



摩擦を自由自在に操る

— 岡部・益子研究室～化学工学科 —



(左) 岡部 平八郎 教授
(右) 益子 正文 助教授

さまざまな観点から、研究が行われているトライボロジーですが今までLANDFALLで訪問した研究室は全て生産機械工学科の研究室にとどまっていた。

今回、我々LANDFALL取材員は、化学工学科という別の観点からみたトライボロジーを紹介するべく、化学工学科化学工学コースの岡部・益子研究室を訪問させていただきました。



トライボロジーという学問が何であるか

みなさんは「トライボロジー」という言葉を全く聞いたことがないかもしれません。というのも新聞紙上など一般社会には登場してこない単語だからでしょう。しかし、文部省でもやっと今年からこの単語を正式に認め、一つの確立した学問分野として認知されました。そもそも「トライボロジー」という言葉はギリシャ語の「トリボス」つまり「すべる」とか「摩擦」という言葉から派生しました。そして、1965年にイギリスで英語として造語されたばかりの新しい言葉です。

それではいったい「トライボロジー」とはどういうものなのでしょう。一言でいうのは難しいのですが「トライボロジー」は、その言葉が示すように「物と物とをこすり合わせるときに生じる物理化学的現象に関するあらゆること」について研究する学問ということができます。

厳密に定義すると、「相對運動をおこなう物体間に働く相互作用に関する科学と技術」ということになります。これまでは、「潤滑技術」と呼ばれてきたものですが、その周辺の学問領域を取り込んで、新たな一つの技術・学問領域として独立させ

るべく生まれてきたものです。

ところで、「トライボロジー」という学問の対象となるものには、たいへん多くのものが含まれます。例えば豆腐屋さんで、あれほど柔らかい豆腐を切っている包丁も、ある程度研がないと切れなくなるのはなぜかとか、お寺や観光地にある石の階段が革靴やゴム靴ですり減ってしまうのはなぜかとか、床屋さんで使われている剃刀は堅い物なのに必ず研がないと切れないのはなぜかなど、物と物をこすり合わせる場所はどんな所にでも存在し、生活の中に「トライボロジー」はいくらでも発見することができます。また、機械系でいわれる潤滑工学は「トライボロジー」に含まれます。そして「トライボロジー」が目指していることは、摩擦現象を自由自在に操ることにあります。

トライボロジーでは、主に摩擦を減らす事が研究されていますが、摩擦を減らすには、どのようにしたらよいのでしょうか。物体間の表面を、なめらかにするだけでは、摩擦を下げる事はできません。一つの方法として、二面どうしの直接接触面を少なくすることがあげられます。具体的には、

二面間に流体膜をつくり、二面間を離してやりま
す。それには、流体が物体を支える荷重負荷能力
というものを利用します。つまり、隙間が徐々に
せばまっていく二面間に流体を流してやると、そ
こに流体からの圧力が発生し、その圧力で、荷重
を支えて、浮かし、二面間を接触しないようにし
てやることができます。すると、固体どうしだけ
の接触に比べ、固体と流体の接触になると、かな
り摩擦係数を下げることができます。

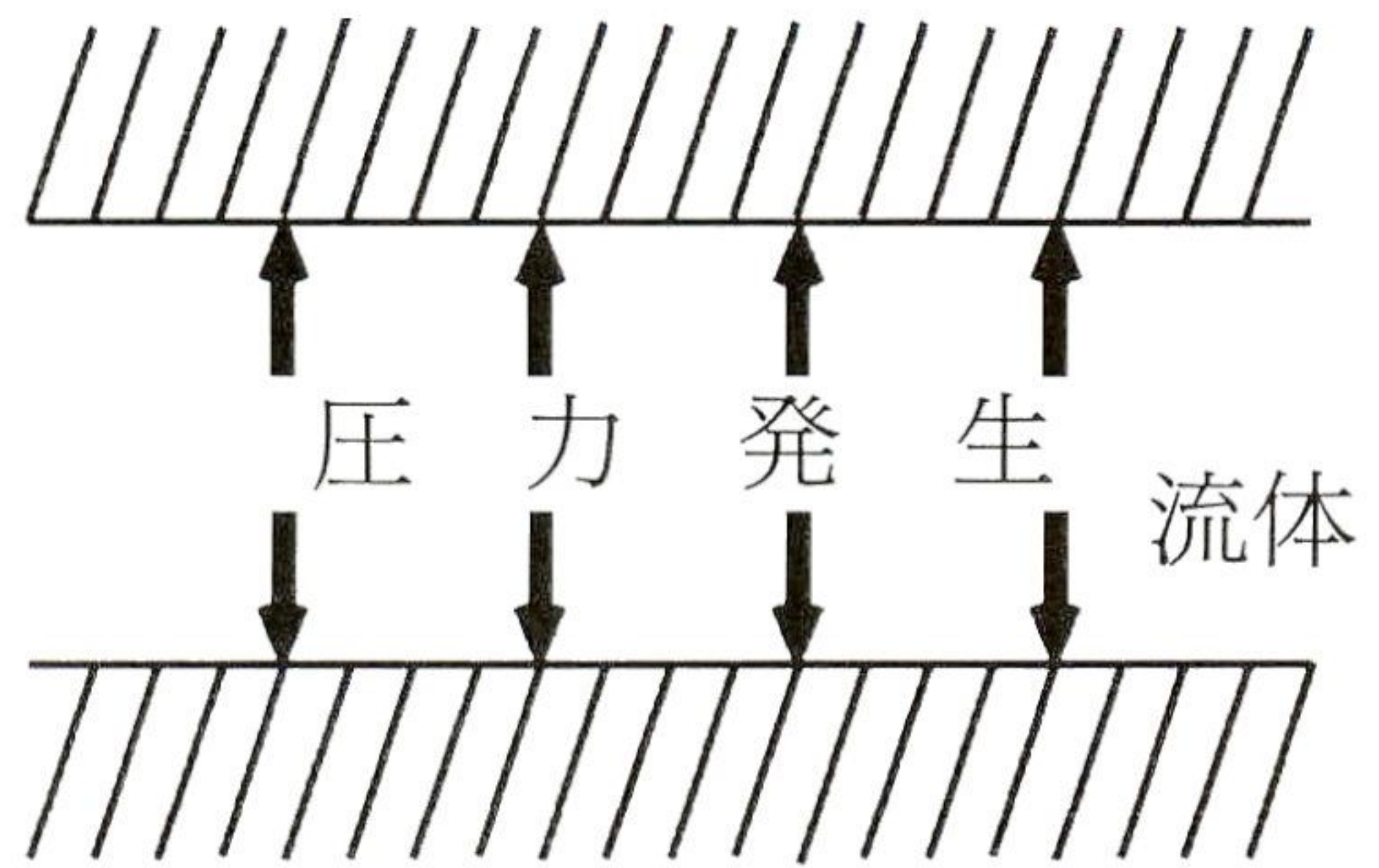


図1 流体潤滑



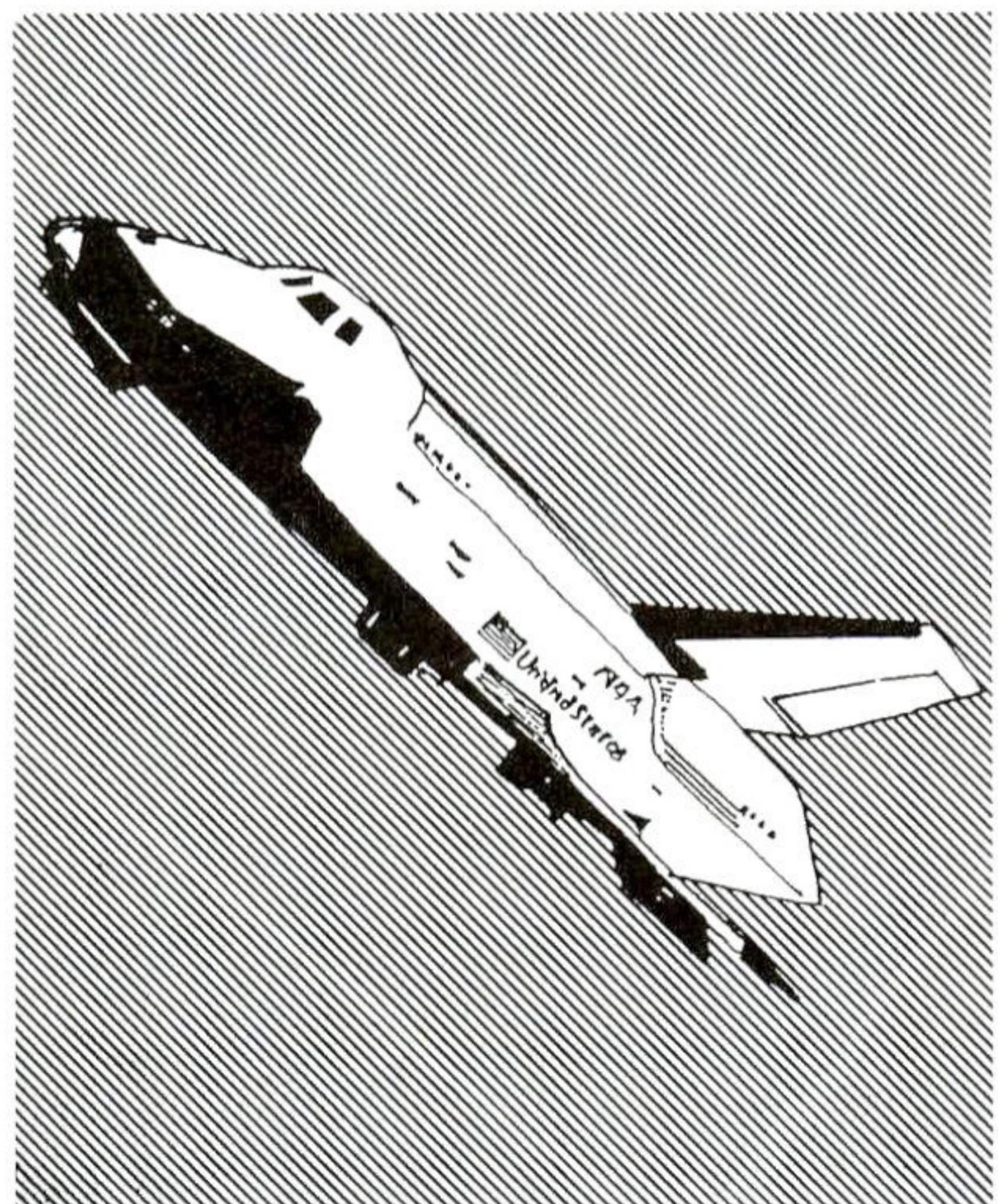
なぜ化学系でトライボロジーが研究されているのか

今まで述べてきたように、「トライボロジー」は
機械の技術と密接な関わりを持っているわけですが、
この研究室は機械系ではなく化学系です。なぜ
でしょう？

たしかに、以前は、主に機械工学の一分野として
行われてきたものですが研究や技術が進んでく
るうちに、単に機械系の知識だけでその研究を処
理していくのは難しいということがわかってきた
のです。というのは、実際に物と物をこすり合わ
せるという現象だけでなく、単に何か物を置くとい
うだけでも、そこには特殊な化学変化が起こる
ことや、物理化学的な状態の変化、いわゆる物性
変化が起こるなどといった事実があるため、化学
や物理など様々な分野の知識や技術も必要となっ
てきたからです。例えば鉄の上に鉄を置いた場合
に接触部分の面積がどの様になるか知る必要が
あります。また、鉄の表面は酸化鉄で覆われてお
り、酸化鉄どうしの接触が、ある程度高荷重にな
ると、表面の非常に薄い酸化皮膜は取れて下地の
純粋な鉄どうしの接触となります。鉄の場合と、
酸化鉄の場合では現象が違います。このような例

を見ると、物理や化学などの知識も必要であるとい
うことがわかるでしょう。そこで、それらさま
ざまの分野の人々が、ばらばらに研究するより、
それぞれの分野をまとめ、横のつながりを持つべ
きであるということになりました。

こういった意味から「トライボロジー」という
言葉が生まれ、一つの学問領域としてここに至っ
ているというわけです。



潤滑剤の性能を上げるために

自動車のエンジンオイルには、エンジンの回転
時の摩擦を少なくするという、潤滑剤の役割があ
ります。

このエンジンオイルの大部分は、原油を蒸留・
精製して作られています。原油の揮発性の部分
を取り去ると、揮発しにくい部分が残る、その揮発
しにくい部分が、潤滑剤の流体部分となるわけです。

しかし、それだけで潤滑剤とするには、摩擦力を
下げることや、長時間、対象となる物体どうしの
2面間を傷つけないようにすることは難しいので
す。そこで必要に応じた性能を引き出すことがで
きるように、添加剤というものが使われています。
エンジンオイルは、高温や低温、燃焼ガスの中な
ど、さまざまな厳しい条件のもとにおかれます。

この条件下に長くおかれると、油の酸化が進み、酸化生成物ができてしまいます。酸化生成物は、ピストンリングの動きを悪くするなど、エンジンの性能を低下させてしまいます。そこでこれを防ぐために酸化防止剤という添加剤が入れられています。

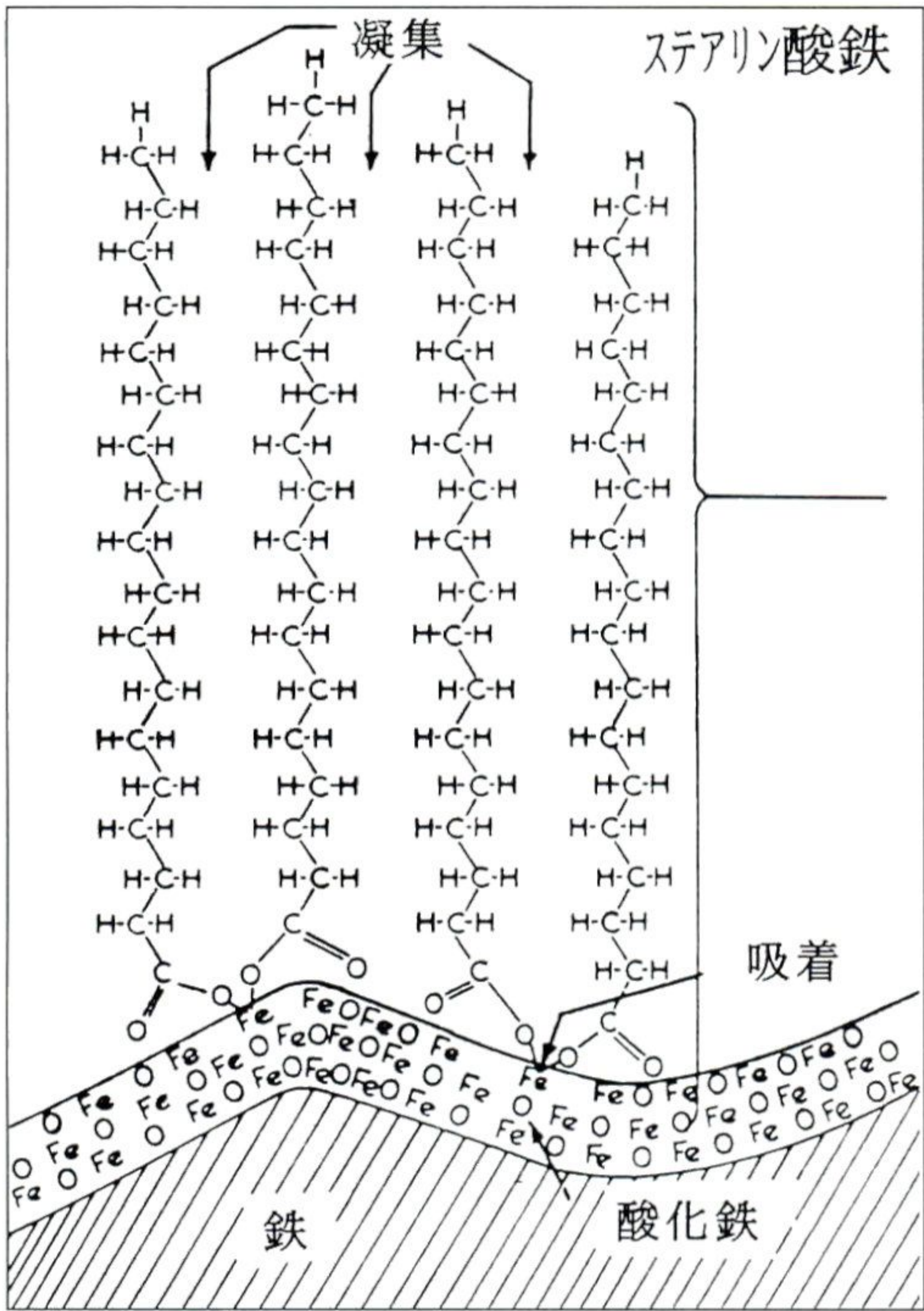


図2 ステアリン酸の吸着

また、前述したように、摩擦を減らすには、油の流体膜を作り二面を離してやるわけです。しかし、メカニズム的にどうしても流体膜ができにくいところがあります。そういったところは油の流体膜で2面を離してやるのは難しく、ある種の分子の力を利用して離してやることができます。

これもひとつの添加剤で、カルボン酸などがそういった性質を示す化合物の一例です。直鎖で、ある程度長いアルキル基をもつカルボン酸は、潤滑油のベースとなる油の中に、少量溶かしてやると、 $-COOH$ の極性部分が、金属表面にきれいに並びます(図2)。金属表面上のカルボン酸分子が高密度になり、金属表面を覆い尽くすとアルキル基もお互いにファンデルワールス力で向きが揃い、一種の固体膜ができ、流体膜よりさらに重いものを支えることができるようになります。しかし、このようなすばらしい添加剤であるカルボン酸でも、例えば、プラスチックなどが相手では、吸着しなくなってしまいます。つまり、ある物質に対しては、優れた性能を発揮した添加剤でも、対象物が変わると性能を示さなくなってしまうことが、いくらでもあるのです。現在、いろいろと技術が進歩し、自動車のエンジンでも、材料が鉄やアルミニウムであったり、部分的にセラミックに代わるなどしているため、今まで性能が良かった添加剤が効かなくなってしまうことが多いのです。このため、さまざまな対象物に見合った添加剤を作り出さなければなりません。

そこで、このような添加剤の研究から新しい添加剤開発の基礎研究が行われています。また、添加剤がどのようなメカニズムでその性能を発揮するか、そして、どのようにすればさらに良いものが作れるかということも研究されています。



一瞬に起こる現象を測る

潤滑剤を使うことは、物体間の2面を接触しないように離してやることですが、その2面間が、たいへん高圧にさらされるということがよくあります。ある種の油は、こういう非常に高圧の所に入ると、その粘度は急上昇します。

粘度は、潤滑剤の流体部分の炭化水素の種類によって異なり、あるものは非常に粘度上昇が激しく、またあるものは粘度上昇がありません。そこ

で、その炭化水素の粘度と、分子構造には、どういった関連があるか、ということも研究されています。(圧力と、粘度の関係の例を、図3に示しました。グラフはナフテン系の基油を使った潤滑剤のもので、)

例えばエンジンが回転するとき、トランスミッションやデファレンシャルギヤの歯面間の接触面に油が出入りしますが、その接触面に、油が閉じ

込められている時間は、数msec、数 μ secといった非常に短い時間です。そのあいだに常圧から数千気圧になり、再び常圧に戻るということを繰り返します。この時、数千気圧に時間をある程度おいて測ったときの粘度と、そのように一瞬の間に起こるときの粘度は同じかどうかわかりません。つまり、このとき両者が、同じ現象であるかどうかわからないのです。そこで、こういった数msec、数 μ secの間でおこる過渡現象が、研究されています。

しかし、この研究は、高压を保たなければならないことや数msec、数 μ secの間に起こる現象を測定しなければならないのでかなり困難です。そこで、実際どのようなになっているか、推察するためのテクニックを考える研究がなされています。

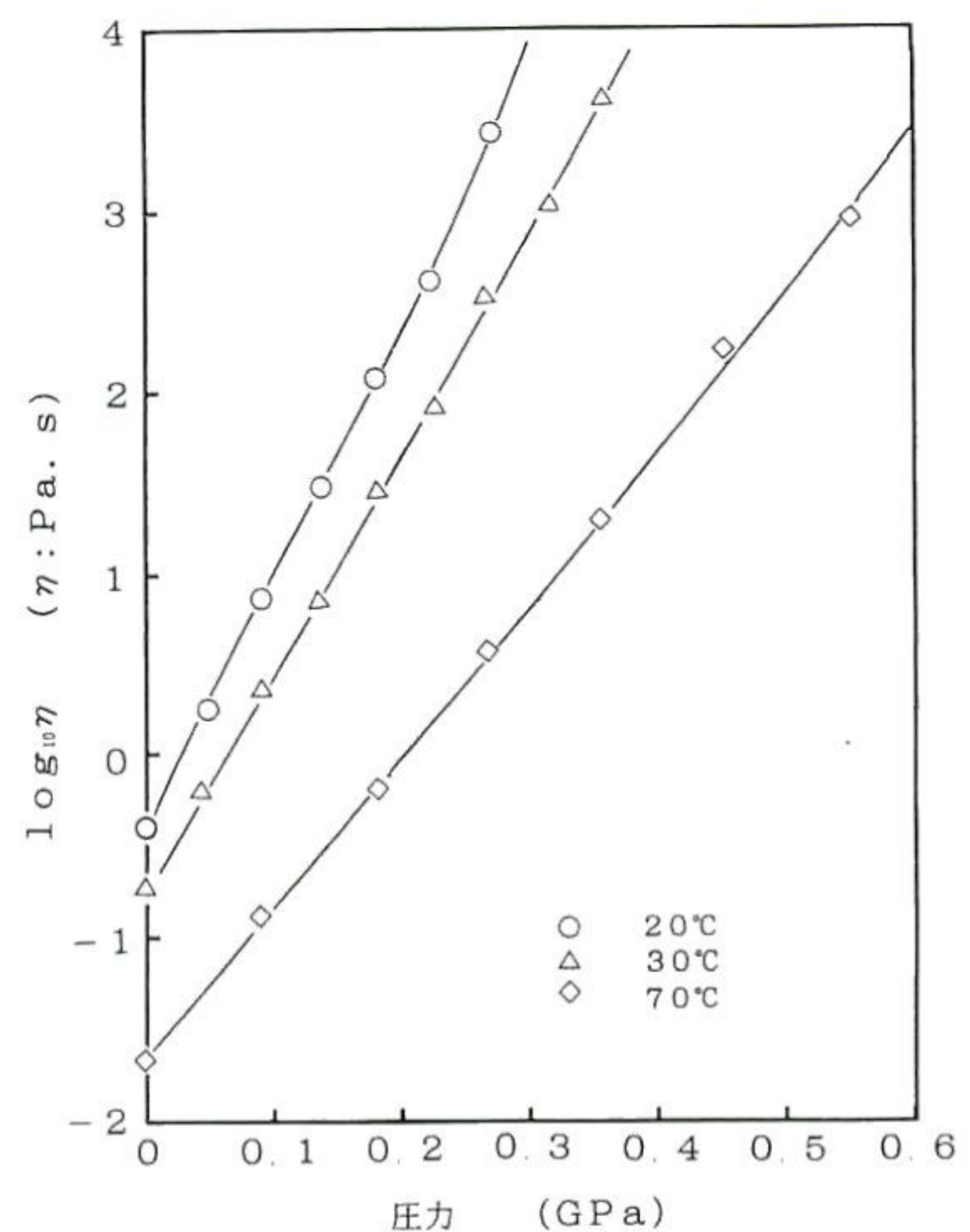


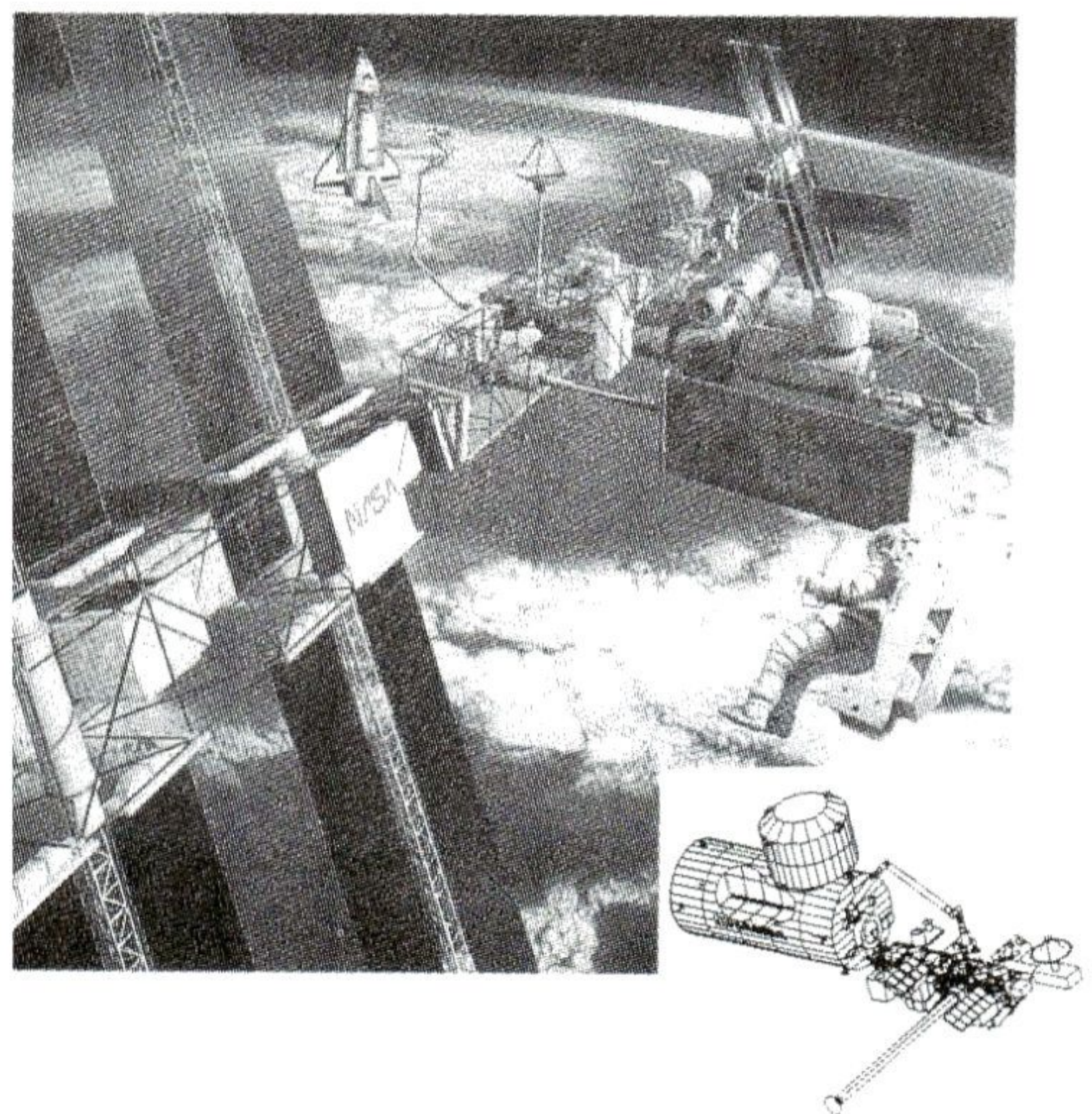
図3 圧力と粘度の関係



宇宙で機械はきちんと動くか

宇宙空間で、さまざまな機械を動かすとき、地上よりさらに潤滑が問題となります。

宇宙空間では、無重力・超高真空・高放射線・熱問題など、地上とは環境がかなり異なっているため、潤滑がうまくいかないと機械が円滑に動かず、これが衛星や宇宙ステーションの性能や寿命に大きく影響します。これまで数々の人工衛星の不具合が報告されていますが、その原因のうち潤滑不良によるものがかなりの数にのぼると考えられています。このため潤滑技術は、重要な課題になっています。そこでこういった特殊な環境で用いることができる潤滑剤の研究が行われています。



「研究をする能力というのは授業の成績と相関性はないと思います。それがどうでもいいというわけではないのですが、たとえ成績が悪くても、一度勉強して頭の中を通過したことであれば、後々やる気になったときにはいつでもやり直しが効くものです。最も重要なことは興味を持ち、意欲を持って取り組むこと、どんなことにも興味を持ち、そして『知ること』に貪欲になって下さい。」

今回の取材は、岡部教授の都合が悪く、益子助

教授にお話を伺いました。上の言葉は、益子助教授のお言葉です。「意欲を持って取り組む」ことは、今の我々大学生に足りないところかもしれません。ぜひこの言葉を肝に命じておいて欲しいと思います。

最後に、お忙しい中、快く取材に御協力いただいた岡部・益子研究室の方々に心からお礼を申し上げます。

(清水)