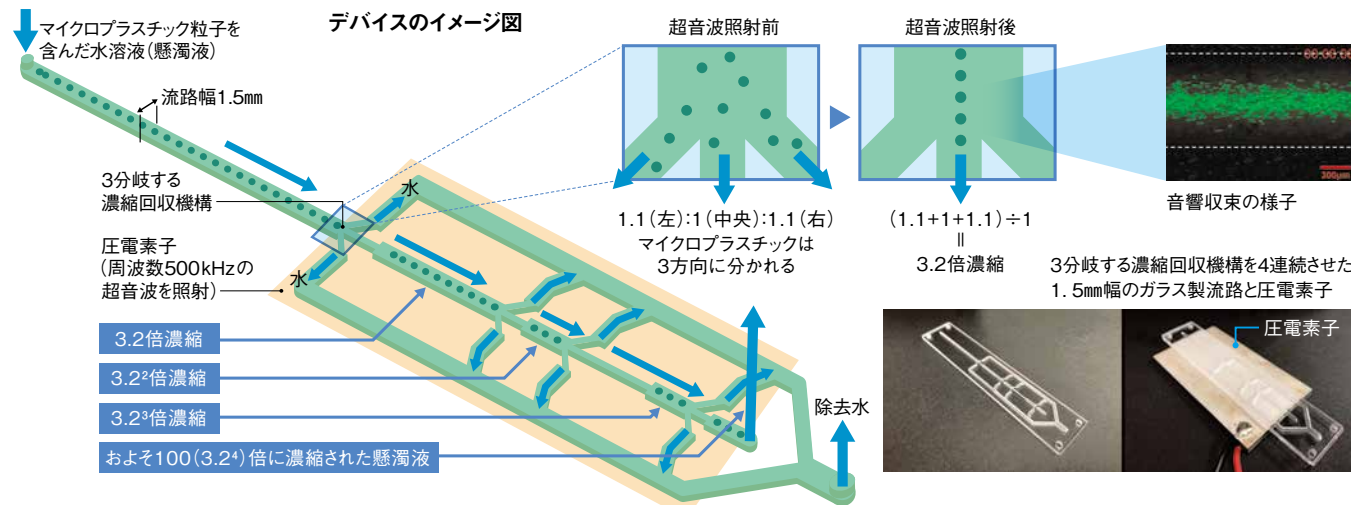


暮らしを豊かにする除去技術

FUTURE STORY

海洋汚染問題解決などの糸口になる

超音波によるマイクロプラスチック濃縮回収技術



「生物微小流体工学では、流体中の粒子を操作するために、電場や磁場、音場などを使います。この経験からマイクロプラスチックのような固い材質には音場が最適だと思い、音響収束による濃縮回収技術を考案しました」

3分岐した機構を4連続させ懸濁液の濃縮率を高める

秋山氏が開発したデバイスは、3方向に分岐する濃縮回収機構を連続的に4つつけた1.5mm幅の「ガラス製流路」と、電圧をかけると伸縮を繰り返すことで超音波(振動)を発生する「圧電素子」で構成されています。

懸濁液を流路に流す際、流路幅に対して適切な周波数の超音波を圧電素子で照射する(振動させると、音響収束によって、マイクロプラスチック粒子が中央の流路に集まりながら流れていき、濃縮回収機構ごとに左右の2つの流路から水が取り除かれていくため、懸濁液が濃縮されていくしくみになっています。

音響収束させるためには、流路幅を、照射する超音波(1波長の2分の1の長さ)にする必要があります。今回の研究では、500kHzの超音波(1波長が3mm)を照射するため、流路の幅をその2分の1となる1.5mmに設定しました。

「3分岐する濃縮回収機構を4連続する構造にしたのは、懸濁液の濃縮率を効



信州大学学術研究院繊維学部
機械・ロボット学科教授 秋山佳丈氏

マイクロプラスチック(5mm以下の微細なプラスチック)の海洋への流出は、生態系に大きな影響をおよぼすといわれており、国際規模での対策が求められています。信州大学学術研究院繊維学部機械・ロボット学科教授の秋山佳丈氏らの研究グループは、超音波を用いた音響収束によって、マイクロプラスチックを濃縮回収できるデバイスを開発。この装置を洗濯機などに組み込むことができれば、生活排水からの流出防止につながるほか、マイクロプラスチック自動分析システムに活用することで、汚染物質の測定や分析を効率化するなど、新たな環境対策技術として注目を集めています。

生物微小流体工学の知見を応用し粒子を音波で収束する技術を開発

マイクロプラスチックは、はじめから5mm以下のサイズで製造されたものもありますが、廃棄されたプラスチックが、海の波や紫外線などの影響を受け、粉砕・分解されることで発生するものもありま

す。近年では、下水処理施設の調査から、合成繊維などを洗濯した際に発生し排水に含まれることも明らかになっており、その対応策が求められています。

これまで、マイクロプラスチックの回収や調査には、プランクトン採取用のネットが使用されてきましたが、ネットのメッシュサイズが0.1mm程度のため、それより小さな粒子は回収できません。反対に、メッシュのサイズを小さくすると、目詰まりが発生しやすくなります。

また、材質などを分析する場合は、回収したマイクロプラスチックを、ピンセットで一つひとつ採取する必要があるなど、多くの問題がありました。

このような課題を背景に、秋山佳丈氏らの研究グループが開発したのが、細い流路に超音波を照射することで、微小粒子を流路中央に集める音響収束という手法によって、マイクロプラスチック粒子を含んだ水溶液(以下、懸濁液)を100倍程度に濃縮するデバイスです。採取の手間がなく、懸濁液をそのまま毎分1mlの速さで処理することができ、これまで回収できなかった10〜200μm※の大きさに至るプラスチック粒子を90%以上回収することに成功しました。

秋山氏がこの開発を始めたのは、5年ほど前、環境問題を専門とする同じ学部の教授から、「繊維由来のマイクロプラスチックの問題を解決する技術を考えられないか」と相談されたことがきっかけでした。

秋山氏の専門分野は、バイオロボティクスや組織工学、再生医療やマイクロマシンなどで、それらの知見から、マイクロプラスチックは細胞と同じくらいのサイズだとすぐに気がついたそうです。

率的に高めるためです。3分岐する流量を1.1(右)・1(中央)・1.1(左)に設定することで、全体の3.2分の1の流量が中央の流路に流れ込みます。マイクロプラスチック粒子は、中央の流路に音響収束で集められているため、3.2倍に濃縮された懸濁液が中央流路を通過することになります。この分岐が4連続しているため、3.2の4乗、つまりおよそ100倍の濃縮が可能になるのです」

洗濯機などへの導入や自動分析システムの開発も視野に

秋山氏は、このデバイスを洗濯機などの製品に組み込むことで、洗濯によるマイクロプラスチックの流出を防止できると考えています。

「現時点での課題は、デバイスの処理速度です。洗濯機に組み込むためには、より多い流量での処理を可能にしなければなりません。流路の本数を増やして並列に配置すれば、流量を増加させることは可能ですが、多くの流路をいかに同一の基板上に配置するのかわという問題が生じます。現在、ひとつの基板あたり約2L/hの流量で処理できるデバイスをめざして研究開発を続けています」

一方で秋山氏は、同デバイスを活用したマイクロプラスチックの自動分析システムの開発も進めています。このシステムは、音響収束による濃縮回収デバイ



マイクロプラスチックの形状・材質分析装置

スの流路に顕微鏡を設置し、流れているマイクロプラスチック粒子の形状(サイズなど)を計測。さらに、物質に光が入射することで生じる散乱光によって、物質の種類を判定するラマン分光装置を顕微鏡に組み込むことで、自動的に材質の分析もおこなうしくみになっています。

「現在、マイクロプラスチックの採取・分析調査は手作業でおこなわれていますが、この自動分析システムの導入が実現すれば、作業効率を飛躍的に高めることができるはず」

生活排水などによるマイクロプラスチックの流出防止に加え、工場や下水処理施設などにおけるマイクロプラスチック流出の継続的な観測、そして環境汚染の実態解明にもつながる新たな技術としての期待が高まっています。



音響収束を用いたマイクロプラスチックの濃縮回収デバイス観測装置

