

環境シグナルに対する植物の認識・応答機構

Signal Transduction from Perception of Environmental Stimuli to Responses in Plants

(研究プロジェクト番号：JSPS-RFTF 96L00601)

プロジェクトリーダー

近藤 矩朗 東京大学大学院理学系研究科・教授

コアメンバー

松岡 信 名古屋大学生物分子応答研究センター・教授

プロジェクトメンバー

伊藤 正樹 東京大学大学院理学系研究科・助手

阿部美紀子 鹿児島大学理学部・教授

河内 宏 独立行政法人農業生物資源研究所・チーム長

近藤 孝男 名古屋大学大学院理学研究科・教授

佐々木幸子 名古屋大学大学院生命農学研究科・教授

長谷あきら 京都大学大学院理学研究科・教授

松井 南 理化学研究所ゲノム科学総合研究センター・チームリーダー

森 仁志 名古屋大学大学院生命農学研究科・助教



1. 研究目的

植物の環境への応答として、光や根粒菌等の外部刺激に対する植物の応答を取り上げ、また、器官発生などの外部環境の影響を受けながらも内的な環境に支配されている現象、さらには生物時計の仕組みなどを分子レベルで明らかにすることを目的とした。以下に成果の一部について紹介する。



図1 本研究プロジェクトの目的の概念図

2. 研究成果概要

2.1 植物の光に対する応答

植物は光合成により太陽光をエネルギー源として利用しているが、太陽光を効率的に利用するための様々な光応答がある。一つは、光を信号として利用する光形態形成であり、これには赤色光と近赤外光を吸収する光受容体フィトクロムによる反応や、青色光を利用する反応が知られている。本研究では、フィトクロムに

よって吸収された光シグナルの伝達やその作用についての分子機構について検討した。さらに、光合成と協調して起こる脂肪酸合成の光制御の仕組みについて検討した。また、光が当たらない夜の時間帯に進行する現象の解析も行った。一方、植物は太陽光中の有害な紫外線にも曝されているが、植物がもっている紫外線に対する耐性および耐性獲得の仕組みについて検討した。

シロイヌナズナの光反応に関する突然変異体を作成して光信号の伝達経路について解析した。光信号の伝達にはブラシノステロイドやオーキシンなどの植物ホルモンが関わっていることが示された。また、光を受容したフィトクロム(phyB)は細胞質から核に移行することが分かった。光形態形成抑制タンパク質COPIの機能とこれと相互作用するタンパク質(CIP4、CIP7)の機能について検討した。CIP4、CIP7は核に局在するタンパク質で、光によって誘導される遺伝子を活性化することが分かった。

植物が太陽光中の紫外線(UV-B)を浴びるとDNAが損傷を受け、成長が阻害される。これに対して植物は、損傷DNAを修復する光回

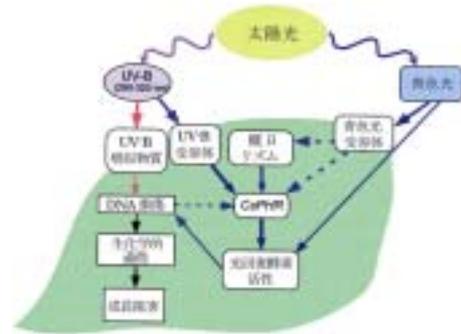


図2 光回復酵素遺伝子(CsPHR)の転写制御機構の模式図

復酵素を合成して紫外線耐性を示すことが分かった。光回復酵素は紫外線照射によって強く誘導されるが、特に 300nm の紫外線が有効であり、UV-B 特異的な光受容体の関与が示唆された。

2.2 植物の形態を支配している内部環境

植物の形態形成は、植物自身に組み込まれた内在的なプログラムと外部刺激との協調によって進行する。形態形成に重要な役割を果たすホメオボックス遺伝子の働きや植物に特徴的な頂芽優性機構について検討した。

タバコホメオボックス遺伝子 (*NTH15*) を過剰発現させるとタバコは形態異常を示した。このタバコでは植物ホルモンのジベレリン含有量が減少していた。タンパク質 *NTH15* はジベレリン合成のキーエンザイムである *GA C20* オキシダーゼ遺伝子に結合してその転写を抑制することによってジベレリン含有量を低下させることが明らかになった。

頂芽が優先的に成長し、腋芽の成長が抑制される現象が頂芽優性であり、頂芽を取り除くと腋芽の成長が始まる。腋芽で発現している遺伝子を解析し、新規遺伝子をいくつか見いだした。腋芽の休眠にはアブシジン酸関連の遺伝子も関わっており、基本的には種子の休眠と同様の仕組みで起こっていることを明らかにした。

2.3 藍藻の概日時計

植物と同様の光合成機構をもっている藍藻を用いて、概日リズムを決めている遺伝子の同定、概日リズムの分子機構について解析した。藍藻の時計遺伝子として *kaiA*, *kaiB*, *kaiC* を同定した。*kaiC* 遺伝子の発現はフィードバック制御され *KaiC* タンパク質により強く抑制されていることを明らかにした。*KaiC* タンパク質は自己リン酸化能をもっており、このリン酸化が概日リズム発生に重要であり、タンパク質 *KaiA* は *KaiC* のリン酸化を促進することが明らかになった。このような *KaiC* タンパク質量の変動が概日振動を生み出すと考えられる。

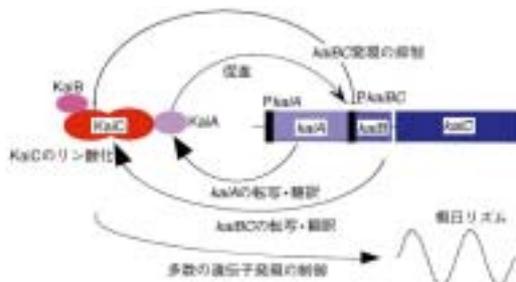


図3 シアノバクテリアの時計機構

3. 結論

本研究により植物の環境応答の仕組みに関する知見は増大したが、十分に解明されたとはいえない。一方、本研究において、新規の遺伝子が多数単離された。これらは、植物の環境応答機構の解明に役立つはずであり、また、これらの遺伝子を利用することによって新たな有用植物の開発も可能になると思われる。

4. 主な発表論文

- (1) Takahashi, S., Nakajima, N., Saji, H. and Kondo, N. (2002): Diurnal change of cucumber CPD photolyase gene (*CsPHR*) expression and its physiological role in growth under UV-B irradiation. *Plant Cell Physiol.* 43: 342-349.
- (2) Nagasaki, H., Sakamoto, T., Sato, Y. and Matsuoka, M. (2001): Functional analysis of the conserved domains of a rice KNOX homeodomain protein, OSH15. *Plant Cell* 13, 2085-2098.
- (3) Fujiki, Y., Ito, M., Nishida, I. and Watanabe, A. (2001): Leucine and its keto acid enhance the coordinated expression of genes for branched-chain amino acid catabolism in *Arabidopsis* under sugar starvation. *FEBS Lett.* 499, 161-165.
- (4) Kasahara, M., Swartz, T. E., Olney, M. A., Onodera, A., Mochizuki, N., Fukuzawa, H., Asamizu, E., Tabata, S., Kanegae, H., Takano, M., Christie, J. M. Nagatani, A. and Briggs, W.R. (2002): Photochemical properties of the FMN-binding domains of the phototropins from *Arabidopsis*, rice, and *Chlamydomonas*. *Plant Physiol.*, in press
- (5) Tsuge, T., Inagaki, N., Yoshizumi, T., Shimada, H., Kawamoto, T., Matsuki, R., Yamamoto, N. and Matsui, M. (2001): Phytochrome-mediated control of *COPI* gene expression in rice plants. *Mol. Gen. Genet.* 265, 43-50.
- (6) Suzuki, A., Kobayashi, F., Abe, M., Uchiumi, T. and Higashi, S. (2001): Cloning and expression of a down-regulated gene (*TrEnodDR1*) of white clover responded by the *nod* genes derived from *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* strain 4S. *Gene* 266, 77-84.
- (7) Niwa, S., Kawaguchi, M., Imaizumi-Anraku, H., Chechetka, S. A., Ishizaka, M., Ikuta, A. and Kouchi, H. (2001): Responses of a Model Legume *Lotus japonicus* to Lipochitin Oligosaccharide Nodulation Factors Purified from *Mesorhizobium loti* JRL501. *Mol. Plant-Microbe Interac.* 14: 848-856.
- (8) Iwasaki, H., Williams S. B., Kitayama, Y., Ishiura, M., Golden, S. S. and Kondo, T. (2000): A KaiC-interacting sensory histidine kinase, SasA, necessary to sustain robust circadian oscillation in cyanobacteria. *Cell* 101, 223-233
- (9) Inaba, T., Nagano, Y., Nagasaki, T. and Sasaki, Y. (2002): Distinct localization of two closely related Ypt3/Rab11 proteins on the trafficking pathway in higher plants. *J. Biol. Chem.* 277, 9183-9188.
- (10) Shimizu-Sato, S. and Mori, H. (2001): Control of outgrowth and dormancy in axillary buds. *Plant Physiol.*, 127, 1405-1413.