

解説

序文[‡]

京都大学 生命科学研究所

遠藤 剛^{*}

今回の特集では、昨年（2013年）暮れに亡くなられた浅田浩二先生（京都大学名誉教授）の御業績を偲び、私たち門下生たちが先生の偉大な足跡をたどりながら、先生の教えをもとに発展させてきた研究を紹介しようと思います。

浅田先生のライフワークはご存知のように葉緑体での活性酸素の生成と消去のメカニズムの解明である。先生のご研究により、以下のような葉緑体での活性酸素生成と消去の分子機構が明らかにされた。葉緑体での活性酸素の生成機構はいくつか報告されているが、光化学系Iで不可避的に起こる酸素分子の1電子還元（Mehler反応）に起因するものは、最も重要なもののひとつと考えられている。この反応でできる活性酸素はスーパーオキシドラジカルであり、これから派生する過酸化水素やヒドロキシラジカルは、細胞の多くの成分に傷害をあたえる。浅田先生は、スーパーオキシドラジカルが過酸化水素を経て安定かつ無毒な水にまで還元（消去）される過程でスーパーオキシドジスムターゼ、アスコルビン酸ペルオキシダーゼ、モノデヒドロアスコルビン酸還元酵素、デヒドロアスコルビン酸還元酵素等がネットワークをつくって機能することを明らかにされた。その際、活性酸素の消去に使われる還元力は実は光化学系Iで生成する余剰な還元力であるという精妙な分子機構の解明も先生のご研究の重要な成果のひとつと評価されている。先生は、光化学系IIで酸化分解される水が、光化学系Iで生成した活性酸素の還元消去の安全な最終産物として生じるという自ら見出した電子伝達経路をWater-water cycle (WWC) と命名し、国際的に認められる用語となっている（図1）。

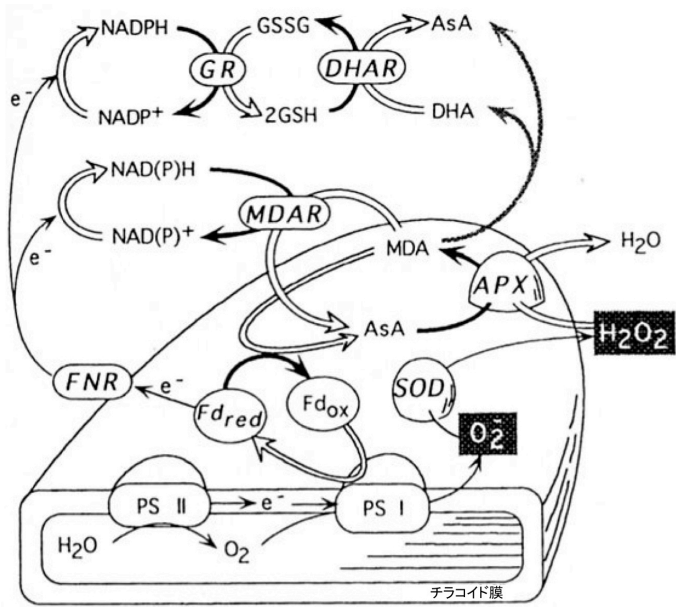


図1 Water-water cycleの概念モデル（浅田先生ご自身による作図を一部修正）
 APX: アスコルビン酸ペルオキシダーゼ； DHAR:デヒドロアスコルビン酸レダクターゼ； Fd:フェレドキシン； FNR:フェレドキシンNADP+レダクターゼ； GR:グルタチオンレダクターゼ； MDAR:モノデヒドロアスコルビン酸レダクターゼ
 SOD: スーパーオキシドジスムターゼ

浅田先生は、研究生活のはじめに、イネやトウモロコシ等の作物が最適な環境で栽培されても、太陽光エネルギー固定

[‡] 解説特集「浅田浩二先生を偲んで」
^{*} 連絡先 E-mail: tuendo@kais.kyoto-u.ac.jp

効率は最高で3~4%にすぎないことに注目し、どのような環境条件の組み合わせが、どのような分子機構で光合成効率を低下させているのか?という疑問の解明を志した。またこの研究の過程で、植物以外の生物が太陽光によって障害を受けるにもかかわらず常に太陽光にさらされている光合成生物がどうして「日焼け」しないのかという疑問を持ち、これがライフワークとなった葉緑体での活性酸素の生成と消去のメカニズムの解明の研究に発展した。SODの精製と酵素学的解析から始められた活性酸素研究の大きなブレークスルーは、活性酸素の還元にアスコルビン酸が利用されることと、この反応で酸化状態となった酸化型アスコルビン酸が、再生(還元)されるときに、光化学系I由来の還元力が利用されることの発見である。この発見を報告した1981年の論文は、*Plant and Cell Physiology*誌に発表された論文の中でも最も引用回数の多い論文のひとつである。この論文中に発表されたWWCの初期のモデルは、その後の研究により、図1のような複雑な代謝ネットワークとして完成したわけだが、興味のあるかたは、Nakano and Asada (1981)の原著掲載モデルと最終モデルを比較していただきたい。

WWCの解析により植物のストレス応答における活性酸素の役割は明確になったが、今日では活性酸素の役割は、傷害因子としての理解から酸化シグナル因子としての理解へと重要度が増している。

先生の業績はWWCの解明にとまらず、光合成と光阻害、地球の酸素濃度の変遷と生物進化、光合成と酸素、光合成の環境応答について顕著な業績を挙げられているが、本特集では、浅田先生のご指導の下で始めた様々な研究を基盤として門下生たちが独自に発展させていった活性酸素研究、ストレス応答研究、光合成循環電子伝達研究の現状と展望を概観する。山口大の真野さんには、葉緑体で生成する活性酸素から派生する過酸化脂質由来「活性カルボニル種」の生理作用についての研究を始められた経緯とこれまでの研究成果をご紹介いただき、これらが、細胞に傷害を与えるというマイナスの作用のみならず、酸化シグナルとして機能している可能性を解説していただく。遠藤は、浅田先生の指導の下で始めた、Alternative electron flow (AEF, 付加的電子伝達)の一経路である光化学系I周辺の循環的電子伝達の生理的機能について、WWCと比較しながら考察する。最後に神戸大の三宅さんには、様々なAEF経路を紹介いただき、現在大きな課題となっているそれぞれの経路の定量的解析についての現状をまとめていただいた。