

- 研究 -

硬化不良樹種による木質セメント板の製造 (第3報)

- カラマツ・フレーク状小片の厚さ形状とボード材質について -

山 岸 宏 一 高 橋 利 男*
北 沢 政 幸* 飯 田 信 男**

1. はじめに

道産カラマツ間伐材の利用技術の開発が求められているが、その一つとしてセメントをバインダーとしたボードの製造を検討している。しかし、カラマツ材はセメントの硬化不良を起こす代表的な樹種の一つであるので、セメントと混合しても硬まらず、ボードの製造ができないという欠点をもっている。このため、カラマツは木質セメント板工業の原料とはなっていない。

当場ではこのカラマツのセメント硬化不良を防止することを検討し、各種の試験を行ってきた。これまでの実験の結果^{1),2)}、油処理により、セメントの硬化不良は防止でき、ボードの製造が可能なが分った。また、この方法は生材状態や高含水率の小片にも適用できることも認められ、実生産にも採用可能なことも分った。

このカラマツ材を原料とした木質セメント板の開発目標を「どのような製品におくか」、についてはいろいろと考えられるところである。市販の木質セメント板には木毛セメント板、普通木片セメント板、硬質木片セメント板等がある。目標をこのような市販ボードにするか、それとも新たな性能を賦与した材料とするかが考えられるが、当場の木質セメントボードの目標は、当面外装用硬質木片セメント板の開発におかれている。

市販の外装用硬質木片セメント板の材質は、ボード比重1.0近辺で曲げ強さが90~100kg/cm²程度であるとされている³⁾。当場のカラマツ・セメントボードの材質としても、この程度の曲げ強さは要求されるものとする。

木質セメント板の材質は主として小片の形状、セメ

ントの配合比ボード比重により左右される。これまでの実験に使用してきた小片は衝突型切削片であり、この小片を原料とした場合、ボードの曲げ強さは比重1.0近辺で50~60kg/cm²が限界である。このため、原料小片の形状は曲げ強さが高くなるフレーク(短冊状)に変え、これによるボードの製造条件を求める必要がある。そこで、カラマツのフレーク状小片を製造し、これを原料とした木質セメント板の材質を測定し、ボードの最適製造条件を求めるために実験したので、その結果を報告する。

なお、本報告の概要は第31回日本木材学会大会(昭和56年4月、府中市)で報告した。

2. 実験

2.1 供試原料と油処理条件

供試原料は道産カラマツ間伐材(径級9~12cm)である。原木ははく皮後、ディスク型シェビングマシンで切削した。これにより長さ40mm、厚さ0.2, 0.4, 0.5mmのフレーク状小片を得た。この小片はハンマーミルで小片の幅方向を粗砕し、回転篩(網目10mm)で微粉を除去した。

油処理は小片を転倒式ドラム型ミキサー(160L容)中でかくはんしながら、スプレーガンで噴霧する方法で行った。なお、スプレーガンの噴霧圧は3kg/cm²、かくはん羽根の回転数は200rpmである。

2.2 製板条件

製板条件は準不燃、外装用硬質木片セメント板の製造を目標に設定した。第1表は製板条件を示したものである。なお、比重の設定においてセメント硬化後の結合水量は25%とした。

第1表 製板条件

因子	条件			
小片厚さ	0.2	0.4	0.5	(mm)
油	流動パラフィン			
処理率	2.5	5.0	7.5	10.0 (%)
水/セメント比	0.50	0.55	0.60	
塩化カルシウム	3~6 (対セメント重量 %)			
木/セメント比	1:3			
ボード比重	1.1 (気乾比重)			

第2表 0.2mmの小片のセメントの硬化状態

水/セ比	CaCl(%)			
	0.45	0.50	0.55	0.60
3	○	×	×	×
4	◎	○	○	○
5	◎	◎	◎	◎
6	—	—	—	◎

注) ◎ 硬化が正常なもの
○ 硬化が不十分なもの
× 脱型時破壊のもの

2.3 製板のボード養生方法

油処理した小片は転倒式ドラム型ミキサー中に入れ塩化カルシウム溶液、セメントを加え十分に混練し、次にこのセメント混練小片を成型枠(32×34cm)中に手でホーミングした。その後、圧縮、クランプし室温で養生した。約1昼夜後、脱型し、ボードは20% RH65%で6週間養生した。

2.4 材質試験

ボードは超硬刃付プレーナーで研削し、厚さを約14mmと一定にした。このボードから5×28cmの曲げ試験片を採取し、更に、曲げ試験後の試片から5×5cmのはく離試験片と吸水試験片を得た。

曲げ試験は島津製作所製オートグラフ、IS-5000型試験機を用い、スパン24cm、荷重速度10mm/minで行った。はく離試験は試片の両面に鉄製アタッチメントをエポキシ樹脂で接着し、500kgのオルゼン型試験機を用い、荷重速度10mm/minで行った。吸水試験は試片を25℃の恒温水槽に24時間浸漬し、試片の吸水量と厚さ膨潤量を測定した。

3. 結果と考察

実験に用いた小片の厚さは実測の結果、0.2, 0.4, 0.5mmの小片はそれぞれ0.18, 0.36, 0.50mmであった。また、小片の含水率は平均約70%であった。

3.1 予備実験

本試験に先立って、油処理がカラマツ・フレーク状小片に適用可能か否かについて予備実験を行った。この実験には衝突型切削片の製板条件を採用し、小片は長さ0.2mm、長さ40mm、乾燥状態(含水率約10%)のものを用いた。

第2表はボードの硬化状態を定性的に示したものである。この硬化状態は脱型時のボード状態で判定した。表からも明らかなようなこと、油処理によるカラマツ材のセメント硬化不良防止の機構は凝結促進剤の添加率、水/セメント比およびフレークの厚さ形状の因子が関係していることを示唆している。このことから、本実験にはこれらの因子を製板条件に採用した。

3.2 小片厚さ0.2mmのボード材質

第3表は小片厚さ0.2mmのボードの材質試験結果を示したものである。油処理量が5~10%で水/セメント比0.60の条件のものは、ボードが脱型時破壊したため、材質試験は実施できなかった。

ボードの曲げ強さは油処理量が増加すると低くなる傾向にある。また、塩化カルシウム添加量が多いものほど高くなることを示している。水/セメント比は0.50~0.55ではほぼ同等であるが、0.60では前述のごとくボードが脱型時破壊したほど強度は低下している。このことから、小片厚さ0.2mmの製板条件は油処理量2.5%、塩化カルシウム6%、水/セメント比0.50~0.55が最適で、このときのボードの曲げ強さは約80~90kg/cm²程度であるとみられる。

はく離強さは約2.0kg/cm²前後で低く、ボードの内部結合力が小さいことを示している。このことは、小片厚さが0.2mmの場合、小片厚さが薄いため表面積が増加し、セメントの被覆量が減少するので、木質とセメントの結合が低下したものと考える。

吸水率は23~33%の範囲にあり、全体的に低い値を示している。このことは、油が流水性物質であるため、ボードの吸水率を小さくするものと考えられる。

硬化不良樹種による木質セメント板の製造 (第3報)

第3表 小片厚さ0.2mmのボードの材質試験結果

油処理量 (%)	塩化カルシウム (%)	水/セメント比	ボード 比重 (g/cm ³)	曲げ強さ (kg/cm ²)	曲げ比例限 (kg/cm ²)	ヤング係数 (×10 ⁸ kg/cm ²)	はく離強さ (kg/cm ²)	吸水率 (%)	吸水厚さ 膨潤率 (%)
2.5	6	0.50	1.08	81.9	43.5	22.5	2.1	27.0	3.4
		0.55	1.06	80.5	44.9	22.0	1.4	30.0	3.2
		0.60	1.11	87.7	49.7	25.0	2.3	23.0	3.2
	5	0.50	1.05	62.9	37.8	17.4	1.5	31.9	3.8
		0.55	1.05	73.8	39.0	19.5	1.3	28.2	3.5
		0.60	1.02	58.7	33.1	13.8	0.5	32.9	4.3
5.0	6	0.50	1.03	59.6	33.9	15.4	0.8	30.9	3.5
		0.55	1.09	72.7	38.1	21.0	1.4	25.7	3.0
		0.60	1.10	84.4	47.0	24.0	2.7	24.0	2.6
	5	0.50	1.05	70.1	41.5	20.6	1.2	28.6	3.0
		0.55	1.02	52.5	29.9	13.0	0.8	32.3	3.8
		0.60							
7.5	6	0.50	1.07	74.1	40.0	22.8	2.0	26.1	2.8
		0.55	1.08	77.1	38.5	22.2	2.4	23.0	2.8
		0.60	1.03	53.1	30.9	14.8	0.9	28.6	3.5
	5	0.50	1.04	50.3	33.1	14.4	1.0	29.0	3.4
		0.55	0.99	39.5	24.4	9.9	0.3	34.1	4.9
		0.60							
10.0	6	0.50	1.02	51.8	27.0	12.6	0.6	29.3	3.2
		0.55	1.08	74.2	34.1	21.3	1.6	23.2	2.7
		0.60	1.04	57.6	24.4	15.1	0.7	26.8	2.9
	5	0.50	1.04	68.4	35.6	17.3	1.1	29.2	3.0
		0.55	0.97	40.0	25.1	9.8	0.5	32.0	4.8
		0.60							

第4表 小片厚さ0.4mmのボードの材質試験結果

油処理量 (%)	塩化カルシウム (%)	水/セメント比	ボード 比重 (g/cm ³)	曲げ強さ (kg/cm ²)	曲げ比例限 (kg/cm ²)	ヤング係数 (×10 ⁸ kg/cm ²)	はく離強さ (kg/cm ²)	吸水率 (%)	吸水厚さ 膨潤率 (%)
2.5	6	0.50	1.05	83.6	47.5	25.2	1.8	28.7	3.5
		0.55	1.07	96.0	55.7	28.0	3.0	27.3	3.1
		0.60	1.08	86.7	51.3	27.7	4.5	22.5	3.4
	5	0.50	1.02	85.2	48.3	22.8	1.7	32.2	3.8
		0.55	1.05	99.5	52.0	26.1	2.4	26.7	3.2
		0.60	1.07	88.1	52.4	26.5	3.2	26.3	3.3
5.0	6	0.50	1.02	83.3	40.5	21.0	2.3	27.4	3.0
		0.55	1.06	81.7	44.3	24.7	3.9	26.5	3.1
		0.60	1.05	82.4	44.8	25.3	4.0	24.0	3.0
	5	0.50	1.07	89.1	46.4	27.7	3.3	28.6	3.0
		0.55	1.08	85.8	46.7	25.8	3.3	25.8	2.9
		0.60	1.08	96.8	52.0	28.7	3.1	23.5	3.1
7.0	6	0.50	1.08	99.5	48.0	27.1	2.7	24.1	3.0
		0.55	1.07	85.2	42.6	25.9	5.1	23.1	2.7
		0.60	1.09	87.3	46.8	24.4	4.8	20.5	2.6
	5	0.50	1.09	85.9	43.9	26.3	3.6	22.9	3.2
		0.55	1.07	86.8	45.3	26.3	4.0	25.5	3.2
		0.60	1.07	82.6	42.1	27.1	4.2	22.2	2.8
10.0	6	0.50	1.07	62.4	33.7	20.1	3.4	21.8	3.2
		0.55	1.08	77.4	38.6	22.5	4.5	23.2	2.9
		0.60	1.09	78.1	41.6	24.1	5.4	20.6	2.6
	5	0.50	1.07	85.2	42.1	25.2	3.8	24.5	2.8
		0.55	1.06	78.1	40.8	23.9	3.5	26.8	3.1
		0.60	1.07	85.9	41.9	25.2	3.1	24.9	3.2

3.3 小片厚さ0.4mmのボード材質

第4表は小片厚さ0.4mmのボードの材質試験結果を示したものである。

ボードの曲げ強さは油処理量の増加に伴い低下する傾向にあるが、その差はあまり大きくない。また、塩化カルシウム添加率の違いはほとんどないといえる。水/セメント比は一部に逆転しているものもあるが、0.55が相対的に高い値を示している。このことから、小片厚さが0.40mmの製板条件は油処理量2.5%、水/セメント比0.55、塩化カルシウム5%が最適であり、このときのボードの曲げ強さは約100kg/cm²程度であるとみられる。

はく離強さは約2.0~5.0kg/cm²の範囲で高いことを示しており、ボードの内部結合力は大きい。また、水/セメント比が高いものほど内部結合力は増加する傾向にある。

吸水率は約20~32%の範囲にあり低く、油処理量の増加に伴い低くなる傾向にある。

3.4 小片厚さ0.5mmのボード材質

第5表は小片厚さ0.5mmのボードの材質試験結果を示したものである。

ボードの曲げ強さは約50~80kg/cm²の範囲にあり、0.2, 0.4mmの小片の場合より低い値となっている。油処理量が増加すると強度が低下する傾向は前二者と同じである。塩化カルシウム添加量が多いものほど強度は高くなる傾向もみられるが、明確ではない。また、水/セメント比における違いも同様である。このことから、小片厚さ0.5mmの製板条件は油処理量2.5%、塩化カルシウム6%、水/セメント比0.55が最適と考えられる。このときのボードの曲げ強さは約80kg/cm²程度であるとみられる。

剥離強さはバラツキもみられるが約2.0~4.0kg/cm²で0.4mmの小片の場合とほぼ同等である。吸水率は約20~25%程度で、0.2, 0.4mmの小片より小さくなることを示している。

3.5 分散分析

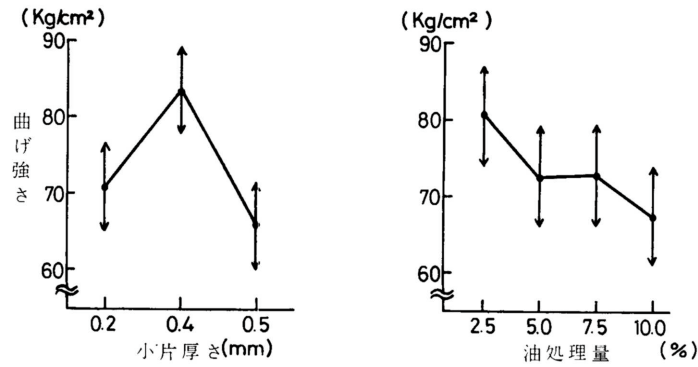
第5表 小片厚さ0.5mmのボードの材質試験結果

油処理量 (%)	塩化カルシウム (%)	水/セメント比	ボード比重 (g/cm ³)	曲げ強さ (kg/cm ²)	曲げ比例強 (kg/cm ²)	ヤング係数 (×10 ⁸ kg/cm ²)	はく離強さ (kg/cm ²)	吸水率 (%)	吸水厚さ膨潤率 (%)
2.5	6	0.50	1.04	64.8	34.4	22.1	2.4	26.5	3.7
		0.55	1.05	80.9	40.3	23.8	3.8	26.9	2.9
		0.60	1.07	63.3	36.0	22.3	4.8	22.6	3.3
	5	0.50	1.04	65.6	34.9	20.8	2.7	25.0	4.0
		0.55	1.06	76.5	41.8	24.9	3.5	24.8	2.9
		0.60	1.07	65.9	35.9	22.9			
5.0	6	0.50	1.04	54.8	30.5	20.1			
		0.55	1.06	78.6	38.2	26.0	4.0	21.6	3.0
		0.60	1.05	61.0	30.9	21.4	4.3	21.6	3.1
	5	0.50	1.02	56.9	30.9	18.4			
		0.55	1.07	64.8	34.2	22.6	3.9	22.4	2.8
		0.60	1.07	60.8	32.5	21.3	4.4	19.7	3.0
7.5	6	0.50	1.05	68.1	32.0	21.7	3.4	22.6	2.8
		0.55	1.06	55.4	29.7	22.1	4.1	19.6	3.3
		0.60	1.05	55.5	30.4	20.9			
	5	0.50	1.05	70.0	36.6	23.8	3.9	18.8	2.9
		0.55	1.06	60.3	33.2	21.0	4.1	20.1	2.8
		0.60	1.04	50.3	26.1	18.5			
10.0	6	0.50	1.04	65.6	31.6	20.8	4.4	20.7	2.4
		0.55	1.06	74.7	40.5	25.1	4.8	19.4	2.8
		0.60	1.08	66.4	36.2	24.6			
	5	0.50	1.07	73.5	38.2	23.1	3.7	22.4	3.3
		0.55	1.06	55.2	29.6	20.6	4.4	20.8	3.2
		0.60	1.06	61.9	36.3	20.3			

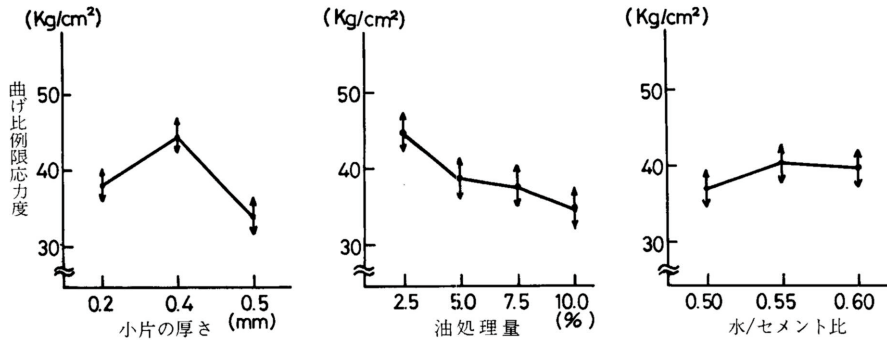
ボードの最適製板条件を見出し、そのときのボード材質を知ることがを目的に分散分析によりボード物性に対する製板因子の影響をみた。要因としては、フレークの厚さ形状、油処理量、水/セメント比をとりにあげた。塩化カルシウム添加率はデータの欠落した部分があるため6%と固定した。

3.5.1 曲げ強さ

第1図は油処理量、小片形状とボードの曲げ強さの関係を示したものである。小片の厚さ形状との関係では0.2, 0.4, 0.5mmの曲げ強さはそれ



第1図 小片厚さ形状、油処理量と曲げ強さとの関係



第2図 小片厚さ形状、油処理量、水/セメント比と比例限度の関係

ぞれ72, 83, 66kg/cm² (±7kg/cm²)で0.4mmの小片が高い値を示している。セメントの硬化状態は0.4, 0.5mmともほとんど変わらなかったが、曲げ強さに有意差がでたのはボードの密実性(ボードのしまりぐあい)の相異が曲げ強さに現れたものと考えられる。ボードの曲げ強さは、ボードの厚さ方向に平行なせん断破壊が作用する。油処理量との関係で、処理量の少ないものほど強度が高くなっていることは、処理油がボードせん断破壊に対してマイナスに作用することを示している。しかし、ボードの曲げ強さを形成している諸因子と油の存在がそれらに与える影響については明らかではない。

3.5.2 曲げ比例限度力度

第2図は油処理量、小片厚さ、水/セメント比と曲げ比例限度力度(以下「曲げ比例限度」と省略する)との関係を示したものである。

曲げ比例限度は曲げ強さの約半分であるが、曲げ強

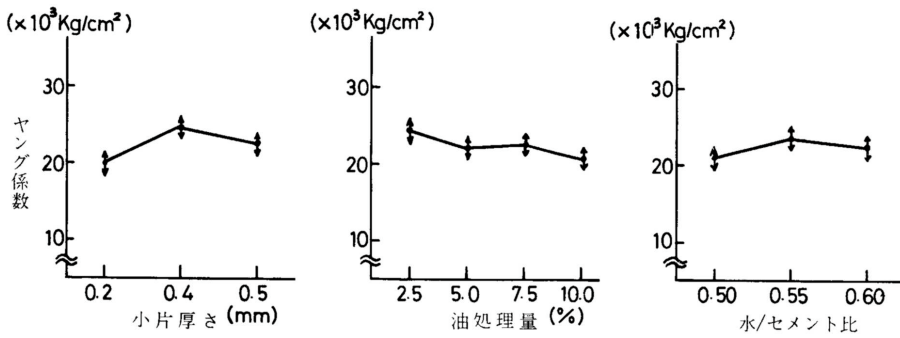
さと同様に0.4mmの小片が優れており、油処理量の増加にともない小さくなる傾向にある。水/セメント比との関係では0.50がやや低い、0.55, 0.60はほぼ同程度である。

3.5.3 曲げヤング係数

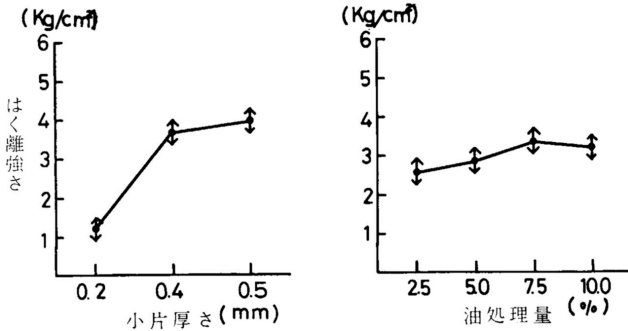
第3図は油処理量・小片厚さ、水/セメント比と曲げヤング係数の関係を示したものである。0.2, 0.4, 0.5kg/cm²で0.2mmのものはやや低い、0.4と0.5mmではほぼ同等であるとみられる。油処理量との関係では2.5%が25×10³kg/cm²で、処理量が10%と多くなると20×10³kg/cm²と低下している。水/セメント比との関係では0.55が優れている。

3.5.4 はく離強さ

第4図は小片厚さ、油処理量とはく離強さとの関係を示したものである。小片形状が0.2mmでは1.2kg/cm² (±0.3kg/cm²)と低い、0.4, 0.5mmではほぼ同等で4.0~5.0kg/cm²である。はく離強さは木質



第3図 小片厚さ形状, 油処理量, 水/セメント比とヤング係数の関係



第4図 小片厚さ形状, 油処理量と剥離強さとの関係

とセメントの結合力, セメント層の結合力の和となつてあらわれる。また木質とセメントの結合力は木質を被覆するセメント量が重要な要因となる。このことから, 小片形状が小さくなると木質の表面積は増加し, セメントの被覆量は減少する。このため, 0.2mmの小片のものは剥離強さが小さく出たものと考えられる。また, 小片の厚さ形状が小さい場合, 木質中の抽出成分が溶出し易いため, 硬化不良を起こしやすい

ものとみられる。はく離強さと油処理量の関係では処理量が増加しても強度が低下する傾向は認められない。このことは, ボードの

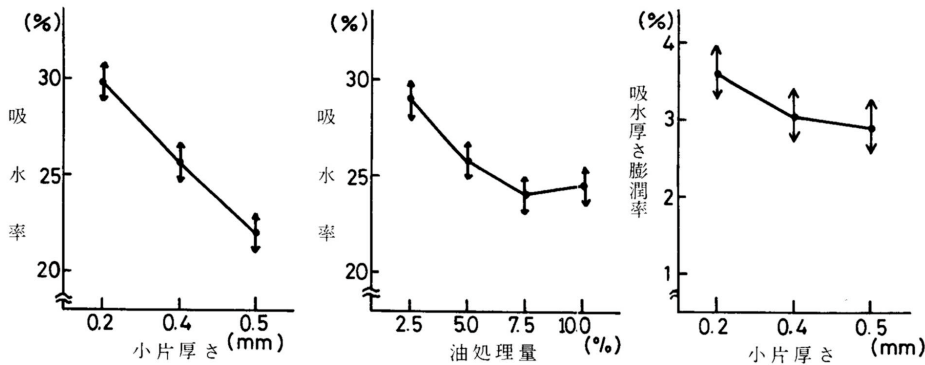
はく離強さを形成する因子としてはセメント層の結合力が支配的であるように考えられる。

3.5.5 ボードの吸水率と厚さ膨潤率

第5図は小片形状, 油処理量とボードの吸水率, 厚さ膨潤率との関係を示したものである。

ボードの吸水率は0.2mmが30%であり, 0.5mmのそれは22%である。ボードの吸水率は小片形状が厚い方が低くなる傾向を示している。

吸水率はボードの空隙率と木質を被覆するセメント量に支配されているものと考えられるが, ボードの密実性の点では0.2mmの小片の方が優れている。このことから, ボードの吸水率は木質を被覆するセメント量が大きな要因となっていると考えられる。また, 小片の表面部分における油の量も小片形状が厚いものほど多くなるので, これも原因していると考えられる。油処理量との関係は処理量の増加に伴い低下する傾向にある。ボードの吸水性を抑えるためには



第5図 小片厚さ, 油処理量と吸水率, 吸水厚さ膨潤率との関係

油処理量を多くすることが有効である。しかし、油処理量を多くした場合、曲げ強さが低下するので、これらの相互の関連の中で考える必要がある。ボードの厚さ膨潤率と小片の厚さ形状の関係は吸水率とほぼ同じ傾向にあるが、その差はあまり大きくない。

4. まとめ

以上のことから、次のことが言える。

1. フレーク状小片によるボード製造は小片の厚さ0.4mm程度のものが適しており、ボードの材質も優れている。

2. 油処理量は曲げ強さからは少ない方が優れている。

3. 塩化カルシウム添加量は多い方がボード材質には良いが、0.4mmの小片ではその差は認められない。

4. 水/セメント比は塩化カルシウム添加率と密接な関係があり、水/セメント比を高めるためには塩化

カルシウムを多くする必要がある。

5. 塩化カルシウム5~6%の条件では水/セメント比は0.55が最適である。

6. 製板条件の因子として、小片厚さ0.4mm、塩化カルシウム5%、水/セメント比0.55、ボード比重1.1をとった場合、ボードの材質は、曲げ強さ約100kg/cm²、曲げヤング係数27×10³kg/cm²、曲げ比例限度55kg/cm²、剥離強さ4.0kg/cm²、吸水率25%、ボードの厚さ膨潤率3.0%程度が得られる。

文 献

1) 山岸宏一ほか3名：林産試月報，342，7（1980）

2) " ほか3名： " ，347，8（1980）

3) 高橋利男ほか2名： " ，338，14（1980）

- 林産化学部 木材保存科 -

- * 木材部 改良木材科 -

- ** 木材部 材 質 科 -

（原稿受理 昭46.10.3）