

人 造 板 に 関 す る 研 究

第7報 ファイバーボードの諸性質に及ぼす含水率およびサイジングの影響

木材物理第1研究室 黒木康雄・波多野宏・梶田 茂

(昭和34年6月3日受理)

Yasuo KUROKI, Hiroshi HATANO and Shigeru KADITA : Studies on the Fiberboard. VII On the Effect of Sizing and Moisture Content on various Properties of the Fiberboard

ファイバーボードの製造にさいしてその性質を向上させるために種々の処理がおこなわれている。今日最も広くおこなわれているのはサイジング (Sizing) とテンパリング (Tempering) である。前報においてわれわれはファイバーボードの性質向上のため、その製造時に合成樹脂によるサイジングをおこなった。その結果得られたファイバーボードは常態時の強度を著るしく向上し、同時にその耐水性もかなり改良された。しかしながらファイバーボードはその性質上実地に使用されるに当つて多種多様の条件下で使用される。すなわち日光、湿気、熱、腐朽、食害、薬害その他機械的な荷重及び衝撃などのあらゆる条件に耐えねばならない。これ等の諸条件下で各種のファイバーボードの性質がどの様に変化するか、またどの様な処理を施せばそれを完全に防除出来るかを検討する必要がある。かかる見地から本報告において先づボードが水分の存在下でどの様にその性質を変化するかについて、本研究室で試作した十数種のボード及び市販されている2種のボードについて試験した。

I ファイバーボードの含水率と強度の関係

1. 実験材料

a. 市販のファイバーボード：日本ハードボード製の厚さ 3.5mm テンパーされたもの (T) 及び標準品 (S) の2種類を用いた。

b. 試作ファイバーボード：前報の実験で試作したファイバーボードを用いた。ボード番号 A~L 及び T~W を用いた。No. A~G は Phenol 樹脂* 4% を添加し、硫酸で pH をそれぞれ 9~3 に調節して Sizing し、No. I~L は樹脂を添加せず pH だけをそれぞれ 6~3 に調節したものである。また No. T~W は Melamin 樹脂** を 4% 添加し、硫酸で pH を 6~3 に調節したものである。シートフオーミングの後、No. A~G, I~L は 180°C で T~W は 140°C でいずれも 2-1-12分、50-10-50kg/cm² の条件で圧縮した。

* 住友ベークライト製 XPB542

** 住友化学製・スミレツヅ607

2. 実験方法

各種試験片は前報に用いた寸法と同じものを用い、試片を製作後硫酸で関係湿度を調節したデシケーター中に入れ、約2カ月後取り出して材質試験をおこなった。試験方法は前報⁶⁾と同じ方法を用いた。

3 実験結果

Fig. 1~3 及び Table 1 に見るごとく市販のボードにおいて σ_b (曲げ強さ) は S, T とも含水率の増加と共に減少している。また反対に含水率の減少と共に σ_b は増加し、8%以下ではその増加は極めて徐々となり、4%附近ではば Max. を示し更に含水率を減少するときは再び若

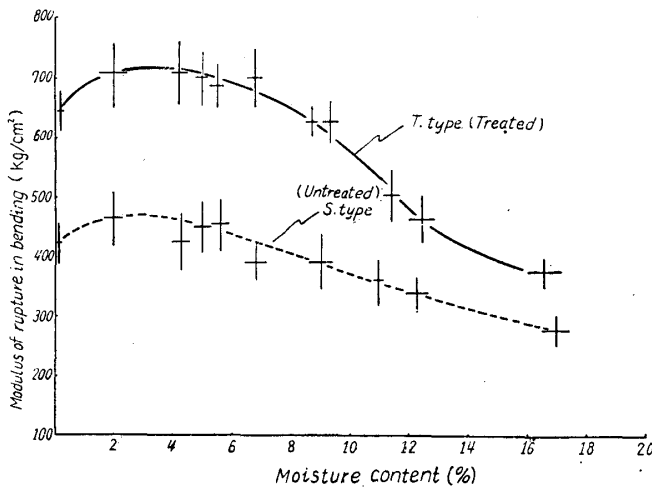


Fig. 1. Relation of modulus of rupture to moisture content of commercial fiberboard. (The vertical lines represent range of modulus of rupture in bending and horizontal line represent the moisture content.)

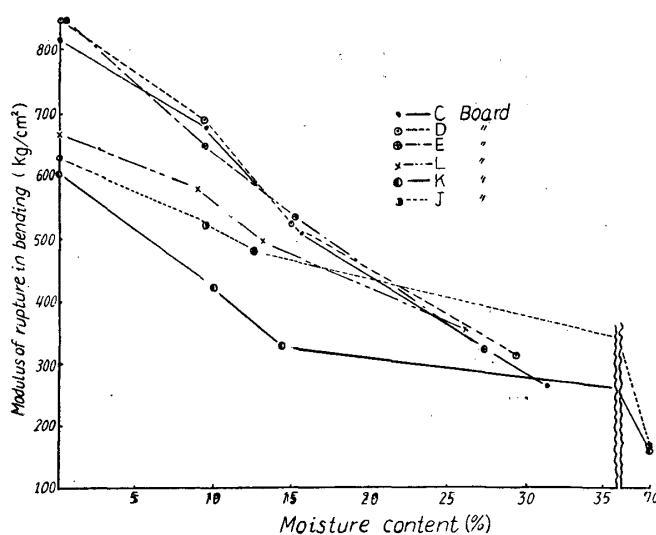


Fig. 2. Relation of modulus of rupture to moisture content of laboratory fiberboard.

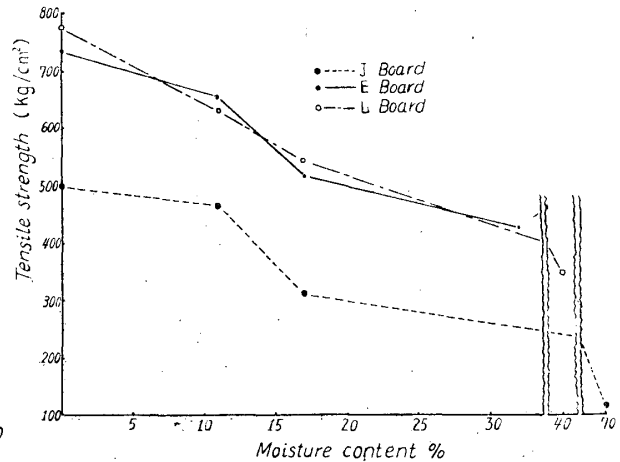


Fig. 3. Relation of tensile strength to moisture content of laboratory fiberboard.

干の減少を示している。Kollmann¹⁾ 及び Stillinger²⁾ も各種のボードを用いて同様の実験をおこなっているが絶対値の高低を除いて何れも同じ様な傾向を示している。含水率が20%に近くなると σ_b の減少は徐々になり24時間水中に浸漬した場合でもそれ以上の急激な減少は見られない。

Fig. 2の試作ボードの場合は試片個数の関係から、常態(含水率約10%)、絶乾、飽湿及び24時間水中浸漬の4条件を用いた。その結果何れのボードもほぼ Fig. 1の結果と同じ傾向を示した。木材では σ_b は9~15%含水率範囲で、含水率1%の増減につれてその σ_b 値を4%減増すると云はれている。

Table 1. Relation of modulus of rupture and elasticity in bending to moisture contents of two type commercial board.

Board type	Moisture Content %	Modulus of rupture in bending kg/cm ²	Modulus of elasticity in bending kg/cm ² ×1000	Average thickness mm	Rate of thickness increase %	Average max. load kg*
Treated Board	0	657±41	43	3.34	—	20.5
	2.07	708±52	47	3.37	0.9	22.3
	4.27	710±44	45	3.39	1.5	22.7
	5.07	703±33	52	3.45	2.7	23.3
	5.62	687±60	56	3.48	4.2	21.1
	7.68	700±44	56	3.43	2.7	22.9
	8.70	627±32	48	3.53	5.7	21.7
	9.34	628±23	47	3.51	5.1	21.6
	11.43	507±45	40	3.67	9.9	18.8
	12.48	463±27	35	3.71	11.1	17.7
	16.63	377±18	26	3.79	13.5	15.7
	24.50	297	—	3.87	15.9	11.4
Untreated Board	0	421±23	36	3.31	—	12.6
	2.03	467±34	44	3.41	3.0	14.4
	4.35	427±48	41	3.45	4.2	14.7
	5.02	449±53	45	3.45	4.2	14.8
	5.61	463±23	41	3.40	2.4	14.8
	6.82	393±26	37	3.52	6.3	13.7
	9.03	393±35	39	3.53	6.7	13.5
	10.96	365±22	31	3.59	8.5	13.2
	12.31	346±21	26	3.63	9.7	12.7
	15.85	281±18	21	3.74	13.0	11.9
	19.31	247	—	3.81	15.1	9.3

* Span=120mm

Table 2. Relation of water proofing to sizing agents on the fiberboard.

Sizing agents	water absorption %	Rate of decrease %	Thickness swelling %	Rate of decrease %
—	75.5	—	46.0	—
Melamin 2%	31.3	58.5	16.8	63.5
Phenol 2%	30.0	60.3	17.2	62.7
Paraffin 0.5%	25.0	66.8	14.6	68.3
" 1.0%	22.5	70.2	12.8	62.2
" 2.0%	19.4	74.3	12.0	74.0
" 4.0%	19.0	74.8	12.0	74.0
Mel. 2%+Para. 1%	21.6	71.3	13.2	71.3
Phe. 2%+Para. 1%	19.0	74.8	11.7	74.5

Sizepine (Rosin)	0.5%	38.1	49.5	30.0	34.8
	1.0	36.2	52.1	30.1	34.7
	2.0	35.3	52.7	29.8	35.3
	4.0	35.0	53.0	29.0	37.0
Sizewax (Paraffine)	0.5	32.1	57.5	25.9	43.7
	1.0	31.0	59.0	23.9	48.1
	2.0	27.6	63.4	22.8	50.5

Fig. 1 及び Fig. 2 より見ればファイバーボードの場合は含水率1%の増減により σ_b を大体5~7%減増するものとおもわれる。

引張り試験の結果は、Fig. 3 に示すごとく、ほぼ σ_b のそれと似た傾向を示すとおもわれる。 σ_t (引張り強さ) においても Kollmann¹⁾ 氏は含水率4%で Max. を示しているが、この実験では個数不足のためその点が確認出来なかつた。

Table 3. Modulus of rupture of sized fiberboard with water proof agents.

Sizing agents		Modulus of rupture in bending kg/cm ²	Modulus of rupture in bending after 24hr soaking kg/cm ²	water % absorption	Rate of decrease of σ_b %
—		425	87	72	79.5
Melamin	2%	608	220	26	63.7
Phenol	2%	560	233	25	58.3
Paraffin	0.5%	328	131	20	60.0
"	1.0%	238	138	18	42.0
"	2.0%	223	142	14	36.3
"	4.0%	170	144	14	23.1
Mel. 2%+Para. 1%		577	261	17	54.0
Phe. 2%+Para. 1%		538	295	14	45.0
Sizepine (Rosin)	0.5%	190			
	1.0	150			
	2.0	130			
	4.0	125			
Sizewax (Paraffin)	0.5%	287			
	1.0	269			
	2.0	181			

曲げ弾性係数も又 σ_b とほぼ同じ傾向を示した。

Fig. 1 及び Table 1~3 で見るごとくファイバーボードは常態では相当の強度を保有しているが、含水率の増加と共に減少し、浸潤時の強度は著るしく低下し常態時の30~40%にすぎない。現在ファイバーボード類は主に屋内に使用されているが、今後用途を拡大するためには一層耐水性及び浸潤強度を増強する必要がある。

Ⅱ パラフィン及び他の耐水性サイズ剤の効果について

前報の如く Phenol, Melamin などの合成樹脂系のサイズ剤は主に強度の補強に有効であり、耐水性向上のためには Sizing 時の pH の低下、圧縮温度の上昇及び圧縮時間の延長があるが、pH の低下は強度に悪影響を与え、添加剤の増加、及びフォーミングマシン、プレス等の諸材料を腐蝕する等不都合な点が多い。また温度及び時間は機械設備、コスト及び生産量の点で極端な変更は出来ない。そこで簡単に耐水性の増加をはかるためには主にパラフィン、ロジン等のサイズ剤が用いられている。以下耐水性薬剤について検討する。

1. 実験材料

- a. 繊維原料として前報で用いる日本ハードボード製の Defibrator pulp を用いた。
- b. サイズ剤として次の3種を用いた。
 - ① パラフィンエマルジョン、m.p. 57°C のパラフィンを50g 熱湯中に熔融状態として投入し、油酸5g 及び33%アンモニア水5g を添加、ミキサーで激しく攪拌してエマルジョンを製造した。
 - ② サイズパイン。荒川林産製造のロジン性サイズ剤。
 - ③ サイズワツクス。荒川林産製造のパラフィンエマルジョン液。

2. 実験方法

上記のパルプを用いたスラリー中に一定量のサイズ剤を添加、Alum で pH を5に調節後シートを作製し 180°C、2-1-7分、50-10-50kg/cm² の条件で圧縮し試験用ボードを製造した。

3. 材質試験及び結果

得られたボードを用いて常態曲げ強さ、浸潤時曲げ強さ（24時間水中浸漬）、24時間の吸水率及び厚さの膨脹率を測定した。測定方法は前報及び前項にのべた方法を同じである。

以上の結果を Table 2 及び 3 に示す。パラフィン等の耐水性サイズ剤の添加はボードの強度に著るしい negative の効果を示す。これは合成樹脂の Sizing にさいして樹脂が繊維間の接着に大きな役割を果すが、パラフィンは繊維間の接着を阻害するためである。樹脂とパラフィンを混合した場合は耐水性、強度共に良好であつた。他のサイズ剤は何れも耐水性の効果が見られたが、強度を著るしく低下した。

湿潤強度に関してはパラフィンサイズは50%以上強度を残存したが常態時の強度が低いため率が良くなつたわけで、その絶対値はかなり低いものである。パラフィンと樹脂の混合はそれぞれ単独で用いるより効果がある。

Melamin は常態強度は強いが湿潤時にその低下が著るしい。これは樹脂の性質上 140°C の圧縮を採用しているためと思はれる。パラフィンは繊維間の接着性を低下すると共に繊維表面

に附着して繊維のからみ合いの力をも減少し、ボードの強度を著るしく減少する。樹脂と共用することによつてその欠点はおぎなわれる。

尙この実験にさいして樹脂及び他のサイズ剤の **retention** を測定していないため効力を發揮している量は正確には不明である。

Ⅲ 樹脂サイズされたファイバーボードの繰返し水中浸漬試験について

前項で述べるごとく、樹脂サイズされたボードは浸潤強度が無サイズのものに比べて非常にすぐれている。すなはち無サイズのボードが70%以上も減少するに反して50%前後の減少であり、絶対値は約2~3倍を保有している。これ等のボードが実際に使用される時、一度湿潤状態となつたボードが再乾燥によつてどれほど強度を回復するか、また何回も反覆したときどの程度ボードが弱くなるかについて検討するために次の実験をおこなつた。

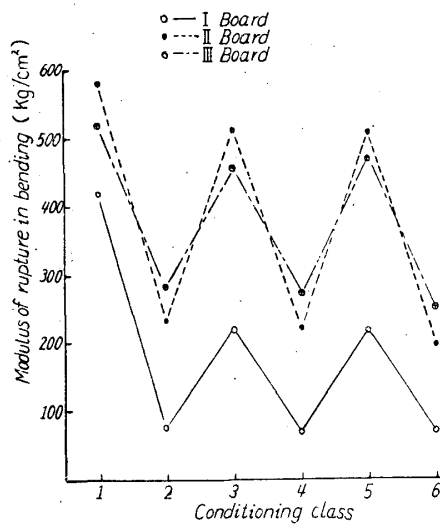


Fig. 4. Variation of modulus of rupture in various condition of fiberboard.

1. 実験材料

前項でのべたパルプを用いて次の条件でボードを試作した。

(I) 無処理

(II) Phenol 樹脂2%添加

(III) Phenol 樹脂2%, パラフィン1%添加

いずれも pH を Alum で5とし180°C, 2-1-7分, 50-10-50kg/cm² の条件で試験板を製造した。

2. 実験方法

上記の試験用ボードを次のスケジュールによつて水中に浸漬及び乾燥をくり返した。

① 常態 (含水率を約10%とした)

Table 4. variation of modulus of rupture in various condition of fiberboard.

Board type	I			II			III		
	Modulus of rupture in bending. kg/cm²	Average of max. load at failure. kg/cm²	Rate of thick-ness in-crease	modulus of rupture in bending. kg/cm²	Average of max. load at failure. kg/cm²	Rate of thick-ness in-crease	modulus of rupture in bending. kg/cm²	Average of max. load at failure. kg/cm²	Rate of thick-ness in-crease
①	422	14.4	—%	580	24.2	—%	520	24.7	—%
②	72	6.2	37.3	233	10.7	12.9	280	14.2	9.1
③	219	14.3	14.2	512	23.3	0	455	22.5	0
④	67	6.3	49.7	220	10.5	19.5	270	12.2	13.3
⑤	218	15.2	19.8	508	23.1	—1.2	471	23.1	—2.3
⑥	70	7.3	43.8	196	11.7	11.4	250	12.5	9.5

② 24時間水中浸漬

③ 24時間浸漬後乾燥し (100°C) 含水率10%とした

④ ③のボードを再び24時間浸漬

⑤ ④のボードを再び8時間乾燥, 調湿

⑥ ⑤のボードを24時間浸漬

以上①~⑥の各組について曲げ強さを測定した。その結果を Fig. 4 及び Table 4 に示す。

3. 実験結果

樹脂 Sizing されたボードは水中浸漬により強度が低下するが乾燥によつてほぼ常態に近く回復する。サイズされていないボードは浸潤時の強度低下が著しく、かつ又乾燥による強度回復がすくない。パラフィンと樹脂を共用したものは常態及び乾燥時の強度は樹脂 Sizing されたものにやや劣るが浸潤時の強度はやや勝っている。これ等の試験にさいしてボードの厚さの変化と平均最大荷重の変化を見れば Table 4 の如くなる。浸潤後の乾燥によつて強度が再び回復するがこれは荷重の増加と厚さの収縮によつてあらわされる。サイズされていないボードは荷重の点では常態の荷重とほぼ同じ程度に回復しているが厚さの回復が少いため初期強度への回復がすくないと考えられる。これに反して樹脂サイズされたボードはほぼ完全に厚さと荷重を回復し、初期の強度を保持している。ファイバーボードの強度は繊維自身の強度、繊維間の接着強度及び繊維間の絡合力によつて構成され、水により浸潤状態となつた時は3者共その強度を低下し就中後2者の強度の低下によつて浸潤時の強度低下が惹起される。樹脂サイズされたボードは樹脂によつて接着力が補強され、また吸水性が減少しているため繊維の膨潤もすくなく絡合力も保持されているため湿潤時の強度減少が比較的すくない。乾燥にさいしてそれぞれ強度を回復するが、ただ無サイズの場合は厚さの収縮が完全でない。これは熱圧時に繊維は高圧、高温により若干圧縮されているためこれが水中浸漬により膨潤し乾燥時にもとの厚さに戻らないと考えられる。サイズされたボードでは繊維が圧縮されたまま樹脂で固定されることが考えられるため膨潤時にもその形を保持し、したがつて乾燥時にはほぼ完全に初期の厚さに戻るものと考えられる。

本実験における乾湿3回の繰返しにさいして樹脂サイズされたボードは充分その強度を保持することが判明した。

IV 要 約

本実験で用いた全てのボードにおいて、 σ_b は含水率の増加につれて減少し含水率20%以上では極めて徐々に減少する。含水率が極端に低くなれば又強度は減少し、4%前後がほぼ Max. であろう。 σ_b , E_b , σ_t 等はいずれも σ_b とほぼ同じ傾向を示した。

耐水性のパラフィン、ロジン Sizing は強度を著しく減少する。しかしながら適当に合成樹脂と混合すると両方の効果が発揮される。

湿潤強度は各ボード共常態に比較して著しい減少を示している。樹脂とパラフィンと共用したものが比較的すぐれている。

繰返し浸漬試験において、樹脂サイズされたボードは一旦湿潤強度を低下するが乾燥時にはほとんど完全に強度を回復する。無サイズボードは完全には回復せぬがこれは厚さの膨脹が完全に回復せぬためである。

以上の結果から各種の Sizing されたボードは未だ完全に過酷な条件下で使用することは無理であつて、屋外などで用いるためには Tempering などと併用することがのぞましいと思われる。

終に実験材料を供与された日本ハードボード及び荒川林産に対して厚く感謝する次第である。

Rèsumé

In report No. VI, we sought to ascertain the effect of resin sizing upon the fiberboard properties. The results indicate that resin-sized fiberboard shows relatively high water resistance and mechanical properties.

In this report, our object was to ascertain the relationship between moisture content and mechanical properties in two types of commercial fiberboard and several types of laboratory fiberboard, and the effect of water proof sizing agents, such as paraffin and rosin, and the mechanical properties of sized fiberboard under various conditions.

Experimental procedure

I) On the relation of board strength to moisture contents

Test materials : For the purpose of this study, two types of commercial fiberboard, such as treated (T type) and untreated (S type) board with 3.5 mm thickness, were selected from the products of Nippon Hardboard Co. Ltd.

Several types of laboratory fiberboard were used from the products for the study of the previous report No. VI.

Conditioning procedure : After the test specimens were cut, and stored in a room temperature at 15 to 20°C with 0 to 100 percent relative humidity for two months. In the wet strength test, the test specimens were sunk in a 25°C water. After the two months, the test specimens were removed from their conditioning places in order to observe the effect of moisture content on the mechanical properties of the various types of fiberboards.

Testing procedure : A modulus of rupture in bending and tensile strength was made according to the method of the previous report No. VI.

Results : The results of these tests are presented in Figs. 1 to 3 and Table 1. The moisture content, modulus of rupture, modulus of elasticity and tensile strength were calculated from the results of the test. For all types of fiberboard, regardless of commercial or laboratory board, the modulus of rupture, the modulus of elasticity and the tensile strength were lowest when the boards had the highest moisture content. When the moisture content was decreased, these properties increased, and upon reaching a maximum in the range of 4 to 6 percent moisture content for commercial fiberboard.

II) On the effect of water-proof sizing

In this stage, we investigated on the effect of water-proofing sizing in the production of fiberboard.

Sizing agents : For sizing agents the following were used (1) paraffin emulsion, (2) Size wax (S-W), and (3) Sizepine (Sp-1).

(1) Paraffin emulsion : A certain quantity of paraffin (m.p. 57°C) was melted and then put into boiling water containing oleic acid and aqueous ammonia solution, and then strongly stirred with a super mixer.

(2) Size wax : Commercial agent of paraffin wax emulsion, Arakawa Chemical Industry Co. Ltd.

(3) Sizepine : Commercial agent of rosin soap. Arakawa Chemical Industry Co. Ltd.

Preparation of test fiberboard : Size agents were added to a pulp slurry and then were precipitated onto pulp by means of alum. The hot pressing was carried out under the following conditions. Pressing temperature 180°C., pressure 50-10-50 kg/cm² and pressing time 2-1-7 min.

Testing procedure : The physical and mechanical testing method was carried out as explained in the previous paragraph, and report No. VI.

Results : The results of this test are presented in Tables 2 and 3. The results indicated that when fiberboards are sized with water proofing agents, the resulting products yield a board which has a relative high water resistance value and very low strength property.

III) On the wet strength properties of fiberboards

In this study, we have sought to ascertain the variation of strength property when fiberboard was first soaked in water for 24 hours, and then dried.

Test materials : The test fiberboards were prepared under the following conditions.

Board type	Sizing agent
I	no addition
II	phenol resin 2%
III	phenol resin 2% and paraffin 1%

Each sized pulp sheet was pressed at 180°C, 2-1-7 min., 50-10-50 kg/cm².

Conditioning procedure : Test fiberboards were conditioned as follows :

No.	condition
1	Ordinary condition (moisture content of 10%)
2	24 hrs. water soaking
3	8 hrs. drying at 100°C after 24 hrs. soaking
4	24 hrs. resoaking after No. 3 conditioning

- | | |
|---|---|
| 5 | 8 hrs. redrying at 100°C after No. 4 conditioning |
| 6 | 24 hrs. resoaking after No. 5 conditioning |

Testing procedure : After the conditioning of each class the test specimens were tested for the wet strength property. The testing method was carried out by the one explained in the previous paragraph.

Results : The results of this test are presented in Table 4 and Fig. 4. The results indicate that when resin fiberboard is soaked in water, the modulus of rupture shows a probably decrease. However, they almost recovered their strength upon the redrying. In the non-sized fiberboards, recovery of the strength with the redrying was much smaller than that of fiberboards sized by phenol resin.

参 考 文 献

- 1) F. Kollmann, W. Nußer: *Holzfaserplatten* (1951).
- 2) J. R. Stillinger, W. G. Coggan : *F.P.J.* **6**, 179 (1956).
- 3) E. Johansson: *Holz als Roh-und Werkstoff* **15** 9 (1957).
- 4) F. Kollmann: *Holz als Roh-und Werkstoff* **15** 247 (1957).
- 5) 新納守：北海道林業指導所月報 (1951)
- 6) 黒木，波多野，梶田：木材研究 No. 21 (1958)