

ミニ特集：導入天敵の現状と展望

クリタマバチに対する 天敵チュウゴクオナガコバチの導入

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター もりやせいいち
守屋成一

はじめに

クリタマバチ *Dryocosmus kuriphilus* の生物的防除を目指して導入天敵チュウゴクオナガコバチ *Torymus sinensis* が 1982 年に初めて野外に放飼され、最初の「野生個体」が羽化してから本年（2013 年）春で、ちょうど 30 年が経過した。中国大陸から導入された本種の放飼によって、放飼地点近傍ではクリタマバチの被害が目に見えて減少し、さらには分布域の拡大が確認されたため、チュウゴクオナガコバチによるクリタマバチの生物的防除は我が国における伝統的生物的防除の成功事例の一つとして知られるようになった。

中国大陸におけるチュウゴクオナガコバチの発見、日本国内への導入とその後の経過などに関しては、すでに数多くの報告があるので（例えば：MORIYA et al., 1989；村上, 1997；MORIYA et al., 2003）、本文では、まず国内におけるクリタマバチの害虫としての歴史と生物的防除成功に至る過程を簡単に振り返る。次に、生物的防除に関する調査・研究過程で明らかになってきた土着天敵と導入天敵に関連した複雑かつ興味深い問題を紹介するとともに、日本以外の地域に侵入したクリタマバチの被害状況と生物的防除の試みについて、北アメリカとヨーロッパを中心にして現状を報告し、クリタマバチの生物的防除に関する今後について考えてみたい。

本文に先立ち、ヨーロッパ地域の最新情報をご教示いただいたイタリアの Giovanni Bosio 博士と Ambra Quacchia 博士に深謝の意を表する。

I 日本国内におけるクリタマバチの歴史

クリタマバチは、クリの新芽によく目立つ赤色または緑色の不規則な球状の虫えいを作り、新芽の伸張を妨げる。さらに、成虫が羽化脱出した虫えいの多くは枯れてしまうため、虫えいの形成はクリの樹体成長と果実生産に対する重大な阻害要因となる。

国内では 1941 年、岡山県下での虫えい発見事例が初記録とされる。本種は年 1 世代で産雌単為生殖を行い、雄は知られていないため、雌成虫 1 匹のみでも新たな発生源となり得る。また、クリタマバチに産卵されて内部に若齢幼虫を含む休眠芽と未産卵の健全な休眠芽を肉眼で識別することは困難であるため、クリの穂木、あるいは苗木の人為的な移動によって本種の分布拡大がさらに助長された。この結果、戦後の混乱期を経て 1960 年代までに、寄主植物であるクリ自体が生育しない沖縄県を除く国内 46 都道府県へ分布が急速に拡大した。発見当時、国内外でクリの新芽に顕著な虫えいをつくるタマバチは知られておらず、本種の出現過程が未解明のまま、1951 年に新種として記載された。

初夏の限られた期間に出現する成虫以外は、休眠芽や厚い植物組織で守られた虫えいの内部で過ごすため、戦後の化学合成農薬全盛の時代にあっても殺虫剤散布による化学的防除は困難を極め、クリタマバチは各地のクリ園に惨害を与えた。そこで、1950 年代半ばに土着天敵クリマモリオナガコバチ *T. beneficus* の導入による生物的防除が長野県内で試みられたが、本種による防除効果は判然とせず、導入天敵の永続的利用を目的とする生物的防除としては失敗例とみなされている。

クリタマバチが各地で猛威を振るう中、自生クリや栽培クリ品種の一部で、本種の加害を免れていることが発見された。これを契機として、クリタマバチ抵抗性の付与は戦後のクリ品種育成目標の一つとなり、クリ育種関係者の多大な努力によって強固なクリタマバチ抵抗性を有するクリ品種が短期間のうちに育成された。それら抵抗性品種は全国各地に普及し、クリタマバチ被害の劇的な軽減に成功した。しかしながら、この耕種的防除の成功も、1960 年代以降、それら抵抗性品種をも加害するクリタマバチの出現によって脅かされはじめ、抵抗性品種の利用以外に有効な防除手段を持たないクリの経済栽培は再び危機に直面することになった。

II チュウゴクオナガコバチの導入

1972 年の日中国交回復により、それまで閉ざされていた中国大陸の情報がもたらされるようになると、国内

Introduction of an Exotic Parasitoid, *Torymus sinensis* to Control Chestnut Gall Wasp, *Dryocosmus kuriphilus*. By Seiichi MORIYA

（キーワード：伝統的生物的防除，侵入害虫，導入天敵，土着天敵，交雑，クリマモリオナガコバチ）

産個体に基づき新種として記載されたクリタマバチが、岡山県での発見以前から中国大陆各地に生息していたことが判明した。さらには、チュウゴクグリはクリタマバチ抵抗性が低いにもかかわらず、現地ではクリタマバチによる被害が問題視されていなかった。このことは、中国大陆にはクリタマバチに対する有力な生物的制御要因が存在することを示し、天敵を用いた生物的防除への期待が高まった。九州大学(当時)の村上陽三博士らによる 1975 年の予備調査の結果、クリタマバチの生活史との同調性が高いチュウゴクオナガコバチ(当時は未記載種で、その後 1982 年に *T. sinensis* として新種記載)が導入すべき天敵とされた。

日中両国関係者の努力と協議により、1979 年、1981 年の 2 度にわたって中国大陆からクリタマバチの乾枯虫えい(内部で天敵類が越冬する)がもたらされた。ただし、当時においても、中国産の天敵を、生物的防除目的で日本へ一方的に持ち帰ることは、中国国内の遺伝資源保護の観点から認められなかった。そこで、日本から乾枯虫えいを持参し、日中両国の研究者が相互にクリタマバチ天敵寄生蜂の共同研究を行うという条件付きで、中国産乾枯虫えいの日本への導入が許可された。

これら中国産乾枯虫えいを受け入れた茨城県つくば市の果樹研究所では、1982 年 4 月に研究所内の防風林内の自生クリへ 260 匹のチュウゴクオナガコバチ既交尾雌成虫が放飼された。ここで注目すべきことは、1980 年代前半には、「生物多様性」という概念がまだ確立されておらず、導入天敵であるチュウゴクオナガコバチの野外放飼がクリタマバチ以外の、いわゆる非標的生物へどのような影響をもたらすかについて、ほとんど考慮されていなかったことである。当時、近縁の土着天敵クリマモリオナガコバチの存在が知られていたが、生物的防除の成否に関する観点から、近縁土着天敵が導入天敵の働きをむしろ妨げるのではないかという「危惧」が一番の関心事であった。当時を思い返すと、生物多様性の保護が重視され、導入天敵の野外放飼に際して非標的生物への事前影響評価が求められる近年の状況とは隔世の感がある。

III 伝統的生物的防除の成功と波及効果

チュウゴクオナガコバチ放飼時点での果樹研究所構内のシバグリ被害芽率(クリタマバチの虫えいが形成された新芽の比率)は 40%を超えていたが、放飼後 5 世代目(=5 年後)には、被害芽率は経済的許容水準とされる 30%を下回った。放飼後 10 世代を経過した 1992 年には 1%以下に低下し、果樹研究所構内では栽培クリを

含めて、クリタマバチ虫えいを見つけることが困難になるほどの状態になった。

なお、1981 年に中国から導入されたクリタマバチ乾枯虫えいの約半数は九州大学に分譲され、そこから羽化したチュウゴクオナガコバチ雌成虫 257 匹、雄成虫 232 匹が 1982 年に熊本県内のクリ園に放飼された。その後の経過は果樹研究所構内とは対照的で、定着はしたものの、クリタマバチ被害芽率の低下は長期間にわたり観察されなかった。チュウゴクオナガコバチが随意的高次寄生蜂によって二次寄生を受けたことが主な原因とされている。しかしながら、放飼後 18 年を経た 2000 年以降、被害芽率の顕著な低下が認められ、果樹研究所構内と同様な状況が再現されるに至った。

果樹研究所構内でチュウゴクオナガコバチの定着が確認されると、その分布域も毎年継続して調べられ、本種の分布域拡大速度が放飼後数年間は世代ごとに指数的に増加し、ついには毎年、数十 km 単位で分布域を拡大していることが明らかになった。本種はクリタマバチと同様に年 1 世代であるが、クリタマバチと異なり人為的な要因で移動が加速される可能性は低い。この調査結果は、体長わずか数 mm の本種が高い分散能力を持ち、さらに、新たに到達した地点での寄主発見能力に優れていることを示唆している。このように、放飼地点近傍でクリタマバチをほぼ完璧に制御するとともに、分布域の持続的な拡大が確認されたことにより、チュウゴクオナガコバチの導入・放飼は我が国における伝統的生物的防除の成功事例とされるようになった。

1990 年代になって、果樹研究所構内のクリタマバチ被害芽率が数%以下にまで低下すると、クリの樹勢が明らかによくなり、自生クリ・栽培クリとも結実量が大幅に増加した。さらには、果樹研究所のクリ育種圃場では、クリタマバチが事実上いなくなってしまったために、これまで圃場で行ってきたクリタマバチ抵抗性に関する育種選抜作業ができなくなった。そこで、育種関係者は、今後チュウゴクオナガコバチがクリタマバチを安定的に制御するという見通しの下で、1990 年代前半に、クリ品種育成の重要項目であったクリタマバチ抵抗性の付与を育種目標から除外した。これによって、クリ品種育成は長年にわたる「クリタマバチの束縛」から解放され、食味や渋皮剥皮性を重視するクリ本来の品種改良が可能となった。その成果の一つが、まもなく市場にも出回る渋皮剥皮性に優れたニホングリの画期的新品種「ぼろたん」(http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/fruit/043586.html)である。チュウゴクオナガコバチの導入がなければ、この新品種は日の目

を見なかったかもしれない、と言っても過言ではないだろう。

IV 新たな問題と深まる謎

チュウゴクオナガコバチによるクリタマバチの高い防除効果が示されたことにより、記録に残るだけでも、1990年代前半を中心にして、主に茨城県内で採集されたチュウゴクオナガコバチが19道府県に放飼された（ただし、2002年の農薬取締法改正により、以後は増殖を目的とする天敵類の都道府県を越えた移動は制約を受ける）。チュウゴクオナガコバチの放飼に備えた各地での土着寄生蜂の事前調査などと韓国における調査結果から、対馬と隠岐、そして韓国には、中国大陸原産とは異なる系統と考えられる「土着」のチュウゴクオナガコバチが生息するという驚くべき事実が判明した。

土着天敵クリマモリオナガコバチは形態や生活史がチュウゴクオナガコバチに酷似しているため、後者の野外放飼開始以前から、交雑の可能性が指摘されていた。しかも、放飼に並行して実施された天敵類の羽化調査で、前者には羽化時期の異なる早期羽化型と晩期羽化型が存在することも明らかになった。両者を実験的に交配すると中間的形態を示す交雑個体が得られるが、野外で得られた「疑わしい」個体を確実に識別できる手段がなかった。最近になって、分子マーカーを用いてそれぞれが識別可能となり、野外でどの程度交雑が起こっているのかを明確に判定できるようになった（屋良, 2010）。この研究過程における遺伝子解析から、別種であるチュウゴクオナガコバチとクリマモリオナガコバチ晩期羽化型の遺伝的な差異は、同種であるクリマモリオナガコバチ早期羽化型と晩期羽化型のそれよりも小さいことが示された（YARA, 2004）。

両種とその交雑個体に関する詳細な遺伝子解析と分類学的再検討が必至の状況にあるが、これに加えて、韓国のみに分布するとされていた *T. koreanus* が長野県内にも生息していたことが判明した（MATSUO et al., 2011：詳細は本誌7月号に掲載予定）。クリタマバチを巡る *Torymus* 属寄生蜂の実態は、研究が進展すればするほど、その複雑さを増している。応用的観点からはクリタマバチの生物的防除は成功したと断言できるが、その過程で生じた謎は深まるばかりである。

V 世界各地に侵入したクリタマバチ

クリタマバチは日本以外にも、韓国（1958年）、米国（1974年）、ネパール（1998年）、イタリア（2002年）へ侵入し、今や世界的なクリの害虫になっている。韓

国では、侵入直後には大発生が見られたものの、その後の被害状況はさほど深刻ではないようである。前述の「土着」チュウゴクオナガコバチの活動による可能性もあるが不明な点が多い。ネパールの状況は、本誌で報告された上野（2006）が唯一であり、その後の情報に乏しいが、被害が拡大している模様である（富安裕一、私信）。なお、筆者は、2012年秋にネパールの東に位置し、地理的条件が類似しているブータンにおいてクリ園を調査したが、クリタマバチ虫えいは発見されなかった。

アメリカとイタリアに侵入したクリタマバチに対しては、日本と同様に寄生蜂の導入が行われているので、それぞれの状況を個別に述べる。

1 北米への侵入と天敵寄生蜂の導入

北アメリカ大陸東部にはアメリカグリが広く分布していたが、20世紀初頭に侵入したクリ胴枯病によって壊滅状態になった。そのため、1974年にクリタマバチがジョージア州に侵入したという記録が残るものの、クリ胴枯病の影響の大きさにマスクされて注目を集めることもなく、その後の状況を知る手がかりが少なかった。近年になって、アメリカグリของクリ胴枯病抵抗性品種の育成や景観木としてチュウゴクグリなどの導入が進んだことにより、北米東部一帯でクリタマバチの被害が再び目立つようになってきた。このため、クリタマバチの学術的調査が再開され、チュウゴクオナガコバチが1970年代後半に導入され、北アメリカ東部に定着していることが初めて詳細に報告された（COOPER and RIESKE, 2007）。このチュウゴクオナガコバチは、日本と韓国から導入したとされるが、報告内容には一部誤認とそれに起因する混乱が見られるので（日本国内での天敵採集は1970年代後半から80年代ははじめにかけて行われたようであるが、中国原産のチュウゴクオナガコバチ放飼直後のつくば市や熊本県大津町近傍でアメリカへの導入を意図した天敵採集が行われた形跡はない）、当該種は中国原産ではなく、韓国産「土着」チュウゴクオナガコバチであろうと思われる。また、日本からクリマモリオナガコバチも導入された可能性が高いが、アメリカで放飼されたかどうか定かではない。さらには、ジョージア州で1985年に *T. koreanus* を放飼したという記録が発見されている（L. K. RIESKE, 私信）。北アメリカ大陸への天敵導入の経緯とその効果を検証するためには、天敵寄生蜂の遺伝子解析を含む研究の一層の進展が強く望まれる。

2 イタリアへ侵入したクリタマバチとその生物的防除

2002年、クリタマバチがイタリア北部ピエモンテ州クーネオ県で発見され、かつての日本と同様、クリタマバチ抵抗性因子を持たないヨーロッパグリに甚大な被害

を与えている(図-1)。侵入の経緯と日本産チュウゴクオナガコバチ導入の試みは、筆者らによって本誌で紹介されている(守屋ら, 2006)。発見後の植物検疫体制強化の立ち後れから、クリ苗木の人為的移動によってクリタマバチはイタリア国内主要クリ産地へ一気に分布を拡大し、さらには近隣諸国にも分布を拡大しつつある(表-1)。これに対し、2005年以降、チュウゴクオナガコバチの野外放飼が精力的に行われ、2012年までにピエモンテ州内の400箇所をはじめとして、イタリア国内各地延べ831箇所、8万匹以上が放飼された(表-2)。ピエモンテ州のロピランテでは、2009年以降、チュウゴクオナガコバチの寄生率が、果樹研究所構内で1980年代後半に観察された事例を上回る勢いで増加すると同時に、クリタマバチ被害芽率の急減が観察されている(QUACCHIA et al, submitted)。イタリア北部で開始された伝統的生物的防除は当初の予想より短期間でクリタマバチの制御に成功する可能性が高まっている。

しかしながら、ピエモンテ州の一部を除けば、ほとんどの地域でクリタマバチ被害は依然として激烈を極めていいる。防除効果が期待できるだけに、一刻も早い被害低減を願う関係者間でチュウゴクオナガコバチの「奪い合い」が起こるといいう、想定外の事態が生じているようである(Giovanni BOSIO, 私信)。さらに、イタリア北部と国境を接するスイスでは、クリタマバチが自力で国境を越えて侵入しているにもかかわらず、土着寄生蜂群を含む生物多様性保護重視の観点に立つて、日本でクリマモリオナガコバチとの交雑が生じた先例があるチュウゴクオナガコバチの人為的導入には当初より否定的であった。そして、同属の土着寄生蜂 *T. cyanaeus* とチュウゴクオナガコバチの交雑個体が発見されたことにより、スイスへのチュウゴクオナガコバチの人為的導入は認めない方針であるとされる(Alex AEBI, 私信)。ヨーロッパの現況はいまだに流動的であり、今後、本文の記述内容と大きく異なる展開となる可能性がある。

お わ り に

筆者はチュウゴクオナガコバチの初回野外放飼作業に直接携わり、その後、現在に至るまで30年間にわたり放飼後の経過をほぼ継続して観察している。この過程で果樹研究所構内では、10年以上にわたり非常に低い値で安定していたクリタマバチ被害芽率が、1990年代末以降、約10年周期で大きく変動することを見いだした。昨今の厳しい研究環境では、短期的成果を伴わない長期野外データの蓄積はますます困難になることが予見されるが、可能な限り調査を継続していきたい。



図-1 クリタマバチ侵入後数年を経過したヨーロッパグリの被害状況

(イタリア・ピエモンテ州: 2008年5月5日撮影)
ほとんどの新芽に虫えいが形成されて新梢の成長が著しく妨げられている。
被害がなければ、この時期には背景の空が見えないほど新葉が繁茂しているはずである。

表-1 ヨーロッパにおけるクリタマバチの分布拡大(国単位)

侵入年	
2002	イタリア
2005	スロベニア, フランス
2009	スイス, ハンガリー ^{a)}
2010	クロアチア, オランダ ^{a)}
2012	スペイン, ドイツ, チェコ

^{a)} 発見後、定着阻止に成功、2012年現在、未侵入状態を維持。

(QUACCHIA et al. (submitted) を改変)

表-2 日本とイタリアにおけるチュウゴクオナガコバチの導入状況(2012年現在)

	イタリア	日本
クリタマバチ発見年	2002	1941
天敵野外放飼開始年	2005	1982
天敵放飼個体数	> 80,000	260 + 257 ^{a)}
放飼地点数	831箇所	当初2箇所のみ ^{b)}
放飼方法	毎年・複数地点	1回
近縁土着天敵	<i>Torymus cyanaeus</i> ^{c)}	<i>T. beneficus</i>

^{a)} 茨城県つくば市と熊本県大津町。

^{b)} つくば市での定着・増殖確認後に放飼地点を順次追加。

^{c)} スイス国内でチュウゴクオナガコバチとの交雑個体が発見された(Alex AEBI, 私信)。

(QUACCHIA et al. (submitted) を改変)

紙面の都合で本文記述内容の出典の多くが示されていないが、関連文献が網羅的に引用されている村上(1997)、Aebi et al. (2006)、Abe et al. (2007)等を参照されたい。

引用文献

- 1) Abe, Y. et al. (2007): *Oriental Insects* 41: 169 ~ 212.
- 2) Aebi, A. et al. (2006): *Ecology and evolution of galling arthropods and their associates*, Springer, Tokyo, Japan, p. 103 ~ 121.
- 3) Cooper, W. R. and L. K. Rieske (2007): *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 100: 236 ~ 244.
- 4) Matsuo, K. et al. (2011): *Entomol. Sci.* 14: 100 ~ 102.
- 5) Moriya, S. et al. (1989): *FFTC Techn. Bull.* 118: 1 ~ 12.
- 6) ——— et al. (2003): *Proceedings, 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods.*, USDA Forest Service, Morgantown, WV, USA, p. 407 ~ 415.
- 7) 守屋成一郎 (2006): *植物防疫* 60: 513 ~ 517.
- 8) 村上陽三 (1997): *クリタマバチの天敵—生物的防除へのアプローチ*, 九州大学出版会, 福岡, 309 pp.
- 9) Quacchia, A. et al. (2013): *BioControl* (submitted).
- 10) 上野 亘 (2006): *植物防疫* 60: 510 ~ 512.
- 11) Yara, K. (2004): *Appl. Entomol. Zool.* 39: 427 ~ 433.
- 12) 屋良佳緒利 (2010): *植物防疫* 64: 36 ~ 39.

登録が失効した農薬 (25.4.1 ~ 4.30)

掲載は、**種類名**、登録番号: **商品名** (製造者又は輸入者) 登録失効年月日。

「殺虫剤」

- MEP 粉剤
 - 5191: 住化スミチオン粉剤 2 (住友化学) 13/4/25
 - 5192: 住化スミチオン粉剤 3 (住友化学) 13/4/25
- ベンスタップ粉剤
 - 16299: ホクコールーバン粉剤 DL (北興化学工業) 13/4/14
- エトフェンプロックス粉剤
 - 17271: 三共トレボン粉剤 DL (三井化学アグロ) 13/4/26
- エトフェンプロックス粒剤
 - 17274: 三共トレボン粒剤 (三井化学アグロ) 13/4/26
- モナクロスポリウム フィマトパガム剤
 - 17609: ネマヒトン (エムシー・ファーティコム) 13/4/9
- エチルチオメトン・ベンフラカルブ粒剤
 - 18947: 三共ステッド粒剤 (三井化学アグロ) 13/4/24
- シラフルオフェン乳剤
 - 18970: 石原 MR. ジョーカー EW (石原産業) 13/4/26
- シラフルオフェン水和剤
 - 18975: 石原 MR. ジョーカー水和剤 (石原産業) 13/4/26
 - 18976: 三共 MR. ジョーカー水和剤 (三井化学アグロ) 13/4/26
- シラフルオフェン乳剤
 - 18980: 石原シラトップ EW (石原産業) 13/4/26
 - 18981: 三共シラトップ EW (三井化学アグロ) 13/4/26
- イサエアヒメコバチ・ハモグリコマユバチ剤
 - 20611: マイネックス 91 (アリスタ ライフサイエンス) 13/4/16
- チアクロプリド水和剤
 - 20620: 三共バリアード顆粒水和剤 (ホクサン) 13/4/26
- イソキサチオン粒剤
 - 20860: ネキリトン K (保土谷 UPL) 13/4/11
- アセフェート・シクロプロトリン水和剤
 - 21262: プーメラン水和剤 (北興化学工業) 13/4/7

● イソキサチオン粒剤

- 22484: カルホスベイト K (保土谷 UPL) 13/4/11
- 22486: ネキリガード K (ユービーエルジャパン) 13/4/11

「殺虫殺菌剤」

- シラフルオフェン・フサライド粉剤
 - 18990: 三共ラブサイドジョーカー粉剤 DL (三井化学アグロ) 13/4/26
- シラフルオフェン・バリダマイシン粉剤
 - 18992: ホクコーバリダジョーカー粉剤 DL (北興化学工業) 13/4/26
- フィプロニル・アゾキシストロビン粒剤
 - 19971: 日農アミスタープリンス粒剤 (日本農薬) 13/4/27
- チアクロプリド・カルプロパミド粒剤
 - 20635: ウィンバリアード箱粒剤 (バイエル クロップサイエンス) 13/4/27

「殺菌剤」

- ホセチル・有機銅水和剤
 - 18123: ローヌ・プーランボルックス水和剤 (バイエル クロップサイエンス) 13/4/24
- タラロマイセス フラバス水和剤
 - 22673: モミキーパー (セントラル硝子) 13/4/21

「除草剤」

- エンドタール二ナトリウム塩液剤
 - 18940: 三共エンドタール液剤 H (三井化学アグロ) 13/4/24
 - 18942: 三共エンドタール液剤 (三井化学アグロ) 13/4/24
 - 18944: 三共エンドタール粒剤 25 (ホクサン) 13/4/24
- クレトジム乳剤
 - 19944: セレクト乳剤 (アリスタ ライフサイエンス) 13/4/24