

## インタビュー

# 米国の固体照明による省エネ政策と標準研究

米国立標準技術研究所 (NIST) で測光標準の研究をされているヨシ大野さんが 2008 年 12 月に産総研を訪問された機会に、シンセシオロジー編集委員会の小野委員長と田中委員がインタビューしました。照明分野で今後大きな省エネルギー政策を実行していこうとする米国政府の意欲的な計画と、それに応えていく標準研究者の意気込みが伝わるお話が聞けました。また NIST での大野さんの研究と産総研の本格研究との間に多くの共通点があることが印象的でした。

### シンセシオロジー編集委員会

ヨシ 大野：米国立標準技術研究所 物理研究部門 光学技術部グループ長

小野 晃：シンセシオロジー編集委員長・産総研副理事長

田中 充：シンセシオロジー編集委員・産総研研究コーディネータ

### 本格研究とSynthesiology

**小野** 産総研は 2008 年からシンセシオロジーという学術誌を出しています。現代における科学研究と社会とのつながりを考えてみますと、科学的に優れた発見や発明があると世の中の注目を浴びて、その研究に大きな研究費が充当されます。ただ、通常は、発見や発明がそのままいわゆる“製品”として社会に出ていくことはまれで、その後、人々の関心が薄れた状態の中で一つひとつ現実のものにしていくという、大変地道な努力が必要となる時期があります。それは研究者にとっては「悪夢の時代」といってしまうか、人々の関心は薄れてゆき、研究費もつかなくなってくる。産総研のような公的研究機関は、研究成果を社会に生かすために悪夢の時代に挑戦しよう、我々の使命はむしろそこにあるのではないかと考えています。

現代においては、基礎研究と同時に応用研究の価値が非常に大きくなっています。基礎研究を個別の狭い分野でやっているだけでは、地球環境問題やエネルギー問題、あるいは健康の問題、食糧の問題など、社会的な問題を解決できないのではないかとみんなが何となく感じています。

従来の「応用研究」と言ってきたところをもっと活性化しないと、科学が現実の社会的な価値に結びついていかないのではないかと考えています。

従来の研究論文の書き方は、事実とそこから導かれる結論を書いて、論理整合性を確認する。「それだけ」と言ってしまうのはよくないのですが、社会的な価値とのつながりを意識しないで、それぞれの狭い分野において新しい事実を積み上げて論理的完成度を高め、そこに価値があると思って我々は論文を書いてきたのですが、研究の毎日の現場はもっと生々しくて、社会的な要請や政府の政策と強くリンクしている部分があるわけですが、その部分はなかなか書けません。

**大野** そうですね。論文のイントロダクションとして数行書くくらいです。

**小野** おっしゃるとおりです。論文のイントロダクションは読んでおもしろいものですが、それが論文の価値を決めるものではありませんでした。研究者は社会の要請に真摯



に伝えようという熱い気持ちを持っているのですが、その部分まで書くと「論文ではない」と言われてしまいます。それに対して *Synthesiology* では、研究者のインテリジェンス（知性）とインテンション（意図）が組み合わさったものを世の中に発信していきたいと思っています。

**田中** 小野さんから *Synthesiology* の趣旨、我々の思いについてお話いただきましたが、基礎研究をしても、応用研究の視点を持つということは大事だと思いますが、アメリカではこのような考え方は当たり前なのでしょうか。

**大野** 私が勤めている米国立標準技術研究所 (NIST) の場合、一部、基礎研究もあるのですが、私の感じでは大半が応用研究です。いろいろな機会を捉えて「なぜ、この研究をしているのか」ということについて説明しなければいけません。例えば、数年に1度、プロジェクト評価を研究部全体でやって、プロジェクトごとに今どういうことをやっていて、産業界でどういうコンタクトがあって、どういうふうに関与しているのか、ということを発表して、みんなで議論します。それに、研究予算自体が十分でないので、どういうふうに関与しているかわからないような研究というのはなかなかやりにくいですね。

#### NISTの測光標準研究

**田中** アメリカではブッシュ・オバマ両政権を通して省エネルギーのために、今後固体照明を広めていくという明確な政策があるのですが、そこに NIST で測光標準研究を担当されてきた大野さんが非常に大きな貢献をされています。それは、NIST の測光標準研究とアメリカの固体照明政策を結ぶ社会技術と言ったらいいでしょうか、大きな括りとしては「技術・製品の規格化と政策・規制」ということだと思うのですが、測光標準の研究にこれまでどのように取り組んでこられたかも含めて、お話しいただけますか。

**大野** 白熱灯や蛍光灯など、現在照明に使われている

エネルギーは膨大な量になっていますが、米国エネルギー省は、今後 20 年間かけて、固体照明を段階的に市場に導入することによって、電力消費を現在の半分に減らすという目標を打ち出しました。

もともと 2005 年に議会で固体照明を国家として推進することが決まっており、エネルギー省がその推進をやることになっていましたが、「固体照明を使えば、効率が倍になる」と言われています。2 倍の効率の光源ができればすごい省エネができるし、地球温暖化防止にも役立つということで、非常に注目されています。

ただ、次世代の光源ということで従来の光源と異なる面が多く問題も出てくるでしょうし、新しい技術も必要になってきます。固体照明の推進政策として、コアテクノロジー、いわゆる半導体の基礎研究の部分から、発光ダイオードの開発、照明製品の開発、次のステップの市場導入促進というふうに関与している。エネルギー省は全体を見ています。小野さんのお話にあったように、基礎研究があって、それが市場までつながっています。その中で、標準が非常に重要な役割を果たしています。標準が悪いと劣悪な製品が出回り、消費者の立場からすれば、性能の良くない粗悪品を買ってしまうと、「発光ダイオードはこんなものか」と失望して買わなくなってしまいます。最初が大切ということで、エネルギー省は商業化支援ということに力を入れています。

NIST は標準化についていろいろな意味で支援していますが、その対象の一つにエネルギー省が行っているエネルギースターというマーク制度があります。エネルギースターはほとんどの電化製品を対象にした制度で、エネルギー効率がいい製品にこのラベルがつけられています。エネルギー省が審査して、エネルギー効率だけでなく、製品の質も見ますが、このエネルギースターの固体照明への導入が今始まっています。

**小野** そうしますと、NIST はエネルギースターをつける基準を決めていこうということですね。



ヨシ 大野氏



小野 晃氏

**大野** そうです。固体照明はエネルギースターを2008年10月から申請できる状態になりました。2年前からそれらの標準の開発を始め、私どもNISTも積極的に参加しましたし、一部、主導的な役割を果たしてきました。

### 標準がなければ推奨できない

**小野** NISTは、計量標準だけでなく工業標準をつくるのにも協力しているわけですね。

**大野** ええ、工業標準では、さきほど質の話をしました。が、実際、照明光源の色度については、全体が黄色っぽくなったり、緑っぽくなったりすると非常に嫌われますし、返品の原因にもなる。これは非常に重要だということで、まず固体照明光源の色度の標準を作る作業部会が米国規格協会(ANSI)に作られ、私とそのリーダーになって標準をつくりました。

**小野** 私も感覚として、黄色い部屋にはいたくない、緑の部屋も落ち着かない。赤か青だったら、まあ、落ち着いていられる。

**大野** そうなのです。それをきちんと定義して、工業標準として決めて、エネルギースターで守ってもらうということです。

測定について、米国照明学会は標準文書(LM-79)を出版していますが、これはエネルギースターで参照している試験法の規格です。これも私が主導したのですが、例えば光束をその単位ルーメンを使ってどのようにして測るか、積分球をどのようにセットして、どういう検出器を使うのか。積分球にはフォトメーターと分光器を使うものと両方あるのですが、分光器を使った方が産業界での精度はずっといいわけです。校正する計量標準としては分光放射束の計量標準が必要になりますが、この開発をNISTで数年前からやっています、それがキーポイントの一つになっています。

要するに、この方法を推奨しようと思ったら、そのため



田中 充氏

の計量標準がないと、それを使った方法を文書にのせて「この方法を使ってください」とは言えないわけです。

**小野** 分光測定が大事だということは産総研でもよく認識されていて、そちらの方向に踏み出してきたところですよ。

### 評価数値を上げれば高品質な製品になるのか

**大野** もう一つ、発光ダイオード(LED)光源のスペクトルに関するのですが、照明光源の演色性を評価する場合、CRI(Color Rendering Index)という指標があります。100点満点で、80点以上が屋内照明に推奨されています。この指標は蛍光灯のために40年くらい前につくられたものです。ところがこれを発光ダイオードに使うといろいろな問題があるということが、私のシミュレーションプログラムでわかりました。

スペクトルを可視域の真ん中に集めると光束の効率(ルーメン/ワット)の値は高くなりますが、一般に演色性は低下します。企業はルーメン/ワットの値で他社と競争をしているので、例えば、CRI指標を80としてルーメン/ワットが最も高くなるスペクトルを求めると、赤の見え方が非常に悪くなり、CRI指標が80でも屋内照明用としてとても使えない場合があることがシミュレーションでわかりました。(図1)

それから、スペクトルをある程度操作することによって、色のコントラストを上げることができます。たとえば、黄色いスペクトル成分を吸収するネオジウム電球が実際に売られていますが、物が鮮やかに見えるのです。ところが、この電球の評価指標は非常に低くなります。しかし、私は、これは実用に使う光源としては非常にいいのではないかと思っています。ところが、産業界でものをつくるときは、評価指標の数値を上げるように研究開発しますので、下手をすると間違った方向に開発がすすんでしまう恐れがあります。

**小野** ここでは指標になっている工業標準自身が良くな

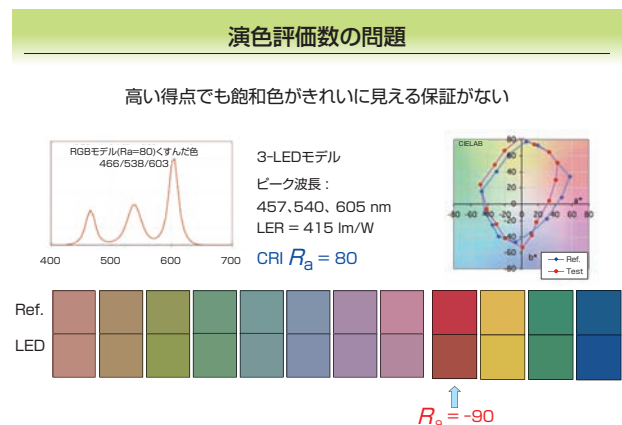


図1 演色評価数の問題

いということですね？

**大野** そうです。CRI 指標 80 でそういう製品が市場に出たら、非常に問題になると思いました。

我々は、これに関連する研究を数年前からやっていたのですが、「イノベーション計測科学」という NIST の所長が出す研究予算のコンペに応募しました。書類選考で物理部門で選ばれて、最後は NIST の研究部門長たちの前で私が発表したのですが、これが通ったのです。

**小野** それはおめでとうございます。

**大野** 最初は検査用のブースで細々と実験をやっていたのですが、中に物を置いて RGB (赤、緑、青) のスペクトルを少し変えると、色の見え方が大きく変わることがわかりました。CRI 指標が 82 で、数値は結構いいのですが、赤が茶色になりました。これはシミュレーションが正しいということです。(図 2)

**田中** そうですね。82 と 71 を比べると、むしろ 71 のほうが鮮やかですね。

**大野** 71 は非常に鮮やかで、中に手を入れても非常に良く見えます。しかし、エネルギースターでは 75 ないとだめなのです。CRI 指標 82 の方がエネルギースターに通ってしまっ、これは非常にまずいことになります。エネルギー省からは「新しい工業標準を早くつくってくれ」と言われています。

**小野** 数値が実態に即していないということですね。

### 研究と標準化の一体的推進

**大野** 一部は論文に出していますが、そういった問題を

すべて解決できるような新しい指標をつくりました。「CQS」(Color Quality Scale) という指標が私どもが新しく提案しているものですが、これでいくと CRI = 82 が CQS = 74 に、CRI = 71 が CQS = 83 にというように逆転するのです(図 3)。しかし、新しい評価方法は工業標準にしないと意味がないし、工業標準にならないと使ってもらえない。しかも演色性は、歴史的に国際的な標準です。それで国際照明委員会に提案して、委員会をつくって、そこに私どもの方法を提案して、議論を進めています。

国際標準なり、実際に産業界に使っていただいて、初めて研究が実るといことです。

**小野** まさにそうですね。私たちはそれを「研究と標準化の一体的推進」と言っています。研究が終わってから標準化に着手するというのではなく、標準化の要請があって、それが研究に反映される。そして、その結果をまた標準化にフィードバックするという、両方が一緒に走っていかないとだめなのだと産総研では言っていますが、そういう良い例ですね。

**大野** その通りだと思います。今回は、特にエネルギー省のエネルギースター がもう走り出しているということで、今はそれに急かされて CRI 指標を使っているのですが、エネルギースターに限らず、固体照明の産業全体がどんどん進んでいますので、標準が追いつかないと、間違った方向で無駄なものをつくってしまう恐れがあります。

今、白色発光ダイオードは青の発光と蛍光体を組み合わせる方式が主流なのですが、RGB 方式では値段が高く、CRI 指標が悪くて色が良くないという話がよくありますが、見た目はそんなに悪くない。特に RGB をやっているメーカーは、非常に興味を持ってサポートしてくれています。

**小野** RGB というのは比較的狭いスペクトルを持った 3

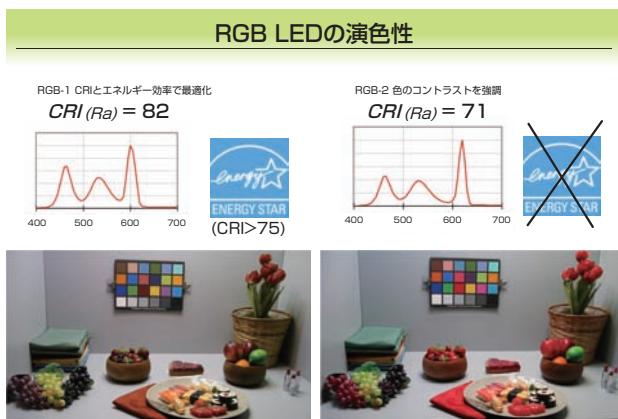


図2 RGB LEDの演色性



図3 RGB LEDの演色性

つの波長で構成していこうということですね。そして、CRI 指標ではなくて、CQS 指標を使っていこうということですね。ところで CQS 指標は日本語で言うと、どうなりますか。

**大野** Color Quality Scale の日本語は考えたことがなかったです。考えておかないといけませんね。

**小野** 「色質度」とかでしょうか。

**大野** あ、「色質度」はいいですね。この研究プロジェクトでは、人件費のほかに設備関係に 50 万米ドルくらい予算がいただけたので、実際の部屋全体を照らしてスペクトルを自由に変えられるという世界初めの実験設備を今つくっています。(図 4)

**小野** なるほど、ブースからルームへ、ですね。

**大野** 部屋にすると、実際にその中で仕事をしたり、会話をしたり、顔色が見えるという、非常に大きな利点があります。そこまでやらないと最終的な確認にはなりません。今実験室にあるのは仮に納められたシステムで、RGB の 3 色しかないのですが、2009 年 2 月に 25 色のピーク波長に分かれたコントロールができるシステムが納入されます。いろいろな照明に関する色覚の研究ができるので、固体照明に大きく貢献できるのではないかと考えています。

#### NISTにおける本格研究

**田中** これまでの固体照明に関するエネルギー省の政策に関して、本格研究としての成果が出てきているということですね。

**大野** そうですね。最初にお話しました色度の工業標準と、もう一つ LM-79 という試験方法の工業標準に貢献で

きたことは大きな成果だと思います。色度というのは光の色ですが、光の色がいいポイントにあっても、物の演色がいいとは限りません。両方が関連しているのですが、光の色の方をまず工業標準として出したということです。次は演色性の標準です。

他にも、私の担当ではなかったのですが、例えば寿命の試験法の工業標準があります。発光ダイオードの寿命は 3 万時間、5 万時間と長いのですが、産業界では 6,000 時間測って 3 万とか 5 万時間まで外挿しますので、寿命の不確かさが大変大きい。エネルギー省の締め切りがあったので予測方法ぬきで出版しましたが、次のステップとしてどこまでやるかということは今後の課題です。

**小野** 新しくできた技術は、今後、データが積み重なっていけばより良い方向にいくでしょうね。こういう工業標準をつくるに当たって、日本のメーカーや研究者の貢献はどのようなものですか。

**大野** 米国規格協会や北米照明学会 (IESNA) はアメリカの標準化団体ですから、日本からの参加は基本的にはありません。ただ、アメリカに会社を持っている日本の企業は参加することはできます。国際照明委員会にはもちろん世界中から参加しているのですが、LED 照明に関しては日本のメーカーの方の積極的な参加はまだないようです。

#### 産業界のニーズに触れながら研究する

**小野** 測光技術は基礎的な研究対象であると同時に、世界中が関心を持っている省エネルギーの問題ですね。そこをつなぐ、非常に大きなお仕事をされていると思いました。

「研究をやりつつ標準化する」ということを実践されておられますが、大野さんは NIST でグループリーダーをしていらっしゃるの、若い研究者の生きざまも考えなければいけないというお立場にあると思います。研究者としても成立し、また社会への貢献も十分してもらいたいという中で、どんなふうに配慮されておられますか。我々も同じ問題を抱えているものですから、アドバイスをいただければと思います。

**大野** 委員会などに出て、いろいろな問題があるということがわかれば、こういう研究をしないといけないということが明確になってくると思うのです。いろいろな質問があったり、要望があったりして、私自身も委員会の会合でいろいろなことをいつも学んでいます。若い研究者もできるだけそういう会合に連れていったりしています。

もちろん研究としては自由にやってもらおう部分もあるので



図4 NISTのスペクトル可変照明実験設備

すが、産業界のニーズとといいますか、そういうものに触れながら研究してもらおうというのではないかと思います。

### 専門外の人もわかることが大切

**小野** 標準化で成果を出していくときに、それをどういうレポートの形で出すかということも重要と思っています。NIST は今まで専門技術書（モノグラフ）やテクニカルノートなど、いわゆる研究論文とは違う形でいろいろ成果を発表していますが、そういうものも非常に価値があるというふうに思っておられるのでしょうか。

**大野** もちろんです。科学技術的な論文も大切に、それも出さないといけないのですが、一方で、もう少し一般向けの記事も書いています。最近では、インターネットで出版するような LED レビューや LED マガジンにも投稿しています。演色性や測定の問題をテーマにしたりしていますが、産業界の方からいろいろな反響があります。

それ以外に NIST がメディアに対して出している記事があります。2 ページくらいのもなののですが、標準の仕事が 2 つ終わったときと、ハイパワー LED の測定方法ができたときに出しています。これは専門でない方もわかるように書くのですが、産総研の *Synthesiology* と少し似ているかもしれませんが、それは NIST から非常に高く評価されています。

**小野** まさにおっしゃられたとおりで、*Synthesiology* は理学、工学、農学、薬学をカバーし、ライフサイエンスやエレクトロニクスから計量標準まで全部含んでいます。そのような編集方針を立てているのですが、他の分野の人たちからも読める形になっています。

**大野** そうですね。私も読ませていただいて、自分の分野と全く異なる分野の記事でも結構読めるなと思いました。

**小野** ありがとうございます。まさにそこがこの雑誌を出すときに気にしていたところなのです。私も環境や地質の分野の論文の査読者になっているのですが、実は論文を読んで内容がわかりましてね。わかったということ自体が驚きで、さらに驚いたことに査読意見も書いてしまいました。

**大野** 著者とディスカッションされたのですね。それは楽しいですね。

### さまざまな課題に研究者コミュニティが取り組む

**小野** 地球環境問題などいろいろな問題を抱える中で、科学技術の果たす役割はとても大きいものがあるのですが、科学者あるいは研究者自身がお互いに意見交換できなくて、それぞれのチャンネルを通しては社会につながっているのだけれども、コミュニティとしての意見がなかなか出せないという感じがしていたのです。その中で気候変動に関する政府間パネル (IPCC) に多様な研究者が集まって協力してレポートを出したり、標準化していく中でさまざまな技術者や研究者と意見交換して一つのものをつくりあげていったり、というのはすばらしいことだと思います。

**大野** 標準はあって当たり前で、地味な分野といいますか、目に見えて役に立つということは難しかったわけです。そういう中で、この固体照明の標準の課題というのは大きな変革のチャンスといたしますか、光源の歴史で見ても 100 年に 1 回くらいの出来事ですし、ニーズとしてもすごく大きいと思うので、そこをうまく捉えていけば、国立研究所として大きく貢献できる仕事はたくさんあると思うのです。測定技術もそうだし、一部、視覚の研究にも踏み込んで、エネルギー省を中心とした大きな夢に結びつので、それに貢献していきたいと思っています。

**田中** 日本も同じニーズ、問題意識を持っているのですが、政策的に明確なメッセージが必要かもしれないですね。

**小野** きょうは大変いいお話を伺いましてありがとうございます。ありがとうございました。ありがとうございました。

**大野** こちらこそ、私も大変参考になりました。ありがとうございました。

### 略歴

大野 ヨシ(おののよし) (大野 義弘)

現在、米国メリーランド州、国立標準技術研究所 (NIST)、Optical Technology Division、Optical Sensor Group のグループ長。1977 年京都工芸繊維大学電気工学科卒業。1977 年松下電器産業 (株) 照明研究所に入所、測光測色技術を担当。1984 年から 2 年間、米国 NIST (当時 NBS) に留学、絶対測定積分球などを研究。1992 年に米国に移住し NIST に移籍、Photometry Project Leader として赴任。2003 年よりグループリーダー。現在、国際照明委員会 (CIE) 第 2 部会長を務めるほか、ANSI、IESNA (北米照明学会)、CIPM - CCPR (国際度量衡委員会測光諮問委員会) などで活躍。