

平成8年度  
研究成果発表会講演要旨集

「緑と水とアメニティー」

平成8年10月2日  
東京・石垣記念ホール

農林水産省 林野庁  
森林総合研究所

# 目 次

## 1. 息を吹き返した蘇苔類

—都市の大気とコケ類—

森林環境部 植物生態科長 埜田 宏 …………… 1

## 2. 急傾斜林地での林業作業をニューマシーンで克服

—林業用ベースマシンの開発—

国際農林水産業研究センター 林業部

主任研究官 佐々木尚三 …………… 5

## 3. 夢の高機能素材

—セルロース膜できれいな水づくり—

木材化工部 機能材料研究室長 平林 靖彦 …………… 11

## 4. 火災に安全な木質材料

—経験を活かす防火サイエンス—

木材化工部 難燃化研究室長 上杉 三郎 …………… 17

## 5. 熱帯林に気球をあげる

—いかにして熱帯林の林冠の昆虫相を調べるか?—

北海道支所 昆虫研究室長 福山 研二 …………… 23

(1 課題：講演25分・質疑5分)

# 息を吹き返した蘚苔類

## —都市の大気とコケ類—

森林環境部 植物生態科長 埜田 宏

### 背景

昭和40年頃から、都市や工場周辺で大気汚染によると思われる樹木の衰退が観察されるようになり、農林水産技術会議傘下の研究機関で農林作物に及ぼす大気汚染物質の影響や指標植物に関するプロジェクト研究が行われた。様々な大気汚染物質による暴露試験、浄化空気による栽培試験などを通じて、大気汚染被害の発生条件やメカニズムが明らかにされ、野外で観察された現象の多くを説明することができた。しかし、関東平野のスギ衰退など、大気汚染だけでは説明できない現象も認められ、調査研究の継続が必要とされた。

### 大気汚染の指標植物

樹木の生育には土壌条件の影響が関与するため、大気汚染や汚染された雨による直接的影響を知ることは容易でない。そのため、土壌条件の影響を受けにくい指標植物の観察を行うのも一方法である。樹皮上に生育するコケ（蘚苔類や地衣類）は、クチクラ層を持たない細胞が裸出し、夜露・霧・雨滴などに依存した生活をしているため、大気の汚染に弱く、指標植物として古くから認められている。このような植物体の構造と生態的特徴は多くの蘚苔類、地衣類に共通であるが、大気汚染感受性は種類によって大きく異なる。二酸化硫黄等の有害ガスを用いた耐性の比較実験では、汚染地での分布に対応した耐性が確かめられている。

### 大気汚染・酸性雨と現状

東京都の大気汚染は、二酸化硫黄（亜硫酸ガス）についてみると1969年をピークとして、急激に減少した。特に、都心部の減少は顕著であって、結果的に、郊外との濃度差は著しく減少した。これにともない、雨水の水素イオン濃度（pH）も上昇した（酸性度が弱まる）。窒素酸化物、炭化水素については、二酸化硫黄ほどの減少を示していない。しかし、昭和50年頃から、都市内の樹木の活力は改善されてきた。例えば、ケヤキの葉の夏季の異常落葉は、オキシダント（オゾン）が主原因とされ、曝露実験でも再現されていたが、近年になってほとんど見られなくなった。

## 昭和40年代と現在の着生植生の比較

東京都を対象に最初の調査が行われた1969～1971年は、二酸化硫黄濃度が最も高かった時代である。都心部には樹皮上のコケ類が全く見られない地域（着生砂漠）が認められ、郊外に向かうにつれて着生植物の種類、量ともに増加する傾向が地図化された。同様の調査は、草津市、大津市、千葉県の湾岸地域、宇都宮市東部工業地域でも行われた。また、福島県磐梯町、名古屋市、四日市市、神戸市、宇部市、北九州市などでも報告されている。大気汚染濃度の低下による回復傾向は、福岡県衛生公害センターの調査（小村・村田、1984）により、北九州市では昭和57年時点で認められた。東京都環境研究所の調査（菅・大橋1992）では、以前に着生砂漠であると見なされた地域に多くの蘚苔類が見出されている。

東京都内について、かつての調査対象木を探索して再調査を行い、現在の着生植生から前報告と同一の基準に従って地域区分を行った。都心部では回復の傾向が明瞭であるが、もともと汚染の影響が少なく、コケ類が多かった郊外では増加の傾向は不明瞭である。これは、発生源の対策により汚染が顕著に改善された都心部と、広域拡散により低濃度汚染が継続している郊外との差が少なくなったことに符合している。

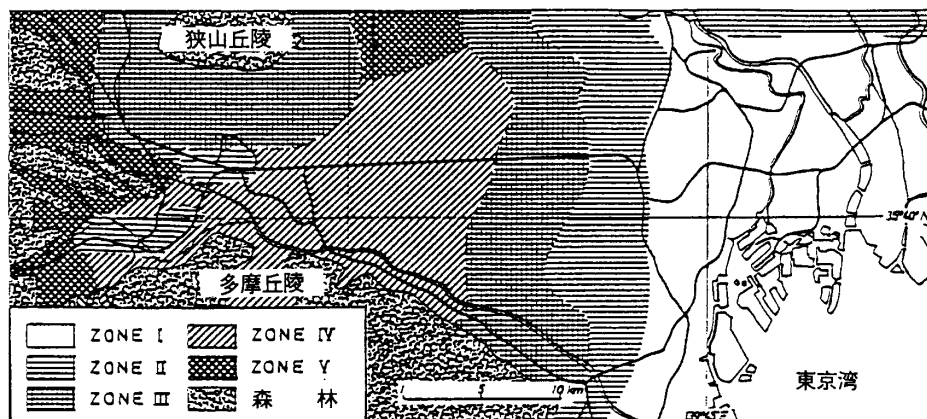


図1. 着生植生に基づく1970年頃の東京都の大気汚染地図

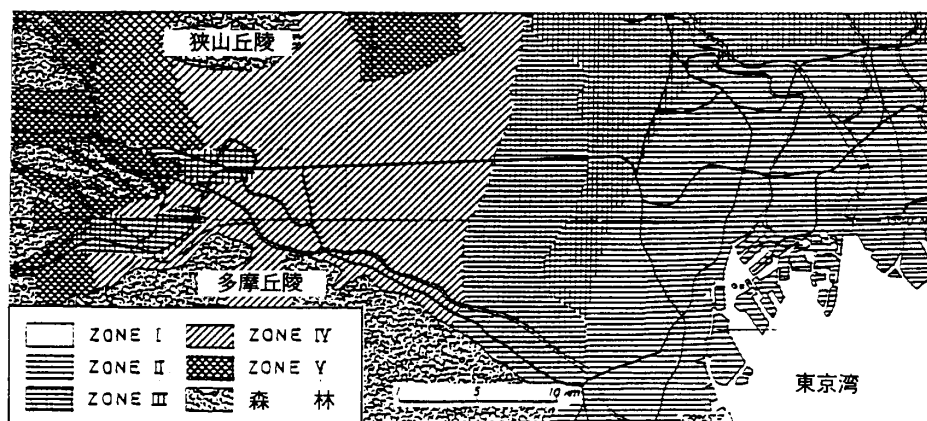


図2. 着生植生に基づく1995年頃の東京都の大気汚染地図

昭和50年頃の宇都宮市周辺の大気汚染レベルは東京都や臨海工業地帯に比べて相  
 当に低いものであったが、宇都宮市東部工業団地に隣接する一部地域に着生植生が  
 貧弱な地域の存在が認められた。この地域の大気汚染観測網は低密度であり、局所  
 的な大気汚染を原因とするものか、他の原因によるものか、当時は不明であった。  
 同一地域を再調査した結果、かつて着生植生が貧弱であった場所に多数の蘚苔類や  
 葉状地衣類の生育が認められた。この地域の二酸化硫黄濃度が前回の調査時に比べ  
 て半減していることから、大気汚染の改善を反映しているものと判断される。

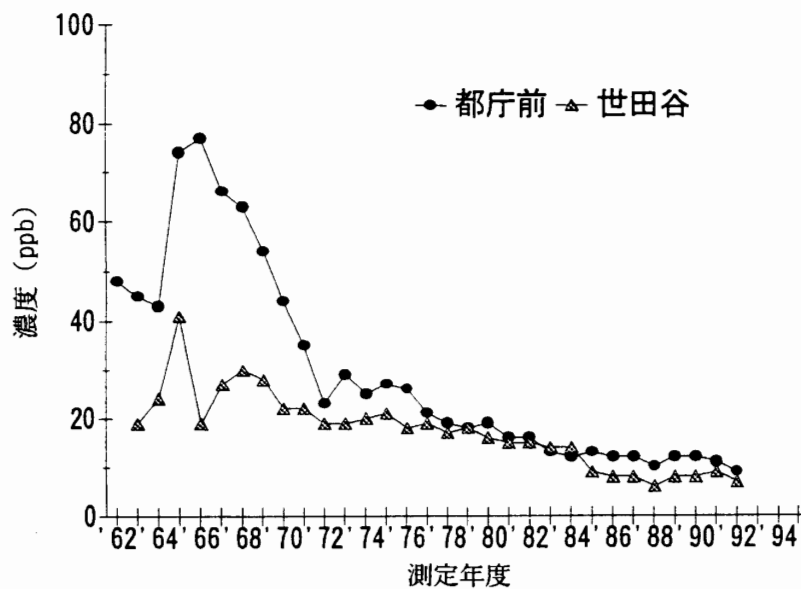


図3. 東京都心部と世田谷区の二酸化硫黄濃度経年変化

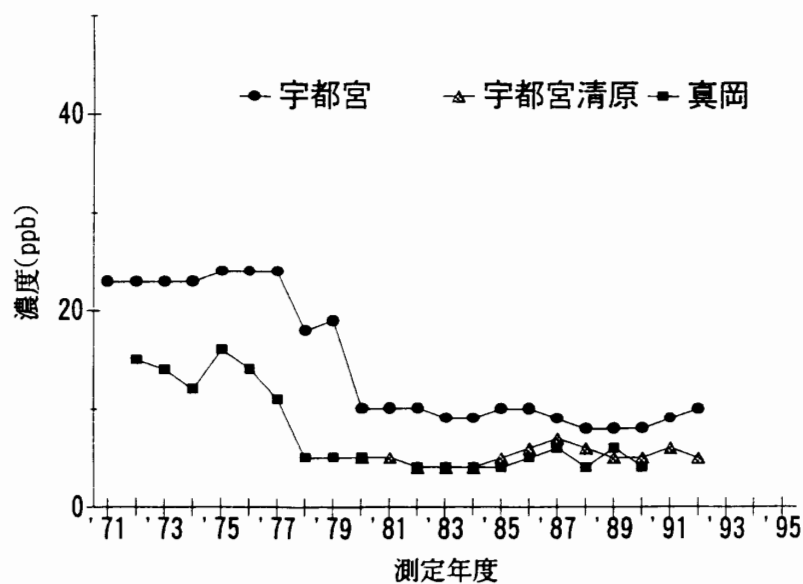


図4. 宇都宮市周辺の二酸化硫黄濃度経年変化



図5. 宇都宮市東部地域の着生植生の変化

### まとめ

東京都やその他の地域で樹皮上に生育するコケ類が20年前に比べて増加している傾向が明らかにされた。これは、大気汚染、特に二酸化硫黄の濃度の低下によるところが大きく、植物の衰退を改善するために発生源対策が有効であることを示している。植物に対する毒性が大きい二酸化硫黄の対策は進んでいるが、窒素酸化物やオキシダントなどについては、必ずしも改善されていない。汚染源対策を継続するとともに、広域的なモニタリング調査を継続することが必要である。

# 急傾斜林地での林業作業をニューマシーンで克服

## —林業用ベースマシンの開発—

国際農林水産業研究センター 林業部

主任研究官 佐々木尚三

(元生産技術部 造林機械研究室)

### はじめに

わが国の林地の地形は、急傾斜や複雑に入り組んだ沢・尾根などがその大部分を占め、また地表は軟らかい森林土壌、ササ藪、泥濘地、雪や凍結地など機械の走行には非常に厳しい状態にある。これらの条件を、森林や地表へのダメージを最小限に保ちながら克服できる林業機械の存在は、林業に働く人々が自然条件と調和しながら安全で快適に仕事を続けていくために、今後欠くことのできないものである。ここでは、森林総研・造林機械研究室で研究・開発が進められている林業機械のベースマシン（連結装軌車両及び全方向移動車両）について紹介する。

### 林業用ベースマシンとは

造林や伐出などの林業作業を機械で行うためには、傾斜地や不整地など道路のない山腹を安全に移動できる機械が必要となる。ベースマシンは下刈・植付などそれぞれ専用の作業機を取り付けて山の現場を動き回る多用途の機械であり、これらの機械が作業の場に容易にアクセスできるかどうか、すなわち十分な走行性を持てるかどうかは、今後の林業機械化のポイントの一つである。クローラ（キャタピラ）形や、不整地用の特別なホイールを備えたものが多いが、歩行脚や補助ケーブルを持った機械など、新しい開発の試みもなされている。

### 連結装軌車両

筆者らが研究を担当している連結装軌車両は、前後分割形の車体を4～5自由度ジョイントで連結した構造を持ったクローラ車両である。ジョイントは自由度が高いことに加えて、それぞれの回転軸に油圧シリンダを設け、運転者が前後車体の相対姿勢を地形に合わせて自由に変えられる構造を持っている。さらに転輪を軟式けん架にすることにより、車体（ゴムクローラ）が地表の凹凸に合わせて接地しやすくなっている。

このような構造は、傾斜地での接地荷重が偏らず登坂性能に優れる、2つのステアリング軸による斜め方向移動が可能でありトラバース走行に有利、前後の車体を持ち上げるV字形姿勢をとることができ大きな障害物の乗越えが可能になる等と、

走行性能の向上に寄与している。また車体重量が接地面全体に均等に分散され、荷重が集中することによる林地のコンパクションが比較的起こりにくいこと、車体が地面を蹴ることによって発生する駆動力が広い接地面で受け止められるため、地表を深くえぐり取る原因となるスリップを少なくできること等は、自然の地形をできるだけ壊さないで森林内の傾斜不整地を走行する上で大変有効である。

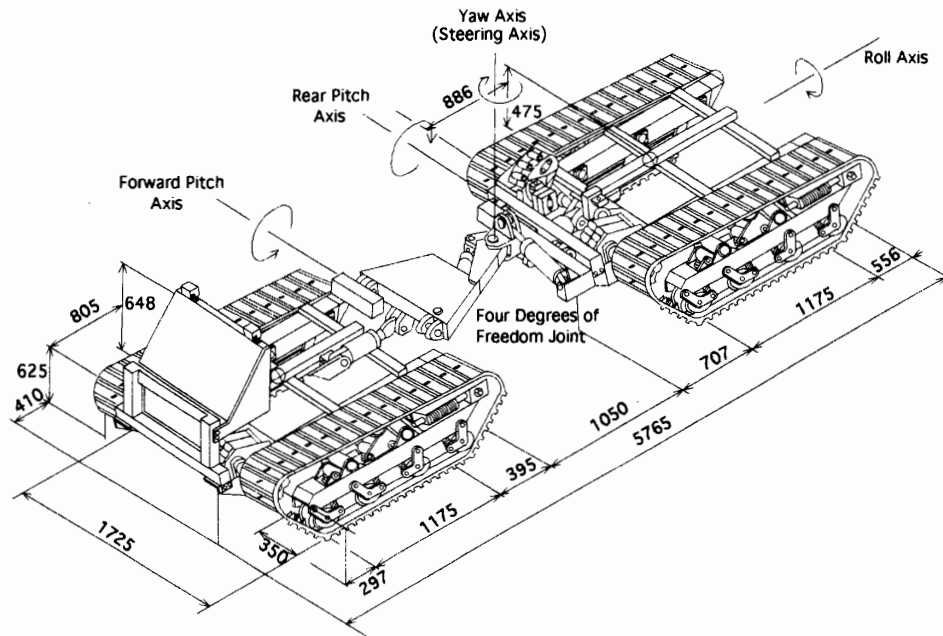


図1. 連結装軌車両1号機 (4自由度ジョイント・独立軟式けん架転輪を持つ)

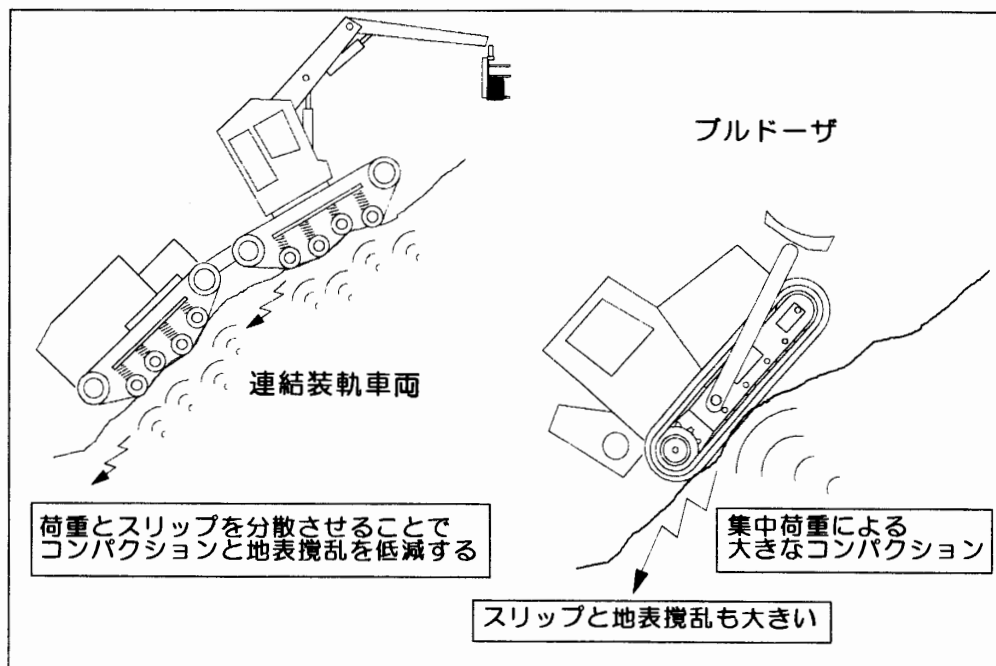


図2. 連結装軌車両と一般のブルドーザの接地荷重





図 3. 連結装軌車両 2 号機 (5 自由度ジョイントにより斜め方向移動が可能)

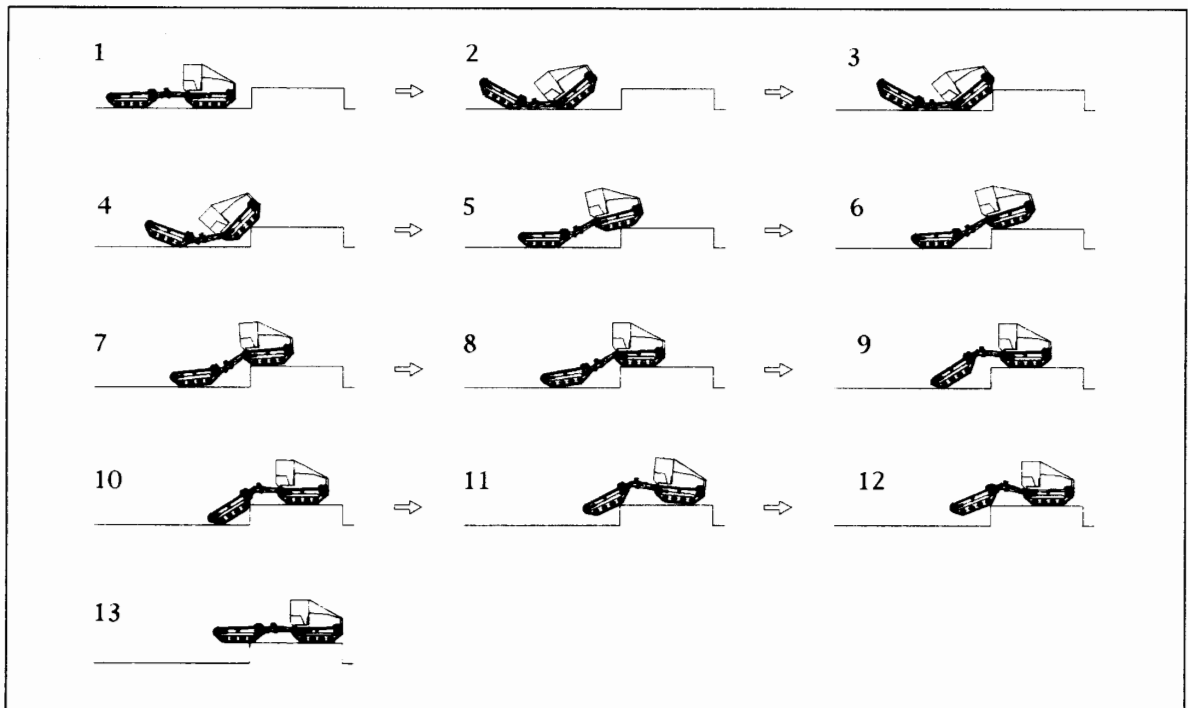


図 4. 連結装軌車両の段差乗上げ

## 全方向移動車両：トリトラックムーバ（TTM）

4組以上の車輪やクローラを持つ傾斜不整地走行車両は、不整地で車輪が地面から離れるのを防ぐため車体のねじれ方向の回転を許容するロール軸を持ち、その結果安定性を犠牲にするという問題がある。また平坦で堅固な路面では円滑な旋回のためなくてはならない差動装置（デフ）が、傾斜や軟弱地では旋回と無関係の負荷変動が原因で誤動作し、最悪の場合走行不能に陥ることがあった。このような問題を解決するため、いままでの車両とは全く異なった構造を持つ「全方向移動形傾斜不整地走行車両」の研究を行っている。筆者らはこの機械をその形状からトリトラックムーバ（Tri-Track Mover: TTM）と呼ぶことにしている。

TTMは3組の自転できるクローラ足回りを三芒星形状（正三角形の頂点位置）に配置し、高さを独立に変えることのできる（段軸）支持腕で全体を支える構造を持つ。今回試作したプロトタイプは中央部分の最低地上高が1.2mあり、わが国の人工造林地の平均的な姿である1.8m間隔の苗木植列を跨いで走行することを想定している。この車体は3脚構造であるため足回り装置が地面から離れることがなく、また段軸を働かせて中央部分を水平に保つことによって、重心が安定平面である正三角形のほぼ中心に位置するため高い安定性が維持されることになる。TTMはクローラを3組とも同方向に向けた状態で直線運動を行う。方向転換は主に停止状態で行い、3組のクローラを独立に順次回転させて次の進行方向に向けることで終了する。

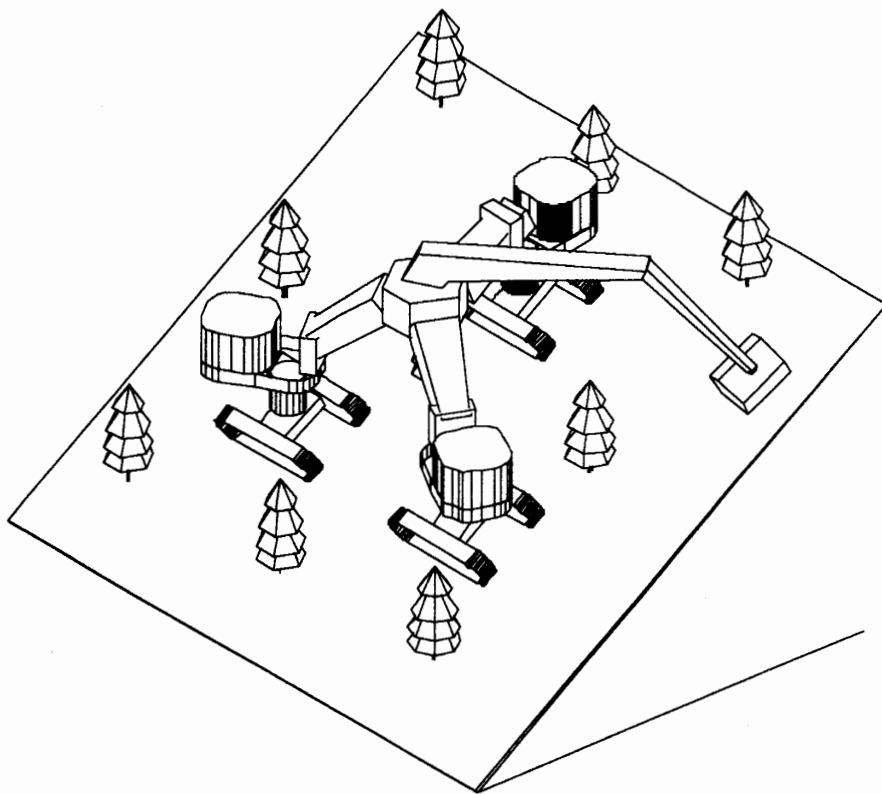


図5. TTMによる下刈作業概念図

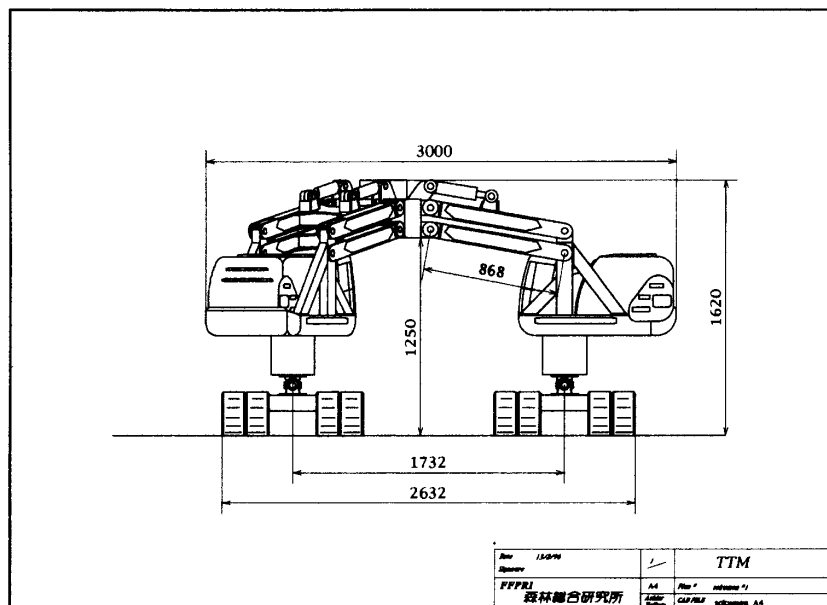


図 6. T T M側面図

このような構造によってTTMは、停止状態から全方向移動が可能になるだけでなく、不整地走行の大きな問題となっている差動装置を不必要にした。また3個の油圧モータを同時に使うことにより、理論上縦スリップなしの足回りの方向転換(超信地旋回)が可能であることも新しい技術である。特に全方向移動の機能は、これまで走行困難であったような30°以上の急傾斜地や軟弱斜面において、斜行と方向転換を繰り返すスキークの斜登行のような登坂が可能になり、また従来の機械では対応しきれない多くの障害物や立木を回避しながら走行することも可能にしている。

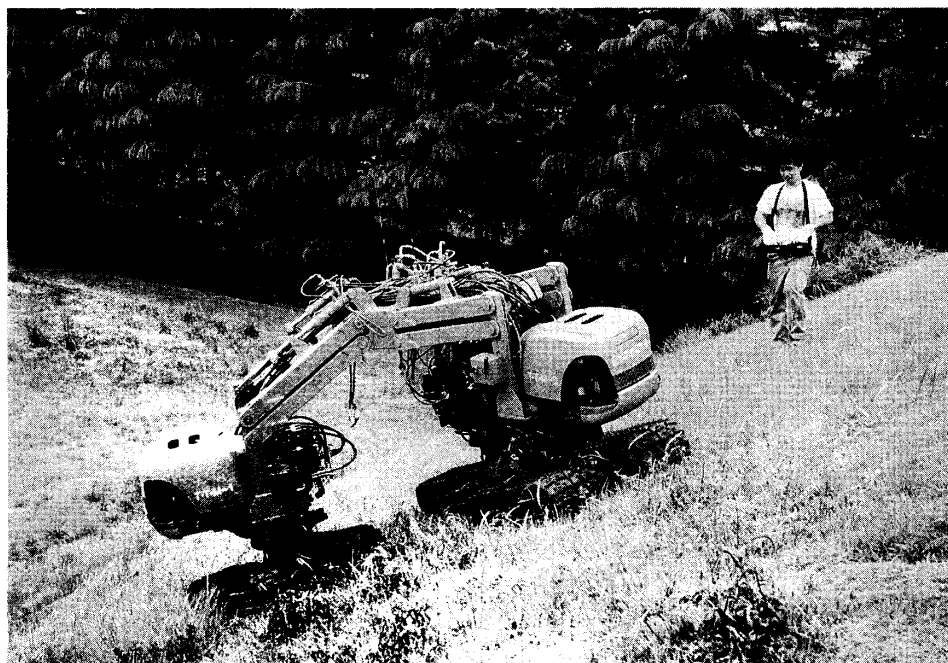


図 7. T T Mの傾斜地走行 (森林総合研究所内35度斜面を横行している)

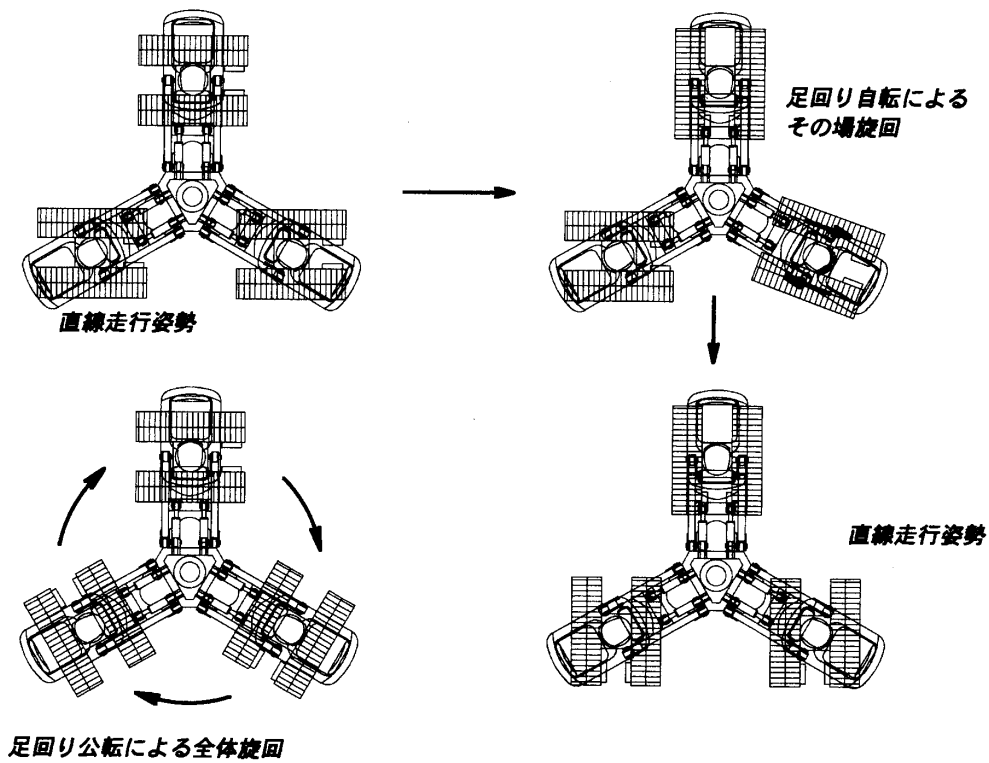


図8. TTMの走行パターン

### おわりに

林業機械を考える上で、林木生育の場である林地をいかに壊さないで作業できるかということは最も重要なことである。この点において林業機械は、同じ不整地車両である土木用機械、農用トラクタとは区別される。すなわち自然地形を“整備”するための土木用機械、“整備”された圃場で使われる農用トラクタとは異なり、林業機械は自然地形をできるだけ変えないで使われるべきであるからである。

森へのダメージを最小にし、厳しい条件を走り回るためには、森林のことにもっと配慮したベースマシンが必要である。林業が自然と調和した素晴らしい仕事であり続けるために、林業機械もその力を発揮していかなければならない。

# 夢の高機能素材

—セルロース膜できれいな水づくり—

木材化工部 機能材料研究室長 平林 靖彦

## はじめに

一昨年、西日本の異常渇水は市民生活と企業の生産活動に大きな打撃を与えた。水を確保することの重要性が再認識され、海水の淡水化技術と水の回収技術が一躍注目を浴びた。そこで塩水から真水を製造する（造水という）方法として、セルロース膜やその他の膜を用いたパーバレーション法を検討した。その中で特にセルロース溶媒を用いて製造した再生セルロース薄膜は、塩水から高純度の真水を高速に得ることを可能にすることが分かった。

## セルロースと水

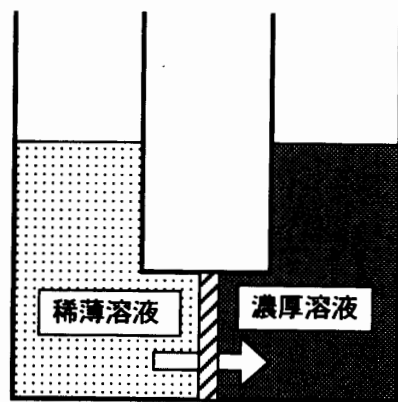
セルロースの高度機能性は水と関係する場面でよく発揮される。例えば木綿や麻の衣類は汗を吸い取り、木材は吸湿・放湿をして室内の湿度調節をしてくれるが、これらはセルロースの高度な働きに依存している。また、セルロースの化学構造を変えて水との親和性を更に強めたセルロース誘導体は、生活の場で目立たないところで活用されている。例えば生理用品、紙おむつなどである。このようにセルロースの高度機能性を水と関連する用途に活用することは理にかなった方向である。この研究は前述の背景を鑑みて、セルロース膜の高度機能性を塩水の淡水化や水の精製技術に生かすという発想から始まった。

## 淡水化の方式と問題点

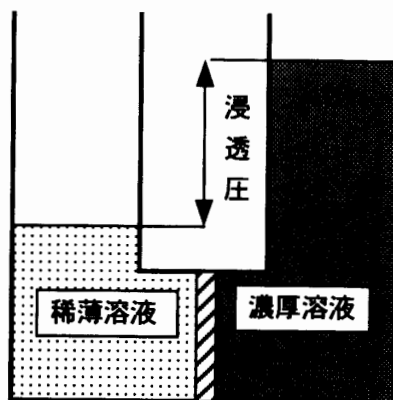
塩水の淡水化方式には蒸発法、膜法、冷凍法などがある。蒸発法は加熱した海水から蒸発した水蒸気を冷却して水を得る方式である。蒸発法は海水の淡水化の主要な方式として行われているが、水に溶けた揮発性の物質や疎水性の有機液体を除去するのが難しく、エネルギーを大量に使うなどの問題点がある。

膜法の一つである逆浸透法の原理は図1に示す。濃度の違う水溶液を半透膜で仕切ると、濃度の薄い溶液の水は濃度の高い溶液の方へ移動する（図1 A）。この現象は濃度の高い溶液の方へ移動する力とこれを押し戻す液面差による力が平衡になるまで起こる（図1 B）。この力を浸透圧という。濃い溶液の方に浸透圧以上の圧力をかけると、濃い溶液の水は半透膜を通して薄い溶液の方に移動することを利用したのが逆浸透法（RO法）である（図1 C）。膜法では逆浸透法が唯一実用的に

稼働している方式である。半透膜として酢酸セルロース膜と合成膜が半々ずつ用いられている。経済性と膜の加圧の制約で、前処理をした一定量の海水からとれる真水の量は海水の3分の1ほどにすぎないので前処理のコストがかさむ。そのため、その他の方式の膜法も検討されている。

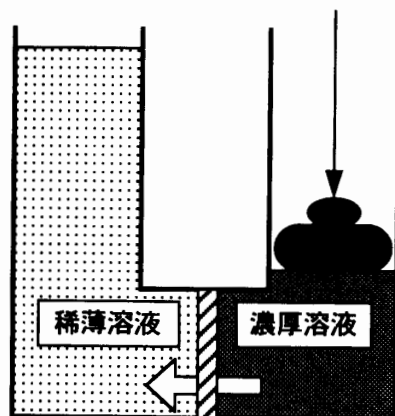


A



B

浸透圧より高い圧力



C

図1. 逆浸透法の原理

例えばサーモパーバレーション法（TPV法）はその一つである。微細な孔が貫通した疎水性の膜の一方に高温の海水を流し、膜の反対側の空間に設けた冷却部に透過した水蒸気を凝縮する方式である（図2）。廃熱や太陽熱を利用することができ、塩水濃度に左右されずに塩分を一挙に99.99%以上除去した高純度の水を得ることができる。その反面、揮発性物質と疎水性物質を透過してしまう可能性があり、高速に水を得ることができない。

冷凍法は液化天然ガスが気化する時の潜熱によって海水中の水を凍らせ、氷を捕集して水にする方式である（図3）。エネルギー消費は少ないが、得られる水の純度は低い。

本研究で検討したパーバレーション法（PV法）による淡水化の原理を図4に示す。PV法による淡水化は親水性で無孔性の膜が適するので、セルロース膜が活躍できる可能性は高いと判断している。

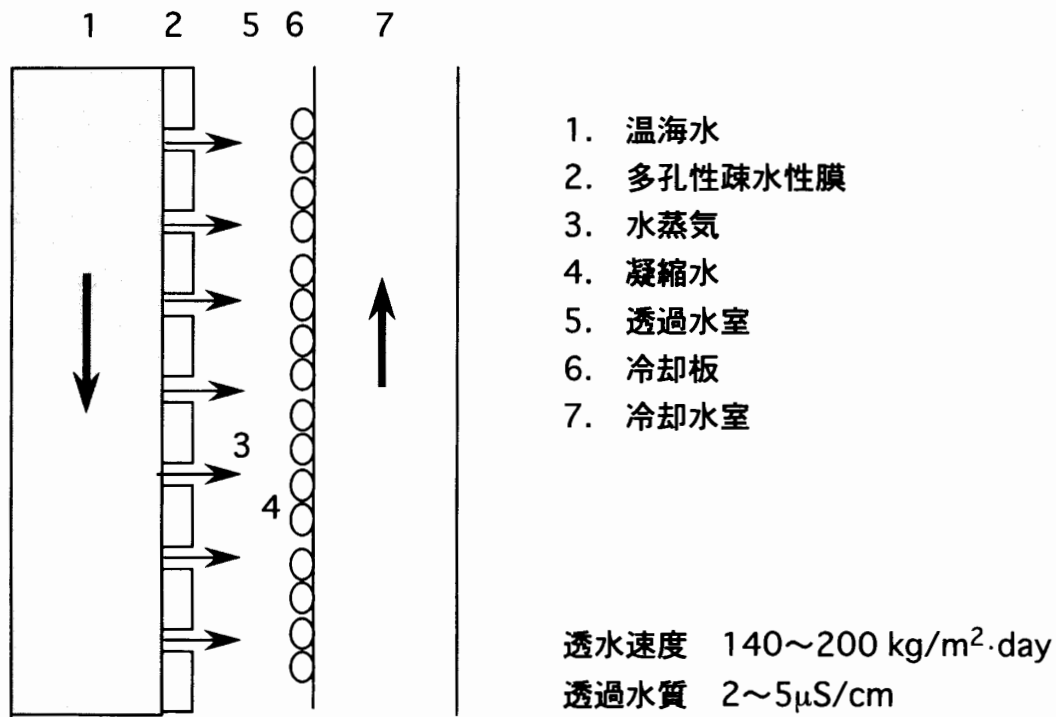


図2. サーマパーバレーションによる海水淡水化の原理

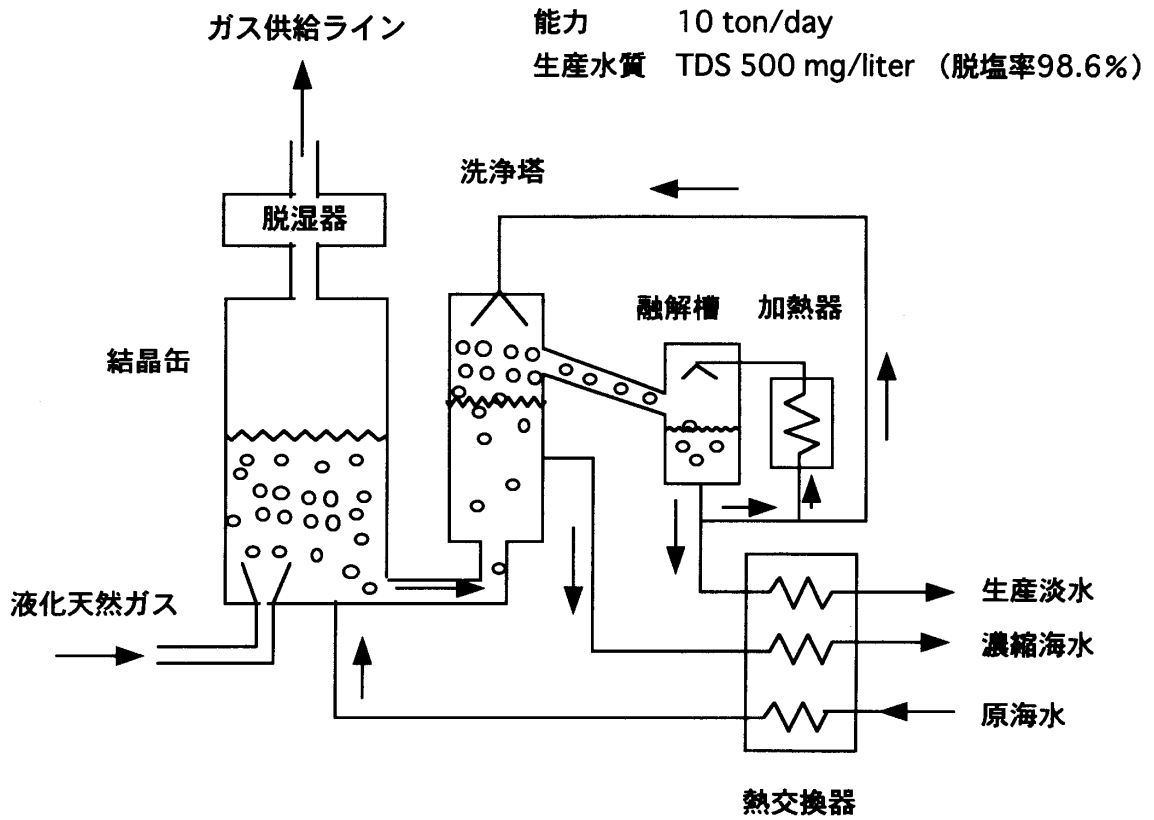


図3. 冷凍法による海水淡水化の原理

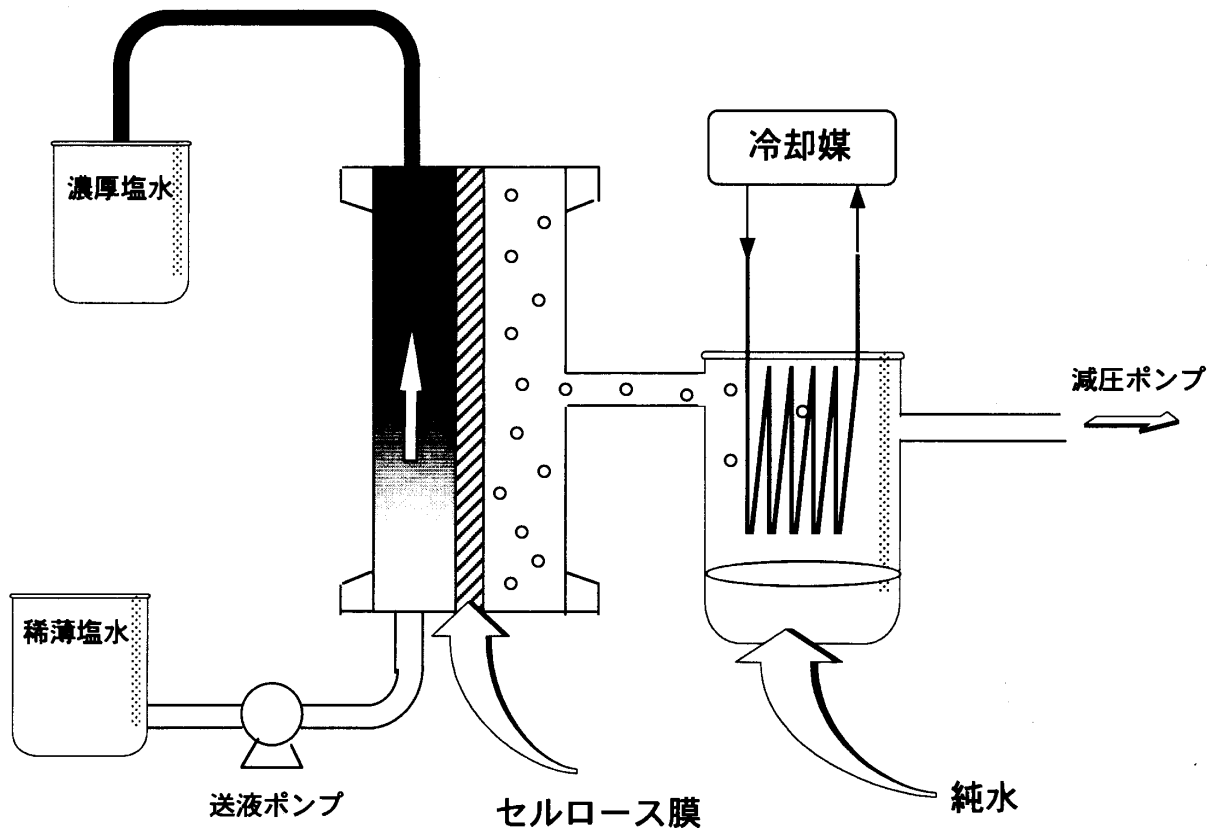


図4. パーバレーションによる淡水化の原理



## セルロース膜を用いたパーバレーション法による塩水の淡水化

目的物質、ここでは水であるが、これを効率よく生産することは極めて重要である。従って膜を用いる造水技術では透水性の大きな膜が求められる。そこでセルロース膜の他にキトサン膜、架橋カルボキシメチルセルロース膜などセルロースと類似の膜について透水速度を検討した。いずれの膜でも脱塩率は塩水の濃度に依らず高脱塩率が得られた。透水速度はセルロースのN-メチルモルホリンN-オキシド溶液から再生したセルロース膜が最も優れた性能を示した。透水速度と脱塩率の関係をRO法とPV法の結果を比較した(図5)。RO法では高い脱塩率を得ようとすると透水速度が犠牲になる傾向があるのに対して、PV法は両者とも高い数値を追求することが可能である。

膜による塩水淡水化の基本的性能評価は図5で示されるが、さらに脱塩と同時に汚染物質を除去できることが望ましい。これは基本的性能の向上とともに、今後引き続き検討する。

膜の厚さが薄ければ薄いほど透水速度は大きくなる。図6と図7はそれぞれキトサン膜とセルロース膜の膜厚と透水速度の関係を示す。同じ膜厚で比較するならばセルロース膜はキトサン膜よりも透水速度は大きい。以上の結果から、透水速度は膜は薄ければ薄いほど高くなることと膜の構造にも依存することが分かる。これからは超薄膜化と新たな膜の創製への挑戦である。

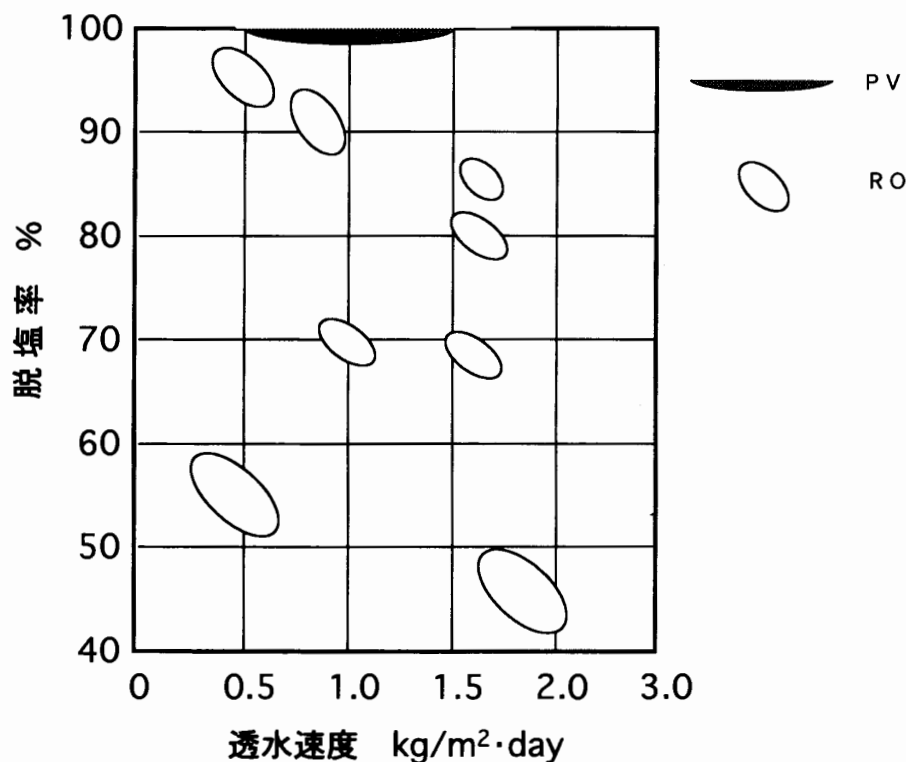


図5. パーバレーション法 (PV) と逆浸透法 (RO) の脱塩率と透水速度の比較

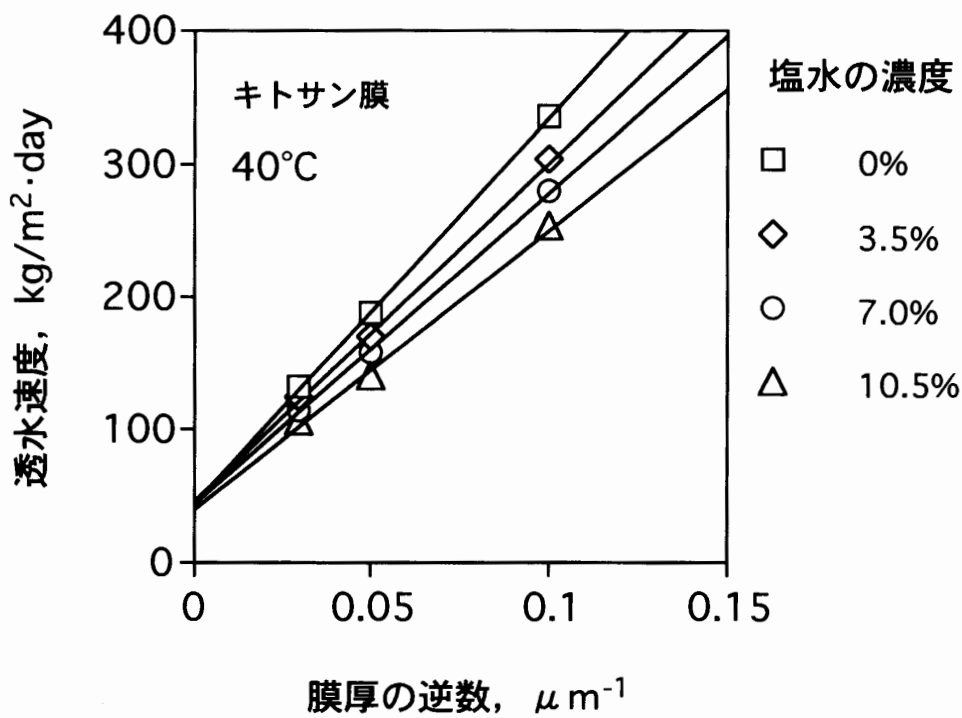


図6. キトサン膜を用いたパーベーパレーションの  
透水速度と膜厚の関係

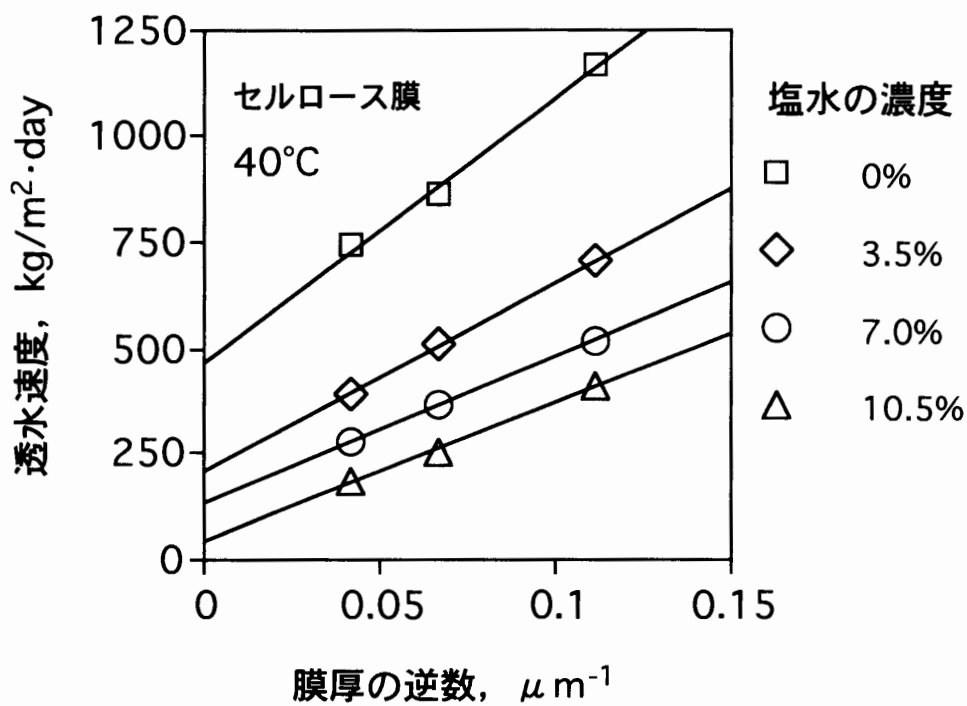


図7. セルロース膜を用いたパーベーパレーションの  
透水速度と膜厚の関係

# 火災に安全な木質材料

—経験を活かす防火サイエンス—

木材化工部 難燃化研究室長 上杉 三郎

## はじめに

私達は、焚火の経験から新聞紙と雑誌、小枝と丸太材、乾燥材と濡れた材では、燃え方に違いがあることを知っている。それらは人間の五感によって発熱量と発煙量、分解成分の種類と生成量などを判断している。また、野焼きや山焼きでは着火地点や拡がり方を気象条件から判断した。

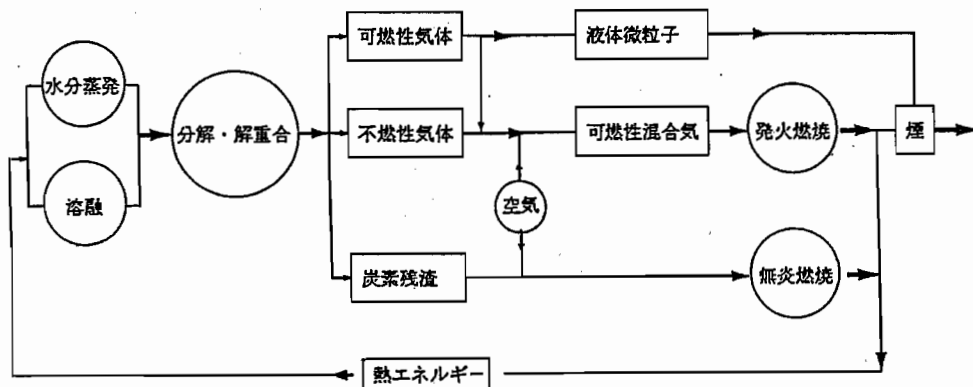
しかし、これらの経験を建物火災を考える上で、構造や材料選択にどれだけ利用しているだろうか？

ここでは木材の燃焼性の比較から、火災に安全な構造部材、内装材料や外装材料、そして燃えない木質材料は可能なのか？木質材料の火災安全性の限界はどこにあるのか、について考察する。

## 木材は燃える

木材は生体として、変化する環境の中で生き延びるために、多くの機能が維持されている。しかし、突発的な事件に対する機能、例えば山火事に対応できる機能はほとんどない。

木材は有機物なので、燃える。では、「燃える」とは、どのような物理的な現象か、その木材の燃焼メカニズムを示す(図1)。与えられた熱によって木材が分子レベルまで小さく分解し、例えば、アルコール類の成分は燃焼して、新たに熱を発生する。このようなサイクルで燃焼が継続する。



□は成分または生成物、○は現象を示す

図1. 高分子物質の燃焼過程

## 燃焼性の違い

木材は生活環境の変化に合わせて長時間生きるために固体間で差が生じる。そのために同一樹種でも性能値に幅がある。例えば、比重などである。

木材の熱的な特徴では、着火温度、発火温度は樹種間で差は大きくない。しかし、着火時間、発熱量、発煙量、生成ガス成分などは樹種間で異なる。よく燃える場合は煙発生量、ガス成分が少なく、不完全燃焼では発煙量は多く、発生するガス成分も多種類になる。

木材が燃焼する場合、最も影響する要因は、密度（比重）である（図2，3）。これらから、温度 $Q$ で加熱する時、 $t$ 秒で燃え始めると仮定すると、

$$t = X (\theta / Q)^2, \quad X = c \cdot \rho \cdot \kappa,$$

$c$ : 比熱（1グラムを1℃高める熱量）， $\rho$ : 密度， $\kappa$ : 熱伝導率（熱の伝わる速さ），で表せる。

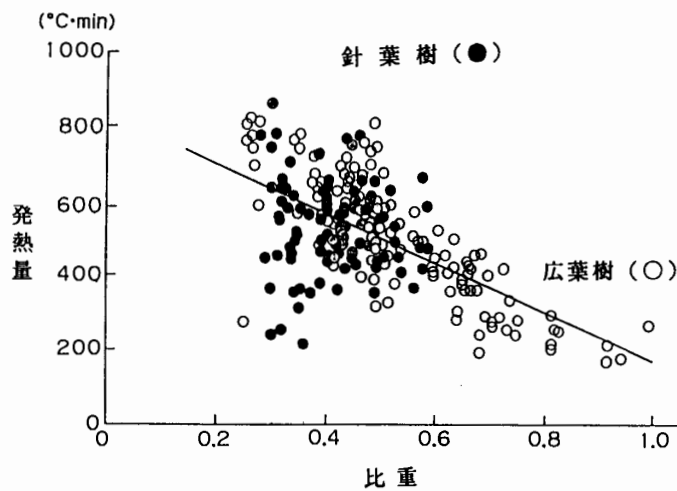


図2. 木材の比重と発熱量

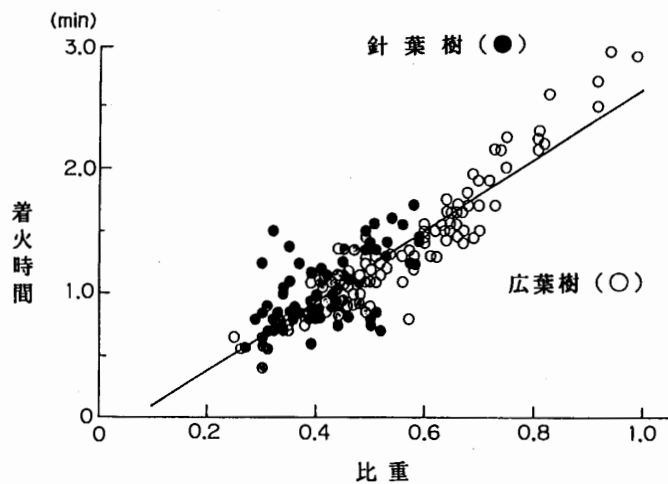


図3. 木材の比重と着火時間

## 住宅火災

木造住宅火災で重要な部位を図4に示す。室内で火災が発生すると、火炎は垂直（または内壁に沿って）成長し、次いで天井の下面を水平に拡大する。屋外からの火災では、外壁、窓、換気口、屋根から延焼する。建物の中の延焼は、階段から、窓、ドアなどの開口部から、押入から隣室や上階に拡大する。

このため建物の火災安全性は部位の防火性能が直接に影響する。

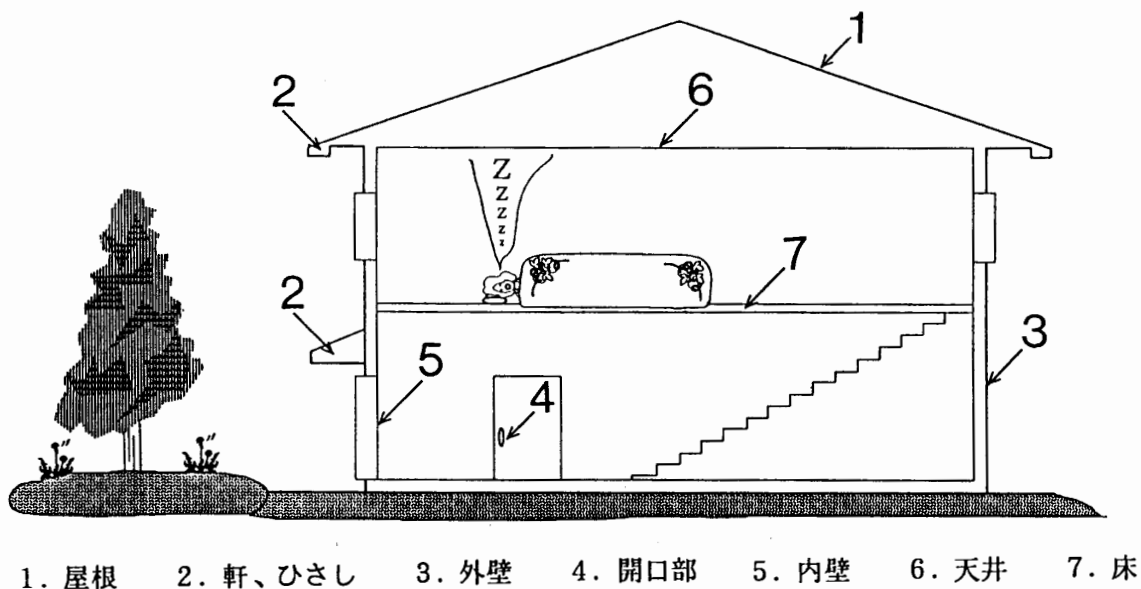


図4. 木造住宅で防火措置を必要とする部位

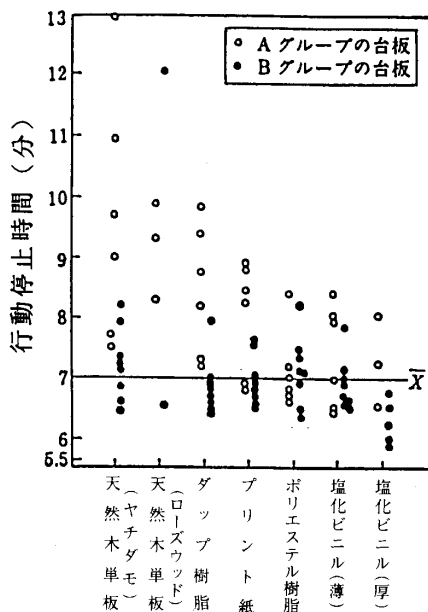
## 材料開発

材料の防火性能は、基準によって評価され、その基準は使用目的によって異なる。船舶ならば運輸省の、建築物ならば建設省の定めた品質基準があり、人命や財産保全のための基準である。JISはこれらの性能を確認するための一般的な試験方法で、その他に幾つかの試験方法がある。建築材料はJIS A1304（構造材、屋根及び外壁材、開口部材）、同 A1321（内装材）によって火災安全性の評価がされる。

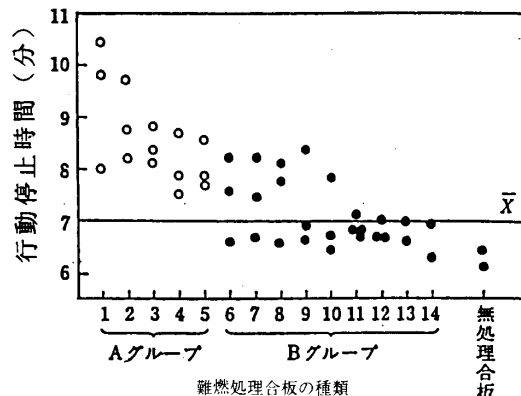
ここでは木質内装材料の試験結果（JIS A1321内装材料の表面燃焼試験）について示す。木材で難燃材料、準不燃材料とするには、相当量の薬剤が必要だが（表1）、台板に石膏ボードを使用すると表面化粧の薄板で準不燃材相当品が可能である。木材に薬剤処理する場合は、火災時の有害ガス発生が重要である。表面材料の違いで生物への影響が大きいことが明らかである（図5）。

表1. 表面燃焼試験, 合格リスト (準不燃及び難燃)

KEN NO	台板樹種	台板薬剤名	注入量 kg/m <sup>2</sup>	突き板厚さ (mm)	突き板薬剤名	注入量 kg/m <sup>2</sup>	加熱時間 (分)	A f (分, 秒)	CA	t c (分, 秒)	t d θ
5616	石膏	無処理	-	1.5	k&c	149.59	10	0	51.2	3.46	14.0
5617	石膏	無処理	-	1.5	k&c	23.41	10	0	16.5	3.28	90.2
5625	石膏	無処理	-	1.5	k&c	4.96	10	0	14.4	3.42	9.4
5626	石膏	無処理	-	1.5	k&c	7.58	10	0	18.8	3.38	20.8
5660	石膏	無処理	-	0.6	無処理	-	10	0	18.8	3.32	60.8
5658	石膏	無処理	-	0.6	無処理	-	10	0	12.9	3.44	73.2
5592	7k77	9:1	168.23	0.6	無処理	-	6	0	102.6	0	0
5593	7k77	4:1	203.55	0.6	無処理	-	6	0	77.0	0	0
5604	7k77	9:1	206.01	1.5	無処理	-	6	0	73.4	3.42	44.0
5605	7k77	LH1	468.35	1.5	無処理	-	6	0.07	116.1	3.36	116.1
5603	7k77	4:1	241.94	1.5	無処理	-	6	0	90.2	3.44	57.4
5651	7k77	4:1	306.05	0.6	無処理	-	6	0	89.6	3.40	1.3
認定	ヒバ集	無処理	-	1.5*3	4:1	116.00	6	0	44.4	0	0



$\bar{X}$ : 標準材料(レッドラワン)の平均行動の停止時間  
 市販難燃処理化粧合板の化粧別による行動停止時間



市販難燃処理化粧合板の Maus 行動停止時間

図5. ガス有害性試験結果

### 構造部材の火災安全性能

建物を支える構造材の火災安全性は、何によって確認しているのだろうか。一般には火災の大きさを想定して、計算値から考える。小規模建築物（住宅）では経験的に対応してきたが、最近では実大家屋の火災実験、部材燃焼試験からも安全性を確認している。

木材は加熱されると強度が低下する（図6）。しかし、材の断面寸法が大きくなれば、たとえ表面に干割れのある材でも中心部は影響されず、建物を支えることが出来る。ここに、大断面木材の有効性がある。また、床・天井の構成を考えると耐火時間も大きく延長でき、工法によっても安全性は向上する（図7）。

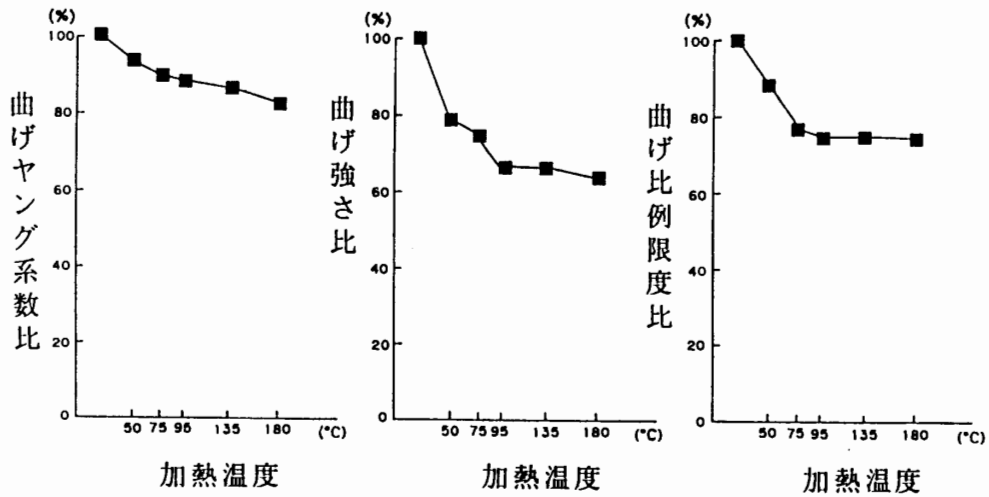


図6. 加熱による曲げ性能変化

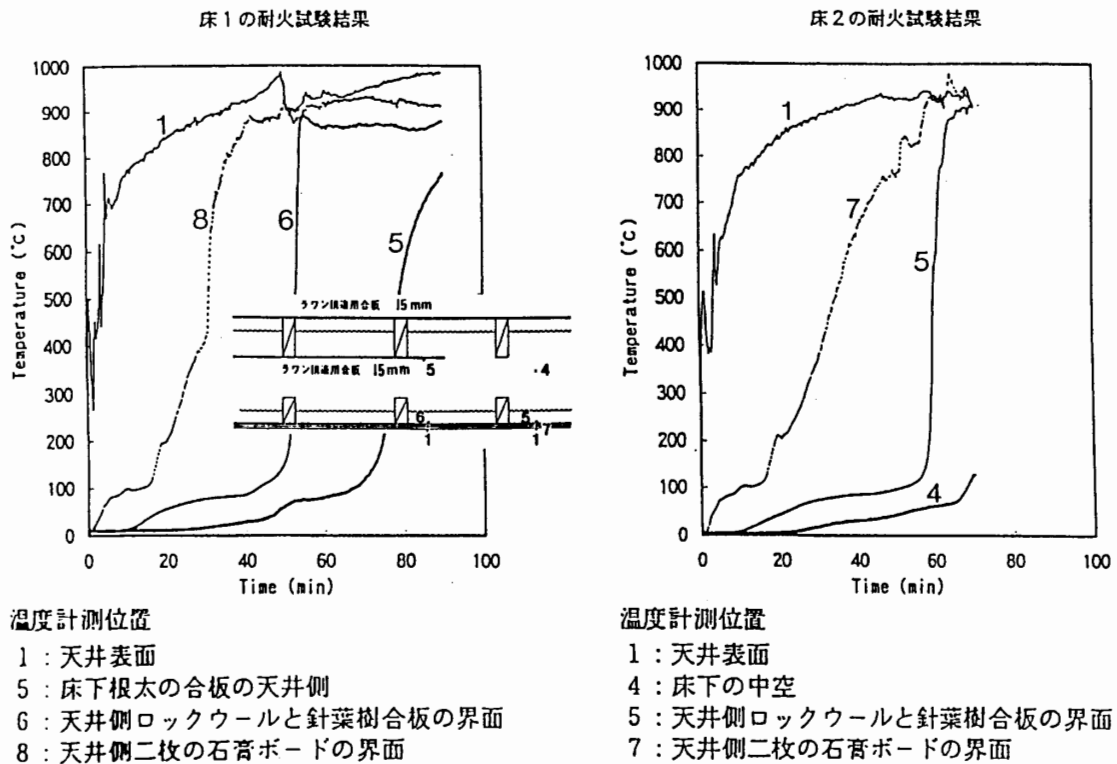


図7. 部材構成の違いによる天井・床の耐火時間比較

## 結論

木材は火災に抵抗している。しかし、火災に安全な木質材料ではない。材料の性能を知って、利用する工夫が必要である。まさに適材適所であるべきである。

## ちょっと一言

私たちは木材に対して過大な性能を要求していないか？

金属やプラスチックには電気伝導性や可塑性、断熱性などの単機能だけを要求している。また、そのために開発された材料である。

ところが、木材は簡単な扱いで、それなりの機能を果たすために過大評価されて、つい全能の材料であると期待してしまう。

もともと人間は木材のある機能を適材適所に利用してきた智恵を持っていた。しかし、高度に管理された工場で生産される工業材料と同じ性能を求めて、それに答えられないと、「性能が低い」「不均一だ」と低い評価を与えている。そのために、材質改良が不可欠であると技術開発に全力投球しているが・・・。

金属やプラスチックとの比較では、強度も断熱性も中間的数値を示している。それは天然素材の特性であり、個性である。これを「木材の優しさ」と言えないか。ゼロか100の相対評価ではない、総合評価（絶対評価）で木材を考える時である。かつての木造はエコロジー建築の先端であった。



# 熱帯林に気球をあげる

—いかにして熱帯林の林冠の昆虫相を調べるか?—

北海道支所 昆虫研究室長 福山 研二

## はじめに

熱帯林の昆虫相は豊かであるといわれている。Erwin (1983)が大胆に予想したところでは熱帯アメリカだけで3千万種いるのではないかともいわれている。しかし、実際にどれほどの種類の昆虫が熱帯林にいるのかは、まだ誰にも分かっていない。さらに、それに追い打ちをかけているのが、熱帯林の樹木の高さである。典型的な熱帯降雨林では、超高木と呼ばれるものは、50~60mもあるのが普通である。熱帯林にはたくさんの昆虫がいると期待して熱帯林の林内に入ると、案に相違して、ほとんど虫に出会うことがない。これは、多くの昆虫類が、最も生産活動が活発に行われている樹冠部におり、我々がいる地表付近にまでは降りてこないためではないかといわれている。我々は、いってみれば熱帯林という深い海の底をはいずりまわっている貝のようなもので、容易には多くの生物達が泳ぎ回っている?海面に浮び上がることはできないのである。

昆虫類の中でも、甲虫類はその種類の多さ(全昆虫の40%)から森林のあらゆる生息場所を利用している重要なグループである。その中でも特に、熱帯林の動態の上で重要な役割を果たしている花粉媒介者としての甲虫(コガネムシ、ハナノミ、ケシキスイ類など)と材の分解者としての甲虫(キクイムシ、ゾウムシ、カミキリムシ類)に注目することにした。

しかし、問題は、いかにして樹冠部の昆虫類を調査するかであった。

「群盲象をなでる」ということわざがあるが、熱帯林という巨象に対し、我々は、まさに群盲のように、あらゆる手立てを講じて挑みかかっている(図1)。

これらの方法は、いずれも一長一短があったが、予算の関係から吊り下げ式が最もよいと思われた(表1)。しかし、超高木の枝から吊り下げるのでは、樹冠の上に設置することができないため、森林内での訪花性甲虫の垂直的な活動分布などを完全にはおさえられない。そこで、気球を使ってトラップを吊り下げる方法をとることにした。これなら、樹冠の上にまでトラップを上げることができそうである。

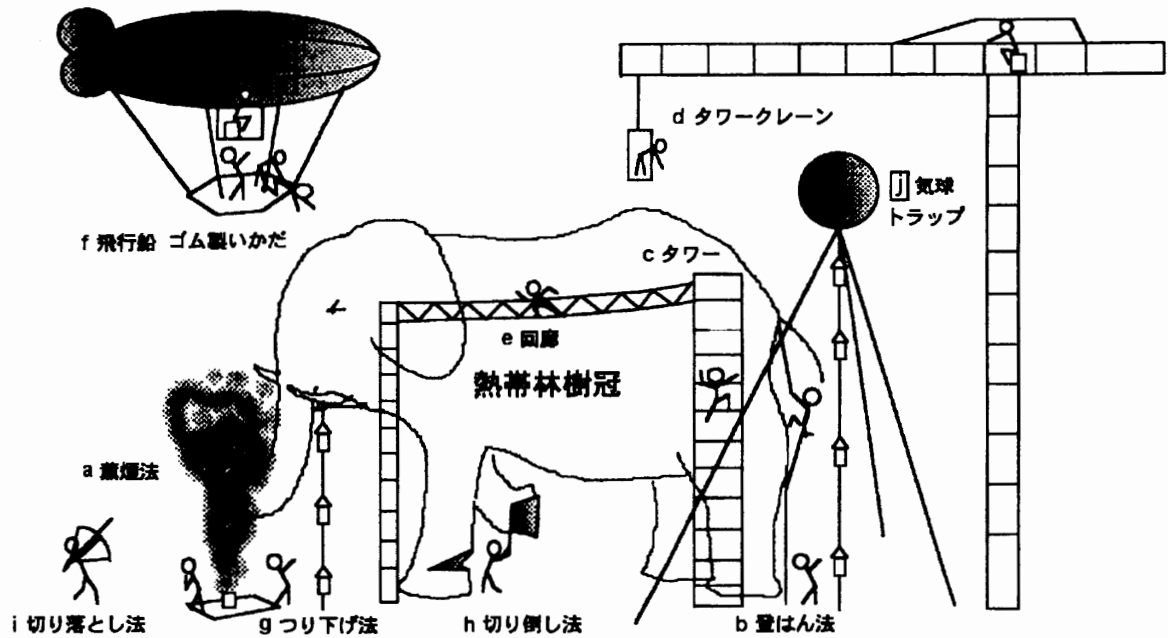


図1. 林冠の昆虫を調査する方法の比較

表1. 樹冠の昆虫を調査する方法の比較

	費用	維持管理	特殊技術	人員	可能性	直接観察採集	環境への影響	危険性	採集可能種数	調査期間	安定性
タワークレーン	大	大	大	中	限定	良	大	小	多	長	大
いかだ付き飛行船	大	大	大	大	良	良	小	大	多	短 (1週間?)	中
くん煙	小	小	小	小	良	不可	大	中	多	短 (1時間)	小
登はん法	小	小	大	小	良	良	小	大	少	短	小
吊り下げ法	小	小	中	小	可	不可	小	小	中	長	大
タワー	大	小	小	小	不可	良	大	中	少	長	大
樹冠観測回廊	大	小	小	小	不可	良	中	大	多	長	大
切り倒し法	中	小	中	小	可	可	大	大	少	短	小
切り落とし法	小	小	大	小	良	可	小	小	少	短	小
気球トラップ	小	小	小	小	良	不可	小	小	中	短 (2週間)	中

### バルーントラップシステムの開発

バルーントラップシステムとは、広告用の気球を用いてトラップを樹冠まで上げる方法である(図2)。使用するトラップはあまり重くないもの(4kg以下)ならどんなものでもよい。今回は、主に訪花性甲虫類を採集するためには、白色の衝突板式トラップ(図2b)を用い、誘引剤としては花の匂い成分の一種であるベンジルアセテートを用いた。また、キクイムシ類を採集するために同じく黒色衝突板式トラップを用い、誘引剤はエタノールを用いた。バルーンは白色の塩化ビニール製フィルムでできた直径2.5mの球形をしており、重量はロープなどを含め約3kgである。7m<sup>3</sup>のヘリウムガスを充填すると約4kgの揚力が得られる。ちなみに、今回用いたトラップは総重量が約1.5kgであるので、2器まで吊り下げることが可能である。バルーンは安定させるために3本の細いロープで係留する(図2a)。

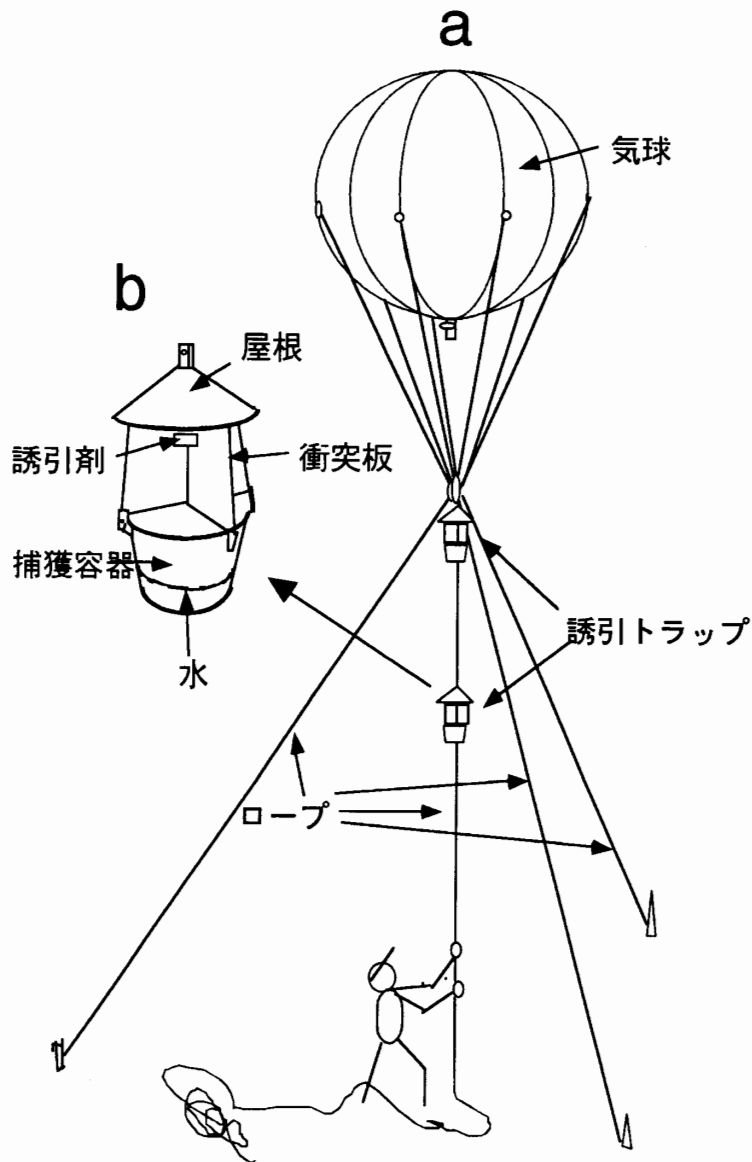


図2. 気球トラップの設置状況

### 熱帯林での実験

熱帯林のなかでも半島マレーシアの熱帯降雨林はモンスーンの影響を受けないため、年間にわたって風が弱いと言われている。そこで実際に熱帯降雨林で試すことにした。

調査地は、半島マレーシアのパソーにあるフタバガキ科の高木が優占する低地熱帯降雨林の保護林に設定した。互いに100mほど離れた2か所の調査地点(A, B)を設定し、各地点にバルーンを一つずつあげた。

調査期間中、いずれの高さにおいてもバルーンは安定して係留され、トラップもほとんど移動しなかった。また、ガスの漏洩もわずかで10日間継続して係留することができた。3本のロープで係留した場合は、3人(少なくとも2人)いればバル

ーンの設定が行え、トラップの回収のための上げ下げは一人でも容易にできることが分かった。

### トラップに誘引捕獲された甲虫類

調査期間中に合わせて13科（1上科を含む）の甲虫類が捕獲された。最も個体数が多かったのがコガネムシ科で約64%を占めた。次いでコクヌスト科、ゾウムシ科、オサムシ科、ハムシ科、ハネカクシ上科、コメツキムシ科、ハナノミ科、ケシキスイ科、ヒゲナガゾウムシ科、オオキノコムシ科、カミキリムシ科、キクイムシ科の順であり、主な訪花性甲虫のグループは捕獲できた。

ベンジルアセテートに誘引されたものとしてはコガネムシ科の *Dasyvalgus* 3種、*Mechinonota* 1種が優占しており、エタノールでは、キクイムシ科の *Xylosandrus crassiusculus* が優占した。

高さによる捕獲傾向の違いをみると、全体では明らかにトラップをあげた地点での樹冠層にあたる15m付近で最も多く、地表付近では、極めて少なかった（図3）。ただし、この傾向は種類によって異なり、最優占種である *Dasyvalgus* 3種は樹冠層に多く、地表付近では全く捕獲されなかったのに対して、同じコガネムシ科の *Mechinonota* 1種は地表付近でも捕獲されている。また、花や新梢、葉などを食べていると思われる *Endaeus* 2種（森本私信）は、樹冠部の上で最も多くとれている（図3のゾウムシ類）。

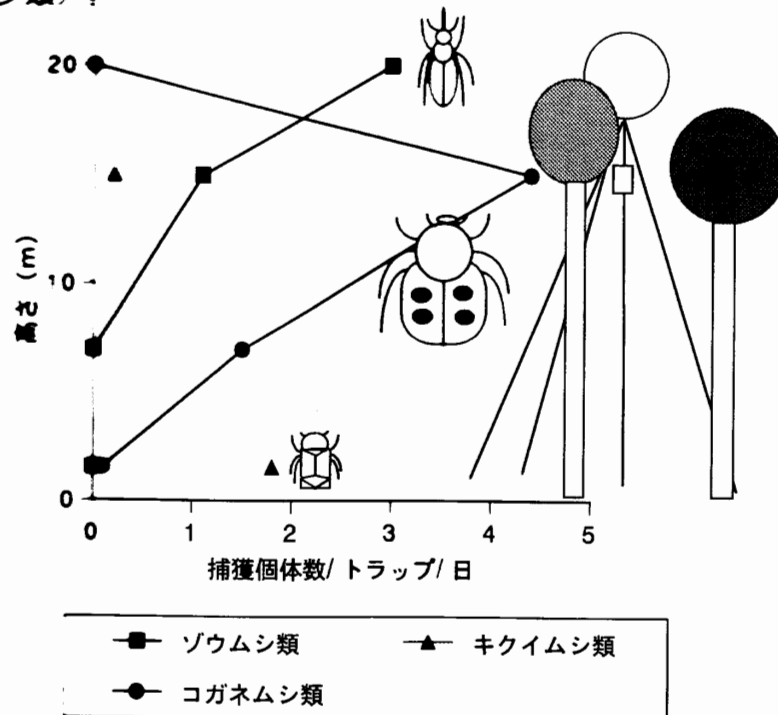


図3. 気球トラップにより捕獲された甲虫類の垂直分布

## まとめ

気球を使って林冠の昆虫を調査するという一見、突飛な方法も、熱帯林のような風の弱いところでは、十分可能であり有用な方法であることが分かった。この方法の利点は、タワーのように設置場所が限定されないことがないため、対象とする樹木などの近くに直接トラップを上げることができることであろう。そのため、そのとき開花している樹木を対象に訪花昆虫を調査したり、林縁から林内にかけての群集の変化を解析したりでき、熱帯林の昆虫群集を水平的及び垂直的に解析ができる。特に、コガネムシ類のように生活史の大部分を土壌表層で送り、成虫のみが一時的に林冠を訪れるものを短期間で調査するには適している。