

上田良二先生 生誕百年

記念  
講演会

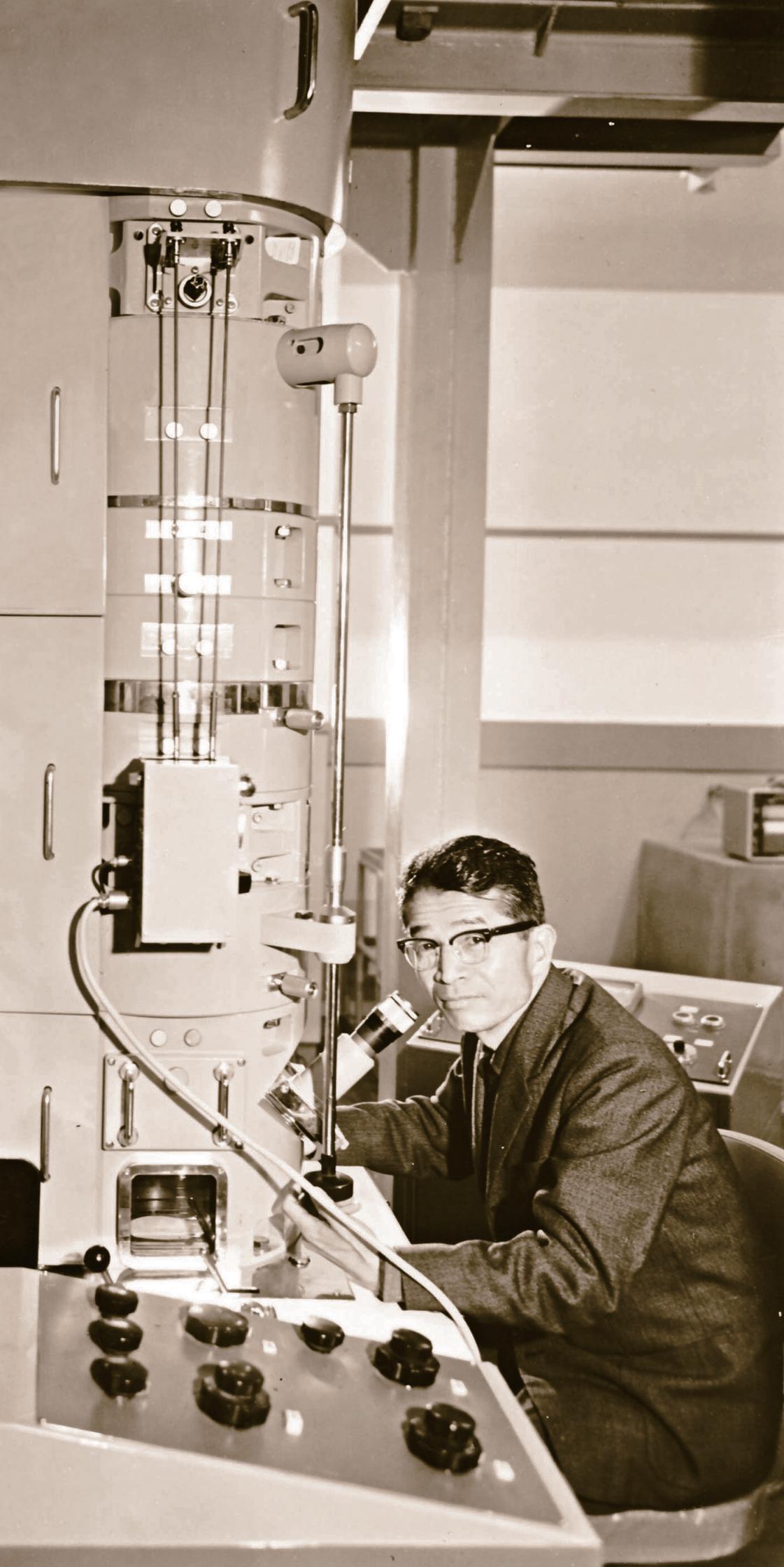
# 「科学する精神と日本社会」

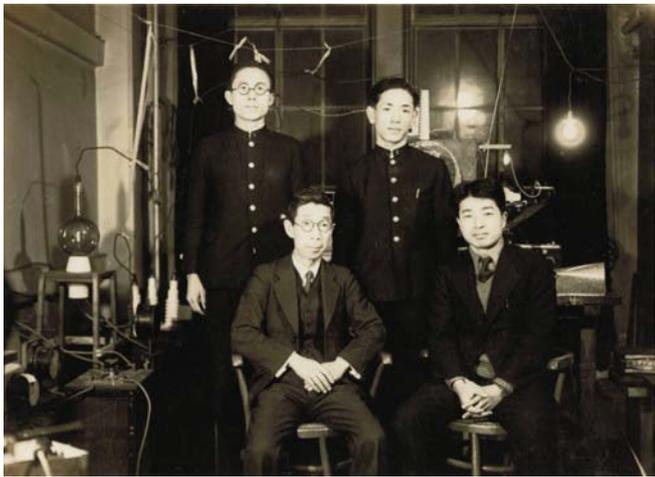
主催

応用物理学会東海支部、日本物理学会名古屋支部

後援

名古屋大学工学部応用物理学教室





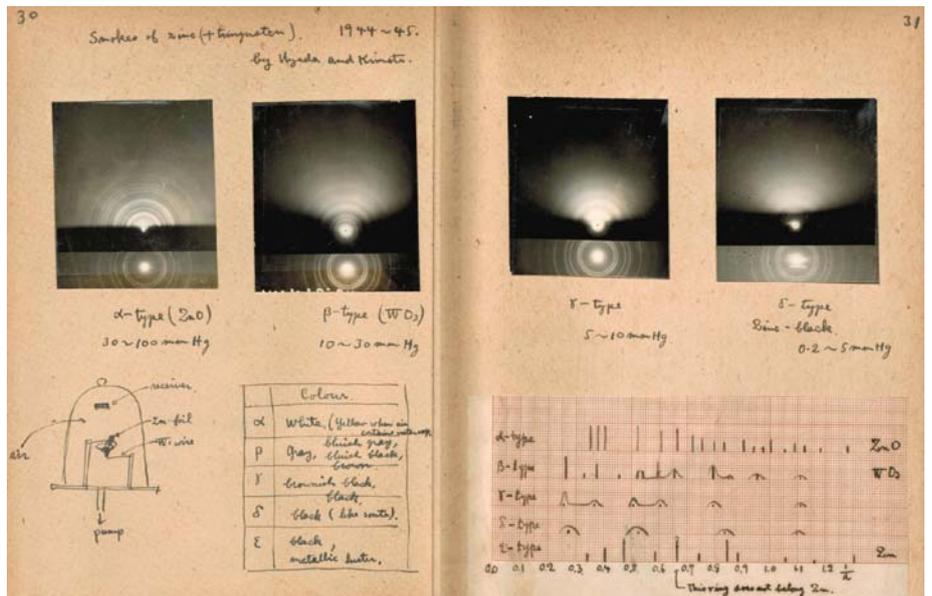
西川正治先生とともに (1941年)



湯川秀樹博士来訪 (1943年)



電子回折装置で実験中 (1943年)



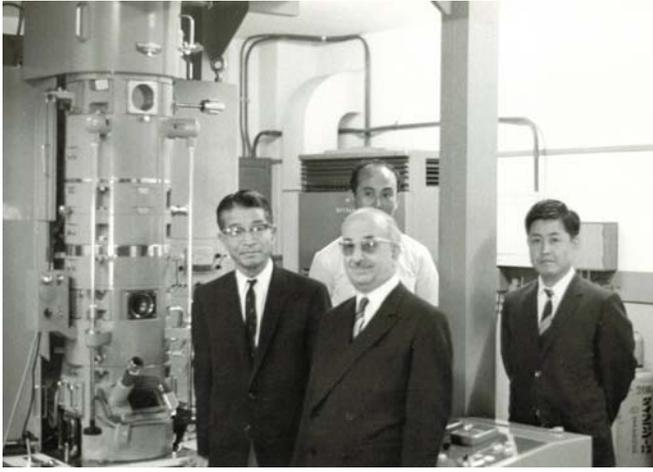
亜鉛煤の実験、超微粒子研究の発端 (1944~1945年)



上田研究室 (1947年)



森野米三、山崎一雄教授とともに (1951年)



Gaston Dupouy 博士来訪、50 万ボルト電子顕微鏡（1965 年）



上田研究室（1972 年）



久保亮五博士とともに（1982 年）



超微粒子プロジェクト（1986 年）



外村彰博士の学士院賞授賞式（1991 年）



飯島澄男博士の朝日賞授賞式（1997 年）

上田良二先生生誕百年  
記念講演会「科学する精神と日本社会」

主催：応用物理学会東海支部、日本物理学会名古屋支部

後援：名古屋大学工学部応用物理学教室

上田良二先生（1911～1997）は、電子顕微鏡や超微粒子の研究で開拓者的な仕事をしました。今日のナノサイエンスの源流の一つは、第二次世界大戦中の先生の研究にあります。先生は名古屋大学の理学部と工学部で後進を育てただけでなく、「運のよい人は偉い人」「若手は賭けをする勇気を持って」「応用基礎研究をめざせ」といった印象的なメッセージで多くの若い研究者に励ましを与えました。さらに、「科学に国境はない、しかし科学者には祖国がある」というパスツールの言葉を胸に、世界中の人々への贈り物となるような基礎研究が日本から続々と輸出される時代の来ることを夢みていました。先生の予言によれば、その時代は明治 180 年（2047 年）にやってくるそうです。しかし、2047 年まであと 36 年しかありません。現在の若者が実力者になるころ、先生の夢は実現されているでしょうか。生誕百年にあたる日にゆかりの方々にご登壇いただき、上田先生の夢を実現するために日本社会はいま何をすべきか議論したいと思います。

日時 2011 年 10 月 1 日（土）14:00～16:30

会場 名古屋大学 I B 電子情報館大講義室

【司会】 齋藤弥八

【挨拶】 生田博志（応用物理学会東海支部長）

【講演】 志村史夫「漱石と寅彦と私——師弟関係のなかの科学と社会」

篠原久典「運のよい人は偉い人——ナノ科学におけるブレイクスルー」

和田昭允「独創の育つ社会を作る——ゲノム解読からフロンティア高校へ」

（休憩 15:45～16:00）

【座談会】 志村史夫、篠原久典、和田昭允、田中信夫（司会：上村泰裕）



(写真左から)

志村史夫（しむらふみお）先生

1948 年生まれ。科学哲学から古代技術や寅さんまで多彩な執筆活動を展開。静岡理工科大学教授。工学博士（名古屋大学）。著書に『漱石と寅彦』、『自然現象はなぜ数式で記述できるのか』。

篠原久典（しのはらひさのり）先生

1953 年生まれ。金属内包フラーレンや分子内包カーボンナノチューブの研究でナノカーボン科学を牽引。名古屋大学大学院理学研究科教授。理学博士（京都大学）。著書に『ナノカーボンの科学』。

和田昭允（わだあきよし）先生

1929 年生まれ。遺伝情報の高速自動解析の提唱者。東京大学名誉教授。横浜サイエンスフロンティア高校常任スーパーアドバイザー。理学博士（東京大学）。著書に『物理学は越境する』。

## 目次

飯島澄男「上田良二先生の生誕百年に寄せて」	5
《遺稿から》	
上田良二「応用基礎研究のすすめ」	9
上田良二「西川先生の論文校訂」	13
上田良二「楽しむ理科教育」	16
上田良二「明治180年の夢」	18
《追悼文集から》	
赤崎勇「上田先生のお手紙」	21
三宅静雄「上田さんの思い出」	23
千葉玄彌「上田先生と新技術開発事業団」	25
平山司「人生を変えた上田哲学」	26
外村彰「基礎研究への夢」	28
*	
講演会の記録	31

上田良二先生の遺稿は以下のサイトで読むことができます。

上田良二『運のよい人は偉い人』[www.lit.nagoya-u.ac.jp/~kamimura/uyeda.htm](http://www.lit.nagoya-u.ac.jp/~kamimura/uyeda.htm)



## 上田良二先生の生誕百年に寄せて

飯島 澄男

上田良二先生。一般の科学者でもご存知の方は少なくなったと思います。科学に興味をもつ若い人、さらに一般の人ではなおさらです。しかしご心配無用。本日の記念講演会は、現在、世界的規模で進行する科学研究の「現場」の熱気を伝えると同時に、科学の面白さと「科学する精神」を多くの若い研究者に教えて研究の第一線に送り出した偉大な師について改めて考えることが目的だからです。限られた時間で講演会の趣旨を伝えることは難しいかもしれませんが、それでも、講師の先生方の講演、本冊子に掲載された上田先生の遺稿、先生に触発された諸先生方が書かれた上田先生像を通して、未知の領野に果敢に挑戦した先生の真摯な姿勢、エネルギーの源泉をたどることができるのではないかと思います。

言うまでもなく、近代社会は科学技術の進展とともに発展してきました。現在われわれの身边にあるすべてが科学技術の研究成果と言っても過言ではありません。科学の重要性は万人が認めるどころであり、科学技術革新の流れは21世紀においても引き継がれるものと考えます。この流れを支えているのが科学者であり技術者です。一国の繁栄はこうした人々の英知に支えられています。科学者や技術者の育成が重要であることは容易に理解できます。

ひるがえって、現在日本が直面している若者の「理科離れ」、科学に魅力を感じる若者が減少している現実が大変気になるところです。こうしたことを考えるとき、科学者・上田良二先生の存在が大きく浮かび上がってきます。科学の大先輩を再認識することにより、新興国にはない科学の伝統の大切さを考え、さらには科学技術の未来を託する若者を触発し、また日本の科学技術を推進する現役の研究者や、ひと仕事を成し遂げられた諸先輩にも、科学の面白さを伝える機運を高めていただけないのではないかと考える次第です。

さて、せっかく与えられたよい機会なので、私自身の上田先生像について少し紹介させていただきます。

赤ん坊は、自分のまわりで生じる諸現象に興味を持つように生まれてきます。「どうして？なぜ？」これは人間が生きるための条件を学習する始まりです。科学者の卵は、特に自然現象に強い興味をもつようです。上田先生の「メダカの学校」の話は有名です。メダカの遺伝現象を自ら確かめるために、ご自宅にメダカの池を作ってしまったとか。青年時代には、山歩きやスキーによく出かけたとも聞いています。大自然に肌で触れながら、足もとの高山植物から雪山の自然現象までを観察していたのではないかと想像します。先生の趣味のひとつに園芸がありますが、これも自然現象の詳細な「観察欲」に発していることは明らかです。先生がいろいろなものや現象に興味を示されたことは疑いようがありません。

せん。一言でいえば、自然に対する好奇心です。

上田先生は、ご専門は？という問いには「実験物理」と答えていました。実験はまず観察から始まります。理論物理の先生でも、自然現象に強い興味を示されるのは同じです。星空やオーロラを見れば、誰しも自然の美しさに魅了されるはずですが、魅了されるだけに留まらないのが実験科学者です。彼らは天空で繰り広げられる大イベントをまず詳しく観察し、分析・分類し、理由づけを試みます。自然から学ぶことは尽きることがないでしょう。「飯島さん、自然を調べるには、頭を下げて、謙虚になって、自然を見させていただくものだ」、「科学者は自然を征服してやろう、などとはゆめゆめ思っははいけません。決して奢っははいけません」、とおっしゃったことをはっきり覚えています。科学の根幹を突いた言葉です。

上田先生のご専門は、電子線を用いて物質の構造（原子や分子の配列）を調べる方法と、それを用いた物質表面の構造解明でした。当時の状況を考えると、この研究に使われた実験装置はすべて手製であったと思われます。今から思えば想像を絶するエネルギーが注がれたはずですが、装置が動かなければ自分の責任です。他人を責めるわけには行きません。研究に対する謙虚さは、こんな環境から培われたものと推察されます。近代科学の創成期を過ごした実験科学者はみな、同じような環境で訓練され学んだはずですが、今日の科学研究のあり方とは大変な違いですが、自然に対する謙虚さの重要性は時代を経ても変わることはないでしょう。

私を上田研究室出身者と思っている人に遭遇することがありますが、大変に光栄なことです。1960年代、私が東北大学の院生時代にときどき学会で拝見した先生は、雲上人という感じでした。先生と最初にお話したのは、1974年にキャンベラで開かれた国際電子顕微鏡学会でした。私は当時、留学先であるアリゾナ州立大学のカウリー先生の研究室で高分解能電子顕微鏡の仕事をしており、そこからの学会参加ということで、偉い先生にも気軽に話ができのかもしれない。その後、1978年5月、中国科学院の招待による日本電子顕微鏡学術代表団の一員としてアリゾナから潜り込んで参加したときが3度目でした。たぶん上田先生のご配慮があったのだと思います。私にとっては年齢が一回り以上も違う偉い先生方との訪中旅行でしたが、若輩が一人ということで、上田先生にはずいぶん親しくしていただきました。中国訪問の3ヶ月後、今度はトロントで開かれた国際電子顕微鏡学会でご一緒する機会がありました。一日の発表が終わったある日の夕方、広い運動場の隅にあったテニスコートで先生と初めてテニスのお手合わせをいただいたことも鮮明な記憶です。

上田先生が私の中でだんだん大きな比重を占めるようになるには、さらに3年の月日がかかりました。アリゾナ滞りも11年目に入った1981年の4月ごろだったと思いますが、先生ご自身がアリゾナ州立大学のあるフェニックスまでお出でになるというのです。アリゾナに滞在していたオーストラリアのグッドマン先生に会うことが訪問の目的だとおし

やっていたように記憶しています。あとでわかったことですが、先生の本当の目的は、新しく始まる科学技術振興機構（当時は新技術開発事業団と呼ばれていた）の創造科学推進事業（ERATO）林超微粒子プロジェクトへの参加を私に勧めることだったのです。私ほうかつにも、こんな大事なことをしばらくのあいだ理解できないでおりました。

先生から超微粒子プロジェクトへのお誘いをいただいたのは米国での研究生活に終止符を打とうと思案し始めたところで、何の迷いもなくプロジェクト参加をお願いしたように思います。先生との出会いは突然始まったというより、何か段階的にそして必然的に進んだように思えてなりません。翌年4月に帰国、いよいよ当時先生の勤めていた名城大学で直接薫陶を受けることになりました。超微粒子の生成と電子顕微鏡による微細構造の観察研究を大いに楽しみました。このころの先生は名古屋大学時代の厳しい研究姿勢もだいぶ緩和され優しくなられた、と伺っています。

ある晩、金の超微粒子を観察中に、直径数ナノメートルの微粒子がまるで生き物のようにコロコロ動きまわる現象を発見したことがありました。その翌朝の出来事は、このプロジェクトで忘れられない思い出になりました。前夜10時を過ぎていましたが、先生のご自宅に電話し、この発見のあらましを報告しました。翌朝、ふだんより早めに研究室にお見えになった先生に、早速そのビデオテープをご覧になっていただきました。そのときの先生のお顔がなんとも印象的で、未知のものにめぐりあう感動と満足感を味わう一瞬を拝見したように思いました。科学者冥利と言うことでしょうか。この発見は図らずも仁科記念賞に結びつく幸運もありました。

上田教室の最後の門下生として最も密度の濃い個人指導を受けられたことは、私にとって大変な幸運でした。上田良二先生と私のつながりは、専門の研究課題に関する議論以上に、研究者の精神、オリジナリティの大切さ、科学後進国日本の研究者のあり方、などについて大いに触発されたことです。それがその後の私の研究の支えになったことは言うまでもありません。

（名城大学教授、産業技術総合研究所ナノチューブ応用研究センター長、NEC 特別主席研究員、名古屋大学特別招聘教授）



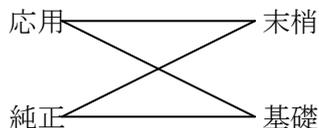
## 応用基礎研究のすすめ

上田 良二

日本の技術のすばらしさが欧米諸国でも評判になり、われわれも胸を張って海外旅行ができるようになった。それで最近、日本人は日本が先進国になったと自負しているが、一皮剥がせば骨組みはすべて借り物で、いたるところに後進性が見られる。日本人は自信を強めると同時に、身のほども知らなければならない。

### 基礎と末梢、純正と応用

一般に、大学の研究は基礎的、会社の研究は応用的と思われている。しかし、大学の研究がすべて基礎的ならその各々から大枝小枝が出て発展するはずだが、そうした例は極めて少ない。つまり、大部分は基礎的ではなく末梢的なのである。そこで、金儲けと縁のない研究を純正的と呼ぶことにしよう。私は、研究費を使うだけの研究を「純正研究」、使うだけでなく金儲けの魂胆があるものを「応用研究」と呼んでいる。基礎と末梢、純正と応用の関係は、下図のごとくである。



湯川先生のような研究が「純正基礎研究」、トランジスタやレーザーの発明が「応用基礎研究」、大学の研究の多くが「純正末梢研究」、会社の研究の多くが「応用末梢研究」

である。顧みると私も、基礎研究のつもりでたくさんの純正末梢研究をやってきたものだ。末梢研究は基礎研究には及ばないが、そのすべてが役に立たないわけではない。適当な剪定をすれば、花が咲いたり実がなったりするのは末梢である。現在の日本の工業の繁栄が大量の応用末梢研究に負っていることは間違いないだろう。

### 学理から技術へ、技術から学理へ

日本人の多くは、学理を応用して技術を開発するものだと思っている。しかし、歴史上の大発明にはその逆が少なくない。ガリレイは望遠鏡を改良したが、彼は幾何光学を勉強してからその仕事をしたのではない。年表を見ると、彼の仕事はスネルの屈折法則にさえ先立っているから、望遠鏡や顕微鏡の開発が幾何光学を生んだと見るほうが正しい。蒸気機関の発達の後を追って熱力学が確立されたことはよく知られている。ブラウン管の発明も、電子の発見よりわずかながら先だった。学校では基礎の学理を教えるから応用の技術に入るが、それは教えやすくするための方便に過ぎない。今日でも、一見泥臭い応用のなかから美しい学理が生まれる例は少なくない。

残念ながら日本人は、学理を生むような技術を開発したり、技術のなかから学理を育てた経験に乏しいから、教壇に立つ先生まで、学理が先で技術が後と思いついでいる。このあたりに日本の科学技術のくちばしの黄色さが窺われる。

## 基礎勉強、基礎演習、基礎研究

日本人は勤勉で、基礎勉強をよくする。大学でも会社でも、外国の基礎研究の文献をよく読んでいます。読むだけでなく、追試などして理解を深めている。私はこれを基礎演習と呼んでいる。頭のよい連中はそこで多少のくふうを凝らし、自分で研究したと思っている。末梢研究はこのようにして行なわれる。

基礎研究も最初は基礎演習から出発するが、どこかで飛躍して、質的に新しい構想をもつのである。液晶による表示、ファイバーによる通信、オージェ電子による表面分析、希釈冷凍による超低温の発生など、大小さまざまな例がある。もっと小さい専門分野の構想でもよい。日本人の業績は優れていると言っても、その多くが外国人の構想の発展で、精緻を極めてはいるが基礎演習の域を出ない。

私の専門の電子顕微鏡は日本人の得意とする分野だが、それでも新構想による基礎研究は極めて少なく、教え方にもよるが世界全体のたかだか一割に過ぎない。自分の研究が基礎演習の域を脱したと思う読者には、挙手をお願いしたいものである。

## ほめる人、ほめられる人

基礎演習に毛の生えたくらいの仕事をする、外国の御本尊からほめられることが多い。ほめるほうは協力者を激励するつもりなのだが、ほめられた日本人は自分が一流の研究者になったような気になってしまう。ほめるほうは一流、ほめられるほうは二流、または先生と生徒みたいな関係であ

ることは小学生でもわかるが、それが大学の先生にはわからない。「〇〇国際会議で好評を博した」とか「高い評価を得た」というのが最近の自薦他薦の最高の形容詞になっている。これは、日本人が自分の業績の価値を自分で判断できないからである。

私もエヴァルト〔Paul Peter Ewald, 1888~1985〕やラウエ〔Max von Laue, 1879~1960〕の激励を受けたときは嬉しかったが、あちらが一流でこちらが二流なことはわきまえていた。最近のように、ほめられた人が一流学者らしい顔をして堂々と通用するのは、日本が後進国であることを証明している。今のところ、ほめる側の日本人には滅多に会わないが、それが当たり前にならなくては本当の先進国とは言えない。

## 知力、判断力、勇気

たいていの日本人は、研究は知力であるものと思っている。これは日本人の多くが、現存学理の射程のなかで基礎演習的な仕事をしているからである。その範囲なら知能指数が高いほど、射程が長くよい仕事ができる。しかし本当の研究は、必ずしも現存学理の延長だけではない。むしろ、その外に踏み出すところに基礎研究の本質がある。

日本人学者はみんな無色透明な感じだが、欧米には強烈な個性を感じさせる人が少なくない。例えば、不可能と思われる問題に取り組み、独特な仮説を掲げて、他人の批判をもともせず強引に自説の証明を試みる。そんな桁はずれの大人物ではなくても、われわれが「馬鹿な！」と思うような問題をとらえ、「未知だから試みる価値があ

る」と言うくらいの人にはざらにいる。

研究は客観的推論のみでするものではなく、その節目節目で主観的判断をし、五年、十年、あるいは一生を賭けなければならぬ。それには自信も勇気も要る。日本の研究が知力万能、教育が知育偏重なのは、後進性のゆえであろう。先進的になれば、必然的に判断力や勇気が重視されるようになるはずである。

### 指導開発、追従開発、自主開発

日本人が現在「自主開発」と呼んでいるのは、外国で達せられた技術をその後から、直接の指導は受けずに開発することである。これでも、明治時代の手取り足取りの開発——指導開発——に比べれば数段の長がある。しかし、自主の字に値するほど主体性のあるものではない。

科学でも技術でも、誰かが成し遂げたことをその後からするのは、最初の人に比べれば桁違いに易しい。「できた」と聞くだけで、何も教わらないでも易くなるのだ。最初の人には未知に挑戦する勇気が要るが、二度目からはそれが要らないからだ。実際の開発ではかなりの情報が入るから、経済力の背景があれば知力だけで足りる。電子顕微鏡でも原子力でも、日本人が「自主開発」と呼んでいるのはすべてがこの類で、厳しく言えば自主ではなく追従開発と呼ぶべきものである。明治大正の時代にはそれさえできなかったのだから、昭和の初期にわれわれの先輩が「自主開発」を喜んだのは当然だが、今日になっても追従開発を「自主開発」と自慢するのは感心できない。

日本人は模倣がうまい。特に最近の日本

の技術は、原画にまさる模写画を生産しているみたいだ。どんなに巧妙でも、模写画家が本当の画家のような顔をしてふるまえば滑稽である。少々言葉が過ぎたが、確かに似たところがある。

### プライオリティの価値

日本人はプライオリティを尊重する精神に乏しい。自主でも追従でも、物さえできて売れさえすれば、その技術を優秀と評価する。企業家がそう思うのはやむを得ないが、教育者や言論人までがそう思っているところに問題がある。

基礎研究は灯台に火をつけるようなものだから、そのプライオリティが尊重される。それは多くの航行者に恩恵を与えるからで、直接の利益を得るからではない。現在の日本人は、あらゆる灯台を見張っていて、火がつきしだい船団を繰り出し、効率のよい水揚げを狙っている。これは、恩恵を与えることより、水揚げを増すことに大きな価値を認めているからである。

最近では基礎研究の振興が論じられているが、その根拠は資源なき国の技術立国、すなわち将来の生活の糧を得るためである。もし売れる物を作るだけが目的なら、基礎研究を振興するより現在の方式を徹底的に強化するほうが賢明である。独創性を涵養して基礎研究を振興するのは、灯台に火をつけて世界の人々に恩恵を与えるためである。日本人がその価値を認め、それを実行するようにならなければ、日本が先進国になったとは言えない。

欧米諸国といえども、そんな上品な先進国の理念をもっているわけではない。特に

食うか食われるかの技術開発の世界では、水揚げを忘れてなどいられない。しかし、欧米には日本と違う精神的な伝統がある。日本人に欠けているその精神を養わないかぎり、日本を本当の先進国にすることはできない。

【出典】上田良二「研究開発にみる日本の後進性」『蟻塔』1980年9月号初出、同『雑文抄』（私家版、1982年）所収。

## 西川先生の論文校訂

上田 良二

私が初めて論文と名のつくものを書いたのは、東大で西川正治先生〔1884～1952〕の助手をしていた時です。西川先生といっても御存知ない方が多いかと思いますが、最近、核研から本郷の物理教室に移られた西川哲治氏〔1926～2010〕のお父さんです。私はそのころから電子回折の実験をしていましたが、大学を出たばかりで張り切っていました。約一年あまり実験や計算をして、ちょっとした仕事が多まったので、それを英文で書きあげました。

Y先輩の話によると、西川先生の英文校訂はとても厳格で時間をとるとのことでした。私は英文などで時間をとられてはかなわないと思い、友人のM氏に原稿を送って、英文の校訂を頼みました。M氏は英国で教育を受け、しかも物理を専攻した人だったので、この人に頼めば間違いないと思ったのです。M氏から返送された原稿にはひどく筆が入っていましたが、同封された手紙には「君の英文は英国人によくわかります」と書いてありました。私はすっかり嬉しくなり、一秒も無駄にしたいくないような気持ちですぐに清書を作り、先生のところに持っていきました。

原稿を受け取られた先生は、嬉しそうな顔をされ、「もうできましたか。拝見しておきましょう」と言われました。私はM氏に英文を直してもらったことも先生にお伝えしました。先生もM氏を御存知だったので、英文で手間をとるはずはないから、二、三日中には発表についての指示があるだろう

と期待していました。

しかし、先生は何も言われませんでした。一週間ほどの間は非常に待ちどおしく、先生が来られて鍵のあく音がすると今日こそはと緊張するくらいでした。ところが一週間はおろか、一か月経っても二か月経っても先生は何も言われないうのです。こっそり先生の机の引き出しをあけて見たら、私の原稿の上にはすでにほこりがたまっていました。私はちょっと腹立たしい気持ちになりましたが、先生に論文のことをお聞きする勇気もなく、次第に忘れてしまいました。

それから二年以上も経ったある日のこと、先生はその古い原稿を示され、「これから校訂をします」と言われました。私は「今ごろになって！」とあきれながらも、先生と向かい合ってすわりました。先生は、「内容はよいと思うが、このままの文章では印刷にまわすわけにはいかない」と言われました。私は先生より英語のできる人に直してもらったのに、何を言われるのかと思いました。

先生はまず題目を読み、この題ではこれこれの意味になるから、内容としっくりしない。「もう少しよい題はないでしょうか」と言って、目をつぶって考え込まれました。先生の言われることは一つ一つもつともで、反抗する気持ちはいっぺんに消し飛ばしてしまいましたが、先生は目をつぶったままなので全く困りました。仕方なく他の題を考えて、これではいかがでしょうかと伺うと、この題ならばこんなところが強調されているとか、こんなふう書きかえれば少しよくなるとか、いろいろのことを言われ、今日はこれまでにしてまた明日にしましょうとのことでした。じつに題目だけで二時間

近くも議論し、それでもまだ何も決まらなかったのには驚きました。

私は家に帰って題目について考え、また論文全体を読み直してみると、全く意味のわからないパラグラフが二、三か所あるのに気がつきました。どうして自分がそんなことを書いたのか、その記憶さえもないのです。これでは先生に問いつめられたら、論文校訂などいつになっても終わるかわからないと思い、大急ぎで消したり書き足したりして、翌日また先生と向かい合っただけでした。

それから毎日、校訂が続きました。一日に二、三時間も討論するのですが、よい日で一ページくらいしか進みません。悪い時は逆戻りして、一度すんだところまで根こそぎ書き直しをさせられました。ではなぜそんなに時間がかかったかを、つぎに説明しましょう。

先生は一行の文章を読むと、まず文法上の誤りを直し、意味の曖昧なところを明らかにされました。そのうえで、その文章の意味を厳格に吟味し、それがいま書こうとしている結果と一致しているかどうかを細かく検討されました。先生の考え方はじつに精密で、あたかも天秤の左皿に書くべき内容をのせ、右皿に書いた文章をのせて、完全なつりあいがとれるまで文章を切り盛りするというふうでした。

このように精密にやられては日本語でもかなわないところですが、英語の場合は全く参ります。表現法を十分に知らないため、多少は意味の違う文章で代用させてあることが極めて多いのです。先生はそれを許さず、どんなに時間をかけても内容ずばりの文章になるまで努力されたのです。

一番適した単語を選ぶためにはシソーラスなどで多数の同義語をならべ、さらに辞書によってその意味の異同を検討し、また類似の文章をいくつも書いて、その中から一番よいのを選びました。あまりに暇を食うので、外国人の文章をそのまま借用しておく、文章そのものはよくてもこの意味とは違うと言って、消されることが多かったように思います。

先生の校訂を受けた文章は、一つの考えが一つのセンテンスに対応し、全く簡単で平凡という感じになりました。一つ一つのセンテンスができると、センテンスの間に意味の重複はないか、跳びはないかと調べられました。重複は少ないが、跳びはしばしばありました。書く人は内容を知っているから、跳びがあっても頭の中で補って読める。しかし、読む人は跳びがあると理解できない。特に書きはじめの文章がやぶから棒だといって、一、二行を付け加えられたことがよくありました。

論文は読む人のために書くのだから、誰が読んでもすらすらと頭に入るように書け、と言われました。ある時、“It is well-known…”と書いておいたら、「これは、あなたがたには well-known だが、ほかの読者にもそうでしょうかね」と問われたことがありました。これなど、読者の立場で書くということのよい例かと思います。

センテンスが集まってパラグラフができると、各々のパラグラフの内容を検討し、重要なことがよく強調されているかどうかを考えさせられました。例えば、比較的的古く得られた結果は印象が薄くなっている、重要なことでも文章のうえでは十分に強調されていないことが多いのです。こ

れに反し、新しい結果は近視眼的に焦点が合っていて、付加的なことでも長い説明がありがちです。原稿を二年間寝かせておいた間に意味がわからなくなってしまうところは、大体において新しく得られた結果をあわてて書いたところでした。

文章が粗雑だと、おのおののパラグラフの主題が何かと問われても答えられません。分析不十分な考えがあちこちに分散し、重複があることも少なくありません。文章を精密化していくと、自然に考えが整理され、主題がはっきりとしてきます。西川先生はじつに根気よく、文章を通じて考えを分類し整理することを教えられました。

最後に、**Discussion** では結論をはっきりと導くようにと言われました。これは当然のことですが、私の論文はそうではありませんでした。まず結論らしいことが述べてあって、それについてなお検討すべき余地があるということを **discuss** してありました。これも悪くはなかったと思いますが、そのような書き方では何が結論かわからないと言われました。今になって考えてみると、先を急いだあまり、次の論文の **Introduction** に書くべきことまで **Discussion** に書いてしまったのだと思います。

私の最初の論文の校訂は一か月近くもかかりました。最後の日に、先生は全文を通読され、「なめらかではないが、どうにかわかるようになった。この論文もおおぜいの人に読まれるのだろうから…」と言われました。

その後、その論文は多くの人に読まれたとは思えないので、手間をかけて下さった先生には相すまないような気もしますが、先生の御努力は無駄ではなかったと思いま

す。私のように文章に対するセンスの欠けた者が、先生にしばられなかったら、いつまでも無責任な書き放しをして、少しぐらいの批判を受けても気づかずに過ごしていたことでしょう。私は西川先生に教えられて文章がうまくなったなどとは言いません。私の教えられたことは、読者にわかる文章を書くためには容易ならぬ努力が必要だということです。

【出典】上田良二「論文を書くにあたっての心構え」(『日本物理学会誌』第16巻第5号、1961年。日本物理学会編『**Journal**の論文をよくするために——物理学論文の著者への道』増訂版(日本物理学会、1975年)に再録)の第2節をもとにして書かれた、上田良二「西川先生の論文校訂」『雑文抄』(私家版、1982年)。

## 楽しむ理科教育

上田 良二

理科の時間に先生が虹の演示実験をして見せた。生徒の一人が過剰虹が出ていることに気づいて質問したが、先生は答えられなかった。放課後に、先生はその生徒と討論したが、二人の意見は一致しなかった。そこで、どちらが正しいかを実験で試すことにして、いろいろと試みたが決着はつかなかった。他の先生に相談したり、専門書を調べたりしたが、問題は解けなかった。その不思議さに二人は魅せられて、夢中になって考え、討論や実験を繰り返した。そして数か月の後に、互いに納得のいく結論に達した。二人はついに、教科書に書かれていないことを発見したのである。

- (1) 過剰虹はかすかだから、先生も見逃していた。それに気づいたのは、この生徒が稀に見る個性に恵まれていたからである。このような個性は生まれつきであって、教育の結果ではない。しかし、先生が討論や実験をしてくれたから、育てられたのである。
- (2) この生徒の発見は、学術的には幼稚でも、私は独創的と評価する。独創性は小学生にも中学生にもある。その多数が育てば、その中からノーベル賞も現われるだろう。
- (3) 演習問題を考えさせて独創性を育てるといふ教育家がいるが、決まったことを考えさせても独創性は育てられ

ない。独創性は、生まれつきの個性が何かに触発されて目覚め、環境に恵まれて育つものである。

- (4) 普通の先生なら、生徒の質問を何とかかわして教師の権威を保とうとする。この先生の場合、答えられないことを恥と思わなかったところが立派である。生徒と一対一で討論した姿勢はさらに立派である。日本中の先生に見習っていただきたい。
- (5) この先生はたぶん、過去の実験中に不思議なことにめぐりあい、苦心の末にそれを解明した喜びを味わっていたのだろう。自然のからくりの巧妙さに魅せられたり、自分の小発見に感動したりした経験がないと、この先生のように素直にはなれないものである。
- (6) 質問に答えられないで、かえって生徒の個性を育てることができたのは、怪我の功名である。教える教育には知識が最重要だが、育てる教育には知識より重要なものがある。先生が自然との触れ合いを楽しみ、人間的に素直だったことが良かった。
- (7) 過剰虹はカリキュラムの外である。そのようなことに夢中になる先生は、今の日本では父兄にも校長にも受けが悪いだろう。それでも、私はこの先生を最も良い先生と評価する。社会全体がそうした評価をするようになれば、良い先生が増え、独創的な人材が育つと思う。

私の知る限り、最近の理科教育の議論はカリキュラムに偏っている。カリキュラムも大切だが、いかにカリキュラムを精選しても理科離れの問題は解決しない。ましてや、独創的人材の育成はできない。

私は、まず先生が理科を楽しまなくてはいけないと思う。先生が楽しむためには、カリキュラムを選ぶ自由と物を考えるゆとりを先生に与える必要がある。先生が楽しみ、詰め込みをしなければ、生徒も自然に楽しくなる。

「先生は教える人、生徒は習う人」という通念を捨てて、先生と生徒が一緒になって楽しめば、必ず良い個性が育つ。理科教育の振興には、カリキュラムの精選に熱を入れるよりも、大らかに楽しむことを奨励するほうが有効ではなかろうか。平均的人材は、大まかに決めたミニマムエッセンシャルの教育で確保できる。それ以上については、自分で勉強して伸びてもらえばよいではないか。一見杜撰に見えるが、教育に自由の気風さえあれば毎年のノーベル賞も夢ではあるまい。

私は今日の教育現場の実情を知らないから、今すぐ自由教育に移れとは言わない。管理教育でないと教師がだらけてしまうようなら仕方がないが、それは悲観的に過ぎるのではあるまいか。日本も生活程度が上がり、先進的になりつつあるから、自由教育の下地ができつつある。国全体でなくても、日本のどこかに理科が好きで好きで仕方がない先生が集まり、理科が好きで好きで仕方がない生徒を集めて、理科を楽しむ学校を創設できないものだろうか。昔の貧乏日本ではそんなことは夢の夢だったが、今日の日本では哲学次第で実現可能と思う。

【出典】未発表原稿（1996年頃執筆）。

## 明治 180 年の夢

上田 良二

結晶学と縁の深い、菊池正士〔1902～1974〕の電子回折の実験と茅誠司〔1898～1988〕の強磁性単結晶の実験は、ともに1928年の発表である。少し遅れるが、湯川秀樹〔1907～1981〕の中間子理論（1935年）も同時代のものと見てよかろう。これらはいずれも、彼らに続いた後輩たちの憧れの的となった。

私は不思議なめぐりあわせで菊池先生の残された電子回折から始め、電子顕微鏡に進み、表面・微粒子の結晶学的研究をして、50余年の研究生活を終わった。その間、われわれは一応の水準を保ったが、菊池先生の右に出る者は現われなかった。ところが最近この分野から、菊池先生の右にせよ左にせよ、国際的に牽引力のある研究業績が出始めた。

菊池や茅の業績はおよそ明治 60 年にあたり、最近の業績が出始めたのが明治 120 年である。日本で近代的な自然科学が始まったのを明治元年とすると、60 年ごとの区切りがあるらしく思われる。

私の知らない最初の 60 年間にも、国際的に評価される業績を残した日本人科学者はいる。しかし、彼らは西欧に留学してその伝統のもとで研究したのだから、彼らの業績を日本人自身のものとは言い難い。彼らの業績はむしろ、日本人にも自然科学の研究能力があることを示し、後輩を激励した点にある。日本人科学者が欧州に留学したとき、次は猿が来るだろうと言われた時代のこと、今の若手には想像もつくまい。

菊池、茅、湯川などは、西欧の学者に師事することなしにあの業績を挙げたのである。これが明治 60 年の節目を画した。しかし、当時の研究題目自体は欧米の産であり、日本への直輸入だったのである。だから、輝かしい業績も、もとを正せば日本の地盤で生まれたものではない。彼らの実験装置に輸入品が多かったことも見逃せない。例えば、菊池の回折装置は理化学研究所の工作室で作られたが、真空ポンプはすべて輸入品だった。西川正治〔1884～1952〕が留学以前の 1915 年にスピネル結晶の構造解析に成功したのは、例外的な前兆と見るべきだろう。

今日の日本は、60 年前に比べれば自然科学の地味が肥えてきた。電子顕微鏡を例にとると、50 年前は模倣だったが、今日では日本的な精巧美さえ見え始めた。そのなかに菊池以来の伝統が生きており、最近の研究が展開されている。これを日本の地に根づいたと言ってもはばかることはない。さりとて、基本的なことになると、古いところはやむを得ないとしても、最近の STM にいたる多くのものを欧米に負っている。根づいたと言っても、その根が大して深くないことを忘れてはならない。

自然科学に国境はない。世界中で自分に最も適した研究室に行つて自分の能力を最大限に発揮すべきだ、と言う人もいる。そのような人こそが、本当の自然科学者なのかもしれない。しかし私は、島国根性と評されても、日本にこだわり続けてきた。日本国内の教育には、及ばずながら努力した。また、外国の新しい流れに便乗する研究態度には今も批判的である。外国の新分野の輸入を嫌うのではない。他人のふんどしで

根のない仕事をし、「追い越した」などと言って実力以上に自負することを、日本人として戒めたいのである。

日本の研究者の優れた能力は、60年ごとの進歩を見ればすでに証明済みである。今後は身のほどを知り、謙虚であってほしいと心から願っている。それさえ忘れなければ、さらに60年後には、日本に深い根を張った自然科学が茂り、日本の香りのする自然科学が輸出される日が来るだろう。それが、私の描いている明治180年の夢である。

【出典】「日本結晶学会誌」第34巻第3号  
巻頭言、1992年。



## 上田先生のお手紙

赤崎 勇

私が大切にしている先生のお手紙がある。1997年1月6日の上田記念講演会でお目にかかった折、窒化物半導体に関する私の仕事について御質問があり、そのとき御依頼のあった資料を後日お送りしたことに對する御返事である。

赤崎勇様

前略

1月9日付のお手紙と多数のコピーをありがとうございます。貴下の努力の跡がわかるような気がしました。ほんとうによく勉強されたと改めて敬意を表する次第です。

お約束をした私の論文のさわりのコピーを同封いたします。私は恵まれた環境で自由に研究をしてきました。もし私が貴下ぐらいに勉強していれば、MBEは当然私がやっていたはずで、それをしなかったのは、エレクトロニクスへの応用の認識を欠いたためです。

私は他の人の真似はしなかったもので、10年に一度の割で幸運にめぐりあいました（荒れ野を行けば、必ず新しいものにめぐりあうということです）。そのうち小さなもの（フリーデル則反則の証明、結晶モアレの発見、クリティカル・ヴォルテージ効果の発見等）はつかみましたが、大きなもの、すなわち上記の問題と転位像の発見を逃しました。特に後者は、イギリス人よりはるかに前に目のあたりにしていたのに、彼らにしてやられました。私は自分で楽しめば

それで満足して、勉強をしなかったのが大運を逃した原因です。

これからも、私にわかるような解説の類を書かれたときに、コピーを御恵願えれば幸いです。草々

1997年1月16日

上田良二

このお手紙に、先生の研究に対する高い見識やフィロソフィーを読み取ることができる。同時に、あれほど立派な業績を残された先生が御逝去半年前のあそこ、青年のような向学心に燃えておられたことに、深く敬意を表する次第である。また、直接の門下生でもない若輩の私に、まことに丁寧な返信を認められる先生の誠実なお人柄に触れ、恐縮し、かつ感激した。

お手紙にある「さわり」の部分とは、先生が始められた「その場観察」についてお尋ねしたことに対して、原論文をお知らせ下さったのである。それはじつに1942年のことであり、先生はたぶん30歳前後ではなかったかと思う。「その場観察」が流行語のように広く使われるようになったのは、なんとそれから30年も後のことである。先生は「他の人の真似」はなさらず多くの先駆的研究をされたが、多くはブームになるには早すぎたというのが私の実感である。その時点では、大多数の人はまだそれらの重要性に気づけなかった。その意味で先生の御研究は、先生の言われる「基礎研究」である。

1960年ごろだったと思う。名大上田研究室のゼミとしてだったろうか、日立の渡辺宏さんが講義に来られたとき聴講させてい

ただいたのが、先生にお会いした最初であった。先生の御高名は以前から伺っていたので、工学部勤務を始めて間もなかった私は、上田研究室の雰囲気に触れたくて参加させていただいたのである。講義の中身は詳しく記憶していないが、先生の真摯で学究的な姿が第一印象として強く残っている。

それ以来、研究会や学会で時折お会いする機会があったが、1964年に私が東京へ転勤になり、直接お目にかかることは少なくなった。しかし、先生が日本物理学会誌などに書かれたエッセイはほとんど読ませていただいた。先生のお考えや鋭い洞察が随所に見られ、また文章の達人であられたから深い感銘を受けた。

時は移り、1981年から再び名大にお世話になることになり、以前のようにキャンパス内で時々お会いする機会ができた。1990年、第21回結晶成長学会国内会議が名古屋で開催された折、「結晶成長と電子工学」というタイトルで招待講演を依頼された。その結びで私が「半導体の微構造」と結晶成長の関連に触れたとき、先生から「いま微構造という言葉を使われましたが、どういう意味ですか？」という御質問を受けた。先生は文章の達人であり、また超微粒子のパイオニアであられたので、特に「微」という言葉について特別の気持ちがおありだったのではないかと思う。いい加減な言葉でお茶を濁そうとしていたことを反省させられた。

先生は名大理学部と工学部応用物理学科の創設に尽力され、両学部で仕事をされた。そのせいか工学にも関心をもたれ、理解を示された。しかし、それによって物理学者としての先生の高い見識はいささかも変わ

らなかった。物理学者の中にはややもすると工学を軽んじる人がいるが、先生は決してそのようなことはなかった。

先生は研究を「楽しんだが勉強をしなかった」と謙遜しておられるが、私は先生こそほんとうによく勉強されたと思っている。楽しまれたことも事実で、理学も工学も、そしてテニスも園芸も存分に楽しまれた先生は、人生の達人だったと思う。

独創的研究や重要な技術の源流となる研究が渴望されている今日、その道の大先達である先生のお教を直接いただけないのは残念でならない。しかし、先生の御薫陶を受けた私たち一人ひとりが「他の人の真似をしない」仕事を心がけることが、先生の御遺徳に報いることではないかと思う。

(名城大学教授、名古屋大学特別教授)

## 上田さんの思い出

三宅 静雄

昭和9年という、今から64年前のことになる。たしか5月の好天の日だったが、それまで面識のなかった上田さんが、突然、当時駒込の近くにあった理化学研究所内の私の研究室を訪れて下さった。

電子回折の研究を私は前年の暮れから、上田さんは東大の物理教室でこの4月から始めたばかりのところで、当時、東京じゅうを探しても同学の士はわれわれだけであったから、二人の間には研究上の話題がさっそく弾んだものと思う。しかしそればかりではなく、気質的に通ずるものがあったのか、あるいはお互いに相補うものがあることを感じ取ったためか、いずれにせよ以後急速に親しくなった。

当時を回想するとまず浮かんでくるのは、まだ若かった二人が、中央線の国電のなかや東大と御茶ノ水を結ぶ道路上などで愉快そうに談笑している情景である。われわれは当初から話がよく合っていたようである。

上田さんは、何ごとによらず他に雷同しない独自の考えをお持ちだったが、それを他人に押しつけるようなことはされなかった。自分には大変厳しく、しかし人には寛容で温かかった。いつも若い人の優れた研究にいちやく注目され、助言や協力を惜しまれなかった。人物評をされるにしても、長所のほうを発掘されるが、悪口などは口外されなかった。節度ある方だった。私は公私両面でずいぶん親切にさせていただいたが、一面、上田さんの寛容に甘えていたことが多かったように思う。

上田さんの名大における研究室は、いつも周りに優秀な若い研究者を擁して壮観であった。上田さんたちとの交流から研究面で得たものは非常に大きく、またその間には快い思い出が多い。終戦後のまだ物資不足のころ、研究室のコロキウムに招かれた。それがはねてのち、同じ談話室内にコンロが持ちこまれ、牛鍋を囲む会食を用意していただいたこともあった。

ところで、私には研究面以外にも、上田さんに感謝せねばならぬことが少なくない。上田さんは人も知るスポーツマンだったが、スポーツ知らずの私をいろいろと引き回して下さった。昭和11年の夏、上田さんの先導で、皆川理君、野中到君らとともに北アルプスに登った。立山から五色ヶ原を経て針の木峠に抜けるコースだった。昭和15年の夏には、やはり上田さんの先導で尾瀬ヶ原を歩いた。このときの同行者は、落合麒一郎先生と能本乙彦君だった。途中、燧岳にも登った。これらの快い経験を得たのも、すべて上田さんのお蔭であった。

上田さんは、研究のみならず何事についても、細心緻密で息が長く、まめで凝り性であられた。これに逞しい推進力が加わって、多くの見事な研究業績を挙げられたのである。趣味のほうでは、特に園芸で凝り性を発揮されていたようである。私にも季節の変わり目に、たびたびきれいな花の写真の自作カードを送って下さった。これらの余白には、たいてい短文が書き添えられていた。しかし最近、その書き込みが欠けていることが多くなったような気がしていた。

1997年の6月中旬のころ、和子夫人から、御主人が多少不調で目下静養中というお便

りをいただいたが、私はそれほどのこととは思っていなかった。それゆえ、そのお便りからまだ2~3週間しか経たない一日、突如、上田さんの訃報に接して驚くほかはなかった。上田さんはその最後になって、疾風のようにわれわれの間を駆けぬけて遠くに去ってしまわれた。今やわれわれは悲しむほかに術がない。しかし考えようによっては、上田さんらしいお別れだったという気がしないでもない。

(東京大学名誉教授、故人)

## 上田先生と新技術開発事業団

千葉 玄彌

「あの仕事はいい、素晴らしいよ」「どういう意味を持つことになるでしょう？」こんな雰囲気の話が折にふれ上田先生と事業団（現・科学技術振興機構）職員の間で交わされながら、30年あまりの月日が過ぎた。基礎から開発までの研究支援をする事業団は、研究のあり方から具体的問題解決にわたる広い範囲で先生の御指導を賜った。「指導なんかしてないよ」と言われるに違いない。たしかに事業団にお越しいただく場面は多くはなかったが、誰かが先生を訪ねて御意見を聞き、お願いをした。評価者としてのその醒めたお話や、推進者としての熱っぽいお話の背景にある科学者としての端正な姿勢は、多くの人に印象的であった。

熱っぽかったのは、先生にとって不可分な電子顕微鏡と超微粒子の話。戦前の電子回折による島状構造の発見が戦時下で「まるヶ企画」（終戦直前に研究が行なわれていた「決戦兵器」計画のこと）の超微粒子研究となり、その後、日本独自の研究の流れとなって発展を続ける様子を楽しそうに話された。

久保効果や磁性材料への応用の時代を経て、1981年、創造科学技術推進事業（ERATO、科学技術庁・新技術開発事業団）の第一号基礎研究として、林超微粒子プロジェクトが発足した。元気な若手が各分野から結集したときの、先生のお喜びはひとしおだった。社長業で超多忙の林主税さん（1922～2010。嵯峨根遼吉門下。当時、日本真空技

術社長）がプロジェクトの総指揮役を引き受けて下さったときは、それまで背負ってこられた荷を半分降ろした安堵と第二期への期待で目を輝かせておられた。先生がふっと菩薩のようにも見えた。林さんと若手集団は、先生の夢を実現しながら超微粒子研究に幅と奥行を与え、国際的にも注目を集めるまでに仕上げられた。

この超微粒子プロジェクトの成功は、内外に新しいインパクトを伝えたばかりでなく、事業団でも関連プロジェクトの新設に直接間接のきっかけを生んだ。電子顕微鏡や超微粒子路線では外村彰（日立）、飯島澄男（NEC）、高柳邦夫（東工大）、量子系では榊裕之（東大）、山本喜久（スタンフォード大）、舛本泰章（筑波大）、ナノ系では吉田庄一郎（日本光学）、青野正和（理研）等々、新プロジェクトリーダー群の活躍がある。こうした御報告をしたのは一昨年夏のことだった。

ちょうど1997年はJ・J・トムソンの電子発見100年にあたるので、ケンブリッジ大学と事業団で、電子の過去・現在・未来についての大集会を準備しているときだった。電子と半世紀以上も付き合い合った先生だから、ぜひ日本の若手の晴れ姿を見ていただきたいとお願いもした。

下界はまずまずと思われたのであろうか、旅立たれた先生は、天界で次の世代に声援を送りながら、J・J先生などのお仲間と日本の研究の話がされていることだろう。

（元・科学技術振興事業団理事）

## 人生を変えた上田哲学

平山 司

私が上田先生に最初にお会いしたのは、1983年、当時私が勤めていた企業に先生が超微粒子に関する講演に来られたときであった。その日の先生の講演で印象的だったのは、美しい電子顕微鏡写真をスライドで映し、これはいつ誰それが撮影したものであるということをはっきりと示されたことである。人を大切にされる先生だと思った。講演の最後に、「研究は頭だけでするものではない。若者は賭けをする勇気を持て！」とおっしゃった。この言葉は、大学時代の成績がぱっとしなかった私の心を激しく揺さぶった。超微粒子研究の真似事をしていた私は、「あんなスケールの大きな先生のところまで研究ができたらどんなに幸せだろう」と真昼の夢を見た。数日後、それは現実となった。研究部長に呼ばれた私は、上田先生が顧問をされていた新技術開発事業団超微粒子プロジェクトの、飯島澄男氏のグループに出向を命じられたのである。

それはまさに上田哲学の浸透した素晴らしい研究グループであり、私はそこで驚きと喜びと「価値ある苦勞」に満ちた日々を送ることになった。すべてを書けばきっと学位論文より長くなるので、二つだけ書かせていただきたいと思う。

最初の思い出は、着任早々、私が電子顕微鏡の試料交換をしようとして試料ホルダーに変な力をかけたために鏡体に空気がリークしてしまい、一瞬にして30万円のフィラメントをすっかり焼いてしまったことである。何日かかかってようやく原状

復帰させた私は、先生の部屋に謝りに行った。私は先生にひどく怒られるのではないかと思っていた。しかし、先生はこうおっしゃった。「30万円くらいでびくびくするな。実験屋は装置を壊しながら成長するものだ。いま教授になっている人たちも昔はずいぶん派手に壊したものだ。重要なことは君が壊して何を学んだかということだ。これからもどんどん壊して、早く立派な研究者になりなさい」。意外な言葉に驚きながらも、私はとても元気になって先生の部屋を出た。

次の思い出は、先生の論文校正である。若い研究者に自由に実験をさせた先生は、この段階になるとびっくりするほど厳しい先生に変身した。学部卒でそれまで論文投稿の経験のなかった私は、初めて英語らしき言語で論文を書き、先生に校正をお願いしたのである。私の原稿に目を通して下さった先生は、こうおっしゃった。「私は40年間教授をやってきた。しかし、こんな出来の悪い論文は初めてだ。私には論文の書き方を指導する責任があるから、これから厳しく指導する。恥ずかしくないレベルに達するまで、何十回でも何百回でも書き直しをさせる。覚悟してかかってこい」。

何度も書き直しをしながら、私は本当にその論文を投稿できる日が来るのかとても心配になった。困ったことに、先生は悪いところを指摘して「ここがなぜ悪いか」を説明されるだけで、「どう書けばいいのか」をほとんど教えてくれなかった。私はある日、「先生は悪い悪いと言うだけで、どう書けばいいのか全然教えてくれないじゃないですか！」とつかかかった。先生は別に怒りもせず、「私が書き直してしまうことは簡

単だが、それでは君が伸びない。私は君に成長してほしい」と言われた。その一言で、おめでとう私はすっかりその気になってしまい、また元気に書き直しを始めた。

結局、論文は 20 回以上書き直しをした。つまり、上田先生は本当にお忙しいなか、20 回以上も私のきたない論文を読んで指導して下さいたのである。今となつては、ただただ感謝の気持ちだけが、私の心のなかで大きく美しい結晶になっている。投稿後 2~3 か月して受理されたことを先生に報告したとき、先生は、「よく途中であきらめなかったなあ。5~6 回突き返すと、もう持ってこなくなるやつが多いんだ」と笑っておられた。2 つ目の論文では、書き直しは 5 回くらいになった。

こんな厳しさをもつ上田先生であったが、私は不思議と先生をこわい人だと思ったことはなかった。厳しさのなかにいたわりがあり、研究者の成長と研究の発展を何よりも望んでおられた。私は上田先生御自身と上田哲学に惚れ込み、上田研出身でもないのに、勝手に先生をわが人生の師と決めてしまった。その後、会社を離れ、外村位相情報プロジェクトを経て、現在の勤務先であるファインセラミックスセンターで電子波干渉実験などをして楽しく生きていられるのは、上田先生に出会うことができたからにはほかならない。先生にお会いできたために、私の人生は大きく変わった。

先生から受けた恩は無限に大きい。その恩に少しでも報いなければ、といつも思っていた。しかし、全く何もできないうちに、先生は逝ってしまわれた。私にはとても難しいが、先生がよく言っておられた「応用基礎研究」と呼べるものを一つでも出すこ

とが、先生に対してできる唯一の恩返しだと思ふ。

(財団法人ファインセラミックスセンター  
主幹研究員、名古屋大学エコトピア科学研究  
所客員教授)

## 基礎研究への夢

外村 彰

上田先生に初めてお目にかかったのは、1967年に山中湖で行なわれたシンポジウムだった。私の上司の渡辺宏さんが上田先生を尊敬されていたので、すごい先生に違いないと思って、当初は遠慮しながら恐る恐るお話していたが、1970年代の後半から年に一度は日立に来所し指導していただけるようになった。先生は渡辺さんの固体プラズマの仕事を高く評価され、電子線エネルギー損失実験の発展に期待をかけておられた。私の面倒を見て下さるようになったのは、渡辺さんが管理者の道を歩まれてしまったので、その代わりではないかと思う。

何度かお話する機会を持つたびに、改めてものすごい先生だと思えるようになった。東大で物理学を勉強していたときには、難しい理屈を理解できることこそが偉いことだと思っていた。日立に入って新しい実験をやろうとすると、これっぽちのわずかなこともできないわが身を情けなく思い、その格差に悩みながらも来る日も来る日も電子顕微鏡技術の習得に励んでいたところだった。上田先生は、高尚な理論もわかるのに、いつも謙虚で、モリブデナイトを非常に薄くはがせることを自慢にされたり、高い技術をもつ工作室の必要性を説かれたりしたので、何か共感を覚えた。

そのうち、一仕事できると必ず御報告するようになった。そのたびに心のこもったお手紙をいただいた。まず初めに、的を突いた言葉で研究内容を喜んでいただいた。そこまでならよくある話かもしれないが、

そこから後が他の人と違っていった。欧米の優れた研究者がどんなに執念深くやっているかという例を挙げ、こんなことで満足してしまわぬようにと鼓舞していただいた。よい仕事をしたので今度こそ先生に手放しで喜んでもらえると思ったときほど、かえってそのことをはっきりと言われた。うぬぼれの気持ちを私の手紙から読み取っておられたのだろうか。あるいは、少しは近づいたがまだまだだよと元気づけていただいたのだろうか。

一つ事例を紹介する。電子の波の性質を観察するためには干渉性のよい電子線が必要になり、10年がかりで開発を行なって、1979年にやっとのことで熱電子線に比べて桁違いに干渉性のよい電子線を得た。これによって、基礎実験に終始していた電子線ホログラフィーもやっと実用レベルに達し、電子顕微鏡では得られない新しい情報も得られるようになった。磁力線が干渉顕微鏡像として直接見えることを見だし、当時、電子顕微鏡分野の研究が掲載されることのほとんどなかった *Physical Review Letters* にも掲載された。1980年、上田先生の推薦で電子顕微鏡学会の瀬藤賞をもらうことになったが、以下はそのころに先生からいただいた手紙の一部である。

外村彰様

……私は貴君の仕事を電子顕微鏡関係では日本最初の一流のものと評価しています。しかし、現在の段階では、渡辺宏氏の仕事と同様に「基礎演習」の域を出ていないと思います。貴君の仕事が幹になって大枝小枝が出て、初めて「基礎研究」と言えるの

ではないでしょうか。どうか渡辺さんの轍を踏まないように頑張ってください。……これまでの仕事は頭と脳でできたけれども、これからは満々たる自信と雑音に怯まぬ勇氣が必要です。

心から御健闘を祈ります。

1981年6月5日

上田良二

これらの手紙を読むと、知力だけでできる研究、つまり理屈で考えうることを実証する程度の研究は「演習」に過ぎず、先生が夢見ておられたのは、新しい分野を拓くほどのものすごいことだったことがわかる。こうした手紙が何十通もたまっているが、転機の時には自分を奮い立たせるために何度も読み返した。

お亡くなりになられた今でも、先生のお考えは、私だけでなく多くの人の心にしっかり焼きついている。数十年後の日本で先生の夢が果たして叶えられているか否か、これは今度は僕たちの責任ではないかと思っている。

(日立製作所フェロー)



## 講演会の記録

【講演】	32
志村史夫「漱石と寅彦と私——師弟関係のなかの科学と社会」	32
篠原久典「運のよい人は偉い人——ナノ科学におけるブレークスルー」	38
和田昭允「独創の育つ社会を作りたい！——ゲノム解読からフロンティア高校へ」	45
【座談会】	50

志村史夫（静岡理工科大学教授）

篠原久典（名古屋大学大学院理学研究科教授）

和田昭允（東京大学名誉教授）

田中信夫（名古屋大学大学院工学研究科教授）

司会：上村泰裕（名古屋大学大学院環境学研究科准教授）

漱石と寅彦と私  
——師弟関係のなかの科学と社会——

志村 史夫

御紹介いただきました志村です。たぶんお集まりの方は、私がなぜ上田良二先生の会に出てるのか、上田先生との関係をご存じない方が多いと思われるので、自己紹介を兼ねてそのあたりから話をさせていただきます。

私は1974年から1993年まで、日本とアメリカで10年ずつ半導体の研究をしていました。1983年に永住のつもりでアメリカへ行きましたが、研究自体のことのほかに価値観などいろいろ考えるところがありました。それはフーテンの寅さんや武士道などに関係がありますが、結局1993年に日本に帰ってきました。それ以来、道楽研究に転向しました。長いこと最先端のエレクトロニクス時代に関わる仕事をしてきた関係上、自然、人間、文明、文化などについて考え直そうと思って、今はいろんなことをやっております。

1976年から1980年にかけて、日本の電子総合研究所と国内コンピューターメーカー5社で超LSI共同研究組合が作られました。アメリカのDRAMに追いつけ追い越せというもののすごい時代でした。私自身は当時、日本電気中央研究所から出向してシリコン結晶中の微小欠陥の問題などをやっていましたが、手法としてはX線回折とか電子線回折などを使いました。

1981年の論文に書いたのですが、電子顕微鏡でシリコン中の欠陥を観察していたところ、きれいな正八面体の析出物が見つかり、これはシリコンの結晶欠陥の研究の世界ではちょっと有名な写真が撮れました。電子顕微鏡像の中に細かいフリンジがありまして、その解釈が如何ともしがたくて上田先生に相談したのが、私の上田先生との最初の出会いです。何月かは忘れましたが、1980年の初めだと思います。

その後、アメリカから帰国した私は、晩年の上田先生にとっても可愛がっていただきました。いま考えると本当に光栄でした。1997年4月26日は、私が元気な上田先生にお会いした最後の日になりました。先生から「いま庭の花がきれいだから見に来ないか」というお電話をいただき、静岡県袋井の自宅から愚妻ともども車で先生のお宅に伺い、この日もたくさんの植木や球根をいただいできました。わが家の庭には上田先生の水仙が今でもずっと続いています。

この年の6月18日の朝、奥様から先生の体調が悪いというお電話をいただきまして、その日の午後、すぐお宅に伺いました。この時はまだ少し意識があって、私が「上田先生、志村です」と声をかけると、朦朧とした様子ながらも、はっきりした声で「君はいつも元気でいいなあ」と答えて下さいました。この翌日、上田先生は入院されまして、次に私がお見舞いしたのが7月1日でした。この時、先生は完全に昏睡状態でありまして、翌2日の夜、永眠されたのです。私は最後の最後まで上田先生にお会いできたという、極めて幸

せな人間です。

今日のパンフレットに飯島澄男さんが巻頭言を書かれていて、後ろのほうに「上田教室の最後の門下生」と書かれていますが、少なくとも時間的には最後の門下生は私であると自認しております。今日は飯島さんは来られませんが、「飯島さん、私はこういうふうに言います」と言ったら、「よろしい」というOKをいただきました。

じつは、私は3人の人物の熱狂的なファンであります。まずアインシュタインです。それから寅さん。今日の話の寺田寅彦もある意味で「寅さん」ですが、この寅さんはフーテンの寅さんです。それから夏目漱石であります。これは一見バラバラに思われますが、私の中ではきちんとつながっております。死ぬまでに何とかこの3人の本を書きたいと思っておりましたが、2008年、ちょうど還暦の年に無事完成し、私はいつ死んでもよい状態になりました。

漱石にしても寅彦にしても、もう世の中には腐るほど本はありますが、原典にあたりといろいろ面白い発見があります。有名な津田青楓の「漱石と十一弟子」という絵がありまして、「漱石山房」と言われ、大明神漱石がいて、寺田寅彦以下、錚々たる弟子が並んでいるわけです。漱石にはいろいろな分野の弟子がいますが、今日の話に関係のある物理系では、寺田寅彦から西川正治や中谷宇吉郎につながっていくわけです。上田先生はこの西川正治先生の助手です。上田先生に直接お伺いしたところ、西川先生は「寺田先生」とは呼んでいただけで、弟子という感じではなくて、先輩・後輩みたいな感じだったようです。

この上田先生のもとに、また優秀な加藤範夫先生がいらして、名古屋大学は電子線・X線結晶学に関しては、日本に限らず世界の総本山と言ってもいいと思います。特に、上田先生の電子線回折、電子顕微鏡から本当に素晴らしい直系の先生方がたくさん生まれていますし、今日は残念ながらいらしていませんが、飯島澄男さんや外村彰さんら上田先生の研究プロジェクトなどから錚々たる人が出ているわけです。飯島さんと外村さんはノーベル賞の最有力候補になっており、毎年発表の時期になると記者が詰めてお気の毒だと思います。これは、「漱石山房」にならって「上田山房」と呼ぶにふさわしい、まさに電子線・X線結晶学の大山脈だと私は思います。

森田草平が寺田寅彦についてこう書いています。「漱石のいわゆる門下生の中で、先生自らがひそかに畏敬していらしたのは、恐らく寺田さんくらいのものだっただろう。あるいは寺田さん一人だと言い切ったほうがいいかもしれない」。また安倍能成も「夏目門下における寺田さんの取り扱い、いってみればお客分格で、別格だった。夏目先生は、若い者のすべての美点と長所とを認められたけれども、寺田さんに対する尊敬は別だったように思う」と書かれております。「3. 11」の大震災の後、寺田寅彦の言う「正しく怖がる」ということが注目されています。私もこの間、福島に5回ほど行っておりますが、本当に風評被害がひどいです。そういうこともありまして、正しく怖がることの難しさがクローズアップされ、また「天災は忘れた頃にやってくる」という有名な言葉もあり、寺田寅彦が話題になっているようです。

「漱石山房」には寺田寅彦という別格の弟子がいましたが、「上田山房」には上田先生の隣に加藤範夫先生がどしっと構えていたような気がします。加藤先生は不肖私の師にあたります。今日は「漱石と寅彦と私」というおこがましいタイトルですが、「と私」にできるのは、そういうわけで上田先生のおかげです。

漱石と寅彦については御存知の方も多いと思いますが、漱石は非常に科学者のセンスを持った文学者であります。寅彦は逆に、科学者であります。文学者としても並外れた才能を持っていた。まさに漱石と寅彦というのは、科学者の文学者と文学者の科学者の組み合わせでした。漱石の小説や文学論を読むとよくわかりますが、理系センス、科学的素養に本当に驚かされます。当時の最先端の科学的なニュースを寅彦から仕入れて、原著を読んで、パッと本質を理解したということが端々に見られます。また、寅彦の文系センス、文学的素養は、数々の名エッセイでわかるようにすごいものです。ですから、漱石の文学のなかの寅彦、寅彦の物理のなかの漱石ということをそれぞれ調べてみますと、本当にうまくミックスされていることを感じます。寅彦には有名な「落椿の研究」というのがありますが、あれは漱石の「落ちさまに蛇を伏せたる椿かな」という俳句が発端になったのです。一方、漱石の小説を読みますと、寅彦をモデルにした登場人物が何回か出てきます。これは極めて高級な文理芸融合です。

最近は師弟関係というものがどんどん薄れてしまっていますが、漱石と寅彦が書き遺した日記や手紙などを見ますと、まさに「うるはしき師弟」というものを彷彿とさせてくれます。この「うるはしき」というのは私がとても好きな言葉でありまして、漢字で書くと「麗し」です。相手を立派だ、端麗だと称賛する気持ちから発するのです。単なる師弟関係というだけではなく、相手を立派だと認める。漱石と寅彦に見られる「うるはしき師弟」関係は、本当にうらやましく思います。漱石みたいな師を持てた寅彦もうらやましいし、逆に、寅彦みたいな弟子を持てた漱石も、本当にうらやましいと思います。そこがまさに「うるはしき師弟」関係だと思えます。

ちょっと話は飛びますが、イギリスのJ・J・トムソンから始まって、ラザフォードからボルンまで、ノーベル物理学賞、化学賞の受賞者を輩出した「独創の系譜」というのがあります。ラザフォードの直接の門下から11人のノーベル賞受賞者が出ている。これはすさまじい師弟の系譜だと思います。また、ノーベル賞受賞者の統計を調べてみると、師弟受賞ペアが物理で31、化学で13、生理学・医学で27です。どんな分野でも、ノーベル賞を取った偉い先生のところに弟子が集まってくるのは一般的に考えやすいことです。しかし、このデータを見ると、先生の受賞前に弟子になっている、それから、先生のほうもこれぞという弟子を連れてきているというケースが少なくないのです。師が弟子を見る目と、弟子が師を見る目が本当に素晴らしいと思います。最近は大学も講座制がだんだんなくなってきて、良いところも悪いところもあるだろうと思いますが、その結果、師弟関係が非常に疎くなっているように思います。私は、寅彦と漱石やノーベル賞の系譜などを見ると、師弟関係は非常に重要だと思っております。

日本にもかつて、理化学研究所というすごい研究所がありました。理化学研究所は今でもあります、少し変わってしまっています。1917年に、経済界の重鎮であった渋沢栄一と、当時の首相の大隈重信、学界のリーダーだった長岡半太郎、大河内正敏という重鎮が集まって作りました。その設立の趣旨を読むと、非常に素晴らしいことを言っています。「理化学研究所は産業の発展を図る為、純正科学たる物理学及び化学の研究を為し、また同時にその応用方面の研究を為すものである。工業といわず農業といわず、理化学に基礎を措かない総ての産業は、到底堅実なる発展を遂ぐることができない。殊に人工の稠密な、工業原料その他物質の少ないわが国においては、学問の力によって産業の発達を図り、国運の発展を期する外はない。当所の目的とするところは、この重大な使命を果たさんとするにある」。

当時の経済界、政界、学会の本当に偉い人たちが集まって、このような素晴らしい研究所を作りました。この理化学研究所から、トムソンの系譜に勝るとも劣らないような素晴らしい独創の系譜が生まれています。大河内正敏は、貴族でお金持ちであったと同時に自分自身が科学者、技術者で、そういう非常に理解のある人が所長になったことは大きいと思います。ここから錚々たる人が出てきて、なぜノーベル賞を取らなかったのか、取っても全くおかしくなかったと思われる人が少なくとも7人います。実際にノーベル賞を取った人が3人です。先ほど申しましたように、師が弟子を見る目、弟子が師を見る目、師弟関係の重要性が表われていると私は思います。異なった個性、異なった才能の持ち主が集まって切磋琢磨することが非常に重要だろうと思います。こういう人たちが自由な雰囲気の中で切磋琢磨できたという環境が重要です。

私は囲碁が好きですが、囲碁界には「木谷アルプス」という言葉があります。囲碁をやる方はよく御存知ですが、木谷實という偉い先生がいて、いまの日本棋院理事長の大竹英雄名誉碁聖をはじめ、タイトルをほとんど独占したようなものすごい弟子が52人、孫弟子が30人で、2000年に木谷一門の段位合計が500段を突破しました。最近ちょっと変わってきましたが、一時は木谷門下がタイトルを総なめでした。私は木谷先生のことを大竹先生や「宇宙流」で有名な武宮正樹九段から直接聞いていますが、木谷先生は全国いろいろなところを回って、あちこちでこれぞという少年少女を引っ張ってきて内弟子にして鍛えたということです。それもまさに師匠の眼力、そして道場の雰囲気です。先ほどの理化学研究所と同じように、個性の強い天才連中が師匠のもとに集まって切磋琢磨した結果だろうと思います。師匠の眼力、道場の雰囲気、切磋琢磨ということが、感性や直感を育てるのだろうと思います。

寺田寅彦に「ルクレチウスと科学」(1928年)というエッセイがあります。そこで、科学者が持つべき能力として、直観的能力、数理分析能力、現象系統化帰納能力という3つの能力があると述べている。そして、歴史上の錚々たる科学者について分析しています。ここではっきりしているのは、直観的能力に欠けた一流の科学者は一人もないということです。まさに直観が大事なのですが、直観の源泉は感性だろうと思います。

アインシュタインも「それらの法則に至る論理的な道などありません」と言い、「経験に基づく知的愛情のような直観」の重要性を強調しています。単なる山勘のような直観ではなくて、経験に基づく知的愛情のような直観が必要だと言っています。結局、一流の仕事をするためには直観的能力が非常に大切ですが、直観力や感性は教科書では学べない。いくら教科書を暗記しても、学校では学べないと私は思います。独創の系譜とか囲碁の世界などを見ますと、直観力や感性を育てるのは師弟関係であり雰囲気だと思います。今の、偏差値偏重、暗記教育では感性は育たない。言い換えると、一流の仕事はなかなか出てこない。自然を素直な気持ちで凝視すること、自然に対する好奇心が重要だろうと私は思います。上田先生もいくつか素晴らしい言葉を遺されています。「自然を調べるには、頭を下げて、謙虚になって、自然を見させていただくものだ。科学者は自然を征服してやろう、などとはゆめゆめ思ってはいけない」。やはり謙虚な、そして素直な気持ちで自然を凝視するということです。

朝永振一郎の『わが師わが友』も素晴らしい本です。理研のことを回顧して、「まことに自由な雰囲気である。実に何もかもものびのびしている。予算面での自由という得がたい特典は、大河内さんの科学への大きな理解からもたらされたものだったようである」と述べています。「研究にとって何よりも必須の条件は何といても人間である。そして、その人間の良心を信頼して全く自主的に自由にやらせてみることだ」。大河内氏はそういう所長だったわけですね。「よい人たちがそこへ行って研究したいという意欲をそそる環境をうみだすことが先決である」。こういう環境が生み出されれば、自然に世界中から英才が集まってくると思います。あそこで研究したい、あそこで研究すること自体が誉れだということですね。

朝永振一郎が書いたことをまとめると、世界一級の研究成果を出し得た理研とは何だったのか。結局、「優れた指導者」。マネジメント・リーダーですね。それから「研究環境」。これは施設、研究費、雰囲気が含まれます。それからもちろん「研究者」自身。この三拍子が揃っていたということですね。

金をばらまけばよいということではありません。最近、科学研究費はものすごく増えているらしいですね。金をばらまけばよいと思っている人が非常に多い。確かに、ばらまけば高い装置は買ってこられるかもしれませんが。しかし、金で買える装置から得られるデータは誰でも得られるデータです。上田先生が見本を示されたように、自分で装置を作らなければ本当の自分たちのオリジナルな研究はできないと私は思っています。ところが今は、金をばらまけばよいという雰囲気があるし、研究者自身も、高額の金をもらって高い装置を買ってくれば、それだけで研究したような気になっている人が多いのではないかと思います。

今日の講演会のテーマは「科学する精神と日本社会」です。科学する精神の根本は、知的な好奇心だろうと私は思います。自然を凝視する豊かな感性です。ところが今は、経済効率至上主義、金儲け主義、安易な便利さの追求、目先の利益追求。このようなことが、日

本社会の現状につながっているのだらうと思います。アインシュタインも言っています。「競争があまりに行き過ぎてしまったり、すぐに使える、役に立つということで早々に細分化することは、文化的生活を支える精神をだめにする」と。まさにそういう社会になってしまっているのではないかと思います。

上田先生は「明治 180 年の夢」というエッセイのなかで、科学する精神が育つことへの期待を述べています。しかし、日本社会が現状のようでは、科学的精神も育たないし、大したこともできないと思います。本来、どっしりとした科学があって、その上に技術が乗る。もちろん科学のすべてが技術につながるとは思いませんが、科学があって技術がある。その上に産業が成り立つ。産業はその時の価値観や要請によって非常に不安定です。今まで素晴らしい、素晴らしいと言っていたことも、何かあるとがらりと変わってしまう。ところが現在の日本では、一応いろいろ金を出してやっていますが、貧弱な科学の上に技術が乗り、産業が非常に不安定な形で乗っています。

ひところ「世界 2 位ではだめなんですか」という話もありました。産業が目先の利益ばかりを追求し、非常に不安定な状態になっていると思います。特に顕著な例は、今年の福島第一原発の事故です。あれは不安定なところで起こった大きな悲劇、明らかに人災だったと私は思います。本来、科学はどしんと座っていなくてはいけない。目先のことばかり、つまり目先の産業、目先の利益だけを追求していたら、なかなか安定した形は成り立たないわけです。

先ほどの朝永振一郎の本の繰り返しになりますが、結局、優れた指導者、研究環境、研究者の三拍子が揃えば立派な科学が育ったし、この日本でも、ほんの少し前までそのような条件があったことは証明されているわけです。逆に言えば、これをきちんとこれから整えることが必要だと思います。師弟関係あるいは伝統というものが、優れた指導者と研究者を育てるのではないかと思います。研究環境は、国、政治家、機関長（研究所の所長など）の責任です。この三拍子がうまく整えば、日本でも素晴らしい研究成果が出てくるだらうと思いますし、日本の将来のことを考えればこの 3 つを何とかしなくてはなりません。

上田先生には『雑文抄』と『続雑文抄』という 2 冊のエッセイ集があります。いま本当に傾聴すべき素晴らしい金言が満載されていて、何とか復刻できないものかと願っています。生誕百年ということで、ぜひ多くの方々に読んでいただきたいと思うのであります。

急ぎましたが、今日はこれで終わりにさせていただきます。御静聴ありがとうございます。

運のよい人は偉い人  
——ナノ科学におけるブレイクスルー——

篠原 久典

私と上田先生の結びつきは諸先生方や上田門下の方々ほど強くはないですが、私個人は上田先生を心の師だと思っています。今日のタイトルは「運のよい人は偉い人」ですが、これは上田先生の名言の一つです。次に掲げた「上田グループ」という言葉ですが、私は上田学派と呼びたいですね。よく京都大学の連中は京都学派と言いますが、名古屋大学では学派という言葉を使いません。私は上田先生のグループこそ、上田学派という言葉を使ってアピールするのがよいと思っています。この上田グループの研究と、いわゆるナノカーボンと呼ばれる、ここ 20 年急速に発展した分野は非常に密接に関連しています。誤解を恐れずに言わせていただければ、ナノカーボンあるいはナノテクノロジー一般のすべては上田グループに帰着すると私は思っています。最後に、ナノカーボン研究の現状も少しお話しさせていただきます。

ナノカーボンはカーボンだけでできている物質です。10 のマイナス 9 乗メートルをナノと言いますが、非常に小さい、電子顕微鏡でしか見えない物質です。0 次元と言われるフラーレン、1 次元のカーボンナノチューブ、ここ数年急激に勃興してきた 2 次元のグラフェン。これは昨年、ノーベル物理学賞で有名になりました。それから、人類になじみ深い宝石のダイヤモンド。あるいは、工業的にいろいろな分野で使われているグラファイト（黒鉛）があります。これを見ておわかりのように、カーボンは 0 次元から 3 次元まで、たった一個の炭素という原子で全部実現しています。これは周期律表のすべての原子のなかでカーボンだけです。

私も上田先生の手記は読み進めているつもりですが、上田先生は「偶然の発見」ということをよく言われます。上田先生自身は「セレンディピティ」という言葉は使われていませんが、ここ 10 年来の流行の言葉で言えば、いわゆるセレンディピティと同じことです。ある科学者が、自分の研究だけに没頭している。その途中に玉手箱があって、つまずきます。玉手箱には“Great Scientific Discovery”（大きな科学上の発見）と書かれています。これを開ければ、この科学者は大発見の主役になれるのです。御丁寧なことに鍵までついてきます。ただ、ほとんどの人がつまずいても気づきません。私も一、二回つまずいたことがあります。開けることはできませんでした。これがセレンディピティです。科学上の思いがけない大発見のことを言います。これから、上田先生の言葉を引用しながら、ナノカーボンにおける発見はすべてセレンディピティだったということをお話したいと思います。

「運のよい人は偉い人」というのは、1978 年に、上田先生が『半導体研究所報告』で最初に書かれたことです。「私は、自然の研究を宝探しと考えています」。いい言葉ですね。

宝探しに行くわけですから、「人の歩かないところに出て行かなくてはだめです」。「独自の考えで未開の荒野を開拓し、幸運に恵まれてそれをつかんだ人を、独創的と言ってもよいと思います」。偶然に発見すると、なんだ、偶然の発見じゃないかと言われます。そんなことはないのです。当座は偶然の発見と思われても、じつは後でよく考えると、必然的にその発見に行き着いていることが多いのです。これらを総じて、上田先生は「運のよい人は偉い人」と言われたのです。上田先生は、例えば飯島澄男先生のカーボンナノチューブの発見に対しても、最高級の讃辞を送っています。

上田先生は、名古屋大学を定年になってから、名城大学教授として新技術開発事業団の超微粒子プロジェクトを指導されました。その超微粒子プロジェクトの終わりのころの1984年に、『固体物理』の別冊で超微粒子の特集号を出されました。上田先生はそこに示唆に富む巻頭言を書かれています。私は当時、岡崎にある分子科学研究所の助手でしたが、これを読んで考えさせられました。私の長年の友人でもあるクラウス・ザトラーというドイツの科学者は、今はハワイ大学の物理学教授ですが、微粒子・クラスターで大きな仕事をしました。彼は大学院の時、5年間一本も論文を出せずに苦しんだ。4年間装置開発をして、最後の一年でやっと結果が出た。それは素晴らしい結果でした。上田先生は、「彼は一つの論文も出さない5年間を頑張り抜いて、遂に成功したという。長くかかっても、困難を克服して新しい道を開く精神は見上げたものである」と言っています。この話は、上田先生の御講演で直接お聞きしたことがあります。この論文です。1980年に *Physical Review Letters* に発表されました。アンチモン・クラスターを上田流のガス中蒸発法で作ってそれを直接質量分析するという、当時としては考えられないことをやり遂げました。マイクロクラスターの分野では有名な、パイオニア的な仕事です。

これは1980年代前半のことですが、私は上田先生の言葉に感化されました。大学院生時代から装置作りが好きだったので、上田先生の研究に技官として協力された、今日もお越しになっている高橋重敏さん（当時、分子科学研究所技術課長）の手ほどきを受けて、毎日、分子研で金属工作に明け暮れていました。まず、「影武者」という装置を作りました。なぜ「影武者」かと言うと、当時、黒澤明の『影武者』という映画が流行していたからです。2号機は1982年に完成した“Cosmos”です。なぜ“Cosmos”かと言うと、当時、カール・セーガンの《Cosmos》という科学番組があって、そこから取ってきたのです。分子研装置開発室の技官の堀米さん、岡田さん、鈴木さんたちの御協力を得て、2年かかって立ち上げました。こういうオリジナルな装置を立ち上げるのは上田精神の一番大切なところで、既存の装置では勝負しない。科学者として当たり前のことですが、私はそれを上田先生から学びました。

これは上田先生と高橋重敏さんが一緒に写っている、1987年の写真です。上田先生と私と一緒に写っている写真を探したところ、1994年のものが一枚だけありました。隣にるのが理学部地球惑星学科の教授だった熊澤峰夫先生です。熊澤先生は非常にアグレッシブな方なので、上田先生に難しい質問をされたんですね。上田先生の「困ったなあ、熊澤君

には」という雰囲気の写真です。

上田先生とナノカーボンのつながりですが、上田研では戦時中からガス中蒸発法という方法で、マイクロクラスターよりもう少し大きいサイズの、いわゆる超微粒子を世界に先駆けて作っていました。じつはこのガス中蒸発法が、1990年に起こった、ドイツのマックス・プランク研究所ハイデルベルクのクレッチマーらによるフラーレンの大量合成そのものなのです。その延長線上には、飯島澄男先生のカーボンナノチューブ発見があります。これでわかるように、上田グループが戦時中からやっていたテクニックを、クレッチマー先生らが1990年に改めて使って世界で初めてフラーレンを大量合成し、その翌年に飯島先生がカーボンナノチューブを発見したのです。ですから、上田グループがすべてのナノテクノロジー、あるいはナノカーボンの起源だということを御理解いただけるかと思います。

ナノカーボンは1990年に大量合成されました。しかしその5年前、1985年に、ハロルド・クロトーという、当時サセックス大学教授、今はフロリダ州立大学の教授が、宇宙における非常に長い直線状の炭素分子を電波望遠鏡で観測しました。クロトー先生の一番の疑問は、稀薄な宇宙空間でどうしてそんな直線状の炭素クラスターが発見されるのかということでした。いろんな実験を試みて、宇宙で発見されるような炭素クラスターを作ろうとしましたが、ことごとく失敗していました。それで、クロトー先生は1985年に、アメリカのライス大学のスモーリー先生のグループと一緒に、ある装置で偶然に、 $C_{60}$ という非常に対称性の高い分子を発見されました。もともとの動機は星間に発見されるような直線状の炭素分子を実験室で作ろうということでしたが、 $C_{60}$ はその研究途上で偶然に発見されたのです。いわゆるセレンディピティですね。

これは、フラーレンを偶然に発見して、第一報を *Nature* に投稿した直後に、スモーリー先生の実験室の前の芝生で撮った記念写真です。私は、スモーリーとクロトーに聞きました。「どうして記念写真を撮ったのか?」「いや、篠原、これはもう僕らは確信した。これはノーベル賞だ。確信したので記念写真を撮った」。1985年9月11日水曜日の午前中の写真です。実際、この11年後、1996年のノーベル化学賞を、この3人が取っています。御存知のようにノーベル賞は3人枠なので、受賞者は5人のプレーヤーのうち3人だけです。実際に実験したのは大学院生ですが、栄光は教授に輝くというよくある話です。これはハロルド・クロトー先生、リチャード・スモーリー先生。サッカーボールを持ってほほ笑んでいるのはボブ・カール先生で、スモーリー先生の同僚の教授です。この2人が実際に実験した大学院生です。ジム・ヒース、今はカリフォルニア工科大学の教授です。シーン・オブライエン、今はテキサス・インスツルメンツの開発部長です。この第一報は *Nature* の表紙を飾って、今朝の引用回数が7557回です。

フラーレンは実験的に確認されましたが、ほんとうに丸い、いわゆるサッカーボール状の構造しているのかどうかわかりませんでした。ところがその5年後、ドイツのマックス・プランク研究所ハイデルベルクのグループが、偶然に、これもセレンディピティで、非常に簡単な方法でフラーレンを大量合成できることを発見しました。じつはこのマックス・

プランク研究所のグループは宇宙物理学者でした。宇宙物理の研究者には有名ですが、220 ナノメートルに非常に強い正体不明の吸収が 1960 年代後半から宇宙空間で観測されました。いろいろな起源物質が言われていました。シリコン系の微粒子、あるいはグラファイトの微粒子。マックス・プランク研究所のグループはクレッチマー先生がリーダーで、いろいろな炭素微粒子を実験室で作って、吸収スペクトルを取って、これと合わないかという実験を繰り返していました。

その実験方法は、まさに上田流のガス中蒸発法です。ヘリウムガスのなかに 2 本のグラファイト棒を接して電流を流すと、接触抵抗によってグラファイトが蒸発して、いろんなタイプの炭素の微粒子ができます。その微粒子を集めて吸収スペクトルを取って宇宙の吸収スペクトルと比べるという実験を、10 年近く繰り返していました。こんな簡単な装置です。今でもマックス・プランク研究所ハイデルベルクの物置にあります。これはその結果の吸収スペクトルです。横軸は波長、縦軸は吸収です。宇宙空間において実際に 220 ナノメートルで観測される吸収はこれです。例えば、ガス中蒸発法で 40 トール (Torr) のヘリウムだとういう吸収です。ピークはそこそこ合いますが、幅がずいぶん違う。ところが 1989 年夏、短期に訪れていた大学院生が、偶然にも実験条件を変えてしまいました。通常は 40 トールでやりますが、100 トールにすると、ここに赤く示したような新しいピークが出はじめます。これは何だということで研究していくと、じつは C<sub>60</sub> の吸収でした。

この話を 1990 年 9 月、ドイツのコンスタンツで、クレッチマー先生が飛び入り講演されました。じつはこの会には、齋藤弥八先生や田中信夫先生や私も出席していました。クレッチマーさんはこの会議で初めて、C<sub>60</sub> の大量合成法を発表されました。クレッチマーさんはこの会議に前後して、*Nature* の表紙を飾る論文を書かれました。今朝の引用回数は 5259 回です。コンスタンツはスイスとの国境に近い、非常にきれいな湖畔の町です。私はこのホテルに泊まりました。後で気づきましたが、ヴィラ・アムゼーという非常に有名なホテルでした。このホテルに、クロトー先生と一緒にノーベル賞を取られたスモーリー先生も御夫妻で泊まっていました。

フラーレンの発見から 20 年経っていますから、今では年間このくらい作れます。フラーレンはいろいろなものに入っています。面白いことに、最初にフラーレンが応用されたのはスポーツ用品です。ゴルフのシャフトや、テニスやバドミントンのラケットなどに応用され、エンジンオイルや、最近では化粧品にずいぶん応用されています。

私は齋藤弥八先生と、フラーレンのブレイクスルーから一緒に研究を始めました。何か新しいことをしたいということで、われわれが注目したのはフラーレンのなかに金属を入れる研究です。金属内包フラーレンと呼ばれる物質を作って、その構造解析、物性の研究をずいぶん行ないました。これが MRI の造影剤によいということが、10 年ほど前にわかりました。御存知のように、MRI は X 線造影に比べて体に優しい。最近では、臓器特異的、あるいは癌特異的な MRI ができるようになりました。MRI に入る前に、静脈から 2 cc くらい造影剤を打ちます。その造影剤の開発競争が今、世界中で活発に行なわれています。

金属内包フラーレンは造影剤として非常によいことがわかって、アメリカや中国ではいくつかのベンチャー企業が立ち上がっています。

話をナノカーボンの基礎に戻します。今までの話は  $C_{60}$  の話ですが、フラーレンにはもっと大きなサイズ、 $C_{70}$ 、 $C_{90}$ 、 $C_{100}$  もあります。実際に実験室で作れるのは  $C_{100}$  くらいまでです。では、もっと大きな、1000 とか 1 万のフラーレンはないのか。カーボンナノチューブは一枚のグラファイトシート（グラフェン）をシームレスに丸めるだけですから、大面積のグラフェンを使えば長いカーボンナノチューブを作ることができます。

カーボンナノチューブは、皆さん御存知のように飯島澄男先生の発見です。飯島先生が発見されたのも、じつはセレンディピティです。私はずいぶん前から、飯島先生の発見はセレンディピティだと言っていました。ある時、飯島先生が「篠原さん、僕の発見をセレンディピティと言わないで」とおっしゃいました。ところが最近、飯島先生御自身の講演でもセレンディピティだとおっしゃっています。どんなセレンディピティかと言うと、フラーレンを作る時に、さきほど紹介したガス中蒸発法ですが、プラス極とマイナス極のグラファイトを放電すると、大体ここが 4000 度になる。グラファイトは 3800 度が昇華温度なので、瞬時にしてグラファイトが昇華します。それがヘリウム中でコンデンスしてフラーレンができます。飯島先生は、できたフラーレンではなく、実験が終わった後のスラグに注目されました。負極の先端に、私や齋藤さんがスラグ（どうでもよいもの）と呼んでいたものがあります。そのスラグの中心部に、カーボンナノチューブを偶然に発見されたのです。もう少し詳しく言うと、当時、齋藤先生も私も三重大学工学部の助教授でした。齋藤先生の学生さんが、名城大学の安藤義則先生のもとに通っていました。安藤先生も上田門下のお一人です。フラーレンをなるべくたくさん作りたくて、安藤先生の大きな放電装置を使いに通っていたのです。放電した後、齋藤先生の学生さんはフラーレンのすすを持ち帰りましたが、安藤研にはその後のスラグが一杯たまっていました。1991 年の 4 月の初めだったと思いますが、飯島先生が別件で安藤先生を訪問された時に、飯島先生はそのスラグを見て、これは何かあると直観されました。NEC の基礎研究所に数本持ち帰って調べ、その中心部にカーボンナノチューブを発見されたのです。

第一報は *Nature* に発表されましたが、面白いことにカーボンナノチューブという言葉を使っていません。ヘリカルマイクロチューブルズという、ちょっと舌をかみそうな名前で、さすがに飯島先生もあまりお気に召さなかったようです。第二報からは、NEC 基礎研究所の所長だった覧具博義さんと相談されて、今われわれが使っているカーボンナノチューブという名前にされました。今朝の引用回数が 12234 回です。

ナノチューブはいろいろなものに応用されています。北京の清華大学の范守善先生と台湾の Foxconn の合弁会社が、カーボンナノチューブの透明導電性フィルムをスマートフォンに組み入れました。あるいは最近、カーボンナノチューブで次世代のトランジスタ電子回路を作ろうという研究も、非常に盛んに行なわれています。カーボンナノチューブとフ

ラーレンは私の研究室の主なテーマですが、こういう面白いものを作れます。ナノチューブの空間のなかにフラーレンがどんどん入っていくということで、ピーポット（さやえんどう）と私たちは呼んでいます。金属内包フラーレンも、カーボンナノチューブのなかに入れることができます。面白い電子顕微鏡像があるので、一つだけお見せします。これは産業技術総合研究所の末永和知さんとの共同研究です。カーボンナノチューブのなかに入れた金属のフラーレンがあります。この丸いドットが金属原子、この場合はテルビウム原子です。電子線があたっているので、ナノチューブもフラーレンもだんだん伸びていきます。フラーレンのこのあたりに伸びができて、そこから原子が飛び出す瞬間をとらえたビデオです。この原子が飛び出します。飛び出しましたね。こういう面白い現象もピーポットで観測しました。

芥川龍之介に『蜘蛛の糸』という小説があります。大正 7 年に一気に書き上げた、800 字ぐらいの短編です。主人公はカンダタ。カンダタがよいことをしたので、お釈迦様がカンダタだけに蜘蛛の糸を垂らして天国へ行かせようとしたら、下からどんどん悪人が登ってくるので、カンダタが「お前ら登ってくるな」と言った瞬間にプツンと糸が切れて、カンダタは地獄に落ちてしまうという話です。これがカーボンナノチューブの糸なら切れません。カーボンナノチューブはフラーレンと同じで直径 1 ナノメートルですが、幸いなことに撚ることができます。どんどん撚って太くできる。これは産総研の齋藤・湯村・飯島グループの 5 年くらい前の結果です。今は 1 センチくらいまで太くできます。現に中国の范守善先生のグループは、1 センチの太さで数百メートルのカーボンナノチューブを作っています。そうすると、これを 3 万 5000 キロまで伸ばすことができれば、宇宙エレベーターを作ることができます。静止衛星まで 3 万 5000 キロですから、普通のワイヤーを使うと自重で切れてしまう。NASA のシミュレーションによると、唯一カーボンナノチューブだけは軽いので切れない。静止衛星は 3 万 5000 キロ上空を飛んでいますので、いま 500 メートルのナノチューブを 3 万 5000 キロにするにはしばらくかかるとは思いますが、こういう夢のある話があってもよいと思います。

昨年、惑星状星雲に多量のフラーレンが発見されました。C<sub>60</sub> と C<sub>70</sub> です。Spitzer Space Telescope という赤外線衛星で、TC-1 という惑星状星雲を調べたら、C<sub>60</sub> と C<sub>70</sub> が非常に高い、ほとんど実験室の S/N 比で観測されました。ということは、宇宙に行けば多量のフラーレンがあるということです。

ところで、上田先生はテニスのプレーヤーとして有名でした。私も二度ほどテニスを御一緒させていただいたことがあります。上田先生はプロテニスプレーヤーの佐藤直子選手と対談されています。「何が得意かな。粘ることですね」。上田先生らしいですね。僕も実感がありますが、上田先生のロブはいやでしたね。でも、上田先生はロブをあげているつもりはないんです。「バシッと打ったつもりでも、ごらんになる方は「あ、上田さんのロブ」と言われる」。確かに、バックラインの 15 センチにみんな入るんです。

上田先生の教え子の一人に、理学部の技術部の増田さんがおられます。高橋重敏さんの

直接のお弟子さんです。鈴木さん、余語さん、野田さんも皆さんテニスプレーヤーで、私も40年近くテニスプレーヤーです。先日、増田さんの退職記念にテニスをしてきましたが、私が持っているラケットに注目して下さい。これ、じつはフラーレン入りです。高反発のヨネックス製のNANOSPEED-RQ7です。

御清聴いただきまして、どうもありがとうございました。

独創の育つ社会を作りたい！  
——ゲノム解説からサイエンスフロンティア高校へ——

和田 昭允

御紹介をいただきました和田でございます。この背景にある絵は宇宙から見た地球です。北アメリカ、ヨーロッパ、日本の三極が輝いております。今日は若い方もずいぶんいらっしやいますが、ぜひこの日本をますます輝かせていただきたいと考える次第です。

さて、なぜ生物物理をやっている和田がここにいるんだと不思議に思われるかもしれません。私は東京大学理学部化学教室の森野米三先生の弟子です。森野先生のところで卒業論文をまとめ、それから2年間、助手をいたしました。その後、アメリカに行ってしまったわけです。森野先生は上田先生から気体電子回折装置をいただいて、われわれもその装置で研究しました。気体の電子回折ですから、もちろん低分子です。ですから、今日の話は少し毛色が違いますが、むかし上田先生の装置で低分子を実験していた人間が、生命のほうまで発展していることを理解していただきたいと思います。その気体電子回折装置の第一号機がこれです。

じつはもう一つ、上田先生と接点があります。丸善が出している一般向けの物理雑誌『パリティ』の創刊座談会に、光栄にも上田先生とならんで私が入って、いろいろ座談をさせていただいたのです。今から25年も前ですけども、そういうことがありました。

私も「上田語録」に大いに刺激されて、今からお話するような私自身の仕事も、叱咤激励されながらしたわけであります。上田先生がよくおっしゃるのは、「基礎と末梢、純正と応用」。それから、「学理から技術へ、技術から学理へ」、「知力、判断力、勇気」、「基礎勉強、基礎演習、基礎研究」、「指導開発、追従開発、自主開発」。最後にちょっと毛色は変わりますが、「楽しむ理科教育」ということをおっしゃっています。

上田先生によれば、「世間ではみんな、基礎と応用というふうに言っているけど、そうではないんだ。基礎の対極は末梢である。応用の対極は純正である」。基礎の上に大枝小枝が茂るのだと言われています。上田先生のこういう文章は、必ず最後にピリッと辛子が利いています。「純正末梢研究をして基礎研究をしていると思っている人がいかに多いことか」とおっしゃっています。

もう一つおっしゃっているのは、「学理から技術へ、技術から学理へ」ということです。「日本人の多くは、学理を応用して技術を開発すると思っている。しかし、そうではない」と。「残念ながら日本人は、学理を生むような技術を開発したり、技術のなかから学理を育てた経験に乏しいから、教壇に立つ先生まで、学理が先で技術が後と思いついでいる。このあたりに日本の科学技術のくちばしの黄色さが窺われる」。必ずちょっと辛子が利くんですね。

上田先生は科学と技術の関係についても書かれていますが、上田先生とは全く独立に、

私はサイエンスとエンジニアリングは、高度な人間の思考過程としては同じものだと考えております。ただ、その対象は、一方は自然システムであり、一方は価値実現システムです。いずれにせよ、モデル構築があって、それを確認しながらこのサイクルを回して、よりよいものに持っていくという点では同じことです。したがって、科学と技術の間に線を引くのはおかしいことであって、あっちへ行ったりこっちへ行ったりすることでお互いが発展する。これは上田先生のお考えとも同じだろうと思います。

さきほどの志村さんのお話にも出ましたが、寺田寅彦の「ルクレチウスと科学」です。要するに、「機械実験によって現象を系統化し帰納する能力」と「数理的分析の能力」がある。一方が多くて一方が少ない人はいるけれども、いずれも「ルクレチウスの直観能力」は優れているということです。

上田先生がもう一つ言われているのは、「基礎勉強、基礎演習、基礎研究」。「日本人は勤勉で基礎勉強をよくする」。しかし、だいたい日本人の若手がやっているのは「基礎演習」の程度であると。また最後にピリッと辛子が利いて、「自分の研究が基礎演習の域を脱したと思う読者には、挙手をお願いしたいものである」と書かれています。

同じように、研究開発にも「指導開発、追従開発、自主開発」があって、簡単に言いますと、だいたい外国に指導されて開発する、それから追従して開発する。ほんとうの自主開発は日本では少ない。また、「日本人は模倣がうまい。特に最近の日本の技術は、原画にまさる模写画を生産しているみたいだ。どんなに巧妙でも、模写画家がほんとうの画家のような顔をしてふるまえば滑稽である。少々言葉が過ぎたが、確かに似たところがある」と言っておられます。

さて、ここで少し私の専門の生物のお話をします。少しリラックスして聞いていただきたいと思います。これはオトシブミというカブトムシで、体長はせいぜい1センチか2センチくらいのもので、オトシブミは葉っぱを巻いて、そこに卵を産みます。これは卵を産むからメスですが、自分が卵を産んでよい葉っぱかどうか検査しています。ナラやクヌギの若葉です。大丈夫そうだと思うと端から巻きはじめます。だめだと思うと飛んで行って、ほかの葉っぱを探します。

今からこの葉っぱを巻き始めますが、言うまでもなく、オトシブミは誰にも教わったことはありません。親にも会ったことがないわけですから。しかし、これからごらんになるプロセスは全部、1ミリにも足りないであろう脳味噌のなかに入っています。この葉を先からグルグル巻きます。しかし、ここに主葉脈が通っています。主葉脈は硬いので、刻み目を入れて軟らかくしています。刻み目はもう入っていますが、念のためにもう少し入れているのかもしれない。

これはサイエンスであり、エンジニアリングでもあります。それを私は申し上げたいわけですが。生物を見ると、サイエンスとエンジニアリングがいかに交差しているかがわかります。ここが出っ張っています。彼女はこれが気になるのでたくし込みます。これはどうというプログラムで入っているのでしょうか。生命とはこういうものなのです。いま一生懸

命巻いています。きちんとなっていてますね。ここに穴が空いているので、ここに彼女はお尻を突っ込んで卵を産もうとしています。全部で1時間くらいかかる作業らしいですが、映像は5分くらいにまとめています。ここも、ほどけないようにきれいになっていますね。また気になるので、ここをちょっと修理していますね。全部巻き終わりました。これで切り落とします。これがちょうど巻紙に書いた手紙のようで、切り落としますからオトシブミという名前がついています。彼女はこれを切り落として、地面の上に落ちます。まさにオトシブミの状態になるわけです。彼女は終わったと思って安心していますが、人間という恐ろしい生物がいて、ほんとに産んでいるのかなと思って切ってみます。これがやがて幼虫になる次第です。

そこで、生物とはいったい何だろうか。要するに、混沌としたなかから森羅万象に秩序が生まれてきますが、物質帝国の秩序は御存知のように繰り返しの秩序です。一方、生命王国の秩序は、繰り返しではない、いろいろなシメトリの秩序です。40億年前に自分で自分と似たものをつくる分子系ができて、40億年経ったこの大木の幹にわれわれもいるわけです。地球上にはもう一つ秩序があります。それは人間が作ったエンジニアリングの秩序です。

生命とはいったい何だろうか。簡単に申しますと、3つの大きな特徴があります。一つは巧妙な階層構造です。メートル単位から10のマイナス10乗メートル、つまりオングストロームのレベルまで、生物個体から細胞、DNAまでが連続してつながっているわけです。ですから、DNAを読むとどういう生物から来たDNAかがわかる。犯人もこれでわかるということは、最近の新聞記事でよくおわかりだと思います。

もう一つの特徴は、濃密な素子集積であります。縦軸は1立方センチメートルあたりに部品が何個入るかを刻んだものです。昔の真空管なら1個も入りませんが、言うまでもなくだんだん集積が進んでいる。しかし人間が集積するのは、ほかからピンセットなりクレーンなりで物を持ち込まなければならない。したがって2次元集積に終わってしまうわけですが、生物は3次元集積です。なぜ3次元集積ができるかというと、部品は自分が入り込む場所を知っているのです。自分が相互作用を持たなければならない相手を知っているから、だんだんにブラウン運動で動き回ってぶつかって、一つのものができるわけです。

3番目の特徴は、極度の情報の軽量化であります。これは、文字あたりの重さを対数目盛でプロットしたものです。人間は1文字あたり1トンなんてものも作っていますが、生物だとDNAという、原子を文字にした情報集積を知っているわけです。

いま3つの特徴を挙げましたが、どれもこれも、われわれの常識から考えると途方もないものです。生物は非常に奇異に見えるわけです。それでは、この生物をどうやって調べたらよいか。古い生物学では、ゾウのような巨大な生命体を、ある人は牙に触って「スベスベして硬いものだ」と言い、ある人は足を抱いて「ブヨブヨしたものだ」と言っている。これが古典生物学の世界です。しかし、こういう複雑なものを調べるには、最終的にデータベースがいる。それには定量的精密データがいる。コンピューターによる情報科学

処理がいる。当たり前の話です。それで私がいたしましたのは、DNA 自動解析装置の製作であります。

これは、1983年に初めて出した論文であります。これが出るまでのいきさつを少し紹介させて下さい。論文発表に至るまでのやりとりです。最初に投稿したジャーナルのレフリーの意見は、「このDNA自動解析装置は専門家による解析のレベルには達していない。したがって却下すべきである」でした。私はコチンときまして、「彼のコメントは、自動車や機関車の発明当時、「この機械は馬のように自由に走れないからだめだ」と言ったに等しい。科学技術の歴史は、人間の巧妙さを機械で置き換えてきた歴史でもある。彼の言葉は、自動解析機の真価を理解できなかった研究者もいたということで、歴史に残すべきものである」。そうしたらジャーナルの編集者からすぐ返事が来まして、「非常によいから修正してもう一回出せ」と言うのです。しかし私はせっかちなものですから、ほかのジャーナルに投稿して、「この論文は、ほかのジャーナルに投稿したのですが、不幸にしてレフリーの無理解のために却下されたものです。ここに、私と編集長との意見のやりとりのコピーを同封します。もう少し大所高所に立って、革新的な発想を理解できるレフリーを選んで審査して下さい」と書き添えました。そうしたらすぐ返事が来て、「前のレフリーは論文の価値を十分理解していなかった」と。“Publish as is”という返事がまいりました。

こういうふうに、新しいことをすると必ず理解してくれない人がいるのです。今日は若い方が一杯いらっしゃいます。将来、論文を書かれると思いますが、だいたい論文のレフリーなんて3分の2はアホだと思って下さい。それで、「彼の言葉は、自動解析機の真価を理解できなかった研究者もいたということで、歴史に残すべきものである」。このことを知ったアメリカの人は、シカゴにある、こういう文書を保管する文書館に、今の手紙のやりとり全部を入れてくれましたので、まさに現在、歴史に残っているわけです。

これが、私が *Nature* に書いた“Automated high-speed DNA sequencing”（高速DNA自動解析）です。その最後に、「21世紀には、われわれはDNA解析センターを先進国に見るであろう。それは、従来の高エネルギー加速器や巨大望遠鏡などとならんで、人類の知の探求のシンボルとして建設されるだろう」と書きました。これを読んでアメリカは、カッカしてDNA解析に乗り出したわけです。アメリカは日本と違って、とにかくナンバー2になるのが大嫌いですから。

どれくらい解析したかと言うと、DNAは原子の文字で書かれていますが、何文字あるかと言うと、ウイルスやバクテリアは下等生物ですから、せいぜい1万文字とか100万文字ぐらいです。人間は30億文字であります。1文字を1ミリの大きさとしてズラッと比べると、北海道と台湾の距離になります。これを人類は6年で読みましたから、やはり科学技術の進歩、ことに生命を測るという計測技術の進歩には素晴らしいものがあります。

さて、そこで日本も遅まきながらゲノム科学総合研究センターを作り、そこでヒトの遺伝情報を読みました。それだけでは面白くないというので、チンパンジーと比較しよう、どこからが人間なのかを比較しようというプロジェクトを始めました。それから2年後に、

ヒトとチンパンジーの遺伝情報の違いは1%程度だという結果が出ました。この1%というのは、さきほど言った原子の文字を100文字読んだうち1文字が違うという意味です。2002年の正月、日本の全紙が掲載してくれましたが、社会的にもかなり興味を持っていただけの証拠として、その1週間後、新聞の川柳欄に面白い川柳が出ました。「チンパンジーぐっと態度がでかくなり」。それで、どうして1%かと言うと、約500万年前まではヒトとチンパンジーは先祖が同じです。そこからそれぞれが突然変異と自然選択で分かれてきたのです。

ちなみに、インターネットで「チンパンジー」あるいは「チン」と「ブッシュ」という2つのキーワードで検索すると、チンパンジーとブッシュさんに似ている顔が100以上出てきます。あるところで僕がこれを見せたら、省は言いませんが霞ヶ関のお役人は、「一国の元首に対して失礼だ」と、僕には言ってきませんでした。どこかで言っていたらしいです。そうではないんですよ。これを出してケラケラ笑っている自由な国柄が大事なのであって、どこかの国でやったら命がいくつあっても足りない話です。

これは、さきほどの志村さんの話にも出た中谷宇吉郎先生の言葉です。「人間には二つの型があって、生命の機械論が実証された時代がもし来たと仮定して、それで生命の神秘が消えたと思う人と、物質の神秘が増したと考える人とがある。科学の仕上げ仕事は前者の人によってもできるであろうが、ほんとうに新しい科学の分野を拓く人は後者の型ではなかろうか」。

上田先生は、「国全体でなくても、日本のどこかに理科が好きで好きで仕方がない先生が集まり、理科が好きで好きで仕方がない生徒を集めて、理科を楽しむ学校を創設できないものだろうか。昔の貧乏日本ではそんなことは夢の夢だったが、今日の日本では哲学次第で実現可能と思う」とおっしゃっています。じつはこれは実現しました。3年前に作った横浜サイエンスフロンティア高校がそれです。ぜひインターネットで、「横浜サイエンスフロンティア高校」を検索して下さい。そこにいろいろな紹介が出ております。私も週に一回、生徒たちを集めて、アフタヌーンティーでクッキーをつまみながら話をしている次第であります。幸い *Nature* の2009年5月9日号で記事にさせていただきました。

ちょうど時間になりましたので終わらせていただきます。どうもありがとうございました。

## 座談会

上村：

私は不肖の孫ですが、たまたま名古屋大学に勤めておりますので司会を務めさせていただきます。物理のことはよくわかりませんので、間違いを言ってもお許しいただきたいと思います。最初に私から少し質問させていただきますが、あとはもう百戦錬磨の先生方ですので自由にお話いただく形にしたいと思います。

まず、志村先生の「漱石と寅彦」のお話について。『寺田寅彦随筆集』は物理学者の余技としてのエッセイなのかなと思っていましたが、じつは寅彦は漱石から感性の面で大きな影響を受けた文学者的科学者だった。また、漱石も科学者的文学者であり、寅彦から多くのことを学んでいたというお話でした。ところが現在では、文系と理系を隔てる垣根は非常に高く、名古屋大学でもグリーンベルトをはさんでふだんはあまり交流がありません。漱石と寅彦の時代にはそのような交流がいとも容易に可能だったのはなぜなのか、今日それを再現することは可能だろうかというあたりから、志村先生にお話いただければと思います。

志村：

たぶん容易だったと思います。漱石は百年以上前に書いています。専門がどんどん狭くなっていくと針の先で井戸を掘るようなものだ、深いことは深い面積が狭過ぎる、というのです。昔の学者は、いろんなことを自分でやっていましたし、いろんなことを知っていました。ところが昨今、目先の成果を追い求めるせいか、非常に専門化が進んでいます。よく「私は専門バカです」と言う人がいます。たぶん謙遜して言われるのですが、私はほんとうにバカじゃないかなと思います。私は、自分の専門のことしか知らない人にその話を聞く気は起きないですね。専門バカの専門の話なんて知れているのではないかと思いますのでね。今は目先の成果を追い求めるせいで道楽ができなくなってしまうのではないかと。狭いことにしか目を向けられなくなって、それでも通用するような社会になっているのではないかと思います。

上村：

忘れておりましたが、志村先生は、まさにそのような広い視野からのダヴィンチ的文理芸融合を体現されている方です。ところで、志村先生と和田先生は奇しくも同じ寺田寅彦のルクレチウスの三次元図を出されました。そのなかで一番大事なのは直観力であり感性だというお話でした。志村先生に言わせると、これは教科書では学べなくて、師弟という人間関係のなかでしか学べない。どうしたらそのような感性を育てることができるでしょうか。あるいは、ものすごい研究を可能にする感性というものの中身をもう少し御説明い

ただけないでしょうか。

**志村：**

どの分野でもそうだと思いますが、人間は五感を通して対象を認識しますよね。しかし、例えば視覚でも、ある波長範囲の光しか見えないのが厳然たる事実です。五感の範囲内であれば、買ってきた装置で得られるデータだったら誰でも得られる。一流と二流以下との差がどこに出るかと言うと、五感では認識できない、第六感あるいは感性とか勘の部分です。そこが勝負の分かれ目だと思います。しかし、感性というのは簡単ではないのです。知識は与えることができても感性は与えようがない。私は子どものころから不思議なことだらけで困っていますが、不思議だと思わない人に「なぜ不思議だと思わないのか」と言っても仕方ありません。やはり、教科書やインターネットから学べるものではない。師匠を見て、師匠はなぜあんなことに感激するのかと感激する。さきほどの和田先生のオトシブミの話には私も度胆を抜かれましたが、ああいうことを本気で調べる師匠をそばで見れば、そこからいろんな感性が広がっていくのではないかと思います。

**和田：**

ほとんど同じことを申し上げることになると思いますが、知識には2つあります。一つは形式知、もう一つは暗黙知です。形式知というのは、式や文章に書ける知識のことです。一方、暗黙知は式や文章に書けない。例えば、死はほとんど暗黙知です。ですから、高校生くらいになると、死とは何か、愛とは何か、とか考える。あれは全部、暗黙知で延々と議論が続くわけです。

人間の頭のなかには、形式知の100倍くらい暗黙知がウヨウヨ泳いでいると思います。その暗黙知をいかにうまくつなげるか。暗黙知がつながって一つの知識になる。よく、天才は一を聞いて十を知ると言いますが、何も無いところから九が出てくるはずはありません。一の形式知が入るとそれが核になって、そのまわりにウヨウヨ泳いでいる九の暗黙知がピタピタピタと寄ってきて、一つの新しい知識を形成するということだろうと思います。

師弟関係について言えば、師というものは強烈な暗黙知を与えてくれると思います。それはやはり、一般から受ける暗黙知と、師から受ける暗黙知の違いだと思うのです。

**上村：**

和田先生は横浜サイエンスフロンティア高校で新しい教育を試みられているとのことでした。そこでは感性や暗黙知をどんなふうに伝えようとされているのか、御紹介いただけないでしょうか。

**和田：**

毎週1回、授業が終わった後、だいたい20~30人を限度にして、コーヒーを飲みながら

クッキーをつまみながら話します。その冒頭で生徒たちに言うのは、これは知識を受けるところではないよと。君たちは教室で立派な先生からいろんな知識を受けているだろう。しかし、その知識はバラバラではだめだよと。少し知識があると、それを知恵でつなぐ。そうすると、自分の知識になって膨らむ。面白いからまた知識が欲しくなる。知識が増えると、また知恵を使って膨らませたくなる。このサイクルに持ち込むことが大事だと。知識と知恵のサイクルをいかにつくるか、というようなことを具体的に話しています。

**市川芳彦（名古屋大学名誉教授、フロアから）：**

横浜サイエンスフロンティア高校は素敵だ、素晴らしいと僕は思います。しかし、そうやって教えられた生徒が進む日本の大学はいかがでしょうか。

**和田：**

そこが大問題なんです。来年の3月に初めての卒業生が出ます。たぶんある程度は一流大学に入れるかもしれないけれども、そんなに入れなと思います。

**市川：**

先生をつかまえるようで申し訳ないけれども、先生が一流大学とおっしゃる意味は何でしょうか。

**和田：**

ごめんなさい。正確に言うと「いわゆる一流大学」です。入試の偏差値が高いのが、いま「いわゆる一流大学」になっているわけです。おっしゃる通り、そこが大問題です。

**上村：**

もう一つぜひお聞きしたいと思ったのは、科学と技術の関係についてです。和田先生はオトシブミの印象的なビデオを見せて下さいました。生物によるエンジニアリングで、これはサイエンスだろうか、それともテクノロジーだろうか、その境界は全くないのだというお話でした。また、篠原先生のお話では、宇宙を漂う塵の研究からC60が発見されて、今やそれがテニスラケットの改良につながっている。最初から技術開発をねらって発見したわけではないのに、そのようにつながっていく。そのあたりのメカニズムはどうなっているのか、まず篠原先生に伺いたいと思います。

**篠原：**

基本的には異種格闘技なんですね。異分野間で最高級の研究グループが相互作用するとセレンディピティが起こって、たぶんプロジェクト研究よりもっと根幹的な発見が行なわれるのだと思います。一つのグループとか同じ分野だけで閉じていると、なかなかそうい

うことは起こらない。今回のナノカーボンの発見も、宇宙と微粒子という異分野ですね。異分野間が相互作用すると、大発見が生まれるのではないかと思います。

**上村：**

セレンディピティはどこでも生まれる可能性があるのでしょうか。篠原先生の研究室のように非常に革新的な研究が進んでいるところもあれば、やり方が決まって安定期に入った研究室や学科もあると思います。そういうなかで、若い研究者が大発見をするチャンスはどこにでもあるのでしょうか。あるいは、「玉手箱につまずく」というのは、具体的にどうということなのでしょうか。

**篠原：**

若い人、特に高校生には「誰でも可能性がある」と私は言っています。ほんとうのところは、たぶん無意識のうちに周到に準備されていて、最高級の技術なり知識のあるグループが異分野と相互作用する時に、セレンディピティが起こって大きな発見が行なわれるのではないかと思います。その際、今めざしていることにまっしぐらであることが必要です。まっしぐらでないとセレンディピティは起こらない。フラーレンの発見もナノチューブの発見も間近で見えています、まっしぐらです。同時に、非常に高い技術、飯島先生の場合なら高い電子顕微鏡技術が必要です。それがないと、待っていてもセレンディピティは起こらないと思います。

**上村：**

非常に面白い話になってきました。田中先生からも何か一言いただければと思います。

**田中：**

さきほどから師弟関係とか雰囲気という言葉が出ていますが、私もそう思います。ハイレベルをめざしている若い人は、ホームページを調べたり、いろいろな本を読んだり、いわゆる *How to Study* のような本も読んでおられると思いますが、それをいくら読んでも、さて自分がどうすればよいかはわかりません。下手をすると、頭のよい人ほどそこで迷ってしまうと思います。それはやはり実物で検証していくしかない。そのなかで、大学の研究室が非常に重要な位置を占めると思います。

私は、上田先生の名古屋大学工学部の最後のころに幸運にも上田研究室にいました。4年生から上田研にいましたが、一番感銘を受けたのは、上田先生や助教授の美浜和弘先生が白板の前で「田中君、一緒に考えようじゃないか」と言ってくれたことです。4年生と先生とか、そういう区別は一切なしです。それから、ふつうは論文を読んで言葉で説明しますが、上田先生はそれをまず図に描いてみろと言われました。もちろん図にも表現力の限界がありますが、言葉で説明するよりは、その人がわかっているかどうか、お互い意思

疎通ができていくのがよくわかる。

最近ではパワーポイントで教授と学生がコミュニケーションして、「お前のパワーポイントは悪いから直せ」なんて言いますが、白板で議論したり、実際に実験室で何かをしたりすることが大事です。大学の教授にそういう時間が少なくなってきたのがよくない。その点、昔はよかったと思いますね。

**上村：**

ありがとうございました。先生方どうしでお聞きになりたいことや、これはぜひ言っておきたいということがありましたらどうぞ。

**和田：**

私が上田先生から学んだ一番大きなことは、上田先生が言われた個々のことではなくて、じつは上田先生は当たり前のことをおっしゃっているのです。ですから、世の中でいかに当たり前のことが言われていないかということ、上田先生がおっしゃったことから悟ったのです。それが最近ますますひどくなっているのではないかと私は思います。当たり前のことを言わないことがね。上田先生がおっしゃっていることは非常にシャープで、皆さんズバツと来ますよね。しかし、当たり前のことなんだから、ほんとうはズバツと来なくてよいのです。僕はそう思いますが、皆さんどうですか。

**田中：**

いま『雑文抄』に残っている文章を書かれる途中では、研究室でもずいぶん話題にされていました。上田先生は非常にはっきりとした文章を残されていますが、それを出すにあたっては人間らしい不安を持っておられました。それを美浜先生に話して、隣の研究室の加藤範夫先生にも話されました。加藤先生のシャープさを、上田先生は最後の頼りにされていたと思います。

**上村：**

教育や科学の発展、さらに日本の社会はどう変わっていかなければいけないのかという話題に、だんだん近づいていると思います。志村先生の3匹の亀の図がありましたが、志村先生の理想は、科学の親亀が一番下にどっしり構えていて、その上に技術が乗り、その上に産業が羽ばたくということでした。しかし、現実にはそれが逆になっているのはいか。現状の問題点から未来に向けて、もう少し詳しくお話いただければと思います。

**志村：**

私は戦後生まれですが、日本は物質的には豊かになりました。けれども、それに反比例して精神が貧弱になっていると思います。哲学や宗教、道徳が一掃されて、誰にもでもわ

かる価値と言えばお金や物質です。結局そちらになびくとすると、ものになるかならないかわからないことに一所懸命になる人もいなくなるだろうし、そういうことにお金を出す人もいなくなる。結局のところ、目先のことだけに目が行く人が多くならざるを得ないし、社会もそれを求めている。昔の日本は今と比べると物質的には豊かではなかったけれども、精神的には圧倒的に豊かだったという気がします。

結局、鍵を握っているのは政治家です。最近、政治家を見ているといやになるけれども、その政治家を選んだのは国民なのです。こういうことを言うと身も蓋もないですが、非常に厳しい状況ですね。上田先生も、60年単位で考えるべきだと言っていました。教育の成果が出るには60年必要だということですので、口でカッコいいことを言うのは簡単ですが、現実問題として60年の規模で根本的に考えていかないとだめだと思います。

**篠原：**

いま私が危惧しているのは、大学教授や研究室スタッフが忙しいことです。しかし、われわれは仕事だから仕方がない。問題なのは、学生が忙しいことです。今の学生は非常によくサポートされていて、文部科学省や科学技術振興機構の研究費もいろいろ取れます。ただ、研究費を出す側は見返りを要求します。そのために、学生が研究に十分に集中できないという状況がある。もう一つは、いろいろな賞のことです。学生諸君が賞を取るのは非常によいことですが、賞を取ることをめざしてしまうと問題です。

昔の大学は非常に優雅でした。サポートがない代わりに無限の時間があって、じっくり装置開発ができて、それが基盤となって研究者として羽ばたけました。今はそういう時代ではなくなってきた。学生には賞を取らせてどんどん羽ばたいてほしいと思う反面、これでよいのかなといつも自問しています。

**和田：**

おっしゃる通りと言うほかないですが、やはり先生も若い連中も余裕がなくなっていますね。これを何とかしなければなりません。もう一つ、私が非常に心配しているのは、若い人たちが内向きになって、世界的な規模で物事を考えなくなっていることです。上田先生の写真を見ると、外国の研究者との近しい交流の様子がずいぶん出てきます。今後の若い研究者はああいうことができるだろうかというのが、もう一つの心配です。

**田中：**

私は工学部にいますが、工学部では博士課程に行く学生が多くありません。工学部の大学院は通過機関だと考えている人もいるわけで、そういう人に先端的研究をやらせるのはなかなか難しいと感じます。蒲郡にトヨタが作った海陽学園という中高一貫校があります。ああいう学校が、これからどんなふうになるか。私は母校の向陽高校でスーパーサイエンスハイスクールの指導員をやっていますが、その後いわゆる一流大学に行った

ら元の木阿弥になるのではないかという危惧があります。

話が飛ぶかもしれませんが、先端的研究は多人数ではできません。10人でも多すぎるくらいで、5～10人くらいの濃密な関係が必要です。そのなかで、さきほど篠原さんが言われたように、異質な者どうしが交流することが大事です。上田先生は、「前衛的科学家」ということを言われました。国民全体の教育水準を上げるとともにエリートを育てていく、そのバランスが非常に難しいと思います。和田先生はこのあたりのことに関する御意見をきって持っておられると思いますが。

**和田：**

エリートについて一言申します。横浜市が開港150周年記念で横浜サイエンスフロンティア高校を作ったわけですが、もう10年くらい前から計画していて、私も最初から関係しているものですから、今はスーパーアドバイザーということになっています。猛烈な反対がありました。なぜ横浜の市税を使ってエリートを育てるのかと。エリートという言葉は禁句なんですね。文部科学省のある若い役人が、「文部科学省のなかでちょっとエリートという言葉を使ったら、局長に呼びつけられて「お前、その言葉は使っちゃだめだ」と言われた」と言っていました。世の中でエリートと言われているのは霞ヶ関にいる悪い意味でのエリートであって、ほんとうの意味でのエリートが今の世の中から消えているのが大問題だと思います。

市税を使ってなぜサイエンス高校を作ったかと言うと、経済的に苦しい家庭にも優れたサイエンスの頭脳を持った子どもはたくさんいます。公立がエリートを育てるのをあきらめて平均値ばかり作っていたら、私立でしかエリートは育てられなくなる。そうしたら、お金のない家庭からはエリートが出なくなってしまう。これはもう、ぜひ多くの公立高校に頑張ってもらいたいと思います。

**上村：**

興味深いお話が続きますが、だんだん終了時間が近づいてきました。パンフレットにも載っていますが、「明治180年の夢」というのがあります。明治180年まであと36年なんですね。もうずいぶん間近になりました。今の高校生や大学生が実力者になるころ、多くの研究や技術開発のもとになるようなオリジナルな基礎研究が日本から続々と輸出される時代が到来するかどうか。「明治180年の夢」を実現するために、何をしたらよいでしょうか。

**篠原：**

最近スーパーサイエンスハイスクールなどで話をすることが多いのですが、高校生諸君は目が輝いていますね。最近では、大学で教えるより高校で教えるほうが、少なくとも講義に関してはワクワクします。そのワクワクした高校生を、大学でもそのまま卒業まで持つ

ていかなくてもいけないと思います。21世紀を背負う若者を育てるのがわれわれの仕事なので、ワクワク感を高校生や大学生に伝えられるように頑張りたいと思います。

**志村：**

最近若い人が夢を持たないですね。それはなぜかを話し出すと長くなるからやめますが、われわれ先輩が夢を与えるようなことを言ったり示したりしなければいけないと思います。夢に対して、篠原先生は「まっしぐら」と言われました。私は、それいいなと思いました。やはり、まっしぐらでなければいけないと思うんです。それから、アランが『幸福論』のなかでよいことを言っています。「夢というのは山と同じで逃げていかない。しかし、よじ登らなければいけない」。だから、まず夢を持たなければ話にならないし、夢を持ったらぶらぶらしてはいけません。まっしぐらによじ登ることが大切です。夢を持つ楽しさとよじ登る楽しさを、われわれ先輩連中は伝えなくてはいけない。それがわれわれの責任ではないかと思います。

**和田：**

今おっしゃったこと、全くその通りです。では、どうしたら夢が持てるか。最近雑学が少なくなりました。志村さんのような雑学の大家がほとんどいなくなりました。ですから、雑学の重要性を私はサロンで教えています。高校生にはもっと雑学の重要性を知ってほしいと思います。

**田中：**

私がやりたいと思っているのは、ほんとうに理科が好きな人たちの学校です。大学院レベルか、そのもう少し上のレベルで実現できないだろうかと思っています。例えば、私の専門は電子顕微鏡ですが、そういうのが好きな人が集まって、昔の上田先生や加藤先生がやっておられたような議論の時間を持てないか。篠原先生は管理職でお忙しいですが、もっと自由に時間を取って、白板の前でナノカーボンについて議論する場を作れないか。パワーポイントのイラストできれいに仕上がったものからは進歩は生まれません。新しい発想は、白板を使った会話のなかから生まれてくるのだと思います。

**上村：**

ありがとうございました。会場には一言お持ちのすごい先生方がたくさんいらしているので、これから議論すればさらにヒートアップするとは思いますが、すでに20分くらい超過しておりますのでこの場はお開きにいたします。5時から豊田講堂裏のシンポジオンで懇親会があります。御講演いただいた先生方もいらっしゃいますので、ぜひその場で議論の続きを盛り上げていただければと思います。今日はお忙しいなかお運びいただきましてありがとうございました。

科学する精神と日本社会  
上田良二先生生誕百年記念講演会

---

2011年10月1日 発行  
日本物理学会名古屋支部  
応用物理学会東海支部  
464-8603 名古屋市千種区不老町  
名古屋大学工学研究科結晶材料工学専攻