



生物的防除部会ニュース No. 63

平成30年1月15日発行

目 次

1. 「ミツバチに対する昆虫病原性微生物の生態リスク」 頁1

井上 真紀 氏 東京農工大学 大学院農学研究科
平成29年度 第2回講演会（平成29年10月23日開催）

2. 「薬剤抵抗性の天敵：IPMの素材として」 頁6

西東 力 氏 静岡大学名誉教授
平成29年度 第2回講演会（平成29年10月23日開催）

3. 平成29年度 第3回講演会 開催のお知らせ 頁11

開催日：平成30年2月28日（水曜日） 15時～17時
場 所：東京農業大学世田谷キャンパス 1号館 4階 441教室

演題1 「茶園に生息する土着天敵類に対する各種農薬の影響」

静岡県農林技術研究所茶業研究センター・上席研究員
小澤 朗人 氏

演題2 「新規侵入外来昆虫の話題～特にヒアリの侵入について～」

ふじのくに地球環境史ミュージアム 岸本 年郎 氏

4. 東京農業大学世田谷キャンパスへのアクセス 頁12

表紙のカット タバコカスミカメ 解説

タバコカスミカメは雑食性で寄主範囲が広くコナジラミ類・アザミウマ類の土着天敵として中部地方以西で確認されています。

特に、高知県ではナス・ピーマン・シシトウなどにスワルスキーカブリダニとの組み合わせで県内に産地で広く使用されています

東京農業大学 総合研究所研究会

生物的防除部会(部会長 根本 久)

生物的防除部会(庶務 足達 太郎)

〒 156-8502

東京都世田谷区桜丘1-1-1

TEL 03-5477-2411(直通)

FAX 03-5477-4032

e-mail t3aadati@nodai.ac.jp

ミツバチに対する昆虫病原性微生物の生態リスク

東京農工大学 井上真紀

ハナバチ類は農作物や野生植物の重要な送粉者である。2013 年時点での日本の農業における送粉サービスの総額は約 4700 億円と推定され (小沼・大久保 2015)、世界的には農作物の 35%が送粉者に依存しているとされる (Klein et al. 2007)。近年、セイヨウミツバチ *Apis mellifera* をはじめハナバチ類の減少が世界中で懸念されている。特に 2000 年代、欧米諸国では働きバチが突然消失する「蜂群崩壊症候群」(CCD) が報告された。こうした CCD を含むミツバチ減少の原因として、ダニなどの寄生生物、病気、栄養不足、農薬、周辺環境の変化などの単独あるいは複合的関与が示唆されてきた (Vanengelsdorp and Meixner 2010)。日本においても 2009 年ミツバチ不足の問題が生じたが、これはおもに 2007 年秋からオーストラリア産女王バチの輸入が見合わされたことにより、花粉交配用ミツバチが不足したことが原因であると考えられる (農林水産省 2016)。

さまざまなミツバチ減少要因のうち、病原性微生物は最も注目される要因のひとつである。微胞子虫 Microsporida は微胞子虫綱に属する単細胞真核生物で、これまでに 160 属 1300 種ほどが報告されており、あらゆる動物分類群に自然感染する (Corradi and Keeling 2009)。微胞子虫は真核生物でありながらミトコンドリアやゴルジ体などといった細胞小器官を所持していない (Vavra and Larsson 1999)。そのため、微胞子虫はミトコンドリアの共生以前に分岐した祖先型真核生物として認識されてきた (Cavalier-Smith 1983)。しかし近年、 β チュープリンの塩基配列を用いた系統解析によって、微胞子虫は菌類に近縁であることが示唆され (Keeling et al. 2000)、またミトコンドリア型の Hsp70 が存在していることが示されたことから (Germot et al. 1997; Hirt et al. 1997)、微胞子虫は接合菌類に近縁な菌類であり (Lee et al. 2008)、寄生生活に適応してミトコンドリアが退化したものとされる。

微胞子虫は本来、日和見的な細胞内寄生性微生物であるが、一部の昆虫に対して重篤な病気を引き起こすことがある。例えば、カイコの若齢幼虫に *Nosema bombycis* を経口接種すると、3 齢期までにほとんどが致死する (藤原 1979)。またヨーロッパに導入されたアジア産ナミテントウ *Harmonia axyridis* から精製した *N. thompsoni* を在来テントウムシに接種すると生存率が低下する (Vilcinskis 2015)。セイヨウミツバチにもまた、成虫の消化管で増殖し、寿命の短縮や飛翔能力の低下の原因となるノゼマ病が知られている (Bailey 1981)。ノゼマ病は *N. apis* が原因因子であり、20 世紀初頭、ドイツの Zander よってセイヨウミツバチから発見された。日本では家畜の監視伝染病に指定されている。しかし、1996 年に台湾産トウヨウミツバチ *A. cerana* から *N. apis* と異なる超微形態と SSU rRNA 塩基配列を持つ微胞子虫が発見され、新種 *N. ceranae* と命名された (Fries et

al. 1996)。その後、ヨーロッパで *N. ceranae* がセイヨウミツバチから検出された (Higes et al. 2006; Huang et al. 2007)。成熟胞子のサイズは、*N. apis* で約 $5.4 \times 3.0 \mu\text{m}$ に対して (Zander 1909)、*N. ceranae* は約 $4.7 \times 2.7 \mu\text{m}$ と小さい (Fries et al. 1996)。*N. apis* は中腸上皮のみに感染する一方 (Huang and Solter 2013)、*N. ceranae* は中腸上皮に加え、マルピーギ管、下咽頭腺、唾液腺、脂肪体にも感染していることが明らかとなった (Chen and Huang 2010)。LSUrRNA および SSUrRNA 遺伝子の塩基配列情報を用いて系統解析を行った結果、*N. ceranae* は *N. apis* よりもマルハナバチに感染する *N. bombi* と姉妹系統であり、*N. apis* はその分岐点に位置することが分かった (Shafer et al. 2009)。セイヨウミツバチと共進化関係にある *N. apis* に比べ、*N. ceranae* はセイヨウミツバチに対してより強い病原性を示し、コロニー崩壊との関連が示唆されてきた (Higes et al. 2007; Higes et al. 2008)。*N. ceranae* は近年、トウヨウミツバチからセイヨウミツバチに宿主転換し (Higes et al. 2008)、世界中に広く分散、*N. apis* との置き換わりが指摘されている (Higes et al. 2013; Klee et al. 2007)。

しかし、日本には明治 8 年にセイヨウミツバチのイタリアン亜種が輸入されている (原 1996)。これらコロニーは明治 12 年に小笠原諸島へ移転されたが、明治時代にはセイヨウミツバチを用いた養蜂業が確立した。つまり、日本におけるセイヨウミツバチの飼育は 120 年以上に及ぶ。一方、トウヨウミツバチの亜種ニホンミツバチ *A. c. japonica* もまた日本に自然分布していることから、日本においてもニホンミツバチからセイヨウミツバチへ *N. ceranae* が水平感染している可能性がある。そこで著者らは、ニホンミツバチ由来の *N. ceranae* がセイヨウミツバチにどのような影響を及ぼすのかを明らかにすることを目的として研究を行っている。まず野外における *N. ceranae* 有病率を調べるため、セイヨウミツバチおよびニホンミツバチの働きバチを採集し、特異的プライマーを用いた PCR 診断を実施したところ、それぞれ 33.3%、28.6%であった。また東京都多摩地区におけるニホンミツバチの野生巣 (“Kokubunji” コロニー) から *N. ceranae* を単離し、既知

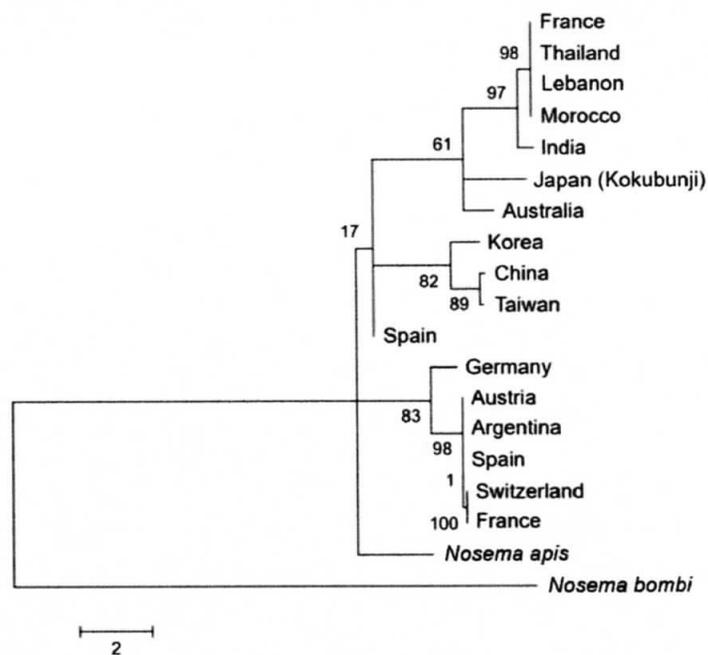


図 1 最尤法により作成した SSU rRNA 遺伝子配列 (680 bp) を用いた *Nosema ceranae* 系統樹。系統樹上の数字はブーストラップ値を示す。

の塩基配列情報を用いて分子系統解析を行った。その結果、日本産 *N. ceranae* は欧米から報告されている系統と異なり、アジア各地から報告されている *N. ceranae* と単系統群を形成することが分かった (図 1)。そこで日本産 *N. ceranae* 胞子を $1.4 \times 10^2 \sim 10^4$ 個を 40% 砂糖水に懸濁し、セイヨウミツバチの 0 日齢働きバチに接種し、33 度暗条件下で 21 日間観察したところ、生存率にはいずれの濃度区でも対照区と有意差はなかった。しかし、定量 PCR と血球計算盤を用いたカウントの結果、働きバチ内の孢子数はおおよそ 10^6 個以上にまで増加していた (図 2)。これらのことから *N. ceranae* は、セイヨウミツバチの働きバチの生存率には直接的な影響を及ぼさないことが明らかになった。しかしながら *N. ceranae* 感染によりハチの免疫が抑制されることから (Antunez et al. 2009)、他の減少要因との複合的な関連性がコロニー崩壊を引き起こす可能性がある。

一方、病原性微生物を生物農薬として使用する場合、化学農薬と同様に非標的生物に対する影響を考慮する必要がある。BT 剤はグラム陽性細菌 *Bacillus thuringiensis* を製剤化したものであり、世界中で広く害虫防除に使用されている (Ruiu 2015)。*B. thuringiensis* は孢子形成期に芽胞と殺虫活性をもつ結晶性タンパク質を産生する。このタンパク質は特定の昆虫に対して毒性を示す。最も汎用性の高い Bt 系統である *B. t. var. kurstaki* (*Btk*) はチョウ目昆虫の多くの種に活性を持つ (Van Frankenhuyzen 2009, 2013)。このため化学農薬と同様に、BT 製剤の使用には非標的生物への影響を考慮する必要がある。実際に、カナダ・バンクーバー島では、マイマイガ *Lymantria dispar* 駆除に *Btk* 剤が散布されているが、散布後数年経っても非標的のチョウ目昆虫種の減少が報告されている (Boulton 2004; Boulton et al. 2007)。その一方で、ハチ目昆虫である寄生蜂の一種 *Trichogramma chilonis* では *Btk* 剤接種により寿命の延長や産卵行動への変化が示された (Amichot et al. 2016)。このように毒性を示さない場合でも、BT 製剤の使用により非標的生物へのなんらかの影響を与えることが示唆される。セイヨウミツバチに対しては、BT 製剤の経口接種により濃度依存的な摂食量や行動、中腸の変化が認められた (D'urso et al. 2017)。著者らは *Btk* 製剤および *B. t. var. aizawai* (*Bta*) 製剤それぞれ 2 種類ずつセイヨウミツバチの働きバチに対して 1000 倍希

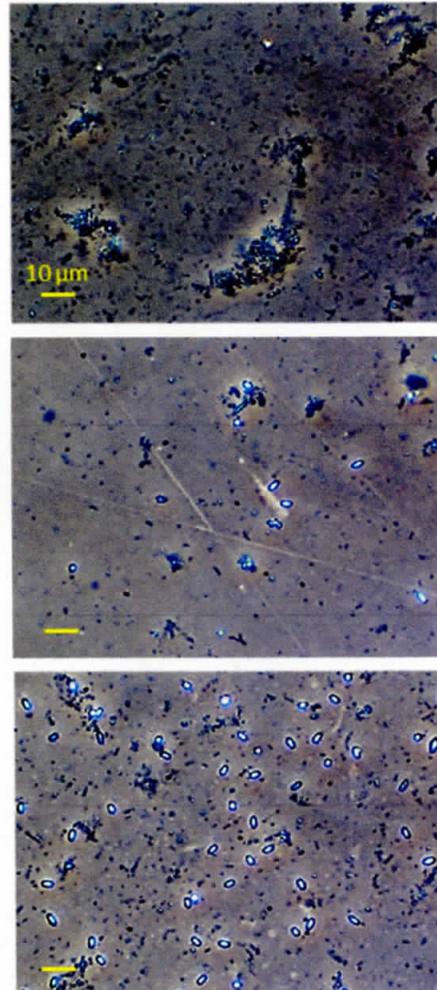


図 2 光学顕微鏡下における *N. ceranae* 胞子を接種したセイヨウミツバチ中腸内における孢子

積相当（通常の散布濃度）と100倍希釈相当を経口接種した。33度暗条件下で7日間観察したところ、*Btk* 製剤1種類を除き、いずれの濃度でも対照区と比べ有意に生存率が低下した。そこで毒素の影響を調べるため、それぞれの製剤から芽胞と毒素を培養し、同様の方法でセイヨウミツバチに供試したところ、いずれも対照区と有意差がなかった。一方、BT製剤上清のみを用いたところ、生存率が有意に低下した。*Bt*は中腸の高pH下で毒素が可溶化され、タンパク質分解酵素により活性化される。ところがセイヨウミツバチの中腸はやや酸性pH5.6-6.3であるため（Pohorecka 2004）、毒素が可溶化されない可能性がある。このため、BT製剤中に含まれる毒素以外の成分や分泌性タンパク質VIPの影響が示唆される。今後、BT製剤の使用は、ミツバチへの影響を考慮する必要があるだろう。

私たち人にとっても病気は生死に関わることが多い。私たちの生活にとって重要なハナバチ類の保全にもこうした病原性微生物について常にそのリスクを評価していく必要がある。

引用文献

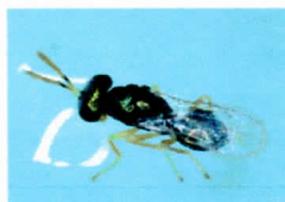
- Amichot M, Curty C, Benguettat-Magliano O, Gallet A, Wajnberg E, 2016. Side effects of *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* on the hymenopterous parasitic wasp *Trichogramma chilonis*. *Environmental Science and Pollution Research* 23, 3097-3103.
- Antunez K, Martin-Hernandez R, Prieto L, Meana A, Zunino P, Higes M, 2009. Immune suppression in the honey bee (*Apis mellifera*) following infection by *Nosema ceranae* (microsporidia). *Environ. Microbiol.* 11, 2284-2290.
- Bailey L, 1981. *Honey Bee Pathology*. Academic Press, London
- Boulton TJ, 2004. Responses of nontarget lepidoptera to foray 48b((r)) *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* on Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Environ. Toxicol. Chem.* 23, 1297-1304.
- Boulton TJ, Otvos IS, Halwas KL, Rohlf DA, 2007. Recovery of nontarget lepidoptera on Vancouver Island, Canada: One and four years after a gypsy moth eradication program. *Environ. Toxicol. Chem.* 26, 738-748.
- Cavalier-Smith T (1983) A 6-kingdom classification and a unified phylogeny. In: Schenk HEA, Schwemmer WS, editors. *Endocytobiology II: intracellular space as oligogenetic*. Berlin: Walter de Gruyter & Co.
- Chen YP, Huang ZY, 2010. *Nosema ceranae*, a newly identified pathogen of *Apis mellifera* in the USA and Asia. *Apidologie* 41, 364-374.
- Corradi N, Keeling PJ, 2009. Microsporidia: A journey through radical taxonomical revisions. *Fungal Biology Reviews* 23, 1-8.
- D'Urso V, Mazzeo G, Vaccalluzzo V, Sabella G, Bucchieri F, Viscuso R, Vitale DGM, 2017. Observations on midgut of *Apis mellifera* workers (Hymenoptera: Apoidea) under controlled acute exposures to a *Bacillus thuringiensis*-based biopesticide. *Apidologie* 48, 51-62.
- Fries I, Feng F, Dasilva A, Slemenda SB, Pieniazek NJ, 1996. *Nosema ceranae* n. sp. (Microspora, Nosematidae), morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera, Apidae). *Eur. J. Protistol.* 32, 356-365.
- 藤原 公, 1979. カイコ幼虫に対する微粒子病原虫の感染性および病原性. *日本蚕糸学雑誌* 48, 376-380.
- Germot A, Philippe H, Leguyader H, 1997. Evidence for loss of mitochondria in microsporidia from a mitochondrial-type hsp70 in *Nosema locustae*. *Mol. Biochem. Parasitol.* 87, 159-168.
- 原道徳, 1996. 洋蜂・和蜂. 自費出版 175 pp.
- Higes M, Garcia-Palencia P, Martin-Hernandez R, Meana A, 2007. Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with *Nosema ceranae* (microsporidia). *J. Invertebr. Pathol.* 94, 211-217.
- Higes M, Martin-Hernandez R, Botias C, Bailon EG, Gonzalez-Porto AV, Barrios L, Del Nozal MJ, Bernal JL, Jimenez JJ, Palencia PG, Meana A, 2008. How natural infection by *Nosema ceranae* causes

- honeybee colony collapse. *Environ. Microbiol.* 10, 2659-2669.
- Higes M, Martin R, Meana A, 2006. *Nosema ceranae*, a new microsporidian parasite in honeybees in europe. *J. Invertebr. Pathol.* 92, 93-95.
- Higes M, Meana A, Bartolome C, Botias C, Martin-Hernandez R, 2013. *Nosema ceranae* (microsporidia), a controversial 21st century honey bee pathogen. *Environmental Microbiology Reports* 5, 17-29.
- Hirt RP, Healy B, Vossbrinck CR, Canning EU, Embley TM, 1997. A mitochondrial hsp70 orthologue in *vairimorpha necatrix*: Molecular evidence that microsporidia once contained mitochondria. *Curr. Biol.* 7, 995-998.
- Huang W-F, Solter LF, 2013. Comparative development and tissue tropism of *nosema apis* and *nosema ceranae*. *J. Invertebr. Pathol.* 113, 35-41.
- Huang WF, Jiang JH, Chen YW, Wang CH, 2007. A *nosema ceranae* isolate from the honeybee *apis mellifera*. *Apidologie* 38, 30-37.
- Keeling PJ, Luker MA, Palmer JD, 2000. Evidence from beta-tubulin phylogeny that microsporidia evolved from within the fungi. *Mol. Biol. Evol.* 17, 23-31.
- Klee J, Besana AM, Genersch E, Gisder S, Nanetti A, Tam DQ, Chinh TX, Puerta F, Ruz JM, Kryger P, Message D, Hatjina F, Korpela S, Fries I, Paxton RJ, 2007. Widespread dispersal of the microsporidian *nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *apis mellifera*. *J. Invertebr. Pathol.* 96, 1-10.
- Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T, 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 274, 303-313.
- Konuma A, Okubo S, 2015. Valuating pollination services for agriculture in japan. *Jap. J. Ecol.* 65, 217-226.
- Lee SC, Corradi N, Byrnes EJ, Torres-Martinez S, Dietrich FS, Keeling PJ, Heitman J, 2008. Microsporidia evolved from ancestral sexual fungi. *Curr. Biol.* 18, 1675-1679.
- 農林水産省, 2016. 農薬による蜜蜂の危害を防止するためのわが国の取り組み.
http://www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_mitubati/
- Pohorecka K, 2004. Effect of standardized plant herb extracts on general condition of the honeybee (*apis mellifera* l.). *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 48, 415-419.
- Ruiu L, 2015. Insect pathogenic bacteria in integrated pest management. *Insects* 6, 352-367.
- Shafer ABA, Williams GR, Shutler D, Rogers REL, Stewart DT, 2009. Cophylogeny of *nosema* (microsporidia: Nosematidae) and bees (hymenoptera: Apidae) suggests both cospeciation and a host-switch. *J. Parasitol.* 95, 198-203.
- Van Frankenhuyzen K, 2009. Insecticidal activity of *bacillus thuringiensis* crystal proteins. *J. Invertebr. Pathol.* 101, 1-16.
- Van Frankenhuyzen K, 2013. Cross-order and cross-phylum activity of *bacillus thuringiensis* pesticidal proteins. *J. Invertebr. Pathol.* 114, 76-85.
- Vanengelsdorp D, Meixner MD, 2010. A historical review of managed honey bee populations in europe and the united states and the factors that may affect them. *J. Invertebr. Pathol.* 103, S80-S95.
- Vavra J, Larsson JIR, 1999. Structure of the microsporidia. In: *The microsporidia and microsporidiosis*. Ed. by M Wittner, L M Weiss, American Society for Microbiology, Washington.
- Vilcinskas A, 2015. Pathogens as biological weapons of invasive species. *PLoS Path.* 11.
- Zander E, 1909. Tierische parasite als Krankheitserreger bei der biene. *Leipziger Bienezeitung* 24: 147-150, 164-166

生物的防除を中心に据えたIPMを実践する際、悩みの種は天敵（天敵昆虫、天敵微生物）に対する化学農薬の悪影響である。化学農薬の影響を受けにくい天敵があれば、この問題を一気に解決できるかもしれない。ここでは、殺虫剤抵抗性の寄生バチと殺菌剤抵抗性の昆虫病原糸状菌について紹介したい。

1. 殺虫剤抵抗性の寄生バチ *Halticoptera circulus*

ハモグリバエ類の寄生バチは国内で30種以上が知られている。その寄生様式には「殺傷寄生」と「飼い殺し寄生」があり、後者の寄生バチはハモグリバエ幼虫とともに発育し、ハモグリバエが蛹となったところで羽化する。*Halticoptera circulus*は「飼い殺し寄生」を行う寄生バチで、体長は2mmほど、体全体が暗緑色を呈する（第1図）。



第1図 *Halticoptera circulus*の成虫

*Halticoptera circulus*のマラチオン感受性は他の寄生バチ種より100倍ほど低く、むしろトマトハモグリバエやナモグリバエのそれに近い（第1表）。このため、ナモグリバエの発生圃場においてマラチオンを連続散布すると、多くの寄生バチ種が激減するなかで*H. circulus*の密度は逆に高まる（第2図）。同様にトラロメトリンを連続散布しても*H. circulus*の密度は高まる（第2図）。このように、本種は有機リン剤と合成ピレスロイド剤に対して抵抗性を示す。抵抗性発現のメカニズムについては、解毒分解酵素であるカルボキシエステラーゼの関与が考えられる。すなわち、本種の酵素活性は殺虫剤に対して高度の抵抗性を示すマメハモグリバエ、トマトハモグリバエ、あるいはナモグリバエのそれに匹敵するほど高い（第1表）。

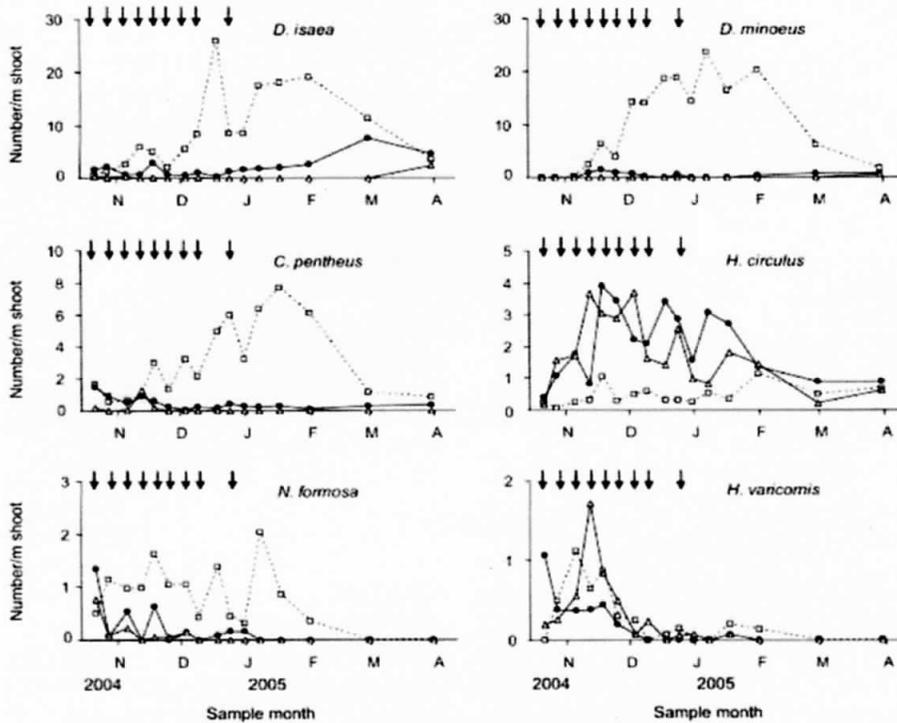
*Halticoptera circulus*は普段はマイナー種であるが、殺虫剤の使用によって他の寄生バチ種が排除されると顕在化してくる。殺虫剤が多用される栽培環境は本種にとってはむしろ好都合と言える。こうした特性から、*H. circulus*はとくに施設栽培におけるIPMの素材として有望と考えられる。

本種の発育所用日数（卵～羽化）は25℃で20-23日とかなり長い。発育零点は8.4℃、有効積算温度は330日度である。

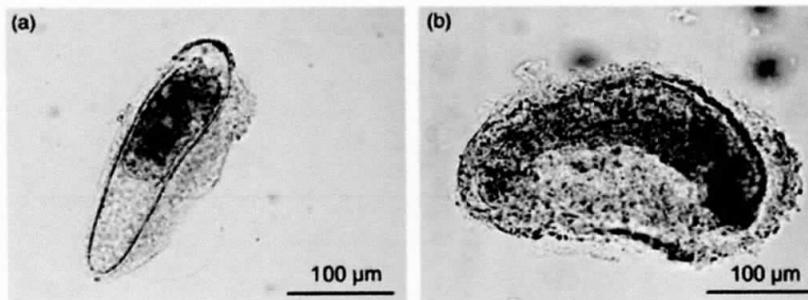
おもしろいことに、*H. circulus*が外来のハモグリバエ（マメハモグリバエとトマトハモグリバエ）に産卵すると免疫反応（血球による包囲化）によって死んでしまう（第3図）。このため、本種の利用範囲は土着のハモグリバエ（たとえば、ナモグリバエ、ネギハモグリバエ）に限定されるだろう。ちなみに、*H. circulus*に対するマメハモグリバエとトマトハモグリバエの免疫反応は海外では知られていない。外来ハモグリバエと土着寄生バチの間の免疫学的な攻防については共進化の面からきわめて興味深い。

第1表 ハモグリバエと寄生バチのマラチオン感受性（雌成虫：局所施用法）とカルボキシエステラーゼ活性

昆虫種	マラチオン感受性		酵素活性 (nmol/μg)
	LD ₅₀ (ng/mg)	抵抗性比	
ハモグリバエ			
マメハモグリバエ	255	5204	60.3
トマトハモグリバエ	107	2184	44.5
ナモグリバエ	29.7	606	20.7
寄生バチ			
<i>Halticoptera circulus</i>	6.65	136	30.8
<i>Diglyphus isaea</i>	0.133	2.7	7.1
<i>Hemiptarsenus varicornis</i>	0.067	1.4	9.7
<i>Chrysocharis pentheus</i>	0.068	1.4	9.9
<i>Neochrysocharis formosa</i>	0.049	1	6.2



第2図 殺虫剤を連続散布(↓)した場合の寄生バチの消長
●: マラチオン、△: トラロメトリン、□: 無処理



第3図 マメハモグリバエの血球によって包囲化された *Halticoptera circulus* の卵 (a) と幼虫 (b)

2. 殺菌剤抵抗性の昆虫病原糸状菌

殺菌剤の多くは昆虫病原糸状菌に対して悪影響を与える(第2表)。農作物の品種改良の分野では量子ビーム(イオンビームおよびガンマ線)照射によって起こる突然変異が利用されている。この手法を用いて殺菌剤抵抗性の昆虫病原糸状菌(*Beauveria bassiana*と*Isaria fumosorosea*)を創出した。その概要は次のとおりである。

量子ビームを照射した分生子をベノミル添加培地に接種し、出現したコロニーの中からベノミル抵抗性変異体を分離した(第4図)。変異体におけるベノミルのEC₅₀値は*B. bassiana*で500~800ppm(親株の500倍以上)、*I. fumosorosea*で1855~>5000ppm(親株の700倍以上)であった(第3表)。いずれも市販のベノミル剤の常用濃度(成分500ppm)を上回っており、実用的な抵抗性レベルに達していると考えられる。

*Beauveria bassiana*変異体ではβ-チューブリン遺伝子に変異(E198A)が認められた。同様の変異はベノミル抵抗性の植物病原糸状菌でも知られている。一方、*I. fumosorosea*変異体ではβ-チューブリン遺伝子に変異が認められなかった。抵抗性発現のメカニズムは*B. bassiana*と異なると考えられる。

第2表 *Beauveria bassiana*と*Lecanicillium muscarium*に対する殺菌剤の影響(コロニー直径の減少率%)

市販の殺菌剤	<i>Beauveria bassiana</i>			<i>Lecanicillium muscarium</i>		
	×1000	×3000	×10000	×1000	×3000	×10000
糸状菌用						
トリホリン	98	69	49	72	44	2
ベノミル	91	89	85	81	78	65
トリフルミゾール	86	84	80	92	89	89
トリアジメフォン	86	71	53	95	89	72
ジクロフルアニド	83	82	77	80	77	69
ピンクロソリン	83	79	73	64	61	53
キャプタン	77	76	65	73	63	32
チオファネートメチル	77	75	74	85	83	83
ピテルタノール	63	61	53	82	78	73
プロシミドン	62	60	48	32	26	20
フェナリモル	60	59	50	59	45	19
マンネブ	57	56	45	50	35	27
イプロジオン	53	51	37	50	40	24
ピラソホス	52	32	17	28	12	8
キノメチオネート	50	46	45	65	58	51
ジネブ	49	48	41	38	25	18
ジチアノン	35	27	25	29	13	13
メプロニル	32	28	23	44	39	34
硫黄	28	26	18	39	30	26
TPN	9	7	6	47	43	38
細菌用						
オキシ銅	57	36	26	56	32	10
塩基性硫酸銅	20	7	6	67	57	28
水酸化第二銅	17	7	0	5	1	1

注) ×1000、×3000、および×10000は殺菌剤の希釈倍数を示す。

ベノミル抵抗性の変異体は同じベンズイミダゾール系のチオファネートメチルに対しても抵抗性も示し、逆にジエトフェンカルブに対する感受性は高くなった。この正と負の交差関係は植物病原糸状菌でもよく知られている。変異体の病原力については、わずかに低下する傾向がみられた（第4表）。

本研究ではベノミルを供試したが、別の殺菌剤を選択培地に混入すれば、それに応じた変異体を得ることができよう。また、ここでは詳しく紹介できないが、量子ビームを用いて昆虫病原糸状菌の発育上限温度を高めることにも成功している。この変異体は高温条件（30℃）において親株より高い病原力を示した。以上のように、量子ビームは昆虫病原糸状菌の改良にも幅広く利用できると考えられる。ただし、標的以外の性質も変化することから、そのチェックは欠かせない。



第4図 ベノミル添加培地上の変異体コロニー
矢印は分離した変異体。

第3表 *Beauveria bassiana* と *Isaria fumosorosea* 変異体のベノミル抵抗性

菌株	EC ₅₀ (ppm)	抵抗性比	照射処理
<i>Beauveria bassiana</i>			
親株	0.99	1	
BB22	564	570	イオンビーム
BB24	828	836	イオンビーム
<i>Isaria fumosorosea</i>			
親株	2.5	1	
lb-34	> 5000	> 2000	イオンビーム
Gr-5	> 5000	> 2000	ガンマ線
Grlb-9	1855	742	ガンマ線+イオンビーム

第4表 タバココナジラミに対する *Isaria fumosorosea* 変異体の病原力(死亡率%)

菌株	分生子濃度 (個/ml)		
	1×10 ⁶	1×10 ⁷	1×10 ⁸
親株	97 a	100 a	100 a
lb-34	63 b	98 a	100 a
Grlb-9	77 ab	98 a	100 a
対照(水)	0 c	0 b	0 b

注) 異なるアルファベット間には有意差がある (Tukey の多重検定)。

主な引用文献

寄生バチ関係

- Kemmochi, T., S. Fujimori and T. Saito (2016) The leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) encapsulates its koinobiont parasitoid *Halticoptera circulus* (Hymenoptera: Pteromalidae): implications for biological control. Bull Entomol Res 106: 322-327.
- Matsuda, K. and T. Saito (2014) Insecticide susceptibility and carboxylesterase activity in leafminers (Diptera: Agromyzidae) and their associated hymenopteran parasitoids. Crop Prot 55: 50-54.
- 西東力・大石剛裕・池田二三高・沢木忠雄 (1992) マメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (Burgess) に対する各種殺虫剤の効力. 応動昆 36: 183-191.
- 西東力・池田二三高・小澤朗人 (1996) 静岡県におけるマメハモグリバエの寄生者相と殺虫剤の影響. 応動昆 40: 127-133.
- Saito, T., M. Doi, H. Katayama, S. Kaneko, Y. Tagami and K. Sugiyama (2008) Seasonal abundance of hymenopteran parasitoids of the leafminer *Chromatomyia horticola* (Diptera: Agromyzidae) and the impact of insecticide applications on parasitoids in garden pea field. Appl Entomol Zool 43: 617-624.
- 西東力・松田健太郎・剣持太一 (2016) ハモグリバエの飼い殺し寄生バチ *Halticoptera circulus* について. 植物防疫 70: 294-298.

昆虫病原糸状菌関係

- Fitriana, Y., K. Satoh, I. Narumi and T. Saito (2014) Ion-beam and gamma-ray irradiations induce thermotolerant mutants in the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* s.l.. Biocont Sci Technol 24: 1052-1061.
- Fitriana, Y., S. Shinohara, K. Satoh, I. Narumi and T. Saito (2015) Benomyl-resistant *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) mutants induced by ion beams. Appl Entomol Zool 50: 123-129.
- 西東力 (1988) *Verticillium lecanii* 製剤によるワタアブラムシの防除と農薬の影響. 応動昆 32: 224-227.
- 西東力・藪田実男 (1996) *Verticillium lecanii* の感染および病死体上の菌糸発育に対する各種殺菌剤の影響. 応動昆 40: 71-76.
- Shinohara, S., Y. Fitriana, K. Satoh, I. Narumi and T. Saito (2013) Enhanced fungicide resistance in *Isaria fumosorosea* following ionizing radiation-induced mutagenesis. FEMS Microbiol Lett 349: 54-60.
- 藪田実男・西東力 (1994) *Beauveria bassiana* の発育と発芽に及ぼす殺菌剤の影響. 関東病虫研報 41: 249-250.

平成29年度 第3回講演会のお知らせ

下記のとおり生物的防除部会 平成29年度第3回講演会を開催いたします。
会員の皆様をはじめ多くの方々のご参加を心よりお待ちしております。

記

日時：平成30年2月28日(水) 15時00分～17時00分
場所：東京農業大学世田谷キャンパス 1号館 4階 441教室
世田谷キャンパス案内図参照(12頁)

講演会：

演題1 「茶園に生息する土着天敵類に対する各種農薬の影響」

静岡県農林技術研究所茶業研究センター・上席研究員 小澤 朗人 氏

< 講演要旨 >

茶園には様々な土着天敵類が生息する。これまでの筆者らの実態調査では、例えばハチ目では19科以上の寄生蜂類が、テントウムシ類では9種以上、カブリダニ類では12種以上、クモ類では約60種の生息が確認された。こうした多様な天敵類を保護利用するためには、病害虫防除のために散布される各種農薬について天敵類に対する影響をあらかじめ評価しておく必要がある。筆者らは、害虫密度の抑制に寄与していると考えられる主要天敵種に対するジアミド系薬剤を含めた各種農薬の影響を室内試験を中心に評価するとともに、一部の農薬については圃場試験も実施したので、その概要を紹介する。

演題2 「新規侵入外来昆虫の話題～特にヒアリの侵入について～」

ふじのくに地球環境史ミュージアム 岸本 年郎 氏

< 講演要旨 >

日本には500種弱の外来昆虫が記録されているが、これは北米大陸の3540種、ハワイの2651種と比べると少ないといえるかもしれない。しかし、経済のグローバル化に伴う物流の大量化・迅速化は、続々と新たな外来種の侵入を促している。昨年度初めて日本に侵入したヒアリをはじめ、生態系に被害を及ぼすものとして、新しく特定外来生物に加わったアカボシゴマダラ、クビアカツヤカミキリや、東京湾岸で増加している国内外来種リュウキュウツヤハナムグリ等、近年侵入・拡大しているものの現状について紹介するとともに、外来種問題をどう考えるべきかという本質的なことも議論したい。

なお、聴講料は 会員・学生：無料、 一般参加：2000円、
講演会終了後、講演者らを囲んでの懇親会(参加費3000円)を予定しています。
ぜひご参加ください。

↑ 講演会・懇親会への参加申し込み・お問い合わせは

生物的防除部会長 根本 久 nemoto.biocont@gmail.com までお願い致します

東京農業大学世田谷キャンパス へのアクセス



- 小田急線**
 - ◆ **経堂駅下車**
徒歩 約15分
 - ◆ **千歳船橋駅下車**
徒歩 約15分
バス 約5分 <千歳船橋駅～農大前>
東急バス 渋谷駅行…(洗23) 等々力操車所行…(等11) 用賀駅行…(用01)
- JR山の手線**
 - ◆ **渋谷駅下車(渋谷駅西口)**
バス 約30分 <渋谷駅～農大前>
小田急バス 成城学園前駅西口行…(洗24) 調布駅南口行…(洗26)
東急バス 成城学園前駅西口行…(洗24) 祖師ヶ谷大蔵駅行…(洗23)
- 東急田園都市線**
 - ◆ **用賀駅下車**
徒歩 約20分
バス 約10分 <用賀～農大前>
東急バス 世田谷区民会館行…(調02) 祖師ヶ谷大蔵駅行…(用01)

学部 応用生物科学部・地域環境学部・国際食料情報学部・短期大学部
住所 〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1

世田谷キャンパス

SETAGAYA CAMPUS

