

填充体に関する研究

—— 既往の文献による総説 ——

Studies of the Tyloses

—— Summary of the Works Appeared in Past Literatures ——

伊 藤 貢*・貴 島 恒 夫

Mitsugu ITŌ Tsuneo KISHIMA

(木材生物第1研究室)

1. 緒 言

広葉樹材の導管が屢々填充体 (tylosis) によつて満たされているのを見かけるが、この填充体は導管の周囲にある木部柔細胞 (wood parenchyma cell) または射出線柔細胞 (ray parenchyma cell) の一部が導管の孔紋 (pit) を通じてその内腔中に突出したものと解されている。

木材に対する防腐剤、染料の注入はこの填充体の存在によつて阻止され、洋酒樽に賞用される oak 材の如きはこれが存しなければその用をなさないことは周知のところである。

本文はこの填充体に関し、成因を主とし併せてその意義を、既往の文献によつて総説したものである。

2. 填充体の意味

填充体は、独語では Thylle (語源ギリシヤ語、財布、袋の意) または Füllzelle 英語では tylosis (複数 tyloses) が最もよく用いられているが、この外にも filling cell, complementary cell, 填充細胞, 充塞細胞, 閉塞細胞, 膨出体などと称せられる場合もある。

填充体は逸早く 1675 年に MALPHIGI によつて chestnut 材横断面で導管中に見出されたと云うがそれが、確認されたのは漸く 1806 年 TREVIRANUS が *Bryonia*

* 岐阜大学学芸学部

の木部導管中にその存在を指摘したのに始まる。続いて HERMINE VON REICHENBACH (1845), BÖHM (1867) および MOLISCH (1888) が填充体に関して夫々その存在, 機能および成因についての古典的研究を残しているという (GERRY 1914, SCHMUCKER & LINNEMANN 1951)。

ところで填充体とは一体何を意味するかについては, 可なり多数の学者の説明を見ることができる (GERRY 1914, WEISS 1915, MOLISCH 1922, KLEIN 1923, STRASBURGER 1923 1930, KOEHLER 1924, FORSAITH 1926, JEFFREY 1926, 金平 1926, UNGERER 1926, BÜSGEN 1927, CHALK 1929, BÜSGEN, MÜNCH & THOMSON 1929, 杉浦 1930, ISENBERG 1931, 兼次 1931, I. A. W. A. 1933, 北島 1933, U. S. For. Prod. Lab. 1933 1940, RECORD 1934, KOLLMANN 1936 1951, HUNT & GARRATT 1938, TRENDELENBURG 1939, 小倉謙 1940 1949, 猪野 1943, 関谷 1944, EAMES & MCDANIELS 1947, 吉井・河村 1947, DESCH 1948, 田原 1948, BROWN, PANSIN & FORSAITH 1949, HALE 1951, TIEMANN 1951, SCHMUCKER & LINNEMANN 1951)。

これらを通覧するに形態的特徴を記述したものに関谷 (1944) の "或る種の潤葉樹材, 例へばクヌギ, ハリエンジユ, ヤマグハ等の材の縦断面を見ると, 其の導管の内腔中に恰も石鹼の泡の様な状態の光沢ある細胞様のものを屢々見受ける。これを填充体といふ" を, 発生論的な説明として国際木材解剖学者協会 (I. A. W. A.) (1933) の Committee of Nomenclatur の下した定義 "A proliferation of the protoplast of a parenchymatous cell through a pit-pair into the lumen of an adjacent vessel or tracheid." を, これら両者を総合したものとして BROWN, PANSIN & FORSAITH (1949) の "Sacklike or cystlike structures that sometimes develop in a vessel and rarely in a fiber through the proliferation of the protoplast (living contents) of a parenchymatous cell through a pit pair, the pit membrane forming the wall of the cyst." を代表的なものとして挙げる事が出来る。

この定義にも明かなように, 填充体は導管, 稀には木繊維中に発達したもので,

針葉樹材の細胞間溝 (intercellular canal) 即ち所謂樹脂溝 (resin duct) 中の填充様体 (tylosoid) とは明確に区別さるべきものであるが、既往の文献には両者を混同して一概に針葉樹材にも往々にして填充体が存するかのよう記載されているものがあるが、針葉樹材ではその仮導管中に稀に填充体を見るに過ぎない (関谷 1944)。

なお、広葉樹材に見る填充体にも特に傷害に起因するものもあつて、KLEIN (1923) はこれを Wundthylle (傷害填充体) と称している。

3. 填充体の成因と生理的意義

填充体が導管または木繊維中に如何にして形成されるか、またそれが生理的に如何なる機能を有するかについては、所説が可なり区々であつて、この点に関しては正常形成と異状形成とを分けて考える必要がある。

a) 正常形成

吉井・河村 (1947) は " 填充体は導管腔に空気が侵入した場合に生ずるものらしい。しかしその際、如何なる機構で填充体を生じはじめるのであるか未だ十分に明白になつていない " と述べ、さらに " 導管内の水圧の低下に対して周壁細胞の膨圧の減少しないことに理由づけるものもあり、空気圧の増大をその理由とするものもある。また細胞の膨圧の増大、或は養分関係がその理由であるとなす説もある。 " と抽象的に記述している。

DESCH (1948) は填充体の形成が導管とその隣接柔細胞との内腔圧力の差に起因するものと見て次のように説明している。

"The formation of tyloses is brought about by differences in pressure between the parenchyma cell and adjacent vessels: when the vessels are actively conducting the pressures inside the parenchyma cells and vessels are more or less equal, but when the vessels cease to conduct the pressure inside the parenchyma cells is greater than the pressure in the vessels."

TRENDELENBURG (1939) も填充体は形成層細胞膜 (Kambialwand) が導管の孔紋を通じて導管内に膨れ出たものであると、DESCH の所論とほぼ同じ見解をとつて居り、さらに木部が心材化する時には柔細胞はまだ生活力をもっているから

填充体の形成と心材化の条件であるとの説をなしている。

また関谷(1944)は"導管中の樹液通導が停止して、其内腔の圧力が減ずる時、其導管に隣接する柔細胞は生活力を有ち、相当の膨張力を有つてゐるので、圧力の減じた導管内腔中に一部が押し出されるのである。斯様な膨張は導管(或は仮導管)と柔細胞との接触する Half-bordered pit-pair の薄い膜の所に起る。斯くして導管腔内に膨れ出た袋状の膜の中には原形質を含むでゐるから、生活力を有つている。膨れた柔細胞の内部圧が細胞膜の薄い部分即ち Pit の部分に働くと孔紋膜は Intussusception によつて伸びるものと考へられてゐる。"と可なり立入つた説明を行つている。

CHATTAWAY (1949) は填充体の生成と樹脂の分泌とについて既往の文献と自己の所見により、1100属以上に上る樹種を調査した結果、大様次の如き見解を示している。即ち填充体や樹脂は殆ど射出線細胞(ray cell)に由来するもので、たとい導管が柔細胞に取囲まれていても、それが射出線細胞に接している場合には、填充体は木部柔細胞からは出ないで射出線細胞から出るのが普通であり、その生成動機としてはそれらの生活細胞に近接した導管の内腔が水で満たされているのではなく空気で満たされていることが必要であつて、樹幹の tension や compression に起因するものでないと云う考えに於ては、WINKLER (1906) および KLEIN (1923) の見解に一致している。

CHATTAWAY (1949) はさらに填充体は導管と射出線細胞との間の孔紋対開口部の直径如何によつてその成否が左右されることを認めて次の如く示している。

"Tyloses are developed in the heartwood of species in which of the aperture of the pits from vessels to ray cell exceeds approximately 10μ ; in wood in which the width of the pit apertures is less than approximately 10μ gum is secreted into the heartwood vessels."

即ち孔紋対開口部直径が 10μ より小なる場合には填充体形成に代つて樹脂が導管内に分泌されるとも解される。

b) 異常形成(傷害的刺戟形成)

上記正常形成の成因も実は病的形成による填充体の成因から推断したものが多い

ように考えられ、填充体の形成に際しては病的即ち傷害等に起因する刺戟がそれを促進するものとするのが一般的であろう。KLEIN (1923) が傷害に起因する填充体を特に Wundthylle (傷害填充体) と呼んでいるのは既述の通りである。

額額 (1943) は、樹木が外傷を受けると生活細胞に変化が起きて癒合組織 (Kallus) を形成するものであるが、"傷口に近い導管や仮導管は細胞内腔が割合に大であるのと細胞それ自身が死細胞であるのとで、変成保護物質の形成による封鎖が困難である訳である。随つて其内腔閉鎖はそれに接触して居る柔細胞から出来る填充体によつて行はれる場合が多い。"としている。

この他にも木材腐朽の帯線に伴う填充体の病的起因を説明したもの、ブナ偽心材の填充体について調査したもの等 (GAUNERSDORFER 1882, FRANK 1884, TEMME 1885, HARTIG & WEBER 1888, TUBEUF 1889, SCHWAPPACH 1894, HERMAN 1902, TUZSON 1905, LINDAOTH 1904, MÜNCH 1910, RHOADS 1917, LIESE 1930, HUBERT 1931, JAROSCHENKO 1935) があつて、これらを要するに心材内に存在する樹脂・ゴム質物質および填充体の形成は菌の刺戟によるということになる。

しかし EBES (1937—Vorming van Thyllen in Geveld Beukenhout) が、ブナ樹幹の填充体の成因と構造とを研究した結果によれば (BRUNN の抄録, 1938, による) 填充体は導管に隣接する射出線細胞のみから形成され、その生成には導管中に空気が存在する必要がある、温度、伐採時期と填充体との関係は存在しないし、菌類の刺戟も不可欠のものではないといっている。さらに落葉はその発生を促進し迅速なる水分の供給、氷点下の温度等はむしろその形成を妨害すると述べている。

c) 填充体の生理的意義

樹木の心材部や古い辺材部に普通に現われる填充体の意義は "内腔の閉鎖によつて水分通導の路を断つ外、時には其組織内に澱粉粒を含有するのであるから、一種の貯蔵組織として役立つのであらうと言はれ、又細胞膜が時々肥厚して居るのを見るのであり、之は内腔閉鎖部の対外的抵抗性を増す事によつて、一種の器械的組織としても役立つらしいと言はれて居る" (額額 1943)。

LOSCH も根材における填充体の有無を調査して、填充体は比較的木質化の少い

部分に見出され、かつそれは根に強固性を与えるものであるとなしている (FEGEL 1941) し、TRENDELENBERG (1939) も填充体が着色心材と同様菌類の侵入を保護すると共に木材の耐朽性保存に役立つていることを述べている。

猪野 (1943) は填充体 (膨出体) の機能を "植物体が切られた時、その切口に近い所の導管に膨出体が出来てその部分を塞ぎ外部と遮断する。また樹木の心材の古い部分に見られる導管は、この部分は最早葉脈と連絡が無いから根から水が昇上つて来ないようになってゐるものと考へられ、また厚膜のものは心材を丈夫にする" 点に認めている。

4. 填充体の存在と発達

填充体の木材解剖学的乃至植物学的研究の大部分は、填充体の存否および形状には、樹種、生長、環境、部分 (幹・根・枝、辺材・心材の別等)、導管の直径等によつて差異があるものとの見地から行われたものである。

個々の填充体は、一般には膜が薄く孔紋を欠いていて (GERRY 1914, 関谷 1944) 石鹼泡状に膨れ出た填充体は相互に押し合つて多面体となり、全体としては組織の観を呈している (小倉 1940,) が、時には硬膜となつて石細胞状を呈する場合もあつて、これを硬膜填充体 (sclerosed tylosis) と呼んでいる。そしてこの硬膜填充体壁には所謂分岐孔紋 (ramiform pit) が屢々見られる (BROWN, PANSIN & FORSAITH 1949)。斯る硬膜填充体は *Piratinera* その他熱帯産の緻密な材に特に著しいというが、既往の文献にその樹種を明記されているのは、

Brosimum Subletti, *Cudrania javanensis*, *Cryptocarya euphlebia*, *Dedrau*, *Eusideroxylon Zwageri*, *Guayabo*, *Gymnacranthera*, *Farquhariana*, *Mespilodaphne*, *Nectandra Rodioei*, *Piratinera quanensis*, *Parastemon urophyllus*, *Palaquium Redleyi*, *Payena utilis*, *Quercus emoryi*, *Urandra covniculata*.

である。

GERRY (1914) は管周 (paratracheal) 又は束周 (vasicentric) 型の柔組織がよく発達している部分には何処にも填充体の形成を認めて居り、CHATTAWAY (19

48) は既述の通り導管と射出線細胞との間の孔紋対の開口部直径が 10μ を越えるものの心材部には填充体の発達を認めるのみならず、かゝる樹種ではその辺材部にも所謂 budding tylosis が見られるのが常であるとなしている。

填充体は植物体の幹のみならず根にも枝にも見られるが、就中幹に最も多い。

JEFFREY (1926) は Eastern United States 産の *Pityoxyla* の枝に, FEGEL (1941) は根にそれぞれその存在を指摘しているし, UNGERER (1926) は *Robinia pseudoacacia* の1年生枝にも填充体を認めている。

樹幹に於ける填充体の存在を調査したものに MOLISH, RAATZ, MÄULE, TISON, DUTAILLY, WIELER, TUBEUF (以上 GERRY 1914), GERRY (1914) あり, 金平 (1926), 山林 (1938), DADSWELL & ECKERSLEY (1934, 1935), DODSWELL & INGLE (1951) も木材識別の拠点としてこれを調べている。CHATTAWAY (1949) はこれらを総合し、かつ自分の調査結果をも合せて次の諸科 (内、亜科又は属数) のものに填充体の存在することを報告している。

Akaniaceae, *Anacardiaceae*, *Araliaceae*, *Burseraceae*, *Betulaceae* (*Coryleae*), *Bombacaceae* (12属), *Caesalpiniaceae*, (3属), *Caprifoliaceae*, *Caryocaraceae*, *Cochlospermaceae*, *Cornaceae*, *Cunoniaceae*, *Datiscaceae*, *Dipterocarpaceae*, *Elaeocarpaceae*, *Eleagnaceae*, *Ericaceae* (*Andromedae*), *Eucryphiaceae*, *Euphorbiaceae* (36属), *Fagaceae*, *Guttiferae* (9属), *Hamamelidaceae*, *Hernandiaceae*, *Icacinaceae* (2属), *Juglandaceae*, *Julianaceae*, *Lauraceae*, *Lecythidaceae*, *Loganiaceae* (*Fagraea*), *Lythraceae*, *Magnoliaceae*, *Monimiaceae*, *Moraceae*, *Myristicaceae*, *Myrtaceae* (11属), *Oleaceae*, *Papilionaceae* (*Galegeae*), *Platanaceae*, *Rhizophoraceae*, *Rosaceae* (*Chrysobalanoideae*), *Salicaceae*, *Sapotaceae*, *Scrophulariaceae*, *Sonneratiaceae*, *Sterculiaceae* (4属), *Theaceae*, *Tiliaceae* (5属), *Ulmaceae*, *Urticaceae*, *Verbenaceae* (*Viticeae*), *Vitaceae*, *Vochysiaceae*,

既往文献中に針葉樹材にも填充体が存在すると云う記載のあるのは、主に填充様体 (tylosoid) の存在することを意味するもので、この填充様体は針葉樹材の細胞

間溝 (intercellular canal) 即ち所謂樹脂溝 (resin duct) 中に恰も広葉樹導管における填充体のように溝周細胞 (epithelium) が膨れ出たもので填充体との根本的な差異は填充体のように孔紋を通じて膨れ出たものではない点に存する。そしてこの填充様体は金平 (1926) によれば *Pinus* の垂直樹脂溝に出現するのが最も多く、*Picea*, *Larix*, *Pseudotsuga* にも存在すると云う。真の填充体は針葉樹材には余り現われないし、現われても射出線柔細胞が隣接仮導管中に僅かに膨れ出ている (ray tylosis) 程度のものがその大部分を占めているもので、GERRY (1914) によれば彼の調査した北米産針葉樹材33種中、僅かに sugar pine (*Pinus lambertiana*), western white pine (*P. monticola*), white pine (*P. strobus*), Norway pine (*P. resinosa*) の心・辺材および limber pine (*P. flexilis*) の辺材に何れも多量に見出したと云う。

なお填充体乃至は填充様体は草本性の植物体にも見られるもので UNGERER (1926) は *Cucurbita ficifolia* の若い節間に樹木と同様にそれが形成されると云い、EAMES & MC DANIELS (1947) は *Cucurbita*, *Coleus*, *Canna*, *Portulaca*, *Rumex*, *Asarum*, *Convolvulus* にそれが見られると云い、JONES (1928) また Alfalfa の根に僅か乍ら填充体を認めている。また吉井・河村 (1947) はスイカの蔓割病被害茎にもそれを認めたが、禾本科には一般にその存在を見ないとなしている。

5. 填充体とその内容の理化学的性質

填充体およびその内容物の理化学的性質は、元来填充体が柔細胞に由来するところから、柔細胞のそれと同様であろうことは容易に推察されるところである。

填充体が一般の細胞同様繊維質であることは既に1884年 DEBARY の説くところである (ISSENBERG 1933) ISSENBERG (1933) は *Catalpa*, *Juglans*, *Quercus*, その他12試料について顕微化学的ならびに偏光顕微鏡的実験を行つた結果, cellulose と lignin との存在状態から填充体には次の3つの type があるとしている。

1. 膜は極めて薄く、主として lignin より成り、不規則な小斑点状に cellulose を含むもの (*Fraxinus*)。
2. 膜は薄く、外層は lignin, 内層は cellulose よりなるもの (*Catalpa*, *Jug-*

lans, Sassafras, Castanea, Sterculia)。

3. 膜はやゝ厚く、2. の cellulose 層の内側にさらに2次的 lignin 層を有するものの (*Quercus*)。

この層状構造についてはまた WARDROP & DADSWELL (1952) が偏光ならびにX線的に *Gymnocranthera farquhariana* の厚膜填充体の膜構造を調べ、それが一般柔細胞膜の構造と同様層状を呈していると報告している

次に填充体の内容物としては、澱粉の存在が最も一般的であり、カルシウムの結晶、樹脂、ゴム質等も存在している (GERRY 1914, BROWN, PANSIN & FORSAITH 1949)。さらに蓆酸石灰の結晶も硬膜填充体の中に見出されている。(兼次 1931)。たゞし小倉武 (1942) によればブナ偽心材の填充体には澱粉も炭酸塩も共にこれを確認し得なかつたと云う。

填充体の存在が木材の理学的性質に及ぼす影響については未だ文献に乏しく、KOLLMANN (1936) は木材の容積重 (Raumgewicht) に影響する因子として填充体 (Füllzelle) の存在を認めて居り、兼次 (1935) は“填充体の存在する時は素材のまゝ用ふれば一種の光輝を発し、又粗大なる導管の線が外觀上木理を粗ならしめざるの結果を招来する。従つて又木材の強度も填充体のために大となるべしと想像される所であつて、*Eusideroxylon Zwageri* の導管中に見られる石細胞状の填充体にて填充される場合には、導管の存在が、木材の強度を低下せしむる因子とならざるが如く思惟せられる”と述べているに過ぎぬ程度で実証を求め得ない。

6. 填充体と木材識別ならびに木材利用

填充体の存在が木材識別上かなり重要な意味を有する場合がある。DESCH (1948) によれば true mahogany (*Swietenia spp.*) は填充体を欠き meranti (lauan or Phillipine mahogany, *Dipterocarpaceae*) はこれを有する点を両者識別の拠点としているし、STONE (1921) も填充体の有無を樹種識別拠点に利用して居り、兼次 (1931) また石細胞状填充体が樹種識別に有用であると云つてゐる。また BOAS (1947) は先に述べた TRENDLENBURG (1939) の見解と同様に辺材 (sapwood) と心材 (truewood) との主なる相違点の1つとして填充体の有無を認めて

いるが、この点については多分に疑問がある (GERRY 1914, CHATTAWAY 1949, 伊藤・貴島 1952)。

次に木材利用上填充体は、木材の耐朽、桶樽用材、防腐剤の滲透、染色、木材中の水分拡散、木材の水上運搬、その他数々の点で関係するところが可なり広い、就中木材腐朽性に関する研究がこの分野の主要部分を占めているのは自然である。これら木材利用の面から見た填充体の解釈についてはまた別の機会にこれを総説する積りであるが、木材中に填充体の発達が著しければ病虫害に対する効果従つてその材の耐朽性は大であると考えられ (GERRY 1914, 田中 1951), これに関連して防腐剤注入に際しての填充体存在による支障除去についての研究が要請されている (PECHMANN 1951)。これが対策の1つとしては、ブナ偽心材への防腐剤注入に当り高周波加熱処理を適用して填充体の機械的破損をはかり或程度の成果を収めた大沢 (1951) の業績がある。なお填充体の存在はこの外にも溶液、薬剤、樹脂等の滲透、拡散に影響するところが大きい (NARAYANAMURTI, RANGANATHAN & RATRA 1951, CHRISTENSEN & WILLIAMS 1951)。

7. 引 用 文 献

- BOAS, I. H. (1947) The Commercial Timbers of Australia, their Properties and Uses : 26
- BROWN, H. P., PANSIN, A. J. & FORSAITH, C. C. (1949) Textbook of Wood Technology, 1 : 208-211, 625
- BÜSGEN, B. & MÜNCH, E. (1927) Ban und Leben unserer Waldbäume : 125
- & THOMSON, T. (1929) The Structure and Life of Forest Trees : 125
- CHALK, L. & RENDLE, B. J. (1929) For. Prod. Res. Bull., 3 : 5
- CHATTAWAY, M. M. (1949) Aust. Jour. Sci. Res., B-2.3 : 227-240
- CHRISTENSEN, G. N. & WILLIAMS, E. J. (1951) Aust. Jour. Appl. Sci., 2.4 : 430-439
- DADSWELL, H. E. & ECKERSLEY, A. M. (1934) Coun. Sci. Ind. Res. Aust. Bull., 78 : 13-60
- (1935) ditto, 90 : 14-96
- & INGLE, H. D. (1951) Jour. Arn. Arbor., 32 : 150-151

- DESCH, H.E. (1948) Timber, its Structure and Properties : 27-28
- EAMES, A.J. & MCDANIELS, L.H. (1947) An Introduction to Plant Anatomy, 2. ed. : 220-221
- EBES, VON K. (1937) (Forstarchiv (1938) 2 : 36, Holz als Roh-u. Werkstoff (1938) 1 : 375)
- FEGEL, A.C. (1941) Bull. of the N.Y. State College of Forestry, 55 : 6
- FORSAITH, C.C. (1926) ditto, 18 : 43
- FRANK, B. (1884) Ber. d. d. bot. Ges. 2 : 321
- GAUNERSDORFER, J. (1882) Wiener Sitzber. d. Akad. d. Wiss., 85
- GERRY, E. (1914) Jour. Agr. Res., 1-6 : 445-469
- HALE, J.D. (1951) Canadian Woods, their Properties and Uses, Chap. 3 : 62
- HARTIG, & WEBER, R. (1888) Das Holz der Rotbuche in anat. physiol. chem. u. forst. Richtung.
- HERMANN, G. (1902) Zeits. f. Forst-u. Jagdw., 34 : 596-617
- HUBERT, E.E. (1931) An Outline of Forest Pathology
- HUNT, G.M. & GARRATT, G.A. (1938) Wood Preservations : 243
- I. A. W. A. (1933) Trop. Wood, 36 : 10
- 猪野俊平 (1943) 植物の組織 : 175-176
- ISENBERG, J.H. (1933) Jour. For., 31. 8 : 961-967
- 伊藤 貢・貴島恒夫 (1951) 木材研究資料 3 : 44-55
- JAROSCHENKO, G. (1935) Forstwis. Cent., 57-11 : 375-379
- JEFFREY, E.C. (1926) Anatomy of Woody Plants : 103-106
- JONES, F.R. (1928) Jour. Agr. Res. 37 : 189-211
- 金平亮三 (1926) 台・総・中央研・報 4 : 53, 84-86, 161-260
- 兼次忠蔵 (1931) 日・林・誌 14-2 : 30
- (1935) 日・木・工 3-2 : 19
- 北島君三 (1933) 樹病学及木材腐朽論 : 331
- KLEIN, G. (1923) Zeits. Bot., 15 : 439
- KOEHLER, A. (1924) The Properties and Uses of Wood : 11
- 綴織理一郎 (1943) 生理植物学, 9版 : 247-248
- KOLLMANN, F. (1936) Technologie des Holzes : 54
- (1951) Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, 2. Aufl., 1 : 5
- LIESE, I. (1930) Forstarchiv, 6 : 161
- LINDAOTH, J. (1904) Naturw. Zeits. f. Land-u. Forstwirtsch., 2 : 393

- MOLISCH, H. (1922) *Anatomie der Pflanze* : 132-133
- MÜNCH, E. (1910) *Naturw. Zeits. f. Forst-u. Landw.*, 8 : 533
- NARAYANAMURTI, D., RANGANATHAN, V. & RATRA, R.S. (1951) *Indian Forester*, 77.9 : 587-599
- 小倉 謙 (1940) *植物形態学* : 219
- (1949) *植物解剖及形態学* : 100
- 小倉武夫 (1942) *北海道林業会報* 459 : 2~18
- 大沢正之・石田茂雄・伊藤庸一 (1951) *日・林・大会講演集* : 280-281
- PECHMANN, VON H. (1951) *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*, 5.2 : 492
- RECORD, S.J. (1925) *Trop. Wood*, 1 : 7
- (1934) *Identification of the Timbers of Temperate North America*. : 68-71, 141
- RHOADS, A.S. (1917) *Syracuse Univ. Bull.*, 8
- SCHMUCKER, T. & LINNEMANN, G. (1951) *Handbuch der Mikroskopie in der Technik*, 5.1 : 58
- SCHWAPPACH, A. (1894) *Zeits. f. Forst-u. Jagdw.*, 26
- 関谷文彦 (1933) *木材工芸学* : 42~48
- (1944) *木材の解剖的性質* : 137~146
- STONE, H. (1921) *Textbook of Wood* : 70-71
- STRASBURGER, E. (1923) *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen* : 135
- (1930) *STRASBURGER'S Textbook of Botany* : 149
- 杉浦庸一 (1930) *肉眼的顕微鏡的木材識別法* : 19
- 田原正人 (1948) *植物形態学汎論* : 213
- 田中勝吉 (1951) *実用木材工学* : 213
- TEMME (1885) *Landw. Jahrb.*, 14 : 465
- TIEMANN, H.D. (1951) *Wood Technology* : 64
- TRENDELENBERG, R. (1939) *Das Holz als Rohstoff* : 71, 134-135
- TUBEUF, von (1889) *Zeits. f. Forst-u. Jagdw.* : 385-398
- TUZSON, J. (1905) *Anatom. u. mykolog. Unters. ü. d. Zersetzung u. Konservierung d. Rotbuchenholzes*.
- UNGERER, E. (1926) *Die Regulationen der Pflanzen* : 239
- U.S. For. Prod. Lab. (1933) *Tech. Note*, 240
- (1940) *Wood Handbook* : 13
- WARDROP, A.B. & DADSWELL, H.E. (1952) *Aust. Jour. Sci. Res.*, B.5.2 : 223-236
- WEISS, H.F. (1915) *The Preservation of Structural Timbers* : 35
- WINKLER, H. (1906) *Ann. d. Jard. Bot. d. Buitenz.*, 20.1 : 19-37
- 山林 暹 (1938) *朝鮮木材の識別* : 324, 附録 : 5
- 吉井甫・河村栄吉 (1947) *解剖植物病理学* : 59, 85