



◆オーラルヒストリー*

半導体量子ナノ構造デバイスを 求めて

榊 裕 之**

〈聞き手（インタビュアー）〉

堀越 佳治 早稲田大学 常任理事 教授
渡辺 美代子 (株)東芝 イノベーション推進本部経営
変革統括責任者
山口 浩司 日本電信電話(株) 物性科学基礎研究所
量子電子物性研究部長

〈担当編集委員〉

平川 一彦 東京大学 教授



さかき 榊 裕 之 (工学博士)

1944 年 愛知県生まれ
1968 年 東京大学工学部電気工学科卒業
1973 年 東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了
1973 年 東京大学生産技術研究所助教授
1987 年 東京大学生産技術研究所教授
1988～1998 年 東京大学先端科学技術研究センター教授兼務
2005 年 日本学術会議会員
2007 年 豊田工業大学副学長・教授, 東京大学名誉教授
この間
1976 年 IBM ワトソン研究所客員研究員
1988～93 年 科学技術庁創造科学推進制度「榊量子波プロジェクト」総括責任者
2004～2005 年度 応用物理学学会会長

主な表彰と受賞年

日本 IBM 科学賞 (1989), 応用物理学学会論文賞 (1983, 1990), 服部
報公賞 (1990), 電子情報通信学会業績賞 (1974, 1991), 島津賞
(1995), IEEE David Sarnoff 賞 (1996), 藤原賞 (2000), 紫綬褒章
(2001), 江崎玲於奈賞 (2004), 日本学士院賞 (2005), 文化功労者
(2008), 応用物理学会業績賞 (2009)

1. 少年時代—知的な環境と豊かな自然に

堀越: あらゆる世代の方が、榊先生を大変にお手本と考え、このインタビューに注目していると思います。少年時代の過ごされ方から、伺います。

榊: 少年・少女時代は、誰にとってもかけがえがないもので、また時代の影響を受けるものです。私は、1944 年 10 月に名古屋の中心地に生まれましたが、空襲を避け、生後 2 か

月で知多半島の浜辺の村に疎開しました。今の中部空港から北に数 km のところです。名古屋の人たちが春は花見に訪れ、夏は海水浴に来る場所でした。浜辺では名古屋港に往来する船が見え格好の遊び場でした。村の小学校の先生は絵が好きで、かなり頻繁にスケッチに連れ出してくれ勉強をした記憶がありません。名古屋の人たちが一斉に疎開した村ということもあり、のどかで自然に恵まれながら、都会的雰囲気もある面白い土地柄でした。戦争を奇貨にというか、小学校 3 年までのどかなところに住み、思い出深い少年時代を過ごせました。

名古屋に戻って入った小学校は、郊外にあり、大学を出たばかりの石田陽一という熱血先生が担任でした。芥川龍之介に傾倒し、歴史や文学を愛し、平和の大切さを説く、授業熱心な先生でした。日曜日というと、クラスみんなを野山に連れ出し、受験指導的なことは嫌う先生でしたが知的には相当刺激を受けました。算数や理科はやや不得意な先生でしたから、私の小学校時代は、知的な刺激を受け

*(インタビュー実施日: 2009 年 1 月 16 日)

**豊田工業大学副学長・教授

ましたが、数学や理科には余り縁のない時代でした。

理科教育も大事ですが、知的刺激を与え自然や人生の豊かさを教えてくれれば、小学校は十分と思います。

堀越：先生のお父様は電子顕微鏡分野などで有名な学者でしたが、影響は強かったのでしょうか。

榊：父は自分の専門に関することは家では話さない主義でした。シューベルトの歌曲などが好きなことと、祖父が京都大学で、サンスクリットの仏典研究をした影響もあってか、語学が好きでした。外国語や音楽はよく話題になりましたが、自然科学的な話題はほとんど無く、そういう面での刺激は皆無でした。

山口：少年時代に、将来、就きたいと抱いた仕事のイメージはどんなものだったのでしょうか。

榊：物心ついたころは、戦後の平和のありがたさが、みんなに共有されており、平和の継続こそ一番という価値観の中で育ったわけです。私の小学4年から中学にかけての期間に、父親がドイツに単身で2度留学したこともあり、外国文化や語学に目が向き、外交官の世界で貢献できないだろうかという気持ちを強く抱いたものです。

2. 外交官の夢から理系へ

堀越：それが理科青年に脱皮したのは、何がきっかけだったのでしょうか。

榊：それは挫折を経験したからです。私は外交官になる夢をもち、高校時代にアメリカで学ぶために American Field Service (AFS) 留学生に応募し1962年の夏からミネソタで一年過ごしました。当時はハマーショルド国連事務総長が活躍しており、そうした仕事に一步でも近づきたいと思ったわけです。アメリカの高校の Social Studies の授業で、公民権などについて深い、議論をします。当時はケネディが大統領で、キューバ危機など、東西冷戦に関する複雑な問題も議論の対象となります。そうした経験から、外交官には思想的な基盤を持ち、国際的な説得力が不可欠であり、英語が堪能なぐらいでは外交官への道は険しいと思ったわけです。

AFS 留学生はいろいろな国から来ています。国際的視点から、力量を比較しますと、私を含めて日本の高校生は論証力や説得力が強くないと感じました。そういうこともあって別の道を探し始めたわけです。ケネディ時代は平和部隊と公民権、アポロ計画が政策の3本柱でした。技術を通じた国際貢献を目指す平和部隊の考えに啓発され、進むべき工学部だと思い、方針を変えました。

山口：そのころに理数系科目のほうに、興味が移っていったということでしょうか。

榊：実際はアメリカに行く少し前から物理や化学にも興味が湧いてきて理数・文系両方とも、勉強していたのです。もちろん、引き続いて、英語や歴史に関心がありました。化学の先生がボイル・シャルルの法則など、の法則から分子という概念がどのように生まれたかを熱心に説明してくれたことなどが強く印象に残っています。分子の存在を天下一的に教えるのではなくて、なぜ分子という考えが生まれたかを教えるわけです。こうしたことが重なり、徐々に

理科への関心も強まり、物理や化学の面白さにも目が開かれたのです。

3. 半導体研究のきっかけ

堀越：大学の工学部に入られて、その後、半導体の専攻に進みましたが、その辺の経緯はいかがですか。

榊：工学部志望で東大の理科Ⅰ類に入りましたが、進路は明確ではありませんでした。ダムや発電所建設で貢献できると思い、3年になって電気工学科に入りました専門の勉強が進むつれて、ところか、面白いことがたくさん出てきます。例えば、菅野卓雄先生や、柳井久義先生たち半導体の講義をされ、固体物性にも興味を引かれました。4年生の1967年の夏に卒論テーマを選ぶことになり、若くて講義に熱心な菅野先生のところが面白そうと思って、用意された卒論テーマの中から、MOS トランジスタの伝導機構を選択したのです。当時、講義ではバイポーラトランジスタしか扱われておらず、MOS トランジスタを開発したという松下電器の新聞広告を見る機会もあり、MOS のテーマを選んだのがきっかけでした。それ以来、半導体から抜けられなくなりました。

山口：今でこそ、半導体は一大産業ですが、当時はやはり電気の中では黎明期という感じだったのでしょうか。

榊：62年の渡米時に、トランジスタラジオを携行しました。アメリカでも、さほど普及しておらず、かなり注目されましたが、その後急速な普及を迎えます。1956年にショックレーたちがトランジスタ発明でノーベル賞を受賞したり、58年には江崎玲於奈先生がエサキダイオードの発明で新聞の話題になったり、集積回路の原型が発表されたり、新聞でも半導体の記事がちょくちょく出ていたようです。卒論に着手するのが67年ですから、そのころは半導体の存在感は相当あり、かなりの研究が片付いてしまったのかなと錯覚するほどでした。

堀越：その当時、影響を強く受けた先生や論文がおりかと思いますが。

榊：一つは植村泰忠先生と菊池誠さんが書かれた物理学選書の「半導体の理論と応用」です。植村先生が半導体物理をわかりやすく書かれ、菊池さんが応用面などを面白く書かれて、感動し、影響も相当受けました。また、卒業論文に取りかかる時に、最初に読んだ論文が Schrieffer さんが書かれた表面散乱に関するものです。Bardeen 先生指導の下で行われた仕事で、薄膜内部の移動度の減少の問題をきちんと解析した理論の論文です。

渡辺：大学教授になることを最初から目指されたのでしょうか。

榊：学部までは現場の技術者を目指していました。それが研究に入ってみると面白く、のめり込んだ感じです。博士課程では、進路をいろいろ考えました。日本の産業は、半導体産業も含め、存在感を増していましたから、メーカーか、電電公社か大学に進もうか迷いました。大学院では、産業の学術基盤を作ることを目指し、MOS 伝導層の中の電子・量子効果を明らかにする仕事でしたが、自分の志向と相性もよく、それなりの成果が出ていたのです。今後も、

こういう仕事で貢献したいと思うようになり、チャンスがあれば大学への就職を考えるようになりました。ちょうど、就職担当の岡村総吾先生から「専門はちょっとずれるが、生産技術研究所でマイクロ波とか超短波工学部門で、濱崎（襄二）先生のパートナーになるポストがあるが、どうか」という話をいただきました。

その1年半ほど前にはIBMの江崎先生が菅野研究室に來られたとき、MOS反転層における二次元電子の量子サイズ効果に関する私の研究着目いただき、米国IBMの客員研究員になるお誘いを受けていました。また、ドクター3年生の時には、ドイツのジーメンスのDordaさんにお目にかかった際に、ミュンヘンで客員研究員をする誘いも受けました。Dordaさんは、後にvon Klitzingさんに協力して量子ホール効果を発見された方です。

渡辺：そういうオプションがあるにもかかわらず、生研を選択された背景には何があったのでしょうか。

榊：自分にとってはMOSトランジスタの研究は一区切りついたと思い、新しい分野への展開を図るべきと考えたためです。生産研で超短波工学とか、新分野にかかわり、自分の幅を広げ、そのうえでIBMに行き、さらに幅を広げる方がいいと思ったのです。いざ、生産研では、新分野とどうつき合うべきか、途方に暮れましたが、濱崎先生はすばらしい先生で、「支援はしますが、自由にやりなさい。責任も自分でとりなさい」といわれ、自由にさせて下さったのです。最初の一年は、朝から晩まで、マイクロ波用の超伝導キャビティーなど、超伝導の本を読みあさりました。しかし、展望がなかなか拓けず、「これは空振りだな」と感じ、別の領域を探索することとなったのです。周辺では、光の分野でホログラフィーが研究されており、二光束の干渉によりグレーティングなど、表面に周期構造をつくる研究が面白く思えたのです。特に、この周期を数十ナノメートルにできれば電子の制御に使えるとの発想を得ましたが、それ以外ではどうも鳴かず飛ばずでした。何とか、新しく進むべき方向が見えてきたので、ある日長老の齋藤成文先生に「IBMに滞在し、江崎グループで修業したい」と申しあげました。その時はたら、「日本で仕事ができないのに、アメリカへ行って仕事ができると思ったら大きな間違いだよ」と諭され、虚を衝かれる思いをしました。

渡辺：その時、IBM行きを決められたのはなぜですか。

榊：鳴かず飛ばずの3年間でしたが、干渉露光法で作るグレーティング構造が契機となって、プレーナ型の超格子の概念を思いつき、それを提案・解析する論文を出していたのです。この構造は、FETの極薄伝導層の内部に格子状か基盤状の壁を入れるものであり、江崎先生の超格子の特性をゲートで制御するものともいえます。1970年頃にガリウムヒ素のガン効果をゲートで制御する研究が話題になっており、これがヒントになったといえます。いました。二次元電子と周期障壁との相互作用をゲートで制御するプレーナ超格子の論文を75年に書き、晴れて76年にIBMに行くことができたわけです。

山口：結局、その時の発想がその後の量子細線や量子ドットにつながっていくわけですか。

榊：そうですね。76年にIBMの客員になったとき、江崎先生に「この1年間にプレーナ超格子の研究したい」と提案しました。特に、層状の超格子にV溝を掘り、そこにゲートをつけた素子を作り、層を横切る縦伝導を調べれば、プレーナ超格子となり、電流を横方向に流せば、量子細線FETになるので、研究テーマとして提案したわけです。江崎先生は「その研究、時期尚早」といわれました。それは正しい判断だったと思います。プレーナ超格子では、障壁を二次元的に入れて、基盤状とすることを議論していました。こうしてできる構造では、小さなキャビティーが並び、本当のミニギャップができるのです。量子的な状態制御のさまざまな可能性を考えた時代です。

堀越：その時点で、もうフォトリソグラフィまで概念が進んでいましたね。

4. 研究と人生を楽しむ米国人研究者

山口：IBMの研究所にはどんな印象をもたれたのでしょうか。

榊：ワトソン研究所での初日の朝、夢のような場所にたどり着いたわくわくした気持ちと、自分の力量が通用するかという不安が交錯した複雑な心境でした。当時、IBMの業績がよかったこともあり、アメリカ人研究者の楽しい様子が印象的でした。自分の気に入った仕事がこの場所で一生できる、こんなうれしいことはない。そういう雰囲気満ちていました。例えば、ガンダイオードを発明されたGunnさんもクラシックカー収集の趣味をコーヒープレークの折に楽しげに語ってくれるのです。「そういう生き方もあるんだ」と目から鱗が落ちる思いでした。scientificな貢献を十分にすれば、それだけで市民権があるという豊かなアメリカ社会の雰囲気にふれ、心が解放された思いでした。

渡辺：高校時代に行った時とは全然違う印象でしたか。

榊：ティーンエージャーとプロ研究者の世界は確かに違います。もっともわからないことを恥ずかしがらずに質問し、説明して楽しむ姿勢は共通でした。また研究所の幹部が「IBMは自分が発明しなかったトランジスタと計算機とをフルに活用して恩恵を受けている。その意味でscientific communityにお返しする使命がある。あなた方はIBMではなく、scienceに最もよい貢献をしてください」といわれたことも印象的でした。横綱のビジネスをしている会社の、社会に貢献する方針が明示されふところの深さを感じました。

渡辺：そうした経験は、それ以降の先生の研究姿勢に、大きな影響を与えたのでしょうか。

榊：研究者としての過度の緊張感から解放されたのは、いいことでした。日本人には私も含めて、勤勉で、社会や所属組織に、日々貢献したいと考える傾向があります。研究者の場合その意識が強すぎると、短期間で成果をあげようという気持ちが働き長期的な取り組みを敬遠する傾向が生じます。伸びやかな心や気風が、創造性の発揮には、必須と思うようになりました。

山口：その当時、IBMでは研究テーマ設定も、自由なかつ



堀越氏



渡辺氏



山口氏



平川氏

ちで行っていたのでしょうか。

榊：当時、IBM のワトソン研究所には約 700 人の研究者がいたと思います。このうち 50 人ほどが極めて自由な General Science 部門に属し、続いて約 150 人が Physical Science 部門に属し、物理の基礎をやっていい立場にいたようです。さらに Applied Science と計算機科学の部門とががありました。Applied Science 部門には、シリコンの集積回路やジョセフソン素子の研究から、江崎先生の超格子の研究まで、多様でした。したがってどの部署に属するかによって、自由度は異なります。一般にサポートの多いところは制約も多いものですが、江崎先生のグループは、サポートが多いのに、あまり制約が多くないが例外領域でした。

堀越：先生は IBM から戻られた後、MBE (Molecular Beam Epitaxy: 分子線エピタキシー) を始められましたね。

榊：そうです。幸い IBM にいる 18ヶ月の間にある程度の成果がまとまり四つの論文を書き展望も開けてきたので、1977 年秋に気分が晴れて戻って来ました。長期的な研究の基盤となる MBE を、ゼロから始めようと思ったわけです。まとまった研究費がないので、予算の申請をしたり、生駒俊明先生や濱崎先生などのご支援もいただいて、イオンポンプなど部品を買い集め、初代の院生の大野英男さんの協力も得て MBE 装置作りとその立ち上げを始めたのです。このころは電電公社の岡本紘さんや富士通の冷水さんなどから、MBE に関して貴重な助言を頂きました。また当時、松下技研におられた赤崎勇先生から、「廃棄予定の UHV の真空装置があるから取りにきませんか」と声をかけていただいたことなどもありました。赤崎先生が窒化物の MBE 成長にに使っておられた装置でした。

渡辺：先生が新しい研究をなさるときに、サポートあるいは心の支えであった方がいらっしゃったと思います。

榊：日本の大学は、人員も予算も潤沢でなかったもので、講座的な組織でないと、研究推進が困難でした。しかし生産研の電気電子部門には、若手教員に自由にさせる自立を促す伝統があり、教授はこれを支援するとの気風がありました。その制度をにより濱崎先生には格別のご支援いただき

ました。には深く敬服し、感謝しています。

堀越：江崎先生から受けられた影響も相当大きいと思います。

榊：そのとおりです。前にも述べたとおり博士課程の 1 年になった 1970 年に、江崎先生の超格子の論文を読んで、衝撃を受けました。その翌年にした。この雲の上のような存在の江崎先生に、自分の研究を紹介する偶然の機会があり、それが契機となって今日ま格別のご支援と励ましを頂いています。特に、FET と超格子と組み合わせるという発想から、量子細線や量子ドットの素子応用の考えが生じたわけですから、超格子の論文がなければ量子細線や量子ドットへの素子応用の発想ははなかったと思います。

5. 飛躍し逸脱して考えることの大切さ

渡辺：先生はたくさんの成果を出されています。

榊：私は新しいことや着手されていないことに関心を抱く傾向が強いのです。既に、すごい専門家が取り組んでいると、「自分の仕事は別にしよう」と思います。人がまだ気付いていないことがらを探り、その可能性をみんなに提示してみたいと常に考えます。科学技術はみんなが知恵を出し合って作り上げるものです。違う視点や可能性を供するのが使命だと思います。主流の技術の動向、step-by-step の改善策は何か、その行き着く先の限界は何か、そこから飛躍し、逸脱する可能性はないかいつも考えています。本流からずれて、新たな流れの可能性を探ることが私のスタイルであると思います。

山口：榊先生の論文の中で最も citation が多いのは、荒川泰彦先生と一緒に書かれた「量子ドットレーザ」が 2000 ぐらいあります。もう一つが「量子細線における電気伝導」が 600 ですか。どちらも違う視点でチャレンジしているところが、いろんな研究に影響を与えていると思います。

榊：電気伝導分野で研究者として育ったので、最初に飛躍的な着想を提示した論文は、ゲートで制御するプレーナ超格子の論文でした。また 80 年に量子細線 FET の論文を書いた契機は、78 年に移動度を高める変調ドーピング法の論文が出てきたことです。これには悔しい思いをしました。

IBM 時代には、それに近い構造を検討したことがありました。このころ、ドーピングした、超格子中の電子状態を明らかにする研究をしており、ドナー不純物を入れると障壁中で、バンドが曲がることなどを Stern 博士と検討していたのです。一様ドーピングした場合でも、不純物の半分は障壁内にとどまり、電子と分離されてしまいます。

堀越：着想がよい線まで行っていましたね。最初の Dingle の、あの論文のとおりではないですか。

榊：後の祭りです。電子と不純物との空間的なズレの観点は検討していたのですが、移動度を上げる脈絡で、考察しそこねたと思います。当時の IBM の MBE にはロードロック機構がなく、残留不純物が多く、移動度が上がらなかった事情もありました。変調ドーピングの論文に接してから、この手法とは違ったコンセプトで移動度を上げようと考えたわけです。量子細線が、散乱の抑制に好都合であると思いついたのは、79 年に中国に 3 週間ほど、濱崎先生や光ファイバーの川上彰二郎先生と一緒に行った時のことです。川上先生が単一モードファイバーの光の散乱の話をして「モードが一つのファイバーでは、モード変換が起きず、唯一許される後方への反射は確率が低い」という話をされました。このとき、「電子波に適用が可能である」とのアイデアが浮かんだわけです。

量子ドットレーザーも似た経緯があります。荒川先生は、80 年に生産研の関連の分野に着任されて、一緒に仕事を始めました。半導体レーザーに関しては、内外に優れた研究グループが多く、当初は敬遠していました。僕らが得意なのは電子輸送とか、光検出器系統です。そこで超格子の光検出器応用の研究を進めていたら、イリノイ大学やベル研から、類似の研究結果が立て続けて発表され、こちらとしては断念せざるを得なくなりました。そんなときに、友人のイリノイ大の Karl Hess 教授が院生の Chin 氏と共著で書いた論文に出会ったのです。この論文では、量子井戸レーザーの温度依存性は、電子が二次元的であるために通常のレーザーよりも小さくなることを論じていたのです。このとき、直ちに思いついたことは、電子運動が一次元的または零次元になる。量子細線とか量子ドットを用いたら、さらに温度依存性は抑制されるとの予想でした。そこで、これを裏づけるために、荒川先生に必死になって計算をしてもらったわけです。

堀越：そういう経過だったのですか。

榊：ただ計算だけじゃ具合が悪いだろうと考え、NTT の岡本紘さんをお願いして、「量子井戸レーザーの強磁場下の振舞を研究したいので提供ください」とお願いして、快く応じていただきました。量子井戸に磁場をかけると電子がサイクロトロン運動によって、実効的に三次元閉じ込め状態が作り出され、量子ドットレーザーの特性予測をしたわけです。

堀越：それが今、すごい影響を与えていますね。

榊：私は電子工学者ですから、新概念を探る研究も大事ですが、同時に本流になる技術を育てていくことの重要性も考えてきました。HEMT や量子井戸を用いた光素子についても、基盤の要素を徹底的に解明し、高性能化に寄与す

る地道な努力も平行して進めてきました。何年かかっても終わらない研究では、院生にとって具合が悪いので、本流を育てる仕事もやりながら、冒険的な研究を併行させてきたのです。

山口：先生は科学と技術のオーバーラップする領域が大事だと日ごろから話されていますね。今の量子細線などのお話も、そういうところを切り込まれたから生まれたアイデアだと思いますが。

榊：物理学的な面白さを探るとともに、素子機能を開拓する魅力も提示し、一緒に作り上げてゆくことも、楽しいことです。人間はもともと、自然を見て理解するだけでなく、自然に働きかけ活かしていく知恵を備えています。科学と技術は人間の知的活動の両輪であると思います。

堀越：今、光通信用レーザーを例にみても、精緻なレベルに達しています。完成かなと思いがちですけども、次のステップがあるかなと感じとることも大切ですね。

榊：どんな技術もいずれは成熟を迎えます。成熟期を迎えた時に、世界的に普及していれば、わずかな改善でも効果は大きく、特に産業にとって重要です。一方、高度に洗練された技術が次の可能性を切り開くことも少なくないです。結晶の純度や微細加工技術などを極度に高めた LSI 技術により、高性能の単電子素子や量子細胞 FET など実現してきています。もう一つの事例は、量子ホール効果です。縦長の試料の電流磁気現象と横長の試料のそれとは、変換則を用いると相互に等価な情報が出てくるという論文があったため、一方のみが実験され、他方は放置された経緯があります。von Klitzing さんは、きちんとした実験を行い、量子ホール効果の新たな側面を明らかにしています。人間の理解は完璧そうにみえて見落としもあり、留意すべき点だと思います。

6. 研究対象に向き合う大切さ

山口：先生は優れた後進の方を数多く育てられています。人材育成方針などで、心がけていることは何でしょうか。

榊：はっきりした指針はありませんが、学生が朝から晩まで真剣に、その研究対象とつき合い、考え続けると、ものすごい可能性が生まれてくることを実感しておりそうした事実を学生にも味わってもらいたいと思っていることでしょうか。Excuse かも知れませんが、教員は学生指導や授業などの用事もあり、十分に考える時間を取れないのが実情です。だから私が最初に学生に伝えることは、朝から晩まで考えることのもたらす可能性のすごさであり、その強みを生かしてほしいということです。

堀越：先生の学生指導法は、自由に発想させる方でしょうか、それとともくに留意されていることはありますか。

榊：私は、修士の間は研究のやり方を身につけることが重要なので、適度に成功しそうなテーマを準備し、それに食らいついてくるまで待つ考えです。一度成功すれば、欲が増してきます。博士まで進学したら、研究分野の様子が見えてくるので、できれば自力で目標を設定し、次の一步を踏み始めるよう促します。踏み出すことが、なお困難な場合には、議論をしながら共同でターゲット設定を行います。

意欲的な人たちは自分で設けた目標に向かって努力しますが、多くの場合すぐにはなかなかうまくいかないものです。私は博士課程の1年生から2年生にかけては、一度落ち込む時期かなと思っています。1回は自己責任で落ち込み、自分で選んだ道で四苦八苦して立ち上がり、自立した研究者となる自信を築いてもらいたいと考えています。

山口：最近若い方の理科離れとか、いろいろありますが、傾向として変わってきているところがありますか。

榊：30年間振り返ると、個人の差異の印象が強く、時代とともにどう変化したかは、よくわかりません。研究は、試験勉強と違い、半年や1年かけて問題をひとつ解決するなど、時間軸がまったく異なるので、いわゆる秀才がとまどうことが多いですね。また、他人と一緒に力を合わせて進める要素とか、多くの要素技術を総合して活かす力も問われます。社会が整備されるにつれて、お膳立てされた状況が多くなり若い人が大事なトレーニングをする機会を、提供しそこねていないか懸念も残ります。

平川：最近の学生を見ていると、勉強や研究がゲーム感覚の感じがあり、ハートの部分が少し薄くなった気がします。

榊：人が職業人として社会とかかわりをもつ時に、研究を含めて、どう自分の力を磨き、社会とどんなつながりを作るのかは大きな課題です。社会が単純であった時代には、稲を育てるとか畳をつくとか、役割り分担が明快でした。先端的な工業社会では、分業が進み電話の中のあの部品をつくるなど仕事の実感が得にくくなっています。原点に戻って、研究も社会のインフラを支える技術の一翼を担っているとか、宇宙の根源を探るためのものであるとか、社会の全体像の中で、位置づけを説明し、次世代にも、そうしたことの意義を伝える必要がありますね。残念ながら、昨今では研究が京大戦とか学位取得が目標になっている傾向すらみられます。

堀越：かつて論文を読み、激動の時代を実感し、感動した経験があります。そういう手ごたえをこれからの若者に伝えていくには、何かよいお考えがありますでしょうか。

榊：工学技術の世界では、エネルギーや資源の制約のため、自動車やエアコンを世界中でふんだんに使うことは不可能になってきています。より多くの技術的恩恵を得るより、今のレベルを保ち、その技術の活用に伴うエネルギー消費や環境負荷を削減し、世界全体に供給しても問題がないようにする技術の開発が必須です。しかし、それがあまりにも大きな問題として提示され、すぐには状況を変えられないため、若者がそれに取り組む糸口が見えていないように思います。より具体的に、個別のターゲットや方法論を探り、それをより見やすい形で提示することによって、人類文明のチャレンジに加わる若者を増やしたいですね。

渡辺：例えば地球環境といっても、個々にとってどうつながっているのか、見えにくいということでしょうか。

榊：確かに産業構造とも関連が見えにくい状況です。Induction Heater はエネルギー効率が90%ほどで非常に高いのですがIGBTのようなハイパワー素子が、安く買えるようになったから普及したものです。このようなスマートな生活をするための技術をリストアップし、それを徹底

的に改善していくべきですね。原子力発電も当面、不可欠となれば、徹底的に安全にするための技術開発が待たれます。万一のことが起きたら大変ですから。

7. 人を育てる場—大学の原点

平川：鳴かず飛ばずの3年間を過ごした話やIBMでは、研究者が楽しそうに研究をしているお話もありました。昨今は状況が変り日本だけでなく、成果主義に寄り過ぎているような気がしています。

榊：おっしゃるとおりです。70~85年ぐらいまでは研究開発がビジネスの競争力や利益につながるよき時代でした。私のIBM滞在は、コンピューターの絶頂期ですが、その後、パソコンの出現によってIBMも苦境に立たされました。環境が変わるとIBM級の企業も構造改革もせざるを得ないわけですね。日本の産業や大学も状況への対応を迫られています。日本の場合、企業が苦境に陥り始めた時から、国が、経済活性化のために大学へのプロジェクト的な研究費を増やし、逆に基礎的経費は削減してきています。このことが研究環境に影響を与えています。大学の原点は、科学技術から芸術まで、文化の全体に渡って人を育てることにあり、若い人が自分の頭で考え、試行錯誤しながらやっていく場を提供するのが、最大の務めです。その部分を保持したうえで、上乘せの投資をするのであれば、悪くないのですが、最近、バランスが崩れ、じっくり育てることが、より困難になってきているように感じます。応用物理学会の会員の研究テーマの多くが、政府の重要領域とマッチングしたので、恵まれた研究費を受け取るケースも少なくなっていますが、国や財務省の期待に応える責任も同時に受け取っており、研究のやり方に影響を与えているとセットでもらった感じがします。

国の財政は楽な状況ではありませんから、大学人としては、質のいい知的空間を保つための工夫を徹底的に行い、短中期的なプロジェクト型の研究とのバランスを回復させる必要があると思います。最近、経常研究費が減り、対応は難しいと思いますが、少子化傾向を想定しますと、学生数や教員数の見直しも含め、質を高める方策を進める必要があると思います。もっとも、GDPに占める高等教育への公的支出の比率が、諸外国の半分しかない事実などを、社会に訴え事態を打破する必要もありましょう。予算の獲得以前に、大学側の人々が、本当の責任を果たすということを常に議論していくことが回復の原動力という気がしています。

渡辺：今はビジネスモデルが企業の成長を左右するなど、難しい時代です。産業界へご提案がありますでしょうか。

榊：現代技術の基盤には、インターネットなど自然科学だけではなく、人文科学や社会科学の要素が少なくありません。技術をもとと人間を含めたシステムと考えると、本来の全体像が見えてきます。例えば、住宅のように手入れをしながら何十年も使える情報機器や自動車を開発することは、技術革新や産業構造上困難ですが、資源やエネルギーの観点からは望ましいことです。そうした商品を個人が買うか、企業や社会が用意し、リースするかまで考え、時代

を先取りする技術開発の進展に期待したいですね。

堀越：グローバル化が進む状況の中で日本の大学や若手研究者たちはどうあるべきでしょうか。

榊：企業の競争力を高めるための国際的な分業から核融合のように一国の研究開発だけでは負担が重すぎる問題への取組みまで、国際的なつながりは、さらに強まることでしょう。EUの人々のやり方などもヒントにして、新しいチャンスの到来と前向きに対応していきたいですね。日本の企業や個人の研究者が、国際的コラボレーションの中で、どう独自のものをを出していけるのか。日本人の国際性の不足、特に英語能力の弱さが指摘されますが、一方で人の気持ちに細やかな配慮をする文化や人間関係の能力はすばらしい資源だと思います。いずれにせよ、高い専門能力と意志疎通の能力は、十分に鍛えることが必要でしょう。実際、水の浄化技術や炭素繊維など日本の優れた技術と、誠実に対応する姿勢が、世界から評価されている面も少なくありません。

堀越：グローバル化の世の中であって、文科省の留学生 30 万人計画だけではちょっと心もとない感じがします。

榊：10 年ぐらい前に韓国が非常に経済不況であったころ、ソウル大学の先生に「大変ですね」と申し上げたら、「確かにそうですが、ソウル大学としては世界のどこでも通用する学生を育てることで対応します。そうしておけば大丈夫です」という答えが返ってきました。日本の大学も人間的な魅力や能力も含め、世界が必要とする人を育てていくことを主要目標とすべきでしょう。大学の原点に立ち返り、日本にに住む人々のかかなりの部分がそれぞれの身丈に合わせて貢献できるように育てていかないと、日本の社会はうまくいかないと思います。教育も国家間や個人間の競争の側面よりも、グローバルに賢明な社会を作る方法として位置づけるべき、と思います。

8. 競い合うより、異なる要素を引き出す

平川：榊先生は量子細線など、新概念の提案をたくさんされています。今の子どもや大学生に向けて、そのクリエイティブ・マインドを育てるのに、最も役立った原体験などあれば、参考になると思います。

榊：私は物わかりがよい方ではないので、何度も人の話を聞いて、わかった時のうれしさは格別です。特に思いもよらない新しい考えがやっと頭に入った時は深い満足を感じます。アメリカの高校の在学時に、異文化に触れて知的興奮を感じた経験がしみ込んでいるのでしょう。研究者の役割は競い合うことではなく、新しい見方や考え方を生み出し、社会に提供することのように思います。ですから、これまでとは違ったことを提供しないと研究者として役割を果たせないという気持ちが強いですね。

堀越：確かに、そういう何か違ったことをやりなさいというメッセージは痛いぐらいよくわかります。

榊：「道から離れて森の中に入ってみなさい。予想もしないものが見えてくるでしょう」とのグラハム・ベルの言葉を江崎先生が引用されますが、そのとおりに思います。道にとどまると順位の競争がありますが、道から外れたら競争とは別の世界です。

堀越：そうですね。今の理科離れがいわれる若い世代に、そういう別の視点を伝えることは大事かもしれませんね。

榊：世界初でなくても自分による発見で質の高い感動をするのが大切でしょう。そうしたことの積み重ねが日本社会の知的な満足度を決めると思います。急がず、理解の過程を大切にしたいですね。

渡辺：競争社会からもう少し高いレベルを求めることを、今後、していかなければいけないということですね。

榊：そうですね。日本の学会をベースに研究を永年続けてきて、ありがたく感じたことは、多くの研究者が新しい技術を開発している気持ちを共有し、民間企業も大学も知恵を出し合って一緒に盛り立てていく気風があったことです。かつて日本の企業は高い使命感をもち、それが社員に伝わり、企業のためにも、国のためにも、学術のためにも貢献しようとする思いが共有されていたと思います。今は、そういう文化を温存しているところもあれば、時代遅れとみなすところもあります。国際的な厳しい環境下ではありますが、少しでもそういう気風が尊重されるよう念じています。

堀越：今日は先生に貴重なことをたくさん伺うことができました。大変、ありがとうございました。