水ガラス-ホウ素化合物系による木材無機質複合体の力学的性質[†]

古 野 毅* 青 野 重 雄** 上 原 徹**

Mechanical Properties of Wood-Mineral Composites Using the Water Glass-Boron Compound System

by

Takeshi FURUNO*, Shigeo AONO** and Tohru UEHARA**

The mechanical properties such as bending strength, hardness, and abrasion resistance of wood-mineral composites were investigated, which were made by introducing inorganic substances into wood using the water glass (sodium silicate)-boron compound system. The heartwood of Sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) and five kinds of boron compounds were used for the production of the composites. The impregnated specimens were treated with a 5 % acetic acid solution to minimize the influence of alkali in the water glass solution.

The weight percent gains (WPGs) in the composites varied from 20 % to 65 %, and the WPG values of 10~26 % after the leaching procedure were obtained, demonstrating the formation of inorganic substances. The bending strength of the composites showed an increase of 6~25 % in comparison with the untreated wood. The increase in the modulus of elasticity was also 16~41 %, and it increased lineally with an increase in WPG. On the other hand, the strain at failure became lower than that of the untreated wood, and it had a tendency to reduce as the WPG increased.

The Brinell hardness in the cross section showed a marked increase of 50~150 % compared with the untreated wood. Because of increasing lineally with an increase in WPG, the enhancement of hardness in the cross section seemed to be due to the filling effect of inorganic substances. On the contrary, the hardness in the radial and tangential sections showed a reduction, and it tended to reduce with an increase in WPG. The reduction of hardness was considered to be closely related to the bulking and the wood deterioration resulting from soaking in an alkaline solution in the wood surface layer.

The Taber type abrasion index in the radial and tangential sections tended to increase with an increase in WPG, showing the reduction of abrasion resistance. This reduction could be also explained by the influence of the bulking and the deterioration owing to alkali.

Key words : Wood-mineral composite, Water glass, Boron compounds, Mechanical properties, Bending strength, Hardness, Abrasion resistance, Insoluble inorganic substances, Sugi

1 緒 言

これまで筆者らは、水ガラス-ホウ素化合物系で作製した木材無機質複合体には、寸法安定性、耐朽性、難燃性などの性能が付与されることを報告した^{1)~4)}。また、この複合体中には不溶性の無機物が生成するため、溶脱処理後も優れた耐蟻性および耐朽性を有することも明らかにした⁵⁾。力学的性質については、水ガラスと反応液として塩化バリウム、硫酸アルミニウム、ホウ酸、ホウ砂を用いて作製した無機質複合体の曲げ強さを測定したが¹⁾、まだ十分に解明したとはいえない。

一方、今村は、塩化バリウムとリン酸水素アンモニウムを用いた二重拡散法による無機質複合木材の力学的性質については、破壊強度、剛性、硬度は向上するが、衝撃強さは低下すると報告している⁶⁾。また Saka らは、ゾル-ゲル法による木材の無機質複合化について寸法安定性、耐熱性、耐蟻性などの機能を調べているが^{7)~10)}、力学

的な性質は検討していない。

本方法と同様に作製した無機質複合木材の接着力試験では⁴⁾、木破率が高く、実用上十分な接着性は得られるけれども、接着強度が低下していた。この理由としてバルキング、アルカリ溶液による基材である木材の劣化、あるいは無機物の充填による接着剤の機械的な投錨効果の減少が考えられた。

本研究では、無機質複合体の実用化の前段階として、解明が必要な寸法安定性能、難燃性能、生物劣化抵抗性能などと同様に重要であると考えられる力学的性能を明らかにした。すなわち、水ガラス-ホウ素化合物系で作製した無機質複合木材の曲げ強さ、硬さおよび耐摩耗性を検討し、さらに溶脱処理前後の複合体の力学的性質を重量増加率との関係で比較した。なお、ホウ酸、ホウ砂を用いた複合体の曲げ強さについては既に報告したが¹⁾、他のホウ素化合物との比較を行うために本報においても

[†] 本報を「ケイ酸塩を用いた木材の無機質複合化(第5報)」(Combinations of Wood and Silicate, V)とする。また、前報は材料44巻498号292頁(1995年)に掲載済である。

原稿受理 平成7年6月1日 Received June 1, 1995

* 正 会 員 島根大学農学部生物資源科学科 〒690 松江市西川津町, Dept. of Natural Resources, Shimane Univ., Nishikawatsu-cho, Matsue, 690

** 島根大学農学部生物資源科学科 〒690 松江市西川津町, Dept. of Natural Resources, Shimane Univ., Nishikawatsu-cho, Matsue, 690

再度検討した。

2 実験方法

2.1 試料

木材試料としてスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don) の心材部分を使用し、曲げ試験用には大きさ 120 (L) mm×10 (R) mm×3 (T) mm の試験片を作製した。硬さ試験用としては、1 辺 30 mm 平方の木口面、柁目面、板目面をもつ厚さ 15 mm の立方体をそれぞれ作製した。また摩耗試験用としては、1 辺 70 mm 平方の板目面、柁目面をもつ厚さ 10 mm の立方体をそれぞれ作製した。各処理条件ごとに 10 個の試験片を供試した。気乾状態の試験片を 60°C で 24 時間の予備乾燥後、五酸化二リン (P₂O₅) の存在下において 50°C で 24 時間の真空乾燥を行い、全乾状態にした。

2.2 水溶性無機塩

水ガラス (ケイ酸ナトリウム Na₂O · nSiO₂, n = 2.06~2.31) は 30 % 濃度 (pH : 12.2) にして供用した。水ガラスと反応させる水溶性無機塩として、前報⁴⁾と同様に次の 5 種のホウ素化合物を用いた。

ホウ酸 (H₃BO₃)

ホウ砂 (四ホウ酸ナトリウム十水和物 Na₂B₄O₇ · 10H₂O)

酸化ホウ素 (B₂O₃)

ホウ酸アンモニウム (ホウ酸アンモニウム八水和物 (NH₄)₂O · 5B₂O₃ · 8H₂O)

ホウ酸カリウム (四ホウ酸二カリウム四水和物 K₂B₄O₇ · 4H₂O)

これらの無機塩の飽和水溶液は 50°C でマグネチックスターラーを用いてかく拌することによって調製された。

2.3 無機質複合体の作製

木材試験片 (各条件 10 個) に先ず水ガラスを含浸し、その後⁴⁾にホウ素化合物の飽和水溶液と反応させる方法は、前報⁴⁾と同様に拡散浸透法 (二重拡散法)^{6), 11)}で行った。

あらかじめ飽水状態にしておいた試験片 (含水率 160~395 %) を 30 % 濃度の水ガラス溶液に浸漬させ、大気圧下 (50°C) で 24 時間含浸処理した。取り出してシャレー上に置き、1 時間室温で放置後、水ガラス溶液が含浸した試験片をさらにホウ素化合物の飽和水溶液に 50°C で 24 時間浸漬処理することによって無機物 (シリカとホウ素化合物の複合塩²⁾) を生成した。

処理試験片は 5 % 酢酸溶液 (pH : 2.1) に 1 時間浸漬し、取り出して、1 時間室温で放置後、乾燥を行った。すなわち、60°C で 24 時間乾燥し、その後 50°C で 24 時間真空乾燥 (五酸化二リン上で) することによって全乾重量を求め、重量増加率を算出した。

なお、水ガラス溶液に浸漬後、ホウ素化合物溶液と反応させず、5 % 酢酸溶液に 24 時間浸漬する処理も実施した。

2.4 溶脱処理

溶脱処理は JIS A9201-¹²⁾1991 に規定してある耐候操作に準拠して行った。

同一処理で作製した無機質複合体 10 個のうち、5 個

を一組として、試験片の大きさに応じたビーカーに入れ、試験片容積の 10 倍量の蒸留水を加え、試験片を水面下に沈めた。マグネチックスターラーを用いて室温でかく拌子を毎分 400~450 回転させ、8 時間かく拌して溶脱させた。その際試験片がかく拌子に当たらないようにかく拌子と試験片間に金網を敷き、また浮かび上がらないように上からも金網をかぶせた。溶脱操作を終えた試験片は、直ちに乾燥機 (60°C) 中に 16 時間静置し、揮散分を揮散させた。

以上の操作を交互に 10 回繰返し (10 日間)、最後に溶脱処理後の重量増加率を求めた。

2.5 曲げ試験

曲げ試験はオートグラフ (島津製作所製 AG-5000A) を用いて、JIS Z2113-¹³⁾1977 に準拠して恒温恒湿室 (20°C, 60 % RH) で行った。両端支持中央集中荷重により試験片の支点幅を 100 mm にし、荷重面を柁目面として 5 mm/min のヘッドスピードで荷重を加えた。ロードセルは 500 kg を使用した。1 条件当りの試験片の数を 5 個とした。

2.6 硬さ試験

硬さ試験はオートグラフ (AG-5000A) を用いて、JIS Z2117-¹⁴⁾1977 に準拠してブリネル硬さを測定した。試験面は木口面、柁目面、板目面の 3 面とした。板目面の場合は、木表側から荷重を加えた。試験面に直径 10 mm の鋼球を圧入し、平均圧入速度 0.5 mm/min として鋼球圧入深さ 1/π mm (約 0.32 mm) で試験を行った。1 条件当りの試験片の数を 5 個とし、1 個につき 3 か所ずつ測定した。

ブリネル硬さは次式 (1) から算出した。

$$\text{ブリネル硬さ} = \frac{P}{10} \text{ (kgf/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

ここで、P は圧入深さが 1/π mm となるとき¹⁴⁾の荷重 (kgf) である。

2.7 摩耗試験

摩耗試験はテーバー式摩耗試験機 (東洋精機製) を用いて恒温恒湿室 (20°C, 60 % RH) で行った。摩耗輪は CS-17 (North Tonawanda 製) を用い、片側に荷重 750 g を加えて 1000 回転後の重量損失量 (mg) を測定した。1 辺 70 mm 平方の試験片 4 個を木工用ボンドで接着して 1 組とした。

次式 (2) よりテーバー摩耗指数を算出した。

$$\text{テーバー摩耗指数} = \frac{1000 \text{ (標準回数)}}{\text{試験回数}} \times \text{重量損出量 (mg)} \quad (2)$$

3 結果および考察

3.1 重量増加率

スギ心材を用いて水ガラス-ホウ素化合物系で作製した無機質複合体の重量増加率を Table I に示す。試験目的によって試験片の大きさや形状が異なるので、重量増加率に多少変動が見られるが、ブナ単板を用いた前報⁴⁾と同様にホウ酸カリウムが最も高く、41~65 % の値を示した。次いでホウ酸アンモニウムが 29~45 %, 他の 3

Table I. Weight percent gains (%) of wood-mineral composites using the water glass-boron compound system.

Reactants	Bending tests	Hardness tests			Abrasion tests	
		Cross section	Radial section	Tangential section	Radial section	Tangential section
Boric acid	34.3 (21.2)	30.8 (18.6)	35.3 (19.8)	24.0 (13.2)	24.2 (12.7)	32.4 (15.2)
Borax	37.4 (15.1)	24.3 (12.1)	33.0 (18.7)	21.8 (14.5)	20.6 (14.2)	28.1 (13.4)
Potassium borate	65.2 (25.2)	46.3 (13.7)	52.8 (18.8)	42.7 (14.3)	41.3 (18.3)	46.6 (21.7)
Ammonium borate	45.4 (26.4)	36.7 (13.0)	42.3 (16.3)	30.0 (10.2)	28.9 (14.9)	29.3 (17.4)
Boron trioxide	38.0 (25.8)	26.4 (12.3)	19.9 (9.5)	25.5 (9.4)	25.5 (11.3)	20.9 (10.2)
5 % acetic acid	25.0 (16.9)	18.0 (9.8)	16.4 (8.6)	21.4 (10.9)	17.8 (11.4)	16.8 (11.1)
Untreated wood	-1.2 (-2.0)	-1.5 (-2.0)	-0.8 (-1.4)	-1.2 (-1.8)	-2.2 (-2.4)	-1.8 (-1.8)

Note: Values in the parentheses show the weight percent gains of the composites after leaching.

Borax used in Table I, II, III, and IV is shown as a common usage of sodium tetraborate decahydrate.

Table II. Bending strength of wood-mineral composites and untreated wood.

Reactants	Bending strengths (kgf/cm ²)	Moduli of elasticity (×10 ⁴ kgf/cm ²)	Strains at failure (×10 ⁻³)
Boric acid	528(487)	4.3(3.6)	13.6(17.0)
Borax	612(498)	4.9(4.0)	14.3(15.1)
Potassium borate	540(594)	5.2(4.8)	11.7(15.5)
Ammonium borate	488(721)	4.9(5.4)	9.4(14.4)
Boron trioxide	562(494)	4.6(4.3)	13.2(15.0)
5 % acetic acid	621(633)	4.9(5.3)	15.7(13.4)
Untreated wood	498(525)	3.7(3.6)	16.2(19.8)

Note: Values in the parentheses show the ones after leaching.

種のホウ素化合物は20~38%の重量増加率を示した。

溶脱処理後の重量増加率は、反応液として用いたホウ素化合物の間にはあまり差異がなく、10~26%の値を示した。これは、既報に示したように、水ガラス-ホウ素化合物系での反応では木材内に不溶性の無機物が生成されたことを示している。溶脱処理後の重量増加率の溶脱処理前に対する割合、すなわち、不溶性無機物の形成率はホウ酸、ホウ砂、酸化ホウ素の3者で平均50%を越えるのに対して、ホウ酸アンモニウムで最も低く、38%であった。

3・2 無機質複合体の曲げ強さ

無機質複合体の曲げ強さ、曲げヤング率、破壊ひずみをTable IIに示す。

溶脱処理前の複合体の曲げ強さは、ホウ酸アンモニウムを除いて増加しており、無処理材に対して6%から25%の向上をもたらした。ホウ砂と5%酢酸が高い曲げ強さを示した。溶脱処理後では増加するものと減少するものとが半々であり、変動が大きかったが、ホウ酸ア

Fig. 1. Relationship between modulus of elasticity and weight percent gain (WPG) in wood-mineral composites before leaching.

Fig. 2. Relationship between bending strength and modulus of elasticity in wood-mineral composite.

Remarks: ■: Before leaching.

□: After leaching.

ンモニウムで無処理材よりも37%の向上を示した。曲げ強さと重量増加率の相関を調べたが、溶脱処理前後とも両者の間に明確な相関が得られなかった。曲げ強さの増加は、複合体中の無機物の量や不溶性無機物の形成には直接的に影響されず、生成された個々の無機物の性質や複合体における存在形態などの関与、さらに後述する複合体の表層部におけるバルキングとアルカリによる劣化の影響が考えられるが、これについては今後検討を要する。

曲げヤング率は無機質複合体化によっていずれのホウ素化合物でも増加しており、無処理材に対して16% (ホウ酸) から41% (ホウ酸カリウム) の向上を示した。曲げヤング率と重量増加率との関係を調べてみると (Fig. 1), 両者の間に直線関係 (相関係数0.85) が認め

Fig. 3. Relationship between strain at failure and weight percent gain (WPG) for wood-mineral composite.

Remarks: ■: Before leaching.
□: After leaching.

Fig. 4. Relationship between strain at failure and modulus of elasticity in wood-mineral composites after leaching.

られた。重量増加率が增加するにつれて、曲げヤング率は直線的に増加し、無機物の生成が多くなるほど、すなわち複合体の比重が増加すると、曲げヤング率の向上に寄与することがわかった。曲げヤング率と比重の関係を調べると、両者の間に直線関係（相関係数 0.90）があった。比重の増加にともなう、一般に曲げヤング率が増大することが知られている。曲げヤング率と曲げ強さの相関を調べたのが、Fig. 2 である。溶脱処理前および処理後の両方においても両者の間に正の相関（相関係数それぞれ 0.85, 0.89）が認められた。

したがって、本研究の木材無機質複合体では、曲げ強さと重量増加率の間に相関は認められなかったが、曲げヤング率は重量増加率の増大とともに向上することが判明した。

破壊ひずみは無処理材に比べていずれも低下し、ホウ酸アンモニウムが最も小さく、42 % の減少を示してい

た。また溶脱処理後の値はほとんど増加しているが、溶脱処理した無処理材よりも低い値であった。破壊ひずみと重量増加率の関係を調べてみると (Fig. 3), 溶脱処理前および処理後とも負の相関（相関係数それぞれ -0.76, -0.72）が認められ、重量増加率の増加とともに破壊ひずみは低下する傾向があった。破壊ひずみが低下する大きな理由として、3・3 節で記述するように、バルキングとアルカリ溶液に起因する基材である木材の劣化によって複合体がもろくなったことが考えられる。また破壊ひずみは曲げヤング率の増加とともに低下する傾向があったことから (Fig. 4, 相関係数 0.77), 無機物の生成が多くなるほど破壊ひずみが低下し、それによっても曲げヤング率が増加して複合体の剛性が高まるものと理解できる。

3・3 無機質複合体の硬さ

硬さ試験の結果得られた無機質複合体のブリネル硬さを Table III に示す。

木口面硬さはいずれのホウ素化合物でも著しく増大し、無処理材に対して約 50 % (ホウ砂) から 150 % (ホウ酸カリウム) の向上を示した。この硬さの向上は、細胞内腔などの空隙に生成された無機物が沈積することによる充填効果によってもたらされたものであるといえる。そこで、重量増加率とブリネル硬さの関係を調べてみると (Fig. 5), 明らかに正の相関（相関係数 0.91）が認められた。すなわち、重量増加率の増加とともにブリネル硬さは増大している。これは無機物による充填効果を裏付けるものと思われる。木口面硬さの場合、木口面で切開されている中空の細胞が軸方向に配列しているの、細胞内腔を充填している無機物それ自体が直接硬さの向上に寄与すること以外に、細胞壁を補強する効果もあると考えられる。

しかし、溶脱処理を行うと、すべての試験片で硬さが減少し、ほとんど無処理材よりも低い値を示した。これは、溶脱処理によって無機物の量が 40 % から 70 % も減少すること (Table I) から、無機物の充填効果が十分に発揮されなくなったためと考えられる。ブリネル硬さと重量増加率の関係をみても (Fig. 5), 溶脱処理前とは逆に負の直線関係（相関係数 -0.66）が認められた。

Table III. The results of hardness test of wood-mineral composites and untreated wood.

Reactants	Brinell hardness (kgf/mm ²)		
	Cross section	Radial section	Tangential section
Boric acid	5.22(2.70)	0.75(0.43)	0.63(0.68)
Borax	4.94(2.97)	0.66(0.48)	0.82(0.60)
Potassium borate	8.17(3.37)	0.66(0.47)	0.66(0.54)
Ammonium borate	6.56(3.02)	0.63(0.47)	1.11(0.66)
Boron trioxide	6.78(2.77)	0.84(1.00)	1.34(0.59)
5 % acetic acid	4.67(3.96)	0.72(0.82)	0.94(0.71)
Untreated wood	3.33(3.72)	0.78(1.00)	0.80(0.97)

Note: Values in the parentheses show the ones after leaching.

Fig. 5. Relationship between Brinell hardness and weight percent gain (WPG) in the cross section of wood-mineral composites.

Remarks: ■: Before leaching.
□: After leaching.

Fig. 6. Relationship between Brinell hardness and weight percent gain (WPG) in the radial section of wood-mineral composites.

Remarks: ■: Before leaching.
□: After leaching.

この理由として考えられるのは、充填効果が発現しなくなったこと以外に、バルキングとアルカリ溶液による木質部の劣化である。アルカリによる劣化は、試験片の表層に近いほど影響を大きく受けるものと思われる。硬さ試験は鋼球の圧入深さが表面から約 0.32 mm に達した所までであり、表層部における硬さの状態を強く反映している。さらに不溶性の無機物の存在とその量がバルキングに関与して表層付近の強度低下を引き起こし、負の直線関係をもたらすものと考えられる。

一方、柾目面硬さおよび板目面硬さは、多くの試験片で硬さの向上が見られなく、板目面硬さにおいてホウ酸アンモニウムと酸化ホウ素で増大しただけである。溶脱処理では木口面と同様に柾目面および板目面ともほとんど硬さが低下した。ブリネル硬さを重量増加率との関係で調べると (Fig. 6, Fig. 7), 溶脱処理前でも硬さは重量増加率の増加とともに減少する傾向がみられ (相関係数 -0.67), 木口面硬さとは逆の現象となった。縦断面の場合、木口面と違って、細胞が切開されて開口している部分が少なく、細胞壁が露出していることが多いため、無機物の充填効果よりもむしろ、既述したとおり表層部におけるバルキングとアルカリによる劣化の影響が大きく関与していると考えられる。溶脱処理後では、柾目面と板目面の両者ともブリネル硬さは、木口面と同様に負の直線関係があり、高い相関 (相関係数いずれも -0.91) が得られた。

3・4 無機質複合体の耐摩耗性

摩耗試験の結果得られた無機質複合体の耐摩耗性をテーパー摩耗指数として Table IV に示す。

テーパー摩耗指数は、柾目面、板目面ともほとんど無

Fig. 7. Relationship between Brinell hardness and weight percent gain (WPG) in the tangential section of wood-mineral composites after leaching.

Table IV. The results of abrasion test of wood-mineral composites and untreated wood.

Reactants	Taber type abrasion index	
	Radial section	Tangential section
Boric acid	0.37(0.32)	1.11(0.80)
Borax	0.33(0.29)	0.73(0.77)
Potassium borate	0.51(0.33)	1.04(1.11)
Ammonium borate	0.45(0.26)	0.70(0.44)
Boron trioxide	0.18(0.24)	0.87(0.62)
5 % acetic acid	0.32(0.26)	0.47(0.44)
Untreated wood	0.24(0.21)	0.42(0.46)

Note: Values in the parentheses show the ones after leaching.

処理材よりも増大しており、それぞれ最大 2.1 倍 (ホウ酸カリウム), 2.5~2.6 倍 (ホウ酸カリウム, ホウ酸) の値を示した。また溶脱処理後でも同様であった。すなわち、水ガラス-ホウ素化合物系で作製した無機質複合体の耐摩耗性は、無処理材より低下した。テーパー摩耗指数と重量増加率との関係を Fig. 8 (柾目面, 相関係数

Fig. 8. Relationship between Taber type abrasion index and weight percent gain (WPG) in the radial section of wood-mineral composites.

Remarks: ■: Before leaching.
□: After leaching.

Fig. 9. Relationship between Taber type abrasion index and weight percent gain (WPG) in the tangential section of wood-mineral composites.

Remarks: ■: Before leaching.
□: After leaching.

0.67, 0.81) および Fig. 9 (板目面, 相関係数 0.81, 0.69) に示す. いずれもテーバー摩耗指数は, 溶脱処理前と処理後の両方において, 重量増加率の増加につれて増大する傾向が認められた. 柁目面硬さと板目面硬さは, 重量増加率の増加とともに低下しており (Fig. 6, Fig. 7), 当然摩耗量も増加することが予想される. そこで, ブリネル硬さとテーバー摩耗指数との相関を柁目面について調べた. Fig. 10 において両者の間に負の相関が認められ (相関係数 -0.84 , -0.86), ブリネル硬さはテーバー摩耗指数の増加とともに低下し, 両者は密接な関係にあることがわかった. 同様な傾向が板目面でも見られた.

したがって, 耐摩耗性の低下は, 3・3 節で記述したように, 複合体の表層部におけるバルキングとアルカリによる木質部の劣化が大きな要因として挙げられる.

4 ま と め

水ガラス-ホウ素化合物系で作製した無機質複合体の力学的性質として, 曲げ強さ, 硬さおよび耐摩耗性を検討した.

スギ心材を用い, 水ガラスと 5 種のホウ素化合物による二重拡散処理によって無機質複合木材を調製した.

無機質複合体の重量増加率は, ホウ素化合物の種類, 試験片の大きさや形状により異なり, 20~65% であった. 溶脱処理後の重量増加率は 10~26% であり, 複合体に不溶性の無機質が生成されていることがわかった.

曲げ試験の結果, 複合体の曲げ強さは無処理材に対して 6~25% の向上を示したが, 重量増加率との間に明確な相関はなかった. 曲げヤング率は 16~41% の向上

Fig. 10. Relationship between Brinell hardness and Taber type abrasion index in the radial section of wood-mineral composites.

Remarks: ■: Before leaching.
□: After leaching.

を示し, 重量増加率が増加するにつれて直線的に増大した. また破壊ひずみは低下しており, 重量増加率の増加とともに低下する傾向がみられたことから無機質複合化によって剛性が高まるが, もろくなるものと考えられた. 硬さ試験の結果, 木口面のブリネル硬さは 50~150%

の向上を示した。重量増加率の増加とともに明らかに増大することから、木口面硬さの向上は無機物の充填効果によるものであると判明した。しかし、溶脱処理によってこの充填効果は見られなくなった。一方、柃目面および板目面においては硬さの改善はなく、ブルネル硬さは重量増加率の増加とともに減少する傾向がみられた。この理由として表層部におけるバルキングとアルカリによる木質部の劣化が大きく関与していると考えられた。

摩耗試験の結果、柃目面および板目面におけるテーバー摩耗指数は最大2.6倍までに増大し、複合体の耐摩耗性は減少した。テーバー摩耗指数は重量増加率の増加とともに増大する傾向が認められ、またブルネル硬さと負の相関があったことから、耐摩耗性の低下は同様にバルキングとアルカリによる劣化の影響が考えられる。

本研究実施に当たり、物性試験の測定に際して種々ご援助をいただいた島根大学農学部徐 珩氏に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) T. Furuno, K. Shimada, T. Uehara and S. Jodai, *Mokuzai Gakkaishi*, **38**, 448 (1992).
- 2) T. Furuno, T. Uehara and S. Jodai, *Mokuzai Gakkaishi*, **39**, 561 (1993).
- 3) T. Furuno, *Chemical Modification of Lignocellulosics (FRI Bulletin No. 176)*, p. 190 (1992).
- 4) 古野 毅, 田所隆治, 上原 徹, *材料*, **44**, 292 (1995).
- 5) T. Furuno and Y. Imamura, *Proc. of Second Pacific Rim Bio-based Composites Symp.*, p. 92 (1994).
- 6) 今村祐嗣, 第18回木材の化学加工研究会シンポジウム講演集, p. 31 (1988).
- 7) S. Saka and M. Sasaki, *Mokuzai Gakkaishi*, **38**, 1043 (1992).
- 8) K. Ogiso and S. Saka, *Mokuzai Gakkaishi*, **39**, 301 (1993).
- 9) S. Saka and Y. Yakake, *Mokuzai Gakkaishi*, **39**, 308 (1993).
- 10) K. Ogiso and S. Saka, *Mokuzai Gakkaishi*, **40**, 1100 (1994).
- 11) 今村祐嗣, *材料*, **38**, 1224 (1989).
- 12) 日本工業標準調査会, “木材防腐剤の性能基準及び試験方法 JIS A9201-1991”, p. 3 (1991) 日本規格協会.
- 13) 高橋 徹, 中山義雄編, “木材科学講座 3 物理”, p. 143 (1992) 海青社.
- 14) 高橋 徹, 中山義雄編, “木材科学講座 3 物理”, p. 97, p. 121 (1992) 海青社.
- 15) 中戸莞二編, “新編木材工学”, p. 143, p. 282 (1985).