

## カラマツ間伐材より製造した実大サイズの 木毛セメント板の性質

高 木 純<sup>(1)</sup>・大 黒 昭 夫<sup>(2)</sup>

Jun TAKAGI and Akio ÔKURO : The Qualities of Wood-wool  
Cement Board (182×91 cm)  
made of Young Karamatsu (*Larix leptolepis*)

**要 旨：**これまでカラマツ材はセメントの硬化不良をおこすため、木毛セメント板の原料としては忌避されていたが、間伐材の利用開発を図るため、材料条件の明らかな原料を対象に、実際の工場の一般的な条件で製造実験を行い、セメント硬化障害、木毛長の曲げ強さにおよぼす影響、製品の難燃性などについて検討した。

カラマツ間伐材は14年生で、比較に用いたアカマツは20~80年生である。なお、硬化障害となる多糖類の量は40年生のカラマツ心材で51.5 mg/gであるのに対し、間伐材（辺心材）では11.1 mg/g、アカマツ材（辺心材）では5.4 mg/gであった。

カラマツ間伐材を用いたセメント板の曲げ強さはアカマツのその約80%の値を示した。また、1年間放置後に製造されたセメント板は、伐採40日後に製造されたものに比べ、曲げ強さが上昇していた。これらのことより、カラマツ幼齢木のセメント硬化障害は、成木ほど激しいものではなく、原木のまま1年ほど放置することが効果的であることがわかった。

木毛長22.5 cmのものは45 cmのものに比べて、厚さ、比重の均一性が改善され、たてとよこの強さの差が小さくなった。

難燃性については比重が大きな因子となっており、カラマツ間伐材のセメント板は $td\cdot\theta$ および残炭の項目で、難燃木毛セメント板としての規格に適合しなかった。

### は じ め に

カラマツの間伐材の利用開発の一環として木毛セメント板への利用について検討をおこなった。従来カラマツ材はセメントの硬化障害が著しく、木毛セメント板の原料としては、忌避されてきた。カラマツをはじめ、種々の木材がセメントの硬化障害をおこすことは、コンクリート型枠合板や、木毛セメント板製造の際のトラブルとして経験されており、セメント硬化障害を示す樹種として報告されている<sup>1)2)</sup>。これらの木材のセメント硬化障害については、セメント・水・木粉系の水和熱の測定<sup>3)~5)</sup>、あるいは硬化物の強さによって<sup>6)~9)</sup>検討がおこなわれている。針葉樹材による硬化障害は、主に多糖類によっておこるといわれており<sup>10)</sup>、カラマツ中には水溶性多糖類として、アラビノガラクトンが含まれていることが知られている<sup>11)</sup>。この多糖類の含有量は、心・辺材によって異なり、辺材に比して、心材のほうが著しく多い<sup>12)</sup>。カラマツ間伐材は幼齢で、成木に比して心材部分が少なく、従って多糖類の含有量も少なく、セメント硬化障害も間伐材は成木の場合より少ないものと考えられる。

これまでの実験室規模での実験においては、カラマツ間伐材によって製造された木毛セメント板は、かなりの強さを示していた<sup>13)</sup>。実験室における製板は、実際の工場における製造条件と、次の2点で大きく異っていた。

1. 工場では木毛製造後、かなり含水率の高いままの、なまの木毛と、セメント・水とを混合して製板しているが、実験室では、木毛製造後、木毛を乾燥して、含有水分量を一定にして、次のステップに移していた。

2. 工場生産の一般的形態としては、原木材伐採後あまり、日を経ないで、生木のままでラインに流しているが、実験室で入手した材は伐木後かなりの日を経ており、生木の状態ではなかった。

上記の点を考慮して、本実験では、カラマツ間伐材の伐採後の経過を 40 日後と 1 年後にして、木毛セメント板製造を実際の工場の一般的な製造条件の中でおこない、その性質を調べた。なお同時に、木毛長の違いによる均一性の改善についての実験もおこなった。

本研究を進めるにあたって、カラマツ材中の多糖類の分析をしてくださった林産化学部の土師恵美子氏、難燃性試験をおこなってくださった福井康夫氏、常に指導と協力を惜しまなかった岩下 睦氏をはじめ研究室の皆様には、深い謝意を表するものであります。

## 1. 製造実験の概要

木毛セメント板の製造は、実際の工場においておこなわれた。工場は、本実験をおこなった当時において、日産 3,000 枚 (15 mm 換算) の中程度の工場である。製造された木毛セメント板は次の 5 種類である。

カラマツ間伐材を原料としたもの

(1) 伐採 40 日後に製造されたもののうちセメント量の少ないもの (A)

(2) (A) と同様にセメント量の多いもの (B)

(3) 伐採約 1 年後に (B) とほぼ同じ条件で製造されたもの (C)

アカマツを原料としたもので

(4) (A), (B) と同時期に (B) とほぼ同じ条件で製造され、木毛長 45 cm のもの (D)

(5) (D) と同様に、木毛長が 22.5 cm のもの (E)

(E) は木毛長による強度、均一性への影響を調べるためのもので、カラマツ材から製造されたものは、すべて木毛長 45 cm である。

## 2. 供 試 材 料

### 2.1 カラマツ材

群馬県沼田営林署管内で採取した、樹齢 14 年の幼齢木で、胸高直径は 10~15 cm、伐採は昭和 49 年 7 月 28 日である。伐採後すぐに工場土場にはこび丸太のまま放置した。

### 2.2 アカマツ材

標準的な木毛セメント板原料材としてアカマツをとりあげた。

茨城県新治郡千代田村林試千代田試験地内に生育していたものを昭和 48 年 11 月から、昭和 49 年 2 月にかけて伐採し、丸太のまま試験地内に放置されていたものを使用した。樹齢 20~80 年のものであった。

### 2.3 セメント

秩父セメント K K、秩父工場製の早強セメントである。

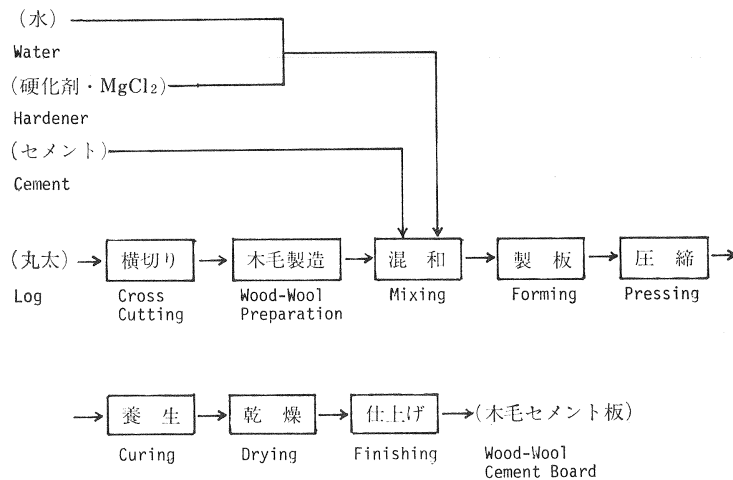


Fig. 1 木毛セメント板の製造工程  
Manufacturing process of wood-wool cement board.

### 3. 木毛セメント板の製造工程

製造工程の概要を Fig. 1 に示した。

### 4. 製造条件

#### 4.1 木 毛

木毛の切削は横型の木毛機でおこなわれた。45 cm あるいは 22.5 cm に玉切りした丸太を木毛機にかけ、端材は端材処理機によってすべて木毛にされた。

木毛のサイズは、

長 さ 45 cm, あるいは 22.5 cm

幅 4 mm

厚 さ 0.3~0.5 mm

である。

#### 4.2 硬化促進剤

MgCl<sub>2</sub> を水に溶かして使用、濃度測定は比重によっておこない、セメントに対して MgCl<sub>2</sub> が 1.5% になるように規制した。

#### 4.3 セメント・水・木毛の混合

混合は円筒形の回転ミキサーの中でおこなわれた。

木毛の量の規制は、ミキサーに木毛を運ぶベルトコンベヤーの速さと、ベルトコンベヤーにのる木毛量とを一定にしておこなわれた。

回転ミキサーの中にまず木毛がはいり、回転する木毛上にセメントが時間当たり一定量になるように加えられたのち、MgCl<sub>2</sub> を含んだ水が同じように一定量、木毛・セメント混合物の上にふりかけられ、よく

混和された。

#### 4.4 圧縮、養生およびその後の処理

ホーミングを終了した木毛マットは所定の長さに切断され、ディスタンスバーを入れて厚さ 20 mm になるように 25 枚ずつ圧縮、クランプで緊締され、そのまま 25~30°C の多湿の養生室に 72 時間放置された。養生後クランプをはずし、外気中で乾燥、182×91 cm の定尺に切断され、試験に供するまで約 3 か月間室温中に積んで放置された。

#### 4.5 木毛含水率およびセメント・水・木毛混合比率

木毛切削後、ミキサーにはいる直前の木毛の含水率は、つぎのとおりであった。

|                   |       |
|-------------------|-------|
| カ ラ マ ツ (A および B) | 87.6% |
| カ ラ マ ツ (C)       | 85.0% |
| ア カ マ ツ (D および E) | 80.7% |

セメント・水・木毛の混合比率は計算の結果、つぎのとおりであった。

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| カ ラ マ ツ (A)       | 1.6 : 2.0 : 1 |
| カ ラ マ ツ (B)       | 1.7 : 2.0 : 1 |
| カ ラ マ ツ (C)       | 1.7 : 2.0 : 1 |
| ア カ マ ツ (D および E) | 1.7 : 1.9 : 1 |

各製造条件ごとの製造枚数は、(A)・25 (B)・59 (C)・25 (D)・129 (E)・62 であった。

### 5. 測定および結果

#### 5.1 製品の重量

182×91 cm の実大セメント板の、気乾状態(含水率 12~15%)における重量を測定した。結果を Table 1 に示す。

#### 5.2 厚さ、比重

50×40 cm の試験片を造り、各試験片ごとに 6 点ずつダイヤルゲージで測定した(気乾状態)。ダイヤルゲージの測定端面は直径 20 mm の円形で、測定荷重は約 400 g であった。

厚さ測定の位置および、182×91 cm の板からの各種試験片の採取方法を Fig. 2 に示す。厚さ測定用試験片の気乾重量をみかけの容積で除して、比重を求めた。測定結果を Table 2 に示す。

Table 1. 実大木毛セメント板(182×91 cm)の重量  
Weight of full size wood-wool cement board (182×91 cm)

| 試 料<br>Sample | 試料の数<br>Nos. of specimens | セメント板の重量 (kg)<br>Weight of board |             |             |                |
|---------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|----------------|
|               |                           | 平均値<br>Average                   | 最 小<br>Min. | 最 大<br>Max. | 標準偏差<br>S. D.* |
| カ ラ マ ツ (A)   | 22                        | 12.8                             | 16.4        | 20.3        | 1.89           |
| カ ラ マ ツ (B)   | 48                        | 13.3                             | 18.0        | 22.0        | 1.75           |
| ア カ マ ツ (D)   | 48                        | 12.2                             | 16.7        | 27.6        | 3.00           |
| ア カ マ ツ (E)   | 25                        | 11.8                             | 16.1        | 21.2        | 1.68           |

\* S. D. : Standard deviation

Table 2. 3号試験体 (50×40 cm) において測定した厚さと比重  
Thickness and specific gravity of board in size of 50×40 cm

| 試料<br>Sample | 試料の数<br>Nos. of specimens | 厚さ (cm)<br>Thickness |                | 比重<br>Specific gravity |                |
|--------------|---------------------------|----------------------|----------------|------------------------|----------------|
|              |                           | 平均値<br>Average       | 標準偏差<br>S. D.* | 平均値<br>Average         | 標準偏差<br>S. D.* |
| カラマツ (A)     | 20                        | 2.03                 | 0.133          | 0.43                   | 0.036          |
| カラマツ (B)     | 40                        | 2.02                 | 0.184          | 0.47                   | 0.037          |
| カラマツ (C)     | 40                        | 2.00                 | 0.164          | 0.50                   | 0.040          |
| アカマツ (D)     | 40                        | 2.01                 | 0.221          | 0.50                   | 0.037          |
| アカマツ (E)     | 20                        | 2.03                 | 0.120          | 0.44                   | 0.027          |

\* S. D. : Standard deviation

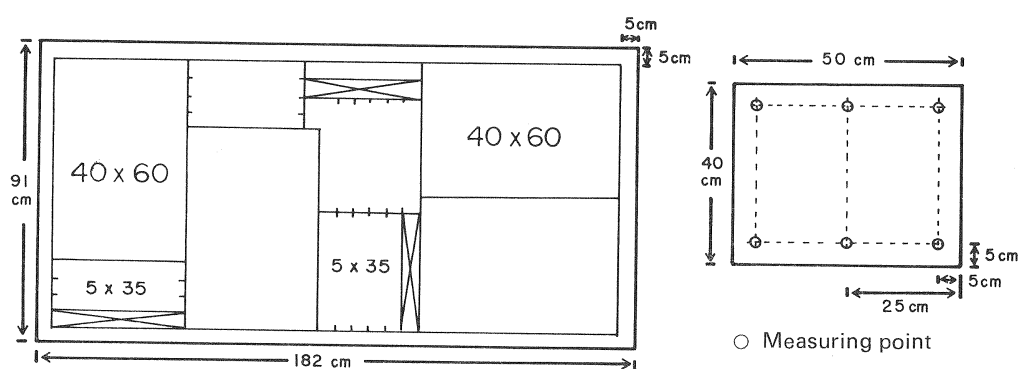


Fig. 2 試験片の採取方法および厚さの測定点  
Cutting of specimens and measuring points for thickness.

Table 3. 3号試験体 (50×40 cm) による曲げ破かい荷重  
Breaking load of bending of board in size of 50×40 cm

| 試料<br>Sample | 試験片の数<br>Nos. of specimens | 曲げ破かい荷重 (kg)<br>Breaking load of bending |                |                               |                | たて・よこ<br>比<br>$P_l/P_t$ |
|--------------|----------------------------|------------------------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-------------------------|
|              |                            | たて<br>Longitudinal<br>( $P_l$ )          |                | よこ<br>Transverse<br>( $P_t$ ) |                |                         |
|              |                            | 平均値<br>Average                           | 標準偏差<br>S. D.* | 平均値<br>Average                | 標準偏差<br>S. D.* |                         |
| カラマツ (A)     | 20                         | 24.3                                     | 8.63           | 17.6                          | 5.52           | 1.38                    |
| カラマツ (B)     | 40                         | 41.2                                     | 15.93          | 27.7                          | 7.03           | 1.49                    |
| カラマツ (C)     | 40                         | 48.0                                     | 16.14          | 29.7                          | 7.87           | 1.62                    |
| アカマツ (D)     | 40                         | 57.7                                     | 14.03          | 38.1                          | 12.84          | 1.51                    |
| アカマツ (E)     | 20                         | 45.4                                     | 9.79           | 39.6                          | 8.01           | 1.15                    |

\* S. D. : Standard deviation

## 5.3 曲げ強さの測定

## 5.3.1 JIS A 1408 による試験

木毛セメント板の強さを求めるために、一般におこなわれている JIS A 5404 に規定されている、JIS A 1408（建築用ボード類の曲げ試験方法）による曲げ試験をおこなった。これは  $50 \times 40$  cm の試験片（3号試験体）にスパン 40 cm で中央に集中荷重を加えて、破かい時の荷重量を求めるものである。結果を Table 3 に示す。

## 5.3.2 小試験片による曲げ強さの試験

木毛セメント板内の不均一性と、比重、強さとの関係を調べる目的で、 $5 \times 35$  cm の小試験片による曲げ試験をおこなった。

Fig. 2 に示すように  $182 \times 91$  cm のセメント板の長辺方向、すなわち製造時の流れの方向に長さをとった小試験片を「たて」とし、それと直角の方向を「よこ」とした。

測定は  $20^\circ\text{C}$  65% RH のもとでおこなわれた。中央集中荷重で、スパン 30 cm、中央荷重点の移動速度を 5 mm/分とした。測定器は島津オートグラフ IS-5000 である。曲げ強さ、曲げ弾性率を Table 4 に示す。各グループごとに比重 ( $d$ ) と強さ ( $\sigma_B$ )、あるいは曲げ弾性率 ( $E$ ) との関係を調べるために回帰式と相関係数 ( $r$ ) を求めた。なお、カラマツ (B)、アカマツ (D) の、 $\sigma_B-d$  の関係を Fig. 3~6 に示す。

得られた計算結果をつぎに示す。

Table 4. 小試験片による曲げ強さ、曲げ弾性率  
Modulus of rupture and modulus of elasticity in bending in  
small size specimen ( $5 \times 35$  cm)

| 試料<br>Sample    | 試験片の数<br>Nos. of specimens | 比重<br>Specific gravity |                | 曲げ強さ<br>(kg/cm <sup>2</sup> )<br>Modulus of rupture in bending |                | 曲げ弾性率<br>(10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )<br>Modulus of elasticity in bending |                |
|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|                 |                            | 平均値<br>Average         | 標準偏差<br>S. D.* | 平均値<br>Average                                                 | 標準偏差<br>S. D.* | 平均値<br>Average                                                                     | 標準偏差<br>S. D.* |
| たて Longitudinal |                            |                        |                |                                                                |                |                                                                                    |                |
| カ ラ マ ツ (A)     | 50                         | 0.42                   | 0.055          | 11.47                                                          | 5.51           | 2.38                                                                               | 1.33           |
| カ ラ マ ツ (B)     | 100                        | 0.47                   | 0.062          | 18.54                                                          | 7.42           | 4.50                                                                               | 2.02           |
| カ ラ マ ツ (C)     | 100                        | 0.51                   | 0.079          | 18.93                                                          | 11.41          | 6.27                                                                               | 3.30           |
| ア カ マ ツ (D)     | 100                        | 0.51                   | 0.066          | 28.39                                                          | 8.89           | 9.06                                                                               | 3.12           |
| ア カ マ ツ (E)     | 50                         | 0.45                   | 0.041          | 21.09                                                          | 5.93           | 6.00                                                                               | 1.70           |
| よこ Transverse   |                            |                        |                |                                                                |                |                                                                                    |                |
| カ ラ マ ツ (A)     | 50                         | 0.39                   | 0.051          | 6.97                                                           | 3.83           | 1.36                                                                               | 0.79           |
| カ ラ マ ツ (B)     | 100                        | 0.42                   | 0.037          | 9.37                                                           | 4.90           | 2.13                                                                               | 1.21           |
| カ ラ マ ツ (C)     | 100                        | 0.48                   | 0.054          | 10.18                                                          | 4.71           | 3.49                                                                               | 1.64           |
| ア カ マ ツ (D)     | 100                        | 0.45                   | 0.042          | 13.93                                                          | 6.31           | 4.45                                                                               | 1.41           |
| ア カ マ ツ (E)     | 50                         | 0.42                   | 0.037          | 14.37                                                          | 4.54           | 4.50                                                                               | 1.32           |

\* S. D. : Standard deviation

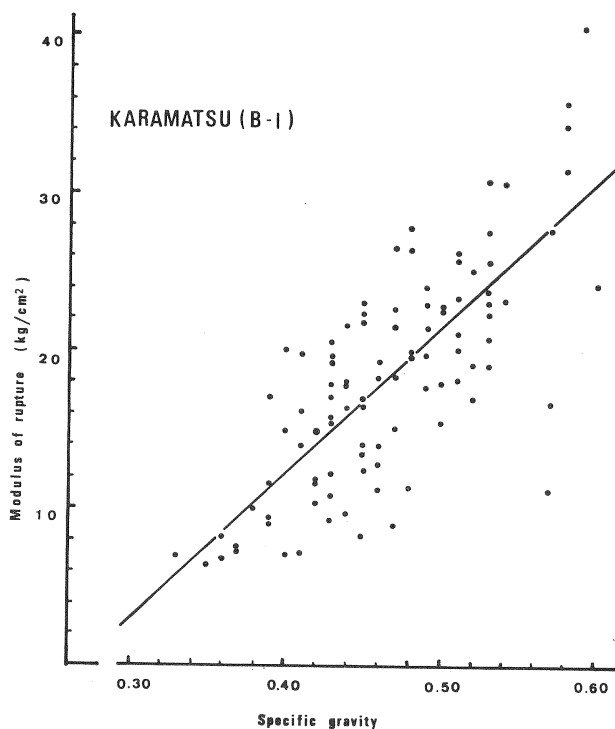


Fig. 3 カラマツ (B) 曲げ強さ (たて) と比重  
Modulus of rupture of Karamatsu (B) versus specific gravity (longitudinal).

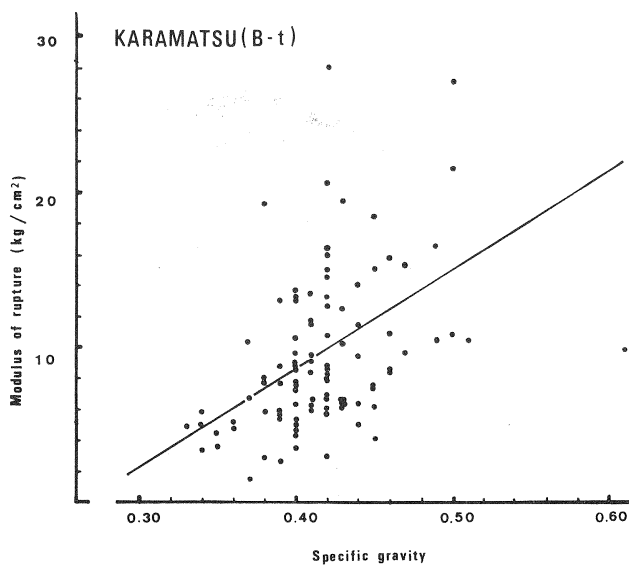


Fig. 4 カラマツ (B) 曲げ強さ (よこ) と比重  
Modulus of rupture of Karamatsu (B) versus specific gravity (transverse).

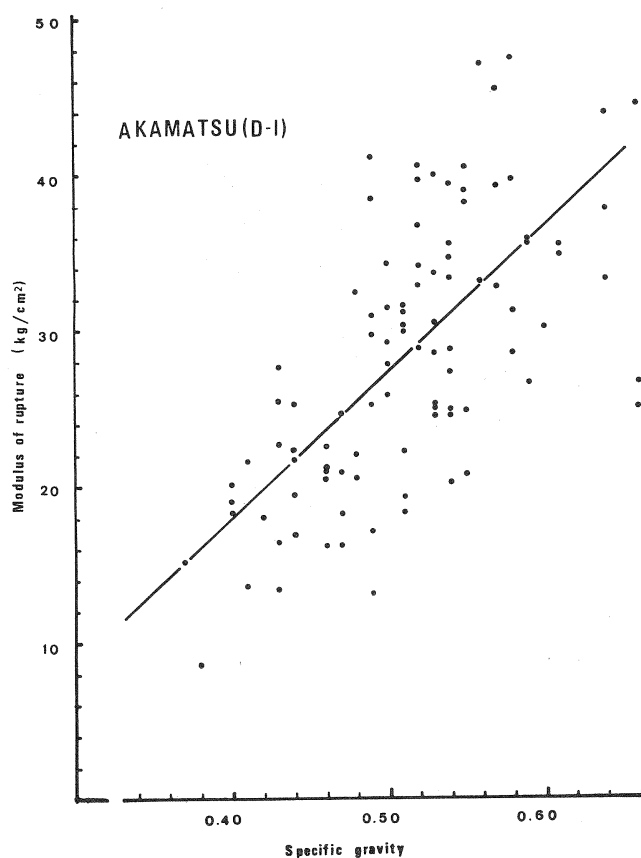
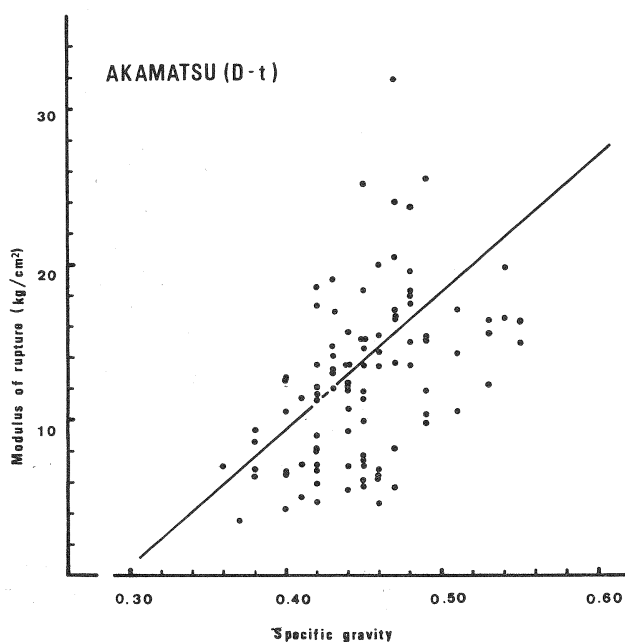


Fig. 5 アカマツ (D) 曲げ強さ  
(たて) と比重  
Modulus of rupture of  
Akamatsu (D) versus  
specific gravity  
(longitudinal).

Fig. 6 アカマツ (D) 曲げ強さ  
(よこ) と比重  
Modulus of rupture of  
Akamatsu (D) versus  
specific gravity  
(transverse).



(イ) 比重と曲げ強さ

カラマツ (A)

|     |                               |             |
|-----|-------------------------------|-------------|
| タ テ | $\sigma_B = 78.934d - 21.556$ | $r = 0.786$ |
| ヨ コ | $\sigma_B = 50.832d - 12.920$ | $r = 0.678$ |

カラマツ (B)

|     |                               |             |
|-----|-------------------------------|-------------|
| タ テ | $\sigma_B = 92.306d - 24.722$ | $r = 0.772$ |
| ヨ コ | $\sigma_B = 60.680d - 15.852$ | $r = 0.457$ |

カラマツ (C)

|     |                                |             |
|-----|--------------------------------|-------------|
| タ テ | $\sigma_B = 118.220d - 41.261$ | $r = 0.819$ |
| ヨ コ | $\sigma_B = 35.366d - 6.688$   | $r = 0.407$ |

アカマツ (D)

|     |                               |             |
|-----|-------------------------------|-------------|
| タ テ | $\sigma_B = 92.431d - 19.064$ | $r = 0.682$ |
| ヨ コ | $\sigma_B = 87.116d - 25.442$ | $r = 0.593$ |

アカマツ (E)

|     |                                |             |
|-----|--------------------------------|-------------|
| タ テ | $\sigma_B = 109.268d - 27.749$ | $r = 0.758$ |
| ヨ コ | $\sigma_B = 50.072d - 6.386$   | $r = 0.412$ |

(ロ) 比重と曲げ弾性率

カラマツ (A)

|     |                       |             |
|-----|-----------------------|-------------|
| タ テ | $E = 20.539d - 6.213$ | $r = 0.844$ |
| ヨ コ | $E = 12.194d - 3.414$ | $r = 0.787$ |

カラマツ (B)

|     |                       |             |
|-----|-----------------------|-------------|
| タ テ | $E = 26.008d - 7.687$ | $r = 0.797$ |
| ヨ コ | $E = 18.606d - 5.601$ | $r = 0.566$ |

カラマツ (C)

|     |                        |             |
|-----|------------------------|-------------|
| タ テ | $E = 36.752d - 12.441$ | $r = 0.881$ |
| ヨ コ | $E = 9.988d - 1.275$   | $r = 0.332$ |

アカマツ (D)

|     |                       |             |
|-----|-----------------------|-------------|
| タ テ | $E = 29.348d - 6.009$ | $r = 0.617$ |
| ヨ コ | $E = 21.159d - 5.117$ | $r = 0.644$ |

アカマツ (E)

|     |                       |             |
|-----|-----------------------|-------------|
| タ テ | $E = 33.830d - 9.122$ | $r = 0.817$ |
| ヨ コ | $E = 21.426d - 4.385$ | $r = 0.606$ |

5.4 難燃性試験

JIS A 1321 による難燃性試験と、難燃性に関係が深いと考えられる灰分についての測定をおこなった。これらの試験については、一般市販の木毛セメント板（記号T）に対する測定もおこなった。難燃性試験においては、比重が難燃性に大きな関係をもつものと考えられるので、22×22 cm の試験片の比重によってグループ分けをし、各グループごとに3枚ずつ試験をおこなった。カラマツ (B) は比重 0.37～

0.38, 0.43, 0.51 の3グループ, アカマツ (D) は, 0.36, 0.39, 0.51~0.52, 0.55~0.56, 0.63~0.64 の5グループ, (T) は0.53 と0.59 の2グループである。結果を Table 5 に示す。

灰分測定は 22×22 cm の試験片をあらかじめガスと電熱とによって形をとどめなくなるまで焼いてから、電気炉中で 700°C, 60 分間加熱して灰分量を求めた。結果を Table 6 に示す。灰分は試験片の全乾重量に対する灰分量の割合である。

Table 5. 難 燃 性 の 試 験 結 果  
The results of fire retardation test

| 試 料<br>Sample | 比 重<br>Specific gravity | 厚 さ<br>Thickness<br>(cm) | $T_c^{*1)}$<br>(min.) | $td \cdot \theta^{*2)}$<br>(degree·min) | 発 煙 係 数 <sup>*3)</sup><br>Fuming factor<br>( $C_A$ ) | 残 炎 時 間 <sup>*4)</sup><br>Duration of after-flaming<br>(sec) | 重 量 減少率 <sup>*5)</sup><br>Weight loss (%) | 裏 面 温 度 <sup>*6)</sup><br>Temperature of back face<br>(°C) |
|---------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| B-1           | 0.37                    | 2.30                     | 5.6                   | 142*                                    | 0.9                                                  | 27                                                           | 17.3                                      | 88                                                         |
|               | 0.38                    | 2.36                     | 6.0                   | 98                                      | 1.5                                                  | 25                                                           | 15.3                                      | 85                                                         |
|               | 0.38                    | 2.16                     | 5.4                   | 124*                                    | 1.5                                                  | 29                                                           | 17.7                                      | 90                                                         |
| B-2           | 0.43                    | 2.21                     | 5.0                   | 165*                                    | 0.9                                                  | 43*                                                          | 15.3                                      | 90                                                         |
|               | 0.43                    | 2.07                     | 5.0                   | 158*                                    | 0.6                                                  | 32*                                                          | 15.6                                      | 90                                                         |
|               | 0.43                    | 2.22                     | 5.8                   | 118*                                    | 0.6                                                  | 30*                                                          | 14.7                                      | 90                                                         |
| B-3           | 0.51                    | 2.32                     | 4.3                   | 137*                                    | 2.4                                                  | 34*                                                          | 12.4                                      | 90                                                         |
|               | 0.51                    | 2.23                     | 4.6                   | 125*                                    | 0.6                                                  | 30*                                                          | 12.8                                      | 90                                                         |
|               | 0.51                    | 2.27                     | 5.2                   | 127*                                    | 0.3                                                  | 33*                                                          | 14.2                                      | 90                                                         |
| D-1           | 0.36                    | 1.87                     | 5.2                   | 170*                                    | 0.3                                                  | 34*                                                          | 22.5                                      | 105                                                        |
|               | 0.36                    | 1.99                     | 5.8                   | 114*                                    | 0.9                                                  | 23                                                           | 20.8                                      | 95                                                         |
|               | 0.36                    | 1.98                     | 4.9                   | 161*                                    | 0.6                                                  | 26                                                           | 18.9                                      | 110                                                        |
| D-2           | 0.39                    | 2.04                     | 5.9                   | 137*                                    | 0.6                                                  | 27                                                           | 18.9                                      | 90                                                         |
|               | 0.39                    | 2.07                     | 6.3                   | 105*                                    | 0.6                                                  | 22                                                           | 17.6                                      | 90                                                         |
|               | 0.39                    | 2.01                     | 5.7                   | 129*                                    | 0.3                                                  | 27                                                           | 18.9                                      | 90                                                         |
| D-3           | 0.51                    | 1.87                     | 7.3                   | 34                                      | 0.6                                                  | 20                                                           | 14.3                                      | 90                                                         |
|               | 0.51                    | 1.90                     | 7.5                   | 28                                      | 1.5                                                  | 16                                                           | 14.6                                      | 90                                                         |
|               | 0.52                    | 1.98                     | 5.9                   | 102*                                    | 1.2                                                  | 31*                                                          | 14.3                                      | 90                                                         |
| D-4           | 0.55                    | 2.14                     | 7.0                   | 45                                      | 0.6                                                  | 25                                                           | 11.6                                      | 90                                                         |
|               | 0.56                    | 2.14                     | 6.8                   | 37                                      | 0.3                                                  | 20                                                           | 10.9                                      | 90                                                         |
|               | 0.56                    | 2.15                     | 6.4                   | 79                                      | 0.3                                                  | 28                                                           | 12.0                                      | 92                                                         |
| D-5           | 0.63                    | 2.00                     | 6.0                   | 79                                      | 0.9                                                  | 17                                                           | 11.2                                      | 90                                                         |
|               | 0.64                    | 2.16                     | 6.9                   | 80                                      | 0.6                                                  | 17                                                           | 10.1                                      | 85                                                         |
|               | 0.64                    | 2.16                     | 6.0                   | 47                                      | 1.2                                                  | 5                                                            | 9.9                                       | 90                                                         |
| T-1           | 0.53                    | 2.20                     | 5.5                   | 135*                                    | 1.5                                                  | 35*                                                          | 13.1                                      | 93                                                         |
|               | 0.53                    | 2.23                     | 5.6                   | 140*                                    | 2.4                                                  | 57*                                                          | 13.3                                      | 92                                                         |
|               | 0.53                    | 2.10                     | 5.0                   | 178*                                    | 1.5                                                  | 38*                                                          | 13.8                                      | 93                                                         |
| T-2           | 0.59                    | 2.12                     | 5.6                   | 133*                                    | 0.6                                                  | 32*                                                          | 11.9                                      | 93                                                         |
|               | 0.59                    | 2.11                     | 5.1                   | 169*                                    | 3.9                                                  | 35*                                                          | 12.2                                      | 94                                                         |
|               | 0.59                    | 2.24                     | 5.7                   | 124*                                    | 2.1                                                  | 32*                                                          | 11.1                                      | 94                                                         |

注) Notes)

これらの試験項目は JIS A 1321-1975 に定められているもので、難燃木毛セメント板については次の値がきめられている。

These test items are provided according to JIS A 1321-1975 ; the limits of these items for wood-wool cement board applied to fire-proof use are shown as follows : (Grade 2 incombustibility)

- 1)  $T_c$  3分以上  $T_c$  above 3 min.  
 2)  $td \cdot \theta$  100 以下  $td \cdot \theta$  below 100  
 3) 発煙係数 60 をこえてはならない Fuming factor ( $C_A$ ) less than 60  
 4) 残炎 30 秒以上あつてはならない Duration of after-flaming less than 30 sec.

\*1)  $T_c$  加熱試験開始後から、排気の温度・時間曲線が標準温度時間曲線をこえるまでの時間。  
 The time until the time-temperature curve at the exit of the test furnace exceeds the standard time-temperature curve from the start of the heating test.

\*2)  $td \cdot \theta$  排気の温度・時間曲線が標準温度・時間曲線をこえたのちの両曲線によってかこまれた面積 (温度・分)。  
 The net area (degree·min) surrounded by the time-temperature curve at the exit of the test furnace and the standard time-temperature curve, where the time-temperature curve at the exit exceeds the standard time-temperature curve.

\*3) 発煙係数 燃焼によって生じる煙の濃度を示すもので下式によって定義される。

$$C_A = 240 \log I_0 / I$$

$I_0$  : 燃焼試験前の光強度

$I$  : 燃焼試験中の最小の光強度

Fuming factor ( $C_A$ )

This factor indicates the density of smoke generated by combustion, it is defined by the following formula ;

$$C_A = 240 \log I_0 / I$$

$I_0$  : intensity of the light at the start of the heating test

$I$  : minimum intensity of the light during the heating test

\*4) 残炎 加熱終了後の残炎時間。

Duration of after-flaming

The duration of after-flaming after the heating test

\*5) 重量減少率 加熱試験による重量減少率

$$\text{重量減少率 (\%)} = 100(W_0 - W) / W_0$$

$W_0$  : 試験片の試験前の重量

$W$  : 試験片の燃焼試験後の重量

Weight loss The weight loss is calculated by the following formula ;

$$\text{weight loss (\%)} = 100 (W_0 - W) / W_0$$

$W_0$  : initial weight of the test specimen

$W$  : weight of the test specimen after the heating test

\*6) 裏温度 (裏面空間温度) 試験片裏面から 1 cm はなれたところの最高温度。

Temperature of the back face

The maximum temperature during the heating test at the point being one centimeter from the back face of the test specimen

Table 6. 灰 分  
Ash

| 試料<br>Sample           | A    |      |      |      |      |      | D    |      |      |      |      |      |      |      | T    |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 比重<br>Specific gravity | 0.37 | 0.38 | 0.43 | 0.43 | 0.50 | 0.50 | 0.35 | 0.37 | 0.41 | 0.41 | 0.54 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.54 | 0.54 |
| 灰分<br>Ash (%)          | 60.3 | 60.6 | 54.9 | 59.9 | 63.7 | 60.2 | 58.7 | 56.2 | 59.1 | 59.0 | 60.1 | 61.3 | 59.0 | 60.0 | 61.2 | 57.2 |

## 6. 考 察

## 6.1 カラマツ材の硬化不良の問題

これまでカラマツ材はセメントの硬化不良をおこすため、木毛セメント板の原料としては、忌避されてきたが、カラマツ幼齡間伐材から、かなり良好な曲げ強さをもつ製品を造ることができた。3号試験体(50×40 cm)では Table 3 に示すように、アカマツ(D)の曲げ破かい荷重、たて 57.7 kg, よこ 38.1 kg に対して、カラマツ(B)は、たて 41.2 kg, よこ 27.7 kg を示した。この値はアカマツの約 70% となっている。また小試験片(5×35 cm)による曲げ強さ、および弾性率の結果についても Table 4 に示すように、カラマツ(B)の値は、アカマツ(D)の約 65% になっている。これらの値は比重が異なるため、曲げ強さと比重、弾性率と比重の回帰式によって、カラマツ(B)、アカマツ(D)、アカマツ(E)について、比重 0.55 に換算した値を求め、Table 7 に示した。これによると、カラマツ(B)の曲げ強さの「たて」はアカマツ(D)の 82.0%, 「よこ」は 78.9% となり、カラマツ間伐材はアカマツの約 80% の強さを示している。また曲げ弾性率については、カラマツ(B)の「たて」は、アカマツ(D)の 65.3%, 「よこ」は 71.0% になっており、曲げ弾性率の低下は、曲げ強さにくらべて大きい。これらのことから、カラマツ間伐材にはセメントの正常な硬化を妨げる因子はあるが、製板のうえで致命的なものではないと考えられる。

カラマツ材のセメント硬化不良の主要な原因物質である多糖類の含有量について、林産化学部に依頼して測定した分析結果を Table 8 に示す。間伐材の多糖類の含有量はアカマツの 2 倍で、成木(40年生)

Table 7. 比重 0.55 に換算した曲げ強さ、  
曲げ弾性率

Modulus of rupture and modulus of elasticity in bending converted by formulae in 5.3.2) at 0.55 in specific gravity

| 試 料<br>Sample    | $\sigma_{0.55}$<br>曲げ強さ<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $E_{0.55}$<br>曲げ弾性率<br>(10 <sup>8</sup> kg/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| カ ラ マ ツ (B)      |                                                  |                                                              |
| た て Longitudinal | 26.05                                            | 6.62                                                         |
| よ こ Transverse   | 17.52                                            | 4.63                                                         |
| ア カ マ ツ (D)      |                                                  |                                                              |
| た て Longitudinal | 31.77                                            | 10.13                                                        |
| よ こ Transverse   | 22.47                                            | 6.52                                                         |
| ア カ マ ツ (E)      |                                                  |                                                              |
| た て Longitudinal | 32.35                                            | 9.48                                                         |
| よ こ Transverse   | 21.15                                            | 7.40                                                         |

Table 8. カラマツ, アカマツ中の糖類  
含有量

Polysaccharide contents in  
Karamatsu and Akamatsu

| 試 料<br>Sample                                                              | 糖 類 含 有 量<br>Polysaccharide<br>contents<br>(mg/g) |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| カラマツ心材(40年生)<br>Karamatsu :<br>Heart-wood<br>(aged 40 years)               | 51.5                                              |
| カラマツ辺・心材(14年生)<br>Karamatsu :<br>Heart- and<br>sap-wood<br>(aged 14 years) | 11.1                                              |
| アカマツ辺・心材<br>Akamatsu :<br>Heart- and<br>sap-wood                           | 5.4                                               |

抽出は 48 時間

Extraction : 48 hr

糖定量はフェノール硫酸法による<sup>15)</sup>

Quantitative analysis of polysaccharide : Phenol  
sulfuric acid method

糖類含有量は木粉 1g に対する糖類の量 (mg)

Polysaccharide contents : Polysaccharide weight  
in mg per one gramm of dry wood

の心材の約20%である。なおこの40年生成木は幼齡木と同じ群馬県沼田営林署管内で昭和49年6月に採取したものである。

約1年間枯らしておいたカラマツ（C）の曲げ破かい荷重については Table 3 の値にみられるとおり、カラマツ（B）より改善されている。カラマツ幼齡木中の硬化阻害物質である多糖類の含有量が、成木心材部に比べて少なければ、いわゆる「枯らし」などの処置を含めて、カラマツ間伐木はアカマツなどと混用することにより、実用になる木毛セメント板を作ることができると考えられる。

## 6.2 木毛長の影響

木毛長45cmのものと22.5cmのものについては、Table 3の曲げ破かい荷重の「たて」と「よこ」の比に示されているように、45cmのアカマツ（D）に対して、22.5cmのアカマツ（E）では、「たて」と「よこ」の強さの差が小さくなっている。

小試験片（5×35cm）における「たて」と「よこ」の曲げ強さ、および曲げ弾性率の比を Table 9 に示した。ここでも、木毛長22.5cmの（E）において、製造方向による曲げ強さおよび弾性率の異性が木毛長45cmのものに比べて、著しく改善されていることが示されている。

木毛の長短が、曲げ強さにおよぼす影響については、すでに高野ら<sup>14)</sup>の報告があり、木毛長22.5cmでは45cmに対して低下はみとめられないとされている。本実験においても、50×40cmの試験片の値では低下はみられず、むしろ増加しているようにもみられるので、短縮による強度低下はないものと考えられる。

実大セメント板の1枚あたり重量のばらつき（Table 1）、および3号試験体の厚さおよび比重のばらつき（Table 2）について、アカマツ（D）とアカマツ（E）を比較すると、木毛長の22.5cmのもののほうが、45cmのものより、それらの値の均一性が増していることがわかる。

これらのことより、木毛長を45cmから22.5cmにすることによって、1. 厚さ、比重の不均一性が改善され、2. 曲げ強さの、たて・よこの差は少なくなり、3. 曲げ強さの低下はおこらないことがわかった。

## 6.3 セメント量の差

カラマツ（A）はカラマツ（B）に対して約5%セメント量が少ない。（A）は実験のはじめに、製造ラインが計画通りに動くまでに造られたものである。セメント量の約5%の差は曲げ強さにおいて、明らかに大きな差を造っていることがわかる（Table 3, 4）。

## 6.4 難燃性

カラマツ（B）はすべて難燃性試験に合格しなかった。アカマツ（D）については、比重0.55以上のもの以外は、同様に合格しなかった。市販品（T）については、比重0.53と0.59の6検体のみであったが、ともに合格しなかった。

JIS A 5404-1979 において、木毛セメント板の規格が比重により、難燃用と断熱用に分けられており、

Table 9. 曲げ強さ、曲げ弾性率におけるたて・よこ比

The ratio of longitudinal to transverse in modulus of rupture ( $\sigma_l/\sigma_t$ ) and modulus of elasticity ( $E_l/E_t$ )

| 試料<br>Sample | 曲げ強さ<br>における<br>たて・よ<br>この比<br>( $\sigma_l/\sigma_t$ ) | 曲げ弾性<br>率におけ<br>るたて・<br>よこの比<br>( $E_l/E_t$ ) |
|--------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| カ ラ マ ツ (A)  | 1.65                                                   | 1.75                                          |
| カ ラ マ ツ (B)  | 1.98                                                   | 2.11                                          |
| カ ラ マ ツ (C)  | 1.86                                                   | 1.80                                          |
| ア カ マ ツ (D)  | 2.04                                                   | 2.04                                          |
| ア カ マ ツ (E)  | 1.47                                                   | 1.33                                          |

厚さ 20 mm のものは難燃用としては比重 0.55 の以上なければならないことになっている。アカマツ(D)の比重 0.55 以上のものが 6 検体とも合格しているのにもかかわらず、市販品(T)では比重 0.59 のものが 3 検体とも  $td\cdot\theta$  と残炎で不合格であったことは、今後の問題として、検討されなければならない。

なお、この試験における比重とは、 $22\times 22$  cm の難燃試験用の試験片の比重を示しているが、JIS で規定されている「かさ比重」は、 $182\times 91$  cm の 1 枚の木毛セメント板の重量を、面積と厚さで除したものをさしているの、これまでに示した木毛セメント板の不均一性の大きいことから考えると、平均的な値である一枚の板の「かさ比重」の値より、かなり比重の小さい部分、すなわち難燃性の上からは欠陥となる部分が存在している可能性が高いことが想像される。木毛セメント板の難燃性の保証については、特に均一性の向上が重要であるといえる。

灰分については、それが直接原料配合時のセメントと木材の割合を示すものではないが、おおよそ、その値を示すものと考えることができる。JIS A 5404-1979 で難燃性木毛セメント板でセメント 60% 以上、断熱木毛セメント板で 55% 以上と規定されている。この実験で求めた値は、いずれも 55% 以上であった。

#### 引 用 文 献

- 1) 柳下 正・唐沢仁志：林試研報，255，145～172，(1965)
- 2) 善本知孝・南 享二：木材工業，30，23～26，(1975)
- 3) 屋代 真・川村恵洋・継田視明：木材工業，23，527～531，(1968)
- 4) SANDERMANN, W., KOHLER, R. : Holzforschung, 18, 53～59, (1964)
- 5) WEATHERWAX, R. C., TARKOW, H. : Forest Products Journal, 14, 567～570, (1964)
- 6) SANDERMANN, W., DEHN, U. V. : Holz als Roh- und Werkstoff, 9, 97～101, (1951)
- 7) SANDERMANN, W., BRENDL, M. : ibid. 14, 307～343, (1956)
- 8) 高木 純：林試研報，295，193～195，(1977)
- 9) 高木 純：林試研報，299，170，(1978)
- 10) 善本知孝・南 享二・近藤基樹：木材誌，13，96～101，(1967)
- 11) 館 勇・山森 昇：農化，27，139，(1953)
- 12) CÔTÉ, W. A., JR. DAY, A. C., SIMSON, B. W., TIMELL, T. E. : Holzforschung, 20, 178, (1966)
- 13) 岩下 睦・高木 純・大黒昭夫：第 24 回木材学会大会発表要旨，p. 193，(1974)
- 14) 高野了一・茅原正毅・中川 宏：木材と技術，No. 13，10～13，(1973)
- 15) DUBOIS, M., GILLES, K. A., HAMILTON, J. K., REBERS, P. A., SMITH, F. : Anal. Chem., 28, 350～356, (1956)

**The Qualities of Wood-wool Cement Board (182×91 cm)  
made of Young Karamatsu (*Larix leptolepis*)**

Jun TAKAGI<sup>(1)</sup> and Akio ÔKURO<sup>(2)</sup>

Summary

This report describes the quality of a wood-wool cement board prepared from Karamatsu and Akamatsu in a board factory.

In this experiment, the following investigations were carried out : the inhibition of cement hardening caused by Karamatsu, the influence of the length of wood-wool and the incombustibility of the wood-wool cement board.

Karamatsu (*Larix leptolepis*) aged 14 years and Akamatsu (*Pinus densiflora*) aged 20 or 80 years were used in these experiments. In bending strength the wood-wool cement board made of Karamatsu had about 80% the value of the Akamatsu board. In Karamatsu, the inhibition of cement hardening was caused by a kind of polysaccharide. The heart wood of Karamatsu aged 40 years contained 51.5 mg/g of the polysaccharide, the young Karamatsu aged 14 years contained 11.1 mg/g and Akamatsu contained 5.4 mg/g. In Karamatsu, the wood-wool cement board prepared at one year after cutting indicated better strength than the board prepared at 40 days after cutting. The inhibition of cement hardening caused by young Karamatsu was not so evident as the inhibition shown by adult Karamatsu. And it was effective for the reduction of the inhibition of cement hardening to leave the Karamatsu log in the factory yard for one year.

The wood-wool cement board made of wood-wool being 22.5 cm in length indicated better homogeneity in terms of thickness and specific gravity than the board made of wood-wool being 45 cm in length. And the difference between transverse strength and longitudinal strength was reduced by shortening the length of the wood-wool.

The incombustibility of wood-wool cement board was influenced by the specific gravity of the board. The tested boards excepting Akamatsu boards more than 0.55 in specific gravity could not pass the standards in the items of *td·θ* and duration of after-flaming.