

氏名	どう 杜	しえん 盛
学位の種類	博士 (農学)	
学位記番号	甲第319号	
学位授与年月日	平成16年 3月12日	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
学位論文題目	Studies on the physiological mechanisms of reaction wood formation in woody plants (樹木のあて材形成の生理機構に関する研究)	
学位論文審査委員	(主査) 山本 福 壽 (副査) 古野 毅      古川 郁 夫      佐野 淳 之 山中 典 和	

## 学位論文の内容の要旨

The regulation of cambial growth and wood formation in forest trees is a significant but complicated procedure that is determined or influenced by internal and external factors. Induction of reaction wood is an environmentally induced process involving changes in growth rate and wood properties that can be readily studied. In this thesis, the roles of plant hormones auxin, ethylene and gibberellins (GAs), and of the second messenger ion  $Ca^{2+}$  in the coordination of reaction wood formation were investigated and discussed.

Using gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS), we investigated the distribution of indole-3-acetic acid (IAA) in the cambial regions of tilted *Metasequoia glyptostroboides* stems. The results confirm that compression wood formation is invariably accompanied by a higher IAA content compared with its opposite stem side. We also monitored the dynamics of ethylene evolution from cambial regions of both softwood (*M. glyptostroboides*) and hardwood (*Aesculus turbinata*) species during the induction of reaction wood using gas chromatography–flame ionization detection. The results showed that vigorous ethylene evolution is always detected on the stem side with increased xylem development and reaction wood formation. Thus, while IAA is considered to be of the great importance to the induction of compression wood formation, ethylene probably functions as a cambial growth stimulator during the processes of both compression and tension wood formation. Further, the application experiments of growth retardants such as auxin action inhibitors raphanusanin and MBOA, and GA biosynthesis inhibitor uniconazole-P, demonstrated that both auxin and GA are necessary to tension wood formation. This suggests that the previously held assumption that auxin deficiency induces tension wood formation is unsound. GAs are therefore major candidates that regulate tension wood formation, quantitatively at least.

Through a culture method of “force feeding” decapitated and tilted seedlings with liquid media containing different levels of calcium regulating chemicals, we found that the calcium chelating agent EGTA and the calcium channel blocker  $\text{LaCl}_3$  have inhibitory effects on the formation of compression wood and wall thickening of tracheid cells in the conifer *Taxodium distichum*. This result suggests an involvement of calcium in the gravi-stimulated compression wood formation.

**Key words:** Auxin; Calcium; Cambial growth; Compression wood; Ethylene; Gibberellin (GA); Gravitropism; Reaction wood; Tension wood.

## 論文審査の結果の要旨

樹木の形成層活動は、木材形成と幹の成長に直接関わる極めて重要な生理活動である。そのプロセスは複雑なメカニズムによって成立しており、様々な内的、外的要因によって制御されている。特に幹の傾斜にともなう重力ベクトルの変化は、樹体の姿勢回復に機能する特殊な木材である「あて材」の形成を誘起する。あて材の形成機構の解明は、樹木の形成層活動のメカニズムを知る上で極めて重要な研究課題である。しかしながら針葉樹のあて材は傾斜した樹幹の下側に形成される（圧縮あて材）のに対し、広葉樹では上側に形成される（引張あて材）など、その形成機構、組織構造、および物理化学的性質は全く異なっている。本研究は、このようなあて材の形成機構の解明するため、植物ホルモンのオーキシン、エチレン、ジベレリンおよびセカンドメッセンジャーである  $\text{Ca}^{2+}$  の生理作用を中心とした解析を行った。これによって、形成層活動の制御機構における針葉樹と広葉樹の相同性、相違性を明らかにしたものである。

この論文はすべて英文で書かれており、公表した4報すべての論文も、国際誌に投稿したものである。この内容は大きく3章に分かれている。Chapter I の緒言に続いて Chapter II では、重力ベクトルの変化（傾斜）にともなうメタセコイア (*Metasequoia glyptostroboides*) の幹の形成層におけるオーキシン (IAA) とエチレンの変化を解析した。この結果、圧縮あて材が形成される下側の形成層には上側よりも多くの IAA が分布していることを確認した。さらに傾斜したメタセコイアとトチノキ (*Aesculus turbinata*) のあて材形成に伴う形成層のエチレン生成の変動パターンを調べた。傾斜した幹におけるあて材形成の場は、針葉樹と広葉樹では全く逆であるが、両方ともあて材を形成する側のエチレン放出量が反対側より高いことを明らかにした。これらによって、オーキシンが圧縮あて材の形成にもっとも重要な役割を果たす一方、エチレンは圧縮あて材形成と引張あて材形成の双方に関与しており、両者の分化に関わる形成層の活動を促進することを明らかにした。

続いて Chapter III では、オーキシンの生理作用阻害物質のラファヌサンニンと MBOA およびジベレリンの生合成阻害物質のウニコナゾールで傾斜したトチノキを処理する実験から、オーキシンとジベレリン両方とも引張あて材の形成に不可欠であることを明らかにした。これらの結果は、広葉樹の引張あて材形成がオーキシン欠乏によって誘起されるというこれまでの仮説を否定するものである。また内生のジベレリン量的変化は引張あて材形成に重要な役割を果たしているものと結論している。

さらに Chapter IV では、頂端を除去したヌマスギ (*Taxodium distichum*) を傾斜させ、幹にカルシウム濃度の異なる液体培地を与える実験により、カルシウムキレーターの EGTA およびカルシウム

チャンネル阻害剤の  $\text{LaCl}_3$  が、圧縮あて材の形成と仮導管細胞壁の発達を抑制することがわかった。この結果から植物ホルモンの生理作用とともにカルシウムが重力レスポンスに伴う圧縮あて材の形成に関与することを明らかにした。

最後の Chapter V では、結論としてオーキシン、エチレン、ジベレリンおよびセカンドメッセンジャーである  $\text{Ca}^{2+}$  の生理作用の重要性と、あて材形成における針葉樹と広葉樹の相同性、相違性をまとめている。

以上のように本論文は傾斜した幹の形成層におけるあて材の形成という重力ベクトルの変化に対する樹木に特有の応答機構を針葉樹と広葉樹とを比較しながら生理的に明らかにしたものである。この研究成果は、樹木の形成層活動と木材形成機構の解明に重要な新情報を提供した先駆的な業績であると認められる。このことから、申請者の論文は博士（農学）の学位論文として十分な価値を有するものであると審査員一同判定した。