

### Conclusions

These observations from this study suggest that seeds tolerant of low temperatures, such as some *Shorea* species of the White Meranti Group, and *Hopea*, may be stored for a longer period than those of *Shorea* species of the Red Meranti and Balau Groups.

Our recommendations for Dipterocarp seed handling are as follows:

- (1) For storage purposes, seeds should be collected from trees, or be freshly shed from trees, in order to avoid contamination by fungi and bacteria.
- (2) Completely mature seeds are necessary for storage and germination. Moisture content of about 50% indicates full maturation. In the field, wing color is a good indicator, as mature seeds have wings dried down to their bases with distinct dark stain demarcation.
- (3) The moisture contents of the seeds must be maintained above at least 20% of the dry weight, although there might be some variation among the seeds. To keep the moisture content above the critical level, the seeds must be placed in a closed container or in a condition of relative humidity of over 95%.
- (4) Seeds should be grouped into at least two, one with tolerance to low temperatures, and the other intolerant of low temperatures. Seeds tolerant of low temperatures appear to show good results in storage. White Meranti species of *Shorea*, particularly *Shorea talura*, can be stored at 4°C for a long period. Other tolerant seeds may be stored at a temperature range between 15 and 21°C.
- (5) Seeds intolerant of low temperature cannot survive below 15°C. Such seeds must be maintained at a temperature above 15°C. *Shorea ovalis* seeds survived best at 21°C.
- (6) Aeration may help to protect the seeds from suffocating. However, the relative humidity of the air must be maintained above 95% at 25°C in order to keep the moisture content of the seeds above 20% of the dry weight.

### References

- Jensen, L.A. (1971) Observations on the viability of Borneo camphor, *Dryobalanops aromatica* GAETN. Proc. Int. Seed Test. Assoc. 36: 141-146.
- Hubbard, J.E., Earle, F.R. and Senti, F.R. (1957) Moisture relations in wheat and corn. Cereal Chem. 34: 422-433.
- Lange, N.A. (1961) Handbook of chemistry 10th Ed. McGraw Hill. New York.

- Nellist, M.E. and Hughes, M. (1973) Physical and biological processes in the drying of seed. *Seed Sci. and Technol.* 1: 613-643.
- Sasaki, S. (1977) The physiology, storage and germination of timber seeds. [In] *Seed technology in the tropics*. [Ed] Chia, H.F. Enoch, I.C. and Raja Harun, R.M. p. 111-115. Univ. Pertanian, Malaysia.
- Sasaki, S. and Mori, T. (1978) Process of protein synthesis during storage and dormancy in tree seeds. [In] *Long term preservation of favourable germ plasm in arboreal crops*. [Ed] Akihama, T. and Nakajima, K. p. 54-63. Fruit Tree Research Station, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries.
- Sasaki, S., Tan, C.H. and Zolfatah bin A.R. (1979) Some observations on unusual flowering and fruiting of Dipterocarps. *Malay Forester* 42: 38-45.
- Symington, C.F. (1941) *Forester's manual of Dipterocarps*. Malay, Forest Rec. No. 16.
- Tamari, C. (1975) The phenology and seed storage trials of Dipterocarps. Trop. Agri. Res. Center. Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries.
- Tamari, C. (1976) Phenology and seed storage trials of Dipterocarps. F.R.I. Research Pamphlet No. 69. Forest Dept., Kuala Lumpur.
- Tang, H.T. (1971) Preliminary tests on the storage and collection of some *Shorea* species seeds. *Malay Forester* 34(2): 84-98.
- Tang, H.T. and Tamari, C. (1973) Seed description and storage tests of some Dipterocarps. *Malay Forester* 36(2): 38-53.

質問：Wilding を掘り取り後、輸送・移植が困難である。

まず、wilding の一般的な特徴から説明します。

東大 佐々木 恵彦

## Wildingの特徴と養生

### 1. Parashoreaの発芽、メバエの特徴

Dipterocarpaceaeの中でも、Parashoreaは特異的な発芽形態を示す。子葉(cotyledon)は展開するが、地上すれすれの所に半分土の中に埋まったような状態になっている。このような状態の子葉の展開をSemi hypogealという。発芽直後のメバエの軸に小さな葉片(Cataphyll) (托葉が針葉状に変わったものと思う)が多数発達し、針葉樹の苗木のような様相をする(図-1)。したがって、苗木が大きくなると、第1葉(対生葉)と子葉の間の節間には小さな葉痕が数多く見られる。

### 2. その他のDipterocarpaceaeの発芽の特徴

Dipterocarpaceaeには、発芽の時の子葉の状態によってHypogeal(ミズナラ、コナラのように子葉が展開しないもの)、Epigeal(発芽するときに子葉が展開するダイズやブナのようなもの)がある。Hypogealな性質を持つ樹種として、Shorea Talura、S. robusta、Dipterocarpus属、Vatica属などがあり、Epigealな子葉を持つ樹種として、上記の2種以外のShorea属、Hopea属、Dryobalanops属、Neobalanocarps、Upunaなどがある。

### 3. 上記の子葉の特性によるメバエの生長の違い

子葉がHypogeal、Semi hypogeal、Epigealと違うことによって、メバエの生長反応が異なってくる。とくに下胚軸、子葉と第一葉との間の節間の伸長反応が光条件によって異なる。Hypogeal、Semi hypogealの場合には、子葉と第1葉の間の節間が光の条件によって影響を受け、暗いほど、節間が伸長する。Epigealの場合には、暗い林では、主に下胚軸が徒長するが、時には、第1葉までの節間が徒長する。明るい条件では、下胚軸、だい1ようまでの節間が短くなる。

### 4. Wildingの形態と光条件

wilding は林の中で、散布された種子が発芽し、苗木になったものであるため、存在する場所の光条件の影響を受けている。苗木の形態を見ると、どの様な光条件に生育していたかが判る。第2図のように、苗木の形態は根の発達、幹の太さ、節間の長さ、葉の量(節の数は葉の数と同じ)、葉の厚さ、頂芽の状態

(展開しかかっている葉があること)などで判断する。

#### 品質の悪いWilding:

林の中で、しかも、暗い状態に生育する苗木は図-3のように、葉の数が少なく、しかも葉が薄い。葉の厚さは明るいところに生育する苗木と比べれば良く分かるはずである。幹が細く、根の発達が非常に悪い。特に、特徴的なのは、はじめの節間が異常に徒長し、第1葉から上の節間が短く縮まっていることである。場合によっては、対生の第1葉だけで後は展開していないものもある。このような苗木は貯蔵養分も少なく、移植には適さない。Parashoreaの場合には、下胚軸は徒長せず、その上の第1葉までの節間が徒長する。Shorea Talura、Dipterocarpus、Vaticaなど、Hypogeal子葉を持つものは同様に第1葉までの節間が異常に伸長する。

その他のEpigealな子葉を持つものは、下胚軸が特徴的に徒長している。しかし、子葉の葉痕を確認できない場合には、下の方に節間が長く、上の方がつまっているのは、暗い条件で生長してきたものである。

このような暗い状態で生育した苗木はWildingとしては不良である。

もう一つ、あまり状態の良くない苗木がある。比較的、明るい林に生えている苗木であるが、背が高く、節間が上まで徒長しているものはWildingとしては適さない。節間が徒長している苗木は葉が薄く、地上部だけが発達し、根の発達が悪い。ご質問の写真をみると、そちらの苗はこのような苗で、林の中で徒長した苗のように見える。徒長の原因は、林の中の光の質によっている。樹幹層を通過する光は、遠赤色光が多く、この光は節間を徒長させる。明るく、光合成ができ、しかも遠赤色光で節間が徒長されると、場合によっては、つるのような苗木になることがある。こうした苗木も移植に適していない。光と苗木の問題については、今書いているほかの原稿を入れておくので、参考にしてほしい。

#### 良い品質のWilding:

良い苗木は根が発達し、幹が太く、葉が厚く、ずんぐりしているこうした苗木は明るい場所に育ったものである。さらに、特徴的なのは節間が比較的均等に生長しているものが良い(図-4)。このような苗木には貯蔵養分が多く、移植などのストレスで、落葉してもすぐに新しい葉を展開する。また、根の更新も早く、植え付け1週間後には、新しい根が発達する。

このような苗木は十分に光を当てた苗畑でできる。一般に、熱帯では、苗畑を庇陰しすぎる傾向にある。ただし、苗木に光を十分に当てる場合には、苗床やポットの土が肥沃なものであることが大切である。土が悪いと、日に当てた場合、日焼けや落葉を起こす。

Wildingの場合も、山から取ってきた後、苗畑で次第に光を当て、最後には裸地で育てるようにすることが必要である。このような養生を行うことによって、均等な節間を持ち、幹が太く、葉が厚く、しかも、根の発達の良い苗木にすることができる。こうした苗の養生をしないと、山出しのあと、生存率が極度に低くなる。

#### Wildingの輸送について

##### 1. 現地の方法についてのコメント

- a. 掘り取りから運搬、植えかえまでの時間を短縮することによって、苗木の水分の消失を少なくすること、さらに、輸送中に熱くしないことが重要。
- b. 苗木の出す熱（呼吸熱）で苗木自体で熱くなる。また、日中、トラックで運ぶと、日光の熱で、枯死する。また、運搬の時にビニールの袋に入れ、水分の蒸発を防ぐのは良いが、あまり詰め込むと、苗木の呼吸で熱くなり、蒸れて枯死するので、注意すること。いずれにしても、温度制御した車で運搬しなければ、苗木はもたない。そうでなければ、夜に運ぶこと。
- c. 根を傷めることはあまり問題にならない。いずれにしても新しい根が出なければ、意味が無く、根を切ることによって、根の再生を促進することにもなるので、むしろ、今のままでよい。
- d. 水分の欠乏によって、苗木が枯死するが、これは土—根の間の水の流れが途切れたため、植え替えても、すぐには根と土の連続性が確立しないためである。根に乾いた土が皮膜のように付いているため、新しい土と根がつかないこと、新しい土と根の間に微細な気相が存在しているため、根と土とが接触しないことなど、植え替えた苗木の根の組織と新しい土が密着することは難しい。したがって、植え替え後、すぐにポットに十分な水を与え、根と土の接触性を良くすることが必要である。水はポットごとにたっぷりを与え、土と根が完全になれること大切である。また、現地が指

摘しているように、輸送後、すぐに流水に苗木を浸けて水分の欠乏を回復させることが必要である。流水に浸けて、水が吸収され、水分欠乏から回復できれば、しおれ現象がなくなり葉がしっかりとし、葉柄がまっすぐになる。

- e. 葉を取り除くことによって、水の蒸散を抑制することが出来る。全葉を除くこと、さらに幹、根からの水分の蒸発を防ぐため、ビニールの袋に入れることが必要。しかし、あまり詰め込むと蒸れて、温度が上昇するため、袋に半分くらいにする。

この処理については、後述のように、こちらから提案する。

- f. 苗長別よりも、上述の苗木の形態から生存率を比較してほしい。

## 2. 苗木の輸送・養生についての提案

現地からのレポートを見ると、一度落葉してから、あとで新しい葉が再生しているものがある。この特性を利用したい。Stump seedlingの運搬と植栽を提案する。図-5のようにStump苗にする。

- a. まず、wildingの項で説明したように、明るい場所に生育する良い苗木を掘り取る。節間が均等であることが重要。根元径0.5cm以上の太い苗が適している。
- b. 掘り取ったら、葉を全部除去する。さらに、子葉の痕跡から上部3-4の節を残して(10cm程度の幹が残ることになる)その上は切り取る。根も細根と直根を一部切り捨てる。
- c. このように作ったStump苗を大きなビニールの袋の半分ほどに詰め、空気を吹き込み膨らんだ状態で袋の口を縛り、水分の蒸発を防ぐ。空気を入れておくのは苗木の呼吸をある程度保つためである。

ここまでの作業の中で、決して苗木を水で洗うようなことはしないこと。根に泥が付いていても、根を地面に叩いて、泥を落とすだけにする。余分な水が入ると、蒸れやすくなり、苗木の活力が衰える。

- e. 袋の中に苗木を詰め込みすぎると、熱をもち、苗が枯死する。また、日光に当たると、袋の中が熱をもつので、屋根付きの冷房車の中に入れて運搬したい。ただし、温度が低すぎて、15°C以下になると、苗木は低温障害を起こして枯死することを注意する。

- f. 24時間冷房のある部屋に置くと、ビニールの袋に入れたまま、かなりの長期間貯蔵することが出来る。ただし、上記のように、15°C以下の低温では枯死するため、冷蔵庫は使えない。
- g. Stump苗をポットに植栽したあと、なるべく明るい場所において、葉の展開を促進させる。できれば、完全な裸地の方がよい。ただし、ポットに使う土は肥沃なものを使うこと。もし、魚粉 (fish meal) があれば、施肥するとよい。葉は葉痕下部の腋芽から発達する。しばらくは、葉が多くなるだけで、樹高生長は顕著ではないが、植栽後6カ月程度たつと、一番上の芽が主軸になり、上長生長を始める。スタンプ苗の幹は新しい主軸の肥大成長によって覆われて判らなくなる。
- h. 植栽地が明るく、裸地に近ければ、もってきたスタンプ苗をそのまま植える試験もやってみてほしい。ただし、この場合には、山取り苗木が質の良いものであることが必要。

以上の提案を試験してほしい。まず、小規模な実験を行い、もし、成功したら大規模に行ってほしい。段階を踏むことが大切である。いずれにしても、良い苗木を見極めること、光はフタバガキ科樹種には重要であることを認識してほしい。この提案がうまくいったら、おしえて下さい。

#### 参考文献

Satohiko Sasaki, Tan Chin Hoo and Zolfatah bin Haji Abd. Rahman. 1978. Physiological study on Malaysian tropical rain forest species. Under the cooperative research program between Malaysia and Japan. Tropical Agriculture Research Center. Min. of Agriculture, Forestry and Fisheries. を参照してほしい。これは、Forest Research Institute Malaysia, Kepong, Kuala Lumpurにある。また、ブルネイのプロジェクトにもあると思う。Sasaki, S. 1980. Growth and storage of bare-root planting stock of dipterocarps with particular referenceto Shorea Talura. Malaysian Forester 43:144-160.

参考として、図-1から図-5を入れた。

また、現在、入稿中の原稿を入れたので参考にしてほしい。

Parashorea

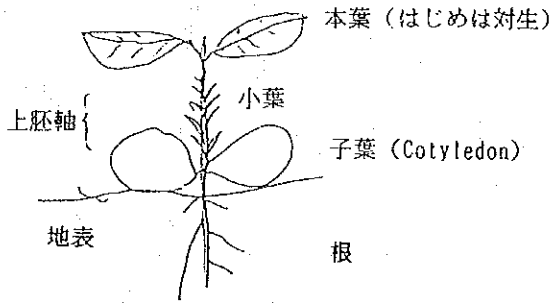


図-1 : 発芽直後のParashorea.

子葉は地表ぎりぎりに展開し、その上の上胚軸には針葉状の小葉が多数着き、針葉樹のような様相を示す。その上に本葉が出る。このような針葉状の小葉を出すのはParashoreaだけである。

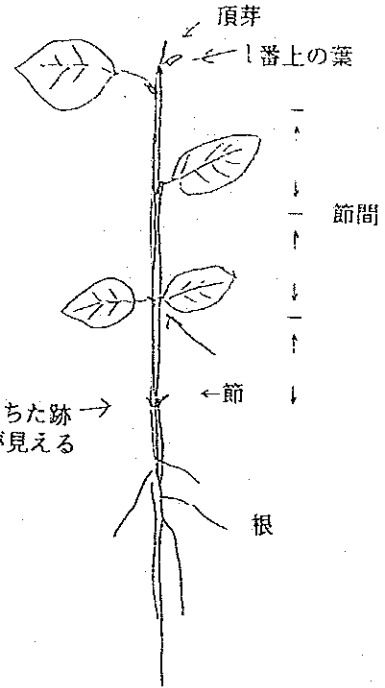


図-2 : 一般的な苗木

葉痕と節間で、苗木の優劣を見る

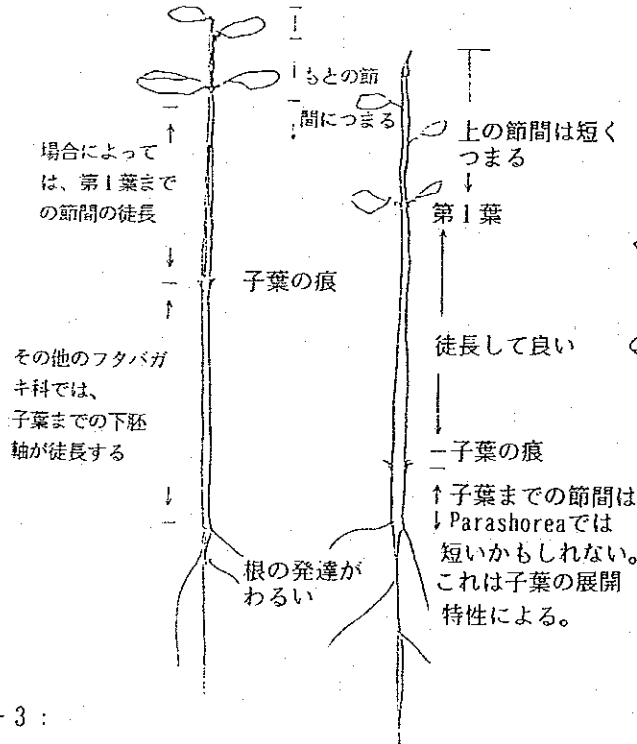


図-3 :

ほかのDiptero-Carpaceae Parashorea

悪い苗木の特徴 : 上の方の節間が短く

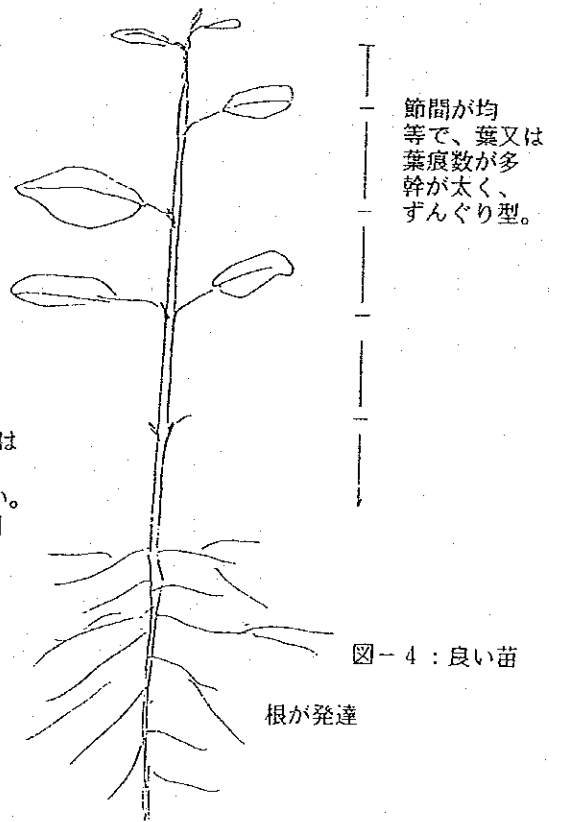


図-4 : 良い苗

根が発達



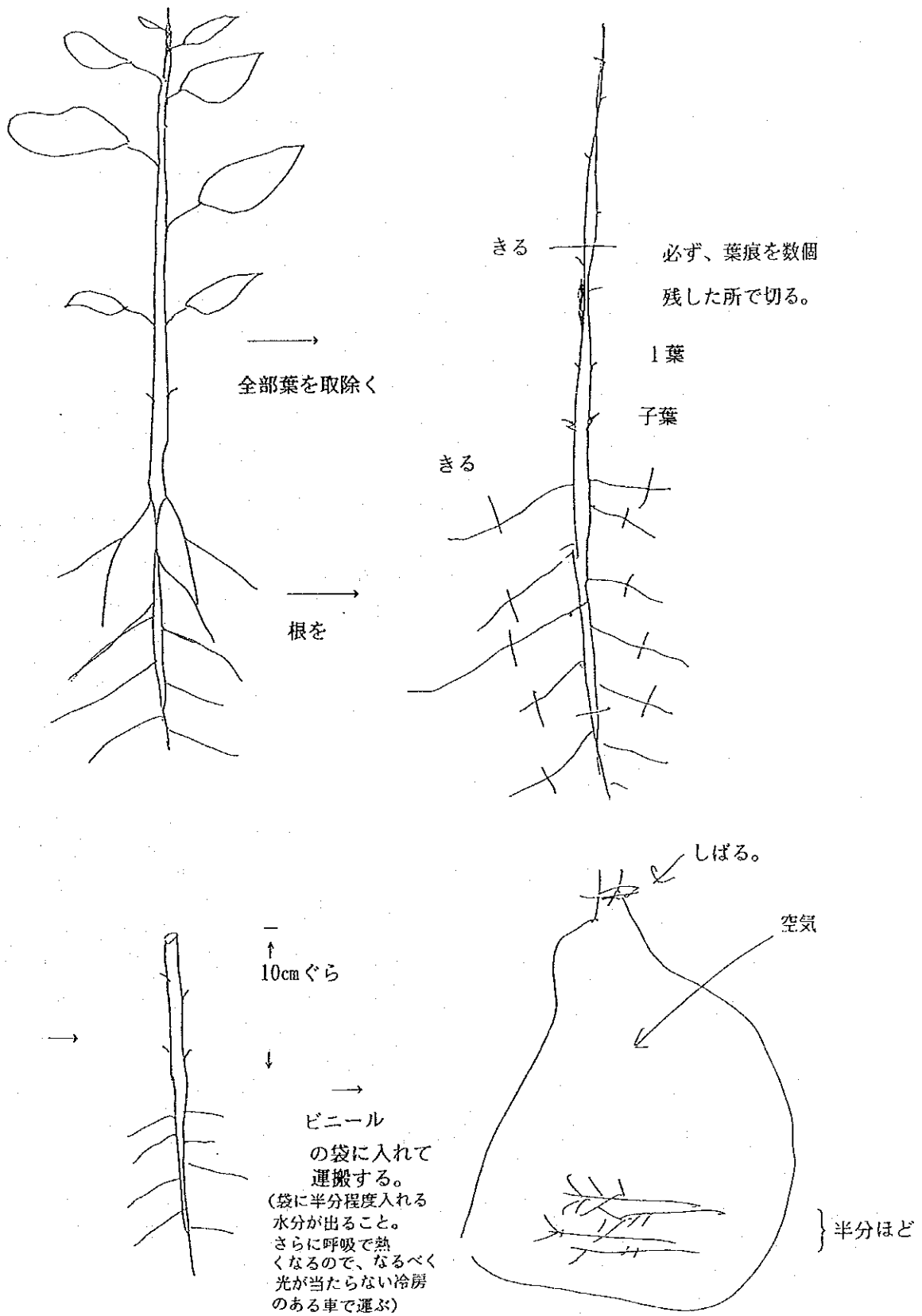


図-5：スタンプ苗の運搬

## 9. 熱帯造林

### 9. 1 熱帯林の現状

森林は地球環境の維持に重要な役割を果たしている。中でも、熱帯林の持つ蓄積と生長量は地球環境の維持・保全さらに生物層の多様性維持に大きく貢献している。特に、高温、多湿な熱帯降雨林では生長量が大きく、その再生も早い。しかし、近年、この熱帯林が毎年1700万ヘクタールずつ減少しているといわれ、熱帯林の維持・管理が重要な課題となっている。

伐採、焼き畑、森林火災、土地開発などが熱帯林の減少に拍車をかけている。一番人の目につくのは森林伐採であるが、この問題については少し掘り下げて考える必要がある。熱帯林の伐採には、大きく分けて二つの流れがあり、第一は、木材生産のための林業生産用地での伐採である。この場合には、将来的にも林業生産を目標としているため、持続的な生産経営が重要であり、このため、生長量以下の伐採を行うように規定されている。第二は、用地開発のための森林伐採であり、農耕地などへの転用のために森林を伐採する。ここでは森林の再生は考えないため、直接、森林の減少に関連している。一方、焼畑耕作のための伐採・火入れがあり、熱帯林の減少の半分を占めているといわれている。しかし、問題はもっと複雑であり、第一、第二の森林伐採と焼畑の問題が互いに関連している。林業生産用の天然林では、一般に胸高直径45cm以上の大径木だけを伐採し、後継樹の生長を促進させ、輪伐期を確立し、恒続的に（または持続的に）林業生産を行うこと目標としている。しかし、目標と現実が遊離してことが問題である。林業用の伐採地では、木材搬出用の立派な道路が建設されるため、第一次の択伐が行われて後、地元の小さな伐採業者によって、残存している大径木をねらった二次伐採が行われる。このため、林地には大径木が少なくなり、立木密度が減少し、省力的に焼畑を作ることが可能になっている。しかも、立派な道路網が存在し、作業のための出入り、収穫物の運搬などに便利であり、焼畑農民にとっては最も好都合な耕作用地になっている。さらに、最悪の事態は焼畑の火入れの延焼である。火入れの延焼によって失った熱帯林はそうとうな面積になる。1980年代のはじめに、ボルネオ島では、焼き畑が原因で、400万ヘクタール以上の森林が消失した。しかし、焼け跡でも林業用地として確保・区分されていれば、長期間かけて森林の修復が可能であるが、開発用地に転換され、永久に森林を再

生できないことが多い。こうした林業用地の減少は大きな問題である。

熱帯諸国では、農業開発、都市開発などのための森林伐採が進行している。この伐採は直接的に森林の減少につながる。土地利用としての森林はきわめて優先度が低いのが現状である。しかし、一般的には、こうした森林は現地政府が農業や工業用開発のために区分した土地であり、計画的な土地開発となっている。問題は、開発用地がすべて森林であることである。さらに問題なのは林業用に区分された土地でも開発適地であると、伐採されることである。

伐採・開発は森林消失という直接的な影響ばかりではなく、間接的にも森林減少に影響している。農業開発においては、大規模な農地開発が行われ、多数の農民が移住するが、数年で農作物の生産ができなくなる土地が余りにも多い。劣化した農地では、住民は農地を放棄し、付近の森林を伐採して焼畑耕作を始める。開発農地は荒廃地として放棄されるばかりでなく、近隣の森林までが焼畑で劣化し、その上、焼畑の延焼のため森林を失うことになる。また、現金収入を得るため、付近の林で木を盗伐し、チェーンソーで製材して販売するというような無秩序な事態も起こっている。このように、移住地ばかりでなく、周辺の森林も劣化・減少する連鎖反応が起こっている。熱帯地域の森林土壌は一度開発すると、荒廃すると言われているが、熱帯にも、肥沃な土壌もあれば、瘠蕪な土壌もある。肥沃な土地を農業適地として開発することが重要であり、科学的根拠に基づいた政策が必要である。開発のための土壌調査が不十分であることが最大の問題である。

一方、木材は開発途上国にとって、重要な収入源であり、木材生産国の国とか州の収入の50%以上を占めているのが現状である。こうした現状を考えると、早急に木材の生産を禁止すると言っわけにはいかない。このように、熱帯林の減少は人口増加、農業開発、経済政策、社会・民族文化にかかわる複雑な問題であり、単に林業技術上の問題として解決できるものではない。多面的に、各分野の専門家が協力しつつ問題に取り組まなければならない。

## 9.2 造林技術上の課題

純粹に造林技術として、取り組まなければならない問題も多い。造林技術上、次の四つの課題を研究発展させていかななければならない。

### (1) 天然林の維持・管理

熱帯林においては、天然林がいまだにその大半を占め、その維持・管理が最も

重要な課題である。第1章で解説したように、熱帯の天然林は地球規模の環境保全、地域の水土保全、森林生産物の収穫、生物の多様性維持などの多様な役割をもっている。しかし、多様な役割といっても、一つの林に全ての機能を発揮させることには無理がある。役割の重みづけによって、生産林、保護林などの役割の大まかな区分をすることが大切である。保護林においても、適切な管理が必要であり、ただ放置することは保護することにならない。また、生産林においては持続的な生産を可能にする施業技術が必要になる。生産林、保護林いずれにおいても、持続的管理のための技術開発が重要である。最も必要なのは天然更新の理論とその技術開発である。天然林構成樹の生理・生態的特性の把握、環境要因との関係を明らかにし、さらに、こうした基礎的研究にもとずいた管理方法を開発すると同時に、天然林を少しでもよい林に誘導することが必要である。

## (2) 産業造林

天然林の木材生産能力が減少してきている現状では、産業造林によって天然林の木材生産を補完することが重要な課題である。今後、天然林を守っていくためにも、また、木材生産を維持するためにも、産業造林が必要となっている。しかし、産業造林では大面積の造林が必要であり、そのための資本投資は莫大であり、投資の失敗は許されない。このため、適地の判定、樹種、品種改良、生長量の予測、市場価値など研究すべき問題が多い。また、産業造林においては、単純な樹種構成になりやすいため、生物層の多様性維持にも考慮しなければならない。このためには、植栽地と天然林の配置、植栽樹種の多様化などの課題も解決していかなければならない。さらに、産業造林では大面積の土地が囲い込まれ、そこに住む住民が影響を受けることになる。大規模な産業造林では、地域住民の生活を十分に考慮し、住民が参加できる開発方式を計画していかなければならない。

## (3) 環境造林

荒廃地の修復は産業造林とは異なる枠組みで行うべきである。過度の伐採や山火事などで荒廃地化したところ、過度の焼畑耕作のために不毛の土地になったところ、農業開発の失敗地で放棄された場所など、森林を再生し緑化していかなければならない所が多い。しかし、こうした荒廃地の森林再生は極めて難しい。裸地化した極端な場合には、苗木の生存も難しい。このような荒廃地では、直接的な経済性を度外視し、環境保全を目的とする環境林の造成が目標となる。

#### (4) ソーシャルフォレストリー（社会林業）

熱帯林の問題解決のためには、地域住民の生活を考慮した林業の展開を考えていかなければならない。これをソーシャルフォレストリーと言う。最近、非木材森林生産物（non-wood forest products）の有効利用として、籐（ロタン）、竹、果樹、きのこ、植物の成分などが注目されている。こうした森林の生産物で生活できるような仕組みを考え、さらに、住民参加の木材生産、植林、これに必要な技術の向上などを取り入れた方策をとっていくことが必要である。これまで、アグロフォレストリーが地域住民のための施策として推進されてきた。肥沃な土地では農業を主体として林産物を考えることが可能であるが、農作物の出来ない瘠悪地では、住民は森林の産物と小規模な焼畑耕作に頼らざるを得ない。実際に、湿潤熱帯においては、森林・林業で住民の生活を設計しなければならないことが多い。したがって、地域によっては、林業が住民の生活基盤となるようなソーシャルフォレストリーを発展させることが大切である。

#### (5) 土地利用区分としての森林

熱帯林を維持していくために、土地利用としての森林の重要性を確立することが重要な課題である。まず、森林が経済的にも、環境的にも森林が重要であることを認識し、森林区分を増大することが必要である。造林学として重要なことは、土地利用区分のための自然科学的基準を作ることである。特に、開発のための評価基準を作り、開発不適地を明確にすることが必要である。

#### 9.3 熱帯降雨林における天然更新

熱帯降雨林地域では天然林の持続的生産のために種々の伐採・更新システムを採用してきた。マレーシアにおいてはマラヤユニフォームシステム、その後に採用された択伐施業体系（セレクトティブマネージメントシステム）、サバ州、サラワク州でも、それぞれの基準をもって、天然林の伐採を行ってきた。他の国においても、同様の伐採基準を持ち、後継樹の生長を促進し、数十年の輪伐期を期待して、択伐施業を行ってきた。伐採法の基本は胸高直径45-60cm以上の大径木を伐採することによって、樹冠層に穴を開け、林床に光を導入し、後継木の生長を促進させることにある。優良な後継木が存在しない場合には、樹下植栽を行い、後継樹を維持するのがこれらの施業システムである。基本的には森林の再生機能を利用したもので、概念的には理にかなっている。しかし、これまでの

天然更新理論はあまりに概念的であり、科学的な分析と理論の裏づけがないため、技術として定着しないのが現状である。

第1章で論議した種子の生理、森林の光条件と樹種の生理特性などを基礎にして、天然更新を見直してみよう。

#### (1) 天然林構成樹の開花・結実・種子の特性

天然更新を成功させるためには、林床の稚樹の生長を促進することが必要である。しかし、そのためには、林床に種子が供給され、発芽するか、地下茎などからの栄養繁殖によるか、いずれかの繁殖源がなければならない。一般に、天然林構成樹は種子によって繁殖が行われている。そこで、天然更新の重要な鍵となる熱帯降雨林の主要樹種の開花・結実・種子生産の特性について考えてみよう。

##### a. フタバガキ科の開花および種子の特性

フタバガキ科樹種は東南アジアに広く分布し、熱帯降雨林の主要な樹種である。東南アジアの熱帯降雨林地域では、天然林の優勢木のほとんどがフタバガキ科樹種で占められているにもかかわらず、分布の中心、マレイ半島、ボルネオ島では5-7年に一度しか開花、結実しない。しかし、開花する年には、多くの個体が一斉に開花する。このような年には、虫害も少なく優良な種子が大量に生産される。しかし、熱帯のフタバガキ科樹種では、豊作年と豊作年の間が長く、きわめて不定期である。フタバガキ科の樹種の中でも、常に湿潤なマレー半島の南部とボルネオ島に分布するShorea属のレッドメランテ (Rubroshorea) やイエローメランテ (Richetia) は結実が不定期になりやすい。一方、乾燥季のある地域にも分布するホワイトメランテ (Anthoshorea)、Dipterocarpus、Hopeaなどでは比較的周期性のある開花、結実を示す。また、どの樹種にも開花のしやすい個体があり、毎年結実するものもある。しかし、豊作年以外の年には虫害で未熟のまま脱落することが多く、健全な種子の生産は期待できない。豊作年には虫害も少なく、成熟するまで母樹に着生している。成熟種子は発芽が早く、落下後すぐに発芽を始める。フタバガキ科の種子には、羽根のあるものと無いものがあるが、羽根のある種子は成熟して水分が減少するほど遠くに飛散する。

フタバガキ科の種子は水分含量が20%以下に減少すると死滅する。このため、落下した種子が発芽できる条件は極めて限られている。日光が直接当たる裸地ではすぐに水分含量が20%以下まで乾燥してしまうため、発芽できない。林内の

日陰、落葉や枯れ枝の蔭、草の中など湿度が高く、乾燥しないところがフタバガキ科の種子の生存と発芽に適している。

#### b. マメ科の樹種の開花および種子の特性

天然林の構成樹には、マメ科の樹種も多い。一般に、マメ科樹種は毎年結実するため、種子の供給問題は少ない。しかし、マメ科の種子には、硬粒種子と柔らかい種子があり、この特性によって取り扱いが異なってくる。Acacia、Parkia、Instia、Sindora、Dialium、Enterolobium、Pterocarpus、Leucaenaなどは硬粒種子を形成する。硬粒種子には硬い種皮があり、強固なクチクラ層で覆われているため、水分が浸透しない。内側からは水蒸気として発散するので、成熟した種子は水分含量を5—10%まで低下する。このような種子は完全に休眠しているため、生理活性は認められず、種皮のクチクラ層が壊れ水が浸入しないかぎり、長いこと土壤中に埋蔵されたままになっている。Instia palembanicaが生えている林では、林床の土壤を掘ると、小石のように種子が埋まっている。自然状態では、山火事などで急激な熱が加えられたり、そのほかの理由で種皮に傷がつくことによって硬粒種子は発芽する。Acaciaの人工林が火事になると、旺盛な天然更新が起こるのはこのためである。したがって、硬粒種子を持つ樹種は、林内に種子が存在していても、発芽条件が整わないと稚樹は発生しない。このような樹種では、稚樹の発生を人為的に行う必要がある。人工的には、種子にやすりなどで傷をつけるとか、種子を濃硫酸に漬けるとか、熱湯に漬けるなどの処理を行って、クチクラ層を壊し、水が浸入できるようにしてから播種する。

マメ科の中で、柔らかい種子を形成するものにKoompassia、Cedrelingaなどがあるが、これらの種子では水の浸入が容易であるため、地上に落下すると、すぐに発芽する。成熟した種子の含水率も比較的低く、林床でも生存しやすい。しかも、結実は周年的であるため、林内に稚樹が発生しやすい。したがって、フタバガキ科の種子のような難しさがなく、天然更新に向いている。

#### c. 未熟な胚を持つ種子

その他の特徴のある熱帯の種子として、胚乳を持つものに注目したい。種子に胚乳を持つ熱帯の樹種として、カキ科、クワ科、モクレン科、キョウチクトウ科、クスノキ科などがあげられる。一般に、胚乳を持つ種子では胚が未熟のまま落下し、胚乳から栄養を取りながら生長し、発芽に至る経過をたどるものが多い。ヤ

シ科の種子では大きな胚乳と小さな胚があり、胚は吸根をだし、胚乳の養分を吸収しながら、生長する。熱帯産の種子には未熟な胚を持ち、しかも、硬い種皮に保護されていて、水分の浸透が少ないものがかなり多いことに注意するべきである。このような種子では、発芽に時間がかかり、休眠しているような状態となる。発芽には良好な条件が長期間続くことが必要である。

## (2) 熱帯地域における森林の光特性と林床の稚樹の生長

光は林内の稚樹の生長に重要な因子であり、その測定には、光量子数、エネルギー量などの単位が用いられ、それぞれの測定器具がある。しかし、実際の林の中で簡便なのはLux Meterである。Lux meterは緑の波長に感応特性があり、論理的な光量を測定するのは難しいが、その性能を知れば、光量子数などへのある程度の数値変換も可能である。また、一般的には熱帯の広葉樹林ではほぼ似た光の波長スペクトル特性を持っていて、暗い林床になるほど可視光スペクトルが同じ割合で少なくなるため、同じ波長特性の光度計を使って測定すれば、問題は少ない。しかし、極端に暗い林床では、青色光と赤色光の波長域の減少が大きく、遠赤色光の割合が多くなる。

### a. 熱帯林構成樹の光に対する特性

これまで、天然林の構成樹は一般に陰樹と言われ、このため、樹下植栽され、なるべく直接太陽光に当てないのが良いとされてきた。しかし、種子の豊作年に林内に稚樹が大量に発生した時に稚樹の消長を観察すると、閉鎖され薄暗い林床では、発生した稚樹がすべて消えてしまうのがわかる。これは、光が制限要因になっているためである。また、経験的な苗木生産法では、林間苗畑を造成し、陽光を制御した環境で苗を生産してきた。しかし、このような方法で作られた苗木はひ弱で、活着率が悪く、移植できない。これまで実験したフトバガキ科の樹種やマメ科の*Cedrelinga*、*Instia*などは強光条件で良く生長する。しかも、これらの樹種は光環境の違いに適応し、光が弱いときには陰葉を形成し、強光条件では陽葉を形成する。強光条件で育てられた苗木は陽葉を形成するため、葉が厚く、クチクラ層が発達し、紫外線に対する耐性が増加する。強光条件で生長阻害が起こるのは土壌の肥沃度が低い場合と強度の紫外線照射によることが多い。したがって、養分の多い良好な土壌に育てると、強光条件の方が良く生長する。フトバガキ科樹種が陰樹であるという論理には、まったく科学的な根拠はない。むしろ、



熱帯降雨林の天然林の有用樹種はほとんど陽樹であると考えべきである。

#### b. 林内の光環境と苗木の生長

熱帯においては、林内の光環境が後継樹の生長を規制している重要な要因である。まず、その理由から説明しよう。

太陽高度：熱帯は赤道をはさんで南北の回帰線の内側の低緯度地帯に存在するため、太陽高度が一年中高く、日中常に頭上から強力な太陽光が照射されているのが特徴である。したがって、熱帯では太陽光が強すぎると言う観念を持ちやすい。しかし、太陽高度が高いため、頭上に何か遮蔽物があると、その下は陰になり、暗くなるのが熱帯の特徴である。実際に、熱帯地域では、屋内を涼しくするため、屋根に長い庇をつけ光を遮っている。大きな木の下も、同様に樹冠によって光が遮られ、暗く涼しくなる。閉鎖した森林では、連続する樹冠によって、さらに光が遮断されるため、熱帯林の林内の光は非常に弱く、強い太陽光が直接真上から当たっている林外の場所とは全く異なってくる。また、温帯のように南向きが日当たりがよく、北向きが陰になるような現象は起こらない。むしろ、午前中に日の当たる東向きと午後には日の当たる西向きに違いが起こる。このように、熱帯では温帯地域とは全く異なった光条件になっている。

林内光の質的な特徴と稚樹の反応：太陽光が直接当たっている林外の光を全天光と言い、この光は太陽の光と青空の光が複合したものである。一方、林内の光は直達光と散光からなる。直達光は樹冠層の隙間を通して直接林床に当たるもので、光斑とかチラチラ光と言われる。光斑は小さな隙間を通過してくるため、針穴写真の光と似た性質を持ち、隙間が小さいほど光が弱くなる。散光は林内で日陰になっている所の明るさである。林内の散光は木の葉を透過したり、葉や枝で乱反射した光と葉の隙間からもれてくる青空の光の一部が複合したものである。

林内の散光は葉の透過光と青空の反射光の影響が大きいため、青色光から緑色光のエネルギーが高く、赤色光は上層の葉に吸収され、極度に少ない。葉を透過する遠赤色光のエネルギーが高いのも林内の散光の特徴である。散光だけの林内では、稚樹は陰葉を形成し、青色光から緑色光の光合成利用効率は高くなる。しかし、散光のみの場合には、光合成量が極度に低下し、稚樹は枯死する。また、林内に節間が極端に長い稚樹を見ることがあるが、これは林内光に多い遠赤色光が影響しているためであり、時には、蔓状になることがある。

一方、光斑は青色光から赤色光までほぼ均等なエネルギー分布を持っている。林内の後継樹の光合成効率から見ると、後継樹の葉が光斑に当たる頻度が高いほど光合成がさかんになり、生長が旺盛になる。光斑の強度と頻度が増すほど、稚樹の葉は陽葉化し、光合成効率が赤色光域に偏ってくる。このように樹冠層の状態によって、量的にも質的にも光条件が変わり、林内の稚樹はその影響を受けている。逆に樹冠層を制御することによって、光の量と質を変え、種子発芽や林床の稚樹の生長を促進させることができる。

林内光の量的な特性と稚樹の生長：林内において、散光だけの場合が一番暗い状態であり、散光の明るさはその地点におけるbackgroundまたはbaselineの光量と行うことができる。明るい所ほど散光の量が多く、薄暗い所では散光も少ない。しかも、散光の明るさは比較的安定していて、太陽が急に雲に覆われ、全天光が急激に変化しても散光は変化しないことが多い。さらに、散光の明るさと光斑の強さと頻度には一定の関係があり、散光が明るい場所ほど、光斑の頻度が高く、しかも光斑の光も強くなる。逆に、散光量が少ない薄暗い所では、光斑の頻度が少なく、弱い光の光斑しか侵入しない。したがって、林内の散光の明るさを測定することによって、その地点の光の状態を知ることができる。

雲が多く、全天光が激しく変化する時に、明るさの違う林内の二地点で、散光と全天光を同時に測定し、その関係を表したのが図-1である。この図を見ると、全天光が一定の強さになると明かに散光が安定して、全天光の変化に関係なく、散光の明るさは定状態になることがわかる。このような現象を人工的な日陰を作って調べたのが、図-2である。全天光が弱い場合には、全天光と散光が直線関係にあり、相対値は一定になる。このような状態では、散光を測定し、全天光の値で割ると相対照度が得られる。しかし、全天光が強くなると、散光は定状態になるため、晴天になるほど相対照度は低い値となり、相対照度は意味を持たなくなる。曇天の時に相対照度を測定するのはこのためである。散光が定常態になる全天光の明るさはそれぞれの散光の定常態のレベルによって異なることを注意してほしい。したがって、散光と全天光が直線関係になるのは、かぎられた全天光の範囲であり、それぞれの散光の定常態の明るさによって異なることに注意すべきである。散光が少なく薄暗い林床では、全天光がかなり低い時でないで全天光と散光が直線関係にならず、曇天でも相対照度を測定することは難しい。

一方、光斑にも、全天光、散光の定状態と密接な関係がある。林床のある地点において全天光が強くなり、その地点の散光が定状態になると、光斑が見えるようになる。曇天の時に林の中に光斑が見られないが、日が射し、明るくなると林床に光斑が見えてくるのはこのためである。全天光の明るさが増すほど光斑も強くなる。したがって、光斑の強さは全天光の強さと直線関係（比例関係）になる。しかも、この直線関係は散光・全天光の直線関係を延長したものである。散光、光斑、全天光の関係を示したのが図-3である。散光が直線関係から定状態になる変曲点は重要な意味を持ち、この変曲点より全天光が明るい場合には光斑が現れることになる。林の中で、近くに光斑が認められる場合には、その付近の散光は定状態になっていることを意味している。散光の定状態の明るさとその定状態になる全天光の明るさ、さらに、相対照度（直線関係）について、実際に熱帯で測定した値を表-1に示す。この表で重要なことは、散光の定状態の明るさのレベルの違いによって、変曲点、即ち、光斑が現れる全天光の強さが変化することである。暗い林床ほど、変曲点に達する全天光の強度が低くなる。言い換えると、暗い林床ほど、散光が定状態になりやすく、相対照度が実際よりも低く評価されやすい。この表で示した相対照度は既存の値よりも高くなるが、散光、光斑、全天光の関係を明確にし、実際に安定した値を測定することが出来る。

この表-1と林床の稚樹の生長は密接な関係をもっている。閉鎖林の場合、林床植生や上木で太陽光が遮られ、稚樹のある所ではかなり暗いのが普通である。林床の散光が500 lux以下の場合には、光斑はほとんど見られず、稚樹は枯れてしまう。種子の豊作年には林内に大量の稚樹が発生するが、樹冠が閉鎖している場合には、数カ月の内に発生したメバエは全て消滅する。このような現象は500 lux以下の光条件で起こるが、散光の定状態が1600 lux以上になると、節間が伸長し、葉の量が増加する。即ち、相対照度にして、8%程度で、稚樹は生存できるようになる。しかし、この程度の弱い光では、旺盛な稚樹の生長は認められない（表-2、表-3）。少なくとも、散光の定状態が3000 lux以上あることが十分な生長に必要であるが、平均節間長を見ると、3000 lux程度でも、節間が徒長しているのがわかる（表-2）。実際の現地の適応試験では、マメ科の樹種、*Cedrelinga catenaeformis*、フタバガキ科の樹種、*Shorea ovalis*ではかなり強い光が必要であることが認められた。これらの稚樹を十分に生長させ、天然

更新を確実にするためには、少なくとも散光の定状態が8000—9000 lux、相対照度にして20%の光が必要である。しかし、極端な強光条件では、紫外線による生長阻害や養分の要求量の増大などを考慮しなければならない。

### (3) 天然更新作業

#### a. 除伐と間伐による光の導入

天然更新を行うには、林内に有用樹種の稚樹が存在することが重要である。さらに、林内で稚樹が生育できるためには、林床に光を導入することが大切である。自然現象として、光が林内に導入されるのは倒木とか幹・枝折れなどで樹冠層が破壊された場合である。しかし、このような機会に遭遇するのは非常に希である。倒木がなく、しかも、何も手をつけずに、林内の稚樹を生長させることはできない。林を放置すると林床が暗くなり、後継稚樹が消滅し、林床は裸地化する。このため、択伐によって、優勢木の樹冠層を疎開したり、劣勢木の整理が必要になる。前項で述べたように、稚樹が旺盛な生長をするためには、定状態の散光で8000—9000 lux、相対照度としては20%以上の光を必要とする。このためには、まず、林内の劣勢木の雑木を除伐し、どのくらい明るくなったか様子を見ることが必要である。ついで、優勢木のうち、価値の少ないものを選び、間伐する。上層の樹冠を開くと、かなりの光を導入することができる。

#### b. 刈だし

稚樹の周辺にある雑木を刈払って、雑木や草の中に埋もれている稚樹に日が当たるようにすることを刈だしと言う。伐採跡地など樹冠層がすでに壊されている所では、有用樹の稚樹がすでに存在している場合が多い。しかし、雑木の生長や蔓植物による被覆などによって稚樹の生長が抑制されやすい。蔓植物などの生長抑制要因を除き、さらに草を刈り払い、稚樹の生長を促進させることが必要となる。刈だしを行うと光はかなり強くなるが、稚樹は強光に対する適応を示し、陽葉を形成するので問題はない。上木の少ない所では、チガヤ(アラン・アラン)の繁茂に充分気を付けることが重要である。

除伐、択伐をおこなった所でも、雑木が繁茂する場合には刈だしが必要になる。熱帯においては、つる植物、ヤシ類、タケ類、シダ類、ショウガ類などが繁茂しないように、周辺の植生に留意することが大切である。特に、叢生のヤシ類、タケ類の存在する林内では、早めにこうした植物を駆除しなければならない。

### c. 保育作業

稚樹が生長し、数メートルの樹高になると、間伐が必要になる。一般に、下種更新では稚樹の数が多く、生長するにつれて立木密度が過密になる。過密になると、個体毎の葉量が少なくなり、肥大生長が抑制され、幹が極端に細くなる。間伐を行い、肥大生長を促進させることが必要である。また、更新した木が生長し、上層の優勢木の下枝にちかざくと枝の陰になり、生長が急速に低下する。したがって、後継樹がある程度上長生長をした段階に、上層木の整理が必要になる。こうした保育作業は択伐による木材生産と組合せることが可能である。

### (4) 天然更新補助作業

種子生産の豊凶、種子の発芽特性、さらに閉鎖林における林床の光条件などの問題のため、林内に後継稚樹の存在しない林が数多く知られている。こうした林を有用樹林に再生させるためには、林内に人為的な植栽が必要になる。

#### a. ラインプランティング

この方法は林に狭い幅の伐開線をつけ、伐開した所に有用樹の苗木を植栽するもので、古くから行われてきた林内補助植栽方法である。マレー半島では、幅2.5m程度の狭い伐開幅の試験を行ってきたが、伐開線の開設や管理が難しく、成功しているところは少ない。ラインプランティングでは、伐開幅が狭いほど、すぐに上木の枝が張り出し、林床は暗くなり、苗木の生長が抑制される。また、狭い伐開幅にすると、伐採木の処理・搬出が難しい。特に、ラインが長くなり、奥になるほど伐採木の処理が大変になる。

ラインプランティングでは、少なくとも15m程度の伐開幅が必要である。この程度の幅があると、上木の樹冠層が発達しても、ラインの光条件が急速に悪くなることはない。しかし、ラインが長いと、土壌条件が変化し、同じ様な生長を期待できない欠点がある。また、熱帯ではラインの方向が東西と南北では、全く光条件が異なってくる。東西方向のラインでは、太陽の軌道と一致するため、平均して太陽光が入射するが、南北ラインでは太陽高度の高い昼しか光が入らない。このため、ラインの方向によって植栽木の生長が違ってくる。

さらに、林の優勢木の樹高、立木密度によっても、伐開幅は異なってくる。こうした色々の条件を考慮し、植栽を行うことが大切である。南米ペルーのアマゾン地域にあるフンボルト試験地では伐開幅15mを採用して、良い結果を得ている。

#### b. パッチプランティング（小面積皆伐造林）

上記のラインプランティングの欠点を改良し、1ヶ所にまとめて苗木を植栽する方法である。この方法はラインプランティングの欠点を補うために、20年程前に、筆者によって提唱された方法である。この方法では、林の中のあちこちに小規模の伐開地をつくり、そこに集中的に苗木を植栽する。土壌条件やその他の植栽条件の良いところを選んで伐開することができるのが利点の一つである。均一な生長を期待するためには土壌条件は重要な要素である。

林の木の高さによって伐開面積を変え、周りの樹高と同じ程度を一辺とする面積を伐開することによってその特徴がある。樹高が50mの林では50m×50mの伐開区をつくり、植栽を行う。周囲に林があるため、伐開区の中に太陽光が直接入射する時間帯は朝の9時頃から午後の3時頃間までで、伐開区の特定の場所では3—4時間程度、直接太陽光が当たることになる。周辺の木が枝を張り出しても完全に閉鎖れることがないため、光条件はラインよりも良好になる。また、周辺の林を通った光は遠赤色光が多くなるため、節間生長を促進し、苗木の伸長が促進される。

伐開地はかなりの強光条件となるため、強光条件で育てた苗木を使う。林間苗畑の弱光条件で育てた苗木は地上部が極度に伸長し、根系の発達が悪い。しかも、葉は陰葉化しているため、葉が薄く、クチクラ層の発達が悪い。このような苗木はパッチプランティングの強光条件には適さず、活着率は低いものになる。

#### c. スタンププランティング

強光条件に適している植栽方法として、スタンププランティング（根株植栽）がある。この方法は熱帯における裸苗の植栽法として適している。比較的光条件の良いパッチプランティングにも適した方法である。強光条件で生育した苗木を掘り取ったあと、細根を切り除き、地上部を5—10cm程度残して、切り落とし、葉も全部取り除く。こうして根株状にしたものをプラスチックの袋に入れ、水分の蒸発を抑制する。袋のまま植栽地に運び、一本一本、袋から出して植え付ける。この方法を用いると、葉の蒸散を抑制できるため、植え付け後の乾燥がおこりにくい。また、根切りをおこなっているため、すぐに新しい根が再生し、土壌に密着するため、土壌と根が連続性を確立しやすい。活着率は極めて高く、樹種によっては90%以上になる。植栽後、1週間すると、腋芽から葉が展開する。初めは色々な場所から萌芽枝が伸長するため、箒状になることが心配されるが、

フタバガキ科の樹種では、一番上の腋芽から発達するシュートが主軸になり、問題はない。しかし、スタンプ苗の欠点は生長開始が遅れることである。葉の少ない植栽初期には生長が遅く、6ヶ月程はほとんど生長しない。しかし、葉面積が増加するにつれて生長が加速し、植栽15ヶ月後には顕著な生長が認められる(図-4)。スタンププランティング法では、新しく展開する葉の光合成が重要であり、十分に光を当てることが大切である。樹下植栽のような日陰の多い植栽地では、生長が遅くなり、適さない。

スタンププランティングの利点は活着率が高いだけでなく、ポット苗よりも軽く、運搬に便利であり、一度に大量の苗木を運ぶことができることである。さらに、細根を除去し、根も少なくしているので、植え付けも容易で、能率的である。また、苗畑に放置された、植え残しの大苗を利用することができる。むしろ、大苗の方がスタンププランティングに適している。スタンプ苗にしたものをビニールの袋に入れ、水分の消失を防ぐと、20°C-25°Cの室内で、スタンプは数カ月貯蔵可能である。貯蔵する際には、苗木の泥を水で洗い落としたり、過剰に水分を与えないことが長期間貯蔵できる条件となる。

#### (5) その他、天然更新に関連する問題点

##### a. 山びき苗に関する注意

種子の豊凶が不定期であるため、常に苗木生産用の種子を入手することは難しい。このため、林内に生育する稚樹を掘り取り、ポットに植え替え、活着した後、植栽用の苗木として用いる。このような苗を山びき苗と言う。しかし、注意しなければならないのは、山びき苗の品質である。一般に、山びき苗は林内の弱光条件に生育しているため、苗の形態、生理的な特性いずれも、弱光条件に適応したものになっている。葉は陰葉化しているため薄く、節間が長く、根が少ない。非常に暗い場所に生育している苗木の場合には、葉の展開数も少なく、第一節間が異常に徒長しているが、それより上部の節間生長が停止していることがある。苗木の節間の状態を調べると、苗木がどのような光条件に生育していたかが判る。こうした苗木には樹体内の貯蔵養分が少なく、移植などには適さない。

優良な山びき苗を採取するために、注意すべき点をあげておく。まず、なるべく明るい場所にある苗木を採取すること、次に、葉の枚数が多いこと、各節間の長さが均一で、あまり徒長していないこと、根系が発達していること、幹が太い

こと、葉が厚く、陽葉になっていることなどである。しかし、このような良い苗木が無い場合には、山びき苗を採取し、ポットに植えた後、陽光の当たる苗畑に数カ月おき、陽葉を十分に発達させ、根系の生長をはかる必要がある。この間に樹体内に貯蔵養分を蓄積させることができる。この養生の期間に、一部の苗木は枯死するが、残った苗木が強くなるので、陽光に当てることは重要な処置である。

#### b. 天然更新における土壌条件の重要性

熱帯の森林には色々な土壌が出現し、土壌の特性によって生長が規制されることが多い。特に、天然更新補助作業を行うに当たっては、その場所の土壌を十分に調査検討することが大切である。湿地に現れるグライ土壌が熱帯ではかなり多く、平らな所では注意が必要である。グライ土壌では、生長出来ない樹種も多い。また、最近の調査では、パイライト起源の硫酸酸性土壌がかなりの頻度で出現し、海岸周辺ばかりでなく、山地にも多いことが認められている。この土壌は酸化すると、急速に酸性化し、pH 3以下の強酸性になる。そのほか、ポドゾル、ラテライトなど樹木の生長に適していない土壌が多い。また、特殊な樹種しか生育しない土壌として、超塩基性の蛇紋岩や石灰岩由来の土壌があり、こうした場所では、適応可能な樹種の更新を考えていかなければならない。

#### 参考文献

- 畑野健一、佐々木恵彦編著 樹木の生長と環境 養賢堂 1987
- 佐々木恵彦 熱帯農研集報43 熱帯農業プロジェクト研究成果特集号 熱帯地域における育林技術に関する研究 —熱帯林における更新技術の開発— 農林水産省 熱帯農業研究センター 1982



登録番号 4506  
 参照番号

ODC分類	4	森林の被害と保護
	5	動物の害
質問内容	白蟻の被害対策	
プロジェクト	キリマンジャロ村落林業計画	
地域 : 国名	東部アフリカ : タンザニア	
キーワード	白蟻 苗床 生物学的防除 薬剤散布	
参考文献		
質問者	佐藤朗	回答者 鈴木健太郎

登録番号 2339  
 参照番号 4506

ODC分類	2	造林
	3	林分の更新と造成
質問内容	白蟻の被害対策	
プロジェクト	キリマンジャロ村落林業計画	
地域 : 国名	東部アフリカ : タンザニア	
キーワード	白蟻 苗床 生物学的防除 薬剤散布	
参考文献		
質問者	佐藤朗	回答者 鈴木健太郎

個別技術情報支援のための質問書

平成5年 7月 1日

プロジェクト名 タンザニア国キリマンジャロ州森林計画フェーズII

リーダー名 佐藤 朗

質問技術テーマ：シロアリの被害対策

1. 当プロジェクトサイトでは、あちこちにシロアリ塚が散在し、建設段階からシロアリの被害が懸念されていましたが、造林木はもちろん、育苗段階においてもポットを苗床に並べただけの段階で早くもビニールポットを食い破られる被害が多数発生する状況です。これは、育苗計画に致命的な影響を及ぼすばかりでなく、当プロジェクトの造林地、ひいてはムゴンガサイトと同様な環境にある普及対象地域においても多大な被害が予想され、シロアリの被害対策は、当プロジェクトにおいて最大の問題点の一つになっています。

2. プロジェクト側の解決策としては

恒久的な対策として、当ムゴンガナーサリーに於ては、苗床表面をモルタルセメントでカバーし、側面にはプロジェクト内で発生した廃油（エンジンオイル等）を定期的に塗布するようにしています。

これはシロアリの苗床表面下地中からの侵入を防ぎ、苗床側面からの侵入の発見を容易にしています。この方法は大きな予算が必要ですが後年タンザニア側の乏しい予算でナーサリーを運営していかなばならなくなった時に経費節減になるのではと思われ、現在312床中52床完了しており残りも予算が手当てでき次第順次おこなっていく予定になっています。

臨時対策として残り260床に対しては、市販の MIRAL 10G (10% isazofos) 微顆粒剤を苗床表面及びその周辺に散布しています。これは1袋5kgで7,500シル、35床散布でき約2ヶ月位有効のようです。

(MIRAL 10G の成分は isazofos=0,0-diethyl-0-[1-isopropyl-5-chloro-1,2,4-triazolyl-3]phosphorothioate)

その他として現地農民レベルでの農薬使用はその危険性と支出負担に鑑みても難しいと思われるので、それに代わるものとして、容易に手に入る炭の粉や灰を苗床表面や周囲にまいてころみたいと思っておりますがこの有効性の有無、さらに当プロジェクトでは製炭時の副産物としての木酢に注目し、これのシロアリ忌避剤としての有効性の有無の情報も得たいところです。

尚、農民が容易に入手できるものとして粉炭、灰を例にあげましたが、その他にもシロアリ忌避剤として有効とされているものがありましたらその情報、また、参考文献、資料等を御紹介いただければ幸いです。

希望資料名

指導希望委員名

カンザニア国キリマンジャロ村落林業計画フェーズII

個別技術情報支援のための質問書に対する回答

農林水産省森林総合研究所 木材化工部防腐研究室長

鈴木憲太郎

1. プロジェクト側の解決策についてのコメント

(1) 臨床表面をモルタルセメントでカバーする方法について

モルタルセメントは径年によって表面に干割れなどを起こすことが予想される。使われる砂に海砂が混入するとその傾向は早まる。アルカリ骨材反応と呼ばれる中性化現象も海風によって促進される。投入したコストの割に効果が減少する時期が比較的早いと考えられる。

実験したことはないが、文献によると、現地で花崗岩など比較的運搬しやすいが硬い石を探して、シロアリがもぐり込みそうな深さまで埋め込み、物理的障壁として、苗床周囲に置くことの方が現実的と思われる。この場合、石と石の間の隙間をモルタルコンクリートで埋めることが考えられる。

(2) 薬剤について

Isazofosは有機リン化合物の殺虫剤で殺線虫剤としての方が知られています。皮膚や目に刺激性がある化合物です。シロアリ対策のためであれば、他の殺虫力もあり残効性の高いものを用いなければならないと考えられます。なお、ご指摘の通り、薬剤の使用は身体の防御措置を完璧にした上、使用後の残薬剤の措置も完璧にしなければなりません。

(3) 炭、灰、木酢液の効果

炭は住宅などの湿気の除去のために非常に有効ですが、屋外の土壌中の効果については、植物の生育のために必要な空気の確保には有効ですが、シロアリの殺す力は有りません。前述の物理的障壁の石の代わりに用いることは考えられますが、隙間の埋め方が重要です。結局モルタルで埋めることになりませんが、粉炭はモルタルの増量材にはなると思います。

灰は効果有るとは考えられません。

木酢液は、データがないので効果無しとは言えませんが、樹種によっても日によっても、毎回成分が変わるので、施用量を少し多めにする必要があります。薬効の持続性も問題になると思います。繰り返し使用しなければならないと思います。その場合、土中に植物に有害な成分が蓄積するおそれもあります。モルタルなどに塗る用途で効力持続性から言えば、同じ炭の副産物である木タールを塗る方がよいと思います。

(4) ご参考までに、最近の非薬剤シロアリ防除についての文献を同封します。

# 薬剤を使わないシロアリ防除法の可能性は

鈴木 憲太郎

## <文献の紹介>

### 薬剤を使わないシロアリ防除法の可能性は

鈴木憲太郎

#### 要旨

薬剤を使わない地下シロアリ防除法のまとめとそのオーストラリアにおける実例について紹介した。ハワイにおける薬剤を使わない最近の実例はあちこちでシロアリ防除効果を評価するものとなった。オーストラリアでは室内および野外試験によりハワイのイエシロアリと同属のオーストラリアのシロアリに対しその効果を確認した。薬剤を使わないシロアリ防除法の室内および野外試験の規格化とその市販の可能性について示唆した。

#### 1. 緒言

建物の地下シロアリに対する防除法の規格や仕様は数年にわたって勧告され、オーストラリア規格協会では次の規格を制定した。

(1) オーストラリア規格 (AS) 1694—1974 : 建物の地下シロアリに対する防除法としての物理的障壁の仕様

(2) AS 2057—1986 : 建物の構造下部の地下シロアリに対する土壌処理の仕様

(3) AS 2178—1986 : 既存建物の地下シロアリ被害の駆除処理の仕様

現行規格 (AS 2057—1986, AS 2178—1986) で推薦する薬剤は3酸化ヒ素と、有機塩素系のアルドリル、ディルドリン、クロルデンとヘプタクロルで、アメリカ合衆国環境保護庁 (EPAUSA) が「発癌性の疑いあり」と区分したものである (Anon 1987)。最近 EPAUSA は地下シロアリ防除のための土壌処理に用いるクロルデンを除いて有機塩素系薬剤の使用を禁止した。在庫クロルデンのみの使用が許された。EPAUSA によって勧告された代替薬剤は有機リン系 (クロルピリフォス (Dursban) とイソフェンフォス (Pryfon)) と合成ピレスロイド系 (サイパーメスリン

(Demon)、パーメスリン (Dragnet)、パーメスリン (Torpedo) とフェンバルレート (Tribute)) でこれらは合衆国害虫防除業界で最近選択された防蟻剤である (Mix 1988)。

しかし、効力、毒性、水溶解性、臭気、価格の点でこれらの代替防蟻剤の野外での評価は十分されているとはいえない。過去の有機塩素系のように特に野外の土壌には長期間の効果が期待できない最近の「代替薬剤」は合衆国害虫防除業界により被害の回避のため再処理を行わなければならない旨の注意書きがされた。すなわちコンクリートスラブや他の構造体の下に穿孔管を取付けるような「ピーコックシステム」といった技術や使用する防蟻薬剤は建物の寿命まで数年毎に使うということを前提にして「代替薬剤」はシロアリ防除用に使われるとの。実際、この薬剤は慢性効果や環境中特に地下水源中の薬剤汚染の観点から人間や人間以外の生物の健康と安全について遠い将来を見通して信頼しうる代替物となりうるであろう。

1957年に Ebeling and Pence は砂や火山灰の粒子サイズと処理層を通しての地下シロアリの貫通との関係について報告した。この報告は同時に科学的興味だけが処理層の観念が示されていた。有機塩素を用いた土壌処理層は地下シロアリに対し「好ましい処理層」になっている。さらに当時は経済成長期で有機塩素のような化石燃料油とその副産物の使用の増加が期待されていた。単純な物理的障壁は1950年代後半の時期では社会的に認知されていなかった。

しかし社会は有機塩素の30年におよぶ長期利用の「副作用」を明らかにし、時代はシロアリ防除のためのもっと環境にやさしいシステムを「成熟」させた。最近ハワイの Tamashiro らは防除剤に代わる安全、低コスト、高残効性、非薬剤の地下

シロアリ止めはどんなものであるかを述べた (Tamashiro et al, 1987)。

シロアリ止めの発見は地下シロアリであるイエシロアリがある種の物質を貫通しにくいということが示された実験室と野外における試験によっている。研究からはシロアリの歩行、穿孔、かじりを止める効果を有する物質は、それによって作られた塊の大きさ、重さ、硬さ、平滑さによって機能していることがわかった。Tamashiro らが試験した多くの物質のうちの1つは玄武岩の砂であった。

野外試験では1.7~2.4mmの玄武岩の砂の塊で作った物質はシロアリを完全に止めた。Tamashiro et al (1987) はシロアリがシロアリ止めを全く貫通しないことを明らかにした。個々の塊は包装可能な小ささであるが、運搬するには大きく重過ぎるので、その物質を通しての貫通はなかった。研究室では3年後、野外では2.5年後において、この物質を貫通したシロアリはいなかった (M. Tamashiro, 私的照会)。

ハワイ大学はオアフ島の Ameron HC & D と協力し会社のオーク採石場で作り出した玄武岩シロアリ止めの特許を得た。

この年の6月には Bill Number 71 CDI 「シロアリ防除のための玄武岩砂の使用に関して」という告示がホノルル市審議会で発表され、住宅構造部材を代表するハワイ建築工業会 (BIA) によって支持された。最近の Tamashiro 氏からの情報によると、この玄武岩シロアリ止めは現在ハワイ建築仕様「代替シロアリ止め」として制定されたそうである。

Tamashiro と Ameron HC & D によって作成された仕様によると玄武岩シロアリ止めは新しい建物の下部と周囲に100mm (4インチ) の厚さの層を構造中に地下シロアリが侵入しそうな方向全部に設置される。シロアリ止めはスラブ下、もしものためのスラブの周り、中空タイルの中、柱周り、土台の下と周りなどに用いられる。またみぞ切りした構造部材の周りにも用いられる。建物の周りや適当と思われる個所に適量の防蟻剤を使用することがただし書きにある。一方合衆国本土では Ebeling and Forbes (1988) が地下シロアリ

の防除に砂のシロアリ止めを用いる特許防除法を実用化した。この研究者たちはヤマトシロアリの仲間 *Reticulitermes hesperus* Banks の職蟻が1.6~2.5mmの径の粒子が存在する砂の層を乾いていても湿っていても貫通できないことを示した。このシロアリはイエシロアリ (およびオーストラリアのイエシロアリの仲間) の大きさに近い。これは Tamashiro et al (1987年) によって提案されたのと同様の理由で貫通しない。

## 2. オーストラリアにおける非薬剤シロアリ止めの研究

オーストラリア規格 AS 1694—1974は地下シロアリの建築物に対する物理的障壁の利用について記述したもっとも最近の刊行物であった。障壁は「シロアリ蓋」(独立の木ずりや柱の先端をおおうような金属板で作られている)と「シロアリ食害保護」(壁とその木ずりのふちをおおうように作られた鋭利な板状の金属板)とから成り立っていた。1974年以来、物理的障壁についての情報は不十分である。シロアリ蓋は良く使われるが保護されるものを表面に出せない。そしてシロアリはシロアリ蓋の回りに蟻道をつくれるし建物の中の木材を攻撃できる。このような物理的障壁は建物の中や周囲のシロアリの活動の存在を検出するための通常の診断と相まって主要な価値がある。

イエシロアリの仲間 *Coptotermes acinaciformis* (Froggatt) と *Coptotermes lacteus* (Froggatt) を別々に用いて行った初期の実験室と野外での実験は、最近の北米の研究で用いた非薬剤シロアリ障壁 (J. R. J. French, 未発表) と同様の形状範囲の玄武岩か花崗岩はこれらのシロアリが侵入することができないことを示していた。室内試験は Tamashiro et al (1987) を変化させて14日間実施した。しかし野外試験では、Gippsland 中央にある Boola Boola 州有林において、シロアリ *C. lacteus* の活力の高い巣のコロニーに広い範囲の形状の基質を挿入した。数ヶ月経っても、このシロアリの職蟻も兵蟻も1.6~2.4mmの範囲の基質には侵入しなかった。

CSIRO と採石会社による非薬剤シロアリ障壁の商品化の遂行のために、研究の詳細が、交渉と

契約が終了した時に、公刊されるであろう。

### 3. 非薬剤シロアリ障壁の標準化についての提案

非薬剤シロアリ障壁として適当であると基質が評価される際に次の提案がされた。破碎基質から誘導された基質に力点がある。

#### A. 室内試験

試験法：穿孔性の生物検定

##### (a) 微粒でない固体基質

固体基質から「微粒」（例えば径1.6mm未満の基質）を取り除く。粒径1.0～5.0mmの固体粒子を用いる。その地域で経済的に最も重要な地中シロアリ種を約1.5グラム含む実験容器を準備する。シロアリ（職蟻、兵蟻およびもし使えるなら他の階級も）の活力を上部や水平や鉛直に基質の150mm以内に穿孔することで評価する。3週間の試験期間で少くも2回繰返しを行う。できれば異なる季節で。基質を5通りの大きさにし、基質の深さを5通りとする。

##### (b) 固体物質と微粒子を混ぜあわす

上記と同様にしかし深さは1条件すなわち150mmとする。混合比を変え個体と微粒子とを混ぜ合わす。混合割合は10～80%とする。

##### (c) 変性基質

上記の実験と同様に、しかし非薬剤シロアリ障壁の効果が観察しうる基質であれば何でも良い。

#### B. 野外試験

##### (a) 地上部の巣や樹木の中のシロアリのコロニー

室内試験で得た穿孔データは地上部の巣および、または、樹木のシロアリの活性コロニーに差し込む試験体を構成するような基質の大きさと深さを選択するための指針を与える。試験には基質の大きさ毎に繰返しを10回とする。

##### (b) 地上に巣をもたないシロアリのコロニー

用材に住んだり食ったりしている地下シロアリの種類を避けるために考案された試験体が必要になる。従って、丸太柱や電柱、コンクリートスラブ上の材、中空のレンガの上の材、穴倉形の構造物に類したものや、プラスチックでコーティングした電線や給排水施設を防御するために大きさや深さの異なる基質を使用する。

##### (c) 試験期間

最初に試験開始後3週と以後3週毎に12週間とする。これらの試験方法と平行して、シロアリが慢延するまでの間か指示された期間経過後かその両方の条件を満たすかで故意に「かくらんさせた」ような他の試験方法と比較することが必要だろう。

#### 4. 土壌障壁として薬剤と非薬剤の比較

理想的には同時に薬剤と非薬剤の双方のシロアリ障壁を比較することが極めて実りの多いことであるだろう。しかし、いかなる非薬剤シロアリ障壁の第1次評価においても基質は薬剤が存在しない状態でおくべきだと提言したい。別なやり方で指示される過酷な野外試験をせずに薬剤(例えば、防蟻剤や撈水剤など)を使用することは提唱できない。

#### 5. 市場動向

非薬剤シロアリ障壁の市場動向を思案すればするほど、このシステムを使うことを認めるようになる。オーストラリアでは州仕様の多くで建築物の基礎部の地下シロアリ防除のため薬剤による土壌処理(例えば、AS—2057—1986)が要求されている。新しいころばし根太構造の基礎部の土壌のシロアリ障壁は代替材でなく薬剤とするのが地方社会の傾向であるのに対し、主要都市では持続効果のあるクロルデンの危険性についての大衆の意識は地方議会において強制的にもっと緩和させられ、シロアリ防除に関しては施主に対する義務を負わされた。しかし、毎年ビクトリア州では着工住宅の半数が非薬剤シロアリ障壁によって防除できると推定している人がいる。1988年においてビクトリア州でのシロアリ予防処理の需要は19000棟台であった。オーストラリアでは統計局が1987年3月末までの9ヶ月間で約92,000棟が新築されたと発表している。以上から60～64パーセントが転ばし根太様式でそのほとんどがシロアリ薬剤処理すると見積られる。国内でシロアリの分布は都市部と地方で高まっている。特にニューサウスウェールズ州、クィーンズランド州、北部諸州、西オーストラリア州と南オーストラリア州で。オーストラリアで1978～88年に公表総新築住宅数



は151,168棟(117,691戸)であった(H. Greaves 未発表データ)

## 6. 結論

防蟻剤として有機塩素を用いている北米によって刺激され、オーストラリアでも最近木材および木材製品を地下シロアリから防除するための非薬剤からのアプローチは探究するのが適当のように思える。非薬剤シロアリ障壁の主要な市場の1つは全国の勤労者や労働組合員や施主などでこのシロアリ障壁を受入れる人達である。ヴィクトリア州ではオーストラリア電信電話公社がこのシロアリ障壁を許容するのに熱心である。一方ハワイではこのシロアリ障壁がプラスチック給排水管および系の防御に水の専門家の援助を得ている。

世界中のシロアリの種類の生態的な地域差があるけれども、非薬剤シロアリ障壁のような特定の基質についてそれらの行動は属内で世界共通であると思われる。そんなわけで、私はシロアリ障壁の可能性のある基質を評価する1つの方法をうのみにして支持するわけではないので、類似のシロアリ種を取扱う時に評価する何らかの方法を規格化するための1つのやり方と考える。さらに、各国で経済効果から地下シロアリ防除のための薬剤および非薬剤障壁の協同野外試験を進めることが肝要であろう。

将来のシロアリ防除においてこのようなシロア

リ障壁が位置を占めるであろうということを想定して、世界的規模での使用地域を検証することが重要である。またこのシステムの標準化と認証について世界的に協力しあうことによってお互いに利益をうけるだろう。

## 7. 文献

- Anon.(1987). Chlordane, heptachlor, aldrin and dieldrin Technical support document. July 1987. US Environ. Prot. Agency, Wash., D. C.
- Ebeling, W. and Pence, R. J.(1957). Relation of particle size to the penetration of subterranean termites through barriers of sand or cinders. J. Econ. Ent. 50(5) : 690-692.
- Ebeling, W. and Forbes, C. F.(1988). Sand barriers for subterranean termite control. IPM Practitioner. 10(5) : 1-6.
- Mix, J.(1988). Leading today's termiticide parade Pest Control. March. pp. 40-41.
- Tamashiro, M., Yates, J. R, Ebesu, R. H. and Yamamoto, R. T.(1987). The Formosan termite : Hawaii's most damaging insect. Hawaii Architect. 16(12) : 12-14, 40.
- (J. R. J. French, The case for non-chemical termite barriers in termite control ?, IRG Document No : IRG/WP/1381(1989))
- (農林水産省森林総合研究所主任研究官)

シロアリのバイオロジカルコントロールに  
ついての室内試験

鈴木 憲太郎

## シロアリのバイオロジカルコントロールについての室内試験\*

鈴木 憲太郎

### 1. はじめに

1962年にレイチエル・カーソン女史が発表したサイレントスプリング（沈黙の春）は、いままで万能とされていた農薬に対して、女性特有のヒステリックなまでの執拗な表現で、環境汚染への警鐘を鳴らしたことで有名である。これが現代の農薬の安全性に対する技術向上のきっかけとして機能したことは確かである。また同時にこの頃から、農薬を使わない防除法が無いものかとの模索が始まった。その第1の考え方がバイオロジカルコントロール（生物学的防除）で、いくつかの方法が考えられた。

第1がホルモンを利用するもので、例えば昆虫の変態を阻害するものとして、幼若ホルモンがあり、1964年にハーバード大学のキャロル・M・ウイリアムズによって、菩提樹の実を食べる無害な昆虫であるリンデン・バグがバルサム・モミの木から作られた紙タオルと接触すると変態を完了できなくなることから見いだされた。シロアリについては、日本でも京都大学木材研究所（現：木質科学研究所）の角田邦夫らの研究<sup>1)</sup>がある。

第2は不妊雄を利用するもので、 $\gamma$ 線等の放射線や薬剤で不妊化した雄を大量に撒いて、その昆虫の繁殖を抑える方法である。日本では果樹の害虫であるウリミバエの撲滅に沖縄で使われ、成功している。

第3は欠陥遺伝子を利用するもので、遺伝子の中に致命的な欠陥を持つ昆虫を放してその欠陥を同種の他の虫に蔓延させる方法である。日本では成功例を聞かない。

第4はフェロモンの利用で、性フェロモンや集合フェロモンを使って罾や誘餌へおびきよせる方法である。各種害虫のフェロモントラップやゴキ

ブリ捕集器等で実用化されている。シロアリでの適用例はまだ無い。

第5は天敵の利用で、捕食生物や寄生生物をばらまく方法である。シロアリの実用例は無い。

第6は病原性の菌の利用で、病原細菌や病原微生物がある。シロアリに関しては、中国広東省昆虫研究所の李<sup>2)</sup>が *Beauveria bassiana* と *Aspergillus flavus* の2種の菌について、アメリカ合衆国ハワイ大学のレイ<sup>3)</sup>が *Beauveria bassiana*, *Beauveria* 属の菌と *Metarhizium anisopliae* の3種の菌の6種の菌株についてシロアリに対する病原性があることを報告している。

第7は病原性の線虫を利用するもので、アメリカ合衆国ハワイ大学のタマシロらによると、ハチミツガを用いて増殖した線虫 DD-136 がイエシロアリの全ての形態の全ての令を約7日間で致死させた。しかし日本での適用例はまだ無い。

今回の試験は上記のうち第6の病原微生物を利用したものである。

シロアリに対する病原性の菌については日本ではこれまで報告が見られなかった。また、病原性の菌を撒くとすれば、少なくとも国内に存在する菌を利用することが必要となるため、シロアリについて文献に記載されている菌を中心に、国内で他の昆虫に病原性のあることが調べられている菌株（昆虫寄生菌）について試験した。

### 2. 実験方法

#### 2.1. 接触試験

まず（表1）に示すように、担子菌を含め、昆虫寄生菌や各種のカビ類を供試菌として、それぞれの菌株とシロアリの生存期間との関係を調べた。

表1 接触試験の供試菌

- (1) 昆虫寄生菌 (Pathogenic fungi)
- ◎ *Metarhizium anisopliae* FFPRI F200  
寄主: ドウガネブイブイ (*Anomala cuprea*)
  - ◎ *Beauveria bassiana* FFPRI F263  
寄主: マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*)
  - ◎ *Paecilomyces fumosoroseus* FFPRI F647  
寄主: ヒノキアワモリガ (*Epinotia granitalis*)
- (2) 担子菌 (Basidiomycetes)
- ◎ オオウズラタケ (*Tyromyces palustris*) FFPRI 0507
  - ◎ カワラタケ (*Coriolus versicolor*) FFPRI 1030
  - ◎ ヒイロタケ (*Pycnoporus coccineus*) FFPRI Pslh
  - ◎ マツノネクチタケ (*Fomes pini*)
  - ◎ シロオオハラタケ (*Agaricus arvensis*) FFPRI 380
  - ◎ コフキタケ (*Ganoderma applanata*)
- (3) 好低温菌 (担子菌) (Dry rot fungus)
- ◎ ナミダタケ (*Serpula lacrymans*) FFPRI 0739 (20℃)
- (4) その他のカビ類 (Other mold fungi)
- ◎ *Aspergillus niger* ATCC 6275
  - ◎ *Aspergillus niger* ATCC 9642
  - ◎ *Aspergillus terreus* PQMD 82 j
  - ◎ *Aspergillus fumigatus* IAM. 2612
  - ◎ *Penicillium citrinum* ATCC 9649
  - ◎ *Penicillium funiculosum* ATCC 9644
  - ◎ *Rhizopus stolonifer* S. N. 32
  - ◎ *Cladosporium cladosporioides* IAM. F517
  - ◎ *Aureobasidium pullulans* IAM. F24
  - ◎ *Gliocladium virens* ATCC 9645
  - ◎ *Chaetomium globosum* ATCC 6205
  - ◎ *Fusarium proliferatum* USDA 1004. 1
  - ◎ *Myrothecium verrucaria* USDA 1334. 2
  - ◎ *Graphium moniliforme*

直径 9 cm のシャーレに 20 ml の寒天培地を入れた。培地組成は昆虫寄生菌と担子菌類については麦芽煎汁培地にペプトン 1% 加用したものとし、その他のカビ類については PDA 培地とした。コントロールとして栄養源を添加せず滅菌した寒天のみを用いた。直径 7 cm の濾紙 (アドバンテク

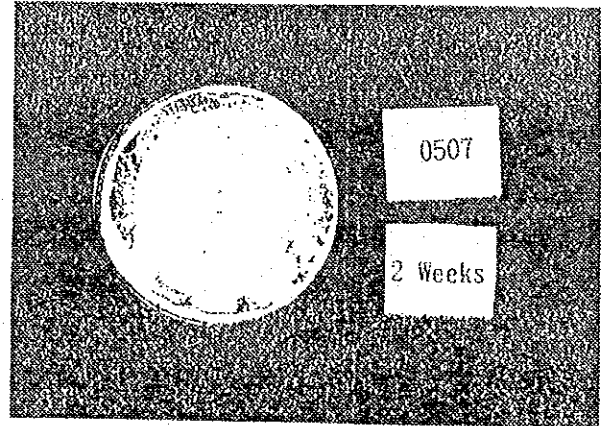


写真2 接触試験 2 週間 (オオウズラタケ)

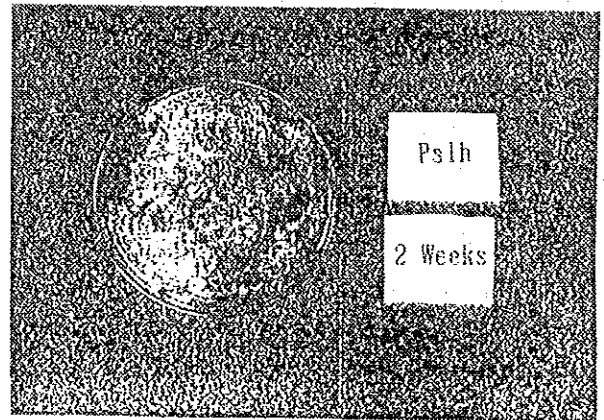


写真3 接触試験 2 週間 (ヒイロタケ)

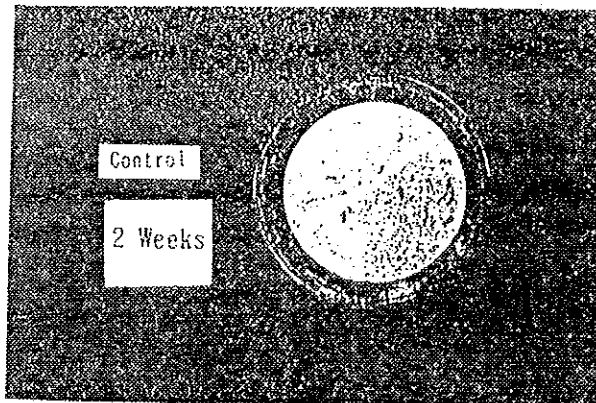


写真1 接触試験 2 週間 (コントロール)

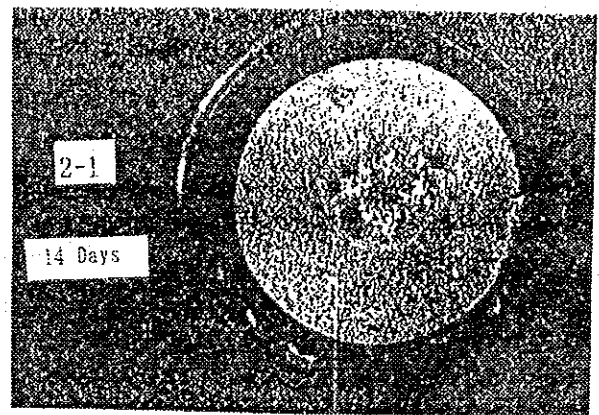


写真4 接触試験 2 週間  
(*Penicillium citrinum* ATCC 9649)

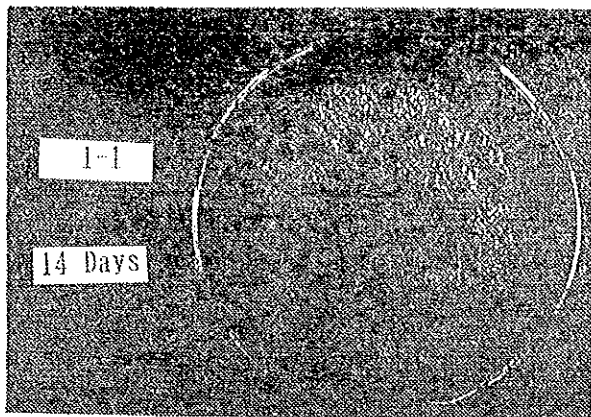


写真5 接触試験2週間  
(*Aspergillus niger* ATCC 6275)

No.1) を培地上に載せ、コントロールを除き、供試菌をあらかじめ十分に繁殖させた後、濾紙上にイエシロアリまたはヤマトシロアリの職蟻10頭、兵蟻3頭を放虫した。シロアリの生死を1日

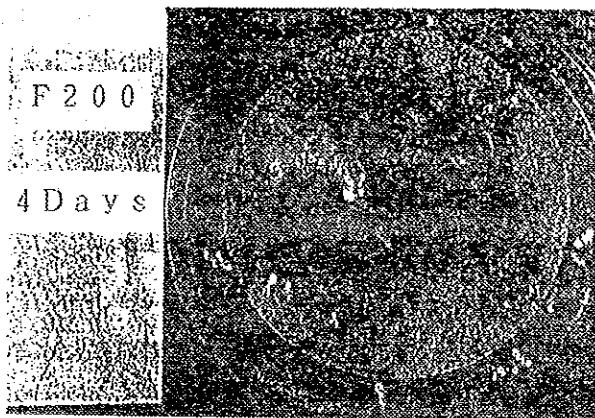


写真6 感染性試験(4日)  
(*Metarhizium anisopliae* FFPRI F200)  
(菌そうにおおわれたシロアリが確認できる)

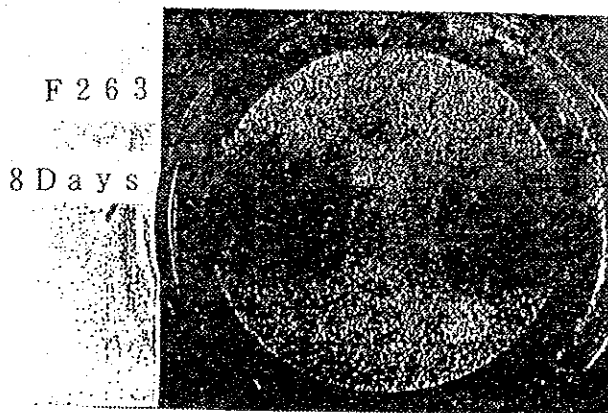


写真7 感染性試験(8日)  
(*Beauveria bassiana* FFPRI F263)

に1回調べた。

同じ操作を6回繰り返し、各々の半数致死日数(LT<sub>50</sub>)、全数致死日数(LT<sub>100</sub>)を求め、その平均を日単位で小数点以下4捨5入した。

雑菌の混入を避けるため。

## 2.2. 感染性試験

接触試験で効力があったものを中心にカビ類と昆虫寄生菌から数種を供試菌とし(表2)、あらかじめ木材片に繁殖させた菌の感染力を調べた。

繊維方向2cm、半径方向2cm、長さ方向1cmの

表2 感染性試験の供試菌

- ◎ *Metarhizium anisopliae* FFPRI F200
- ◎ *Beauveria bassiana* FFPRI F263
- ◎ *Paecilomyces fumosoroseus* FFPRI F647
- ◎ *Aspergillus niger* ATCC 6275
- ◎ *Gliocladium virens* ATCC 9645
- ◎ *Myrothecium verrucaria* USDA 1334. 2

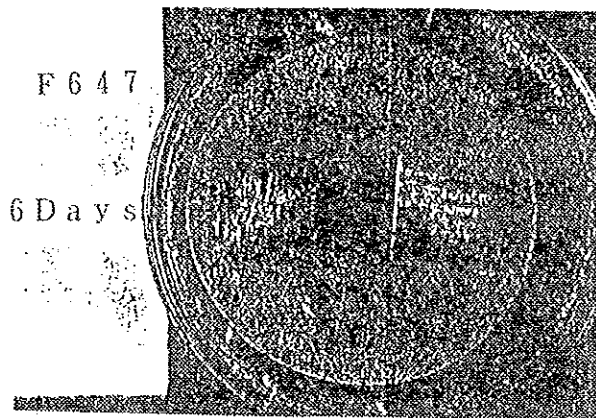


写真8 感染性試験(6日)  
(*Paecilomyces fumosoroseus* FFPRI F647)

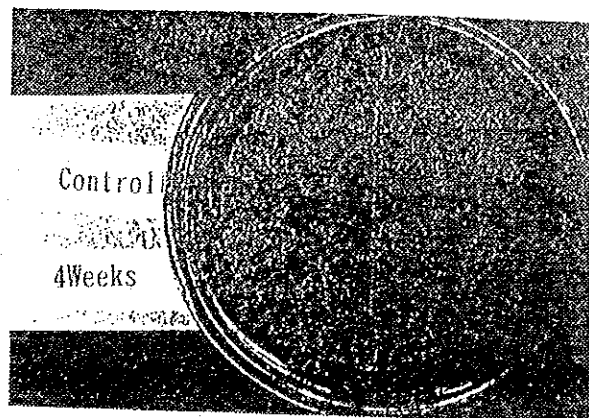


写真9 感染性試験4週間(コントロール)  
(材に穿孔しているのが見える)

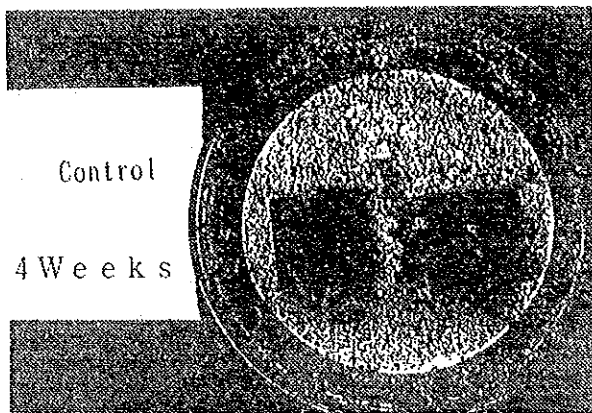


写真10 感染性試験4週間(コントロール)  
(写真9の裏面, 木材片を攻撃している)

木材片(広葉樹としてシラカンバ辺材または針葉樹としてアカマツ辺材)にあらかじめ供試菌を約4週間十分に繁殖させる。

接触試験のコントロールに用いた滅菌寒天に載せた濾紙の上に木材片を2個置く(供試菌を繁殖させたもの2個, 供試菌を繁殖させたもの1個とコントロールまたはコントロールのみ)。イエシロアリの職蟻20頭, 兵蟻3頭を放出した。1日に1回木材片の食害状況を調べるとともに, 接触試験と同様の方法でシロアリの生死を観察により調べた。

表3 接触試験における供試シロアリ職蟻の半数致死日数(LT<sub>50</sub>)と全数致死日数(LT<sub>100</sub>)

供試菌	シロアリの種類		イエシロアリ		ヤマトシロアリ	
	LT <sub>50</sub>	LT <sub>100</sub>	LT <sub>50</sub>	LT <sub>100</sub>	LT <sub>50</sub>	LT <sub>100</sub>
昆虫寄生菌						
◎ <i>Metarhizium anisopliae</i> FFPRI F200	6日	6日	4日	4日		
◎ <i>Beauveria bassiana</i> FFPRI F263	6日	6日	10日	11日		
◎ <i>Paecilomyces fumosoroseus</i> FFPRI F647	6日	10日	9日	10日		
担子菌						
◎オオウズラタケ <i>Tyromyces palustris</i> FFPRI 0507	17日	21日	14日	20日		
◎カワハタケ <i>Coriolus versicolor</i> FFPRI 1030	16日	17日	20日	20日		
◎ヒイロタケ <i>Pycnoporus coccineus</i> FFPRI Pslh	18日	19日	10日	12日		
◎マツノネクチタケ <i>Fomes pini</i>	15日	18日	20日	20日		
◎シロオオハラタケ <i>Agaricus arvensis</i> FFPRI 380	15日	28日	8日	10日		
◎コフキタケ <i>Ganoderma applanata</i>	14日	18日	11日	15日		
その他のカビ類						
◎ <i>Aspergillus niger</i> ATCC 6275	7日	10日	4日	8日		
◎ <i>Aspergillus niger</i> ATCC 9642	10日	19日	8日	13日		
◎ <i>Aspergillus terreus</i> PQMD 82j	23日	28日	4日	12日		
◎ <i>Aspergillus fumigatus</i> IAM. 2612	11日	16日	5日	12日		
◎ <i>Penicillium citrinum</i> ATCC 9649	27日	28日	11日	16日		
◎ <i>Penicillium funiculosum</i> ATCC 9644	22日	29日	63日	65日		
◎ <i>Rhizopus stolonifer</i> S. N. 32	23日	30日	12日	13日		
◎ <i>Cladosporium cladosporioides</i> IAM. F517	28日	31日	54日	54日		
◎ <i>Aureobacidium pullulans</i> IAM. F24	20日	27日	42日	43日		
◎ <i>Gliocladium virens</i> ATCC 9645	45日	57日	66日	13日		
◎ <i>Chaetomium globosum</i> ATCC 6205	23日	26日	11日	16日		
◎ <i>Fusarium proliferatum</i> USDA 1004. 1	22日	23日	49日	50日		
◎ <i>Myrothecium verrucaria</i> USDA 1334. 2	15日	17日	3日	4日		
◎ <i>Graphium moniliforme</i>	23日	26日	47日	48日		
コントロール (27℃)	28日	31日	46日	47日		
好低温菌(担子菌)						
◎ナミダタケ <i>Serpula lacrymans</i> FFPRI 0739 (20℃)	50日	57日	23日	29日		
コントロール (20℃)	73日	86日	124日	140日		

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1. 接触性試験

接触性試験による職蟻の生存期間を表3に示す。カビ類では *Aspergillus* 属の菌が、昆虫寄生菌では *Beauveria bassiana* と *Metarhizium anisopliae* の他に *Paecilomyces fumosoroseus* がそれぞれ殺蟻性を示していた。

青変菌はコントロールと同等か場合によってはコントロールより長期間生存していた。

20℃では27℃より長期間生存する傾向があった。

#### 3.2. 感染性試験

感染性試験による職蟻の結果を(表4, 表5)に示す。

表4 感染性試験におけるイエシロアリ職蟻の半数致死日数(LT<sub>50</sub>)と全数致死日数(LT<sub>100</sub>)  
(供試菌を感染させた木材片を2個置いた場合)

供 試 菌	樹 種	LT <sub>50</sub>	LT <sub>100</sub>	木材片の食害
昆虫寄生菌				
<i>Metarhizium anisopliae</i> FFPRI F200	シラカンバ辺材	6日	7日	なし
	アカマツ辺材	4日	4日	なし
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> FFPRI F647	シラカンバ辺材	7日	12日	なし
	アカマツ辺材	5日	7日	なし
<i>Beauveria bassiana</i> F263	アカマツ辺材	4日	8日	なし
その他のカビ類				
<i>Aspergillus niger</i> ATCC 6275	シラカンバ辺材	55日	60日	なし
	アカマツ辺材	16日	34日	あり
<i>Gliocladium virence</i> ATCC 9645	シラカンバ辺材	52日	60日以上	あり
	アカマツ辺材	45日	60日以上	あり
<i>Myrothecium verrucaria</i> USDA 1334. 2	シラカンバ辺材	46日	58日	なし
	アカマツ辺材	48日	60日	あり
コントロール	シラカンバ辺材	57日	60日以上	あり
	アカマツ辺材	45日	60日	あり
木材片なし		44日	57日	

表5 感染性試験におけるイエシロアリ職蟻の半数致死日数(LT<sub>50</sub>)と全数致死日数(LT<sub>100</sub>)  
(供試菌を感染させた木材片とコントロールを1個ずつ置いた場合)

供 試 菌	樹 種	LT <sub>50</sub>	LT <sub>100</sub>	木材片の食害
昆虫寄生菌				
<i>Metarhizium anisopliae</i> FFPRI F200	シラカンバ辺材	6日	8日	なし
	アカマツ辺材	4日	4日	なし
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> FFPRI F647	シラカンバ辺材	7日	16日	なし
	アカマツ辺材	7日	15日	なし
<i>Beauveria bassiana</i> F263	アカマツ辺材	4日	11日	なし
その他のカビ類				
<i>Aspergillus niger</i> ATCC 6275	シラカンバ辺材	56日	60日以上	なし
	アカマツ辺材	33日	60日以上	あり
<i>Gliocladium virence</i> ATCC 9645	シラカンバ辺材	30日	60日以上	あり
	アカマツ辺材	29日	60日以上	あり
<i>Myrothecium verrucaria</i> USDA 1334. 2	シラカンバ辺材	48日	60日	なし
	アカマツ辺材	48日	60日	あり
コントロール	シラカンバ辺材	57日	60日以上	あり
	アカマツ辺材	45日	60日	あり
木材片なし		44日	57日	

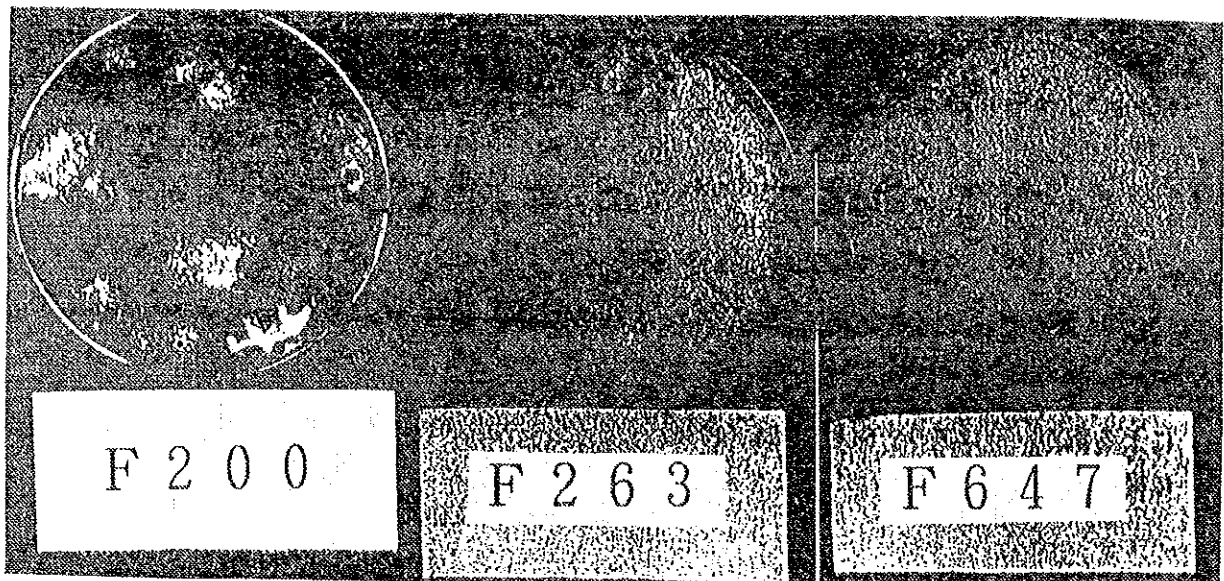


写真11 昆虫寄生菌3種 (左から *Metarhizium*, *Beauveria*, *Paecilomyces*)

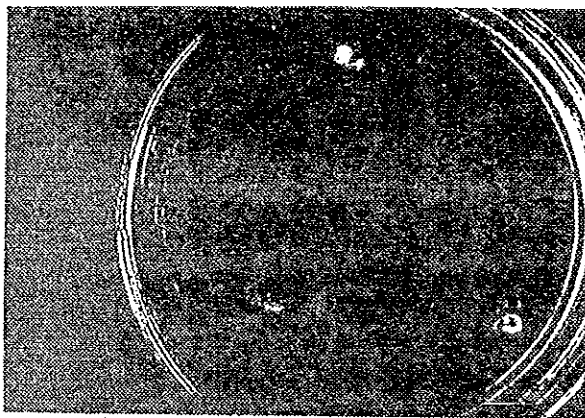


写真12 シロアリ個体から菌の分離  
(供試菌と同一の菌が分離される)

供試菌を感染させた木材片とコントロールを1個ずつ置いた場合は、コントロールに供試菌が感染する場合が多く、供試菌を感染させた木材片を2個置いた場合と大きな差がなかった。

昆虫寄生菌3種はともに感染力が認められ、死亡したシロアリ個体を菌叢で覆っていることが認められた。

菌叢で覆われている職蟻から感染菌を分離し、対峙培養で確認したところ、それぞれ供試した菌と同一の菌が見いだされた。

#### 4. ま と め

(1) 接触性試験による職蟻の生存期間について

(a) カビ類では *Aspergillus* 属の菌と供試した3種の昆虫寄生菌がそれぞれ殺蟻性を示していた。

(b) 青変菌はコントロールと同等か場合によってはコントロールより長期間生存していた。

(c) 20℃では27℃より長期間生存する傾向があった。

(2) 感染性試験による職蟻の結果について

(a) 供試菌を感染させた木材片とコントロールを1個ずつ置いた場合は、コントロールに供試菌が感染する場合が多く、供試菌を感染させた木材片を2個置いた場合と大きな差がなかった。

(b) 昆虫寄生菌3種はともに感染力が認められ、死亡したシロアリ個体を菌叢で覆っていることが認められた。

(c) 菌叢で覆われている職蟻から感染菌を分離し、対峙培養で確認したところ、それぞれ供試した菌と同一の菌が見いだされた。

#### 5. 謝 辞

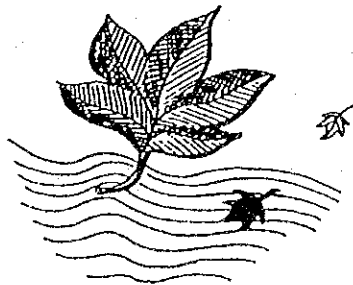
昆虫寄生菌の供試菌3種を提供していただいた森林総合研究所森林生物部昆虫病理研究室長島津光明氏に深く感謝致します。またバブアニューギニア森林研究所の M. Rokova 氏は実験観察の手伝いをしていただき感謝いたします。



### 引用文献

- 1) Tsunoda K., Doki G. and Nishimoto K. : Effect of Developmental Stages of Workers and Nymphs of *Reticulitermes speratus* (Kolbe) (Isoptera ; Rhinotermitidae) on Caste Differentiation Induced by JHA Treatment. *Material und Organismen*, Vol. 21 No. 1 47-62(1986)
  - 2) 李棟鄭ら：微生物防治家白蟻室内試験効果, *昆虫知識*, 4, 162-165 (1981) (尾崎精一氏による訳が「シロアリ」64号20-24 (1986)に掲載されている)
  - 3) P.Y. Lai et al. : Pathogenicity of Six Strains of Entomogenous Fungi to *Coptotermes formosanus*. *J. Invertebrate Pathology*, 39, 1-5 (1982)
  - 4) A.C. Jewett : Biological Control of the Formosan Sudterranean Termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. *Int. Res. Group on Wood Preservation Doc. No : IRG/WP/100*, 1-5 (1971)
- : 本報告は, 第22回 IRG (国際木材保存会議) 大会 (1991年5月, 京都, 日本) において発表した。

(農林水産省森林総合研究所防腐研究室長)



熱帯の森林害虫 (5)

野淵 輝

シロアリ目・アザミウマ目

シロアリ目 Isoptera (termites)

小型ないし中型。体は軟かく淡色。頭部は自由に動き、著しくキチン化する。口器は咀嚼型であるが兵蟻では痕跡的となる。大あごは大きき形状に変化がある。触角は球杖状で長短変化に富む。前胸は自由で頭部より小さい。脚は太短く、4~5節の跗節と2本の爪を有する。無翅、短翅、有翅虫がある。有翅虫の前翅は後翅と形状、翅脈が同じである。尾毛は短く簡單であるが、2~8節からなるものもある。

シロアリはゴキブリに近い下等昆虫であるが、高等昆虫のアリ、ミツバチのように社会生活を営み次のような階級がある。

職蟻はコロニー中で最も個体数の多い階級で巣の建造、修理、清掃、餌の採取、運搬、生殖階級・兵蟻・幼虫などの給餌や世話などの労務をたずさわっている。そのため直接木材、樹木、苗木などを食い直接被害をあたえる。職蟻には2種類あり、幼虫から非生殖階級の1つとして分化し副生殖虫や兵蟻などの階級に分化できぬ真の職蟻と、幼虫期の翅芽の発達する前段階で成長が止り、副生殖虫や兵蟻になる能力を持った擬職蟻がある。後者は下等なシロアリに見られる。

兵蟻は外敵からコロニーを守る役割をする。個体数は発達したコロニーでは2~3%を占める。頭部は種類によって特徴があり、同定の原徴として用いられる(図-1)。生殖虫は女王または王で胸部背面に2対の翅根を持ち生殖をつかさどる階級でコロニーの創設、繁殖、種族の維持を任務としている。

副生殖虫は副女王と副王で幼虫から有翅虫に发育する過程のものである。王や女王が傷ついたり死亡したりすると生殖腺が発達して生殖虫の代わりをする。有翅虫ニーフから発達したものは短翅型副生殖虫、無翅虫ニーフや擬職蟻から発達した翅芽を欠くものは無翅型副生殖虫と呼んでいる。

ニーフは完全変態の類に相当する時期で、後期には翅芽が発達する。有翅虫はニーフの翅が伸びて正常な変態を完了したもので、コロニーがある程度発達すると有翅虫の群集がおこなわれる。群集の時期と時刻は種類によって一定し、温度、湿度、光、風などの気象条件の好適な時に行われる。有翅虫の群集後翅を産し雌雄番になって巣巣したもののが女王と王である。シロアリの女王はアリの女王と違って1回の交尾で貯精することができる。女王と王と一緒に生活し、度々交尾する。

日本のシロアリは体が白色であるが、熱帯のシロアリは褐色ないし黒色の種類が多くアリと間違いない。しかし次の区別点で識別できる。

Nobuchi, Akira: Insect Enemies in the Tropical Forests (5) Isoptera & Thysanoptera  
農林水産省森林総合研究所森林生物部

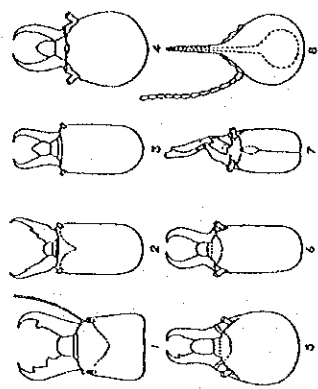


図-1 シロアリ兵蟻の頭部背面

1. *Archotermopsis wroughtoni*,
  2. *Neotermes militaris*, 3. *Heterotermes indicola*, 4. *Ooptotermes ceylonicus*, 5. *Cycloptotermes obesus*, 6. *Microcerotermes nandakai*, 7. *Capritermes obtusus*, 8. *Eutermeres* group.
- (C.F.C. BEESON 1961 より)

アリは卵→幼虫→蛹→成虫と完全変態し、幼虫は成虫と全く違ったウジ状態で、群集交尾後雄は死に焼ただけで宮巣し母性中心の社会生活を営んでいる。シロアリでは卵→幼虫→成虫と不完全変態をするため、幼虫は成虫と同じ体形で歩行できる。また群集後に翅を落して雌雄1対で宮巣し両性中心の社会生活を営んでいる。外部形態ではシロアリの触角は球杖状、胸部と腹部は同じ幅でくびれないが、アリの雌では第1節が長く、くの字形であり、腹部の基部は細まり強くくびれる。有翅虫の翅はシロアリでは前・後翅がほぼ同形同大で飛翔時に各翅を別個に動かすが、アリでは前翅は後翅より大きく両方を1枚の翅のように動かして飛び、シロアリの既知種は2,000余種で、熱帯起源であり、熱帯、亜熱帯に多く温帯まで分布する。越冬休眠を獲得していないので寒地や熱帯の高地にはほとんど分布していない。これらは土中、地表、樹木の幹の中、樹皮、根株、倒木、つる植物などに巣を作る。森林では地下に巣が多く、特に大木の根元に多い。巣の原始的なものは樹気のある朽木や丸太の中、乾燥木材中に作られる。地中に巣を作る *Rhinotermes* や *Coptotermes* 属などでは通路である蟻道を作り建築物の上層や樹上高くまで行動範囲を広げている。オーストラリアやアフリカのシロアリでは地上に蟻塔を作るものがある。これは地下の巣を造るために掘った土で作られ、外壁、通路と王台は土、木屑、唾液、排泄物で堅く固着されている。しかし多くの地中棲のシロアリは蟻塔を作らないか小さな隆起に終っている。樹上に作られた巣は細かく砕かれた木質で作られ、多くは地中の巣と蟻道で連絡されている。

すべての種類は植食性で寄主特異性がなく、多くのものは落葉、落枝、倒木、材木などを食い、これらを用い巣の中で菌を栽培して、森林生態系の分解者としての役割を果している。森林内でシロアリが地上に現われる時には、光や風を嫌うため蟻道を作り、この中を通路としている。そのためあまり目につかないが、個体数は土壌動物としてアリと共に最も優占し、その現存量はマレー半島で24~28 kg/ha という報告がある。このような多数の個体が森林の物質循環の分解者として働いているが、中には生立木の根や樹皮をかじったり、大径木の幹に巣を作り、内部を空洞にして材質を劣化させたり、風倒の原因となっている。

兵蟻による科への検索

1. 頭部は前方に頸線を有し、複眼は欠くかまたは微かに認められる ..... 2  
 頭部は頸線を欠き、複眼は白色またはまれに着色した微小眼により斑紋となる。  
 大あごはしばしば強大な歯をそなえる ..... レイビシロアリ科 Kalotermitidae
2. 前胸背は鞍形、前方に明瞭な葉片をそなえ、頭部は鼻状に伸び (図-1-8)、大あごに歯をそなえる ..... シロアリ科 Termitidae  
 前胸背は扁平、前方に分離葉片を欠き、頭部は鼻状に伸びず、大あごに歯をそなえない ..... ミゾガシラシロアリ科 Rhinotermitidae

レイビシロアリ科 Kalotermitidae  
 乾材や湿材中に生活する原始的なシロアリで、小型ないし比較的大型、頸線と頭楯の中央線を欠く。擬蟻蟻である。この科は約300種が知られている。日本にはサツマシロアリがいる。ニュージーランドにいる *Kalotermes browni* FROGGATT と *K. insularis* WALKER は建築物の害虫として有名であるが、生立木の心材にも巣を作る。また *Neotermes lectonae* DAMMERMAN はジャワのティーク植林地に90%以上の被害をあたえたという。

シロアリ科 Termitidae

地下に巣を作る。有翅虫の翅は網状で縁と腹面に毛を生ずる。テングシロアリの兵蟻は頭が口物状に延び敵を防ぐため液体をふりかけける。高等な白蟻で約1,400種が知られている。ツカシロアリとキノコを栽培するキノコシロアリの一部の種類は大きな塚を作る。 *Odonotermes parvidens* HOLMGREN et HOLMGREN はインド、パキスタン、ビルマ、ヒマラヤに分布し、塚を作ることがある。  
*Shorea robusta*, *Pinus roxburghii* などの樹皮をかじり枯死させたり、インドのティーク造林地で30%以上の枯損木を発生させたことがある。

ミゾガシラシロアリ科 Rhinotermitidae

一般に小型。巣は地下に作るが湿材中に作るものもある。有翅虫の翅は網目脈を持ち、縁毛を欠く。約160種が知られ、日本で最も被害の多いイエシロアリとヤマトシロアリがこの科に属する。 *Coptotermes acinaciformis* FROGGATT (図-2) はオーストラリアの重要害虫でフィジー、ニュージーランドに侵入定着した。家屋だけでなくサトウキビや生立木も加害し、 *Eucalyptus ptilularis* やラジアータ松の造林木の根や株を食い幹に穴をあける。蟻道は50mも伸び、西オーストラリアで林木の75%以上が被害を蒙ったという。 *Coptotermes curvignathus* (CSIRO 1970より)  
 HOLMGREN は東南アジアに広く分布し、ゴムノキ、アル

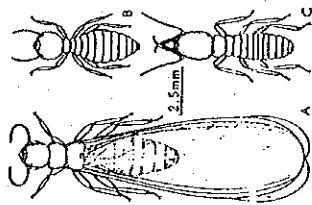


図-2 *Coptotermes acinaciformis* FROGGATT

A: 有翅虫  
 B: 兵蟻  
 C: 兵蟻  
 (CSIRO 1970より)

ビジア、メリーナ、ニューガリ、カリビアマツ、メルグシマツやインドネシアではティークなどの造林木を加害した記録がある。果は丸太、根株、根に作られ、樹皮や幹の心材を加害するため被害木は風害を受けやすい。この属には造林地の害虫が多い。シロアリ被害はマレー半島で手入れの悪いゴム林に被害が多く、一般に在来種より導入樹種の方が被害を受けやすく、また単純林の方が混交林より被害が大きくなるといわれている。

なお熱帯のシロアリについては、松本忠夫氏が本誌 (旧) 38, 40, 42, 48号 (1976~1977) のトロピカルサイエンスで解説しておられるので参照されたい。

アザミウマ目 Thysanoptera (thrips)

体は細長い紡錘形で0.5~10.0mmの小型。淡黄色から暗褐色ないし黒色。体表は硬く、微細な棘や突起があり、線状、網目状などの模様を有する。頭部は下方が後方に向い、口器は前脚基節近くに位置する。触角は一般に珠数状で短く、静止時には前方に伸ばし、4~9節からなる。口器は針状の口針になり、口維と呼ばれる円錐形の鞘によって保持される。これを植物体内に突き刺し、汁液を吸取する。翅は細長く、翅脈の多くは退化し、周縁に多数の長縁毛を芽状にそなえる。長翅、短翅、無翅型がある。脚の跗節は1~2節からなり、爪は腕状の節片に変化し、内部に膜質の胞のうを孕み込んでいる。胞のうの表面から滑り止めの粘着状の分泌液を出す。腹部は長く後方に細まり10節からなり、11節は痕跡的になる。

現在までに5,000種が知られ、熱帯から寒帯、水辺から砂漠まで広い生活圏を持っているが、熱帯に種類が豊富である。

アザミウマ類は植食性の種類が多く、草本、木本植物の葉、花、若茎や果実の汁を吸汁し、根部を加害するものもいる。加害を受けた部分は口針による傷と注入された唾液とにより周辺部が褐変する。産卵は植物組織を切り裂き1卵ずつ行う。ふ化幼虫は直ちに摂食する。クダアザミウマでは虫糞を作るものがある。この虫糞は単純で葉緑を巻き込んだり筒状にする。菌類、藻類、蘚苔類、朽木などを食餌とする種類もある。一部のアザミウマではダニ、カイガラムシ、アブラムシ、コナジラミなどの小節足動物や昆虫類の卵を食う天敵虫がいる。

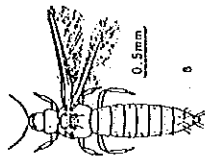


図-3 *Isonoeurothrips australis* BAGN. (CSIRO 1970より)

科への検索

1. 腹部末端節は雄では幅広く丸まり、雌では円錐形。雌は通常環状の産卵管を有する。翅には翅脈があり、前翅では翅端に達する1~2本の縦脈を有する ..... アザミウマ科 Thripidae  
 腹部末端節は両性とも管状。雌は特別な産卵管を欠く。翅には翅脈を欠くか、または短く翅端に達しない1線脈を有する ..... クダアザミウマ科 Phlaeothripidae

アザミウマ科 Thripidae

体は多少扁平、翅は多少細長く先端に尖る。下方に彎曲した産卵管を有する。Rhipiphorothrips cruentatus Hood は grape-vine thrips と呼ばれ、インドに広く分布している。ブドウ以外にも多くの樹木を加害する。1雄は50卵以上を産み、4~6日でふ化し、幼虫期は11~25日で葉の裏面で吸汁する。1世代14~33日で年5~8世代繰り返す。Isoneurothrips australis BAGN. (図-3) はオーストラリアのユーカリの花に普通に見られる。

クダアザミウマ科 Phlaeothripidae

翅に短毛がなく、翅脈を欠くか短く退化した縦脈を有する。腹部末端節は管状、産卵管を欠く。オーストラリアではアカシアの葉に虫嚢を作る Kladothrips spp. のほか Froggattothrips や Rhopalothripoides 属のものがアカシアにつくと報告されている。

新刊紹介

◎ 発展途上国におけるオーストラリア産アカシア類 (Australian Acacias in Developing Countries. Proceedings of an International Workshop held at the Forestry Training Centre, Gympie, Qld., Australia, 4-7 August, 1986, ACIAR Proceedings No. 16, 196 pp., 1987)

1986年8月4~7日に、オーストラリア・クイーンズランド Gympie で行われたワークショップの議事録で、ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research) が刊行したものである。近年、各地で試みられている乾燥地・半乾燥地の緑化、造林にとって、アカシア類は最も有力な候補樹種群であるが、それらについての情報はこれまでのところごく限られている。まえがきで紹介されているように、アカシア属には約1,200種の樹木・灌木が含まれており、オーストラリア・アジア・アフリカ・アメリカ大陸に分布しているが、その2/3、800種以上がオーストラリア固有種である。このうちの数種は天然分布域外で広く植栽されているが、そのほかの種についてはほとんど知られていない。このような事情を背景に、①発展途上国に役立ちそうなオーストラリア産アカシア類についてわかっている情報を整理する。②アカシア類の利用を妨げている問題点をはつきりさせる。③ACIARが共同研究を組織する研究ニーズ、重点課題をみいだす、といった目的で開かれたこのワークショップには、地元オーストラリアのほか、中国、タイ、マレーシア、ケニア、タンザニアなど12か国から65名が参加した。発表論文は、分類から生理、生態にわたる基礎7篇、タネの発芽、マイクロプロパゲーションなど繁殖の問題から生長、耐性、利用にまでわたるオーストラリアでの研究成果13篇、および参加各国での導入成績、研究成果24篇の計44篇で、冒頭では、編者のJ.W. TURNBULL (現 ACIAR 林業部門コーディネータ) が、遺伝資源、生理・生態、造林、利用、社会経済学、研究協力 の各項目にわけて、討議結果を要約、報告ともしている。(浅川澄彦)

海外林業研究会々員の広場

平成元年次海外林業研究会総会の概要

本研究会の総会が、2月6日、林野庁内会議室において、約50名の出席を得て開催されました。杉原会長(計画課長)の挨拶の後、氏家会員(管理課監査官)が議長に選任され、議事が進行されました。

昭和63年次の事業実績については、(ア)「熱帯林業」の購入・頒布、(イ)海外林業文献目録集の作成・頒布、(ウ)海外林業論文要約と審査及び特選者2名の海外事情視察、(エ)会風相互の情報交換について報告が行われ、併せて説明された決算案とともに全会一致で原案通り採択されました。

平成元年次については、(ア)「熱帯林業」の購入・頒布、(イ)会員間の情報の交換の促進、(ウ)「第3回海外林業研究会」論文募集及び、特選者による海外視察等について提案され、予算案とともに、全会一致の承認を得ました。

平成元年次の本会の役員は次の通りです。

- 会長 杉原昌樹 林野庁計画課長
- 副会長 近江克幸 国際協力事業団林業水産開発協力部長
- 小沼順一 森林総合研究所研究協力官
- 林花久晴 林野庁海外林業協力室長
- 柴工藤哲也 関東林木官種場管理課長
- 大黒修亮 森林総合研究所海外林業調査科群馬県林務部
- 後藤亮之助 林野庁海外林業協力室
- 芹沢利文 国際協力事業団林業開発課
- 富澤多美男 国際協力事業団 JOCV-OB
- 藤八久義 外務省無償資金協力課
- 湯本和司 海外林業コンサルタンツ協会 東京大学農学部
- 白石英一 日本林業技術協会
- 藤原勝浩 国際協力事業団林業開発課
- 神足宮英 林野庁木材流通課
- 古問 国際協力事業団参与
- 林野庁指導部長

(50音順) (平成元年5月1日現在)



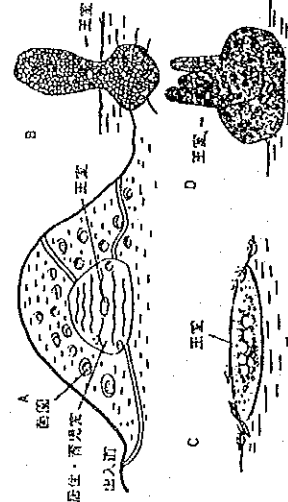


図2 塚の断面に見られる4種の塚の断面  
 A—*Macrotermes carbonarius* 直径3m、高1.2m  
 B—*Dicuspiditermes nemorosus* 直径40cm、高20cm  
 C—*Homaliditermes javanensis* 直径30cm、高5.5cm  
 D—*Dicuspiditermes nemorosus* 直径30cm、高30cm  
 Cross sections of the mounds of four species of termites commonly found in the forest.

巣を作っている。そして其を作る際には、多量の土塊を動かすから、「シロアリ土塊」と名づけられる事がある程、土塊に対する彼らの影響は大きい。特に、大きな木の根元のまわりあるいは木の直下の根の間には、良く巣が発見される。自然林中の大きな木が時にちよっとした風でも倒れてしまふのは、シロアリの影響も無視できないかもしれない。地表にはいわゆる図2のような「アリ塚」と称されるものができると、これはアリが作ったものでなく、シロアリ

のものである。ただ土をこもりと盛り上げたようなものばかりでなく、形は小さいが上に奇妙な塔を2〜3本作るもの、高さ30〜40cm程のボリーリングのビンのような形のものなど、林床を注意してみると結構目につく。ただ先に書いたように、そのまわりにシロアリの姿が見えないので、疑してみないとそれと気がつきにくい。倒木や大きな落枝は時間たつたものは、ほとんどがシロアリにとりつかれていゝ。一見外から見ただけでは何ともないものでも、中は空洞にされているか、土が詰められているものが多い。*Macrotermes malaccensis* (マラッカキノコシロアリ、仮称)は、倒木や落枝の中をくり抜いて(餌として巣に運ぶ)そのかわりに土をつめこむ(材の腐朽を土をつめこむ事によって促進させているのかもしれない)習性がある。大木の木はだや、ツル、小木の枝等にも、様々な種が巣を作る。特徴的なので気がつきやすいものは、*Bulbitermes* (ブルビテルメス属)が作るちようどサッカーボールくまりの大きな球状の巣である。かなり堅く、素手ではとてども壊せない。ヤシの木や大木の地上10〜30メートルの木はだに、直径数十センチメートルのおなべをくつつけたような形の巣を作る。*Microcotermes* (ミクロセロテルメス属)の巣は、その巣から地上にむかって数本の鐵線がびびているので、シロアリの巣と分りやすい。こんな風に森の中を注意して見れば、意外にシロアリが多い事にきつと驚かれる事であろう。

どんな餌を取っているか

シロアリ類はすべて植物食である。それもほとんど枯死植物体食である。枯死植物体とは、落葉、落枝、倒木のような死んだ植物をさす。種ごとにその餌は少しずつ異なっている。たとえば同じ落葉でも落ちてきたばかりの新鮮なもの、少し古びてやわらかくなったもの、ずっと古くなって腐がはえぐずぐずになったもの、等々色々ある。先に熱帯林の中でシロアリが様々な餌を分けてはいる様子を紹介したが、同時に様々な食餌分けがみられるのである。中には根や木はだをかじりとり、生木に害を与ええる種類もいる。熱帯の植林地では、若木にシロアリが大きく害を与ええるという。マレーシアでは森林研究所の若い研究者 The Yow Pong 氏がその問題を研究している。変わったものでは、大木の幹のまんに棲みついて(おそろく、初めは木の割れ目のようなところからシロアリがしのびこんで、次第に巣の領域を拡げ、それとともに巣のまわ

りの材を枯して餌としていくのである)その木の中心部を地上30〜40メートルまで空胴を作ってしまう種類がいる。森から伐採され、次々と運ばれていく大木を置いておくと、結構こんな木が目につくから、自然林でもシロアリの害はバカにならないのだらう。最も変わった餌を取るのには先に上げた *Hoplicitermes* である。これらは、行進をして餌取りに出かけ、行進が大木にぶつかるとそれをのぼっていき、木はだにはええている地衣類をかじり取って、仲間と共同して、ダンゴ状にし、巣へと持ち運ぶのである。

今回はシロアリの棲み場所及び餌について紹介した。今回はシロアリとアリの区別点及びシロアリの分類を書きたい。(東京独立大学理学部、理学博士)

ぶっく

Lee Yew Hon and Chu Yue Pun: Commercial Timbers of Peninsular Malaysia. 312×220mm, pp. 126+11 Tables, The Department of Forestry, Peninsular Malaysia, and The Malaysian Timber Industry Board (1974?), M\$ 20 (=約2,200円)。

本書は先に(本誌No.16)紹介した B. J. Rendle 編: World Timbers 1〜3の形式をまねて、マラヤ産主要木材について利用上の性質とカラー写真載せている。すなわち、各樹種毎に見開きの左のページには分布、外觀等一般的特徴、加工の性質、用途を簡明に記し、右のページには木材の径目および板目のカラー写真がある。樹には人工乾燥マケジュール(A〜Jの10型)と、物理的・強度的性質の表がある。樹種数は重質広葉樹(Heavy Hardwoods)10種、中質広葉樹(Medium Hardwoods)14種、軽質広葉樹(Light Hardwoods)28種、針葉樹(Softwood)1種の計52種で、これにはマラヤ山林局が以前から頒布している材鑑の50樹種が全部含まれている。これらの木材については、マラヤでこれまで実用上の性質がひじょうによく研究されているので、要領を得た記載の内容も信用度が高いといえる。木材のカラー写真はグボンの Forest Research Institute の写真技師 Ho Sai Yuen 氏の撮影により、なかなか鮮明な画像である。ただ色彩がもうひとつというのが若干見られる。値上りのほげしい最近のわが國の出版物からすれば、M\$ 20 というのはなんとも安い。(K・O)

受贈図書

- 輸入木材研究報告 No. 4 (1975年4月)  
(島根大学農学部輸入木材研究室より)
- 外国産木材強度データ集 II 中南米  
(島根大学農学部輸入木材研究室高橋氏より)
- 資料 No. 28—フィリピンのマングローブ地におけるミバエ類調査報告書
- 資料 No. 29—沖繩における、さとうきびを中心とする作付方式に関する研究  
(以上 農林省熱帯農業研究センターより)
- 農林業開発協力調査報告書  
(海外農林業開発センターより)

(上記図書御寄贈願ひ、御厚志のほど厚くお礼申し上げます)







☆☆熱帯のシロアリ☆☆☆☆4 ☆☆☆☆☆☆☆☆☆松 本 忠 夫☆☆☆

### 世界及び日本のシロアリの地理的分布

シロアリは熱帯性の昆虫であるといってもまず間違いない。その世界の分布が極端に暖い地方に片寄っているのである。この事は日本列島におけるシロアリ類の分布図を見ると如実に分かる。日本は南北約2,000 kmものひろがりを持っていて、亜寒帯、温帯、暖帯、亜熱帯の気候区分をみとめる事ができる。現在までに14種のシロアリの分布が確認されているが、その大多数は暖帯・亜熱帯に属する九州及び西諸島で発見されているものであり、温帯、亜寒帯の本州及び北海道ではわずか1~2種しかない。

そもそも昆虫は他の多くの目(分類学上の単位、シロアリは等翅目)でも、熱帯地方に近づくほど種類数が増える傾向にある。ことにシロアリの場合はその傾向が著しい。これにはいくつかの理由が考えられるが、越冬時の低温に対する耐性が、シロアリの場合極端に小さい事が第一に上げられよう。シロアリは他の多くの昆虫で良く見られる越冬休眠を行なわない。越冬休眠は冬の寒さに対する適応現象であって、独自の代謝式を必要とする。シロアリは数億年前にさかのぼれるほど古くからいる昆虫とされているが、寒さに対する耐性獲得にはあまり成功しなかつた昆虫といえよう。これはまずほとんど分布していない。昆虫の他の目では標高1,500メートル以上に上り、寒さにも結構、分布を伸ばしているものが多いが、シロアリの場合、気温の比較的非常に大きい高山では棲みえないのである。

では前者は北海道や本州のような冬の寒さの厳しいところにもシロアリがいるでは

表 1 世界及び日本のシロアリ種類数

進化の程度	科・亜科名	世	界	日	本
「下等」シロアリ	ゲンシロアリ科	1			0
	レイビシロアリ科	292			5(1)
	オオシロアリ科	30			1
	ミンガシラシロアリ科	158			5(2)
	ノコギリシロアリ科	1			0
「高等」シロアリ	シロアリ科	1412			3(3)
	ツカシロアリ亜科	340			0
	シロアリ亜科	333			1(1)
	キノコシロアリ亜科	263			1(1)
	テングシロアリ亜科	476			1(1)
合	計	1894			14(6)*

\* カッコ内は日本のうち南西諸島にだけ産する。

ないかと疑問を持たれよう。このシロアリは和名をヤマトシロアリと書いて家屋等の害虫であり、その仲間アモローロハバや北分布している。これらは多くのシロアリが分布している熱帯・亜熱帯から寒い地方にまで分布できるといふようになった数少ないもの一つなのである。日本ではもう一種イニシロアリという大害虫がいるが、この種は本州では神奈川県以西の海岸地方に分布している。この両種とも人間の家屋という北方の方にまで分布をみつけ、樹木及び傾斜をなすシロアリという人が数え上げられた。シロアリ目には全部で6科に分けられているが、このうち最も種類数の多いシロアリ科は他の5科に比べ「高等シロアリ」ともいふべきもので長く進化している。もともとシロアリの5分の4を占めていて、そのほとんどが熱帯地方に分布している。特に東南アジア・アマゾン・インドネシアの熱帯多雨林が彼らの活躍の中心である。このシロアリ科はさらに4つの亜科に分けられる。ツカシロアリ科の一部はキノコシロアリ科の一部とみなされる。シロアリ科の中で最も大きな亜科はシロアリ科の腐植土や朽木を食べ排出物で巣を作る。体はあまり大きくない。キノコシロアリ科はテルミトミ、セス属のキノコを栽培する事で有名で、アフリカ及び東南アジアが分布地である。体長が1.5センチに達するものがある。テングシロアリ科は名が示すごとく、兵蟻の頭部にある額腺が噴射筒のように出っばりかいて、そこから毒液を出して外敵にふりかかるといふ特殊な習性を持っている。オーストラリア及び南ア

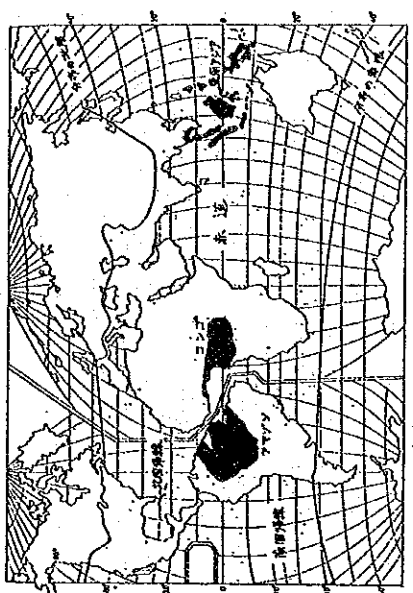


図 1 世界のシロアリの分布北緯及び南緯。黒くぬってある所は熱帯多雨林地帯。シロアリの大多数は南北両回帰線内に分布している。

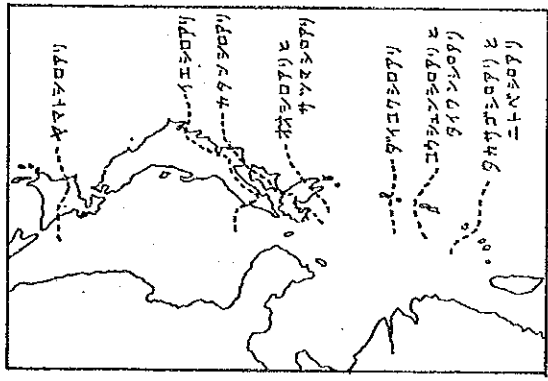


図 2 日本産シロアリの分布の北緯

(東京都立大学理学部、理学博士)

☆☆熱帯のシロアリ☆☆☆☆5 ☆☆☆☆☆☆☆松本忠夫☆☆☆

### 熱帯林業に対するシロアリの影響

私は過去4回におわたって熱帯のシロアリの生活を紹介してきた。その中で、シロアリは熱帯林の中で最も多く生息している昆虫の一つである事を強調した。では、この虫に多いシロアリが熱帯林業にいかなる影響を与えているだろうか？ 有益生物なのか、有害生物なのか、又は林業とは無縁な存在なのか。

あれこれ多方面から考えられるが、結論としてはシロアリの多くの種類は、林業と無縁あるいは多少有益な存在といえる。しかし、ある種類のものには相当有害であり、特に後述するように植林地に大きな被害をもたらすものである。ところで、私は昆虫学を専門としているので、この事に対して適切に答えられるだけの知識はあまやかし合せていない。そこで、私の知人でマレーシアの林業試験場に在職し、シロアリによる樹木の被害を専門に研究している The Yow Fong 氏が書いた論文を参考にして、熱帯林業に対するシロアリの害作用の概略を紹介してみよう。

最近になり、熱帯林業も単に天然林から材を伐り出すばかりでなく、大規模な植林を行なうようになってくると、次に書く多くの例のようにシロアリによる被害が目立つようになってきている。

オーストラリアでは Greaves (1967) らによれば、あるニューカリ (Eucalyptus philularis) の植林地で全損失量の 92% が *Coptotermes acinaciformis* と *C. frenchi* という2種のシロアリによっていたという。  
ブラジル・ホジュラスではマツの一種 *Pinus caribaea* の木の80%が *Coptotermes niger* によって被害を受けていたという (Williams, 1965)。

又、アフリカではシロアリ類が植林計画の主要な障害者としてたまたまはたかっている (Harris, 1961)、ジャマではチークの植林が *Neotermes tectonae* による特異的な害をこうむっている (Kalshoven, 1959)。

マレー半島では広大な地域がゴム林のプランテーションで被害を受けている。ここでは、シロアリにより大きな被害を受けている。  
このようなシロアリによる被害の多くは、*Coptotermes* 属及び *Neotermes* 属によるものが多い。日本にもこの *Coptotermes* 属の一種に、*C. formosus* (和名：イエシロアリ) が分布している。これは家屋の害虫として筆頭におげられるもので、実際に西以南では相当の害をなすものであり、九州や南西諸島ではマツ林をよく食害する。マレーシアではあちこちで植林が盛んに試みられ、一時期外国から種々の針葉樹が導入された。ところが、せっかく植えられた *Araucaria cunninghamii* や *A. laur-stanii* あるいは *Pinus caribaea* といった樹種は、多くの場所で植林してから数年後、数年後にあえなくシロアリにやられてしまいいなくなり、あるいは、原産地よりも成育が順調にいった植林がまったく成功したかに見えなくなってしまう。一方にシロアリにやられてしまった樹もあるという。

いつ頃特被害を受けやすくなるかは、樹種や植林地の条件によって異なりあまり

一定しておらず、まだ分らない事が多い。そして、その地域の在来種よりも導入種の方がシロアリの被害に合いやすい。こういった事は、他のいろいろな農作物と害虫との関係でも一般的に長く知られている。又、単一種を広く植える方が、樹種をミックスして植えるより、被害が大きくなる傾向にある。

一方、天然林内でも先にあげた *Coptotermes* 属によって樹皮を食いあらされ、立ち枯れをよぎなくされた木を時々みかける。又、ごくたまに吹強風によつて巨大木の根元付近にはシロアリが害害している場合が多い。しかし、このような事は、木々が過密な状態であるところと適度の開びきをもたずともいえるので、必ずしも害作用ばかりを強調するわけにはいかない。特に原因はいろいろあり、立ち枯れたり倒れたりした木を食い、粉々に分解していく作用が大いので、第3回目(第42号)に書いたようにむしろ有益ともいえる側面が強い。とりわけ熱帯多雨林のような所では、もしシロアリがいなければ林床に落葉・落枝・倒木のような植物枯死体が厚く堆積し、その分解がうまくいかず、樹木の成育に影響を与えるであろう。つまり森林の物質循環のパラメータの中にシロアリが重要な役割を荷なっているというのが私の持論である。

さて、植林地に対するシロアリの害をふせぐには専ら殺虫剤を定期的に散布するか、樹木の根元付近の土壌中に注入するかの方法がとられている。ゴム林では1960年頃までにこのような事の手法が確立してきていたが、外国より最近導入された樹木に関しては防じょ法の研究があまり進展しておらず、これからの重要課題である。

熱帯地域における造林はシロアリによる被害ばかりでなく多くの問題をかかえていて、外国からとっと早く有用樹種(多くの場合、針葉樹)を導入する事ばかりを考えず、現地の天然林中に存在し、かつ害虫に対して強い樹木を育成する方向が現在強力に求められているという。——おわり——

(東京都立大学理学部、理学博士)

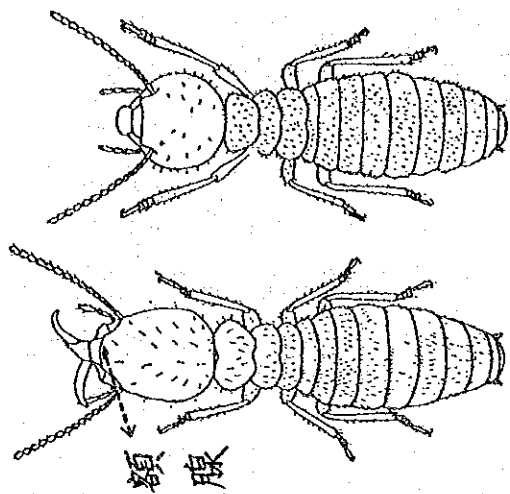


図 イエシロアリ (*Coptotermes formosus*) 左: 兵アリ 右: 働きアリ この種の兵アリは頭部より白色の液を出すので、分りやすい。(シロアリ防除ガイドブックより)

タンザニア・キリマンジャロ村落林業計画  
シロアリ対策について

(社) 海外林業コンサルタンツ協会

1 苗畑対策

(1) 恒久対策

恒久対策として、貴プロジェクトで進めている苗床表面をモルタル・セメントでカバシ、廃油を側面に定期的に塗布する方法は最も望ましい。  
(コンクリート床もよい。)

(2) 応急対策

- ① 苗床に木灰を散布するのは有効である。その有効期間は1週間程度である。(ケニア・プロジェクトで実証済)
- ② 苗床に木酢液、粉炭の散布も有効と思われるが確証がない。入手容易であれば試験することが望ましい。

2 造林地

(1) 単木

木灰を樹木の基部に塗布する。木灰が付着している間は有効である。

(2) 確実な方法

蟻の巣を見付けしだい、掘り起こして焼殺する。特に、女王蟻の焼殺が大切である。

(以上(1)(2)はケニア・プロジェクトで実証済)

(3) 耐蟻性樹種の育種・造林

(4) スターグラス・マルチも蟻の侵入・繁殖を抑制する。

## 保 護

### 病 虫 害

この地域においては、シロアリの害を除いて顕著な病虫害の報告はない。

シロアリは、Savanna地域に広く分布しており、若い樹木に害を与え枯死させるもつとも大きな原因となっている。通常、林冠が閉鎖すれば被害はなくなるが、他に食物がない場合、異常繁殖が起きた場合には大木にも被害を与えるとしている。

teak, gmelina, neem, Pinus caribaeaなど少数の樹種は比較的抵抗性が高いが、Pinus oocarpaでは10%以上の被害が記録されており、Eucalyptus spp.は一般に被害を受け易いとしている。

しかしながら、シロアリの被害は、アルドゥリン、ディルドゥリンをポット土壤に混入することによって防止することができる。1㎡のポット土壤に0.6kgの2%アルドゥリンを混ぜるか、600ポット当たり14ℓの水に113gのディルドゥリン粉剤を溶かしたものを移植後2～3週間目か、芽が3cmになった時に散布する。有機塩素系殺虫剤は、その残留性が問題になるが、この場合苗木の周囲の極小面積に散布するだけであるので問題はないとしている。

(ナイジェリア国半乾燥地域森林資源  
保全開発現地実証調査・中間情報書  
H.1-6 JICA)

登録番号 5802  
 参照番号

ODC分類	5	測樹 生長量 林分の成育過程と林分構造 測量と図化
	8	測量と図化 航空調査
質問内容	半乾燥地における航空写真データの利用について	
プロジェクト	社会林業訓練計画	
地域 : 国名	東部アフリカ : ケニア	
キーワード	土地利用 半乾燥地 社会経済状況の分析	
参考文献	森林航測テキストブック：渡辺宏：日林協	
質問者	西林寺隆	回答者 沢田治雄

# 個別技術情報支援のための質問書

1994年1月31日

プロジェクト名 ケニア社会林業訓練  
 専門家名 増子 博  
西林寺隆

質問技術テーマ： 半乾燥地における航空写真データの利用について

## 1 質問の趣旨

ケニア社会林業訓練プロジェクトのサイト（キツイ地域）では、地域レベルの訓練事業とともに、普及事業を実施しており、農民、女性グループ等を対象に社会林業の普及に努めている。

このような中で、普及事業実施に当たって肝要となる地域の地理、社会経済状況の把握を行うためには、各種の統計書、地図等の情報が必要であるが、これらは十分整備されておらず、基本的には住民への個別調査による情報に頼らざるを得ない。

しかしながら、このような状況では、精度の高いマクロ・ミクロの情報を収集するには限界があることから、主要な普及区域の航空写真を整備し、これを利用・分析し、地域の森林、土地利用、集落形態、産業等のデータを整備することが必要と思慮される。

このような航空写真データの利用手法とその有効性について指導願いたい。

## 2 質問の具体的内容

従来からの森林調査としての航空写真の利用に加え、半乾燥地における社会経済状況の分析をどのように実施すれば有効か。

- ・ 収集・分析できるデータの範囲
- ・ 分析手法（サンプリング、解析手法等）
- ・ 必要な航空写真撮影の方法（オーバーラッピング、縮尺、撮影時期等）
- ・ 調査ごとの所要経費
- ・ これらを含め、航空写真データの利用の有効性

## 3 期待する回答の範囲

半乾燥地における航空写真データ利用の指針のようなものを教示願いたい。

社会経済分析に利用している事例について教示願いたい。

質問のキーワード；

半乾燥地、航空写真データの利用、普及事業、社会経済分析

希望資料名；

航空写真データ利用の教本  
 社会経済分析事例

希望指導委員名；

注意事項

当様式1枚に複数の質問技術テーマは記載しないこと。

## 質問の具体的内容について

(1) 半乾燥地における社会経済状況の分析をどのように実施すれば有効か

→回答：全くわかりません。社会経済分析の専門家に連絡をとって下さい。

(2) 収集・分析できるデータの範囲

回答は無意味と考えます。社会経済分析にとって何が必要なのか「具体的」に示して下さい。その内容が航空写真から可能かどうか、その撮影条件をお伝えします。

(3) 分析手法

航空写真判読がキーになります。これも対象によります。例えば家の数が知りたければ全数カウントでしょうし、一戸当たりの耕作面積が知りたければ耕地の判読と面積計測です。いずれも撮影する写真縮尺によって精度は決まります。

(4) 航空写真撮影の方法

①飛行は水平飛行

②オーバーラップは60% (立体視必要)

③サイドラップは20~40% (安全をみること)

④撮影縮尺は面積・経費・精度による。縮尺5千分の1の地形図作成ならば2万分の1の縮尺以上の撮影がよい。航空写真は2倍あるいは4倍程度の伸ばしに十分耐えられるので、撮影時に縮尺1万分の1以上にする必要はない。

⑤撮影時期は季節とかわる。農地の判定等も行うのでしょうから、耕作期間が最もよいでしょう。乾期に撮影しても無意味ですし、判読も困難なものが多いでしょう。

⑥通常航空写真撮影は軍と関係しているため、事前の十分な打ち合わせが必要です。

⑦山岳地帯が含まれる場合は特にオーバーラップに気をつけることが必要。

⑧航空写真の現像施設にも気を使うことが必要。ネガの焼きに失敗したら、オシマイです。

⑨ 航空写真からの面積把握には写真測量技術が必要になるかもしれません。

#### (5) 経費

日本の場合なら少し飛行しても数百万円にはなります。面積（フライト時間）と待機時間によって数倍かかることがあります。

なお、写真判読は個人で行うものとします。

#### (6) 有効性

他の方法を知りませんので比較はできません。

面積をかせいで精度をあげたいならこれしかありません。

#### (7) 社会経済分析利用の例

地図を使って読みとっているものは、すべて写真がベースです。

#### 教本

- ・ 渡辺 宏、森林航測テキストブック、日林協
- ・ 社会経済分析に関しては知りません。

航空写真は情報人手元としてほとんどすべての場合に知らずのうちに使っているのではないのでしょうか。