相互作用—レシチンラメラ相に対する Ca^{++} の効果の X 線回折法による研究と理論的解析(阪大基礎工) 猪子, 三井, (東大教養) 大島。6) 胃粘膜の構造・膜透過・膜電位(富山大薬) 竹口, 服部, 堀越。7) 水晶体カプセルの膨潤と膜透過数(京大薬) 中垣, 宮田。8) 誘電的に見た イースト細胞膜の性質(京大化研) 浅見, 花井, 小泉。9) W/O/W 型多相エマルションを利用した生体膜モデル系の試作(阪府大農) 松本, 幸田, 村田, 喜多, 米沢。特別講演: 生体膜機能コロイド的側面(北大薬) 小島陽之助。

(人工膜関係) 10) 側鎖構造を異にするポリアミノ酸

膜の合成と低分子の透過性(製科研) 仲川, 富士原, 箕浦。11) アセチルセルロース膜の透過特性に及ぼす成膜および透過条件の影響(関西大工) 浦上, 藤野, 杉原。12) マイクロカプセルの膜透過性の一考察(東京理大薬) 近藤。13) 非定常な膜透過流の一考察(京大医) 品川嘉也, 品川泰子。14) 荷電膜を通しての熱浸透(信州大工・名大工) 田坂, 杉浦, 阿部, 永沢。15) 膜透過におけるイオンのオーバーシュート現象(京大薬) 中垣, 北河。16) カチオン交換膜—塩化カルシウム水溶液におけるトレーサー拡散(九大理) 白水, 甲斐原, 吉田, 君塚。17) 非対称薄膜の整流と電流発振と表面電導(名工大) 奥山, 吉田(日本鋼管) 渡辺。18) アクリル系共重合体およびブレンドの吸湿性(お茶の水女大) 中島, 服部。19) 逆浸透用半透膜における各種溶質の透過挙動について—金属錯体の透過を中心に—(東工試) 神沢。

(単分子膜関係) 20) 二分子膜(水中における)の粘性(名工大) 吉田, 奥山。21) 脂肪酸単分子膜への金属イオンの吸着の統計力学的計算(京大理) 田中, 福留。22) レシチンおよび dialulin 単分子膜に対する界面活性剤の吸着(都立大理) 田嶋, 筒井, 村松。23) 合成リン脂質の油水界面における挙動(千葉大教養) 林, 秀島(東京医歯大教養) 村松, 原(都立大理) 清宮。24) 両性リン脂質単分子膜のイオン構造と 2 価金属塩との相互作用(都立大) 清宮(東京歯大教養) 村松, 原(千葉大教養) 林。25) 脂肪酸, レシチン, コレステロール 2 成分混合単分子膜(九大理) 松尾, 本村, 松浦。26) ビタミン A とレシチンの混合単分子膜の電子スペクトル(京大理) 松本, 福留。27) ポリ- α -アミノ酸とコレステロールの混合単分子膜に対する尿素の影響(徳大薬) 山下, 柴田, 山下。28) PBLA の累積膜における高次構造について(徳島大工) 鈴木, 三宅(阪大蛋白研) 高木(京大化研) 竹中(名大理) 池田勝一。28) ポリ-L-リジンとポリペプチドとの相互作用(徳島大薬) 山下卓哉, 山下伸典。29) 油-水界面における吸着単分子膜の共鳴ラマンスペクトル(第 3 報) 分子配向の吸着量依存性(京大化研) 中永, 竹中。39) 発色団を含む長鎖化合物の単分子膜および累積(埼玉大理) 中原, 福田。31) 油-水界面における長鎖アルコール吸着膜の相変化(九大理) 本村, 松林, 荒殿, 松浦。32) ポリオキシエチレンドデシルエーテル吸着膜の面積歪に対する緩和現象(東海大理) 中村, 竹内。33) 薄膜中における非対称電気二重層の相互作用(京大化研) 松本(チューリッヒ工大) G. Montandon, S. Hartlad (奈良女大) 渡辺。34) 抱合型胆汁酸塩・レシチン水溶液におけるコレステロールおよびビリルビンの可溶化とカルシウムの影響(第 3 報)(九大理) 中間, 古沢, 伊藤, 久留。

1) 繊維, フィルムの吸湿と透過(名工大) 滝沢章, 2) 分離機能と膜構造(製品科研) 仲川勤, 3) ハイバリア性フィルム(クラレ) 岩崎博四, 4) 逆浸透および限外濾過膜, 5) ジュラガードフィルムはについて(ポリプラスチック) 北村竜太郎。

第 9 回夏期セミナー(繊維学会)

昭和51年9月6日～8日(南伊豆国民休暇村)での膜関係の講演