

令和 3 年度 植物病理学分野 退職者 「研究の歩み」と「主な研究業績」

岩井久

(食料生命科学科 食環境制御科学コース)

研究の歩み

私は 1980 年に鹿児島大学農学部農学科を卒業し九州大学大学院修士課程に進学しました。このときに与えられたポティウイルスに関する研究がライフワークの中心となりました。ポティウイルス属 (*Potyvirus*) は、ポティウイルス科 (*Potyviridae*) を構成する 8 属のひとつで、ジャガイモ Y ウイルス (*Potato virus Y*; PVY) をタイプ種とする長さ 680~900 nm のひも状の 1 本鎖 RNA ゲノムウイルスの集団であり、西南暖地で多く見られます。種類が多く、害虫のアブラムシを介した虫媒伝搬によって、サトウキビ、ソラマメ、テッポウユリ、ニンニク、パッションフルーツ、ピーマンなど、様々な農作物が感染し、果実奇形や葉の萎縮などが誘発されます。

九州大学では、助手を含む 8 年間、稲作転換政策で福岡県や佐賀県で生産が急増していたダイズで問題になっていたダイズモザイクウイルス (SMV) の研究を行いました。SMV は虫媒伝搬だけではなく種子伝染し易いことが特徴でしたが、その伝染率は SMV の系統とダイズ品種の組合せによって異なっており、その原因や機構は不明でした。そこで種子伝染し易い系統 SMV-B とし難い系統 SMV-D のダイズ種子内ならびに植物体内での分布を調査することにより、種子伝染の難易の原因を調査しました。その結果、2 系統の種子伝染率の差は種子内での分布様式の違いと、種子登熟中の失活の程度の差に起因することを明らかにしました。また SMV 系統間の粒子構造上の強度の違いが、宿主の加齢に伴う両系統の安定性の差、ひいては種子伝染性の相違の原因と考えました。以上の研究成果により鹿児島大学着任後の 1991 年に「ダイズモザイクウイルスの宿主内における動態に関する研究」で日本植物病理学会の学術奨励賞を受賞しました。

1988 年に鹿児島大学に着任した後も、南九州本土や奄美群島を中心にポティウイルスの診断と遺伝子解析を行ってきました。私が行ってきたポティウイルスに関する研究成果をいくつか紹介します。

沖永良部島と薩摩半島 (平成大合併の前) の山川町や開聞町は、全国でも有数の切花用グラジオラスの生産地でしたが、1995 年頃よりウイルス性とみられるモザイク症状が多発し、花卉の色割れを生じることから品質低下の一因となっていました。また山川町や開聞町はソラマメの産地としても有名で、両圃場が混在しています。そして、グラジオラス圃場に隣接するソラマメ圃場でも葉のモザイク症状が認められていました。電顕観察や血清試験の結果、これら全てに、ポティウイルス属のインゲンマメ黄斑モザイクウイルス (*Bean yellow mosaic virus*; BYMV) が高頻度に検出されました。ポティウイルスはアブラムシで伝染するので、ソラマメとグラジオラスの栽培圃場間でのウイルス移動があ

るのか、あるいは同じ系統が感染しているのかなどの疑問が上がりました。分離した多くのウイルス株をインゲン4品種に接種したところ、示される病徴の違いから4つの病原型に判別することができました。またこれら4病原型は、ウイルスの外被タンパク質をコードする遺伝子の塩基配列においても明瞭に区別できるクレードを形成し、さらにソラマメ感染株とグラジオラス感染株はまったく異なる病原型であり、圃場間で相互伝搬していないことが明らかになりました。また血清学的検出法である酵素結合抗体法 (Enzyme linked immuno sorbent assay; ELISA) により、ウイルスに潜在感染している球根や実生を検出し除去するプロトコールを示しました。

1998年に南さつま市でハウス栽培ピーマンに葉のモザイクや萎縮、果実の奇形等の症状が見られました。電子顕微鏡でポティウイルス様粒子を認め、モモアカアブラムシによる伝搬を確認しました。精製したウイルスの外被タンパク質遺伝子から推定したアミノ酸配列が、カリフォルニアやフロリダの *Pepper mottle virus* (PepMoV) と高い相同性を示したので、日本初記載の PepMoV と判断しトウガラシ斑紋ウイルスと命名しました。その後現在まで日本国内では見つかっていませんが、韓国では2005年時点で全国的な被害が出ています。栽培植物の違いが大きく関わっていると考えられます。

鹿児島県農業試験場 (現農業開発総合センター) 大島支場によると、1986年頃に奄美大島南部の瀬戸内町で栽培されるパッションフルーツに、葉のモザイクや萎縮症状ならびに果実の奇形や硬化症状が認められていました。私達は原因ウイルスを精製し、外被タンパク質遺伝子や全塩基配列に基づいて、新種のポティウイルスであることを認め、学名を *East Asian Passiflora virus* (EAPV), 和名をトケイソウ東アジアウイルスと命名しました。さらに1998年には、指宿市で、果実に奇形を伴わない軽症株を認めたため、前者を EAPV-AO 系統、後者を EAPV-IB 系統として区別しました。その後、現在までの間に、台湾、マレーシア、韓国、中国南部、ベトナムなどで、EAPV-AO 系統と IB 系統が次々に記載されています。この研究に並行して、家兎を用いて EAPV に対する抗血清を作成し、ELISA によって奄美大島での発生分布を調査したところ、1992年には南部の1町2村に止まっていたものが、1997年には全島に広がっていました。そこで、県、群島市町村ならびに農協が参加するトロピカルフルーツ協議会の協力により、1997年に、奄美本島の東30kmの喜界島に、ELISAで無毒を確認した健全苗の隔離圃場を開設し、ここで増殖した挿し木苗を農家に有償配布することによって、ウイルス病蔓延の防止に努めました。その結果、両系統の分布は、2005~2007年にはAOの単独感染株を奄美大島、指宿市および大隅半島の大崎町で、IBの単独感染株を指宿市、鹿児島市および大隅半島の高山町で、そしてAOとIB混合感染株を、指宿市と鹿児島市で認めましたが、2008~2010年の調査ではAOを奄美本島 (奄美市住用町と宇検村) のみで認めるまでに縮小しました。ELISAキットの提供は今でも続行しており、健全苗の供給に貢献しています。

これらの研究成果により2017年「南部日本で発生する植物ウイルス病の診断と遺伝子解析に関する研究」で日本植物病理学会の学会賞を受賞しました。これは一重に、鹿児島県農業開発総合センター・病害虫防除所・農業改良普及センター、農研機構九州沖縄農業研究センターのスタッフの方々、ならびに鹿児島大学の旧農学科、旧園芸学科、現応用植物科学と食環境制御科学コースの先生方、附属農場農事部のスタッフ、そして歴代の学生・院生をはじめ、多くの方々のご協力と支援によるものです。

この小文の後に列記しているように、ウイルスに関しては、ポティウイルスだけでなく、カナダのアルバータ大学でアルファモウイルスに対する牧草アルファルファの感温型抵抗性に関する研究（1989～1991年）、フロリダ大学でカンキツが感染するクロステロウイルスの分子進化に関する研究（2000～2001年）に係る機会に恵まれ、また学位論文の指導に関連しては、ウリ類でコナジラミ伝染するクリニウイルスや、バナナが感染するバブウイルスなど、数多くの興味深いウイルスに触れる機会がありました。ロッキー山系や東南アジアなどでの研究材料の採集も大変楽しい経験でした。また私の論文業績の半分近くは、ウイルスだけではなく、鹿児島県ゆかりの、チャ、ジャガイモ、花木、観葉植物などの、植物病原菌類や細菌に関する研究が占めておりますが、それらの多くは、先代の荒井先生の研究テーマのお手伝いや、当代の中村准教授が指導される研究に名前を列記して頂いた結果であり、各研究への私の関り方には濃淡があります。結局のところ、私が自信を持って語れるのは、ポティウイルスに関する研究ということになります。

主な研究業績一覧（学術論文、著書、特許なども含む）

【学術論文】

- Iwai, H., Wakimoto, S. (1985). An improved method for purification of soybean mosaic virus. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 51, 465–474.
- Iwai, H., Ito, T., Sato, K., Wakimoto, S. (1985). Distribution patterns of soybean mosaic virus strains B and D in soybean seeds at different growth stages. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 51, 475–481.
- 矢野博, 沼口憲治, 岩井久 (1987). 沖縄本島北部のサトウキビおよびイネ科雑草から分離したサトウキビモザイクウイルスと酵素結合抗体法 (ELISA) による血清学的診断. *沖縄農業* 22, 13–21.
- Matsumoto, M., Shoyama, Y., Nishioka, I., Iwai, H., Wakimoto, S. (1989). Identification of viruses infected in *Rehmannia glutinosa* Libosch. var. *purpurea* Makino and effect of virus infection on root yield and iridoid glycoside contents. *Plant Cell Reports* 7, 636–638.
- 岩井久, 満嶋孝子, 衛藤威臣, 荒井啓 (1990). 系統保存ニンニク株に含まれる 2 種のウイルスの ELISA による検出. *鹿児島大学農学部学術報告* 40, 1–7.
- Iwai, H., Wakimoto, S. (1990). Multiplication, translocation and inactivation patterns of soybean mosaic virus strains B and D in soybean plants. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 56, 177–184.
- Iwai, H., Horikawa, Y., Figueiredo, G., Hiruki C. (1992). A recessive resistance gene of alfalfa, to alfalfa mosaic virus and impact of high ambient temperature on virus resistance. *Plant Pathology* 41, 69–75.
- 張星耀, 荒井啓, 迫田琢也, 岩井久 (1995). ハヤトミツバツツジ (*Rhododendron dilatatum* var. *satsumense*) より分離された *Exobasidium otanianum* の 1 新変種. *日本菌学会会報* 36, 97–102.
- 荒井啓, 賀来望江, 岩井久, 野口勝三 (1995). 鹿児島県の熱帯・亜熱帯性植物に見出された二本鎖 RNA. *鹿児島大学農学部学術報告* 45, 19–27.
- Suprapta, D.N., Arai, K., Iwai, H. (1995). Distribution of *Geotrichum candidum* citrus race in citrus groves

and non-citrus fields in Japan. *Mycoscience* 36, 277–282.

- 張星耀, 荒井啓, 岩井久 (1996). タイワンサザンカ (*Camelia tenuiflora*) より分離された *Exobasidium gracile*. 日本菌学会会報 37, 8–11.
- Suprpta, D.N., Arai, K., Iwai, H. (1996). Parasitic specialization of *Geotrichum candidum* citrus race. *Mycoscience* 37, 105–107.
- Suprpta, D.N., Arai, K., Iwai, H., Matsuo, T. (1996). Change in susceptibility of satsuma mandarin fruit to sour rot pathogen (*Geotrichum candidum* citrus race) with relation to biochemical changes during maturation and storage. *Mycoscience* 37, 209–216.
- Iwai, H., Ohmori, T., Kurokawa, Y., Muta, T., Arai, K. (1996). New record of passionfruit woodiness virus in Japan. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 62, 459–465.
- Suprpta, D.N., Arai, K., Iwai, H. (1996). Some physiological properties of citrus and noncitrus races of *Geotrichum candidum* isolated from soil in Japan. *Mycoscience* 37, 401–407.
- 岩井久, 迫田琢也, 西八束, 荒井啓 (1997). ELISA によるチャ赤焼病細菌の検出. 鹿児島大学農学部学術報告 47, 15–22.
- Suprpta, D.N., Arai, K., Iwai, H. (1997). Effects of volatile compounds on arthrospore germination and mycelial growth of *Geotrichum candidum* citrus race. *Mycoscience* 38, 31–35.
- Iwai, H., Sakai, J., Hanada, K., Arai, K. (1997). Nucleotide sequence of the coat protein gene and 3'-noncoding region of the passionfruit woodiness virus-Amami Ohshima isolate. *Annals of the Phytopathological Society of Japan* 63, 475–478.
- 荒井啓, 榊義和, 福永泰也, 黒田弥生, 松添直隆, 岩井久 (1999). 青枯病抵抗性植物 *Solanum toxicarium* における *Ralstonia solanacearum* の移行. 日本植物病理学会報 65, 315–317.
- 和田行央, 岩井久, 尾川宜広, 荒井啓 (2000). 鹿児島県のグラジオラスから得たインゲンマメ黄斑モザイクウイルス分離株の病原性と血清学的性質. 日本植物病理学会報 66, 44–48.
- Wada, Y., Iwai, H., Ogawa, Y., Arai, K. (2000). Comparison of pathogenicity and nucleotide sequences of 3'-terminal regions of bean yellow mosaic virus isolates from gladiolus. *Journal of General Plant Pathology* 66, 345–352.
- Nakamura, M., Suprpta, D.N., Iwai, H., Arai, K. (2001). Comparison of endo-polygalacturonase activities of citrus and non-citrus races of *Geotrichum candidum*, and cloning and expression of the corresponding genes. *Molecular Plant Pathology* 2, 265–274.
- 荒井啓, 迫田琢也, 西八束, 岩井久 (2002). チャ赤焼病細菌 *Pseudomonas syringae* pv. *theae* の分離用培地. 日本植物病理学会報 68, 141–147.
- Nakamura, M., Iwai, H., Arai, K. (2002). Cloning and characterization of a polygalacturonase gene *Ap2pg1* from *Geotrichum candidum* citrus race Ap2 pathogenic to apple fruit. *Journal of General Plant Pathology* 68, 333–337.
- Nakamura, M., Iwai, H., Arai, K. (2003). Polygalacturonase S31PG1 from *Geotrichum candidum* citrus

race S31 expressed in *Schizosaccharomyces pombe* versus S31PG2 regarding soft rot on lemon fruit. *Journal of General Plant Pathology* 69, 283–291.

- Ogawa, Y., Hagiwara, K., Iwai, H., Izumi, S., Arai, K. (2003). First report of *Pepper mottle virus* on *Capsicum annuum* in Japan. *Journal of General Plant Pathology* 69, 348–350.
- Omatsu, N., Iwai, H., Setokuchi, O., Arai, K. (2004). Immigrating aphid species and their importance as vectors of *Passionfruit woodiness virus* in the fields of Amami Oshima island, Japan. *Memoirs of the Faculty of Agriculture Kagoshima University* 39, 1–5.
- 尾松直志, 岩井久, 瀬戸口脩, 鳥越博明, 牟田辰朗, 野島秀伸 (2004). 奄美大島におけるパッションフルーツウッドィネス病の発生生態. *鹿児島県農業試験場研究報告* 32, 41–54.
- Iwai, H., Takano, M., Rikitake, M., Nakamura, M. (2006). The delay of multiplication of East Asian *Passiflora virus*-Amami-O-shima isolate (EAPV-AO) by the pre-inoculation of EAPV-Ibusuki isolate (EAPV-IB). *Memoirs of the Faculty of Agriculture Kagoshima University* 41, 1–8.
- Iwai, H., Yamashita, Y., Nishi, N., Nakamura, M. (2006). The potyvirus associated with the dappled fruit of *Passiflora edulis* in Kagoshima prefecture, Japan, is the third strain of the proposed new species East Asian *Passiflora virus* (EAPV) phylogenetically distinguished from strains of *Passionfruit woodiness virus*. *Archives of Virology* 151, 811–818.
- Iwai, H., Terahara, R., Yamashita, Y., Ueda, S., Nakamura, M. (2006). Complete nucleotide sequence of the genomic RNA of an Amami-O-shima strain of East Asian *Passiflora* potyvirus. *Archives of Virology* 151, 1457–1460.
- Nakamura, M., Ohzono, M., Iwai, H., Arai, K. (2006). Anthracnose of *Sansevieria trifasciata* caused by *Colletotrichum sansevieriae* sp. nov.. *Journal of General Plant Pathology* 72, 253–256.
- 富濱毅, 野中壽之, 中村正幸, 岩井久, 荒井啓 (2006). *Acidovorax valerianellae* によるチャ斑点細菌病 (新称) の発生. *日本植物病理学会報* 72, 185–190.
- Nakamura, M., Hayasaki, Y., Ryosho, S., Iwai, H. (2008). Anthracnose of belmore sentry palm (*Howea belmoreana* Becc.) caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Penzig et Saccardo. *Journal of General Plant Pathology* 74, 86–87.
- Nakamura, M., Iwai, H., Suprpta, D.N. (2008). Differentiation of pathogenic and nonpathogenic isolates of *Geotrichum candidum* sensu Suprpta et al. (1995) on citrus fruit based on PCR–RFLP analysis of rDNA ITS and PCR using specific primers designed in polygalacturonase genes. *Mycoscience* 49, 155–158.
- 西菜穂子, 牟田辰朗, 宮路克彦, 尾松直志, 白山竜次, 新屋敷生男, 太崎義博, 岩元宏一, 川村幸弘, 徳永太蔵, 中村正幸, 岩井久 (2008). 沖永良部島のテッポウユリ「ひのもと」の茎に発生した赤すじ症状の発生実態調査と血清学的検討. *九州病害虫研究会報* 54, 39–43.
- Okada, Y., Iwai, H., Saito, A. (2008). Establishing a testing method for the aphid transmission of SPFMV and evaluating viral resistance in transgenic sweet potatoes. *Breeding Science* 58, 465–468.
- Nakamura, M., Nakamura, K., Iwai, H. (2009). Establishment of heterologous expression of

polygalacturonase S63PG1 from nonpathogenic isolate S63 of *Geotrichum candidum*. *Journal of General Plant Pathology* 75, 276–280.

- 富濱毅, 尾松直志, 中村正幸, 岩井久, 瀧川雄一 (2010). 細菌によるチャ過敏感反応性症状の自然発生. *日本植物病理学会報* 76, 259–268.
- Masuda, J., Thien, N.Q., Hai, N.T.L., Hiramatsu, M., Takeshita, M., Kim, J.-H., Nakamura, M., Iwai, H., Okubo, H. (2011). Production of virus-free bulblets by meristematic tip culture with antiviral chemical in *Lilium brownii* var. *colchesteri*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 80, 469–474.
- Fukumoto, T., Nakamura, M., Rikitake, M., Iwai, H. (2012). Molecular characterization and specific detection of two genetically distinguishable strains of *East Asian Passiflora virus* (EAPV) and their distribution in southern Japan. *Virus Genes* 44, 141–148.
- Nakamura, M., Kuwahara, H., Onoyama, K., Iwai, H. (2012). *Agrobacterium tumefaciens*-mediated transformation for investigating pathogenicity genes of the phytopathogenic fungus *Colletotrichum sansevieriae*. *Current Microbiology* 65, 176–182.
- Fukumoto, T., Nakamura, M., Ohshima, K., Iwai, H. (2012). Genetic structure and variability of *East Asian Passiflora virus* population in Amami-O-shima, Japan. *Journal of Phytopathology* 160, 404–411.
- Okuda, S., Okuda, M., Sugiyama, M., Sakata, Y., Takeshita, M., Iwai, H. (2013). Resistance in melon to *Cucurbit chlorotic yellows virus*, a whitefly-transmitted crinivirus. *European Journal of Plant Pathology* 135, 313–321.
- Okuda, S., Okuda, M., Matsuura, S., Okazaki, S., Iwai, H. (2013). Competence of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella intonsa* strains as vectors for *Chrysanthemum stem necrosis virus*. *European Journal of Plant Pathology* 136, 355–362.
- Fukumoto, T., Nakamura, M., Wylie, S.J., Chiaki, Y., Iwai, H. (2013). Complete nucleotide sequence of a new isolate of passion fruit woodiness virus from Western Australia. *Archives of Virology* 158, 1821–1824.
- 西八束, 竹内徹, 鈴木文彦, 菅康弘, 田代暢哉, 中村正幸, 岩井久 (2015). 鹿児島県および長崎県におけるジャガイモそうか病を引き起こす *Streptomyces* 属菌の分布. *日本植物病理学会報* 81, 22–31.
- 西八束, 中村正幸, 岩井久 (2015). リアルタイム定量 PCR と無底ポット栽培を利用したジャガイモそうか病菌の動態解析の試み. *日本植物病理学会報* 81, 32–42.
- Okuda, M., Okuda, S., Iwai, H. (2015). Detection of *Cucurbit chlorotic yellows virus* from *Bemisia tabaci* captured on sticky traps using reverse transcription loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP) and simple template preparation. *Journal of Virological Methods* 221, 9–14.
- Chiaki, Y., Nasir, N., Herwina, H., Jumjunidang, Sonoda, A., Fukumoto, T., Nakamura, M., Iwai, H. (2015). Genetic structure and diversity of the *Banana bunchy top virus* population on Sumatra. *European Journal of Plant Pathology* 143, 113–122.
- Chiaki, Y., Fukumoto, T., Nakamura, M., Iwai, H. (2016). Population genetics analysis of *East Asian*

Passiflora virus on Amami Oshima Island. *European Journal of Plant Pathology* 144, 109–120.

- Nakamura, M., Fujikawa, T., Nakamori, D., Iwai, H. (2018). Draft genome sequence of *Colletotrichum sansevieriae* Sa-1-2, the anthracnose pathogen of *Sansevieria trifasciata*. *Data in Brief* 18, 691–695.
- Nakamura, M., Yasukawa, Y., Furusawa, A., Fuchiwaki, T., Honda, T., Okamura, Y., Fujita, K., Iwai, H. (2018). Functional characterization of unique enzymes in *Xanthomonas euvesicatoria* related to degradation of arabinofurano-oligosaccharides on hydroxyproline-rich glycoproteins. *PLoS ONE* 13, e0201982.
- Riska, Sato, Y., Inudo, K., Nakamura, M., Fukumoto, T., Takushi, T., Fuji, S., Iwai, H. (2019). East Asian *Passiflora* distortion virus: a novel potyvirus species causing deformation of passionfruits in Japan. *Journal of General Plant Pathology* 85, 221–231.
- Nakamura, M., Okamura, Y., Iwai, H. (2019). Plasmid-based and -free methods using CRISPR/Cas9 system for replacement of targeted genes in *Colletotrichum sansevieriae*. *Scientific Reports* 9, 18947.
- Riska, Nakamura, M., Iwai, H. (2020). Effects of coinfection with *East Asian Passiflora virus* and East Asian *Passiflora* distortion virus on *Passiflora foetida*. *Journal of General Plant Pathology* 86, 211–218.

【著書】

- 岩井久 (1993). 植物体による伝搬—伝搬研究法—ウイルス研究法. 脇本哲監修 松山宣明ほか編 植物病原性微生物研究法. pp. 185–191, ソフトサイエンス社, 東京.
- 岩井久 (2015). *Bean yellow mosaic virus, East Asian passiflora virus, Onion yellow dwarf virus, Pepper mottle virus*; 日比忠明・大木理監修 植物ウイルス大事典. p. 293, p. 372, p. 468, p. 491, 朝倉書店, 東京.

【総説】

- 岩井久, 尾松直志 (2002). 我が国のパッションフルーツに発生する *Passionfruit woodiness virus*. *植物防疫* 56, 110–113.
- 岩井久 (2003). 米国フロリダ州で近年発生している *Citrus tristeza virus* (CTV) の新系統に関する一考察. 九州病害虫防除推進協議会年報 2002, 34–43.
- Iwai, H. (2013). *East Asian Passiflora virus*; *Invasive Species Compendium* (<http://www.cabi.org/isc/datasheet/119879>). CAB International, Wallingford.
- 千秋祐也, 岩井久 (2016). 奄美大島におけるトケイソウ東アジアウイルス. *植物防疫* 70, 726–729.
- Iwai, H. (2017). Studies on the diagnosis and genetic analysis of plant viral diseases in southern Japan. *Journal of General Plant Pathology* 83, 414–418.
- 岩井久 (2018). 論文解説; 吉井甫著 ウイルスに感染した局部壊死斑奇主における壊死斑の転移. *日本植物病理学会報* 84, 8–16.
- Nakamura, M., Iwai, H. (2019). Functions and mechanisms: polygalacturonase from plant pathogenic fungi as pathogenicity and virulence factors. *Journal of General Plant Pathology* 85, 243–250.