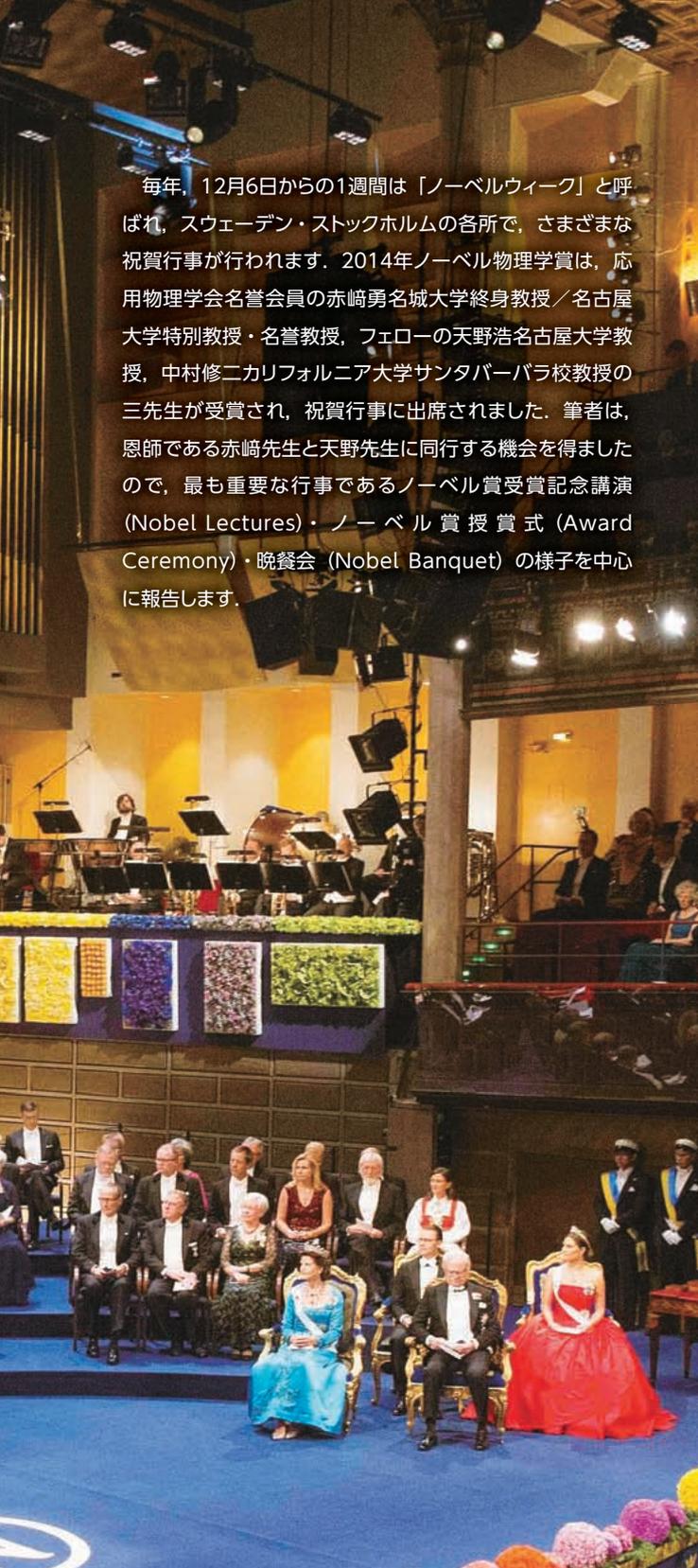


ノーベル ウィーク報告



毎年、12月6日からの1週間は「ノーベルウィーク」と呼ばれ、スウェーデン・ストックホルムの各所で、さまざまな祝賀行事が行われます。2014年ノーベル物理学賞は、応用物理学会名誉会員の赤崎勇名城大学終身教授／名古屋大学特別教授・名誉教授、フェローの天野浩名古屋大学教授、中村修二カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授の三先生が受賞され、祝賀行事に出席されました。筆者は、恩師である赤崎先生と天野先生に同行する機会を得ましたので、最も重要な行事であるノーベル賞受賞記念講演(Nobel Lectures)・ノーベル賞授賞式(Award Ceremony)・晩餐会(Nobel Banquet)の様子を中心に報告します。



岩谷 素顕 (いわや もとあき)

名城大学理工学部材料機能工学科准教授。2003年名城大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻博士後期課程修了。同年同大学講師。07年より現職。専門は半導体工学、結晶成長工学、博士(工学)。



Nobel Lectures

12月8日(月)午前9時(現地時間)から、ストックホルム大学マグナ講堂にて物理学賞・化学賞・経済学賞の3賞のNobel Lecturesが行われました。Lectureは慣例に従い、物理学賞、化学賞、経済学賞の順番で行われました。講演に先立ち、スウェーデン王立科学アカデミーのBarbara Cannon会長の歓迎の挨拶があり、その後、物理学賞部門のPer Delsing選考委員長が座長を務められて、ほぼ定刻の午前9時10分から赤崎先生の講演が始まりました。

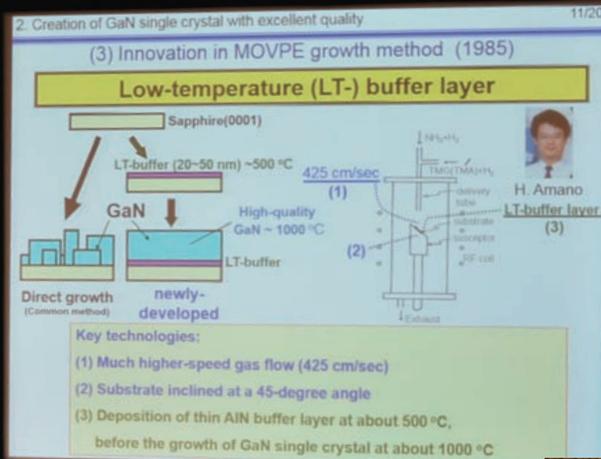
赤崎先生は「Fascinated journeys into blue light」というタイトルで、先生の40年以上にわたるGaN系材料の研究に関して講演されました。その冒頭では、「私の名前は赤崎と言います。赤は英語で“RED”を意味しますが、今日は青色発光についてお話しします」と軽いジョークを交えて、緊張感が漂う会場を和ませました。そして、青色発光デバイスを実現するために必要な要件を説明したうえで、その候補として先生がなぜGaNを選択されたかを述べられました。研究当初はHVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy) 法によるMIS (Metal-Insulator-Semiconductor) 型LED (Light-Emitting Diode) を作製され、1978年には当時としては世界最高出力を誇る青色LEDを実現しましたが、pn接合型ではないMIS型であるため、このままでは大幅な高効率化は難しいと判断したこと、すなわち、このLEDをきっかけに、赤崎先生は再び結晶成長という研究の原点に立ち戻ることを決意したということと当時の実験データを基にご説明になりました。その後、低温バッファ層の開発や、p型・n型GaNの電気伝導の制御、さらには



歓迎の挨拶に立つスウェーデン王立科学アカデミーのBarbara Cannon会長。



座長を務めた物理学賞部門のPer Delsing選考委員長。



自身の経験を市民にもわかりやすく講演した天野先生。



スライドで天野先生ら研究仲間を紹介する赤崎先生。



身振り手振りを交えながら躍動的に話した中村先生。



講演終了後、満場からの拍手を受けた三先生。

pn接合型LEDの実現、GaN系レーザーの実現などに関して説明されました。特に、HVPE法で作製したGaNの中にわずかに存在した高品質微結晶を見て、GaNという材料のもつポテンシャルを見抜いたという洞察力は我々も見習わないといけないと痛感しました。また、「低温バッファ層を介して作製した高品質GaNを見たときの感激は今も忘れられない記憶」であること、さらにはpn接合型LEDを初めて見たときの「眼に沁みるような青色発光は、私の研究人生の中でも最も思い出深い出来事の1つでした」と述べられたのが印象的でした。また、天野先生や小出康夫先生(現・(独)物質・材料研究機構)など、この研究に携わられた研究室の学生・共同研究者の写真も映し出しながら、実際にどのような流れで研究が発展したのかがよくわかる内容であったかと思えます。

次に午前9時45分から、天野先生が「Growth of GaN on sapphire by low temperature deposited buffer layer and realization of p-type GaN by Mg-doping followed by LEEBI treatment」というタイトルで講演されました。赤崎先生の下で行った、GaN系半導体の研究に関して主に大学院および助

手時代の研究内容を詳細にお話になりました。学部4年生の卒業研究のテーマを選ぶときに、「青色LEDを実現できれば、テレビのモニタが小さくなり、世界を変えることができると考えていました。そのときは、このテーマの研究がどれほど難しいのかわからなかった。むしろ、自分なら簡単にできると思っていた」と述べられました。その後、1500回以上の実験を通して低温バッファ層技術による高品質GaNを作製したときの状況を説明され、初めてそれに成功したときの心境として「サンプルを取り出してみると、完全に平らで完全に透明だったため、材料のガスを流し忘れて何もできていないのかと錯覚しました。しかし、顕微鏡で見ると、結晶の特徴が見えたので、これはきれいな結晶ができたと確信しました」と当時を振り返られたのが印象的でした。さらに、1987年秋の応用物理学学会学術講演会で座長を含めて会場には4名しかいなかったエピソードも明かされながら、p型伝導の実現の重要性を改めて感じ、どのようなアプローチでp型伝導を実現されたかまでを詳細に説明されました。さらに、中村先生をはじめとした多数の他研究機関の状況についてもレビューされ、青色LEDの開発にあたった多くの研究者の努力がよくわかる内容であったかと思えます。また、この研究に天野先生が携わったのは20代であったことから、若い人たちにより挑戦的なテーマに携わってほしいと話され、最後に謝辞を述べられました。

そして、午前10時20分から中村先生が「Background story of the invention of efficient blue InGaN light emitting diode」というタイトルで講演されました。研究を始めた当時、「9割以上の研究者がもう1つの青色LED用材料であるZnSeを選ぶ中で、最終的に青色LEDの開発につながったGaNを選ぶ人はほとんどいませんでした。応用物理学学会学術講演会で窒化物半導体のセッションに参加してみると、座長が赤崎先生、発表したのは天野先生、そして、聴きに来たのは私だけ、という状況でした」と、往

時の状況をご説明になった後で、なぜGaNを選んだのかを説明されました。高性能LEDを実現するためには転位密度が 10^3cm^{-2} 以下であることが必須というのが常識であった時代、中村先生はたくさんの論文を書いて博士号を取りたいという思いで青色LEDの研究を始められ、実際に作れるとは思っていなかったと、いつもの“中村節”でユーモアたっぷりに話をされました。また、研究開始時には、すでに赤崎先生・天野先生が高品質結晶やpn接合を実現していたことから、それに追いつくため結晶成長装置の改造に日夜明け暮れ、最終的に高性能青色LEDを実現した経緯を詳細に説明されました。そして、 10^9cm^{-2} 程度欠陥が存在するGaNでも高性能な青色LEDが実現できたことを紹介されました。そして最後に、古巣の日亜化学工業（株）に謝意を述べ、講演を締めくくられました。

1194名を収容できるストックホルム大学マグナ講堂は学生、研究者さらには一般の市民などが多数集まり、多くの立ち見が出ていました。筆者は開門前に会場内での準備をしていた関係で、会場が数分で満席になる様子を目にしました。その光景は圧巻で、改めてスウェーデンの皆さんの関心の高さを認識しました。そして、三先生のGaN系窒化物半導体高性能青色LEDの開発についての講演に聴き入っていました。講演が終わると、物理学賞部門のPer Delsing選考委員長の誘導で三先生が再度登壇し、1200名を超える聴衆からスタンディングオベーションの惜しみない拍手を浴びておられました。

Nobel Lecturesの後、三先生は日本大使館主催の共同記者会見に出られ、お互いの記念講演を称え合っておられました。



50名以上の日本のプレスが参加し、グランドホテルで開催された日本大使館主催の共同記者会見。

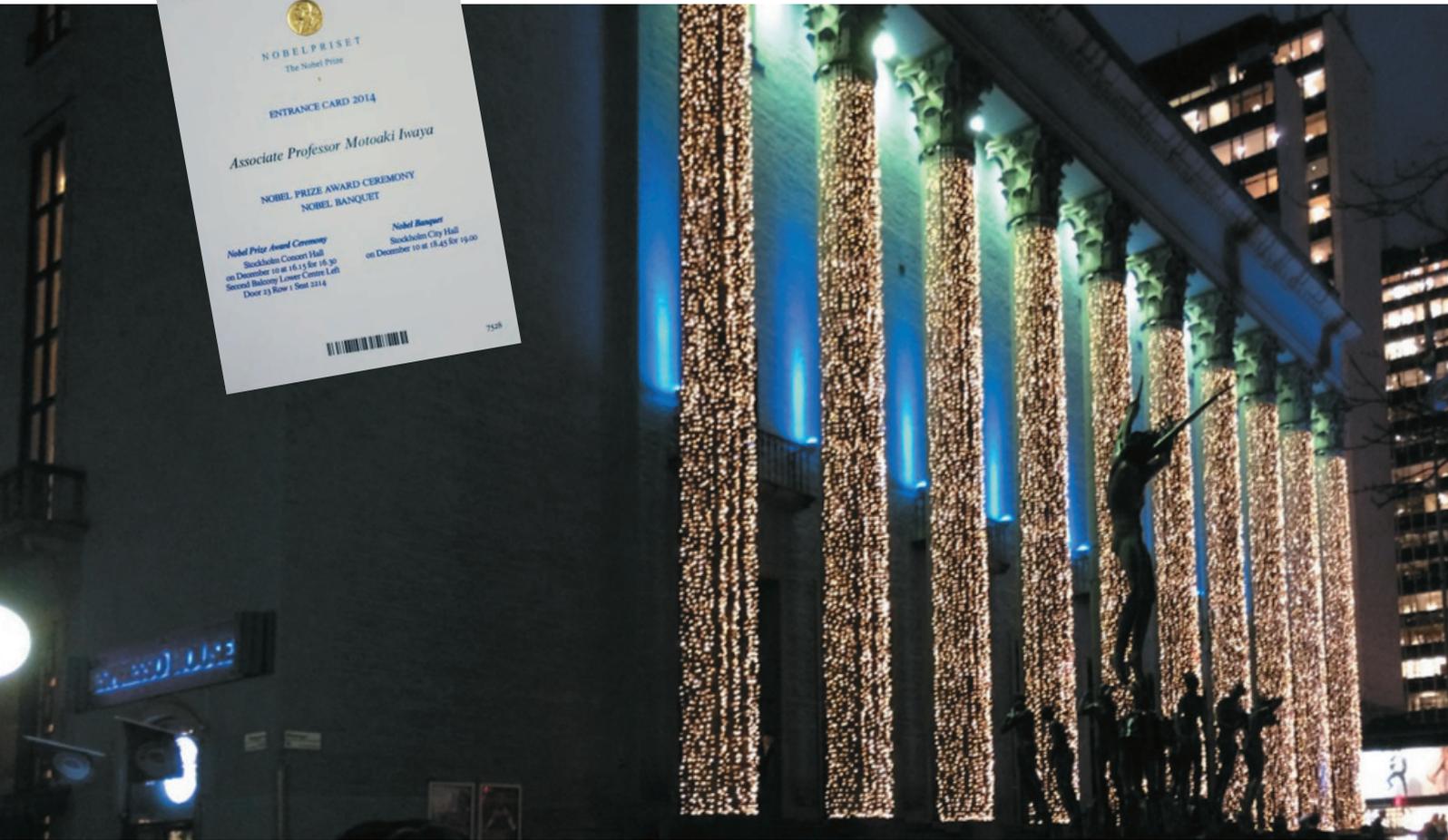
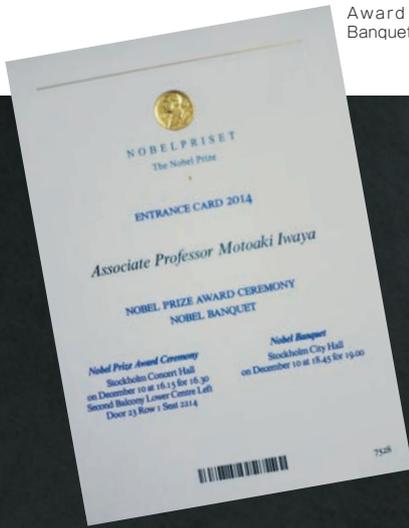


笑顔で記者からの要望に応える三先生。



多くの立ち見が出て大盛況だったマグナ講堂。

Award CeremonyとNobel Banquetの招待状（筆者宛）。



Award Ceremony当日のコンサートホール。



3日前のコンサートホール前広場。

Award Ceremony直前に赤崎・天野両先生の師弟でのツーショット（新聞社代表撮影）。



Award Ceremony

12月10日（水）午後4時30分（現地時間）から、ストックホルムコンサートホールにおいて、Award Ceremonyが執り行われました。当日の午前中は雨風が強く、どうなることかと思いましたが、我々が現地入りする頃には小雨になり、多少足元が悪い程度でこの晴れの舞台を迎えることになりました。

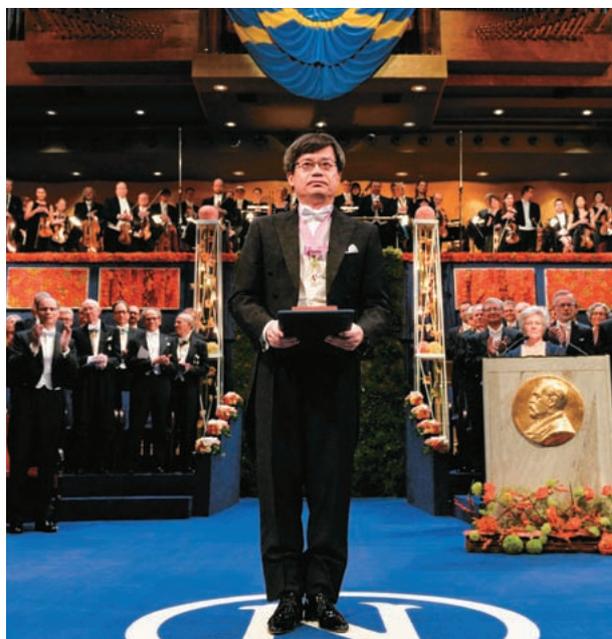
Award Ceremonyには、スウェーデン王室関係者、受賞者およびその家族、受賞者の招待客、ノーベル財団の招待客などが臨席できます。会場への入場には招待状とパスポートの提示が求められ、厳格な警備体制が敷かれていました。3日前に下見で訪れたときには、コンサートホール前の広場には屋外マーケットの店が多数立ち並んでいましたが、Award Ceremony当日の広場では全て撤去されており、万全な準備が行われていることが窺い知れました。

Award Ceremonyでは、ロイヤルストックホルムフィルハーモニー管弦楽団の荘厳な演奏によるスウェーデン国王歌斉唱後、モーツァルトの行進曲へと続き、1570人が見守る中、赤崎先生を先頭に三先生は文化勲章を胸に下げ、ほかの受賞者とともに中央に「N」のマークがあしらわれた青絨毯の舞台に入場しました。ノーベル財団のCarl-Henrik Heldin理事長の挨拶の後、ノーベル各賞の選考委員から、各賞の受賞者とその業績・功績の紹介がありました。物理学賞の説明では、選考にあたった王立科学アカデミー・ノーベル

委員会のAnne L'Huillier委員から授賞理由が説明され「アルフレッド・ノーベルは、人類のために最も貢献した人たちに物理学賞を贈るよう遺書に記した。青色LEDの発明は、人類への恩恵を重視したノーベルの遺志を十二分に満たしている」と紹介されました。その後、赤崎・天野・中村の三先生は舞台中央に進み、1人ずつスウェーデンのカール16世グスタフ国王陛下からメダルと賞状が授与されました。メダルと賞状を持った三先生がそれぞれ観客に向かってお辞儀をすると、観衆からスタンディングオベーションの割れんばかりの拍手が起こりました。筆者としては、恩師である赤崎先生や天野先生はやや緊張した面持ちから、祝福の拍手を受けて満面の笑みになったとき、大変な喜びを感じました。授賞式会場の壇上には、青絨毯の中央奥に配されたノーベルの像を中心に、平和賞を除いた各賞の受賞者、カール16世グスタフ国王とスウェーデンのロイヤルファミリーの方々、王立科学アカデミーやノーベル財団などの関係者が弧を描くように並ばれました。受賞者を讃える夥しい数の花とオーケストラの演奏が式典の華やかさを引き立て、^{えびた}燕尾服やイブニングドレスに加え日本から参加されたご婦人方の華やかな和服などで正装した1570人の列席者から惜しみない拍手が贈られていました。また、セレモニーの間にはオペラが供され、会場は一層華やいだ雰囲気に包まれていました。



赤崎勇先生



天野浩先生



中村修二先生 Photos: TT News Agency/Aflo (上・中・下)



ノーベル賞各賞ごとに制作されるポスター(写真は物理学賞)。スウェーデン国内の小中学校に寄贈・掲示される。

ノーベル賞のメダルを披露する赤崎先生(12月12日、羽田空港にて)。





晩餐会場。(左・右)



代表してスピーチを行う中村先生。 Photo: ZUMA Press/Aflo

Nobel Banquet

授賞式を終えて、同日午後7時（現地時間）からはストックホルム市庁舎の青の広間で、スウェーデン国王をはじめ約1200名が参加するNobel Banquetが開催されました。まず、ロイヤルファミリーと受賞者がファンファーレをバックに黄金の間から階段を降り、青の間に入場されました。赤崎先生は、体調面を気にされて階段は遠慮され別ルートで入場されました。また、ノーベル財団の配慮から赤崎先生には特別メニューが準備されていました。

晩餐会^{ばんさんかい}は、シャンパンによる国王に対する乾杯とアルフレッド・ノーベルに対する乾杯を行った後に始まりました。

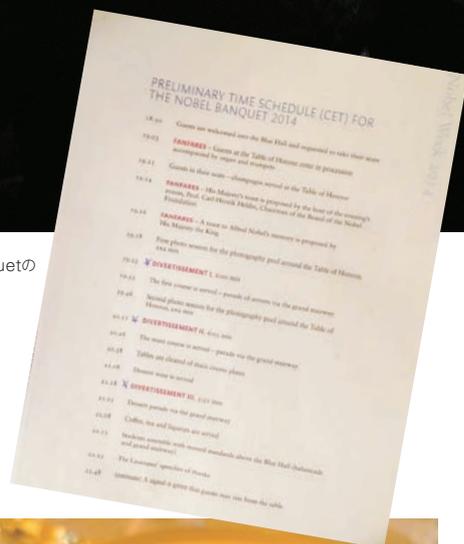
料理はどれも洗練されており、非常にすばらしい晩餐でした。現



Nobel Banquetの行われたストックホルム市庁舎。



Nobel Banquetの
タイムテーブル。



メインディッシュの鹿の
腰肉ステーキ。



地の方に聞いたところ、Nobel Banquetのメニューは毎年変わり、また市庁舎のレストランで食べられるということなので、もしストックホルムへ行かれる方はぜひお試しいただければと思います(要予約)。

食事の合間には、3回のバレエダンス(それぞれ6分、6分、3分)が行われ、華麗な踊りと音楽を楽しむことができました。午後10時20分ごろから、各賞の受賞者からのスピーチが行われました。Nobel Banquetは約4時間に及ぶため、赤崎先生は体調を考慮し9時過ぎに途中退席されましたので、三先生を代表して中村先生がスピーチをされました。約3分のスピーチで、中村先生は「青色LEDの夢が実現し、人類の利益に貢献できたことを誇りに思う」と述べられました。最後に、ロイヤルファミリー、受賞者などが演奏に送られて退室し、午後11時ごろに夢の宴は閉じられました。

宴の後は黄金の間で舞踏会を楽しんだり、よりリラックスした雰囲気の中で会話を楽しんだりしました。そして、さらにその後には現地の大学生に聞いたところでは翌朝5時ごろまで大学生主体のパーティが催されたようで、華麗なパーティは文字どおり夜が明けるまで続きました。



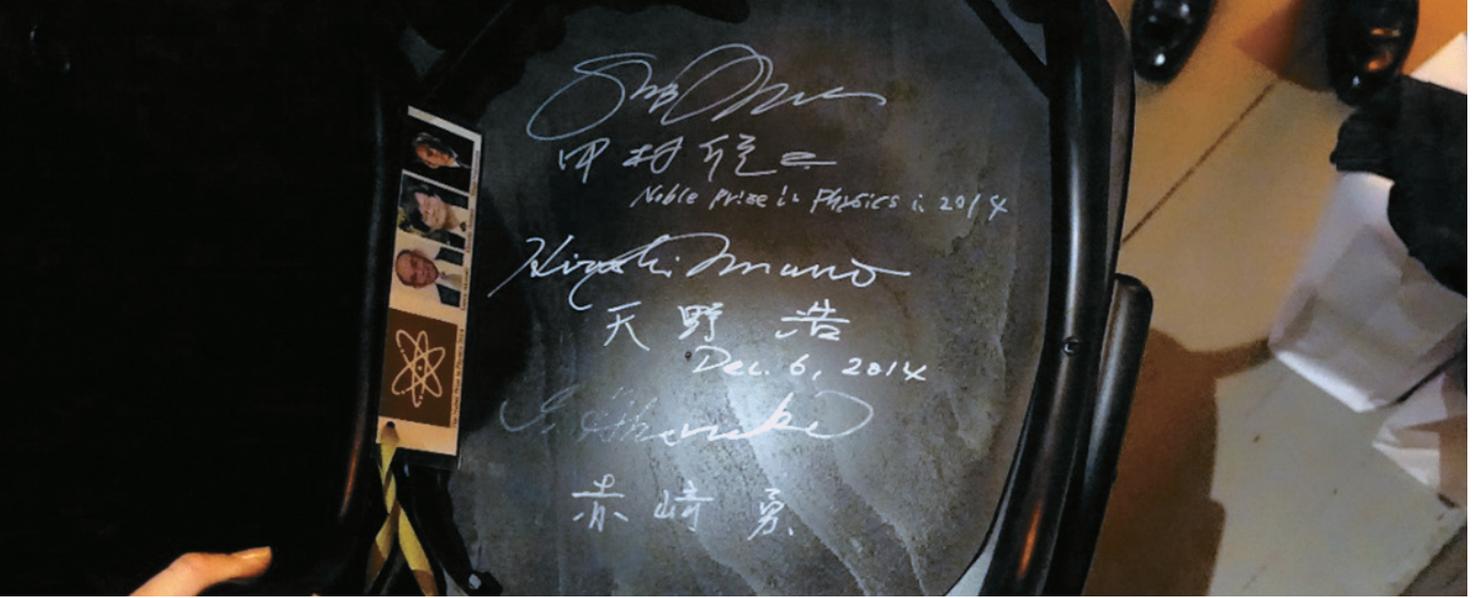
スープ。



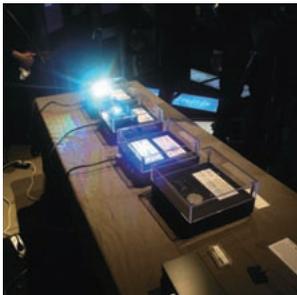
デザート。

Menu

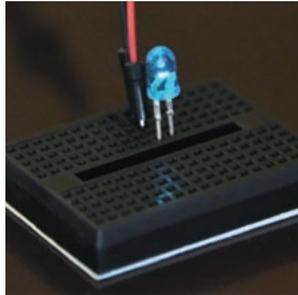
- ◆カリフラワーのクリームスープ (Cream of cauliflower soup)
モザイク状のタラバガニ、エンドウレモン漬け、さらにカリフラワー小花が
ちりばめられていました。
- ◆レッドビールソースを使った鹿の腰肉ステーキ (Spiced Loin of red bier)
付け合わせとしてニンジンテリーヌ、ゴールデンビーツの塩焼き、スモーク
ピール玉ねぎ、ポテトピューレが供されていました。
- ◆スウェーデン・ゴットランド島産のキイチゴのムースとシャーベット、サフラン
パンナコッタとブラウンバターのスポンジケーキ
- ◆コーヒー



三先生がサインした椅子。



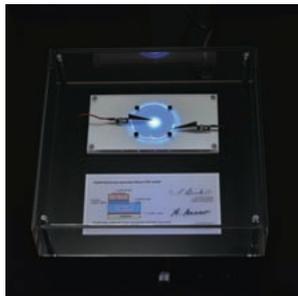
赤崎先生がノーベル博物館に寄贈した展示物。



1978年に赤崎先生が作製したMIS型青色LED(通電時)。写真ではわかりにくいですが、青く発光しています。

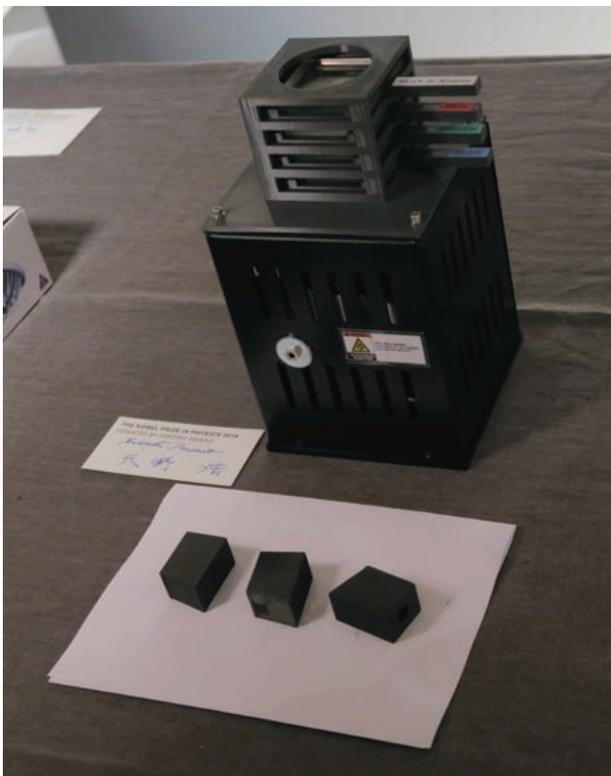


赤崎先生が寄贈した低温バッファ層を用いて(右側)、低温バッファ層を用いずに(左側)サファイア上に作製したGaNウェーハ。



赤崎先生が寄贈したpn接合型GaN系青色LEDウェーハ。

天野先生が寄贈したサブピクセルと紫外LED。



その他のイベント

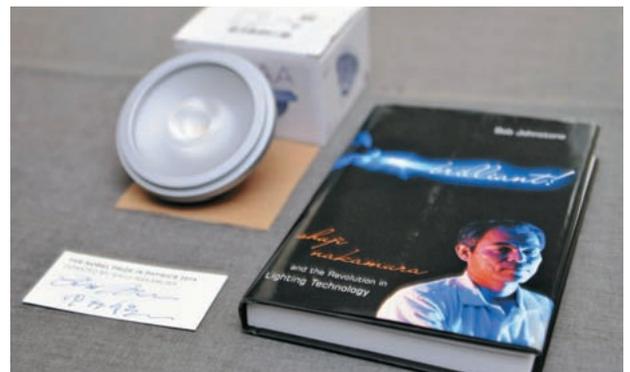
ノーベルウィークでは、他にも多数のイベントが開催されました。スウェーデン国王主催の晩餐会(受賞者と配偶者のみが参加)、ノーベル財団主催のレセプション、ノーベルコンサート、日本大使館や文部科学省主催のレセプションなどが公式行事として組まれています。さらに、プレスコンファレンスやノーベル博物館への訪問など、受賞者にはまさしく分刻みのスケジュールが待っていました。そちらの雰囲気にも、少しだけ触れていただきたいと思います。まず、ノーベル博物館のカフェの椅子に行う恒例の受賞者サインは、エントランスホールに設けられた特設インタビュー会場で行われました。数十名の記者の前で椅子の裏面にサインをします。傍らにいる我々でもまぶしく感じるほど、多数のフラッシュの中、三先生は笑顔で署名していました。

また、ノーベル博物館からの依頼に応え、三先生は以下のような展示物を寄贈されました。

●赤崎先生

①1978年に作られたMIS型青色LED

赤崎先生が1978年に実現したMIS型青色LEDの現物です。現在も電流を流すと青色に発光します。当時の世界最高出力を誇る青色LEDでしたが、pn接合型ではないMIS型であるため、このままでは大幅な高効率化は難しいという判断をされました。すなわち、このLEDをきっかけに、赤崎先生は再び結晶成長という研究の原



中村先生が寄贈した紫色LEDと書籍。Photo: 読売新聞/Afio

ノーベルウィークへの旅のおわりに

ノーベルウィーク中のストックホルムは、いたるところでノーベル賞関連の行事が行われていました。また、Nobel LecturesやAward Ceremonyの司会や運営はスウェーデン国内の大学生がボランティアを主体として行っており、非常に丁寧な仕事に感銘を受けました。会場の交通整理は子供を含めたボランティア、警察が中心に行っており、すばらしい運営体制が構築されていました。さらに、現地ではAward CeremonyやNobel Banquetの様子がテレビ中継され、同国での関心の高さ、またノーベル賞をどのように大切にされているかを肌で感じることができました。日本では理科離れという言葉が出てきて久しいですが、小さな子供だけでなく大人も含めた社会に対して科学技術に対する啓蒙活動が非常に重要なことを強く感じました。

ノーベルウィークという得難い経験を通して、今回の赤崎先生、天野先生、中村先生の受賞を非常に多くの方々喜んでくださると同時に、この学問分野への大きな期待を肌でひしひしと感じました。このような研究に携わることができ、一研究者として光栄に思います。今後も、三先生を中心にこの学問分野の発展に貢献できるよう全力を尽くしたいと思います。



Nobel Banquetの行われた市庁舎までの通路の明かりを灯す子供たち。ノーベルウィークは、スウェーデン国民皆さんの協力によって運営されています。



授賞式に向かう受賞者専用車。道中の信号は全て青になり、ノーベルマークが描かれた車両が連なる姿は圧巻でした。

- ②1985年に開発された低温バッファ層を用いて作製したGaNと用いずに作製したGaNウェーハ
 サファイア基板上に低温バッファ層を用いて作製した高品質GaNウェーハです。比較のために低温バッファ層を用いずに作製したGaNウェーハも展示し、低温バッファ層の効果を視覚的に確認することができます。
- ③pn接合型GaN系青色LEDウェーハおよびその簡易的な発光装置
 サファイア基板上に低温バッファ層を介して作製したGaN系青色LEDウェーハです。電流を流すことによって明るく青色に発光します。
- ④光の3原色の原理を理解するための装置
 光の3原色（青・緑・赤）のLEDを活用することによって、全ての色が表現できることを理解するための装置です。青色LEDが実現されることによって全ての色が表現できるようになったことがわかります。
- ⑤白色LEDの動作原理を理解するための装置
 通常用いられている青色LEDは、青色LEDと黄色蛍光体を組み合わせた構成で作製されていますが、本装置ではその原理を理解することができます。

●天野先生

①サセプタ

1985年当時に天野先生が使われていたMOVPE (Metal Organic Vapor Phase Epitaxy) 装置のサセプタ (基板ホルダ) です。高温で何回も結晶成長を行ったことがよくわかる物品で極めて貴重なものかと思います。

②最新の紫外LED

天野先生が現在主体的に進められている波長300nm以下の紫外LEDです。発光は確認していませんが、デバイス上部には蛍光体が付けられており、天野先生の名前が浮き出るとのことです。

●中村先生

①最新の紫色LED

中村先生がカリフォルニア大学サンタバーバラ校と米国ベンチャー企業のSORAA社で現在、研究開発を進められている最新の白色LEDです。

②中村先生の研究について書かれた書籍

Bob Johnstone. Brilliant!: Shuji Nakamura and the Revolution in Lighting Technology, Prometheus Books (2007) . 中村先生の青色LEDの開発に関する書籍です。

このうち赤崎先生が寄贈した展示物のレプリカは、名城大学に展示されることになっています。