

# セメントボードの製造に関する研究 (第1報)

## - カラマツ材の混入限度の検討 -

堀江 秀夫  
小川 尚久

阿部 龍雄  
角田 重夫

Studies on the Production of Cement - Bonded Particleboard ( )  
- An examination of additional limit of larch -

Hideo HORIE Tatsuo ABE  
Naohisa OGAWA Shigeo KAKUTA

This study reported on the additional limit of larch having the greatest inhibitory effect on cement hydration in an ordinary manufacturing process of cement - bonded particleboard. Results of a hydration test of a wood - cement - water mixture and a performance test of cement - bonded particleboard indicated that larch content had no effect on the physical properties of cement - bonded particleboard until its content reached 15%, and that reduced waterproof performance occurred when it reached 20%.

Keywords : cement - bonded particleboard, cement-hardening inhibition, larch  
セメントボード, セメント硬化阻害, カラマツ

通常のセメントボード製造工程において、木質系廃棄物に含まれるセメント硬化阻害樹種の代表であるカラマツ材をどの程度まで主原料に混入できるかを、水和反応試験とボード性能試験から求めた。その結果、硬化阻害樹種であるカラマツ材の混入率が15%までは全く材質に影響を与えず、混入率20%で耐水性能が低下した。

### 1. はじめに

これからの林産業においては、木質系廃棄物の資源化が重要な課題となっている。一般に、木質系廃棄物は木造住宅解体材、建設廃材、流通資材が主体となっており、不定形で金属等の異物を含み多くの樹種が混合しているため、その資源化率は低いのが現状である。

しかし、木質系ボード工業では、国内合板工場の減少からこれまで原料の主体を占めていた合板工場廃材の剥心・廃単板が入手しづらくなり、替って埋立て処分場の不足から資源化が要望されている木質系廃棄物を原料とするようになってきている<sup>1)</sup>。

木材工業以外から発生する木質系廃棄物は、年間2,180万m<sup>3</sup>と推定され<sup>2)</sup>、木質ばかりではなく、金属、プラスチック、畳、断熱材などが雑多に混ざった状態で集荷される。一方、流通資材である廃梱包材や廃パレットは、年間発生量が320万m<sup>3</sup>に及ぶと推定され<sup>2)</sup>、比較的まとまって発生するとともに異物の混入が少なく資源化しやすい(第1図参照)。しかし、梱包材やパレットには、セメント硬化阻害樹種の代表であるカラマツ材<sup>3)6)</sup>が主に使われている<sup>4,5)</sup>ため、これらの廃材はセメントボード原料として利用されていないのが現状である。また、カラマツ材をセメントボード原料に利用するため、硬化阻害の対応策に



第1図 札幌市内の廃棄物資源化工場に集荷された木質系廃棄物  
(左: 建築解体材, 右: 廃流通資材, 樹種はカラマツが主体)

Fig. 1. Waste wood in SAPPORO recycle mill.

(Left : Wood member generated from building demolition .  
Right : Packing and palette made from larch mainly . )

関する多くの研究があるが<sup>7)</sup>, どれも製造コストの上昇を招くことから利用されていない。

一方, 高木らは, カラマツ幼齢木のセメント硬化阻害は, 成木ほど激しいものではなく, 原木のまま1年間ほど放置すること(いわゆる「枯らし」)が効果的であることを報告している<sup>8)</sup>。このことから, 硬化阻害の激しいカラマツ材でも, 何年間か梱包材やパレットとして使われたのち廃棄されたものは, この「枯らし」と同じ状態となっていると思われ, 硬化阻害のないトドマツ材等にある程度の廃カラマツ材を混入しても, セメントボードの材質に影響を及ぼさないことが推察される。

こうしたことから, 本研究では, 通常セメントボード製造工程において, 木質系廃棄物に含まれるセメント硬化阻害樹種カラマツ材をどの程度まで原料に混入できるかを, 水和反応試験とボード性能試験から求めた。

なお, 本報告の概要は, 第47回日本木材学会大会(1997年4月, 高知市)で発表した。

## 2. 木質・セメント混合物の水和反応試験

一般に, 水とセメントのペースト中に木材が混入すると, その水可溶成分のためセメントの硬化が阻害され, 水和熱の最高温度が低下および最高温度到達時間が遅れ, セメントが結合材としての十分な強度を発揮しない傾向がある。針葉樹材による硬化阻害は, 主に多糖類によって起こるといわれている<sup>9)</sup>。こ

の硬化阻害の程度を数値化したものにHofstandの阻害指数<sup>10)</sup>があり, これはセメントペーストのみおよび木質・セメント混合ペーストの水和反応において, 最高温度とその到達時間, 時間・温度曲線の直線部分の傾きを用いて算出するものである。

ここでは, 硬化阻害のないトドマツ材に硬化阻害樹種であるカラマツ材を混入した木質原料を用いて木質・セメント混合物の水和反応試験を行って阻害指数を算出し, この指標に基づきおよそその硬化阻害樹種の混入限度を推定した。

### 2.1 試験方法

試験条件を第1表に示す。トドマツ材は, 製紙チップをナイフリングフレイカー(パールマン社製, 刃出し0.6mm)でパーティクルとしたものである。カラマツ材は, 廃梱包材や廃パレットを想定して人工乾燥製材(心材)を用い, これをハンマーミルで粉碎してチップ状にしたのちナイフリングフレイカーでパーティクルとしたものである。

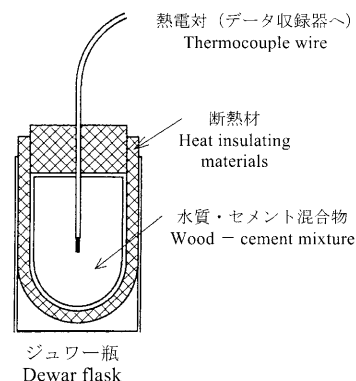
木質パーティクルは無分級のまま用い(含水率43%, 61%), セメントには普通ポルトランドセメント, 添加水にはイオン交換水を用いた。

試験は, 第2図に示す方法で, 温度20℃, 相対湿度65%恒温恒湿室内で行った。普通ポルトランドセメント100gに対して, 所定の水と硬化促進剤と木質をピーカー内で十分に混合したのちビニール袋に移し, その袋をジュワーピン内に挿入し保温した。このとき, ビニール袋内にはC-C型熱電対を挿入して

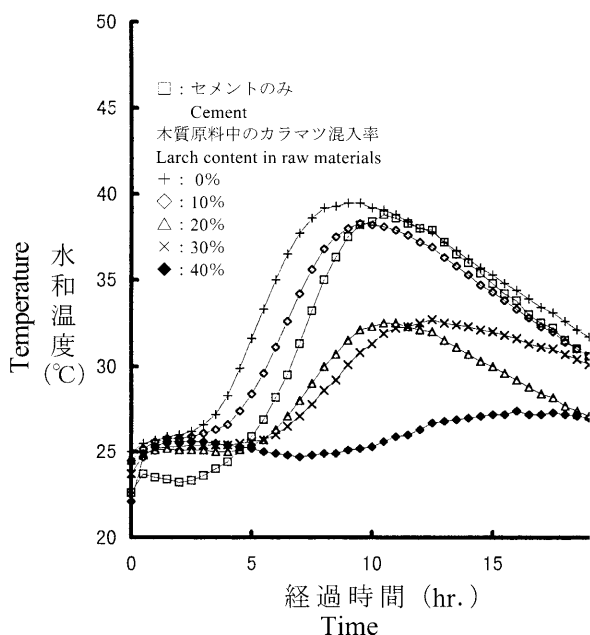
第1表 水和反応試験の条件

Table 1. Conditions of determining the heat of hydration.

木質原料 Raw materials	: トドマツとカラマツ Saghalien fir & Larch
木質原料中の カラマツ混入率 Larch content in raw materials	: 0% , 10% , 20% , 30% , 40%
水/セメント比 Water-cement ratio	: 0.60
セメント/木質比 Cement-wood ratio	: 2.4
硬化促進剤添加率 Accelerator content	: 2.0% (MgCl <sub>2</sub> )
繰返し数 Replication	: 2



第2図 水和反応試験装置  
Fig.2. Apparatus for determining the heat of hydration.



第3図 カラマツ混入率別の水和反応曲線  
Fig.3. Comparison of the effects of various larch contents on hydration.

おき、水和反応による混合物の温度上昇を30分おきに測定した。各原料の配合量は、セメント重量を基準として次の式から算出した。

木質全乾重量

$$= \text{セメント重量} \div (\text{セメント/木質比})$$

硬化促進剤固形分重量

$$= \text{セメント重量} \times \text{添加率}$$

添加水重量 = セメント重量 × (水/セメント比)

− 木質・硬化促進剤溶液の水重量

## 2.2 試験結果

得られた30分ごとの温度測定値から水和反応曲線(経過時間-温度曲線)を作図(第3図参照)し、直線域の下限点と上限点、最高温度点を読み取り、次式により阻害指数を算出した。

$$\text{阻害指数} = 100 \left\{ \frac{M4-m4}{m4} \right\} \left\{ \frac{d4-D4}{d4} \right\} \left\{ \frac{s-S}{s} \right\}$$

	セメントのみ		混合物	
	時間	温度	時間	温度
直線域の下限点 :	m2	d2	M2	D2
// の上限点 :	m3	d3	M3	D3
最高温度点 :	m4	d4	M4	D4
直線域の傾き :	s		S	

( $s = (d3-d2) / (m3-m2)$ ,  $S = (D3-D2) / (M3-M2)$ )

算出した阻害指数を、第2表に示す。阻害指数が1.0以上の場合には正常なセメント硬化が望めないことから、表よりカラマツ材混入限度はおおよそ20%程度と推定される。

## 3. カラマツ材混入セメントボードの性能試験

前章での木質・セメント混合物の水和反応試験から、カラマツ材混入限度はおおよそ20%程度と推定された。ここでは、カラマツ材混入率を0%から20%までの4水準とした一元配置による小型ボードを、

第2表 カラマツ混入率別の水和反応試験結果  
Table 2. Hydration characteristics for larch content.

カラマツ 混入率	1 回目 First				2 回目 Second	
	阻害指数 Inhibitory index	最高温度 Maximum temperature		阻害指数 Inhibitory index	最高温度 Maximum temperature	
		セメント のみ Cement	木質・セメント 混合物 Wood-cement mixture		セメント のみ Cement	木質・セメント 混合物 Wood-cement mixture
(%)		(°C)			(°C)	
0	-0.2	39.0	35.1	0.0	38.8	39.5
10	0.0	39.0	39.1	0.0	38.8	38.3
20	1.9	39.0	31.7	0.0	38.8	32.5
30	2.8	39.0	32.6	1.7	38.8	32.7
40	∞	39.0	26.6	12.9	38.8	27.4

第3表 カラマツ混入セメントボードの製造条件  
Table 3. Manufacturing conditions for cement-bonded particleboard combined with larch.

木質原料 Raw materials	: 木質系廃棄物（主にエゾマツ・トドマツ）とカラマツ Waste wood(Yezo spruce, Saghalien fir) & Larch
木質原料中の カラマツ混入率 Larch content in raw materials	: 0%, 10%, 15%, 20%
水/セメント比 Water-cement ratio	: 0.64
セメント/木質比 Cement-wood ratio	: 2.7
硬化促進剤添加率 Accelerator content	: 2.0% (MgCl <sub>2</sub> )
設定比重 Target specific gravity of boards	: 1.2
設定寸法 Target size	: 18×320×340mm
繰返し数 Replication	: 3
圧縮養生時間 Declamping time	: 19~22 hr.
開放養生期間 Curing time	: 4 weeks

通常セメントボード製造方法により製造し、性能試験を行った。この結果の分散分析からカラマツ材混入限度を確定した。

なお、木質原料には本研究の目的である木質系廃棄物の資源化に対応するため、前章のトドマツ材の

代わりにエゾマツ・トドマツが主体の木質系廃棄物を用いた。

### 3.1 試験方法

#### 3.1.1 ボード製造方法

木質原料の主体には前章のトドマツ材の代わりに木質系廃棄物から作られたパーティクルボード用の木チップを用いた。この木チップは、(財)札幌市環境事業公社が札幌市近隣から集荷された木質系廃棄物の中から比較的良質な木材（住宅解体材の柱・梁、廃コンパネ、廃パレット、廃梱包材など）を分別し、ハンマーミルにより粉碎後、<sup>ふるい</sup>篩目7~40mmの木チップのみを分級したものである。この木チップの樹種構成は、エゾマツ・トドマツ等の針葉樹製材88%、ラワン製材7%、ラワン合板5%である。しかし、汚れ等のため確認できなかったが、廃梱包材や廃パレットの原料としてカラマツ材も数%は含まれているはずである。この木チップをナイフリングフレイカー（刃出し0.6mm）でパーティクルとして用いた。

カラマツ材は前章と同じもので、カラマツ人工乾燥製材（心材）からのパーティクルである。

木質パーティクルは無分級のまま用い（含水率82%、72%）、セメントには普通ポルトランドセメント、添加水にはイオン交換水を用いた。

カラマツ材混入セメントボードの製造条件を第3表に示す。なお、ボード製造条件は、前章の水和反応試験とは少し異なった条件となっている。

具体的なボード製造手順は、次のと

おりである。

- 1) (株)ダルトン製万能混合攪拌機に、カラマツ材・パーティクルを所定量混入した木質パーティクル（ボード1枚分）を入れ、攪拌しながら硬化促進剤水溶液（添加水を含む）を添加する。

- 2) 次にセメントを添加し、3分間攪拌する。
- 3) 攪拌機内の混合物をバットに移し、34cm × 32cm のフォーミングボックス内に手蒔きし、マットを成型する。
- 4) 以上の作業を繰返し、マット4枚1組をコールドプレスに挿入する。
- 5) マットを所定の厚さにクランプし、ボード2組分が出来上がったのち、その2組をクランプしたまま温度20℃相対湿度65%恒温恒湿室で圧縮養生する。
- 6) 圧縮養生19～22時間後に脱型し、そのまま恒温恒湿室内で開放養生した。

### 3.1.2 性能試験方法

恒温恒湿室での4週間の開放養生後、JIS A 5908 - 1994「パーティクルボード」に準じて常態曲げ強さ試験片2個、湿潤時曲げ強さ試験片2個、はく離強さ試験片6個を採取して試験した。湿潤時曲げ試験片は、24時間常温水浸せき後、厚さ膨張率および線膨張率を測定したのち試験した。

### 3.2 結果と考察

カラマツ材混入セメントボードの性能試験結果の平均値を第4表に示す。はく離試験片の実測比重は、平均1.23(最小1.11～最大1.30)および変動係数3.3%であり、ほぼ設定比重1.20に近くバラツキも少ない。このため、強度性能値は設定比重1.20に換算した値とした(換算率=1.20/実測比重)。また、含水率は平均14.7(14.0～15.5)%であった。

カラマツ材混入セメントボードの性能試験結果について一元配置法による分散分析を行った。まず水準1, 2の結果について、次に水準1, 2, 3の結果について、次に水準1, 2, 3, 4の結果について分散分析した。このカラマツ材混入率水準別の分散分析により有意となった性能試験時の測定項目を第5表に示す。

表に示したとおり、カラマツ材混入率15%(水準3)まではカラマツ材を混入しない場合と有意な差は現れないが、混入率20%(水準4)では湿潤時曲げ強さ(MOR\_wet)と吸水線膨張率(LE)に有意な差

第4表 カラマツ混入セメントボードの性能試験結果

Table 4. Physical properties of cement-bonded particleboard combined with larch.

カラマツ 混入率の 水準	常態曲げ強さ試験 Bending test		湿潤時曲げ強さ試験 Bending test under wet condition			はく離強さ試験 Internal bond test	
	MOE_ad	MOR_ad	MOE_wet	MOR_wet	TS	LE	IB
	(tf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(tf/cm <sup>2</sup> )	(kgf/cm <sup>2</sup> )	(%)	(%)	(kgf/cm <sup>2</sup> )
Level of larch content in raw materials							
A1:0%	44.2	107	29.8	75	1.1	0.207	13.4
A2:10%	44.7	103	30.1	70	1.2	0.217	13.4
A3:15%	44.0	103	29.2	72	1.2	0.209	12.9
A4:20%	42.8	102	29.2	65	1.2	0.229	13.0

注：湿潤時曲げ強さ試験は、24時間20℃水中浸せき後に行った。

Note: Wet condition is immersion for 24 hours under water at 20 °C.

第5表 カラマツ混入率水準別の分散分析結果

Table 5. Variance analysis of selected level of larch content.

分散分析に 用いた水準 Selected level	性能試験時の測定項目 Physical quality item						
	MOE_ad	MOR_ad	MOE_wet	MOR_wet	TS	LE	IB
A1,A2							
A2,A2,A3							
A1,A2,A3,A4				*		*	

注：\*：危険率5%で有意

Note：\*：Significant at 95% level.

が現れた。

このことから、ボード原料として一般的になりつつある住宅解体材等に、廃梱包材や廃パレットから得られたカラマツ材を混入してセメントボード原料とする場合、その混入限度は15%と判断できる。

#### 4. おわりに

木質系廃棄物の資源化を進める観点から、セメントボード工業においては、セメント硬化阻害樹種が含まれるためにこれまで使用されなかった廃梱包材・廃パレット等の流通資材を積極的に利用することが重要な課題である。

この課題解決のため、通常セメントボード製造工程において、木質系廃棄物に含まれるセメント硬化阻害樹種の代表であるカラマツ材をどの程度まで主原料に混入できるかを、水和反応試験とボード性能試験から求めた。その結果、硬化阻害樹種であるカラマツ材の混入率が15%までは全く材質に影響を与えず、混入率20%で耐水性能が低下した。

このため、カラマツが使われている廃梱包材や廃パレット材等を集荷時から選別・管理し、硬化阻害の心配のない木質系廃棄物にカラマツ材のような硬化阻害樹種の混入率を15%以下としてボード用原料とするならば、木質系廃棄物は通常製造工程のままセメントボード原料として積極的に利用可能であることを確かめた。

#### 文 献

- 1) 木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書(Ⅲ), (財)日本住宅・木材技術センター, 9-11 (1994).
- 2) 木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書(Ⅰ), (財)日本住宅・木材技術センター, 126-127 (1994).
- 3) 善本知孝: 木材工業, **33**(1), 18-20 (1978).
- 4) 木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書(Ⅰ), (財)日本住宅・木材技術センター, 93-97 (1993).
- 5) 加納 博: ウッディエイジ, **37** (12), 1A-5A (1989).
- 6) 堀江秀夫, 阿部龍雄, 角田重夫: 木材学会北海道支部講演集, **27**, 17-20 (1995).
- 7) 木材の科学と利用技術Ⅲ, 日本木材学会編, p.76, (1993).
- 8) 高木 純, 大黒昭夫: 国立林業試験場研究報告, **312**, 151-165 (1980).
- 9) 善本知孝, 南 享二, 近藤基樹: 木材学会誌, **13**(3), 96-101 (1967).
- 10) Hofstrand, A. D.; Moslemi, A. A.; Garcia, J.F.: *Forest Prod. J.*, **34** (2), 57 - 61 (1984).

—技術部 成形科—  
(原稿受理: 1997.6.3)