



ナノセルロースの実用化で 日本を資源大国に

Akira Isogai

磯貝 明

東京大学大学院農学生命科学研究科教授

今年、森林のノーベル賞ともいわれるマルクス・ヴァーレンベリ賞を受賞した磯貝明氏。受賞理由となったナノファイブリル化セルロースの製造方法開発は、セルロースナノファイバーという新材料の実用化に向けた歩みを大きく前進させた。研究をスタートさせたのは1995年。この間、ほぼ一貫して「低空飛行だった」と言う。だが、自らの直観を信じ、諦めずに粘り強く研究を続けたことが、受賞につながった。本格的な実用化までにはまだ越えなくてはならないハードルがいくつもある。だからこそ社会科学系まで含めた異分野融合の取り組みが重要であり、企業がそれぞれの得意分野で新たな用途を開発することが必要だと指摘する。

重さは鉄の5分の1、強度は5倍

昨年、産業技術総合研究所のコンソーシアムとして「ナノセルロースフォーラム」が設立されました。そのフォーラムの調査の一環で今年2月、スウェーデンを訪れた時のことです。翌日には帰国の途に就くというタイミングで突然、王立工科大学の教授にこの後ちょっと寄って欲しいと言われました。私はすでに予定が決まっていたので、丁重にお断りしました。ところがどうし

ても来て欲しいというので、予定をキャンセルして教授のオフィスに行きました。そこで財団の方と初めてお会いし、「今年のマルクス・ヴァーレンベリ賞はあなた方に授与される」と伝えられたのです。

マルクス・ヴァーレンベリ賞というのは、森林や木材に関する分野の基礎的な科学研究に贈られる賞で、「森林のノーベル賞」ともいわれています。もっとも、それまでは私には縁のない賞という認識でした。

アジアでは初めてという今回の受

賞は、私とフランス・グルノーブルの植物高分子研究所の西山義春博士、東大の齋藤継之准教授の共同研究に贈られたものです。

ナノセルロースは、植物の繊維を高度にナノ化した新しい素材です。

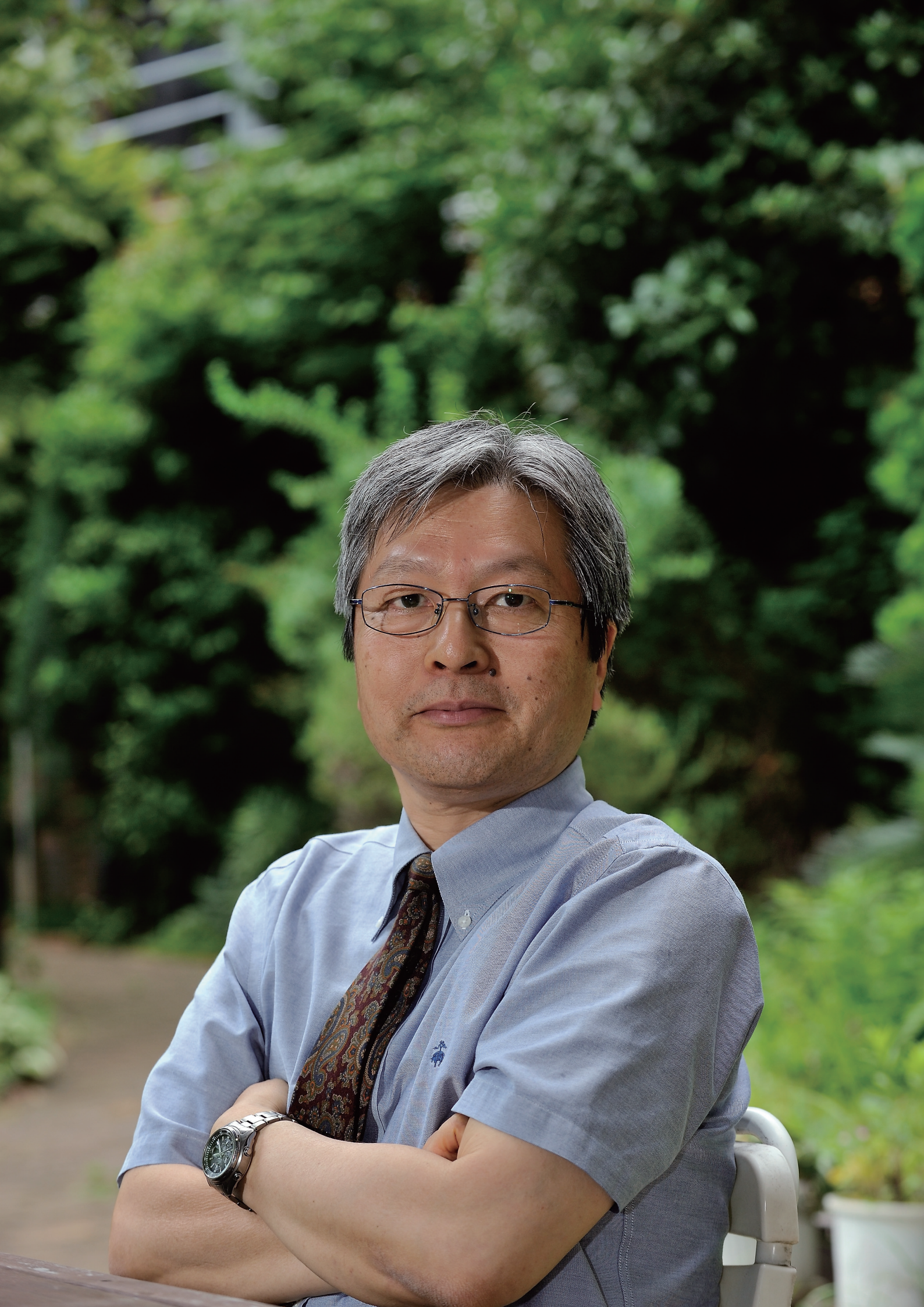
植物由来であるため環境への負荷が少なく、リサイクルも容易で、繊維として取り出すと鉄の5分の1と軽く5倍の強度を持つなど、多くの優れた特性を有しています。

ただ、植物の繊維を取り出してナノレベルに解繊するには従来、大きなエネルギーを必要としました。そのためナノセルロースは優れた特性を持ちながら、実用化には多くの課題がありました。

ナノセルロースの実用化に 道を開く

私たちはそこにTEMPO触媒酸化という方法を用いることにより、解繊に必要なエネルギー量を従来の100分の1程度に減らすことができました。これによりナノセルロースの実用化に向けた歩みが大きく前進したと評価されたのです。

私は学生時代、有機溶剤を使ってセルロースを溶かす実験をしていましたが、これでいいのかという直観的な思いがありました。そして米国の大学院大学である、The Institute



of Paper Chemistry化学科の博士研究員になったときから、有機溶剤を使わず水系で、短時間かつ効率的にセルロースに新しい機能を付与できる製紙プロセスのメカニズム解析について考えるようになりました。その思いは東大に帰ってきてからも持ち続け、関連の基礎研究を進めてきました。

その間の論文検索によって、オランダのグループがTEMPO触媒酸化の方法をデンプンに適用した研究例を知りました。水系で、常温常圧でデンプンを改質できるという発表でした。この手法をセルロースにも適用できるのではないかと思い、修士課程の大学院生とともに、セルロースのTEMPO触媒酸化の研究を始めるようになったのです。1995年のことです。

「紙の研究に関係のない、この研究に意味があるのか」。周囲からはそんな声も聞こえてきました。それでも研究を続け、基礎的な知見を積み上げてはいましたが、注目されるような大きな成果は得られませんでした。

循環型社会への転換を日本がリード

今回共にマルクス・ヴァーレンベリ賞を受賞した齋藤さんが学部での4年生として研究室メンバーに参加し、彼がこのテーマを選択して研究の継続が可能になりました。その後、齋藤さんはやはりマルクス・ヴァーレンベリ賞を受賞した西山先生のいる植物高分子研究所に10ヵ月ほど留学しました。そして西山先生が持つナノ分散技術や齋藤さんが修得した電子顕微鏡の技術などを組み合わせ、ついにTEMPO触媒酸化法でセルロースを低エネルギーで解繊できる技術を確立したのです。2006年、その研究成果をまとめた論文がアメリカ化学会の雑誌に掲載され、世界的に広く知られるようになりました。

木材パルプや綿などの天然セルロース繊維にTEMPO触媒酸化を適用した後、ミキサーなどによる機械的な分散処理を加えると、幅約3ナノメートルで長さ数ミクロンの単位にまで分離分散することができます。日本製紙はこの技術を用いて2013

年から、セルロースナノファイバーの実証生産設備を運転しています。

セルロースナノファイバーについては昨年閣議決定された「日本再興戦略」でもマテリアル利用の促進に向けた取り組みを推進すると明記されています。経済産業省、農林水産省、環境省、文部科学省などが、省庁の壁を越えて推進するための連絡会議も発足しています。製紙産業が盛んな静岡県は、産官学でセルロースナノファイバーを軸にした産業育成を目指す組織を立ち上げています。

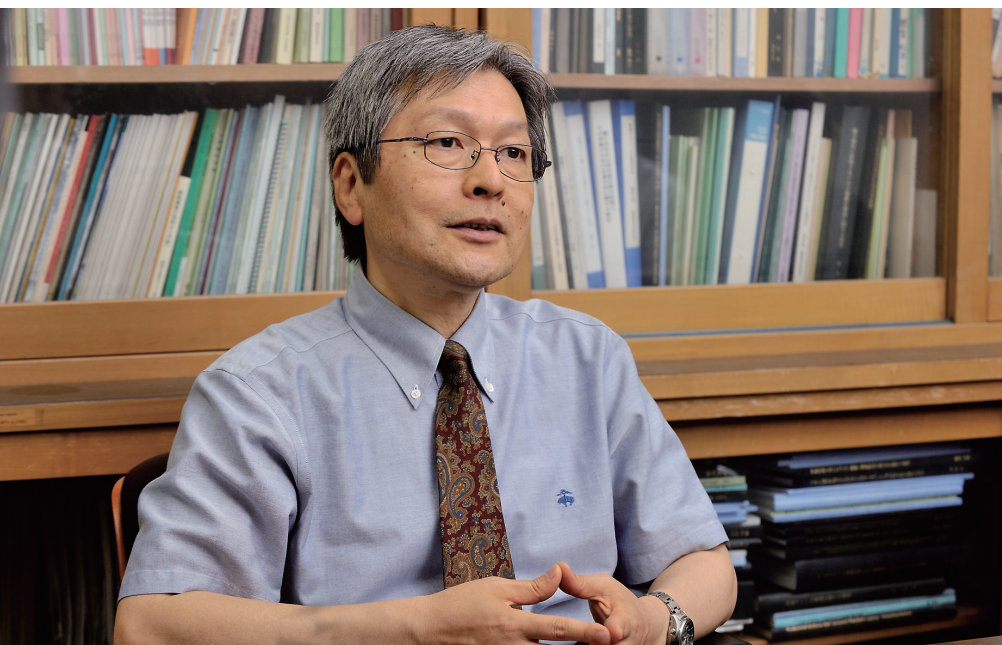
TEMPO触媒酸化の研究を始めてから約20年、最初の関連論文を発表してからも9年が経過しています。企業の方々の積極的なご支援もあって、よくここまで到達した、という思いがあります。日本は国土の6割が森林です。その森林が新しい材料の資源になれば資源立国になる可能性があります。化石燃料に依存する社会から持続可能な循環型社会への転換が求められているときに、新しい技術と社会システムで、日本が世界をリードしていくモデルを提示できるのではないかと期待も高まっています。

実用化に近づくほどハードルが出てくる

企業の協力もあってこの研究はようやく花を咲かせようとしています。実用化に向けて着実に前進してきたことは間違いありません。しかし、実用化に近づくほど、いろいろなハードルが出てくるものです。本格的な実用化までには、まだ多くの解決すべき課題があります。

新しい材料が現に使われている材料にとって代わるためには、価格が半分、性能が3倍くらいになることが必要です。これからは、ナノセルロースでなければならぬ独自の用途を開発することが非常に重要になってきます。

たとえば、海水の真水化に使う



いそがい・あきら 1954年、静岡県出身。東京大学農学部卒業。農学博士。博士論文のタイトルは「非水系溶剤を用いたセルロースの誘導体化」。東京大学農学部助手、東京大学大学院農学生命科学研究科助教授を経て、2003年から現職。日本ではマルクス・ヴァーレンベリ賞の認知度が低く、「東大でプレス向けの受賞発表をしたとき、マスコミは数社しか来なかった」と苦笑する。第15回松籟科学技術振興財団研究助成受賞、現評議員。



自分の直観を信じ、
諦めずに研究を継続することです。

いる中空糸の材料に、ナノセルロースを少量添加すれば、強度が上がります。そうすれば中空糸の素材を薄肉化しても高圧に耐えられ、それでいて脱塩水の生産効率をあげることができるようになるかもしれません。ナノセルロースフィルムはガスバリア性もありますから、酸素を通さないバイオ系フィルムによって、食品の賞味期限を維持したまま、環境に優しい包装材料として利用される可能性があります。自動車のタイヤには今、カーボンブラックが添加されていますが、ナノセルロースに置き換えればもっとカラフルなタイヤが登場すると考えている先生方もおられます。電子材料、塗料、化粧品、接着剤など、ナノセルロースにはさまざまな用途が考えられます。

社会科学系も含めた異分野融合が必要

ただ、私たちは生物の持っている機能をどうしたら活かせるかというところに重きを置いています。新しい機能開発とものづくりが基本にある工学系とはやや視点が違います。だからこそいろいろなレベルでの異分野融合が必要になります。今は社会科学系も含めていろいろな分野が協力しないと新しい文化や価値を生み出しにくくなっています。

また新しい用途開発は、企業の専門家がそれぞれの視点で取り組む方がいいのではないかと考えています。大学が中心になるというのは私の能力を超えていますし、企業の方が思いもよらない多様な広がりや水平展

開の可能性が高まるように思います。

光触媒は実用化までに35年くらいかかりました。炭素繊維は飛行機に使われるようになるまで50年以上を要しました。大学の学術的な基礎研究から生まれた成果が社会に還元されるまでには、多くの時間がかかります。最近では大学の基礎研究にまで短期間で成果を求める風潮があります。また選択と集中ということで、次世代に成果の出るような長期的視点の基礎研究環境は、厳しくなる一方です。

私たちの研究が、社会への還元という意味では大きな成果も出せずに、それでも続けてこられたのは、企業や国の機関などの支援があったからです。私自身、松籟財団の支援も受けて大変助かりました。選択と集中を否定するつもりはありませんが、過度な集中は、将来性のある研究の芽を摘んでしまう危険があると思います。

研究で大切なことは、自分の直観を信じて継続することです。もちろん予算獲得のために自分の研究の意義を人に説明し理解していただく努力を怠ってはいけませんが、長期的視点の独創性のある研究を諦めずに継続し、修士論文や博士論文テーマのように、一定期間内で成果が求められる研究テーマとバランスをとることです。今は、一定期間内に成果が求められる場合が多く、基礎研究を進めておられる方々には困難な状況だと感じます。今回の私たちの受賞が、厳しい環境の中でチャレンジしている方たちを勇気づけるのであれば、これに勝る喜びはありません。