

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 農 学 ）	氏名	矢野 諒子
学位授与の要件	学位規則第4条第①・2項該当		
<p>論 文 題 目</p> <p>瀬戸内海における貧栄養化と強光ストレスの組み合わせが代表的な植物プランクトン種に及ぼす影響に関する研究 (Study on the combination effect of oligotrophication and high light stress in the Seto Inland Sea influencing on representative phytoplankton species)</p>			
<p>論文審査担当者</p> <p>主 査 教 授 小 池 一 彦 審査委員 教 授 長 沼 毅 審査委員 准教授 長 岡 俊 徳 審査委員 助 教 富 永 淳</p>			
<p>[論文審査の要旨]</p> <p>近年、瀬戸内海では水質環境が大きく変化し、かつての富栄養化状態から現在は貧栄養状態にあるとされる。その結果、基礎生産低下による漁業生産の減少が指摘されている。代表的な基礎生産者の構成、すなわち瀬戸内海に優占する珪藻種も大きく変化し、かつての <i>Skeletonema</i> 属から、より貧栄養に適応する <i>Chaetoceros</i> 属が増加傾向にある。後者は捕食者の動物プランクトンにとって好適な餌料ではなく、この点も瀬戸内海の漁業生産の低下に関連する。貧栄養化に伴い有害赤潮による漁業被害額は減少したものの、有害ラフィド藻の <i>Chattonella</i> 属の赤潮発生件数はむしろ増加傾向にある。</p> <p>本論文では、上記の珪藻構成種の遷移と <i>Chattonella</i> 属の赤潮化には、これまで見過ごされてきた環境変化が関係しているとの想定の下、近年の大気清澄化や夏季の日射量の増大による強光イベントの増加が影響を及ぼしているとの仮説を立証したものである。全 5 章から構成されている。</p> <p>第 1 章では、富栄養化したかつての瀬戸内海の状態と、その対策としての瀬戸内海環境保全特別措置法の制定、その結果としての近年の貧栄養化に至る経緯が述べられている。また、基礎生産者として重要な珪藻類の構成の変化や、依然として頻発する <i>Chattonella</i> 属赤潮には、近年の大気清澄化や夏季の日射量の増大による強光イベントの増加が影響を及ぼしているとの仮説が、一般的な植物の光阻害メカニズム（栄養欠乏＋強光で加速）を引用し提唱されている。</p> <p>第 2 章では、光阻害の防御機構として重要な非光化学消光（Non-photochemical quenching; NPQ）に着目し、窒素およびリン制限状態にある珪藻（<i>Skeletonema costatum</i>, <i>Chaetoceros lorenzianus</i>）、ラフィド藻（<i>Chattonella antiqua</i>）の強光下・適光下での反応を調べている。その結果、近年出現が減少している珪藻 <i>S. costatum</i> は NPQ を積極的に誘導しつつも特にリン制限下での光阻害を大きく受けること、珪藻 <i>C. lorenzianus</i> も同様に光阻害を受けるが、リンの再供給によるリカバリーが速いこと、ラフィド藻 <i>C. antiqua</i> は栄養制限に関係無く、短時間の強光では NPQ を誘導せず、光阻害を受けずに強い光を利用可能であることが示されている。</p>			

第3章では上記の光阻害の特性において特に対照的だった珪藻 *S. costatum* とラフィド藻 *C. antiqua* に関して、NPQ 誘導に関わる分子生物学的なアプローチが取られている。NPQ 誘導に深く関わる *Lhcx* タンパク質を両種において同定するために、RNA-seq のトランスクリプトーム解析が行われ、前者珪藻において6つが、後者ラフィド藻において5つの *Lhcx* 遺伝子が同定され、それぞれの遺伝子に対して定量PCR 解析用のプライマーが設計されている。また、*Lhcx* 同様にNPQ 誘導に深く関わるキサントフィルサイクルの色素定量の結果、前者珪藻は不等毛植物門に一般的なジアジノキサントフィレンサイクソン(Dd-Dt サイクル)を、後者はDd-Dt サイクルに加え陸上植物に一般的なバイオラキサントフィレンサイクソン(VAZ サイクル)を持つことが確認されている。

第3章の結果を踏まえ、続く第4章では、栄養制限状態にした珪藻 *S. costatum* とラフィド藻 *C. antiqua* に対して、適光照射・強光照射のタイムコース実験を行い、キサントフィルサイクルと *Lhcx* 遺伝子の発現解析が行われている。その結果、光阻害を受けやすく、そのために高いNPQ 誘導が必要な珪藻 *S. costatum* においては、強光下においてDd-Dt サイクルの積極的な脱エポキシ化(=NPQ 誘導に必要)と幾つかの *Lhcx* 遺伝子の高い発現がみられた。その一方、栄養制限によってDd-Dt サイクル全体の色素量が低下し、NPQ 発現が不十分であることが示唆された。ラフィド藻 *Chattonella* においては *Lhcx* 遺伝子の発現量は上昇しなかったが、Dd-Dt サイクルとVAZ サイクル両方の脱エポキシ化が活性化し、これが同種の高い光阻害防止機構を支えていることが示唆された。

以上を踏まえ、第5章の総合考察では、貧栄養化と強光イベントの増加が、現在の・そして今後の瀬戸内海にどのような影響を及ぼすかの考察がされている。

以上の研究は、近年瀬戸内海で顕著な貧栄養化、特にリン制限に、近年顕著な強光イベントの増加が組み合わさると、*Skeletonema* 属が圧倒的に不利であること、一方同じ珪藻でも *Chaetoceros* 属は栄養塩の再供給により素早く回復可能であること、依然として赤潮を形成するラフィド藻 *Chattonella* 属はストレス環境への高い馴致能力と強光防御機構により、栄養塩が枯渇しやすく強光に曝されやすい夏季の表層で有利に増殖が可能であることを、各々の生理学的特徴から明らかにしたものである。第2章は既に *Frontiers of Marine Science* に掲載済みであり、第3章～第4章の投稿も準備中である。それ以外にも本論文の著者を共著とする学術論文が2報発表済みである。

以上、審査の結果、本論文は統合生命科学研究科学学位論文評価基準を満たし、著者は博士(農学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。