

平成23年5月16日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19380026
 研究課題名（和文）CMV 抵抗性遺伝子産物 RCY1 と宿主タンパク質からなる分子複合体の構造と機能解析
 研究課題名（英文）Functional analysis of molecular complex composed by CMV-resistance protein RCY1 and other host proteins
 研究代表者
 高橋 英樹（TAKAHASHI HIDEKI）
 東北大学・大学院農学研究科・准教授
 研究者番号：20197164

研究成果の概要（和文）：

キュウリモザイクウイルス黄斑系統 [CMV(Y)] に対する抵抗性を制御している抵抗性遺伝子 *RCY1* は、CC(Coiled-coil)-NB (Nucleotide binding)–LRR (Leucine-rich repeat) ドメインを有するタンパク質をコードしている。同タンパク質の機能と、相互作用する宿主タンパク質について解析を行ったところ、(1) CMV(Y)罹病性 C24 変異体の解析から、*RCY1* タンパク質内の CC、NBS、LRR の各ドメインが、その機能に必須である、(2) *RCY1* タンパク質を細胞内で発現させると自発的細胞死が誘導されるが、分割した各ドメインを共発現させた場合、ドメイン間の相互作用や自発的細胞死が誘導されない、(3) *RCY1* による CMV(Y)抵抗性は、*RCY1* タンパク質の蓄積量によって特異的に制御されており、その蓄積量により抵抗性の強度が決定される、(4) *RCY1* タンパク質と相互作用する宿主タンパク質として、43kDa タンパク質と ‘GHKL’ATPase モチーフを有する NTPase が同定された。これらの結果は、抵抗性タンパク質 *RCY1* の機能解明に新規な知見を提供するものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：

Resistance gene to CMV(Y), *RCY1*, encodes CC-NBS-LRR-containing protein. In this study, we analyzed the molecular aspect of a complex composed by *RCY1* and other host proteins. In conclusion, (1) *RCY1*-conferred resistance to CMV(Y) required three structural domains: CC, NBS and LRR in *RCY1* protein, (2) HR-cell death was induced by Agrobacterium-mediated transient expression of *RCY1*, but co-expression of all combination of CC, NBS and LRR domain proteins in plant cell did not induce not only the cell death but also molecular interaction among them, indicating that three domains are not able to act trans-complimentarily, (3) A protein with molecular weight of 43kDa and a NTPase containing ‘GHKL’ATPase motif were identified as a *RCY1*-interacting proteins. These finding will give a new insight for understanding the function of *RCY1* protein conferring the resistance to CMV(Y).

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	11,600,000	3,480,000	15,080,000
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
総計	15,500,000	4,650,000	20,150,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・植物病理学

キーワード：ウイルス抵抗性、キュウリモザイクウイルス、病害抵抗性遺伝子、NB-LRR タンパク質

1. 研究開始当初の背景

この10年の間に約30種類の病害抵抗性遺伝子が植物から単離された。その構造解析の結果、抵抗性遺伝子は、主要な5つのクラスに大別されている。その中で、最も多くのメンバーが報告されているNBS-LRRクラスでは、抵抗性遺伝子の下流で機能しているシグナル伝達系についても解析が進められており、大多数のNBS-LRRクラス抵抗性遺伝子は、NDR1(膜結合タンパク質)を介したシグナル伝達系に依存するものと、EDS1(リパーゼ様タンパク質)を介したシグナル伝達系に依存するサブクラスに分かれることが明らかになっている。さらに、各サブクラスに属するメンバーは、抵抗性遺伝子産物(以下、抵抗性タンパク質)と相互作用することが明らかになっている。RAR1やSGT1の依存性からも、それぞれのサブグループへの対応付けが確認されている。しかし、単離された抵抗性遺伝子の中で、抵抗性タンパク質自体の機能解析が詳細に進められているものは、国外のグループが研究を行なっているタバコモザイクウイルス抵抗性遺伝子*N*、ジャガイモXウイルス抵抗性遺伝子*Rx*、*Pseudomonas*抵抗性遺伝子*RPM1*と*RPS2*など一部の代表的な抵抗性遺伝子に限られている。特に*Rx*タンパク質では、CC(Coiled-coil)、NBS(Nucleotide-binding site)、LRR(Leucine-rich repeat)ドメイン間の相互作用による折りたたみ構造をとっており、非病原因子であるPVX外被タンパク質をLRRドメインが感知し、*Rx*タンパク質の折りたたみ構造が変化することによって、CCドメインがシグナルを下流に伝達するモデルが提唱されている。また、*N*タンパク質は、NBSドメインを介して多量体を形成しており、その構造による*N*タンパク質の安定化が抵抗性誘導に重要な役割を果たしているとの報告がある。

一方、これまでに単離されたNBS-LRRクラス抵抗性遺伝子の中には、キュウリモザイクウイルス抵抗性遺伝子*RCY1*のように、*NDR1*と*EDS1*のいずれにも依存せずに抵抗性を誘導するユニークなものも見出されている。残念なことに国内では、特定の抵抗性遺伝子を単離し、さ

らにその解析を進めている研究例はほとんどないが、本研究代表者らは*RCY1*の下流シグナル伝達機構の解析から、この*RCY1*は他の多くのNB-LRRクラス抵抗性遺伝子と異なり、新規なシグナル伝達系を介してCMV抵抗性を誘導することを明らかにしている。したがって、*RCY1*は、国外で研究が進められている*N*、*Rx*、*RPM1*など上述の遺伝子とは異なる機構でCMV抵抗性反応を制御している可能性が高いと考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、新規な抵抗性遺伝子産物である*RCY1*タンパク質が、CMV抵抗性をどのような分子機構により制御しているのかを明らかにするため、(a)*RCY1*タンパク質のCC、NBS、LRRドメインへの変異導入による抵抗性誘導能の喪失、(b)CC、NBS、LRRドメインの相互作用による*RCY1*タンパク質の分子構造について解析を行なう。同時に(c)*RCY1*タンパク質と相互作用する宿主タンパク質の同定および、(d)その複合体によって制御されている下流シグナル伝達系の解析を行なう。そして、それらの解析から知見を合わせ、CMV抵抗性における*RCY1*タンパク質の機能解明に迫る。

3. 研究の方法

- (1) 突然変異源(EMS)処理により、CMV罹病性1アミノ酸置換変異体を作成する。同変異体を、以降の*RCY1*タンパク質ドメイン間の相互作用および*RCY1*タンパク質の多量体形成の解析に利用する。
- (2) HAおよびmycタグを付与した*RCY1*タンパク質のCC、NBS、LRRドメインを*N. benthamiana*葉組織中で一過的に発現させ、細胞死誘導を指標として抵抗性誘導活性、各ドメイン間の結合を調べる。
- (3) HAタグ付き*RCY1*タンパク質を発現する形質転換植物を作成し、HAタグ抗体を用いて*RCY1*タンパク質を検出するとともに、CMV抵抗性を評価する。
- (4) 同*RCY1*-HA形質転換植物を用いて、免疫共沈法により、*RCY1*結合宿主タンパク質の単離を行う。
- (5) 単離されたタンパク質の機能解析を、ALSウイルスベクターを用いた遺伝子ノックダウンシステムを用いて行う。
- (6) *RCY1*の対立遺伝子*HRT*がコードする

HRT タンパク質と相互作用する宿主タンパク質を単離し、同結合タンパク質と RCY1 タンパク質との結合を解析する。さらに、同結合タンパク質の機能から、下流シグナル伝達系について考察する。

4. 研究成果

(1) RCY1 タンパク質の各ドメインへの変異導入による機能解析

突然変異源(EMS)処理により得られた CMV(Y)罹病性 C24 変異体 8 ラインの RCY1 の塩基配列解析の結果、4 ラインは LRR ドメイン、1 ラインは CC ドメイン、3 ラインは NBS ドメインに変異が生じており、各ドメインが RCY1 の機能に必須であることが明らかになった。

(2) 各ドメインの相互作用による RCY1 タンパク質の分子構造の解析

HA および myc タグを付与した RCY1 タンパク質全長、同タンパク質 CC 断片、CC-NBS 断片、NBS-LRR 断片、LRR 断片を発現するアグロバクテリウムを作出し、*N. benthamiana* 葉で一過的に発現させたところ、完全長タンパク質では細胞死の誘導が確認されたが(図 1)。しかし、ドメイン断片の組合せでは、CMV 感染の有無にかかわらず、すべての断片間で細胞死誘導や物理的相互作用を確認することはできなかった。

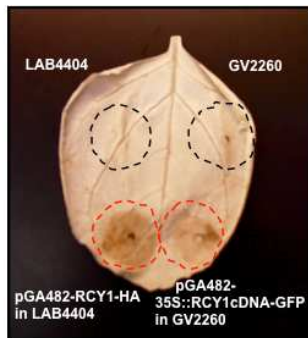


図1 RCY1-HAタンパク質の一過的過剰発現による過敏細胞死(赤く囲んだ部分)を指標とした抵抗性検定。

(3) RCY1-HA 形質転換体の作出とウイルス抵抗性評価

細胞内における RCY1 タンパク質の動態を把握するため、HA タグを付加した RCY1 をコードするベクター(RCY1-HA)を構築し、RCY1-HA の一過的発現系および RCY1-HA を安定的に発現する形質転換体(Col::pRCY1-HA)を作出した。RCY1 を形質転換した罹病性シロイヌナズナは、すべて CMV(Y)抵抗性を示したが、その程度は形質転換ラインで異なっていた(図 2)。

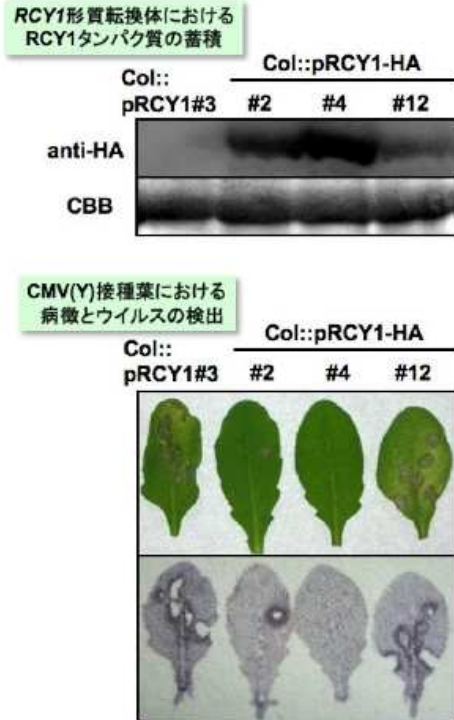


図2 RCY1形質転換体におけるRCY1タンパク質の蓄積とCMV(Y)に対する応答。ライン#4では、RCY1タンパク質が過剰蓄積し、ウイルスに対して高度抵抗性を示している。

3 ラインの Col::pRCY1-HA を用いて、CMV(Y)抵抗性と RCY1-HA タンパク質の蓄積量の関係を解析したところ、抵抗性の強度と RCY1-HA の蓄積量に正の相関が認められた(図 2)。さらに、RCY1-HA タンパク質を高レベルに蓄積するラインにおける他の病原体(*P. syringae* pv *tomato* DC3000 や病原性 CMV-B2 系統など)に対する抵抗性を調べたが、いずれも野生型と同様の罹病性を示した。したがって、RCY1 により制御される CMV(Y)抵抗性は、植物の健全状態での RCY1 タンパク質の蓄積量によって特異的に制御されており、その蓄積量により抵抗性の強度が決定されると考えられた。

(4) RCY1-HA 形質転換体を利用した RCY1 結合タンパク質の単離

RCY1-HA 形質転換体の葉組織磨砕液を、抗 HA 抗体結合アガロースビーズとインキュベートすることによって、RCY1-HA タンパク質複合体をトラップできることを確認した(図 3-1, 2)。次に、トラップ(免疫共沈)された RCY1-HA タンパク質複合体を SDS-PAGE で解析したところ、分子量約 43kDa の RCY1 結合タンパク質と推定されるバンドが検出された(図 3-3)。

次に、ALSV ベクターを用いたサイレ

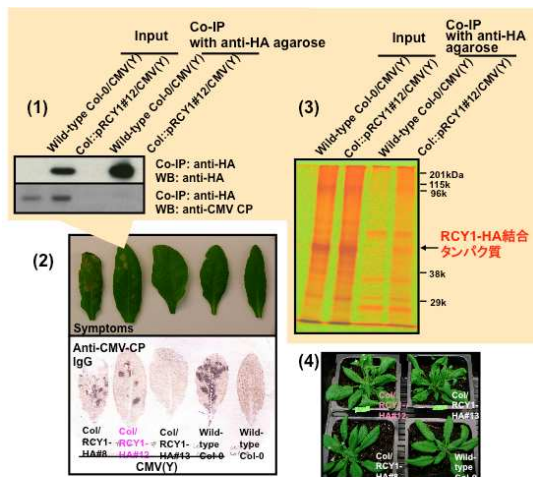


図3 RCY1-HA形質転換体におけるRCY1-HAタンパク質の検出(1)、ウイルス応答(2)、免疫共沈法による結合タンパク質の解析(3)、植物の形態(4)を示す。

ンシングによる遺伝子発現ノックダウン法を利用して、RCY1 結合タンパク質の機能解析を計画した。はじめに、その予備実験として同ベクターを用いて RCY1 自体のノックダウンを行ったところ、RCY1 のサイレンシングによるノックダウンとともに抵抗性の消失が確認できたことから、同ベクターは RCY1 結合タンパク質の機能解析のツールとして利用できることが明らかになった。しかし、研究期間内に、同結合タンパク質の機能について結論を得るまでには至らなかった。

(5) RCY1 タンパク質と相互作用する宿主タンパク質と下流シグナル伝達系における役割

シロイヌナズナエコタイプ Di-17 では、RCY1 の対立遺伝子座が、TCV 抵抗性遺伝子 HRT になっていることが明らかになっている。EMS 処理による TCV 罹病性変異体のスクリーニングから遺伝子 CRT1 が同定されていた。この CRT1 は、'GHKL'ATPase モチーフを有する NTPase をコードしており、同タンパク質は、HRT タンパク質や RCY1 タンパク質と、直接結合することが明らかになった。さらに、CRT1 タンパク質と RCY1-HA タンパク質を植物細胞で一過的に発現させる実験により、CRT1 タンパク質は RCY1 タンパク質の安定性の制御を介して、CMV(Y)抵抗性に寄与している可能性が考えられた。また、CRT1 タンパク質は、他の複数の NB-LRR 型抵抗性タンパク質とも相互作用することから、病害抵抗性タンパク質の機能発現において基本的な役割を果たしているものと推察された。

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 19 件)

1. Kang, H.-G., Oh, C.-S., Sato, M., Katagiri, F., Glazebrook, J., Takahashi, H., Martin, G. and Klessig, D.F. (2010) CRT1, a new player in R (resistance) gene-mediated immunity, implicates endosomes in defense signaling. *Plant Cell* 22: 918-936 (査読あり)
2. Aoki, K., Yano, Y., Suzuki, A., Kawamura, S., Sakurai, N., Suda, K., Kurabayashi, A., Suzuki, T., Tsugane, T., Watanabe, M., Ooga, K., Torii, M., Narita, T., Shin-i, T., Kohara, Y., Yamamoto, N., Takahashi, H., Watanabe, Y., Egusa, M., Kodama, M., Ichinose, Y., Kikuchi, M., Fukushima, S., Okabe, A., Arie, T., Sato, Y., Yazawa, K., Satoh, S., Omura, T., Ezura, H. and Shibata, D. (2010) Large-scale analysis of full-length cDNAs from the tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivar Micro-Tom, a reference system for the Solanaceae genomics. *BMC Genomics* 11: 210 (査読あり)
3. Masunaka, A., Sekiguchi, H., Takahashi, H. and Takenaka, S. (2010) Distribution and expression of elicitor-like protein genes of the biocontrol agent *Pythium oligandrum*. *Journal of Phytopathology* 158: 417-426 (査読あり)
4. Takahashi, H., Hondo, D., Hase, S. and Takenaka, S. (2010) Identification of a protein that interacts with LeATL6 ubiquitin-protein ligase E3 upregulated in tomato treated with elicitor-like cell wall proteins of *Pythium oligandrum*. *Journal of Phytopathology* 158: 132-136. (査読あり)
5. Kawamura, Y., Takenaka, S., Hase, S., Kubota, M., Ichinose, Y., Kanayama, Y., Nakaho, K. and Takahashi, H. (2009) Enhanced defense responses in Arabidopsis induced by the cell wall protein fractions from *Pythium oligandrum* require SGT1, RARI, NPR1 and JARI. *Plant Cell Physiology* 50: 924-934. (査読あり)
6. Mitsuya, Y., Takahashi, Y., Berberich, T., Miyazaki, A., Matsumura, H., Takahashi, H., Terauchi, R. and Kusano, T. (2009) Spermine signaling plays a significant role in the defense response of *Arabidopsis thaliana* to cucumber mosaic virus. *Journal of Plant Physiology* 166: 626-643. (査読あり)
7. Sagor, G.H.M., Cong, R.-Z., Berberich, T., Takahashi, H., Takahashi, Y. and Kusano, T. (2009) Spermine signaling in defense reaction against avirulent viral pathogen in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Signaling & Behavior* 4: 1-3. (査読あり)
8. Igarashi, A., Yamagata, K., Sugai, T., Takahashi, Y., Sugawara, E., Tamura, A., Yaegashi, H., Yamagishi, N., Takahashi, T., Isogai, M., Takahashi, H., Yoshikawa, N. (2009) Apple latent spherical virus vectors

- for reliable and effective virus-induced gene silencing among a broad range of plants including tobacco, tomato, *Arabidopsis thaliana*, cucurbits, and legumes. *Virology* 386: 407-416. (査読あり)
9. Kawamura, Y., Hase, S., Takenaka, S., Kanayama, Y., Yoshioka, H., Kamoun, S. and Takahashi, H. (2009) INF1 Elicitor activates jasmonic acid- and ethylene-mediated signalling pathways and induces resistance to bacterial wilt disease in tomato. *Journal of Phytopathology* 157: 287-297. (査読あり)
 10. Masunaka, A., Nakaho, K., Sakai, M., Takahashi, H. and Takenaka, S. (2009) Visualization of *Ralstonia solanacearum* cells during biocontrol of bacterial wilt disease in tomato with *Pythium oligandrum*. *Journal of General Plant Pathology* 75: 281-287. (査読あり)
 11. Sekine, K.-T., Kawakami, S., Kubota, M., Ichinose, Y., Shah, J., Kang, H-G, Klessig, D.F. and Takahashi, H. (2008) High-level expression of a virus resistance gene, *RCY1* confers extreme resistance to *Cucumber mosaic virus* in *Arabidopsis thaliana*. *Molecular Plant-Microbe Interaction* 21: 1398-1407. (査読あり)
 12. Ishihara, T., Sekine, K.-T., Hase, S., Kanayama, Y., Seo, S., Ohashi, Y., Kusano, T., Shibata, D., Shah, J. and Takahashi, H. (2008) Overexpression of the *Arabidopsis thaliana* *EDS5* gene enhances resistance to viruses. *Plant Biology* 10: 451-461. (査読あり)
 13. Kim, B., Masuta, C., Matsuura, H., Takahashi, H. and Inukai, T. (2008) Veinal necrosis induced by *Turnip mosaic virus* infection in *Arabidopsis* is a form of defense response accompanying HR-like cell death. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 21: 260-268. (査読あり)
 14. Takenaka, S., Sekiguchi, H., Nakaho, K., Tojo, M., Masunaka, A. and Takahashi, H. (2008) Colonization of *Pythium oligandrum* in the tomato rhizosphere for biological control of bacterial wilt disease analyzed by real-time PCR and confocal laser-scanning microscopy. *Phytopathology* 98: 187-195. (査読あり)
 15. Hase, S., Takahashi, S., Takenaka, S., Nakaho, K., Arie, T., Seo, S., Ohashi, Y. and Takahashi, H. (2008) Jasmonic acid signaling is required for bacterial wilt disease resistance induced by biocontrol agent *Pythium oligandrum* in tomato. *Plant Pathology* 57: 870-876. (査読あり)
 16. Hondo, D., Hase, S., Kanayama, Y., Yoshikawa, N., Takenaka, S. and Takahashi, H. (2007) Up-regulation of *LeATL6* that encodes a fungal elicitor-responsive ubiquitin ligase induces jasmonic acid-dependent *proteinase inhibitor* gene expression in tomato. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 20: 72-81. (査読あり)
 17. Mitsuya, Y., Takahashi, Y., Uehara, Y., Berberich, T., Miyazaki, A., Takahashi, H. and Kusano, T. (2007) Identification of a novel Cys₂/His₂-type zinc-finger protein as a component of a spermine-signaling pathway in tobacco. *Journal of Plant Physiology* 164: 785-793. (査読あり)
 18. Yaegashi, H., Yamatsuta, T., Takahashi, T., Li, C., Isogai, M., Kobori, T., Ohki, S. and Yoshikawa, N. (2007) Characterization of virus-induced gene silencing in tobacco plants infected with apple latent spherical virus. *Archives of Virology* 152: 1893-1849. (査読あり)
 19. Takahashi, T., Sugawara, T., Yamatsuta, T., Isogai, M., Natsuaki, T. and Yoshikawa, N. (2007) Analysis of the spatial distribution of identical and two distinct virus populations differently labeled with cyan and yellow fluorescent proteins in coinfecting plants. *Phytopathology* 97: 1200-1206. (査読あり)
- [学会発表] (計 15 件)
1. Takahashi, H. and Takenaka, S. (2010) Defense system induced by elicitor-like proteins of biocontrol agent *Pythium oligandrum*. 10th US-Japan Science Seminar, "Genome-enabled integration of research in plant-pathogen systems", 2010年1月24-28日、オレゴン、アメリカ合衆国
 2. 高橋英樹・庄子紘美・安藤杉尋・竹下 稔・鈴木 匡・増田 税 キュウリモザイクウイルス抵抗性遺伝子 *RCY1* を導入した *Nicotiana benthamiana* の作出とウイルス感染に対する応答、平成22年度日本植物病理学会大会、2010年4月20~23日、京都、日本
 3. 関 拓真・安藤杉尋・高橋英樹 外被タンパク質にアミノ酸変異を導入したキュウリモザイクウイルス(CMV)感染トマトにおける病徴発現の解析、平成22年度日本植物病理学会大会、2010年4月20~23日、京都、日本
 4. 庄子紘美・安藤杉尋・竹下 稔・鈴木 匡・増田 税・高橋英樹 キュウリモザイクウイルス抵抗性遺伝子 *RCY1* 導入 *Nicotiana benthamiana* と CMV ベクターによる VIGS システムの構築と *RCY1*-CMV 抵抗性シグナル伝達系解析への利用、平成22年度日本植物病理学会大会、2010年4月20~23日、京

- 都、日本
5. Takahashi, H., Kang, H.-G., Klessig, D.F. Characterization of *NON-RCY1-RESISTANCE (NRR)* locus required for *RCY1*-conferred resistance to *Cucumber mosaic virus* in *Arabidopsis*. XIV. International Congress of Molecular Plant-Microbe Interaction (MPMI 2009)、2009年7月19–24日、ケベック、カナダ
 6. 高橋英樹・Kang, H.-G.・Klessig, D.F. キュウリモザイクウイルス抵抗性遺伝子 *RCY1*を導入したシロイヌナズナエコタイプDi-17における乾燥ストレス耐性と矮化形態を制御する遺伝子のマッピング、平成21年度日本植物病理学会大会、2009年3月26–28日、山形、日本
 7. 高橋英樹・Kang, H.-G.・Klessig, D.F. キュウリモザイクウイルス抵抗性遺伝子 *RCY1*を過剰発現するシロイヌナズナエコタイプDi-17における非生物ストレス耐性の付与、平成20年度日本植物病理学会東北部会、2008年9月25–26日、盛岡、日本
 8. 甲斐朝湖・関根健太郎・河村陽子・長谷修・山下真生・富田啓文・高橋英樹 GFPレポーターを用いたキュウリモザイクウイルス抵抗性におけるサリチル酸シグナル伝達系活性化の解析、平成20年度日本植物病理学会大会、2008年4月26–28日、松江、日本
 9. 関根健太郎・石原岳明・川上さやか・長谷修・高橋英樹 キュウリモザイクウイルス抵抗性の強度を決定する抵抗性遺伝子産物*RCY1*の蓄積量、平成20年度日本植物病理学会大会、2008年4月26–28日、松江、日本
 10. Sekine, K.-T., Kawakami, S., Hase, S., Shah, J. and Takahashi, H. (2007) High-level expression of a resistance gene, *RCY1* confers extreme resistance to *Cucumber mosaic virus*. XIII. International Congress of Molecular Plant-Microbe Interaction (MPMI 2007), 2007年7月21–28日、ソレント、イタリア
 11. Osanai, T., Sekine, K.-T., Ishihara, T., Kawakami, S., Hase, S. and Takahashi, H. (2007) *WRKY33* negatively regulates the resistance to *RCY1*-mediated resistance to *Cucumber mosaic virus* in *Arabidopsis thaliana*. XIII. International Congress of Molecular Plant-Microbe Interaction (MPMI 2007), 2007年7月21–28日、ソレント、イタリア
 12. Kawamura, Y., Hase, S., Yoshioka, H., Takenaka, S. and Takahashi, H. (2007) INF1 treatment activates the jasmonic acid-mediated signaling pathway and induces resistance to *Ralstonia solanacearum* in tomato. XIII. International Congress of Molecular Plant-Microbe Interaction (MPMI 2007), 2007年7月21–28日、ソレント、イタリア
 13. Takahashi, H., Hondo, D., Hase, S. and Takenaka, S. (2007) Functional analysis of *LeATL6* encoding fungal glycoprotein elicitor-responsive ubiquitin ligase in tomato. XIII. International Congress of Molecular Plant-Microbe Interaction (MPMI 2007), 2007年7月21–28日、ソレント、イタリア
 14. Takahashi, H. (2007) Molecular mechanism for *RCY1* conferred resistance to *Cucumber mosaic virus* in *Arabidopsis thaliana*. KCIST 2007 Symposium on Molecular Host-Parasite Interactions, 2007年7月11–13日、済州島、韓国
〔図書〕(計4件)
1. Takahashi, H. and Takenaka, S. (2010) “Defense system induced by elicitor-like proteins of biocontrol agent *Pythium oligandrum*”. Genome-enabled integration of research in plant-pathogen systems. In 10th Japan-USA Scientific Seminar (Eds. T. Walpert, T. Shiraishim, K. Akimitsu and J. Glazebrook), APS Press, St Paul, Minnesota, USA (in press).
 2. 高橋英樹 (2010) 「抵抗性発現に関わる遺伝子制御」植物病理学(眞山滋志・難波成任編) pp224-228, 文英堂
 3. 高橋英樹・竹中重仁 (2009) 「遺伝子発現からみた誘導抵抗の全体像」微生物と植物の相互作用 -病害と生物防除- (百町満朗・対馬誠也編) 第2章 2-1, pp128-133, ソフトサイエンス社
 4. 高橋英樹 (2007) 「キュウリモザイクウイルス抵抗性におけるシグナル伝達機構」微生物の病原性と植物の防御応答(上田一郎編著) pp87-98, 北海道大学出版会
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
高橋 英樹 (TAKAHASHI HIDEKI)
研究者番号: 20197164
東北大学・大学院農学研究科・准教授
 - (2) 研究分担者
吉川 信幸 (YOSHIKAWA NOBUYUKI)
研究者番号: 40191556
岩手大学・農学部・教授
 - (3) 研究分担者
長谷 修 (HASE SHU)
東北大学・大学院農学研究科・助教
研究者番号: 10261497