

バイオケミカルリソース研究チーム

Laboratory for Biochemical Resources

チームリーダー 村中俊哉
MURANAKA, Toshiya

当研究チームでは、種々の生理活性物質（バイオケミカル）を産生する酢酸-メバロン酸経路を中心に、包括的な遺伝子発現制御解析および代謝工学研究を行っている。特に、生合成阻害剤や遺伝子破壊植物を用いて、酢酸-メバロン酸経路の包括的な遺伝子発現解析・メタボリックプロファイリング・表現型解析を行うことにより、本経路のダイナミックな生産制御機構を明らかにする。さらに、形質転換毛状根培養系などを用いて、植物ステロール生合成に関わる新規遺伝子の単離、代謝工学技術の駆使などにより、新規で有用な生理活性物質を産生する植物の創製に資する基盤技術の確立を目指している。

1. 酢酸-メバロン酸経路の包括的な代謝制御に関する研究（鈴木、永田、上出、五十嵐^{*1}、小林^{*2}、村中；宮沢^{*3}（植物機能研究室）；加藤（生長制御物質研究チーム））

高等植物において、イソプレノイド化合物は、細胞質のメバロン酸（MVA）経路とプラスチドの非酢酸-メバロン酸（MEP）経路の両経路で合成される。最近の研究により、ステロール類はMVA経路で、クロロフィルやカロテノイド、ジベレリンなどはMEP経路で、主として合成されること、また、両経路間に少なくとも物質のクロストークがあることが明らかになってきた。各種イソプレノイド化合物生合成経路の量的、時空間的使い分け、あるいは両経路の代謝フローが植物の生長・分化に与える影響を調べるには、それぞれの経路を遮断する変異体を解析することが有効である。そこで、MVA経路の鍵酵素である3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase（HMGR）に着目し、シロイヌナズナに存在する2つのHMG-CoA レダクターゼ遺伝子（*HMG1*、*HMG2*）のそれぞれの破壊株を単離し、各遺伝子の機能分担を理解することを目指した。また、シロイヌナズナ HMGR の翻訳後制御に関わるプロテインキナーゼの解析、および HMGR 阻害剤耐性変異体の取得について検討した。

シロイヌナズナ T-DNA タグラインより *HMG1* および *HMG2* の T-DNA 挿入変異体をそれぞれ取得し、表現型を解析した結果、*hmg1* 変異体のみで発芽初期における根・胚軸の伸長抑制、本葉展開の遅滞、老化の促進、不稔などという顕著な表現型を示した。そこでまず、老化関連遺伝子 *SAG12* の発現について解析した。幼植物を暗処理すると *hmg1* 変異体では *SAG12* の発現が誘導され、メバロン酸添加により抑制されることを示した。さらに野生型植物にスクワレン生合成阻害剤（スクワレスタチン）を投与することによって、*SAG12* が誘導されることを見いだした。また、*hmg1* 変異植物のステロール含量は、野生型に比べて有意に低下していたことより、MVA 経路の代謝産物のステロールが、植物の老化抑制、正常伸長、稔性維持などに大

きく寄与することが分かった。

HMGR は転写レベルおよび翻訳後レベルで制御されているが、AMPK 相同キナーゼのどの分子種が HMGR の活性制御に関与するのか植物では未解明である。そこで、シロイヌナズナにおけるラット AMPK 相同遺伝子である *AKIN10*、*AKIN11*、*AKIN12* の解析を通して HMGR の活性制御機構の解明を目指した。HMGR の C 末端近くの合成ペプチドを基質に用いたリン酸化アッセイを行うと、*AKIN10*、*AKIN11* はこれをリン酸化したが、*AKIN12* はリン酸化できなかった。また *AKIN10*、*AKIN11*、*AKIN12* の器官別の発現を調べたところ、*AKIN10*、*AKIN11* は植物体全体で、*AKIN12* は未熟鞘で発現していた。これらの結果から *AKIN10*、*AKIN11* のどちらか、または両方が HMGR キナーゼとして機能しうることが示唆された。

HMGR 阻害剤ロバスタチンを発芽種子に与えると、根の伸長が顕著に抑制される。根の長さを指標にして、シロイヌナズナにおけるロバスタチン耐性変異体のスクリーニングを行った。その結果、300 nM 以下のロバスタチンで根の伸長にほとんど影響を受けない劣性変異体 *Lovastatin insensitive mutant (loi1)* が単離された。*loi1* 変異体において、*HMG1*、*HMG2* の遺伝子発現に差が見られなかったことから、*loi1* 変異体におけるロバスタチン耐性形質は、HMGR 遺伝子の過剰発現ではないことが分かった。また、*loi1* 変異体は、MEP 経路の特異的阻害剤に対しても耐性を示した。以上の結果から *loi1* 遺伝子は、MVA 経路もしくは、MEP/MVA 経路のクロストークに関係するネガティブレギュレーターである可能性がある。

2. 根培養系の新規基盤技術開発（關、中嶋（千）、小林^{*2}、村中）

Agrobacterium rhizogenes を利用した形質転換毛状根培養系は、外来遺伝子が導入された組換え植物根を迅速かつ多数得ることができる優れた手段であると考えられる。シロイヌナズナにおいても形質転換毛状根の誘発が報告されているが、形質転換効率は低い。そこで、GFP 遺伝子をマーカーとして、シロイヌナズナにおける高効率な形質転換毛状根の誘導条件について検討した。その結果、胚軸を数日間オーキシンおよびサイトカニンで処理することにより、高効率に形質転換毛状根が取得できることが分かった。

次に、毛状根を利用した遺伝子アクティベーションタギング法について検討した。毛状根誘発に関与する *rol* 遺伝子クラスター、プラスミドレスキューに用いるための大腸菌での複製開始点、マーカー遺伝子、植物で機能するエンハンサー領域などを有するバイナリーベクターを構築した。このベクターで上記の胚軸カルス法により、シロイヌナズナ形質転換毛状根クローンを取得した。同一カルスから誘発

された異なる毛状根における T-DNA 挿入領域を、プラスミドレスキューにより解析した。その結果、ゲノム DNA の異なる位置に挿入されていることから、それぞれ独立した形質転換根クローンであることが分かった。さらに、T-DNA が挿入された近傍の遺伝子の転写産物が、非形質転換根では検出されないのに対し、形質転換根では検出された。この結果より、毛状根を利用した遺伝子アクティベーションタギングが可能であることが分かった。また、毛状根における遺伝子機能解析を迅速に行うために、GATEWAY 対応の毛状根用過剰発現ベクター、および RNAi ベクターを構築し、その機能評価も行っている。

3. 根培養系を用いた植物ステロールのメタボリックエンジニアリング (小原, 関, 中嶋 (千), 橋本, 村中; 高上馬^{*3} (植物機能研究室))

ナス科植物の多くは、医薬品として利用価値の高いステロイドサポニン含有しており、その生合成過程の最終段階である配糖化反応がサポニン生産において重要であると考えられる。またサポニンは二次代謝産物として植物の防御機構に関わっており、サポニン配糖化の度合いと抵抗性との相関やその制御機構にも興味もたれるが、これまでに、これらの配糖化酵素遺伝子に関する知見は全くなかった。新規遺伝子の機能解明には、形質転換系が確立されていることが有利である。そこで、ステロイドサポニン含有するナス科植物キンギンナスビ (*Solanum aculeatissimum*) に着目し、*A. rhizogenes* を介した形質転換毛状根を作出するとともに、キンギンナスビから、ステロイドサポニン合成に関わる配糖化酵素遺伝子の単離・解析を行った。

まず、GFP マーカーによる形質転換毛状根スクリーニングの合理化を検討することとし、試験管内で莖節培養により維持しているキンギンナスビ葉切片に、GFP 発現ベクターを持つ *A. rhizogenes* を感染させた。数週間後、感染部位から不定根が多数誘発した。蛍光実体顕微鏡を用いた観察により、誘発された不定根の一部のみが蛍光を有することが分かった。これにより、蛍光を有する根のみを無菌的に単離できるので、形質転換毛状根のみを効率的にスクリーニングすることが可能となった。

既知の植物ステロール配糖化酵素遺伝子情報を基に、キンギンナスビより 3 種類の遺伝子 *SaGT6*, *SaGT4A*, *SaGT4R* を得た。これらのクローンは配糖化酵素遺伝子ファミリー内の異なるグループに属することが予測され、*SaGT6*, *SaGT4A* は植物体全体で発現していたが *SaGT4R* は根のみで発現していた。植物の配糖化酵素遺伝子は、一般的に傷害誘導されるのに対し、*SaGT6*, *SaGT4A* は傷処理により迅速に抑制されるというユニークな特性を示した。本酵素 cDNA を大腸菌発現させ、精製したタンパクを用いて、各種アグリコンを基質とした配糖化活性について検討した。その結果、*SaGT4A* は、キンギンナスビ・アクレアチサイドのサボゲニンであるヌアチゲニンに加えて、ジオスゲニンを配糖化した。さらに、ソラソジン、ソラニジンといったステロイドアルカロイドも、本酵素によって配糖化された。以上の結果より、*SaGT4A* は、ステロイドサボゲニンおよびステロイドアルカロイドサボゲニン配糖化酵素をコードしていることが分かった。

^{*1} 研修生 (埼大大学院), ^{*2} 研修生, ^{*3} 基礎科学特別研究員

1. Study of the comprehensive regulation of the mevalonate pathway through the action of HMG-CoA reductase

In higher plants, HMG-CoA reductase (HMGR) is encoded by small divergent gene families, in contrast to the single gene found in animal cells. Furthermore, each plant HMGR gene has distinct expression patterns, both spatially and temporally. *Arabidopsis* encodes two HMGR genes: *HMG1* and *HMG2*. To understand the role of individual HMGR genes, we screened *Arabidopsis* T-DNA tagged lines and isolated homozygous insertion mutants of *HMG1* and *HMG2*. No distinct phenotype of the *hmg2* mutant was seen. By contrast, the *hmg1* mutant plant showed inhibition of root elongation and expansion of the cotyledon in seedlings; a dwarf, sterile phenotype; and rapid senescence in mature leaves and internodes. In addition, rapid induction of a senescence-associated gene was observed in *hmg1* seedlings after dark treatment.

To investigate the role of plant orthologues of the protein kinase, we analyzed *Arabidopsis AKIN10*, *AKIN11*, and *AKIN12*. A kinase assay using an HMGR C-terminal peptide as its substrate revealed that Akin10 and Akin11 can phosphorylate HMGR, but AKIN12 cannot. To identify the organs where *AKIN10*, *AKIN11*, and *AKIN12* are expressed we used RT-PCR analysis. *AKIN10* and *AKIN11* are expressed ubiquitously, while *AKIN12* is expressed in immature siliques. These results suggest that AKIN10 and AKIN11 are functional HMGR kinases. AKIN12 may be involved in other metabolic regulation, such as catabolite derepression in yeast.

We have also begun to screen lovastatin-resistant plants from T-DNA insertion mutant pools of *Arabidopsis* for the purpose of isolating regulators of HMGR genes and factors responsible for MVA/MEP crosstalk. We have succeeded in isolating a recessive lovastatin-insensitive mutant (*loi1*).

2. Development of a novel technology platform for root culture systems

Activation tagging, *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation with a T-DNA that carries enhancer or promoter sequences, is a gene discovery tool based on gain of function. However, application of this method is restricted to several plant species because it needs large numbers of transgenic plants for selection. Hairy roots emerge from inoculated sites in various dicotyledonous plants at high efficiency after infection with *A. rhizogenes*. In other words, *A. rhizogenes*-mediated transformation is thought to be a high-throughput system for obtaining large numbers of transgenic root clones. Therefore, we used hairy root clones as a tool for activation tagging and for the rapid investigation of genes of unknown function. We decided to use the *rol* gene cluster instead of the native Ri plasmid to obtain a simple insertion event in the genome of transformed clones. In this project, binary vectors for "Hairy Root-Activation Tagging (HR-AT)", which contain the *rol* gene cluster, a selection marker, *ori* for *E. coli*, and 35S enhancers, were constructed. We also constructed both sense and RNAi vectors for hairy root, using the GATEWAY system to achieve rapid construction of the desired expression vectors. To evaluate these vectors, we developed a highly efficient hairy root induction method for *Arabidopsis* using callus from hypocotyls.

3. Metabolic engineering of phytosteroids using the root culture systems

Solanaceae plants contain unique steroid derivatives, such as saponins, which have diverse biological and pharmacological activities. Glycosylation is the final step in the biosynthesis of saponins, and their sugar chain structure is considered important for their activity. Detailed information on glycosyltransferases (GTs) that catalyze the glycosylation of steroidal compounds is lacking. We have established hairy root cultures of *Solanum aculeatissimum*, which contains steroid saponins, called aculeatisides, in its roots. To reveal the function of GTs in saponin production, we cloned three full-length cDNAs (SaGT4A, SaGT4R and SaGT6) that encode putative GTs from *S. aculeatissimum* and analyzed their gene expression in plants. SaGT4R was exclusively distributed in roots. Both SaGT4A and SaGT6 responded dramatically to wounding stress. Recombinant protein for SaGT4A produced in *E. coli* successfully glycosylated steroidal saponin such as nusatigenin and diosgenin.

Research Subjects and Members of Laboratory for Biochemical Resources

1. Study of the comprehensive regulation of the mevalonate pathway through the action of HMG-CoA reductase
2. Development of a novel technology platform for root culture systems
3. Metabolic engineering of phytosteroids using the root culture systems

Laboratory Head

Dr. Toshiya MURANAKA

Research Scientist

Dr. Atsuko KOHARA
Dr. Noriko NAGATA
Dr. Hikaru SEKI
Dr. Masashi SUZUKI

Technical Staff

Dr. Kimiko HASHIMOTO
Ms. Yukiko KAMIDE
Ms. Chiharu NAKAJIMA

in collaboration with

Dr. Hisashi KATO (Lab. for Growth Regulation, PSC)
Dr. Mareshige KOJOMA (Plant Functions Lab.)
Dr. Ken MATSUOKA (Lab. for Structural Construction, PSC)
Dr. Yutaka MIYAZAWA (Plant Functions Lab., PSC)

Trainees

Ms. Masae IGARASHI (Grad. Sch. Sci. Eng., Saitama Univ.)
Ms. Keiko KOBAYASHI (Dept. Chem. Biol. Sci., Jpn.

Women's Univ.)

誌 上 発 表 Publications

[雑 誌]

(原 著 論 文) * 印 は 査 読 制 度 が あ る 論 文

- Ito R., Fujiwara M., Nagata N., and Yoshida S.: "A chloroplast protein homologous to the eubacterial topological specificity factor MinE plays a role in chloroplast division", *Plant Physiol.* **127**, 1644–1655 (2001). *
- Putalun W., Tanaka H., Muranaka T., and Shoyama Y.: "Determination of aculeatisides based on immunoassay using a polyclonal antibody against aculeatiside A", *Analyst* **127**, 1328–1332 (2002). *
- Nagata N., Suzuki M., Yoshida S., and Muranaka T.: "Mevalonic acid partially restores chloroplast development in *Arabidopsis* lacking a non-mevalonate pathway", *Planta* **216**, 345–350 (2002). *
- Suzuki M., Kato A., Nagata N., and Komeda Y.: "A xylanase, AtXyn1, is predominantly expressed in vascular bundles, and four putative xylanase genes were identified in the *Arabidopsis thaliana* genome", *Plant Cell Physiol.* **43**, 759–767 (2002). *
- Miyazawa Y., Kato H., Muranaka T., and Yoshida S.: "Amyloplast formation in cultured tobacco BY-2 cells requires a high cytokinin content", *Plant Cell Physiol.* **43**, 1534–1541 (2002). *
- Saito C., Nagata N., Sakai A., Mori K., Kuroiwa H., and Kuroiwa T.: "Angiosperm species that produce sperm cell pairs or generative cells with polarized distribution of DNA-containing organelles", *Sex. Plant Reprod.* **15**, 167–178 (2002). *
- (総 説)
吉田茂男, 村中俊哉: "わが国独自の植物機能制御技術を目指して", *日本農芸化学会誌* **76**, 37–41 (2002).
- (その他)
Nakano T., Kaneko I., Kimura T., Nagata N., Matsuyama T., Asami T., and Yoshida S.: "Molecular mechanism of chloroplast development regulated by plant hormones", *RIKEN Rev.*, No. 41, pp. 86–87 (2001).
- [単 行 本 ・ Proc.]
(その他)
Nagata N., Suzuki M., Yoshida S., and Muranaka T.: "Action of mevalonic acid-derived isoprenoids in *Arabidopsis*", *Advanced Research on Plant Lipids: Proc. 15th Int. Symp. Plant Lipids, Okazaki, 2002–5*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 245–248 (2003).
- Suzuki M., Nagata N., Kamide Y., Yoshida S., and Muranaka T.: "The study of the mechanism of cell elongation using an inhibitor of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase", *Advanced Research on Plant Lipids: Proc. 15th Int. Symp. Plant Lipids, Okazaki, 2002–5*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 249–252 (2003).

口頭発表 Oral Presentations

(国際会議等)

- Nagata N., Suzuki M., Yoshida S., and Muranaka T.: "Action of mevalonic acid-derived isoprenoids in Arabidopsis", 15th Int. Symp. Plant Lipids, Okazaki, May (2002).
- Muranaka T., Nagata N., Suzuki M., and Yoshida S.: "Toward understanding comprehensive regulation of mevalonate pathway based on the function of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase", 15th Int. Symp. Plant Lipids, Okazaki, May (2002).
- Muranaka T.: "Toward understanding comprehensive regulation of mevalonate pathway based on the function of HMG-CoA reductase", Ann. Inst. Meet. of Max Plank Inst. fur Molekulare Pflanzen Physiologie, Golm, Germany, May (2002).
- Muranaka T., Nakajima C., Kohara A., and Yoshida S.: "Potential application of hairy roots as a tool for activation tagging", 10th IAPTC&B Congr. on Plant Biotechnology 2002 and Beyond, Orlando, USA, June (2002).
- Motohashi R., Ito T., Yamazaki T., Nagata N., Yoshida S., Ito K., and Shinozaki K.: "An important role of a ribosomal releasing factor 1 (RF1) in chloroplast development based on the analyses of a *Ds*-tagged albino mutant", 13th Int. Conf. on Arabidopsis Research, Sevilla, Spain, June-July (2002).
- Kamide Y., Suzuki M., Nagata N., Sato S., Kato T., Tabata S., Yoshida S., and Muranaka T.: "Knockout of Arabidopsis 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase genes: As a tool for brassinosteroid/gibberellin biosynthesis and signal transduction", NIAS/BRAIN Int. Symp. on Molecular Mechanism of Gibberellin/Brassinosteroid Signal Transduction, Tsukuba, Nov. (2002).
- Nagata N., Sekimata K., Shimada Y., Muranaka T., Asami T., and Yoshida S.: "Roles of brassinosteroids involving in control of photomorphogenesis in the dark", NIAS/BRAIN Int. Symp. on Molecular Mechanism of Gibberellin/Brassinosteroid Signal Transduction, Tsukuba, Nov. (2002).
- Nagata N., Suzuki M., Yoshida S., and Muranaka T.: "Flow and action of mevalonic acid-derived isoprenoids in Arabidopsis", Plant Science Center Symp. II on Biosyntheses of Plant Hormones and Beyond, Wako, Nov. (2002).
- Kamide Y., Suzuki M., Nagata N., Seki H., Kobayashi K., Sato S., Kato T., Tabata S., Yoshida S., and Muranaka T.: "Roles of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase on growth and development in Arabidopsis", Plant Science Center Symp. II on Biosyntheses of Plant Hormones and Beyond, Wako, Nov. (2002).
- Nagata N., Sekimata K., Shimada Y., Muranaka T., Asami T., and Yoshida S.: "Roles of brassinosteroids involving in control of cell division and plastid development in the dark", Plant Science Center Symp. II on Biosyntheses of Plant Hormones and Beyond, Wako, Nov. (2002).

(国内会議)

- 村中俊哉, 中嶋千晴, Putalun W., 小原淳子, 吉田茂男, 池永敏彦, 田中宏幸, 正山征洋: "キンギンナスビ *Solanum aculeatissimum* 形質転換毛状根の作出およびステロイドサポニンのイムノアッセイ系の開発", 第20回日本植物細胞分子生物学会大会・シンポジウム, 奈良, 7月(2002).
- 永田典子, 鈴木優志, 吉田茂男, 村中俊哉: "Metabolic flow from mevalonate pathway to non-mevalonate pathway contributing to development of plastids", 日本植物学会第66回大会, 京都, 9月(2002).
- 永田典子, 山本義治, 関根友紀子, 吉田茂男, 松井南: "減数分裂後の雄性配偶子形成に関わるシロイヌナズナ *CSL1* 遺伝子の解析", 日本植物形態学会第14回大会, 京都, 9月(2002).
- 村中俊哉, 中嶋千晴, 小原淳子, 吉田茂男, 池永敏彦, Putalun W., 田中宏幸, 正山征洋: "抗ステロイドサポニン *Aculeatiside A* 抗体を用いたキンギンナスビ *Solanum aculeatissimum* 形質転換毛状根のスクリーニングの可能性", 日本生薬学会第49回年会, 福岡, 9月(2002).
- 鈴木優志, 上出由希子, 永田典子, 関光, 吉田茂男, 村中俊哉: "HMG-CoA Reductase の翻訳後修飾に関わるキナーゼ遺伝子の探索", 植物化学調節学会第37回大会, 札幌, 10月(2002).
- 小原淳子, 中嶋千晴, 橋本貴美子, 池永敏彦, 吉田茂男, 村中俊哉: "ステロイドサポニン含有ナス科植物における配糖化酵素遺伝子の傷害及びホルモン応答性", 植物化学調節学会第37回大会, 札幌, 10月(2002).
- 宮沢豊, 加藤尚志, 村中俊哉, 浅見忠男, 吉田茂男: "タバコ培養細胞 BY-2 のアミロプラスト分化に対する Lovastatin の影響", 植物化学調節学会第37回大会, 札幌, 10月(2002).
- 永田典子, 関亦克彦, 村中俊哉, 浅見忠男, 吉田茂男: "暗所芽生えにおいて細胞分裂及び色素体分化を調節するブラシノステロイドとサイトカニンの作用について", 植物化学調節学会第37回大会, 札幌, 10月(2002).
- 永田典子, 鈴木優志, 上出由希子, 吉田茂男, 村中俊哉: "酢酸メバロン酸経路と非酢酸メバロン酸経路間の物質のクロストークが植物の生長に及ぼす影響について", 植物化学調節学会第37回大会, 札幌, 10月(2002).
- 上出由希子, 鈴木優志, 永田典子, 佐藤修正, 加藤友彦, 田畑哲之, 吉田茂男, 村中俊哉: "酢酸メバロン酸経路の解析における HMG-CoA レダクターゼ遺伝子破壊株の有用性", 植物化学調節学会第37回大会, 札幌, 10月(2002).
- 鈴木優志, 上出由希子, 永田典子, 吉田茂男, 村中俊哉: "シロイヌナズナ *AMPK/SNF1* 相同遺伝子, *AKIN12* は鞘特異的に発現する", 第25回日本分子生物学会年会, 横浜, 12月(2002).
- 上出由希子, 鈴木優志, 永田典子, 佐藤修正, 加藤友彦, 田畑哲之, 吉田茂男, 村中俊哉: "シロイヌナズナにおける HMG-CoA レダクターゼ遺伝子破壊の細胞増殖・分化に及ぼす影響", 第25回日本分子生物学会年会, 横浜, 12月(2002).
- 本橋令子, 明賀史純, 山崎高紀, 伊藤卓也, 黒森崇, 平山隆志, 関原明, 小林正智, 永田典子, 吉田茂男, 篠崎一雄: "シロイヌナズナにおけるトランスポゾン *Ac/Ds* を用いたアルピノ変異体の網羅的解析 1", 第25回日本分子生物学会

年会, 横浜, 12 月 (2002).

明賀史純, 本橋令子, 山崎高紀, 伊藤卓也, 黒森崇, 平山隆志, 関原明, 小林正智, 永田典子, 吉田茂男, 篠崎一雄: “シロイヌナズナにおけるトランスポゾン *Ac/Ds* を用いたアルビノ変異体の網羅的解析 2”, 第 25 回日本分子生物学会年会, 横浜, 12 月 (2002).

豊岡公徳, 竹内雅宜, 森安裕二, 村中俊哉, 福田裕穂, 松岡健: “タンパク質凝集体の液胞移行による分解機構の解明”, 日本植物生理学会 2003 年度年会および第 43 回シンポジウム, 東大阪, 3 月 (2003).

鈴木優志, 上出由希子, 永田典子, 關光, 吉田茂男, 村中俊哉: “HMG-CoA Reductase の翻訳後修飾に関わるキナーゼ

遺伝子の解析”, 日本植物生理学会 2003 年度年会および第 43 回シンポジウム, 東大阪, 3 月 (2003).

上出由希子, 鈴木優志, 永田典子, 加藤尚志, 佐藤修正, 加藤友彦, 田畑哲之, 吉田茂男, 村中俊哉: “シロイヌナズナ HMG-CoA レダクターゼ遺伝子破壊株の解析”, 日本植物生理学会 2003 年度年会および第 43 回シンポジウム, 東大阪, 3 月 (2003).

本橋令子, 明賀史純, 山崎高紀, 伊藤卓也, 黒森崇, 平山隆志, 関原明, 小林正智, 永田典子, 吉田茂男, 篠崎一雄: “シロイヌナズナにおけるトランスポゾン *Ac/Ds* を用いたアルビノ変異体の網羅的解析”, 日本植物生理学会 2003 年度年会および第 43 回シンポジウム, 東大阪, 3 月 (2003).