

最先端・次世代研究開発支援プログラム
事後評価書

研究課題名	光合成機能の統括制御へ向けた革新的技術基盤
研究機関・部局・職名	基礎生物学研究所・環境光生物学研究部門・教授
氏名	皆川 純

【研究目的】

過去数年、私たちが中心となり『遊動型集光アンテナサブユニットの同定 (PNAS 2006)』、『光化学系2のリモデリング (Plant Cell 2008)』等、光合成系の短期環境応答反応であるステート遷移について、動的リモデリングという新しい視点に基づく重要な発見を行い、世界的な注目を集めた。また、ステート遷移時の移動中のアンテナサブユニットが凝集し、エネルギーのクエンチング状態と化していたことから (PNAS 2010)、ステート遷移とエネルギー消去 (NPQ) が互いに関係していることが示唆された。さらに、葉緑体チラコイド膜上の電子伝達をからは、平時に稼働していたリア電子伝達系が、ステート遷移の進行に伴い、ATP 欠乏時等に必要とされるサイクリック電子伝達系 (CEF) へと切り替わることがわかった。ステート遷移後のチラコイド膜からは、実際に、それまで長い間“謎”とされていた CEF が行われる実体 (CEF 超複合体) が見つかったため (Nature 2010)、ステート遷移とサイクリック電子伝達 (CEF) が互いに関係していることも示唆された。つまり、ステート遷移や NPQ や CEF は、ばらばらの光合成制御機構ではなく、より高いレベルの制御機構が存在すると考えられる。本研究は、代表者らによって十分な研究実績の挙げられているこれら光合成環境適応機構の高次レベルでの統括制御の実態を明らかにする。

本研究は、光合成制御の統括機構を明らかにし、微細藻類を使った次世代エネルギー変換への道を開く基礎研究である。本研究の結果、光合成機能の統括制御の道がひらかれれば、新しい植物資源のデザイン (細胞内光合成エネルギーをバイオ燃料生産へ振り分ける等) などにおける革新的な技術基盤となり、グリーン・イノベーションを推進すると期待される。研究材料としては単細胞藻類緑藻クラミドモナスを用いる。単細胞藻類は操作性に優れるとともに、光エネルギーをバイオ燃料生産に振り分ける潜在能力が高く、研究材料としての特質に優れているためである。

【総合評価】

	特に優れた成果が得られている
○	優れた成果が得られている
	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

【所見】
① 総合所見
<p>本研究課題は微細藻類を用いて光合成の環境適応反応であるステート遷移の分子機構を明らかにし、より高次の光合成機能統括制御の解明を目指すものである。成果として新たな PSII-LHCII 超複合体の精製法を確立し、強光条件下のクラミドモナスから調製した高い NPQ 活性をもつ複合体に新規の LHCSR タンパク質が含まれており、LHCSR が NPQ を担っていることを明らかにした点は高く評価される。Ca²⁺、青色光、光合成電子伝達による LHCSR の活性及び発現調節機能の解明が光ストレス応答の重要な課題であり、早急に研究を推進してほしい。</p>

② 目的の達成状況
<p>・所期の目的が (<input type="checkbox"/>全て達成された ・ <input checked="" type="checkbox"/>一部達成された ・ <input type="checkbox"/>達成されなかった)</p>
<p>本研究課題では、光合成統括制御のマスターレギュレータを明らかにすると言う大目標に向かって順調に研究を進展させていると評価出来る。高い NPQ 活性をもつ PSII-LHCII 超複合体精製法を確立し、この方法を用いて複合体の同定と解析を進めることで、ストレス応答蛋白 LHCSR が NPQ サイトであることを実証した。さらに LHCSR の発現は誘導的であり、発現していない強光初期の段階でステート遷移が誘導されることを見出し、LHCSR が強光ストレス対応の役割を果たしていることを明らかにした。Ca²⁺の細胞内濃度の可視化系の確立及び Ca²⁺シグナル伝達経路の解析は完結されておらず、各々の対応方策のもとに研究が進められている。</p>

③ 研究の成果
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が (<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない)</p>
<p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (<input checked="" type="checkbox"/>創出された ・ <input type="checkbox"/>創出されなかった)</p>
<p>・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ <input checked="" type="checkbox"/>ない)</p>
<p>PSII-LHCII 超複合体精製法を確立し、この方法を用いて複合体の同定と解析を進めることで、ストレス応答蛋白 LHCSR が NPQ サイトであることを実証したことは、光合成研究における強光ストレス応答の分子的な機構の解明を先導する極めてインパクトの大きな成果である。LHCSR タンパク質の活性と発現調節が光ストレス応答の中心課題であることを示した先進性のある研究といえる。</p>

④ 研究成果の効果
<p>・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない)</p>
<p>・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない)</p>

本研究課題で Ca 濃度というシグナルと LHCSR の発現調整というシグナル伝達のアウトプットが特定されたことで、この関連分野の研究は大きく進展するものと考えられる。また、強光ストレスに対する植物の応答メカニズム一般への解明に対する寄与も大きい。さらに、藻類による光合成を利用したバイオマス生産は応用面での大きな課題であるが、これに対する基礎研究としても意義が高い。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われた ・ 行われなかった)

実施体制に関しては、研究グループを研究の進展に従ってうまく拡大・成長させ、必要な課題への重点的な人員配置を行って、適切な研究マネジメントがなされた。また、海外の研究グループとの共同研究も効果的に行われた。また、一流ジャーナルに適時、成果を発表している。