

産学官との連携

産学官との連携



取材日：2021年3月10日
(一社) 日本科学機器協会 会議室

大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報通信工学専攻 教授
もり ゆうすけ

森 勇介 先生 に聞く

CLBO結晶とGaN結晶が開く
グリーン・デジタル社会と
産業の川上「結晶」の重要性 **上**

聞き手：西岡光利 日本科学機器協会 広報副委員長
高橋秀雄 日本科学機器協会 広報副委員長
岡田康弘 日本科学機器協会 事務局長
(取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)



森 勇介 先生のプロフィール

1989年 3月 大阪大学工学部電気工学科卒業	
4月 大阪大学大学院工学研究科 電気工学専攻博士前期課程入学	2000年10月 大阪大学助教授(大学院工学研究科)
1991年 3月 “ ” 修了	2005年 7月 (株)創晶代表取締役(兼業)
4月 大阪大学大学院工学研究科 電気工学専攻博士後期課程入学	2019年9月28日迄
1993年 3月 “ ” 中退	
1993年 4月 大阪大学助手(工学部)	2007年 5月 大阪大学教授(大学院工学研究科)
1996年 3月 博士(工学) 大阪大学	2011年10月 日本学術会議連携会員(第三部)
1998年 4月 大阪大学助手(大学院工学研究科)	2013年 4月 (株)創晶應心代表取締役(兼業)
1999年 5月 大阪大学講師(大学院工学研究科)	2014年 5月 (株)創晶大学代表取締役(兼業)
	2016年 3月 (株)創晶超光代表取締役(兼業)
	4月 名古屋大学教授(クロスアポイントメント)
	2020年10月 (株)teamGaN代表取締役(兼業)

【受賞歴】

1996年 8月 電気学会論文発表賞	8月 日本工学教育協会研究講演会ポスター賞
5月 レーザー学会業績賞(進歩賞)	11月 日本結晶成長学会技術賞
7月 日本結晶成長学会論文賞	
1997年 4月 新技術開発財団市村賞貢献賞	2012年 4月 新技術開発財団市村賞功績賞
1999年 5月 KSVFベンチャーアイデア大賞・優秀賞	5月 レーザー学会業績賞(進歩賞)
2000年 5月 レーザー学会進歩賞	6月 ゴッドフリー・ワグナル賞(奨励賞)
	11月 日本結晶成長学会論文賞
2001年 3月 KSVFベンチャービジネス大賞・優秀賞	2013年 4月 第25回「中小企業優秀新技術・新製品賞」 優秀賞・産学官連携特別賞
2003年12月 丸文研究交流財団・丸文学術賞	8月 第11回産学官連携功労者表彰 日本学術会議会長賞
2005年 5月 レーザー学会業績賞(論文賞)	
12月 第21回櫻井健二郎氏記念賞	
2006年 4月 第16回日経BP技術賞大賞	2014年 4月 レーザー学会産業賞 優秀賞
6月 第4回産学官連携功労者表彰 科学技術政策担当大臣賞	11月 日本結晶成長学会技術賞・貢献賞
7月 第20回独創性を拓く先端技術大賞 特別賞	11月 山崎貞一賞
10月 第1回モノづくり連携大賞特別賞	2015年 8月 大学発ベンチャー表彰・文部科学大臣賞
2007年 4月 文部科学大臣表彰・科学技術賞 (研究部門)	2016年 5月 応用物理学会フェロー
10月 第5回日本バイオベンチャー大賞 大阪科学機器協会賞	6月 半導体オブザイヤー2016半導体用 電子材料部門グランプリ
12月 DND Entrepreneur of the year 2007	2018年10月 松尾財団宅間宏記念学術賞
2008年 4月 文部科学大臣表彰・科学技術賞 (研究部門)	2020年 5月 米国泌尿器科学会(AUA)2020 Best Poster Award
	9月 第42回応用物理学会優秀論文賞



CLBO結晶の発見と育成
GaN結晶の技術確立で
半導体は新たな時代へ！

森先生は、半導体やIoT産業の根幹となる新たな結晶を発見されました。それは、世界経済や外交問題にまで影響してくるものとうかがっています。それはどのような結晶なのでしょう。

森 結晶についての研究成果には大きく2つあります。

1つが世界初の「CLBO結晶」の発見、および高品質なCLBO結晶の育成技術の確立です。この結晶により、従来は不可能とされていた深紫外レーザー光の高出力化を行うことが出来るようになり、その結果、従来より微細な半導体の加工を可能にしたEUV（極端紫外線=Extreme Ultra-Violet）露光の周辺技術で必要となる検査装置や加工装置を実現することが可能になりました。

このCLBO結晶がないと、EUV露光で始まる次のフェーズの半導

体の製造が出来ないというような非常に重要な技術です。

もう1つが「GaN（窒化ガリウム）」結晶の量産技術の確立と実用化です。GaNは、2014年に青色LEDを発明した功績によってノーベル物理学賞を受賞された赤崎勇先生、天野浩先生、中村修二先生が研究されてきたものです。私の役割を簡単に言うと、従来と異なる新手法で“GaNのより良い結晶”を作る技術を確立したということです。

このGaNが、現在半導体の電気制御のパーツの主流であるシリコンに替わって使用されるようになると、パワーデバイスの高度化が可能になります。その好影響は様々にあり、ひとつの例で言うと、シリコンと違ってほとんど発熱しないため、エネルギーのロスをなくした非常にエネルギー効率の良い電力変換が可能になります。太陽光発電や電気自動車など様々な範囲におよび、これからの重要な課題となっているカーボン・ニュートラル社会を実現するためにも不可

欠な技術になってくる存在です。
現在、天野浩先生と一緒に、GaNを実用化するための国家プロジェクトも進行しています。

「結晶」を制するものが
産業や経済を制する！

まずは「CLBO結晶」と「GaN結晶」について、ご教示いただけますか。稚拙な質問で恐縮ですが、そもそも「結晶」とは何で、研究や産業にどういう意義を持つのでしょうか。

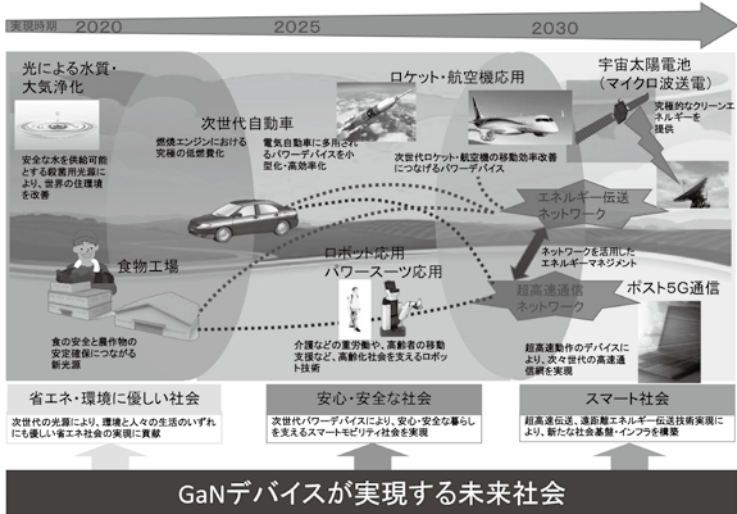
森 結晶とは「原子や分子がきれいに並んでいるもの」ということに尽きます。また、それらの並びが少し崩れるだけでも特性が変わってきます。

なぜ重要かと言うと「材料を制する者が技術を制す。技術を制するものが経済を制す」という言葉があるのですが「材料」の部分はそのまま「結晶」に置き換えて考えることが出来るのです。経済を制すとまで言うとは飛躍し過ぎかもしれませんが「結晶を制した者が産業を制する」と言えるでしょう。

それが端的に現れているのが、シリコンを使う半導体産業です。半導体はシリコン結晶がしっかり実現されているからこそ成り立っています。シリコン結晶があるおかげでAIが出来ます。逆に言えば、シリコン結晶なくしてAIが成り立つことはありません。

他にも結晶が重要である例を挙げると、最近盛んに言われる5Gもガリウムナイトライドやガリウムヒ素と

GaNが拓く未来像



産学官との連携

呼ばれる結晶なしには成り立ちえません。LEDもGaN結晶の育成技術が確立されているので製品が流通しています。自動運転技術をはじめ様々な場で発達するセンサーもシリコン結晶があるからこそ実現出来ているのです。

つまり結晶と結晶化を行う技術は、産業の最も川上に位置するものになるわけで、この川上の市場が仮に小さくても川下では大変な広がりとなり、川上をおさえている企業は安定して高い利益率となるわけです。

CLBO結晶の発見で、産業革命が起きてしまった

「結晶を制するものは産業を制する」とは深い言葉です。結晶の発見は、新たな産業につながるのですね。その中でもCLBO結晶の発見は、大変なインパクトを起こしたわけですね。

森 そういうことになります。結晶の市場は、例えばシリコン結晶では日本が世界シェアの50%以上を占めている強い分野です。

CLBO結晶は、EUV露光という以前は不可能だと思われていた技術を支える鍵であり、起こるはずがないと見られていた産業革命の実現をCLBO結晶が加速したと言えるわけです。

森 先生がCLBO結晶を発見されたのは、いつ頃なのでしょう。

森 1993年9月のことです。当時

は大学院の博士課程を修了後、佐々木孝友先生（大阪大学名誉教授）の研究室で助手をしていました。発見当初はすごいものだという認識はなく、1年ほど研究してようやくその画期的な特性に気づきました。伴って、私の周囲の世界も突然変わり出しました。

先生が20代でこの分野に着目したきっかけを教えてくださいませんか。

森 この発見は、非常に偶然や運命のいたずらの連続のような結果でした。

CLBO結晶の発見時に所属していた佐々木研究室に入る前まで、私は学部生から博士課程まで別の半導体の研究室にいました。

さらに遡ると、そもそも大学に入る時には、電気工学科にも半導体にも全く興味が無く、父親の“強制”で決められた形でした。理学部で素粒子論を学びたいという希望を父親に伝えても「アホか」と大阪弁で一蹴されるといった具合でした…(苦笑)。しかし研究室に入っただけでしばらくたってからは、研究の面白味を感じるようになり、一生懸命取り組むようになっていました。

最初にいた研究室では、ダイヤモンドを半導体にして「夢の半導体を作る」というテーマが与えられていました。そしてその恩師から助手就任を打診されたので、私は同じ研究室で助手になるものと思いい込んでいたのですが、実際には佐々木研究室の助手だったのです。

その流れで、研究テーマも半導体から佐々木研究室のレーザーに突然変わってしまい、私はもう分からない事だらけで、学生の方が研究内容についての知識を持っていました。

その頃は、ブルーレイなど新技術への必要性から、様々な企業が青色の光を出す波長変換の研究を競っていたのですが、1993年に日亜化学が青色LEDを発表して、ひとまず結論が出た形でした。佐々木先生はそうなる流れは予想されていたようで、これからは「紫外線」が重要になると主張していました。そんな時に、たまたまこの研究室の助手になったわけです。

常識を疑ってみたことがCLBO結晶の新発見に！

青色発光LEDも従来は不可能とさえ思われていた技術でした。紫外線についての難易度はどう考えられていたのでしょうか。

森 青色より紫外線の方が、難易度は高いです。

紫外線、つまり紫外光を得るのに、エキシマガスという有毒なガスを放電させて光を出す方法がありましたが、非常に光の品質は悪いものでした。この方法は、無理やりに光の品質を向上させてレーザー光にしようとしたものです。本物のレーザーではないわけです。しかしこれしか方法がないので、産業界でも使用され、今でも主に半導体のリソグラフィの工程で使われています。

ではどうすればいいかというと、直接紫外レーザー光を発生するのではなく、非線形光学結晶を用いた波長変換によって可視光から紫外光を発生させれば良いということになります。それを実現できる非線形光学結晶があれば良いのですが、そんな都合の良い結晶は世界のどこにもないという状況でした。

その結晶を探そう、作ろうと思っても、雲をつかむような話ですね。

森 そう言えるかもしれません。研究室でどういう研究手法をとっていたかというと、電気系の研究室だからだと思うのですが、新しい材料を作ることはせず、無機化学者が報告してきた材料を結晶化して調べるアプローチをとっていました。新材料を研究するのは、もっぱら無機化学者の仕事だと見ていたわけです。

当時の私は、その手法に夢を感じられず「どうせやるならゼロからやった方がいいのではないか」と思い、材料探索から自分で行うことにしました。その時に、紫外レーザー光を出すために有望な材料と見られていたものがホウ酸系の材料であるボレートでした。ただし、波長変換を行って紫外線を出すには、複屈折という特性が少し物足りないという問題点がありました。複屈折については詳しく述べると難しくなってしまうので省略しますが、この複屈折の特性を上手に制御して大きくすることが出来れば、より短波長の紫外レーザー光を出せるはずだと考えることが出来たのです。

産学官との連携

実は、当時のレーザーの分野の常識では、複屈折は材料固有のものなので、基本的には変えられないというものでした。しかし、私が前に研究をしてきた半導体の分野では、物性は混晶という発想で変えられると、教えを受けていました。これは半導体分野では、ごく常識的なことです。ですから複屈折は変えられるのではないかと考え、トライしてみたわけです。

先入観や常識を疑ってみたということですね。

森 そうなのです。私はボレート結晶の中でもリチウムボレート(LiB₃O₅)、セシウムボレート(CsB₃O₅)と材料に着目し、2つを上手に混ぜ合わせれば、複屈折を制御することが出来るのではないかと考えました。

この“混ぜる”発想もまた、半導体の混晶という概念あったゆえに持つことが出来たもので、レーザーの分野では非常識な事という捉えられ方でした。しかし、半導体の分野では混晶の制御で発振波長を変えるなどということを普通にやっていたのです。

そこで、佐々木研究室にいた学生に、ごく軽い感じで「色々な材料を混ぜてみたいひん…」とお願いしました。(その学生さんは学部の4年生で就職も決まっていた、何でも気楽にやりますよという雰囲気です)

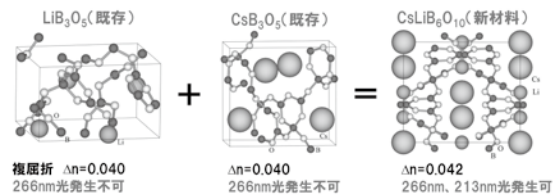
そして物質が出来ると、学生が「これは新材料かもしれませんよ!」と言うわけです。私自身、そんなに簡単に新材料が見つかるはずがないと思っていましたので、間違いじゃないかと何度も確認しました。ですが、X線構造解析してもデータベースにない特性が出ます。なので、あまりにありふれて面白味のない材料だから、データベースにすら載せてないだけではないのかと思ったりもしました。

でもせっかく見つけた材料なので、結晶を作って、さらにもっと特性を調べてみようと思い組むと、これが驚くべきものだったわけです。それは新材料で、かつ、求めている「複屈折が少し大きい」という理想的な材料で、とんでもない新結晶であることが分かったのです。

こうして、今まで世界中の研究者が出そうと求めていた、紫外線がバンバン出てくるCLBO結晶を

深紫外レーザー光発生にはCsLiB₆O₁₀が最適

1993年9月 大阪大学 新しい波長変換結晶を発見



新材料CsLiB₆O₁₀を1993年9月に発見
(日本、米国、欧州で物質特許成立)
・紫外光発生の波長変換特性が一番優れている
・様々な困難を乗り越えて実用化に成功
・長所と短所が共存
・短所を克服したものが極めて有利になる



産学官との連携

発見したのです。詳しい化学式は $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ （セシウムリチウムホウ酸）ということになります。

世紀の発見、と言っても過言ではない瞬間だったわけですね。その後、学会や産業界でも大反響となったのでしょうか。

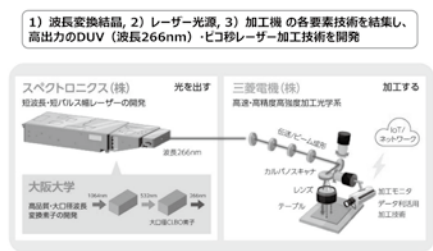
森 それがすぐにはそうなりません
で、発表しても「実際には使い物
にならないだろう」という弱点を指
摘されました。

弱点の1つはセシウムがあるので水に弱い、ということで、周りの方々からは色々と所謂“ダメ出し”をされました。今でこそ笑い話で言えますが、佐々木先生にも「こんな研究やめてまえ」と言われたほどでしたので（笑）。

しかし、せっかく自分が見つけた結晶なので研究を地道に続けました。そうすると、やはり人間頑張れば報われるもので、指摘された弱点を問題解決することが出来まして、数年で試作品を作るところまで漕ぎつけました。つまり実用化に道筋をつけられたのです。

そうしますと、私の内面的な部分も大きく変わりました。それまではどこかで、例えば素粒子論のような理論物理の研究に憧れを抱い

ピコ秒266nmレーザ搭載加工機の開発



- ・レーザ発振器で発生させたレーザ光を鏡で伝送
- ・ガルバノスキャナ(回転ミラー)でレーザ光の向きを高速に調整
- ・集光レンズ(fθレンズ)でレーザ光を集光し、回路基板に当てる

ていたのですが、自分の研究が
社会の役に立つのだということになり、
実用化出来たことで、やりがいや面白さが芽生えたのです。

30代で中心的存在として 国家プロジェクトに参画

先生の周囲も、また先生の内面も
 言わば劇的に変化した研究だっ
 たわけですね。

森 そういことです。そしてまた次のステップで劇的なことがありました。

NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）のプロジェクトに参加することになり、しかもそれが大学の研究室として史上初めて、大企業と同じ直接委託先としての参加だったのです。

当時のNEDOプロジェクトはもっぱら大企業が行うもので、大学の研究室はサポート的な感じが普通でした。しかし、私にプロジェクト参加の声をかけてくれた三菱電機の方が、プロジェクトの根幹そのものが私の研究成果であると強く推挙してくれまして、NEDOプロジェクトの直接委託先に私の研究室が選ばれました。これが大学

開発したピコ秒266nmレーザ搭載加工機



20W加工機設置状況

ダイヤモンド基板溝加工
20 μ mピッチ

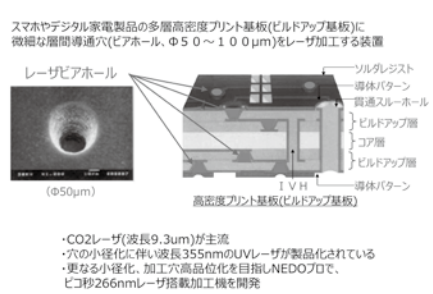
の研究室として初の例でした。つまり国家プロジェクトの直接委託先になったわけです。

するとどうなるかと言うと、プロジェクトの様々な委員会に直接出席しますので、例えば運営委員会では、関わっている企業の取締役の方などが居並ぶ中、30歳そこそこの私が参加するわけです。私はそれまで会社に勤めた経験がないので、このような体験が社会人教育を受けた、その唯一の場ともなりました。そして「国家プロジェクトというものはこのようにして運営されているのだ」ということを目の当たりにし、肌で感じたわけです。この大変な経験は今の自分に大いに生きております。また、これ以後も様々なNEDOプロジェクトや環境省のプロジェクト、実用化プロジェクトなど数々携わることが現在まで出来ていて、意気に感じております。

CLBO結晶および紫外線レーザーは、NEDOプロジェクトでの研究の結果、どのような成果が得られたのでしょうか。

森 参画したプロジェクトはNEDOの「フoton計測・加工技術の研究開発」という名称のものです。成果として、高品質な

電子基板穴あけレーザ加工機用途



CO2レーザ(波長9.3μm)が主流
穴の小径化に伴い波長355nmのUVレーザが製品化されている
更なる小径化、加工穴高品位化を目指しNEDOプロで、
ピコ秒266nmレーザ搭載加工機を開発

産学官との連携

そうしていざやってみますと…見事に結晶品質が上がったのです。今でこそ「溶液攪拌法」というこの時に発見出来た結晶育成方法として名称もついていますが、当時は正直、一か八かの賭けでした。これ以外思いつかなかったのも、やってみるしかなかったのが花開いたわけです。

しかも溶液攪拌法によって、その後別の様々な分野で有益な研究の成果を挙げることになりました。この方法はCLBO結晶と違うところでも色々活用が出来るのではないかと考え、世の中で最も結晶成長が難しいと言われているタンパク質にも使ってみたのです。結果、大変有用な成果が得られて、その方面でも色々な実績につながることが出ています。

発想と試行錯誤が新発見を生み、それがまた新発見につながるという素晴らしい連鎖ですね。CLBO結晶、それに伴う全固体紫外レーザーは現在進行中で、その活用が広がっているということです。

森 そういうことになります。CLBO結晶がNEDOプロジェクトの後どうなったかという、企業に技術をライセンスしたのですが、その企業が紫外レーザー装置のビジネスを実施するようになりました。そうなりますと、レーザー装置メーカーの方から、競合となる会社からCLBO結晶を購入できないので、森先生がCLBO結晶を作製するベンチャー企業を立ち上げて欲しいと言われるようになりました。私にとつ

ては思ってもいなかったことです。企業の皆さんから言いますと、私がベンチャー企業をやることでCLBO結晶を使うことが出来るというわけですね。結果、そのベンチャー「創晶超光」を2016年に設立しております。

EUV露光技術による 半導体微細化の競争

CLBO結晶と、EUV露光を伴う高度な半導体プロセスがないと社会実装は出来ないなので、次世代の半導体やIoT機器の開発に遅れをとるという理解でよろしいわけでしょうか。

森 おっしゃるとおりです。EUV
露光の技術を手中に収めようと
世界の大企業の間で投資が始ま
り、現在進行中です。実はこの投
資に遅れたのがインテル、逆に先
駆けて行ったのは台湾のTSMC
や韓国のサムソンです。

EUV露光というのは波長13.5nmという非常に短い紫外線を発生する手法ですが、この手法によるリソグラフィをTSMCが導入し、それによって世界で一番細かい半導体の回路を作れるようになっていくのです。

半導体技術に関して、さらにもう少し踏み込みますと、高度な半導体技術、高度なIoT技術が組み合わさって可能になるのはドローン兵器にまでなります。その投資を先駆けた台湾の企業があり、アメリカがそれを自分のものにしたいという事情が交錯していきますと、貿

産学官との連携

易問題や外交問題のカギとなると
いうことです。

世界一の品質と大きさの
GaN結晶の実用化に成功

そしてもう1つのGaN（窒化ガリ
ウム）についても、ご教示いた
だけますか。

森 GaNは、将来の産業を担う
材料になるという認識はありまし
たが、同時に難点も知っていました。
それは、品質の良いGaN結晶の
成長は極めて難しいということです。
そもそも、良い結晶が育成出来な
いので、青色LEDが出来ませんで
した。結晶の品質が悪いから全く
光らないのです。LEDが実現する
品質、すなわち電気を流して光る
GaN結晶を世界で初めてサファイ
ア基板の上で創ったのが天野先
生でした。

しかしながら、パワーデバイスと
いうより高度なデバイスを実現でき
るレベルの結晶が出来ないという点
で皆さん困っていたのです。

そうした最中の1996年に天野先

生に誘われて、東北大学の山根
久典教授の講演を拝聴する機会
がありました。その講演内容は「ナ
トリウムフラックス法」と言い、ナト
リウムをガリウムに入れると非常に高
品質の小さな結晶が出来るというこ
とを山根教授がアメリカで報告され
た話を私はたまたま耳にしました。

この時、学部生から博士課程ま
で所属した研究室で携わった「ダ
イヤモンドから夢の半導体を作る」
という研究テーマを思い出しました。
通常ダイヤモンドが出来るためには、
地中で5万気圧程の高圧力が必
要になるのですが、そこに水素が
あると、実はわずか1気圧で作るこ
とが出来るようになります。

それを思い出して頭を整理する
と“ダイヤモンドは水素があると低圧
で出来る”そして、山根先生が発
見された方法では“ナトリウムがあ
るとGaN結晶が低圧で出来る”わけ
ですが、この両者は私の中では
学問的に一致したわけです。

そこで私は、そのナトリウムの原
理が分かったら、ダイヤモンドが液
相で出来て、ゴロゴロとした10セン
チ角のダイヤモンドさえ出来うと

いったことを思いながら、GaNの
結晶化研究を始めたのです。

その結果、ダイヤモンドではあり
ませんが、世界一の品質と大きさを
兼ね備えた、GaNの単結晶が
出来るようになりました。

これが社会、産業界にどう寄与
していくかと言いますと、GaN結晶
の技術の実用化を実現できるか、
モノに出来るかということが、去年
の秋に菅総理が発表した、カーボ
ンニュートラル社会を実現できるか
どうかを決めることにつながります。

GaN結晶技術の実用化が
カーボンニュートラル社会
実現の重要な技術となる

GaN結晶が省エネや脱炭素社会
のカギを握るということですね。
では、なぜそうなるのかご教示い
ただけますか。

森 私どもが実用化したGaN種結
晶があります。これを使って高効
率パワーデバイスを作ると、ほとん
ど熱損失の出ないものが出来ます。

パワーデバイスとは、電流の直
流・交流を変えるなどを行う電力
用半導体素子で、ジュール熱等
の熱損失を抑制した電気エネル
ギー制御することが大切になります。

現在、パワーデバイス用の結晶
は、一般的にシリコンが用いられ
ています。ですが、シリコンを使っ
ていると5%ほどの熱が発生します。
なぜかという電気抵抗が高いから
なのです。その一方、GaNでは
ほとんど熱が出ません。すなわち
電気抵抗が非常に少ないパワー

産学官との連携

デバイスを作ることが出来るのです。

自然エネルギーでの発電、その
電気をロスなく活用し、電気自動
車などあらゆるものを動かす、と
いうために重要になりそうですね。

森 カーボンニュートラル社会とい
うのは、つまりオール電化社会です。
その達成には必要な電気の量が2
倍になるとまで言われていて、その
ためには熱損失を劇的に無くさな
いといけません。そこで低抵抗
GaNを活用したパワーデバイスの
技術はとても重要になってきます。

例えば、太陽電池でパソコンを
動かそうとすると、中でインバータ
ーやコンバーターが4回くらい作動し
ます。そうなるとシリコンは2割程の
熱損失が生まれます。それをGaN
に変えると、ゼロとまでは言いま
せんがロスが劇的に減り、結果的に
原子力発電所何基分もの電力を
節約できるようになります。

また、GaN結晶の社会実装の
ためのベンチャー（株）teamGaN
（チームガン）を2020年10月1日 に
設立しました。



僕は「明るい引きこもり」で、
研究が社会の役に立つことは
何より嬉しいです！

環境省プロモーションビデオ

GaNが拓く未来

CO₂削減を実現するキーデバイス

<https://www.youtube.com/watch?v=zhPGSU8iyb0>



CLBO結晶、GaN結晶は現在進
行のIoT・脱炭素社会にダイレク
トに欠かせないものですね。

森 おっしゃるとおりです。去年秋
の菅総理のカーボンニュートラルの
実現という宣言を受けて、経済産
業省が「2050年カーボンニュート
ラルに伴うグリーン成長戦略」とい
うものをまとめています。CLBO結晶、
GaN結晶がまさにダイレクトに関わり
ます。

まず、半導体・情報通信産業
においては「グリーンbyデジタル」
と「グリーンofデジタル」と呼ばれ
る事柄が大切になります。

「グリーンbyデジタル」とは、DX
（デジタルトランスフォーメーション）
による今後の一連の戦略になりま
す。目下、データセンターはどんど
ん巨大になっていて、その膨大な
データによってAIがますます発展し
ていきます。そのAIによって電力
利用の効率化を行うと共に、
データセンター自体のエネルギー消
費の節約も求められます。さらに5
Gなど次世代情報通信インフラの
整備が必要になる等も課題です。

こうしたことを成し遂げるためにはよ
り高度な、すなわち微細な半導体
が必要であり、そのためには
CLBO結晶が関わるEUV露光が
重要というわけです。

次に「グリーンofデジタル」の
方は、デジタル機器・産業の省エ
ネやグリーン化です。言い換えると
あらゆる機器に使用されている半
導体の省エネ化が急務とされていま
す。つまり先ほどGaN結晶の特
性で触れましたが、半導体の発熱
を減らし、エネルギーのロスをなく
さないといけない、そうして半導体・
情報通信産業のカーボンニュート
ラルを成し遂げるという戦略になっ
ています。

「グリーンbyデジタル」で触れた
半導体の微細化について付け加
えますと、インテル共同創業者の
ゴードン・ムーアは、1965年に
CPU性能が1年半から2年で倍増
するという「ムーアの法則」を提
唱しました。その進化は半導体の
微細化に次ぐ微細化でもたらされ
てきていたのですが、もう2015年
頃で微細化技術は物理的な限界
にきたのではないかと、いったんは
見られていたのです。それが、
EUV露光技術が出来てしまったこ
とで、もっともっと微細化が出来る
という段階に踏み込んだというのが
今なのです。

次号「科学の峰々」では、引き続き
大阪大学大学院工学研究科
電気電子情報通信工学専攻 教授
森 勇介先生にお話を伺います。