

生物的防除部会ニュースNo. 25

平成17年1月10日発行

講演会のお知らせ

下記の日程にて生物的防除部会の講演会を開催いたします。会員の皆様のご参加をお待ち致します。

日時 平成17年2月18日(金) 午後3時から

場所 東京農業大学世田谷キャンパス2号館3階
国際農業開発学科会議室

講演1 「フェロモン剤によるレタス・キャベツの総合的害虫管理」

演者 長野県野菜花き試験場 病害虫土壌肥料部研究員 豊嶋悟郎氏

講演2 「野菜における総合防除」

演者 信越化学工業株式会社 ファインケミカル部 主席技術員 森 雄三氏

なお、講演会終了後には、講演者を囲んでの懇親会を予定しています。是非ご参加ください。

輸入昆虫の生態リスクと外来生物法

—セイヨウオオマルハナバチと外国産クワガタムシを例として—

国立環境研究所 生物多様性研究プロジェクト

五箇公一

侵入生物としての導入昆虫

昆虫類は世代期間も短く、繁殖力が強いので、ひとたび侵入種となった場合、極めて深刻な影響をもたらす恐れがある。わが国においても、これまで様々な侵入害虫による農林作物などへの経済被害を被ってきた。しかし、これらの「害虫」はいわば農耕地、植林地、市街地、家屋といった自然界にはない人為攪乱環境にたまたま適応し繁殖した集団であり、自然生態に及ぼす影響は重大なものではなかった。

近年、わが国では、こうした偶発的侵入とは異なる意図的な昆虫の輸入が活発となっている。すなわち、産業目的で様々な国から昆虫の生体輸入が推し進められている。その内訳は、天敵農薬やセイヨウミツバチなどの農業用資材、クワガタムシをはじめとするペット用甲虫類、魚の餌用アカムシ（ユスリカ幼虫）など、実に目的・種類とも多岐に渡るが、そのほとんどが輸入実態すら世に知られぬまま膨大な量で輸入されている（財務省データ）。これまで農林作物に被害をもたらす害虫の侵入に対しては植物防疫法という法的規制があるが、こうした産業用昆虫類については、何ら法的規制は受けてこなかった。

しかし、2004年6月に侵入生物を管理・規制するための法律「特定外来生物による生態系等に係わる被害の防止に関する法律（外来生物法）」が公布され、今後は植物防疫法で規制されなかった産業用昆虫類についても生態リスクが審査・検討されることとなった。農林作物を加害しない種でも野生化した場合、自然生態系に影響を及ぼす可能性は十分に考えられる。導入昆虫類においても

生態影響があると判断された場合は、今後輸入禁止などの規制措置がとられることとなる。

本講演では、数ある輸入昆虫の中でも近年輸入が始まり、生態学者あるいはマスコミの間でもホットな話題に上がった二つの種類、外国産マルハナバチと外国産クワガタムシがもたらす生態リスクに関するトピックを実証データも交えて紹介し、輸入昆虫の利用と管理のあり方について議論してみたい。

マルハナバチ商品化がもたらす生態リスク

ヨーロッパ産のセイヨウオオマルハナバチは1970年にベルギーで大量増殖法が開発されて以来、農作物の花粉媒介用に商品化され、世界中で利用されるようになった(Ruijiter, 1996)。わが国でも1991年よりハウストマトの授粉用に輸入が始まり、現在年間6万箱ものコロニーが輸入・販売されている（五箇・マルハナバチ普及会、2003）。本種の導入により農家は授粉作業から開放され、さらに生物資材の利用という枠組みで省農薬も促進され、安全で質の高いトマトが提供できるようになった。

しかし、一方で、本種の野生化による生態系影響が懸念されてきた（五箇、1998, 2003; 鷺谷、1998）。とくに、本種は競争力の強いハナバチであり、在来のハナバチの衰退をもたらす可能性がある。実際にイスラエルでは本種の蔓延による在来ハナバチの衰退が報告されている（Dafni and Shmida, 1996）。わが国でも1996年に北海道でセイヨウオオマルハナバチの野生巣が発見されて以来（鷺谷、1998）、野外での女王バチの捕獲例も

増加傾向にあり、本種の定着が進行しつつあることが示されている。日本には在来のマルハナバチ22種が生息しており、生態ニッチェが似た侵入種と在来種の間には強い競争関係が生じることが心配される。

問題となる生物間相互作用は次の3点に整理される。1) 餌資源や営巣場所を巡る競争が生じて在来種が駆逐される、2) 在来種と種間交雑を行うことで在来種個体群の遺伝子組成を攪乱する、3) 外来寄生生物を持ち込み、在来種を病害によって衰退させる。

上記の3つの生態リスクについて、これまで様々な角度から調査が進められている。1)の競争の問題について、東京大学・鷲谷教授の研究グループが北海道において7年間に渡るモニタリング調査をおこなっている。これまでの調査より野外におけるセイヨウオオマルハナバチの捕獲数が年々増加していること、とくに北海道においては野生巣が複数発見されており、再生産が示唆されること (Matsumura et al., 2004 ; 中島ら, 2004)、野生化の進行にともない在来植物種の利用範囲がさらに広がれば在来マルハナバチとの間に競争が生ずる可能性が高いことが指摘されている (松村・鷲谷, 2002)。また3)の寄生生物の持ち込みについては、輸入商品コロニーからマルハナバチ寄生性の病原虫 *Nosema bombi* と思われる微胞子虫 (丹羽ら, 2004) や体内寄生性タニであるマルハナバチポリプダニ (五箇ら, 2000 ; Goka et al, 2001) が検出されており、これらの寄生生物は在来マルハナバチにも水平感染することが実験的に示されている。現在、在来種への病原性について調査が進められている。

2)の種間雑種の問題については、まず玉川大学・小野教授グループの光畑氏が室内交雑実験によって在来種エソオオマルハナバチ (オオマルハナバチ1亜種) 女王とセイヨウオオマルハナバチのオスの間に雑種ワーカーが生じたことを報告して

いる。これを受けて国立環境研究所・侵入生物研究チームは5年間に渡り北海道および東北地方のオオマルハナバチにおける遺伝子組成をアロザイムおよびマイクロサテライトDNAをマーカーとして調査し、野外で種間交雑が生じているかをモニタリング調査している (五箇, 1998) が、雑種の検出例はこれまでのところない。一方、岐阜大学・土田博士グループの神戸氏とアピ株式会社の米田氏が共同で室内交雑実験を繰り返した結果、セイヨウオオマルハナバチのオスはオオマルハナバチのみならず在来種クロマルハナバチの女王とも交尾が可能であることが示された (図1)。

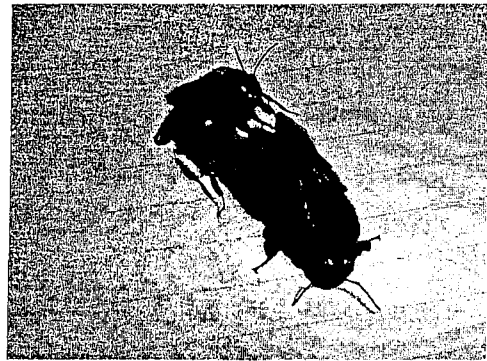


図1. クロマルハナバチ女王と交尾するセイヨウオオマルハナバチ雄

全ての種間交雑実験において雑種ワーカーのふ化は認められず、導入種と在来種の間には強い生殖隔離が働いていることが判明したが、交尾後の女王の解剖調査および得られた未ふ化卵の遺伝子分析の結果、種間交雑によってセイヨウオオマルハナバチの精子は女王の受精嚢に到達しており、卵の受精も完了していることが明らかになった (Kanbe, Tsuchida, Yoneda and Goka, in preparation)。すなわち、種間交雑には交尾後隔離が働いており、雑種が生じるという遺伝的攪乱のリスクは低くとも、セイヨウオオマルハナバチのオスは在来種女王の生殖攪乱をもたらす可能性があることが示された。こうした生殖攪乱あるいは生殖障害が野外で生じれば、在来種個体群の増殖率に大きな影響をもたらすことが懸念される。

一方、外国産のマルハナバチの生態影響が問題視される中、外来種利用の代替案として在来マルハナバチの商品化が昆虫学者および生態学者から提案され、1998年には在来種クロマルハナバチ商品コロニーの販売が開始されるに至った。在来種商品化の実現は企業努力の賜物であり、大いに評価すべき成果であるが、「種」という概念で在来マルハナバチを区別し商品化することが果たして本当に日本の「生物多様性保全」につながる行為といえるか慎重に議論する必要がある。

例えば、クロマルハナバチが棲息していない地域に商品コロニーを導入することは生物相の地域固有性の攪乱を招く恐れがあり、また遺伝的に異なった集団を移送することは地域固有の遺伝子組成の攪乱をもたらす可能性がある(五箇、2002)。さらに在来種の商品コロニーもオランダの工場生産されていることから外来寄生生物の持ち込みのリスクも回避できない(Goka et al., 2001; 五箇、2002)。

とくに在来マルハナバチの商品個体群が野生化した場合、形態が全く異なる外来種と異なり、それがもともと生息していた「在来個体」なのか「侵入個体」なのか区別がつかなくなってしまう。「同じ日本に住むハチなのだから少々分布が変わっても構わない」という意見がまかり通るのであれば、「同じ地球に住むハチなのだから、セイヨウオオマルハナバチが日本で増えて何が悪い」という意見も通ることになる。人間の恣意的な境界線である「国境線」と生物の自然分布からくる「生物境界線」を同一視して議論を進めてはならない。

結局、外来種であれ、在来種であれ、人為的に作られたコロニーを利用する場合にはハチの野外への漏出を極力避けることが生態リスクを低減させる上で重要なことには変わりはない。とくにマルハナバチは年一化性の社会性昆虫であり、コロニー崩壊前に生まれる新女王とオスバチを野外へ逃

がさなければ野生化は起こり得ない。すなわち、使用が終了したコロニーを適正に処分すればいいということになる。その意味では化学農薬を含む他の農業資材と同じく、生物資材も適性使用および適正処理が使用の基本原則といえる。この観点に立ち、現在国立環境研究所とマルハナバチ普及会では共同で北海道平取町をモデルケースとして使用済みコロニーの回収事業を2002年より開始している。また、マルハナバチ普及会ではさらにハチの逃亡を防ぐためにハウスのネット(網)展張の普及にもつとめている。

外国産クワガタムシを巡る問題

近年、ペットとしての輸入クワガタムシの飼育が大ブームとなっている。もともと外国産の甲虫類は植物防疫法によりその輸入が制限されていたが、1999年11月48種類のクワガタムシおよびカブトムシの生体輸入が解禁された。その後も輸入許可種は追加が繰り返され、2003年6月時点でカブトムシ約40種、クワガタムシ約520種の計560種の輸入が認められている。輸入解禁の背景には甲虫飼育ブームがあったことは言うまでもない。これらのクワガタムシ・カブトムシは国内の販売業者を通じて大量に輸入され、ペットショップやスーパーで普通に売られるようになった。世界的にも類い稀なるこの甲虫ブームに対して生態リスクを懸念する声が生態学者からあがっている。

一般に、外国産クワガタムシの日本の野外での定着の可能性は低いものと判断されてきた。確かにほとんどの輸入品種は熱帯地域原産のものであるが、生息地の標高がかなり高い種も含まれており、日本の低地での定着が充分可能な種も少なくない。こうした背景から、輸入クワガタムシについても、先に述べた輸入マルハナバチと同様な生物学的問題を引き起こしつつある。

一番に懸念されるのは、生態ニッチエが類似した在来のクワガタムシ種への影響である。生息環

境の悪化などにより日本の在来クワガタムシはすでに危機的状況に近づいており、そこへ外国産種が侵入すれば、餌資源をめぐる競合や種間交雑による遺伝的攪乱、外来寄生生物の持ち込みなどの生態影響によって在来種の衰退に一層の拍車がかかることは間違いないであろう。

これら外国産クワガタムシの生態影響の中で、我々はとくに遺伝的攪乱の問題に注目し、調査を進めている。我々は2001年より日本各地およびアジア域に分布するヒラタクワガタおよびオオクワガタ個体群の生体サンプルあるいは過去の標本サンプルを収集し、ミトコンドリアDNAのチトクロムオキシダーゼ遺伝子領域 2000 塩基の塩基配列データをもとに地方個体間の系統関係を調べている(五箇、2003 ; Goka et al., 2004)。これまでの解析結果から日本のヒラタクワガタやオオクワガタはアジア域の個体群とは異なる固有の遺伝子組成を保有していることが示されており、これらの遺伝的情報は日本のクワガタムシの歴史を知る手がかりとなると同時に、地域固有性の保全を考える上での重要な基礎データともなる(図2)。

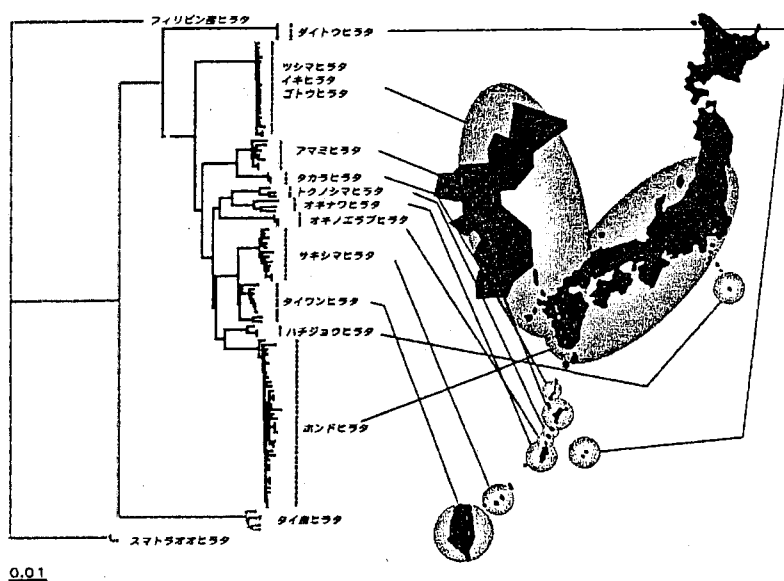


図2. 日本列島および周辺域のヒラタクワガタ mtDNA 系統樹

外国産クワガタムシの輸入はこの在来クワガタムシの地域固有性存続の危機に追い打ちをかける

可能性がある。ヒラタクワガタやオオクワガタは



図3. スマトラオオヒラタクワガタと日本産ヒラタクワガタの交雑より得られた雑種。

中国大陸や東南アジアに多くの亜種や近縁種個体群が存在する。これらの外国産個体群が大量に日本に輸入され、野外に逃亡した場合、日本産種との間で交雑が生じる恐れがある。我々は室内レベルで外国産クワガタムシと日本産クワガタムシの間で交雑を行い、その生殖隔離の程度を調べている。これまでにヒラタクワガタについてはミトコンドリア系統樹上では大きく分化しているはずのインドネシア産スマトラオオヒラタクワガタと日本産ヒラタクワガタの間で妊性のある雑種が大量

に生まれることが明らかとなっている(五箇・小島、2003 ; 五箇・小島、2004 ; Goka et al., 2004) (図3)。

また、我々は、2001年から2003年にかけての遺伝的変異の調査の過程で、日本国内の野外で採集されたヒラタクワガタから外国産のDNAを持つ個体を複数発見している。これらの個体は大アゴの形状が日本産のものとは異なっていたり、体の大きさが大きかったりするなど明らかに異常

な形質を持っていた。これまでの調査で、タイのヒラタクワガタおよびスマトラオオヒラタクワガ

タのDNAが長崎県や静岡県、神奈川県などで検出されている。また外国産以外にも、日本の南西諸島固有の系統に由来するDNAが本州内で見つかるケースも多数あった。これらの事実は、日本のヒラタクワガタ個体群において外国産の系統や国内の地域系統が侵入種となって遺伝的攪乱をもたらし始めていることを示唆する。このまま商品化が拡大を続けられれば、いずれ日本のヒラタクワガタの系統関係は崩壊してしまう恐れがある。

侵入生物を防除するための新しい法律「外来生物法」

日本政府は2004年 6月に「特定外来生物による生態系等に係わる被害の防止に関する法律（外来生物法）」を公布した（図4）。この法律では海

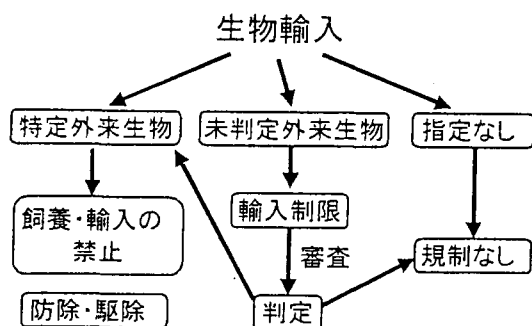


図4. 外来生物法の概要

外から持ち込まれる外来生物のうち、とくに日本の生態系や人間の生活に重大な影響をもたらす恐れがあるもの、即ち「侵略的外来生物 Invasive Alien Species」が、「特定外来生物」に指定され、無許可での輸入や販売・譲渡、飼育が禁止される。また、「特定外来生物」を野外に放すことも禁止される。すでに日本の野外で野生化して被害をもたらしている「特定外来生物」は駆除の対象となる。

「特定外来生物」以外の外来生物は、生態影響がないと判断されたものは何の規制も受けず、輸入・販売・飼育は一切自由となる。一方、これから輸入しようとする生物で、その生態影響が不明

のものは、「未判定外来生物」として、最長 6か月間の輸入停止措置が施される。輸入停止期間中に生態影響についての評価が行われ、影響ありと判断されれば、特定外来生物に指定されて輸入は禁止となる。法律に違反して「特定外来生物」を輸入したり飼育したりすると、個人の場合、最高で 300万円の罰金、法人の場合、最高で 1億円の罰金が科せられる。どの生物が「特定外来生物」に指定されるかは、専門家の意見に基づき政府が決定する。

これまで外国産昆虫の輸入については植物防疫法によって規制されていたが、この法律はもともと農林作物に対する被害を防止することを目的としたものであり、生態影響評価は考慮されておらず、農林作物を加害する恐れのない昆虫類の輸入は自由とされてきた。しかし、「外来生物法」が施行されれば、これまで植物防疫法の規制対象外とされてきた昆虫類について生態影響評価が施され、輸入規制措置も執られることになる。

話題のセイヨウオオマルハナバチや外国産クワガタムシ類が、この法律によって輸入規制がかけられるか否かは、今後環境省で審議される予定であるが、これだけ大規模に成長した昆虫産業に対して、「生態リスク」や「遺伝子多様性の保全」という言葉だけで歯止めをかけることは難しいであろう。

輸入昆虫と生物多様性

そもそも、意図的導入であれ、非意図的導入であれ、日本という国が輸入大国・消費大国である限り、外来生物の侵入という問題から逃げることはできない。日本は原油、農産物、木材資源、水産資源などあらゆる天然資源を海外に依存しており、必然的に外国産の生物もその流れに乗って大量に導入され続けることになる（図5）。

日本国内に目を向ければ、開発により自然植生は衰退し、農業の放棄により里山生態系は崩壊の

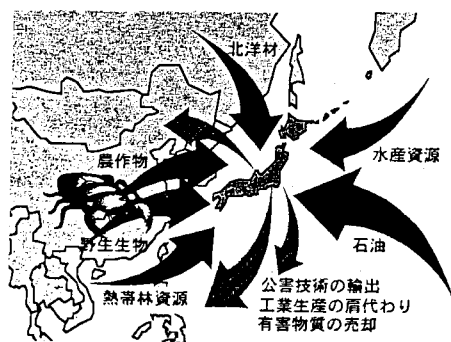


図5. 輸入大国日本の構図

一途を辿っている。陸地環境の悪化は周辺海域の汚染・富栄養化につながり、水産資源の減少ももたらす。日本古来の、固有の生態系と生物多様性が守られない中、攪乱された環境に次々と外来生物が侵入してくるのは極当たり前の生物学的現象と言える。

また、日本が大量の天然資源を諸外国から輸入し、大量に消費するという事は、同時にその原産国の生態系を蝕むことにつながっている。熱帯林の破壊はその象徴といえる。外国産クワガタムシも年間 100万匹を越える数の個体が原産国で捕獲され、輸入されていると考えられる。本稿で取り上げたスマトラオオヒラタクワガタは夏休みシーズンだけで最低でも10万匹は輸入・販売されていると試算される。これだけ大量の個体が毎年捕獲され続ければ、いずれ原産地の個体群が衰退することは容易に想像される。日本という国は自国の生物多様性のみならず、周辺国の生物多様性までも「消費」して生きているのである。

侵入生物がはびこる日本の自然環境の現状というものを今こそ真摯に受け止め、日本という国の生き方を問い直すべき時に来ているのではないだろうか。日本の生物多様性を保全することは、アジア域の、ひいては世界全体の生物多様性を保全することにもつながる。外来生物法という法律ひとつで侵入生物問題の全てが解決する訳では決していないが、この法律を契機として、国民の少しでも多くが侵入生物問題と生物多様性の意義について理解を深めていくようになることを願いたい。

謝辞

本稿で紹介したマルハナバチおよびヒラタクワガタの遺伝的変異および寄生性ダニに関する研究では、多くの販売会社や愛好家の方々のご協力を頂いている。ここに感謝の意を表す。本研究は地球環境研究総合推進費課題「侵入種による生物多様性影響機構に関する研究」(代表五箇公一)の一環として進められている。

引用文献

1. Dafni A. and A. Shmida(1996) The possible ecological implications of the invasion of *Bombus terrestris* (L) (Apidae) at Mt. Carmel Israel. In: The Conservation of Bees. IBRA and Academic Press, London, UK .p183-200.
2. 五箇公一(1998) 侵入生物の在来生物相への影響—セイヨウオオマルハナバチは日本在来マルハナバチの遺伝子組成を汚染するか?—日本生物地理学会報 53:91-101
3. 五箇公一・岡部貴美子ら(2000) 輸入されたセイヨウオオマルハナバチのコロニーより検出された内部寄生性ダニとその感染状況. 日本応用動物昆虫学会誌 44:47-50.
4. Goka K., K. Okabe et. al(2001) Bumblebee commercialization will cause worldwide migration of parasitic mites. Molecular Ecology 10:2095-2099.
5. 五箇公一(2002) 輸入昆虫が投げかけた問題. 昆虫と自然 27:8-11.
6. 五箇公一(2003) クワガタムシ商品化がまもなく 種間交雑と遺伝的浸食. 植物防疫 38(3):6-12.
7. 五箇公一・マルハナバチ普及会(2003) マルハナバチ商品化をめぐる生態学的問題のこれまでとこれから. 植物防疫 57:452-456.
8. Goka K. H. Kojima and K. Okabe(2004) Biological invasion caused by commercialization of stag beetles in Japan. Global Environmental Research 8:67-74.
9. 中島真紀・松村千鶴ら(2004) 北海道勇払郡磯川町におけるセイヨウオオマルハナバチ *Bombus terrestris* (Linnaeus) の営巣状況とエゾオオマルハナバチ *B. hypocrita sapporoensis* Cockerell の巢に出入りするセイヨウオオマルハナバチの働き蜂に関する報告. 保全生態学研究 9:57-

- 63.
10. 丹羽理美・岩野秀俊ら(2004)セイヨウオオマルハナバチのコロニーから分離された *Nosema bombi* 様微粒子虫と日本産マルハナバチへの感染. 日本応用動物昆虫学会誌 48:
11. 松村千鶴・鷲谷いづみ(2002)北海道沙流郡門別町および平取町におけるセイヨウオオマルハナバチ *Bombus terrestris* L. の7年間のモニタリング. 保全生態学研究 7:39-50.
12. Matsumura C, J. Yokoyama et. al (2004) Invasion status and potential ecological impacts of an invasive alien bumblebee, *Bombus terrestris* L. (Hymenoptera: Apidae) naturalized in southern Hokkaido, Japan. Global Environmenta Research 8:51-66.
13. De Ruijter A. (1996) Commercial bumblebee rearing and its implications. Acta Horticultura 437:261-269.
14. 鷲谷いづみ(1998)保全生態学からみたセイヨウオオマルハナバチの侵入問題. 日本生態学会誌 48:73-78.

質疑応答

Q: 植物防疫法で規制されている生物は、新しい法律(以下新法)ではどのような扱いになっているのか。

A: クモ、サソリなどの節足動物の移動について植物防疫法では自由だが、新法では野生生物や人の健康などに影響を及ぼすものも規制される。

Q: 今回の講演で五箇さんが指摘された生態学の内容は「応用生態学」と思えるがどうか。またそのような学問分野は日本にもあるのか。

A: 外来種問題では様々な分野が関係するにもかかわらずこれらは連携していない。我々の生活と直結した生態学、欧米ではそのような分野の研究者を「政治生態学者」と呼ぶが、日本では希薄である。日本の生態学者の多くは、人が住んでいない自然度の高い環境で研究をおこなう。

Q: 現行では野外における影響の有無が判断できない食植性昆虫の導入は規制を受ける。この点に

ついて新法では新しい内容はあるか。

A: 対象とする生物を広げてはいるが、それほど変わらないと思う。ただ外来種は環境省以外にも農林水産省や経済産業省も関係する。経済的に有効であったり、我々の生活に役に立つものについての導入の線引きはあいまいである。

Q: 個々の生物を規制対象とするか否かを判断する委員会のメンバーはどのように選出されるのか。

A: 特定の委員が選出され、続いてその委員の知り合いが選出されてメンバーを構成する。新法の検討は、生態学会に所属する特定の専門家によっておこなわれた。それ以外の学会とのコンタクトはほとんどない。ただし、委員会はオープンであり、学会のような団体が意見を言うことはできる。

Q: 元々わが国に生息する種を海外から導入することについてどうか。

A: まさしく議論の最中である。今の考えでは、中国産であっても日本にいる種であれば、法的には導入が可能。遺伝的な変異の重要性について、現段階では答えを出すのは難しいかも知れないが、導入によって在来種の遺伝的固有性が失われるのは問題だ。

Q: そうなると、すべての生物の移動ができなのではないか。

A: 理想はその通りである。だが現実には難しい。これからもっと議論が必要になる。

Q: 外来種の基準が「明治以降に日本に渡来してきたもの」ということだが。

A: 時期についての厳密な基準はない。しかし、どこかで線引きをしなければならない。

Q: 経済的に有益な種の導入については。

A: 産業上、我々の生活に有益とみなされるものは規制対象とする上で、その有益性も考慮に入れる、とされている。これが生態学的には問題であることは理解されているにも関わらず、どうにもならない。

Q: 在来種のクロマルハナバチに対するセイヨウ

オオマルハナバチの交雑の影響は。

A：室内飼育では影響あるが、野外ではわからない。セイヨウはクロマルのフェロモンを感受してしまう。

Q：在来種の国内移動は問題にしないのか。

A：妥当な意見である。セイヨウの盗蜜が問題にされるが、在来でも見られる。逆に言えば、在来種のマルハナバチも外来の植物を餌資源として利用している。導入した種・個体群が野外に出た時、どれほど影響を及ぼすのか見極めなければなら

ないが、データは不足している。

Q：Classical biological Controlでは、侵入害虫に対する導入天敵の組み合わせであったが、この点で新法との関連は。

A：捕食者が餌動物に対して種特異的なら問題はないが、マンガースのようではいけない。新法では天敵昆虫を注目していないようであるが、環境省は議論するであろう。現段階では、天敵昆虫は規制をかけるほど市場拡大していないと思う。

発行 東京農業大学総合研究所
生物的防除部会（代表 平岡行夫）
〒156-8502 東京都世田谷区砦丘1-1-1
TEL 03-5477-2585 FAX 03-5477-2642
E-MAIL takeuchi@nodai.ac.jp