

本田財団レポート No. 96

第21回本田賞授与式 記念講演 (2000年11月17日)

新材料と新光源の創造  
**地球環境を救う技術革新**

カリフォルニア大学サンタバーバラ校  
材料物性工学部教授

中村 修二 氏

CREATING NEW MATERIAL AND NEW SOURCE OF LIGHT  
Technological innovations protecting the earth environment

Commemorative Lecture at the Twenty-First Honda Prize Awarding  
Ceremony on the 17th November 2000 in Tokyo

Professor Shuji Nakamura  
Material Department  
University of California, Santa Barbara

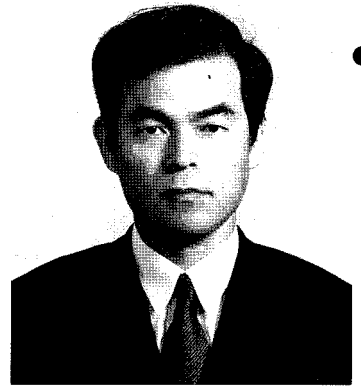
財団法人 **本田財団**

## 中村 修二

カリフォルニア大学  
サンタバーバラ校 教授

**Shuji Nakamura**

Professor, University of California, Santa Barbara



### ■略歴

- 1954年 愛媛県西宇和郡瀬戸町大久で生まれる  
1973～77年 徳島大学工学部電子工学専攻  
1977～79年 徳島大学工学部大学院修士課程専攻  
1979～88年 日亜化学工業（株）、赤外LEDとLED用結晶材料の研究、開発  
1988～89年 フロリダ大学で客員研究員、Si上のGaAs結晶成長の研究  
1989～99年 青、緑色LEDと紫色半導体レーザーの研究、開発  
1994年 徳島大学より博士課程取得  
2000年～現在 カリフォルニア大学サンタバーバラ校材料物性学部教授

### ■受賞歴

- 1996年 仁科記念賞  
1997年 大河内記念賞、MRS Medal Award  
1998年 IEEE Jack A. Morton Award, British Rank Prize  
1999年 Julius-Springer Prize for Applied Physics  
2000年 Carl Zeis Research Award

### ■会員資格

日本応用物理学会  
レーザー学会

### ●主な著書：

「The Blue Laser Diode」他150件以上

### ■Personal History

- 1954 Born in Seto-cho, Nishiuwa-gun, Ehime Pref.  
1973～77 Majored in electronics at Department of Engineering, University of Tokushima  
1977～79 Master's Course at the University of Tokushima Graduate School of Technology  
1979～88 Nichia Chemical Industries Co., Ltd.; research and development on infrared LED and crystal materials for LED  
1988～89 Visiting Research Fellow at the University of Florida; research on crystal development of GaAs on Si  
1989～99 Research and development on the blue, green LED and purple semiconductor laser  
1994～ Obtained Ph.D. from the University of Tokushima  
2000～ Professor, Materials Department, University of California, Santa Barbara

### ■Awards

- 1996 Nishina Memorial Prize  
1997 Ohkouchi Memorial Prize, MRS Medal Award  
1998 IEEE Jack A. Morton Award, British Rank Prize  
1999 Julius-Springer Prize for Applied Physics  
2000 Carl Zeis Research Award

### ■Organization

The Japanese Society of Applied Physics  
The Laser Society of Japan

### ●Authorship, papers:

Over 150 items including 'The Blue Laser Diode.'

新材料と新光源の創造  
**地球環境を救う技術革新**

2000年11月17日

第21回本田賞授与式 記念講演

カリフォルニア大学サンタバーバラ校  
材料物性工学部教授

**中村 修二 氏**

## 環境重視のエコ・テクノロジーとマッチした新材料

本日はこんなにたくさんの人にお祝いに来ていただき、たいへんありがとうございます。まず最初に本田夫人、それから本田財団理事長川島理事長に御礼を申し上げます。先ほどは井村様から立派なご祝辞をいただき、感銘を受けております。それから、実際に今回の賞のお世話をいただきました本田財団の人々に深く感謝いたします。

私の研究成果といいますのは、省エネ・省資源につながるものでありまして、それが本田宗一郎氏の提唱した「エコ・テクノロジー」というものにマッチいたしまして、今回の賞を頂いたと思っています。

きょうの私の講演のテーマは「新材料と新光源の創造」ということであります。新材料というのは窒化ガリウムといたしまして、環境にやさしい材料であります。従来の化合物半導体というものは毒性のある材料でした。そういうことはあまり知られていないのですが、最近、化合物半導体は非常に普及していきまして、環境にやさしいということが重要なテーマになっていきますので、材料は環境にやさしいものになっています。それと、実際に材料を使って出来た発光デバイスは、非常に高効率で省エネということに貢献しています。さらに、従来の発光光源というのは寿命が数か月しかもたないのに対し、このデバイスの寿命はほぼ半永久的です。

### 半永久的に消えない電球

最初にお話しします発光ダイオードというのは半導体で出来たデバイスです。実際に見ていただくのがわかりやすいと思いますが、青白いのが窒化ガリウムで出来た青色発光ダイオードで、緑色のが緑色発光ダイオードです。従来は赤色のものしかありませんでした。

光の三原色というのは青・緑・赤ですが、従来あった赤のものに緑と青が加わったということで、この三つを混ぜると白になります。この三つの混ぜ方によっていろいろな色が出るわけです。白の光源というのは、家庭で照明に使われています。現在は電球や蛍光灯として使われているのですが、それらは寿命が非常に短く、数か月で切れます。

それが、こちらは半導体で出来ていますから、寿命は半永久的で、切れることはありません。そして、この場合は三色を混ぜるのでなく、青の光を蛍光体というものを使って白に変えています。(図1)

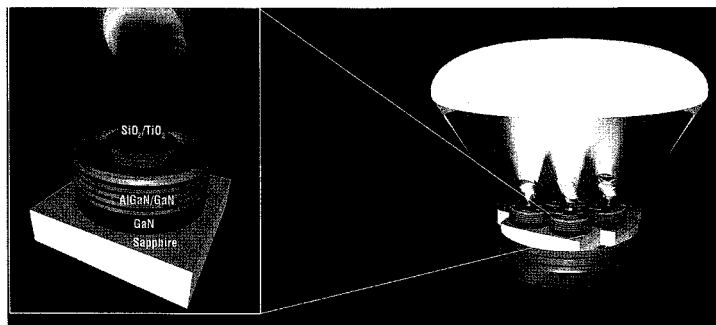
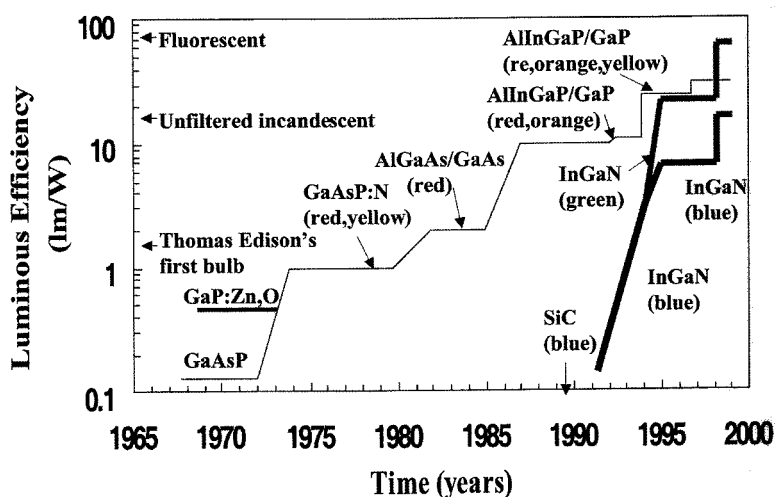


図 1

この白の発光効率は電球の約 2 倍以上あり、寿命はほぼ半永久です。皆さんが家庭で使われている電球は、数か月で切れてしまうことが多いですが、この半導体のものを家の光源に使いますと、家を新築したときにつけた電球が、今度家を壊すまで切れることがありません。

ですから、一つの特徴は省エネであり、切れないために材料も要らないということで省資源ということになります。ですから、今後、電球の世界はどんどん変わると思われます。

次の目標は、この効率を上げて蛍光灯のレベルまでいきたいわけです。蛍光灯の効率は高く、半導体発光ダイオード (LED) の 2~3 倍はあります。しかし、まだどこも発表はしていないのですが、実際にはそのぐらいの高効率の LED が研究室レベルでは出来かかっているのです。たぶん数年以内にはどこかが発表すると思います。あと何年かすれば、すべての光源が半導体で出来るということです。



(図 2 LED の開発年代)

画期的製品の開発のスタートは徳島から

昔、電気回路というのは真空管を使って出来ていました。しかし、ショックレーが半導体であるトランジスタを作り、すべてが半導体化された。それ以来、光源も半導体化しようとして発明されたのが発光ダイオードなのです。最初は赤だけしか出来なかったのですが、青と緑が出来るようになった。それをやったのが、私が以前いた徳島県阿南市にある日亜化学工業という会社であります。そして、そんなド田舎の会社でこんなものがいきなり出来たものですから、皆さんびっくりされたわけです。

なぜそういうものが地方の中小企業で出来たかということですが、ここで、私のおりました日亜化学工業の小川信雄会長、英治社長に、研究の場を与えてくださったことに感謝いたします。それと、日亜化学工業開発部で私と共に研究してくださった若い方々にも感謝したいと思います。それを最初に言うのを忘れていました。

私は徳島大学の電子工学科の修士課程を1979年に卒業しました。21年前のことです。それから縁あっていまの家内と結婚しまして、きょう来ている長女が出来ました。家内は徳島出身なものですから、徳島に残ることにしたのです。本当は卒業したら大手の会社に行く予定だったのですが、子供が出来て、子供は田舎で育てたほうがいいだろうということで徳島に残ったわけです。

当時、徳島にどういう会社があるのか私は何も知りませんでした。私がついていた教授が日亜化学だったら紹介してやるというので、「じゃあ、それでいいです」という感じで入ったのが日亜化学です。当時、この会社が何を作っていたかもまったく知りませんでした。入社して開発課所属になりました。

私が本田宗一郎氏を初めて見たのがテレビの画面でした。亡くなられたあとだと思っておりますが、本田宗一郎氏の特集をテレビで数時間やっていたのですが、それを見て感動したことがあります。本田宗一郎氏は小さな町工場からスタートされている。私が入社したときの開発課というのがまさにそれで、小さなバラックで、本田氏の町工場にそっくりだったのです。それが非常に印象深かったのです。

所属が決まった開発課は課長が一人と課員が二人、私が入って三人になりましたが、一人抜けたので結局課員は二人になりました。その小さなバラックの倉庫みたいな所で開発を始めたわけです。

## ● 開発・製造・販売一人三役で大活躍するも売れなかった時代

最初始めたのがガリウム燐(GaP)とあって、赤色発光ダイオードの材料となる結晶を開発することでした。これをいろいろ苦勞して3年ぐらいかけて製品化に成功しました。何の設備もないバラック同然のところで作ったものですから、私も本田宗一郎氏の苦勞は想像することが出来ます。何もないところでやっとならしたガリウム燐の結晶を売りに行きました。

売りに行く先は大手家電メーカーです。どの会社も試験はしてくれるのですが、いざ値段の交渉になると、値段を半値にしたら買うというのです。「あんたどこみたいな訳のわからないド田舎の会社から買って、もし品質に問題があったらどうしてくれるのか」と言うのです。当時の大手の家電メーカーでは、皆さん、大手半導体メーカーからそういう材料をすでに買っていました。

次に、ガリウム砒素(GaAs)という赤外とか赤色 LD に使う結晶材料の研究をやりました。それも3年ぐらいかかって一人で苦勞して作りました。お金がない会社ですから、自作で電気炉から何から自分で作るのですが、やっとの思いで製品化して売りに行くのです。当時の私は、研究・開発・製造・販売・営業と全部一人でやっていました。もちろん営業担当の方は、ベテランと一緒にいらっしゃるのですが、この方は蛍光体の営業です。ですから、半導体のハの字もわからないで、私が全部を一人でやらなければならなかった。ガリウム砒素もガリウム燐と同じ理由でまったく売れませんでした。売れないといっても、100万円ぐらいは売れたのですが……。

さらに、なかなか売れないということで、次にガリウムアルミ砒素(GaAlAs)というもの開発しました。これはエピタキシャルウェハーです。今度は実際に光ります。4年ぐらいで実際に赤色の発光ダイオードを作ることに成功しました。これも売りに行ったら、同じような理由で買ってもらえない。

結局、10年のあいだ、三つもの新製品を開発しましたが、ほとんど売れないということで、会社で立場が悪くなってきました(笑)。会社というのは売り上げを最も重視しますから、私の開発した製品は売れないということでケチンケチンなのです。それで私もキレました。

## 青色発光ダイオードの開発を社長に直訴

それまでの開発テーマは、すべて上司に言われたことをハイ、ハイと言ってやってきたのです。日本では、新入社員は上司に言われたことはハイ、ハイと聞くというのが鉄則です。結局、10年目にして私もキレまして、言われたことを聞いていたらろくなことはないと思ひまして、直接、小川社長（現会長）のところに行き、青色発光ダイオードの研究をやらせてくれと直訴したのです。

過去にも何回か上司には言っていたのですが、金もない、人もないところでどうやって青色発光ダイオードを作るんだと一言のもとにはねられていたのです。大手半導体メーカーや大学の研究室で出来ないものをなぜうちみたいところで出来るのかとけんもほろろにやられていました。そこで社長に直訴したところ「いいよ」とあっさり言われたのです。

私も調子がいいものですから、最初からお金を数億円出してくれと言ったところ、これまた一発でオーケーになりました。過去、私は開発にお金を使ったことが一度もなかったのです。入社する前年、会社は不景気でレイオフをやったぐらいでしたから、私は会社にはお金はないものだと思っていましたので、ずっとお金を使わずに来たわけです。今度は頭に来ていたので、半分やけっぱちで数億円出してくれと言ったら、いとも簡単にオーケーされた。おまけにフロリダ大学に1年間行かせてくれとも言いました。

青色発光ダイオードの反応装置に MOCVD（有機金属気相成長）という装置を使うのですが、当時、私は MOCVD についてまったく知らなかったし、海外にも1年ぐらい行きたいなと思っていたので、思い切って言ってみたら、これも簡単にオーケーが出た。会長に訴えた時間はわずか10分ぐらいですが、そのあいだにすべてオーケーが出てしまった。これが創業者の偉いところでして、私自身びっくりしました。

なぜそんなに簡単に許可が出たかといいますと、会長は事務所でよく私の自慢をしていたらしいのです。当時、日亜化学の製品は百パーセント蛍光体でした。蛍光体というのは蛍光灯やカラーテレビに使う白い粉で、これが白色や何かに光るわけですが、それは創業者である小川会長が発明したもので、それ以外の製品を作ったのは私をはじめで、製品を作り出すことがいかに大変かが会長にはわかっていたのです。



非常識な材料選択が青色 LED 開発の成功をもたらす

そういうことで1年間フロリダ大学に行き、帰国後 MOCVD の研究をするようになりました。MOCVD には材料が二つ必要でした。セレン化亜鉛(ZnSe)と窒化ガリウム(GaN)ですが、当時、世界中の研究者が研究していたのは ZnSe という材料でした。GaN もゼロではないが、ZnSe の人数に比べればゼロに近い状態だったわけです。

当時、私はやけくそになっていましたから、大手がやっている材料を使っているようでは、売りに行ってもどうせ大手が先に売っているから売れないだろう、しかし、GaN のほうならだれもやっていないから、やるならこっちだとやけっぱちで選んだのです。そうしたらたまたま LED が出来たというのが本当のストーリーです。一言でいえばそれだけなのです。

大手企業や大学がなぜ ZnSe を選んだかといいますと、これを使うと、いい結晶が簡単に出来たからです。GaN はボロボロの結晶しか出来ない。ZnSe には基板というものがあり、GaN にはない。よく光っているものでもボロボロの結晶です。10年前ですが、ボロボロの結晶でめちゃくちゃ光る発光ダイオードが出来るとはだれも想像していませんでした。だいたい本にも結晶はいいものを使わないといけないと書いてあるのです。

当時の大手メーカーや大学でも GaN を使おうという意見が上がったらしい。大手の企業ですとプロジェクトを組むわけですが、青色発光ダイオードにはどちらがいいかと議論はしたようです。ただ、大抵の場合、そういう場では GaN の選択は非常識になってしまう。非常識のアイデアは会議をやればケチョンケチョンです。私の場合は非常に小さな会社で、自分一人でやっていたから、会長のオーケーが出るとすべてオーケーで、これで事がスムーズに運んだのです。

#### 発明者個人に対する報いの少ない日本

私の過去10年間の研究はというと、論文やパテントの類をただただ読みまくることにありました。すでに製品化されたものについていろいろな資料がありましたから、それを一生懸命読んで真似をしながら作ってきたのです。

ところが今回は、過去の例では論文を読むとどうしても真似てしまうので、ほとんど論文、パテントの類は読まずに、自分の実験結果だけをフィードバックしてやったわけです。

10年前にスタートした当時、すでにあるメーカーからパテントが200件ぐらい出ていましたから、どれかにぶつかってしまうだろうと思っていたのに、すべて自分独自のアイデアでパテントがいくつも書けました。

現在、このパテントはすべて以前いた会社のものになっているのですが、トータルでパテントを500件以上出しまして、成立しているのが100件以上、基本特許が50件以上あります。世界中の企業や大学がやろうとしても、この基本特許に必ずひっかかるようになっているわけです。

いちばんの問題は、先ほども川島理事長から言われたのですが、すべて会社のものだということです。発明者には何もありません。私の場合は1件当たりせいぜい2万円です（笑）。井村さんも言われたのですが、今後は発明者個人にも何かくれるようにしないと、皆さんアメリカに行くと思います。アメリカでは、そういう発明をするとすごいボーナスが出る。日本のボーナスは多くてせいぜい100万、200万です。アメリカは〇がいくつかわ違うと思います。そういうシステムを作らないと、優秀な研究者はみんなアメリカに行ってしまう。過去のノーベル賞受賞者もほとんどアメリカに行ってしまう。この問題については井村さんから今後改善していただくと約束していただきました（笑）。

### 発光ダイオードの特性

この図は、縦軸が発光ダイオードの発光効率、横軸が開発された年代です。赤色発光ダイオードは昔から砒素、毒物を含んだ材料ですが、どんどん効率が上がり、昨年のデータではこのへんまで来ています。青と緑がずっとなかったのですが、青と緑を一生懸命研究していたのですが、ずっと出来なくて、徳島県の小さな会社がポーンと製品発表したわけで、皆さんびっくりしたということです。現在、緑と青の発光効率がこのへんまで来ています。2000年の今年、ある研究所ではかなりの発光効率のものが出来かかっています。

トーマス・エジソンが最初に電球を発明したときの効率はこの位置ぐらいです。現在の電球の発光効率がここまで来ています。白のダイオードの発光効率はこれの2～3倍のところですよ。現在使われている蛍光灯はこのへんです。ですから、蛍光灯までいくためにはあと2～3倍は上げる必要があります。しかし、ほぼ見通しはついています。

この電球と発光ダイオードの大きな違いは寿命です。固体発光素子、半導体デバイスから、寿命がほぼ半永久的です。従来のものはほんの数か月です。寿命が長いということ

で省資源と言えるし、発光効率が高いということで省エネになるわけです。しかも、この場合、インジウムガリウム窒素という材料なのですが、これらは毒性もなく、環境にやさしい材料です。

カリフォルニア大学のサンタバーバラ校では、私が行ってから、こういうセンターをやったらどうかというプロジェクトが出ました。これは別のデバイスを使うのですが、照明に使おうという試みです。

発光ダイオードの構造については、細かくやっても皆さん眠くなると思いますので省きますが、窒化物の材料をいろいろ積んで発光ダイオードを作っています。結晶性はボロボロです。

### シドニーオリンピックでも活躍した LED ディスプレイ

こういう発光ダイオードの応用はどういうところに使われるかといいますと、一つはディスプレイです。従来のテレビはこういうものでした。よく光るのは赤だけでした。黄緑色はあったのですが、非常に暗いものでした。ですから、非常に暗くて赤っぽいディスプレイがまだいろいろなところにあると思います。こういうもので本当はフルカラーのディスプレイを作りたかったのですが、青色がなくてずっと出来なかった。

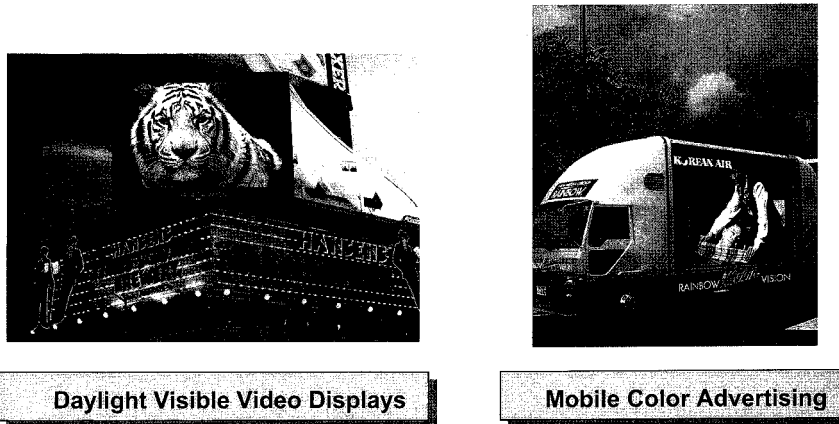
これが、以前の会社が青色発光ダイオードを製品化して、94年に出来たフルカラーのテレビです。先ほどのディスプレイに青色発光ダイオードを足しただけですが、足すというふうにフルカラーになる。赤・青・緑と光の三原色の混ぜ具合によってテレビが出来るということです。

この場合は緑も窒化ガリウム系の材料を使って作ったディスプレイです。ですから、青・赤・緑の三原色とも非常に光ります。これは非常に明るくて、太陽光線のもとでも見えるよく光る大型のディスプレイです。

これはバルチモアスタジアムですが、フットボールスタジアムとかサッカー場とか野球場には、ほとんど LED のディスプレイが付いていると思います。青と緑はわれわれのところの開発したものですから、川島理事長はいつもスタジアムで見ておられそうですが、今後はそれを意識して見ていただきたいと思います（笑）。

このあいだのシドニーオリンピック会場でも大きなディスプレイにいろいろ映し出されたと思いますが、あそでも使われていましたし、その他、ローリングストーンなどがコン

サートをするとき、コンサートスタジアムに巨大ディスプレイが付いていますが、あれもすべて LED フルカラーディスプレイです。(図3)



(図3 大型LEDフルカラーディスプレイ)

環境重視からさまざまな世界で窒化ガリウムを使った光源を活用

これは車にも使われますので、たぶんホンダの自動車にも近々装備されると思います。車関係では、青色発光ダイオードは実はホンダさんが最初に使ってくれました。ホンダのバイクの前のほうのパイロットランプに付いています。いまは車のパネルと内部の照明というのが、青色・緑色・白色の発光ダイオードのいちばんのマーケットになっています。車の台数というのは膨大ですし、車に振動は不可避のものなので、信頼性の高い光源を必要としてきます。

それに、いまエコ・テクノロジーが提唱され、ホンダさんのように車を作っている会社がいちばん環境対策を考えています。現代社会では、世界中の人が車を使っているからで、これだけ普及すると環境のことを考えないといけなくなってくる。いま環境にやさしい光源というと、窒化ガリウムを使った発光デバイスしかありません。

蛍光灯は水銀を含んでいますし、水銀には毒があります。従来、車に使われるものも蛍光灯でやっていたのですが、いまは環境対策を考えて、環境にやさしい材料ということから、窒化ガリウムを使った光源に変わっていています。

さらに、フルカラーの液晶のバックライトに白色の発光ダイオードを使っています。これは、携帯電話などにもかなり使われています。

## 日本で LED の信号機の普及が遅れている理由

もうひとつは信号機です。いろいろな信号機が LED で出来ます。緑色が窒化ガリウムで作った光源です。なぜ信号機にそれだけ普及したかといいますと、信号機を LED にすると、寿命が10～15年になるといわれます。従来の信号機の寿命は1年でした。その上、電力消費量が LED にすると10分の1ですから、省エネになることは間違いありません。徳島に最初の LED 信号機が94年に付いていまして、現在まで一つも切れていませんからほとんど半永久と言ってもいいんで、省資源です。

そういうことで省資源・省エネという特性を持つのですが、問題は日本です。信号機のカタログを見るとすべて外国です。外国、とくにアメリカ、ヨーロッパは、省エネということに力を入れていますから、信号機がどんどん LED にどんどん取り替えられています。日本は試験設置ということで各県に数基は付けられていますが、それ以上は付きません。私も会社を辞めたので言えるのですが、これは天下りの世界では付きません。

信号5社と言われまして、信号機屋さんは毎年行われる信号機のメンテで儲かっているのです。つまり、球が切れるから取り替えなければいけないわけで、1機当たり数万円払っていますので、各県で信号機が何基付いているか計算するとわかりますが、おそらく数十億円に上ると思います。毎年、自動的に数十億円が信号機屋さんに入っていく。

ところが、LED にすると球が切れませんから、それがゼロになってしまう（笑）。しかも、信号機屋さんのトップにはだれが入っているかという、みんな警察庁の天下りです。これは想像で、確たる証拠はありません（笑）。その点、外国では天下りというシステムがありませんし、民間が信号機をやっていますから、競争で LED を付けます。そこで、いものがどんどん開発されていくわけです。日本はシステム上の問題があるということです。この話は会社を離れてアメリカに逃げているから言える話です。

これは色相図といたしまして、いろいろな色の範囲を書いたものです。ここで窒化物を使うと、青、青緑、緑、アンバー、白色までいきます。赤を除いた領域はほとんど窒化物で出来るということです。赤だけが従来の材料で出来ているという話です。現在、従来からある赤色を窒化物で作ろうというのが、この分野での大きな研究テーマです。

従来から赤色に使われている材料には、砒素が含まれていて毒があるわけです。ですから、赤を安全な材料である窒化物で作ろうというのが発光ダイオードの分野では大きな研究テーマになっています。

## デジタルテレビの時代に必須となる紫色レーザー

95年に発光ダイオードの青と緑の研究が終わり、次にレーザーの開発が始まりました。従来からレーザーは赤色と決まっていたましたが、窒化物を使うと紫色のレーザーが出来ます。紫色にすると波長が短くなって、レンズで集光した場合にスポットサイズが小さくなります。たとえば赤の代わりに紫色を使うと、スポットサイズが4分の1近くまで小さくなります。(図4)



(図4)

これが応用されるのは DVD です。現在は2時間の映画が1本入っていますが、これを紫色レーザーを使った DVD にしますと10倍の量が入ります。もちろん、レーザーだけを替えるのではなく、レンズなども取り替えるのですが、トータルで10倍ぐらい効率が上がります。ですから、いまの DVD 1個に2時間の映画が10本入るようになるわけです。

現在デジタル TV というのが普及していますが、高解像度の2時間の映画を記録しようとしても、いまの DVD では記録できません。紫色のレーザーを使ったものでないと DVD の映画は記録ができない。いま各社は必死になって紫色レーザーを使った DVD を研究していますが、それはデジタル TV がどんどん普及しようとしているからです。小さいところでは、オプティカルデジタルストレージということで、いちばんのマーケットは DVD です。

さらに、スポットサイズが小さくなりますから、解像度を上げることが出来、レーザープリンターなども普及するし、もうひとつ注目されているのがレーザーディスプレイというものです。よく赤色のレーザーを街角で振っているのを見ることがあると思いますが、これを光の三原色で青と緑が揃うと、これをスキャンすることによってテレビが出来るわけです。そのレーザーテレビというものは、非常に色がきれいな究極のテレビが出来ます。

● 現在、青色も窒化物を使うと出来ますから、問題は緑だけです。緑も紫色を使ったものでほかの材料を励起するとか、あるいは SHD というテクノロジーを使えば、緑もできます。ですから、現在、レーザーTV というものがいろいろなところで研究されていきます。

● これは医療用にも使われます。癌は高エネルギーの青とか紫に弱くて、そういうものを照射して殺すとか、蛍光を発するような材料を癌の部位に入れて、そこに青を当てて癌の部位を検知したり、血液検査にこういう光源を使うそうです。

● レーザーの波長とレンズの numerical aperture として、従来のコンパクトディスクの DVD の場所を変えたものですが、レンズの NA というのはこういう式で表されます。要は、現在の DVD は赤色の半導体レーザーを使っています。従来の CD は、記録容量が少ないものだから音楽だけしか入りません。これは赤外のレーザーを使っており、さらに波長の長いレーザーを使っています。それを紫色のレーザー、波長400nm の窒化物で作ったものを使いますと、赤色の5倍ぐらいになります。それが二層技術などを使うと2倍になり、10倍ぐらいになります。

● つまり、90年までは、CD という音楽だけを記録したものでしたが、現在、赤色半導体を使った DVD が世の中に出て、2時間の映画が入れられることになりました。2000年以降は、紫色の半導体レーザーを使った DVD がまもなく市場に出てくると思います。そうすると、光で描いたものはすべて紫色レーザーを使ったものに合うということです。

● こういうものが応用されるのは、現在、テープで映画を録画したりしますが、それを DVD にしようというわけです。これを紫色でいくと High Density DVD になります。あとはカーナビゲーションなどにも使われますから、ホンダさんもいろいろ用途があると思います。マーケットは非常にあるということです。

● アメリカで馬鹿にされ、論文を出すことを決意

● 89年からフロリダ大学に戻り、99年までの約10年間、研究課題である発光ダイオード、レーザーを開発しました。それぞれで見ると約3年でだいたい終わっています。私の場合は、だいたい3年か4年で一つのテーマが終わるというパターンで来ています。

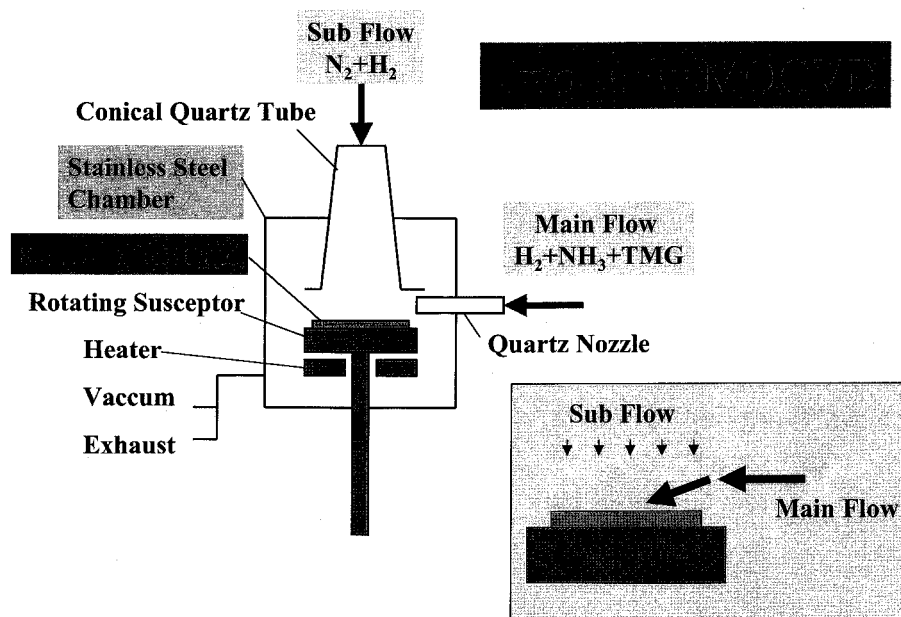
● 青色発光ダイオードを研究するときにフロリダ大学から帰ってきたのですが、フロリダ大学に行ったときに、一つ、非常に頭に来たことがありました。フロリダ大学に行っていちばん最初に聞かれたのが「あなた、ドクター持っていますか」ということでした。「持つ

「ありません」と答えると、「では、何か論文を書いていますか」と言うのです。「何も書いたことありません」と行った瞬間に相手の私を見る目が全然違ってきます。アメリカでは、ドクターを取っている人間とか、勉強している人間は自分たちと同等に見る。その瞬間、まさにテクニシャンみたいな見方をします。

そこで、89年に日本に帰ったときに、青色発光ダイオードの研究に関する論文を絶対に出そうと思ったのです。それまでは論文は書いたことがありませんでした。以前の会社は、論文発表、学会発表、全部禁止だったのです。ところが、10年目にキレたものですから、それらを全部無視することに決めたわけです。会社の規則、上司が何を言おうが全部無視することにし、論文を絶対書いてやろうと決心したのです。

### 装置を独力で改造、ツーフローMOCVDを開発

発光ダイオードの研究を始めて約1年半後の91年にいい結果が出たのです。それまでは、89年から91年まで、まったく何も結果が出ませんでした。反応装置にMOCVDを使うのですが、最初のうちは市販のMOCVD装置を買って窒化ガリウムを清澄しようとしたのですが、最初は何も清澄せずに、結果はゼロでした。それでも毎日毎日装置を改造してツーフローMOCVDというのを作ったのです。(図5)



(図5 ツーフローMOCVD)



私はもともと装置の改造というのが非常に得意だったのです。過去10年間、本田宗一郎氏のように町工場で始めたころから、電気炉をはじめとして何から何まで、自分でガラクタを集めて作っていたのです。ですから、装置の改造は得意中の得意であった。市販の装置は使いにくいものですから、独自で溶接や切断を繰り返して改造を続けていきました。

石英の改造にしても、カーボンを使うのですが、現在、ほとんどの場合、図面を描いて外注します。その代わり、納期が数か月かかります。そこで、私は自分で毎日改造しては反応するということを繰り返したのです。その結果、1年半後ぐらいにツーフローMOCVDが出来まして、その結果、この装置を使って反応すると、窒化ガリウムでは世界一の品質の膜が出来たのです。

### 会社に内緒で論文書きに専念

ツーフローMOCVDが出来たときにこっそり論文を書いて出したわけです。論文を出すときに、会社にはいつかばれるとわかっていましたから、特許を5件ぐらい書きました。特許を出しておけば、ばれても会社もそれほど怒らないだろうと思ったのです。

ところが、当時は特許も秘密に近い状況にありました。つまり、特許を公開しないようにしていたのです。特許部に窒化ガリウムの特許を持っていったら、これは何だと言うんです。青色発光ダイオードになってそのうちに売れるようになりますからと言うと、そんなもの出来るのかと言う。特許部長が、特許を出すのに1件当たり30万のコストがかかるというのに、そんな金、どこにあると思うのかと言われてしまったのです。こちらはこっそりと論文を書いて出しますので、論文を出したら特許が成立しなくなるから、出さなければしょうがない。

たまたま特許部に若いのが入ってきたので、その男に特許で私の書いたものを全部コピーにして出せと言ったのです。責任は私が全部持つからと言いました。私も入社して10年経っていましたから、彼より年齢の差だけ格が上なのです（笑）。まさに日本的な年功序列です。論文1件当たり、こっそり特許を5件ぐらい出しました。

論文を出すというインセンティブがなかったら、絶対特許は出さなかったと思います。特許は1件書いてたった1万円です。成立して1万円ですから2万円です。私の場合は、フロリダ大学に馬鹿にされたというのがあって、意地になって論文を出してやろうと思ったのです。

91年から年間5件ぐらいの論文を書きましたが、1件当たり5件のパテントですから、パテントが年20~30件です。それをずっと続けてやったのですが、会社にばれたのが92年の終わりごろで、それまで全然ばれませんでした。以前の会社では、専門誌を読むような人は一人もいなかったのです。ばれたのは、92年の初めごろ、最初に暗く光る青色の発光ダイオードの論文を出したときです。

これは10件目近くの論文でしたが、これを大手半導体メーカーの人が読んで、うちの大阪営業所に電話をしてきたのです。「日亜さん、おたくですごい青色発光ダイオードが出来ていますね」。電話を受けた人は、昔、私が一緒に製品を売り歩いていた営業マンだった。そこで、その人が私のところに電話を掛けてきて「中村、うちで青色発光ダイオードのすごいのが出来ているけど、お前、知らんか」と言ったのです。私が「そんなん、うちでやっているわけないでしょう。だれがやっているんですか」ととぼけたところ(笑)、「それれもそうやなあ」ということでそのまま通ったのです。だから、当時は、社外の人の方がよく知っていた。社内はだれも知らなかったのです。

それから1週間して、今度は別の関西の大手家電メーカーから大阪営業所に電話がありました。今度は論文のコピーをファックスで送付してきた。次の日、私の机の上には「会社の許可なくして論文発表・学会発表禁止！」と書いてあった。私も即、それを破って、また1か月後に論文を出していました。

#### アメリカの好景気の原因はベンチャービジネスの隆盛

しかし、そういうことが出来たというのは、田舎の会社で、規則はあるけれど、会長がオーケーしたらあとはだれも文句が言えないという、ある面では非常にルーズな会社だからです。その意味では、本当のベンチャーに近い会社だったと言えます。ベンチャー企業でないと、なかなか変わった研究は完成しません。非常識な材料を使った非常識な研究というのは非常に難しいものですが、強調したいのは、そういうベンチャー気質こそ大事だということです。アメリカの現在の好景気の原因はベンチャーの活躍にあります。

日本のベンチャー企業はどうかというと、ほぼゼロに近い状態です。日本が不景気なのは、ベンチャーが育たないからであり、マインド的にも参っていると思います。大手の会社というのは、いままで製造業でずっと大きくなってきました。最近、アメリカでも製造業は強くなっていますし、発展途上国の中国、台湾、韓国が製造業の技術面でレベルが上

がってきています。日本は両方から締めつけられている感じで、マインド的に弱り、株価の低迷などを引き起こしている。日本もベンチャー会社が育つようなシステムにしないといけないと思うのです。

### アメリカの大学と日本の大学、ここが違う

アメリカのベンチャー企業は、大学を中心にして出来ています。私が行っていたカリフォルニア大学でも、半分の教授が自分の会社を持っています。先週講演に行った MIT でも、10人ぐらいの教授に会ってきたところ、全員自分のベンチャー企業を持っていました。自分は社長にはなれないので顧問となり、教え子を社長に据えて、社員もほとんど自分の教え子で固めています。

カリフォルニア大学サンタバーバラ校でも、白川先生と同じ導電性プラスチックの研究でヒーガーという人が一緒にノーベル賞をもらったのですが、二人を比較すると、日本の大学とアメリカの大学の違いがよくわかります。二人とも同い年ですが、白川先生は64歳で定年を迎えて家庭菜園に趣味をされると言われていますが、ヒーガーは現役の教授です。向こうは定年がありません。おまけに、彼は導電性プラスチックの会社も作っています。会社が成功したら彼は億万長者になるでしょう。つまり、彼は、現役バリバリで導電性プラスチックの研究を、会社も興し、大学でも続けているということです。

日本のシステムは画一的です。向こうは、人間の能力さえあれば、研究は永遠に続けられるような状況になっています。白川先生もアメリカにおられれば、ヒーガーと同じように現役でバリバリでやられていたと思います。ここが大きな問題点だと思います。

それに、向こうは大学の教授がみんなベンチャー会社を持っていますから、学生が大学にいながらにしてビジネスの仕方も学べる。日本の大学は学術研究だけです。ビジネスを大学に持ち込むのは汚いことだと考えられています。アメリカでは、学生どうしてもベンチャーを話題にしている。あいつはベンチャーを興して数十億円稼いだんだというような話が行き交っている。

たとえばスタンフォードの学生が始めたのが有名なヤフーです。ビル・ゲイツだって学生時代から数十億円を手にしていたのです。MIT で講演したときも、ドクターの2年生の学生がベンチャービジネスを数年前に興し、数十億万長者になっているのです。学生が習っている教授が、大学をやめればいいのにまだ勉強している、自分の何百倍も稼いでいる

学生を指導しなければいけない、おかしいと思わないかと言っていました、実におかしいです（笑）。

彼の発明は、ホワイトボードに書いた文字や図面がそのままコンピューターの画面に映し出されるというソフトを作っただけなのです。そして、3年ほど前にベンチャー会社を興すと宣言しました。ただし、製品はちょっとしか売れません。上場した途端に1ペニーの株価が数百ドルになるわけですから、いきなり数十億万長者となる。そういう学生が一人出ると、みんな同じようなことをやりたいと思うのは当然で、アメリカの優秀な学生はみんなそれに従い、ベンチャー会社をやろうとする。

日本では、大学では純粋に学術だけをするということですから、学生にも意欲がないと思う。ベンチャーをやろうとしても、どうやってビジネスをやるか学べない。よく大学で講演するときに、どうしたら若い人にやる気を持たせられるかという質問を受けます。私の言うことはただ一つ「皆さん、アメリカに行きなさい」ということだけです。

日本でシステムを変えろと言ってもなかなか変わりません。最終的に行き着くところは政治になると思うのですが、政治の悪口まで言ったら、日本中の悪口を言わなければいけない。やはり政治が最終的には決めることになるわけで、日本の政治が決断をもって悪いところ改造していつてくれたらいいのですが、日本の政治が事を起こすまでには時間がかかります。ですから、日本の優秀な若者はこれからもどんどん外に出ていくような気がします。

きょうはいろいろな分野の偉い方が来ていらっしゃるので、この機会にそういうことを言って日本のためになったらと思っています。（拍手） 私の講演はこれで終わりますが、きょうはたくさんの方がお祝いに来てくださってどうもありがとうございました。