

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	土屋 雄揮 (つちや ゆうき)
○学位の種類	博士 (理学)
○授与番号	甲 第 770 号
○授与年月日	2011 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	ヨシ表面に形成されたバイオフィーム内の栄養塩濃度および細菌群集構造の季節変動
○審査委員	(主査) 森崎 久雄 (立命館大学生命科学部教授) 久保 幹 (立命館大学生命科学部教授) 若山 守 (立命館大学生命科学部教授)

<論文の内容の要旨>

琵琶湖北湖・南湖に定点を設け、ヨシ群落中のヨシ茎表面に形成されるバイオフィーム (BF) に関し、間隙水中の栄養塩濃度および細菌群集構造を数年にわたり解析した。

BF 内の栄養塩濃度は湖水中の数百～千倍高く、かつ両者の濃度は同じ季節変動パターン (冬高く、夏低い) を示した。BF を構成するポリマーが正負の両荷電を持ち、静電的に栄養塩 (NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{3-}) を湖水中から BF 内に濃縮していると推測された。また、BF 内では湖水中より N/P 比が小さかった。BF 内での微生物活性により、N の消費速度が大きい (脱窒などによる) ことが考えられた。

BF 内の細菌群集構造は、季節や年に関わらず湖水中とは異なっていた。BF 内の高い栄養塩濃度下で細菌が選択的に増殖し、湖水中とは異なる群集構造が形成されると推測された。

細菌群集構造は湖水中では年が異なっても同じ季節では似ていたのに対し、BF 内では同じ季節でも年によって異なっていた。湖水中では、環境因子 (水温や D.O. 等) や栄養塩濃度の季節変動に対応して群集構造が変動していると推測された。一方、BF 内では、初夏にヨシが生え替わる際、年によって異なる細菌群がヨシの新芽表面に付着し、BF が形成され、以後の細菌群集構造が決定されると考えられた。但し、BF 内からは、季節や年に関わらず *Bacillus* 属、*Paenibacillus* 属に類似する細菌が検出され、これらの細菌が BF の機能に重要な役割を果たしている可能性が示唆された。

以上の結果より、BF 内の細菌群集構造は特徴的な変動をするが、同じ種類の細菌によって同じポリマーが生産されるか、あるいは細菌の種類が違っても同じ特性 (例えばイオン濃縮

能) を有するポリマーが生産されることで BF の特性が保たれ、それにより、BF 内の高い栄養塩濃度が維持されていると推論された。

<論文審査の結果の要旨>

本論文はバイオフィーム (BF) の構成成分である微生物・細胞外ポリマー・ポリマー間の間隙水を一体として捉え、各成分の特徴ばかりでなく成分間の関連性も視野にいれ、ヨシ茎表面に形成される BF に関し研究を展開したもので、以下の点において評価できる。

1. BF 間隙水中の栄養塩濃度が周囲湖水に比べ、数百倍～千倍も高いことを初めて明らかにした。BF ポリマーの荷電特性 (正負の両荷電を有する) から、静電的相互作用により周囲湖水から BF 中へのイオン濃縮を推測しており、BF 内の微視的環境を形成するメカニズムの解明に資する知見を得たと言える。
2. BF と湖水で栄養塩濃度が同期して季節変動していること、また BF 内の N/P 比が湖水中と大きく異なることを見いだした。静電的相互作用によるイオン濃縮に加え、微生物活性 (脱窒など) により BF 内の微視的環境が形成されていく側面を明らかにしている。
3. 細菌群集構造の季節変動を複数年にわたり解析し、湖水と BF で変動パターンが全く異なることを初めて明らかにし、その要因についても考察を深めている。湖水では年が異なっても同一季節では群集構造が類似しているのに対し、BF では年が異なれば同一季節でも群集構造が異なることを見いだしている。湖水中の細菌群集構造が周囲の環境因子により決まるのに対し、BF では毎年初夏に生え替わるヨシ茎に付着してくる細菌群がその後の群集構造を決める主要因と推測しており、自然環境中の BF 形成に関する新たな視点を提示する成果と言える。
4. 群集構造が変動するものの、*Bacillus* 属、*Paenibacillus* 属に類似の細菌が BF 内に季節・年に関わらず認められることを明らかにしている。これら細菌は細胞外ポリマー生産能、孢子形成能を有しており、BF 形成に重要な役割を果たしている可能性を示している。

本論文の審査に関して、2011 年 7 月 29 日 (金) 13 時 00 分～14 時 15 分、生命科学部・薬学部演習室 1 において公聴会を開催し、申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者土屋雄揮氏に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、遺伝子解析法、栄養塩の濃縮機構、群集構造変遷の主要因などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、本論文提出者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文提出者は、本学学位規程第 18 条第 1 項該当者であり、論文内容および公聴会での

質疑応答を通して、本論文提出者が十分な学識を有し、課程博士学位に相応しい学力を有していることを確認した。

以上の諸点を総合し、本論文提出者に対し、「博士（理学 立命館大学）」の学位を授与することを適当と判断する。