

コンプウッド処理木材の曲げ加工性の向上*

内藤 廉二**、有賀 康弘**、浪崎 安治***

コンプウッドシステムによる圧縮処理時の圧縮保持時間を長くするとより小さい加工半径で曲木加工が可能となることを検証した。その結果、圧縮保持時間 10 分とした場合より圧縮保持時間 360 分とした方が曲げ加工時の最小曲げ半径が小さくなることがわかった。また、曲げ加工での成功率も高くなった。

キーワード：コンプウッドシステム、曲木、木材加工、圧縮保持時間

Improvement of the bending workability of woods compressed

by Compwood-system

Yasuji Naitou, Yasuhiro Aruga and Yasuji Namizaki

It has been examined that the bending wood processing becomes possible in a smaller radius when the holding time of a compression is lengthened in Compwood-system. Then it has been found that the minimum radius of bending becomes smaller when the compression-holding time is set for 360 minutes than 10 minutes in the compression process of wood. Furthermore, the success rate in the bending wood processing has become higher.

Keywords: Compwood-system, bent wood, wood processing, compression-holding time

1 緒言

木を曲げる技術として、現在一般的に用いられている方法は、蒸煮法やトーネット法と呼ばれる木材を高温の蒸気で軟化した直後に速やかに曲げる技術である。しかし、この技術は木材を蒸煮する装置や帯鉄といった専用治具が必要となる。それらを使いこなすには熟練を必要とすることから、小規模な木工房では容易に技術導入ができない。

コンプウッドシステム¹⁾は、木材を縦圧縮することで常温での曲木加工を可能にし、帯鉄を使用しなくても従来方法と同等の曲木加工が可能になる。(地独)岩手県工業技術センターではこのシステムを導入し、岩手県内の木製品製造業者に対して曲木を活用した製品の開発、技術支援を行っている²⁾³⁾⁴⁾。

平成 27 年度に実施した「コンプウッドシステムによる木材の弾性変化の研究」⁵⁾において、コンプウッドシステムで圧縮処理(コンプウッド処理)した後、乾燥させた木材の弾性係数は小さくなった。また、圧縮保持時間が 10 分のものより 360 分としたものはさらに弾性係数が小さくなることがわかった。

このことから、コンプウッドシステムでの圧縮保持時間を長くすることは、木材の弾性が大きくなるだけでなく、曲木加工工程において、より小さい加工半径で曲木が可能になる仮説を立て、圧縮保持時間の異なるコンプウッド処理材の曲げ加工時における最小曲げ半径を比較した。

2 試験方法

国産の広葉樹 4 樹種(散孔材 2 樹種、環孔材 2 樹種)について圧縮保持時間の異なるコンプウッド処理を行った後、試験体を作製し曲げ加工試験を行った。

曲げ加工試験は、大小異なる加工半径の曲げ加工型を製作し、半径の大きい型から順に曲げ加工を行い、各半径での曲げ加工の成功率を比較した(図 1)。

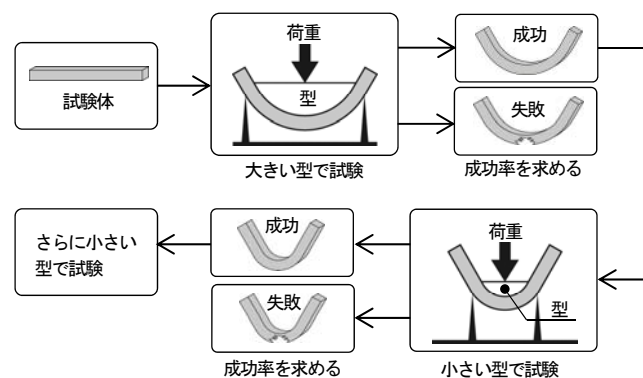


図 1 曲げ加工試験方法

2-1 供試材料

試験に供した広葉樹は、ブナ、カエデ(散孔材)及びケヤキ、セン(環孔材)の 4 樹種とした。それぞれ断面寸法 90 mm×130 mm、長さ 1600~2400 mm に製材後 1 年以

* 平成 28 年度 技術シーズ創生研究事業 発展ステージ

** デザイン部 *** 元(地独)岩手県工業技術センター企業支援コーディネーター

上屋内で積み重ねて保管したものを用いた (表1)。

表1 供試材

樹種	含水率(%)	密度(g/cm ³)	年輪巾(mm)
ブナ	12.0	0.69	4.3
カエデ	11.5	0.71	3.7
ケヤキ	10.5	0.62	5.8
セン	9.0	0.46	2.8

2-2 供試材のコンプウッド処理

供試材は、コンプウッド処理に必要な含水率にするため、あらかじめ約70℃の温水に浸漬して吸水処理を行った (表2)。コンプウッド処理のため断面寸法が80mm×120mm、長さ寸法500mmとなるように木取りし、表3に示したように圧縮保持時間を変えてコンプウッド処理を行った。コンプウッド処理した供試材は、乾燥を防ぐためにラッピングして室内に7日間静置した。

表2 吸水処理後の重量変化

樹種		重量増加率(%)
ブナ	供試材1	56
	供試材2	61
カエデ	供試材1	51
	供試材2	52
ケヤキ	供試材1	43
	供試材2	44
セン	供試材1	53
	供試材2	56

表3 コンプウッド処理条件

	圧縮保持時間(分)	圧縮率(%)	圧縮速度(mm/min)
条件1	10	20	120
条件2	360	20	120

2-3 試験体

供試材からの試験体の取り数を表4に示した。試験体の寸法は、断面寸法20mm×20mm、長さ400mmとした。

表4 試験体の数と含水率(%)

樹種	圧縮保持時間(分)	試験体数(本)	含水率(%)
ブナ	10	11	58.0
	360	12	60.0
カエデ	10	12	64.5
	360	10	63.5
ケヤキ	10	12	45.0
	360	10	60.0
セン	10	12	61.0
	360	11	66.5

2-4 曲げ加工試験

2-3に示した試験体の曲げ加工試験を行った。試験の

方法及び様子を図2、図3に示す。試験は、精密万能試験機 (株東洋ボールドウィン製 UTM-10T) を用いて、毎分30mmの速度で試験体が曲げ加工型に沿うように試験体の板面に荷重を与えた。試験体が曲げ加工型の曲げ加工終了位置に接した時点で荷重を止め、曲げ加工の成否を判定した。

曲げ加工型は加工半径160mm~60mmまで20mmごとに6種類用意し、加工半径の大きい型から曲げ加工を行い、曲げ加工が成功した試験体は、より小さい半径の曲げ加工型で曲げ加工を行った。加工の成否の判定は目視で行い、試験体外周部に少しでも割れや裂けなどが発生したものは曲げ加工失敗と判定し、その試験体の曲げ加工は終了とした。

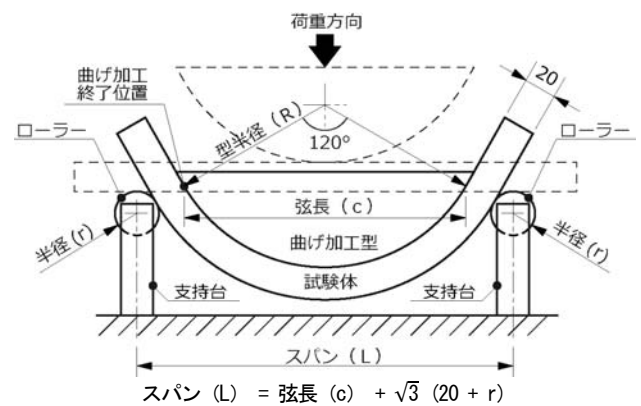


図2 曲げ加工試験

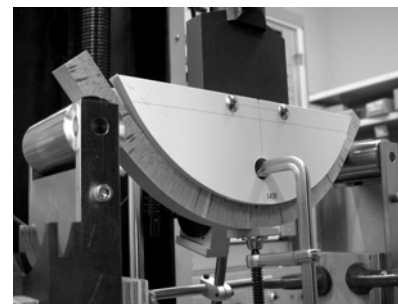


図3 曲げ加工試験の様子

2-5 残留圧縮率の測定

コンプウッド処理直後に減少した木材の繊維方向の長さの割合を残留圧縮率⁶⁾とし、それを比較した。残留圧縮率は、(1)のように求めた。

$$\text{残留圧縮率}(\%) = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100 \quad (1)$$

L_0 = コンプウッド処理前の木材長

L_1 = コンプウッド処理後の木材長

3 結果

3-1 曲げ加工試験

各樹種の圧縮保持時間ごとの曲げ加工試験の結果を表5～表12、成功率の比較を図4～図7に示す。

各樹種ともに、圧縮保持時間360分のコンブウッド処理材は、圧縮保持時間10分のものと比較し、最小曲げ半径が小さくなった。

表5 曲げ加工試験（樹種ブナ 圧縮保持時間10分）

型半径 (mm)	試験体No.											成功率 (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		—
160	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	100
140	×	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	—	82
120	—	○	○	×	○	○	×	○	○	—	○	—	64
100	—	×	×	—	○	×	—	○	×	—	×	—	18
80	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	0
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(○: 成功, ×: 失敗)

表6 曲げ加工試験（樹種ブナ 圧縮保持時間360分）

型半径 (mm)	試験体No.												成功率 (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
160	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100
140	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100
120	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100
100	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	83
80	×	○	○	×	×	×	○	—	×	—	×	×	25	
60	—	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	—	0	

(○: 成功, ×: 失敗)

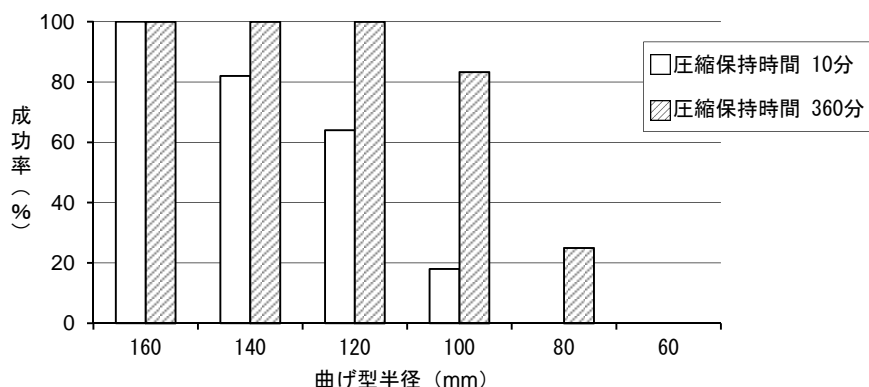


図4 曲げ加工成功率比較 (樹種ブナ)

表7 曲げ加工試験（樹種カエデ 圧縮保持時間10分）

型半径 (mm)	試験体No.												成功率 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
160	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100
140	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100
120	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100
100	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	17
80	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	8
60	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0

(○: 成功, ×: 失敗)

表8 曲げ加工試験（樹種カエデ 圧縮保持時間360分）

型半径 (mm)	試験体No.												成功率 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	—	—	
160	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	100
140	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	100
120	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	100
100	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	100
80	○	×	×	○	×	×	×	×	○	○	—	—	40
60	×	—	—	×	—	—	—	—	○	○	—	—	20

(○: 成功, ×: 失敗)

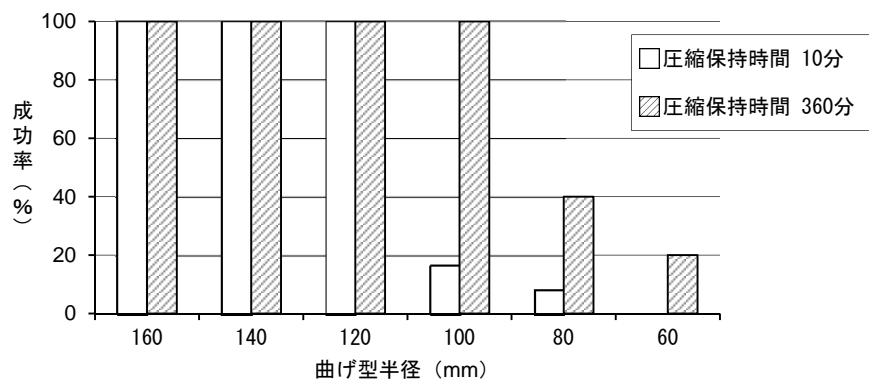


図5 曲げ加工成功率比較 (樹種カエデ)

表9 曲げ加工試験 (樹種ケヤキ 圧縮保持時間 10分)

型半径 (mm)	試験体No.												成功率 (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
160	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	100
140	○	×	○	○	×	○	○	○	×	×	×	○	58	
120	×	—	○	○	—	○	×	○	—	—	—	○	42	
100	—	—	○	○	—	×	—	×	—	—	—	○	17	
80	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—	—	×	0	
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

(○ : 成功, × : 失敗)

表10 曲げ加工試験 (樹種ケヤキ 圧縮保持時間 360分)

型半径 (mm)	試験体No.												成功率 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	—	—	
160	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	100
140	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	100
120	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	100
100	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	100
80	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	—	—	90
60	×	—	×	×	×	×	×	×	×	×	—	—	0

(○ : 成功, × : 失敗)

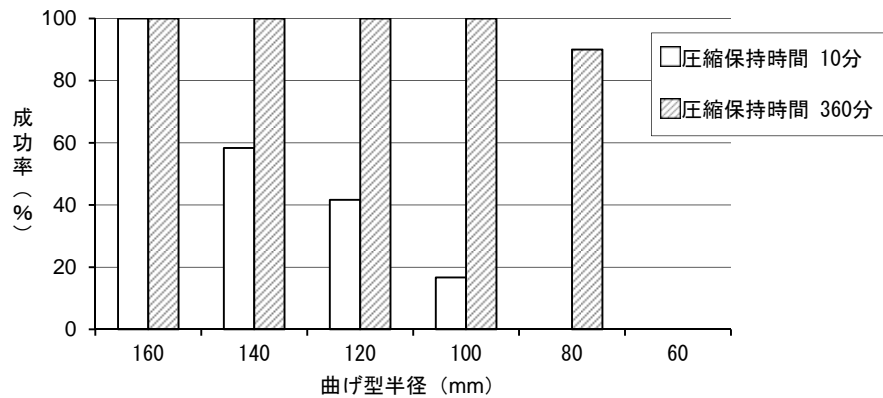


図6 曲げ加工成功率比較 (樹種ケヤキ)

表11 曲げ加工試験 (樹種セン 圧縮保持時間 10分)

型半径 (mm)	試験体No.												成功率 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
160	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	92
140	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	92
120	○	○	×	○	×	○	×	×	○	○	×	—	50
100	○	○	—	○	—	×	—	—	×	○	—	—	33
80	×	×	—	×	—	—	—	—	—	×	—	—	0
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(○ : 成功, × : 失敗)

表12 曲げ加工試験 (樹種セン 圧縮保持時間 360分)

型半径 (mm)	試験体No.												成功率 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	—	
160	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	100
140	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	100
120	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	100
100	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	100
80	×	×	○	×	○	○	×	×	○	○	×	—	45
60	—	—	×	—	×	○	—	—	×	×	—	—	9

(○ : 成功, × : 失敗)

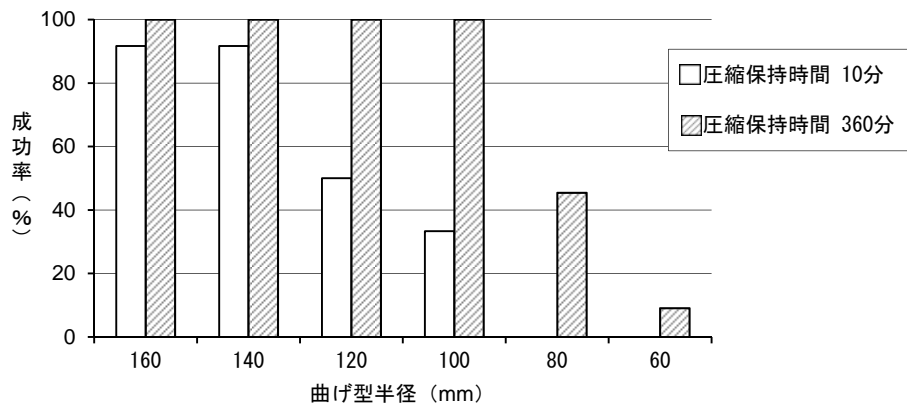


図7 曲げ加工成功率比較 (樹種セン)

3-2 残留圧縮率

コンプウッド処理後の供試材長と残留圧縮率を表 13 に示す。圧縮保持時間が長くなると供試材長は復元するものの圧縮量は大きくなり、圧縮保持時間 360 分のもものが 10 分のものより残留圧縮率が大きかった。

表 13 コンプウッド処理後の残留圧縮率

樹種	圧縮保持時間 (分)	供試材長 (mm)		7日経過後の残留圧縮率 (%)
		圧縮直後	7日経過後	
ブナ	10	485	489	2.2
	360	446	477	4.6
カエデ	10	483	488	2.4
	360	440	466	6.8
ケヤキ	10	477	485	3.0
	360	437	442	11.6
セン	10	456	471	5.8
	360	433	440	12.0

4 考 察

圧縮保持時間を長くしたコンプウッド処理材は、全ての樹種において残留圧縮率が大きくなっていることから、残留圧縮率が大きいほど曲げ加工可能な半径は小さくなると思われる。また、コンプウッド処理後 7 日経過したコンプウッド処理材は、処理直後のものと比較して残留圧縮率が小さくなっていることから、コンプウッド処理材は、処理後なるべく早いうちに曲げ加工した方が、より小さい半径で曲げ加工できる可能性がある。今後は、これらを明らかにするとともに、曲げ加工性を向上させ

る最適かつ効率的な圧縮保持時間についても検証したい。

5 まとめ

木材をコンプウッド処理するとき、圧縮保持時間を長くすると曲木加工の最小曲げ半径を小さくすることができた。また、曲木加工での成功率を上げることもできた。このことによりコンプウッドシステムを活用することで曲木加工が容易に行えるようになるだけでなく、従来の曲木では困難な曲率を用いた製品設計が可能になり、さらに曲木製品の製造において木材の歩留まりの向上も期待できる。

文 献

- 1) Compwood Machines Ltd. : Industriskellet 15 DK-2635 Ishøj Denmark
- 2) 浪崎安治, 有賀康弘, 高橋民雄: 岩手県工業技術センター研究報告, 9, P83-86 (2002)
- 3) 浪崎安治, 有賀康弘: 岩手県工業技術センター研究報告, 10, p55-58 (2003)
- 4) 有賀康弘, 内藤廉二, 浪崎安治: 岩手県工業技術センター研究報告, 18, p6-14 (2015)
- 5) 内藤廉二, 有賀康弘, 浪崎安治: 岩手県工業技術センター研究報告, 19, p51-53 (2016)
- 6) 山田順治, 住友将洋, 安永真也: 徳島県立工業技術センター研究報告, 13, p21-24 (2004)
- 7) 石井信義, 大内成司, 北嶋俊郎: 大分県日田産業工芸試験所研究報告, 4, p135-142 (1993)
- 8) 大内成司, 北嶋俊郎: 大分県日田産業工芸試験所研究報告, 5, p120-122 (1993)