

# マングローブの再生を妨げるカイガラムシの、 環境にやさしい防除法

尾崎 研 一

## 1. マングローブ林の荒廃と再生

熱帯・亜熱帯の潮間帯や河口には、マングローブ林と呼ばれる独特の森林が成立している（写真1）。この森林は、干潮時には干潟となり、満潮時には海となる地帯、つまり陸と海の接点に見られ、成熟したものと樹高が40mにも達する。普通だったら海水浴か潮干狩りをするような海岸が、海の中まで林になっている風景は一見とても奇妙である。マングローブ林は稚魚や稚エビの生息場所になっており、木材生産だけでなく、海洋生物のゆりかごとして近年ますます重要視されている。

マングローブを構成する樹種は、100種ほどが知られている。これらには潮間帯に特殊化し、定期的に水に浸からないと生育できない純マングローブ種と呼ばれるものから、海水に浸からなくても生育できる種まで、環境への特殊化にさまざまな段階がある。純マングローブ種は、潮間帯に適応した特殊な形態と生理機能を備えている。特に、水に浸かっても呼吸できるように通気根を地表に出したり、軟弱な地盤を支えるために幹の途中からタコ足状の支持根を出すなど、特異な形をした根を持つのが特徴である。

このようなマングローブは世界に約1,600万haあり、そのうち毎年20万haが消失していると言われている。その主な原因は農耕地開拓、薪炭材やチップ材生産のための伐採、養殖池への転換である。養殖池で生産されたエビが日本に輸入されているのは有名であるが、マングローブからできた炭も良質であるために南洋備長炭と称して輸入され、ウナギの蒲焼きなどに使われているそうである。

---

Kenichi Ozaki : Environmentally Friendly Methods for Controlling *Aulacaspis marina*, a Mangrove Infesting Scale Insect in Bali, Indonesia.

独立行政法人 森林総合研究所 北海道支所



写真 1 マングローブ天然林 軟弱な地盤を支えるため幹の途中から支持根が出ている



写真 2 養殖池跡地のマングローブ造林地（バリ島）

広大な海岸線を有するインドネシアには世界の約20%にあたる350万haのマングローブ林が存在するが、ここでもその荒廃が進んでいる。そのためインドネシア林業省は、毎年、約1,000haの造林を行っている。しかしマングローブの更新や適地適木に関する基礎的な知見が乏しいため、造林が困難な場合が少なくない。特に、一度エビ養殖池等にされ、マングローブの生育に適さなくなった場所に再造林する技術は確立されていなかった。そこで、マングローブの生態を明らかにし、生育に不適な環境下でマングローブを再生するための技術を開発する共同プロジェクトが、インドネシア政府と国際協力事業団によって1992年から7年間行われた。プロジェクト全体の成果については井田（1998）に詳しいが、一言

で言うと、リゾートで有名なバリ島と、その東隣りにあるロンボク島において200ha以上の造林を行う一方で、マングローブ造林の基本的技術をほぼ確立するという目覚ましい成果を挙げた。バリ島の造林地はエビの養殖池跡地であった（写真2）。ここはマングローブを伐採した後、地盤を1m近く掘り下げ、周りに土手を築いて海水をためた所である。エビ養殖による環境悪化や地盤の低下により造林が困難と思われたが、海水の流入を促し、地盤高にあった樹種を選ぶなどの努力により、造林を成功させた。

## 2. カイガラムシによる被害

エビ養殖池跡地に造林されたマングローブが成長してきた時に、カイガラム

シの一種、*Aulacaspis marina* による被害が起きた。最初の被害は、1994年に植栽3年後の造林地で生じ、ひどい場所では造林木の70%が枯死するという壊滅的な被害が見られた。当時、本種はマングローブの害虫としての記録がないどころか、種名すらついていなかった（つまり新種であった）。そのため1997年に調査を始めた時には、基本的な生態や被害状況を把握する



写真3 カイガラムシ *Aulacaspis marina* の雌成虫 雌成虫は長さ3 mm ほどの洋なし型の白いカイガラに覆われている

ことから始めなければならなかった。また、本種の防除については、薬剤を使えないという問題があった。通常、カイガラムシの防除には殺虫剤を散布する。しかし、マングローブ造林地は潮の満ち引きで海とつながっているため、薬剤が海水とともに流失してしまい、海水を汚染することになる。海の生物のゆりかごを作るために、その生き物を殺していたのでは目的に合わない。そのため環境に配慮した方法として、薬剤を使わない防除法が求められていた。本稿では、このような制約の中で3年間調査を行った結果、明らかになった本種の生態や被害の起こり方と、それらを基に考案した防除法について紹介する。

### 3. カイガラムシの生態

一般にカイガラムシは、その名の通り、体の表面から分泌したロウ物質で「カイガラ」を作り、その下に隠れて生活する（写真3）。一部、常に移動できる種もいるが、多くのものは孵化直後の幼虫と、雄成虫が移動するだけである。今回マングローブで発生した種も固着性で、いったん葉や若枝に定着した後はそこから移動しない。一匹の雌は約150個の卵を産む。この卵から孵化した幼虫は、その多くが母親と同じ木に定着する。定着した幼虫は約30日で成虫となり産卵を始める。このように世代期間が短く産卵数が多いために、増殖率は非常に高い。この増殖率の高さにより、いったん本種に寄生された木は短期間の間にほとんどの葉が被害を受ける。

この虫に寄生された葉は、寄生部位の周辺が黄色に変色する。そして虫が多いと、これらの黄斑がたがいにくっついて大きな壊死域となる。このように高

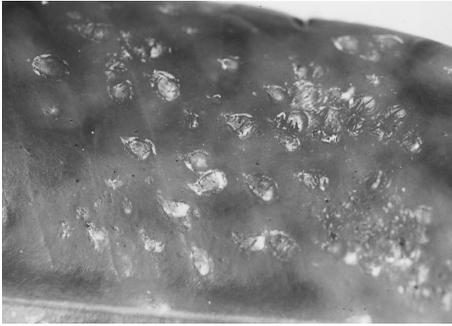


写真 4 カイガラムシが寄生した苗木を天然林に置いて1週間後の葉の様子 カイガラムシがアリにはぎ取られた跡が見える

密度に寄生された葉は枯れ落ち、被害がひどい場合には全ての葉が枯れ落ちて枯死に至る。オオバヒルギのポット苗を用いた実験では、カイガラムシの寄生後約4ヶ月で全ての苗木が枯死した。また造林地での調査でも、枯死木は被害がひどくなってから約5ヶ月で枯れた。これらの枯死木では全ての葉が被害を受けていた。ただし、全ての葉が被害にあった木でも、その半数以上が枯れずに生き残って

いたため、全葉被害が必ずしも枯死を引き起こす訳ではなかった。ただし被害を受けた木は、受けなかった木に比べて樹高成長が半減した。

このカイガラムシは、これまでにオオバヒルギ、フタバナヒルギ、オヒルギ、ハウガンヒルギに寄生することが知られている。ポット苗を用いた実験では、オオバヒルギ、フタバナヒルギ、オヒルギへの寄生のしやすさには違いがみられなかった。しかし、実際に被害が発生したのはオオバヒルギだけであった。オオバヒルギは造林木の半数以上を占める上、カイガラムシに寄生されやすい樹高であったためだと考えられるが、この点については、今後、さらに調査が必要である。

#### 4. アリの捕食効果

薬剤を使わない防除法を考案するために、まず、自然条件下では、このカイガラムシがどのような原因で死んでいるのかを調べた。野外での死亡要因を明らかにすれば、それを防除に利用できるかも知れない。現地での観察によって、本種の被害には2つの特徴があることがわかった。まず1つ目は、養殖池跡の造林木ではカイガラムシの密度が高いのに、そのすぐ隣にある天然林では、見つけるのも困難なほどカイガラムシが少ないことである。この原因を調べるため、カイガラムシをポット苗に寄生させて天然林に持ち込んだところ、1週間後には、そのほとんどが何者かに食べられていた(写真4)。観察の結果、捕食者としてはテントウムシとアリが見つかった。そして、その後の詳しい調査で、

アリがカイガラムシの有力な捕食者であることがわかった。一般に、アリはカイガラムシの捕食者ではなく、共生者として知られている。つまり、カイガラムシは木の汁を吸い、その一部を甘い蜜として分泌する。アリはその蜜をなめる代わりに、カイガラムシを天敵から守ったり、新たな生息場所に運んだりしている。しかしこのカイガラムシの場合、逆にアリが天敵となり、その被害を抑えているのは驚きであった。

では、どうして造林地では、アリがカイガラムシを食べてしまわないのだろうか。アリは地中や枯れ枝、幹のうろ等の場所に巣を作って生活する。マングローブでは地面が海水に浸かるため、地中には巣を作れない。そのため巣作りの場所は枯れ枝や幹のうろの中に限られる。しかし、造林木は枯れ枝や幹にうろができるには若すぎるために、アリが巣を作る場所がない。そのためアリは、隣接した天然林から移動して来るしかないが、個々の木の樹冠が離れているため、それも困難である。これが、造林地ではアリがカイガラムシを捕食しない原因だと考えられた。このことを防除に応用すると、造林木が幼齢の時はカイガラムシの被害を受けるが、成長して、枯れ枝にアリが巣を作ったり、隣の木から移動してくるようになると被害が抑えられると考えられた。そして、早期にこのような状況を作りだすには、造林木の初期成長を促すと共に、樹冠の閉鎖を早めるのが有効であると考えられた。

## 5. 海水の影響

本種の被害のもう1つの特徴は、植栽後間もない造林地では被害がなく、木がある程度成長した後に被害を受けることであった。マングローブは潮間帯に植栽されるため、潮の満ち引きの影響を受ける。植栽当初は、満潮時に木全体が海水に浸かるが、成長して樹高が満潮時の潮位を越すと海水に浸からなくなる。満潮時の潮位と被害の関係を調べたところ、被害が出始める樹高は、その木が海水に浸からなくなる樹高とぴったり一致した。つまり、木が定期的に海水に浸かる間はカイガラムシの被害を受けないが、樹高が海水面より高くなり、葉が海水に浸からなくなると被害が出るということがわかった。これは一本の木の中でも同様に、上部の枝はカイガラムシの被害により葉が脱落しても、海水に浸かる下枝には葉が残っているのが観察された(写真5)。

以上の野外での調査結果により、カイガラムシの被害は、造林木の成長段階の一時期、つまり、樹高が満潮時の潮位を越えてから、アリが活動を始めるまでの期間に限られることがわかった。つまり被害を抑えるには、この期間をな



写真 5 カイガラムシの被害により、上部の葉が枯れ落ちたオオバヒルギ造林木 下部の葉は海水に浸かるために被害を受けない

の結果、散布を始めてから5週間後に被害は減少し始め、その後、顕著な防除効果が現れた。被害木の全てに、毎週、海水を散布するのは人手がかかるため日本ではとても無理であるが、人件費が日本の10分の1のインドネシアでは現実的な方法であった。この実験では日本製の散布器を用いたが、その後、インドネシア製の散布器でも効果があることを確認した。また、この散布器すら手に入らない場合を考えて、カイガラムシを直接、手で除去する方法も試した。この方法はもちろん効果があったが、一回の手間は海水散布の10倍以上であった。

ところで、海水を散布すると、どうして被害が減るのだろうか。まず考えられるのは、散布の勢いで虫や被害葉が脱落することである。しかし、海水そのものには防除効果がないのだろうか。これを調べるために、今度は、海水と真水を孵化幼虫に散布してみた。余談になるが、プロジェクトサイトは海のそばで、水道水にも塩分が混ざるため、この実験の真水には市販のミネラルウォーターを用いた。よく考えるともったいないことをしたものだ。その結果おもしろいことに、海水の場合にだけ孵化幼虫の数は少なくなり、真水の場合には、何も散布しなかった木と比べて幼虫数に違いがなかった。つまり、海水散布の効果は、散布の勢いで虫や被害葉が脱落するだけでなく、海水の成分により孵化幼虫の定着が妨げられることによるものであった。

以上の結果に基づいて、以下のような防除対策を提案した。このカイガラムシによる被害は養殖池跡地のような人為的な環境で起きる。また、被害は、樹

るべく短くすると共に、この期間だけ、何らかの方法でカイガラムシを防除すればよい（ただし、薬剤は使わない）。では、どのような防除法が考えられるだろう。

## 6. 海水を用いた防除法

カイガラムシが海水に弱いのなら、海水を用いて防除ができないだろうか。そこで、カイガラムシの被害を受けた木に、週一回、海水を散布してみた。そ

高が満潮時の潮位を越えてから、アリが活動を始めるまでの間に限られる。ただし、いったん被害が起きると4~5ヶ月で枯死するおそれがあるので、被害が生じやすい造林地は3~4ヶ月間隔で見回り、被害の早期発見に努める。このカイガラムシにより木が枯れるのは、全ての葉が被害にあった場合だけである。このような激害木は、通常、造林木の一部なので、防除はこのような木にだけ行えばよい。防除方法としては海水を散布するか、カイガラムシを直接、除去するかである。海水散布の方が一回の手間は少ないが、くり返し行う必要がある。いずれの方法でもかなりの手間が必要なので、被害が深刻でない場合にはある程度放置して、枯損が生じた部分に補植するほうが経済的な場合も考えられる。造林的手法で被害を回避するには、造林木の初期成長を促すか、樹冠の閉鎖を早めることにより捕食者の導入を早めれば良いと考えられる。

## 7. 終わりに

マングローブの葉は硬い上にタンニンを多く含み、昆虫の餌としては不適なため、マングローブ林は他の熱帯林に比べて昆虫相が貧弱だと考えられてきた。しかし Murphy (1990) はシンガポールにおいて21種のマングローブ樹木から102種の植食性昆虫を、Veenakumari *et al.* (1997) はアンダマン諸島において16種のマングローブ樹木から63科197種の植食性昆虫を記録したことから、マングローブにも多様な植食性昆虫が存在することがわかってきた。しかし、これらの昆虫がマングローブ林の管理上、問題になるような被害を与えることはほとんど知られていない。それに比べて今回のカイガラムシは、造林木を枯死させるという被害をもたらす。これまで、このカイガラムシによる被害はバリ島からしか報告されていない。しかし、本種はインドネシアだけでなく、マレーシアやフィリピンにも分布することが知られている。これらの地域でもマングローブ造林が盛んになれば被害が起きる恐れがあるため、今後、注意が必要である。

インドネシアでは、マングローブ林保全プロジェクトの関係者、特に日本からの長期専門家の方々に大変お世話になった。本稿で述べた研究成果は、これらの方々と共著で発表した3つの論文 (Ozaki *et al.* 1999 ; Ozaki *et al.* 2000 a ; Ozaki *et al.* 2000 b) の内容を紹介したもので、私一人の成果ではない。これらの方々に、あらためてお礼申し上げる。マングローブの調査をしている時いつも奇妙だったのは、森林の調査のために、山にではなく、海に行くということであった。今、振り返って研究の成果をみても、造林地にアリがいないこと

や海水を用いた防除等、海の影響を受けるというマングローブ特有の性質に結びつくものであった。消失しつつあるマングローブの保全には、今後、陸と海の接点としてのマングローブの特性をよりいっそう明らかにする必要があると考える。

【引用文献】 ・井田篤雄（1998）インドネシア国マングローブ林保全開発現地実証調査について、熱帯林業 41 : 60-66. ・Murphy, D.H. (1990) The natural history of insect herbivory on mangrove trees in and near Singapore. The Raffles Bulletin of Zoology 38 : 119-203. ・Ozaki, K., S. Kitamura, E. Subiandoro and A. Taketani (1999). Life history of *Aulacaspis marina* Takagi and Williams (Hom., Coccoidea), a new pest of mangrove plantations in Indonesia, and its damage to mangrove seedlings. Journal of Applied Entomology 123 : 281-284. ・Ozaki, K., S. Takashima, S. Kitamura, K. Taniguchi, O. Suko and E. Subiandoro (2000 a) Spraying seawater as an effective method to control *Aulacaspis marina* Takagi and Williams (Homoptera : Diaspididae), a mangrove infesting scale insect in Indonesia. Applied Entomology Zoology 35 : 287-292. ・Ozaki, K., S. Takashima and O. Suko (2000 b) Ant predation suppresses populations of the scale insect *Aulacaspis marina* in natural mangrove forests. BIOTROPICA 32 (4a) : 764-768. ・Veenakumari, K., P. Mohanraj and A.K. Bandyopadhyay (1997) Insect herbivores and their natural enemies in the mangals of the Andaman and Nicobar islands. Journal of Natural History 31 : 1105-1126.

### お詫びと訂正

本誌 No 52 号（2001. 9）に誤りがありましたので、お詫びと共に訂正いたします。

角張嘉孝氏による「半乾燥地の生態系を活かした二酸化炭素固定増大の可能性」の中の 23 頁下から 4 行目と 2 行目の文章の数値を以下のように訂正してください。

#### 記

下から 4 行目 : この値は 13.5 億円（誤）→1 兆 3500 億円（正）

下から 2 行目 : 年間 120 億円相当（誤）→約 12 兆円相当（正）