

特集2

合言葉は復興!

被災地企業の意欲と大学の技術が生む成果

山のすそ野に津波の痕跡が残る唐丹の入り江。手前の岸では復旧工事が進む。

東北地方に壊滅的な被害をもたらした東日本大震災から3年。JSTが推進する「復興促進プログラム」が、さまざまな分野で成果を挙げつつある。鮮魚流通の革新や堆肥の高機能化、最適なスキーワックスの開発に向けた産学共同研究を通して、被災地の経済を活性化し、復興につなげようとする取り組みを紹介する。

《盛岡事務所》

三陸の新鮮な魚介類を食卓へ 「スラリーアイス」で獲れたての鮮度を保つ



釜石ヒカリフーズの社屋。1階部分が加工工場。

ゼロからの船出 震災後に水産加工会社を 設立!

東北地方の太平洋沿岸は、津波により甚大な被害に見舞われた。岩手県釜石市もその1つ。震災前の海沿いでは水産加工などの工場が幾つも軒を連ねていた。しかし、工場だけでなく港も壊れ、船が流されて漁業もできなくなると、復旧をあきらめて撤退する企業が相次ぎ、多くの人が職を失った。

そのような状況の釜石市・唐丹地区で、後に「復興促進プログラム」の支援を受けて水産物の保存技術の開発を進めることとなる水産加工会社・釜石ヒカリフーズが、震災5カ月後に産声を上げた。

設立の経緯について、同社の発起人で代表取締役の佐藤正一さんは次のように話す。「以前は釜石で水産加工会社に勤めていましたが、震災後、水産業の先行きがまったく見えない状況でした。私自身は盛岡の出身だったため、盛岡で生活を再建することも考えたのですが、すべ

てを失った町から自分だけ離れていいのかと悩んだ末に、ここで起業することを決めました」。企業が設立されれば、そこに新たな雇用が生まれ、震災からの復興の礎になるだろう。そのような中で、唐丹地区の漁協の協力を取り付け、水産加工会社の立ち上げに踏み切った。

ゼロからの船出だったが、公的機関や地元の金融機関、果ては中東・カタール政府の友好基金まで、実に多方面から支援を受けて、2012年夏に小さいながらも設備の整った加工工場を完成させた。漁業の再開とともに、目の前の漁港（上写真）で水揚げされる魚介類を加工、販売するまでにこぎ着けた。さらに、復興への歩みをより確固たるものにするため、どうしても実現させたいことがあった。

「唐丹地区では、都会で親しまれている魚だけでなく、地元でしか食べられない魚介類が数多く水揚げされます。どれもとても美味しいのですが、盛岡をはじめとする消費地から離れているため、それを生かしきれいていません。冷凍に頼ると味が落ちるため、地元で消費するしか

ないものも多いのです」と話す佐藤さん。何とか新鮮なまま出荷できる新しい技術はないかと探し回った。当時、市の企業支援の担当として相談を受けた1人、山崎森敬さんは、本気で地域を何とかしたいというその強い思いに突き動かされ、JST復興促進センター盛岡事務所の貫洞義一（かんとく）マッチングプランナーに協力をもちかけた。地元大学の鮮度保持技術を試したり、共同研究資金に応募して惜しくも落選したりした末、3人は高知で開発された「スラリーアイス」と出会った。

凍る直前まで 急速に冷やす

スラリーアイスは、塩水から作る直径0.2ミリ程度の氷の微粒子と水分が混ざった溶けかけのシャーベットのような柔らかい氷だ（p.7右上図）。昔から使われている海水氷（海水に砕いた氷を加えたもの）よりも魚介類を急速に冷やして、鮮度劣化を抑えることができる。大きな魚市場ではすでに使われている。しかし、大型設備でつくる長期保存用のスラリーアイ



塩分3.5%スラリーアイスで半日保存したドンコ（上写真左）は凍って硬直しているが、塩分1%でのもの（右）は柔らかく身がしなる。また、その黒々とした目が新鮮さを示している（右写真左側）。凍結すると、右のように目が白く濁る。



高知工科大学が開発したスラリーアイス製造装置。容器いっぱいの塩水を一晩で柔らかい氷にする。

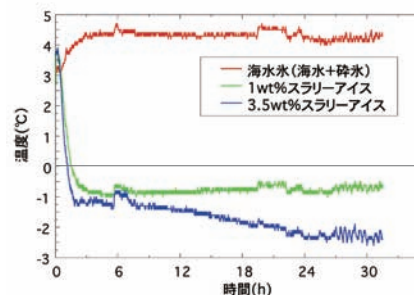
スは海水を使うため、塩分濃度が3%以上と高い。塩分による凝固点降下の影響で、魚介類が凍結するマイナス2℃以下にまで冷やし過ぎてしまう（右グラフ）。

せっかくの鮮魚も、凍らせると細胞が破壊され、解凍時にうま味成分を含むドリップが流出するため、味が落ちてしまう。そこに着目した高知工科大学の松本泰典准教授が開発したのが、魚介類を凍らせない冷蔵用のスラリーアイスだ。「塩分濃度を下げて温度を調整することで、長時間にわたって零度前後で冷蔵できるのです。コンパクトな製造装置も実用化されていて、高知県では一本釣りのカツオなどに利用されています。これなら釜石の魚介類の保存にもすぐに利用できると考え、佐藤社長と松本先生を引き合わせることにしました」と貫洞さんは話す。

塩分濃度を1%に調整するだけで、魚介類が凍るギリギリ手前のマイナス0.8℃前後に保てるという。魚介類を生のまま何日もおいしく保存するには、うってつけの技術だ。

それぞれに適した保存条件を探る

これまでの高知における研究で、1つの温度がすべての魚介類にとって最良の鮮度保持条件ではないことが明らかになっている。マダイのような白身魚では、噛みごたえが品質を左右する。これを保つには0℃以下では低すぎるという。三陸で獲れるサバやドンコ（タラの仲間。上写真）などの魚や、ミスダコ、ホヤ、ウニ、ワカメといった魚類以外の水産物でも同じように鮮度を保ってくれるかは未知数だ。そこで、釜石ヒカリフーズでは、「復興促進プログラム」に応募し、地元の海産物についてスラリーアイスで1週間生のまま保存する技術に挑戦する研究を昨年秋から開始した。研究を担当する品質管理課の白土満さんは、「すでにサバで食味試験や魚肉の弾力試験などを行っていますが、数日間、鮮度を保てるようになりました。今後1年の研究期間で、旬の時期ごとに唐丹ならではの海産物でスラリーアイスの有用性を確認して、1日も早く生産現場に取り入れていきたい」と意欲



3.5%と1%のスラリーアイスおよび海水氷でのカツオの中心温度の変化。提供：高知工科大学

を示す。

自然に頼る漁業では、いつも注文通りの漁獲高が得られるわけではない。豊漁で余っても、冷凍せずに、冷蔵保存で翌日以降の注文に対応できれば、より高く出荷できる。傷みやすいがおいしい地元ならではの魚介類も、釣った船上でスラリーアイスで急速冷蔵し、流通時の保冷にも使って鮮度を保てれば、産地そのままの味を大消費地東京まで出荷できる流通革命が起こせる。「近隣の同業者にもどんどん活用してもらい、皆で復興に向かいたいと願っています」と佐藤さんは言う。震災、復興をきっかけに、かつては想像もしなかった新たな技術の導入が進み、新市場の開拓に弾みがついてきた。

〈写真右(丸)から〉

松本 泰典

まつもと・やすのり
高知工科大学 地域連携機構連携研究センター
ものづくり先端技術研究室 准教授

山崎 森敬

やまざき・しげよし
岩手大学地域連携推進センター 共同研究員
釜石市産業振興部企業立地課 主任

佐藤 正一

さとう・しょういち
釜石ヒカリフーズ株式会社 代表取締役

白土 満

しらと・みつる
釜石ヒカリフーズ株式会社 品質管理課 係長

貫洞 義一

かんどう・ぎいち
JST復興促進センター 盛岡事務所
マッチングプランナー



〈郡山事務所〉

落ち葉堆肥が使えない福島農家に 野菜くずとミミズが心強い応援団

野菜くずを 福島の畑で生かしたい

地震と津波による被害に加え、福島第一原子力発電所の事故により、福島県を中心に東北から関東にかけての広い範囲に大量の放射性物質が降った。今なお事故周辺地域では農作物の作付けができない状態にある。福島県では放射性セシウムの汚染が低い地域で農業が再開されているが、大きな問題が残されている。落ち葉の放射性セシウムが1キロ当たり4,600～13,200ベクレル（2012年12月時点）と高いため、堆肥の原料として利用できなくなってしまったのだ。

通常、落ち葉を使った堆肥は2年かけてつくられるため、昨年までは震災以前につくられたものを使用することができた。しかし、今後は滅菌された輸入の腐葉土に頼らざるを得なくなるため、堆肥の良さである有用微生物の働きが期待できないなどの問題がある。こうした中、福島県伊達市で野菜の加工工場を運営するメディカル青果物研究所の田井中俊行所長は、工場から出る野菜くずを利用した堆肥づくりに取り組むことを決めた。

「私たちの工場では1日に野菜くずが300～500キロ出ています。その処分には毎月約14万円かかっていました。これを堆肥の原料にできれば、落ち葉堆肥が使えなくて困っている農家のみなさんのお役に立てますし、コストも運搬費程度に軽減できて一石二鳥になるのではないかと

と考えたのです」と説明する。

メディカル青果物研究所では、放射性セシウムについて1キロ当たり1ベクレル以下を検出限界とする放射能検査を行っており、使用する野菜がすべて不検出であることを確認している。もちろん、野菜くずも放射性セシウムに汚染されておらず、堆肥の貴重な原料になる。

だが、メディカル青果物研究所は野菜の加工工場であって、堆肥づくりの技術を持っているわけではない。田井中さんは野菜の放射能測定を指導してもらっていた日本原子力研究開発機構の職員に相談し、2012年秋に茨城大学農学部の小松崎将一教授を紹介され、同時に被災地企業の新たな技術開発を支援する「復興促進プログラム」の活用を勧められた。

小松崎さんはミミズによる堆肥づくりを研究しており、震災以降、福島県の農業を支援する活動にも参加していたため、相談を受けて協力を快諾した。すぐに「復興促進プログラム」に応募し、共同でミミ



ミズコンポストシステムで育つシマミミズ。繁殖力が旺盛で環境が良いと数週間で何倍にも増えるので、増設費もあまりかからない見通しだ。

ズを用いた野菜くずの堆肥化システムの構築に取り組むことになった。

堆肥づくりには特別なミミズを使うと小松崎さんは言う。「日本で普通に見かけるフトミミズは、地中に穴を掘って畑の土を耕すタイプで、野菜くずの堆肥化には向いていません。私たちが使っているシマミミズは土に潜らず、地表に堆積したものを食べてくれるのです」。

多種多量への挑戦

協力してくれる農家も見つかり、1年前にミミズによる堆肥づくりを行う「ミミズコンポストシステム」（p.9上図）を設置した。大きな箱におがくずや土、ミミズを入れ、そこに破碎した野菜くずをのせる。土壌の微生物が野菜を分解すると、どろどろのペースト状になり、これをミミズが食べて糞を出す。野菜を入れてから3カ月も

〈写真右から〉

田井中 俊行 たいなか・としゆき
株式会社メディカル青果物研究所 所長

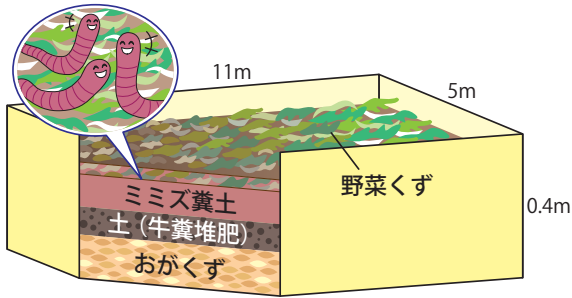
小松崎 将一 こまつざき・まさかず
茨城大学 農学部附属
フィールドサイエンス教育研究センター 教授

奥本 武城 おくもと・たけき
JST復興促進センター 郡山事務所
マッチングプランナー





農業用ハウス内に設置されたミミズコンポストシステム。



ミミズコンポストシステムの概要。最下層に余分な水分を吸収するおがくずを敷き、土とミミズを入れる。上にのせる野菜くずは1週間程度で分解するので、容器の幅を7つに区画して毎日順番に入れている。できた堆肥(ミミズ糞土)を回収する時は、野菜を除けておくだけでミミズも退避してくれるという。



コンポスト容器内の堆肥をくり抜いてミミズの分布を調べる。シママミズは、土の中ではなく、野菜くずのすぐ下にいることを好む。



カット野菜工場から出る野菜くずを資源として有効活用できれば、処理費用も削減できる。



ミミズコンポストでつくった堆肥を使用したレタス(左)は、一般の肥料だけで育てたもの(右)より大きく育つだけでなく、根の生育にもはっきりと差が見られた。



ミミズコンポストの手入れを行う伊達市の農家、大橋二郎さん。農業技術指導者の兄・大橋新さんとともにこのプロジェクトに協力している。

すれば糞土が堆肥として使えるようになる。窒素、リン、カリという植物の三大栄養素をバランスよく含んだ優良な堆肥ができるのだ。

ただ、ミミズコンポストの技術を長年研究してきた小松崎さんも、大量の野菜くずを使った堆肥づくりは初めてのこと。「最初に野菜くずの投入量で失敗しました。工場からは1日数百キロ出るので、そのすべてを投入していたところ、野菜から大量の水が出て、容器全体が水浸しになってしまったのです」と田井中さん。こうなるとは堆肥をつくることはできない。結局、土を丸々入れ替えることになった。その後は、コンポストの様子を見ながら適切な投入量を調整し、現在は1日に100～150キロを投入しているという。

また、一口に野菜くずといっても多種多様だ。当初はあらゆる野菜を投入していたが、大根やタマネギの皮は、破碎しただけではカラカラに乾いてしまい、うまく分解されない。今は、キャベツやレタスなどの葉野菜の切れ端を中心に投入してい

るが、今後は他の野菜もさらに細かくするなど工夫していく予定だ。

ミミズ堆肥での栽培でトマトの収量増加を確認

こうした試行錯誤を経て、現在では順調に堆肥がつけられている。その一方で、でき上がった堆肥の有効性を確認する栽培実験もしている。一般に使われている肥料だけで育てた場合とミミズ堆肥を加えた場合で、収穫量などの違いを調べている。小松崎さんは、「トマトでは糖度が向上し、肥料を半分にしても収量が増えることが確かめられました。植物の根に共生する菌類であるエンドファイトを加えるとさらに収量が増えるのですが、ミミズ堆肥で育てた植物の根では、添加していなくてもエンドファイトが見つかるのです」と話す。詳しい分析はこれからだが、レタスの栽培実験ではミミズの堆肥を与えると明らかに根の伸びがよくなった(中央写真)。「堆肥1つで作物の育ちがこんなにも変わるとは思いませ

でした」と田井中さんも驚く。

現在は比較的小規模な施設で実験的に堆肥をつくっているが、近い将来、高機能堆肥として大規模な生産を始める計画だ。その足がかりとして試験栽培の輪を広げ、落ち葉堆肥が使えずに困っている福島の農家にミミズがつくった堆肥をアピールしていこうとしている。セシウムのない安全・安心な堆肥は、美味しい野菜と共に、福島の農業を活気づけてくれる“堆肥”にもなりそうだ。

《仙台事務所》

目指すは一番高い表彰台！ シミュレーション化学を活用して 世界一のスキーワックスを開発したい

高性能ワックス開発に 科学的分析を取り入れる

スキー競技では、雪の上での滑りをよくするため、スキー板にワックスを塗る。ワックスの性能が勝敗を大きく左右することもある。それだけに選手はより滑走性や耐久性に優れたものを求めるが、「これまで開発で科学的な分析をすることはなかった」と、宮城県仙台市に拠点を置くワックス製造販売のガリウム社で開発を担当する八重樫祐介さんは言う。「スキーワックスは、主原料のパラフィン（ロウ）にフッ素などを添加してつくります。開発は選手やコーチの経歴をもつ社員の経験と勘で進められ、さまざまな配合でサンプルをつくっては、実際に雪の上で試すことの繰り返しでした。試作は一年中できますが、それを試す機会は冬のシーズンだけなので、開発はなかなか進まなかったのです」。経験や勘を数値に置き換えられれば、新しい化合物の添加について化学メーカーに相談することもできる。そこで、東北大学の宮本明教授（化学

工学）に協力を仰ぎ、「復興促進プログラム」に応募して科学的な分析とシミュレーションによるワックス開発に取り組むことにした。

この連携を生んだのは、偶然ともいえる出会いだ。発端は、産学官連携を推進する東北大学未来科学技術共同研究センターの磯村明宏特任教授が、ガリウム社に送った1通の問い合わせメールだった。クロスカントリースキーを愛好する磯村さんのレース用ワックスについての悩みが、やりとりするうちに技術的な話題に広がって、いつしか逆に科学的な知見に基づいた製品開発について相談を受けることになった。そして、摩擦のシミュレーション研究で高い成果を挙げている宮本さんとの連携に思い至ったという。磯村さんから相談を受けたJST復興促進センター仙台事務所の藤田慶一郎マッチングプランナーは、かつて関わっていた化合物半導体結晶の研究開発を思い出した。「半導体の世界も、黎明期は経験と勘の世界でした。同様のワックス開発にシミュレーションと実験計測を取り入れたいと



ワックスをアイロンで丁寧にスキー板に塗る佐藤さん。

いう提案は、非常に興味深いものでした。また、スポーツは人を元気にする力を持っています。スポーツ分野に先端科学を取り入れた成果が宮城から生まれれば、地域の復興にも大きく貢献すると思いました」と振り返る。

宮本さんは、材料化学に計算科学を取り入れた「シミュレーション化学」を提唱している。大手自動車メーカーと組んでエンジン内の摩擦を低減するなど、さまざまな分野の材料の構造と性質についてシミュレーションと実測を組み合わせた研究を進めてきた。

「研究対象が自動車のエンジンからスキーワックスに変わっても、接触する2つの材料の間に生じる摩擦をシミュレーションすることに違いはありません。これまでの研究を生かします。目指しているのが“世界一優れたワックス”の開発と聞き、とても魅力を感じました。世界一を目指すという難しい課題を与えられることで、私たちの研究の質も高まることで

〈写真右から〉

磯村 明宏

いそむら・あきひろ
東北大学未来科学技術共同研究センター
特任教授

宮本 明

みやもと・あきら
東北大学未来科学技術共同研究センター
教授

佐藤 純一

さとう・じゅんいち
株式会社ガリウム 営業部長

八重樫 祐介

やえがし・ゆうすけ
株式会社ガリウム 開発エンジニア

高山 望

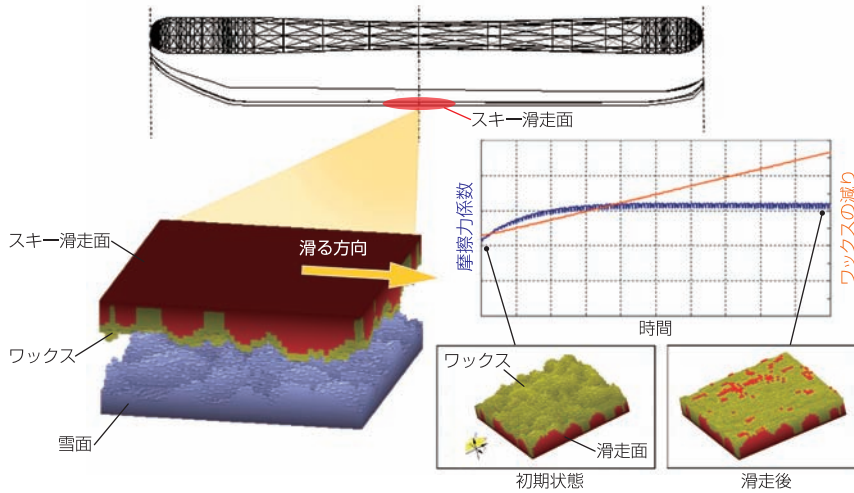
たけやま・のぞむ
東北大学未来科学技術共同研究センター
准教授

藤田 慶一郎

ふじた・けいいちろう
JST復興促進センター 仙台事務所
マッチングプランナー



社名はワックスの撥水性を高める独自の添加物「ガリウム」に由来する。



高性能スキーワックスを開発するためには、スキー滑走面の詳細な構造を精密にモデル化(上)するとともに、ワックス浸透過程の評価や、形成された表面構造の摩擦・摩耗および疎水性などを定量的に予測することが求められる。グラフはワックスの摩耗と摩擦の関係をシミュレーションした例。

しょう」と期待を膨らませる。

実験と照らし合わせ 高精度に予測

摩擦の基本的な原理に違いはないが、マイクロレベルでのシミュレーションでは、スキーワックスならではの要素を考慮する必要がある。氷の粒の上を滑る乾摩擦だけでなく、雪面の水分による濡れ摩擦や板の滑走面(雪に接する面)へのしみこみ、雪の中の汚れの付着なども滑りに影響する。それらをなるべく細かく数式化することで、新しい配合での未知の性質を予測するシミュレーション結果が得られる。

昨年1月から始まった共同研究では、まずワックス開発に活用できるモデルづくりが進められた。スキーワックスには、大きく分けて摩擦の低減、撥水性、耐久性の3つが求められる。例えば、耐久性はスキーの滑走面の微細な隙間にワックスが浸透するかどうかで決まり、深く浸透すればするほど耐久性が高まる。

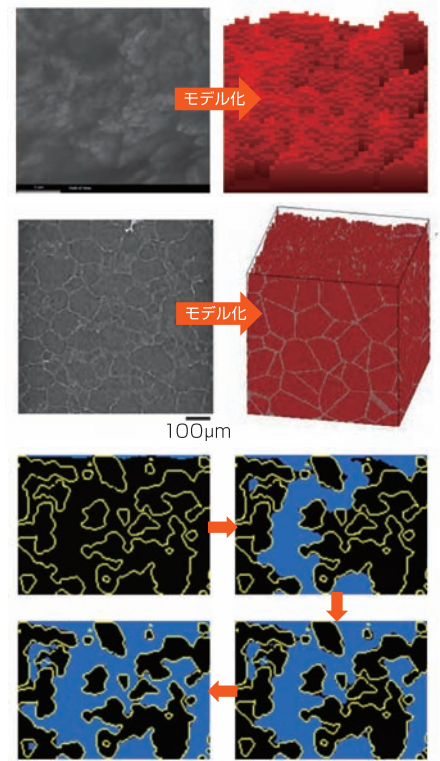
耐久性が高まれば、長時間に及ぶクロスカントリースキーでも最後まで効果を発揮できるワックスとなる。逆に、撥水性を高めるフッ素を添加すると、浸透しにくくなって耐久性が低下する。ジャンプ競技やアルペンスキーなど短時間で終わる競技であれば、撥水性を優先してフッ素を十分に配合すればよいが、長距離の競技では耐久性と撥水性の両立が求められる。ワックス開発は、一筋縄ではいかない。

研究グループは、ポリエチレンを主成分

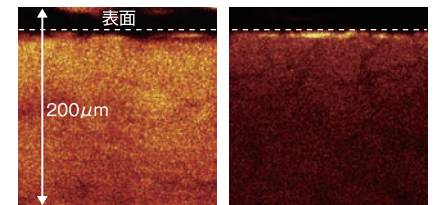
とするスキー板の滑走面の微細構造を電子顕微鏡やX線CT装置などで調べ、滑走面の多面体モデルを作成した(上図)。だがモデルだけで、すぐにワックスの性能をシミュレーションできるわけではない。研究に参加している東北大学の畠山望准教授は、「精度の高い予測を可能にするには、実際にワックスを塗って計測した実測値と照らし合わせる必要があります。実験と計算を融合させることで、モデルの精度向上に取り組んでいます」と説明する。

昨年1月から約1年間をかけて、板へのワックスのしみこみなどが予測できるようになり、シミュレーション化学を生かしたワックス開発が本格的に始まろうとしている。研究成果が市販品に生かされるのは、時間の問題だ。

ガリウム社は、日本代表チームのサブライヤーにもなっている。開発した最新成果はオリンピックやワールドカップの大舞台でも試しているという。実際に選手が使うワックスは、競技当日の気温や雪質を見て、チームに帯同するワックスマンが選定するが、これまで何度も採用された実績がある。「科学的な分析に基づいて開発された当社のワックスが選ばれて、国際的な大会の表彰台の一番高いところに日本人選手を立たせるお手伝いできればうれしいです。東北の企業がつくったワックスが活躍していることが広まれば、復興に向けて頑張っている東北の人々をもっと元気にできるのではないのでしょうか」とガリウム社営業部長であり、



電子顕微鏡(左上)、X線CT(中左)などによるスキー滑走面の観察をもとにモデルを作成し、実践的な材料設計に直結した研究開発が進められている。下4枚の図は、スキーワックス(青)が滑走面に浸透していく過程をシミュレーションしたもの。



スキー滑走面から内部にワックス(黄色)が浸透する様子を調べた分析結果。パラフィンワックス(左)では200µm程度まで浸透しているのに対し、フッ素添加パラフィンワックス(右)は50µm以下までしか浸透していないことがわかる。



社内で滑走面の摩擦力を計測する八重樫さん。

ソチ冬季オリンピックの日本チームにも同行した佐藤純一さんは語る。