

## 昆虫が「泡」を利用して水中を歩けることを発見

—クリーンな水中接着への応用—

平成24年8月7日  
独立行政法人物質・材料研究機構

### 概要

独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝）のハイブリッド材料ユニット（ユニット長：香川豊）の細田 奈麻絵グループリーダーらは、循環型社会に必要な環境調和型技術として「接着と分離を繰り返せる未来の接合技術」について開発研究を行っている。

優れた接着性を持つ「昆虫の足」の研究において、大気中で生息するハムシが、「泡を利用して水中歩行できる」ことを発見した。

細田らは、その機構を解明して「水中接着機構」を開発しており、この成果は環境調和型技術を実現する技術として発展が期待されるとともに、環境影響化学物質を使用しないクリーンな水中接着への応用も考えられる。

本成果は、イギリスの権威ある科学誌 *Proceedings of the Royal Society B* に日本時間8月8日(水)午前8時01分掲載される。

### 1. 研究の背景

環境問題の解決に向けてリサイクルを促進するには、分別のために製品の接着部分を容易に分離する技術が重要な課題となっている。そのため「接着と分離が繰り返せる未来の接合技術」の開発が世界的にも取り組まれている。

この新しい接着技術のヒントとして注目されてきたのが自然界の昆虫である。昆虫の足は、ガラスのような平坦な表面を逆さまの状態でも歩行できる優れた接着性を持ち、しかも歩行は足を表面に「付ける→離す」の連続動作なので、接着と分離の優れた繰り返しモデルとして着目されている。

これまで、大気中に生息する昆虫（ハムシやテントウムシ）の研究により、足裏の特殊な毛の役割が解明され、ナノテクノロジーにより人工的な毛状構造を再現した接着性のある素材も製作されている。しかし、水中環境に関しては研究が少なく、昆虫は足裏の毛に分泌液をつけて表面に貼り着くので、「水中では歩けない」と考えられていた。

このため、水中においても「接着と分離」が繰り返せる新しい接着機構の開発が、環境影響化学物質を使用しない「クリーンな接着方法」として求められていた。

### 2. 研究成果の内容

本研究では、大気中で生息する昆虫（ハムシ）が、従来の予想に反し「水中」でも歩行できることを発見した。さらに、水中で「泡」の性質を巧みに利用する歩行メカニズムも解明した（図1、図2）。水中でのハムシの歩行能力を調査する目的で表面ぬれ性の異なる試験板の上を歩行させ、センサーをどの程度の力で牽引することができるか調査した。図3は実験の模式図である。牽引力の実験は空気中と水中で行った。その結果を図4に示した。ぬれ角が100度程度の「疎水性」表面では、歩行能力は空気中と変わらず、逆にぬれ角が40度程度の「親水性」表面では歩行が困難だった。昆虫の水中歩行における毛状構造と泡の役割を調べるため、毛状の水中接着機構を考案し、泡の接着力及び牽引力の測定を行った。図5に実験の模式図、泡接着力の実験結果を図6に示した。毛状の水中機構は、先端が球形の円柱の形状をしている。比較のために毛状構造のない平坦な形のサンプルを用いて泡の接着力の

測定も行った。毛状構造のないサンプルでは、泡は一定の位置に固定されず、接着力も検出されなかった。逆に、毛状構造のある場合は泡は安定にサンプルに固定され、ぬれ角が100度程度の「疎水性」表面上では高い接着力があり、「親水性」表面上では接着力は低下し、昆虫の実験と同様の傾向が見られた。実験結果より、泡の役割は、泡自身の被着表面への接着力の他、ハムシの足の裏の水を弾いて毛状構造を直接表面に接着させることであった。また、足の裏の毛状構造は泡の安定な固定に役立っていることが明らかとなった。毛状接着機構は、繰り返し実験を行っても泡が安定に固定されており、水中を移動する構造体への応用に期待できる。

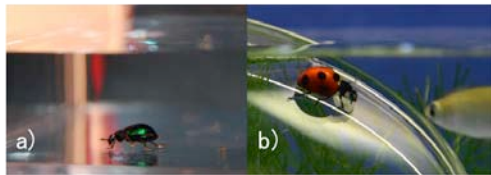


図1 (a) ハムシが水中を歩けることを発見した(論文)、(b) テントウムシでも水中歩行が観察された(応用)

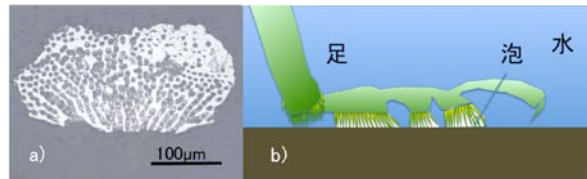


図2 (a) 水中固定しているハムシの足裏写真(裏側から撮影)。黒色はハムシの足(接着性剛毛)、白色は泡。(b) 泡を利用して足裏を水中固定する機構の模式図。

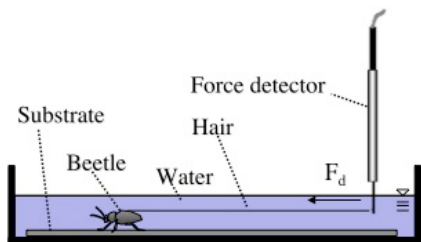


図3 水中におけるハムシの牽引力の測定方法(模式図)。牽引力には足の接着が必要となる。

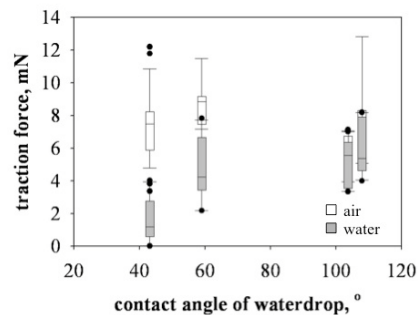


図4 異なる表面での牽引力の測定結果。グレーは水中、白は空気中。疎水性の表面では牽引力は変化せず、親水性の表面では牽引力が小さくなる。

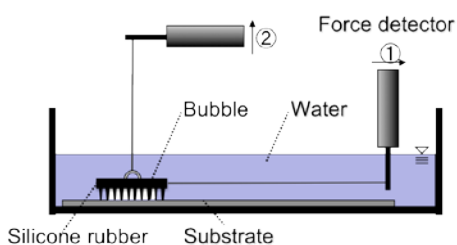


図5 開発した「泡を利用した水中接着機構」の接着力測定。

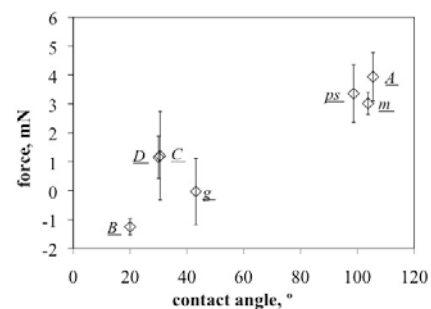


図6 「泡を利用した水中接着機構」の接着力(垂直方向)をぬれ性の異なる表面で比較した。疎水性の表面で吸着力が大きくなる。

### 3. 社会への波及効果

この成果により、環境調和型技術に求められる環境影響化学物質の不使用や「接着と分離を繰り返せる未来の接合技術」の開発研究が推進される。特に、クリーンな水中接着技術の開発研究に活用でき、将来は水中監視・作業ロボットへの応用も考えられる。

また、先端科学技術であるナノテクノロジー分野と、自然界の生物に学ぶバイオミメティクス（生物模倣）分野を融合させた研究手法により、自然にやさしいクリーンな技術開発が推進されることにも期待される。

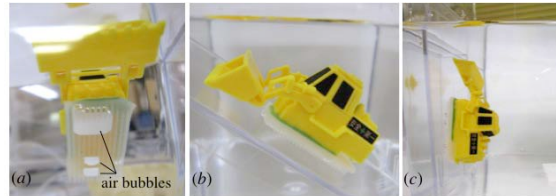


図7 開発した「泡を利用した水中接着機構」を用いて、おもちゃ（黄色のブルドーザー）の水中接着を実現した。

### 4. その他

- 1) 本研究は、独立行政法人物質・材料研究機構とマックスプランク研究所（ドイツ）、およびスタニスラフ・ゴルブ氏（現キール大学教授）との共同研究として行なわれた。
- 2) 本成果は、イギリスの科学誌 *Proceedings of the Royal Society B* に掲載される予定である。
- 3) 研究の一部に、積水化学「自然に学ぶものづくり研究助成プログラム」の研究費援助を受けた。

### 問い合わせ先

#### （報道担当）

〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1  
独立行政法人物質・材料研究機構  
企画部門 広報室  
TEL：029-859-2026、FAX：029-859-2017

#### （研究内容に関すること）

独立行政法人物質・材料研究機構  
ハイブリッド材料ユニット インターコネクト・デザイングループ  
グループリーダー 細田 奈麻絵（ほそだ なおえ）  
TEL：029-860-4529（ダイヤルイン）  
E-Mail：HOSODA.Naoe@nims.go.jp