

木質系廃棄物(スギおよびヒノキ樹皮)の

有効利用に関する研究*

武田 伸也¹⁾・山内 正信²⁾・吉留 竜仁²⁾
山本 英夫³⁾・武士末 純夫¹⁾・進藤 三幸¹⁾

キーワード ①木質系廃棄物 ②樹皮ボード ③ホルムアルデヒド ④雑草抑制材 ⑤ペレット

要 旨

製材工場から多量に排出され、焼却処分に多額の費用を要している木質系廃棄物(スギおよびヒノキ樹皮)について、これら素材が持つ抗菌性および植物生長抑制作用に着目した製品の開発を試みた。

まず、樹皮の持つ抗菌性を利用した樹皮ボードを作製した。これは、ホルムアルデヒドがほとんど発生しない天然成分を主成分とするリグニン接着剤を用いて、既存製法に原料中の水分除去を追加した工程により作製した結果、ホルムアルデヒド放散量がJIS規格のF☆☆☆☆(平均値0.3mg/L以下、最大値0.4mg/L以下)を満たしているとともに、防腐性に優れ、表面加工性も良好であった。

次に、植物生長抑制作用を利用した雑草抑制材を作製した。これは、樹皮に真珠貝殻等の増量材や結合剤を混合し、ペレット状に成形したものであり、フィールド試験を実施した結果、雑草抑制効果に優れていたが、製造機によっては接着剤など製造条件の検討が必要であった。

1. はじめに

日本の製材工場から排出される木質系廃棄物のうち、樹皮は年間269万 m³排出され、全体の約20%を占めている。それらの一部は家畜敷料、バーク堆肥、燃料として使用されているものの、他の木質系廃棄物(背板、端材など)と比べて再利用率は低く、年間73万 m³近くが焼却処分されている状況にあり¹⁾、本県においても年間約10万 m³(県内産スギ・ヒノキ樹皮は約5万 m³)が排出されているが、そのほとんどが有効利用されていない。

スギおよびヒノキの樹皮は、材部に比べて組成が複雑で、抗菌成分を有することから、腐朽しにくいため、古くから屋根や壁面の材料として利用されてきた。しかしながら、近年、住宅の耐久性、耐火性等の向上への取組みが進展するに伴い、スギおよびヒノキ樹皮は建築材料としてはほとんど利用されず、現在ではもっとも利活用が難しい木質系廃棄物として多くが焼却処分されている。また、焼却処分にはダイオキシン類対策のための排ガス処理施設を装備した焼却炉を整備するか、廃棄物処理業者に委託しなければならないなど、多

*Study on Utilization of Wood Wastes

¹⁾Shinya TAKEDA, Sumio BUSHISUE, Kazuyuki SHINDO(愛媛県立衛生環境研究所)Ehime Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science

²⁾Masanobu YAMAUCHI, Ryuji YOSHITOME(現愛媛県廃棄物対策課)Ehime Waste Management Division

³⁾Hideo YAMAMOTO(現愛媛県西条地方局)Ehime Prefectural Office of Saijo Region

額の費用を要し、木材産業の経営基盤を圧迫する原因となっている。

樹皮は抗菌、消臭、芳香、植物生長抑制作用などの興味深い特性を持つことから、さまざまな製品原料としての可能性を有している。近年、樹皮の有効利用を目的にいくつかの研究が行われ、液化、ポリウレタンフォーム、消臭剤等への利活用が検討されているが²⁾、利用技術として確立され、実用化された事例は少ない。

本研究所では、スギおよびヒノキ樹皮の新たな資源化技術の開発とそれに伴う木質系廃棄物の減量化を目的に、樹皮の抗菌性を利用した樹皮ボードとペレット成型により植物生長抑制と耐久性とを向上させた雑草抑制材を製造し、その商品化のための試験研究を実施した。

2. 実験方法

2.1 樹皮ボード

2.1.1 資材

スギ樹皮およびヒノキ樹皮は、乾式バーカーによりはく皮したものをハンマークラッシャー(相互産業株式会社製 HC-2 型)で約 1 cm 片に粉碎し、2 mm 以下の粉末を除去したものを原料とした。接着には、河野新素材開発株式会社(代表取締役社長 河野剛)の開発したリグニン接着剤(特許第3361819号)を用いた。

2.1.2 製造方法

試験片として200W×200L×10T(mm)および180W×250L×10T(mm)板を次の条件で成型した。まず、乾燥重量比で樹皮100に対しリグニン接着剤が10~30%となるように接着剤の30%水溶液をスプレーガンで添加して手で混合後フォーミングボックスに均一に撒き、マットフォーミングを行った後1 cm 厚のスペーサーを用いて2.5MPaでプレス成型した。プレス温度は160~200℃(10分)の範囲で行った。

また、製品板として910W×910L×10T(mm)および910W×1820L×10T(mm)板の成型を行った。すなわち、リグニン接着剤10%として同様にマットフォーミングまでの工程を行った後、1 cm 厚のスペーサーを用いて125℃(2分)で5回プレスし(蒸気抜き)、その後185℃(10分)、2 MPa で成型した。

2.1.3 性能試験方法

作製した成型板について JIS A 5905, A 5908 に準じて、密度、含水率、曲げ強さ、曲げヤング率、はく離強さ、アルデヒド放散量を測定し、また K 1571 に準じて防腐性能試験を行った。

2.2 雑草抑制材

2.2.1 資材

原料となる樹皮は樹皮ボードと同様のものとした。また増量材として真珠貝殻を、結合剤としてリグニン接着剤およびコーンスターチを用いた。

2.2.2 製造方法

2 軸押出機(株式会社日本製鋼所製 TEX-F)および木質ペレット成型機(新興工機株式会社製 TS-450)を用い、表 1 の配合で 2 種類の雑草抑制材を作製した。2 軸押出機は、シリンダ 2 : 80℃, シリンダ 3 : 50℃, シリンダ 4 : 70℃, シリンダ 5, 6 : 140℃で、ペレット成型機は180℃で行った。

2.2.3 試験方法

作製した雑草抑制材について、研究所および(株)ふたば敷地内の土壌上部に 3 cm または 5 cm 厚となるよう敷設し、抑制材としての機能性および耐久性についてフィールド試験を行った。

3. 結果および考察

3.1 樹皮ボードの製造

3.1.1 プレス温度

200W×200L の試験片について、曲げ強さを指標としてプレス温度の検討を行った。プレス温度の上昇に伴い曲げ強さが増すことが確認され、180℃~190℃において JIS A 5908 RN-18 の規格値である 18.0N/mm² を満たしていた(表 2)。一方で、樹皮に含まれる主要な抗菌成分であるフェルギノールは沸点が175℃であることから³⁾、高温で成型することによって揮発分解する可能性が考

表 1 雑草抑制材の配合率

原料	雑草抑制材 A (2 軸押出機)	雑草抑制材 B (木質ペレット成型機)
乾燥樹皮	60wt%	80wt%
真珠貝殻	25wt%	10wt%
リグニン結合材	8.0wt%	10wt%
コーンスターチ	7.0wt%	—

えられたため、その残存量を測定した。測定はボードの表面から3mm(表層)、表層を除いた中心部分(中層)に分けて測定した。その結果、今回の温度条件下ではフェルギノールの大きな損失は見られず、プレス温度200℃の表層においても原料中残存量に対してほぼ100%残存していた(図1)。これは、10分間のプレスでは、原料がプレス板の温度までは上昇していないためであると推察された。これらの結果、JIS規格を満たすために高温プレスを行った場合でも、抗菌成分は残存しており、十分な強度とともに樹皮そのものが含有している抗菌性を活かしたボードの成型が可能であることが明らかになった。したがって、プレス温度は180℃~190℃の間が最適であると考えられた。

3.1.2 接着剤添加量

180W×250Lの試験片について、曲げ強さを指標に接着剤添加量の検討を行った。その結果、表

表2 プレス温度の違いによる曲げ強さの変化

加熱温度(℃)	曲げ強さ(N/mm ²)	規格参考値 JIS A 5908 RN-18
160	13.8	18.0N/mm ² 以上
170	14.9	
180	18.2	
190	18.3	
200	17.7	

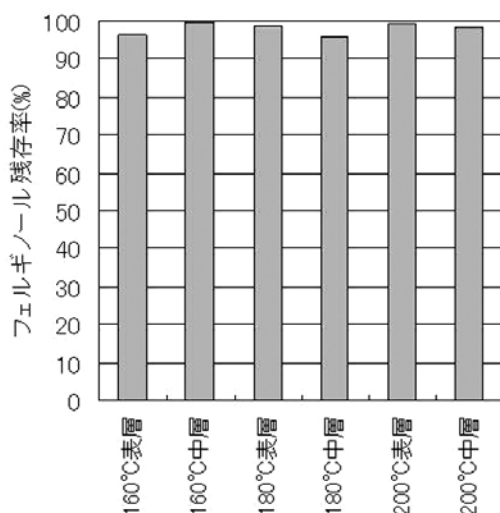


図1 プレス温度の違いによるボード中のフェルギノール残存率

3に示したとおり接着剤添加量10~20%の間では曲げ強さに変化は認められず、すべてJIS A 5908 RN-18の規格値18.0N/mm²を満たしていたことから、使用する接着剤の添加量は10%で十分であると判断した。

3.1.3 水分による成型阻害

910W×910Lサイズのボードを作製し、200℃で10分間プレスしたところ、ボード表面に割れが発生した。この原因としてリグニン接着剤や原料である樹皮中に含まれる過剰の水分が抜けきらず亀裂が生じたものと考えられた。割れの生じたボードの表面を観察したところ、外部に抜けることのできない水により、樹皮中の成分が抽出されたように中心部での黒色変化が認められた。また、中心部に残存する加熱・加圧された水がプレス終了後、大気圧に戻る際に蒸発して急激に膨張し、亀裂が生じていることが推察された。

割れに対する水分の関与を確認するため、水分量の少ないジフェニルメタンジイソシアネート(MDI)(水分量15%含有)を用いて成型したところ、割れは生じなかった。リグニン接着剤の場合は約1.4Kgの水を接着剤の溶解に用いたが、MDIでは接着剤中の水分が約0.14Kgであり、接着剤由来の水分量が10倍異なることが割れの原因であると推測された。

そのため、リグニン接着剤を溶解するための水分量を減らす必要があると考えられた。水分量を減らした高濃度のリグニン接着剤水溶液を調製してボードの製作を試みたところ、接着剤スプレー用のノズルに詰まりが生じたため、高濃度溶液では使用できなかった。

他の方法として、接着剤溶解用の水分量はそのままで成型前に水分除去工程を行うことを検討した。方法としては、本成型前に125℃で2分間の5回プレスを行うことで水分除去を試みた。上下125℃に設定したプレス機で加圧・常圧を繰り返

表3 接着剤添加量による曲げ強さの変化

接着剤添加量(%)	曲げ強さ(N/mm ²)	規格参考値 JIS A 5908 RN-18
10	22.5	18.0N/mm ² 以上
15	22.6	
20	21.6	

すことでボードから水蒸気が発生し、除去効果が確認できた。

その後、185℃で10分間本成型を行った結果、ひび割れのないボードが成型でき、910L×1820Wにスケールアップしても問題なく成型できた。よって、ボードの製造工程を図2のとおりとした。

なお、プレス圧力除去の際に、ボードからの水蒸気発生を確認しながら徐々に圧力を弱める必要があり、一気に圧力を弱めるとひび割れの原因になった。

今回使用した樹皮中の水分量は事前に測定し、20%前後であることを確認したうえで脱水条件を検討したが、樹皮中の水分量は保存状態によって大きく異なることが予想されるため、安定した品質を保つには樹皮中の水分量を一定にすることも重要であると考えられた。そのため、実際のライン上で製造する際には、まず、絶対乾燥状態まで乾燥し、適切な含水率になるように水分添加する必要があると思われる、今後検討が必要である。

3.1.4 樹皮ボードの性能

図2に示した工程により製造した樹皮ボードについて、ホルムアルデヒド放散量および各性能の測定結果を表4、5にそれぞれ示した。ホルムアルデヒド放散量の測定試料No. 1～3はボード

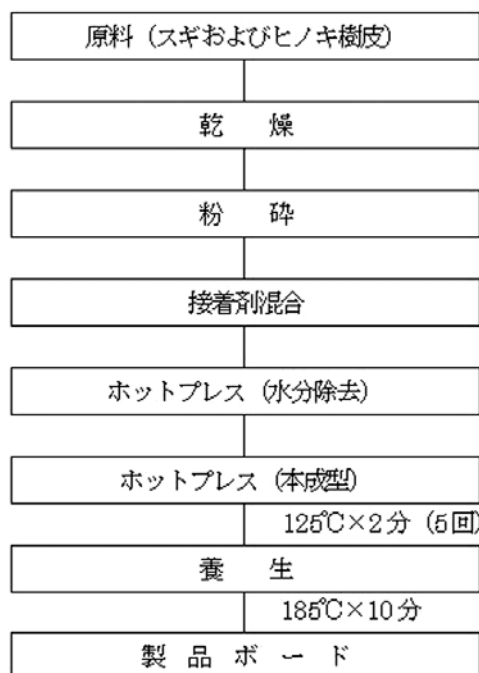


図2 樹皮ボードの製造工程

の端部、No. 4と5は中央部から切り出したものであり、それぞれホルムアルデヒドの放散は確認されなかった。

また製品板の防腐性能について、対照であるスギ辺材は木材腐朽菌に腐食され12週間で約40%程度の質量減少が認められたが、樹皮ボードの質量減少率は約7%であり防腐性能はかなり優れていた。

本樹皮ボードはその性状からJIS A 5908に規格化されたパーティクルボードに区分され、曲げ強さは「18タイプ」に相当し、また、ホルムアルデヒド放散量はJIS規格のうちもっとも厳しい規格であるF☆☆☆☆(平均値0.3mg/L以下、最大値0.4mg/L以下)を満たしている。さらに、抗菌成分のフェルギノールがボード中に0.5%含有されており抗菌性能が高いことから、内装材としてシックハウス対策に有効な素材であるといえる。

3.1.5 表面処理

本樹皮ボードは建材用途としては十分な強度を有していたが、スギやヒノキの樹皮には心材部と比較すると粉末に成りやすい部分が多いことから表面が比較的削れ易い性質が認められた。そのため、内装材等に使用する場合には表面処理の必要

表4 ホルムアルデヒド放散量測定結果

	ホルムアルデヒド放散量 (mg/L)
No.1	<0.1
No.2	<0.1
No.3	<0.1
No.4	<0.1
No.5	<0.1

表5 樹皮ボードの性能一覧

項目	単位	測定結果	規格参考値 {JIS A 5908 RN-18 F☆☆☆☆}
密度	g/cm ³	0.86	0.40~0.90
含水率	%	7.5	5~13
曲げ強さ	N/mm ²	19	>18.0
曲げヤング率	N/mm ²	2200	>3000(参考値)
はく離強さ	N/mm ²	0.35	>0.3
ホルムアルデヒド放散量	mg/L	<0.1	平均値≤0.3, 最大値≤0.4

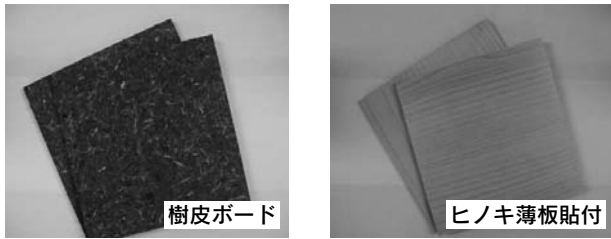


図3 樹皮ボード製品



図4 雑草抑制材 A



図5 雑草抑制材 B

性が考えられた。今回、二次加工としてはラミネートシートの圧着、ウレタン樹脂による表面塗装および化粧板(スギ、ヒノキおよびメープルの薄板)の貼り付けを検討した。その結果、これらの処理上、特に問題点は見当たらず、樹皮ボードは良好な表面加工性を示すとともに表面処理により多くの用途が可能になるものと考えられた。図3に今回作製した樹皮ボードの一例を示した。

3.2 雑草抑制材の機能性

作製した雑草抑制材を図4, 5に示した。

これらの雑草抑制材および樹皮そのものを、(株)ふたば敷地内の土壌上部に3 cm, 5 cm厚に敷設し、通年で機能性および耐久性の試験を行った。敷設時および1年後の状況を図6に示した。

抑制材 A は外形上の変化が見られなかったのに対し、抑制材 B は降雨等による崩壊が見られ、接着剤など成型条件に問題があると考えられたが、試験区において雑草の発生はみられなかった。

このため当研究所敷地内において、抑制材 A、樹皮敷設区および対照区を設け、雑草抑制効果について追加試験を行った(図7)。対照区では雑草が繁茂したのに対し抑制材 A および樹皮敷設区では発生が見られず、十分な抑制効果が確認された。また、抑制材 A は風水等による飛散もなく野外利用における十分な耐久性を有しており、抑



フィールド試験区(敷設時)



雑草抑制材 A(1年後)



雑草抑制材 B(1年後)

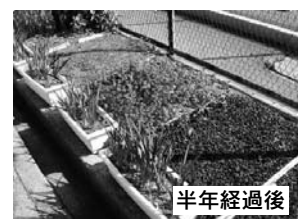


樹皮(1年後)

図6 フィールド試験状況(株ふたば)



敷設時



半年経過後

図7 フィールド試験状況(衛生環境研究所)

制材として優れているものと考えられた。

4. ま と め

- 1) 樹皮ボードの製造にリグニン接着剤を使用した場合、プレス時に水分除去を要する以外は特に煩雑な操作無しに作成が可能であった。
- 2) 樹皮ボードはホルムアルデヒド放散量基準であるF☆☆☆☆(平均値0.3mg/L以下、最大値0.4mg/L以下)を満たしており、さらに、防腐蚀性、表面加工性にも優れていた。
- 3) 樹皮が有する植物生長抑制効果を利用した雑草抑制材は、雑草抑制効果に優れていたが、ペレット成型にあたっては接着剤など製造条件による耐久性の向上が課題となった。

—参考文献—

- 1) 社団法人日本エネルギー学会：バイオマスハンドブック，オーム社，61(2002)
- 2) 大原誠資：木材工業，56(5)，209-215(2001)
- 3) 化学大辞典編集委員会：化学大辞典7，共立出版，744(1980)