

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：24302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580213

研究課題名(和文) 樹高限界決定因子の解明—樹木水分生理学の視点から—

研究課題名(英文) Decision factor of tree height - from viewpoint of water relations in trees

研究代表者

池田 武文 (Ikeda, Takefumi)

京都府立大学・生命環境科学研究科(系)・教授

研究者番号：50183158

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：リュウキュウマツの扁平な樹冠上部の葉は夏期にしおれ寸前の水分状態に達していた。これはこれ以上枝を伸ばすと葉への水供給が不足し枯れるため、樹冠上部が扁平になっていると考えられた。特に宮古島は土壤水分が不足しているため、マツに水不足が生じやすいことに加え、しばしば猛烈な台風が来襲する。その際、リュウキュウマツの枝が相互に擦れることで枝に傷ができ、その傷の影響は枝の木部内部にまで達していた。その箇所は水分通道機能が失われており、無傷な枝の水分通道能力の半分に低下し、葉への水供給量が不十分であった。このような状況で、葉の水分状態はしおれの限界を越えてシュートが枯れると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Needles water status on the top of flattened crown in *Pinus luchuensis* at Miyakojima Island, Okinawa, the subtropical region was on the verge of wilting. We addressed the flat canopy formation in *P. luchuensis* from the standpoint of water relations. Judging from climate and geology of Miyakojima Island, *P. luchuensis* constantly suffered from severe water stress. Further, Miyakojima Island often is attacked by huge typhoons. Microscopic study showed that many wounds were made by mutually rubbed branches. As a result of dye solution perfusion test, water conducting area of wounded part of branch was restricted to 1/2 of that of sound ones. Reducing the hydraulic conductivity in branch due to wounds induced lethal water deficit. Any further shoot growth induces a shoot die back due to wilting. This seems to cause to flattening of the upper canopy.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：樹高限界 水分生理 キャピテーション 水分通道 膨圧 浸透調節

1. 研究開始当初の背景

樹木の高さ、樹高の限界は何によって決まるのか？ この問いに対して次の四つの説が提案された (Ryan and Yoder 1997)。1)呼吸説, 2)養分限界説, 3)成熟説, 4)水力学的制限説。このうち前三つについては否定的な見解が多く, 4番目の水力学的制限説が妥当と考えられており, 次のような内容である。樹体内の水は, 葉で生じる引き揚げる力(張力)によって根から葉へと移動する。樹高が高くなると重力に抗して樹体内を水が動く時の抵抗が大きくなる。そのため, 樹木上部の枝の道管や仮道管内の水柱には大きな張力がかかる。張力がある限界を超えると水柱が途切れ(キャビテーションの発生)水分通道機能の消失により樹冠先端の枝葉への水供給が減少し, これら枝葉が枯れる。この現象が生じると樹木はそれ以上高くなれず, ここが樹高の限界となる。つまり, 枝でのキャビテーション発生が樹高限界を決定する重要な要因であるとする説である。これに基づき, Kochら(2004)は樹高約113mのセコイアメスギの水生理, ガス交換作用に関する測定から樹高限界を約130mと推定した。水力学的制限説を確定するには, 現実に樹高成長が停止した樹木の樹冠上側がどのような状況なのかを明らかにする必要であるが, この種の研究は皆無である。なお, 樹高が限界に達してもその個体は枯れずに, 肥大成長は続く。

2. 研究の目的

リュウキュウマツが自生しない沖縄県宮古島に造林されたリュウキュウマツを研究対象とする。その理由は以下の通りである。リュウキュウマツは琉球列島の多くの島々に天然分布し, 成長につれて樹冠上側の枝葉の伸長が停止して樹高成長が止り, 横方向にのみ成長することで, 樹冠上部が扁平(平らな傘型)となる性質がある。宮古島では樹冠が扁平化したリュウキュウマツで, 数年前から樹冠上部の枝葉が枯れる個体が散見されているが, 扁平化していない宮古島のリュウキュウマツと自生地のリュウキュウマツでは, 枝葉の枯れは認められない。宮古島は隆起珊瑚礁の島で土壌の保水性が悪いので, 特産のサトウキビが度々干害の被害を受けている。以上の状況から, 樹冠が扁平化したリュウキュウマツは樹高の限界に達し, それ以上に枝葉が伸長すると, 自生地でない宮古島では水不足の程度が許容能力を超え, 樹冠上部の枝葉が枯れると考えられる。なお, 宮古島では4年前にマツ材線虫病被害は終息し, 他の病虫害も確認されていないことから, 樹冠上側の枝葉の枯れにはマツの生理, 特に水分生理異常が深く関わっていると考えられる。そこで, 次の三つの特性を比較検討し, リュウキュウマツの樹高限界の決定因子を, 樹冠上側

の枝葉の水分不足に対応する能力とその限界を探ることで明らかにする。1)水不足の程度, 2)針葉細胞の脱水に対する耐性(浸透調節能力等), 3)枝のキャビテーション感受性(水分通道機能の失い易さ)。

樹木は水不足が進み, 葉の水ポテンシャルが低下すると, しおれないために細胞の浸透調節(吸水能力を増大)や細胞壁を柔軟にするが, 脱水が進んでいることに変わらない。水ポテンシャルがある値以下に下がると枝の木部でキャビテーション(水切れ)が発生する。その結果, 水分通道機能が低下し, さらに葉への水供給が減少するので, 葉の細胞の浸透調節等では対応できなくなり, 枯死すると考えられる。本研究では, 枯れるか枯れないのかの限界を, 樹木の水分生理に関する上記の特性から明確にする。

具体的には, 樹冠は扁平化しているが枝葉の枯れていない個体と枯れ始めている個体, 扁平化していない個体を対象とし, 水ポテンシャル最低値(最も厳しい水不足状態)と葉のしおれ発生時やキャビテーション発生時の水ポテンシャルとの差()がどの程度なのかを検討し, 枯れの危険性を評価する。この が大きければ, しおれに対して余裕があり枯れないが, が極端に小さい場合は枯死の可能性が高く, がマイナスになるとしおれ始めていると判断できる。先行研究では(池田2002, Ikeda and Maruta 2003), 樹木の水不足が厳しくなると, これらの差が小さくなり, 衰弱・枯死しやすくなることが示された。本研究では, この限界がどのレベルなのかを見極める。さらに, 中程度の水不足により, 軽度のキャビテーション発生が繰り返されると, わずかな水不足でもキャビテーションがより発生しやすくなる(キャビテーション疲労)可能性がある。本研究では衰弱過程でのキャビテーション感受性からキャビテーション疲労の程度も合わせて明らかにする。

参考文献

- 森川靖 (2002) 水環境への適応 樹木環境生理学、文永堂出版、pp.157-180
池田武文 (2002) 樹液の上昇 樹木環境生理学、文永堂出版、pp.181-199
Ikeda, T. and Maruta, E. (2003) Development of deformed tree in *Abies mariesii* in relation to xylem embolism. Abstracts of the International Workshop "Ecophysiology of Ecotone", pp.12-13
池田武文 (2007) 非生物的環境による植物の傷害 樹木医学研究 11:77-82
Kock, G.W. 他 (2004) The limits to tree height. *Nature* 428: 851-854
Ryan, G. and Yoder, J. (1997) Hydraulic limits to tree height and tree growth. *BioScience* 47: 235-242

3. 研究の方法

沖縄県宮古島に造林されたリュウキュウマツについて、枝木部のキャビテーションによる水分通導機能の低下と針葉の細胞の浸透調節能力(吸水能力)、フィールドにおける水不足の程度、仮道管の形態との相互関係を定量的に評価する。なお、事前調査により宮古島のリュウキュウマツの多くは戦後植栽されたものであり、正確な樹齢がわかっている。さらに、リュウキュウマツの樹冠形の事前調査から、樹高成長が限界に達したで個体とそうでない個体の仕分けができています。以上より、樹冠上側の枝葉の生存と枯死の境界となる水分生理状態を明らかにすることで、樹高成長を決定する因子を定量的に評価できる。これからの結果は「樹勢」の変化を判断する指標として利用することができる。

4. 研究成果

沖縄県宮古島のリュウキュウマツは枝葉の一部が枯れはじめている衰弱木と健全木とに分かれた。そこで両者の水分生理状態に着目して以下、検討した。測定をした宮古島内のどの地区でも共通して w_{t1p} (膨圧を失う時の水ポテンシャル) w_{mid} (一日の最低水ポテンシャル) となっており、7月においても9月においても細胞の原形質分離が起こるギリギリまで針葉の水ポテンシャルは低下していた。琉球珊瑚で構成される宮古島は土壌が浅く土壌が保持できる水分量は少ない。そのためリュウキュウマツは針葉の水ポテンシャルを低くする頃で、やっと水を吸収しており、この値はきびしい水不足状態にあることを示していた。

衰弱・枯死の原因を探るために、健全木と衰弱木の水分通導能力を調べた結果、衰弱木の枝の水分通導能力が健全木に比べ著しく低い(半分程度)ことが明らかになった。水分通導機能の低下はキャビテーションの発生によって生じることがよそうされたため、健全木と衰弱木のキャビテーション感受性を比較したところ、両者の間に有意な差は認められず、それは根においても同様であった。キャビテーション感受性の増大が水分通導機能の低下に関与する可能性は低いことが示唆された。

枝の観察から、衰弱木に多数の傷害跡が認められた。染色実験を行った結果、傷害跡が認められた枝の通導部位は正常な枝の半分程度の面積しかなかった。この部分水分通導を明らかに阻害していることが分かった。

この傷害跡は大型で強力な台風によって枝と枝とが擦れあって形成されたものだと考えられ、顕微鏡写真で年輪を数えて見ると、傷は約5年前に形成されたことがわかった。

以上をまとめると、宮古島におけるリュウキュウマツは、水が不足する環境で何とか水分バランスを保って生育していた。そこに例年にはない強烈な台風の上陸による被害を受け、被害木は健全木に比べて水分通導能力が低下し、衰弱する。その様な状態で例年よりも雨の少ない厳しい夏を経験すると、正常な浸透圧調節が行えなくなり、衰弱・枯死が進行して行くと考えられる。このようなリュウキュウマツの衰弱・枯死は樹冠上部が扁平になっている個体で顕著だった。

以上より、針葉でこのような状況で、葉の水分状態はしおれの限界を越えてシュートが枯れると考えられた。このような状況になるとシュートは上方へ伸びることができなくなり、横に伸びるだけで、樹冠上部が扁平になると考えられた。今後の気候変動、とくに温暖化にともなう乾燥が進むと、樹冠上部が扁平な箇所では枝枯れが進行し、リュウキュウマツの衰退が顕著になることが予想される。本研究で行った研究手法は、ここであつかったリュウキュウマツだけではなく、他の樹種についてももの適応可能であり、温暖化による樹木の衰弱・衰退を予測するための有効な手法として利用できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2件)

1. Nakamoto,A., Ikeda,T and Maruta,E. (2012) Needle browning and death in *Pinus pumila* I the alpine region of central Japan were not related to mechanical damage of cuticle and cuticle thickness. Canadian Journal of Forest Research 42: 167-178

2. Nakamoto,A., Ikeda,T. and Maruta,E. (2013) Needle browning and death in the flagged crown of *Abies mariesii* in the timberline ecotomne of the alpine region in central Japan. Trees 27: 815-825

[学会発表](計 6件)

1. Ikeda,T. (2011) Vulnerability to branch xylem cavitation in *Prunus x yedoensis* can predict tree decline. 18th International Botanical Congress

2. 池田武文、五艘佑揮、上田正文 (2012) リュウキュウマツの衰弱・枯死に関する水分生理学的研究 日本植物学会第76回大会

3. Ikeda,T., Goso,Y., and Ueda,M. (2013) Water relations in declining *Pinus luchuensis* at Miyakojima Island, the subtropical region of Japan. INTECOL 2013

4. 水野沙保里、池田武文 (2013) サツキもち病に関する研究-水分生理・組織解剖学の視点から- 日本植物学会第77回大会

5. Ikeda,T., Kobayashi,K. and Naoe,S.

(2013) Growth properties of pine tree died from pine wilt disease. Pine Wilt Disease Conference

6. 池田武文、中本葵、丸田恵美子 (2013) 乗鞍岳の樹木移行帯に分布するオオシラビソの針葉の褐変・枯死 中部山岳地域環境変動研究機構 2013 年度年次研究報告会

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田武文 (教授)

研究者番号：50183158

(2) 研究分担者

上田正文 (准教授)

研究者番号：00444993

(3) 連携研究者

()

研究者番号：