

## 津波被害を受けた海岸マツ生残木の樹勢判定 —高分解能デンドロメーターの利用—

橋本 良二\*・野中 穂\*\*

Evaluation of tree vigorousness for coast pines survived from the tsunami damage  
—Examination for utility of a dendrometer with high-resolution—

Ryoji HASHIMOTO\* and Minori NONAKA\*\*

### 1. はじめに

東日本大震災で、東北地方太平洋側の海岸林は大津波による物理的破壊や塩害で壊滅的な被害をうけ、岩手県では県有防潮林（潮害防備保安林）150haの80%以上が壊滅した（村井, 2012）。しかし、津波被害を受けながらも、アカマツやクロマツなどの立木がさまざまな規模でまともって生き残っているところが少なくない（高橋・星野, 2012）。こうした残存防潮林帯の生残木については、今後の整備のあり方として、樹勢の衰えた立木の伐採とともに、残す木の樹勢の維持あるいは増進のための保育伐採が必要不可欠であり、伐採木の選定にあたっては適正な樹勢判定が求められる（橋本・齋藤, 2013）。

樹勢の判定は、幹の形態、枝葉の着生状態、樹皮の色調や肌理・紋様・剥離性など、外観性質に依拠しておこなわれているが（堀, 2006）、外観法で得られた判定ランクを樹体の生理活性と関係づけた報告は少ない（松本ら, 1992；田中ら, 2011）。樹勢判定においては、外観法を基本にしつつも、何らかの方法で生理計測を導入した評価が好ましい。方法として、樹勢が異なると見られる何本かの立木を選び何がしかの生理過程を調べ、これらの結果を踏まえて、全対象木について外観法による樹勢判定をおこなうのが实际的である。

古くから、幹が昼間収縮し夜間に回復する、幹組織サイズの日周性はよく知られている

---

Received March 12, 2014

Accepted June 9, 2014

\* 岩手大学環境科学系（農学部共生環境課程）

\*\* 岩手大学農学部共生環境課程

(Kramer and Kozlowski, 1979)。この日周性は葉の蒸散によりもたらされる樹体内水移動と連動した幹組織内の水分量の変化によるもので (Schepper et al., 2012; Vieira et al., 2013), 日周性の解析を通して一定の樹勢評価が可能と考えられる (上田, 2002; 橋本・齋藤, 2013)。

これまで幹の周囲長や直径をモニターする際はデンドロメーターが用いられており, 肥大成長に関する長期的な経年変化や1年の季節変化, また乾燥条件下における幹サイズの1日の時間変化などが調べられている (King et al., 2013; Viera et al., 2013)。樹勢の衰えた立木の衰退程度を評価するようなケースでの使用は, おそらく測定精度の制約で, ほとんどないと思われる。最近, 幹周囲長を  $1\text{ }\mu\text{m}$  の精度で測定記録できる機器が市販されており, 本研究では, 大津波後のクロマツ防潮林の残存立木について本機器を用いて幹周囲長の測定をおこない, 並行して気象及び土壤環境の計測をおこなった。幹周囲長の変化パターンについて分析し, 樹勢評価につながる指標をさぐるとともに, 現場での利用について検討した。

## II. 調査対象及び測定方法

### 1. 調査対象

岩手県宮古市田老地区では, 田老湾に沿って総延長323m, 全面積4.99haの県有クロマツ (*Pinus thunbergii* Parl.) 防潮林が造成整備されていたが, 2011年3月の大津波により80%以上が壊滅的な被害を受けた。2013年11月現在, 田老湾に注ぐ田代川 (田老川) 西岸に沿って幅30m長さ約100mの林帯が残っており, 本研究ではこれを調査対象とした。本防潮林は, 1960年のチリ地震津波以前に造成されたもので, 林齢は70年前後である。

### 2. 測定

#### 1) 測定木

2013年7月11日, 4本の立木を選び測定木とした。測定木 (J489, J576, J597, J626) の胸高直径は28.5, 35.0, 40.0, 31.5cm, 樹高は24.8, 25.8, 26.0, 22.0mであった。樹勢は, 外観法での判定でそれぞれ不良, 良, 良, 不良と区分した。

#### 2) デンドロメーター

本研究で用いたデンドロメーター (DRL25, ICT Inc., Australia) は, 測定センサーとデータロガーを内蔵した本体とステンレススチールバンドから成り (図-1), 本体は大きさが  $100\times70\times100\text{mm}$  (縦横高), 重量300gで, スチールバンドは幅12mmの仕様となっている。測定は, スチールバンドを幹周囲に巻き付け, 一定張力 (15~20N) で本体のロータリーポジションセンサーにつなげ, 幹周囲長の変化量を回転変位量として検出する。測定精度 (分解能) は  $1\text{ }\mu\text{m}$ , 測定データはロガーに記録され, 赤外線による光無線データ通信でPCに転送される。



図－１． デンドロメーターの据え付け  
外樹皮を剥いでステンレススチールバンドを巻き、断熱素材で覆った。

デンドロメーターは、地上約150cmの高さに据え付けた。スチールバンドを幹周囲に巻く際は、鎌を用いて外樹皮を5～10mm程度剥ぎ取り、滑らかに密着させた。なお、スチールバンドの線膨張係数は $17.3 (\times 10^{-6} / ^\circ\text{C})$ であり、通常の測定条件下では温度変化の影響は無視できると見られるが、直射光を直接受けないように断熱材で覆った。

### 3) 解析

デンドロメーター据え付け後の幹周囲長の変化は次式の $\epsilon$ で表し、幹周囲長変化と呼んだ。

$$\epsilon = 100 (G - G_0) / G_0 \quad (\%)$$

ここで、 $G_0$ は据え付け直後の幹周囲長 (mm)、 $G$ はそれ以降の幹周囲長である。後述する幹周囲長変化量の日周期の解析では、大気飽差 (hPa) の日変動幅を算出したが、その際の日最小値は1時から5時までの平均、日最大値は10時から14時までの平均を用いた。

### 3. 環境計測

2013年7月2日から、残存林帯に隣接する開地で、全天日射量、気温、相対湿度、風向風速、雨量の計測をおこなった(図－2)。同一地点で、地表から深さ30cmと80cmの位置で土壌の体積含水率、電気伝導度 (EC)、温度の計測をおこなった。全天日射量は日射計 (PYR, Decagon Devices, INC., USA) で、気温と相対湿度は放射シールドをして温度湿度センサー (SS-1, Decagon Devices, INC., USA) で、風向風速は風向風速計 (Cup Anemometer, Decagon Devices, INC., USA) で、雨量は雨量計 (ECRN-100, Decagon Devices, INC., USA) で計測した。土壌の含水率、EC、温度は土壌水分・EC・温度センサー (5TE, Decagon Devices, INC., USA) を用いて計測した。計測データは、1時間間隔にロガー (Em50 5ch, Decagon Devices, INC., USA) に収集した。



図－２．気象及び土壌環境の計測

被害木を除去した防潮林帯跡地に機器を設置。後方に残存林帯の立木群が散在。

### Ⅲ．結 果

#### １．幹周囲長の経時変化

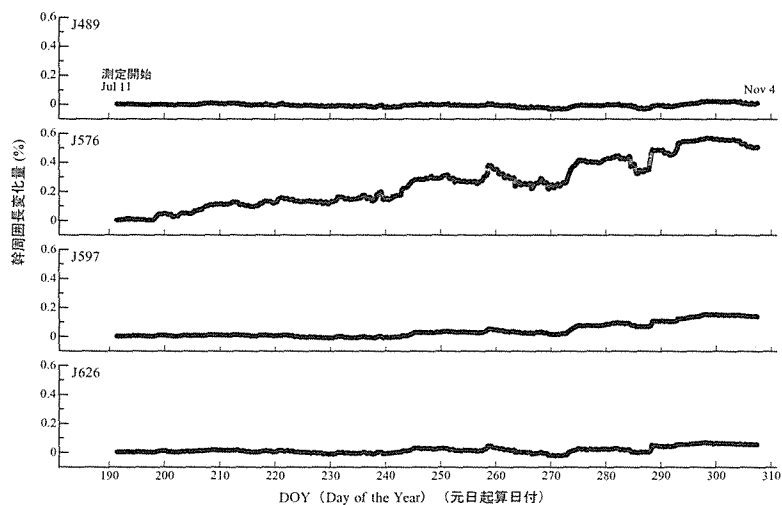
測定開始以降の幹周囲長変化量の経時変化を図－３に示す。10月29日未明の幹周囲長変化量( $\epsilon$ )は、測定木J489, J576, J597, J626でそれぞれ0.018, 0.557, 0.148, 0.061%であった。幹周囲長の増大は、J576で顕著でありJ597でも明らかであったが、J626で小さくJ489ではきわめてわずかであった。

２本の測定木(J576, J626)について、測定開始後20日間の幹周囲長変化量の経時変化を、気象及び土壌因子の計測値とともに図－４に示す。幹周囲長変化量の変動はJ576で大きくJ626で小さかったが、変動パターンはよく似ていた。測定開始後約１週間は、それ以降と比べ幹周囲長変化量はあまり大きく変化しないようであった。測定開始後１週間以降は、幹周囲長変化量は増減を繰り返しながら日数を経るにともない増大した。

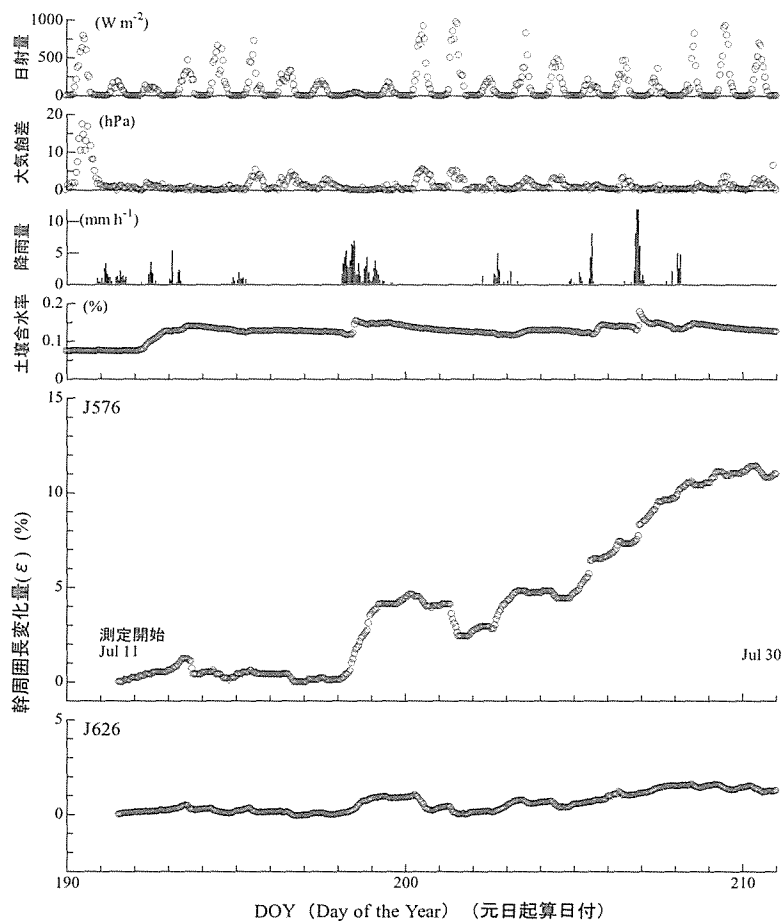
幹周囲長変化量は、降雨にともない瞬時的に増大した。一方、日射量、大気飽差が大きい日、たとえばDOY(元日起算日付)200日, 201日では、昼間明らかな低下を示した。

#### ２．無降雨期間での変化パターン

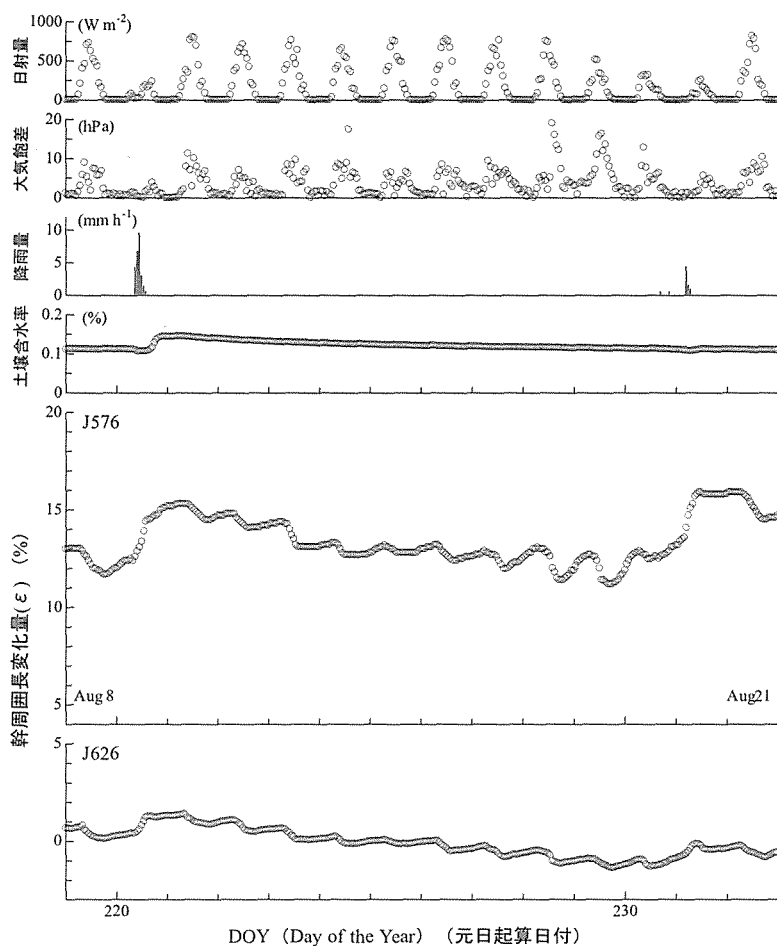
無降雨が比較的長く続いた8月10日から18日までの期間における、幹周囲長変化量( $\epsilon$ )の経時変化を、気象及び土壌因子の計測値とともに図－５に示す。１日のうちで幹周囲長変化量が昼間減少しその後夜間に増加する、日周期変動が連日認められた。この日周期で、幹周囲長変化量は昼間午後遅くに最小に、深夜から明け方にかけて最大になった。日周期の変動幅は、J576で大きくJ626で小さかった。また、各日の最大値をたどると、J576では前半は低下し後半



図－3．デンドロメーター据え付け後から成長休止期に至る幹周囲長の経時変化



図－4．デンドロメーター据え付け直後の幹周囲長と関係環境因子の経時変化



図一 5. 無降雨期間における幹周囲長と関係環境因子の経時変化

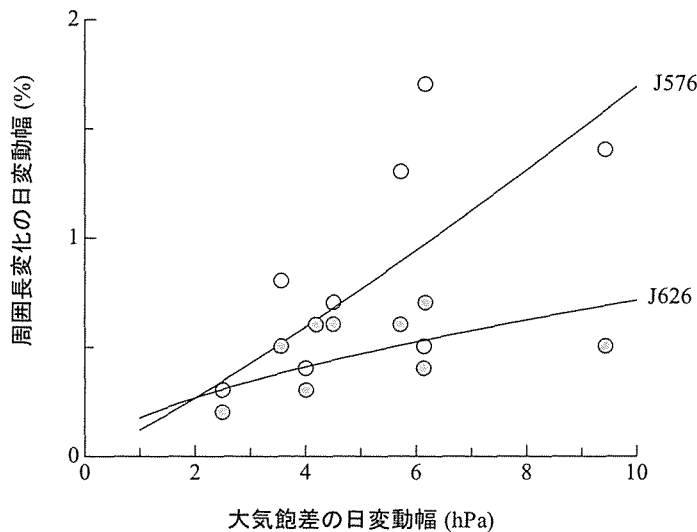
はほぼ一定になったのに対し、J626では全期間を通じて低下した。

上述の日周期における昼間の減少は葉の蒸散によりもたらされることから、幹周囲長についての日変動幅を大気飽差の日変動幅との関係で図-6に示す。両者の間に、正の相関が認められた。幹周囲長についての日変動幅は、大気飽差の変動幅の増大にともないJ576ではほぼ直線的に増大したが、J626では4hPaを超えると増大は見られなかった。

#### IV. 考 察

##### 1. 幹周囲長の変化と要因

幹周囲長は降雨により瞬時的に増大するが(図-4)、これは雨が直接樹皮にあたる、あるいは雨が樹冠部から枝を伝って降りてくることで、樹皮が水を含み膨張するためと考えられる。



図－6．無降雨期間における幹周囲長の日変動幅と大気飽差の日変動幅との関係  
 図中の曲線は回帰式 ( $\ln y = a + b \ln x$ ) による。J576:  $a = -2.11$ ,  $b = 1.15$ ,  $r = 0.740^*$ ,  
 J626:  $a = -1.74$ ,  $b = 0.609$ ,  $r = 0.579$  (\*:  $p < 0.05$ )。

無降雨期間における幹周囲長の日周性については（図－5），昼間の減少は葉からの蒸散と連動した水分流出による収縮であり，夜間にかけての増大は根からの吸水による水分流入による膨張と考えられる（上田, 2002; Schepper et al., 2012）。一方，各日の幹周囲長最大値をたどって得られる増大傾向は，幹の肥大成長によるものである（図－3，4）。以上，幹周囲長の経時変化については，降雨による変化，蒸散と吸水による日周期変化，そして幹形成層の細胞分裂・成長すなわち肥大成長による変化からなっている。

デンドロメーターによる幹肥大成長の解析では，これまで降雨の影響を直接取り上げたものはないようである。林分が十分閉鎖した状態であれば，降雨で樹皮が水を含むことによる影響はそれほど大きくはないと見られるが，こうした事情によるのかもしれない。孤立あるいは疎立状態の木では，降雨が幹サイズの変動に与える影響は大きく，降雨による変動を避けて解析をおこなう必要がある。

## 2. 樹勢判定への利用

### 1) 生理的評価の指標

デンドロメーターを据え付ける際，J576とJ597の樹勢は良，J489とJ626の樹勢は不良として区分したが，幹周囲長の変化では樹勢良の2本は樹勢不良の2本に比べ，肥大成長量は大きかった（図－3，4）。また，無降雨期間における幹周囲長の変化において，各日の夜間の幹周囲長は樹勢良の木では数日して下げ止まるのに対して，樹勢不良の木では連続して低下した（図－5）。加えて，幹周囲長の日変動における変動幅は樹勢良の木は樹勢不良の木に比べ大きかった

(図-6)。

肥大成長量の大きさは、もとより形成層の生理活性をダイレクトに伝えるものである。一方、無降雨期間における各日最大値の低下傾向と日変動幅は、幹の主として木部組織の含水量と直接関係し、おそらく生細胞組織の密度あるいは広がり結びついていると考えられる(上田, 2002; Schepper et al., 2012)。したがって、肥大成長量の大きさとともに、無降雨期間における各日最大値の低下傾向と日変動幅が、樹勢を生理的に評価する指標になる。

## 2) 実用性

ある立木集団に対して、デンドロメーターを用いて樹勢の生理的評価おこなう場合、外観で判断して樹勢の異なる何本かを基準木として選び、デンドロメーターを据え付けることになるであろう。据え付け後は、できるだけ早い段階で生理的評価をすませたいところであるが、従来信頼できる測定値を得るのに据え付け後約1ヶ月程度は見ておく必要があるとされている。しかし、ここでの測定では、据え付け後10日以内で降雨変動や日変動をとらえている(図-4)。したがって、早ければ据え付け後20日ほどで生理的評価が可能である。その際、気象条件が、しばしば降雨のある場合は肥大成長量を指標とした評価、無降雨が続く場合は各日最大値の低下傾向と日変動幅を指標とした評価になる。

デンドロメーターの据え付けは、死んだ組織である外樹皮を薄く剥がす程度ですみ、樹体へのダメージはほぼない。また、樹液流測器と比べ(橋本・齋藤, 2013)、設置は容易であり、計測のハード面でのトラブルもないことから、樹勢判定における生理計測の導入に際し強く推奨したい。

## 引用文献

- 橋本良二・齋藤武史 (2013) 津波被害を受けた海岸マツ生残木の樹勢判定—樹液流測器の実用性の検討—。岩手大学農学部演習林報告 44: 119-125.
- 堀 大才 (2006) 第10章総合診断と保全対策(最新・樹木医の手引き, 日本緑化センター編, 財団法人日本緑化センター, 東京), 446-473.
- King, G., Fonti, P., Nievergelt, D., Buntgen, U. and Frank, D. (2013) Climatic drivers of hourly to yearly tree radius variations along a 6 °C natural warming gradient. *Agricultural and Forest Meteorology* 168: 36-46.
- Kramer, P.J. and Kozlowski, T.T. (1979) *Physiology of Woody Plants*. 811pp. Academic Press, Inc., Florida.
- 松本陽介・丸山温・森川靖 (1992) スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動—樹木の衰退現象に関連して—。森林立地 34: 2-13.
- 村井 宏 (2012) 被災地域の海岸林の概況調査結果(平成23年度東日本大震災による岩手県内



海岸林の津波被災状況と再生についての調査研究. 村井 宏ほか編, 森と緑の研究所, 盛岡), 2-6.

Schepper, V.D., Dusschoten, D.van, Copini, P., Jahnke, S. and Steppe, K. (2012) MRI links stem water content to stem diameter variations in transpiring trees. *Journal of Experimental Botany* 63:2645-2653.

高橋大等・星野大介 (2012) 各調査地区の被災林分の林況と衰退度 (東日本大震災による岩手県内海岸林の津波被災状況と再生についての調査研究. 村井 宏ほか編, 森と緑の研究所, 盛岡), 69-113.

田中あゆみ・野口雄二郎・梅林利弘・松村愛美・赤見亜衣・田中憲蔵・福田健二 (2011) カツラ梢端枯れ木の葉の生理的・形態的特性. *樹木医学研究* 15:139-146.

上田正文 (2002) ヒノキの樹幹および枝の直径日変化と水分生理状態. *名古屋大学森林科学研究* 21:57-94.

Vieira, J., Rossi, S., Campelo, Freitas, H. and Nabais, C. (2013) Seasonal and daily cycles of stem radial variation of *Pinus pinaster* in a drought-prone environment. *Agricultural and Forest Meteorology* 180:173-181.