九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

クロマツ圧縮あて材中の細胞間げきについて

見尾，貞治

松本，昺

https://doi.org/10.15017/10798

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 52, pp.107-114, 1982-03-31. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

クロマツ圧縮あて材中の細胞間げきについて

見尾貞治・松本　勗

On Intercellular Spaces in Compression Wood of Kuromatsu (*Pinus thunbergii* Parl.)

Sadaharu MIO and Tsutomu MATSUMOTO

1. 緒　　言

針葉樹の傾斜した幹や枝の材中に形成される圧縮あて材の特徴のひとつとして，仮道管の横断面が丸味をもち，さらに仮道管間に細胞間げきが存在することはよく知られている。けれども，この細胞間げきがどうしてできるかについての研究はほとんどみられず，単に，圧縮あて材を識別する上での組織的な特徴のひとつとして認められているに過ぎない。

ところで，著者らのこれまでの研究[1)2)]からは，細胞間げきはふつう柔細胞の周囲に分布しており，柔細胞と何らかのかかわりがあることが推察されるような結果が得られている。しかし，この圧縮あて材の細胞間げきは，柔細胞とは全く異なる生理的役割をもっていると考えられる仮道管の間に形成されている。また，この細胞間げきは正常な材ではみられないのに，圧縮あて材に限って形成されている。このことは，単に仮道管が丸味を帯びた結果として生じたにすぎないのか，それとも圧縮あて材を形成するような特殊な条件下で仮道管が分化していく過程で必要であったのであろうか。

このような疑問に対して，この研究では，形態的な面から，圧縮あて材の細胞間げきの様相を明らかにし，その形成にまで考えを進めることを試みた。したがって，これまで明らかにしてきた正常な材の柔組織の細胞間げきと比較しながら，圧縮あて材の細胞間げきの形態や形成について検討した。

2. 実　　験

試料は九州大学農学部の圃場に林分状に植栽されていた7年生のクロマツの樹幹を用いた。圧縮あて材は，強風により根元から傾いた（約45度）後，2年輪にわたって形成されていた。試料の採取は樹幹の各節間の中央部から切り出した円盤から行なった。光顕による横断面観察は，サフラニンとファースト・グリーン・FCF の二重染色をほどこした切片プレパラートで行なった。細胞間げきの分布量の測定はアッベの描写器を用いて，横断面の切片のプレパラートから紙面に投写して，その面積割合を求めた。形成層帯の観察は，FAA 液で固定した試料をパラフィン包埋法でプレパラートに作成し，光顕で行なった。その他の形態観察は臨界点乾燥した試料のカミソリ刃で割断して得た断面を SEM で行なった。

3. 結果と考察

3.1. 圧縮あて材中の細胞間げきの分布

圧縮あて材の横断面切片を観察すると仮道管の間に細胞間げきが認められることが多い。しかし，横断面が丸味をもち，細胞壁にらせん状の裂目をもつなど明らかに圧縮あて材であると認められる特徴をそなえた仮道管で構成されている材でも，細胞間げきが形成されていない部分がある。

そこで，樹幹の各節間から採った円盤で，圧縮あて材と細胞間げきの分布状況を調べた。その分布状況の典型的な例を Fig. 1 に図示した。この円盤(横断面)で最長径部から両側方へ年輪に沿ってみていくと，各年輪内の圧縮あて材部の放射方向幅がしだいに狭くなり，圧縮あて材部は三日月状に形成されている。次に，この圧縮あて材部について，横断面切片のプレパラートを作成し，光学顕微鏡の下で細胞間げきの分布状況を調べた。その結果，仮道管の様相から明らかに圧縮あて材である領域内でも，間げきのないセル・コーナー部が点在しているのが認められた。また，Fig. 1 に示すように，圧縮あて材領域の縁部の数細胞幅（放射方向）の部分では，細胞間げきはほとんど認められない。そこで，樹幹の各節間から切り出した横断面切片で，細胞間げきが形成されている範囲を調べた。その一般的様相は Fig. 1 に示すとおりである。また，細胞間げきをもつ領域の割合について，年間を通じて傾いた状態で形成された最終年輪で，あてが最も著しい最長半径方向の細胞数幅の割合を調べたところ，地上最下部の節間では，年輪の始めと終わりの各 30～40 細胞幅，合計 60～80 細胞幅（年輪内の総細胞数幅の約 20 %）の領域には，ほとんど細胞間げきは現われていなかった。すなわち，細胞間げきの出現が著しい領域は，年輪内総細胞数幅の約 80 %であった。この割合は第 3 節間で 90 %，第 5 節間で 95 %と上部ほど大きくなっていた。

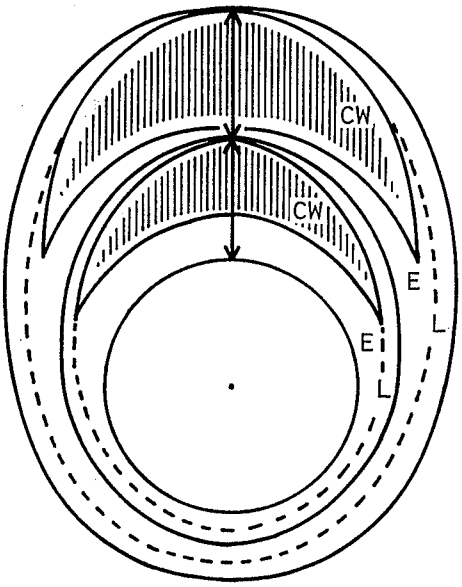


Fig. 1 Schematic drawing of transverse disc of leaning stem of Kuromatsu (*Pinus thunbergii* Parl.).
CW: Compression wood area
|||||||: The area with intercellular spaces
⟷ : The growth increment of a year
E : Early wood zone
L : Late wood zone

3.2. 細胞間げきの形態

圧縮あて材を横断面でみると，細胞間げきは仮道管のセル・コーナーが接するところの細胞間層領域に，通常三角形あるいは四角形の形状を呈していることはよく知られている。しかし，一般に，この間げきは，大きさも形も極めてふぞろいである。このことは，この圧縮あて材を構成している仮道管の径や配列の不規則性によるものであるとみられる。

一方，縦断面の観察では，正常材に比べて圧縮あて材は仮道管のねじれやゆがみが激しく，その先端部は極端に丸くなっていたり（Photo. 1），不規則で特異な形状や並び方であるのが認められる[3)4)]（Photo. 2）。したがって，細胞間げきの形状はこのような仮道管の形状の特異性に大きく影響されており，特に，仮道管の先端部にあたる小径部や不定形部では，そのまわりに形成されている間げきは広く，複雑な空間となっている。また，放射組織の周囲でも，仮道管のまわり込み方が大きいため，大きく複雑な間げきが形成されている（Photo. 3）。

3.3. 圧縮あて材中の細胞間げきの量

横断面でみた細胞間げきの大きさは，前節で述べたように，仮道管の形状の特異性に左右されるが，大きなものは仮道管ほどのものも認められる。ここでは，一応の目安として，間げきが圧縮あて材中に占める量をプレパラートから転描写した横断面図上で測定した。結果は，横断面切片上で，間げきがほぼ均一に分布している領域では，面積割合にして平均2.5％の間げき占有率であり，比較的大きな間げきが分布しているような領域では約3.0％であった。

3.4. 仮道管壁の外面の小孔

細胞間層領域で割断して得た放射断面の SEM 観察で，まれにではあるが，細胞間げきに面した仮道管壁に壁孔状の小さな孔が認められた（Photo. 4）。この小孔の出現の頻度は非常に小さいようであるが，その現われ方はたいてい放射断面で横一列に数細胞にわたって並んでいた（Photo. 5）。つまり，放射方向に並んでいるのであるが，放射組織との関連性は認められず，明らかに仮道管の内こうに向かっているようにみえる。以上の観察結果からだけでは，この小孔は外的な刺激によって生じたものか，あるいは間げきとあて材仮道管とのかかわりにおいて必然的に生じたものか判定はできない。ただ，前に報告したように柔細胞の盲壁孔の存在を考えると，柔細胞と仮道管という樹木生理上の役割の違いはあるが，この小孔は仮道管の盲壁孔であるかもしれない。

3.5. 細胞間げきの形成

3.5.1. Mother cell wall

横断面の SEM 観察で，Photo. 6 に示すように，4つの仮道管のセル・コーナーが接しているところに生じている四角形の間げきの中に対角線状に張っている膜がしばしば認められる[5)]。この膜については，Wardrop ら[4)6)]も光顕で観察しており，これを "parent cell wall" と称している。ところで，この膜は放射方向に走向しているものしか認められない。そこで，この膜について，割断によって得られた放射断面試料で SEM 観察した。その結果，Photo. 7 のように，この膜は細胞間げき内のほぼ全域にわたって存在しており，周囲から引っ張られて破れかけている状態として観察された。このことから，この膜が "parent cell wall" とするなら，daughter cell wall の分化，つまり圧縮あて材仮道管への発達に伴なって，仮道管が丸味を帯びたり，伸長したりする過程で，この "parent cell wall" は daughter cell wall に引っ張られて破れたものと解釈できる。

以上のことから，この膜が "parent cell wall" であるという Wardrop らの説に従って，細胞間げきの形成と "parent cell wall" の関係について考察してみた。Esau[7)] によると，Fig. 2 に示すように，mother cell（parent cell の通称）が形成層で始原細胞か

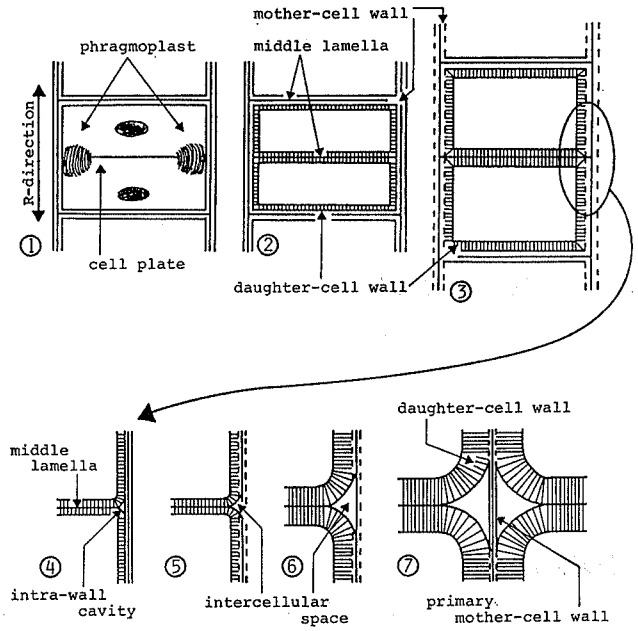


Fig. 2 Conceptional diagram regarding the formation of intercellular space and the appearance of the mother-cell wall.
①—⑥; by Esau, K. (1965)

ら分裂した後，さらに daughter cell に分裂するとき，mother cell wall の内側に接して，新しく daughter cell wall が形成される。その後，daughter cell が圧縮あて材仮道管へと発達していく過程で丸味を帯びてくると，daughter cell wall はセル・コーナーのところで mother cell wall からはく離して，ここに間げきが生じる。Photo. 6 は Fig. 2—⑦のように mother cell wall の両側で daughter cell のセル・コーナー部が一致した場合と考えられる。このような場合に mother cell wall (parent cell wall) を認めることが可能となる。このように考えてくると，圧縮あて材の細胞間げきは，分化中の仮道管が丸味を帯びる段階で形成されたものと推察される。

3.5.2. 形成層帯の観察

圧縮あて材を形成中の樹幹から採取した形成層帯の横断面切片の光顕観察によると，ほとんどの細胞間げきは，たしかに仮道管が丸味を帯びてくる領域で一斉に現われている (Photo. 8)。しかしながら，部分的にではあるが，仮道管が丸味を帯びる以前の段階で出現している間げきも認められる (Photo. 9)。このことから，細胞間げきの発生は，必ずしも細胞の形状の変化だけによるものとはいい難い。

ところで，Wardrop ら[8] は，radiata pine の圧縮あて材の形成層帯の電顕観察で，形成段階の細胞間げきの中に細胞質状の物質が存在するのを認めている。そして，このことは，mother cell から2つの daughter cell に分裂するとき，daughter cell の細胞壁の形成に先だって，細胞板の端部に割裂を伴なって原形質体が丸くなり，この割裂部が細胞間げきへと発達し，細胞質の一部がこの間げき部にとり残されたものであろうと結論し

ている。この説からも，細胞間げきの発生は単に仮道管の表面生長の結果だけによるものではなさそうである。

結局，圧縮あて材における細胞間げきの発生については，ここで結論を下すことはできないが，圧縮あて材という正常でない材を形成するような条件の下での細胞の生理作用や分化中に受ける力学的要素などが複雑にからみあった結果であろうと考えられる。

4. 結　　論

針葉樹の圧縮あて材中に形成されている細胞間げきについての知見を得るため，傾斜したクロマツ樹幹の組織観察を行ない，次のような結果を得た。

(1) 横断面の観察では，いわゆる圧縮あて材部でも，年輪界の前後の領域には細胞間げきが形成されていない。

(2) 細胞間げきの形状や大きさは，仮道管の形状や配列に影響されている。

(3) 細胞間げきが圧縮あて材中に占める量は，横断面切片上での面積割合にして 2.5 %程度であった。

(4) 放射断面の SEM 観察で，仮道管壁に細胞間げきから仮道管の内こうに向かうと思われる壁孔状の小孔が認められた。

(5) 細胞間げきの中に，放射方向に張った膜が認められた。これは仮道管の mother cell wall と考えられる。

(6) 形成層帯の観察で，仮道管が丸味を帯びる以前の段階で，すでに細胞間げきが形成されているのが認められた。

以上のことから，この細胞間げきは，丸味を帯びた仮道管の間に生じた単なるすきまにすぎないとは決めがたい。とくに，細胞間げきの形成について，上述の観察結果に対し過去の文献を参照した考察から，この間げきの発生の原因が仮道管の表面生長の結果としてだけでなく，分化中の細胞の生理的な条件とかかわりをもつことも考えられる。

文　　献

1) 見尾貞治，松本　勗：九大農演報，51，1 (1979)
2) 見尾貞治，松本　勗：木材誌，**27** (8)，626 (1981)
3) Münch, E.: Flora, Jena, 34, 45 (1940)
4) Wardrop, A. B. and H. E. Dadswell: Aust. J. Sci. Res. B5, 385 (1952)
5) Mio, S. and T. Matsumoto: IAWA Bulletin n. s., 3(1) (1982) *in press*
6) Wardrop, A. B.: Nature, 169, 329 (1952)
7) Esau, K.: "Plant Anatomy", 2nd ed., John Wiley & Sons, N. Y., p. 60 (1965)
8) Wardrop, A. B. and G. W. Davies: Aust. J. Bot., **12**, 24 (1964)

Résumé

Although the formation of intercellular spaces in compressin wood has been reported by a few researchers, there are still problem areas.

In this study, the intercellular spaces in compression wood formed in a leaning stem of *Pinus thunbergii* parl. were observed with a light microscope and a scanning electron microscope.

The results are summarised as follows;

1. In a transverse disc of leaning stem, the intercellular spaces are generally observed in the area as shown in Fig. 1.
2. The tracheid characteristics have an effect on the intercellular space appearance in the transverse and longitudinal sections.
3. In the transverse section, the intercellular spaces amount to about 2.5 per cent of the area of compression wood.
4. The small apertures which seem to interconnect between tracheid lumina and intercellular spaces are found.
5. The membraneous structures which are considered as the mother-cell walls are observed everywhere in the intercellular spaces.
6. The intercellular spaces are formed at the early stage of differentiating of compression wood cells.

Explanation of photographs

Photo. 1 (a and b). Radial-longitudinal split surface of compression wood, showing large intercellular spaces around tracheid tips.

Photo. 2 (a and b). Radial-longitudinal split surface of compression wood, showing distorted tracheid tips.

Photo. 3. Radial-longitudinal split surafce of compression wood, showing large intercellular spaces by the ray.

Photo. 4. Radial-longitudinal split surface of compression wood, showing an aperture (arrow) from intercellular space to tracheid lumen.

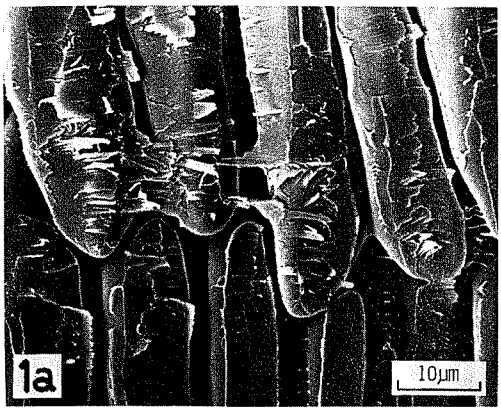
Photo. 5. Radial-longitudinal split surface of compression wood, showing apertures (arrows) from intercellular spaces to tracheid lumina.

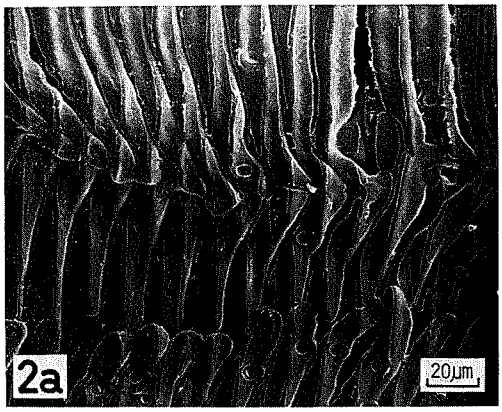
Photo. 6. Oblique view on cross section of compression wood, showing a mother-cell wall (arrow) in an intercellular space.

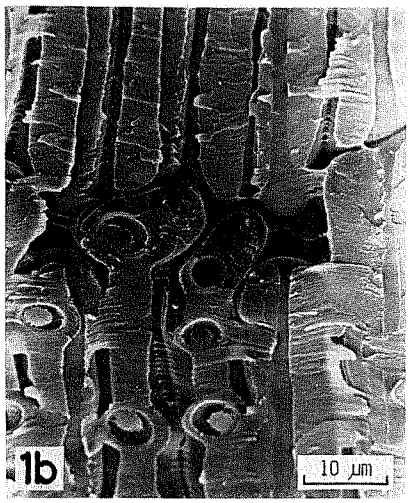
Photo. 7. Radial-longitudinal split surface of compression wood, showing mother-cell walls (arrows).

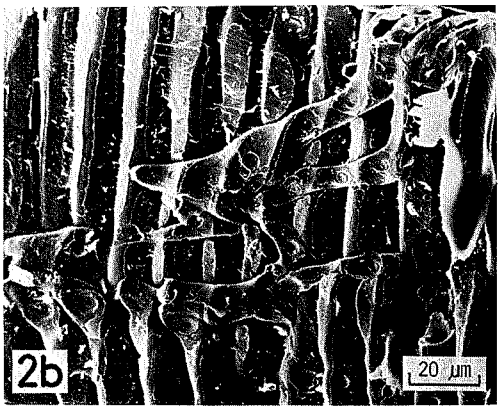
Photo. 8. Cross section of cambial zone, showing compression wood tracheids with rounded cross sections and intercellular spaces.

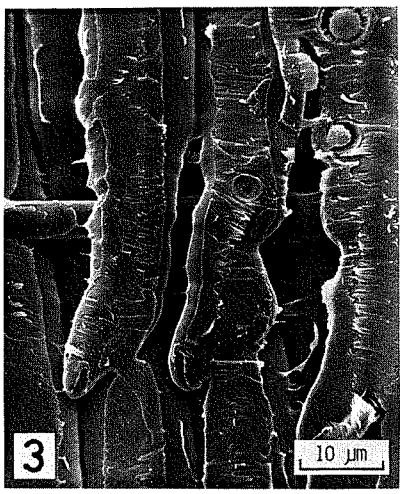
Photo. 9. Cross section of cambial zone differentiating compression wood cells. The intercellular spaces (arrows) are formed at the early stage of the differentiating of tracheids.

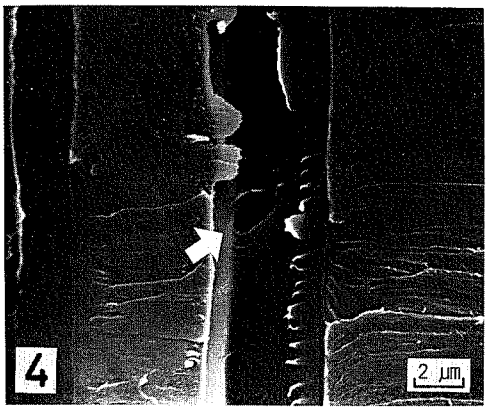

1a
10µm

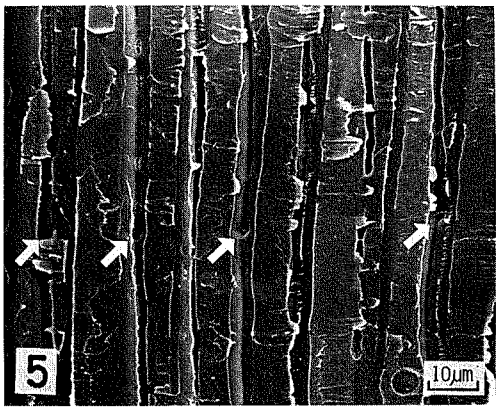

2a
20µm

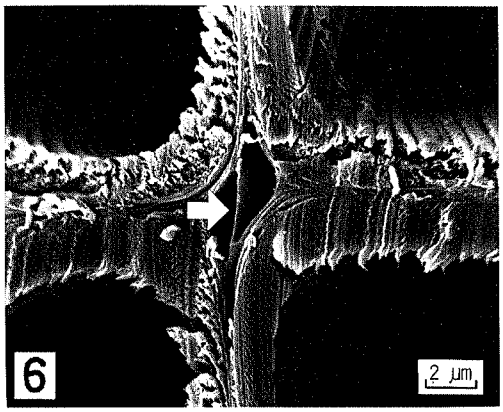

1b
10 µm

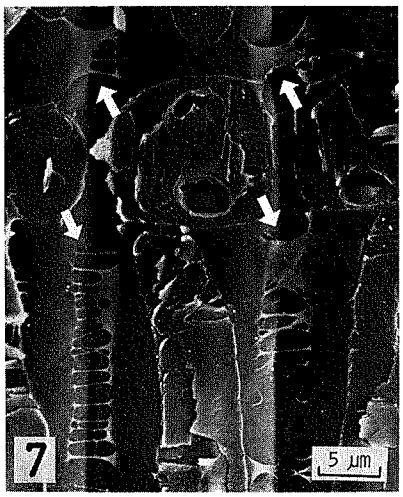

2b
20 µm

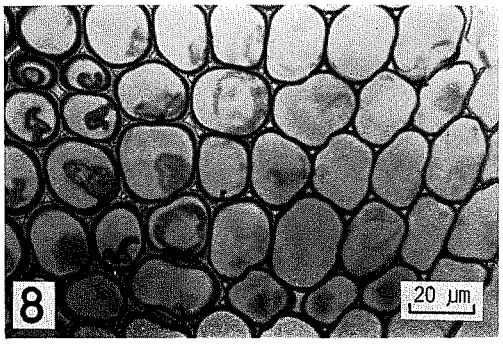

3
10 µm

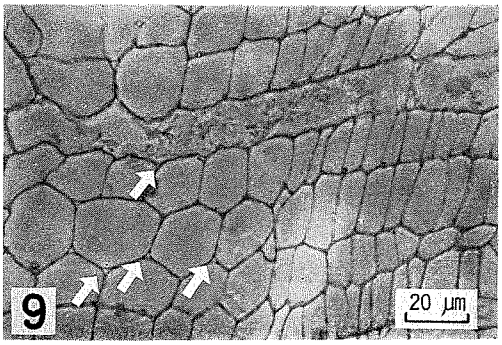

4
2 µm


5
10µm


6
2 µm


7
5 µm


8
20 µm


9
20 µm