

# 日本発の科学技術

人類にはまだ知らない事、できない事が山程ある



晝馬輝夫

浜松ホトニクス株式会社 代表取締役社長

## 浜松ホトニクスの生い立ち

本日の題は「日本発の科学技術」ですが、私は産業人ですので、「日本発の新しい産業を作りたい。そのために新しい科学技術が必要なのだ」という視点で話したいと思います。

大正12年に浜松高等工業ができたとき、私どもの会社の技術的な親分であった高柳健次郎が浜松に戻り助教授になりました。当時の関口校長が「なぜ、ここに来たのか？」と問うと「無線遠視法（無線で遠くを見る方法）を作りたい」と答えたそうです。つまり、テレビジョンの開発です。

テレビジョンは、光のもつ情報を電子に移してそれを電波で送り、再度光の情報に戻すという技術です。いわば高柳は光電変換技術を開発したといえるでしょう。その光電変換技術を使って光電面を作ろうと、彼の弟子である堀内平八郎が創立したのが我が社です。我が社の生い立ちが独自の光技術にあるということは大きな強みです。

さて、知識には暗黙知と形式知の両方があると、一橋大学の野中郁次郎先生から伺いました。「日本の産業は終身雇用の従業員が多く、何かを作っているうちに理屈は

分からないが上手く出来てしまうコツをつかまえる。この、口で説明できないような知識が暗黙知だ」と。一方、形式知は、数学・物理・化学などの学問を使った知識のことです。「産業として競争力をもつには、誰にでもわかる、できる、という知識だけでは駄目だ。競争力をつけるための科学技術というには、入るのは形式知からかもしれないが、暗黙智の獲得も非常に大事だ」と野中さんから教わり、私もなるほどと思いました。トヨタが非常に強いのは従業員が暗黙知を持っている、秘伝を持っていることだろうと思います。

## 光技術の可能性

次に、光がなぜそんなに重要なのか、という話をしましょう。旧約聖書「創世記」の冒頭は「天地創造」です。ここには、「神が天地を創られたが、最初地面がドロドロと物の形をしていなかったのに気づき、光を作るのを忘れたということで“光あれ”と言ったら光ができた。その光を使って、6日間で夜の星やら天と地のありとあらゆるものを全部作った」と書いてあります。これを現代物理学で考えると、光は物質を造る糊、物をこしらえるための道具となります。光技術をさまざまに駆使していけば、物の根源にいきつくというのが、我が社のコマーシャルです。その例をいくつか紹介しましょう。

図は「大豆の発芽根からの微弱発光観察」です。つまりモヤシですが、出てくる光の1粒1粒（フォトン）がどこから出てどこに当たったかをあらわしているのが、フォトンカウンティング撮像です。フォントンの数の多いところが赤く、少ないところが青で表されています。赤いところは、実はモヤシの成長点です。ここでは、CO<sub>2</sub>とか水とか光とかによって、物質が合成されています。光がたくさん使われるので、当然こぼれてくるものも多く、こういう画像が得られるのです。これは最近の



開催風景

絵なので綺麗に映っていますが、最初の頃はノイズだらけでした。バイオ・フォトンという言葉がいわれ始めた頃のこと、うちが世界で最初にその撮影に成功しました。

もう一つは、フォトンを使ったヤングの干渉実験です。光源の水銀ランプを減光して非常に弱くし、箱の中にフォトン1個ずつ入れ、同時に2個のフォトンが入らないようにします。箱の中には、スリットとスクリーンがあります。光が強ければ、当然干渉縞が出ます。しかし、不思議なことに、フォトン1個ずつ通した時も、最初はポチン、ポチンと点がスクリーン上にできるだけですが、最終的には干渉縞ができてしまう。1個のフォトンが2個のスリットを通過してきたと説明する以外に今のところ手がない。

これはかなり前に、有馬先生のご指導の下に行った実験です。

### サイエンスと科学

サイエンスは日本では科学と言いますが、ブリタニカ百科事典によると、「サイエンスとは芸術、宗教あるいは哲学の如く、『絶対真理』を求める人の心の動き」とあります。『絶対真理』というのは、じつは私が付け加えたのです。サイエンスが人の心の動きならば、サイエンスと科学は同じものではなく、サイエンスの結果生まれた色々な知識を科目別に分類したものを科学というのではないかと思います。人類には未だ知らないこと、出来ないことが無限にあるので、絶対真理はこの人類未知未踏領域にあると考えています。

ですから絶対的真理というものはどこかにはある。だからこそ、我々が存在し、宇宙が存在するのですが、そのところは今の我々には分からないのです。それをどういうふうに分かるようにするか、というのが一つの問題ではないかと思います。

ビジネスの話をする、サイエンスがあって、そこから科学が出てきて、多くの新しい技術が出てくる。そして、新しい応用を考え、新しい市場が出来て、新しい産業も起きる。ここで金儲けが目的だとしたら金を儲け、心掛のいい人、あるいは欲の深い人は、その儲けた金で新しい技術を仕入れてくるというのが今までのパターンでした。

今後、日本が世界の一流国として生きていこうとするのなら、新しい産業を自ら起こさねばなりません。新しい産業というのは、人類に対して新しい生き方を与える、

あるいは新しい価値観をつくるものだと思います。新しい価値観が生まれれば、新しいサイエンスも生まれてきます。こういうダイナミックな知の循環の原動力になるのが産業活動だ、あるいは新しい産業を作るといことだという認識を持っています。

### 早期発見・早期治療を実現する検査法

人間の価値観を変える新しい産業としてどんなものがあるか、は難しいところです。日本の大きな問題の一つとして、高齢化社会があります。その進展に伴い医療費が増大し、莫大な支出になると考えられています。これを何とか安くできないか。私は、目前のこととして、定期検診、早期発見、早期治療をやりたい。ポジトロンCT (PET)用の光電子増倍管を作り、世界のPETメーカーに供給してきました。ポジトロン(陽電子)は、質量やその他の物理学的性質は電子と同じですが、電荷だけがマイナスではなくプラスなのです。

従来、人間の体の中でどういう機能が働いているのか、を実際に調べる方法がありませんでした。X線CTとかMRIというのは、生体の解剖学的構造を、つまり解剖した時にどうなっているのかを解剖なしに見えるようにしたものです。例えば、脳がどう働いているのかなどの機能を調べるのは非常に難しかった。これが、PETでは可能になります。

酸素の同位体である酸素 $^{15}$ ( $^{15}\text{O}$ )はポジトロンを出す「ポジトロン放出核種」です。酸素 $^{15}$ に水素を反応させると水になる。その水を、例えばアルバイトの学生の静脈に注射し、学生に数学の難題を考えさせる。その時、脳のあるところで一所懸命考えていたとすると、そこではエネルギーがたくさん要るので血流量が多くなる。血液の中に入っている酸素 $^{15}$ も、そこに溜まってくる。酸素 $^{15}$ は陽電子を放出しますが、その陽電子が消滅するときにガンマ( )線を出します。その線を計測して、これをCT技術で処理すれば、ここのところで数学の難題を考えていることのわかる画像が構成できます。脳の働きだけでなく、癌の存在を示す画像も得られます。実際に脳の活動を調べるときは、グルコース(ブドウ糖)にポジトロンを放出するフッ素の核種を入れ、これを注射して様子をみる人が多いですね。グルコースは脳活動におけるエネルギーの素です。

さて、PET研究者のヘンリー・ワグナーというアメリカの大学教授に会った時に「おまえがHAMAMATSU

か？けしからん。俺たちは一所懸命良い薬剤を作って脳の研究をするようになったのに、今のPETカメラは分解能が悪すぎる。PETメーカーにそういうと、『それは検出部に使われている光電子増倍管の質が悪いからだ。光電子増倍管はすべて浜松ホトニクスがつくっている』と答える」といわれました。そこで「我々はもっと良いものをつくれるのだが、PETメーカーが安物を欲しがって良いものを使わないのだ」と応酬した後に、「ならば、日本の科学技術庁からお金をもらい良いものを作って見せてやろう。しかし我々は使い方を知らないの、その点を協力してくれ」ということになり、国際会議も始まりまし

た。出来上がったものが「PET：陽電子断層撮像装置」(図1)です。当時、PETの一般的な分解能は約10mmでしたが、この装置では、真ん中で2.4mm、端で4mm位の分解能をもち、世界最高です。これを使って痴呆の診断をします。健常人の65歳男性とアルツハイマーの女性患者の頭のグルコース分布図を見ると、その違いは素人にはほとんどわかりませんが、専門家が見るとわかるそうです。

次に、これでデータベースを作ろうということになり、複数の人間の脳の画像を足して標準となる画像をまずつくりました。大きさも形もいろいろと違う脳の足し合わせには、ワシントン大学の箕島先生が開発したソフトをいただきました。図2の1段目は、健常人14,5人分のデータを全部足したものです。2段目はアルツハイマーの症状がある男性のデータを取ったものです。較べると多少違うかという程度ですが、これを健常人のデータベース

画像から引き算をしてみます。それが3段目の画像です。違うところが一目瞭然に出てきて、アルツハイマーだということがはっきりわかる。この例の場合はずでにアルツハイマーの症状が出ていますが、こういう手法を使えば発症の約3年前には検出することができます。現在、私どもの従業員も含め、いろいろ測っておりますが、該当する者が数名いるようです。

さらに頭だけでなく、全身用のPETも作ろうということになった。大型化すると測定誤差が多くなってしまいますが、分解能が悪くなると文句を言っているにもかかわらず、とにかく作ってみた。図はガン患者の転移病巣検索です。胃は切り取ったが、血液検査から癌がまだ残っているようだという癌患者を測定したものです。転移の詳細がはっきり得られています。このことから、定期検診・早期発見・早期治療の実現の可能性がはっきりしました。

しかし当時のPETでは、一日当たり6~8人位しか測れない。そこで新しいものを作りました。このPETは検出部の奥行きが非常に長いので、従来、小さいものでも全身を5回に分けて測定していたところを2回で測れます。そして昨年8月には、PETセンターを作りました。ここには、新しいPETはもちろんのこと、ヘリカルX線CTとかファンクショナルMRIなど最新の装置をいれました。X線CTの検出器も、その大部分は我が社が供給しています。

センターでは、同意を得た我が社の従業員1500人を対象に、原則的に5年間測り、健康かそうでないかを見つけていこうとしています。また、プレ・スクリーニングも



図1 PET:陽電子断層撮像装置

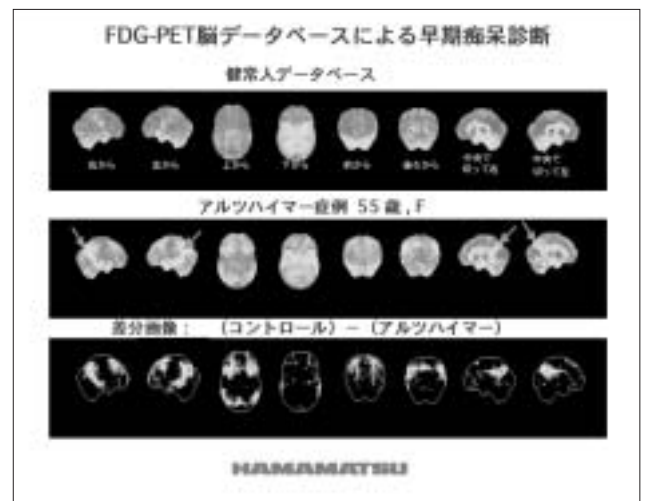


図2 FDG-PET脳データベースによる早期痴呆診断





会場質疑の模様

合わせてやろうとしています。通常は、検査で癌のみつかる人は1%くらいです。わずか1%の人を見つけるために100%の人に放射線を照射するのは感心しない。プレ・スクリーニングとして、尿分析と呼気分析と固視微動分析を今始めているところです。

2003年12月までにプレ・スクリーニングと各種CT検査を632人に行い、怪しい人が30人位見つかりました。細胞診をやると、そのうち9人に癌が見つかりました。600人中9人というのは、一般的には確率が高すぎます。早期の癌を見つけることに医者は非常に神経を使っており、微かに出ている兆候も怪しいということで細胞診をやったら出たということです。身体のほうも、先程のアルツハイマーの診断のように、コンピューターが判断できないものだけ医者に診てもらおう方法を作りあげたいと努力しています。

#### 核融合と植物工場を結ぶ半導体レーザー

私どもは、40年近く大阪大学のレーザー核融合研究所と一緒に仕事をしています。レーザー核融合では、1度実験をするとレーザーがものすごく熱くなるので、冷めるまでじっと待っていなければなりません。だから頑張っても1日3回しか出来ない。この中のこの波長のところだけ(吸収スペクトル)に合うような光を出すような半導体レーザーが出来ないか。また、電気を作るためにやるのだから電気を食うようでは困る、せめて50%位のエネルギー変換効率で光を出してほしいという要望がまし

た。ちなみに、CDなどで使っている半導体レーザーのエネルギー変換効率はせいぜい1%くらいで、零コンマのものもあります。

では頑張って作ってみようということになり、試作品をつくりました(図3)。ネズミ色の所からレーザー光が出てきますが、1つの棒からおよそ100Wくらい出ます。実はここに100個くらいのドットがあり、その1つ1つから約1Wのレーザー光がでます。今では220Wくらいまで出るようになりました。世界最高のエネルギー変換効率で、出力もトップクラスのレーザーです。

レーザー核融合実現まで待たないと、この半導体レーザーの市場が無いというのでは困る。そこで、色々な用途を探そうということになりました。1998年のちょうど米が不作の年に、半導体レーザーで水耕栽培を照らして米を作ってみようと言いましたら、70日で米が出来ました。これなら1年に5回、五期作ができるので、電気が安くなれば非常に安く出来るだろうと思いました。どこからもお金が出ないので、自分達で建物を作り、レーザーで稲を照らしました。赤色光は半導体レーザー、青色光はLEDを使っています。人間の目は青に感度が良く赤に感度が弱いので青が強いように見えますが、光の量からいうと1対10位です。建屋内を幕で仕切り、幕のこちら側は夜であちら側を昼とし、12時間毎に上のレーザーを移し変えていくという実験をしました。我が社の前の最高顧問を偲ぶ会に間に合うように酒を作ろうということで、3年間かけて作ったら大変美味しい酒ができましたが、計算すると一升30万円の酒でした。

次には、電気が高いので米では駄目だ、植物プランク



図3 半導体レーザーの試作品

トン半導体レーザーで照射してみたらどうか、ということになりました。ユーグレナという植物プランクトンは炭酸ガスをいっぱい吸ってくれる。こういうものをたくさん作り、まず炭酸ガスを減らす。これ自体は食べても美味しくないので、これを原料に有機化学を駆使して、アルコールを作る。それができればプラスチックをつくってみるなどして発展させる。そこから日本発信の新しい産業を作っていく。工場での植物生成が基なので、気象や気候に影響されず、きちんとした産業にできます。しかし、そのためにはやはり電気が安くなければなりません。レーザー核融合で電気を安く作り、その安い電気を使って植物工場で工業材料を作るといことにしたいと思っています。

光産業創成大学院大学の設立へ

図4は浜松ホトニクスの技術応用分野を示しています。皆さんがご存知の言葉ばかりですが、皆の出来ないことをやろうというのが我々のモットーです。それをちゃんとやるには、人材を育てなければなりません。それにはどうするかと、霞ヶ関の官庁街を陳情に回ったのですが、どうにも話が通らない。すると天の配剤が、浜松の館山寺の北の7万5000坪の土地を非常に安く買うことができました。ここに光産業創成大学院大学を作ろうということで、一昨日その準備財団を作るための1回目の会合を開き、日本経団連の奥田会長にも理事として出席してもらいました。(図5)

この大学院は、今まで出来なかったこと、知らなかったことをやろうということですから、学生が自分で考え

ることが基本です。優秀かつ根性をもった学生がやりたいと思うことがあれば、光の技術を駆使し、ありとあらゆる努力をして、それが出来るようもっていかうではないかと...。学生がつくった会社に出資をして、潰れる会社は諦め、上手くいく会社を応援しよう。こういうことをやろうと思って努力しています。

ノーベル賞授賞式での写真(右下)をご案内します。カミオカンデの光電子増倍管のお金を小柴さんからちゃんと貰わなくて損したという話もありますが、これ以来あちこちに呼ばれるようになりました。大学院大学設立の話も、田舎の小さな会社が突拍子も無いことを言っているが、ノーベル賞を貰うような研究に大事な役割を果たしたのだから信用しよう、経団連も「お前が言うのなら」ということで話を進めていただいているところがあると思います。つくばの皆さまにも是非いろいろ助けていただきたいと思っています。

全身全霊の努力で幸運の女神をつかむ

ハワイ島のマウナケア山頂(標高4200m)にはすばる望遠鏡があります。その評議員を務めているため、地鎮祭や竣工式によばれました。巨大望遠鏡で宇宙の果てを見るということです。「宇宙の果てを見て何をするのか」という私の問いへの答えで、本当に初めて、この人たちがビッグバンで宇宙が出来たということ、腹の底から信じていることを知りました。

150億年か200億年前にビッグバンがあって、それから10秒経った時には、宇宙に現存する粒子が全部出来てしまった。その後は、それが宇宙のあちこちを回ったり、



図4 ホトニクスの応用分野



図5 光産業創成大学院大学

色々なところに留まったりして、今の宇宙になっている。ですから1926年に生まれた私というのは、その時にポツとこの世に現れたのではない。私を構成している物質はすべて、200億年前に出来たものがぐるぐる回って、たまたま今私を構成しているだけなのです。我々の体をつくっている物質は各々相当な情報を持っているはずですが、我々の意識との間のコミュニケーションがだんだん取れなくなってきている。大昔の人はもっと簡単に通信していたのではないかと思っています。今では、全身全霊で努力することによってのみ、幸運の女神の到来を知り、これを掴まえることができるのではないかと思います。「ビッグバンの前は何か」と聞くと、「神様」と研究者もいふのだから、我々自身の努力がそれに対して繋がっていないということでもない気がします。

これで「日本発の新しい科学技術、新しい産業が出来ないかな」という話を終わらせていただきます。ありがとうございました。

### 会場質疑

質問：暗黙知が非常に大切だということは分かります。しかしながら、果たして暗黙知は開発できるものなのでしょうか？ 開発できるとしたら、どうしたらいいのでしょうか？

書馬：我が社でやってきたことの一つは、次のようなアドバイス、視点を与えることです。「毎日色々な仕事をしているだろうが、言われた通りに、常識的にやっていることを、今一度なぜこんなことをやっているのかということを考えてみよう。すると、単純な作業でも、その意味が分からないことがたくさんある。そんなことを考えていると、もう一段奥に入っていくことができるぞ」ということです。また、いつも私がうちの連中に言っているのは、『『この山が分かった』とは、『一番高い山だと思って登ってみたら、その裏にもっと高い山があった』ということだ。だから、分からないことが無くなるということはない。人間というのは、最初から全部分かるようにはできていないのだ』と。

我が社の従業員がまだ3,4名だった頃に、静岡大学工学部電子科の卒業生が入ってきて、彼にはガラス管を洗う仕事をさせました。アルバイトのおばさんと一緒になって1~2ヶ月洗っていたが、ある日「この仕事をいつまでやるのですか？自分も静岡大学を一応卒業しているので、

一生やるのなら考えねばなりません」という。そこで、「ガラス管を何のために洗っているのか？」と質問をしたところ、「綺麗にするためだ」と答える。「それでは、どうすれば綺麗になるのか？」とさらに聞くと、「何もなければ綺麗だ」と答えつつ、ハッと気がついたのです。ガラス管を洗えと言うのは、「どう洗えば綺麗になるのかを見つける」ということだったと。

高い分析器などを買うことは出来ないで、タルクの非常に細かい粉を水の上にパラパラと撒くことを、彼は考えだしました。綺麗に洗ったと思うガラス管をその中に突っ込むと、本当に綺麗ならばタルクの粉がガラス管の中に上ってくる。一方、汚いガラス管を入れるとタルクの粉がパーッと退いてしまう。彼の見つけた洗い方を適用したガラス管の壁に光電面を作って光電管を作り、松下電工に納めて、街頭の光電管となったのです。

質問：どの企業もこれからは業績評価ということで、その評価基準に悩んでいると思います。社員をどう評価し、どのようなタイミングで報いていけば良いかについて、企業の社長の立場からお聞かせください。

書馬：難しいですね。私が基本的に社員に言っていることは、「誰か一人が何か見つけたとか、開発したということとは、大勢の人間が一所懸命やっていることの集積の結果が、たまたま誰かのところにポツと訪れて、その人がたまたま気付いただけだ。その人一人が他よりもうんと偉いわけではない」ということです。我が社では特許を出したときに3000円、登録すると6000円出します。評価に関しては、普通の評価も行いますが、「俺はこんなに立派だ」という自己申告もさせます。しかし、実際に書



中日新聞社 提供

ノーベル賞授賞式にて



かせてみると「俺はこんなに駄目なのだ」という人間がいっぱい出てきて、偉いという人が出てこない。「俺はうんと利口で何もかも知っているのだ」と言う人間は、じつは「知らないことがいっぱいある」ということを認識していないのだと思います。

我が社では、ボーナスにある程度の能力給みたいなのを付けます。現在は業績をみながら判断していますが、かって決算になると、付加価値の45%は給与に回そうということになり、給与として支払ったものが45%より少なかった場合は、その差額を原則として能力に比例して配分したこともあります。しかし、金が無いので現金ではなく、次に我が社が増資する時の株を持つようにさせています。今は東証1部に上場していますから毎月集めて買っています。最初のころは、利益は出ているが金はないという状況でした。黙っていると税金にもっていかれるからもっと金が無くなる。どうやって利益を減らすかと考えついたのが、賞与は出すけれど預かってしまう方式です。賞与は損益になるので、税金も減るといことです。それで「株を持って。会社がうまくいけばお前ら儲かるぞ。嫌だと言う奴にはやらないぞ」と言ったのです。質問：浜松ホトニクスは光を根幹に据えて仕事をされており、中でも軸になっているのが光電子増倍管の技術だと思います。現在は浜松ホトニクスの一人勝ちのような様相ですが、当初はGEを始め競争相手が大きかったと思います。世界に打ち勝つためにどんな局面があったかを聞かせてください。

晝馬：RCAやEMI、フィリップスとかの光電子増倍管を使っている人から、ヒステリシス現象があって困っているというのを聞いて、工場の床の上にその製品を置いて、ああでもない、こうでもないと言っているうちに原因がわかった。原因がわかればこちらのものです。つまり、問題箇所を皆が工場の中で一所懸命に追究して直す。それが「20年もRCAにこれを直せと言いつけていたのだが、お前のところはわずか2ヶ月で直してきた」という話になった。皆で一所懸命やればできるのだという自信を全員がもつようになり、これが大きな強みとなりました。だから、例えば20インチの光電子増倍管を作れと言われれば、作ったこともないのに「よしきた」と言ってやってしまう。基礎的な知識はたくさん持っていたので、面白いほど進展しました。

質問：産学連携という面で、何か役に立った経験がありますか？ また、今までの経営上の最大の失敗は何でし

ょうか？それをどうやって克服されたのでしょうか？

晝馬：最大の失敗は、小柴さんに騙されたことで、巨大な光電子増倍管を作ってみたら、お金が無いと言われました。けれども、それがノーベル賞につながり、一躍、浜松ホトニクスが実力以上に評価されるようになったのは意外な儲けものでした。

産学共同の話はたくさんあります。大阪大学の中山千代衛さんとレーザー核融合の共同研究を始めたとき、一番の難題は「ストリークカメラ（超高速光検出器）を作れ」と言われたことです。その当時我々の光電子増倍管で時間分解というのは、シングルナノ(10の-9乗)秒のオーダーをどう実現するかだったのに、いきなりピコ(10の-12乗)秒を実現してくれと言われた。アメリカの球では測れるということでしたが、その猿真似するのは嫌なので、そのころ作っていたマイクロチャネルプレートを入れたものを開発した。しかし、作った方がいいが、日本ではまだピコ秒のパルスを出すレーザーが無かったので。ロンドンの南で行われていた第1回レーザーオプト展示会にそれを出したら、ストリークカメラに興味をもつ人がいろいろと現れました。ローレンス・リバモア研究所のレーザー研究のボスが来て、「どの位の時間分解能があるのか？」と聞くから、「日本にはこの性能を測れるレーザーが無い」と答えたら、「帰りにサンフランシスコに寄れ」という。寄ってみたら「是非あれをカメラにして持ってこい、俺の所で測ってやる」というのです。そこで2ヶ月くらいで大急ぎで作って私が抱いて持って行った。1週間ほどで全部測ってくれました。ちょうど、日本の研究機関がストリークカメラを買う時期になっていて、しかも前年にロンドンの商売敵が来日してデモをやったために、皆その会社の値段で予算を取っていた。そこに、こちらのより安価で優秀な製品を見せたら、皆これを買ってくれることになった。この例の場合、私どもは「学」の方からニーズを貰ってきたわけです。「学」にはニーズはあるが、その作り方はご存じない。なまじ偉そうに「こうしてああして持ってこい」というのは大抵駄目なのです。「何が欲しいのかを言ってくれ、そしたらこっちで勝手に作るから」と先生方に言ったことがあります。そういう意味での産学共同はずいぶんやりさせていただきました。

SAT