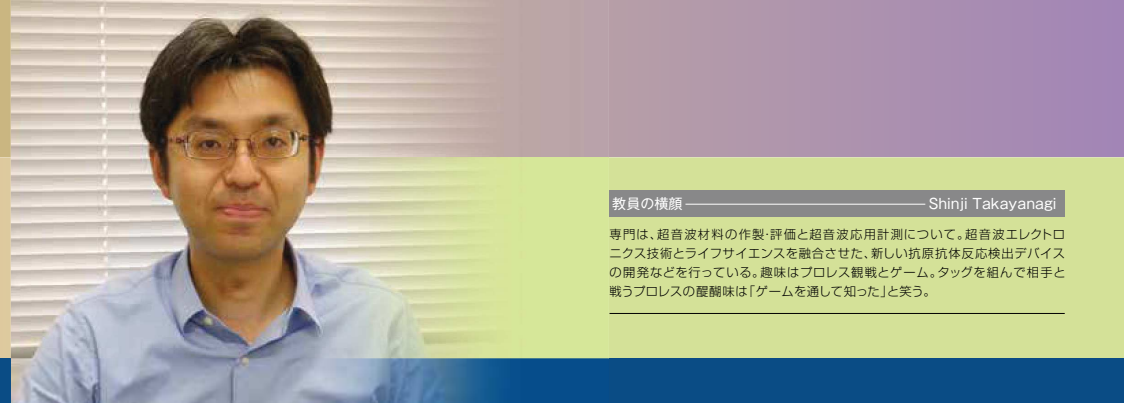


# 超音波技術の活用で健康長寿に寄与する新デバイスを開発

高柳 真司 医情報学科 助教



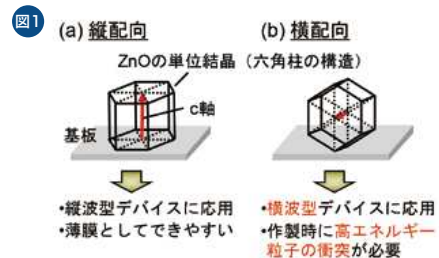
教員の横顔 Shinji Takayanagi

専門は、超音波材料の作製・評価と超音波応用計測について。超音波エレクトロニクス技術とライフサイエンスを融合させた、新しい抗原抗体反応検出デバイスの開発などを行っている。趣味はプロレス観戦とゲーム。タグを組んで相手と戦うプロレスの醍醐味は「ゲームを通して知った」と笑う。

## 横波か縦波か!? 薄膜の結晶配向を任意に作り分け

グラスハープをご存知でしょうか?水を注いだガラスの縁を指でこすると、楽器のように様々な音階が楽しめるというもの。これは、水の量や重さに応じて、ガラスを伝わる振動(音波)の周波数に変化しているからです。同じように、「振動の微妙な変化によって、液体中の異物を検出できるようなセンシングシステムを作れないでしょうか」。

高柳真司助教が目にしたのは、ZnO(酸化亜鉛)を用いた圧電薄膜センサです。スパッタ法と呼ばれる成膜技術を用い、シリコンなどの基板の上にZnOを薄く堆積したものです。ZnOは六角柱の結晶構造を取りますが、実は基板上に薄く堆積すると縦配向に成長しやすいことが知られています[図1(a)]。この場合、医療現場のエコー診断装置のように、超音波は伸び縮みの振動、つまり縦波の振動となって水中を遠くへ伝わってしまうため、水中で基板の異物を検出するのは難しい

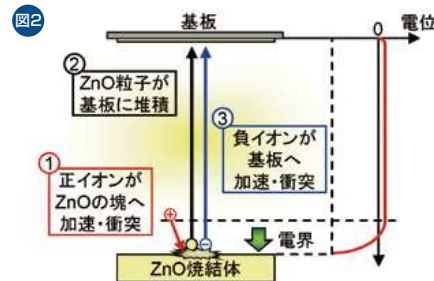


といえます。それに対して、横波ははずらずと左右にこすれるような振動で、水中でも材料の中に超音波を長く留めておくことが可能です[図1(b)]。「ZnOの結晶構造を横配向に変えることで、新しいデバイスを創製できないかと考えました」と高柳助教は説明します。

## 高エネルギーの負イオンが新たな成膜技術の可能性を拓く

スパッタ成膜法というのは、成膜源となるZnOの塊に正イオンをぶつけて、ちょうどビリヤードのブレイクショットのようにZnOの粒子を弾き出し、基板の上に蒸着・堆積させていく方法です。このとき、成膜材料のほかにも負イオンなど様々な粒子と一緒に弾き出されるといいます。これまでは、きれいな縦配向の結晶膜を作るために、邪魔になる粒子の放出をいかに抑えるか…という研究に主眼が置かれていました。

「発想を逆転しました」。実は、一般的にZnO結晶が縦配向に成長するとき、原子が密に並ぶ六角柱の安定構造(六方最密構造)をとりますが、高いエネルギーの粒子を外部からぶつけると縦配向の成長が抑制され、密に並びにくくなるのだといえます。この性質を利用し、高柳助教は成膜源と基板の空間に負イオンになりやすい酸素を充填するなどして負イオンを増やし、成膜材料と一緒に放出された負イオンがその反発力で基板に向かって大きく加速していく新しいスパッタ成膜装



置を開発。この高エネルギーの負イオンを空間中のガス分子に衝突させずに基板に到達させることで、横配向のZnO結晶構造を得ることに成功しました(図2)。「一般的に広く普及しているスパッタ法を応用したもの」と高柳助教が話すように、産業利用がしやすく、今後は横波弾性波を使ったデバイスの提案にもつながっていくでしょう。

## 共振子の周波数変化で特定疾患のバイオマーカーを検出

こうした成果をもとに、高柳助教が研究・開発しているのが、液体中でも振動可能な横波型薄膜共振子センサです。シリコン基板の上に厚さ10マイクロメートルのZnO圧電薄膜を堆積させたもので、130メガヘルツの高周波(1億回/秒)で横方向に細かく振動するといえます。このセンサにピオチン(ビタミン群)を固定化して純水の流路に浸し、5分後にストレプトアビジンというタンパ

ク質を流したところ、純水負荷時に比べて共振子の周波数が約1.4キロヘルツ低下して安定したといえます(図3)。つまり、ストレプトアビジンとピオチンの結合を周波数の変化で検知できたというわけです。

「生体内の抗原抗体反応の検出に使えないでしょうか」。例えば、血液や唾液にセンサを浸すことで、癌や糖尿病など特定疾患のバイオマーカーの動きを周波数の値で知ることができる…。高柳助教は、他にも石英ガラス管上に横配向のZnO膜を成膜したパイプ型センサの開発などにも取り掛かっており、今後はさらに精度を高めていくことで、「家庭で手軽に健康をモニタリングできる検査キットの開発につなげたいですね」と意欲を示します。

まさに、医工融合の視点で、健康長寿時代にふさわしい独自研究に取り組む高柳助教。もしかすると何年後、超音波エレクトロニクスの技術が医療の在り方を大きく変える日が来るかもしれませんね。

