

名古屋大学教授 天野 浩 先生
(ノーベル物理学賞)

天野 浩 Amano Hiroshi

1988年4月名古屋大学工学部助手、1992年4月名城大学理工学部講師、助教授を経て2002年4月名城大学理工学部教授。2010年4月名古屋大学大学院工学研究科教授。2015年10月名古屋大学未来材料・システム研究所未来エレクトロニクス集積研究センター長・教授に就任。また、2011年4月より名古屋大学赤崎記念研究センター長を兼任。赤崎勇名城大学終身教授・名古屋大学特別教授、中村修二カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授と共に「高輝度、省エネルギーの白色光源を可能とした高効率青色発光ダイオードの発明」にて2014年ノーベル物理学賞を受賞。

神田 眞人 Kanda Masato

金融庁参事官。東京大学法学部卒業、オックスフォード大学経済学修士(M.Phil)。世界銀行審議役、財務省主計局主査(運輸、郵政等予算担当を歴任)、国際局為替市場課補佐、大臣官房秘書課企画官、世界銀行理事代理、主計局給与共済課長、主計官(文部科学、経済産業、環境、司法・警察、財務予算担当を歴任)、国際局開発政策課長、総務課長等を経て現職。OECDコーポレートガバナンス委員会副議長など。元オックスフォード日本協会会長、浩志会代表幹事など。



右：天野浩 名古屋大学教授

▶神田参事官(以下、神田) 本日は、大変、ご多忙にもかかわらずお時間を賜り、誠に有難うございます。天野先生は、ノーベル賞も受賞され、世界トップクラスの科学者であることは言を俟ちませんが、加えて、日頃より、人類が直面している難題に関心をもち、それに取り組んでいく必要を強く訴えてこられたことに感謝しております。これまで隠していて、初めて打ち明けますが、私は先生の4年後輩の浜松市立広沢小学校の同窓です。実は、引越する小5になるまで広小でサッカーと水泳に打ち込んでいました。先生はサッカー、ソフトボールと伺っていますので、同じ建物で授業を受けただけでなく、同じグラウンドで先輩のご指導(しごき)を受けていたかもしれません(笑)。今日は、先生が御専門の分野を越え、幅広くお話を拝聴できれば幸いです。

▶神田 まずは軽い話題で、ノーベル賞連絡の顛末から。Nobel Media CSOのAdam Smithさん

のインタビューにおいて、海外出張先の仏リヨンでノーベル賞の正式な連絡を受けられる前に、乗り継ぎのフランクフルト空港で祝福メールが無数にきているのを発見して何のことも混乱したというエピソードを紹介されています。それに比べると全く取るに足りない話ですが、先日のBrexit国民投票の日、私はG20財務大臣代理会合で海外にいて、朝4時にホテルを出る頃は未だ英国EU残留見込みの情報で溢れ、香港での乗り継ぎの頃に双方向の情報が錯綜してきて、成田に着いたら衝撃の離脱派勝利が確定していて、そのままG7電話会議に向かうという大混乱でした。24時間メールが飛び交い、海外出張も激増する現代、先生の受賞の連絡を受けた日の状況をお聞かせ願えますか。

▶天野教授(以下、天野) 一昨年の10月7日、あの日の顛末ですが、ルフトハンザの乗り継ぎのためフランクフルト空港にいた時、何のアナウン

スも無かったのですが、1時間ほどの滞在中にパソコンを開いたら、すぐたくさんのメールが届いていました。ただ、メールのタイトルしか見ていなかったで、congratulationsというタイトルだけ見ても本当に気付かず、何がめでたいんだろう、何かのスパムじゃなかろうかなどと思っていました。このときは本当に気付かずにいたのです。

▶**神田** もしかしたらノーベル賞を受賞したのかも、と思わなかったのですか。

▶**天野** 全く結びつきませんでした。最終目的地のリヨンに到着した際に、フランスの共同研究先の方に教えてもらって初めて知ったというのが事実です。NHKをはじめ、色々な方が取材にこられました。仕事先の企業の方々の方々の気配りで取材に応じることができたりと、気持ちよく名古屋に帰りました（笑）。帰国翌日は教え子の結婚式で仙台に行き、その翌日、日曜日に名古屋に戻ってからメールを見ました。実はここまで、私はノーベル財団とは、一切コンタクトを取っていませんでした。電話もメールも頂いていましたが、賞を受けると言う回答をしていなかったのです。一週間以内に返事をよこさないと、取り消す可能性があるかもしれないという内容で、びっくりしてノーベル財団に電話をかけました。ところが、日曜だったため繋がらず、月曜の朝も繋がらず、本当に不安になりましたが、そこで時差があることに気がつきました。月曜の（日本時間）17時きっかりに電話したら繋がって、ああ、良かったと（笑）。

▶**神田** もし返答しそこなってノーベル賞失格になっていたら、歴史に残る事態になっていたかも知れませんか。

▶**天野** 歴史に残る、かつこ悪い事になる所々でした。大学も私に連絡をとろうとしていたのです。本来は詳細なスケジュールを大学に伝えておかないといけないのですが、伝えずに渡航してし

まったので、色々探して頂きました。

▶**神田** 先生の生活はますます忙しくなられたことと思います。先生の現在の生活ぶり、つまり、研究、教育、講演、出張等、それぞれのシェア、また、一日の時間をどうやって配分しているのかも教えてください。

▶**天野** 時間の配分としては、大学の教員ですから、授業が最優先です。次に研究ですが、実際の実験をやっているのは若い研究員や学生ですし、組織作りは理事の先生など、専門の方にさせていただいています。

講演については、去年はしんどかったですね。今年は回数を半分に抑えて頂いて、主に土日で活動するよう大学で全てスケジュールリングしています。若い人に話を聞いてもらいたいと思っていますし、大学としても優秀な学生に来て欲しいという思いもあります。そうした講演も多いです。

▶**神田** 先生の研究室のHPを拝見したら、来年くらいまで講演お断りと書いてありました。

▶**天野** そうですね。

【科学と科学者のあり方】

▶**神田** 私が先生に最初に関心をもったのは、人類には解決すべき問題が山積しており、自分が主人公としてその解決に貢献すべきであるということ従来から主張しておられたことです。実際、研究でも社会の省エネへの貢献として実践され、御近著『青色LEDの世界』でもその姿勢の貫徹を明確にされ、改めて感銘を受けました。

長年、科学技術改革に携わっておりますと、様々な研究者に出会い、学問上の成果のある方とそうでない方、研究や教育へ献身的努力を続けている方とそうでない方、そして、社会的意義を目的の一つとしている方と、完全に自分の趣味を追究される方と本当に多様です。努力もしない方は論外で直ちに転職してもらいたい一方、社会的意

義については、必ずしも即物的な効果が研究時にはみえていなくても、時間を経て結果的に大きな社会貢献を果たす研究もあるので、寧ろ、社会のリソースで研究をしている以上、いずれは社会に還元するという志、倫理の問題でもあるとも考えます。是非、高い志を持ってほしいし、その方が本人の研究モチベーションを高めると思うのですが、実際には、完全な個人的趣味や金銭的報酬だけが目的の方も少なくない中、先生は現在の日本の研究者の研究の動機や研究コミュニティの文化の実像についてどう認識しておられますか。

▶**天野** 趣味に走る人も、経済的利潤に走る人も、決して悪いことではないと思います。青色LEDにも、それに近いところがあります。私の恩師の赤崎先生は、結晶や鉱物が大好きで、それについて突き詰めようとされていたのですが、それをそのまま終わらせてしまうともったいないので、世の中に使える形にしたいと思った面もあります。重要なのは組み合わせです。自分の好きなことを集中してやることは必ず財産になるので、そうした発見を社会に還元しようとする人とペアになれば強いのではないかと思いますね。

お金もうけに関しても、若い人はそれを目的として、どんどんやりたいことをできる環境があれば良いと思います。シリコンバレーには、そうした雰囲気を感じますね。これをやればお金儲けになる、そういった原動力も決して悪くはないと思います。

逆に日本の研究者はまじめ過ぎて、そういった、プラスアルファのモチベーションまで持てないのかなという気がします。まじめに論文だけ書いたら満足しちゃうような雰囲気をちょっと感じるので。

▶**神田** 私もモチベーションやリスクテイクについて同様の問題意識を持っています。この関連で、先生は、20代は挑戦、30代は自立、40代は貢献と唱導され、「TED×NagoyaU」では、ビル・ゲイツ、ポール・アレン、故スティーブ・ジ

ョブズ、スティーブ・ウォズニアク、マーク・ザッカーバーグのいずれも20歳前後に勝負しており、20代から人生を賭けることを呼び掛けています。他方、若手の研究者と話していると、リスクを取りたくない、或は、余裕がないとして、新たな真実やパラダイムへの挑戦というよりは既存の方法論に盲目的に完全従属したり、昔よりも実験室が大型化したからか、一層、全体の歯車的、部分的、労働集約的な実験をしている方が少なくない感を受けています。海外に出て、戻ってきた際にポストが無いかも知れないから留学しないなどという話も聞きます。先生の一つ上の世代の研究者には、今の日本は恵まれすぎていてハングリー精神が足りない、自分達はお金も教えてくれる先生も無く、裸で留学して、ボロボロになって帰ってきて、やりたいこと、やらなくてはならないことがあるから続けてきたわけで、たまたま運が良いから生きている、などと仰る方も少なくありません。少なからずの若手研究者が、学問の発展という崇高な事業のオーナーシップを感じていないのではないかと心配します。私も次世代の研究者に期待しているからこそ、ポスドク対策、テニユアトラック導入や科研費改革など様々な若手支援措置を試みてきたわけですので、先生と同じ思いをもっていますが、現実はどうなっているのでしょうか。

▶**天野** この点で大切な海外との交流という点に着目しますと、日本にないものとして、EUの存在は大きいですね。EUの研究者たちにとっては、研究や就職のために、EU域内を簡単に動けるのが非常に良いことだったと思います。アジアにも同様の環境を取り入れたいと思ったりもしましたが、そう簡単にはいきません。

昔の世代はどんどん海外に出ていきましたが、今の中国がそれですね。日本は世界一の高齢社会であり、ある程度成熟した国ですから、外に出ていけないのは、ある意味必然的な流れなのかも知れませんが、それでも若い人にはどんどん海外に出て色々な経験をしてほしいですね。

▶**神田** 国内の競争は少なくなっています。私の世代は、同級生が240万人居ましたが、今は120万人、将来的には60万人まで減っていき、競争もどんどんなくなっていくます。海外との交流や留学生を飛躍的に拡大したり、国際的な土俵での競争を一般化しないと、日本の研究のダイナミズムは失われてしまうのではないのでしょうか。

▶**天野** そうですね。その意味で、やはりEUは羨ましいです。先日、ドイツのリンダウで、ノーベル賞受賞者と若い研究者と一緒に議論する機会があったのですが、EUの交流の自由は、本当に素晴らしく効果的だと思いました。しかし、英国のEU離脱が決まり、英国の若い人は将来について不安を持っていました。今は自由に各国で職に就いていますが、これはできなくなるのだろうか。

日本は島国であり、他のアジア諸国に行くことはあまり無いですし、行くなら欧米が多いと考えたと、あのような自由な行き来は難しい環境にあると思います。

そういう私自身は、ほぼ純粋培養なのですが(笑)、講師になった時に3か月だけ、名城大学からサバティカルで米国に行かせてもらって、180度考え方が変わりました。若い人もそういう経験を、出来るだけ早くやっておいた方が良くと思います。米国に行くまでは、LEDについて自分達が世界最先端の研究をしていると思っていました。米国のサンディア・ナショナル・ラボという国立の研究所に行ったのですが、規律に厳粛な雰囲気の中で、大変クリエイティブな実験をしていて、渡米前に持っていた米国人のイメージと全然違いました。世界の研究者のカルチャーやレベルを肌で感じられたのはすごく大きな経験でした。

ただし、海外に行くなら、学生の内でも良いですが、ある程度、自分の研究の方向が見えて来てから行くと一番効果があるかなとも思います。

▶**神田** 私も先生のご意見に賛成です。海外では、社会に一度出て、何をやりたいか見極めたり、学費を貯めたり、民間企業で研究をしてか

ら、大学に戻る人が多いですね。日本の場合、学生から連続して勉強していると、視野が広がりにくいし、モラトリアムが続いてしまい、社会ニーズの問題意識も持ちにくくなってしまう気がします。

▶**天野** 仰る通りで、日本では蛸壺になっちゃう人が多いんですね。

▶**神田** 私は文系ですが、理系の実験生活の苦しさを一番、近くで見たのはオックスフォードの大学院にいた頃で、生化学の博士課程で、学内寮のルームメイトのロジャー君が実験を毎晩深夜・早朝まで繰り返しては、また上手くいかなかったと辛そうに溢していたことをよく覚えています。先生は青色LEDで1500回以上の実験をしてきたと語っておられますが、成功への夢と信念、強靱な忍耐力が求められる一方、奏功していない場合、ある時点で、仮説を諦めて転進すべき時もあるはずです。その見極めはどういう基準でなされるものなのでしょうか。

▶**天野** 難しい質問ですね。3年間は試行錯誤で、これをやってダメだったから次はこうしよう、の繰り返しでした。最後にうまくいったのは、やり方をガラッと変えた時でした。従来は、半導体は表面をきれいにしないと、結晶がきれいに育たないと言うのが常識だったのですが、常識を変えて、むしろ汚した方がうまくいくという話をして下さった方がいて、その方法を試してみたのです。

工学系では、本当に方向転換をしなければいけないのは、世の中に出て、勝敗が決まったときだと思います。青色LEDの例で言うと、候補となる材料がいくつかあったのですが、最終的には窒化物が勝ち、他のものは寿命が短いなど色々な問題で結局ダメでした。そこで、他の材料をあきらめて、別の材料を探しに行くことになるわけです。

▶**神田** 日本の学界について一番、心配なのは、プロジェクトや研究者の質について、客観的で国

際水準の評価ができているのかということです。私は、過度に外部の介入があるよりも、自律的に学界自身が横串をかけて、適切に公正な評価を行い、優先順位をつけることが、健全なピアレビューの切磋琢磨で競争の活力を再生産するだけでなく、学問の自由を守ることにもなると信じてきましたが、学界の方が封建的、リスクアバース、静的で、既得権益守護が正面に出ることもあって、うまくいっていません。先生の画期的な窒化ガリウムのp型半導体の結晶についても、海外ではルミネッセンス国際会議を含め注目されながら、日本の学会では殆ど無視されてきた歴史があると聞きます。残念ながら、日本の学界に目利きというか、有望な研究シーズの選択能力がないのでしょうか。その結果、余り付加価値のない惰性的研究が存続する一方、少なからずのリスクはあっても人類の将来に大切な種が消えていると困るのですが、先生はどう観察しておられますか。

▶**天野** 日本で注目されなかったのは事実ですが、当初の私の研究を見落としたのは、最初は日本だけではありませんでした。青色LEDについての窒化物を材料とした研究は、1970年代に、特に海外で多くの人がやっていました。ただ、あまりにも難しいので、ほとんどの人が他の材料に乗り換えており、日本でもその流れに乗って、他の材料を使う研究者が増えていました。ですので、1970年代の古い材料による研究成果が出てきても、すぐに返ることが出来なかったのだと思います。海外で評価され始めたのは、かつて同様に評価されず海外で苦勞された方が、この結果は今までと違うぞと分かって頂いたからだだと思います。

今までにない研究の発表がされたとき、我々は、それなりに判断能力はあると思っています。もちろん研究内容も見ますが、ある程度人も見て発表を聞いているので。その点では、今の日本の学会も、そんなに捨てたものでもないと思います。

▶**神田** 学会での評価と政府のプライオリティー

の関係はいかがでしょうか。

▶**天野** 国の戦略はとても大事で、「これは必ずやらなければ」ということが中心なので、その点ではかなり相関しています。ただ、研究者にはそれとは違う、素晴らしいことをしている人もたくさん居て、もっともっと良いタネはあります。ただ、そこに予算をつけるかということ、それもまた難しい問題ですが。

▶**神田** だからこそ、アカデミズムの中でしっかりと学術的に優先順位をつけて頂ければ、そのレジティマシーを持って、ポピュリズムに迎合せず、より良い選択と集中に基づいた支援ができると思うのです。

▶**天野** 皆に平等につけると、「バラマキ」と言われちゃいますしね（笑）。科研費は審査が入って一定の評価を受け、そのおかげで色々な広い分野で研究活動が行われている現状は、そんなに悪くないんじゃないかなと思います。

▶**神田** まさに科研費は、改善の余地はありますが、多様で幅広い可能性を護るボトムアップ・プロセスの最後の砦のようなところであり、大切に考えています。私も、文科主計官の頃、使い勝手をよくし、年度越えの不正使用のインセンティブを減らすためにも、基金化を導入したりしました。文科省も重視して毎年、改善を試みています。

▶**天野** 基金化は非常に良かったです。科学技術の現場ではとても大きかったと思います。

▶**神田** しかし、政治や世論の多くは、ヘッドラインになるようなビッグ・サイエンスやあしもとのメディアのファッションにしか興味がなく、科研費なんかより、どかんと今、目立っているのに回せという方が多いのは残念でした。STAPなんかも応援しろという政治の声があったのには唖然としました。それぞれの重要性は当然、理解し

ており、学問的には議論があっても、例えば安全保障上の観点から勝負すべきといったことはありますが、ILCのように学界でも学問的な理由があって議論が割れていたり、支持のないものは、我々としてもしっかり検証する必要があります。財政が世界最悪の中、もんじゅやひとみのようになると目も当てられませんし、大型プロジェクト1本で数千人の若手の研究費を捻出できることもあるので、その費用対効果も考えるのです。

▶**天野** ビッグ・サイエンスも、それはそれで重要です。日本のGDPに見合った役割が、世界から求められているので。ただ、今GDPが減少しているのは、先進国では日本だけですから、今まで通りにはいかないでしょうね。

▶**神田** 他方、お金が苦しくても、日本はフロンティアには貢献し、プレゼンスを維持すべき場合があります、カミオカンデのように日本が主導できるところは歯を食いしばっても、一定の負担をすべきケースもありますし、他方、CERNのように他国主体の施設で日本人研究者が大活躍することも普通になっており、余裕のある国に施設費の太宗を負担してもらい、日本人はそこを一緒に使わせて頂くというのが合理的と考えられます。スマートな選択と集中、人の輝の活用ですね。

▶**天野** 例えば中国はGDPもすごく伸びていますから、もっと貢献しないといけなんでしょうね。

【名古屋大学の研究環境】

▶**神田** 松尾清一名古屋大学総長との対談で、名大は年齢も立場も関係なく、自由闊達に議論を深夜まで戦わせる環境が強みと仰っていますが、この分析は、本シリーズに登場された名大出身の先生方のコンセンサスともいえます。

この大切な伝統が、人間ではなく、PCやスマホに皆が向かう若い世代の世界で維持できているのでしょうか。「NUOCW」でLEDを活用した交通信号機を紹介されていましたが、私も司法警察

主計官の時に、効率性、耐久性、見易さと一石数鳥という技術の凄さを高く評価していましたところ、スマホ等については、逆に、先生方の業績が没人間関係の世界を形成してしまい、ひいては政治の両極化といった影響まで与えていることが危惧されています。パワポの授業や全社会的なネット依存も技術革新の結果ですが、皆が頭を使わなくなり、人類の知的退化も心配されます。名大で議論の文化が継承できているか、特にIT革命のもとでどう維持できているのでしょうか。

▶**天野** 週に一度、ゼミで学生と議論をする場があります。昔も今も、厳しいことを言うと、学生は萎縮してしまいますが、それぞれの学生の中にキラリと光るものがあるので、それを伸ばさなければと思っています。私は少なくとも週に1度、学生との議論の場が与えられており、有難いですね。年をとると若い人と議論しないと、彼らの思考パターンや、何を思考しているかがわからなくなりますから。

ただ、最近はずごく素直で、我々の言うことを真に受けて、研究テーマも言われたことをそのままやるようなところはありますね。昔はもうちょっと、「これをやりたい」という人が多かったので、心配ではありますね。私は、自分で研究テーマを決め、自分で考え、自分で実験しなさい、と言っています。

IT化の影響はやはり無視できず、メールでのやり取りが増え、直接接する時間は減っています。また、インターネットから得られる情報も多いので、実験をやらなくなってしまっている点は良くないですね。インターネットは便利ですし、メールでかなりのことはできますが。私が学生の頃、恩師の赤崎先生は、研究に関しては自由にやらせて下さった一方、論文にはものすごく厳しく、一言一句見て下さって、文章の書き方を教わりました。同じことを今の学生にやると、どっか行っちゃいますから（笑）、そういう時間が減っているのは確かです。

▶**神田** 先生の研究室は海外からの学生の方が多いと伺いましたが、素晴らしい国際環境を形成されておられます。どんなバックグラウンドの方が多いのでしょうか。

▶**天野** ドクターの比率は海外8対国内2くらいでしょうか。エレクトロニクス、半導体材料等の素養のある留学生が多いですね。学部時代から来てくれる人も数名居ます。国籍は、圧倒的に中国、韓国が多く、珍しいところではアルジェリア、ギニアから一人ずつ来ています。アルジェリアは研究員です。

▶**神田** どういうきっかけで先生の研究室に来られるのですか。出身国の先生の推薦などですか。

▶**天野** アルジェリアの研究員は、学会で私の発表を聞いて、是非来たいと言ってくれました。ギニアの学生は、他大でマスターを取った後、ドクターは名大のこの研究室で取りたい、と言って来てくれました。

▶**神田** キャンパスの国際化で活力を得るだけでなく、少子化の中、大学経営にもプラスなので、私も、一生懸命、海外留学生に日本に来てもらおうと推進しているのですが、受け入れも大変ながら、出口も大変で、就職先はどうなるのかというのが懸念点です。先生の研究室からは、どのような所に行かれたのでしょうか。

▶**天野** 例えば韓国人では、これまで4人ドクターを出しましたが、3人はすぐにサムスン、LGなどに就職が決まりました。中国人では、帰国した人も日本に残った人も居ますが、全員就職しています。アカデミアに行く人は居らず、ほとんどインダストリーですね。

▶**神田** サムスンやLGに先生のお弟子さんが居るとは、ちょっと手ごわいですね。(笑)

▶**天野** 分野が違う所なのでそこは大丈夫です。LEDではなくて、LSI等、ちょっと違う分野に皆さん就職しましたね。

▶**神田** 日本では、今でも、中国や韓国の研究は物まねばかりだし、お互いに引用しあっているだけだと侮る方が少なくありませんし、実際、盗用事件も発生していますが、とても侮れる状況ではなく、英米を中心に、海外で鍛えられた研究者が、遥かに厳しい競争に晒されて頑張っており、少なからずの分野で日本は抜かれているという実感があります。

▶**天野** そうですね。論文数はとっくに抜かれています。

▶**神田** 英語教育は、向こうのほうが早くからやっており、国際共著論文など、かなり昔から進めています。

▶**天野** トップ10%、トップ1%の論文の割合でも、決して中国は少なくないです。一定の割合で入ってきていますから、すごい脅威ですね。

▶**神田** 中部地域は興味深く、恐らく研究人口当たりノーベル賞受賞が最も多い名大のみならず、赤崎先生と天野先生の名城大学材料機能工学科に加え、中部大学も直流超伝導研究で世界トップです。名古屋大学の人材や、名古屋港が17年連続で貿易黒字1位といった地理的環境があるかもしれませんが、先生は、この地区の特殊性についてどう見ておられますか。

▶**天野** 面白いアンケート結果があって、大都市の中で、名古屋は魅力度は一番低く、住みやすさが一番高いんだそうです。あるアンケートによれば、ですよ(笑)。魅力が無ければ遊ぶ所も無いので、ものづくりに集中できるんじゃないでしょうか。

トヨタの文化と言うのもあって、名古屋周辺の

学生には浸透しているのかも知れません。

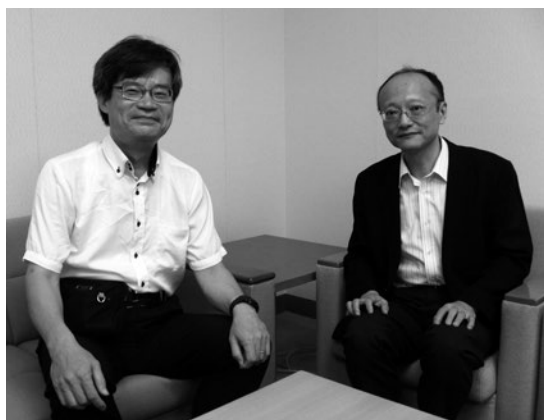
【産官学パートナーシップの促進】

▶**神田** 私は産官学連携を推進してきた一人で、インセンティブ補助金も創設してきましたが、先生の青色LEDも様々な企業の協力を受けてきていますし、ある段階で科学技術振興機構も支援しています。これは大変、素晴らしい成功事例ともいえるのですが、2点、悩ましいことがあります。

まず、公的な支援をする時、実用化、商用化に近く、早期に利潤が見込める状況では、特定プロジェクトや特定企業に肩入れして市場競争をディストートすべきではないし、自立的な投資意欲を減退させるモラルハザードを惹起してもなりません。また、民間の研究開発投資の方が量的に潤沢な中、限られた公的資源は、民間だけでは困難なところに集中すべきです。もっとも、その中には国際競争の中で、外国政府が介入している場合も入りうる場合があります。そうすると実用化に近い研究をどこまで公的に支援するかは難しい判断を強いられるところ、先生は、公的資金を投入する公平で効果的なデマケはどういうところにあるとお考えでしょうか。

▶**天野** 難しい問題ですね。日本は欧米諸国に比べると民間資金が多いのに対し、公的研究資金が少なく、特に出口に近づくとガクッと減ります。欧米は、出口に近い段階でもサポートしています。他国はGDPも税収も増えていますが、日本はGDPが縮小し、税収もほとんど変わっていないので、無い袖は振れないんですね。やはり、何か物ができ、世の中がどれほど変わるか、が基準ではないでしょうか。それをできるだけ正確に判断できるのが、財務省の方たちなんじゃないでしょうか（笑）。

▶**神田** もう一つ、『青色LEDの世界』で記されたように、大学の研究費では足りない時に豊田中研の方のサポートや、レーザーダイオードでのパイオニアの支援は不可欠のものであり、称賛すべ



き私企業の貢献と認識しています。他方、特定企業との癒着は学界の信頼を失墜させる事件を多発させてきましたし、単なる綺麗ごとではだめで、一定の企業側のメリットがないと長続きしないでしょう。良い協力をして頂く際の企業側のインセンティブはどのようなものになるのでしょうか。

▶**天野** 民間企業へのアンケートによれば、ほとんどの企業が、3－5年の短期投資しかできない、10年先への投資は難しい、という状況のようです。企業は利潤を追求するものなので、ある程度仕方ないと思います。その点で、国の施策はやはり重要になってきますね。国が「こういう世界を作るために、こういうものが必要である」というビジョンを示したとき、そのビジョンを共有し、本気で取り組んでくれる人に投資すべきでしょうね。

▶**神田** 汎用的な研究であるほど、特定企業に還元しないことが多いのですが、企業のインセンティブ付けとしてどういう要素や手法があるでしょうか。

▶**天野** 初期開発はある企業がやり、実際利潤を得ているのは他の者だというのは、まさに半導体の状況ですね。日本の企業が開発するが、もうけているのは、中国、韓国の企業だといわれてしまうのです（笑）。

▶**神田** そうなんです。どうしたら良いのでしょ

う。やはり知財政策が大事でしょうか。

▶**天野** 知財は大事ですね。日本企業も、わりと知財では還元を受けているので。量は少ないかも知れませんが。そういう戦略にならざるを得ないかと思います。

▶**神田** 教え子がサムスンに就職されたとお聞きしましたが、対する本邦電気機器産業が苦境に立たされ、グローバル化のもと、復活は困難である中、今後の関連企業の学術への貢献の展望はいかがでしょうか。

▶**天野** 日本のメーカーは、学問的な面は、あまり得意ではないでしょうね。他方、システム作りは、企業でないとできません。素材一つひとつの部品の性能を上げるのは学問的なところがあり、大学の得意分野ですが、これらをシステムとして世の中に送り出す力は、今でも日本のメーカーは持っていると思います。

【窒化ガリウム進化の世界の経験と展望】

▶**神田** 先生は『青色LEDの世界』において、窒化ガリウムで特に貢献したい二分野として、深紫外線LEDを活用した水の浄化装置と、パワー半導体による電力損失の激減を挙げておられます。安価で安定した量産が実現すれば、人類社会の最大の問題の少なからずの解決策となるのですが、その実現への最大の障害、チャレンジは何でしょうか。後者については、文科・経産主計官をしていた頃ですが、東日本大震災の際の東西電力融通で周波数変換の非効率と高コストにも驚いたことがあり、コンバーター、インバーターに使うパワー半導体の絶縁破壊電界が窒化ガリウムの活用により激増すれば、想像を絶する省エネになると大きな期待を抱いています。

▶**天野** 深紫外線LEDについては、ある程度見通しが立っており、市販ははじまりました。これ

をどこに使うかですね。日本は水がきれいなので、病院など、特定のことに使われるようになるのでしょうか。

インドやバングラディシュでは、今も地下水を飲料水として飲んでおり、それにヒ素が結構含まれているそうで、これを何とか浄化しようと、名大医学部の先生が頑張っておられます。日本の胃薬と紫外線照射で、ヒ素を効率的に取れるのだそうです。こうした、水で困っている海外の方たちに新しい技術を使って頂くためには、色々な分野、特に医学、農学系の方々と研究のコラボレーションが必要です。

パワーデバイスについては、置き換えたら良いということはもう分かっているのですが、置き換えるだけの動機付けがまだ無いのです。LEDも最初はなかなか市場浸透しませんでした。今は3年使えば電力料金も含めて、低コスト化が図れることが分かり、普及が進んでいます。やはり普及には、低コスト化と性能を上げることが必要ですね。

▶**神田** 先生の実験装置の歴史が興味深く、MOVPE（有機金属気相成長法）装置一号機は、研究室全体の予算が300万円しかない中、ビール瓶や他の研究室のお古を活用して設計から組み立てまで自分達で行い、想像を絶する苦労だったと思いますが、学生が自分で組み立てていたから思いきったことができたとも仰っています。他方、MOVPE装置二号機は数千万円で企業から購入されています。恐らく、苦労と思い入れと自由度と非効率に対し、合理性と平凡と効率と不自由のトレードオフがある中、スピード競争が激しい一方、競争的資金が激増した現在では、後者が自然な流れになっています。精神主義は絶対に回避すべき開戦・敗戦の教訓ですが、私のような根性世代では前者の世界に不合理なノスタルジアがありますし、世界中で同じ実験装置でほぼ同じ手法を用いて量的競争をすることにそれほど知的付加価値を見出せないようにも感じます。先生は実験設備の自前と購入について、どうみておられますか。

▶**天野** 難しい質問ですね。本当は自分で作った方が勉強にはなります。一つひとつの部品の意味や構成は、自分で作らないと身に付かない点があります。新しい装置が導入されて、そのオペレーターになってはだめです。他方、装置を使っても、マニュアルに無い機能まで導き出せるほど一生懸命にやれば、それはそれで良いかもしれません。実際、そうした形で大きな成果を出している大学、研究者は多いです。要はどこまでのめり込んでやれるかですね。今の時代、自作はなかなかできません。ただ、本当に新しいことをやるには、自作するしかありません。色々な装置を組み合わせで新たな機能を作るということは、今でも研究の中で一部分やっていますね。

▶**神田** 2号機的时候は、設計図は先生が書かれたのですか。

▶**天野** 設計図は自分で書きましたが、後は作ってもらいました。

▶**神田** 先生は公平かつ謙虚でいらっしゃる、そこが尊敬できるところなのですが、自分の成果が多くの先輩、同僚のおかげであると証言されています。東北大学の坪内和夫先生を含め、ある意味、ライバルからの親切なアドバイスを大切にしてくれました。そこで難しいのは、研究競争をしている中、何を人類の進化のために共有し、何を自分の成功のために秘匿するのか、研究者どうしで微妙なところもあるかと想像します。STAP事件は過度な秘匿が致命的に裏目に出たケースともされています。先生はどのように研究室の外との共有と秘匿を判断されていますか。

▶**天野** これもなかなか難しいご質問ですが、私が学生の頃、東北大学で、材料が似ているがちょっと違うものを使っておられた先生には、快く見せて頂きました。東京工業大学の研究室も、快く見せて下さいました。当時は駆け出しでしたので、暖かく見守る感じで、ライバルとは見られて

いなかったのでしょうか（笑）。今は、うちで研究室を持って、ある程度装置も揃っているの、少なくとも大学や国研など、アカデミアの方には全とお見せしています。

企業の方については、プロジェクトごとにNDAがあり、装置をどうしても見せられない場合があります、そこで線引きしています。ライバルメーカーの方がいらした場合には、今の状況ではさすがに見せられません。

▶**神田** また、1995年頃、多重量子井戸構造のLEDを巡って、中村修二先生のグループとデッドヒートを繰り広げられていたと思われますが、その時、お互いの動きはどの程度見えていたのでしょうか。

▶**天野** お互い発表しているので、状況はよく分かっていたよ。80年代後半は、うちしか研究していなくて、どんどん発表していましたが、89～90年辺りから、中村先生も発表され始めて、その特性を見たら、すごく進んだなとか、新しいことをやり出したなとか、手に取るように分かりましたね。というより、イライラもしていましたよ（笑）。ちょうど、名城大学に移ってすぐの時期で、装置の立ち上げに1年くらいかかり、学生も装置に慣れるのに時間がかかっていた頃で、中村先生がガンガン発表されているので、正直焦ったりもししていました。

▶**神田** 研究成果をどのように発表するかも判断が必要かと思います。1986年頃、論文執筆と並行して、極めて請求範囲を狭くされた窒化アルミニウムの低温バッファ層の特許申請をされた後、日亜化学工業が大変広い範囲の特許を取られたことを仰っていましたが、特許申請と論文発表の関係、つまり、タイミングの先後や、機能からくる公表の場の相違について教えてください。

▶**天野** 基本的に、特許が先で、論文が後です。90日ルールがありますが、実際には論文が出て

しまうと特許を取ることは難しいので。昔は時代がゆっくり流れていて、特許を数ヶ月かけて書き、その後論文も数ヶ月かけて書く、といった感じでした。

▶**神田** 経産担当主計官だった頃、特許庁は人が足りず、システム更改も遅れ、審査が間に合わないで国際競争に不利だということで、審査能力強化に取り組んだことがあります。経産省の努力もあって日本の特許行政は相当に改善していると思いますがいかがでしょうか。

▶**天野** 時代の流れもありますよね。昔は、進歩性と新規性だけで判断されていたのですが、最近は国としての戦略も加わっています。以前は、「他の材料で既にある」という理由で却下されていましたが、今は新材料を使ったことが、新しいことであると認められるようになったのです。世の中の流れに沿って、特許が認められるか否かも変わってきていますね。

▶**神田** 完全なノーマリーオフ型（電圧がかからない限り電流が流れない）のHEMT（高電子移動度トランジスタ）の実現に向けて、幾つかの方法が提案されていますが、いずれも未だ実用化されていません。この国際競争において日本の科学技術の水準、立ち位置はどの辺りにあるのでしょうか。また、複数の方法が競争するとき、最後は最も効率的で安定的な技術一本に収斂するのか、並存がありうるものなのでしょうか。

▶**天野** ノーマリーオフ型については、パナソニックが特許を持っていて、インフィニオンというドイツの会社が、そのパテントを買って、製造や研究開発を行っています。特許の内容は、T型の層をゲートの所に付けるというもので、一つの主流となっています。もう一つ別の方法として、カスコード型という、シリコンのLSIと組み合わせる方法もあります。トランスフォームという米国の会社が、これを取り入れて市販しています。一

長一短あって、どちらが主流か、まだ見極めが難しいです。我々も、真の決定打があるのではないかと色々考えているのですが、今のところはパラレルに進んでいます。

▶**神田** 半導体のイノベーションにはレアメタルの活用が鍵となってきました。例えば、赤色レーザーに重要なインジウムについて、最近業界統計がなく、HSコード（輸出入の品目分類）も細かくないため、具体的にはよくわかりませんが、札幌の豊羽鉱山の採掘中止により、世界最大の輸入国として海外に依存するようになり、しかもその過半は、外交リスクもさることながら、環境問題や少数民族問題から持続可能性に疑義が持たれている中国からの輸入となった時期がありました。先生ご専門のガリウムも中国が最大の輸入先でしたが、昨年財務省の貿易統計においても、ガリウムを含む輸入品目（HS：811299 ゲルマニウム、バナジウム、ガリウム、ハフニウム、インジウム、ニオブ、レニウムのその他もの）は、前年比3.3%増の23.3億円と4年連続の増加となっています。都市鉱山（リサイクル）の貢献が高まっていることは良いことですし、代替材料の検討もなされていますが、しかし、先生の研究が更にブレイクスルーした時の爆発的需要に対する安定供給にリスクがあることは間違いなく、どうしたらいいのでしょうか。そもそも元素自体を人為的に安価に作ることは無理なののでしょうか。

▶**天野** 我々の研究開発に関しては、ガリウム、インジウムの2つが重要です。インジウムは、LEDに比べて、透明電極の使用が圧倒的に多いです。ガリウムは、今の規模で全世界での使用に必要な量は、おそらく地球上にはあります。ご指摘の通り、都市鉱山、リサイクルの仕組みは絶対必要です。日本のガリウムの所有量は、幸い、都市鉱山も含めて十分多いのですが、他国任せにせず、今後も確保していった方が良いでしょうね。

元素を作るには、すごくお金がかかり、量が取れません。蒸気にして、真空チェンバーで加速し

た電子や陽子をぶつければ、作れなくはないが、ものすごくダイリュートした物の中で数個壊れる程度ですから、実際に使う量の製造は、とてもできないでしょう。ガリウムが、本当に足らなくなりそうになれば、別材料を使う研究が進むでしょうね。例えば、ホンドはレアメタル無しで、磁石でモーターを作りました。LEDでも、ジンクセレン、ジンクサルファイドという材料でしょうか。最初の勝ち負けでは、ジンクセレンは負けたのですが、ガリウムが足りなくなれば、亜鉛はたくさんありますので、亜鉛を使った新しいLEDなどが生まれてくるのではないのでしょうか。ジンクセレンもたくさん研究され、データベースも出来てきていますので、復活する可能性は当然あるでしょうね。

▶**神田** 確かに科学者は、何か困ったらまた研究して探してくれば良いという前向きの発想なのですね。

▶**天野** そうです。無理だと思ふ必要はないのです。まじめにやったものは、例えすぐには実用化されなくとも、いつか使える可能性はあります。だからこそ、科学者はまじめにやらないとだめなんです (笑)。

▶**神田** 本日は、多岐にわたり貴重なお話を拝聴させて頂き、誠に有難うございました。

(この対談は2016年7月15日に収録された)

本シリーズバックナンバー

年	月号	有識者	肩書き
23	4	濱田純一	東京大学総長 (国立大学協会会長)
		野依良治	理化学研究所理事長 (ノーベル化学賞)
	5	清家篤	慶應義塾塾長 (日本私立大学連盟会長)
		山中伸哉	京都大学教授 (京都大学IPS細胞研究所長、後にノーベル生理学・医学賞)
	6	藤原和博	東京学芸大学客員教授 (大阪府知事特別顧問)
	7	宮田亮平	東京藝術大学学長 (金工作家) (後に文化庁長官)
	8	白石隆	政策研究大学院大学学長 (総合科学技術会議議員)
		中村紘子	ピアニスト
	9	福田富昭	日本オリンピック委員会副会長 (日本レスリング協会会長)
		刈谷剛彦	オックスフォード大学教授
	10	三村明夫	新日本製鐵会長 (中央教育審議会会長、前日本経団連副会長)
24		小林誠	日本学術振興会学術システム研究センター所長 (ノーベル物理学賞)
	11	三遊亭円楽	落語家
	5	鎌田薫	早稲田大学総長 (法科大学院協会理事長)
		葛西敬之	JR東海代表取締役会長 (後に旭日大綬章)
	7	陰山英男	大阪府教育委員会委員長 (立命館大学教授)
	8	毛利衛	日本科学未来館館長 (宇宙飛行士)
	9	大沼淳	文化学園理事長 (日本私立大学協会会長)
	10	松本紘	京都大学総長 (後に国立大学協会会長、理化学研究所理事長)
	11	山下泰裕	東海大学副学長 (オリンピック金メダリスト)
	12	秋元康	作詞家 (AKB48総合プロデューサー)
		山岸憲司	日本弁護士連合会会長
25		里見進	東北大学総長 (後に国立大学協会会長)
	9	岡素之	住友商事相談役 (規制改革会議議長)
	10	田村哲夫	渋谷教育学園理事長 (日本ユネスコ国内委員会会長)
	11	潮木守一	名古屋大学名誉教授 (元日本教育社会学会会長)
	12	松本幸四郎	歌舞伎俳優 (文化功労者)

年	月号	有識者	肩書き
26	1	緒方貞子	元国連難民高等弁務官 (前国際協力機構理事長、文化勲章)
	3	濱口道成	名古屋大学総長 (国立大学協会副会長)
	4	茂木七左衛門	日本芸術文化振興会理事長 (元キッコーマン副会長)
	5	飯吉厚夫	中部大学理事長兼総長 (核融合科学研究所初代所長)
	6	坂根正弘	コマン相談役 (元日本経済団体連合会副会長)
	7	谷口功	熊本大学学長 (国立大学協会副会長)
	8	佐藤勝彦	自然科学研究機構機構長 (東京大学名誉教授、後に文化功労者)
	9	村井純	慶應義塾大学環境情報学部長・教授 (「インターネットの殿堂」入り)
	10	長谷川閑史	武田薬品工業会長 (経済同友会代表幹事)
	11	利根川進	理化学研究所 脳科学総合研究センター長 (ノーベル生理学・医学賞)
	12	弘兼憲史	漫画家
27	1	川村隆	日立製作所相談役 (前日本経済団体連合会副会長)
	2	黒田壽二	金沢工業大学総長 (日本私立大学協会副会長)
	3	牧阿佐美	新国立劇場/バレエ研修所長 (元国立劇場舞踊芸術監督、文化功労者)
	4	荒木光弥	国際協力ジャーナル社会長・主筆
	10	五神真	東京大学 総長
	11	谷村新司	音楽家 (東京音楽大学客員教授/上海音楽学院名誉教授)
	12	小林喜光	三菱ケミカルホールディングス 取締役会長 (経済同友会 代表幹事)
28	1	天野郁夫	東京大学名誉教授 (元東京大学教育学部長)
	2	奥正之	三井住友フィナンシャルグループ取締役会長 (元全国銀行協会会長)
	3	半藤一利	作家
	4	斉藤惇	KKRジャパン会長 (元日本取引所グループCEO)
	5	本庶佑	先端医療振興財団理事長 (文化勲章)
	6	大西隆	日本学術会議会長 (豊橋技術科学大学学長)
	7	池井戸潤	作家
	8	山極壽一	京都大学総長