

『SAMCO NOW』は1988年の創刊以来、『研究者の皆様と産業界の橋渡し』をコンセプトに、最先端の研究、開発に取り組んでおられる大学、研究機関の先生へのインタビューを重ねて参りました。今回創刊80号を記念して、弊社社長の辻理が、東京大学 生産技術研究所を訪ね、量子ドット、ナノテクノロジー分野の世界的権威である荒川泰彦先生に最近のご研究や科学技術の展望、サムコへの期待など多岐に渡ってお話を伺いました。



## 80号記念特別インタビュー

●辻 量子ドットのご研究で世界的に著名な荒川先生ではあります、初めて論文を出された1982年というは量子ドットという技術は世間に注目されていない、その実現性を疑問視されていた技術であったと思います。ご研究を始められたきっかけはどういったことだったのでしょうか。

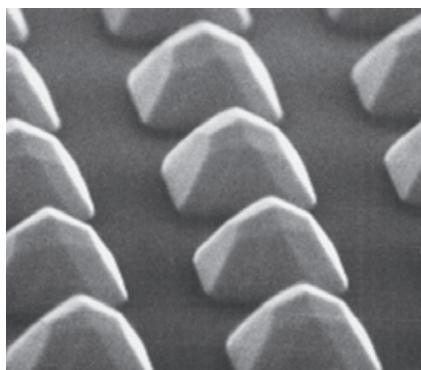
●荒川 当時はMBE(Molecular Beam Epitaxy:分子線エピタキシー法)、あるいはMOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition:有機金属気相成長法)を中心とした薄膜形成技術が大変重要な時代でした。HEMT(High Electron Mobility Transistor:高電子移動度トランジスタ)がありましたし、量子井戸レーザも1980年ごろに開発され始めていました。そのような状況の中で、私は1980年に東京

大学の生産技術研究所に講師として着任し、自分の研究室を開設しました。周囲の要請やモノ作りへの思いがあり、それまで研究していた通信理論から、光デバイス、特に半導体レーザに研究テーマを変更することにしました。ところが、半導体レーザというのはすでに相当進歩していました、日本では東京工業大学の末松先生を始め、先駆者が大勢いる時代でした。私はほとんどゼロの状態からのスタートでしたが、隣の研究室で榎裕之先生(現:豊田工业大学学長)が電気伝導や量子再生や薄膜トランジスタの研究をしておられるのを見て、「量子効果と半導体レーザを本格的に結びつけるとどんなことができるのか」というテーマに辿り着きました。榎先生と議論を重ねる中で、電子を閉じ込め、その閉じ込めを強くしていく、「究極的に3次元的に電子を閉じ込めた半導体レーザはどのような特性を持つか」を考える過程で、現在の量子ドットレーザの概念に至りました。そこで、3次元的な構造に閉じ込めるこによってその運動の自由度が失われ、温度の変化による熱的な揺らぎの影響を抑えることができ、しきい値電流の温度依存性が緩和されるという予測を計算したのです。この結果を1981年に論文にして、APL(Applied Physics Letters:アメリカ物理学会が発行する応用物理学の速報誌)に投稿したのですが、強磁場による実験もやっていると最後

に付記したら、それも載せることが採録の条件だと査読段階で要求されたため、最終的には実験結果も含めました。強磁場中のサイクロトロン運動を利用して、次元が下がった状態で半導体レーザを発振させ、量子細線レーザや量子ドットレーザと等価的な状態にする実験を、東大物性研究所の三浦登先生の強磁場実験施設で行っていました。最終的に1982年の5月に、ヘテロ構造を用いた半導体量子ドットの概念とレーザ応用の論文がAPLに出版されました。幸いこの論文はよく読まれており、これまで2,300回以上引用されています。

●辻 理論だけではなく、実際に実験も行っておられたわけですね。

●荒川 そうです。ただしそれはあくまでも磁場を使った実験ですから、構造を作っているわけではありません。構造はいつできるかわからないけども、理論研究は進めようと考え、量子ドットが実現できたらレーザのダイナミクスや雑音といった様々な特性が改善されるという論文をその後いくつか出したわけです。量子ドットレーザについて、学会で発表すると、「そんな3次元的なものが安定なはずはない」とか「単なる計算でしょう」と言われました。当時は薄膜である量子井戸ですら本当に安定かどうかよくわからなかつた時代ですから、3次元的にできるかわかりませ



量子ドットの電子顕微鏡写真

# ● 80号記念特別インタビュー ●

東京大学生産技術研究所 光電子融合研究センター長 荒川 泰彦 先生

プロフィール 1980年 東京大学工学系研究科電気工学専門課程修了 工学博士  
東京大学生産技術研究所 講師  
1981年 東京大学生産技術研究所助教授  
1993年 東京大学生産技術研究所教授  
1999年 東京大学先端科学技術研究センター教授  
東京大学生産技術研究所教授併任  
2002年 東京大学生産技術研究所教授(現在に至る)  
同ナノエレクトロニクス連携研究センター長  
2006年 東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構長(現在に至る)  
2008年 21期日本学術会議会員  
2011年 22期日本学術会議会員・第三部副部長(現在に至る)  
2012年 東京大学生産技術研究所光電子融合研究センター長(現在に至る)  
この間 1984年～1986年 カリフォルニア工科大学客員研究員  
2009年～2011年 ミュンヘン工科大学客員教授

受賞: Welker賞(2011)、Nick Holonyak, Jr.賞(2011)、C&C賞(2010)、紫綬褒章(2009)、  
IEEE Spectrum Winner 2010賞(2009)、IEEE David Sarnoff賞(2009)、内閣総理大臣賞  
(2007)、藤原賞(2007)、IEEE/LEOS W. Streifer Scientific Achievement賞(2006)、  
江崎玲於奈賞(2004)、Quantum Device賞(2004)など多数



んでしたし、作れる見通しも立っていませんでした。私自身、21世紀にならないと実現できないだろうと、そんな風に考えていました。ところが、1980年代半ば過ぎに、フランスのCNET(Centre national d'études des telecommunications: 国立電信電話研究センター)の研究グループがいわゆる自己形成法、Stranski-Krastanov Growthモード(自然に3次元構造に結晶成長する方法)を半導体中で発見しました。それが一つのきっかけになり、我々を含めて研究が進展したわけです。

●辻 なるほど、私も研究の内容は違いますが、多少似た経験をしたことがあります。昔、化学分析の分野で仕事をしていたときのことですが、新しい定量分析の方法を提案しました。その研究に着手し始めた1970年代のころは流体制御技術や温度制御などの周辺技術がなかったため、周囲の人々に「それは不可能だ」と言われました。ただそういう周辺技術などは時代とともに進歩して実現できました。その手法は現在も公定分析の標準的な分析手法として採用されています。つまり、その時代では不可能かもしれないとしても、時間の経過とともにできるようになっていくものは往々にしてあるわけです。それと、革新的な技術や画期的な手法というものは大体において最初は認められないものですね。だから革新的である。万人が理解できる技術は必ずしも革新的でない、これは私の持論です。

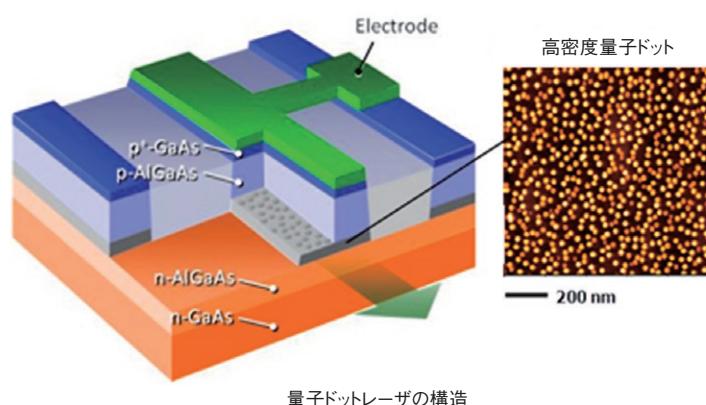
●荒川 話題が沸騰している研究をやれば

一定の成果は出ますが、インパクトは大きくありません。誰もやらない研究をするから価値があるわけですよね。ただし、ハイリスク、ハイリターンとなります。

●辻 ところで、先生は最先端研究開発支援プログラム(FIRSTプログラム)でフォトニクスとエレクトロニクスの融合に向けた革新的基盤技術の研究開発を行っています。現在は、量子ドットレーザあるいは暗号通信、量子コンピュータなどの研究は実用化の視点でみると、どういう状況にあるのでしょうか。

●荒川 量子ドットレーザは Stranski-Krastanov Growth モードで一通り作ることができるようにになりましたが、実用化については私も自信がありませんでした。それが2004年に温度安定性のいいレーザができました。それが大きなきっかけになり、2006年に株式会社 QD レーザというベン

チャー企業が発足し、本格的に稼動するようになりました。現在は光通信ビジネスで利益を得るのは難しい時代です。その中で、量子ドットレーザの特徴を活かして、新しいマーケットを創出する試みが実を結ぼうとしています。株式会社 QD レーザの特色はいくつかありますが、一つは製造プロセスのイノベーションを起こしたことです。いわゆる通信用レーザは、InP 基板を使用して、一度に垂直統合的にプロセスを完結するかたちが一般的です。一方、量子ドットレーザは GaAs 基板を使用して、その上に InAs を積層することで通信用レーザを作ります。GaAs 基板を使うレーザにはご存知のように赤色レーザがあり、赤色レーザは CD-ROM などで幅広く使用され、コスト競争に打ち勝ってきた分野であるわけです。ところが、最近そのラインが空き始めてきていて、量子ドットレーザが GaAs 基板を使った通信用レーザであるがゆえに、赤色レーザのメーカーにファウンドリーとして製造を依頼する



ことができるわけです。そうすると、基本的には同じプロセスですから、通信用レーザが赤色レーザとほとんど同じコストで作れるわけです。通信用レーザというのは、もともと非常に高価です。量子ドットレーザの技術を用いることで、垂直統合ではなく水平分業的にファウンドリーを使うことによって赤色レーザ並みの値段で非常に性能の良いレーザが実現できるのです。GaAs基板上での量子ドットレーザ、しかもそれが通信波長で実現できることによって、従来と違う手法が可能になったのです。

今後は通信用レーザだけでなく、量子ドットレーザの特徴を活かし、他の用途にも進出していきたいと考えています。例えば、量子ドットレーザは温度安定性がいいため200℃程度の環境での高温動作が可能です。すると、砂漠などでも使用できます。あるいは、第2高調波にして、緑色レーザを作ることもできます。通信用レーザに限らず、新しいマーケットをベンチャーにして見出す努力をイノベーティブにしてきたことが、これまでの量子ドットレーザの発展につながっていると思います。

**●辻** その新しいマーケットとは、そんなに規模の大きなマーケットではない、しかし、厳然としてニーズはあるという、まさにニッチな分野だと思います。そういうマーケットにベンチャー企業の活躍するチャンスがあるはずなのですが、今の日本にはベンチャーを起こそうという人材が少ないと感じます。

**●荒川** 全くその通りですね。大企業はやはり100億円市場がないと参入しないですから、そこにベンチャー企業や、大企業からスピンアウトすることの意義があると思います。その意義というのは三つあります。意思決定が速いこと、外部資金の調達の容易さ、そして、技術と市場が非常に近いことが挙げられます。つまり基礎研究と出口がリンクしています。おそらく、100億円市場の技術開発は、基礎研究、開発、実用、といったリニアモデルです。それに対してベンチャー企業の技術開発は意思決定が速いことによりコンカレント型<sup>\*</sup>になっています。

※同時並行的な

**●辻** サムコにはアメリカのシリコンバレーに10人足らずですが小さな研究所があります。そこからシリコンバレーの動向を見ていますと、かつてBell研究所やIBMといった企業から出た人材が、ベンチャーのトップとして仕事をしています。ところが、

日本の場合は、いわゆるスピンアウトベンチャーが生まれません。生まれにくい社会構造でしょうか。

**●荒川** 大変大きなポイントですね。おっしゃるようにBell研究所やIBMの方が、ベンチャー企業を起こす場合もあるし、大学に行く場合もあります。一方日本では必ずしもそうではない。一つは人材の流動性という問題、つまり動くことによる価値観をどこまで持てるかということがあると思います。その関係で、先日おもしろい話を聞きました。アメリカと日本の企業の人員構成の比率を比較したのですが、R&Dは同じくらいで、営業・マーケティングは日本が少なめ、これも一つの問題なのですが、日本が多いのは管理です。推測するに、年齢が高くなってくると、本当の管理職ではないけども、管理という名目で人がいることや、体制が変わった時も人が動かず留まりやすいことに起因していると思います。日本の場合は一般的にも、会社の中でも、「動く」ということにポジティブではない面があり、一つのところでしっかり経験を蓄積して出世していくのがいいと考えられる面があります。一方欧米の企業だと、昇進や昇給のためには部署を変わらないといけない。そういうシステムだと、流動的になるのではないかと思います。

**●辻** ここへきて大企業でゆらぎが出てきています。流動性のある社会に向けて変化が出てくるかどうかはどのように思われますか。

**●荒川** 現実に日本の大企業の中堅以上の役職の人材がお隣の韓国に流れたりしている話をよく聞きます。それを食い止める方策として個人への待遇を考えないといけません。従来の給与体系や雇用体系では人材の流出は防ぎきれないのではないしょうか。日本人のマインドに合うかどうかは別として、ダイナミックに動かなければならない社会情勢になってきています。ゆっくり研究開発をして、次の技術を育てて、それでマーケットを見つければいいという時代ではなく、ほんやりしていると韓国などに一気に追い抜かれてしまいます。その技術も日本発が多いのですが、様々な要因により、すぐにコモディティ化してしまう問題があります。

**●辻** それでは、社会に出る前の学生、研究者や技術者の人材教育についてどのようなお考えをお持ちでしょうか。



東京大学生産技術研究所:駒場IIリサーチキャンパス  
(同所映像技術室提供)

**●荒川** 我々の研究室の人材教育を一言で申し上げますと、ある種の苦労をした上で、それを乗り越えて花が開くのが理想的であると考えています。学生によってはあまり苦労をしないケースもあるわけです。新しく研究室に入って来たときに先輩の研究を引き継ぐと、論文は書けますし、道筋も決まっていますから、簡単に研究が進むわけです。ただそのテーマが大体マッチアウトしてくると非常に苦労するわけです。あるいはその研究に満足してしまって努力をやめてしまう。私はそういう学生をよくLED型だと言っています。最初から光り、研究は順調に進歩するのだろうけど、そのままリニアに上がっていくだけです。それに対して非常に難しい問題や、新しい領域を研究すると最初は絶対に苦労します。何も正解が出ない状態で研究を進めて、考えて、乗り越えて、そうすると何かしらの大きな成果があります。つまり、しきい値があり、それを越えると次々と成果を挙げる、すなわち発振するわけで、まさにレーザです。LED型よりレーザ型がいいと学生には言っています。また、学生は、研究の途中苦労していて、何をしているかわからないな、という気持ちになる時もありますが、しきい値を越えると、自信をつけて大きく成長するのです。学生がノンリニアに一気に伸びるのを見られるのは、大学教員の冥利に尽きます。もう一つ私が学生に言っているのは、修士で卒業して企業に就職する道があり、ドクターに進む道もある、様々な道があるけれども、結局は30歳の時点で自分がどれだけ能力を高めることができるかを目標にしてキャリアパスを考え、研究の経験を含めて取り組むのがいいということです。30歳というのはいいスタンディングポイントですから、そこを踏み台にして、35歳にかけて本格的に伸びるといい技術者や研究者になれます。

## ● 80号記念特別インタビュー ●

●辻 現在は、グローバリゼーションの真っ直中で、そのグローバル化に耐えうる人材をとよく言われています。当社ではイギリスケンブリッジ大学のキャベンディッシュ研究所に小さな研究室を持っており、2年交代で社員を派遣してリサーチプログラムに参加させています。そうすると、非常にいい勉強になるようで自信をつけて戻ってきます。言語が上達するというよりも、研究ライフ全てが刺激になるようです。今、日本の企業はやや引きこもり気味なので、もっと世界に向かってほしいと思っています。企業はそういう状況なのですが、大学はどういった状況でしょうか。

●荒川 内向きというわけではないのですが、我々の若いころとは少し状況が変わっていると思います。我々のころはBell研究所やIBM、大学を含め、アメリカという国をキャッチアップしている時代でした。日本の研究者がBell研究所やIBMを行ったという感動されましたし、そもそも国際会議で発表すると名声が上がる時代でした。海外の大学で研究をすると自信がつくし、日本に戻った時には、他の人に比べ圧倒的に大きなチャンスが与えられました。ところが、現在は、アメリカと日本の技術の差がどの程度あるかわからなくなり、海外に行かなくても、日本の研究室に外国人が多数在籍していますし、国際会議も頻繁にあります。そういう理由からか、どうも今の若い研究者たちは、海外の大学に憧れを感じていないようです。とは言うものの、海外の人達と英語でコミュニケーションを取り、異質の人と交わることで、新しい発想が生まれ、それが次のステップに繋がっていくこともあります。異質をもたらす場として海外というのは依然として、価値のある場所だと思います。

●辻 2012年10月の初めに、私の専門のプラズマ科学の国際学会(APCPST 2012)をConference Chairpersonとして京都で開催しました。今まで、学会に投稿されるアジアからの論文の数は少なかったですが、今回は今までに比べ相当増えました。中身も昔は全くの二番煎じが多くなったのですが、最近は変わってきて、オリジナリティが出てきています。それについてご意見はありますでしょうか。

●荒川 中国、台湾、韓国のレベルが上がってきたのは強く感じます。その一つの理由は、アメリカに住む中国人や韓国

人の多さだと思います。日本人の場合は、留学などで海外へ行っても、いい意味でも悪い意味でも1年か2年で戻ってきます。それが、中国人や韓国人の場合には、留学先で大学を卒業するとそのまま現地で就職します。現地に根付いてから母国に戻る人が多いため、その国とのリンクが強くなります。ビジネスの慣習や情報、様々な意味での競争的な連携が言語も含めて非常に密になっています。日本はそれに対してやや置いて行かれている気がします。

●辻 最後にサムコに対するご期待、ご要望、ご評価などについてお聞かせください。

●荒川 サムコさんは非常にすばらしい設備を造っておられて、我々もICP-RIE装置『RIE-101iP』を長く使用させて頂いています。一つ気になることは、サムコさんに対してというよりは日本の装置メーカー全般に向けてなのですが、技術流出のことです。ビジネスですから仕方のないことなのですが、装置メーカーは装置を日本のメーカーに納めるし、韓国にも納めるし、台湾にも納めておられます。日本の半導体メーカーから見ると装置の販売による技術流出というのが一つの問題であると思います。実は半導体の先行的技術を開拓しているのは装置メーカーであるわけです。今の韓国、台湾が強い一因というのが、日本の先行的な技術を使っている側面もないわけではないのです。それを理解

した上で、最終的に日本が税金や知財などの形で回収できるシステムを皆が考えていく必要があると思います。

●辻 装置メーカーから技術が流出しているという話は半分くらい正解だと思います。ただ私どもはこのように考えています。装置には量産用と研究開発用がありまして、量産用途向けについてはプロセス技術を公開しないと使いものにならない宿命があります。ですが、研究開発の用途については、デバイスの性能を上げるためのノウハウや技術等については話しません。それは当然だと思います。そこをばらしていくは、我々の信用も落ちますし、研究の新規性もなくなってしまいます。情報を守ることは日本の生命線だと思います。おかげさに言えば、研究開発は日本の競争力の最後の砦ですから、時間を限定しても守らないといけません。それは社員全員によく言っています。

●荒川 いい形で日本の産業競争力が維持できるような方策があると望ましいと思っています。研究開発した技術の情報を守り、そのノウハウやパテントを含めて輸出できるような体制を作れれば、装置が売れた時に、パテントも売れて、大量生産するときにもそのパテントからの収益を得ることができます。そんな仕組みを国の戦略として構築できればいいのではないかと思います。

お忙しいところ貴重なお時間を頂き、誠にありがとうございました。



ICP-RIE装置『RIE-101iP』



辻理

1979年サムコ設立時より代表取締役社長、専門分野はプラズマ材料工学。本業の経営の他、近年は大学、経営大学院などのベンチャー起業論、MOT(Management of Technology)などの講義、講演活動も行っている。