

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380027

研究課題名(和文)膜交通、活性酸素・カルシウムシグナル制御による植物免疫亢進と新奇植物防除剤の創出

研究課題名(英文)Identification of putative plant defense activators of novel mode of action.

研究代表者

朽津 和幸(Kuchitsu, Kazuyuki)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：50211884

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円、(間接経費) 4,440,000円

研究成果の概要(和文)：活性酸素種の生成を指標とした、簡便な植物免疫活性化剤の選抜方法を考案し、約11,000化合物からなるケミカルライブラリーを対象としたケミカルスクリーニングを行った。その結果、58種の化合物を植物免疫活性化剤の候補化合物として選抜した。

選抜した化合物の作用機構を調べるために、病害応答の主要経路であるサリチル酸(SA)経路及びジャスモン酸(JA)経路に対する影響を、各マーカー遺伝子の発現を指標として調べた。その結果、SA経路、JA経路や、両方の経路を活性化する化合物を発見した。

研究成果の概要(英文)：Plant defense activators are chemicals that induce disease resistance by enhancing plant immunity upon pathogen infection. Defense signaling pathways induced by cryptogein, a proteinaceous elicitor derived from a pathogenic oomycete, in tobacco BY-2 cells has been extensively studied as a simple model system. Based on the correlation between the temporal pattern of enzymatic production of reactive oxygen species (ROS) and downstream defense responses, we established a new high-throughput screening method to identify novel lead compounds for plant defense activators. From a total of 11,000 compounds screened, we selected 58 candidates for activators. We further examined the effects of selected compounds on the expression of defense-related genes in Arabidopsis plants, and discovered some chemicals that potentially enhance jasmonic acid-dependent signaling pathway as putative plant defense activators with a novel mode of action.

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：膜交通系 活性酸素種 カルシウムイオン 植物免疫 植物防除剤 植物免疫活性化剤 抵抗性誘導剤  
ケミカルバイオロジー

## 1. 研究開始当初の背景

植物の感染防除を行う上で、殺菌剤の限界が指摘され、植物活性化剤に対する期待が高まっている。しかし、既存のスクリーニングにより単離された防除剤はごく少数であり、実用化されているものは、イネに対するいもち病菌抵抗剤に限られている。これらの薬剤の作用点は、ほぼ全てがサリチル酸(SA)シグナルを介した全身獲得抵抗性機構の増強に帰着する。全く新しい発想による、植物免疫の活性化の方策が求められている。

## 2. 研究の目的

感染防御応答過程における細胞内膜交通系の動態を解析する。また植物免疫活性化剤の新しい探索手法を開発し、新規植物免疫活性化剤候補化合物を同定する。

## 3. 研究の方法

タバコ BY-2 細胞及びシロイヌナズナ植物体を用いて、活性酸素種(ROS)生成、細胞内膜交通系の動態、防御関連遺伝子の発現の解析実験系を構築し、化合物の影響を解析した。

## 4. 研究成果

培養細胞、シロイヌナズナ植物体の双方で定量解析実験系を構築し、PI3 キナーゼ(PI3K)阻害剤を前処理により、ROS 生成、防御関連遺伝子発現等の感染防御応答が亢進されることを見出した。

イネのオートファジー欠損変異株を世界に先駆けて単離することに成功した。シロイヌナズナの変異体から得られた知見とは全く異なり、オートファジー欠損変異株は雄性不稔形質を示し、イネの花粉形成や葯の開裂にオートファジーが必要であることを発見した。この当初予期しなかった研究成果は、2014年4月に数多くの新聞で報道されるなど、大きなインパクトを与えた。

活性酸素種の生成を指標とした、簡便な植物免疫活性化剤の選抜方法を考案し、約11,000化合物からなるケミカルライブラリーを対象としたケミカルスクリーニングを行った。その結果、58種の化合物を植物免疫活性化剤の候補化合物として選抜した。

選抜した化合物の作用機構を調べるために、病害応答の主要経路である SA 経路及びジャスモン酸(JA)経路に対する影響を、各マーカー遺伝子の発現を指標として調べた。その結果、SA 経路、JA 経路や、両方の経路を活性化する化合物を発見した。

## 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28件)

1. Kaya H, Nakajima R, Iwano M, Kanaoka MM, Kimura S, Takeda S, Kawarazaki T, Senzaki E, Hamamura Y, Higashiyama T, Takayama S, Abe M, Kuchitsu K, Ca<sup>2+</sup>-activated ROS production by Arabidopsis RbohH and RbohJ is essential for proper pollen tube tip growth., *Plant Cell*, 査読有, 26(3),2013,1069-1080, 10.1105/tpc.113.120642
2. Kishimoto T, Sekozawa Y, Yamazaki Y, Murakawa H, Kuchitsu K, Ishikawa M, Seasonal changes in ice nucleation activity in blueberry stems and effects of cold treatments in vitro., *Environmental and Experimental Botany*, 査読有, 印刷中 2014, 10.1016/j.envexpbot.2014.02.010
3. Yoshida T, Kitahata N, Ohwada H, Kuchitsu K, Discovering Compounds That Activate Plant Immunity Using Machine Learning., *Proceedings of the 6th International Conference on Bioinformatics and Computational Biology*, 査読有, in press.,2014
4. Kurusu T, Koyano T, Hanamata S, Kubo T, Noguchi Y, Yagi C, Nagata N, Yamamoto T, Ohnishi T, Okazaki Y, Kitahata N, Ando D, Ishikawa M, Wada S, Miyao A, Hirochika H, Shimada S, Makino A, Saito K, Ishida H, Kinoshita T, Kurata N, Kuchitsu K., OsATG7 is required for autophagy-dependent lipid metabolism in rice post-meiotic anther development. *Autophagy*, 査読有, 10, 2014, 860-870, <https://www.landesbioscience.com/journals/autophagy/article/28279/>
5. Shinkawa R, Morishita A, Amikura K, Machida R, Murakawa H, Kuchitsu K, Ishikawa M, Abscisic acid induced freezing

- tolerance in chilling-sensitive suspension cultures and seedlings of rice., *BMC Research Notes*, 査読有, 6:351., 2013, 10.1186/1756-0500-6-351
6. Kawarazaki T, Kimura S, Iizuka A, Hanamata S, Nibori H, Michikawa M, Imai A, Abe M, Kaya H, Kuchitsu K, A low temperature-inducible protein AtSRC2 enhances the ROS-producing activity of NADPH oxidase AtRbohF., *Biochim et Biophys Acta- Mol. Cell Res.*, 査読有, 1833, 2013, 2775-2780, 10.1016/j.bbamcr.2013.06.024.
  7. Kurusu T, Saito K, Horikoshi S, Hanamata S, Negi J, Yagi C, Kitahata N, Iba K, Kuchitsu K, An S-type anion channel SLAC1 is involved in cryptogein-induced ion fluxes and modulates hypersensitive responses in tobacco BY-2 cells., *PLOS ONE*, 査読有, 8, 2013, e70623, 10.1371/journal.pone.0070623
  8. Dadacz-Narloch B, Kimura S, Kurusu T, Farmer EE, Becker D, Kuchitsu K, Hedrich R, On the cellular site of two-pore channel TPC1 action 1 in the Poaceae., *New Phytol*, 査読有, 200, 2013, 663-674., 10.1111/nph.12402
  9. Oka K, Amano Y, Katou S, Seo S, Kawazu K, Mochizuki A, Kuchitsu K, Mitsuhashi I, Tobacco MAP kinase phosphatase (NtMKP1) negatively regulates wound response and induced resistance against necrotrophic pathogens and lepidopteran herbivores., *Mol Plant-Microbe Interact*, 査読有, 26, 2013, 668-675. 10.1094/MPMI-11-12-0272-R.
  10. Drerup M, Schlücking K, Hashimoto K, Manishankar P, Steinhorst L, Kuchitsu K, Kudla J., The calcineurin B-like calcium sensors CBL1 and CBL9 together with their interacting protein kinase CIPK26 regulate the Arabidopsis NADPH oxidase RBOHF., *Molecular Plant*, 査読有, 6, 2013, 559-569, 10.1093/mp/ssf009.
  11. Suzuki N, Imai LF, Kato K, Nagata K, Ohashi Y, Kuchitsu K, Tanokura M, Sakamoto A, Nara M, Nakano M, Yonezawa N, Coordination structures of Mg<sup>2+</sup> and Ca<sup>2+</sup> in three types of tobacco calmodulins in solution: Fourier-transform infrared spectroscopic studies of side-chain COO<sup>-</sup> groups., *Biopolymers*, 査読有, 99, 2013, 472-483, 10.1002/bip.22203.
  12. Kurusu T, Kuchitsu K\*, Nakano M, Nakayama Y, Iida H\*, Plant mechanosensing and Ca<sup>2+</sup> transport., *Trends in Plant Sci.*, 査読有, 18, 2013, 227-233, (\*co-corresponding authors) 10.1016/j.tplants.2012.12.002
  13. Kimura S, Kawarazaki T, Nibori H, Michikawa M, Imai A, Kaya H, Kuchitsu K, The CBL-interacting protein kinase CIPK26 is a novel interactor of Arabidopsis NADPH oxidase AtRbohF that negatively modulates its ROS-producing activity in a heterologous expression system., *J. Biochem.*, 査読有, 153 (2), 2013, 191-195., 10.1093/jb/mvs132.
  14. Hanamata S, Kurusu T, Okada M, Suda A, Kawamura K, Tsukada E, Kuchitsu K, *In vivo* imaging and quantitative monitoring of autophagic flux in tobacco BY-2 cells., *Plant Signal. Behav.*, 査読有, 8, 2013, e22510., 10.4161/psb.22510.
  15. Kurusu T, Hamada H, Koyano T, Kuchitsu K, Intracellular localization and physiological function of a rice Ca<sup>2+</sup>-permeable channel OsTPC1., *Plant Signal. Behav.*, 査読有, 7, 2012, 1428-1430, 10.4161/psb.22086
  16. Takahashi S, Kimura S, Kaya H, Iizuka A, Wong HL, Shimamoto K, Kuchitsu K, Reactive oxygen species production and activation mechanism of the rice NADPH oxidase OsRbohB., *J. Biochem.*, 査読有, 152, 2012, 37-43, 10.1093/jb/mvs044
  17. Morita Y, Saito R, Ban Y, Tanikawa N, Kuchitsu K, Ando T, Yoshikawa M, Habu Y, Ozeki Y, Nakayama M., Tandemly arranged chalcone synthase A genes contribute to the spatially regulated expression of siRNA and the natural bicolor floral phenotype in *Petunia hybrida*., *Plant J.*, 査読有, 70, 2012, 739-749, 10.1111/j.1365-313X.2012.04908.x.
  18. Kurusu T, Iida H, Kuchitsu K, Roles of a putative mechanosensitive plasma membrane Ca<sup>2+</sup>-permeable channel OsMCA1 in generation of reactive oxygen species and hypo-osmotic signaling in rice., *Plant Signal. Behav.*, 査読有, 7, 2012, 796-798., 10.4161/psb.20521
  19. Hamada H, Kurusu T, Okuma E, Nokajima H, Kiyoduka M, Koyano T, Sugiyama Y, Okada K, Koga J, Saji H, Miyao A, Hirochika H, Yamane H, Murata Y, Kuchitsu K, Regulation of a proteinaceous elicitor-induced Ca<sup>2+</sup> influx and production of phytoalexins by a putative voltage-gated cation channel, OsTPC1, in cultured rice cells., *J Biol. Chem.*, 査読有, 287, 2012, 9931-9939., 10.1074/jbc.M111.337659
  20. Kurusu T, Nishikawa D, Yamazaki Y, Gotoh M, Nakano M, Hamada H, Yamanaka T, Iida K, Nakagawa Y, Saji H, Shinozaki K, Iida H, Kuchitsu K, Plasma membrane protein OsMCA1 is involved in regulation of hypo-osmotic shock-induced Ca<sup>2+</sup> influx and modulates generation of reactive oxygen species in cultured rice cells., *BMC Plant Biol.*, 査読有, 12, 2012, e11, 10.1186/1471-2229-12-11
  21. Kurusu T, Yamanaka T, Nakano M, Takiguchi A, Ogasawara Y, Hayashi T, Iida K, Hanamata S, Shinozaki K, Iida H,

- Kuchitsu K, Involvement of the putative  $\text{Ca}^{2+}$ -permeable mechanosensitive channels, NtMCA1 and NtMCA2, in  $\text{Ca}^{2+}$  uptake,  $\text{Ca}^{2+}$ -dependent cell proliferation and mechanical stress-induced gene expression in tobacco (*Nicotiana tabacum*) BY-2 cells., *J Plant Res.*, 査読有, 125, 2012, 555-568, 10.1007/s10265-011-0462-6
22. Kawaguchi Y, Nishiuchi T, Kodama H, Nakano T, Nishimura K, Shimamura K, Yamaguchi K, Kuchitsu K, Shinshi H, Suzuki K, Fungal elicitor-induced retardation and its restoration of root growth in tobacco seedlings., *Plant Growth Regulation*, 査読有, 66, 2012, 59-68. 10.1007/s10725-011-9629-3
23. Kimura S, Kaya H, Kawarazaki T, Hiraoka G, Senzaki E, Michikawa M, Kuchitsu K, Protein phosphorylation is a prerequisite for the  $\text{Ca}^{2+}$ -dependent activation of Arabidopsis NADPH oxidases and may function as a trigger for the positive feedback regulation of  $\text{Ca}^{2+}$  and reactive oxygen species., *Biochim. Biophys. Acta -Mol. Cell Res.*, 査読有, 1823, 2012, 398-405. 10.1016/j.bbamcr.2011.09.011
24. Dadacz-Narloch B, Beyhl D, Larisch C, López-Sanjurjo EJ, Reski R, Kuchitsu K, Müller T, Becker D, Schoenknecht G and Hedrich R, A novel calcium binding site in the slow vacuolar cation channel TPC1 senses luminal calcium level., *Plant Cell*, 査読有, 23, 2011, 2696-2707, 10.1105/tpc.111.086751
25. Nambara E, Kuchitsu K, Opening a New Era of ABA Research., *J. Plant Res.*, 査読有, 124(4), 2011, 431-435, DOI:10.1007/s10265-011-0437-7
26. Ohno, R., Kadota, Y., Fujii, S., Sekine, M., Umeda, M., Kuchitsu, K, Cryptogein-induced cell cycle arrest at G2 phase is associated with inhibition of cyclin-dependent kinases, suppression of expression of cell cycle-related genes and protein degradation in synchronized tobacco BY-2 cells., *Plant Cell Physiol.*, 査読有, 52, 2011, 922-932, 10.1093/pcp/pcr042.
27. Higaki, T., Kurusu, T., Hasezawa, S., Kuchitsu, K., Dynamic reorganization and function of the cytoskeleton and vacuoles in defense responses and programmed cell death., *J. Plant Res.*, 査読有, 124, 2011, 315-324, 10.1007/s10265-011-0408-z
28. Kurusu, T., Hamada, H., Sugiyama, Y., Yagala, T., Kadota, Y., Furuichi, T., Hayashi, T., Umemura, K., Komatsu, S., Miyao, A., Hirochika, H., Kuchitsu, K., Negative Feedback Regulation of Microbe-Associated Molecular Pattern-Induced Cytosolic  $\text{Ca}^{2+}$  Transients by Protein Phosphorylation., *J. Plant Res.*, 査読有, 124, 2011, 415-424., 10.1007/s10265-010-0388-4
- 〔学会発表〕(下記他、合計 178 件)  
(以下に代表的な学会の招待講演のみ挙げる)
1. 花俣繁, 来須孝光, 岡田全朗, 須田晶子, 河村康希, 塚田慧美, 朽津和幸, オートファジー動態の定量的モニタリング, 第 55 回日本植物生理学会年会シンポジウム「顕微鏡で測る」, 富山大学, 2014.3.18-20
  2. 朽津和幸, 北畑信隆, 助川夏雄, 中内愛由子, 賀屋秀隆, 木村幸恵, 真野純一, Possible involvement of reactive carbonyls species in ROS-mediated regulation of plant immunity and programmed cell death. 活性酸素シグナルによる植物免疫・細胞死の制御と活性カルボニル, 第 55 回日本植物生理学会年会シンポジウム「カルボニルシグナルの作用と制御」, 富山大学, 2014.3.18-20,
  3. 朽津和幸, 活性酸素- $\text{Ca}^{2+}$ シグナルネットワークによる植物の生体防御・発生の制御～植物の免疫力強化を目指して～, 第 7 回レドックス・ライフイノベーションシンポジウム, 東京大学, 2014.3.7
  4. 朽津和幸, 「植物と活性酸素の深い関係：悪魔か天使か?」, イメージングフロンティアシンポジウム 2013, 2013.12.21, 東京理科大学野田キャンパス
  5. 朽津和幸, ROS- $\text{Ca}^{2+}$  signaling network regulating innate immunity, programmed cell death and development in plants, Indo-Japan Joint Workshop on "Signal sensing and transduction in photosynthetic organisms-from cyanobacteria to land plants", 2013.12.16, University of Hyderabad, India
  6. 朽津和幸, 北畑信隆, 来須孝光, 植物のシグナル伝達系における活性酸素, イオンチャンネルの役割, 日本生化学会シンポジウム「多様なアプローチから解明が進む植物シグナル伝達研究」, 2013.9.12, パシフィコ横浜
  7. 朽津和幸, 植物の生体防御における活性酸素- $\text{Ca}^{2+}$ シグナルネットワークとその制御日本生体防御学会, 2013.7.11, くまもと森都心プラザ プラザホール
  8. 朽津和幸, 来須孝光, 北畑信隆, 木村幸恵, 河原崎朋子, 賀屋秀隆, 植物のシグナル伝達系におけるイオン・活性酸素種の役割, 日本植物生理学会シンポジウム, 岡山大学津島キャンパス, 2013.3.21-3.23
  9. 朽津和幸, 植物の生き方と情報ネットワーク, 京都大学数理解析研究所セミナー, 2012.8.1, 京都大学
  10. 朽津和幸, 来須孝光, Chemical regulation of defense signaling network and immune responses in plants, 2012.3.17, 日本植物生理学会シンポジウム
  11. 朽津和幸, 植物の生体防御と活性酸素- $\text{Ca}^{2+}$ シグナルネットワーク, 生体触媒化

- 学シンポジウム, 2011.12.22, 慶應義塾大学薬学部(芝共立キャンパス)
12. 朽津和幸, 植物の生老病死の化学制御, 第 84 回日本生化学会大会, シンポジウム「植物の生老病死の化学制御」(オーガナイザー 朽津和幸, 刑部祐里子), 2011.9.21-24, 国立京都国際会館
  13. 朽津和幸, 来須孝光, シグナルネットワークの制御による植物免疫の活性化, 第 84 回日本生化学会大会, シンポジウム「植物の生老病死の化学制御」, 2011.9.21-24, 国立京都国際会館
  14. 河原崎朋子, 飯塚文子, 今井亜耶, 村上祐樹, 森恭一郎, 賀屋秀隆, 朽津和幸, シロイヌナズナの活性酸素種生成酵素 AtRbohA - J の活性制御機構と機能分担, 第 84 回日本生化学会大会, 2011.9.21-24, 国立京都国際会館, (鈴木紘一メモリアル賞受賞)
  15. 朽津和幸, 濱田晴康, 来須孝光, 賀屋秀隆, 植物の Ca<sup>2+</sup>-活性酸素シグナルネットワーク, 日本植物学会第 75 回大会シンポジウム「植物の Ca<sup>2+</sup>シグナリング~園芸学への展開~」, 2011.9.17, 東京大学駒場キャンパス
  16. 朽津和幸, 花俣繁, 来須孝光, 植物免疫の制御とオートファジー~培養細胞からのアプローチ~, 2011.9.6-8, 日本植物細胞分子生物学会シンポジウム, 「植物のオートファジーと老化プロセス」, 九州大学
  17. 朽津和幸, シグナルネットワークの制御による植物免疫の活性化, 日本農芸化学会藪田セミナー, 東京大学大学院農学生命科学研究科中島董一郎記念ホール, 2011.7.14
  18. Kazuyuki Kuchitsu, Regulation of ROS production in early signaling network in innate immunity in cultured plant cells., 10th International Conference on Reactive Oxygen and Nitrogen Species in Plants, July 5-8, 2011, Budapest, Hungary

〔図書〕(計 3 件)

1. Koyano T, Kurusu T, Hanamata S, Kuchitsu K, Regulation of Vacuole-Mediated Programmed Cell Death During Innate Immunity and Reproductive Development in Plants., "Sexual Reproduction in Animals and Plants", Sawada H, Inoue N, Iwano M (Eds.), pp. 431-440. ,Springer., 2013
2. Kurusu T, Kimura S, Tada Y, Kaya H, Kuchitsu K, Plant signaling networks involving reactive oxygen species and Ca<sup>2+</sup>., Handbook on Reactive Oxygen Species (ROS): Formation Mechanisms, Physiological Roles and Common Harmful Effects., Suzuki M, Yamamoto S (Eds) ,2013,pp. 315-324, Nova Science Publishers, Inc. NY, USA., ISBN: 978-1-62948-050-3.
3. Kuchitsu K, Signaling Networks Involving

Reactive Oxygen Species and Ca<sup>2+</sup> in Plants., QUANTUM BIO-INFORMATICS V edited by Accardi, L., Freudenberg, W., Ohya, M., World Scientific., 2013, pp. 403-407.

〔産業財産権〕

○出願状況(計 3 件)  
 名称: METHOD OF SCREENING FOR PLANT DEFENSE ACTIVATORS, PLANT DEFENSE ACTIVATORS, AND METHOD OF ENHANCING IMMUNE RESPONSE.  
 発明者: Kuchitsu, K., Kurusu, T.  
 種類: 特許  
 番号: 61/378403  
 出願年月日: 2010 年 8 月 31 日  
 国内外の別: アメリカ合衆国

名称: METHOD OF SCREENING FOR PLANT DEFENSE ACTIVATORS, PLANT DEFENSE ACTIVATORS, AND METHOD OF ENHANCING IMMUNE RESPONSE.  
 発明者: Kuchitsu, K., Kurusu, T.  
 種類: 特許  
 番号: PCT JP2011/068585  
 出願年月日: 2011 年 8 月 10 日  
 国内外の別: 日本

名称: 植物免疫調節剤  
 発明者: 朽津和幸, 北畑信隆  
 種類: 特許  
 番号: 特願 2013-041221  
 出願年月日: 2013 年 3 月 1 日  
 国内外の別: 日本

〔その他〕

- 新聞報道
1. 2013.11.8 科学新聞 植物の免疫を制御。陰イオンチャンネルタンパク質
  2. 2013.9.10 日経バイオテク, 日経バイオテクオンライン 東京理科大が陰イオンチャンネルによる植物免疫制御を発見, 化合物の特許を 3 社が評価中
  3. 2012.3.9 科学新聞 東京理科大, 植物の免疫の仕組み解明へ 「イネの抗菌化合物」合成制御タンパク質発見 東京理科大学 朽津和幸教授
  4. 2012.2.29 日経産業新聞 イネの抗菌化合物合成の制御 東京理科大学 朽津和幸教授
  5. 2012.2.23 化学工業日報 イネの抗菌化合物合成制御たん白 耐病性機構の一端 解明 東京理科大学 朽津和幸教授

○アウトリーチ活動

1. 2013.11.23-24 東京理科大学サイエンス夢工房「自分の DNA を見てみよう! ~ バイオイメーキングの世界 ~」 「生きた光るクラゲや, 青いカーネーションを見ながら, 遺伝子・バイオテクノロジーについて考えてみよう!」

2. 2013.11.23 東京理科大学生涯学習センター公開講座「自分の DNA を観察し、いのちを考える～光るクラゲや青いカーネーションからバイオテクノロジーまで～」
3. 2013.8.8 東京理科大学オープンキャンパス実験講座「自分の DNA を見てみよう!～バイオイメージングの世界～」
4. 2013.8.7 東京理科大学生涯学習センター公開講座「自分の DNA を観察し、いのちを考える～光るクラゲや青いカーネーションからバイオテクノロジーまで～」
5. 2013.6.22 専修大学松戸高等学校出張授業
6. 2013.6.20 千葉県立鎌ヶ谷葛飾高等学校出張授業
7. 2013.4.19 私立茨城高等学校出張授業
8. 2012.11.24 東京理科大学サイエンス夢工房「自分の DNA を見てみよう!～バイオイメージングの世界～」生きた光るクラゲや、青いカーネーションを見ながら、遺伝子・バイオテクノロジーについて考えてみよう!」
9. 2012.10.24 朝日カルチャーセンター講座「四季の花めぐり 10 月 東京理科大・野田キャンパスの花めぐり」
10. 2012.9.20 福岡県立伝習館高等学校出張授業
11. 2012.8.26 日本バイオイメージング学会公開講座「若い未来の研究者のために」
12. 2012.8.7 東京理科大学オープンキャンパス実験講座「自分の DNA を見てみよう!～バイオイメージングの世界～」
13. 2012.6.30 専修大学松戸高等学校出張授業
14. 2011.11.19-20 東京理科大学サイエンス夢工房「自分の DNA を見てみよう!～バイオイメージングの世界～」生きた光るクラゲや、青いカーネーションを見ながら、遺伝子・バイオテクノロジーについて考えてみよう!」
15. 2011.8.8 東京理科大学オープンキャンパス実験講座「自分の DNA を見てみよう!～バイオイメージングの世界～」
16. 2011.7.2 千葉県理科実験教室「自分の DNA を見てみよう!～バイオイメージングの世界～」
17. 2011.6.24 千葉県立鎌ヶ谷葛飾高等学校出張授業

賀屋 秀隆(KAYA, Hidetaka)  
 農業生物資源研究所・研究員  
 研究者番号：80398825

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

朽津 和幸 (KUCHITSU, Kazuyuki)  
 東京理科大学・理工学部・教授  
 研究者番号：50211884

### (2)研究分担者 なし

### (3)連携研究者

来須 孝光(KURUSU, Takamitsu)  
 東京工科大学・応用生物学部・助教  
 研究者番号：50422499