



# 高分子特有の性質・挙動を追う

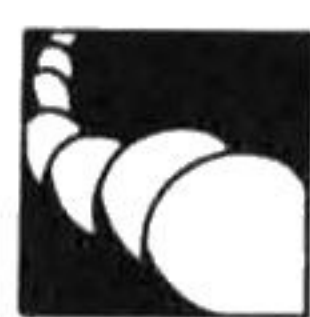
——野瀬研究室～高分子工学科——



野瀬 卓平 教授

高分子とは、構造単位となるモノマーが多数一次的に連なった鎖状の分子である。これらの高分子物質は単に「多数のモノマーが連なったもの」という“量”の違いだけに留まらず低分子物質にはみられない“質”的に特異な性質をも示す。すなわち一つの分子そのものが、化学

構造と形態の両方において多様性を持つのである。今回我々は、高分子工学科高分子構造講座で、特に液体系における高分子の形態や挙動を明らかにすることに取り組んでおられる野瀬研究室を訪問し、お話を伺った。



## 利用する具体的な研究手法

分子の構造や挙動を解明する実験手段として我々は、実際に野瀬研究室で利用しているものをいくつか紹介していただいた。ここではその中から、レーザー光散乱と磁場勾配スピンエコーNMRと呼ばれる二つの手段について述べてみようと思う。

まずレーザー光散乱について話を進めよう。これは対象物にレーザー光を照射し、散乱されてくる光を受信してその散乱状況から対象物内の様子を知ろうというものである。例えば高分子液体系にレーザー光を照射するとしよう。瞬間的に照射した場合、分子内の原子と原子の位置関係や分子同士の位置関係を知ることができる。またこれらの観測を連続的行なうことにより、系内の分子運動（並進・振動など）の様子をも知ることができるのである。ここでレーザー光を使うのは、光束に広がり少なく干渉したときに鋭敏な像を残せるという理由によっている。

次に磁場勾配スピンエコーNMRへと話を移す。スピンとは電子の自

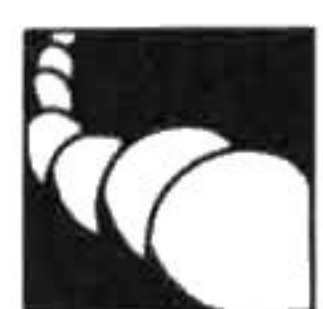
転運動の角運動量を表すベクトルであり、後述する分子内のスピンはその分子内の全ての電子のスピンのベクトル和をとって求められる。

さて、この磁場勾配スピンエコーNMRという方法は主に並進運動している分子の挙動を明らかにする目的で使われる。運動している分子を含む系にある瞬間、一様な勾配を持つ磁場をかける。すると分子内のスピンが変化するのである。しばらくたった後、最初と同様の勾配を持ち向きが逆の磁場をかける。もし分子が移動していなければ、スピンは完全に元の状態に戻るはずである。しかし分子が移動していた場合、後にかけられた磁場とはじめのそれとの大きさが異なるためスピンの戻りは不完全なものとなる。すなわち、どの程度スピンが戻ったかというデータと磁場勾配の様子とから分子の移動距離が統計的にわかり、さらに二度磁場をかけたその時間間隔も測定すれば、分子の平均の速さを求めることができる。普通、分子の運動を



観察する場合には、特定の分子に、例えば水素Hの一つを重水素Dに換えるなどして印をつける方法が多く用いられる。しかしこの方法だと、分子に直接手を加えることなしにた

だ磁場をかけることだけにより印をつけることができる。このような測定上の簡便さがこの方法の大きな利点の一つといえよう。



## 高分子液体系の二相分離のメカニズム

次に先生の具体的な研究内容を紹介していこう。まず、高分子混合系の相分離のメカニズムに関する研究の説明をしたいと思う。一般に低分子を含む反応は速く、高分子同士のそれは遅く進行する傾向がある。例えばここに水と油の混合液があるでしょう。これをいくら攪拌しても、その後放置すれば液はあっという間に二相に分離してしまうだろう。これは水が低分子だからである。では親水性の高分子と疎水性の高分子の混合液で同じことをしたらどうなるだろうか。予想では、かなりゆっくりと分離していくのが見て取れるはずである。このことから、液体系の相分離のメカニズムを解明するのに高分子物質を用いると非常に便利なのではないだろうか、という考えが浮かんでくる。実際この手の研究が行なわれており、すでにそのメカニズムの解明が進んでいるのである。

二つの高分子液体を混合させる際に、系内温度や用いる分子の大きさなどの条件を、いろいろと変えてみる。すると分離後、水と油のように最終的に上下二層に分かれる前は、図1に示すような斑点模様や縞々模

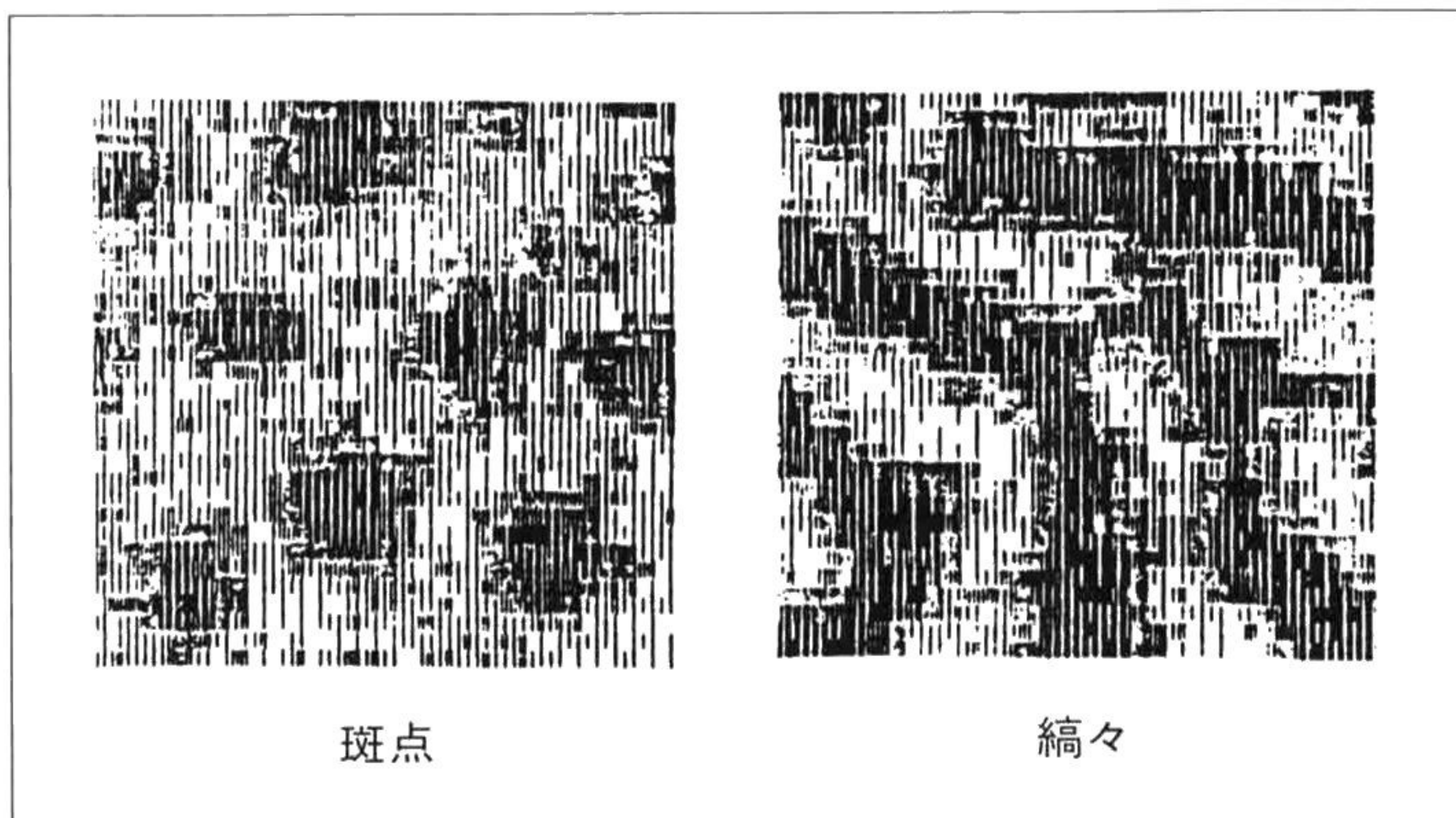


図1 二層分離後の様子例

様など様々なパターンが得られる。さらに、温度などに微調節を加えると、斑点の大きさや縞の間隔を自由に選ぶことができ、かつそれらを均一なものにすることができる。これがある特殊な方法で固めた後に、二相の内のどちらか一方を溶かしたような溶媒の中につけると、穴の大きさが均一なスポンジ状多孔質物質や、層の間隔が均一なフィルター状物質をつくることができる。以上のような発想に基づいてできたものは各分野で様々な用途に利用できる価値を持っている、と先生は語っておられた。



## 溶液中の高分子の挙動を探る

次に紹介するもう一つの研究は、溶液内における分子の移動速度とその分子が周囲から受ける抵抗との関係についてのものである。研究の対称として図2のような高分子を用い

る。これは、疎水性の鎖をほぼ三分した中央の部分に親水性の枝がついている、といった構造をとっている。これを例えば、親水性の溶媒の中に入れる。すると両端の疎水性の

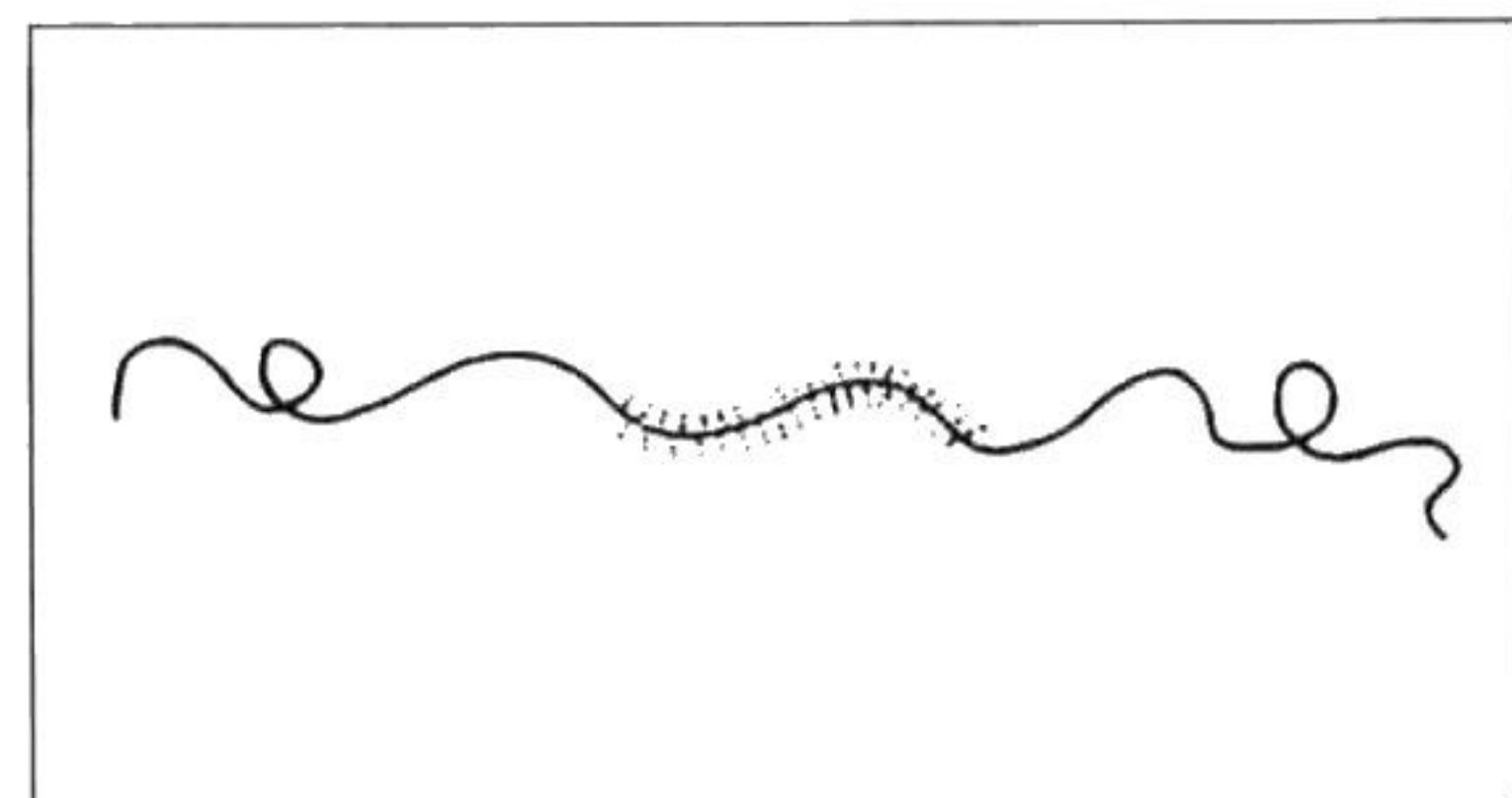


図2 研究対象の高分子



部分がまるで糸くずのように丸まって、他の分子の同じ部分と絡まってしまう。その絡まり方は、液中の濃度が低いときには図3 aのように不規則であるが、溶媒をとばすなどして濃度を上げると、図3 bのようにきれいに整列するようになる。この図3 bの丸まった部分と丸まった部分の間の親水性の部分、二次元的に連なったトンネルになっている。

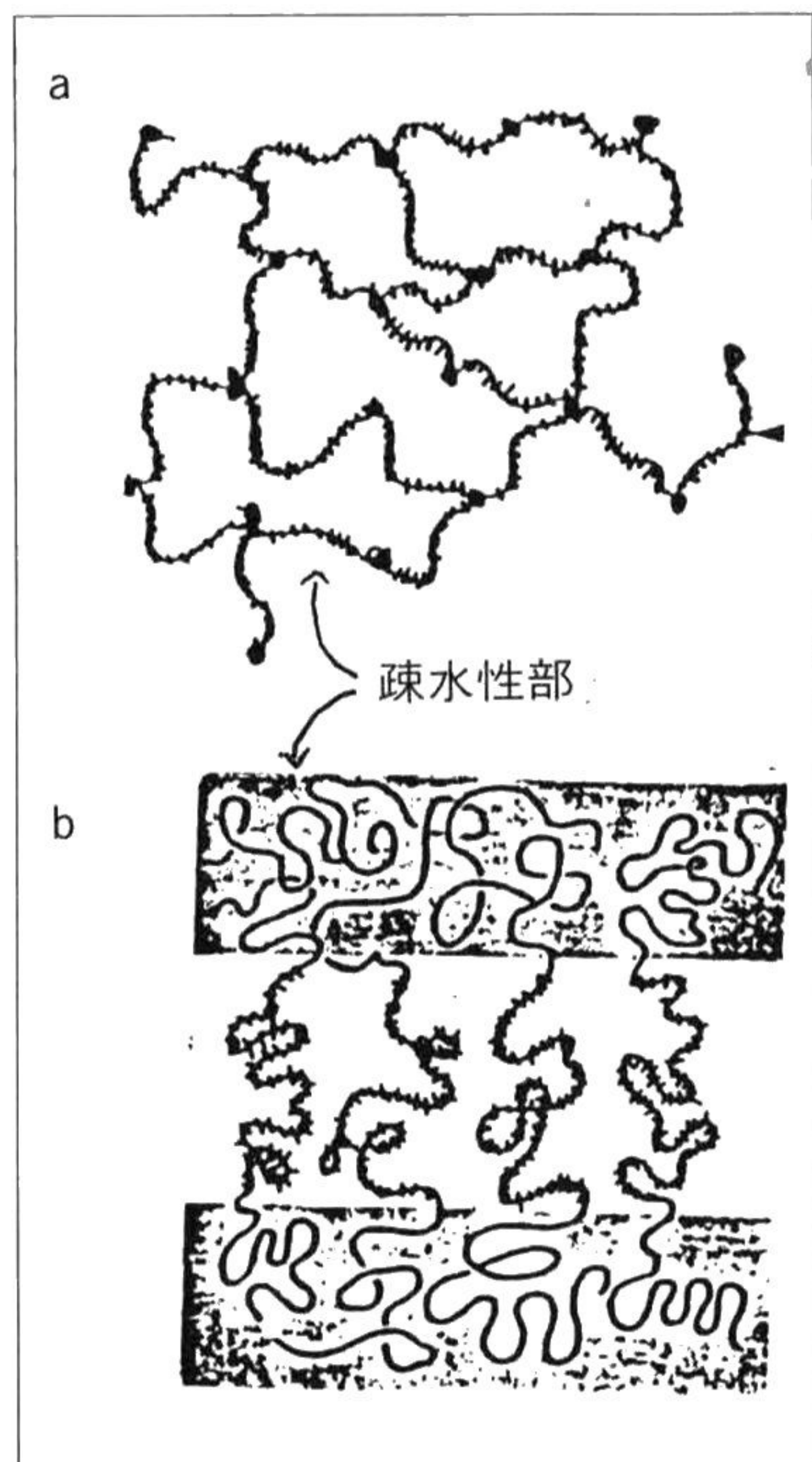


図 3

このトンネルの中に枝と同じ構造を持つ親水性の分子を通した場合に、どのような挙動を示すであろうか。先生は、その通す分子の長さや移動速度との関係という形で、具体的に研究をなさっているのである。

普通の液体中で分子が運動する場合、その分子が長いほど移動速度は小さくなる。すなわち分子の長さに対して移動速度をプロットすれば単

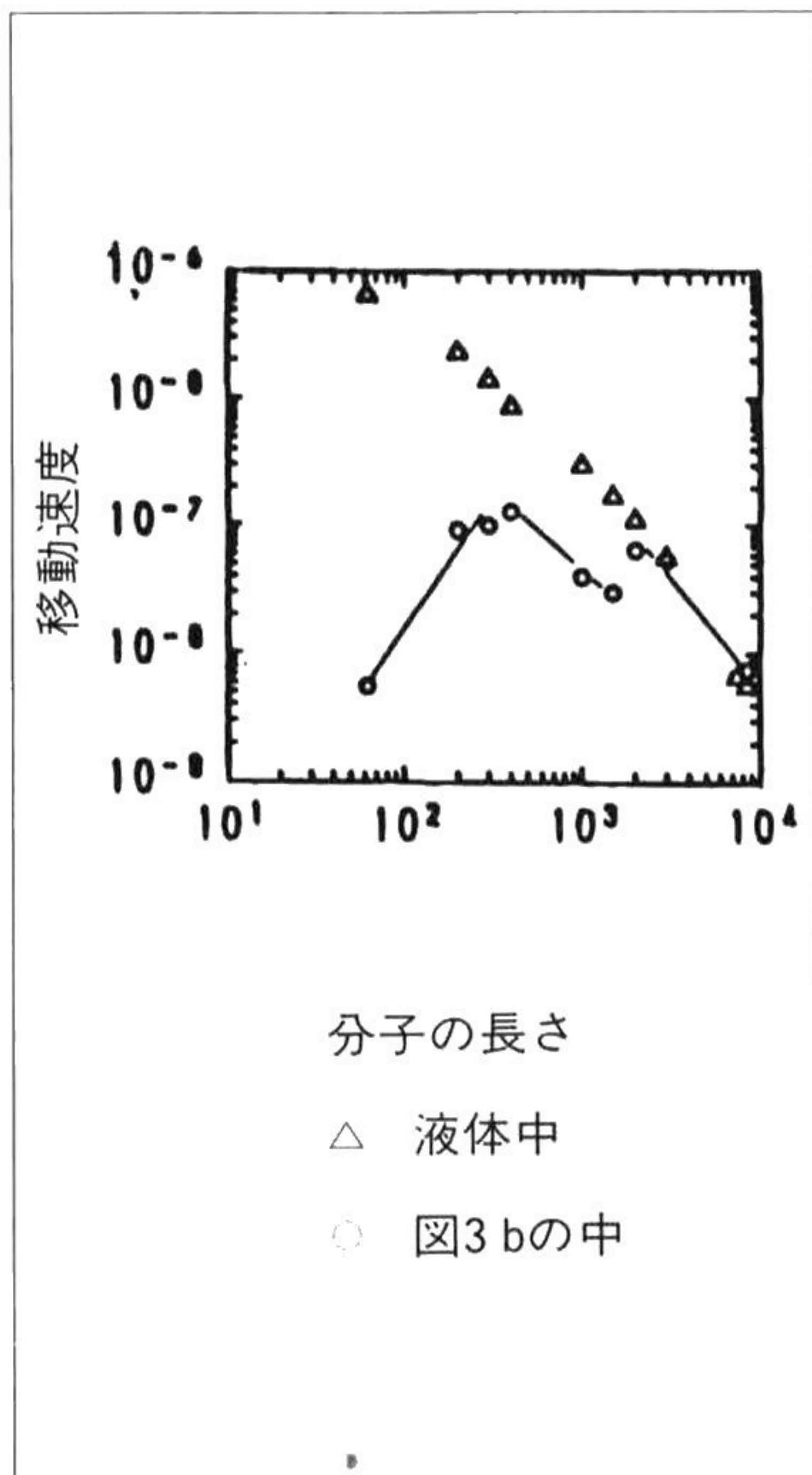


図 4

分子の長さや移動速度の関係

調に減少する曲線が得られる。この研究においても、もともとトンネル内にある枝との抵抗は通す分子が長いほど大きくなるであろうから、プロットは純液体中と同様単調減少となるだろう、と当然予想される。しかし実際に測定した結果、図4に示すような二つの山を持つ曲線が得られることがわかったのである。この理由を先生は以下の様に考えておられる。すなわち、通す分子が短すぎるとトンネル内の枝と枝のすき間に入り込んでしまい動きが遅くなる。ちょうど道草を喰って帰りが遅くなるような感じである。分子が長くなると枝のすき間に完全には入り込むことができず、すき間からはみ出す。そうすると道草を喰わないだけ分子の速度は速くなる。さらにもっと分子が長いとトンネルの中に入ることもできず、自分達だけが集まってその中で運動するので、トンネルの無いときと同じようになる。

現在のところ、枝の効果が具体的にどのようなものなのかなど、疑問点が数多く残されている。というのも先生自身この研究に着手されてからまだ間もないそうなのである。上の予想を確かめることや、いくつかの疑問を解決することなど、この研究にはいくつかの発展の方向性があり、その分先が楽しみな研究であるといえる。

野瀬教授は大変に気さくなお人柄で、今回の取材にもお忙しい中、快く応じて下さった。最後の章で紹介した研究はそこでも述べた通り、まだ研究途上である。研究というものに終わりがあるのかどうかかわらな

いが、真最中の研究について生の声を聞くことができたことは非常に有益なことであったと思う。

最後に先生の今後の一層のご活躍を期待しつつ筆をおくこととする。

(百瀬)