

“大館曲げわっぱ協定”に基づく適材木の供給に向けた取組

米代東部森林管理署 森林官補（長木担当区）○牧田朋子
業務グループ 末廣雄二

1 はじめに

1.1 大館曲げわっぱ

「大館曲げわっぱ」は、薄い杉の柁板を煮沸し、曲げて作る容器で、当署が位置する秋田県大館市で古くから製造され、経済産業大臣指定伝統的工芸品に登録されている。天然秋田杉の細かい木目と色味の美しさが特徴と言われ、木のぬくもりや日本らしさを感じさせる工芸品として国内で親しまれてきた。また、近年ではフランスを始めとする海外でも弁当箱を中心に人気を集め、2015年にイタリア・ミラノで開催された国際博覧会でも紹介された。このように、大館曲げわっぱは地域にとって重要な伝統産業であるが、一方でその原材料確保が課題になっている。

曲げわっぱの原材料には、主に天然秋田杉が使われてきた。そのほとんどは国有林からの供給であったが、資源の減少により、以前から供給終了が検討されていた。これに対し、地域では曲げわっぱ原材料確保について懸念が広がった。当署では平成15年に当時96年生の杉人工林を「曲げわっぱの森」に設定することで、地域と連携して天然秋田杉に代わる、高齢級材の確保を目指した。平成24年度で国有林からの天然秋田杉の供給は終了し、翌平成25年度からは高齢級人工杉を供給している。

1.2 曲げわっぱ製造における人工杉の問題点

しかし、人工杉を原材料とした曲げわっぱ製造では、天然秋田杉に比べて3つの問題点があることが明らかになった。

1点目は曲げわっぱ製造で重要な「曲げ」の工程で折れやすい点である。天然秋田杉では折れるものはごく稀であったが、人工杉ではしならず、折れるものが多い。2点目は年輪幅が広い点である。曲げわっぱには基本的に心材を柁目で使用する。天然秋田杉では年輪幅が狭く、均一で美しい柁板が得られるのに対し、人工杉は成長が良いため、年輪幅が広がる。3点目は歩留まりが悪い点である。天然秋田杉と人工杉共に、幹の中心部分は木目が特に粗いため使用できないことは同じであるが、現状の人工杉は径級が小さいため、中心部分の割合が高くなる。さらに、天然秋田杉では初期成長が抑えられているため、中心部分でも比較的木目が細かく、使用できる部分が多くなる。

以上3つの問題点のうち「年輪幅」と「歩留まり」は、実際に伐採しなければ判断できないが、「折れやすい」という点については、立木段階での調査手法が研究されている。

1.3 曲げわっぱ適材木の選別に関する研究

人工杉の「曲げやすさ」が、細胞壁を構成するセルロースマイクロフィブリルの傾角(MFA)と密接な関係であることに着目し、応力波伝播速度測定器 FAKOPP (アルナス社製: 図1) を用いた応力波伝播法による非破壊試験によって、人工杉の中から MFA が大きい個体、すなわち「曲げやすい木」を選別することが試みられている⁽¹⁾。

FAKOPPは簡易な操作で、立木・丸太・製材のいずれの状態でも高い精度で応力波伝播速度を測定することができ、材質評価手法としての有効性が示されている⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾。

また、人工杉の曲げやすさは、木部の成熟とともに安定し、健全木であれば、約20年輪よりも外側ではほぼ一定となることが知られている。これらのことから、約20年生以上の木であればFAKOPPによる材質判定が可能と判断される。



図1 FAKOPP 応力波伝播速度測定器

平成26年度の秋田県内の複数の私有林における調査では、「曲げやすい木」を厚さ3mm、直径15cmの丸型弁当箱製作に耐えられる材質のものとした場合、全体の約1割という結果が得られている⁽¹⁾。

しかし、データ数は未だ少ないため、本格的な統計解析等に向けて、今後はより多くのデータ収集が必要である。効率化を図るためには、立木1本あたりの測定時間の短縮化は元より、林地1箇所あたりに必要な測定数量の確定ならびに林地条件の比較検討に必要なパラメータの抽出など、選別方法を確立することも課題に挙げられる。

1.4 大館曲げわっぱ適材木選別調査協定

国有林や大館市有林をデータ収集及び効率的な選別手法の確立に向けた調査研究のフィールドとして提供する「大館曲げわっぱ適材木選別調査協定」を、平成27年9月に、秋田県立大学木材高度加工研究所、大館曲げわっぱ協同組合、大館市、当署の4者で締結した。

産学官の連携協定締結により、木材高度加工研究所の足立准教授と共に、国有林での適材木選別調査を今年度から開始した。

1.5 本研究の目的

本研究では、協定締結によって構築された調査研究体制の中で、国民の森林として、地域の伝統産業が抱える原材料確保の課題に対し、最終的には原材料供給という形で貢献することを目指す。そのために、曲げわっぱ原材料としての「曲げやすい木」の供給可能性について検討することとし、今年度は、曲げわっぱ製造者へのアンケート調査、国有林での適材木選別調査の2つの取組を実施した。

2 曲げわっぱ製造者へのアンケート調査

2.1 調査内容

今後の曲げやすい木の供給について検討するにあたり、まずは製造者のニーズを正確に把握するため、アンケート調査を実施した。各社へ直接訪問し、自記入式アンケート用紙を配布し、あわせて聞き取り調査も実施した。

2. 当署では、原料供給を通じて、地域の伝統産業の振興に貢献できればと考えています。「曲げやすい材」の安定供給が可能になった際、今後の事業展望についてどのように考えられるかお教えください。
(チェック☑を入れてください。複数回答可)

- 新たな商品の開発
- 販路の拡充(販売方法の見直し、海外輸出など)
- 増産
- その他 (_____)

図2 アンケート用紙一部抜粋

対象は大館曲げわっぱ協同組合に加盟する7社のうち、実際に曲げわっぱ製造をしている6社とした。(外1社は塗り工程のみ。)

質問事項は、「問1. 原材料の年間需要量(記述)」、「問2. 曲げやすい人工杉の安定供給が可能になった場合に取組みたいこと(選択回答, 自由記述: 図2)」とした。

2.2 アンケート調査結果

問1の原材料については、企業によって、丸太を購入して板を挽く場合と、始めから板状の製品で調達する場合に分かれ、丸太・製品それぞれの量で回答があった。これらをすべて丸太換算すると、曲げわっぱ協同組合全体の年間需要量は約300 m³であることが明らかになった。

次に、問2の結果を表2に示す。「新たな商品の開発」が4社と多く、その他では「原材料を確保できれば、安心して後継者を育成できる」という回答があった。

これらのことから、曲げやすい人工杉には、今後一定の需要があること、また、選別技術の活用による曲げやすい木の安定供給の実現が、地域産業振興への貢献につながることを示された。

表2 アンケート問2の結果

2. 「曲げやすい人工杉」の安定供給が今後可能になった場合に取組みたいこと	
新商品の開発	4社
販路の拡充(海外等)	3社
増産	2社
その他: 後継者の育成	1社

3 平成27年度国有林での曲げわっぱ適材木選別調査

3.1 目的と課題

この取組では、最終的には、曲げわっぱ適材木を供給することを目指す。しかし、秋田県内の民有林の調査では曲げやすい木がほとんど存在しない箇所も見られた⁽¹⁾ことから、最初の取組みとして、管内の曲げやすい木の資源量を明らかにする必要がある。曲げやすい木の判定には、現時点では、FAKKOPによる応力波測定が確実であるが、管内のすべての立木を調査することは難しい。そのため、例えば1 haあたりの必要調査本数や、その結果を林班全体に適用する際の計算方法などを検討し、より効率的な選別手法を確立することが求められる。

そこで本研究では、より効率的な調査手法の確立に向け、まずは、曲げやすい木の分布データを蓄積するため、木材高度加工研究所の足立准教授と共に平成27年11月にFAKOPPによる適材木選別調査を実施した。

3.2 研究方法

(1) 調査地の概要

調査地の概要を表3に示す。国有林森林調査簿を基に林齢・土壌・地位の3条件を統一し、調査のしやすさを踏まえ、「33い」及び「33に」の2林小班を決定した。また、将来の曲げわっぱ原材料供給を目的として設定された「曲げわっぱの森」も調査した。

表3 調査地の概要

	33い 林小班	33に 林小班	曲げわっぱの森
面積	4.07 ha	1.14 ha	20.45 ha
林齢	60年生	62年生	108年生
土壌	BDd型	BDd型	BDd型
地位	平均的	平均的	高い
調査本数	30本	16本	26本

(2) FAKOPP を用いた応力波伝播法による適材木選別調査

各対象林小班内に 20m×25m のプロットを設け、プロット内の全ての杉生立木を調査対象とした。

調査には FAKOPP を用い、次の①から③の手順で、1 立木につき 2～3 箇所測定した。

- ① FAKOPP の 2 本のセンサーを立木の鉛直方向に 90 cm の間隔で打ち込む
※節・根元部など、繊維が通直でない部分は正確に測定できないため除外する
- ② 片方のセンサーをハンマーで叩く (応力波が発生)
- ③ 応力波がもう一方のセンサーまで伝わる時間 t (s) を野帳に記録する

作業は、野帳・90 cm 標示 (1 人) と FAKOPP による測定 (1 人) の 2 人で行い、作業時間は 1 立木あたり平均で約 3 分程度であった。

記録した応力波伝播時間 t (s) とセンサー間距離 d (m) から、応力波が物体中を伝わる速度 v (m/s) を算出し、密度あたりのヤング率 E/ρ (GPa) を求めた (式 1)。

$$v = d / t = \sqrt{E / \rho} \quad (\text{式 1})$$

密度あたりヤング率と曲げやすさには負の相関が知られている⁽⁵⁾。本研究では、丸型弁当箱 (厚さ 3 mm、直径 15 cm) の製作に耐えられる材質のものを「曲げやすい木」とし、その密度あたりヤング率 13 GPa

を基準として、それ以下のものを「曲げやすい」と判定した (表 4)。

表 4 FAKOPP 測定値、応力波伝播速度、密度あたりヤング率及び材質の関係

90cm伝播時間 t (μ s)	応力波伝播速度 v (m/s)	密度あたりヤング率 E/ρ (GPa)	材質
～219	4110～	16.9～	曲げにくい
220～249	3610～4100	13.1～16.8	普通
250～	～3600	～13	曲げやすい

3.3 結果

3 林小班の「曲げやすい」、「普通」、「曲げにくい」と判定された杉立木の存在割合を図 3 に示した。

「33 い」林小班では、曲げやすいが 36.7%、普通が 63.3%、曲げにくいと判定された木は無かった。

「33 に」林小班では、曲げやすいが 50.0%、普通が 43.7%、曲げにくいが 6.3%であった。

曲げわっぱの森では、曲げやすいが 28.0%、普通が 56.0%、曲げにくいが 16.0%であった。

したがって、今回調査した 3 林小班にはそれぞれ 36.7%、50.0%、28.0% の割合で曲げわっぱ適材木である曲げやすい木が存在することが明らかになった。

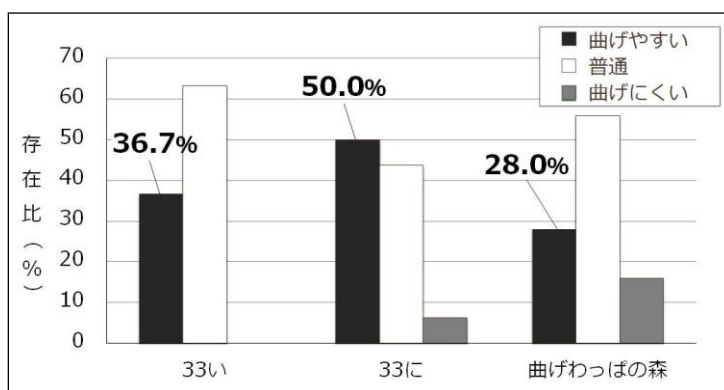


図 3 各林小班の杉立木の曲げ加工の難易度分布

3.4 考察

(1) 曲げやすい木の存在割合

今回の調査で得られた、管内3林小班における曲げやすい木の割合は、林小班毎にはばらつきは見られたものの、約3～5割の範囲であった。

同様の方法による適材木の調査は秋田県他地域でも行われ、調査木のうち曲げやすいと判定された木の割合は県平均で約1割であった。また、この調査では、秋田県南部に比べ、北部地域における曲げやすい木の存在比が高い傾向が示唆されている⁽¹⁾。

今回得られた、管内3林小班における曲げやすい木の存在比が約3～5割という結果も、県平均とされる1割よりも高いものであり、このことは、秋田県北部地域における曲げやすい木の存在比が南部に比べて高い可能性を支持するものである。

しかし、今回の結果は0.05haプロット内の密度あたりヤング率の存在比を明らかにしたものである。FAKOPPによる測定精度は高く、これらの数字の信頼性は高いものの、同一林小班において遺伝子発現の違いによる材質変動は確実に存在することから、今後はプロット面積、もしくは調査本数を変えても同様の結果が得られるか等を検証し、林小班全体を評価する方法を確立する必要がある。加えて、林小班全体を評価する方法の確立後に、林小班ごとの存在比に相違が認められた場合、環境条件や個体の形態（樹高・胸高直径等）など複数のパラメータに着目して、林小班を選定することで、生育環境と曲げ特性の関係性の把握に繋がる可能性がある。

以上を総合すれば、当署管内には曲げやすい木が秋田県平均とされる約1割よりも多く存在すると考えられ、安定供給に向けて量的可能性はあると言える。

そこで、曲げやすい木の供給可能量を国有林森林調査簿の現時点での蓄積を基に試算した。

管内80年生以上の人工杉のうち、曲げやすい木が、少なくとも秋田県平均の約1割存在すると仮定した場合、合計で約6万 m^3 となった(図4)。2.2で求められた大館曲げわっぱ協同組合の丸太の年間需要量300 m^3 を

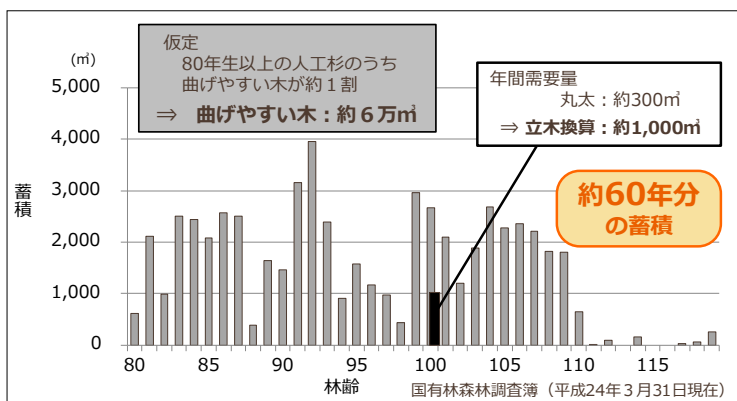


図4 曲げわっぱ適材木の推定供給可能量

立木換算すると約1000 m^3 となることから、曲げやすい木の総蓄積6万 m^3 は約60年分に相当すると考えられる。この試算には搬出困難地なども含むことから、すべてを実際に供給できるとは限らない。一方で、本研究で当署管内に曲げやすい木が比較的多い可能性が示されたこと、今回は考慮していない毎年の成長量を加えれば、供給可能量は上方修正される可能性が高いことが予測される。

(2) FAKOPPによる調査の実行性

FAKOPPによる判定作業は、短時間かつ簡便で、打撃強度など作業者の違いによる結果への影響は小さいことが確認された。このことから、この機材を用いた場合、森林管理署職員による技術習得は容易で、実際の調査を行うことが可能であると判断される。ま

た、今回の調査地のうち、曲げやすい木が 50.0%存在した「33 に」のように、曲げやすい木が多い場所が存在する可能性がある。これらのことから、この技術の実用化により、次の 2 点について、早い段階での実現の可能性はある。

1 点目は、曲げやすい木の育成である。曲げやすい木が多い箇所を小班単位で選ぶことができれば、150 年を伐期とする超長伐期施業の対象として長期的に育成できる。また、定性間伐の際に FAKOPP 調査を行い、曲げやすいと判定された木を残して育成することも考えられる。

2 点目は、曲げやすい木の供給である。収穫調査時等に FAKOPP 調査を実施し、曲げやすいと判定された木に標識して、選択的に供給することが考えられる。

実用に至るには、今後、曲げわっぱ原材料需要量とのバランスや調査コストについての検証が必要である。

4 今後の課題

今後は、より多くの箇所で FAKOPP 調査を行い、曲げやすい木の分布データを蓄積することが重要である。国有林は小班ごとに管理され、施業履歴や土壌型などの環境情報が森林調査簿に整理されているため、データの解析がしやすいというメリットがある。様々なパラメータを用いて統計解析することで、今までに明らかにされていない、曲げやすい木に共通する施業・環境条件や分布特性を見つけられれば、例えば、曲げやすい木の存在可能性が高い箇所を調査簿や立木の情報から予測し、集中的に調査できる可能性がある。また、プロット調査の調査本数や測定方法の最適化を図ることで省力化を目指す。より迅速・簡便に判定できる機械の開発なども、今後の調査結果に応じて検討していく必要がある。

最終的には、管内の適材木の資源量全体を明らかにし、適材木供給に向けた条件整備や具体的な手順を検討していくことが重要である。

今後も、産学官で連携し、長期的な視点で曲げわっぱ適材木の供給に向けた取組を進めていく。

謝辞 本研究の実施にあたり、秋田県立大学木材高度加工研究所 足立 幸司 准教授には、調査の主導および技術提供と共に、研究内容について多くのご指導を賜りました。篤く御礼申し上げます。また、アンケート調査についてご助言を賜りました大館曲げわっぱ協同組合 理事長 佐々木 悌治 氏、アンケート調査にご協力を賜りました大館曲げわっぱ製造者の皆様にも心から感謝申し上げます。

参考文献

- (1) Adachi K., Taki S., Node A. and Takata K., Non-destructive screening technique for bending materials and its sustainable material allocation of Japanese cedar, 25th Annual Meeting of MRS-JAPAN, Yokohama, 2015/12/8-10, F1-P9-016 (2015)
- (2) 池田潔彦, 木野直樹: 木材学会誌 46, 3, 181-188 (2000)
- (3) 池田潔彦, 有馬孝禮: 木材学会誌 46, 3, 189-196 (2000)
- (4) 池田潔彦, 大森昭壽, 有馬孝禮: 木材学会誌 46, 6, 558-565 (2000)
- (5) 則元京: スギおよびヒノキ間伐材の曲げ加工, 木材研究・資料, 18, 93-102 (1983)