

科学の 峰々

94

取材日：2017年12月14日
東京科学機器協会会議室

東京大学 ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構 機構長
東京大学 生産技術研究所光電子融合研究センター センター長

荒川 泰彦 先生 に聞く

世界の超スマート社会を切り拓く 「量子ドットレーザー」 下

オリジナルの理論提案から技術開発までの36年

聞き手：南 明則 日本科学機器協会 広報副委員長

佐藤 文俊 同 同

谷尾 俊昭 同 広報委員

藏満 邦弘 同 専務理事

岡田 康弘 同 事務局長

(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

荒川 泰彦 先生のプロフィール

〈経歴〉

1975年 東京大学工学部電子工学科卒業
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
1980年 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
1984年～1986年 カリフォルニア工科大学客員研究員
1993年 東京大学生産技術研究所教授
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
2008年 21・22期日本学術会議会員
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
2014年～2017年 国際光学委員会(ICO)会長
2017年 全米工学アカデミー外国人会員

〈主な受賞〉

1991年 電子情報通信学会業績賞
1993年 服部報公賞
2002年 Quantum Devices賞
2004年 江崎玲於奈賞／IEEE/LEOS William Streifer賞
2007年 藤原賞／産学官連携功労者 内閣総理大臣賞
2009年 IEEE David Sarnoff 賞／紫綬褒章
2010年 C&C賞
2011年 Heinrich Welker賞／Nick Holonyak,Jr.賞
2014年 応用物理学会業績賞
2017年 日本学士院賞



産学官との連携

—ナノサイズの「量子ドット」という箱に電子を閉じ込め、格段に高性能のレーザー光を生み出す「量子ドットレーザー」はすでに実用化も進んでいます。量子力学という学問は、現代社会の日常生活に密接に関係しているのですね。

荒川 私たちの行っていることは、量子力学の現象や量子力学そのものを世の中に普及させていることと言えます。もちろん量子ドットレーザーもその1つで、これはエネルギーの離散性という量子力学の現象が具現化されているものとなります。それを使ったり伴ったりする道具が世の中に普及していくということです。

近い将来、私たちが普通に使うコンピュータにも量子ドットレーザーが使われると思います。そういう意味で量子力学が日常になるわけです。

コンピュータについて言うと、一般的なトレンドとして約20年前のスーパーコンピュータが一般的なPCになるのです。今、「京」というスーパーコンピュータがありますが、「京」が20年後には一般的なPCに入るわけです。するとどうなるかというと、現在多用される「クラウドコンピューティング」が「エッジコンピューティング」になりますます移行していくでしょう。

クラウドコンピューティングは、例えばインターネットで自動翻訳をすることなど、ネットを介して情報処理を行うもので今や多くの方が日常的に使っています。それに対して「エッジコンピューティング」は処理をするコンピュータを端末の近くに置くもので、それぞれのPCにAI

(人工知能)が入るイメージです。こうなることで、実は自動運転なども可能になります。クラウドだとネットを介する分、情報処理が途切れますが、エッジコンピューティングだとそれがなくなります。

自動運転が実現する頃には、各自動車に「京」レベルのAIが乗る時代になるということですね。ちなみに今申し上げたことは量子コンピュータとは別の話です。量子コンピュータは現在のコンピュータとは全く違う理論や方式に基づくものになります。

「面白いことをやりたい」がオリジナルの分野を切り拓く

— 荒川先生は、どのような経緯やきっかけで量子力学や量子ドットの研究を専門とするようになったのでしょうか。

荒川 大学は東大の理科一類に入ったわけですが、その頃は詳細な専門を決めていたわけではありませんでした。物理にも工学にも興味があったのです。そして専門を選ぶ時に頭に浮かんだのは、先人の偉大な物理学者がたどった道筋です。何かというと「最初は電気工学を学び、その後で物理に転向する」というルートをたどっていた例があったのです。具体的には、ディラック先生や仁科先生です。そこで私もそれにならい、まずは電気をやっておいて万一物理をやりたくなったらその後に物理に行けば良いと思い、電気に進みました。

当時は、電気は理科一類の中でも花形の分野でした。そして通信理論の体系に関心があつたので、大学院時代は通信理論の研究を行い、それでドクターも取得しました。

— 大学院を終えた後は、東大の生産技術研究所の講師として就職されたわけですね。

荒川 はい、ここで電気通信から物理の方にシフトしていくのです。就職する時の採用の条件が「光デバイスの研究」でした。私も通信理論だけでなく別の分野に研究領域を広げたいと考えていたので、光の方に転向しようと決めました。

では「光」の中で何をやるかというと方向性は大きく2つありました。1つが、光ファイバー等のマクスウェル方程式で理解できる古典的な光の世界つまり「オプティクス(optics 光学の意味)」の領域です。

もう1つが、量子力学に基づく光の世界です。こちらは半導体レーザーなどを扱う分野になります。そこで私は後者の量子力学の方を選びました。大学院時代の通信理論の延長線から言うとオプティクスの分野の方が楽ではあったのですが、量子力学の方を選んだ理由は「どっちが面白いかな?」と考えた時に面白そうだったのであるからということと、かねてから物理への興味があったからです。

これが1980年頃ですが、当時はKDDIや電電公社の光通信が非常に伸びていた時代でした。この技術は大まかにいって半導体をどういう風に扱っていくかというところで、

産学官との連携

当時の研究のメインストリームで、多くの研究者がこの分野に集中していました。

しかし私はそちらの方には行かず、光を量子の分野から考えていく研究をしようと思いました。

—あえてメインストリームではない道を選んだ理由はなぜですか。

荒川 もうメインストリームの研究は進んでいたわけで、私が後から入っても追いつくことに限界があると感じたのです。それならば誰もやっていないことをやろうと思ったわけです。

当時は「量子力学の分野から光をとらえる」という考えは、世の中にはほとんどなかったように思います。もし3年早く研究者として就職する機会が訪れていたら、メインストリームの方に進んで争っていたかもしれません。そしたら量子ドットは作っていないかもしれないですよね。

とはいえ、量子ドットをやり始めてからも、このように発展するとは思っていなかったというのが正直なところです。根本は「面白いから、好奇心があったから、やっていた」ということに戻ります。

—その「好奇心」に動かされて進めてきた量子ドットの研究が、結果的にはこれからの時代の世界的なメインストリームを牽引しようとしていますね。

荒川 エンジニアの方々はメインストリームに携わりたいという思いが

強いと思うのですが、それよりも面白いことをやりたいというモチベーションが僕の研究を支えたと言えます。ある意味健全な思いで研究を続けて来て、誰もやっていない分野だったからこそ結果として研究テーマを変えることなく一貫して量子ドットに取り組んでこられたことは、とてもハッピーに感じています。

理論の提案から始め、実験検証、そして理論で組み立てたものを作り組み、それから実用にしていくにはどうしていくべきかと35年かけて少しづつ展開して来て、もう36年目になりました。

今にして思うのは、ある人物の業績を物語る時に説明される事柄は「なにか1つ」あればよいのかなと感じます。「何かをやっている〇〇さん」という風に枕詞がついて説明されるわけですが、それは複数ある必要はないのです。これは学者に限ったことではないと思います。

—前号でも伺いましたが「電子をナノサイズの箱に閉じ込める」という「量子ドット」の理論を提案し実証してきた経緯は、とにかく前例がない研究であるため、大変なご苦労や実験を重ねてこられたのでしょうか。そうした中で、荒川先生の転機はどのようなことだったのでしょうか？

荒川 アメリカへの留学が、転機ともいべき刺激を受けた期間になりました。先ほど申し上げたように1980年に大学院を卒業後、東大の生産

技術研究所に入って光に転向し1982年に量子ドットの基礎研究を行ったわけですが、その後1984年から1986年の2年間、カリフォルニア工科大学に滞在する機会を得ました。これは日本学術振興会が行っていた海外特別研究員という制度に応募したもので、大学で既に職を持っている人が出張の形で派遣されるものでした。選考は激戦でしたが、最初の採用者グループの1人として派遣を決めてもらいました。

米国留学でアムノン・ヤリフ先生という高名な方の研究室に入ることが出来まして、またヤリフ先生の研究室はもう当時最盛期でした。APLという論文を掲載する冊子があるのですが、当時のAPLは非常に薄く、厳選された論文しか掲載されていないすごく良い雑誌でした。そのほとんど毎号に1つは論文が出ていたような大変な研究グループだったのです。そこで半導体レーザーのデバイスの研究を本格的に行つたのです。これが実験的研究という観点からいくと非常に大きな転機になりました。

—世界の最先端の頭脳が集まるような研究室だったのですね。荒川先生もそこで論文を執筆されたと思うのですが、APLに掲載されたのでしょうか？

荒川 ありがたいことにアメリカに行って最初の論文がAPLに採択されました。これが非常に受けまして日本を含め世界中から注目されました。

産官との連携

実は1982年に日本にいた時に発表した量子ドットの基礎研究の論文もAPLに掲載されていたのですが、このヤリフ研究室から発表した論文のおかげで、無名だった以前の論文も少しずつ知られるようになりました。米国での2年間の滞在中に15件くらい論文を書き、この数は当時としては多かったです。

カリフォルニア工科大学は、現在も全米一のレベルを誇る優秀な大学で、いろんな形で刺激を受けました。

— 今、大学は国際的に研究力を争う時代だと思いますが、東大の国際レベルについてはどのように感じていますか？

荒川 東大も優秀な位置にあると思います。もちろんケンブリッジ大学、ハーバード大学などの名門校も高いレベルですし、今はカリフォルニア大学のサンタバーバラ校なども良いです。

また経済発展著しい中国の大学は、量子ドットの研究分野ではまだ未成熟と言えますが、エレクトロニクスや物理学全般では論文のクオリティも非常に高いレベルに上がっています。ある意味日本以上に国際化していますので、そこに慣れる中で質のよい論文が増えてきています。大変な時代と言えますね。

**研究室と企業をつなぐ
産官学連携プロジェクトに
最初に取り組み大きな成果**

— 荒川先生が機構長を務める、東大の「ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構」は、どのような研究をされているのでしょうか。

荒川 量子ドットだけでなく、さらに範囲が広いナノ量子情報関連の事柄の研究を様々な専門を持つ教授や研究者が集まって取り組んでいます。東大の学部、学科の枠を超えた全学センターで、部局横断型の研究施設になります。

国家プロジェクトをおよそ10年間続けて拠点形成を行いまして、参画しているのは教授で20人ほど、准教授やポスドクまで含めると約100人の規模になります。

それからもう一つ、企業が参画している企業ラボという形があります。例えば「東大シャープラボ」「東大日立ラボ」「東大NECラボ」「東大富士通ラボ」などです。企業の方が常駐し、産学共同の研究を10年以上前から始めています。この中で、量子ドットレーザーの開発も行われましたし、共同研究の成果として色々とアウトプット出来ています。

— 企業との共同研究のお話が出ましたが、荒川先生は、産官学の国家プロジェクトを最初に進め、大きな成果を残してこられました。当初の苦労や、また実際にやってわかった意義などを教えていただけますか。

荒川 私が本格的に大型の産官学の国家プロジェクトの推進を始めたのは2002年頃です。産官学連携

のほぼ最初のモデルになりますが、実行の前からこうしたことが出来るように働きかけていた背景もありました。

その中の私の役割は、例えるなら「企業側と大学側の間に橋をかける」ということでした。連携する以前は、川を挟んだ片方に大学の研究室があり、もう片方に企業の研究室があり、双方が時々ボールを投げ合って情報をやりとりしていたようなイメージでした。つまり両社の間で人が行き交うことではなく情報だけが交わされていたのです。

ですが私はそれだけでは不十分に感じまして、橋をかけて双方の人が自由に往来して、時には片方の場所にみんなが集って同じ釜の飯を食う、ということが大切なではないかと考えました。そうすると、やはり色々なものが生まれてくるわけです。そんな考えで、学内に企業ラボが作られたわけです。

ただ、すべての研究を全部一緒に行えばよいというわけではなくて、各々に得意分野があるので、出た課題を各々持ち帰ることもあり、そしてまた戻ってくるということを行います。その往来が自由に出来て、コンタクト出来るための"橋"が重要であろうと考えたのです。

今でこそ、こういう形は珍しくありませんが15年ほど前はあまり上手く機能していませんで、先鞭をつけた例になったと思います。そういう意味で新しい形の産官学のプロジェクトや共同研究体制のあり方を示すことが出来たのではないかと思います。

産学官との連携

—2000年代まで、こうした連携がうまくいかなかったのは、何か理由があったのでしょうか。

荒川 実は世の中の景気が変わったことが大きな要因の1つにあります。景気が比較的良かった1990年代の初め頃は各企業が基礎研究所を持っていて、大学の役割はこうした研究所で活躍できる人材を育成することが主になっていました。そして基礎研究も企業で行っていたわけです。

ところが2000年代に入って景気が後退してくる中で、基礎研究の部分を大学と企業がシェアしたり、大学がリードして行うようになっていったのです。ある意味、それまでの企業の基礎研究所の役割を大学が担うようになったわけです。この両者がシームレスに繋がる形を具現化してきたのが、我々が取り組んできたプロジェクトになるのかなと思います。

—アメリカなどでは、以前から普通に見られた形だったのでしょうか。

荒川 まさにそうなのです。そしてもう1つ、2000年頃からとても状況が良くなってきたのは、雇用が出来るようになったことでした。それ以前は実は雇用がとても難しく、例えば科研費の使用用途が制限されていてその費用で人は雇用出来ない、さらには委託研究も使ってはいけないことがあったのです。それが出来るようになり、教員のポジションも特任助教授や特任教授として作れるようになったことが、色々な意味で大きかったです。

そうしたことなど、小泉構造改革の流れの中で2000年頃から産学官が連携しやすい状況に色々とシフトしていくのです。その政策には今でも賛否両論はありますが、色々な意味で日本の仕組みを変えるインパクトになったと思います。

**国際光学委員会会長として
日本学術会議の国際会議を
両陛下御臨席の中で開催**

—さらに、2014年から3年間、国際光学委員会(ICO)の会長も務められました。この学会は量子やナノ関連だけでなく、非常に広い範囲の研究者が所属する大きな組織ですね。

荒川 ICOは光科学技術分野の世界連合であり、発足は1948年、当初は顕微鏡とか分光とかオプティクスの分野が主でした。その後、我々のような半導体などを含めたオプトエレクトロニクスなどに分野が広がり、発展してきています。ICOのOは「オプティクス」の意味ですが、今後名前を「オプティクス&フォトニクス」と変えようとしています。

3年に1回総会が行われるのですが、私は2017年の総会の組織委員長も務めることになりました。そして主催を日本学術会議で行うことになり、期待しましたのが、両陛下にご臨席頂こうということでした。

—両陛下のご臨席ですか、それは大変名誉なことですね。

荒川 日本学術会議の主催の国際会議は年に10件程度開催されます、そのうち1件には両陛下に御臨席いただきことが出来るのです。これはぜひにと思いまして、運動と言いますかお願いを申し上げまして、実現することが出来ました。

開催にあたり最も大変なのはセキュリティでした。会場は都内のホテルだったのですが、ホテルと協力して万全のセキュリティの下で両陛下に御臨席いただき開催することが出来ました。当日は1000人を超す参加者を数えまして非常に盛会となりました。4年に一度の世界総会が日本で行われたことが35年ぶりだったのですが、関係者が一丸となって両陛下にも御臨席頂いた中で成功が出来、率直に嬉しかったですね。

そしてこの学術会議の内容も非常に有意義なものでした。光というものはオプティクスやディスプレイ、フォトニクス、レーザーなど様々にあり、今やインターディシプリンアリーな分野、つまり多くの分野の世界中の科学者・技術者が協力し合わなければならぬものになっています。

**若い研究者へ、まっしぐらに
研究に打ち込む時間を**

—科学機器を製造するメーカーや業界へのご要望や提案はございますか。

産学官との連携

荒川 量子ドットのことで言いますと、例えば「量子ドットディスプレイ」であったり「生態マーカー」であったり、その他にも、活用分野はこれからも広がっていき、やや「化学」に寄った要素とも関わっていく方向になっています。その際には、この本に掲載されているような科学機器を、また活用していくことになりますので、後押しを頂ければという思いです。

—これから、日本の技術革新を進めていくには、若い世代の育成環境は大切だと思いますが、どんな課題があると感じていますか。

荒川 全体として、研究人口はとても増えています。30年、40年前と比べると特任教員やポスドクの数は5倍はいるのではないか。これが国の研究力を高めているのは良いことなのですが、教授のポストが増えているわけではありませんので、若い世代から見ると雇用不安があります。なので彼らのキャリアパスを国として示せるようにする方策が必要だと思います。

学問の分野での教授のポスト数というのは限られているわけですので、優秀なポスドクの人がスムーズに産業界で活躍できるような道筋を、国がもっと後押し出来るようになれば日本にとって豊かな人材育成になると思います。

—若い学生に対してのご意見はございますか。

荒川 若い人達から「色々と忙しくて、研究の時間が削られる」と

量子ドットの研究を支えたモチベーションは「面白い」という好奇心。メインストリームでなかったからこそ研究をリードできました。



いう不満をしばしば聞かれます。もちろん雑用などで忙しくなった事も否めないとは思いますが、自分で忙しくしているところもあるような気がします。メールを四六時中やりとりしたり、インターネットで色々と扱ったり、様々な会議に追われてしまう、などですね。

ですが、少しばかり会議に行くのをやめ、メールも断ち切って「集中して研究する時間を作る」ということが必要じゃないかなという気がします。いい仕事というのは、地味なところで黙々とやっているときに見つかることが多いと思うのです。

例えば、ノーベル賞を受賞した研究成果にはすごく地道なものが多いでし、また日本のノーベル賞受賞者を見てみると、そもそものきっかけとなった仕事を、すぐ予算の少ない時に黙々と行っていた例がたくさんあるのです。それが芽を出し、成長して、予算が付くようになってくるわけです。

—先生も量子ドットの研究を始めた頃は、予算には恵まれていなかたわけですね。

荒川 自分のことを言って恐縮ですが、お金は全然なかったですね。しかしそういう中で、すごく集中

して考えている時代がありました。

今はいろいろな情報がネットなどから入ってきてしまい、それに追われて皆忙しくしています。情報をとりいれて発展させていくのも能力の内ですが、若い人、具体的に言うと30歳くらいまでは「他のことに目をくれず、まっぐらに研究に打ち込む時代」というのを持った方が良い気がします。その時間が若い研究者が将来伸びていくうえで、重要な財産になるのではないかと思います。

そして、日本の若い人材が海外にどんどん出ていかないといけないですよね。海外に出ていく傾向が若い世代では薄まっていっていますが、国際化は絶対必要だしそうでないとビジネスにも研究開発にも勝つことは出来ません。そのマインドを育てていくことは、我々の大きな役目であると思っております。

—ありがとうございました。
研究者、教育者、そしてICO会長として奮闘される荒川先生。
そのますますのご活躍に期待しております。

次号「科学の峰々」では、宇宙の謎の解明に重力波で挑む!お話を東京大学宇宙線研究所教授・川村静児先生にお話いただきます。