

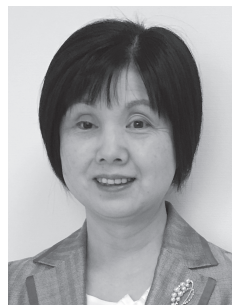
日本学士院賞 受賞者 篠崎 一雄



略歴	生年	専攻学 科目	植物分子生物学
昭和四七年	二月	昭和二四年	二月
昭和四七年	三月	昭和二四年	三月
同 五二年	三月	昭和二四年	三月
同 五三年	六月	昭和二四年	六月
同 五四年	三月	昭和二四年	三月
同 五八年	四月	昭和二四年	四月
同 六一年	四月	昭和二四年	四月
平成 元年	四月	昭和二四年	四月
同 一一年	四月	昭和二四年	四月
同 一七年	四月	昭和二四年	四月
同 二五年	四月	昭和二四年	四月
同 二九年	四月	昭和二四年	四月
令和 二年	四月	昭和二四年	四月
同 五年	四月	昭和二四年	四月
同 五年	四月	昭和二四年	四月

大阪大学理学部生物学科卒業
 名古屋大学大学院理学研究科博士課程修了
 国立遺伝学研究所分子遺伝部研究員
 理学博士（名古屋大学）
 名古屋大学理学部生物学科助手
 名古屋大学遺伝子実験施設助教授
 理化学研究所植物分子生物学研究室主任研究員
 理化学研究所ゲノム科学総合研究センター植物ゲノム機能情報研究グループディレクター
 理化学研究所植物科学研究センター長
 理化学研究所環境資源科学研究センター長
 名古屋大学高等研究院特別教授（現在に至る）
 理化学研究所環境資源科学研究センター特別顧問（令和五年三月まで）
 理化学研究所環境資源科学研究センター客員主幹研究員（現在に至る）
 理化学研究所栄誉研究員

日本学士院賞 受賞者 篠崎和子



略歴	生年	専攻学 目	植物分子生 理学
昭和五二年	三月	昭和二九年	五月
同 五七年	三月	同 五七年	三月
同 五七年	三月	同 五七年	三月
同 五七年	四月	同 五七年	四月
同 五九年	四月	同 五九年	四月
同 六二年	一月	同 六二年	一月
平成 元年	一〇月	平成 元年	一〇月
同 五年	四月	同 五年	四月
同 一六年	四月	同 一六年	四月
令和 二年	四月	令和 二年	四月
同 二年	四月	同 二年	四月

日本女子大学家政学部家政理学科二部卒業

東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了

理学博士（東京工業大学）

日本学術振興会奨励研究員

名古屋大学遺伝子実験施設特別研究員

米国ロックフェラー大学博士研究員

理化学研究所基礎科学特別研究員

農林水産省国際農林水産業研究センター生物資源部主任研究官

東京大学大学院農学生命科学研究科教授

東京大学名誉教授

東京農業大学総合研究所教授（現在に至る）

理学博士篠崎一雄氏及び理学博士篠崎和子氏の「植物の環境ストレス応答と耐性獲得に関する制御ネットワークの研究」(共同研究) に対する授賞審査要旨

植物が生存するためには、乾燥、異常な気温、塩などの環境ストレスに応答して耐性を獲得することが必要である。植物の環境ストレス応答に関する研究は、従来、生理学的手法が主流だったが、篠崎一雄氏と篠崎和子氏は、一九八九年、共に理化学研究所に赴任した後、世界に先駆けてこの研究分野に分子生物学的手法を導入し、植物の環境ストレス応答と耐性獲得に関する遺伝子とその制御に関する体系的な研究を開始した。篠崎和子氏は一九九三年に国際農林水産業研究センターへ異動、また、二〇〇四年からは東京大学の教授に就任するが、両氏は一貫して共同研究を進めた。

篠崎氏らは、乾燥や低温によって活性化される遺伝子を、アブラナ科植物シロイヌナズナを用いて探索し、多数の遺伝子がこれらのストレスに応答して転写レベルで発現誘導されることを明らかにした。そして、乾燥ストレスに応答する遺伝子の転写に関する詳しい

解析を進め先駆的な成果を上げる。植物が乾燥ストレスに応答する時、植物ホルモンの一つアブシシン酸 (ABA) が重要な役割を果たすことが知られていたが、同氏らは、これに加え、ABA に依存しない制御系が存在することを発見。さらに、環境ストレス応答遺伝子群が発現するために必要なプロモーター制御領域とそれに結合する転写因子の同定に成功し、とくに、ABA に依存しない転写制御領域のシス因子 DRE (Dehydration Responsive Element) と転写因子 DREB (DRE Binding protein) ファミリーを明らかにした研究については、多くの植物科学の教科書で紹介されることとなった。DREB ファミリーのうち、DREB1 は低温ストレス応答の主要因子であること、DREB2 は乾燥ストレス、並びに、高温ストレス応答に関わることを発見し、また、DREB1 の遺伝子については低温ストレス誘導のために作用する二つの転写系を同定している。

ABA の制御系に関しても多くの成果を挙げた。ABA に依存した転写調節に関わる因子として転写制御領域のシス因子 ABRE (ABA Responsive Element) に結合する転写因子 AREB (ABA Responsive Element Binding protein) を同定し、これがリン酸化されることにより活性化されることを示した。また、ABA の合成と分解に関わる主要な酵素を同定、さらに、その組織間の輸送に関与するトランスポーター ABCG25 を発見するなど、乾燥ストレス応答における

ABAによる制御系の全体像を解明した。

篠崎氏らは、環境ストレスの伝達や受容に関わる重要な制御因子も明らかにしている。とくにシグナル伝達に関わるリン酸化酵素に関して集中的に研究を進め、乾燥ストレス応答やABA応答に関わる細胞内シグナル伝達にMAPキナーゼやSnRK2キナーゼが重要な役割を果たすことを示した。さらにSnRK2の上流因子の同定、浸透圧ストレスの受容体であるヒスチジンキナーゼの発見など、環境ストレス応答に関わる細胞内シグナル伝達の研究に大きく貢献した。

水分欠乏の情報は根から茎の維管束系を介して葉に伝わり、気孔が閉鎖されることにより水分の蒸散が抑えられる。篠崎氏らは、この過程にCLAVATA3/EMBRYO-SURROUNDING REGION-RELATED 25 (CLE25) ペプチドが関与することを発見した。CLE25は水分減少に応答して根で合成され、道管を通じて根から葉へ輸送され、その後、葉の細胞の受容体に結合してABAの合成を誘導する。その結果、気孔が閉鎖され、水分の蒸散が抑えられる。この研究は、乾燥ストレスに応答した根から葉への長距離シグナル伝達のために、ペプチドが関与することを初めて明らかにしたもので注目された。

篠崎氏らは環境ストレス耐性作物の開発に関する応用研究にも貢献している。国際共同研究を進め、イネ、コムギ、ダイズなどにつ

いて乾燥ストレス耐性作物、塩ストレス耐性作物などの開発を行っており、シロイヌナズナで得られた知見に基づいて、環境ストレス耐性遺伝子やストレス応答性プロモーターの利用などに関する数多くの成果を挙げた。とくに、国際農業研究協議グループ (CGIAR) の研究所との共同研究では、乾燥地におけるイネやダイズの乾燥耐性強化、および、収量増加に成功し、シロイヌナズナを用いた基礎研究が乾燥耐性作物の開発に応用できることを示した。

篠崎一雄氏、篠崎和子氏の共同研究による成果は、植物科学分野ではとくに引用度が高く、トムソン・ロイター/クラリベイトアナリティクスによる Highly Cited Researchers として二〇一四年から連続して表彰された。また、両氏は日本植物生理学会賞やつくば賞を共同受賞している。個別には、一雄氏は文部科学大臣表彰、紫綬褒章、文化功労者表彰などを受賞・受章、国際的にも、国際生物学賞 (環境応答分野)、Khalifa International Award を受賞し、米国科学アカデミーの国際会員や米国植物生物学会パイオニア会員に選出された。一方、和子氏は東京テクノフォーラム21ゴールドメダル賞、文部科学大臣表彰、みどりの学術賞を受賞している。

以上、篠崎一雄、篠崎和子両氏の共同研究による卓越した業績は日本学士院賞に相応しいと判定される。

主要な論文の目録

篠崎一雄氏には約四〇〇報の論文と約一〇〇報の総説があり、篠崎和子氏には約三〇〇報の論文と約五〇報の総説がある。主要な論文を次に挙げる。

1. Yamaguchi-Shinozaki K. and Shinozaki K. (1994) A novel *cis*-acting element in an Arabidopsis gene is involved in responsiveness to drought, low-temperature, or high-salt stress. *Plant Cell* 6, 251–264.
2. Mizoguchi T., Irie K., Hirayama T., Hayashida N., Yamaguchi-Shinozaki K., Matsumoto K., and Shinozaki K. (1996) A gene encoding a mitogen-activated protein kinase kinase is induced simultaneously with genes for a mitogen-activated protein kinase and an S6 ribosomal protein kinase by touch, cold, and water stress in *Arabidopsis thaliana*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 93, 765–769.
3. Liu Q., Kasuga M., Sakuma Y., Abe H., Miura S., Yamaguchi-Shinozaki K., and Shinozaki K. (1998) Two transcription factors, DREB1 and DREB2, with an ERBP/AP2 DNA binding domain separate two cellular signal transduction pathways in drought- and low-temperature-responsive gene expression, respectively, in Arabidopsis. *Plant Cell* 10, 1391–1406.
4. Kasuga M., Liu Q., Miura S., Yamaguchi-Shinozaki K., and Shinozaki K. (1999) Improving plant drought, salt, and freezing tolerance by gene transfer of a single stress-inducible transcription factor. *Nat. Biotechnol.* 17, 287–291.
5. Urao T., Yakubov B., Satoh R., Yamaguchi-Shinozaki K., Seki M., Hirayama T., and Shinozaki K. (1999) A transmembrane hybrid-type histidine kinase in Arabidopsis functions as an osmosensor. *Plant Cell* 11, 743–754.
6. Uno Y., Furihata T., Abe H., Yoshida R., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2000) *Arabidopsis* basic leucine zipper transcription factors involved in an abscisic acid-dependent signal transduction pathway under drought and high-salinity conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 97, 11632–11637.
7. Seki M., Namsaka M., Kamiya A., Ishida J., Satou M., Sakurai T., Nakajima M., Enju A., Akiyama K., Oono Y., Muramatsu M., Hayashizaki Y., Kawai J., Carninci P., Itoh M., Ishii Y., Arakawa T., Shibata K., Shingawa A., and Shinozaki K. (2002) Functional annotation of a full-length *Arabidopsis* cDNA collection. *Science* 296, 141–145.
8. Yoshida R., Hobo T., Ichimura K., Mizoguchi T., Takahashi F., Aronso J., Ecker J.R., and Shinozaki K. (2002) ABA-activated SnRK2 protein kinase is required for dehydration stress signaling in *Arabidopsis*. *Plant and Cell Physiol.* 43, 1473–1483.
9. Abe H., Urao T., Ito T., Seki M., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2003) Arabidopsis AtMYC2 (bHLH) and AtMYB2 (MYB) function as transcriptional activators in abscisic acid signaling. *Plant Cell* 15, 63–78.
10. Furihata T., Maruyama K., Fujita Y., Umezawa T., Yoshida R., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2006) Abscisic acid-dependent multisite phosphorylation regulates the activity of a transcription activator AREB1. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103, 1988–1993.
11. Sakuma Y., Maruyama K., Qin F., Osakabe Y., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2006) Dual function of an *Arabidopsis* transcription factor DREB2A in water-stress- and heat-stress-responsive gene expression. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 103, 18828–18833.
12. Tran L.-S. P., Urao T., Qin F., Maruyama K., Kakimoto T., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2007) Functional analysis of AHK1/ATHK1 and cytokinin receptor histidine kinases in response to abscisic acid, drought and salt stresses in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104, 20623–20628.

13. Umezawa T., Sugiyama N., Mizoguchi M., Hayashi S., Myounga F., Yamaguchi-Shinozaki K., Ishihama Y., Hirayama T., and Shinozaki K. (2009) Type 2C protein phosphatases directly repress abscisic acid-activated protein kinases in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 106, 17588–17593.
14. Kuromori T., Miyaji T., Yabuuchi H., Shimizu H., Sugimoto E., Kamiya A., Moriyama Y., and Shinozaki K. (2010) ABC transporter AtABCG25 is involved in abscisic acid transport and responses. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107, 2361–2366.
15. Takahashi F., Mizoguchi T., Yoshida R., Ichimura K., and Shinozaki K. (2011) Calmodulin-dependent activation of MAP kinase for ROS homeostasis in *Arabidopsis*. *Mol. Cell* 41, 649–660.
16. Umezawa T., Sugiyama N., Takahashi F., Anderson J.C., Ishihama Y., Peck S.C., and Shinozaki K. (2013) Genetics and phosphoproteomics reveal a protein phosphorylation network in the abscisic acid signaling pathway in *Arabidopsis thaliana*. *Sci. Signal.* 6, rs8.
17. Morimoto K., Ohama N., Kidokoro S., Mizoi J., Takahashi F., Todaka D., Mogami J., Sato H., Qin F., Kim J.-S., Fukao Y., Fujiwara M., Kazuo Shinozaki S., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2017) BPM-CUL3 E3 ligase modulates thermotolerance by facilitating negative regulatory domain-mediated degradation of DREB2A in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 114, E8528–E8536.
18. Soma F., Mogami J., Takuya Yoshida T., Abeekura M., Takahashi F., Satoshi Kidokoro S., Mizoi J., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2017) ABA-unresponsive SnRK2 protein kinases regulate mRNA decay under osmotic stress in plants. *Nat. Plants* 3, 16204.
19. Selvaraj M.G., Ishizaki T., Valencia M., Ogawa S., Deddicova B., Ogata T., Yoshikawa K., Maruyama M., Kusano M., Saito K., Takahashi F., Shinozaki K., Nakashima K., and Ishitani M. (2017) Overexpression of an *Arabidopsis thaliana* galactinol synthase gene improves drought tolerance in transgenic rice and increased grain yield in the field. *Plant Biotechnol. J.* 15, 1465–1477.
20. Kidokoro S., Yoneda K., Takasaki H., Takahashi F., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2017) Different cold-signaling pathways function in responses to rapid and gradual decreases in temperature. *Plant Cell* 29, 760–774.
21. Takahashi F., Suzuki T., Osakabe Y., Betsuyaku S., Kondo Y., Dohmae N., Fukuda H., Yamaguchi-Shinozaki K., and Shinozaki K. (2018) A small peptide modulates stomatal control via abscisic acid in long-distance signaling. *Nature* 556, 235–238.
22. Soma F., Takahashi F., Suzuki T., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2020) Plant Raf-like kinases regulate the mRNA population upstream of ABA-unresponsive SnRK2 kinases under drought stress. *Nat. Commun.* 11, 1373.
23. Kidokoro S., Hayashi K., Haraguchi H., Ishikawa T., Soma F., Konoura I., Toda S., Mizoi M., Suzuki T., Shinozaki K., and Yamaguchi-Shinozaki K. (2021) Posttranslational regulation of multiple clock-related transcription factors triggers cold-inducible gene expression in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 118, e2021048118.
24. Kim J.S., Sakamoto Y., Takahashi F., Shibata M., Urano K., Matsunaga S., Yamaguchi-Shinozaki K., and Shinozaki K. (2022) *Arabidopsis* TBP-ASSOCIATED FACTOR 12 ortholog NOBIR06 controls root elongation with unfolded protein response cofactor activity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 119, e2120219119.