

## 研究課題別研究評価

1. 研究課題名： 花の形を作る遺伝子系の起源と進化

2. 研究者名： 長谷部光泰

3. 研究のねらい：

生物は多様な発生様式を持ち、その結果できる形態は多様である。発生過程は多くの転写因子によって制御されているので、発生過程の進化、とりわけボディープランの進化は、転写因子の多様化によって説明できるのではないかと考えられている。では、実際に転写因子がどのように多様化し、その結果どのような進化が起こったのであろうか。MADS-box 遺伝子族は、花形成のホメオティックセクター遺伝子である。花形成を担っている MADS-box 遺伝子が原始的な生殖器官を持つ植物でどのような機能を持っているかを解析することにより、花形成のホメオティックセクター遺伝子がどのような機能を持った遺伝子から、どのように進化してきたかを明らかにできるはずである。本研究では MADS-box 遺伝子族の進化が陸上植物の生殖器官の進化とどのように関わってきたのかを明らかにするために、裸子植物、コケ植物、緑藻類から MADS-box 遺伝子、および、被子植物で花器官形成 MADS-box 遺伝子を誘導する FLORICAULA/LEAFY (FLO/LFY) 遺伝子の機能解析を行った。

4. 研究結果及び自己評価：

- 1) 裸子植物の MADS-box 遺伝子：イチヨウとコバノグネツムから、それぞれ 11 個、4 個の MADS-box 遺伝子を単離した。遺伝子系統樹から、現生裸子植物は進化の過程で A 機能遺伝子を欠失した可能性が高いことがわかった。このことは、現生裸子植物がガク片、花弁を持たないことをうまく説明している (Hasebe 1999)。コバノグネツムと針葉樹の相同遺伝子の発現様式比較から、両者の生殖器官の相同性について新仮説を提唱した (Shindo et al. 1999)。
- 2) シダ植物と裸子植物の FLO/LFY 遺伝子：生殖器官特異的 MADS-box 遺伝子が進化した理由を調べるため、花で MADS-box 遺伝子を誘導する FLO/LFY 遺伝子をシダ植物、裸子植物から単離、機能解析した。その結果、シダ類の段階では、FLO/LFY 遺伝子 - MADS-box 遺伝子の遺伝子系は確立していなかったが、裸子植物の段階ではこの遺伝子系が確立していた可能性が高いことがわかった。このことから、シダ類の段階で栄養器官と生殖器官の両方で発現していた MADS-box 遺伝子が種子植物で生殖器官特異的に発現するようになったのは、FLO/LFY 遺伝子-MADS-box 遺伝子系が確立したからであることがわかった。
- 3) コケ植物の MADS-box 遺伝子：ヒメツリガネゴケから MADS-box 遺伝子を単離し、卵と精子の成熟時と孢子体で発現していることを明らかにした。このことから、コケ植物の段階で、シダ類にみられたような栄養器官と生殖器官の両方に発現するような MADS-box 遺伝子が存在していたことがわかった。
- 4) ヒメツリガネゴケの生殖器官形成に関わる遺伝子単離系の確立：被子植物の生殖器官とコケ植物の生殖器官は大きく異なっている。ヒメツリガネゴケから生殖器官形成に関わる新規遺伝子を単離する目的で遺伝子トラップラインを約 1 万 2 千確立し、生殖器官特異的に発現する約 100 ラインを得た。
- 5) 緑藻類における MADS-box 遺伝子の機能：陸上植物に近縁な 3 種の緑藻類 (シャジクモ、コレオケータ、ミカツキモ) からそれぞれ 1 つの MADS-box 遺伝子を単離した。これらはヒメツリガネゴケと同じように卵、精子成熟時に発現していた。また、2 倍体世代では全く発現が見られなかった。このことから、MADS-box 遺伝子は元来、1 倍体で卵精子成熟に関わっており、緑藻から陸上植物への進化の過程で 2 倍体の栄養・生殖器官での発現をも獲得したことがわかった。

## 自己評価

以上の研究結果から、MADS-box 遺伝子と陸上植物の生殖器官進化についてアウトラインを明らかにすることができた。これは陸上植物全体において、形態形成遺伝子と形態の進化を調べた初めての研究であり、発生進化学における大きな貢献ができたと考える。花器官形成遺伝子の起源は卵精子形成遺伝子にあるらしいというのは驚きであり、より詳細な機能解析をすすめたい。下等植物には分子生物学的実験ができ、遺伝子機能を解析できるようなモデルが無かった。本研究過程で、ヒメツリガネゴケを用いて遺伝子ターゲティングなどの実験系を確立することができたので、今後、MADS-box 遺伝子が卵精子形成のどのようなプロセスに関わっているかとともに、生殖器官以外の器官がどのように進化してきたのかも調べていきたい。

## 5 . 領域総括の見解

動物の体制決定ホメオティック遺伝子群に当たる植物の花形成決定マズボックス遺伝子群について、モ、コケ、シダ、種子植物と広く研究を展開したプロジェクトである。植物の形態形成の遺伝子研究では、世界で冠たる研究グループを3年間につくりあげた馬力は大いに評価したい。さきがけ研究をきっかけとして、このような活気ある研究が展開されるようになったのは特筆に値する。

## 6 . 主な論文など：（代表する論文に\*）

- \*Shindo, S. Sakakibara, K., Sano, R., Ueda, K. and Hasebe, M. 2001. Characterization of a FLORICAULA/LEAFY homologue of *Gnetum parvifolium*, and its implications for the evolution of reproductive organs in seed plants. *Int. J. Plant Sci.* 162: 1199-1209.
- Himi, S., Sano, R., Nishiyama, T., Tanahashi, T., Kato, M., Ueda, K., and Hasebe, M. 2001. Evolution of MADS-box gene induced by FLO/LFY genes. *J. Mol. Evol.* 53: 387-393.
- Hiwatashi, Y., Nishiyama, T., Fujita, T. and Hasebe, M. 2001. Establishment of gene-trap and enhancer-trap systems in the moss *Physcomitrella patens*. *Plant J.* 28: 1-14.
- Sakakibara, K., Nishiyama, T., Kato, M., and Hasebe, M. 2001. Isolation of Homeodomain-Leucine Zipper Genes from the Moss *Physcomitrella patens* and the Evolution of Homeodomain-Leucine Zipper Genes in Land Plants. *Mol. Biol. Evol.* 18: 491-502.
- Nishiyama, T., Hiwatashi, Y., Sakakibara, K., Kato, M. and Hasebe, M. 2000. Tagged mutagenesis and gene-trap in the moss, *Physcomitrella patens* by shuttle mutagenesis. *DNA Res.* 7: 1-9.
- Shindo, S., Ito, M., Ueda, K., Kato, M. and Hasebe, M. 1999. Characterization of MADS genes in the gymnosperm *Gnetum parvifolium* and its implication on the evolution of reproductive organs in seed plants. *Evolution and Development* 1: 180-190.
- Aso, K., Kato, M., Banks, J.A. and Hasebe, M. 1999. Characterization of homeodomain-leucine zipper genes in the fern, *Ceratopteris richardii* and the evolution of the homeodomain-leucine zipper gene family in vascular plants. *Molec. Biol. Evol.* 16: 544-552
- Hasebe, M. 1999. Evolution of reproductive organs in land plants. *J. Plant Res.* 112: 463-474.
- Hasebe, M. and Ito, M. 1999. Evolution of reproductive organs in vascular plants. In M. Kato ed, *The Biology of Biodiversity*, Springer-Verlag, Tokyo. pp.243-255.

招待講演：国際学会 7 件、国内学会 7 件