【235】

氏　名（本籍）	松本拓也（大阪府）
学位の種類	博　士（理　学）
学位記番号	博甲第 6110 号
学位授与年月日	平成 24 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	**Evolutionary Characteristics of the Green-Colored Plastid in the Dinoflagellate *Lepidodinium chlorophorum*** （渦鞭毛藻 *Lepidodinium chlorophorum* がもつ緑色色素体の進化的特徴）

主　査	筑波大学教授	学術博士	橋本哲男
副　査	筑波大学教授	博士（医学）	千葉智樹
副　査	筑波大学准教授	博士（理学）	稲垣祐司
副　査	筑波大学准教授	理学博士	宮村新一

論文の内容の要旨

光合成を行う渦鞭毛藻類の大部分は色素体にクロロフィル a+c と、特徴的な補助色素「ペリディニン」を含む「ペリディニン型色素体」を保持する。ペリディニン型色素体は、細胞内に共生した紅藻細胞を起源とすると考えられている。渦鞭毛藻類の中にはペリディニンを含まない色素体（非ペリディニン型色素体）を持つ例外的な種が知られている。このような非ペリディニン型色素体は、渦鞭毛藻類進化においてペリディニン型色素体が、細胞内共生した光合成真核藻類に由来する色素体に置換した結果であると考えられる。核コード遺伝子を用いた分子系統解析では、非ペリディニン型色素体を持つ渦鞭毛藻類は、ペリディニン型色素体を持つ渦鞭毛藻類の中に散在している。本研究では、非ペリディニン型色素体を持つ渦鞭毛藻類の 1 種である *Lepidodinium chlorophorum* に注目し、その色素体の起源と進化に関する新知見を得た。

① 緑色渦鞭毛藻類 *Lepidodinium chlorophorum* が持つ非ペリディニン型色素体の起源

L. chlorophorum が持つ非ペリディニン型色素体の起源を特定するために、生化学・分子系統学の手法を用いて研究を行った。まず *L. chlorophorum* 細胞の詳細な色素解析を行った結果、先行研究において存在が示唆されていたプラシノキサンチンは検出されず、色素体が持つ色素は、一般的な緑色植物が持つ色素であると考えられた。次に分子系統解析を用いて *L. chlorophorum* の色素体の起源の解明に取り組んだ。先行研究での問題点であったプラシノ藻類を中心とした緑藻類タクサのサンプリング不足を解消するために、6 種のプラシノ藻類、アオサ藻類 1 種、ペディノ藻類 2 種、合計 9 種の緑藻類から、11 種の色素体遺伝子配列を新たに決定した。これらを含む 11 遺伝子連結データをもとに、*L. chlorophorum* および進化的に広範な Chlorophyta メンバーの間の系統関係を厳密な解析により精査した結果、*L. chlorophorum* 色素体が緑色植物類の中でも core chlorophytes 生物群の色素体と近縁性を示すことが明らかとなった。一方、プラシノキサンチンを含むプラシノ藻類との近縁性は有意に棄却された。

② *Lepidodinium chlorophorum* 色素体ゲノムにおける変異遺伝暗号

L. chlorophorum および進化的に広範な緑藻類色素体遺伝子配列のアミノ酸使用頻度・コドン使用頻度等を精査する過程で、*L. chlorophorum* 色素体ゲノムでは、「標準遺伝暗号」とは異なる「変異遺伝暗号」を用い

ている可能性を示唆するデータが得られた。緑藻類色素体遺伝子配列において、高度に保存されたメチオニン（Met）に該当する座位に、*L. chlorophorum* 色素体遺伝子配列では ATA コドンが頻繁に出現することから、標準遺伝暗号ではイソロイシン（Ile）をコードする ATA コドンが、*L. chlorophorum* 色素体ゲノムでは Met をコードしている可能性が高い（ATA=Met 暗号）と考えられた。この ATA=Met 暗号とする仮説はアミノ酸頻度の分布に関する統計解析により強度に有意に支持された。*L. chlorophorum* 色素体変異暗号は、アピコンプレクサ類の退化型色素体アピコプラストでのみで知られていた変異暗号に次ぐ、色素体で 2 例目の変異暗号の発見である。

③ *Lepidodinium chlorophorum* における共生緑藻核由来遺伝子の探索

先行研究により、*Lepidodinium* 色素体中のかつて共生体の細胞質であったと考えられる空間に、縮退した共生体の核（ヌクレオモルフ）様の構造が存在することが示唆されていた。ヌクレオモルフの存在を分子データからも示唆するために、*L. chlorophorum* が持つヌクレオモルフ関連遺伝子を探索した結果、*L. chlorophorum* のヌクレオモルフ由来と考えられる大、小サブユニットリボソーム RNA 遺伝子の配列と、そのオペロン構造を明らかにすることができた。いずれの遺伝子においても進化速度の極端な上昇が認められた。大サブユニットリボソーム RNA 遺伝子に基づく分子系統解析により、この遺伝子が緑色植物の核コート大サブユニットリボソーム RNA 遺伝子の系統の中に位置づけられることが示され、共生緑藻核由来の遺伝子である可能性が示唆された。これらのデータは、*L. chlorophorum* のヌクレオモルフ様構造内のゲノムの存在を示唆する初めての分子データである。

以上の成果を踏まえ、*L. chlorophorum* の非ペリディニン型色素体の起源と進化について総合的に考察を行った。

審査の結果の要旨

本研究において、*Lepidodinium chlorophorum* の色素体の進化的起源に関し、これまで不十分なデータから示唆されていたプラシノ藻起源であるとの仮説を完全に否定し、core chlorophytes 生物群の色素体を起源とすることを明確に示した点は大きな成果である。また、*L. chlorophorum* の色素体における変異遺伝暗号の発見は、色素体で 2 例めの発見という意味でその意義は大きい。さらに、*L. chlorophorum* 色素体のヌクレオモルフに由来すると考えられる遺伝子を発見したことにより、*L. chlorophorum* 色素体にヌクレオモルフが存在する可能性を分子データによっても示唆した点は特筆に値する。本研究で得られた新知見はいずれも、色素体をはじめとする内部共生オルガネラの分子細胞進化研究の分野に大きく貢献する知見であり、高く評価できる。

平成 24 年 1 月 27 日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。