

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	ANDI KURNIAWAN (あんでい くるにあわん)
○学位の種類	博士 (理学)
○授与番号	甲 第926号
○授与年月日	2013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	Studies on Ion Adsorption-Desorption Characteristics of Biofilm Matrices (バイオフィルムマトリックスにおけるイオンの吸脱着特性に関する研究)
○審査委員	(主査) 森崎 久雄 (立命館大学生命科学部教授) 笠原 賢洋 (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>

バイオフィルムは、外部の環境から種々のイオンを取り込み、それらを内部に保持している。この能力は、「微生物の棲みか」であるバイオフィルムの、栄養の循環や微生物の多様性の保持といった様々な機能に深く関与している。本研究では、バイオフィルムの形成過程における内部の栄養塩イオン濃度の経時変化、バイオフィルムマトリックスのイオン吸脱着特性およびイオンの吸脱着メカニズム、について解析した。

バイオフィルムの形成は比較的速く進み、そのバイオマスは、わずか1週間程度で成熟したバイオフィルムと同程度にまで増加していた。その間に、バイオフィルム内部の栄養塩濃度が、周辺湖水に比べて数百から数千倍の濃度にまで上昇していた。正負の両荷電を持つバイオフィルムポリマーとイオンとの間の静電的な相互作用およびイオン交換メカニズムにより、イオンがマトリックス内に取り込まれるために、バイオフィルム内が高い栄養塩濃度になっていると考えられた。

バイオフィルムに取り込まれたイオンはマトリックス内の2つの領域；「ポリマー間の空間」と「ポリマー上の帯電箇所」に保持されていることが考えられた。このとき、イオンとポリマー上の帯電箇所との静電的相互作用の強さによって、イオンの保持されやすさが決まっていると推測された。イオンとポリマー上の帯電箇所との静電的相互作用が強いほど、そのイオンのバイオフィルムマトリックスからの脱着が抑制されていると推測された。

<論文審査の結果の要旨>

本論文はバイオフィーム (BF) の内部環境に着目し、BF 内の種々のイオンの濃度、BF へのイオンの取り込みおよび BF からのイオンの脱離の特性を解析し、さらにイオンの吸脱着メカニズムの解明を目指したものである。解析の困難な自然環境中で形成された BF に関し研究を展開しており、以下の点において評価できる。

1. BF 形成過程の初期段階から、BF 内部の栄養塩イオン濃度が周囲の数百倍～数千倍も高く、BF ポリマー (正負の両荷電を有する) と周辺湖水中のイオンとの静電的相互作用によるイオン濃縮が BF 形成の重要な因子であることを明らかにしている。
2. BF への各種イオンの吸着挙動をイオン交換樹脂と対比させながら詳細に解析し、BF ポリマー上の帯電箇所へのイオン吸着・交換というイオン交換樹脂と同様のメカニズム以外に、BF ポリマー間の空間にもイオンが保持され得るという知見を得ている。BF の持つ新たな特性を明らかにした成果と言える。
3. BF からの各種イオンの脱離パターンを解析し、イオンの電荷密度が小さいほどそのイオンは BF に保持されにくく、逆にイオンの電荷密度が大きいほど BF に強く保持されるという明確な関連性を明らかにしている。さらに、球形のイオンに比べ、非球形のイオンが BF 内部に保持されやすいことも見いだしている。イオンの電荷密度またイオンの形状がポリマー上の帯電箇所とイオン間の静電的相互作用の強さを決定する因子であることを明らかにし、BF 内部と外部環境との動的なイオンの交換を論じる基盤を与える成果と言える。

本論文の審査に関して、2013 年 7 月 29 日 (月) 16 時 20 分～17 時 55 分、イーストウイング 6 階生命科学部・薬学部演習室 1 において公聴会を開催し、学位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 Andi Kurniawan 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、バイオフィーム形成と微生物群集構造との関連、バイオフィームポリマー中の官能基と荷電特性との関連、バイオフィーム内の静電的相互作用を決定する因子の一般性、生物学的意義などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位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、学位申請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。

学位申請者は、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、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士 (理学 立命館大学)」の学位を授与することが適当であると判断する。