

カラマツ除間伐小径材の石こう木質板への利用

- 石こう資源の状況と製品価格の推定 -

高橋利男

1. はじめに

カラマツの除間伐小径材の用途開発の一例として木質系の準不燃材料を考える。既存品として木毛セメント板や木片セメント板があることは周知である。これらは一般の土木・建築工事に用いられる普通ポルトランドセメントを結合剤としている。セメントは糖類を嫌い樹種の選択性が大きい¹⁾。カラマツについては心材中に含まれるアラビノガラクトン等の水溶性多糖類成分がセメントの硬化阻害の原因になるといわれている。岩下氏によればカラマツ間伐材については「心材化があまり進んでおらず、成熟木の心材とは異なり硬化阻害をおこす水溶性成分の含有量が少ないため間伐材を木毛セメント板原料にした場合にセメントの硬化が遅いだけで、セメントが硬化しないわけではない」としている²⁾。ところが筆者らの経験によればカラマツ小径材からえた辺心材込みの木片で24時間圧縮しても製板することはできなかった³⁾。このことについては道内の木毛セメント板会社も同様の経験をしているようであり、令級・産地・伐採時期等の違いがこのような差としてあらわれているものと考えられる。いずれにしてもセメントにとってカラマツは使いにくい原料だといわざるをえない。

そこでセメントに代わる何かよい結合剤はないかと考えたわけである。それが石こうである。これは水に溶かせば30分もしないで固まってしまう性質をもち、セメントのように1時間以上もたつてから固まり始めるのとは大きな違いがある。石こうを結合剤として、セメントのそれと似た手法で固めてみると、気乾状態の強度においてセメントのものと遜色はなく⁴⁾、準不燃材料に適合する木材小片とセメントの配合条件も見い出された⁵⁾。

そこでこの製品を企業化するとして、これが成り立ちうるためには原料の安定的供給の確保が前提となる。北海道においては今後除間伐が順調にすすみ相当量の産出が期待できるようである。一方それでは石こうについてはどうか一過去の推移と今後の見通し、製品原材料費はどの程度になるか、更に年間原料消費としてどの程度見込めるのか等について概察してみたので、御批判をお願いする次第である。

2. 石こう資源について

2.1 わが国の石こう資源の推移

わが国の天然石こうの推定埋蔵量はわずかに5,000万t程度であり、その規模は諸外国に比べて極めて小さく、純度も低位であった⁶⁾が、そのほとんどがセメントの凝結緩和剤として用いられ、セメントと共に伸長してきた⁷⁾。一方りん酸肥料工業においては原料りん鉱石に硫酸を作用させてりん酸液を製造するが、その際に副生するりん酸石こうの品質改善に成功し、昭和38年以降セメント用として急激に進出してきた⁷⁾。その産出推移を第1表に示す。昭和38年から昭和43年の平均伸び率を計算すると約20%と極めて高い。これは農業構造の変化、農村労働力の減少、施肥の省力化；単肥から複合へ、低成分から高成分複合化への転換の過程を反映する⁷⁾。ところで昭和44年の対前年比伸び率は

第1表 日本におけるリン酸石こうの増加推移¹⁾

(単位 1,000t)

	1963 (昭38)	1964 (昭39)	1965 (昭40)	1966 (昭41)	1967 (昭42)	1968 (昭43)	1969 (昭44)
天然石こう	746	753	641	602	557	547	541
りん酸石こう	913	1,127	1,384	1,648	1,984	2,282	2,414
その他の化学石こう*	291	293	294	298	297	318	329
輸 入	108	91	50	49	44	57	61
合 計	2,058	2,264	2,369	2,597	2,882	3,204	3,345

注：石膏石灰(ハンドブック⁷⁾ P. P. 738~739から作表した。

* 製塩石こう、チタン石こう、ふっ酸石こう、くえん酸石こう、鉍水・精錬石こうの全てを含む。

5.8%と急激に低下する。これは総合農政による米作調整でりん酸肥料の需要が鈍ったためである⁷⁾。この間石こうの絶対量の増加はセメントへの増加もさることながら、曲折を辿りつつも、ポートプラスター用へと拡大する。

2.2 排煙脱硫石こうの出現

昭48年大気汚染物質に対する環境基準が改正され、SO_x放出基準を前年までの1/3以下とし、これを5年以内に達成すべきものと義務付けられた⁸⁾。そこで燃焼に係る装置をもつ事業所は排煙脱硫に真剣に取り組むことになる。脱硫方式及び副生回収物について活発に討議される⁶⁾。回収物としては濃硫酸、硫黄、石こう、亜硫酸ソーダ等種々検討の対象となるが、既存業界を圧迫しない、大量消費が可能なこと、取り扱いが容易で脱硫技術上問題がない、中和剤の石灰が豊富なことなどから石こうとして回収する方向が打出される⁶⁾。そして同時に脱硫装置の大型化が進められる⁶⁾。これらの装置が本格稼動するに伴い、供給過剰問題が急速に表面化してくる。このため昭51年7月通産省に石こう対策室が設置される⁹⁾。

51年4月作成の石こう需給見通しによれば、53年度以降年当り200万t増加し、55年には在庫が1,000万tを越えるとした。われわれの木質石こう板に関する研究着手はこの頃であった。しかし51年7月の実態調査で、この見込みを約半分に下方修正した。その背景として化学肥料業界の停滞と輸入りん酸・りん安の影響によるりん酸石こうの落ち込み、電力・鉄鋼等の脱硫装置の操業度低下と低硫黄燃料への切換による排脱石こうの伸び悩み等をあげている⁹⁾。ここで45年～52年の需給実績を第2表に示す。需要は51年以降上向きに転じ52年度は48年のピークを越えている。供給としてはりん酸石こうが49年をピークに大幅に落ち込み横ばいである。排脱石こうは45年0.2%シェアのものが52年33.2%まで喰い込んでいるものの、りん酸石こうの減少分をカバーするにとどまっている。

2.3 今後の需給見通し

通産省は52年5月の実態調査で再度見直しを行い第3表⁴⁾を発表した。これによっても大幅下方修正であるが尚若干の過剰傾向を見込んでいる。しかし52年度の実績、53年度一部地域での品不足を考えればまだギ

第2表 昭和45年度～昭和52年度における石こうの需給状況¹⁰⁾～13)

(CaSO₄・2H₂O 100% 換算・単位：1,000 ton)

項 目		45		48		49		51		52	
		数量	比率	数量	比率	数量	比率	数量	比率	数量	比率
需 要	セメント用	1,782	46.2	2,190	45.1	1,890	47.1	2,051	44.0	2,305	44.9
	ボード用	1,197	31.0	1,704	35.1	1,340	33.4	1,448	31.0	1,605	31.2
	プラスター用	489	12.7	569	11.7	450	11.2	490	10.5	475	9.2
	焼石こう用	93	2.4	104	2.1	83	2.1	76	1.6	86	1.7
	その他用	86	2.2	100	2.1	100	2.5	100	2.1	100	1.9
	輸出入減	—	—	—	—	30	0.7	365	7.8	412	8.0
合計	212	5.5	194	4.0	120	3.0	135	2.9	154	3.0	
合 計		3,859		4,861		4,013		4,665		5,137	
供 給	天然石こう	527	14.2	363	7.4	305	6.2	38	0.9	—	—
	りん酸石こう	2,572	69.1	3,010	61.3	3,258	66.3	2,323	53.0	2,494	48.2
給	その他石こう	460	12.4	1,133	23.1	1,276	26.0	1,994	45.4	2,662	51.4
	学術用	150		380		304		290		270	
	その他	8		51		275		1,113		1,719	
	排脱	(0.2)		(1.0)		(5.6)		(25.4)		(33.2)	
輸 入	162	4.4	405	8.2	74	1.5	29	0.7	15	0.3	
合 計		3,721		4,911		4,913		4,384		5,171	
過 不 足		△138		50		900		△281		34	
在 庫		445		350		1,250		1,123		1,157	

注 *1 各年度別の比率とは各年度の需要合計及び供給合計をそれぞれ 100とした場合の構成比率である。

*2 この比率とは排脱石こうのもので各年度の供給合計を 100とした場合の構成比率である。

第3表 昭和52年度以降の石こう需給見通14)
(CaSO₄・2H₂O 100%換算, 単位: 1,000ton)

会 年		52	53	54	55	56	
需 要	セメント用	2,304	2,505	2,632	2,765	2,905	
	ボード用	1,568	1,740	1,911	2,095	2,264	
	プラスター用	462	450	425	400	380	
	焼石こう用	85	85	85	90	90	
	その他用	127	158	228	273	314	
	輸 出	501	355	250	200	150	
合 計		5,047	5,293	5,531	5,823	6,103	
供 給	天然石こう	—	—	—	—	—	
	りん酸石こう	2,494	2,599	2,678	2,711	2,744	
	チタン石こう	277	282	286	290	293	
	ふっ酸石こう	336	361	371	382	393	
	鉛水・精錬石こう	151	196	212	232	252	
	排脱石こう	2,099	2,169	2,320	2,345	2,432	
	その他	194	204	214	222	224	
	輸 入	15	20	30	30	30	
	合 計		5,566	5,831	6,111	6,212	6,368
	過 不 足	519	538	580	389	265	
欠 減 等	368	294	166	175	183		
在 庫	1,676	1,920	2,334	2,548	2,630		

ヤップがあるといえそうである。これは一般的な景気の回復ならびに公共投資の促進に支えられた需要の増大と、一方、供給量が予想を下廻って伸び悩んだことに起因している¹⁵⁾。それでは今後の見通しはどうか。供給サイドでみるとりん酸石こうは横ばいとしても景気回復に伴う脱硫装置の複動率の向上、石油値上げに伴う高硫黄重油の使用比率の増加等の要因は考えられる。更に石炭火力発電所の新設増加、鉄鋼業界の公害対策が進むことによる排脱石こうの増加も予想される¹⁵⁾。需要サイドでみると公共投資に支えられたセメントの伸び、住宅投資に支えられた石こうボードの伸びがどうなるかであろう。ただ従来日本の市場にはなかったグラスファイバー入りの石こうボードの規格化

がすすんでいるようであり、既存用途以外への進出が考えられる。結論的にいって現時点での見通しの見極めは難しいといわざるをえない。

2.4 北海道における石こうの産出

本道の産出状況を第4表に示す。本道には石こうボードメーカーが2社あり、1社については全て本州より移入している。53年度見込の排脱石こうの中には年度途中から稼働した発電所の分が入っている。通年稼働で積算すればもう少し増えると思うが趨勢を変えるに至らない。全国比1%を切っている状況であり、大幅に変わる見通しは熱線点ではないというのが札幌通産局の担当官の見解である。

第4表 本道の石こう産出
(CaSO₄・2H₂O換算, 単位: ton)

年 度	総生産量	排脱石こう ^{*2)}
50	45,745 (1.08)	5,330 (0.71)
51	34,449 (0.78)	6,834 (0.61)
52	42,352 (0.82)	6,966 (0.41)
*1 53	51,200 (—)	8,140 (—)

(札幌通産局調べ)

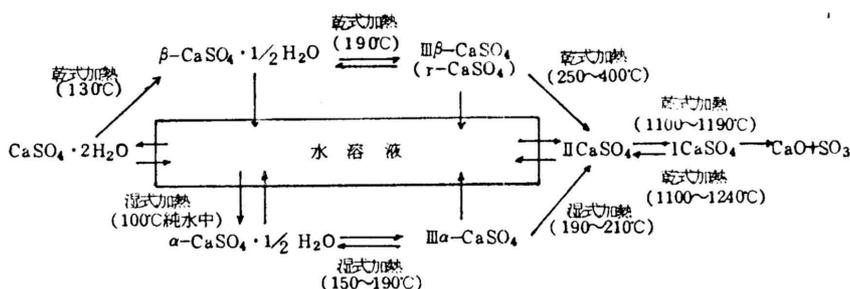
()は全国比%

*1 見込量

*2 総生産量の内数

3. 石こうの種類について

石こうは鉱物として天然に産出する天然石こうと化学工場の副産物として生成される化学石こうに類別されることは既に述べた。木質物の結合剤として用いる場合上記の類別は本質的なものではない。要は水を介して練った時に固まる性質をもつかどうかなのである。石こうの形態を第1図¹⁶⁾に示す。この図は石こう(硫酸カルシウム: CaSO₄)が水(H₂O)を失う、と



第1図 石こうの諸形態¹⁶⁾

第5表 木質石こうボードの製品設計と原料所要量

製品設計	石こう/木材小片比	
	ボード比重	3.0
	製品体積	1.0
製品体積	91cm×182cm×12mm	91cm×182cm×15mm
製品重量*1	19.9kg	24.9kg
粗製品体積*2	95cm×186cm×14mm	95cm×186cm×17mm
原料所要量4) (製品1枚当り)	木材小片	全乾で 4.9kg
	半水石こう*3	14.7kg (17.4kg)
		全乾で 6.0kg
		18kg (21.3kg)

*1 製品含水率が10%であるとした。

*2 製品仕上の際の耳取り量と厚さ規制のため研削量を上積みした。これは製造工程の精度にかかわるものである。

*3 ()はCaSO₄・1/2H₂OがCaSO₄・2H₂Oにか変わった時の重量である。

り込む、結晶型を変える、これらの反応が可逆的なものか、非可逆的なものか等を総括的にあらわしたものである。

この中で水を介して固まる性質をもつものは 型半水塩 (- CaCO₃・1/2H₂O) , 型半水塩 (- CaSO₄・1/2H₂O) 及び 型無水塩 (CaSO₄) の3種である。このうち 型無水塩はだまっ

ていても固まらないので硬化促進剤を併用する。半水塩については作業時間に合わせて硬化遅延剤、場合によっては硬化促進剤を使用することもある。

用途別種類としてセメント、ボード、プaster、焼石こう用のあることは既にのべたが、セメント用は二水塩 (CaSO₄・2H₂O) , ボード、プaster用は

型半水塩、また焼石こう用は 又は 型半水塩でこれについては用途によってその物理的性質に関する要求条件が異なる。

ところで硬化体の強度的な面からは 型半水塩 < 型半水塩 < 型無水塩の順ですぐれているといわれている。それは水との混練に際し水を沢山必要とするかしないかにかかわるのである。即ち水の多いものは硬化後空隙部分を沢山残すが、少ないものは硬化後の空隙も少ない。前者は弱く、後者は強くあらわれる。さて木材小片とのかかわりではどうか。同じ種類の小片を原料とし、三種の石こうについてそれぞれ独立に水量を変えて製板してみた。その結果、これら三種のあいだに差はないものと観察された¹⁷⁾。第1図からも明らかかなように 型無水塩はもっともエネルギーを必要とする。 型半水と 型半水塩とでは装置的に、又操作的にも前者が高価となる。依って 型半水塩が現状ではもっとも安価なのである。即ち木材小片の結合剤として考えた時、この安価な 型半水塩で充分だということになる。

4. 木質石こうボードの原材料試算

4.1 製品設計

これを行うためには用途(使用箇所と部位)の設定が前提になる。そこでその要求条件を整理し、それに対する性能群の選定と各性能のグレードを設定し、その製品がどこに位置付けられるのかを見極める¹⁸⁾ことが出発点となるべきと考える。これには性能の賦与とグレード向上の技術的可能性の見極めが表裏のものとして併行する。現時点では遺憾にしてそこまではいっていない。ただ製品化の可能性を追求する立場として基本的原料をカラマツ除間伐材と 型半水石こうに限定して考えた場合どうということになるのかを大雑把にみてみようとしたわけである。

そこで単純に準不燃材料(難燃2級)に適合する配合条件⁶⁾で市販されている木毛板よりも強度があり、表面性の良好な3尺×6尺サイズの板とする。原料所要量も含めてまとめたのが第5表である。施工性を考える時、製品の重さも無視しえないと思われるので厚さ別の試算をした。なお断わるまでもなく原料所要量は粗製品体積に対してである。

4.2 原料価格の設定

まずカラマツ除間伐材について考える。除間伐してチップに粗砕したのち製紙工場入り価格として、ほぼ6,000円/m³程度で取引されているようである。ここでは一応製紙用チップの取引価格6,000円/m³を多少上廻る8,000円/m³と設定する。筆者の考えている木材小片はかならずしも製紙用チップを原料とするわけではない。丸太状のものから比較的長く、かつ薄いフレーク状の小片をえることを考えている¹⁹⁾。従ってチップ工場での粗砕費は必要がなく、除間伐の所要経費

の側からみると更に有利となる。樹皮を含めた丸太の小片歩止りを80%と仮定すると木材小片の価格は10,000円/m³ 20,000円/ton=20円/kgとなる(但し、全乾換算としてである)。但し、小片化経費は含まない。

次に半水石こうの価格について考える。2年前前、全国木毛セメント板工業組合がいろいろの背景をふまえて木毛石こう板の開発にとり組んだ。その時期は2.2で触れた石こう過剰問題が全国的に騒がれた頃であった。その折りあるメーカーが木毛石こう板用として付けた半水石こうの価格が本州で12,000円/ton、北海道ち持込みで2,000円アップの14,000円/tonであった。当時の二水塩の取引価格が1,000円/ton又はそれを切るところまで下落していた¹⁵⁾という。それが現在では3,000円/ton程度になっているようである。それを反映して本州での取引価格は14,000円~15,000円/ton程度になるという。これを北海道に持ってくればその輸送方式によるが5,000~10,000円の上積になるというのがあるメーカーの見解である。従って現時点での半水石こうの価格を20,000円/ton~25,000円/ton=20円~25円/kgと設定せねばならない。

4.3 原材料試算とその市場適合性について

前項で設定した価格を前提に製品厚さ別の原材料試算を行ったものが第6表である。ところで中小企業の前価指標²⁰⁾によると製材・合板製造業の総原価(製造原価と販売・管理費の総計)に占める直接材料費の構成比率は60%台である。これに対し建材製品製造業の平均(コンクリート製品を含む)でみると30%となっている。そこで工場渡し価格の推定の基礎として直接材料費の構成比率を30%と50%に設定した。その結

第6表 原材料試算

原 材 料 価 格	木 材 小 片	10,000円/m ³ ⇔20,000円/ton=20円/kg	
	半水石こう	20,000~25,000円/ton=20~25円/kg	
原 材 料 試 算 (製品1 枚当り)	製品厚さ別	12mm	15mm
	木 材 小 片	98円	120円
	半水石こう	294~368円	360~450円
	合 計	392~466円	480~570円

第7表 工場渡し価格と設計価格の推定(単位 円)

		製品の厚さ	12mm	15mm
工場渡し 価格の推定(A) (1枚当り)	直接原材料費 の構成比率	30%	1,307~1,553	1,600~1,900
		50%	784~932	960~1,140
設計価格 の推定(B) (1枚当り)	(A/B)×100	30%	2,614~3,160	3,200~3,800
		50%	1,586~1,864	1,920~2,280
		30%	2,178~2,588	2,667~3,167
		50%	1,307~1,533	1,600~1,900

設計価格の欄で30%、50%とあるのは直接原材料費の構成比率のことである。

果試算された価格を第7表の上段に示す。

次に建材の一般的流通経路をみている。北海道においてはメーカー 商社 卸問屋 一次問屋(一次特約店) 二次問屋(二次特約店) 大手土建(工務店) 大工(設計価格)が標準的なものようである。大工さんの信用度によっては二次問屋又は一次問屋から直接購入するケースもあるようである。又卸問屋が商社機能の果しメーカー 卸問屋という経路もあるという。そこで流通経路の末端価格である設計価格に対する工場出し価格の割合についてであるが、60%程度というのがある商社マンの見解である。これに対して50%とするのが安全だという見方もある。そこでこの両方の数字に基づいて設計価格の試算を試みる。第7表の下段に示したものがそれである。

ところで現在市販されている準不燃材料の設計価格はどうか。旭川市内の建材店で調べた結果は次のとおりである。石こうボード、普通板12mm;1,000円、パルプセメント板、平板6mm;1,000円、木毛セメント板、15mm;1,300円、センチリーボード、内装下地素板12mm;2,600円、同、外装下地素板12mm;2,900円となっている。第7表の設計価格推定には利益分は含まれていない。このことを含めて考

慮すると直接原材料費の構成比率が50%型で競合が可能となろう。石こうボード、パルプセメント板との競合は考えられなく、木毛セメント板とセンチリーボードの中間に位置する用途の開拓ということになる。更に又今後のプラント設計、生産設計において直接原材料費の構成比が50%型になることを前提とした配慮が必要となる。

第8表 年間の原材料所要量試算

製品厚さ (mm)		12		15	
年間生産量 (万枚)		30	60	30	60
木材	小片 { (ton) (m ³)	1,470	2,940	1,800	3,600
		2,940	5,880	3,600	7,200
	原木 (m ³)	3,675	7,350	4,500	9,000
半水石こう (ton)		4,410	8,820	5,400	10,800

4.4 生産規模の設定と原料の年間所要量試算

ここで考えている製品を企業化する場合、中小企業規模を前提とする。生産規模を考える際、前節で述べた制約条件を考慮しなければならないが、ここではそこまでは考えない。単純に1日当りの生産量を1,000~2,000枚と設定する。300日稼働として30~60万枚が年間生産量となる。第6表を基礎に年間所要量を計等したものが第8表である。

5. おわりに

どちらかといえば石こうを中心に置いた話になったが、木材研究者が未知の石こうを扱い、しかもその企業化の可能性を前提として考える場合、避けられない過程である。石こうそのものが各時期の産業の背景社会的諸条件の影響を受けて、極めて揺動の大きい位置に置かれていることが浮きぼりにされたと思う。

石こうの需給見通しについてはどうも明確でなく、木質石こう板に関する研究の位置付けが低下する印象はさげがたい。このことについてある経済人は次のようにのべている。“純経済的に考える。先ず石こうボードと競合するとする。価格を含めて性能の勝負で勝るとする。この事例で木材の値上り方が石こうのそれより大きい場合は競合できない。しかし逆の場合は競合できる。次に石こうボードとは全く別の用途を考える。この場合、石こうボードには関係なく価格を設定できる。原料石こうの価格として、石こうボードのそれより高く設定できれば石こうは入手できる。両者の価格がある程度安定的に推移し、石こうと木材の両方の性能がうまく生かされる方向が出れば経済的にペイする企業化は可能となる”。

既存の石こうボードとの競合が不可能なことは既に

述べた。そして木毛セメント板とセンチュリーボードとの中間の用途ということも述べた。果してその穴場はどこにあるのか。それにつけてもセメントと比べて耐水性の劣るとされている石こうを結合剤として、如何なる手段で、どの程度までそれを改善できるのか、その耐水性を如何なる試験方法で評価するのが目的的吗なのか、すべて今後に持ち越された課題である。又耐水性改善のない現状の性能のままでも何とか使える用途・部位はないのかも探究されねばなるまい。更に今後の方向としては“性能のすぐれた板を出す”ということだけでは不十分であろう。例えば石こうボードを貼るとしてその下地ごしらえの費用が馬鹿にならないといわれる。施工方法・施工費用をも含めたトータル概念の導入とユーザーへ向けてのソフト的な対応が求められるといえよう。そこまで考えるとこれは限られた一部の研究員の対応では限界がある。

製品価格の推定については相当粗っぽい見方をしてきた。基礎データのないこともさることながら、筆者の知識の限界でもある。今後更に緻密に組み上げていかねばならないが、御諸賢の御教示をお願いする。

文献

- 1) 善本：木材工業，28 P. P. 6~11 (1973・7)
- 2) 農林水産事務局編；カラマツ材の利用技術に関する研究（研究成果107），93~95 (1978・3)
- 3) 高橋ら：本誌，14~8 (1973・8)
- 4) 高橋ら：本誌，11~16 (1977・10)
- 5) 高橋ら：本誌，1~7 (1977・11)
- 6) 村上監修：新しい資源・セッコウとその利用（ソフトサイエンス社）昭和51年3月第1版
- 7) 石膏石灰学会編：石膏石灰ハンドブック（技報堂）昭和47年6月1版
- 8) 環境庁告示第35号（官報第13914号 - 昭48・5・16）
- 9) 塚田：石膏と石灰，1~2，No. 153 (1978・3)
- 10) 森：石膏と石灰，19，No. 139 (1975・11)
- 11) 森： ” ，26，No. 144 (1976・9)
- 12) 森： ” ，35，No. 150 (1977・9)
- 13) 森： ” ，35，No. 157 (1978・11)
- 14) 第3回石こう対策推進中央協議会資料（通産省基礎産業局石こう対策室）昭53・10・27
- 15) 工藤；産業公害，Vol. 15，No. 4，56~62 (1979・4)
- 16) 石こうの備蓄・保管と有効利用に関する調査研究報告書（昭52年11月）大阪科学技術センター
- 17) 高橋ら：未発表資料（その1）
- 18) 材料精製に関する研究：建築研究報告 - 建設省建築研究所（1965・3）など
- 19) 高橋ら：未発表資料（その2）
- 20) 中小企業庁編：中小企業等の原価指標（昭和53年発行）

- 木材部 改良木材料 -

(原稿受理 昭和54.5.18)