

# “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

東北森林管理局 米代東部森林管理署 牧田朋子  
下北森林管理署 末廣雄二  
(元 米代東部森林管理署)

## 1 はじめに

### 1.1 大館曲げわっぱと天然秋田杉

「大館曲げわっぱ」は、当署が位置する秋田県北部の大館市に古くからある工芸品です。薄い杉の柾板を煮沸し、手作業で曲げて作られます。天然秋田杉の細かい木目と淡いピンクの色味が特徴と言われ、昭和 55 年に経済産業大臣指定伝統的工芸品に登録されています。弁当箱などの日用品から茶道具まで様々な製品があり、国内では広く知られています。また近年では、木のぬくもりや日本らしさを感じる製品として、フランスなど、海外でも人気を集めています。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す。

従来の曲げわっぱ原材料には主に天然秋田杉が使われてきました。この天然秋田杉は、里に近い民有林では既にほとんどが伐採されているため、近年は国有林がその供給を担っていました。しかし、資源量の減少により、国有林でも計画伐採は一定年度をもって終了することとしたため、地域からは、曲げわっぱ原材料の確保を懸念する声が上がりました。これを受け、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」に設定して、天然秋田杉に代わる、高齢級人工杉の確保を目指すことにしました。地域と連携しながら準備を進め、平成 24 年度を最後に国有林からの天然秋田杉供給は終了し、翌平成 25 年度からは高齢級人工杉を供給しています。

### 1.2 曲げわっぱづくりにおける人工杉の問題点

人工杉を原材料にして曲げわっぱを作ってみると、天然秋田杉の場合と比べて3つの問題点が明らかになりました。

一つ目は、折れやすい点です。曲げわっぱ製作では、煮沸して曲げやすくした杉の板を手作業で曲げ、丸や楕円などの形を作る「曲げ」の工程が重要です。この工程で、天然秋田杉では折れるものは稀だったのに対して、人工杉では上手くしならず、折れるものが多いことがわかりました。

二つ目は年輪幅が広い点です。曲げわっぱには、基本的に心材のみを柾目で使用します。天然秋田杉では年輪幅が狭く、均一で美しい柾目板が得られるのに対し、人工杉は下刈など人の手が入るため成長が良く、年輪幅が広くなります。

三つ目は歩留まりが悪い点です。丸太から柾目板を採る際、初期成長部分にあたる年輪の中心は木目が粗く、乱れていることが多いため使用しません。特に人工杉は初期成長が良いため、中心部分が大きく除かれて、使用できる部分が小さくなることから、歩留まりが悪いと言われます。

以上のうち年輪幅と歩留まりは、実際に伐倒し木口を確認するまで判断できません。しかし、折れやすい点については、立木段階での調査手法が研究されています。



図1 杉の板を曲げる作業

### 1.3 曲げわっぱ適材木の選別に関する研究

曲げにくいと言われる人工杉の中にも、比較的曲げやすい個体が一定数存在すると考えられます。人工杉の場合、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）が大きい個体ほど、曲げやすいことが知られています。この関係に着目し、応力波伝播速度測定器 FAKOPP（オーストリア・アルナス社製：図2）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、「曲げやすい木」を選別することが試みられています。<sup>(1)</sup>

FAKOPP は簡易な操作で、立木・丸太・製材のいずれの状態でも比較的高い精度で応力波伝播速度を測定できます。この速度から密度あたりのヤング率を推定することで木の曲げやすさを判定することができ、材質評価手法としての有効性が示されています。<sup>(1) - (4)</sup>

また、人工杉の健全木であれば、曲げやすさは木部の成熟とともに安定し、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ます。このことから、約 20 年生以上の木であれば FAKOPP による材質判定の長期信頼性が高いと言えます。

同様の方法で、平成 26 年度までに秋田県北部・南部の複数の民有林において調査が行われました。この調査では、曲げわっぱづくりに適した曲げやすい木（以降「曲げわっぱ適材木」）は、図3の丸型弁当箱（厚さ 3 mm、直径 15cm）を製作する際の荷重に耐えられる材質（密度あたりヤング率  $E/\rho$  が 13.1GPa 以下）のものとして定義されました。この調査で、曲げわっぱ適材木の存在割合は、秋田県北部・南部の平均で約 1 割という結果が得られました。<sup>(1)</sup> このうち秋田県北部では南部に比べ、適材木の存在比が高い傾向が示唆されたことから、当署管内を含む秋田県北部地域からの適材木供給が期待されました。



図2 FAKOPP 応力波伝播速度測定器



図3 丸形弁当箱

しかし、調査地は限定的であり、データ数もまだ十分ではないことから、本格的な統計解析等に向けて、今後はより多くの調査地でのデータ収集が必要です。また、広範囲での調査や今後の実用に向けて、例えば立木 1 本あたりの測定時間の短縮化や林地 1 箇所あたりの最適測定本数の確定など、効率的な選別手法の確立も課題に挙げられました。

しかし、調査地は限定的であり、データ数もまだ十分ではないことから、本格的な統計解析等に向けて、今後はより多くの調査地でのデータ収集が必要です。また、広範囲での調査や今後の実用に向けて、例えば立木 1 本あたりの測定時間の短縮化や林地 1 箇所あたりの最適測定本数の確定など、効率的な選別手法の確立も課題に挙げられました。

### 1.4 大館曲げわっぱ適材木選別調査協定

当署国有林は、林地面積が地域の森林の約 6 割を占め、利用に適した高齢級が多く、小班ごとの施業履歴や環境条件が森林調査簿等に整理されています。こうした理由から、調査地の選定がしやすく、データ解析がしやすいというメリットがあります。

そこで、国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 者で締結しました。

この産学官の連携協定締結により、秋田県立大学木材高度加工研究所准教授 足立幸司氏と共に、国有林での適材木選別調査を開始しました。

## 1.5 本研究の目的

本研究では、国民の森林として、地域の伝統産業の振興に貢献することを目的とします。協定締結によって構築された調査研究体制の中で、効率的な適材木選別手法を確立し、その手法を活用して、国有林からの曲げわっぱ適材木供給の実現を目指します。そのための取組として、①曲げわっぱ製産者へのアンケート調査、②国有林での適材木選別調査の2つの取組を実施しました。

## 2 曲げわっぱ製産者へのアンケート調査

### 2.1 方法

今後の適材木供給について検討するにあたり、まずは製産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ました。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ました。

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産をしている6社としました（外1社は塗り工程のみ）。

質問事項は、「問1. 今後原材料に曲げやすい高齢級人工杉を使用するか」、「問2. 原材料の年間需要量（記述）」、「問3. 曲げやすい高齢級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）」としました。

### 2.2 結果

問1では、6社中5社が「今後曲げやすい高齢級人工杉を使用する（意思がある）」と回答し、1社は「使用する意思はない」と回答しました。「使用する」と回答した5社の中には、現在はまだ備蓄していた天然杉を原材料にして曲げわっぱを製作している企業もありました。

問2では、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購入する場合とに分かれ、丸太・製品それぞれの量で回答がありました。これらを丸太換算して合計すると、曲げわっぱ協同組合全体の年間需要量は約300m<sup>3</sup>であることが明らかになりました。

次に、問3の結果を表1に示します。「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」という回答がありました。

以上から、曲げわっぱ適材木には、今後一定の需要があること、また、選別技術を活用した安定供給の実現によって、地域産業の振興に貢献できることが示されました。

表1 アンケート問3の結果

3. 「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 課題

前述の秋田県北部・南部の民有林での調査では、南部において、適材木がほぼ存在しない箇所も見られました。<sup>(1)</sup> 適材木供給に向け、まずは管内の適材木資源量を明らかにする必要があります。また、適材木の判定は、現時点では、1立木ずつFAKKOPを用いて調査する方法が確実ですが、管内のすべての立木を調査することは困難です。そのため、例えば1ha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、効率的な選別手法を確立することが課題です。

### 3.2 方法

#### (1) 調査の概要

平成 27 年 11 月 9 日、平成 28 年 10 月 20 日、31 日、木材高度加工研究所准教授足立幸司氏と共に、当署国有林内で FAKOPP による適材木選別調査を実施しました。

平成 27 年度の調査では、当署管内の平均的なデータを得ることを目的として、国有林森林調査簿情報を基に林齢・土壌・地位等の条件が平均的な 2 林小班（33 い、に）を調査地に選定し、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」も併せて、3 小班を調査しました（表 2）。

平成 28 年度の調査では、新たに 2 小班を対象としました。データを増やすことに加えて、調査手法の検証を試みました。149 ぬでは、同一小班内で複数のプロットを調査しました。また、被圧の影響を調べるため、収穫調査結果から求めた平均形状比が比較的高かった 149 わを調査しました（表 2）。

表 2 調査地の概要

調査年度	協定締結前 平成26年度	平成27年度			平成28年度	
		33い	33に	133い (曲げわっぱの森)	149ぬ	149わ
林小班	3024さ	33い	33に	133い (曲げわっぱの森)	149ぬ	149わ
面積 (ha)	1.89	4.07	1.14	20.45	1.20	0.78
林齢 (年生)	100	60	62	108	69	110
土壌型	BD	BDd	BDd	BDd	BDd	BD
地位	平均的	平均的	平均的	平均的	平均的	平均的
調査本数 (本)	10	30	16	26	111 (4プロット)	28

#### (2) FAKOPP を用いた応力波伝播法による適材木選別調査

各小班内に設けた 0.05ha (20m×25m) のプロット内の全杉生立木を調査対象としました。

調査には、アルナス社製 FAKOPP 応力波伝播速度測定器 1 台を用いました。調査手順は次の①から④の通りです。

- ① 立木に鉛直方向に定規を当て、一定の間隔（H27 以前：90 cm、H28：60cm）をチョークで標示
- ② FAKOPP の 2 本のセンサーをチョーク標示に従って一定の間隔で打ち込む
- ③ 片方のセンサーをハンマーで叩く（応力波が発生）
- ④ 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

※ 1 立木につき 2～3 箇所測定

※ 節・根元部等、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

作業は、センサー間距離の標示及び野帳（1 人）とセンサー打ち込み及び測定（1 人）の 2 人 1 組で行い、作業時間は 1 立木あたり平均で約 3 分でした。

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、式 1 から密度あたりのヤング率 E/ρ (GPa) を求めました。

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

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ます。<sup>(5)</sup>

本研究では、丸型弁当箱の製作に耐えられる材質を基準として、E/ρ が 13GPa 以下のものを「曲げやすい」と判定しました(表 3)。

表 3 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(μs)	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

平成 27・28 年度に調査した 5 小班と、協定締結前の平成 26 年に先行調査された 3024 さ小班（表 2）における杉立木の材質分布を図 4 に示しました。各小班に「曲げやすい」、「普通」、「曲げにくい」と判定された杉立木がどのくらい存在したかを割合で示しています。

これまでに当署管内で調査した 6 小班のうち、5 小班で、「曲げやすい」の存在比が 3 割を超え、全体の平均は 33.9% でした。

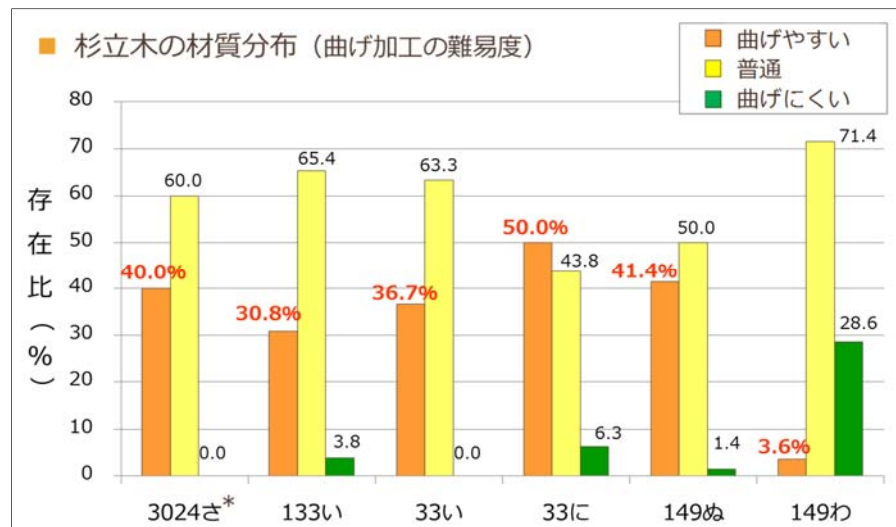


図 4 各林小班の杉立木の材質分布

### 3.4 考察

#### (1) 適材木の存在比

平成 28 年度までに調査された当署管内 6 小班における適材木の割合は、小班毎にばらつきは見られたものの、5 つの小班で 3 割を超えていました。全体の平均値 33.9% は、既存調査で示された秋田県平均約 1 割に対して高いものでした。これは、同調査で見られた「秋田県北部地域における曲げわっぱ適材木の存在比が南部に比べて高い」という傾向とも一致し、この可能性を支持するものでした。以上のことから、当署管内における曲げわっぱ適材木の供給可能性が高いことが改めて示唆されました。

一方で、149 わ小班では、曲げやすいが 3.6% と低く、反対に曲げにくい が 3 割近く存在しています。このような“曲げわっぱに適さない林分”の存在も明らかになったことで、改めて、適材木選別調査の意義が示されました。

しかし、これらの結果は 0.05ha プロット内の適材木存在比を明らかにしたものです。FAKOPP による 1 立木ごとの測定精度は高いものの、同一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、今後は小班全体の評価手法を確立する必要があります。今回 149 ぬ小班で複数のプロットを調査しましたが、今後も同様の調査を行い、データ解析することで、1 小班あたりの最適調査面積、もしくは調査本数を検証できると考えています。

また近年の研究で、天然秋田杉は生育環境の厳しさによって細胞壁が十分に肥厚せず、薄くなるために曲げやすくなっていたことが示されました。<sup>(1)</sup> このことから、今後、環境条件や個体の形態（樹高・胸高直径等）等の複数のパラメータに着目することで、人工杉についても、生育環境と曲げ特性の関係の把握に繋がる可能性があります。

#### (2) 供給可能量の試算

今回の結果を踏まえ、曲げわっぱ適材木の供給可能量を現在の森林調査簿の蓄積を基に試算しました（図 5）。

管内 80 年生以上の人工杉のうち、林道からの距離が 500m 以内、かつ保護林などを除いた杉の伐採が可能な施業群の蓄積を算出し、その量の 3 割が曲げわっぱ適材木と仮定しました。その結果、推定資源



量は合計で約 17 万 m<sup>3</sup>となりました。

これに対して、2.2 のアンケート調査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<sup>3</sup>を立木に換算すると約 1000 m<sup>3</sup>となります。実際にすべての量を供給できるとは限りませんが、当署管内における適材木供給の量的可能性が高いことが示されました。

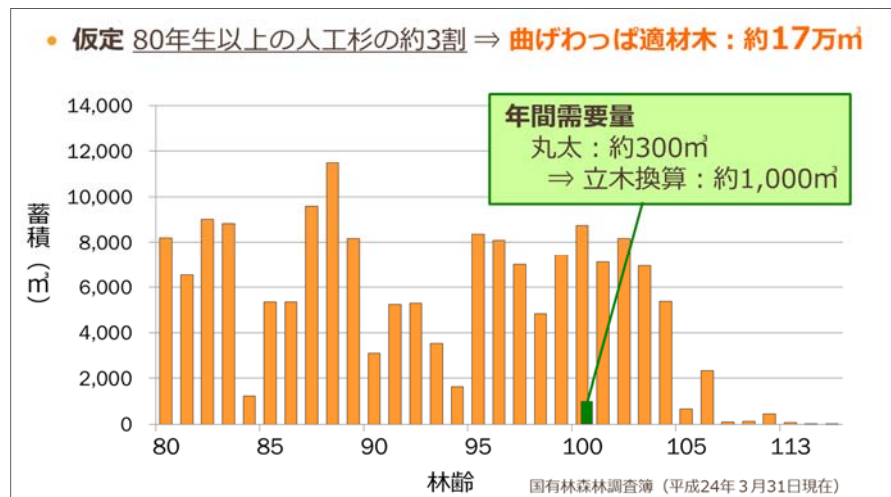


図5 曲げわっぱ適材木の推定供給可能量

### (3) 技術活用の可能性

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もないとされるため、森林管理署職員による調査技術の習得は容易であり、汎用性が高いと考えられました。3.4(2)で一定の供給可能資源量が見込まれたことも踏まえ、当署国有林では、今後、次のような技術活用の可能性があります。

まず、適材木の供給です。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ます。

もう一つは、適材木の育成です。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長期育成することが考えられます。また、今回の調査で適材木存在比が 50.0%だった 33 に小班のように、適材木が多い小班を見つけることができれば、長伐期施業の対象として長期的に育成することも考えられます。

## 4 今後の課題

当面は、より多くの箇所でも FAKOPP 調査を行い、曲げやすい木の分布データを蓄積し、効率的な選別手法を確立することが課題です。その後、管内の適材木資源量を明らかにした上で、コストの検証や供給に向けた条件整備、具体的な手順の検討等が必要になります。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きます。

## 参考文献

- (1) 足立幸司ほか, 秋田県立大学ウェブジャーナル A, 3, 8-14 (2016)
- (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)