



Title	Functional analyses of the mitochondrial respiratory chain in illuminated leaves
Author(s)	吉田, 啓亮
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/48747">http://hdl.handle.net/11094/48747</a>
DOI	
rights	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏 名	吉 田 啓 亮
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 7 7 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科生物科学専攻
学 位 論 文 名	Functional analyses of the mitochondrial respiratory chain in illuminated leaves (光照射下の葉におけるミトコンドリア呼吸鎖の機能解析)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 長谷 俊治  (副査) 教 授 柿本 辰男 准教授 大岡 宏造 准教授 高木 慎吾 東京大学教授 寺島 一郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

強光により葉緑体で生じる過剰な還元力はミトコンドリア電子伝達鎖（呼吸鎖）で散逸されることが示唆されている。この機構はミトコンドリアが植物の光防御に機能することを示しているが、この可能性を直接示した例はなく、詳細なメカニズムも分かっていない。本研究では、特に細胞内 ATP/ADP 比による電子伝達の律速を受けずに効率よく還元力を酸化しうる alternative oxidase (AOX) に着目しながら、ミトコンドリア呼吸系の光防御系としての機能について明らかにすることを目的とした。

#### 1 AOX は過剰光エネルギー散逸系として、植物葉の光防御に機能している。

ソラマメ葉を用いて、シトクロム経路（ATP 合成と共役）と AOX（ATP 合成と非共役）の 2 つの呼吸経路を阻害したときの光合成系への影響と、その経路間の影響の違いについて調べた。シトクロム経路を阻害したときは強光下でのみ光合成速度が減少したのに対し、AOX を阻害したときは弱光下においても光合成速度が減少した。また、AOX を阻害すると幅広い光環境下で光合成電子伝達鎖の過還元が引き起こされた。これらの結果から、シトクロム経路と AOX は光合成に対して異なる機能を果たしており、特に AOX は幅広い光環境下で過剰還元力散逸系として機能していることが示唆された (Yoshida et al. 2006)。

次に、葉緑体の還元力蓄積がミトコンドリア呼吸系におよぼす影響について調べた。葉緑体に還元力が蓄積しやすいシロイヌナズナ変異株 *pgr5* では、弱光生育環境においても AOX のタンパク量が増加していた。野生株においても、強光処理により葉緑体内の還元力の蓄積、輸送活性の増加、そして AOX の最大活性の増加が同調的に起こった。これらの結果から、AOX は過剰光エネルギーのシンクとして機能し、植物の光防御に寄与していることが明らかとなった (Yoshida et al. 2007)。

#### 2 光合成系の光酸化ストレスは呼吸系の制御に関与する。

AOX が光防御に機能しているのであれば、葉緑体の光酸化ストレスをモニターしながら AOX の発現調節をしている可能性がある。光合成装置が損傷しやすいシロイヌナズナ斑入り変異株 *var2* を用い、呼吸系の分析を行った。こ

の変異株では弱光生育環境においても光酸化ストレスを受けており、そのとき AOX のタンパク量や最大活性が大きく上昇していた。また、AOX の主要なアイソフォームである *AOX1a* や他の ATP 合成非共役経路をコードする遺伝子 (*NDB2* や *UCP4* など) の遺伝子発現も、光ストレスを与えたときに大きく促進された。*var2* の斑入り葉を、緑色部位と白色部位に分けて AOX のタンパク量を調べたところ、光酸化ストレスを被っている緑色部位で AOX が多く発現していることが分かった。これらの結果から、光合成系の光酸化ストレスが *var2* の AOX の発現増加に関わっていることが示唆された。

### 3 光照射下の葉において、呼吸系遺伝子はそれぞれ異なる発現パターンを示す。

植物ミトコンドリアは AOX 以外にも ATP 合成と共役しない経路を持っている。AOX と他の経路間で、光ストレス下における遺伝子発現パターンやその制御機構に違いがあるのかを調べた。その結果、呼吸経路間で異なる遺伝子発現パターンを示し、その制御機構も異なっていることが示された。

## 論文審査の結果の要旨

光照射下の植物葉において、光合成系と呼吸系は密接な相互作用をしている。その1つとして、葉緑体で生じる過剰な還元エネルギーをミトコンドリア呼吸鎖で散逸する機構が示唆されている。しかしこの可能性を直接的に示した例はなく、詳細なメカニズムも分かっていない。さらに、植物の呼吸鎖に特有に存在するエネルギー生産と共役しない経路 (AOX など) が、光照射下の葉においてどのように働いているのかも未解決である。

吉田啓亮はこれらの問題の解決を目指し研究に取り組んだ。独特の測定システムを構築し、呼吸鎖を阻害したときの光合成系を詳細に分析した。また、葉緑体に還元力が蓄積しやすい変異株を用い、光合成系、呼吸系、およびその間をつなぐ還元力輸送系を調べた。それらの結果、一見無駄な経路のように見える AOX が、光照射下の葉において細胞内還元力を効率よく散逸することにより、光合成反応に重要な機能を果たしていることが明らかにされた。さらに、光ストレス下における AOX の発現メカニズムについても研究を展開し、はじめて光合成系の光酸化ストレスが AOX の発現誘導をはじめとする呼吸系の調節に関わっていることを解明した。また、AOX だけでなく他のいくつかの呼吸系遺伝子も光ストレス下において発現の誘導が起こるが、それらはそれぞれ異なる発現パターンや制御機構を持っていることを明らかにし、呼吸系遺伝子発現の網羅的な制御モデルを提案した。このように、光照射下の葉における呼吸系の生理機能から発現制御機構にいたる幅広く研究を行い、多くの知見を提供した。研究の一部は既に2本の原著論文として公表され、非常に高く評価されている。

以上のように、吉田啓亮は先駆的かつ基本的な研究を遂行した。提出された論文の内容も質・量ともに優れているので、博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。