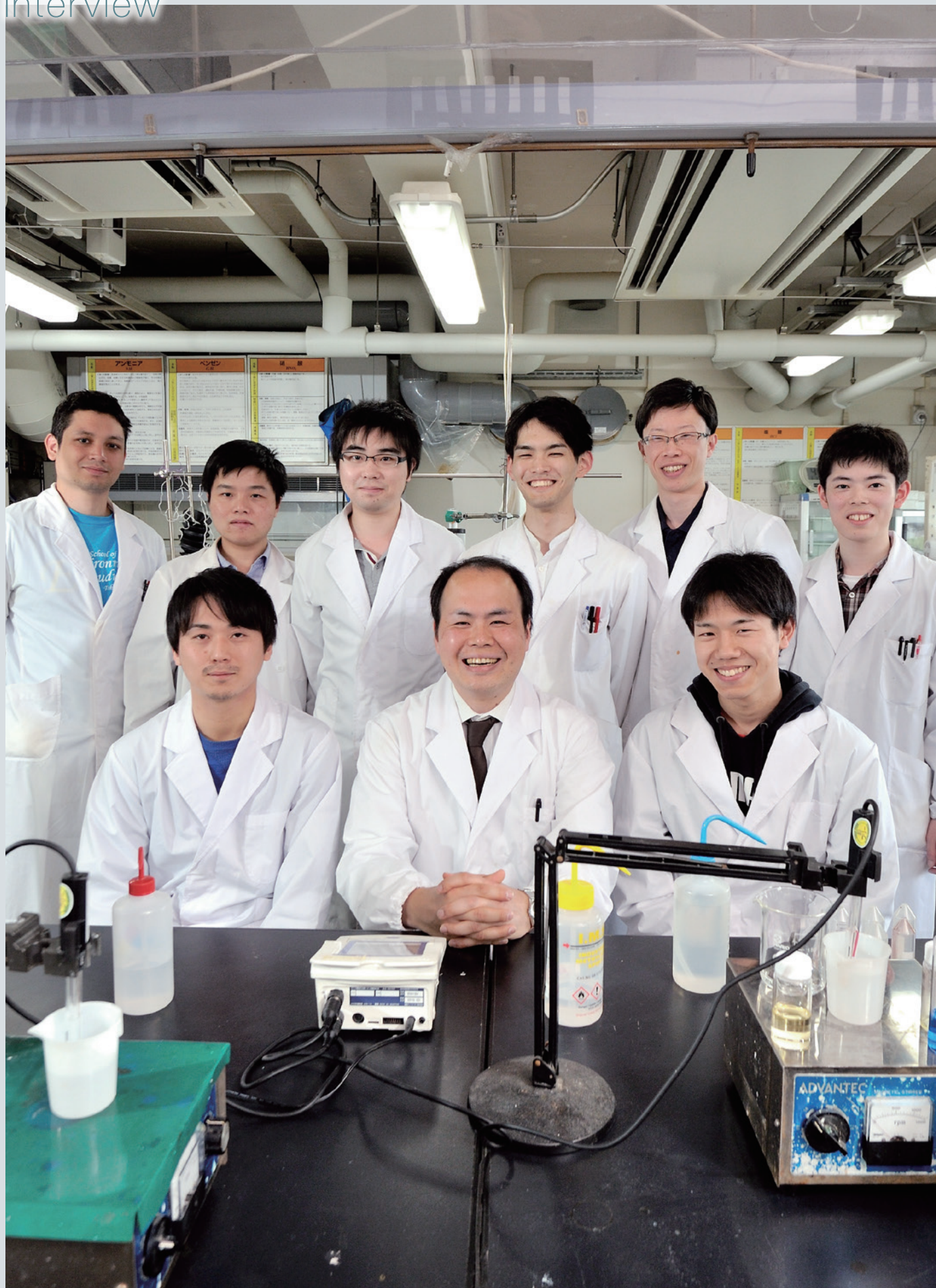




低環境負荷合成法による ナノ材料開発に挑む

地球環境問題が深刻化している中、エレクトロニクス分野でも、
低環境負荷・省エネルギーな方法によるデバイス形成が求められるようになってきている。
そうした社会ニーズに対応し、横山 俊さんは新しい合成法や反応駆動力制御を使い、
低環境負荷・低コストでナノ材料をつくる方法の開発に挑戦している。
すでに銅のナノワイヤ形成では一定の成果を上げつつある。

東北大学
大学院 環境科学研究科 助教

横山 俊

よこやま・しゅん 1983年、宮城県生まれ。
2013年、東北大学大学院環境科学研究科修了。
同年より現職。休日は夫人とサイクリングを
するのが楽しみ。朝は8時前に出勤。「朝の
ほうが集中でき、考えものはかどる」と言う。

「第34回松籟科学技術振興財団研究助成 受賞」

化インジウムすず）を含む酸化物ナ
ノ粒子の合成に成功され、2015年
には米国の学会誌で最も読まれた論
文に選出されたそうですね。

「ACS NANO」の「Most Read
Article」のことですね。「ACS NANO」
はアメリカ化学会の学会誌です。こ
んな名誉なことはこれから先、もう
二度とないと思いますが、実はこれ、
オレゴン大学に留学していたときの
ことで、ナノ材料研究ではよく知ら
れたオレゴン大の先生と日本企業の
研究者との3人で執筆した論文なん
です。

エステル化反応を使い、低環境負
荷で酸化物のナノ材料をつくること
に成功したことが、大きな反響を呼
びました。この先生はグリーンケミ
ストリーを専門にされていて、環境
によくない材料は使わないという方
針を取っています。私もそれに触発
されて、毒性や危険性のあるものは
使わずにナノ粒子をつくる研究をす
るようになったんです。

還元剤はビタミンC

——いろいろ研究されているようですが、
松籟財団の助成を受けた研究につい
てお話しいただけますか。

これまで銅のナノ粒子をつくっ
ていましたが、今はそれを応用して

銅のナノワイヤをつくる研究をして
います。ナノワイヤは透明電極の材
料として使われることが期待されて
いて、ワイヤの長さはマイクロサイ
ズ、直径はナノサイズです。ワイヤ
の長さが長いほど、そして直径が小
さいほど性能がよくなります。

ナノワイヤのこれまでの合成法は、
有機溶媒やエネルギーをたくさん使
ったり、環境によくない影響を与え
る物質や危険性のある物質を使っ
たりする方法が主流でした。たとえ
ば還元剤にはヒドラジンをを使うのが
一般的です。ヒドラジンはロケット燃
料にも使われていて、強い毒性があ
り、扱い方を間違えると爆発する危
険性もあります。

——ということは、先生はヒドラジ
ンを使っていないのですね。

私が還元剤として使っているのは、
アスコルビン酸、つまりビタミンC
です。ビタミンCでも銅のイオンと
か錯体を還元することができます。
銅のナノ粒子をつくる研究をして
いたときも、還元しやすい前駆体や中
間体を經由させるなどの反応駆動力
制御により、ビタミンCを還元剤に
使う合成法の開発に成功しています。

——なぜビタミンCに着目したのですか。
身近にあり、手で触っても何の問

最も読まれた論文に選出

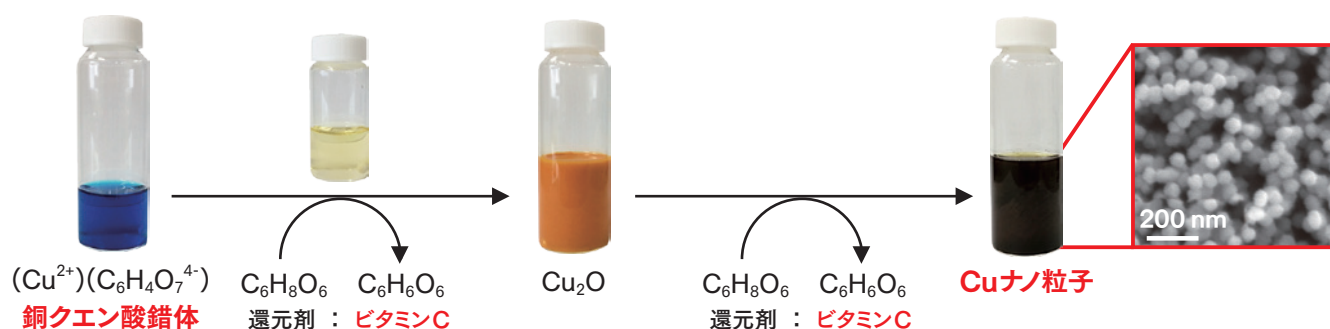
——環境にやさしい方法でナノ材料を
つくることを研究されているそうで
すが、現状の方法はそれほど問題が
あるのですか。

ここ数年、次世代技術として、イ
ンクや印刷技術を用いてデバイスを
形成するプリンテッドエレクトロニ
クスが注目されています。この技術
は省資源・省エネルギーというのが
ひとつの特徴で、生産効率を飛躍的
に向上させることが可能です。

ただ、この技術に不可欠なナノ粒
子を合成する方法は、高温処理が必
要だったり、希少で毒性のある薬品
などを必要としたりするうえ、高コ
ストでもあることが実用化の障害に
なっています。そうした問題を解決
するのが、私の研究の大きなテー
マです。

——熱分解とは異なる反応で、ITO（酸

クエン酸とビタミンCによる低環境負荷なCuナノ粒子の合成



題もないものは何だろうかと考えていたときに、ビタミンCは銅イオンを還元できるかもしれないという報告や論文が複数見つかったことで、試してみることにしたんです。

——そもそもなぜ銅なのですか。

プリンテッドエレクトロニクスで透明導電膜に用いられるITOは、レアメタルのインジウムを含んでいるため高価で資源量も少ないから、供給に不安定性があります。しかもインジウムには毒性があり、ITOの取り扱いによる健康被害防止に関する技術指針も厚生労働省から出されています。

その点、銅はインジウムなどに比べれば資源量も豊富で、透明導電膜として使ったときの光透過性などはITOと同等以上の性能を持っているからです。耐酸化性、低温焼結性、高アスペクト比（直径に対する長さの比）を有する銅のナノワイヤを低コストで合成することができれば、透明導電膜を必要とする種々のデバイスの低コスト化、高性能化が可能になるはずです。

ITOを超える性能

——銅のナノワイヤをつくる研究の課題は何でしょうか。

低コストで耐酸化性を有する銅ナ

ノワイヤを合成する方法と、ナノワイヤの表面および形状を制御する技術を開発することで、低温焼結性や高アスペクト比を有するナノワイヤができることは確認できています。ただ、ナノワイヤだけではなく、どうしてもナノパーティクルもできてしまったりします。ナノワイヤだけをつくる条件を確立することが当面の大きな課題です。

——光透過率はどれくらいなのですか。

ITOの場合、少なくとも90%以上ありますから、銅ナノワイヤはそれ以上の透過率にする必要があります。ITOより透過率も導電性もよくて価格も安くないと、ITOにとって代わることはできないでしょう。今のところ、性能的にはITOに代替できるレベルまでほぼ到達していると思います。ただ、銅は酸化しやすいという問題もあります。その対策も考えないといけないので、越えなければならぬハードルはまだたくさんあります。

——酸化の問題はクリアできそうなのですか。

（やや間をおいて）銅ナノ粒子をつくるときも酸化の問題はありました。対策としては表面に何らかの有機物を付着させることで酸化を防ぐという方法が考えられますが、そう

すると導電性能が低下してしまいます。

導電性を阻害せず、酸素を遠ざけるような方法はないか考えていますが、この問題はかなり難しいので、まずはナノワイヤを確実に作ることでできる低環境負荷合成法の確立を優先させたいと思います。まだナノワイヤだけができるというレベルではないので、もう少し条件を詰める必要があります。

実り多かった留学体験

——この研究の最終的なゴールは？

ナノワイヤがつくれるようになったら、その応用をしたいですね。透明電極をつくるところまでいければと考えています。

——そこまで行くのにあとどれくらいの時間がかかりそうですか。

（苦笑しながら）ウーン、3年くらいでしょうか。3年を目標にします。透明電極ができたなら、太陽電池などのエネルギーデバイスに応用していきたいですね。そこからさらに先になると、ナノインクを塗ったら太陽電池ができるとか、柔軟かく折り曲げることのできるディスプレイなども可能になるでしょう。

——先ほどオレゴン大学に留学された

とお話しされましたが、なぜ留学先にオレゴン大学を選んだのですか。

つまらない答えで申し訳ないですが、教授に薦められたからです。時期は、2011年の東日本大震災の後です。大学の建物もひびが入ったりして、こんなときに留学に行けるのか、行っているのかなとも思いました。

教授が「行けるのなら行った方がいい」とおっしゃったので、気持ちが固まりました。あの震災が起きたときは仙台空港にいました。屋上に避難したのですが、死ぬかかもしれないと思いました。その後、研究室の片付けなどが一段落してからは、教授と一緒に気仙沼の避難所にボランティア行って太陽電池を設置しました。

——留学で得たものは？

アメリカの化学界の有名な科学者の方たちとディスカッションして、ああいう世界があるということを感じできたのは大きかったと思います。0から1をつくるような最先端の研究に関わることができて、いい経験になりました。

それと度胸がつきましたね。実は行くまで英語は全然できなかったん

です。オレゴン大学の教授は僕の英語力を察して、ゆっくり、文法通りに話してくださったので理解できましたが、学生たちは早口だしスラングも多いので、何を言っているのか最初の頃は全然分かりませんでした。

英語で考え英語で書く

——最近は留学に行きたがらない若い人が多いと言われます。実際、日本人留学生の数は相当減っているようです。先生は留学に行きたいと考えていたのですか。

そうですね。ナノ材料の研究ではアメリカが最先端というイメージがありましたから、そういうところに飛び込んで自分がどれくらいのことをできるか試してみたいという気持ちはありました。最先端の研究に触れたいという漠然とした思いもありましたね。

実際、留学に行ってみてよかったと思っています。研究に対する姿勢とか取り組み方の、日米の違いなども実感できましたし、いろいろな文化に触れることができ、自分でも成長できたという実感はあります。

——研究で行き詰まったときはどう対

処されますか。

ひたすら研究を続けます。気分転換に他のことをするという人もいますが、僕は違います。実験のパラメーターを変えてみたり、見逃していたことはないかと考えたりして、忍耐強く続けます。こういう研究には、忍耐強さが必要です。助教という立場なので、今でも自分で手を動かして実験をしています。パッとひらめいたとき、すぐ実験できるのは大学のいいところです。

——どんなときにひらめくのですか。

やはり、考えて考えて、考え抜いているときですね。諦めるのは簡単なこと。考え抜くことが大事なのではないでしょうか。

——留学される前は英語が苦手だったとお話しされましたが、論文は英語で書かれるのですか。

そうですね、今は最初から英語で書きます。学生のときはまず日本語で書いて、それを英語に翻訳していました。今は日本語で書き直すことはしていません。論文を書くときは英語で考え、英語で書きます。もちろん、普段実験しているときは、日本語ですよ（笑）。

