

比較ゲノム情報を基軸にした高等植物時計システムの普遍性と多様性

●水野 猛

名古屋大学大学院生命農学研究科

<研究の目的と進め方>

基軸モデル高等植物」として「シロイヌナズナ」及び「イネ」を対象として、その近縁種やゲノム情報が急速に蓄積しつつある「ポプラ」といった樹木をも視野に入れて、「バクテリアから植物にまで普遍的な His-Asp リン酸リレー系シグナル伝達遺伝子群」に着目し、特に「植物の光シグナル受容及び概日時計」という進化的に保存された高次生命システムに焦点をあてた比較ゲノム・機能解析を公募された項目 B03 の趣旨にそって遂行することを目的とする。2000 年に決定された全ゲノム配列をもとにモデル高等植物シロイヌナズナの His-Asp リン酸リレー系の全体像を明らかにしつつある。これらの解析から、His-Asp リン酸リレー系は高等植物においては高度に洗練されたシグナル処理システムに進化していること明らかになってきた。すなわち、「光シグナル受容・植物概日時計」という植物に特徴的な高次統御システムの一環として His-Asp リン酸リレー系が組み込まれていることが明らかとなった。したがって、His-Asp リン酸リレー系は、進化・比較ゲノム解析を基軸にした生命システムの普遍性・多様性を解析する最も優れた系の一つであるといえる。



< 2007 年度の研究の当初計画 >

「研究計画 -A19」： 基軸モデル高等植物（シロイヌナズナとイネ）間での光シグナル受容及び時計システム遺伝子群の比較ゲノム解析による進化的・体系的な理解をさらに進展させる。

「研究計画 -B19」： 基軸モデル高等植物（シロイヌナズナとイネ）間での光シグナル受容及び時計システム遺伝子群の比較ゲノム解析結果に基づいた機能的普遍性解析を遂行する。

「研究計画 -C19」： 基軸モデル高等植物から得られた情報を元に、「ポプラ」、「ブドウ」、「ミヤコグサ」といったゲノム情報が蓄積しつつある高等植物の時計システムに関して比較ゲノムの解析を行う。

< 2007 年度の成果 >

詳しくはオリジナル論文を参照

(ID: 0801101033)

シロイヌナズナ時計因子 PRR9 タンパク質の植物体内での変動を検証し、プロテアソーム依存性の分解をとめないながらリズム変動することを示した。

(ID: 0801100915)

シロイヌナズナとイネの時計システム遺伝子群に関して全ゲノム比較解析を行い統一的な命名法を提案した。

(ID: 0801100907)

シロイヌナズナの時計システム主要因子 TOC1 と PRR5 の機能関連に関して遺伝学的に解析した。

(ID: 0801100901)

シロイヌナズナの時計システム依存性遺伝子発現パターンに関して、葉における波動の伝搬に関する数学的モデルを構築して説明した。

(ID: 0801100855)

シロイヌナズナの時計システム主要因子 TOC1 と CCA1/LHY の遺伝的関連性を明らかにした。

(ID: 0801100852)

シロイヌナズナの時計システムと光シグナル情報伝達機構との関連に関して遺伝学的に明らかにした。

(ID: 0801100849)

シロイヌナズナの時計システムを構築する PRR9/7/5 因子群の花成制御における役割を明らかにした。

(ID: 0801100846)

イネの時計システムを構築する遺伝子群を網羅的に解析するために、シロイヌナズナに各遺伝子を導入して比較機能解析を行った。

(ID: 0801100843)

時計システムを関連して働く bHLH 型転写因子遺伝子をシロイヌナズナのそれらと比較・機能解析を行った。

(ID: 0701301410)

シロイヌナズナの時計システムが光依存性の植物機能分化に重要な働きを担っていることを示した。

(ID: 0701301405)

シロイヌナズナの時計システム主要因子 PRR5 の分子構造と機能の関連を詳細に解析した。

(ID: 0701301400)

シロイヌナズナの時計システム因子群の過剰発現植物体の系統的作成と表現型解析を完成した。

(ID: 0701301356)

イネの時計システムに関して、全ゲノム配列を活用してシロイヌナズナを対照にインフォーマティクス比較解析を行った。

<国内外での成果の位置づけ>

高等植物における時計システム研究は、基礎・及び応用研究分野で最も活発に研究が進展している分野である。我々は、独自に発見した時計関連遺伝子ファミリー（PRR 遺伝子ファミリー）を中心に独創的な研究を展開してきた。その成果は、国内外で高く評価されている。また、モデル植物シロイヌナズナだけでなく

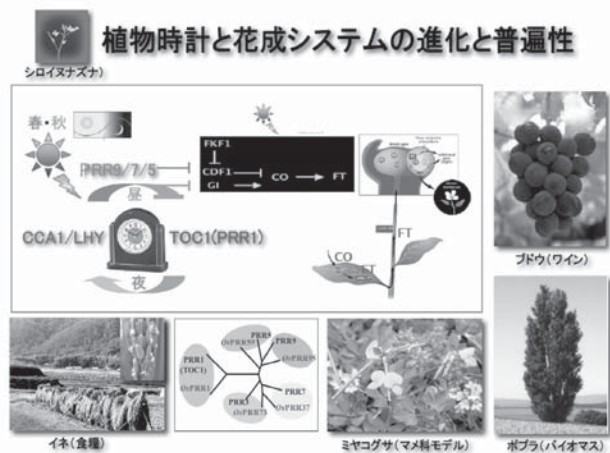
イネにも研究の対象を広げ、比較ゲノム解析を推進することで多くの成果をあげてきた。それらの成果は、応用植物学分野でも広く注目されている。

<達成できなかったこと、予想外の困難、その理由>

概ね順調に本年度に目標を達成できたと考えている。事実、その成果をリストの掲げたように多くのオリジナル論文にまとめて公開することができた。

<今後の課題>

ポプラ・ブドウ・マメ科植物などの高等植物の全ゲノム配列が蓄積しつつある。従って、さらなる広範な比較ゲノム解析を行うことで、植物の時計システムを普遍性を明らかにすることが必要である。一方で、下等植物(コケなど)のゲノム配列も蓄積しつつあるので、これらも含めて進化的な視点からの時計システム比較ゲノム解析の推進も興味深い課題として残されている。



<成果公表リスト>

オリジナル論文

- (1) (ID:0801101033) Ito, S., Nakamichi, N., Kiba, T., Yamashino, T., Mizuno, T. Rhythmic and light-inducible appearance of clock-associated pseudo-response regulator protein PRR9 through programmed degradation in the dark in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.* 48: 1644-1651 (2007).
- (2) (ID: 0801100915) Schaller, G. E., Doi, K., Hwang, I., Kieber, J. J., Khurana, J. P., Kurata, N., Mizuno, T., Pareek, A., Shiu, S., Wu, P., Yip, W. K. Nomenclature of two-component signaling elements of rice. *Plant Physiol.* 143: 555-557 (2007).
- (3) (ID: 0801100907) Ito, S., Niwa, Y., Nakamichi, N., Kawamura, H., Yamashino, T., Mizuno, T. Insight into missing genetic links between two evening-expressed pseudo-response regulator genes TOC1 and PRR5 in the circadian clock-controlled circuitry in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.* in press (2008).
- (4) (ID: 0801100901) Fukuda, H., Nakamichi, N., Hisatsune, M., Murase, H., Mizuno, T. Synchronization of plant circadian oscillator with a phase delay effect of the vein network. *Phys. Rev. Lett.* DOI:10.1103/PhysRevLett.99.098102 (2007).
- (5) (ID: 0801100855) Niwa, Y., Ito, S., Nakamichi, N., Mizoguchi, T., Niinuma, K., Yamashino, T., Mizuno, T. Genetic linkages of the circadian clock-associated genes, TOC1, CCA1, and LHY, in the photoperiodic control of flowering time in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.* 48: 925-937 (2007).
- (6) (ID: 0801100852) Ito, S., Nakamichi, N., Nakamura, Y., Niwa, Y., Kato, T., Murakami, M., Kita, M., Mizoguchi, T., Niinuma, K., Yamashino, T., Mizuno, T. Genetic linkages between circadian clock-associated components and phytochrome-dependent red light-signal transduction in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.* 48: 971-983 (2007).
- (7) (ID: 0801100849) Nakamichi, N., Kita, M., Niinuma, K., Ito, S., Yamashino, T., Mizoguchi, T., Mizuno, T. (2007) *Arabidopsis* clock-associated pseudo-response regulators PRR9, PRR7, and PRR5 coordinately and positively regulate flowering time through the canonical CONSTANS-dependent photoperiodic pathway. *Plant Cell Physiol.* 48: 822-832 (2007).
- (8) (ID: 0801100846) Murakami, M., Tago, Y., Yamashino, T., Mizuno, T. Characterization of rice circadian clock-associated pseudo-response regulators in *Arabidopsis thaliana*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71: 1107-1110 (2007).
- (9) (ID: 0801100843) Nakamura, Y., Kato, T., Yamashino, T., Murakami, M., Mizuno, T. Characterization of a set of phytochrome-interacting factor-like bHLH proteins in *Oryza sativa*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71: 1183-1191 (2007).
- (10) (ID: 0701301410) Kato, T., Murakami, M., Nakamura, Y., Ito, S., Nakamichi, N., Yamashino, T., Mizuno, T. Mutants of circadian-associated PRR genes display a novel and visible phenotype as to light responses during de-etiolation of *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71: 834-839 (2007).
- (11) (ID: 0701301405) Matsushika, A., Kawamura, M., Nakamura, Y., Kato, T., Murakami, M., Yamashino, T., Mizuno, T. Characterization of circadian-associated pseudo-response regulators: II. The function of PRR5 and its molecular dissection in *Arabidopsis thaliana*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71: 535-544 (2007).
- (12) (ID: 0701301400) Matsushika, A., Murakami, M., Ito, S., Nakamichi, N., Yamashino, T., Mizuno, T. Characterization of circadian-associated pseudo-response regulators: I. Comparative studies on a series of transgenic lines misexpressing five distinctive PRR genes in *Arabidopsis thaliana*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 71: 527-534 (2007).
- (13) (ID: 0701301356) Murakami, M., Tago, Y., Yamashino, T., Mizuno, T. Comparative overviews as to clock-associated genes of *Arabidopsis thaliana* and *Oryza sativa*. *Plant Cell Physiol.* 48: 110-121 (2007).