

# 河川敷きに自生する草本植物のリサイクル利用

## 概 要

1. はじめに
2. 淀川流域河川敷きに自生する草本類植物の調査
  - 2.1 調査の方法
  - 2.2 調査の結果と考察
3. パーティクルボードの製造と性質
  - 3.1 パーティクルボードの製造方法
    - 3.1.1 ボード原料
    - 3.1.2 ボードの製造
    - 3.1.3 材質試験
  - 3.2 パーティクルボードの性質
    - 3.2.1 力学的性質
    - 3.2.2 寸法安定性
4. おわりに

謝 辞

文 献

京都大学木質科学研究所  
森林総合研究所

川井秀一  
張 敏



## 概 要

淀川流域の河川敷きに自生する草本類植物の種類、発生量を調べ、イネ科チガヤおよびキク科セイタカアワダチソウを主体とする原料を選び、パーティクルボードを試作した。材質に及ぼす接着剤の種類、草種およびパーティクル寸法の影響や、ユリア (UF) とエマルジョン型イソシアネート (E-MDI) 樹脂の混合系接着剤の効果について検討した。

ユリアメラミン (UMF) または UF 樹脂接着剤のみを用いたボードは、接着強度が極めて低く、硬化阻害が認められた。これを改善するために、UF に E-MDI を混入した混合系接着剤を用いた。添加率は総量で 10% とし、UF と E-MDI の混合比は 10/0, 9/1, 8/2、および 6/4 の 4 水準とした。E-MDI の混入割合を 2~4 割とすることで、ボードの力学的性能ならびに寸法安定性は大きく改善された。また、ボードの寸法安定性に及ぼすパーティクル形状・形態の影響も認められた。一方、ポリメリック型イソシアネート (P-MDI) 樹脂接着剤のみで結合したチガヤボードは、木本類原料のボードに比べて、耐水性がやや乏しいが、曲げ性能は同等の値を示した。

The variety and quantity of various herbaceous plants available in dry river-bed of Yodogawa River were investigated. Chigaya (*Imperata cylindrica Linn.*) and Seitakaawadachiso (*Solidago altissima Linn.*) were chosen as the raw materials for manufacturing particleboards. The influences of adhesive type, grass species, and particle configurations on board properties are discussed. The effectiveness of mixtures of urea formaldehyde (UF) resin and emulsion-type isocyanate (E-MDI) resin for upgrading board properties was examined.

The internal bond (IB) strength of the boards bonded with only UF or urea melamine formaldehyde (UMF) resin was very low, due to the retardation of resin hardening. The mixtures of UF and E-MDI resins were used to improve IB and bending strength of the boards. The resin content applied for these UF and E-MDI mixtures was 10%. The UF and UMF mixing ratios were 10/0, 9/1, 8/2 and 6/4, respectively. The mechanical properties and dimensional stabilities of the boards were improved greatly by replacing 20~40% of UF using E-MDI. In addition, the influence of particle size and configuration on the dimensional stabilities was observed. The water resistance of Chigaya particleboards bonded with only polymeric-type isocyanate (P-MDI) resin was slightly low, but the bending strength of the boards was comparable to that of commercial wood-based particleboards.

*Keywords:* herbaceous plant, particle configuration, particleboard, urea-based resin, isocyanate resin.

## 1. はじめに

近年、解体材などのリサイクル資源あるいは非木材系リグノセルロース資源を有効に活用する技術が注目されている。パーティクルボードは、これらの資源を有効利用する最も手近かな材料であり、解体材のリサイクル資源の利用については、最近技術開発が著しく進んでいる<sup>1, 2)</sup>。非木材系リグノセルロース資源については、農産廃棄物の利用等に関連して一部検討が進められている<sup>3-16)</sup>。

一方、資源および環境問題が人類の関心事になっており、ゴミ問題も現在の社会問題となっている。わが国では、平成4年7月施行の「改正廃棄物処理法」に基づき、廃棄物はリサイクル等によって、減量化を図っていくことになった。また、ゴミ等の野焼きが規制されたため、今まで、大部分焼却処分されていた河川敷きの刈り草廃棄物についても、リサイクルの対象となっている。河川敷きに自生する草本類植物は様々な種類および膨大な蓄積があり、リグノセルロース資源としてパーティクルボード等の生産に有効利用すれば、森林保護だけではなく、ゴミ処理の対策としても非常に意義があると考えられる。

しかしながら、草本類植物は木材に比べて、リグニン含有率が少なく、ヘミセルロース成分が多いほか、タンパク質や灰分等が極めて多いのが一般的特徴であり<sup>17)</sup>、これらを用いたボードは耐生物劣化に乏しいと推定される。また、接着剤の硬化阻害が生じる抽出成分やワックス等も含まれると考えられる。これらの問題点を考慮すると、草本類資源を有効利用するためには、接着性の改善や耐朽性の向上が不可欠である。

本研究は、淀川流域河川敷きに自生する草本類植物に着目し、その種類および蓄積量を調査して、これらを原料としたパーティクルボードの開発に関する基礎的な研究を行なったものである。

## 2. 淀川流域河川敷きに自生する草本類植物の調査

### 2.1 調査の方法

調査対象区域は、京都南西部を流れる三川合流地域、すなわち、桂川、宇治川、および木津川の合流地点から淀川流域の毛馬町までである。季節や地域の変動を考慮し、3回にわたって調査を行った。

この全域で無作為に10地点を選び、それぞれの地点の高水敷、表法面および裏法面の各3箇所、計9箇所（各10m<sup>2</sup>）において、草の種類を調べ、生草の重量を測定した。その結果、年間3回にわたる刈り草の総面積は約360haに及んでいることがわかった。

調査地域の地点（図1）、設定された調査区域の様子（写真1）ならびに代表的な草種（写真2）を示す。

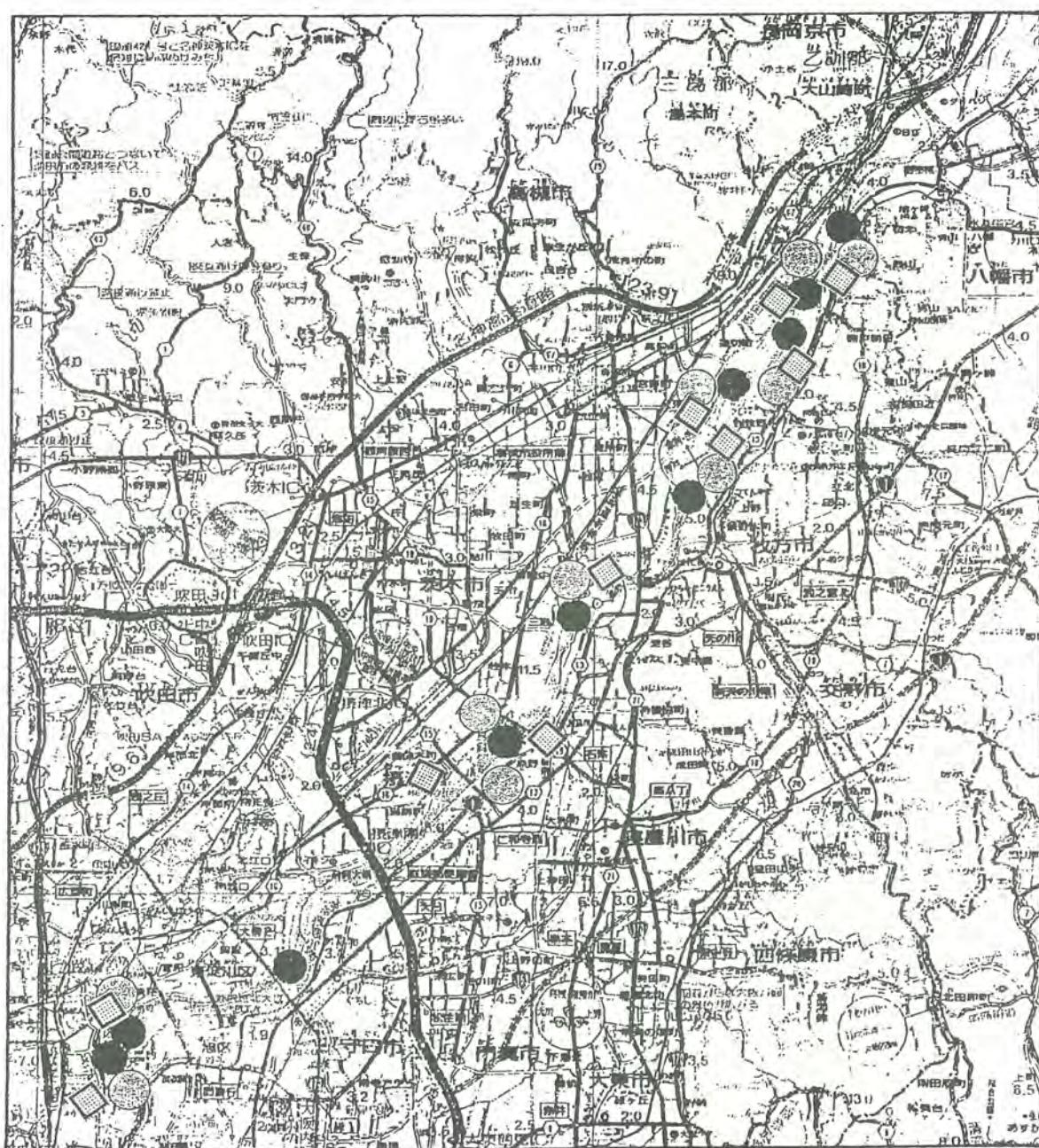
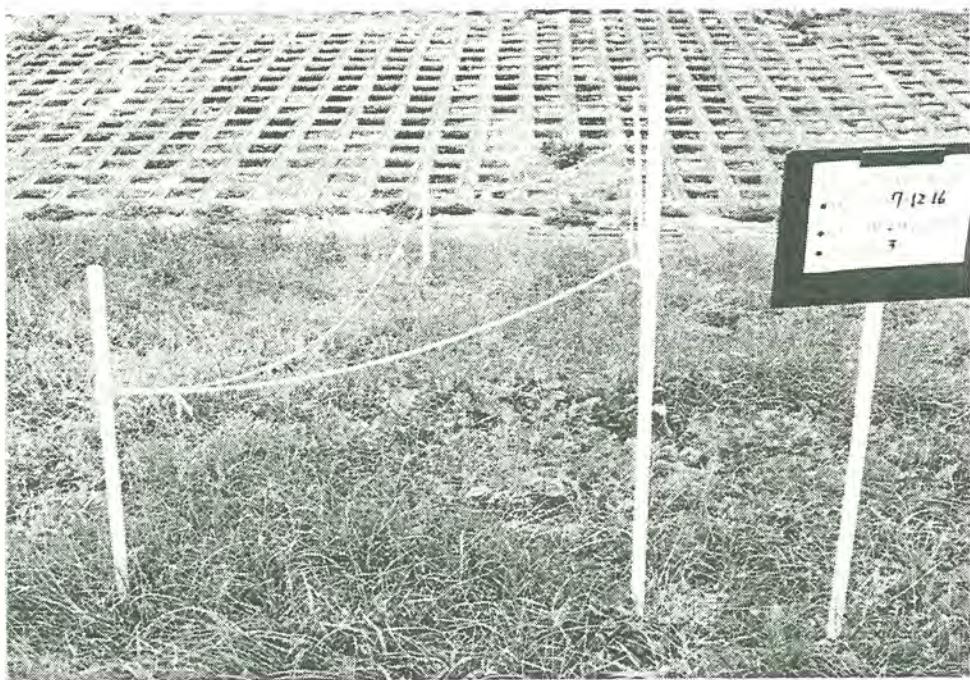


図1 調査対象区域となった京都南西部を流れる三川合流地域

● 第1回、 ○ 第2回、 ▨ 第3回

刈草前



刈草後



写真1 設定された調査区域の様子

チガヤ



セイタカアワダチソウ



写真2 調査区域で観察された代表的な草種

## 2.2 草本類植物の種類と蓄積量

河川敷きに自生する草本類植物は 60 以上の種類に及び、その全容はまだ十分明らかではないが、調査区域のデータから蓄積量の多い草種およびその分類を Table1 に示す。これらの草種およびその蓄積量の地域性が認められたほか、季節の変動による草種および生草重量が、著しく異なることが明らかであった。

Table 1. Ranking of herbaceous plant species from a dry river-bed\*

Rank	1	2	3	4	5
Common name (In Japanese)	Enokorogusa	Chigaya	Seitakaawadachiso	Seiyokarashina	Seibanmorokoshi
Family	Gramineae	Gramineae	Compositae	Cruciferae	Gramineae
Genus	Setaria	Imperata	Solidago	Nasturtium	Sorghum
Scientific name	<i>Setaria</i> <i>viridis</i> L.	<i>Imperata</i> <i>cylindrica</i> L.	<i>Solidago</i> <i>altissima</i> L.	<i>Nasturtium</i> <i>officinale</i> R.	<i>Sorghum</i> <i>nitidum</i> P.

Rank	6	7	8	9	10
Common name (In Japanese)	Yomogi	Kuzu	Oninogeshi	Krasunoendo	Obako
Family	Compositae	Leguminosae	Compositae	Leguminosae	Plantaginaceae
Genus	Artemisia	Pueraria	Sonchus	Vicia	Plantago
Scientific name	<i>Artemisia</i> <i>princeps</i> P.	<i>Pueraria</i> <i>lobata</i> W.	<i>Sonchus</i> <i>asper</i> L.	<i>Vicia</i> <i>Sepium</i> L.	<i>Plantago</i> <i>asiatica</i> L.

\* Note; Ranking based on quantity (1, 2, 3, ..., 10) descending

Table2 に季節毎の上位 3 位の草種および生草重量を示している。例えば、夏季（7月）および秋季（9月）の場合、セイタカアワダチソウが最上位になっているが、冬季（12月）の場合、セイヨウカラシナ、エノコログサおよびチガヤの順になっている。季節や草種によって生草重量は異なるが、全草種の平均生草重量は約 0.86kg/m<sup>2</sup> となった。したがって、調査対象区域における年間の推定生草蓄積量は、およそ 3000 トンと算出される。

一方、草本類植物の含水率は木本類植物のそれに比べて、大きく異なると思われる。その差異および草本類植物の実質的蓄積量を把握するために、秋季に採集した刈り草の中から無作為に 7 種類を選んで生草の含水率を測定し、その結果を Table3 に示した。ヤブマオの生草含水率は 490% を超え最大となり、チガヤのそれはその 3 分の 1 程度で最小となった。草種によって含水率は著しく異なるものの、全草種の刈り草の平均含水率は 240% 程度と推算できる。したがって、年間推定刈り草の全乾重量は約 900 トンと見込まれる。

Table 2. Availability of herbaceous plant species in different seasons of the year.

Season	Summer		
Rank	1	2	3
Common name	Seitakaawadachiso	Seibanmorokoshi	Chigaya
Green weight (kg/m <sup>2</sup> )	1.13	0.64	0.32
Season	Autumn		
Rank	1	2	3
Common name	Seitakaawadachiso	Chigaya	Enokorogusa
Green weight (kg/m <sup>2</sup> )	2.78	2.33	1.35
Season	Winter		
Rank	1	2	3
Common name	Seiyokarashina	Enokorogusa	Chigaya
Green weight (kg/m <sup>2</sup> )	2.21	1.62	0.67

Table 3. Moisture contents of herbaceous plants

Common name	Yabumao	Seitakaawadachiso	Enokorogusa
Moisture content (%)	491	312	265
<hr/>			
Common name	Seibanmorokoshi	Yomogi	Kuzu
Moisture content (%)	241	217	182
<hr/>			
Chigaya			
168			

### 3. パーティクルボードの製造と性質

#### 3.1 パーティクルボードの製造

##### 3.1.1 ボード原料

本実験で用いた原料は、淀川流域河川に自生するイネ科チガヤ (*Imperata cylindrica* Linn.)、およびキク科セイタカアワダチソウ (*Solidago altissima* Linn.) であり、いずれも年間刈り草量が上位のものである。チガヤは比較的比重が低い草種であるのに対し、セイタカアワダチソウは比較的比重が高い草種である。

原料を気乾含水率 (10%) に調整したのち、ハンマーミルで破碎した。チガヤパーティクルについては、1回あるいは3回繰り返して粉碎し、平均寸法が 25.0×0.4mm および 10.0×0.4mm の異なる2種類のパーティクルを調製した。これらを単独原料として用いる他に、長いチガヤパーティクルおよびセイタカアワダチソウパーティクルを 1 : 1 に混合したものも原料に用いた。チガヤパーティクルが細長い形状を持つのに比べて、セイタカアワダチソウのパーティクルは太くて短く、平均寸法 5.0×2.8mm のものがほとんどである。なお、チガヤおよびセイタカアワダチソウパーティクルの気乾比重を測定した結果、それぞれ約 0.23 および 0.30 であった。

一方、使用した接着剤は以下の4種である。ユリア系接着剤として、(株) ホーネンコーポレーション製のユリア樹脂 (UF、品番 UB-104) およびユリア・メラミン樹脂 (UMF、品番 UB-201) 接着剤を用い、それぞれの含脂率は 58% および 59% であった。イソシアネート系接着剤については、日本ポリウレタン工業 (株) 製のエマルジョン型イソシアネート樹脂接着剤 (E-MDI)、および群栄化学工業 (株) 製のポリメリック型イソシアネート樹脂接着剤 (P-MDI、品番 UL-4811) を用いた。

### 3.1.2 ボードの製造

ボード寸法は、 $400 \times 350 \times 12$  (mm) とし、目標密度を 0.40 および  $0.70 \text{g/cm}^3$  の 2 水準に設定した。所定量の原料をロータリーブレンダー内に入れ、回転攪拌しながら、UMF、UF、UF と E-MDI の混合物、および P-MDI を噴霧添加した。いずれの接着剤の場合も、添加率は総量で原料の乾量に対して固形分重量比 10%とした。UF および E-MDI 樹脂の混合比は 10/0、9/1、8/2、および 6/4 の 4 水準とした。なお、UF および UMF を用いた場合、硬化剤として塩化アンモニウムを樹脂固形分に対して 1%を添加した。P-MDI の場合、20%のアセトンを添加し濃度を調整した。

手撒き散布によってマットを成形したのち、熱圧成板した。熱圧温度は  $160^\circ\text{C}$ 、圧縮時間は P-MDI の場合 4 分、混合系接着剤の場合 7 分、UMF および UF の場合 10~12 分とした。各条件について 1~2 枚、計 30 枚のボードを試作した。いずれも、ディスタンス・バーを用いてボードの厚さを制御した。

### 3.1.3 材質試験

日本工業規格のパーティクルボード JIS A 5908 に従って常態曲げ試験および湿潤曲げ試験 (A 試験)、はく離強度試験、木ねじ保持力試験を行なった。曲げ試験のスパンとボード厚さの比は 17 とした。また、常温水中 ( $20^\circ\text{C}$ ) に 24 時間浸せき後の吸水厚さ膨張率および吸水率を測定した。なお、長さ 22cm の湿潤曲げ試験片を用いて、温水中 ( $70^\circ\text{C}$ ) に 2 時間および常温水中に 1 時間浸せき処理を行なう前後の長さを、精度 0.01mm のダイヤルゲージで測定し、線膨張率を求めた。各試験における試験片数はそれぞれ 4~5 体とした。

## 3.2 パーティクルボードの性質

### 3.2.1 力学的性質

本実験では、長さの異なる 2 種類チガヤパーティクルを用いたが、パーティクル長さの力学的性質に対する影響は非常に小さいため、長いチガヤパーティクルを用いたボードの力学的性質のみについて考察する。

製造されたボードは  $20^\circ\text{C}$ 、相対湿度 60% の室内で 2 週間調湿した。この時の平衡含水率はいずれも 7% ~ 9% であり、木本類原料を用いたものと同等な値を示した<sup>18)</sup>。

Fig.1 および Fig.2 は、ボードの常態曲げ強度および曲げヤング率をそれぞれ示している。図より、ボードの曲げ性能は、接着剤の種類に大きく依存する。すなわち、UMF および UF のみを用いたチガヤボードは、曲げ強度と曲げヤング率ともに極めて小さく、いずれも硬化阻害の影響を示唆する結果となった。しかしながら、僅かな E-MDI (1割) を併用することによって、ボードの曲げ強度および曲げヤング率は大きく向上し、また、E-MDI 混入量の増加に伴ってこれらの値が増大することが明らかとなった。P-MDI を 10% 添加したボードは、最も高い曲げ強度と曲げヤング率を示しているが、UF/E-MDI = 6/4 の場合に比べてそれほど大きな増加が見られなかった。このことから、チガヤ原料の接着性を改善するために、UF に 1~4% のイソシアネート系樹脂接着剤を添加すると、充分な効果が得られると推定できる。

密度  $0.7 \text{g/cm}^3$  のチガヤボードでは、P-MDI を用いた場合、 $230 \text{kgf/cm}^2$  の曲げ強度を持ち、UF/E-MDI = 6/4 の場合も、 $190 \text{kgf/cm}^2$  以上の値を持っているので、パーティクルボードの主たる用途である住宅の床・野地等の構造用途はもちろん、家具その他の非構造用途に対しても、使用しうる値が得られている。

一方、密度  $0.4\text{g/cm}^3$  のボードでも、 $50\text{kgf/cm}^2$  以上の曲げ強度が得られるので、断熱・吸音材や除草マット等への利用が期待できる<sup>19-21)</sup>。

セイタカアワダチソウボードにも、硬化阻害の影響が現れているが、E-MDI の添加により、その曲げ強度および曲げヤング率はともに改善されることが認められた。しかし、チガヤボードに比べて、セイタカアワダチソウボードの曲げヤング率は変わらないものの、曲げ強度は顕著に低くなっている。これについては、セイタカアワダチソウパーティクルは主に茎からなり、細長比が 2 に過ぎないが、チガヤパーティクルは主に枝葉により構成され、その細長比が 60 以上に達している。このようなパーティクルの形状・形態によって、前者のパーティクル同士間のエンタングルメントが後者より出来にくく、さらに、セイタカアワダチソウボードの圧密度がチガヤボードより小さいことも、曲げ強度の低下に反映していると考えられる。

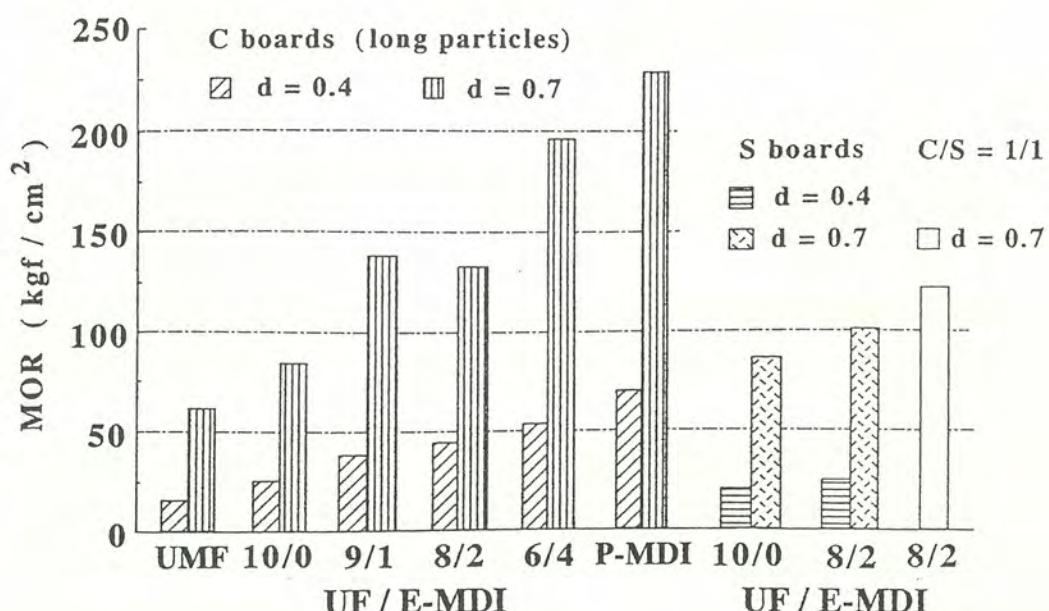


Fig. 1. Moduli of rupture (MOR) of boards.

Notes: C: Chigaya, S: Seitakaawadachiso, d: board density ( $\text{g/cm}^3$ ).

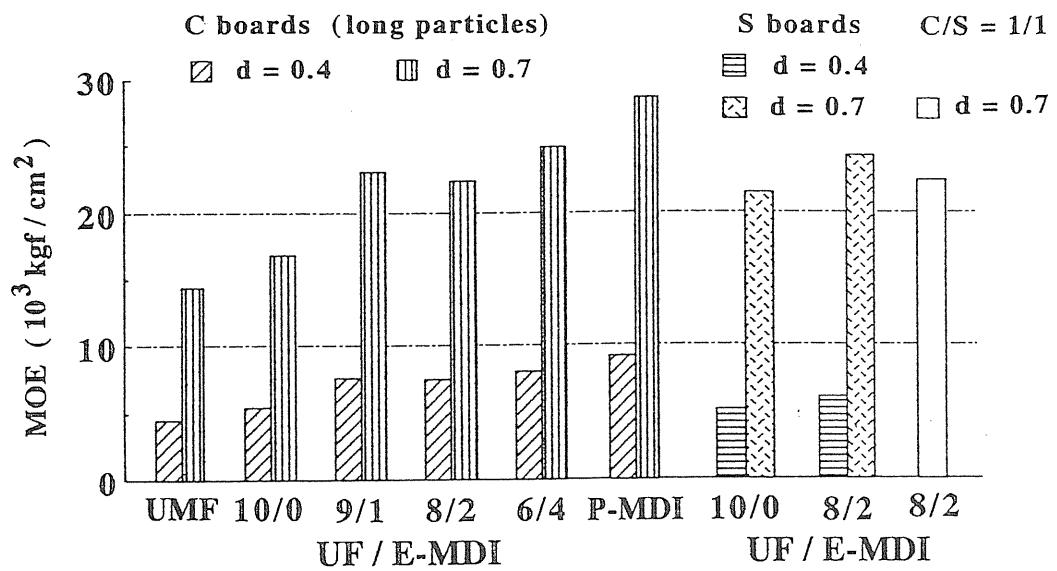


Fig. 2. Moduli of elasticity (MOE) of boards.

Notes: C: Chigaya, S: Seitakaawadachiso, d: board density ( $\text{g/cm}^3$ ).

また、これら 2 種類の草種の混合ボードについて、その曲げ強度および曲げヤング率はそれぞれ  $121.3 \text{ kgf/cm}^2$  および  $22.4 \text{ tonf/cm}^2$  である。この値は単一草種を用いたボードのそれらの中間にあり、混合則が成り立つようである。

密度  $0.7 \text{ g/cm}^3$  のみのボードの湿潤曲げ強度と曲げヤング率を Fig. 3 に示す。図より、UMF および UF を用いたボードでは、浸せき劣化処理後の曲げ強度および曲げヤング率は大幅に減少したが、E-MDI 接着剤の添加率の増加により耐水強度の増加が認められた。チガヤボードの場合は、2 %以上の E-MDI の添加によって、40～50%程度の残存強度を保持している。しかし、曲げヤング率は、曲げ強度より浸せき劣化処理の影響を大きく受けている。一方、セイタカアワダチソウボードの曲げ強度と曲げヤング率の残存率はともに極めて低く、耐水性能がチガヤボードよりさらに悪いことが認められた。チガヤおよびセイタカアワダチソウを 1/1 に混合したボードの湿潤曲げ強度や曲げヤング率は、両者の中間にあることが示された。

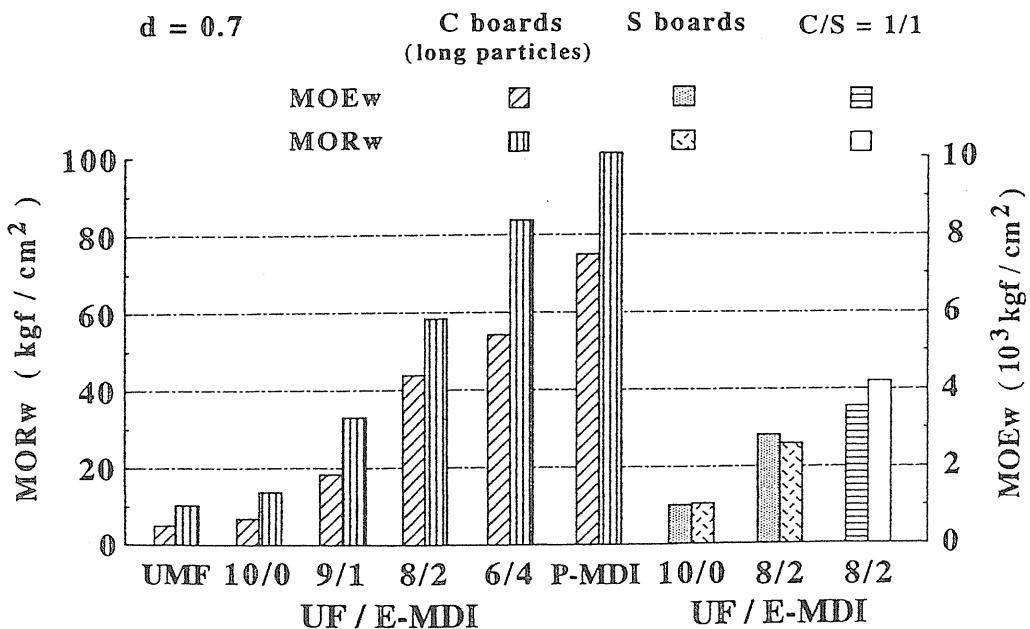


Fig. 3. Moduli of rupture (MORw) and elasticity (MOEW) of boards after water-soaking at 70 °C for 2 h.

Notes: C: Chigaya, S: Seitakaawadachiso, d: board density (g/cm³).

密度 0.7g/cm³のボードのはく離強度を Fig.4 に示す。UMF および UF を用いたボードのはく離強度は極めて低く、UMF あるいは UF 接着剤のみでは十分な接着力が得られないことがわかる。しかしながら、E-MDI 添加率の増加とともにのはく離強度は大幅に増加し、その最大値はチガヤボードの場合 4kgf/cm² 以上であるので、JIS に要求される 3.1kgf/cm² 以上の値を満たしている。セイタカアワダチソウボードのはく離強度は、チガヤボードより大きくなり、木本類原料のボードに近い値を示した。草種の違いによって硬化阻害性に差があることが伺えるが、セイタカアワダチソウパーティクルは太くて短い形状を持ち、3次元的にフォーミングされるので、マットの厚さ方向に縦配列されるパーティクルがはく離強度の向上に役立つものと考えられる。

原料に含まれる硬化阻害物質については、その化学成分、とくに抽出成分が注目される。特に、草本類植物の化学組成は季節にも大きく影響されるが、たとえば、チガヤと同じイネ科の一種であるチモシー (*Phleum Pratense*) の成分をみると、およそセルロースが 30%、ヘミセルロースが 35%、リグニン 20%、タンパク質 10%、灰分 10% となっている<sup>7)</sup>。木本に比べると、セルロースが少なく、ヘミセルロースが多く、タンパク質および灰分が極めて多いのが特徴である。さらに、既報では<sup>12)</sup>、竹等の硬化阻害成分は表皮および内皮に存在するワックス成分であることが明らかにされている。したがって、本研究においても、これらの成分が接着阻害を引き起こしたと推察される。これらの点については今後さらに検討する必要がある。

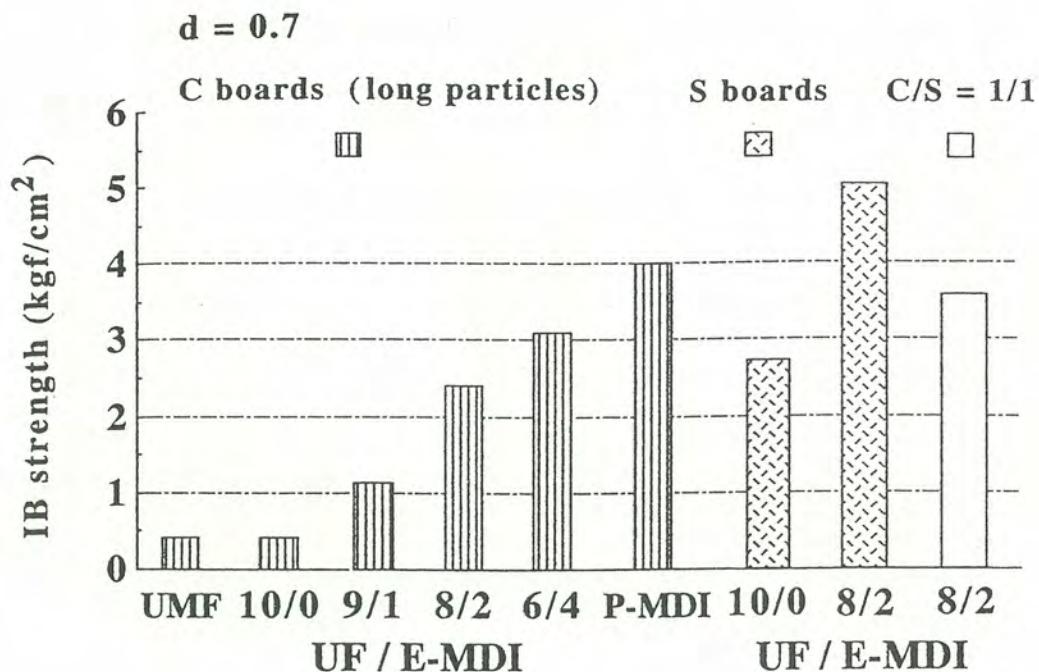


Fig. 4. Internal bond (IB) strengths of boards.

Notes: C: Chigaya, S: Seitakaawadachiso, d: board density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

密度  $0.7\text{g}/\text{cm}^3$  のボードの木ねじ保持力を Fig. 5 に示す。チガヤボードの場合は、E-MDI 接着剤の増加に伴って木ねじ保持力が増加する傾向が見られた。一方、同じ接着剤添加率の場合、セイタカアワダチソウボードの木ねじ保持力は、チガヤボードのそれに比べて著しく大きな値を示した。また、UF 接着剤のみを用いたボードでも、大きい値を示すことが注目される。しかしながら、いずれのボードの場合でも、 $40\text{kgf}$  以下と値が低いため、構造用としては十分ではないと思われる。

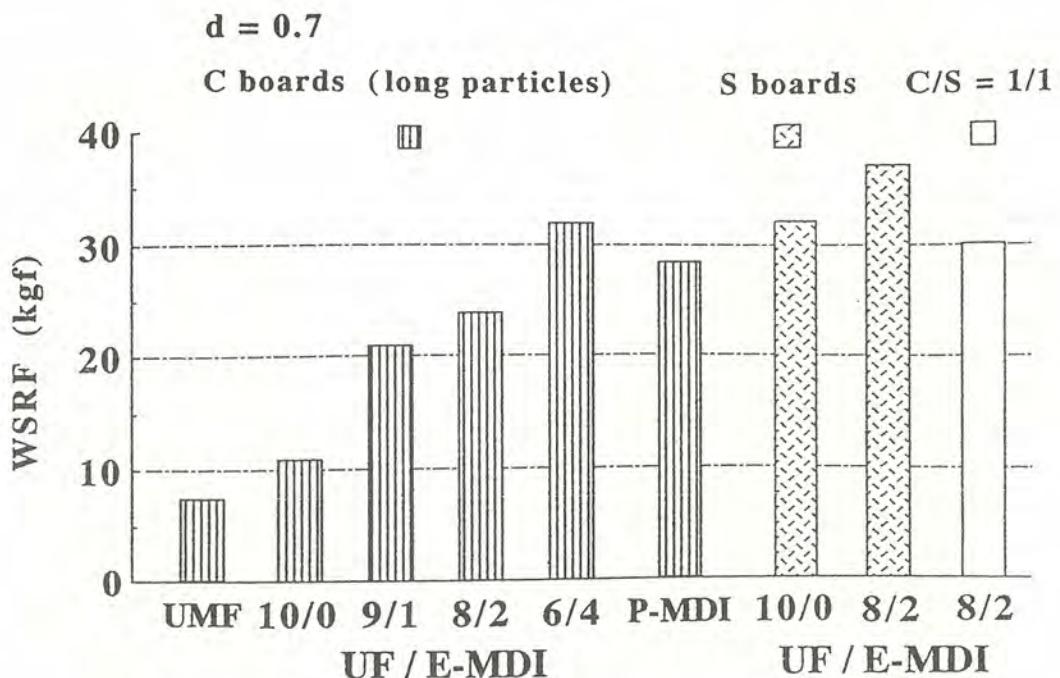


Fig. 5. Wood screw retaining forces (WSRF) of boards.

Notes: C: Chigaya, S: Seitakaawadachiso, d: board density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

### 3.2.2 寸法安定性

常温水中 24 時間浸せき後の厚さ膨張率ならびに吸水率を Fig. 6 および Fig. 7 にそれぞれ示す。UMF および UF 接着剤のみのボードでは、厚さ膨張率は非常に大きいが、E-MDI 接着剤の添加率の増加に伴い急激に低下する。チガヤボードにおいては、E-MDI 接着剤 4 % の添加により厚さ膨張率は 15 % 程度まで改善され、この値は P-MDI のみ 10 % を用いたボードのそれとほぼ同等である。曲げ強度の場合と合わせて見ると、ユリア系接着剤に 4 % 程度の E-MDI を混入すると、草本類原料ボードの強度性能および寸法安定性の改善に有効であると考えられた。

一方、厚さ膨張率に及ぼすパーティクル寸法の影響についてみると、接着剤の種類に依らず、短いパーティクルを用いたチガヤボードの厚さ膨張率が低くなっている。これは、木本類原料の場合と同様で、エレメント寸法の減少に伴ってその相互の密着性がよくなるためである<sup>23, 24)</sup>。密度  $0.4 \text{ g}/\text{cm}^3$  のボードでは、吸水厚さ膨張率は若干小さくなるものの、密度  $0.7 \text{ g}/\text{cm}^3$  のボードと同様な傾向を示した。

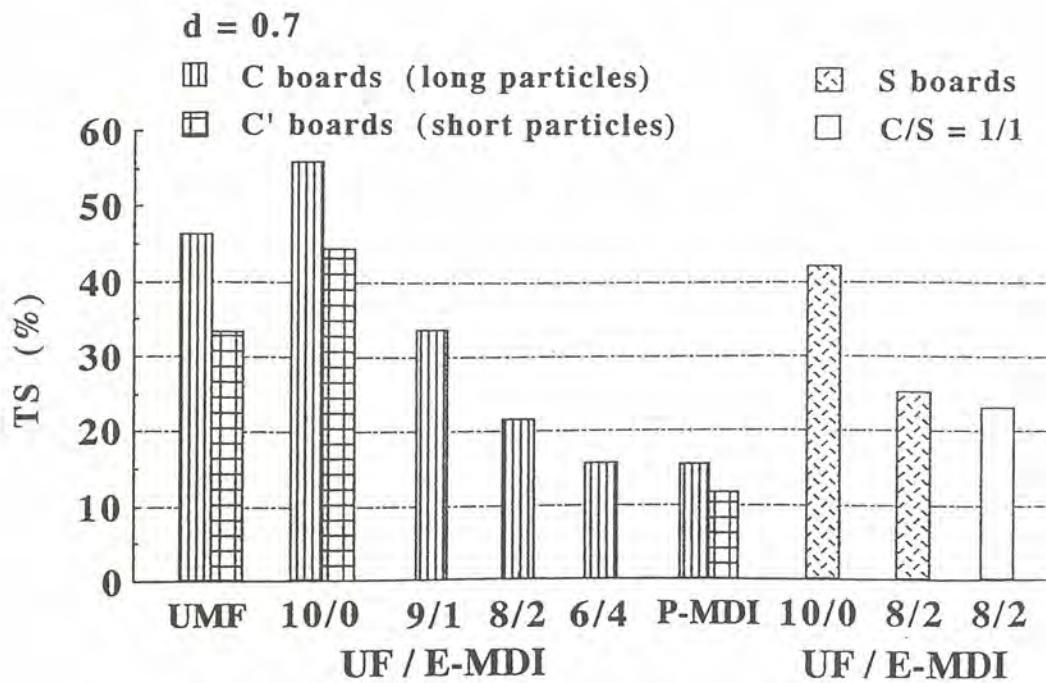


Fig. 6. Thickness swellings (TS) of boards after water-soaking at 20 °C for 24 h.

Notes: C: Chigaya, S: Seitakaawadachiso, d: board density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

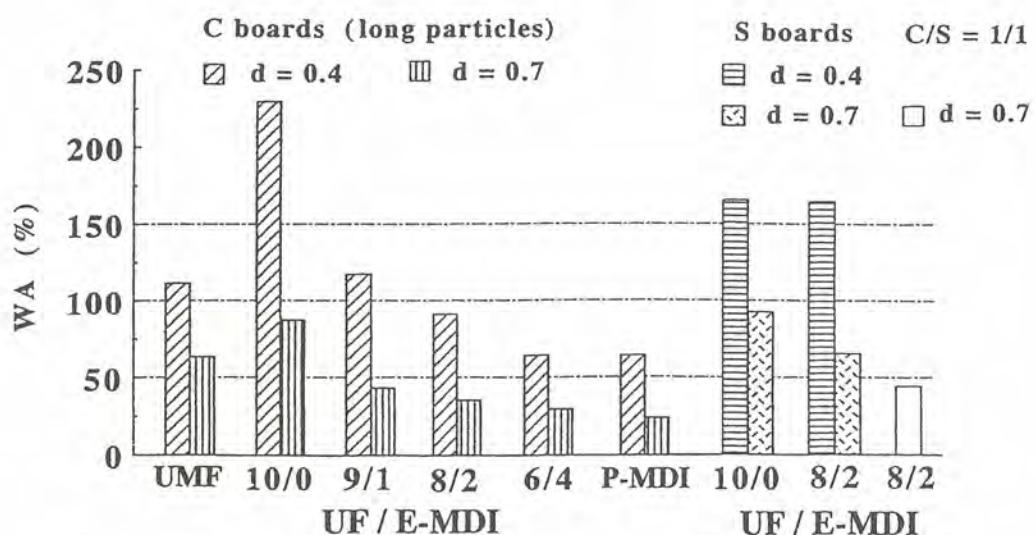


Fig. 7. Water absorptions (WA) of boards after water-soaking at 20 °C for 24 h.

Notes: C: Chigaya, S: Seitakaawadachiso, d: board density ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

同じように、E-MDI 接着剤の添加効果が吸水率でも認められた。厚さ膨張率の場合と反対に、吸水率は圧密度の小さい低比重ボードで大きい値を示した。とくに、UF 接着剤のみを用いた低比重ボードは、極めて高い吸水率を示した。

密度  $0.7 \text{ g/cm}^3$  のボードの線膨張率を Fig. 8 に示す。厚さ膨張率の場合と同様に、E-MDI 接着剤の添加率の増加と共に線膨張率は小さくなつた。処理条件は多少異なるが、市販の木本原料によるパーティクルボードの線膨張率は  $0.6\%$  程度であり<sup>25)</sup>、20%以上の E-MDI 接着剤を混入したチガヤボードで、同等の値を示すことが明らかとなつた。しがしながら、セイタカアワダチソウボードの線膨張率は極めて大きく、チガヤボードの値の約 2 倍に達している。これは前述のように、セイタカアワダチソウパーティクルの細長比がチガヤの 30 倍を超えたことが原因と考えられる<sup>23)</sup>。一方、同じチガヤボードでも、ボード密度に依らず、長いパーティクルによるボードの線膨張率は小さくなり、その形状の寄与が明らかであった。

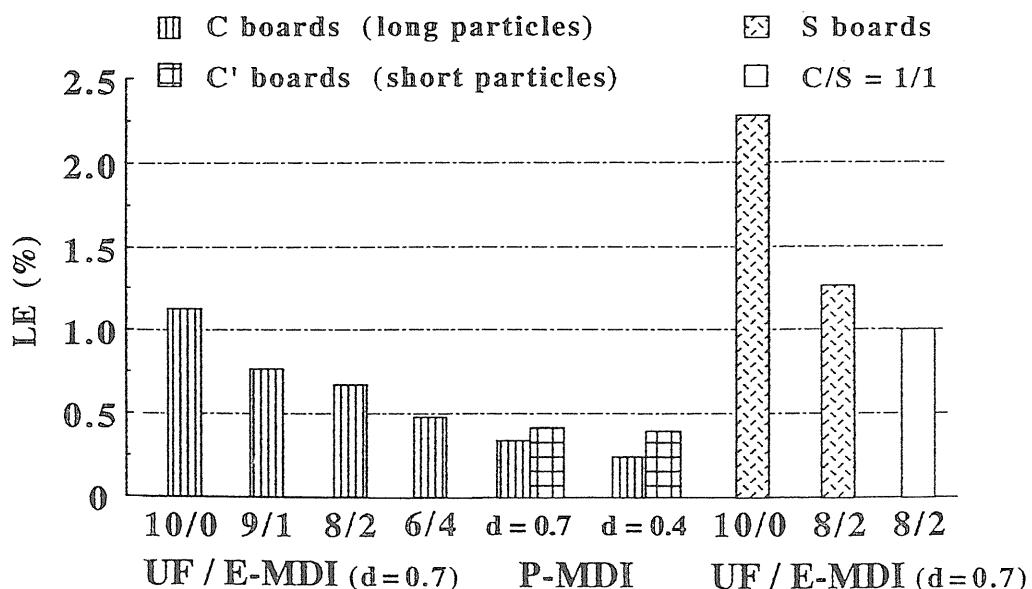


Fig. 8. Linear expansion (LE) of boards.

Notes: C: Chigaya, S: Seitakaawadachiso, d: board density ( $\text{g/cm}^3$ ).

## 4. 結 論

環境保全と未利用資源の有効利用の観点から、河川敷きに自生する草本類原料を用いたパーティクルボードを試作し、ボード性能に及ぼす接着剤種類、草種およびパーティクル寸法の影響や、特に、UF 接着剤に E-MDI を混入したボードの性能改善技術について検討し、以下の結論を得た。

- 1) 草本類植物を原料にしたボードは、MDI 系樹脂接着剤の適合性に優れ、UF あるいは UMF 樹脂接着剤の場合には硬化阻害のために、十分な材料強度と寸法安定性を得ることができなかつた。
- 2) UF の接着性能の改善策の一つとして、少量の E-MDI 接着剤を併用添加した。その結果、ボードの力学的性能ならびに寸法安定性を大きく改善することができた。UF/E-MDI = 6/4 の場合、密度  $0.7\text{g/cm}^3$  のチガヤボードでは、 $190\text{ kgf/cm}^2$  以上の構造用途にも耐え得る曲げ強度が得られた。密度  $0.4\text{g/cm}^3$  のボードでも、 $50\text{kgf/cm}^2$  以上の値を示し、断熱・吸音材や除草マット等への利用が期待された。
- 3) ボードの諸性質に及ぼす草種やパーティクルの寸法の影響が認められた。力学的性質では、細長いチガヤパーティクルを用いたボードの曲げ強度、曲げヤング率および耐水強度は、セイタカアワダチソウボードのそれらより著しく大きくなるが、はく離強度と木ネジ保持力の場合、逆の傾向が認められた。寸法安定性についても、長いチガヤパーティクルを用いたボードは、厚さ膨張率がやや高いが、比較的優れた線膨張率を持つことが明らかとなった。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたり、終始共同研究として協力を賜わった株式会社トーベック、中路 誠氏、ならびに有限会社エム・ディー、仲井 慶氏に御礼申し上げます。さらに、河川敷きの植生に関する調査に協力いただいた建設省近畿地方建設局河川部および各事務所に深く御礼を申し上げます。

## 文 献

- 1) 川井秀一：木くずを資源に変える、「木材と環境」，桑原正章編，海青社，大津，1994，pp. 125-136.
- 2) 川井秀一：木質廃棄物のリサイクルの用途と利用方法，「木材のリサイクル」秋山俊夫編著，p.119-145，産調出版（1998）
- 3) Zhang, M.; Kawai, S.; Sasaki, H.; Yamawaki, T.; Yoshida, Y.; Kashihara, M.: Manufacture and Properties of Composite Fiberboard II. Fabrication of board manufacturing apparatus and properties of bamboo/wood composite fiberboard, : Mokuzai Gakkaishi (J. Jpn. Wood Res. Soc.), 41(10), 903-910 (1995).
- 4) 張敏, 川井秀一, 楊萍, 本田貴久：リグノセルロース系原料を用いた木質ボードの製造とその性質（第2報）高性能バガス複合ボードの製造と有限要素法による弾性応力解析, 木材学会誌, 43 (4), 310-317 (1997) .

- 5) 張敏, 川井秀一, スレイマン・ユスフ, 今村祐嗣, 佐々木光: リグノセルロース系原料を用いた木質ボードの製造とその性質(第3報) 竹パーティクルボードの性質と蒸気噴射プレスによる寸法安定性の改善, 木材学会誌, 43 (4), 318-326 (1997).
- 6) Zhang, M.; Wong, E.; Kawai, S.; Kwon, J.: Manufacture and properties of high-performance oriented strand board composite using thin strands, J. Wood Science, 44(3), 191-197 (1998).
- 7) Han, G.; Zhang, C.; Zhang, D.; Umemura, K.; Kawai, S.; Upgrading of Urea Formaldehyde-bonded Reed and Wheat Straw Particleboards Using Silane Coupling Agents, J. Wood Science, 44(4), 282-286 (1998).
- 8) 馬靈飛, オーランド・プリドー, 山内秀文, 川井秀一, 佐々木光: 竹質セメントボードの製造(第5報) ケイ酸ナトリウム添加の効果, 木材学会誌, 44 (6), 425-433 (1998).
- 9) 馬靈飛, 川井秀一, 佐々木光: 竹質セメントボードの製造(第6報) 熱圧成形ボードの性質に及ぼすシリカフュームの添加と加熱養生の効果, 木材学会誌, 45 (1), 25-33 (1999).
- 10) Hang, G.; Umemura, K.; Kawai, S.; Kajita, H.: Improvement Mechanism of Bondability in UF-bonded Reed and Wheat Straw Boards by Silane Coupling Agent and Extraction Treatments, J. Wood Science, 45 (4), 299-305 (1999).
- 11) Kawai, S.: Towards the Sustainable Utilization of Ligno-Cellulosic Resources (Key Note Address), IUMRS-ICA-97, p. 752 Chiba, 16-18, Sept., 1997.
- 12) Ma, L.; Pulido, O. R.; Sasaki, H.; Kuroki, Y.; Nagadomi, W.; Kawai, S.: New Methods of Production and Treatment of Bamboo-Cement Composites, Proc. 6th Inorganic Bonded Wood & Fiber Composite Materials Conf., p. 315-322, 27-30 Sep., 1998, Idaho, U.S.A.
- 13) Kajita, H.; Kawasaki, T.; Kawai, S.: Properties of Low-density Particleboards from Kenaf Core, Proc. 4th Pacific Rim Bio Based Composites Symposium, p. 479, 2-5 November, 1998, Bogor, Indonesia.
- 14) Kawai, S.; Subiyanto, B.; Ma, L.; Hermawan, D.; Sulastiningsih, I. M.; Hata, T.; Sasaki, H.: Cement Bonded Particleboard from Non-Wood Lignocellulosic Materials, 2nd International Wood Science Seminar, B28, 6-7 Nov., 1998, Serpong, Indonesia.
- 15) Ohnishi, K.; Okudaira, Y.; Sawada, Y.; Kawai, S.: Improvement on the Dimensional Stability of MDF Made from Oil Palm Fibers by Plasma Treatment, Utilization of Oil Palm Tree, p. 61-66, 1996
- 16) Kawai, S.; Ohnishi, K.; Sugawara, R.; Okudaira, Y.; Zhang, M.: New Processing technology for Aligning Lignocellulosic Fibers, Intern'l Conference on Effective Utilization of Plantation Timber, p. 109-114, 21-23, May, 1999, Chi-Tou, Taiwan
- 17) Jung, H. G., Buxton, D. R., Hatfield, R. D. and Ralph, J.: "Forge Cell Wall Structure and Digestability", American Society of Agronomy, Inc., CropScience Society of America Inc., Soil Science Society of America, Inc., Madison, USA, 1993, pp. 191.
- 18) N. Sekino and M. A. Irle: Mokuzai Gakkaishi, 42 (1), 43-50 (1996).

- 19) Kawai, S.; Sasaki, H.: Low-Density Particleboard, Current Japanese Materials Research, Vol.11, Current research on Wood and Wood-Based Materials, ed. N. Shiraishi, H. Kajita, and M. Norimoto, 1993, p.33-42, Elsevier Applied Science, London and New York.
- 20) 川井秀一, 佐々木光, 石原茂久, 高橋徹, 中路誠: 低比重パーティクルボードの熱, 音, および火炎に対する性能, 木材学会誌 34 (12), 973-980 (1988) .
- 21) 川井秀一: 低比重パーティクルボードの製造技術と性質, 木材研究・資料 No. 24, 31-44 (1988) .
- 22) 張齊生, 楊萍, 澤田豊, 川井秀一, 佐々木光: 竹材接着性能の改善, 木材工業 45 (1), 16-20 (1990) .
- 23) 須田久美, 川井秀一, 佐々木光: 低比重パーティクルボードの製造技術 (第3報) ボードの材質に及ぼすパーティクルの形状効果, 木材学会誌, 33 (5), 376-381 (1987)
- 24) 川井秀一, 須田久美, 佐々木光: 低比重パーティクルボードの製造技術 (第4報) 原料比重および圧縮比の影響, 木材学会誌, 33 (5), 385-392 (1987) .
- 25) 宮本康太, 鈴木滋彦: 木材工業 52 (7), 342-347 (1997) .