



## 思いつくまま

Whatever Comes to Mind.

東京工業大学

Professor Ikuzo Tanaka

理学部教授  
理学部長 田中郁三\*

The Dean of the Faculty of Science  
Tokyo Institute of Technology

大学の教職にあつて、教育と研究にたずさわってきた者としてすでに35年以上たちましたが、思いつくままにいくつかの題を取り上げて書いてみたいと思います。

### エントロピー

昭和26年に東京工大の助教授になってからずっと、学部学生に物理化学の講義を毎年毎年続けてきました。時々私と同年輩に近いような人から、昔先生の講義を受けたことがあると聞かされて、恥かしくなることもあります。現在に至るまで長年同じような講義をしてきたように思いますが、やはり自分の頭でしか勉強しなかった部分を教えるたびに自分で本当にはわかってはいないなど反省しながら講義を続けてきました。例えばファンデルワールスの式中における定数  $a$  の説明とか、熱力学のエントロピーなどいくつもあげられます。1954年からカナダの国立科学研究所でのなつかしい思い出の一つですが、向うの人々も我々と同じく高等学校から大学にかけてエントロピーには悩まされるとのこと、ある fellow がカフェテリアで次のような歌をロずさんでいました。

Increasing, Decreasing,  
Decreasing, Increasing,  
What the hell do we care,  
What the entropy does.

化学では、エントロピーより自由エネルギーをより多く使いますが、企業で化学工学をきちんとやられたの方が頭でしか考えていない我々よりも明確に理解しているように思います。やはり化学では実験に根ざした体験から学んだ方がより自分の身になっていると思います。

化学者の特徴は、分子レベルで物を考えるところにあるのではないのでしょうか。エントロピーも自由エネルギーも分子の並進、回転、振動から考えた方が我々には理解し易いのはそのためであろうと思われま。

化学が最近分子科学と呼ばれているのももったもな事だと思ひます。例えば、生物の進化の過程を調べるのに、昔は生物の体の構造とか発生の様子とか器官の働きなどからマクロ的に比較して行なつたものですが、現在では生物の中で共通に持っているタンパク質のアミノ酸の種類と配列から解析しており、昔よりはるかに詳しくかつ正しい結論が得られています。

\* 昭和22年：東京帝国大学 理学部化学科卒業

昭和26年：東京工業大学助教授

昭和33年： 同 教授

### 変わりつつある大学

この4・5年の大学における国際交流の変化は著しいものがあります。私の勤めている大学でも、今年のはじめには留学生が330名にふえ、日本人学生との比率も7パーセント近くになっています。この比率が10パーセントを越すのもそう遠くはないと思っています。また、大学の教官に外国人を採用することも、昨年から可能になってまいりました。いわゆる外国に対して開かれた大学に変貌しつつあります。これに反して日本人学生の大学院の博士課程の定員割れという現象が起っています。これはアカデミックなポストが少ないこと、並びに企業側が修士課程修了者を好んで採用することによると思います。アメリカに似て、博士課程における外国人のしめる割合が今後急激にふえていくことは明らかです。

一方、最近企業側の博士課程卒業の学生に対する評価もあがり、相当数の企業が博士課程卒業者の採用をふやすようになりました。大学として従来心配していたオーバードクターの問題も徐々に解消し、今では博士課程をさらに魅力あるものにすべく努力しているのが現状です。その一つのあらわれとして、戦争中から戦後にかけて存在した制度、いわゆる特別研究生制度に似たものを今年から発足し、博士課程2年生から特に優秀な学生について2年間特別研究員に採用することになりました。これは助手と同じような立場で、独自に研究費をもらって研究することが出来るわけです。

このように、企業においても大学においても、若手の研究者が今後の日本の科学技術のにない手として活躍出来るよう、若手研究者の育成に関し我々が十分に配慮していかなければならないと考えています。

### 夜を明るくする話

カナダの首都オタワで冬の夜、美しいオーロラを見る機会が何度かありました。国立科学研究所でノーベル賞受賞者として有名なヘルツベルグ博士もオーロラを見て宇宙における星などの発光を分子分光学の立場から一生研究しようと決心したと聞いています。オーロラの色は種々バラエティに富んでいて青色、緑色、赤色、白色など時間的にも変化することもあり、なかなか壮大できれいなものでした。オーロラの光の発光の原因は、主なものとして太陽から地球に向かってくるプロトンが上層の大気にぶつかって生成する窒素原子・分子の励起状態から発するものといわれています。

その頃から、日本で研究していた色素の光化学に代わって気相系の光化学の研究を始めておりました。気相中の炭化水素の光化学反応や燃焼反応で重要な役割をするラジカルの生成、ラジカル反応について研究していたわけです。ラジカルの生成には長波長の光を出す光源より真空紫外部とよばれる2000 Å以下の短波長の光を出す光源が重要で、その開発が大きい問題であったわけです。真空紫外部といわれるのは大気中の酸素が2000 Åよりも短波長を吸収するために光源と試料との間を真空にしなければならないからです。このことは太陽の光の短い波長の光が地球上にこないことと深い関連があるわけです。即ち、地球の大気中に含んでいる酸素が2000 Å以下の光を吸収して酸素原子に分解し、また酸素原子と酸素分子が反応してオゾンが出来、そのオゾンが3000 Åまでの光を吸収してしまうからです。このことは地球上に存在する生物が3000 Å以下の光によって細胞がこわされるのをオゾンがふせいでいることを意味しています。

地球上の30 km以上の高度にある大気層には酸素原子あるいはオゾン層があり、またその上には窒素原子の層があることが知られています。これは日中の太陽の光によって大気の酸素及び窒素の分子が分解して起るものです。夜、ロケットをあげ酸化窒素を噴射させますと、酸素原子と反応して生成する励起状態の二酸化窒素から発光します。オーロラのように夜空にきれいな発光をみることが出来ます。

今から20年前の研究は、気相系の光化学反応にしてもまた固体触媒による気相系の反応にしても、反応の入口と出口、即ち反応物と生成物がわかるだけで、実際に反応が起る場面はブラックボックス

スであったわけです。その後の20年間はいかにしてブラックボックスの中をはっきりさせるかということに努力が費されたと云っても過言ではありません。そのために新しい実験装置並びに研究手法が考えられ用いられることになりました。超高速現象の解析のためのナノ秒・ピコ秒・レーザーの開発を始め、FTIR とか光電子分光など多くの装置を用いることが可能となり、ブラックボックスの解明がはかられたわけです。このことが次のことがらに深く関連し、威力を発揮することになりました。

### 分子素子

最近、電子工学の先生方から共同研究を申し込まれたり、また色々相談されることが多くなってきました。例えば CVD (Chemical Vapor Decomposition) によってアモルファスシリコンを作ることです。これにはシランやジシランをレーザー光によって分解して行うものですが、金属有機化合物の気相系の光化学反応は従来からほとんど研究が行われておりません。これも化学者のこれからの活躍する一つの題目であると思います。

コンピューターが同じ性能であればどんどん小型化していくのは、固体素子の集積度が飛躍的に増大していることによっていることはよく知られております。この集積度の高い固体素子も256Kビットから1Mビットへ1Mビットから4Mビットへと増大していますが、これも10年以内には限界がくると云われております。一つは固体素子に用いる純度の限界により、また集積回路の溝の中の長さを光の波長以下にすることが出来ないことによっているものと考えられます。即ち、用いるレーザー光の波長は現在1000Å以下にすることはなかなか困難でありそのためにシンクロトロン放射光から出るX線を用いることが試みられています。

しかし基本的に固体素子に代るべきものとして、分子素子が考えられてきました。分子素子は100Å以下のサイズの分子を用いることによって作動するものなので、従来からの固体素子に比べ飛躍的に集積度を増すことが可能となります。化学者が分子レベルで考え研究していることから電子工業、情報産業に対し今後決定的な役割を果すことは明らかであります。2進法において0と1とに分ける分子レベルでの方法として、例えば水素結合における水素がしめる安定な二つの位置によって対応することが出来ます。分子素子には無限と云っていい程の可能性を秘めており、今後化学者の活躍が期待されます。現在さらにハイテクノロジーとしてよばれる領域である新材料の分野、生命科学、生物工学の分野においても分子科学の研究者が主要な役割を将来果すことになると信じています。

### 基礎と応用

基礎と応用の関係については、昔に比べてその差異はなくなってきたと思われる。現在では、企業の目的指向型の応用研究の中に基礎的研究の飛躍をもたらす問題を発見する機会がきわめて多くなっております。これが真の意味でのハイテクノロジーの時代の特徴であるということが出来ましょう。逆に大学での研究が目的指向型でないところから出発しているとしても、基礎的研究の中に多くの応用の芽を含んでいる場合がきわめて多いことも最近の傾向であるといえます。アメリカでは、新しい基礎的な事実が発見されたときに、必ずその応用を開拓する人が現われるなど、基礎と応用との連携が勝っているように思われます。大学と企業の研究のあり方の中に、発想にしても独創性にしても特に差異があるとは思われません。レーザーの進歩の歴史についても、ハードとしての面、またシステムの中にレーザーを用いるソフトの面においても、基礎と応用における研究が相たずさえて進歩をうながしてきたことは疑いのない事実であります。そこで、大学は基礎的研究の中から応用出来るものを見つけ、また企業は研究の中から基本的な問題を掘り起こす努力をして欲しいと願っております。