

刺さないミツバチ

天野 和宏

ここ農水省畜産試験場にミツバチを対象とした研究室があることを知り、「ミツバチは家畜なんですか」と訊ねる人がけっこういる。家畜の範疇にどの動物が入るのかは曖昧な点もあるが、こういった場合「そう、ミツバチは家畜です」と答えることにしている。

家畜取引法では、牛、馬、豚、めん羊および山羊の5種を家畜と定義しており、鶏もミツバチも入らない。家畜商法も同様である。屠畜法や化製場などに関する法律では、同じく上記5種だけを獣畜と定義している。国の行政組織令では、畜産局の職務に「家畜、家きん、及びみつばち云々」の文章が頻出する。一方、動物検疫の土台となっている家畜伝染病予防法では、重要な家畜伝染病25種を「法定伝染病」と定め、これら5種の動物に、ミツバチ、それに水牛、鶏、あひる、七面鳥、うずらを加え家畜とよんでいる。

すなわち広義には、鶏、七面鳥を家畜とよぶのであれば、ミツバチも家畜である、といったところのようだ。こういった背景から、大正8年にミツバチを対象とした研究室が農商務省畜産試験場に設置された。以来70余年、種々の変遷はあったものの畜産試験場の一研究室としてミツバチの飼養管理技術はもとより、生理、生態、栄養、繁殖、加工技術等広い分野を担ってきた。現在は育種部に属し、主に育種理論、育種技術の開発および育種そのものを対象としてミツバチの研究を行っている。

今回、当研究室で、変異原（突然変異の生成を誘起するもの）であるガンマ線を利用することによって、飼養者に、刺傷やそれによる恐怖感を与えることのない「刺さないミツバチ」を

作り出すことに成功した。このトピックスを紹介するとともに、その研究の背景としてのミツバチ利用の現状を記したい。

ミツバチの家畜としての特性

1匹の雌（女王）だけにより巣が創設されるアシナガバチやスズメバチなどの社会性昆虫類では、いかに巣が巨大になろうとも、女王の死によってコロニーは崩壊する。また、巣の再利用は行われない。

一方、ミツバチは高次真社会性昆虫と呼ばれ、女王自らが巣を創設することではなく、1匹の女王を連れた一群の働きバチが巣を創設し（分蜂）、産卵を専業とする女王によりコロニーの増大が計られる。女王の寿命は3～5年と長く、その死後も娘が女王となって受け継がれ、巣が崩壊することはない。このような生活環をもつため、人間によって飼養管理がされ易く、永く養蜂種として家畜化されてきたのであろう。

ミツバチはこういった高度な社会性を進化させた昆虫として知られるが、その種分化は極めて乏しく、セイヨウミツバチ（Western honeybee: *Apis mellifera*）、トウヨウミツバチ（Eastern honeybee: *A. cerana*）、オオミツバチ（Giant honeybee: *A. dorsata*）それにコミツバチ（Little honeybee: *A. florea*）の4種だけである（これらを5～7種に分類する学者もいる）。後者2種は熱帯に生息し、人との関わり合いをあまり持たない。トウヨウミツバチは日本を含め一部地域で飼養されているが、ほとんどが野生である。セイヨウミツバチはもともとヨーロッパ、アフリカに分布していたが、今

日では養蜂種として世界中広く飼養されている。セイヨウミツバチには多くの系統が知られており、ブラジルの研究者が導入したアフリカ在来ミツバチが逃亡し、北アメリカまで分布を広げたことで近年問題となったアフリカ蜂化ミツバチ（Killer bee とセンセイショナルに呼ばれている）もセイヨウミツバチの系統間交雑種である。

わが国へは明治になって初めてセイヨウミツバチが導入されたが、もともとヨーロッパで何千年と飼養されてきた種であり、このため極めて人に利用されやすい形質をもつ家畜となった。養蜂種といえば本種を示すのが一般的である。近年、地域興しなどでニホンミツバチ（トウヨウミツバチの1系統）の飼養が試みられているが、生産性や管理上の点でセイヨウミツバチに劣るようである。これらの多くは種間差よりむしろ、豚と猪との比較で見られるような、家畜化の程度差によると考えられる。

ミツバチ研究の需要

語呂合わせではないが、ミツバチの機能を利用した産業—養蜂業—には8（ハチ）個の側面がある（松香，1996）。ハチミツ、ローヤルゼリー、プロポリス、花粉、蜂の子、蜂毒、蜂ろう、花粉媒介である。前7個は生産物であり、最後の1個が機能そのものである。

農産物あるいは他の畜産物同様、わが国の養蜂の生産分野は厳しい状況下にある。ハチミツを例にとると、現在国内で消費される約4万トン内、90%以上が輸入であり、最大輸入先である中国からは3万5千余トン、輸入価格は1kgあたり関税込みで140円程度、ベトナムに至っては同88円である（六甲の水より安い!）。技術や研究でこの格差をクリアするのは容易でない。

これに対し、花粉媒介の機能利用に関しては強い要望が興っている。これまでの単作栽培の拡大や薬剤多用栽培のために、栽培地で必要な野生の花粉媒介性昆虫が少なくなってしまったこと、さらには、技術集約的といえる我が国の農業が産み出した多様な施設栽培の増加もあげ

られる。風も雨もない施設内では、実を着ける作物の授粉は人手（振動やホルモン処理）を要する。花粉媒介性昆虫に対する需要が増大しているのである。しかし、80%の栽培作物を訪花する広食性を有するミツバチでありながら、花粉媒介者として、残念ながら十分にはこれらの需要に応えていない。その理由の一つに、2万から6万におよぶ働き蜂を有するミツバチコロニーの持つ強い防御性（刺傷性）のため、農家自身による飼養管理が難しいことがあげられる。

授粉におけるミツバチの役割

東北地方ではリンゴの受粉にマメコバチ（*Osmia cornifrons*）が利用されている。マメコバチは単独性の昆虫であり、ちょうどリンゴの開花する春期に成虫が出現し産卵を行う。したがってその時期にだけ活発な訪花活動が行われ、その時期以外は授粉に使うことはできない。リンゴ農家は産卵された巣材を必要数だけ集め翌年用に保存する。

また、近年、オランダ、ベルギーなどから花粉媒介性昆虫としてセイヨウオオマルハナバチ（*Bombus terrestris*）が急激な勢いで輸入され、施設園芸、特にトマトの授粉に使われている。マルハナバチはスズメバチなどと同じく1年生の社会性昆虫で、最大4、5百匹の働き蜂からなるコロニーを形成する。

これらいずれの種においても、農業者自身が飼養・管理していることが特色となっている。

一方、ミツバチは施設栽培でのイチゴやメロン、あるいは露地栽培でのいくつかの作物の授粉に使われているが、ほとんどは専門の養蜂家によるリースであり、農業者自身が飼養・管理していることは少ない。数万の働き蜂で構成される永続的なコロニーを農業者自身が飼養・管理するのは容易ではない。その原因の1つは、先に述べた、巨大なミツバチコロニーの持つ刺傷性（防御性）にある。この刺傷性を弱めるために数多くの努力がなされてきたが、決定的な成果には至っていない。

なお、マメコバチもマルハナバチも刺すが、

その刺傷力および個体の数はミツバチとは比較にならない。

ミツバチの育種

多くの家畜と同じく、ミツバチにおいても有用な形質を持った生殖個体を選択し、望ましくないものは淘汰するといった手法により今日の品種がつくられてきた。

ミツバチコロニーは、通常1匹の女王と多数の働き蜂、それに繁殖にのみ携わる雄蜂で成り立つ。女王と働き蜂はともに2倍体の染色体を持ち、両者の違いは幼虫期の食物によって決まる。雄蜂は、女王が産んだ受精卵から単為生殖によって育ったもので半数体の染色体を持つ。したがって、雄蜂では遺伝子型と表現型が一致するため、育種上の改良において便利な遺伝様式と見ることができる。しかし、刺針のように雌のみ有している機能については利用されることはない。

なお、ミツバチには性染色体といったものはなく遺伝子によって性が決定され、それらの遺伝子がホモ（同型）の状態になると雄蜂となるが、これらは発育途中で働き蜂によって除去され、実際には親になることはない。

突然変異を利用する

前述したごとく、セイヨウミツバチは長い期間にわたって飼養されてきた結果、牛のように人が利用しやすい家畜となった。牛はおとなしいが、扱い方によっては危害を加えることもある。同様に、人に対してあまり刺さないよう（gentle 化）に育種されてきたミツバチにおいても、無防備でコロニーに近づくと刺される。これは自分達を守る生き物の本能である。本能を取り去ることは難しいが、「刺す」メカニズムに変異を起こさせ、その機能を喪失させることは考えられる。

遺伝に関与する物質が変化して異なる形質が発現することを突然変異という。生物の進化を基本的に左右すると考えられる突然変異は、自然的であろうと人為的であろうと、その支配する形質の現れ方にそれ自身一定の方向性を持た

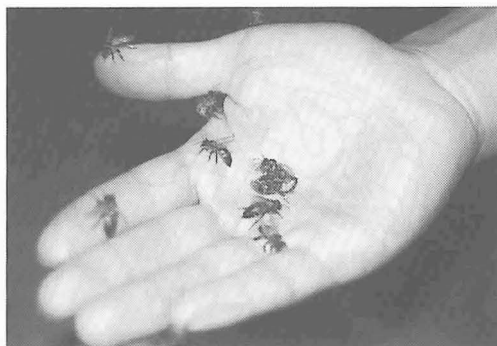


図1 手の上の「刺さないミツバチ」

ない。自然における環境圧、人為的な選択圧によって方向づけられる。したがって、一つの形質に関与する遺伝子が多ければ多いほど、個々の遺伝子が突然変異を起こした場合、その形質発現全体のシステムがまとまりをなくし、壊れる可能性が高くなる。

ミツバチに突然変異を起こさせて、刺す針を超大に、あるいはダブルにする、などといったことは達成不可能である。おそらく逆に、「刺す」システム自身が壊れてしまい、彼らの防御システムも働かなくなってしまうであろう。この場合、ミツバチにとっては不都合なことであるかも知れないが、ミツバチを家畜として利用している我々人間にとっては有益なこととなる（図1）。

ブラジルでの研究

ハプロイドであるオスバチでは遺伝型が表現型として観察され、眼の色や形、体毛、翅の形などの突然変異がよく研究されている。しかし、自然界で起こるこれらの突然変異を見つけるには、 10^6 から 10^7 匹の雄蜂を観察する必要がある、と言われる程低い発現率である（Chaud-Netto et al., 1983）。これまでに知られている突然変異遺伝子の多くは変異原によって人為的に誘起されたものである。

1975年、サンパウロ大学医学部の遺伝研究者 A. E. E. Soares は突然変異の研究材料であるミツバチにガンマ線を照射する過程で、刺針に異常を起こした働きバチを発見した。これまで数万ものミツバチを検鏡している彼は、この刺針の異常は突然変異であると確信し、その表

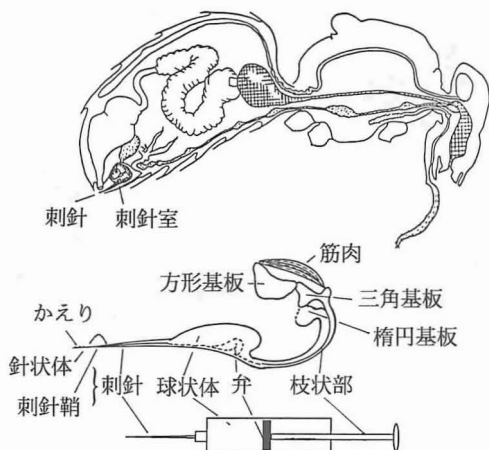


図2 ミツバチの刺針の構造
働きバチの解剖図(上)と注射器に対応させた
刺針構造図(下) 機能の詳細は本文参照

現型を「split-sting (壊れた針)」と名付け、その有用性、すなわち、人を刺すことがない性質の育種にとりかかった。同時に、ブラジル国の養蜂協会にこの研究の有用性を図った。

ブラジルでの主要養蜂産業は、ハチミツ、プロポリスをはじめとする養蜂生産物によっている。ジャングルなどのフィールドにミツバチコロニーを置きながら移動し、一定期間後の生産物回収を繰り返すといった飼養が主である。こういった場合、防御システムの働かないコロニーは、熱帯に豊富にいる略奪者(クマ、サル、アリ、ハチなど)に対応できず、壊されてしま

う危険性が高い。ブラジルでは、おとなしい(gentle)ミツバチではなく、もっと防御力のある(aggressive)ミツバチが望まれていた。結果、彼のアピールには猛反対が起こり彼の研究にも影響を与えた(Soares, 私信)。

国により、研究に対する需要の違いが如実に現れている事例と考えられる。

ミツバチの刺針

ハチの多くは産卵管を持っている。体長よりはるかに長い産卵管を持つウマノオバチは樹内深く棲む甲虫の幼虫に産卵するし、他の寄生バチもそれにより獲物の体内深く産卵することができる。ミツバチの刺針は、そういった産卵管からさらに進化したもので、もはや産卵の機能を持たず、防御用専門である(図2)。

腹部の末端にある小室(sting chamber)に格納されている刺針(sting)は必要時に反転し、突き出される仕組みになっている。刺針自身は、1つの管を形成するように2種類の針(1つの針状体 stylet と2つの刺針鞘 lancets)で構成され、各々の針の先端には「かえり(barbs)」が付いており、刺されば抜けにくい形態となる。針状体を支柱として2つの刺針鞘が交互にスライドするよう機能し、まるでシールを付けたスキー板が交互運動で前進するように、刺針が敵の表皮深く刺さっていく。つまり、刺す現象は、腹部全体での押しつける力ではなく、刺針鞘の交互作用によるのである。

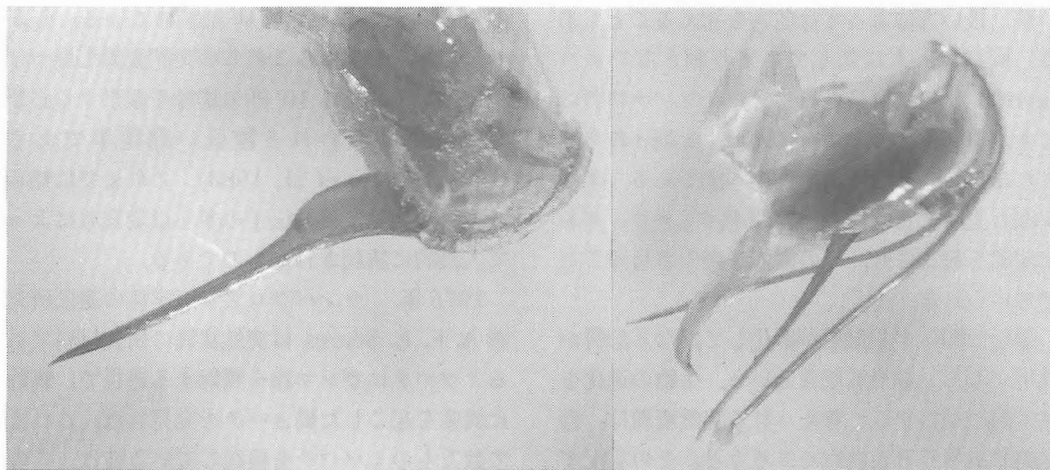


図3 通常のミツバチ(左)と「刺さないミツバチ」(右)の刺針

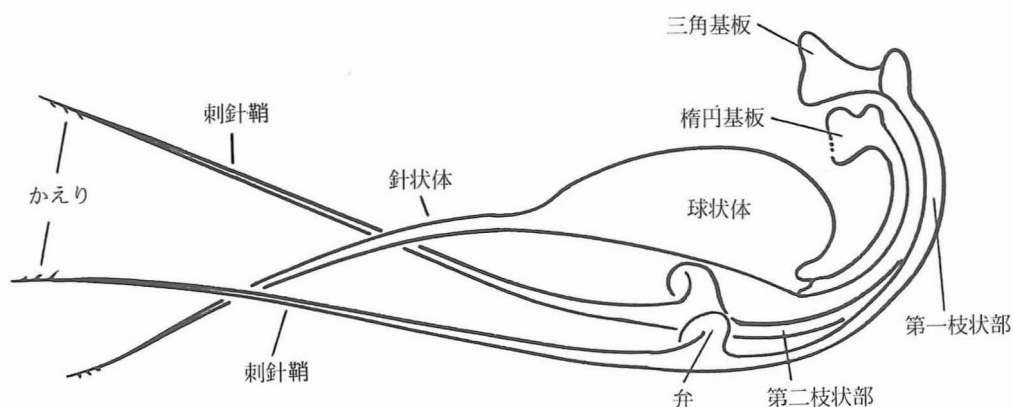


図4 「刺さないミツバチ」の刺針

刺さないミツバチの刺針は、刺針を構成している2種の針(針状体および刺針鞘)が分散しており、「刺す」機能を喪失している。さらに、毒液を注入するための弁も分散しているため毒液を送る機能もない。

刺針の元の方は太く、球状体 (bulb) となり、ここに注入すべき毒液が貯められる。その中には刺針鞘に固定されたそれぞれ2つの弁 (valve) があり、交互にスライドする刺針鞘の動きにつれそれらの弁が毒液を注入する働きをする。すなわち、ミツバチでは、この刺針鞘の交互の動きで刺針が挿入されると、毒液が注入されるのが同時に行われる。これらの動きを司るのが刺針の基部にある3種類の歯車 (刺針基板3種 quadrangle plate, oblong plate, triangular plate) とそれに関与する筋肉 (muscle) である。敵に挿入した刺針はかえりのため抜けることがなく、最終的にはミツバチの体軀から刺針全体がちぎれそのまま毒液を敵に送り込む。ミツバチ自身は間もなく死ぬ。

「刺さないミツバチ」では、刺針の針状体と刺針鞘がバラバラになり、互いにスライドすることができず、「刺す」機能を果たせなくなっている (図3)。同時に、毒液を注入するための弁も刺針から外れ毒液を送ることもできない (図4)。

刺さないミツバチ

突然変異を誘起させるには、線量、照射法、ミツバチの発育段階などの検討が必要となる。我々は、2つの誘起法を見いだした (図5)。

既に交尾し受精嚢に精子を蓄えている女王に

20-50Gy (グレイ) のガンマ線量を急照射した場合、いくつかのコロニーで、0.5-1.0%と低率であるが、「刺さないミツバチ」(働き蜂) が出現した。さらにその「刺さない形質」が分蜂コロニー (次世代のコロニー) にまで現れた。これらのコロニーから得られた「刺さない形質」は、代を重ねて出現する、すなわち遺伝するが、表現形式から見て、単一の遺伝子だけによる突然変異でないと推察される。これらの遺伝資源を母体に、交配と選抜を繰り返せば「刺さないミツバチ」の系統が樹立されるものと考えら



図5 ガンマ線の照射を受けるミツバチコロニー

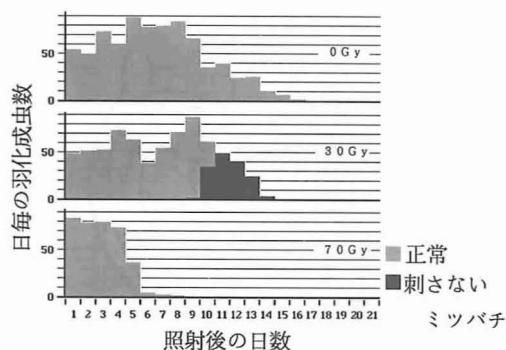


図6 卵から羽化段階に至る各個体にガンマ線処理をした場合の成虫羽化頻度

照射線量 70Gy の場合は致死作用が働く。照射線量 30Gy の場合、処理後 11-13 日目に「刺さないミツバチ」が羽化してくる。(ミツバチの発育期間 (卵から羽化まで) は 21 日間である。産卵後 8-10 日目の蛹化時期に照射を受けると「刺さないミツバチ」となる)

れ、当研究室の主要な研究目標の 1 つに設定している。

もう 1 つの方法は、親 (女王) のステージではなく、発育途上の段階、すなわち、老熟幼虫から蛹へと変態する時期 (産卵後 8-10 日目) に 30Gy のガンマ線量を急照射するとである。これらの照射個体のほとんどすべて (97%) が「刺さないミツバチ」となった (図 6)。この手法により、永続的なものではないが、刺さないミツバチのコロニーが人工的に作られた (図 7)。チャンバー (恒温湿、長日条件) 内に蜜源植物を持ち込み、刺さないミツバチの飛翔性、訪花性などの行動を調査したが、通常のミツバチとの差異は認められなかった。生産コストや照射施設の面を別とすれば、この「刺さないミツバチコロニー」の実用性はあると考えられる。

女王に照射した場合と、発育途上の個体に照射した場合とで共に現れた「刺さないミツバチ」は外見上区別できないが、後者の形質は、発生上の単なる障害を示すものであるのかも知れない。しかし、もし、前者と同じく遺伝性を持ったものであれば、後者の「刺さないミツバチ」を選抜育種した方が系統樹立への実験効率は高まる。なお、後者の手法により、刺さない

形質を持った女王も育成された (図 8)。これらの女王によるコロニーの形成および遺伝性の検証を現在進めているところである。

突然変異体の利用

突然変異体を野外に放飼する場合には慎重でなければならない。野外種との交雑を通じての突然変異に関連する遺伝子の流出や、それ自体の生態系への攪乱などを配慮する必要がある。

しかし、セイヨウミツバチの場合には、こういった懸念は、以下の理由で比較的低いと考えられる。

1. 外来種である本種は、日本の環境 (天敵、病気、寄生虫、気象など) 下では、定着することが難しく、野生コロニーはほとんど存在しない。したがって、野外種との遺伝子交流では問題はない。
2. ミツバチコロニーでは、1 匹の女王と多数の雄蜂だけが遺伝子を次世代に残すことができる。実働部隊である働き蜂は遺伝子交流に関与しない。したがって、女王と雄蜂を管理することにより遺伝子の流出は防ぐことができる。女王と雄蜂は、働き蜂に比べ体格が格段に大きく、巢門のサイズを調節することにより管理される。

なお、今回造成した働き蜂だけのコロニーでは、以上の懸念もない。

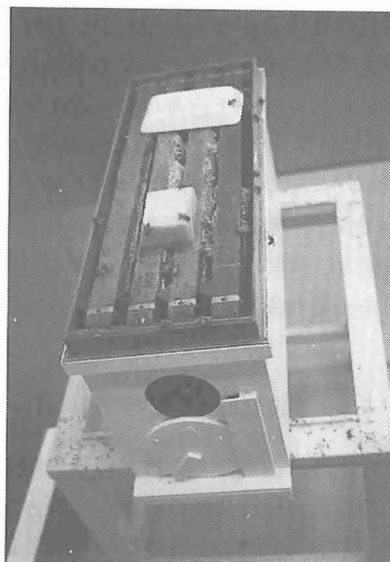


図7 「刺さないミツバチ」のコロニー

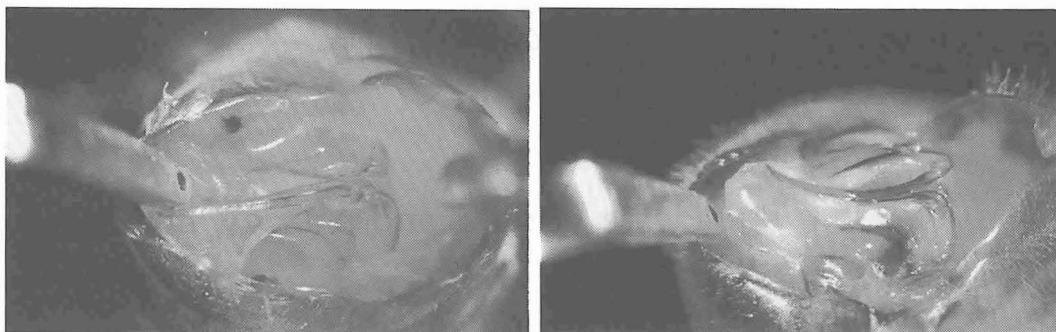


図8 「刺さない形質」を持った女王（左）と通常の女王（右）の刺針

通常の女王の開けられた sting chamber 内には、湾曲した太い一本の刺針が見える。「刺さない形質」をもった女王では、刺針を構成する針状体と刺針鞘が互いにばらけている。

おわりに

飼養者に刺傷およびその恐怖感を与えるミツバチは、有用であるにもかかわらず身近な家畜とは言いがたい。刺さないミツバチが利用可能となれば、農業者自身によるミツバチコロニーの飼養・管理ができ、さらには、我々一般の者も庭に巣箱を置き、年何回かのハチミツの生産が家族で楽しめるであろう。刺さないミツバチの飼養が広まれば、コロニーの供給者としてプロの養蜂家にも活躍してもらわねばならない。

ミツバチが名実ともに身近な家畜となることを楽しみにしている。

(〒305 稲敷郡茎崎町池の台 2

農林水産省畜産試験場)

参考文献

- 松香光夫. 1996. ポリネーターの利用. サイエンスハウス. pp. 153.
 松香光夫・深江義忠・清水衛. 1995. ミツバチ科学. 16: 123-128.
 Rinderer, T. E.(ed.) 1986. Bee genetics and breeding. Academic Press, Inc. pp. 426.
 Soares, A. E. E. 1980. Am. Bee J. 120: 834-835.
 Soares, A. E. E. 1981. J. Apic. Res. 20: 140-142.
 Chaud-Netto, J. et al. (1983) J. Apic. Res. 22, 17-21.

AMANO, KAZUHIRO. Non-stinging honeybees. *Honeybee Science* (1996) 17 (3): 111-117. Laboratory of Apiculture, National Institute of Animal Industry. Tsukuba Norindanchi P. O. Box 5, Ibaraki 305, Japan

The recent increase in facilities for crops in Japan needs a huge number of pollinators. This has lead to the demand for the breeding of gentle honeybee colonies which farmers could easily manage themselves. We have succeeded in producing non-stinging honeybees by two methods of gamma radiation. The first one is to irradiate queens containing sperm in their spermathecae. Six out of the 40 irradiated queens yielded non-stinging workers at a rate of 0.5-1.0%, of which lancets and stylets were separated or spoiled. Some queens descended from the irradiated ones also yielded non-stinging workers. We expect to establish a non-stinging honeybee strain by selecting the colonies in the future. The second method is to irradiate honeybees in immature stages at a rate of 30 Gy, almost all of which emerge into non-stinging workers. Honeybee colonies consisting of non-stinging workers only could be prepared by this method. Non-stinging queens were also reared by the same method, the heritability of which is being surveyed now in the hope of shortening the period of time in establishing the non-stinging honeybee strain.