

A. Inoue, Y. Kawamura, M. Matsushita and K. Hayashi, *J. Mater. Res.*, 16(2001), 1894-1900.

27. High-Strength Cu-Based Bulk Glassy Alloys in Cu-Zr-Ti and Cu-Hf-Ti Ternary Systems.

A. Inoue, W. Zhang, T. Zhang and K. Kurosaka, *Acta Mater.*, 49(2001), 2645-2652.

その他、安定化現象とバルク金属ガラスおよび非平衡相に関する論文(英文五五〇編、和文一一編)、他分野の論文(英文四五〇編、和文七一編)、国際会議論文(金属ガラス関係五二編、他分野一一編)。

農学博士日向康吉氏及び農学博士磯貝 彰
氏の「アブラナ科植物の自家不和合性にか
かわる自他識別機構の研究」(共同研究)に
対する授賞審査要旨

自家不和合性は、多くの被子植物に見られる現象で、一つの花の中に正常な雌ずいと雄ずいとが存在するにもかかわらず、自己の花粉では受精できず、受精とそれに引き続く種子形成には、他個体由来する花粉を必要とする性質であって、種内の遺伝的な多様性の維持・拡大に寄与している。この現象は二〇〇年以上も前から知られていたが、植物がどのようにして自他の花粉を識別するのか、その機構は、ごく最近まで、明らかにされていなかった。

このような状況の中で、日向・磯貝両氏は、一九七〇年代後半以降、現在に至る迄、緊密に協力しつつ、アブラナ科植物を対象に、自家不和合性にかかわる自他識別機構を解明すべく、遺伝学的、ならびに分子生物学的立場から共同研究に取り組んできた。その結果、これらの植物の自他識別反応を司る雌ずい側因子と雄ずい側因子(花粉側因子)の実体解明に成功するとともに、この特異な生物現

象の根幹的な仕組みを、世界に先駆け、分子レベルで解明するに至った。以下に、その概要を記述する。

一、雌ずいにつくられるS遺伝子型特異糖タンパク質の発見とその構造解析

アブラナ科植物の自家不和合性における自他の識別反応は、これまでの植物遺伝学では、S遺伝子と総称される複対立遺伝子群 ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$) と、それらが座乗する単一のS遺伝子座を想定することによって説明されてきた。そして、雌ずいと花粉が、同じ番号のS遺伝子を含む場合に、自家不和合反応が起こるものとされていた。

かねて、雌ずい側因子の実体を明らかにすべく研究を行っていた日向氏は、一九七七年、S遺伝子型の異なるアブラナ科植物の雌ずいには、それぞれの植物に固有なタンパク質が存在し、それらは等電点電気泳動によって、相互に識別され得ることを見出した。そして、それらが糖タンパク質であることを明らかにして、St locus glycoprotein (SLG) と命名した。この発見は、植物の自家不和合性の仕組みを、分子レベルで解析しようとする研究の歴史の中で、先駆的な位置を占めている。

この段階で、日向氏と磯貝氏との共同研究が開始され、両氏はま

ず、三種のS遺伝子型のアブラナ科植物を大量に栽培して雌ずいを集め、それぞれからSLGを精製・単離して、構造解析を行った。その結果、これらのSLGは、いずれも、共通的特徴ある構造を持ち、各SLG間の構造的な相異は、タンパク質部分のアミノ酸配列に基づいているとの結論に達した。ここに、SLGの構造の実体が、はじめて明らかにされることとなった。

二、雌ずいに含まれるSレセプターキナーゼの構造と雌ずいにおけるその役割の解明

一九九〇年、Walker, J. C. と Zhang, R. は、イネ科に属するトウモロコシから、自家不和合性の機構解明とは無関係に、未知の膜貫通型レセプターキナーゼをコードする遺伝子を単離し、このキナーゼの細胞外領域のアミノ酸配列が、SLGのそれと相同性を示すことを見出した。このことから、アブラナ科植物にも、それと類似したレセプターキナーゼの存在することが予想され、それはSレセプターキナーゼ (S-receptor kinase) 則ちSRKと呼ばれることになった。日向・磯貝両氏はこの報告に基づき、アブラナ科植物の雌ずいから、SRK遺伝子を単離し、それらがS遺伝子座上で、SLG遺伝子と強く連鎖していることを明らかにした。

つづいて両氏は、アブラナ科植物にSLG遺伝子とSRK遺伝子を

個別に導入して、対応する形質転換植物を作出することに成功し、SRKを導入した形質転換体のみが、同じS遺伝子型の花粉の発芽・伸長を明らかに抑制することを確認した。これにより、雌ずい側における自己識別反応のS特異性は、SRKが担っていることが、確認された。それと同時に、SLGが、SRKの働きに対して補助的に機能していることも明らかになった。これらの成果は、機能面から見た雌ずい側のS遺伝子産物の実体を最終的に特定したものである。

三、花粉のS表現型を決定する因子の発見とその受容機構の解明

日向・磯貝両氏は、一九九九年、SRKおよびSLG両遺伝子の近傍に、花粉側因子をコードする遺伝子を発見し、SPIと命名した。そして両氏は、SPI遺伝子を導入した形質転換植物の花粉に、導入遺伝子のS形質が付与されていることや、大腸菌で発現させたSPIタンパク質で雌ずいの柱頭を処理すると、その後を受粉させた他系統由来の花粉の発芽も抑制されること、などを認め、このタンパク質が、花粉側因子、そのものであることを確定した。さらに、両氏らは、SPIタンパク質を化学合成して、分子内の四対のS-S結合の位置を決定することにも成功した。これにより、花粉側因子の化学的実体はじめて解明されるに至った。

ついで両氏は、化学合成したSPIタンパク質を、ATPと

もにアブラナ科植物の雌ずいの膜画分に加えると、このタンパク質が、リガンドとしてSRK・SLG複合体とS遺伝子型特異的に結合し、SRKの自己リン酸化を誘導することを実証した。かくして、不和シグナルが花粉側から雌ずい側に伝達される過程が、最終的に明らかになったのである。

以上に述べたように、日向・磯貝両氏は、アブラナ科植物の自家不和性にかかわる自己識別反応の根幹的な仕組みを、他に先駆けて解明することに成功した。この事実は、自家不和性を示すすべての植物の中で、アブラナ科植物において、自己識別機構がはじめて分子レベルで明らかにされたことを意味し、日向・磯貝両氏の研究成果は国内外で高い評価を受けている。

これらの一連の研究業績によって、日向氏は日本育種学会賞（一九八三年）、日本農学賞（一九九七年）を、磯貝氏は日本農芸化学会賞（一九九六年）を、それぞれ受賞しており、さらに両氏は本研究を通じて、「汎用性の高いハイブリッド種子作成技術」の基盤を確立したものととして、二〇〇一年度の日経BP技術賞大賞を授与されている。

主要原著論文リスト

1. Nishio, T. and K. Hinata (1977) Analysis of Specific proteins in stigma

- of *Brassica oleracea* L. by isoelectric focusing. *Hereditas* 38: 391-396.
2. Nishio, T. and K. Hinata (1978) Stigma proteins in self-incompatible *Brassica campestris* L. and self-compatible relatives, with special reference to S-allele specificity. *Jpn. J. Genet.* 53: 27-33.
 3. Hinata, K. and T. Nishio (1978) S-allele specificity of stigma proteins in *Brassica oleracea* and *B. campestris*. *Hereditas* 41: 93-100.
 4. Nishio, T. and K. Hinata (1979) Purification of an S specific glycoprotein in self-incompatible *Brassica campestris* L. *Jpn. J. Genet.* 54: 307-311.
 5. Nishio, T. and K. Hinata (1980) Rapid detection of S-glycoproteins of self-incompatible crucifers using con-A reaction. *Euphytica* 29: 217-221.
 6. Hinata, K. and T. Nishio (1981) Con A-Peroxidase method: An improved procedure for staining S-glycoproteins in cellulose-acetate electrofocusing in crucifers. *Theor. Appl. Genet.* 60: 281-283.
 7. Nishio, T. and K. Hinata (1982) Comparative studies in S-glycoproteins purified from different S-genotypes in self-incompatible *Brassica* species I. Purification and chemical properties. *Genetics* 100: 641-647.
 8. Hinata, K., T. Nishio and J. Kimura (1982) Comparative studies in S-glycoproteins purified from different S-genotypes in self-incompatible *Brassica* species II. Immunological specificities. *Genetics* 100: 649-657.
 9. Takayama, S., A. Isogai, C. Tsukamoto, Y. Ueda, K. Hinata, K. Okazaki and A. Suzuki (1986) Isolation and some characterization of S-locus-specific glycoproteins associated with self-incompatibility in *Brassica campestris*. *Agric. Biol. Chem.* 50: 1365-1367.
 10. Takayama, S., A. Isogai, C. Tsukamoto, Y. Ueda, K. Hinata, K. Okazaki and A. Suzuki (1987) Sequences of S-glycoproteins, products of the *Brassica campestris* self-incompatibility locus. *Nature* 326: 102-104.
 11. Isogai, A., S. Takayama, C. Tsukamoto, Y. Ueda, H. Shiozawa, K. Hinata, K. Okazaki and A. Suzuki (1987) S-locus-specific glycoproteins associated with self-incompatibility in *Brassica campestris*. *Plant Cell Physiol.* 28: 1279-1291.
 12. Takayama, S., A. Isogai, C. Tsukamoto, H. Shiozawa, Y. Ueda, K. Hinata, K. Okazaki, K. Koseki and A. Suzuki (1989) Structures of N-glycosidic saccharide chains in S-glycoproteins, products of S-genes associated with self-incompatibility in *Brassica campestris*. *Agric. Biol. Chem.* 53: 713-722.
 13. Watanabe, M., T. Takasaki, K. Toriyama, S. Yamakawa, A. Isogai, A. Suzuki and K. Hinata (1994) A high degree of homology exists between the protein encoded by *SLG* and the S receptor domain encoded by *SRK* in self-incompatible *Brassica campestris* L. *Plant Cell Physiol.* 1221-1229.
 14. Shiba, H., K. Hinata, A. Suzuki and A. Isogai (1995) Breakdown of self-incompatibility in *Brassica* by the antisense RNA of the *SLG* gene. *Proc. Japan Acad. Ser. B* 71: 81-83.
 15. Suzuki, G., M. Watanabe, K. Toriyama, A. Isogai and K. Hinata (1995) Molecular cloning of members of the S-multigene family in self-incompatible *Brassica campestris* L. *Plant Cell Physiol.* 36: 1273-1280.
 16. Suzuki, G., M. Watanabe, N. Kai, N. Matsuda, K. Toriyama, S. Takayama, A. Isogai and K. Hinata (1997) Three members of the S multigene family are linked to the S locus of *Brassica*. *Mol. Gen. Genet.* 256: 257-264.
 17. Suzuki, G., M. Watanabe, K. Toriyama, A. Isogai and K. Hinata (1997) Direct cloning of the *Brassica* S locus by using a P1-derived artificial chromosome (PAC) vector. *Gene* 199: 133-137.
 18. Iwano, M., K. Sakamoto, G. Suzuki, M. Watanabe, S. Takayama, K. Fukui, K. Hinata and A. Isogai (1998) Visualization of a self-incompatibility gene in *Brassica campestris* L. by multicolor FISH. *Theor. Appl. Genet.* 96: 751-757.
 19. Suzuki, G., N. Kai, T. Hirose, K. Fukui, T. Nishio, S. Takayama, A. Isogai, M. Watanabe and K. Hinata (1999) Genomic organization of the S locus:

- Identification and characterization of genes in *SLC/SRK* region of an *S*⁹ haplotype of *Brassica campestris* (syn. *rapa*) L. *Genetics* 153: 391-400.
20. Takayama, S., H. Shiba, M. Iwano, H. Shimamoto, F.-S. Che, N. Kai, M. Watanabe, G. Suzuki, K. Hinata and A. Isogai (2000) The pollen determinant of self-incompatibility in *Brassica campestris*. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 97: 1920-1925.
21. Takayama, S., H. Shiba, M. Iwano, K. Asano, M. Hara, F.-S. Che, M. Watanabe, K. Hinata and A. Isogai (2000) Isolation and characterization of pollen coat proteins of *Brassica campestris* that interact with *S* locus-related glycoprotein 1 involved in pollen-stigma adhesion. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 97: 3765-3770.
22. Watanabe, M., A. Ito, Y. Takada, C. Nimomiya, T. Kakizaki, Y. Takahata, K. Hatakeyama, K. Hinata, G. Suzuki, T. Takasaki, Y. Satta, H. Shiba, S. Takayama and A. Isogai (2000) Highly divergent sequences of the pollen self-incompatibility (*S*) gene in class I *S* haplotypes of *Brassica campestris* (syn. *rapa*) L. *FEBS Lett.* 473: 139-144.
23. Takasaki, T., K. Hatakeyama, G. Suzuki, M. Watanabe, A. Isogai and K. Hinata (2000) The *S* receptor kinase determines self-incompatibility in *Brassica* stigma. *Nature* 403: 913-916.
24. Shiba, H., S. Takayama, M. Iwano, H. Shimamoto, M. Funato, T. Nakagawa, F.-S. Che, G. Suzuki, M. Watanabe, K. Hinata and A. Isogai (2001) A pollen coat protein, SP11/SCR, determines the pollen specificity in the self-incompatibility of *Brassica*. *Plant Physiol.* 125: 2095-2103.
25. Takayama, S., H. Shimamoto, H. Shiba, M. Funato, F.-S. Che, M. Watanabe, M. Iwano and A. Isogai (2001) Direct ligand-receptor complex interaction controls *Brassica* self-incompatibility. *Nature* 413: 534-538.

薬学博士関谷剛男氏の「核酸の高次構造を利用したゲノム情報解析」に対する授賞審査要旨

関谷剛男氏は二本鎖DNAを一本鎖にほぐしたときに得られるDNA構造の性質をたくみに利用した種々のDNA解析技術を開発し、家族性疾患の病因遺伝子、体細胞の遺伝子病であるがんにおける異常遺伝子の検出、同定を可能にしたことにより、これら疾病の病因解明に多大な貢献をしてきている。

一本鎖DNA高次構造多型 (single-strand conformation polymorphism, SSCP) 解析法は、二本鎖DNAを変性して得られる一本鎖DNAの性質を利用して、一塩基の変化を検出する技術である。二本鎖DNA断片を溶液中で加熱すると一本鎖DNAに解離する。DNA断片をいく低い濃度で含む場合、溶液を低温に戻すと解離した相補DNA鎖はそれぞれの分子内での塩基対形成などにより、塩基配列の差異を反映した独自の高次構造をとる。これらの分子は変性剤を含まない中性ポリアクリルアミドゲル中で電気泳動すると、高次構造の違いから異なる移動度を示す。関谷氏らは、この一本鎖