

東南アジア材組織の特徴*

貴島恒夫**

Structural Characteristics of Timbers Productive of Southeast Asia*

Tsuneo KISHIMA**

緒言

南洋材の大部分は東南アジア所産の熱帯材であるが、わが国には熱帯地域に国土がないので、国産材からそれら熱帯材の組織構造あるいは材質を類推することには無理がある。

もっとも東南アジア材ことにフィリピンの材は、戦前からいわゆるラワン類としてさかんに利用されて来たり、その需要量は年々増加の一途をたどっている。わが国木材需要量の一半は外材であり、またその半分は東南アジア材であるというのが現状である。

この意味では東南アジア材の性質については、実用上すでに十分な経験が蓄積されているという見方も成り立つであろうが、実際はまだまだその合理的利用、効率の高い活用の域には達していない。

元来熱帯地域には著しく豊富な樹種が存在していることは周知のところながら、東南アジアにはどれ位の本木植物が生育しているか？ その概数さえも推量することは容易ではない。

かりに今までに取扱われた東南アジアの商用材 (commerical timber) のみについて、各国で得られる知識を集成することができたとすれば、その数は優に2,000種を超えるであろう、わが国には約2,000種の本木植物があり、そのうちの200~300種がいわゆる有用材の樹種であることからすれば、東南アジアには少なくとも20,000種の本木植物があると見なければならぬ。したがってわが国における東南アジア材に関する樹種別の材質知見は全くその一部分に過ぎず、その知識の集積はまだほんの端緒の段階を出でないことに思い当る。

さらに幸か不幸か、量的には東南アジア材の約80%まではもっぱらフタバガキ科 (*Dipterocarpaceae*) に属する樹種であり、ラワン類もその主要部分を占めるものであることは、東南アジア材の樹種識別を非常に困難ならしめている反面、実用上はいわゆるラワン類に見るように、各々の樹種は問うことなく、一括して粗放な利用に傾く慣習を助長することにもなっている。それにしても東南アジア材については先ず第一に要求されているはずの組織構造を始めとする各樹種の材質に関する知見よりも経験的利用が先行している状況は、一時も早く逆転せしめなければならない。

* 第20回木研公開講演 (宇治, 1970. 10. 23.) において講演

** 木材生物部門 (Division of Wood Biology)

特 異 的 特 徴

表題の“特徴”を考えるに当って、特徴というに最も適わしいのは特異な属性あるいは極端な特色であるが、この“特異的特徴”のほかに通有性の抽象にかかる“通有的特徴”がある。

前者、特異的特徴は樹種識別上有力かつ決定的な価値 (diagnostic value) をもつもので、まだほとんど研究されていない樹種が多い現状にもかかわらず、すでにかなり顕著ないくつかの特徴が数えられる。

またこの特異的特徴にも質的なものと量的なものがある。例えば材内篩部 (included phloem) や細胞間道 (intercellular canal) などは、その存否が分類学的な意義 (taxonomic value) をもっているのに対して、細胞膜の厚薄が主に関係する木材の比重に関しては、Bilian (Mlys.)=Borneo Ironwood や Giam (Mly.)=Selangan Batu (Sab.) のような重硬材、Binuang (Mlys.), Durian (Mly.), Jongkong (Mly.), Jelutong (Mlys.) のような軽軟材はその両極端に位するものである。

1. 細胞間道

細胞間道すなわち樹脂道 (resin canal) は温帯産針葉樹の *Pinus* (マツ), *Picea* (トウヒ), *Larix* (カラマツ) 属などの正常材に存するので、細胞間道といえはわれわれは針葉樹材をまず考えるが、広葉樹材にもこれを有するものがある。ことに問題のフタバガキ科の材では木口面に細胞間道の断面が接線方向に連鎖配列をなしている点が有名である。

正常な細胞間道が現われる樹種は分類学的にはかなり限られていて、特殊グループの特徴をなしている。フタバガキ科は17属 300 余種を含む大きい科であるが、*Marquesia*, *Monates* 両属を除いたすべての種に垂直細胞間道が存する。またウルシ科 (*Anacardiaceae*), カンラン科 (*Burseraceae*) では水平細胞間道として放射組織の中に現われる。

このほか傷害に基づく傷害細胞間道 (traumatic intercellular canal) がたまたま現われることもあり、これが特徴と見なされる場合もある。センダン科 (*Meliaceae*) の樹種の識別にはこの点がしばしば有力に働らく。

上記は細胞間道出現の著しい例であるが、垂直・水平細胞間道がいかなる科に現われるかを知るには、

C. R. METCALFE and L. CHALK: Anatomy of the Dicotyledons¹⁾, 1957.

の末尾に記された “List of families in which certain diagnostic features occur.” がまず役立つ。また幸にして東南アジア材に関しては同類の表でさらに詳しく属名にまでおよぼしている次の文献があり、

P. K. BALAN MENON: Taxonomic value of wood anatomy seen through malayan woods²⁾. 1961.

これが

須藤彰司: 南洋材, 1970³⁾.

に転載されていて参照に便利である。

この MENON 氏の表に明らかなように、東南アジアの広葉樹材に関していえば、垂直細胞間道はフタバガキ科のほとんどすべての属に存し、これは広葉樹材全体を通じて最も著し

い存在である。これ以外ではわずかにマメ科 (*Leguminosae*) 中の *Sindora* すなわち *Septir* (Mlys.)=Supa (Ph.) の属、ミズキ科 (*Cornaceae*) の 1 属およびオトギリソウ科 (*Guttiferae*) の 1 属があげられているのみである。すなわち正常な垂直細胞間道はほとんどフタバガキ科に限られているといえる。

垂直細胞間道は本来細胞間げきが拡大したもの、すなわち離生的 (schizogenous) にできたものが大部分であるが、部分的にゴム化症 (gummosis) によって破生的 (lysigenous) にできた個所もあり、そのような部分にはエピセリウム (epithelium) が欠けている。

フタバガキ科では細胞間道が接線方向に連鎖的に配列していると記したが、その連鎖にも長短かなりの変異があり、相互の間隔にも大いに差がある。Manggassinoro (Ph.) *Shorea philippinensis* BRANDIS などでは間道の現われることがむしろまれである。また個々の間道の断面径にも、それを囲むエピセリウム細胞の膜厚にも樹種による差異はかなり甚だしい。

そのうえ内容物もかなり違う。植物学的に樹脂道といっても広葉樹材ではむしろゴム道 (gum canal) であり、物質もけっして単一純粋なものではなく、樹脂状というに適わしいこともあるが、むしろ油状、ゴム状、粘質物状というに適わしい場合が多い⁴⁾。したがってその色も区々である。Red Lauan (アカラワン) *Shorea negrosensis* Foxw. では黄白色の間道帯、白色の内容物であるのに対し、ラワン類一般には褐色のことが多いことは周知のとおりである。

傷害細胞間道としての垂直間道が現われる科の数はむしろ多く、MENON 氏の表では 9 科 17 属にわたっているが、その相互間には分類学的関連がありそうには思えない。もともと傷害細胞間道の現われるということは、進化的にいつて古くはそれらのものに正常な間道が存在していたことを意味するとの見方がある。そうだとすれば昔は垂直間道の出現がもっと普遍的なものであった、換言すれば熱帯材には温帯における針葉樹材のように垂直間道の存在がかなり一般的であったと考えられる。

つぎに水平細胞間道であるが、東南アジア材中これが正常に出現するのは 9 科 23 属である。フタバガキ科のものとしてはわずかに *Shorea* 属中の Section *Richetioides* すなわち Yellow Meranti (Mlys.)=Yellow Lauan (Ph.) および Section *Rubroshorea* すなわち Red Meranti (Mlys.)=Red Lauan (Ph.) の中の 3 種、ならびに White Meranti (Mlys.) *Parashorea smythiesii* WYATT-SMITH ex ASHTON に限られており、むしろその他のものに多く、とくにウルシ科に多い。また垂直・水平両細胞間道を有するものといえば、フタバガキ科の *Shorea* と *Parashorea* の 2 属のみである。

なお、広葉樹材の水平細胞間道もまた針葉樹材の場合と同様すべて放射組織の中にあり、大抵の場合一つの放射組織断面に 1~4 個の間道が散在しているが、その直径はトウダイグサ科 (*Euphorbiaceae*) およびノボタン科 (*Melastomataceae*) のものはとくに大きい (h: 1.5 cm, w: 3 mm に達する)。

2. タンニン管、乳管、分泌要素

抽出物、分泌物質に関連してタンニン管 (tanniferous tube) はニクズク科 (*Myristicaceae*) の 4 属すべてに特有の構造で、水平細胞間道同様放射組織の中を通っていることが多く、混同

され易い場合があるが、この管は非常に長くて膜孔のない細胞であり、その中にタンニン質物を含んでいる。この物質は普通黄赤色の樹液で、乾くと瞬時にして暗赤色の塊りになり、封ろう状となる¹⁾。

乳管 (latex tube) はタンニン管同様乳液 (latex) を含んだ管でパラゴムノキ *Hevea brasiliensis* MÜLL. ARG. のゴム (rubber) もこの乳液が原料であるが、乳液は一般に複雑な組成を有し、でん粉、たんぱく質、糖類、ろう質物を含んでいることから、乳管は同化物質の運搬貯蔵器官であり、ゴム、樹脂、タンニン、アルカロイドなどが存する点では排泄物の運搬器官とも考えられる⁵⁾。

東南アジア材中乳管をもっているものはキョウチクトウ科 (*Apocynaceae*) の3属、クワ科 (*Moraceae*) の4属のみであり、この管は材中では半径方向に通っており、キョウチクトウ科の *Pulai* (Mlys.)=Cheesewood *Alstonia* spp. や *Jelutong* (Mlys.) *Dyera* spp. に見かける材面の欠点、かなり大きい孔 (h: 1 cm<, w: 数 mm) の正体であり、これを乳跡 (latex trace) といっている。

上記のほかに分泌要素 (secretory element) があり、これが細胞の中にある場合もあるが、細胞間げきの中、あるいは伸長した鞘 (elongated sac) や細胞間道中に位することもある。またその内容物も樹脂あるいはゴム質物などと記載されていることが多いが、これらは一々確認された結果ではないことに注意する必要がある¹⁾。

3. 材内篩部

分泌物には関係ないが、材面に欠点を現わす点で注目すべきものに材内篩部 (included or interxylary phloem) がある。

材内篩部とは木部に存在する篩部のストランドまたは層のことである。成熟した結果としての木材では判らないが、このものの成り立ちには二つの場合が考えられる。すなわち形成層始原細胞が分裂する際に篩部母細胞の群が内側にできて、外側の木部母細胞に囲まれる場合と、形成層の外側つまり篩部の中に新しい形成層ができたために、その間の篩部の部分が抱き込まれる場合とである。ただしこれら形成過程のことはまだ実証されていない。

木口面に現われる材内篩部には散在型 (island type) と円弧型 (band type) とがある。そしてその存在は不規則であり不均等であるし、道管の管孔分布とも無関係である。また材内篩部は幼ない幹には存しないで、後になって現われることがある。その出現がはなはだ散発的な場合もある。つる植物 (liana) の幹には材内篩部がとくに多い。

東南アジア材で材内篩部が現われ易く注意すべき材としては、マメ科中の2属、クマツヅラ科 (*Verbenaceae*) 中の1属 (ともに円弧型)、チンチョウゲ科 (*Thymelaceae*, *Gonystylaceae* を含む) に2属、マチン科 (*Loganiaceae*) に1属、ノボタン科に2属、オシロイバナ科 (*Nyctaginaceae*) に2属 (散在型)、都合6科10属が記録されている。

すでにわが国でもかなり使われている材ではマメ科の *Kempas* (Mly. Swk.) *Koompassia malaccensis* MAING. (ex BENTH.), チンチョウゲ科の *Ramin* (Mly. Swk.) *Gonystyrus* spp. に材内篩部がしばしば現われる。

4. シリカ

木材の含有物質中固形のものとしては珪酸石灰，炭酸石灰の結晶ははなはだ普遍的なものであるが，東南アジア材の製材加工上刃物の磨耗をおこす (dulling effect) 点で嫌がられるシリカ（無水珪酸，silica）は温帯産材にはあまり経験しなかった物質なので喧しくいわれる。反面シリカの存在は木材の海虫に対する抵抗を高めるとの説もある⁶⁾。

東南アジア材中シリカの存在の認められているものはかなりある。主に放射組織の中にこれが存在しているものとして19科57属，放射組織以外の柔組織中に存在するものに20科37属が記録されている。

すでにわが国に利用されているものとしてはフタバガキ科中の Keruing (Mlys.) *Dipterocarpus crinitus* DYER., White Lauan (Ph.) Manggassinoro (Ph.), Malaanonang (Ph.) *Shorea polita* VID. (この2種は Yellow Lauan (Ph.) Section *Richetioides*), Parosapis (Ph.)=Mersawa (Mlys. Indon.), Kapur (Mlys.)=Borneo Camphor Wood *Dryobalanops* spp., Resak (Mlys.)=Giam (Indon.) *Cotylelobium* spp. などがあり，フタバガキ科以外のものでは Geronggang (Mly.) *Cratoxylon arborescens* BL. (オトギリソウ科), Rengas (Mlys. Indon.) *Gluta* spp. (ウルシ科), Sundri (Bma.)=Dungun (Mlys. Indon.) *Heritiera* spp. (アオギリ科) などが著しい例としてあげられる。

なお既往の知見によれば，シリカは放射組織中あるいは他の柔組織の中以外にも，道管ことにチロースの中や木繊維の中にも見出されている¹⁾ ことからすれば，今後研究が進むにつれて出現記録がさらに拡大される公算が大きい。

5. 階段状せん孔板，多孔せん孔板，ベスチャード膜孔

木口面に現われる道管の管孔分布の模様のみならず，道管のせん孔板が階段状 (scalari-form) か多孔状 (multiple) であるかといったことが樹種識別上には意義があり，さらに系統学，進化論につながる点は興味の深いものがあるが，その説明は省略する。

ただ温帯産材には見られなかった特徴的な事項として道管のベスチャード膜孔 (vestured pit) には触れる必要がある。

ベスチャード膜孔は，東南アジア材の大部分といってよい位広い範囲，MENON 氏の表ではフタバガキ科の11属，マメ科の23属をはじめ15科83属にもおよぶ樹種の道管の側膜に見られるベスチャー (vesture) のある複雑な構造の有縁膜孔である。

このものに関しては古くは BAILEY (1932, 1933) が記載して以来，時々知見が発表されているが，最近では電顕像を見る機会が多くなり (原田⁷⁾，山中⁸⁾，SCHMID, CÔTÉ)，ベスチャード膜孔は仮道管や繊維状仮道管にも存在することが指摘されている⁸⁾。

それらの見解の共通点として，ベスチャーは有縁膜孔形成の終期に膜孔縁の二次膜から派生したものであるといえるが，これが主に熱帯材に出現するのは何故か？ また分類学上広きにわたって現われるので，樹種識別的の価値は余りないにしても，変異に富んだベスチャーの斑点 (punctate) には樹種別に特定の傾向は認められないものであろうか？ などさらに立ち入った究明が期待される。

なおベスチャーの構造究明上注意を要するのは，熱帯材に多い各種の分泌物が本来のベスチ

ャーに沈漬して、その構造の認識を誤らせることである。ラワン材 *Shorea* spp. には必ずといってよいほど樹脂様物質がベスチャーを包埋しているといい、RECORD (1934)⁴⁾ の早くから警告していたことである。またこのベスチャーといふ構造 (wart structure) とは形成的に見て似たところがあるということである。

6. 隔膜繊維

Mahogany *Swietenia mahagoni* JACQ. に典型的なのでよく知られている隔膜繊維 (septate wood fiber) は、一旦木繊維ができてからその内部の原形質体が分裂して、細胞膜の内側に二次的な薄い細胞膜をもった幾つかの細胞ができたものである。従って結果としては1本の木繊維の中に後生的な細胞膜による隔膜 (septa) が認められる。そしてこの膜には膜孔がないのが普通である。この細胞膜は主に一次膜そのものであるが、時としてさらに二次膜が堆積するものもある。隔膜繊維は辺材ではでん粉の貯蔵にあたり、心材では蓚酸石灰の結晶を沢山含んでいるのが常である。

東南アジア材に関していえば、隔膜繊維の存在はウルシ科、カンラン科、クスノキ科 (*Lauraceae*)、センダン科をはじめとして、合計23科59属にのぼっている。

隔膜繊維は温帯産材には余り認められないものではあり、熱帯材に特有のものである。そしてこれが隔膜をもたない木繊維より原始的なタイプのものであるとする者 (CHALK 1937) とその反対であるとする者 (TIPPO 1938) とがあり、分類学的類縁に関連して系統的な意義もあるようである。

7. リップルマーク

いま一つ熱帯材の特徴として忘れられないものにリップルマーク (ripple mark) がある。

これは周知のように木材の内部構造に由来する、繊維方向に直角の微細なそして美しい材面のあやである。これを詳細に観察するとある場合には木材の構成要素がほとんどすべて層階 (story) をなしているか、場合によっては木部柔組織のみが層階をなしているなど種々の場合があり、放射組織の高さがその層階にマッチしている場合もあれば、その層階の2~3倍というようにその倍数をなしていることもある。1樹種で高低2型の放射組織を現わすものもある。1層階の高さ、つまりリップルマークの単位波長にも色々のものがあって、それが識別的価値を発揮することがある。

リップルマーク、構造としては層階状のそれ (storied structure), は実は温帯産材中でもトチノキ属 (*Aesculus*)、カキノキ属 (*Diospylos*)、シナノキ属 (*Tilia*) などに見られるものではあるが、東南アジアの熱帯材にはもっと明瞭に現われるものが多い。既往の知見ではバンヤ科 (*Bombacaceae*)、フタバガキ科、マメ科、アオギリ科 (*Sterculiaceae*) など9科28属が記録されている。それらのうち最も著名なものはシタン=Rosewood *Dalbergia* spp. (マメ科)、カリン=Narra (Ph.)=Padauk (India, Bma.) *Pterocarpus* spp. (マメ科)、Chengal (Mly.) *Balanocarpus* spp. (フタバガキ科) であろう。

8. 特異な放射組織 その他

放射組織に関する各種の性質、すなわち大きさ、高さ、幅、構成、同性異性の別などが識別

価値の高いものであり、熱帯材の放射組織は温帯産材のそれにくらべて変異に富み、複雑であることから、放射組織については樹種別にみた特徴が多いのであるが、余りにも細かい事項にわたるのでここでは省略する。ただ材面ことに柾目面に装飾的效果を発揮する虎斑（とらふ，ray fleck）に関係の深いいわゆる広放射組織（broad ray）は東南アジア材中にも多く見られ、記録されていることを付言したい。この場合広放射組織とは大体放射組織の幅が 100μ を超えるものをいう。

通 有 的 特 徴

1. 生長輪

生長輪（growth ring or increment）とは1生長期間の記録であるが、東南アジア材は大部分が熱帯材である以上、温帯産材のように1年を1生長期間とする年輪（annual or year ring）は一般には存しない。すなわち生長期間が年と一致しないで、むしろ乾燥期、湿潤期の繰返しによる周期を現わしていることが多いからである。

ただし東南アジア材にも *Agathis*=*Damar* (Mly.) *Agathis* spp. (ナンヨウスギ科), メルクシマツ=Toesam (Indon.) *Pinus merkusii* JUNGH, et DE VRIES, カシアマツ=Maran (Bma.) *P. khasia* ROYLE (マツ科), *Sempilor* (Swk. Sab.) *Dacrydium* spp. (マキ科) などの針葉樹は多少とも標高の高いところに生育する関係で、年輪をあらわすことがあり、広葉樹中でも同様の理由からカリン (マメ科), Bungor (Swk.)=Bongor (Sab.) *Lagerstroemia* spp. (ミソハギ科), チーク=Teak (Bma. Th. etc.) *Tectona grandis* L. f. (クマツヅラ科) など、既往の記録では7科12属のものは環孔材でこれらは年輪と見なすことができる。これ以外の材は大体全部散孔材であるといえよう。

2. 交錯木理

クスノキやユーカリの材で経験するような交錯木理（interlocked grain）の存在は、東南アジア材にむしろ普遍的なものであることはラワン類を多く使う現在すでに常識になっている。

交錯木理はその程度にもよるけれども、うまく加工すればいわゆるリボン縞（ribbon stripe）として装飾的效果を発揮するが、一般には逆目（さかめ，against or bristled grain）の因として嫌われるこというまでもない。

3. 脆心材

東南アジア材には温帯産材に比して脆心材（brittle heart）が格段に多い。これはまたの名を brash wood or center, spongy ; punky, or soft heart ともいい、樹心部、心材の部分がとくに脆弱なものである。この部分にはもめ（compression failure）したがって slit line or plane が多数に存在している。菌害をともしうこともあるが、本来は菌害とは無関係のものである。その成因はまだよく判っていない。引張あて材（tension wood）の生成と関係が深いように思われる。

4. 木繊維の有縁膜孔 その他

東南アジアの熱帯材では木繊維（wood fiber）に明確な有縁膜孔を備えているものも多く見

受けられるのも一つの特徴である。はっきりと有縁膜孔が認められるものとして一応32科100属が記録されているが、不明確な有縁膜孔を有するものも入れるとほとんどの樹種におよぶのではなかろうか。

以上のほか通有的特徴として既述のリップルマークや隔膜木繊維なども考えに入れてよいのかも知れないし、細胞間道のごときはフタバガキ科に関するかぎり、たしかに通有的である。

結 言

これで東南アジア材の組織学的にみた特徴を概説しおわったつもりであるが、他でも触れたように東南アジア材の本命はラワン類以上の重硬材にあるように思われる。これら重硬材、重構造材、貴重材は、結局それを構成している基礎組織である木繊維の細胞膜が非常に厚く、その量も多い結果である。軽軟材の場合はその反対で、膜が薄いことを意味するのであるが、東南アジア材中にはバルサやキリに優るものは今までのところ得られていない。

最後に、冒頭でもおことわりしたように、おびただしい樹種数を擁する東南アジア材のことではありたとえ商用材としては未開発の樹種にこれ以上大して期待はもてないとしても、組織学的にはまだまだ興味のある樹種、事例が見出せる可能性は大きいといえよう。

引 用 文 献

- 1) METCALFE, C. R. and L. CHALK: Anatomy of the Dicotyledons. 2 vols., Oxford, (1957).
- 2) MENON, P. K. B.: Taxonomic value of wood anatomy seen through Malayan woods. Malayan Forester 24, No. 4, 290, (1961).
- 3) 須藤彰司: 南洋材, 地球出版, 3~11 (1970).
- 4) RECORD, S. J.: Identification of the Timperate North America. New York, (1934).
- 5) 猪野俊平: 植物組織学, 内田老鶴圃新社, 176 (1964).
- 6) AMOS, G. L. and H. E. DADSWELL: J. C. S. I. R. (Aust), 21, 190, (1948).
- 7) 原田 浩: 木材工業, 23, 550 (1968).
- 8) 山中勝次, 原田浩: 京大演習林報告 No. 40, 293, (1968).