

令和 7 年 11 月 11 日

報道機関各位

アコヤガイのへい死や低品質真珠形成を起こす 殻黒変病の原因細菌の全ゲノム配列を解読

■ ポイント

- ・ 殻黒変病の原因細菌（Pbs-1 株）の詳細な種を同定
- ・ 養殖魚介類の滑走細菌症^{*1)}の臨床症状にシデロフォア^{*2)}合成遺伝子の有無が影響する可能性
- ・ Pbs-1 株が産生するシデロフォア活性は 15℃で大きく減少

■ 概要

富山大学学術研究部理学系の酒徳昭宏講師のグループは、真珠形成母貝アコヤガイのへい死や低品質真珠形成を起こす殻黒変病の原因細菌（Pbs-1 株）の全ゲノム配列を解読することに成功しました。そしてこの配列を用いて、Pbs-1 株の詳細な種が同定されました。また、他の養殖魚介類に滑走細菌症を引き起こす近縁種の全ゲノム配列も用いて、病原因子の 1 つと推定されているシデロフォア関連遺伝子を網羅的に検出したところ、Pbs-1 株を含む多くの *Tenacibaculum* 株はシデロフォア合成遺伝子を保持していましたが、いくつかの *Tenacibaculum* 株は保持していませんでした。このようなシデロフォア合成遺伝子の存在の違いが、滑走細菌症の臨床症状に影響する可能性が示唆されました。一方で、様々な条件下で Pbs-1 株を培養した際のシデロフォア活性を測定したところ、15℃以下では大きく減少することが明らかになりました。本研究成果は、殻黒変病の全容解明、予防や対策戦略を考える上で重要な知見になることが期待されます。

本研究成果は、「*Aquaculture*」に 2025 年 11 月 4 日（火）（日本時間）に掲載されました。

■ 研究の背景

日本は真珠養殖発祥の地であり、日本産アコヤ真珠は世界的にも非常に高く評価されています。そのため、2016 年には真珠振興法が国会で成立し、真珠産業が今後も健全に発展していくことを国として強く推進しているとともに、「農林水産物・食品の輸出拡大実行戦略」において、輸出拡大を目指す 27 品目の重点品目の 1 つに挙げられ、その輸出額を 472 億円（2030 年目標）へと増加させることも掲げられています。しかしながら、安定した養殖生産を阻害し、養殖技術の継承すら危ういものとする感染症がいくつか報告されています。その 1 つに、1967 年に初報告され、未だ解決には至っていない殻黒変病があります。本疾病の重症個体はへい死し、軽症個体でも抱えている真珠に黒変様のシミが形成され、低品質真珠（ドクズ珠）となり、商品価値が著しく低下します（図 1）。こうした状況の中

で、本疾病が細菌感染症（原因菌：*Tenacibaculum* sp. Pbs-1 株）であることを、当研究グループによる 2018 年の研究成果で明らかにしました。その後、本疾病の全容解明や予防・対策法を確立するためにも、本原因細菌や本疾病に関する新たな知見が求められていました。



図 1. 殻黒変病によりへい死したアコヤガイの殻と低品質真珠ドクズ珠。

■研究の内容・成果

本研究では、真珠形成母貝アコヤガイのへい死や低品質真珠形成を起こす殻黒変病の原因細菌 *Tenacibaculum* sp. Pbs-1 株の全ゲノム配列を解読しました。Pbs-1 株のゲノムは 3,355,984 bp から成り、その中に 3,459 のタンパク質をコードする配列が見出されました。さらに、全ゲノム配列が明らかとなっている他の *Tenacibaculum* 属細菌 17 株の全ゲノム配列データも用いて、average nucleotide identity (ANI) 解析と *in silico* DNA-DNA hybridization (*is*DDH) 解析を行うことで、Pbs-1 株の種の同定を行った結果、Pbs-1 株は *T. mesophilum* であることが明らかになりました（図 2、ANI: 98%, *is*DDH: 82%）。しかしながら、Pbs-1 株のゲノム配列中には既知の *T. mesophilum* 株のゲノム配列と比較して大きな逆位が存在しており、Pbs-1 株が新しい宿主としてアコヤガイに感染可能となるように、*T. mesophilum* 既知株から進化した可能性も示唆されました（図 3）。

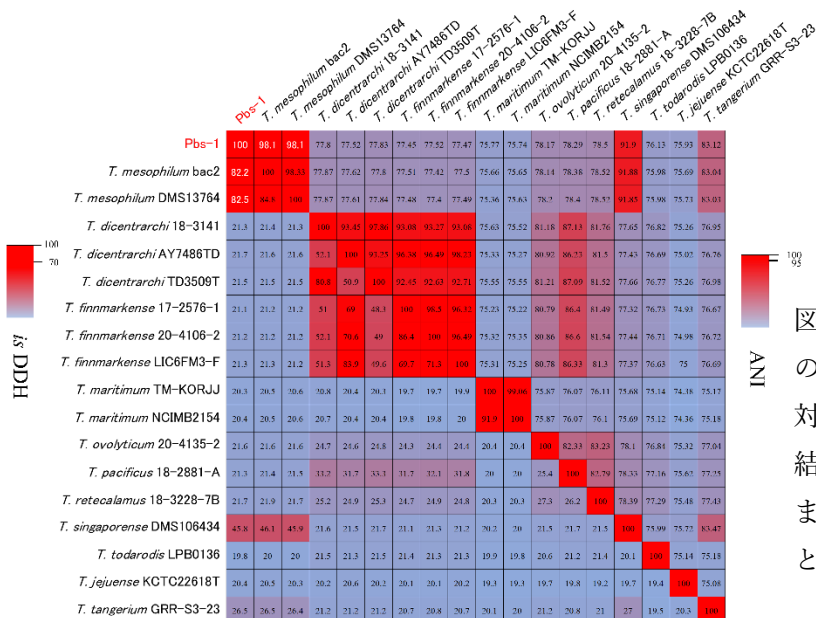


図 2. Pbs-1 株を含む近縁種 18 株の ANI と *is*DDH。ANI の結果は対角線の上に表示され、*is*DDH の結果は対角線の下に表示されています。Pbs-1 株は、*T. mesophilum* と同種と判定された。

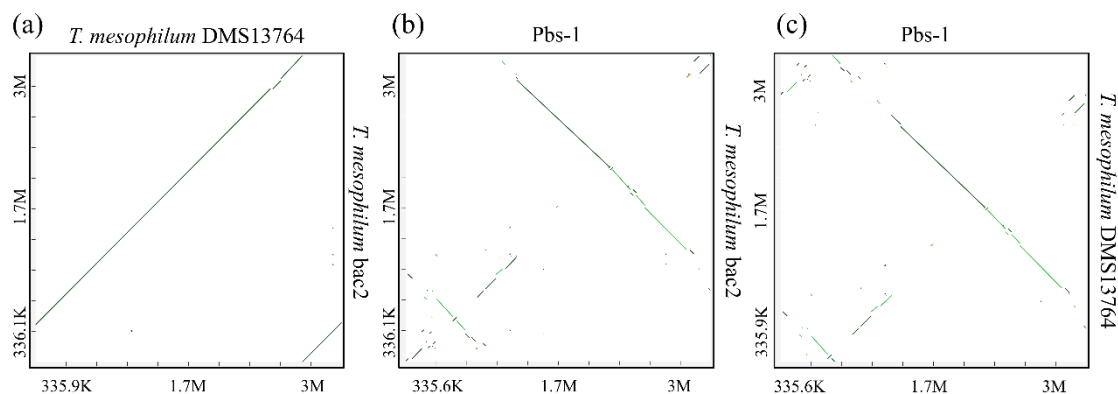


図 3. *Tenacibaculum mesophilum* 3 株のドットプロット解析。(a) *T. mesophilum* DMS13764 vs *T. mesophilum* bac2; (b) Pbs-1 vs *T. mesophilum* bac2; (c) Pbs-1 vs *T. mesophilum* DMS13764。Pbs-1 株は、既知の *T. mesophilum* 株のゲノム配列と比較して大きな逆位が存在していた。

Tenacibaculum 属細菌は、様々な有用魚介類に滑走細菌症を引き起こす細菌として知られており、その病原因子の1つとしてシデロフォアが推定されています。そこで、Pbs-1 株を含む全 18 株の全ゲノム配列からシデロフォア関連遺伝子を網羅的に検出し、比較した結果、Pbs-1 株を含む多くの *Tenacibaculum* 株はシデロフォア合成遺伝子を保持していましたが、いくつかの *Tenacibaculum* 株は保持していませんでした。このようなシデロフォア合成遺伝子の存在の違いが、滑走細菌症の臨床症状に影響を与える可能性が示唆されました。今後は、それぞれの株で感染実験を行い、疾患症状の発生と重症度を調べることで、実験的な証拠を得ていく必要があります。

一方で、Pbs-1 株のシデロフォア活性は、低塩分濃度での培養によってわずかに、低温（15°C 以下）あるいは 37°C での培養によって大きく減少しました。これらの結果から、養殖工程中に低塩分と低温を組み合わせた低塩分・低温処理を行うことで、アコヤガイの健康と真珠の品質をさらに向上できる可能性が示唆されました。

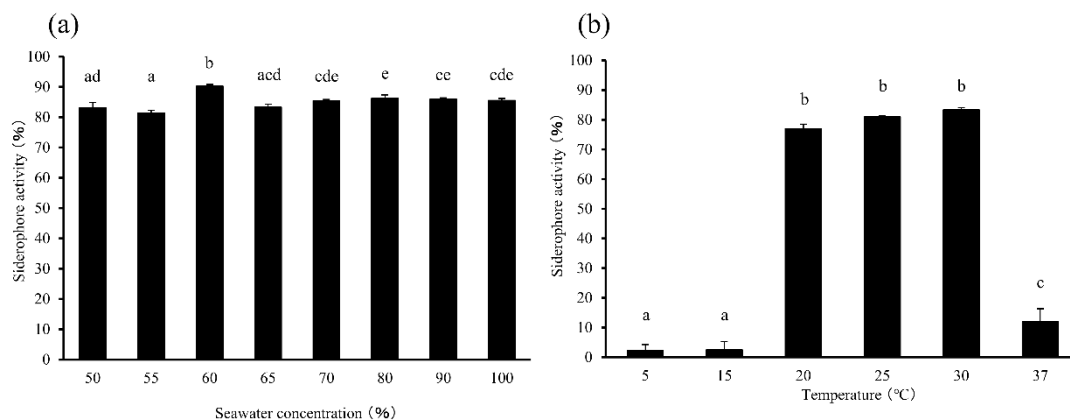


図 4. 異なった条件下での Pbs-1 株のシデロフォア活性。(a) 海水濃度の影響, (b) 温度の影響。

■今後の展開

今後は、本研究により明らかになった 3,459 のタンパク質をコードする配列から、病原性（感染、侵入、定着、毒性、防御機構への抵抗などに関わる）遺伝子を網羅的に検出し、それらの特性を詳細に解析することで、細菌の感染メカニズムや病気の発症メカニズムの解明など、殻黒変病の全容解明に向けた研究を展開していきます。また、それらの特徴を蓄積することで、殻黒変病の予防的措置や疾病予測にもつながることが期待されます。

【用語解説】

※1) 滑走細菌症

Tenacibaculum 属（主に *Tenacibaculum maritimum*）によって引き起こされる魚類の細菌性疾患。アトランティックサーモンやニジマスなど様々な養殖魚で発生しており、世界中で拡大しています。

※2) シデロフォア

シデロフォアとは、微生物が鉄分の不足した環境下で産生する、鉄（III）イオンと強力に結合するキレート剤。病原菌による感染症と関連する可能性が示唆されています。

【論文詳細】

論文名：

The complete genome sequence of *Tenacibaculum* sp. isolate Pbs-1, the bacterial strain causing black-spot shell disease in pearl oyster, and characterization of its siderophore as a putative pathogenic factor

著者：

Akihiro Sakatoku, Takaya Suzuki, Kaito Hatano, Haku Akine, Juan Liu, Suphachai Tharavecharak, Daisuke Tanaka, Shogo Nakamura, Tadashi Isshiki, Ryo Orita, Nobuo Suzuki

掲載誌：

Aquaculture

DOI：

<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2025.743387>

【本発表資料のお問い合わせ先】

富山大学学術研究部理学系

講師 酒徳昭宏

TEL : 076-445-6674 Email : sakatoku@sci.u-toyama.ac.jp