

本会議 第2日目 特別講演

● ローターリー財団 100周年記念「世界を照らす LED」

ノーベル物理学賞受賞 名古屋大学教授 天野 浩 氏

皆さまこんにちは。名古屋大学の天野です。本日はこのような機会を与えていただきまして、ロータリーの関係の皆さまにお礼申し上げます。

また、愛知、名古屋では初めての研究会ということで、私もそのような場所で話をさせていただくということで大変光栄に思っております。

本日の話ですが、まず愛知で初めてということですので、愛知といえば自分でちょっと考えてみたことについて最初に紹介させていただこうかと思います。愛知といえば、まずは三英傑ですね。織田信長、豊臣秀吉、徳川家康。日本人には大変なじみの深いというか、皆さんよくご存じの場所なんですけれども、海外の方がどう思っているか、私と一緒に仕事をしていた人で、今はアメリカの大学で教授をやられている方に、愛知、名古屋の印象を聞いてみました。

英語で申し上げますと、まず、First of all, nobody in the United States or Europe seems to know Nagoya, nor where it is. 要するに、どこにあるか知らないと言うのですね。更に Always when I have to explain about Nagoya I have to say, "it is halfway between Tokyo and Osaka". Or even better, "halfway between Tokyo and Kyoto". "It is the only stop of the Shinkansen" and "it is the third largest city in Japan". そして、これが、彼が大変言いたかったことみたいですが、"It is a modern industrial city and it cannot really advertise a lot of historic charm to the westerners". 要するに、織田信長、豊臣秀吉、徳川家康等々、歴史的な魅力は多いのに、それをあまり宣伝していないということです。それから、We see Nagoya Castle on advertisements but it never plays an important role in such a big city. Also, never mentions that it is made of concrete. ということで、外国からはこんな感じに見られているということですね。



名古屋といえば産業都市。グレーターナゴヤ(名古屋から100km圏内の地域)というのがあるみたいなんですけれども、世界のGDPの約1%を、このグレーターナゴヤが占めていて、それがどれぐらいの規模かということ、スイスとかポーランドと同じぐらいのGDPのボリュームがあるということです。まさに名古屋というのは産業都市だと言えると思います。

それに合わせて名古屋大学も産業に貢献しようと頑張っていますので、初めに、名古屋大学の宣伝を少しさせていただこうと思います。

まず、大きさは全学生1万6,000人ぐらいで、その内の留学生の割合が10%以上ですが、現在どんどん増えております。ランクとしては、物理で65位、ケミストリーで50位、というレベルです。特徴的なのは、産業界とのコラボレーションが非常に多くて、共同研究や受託研究が、年々金額も件数も急激に増えているということです。また、名古屋大学は、世界に誇る優れた研究所を持っております。例えばトランスフォーマティブ生命分子研究所、ここは分子を設計してそれを造る方法を開発するというものすごく新しい方法でさまざまな材料をどんどん造っております。

また、これから高齢化社会を迎えるに当たって、センター・オブ・イノベーションという文科省からのサポートを受けて、グリーンモビリティにいかにか貢献するかというような活動もしております。更に、材料分野でも、ナショナルコンポジットセンターというセンターをつくっていて、例えば金属とセラミックを合わせて新しい材料を作るとような活動もしております。

もう一つ特徴的なのはアジアへの展開です。古くからアジア、東南アジアからの留学生をたくさん受け入れておりました。それが今どうなっているかと言いますと、彼らが国に帰って政府の要職に就いている方が非常に多いというのも名古屋大学の特徴です。アジアにサテライトキャンパスというのも造っていて、モンゴル、ベトナム、ウズベキスタン、フィリピン、ラオス、カンボジアに設置しております。日本の他の大学はどちらかというと理学・工学系が先に行くんですね。そうするとやっぱり技術の押し売りみたいな感じになって、なかなかうまくいかないことが多いのです。名古屋大学の戦略というのは、最初に法学、それから医学、農学というように、人間の生活にとって必要な学問を最初にアジアに輸出して、それと一緒にそれぞれの国のシステムを考えていきましょうという戦略をしております。ということで、非常にユニークな取り組みをしている大学だと思います。ここまでが名古屋大学の宣伝であります。



この時期、またちょっとそわそわし出すのですが、ノーベル賞は、ノーベルの命日である12月10日に授賞式が行われます。その1週間、ノーベルウィークということで、いろいろな催しが行われます。多分今年も日本のマスコミが大隅先生をいろいろ取材されると思いますので、皆さまご興味がありましたらぜひご覧いただきたいと思っています。私も楽しみにしております。そこから2カ月前に発表があります。今年も10月に発表が

ありましたが、私の場合、人とは少し違った経験をしましたので、それを最初に紹介させていただこうと思います。

私は赤崎先生、中村先生と一緒に受賞させていただきました。赤崎先生も中村先生も、実はもう10年以上前からずっと候補でした。ですから、日本のマスコミの方はずっと取材に来られます。この時期になると、私は記者の方に「赤崎先生が受賞されたときにコメント求めるから、ちゃんと考えといてね」と、毎年言われていました。

最初は楽しかったです。何を話そうかなと。なかなか世の中に出ていない裏話を話そうかな、みたいなことを考えていたのですが、10回も続くとさすがにちょっと飽きてきました。ということで、実は逃げてしまいました。フランスの研究者との打合せのため、フランスに出張してしまいました。

トランジットでフランクフルト空港に着いた時に、パソコンを開いたらメールをたくさんいただいていた。タイトルだけしか出てこないメールのソフトだったので、コングラッチュレーションとかおめでとうございますとたくさんの人にメールをいただいていたのですが、皆さん何がめでたいか全く書いてくれていませんでした。

それで、自分は全く状況が理解できず、こんなにメールが届くのは、スパムに違いないと思いつつ心配しながらフランスに行って、初めて日本人の記者の方に教えていただきました。ホテルが気を利かせてくれて記者会見を開いたのですが、13社ぐらい集まっていたいただきました。

そのとき日本はどうだったかということ、私は逃げたい一心でフランスに行ったので、実は詳しい行き先を知らせずに出張してしまっていました。本人が全く行方不明のまま記者会見を開いていたということで大変な迷惑を掛けてしまいました。

次の日、ミナテックというところに行ったのですが、このミナテックで、せっかく受賞したのだから講演会というか、なんか話をしてほしいと言われて、急ぎよ、全く台本がないまま、しかも英語で話さなきゃいけないわけで、当たり前ですが、もう頭の中がパニックになって、何を話したか全く覚えていません。ただ一つ覚えていることがありまして、私の居場所を見つけた名大の國枝理事からお電話いただき、「君は行くときは多分エコノミーで行っているだろうが、帰りはビジネスクラ

スで帰りなさい」と言ってくださったことです。

それから、帰国したのが10月10日でした。



こんな行方不明になって騒ぎがあったにもかかわらず、総長はじめ大変温かく迎えていただきありがたかったです。その次の日が土曜日でした。このとき仙台で教え子の結婚式がありまして、仙台に行っていました。当然私は祝うつもりで行ったのですが、両方もめでたいねということになってしまいました。

その後、帰ってきたのが10月12日の日曜日。そこで初めて私は研究室に戻って、パソコンを開きました。お祝いのメールをたくさんいただいていた。その中にノーベル財団のメールがあるのに気がきました。実はこの時まで私はノーベル財団と一切連絡を取っていませんでした。メールを読んでみたら、「あなたはノーベル財団から電話連絡しても、メールで連絡しても、一切返事をよこさない。このまま返事をよこさない」と書いてありました。

これでびっくりしまして、ノーベル財団に電話をしたのですが通じませんでした。一瞬冷汗が出たのですが、そこで気がつきました。今日は日曜日だと。ノーベル財団の方も居るわけがないので、月曜日までじっと待って、翌朝の9時に電話しました。でもやっぱり通じませんでした。これはいよいよまずいぞと思ったのですが、そこでまた気がつきました。スウェーデンと日本って時差があるんですね、7時間。ということで、夕方5時まで冷汗をたらしながら待ちまして、電話したら通じて、「もちろん受けます」ということで事なきを得たという話でございました。

ここから少し真面目な話に移ります。先ほどいろいろな研究所の紹介をさせていただきましたが、名古屋大学でもこの青色LEDに関する材料の研究センターをつくっていただきました。その設立の経緯を含めてこの青色LEDというのがどんな形で研究が進んだかということを紹介させていただきます。

ます。

まず、このLEDですけれども、最初にできたのはアメリカ・ヨーロッパのグループで、初めて商品化したのはアメリカです。1962年、イリノイ大学の先生が開発に成功して、赤色のLEDが商品化されました。これは材料がガリウムとヒ素の化合物であるガリウムヒ素というものです。その後、1970年代になって今度はガリウムとリンの化合物で緑色のLEDが開発されました。理科の周期律表でありますよね。これを理解することができる人は必ず次は何かというのは思いつきます。下から順番に上に上がっていくわけですから、ヒ素が来てリンが来た次は窒素になるんですね。だから、ガリウムと窒素の化合物で青色というのは、多分ほとんどの研究者の方は思いついたと思います。

実際、世界中でこの材料の研究開発が進みまして。ヨーロッパやアメリカ、日本でもたくさん研究がなされましたけれども、残念ながら1970年代の全ての研究は、成功には至りませんでした。まず窒化ガリウムという結晶を作るのが非常に難しい。それから、LEDにはn型とp型というのが必要なのですが、n型はできてもp型がどうしてもできませんでした。それから、実はきれいな青色にするためにはインジウムを混ぜないといけないのですが、そのインジウムを混ぜることもできないということで、ほとんどの研究者はこの材料は難しすぎると判断し、青色LEDは別の材料にしようということで、別材料の研究を始められました。

なぜ難しかったのか。この窒化ガリウムというのは、ガリウムと窒素を直接反応させようと思うと4万5,000気圧、2,500度以上という非常に高温高压が必要になります。だから、今でもこれは実現できません。化合物、例えば窒素の原料ですとアンモニアを使って、化学反応をうまく使って低温低压で作れます。もう一つ、LEDの構造を作る基板となる結晶である窒化ガリウムができればいいのですが、こんな形ではできませんので、実は宝石のサファイアが使われています。皆さんがお使いのLED電球にはサファイアが一部入っています。サファイアはいいのですが、残念ながら格子不整合といって原子の配列がちょっとずれているんですね。16%ぐらいずれています。これだけずれているときれいな結晶はできないというのが

一般的な常識でした。

それで、ほとんどの研究者が諦めてしまいましたが、世界で多分1人だけだと思うのですが、どうしても諦めきれない方がおまして、それが私の恩師の赤崎先生なのです。

赤崎先生は、当時は企業で研究を続けておられました。企業の経営者の方は経営判断でこの研究はやめて別の材料にしてくださいというふうに言われたそうです。それでやむなく赤崎先生は企業を辞めて大学の方に移られました。それが1981年です。私はその次の年、卒業研究生として先生の研究室に入れていただきました。

このテーマをなぜ選んだのか。私は当時、コンピューターにもものすごく興味があって、コンピューターの発展に何とかして貢献したいと思っていました。当時はディスプレイ、テレビもそうですが、ブラウン管が使われていました。ブラウン管って大きく重たいですね。とても持ち運びできません。もし青色LEDができれば、赤と緑はできているので、フルカラーの小さなディスプレイ、すなわち今のスマホのディスプレイができます。これはぜひ自分でやりたい。もし青色LEDを自分で作ったら世界を変えられる、そんな気持ちでスタートしました。

面白かったのは、当時大学の研究費は年間大体300万円ぐらいなのですが、結晶を作る装置を買おうとすると1億円ぐらいかかります。とても買えるわけないわけですね。ですから、われわれ学生が何をしたかという、この結晶を作る装置を自分たちで自作しました。1年上の先輩の小出さん、今、物質・材料研究機構で理事をされていますけれども、その小出さんと2人で装置を組み立てました。何でビール瓶があるかということなのですが、このビール瓶とても大事なんですね。基板を加熱するとき、高周波コイルというのを使います。今でいうとIHですね。それを買ってくると、加工賃がかかってすごく高いわけです。それで、真っすぐの銅パイプを買ってきて、バーナーで温めてビール瓶の回りをぐるぐる巻くと非常にきれいなコイルができます。こんな風に装置を自分たちで全部組み立てて実験をやっていました。4年生の時、それから修士課程の1年生、2年生と3年間やったのですが、きれいな結晶とい

うのは1個もできませんでした。

ドクターに上がるという頃になって、これではさすがにドクターは取れないということで、何か方法を変えようと思った時にヒントになったのが、当時の研究室の澤木先生という若い先生です。澤木先生は、窒化ガリウムとは別の材料で基板の上に少しだけこの結晶の核になるようなものを敷いておくときれいになるよ、ということを普段からお話されていました。それをヒントにやったのがこの低温バッファ層というもので、本当にこれは1回目から当時世界で最もきれいな窒化ガリウムの結晶をサファイアの上で作ることができました。最初見たときは本当に驚きました。

それで、特許を書きました。論文も書きました。論文というのは内容があまり良くないと何回も何回も書き直しをさせられるのですが、これは1回で通りました。世界でも注目を集めるに違いない、一大スターだと思っていたのですが、残念ながらこの論文はほとんど注目されませんでした。というのは、当時はもうこの材料というのは世界中の人々が諦めていて、研究者はほとんどいなかったんですね。ということで、少し寂しい思いをしましたが、そのおかげであまりライバルを意識せずにじっくりやることができたかなと思います。

きれいな結晶ができただけでは、当然ディスプレイはできません。次にやらなければいけないことはもう分かっている、p型を作ることでした。このp型に関しても当時常識というのがあって、自己補償効果と呼ばれる現象によってp型はできないということがいわれていました。自己補償効果というというのは、p型を作るために不純物を入れるのですが、その不純物はマイナスのイオンになるとp型になります。しかし、当時いわれていたことは、マイナスのイオンを入れるとそれに伴って自動的に結晶の欠陥、プラスのチャージを持つ結晶の欠陥ができてしまって、それがプラスとマイナスと補償してしまうのでp型にはならないというのが当時の常識でし





た。この考えは、実は正しいんですね。今でもいろいろ議論になっていますけれども、こういったことは実際起きます。起きるのですが、当時学生だった私としてはどうしてもこの考え方が理解できませんでした。

そんなに自動的に都合よくプラスのチャージの欠陥ができるはずがないという気持ちがあって、ドクターの3年間もずっとp型作ってやるぞという気持ちで実験していたのですが、残念ながらこの3年間ではp型は1個もできませんでした。ただ、非常に面白い現象も見つけていました。NITにインターンシップに行かせていただいたのですが、その時に、このp型を作ろうと思って、失敗した結晶に電子線を当てると青色発光が強くなるという現象を見つけました。これはすごいと思って国際会議に発表しようと思っていたら、オーラルプレゼンテーションで認められたんですね。場所は中国北京でした。

当時の中国は文化大革命が明けてそんなに経っていません。ですから、歓待がものすごくいいですね。それで、人民大会堂で晩餐会が開かれましたが、今では考えられないことだと思います。多分歓待のつもりだと思いますが、テーブルにマオタイがいっぱい置かれていました。私はもう喜んでしまい、マオタイが強いお酒だとは知らずにがぶがぶ飲んでしまいました。それでひっくり返ってしまったという思い出がある学会であります。

それから、こういうこともありました。当時名古屋大学では学術論文を3本書いて、あとはドクター論文を書けばドクターになれました。工学博士を取れました。2本はもう書いていたので、これが3本目だと思っていたのですが、学術論文を書くためには自分が最初に見つけたということと言わないといけません。それで調べていたら、名大の図書館に、モスクワ大学の方が、私がこの現象を見つけるよりも4年も前に全く同じ現象を見つけていたという論文があったんですね。

それで、がっかりしまして、これでは論文にならないということで諦めました。本当は3年間でドクター取らなければならないのですが、私は単位取得満期退学ということになってしまいました。今だとドクター、工学博士を取ってないと助手（今だと助教といいます）、助教になるというのはほとんど不可能に近いです。ところが、当時は非常

にありがたくて、赤崎先生の計らいで助手にさせていただきました。それで研究を続けることができました。

そこで、見つけたのがこの教科書です。これには、緑色のLEDの結晶は、p型にするには、亜鉛ではなくてマグネシウムのほうが良いと書かれていました。私は3年間亜鉛ばかりやっていたんです。ここで間違いに気がついて、急いでマグネシウムに変えたら、世界で初めてこの材料でp型、それからpn接合のダイオードができました。我々は大変うれしくて、赤崎先生にこの世界最初のLEDを見ていただきました。しかし、あまりにも暗すぎて、光っているのが分からなかったんですね。これはいけないということで、暗室なら見て分かるだろうと思ってそこに持って行って、「ほら、ここで光っています。我々学生には見えますよ」と。しかし、赤崎先生は「ん？ どこで光っているんだ」ということで分かりませんでした。これには理由がありまして、人間の目の感度というのは年齢とともにだんだん長波長にシフトするんですね。これはあまりにも短波長の光だったので、見えなかったということでした。これではいけないと思ひまして、鬼頭君、当時修士の学生だったんですけども、一緒にもっと頑張ろうということで改良を重ねて、ようやく明るい部屋の下でもしっかりと光っているのが見える、赤崎先生にもご確認いただけるような青色LEDができて、それでようやく論文発表もできたという次第です。その後、豊田合成の方と、日亜化学の方が中心になって開発が進められまして、1993年、日亜化学の中村先生のグループが世界で初めて実用化に成功されたというのが青色LEDの開発のストーリーです。

現在、このLEDがどのようにわれわれの生活に貢献しているのか。ちょっとあまり貢献していない例を紹介いたします。ポケモンGOがありますよね。ポケモンGOができるのは、この青色LEDができたからなんです。しかし、このポケモンGO、ちょっとあまりにもインパクトが大き過ぎたらしくて、国会開催中にポケモンGOをしてしまったために写真に撮られてしまった方もいます。

ブルーライトの影響というの也被われております。人間のリズムでいうと、夜、睡眠を誘発するメラトニンという物質が網膜から分泌されて眠くなるというのが分かっています。夜にあまりにも

強い青い光が目に入るとこのメラトニンの分泌が少しおさえられてしまうんですね。それで眠くならなくなってしまうということが起きます。ただ、これも実は年齢とともに大分変わります。30代以下の方はちょっと気を付けないといけないかもしれません。ここに居られる方々のように40代以上になるとメラトニンの分泌が悪くなります。我々朝早く起きますよね。その理由の一つはメラトニンの分泌があまりよろしくないから。

嬉しかったのは、昨年2月、モンゴルの教育科学大臣が名大を訪問された際に、非常に感謝していただいたことです。何かというと、モンゴルでは遊牧生活が生活の基本だそうです。季節とともに牛とか馬と一緒に地域を渡り歩きます。だから、定住した家を持たないそうです。ゲルというものを使って季節ごとに移り住んでいくというのが生活の基本だったのですが、それがあまりにも大変で、特に夜テレビを見られないということもあって、若い人が遊牧生活を諦めてしまう人が多くなっていました。それが社会問題になっていたらしいのですが、この青色LEDができたおかげで、太陽電池との組み合わせで夜テレビも見られる、本も読めるということで感謝していただきました。本当かなと思って、今年の3月、あるモンゴルのご家族を訪問させていただいたのですが、本当にこのLED電球を使っていただいていたので、大変ありがたかったです。

このLED電球、白色ですよ。青色LEDと白色電球、何の関係があるかということなんですが、ちょっと持ってきましたので、ご覧いただきたいと思ひます。これが普通の青色LEDです。この青色LED、世の中で売られている電球とどう関係があるのか。世の中で売られている電球は赤、青、緑のLEDが入っていると思われる方もいらっしゃると思いますが、実はそこに入っているのは青色LEDだけです。どうしてか。これがポイントなんです。この黄色のフィルムを重ねるだけで白色になるんですよ。これができるのは青だけなんです。緑とか赤のLEDではいくらこのフィルムを重ねても白色にはなりません。青のみが白色ができるということで、これは照明に使えるのではないかと。今ではその効率は白熱電球と比べると8倍以上も、蛍光灯と比べても

2倍以上効率が良くなりました。

ということで、LEDに置き換えたらどれぐらい省エネに貢献できるかということですが、2011年、東日本大震災の前までは約3割の発電は原子力発電で賄われていました。ただ、皆さんご存じのとおり原子力発電所は、止めなければいけない状況になっていますので、火力発電の割合が9割近くになって、残念ながらCO₂の排出も増えているというのが現状です。

世界的にもこのCO₂の排出は押さえようということで、2016年12月にCOP21に196カ国が批准しました。11月4日、もう実効がスタートしました。こういう動きがあってどんどんCO₂の排出が抑制されるかなと思っていたら、アメリカの大統領が変わり、どうなるか分からないなという状況であります。

この省エネなんですが、アメリカではエネルギー省によれば2030年までに、73.7%がLED照明になるだろうと言われています。その省エネ効果は全体の7%ぐらいです。日本はそれに比べて10年早く省エネが進むだろうと言われています。ですから、2020年、東京オリンピックまでには約7%の節電、省エネができ、電力料金にしますと年間1兆円の省エネになります。

ここまでが青色LEDの話で、私自身は青色LEDをやった後、次は何をやるかなと考えていた時期がありました。そこで、アメリカのアルバカーキというニューメキシコ州にあるサンディア国立研究所に行ってみました。行く時は、我々が青色LEDを開発したんだということで、どちらかといういろいろな教えてもらうというよりは教えに行くような気持ちでした。

ところが、行ってみてびっくりしたのは、このサンディア国立研究所の研究者がものすごくクリエイティブで、面白い研究をいっぱいやっていました。これではいかん。もっともっと頑張っただけで彼ら以上に貢献するためにはどうしたらいいかということを実際に考えました。この時彼らがやっていた仕事が発光結晶を作るときにどんなひずみがかかるかという研究でした。それをヒントにして、よし、次は、そのひずみをうまく制御することで結晶、窒化ガリウムにアルミを混ぜたアルミニウムガリウムナイトライドという結晶を作ろうと



ということで、紫外線 LED の研究にシフトしました。

紫外線がなぜ重要か。水の殺菌が一番効果があるかなと思っています。地球は水の惑星といわれていますけれども、実際われわれが使うことのできる水ってほんの少しなんです。例えば川の水、水全体の 2ppm しかありません。ユニセフの報告によれば、世界では未だに 6.6 億人の人が安全な飲み水を飲めません。特に中央アフリカ、それから南アジアの方々です。それから、24 億人もの方々は衛生的なトイレを使うことができません。LED で 15 億人を照らしたとノーベル財団に言っただけですが、もっと多くの方が困っているんですね。

そうしたときに、もしこのアルミを混ぜた結晶ができれば、簡易な紫外線の殺菌装置が造れると思って、いろいろなサポートを受けました。文部科学省、日本学術振興会、経済産業省、それから NEDO というところがサポートしていただきまして、開発が進んで、実際に製品を造るという段階になると日機装技研という会社、それから政策投資銀行の出資を受けて会社ができました。この紫外線の殺菌装置なんです。例えば大腸菌に照射すると 99.9% 以上不活化させることができます。現在では製品にもなっていて、民間用として家庭で使う水の浄化装置。産業用としてたくさんの水を使う浄化装置。それから、トイレの殺菌なんかも使えます。3D プリンターの樹脂の硬化にも使えます。更に、プリンターですね。大型のプリンターってインクが乾かないと大変なことになってしまいますから、早く乾かさないといけないですね。そのときに実は紫外線の LED が使われています。偽札の判別装置とか医療用にも使われるようになってきております。

ここからが名古屋大学の研究所の話です。これからどのようなことをやっていくかということで、日本の問題点を少し話させていただきます。よく言われることは、日本は国全体の GDP は世界 3 位と高いですね。ところが、1 人当たりの GDP は、残念ながら OECD の中でも平均以下です。何故こんなに低いのか。みんな頑張っているのにおかしいなと思ったのですが、その理由の一つが、エネルギーや食料をあまりにも輸入に頼り過ぎていることではないか。エネルギー自給率は 6% しかあ

りません。これを何とかしないと、せっかく製品を造って世界の人たちに使っていただいても、やはり輸入があまりにも多いと生産性としては下がってしまうわけです。それではどうしたらいいのかわかりません。

参考になるのがドイツかなと思っています。ドイツは今メルケル首相ですが、この方は工学部の原子核工学科の出身です。ですから、原子力のことをよく分かっておられます。その人がもう原発をやめようって決めたんですね。それで再生可能エネルギーの割合が急激に増えました。再生可能エネルギーについては、ドイツでも最初導入するときは、使いにくいとか高価なものであるということから批判があったのですが、首相のリーダーシップで進めることができました。

ですから、現在再生可能エネルギーの割合はドイツでは 30% まで増えています。日本は 3% です。水力を入れても 12.2% しか再生可能エネルギーはまだ使われていません。これをいかに増やすかということなんです。ただ少し日本とドイツは条件が違って、考えなければならぬことがあります。

それは住む土地の割合です。国土全体でいうと、日本とドイツはあまり変わらないのですが、日本は住める土地の割合がドイツの半分以下なんです。非常に少ないです。ですから、日本は日本なりのやり方で考えなければいけない。例えば太陽電池とか風力発電、これらの欠点はエネルギーの密度があまりにも低いことです。

知多に火力発電所があります。この発電所と同じ発電を太陽光でやると 230km²とか風力でやるとすると 849km²もの面積が必要になります。したがって、この発電に関しては日本なりのやり方で再生可能エネルギーというのを考えなければならぬというのが今われわれに課せられた課題です。

もう一つやろうとしているのは無駄を減らすことです。電力がどのように使われているかというのを調べてみると、照明に大体 13.6% ぐらい電力が使われています。もっと使われているのがあって、それがモーターで 57.3%。モーターというのはいろいろなところで使われています。車にも使われていますし、空調機、冷蔵庫なんかも使われています。このモーター、うまく回すと効率が高くなります。そのうまく回すという技術に関し

ては、日本は世界一と言っても過言ではありません。インバーターという回路を使うとうまく回すことができるのです。

これは空調機メーカーのダイキンが調べたデータですけれども、クーラーに使われるモーターのインバーター化率は、日本は 100% なんです。アメリカは 11% しかありません。アメリカのホテルに泊まると日本のホテルよりも広くて非常に気持ちいいのですが、ちょっと苦手なところがありまして、それが空調機のモーターです。夜でもガンガン回しています。アメリカの空調機というのは、ガンガン回してダンパーで風量を制御するんですね。ですから、いくら少ない量でいいといってもモーターは 100% 回っているのが省エネになりません。そこでインバーターという回路を使うと省エネが可能です。このインバーターという回路は太陽電池でも、それから電気自動車でも使われています。その効率は約 95% と非常に高いです。ただ、この 5% がくせもので、これによってどれぐらい電力を損失するかというのを考えていただきたいのですが、例えばご家庭でソーラーパネル付けておられる方、まず電力を引き込むためにパワーコンディショナーという装置を使います。このパワーコンディショナーで損失が 5.5% ぐらいあります。この 5% というのは、例えば銀行で送金するときに手数料がかかりますよね。手数料みたいなものです。ここから今度スイッチング電源といって、これで 7% ぐらい損失があります。そこからパソコンの場合はパソコンの中に DC-DC コンバーターといって直流電圧を変換する回路があります。そこでまた 5% 損失があります。最後、LSI を動かすときに 12% もの損失があるということで、例えば 82 ワット発電したとしても実際に使えるのは 60 ワット。4 分の 1 が損失なんですね。

これをできるだけ少なくしたい、もっと損失を少なくしたいというのがわれわれの狙いで、この窒化ガリウムという材料は、今よく使われているトランジスターに比べて 10 倍高い性能が実現できます。要するに損失を 6 分の 1 から 10 分の 1 まで減らすことができるんですね。もし現在インバーターに使われているトランジスターを全部窒化ガリウムに置き換えたとしても、トータルで 9.8% もの省エネができます。LED と合わせると 16 から 17% ぐらいになります。

原子力発電が 2011 年前まで大体 3 割賄っていましたが、そのうちの半分はこの省エネ技術で賄うことができるという算段なんですね。この材料、その他にも例えば携帯電話の次世代 5G というスマホのトランジスターにも使えるということが分かっています。これをいち早く実現して省エネ、無駄なエネルギーを使わないスマートな社会を実現したいというのがわれわれの狙いです。

それでは具体的にどうするのか。私がもう少し若ければ自分でやっていたのですが、残念ながらもう結構年を取ってしまっていて、自分じゃできないですね。だから若い人にいかに活躍してもらおうかということを今考えています。ただ日本の大学には少し欠点がありまして、研究は結構面白いネタがあるのですが、企業ももちろん頑張っておられますが、大学と企業を結び付ける、大学の研究成果を起業するというシステムが今までなかったというのが現状でした。それを解決するために、コンソーシアムというのをオールジャパンでやりましょうという呼び掛けをしたら、日本の 19 大学、3 つの国立研究開発法人、それから 41 の企業(2016 年 12 月現在)が集まっていたので、一緒に今頑張っております。

それから、大学の中にもセンターをつくりました。CIRFE と呼ばれる未来エレクトロニクス集積研究センターですが、ここの特徴はやっぱり海外の人にも分かっていたかなきゃいけないということで、外国人の教員を 3 名以上雇用しています。それから、クロスアポイントメントといって、日本の大学の中で優れた研究が、例えば大阪大学にいる人でも名大でも頑張ってもらえるような仕組みをつくりました。そして更に、企業の方々にも入っていただいています。今、トヨタ、デンソー、それから東芝の方々に教授になっていただいて、一緒に開発を進めています。ただ問題もありまして、若手のスタッフをどうやって集めるかとか、装置は揃いつつあるのですが、それを維持管理する人をどうするのか、あるいは知財をサポートする人をどうするのかというのが今課題になっています。まずは国に予算くださいと頼みます。でも、なかなか難しい状況なんですね。

GDP の伸びはアメリカが一番です。それから

中国も GDP すごく伸びています。わが国日本は 1995 年まではずっと伸びていたのですが、そこから停滞が始まっています。それに伴って政府税収も他の国に比べて伸びていません。科学技術予算、ぜひ増やしてくださいと大学の人間は言いますが、それはなかなか難しい。中国の科学技術予算の伸びはすごいですね。2000 年と比べると 10 倍以上の伸びです。お隣の国、韓国も 4 倍以上です。日本は 10% しか伸びていません。研究はお金じゃないと言いたいのですが、実は結構お金なんです。

論文数のシェアを見てみると、アメリカが落ちてきていますが、これは中国があまりにもすごいスピードで伸びているからなんです。シェアを落としているのは日本だけなんです。論文は数じゃない質であると言いたのですが、質の上でも負けています。トップ 1% の優れた論文のシェアを見ても、やはり日本は落ちているんですね。

国に頼みたいがなかなかそれが出来ないということで、何とか資金を自分で集めようということで考えたのが基金です。この名大基金、調べてみ

たらもう愕然とするぐらいアメリカと違いがあるんですね。名大の基金は、皆様のお力添えで増えています。大体 33 億円ぐらいです。アメリカの大学、例えばハーバードですと 4 兆円なんです。桁が全然違います。名大は北米水準でいうと 650 位程度です。

ということで、ロータリーの皆様方に、ご寄附をいただきましたことありがとうございました。このような形で皆さまのお力添えを基にこの研究所、ますます発展していきたいなと思っていますので、今後ともよろしくお祈いします。どうもご清聴ありがとうございました。

千田 先生、ありがとうございました。ささやかでございますが、天野先生のおられる名古屋大学に設置されました LED 基金へ助成金として 30 万円を贈呈いたします。斎藤直美国際ロータリー理事よろしくお祈いします。

天野 どうもありがとうございました。