

理化学研究所 ニュース

No. 87

July 1986

生物レオロジーの研究におけるレオメーターの開発

「万物流転す」という言葉が示すように、我々の周囲に見られる種々の物質は流動し変形する。物質の流動と変形を対象とする科学をレオロジー“rheology”と言う。“rheo-”はギリシャ語の流れると言う語に由来する。生物や生体を構成する物質を対象とする場合には、生物レオロジーと呼ばれている。

アスファルトの様に一見弾性体のような硬い物質が徐々に流動するのは、その物質が粘性を持つからである。粘性と弾性の両方の性質を持つ物質は、粘弾性体と呼ばれる。粘弾性体のレオロジー的性質は、粘性率と弾性率で表わされる。このレオロジー量を測定する装置がレオメーターである。

当研究室では、血液凝固に関する諸問題の研究を遂行する過程で、すでいくつかのレオメーターを技術部と共同で開発した。ここでは新たに開発した減衰振動型レオメーターの原理、測定例、応用について述べる。

既存の液体用レオメーターは、一般にその装置備え付けの試料容器を使って測定するように設計されている。本装置は、もともと人工血管の抗血栓性、抗凝固性を評価することを目的に開発した

ので、円筒状であればどのような材質のものでも、サイズによらず試料容器として使用できることが最大の特長である。また本装置の感度が既存の血液凝固測定用レオメーターに比べて100倍以上良いこと、装置の機構が比較的簡単で取扱いが容易なことも特長である。図1に装置の原理を示す。試料チューブをコイルの上部にあるホルダーに図のようにセットする。コイルと試料ホルダーは、

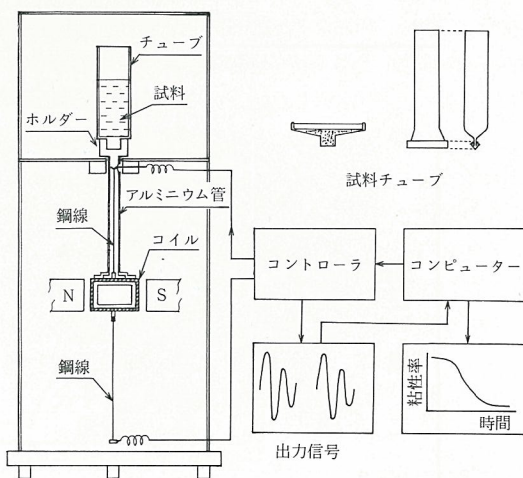


図1

アルミニウム管で繋がっている。コイルはアルミニウム管の中を通した細い鋼線で上から吊るされているので、コイルと試料チューブからなる測定系はその中心軸のまわりに回転振動する。いま永久磁石中に置かれているコイルに電流を流すことにより、測定系を平衡位置から一定角度ねじり初期変位を与える。次にコイルに流れる電流を切ると、測定系は減衰振動を開始する。この時コイルは磁場内で回転振動をするので、コイルに誘導起

電力が生ずる。これを検出して得られる減衰振動曲線(図2)から、次式で定義される対数減衰率(Δ)が求まる。

$$\begin{aligned} \ln(\theta_1/\theta_3) &= \ln(\theta_3/\theta_5) = \dots\dots \\ &= \ln(\theta_2/\theta_4) = \ln(\theta_4/\theta_6) = \\ &\dots\dots = \Delta \end{aligned}$$

Δ の値は試料の粘性率等のレオロジー量に対応する。血液凝固過程を測定する場合には、一定時間(例えば20秒)ごとに測定系に初期変位を与えて

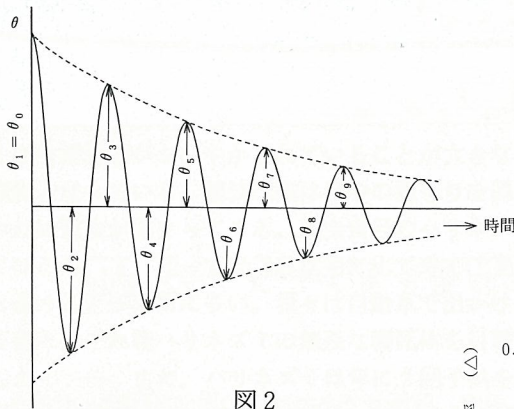


図2

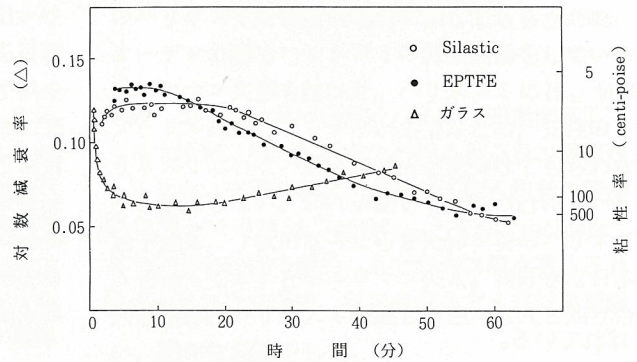


図3

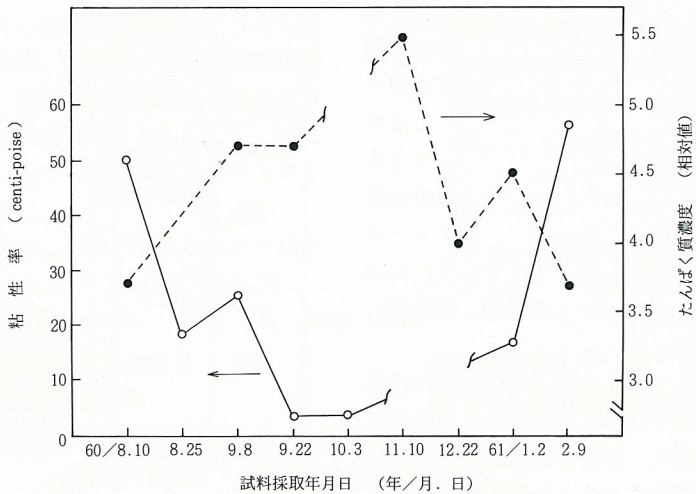


図4

△の測定を繰り返し行う。測定の制御およびデータの処理はマイコンにより行われる。本装置では、粘性率が0.5 centi-poise（センチポアズ；水の粘性率は20℃で1 centi-poise）程度以上の液体に対し、△の測定が可能である。

本装置により血液凝固過程を測定した例を図3に示す。使用した試料チューブは、ポリジメチルシロキサンの（Silastic[®]）、人工血管として使用されている延伸ポリテトラフルオロエチレン（EPTFE, Goar tex[®]）およびガラスである。ヒトの肘静脈からの採血を終了した時を時間ゼロとし、採血後直ちに血液を試料チューブに移して測定する。EPTFEとSilasticチューブ中では、△は徐々に減少しているが、凝固を促進することで知られているガラスでは、△は急速に減少している。これらの結果は、血液と材料の相互作用に基づく血液凝固過程での血液の粘性率の増加を反映しているものと考えられる。チューブに液体を入れてその系の△を測定すると、低粘性率の領域（3 centi-poise以下）では、△は粘性率が増加するにつれて増加する。しかし図3では、血液凝固が進むにつれて△は減少している。これは血液の粘性率が凝固する前から3 centi-poise以上あり、凝固するにつれて血液がチューブと一体となって回転運動をするようになり、粘性的エネルギー散逸が減少するためと解釈できる。

図4は、関節リウマチ患者の膝より関節液を定期的に採取し、その△の変化を本装置により測定

した結果を示す。関節液はタンパク質を含む血清成分と多糖類であるヒアルロン酸から構成されている。正常関節液の高粘性率に比して、疾患患者の粘性率は全体に低い値を示す。関節リウマチが悪化すると、関節液のたんぱく質含量は増加し、粘性率が低下することが知られている。図4で、たんぱく質濃度の変動（点線）と粘性率の変動（実線）が良く対応しているのがわかる。関節液は不均一系であり、一般に粘度測定は容易ではないが、本装置を用いると比較的簡単に測定することができる。

以上、新しく開発したレオメーターの原理と測定結果の例を示したが、本装置は高感度のレオメーターとしていろいろな分野での広範な利用が期待できる。血液凝固初期過程の解析はもちろん、人工血管などの抗血栓性材料の抗血栓性・抗凝固性の評価における動物実験に先立つ *in vitro* スクリーニングに利用することも可能と思われる。臨床医学分野では、血液凝固検査や生体液（例えば関節液）等の粘性率を測定することによる病気の診断・治療過程のモニターにも利用できる可能性が考えられる。また工業分野では、例えば特殊な使い方として、缶の中の液体の粘性率あるいは流動状態を封缶状態で測定することにより、その液体の変質や沈澱の程度を知ることができれば、品質管理等にも利用できるであろう。

生体高分子物理研究室
研究員 貝原 真

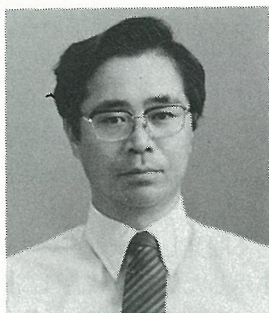
理化学研究所第9回科学講演会のお知らせ
……微生物の高度利用と遺伝子研究の医学的応用……

日 時： 昭和61年10月29日（水） 13:00開場 17:00閉会
場 所： 経団連会館 経団連ホール
講演題目：

- | | |
|-------------------|-------------------------------|
| 1. 微生物の多様性 | ライフサイエンス培養生物部部长 農博 駒 形 和 男 |
| 2. バイオリアクターの最近の動向 | 化学工学研究室主任研究員 工博 遠 藤 勲 |
| 3. 遺伝子研究の医学への応用 | 分子腫瘍学研究室主任研究員 医博 井 川 洋 二 |

問合せ先：開発調査室 Tel. 0484-62-1111, 内線2302~4

新主任研究員紹介



青野 正和

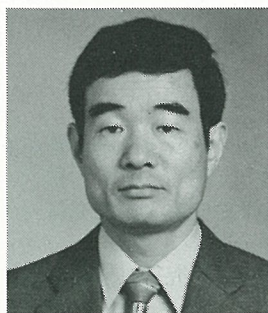
(摩擦工学研究室)

学部の学生の頃、駒込の理研に山口成人先生を幾度かお尋ねしてご教示をいただいたことがあり、大学院時代、恩師の橋口隆吉先生が理研の主任研究員を兼任されていたこともあって、理研には以前から親近感を抱いていました。とは言うものの、4月に就任して以来、理研に慣れるだけで3カ月が経過しました。

私のこれまでの研究は、筑波の無機材質研究所における13年間を通じ、材料表面の原子配列や電子状態を迅速、容易、確実に解析するための新手法を開発し、それらを新材料や新物質の開発に実際に応用していくという方向で進めてきました。私が博士課程を終えて無機材質研究所に入った1972年という年は、表面科学の歴史にとって特異な年と言え、今日の表面科学の目覚ましい発展のきっかけとなった多くの発見や発明がこの年に行わ

れたのです。私はそれらに魅せられ、それらを発展させるためにただひたすら努力してきたと言えます。前半は角度分解型光電子分光法（シンクロトロン放射光の利用や二次元同時検出法を含む）の研究を、後半はイオン散乱分光法（アルカリイオンビームの利用やイオン-表面電子交換の解析を含む）の研究を行ってきました。

今後は以上の経験を生かして摩擦工学研究室の研究を表面物性工学の分野に展開して行きたいと考えています。一つの方向として、表面の構造を原子一個一個の単位で解析し制御しうる技術の開発と利用に関する研究を進めて行くと同時に、空間分解能に加えて時間分解能を意識した解析技術、すなわち表面の動的現象のピコ秒時間分解計測法の開発と利用に関する研究にも取り組んで行きたいと考えています。



勝 又 絃 一

(磁性研究室)

磁性体は広く世の中で使われていますので、磁性研究の大部分は応用的なものかと思われるかも

知れませんがそうではありません。一見何の役にも立たないように見える基礎研究から全く新しい

材料や素子が生み出された例は磁性の分野に限らずよくあることです。

磁性研究で古くて新しいテーマの一つは「何故鉄は強磁性を示すか？」ということです。鉄が強い磁石になる原因がまだ完全には分かっていない、といえば専門外の方は不思議に思われるかも知れませんが。磁性研究の最近のテーマとしては、ランダム系や稀土類化合物の磁性に関するものが主なもので、前者は私が興味を持って研究している対象の一つです。整然とした磁性体を原子レベルでわざと乱してやるとその性質はどう変わるのでしょうか？ この研究は、アモルファス磁性体を通



谷 畑 勇 夫

(リニアック研究室)

私はこれまでの約10年間、高エネルギーに加速された重イオンを用いた反応の研究を、米国カリフォルニアにあるローレンス・バークレー研究所で進めてまいりました。高エネルギーにまで重イオンが加速可能となったのは、この研究所が世界で初めてであり10数年前のことでした。私にとってラッキーであったのは、その世界でただひとつの加速器を用いて、全く新しい分野を切り開いてゆく集団の中で仕事ができただけのことでした。私はこの経験の中から、加速重イオンにより核物理学はもちろんのこと、その他の物理、工学、医学等への応用が大きく広がってゆくだろうとの確信を得ました。

理化学研究所では、リングサイクロトロンと呼ばれる日本では初めての、そして世界的にもユニ

して応用と結びつき、また一方では物理学の最も基礎的な分野である統計力学の発展にも少なからず貢献しています。私達が見つけたランダム磁性体の一つに、磁化方向を組成、温度、外部磁場により自由に制御することができるものがあります。まだ極低温でしか使えないので実用には遠いようですが、将来何かの役に立つのではないかと考えています。

今後、私はランダム磁性の他に、磁性体における非平衡状態、人工磁性体、生物磁性などの研究も強力に推進していきたいと考えています。皆様方のご支援、ご鞭撻をお願い致します。

ークな重イオン加速器の建設が進んでおり、来年にも実験が開始される予定です。この加速器は多くの元素を加速できるため、新元素や新アイソトープの発見が期待されております。また核反応によりパイ中間子の発生も起こる高いエネルギーを供給します。

私はこれまでの経験を生かして、重イオンを用いた新しい核物理学を開拓してゆくことを望んでいます。特に最近私達が開発した不安定核のビームを用いた研究は、リングサイクロトロンを用いれば、世界をリードしてゆけるものと考えています。また核物理学以外の分野への加速重イオンや不安定核ビームの応用は、非常に重要で将来のあるものと考えていますので、何らかの貢献をしてゆきたいと望んでおります。



ハリネズミ,

冬の間のお客様

ハリネズミは、日本人にはなじみの浅い動物だが、ヨーロッパには広く生息していて、庭や果樹園等人間に近い所に住む場合が多いためと、その独特な容姿とから、ウサギヤリスと並んで人気のある動物である。ただ単に可愛いと言うだけでなく、ハリネズミはマムシの天敵として重要なのだが、近年その数が急速に減少しつつある。それは一つには、自動車道路の普及によって、ハリネズミの生活環境がおびやかされていることが大きな原因となっている。舗装道路は日中の温もりを保つため昆虫が集まってくる。昆虫食目のハリネズミはこの昆虫を追って自動車道路に出て来て輪禍に逢うことが非常に多い。我々は自動車で出かける度に、どれ程ハリネズミの無残な斃死体を目撃したことか。また、ハリネズミは年に2回子供を生むのだが、秋に生まれた子供は、冬眠するに十分な体重にまで育たない内に冬が来てしまう場合が多い。我家の息子達は、それなら秋に子供を生まなければ良いのと言う。確かに、自然に適應する動物としては不合理的な気もするが、本来がもう少し暖かい地方に生息していた種なのかもしれない。

このためヨーロッパの国々では、ハリネズミを自然保護動物に指定して数の減少を防ごうとしている。特にドイツでは、冬の間、自力で越冬出来ないハリネズミを、動物の家と言われる施設だけでなく、一般家庭で保護することを奨励し、冬になるとハリネズミの育て方の本から、ハリネズミの餌まで売りに出る。

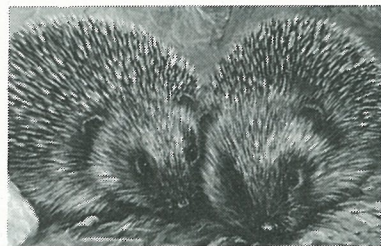
我々も、散歩の途中、冬眠しそこなった子供の

ハリネズミを2匹見つけたのが縁で、冬の間ハリネズミを飼うことになった。

さて、森から拾って来たハリネズミは、まずお風呂に入れてノミやダニを洗い落す。そして大きなダンボール箱の中に、寝小屋用の小さなダンボール箱を入れて飼う。ところが、2、3日すると、私は、夜ハリネズミが咳をすることに気がついた。風邪でもひいたかと辞書を引き引きハリネズミの本を読むと、肺の寄生虫に侵されているらしい。まずは検便をしてもらうこと、結果がプラスであれば注射か飲み薬を処方することとある。私はハイデルベルクの Schrachthof (屠殺場)の一角にある検査室を訪れ、ハリネズミの検便をもらい、薬局に薬を注文し、餌のひき肉に混ぜて与えた。おかげで2匹のハリネズミは、針の色艶も見違えるように良くなり、ぬくぬくと冬をすごした。

やがて春、5月の暖かなある日、我々は、2匹のハリネズミを安全な場所に放してもらうため、オーデンの森でハリネズミの保護活動をしているホルツマン夫妻を訪ねた。ハリネズミには、500メートル四方のテリトリが必要のため、先住のハリネズミのいない適当な場所を見つけてもらわなければならない。別れが悲しくてうつつむいている息子達に、「秋になったらまた赤ン坊のハリネズミを預ってネ」とホルツマン夫人。物好きな日本人家族は、ハリネズミを通して色々な人と知り合い、様々な経験をした。

海洋物理研究室 研究員 矢吹貞代



理化学研究所ニュース No. 87, July 1986

発行日・昭和61年7月31日

編集発行・理化学研究所

編集責任者・中根良平

問合せ先・開発調査室(内線 2304)

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号

電話(0484)-62-1111(代表)