

シリーズ

化学加工で木材の需要拡大を図ろう

(3) WPCの性質と利用

大鹿振興株式会社研究技術部

近藤正己



1. はじめに

木材は湿度調整、保温性や美観性などのすぐれた機能をもつ材料であるが、耐久性や吸脱湿による寸法変化などの欠点をもっている。これらの木材の欠点改良の一方法が、木材のWPC (Wood Plastic Combination) 化である。WPCは木材とプラスチック両方の性質をもち、さらに両者による相乗効果により優れた多機能性材料となっている。

WPCは企業化されて20年以上になるが、研究改良が行われ、また各種の性質も認識され、現在は建築材料、スポーツ用をはじめ種々の分野でWPCの製品化が広まっているので、WPCの製造法をはじめ、その実用面からの性質、最近のWPC製品と要求性能について紹介する。

2. 製造法

WPCは木材内にビニルモノマー、オリゴマー、プレポリマー等を主体とした樹脂液を注入し、材内で重合させ木材と一体化させたものである。したがって得られる性質は使用原料である木材、樹脂液、さらに製造工程によって異なる。WPCの製造上の条件について概説する。

(1) 木材

WPC用としての一般的な条件として次の事項が挙げられる。

- ① 含水率は10%以下であること。
- ② 比重が0.65以下であること。
- ③ 適度な通導組織があること。

④ 樹脂の硬化阻害成分のないこと。

また、用途によっては、木取り、木理、材の形状なども選定の条件となる。ただし、これらは絶対的な条件ではなく、用途によっては条件の悪い材のWPC化も必要である。

表1 用途別WPC適材

	国産材		外材	
	針葉樹	広葉樹	針葉樹	広葉樹
薄単板	ヒノキ		ペイマツ ペイツガ	
挽き板		ミズメ ニレ ナラ ブナ	カバ カエデ タモ	ゴム メープル
その他	トドマツ エゾマツ ツガ ヒメコマツ	モミ カエデ シオジ シナ	ホオノキ ドロノキ シデ シイ	アルタン メープル ラミン ゴム

表1に用途別WPC適材を示す。WPC用適材は広葉樹材に多く、針葉樹材は薄単板のWPCとして用いられることが多い。

(2) 樹脂液

樹脂液としての条件は、

- ① 低粘度で木材への注入性が良いこと。
- ② 低揮発、低毒性、無臭であること。
- ③ 引火点、発火点が高いこと。
- ④ 無色透明で木理を強調できる。
- ⑤ 染料との混合性の良いこと。

- ⑥ 重合完結性の良いこと。
 - ⑦ 木材との親和性の良いこと。
 - ⑧ 重合熱の少ないこと。
 - ⑨ 低価格であること。
- 等で樹脂としてはビニル系モノマー やオリゴマーが主体である。代表的なものはスチレン、メタクリル酸メチル、酸酸ビニル、不飽和ポリエステル樹脂の単独あるいは混合系が用いられ、また改質剤としての親和性の高い樹脂、極性モノマー や官能性オリゴマー等の添加も行われる。

各樹脂の性質を把握し、用途に応じて樹脂液の組成を設計することが必要である。

(3) 重合開始剤

重合開始剤はモノマー、溶媒の種類あるいは反応条件などによって選定される。メチルエチルケトンパーオキサイドやベンゾイルパーオキサイドなどの有機過酸化物が用いられ、アゾ系化合物も使用されることがある。

(4) 製造工程

図1および2¹⁾の製造工程図、プラントに示されるように、注入・重合工程よりなる。

注入および重合方法は製品用途や材種に応じて種々の方法が行われる。内部への注入は減圧あるいは減圧一加圧法が、表面や部分的な注入では浸せき、加圧、さらには超音波含浸法などが用いられている。

木材内へ注入した樹脂液の重合方法は、放射線照射法と触媒加熱法があり、得られる性質も異なるが設備、技術面などの点から触媒加熱法が用いられている。製造上、要求性能に応じて注入・重合方法の選定が必要である。また、全工程で材

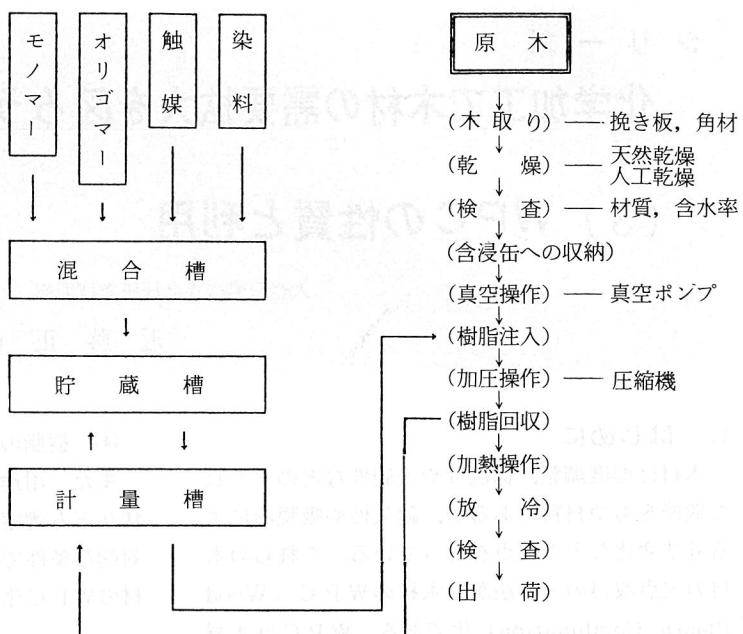


図1 製造工 程 概 要

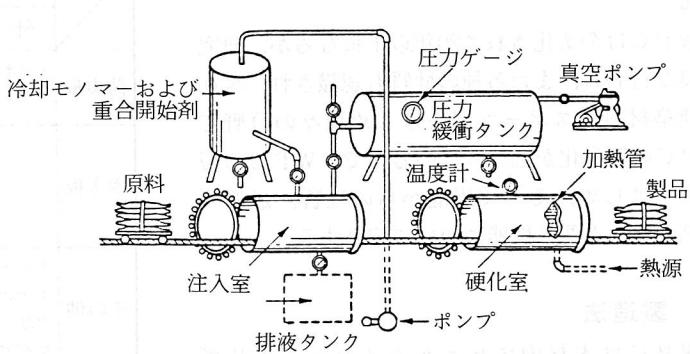


図2 触媒加熱法によるWPCの製造プラント

の損傷や樹脂の収率なども重要である。

3. WPCの性質

WPCの基本的な性質は、これまでに数多く紹介されているので、ここでは実用的な面からみた性質を報告する。

WPCは表2²⁾にみられるように木材とプラスチックの中間的な性質を持つだけでなく、表面美観、曲げ強度、耐摩耗性などの点では両者の性質

表2 WPCの性能の比較

性能	木材	WPC	プラスチック
表面美観性	△	○	△
均質性	△	△	○
寸法安定性	×	△	○
硬さ	×	△	○
曲げ強さ	×	○	△
比曲げ強さ	○	△	×
耐摩耗性	×	○	△
釘打性	○	△	×
接着性	○	○	○
耐候性	×	△	○
耐朽性	×	△	○

が複合してあらわれる。

WPCは素材と比べて、

- ① 硬度、耐摩耗性の向上
- ② 曲げ強度、圧縮強度の増加
- ③ 寸法安定性の向上
- ④ 耐水、耐湿性の増加
- ⑤ 耐薬品性の向上
- ⑥ 耐朽性の向上
- ⑦ 表面美観の向上

などの特性があり、それらの主な性質の特性値増加率を示すと、

比 重	30～80%
硬 度	200～1000%
曲 げ 強 度	20～70%
衝 撃 強 度	20～70%
圧 縮 強 度	50～200%
寸 法 安 定 性	20～50%

これらの特性値は、木材中に含まれるプラスチックの含有量、すなわち重量増加率に影響される。表3は、カバ材での重量増加率と機械的性質の関係³⁾を示している。重量増加率が大きくなるほどその性質は改善されている。

図3～6⁴⁾では材種別でのWPCの性質を示しており、曲げ強度は、いずれも増加しており、特に針葉樹材の増加が大きい。吸水性では、WPCは素材と比べて小さく、水に対する抵抗性が大きいことを示している。硬度ではWPCは、いずれも素材に比べ数倍の高い値を示している。これはポリマーが木材より非常に硬いためで、WPCの大きな特徴の一つといえる。耐摩耗性も向上するが、素材自体が低い針葉樹へのWPC化は非常に

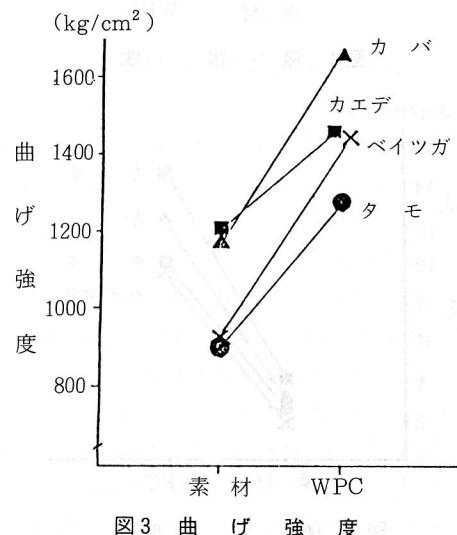


図3 曲げ強度

表3 WPCの機械的性質

項目	素 材	20～30%重量増加WPC		40～50%重量増加WPC	
		強 度	強 度	増 加 率	強 度
曲げ強度 × 10 ² kg/cm ²	11.5	11.9～14	3～12 %	15～20	30～74 %
曲げヤング係数 × 10 ² kg/cm ²	920	1250～1350	36～47	1400～1550	52～69
縦圧縮強度 × 10 ² kg/cm ²	4.8	6～6.5	25～35	7～12	46～150
せん断強度 × 10 ² kg/cm ²	1.1	1.2～1.3	9～18	1.5～4	36～264
硬 度 kg/mm ²	1.5	1.8～2.5	20～67	4～15	167～900

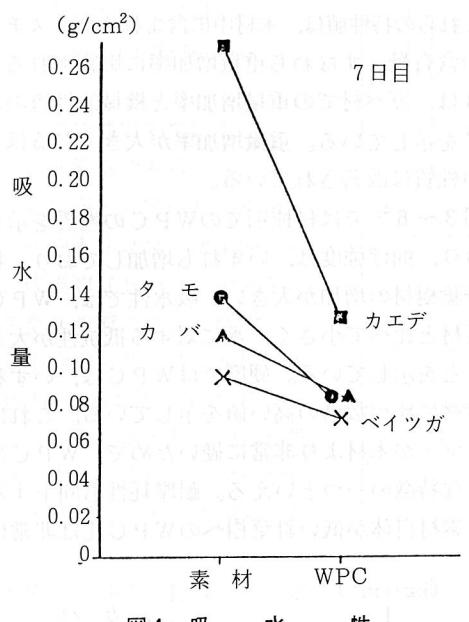


図4 吸水性

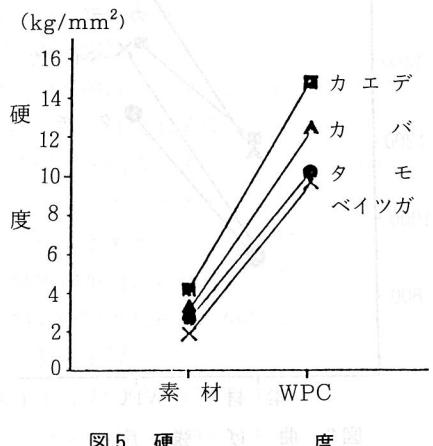


図5 硬度

効果的に、耐摩耗性の要求される縁甲板や重歩行用床板などの用途に適している。

寸法安定性は樹種、樹脂液、重合条件、重量増加率、さらに材のかさ体積の増加などにも影響されるが、表4³⁾からは重量増加率30～40%において抗収縮率はほぼ一定となり、湿度変化による寸法安定性は素材の1/2～1/3である。

耐朽性では、WPCは吸水・吸湿の減少に伴い向上する。オオウズラタケ（褐色腐朽）やカワラタケ（白色腐朽）での腐朽試験⁵⁾では、スギ

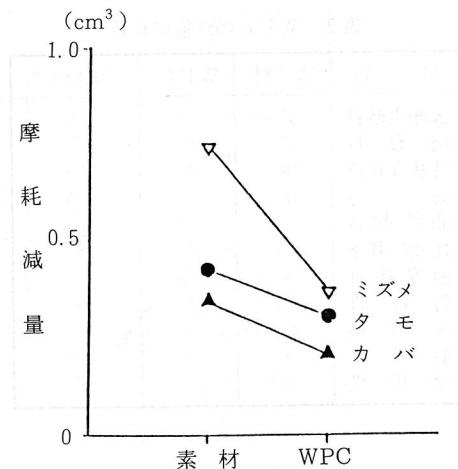


図6 耐摩耗性

表4 WPCの寸法安定性

樹種	重量増加率 %	抗収縮率 A.S.E. %
ブナ	0 (素材)	—
	20～40	30～40 (T) 40～50 (R)
	50～70	35～45 (T) 50～60 (R)
カエデ	0 (素材)	—
	20～40	20～25 (T) 20～25 (R)
	50～70	25～30 (T) 25～30 (R)
ナラ	0 (素材)	—
	15～25	30～40 (T) 20～30 (R)
ラワン	0 (素材)	—
	25～45	10～20 (T) 10～20 (R)
	70～90	35～45 (T) 25～35 (R)

WPCは素材と比べ腐朽量が1/6で、効果が認められている（表5）。

表面性能の一つに美観の向上というWPCの大きな特性があり、WPC化により深みのある光沢や木目が強調できると同時に平滑面も得られるので、塗料のしみ込みムラ防止や塗料の密着性向

表5 WPC処理材の重量減少率(%)

試料	オオウズラタケ 林試0507	カワラタケ 林試1030
ブナ	18.21	23.38
スギ辺材	3.56	0.33
10% WPC	0.74	0.07
50% WPC	0.23	0.04

上、さらに塗装回数の減少など塗装工程の簡略化もできる。また、着色も容易で、樹脂液への染料添加で木材内部までの均一着色ができる、木材の高級化という付加価値を与える。

加工性からみると、WPCは高比重材になり切削抵抗が増すので、加工機械、刃物のセッティングなどに多少の配慮が必要であるが、一方では金属のようなシャープな加工や平滑面が得られる。

接着性では、レゾルシノール、エポキシおよび水性ビニルウレタン系接着剤が各接着条件に応じて用いられているが、一般の木材と比べると注意が必要である。

常温接着や現場接着については接着剤の選定が適切であれば大きな問題はないが、熱圧接着については、樹脂、樹脂液の種類、重量増加率によって接着性がかなり異なってくる。特にポリマーの重量増加率が増加すると、ぬれが悪くなるのでWPC表面の研磨⁶⁾⁷⁾が必要である。また、製品の用途によっても接着剤の選定が必要である。

4. 製品と用途

表6⁸⁾はWPCの製品性能を物理的、化学的性質、加工性、美観的性質など各項目ごとに評価したものである。WPCは各項目において優れた特性をもち、現在その特性を生かした製品が建築、スポーツ、産業用をはじめ、各分野で使用されている。

つぎに製品の用途例と要求性能を紹介する。

(1) 建築材料

WPC製品で最も使用されるのが建築材料で、特に過酷な条件となるフロアにWPCのもつ特性が最も生かされている。

表6 WPCの製品性能

部門	WPCの性質	性能	部門	WPCの性質	性能
物理的性質	寸法安定性 衝撃耐摩耗性 密度 引張り強さ 静的曲げ強さ 非割裂性	B C A * A A A	化学的性質	接着性 耐汚損性 耐酸性 耐昆虫・腐朽性 耐燃性 耐候性	B A A A A A A
製作加工性	フライス削り 旋削 仕上げ 釘保持力	A A A D	美観的性質	外光 平滑 仕上げ永続性	A A A A

A: 大変よろしい、B: 従来一般に行われている木材処理によるものと実質的には同程度、C: 無処理木材と実質的に同程度、D: 無処理木材に劣る、

*: より大

一般住宅における玄関、縁側のフロアなどに、また、床材以外にも階段、手摺、敷居、框などに利用されている。なかでもWPC化粧張り単板を用いた縁甲板が最も多く使用され、現在WPC製品の大部分を占める。また、最近では、厚単板パーケットフロア、単層フローリングのWPCが重歩行用として、公共施設や百貨店、さらに一般的な場所へも、特に従来は人の往来が激しく木質材料では不向きな場所へも使用されており、WPCのもつ特性が認識・評価されたものといえる。フロアとしての要求性能は、耐摩耗性をはじめ、硬さ、耐水、耐汚染、耐光性、耐久性、寸法安定性など、さらに表面の美観性などあらゆる性能が要求されるが、WPCの多機能な性質はフロアの要求性能をすべて満たしている。

最近の施工例として、東京証券取引所の改築工事⁹⁾にWPCフロアが採用されている。この選定にあたっては各種の床材料について強度、歩行感、総合メンテナンス、デザイン、フリーアクセス、コストなど各面から評価し、さらに耐久性についても検討された。その結果コストは最も高いが、その他の部門で最も高い評価を得て採用された。

また、WPCは内部まで均一にWPC化された材料であり、研削、研磨などにより再仕上げも容

易である。さらに内部への着色も可能で、天然木の塗装にはない深い光沢や木材のもつ木目を強調できる表面を得ることができ、より付加価値を高めることもできる。敷居、框ではWPC化で出入り部分の汚れ防止や溝部の摩耗防止、さらに傷の防止などに、また、階段、手摺でも耐摩耗、傷、汚れ防止、美観の向上、維持などに効果的である。また、ベンチ、カウンターにもWPCが利用される。

(2) スポーツ用具

WPCの特性は、ゴルフヘッドの打球面や全体へのWPC化で表面強化が行われる。いずれも重量制限内で、表面を硬くすることを要求される。特に打球面ではテストマシーンによる試打5000回においても打球面のへこみが少なく、また、ボールの飛距離向上などに評価を得、また、均一着色、塗料との密着性、塗装の簡略化、耐水性にもWPCが評価される。また、グランドゴルフのヘッド打球面にWPCが適用され、木球との打球面のへこみ防止や耐久性などの向上がみられる。ゲートボールではスティックにWPC処理が行われ、木口面のへこみや割れの防止など耐久性の点で、また、重量調整により、ヘッドの方向性のコントロール向上や、さらに汚れ防止、表面の美観向上などにWPCが適用される。

銃床では、重量調整、硬さ、耐水、耐久性、汚れ防止など、特に重量の均一化に重点が置かれる。

(3) 楽器

ドラムスティック、笛、弦楽器の指盤、マイクロホンの柄などに使われている。これらは汚れの防止、耐久性の向上、寸法安定性などが要求される。

(4) 家具

座卓、仏具、把手類、脚物などにWPCが利用されている。WPCによる表面美観の向上という価値が付加され、汚れにくい、傷がつきにくいなど表面強化、平滑面、塗装性に有効である。脚物では、强度向上および均一化などの点より利用される。

(5) 日用品

ヘアーブラシ、菓子器、植木鉢、刃物の柄、ソロバン、化粧瓶の蓋、工具の柄、ペン軸、編棒などへの用途がある。耐久、耐摩耗、汚れ、傷の防止などの性質の付与や、さらにWPC化による表面の美観向上、内部への均一着色といった付加価値をつけることができる。

(6) 産業用

自動車ノブ、木管、シャットルなどの材料になっている。木管は工業用ミシンに使用されるもので、糸巻きを行うのに表面の変形防止が要求され、硬度、耐摩耗性などの表面強化と、帯電防止を付与できる。シャットルでは、重量の均一化、強度および湿度変化による寸法安定性などで、産業用の金属では加工面、木材では強度、耐久性などに難がある部材にWPCが利用される。

(7) 装飾品

ネクタイピン、ボタン、傘の柄、電気スタンド、支柱などに使われている。装飾部品としてはシャープな加工ができる加工性や表面の美観性などが要求されるところや、また、汚れ、傷の防止、硬さ、耐久性などが要求されるところに利用される。

以上、WPCの製品用途と要求性能を述べてきたが、次に現在の用途別生産状況を表7に示す。表は昭和59年度化学処理木材等に関する調査報告書でのWPC等の生産量および生産額で、現在各分野で使用されているものの、建築材料、特に縁甲板が占める割合が大きい。

5. 今後の課題

WPCの多機能な性質は、各分野への利用を可能にしているが、現在の生産技術では高コストであり幅広い普及に影響し、また、内部までの高含浸は過剰品質ともいえる。経済的低コストWPC、低含浸化あるいは表面などの部分含浸化が望まれ、樹脂や生産技術の研究改良が必要と考える。

また、WPCは木材よりいろいろ優れた性能を有しているが、各性能の限界への研究も必要であり、屋外用としての高耐久性の付加や、難燃・耐

表7 生産量および生産額(用途別)状況(最近1か年)

メー カ ー 名	建築材料				工業材料				家具・建具				運動具・遊具				その他				合 計
	漂 白 单 板	床 甲 板	縁 板	シ ヤ ツ ト ル	木 管 (ボ ビ ン 材	強 化 積 層 材	シ モ ン カ ケ	テ モ ブ ル シ ユ	サ ッ シ ユ	テ レ ビ ・ キ ャ ビ ネ ット	ゲ ト ボ ル ス テ イ ック	ゴ ル フ ヘ ッ ド	銃 バ ッ ト	公 園 遊 具	そ の 他	ナ イ フ ・ 包 丁 の 柄	そ ろ ば ん の 柄	万 年 の 筆 他			
A	19,800 26																			19,800m ³ 26.0百万円	
B					12,000 6								○ ○	60,000 12		26,000 19.6		98,000本 37.6			
C		120 43			48 14.4			○	36 14.4		○ ○ ○		120 60						324m ³ 131.8		
D							60 42		30 30				100 70			400 400		590m ³ 542.0			
E		3,000 54																	3,000m ² 54.0		
F			350,000 1,390																350,000m ² 1,390.0		
G			120,000 5,000																1,200,000m ² 5,000.0		
H		34,000 150	66,000 630																100,000m ² 780.0		
I							34 47			40 56				145 202			95 132		314m ³ 437.0		

熱性能を上げることが期待される。

さらにその技術・性能を応用し、他材料との複合化や、木材以外の植物繊維にまで拡大することにより、付加価値の高い機能性材料として幅広い用途開発も必要である。

文献

- 1) Modern Plastic Vol 44, No. 7, 96 (1967)
- 2) 長田幸民：木材工業 Vol 23, 313 (1968)
- 3) 大鹿技術資料
- 4) 第15回木材化学加工研究会
- 5) 昭和57年度新住宅開発研究成果報告書 88
- 6) 後藤ら：島根大学研究報告2号 99 (1968)
- 7) 半井ら：木材工業 Vol 25, 220 (1970)
- 8) 山名成雄：木材工業 Vol 22, 182 (1967)
- 9) 高橋重幸：木材工業 Vol 41, 134 (1986)

著者略歴 近藤 正己(こんどう まさみ)

45年3月 東京農工大学農学部林産学科卒業

45年4月 大鹿振興株式会社入社現在に至る

勤務先住所および電話番号

東京都板橋区舟渡1丁目6番14号

TEL 03-966-5125(代)

「化学加工で木材の需要拡大を図ろう」は
 (1) 木造住宅と火災 (4月号)
 (2) 木材の防腐処理 (5月号)
 (3) WPCの性質と利用 (6月号)
 (4) 木材のガス化と可溶化 (7月号)
 の4回連載です。

社団法人 北海道林産技術普及協会では機関誌ウッディエイジ
(B5版) の特集号を頒布していますのでご利用下さい。

価格はいずれも実費 () 内は送料

・特 集 号

カラマツを使ってみませんか	(昭和56年)	25頁	400円 (170円)
Theおがこ	(昭和58年)	26頁	400円 (170円)
窓(木製サッシの実用例集つき)※	(昭和59年1月号)	35頁	700円 (240円)
木材乾燥	(昭和59年8月号)	43頁	800円 (50円)
木材工業とマイコン※	(昭和59年11月号)	17頁	340円 (170円)
木製軽量トラス※	(昭和59年12月号)	16頁	320円 (170円)
木の良さ再発見	(昭和60年1月号)	22頁	300円 (45円)
今なぜ広葉樹か※	(昭和60年3月号)	22頁	440円 (170円)
カラマツ・セメントボード※	(昭和60年10月号)	43頁	860円 (240円)
単板積層材※	(昭和60年11月号)	30頁	600円 (240円)
キノコ(その1)	(昭和61年3月号)	29頁	500円 (45円)
木材の農畜産業への利用	(昭和61年5月号)	27頁	700円 (45円)
「木の家」百年持たせます	(昭和61年9月号)	23頁	700円 (45円)
キノコ(その2)	(昭和61年11月号)	23頁	600円 (45円)
林産試験場の成果	(昭和62年1月号)	43頁	800円 (50円)
林産試験場移転整備特集	(昭和62年5月号)	25頁	700円 (45円)

注: 品切れの場合はコピーになります。※印はコピー。