

# センターだより No.140,2023 4

- 木材の強度測定について
- 奈良県内の針葉樹人工林に生育する主要高木性樹種
- 奈良県における“無花粉”スギ精英樹の開発状況
- センターで所蔵しているきのこ標本
- ドローンによる空中写真を使った立木本数確認方法の検討
- ミニ・ニュース



丸太をハンマーで叩くと強度が推定できる？  
(奈良の木ブランド課と共同の取り組み)  
(詳しくは2～3ページ)



奈良県内の針葉樹人工林内に生育する樹種を  
調べました  
(詳しくは4ページ)



これは何？(無花粉スギ雄花の断面)  
(詳しくは5ページ)



当センター所蔵 キノコ標本の一部  
(詳しくは6ページ)

## 木材の強度測定について

木材利用課 岩本 頼子

### 1. はじめに

森林技術センターでは、試験研究や依頼試験、技術指導として、製材や集成材の曲げ強度試験や、ヤング係数の測定を行っています。

曲げ強度試験では、大型の実大強度試験機を使用して実際に木材に力を加え、荷重と変形（たわみ）の様子を調べますが、曲げ強度を知るためには、力を加え続けて、木材が破壊するまで試験を行う必要があります（図1）。

一方、ヤング係数（たわみにくさを表す指標）は、木材を破壊せずに測定でき、曲げ強度を予測できることから、製品の品質管理や、強度の等級を区分するのに用いられています。また、最近では、公共工事等で、構造用建築材料の全数についてヤング係数の測定を求められるケースもあります。

そこで今回は、曲げ強度とヤング係数の関係、2種類のヤング係数とその関係について述べたいと思います。

### 2. 曲げ強度とヤング係数

図2に、曲げ強度試験で得られる、荷重－変形曲線を示します。荷重を除くとたわみが元に戻る範囲での、グラフの傾き（ $P_1/y$ ）からヤング係数（MOE（MPa））を算出します。また、木材が破壊した際の荷重（ $P_2$ ）から、曲げ強度（MOR（MPa））を算出します。

$$MOE = P_1 l^3 / (4ybh^3)$$

$$MOR = 3P_2 l / (2bh^2)$$

ここで、

$P_1$ ： たわみ $y$ （mm）における荷重（N）

$P_2$ ： 破壊荷重（N）

$l$ ： 支点間の距離（スパン）（mm）

$b$ ： 木材の幅（mm）

$h$ ： 木材の厚さ（梁の高さ）（mm）

一般に、木材には、ヤング係数と曲げ強度の間に、図3に示すような直線関係があることから、この直

線関係を利用して、ヤング係数から強度を推測できます。製材の日本農林規格における機械等級区分法は、この原理に基づき、ヤング係数により強度等級を区分しています。



図1 曲げ強度試験の様子

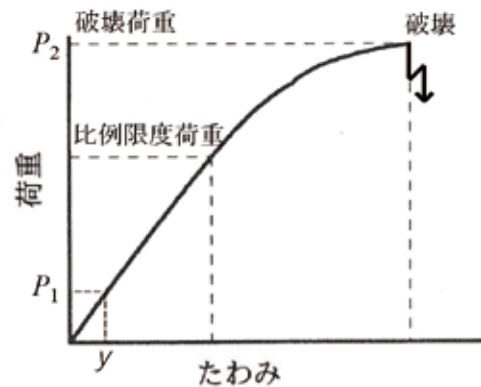


図2 荷重－変形曲線

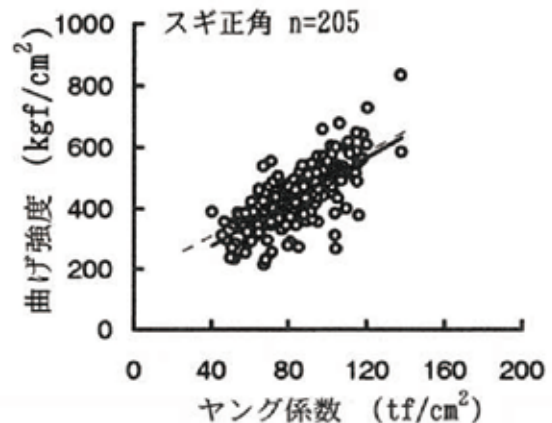


図3 ヤング係数と曲げ強度の関係<sup>1)</sup>  
 $\text{kgf/cm}^2 = 0.098\text{MPa}$      $\text{tf/cm}^2 = 98\text{MPa}$

### 3. ヤング係数の測定

ヤング係数には、「静的ヤング係数」と「動的ヤング係数」があります。

前節で述べたヤング係数は、静的ヤング係数といい、具体的には、木材を損傷させない範囲の微小な荷重をかけ、その荷重と、変位計により計測した「たわみ」により算出されます。

一方、動的ヤング係数を求める測定方法には、縦振動法、超音波伝搬法、応力波伝搬法などがあります。なかでも、縦振動法は、製材や丸太などの木口面をハンマーで打撃し、その音の高さ（固有周波数（ $f$ ））からヤング係数（ $E_f$  (GPa)）を算出するもので、最も広く用いられています（図4）。

$$E_f = (2fl)^2 \rho / 10^9$$

ここで、

$f$  : 固有周波数 (Hz)

$l$  : 木材の長さ (m)

$\rho$  : 木材の密度 ( $\text{kg/m}^3$ )

固有周波数は、マイクで集音した音を、FFTアナライザによって解析することで得られます。また、この計算には木材の密度も必要であり、寸法と重量の計測が必要になります。



図4 縦振動法による測定の様子

### 4. 静的ヤング係数と動的ヤング係数の関係

当センターでは、実大の曲げ強度試験を行う際、必ず事前に縦振動法により動的ヤング係数を求め、強度の目安を得るようにしています。図5に、当センターが過去に実施した曲げ強度試験により得られた静的ヤング係数と、縦振動法により得られた動的ヤング係数の関係を示します。両者の値がよく一致し、正の相関関係にあることがわかります。

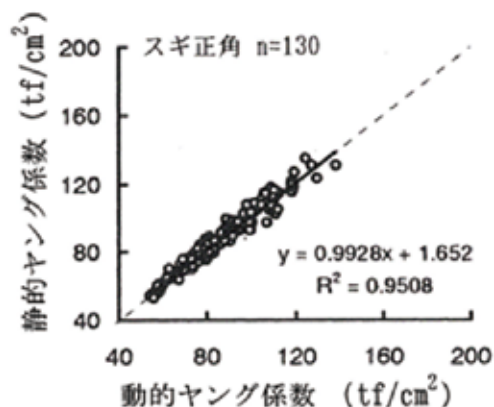


図5 静的ヤング係数と動的ヤング係数の関係<sup>1)</sup>

このように両者に高い相関関係があることから、実大強度試験機による測定が難しい、丸太や大断面建築用材についても、縦振動法によって動的ヤング率を知ることで、強度の推測が可能となります。

### 5. おわりに

最近では、重量計測を省略し、ハンマーで叩くだけで動的ヤング係数が測定できる、簡易型強度測定器が市販されています。現在、当センターでは、奈良の木ブランド課と共に、簡易型強度測定器を利用した、原木段階での強度性能評価に取り組んでいます（図6）。

原木段階で、その原木から採材される製材品の強度性能を予測することができれば、原木市場における強度性能に応じた需給マッチングや、製材工場での性能にばらつきが少ない製品づくりに役立つものと考えています。



図6 簡易測定器による測定

1) 奈良県森林技術センター：改訂版 木材加工技術ハンドブック(2000)p.160-166

## 奈良県内の針葉樹人工林に生育する主要高木性樹種

森林資源課

### 1. はじめに

森林には、水源かん養、土砂災害防止、土壌保全、生物多様性保全など、様々な役割（森林の有する多面的機能）があります。しかし、長引く木材価格の低迷などにより、適切な管理が行われず、多面的機能が十分に発揮されているとは言い難い人工林が増加しつつあります。

今後適切な管理が期待できない人工林において、多面的機能を持続的に発揮させるひとつの方法として、天然の力を活用して広葉樹を導入し、針広混交林へと誘導することが考えられます。

針葉樹人工林の混交林への誘導に関しては、全国的に試みられていますが、省力的に実行するには、人工林内に自然に侵入した広葉樹を利用することが考えられます。下層に高木性の樹種が生育していれば、それらを活かすことで混交林化を促すことができます。そのためには、まず、針葉樹人工林に、どんな樹種がどれくらい生育しているかを把握し、混交林化に適した人工林の特性を明らかにする必要があります。

そこで、奈良県内の針葉樹人工林（スギ、ヒノキ）105林分で行われた植生調査の結果を基に、針葉樹人工林内に生育する樹種を調べた結果を紹介します。

### 2. 資料と結果

今回使用した資料は、林野庁が実施している「森林生態系多様性基礎調査」の第3期（平成21～25年度）調査結果（詳細はセンターだより

りNo.136)のうち、針葉樹人工林と判定した94林分と、令和2年度および3年度に当センターが実施した高齢林分調査11林分、合計105林分の調査結果です。

スギとヒノキを除き、全調査箇所で出現した樹種は125種でこのうち高木性樹種は74種でした。また、1林分当たりの出現樹種数は1～17種で、3種類以下の林分が全体の7割を占めています。

105林分のうち、スギとヒノキ以外の高木性樹種が林内に生育する50林分を抽出し、それらに出現する高木性樹種のうち5林分以上に出現するものを主要樹種として表にまとめました。

アカマツ、アオハダ、アカシデ、コナラ、ヤマザクラ、イヌガシ、サカキ、ヤブツバキはスギ、ヒノキ林に共通して出現していました。特に、アオハダ、アカシデ、コナラ、ヤマザクラは比較的標高の低い林分から高い林分まで出現しています。これらの樹種については、人工林内に自然に侵入することが期待できますが、成長を促すためには上層のスギ、ヒノキを強度に間伐し、下層に十分な光を届ける必要があります。

### 3. おわりに

今回は人工林に出現する高木樹種についてのみ紹介しましたが、今後、低木や小高木も含め針葉樹人工林内の出現樹種について解析をすすめていきます。

表 奈良県内の針葉樹(スギ、ヒノキ)人工林内に生育する主要高木性樹種

林種	標高								
	～600m			601～900m			901m～		
スギ林	アカマツ	アオダモ	アラカシ	アカマツ	アオダモ	アラカシ	アカマツ	アオハダ	
	モミ	アオハダ	イヌガシ	モミ	アオハダ	イヌガシ	アカシデ	アカシデ	
スギ林		アカシデ	ウラジロガシ		アカシデ	ウラジロガシ		コシアブラ	
		アカメガシワ	サカキ		イロハモミジ	サカキ		コナラ	
		イロハモミジ	ヤブツバキ		クリ	ヤブツバキ		コハウチワカエデ	
		ケヤキ	ヤブニッケイ		ケヤキ	ヤブニッケイ		タムシバ	
		コナラ			コナラ			ホオノキ	
		ヤマザクラ			タムシバ			ミズナラ	
					ミズメ			ミズメ	
								ヤマザクラ	
	ヒノキ林	アカマツ	アオハダ	アラカシ	アカマツ	アオダモ	イヌガシ	アカマツ	アオダモ
		モミ	アカシデ	イヌガシ	モミ	アカシデ	サカキ	モミ	アオハダ
		アカメガシワ	ウラジロガシ		イロハモミジ	ヤブツバキ		アカシデ	
		イロハモミジ	サカキ		ケヤキ			クリ	
		ケヤキ	ヤブツバキ		ミズメ			ケヤキ	
		コシアブラ	ヤブニッケイ		ヤマザクラ			コシアブラ	
		コナラ						コナラ	
		タムシバ						コハウチワカエデ	
		ホオノキ						タムシバ	
		ヤマザクラ						ホオノキ	
							ミズナラ		
							ミズメ		
							ヤマザクラ		

常緑針葉樹

落葉広葉樹

常緑広葉樹

## 奈良県における“無花粉”スギ精英樹の開発状況

森林資源課 久保 健

### 1. 花粉症対策品種の取り組み

奈良県における花粉症対策として、これまでに少花粉スギの人工交配による試行的種子生産に取り組んできましたが(センターだより130号参照)、母樹はすべて県外のもので、奈良県で見出された精英樹(成長等に優れた特性を持つ品種)には、少花粉の特性を有する品種はありません。

今回は、県内精英樹と富山県で発見された無花粉スギとの交配によるF1苗を用いた、奈良県精英樹の遺伝子を有する「F2無花粉スギ」開発についての取り組みを紹介します。

### 2. “無花粉”スギ精英樹 開発までの経緯

当センターでは平成17～19年度に「県内産無花粉スギ」の探索に取り組みましたが、残念ながら確認には至りませんでした。その頃、富山県森林研究所との交流において、富山県無花粉スギ(♀)と本県スギ精英樹(♂)が人工交配され、その種子は室生林木育種園において播種、F1苗として育苗されていました。

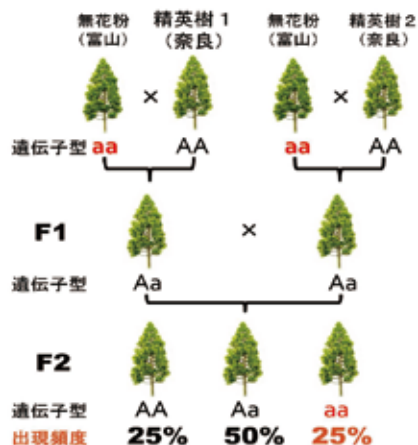


図1 “無花粉”スギ精英樹の開発

実は、花粉が発生しないスギは、花粉形成に関する遺伝子を潜性ホモ( $aa$ )で有することが知られています。富山県の無花粉スギとの交配で得られたF1苗は、すべて有花粉であることが判明したため、これらは、花粉形成に関してヘテロ( $Aa$ )遺伝子を持つこととなり、それらを相互に交配することで、メンデルの法則に従い、1/4の確率で潜性ホモ( $aa$ :無

花粉)個体が得られることとなります(図1参照)。

そこで、平成29年度にF1相互の交配によりF2種子を採取し、令和元～2年度に育苗しました。着花促進処理を実施したところ、令和2年度末に、約400個体のうち、約70個体について無花粉であることを確認しました(図2・3参照)。

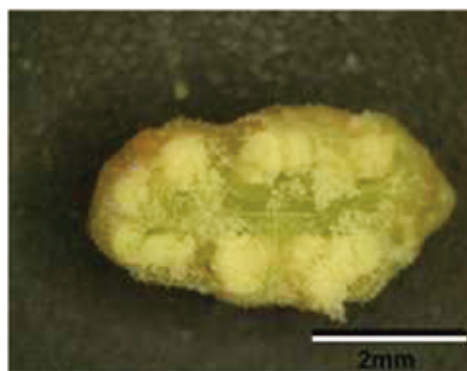


図2 有花粉雄花の断面(林野庁HPより)



図3 無花粉スギF2雄花の断面  
(吉野61号F1×宇陀5号F1の交配による)

### 3. “無花粉”スギ精英樹スギの普及に向けて

現在、前述のF2個体について、成長特性の検定を進めており、数年後には優良個体を選抜します。

また、これまでに富山県無花粉スギとの交配により得られたF1には、4系統(宇陀3・5号、吉野23・61号)がありますが、4系統以外の優良精英樹についても、育種園内に所有している富山県無花粉スギと交配して、奈良県優良無花粉F1の種子を得ています。これらを育苗して数年後に相互に交配し、さらに優れた特性を持つ“無花粉”精英樹作出・選抜することで、県内の造林地への普及が期待できます。

## センターで所蔵しているきのこ標本

森林資源課 今治 安弥

## 1. はじめに

森林が県土面積のおおよそ8割を占める当県ですが、木材資源だけでなくきのこ資源も豊富にあります。当センターには、現在、主に県内で長年にわたり採集された44科287種670点に及ぶきのこ標本が存在しています。今回はそのきのこ標本についてご紹介したいと思います。



図1 きのこ標本の一部

## 2. きのこ標本ができるまで

なぜこんなにも多くの標本があるか、疑問に思う方もおられるかもしれません。提供していただいたきのこもありますが、大半は当センターの研究者によって採集されたものです。そして、それらの多くは菌株を保存するために、きのこの組織の一部を分離して培養もしてきました。同じきのこでも、菌株によって栽培しやすかったり、生長が遅かったりと性質が異なるので、菌株収集はきのこの栽培実験をする上でかせません。きのこは1週間で傷んでしまうため、採取後は速やかに表面の汚れを除去したり、一部を分離する処理が必要です。今ある標本は10年以上前に採取されたものが多いのですが、当時は出張先の宿で夜遅くまで採取後の処理をしていたそうです。このように実験に使用する材料としてきのこを集めた結果、多くの標本ができました。

## 3. 注目のきのこ標本

数ある中から以下の3点を選びました。



図2 アイタケ

夏～秋に発生するベニタケ科のきのこです。傘の表面が淡い緑色をしているのが特徴です。漢字では藍茸と書きます。

代表的な毒きのこの1つです。毒成分はかつてハエ捕りに利用されたこともあるようです。形や傘の模様が特徴的なので見つけやすいきのこです。



図3 テングタケ



図4 ツブノセミタケ

地中のセミの幼虫から発生する冬虫夏草の1つです。セミの頭部から出ているのが子実体で、宿主のセミと寄生菌の子実体が一体化しています。

## 4. おわりに

きのこ標本は凍結乾燥されており、長期間保存できるため、保存瓶のシリカゲルを替えつつ維持しています。たくさんのきのこ標本は、貴重な収集品です。また、イベント等を通じて、皆様にも一度見ていただけたらと思います。

## ドローンによる空中写真を使った立木本数確認方法の検討

森林管理市町村連携課 乾 偉大

## 1. はじめに

近年、ドローンの空中写真を使った森林資源の解析について、様々な方法が検討されています。空中写真から作成されるオルソ画像では樹冠部が観察できるため、立木本数の計数が可能です。しかし、一本一本の立木を目視で確認すると時間がかかりますし、確認者によるばらつきも発生する可能性があるため、誰でも早く正確に確認できる方法を検討する必要があります。今回は、自動的に樹頂点を抽出するQGISのプラグイン「Tree Density Calculator」を用いて立木本数（樹頂点数）を計数し、目視の結果と比較しました。

## 2. 材料

空中写真は、奈良県宇陀市の施業提案団地において施業受託者の許可のもと撮影しました。撮影には、Phantom4 proを、DSM（数値標高モデル）とオルソ画像の作成には、Agisoft Metashape をそれぞれ使用しました。Tree Density Calculatorは、調査範囲内に任意の大きさのメッシュを作成し、最も明るいピクセルを樹頂点として認識します。今回はメッシュの大きさを1m×1mから5m×5mの5段階に設定して樹頂点を抽出し、その後10m×10mから50m×50mの範囲内において樹頂点を計数しました。併せて目視で抽出、計数したのち両者の数を比較しました。（図1）

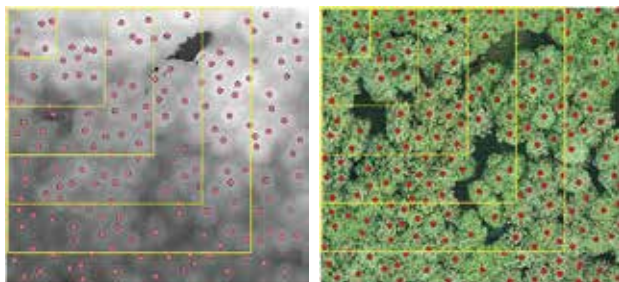


図1 樹頂点抽出結果の一例

(左: Tree Density Calculator 右: 目視)

※左の例は、メッシュが2m×2mのもの

※黄色が樹頂点の比較範囲（10m～50m四方）

## 3. 結果

比較の結果、今回の林分ではメッシュを2m×2mと

して抽出したものが、10m～50m四方のいずれにおいても目視とほぼ同じ結果になりました。（図2）

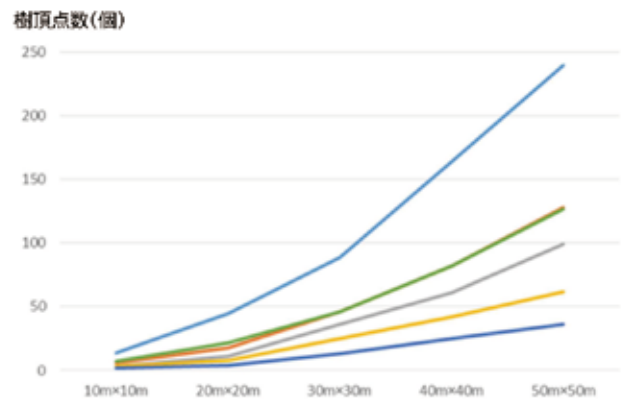


図2 樹頂点数の計数結果

— 1m×1m — 2m×2m — 3m×3m — 4m×4m — 5m×5m — 目視

また、Tree Density Calculatorと目視で抽出した樹頂点位置について両者のずれを計測したところ、1m×1mを除いて、メッシュの違いによる明らかな差異は認められませんでした。（図3）

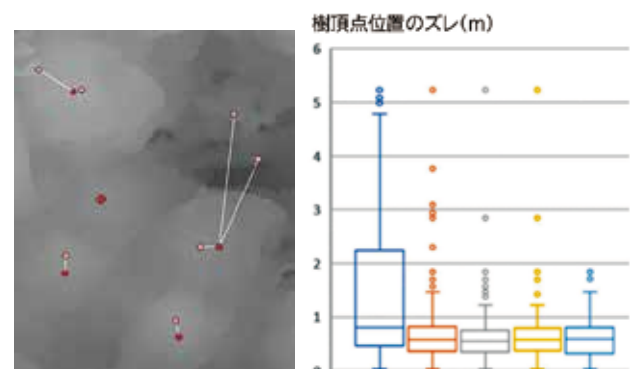


図3 メッシュごとの樹頂点位置のズレ

(左 樹頂点位置計測結果の一例 右 メッシュごとのグラフ)

※左の例は、メッシュが2m×2mのもの 白線がずれた部分

□ 1m×1m □ 2m×2m □ 3m×3m □ 4m×4m □ 5m×5m

## 4. 今後の展望

Tree Density Calculatorによる樹頂点抽出は、位置こそ不正確ですが、林分に最適なメッシュの大きさを特定することで正解に近い樹頂点数を得ることができる可能性があります。Tree Density Calculatorによる抽出には、DSMの解像度等が影響するため、今後様々な条件について検討を行いたいと思います。

### ◎第73回日本木材学会大会(福岡大会)

標記大会が3月14日(火)～16日(木)に、福岡大学工学部エリア会場(14、16日)と九州大学病院キャンパス(15日)で開催され、当センターからは下記の発表を行いました。

#### 【ポスター発表】

○中 晶平、柳川靖夫\* (森林総合研究所)井道裕史、長尾博文 (\*:現 京都府立大学大学院)  
奈良県産スギ心去り平角材の曲げ強度性能

### ◎第70回日本生態学会大会

標記大会が3月17日(金)～21日(火)に、オンライン(17～20日)と仙台国際センター(21日)で開催され、当センターからは下記の発表を行いました。

#### 【ポスター発表】

青山祐輔：自動撮影カメラによるニホンジカの生息密度推定

### ◎「広葉樹材利用に関する調査報告」を発行しました

当センターでは、令和5年3月に標記報告書を発行しました。本報告書には広葉樹材の現在の流通・利用状況や、今後も用材として需要の見込まれる樹種について材の特徴・用途などを掲載しております。また、設計者や施工者に実施した、広葉樹材の印象や使用したい用途などに関するアンケート結果も載せておりますので、今後の森林管理、特に針広混交林化や恒続林化にあたり、植栽樹種選定の際の一助になれば幸いです。この報告書は当センターホームページ内「研究成果特集」のコーナーでも閲覧できます。



### ◎研究成果発表会を開催しました

令和4年12月23日(金)、令和4年度研究成果発表会を新型コロナウイルス感染症拡大防止の観点から、昨年度と同様に、オンライン会議システムを用いて開催しました。

外部評価委員会の事後評価において主要成果として評価された ①中長距離集材に適合した架線システムの構築、②ツキノワグマ生息数のモニタリング調査法の確立、③寸法安定化技術を活用した奈良県産スギ材・ヒノキ材の用途開発の3課題と、話題提供として奈良の木ブランド課より「簡易強度測定器を用いた原木段階での強度性能評価に関する取り組み」について発表しました。

これらの内容については、奈良県森林技術センター YouTube 公式チャンネルでも公開を計画しています。またセンター紹介動画も公開しています。ご興味のある方は是非ご覧になって下さい。

### 編集後記

昨年、奈良マラソンのお手伝いに行ってきました。

自分の役は、完走者への水の配布係で役目自体は難しいものではなかったのですが、会場やコース沿道の活気、盛り上がりには大変驚きました。また、タイムの長短は別にして、まさに多種多様?と形容できるような完走者の多さにもさらに驚かされました。

何度もフルマラソンを完走したことのある、知り合いにその極意を聞いたことがあります。知り合い曰く、「沿道の声援があるから頑張れるし、走れる。これにつける。」とのことでした。

さて、令和5年度が始まりました。フルマラソンのごとくとはいかないかもしれませんが、森林技術センターは今年度も皆様と共に二人三脚で歩いていく所存です。よろしくお願いたします。