

フジツボ付着を阻害する低分子ペプチドの開発に成功

～環境にやさしい船底付着阻害剤の開発への貢献に期待～

ポイント

- ・フジツボに対するアメフラシの防御機能に着想を得て、付着阻害ペプチドの開発に成功。
- ・二つあるいは三つのアミノ酸からなる低分子ペプチドが付着阻害作用を持つことを解明。
- ・海洋生物や海洋環境にやさしい防汚剤開発の進展に期待。

概要

北海道大学大学院地球環境科学研究院の梅澤大樹准教授、一般財団法人電力中央研究所の野方靖行上席研究員らの研究グループは、海洋生物であるアメフラシが防御物質として用いると考えられているペプチド*1のドラスタチン 16 から着想を得て、ドラスタチン 16 よりも格段に効率的に合成できるペプチドがフジツボなどに対する付着阻害作用を有することを明らかにしました。

フジツボなどの生物が船底に付着すると船の推進効率が悪化し、燃料の浪費や CO₂ の排出増加につながります。現在防汚塗料に使用されている防汚剤のほとんどが生物殺傷型と呼ばれ、海洋生物にとって良いものではありません。今回見出したペプチドは、フジツボに対する付着阻害作用を示しつつもほとんど毒性がありませんでした。また、市販のアミノ酸などから 1～3 工程でペプチドを合成できる特徴もあります。

海洋環境にやさしい防汚剤の開発は、持続可能な海洋利用にとって解決しなければならない課題の一つです。今回開発したペプチドは付着阻害性能向上など改良の余地を残しており、この課題解決に大きく寄与することが期待されます。

なお、本研究成果は、2024 年 12 月 18 日（水）公開の RSC Sustainability 誌に掲載されました。



Y. Nogata

船底に付着したフジツボの写真。
船の燃費を悪化させる。

【背景】

人類の活動にとって、船の利用は物資の大量輸送などで不可欠です。船底にフジツボなどの生物が付着すると船の推進効率が悪化し、燃料の浪費やCO₂の排出増加につながります（p1 図）。昨今の燃料費高騰や環境意識の高まりから、生物の付着を防止する防汚塗料の重要性は増しています。しかし、現在防汚塗料に使用されている防汚剤のほとんどが生物殺傷型と呼ばれ、海洋生物にとって良いものではありません。このように、現在の防汚剤には環境に対する負の側面と、経済性を考慮した正の側面があります。あらゆる面で正となり得る防汚剤を開発することは、持続可能な海洋利用に向けて不可欠です。

一方で、この問題を解決するため、海洋生物であるアメフラシなどから付着阻害有機化合物を探索する研究も行われ、多数の有機化合物が見出されました。フジツボはアメフラシなども付着の対象としており、アメフラシは有機化合物を用いてこれを防御していると考えられています。一般的に、このような有機化合物は天然の海洋生物からは数ミリグラムしか得られないこと（海洋生物から十分な量を供給できない）、極めて複雑な構造を有すること（合成によって供給するには工程数がかかりすぎてしまう）が塗料成分として活用するうえでの障害となっていました。

【研究手法】

今回、研究グループではアメフラシから得られたドラスタチン 16 に着目しました。ドラスタチン 16 は強力な付着阻害作用と低毒性を両立するペプチドであり、8 種のアミノ酸などから構成されています。これらアミノ酸には、合成によって供給する必要がある 2 種の異常アミノ酸^{*2}も含まれています。アミノ酸などが 8 種あること及び、異常アミノ酸の存在がドラスタチン 16 の量的供給を困難にしていました。この課題を解決するため、ドラスタチン 16 の部分構造を合成し、タテジマフジツボのキプリス幼生に対する付着阻害作用を調べたところ、異常アミノ酸を含む 3 種のアミノ酸から構成されるペプチドにも付着阻害作用があることを見出しました。そこで、より効率的かつ安価に付着阻害ペプチドを供給するため、異常アミノ酸を市販のアミノ酸に置き換えて合成しました。

【研究成果】

一般的なアミノ酸（ α -アミノ酸）3 種のみから構成されるペプチドは、付着阻害作用を示しませんでした。異常アミノ酸の一つには β -アミノ酸が含まれていたことから、ペプチドに β -アミノ酸を導入したところ、いくつかのペプチドが付着阻害作用を示すことを明らかにできました。またこの時、ほとんど毒性はありませんでした。

さらに組み合わせを検討することで、既存の硫酸銅と同等程度の強い付着阻害作用を有するペプチドや、2 種のアミノ酸などから構成される単純なペプチドも付着阻害作用を持つことも明らかにできました（図 1）。いくつかのペプチドは、別の付着生物であるムラサキガイに対しても付着阻害作用を示しました。ドラスタチン 16 の合成には延べ 26 工程、部分構造の合成には延べ 15 工程必要でしたが、今回のペプチドは市販のアミノ酸などから 1～3 工程と格段に効率的に合成できました。

【今後への期待】

海洋環境にやさしい防汚剤を開発することは、持続可能な人類の海洋利用にとって解決しなければならない課題の一つです。今回開発したペプチドは、改良による付着阻害性能向上の余地を残しているとともに、船底塗料に使用される高分子との化学結合を持たせることなども可能です。このペプチドは、海洋環境だけでなく船の運航に関わる経済性に対しても大きく寄与することが期待されます。

【謝辞】

本研究は大下財団及び高橋産業経済研究財団の研究助成を受けたものです。

論文情報

論文名 Novel Settlement inhibition Oligopeptides Containing β -Amino Acids (β アミノ酸を含有する新奇付着阻害オリゴペプチド)
著者名 梅澤大樹¹、Ira Novita Sari²、吉村えり奈³、野方靖行⁴ (¹北海道大学大学院地球環境科学研究院、²北海道大学大学院環境科学院、³株式会社セレス、⁴一般財団法人電力中央研究所)
雑誌名 RSC Sustainability (サステナビリティ (持続可能性) に関する専門誌)
DOI 10.1039/D4SU00625A
公表日 2024年12月18日 (水) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授 梅澤大樹 (うめざわたいき)

T E L 011-706-2358 F A X 011-706-2211 メール umezawa@ees.hokudai.ac.jp

U R L <https://www.ees.hokudai.ac.jp/ems/stuff/matsuda/index.html>

一般財団法人電力中央研究所 上席研究員 野方靖行 (のがたやすゆき)

T E L 070-6980-5559 メール noga@criepi.denken.or.jp

U R L <https://criepi.denken.or.jp/>

配信元

北海道大学社会共創部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

一般財団法人電力中央研究所広報グループ (〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1)

T E L 03-3201-5349 メール hodo@criepi.denken.or.jp

【参考図】

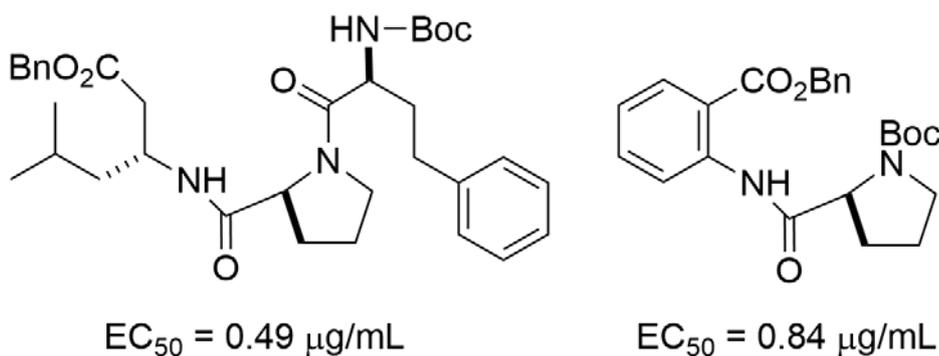


図1. 今回開発したペプチドとその付着阻害性能 (EC₅₀)。これら化合物の付着阻害性能は有毒性が指摘される硫酸銅と同等程度である一方、高濃度であってもフジツボを殺傷することはなかった。

【用語解説】

*1 ペプチド … 複数のアミノ酸がつながった分子の総称。

*2 異常アミノ酸 … ペプチドよりも多くのアミノ酸がつながる分子はタンパク質と呼ばれるが、タンパク質には含まれないアミノ酸のこと。