

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23658005

研究課題名（和文）

イネにおける子供から大人への転換制御

研究課題名（英文）

Regulation of juvenile-adult phase change in rice

研究代表者

長戸 康郎（Yasuo Nagato）

東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授

研究者番号：10143413

研究成果の概要（和文）：juvenile phase が長くなる *pps* 変異体の原因遺伝子はシロイヌナズナ *COPI* のオーソログであった。*COPI* はこの相転換には関わらないので、*PPS* は新規の機能を獲得したと考えられる。juvenile phase が短くなる *precocious* 変異体の原因遺伝子はジャスモン酸の生合成に関わっており、ジャスモン酸の新規の機能を見いだすことができた。相転換のマスタースイッチと思われる *MOR1* 遺伝子も単離することができた。また、*japonica*, *indica* 品種群における相転換時期を調査した結果、*indica* 品種では相転換が早まっていることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：Causal gene of *pps* mutant showing elongated juvenile phase was revealed to encode an ortholog of *Arabidopsis* *COPI*. Since *COPI* is not associated with juvenile-adult phase change, rice *PPS* has acquired a novel function during evolution. Juvenile phase of *pre* mutant is shortened. *PRE* encodes an enzyme involved in jasmonate biosynthesis. We also isolated *MOR1* gene. In addition, *japonica* and *indica* groups were revealed to have diversified in the timing of juvenile-adult phase change.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,900,000	8700,00	3,770,000

研究分野：植物育種学

科研費の分科・細目：農学・育種学

キーワード：イネ、*PPS* 遺伝子、juvenile-adult 相転換、*PRECOCIOUS* 遺伝子、*COPI* 遺伝子

1. 研究開始当初の背景

栄養成長初期での子供 (juvenile phase) から大人 (adult phase) への相転換については、その存在は認識されているものの、遺伝的制御機構はほとんど明らかにされていない。しかし、発生プログラムの時間的変更であるヘテロクロニーが動物での進化の主要な要因であるように、植物においても相転換は個体発生および系統発生において重要な意義を有していると思われる。現在までに、植物ではトウモロコシ、シロイヌナズナで相転換の変異体が同定され、原因遺伝子も複数明らか

にされているが、遺伝的制御の全体像はほとんど明らかになっていない。

イネでは、10年程前に *mor1* 変異体が同定され、その表現型の詳細な解析がなされ、た、juvenile phase が永続し、adult phase へ移行できないことが明らかになった。このような表現型を示す変異体は他植物でも同定されておらず結果、極めて興味深い。その成果は *Development* 誌に公表されたが、その原因遺伝子のクローニングは行われていない。また、juvenile phase が延長する *peter pan syndrome* (*pps*) 変異体も見出されたが、

詳細な解析や、原因遺伝子のクローニングは行われていない

2. 研究の目的

本研究では、大人への転換ができない *mor1* 変異体、子供時代が長くなる *pps* などの変異体を用いて、その表現型を詳細に解析するとともに、その原因遺伝子を単離する。特に、*mor1* 変異体は、adult phase に転換できず、juvenile phase を永続するという他の植物種で報告されていないものであり、その機能解明はこの分野で画期的な成果をもたらすと期待される。これらの解析により相転換を巡る遺伝子ネットワークの概要を明らかにする。更に、相転換の早晩はイネの進化、品種分化においても重要な意味を持つと思われる。そこで、インド型品種、日本型品種における相転換時期の相違を明らかにするとともに、原因遺伝子の解明を目指す。

3. 研究の方法

(1) 変異体を用いた juvenile-adult 相転換の解析

juvenile phase が長くなる *pps* 変異体の原因遺伝子を同定し、発現パターンと表現型との関連を調べる。*pps* での早咲きの原因を明らかにするため、花成関連遺伝子の *pps* における発現を解析する。

juvenile phase が短くなると思われる *prep* 変異体の表現型を解析するとともに、ポジショナルクローニングにより原因遺伝子をあきらかにする。

MOR1 遺伝子をクローニングし、発現パターンの解析、相補性検定などを進める。

(2) 品種群分化におけるヘテロクローニ

juvenile phase の形態的、生理的マーカーを用いて *japonica*, *indica* 品種群の juvenile phase の長さを測定する。*japonica*, *indica* 品種間における juvenile phase の長さの変異に関与する遺伝子を QTL 解析により同定する。

4. 研究成果

(1) 変異体を用いた juvenile-adult 相転換の解析

pps 変異体は、形態的、生理的形質だけでなく、juvenile-adult 相転換に関連する、*miR156*, *miR172*, ジベレリン関連遺伝子の発現からも、juvenile phase が延長していることが明らかになった。ポジショナルクローニング法により juvenile phase が長くなる *pps*

変異体の原因遺伝子を同定した結果、シロイヌナズナの光形態形成に関与する *COP1* のオソログであった (図3)。*pps* も暗所で光形態形成を行うが、*COP1* 遺伝子は juvenile-adult 相転換には関わらないので、イネが進化する過程で、*PPS* は新規の機能を獲得したと考えられる。更に興味深いことに、*pps* 変異体は1ヶ月以上の早咲きとなる。解析の結果、この早咲きはイネの *FT* 遺伝子である *Hd3a* を介さない経路で、下流の開花遺伝子を活性化していることが明らかになった。この成果は既に PLANT CELL 誌に公表した。

precocious (pre) 変異体は、葉の中肋の有無などの解析から、juvenile phase が短くなっていると思われる。出穂期は野生型より5日程度早くなっており、adult phase の期間は変わらない。Kasalath との F2 集団を用いたポジショナルクローニング解析により、原因遺伝子が特定された。*PRE* 遺伝子はジャスモン酸の生合成に関わっており、ジャスモン酸の新規の機能を見いだすことができた。

mori 変異体は、葉身における中肋の有無、シュートメリステムのサイズ、茎の節-節間構造、光合成速度などの解析から、juvenile phase が永続するという興味深い表現型を示すことが明らかになっている (図4)。本研究では更に、相転換に関わる *miR156*, *miR172*, ジベレリン関連遺伝子の発現を調べたところ、*mor1* 変異体ではこれらの遺伝子発現が大きく変化していることが明らかになり、*MORI* が microRNA やジベレリン関連遺伝子上流に位置することを明らかにした。ポジショナルクローニング解析により原因遺伝子を特定したので、現在機能解析を進めている。

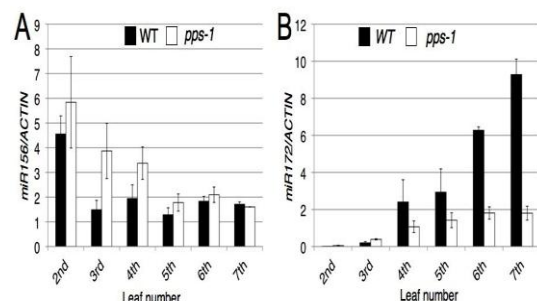


図1. *pps* 変異体における *miR156* (A), *miR172* (B) の発現。

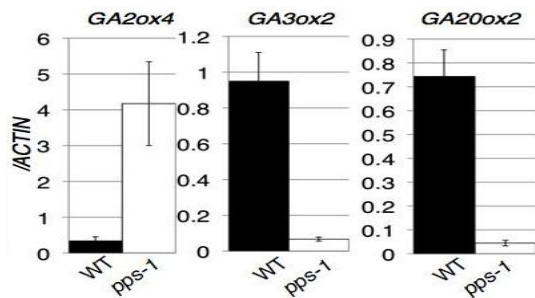


図2. *pps* 変異体におけるジベレリン関連遺伝子の発現。

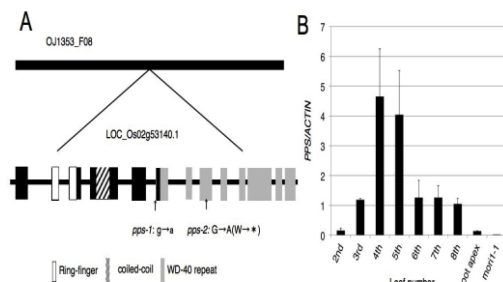


図3. *PPS* 遺伝子の構造と発現パターン。



図4. *mori1* 変異体の表現型。

左：野生型 右：*mori1*

(2) 品種群分化におけるヘテロクローニ形態的、生理的、分子マーカーを用いて、*japonica*, *indica* 品種群における juvenile-adult 相転換時期を調査した結果、*indica* 品種では相転換が早まっていることが明らかになった。コシヒカリ x Kasalath の染色体断片置換系統を用いた QTL 解析により、相転換時期は主に 2 遺伝子座により支配されていることを明らかにした。また、野生イネも *japonica* 品種に比べて相転換が早まっており、その転換時期も上記の 2 遺伝子座が関わっ

ていることが予想された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- (1) Tanaka, N., Ito, H., Sentoku, N., Kojima, M., Sakakibara, H., Izawa, Itoh, J.-I., Nagato, Y. (2011) The *COPI* ortholog *PPS* regulates the juvenile-adult and vegetative-reproductive phase changes in rice. *Plant Cell* 査読有 23: 2143-2154 DOI :10.1105/tpc.111.083436
- (2) Tanaka, N, Itoh, J-I, and Nagato, Y. (2012) Role of rice *PPS* in late vegetative and reproductive growth. *Plant Signal. Beh.* 査読有 7:50-52. <http://dx.doi.org/10.4161/psb.7.1.18533>
- (3) Hibara, K-I., Hosoki, W., Hakoyama, T., Ohmori, Y., Fujiwara, T., Itoh, J-I. and Nagato, Y. (2013) *ABNORMAL SHOOT IN YOUTH*, a homolog of molybdate transporter gene, regulates early shoot development in rice. *Amer. J. Plant Sci.* 査読有 (in press)

[学会発表] (計 5 件) .

- ① 長戸康郎 イネの *japonica-indica* 品種間において juvenile-adult 相転換期の分化に関与する QTL の同定. 日本育種学会 日本育種学会 2012 年 9 月 15 日 京都産業大学
- ② 長戸康郎 イネの *PLASTOCHRON* 遺伝子の発現制御による器官サイズの改変. 日本育種学会 2012 年 3 月 30 日 宇都宮大学
- ③ 長戸康郎 The analysis of juvenile-adult phase change mutants in rice. 日本植物生理学会 2012 年 3 月 16 日 京都産業大学
- ④ 長戸康郎 イネの vegetative 相転換に関わる変異体の解析. 2011 年 9 月 24 日 日本育種学会 福井県立大学
- ⑤ 長戸康郎 イネの adult phase を早める *precocious* 変異体の解析. 日本育種学会 2011 年 9 月 24 日 福井県立大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：

出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長戸 康郎 (NAGATO YASUO)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・教授
研究者番号：10143413

(2) 研究分担者

桧原 健一郎 (HIBARA KEN-ICHIROU)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教
研究者番号：30345186

(3) 連携研究者

()

研究者番号：