

応用研究論文

大館曲げわっぱへのスギ人工林材の活用と地域連携

足立幸司¹，瀧誠志郎¹，高田克彦¹，渡辺千明¹¹ 秋田県立大学木材高度加工研究所

国有林の計画伐採が終了し、供給が停止された天然秋田スギ材（天スギ）の代替資源として、スギ人工林材（造スギ）の活用への期待が高まっている。秋田の代表的な伝統工芸産業の一つである大館曲げわっぱでは、造スギの曲げ加工時の破壊が頻発し、かつ、天スギよりも製材歩留まりが優れないため、積極的な導入に向けて解決すべき課題が残されている。現在、木材高度加工研究所では、造スギの曲げわっぱ用材としての利用可能性を高めるための研究および利用促進に向けた地域連携の取り組みを進めている。今回は具体的な取り組みとして、(1)造スギが曲げにくく、天スギが曲げやすい原因の解明、(2)スギの曲げやすさを非破壊的に選別できる技術の確立、(3)大館曲げわっぱ協同組合、大館市、米代東部森林管理署、木材高度加工研究所の四者の連携協定の締結と、大館市近辺のスギ人工林を対象とした曲げわっぱに適した立木選別の調査の開始、(4)小中学生を対象とした学校林における木材利用の実践と曲げわっぱ体験を通じた木育の取り組み、を紹介する。

キーワード：スギ，曲げわっぱ，非破壊検査，木育

伝統的工芸品産業の振興に関する法律（伝産法）に基づいて経済産業大臣が指定する伝統工芸品として、秋田県には、大館曲げわっぱ、秋田杉桶樽、樺細工、川連漆器の4件が指定されている。全てが木材加工と関連しており、地域の暮らしと木材利用の密接な関係が、地場産業を形成してきたことが理解される。秋田県を代表する森林資源として、天然秋田スギ（天スギ）が挙げられる。樹齢200年を超える大径材で、かつ、通直で木目の細かな天スギは、建築用材のみならず、銘木（強度性能だけでなく、形や模様などの美観に価値が認められる木材）として全国的に名が知られ、建具、張り天井、和家具など日本の和室文化の発展に大きく貢献してきた。また、大径長大材の天スギは、大きな柱を採ったあとの端材からは建具・指物（机や箆笥など、板を差し合わせて作製する器具）が作られ、さらに、建具や指物に使えない短い材からは、箱や桶樽、曲げわっぱが作られ、というように丸太一本を余すことな

く利用できることから、大型製材業から小さな木工品まで多様な産業が地域に形成されたことも秋田県の大きな特徴である。

天スギの伐採量は、戦後・災害復興や高度経済成長等の度重なる大量需要によって、1960年代以降に漸減し、国有林の計画伐採は、資源保護を目的として2012年度に終了した。現在、市場に流通するのは在庫品あるいは支障木や風倒木となり、供給安定性は失われている。秋田以外の天然スギの供給状況は全国的に見ても同様であり、屋久島の屋久スギは2001年に伐採終了し、高知の魚梁瀬スギは資源の減少と価格低迷から2018年に供給休止の予定となっている。従って、天スギの代替資源としてのスギ人工林材（造スギ）活用への期待が高まっている。

このような社会背景のもと、木材高度加工研究所では、造スギの曲げわっぱ用材としての利用可能性を高めるための研究および利用促進に向けた地域連携の取り組みを進めている。曲げわっぱは、木を曲

げて作られるため、素材の材質の違いに大きな影響を受ける。実際に、造スギは天スギと比較して曲げ加工時の破壊頻度が高くなるという現場の意見が聞こえてくる。加えて、国有林の造スギは高樹齢木でも樹齢が約 110 年ほどであり、曲げわっぱ用材としては未だ若く、製材効率（1本の丸太から得られる製材量の割合）が優れないことも、最終的な製品歩留まり（用いた原料に対して出来上がった製品の割合）の低下に影響を及ぼしている。本研究では、大館曲げわっぱへの造スギ活用に向けた研究および地域連携の取り組みについて紹介する。

造スギは曲がらない！？

曲げわっぱは、一般的には^{まげもの}曲物と呼ばれる木工品であり、図 1 の工程で示すように、原木丸太から製材した薄板を煮沸し、水と熱の作用で軟らかくなった状態で曲げ、曲げたまま乾燥させた後に、接着成形することで作られる。図 2 (a) に示すように、最初から曲がった部材を切り出せば早いのでは、とも考えられるが、「木材の繊維が切れるため強度が弱い」「切り抜いて残る部分が多いので材料に無駄が多い」「同一断面で木目が代わるため、仕上げ加工で塗装むらが生じやすい」「水回り品の場合、ストロー状の木材繊維が内周から外周にかけて繋がると水漏れが生じやすい」等の不具合がある。そのため、図 2 (b) のように木材繊維方向に平行の材料を曲げて使うことは、強度が高い、原料の無駄の少ない、美観や水密性に優れた製品を生み出すことに貢献している。従って、原料となる丸太の段階で、いかに曲げやすい素材を選択し、それを手頃に入手するかが産業を成り立たせる上で非常に重要となる。

曲げわっぱには、どのような樹種の木材が使われているのだろうか？表 1 に全国の曲物産地と原料の主要樹種を示す。大館で使われている主要樹種はもちろんスギであるが、他の産地ではほとんどでヒノキ（桧）やヒバ（桧葉）、トウヒ（唐桧）を原料として作られている。曲物が別名、^{ひもの}桧物とも呼ばれる由縁である。ヒノキやヒバ、トウヒはスギやマツに比べて木目が目立たないことからわかるように、年輪の色の薄い部分（早材）と濃い部分（晩材）の密度

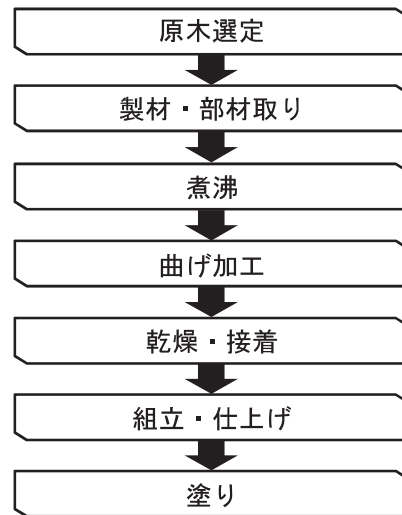


図 1 曲げわっぱの製作工程



図 2 材の木取りの違い。(a)曲がった形状に切り出す、(b)切り出してから曲げる。

表 1 全国の曲物産地と原料の主要樹種

産地	都道府県	原料の主要樹種
大館	秋田県	スギ(杉)
津軽・下北	青森県	ヒバ(桧葉)
檜枝岐	福島県	トウヒ(唐桧)
入山	群馬県	アカマツ(赤松)
奈良井	長野県	ヒノキ(桧)
尾鷲	三重県	ヒノキ(桧)
吉野	奈良県	ヒノキ(桧)
博多	福岡県	スギ(杉)・ヒノキ(桧)

差が少ないため均質で曲げやすいことが広範に使われている大きな理由として考えられる。加えて、祝祭用具としての白さを求められたこと、ヒバやヒノキの優れた耐久性が水回り品として好まれたことも挙げられる。大館において、例外的にスギが主原料となって発展した背景には、豊富な天スギがあったためと考えられるが、曲げ加工の研究分野では、ス



図3 曲げ加工時の木材の損傷

ギは非常に曲げにくい部類に入る樹種であることが知られている(今田晃一ら, 1987)。スギを曲げることは難しくないのだろうか? 天スギから造スギへの原料展開が模索される中で, 近年, 曲げわっぱの製作現場で「造スギは曲がらない, 折れやすいため歩留まりが低い」という声が増えている。すなわち, スギを曲げることが難しい問題が生じている。図3に曲げわっぱ加工時の損傷例を示す。曲げ変形時の引張側での破壊および圧縮側での座屈を伴う破壊の双方で頻度が高くなっており, 特に後者のように目視で確認できるほど目立った座屈が多く生じることが特徴的である。明らかに, 材質の相違に起因する塑性変形の挙動が天スギと造スギで異なっていることが原因である。両者の何が違うのだろうか?

天スギはこれまで, 造作材料が主体であったため, 構造材料としての強度性能データの蓄積は少なく, 曲げ特性に関する検討も限られている。そこで, 秋田県産の天スギと造スギの曲げ試験を行った。図4に示すような三点曲げ試験で, 木材試験体が破壊するまでの荷重とたわみの数値を測定し, 曲げにくさ(曲げヤング率 MOE), たわみ易さ(破壊たわみ)を求めた。得られた結果の平均値を表2に示す。ここから, 天スギは造スギより MOE が低く, 破壊たわみが大きい傾向であることが明らかとなった。

MOE が低いということは, 同じだけ曲げようとしても少ない力で曲げることができるため職人の負担が軽くなり, 破壊たわみが大きいということは, より小さな曲率まで曲げられることを意味する。より詳しく検討するために, 曲げ試験した天スギと造スギの個々の試験体の破壊たわみと比 MOE の関係を図5に示す。比 MOE とは, MOE を密度(ここでは便宜上, 比重とみなす)で除した値であり, 単位重さあたりの曲げにくさ, すなわち, 空気を含めず, 木材を構成する細胞壁実質の曲げにくさを意味する。図5より, 天スギは造スギよりも破壊たわみが大き



図4 スギの三点曲げ試験の様子

表2 天スギと造スギの材質

	MOE (GPa)	破壊たわみ (mm)	密度 (g/cm ³)	平均年輪幅 (mm)
天スギ	5.7	6.8	0.44	1.4
造スギ	8.6	4.2	0.37	4.6

※破壊たわみは, 厚さ6mm, 曲げスパン110mmでの値。

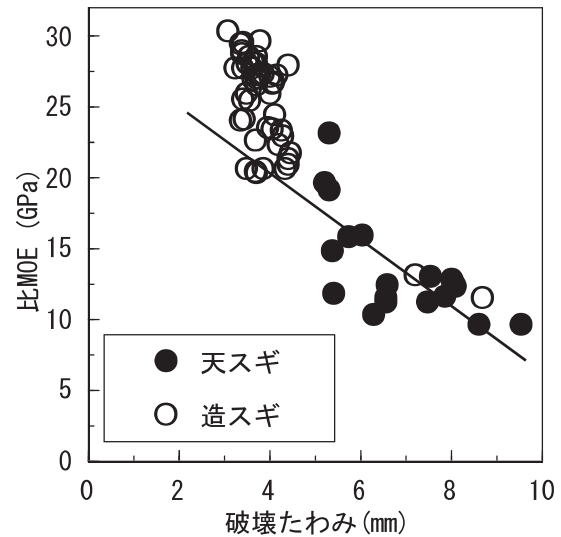


図5 天スギおよび造スギの破壊たわみと比曲げヤング率(比MOE)の関係

く, 比 MOE が低い傾向のあることが理解される。また, 造スギでも一部の個体が天スギと同様に破壊たわみを示すこと, 反対に, 天スギでも一部の個体で造スギをほぼ同等の破壊たわみを示すことが確認される。そして, 天スギと造スギを一つのスギの集団とした場合, 破壊たわみと比 MOE に明確な負の相関があることが確認される。これは, 天スギと造スギが, 天然と人工という尺度ではなく, 組織的特性や物理的特性といった材質指標で説明可能であることを示唆している。

以上のことから, 「造スギは曲がらない」というわ

けではなく、「比 MOE の高いスギは曲がりにくく、かつ、造スギには平均して比 MOE の個体が多い」ことが明らかとなった。

よく曲がるスギの見つけ方

造スギが曲がらない理由が前章で明らかとなったため、実践展開として、大館曲げわっぱ協同組合と連携して、よく曲がるスギの見つけ方、すなわち、曲げわっぱ適材木の非破壊選別技術の開発に取り組んだ。

対象を壊さずに性質を調べる方法として、見る、聞く、触れる、嗅ぐ等が挙げられ、最初の取り組みとして、現場で聞かれた「木目が詰まった重いスギは曲げやすい」をヒントに、見て・持って判断する手法の有効性を検討した。図 3 に示したような大館曲げわっぱの実際の曲げ工程現場で、失敗して折れてしまったスギ板と成功したスギ板各 20 体を対象

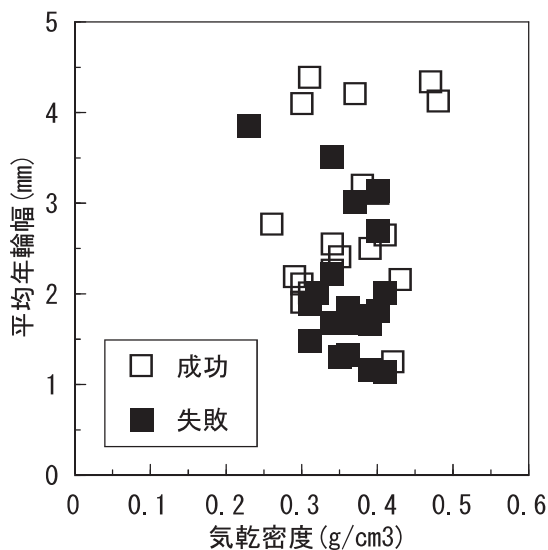


図 6 曲げ加工時に成功および失敗したスギ板の密度と平均年輪幅の関係



図 7 打撃音法によって選別されたスギの曲げ加工の成功

に、気乾密度（通常の大気中に長期間置き、水分の吸放湿が安定したときの密度）と平均年輪幅を測定し、曲げ加工の成否との関連性を検討した（図 6）。結果として、持って判断する指標としての密度と見て判断する指標としての平均年輪幅の双方とも、曲げ加工の成否が混在し、木目が詰まった（平均年輪幅の小さい）スギがよく曲がる、といった傾向は確認されなかった。

次の試みとして、図 5 で示された、「比 MOE が低いスギは、破壊たわみが大きい」傾向に着目した。一般的に、固体の比 MOE は、音（一次共振周波数）あるいは力の波が伝わる速さ（応力波伝播速度）の二乗と比例関係にある。そのため、製材の打撃音や立木に伝わる応力波を測定することで、比 MOE の低い、すなわち、曲げやすいスギを選別できると考えられている。既に建築分野では、丸太や製材段階での打音によって「硬いスギ」を選定する技術が運用されており（藤田晋輔ら, 1992. 中村昇ら, 1995.）、また、スギ立木の応力波伝播速度を測ることで、比 MOE を推測する研究（池田潔彦と木野直樹, 2000.）が進んでいることから、音や応力波を用いた非破壊選別法における学術的および技術的な信頼性は高い。曲げわっぱ製造現場で検証するために、造スギの製材 50 体を試験体として用い、図 6 の曲げ加工に成功した試験体の比 MOE の平均値である 14GPa を判断指標として、打撃音法によってスギ板を選別した。結果として、選別によって 3 体が抽出され、丸形弁当箱の部材として曲げ加工した。図 7 に示すように全ての造スギ試験体の曲げ加工が成功し、打撃音による選別の有用性が確認された。

もりづくりとものづくりの連携

曲げわっぱ用材は樹齢 150 年以上の木目の詰まったスギ材が好まれるため、現在、生育しているスギ人工林から効率よく用材生産していくためには、立木の伐採前に曲げ特性を明らかにし、個体～林地～地域単位で持続的な供給計画を構築できることが望ましい。最初の取り組みとして、大館曲げわっぱ協同組合と連携し、大館市大茂内の 73 年生のスギ人工林を調査地として、立木段階で曲げわっぱ適材木を

選別し、伐採から曲げわっぱの試作までの一連の検証試験を行った。約 20m×50mのプロット内の 9 本の立木の胸高付近(地際から 1.3m の高さ)の比 MOE を応力波伝播法によって測定した結果、全ての立木の比 MOE が 14GPa 以下と推定された。次に、推定値の最も低かった立木 (8.4GPa) と最も高かった立木 (14.0GPa) の二本を伐採し、丸形弁当箱と小判型弁当箱を各 60 個試作した。最終的な良品率は、伐採した二本でそれぞれ 85%、82% となり、曲げわっぱ適材の選別判定に対して良好な結果が得られた (図 8)。従来、選別せずに原料とした造スギの同製品における良品率 20% に対して、大幅な歩留まり向上を達成し、本手法の有効性が確認された。

これらの成果を元に、造スギの曲げわっぱ適性木の調査に向けて、2015 年 9 月に大館市、大館曲げわっぱ協同組合、東北森林管理局米代東部森林管理署、木材高度加工研究所の四者で連携協定を締結した (図 9)。今後、地域のスギ人工林の幅広い調査を通じて、スギ材の選別技術の更なる向上と実施体制の構築を進め、川上から川下の関係者の連携強化によって、曲げわっぱ用材の供給安定化に貢献したい。

もりづくりとひとづくりの連携

天スギのような高樹齢材の資源代替化に向けて、造スギの持続的供給を行うためには、短くても 150 年先までの人工林の経営計画を立てなくてはならず、実行に向けては、対象産業だけではなく、地域に暮らす人々の森林・林業への関心と理解が不可欠となる。大館曲げわっぱ協同組合では、大館市内の小学校での曲げわっぱづくりや「大館曲げわっぱ体験工房」の設置による一般市民や観光客への製作体験の提供などを通じて、曲げわっぱと木材利用への関心の高まりに長年貢献している。今後は、県内のより幅広い地域での交流を通じた伝統産業と木材の PR が重要となる。

森を育み、木をつかい、地域と人を育てる循環を作り出すこと、すなわち、もりづくりとひとづくりの連携を形成していくための新たな取り組みとして、1956 年に児童生徒が約三千本のスギ苗を植栽して以来、60 年近くにわたり、生育過程を観察し、スギ



図 8 造スギで試作した曲げわっぱ弁当箱類



図 9 大館曲げわっぱ適材木選別調査協定の締結 (2015. 9. 9)



図 10 児童・生徒を対象とした造スギで作る曲げわっぱ体験教室の実施

林を育てている能代市常盤小・中学校の児童・生徒達を対象に、曲げわっぱ体験教室を開講した。能代市、常盤地区の方々の協力の元、学校林において、非破壊選別法によりスギの材質を選別した結果、10

本中 1 本が曲げ加工に適していることが明らかとなり、白神森林組合の協力によって曲げわっぱ用に 1 本を伐採した。伐採した丸太は、大館曲げわっぱ協同組合の協力によって曲げわっぱ弁当箱の部材へ加工された。児童・生徒達は、曲げわっぱ協同組合の佐々木悌治理事長の指導を受けながら、輪っかの部材と底板を接着剤で接合し、研磨掛けによって丸形弁当箱を作り上げた(図 10)。本取り組みを通じて、人間が使う目的で植えた木は責任を持って木材として使うこと、地域で育った木を活かすことで発展した伝統工芸への理解、地域の米や野菜などの食材で作る弁当の提案を通じた地産地消への関心の高まりが感じられた。

まとめ

天スギのもつ曲げやすい材質が、本来曲げにくいとされていたスギでの曲げ加工を容易にし、伝統工芸産業として地域の暮らしを支えてきた。ヒノキやヒバのように心材(木材に特殊な成分が堆積した材、木材の中心部で色が濃くなっている部位が相当)の香りが強い樹種を使っていたら、白木の弁当箱やおひつは広まらなかったであろう。今回、曲げわっぱに求められるスギの曲げ特性が明らかになり、造スギの中にも、将来的に原料として十分に活用可能できる個体のあることが明らかとなった。将来的に、天スギ同様によく曲がる造スギを提供するためには、立木段階で比 MOE の低い造スギを選別し、木目の詰まった高樹齢スギとして育成することで曲げわっぱ製品に活用できることを大館曲げわっぱ協同組合との協業によって実証できた。

美観に優れた曲げわっぱ製品の原料として、天スギに遜色ない年輪幅が緻密で赤みの強い(心材に相当する)スギを得ようとした場合、地域のスギ人工林から持続的な資源供給が可能になるのは、早く見積もっても 30~50 年は必要とされる。従って、長期に渡るもりづくりを支えるためには、地域の人々の木材利用への関心と理解の向上が不可欠である。併せて、曲げられるスギが生産されることを待つだけでなく、技術革新で伝統を築き上げてきた曲げ

でなく、どのようなスギでも曲げられる技術を確立わっぱ産業にとって重要なことであり、著者らは既に研究を進める中で手応えを感じている。今後も引き続き、産学官民で連携し、地域の暮らしを支える研究と実践に取り組んでいきたい。

謝辞

本研究の遂行にあたり、大館曲げわっぱ協同組合、東北森林管理局米代東部森林管理署、大館市に多大なご理解とご協力を頂戴した。また、研究の一部は、秋田県地域材利用開発事業(平成 25 年度森林整備加速化・林業再生基金事業)にて遂行された。関係各位に深く感謝を申し上げる。

文献

- 池田潔彦, 木野直樹 (2000). 「応力波伝播速度による立木材質の評価と適用(第 1 報)」『木材学会誌』46 (3) 181-188.
- 今田晃一, 青木務, 則元京 (1987). 「技術・家庭科木材加工領域における新しい教材の開発」『日本産業技術教育学会誌』29 (3) 1-8.
- 瀧誠志郎, 高田克彦 (2015). 「マーケットインを志向した秋田スギ人工林の資源管理手法の構築-GIS 支援による秋田スギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) 人工林における供給・利用可能な資源量の推定-」『日本森林学会誌』97 (6) 282-289.
- 中村昇, 名波直道, 有馬孝礼 (1995). 「丸太における等級区分の違いによるラミナおよび縦つぎラミナの強度」『木材工業』50 (5) 215-219.
- 藤田晋輔, 佐田武信, 馬田英隆, 遠矢良太郎, 山田式典, 櫛山一利 (1992) 「打撃音法によるスギ製材品のヤング係数の評価法 [1]」『木材工業』47 (6) 266-270.

〔平成 27 年 11 月 30 日受付〕
〔平成 27 年 12 月 10 日受理〕

Promoting the Use of planted Japanese Cedar for Magewappa in Odate and its Regional Cooperation

Koji Adachi¹, Seishiro Taki¹, Katsuhiko Takata¹, Chiaki Watanabe¹

¹ *Institute of Wood Technology, Akita Prefectural University*

In Akita, traditional bentwood products known as “Magewappa” are made from natural Akita cedar. However, bentwood manufacturers are forced to make a transition from using natural raw, such as Akita cedar, to planted cedar due to a close on the national forests where the commercial logging of natural Akita cedar occurs. We have promoted the use of planted Japanese cedar for magewappa in Odate as follows: (1) there is an explanation in the difference between the bending flexibility in natural and planted Japanese cedar; (2) the development of a non-destructive screening method for the bending material of Japanese cedar; (3) promoting regional cooperation, such as partnership agreement, for the availability study of planted Japanese cedar; (4) the action of forest and wood education for elementary and junior high school students through experience learning of magewappa by using wood logged from their school forests.

Keywords: Japanese cedar, magewappa, non-destructive method, wood education