

# ペプチド由来の環境にやさしい 船底防汚物質の開発

北海道大学 大学院地球環境科学研究所  
物質機能科学部門 生体物質科学分野  
准教授 梅澤 大樹

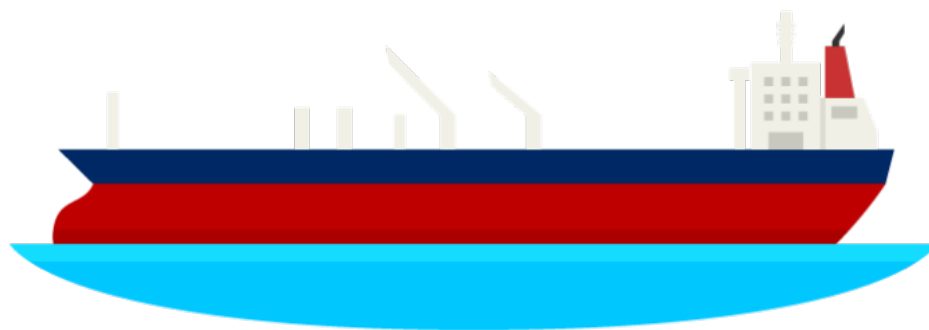
2024年10月10日

# 船底防汚物質の必要性

船の利用

物資の大量輸送、漁業など

⇒モーダルシフト（車での輸送距離削減）によるCO<sub>2</sub>排出削減や物流従事者の負担軽減として需要増加が見込まれる



その他の海洋の利用

臨海発電所、洋上風力発電、海水/海底ケーブル、漁網など

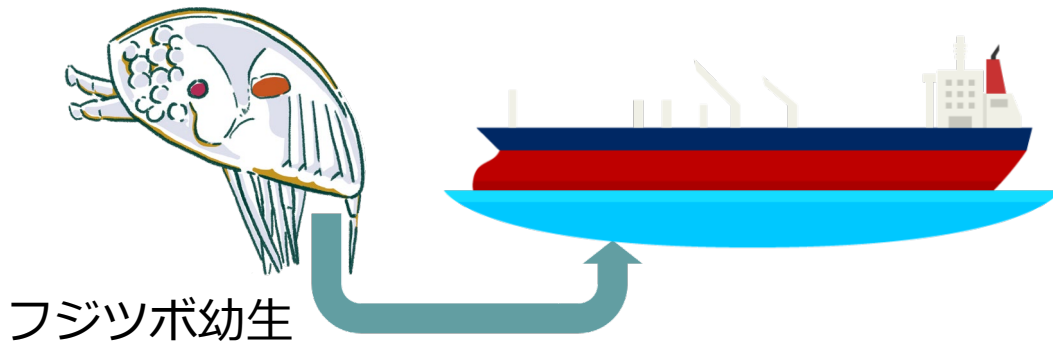
⇒船以外の海洋利用の増加も見込まれている

# 船底防汚物質の必要性

船の利用

物資の大量輸送、漁業など

⇒モーダルシフト（車での輸送距離削減）によるCO<sub>2</sub>排出削減や物流従事者の負担軽減として需要増加が見込まれる



**燃費悪化（最大40%ほど）**  
**発電所の冷却水システムの詰まり**  
**漁網の詰まり、などの機能低下**  
**メンテナンス費用の増加**



清掃後

# 船底防汚物質の必要性



これまでに使用され、禁止された船底防汚物質  
スズ化合物、水銀化合物、鉛化合物、ヒ素化合物  
DDT、PCB、イルガロール1051など

国際海事機関(IMO)

**「船舶の有害な防汚方法の規則に関する国際条約」**

→特に有害なものが使用禁止⇒代替品の開発が急務

# 従来技術とその問題点

\*タテジマフジツボの  
幼生に対する活性

値が小さいほど強い

化合物	半数有効濃度* EC <sub>50</sub> (µg/mL)	半数致死濃度* LC <sub>50</sub> (µg/mL)
CuSO <sub>4</sub>	0.29	2.10
Cu pyriithione	0.03	0.03
Zn pyriithione	0.02	0.02
Sea-nine 211	0.08	0.1

LC<sub>50</sub>/EC<sub>50</sub> > 15  
が一応の安全の目安  
(アメリカ海軍の指針)

## EC<sub>50</sub>とLC<sub>50</sub>について

50%の個体が付着しない（あるいは死亡する）濃度のこと

例えば、EC<sub>50</sub>が1 µg/mLの**A**と0.1 µg/mLの**B**では、0.1 µg/mLの**B**の方が強い付着阻害剤となる

# 従来技術とその問題点

\*タテジマフジツボの幼生に対する活性

値が小さいほど強い

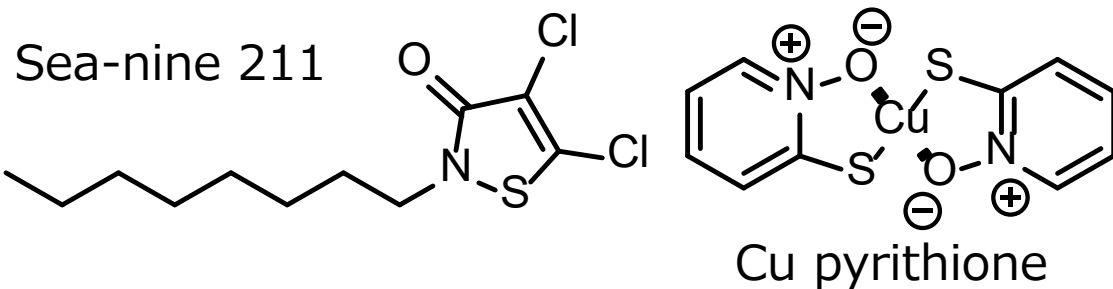
化合物	半数有効濃度* EC <sub>50</sub> (μg/mL)	半数致死濃度* LC <sub>50</sub> (μg/mL)
CuSO <sub>4</sub>	0.29	2.10
Cu pyrithione	0.03	0.03
Zn pyrithione	0.02	0.02
Sea-nine 211	0.08	0.1

生物殺生型  
Biocide



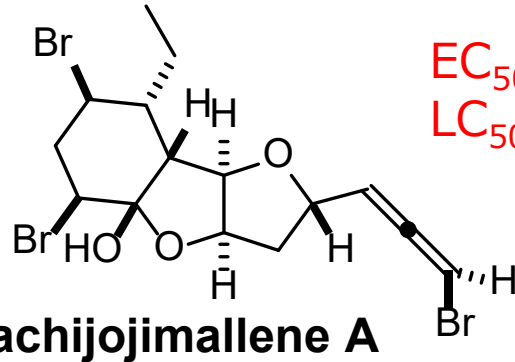
環境・生体に悪影響

使用禁止が議論されているものも



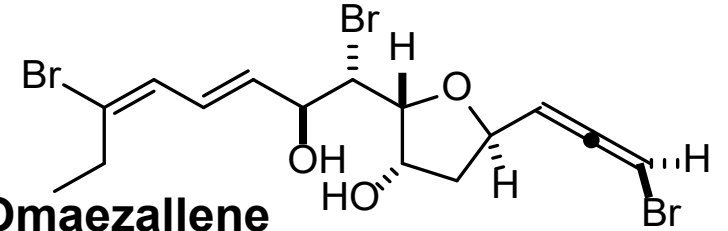
# 新技術の特徴・従来技術との比較

紅藻



$EC_{50} = 0.15 \mu\text{g/mL}$   
 $LC_{50} = 9.8 \mu\text{g/mL}$

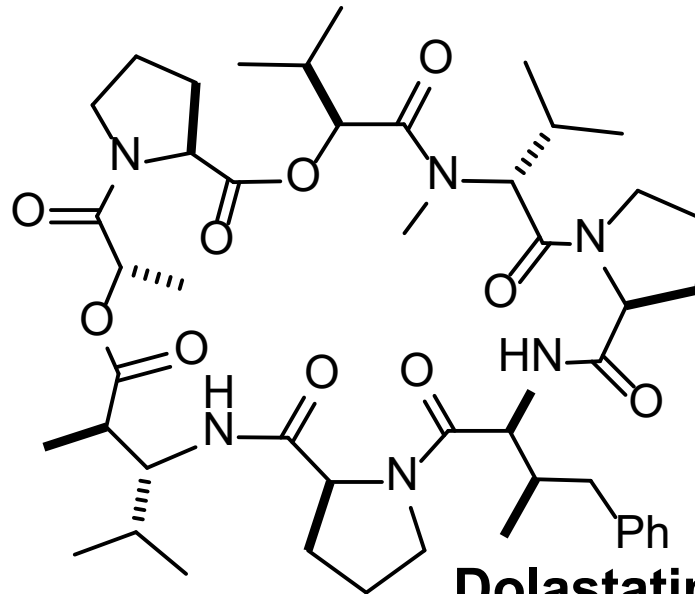
Hachijojimallene A



$EC_{50} = 0.22 \mu\text{g/mL}$   
 $LC_{50} = 4.8 \mu\text{g/mL}$

Omaezallene

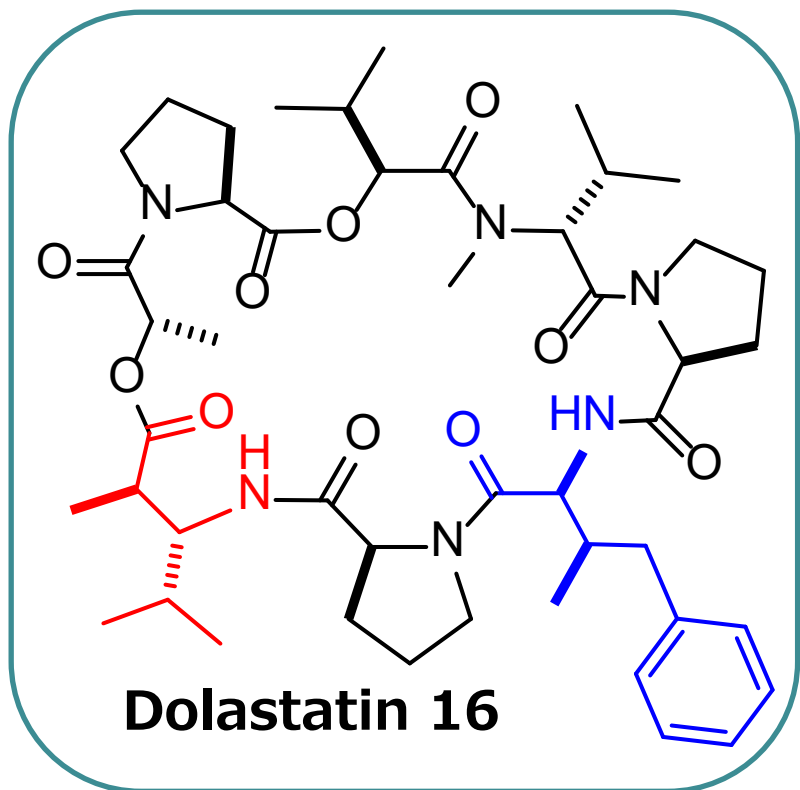
アメフラシ



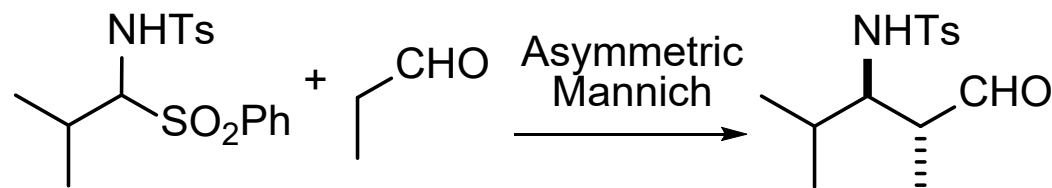
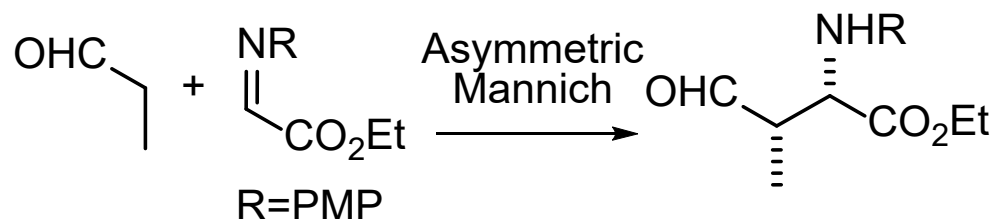
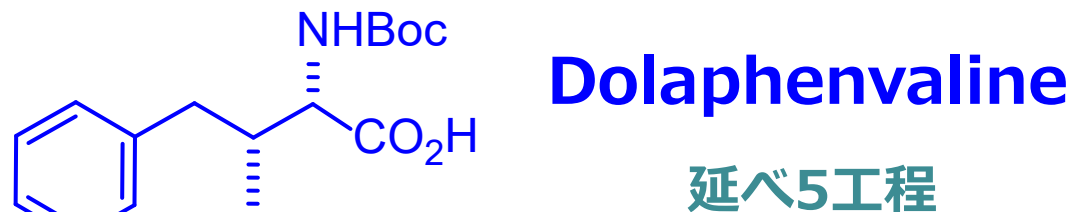
$EC_{50} = 0.003 \mu\text{g/mL}$   
 $LC_{50} = 20 \mu\text{g/mL}$

Dolastatin 16

# 新技術の特徴・従来技術との比較



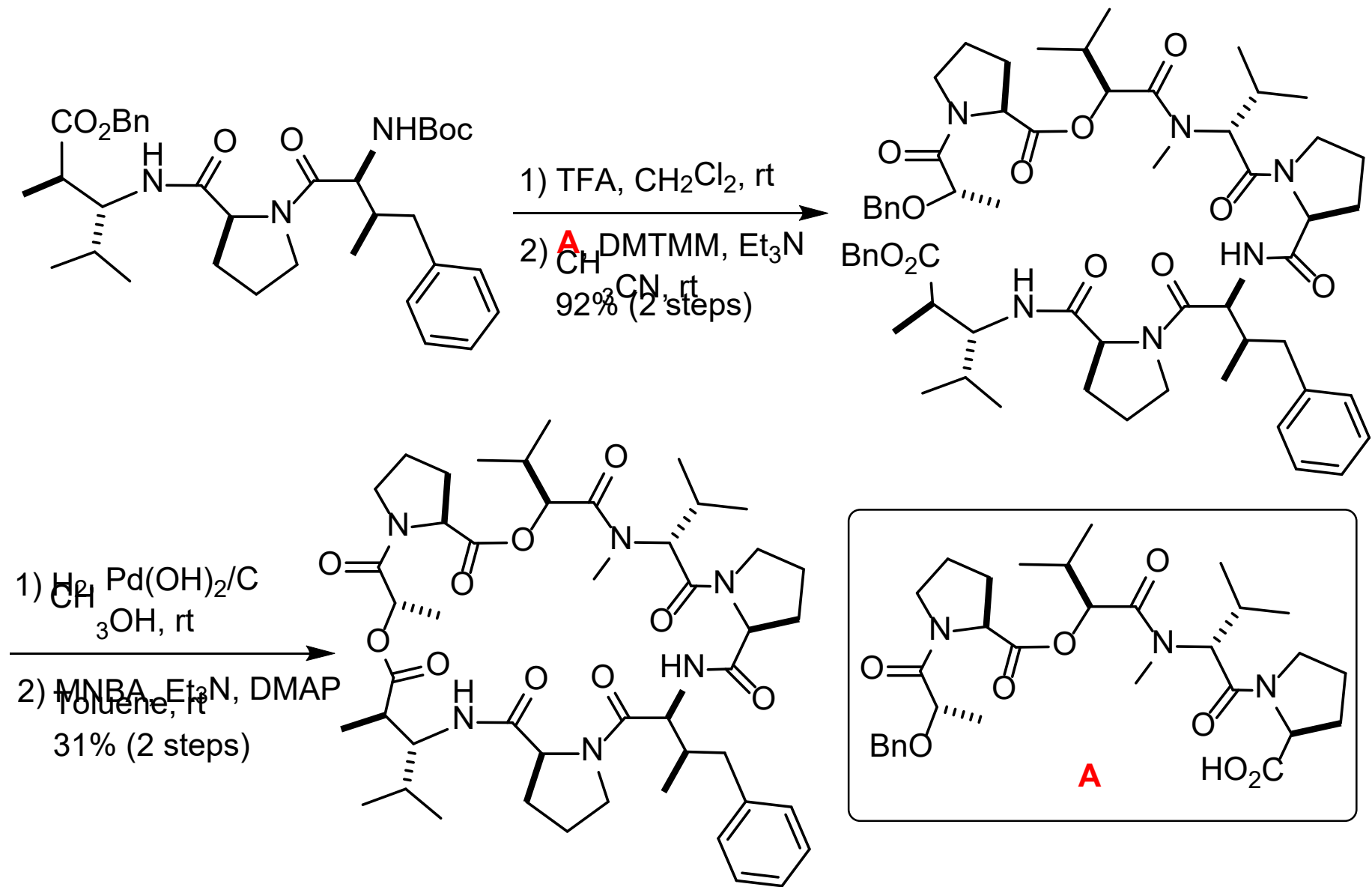
バリン、プロリン、乳酸  
そして異常アミノ酸を含む  
環状デプシペプチド



*Tetrahedron Lett.* **2015**, 56, 168.



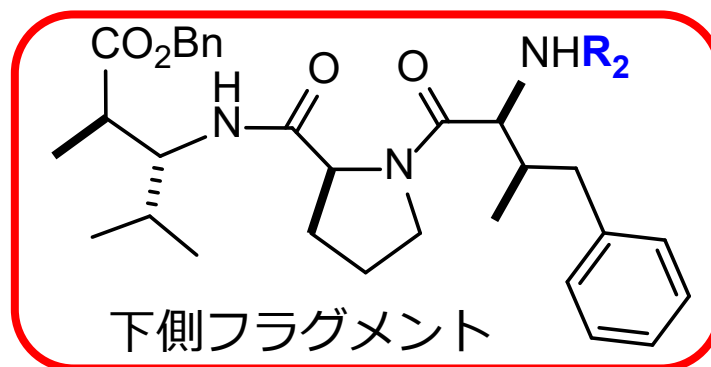
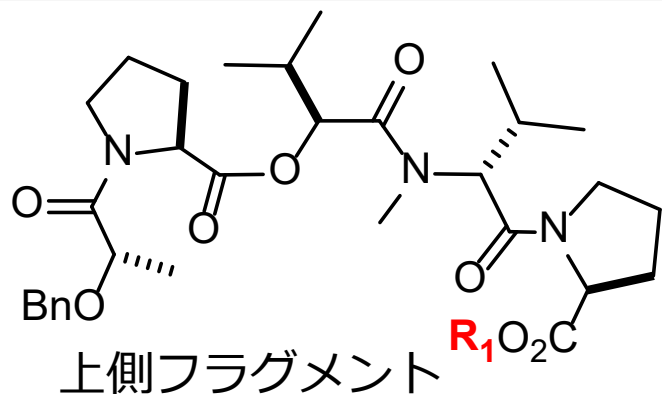
# 新技術の特徴・従来技術との比較



# 新技術の特徴・従来技術との比較

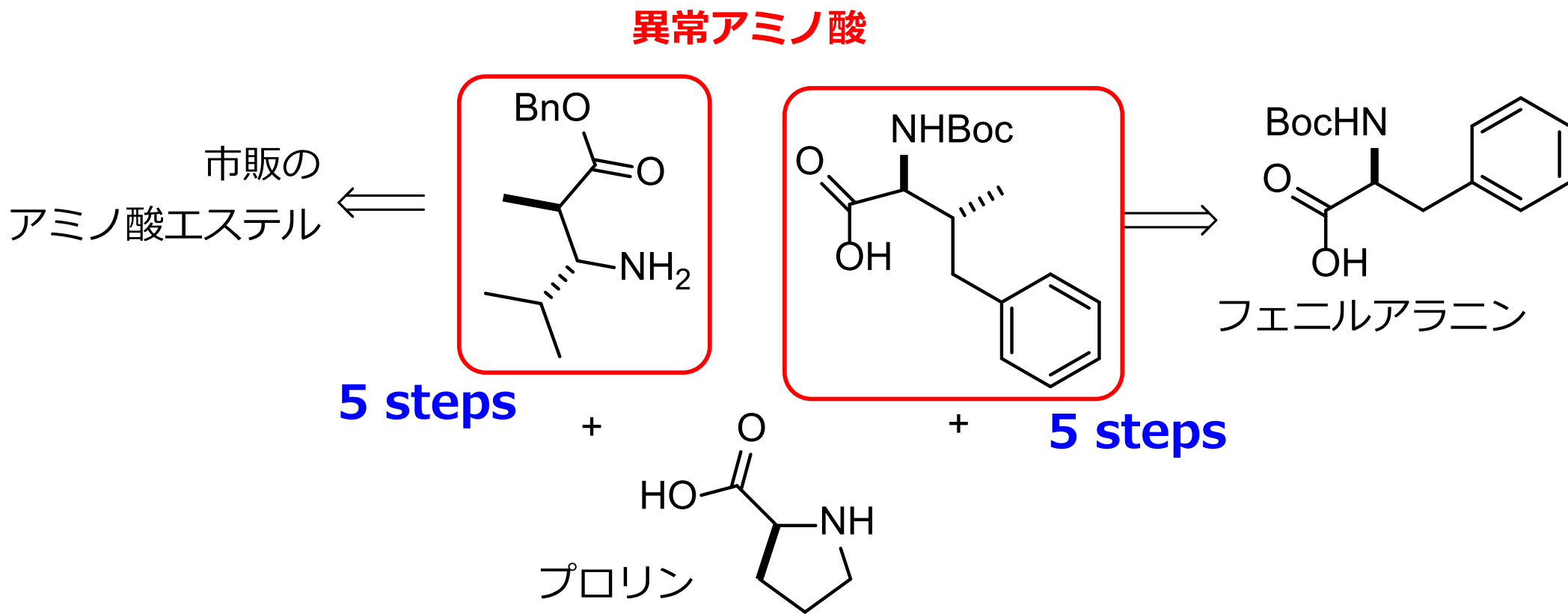
化合物	*付着阻害活性 EC <sub>50</sub> (μg/mL)	毒性 LC <sub>50</sub> (μg/mL)
天然品ドラスタチン16	0.003	20
合成品ドラスタチン16	< 0.03	> 10
上側フラグメント (R <sub>1</sub> = H)	> 10	> 10
下側フラグメント (R <sub>2</sub> = H)	1.6	> 10
上側フラグメント (R <sub>1</sub> = Bn)	0.90	> 10
下側フラグメント (R <sub>2</sub> = Boc)	0.79	> 10

\*タテジマフジツボの幼生に対する活性



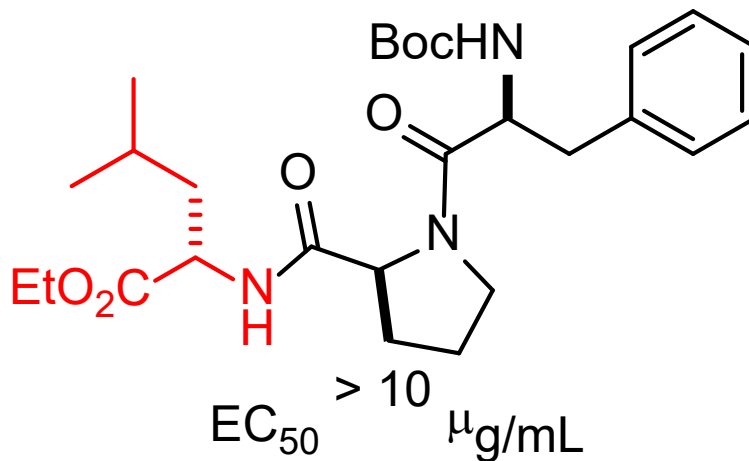
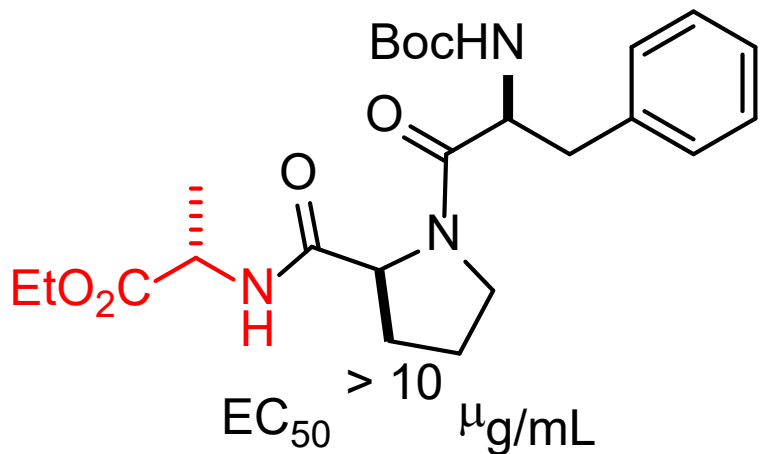
Mar. Drugs  
2022, 20, 124.

# 新技術の特徴・従来技術との比較

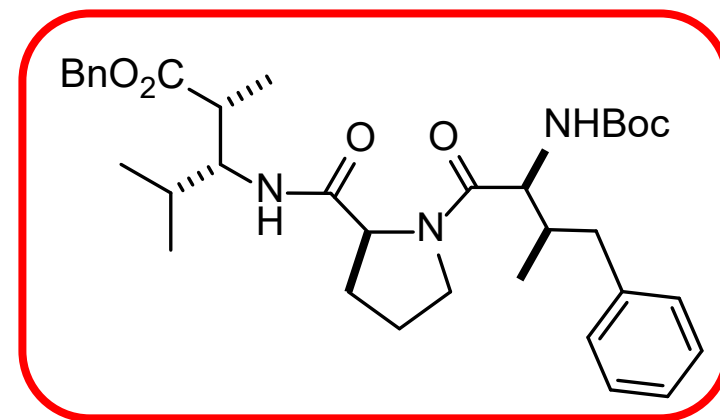
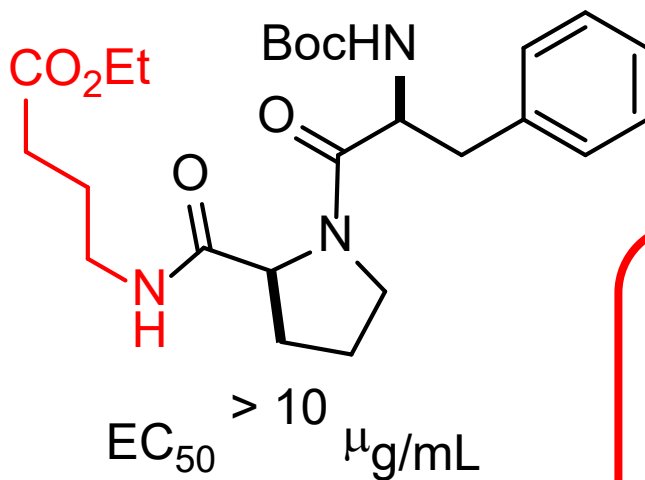
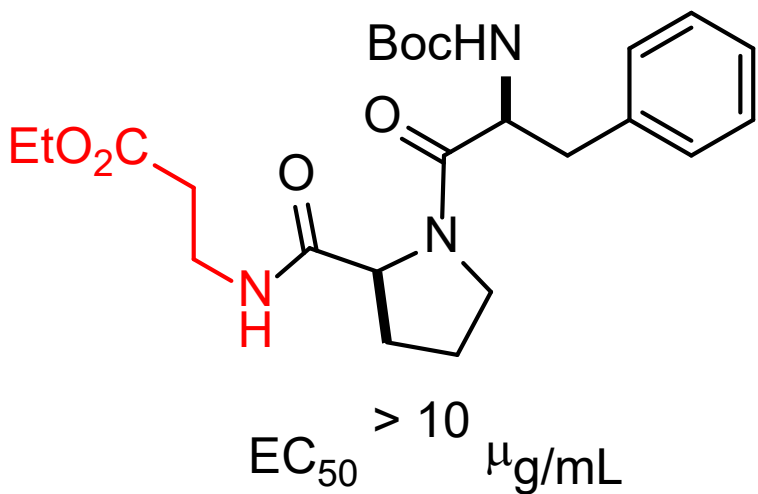


**安価・効率供給可能な付着阻害化合物の創出へ**

# 新技術の特徴・従来技術との比較

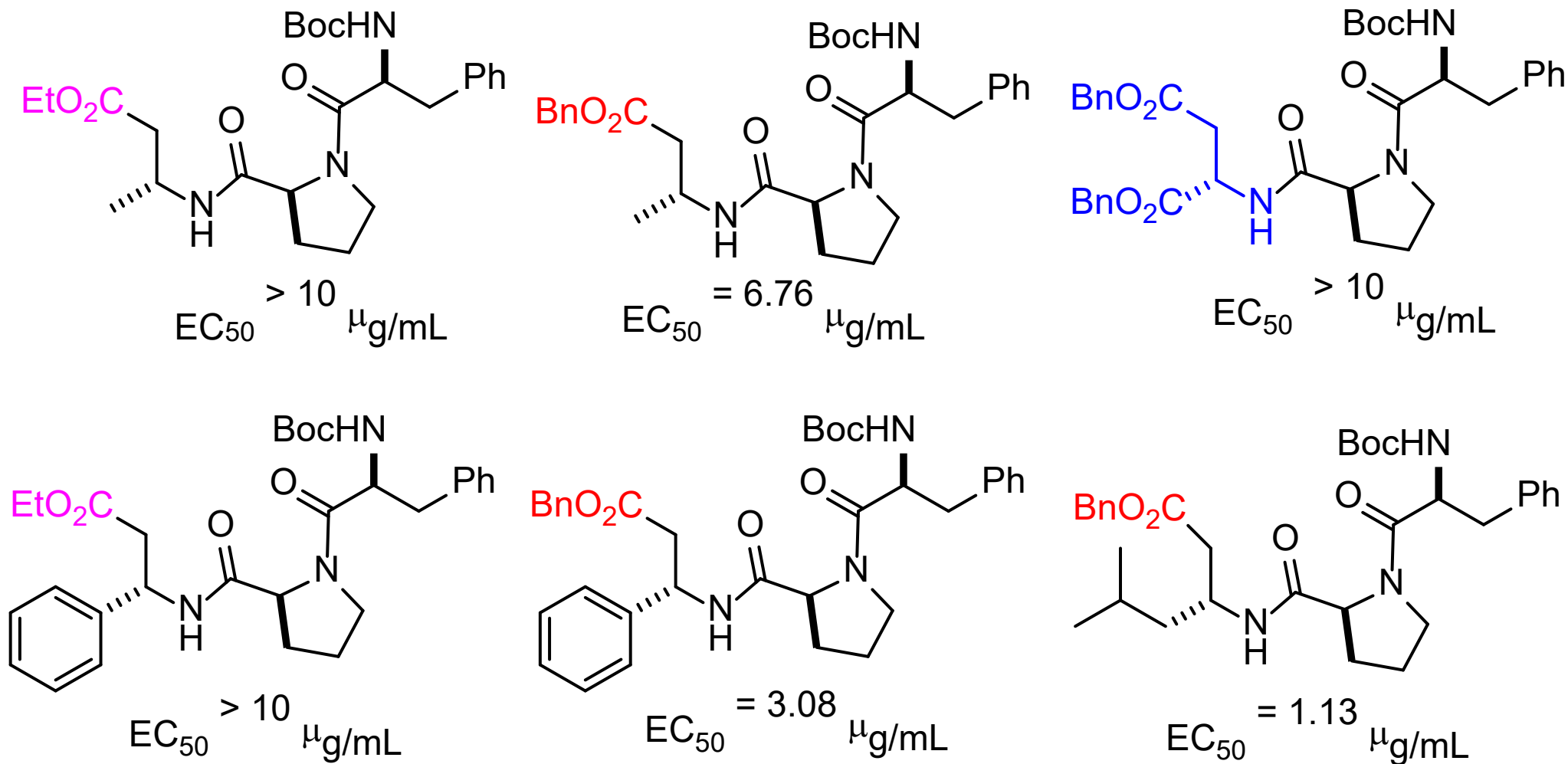


\*タデジマフジツボの  
幼生に対する活性



LC<sub>50</sub> > 10 μg/mL (全ての化合物)

# 新技術の特徴・従来技術との比較



\*タデジマフジツボの  
幼生に対する活性

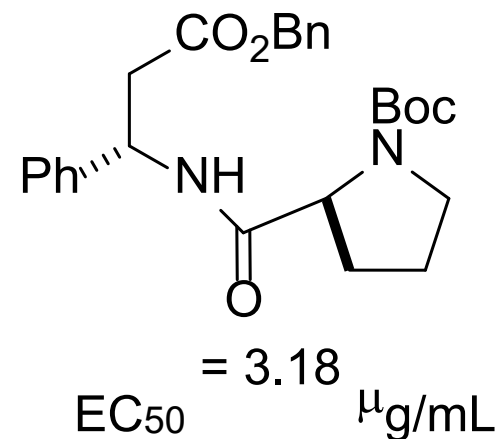
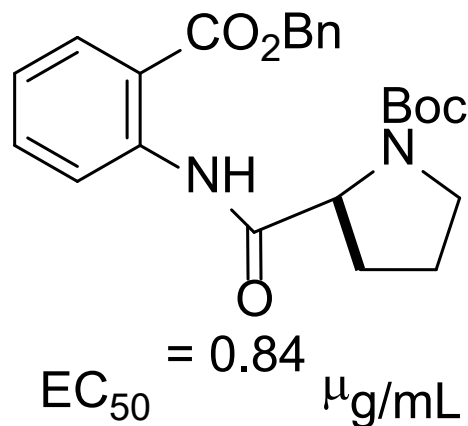
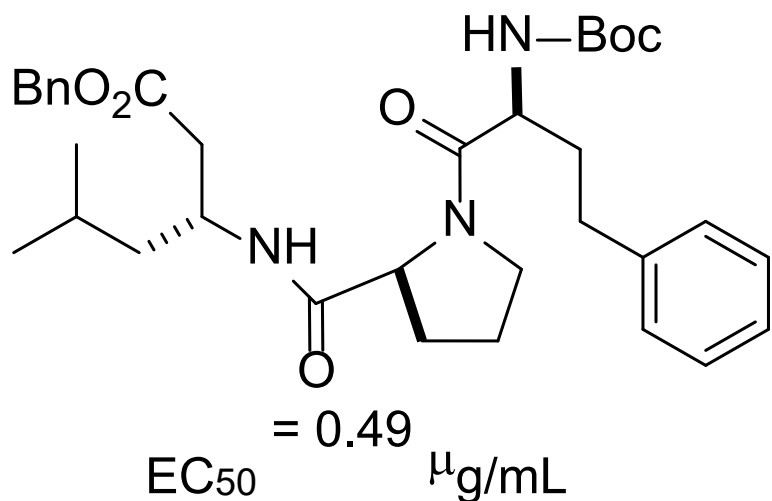
LC<sub>50</sub> > 10 μg/mL (全ての化合物)

ムラサキイガイに対する付着阻害活性  
58% (3 μg/mL), 83% (10 μg/mL)

出願番号：特願2023-174771

# 新技術の特徴・従来技術との比較

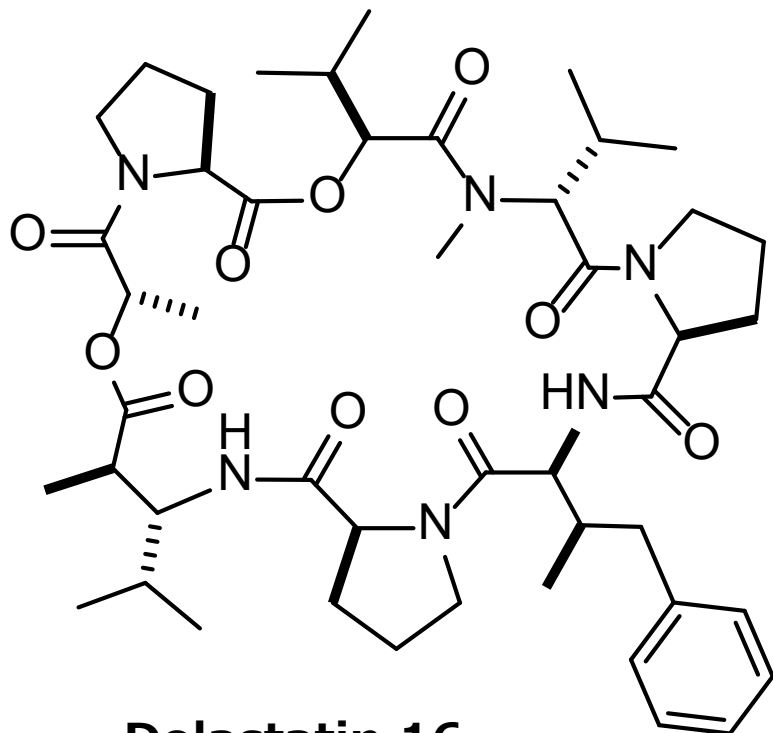
\*タテジマフジツボの  
幼生に対する活性



LC<sub>50</sub> > 10 μg/mL (全ての化合物)

出願番号：特願2023-174771

# 新技術の特徴・従来技術との比較

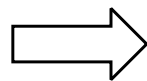


Dolastatin 16  
(36工程)

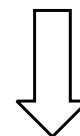
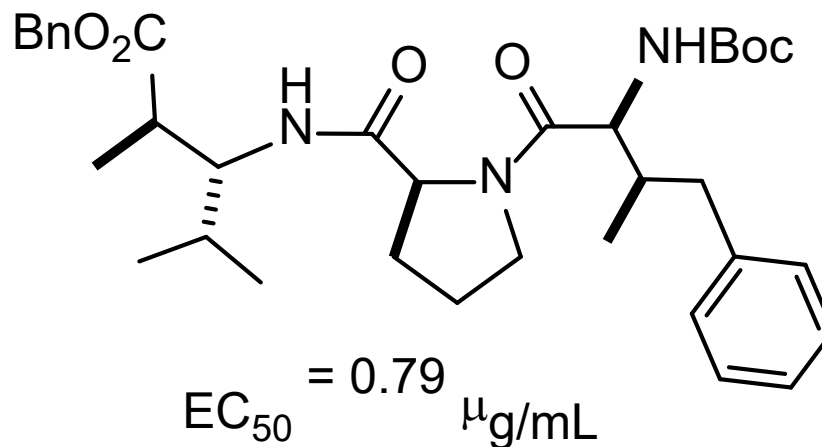
硫酸銅

$EC_{50} = 0.29 \mu\text{g/mL}$

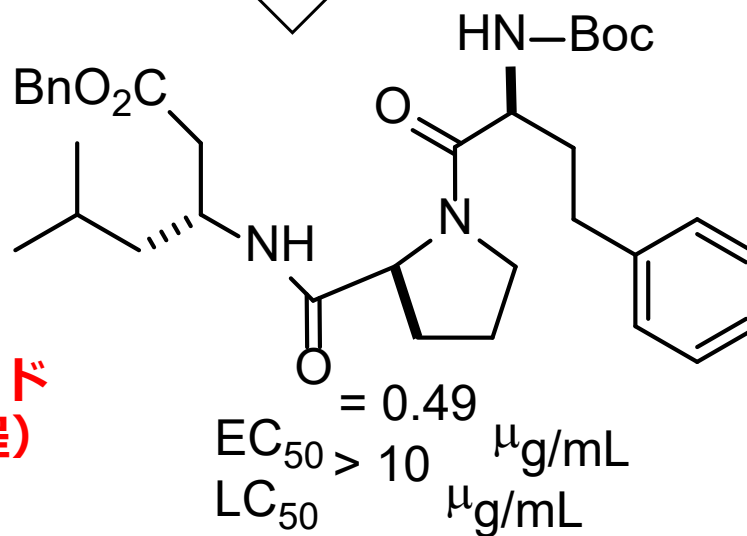
$LC_{50} = 2.10 \mu\text{g/mL}$



下側フラグメント  
(15工程)



トリペプチド  
(1~3工程)



## 想定される用途

- 新規の船底防汚塗料・部材
- 臨海発電所の冷却水系統、洋上風力発電、海水/海底ケーブル、
- 港湾施設、航路標識
- 漁網や浮子等の漁具



## 実用化に向けた課題

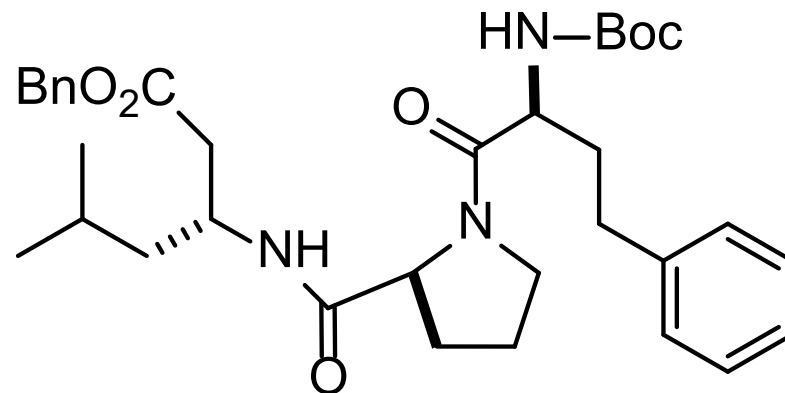
- モデル生物（海洋の魚類、甲殻類、藻類）に対する生態毒性の検討
- 構造最適化によるEC<sub>50</sub>値の改善
- 海洋環境中における耐久性、効果持続性、生分解性、残留性の確認
- 実海水中における浸漬防汚試験
- 工業的生産を視野に入れたペプチド合成のスケールアップ

# 企業への期待

- 本ペプチドを、環境にやさしい次世代船底防汚塗料（あるいは海洋構築物を対象）として開発。
- 既存のほとんどの船底防汚物質は生物に対して有害であるため、使用禁止となる可能性もある。私どもが想定していない海洋環境の改善に興味や技術を持つ企業との共同研究も希望。
- 洋上風力発電など海洋利用分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。
- 塗料化、塗料添加剤化を目的とした変性や組成物化の検討
- 海洋生物付着阻害性に関する実証検討

# 企業への貢献、PRポイント

- 船底防汚塗料への混入以外にも、塗料を構成する高分子材料との複合化や誘導体化も検討中。これにより塗料化への親和性向上と効果の持続性の制御が期待できる。
- 塗料化、塗料添加剤化を目的とした誘導体化の検討
- 工業化製造を視野に入れた製法検討のサポート



# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 海洋付着生物に対する付着阻害作用を有するオリゴペプチド
- 出願番号 : 特願2023-174771
- 出願人 : 国立大学法人北海道大学、  
一般財団法人電力中央研究所
- 発明者 : 梅澤 大樹、野方 靖行

# お問い合わせ先

**北海道大学 産学・地域協働推進機構**  
**産学協働マネージャー 栗橋 透**

**産学・地域協働推進機構 ワンストップ窓口**  
**<https://www.mcip.hokudai.ac.jp/about/onestop.html>**