木質系廃棄物リサイクル調査報告書

平成４年３月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

木質系廃棄物リサイクル調査報告書

平成４年３月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

はじめに

石炭や石油などの資源を大量消費する生活をいつまでも続け、地球の温暖化を始め、酸性雨、熱帯林の減少、砂漠化などの地球規模の環境の悪化を引き起こし、また、身近には大量のごみの処分に窮するなどの問題をさらに加速させてはならないとする反省が世界中に生じてきている。このような世界の動きに呼応して、わが国でも省資源をはかるため、平成３年１０月２５日、「再生資源の利用の促進に関する法律」（リサイクル法）が施行された。大量消費時代にあって、生産から消費にいたる各段階での再生資源の活用を国民全体で目指す第一歩となるものとみなされている。

木材は本来リサイクル可能な資源として有効に利用されてきた。例えば建築解体材はいくつかのものに区分され、そのうち良質なものは建築に再利用され、くず材はチップや燃料になった。しかし最近は人手不足のため木材だけではなくコンクリートやガラスのたぐいまで一緒にして捨てようとする傾向にあるといわれている。はたしてこれでよいのか。わが国は熱帯木材を始め木材の輸入国としては世界一であり、このことからも省資源をはかっていかねばならない。この際、原木から製品、製品の再使用、最終処分にいたるまでリサイクルはうまく行なわれているのか十分見直しておく必要がある。

このような木質資源のリサイクルの問題点を明らかにするため、日本住宅・木材技術センターに「木質資源リサイクル研究会」がもうけられた。委員会では平成３年９月２６日“木くずを「ごみ」にしないために”と題する中間報告を行い、大まかではあるが、木質資源リサイクルの問題点を明らかにした。その後引続き委員会では、現地における事例調査や資料採取を行なってきたが、一通りの調査を終えたのでさしあたりとりまとめ報告することとした。本報告が木質資源のリサイクルを考える一助になれば幸いである。

木質資源リサイクル研究会　座長　　中野達夫

木質資源リサイクル調査・研究報告書目次

はじめに……(1)

調査・研究要綱……(4)

第１章　木質廃棄物（木くず）の排出、リサイクルの現況と問題点（総括編）… 1
1　調査の基本的考え方…… 1
2　木くずの発生、リサイクルの現況…… 1
3　リサイクルの問題点…… 3
4　木質資源リサイクルの課題…… 5
5　当面の検討の方向…… 6
6　関係者への提案…… 7
第２章　木質廃棄物の排出、リサイクルの分野別現況と問題点 …… 8
1　木材加工 …… 8
1．1　木材加工業における廃材発生量の推定…… 8
1．2　製材廃材の利用実態調査 …… 11
2　建築解体…… 24
2．1　はじめに…… 24
2．2　除去建築物の推移と解体廃材の問題点…… 24
2．3　建物の解体方法の特性と木くずの発生状況…… 31
2．4　解体木くずの流れと処理事業…… 38
2．5　木くずの循環利用の基礎条件…… 46
3　新築工事（木造住宅）…… 49
3．1　はじめに…… 49
3．2　プレカット工場の木質残廃材と電力消費の実態調査…… 49
3．3　新築木造建築現場における残廃材の量…… 58
3．4　新築工事木質廃棄物の今後の課題…… 60
＜資料＞「プレカット工場における木質廃材の再資源化と利用」に関するアンケート票
4　コンクリート型枠用合板…… 63
4．1　型枠用合板の現状と背景…… 63
4．2　型枠用合板の再利用と再生利用の実態…… 74

４．３　型枠用合板と環境問題…… 75
４．４　型枠用合板の今後の展望…… 80
5　パレット等の物流資材…… 84
５．１　パレットの生産状況…… 84
５．２　木製パレットの製造および利用に関する実態調査…… 87
6　木炭としての利用…… 94
６，１　木材の炭化と意義…… 94
６．２　最近の木炭および木炭製品の需給関係…… 96
６．３　木炭製造工場調査（土壌改良剤、ガス吸着剤）…… 97
６．４　防腐薬剤、特にＣＣＡ処理木材の炭化について……107
６．５　まとめ……113
7　木くずの回収・処理技術……115
７．１　木くずの回収品質ランク……115
７．２　現状の木くずチップ製造技術……116
７．３　木くずチップを原料とした問題点……117
７．４　木くずチップ異物分離除去装置……118
７．５　木くず回収・処理再生利用技術のまとめ……120

＜関係文献、資料＞……126
1　報告、資料……126
2　雑誌……127
3　単行本……128

調査研究要綱

1　趣旨

近年、産業系、一般廃棄物の円滑な処理が困難になり、建設、紙、プラスチック、食品等多くの産業界において、これらに対応した調査研究が進められ対策が講じられるようになってきている。また、廃棄物の処理、再利用を生産活動の一環として位置付ける各産業界の新しい方向ができつつある。

このような中で、木製品の製造過程や建築・建設現場で発生する木質系廃棄物については、以前から調査研究及び技術上の提案も行われ、回収、集荷、選別などを含めた周辺システム技術についても取組まれてきており、比較的再利用率が高いといわれているが、実態はまだまだ十分なものとはいえず、木材関連産業分野においても、一層の合理的な処理、再利用を促進することが求められている。

そこで、ここでは、木質系廃棄物を対象に、その発生の抑制を含め、円滑なリサイクルを推進するための方策について、委員会を設置検討を行うものとする。

2　調査研究体制

本事業では、（財）日本住宅・木材技術センターに、学識経験者、木材生産関係者、木質廃棄物の中間処理業者、処理機械メーカーで構成する委員会を設け、事業の実施計画を策定するとともに、調査を実施しそのとりまとめを行った。

委員名簿

主　査	中野　達夫	森林総合研究所　木材利用部長
委　員	有馬　孝禮	東京大学農学部林産学科　助教授
〃	三城　昭義	東京大学農学部林産学科　助手
〃	木下　敍幸	森林総合研究所木材利用部　機械加工研究室長
〃	平田　利美	森林総合研究所木材化工部　難燃化研究室長
〃	佐藤　雅俊 （宮村　雅史	建設省建築研究所第二研究部有機材料研究室主任研究員 〃　〃　）
〃	細貝　一則	（社）全国木材組合連合会　指導課長
〃	杉浦　銀治	（財）林業科学技術振興所　主任研究員
〃	東島　孝	市川燃料チップ（株）　代表取締役社長
〃	太田　稔	東京ボード工業（株）　代表取締役社長
〃	坂元　嘻成	越井木材工業（株）参与　越井プレザービング東京支店長
〃	宮田　英男	富士鋼業（株）　技術部長
〃	松原　正和	日本木材青壮年団体連合会　副会長
協力委員	浜田　宗男	日本木材青壮年団体連合会　事務局長

3　執筆分担

はじめに		中野達夫委員長
１章		委員会
２章	１及び５	木下敍幸委員
	2	浜田宗男委員
	3	有馬考禮委員、三城昭義委員
	4	宮村雅史委員
	6	平田利美委員
	7	宮田英男委員
＜関係文献、資料＞		浜田宗男委員

第1章　木質系廃棄物（木くず）の排出、リサイクルの現況と問題点

（本章は、平成3年9月26日、中間報告としてまとめたものを調査結果に基づき、一部加除、訂正したので、2章の総括編として位置づけられたものである。）

1．調査の基本的考え方

建物解体現場、建築土木工事現場、木材加工場、物流拠点などから発生する古材、端材、残材などは、総称して「木くず」と呼ばれている。かつて「木くず」は必ずしも「ごみ」として取り扱われていなかった。ところが「ごみ問題」が大きな社会問題になってくる過程の中で、「木くず」も「ごみ」の仲間に加えられる風潮が拡がっている。適正な処理・処分が困難なごみの量や種類が増える現象を「ごみ問題」と呼ぶならば、「木くず」にも共通した傾向がみられるようになっている。「ごみ」化する「木くず」が着実に増え、その勢いは全ての「木くず」までも「ごみ問題」の渦中に巻き込む状況になりつつある。

なぜそのような現象が拡がり、進行しているのであろうか。ごみ化しつつある木くずを効率的に木材工業などの原料として還流させることはできないか。

当委員会は、そのような疑問からスタートし、調査を進めている。この中間報告のねらいは、問題の重要性・緊急性に鑑み、調査は緒に付いたばかりであるが、現段階における問題意識を整理すると共に、リサイクルを推進するに当たって早急に検討すべき課題を明らかにすることにある。

2．木くずの発生　リサイクルの現況

2.1概　況

木くずは、近年の旺盛な産業活動を反映して、年々増加傾向（推定年間 3,000万㎥を超える規模で発生、排出されているといわれている。）にあるとともに、その質的な変化が進んでいる。木くずは、発生、排出される場所、形状、性質、規模、連続性などは様々であり、このため再資源化と再生利用の形状、方法、用途も様々である。木くずは種類ごとに長年にわたって築かれてきた回収―加工・処理―再生利用のルートがあるが、十分機能しないところも見受けられるようになるとともに、再生製品は、競合材の存在・進出、生活様式の変化などによる需要の制約などがあって、リサイクル市場は極めて不安定である。

2.2 建物解体木材

(1)発生の現況

かつて古い建物は、再生利用を目的に解体業者によって購入・手壊しされ、それぞれ有効な用途に振り向けられていた。ところが、1972年の記録的な新設住宅の着工増加を契機にして、団地造成が全国的規模で拡がり、さらには、古い建物を取壊して改築する割合が増えるのに伴って、状況は大きく変化するようになった。その変化を強く刺激したのが1987年からの内需拡大策である。

建物解体床面積はこの年から大幅に増加し、従来に見られなかった高水準を維持するようになり、このことは解体工事量と建設系廃棄物の大幅な増加をもたらした。除去建築物床面積の推移をみると、1990年は1985年に対し約2割増加している。このため産業廃棄物としての木くずの排出量は、1990年は1,000 万トン前後に達していると推定される。

(2)リサイクルの現況

解体木材を分別回収し燃料、ボード・紙原料用にチップ化している業者は大都市圏を中心にして80社程度で、その生産量は年間 180万トン程度といれわている。つまり建物解体木材を中心にした木くず1,000 万トンに対し、チップ化による利用はおよそ20%と推定されている。

また、注目すべきことに、最近、大都市圏のそのようなチップ生産業者に持ち込まれる解体木材が、減少傾向にあり、特に昨年後半以降のこの傾向の激化は、ユーザーに古材チップ利用に対する不安感を与えるまでになった。このような状況の背景には、新設住宅着工の落ち込みもあるが、解体木材の質的変化による、焼却依存の増加などが直接の原因と推測されている。

2.3 建築工事

住宅やビルなどの建築工事に伴って発生する木くずは、その工事に投入される総木材量のほぼ15%を占めるといわれており、これによって最近の発生量を推定すると、年間 400万㎥弱の規模になる。これらの木くずのうち、木造住宅建築現場の端材は、施工業者によって引取られ再利用される場合が比較的多い。しかし、最近では、住宅建築であっても、他材料との複合材料の使用量が増え、さらには中高層建築物の目覚ましい伸びなどによって、木くずの種類は「シバ類」（軸材以外の板物類）あるいは木くず以外の廃棄物を含む「混合木くず」（木くず以外も含む廃棄物）の増加となって現れている。これらの材料は、工事現場で分別、回収される割合が低いため、燃料用チップの原料になる数量も少なく、多くは焼却処理されているもとみれらる。

2.4 木材加工業

木材加工部門から発生する木くずは、加工端材、のこくず、樹皮等で約2,200 万㎥と推定されており、樹皮を除いてはよく利用されている。

製材端材は小木工品やパルプ用チップとして利用されており、また、のこくずも、ボード、固形燃料の原料、きのこ培地などとして幅広く使われている。合板工業端材は、自社工場の熱源として利用しているほか、チップとしてボード用原料に振り向けられている。

これらに比べ樹皮は形質的に加工が難しいため、木材加工部門から発生する木くずの中では、利用がしにくい状況にある。製材工場から発生する樹皮は年間およそ 230万㎥（他の部門も含めて 400万㎥程度）規模と推定されるが、過半数が焼却あるいは投棄されており、燃料や堆肥などに利用されているのは半数に達してないものとみられる。また、その処理は地域にとっても大きな負担になっており、例えば、富山県の資料（1991年3月）によると、利用されているのは、30％で、残り（不明20％を含む）は未利用のまま焼却・投棄されている。

2.5 物流部門

パレットや梱包材等の需要は、製材需要の中で建築用に次いで大きなウエイトを占めており、年間約 300万㎥である。

木くずとしての排出量は、パレットのように繰り返し使用されるものもあるが、ここ数年需要量としてはあまり大きな変動がないことを考慮すると、需要量とほぼ見合った木くずが排出されているものと考えられる。

この分野の木くずは、一般には良質で、チップはボード原料等として比較的よく利用されているとみれらるが、利用の困難な建築工事の混合木くずとして排出されるものも増加していると推定される。

3．リサイクルの問題点

これまで、木くずは、他の廃棄物に比較し、リサイクルの面では優等生といわれてきたが、建物解体材等が増加するにしたがって、木くずのリサイクルも様々な問題を抱えるようになっている。以下に、木くずのリサイクル推進上の主な問題点—阻害要因—を列挙する。

(1)木くずのごみ化の進行とリサイクルの採算性の悪化

建物解体では、技術社の不足、高齢化、工事の増加や工期の短縮化などを反映して手解体は特殊なケースになり、機械解体への依存度を高めつつある。また、木材以外の材料や複合材料

を多用する建物の増加、さらには工法の変化によって、建築工事木くずの解体材の低質化が進み、ごみ化する木くずの割合が増加しつつある。

このため、もともと再生資源は、処理コストや品質の面から処女資源に比べて不利な立場にあるだけに、採算性の面からリサイクルは一層困難なものになりつつあると推測される。

(2) 再生資源の供給不安

木くずの処理・処分費の発生者負担原則が徹底されないことや、保管・積替、中間処理施設、最終処分場の不足、処理・処分経費の節減などによって、原形のまま焼却・投棄される木くずが増加しつつある。

このため、木くずの発生総量は増加しつつあるが、再生資源としての木くずの供給基盤は極めて不安定なものとなっている。関連業界は、原料として木くずに依存することに不安を持っており、これがリサイクルを阻害する大きな要因となっている。

(3) 技術開発の立ち遅れ

木くずの再資源化技術は、破砕処理技術を中心に進展しつつあるが、最近の木くずの質的変化や有効活用のための技術としては未成熟であり、これが木くずのリサイクルの飛躍的拡大を遅らせている。

(4) 社会的費用の負担

木くずのリサイクルは、エネルギー節減に貢献しその処理・処分よ要する費用を負担しているが、これに対して処女資源を利用する場合は、こうした費用を必要としていない。したがって、経済的に、再生利用は極めて不利な条件にあり、これが木くずのリサイクルを経済的に阻害し、再生された原材料や製品の需給を不安定にしている。

4．木質資源リサイクルの課題

前項の木質資源のリサイクルを阻害する要因を踏まえ、現時点で考えられるリサイクルを推進するための課題を挙げると、次のとおりである。

(1) 処女資源、再生資源の総合的配分

将来にわたって木材利用を持続的に発展させていくためには、木材を利用することが環境保全に貢献するという観点に立ち、循環利用を推進していく必要がある。そのためには、総合的立場から再生資源と処女資源を適切に配分利用する施策の確立が望まれる。

(2) 木くずの発生抑制

木くずの発生そのものの抑制を図ることが重要である。このため、木材の加工過程での利用効率の向上を図るとともに、建築などの製品の利用過程で、木くずを出さない部材の供給、工法の検討も必要である。

(3) 関係者間の連携強化

木くずを、効率よくかつ安定的に再生資源として回収するためには、関係者が共通の認識基盤の上に立つとともに、相互の連携強化を図る必要がある。特に、木くずの発生・需要の情報や集荷・回収など周辺システムの構築については密接な連携が必須である。

(4) 技術開発、再生製品の普及

木くずから、できるだけ良質な再生資源を効率よく回収するため、解体、加工・選別機械、品質基準などの技術開発を推進するとともに、多用な用途への利用開発を推進する必要がある。

また、現状では再生資源を原料とする製品は、質的にも量的にも常に処女資源製品の補完的立場にあり、その利用促進のための奨励策を講じる必要があろう。

(5) 多段階利用の奨励

木くずのごみ化を防止し、リサイクルを効率的に進めるためには、その多段階利用（カスケード利用）を奨励する必要がある。

木くずのリサイクル（処理）の一般的パターンは、例えば、建築物ー解体材ーチップ化ー燃料利用（焼却）という流れである。つまり、これまでのリサイクルは単純に熱源としての利用に止まっている場合が多いが、今後は、熱源利用は極力多段階利用の最終段階のとして位置づけたい。

5．当面の検討の方向

以上のような問題意識に立ち、当面取り上げるべき具体的な課題を整理すると次のとおりである。

5．1 基盤整備

① 木くずの発生と再利用実態調査と施策の提案。

② 再生利用のためのシステムの検討（分別、回収、加工、配給、情報）。

5．2 発生抑制対策

① 住宅部材等におけるロスのない規格、継手・仕口の簡素化の研究。

② コンクリート型枠用合板等の有効利用技術の開発。

5．3 再資源化対策

① 上質チップの製造・選別技術の開発、チップの用途に対応した品質基準の検討。

② シバ類・ミンチ類の再資源化率向上のための技術開発。

③ 樹皮の高度利用技術の開発。

④ 低騒音破砕技術の開発。

⑤ 炭化利用技術の開発。

⑥ 薬品処理木材等の再資源化に伴う安全評価と安全利用技術の開発。

6．関係者への提案

木質系製品 の リサイクル性向上のためのシステム の構築

事業者が、リサイクル性の向上に向けて、木くずの発生抑制、再生利用の促進、関連情報の収集と提供、啓蒙普及活動などを目的とした、木質系製品の製造、加工、流通業界を網羅した協議会を設置する。

第２章　木質廃棄物の排出、リサイクルの分野別現況と問題点

１　木材加工

１．１　木材加工業（特に製材業）における廃材発生量の推定

木材加工業の中でも最も排出される廃材量が多い製材業について、廃材の再利用の実態を把握するための調査を行っている。アンケート調査等を含む本格的な調査は平成４年度以降に譲るが、ここではそのための予備的な調査としてこれまで出されている報告書を参考にして木材加工業、特に製材業における廃材の発生量の概略を把握するとともに、静岡県および長野県において主に製材廃材の発生状態およびその利用について若干の調査を行ったので簡単に取りまとめ、報告する。

木材加工業は多くの業種に分けられ、その主なものとして製材、合板、集成材、フローリング、家具等が挙げられるが、昭和４６年時点（日本における木材需要量　１億１１５６万４千m^3）における廃材排出量の推定値がクリーン・ジャパン・センターの報告書に示されている。それによると廃材の排出量は、

製材：１９４３万m^3（素材使用量５７８３万m^3）
合板：４６１万m^3（素材使用量１３１６万m^3）
フローリング：１６万m^3（フローリング生産量１４５９万m^3）
チップ：３５２万m^3（チップ生産量１７６０万m^3）
パルプ：７２万m^3（素材使用量６５７万m^3）
家具製造業：８５万m^3（製材品使用量１８２万m^3）

計２９２９万m^3となっており、業種により使用される材料が素材あるいは製材品の違いはあるが、製材業から排出される廃材の量が圧倒的に多く、上記全業種から出される廃材量の約６６％を製材廃材が占めている。なお、製材廃材１９４３万m^3の内容をみると、端材や背板が１１８８万m^3、鋸屑が４１５万m^3、樹皮が３４１万m^3となっている。

平成元年度における木材の需要量は１億１１１６万m^3であり、また製材業における素材使用量は４４４９万m^3であるが、国産材および外材、さらにそれぞれにおける針葉樹材と広葉樹材に分けて、製材時に排出される廃材の種類別の量を求めると表1-1(背板、鋸屑、端材等）および表1-2(樹皮）に示すようになる。これらの数値の算出において、廃材の種類別の排出率の値は農林水産技術会議事務局により昭和５９年に出された報告書「農林水産物の生産・加工の場における廃棄物処理の実態とその評価」に示されている値を用いた。平成元年度において、製材工場から排出される背板、鋸屑、端材等の廃材量は約１１７０万m^3、樹皮は約２３０万m^3の計約１４００万m^3となり、クリーン・ジャパン・センター報告書に示されている数値に比較してやや低くなっているが、これは素材使用量が昭和４６年時点よりも低下しているためである。

なお、製材廃材の利用に当たってその廃材の集荷が問題になるが、日本における製材工場の規模を年間の素材入荷量からみると表1-3に示すようになる。製材用動力の出力が７．５～２２．５ｋｗの工場（年間当りの素材入荷量の平均が３００m^3程度）が全体の１２～１３％を占め、この場合製品歩止りを７０％とすると、年間１００m^3程度の廃材しか排出しないことになり、廃材の利用の面からみるとその量の安定確保、集荷コスト等の点で問題になることが予想される。なお、全体の７割の工場が出力７５ｋｗ以下に含まれるが、出力３７．５～７５ｋｗの工場における１工場当りの年間素材入荷量は平均約１５００m^3であり、この場合でも廃材の排出量は年間４５０m^3程度にしかすぎない。

表1-1 製材工場における廃材の種類別排出量の推定

産地・樹種		素材使用量（千m^3）	廃材の種類・量（千m^3）				計（千m^3）
			背板	鋸屑	端材	その他	
国産	針葉樹	16,645	2,397 (14.4)	1,415 (8.5)	283 (1.7)	166 (1.0)	4,261 (25.6)
	広葉樹	1,908	425 (22.3)	191 (10.0)	38 (2.0)	92 (4.8)	746 (39.1)
	計	**18,553**	**2,822**	**1,606**	**321**	**258**	**5,007**
外材	針葉樹	23,164	2,803 (12.1)	2,154 (9.3)	486 (2.1)	255 (1.1)	5,698 (24.6)
	広葉樹	2,773	571 (20.6)	294 (10.6)	61 (2.2)	53 (1.9)	979 (35.3)
	計	**25,937**	**3,374**	**2,448**	**547**	**308**	**6,677**
総計		**44,490**	**6,196**	**4,054**	**868**	**566**	**11,684**

（１）（　）内の数値は使用された素材量に対する廃材の種類別排出率（％）で、「農林水産物の生産・加工の場における廃棄物処理の実態とその評価」（農林水産技術会議事務局　昭和５９年６月）より引用。

（２）素材使用量は平成元年度の実績で、「木材需給と木材工業の現況（平成３年版）」（林野庁監修、林産行政研究会）より引用。

表1-2 製材工場における樹皮排出量の推定値

産地・樹種		樹皮排出量	
		素材に対する排出率（%）	排出量（千m³）
国産	針葉樹	5.8	965
	広葉樹	9.6	183
	計	—	**1,148**
外材	針葉樹	4.9	1,135
	広葉樹	1.6	44
	計	—	**1,179**
総計		—	**2,327**

素材使用量および樹皮排出率は表1-1と同じ報告書から引用した。

表1-3 日本における製材工場の規模別素材入荷量

製材用動力の出力（kw）	工場数	素材入荷量（千m³）	1工場当り素材入荷量（m³）
7.5～22.5	2,102	657	313
22.5～37.5	3,786	2,387	630
37.5～75.0	6,198	8,918	1,439
75.0～150	2,850	10,211	3,583
150以上	1,857	21,353	11,499
計	**16793**	**43,526**	**2,592**

「木材需給と木材工業の現況（平成3年版）」より引用

１．２　製材廃材の利用実態調査

主に国産材の製材廃材の排出状況およびその利用についての実態を明らかにするための調査を行った。調査地域は静岡県天竜地域および長野県伊那地域で、調査は平成３年１１月に行った。以下、調査結果の概要を示す。

１．２．１　天竜未利用資源開発事業協同組合

昭和６０年度の新林業構造改善事業における国産材供給体制整備事業を導入することにより整備された施設であり、昭和６２年３月から操業が開始された。操業開始当初の出資金は１０、０００千円（加盟組合員数２８名）であったが、現在組合員数９２名で出資金は１９、１００千円となっている。

主な設備機械類は次の通りである。

作業用建物（鉄骨平屋建）	８７７．８m^2
管理棟（木造平屋建）	２４．４m^2
材料倉庫（木造平屋建）	８２．８m^2
貯木場	１５５２．２m^2
シュレッダ	１台
バークチッパ	１台
ドラムチッパ	１台
刃物研磨機	１台
ダンプトラック（４ｔ、木屑運搬用）	１台
フォークリフト（３．５ｔ）	１台
フォークリフト（２．５ｔ）	１台

総事業費は１３３，１４４千円で、その財源の内訳は国庫補助金６６，５７２千円、県費補助金２６，７９０．８千円、市補助金１３，３１４．４千円、組合負担金２６，４６６．８千円である。

従業員は工場長以下８名で、収益面についてみると、操業開始後約３年間赤字であったがその後黒字に転じ、現在の状態が続けば平成４年度にはこれまでの累積赤字も解消できるものと予想されている。平成２年度の売上額はバーク堆肥１８，７１７千円、チップ２４，４４０千円である。

現在の操業の概要は次の通りである。

ａ）毎月平均２，３００m^3の樹皮を工場に搬入し、処理している。天竜地域に木材関連の工場は約８０あるが、その内３２工場から樹皮および製材廃材を集荷し、バーク堆肥原料およびチップとして出荷している。地域内における製材工場でバーカを所有している工場は少なく（３～４工場）、当組合に樹皮および廃材を持ち込まない工場の場合は、外材

は港で剝皮された材を購入するか、樹皮が付いたまま製材し、背板は皮付きチップにして売却している。

b）樹皮は組合所有のトラックで集荷し、手数料として1車（約14m^3）当り5，500円受け取っている。外材は海水がしみこんでいてバーク堆肥としては不適であり、国産材に限定している。原料のストックは変動があるが、これまでのところでは原料不足で工場の操業が出来なくなったことはない。調査したときは約3日分の在庫があったが、やや少ないとの事であった。

c）集荷してきた樹皮は、短い樹皮はシュレッダで、比較的長い樹皮はバークチッパで粉砕される。長い樹皮は少なく、短い樹皮が大部分である。バーク堆肥の原料は1m^3当り700円で販売しているが、主な取引業者は渥美半島にある有機肥料会社で、これ以外に2社と取り引きしている。製品は現在のところ作るだけ確実に売れる状況にある。

d）背板、丸太の切れ端等の製材廃材はチップ原料として引き取っている。平成元年度のチップ販売量は1，110トン、平成2年度は1，670トンであり、針葉樹の皮なしチップ（白チップ）は全乾重量で1トン当り15，500円、皮付きチップは8，000円で売却している。

e）工場の操業状態を消費電力量でみると次のようになっており、月間あるいは季節による変動は小さい。

平成2年1月	9，881kw
2月	9，122kw
3月	9，727kw
4月	10，905kw
5月	10，954kw
6月	9，691kw
7月	8，423kw
8月	—
9月	9，409kw
10月	9，189kw
11月	10，256kw

全般的にみて、現在のところ操業はかなり安定してきているように見受けられる。当組合を設立するに当り廃材を燃料として利用する方法を検討した経過があり、当時は石油ショックの後で1m^3当り1，200円程度で販売できて採算面でも考慮の余地があったが、現在では300円でも売れなくなりまったく採算は合わない。バーク堆肥については、今後有機肥料の需要はますます高まることが予想され、その発展性についてはかなり期待できるものと思われる。なお、組合設立後数年間収益面で赤字になり、組合員の中にもいろいろな意見があったが、地域内において製造過程で発生する木質系廃棄物のリサイクル処

理のためには少々の赤字は地域内で負担しなければならないであろうという意見がかなり多かった。ただ、製材業が他業種に転換するのが多くなってきており、このままの状態だと原料の集荷面で問題が出ることも考えられる。
(写真1-1～写真1-4)

１．２．２　協業組合　ゴコー

従業員２０名で、月平均２，５００m^3の原木を使用しており、製材およびだぼ接合方式による幅はぎ板を製造している。原木使用量の変動は２，２００m^3～２，７００m^3／月程度である。使用している原木は米材が多いが、剥皮された材を購入している。鋸屑は原木１m^3当り０．３m^3程度出るが、家畜の敷料として業者が引き取りに来る。この場合、集荷業者から鋸屑代金としてトラック１車当り１，０００円受け取っている。チップ原料となる廃材および樹皮は上記天竜未利用資源開発事業協同組合に引き取って貰っているが、そのための支払い金額は月２０万円程度である。樹皮は国産材の場合原木１m^3当り約０．２m^3出る。チップとなる廃材はチップに換算して月平均５００m^3程度出ている（チップの全乾重量１トンがチップ３m^3に相当するとして計算）。なお、チップにできない廃材、例えば修正びきした時に出る非常に薄いべら板や玉切り時に出る長さが１０ｃｍ以下の極く短い木材円盤等は自社で焼却している。当工場自体においては、現在のところ製造過程で排出される残・廃材の処理について特に問題はないようである。

１．２．３　（株）梅林製材所

年間約６，０００m^3の原木を使用しているが、その内訳はスギ７０％、ヒノキ３０％で、スギの場合径１８～２６ｃｍ程度の材が多い。製材の歩留りは昨年度７５．６％、今年度７２．１％である。主な製品の種類およびその製品全体に占める割合は、スギ板材２８％、ヒノキ板材２％、スギ角材１７％、ヒノキ角材１１％、スギ割材２８％、ヒノキ割材２％、その他１２％となっている。

原木は皮付きで製材し、背板等の廃材はチップにして、東海パルプおよび日本パルプに売却している。皮付きチップの価格は、皮なしチップ（白チップ）の約１／２である。チップの販売量は全乾重量で年間５５０トンである（全乾重量を２．４倍すれば概略の容積立方メートルに換算できる）。外材も使用しているが、港で剥皮されたものを購入している。鋸屑は平成２年度に１，８３７m^3 出たが、業者に家畜の敷料、きのこ栽培用、堆肥原料用として１m^3当り７００円で売却した。この場合、国産材の鋸屑は問題ないが、外材については塩分が含まれており自社で焼却している。外材の廃材に含まれている海水塩分は堆肥の原料として問題になるだけでなく、焼却炉や車両の損傷を早める原因ともなり、処理する場合に問題になっている。この他利用できない残・廃材は自社で焼却しているが、

その量は極く少量である。

１．２．４　長野県森林組合連合会辰野木材センター

昭和４８年～昭和５２年に、第２次林業構造改善事業を導入することにより設立された。総面積１３，１８９m^2、土場面積１０，９５９m^2 で、主な機械設備としてフォークリフト４台、チェーンソー、選木機１台、トラック、バーカー２台等を有している。原木の出荷者および出荷比率は管内の森林組合　７０％、管外森林組合　１０％、素材生産業者　２０％で、大部分が小径材であるが、徐々に径級の大きい材の比率を高めたい意向を持っている。販売先は、地元の製材・土建・造園業者　６０％、地域外の製材・土建・造園業者　２０％、県外　２０％となっている。

年間の取扱原木量は１０，０００m^3程度であるが、その内剝皮して出荷する材は約３，０００m^3である。樹皮は敷地のまわりに積み上げて置き、鋸屑はコンテナに入れて置くと業者が引き取りに来る。この場合代金は取らず、無料で渡している。現在の出入り業者は問題ないが、バーク堆肥の原料としてカラマツの樹皮を引き取らない場合もある。以前は畑に撒くために近くの農家が引き取ったり、燃料用として渡した時もあったが現在では行われていない。なお、当センター内にも焼却炉を設置し残・廃材の一部を焼却しているが（２日使用して１０日休む程度の使用頻度）、耐火レンガが２～３年でだめになり、その修理費に年間１４０万円程度かかっている。

(写真1-5~写真1-7)

１．２．５　南信パルプ株式会社

昭和２２年に創立され、未晒しパルプを製造している。バーク堆肥は昭和４７年から製造し、現在従業員４名で月平均２２０トン生産している。原料の樹皮（生重量　約４００トン）は直営の３チップ工場（大町、山梨、辰野）から搬入しているが、すべて広葉樹の樹皮で、針葉樹は使用せず燃料としている。チップの生産量は全乾重量で月６００トンで、広葉樹２０％、針葉樹８０％であるが、必要とされる樹皮を確保するのには現在のところ特に問題はない。針葉樹の樹皮を避ける理由として、使用するときチクチクする、完熟するのに時間がかかる　等が挙げられる。樹皮の運搬費用として、山梨および大町工場からは１トン当り１，５００円必要である。堆肥は粉砕した樹皮に鶏粉、尿素、ＶＳ菌等を混ぜ、５回程度切り返しをして高温発酵させ完熟させて出荷されるが、この間約６カ月間を要する。製品の７０％は２０ｋｇ１袋４７０円で農協に出荷されている。一般小売の場合は６００円である。

なお、チップについては以前は皮付きチップと皮なしチップの価格差は倍以上あったが、最近ではアスベストの代替品としての建築材料あるいはダンボールの中芯用として皮付き

チップによるパルプが使用されるようになり、価格差は３０％程度になってきた。南信パルプでは皮付きパルプの比率は全体の５％である。また、解体材からのチップを全体の８～１０％使用しているが、自社で解体材を購入してチップにしている量は僅かで、解体業者→チップ製造→買い入れ　のケースが大部分である。自社で購入している解体材は梁、や柱等の軸材料が主で、全乾重量で１トン当り１，５００円で購入している。ボルト等の大きな金具や不要物は人手をかけて取り除き、釘だけの状態にして破砕するのではなく、チッパにかけるが、チッパの刃の寿命をのばすために硬度の低い材質の刃物を使用している。なお、チップに混入している釘は磁石で取り除いている。解体材からのチップだけではパルプの強度面で問題があり、他のチップに混入して使用しなければならないが、チップ中に混じっているビニール、石灰、接着剤、防腐剤等が製品にしたときに障害となって現れ、製品価値を大きく下げることになり問題である。選別機を設置しているが、完全に解決するまでには至っていない。

（写真1-8～写真　1-12　写真1-16 ）

１．２．６　信州国産材開発共同組合

月平均約１０～１２台分の鋸屑が出るが、しめじの菌床用として車１台１９，２００円で業者が引き取っていく。この場合、カラマツの鋸屑はあまり喜ばれず、広葉樹の鋸屑が好まれる。このため、広葉樹１０％、カラマツ９０％の比率で鋸屑が出るが、両者が混じらないよう分離している。なお、カラマツ以外でもヒノキの場合はその抽出成分に問題があるものとも思われるが評判は悪い。一部の残・廃材は工場内の焼却炉で焼却し熱源にしているが、重油だけを使用する場合に比較して、樹皮や木屑を燃やすことにより燃料代は１／１０程度になっている。

１．２．７　工場残・廃材集荷業者

しめじやえのきの栽培用として、月２００m^3程度（トラック１２台）の鋸屑を集めている。トラック１台を持ち、１人で３年ほど前からやっているがほぼ順調にやってきており、また集荷および販売面で季節にもあまり影響を受けない。伊那地域全体で５業者いるが、現在のところ集荷すれば需要はある状態である。ただ、他県からも業者が入ってきており、競争は激しくなる傾向がみられる。菌床用としては広葉樹の鋸屑が良く、針葉樹の鋸屑はきのこの出方が不均一で不評である。８５０ｃｃの栽培用ビンで１００ｇの鋸屑が必要で、鋸屑は蒸気で蒸煮した後米ぬか等を混ぜ使用するが、栽培１サイクルでビンからかき出し、その後肥料として使用される。

樹皮については、集荷した量の８０％を家畜の敷料として、２０％を有機肥料の原料として納入している。家畜の敷料は牛２５０頭で月６０m^3の敷料が必要で、１週間から１０

日程度で新しいものと交換する。敷料としては鋸屑よりも樹皮の方が水分を含んでびしょびしょになりにくく、臭いが少ないため、特に人家に近い所で家畜を飼育している場合に評判がよい。なお、温室での花栽培で樹皮を花の根元に厚く敷きつめる使い方をしていた。現段階ではまだ試験中で、使用されている量も多くないが、花栽培業者の評価はかなり高かった。（写真 1-13）

鋸屑や樹皮の集荷に当たって問題になる点は、小規模な工場では排出される量が少なくて出荷に手間がかかることで、また集荷および販売先の範囲も時間的な面から限定されてくることである。なお、樹皮は収益面からみると不利で、サービスで取り扱っている面が多い。

１．２．８　北野商事

昭和５６年からバーク堆肥を製造している。年間約１，０００トン製造しているが、その内７０％程度が樹皮に相当し、残りが生ごみや鶏粉である。製品の出荷先は農協が大きな比重を占め、販売価格は１トン当り１６，０００～２０，０００円である。原料搬入から製品になるまで６ケ月間必要であるが、その期間の臭気が問題である。また、かなり広い場所を要するためその確保、完熟させるための時間を短縮させるためには堆積された原料の切り返しが効果があるが、それに要する手間および機械設備が必要である。

１．２．９　きのこ栽培業者

栽培量は８５０ｃｃのビン８万本で、この地域では中の上規模の業者である。年間４トン車で１２～１３台の鋸屑を使用している。搬入されたカラマツの鋸屑は水を掛けながら１年間放置して樹脂分を取り除き、チップダストを混ぜ、その後米ぬかや脱脂大豆等を混入し、菌床として使用される。外材鋸屑は塩分が含まれているので使用されない。使用済みの鋸屑は有機肥料として１m^3当り（軽トラック約１台）１，０００円で販売している。（写真1-14）

１．２．１０　駒ヶ根製材株式会社

製材およびフローリングを製造している。使用している原木は年間広葉樹約２，０００m^3（長野県産ナラ７０％、カバ３０％で、原木の径はいずれもかなり小さい）、カラマツ１，２００m^3で、カラマツは剝皮せずに製材している。端材は焼却する場合もあるが、ある程度まとめて結束しておくと、薪として２ｔ車１台分が６，０００円程度で売却できる。鋸屑は年間トラック４０台程度出るが、１車５，０００円で販売している。特にナラの鋸屑はきのこ（えのきだけ）栽培用として喜ばれている。プレーナー屑は工場が分かれ

ているので鋸屑と分離されて集められ、その量は把握されていないが、家畜の敷料として業者に無料で出されている。
（写真1-15）

以上の調査結果から主として製材廃材の利用における問題点を簡単に取りまとめると次のようになる。
（1）国産材の製材廃材については樹皮も含めてかなり利用されているが、海面貯木された材については樹皮だけでなく、背板や端材についてもしみこんでいる海水のため利用が困難だとされている。また、廃材を運搬したり焼却する場合でも車両や焼却炉の損傷を早めるという理由で敬遠されている。外材の針葉樹材のかなりの量がこれに該当するものと思われるが、外材針葉樹の廃材量は表1および表2に示しているように排出される廃材量の1／2以上を占めており、この利用が大きな問題になってくる。
（2）廃材の集荷については極く小規模な場合には問題はない。しかし、集荷量が多くなると南信パルプのように自社系列の工場からの原料の確保ができない場合には安定して必要量を確保することは困難になってくるようである。表3からも推定できるように、日本における1製材工場から排出される廃材量はかなり少なく、安定した量の確保、集荷コストの低下のための対策が必要になってくる。天竜未利用資源開発事業協同組合方式も一つの方向であるが、この事業の大きな目的が地域内で排出される廃材処理であり、組合員は費用を負担して廃材を引き取って貰う方式を取っており、地域内の製材工場の支援がなければ成立しない。
（3）樹皮については堆肥製造の原料として国産材の場合には利用されており、製品の販売面についても調査した範囲では特に問題はなさそうである。しかし、製造過程において発生する臭気は問題で、また熟成のためにはかなり広い敷地と時間を要する。製造規模を大きくする場合には、製品の販路とともに製造場所の確保が難しくなってくるものと思われる。

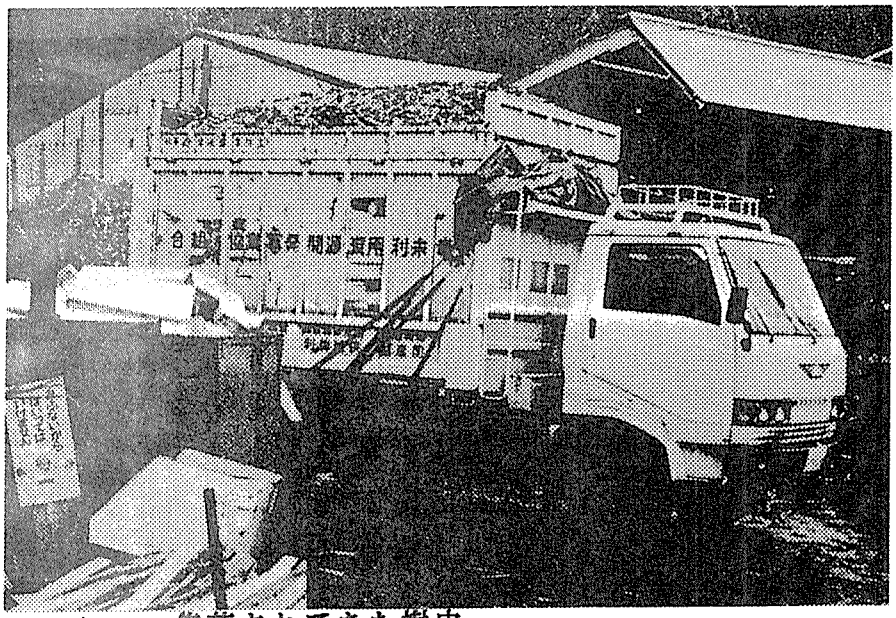


写真1-1　集荷されてきた樹皮
（天竜未利用資源開発事業協同組合）

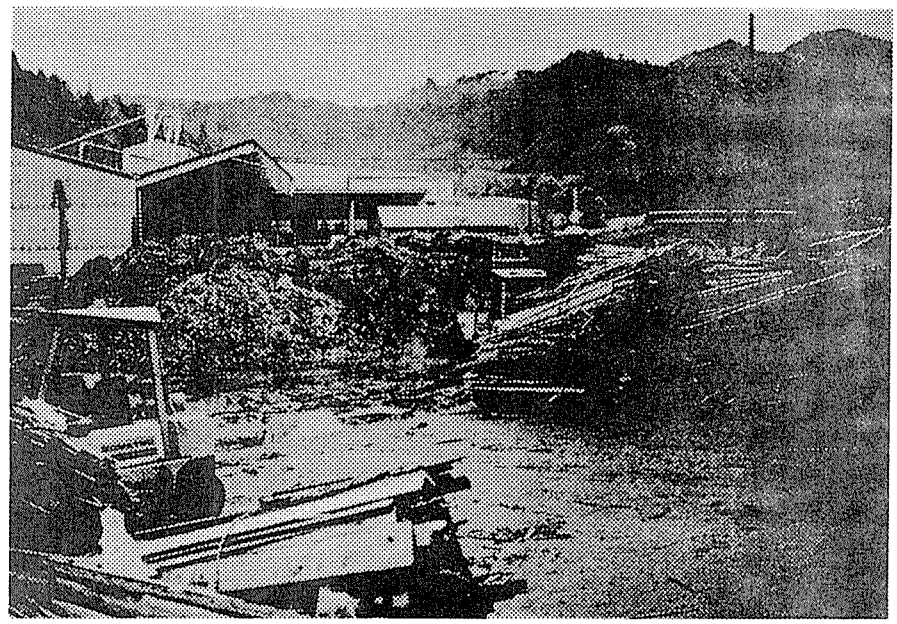


写真1-2　バーク堆肥およびチップ原料
（天竜未利用資源開発事業協同組合）

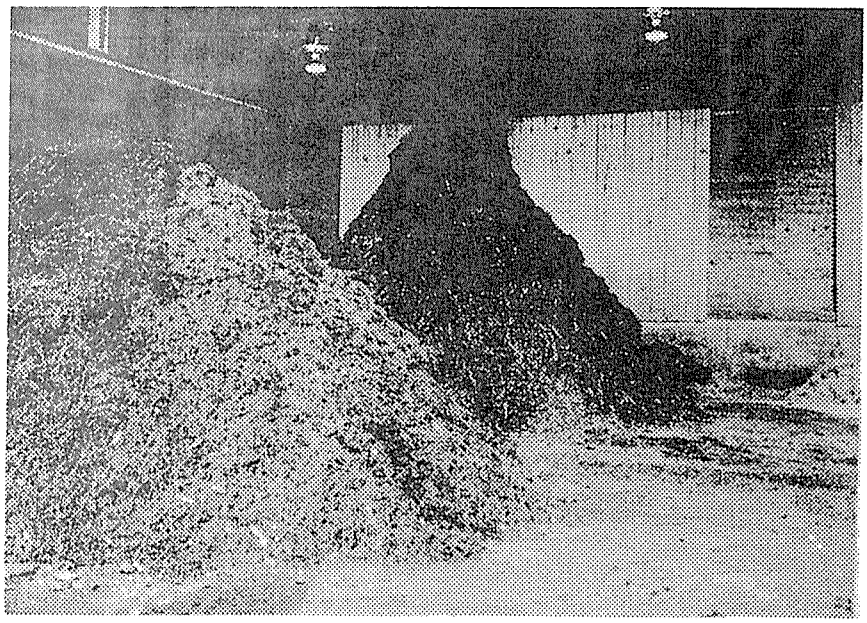


写真1-3　破砕された樹皮
（天竜未利用資源開発事業協同組合）

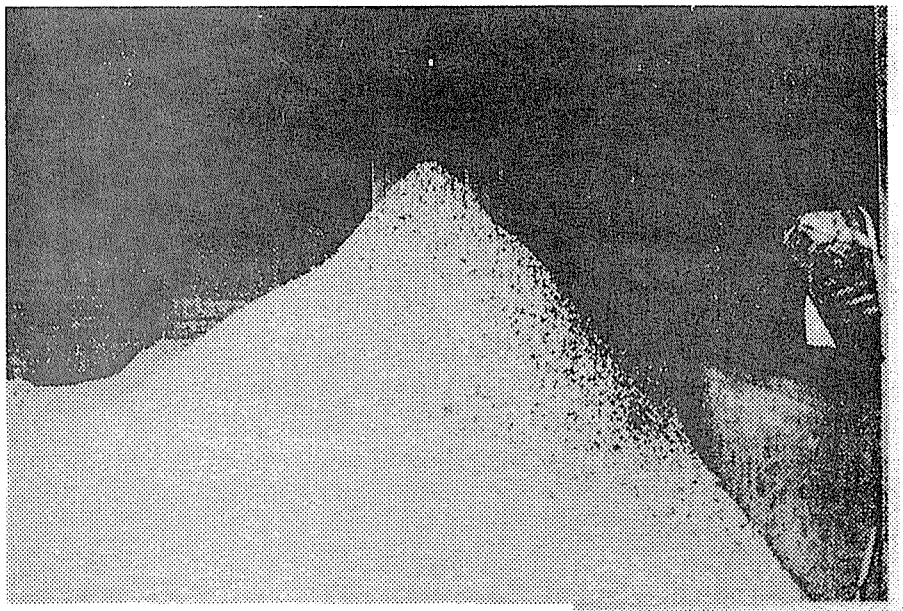


写真1-4　廃材から作られたチップ
（天竜未利用資源開発事業協同組合）

写真1-5　取り扱われている原木と土場周辺
に堆積された樹皮
（年に数回業者が引き取りに来る）
（辰野木材センター）

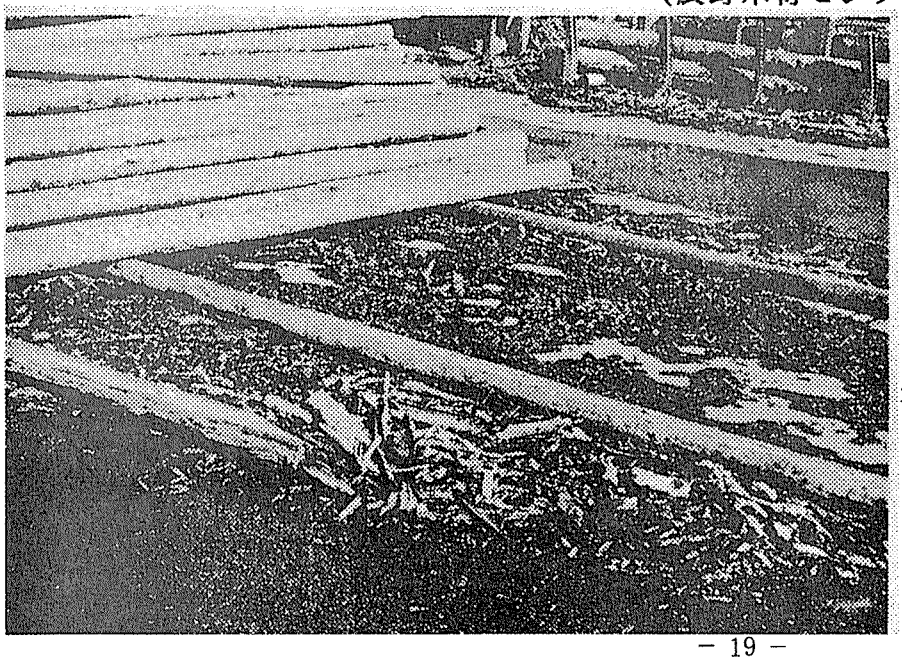


写真1-6　原木取扱中に脱落する樹皮
（年間かなりの量になる）
（辰野木材センター）

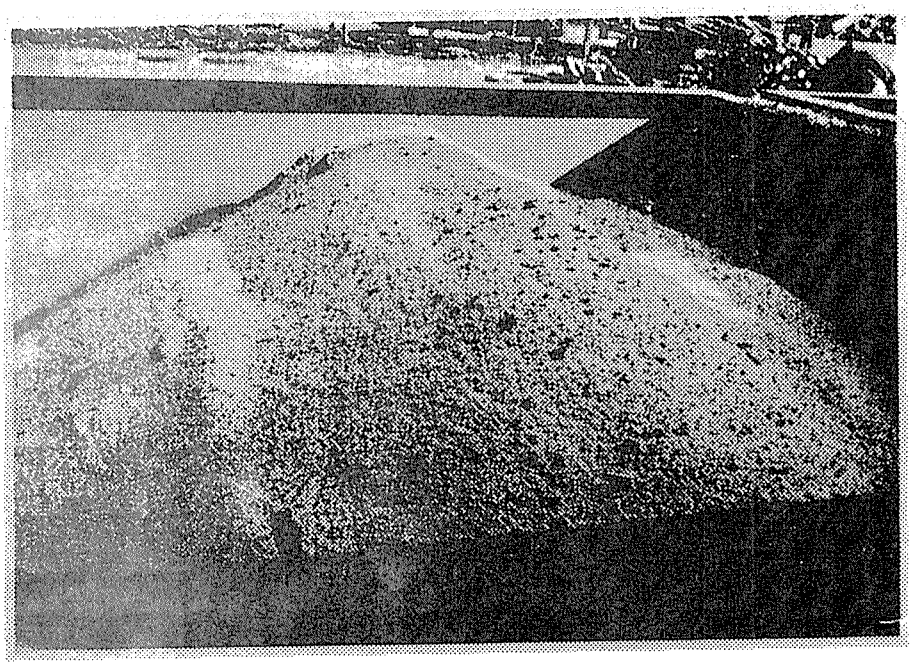


写真1-7 集積されている鋸屑
(コンテナに入れて集積していると
業者が引き取りに来る、代金は無料)
(辰野木材センター)

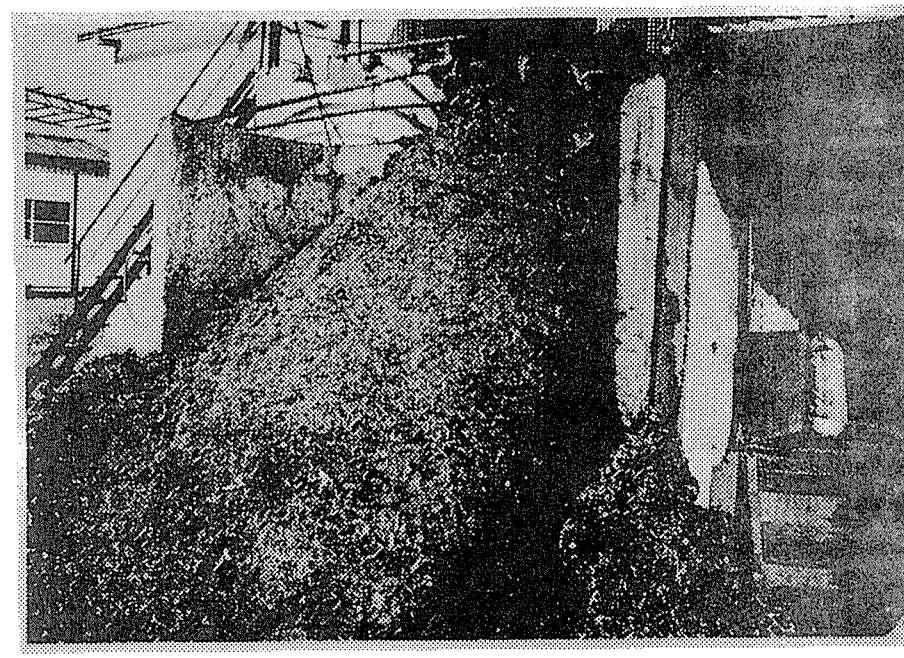


写真1-8 破砕された樹皮
(南信パルプ)

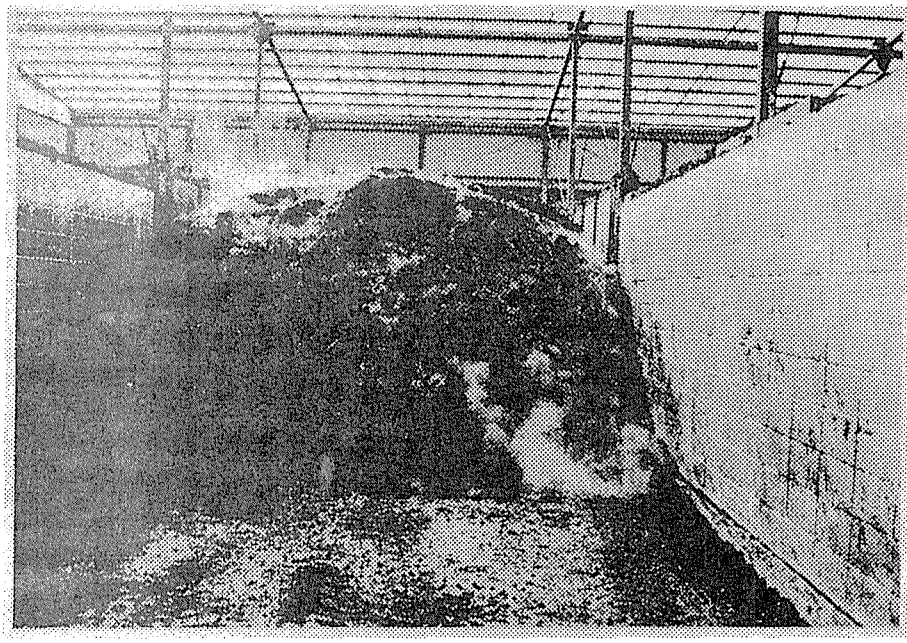


写真1-9 熟成中のバーク堆肥
(写真のような隔室が数室ある)
(南信パルプ)

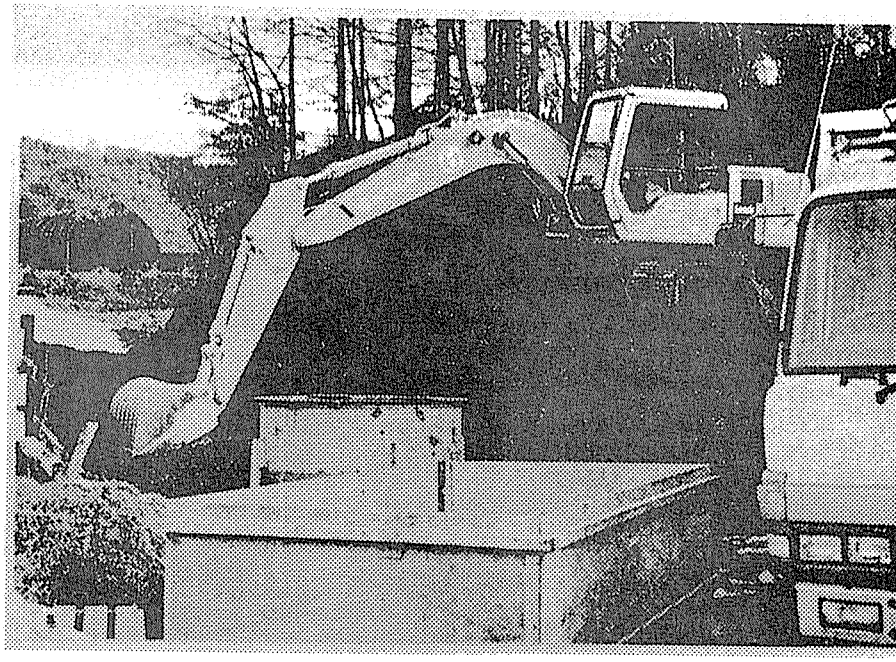


写真 1-10 熟成中のバーク堆肥の切り返し作業用機械（北野商事）

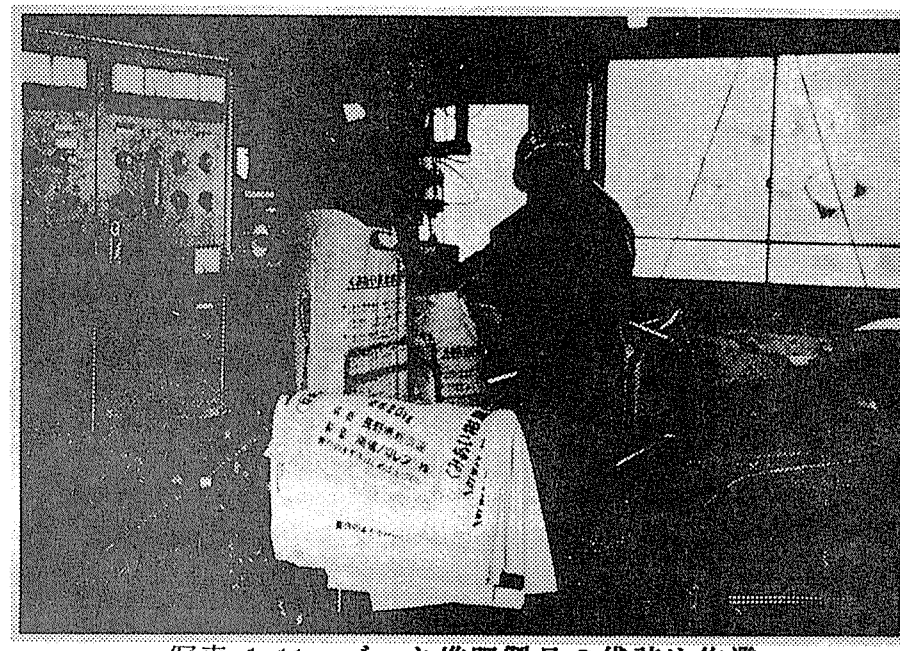
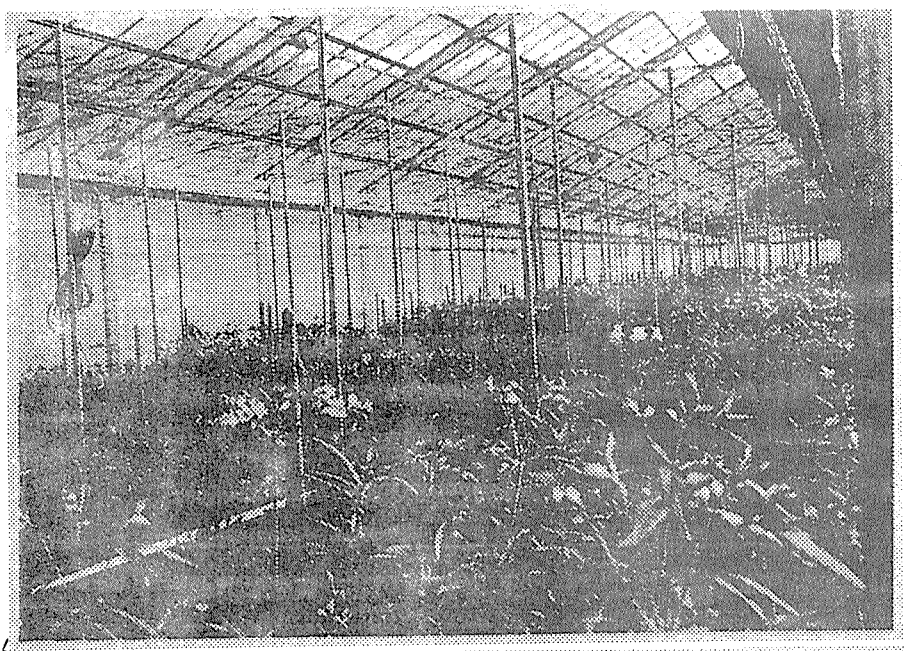


写真 1-11 バーク堆肥製品の袋詰め作業（南信パルプ）

写真 1-12 バーク堆肥製品（南信パルプ）



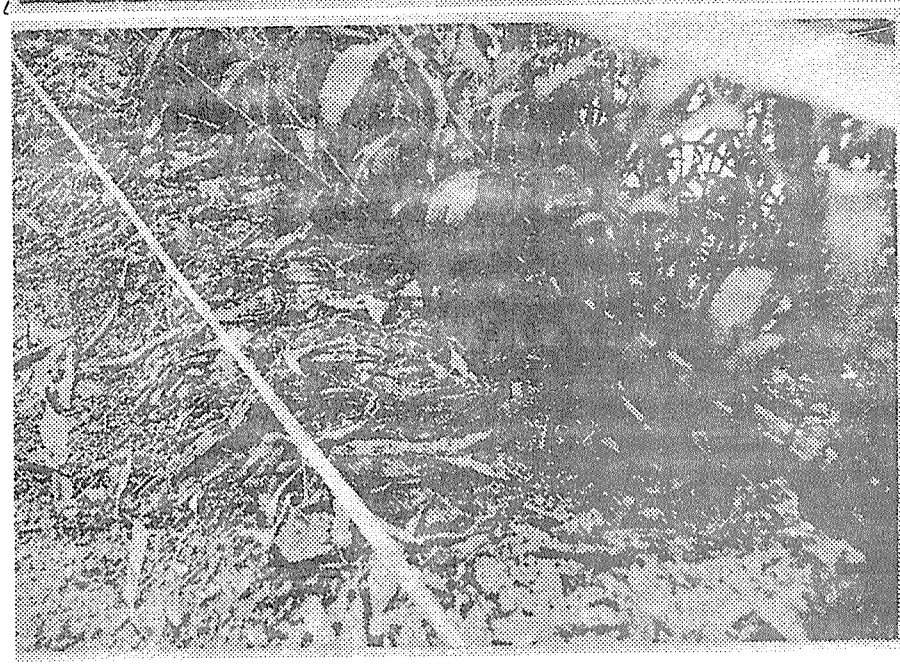


写真 1-13　花栽培に使用されている樹皮
（上：温室内のアルストロメリア、下：花の根元にかなり厚く撒かれた樹皮、撒いた初期の頃は肥料としての効果より日光を遮り、地温を高めない効果の方が大きいものと考えられる。樹皮が腐敗すれば肥料の効果が出てくる）

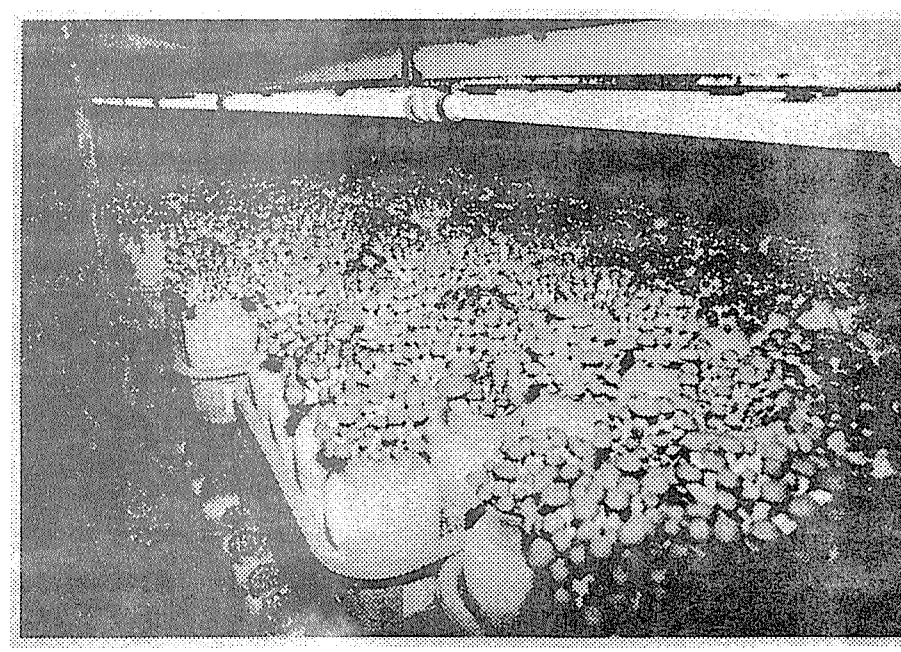


写真1-14　しめじの栽培

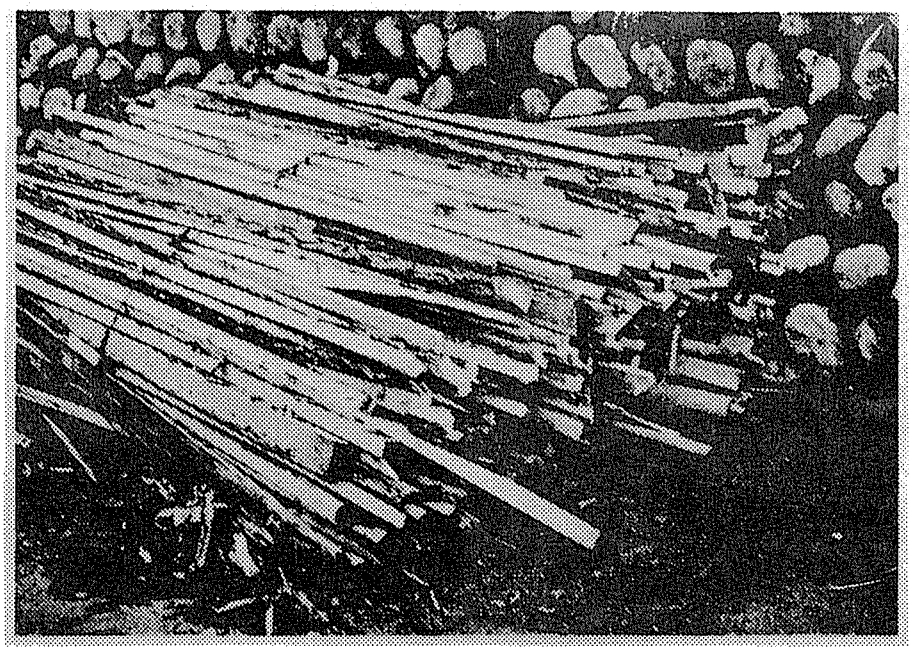


写真1-15　燃料として売却している廃材
（１束３，０００円程度で売れる）
（駒ヶ根製材）

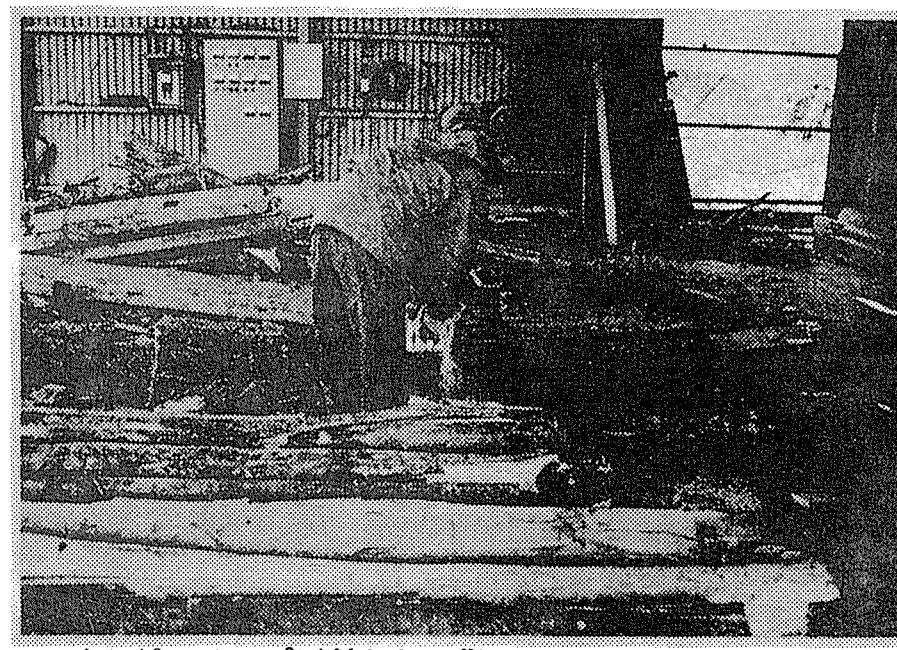


写真1-16　チップ原料として搬入された
建築解体材
（大きな金物を取り除き、適当な長さに
切断する）
（南信パルプ）

2　建築解体

2.1　はじめに

建物の解体工事があまり多くなかった1960年代までは、建物の解体によって発生する古材への社会的関心も殆んどなかった。建築解体に係わる職人、作業方法、古材の品質、再生利用さらには工事量、すべてがバランスがとれていたからである。ところが、70年代にはいると、大都市を中心に建物を解体した跡地に新築する動きが目立ちはじめ、それがしだいに地方都市にまで拡がるようになった。この結果、解体工事量に比べた職人の不足、解体方法の変化、大量の古材発生と質的変化、処理処分場の不足などが誘発され、そして、古材の再生利用への社会的関心が、しだいに広がるようになってきた。60年代までのバランスが崩れ始めたのである。とくに80年代後半になると、建築解体に係わる従来からの社会経済的仕組みでは対応できなくなり、それに代わる新しいシステムがつくられないまま工事量が急激に増加したのである。したがって建築解体材「問題」は、単なる廃材処理技術の問題として捉えるのでなく、社会経済的仕組みを含む資源利用のトータルな循環システムとして捉えるべきである。

この項は以上の観点から、従来からの木材産業の枠内に含まれない関係事業者からの「聞き取り」を中心に、建物解体木材に係わる循環利用の方向はどうあるべきかをベースにおきながらまとめたものである。

2.2　除去建築物の推移と解体材の問題点

2.2.1　解体材発生量の推移

建築物を解体することによって発生する古材、木くずの規模と推移とを知る手がかりは、毎年の「建築統計年報」（建設省）に掲載されている「除去建築物」（表２－１）と、厚生省が５年単位で実施している「種類別産業廃棄物の変化」（表２－２）があるが、両者は直接関連のある統計ではないので、整合性を期待できない。たとえば両者の数値が公表されている1975、80、85年の３年について比較してる。

	除去建築物 （床面積ベース）	産廃木くず （重量ベース）
1975年	100.0 (100.0)	100.0 (100.0)
1980年	127.3 (119.6)	84.6 (123.6)
1985年	125.0 (106.9)	102.1 (132.0)

（　　）内は除去建築物が木造、産廃総数

いずれも1975年を100 としたとき、除去建築物は80年も85年も基準年を上回っているが、産廃木くずは80年に大幅に減少、85年には基準年と同水準に戻っている。

表２－１　建築物の解体に伴って発生する廃木材推定量の推移
（「木材工業」Ｖｏｌ４５　Ｎｏ３より）

年次	除去建築物						廃木材発生推定量			
							木造			非木造
	総数		木造		非木造					
	床面積 10^3m^2	増減率 %	床面積 10^3m^2	増減率 %	床面積 10^3m^2	増減率 %	械機解体 10^3m^2	械機・手解体 10^3m^2	手解体 10^3m^2	非木造 10^3m^2
1975	25,938	100.0	23,081	100.0	2,857	100.0	2,354	2,885	4,131	109
76	30,255	116.6	26,622	115.3	3,633	127.2	2,715	3,328	4,765	138
77	29,281	112.9	25,745	111.5	3,533	123.7	2,626	3,218	4,608	134
78	33,534	129.3	28,878	125.1	4,656	163.0	2,946	3,610	5,169	177
79	35,461	136.7	30,158	130.7	5,303	185.6	3,076	3,770	5,398	202
80	33,019	127.3	27,601	119.6	5,418	189.4	2,815	3,450	4,941	206
81	32,561	125.5	26,550	115.0	6,011	210.4	2,708	3,319	4,752	228
82	31,912	123.0	26,395	114.4	5,517	193.1	2,692	3,299	4,725	210
83	30,437	117.3	24,234	105.0	6,203	217.1	2,472	3,029	4,338	236
84	31,545	121.6	24,393	105.7	7,153	250.4	2,488	3,049	4,366	272
85	32,433	125.0	24,663	106.9	7,767	271.9	2,516	3,083	4,415	295
86	33,229	128.1	25,357	110.0	7,871	275.5	2,586	3,170	4,539	299
87	38,340	147.8	29,657	128.5	8,682	303.9	3,025	3,707	5,309	330
88	38,864	149.8	28,455	123.3	10,409	364.3	2,902	3,557	5,093	396
89	39,864	153.7	28,856	125.0	11,007	385.3	2,943	3,607	5,165	418

注．○除去建築物は「建築統計年報」建設省各年版より。
廃木材発生推定量は，日本住宅・木材技術センター「在来工法木造住宅の木材使用量調査」1986年３月の原単位を基準とし，解体方法別発生量は大阪産廃事業協同組合「建設木くずの発生及び処理状況に関する調査・研究」1988年３月の原単位によって作成。

表2－2　種類別産業廃棄物の変化

単位：千トン

	1975年		1980年		1985年	
総数	236,489	100.0	292,312	100.0	312,271	100.0
燃えがら	1,203	0.5	1,797	0.6	2,409	0.8
汚でい	37,660	15.9	88,190	30.2	112,821	36.1
廃油	2,289	1.0	2,419	0.8	3,672	1.2
廃酸	9,872	4.2	10,219	3.5	4,320	1.4
廃アルカリ	14,435	6.1	6,090	2.1	923	0.3
廃プラスチック	1,480	0.6	2,232	0.8	2,816	0.9
ゴムくず	597	0.3	92	0.0	78	0.0
金属くず	9,985	4.2	13,111	4.5	8,877	2.8
ガラス・陶磁器くず	2,870	1.2	2,297	0.8	3,910	1.3
動植物性残渣	2,596	1.1	4,323	1.5	2,207	0.7
紙くず	991	0.4	1,624	0.6	1,472	0.5
木くず	7,890	3.3	6,628	2.3	8,058	2.6
繊維くず	204	0.1	101	0.0	98	0.0
鉱さい	60,950	25.8	60,561	20.7	41,649	13.3
建設廃材	34,144	14.4	30,007	10.3	48,948	15.7
家畜ふん尿	41,184	17.4	49,629	17.0	62,462	20.0
家畜死体	38	0.0	62	0.0	96	0.0
ダスト類	8,101	3.4	11,731	4.0	6,224	2.0
その他	—	—	1,199	0.4	1,230	0.4

〔厚生省水道環境部「国民衛生の動向」より作成〕

なぜこのような整合性に欠ける数値になるのであろうか。その一つは産業廃棄物に指定されている木くずは、建物解体材ばかりでなく、家具を含む木製品製造業などから発生、排出されるものも含まれること、二つには、産廃処理の実態からみて、建物新築時の残廃材や木くずとしてウエイトの高い廃パレット、こん包材など事業系一般廃棄物（事業系一廃）も、産廃処理業者によって処理されているため、厳密な区分の難しいことなどが考えられる。

このように、解体材の量を的確に示すデータはないが、85年の産廃木くずの量と除去建築物床面積の推移（90年／85年≒1.2 ）から、90年の産廃木くずの量（解体材以外の木くずも含まれるが）を推定すると次のようになる。

90年産廃木くず量＝85年産廃木くず×1.2
＝806 万トン×1.2
＝1000万トン

なお、把握されている数量は、車両載算トン数であり、実質７掛け（ 700万トン）とし、さらにこれを木材材積に換算（２㎥／ｔ）すると約1400万㎥となる。

2.2.2　解体方法の変化

木造建物の解体方法には、手ごわし、機械ごわし及び両者の併用があるが、現在すべて手ごわしに依存する解体工事は、稀になりつつある。

手ごわしにくらべ機械ごわしは、解体された木材の損傷が大きく、再び建材として利用することは殆ど難しい。しかもチップに加工して再利用する場合でも、手ごわしによって解体した木材にくらべると良質のチップを求めにくいから、解体木材のリサイクルの立場で評価すると、好ましい方法とはいえない。しかし立場をかえて建物の解体撤去作業上からみると、安全性と作業能率面では好ましい方法といえる。

このように、解体された木くずの経済的あるいは資源的価値のまったく異なる結果が十分に予測されながらも、現状では手ごわしが姿を消しつつあり、反対に機械ごわしが建物解体方法の支配的形態になってきている。これは、建物の解体、撤去作業を安全かつ能率的にすすめ、スムーズに廃木材の処理処分を行う、社会経済的な仕組みでもある。そこで解体方法の変化が、いつごろから、どのような契機によって始まり、進行したのかについての解明が必要になってくる。しかしこのテーマを、実証例に基づきながら取りまとめた調査報告は見当らないので、聞き取りのなかからその背景なり、原因を整理しておくことにする。

その１

「私が本格的に建築解体の仕事を始めたのは1978年からだ。それ以前に親父の仕事を手伝っていたころは、Ｓ市まで出かけていって、解体する家をそっくり買っていた。手ごわしをしてＩ町まで運び、古材として在庫し売った。古材を買っていくのは、たとえば作業

小屋を建てるのに使いたいという場合が多かった。そのころ私のところの売上は1か月に100万円かせいぜい 200万円といったところで、解体する家屋は30坪程度で27万円から30万円程度、だから1か月に壊す家はいくらもなかった。ところが列島改造が始まる72. 3（昭和47. 8）年ごろから景気がよくなり、宮城県沖地震（78年6月）でパニック状態が起きるなど、手ごわしでは追いつかず機械を使うようになった」（宮城N氏）。

その2

「解体する建物も変わってきた。たとえば在来工法住宅の使用材料をみると、かつては8割が木材であった。ところが、新しく建てた住宅（といっても築後15年ぐらい経過した）だと、木材（製材品）の数量は半分くらいに減っている。内部に使っている材料も変わり、解体の手間や発生する廃棄物のボリュームなどを評価することが難しくなっている。軸材のような製紙用パルプの原料にできる木材が減り、その代わりに接着剤を使った木、化学系も含めた新建材、塩ビを使った建材類がやたらに多い。これではリサイクルといっても、手のつけようがなくなる」（関東W氏）。

その3

「30坪程度の家を機械ごわしでやると、せいぜい1時間、長くても2時間ですむ。1人は重機のオペレーター、あとの1人は撒水する。ところが手ごわしだと5人で4日はかかる。だからバックフォー1台で数10人分の仕事をすることになる。1時間かけて壊したり潰したりした解体材をダンプで運び出すが、おおまかな仕分けをする時間は2人で半日。そしてチップになる解体材は中間選別所へ運ぶ。オペレーターは残った廃棄物をさらに砕き、次の日は運搬業者のダンプを呼んで、1日かけてきれいに撤去する」（宮城N氏）。

その4

「かつては解体経費が計上されていなかったが、近ごろは結構計上されるようになった。ところが最初に計上された経費が、末端で実際の解体工事をする業者に、そっくり入るわけではない。元請、下請、孫請など建築工事はいくつかの段階があるが、解体工事もおなじで、末端業者の殆どは会社組織になっておらず、いわゆる“三ちゃん”の零細業者で、かなりムリな金額で請負うようになる。しかもいまは材料よりも人手が高いから、全体の工期を短縮して手間を省く要求が強くなる。そこで重機を使って壊し、次に解体材の処理費を節約する」（複数の回答）。

2.2.3　建築廃棄物の特性と問題点

ここで建物解体木材「問題」は、どのような背景の中で発生したのかを確認しておきたい。

すでにみたように建物解体木材「問題」は、まず数量の増加から始まった。次に、増加する建物解体工事を能率よくこなすために、機械ごわしが全国的規模で拡がり、その結果、従来は「古材」と呼ばれていた解体木材が「廃木材」と呼ばれるように変わってきた。「木くずの“ごみ”化」の進行である。しかも解体建物に使用されている材料の多様化も加わって、有価物として再利用ができる廃木材は減少していった。

それでは「木くずの“ごみ”化」の進行の原因なり背景は、解体材の増加、解体方法の変化、使用材料の多様化などに限られるのであろうか。これらが「木くずの“ごみ”化」の大きな引き金になっていることは間違いではないが、その段階にとどまっていれば、有価物として利用ができる木くずの程度が落ち、回収量が減少する範囲に納まっていた筈である。ところが実際には“木くず”の“ごみ”化が急激に進行したのである。

建物解体によって排出される解体木材は、再生資源化の可能性をもってはいるが、モノの流れとしては建設系廃棄物であり、他の建設系廃棄物と共通した性質や背景を備えている。したがって解体木材も、この共通性が再生資源化の可能性に優先すると、分別回収し中間処理によって再生資源化する選択肢が軽視あるいは無視され、費用のかからない処分の選択肢が主流となるのである。現実に建設系廃棄物はよく知られているように、1980年代前半から増加速度を早め、その不法投棄が公害事犯の80％台を占めるなど、社会的経済的に好ましくない流れが進行したのである。

このように建物解体木材「問題」は、解体木材が他の建築系廃棄物と同一化されることによって、再生資源化とは遠ざかる方向に流れてしまった。しかしそのような流れは、排出者にとっても廃棄物処理処分のうえからも、好ましいものではなかった。このため歯止めをかける動きが表面化した。

はやくから建設系廃棄物の適正処理につとめ、「総合的建設廃棄物対策研究会」（建設省）の専門委員である東忠昭（㈱タケエイ取締役）氏は、「トンネルと地下」（1989年３、４月号）に寄せた「建設廃棄物の処理・処分」のなかで、「建設廃棄物の特殊性」を次のように整理している。

① 発生源の移動性
② 量の膨大さ（ただし建設廃土砂、ガレキ全体として）
③ 産業廃棄物としての範囲の不明確性
④ 下請構造の存在
⑤ 建輸事業（建設輸送事業）が廃棄物の収集、運搬を兼ねる場合が多い。
⑥ 行政側（国、地方公共団体）も建設廃棄物の発生原因者である。

また不法投棄の背景や要因として千葉県がまとめた調査を紹介する。廃棄物処理法の無視や無知によるもののほか、次のような点があるといわれる。

① 建設業における請負構造の複雑さが、不適正処理に結びつきやすいこと。
② 工事発注にあたり、廃棄物処理費用の計上に不十分な場合が多いこと。
③ 埋立にあたって、地権者および行為者間の利益が一致すること。
④ 建設関連廃棄物は、有害物を投棄するような罪悪感が伴わないこと。
⑤ 宅地化の進展に伴い、遊休農地などが増加していること。
⑥ 道路の整備が進み、県外からの搬入が容易になっていること。

このような背景から、1981年3月には厚生省から建設業における廃棄物の排出事業者は、いわゆる「元請責任」である旨を「通知」によって再確認されるとともに、83年4月（実施は84年4月）には政令が改正されて「建設木くず」が産業廃棄物に指定され、建設省も同時に「建設廃棄物の適正処理とその費用の計上」を関係業界に指示するなど、適正処理の条件づくりが緒についたのである。

2.2.4 建物解体材の処理処分から再生利用への転換

建物解体木材「問題」は、以上みてきたように木くずの大量発生と質的低下の進行を背景にしながら、処理、処分問題として取扱われてきた。現状でも木くずの大半は処理、処分の対象であり、再資源化のルートにはのっていない。しかしそのような流れのなかで、最初は注目されなかったが、建物解体木材が大量に排出される大都市周辺において、木くず破砕事業（チップ工場）がスタートするようになって、様相が少しずつ変わってきた。

1965年、大阪で木くずを破砕してチップ化し、燃料用や原料用にする工場が完成した。これを嚆矢とし、近畿圏を中心に東海、中国地方でも木くず破砕設備が稼動するようになった。80年代にはいると、関東地方でも木くずの処理が深刻になり、「中間処理」としての木くず破砕設備が稼動するようになった。これらの動きは、先にふれた木くずの産廃指定に影響されたものであるが、直接的には石油危機による原油価格の上昇が、木くずボイラーの設置、燃料としての木くずチップ需要増をもたらしたものといえるだろう。

このような原料（木くず）、生産方法（破砕）、商品（木くずチップ）、販路（燃料および工業原料用チップのユーザー）を新しい事業分野として結びつけた事業者の活動によって、木くずの再資源化への道は事業として開拓され、経済的基盤も築かれてきた。しかし原油価格の下落、競合原料の供給増、木くず確保の不安定性など、木くず再資源化、再生利用の道は平坦ではなかった。そのようななかで、厚生省が90年2月に「建設廃棄物処理ガイドライン」を、地方自治体の行政指針として通達した。“漸く”の感があるが、廃棄物を処理処分する対象から再生利用の対象として行政指導に含めることになったことは、民間における木くず破砕事業の拡がりに、はずみをつけるものであった。

さてそれでは現在どの程度の建設系木くずが処理され、製品チップとしていかなる部門で利用されているのであろうか。関東、東海、近畿地区の木質燃料チップ協会（92年1月に全国組織化、前出）関係者からの聞取りによると全国約60の会員事業所の製品チップ生産量が年間約150 万トン（燃料用70％、原料用30％）

とみられる。

また木くずはこのほかにも、先にみた公衆浴場用燃料として全国的にまだまだ広く使われており、上記3地区以外の事業者の処分量も加わるので、目安としては180 万トン程度とみられる、つまり建築解体を中心にして発生する木くずのほぼ2割が、再生利用されていると推定される。つまり、木くずの再利用の余地にまだまだ大きく残されているものと考えられる。

そして解体材を主たる原料としたチップは、関東地方では燃料用が圧倒的に多い。（石膏ボードなどの乾燥用）、原料用チップとしては、パーティクルボード原料のほか若干は製紙用に仕向けられている。関西では染色工場が早くから木くずボイラーを導入している。採算上からみれば処理賃を引き下げても、良質かつ選別された古材による、上質チップ生産に重点をかける方向である。

2.3　建物の解体方法の特性と木くずの発生状況

2.3.1　木造建物の解体

厚生省が建設系廃棄物の適正な処理をすすめるために作成した手引きによると、建築物の除去に伴って発生する分類別廃棄物の程度は第2－3表のとおりである。分類別廃棄物のうち「残土」を除いた4種類は廃棄物処理法で指定されており、「建設廃材」は表の注のとおりで、中心は「コンクリートがら」である。したがって解体、撤去する建物が木造ならば木くず、非木造ならばコンクリがらの発生数量は当然多くなっている。

そこでまず解体木くずの再生利用を考えたときの、解体方法の区分と有効性を列記※してみよう。

※建設省総合技術開発プロジェクト
「建設事業への廃棄物利用技術の開発報告書」（1986年3月）

(1)　手ごわし

人手と時間のかかる解体方法であり、次のような場合に有効である。

①　解体時に極力損傷を防ぎ、解体材の再利用を図りたいとき。とくに貴重な材があるときなどはこれに当たる。

②　解体現場が狭小で、機械ごわしの操作が困難なとき。

③　解体現場の周囲の状況が騒音、ほこりなどの発生が制限されているとき。

(2)　機械ごわし

比較的短時間に処理できる解体方法であり、次のような場合に有効である。

①　再利用の用途が決まっており、ともかく作業の能率ををげたいとき。

②　解体現場が比較的広く、作業の拘束が少ないとき。

③　解体現場の周囲の状況が騒音、ほこりなどの発生が制限されていないとき。

表２－３建設工事の種別と発生廃棄物

（次の記号をつけている。◎：量が多い，○：ふつう，△：量が少ない，
－：非常に少ない）

廃棄物など／建設工事	汚泥	建設廃材	金属くず	廃木材	廃プラスチック類	残土	浚渫土	工法などによる違い
舗　装　工　事	－	◎	－	－	－	△	－	修復のときは，建設廃材が多くなる。
橋梁・高架橋工事	○	－	△	△	－	○	－	場所打杭工法などのときは，廃泥水が出る。
ずい道・地下鉄工事	△	－	△	△	－	◎	－	泥水シールド工法などのときは，廃泥水が出る。金属くず・廃木材の量は支保工の種類によって違ってくる。
ダム・えん堤工事	－	△	－	△	－	◎	－	仮設機材の撤去のときは，建設廃材が多くなる。
浚　渫　工　事	－	－	－	△	－	○	◎	
埋　立　工　事	－	－	－	△	－	－	△	
掘削・切盛土などの土工事	－	△	△	△	－	◎	－	
木造建屋の新築工事	－	△	－	△	－	△	－	
鉄筋・鉄骨・コンクリート・石造建屋の新築工事	○	△	△	△	△	◎	－	場所打杭工法などのときは，廃泥水が出る。
木造建屋の撤去工事	－	○	△	◎	△	△	－	
鉄筋・鉄骨・コンクリート・石造建屋の撤去工事	－	◎	△	○	△	△	－	

出典：建設系廃棄物の処理と再利用（本多淳裕、山田　優）

注）建設廃材：工作物の除去に伴って生じたコンクリート破片その他これに類する不要物

(3) 手ごわし、機械ごわし併用

次のような場合に有効である。

1）解体時に極力損傷を防ぎ、再利用を図りたい貴重材があり、その他は機械ごわしで、作業能率をあげたいとき。

2）取扱いの注意を要する材料の分離が困難で、あらかじめ取り除きたいとき。

3）異物の混入を避けたり、抜釘し、解体材の価値を少しでもあげたいとき。

以上の解体方法はいずれも有効性を列記したもので、いわゆるデメリットはあげていない。作業上の問題、解体木材の品質なども含めた「主な解体法と作業上の問題及び解体木材の品質」は第２－４表のとおりである。

2.3.2 建物の解体方法別手順

次に解体方法別の手順を、簡単に触れておこう。

(1) 手ごわし

解体、撤去する建物から畳、建具などのほか電灯、配線、衛生陶器などを運びだす。次に道路事情が許せば建物にトラックを横づけして屋根瓦などをおろし、柱にかかる重量の軽減をはかる。この作業が難しければ床板をあげ根太をはずしたあと、屋根の一部に壊し口をあけ、建物内部の土間に直接屋根瓦および屋根土を落とし、手押車などで屋外に搬出する。さらに土壁などを落とし、野地抜、タルキ類、天井板、造作などもはずして、建物は木材の軸材だけにして、解体する。このあと基礎、風呂場、玄関、テラスなどのコンクリートを取り除く。

(2) 機械ごわし

機械ごわしは、非木造建物の解体とおなじ解体方法で、アイアンフォーク（またはバックフォー。先端部にフォークグラブと呼ぶ強力な鋏を備えた重機）、ショベルローダなどの土木・建設機械を用いる。重機の侵入路、旋回範囲の確保、障害物の有無、近隣への振動被害、ほこりの飛散など、手ごわしにくらべると立地条件の制約が多い。解体手順は、アイアンフォークで建物の骨組みを挟んで粗破砕しながら崩してしまう。柱、梁などは建っている状態で抜き出してトラックに積込むが、崩れ落ちる瓦、木くず、土などのほか、建物に使われていた畳、建具、電気配線なども、混合くず（ミンチ）となり、ショベルローダですくい上げトラックに積込む。

「大きく変わったのが解体方法だ。これは建築工事全体の工期が短縮されているので、解体を早くせざるをえない。かつての解体は職人さんが大きなバールをつかい、丁寧にやっていたが、いまは２人いればよい。１人はユンボに乗り、もう１人は水かけをして簡単に壊してしまう」（愛知Ｙ氏）。

表２－４　主な解体法と作業上の問題及び解体木材の品質

（「建設事業への廃棄物利用技術の開発報告書」1976建設省総合技術開発プロジェクト）

解　体　方　法	作業上の問題	解体木材の品質	処理・用途
(1)　全機械解体 （一部損傷の少ないものを手ごわしすることもある。）	騒音，振動，ほこり 運搬時の積載がかさばる 端材処理に手間がかかる	全異物混入，破損大，多量の水分含む、	投棄，焼却 チップ
(2)　内部造作建具，配線除去→外壁モルタルカワラ除去→機械解体	騒音，振動，ほこり 釘等による積載のかさばり	破損大，金属類混入	チップ，焼却
(3)　(2)→手ごわし （釘ぬき，京ね）	騒音，振動，ほこり	破損材と健全材の区分ができる（健全材のグレード量が少ない）	角材，板材 チップ
(4)　内部造作建具，配線除去→外壁モルタルカワラ除去→手ごわし→機械ごわし	主要な部材のみをとり出すときで作業上の問題は(1)(2)に近い	主要材は健全，他は(2)に同じ	角材，板材 チップ
(5)　内部造作建具，配線除去→外壁モルタルカワラ除去→手ごわし	手間がかかる	破損の少ない材がほとんどとれる釘をぬく場合とぬかない場合がある	角材，板材 チップ

(3) 手ごわし、機械ごわし併用

解体手順による組合せは一様ではないが、木造住宅の解体はこの両者併用方法が比較的多いといわれている。したがって解体建物を木質部分だけにするところまでは手ごわしとおなじ手順で、このため廃木材も軸材、シバ類（板状木くず）に分別するのが容易なばかりか、ミンチの処分は受入先も制度上も隘路が多く、処理処分コストがかさむので、両者併用のこの解体方法が多いというわけである。

2.3.3 解体方法別木くずの種類と発生割合

(1) 木くずの種類

建物はどのような方法によって解体、撤去しても、さまざまな廃棄物が発生する。数量面でみると、木造は木くず、非木造はコンクリートがらが最も多いが、おなじ木造建築物でも、手ごわし機械ごわしなどの解体方法や手順によって、さらには使用している材料の種類によって、発生する廃木材の種類や構成割合には大きな開きがでてくる。そこで、この章でふれる木くずを以下のように分類しておく。

（木くずの状態による分類）

①廃コンパネ：廃棄物として排出されたコンクリート型枠合板類

②混合木くず：他の廃棄物と混合した状態の木くず

③単独木くず：他の廃棄物と混合していない木くず

（木くずの形状による分類）

①ミンチ：他の廃棄物と混合した状態の木くずで、いわゆるミンチ状になっている。

②シバ類：廃コンパネも含む板状の木くずを総称する処理業界用語

③軸もの：柱、ハリ、モヤなどの軸材

(2) 木くずの種類別の発生量

解体方法別に木くずの種別発生量を次の資料をもとに算出した。

o 建築時の木材使用原単位、10^{-3} ㎥／㎡

合計 179（構造材 129、下地材17、造作材29、仕上材 5）

※日本住宅・木材技術センター「在来工法住宅の 1 ㎡当たりの木材使用材積量」「木材受給と木材工業の現況」（平成 3 年版）305 ページより。

o 解体方法別の発生原単位

「工事種類別発生原単位」（大阪産廃事業協同組合「建設木くずの発生及び処理状況に関する調査・研究」1988年表 2 － 5 ）の原単位により、木くずの回収率と回収量は、「手解体」が 100％、「機械・手解体」が70％の 0.125㎥／㎡、「機械解体」が57％の 0.102㎥／㎡、「非木造」が 0.038㎥／㎡

以上の要領から、第 2 － 1 表「除去建築物の推移」の延床面積によって解体方法別の廃木材発生量を計算してみると、第 2 － 6 表「解体方法別廃木材発生推定量」になる。

表２－５　工事種別木くず発生現単位

「建設木くずの発生及び処理状況に関する調査研究」大阪産廃事業協同組合1988年3 月

工事種等			廃コンパネ	混合木くず	単独木くず	木くず合計
家屋新築	木造		――	0.032	――	0.032
	非木造		0.018	0.006	――	0.024
家屋解体	木造	機械解体	――	0.038	0.070	0.108
		機械・手解体	――	0.033	0.100	0.133
		手解体	――	0.071	0.120	0.191
	非木造		――	0.015	0.023	0.038
改装			――	0.017	0.023	0.040
土木			0.040	――	――	0.040

（注１）　混合木くずとは、他の廃棄物と混合した状態の木くずをいう。

（注２）　単独木くずとは、他の廃棄物と混合していない木くずをいう。

（注３）　単位は土木工事に関するものがm^3/百万円、それ以外がm^3/m^2とする。

これをみると「手解体」にたいし「機械解体」は、単純比較で4割強も少なく、廃木材の「質」、つまり有価物として販売し再生利用のできる割合は、さらに大きな開きが生じるであろうことは、容易に推測ができる。

このように「除去建築物」（床面積）の推移からみると、最近の15年で、その総数は5割を上回わっているが、「木造」は25％から30％しか増えていないのに、「非木造」は4倍近くにもなっている。しかもこの数年「非木造」の増加ぶりが顕著で、全除去建築物（床面積）の増加に直接の影響を与えている。

2.3.4　解体現場における木くずの発生状況

統計的数値から求めた木くず発生推定量は以上のとおりだが、それでは現場ではどのようになっているのだろうか。宮城のN氏は次のように説明してくれた。解体の対象になるのは 100㎡程度の、ごくふつうの木造住宅である。

「床面積1㎡当たり、木材と混合くずが 0.6㎥程度でる。 100㎡だからこれで60㎥になる。ふつうの10トン車だと5㎥からせいぜい7㎥しか積まないから、ざっと10台になる。当社の場合、産廃業者として届出ているからこの10台は焼却するが、焼却場所をもっていないと処分代を支払って公共処分場などで処分してもらわないとならない。このほかに機械ごわしでも、チップになる解体材がでる。家屋をつぶすまえに柱類などを抜きとるが、これが4トン車で1台、材木に換算するときちんと積めるので、8㎥ぐらいになる。他にコンクリートがらが10トン車で3台、20から30㎥ぐらい出る。柱類などを抜かない――分別して処理しない――ときには、廃材が大幅にふえる。トラックにガサッと積んでもきちんと積んでも、1㎥はおなじ1㎥になる。

この結果、 100㎡のごく一般的な木造住宅を解体、撤去するには、分別を考えた機械ごわしでも次のようになる。

oチップ原料（柱、はりなど）	8㎥	4トン車1台
o廃材（混合、焼却および埋立）	60㎥	10トン車10台
oコンクリがら	20～30㎥	10トン車3台

次は東京近郊の例である。

「家屋を手ごわしで解体すれば、上質な木材を多く回収できるが、人手不足、コスト、時間などの関係で現実的ではない。当社は短時間で効率のよい仕事をしていきたい。機械ごわしをメーンにしながらも、手ごわしと大きく変わりのない内容の仕事をする人材がいる。これは貴重な存在だ。バックフォーの先端部にフォークグラブを取り付け、壊しながら解体材を挟んでつかみ、トラックに積み込む作業でも、解体したあとの処理作業時間を短縮する手順は、いくらでも工夫ができる。だいたい30坪ぐらいの家屋で、残存物は除き本当に捨てなければならないものは2台ぐらい、トン数で7、8トン、あとは有効利用ができる」（関東W氏）。

ここでいう柱なりはりを挟むフォークグラブは、慣れないと挟むつもりでレバーを操作

しても、つぶしてしまう。札幌での聞き取りでは、アイアンフォーク（バックフォー）の実習を中心にした講習会に多数の参加者があったというが、宮城の解体業者N氏は「すぐれたオペレータがいるかいないかで、機械ごわしの効果が左右される」と強調していた。

しかも同時に考えておかなくてはならないのは、解体建物に使われている材料が大きく変わってきており、さらに近ごろはプレハブやツーバイフォー住宅も解体されるようになってきたので、その建物に使われている材質的な評価や解体の手順、コツなどを、あらかじめ計画する必要が望まれている。たとえば省エネルギーというので断熱材がが多く使われるようになっているが、これが内壁と外壁の間に簡単な釘で止めてあれば解体、分別のさいに壁面材から取り外せるが、接着剤などで一体化されていると、混合ごみになってしまう。また木質プレハブは5寸釘、接着剤を使っているので建物としては丈夫だが、解体作業のさい、5寸釘がキャタピラに挟まって故障の原因になってしまった経験もある、とのことである。

2.4　解体木くずの流れと処理事業

2.4.1　解体木くずの流れと「中間処理」

建設系廃棄物の一般的な処理形態は次のとおりである。「建設廃棄物ガイドライン」（厚生省1990年6月）。

1）現　場 ――― 最終処分（埋立）

2）現　場 ――― 中間処理 ――――――――― 最終処分（埋立）
（破砕、焼却、脱水など）

3）現　場 ――― 中間処理 ――――――――― 最終処分（埋立）
（選別）
├― 中間処理
└― 売却

4）現　場 ――― 収集、運搬 ――――――――― 最終処分（埋立）
（積換、保管施設における積換）
├― 中間処理
└― 売却

解体木くずの流れも1）から4）のいずれかによるが、ここで注目しなければならないのは、「2.2.4　建物解体材『問題』の変化」で触れた「建設廃棄物ガイドライン」が、建設廃棄物の従来の処理、処分の段階のなかに「中間処理」の機能を拡張し、再生利用への道に結びつけた点である。ガイドラインは「中間処理」の機能として、排出事業者は「建設廃棄物の減量化及び安定化のために必要な脱水、破砕、焼却など」とし、「再生利用」については「減量化及び資源化」というように、かさや重量を減らしたり安定化にとどまることなく、再資源化を行政指導の方向として打ちだしている。また建設廃棄物の

「中間処理」、「再生利用」に伴って、木くずについてもガイドラインを設け、① 再生利用をはかる、② 焼却し、直接埋め立てをしない、③ 焼却するときは、一定条件を備えた焼却施設によると、クリヤーすべきハードルが設けられた。

ここで木くずの「焼却」と「埋立」について、やや立ちいってふれておこう。

まず「焼却」である。「焼却」は廃棄物の流れである収集――中間処理――最終処分のなかの、「中間処理」に位置づけられており、「最終処分」ではない。「中間処理」は、廃棄物処分の歴史のなかで新しい手法として、このガイドラインでいわば認知されたものである。その目的とするところは、① 減量・減容化、② 再資源化に加えて、③ 無害化に大別ができる。したがって「焼却」は① に該当するが、「焼却」が最終処分でないのは焼却した後に灰が残るからである。残った灰を埋立てて、木くずは自然界に戻り「最終処分」されたと判定がされるのである。

次は「埋立」である。廃棄物の埋立地は「廃棄物が最終的に自然界と連結する」場所であり、「廃棄物を最終的に環境に還元する」行為である。だから埋立てられる廃棄物の中に、土壌や地下水と接触してはよくない有害物が含まれていれば、これを遮断し、管理しなければならない。その結果、最終処分場である埋立地は、素掘りの「安定型」では十分でないので、「管理型」が設けられるようになった。15年ほど前からである。

このように最終処分場は、廃棄物の種類によって、「安定型」（廃プラスチック類、ゴムくず、金属くず、ガラスくずなど）、木くずも含まれる「管理型」（燃えがら、汚泥、紙くず、繊維くず、動植物残骸、鉱さいなど）、それと例外的に近い「遮断型」の3種類に分けられている。

2.4.2 解体木くずの処理事業者

解体木くずの流れを経済行為として担うのが、産廃処理業者である。

産廃処理の関連事業者は、全国で4万とも5万ともいわれている。建物解体から始まって廃棄物の収集、運搬、保管につづいて処理や最終処分までの一連の関連事業者を産廃事業者と呼んでいるが、事業遂行に必要な人員を雇用し、一定の作業用地や設備、機械類などを保有する事業者は上記の1割、5000社前後と推定されている。しかも産廃処理事業は稀にみる急成長業種であり、近代産業としての経営体質水準に向上するには、抜本的改善が急がれる課題を多く抱えている。

例えば建物解体業は建築業の1部門として、建築士などの資格保有者をおかなくてはならないが、他の建築関係業種にくらべ発注者との関係には違いがある。それは他の関係業種が工事完了後も施主、施工者と直接、間接の接触がつづくが、建物解体業は解体工事の終了によって関係が切れてしまうからである。しかも業界としての結束も弱いため、同じ建築業でありながら別の業種にみられがちである。経営体質、経営内容、作業形態などの抜本的な改善を通じて、社会的に独立した業種として認知される、業界としての努力と公的な支援が望まれている。

このように解体木くずの処理事業は、最初の発生段階を担う解体業者が多くの問題点を抱えている。それはさきに引用した、東氏が整理した不法投棄の原因や、2.2.2の中の聞き取り「その4」の複数の回答とも結びつく問題でもある。したがって解体木くずという「もの」の流れを知ろうとするには、その担い手である事業者を知ることが欠かせなくなってくる。

解体された木くずの処理処分の責任は、旧建物を解体撤去し新築工事を請負った建築業者にある。ガイドラインによれば、この建築業者が「排出事業者」で、「建設工事等において、発注者から直接工事を請負う施工業者（元請業者）をいう」とある。いわゆる「元請責任」である。しかし「排出事業者」が建物解体、解体によって排出された廃棄物の収集、運搬などを直接行うことは殆どなく、契約によって当該業者に委託処理する。

この場合、一定の委託基準のあることはいうまでもない。排出事業者はその委託基準にしたがって、収集運搬業者、処分業者、さらには解体業者など契約当事者をどの範囲まで含めるかによって二者、三者、四者の契約方式を採用しており、このため解体工事から最終処分にいたる実際業務の担当事業者と、排出事業者との契約当事者が同一事業者であるケースは少なくなっている。

それでは実際の業務はどのように行われているのであろうか。狭い範囲の聞取りの中から、解体木くずの処理処分のタイプを整理してみよう。

ごく一般的なタイプとしては、元請業者が大手解体業者と最終処分まで含めた委託処理がある。数組あるいは10数組の解体チームに解体工事を常時発注する大手解体業者は、解体撤去工事、現場における粗分別、中間処理場あるいは最終処分場までの運搬業務（あるいは収集、運搬は別の専門業者）を行わせるタイプである。もとより大手解体業者は直接雇用契約をしているチームも抱えている。また木くず破砕設備をもつ中間処理業者による、建物解体からの一貫業務もみられるが、これは一定数量と上質木くずの確保が目的である。

「当社はかなりの能力をもつ木くず破砕設備にしたので、木くずの選り好みはあまりできない。ともかく集められるだけ集めてみようという方針だ。集まるようになってから当社のニーズに合うようにしていきたい。解体業者にいくつかのチームをつくらせたり、機械を貸与したり、さらには子会社によって集荷もしている。入荷する木くずの半分以上が、このような方法で集荷したものだ」（愛知Y氏）。

「当社の解体材集荷方法には3方法がある。第1は当社直営による解体である。解体作業のチームをもっている。この方法で解体すると、その建物に使った木材の9割は回収できる。解体のコストを吸収しながら、細かく作業している。第2は、機械をもって現場に出向き、軸材だけ選別して集荷するシステムをつくっている。この方法を手がけるのに苦労したが札幌あたりで最も多く、当社が受け入れる原料のほぼ3分の1を占めている。この方法だと、建物に使った木材の3割は回収ができる。この2方法が現場に出向いて集荷する方法だ。もう一つは当社と契約している破砕業者が、廃棄物の中間処理場に入った解体材を集荷する方法だ。そのような方法で最も多いのが札幌市の処理場だ。当社と同じよ

うな機械を持込んで、廃棄物の中から上質の木を集め、破砕して当社に持ち込んでくる。その他はこの辺の中間処理場から、選別して当社に持ち込んでくる」（北海道T氏）。北海道は、野焼き、不法投棄が多く、それだけに原料の集荷には企業努力が必要であり、原料入手の面で、再生利用はリスクが伴う事業である。

解体木くずも再生利用する事業は、立地条件に大きく影響される。数量規模からみると、解体建物の多い大都市周辺、原料集荷面からみても野焼き、不法投棄などの難しい大都市周辺が有利であるが、製品チップのユーザーが必ずしも近接地に立地しているとは限らず、また事業地の新しい確保は至難である。したがって事業地の確保が大都市ほど至難ではない地方中都市の周辺では、不利な立地条件をカバーするために、原料である解体材の集荷に、地域性を活かした企業努力が続けられている。

また最近になって大手住宅メーカーは、建設廃棄物の処分がいっそう深刻になっているので、スムーズな廃棄物処分の立地から、大都市周辺の解体業者を組織化する動きをみせている。これにたいし解体業者側も、原料の安定確保の立場から積極的な姿勢をみせている。こんごの展開に注視したいところである。

2.4.3　解体木くず処理事業の現況（事例）

解体木くずの処理処分の流れのなかに、再資源化も目的の一つに加えた「中間処理」という新しい方法が導入され、木くず破砕設備を保有する中間処理業者の近況を紹介したが、ここで木くずの有効利用に1歩先んじている大阪の事例にふれておこう。

大阪産廃事業協同組合の調査報告（前出）によると、1987年に大阪府全域で発生した建設系木くずの推定量は約 743,000㎥で、工事種類別の内訳は第2－6表のとおりである。この推定量によって工事種類別と種類別木くずのおよその構成割合とみると、次のようになる。

家屋新築	39.4%
家屋解体	54.9%
その他	5.7%
廃コンパネ	25.8%
混合木くず	37.5%
単独木くず	36.7%

これによると建設系木くず発生量のうち、家屋新築によるものがおよそ40%を占めるが、その半数強が非木造建築物の廃コンパネである。木くずとして良質な手ごわしによる「単独木くず」は、木造家屋解体による発生量の6割弱を占めるなどが注目される。次にこのような木くずの処理状況を種類別にみると図第2－1のとおりで、「単独木くず」は埋立て、焼却処分などがなく、すべて再生利用されている。それぞれの特徴を要約すると、次のとおりである。

（廃コンパネ）

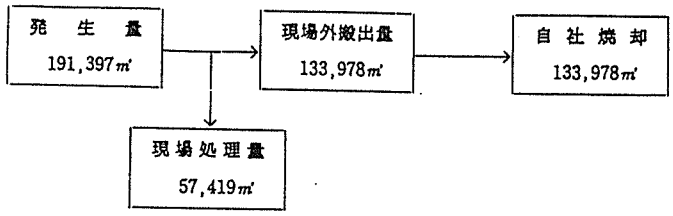
表２－６　工事種別木くず発生推定量（大阪府下、1987年）

単位㎥

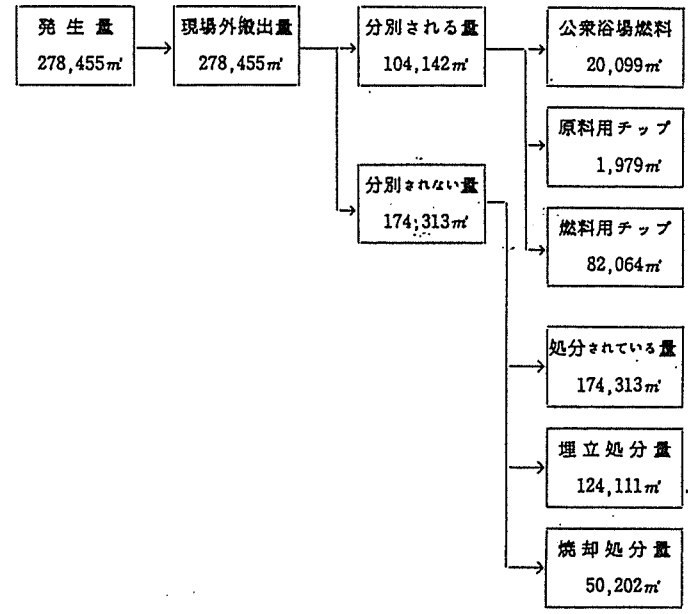
工事種別	廃コンパネ	混合木くず	単独木くず	合計
家屋新築	161,199	131,345	—	292,544
o木造	—	77,612	—	77,612
o非木造	161,199	53,733	—	214,932
家屋解体		141,809	265,825	407,634
o木造	—	121,973	235,409	357,382
機械解体	—	23,796	43,835	67,631
機械・手解体	—	19,135	57,982	77,117
手解体	—	79,042	133,592	212,634
o非木造	—	19,836	30,416	50,252
改装	—	5,301	7,172	12,473
土木	30,198	—	—	30,198
合計	191,397	278,455	272,997	742,849

「建設木くずの発生及び処理状況に関する調査・研究」
大阪産廃事業協同組合、1988年3 月より引用

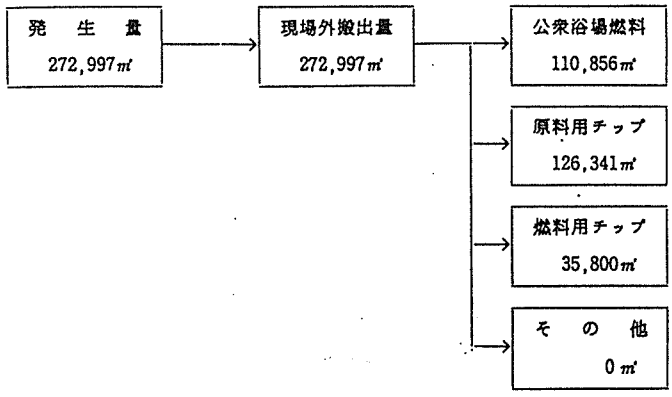
（1）　廃コンパネ



（2）　混合木くず



（3）　単独木くず



（4）　木くず合計

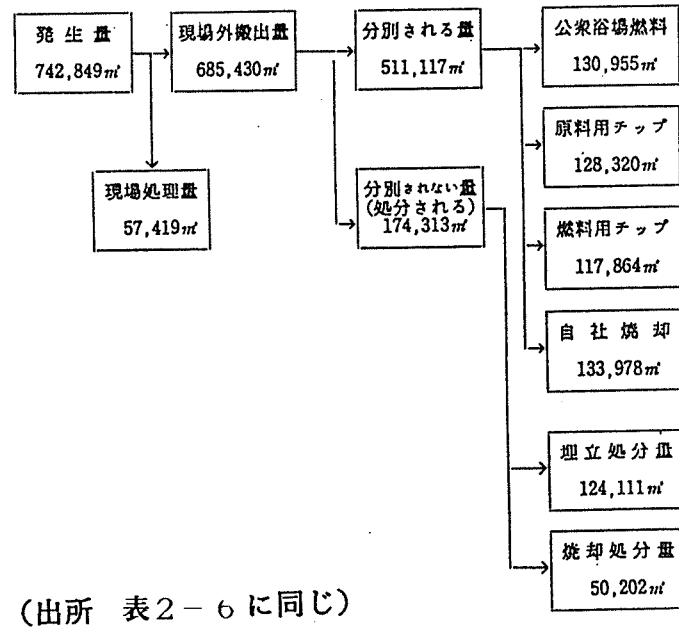


図２－１　建築系木くずの処理状況　（出所　表２－６に同じ）

現場焼却30％、現場から引き取って自社置場などにおける焼却が70％で、燃料チップ用は処理代が有料になってから途絶えている。

（混合木くず）

発生量の37.4％が分別され、公衆浴場燃料（19.3％）、原料用チップ（1.9 ％）、燃料用チップ（72.8％）に、分別されない62.6％は処分場に持ち込まれ、すべてが埋立（71.2％）、焼却（28.8％）処分されている。

（単独木くず）

発生量のおよそ40％、11万㎥が公衆浴場用燃料に向けられている。この数量は大阪府下2,000の公衆浴場用燃料の木くず使用量とほぼ一致する。このほかボード、製紙用チップ（46.3％）、燃料用チップ（13.1％）となっている。

（木くず合計）

およそ 743,000㎥発生する木くずのうち、現場外に搬出（92.2％）されたあと約75％、50万㎥が分別され、さらにその約75％が公衆浴場燃料、原料用チップ、燃料用チップなどに、ほぼ同規模が再生利用されている。この結果、建設系木くずとして発生したほぼ半数が再生利用の対象になったと結論づけられる。

2.4.4　木くず処理事業からの脱皮

解体木くずは、原料（木くず）、生産方法（破砕）、商品（木くずチップ）、販路（燃料および工業原料用チップのユーザー）を新しい事業分野として結びつけた事業者の活動によって、再資源化への道が経済事業として開拓され、経済的基盤が築かれてきた。経済事業を展開する社会経済的基盤は、安定化にはまだ程遠い状況にあるが、将来に向かって成長の余地は十分に残されている。だから解体木くずの再資源化の方法はチップに限られるものではなく、数多い商品化の一つの形態と考えなければならないであろう。しかしそのような商品化を考える場合に大前提になるのは、原料となる木くずの安定確保であり、すでにその動きが始まっている。

その一つの表われが、産廃処理業からの脱皮である。処理処分に困った廃木材を、一定の処理料金の形で受取って再生原料に加工（多くはチップ）する処理事業は、廃木材が排出者から持込まれた原料であるために、商品化する再生原料を大きく制約する。木くずチップの殆どが燃料用チップである現状をみれば、それは容易に分かるであろう。廃木材の処理処分への需要はこんども続くであろうから、燃料用チップのような低次の再生原料づくりの経済的基盤はくずれないであろうが、そこに踏みとどまっていては、事業としての先行きが不透明である。

そこで消極的な経営姿勢で、原料となる解体を中心とする廃木材を受入れ、処理する事業から、一定の品質基準を設け良質な廃木材の回収を誘導する方法が、すでにいくつか実行されている。これは処理料金を受取るのではなく、品質基準を満足すれば逆に「原料」代を支払うのである。その１例として関東、東海、近畿などとは立地条件がやや異なる、

仙台周辺と集荷地域の事例である。それは家屋解体材や廃パレットなどを中心にした、木材チップメーカーの中間荷受基地で、すでに5年まえからパンフレットをつくり、近県まで対象にして集荷努力を展開している。

Q．古材の受入基準があると聞いているが。

A．中心は針葉樹の軸材、廃パレット類だ。クリ、ラワン、塗装もの、ススのついた古い柱類、接着剤を使った木材は引取らない。

Q．この場所は宮城県の公共処分場に近いので、木くずを処分する側からみると、判断に迷うようだ。処分するだけなら安い処分料の公共処分場、選別にいくらか手間をかけても買いとってくれるなら、当社の中間処理場ということになるように思えるが。

A．トラックの積載重量トンが単位だが、公共処分場の処分料は3,500円、当社は1,000円支払っている。その差は 4,500円だ。古材を買い取るのだから冒頭に説明した基準によるが、たとえば30坪の家だと、4トンダンプで1台ぐらい受入れられる軸材がまとまり、4,000 円支払う。ところが重機で構わず壊すと10トンダンプで5台とか6台になってしまう。これは処分料を支払って処分（埋立）するか、自家焼却して灰を公共処分場に持ち込むわけだが、いずれにしても大きなコストだ。

Q．解体業者なり、解体材運搬業者のソロバンをどのようにみているのか。

A．こちらに持込む方が手間はかかるが、カネになる。角材を抜けば、公共処分場に支払う処分料が、たとえいくらかでも浮くという勘定をしているようだ。というのは、運搬業者は解体業者から、運賃と処分料を受取るので、処分まで請負った運搬業者にとってみれば、先に説明したように、公共処分場に支払う 3,500円、当社から受取る 1,000円、合計 4,500円×4台、これは公共処分場の処分料の5トン分になる。

Q．積んである解体材をみるかぎり、関東の中間処理場に入るものよりは立派だ。

A．毎日数10台入ってくる。手作業で釘やボルトを抜き、簡単に束ねてチップ工場に持込むが、ここで保管積換えた古材は製紙原料用のチップになる。

この荷受基地を経営するM商事は、古くからのチップメーカーで、製紙用、ボード用チップを中心に生産、出荷しており、一部はチップ集荷業者にも販売するなどの多角経営をしている。

2.4.5　処理事業の組織化（全国木材資源リサイクル連合会）

建設系木くずを主力原料にし、中間処理施設をもって中間処理（再生処理）事業を行っている事業所は、現在全国に約80か所あるといわれている。1企業で複数の事業所をもつ事業者もあるので、事業者数は80を下回るが、その殆んどを構成員とした「全国木材資源リサイクル連合会」が、92年1月に発足した（事業所数、関東27、東海7、近畿13）。

しかし民間企業が新しく同じような中間処理施設（クラッシャー、チッパーなどの加工設備や置場を備えた適法な事業所）をつくれる余地は、ますます狭くなっている。地方自

治体が関与した工場団地でさえ、産廃中間処理施設の申し込みは殆んど認められないくらいだから、民間企業が原料確保、製品販売ルートなどのメドをたてたうえ、独力で用地を確保し処理施設の建設に着手することは、至難に近い状況にある。公共的な最終処分場の残余処分スペースが僅かになったので新規計画をたてても、いわゆる「地元住民の同意が求められない」といわれるが、木くずの中間処理施設はそれ以上の状況にある。しかもこれまで稼働してきた中間処理場でも、最近になって閉鎖したり、あるいは閉鎖が予告されているケース（関東）があるので、木くずの再生利用をすすめようとするからには、地域的事情を十分に調査検討したうえ、行政機関の関与介入が期待される状況も予想されるであろう。

2.5　木くず循環利用の基礎条件

建物解体材をはじめとした木くずが大量に発生するから、再生利用の方策をたてて実行に移すという発想や行動は、あらためて国民経済とか資源利用などの論理を拠りどころにして説明するまでもない、現代社会のルールである。実情を知らない第三者の眼には、木くずに見える木材加工過程から発生する端材、残材も、その大半は現在でも次の工程の原料として高度に活用されている。建物解体によって発生する貴重、高価な木材はいうまでもなく、一般の軸材も、たとえば公衆浴場用燃料として広く利用されづづけていることは、すでにみてきたところである。

「リサイクル」などという言葉が社会的名キーワードになるよりも遙か昔から、わが国では木くずを、廃棄物視する見方ではなく、別の役割をもたせて循環利用が出来る有機物と評価し、実際に使いづづけている。

だから現在の尺度ですべての木くずを十把一からげにしてしまうと、すでに循環利用されちる木くずまでも、廃棄物にしてしまう恐れもある。

したがって、木くずの循環利用のシステムをどのように築いていくかという課題を考えるときには、それぞれの木くずの発生の原因や背景の解明を抜きにしては語れないし、本報告はそれぞれふれている。建物解体材にしてもその点には十分配慮して触れてきたが、今後に残されているところも多い。

以上から、木くずの循環利用を実現させるために必要と思われる基礎条件を、次のように整理したい。

(1)　社会的便益と社会的費用

リサイクルは一般的に、次のような便益を社会に還元している。*

1）廃棄物処理、処分費用を節約できる。また最終処分場の寿命を延命させ、処分地に対する新規需要を減少させる。

2）再生資源を原材料として用いることによって、処女資源による新たな生産から廃棄

にいたる、トータルにみた投入エネルギーの節約や環境汚染等を追加しないですむ。

3）再生資源を利用するので、採取・採掘する処女資源量は不要であり、結果的に省資源・省エネルギー型の生産システムに導くことができる。

このほかにも国内の再生資源を利用することは、資源自給率を向上させ、新たな雇用送出機会をつくり、モノを大切にする心を育てるなどが数えられてている（植田和弘「廃棄物とリサイクルの経済学」1992年）。

しかし、これらの便益は、私的企業の次元ではなく社会的便益であるから、国や自治体レベルで経済計算を行うべきものであって、木くずも例外ではない。

それではこのような社会的便益は、いかなる社会的費用によってもたらされているのであろうか。便益の発生は費用の投入によって生じるが、建物解体木くずについてみると、木くずの処理料、チップや古材の売却などが中心であり、しかもそれは民間の私的企業によるものである。したがて、事業としての危険負担も軽視できず、産業政策的見地からの対策が必要であろう。

(2) 流通機構の整備

建物解体木くずの発生、収集運搬及び処理事業の状況は、すでに触れてきたとおり多くの問題があり、解決の急がれる課題が山積みしている。そのなかで重要課題の一つにあげられているのが、発生が個別散在的、品質の不均一性、担い手である事業者（特に解体業）の零細性と経営の不安定など、木くずの流通機構に関わる分野の課題である。

木くず流通機構のなかでは、すでに大手中間処理事業者の間で、原料集荷、製品集荷と販売、金融、技術援助などの形でいわゆるディーラー的機能を軸とした“系別化”ともいえる動きがみられる。しかしき木くず流通でポイントともなる中間処理については、原料と製品の置場に加え一定の処理施設を設ける新たな土地確保が難しくなっているので、社会的にみるならば放置ができない課題といえるであろう。

(3) 技術開発の方向と課題

建物解体木くずの再資源化技術は、破砕したチップからの異物の選別除去技術を中心にすすんできたが、出来るだけ良質な再生資源を多量かつ効率よく回収する再資源化技術の立場からみると、未成熟な段階にある。これは従来の技術が、解体建物の急増、労働力不足などを解決するとともに、建物の解体撤去、排出された廃棄物の処理処分などの作業を、効率的に行う性格の強い個別技術であったからであろう。

したがって今後の技術開発の方向と課題は、良質な木屑を効率よく回収する建物解体技術について、解体現場の敷地条件などによる制約にもあまり影響されない性能を備えた専用機械の登場が待たれるだろう。

ごく一般的な木造住宅を完成させるには、現在、20をこえる専門職の職方が関与する。現場の労働生産性も電動工具の普及や施工性の高い材料、部材が使われるようになったの

で、著しく向上している。しかも建築は段取りの産業ともいわれるように、木造住宅でもその手順――材料の搬入、仕事の手順、後工程への配慮など――は、棟梁の判断と指図にしたがっている。ところが建物解体の手順と作業は、そのような棟梁の経験や知識を必要としない。

こんご専用機械の登場やオペレーターの養成、訓練などとともに、現場レベルからの、良質かつ多量の木くずが回収できる、技術開発が期待されるところである。

(4) 用途開発と利用実績の蓄積

原料を処女資源に依存して製造加工される木質材料は、経済的合理性や効率性を市場というフィルターを通して評価され、シェアを拡大したり姿を消したりする。建物解体木くずなどの再生資源を主原料にした再生木質材料も、現状では処女資源に依存した木質材料とおなじような市場原理に左右されている。したがって木くずを再資源化し、再資源化した原料から再生木質材料を製造加工したり、あるいはその用途開発や利用促進などを、ただ市場原理に任せておくでけでよいのか、という疑問もなげかけられるであろう。

木くずを原料とした再生製品の用途や市場が確立されていたり、あるいは処女資源を利用する費用よりも再生資源を利用する費用が安く、しかもその価格差がある程度長期にわたって維持できるような条件などがあるならば、市場原理に任せるのが妥当だろう。しかし現状は、市場が未成熟というよりも巨額な投資をするには不安定要素が多いことが、新規業者の参入や既存業者の事業拡大に阻害要因になっているのである。

このため2.5.1から2.5.4にふれた課題や方向づけとあわせて、商品化技術とともに用途開発および利用実績の蓄積などを、総合的な立場から進める必要が望まれる。

建物解体木くずの再利用という課題は、すでに1970年代の後半から、調査研究などの形で取組まれてきた。すべての木くずまで含めると、それはさらに遡る。

これらの成果のなかには、現在でも十分参考になる内容もあるが、この間木材産業にとっての資源状況は、大きく変化している。また従来の成果は、担当者の専門分野がどちらかというと解体木くずの排出側であり、世俗的にいうならば、「木くずが多量に出るから、有効利用を考える」意識に比重がかかっていたように思われる。

いまの報告をまとめる問題意識は、それとはやや違って、木くずという新しい資源を処女資源と一体の資源として捉えようとするところにある。したがって建物解体木くずの有効利用を進めるうえでの、それぞれの分野に係わる問題点や課題は、再生資源、処女資源を一体とした資源として考えるうえでの個別問題であって、全体のなかの部分に担当する。

たとえば再利用の用途をみても、現状でチップ化して燃料用やパーティクルボード用が主流になっているが、それは数多いなかの1部である。これからは、再利用の直接の担い手である事業者の育成、事業機会の提供まで含めた、部分をいかに全体像として組み立てるかの方向づけを期待したい。

３．新築工事（木造建築）

３－１．はじめに

地球環境問題やゴミ問題が世界的に大きな話題となっているなかで、我国の木造住宅や製材もこの問題に大きな関心を向けなければならない状況になっている。木材や木造住宅は林木の伐採を伴うために、その適正利用の問題がいろいろ指摘されている。しかし、木材は加工に要するエネルギー消費が少ないために、炭酸ガスの放出や資源の再利用という点ではむしろ地球環境保全にふさわしい材料であるとも言われている。

木造住宅をとりまく状況は、大工技能者の数の不足や質の悩みが深刻化し、そうしたなかで、プレカット工場の数は、昭和51年の発足以来増加の一途を辿つている。そして、平成元年現在その数は 330—340で、生産実績は約47,000戸と推定されている。この数はツーバイフォー住宅の48,000戸に匹敵するもので、在来軸組工法住宅64万戸のうちちの7％強を占め、10％を越える日もそう遠くないと言われている。

このような背景から、プレカット工場を対象としてエネルギー消費の問題や木材資源の有効利用と木質残廃材のリサイクルに関する現状を把握するためにアンケート調査、聞き取り調査を行なった。

３－２．プレカット工場の木質残廃材と電力消費の実態調査

３－２－１．　アンケート調査の内容

「プレカット工場における木質残廃材の再資源化と利用」という表題で表３－１に示す内容のアンケート調査を行なった。プレカットは人手に代わってエネルギーを使うので、その加工にどれくらいのエネルギーを消費しているかを把握するために、消費電気量、生産床面積などを調べた。

３－２－２．　アンケートの集計結果

回答があったのは40社からで、そのほとんどは東海地方からであつたが、北は北海道から、南は九州、佐賀県からの回答もあった。回答の概要は以下の通りである。

(1)　プレカット工場の業務形態

表３－２に見られるように、製材からプレカットまで（製材品購入からプレカットして、資材納入までを含む）を行なっている工場が全体の約半分あった。賃加工のみを行なっている工場が1/4あり、これは大工の下請けに相当する部分が大きなウエイトを占めていたことを示している。

(2)　月産能力

図３－１に示すように、調査対象になった工場の月産能力は床面積1,500－2,000坪の工場が最も多く、次いで501－1,000坪の工場であった。最も少ないのは500坪、最も多いのは4,500坪で、工場の規模に大きな違いが見られた。

(3)　柱の長さ

表３－３に示すように、通し柱の長さは6ｍ、管柱の長さは3ｍがほとんどであったが、これより長いもの、短いものもあった。ヒノキとスギで管柱の長さが異なるという回答もあった。

材料寸法が一定していれば、加工手間、図面作業などは簡素化されるが、材料単価はいずれが適正か経費の点で難しい問題がある。しかし、柱の長さが一定しておれば、工場内や施工現場での残廃材は少なくなると思われる。

(4)　製材品の歩留まり

プレカット工場の平均値としては90％であった。

(5)　床面積当たりのプレカットされている軸組に要する木材量および柱の数

プレカット工場によって、バラツキがみられたが、平均値な値として、木材量は0.33 m^3/坪、柱の数は 2-3本/坪であった。

(6)　月別の生産棟数

月別の生産棟数は工場の規模による違いや事業形態、地域性があると思われるが、回答の結果では、全体として、労働稼動日数の少ない１月は少ない傾向にあった。そして、月を追うごとに生産棟数が増加する工場（図３－２）、１月以外は殆ど同じ工場（図３－３）、月によって大きく変動する工場、夏期に生産棟数が低下する工場、１年の前半は生産棟数が増加するが、後半は殆ど変化しない工場（図３－４）など傾向はいろいろであった。

月を追うごとに生産棟数が増加する工場の年間生産棟数は、平均205棟と少なかった。１月以外は殆ど同じ工場の年間生産棟数は、平均560棟と多かった。年間の生産棟数としては、図３－５に示すように、101-200棟の工場が最も多く、次いで301－400棟の工場であった。

生産床面積、消費電気量の月別変化は生産棟数の月別変化と類似の傾向であった。生産棟数と生産床面積との間には、図３－６に示すように、非常によい相関が見られた。この勾配の逆数は１棟当たりの坪数を表わし、その値は約45坪で、調査対象となった工場で生産された住宅の大きさは我国の新設住宅着工などに見られる建坪の平均よりいくらか大きな値であった。

表3－1　アンケートの調査項目

(1) プレカット工場の業務形態：
(2) 月産能力：
(3) 管柱，通し柱の長さ：
(4) 歩留り：
(5) 床面積当りの木材量及び柱の数：
(6) 月別の生産棟数，生産床面積，消費電気量：
(7) プレカット工場における残廃材の種類と量，残廃材の処理方法：
　（再利用か廃棄か，それは自社でやるか，業者に任せるか）
(8) 残廃材を再利用，又は廃棄する場合に困ったことはないか

表3－2　プレカット工場の業務形態

業務形態	比率(%)
製材（製材品購入）からプレカット（して資材納入）まで	45
賃加工のみ	25
製材購入から住宅建築まで	23
その他	7
合計	100

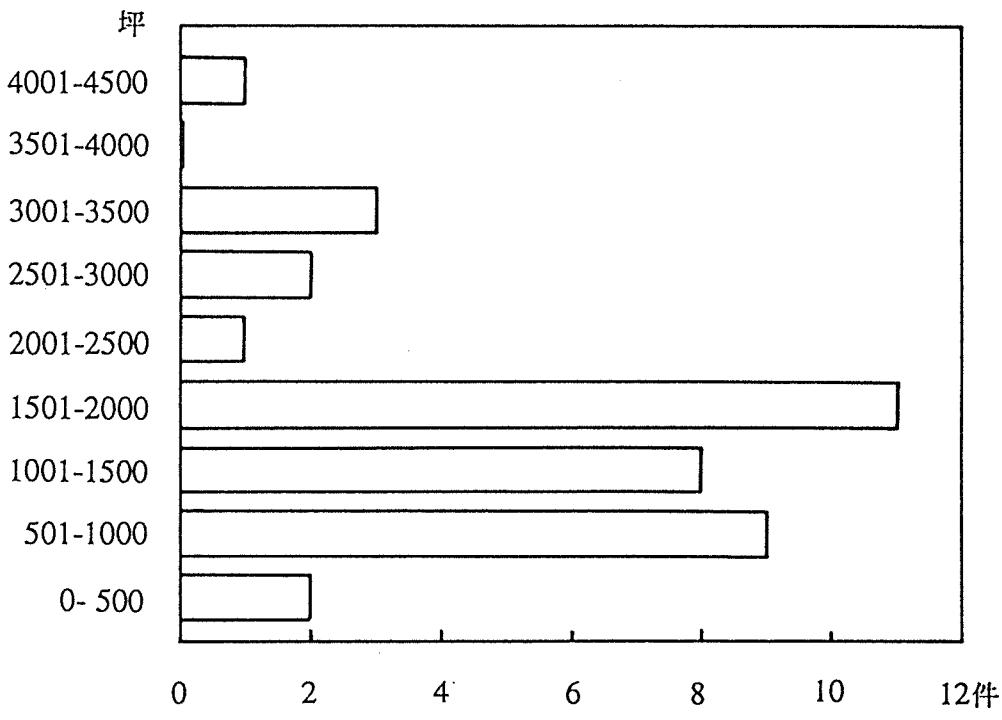


図3－1　プレカット工場の月産能力

表3－3　柱の長さ

通し柱	6 m(36)	7 m(4)，6.0 6 m(2)，5.8 m(1)，5.6 m(1)
管　柱	3 m(35)	4 m(9)，3.3 m(3)，3.1 m(1)，3.0 3 m(2) 2.8 m(1)，2.7 3 m(1)

注：カッコ内の数値は件数を示す．

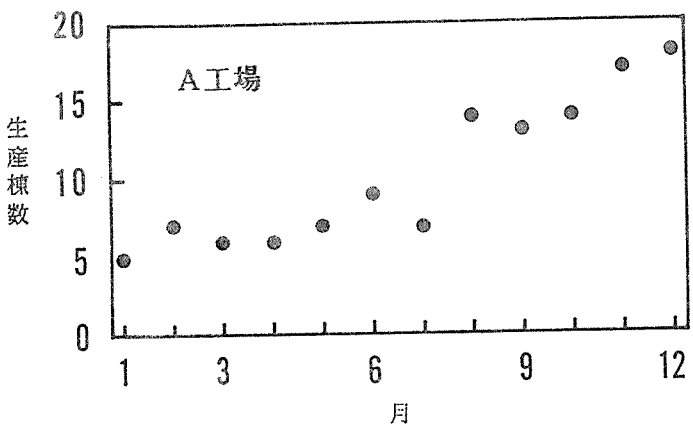


図3－2　月別の生産棟数

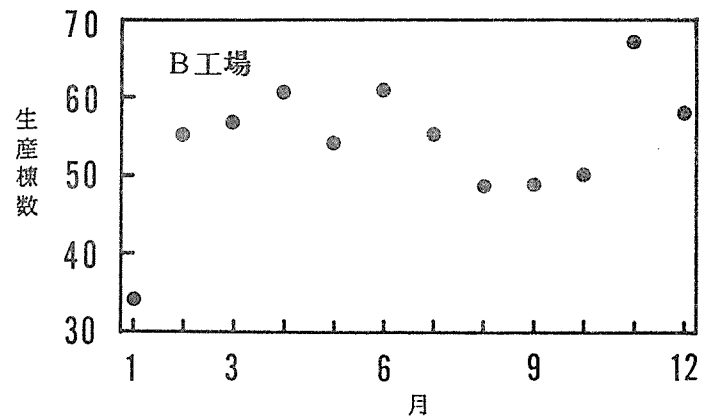


図3－3　月別の生産棟数

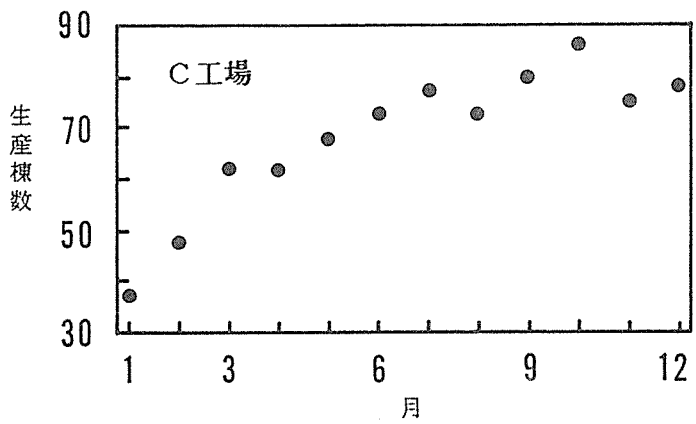


図3－4　月別の生産棟数

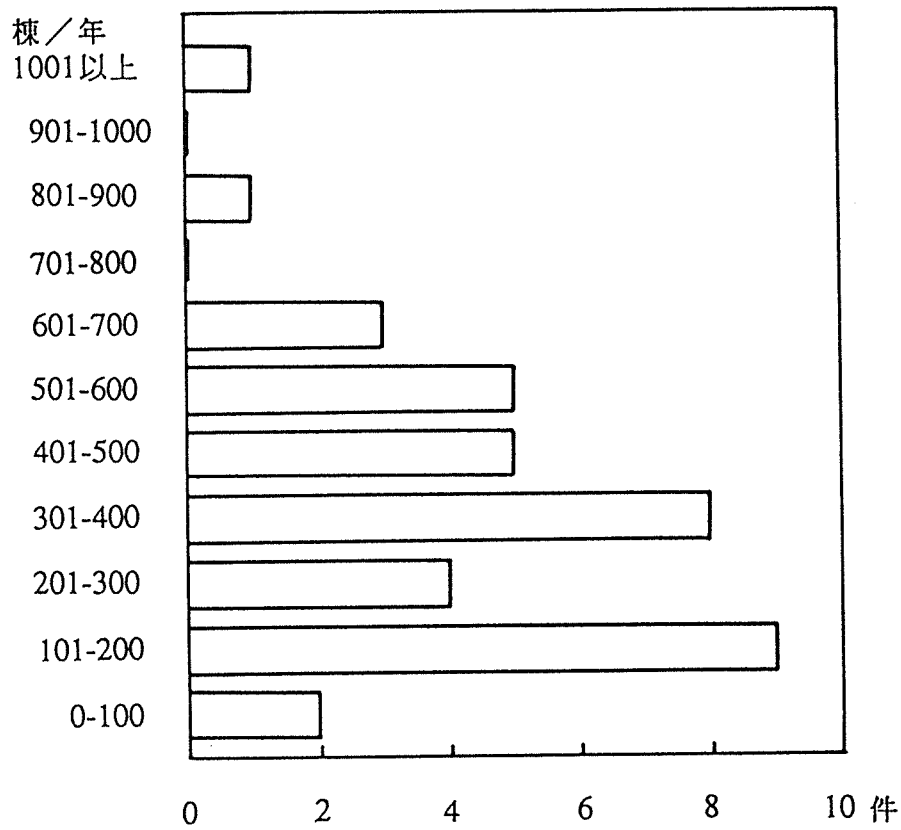


図3－5　プレカット工場の年間生産棟数

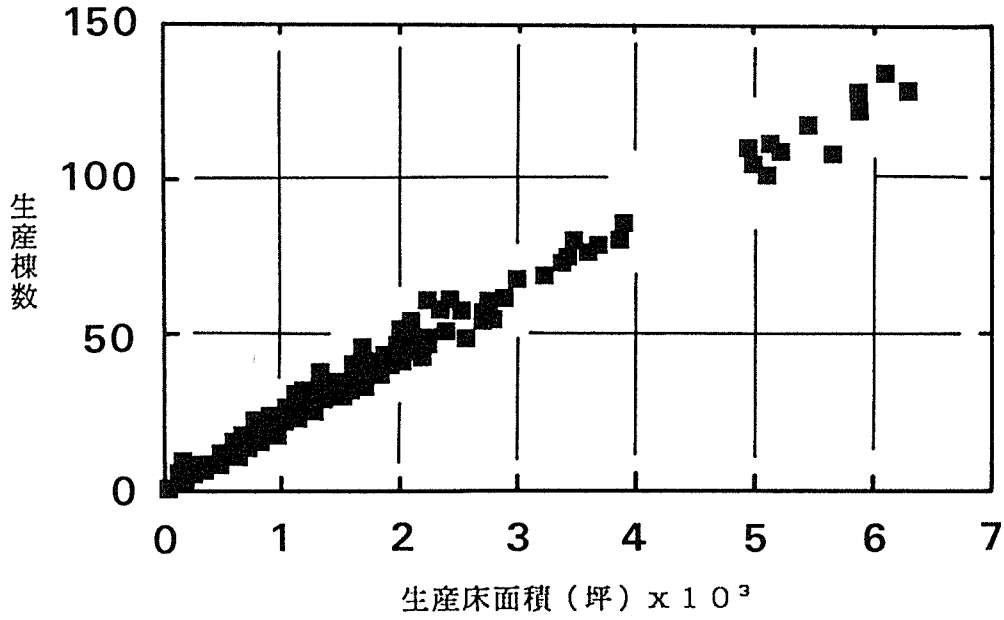


図3－6　生産棟数と生産床面積との関係

工場の消費電気量と生産床面積との間（各工場の月ごとの値をプロットしたもの）にも図３－７に示すように、ほぼ比例関係があり、工場の消費電気量から生産床面積、生産棟数が予想出来る。この図から、工場によって消費電気量に大きな違いがあることがわかる。消費電気量の多い工場と少ない工場では約５倍の違いがある。黒四角で示した工場では、月によって消費電気量に大きな違いがある。

図３－８に消費電気量から求めた消費エネルギー及び炭素換算のCO_2の放出量と生産床面積（坪）（m^2）との関係を示す。生産床面積が増加する程、消費エネルギー及び放出炭素量は増加するが、工場によって大きな違いがある。

プレカットを行なうことは動力を使うので、エネルギーを消費しているが、我国の住宅建設投入（資材エネルギー）による床面積当たりの炭素換算のCO_2発生量は　約70ｋｇ/m^2（戸建住宅：木造；このうち、木材に要するエネルギー消費による炭素換算のCO_2発生量は5ｋｇ/m^2）[1]で、プレカットによるCO_2の発生量（炭素換算）は約１ｋｇ/m^2（平均：図３－８の直線Ａの場合：最も多く見積ると、約1.6 ｋｇ/m^2；図３－８の直線Ｈの場合：最も少なく見積ると、　約 0.3 ｋｇ/m^2；図３－８の直線Ｌの場合）であるので、木材によるCO_2の発生量（炭素換算）にこの量を加えてもそれ程大きな値にはならない。しかしながら、図３－８からも認められるように、CO_2の発生量（炭素換算）は工場によって大きな違いがあるので、工場における消費電気量を少なくするための効率化、材のとどこおりなどの漸減が必要である。

(7)　プレカット工場から出る残廃材

工場からでる残廃材（端材、鋸屑、プレーナ屑、樹皮）の量は工場によって大きく違った（表３－４）。東海地方でかなり細かく調べた結果を表３－５に示す。これによると、２m^3/棟、0.05 m^3/坪の端材が出ている。この値は第4表に示した値より少し大きな値であるが、これはチップやその他の再利用のために出しているものだけの量で、自社のボイラーや燃料用に用いられているものは含まれていないためではないかと思われる。

木質残廃材の再利用の用途と処理方法（自社でやるのか、業者に任せるのか）の結果を表３－６に示す。端材はその半分はチップに再利用されている。チップ化の自社と業者との割合は大体１：２で、業者にチップ用として渡している工場が多い。他に燃料用にも利用されているが、焼却している工場もいくつかあった。焼却はほとんど自社で行なっている。その量は約１０％あり、単純焼却によるCO_2の発生は地球環境を考える上でも好ましくなく、大気中にCO_2として戻す時間を長く確保する再利用を考える必要がある。

鋸屑、プレーナ屑は敷料や燃料として再利用されている部分もあるが、焼却されている部分が約３５％あり、木炭などへの再利用や焼却する場合にあたっても熱利用を労働環境整備などにふりむける必要がある。

樹皮についての回答は少なかったが、敷料や燃料として利用されている部分もあった。

尚、チップ用としての端材の価格は地域によって異なるが、500円－1,000円/m^3であっ

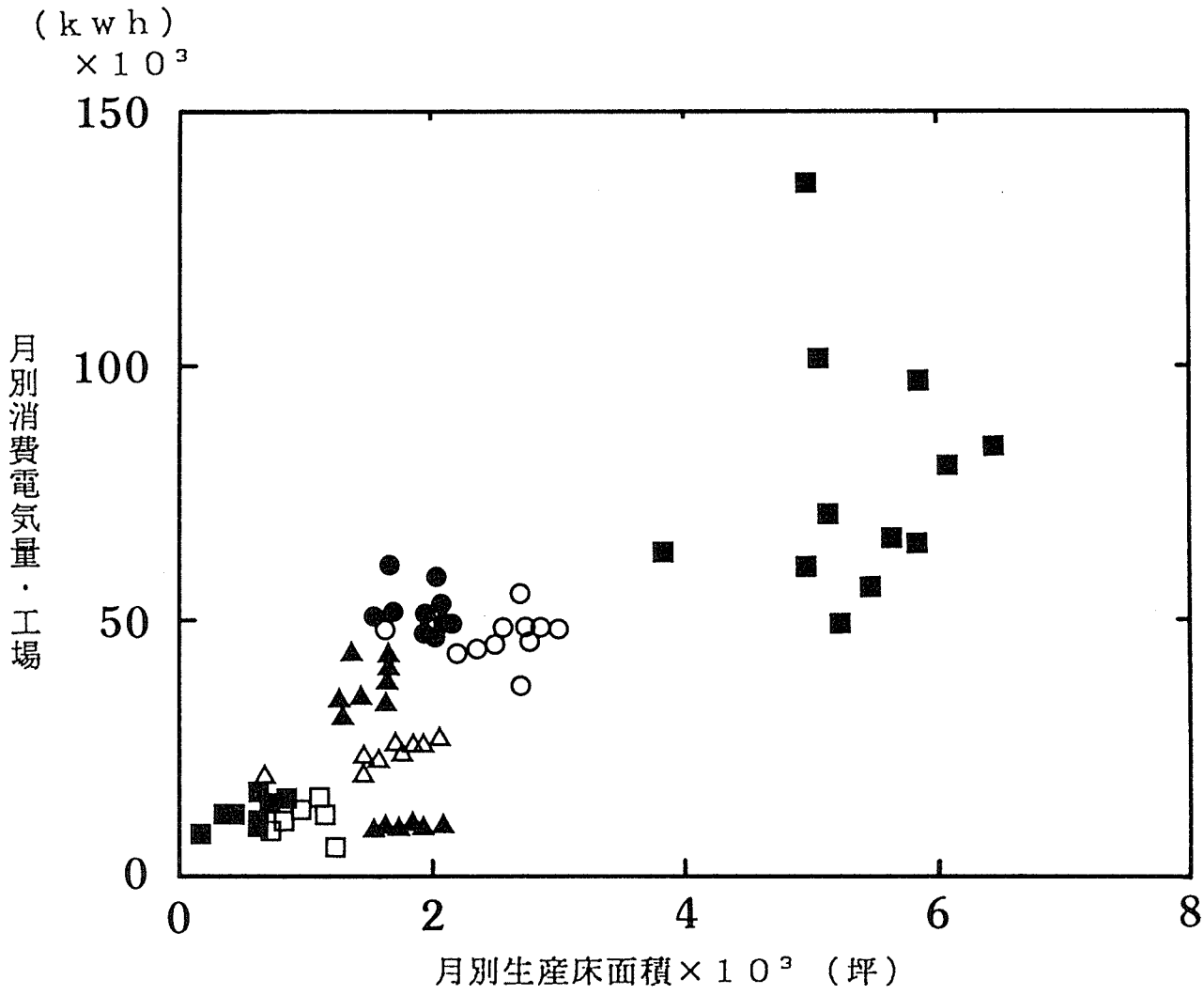


図3－7　工場の消費電気量と生産床面積との関係

表3－4　プレカット工場からでる残廃材の量

	範　囲 (m³/棟)	平均値 m³/棟)	範　囲 (m³/坪)	平均値 (m³/坪)
端材	0.13-2.88	1.10	0.003-0.064	0.022
鋸屑 プレーナ屑	0.19-7.6	3.27	0.004-0.16	0.066

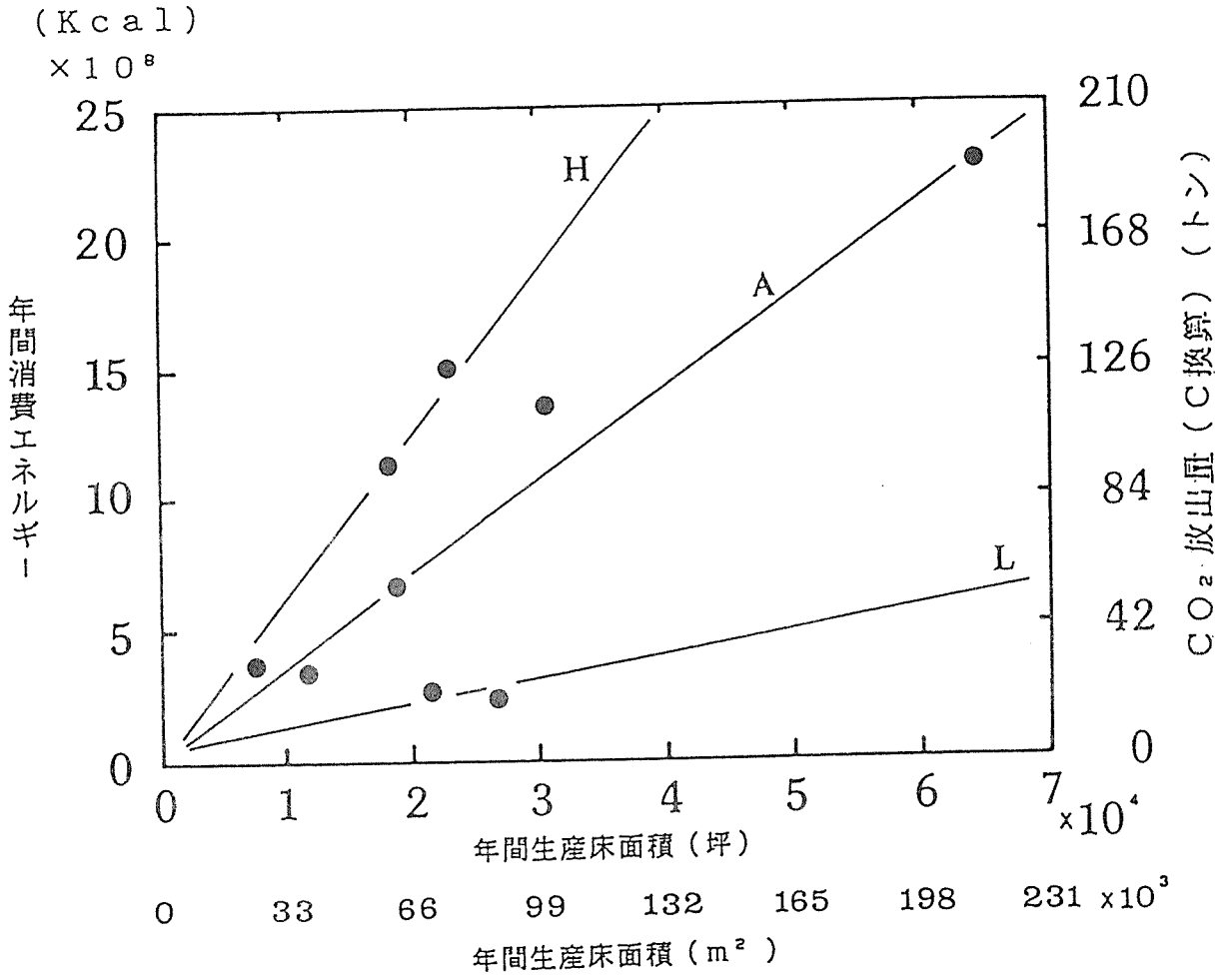


図３－８　消費エネルギー，CO_2 放出量（炭素換算）と生産床面積との関係

消費エネルギー，炭素放出量は消費電気量から次式によって計算した．
１ｋｗｈ＝2450ｋｃａｌ
１ｋｃａｌ＝0.０８３７ｇ（Ｃの量）

表3－5　プレカット工場からでる端材の量

工場	m³/棟	m³/坪
A	1.91	0.039
B	2.61	0.057
C	1.89 ～2.34*	0.042 ～0.052

* 1棟 45 坪として計算した.

表3－6　プレカット工場からでる残廃材の処理方法

残廃材の種類	処理方法			計
	再利用	自社で	業者に任せる	
端材	チップ	20	11	31
	燃料	7	6	13
	焼却	7	1	8
	パレットの芯	－	2	2
	オガ粉	1	－	1
	不明	－	1	1
	その他	8	3	11
鋸削プレーナ屑	焼却	13	5	18
	敷料	－	12	12
	燃料	2	8	10
	チップ	－	3	3
	堆肥	－	2	2
	オガ粉	1	－	1
	不明	－	2	2
	その他	1	1	2
樹皮	敷料	－	4	4
	燃料	－	2	2
	焼却	2	－	2
	投棄	－	1	1
	その他	－	1	1

数値は回答数を示す。

た。この端材の売却で、年間の電気料金を賄っている工場もあった。また、オガコは無料で引き取ってもらっているところもあったが、敷料、その他の用途に1,200円/m³で業者に売却しているところもあった。

プレカット工場からでる木質残廃材は、異物が混じていないきれいな残廃材であるので、解体木材のように異物が混じった廃材とは区別した評価が必要であり、再資源化など有効利用のための技術的側面だけでなく、異業種との連携などを考慮する必要がある。

(8) 残廃材を再利用、または廃棄する場合に困ったことは？

回答は非常に少なかったが、そのいくつかを次に示す。

1.鋸屑、プレーナ屑は焼却時に人手がかかりすぎる。

2.薬剤注入土台の端材、屑類の処分に困った。

3.全くなし。

4.防腐土台は焼却している。

5.柱の端材は短すぎて床束に転用できない。

３－３．新築木造建築現場における残廃材の量

プレカットすることによって建築現場で出るゴミは少なくなっていると考えられるが、建築現場でどれくらいのゴミが出ているかを調べた１例（東海地方で調査）を表３－７に示す。１棟４５－４９坪の家で、10.5－11.0m³のゴミがでている。このうち木質残廃材が約７割を占めている。このゴミ全体の処理費用として12-13万円がかかっており、木質材料のムダと費用のムダをなくす努力が必要である。問題は木質材料と異物、たとえばビニールや空カンなどの混入である。これらの分別区分がきわめて重要な意味を持つ。

以上のように、プレカット工場内に木質残廃材を残すことによって、木質残廃材の再利用が容易になり、さらに建築現場でのゴミを少なくすることにもなる。

表３－７　建築現場のゴミの量

全体のゴミ	１１.０　m³/棟	１００
木　　屑	7.8　m³/棟	７１
ガ　　ラ	2.9　m³/棟	２９

１棟49坪：ゴミ処理費用：12～13万円

さて、新築時の木くずの発生量についての調査データーは殆どないが、（財）クリーン・ジャパン・センターが、1971と79年に建設物価調査会の調査結果に基づいて算出した資料（表３－８）がある。これらは、いずれも投入された木材の１５％程度が工事中に廃材になるとみている。

この資料に基づき、1989年の建築着工床面積から単純に、発生する木くずの量を計算したのが 表３－９ である。これによると、その量は約４００万立方メートルとなる。

表３－８　　構造種別木材投入原単位量

単位m³/m²

	投　入 原単位量※	工事中に発生する 廃木材の原単位量
木造	0.212	0.032
SRC	0.033	0.005
RC	0.052	0.008
S	0.040	0.006
ブロック	0.082	0.012
その他	0.055	0.008

注．○「再資源化技術の開発状況調査報告書」（木質系廃棄物），クリーン・ジャパン・センター1986年３月

※1979年建設物価調査会の実施調査結果

表３－９　建築構造別廃木材推定発生量と構成割合変化の推移

単位　上欄　廃木材発生量10³m³
下欄　構成割合%

年度	木造	SRC	RC	S	その他	計
1975	3,067	52	312	330	21	3,782
	81.1	1.4	8.2	8.7	0.6	100.0
80	2,761	92	378	364	13	3,608
	76.5	2.5	10.5	10.1	0.4	100.0
85	2,248	93	345	406	9	3,101
	72.5	3.0	11.1	13.1	0.3	100.0
89	2,716	147	424	629	8	3,924
	69.3	3.7	10.8	16.0	0.2	100.0

3－4 新築工事木質廃棄物今後の課題

木質系残廃材の発生抑制と再資源化（カスケード型利用）を進めることが重要である。このためには、(1)残廃材を出来るだけ出さない事であり、(2)出た残廃材は出来るだけ再利用することである。

残廃材を出来るだけ出さないためには：

1.建築材に適切な長さの丸太どりをする.

2.継ぎ手、仕口の簡素化．個数の軽減.

3.建築部材の種類を少なくする.

ことなどが必要である。なお、単純に継ぎ手、仕口において接合金物に置き換えることは金物に要する資源エネルギーの問題と再利用面での異物混入による分離除去の問題が生じるので慎重を要する。

残廃材を出来るだけ再利用するためには、残廃材の集荷が容易であることが重要であり、そのためにはプレカットをできるだけ工場で行ない、残廃材を工場内に残すことである。

木質系残廃材のなかでは鋸屑、樹皮などの再利用率が低いようであるが、これらは安価で、大量に、そして安定的に供給されるので、これらを原料とした新しい工業材料の開発、あるいは用途のための異業種との連携などが望まれる。

残廃材の回収、集荷、流通などで問題がある団地化されていないところでは、自社内の厚生利用や環境整備といった完全利用あるいは処理方式をとる必要がある。

業者が引き取ってくれない地域での木質系残廃材は自社で焼却しているが、プレカット工場からでる木質残廃材は異物が混じっていないきれいな残廃材であり、解体木材のように異物が混じっている廃材とは区別した評価が必要で、再利用のための周辺整備が必要である。焼却することは木質資源のムダであり、また、CO_2の放出といった環境問題もあるので、木炭など灰の一歩手前の用途開発や安定化し、減量化した状態での貯蔵が必要である。焼却した場合には、灰の処分に困っているところもあり（月に200ℓでる工場もあった）、灰の有効な利用方法の開発も必要であろう。

こうした残廃材の再利用（資源化）にはコストが最も大きな因子であるが、残廃材の再利用（実用化）は国際的な地球環境問題、ゴミ問題、省エネルギー問題、世界の森林資源の有効利用とも関連しており、経済効率のみで判断しては解決しないので、個々の意識改革と行政側の積極的な指導、協力が期待される。

文献

1. 有馬孝礼：木材工業、46、635-640（1991）

「プレカット工場における木質廃材の再資源化と利用」に関するアンケート

Q１　貴社の業務形態は次うちのどれでしょうか？

1. 製材からプレカットまで
2. 賃加工のみ
3. 製材購入から住宅建築まで
4. その他

Q２　プレカット工場の月産能力はどれくらいですか？

Q３　柱を購入して加工されているところ（会社）では，購入される柱の長さはどれくらいでしょうか？
又，丸太から柱を挽いておられるところ（会社）ではどれくらいの長さに挽いていますか？

1. 通し柱

2. 管柱

Q４　木造住宅のプレカット加工における製材品の歩留りはおおよそどれくらいですか？

Q５　床面積当たりの木材量はおおよそどれくらいですか？　又，床面積当たりの柱の数はおおよそどれくらいですか？

1. 床面積当たりの木材量：

2. 床面積当たりの柱の数：

Q６　生産量と消費電力についておたずねいたします（時期は問いませんが，月別又は期別にお願いします）。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	総計
生産棟数													
生産床面積													
消費電気量 全体													
工場													

Ｑ７　プレカット工場における残廃材の種類と処理方法について

残廃材の種類	残廃材の量 （月にでるおおよその量，又は使用材種に対する比率でも結構です）	処理方法（該当するものに○をつけて下さい）											
		再利用							廃棄				
		自社で			業者に任せる				自社で		業者に任せる		
		チップ	燃料	その他	チップ	燃料	飼肥料	その他 不　明	焼却	投棄	焼却	投棄	不明
端材													
鋸屑 プレーナ屑													
樹皮 （製材工場の場合）													
その他													

Ｑ８　残廃材を再利用する場合，又は廃棄する場合に困ったこと等ありましたらご意見をお聞かせ下さい。

4．コンクリート型枠用合板、

合板は、国民の生活の上において重要な基礎資材であり、特に東南アジア等の熱帯木材を原料とする広葉樹合板は、原料の量的安定性・均一性など優れた特性を有することから幅広く利用されてきており、その需要量は９００万m^3（ｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用合板研究会、中間報告書）を超える水準となっている。このような中で、現在、地球環境問題への認識が高まっており、特にわが国は、過去約２０年間に亘って熱帯木材の世界最大の輸入国となっている為、熱帯木材貿易の主力である熱帯木材製品、とりわけその象徴として熱帯木材によるコンクリート型枠用合板への使用の合理化について国際的に問題提起がなされている。また、東南アジアを始めとする熱帯木材資源の減少、産地国における産業振興政策等から原木輸出規制の動きが一層強まりつつある。わが国の合板業界は、従来から針葉樹等未利用樹資源の利用開発・促進等に取り組んできたところであるが、現状を鑑み一層の促進とともに、ｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用合板のリサイクルの増加を図るなど熱帯木材資源の利用の合理化を促進していく必要がある。

4．1　型枠用合板の現状と背景

4.1.1 合板製造の経緯

わが国における合板製造は1907年に国内の広葉樹材を主として、茶箱製造に用いることから始まった（日本合板工業組合連合会、1987）。1921年よりﾌｨﾘﾋﾟﾝから輸入したラワン材が使われ始めており、1951年に紹介されたﾎｯﾄﾌﾟﾚｽﾏｼﾝ等の技術開発により、製品の質が改良された為、国内需要は伸びて米国向けにも輸出し始めた。1955年から1960年代末まで、わが国は生産合板の１／３を米国に輸出しており、1968年には、輸出量がﾋﾟｰｸに達し、１億6200万m^2となるに至った。しかし、その後合板の国内の需要が増加したことにより輸出は減少した。更に発展途上国の合板産業が発展し、これらの国が米国市場で日本にとって代わった。わが国は高度経済成長と共に住宅着工戸数が増加した為、合板需要もさらに住宅建設需要と呼応した。

1960年代の高度経済成長期には、毎年3,000万m^2の割合で合板需要が伸びたが、1971年のﾄﾞﾙｼｮｯｸによりこの傾向が無くなり、石油ｼｮｯｸ後に全体の需要と共に急激に減少した。

4.1.2 使用量

我が国における合板の用途は、建築・土木分野が最大の用途であるが、その他に家具、展示装飾、家電製品のキャビネット、梱包材や楽器等多様な用途に使用されている。また、建築・土木分野でも、下地材、建具や仕上げ材、あるいは作り付け家具等、建物の一部となって長期に固定されている部分と、コンクリート打設

時の型枠として、一時的に使用される部分とがある。

「ｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用合板研究会中間報告書」によると、90年における全合板需要量は９８０万m³であり、その内約４割（３５０～４００万m³）が建築関係に使用されている。そのうちｺﾝｸﾘｰﾄ型枠合板は、全合板需要量の約２割（１７５～２１０万m³）と推定され、さらに原木の丸太換算では２６９～３２３万m³と推定される（丸太から合板になる歩留まり６５％と仮定）。また、(社)建築業協会の合板製型枠の実態調査報告書においては、ｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用合板の消費量は、建築と土木用を合わせると、年間約146～177百万m²、製品体積で1.75～2.12百万m³、原木の丸太換算では、2.69～3.26百万m³程度と推定される。

コンクリート型枠用に使用されている合板の使用量の実態調査として、次の報告がある。まず、(A)日本合板工業組合連合会（以下、日合連と略す）の「合板需要動向調査報告書」、(B)民間建材商社団体「二水会」の「型枠合板の実・需要量の予測に関する調査」、(C)(社)建築業協会・地球環境問題専門委員会の「建設活動に伴う資源の消費実態調査」、(D)(社)建築業協会の「建設業各社へのｱﾝｹｰﾄ調査」等がある。

(1)合板の需要量と供給量

(B)二水会が毎年実施している調査報告書においては、建築分野のｺﾝｸﾘｰﾄ型枠合板や、土木用合板、住宅の下地用合板等の使用量が推計されている。この結果を表４－１に示す。

表４－１　算出需要量と出荷量の年次別推移

（単位：千㎥）

		１９８６年	１９８７年	１９８８年	１９８９年
①型枠用合板需要	木造	12,496	14,480	14,072	14,482
	ＳＲＣ造	17,618	20,021	22,915	24,428
	ＲＣ造	68,424	80,440	85,012	80,637
	Ｓ造	21,880	24,244	28,849	32,703
	ＣＢ造	343	332	321	307
	その他	135	144	147	167
	合計	120,896	139,661	151,316	152,724
②下地材需要	木造	97,157	115,913	119,151	126,961
	ＳＲＣ造	3,660	4,067	4,790	5,101
	ＲＣ造	14,091	16,843	18,019	16,822
	Ｓ造	29,371	35,425	38,296	40,927
	ＣＢ造	245	237	229	219
	その他	129	139	141	160
	合計	144,653	172,624	180,626	190,190
	複合床材	35,935	47,204	51,735	59,526
	構造合板	16,000	20,000	22,000	25,000
	改築含	101,990	115,962	117,580	116,230
③その他需要	土木	19,100	21,500	23,000	24,058
	家具	10,400	11,000	11,800	12,343
	建具	1,700	1,800	1,900	1,987
	梱包	1,700	1,800	1,900	1,987
	展示装飾	2,900	3,000	3,200	3,347
	その他	3,000	3,200	3,400	3,556
	合計	38,800	42,300	45,200	47,278
需要計①＋②＋③		261,686	297,923	314,096	316,232
供給	生産	219,014	250,753	248,889	237,168
	輸入	0	33,000	56,000	108,000
	在庫変動	+4,580	-7,511	-622	-8,600
	出荷量	223,594	276,242	304,267	336,568
需要量－供給量		38,092	21,681	9,829	-20,336

〔出典：二水会合板部会編：1990年における「型枠合板」の実・需要量の予測に関する調査報告書、ｐ．１～９、二水会（民間建材商社団体）、1990〕

(2) 型枠合板需要量

1) 建築用の型枠合板需要量

前述の(B)二水会の調査結果は、使用原単位（建設省原単位×建設省転用回数／(B)による調査転用回数）／床面積10m²と延床面積の積から推定している。なお、使用原単位は、調査時点や推定方法によりかなりの幅がある値となっており、建設省の調査結果に対して民間の業者や団体の推定値は、85%～200%と幅が大きかった。

(B)二水会の調査結果（表４－１参照）によると、1989年には152,724千m²の需要のあったとされており、また、建設省の88年度調査の使用原単位をそのまま使用し、同様の方法で1989年の使用量を計算すると、122,298千m²の需要量となる。実際の消費量は、この両者間にあるものと思われる。

使用量の年次別推移は、(B)二水会の調査報告が毎年推算しており、表４－１に示すように、建設量の増加に伴い、型枠合板に限らず合板全体も増加傾向にある。

2) 建築構造別型枠合板需要量

89年の(B)二水会の調査結果（表４－１）により、建築構造別型枠合板の需要量を比較すると、以下のようになる。

・ＲＣ造は建築用型枠合板需要量全体の約５３％、80,637m²
・Ｓ造は　〃　約２１％、32,703m²
・ＳＲＣ造は　〃　約１６％、24,428m²
・Ｗ造は　〃　約１０％、14,482m²
・ＣＢ造、その他は　〃　約０．３％、　474m²

3) 土木用型枠合板の需要量

土木用に使用される合板は、建築における使用原単位に相当する適切な指標がない。建築業協会の調査(A)では、合板を扱う問屋において調査を行っている。また、二水会の調査によると、過去に調整されたJAS規格型枠合板の需要分野別出荷比率調査結果を基礎とし、土木工事の実質増加率による修正を加えて消費量を推定している。これらの結果には、型枠として消費されないものもあるが、その比率はかなり少ないものと思われる。以下に各々の結果を示す。

(A)日合連の調査結果（87年）

・土木用として使用される型枠合板は、JAS型枠用合板の総需要の約7.7%に相当する。

・土木用として使用される型枠合板は、20,700千m²であると推算された。

(B)二水会の調査結果（90年）

・土木用として使用される型枠合板は、JAS型枠用合板の総需要の約7.6%に相当する。

・土木用として使用される型枠合板は、24,058千m²であると推算された。

・　　〃　　建築用ｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用合板の16%に相当する。

4）建築構造別型枠合板使用原単位

建設省の85、88年度調査、(A)87年の日合連の調査及び(B)89年の二水会の調査結果による原単位を表４－２に示す。構造種類別の使用原単位を最新の(B)二水会の調査結果により比較すると、RC造の値が著しく高く、木造が最も低い値となっており、RC造の使用原単位を１として相対比較をした結果を、以下に示す。

・ＲＣ造　－　1.00
・ＳＲＣ造　－　0.56
・ＣＢ造　－　0.43
・Ｓ造　－　0.21
・木造　－　0.11
・その他　－　0.28

表４－２　建築構造別型枠用合板使用原単位比較（m²／床面積10m²）

	建設省 60年度調査	建設省 63年度調査	日合連推定 (表-1-1-1)	二水会推定 (表-1-1-2)	建築業協会 調査（今回）
木造	2.30116	1.00885	1.70286	1.70186	——
ＳＲＣ造	7.25393	10.35261	8.64792	8.65035	14.0
ＲＣ造	10.45331	12.35261	15.47090	15.39336	14.8
Ｓ造	2.14898	1.88516	3.09418	3.18610	3.73
ＣＢ造	6.67099	5.74799	6.67099	6.67099	——
その他	4.29235	3.97929	4.29235	4.29235	——

4.1.3 型枠用合板に対する評価と使用動向

1)強度及び剛性に関する評価

普通型枠用合板に対する苦情の中で最も多いのが、強度及び剛性が低くなったことである。合板の厚さは、強度及び剛性に著しく影響を及ぼすが、ほとんどの合板が、JASの許容限度である11.5mmであり、一部では許容範囲外のものも流通している。

一方、コンクリート打設方法の変化と型枠合板のＪＡＳが制定された昭和４２年当時は、ねこ車によりコンクリートを運搬し、棒で人力突き固めを行い、一定の高さ毎に打設していたが、現在は施工の機械化が進み、ポンプ圧送や機械突き固めを行い、一度に大量のコンクリートを打設する工法が主流となり、打設する高さも高くなっている。この為、型枠にかかる側圧が高くなるとともに、仕上がり後の表面の平滑さが求められることから、型枠の設計上の許容幅も狭くなってきているなど合板に対してより厳しい品質が求められている。

また、表面処理型枠用合板においても、型枠業者からは、「塗装型枠合板を使用しても、剛性の不足や接着強度の不足から、転用回数が必ずしも増加しない」「強度・剛性の低い台板に塗装しても、台板が悪くては打ち放しには使えない。塗装代だけ高い価格をﾕｰｻﾞｰに強いるだけである」といった批判が多い。公正を期するため、表４－３に、中央職業能力開発協会の試験結果を示す。この結果によると、JASﾏｰｸが打たれて流通している型枠合板の中に、JASの曲げ剛性合格基準である、曲げヤング係数70kg/m²に満たない事例があることが判明している。この事から、型枠として使用されることが明らかな合板については、ｽﾄﾚｽｸﾞﾚｰﾃﾞｨﾝｸﾞを行い、下地用に使用されるものと区分して、強度性能の確保を図ることを考える必要があるものと思われる。

表４－３　一般市場におけるｺﾝｸﾘｰﾄ用合板（12mm）断面性状試験結果

	表面木理に対する支持方向	断面二次モーメント　I cm	ヤング係数 kg／m²	E・I kg／m²
A 供試体	表面木理に垂直	2.16	74.1	160.05
	表面木理に平行	2.10	46.6	97.84
B 供試体	表面木理に垂直	1.94	63.6	123.38
	表面木理に平行	1.95	35.3	68.83
C 供試体	表面木理に垂直	1.71	52.0	88.92
	表面木理に平行	1.71	35.7	61.05
D 供試体	表面木理に垂直	1.95	71.75	139.91
	表面木理に平行	1.95	51.25	99.94
合板強度利用委員会 平均	表面木理に垂直	1.90	77.3	146.87
	表面木理に平行	1.90	26.3	49.97

（注）平均値の公差は±0.5 cm

出典：「型枠施工一級技能士研修資料」中央職業能力開発協会発行（非売品）

2)転用回数

JAS製品である型枠合板の反復使用回数は、JAS製品では、その耐水・耐剥離性能等から表面処理しない合板では5～10回、表面加工処理した合板については、15～20回の使用に耐えれるよう設計・製造されている。しかし、建築業協会の反復利用回数の実態調査結果によると、合板の品質低下及び近年の施工方法の変化により、表面塗装処理しない型枠用合板は2.6回、処理した合板では4.9回の使用状況となっている。これは、中、高層階（3～9階建て）工事では、同一の型枠を一階おきに（1、3、5、7、9階）使用可能であるが、使用中に表面、側面の損傷を生じるため、交換が必要なことから3回程度となり、表面塗装処理合板については、表面の損傷発生率が少ないので普通合板よりも反復使用回数が増加する為である。さらにJAS規格によると、一つの現場に留まらずさらに反復利用が可能となるはずであるが、他の建設現場において更に使用するには、運搬、仕分けや表面の平滑さを保つための維持管理、保管などのための施設、コストが必要となり、都市部ではこの様な維持管理、保管施設を持つことが難しいこと、または建築毎に設計が異なる為、新たに合板を加工する必要がある等の理由により、反復利用が不可能となっている。

表4－4　建築構造別のｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用合板転用回数

構造	建設省調査転用回数（昭60年度）	日合連推計（cf 1-2(A)）	合板の種類	建築業協会 昭61（cf 1-2(B)）	左同 平3（cf 1-2(C)）
RC造	3.7	2.5	普通合板	4.27	2.6
SRC造	〃	3.1			
S造	〃	3.7			
CB造	〃	〃	塗装合板	6.09	4.9
その他	〃	〃			
木造	〃	5.0			

3)使用動向

a) 打放し工事

打放し工事が増えつつあるが、打放し用の1種型枠用合板が市場になく、特に関東の場合、殆ど無い。この為、1種型枠用合板は、現実には入手困難であるので、その都度発注先に説明して、表面処理型枠用合板を認めて貰うといったトラブルが多い。

b) 土木工事

最近、土木工事において合板型枠の使用割合が増えている。従来は、ﾒﾀﾙﾌｫｰﾑが殆どであったが、半分位合板型枠を使用している。その原因として、①軽い ②運搬性が良い ③ﾒﾀﾙﾌｫｰﾑの生産が少なくなった等が考えられる。

c) 2×6ｻｲｽﾞの使用傾向

3×6ｻｲｽﾞの使用がほとんどであるが、2×6ｻｲｽﾞに移行しつつある。その理由として以下の事が考えられる。

①作業性が良く、事故も少ない。②運搬性が良い。2×6の場合、2～3枚脇に抱えて運搬できるが、3×6では1枚が限度である。③型枠として使用した後、2×6の場合、原形のままであるが、3×6では、切り刻まれて原形を保っていない為、転用できない。この事より、m²当たりの単価は2×6の方が高いが、総合的には、2×6の方が安価となる。

d) 輸入合板の使用

最近、輸入合板は増加傾向にある。従来は、品質が悪く型枠として使用できない状況であったが、技術の進歩によって、メーカーによっては国産品に遜色なく、価格も安いと言われている。

e) 型枠用合板の使用方法

一般的に、型枠工事では合板の木理に対して平行に桟木やバタ材を使用し、強度の弱い方を主に使用しており、強度は30%も弱くなる。その理由として、2×6、3×6の合板を基準に施工している為、柱は縦に、梁は横に使い、壁も桟木を周辺に打ち付けて枠パネルにし、目違い防止と作業能率を考え、その上見栄えも良いような使い勝手になっている為である。

f) 表面処理型枠用合板の使用動向

普通型枠合板の品質低下に伴って表面処理型枠合板の使用頻度は増加傾向にあり、その理由を以下に示す。

①仕様書に1種型枠用合板又は表面処理型枠用合板と指定することが多い。

打ち放し型枠工事が増加傾向にあり、1種型枠用合板の生産が少ない現状では、表面処理型枠用合板の使用が多い。ｺﾝｸﾘｰﾄの仕上がりの平坦さの標準値（JASS 5）を表4－4に示す。

②建物の種類の応じて使い分ける

外壁打ち放しの際は、表面処理型枠用合板を使う。また、中、高層階の建物で同一の表面処理型枠用合板の転用が可能である場合は、同合板を転用する。表面処理型枠用合板は普通合板より25～30%割高であるが、転用回数を増加させることにより総合的には割安となる。

③硬化不良防止のために使う。

木材に含まれる糖分等の成分が、ｺﾝｸﾘｰﾄの硬化の障害となり、硬化不良

を起こす事がある。また、合板が長時間日照にさらされると、硬化の障害となる物質の生成が増加し、スラブ等残存期間の長い場合特に硬化不良の危険が増大する。このような硬化不良は補修が困難であり、特に一発勝負の打放し仕上げでは、極めて重大な欠陥となる。これらを防止する為、塗装している表面処理型枠用合板を使用する。

④転用回数を増加させる。

普通合板では、3回位しか使用出来ないので、転用回数に応じた表面処理型枠用を問屋に発注し、使用している。

表4－4 コンクリート仕上がりの平坦さの標準値（JASS 5）

コンクリートの内装仕上げ	平坦さ（凹凸の差）単位 mm	参考	
		柱・壁の場合	床の場合
仕上げ厚さが7mm以上の場合、または下地の影響をあまり受けない場合	1mにつき 10以下	塗壁 胴縁下地	塗床 二重床
仕上げ厚さが7mm未満の場合、その他かなり良好な平坦さが必要な場合	3mにつき 10以下	直吹付け タイル圧着	タイル直貼り じゅうたん貼 直防水
コンクリートが見えがかりとなる場合、または仕上げ厚さが極めて薄い場合、その他良好な表面状態が必要な場合	3mにつき 7以下	打放コンクリート 直塗装 布直貼り	樹脂塗床 耐摩耗床 金てこ仕上床

4.1.4 転用阻害要因

(社)建設業協会内部においてｱﾝｹｰﾄ調査結果を図４－１に示す。この調査結果により、以下のことが判明した。

(1) 大手建設会社

・建造物の形状が複雑となり、型枠の転用を考慮した設計になっていない

・転用できる場合でも、合板の補修・清掃に時間と費用がかかる

(2) 中堅建設会社

・施工する建造物の規模が型枠の転用を考慮するほど大きくない

・大規模な場合には、大手建設会社と同様な問題が起こる

(3) 共通

・大部分は加工により合板の寸法が小さくなった為、廃棄する

・合板の耐用性に問題がある

・同一建造物でも、階型・梁せいが異なる

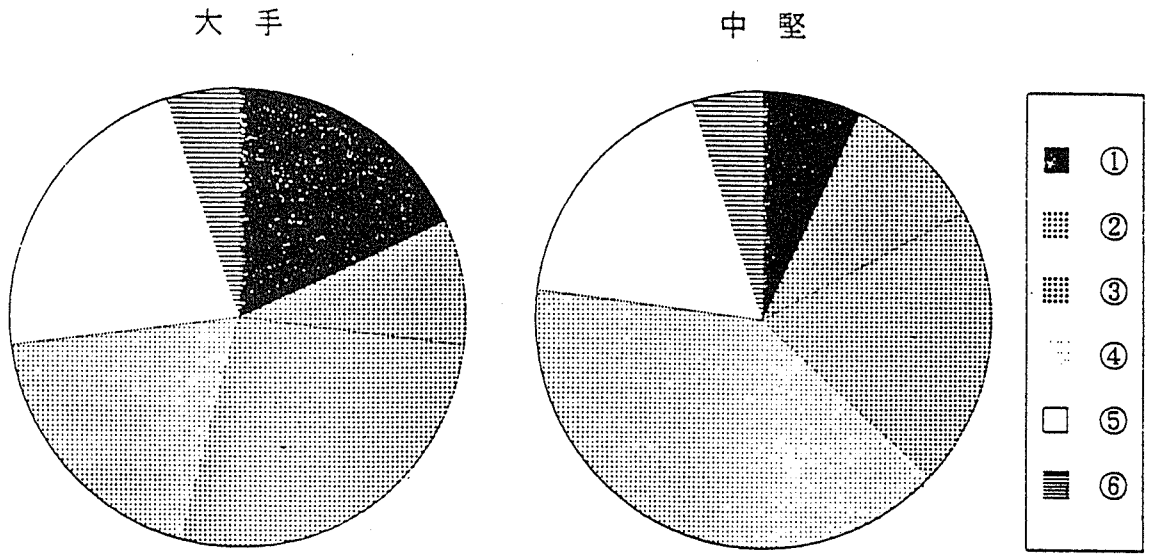
・高級感を出す為の曲面部への利用が多い

・ｺﾝｸﾘｰﾄ仕上げ面の良さを保持する為、指示により一回しか使用しない

・型枠合板の表面が劣化する

・転用箇所がない

・型枠合板の補修に手間がかかる



① 転用するための補修・清掃に時間、費用がかかる

② 作業所内に転用のための補修・清掃用の場所が確保できない。

③ 転用できる設計になっていない。（例えば、階高が違うため。）

④ 転用できる部位がない。（例えば、転用するほど建造物が大きくない。）

⑤ 合板に耐久性がなくなり、転用出来なくなった。

⑥ その他

合板製型枠の実態調査のためのアンケート結果

図４－１　合板製型枠の転用阻害要因

4.2 型枠合板の再利用と再生利用の実態

4.2.1 廃棄、再生利用及び再利用

建設現場より発生したｺﾝｸﾘｰﾄ型枠合板の廃棄物は、建設廃棄物としてかなりの比重を占めている。(社)建設業協会においては、建設会社と取引関係のある廃棄物中間処理業者等のﾋｱﾘﾝｸﾞを行っている。その結果を以下に示す。

(1) 廃棄量

89年度全国年間建築着工床面積の内、SRC造、RC造、S造の合計は1.87億㎡前後である。また(社)建築業協会廃棄物対策専門委員会の調査報告書によると、全用途に対する木くず等の原単位（排出量／延床面積）は0.011ton／㎡となっている。従って、1年間に建築現場より廃棄される木くず量は206万tonと推算される。その結果、廃棄される木くずの量は400万m^3と概算できるが、現場より排出される木くずには梱包用の木くず等を含む他、型枠の桟木も含まれている為、ｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用の廃棄量のみを把握する事は不可能である。しかし、型枠用合板の消費量はほぼ全量廃棄物となるので、約２００万m^3／年以上が廃棄される。季節的には、夏期が多く、冬期の約１．２倍（冬期は、現場で暖房用燃料として利用するため）程度となっている。

(2) 廃棄方法

廃棄される型枠用合板のほとんどは、加工によって小さくなったものである。その多くは、現場より総合建設業者が処理業者へｺﾝｸﾘｰﾄｶﾞﾗとともに委託処理している。ｾﾞﾈｺﾝに対するｱﾝｹｰﾄ調査によると８０％は、型枠工事が廃棄物処理も含めた材工共で発注されるため型枠業者（建設大工工事業者）に引き取らせている。現場によっては、焼却処分している所もあるが、近隣や面積的な諸問題により全体の１割り以下となっている。一部であるが、型枠業者が中間処理業者やチップ工場に持ち込む場合や自社で焼却あるいはチップ生産を行うこともある。

(3) 廃棄コスト

現場から廃棄業者へ委託する場合、平均、トラック１台（４ｔ）で４～４．５万円程度を支払う必要がある。チップ工場への持ち込む場合は、平均、トラック１台で１．２～１．４万円支払う。廃棄に要する費用は、型枠面積当たり１００～１５０円程度である。

(4) 再生利用の現状

加工して小さくなった合板の内、使用可能なものは、桟木を使用して数枚組み合わせ再利用されている。しかし、以下に示すような制約がある。

・大量処理ができない

・基礎等のあまり精度が要求されない場合に利用

・再生利用時の転用回数は２回程度

・再生費がかかり割高となるため、型枠用合板の価格が高い場合に適用

(5) 廃棄物として再利用する際の現状での問題点

廃棄された合板は、接着剤や調板の際に用いられる補給用糸が入っているため、製紙用や繊維板の原料には使用できないので、大部分は、燃料用チップとして利用（価格：5～6円／kg）されている。

4.3 型枠用合板と環境問題

近年、地球環境保全の視点から見ると、熱帯林の減少と合板用木材の伐採は関連しており、特に、熱帯木材を原料としたｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用合板は、その生産・使用量の減少や反復利用回数の増加等利用の適正化について問題提起がなされている。このことは、合板がアジアの熱帯林の代表的な樹種であるラワン等熱帯木材を原料としており、特に、わが国ではｺﾝｸﾘｰﾄ型枠合板として使用量が多い為である。更に、ｺﾝｸﾘｰﾄ工事では、数少ない反復利用後に廃棄される為、問題が多く、緊急に対策が必要となっている。

4.3.1 熱帯林の破壊とその背景

熱帯林は地球上にある生態系の主な貯蔵庫である。その破壊は貴重な多くの資源（医学的、工業的、農業的な資源等）の破壊に直結している。森林を荒廃させる短絡的な原因は何であれ脆弱な熱帯の土地がその表面を覆う森林を失うことは、土地の荒廃、水資源の循環ｻｲｸﾙの崩壊、異常気象を引き起こすことは、広く認識されている。また、有史以前より、熱帯林の中で生きてきた地域共同体、先住民及びその社会の多くは、今、環境を破壊されることにより、絶滅の危機にさらされ、間接的に滅ぼされようとしている。図4－2に熱帯雨林の破壊状況と地域別の原因を示す。

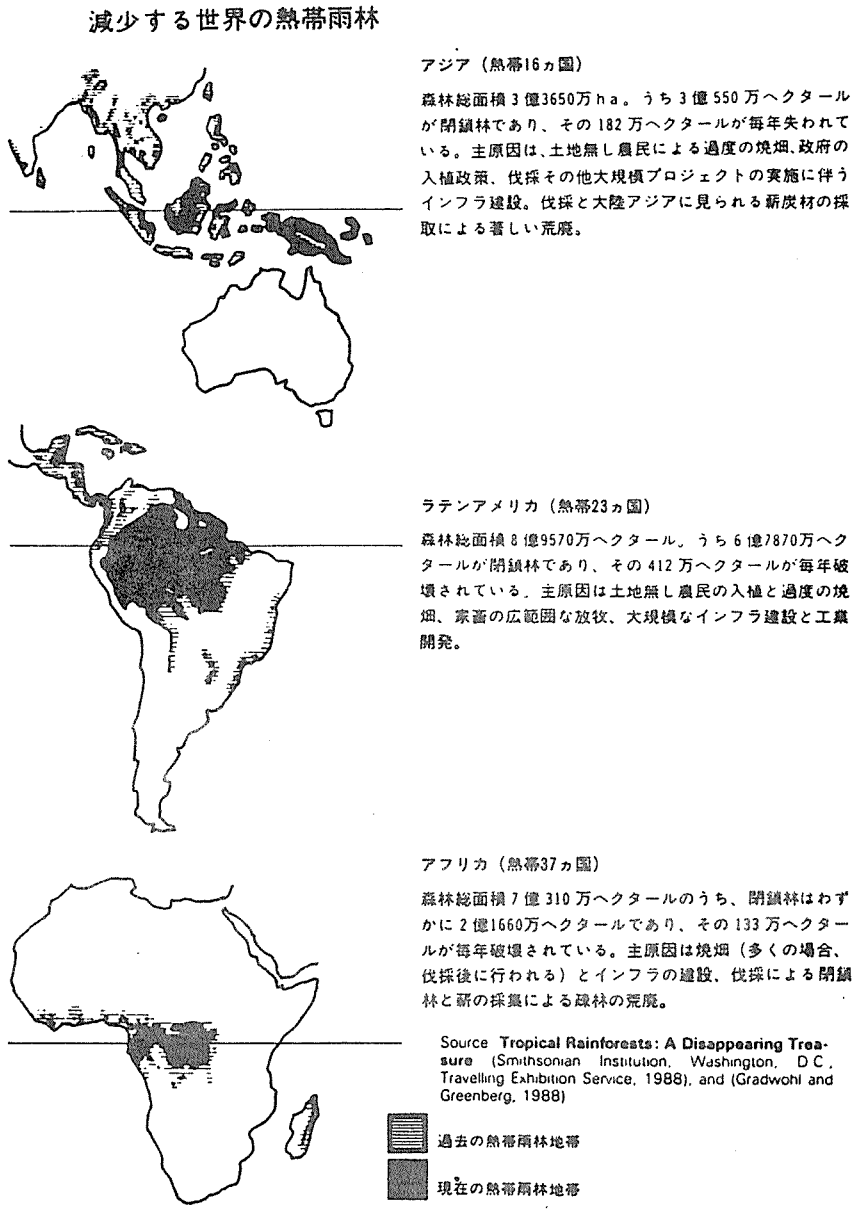


図４－２　熱帯雨林の破壊状況とその原因

出典：ＦＡＯ（国連食糧農業機関、1982）

4.3.2 熱帯林と熱帯木材資源の現況

1)熱帯林の現況

図４－３に示すように1980年のＦＡＯ（国連世界食料農業機関）の調査報告によると、世界の森林面積は、陸地面積の約３割を占める４３億ｈａであり、このうち熱帯林の大部分を占める開発途上地域の森林面積は、２４億ｈａ（世界の森林面積の５５％）であった。森林面積の経年変化を地域別にみると、先進国の温帯・寒帯林については、酸性雨による森林被害が発生しているが、植林の推進により、森林面積として増加基調にある。一方、発展途上国の熱帯林については、急激に減少しており、年平均で1,700万ｈａの森林が減少している。

図４－３　世界の森林資源と木材生産量

1. 世界の森林資源の現況

	森林面積（百万ha）					森林率（%）			蓄積
		閉鎖林			疎林		閉鎖林	疎林	
			針葉樹	広葉樹					（十億m³）
総計	4,321	2,948	1,121	1,827	1,372	32	22	20	327
先進地域計	1,964	1,461	988	473	503	34	26	9	156
ソ連	929	792	594	198	137	41	35	6	79
欧州	159	137	88	49	22	32	28	4	15
北米	734	459	288	172	275	34	21	13	58
日本，オーストラリア，ニュージーランド	〔25〕 142	〔24〕 73	〔12〕 18	〔12〕 55	〔 1〕 69	〔67〕 17	〔63〕 9	〔 4〕 8	〔 2〕 4
開発途上地域計	2,357	1,488	133	1,355	869	30	19	11	171
中南米	988	739	45	695	248	48	36	12	94
アフリカ	744	236	8	228	508	25	8	17	39
アジア及び大洋州の開発途上国	626	512	80	432	113	23	18	4	38

資料：FAO「1980年の森林資源」（1985年），国連「世界人口年鑑」（1985年），米国政府「西暦2000年の地球」（1980年）

注：1）蓄積とは，閉鎖林及び疎林の利用径級に達した皮付の蓄積である。
2）森林率とは，陸地面積に占める森林の割合である。
3）森林面積は1980年，蓄積は1978年，陸地面積は1985年の数値である。
4）便宜上，南アフリカとイスラエルは開発途上地域に計上している。
5）〔　〕内は，日本についての数値である。
6）総計と内訳の計とが一致ないのは，四捨五入によるものである。

2. 世界の木材生産量　（単位：百万m³）

	計			薪炭材			用材		
	1977年	1987年	指数	1977	1987	指数	1977	1987	指数
総数	2,710	3,352	(124)	1,329	1,719	(129)	1,381	1,633	(118)
先進地域計	1,248	1,514	(121)	168	268	(159)	1,080	1,246	(115)
ソ連	377	379	(101)	81	87	(108)	296	292	(99)
欧州	313	358	(115)	50	58	(117)	263	301	(114)
北米	499	716	(143)	36	120	(336)	464	595	(128)
日本，オーストラリア，ニュージーランド	〔35〕 60	〔32〕 62	〔(94)〕 (104)	〔 1〕 2	〔 1〕 4	〔(82)〕 (150)	〔34〕 57	〔32〕 58	〔(94)〕 (102)
開発途上地域計	1,461	1,838	(126)	1,160	1,451	(125)	301	387	(128)
中南米	287	378	(132)	218	274	(126)	69	105	(151)
アフリカ	349	461	(132)	304	408	(134)	45	53	(119)
アジア及び大洋州の開発途上国	825	998	(121)	638	770	(121)	187	229	(122)

資料：FAO「林業生産年鑑」（1987年）

注：1）指数は，1977年を100とした場合の1987年の値である。
2）便宜上，南アフリカとイスラエルを開発途上地域に計上している。
3）〔　〕内は，日本についての数値である。
4）総計と内訳の計とが一致しないのは，四捨五入によるものである。

2)熱帯木材利用の現況

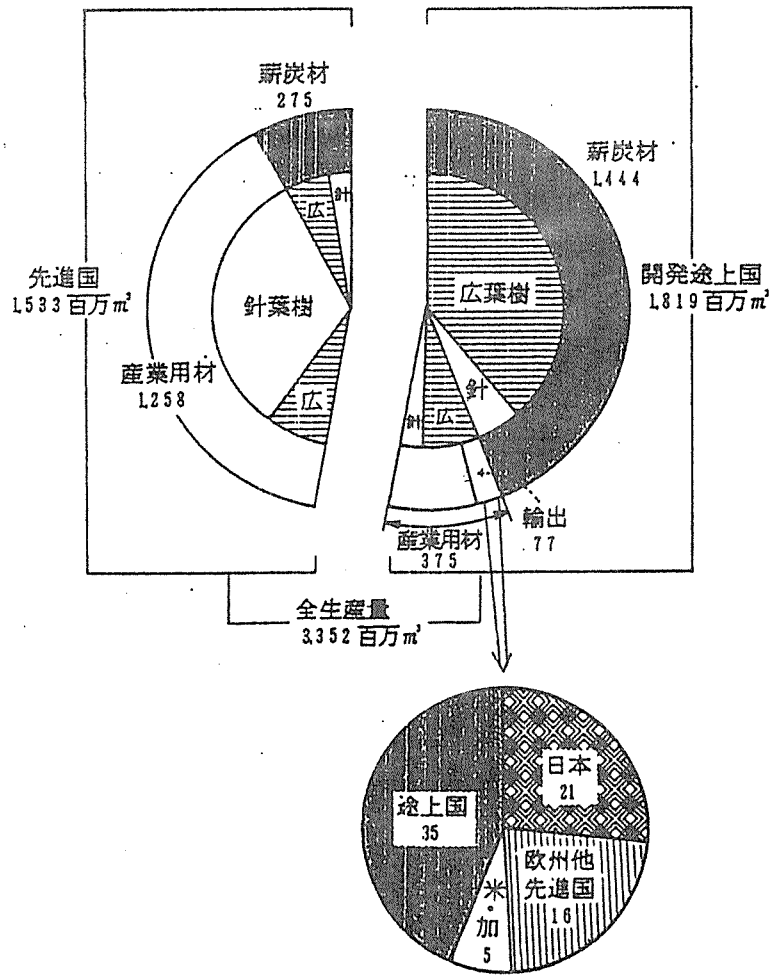
図４－４に示すように1987年の「ＦＡＯ林産物年報」の調査によると、世界の木材生産量は３２億m³であり、この内先進国が４５％、発展途上国が５５％を占め、森林面積と同じ割合となっている。これを用途別にみると、発展途上諸国では、８０％が、家庭用燃料を主とした薪炭材として使われ、残りの２０％が産業用材として使用されている。

更に、その産業用材のうち７９％が生産国内で消費されており、残りの２１％（７７百万m³）を海外へ輸出している。その輸出に対し我が国は、２７％（２１百万m³）を輸入している。

即ち、我が国は世界最大の熱帯木材輸入国であるにも係わらず、開発途上諸国の生産量に対し約１％程度の輸入に留まる。

図４－４　世界の木材生産及び用途と輸出

世界の木材生産と開発途上国・先進国の主用途及び熱帯産木材輸出（丸太ベース）

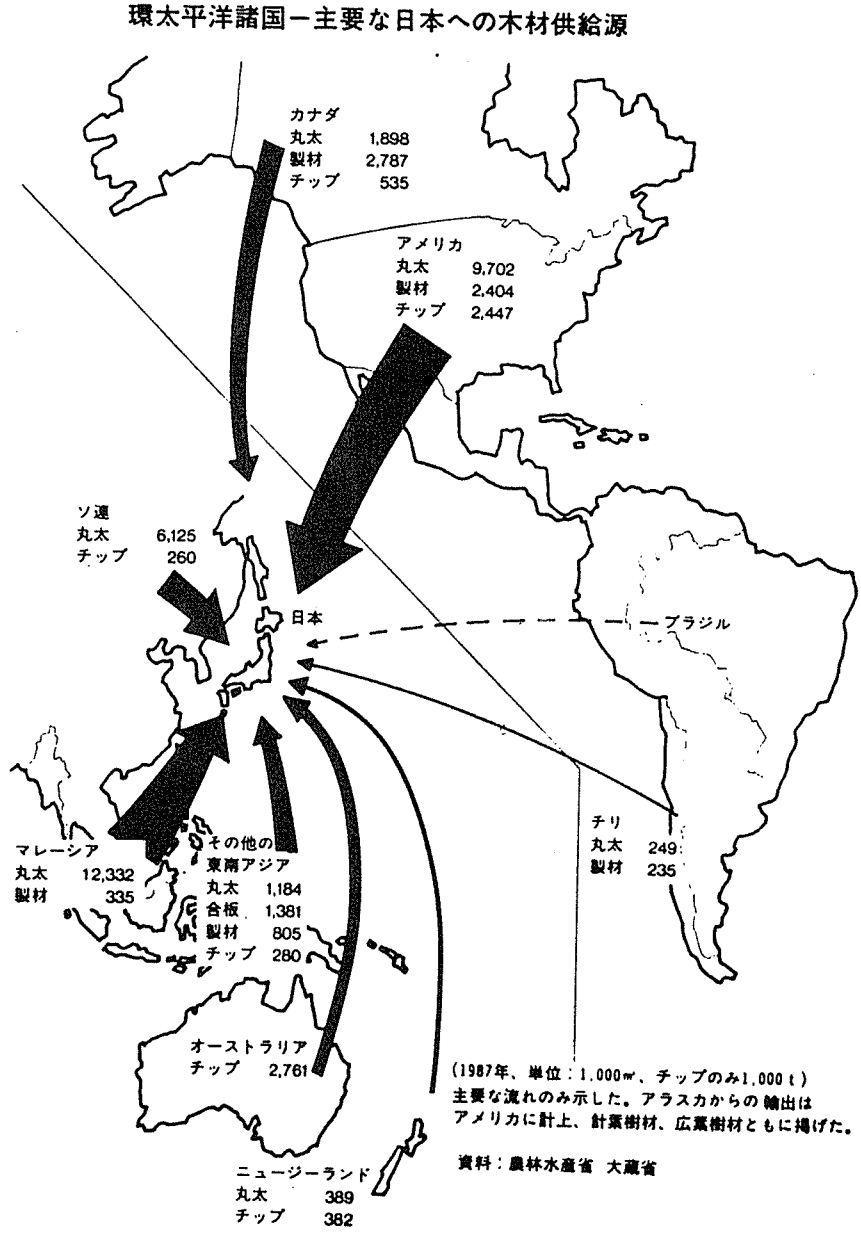


資料：FAO『林産物年報』1987より作成

3)熱帯木材主要供給国

東南アジアの生産国と日本が形成する貿易圏は世界の木材市場を支配しており、この４大生産国（ｲﾝﾄﾞﾈｼｱ、ﾌｨﾘﾋﾟﾝ、ﾏﾚｰｼｱ、ﾊﾟﾌﾟｱﾆｭｰｷﾞﾆｱ）で、1986年における世界の熱帯広葉樹材貿易の８６％（丸太換算）を占めている。また、わが国は、国際市場での熱帯広葉樹材の木材製品の約２９％を輸入している。日本に供給される熱帯木材はﾏﾚｰｼｱの２州、サバとｻﾗﾜｸで算出されたものである（図４－５参照）。1987年において、ｻﾊﾞは700万ｍ³（50％）、ｻﾗﾜｸは550万ｍ³（39％）を供給しており、２州で熱帯丸太総輸入量の８９％を供給しており、熱帯木材製品全体の５９％を占める。

図４－５　日本への木材供給源



4)熱帯林破壊の原因

① 焼畑について

農民の焼畑が森林破壊の元凶とされる場合が多い。人工過密地帯からの移住を余儀なくされ、生存の為の一縷の望みをもって入植する人々による焼畑は、その地域・環境の充分な知識を基にした伝統的な焼き畑とは異なる。入植による焼畑は、破壊的であり、すぐに生産性を失う痩せ地で2～3年作物を作り、土地が枯れれば集団でまた新しい所に移っていく形態である。この様な農業が熱帯林を伐採してきたとされる。しかし、この様な農業を可能にする道を拓いたのは、輸出用商業伐採である。焼畑による森林破壊は、先ず、過去において商業伐採が集中的に行われた後、その伐採跡地に政策的移民や自由移民が押し寄せて伐採道路を伝って入植し、広範な土地を繰り返して焼いて、荒廃地にしてしまう場合が圧倒的に多い。伐採される閉鎖林は、始めに道路や他のｲﾝﾌﾗｽﾄﾗｸﾁｬｰ（社会的生産基盤）を建設することなくしては、人が侵入できない場所である。この点から、土地なし農民が短絡的な生存策としてやむをえずとっている行動を非難することは出来ない。

② 薪炭材について

焼畑と並んで熱帯林破壊の原因とされるものに薪炭材の採取がある。薪炭材等の燃材の消費量と産業用木材の生産量を単純に合算して、薪炭材に占める割合をそのまま熱帯林破壊に対して責任の割合とすべきでない。なぜなら、薪や炭などの燃材は、家計調査に基づいて一家族における消費量を基準に判断すべきものであり、森林で伐採される総木材生産量から評価するものではない。また、燃材の利用は熱帯林の破壊とはほとんど無関係である。燃材は熱帯閉鎖林ではなく、二次林であり、そのほとんどが地域住民の耕作地で採取されている。しかも、枯れ木を拾い集めたり、枝木を払う事により採取しており、大木を根元から伐採して薪炭材に利用することは少ない。

4.4 型枠合板の今後の展望

4.4.1 代替技術の現状

ｺﾝｸﾘｰﾄ型枠として建設業で使用されている合板は、熱帯雨林で商業伐採された樹木を加工して製造されている。このｺﾝｸﾘｰﾄ型枠用合板の利用を削減しようとする動きは、5年以上前からあり、型枠大工技能者が不足している理由により、建設工期の遅れや工事費の高騰の原因となった為である。

熱帯材型枠合板の代替技術を分別すると、次の様になる。また(社)建設業協会によるアンケート結果を図4－6に示す。

(1)合板以外の材料の利用

(2)型枠を使用しない工法

(3)熱帯木材を使用しない型枠用合板（原料の転換）の利用

(1)合板以外の材料

・合板以外の型枠使用量は、全型枠の３０％以下

・大手建設会社においては、デッキプレート等の金属系打ち込み型枠、プレキャストコンクリートの打ち込み型枠、メタルフォーム等の金属系型枠の利用が多い。特に集合住宅等の床にﾊｰﾌﾌﾟﾚｷｬｽﾄｺﾝｸﾘｰﾄ床板が利用されている。

・他に合成樹脂系型枠、セラミック系型枠、樹脂含浸木材型枠等がある。

・鋼製型枠が受け入れられない理由としては、以下のような事がある。

①重く硬い、作業が容易でない、弾力性がない、人体に接触した時安全でない

②設計に対応した型枠の細かな加工は困難である

③剥離材の塗付、多くの金具による組立等、利用に手間がかかる

④剥離材により、衣類が汚れる

(2)型枠を使用しない工法

・工場生産等によるプレキャストコンクリート工法（使用量は全型枠の１０％程度、部位：壁、床）

(3)熱帯木材を使用しない型枠用合板（原料の転換）の利用

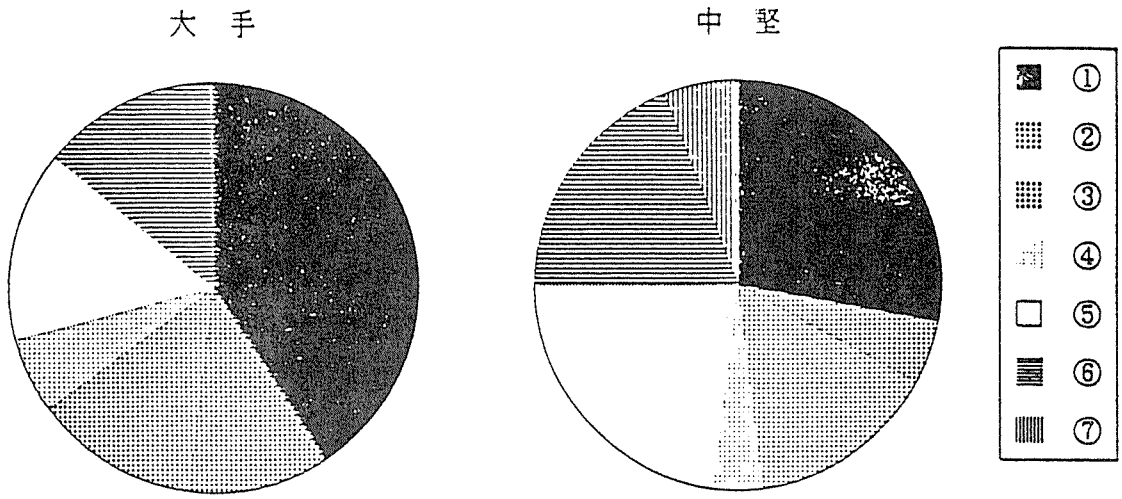
・針葉樹型枠用合板

・針広複合型枠用合板（表面材：広葉樹、芯材：針葉樹）

・表面塗装処理型枠用合板（針葉樹、針広複合）

・ コンクリート型枠用針葉樹合板、針広複合合板は、技術的に製造可能ではあったが、ユーザーがいなかった為、製造されておらず、実際に建築現場で使用する試みはされていなかった。しかし、近年の地球環境の保全の重要性の認識の高まりとともに、コンクリート型枠用合板を含め資源の有効利用に対する取り組みを強化してきている。

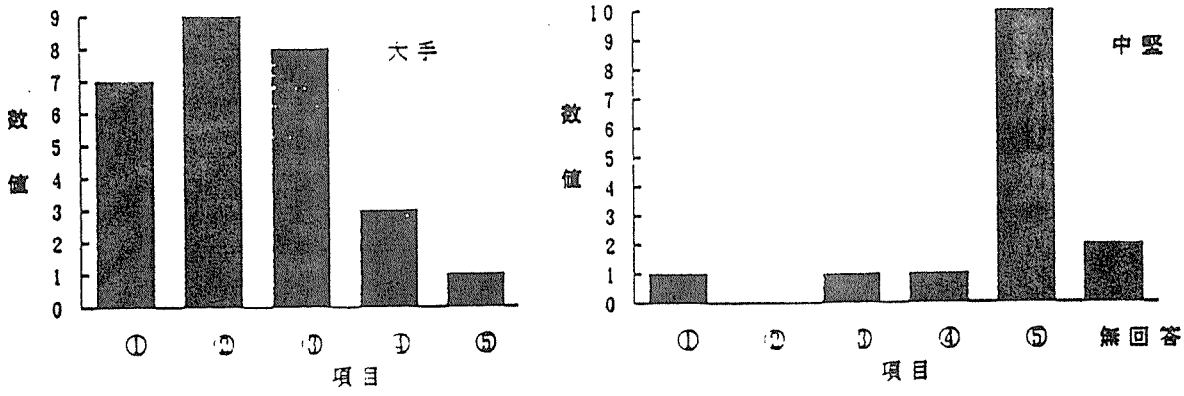
図４－６　合板製型枠の代替型枠技術



① 代替型枠技術（工法）では、コスト的に高い。
② 代替型枠技術（工法）では、工期が間に合わない。
③ 代替型枠技術（工法）では、作業性が悪い。
④ 代替型枠技術（工法）では、品質性能が満足できない。
⑤ 代替型枠技術（工法）を使用するための設計変更が出来ない。
（設計者の理解が得られない）
⑥ 代替型枠技術（工法）を使用する部位がない。
⑦ その他

合板製型枠の実態調査のためのアンケート

設問Ⅵ　合板製型枠の代替型枠技術の使用阻害要因



① 代替となる型枠の研究開発を進めている。
② 型枠を使用しない技術の研究開発を進めている。
③ 代替となる型枠の研究開発を予定している。
④ 型枠を使用しない技術の研究開発を予定している。
⑤ 研究開発もまたその予定もない。

合板製型枠の実態調査のためのアンケート

設問Ⅶ　合板製型枠の新代替型枠技術の開発状況

4.4.2 代替技術の使用阻害要因

代替技術の使用阻害要因と(社)建築業協会におけるｱﾝｹｰﾄ結果を以下に示す。

(1) 建設側

- コスト的に高い
- 工期が間に合わない
- 作業性が悪い
- 品質性能が満足できない
- 代替技術の設計者等への周知不足
- 代替技術を使用する部位が少ない
- 針葉樹合板は、打ち放しコンクリートの仕上がり面が平滑でない

(2) 合板生産側

- 針葉樹は歩留まりが悪く、コスト高
- 針葉樹合板への理解不足
- 針葉樹丸太価格が、熱帯材に比べ割高
- 輸入製品（インドネシア等）との競合
- 原料転換に要する製造設備の導入（投資）

4.4.3 代替技術の使用阻害要因の究明と除去

(1) 建設側

- 型枠用合板を用いた新たな型枠工事工法の開発
- 型枠用合板の転用回数を増加させるための設計における配慮
- 型枠用合板の再生利用を可能とするための回収システム・再生方法の機械化
- 型枠用合板の再利用を効率よく実施するための回収システム・再利用技術の開発

(2) 合板生産側

- 型枠用合板用原料の転換（熱帯材から針葉樹等へ）による製造工程の変更
- 設備の導入及び製造に係わる技術開発
- 型枠用合板の転用回数を増加させるための型枠用合板の性能向上
- 型枠用合板の再利用を効率よく実施するために必要な製造技術の開発及び回収システム・再利用技術の開発

5　パレット等の物流資材

5．1　パレットの生産状況

現在日本におけるパレット生産企業は２００～３００社で、生産量は年間約５０００万台といわれている。１台のパレットを製造するためにサイズによっても若干異なるが、約０．０６m^3の材料が必要とされるから３００万m^3の材料が毎年パレット製造用として使用されていることになる。使用されている樹種は針葉樹材が多く、昭和６１年における日本パレット協会による調査結果によると、調査台数約２５０万台の内国産針葉樹材（カラマツ、アカマツ、クロマツ等）が４５．２％、外国産針葉樹（ベイマツ、ソ連カラマツ等）１８．３％、国産広葉樹（ブナ、カバ、ナラ等）１１．６％、外国産広葉樹（アピトン、カポール、ラワン等）２４．９％となっている。樹種の選択は、原木価格、加工性、特に釘打ちの難易により決められる。１９８５年以降における木製パレットの生産台数を表5-1に示す。パレットには木製パレット以外に金属製パレット、プラスチック製パレット、シートパレット等があり、それらの総生産台数は１９８５年３０７２万台、１９８６年３１５７万台、１９８７年４０７２万台、１９８８年４４９８万台、１９８９年５４９０万台で、パレット全体のここ数年間における生産の伸びも大きいが、総生産台数に占める木製パレットの比率はそれぞれ９０．９％、９１．０％、９１．０％、８９．７％、８９．３％となっており、非常に高い比率を示している。木製パレットの全体に占める比率はほぼ一定であるが、生産台数の増大は著しい。

パレットの寿命については、その使用条件、保管条件で大きく異なることが予想され、現在のところ年間の廃棄台数、補修され再利用している台数については正確な数値は把握されていない。参考データとして、日本パレット協会による木製平パレットの用途別生産量、廃棄までの平均使用期間、およびその業種別内訳についてのアンケート調査結果を表5-2～表5-4に示す。ここに示されたデータは、無作意に抽出された約２５０万台の木製パレットについてのものであるが、その約８０％以上が繰り返して使用されており、また使用期間が２年以下の場合は全体の１０％以下となっており、廃棄までの使用期間はかなり長い。

表5－1 木製パレットの生産台数

年度	生産台数	生産額（百万円）
1985	27,940,400	75,661
1986	28,718,600	75,128
1987	37,061,320	92,209
1988	40,368,710	115,452
1989	49,024,440	141,483

資料：（社）日本パレット協会
（１９９０年８月調査）

表5－2 木製平パレットの用途別生産量

用途	生産量	比率（%）
繰り返し使用	2,073,632	82.9
使い捨て使用	427,382	17.1
合計	2,501,014	100

引用資料：「パレットの強度基準に関する調査研究」に関する調査報告書、
日本機械工業会、日本パレット協会
（昭和６１年６月）

表5－3 木製パレットの平均使用期間
（アンケート調査結果）

使用期間	回答数	比率（%）
１年以下	２２	３．５
１～２年	３３	５．２
２～４年	１１６	１８．４
４～６年	１２３	１９．５
６～８年	１３１	２０．７
８～１０年	１５４	２４．４
１０年以上	５３	８．４
計	６３２	１００

引用資料：表5-2に同じ
（３４７社についてのアンケート調査結果）

表5－4　業種別パレットの使用期間（アンケート調査結果）

業種	使用年数				
	1年以下	1～2年	2～4年	4～6年	6年以上
電気機器	0	1	4	16	26
金属	0	12	4	2	11
窯業	0	4	10	1	7
石油・石炭	0	0	2	1	6
紙・パルプ	14	0	12	0	1
繊維	0	0	5	12	18
食料	0	0	3	23	46
化学	4	8	27	33	57
機械	0	3	11	8	11
輸送機器	2	5	20	1	3
精密機器	0	0	2	2	11
小売業	0	0	1	0	10
その他製造業	0	0	1	4	14
倉庫	0	0	10	20	126
運輸物流	2	1	5	12	13
印刷・出版	0	0	0	3	4
合計	22	34	117	138	368

引用資料：表5-2に同じ

５．２　木製パレットの製造および利用に関する実態調査

平成３年度においては樽谷包装産業株式会社鹿島工場（茨城県）およびフルハシ工業株式会社（愛知県）において木製パレットの製造および利用段階での廃棄パレットあるいは修理され再利用されているパレットの実態を把握するための調査を行った。調査は前者については平成３年１２月、後者については平成４年２月に行った。なお、フルハシ工業はパレット以外に廃材からの燃料およびチップ製造も行っているが、参考までにそれらの調査結果も含めて以下に述べる。

５．２．１　樽谷包装産業ＫＫ鹿島工場（茨城県）

１）操業７８年で、日本における木製パレット製造業としては大手の業者である。生産量は月産２０，０００台（年間２４万台）、内１５％が４方差しパレット、８５％が２方差しパレットである。製造機械としては、自動釘打ち機３台、パレットの４方の角に曲面を付ける機械（アール取り機、搬送される製品がパレットの角で破損するのを防止する）１台が設置されている。１台の釘打ち機に２名の作業員が配置されている。

２）使用される樹種は、主に釘打ちの難易により選択される。現在は、北海道産カラマツ５５％、南洋材雑木（ＭＬＨ）３５％、その他（ベイツガ、ベイマツ、ソ連カラマツ等）１０％で、ラジアータマツは試験的に使用している状態。１台のパレットを製造するのに約　０．０６m^3の材料が必要（月平均使用量１２００m^3）であるが、材料は全て製材工場から指定寸法で購入している。パレットの製造原価は概略　材料費７５％、人件費・動力・運賃２０％、利益１０％程度である。

製品は全て売却し、自社でレンタルはしていない。製品の８４％を１台３，４５０円で注文主に売却、１６％を１台３，８００円でパレットレンタル会社に販売している。

３）当工場では廃棄パレットの引き取り、補修は行っていない。営業面からみると、廃棄されるパレットを下取りすれば新規に販路を拡大できる利点はあるが、引き取った廃棄パレットの処分が困難で引き取れない。千葉県内では八街に廃棄物処理施設（関東リサイクル）あるが、鹿島から持ち込んだ場合の費用は、１０ｔ車１台の運賃　５０，０００円、処理費用１５，０００～２０，０００円程度が必要となる。なお、１０トン車１台に積載できるパレットは２５０台程度である。

４）鹿島地区では灰の処理問題があり、木屑などの焼却は禁止されている。当工場内において製造過程で出される木屑の処理で問題になっているのは、購入している製材品の間にかび防止のためにはさまれてくる桟木（主としてマレーシアやフィリピンからの南洋材製材品購入時）で、１週間で４ｔ車１台分程度たまる。その他、かび、パンキー、ふけ等の程度が大きい製材不良品が出る。**（写真5-1 ）**

５）パレットを使用している工場で、保有しているパレットの２０～３０％は使用できず、廃棄の対象になっていると思われるが、廃棄できずに困っているのではないだろうか。当工場ではパレットの補修は行っていないが、採算面からみて補修できるのはデッキボード

３枚以内の取り替えで、４枚以上になると廃棄した方が有利だという意見がある。また、パレットの用途にもよるが、製品の内３年で１０％程度がだめになるのではないかと言われている。

５．２．２　フルハシ工業株式会社（本社　名古屋市熱田区）

創業は昭和２３年で、弥富工場、団地工場、春日井工場、半田工場等数カ所の工場を有し、パレット生産および修理、木質系廃棄物から燃料およびチップを生産し、販売している。

１）パレット生産および木質系廃棄物を集荷し、粉砕して燃料を生産し、販売している。パレットの生産量は１日約１，５００台で、使用している樹種はチリ産のラジアータマツ、北米産アルダー、南洋材雑木（ＭＬＨ）が多い。材料はいずれも指定寸法に製材された材を購入しており、パレット生産工程で生じる廃材量は問題にならない。桟木やかび材等が僅かに発生するが、隣接する燃料製造工場で処理されるのでまったく問題にならない。弱電向けのパレットには乾燥材が要求されるが、それ以外には天乾材で十分である。パレット生産に必要とされる材料は月間１１００～１２００m^3 である。（弥富工場）

２）木質系廃材（樹皮、廃パレット、建築解体材等）を集荷し、粉砕して燃料として販売している。燃料の出荷先は製紙工場、ボード製造工場、染色工場等で、いずれもかなり古くからの取引先である。木屑ボイラーの償却が終わった工場では、現在のように重油の価格が低下しても採算面で木屑燃料を使用してもやっていけるが、新規に木屑ボイラーを設置したり、更新したりするのは難しく、したがって木屑燃料の納入先を現状維持していくだけが精一杯で、新規に開拓していくのは困難だと思われる。

原料の集荷は遠い所では三重県の松坂（工場から約１００ｋｍ）から行われているが、集荷量に時期的な変動が大きいことが問題である。原料の保管スペースとして約１万坪の敷地があるが、操業を円滑に行わせるための原料を確保しておく面積としてはやや狭くなってきている。平成２年度における原料の受け入れ量と、製品の出荷量は次の通りで、冬期の原料確保が大きな問題である。

	原料集荷量（トン）	製品出荷量（トン）
平成２年３月	７，０００	８，５００
４月	７，０００	６，５００
５月	７，０００	６，５００
６月	８，０００	４，５００
７月	６，５００	５，５００

8月	6，500	6，000
9月	6，000	5，500
10月	6，800	4，800
11月	5．300	7．600
12月	4，500	7，800
平成3年1月	3，700	7，900
2月	4，500	9，000
3月	5，300	6，800
4月	5，800	8，000

木屑燃料の販売価格は1トン当りバーク燃料2，400円、木屑燃料4，500円程度である。（弥富工場）

3）チッパーを2台設置し、作業員16名で、木質系廃材からチップを生産して販売している。チップの生産量は年間25，000トン（全乾重量）で、南洋材チップが全体の約20％、針葉樹チップが80％の割合になっており、主な出荷先はボードメーカーに約20％、製紙メーカーに80％となっている。販売価格は1トン（全乾重量）当り南洋材チップ15，000～17，000円、針葉樹チップ19，000～20，000円程度である。

原料の集荷が問題で名古屋市を中心として集荷しているが、特に冬期は集荷が困難である。建築解体材以外に、工場から排出される短尺丸太、海面貯木場から引き上げられた沈木等いろいろな廃材を集め、使用している。なお、建築解体材の場合には、太いボルト類の除去は作業員の手作業に依存せざるを得ず、かなり人手と時間を要している。（団地工場）。**(写真5-2～写真5-5)**

4）回収されたパレットの検査・選別および補修を日本パレットレンタル会社から委託されて行っている。処理量は1日当り1，500台で、4ランクに（全く問題がなく再利用できるものから廃棄まで）分類している。平成元年度における廃棄パレット数は約3，700台であった。補修して再利用できる基準は、表面のボードの取り替えが原則として3枚以内であり（場合によっては4枚の時もある）、桁の取り替えは手間や採算からみて無理である。補修パレット全体についてのボードの取り替え枚数の平均は1台当り2．4枚で、補修費としては　1台当り約1，000円（新品パレットの価格約4，000円）程度である。（半田工場）。**(写真5-6～写真5-7)**

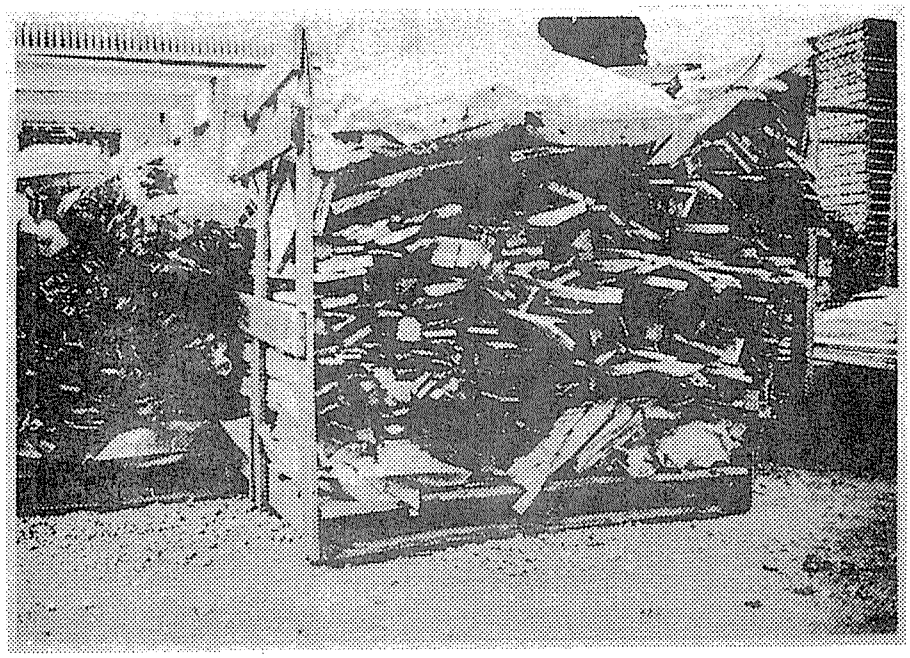


写真5-1　パレット製造過程で出される
廃材

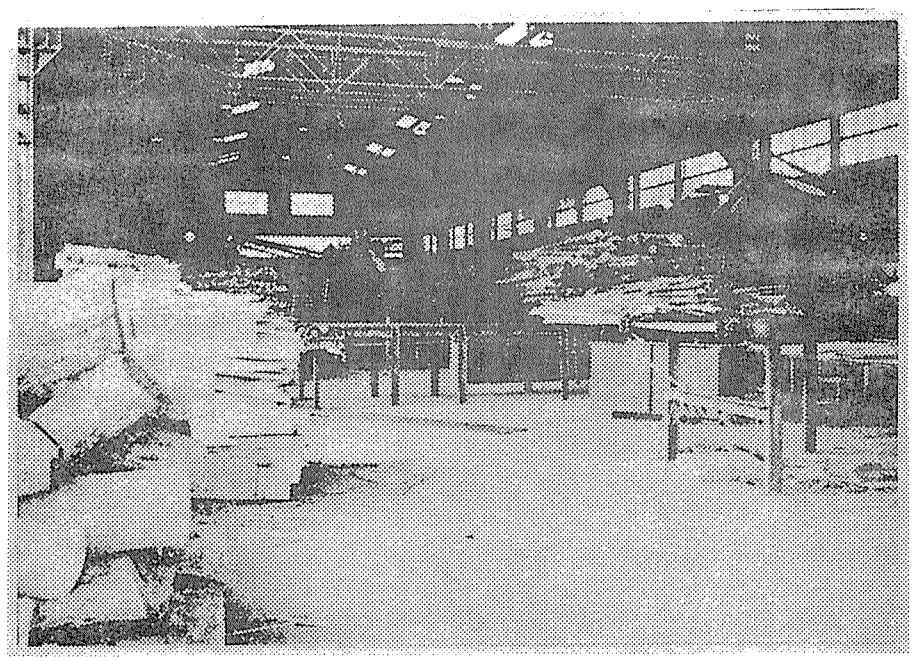


写真5-2　チップ製造用に集荷された
原料木材

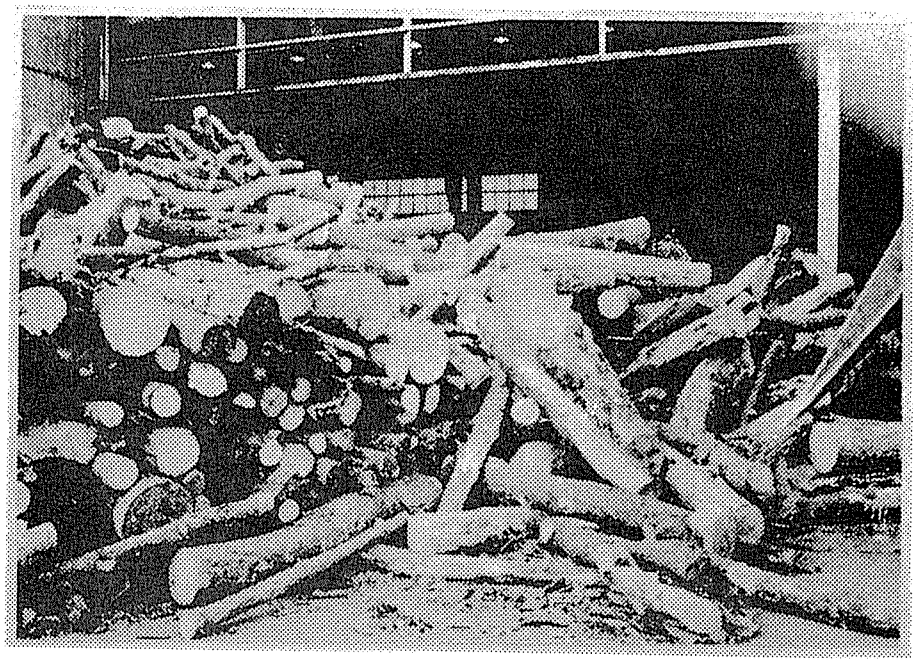


写真5-3　チップ製造用に集荷された
原料木材

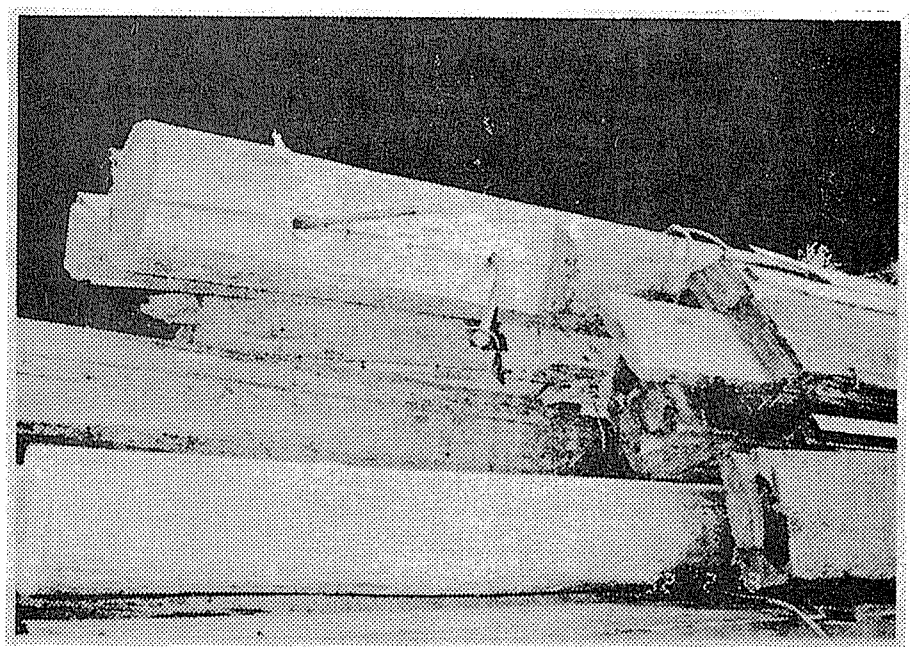


写真5-4　建築解体材に付いている
ボルト

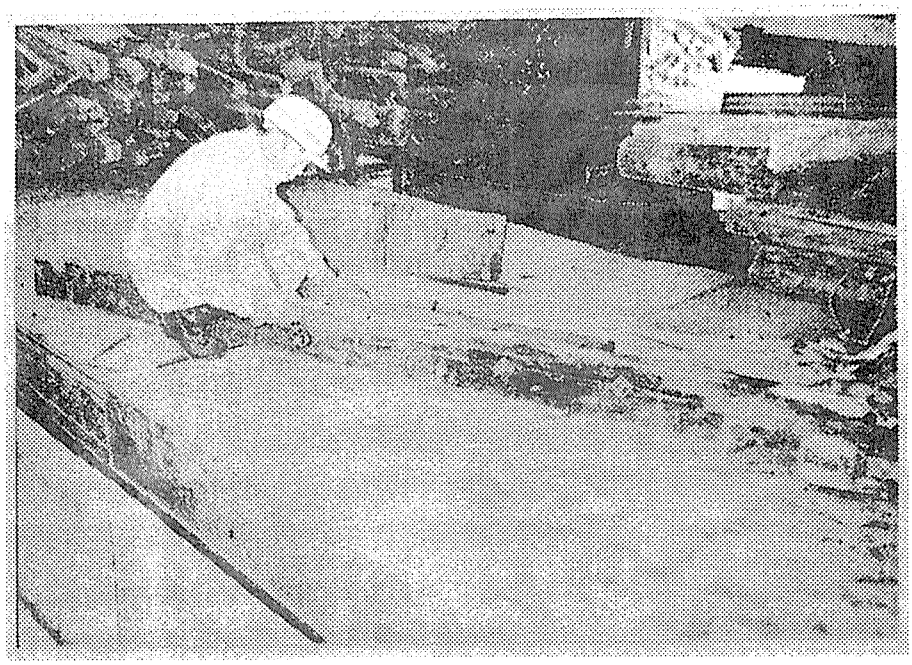


写真5-5　手作業によるボルト類の除去

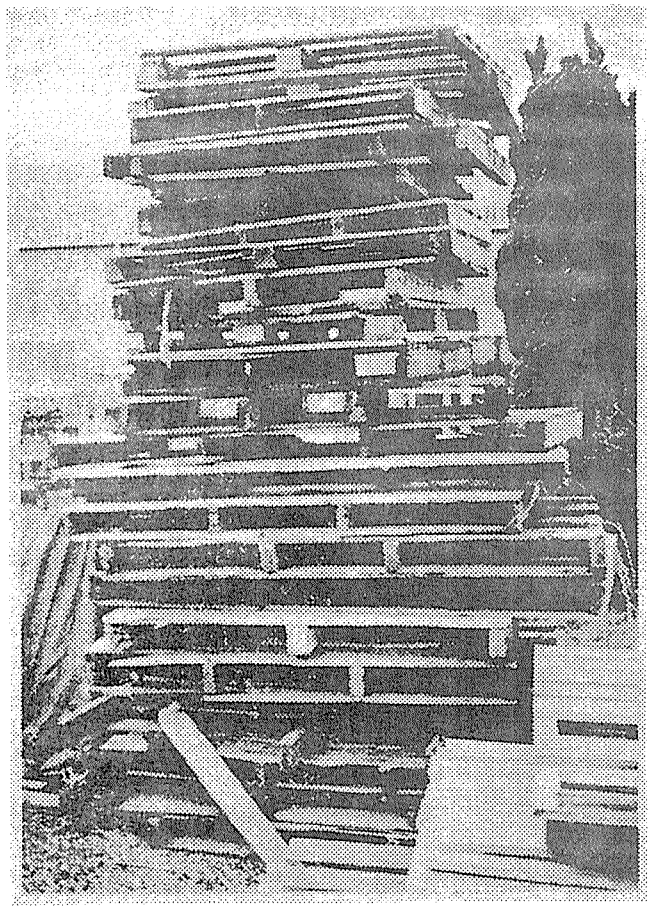


写真5-6　廃棄パレット

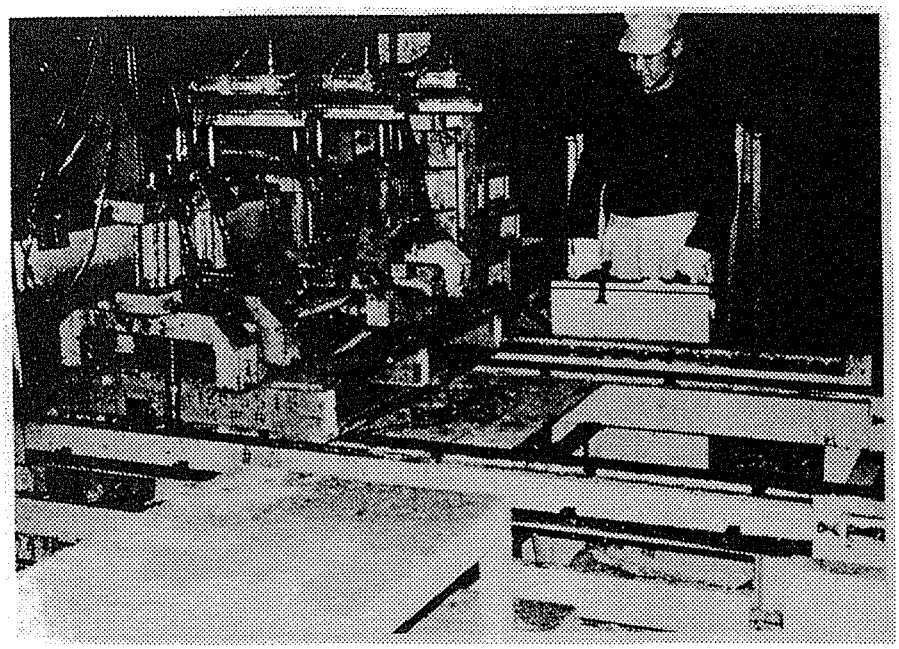


写真5-7　パレットの補修作業

6　木炭としての利用

6．1　木材の炭化と意義

木炭は古くから使われてきた。大部分は燃料として使われてきた。しかし、古い時代においては保存剤として、墓地（木炭槨）等にも使われている。現在では、木炭は燃料以外に、工業用として、鉄その他の金属や二硫化炭素その他の化学物質の製造にも使われている。さらには、吸着剤、黒色火薬、研磨剤、画用木炭、および土壌改良剤等の原料にもなっている。

木材には、通常、微量の窒素および灰分が含まれるが、その全体的な化学組成は

$$C_{15}O_{10}H_{21}$$

と表される。したがって、炭素の含有量は重量で約50 %となる。微量元素を無視すれば、木質廃材が焼却される場合には短時間に、また埋められたり、放置されたりする場合には比較的長い時間を経て二酸化炭素（CO_2）と水になる。これは木材が安定なように見えても、実際にはそれほど安定でなく、熱や紫外線等のエネルギー照射、あるいは菌等が分泌する酵素等によって分解し易いことを示している。

木材は加熱されると、先ず、最も反応性に富む水酸基が消失し、酸素と水素が水になって出て行き、酸素架橋が形成される。このため、木材の吸湿能が低下し、寸法安定性を増すだけでなく、細菌等の侵入、繁殖を防ぐようになる。さらに加熱されると、炭素一酸素結合が切断され、低分子量の気体成分が生成されたり、あらたに水酸基が生成されたりする。切断された末端が再結合したり、あらたに生成された水酸基どうしが脱水反応して縮合物が出来てくる。温度の上昇とともに、この分解（結合の切断）と縮合反応が繰り返され、図6-1に示されるように、残渣物は次第に炭素の含有量が大きくなる。500 °C以上になると炭化物の炭素含有量が80 %を越え、木炭が生成される。木炭は微細な空隙に富み、表面積が大きく、吸着力が大きい。

表６－１に示されているように、木材の炭化によって、発熱量の高い製品が得られる。たとえば、木炭の場合には木材より約70 %も発熱量が大きい。木材と木炭の発熱量をそれぞれ、4,700および8,000 cal/gとして、単純に単位熱エネルギーの輸送コストを計算すると、木炭のコストは木材の約59 %に相当する値になる。したがって、炭化によって、木材よりはるかに安く、熱エネルギーを運ぶことが出来る。

通常、白炭および黒炭の炭素含有率はともに81～83 %である。それにもかかわらず、黒炭の発熱量が高い。これは白炭の構造が黒炭より安定で酸化しにくいことからきていると思われる。木炭の炭素が二酸化炭素になるためには、先ず、木炭の構造に結びついている炭素の結合が分解されなければならない。白炭の炭素の結合力が黒炭の炭素のそれより大

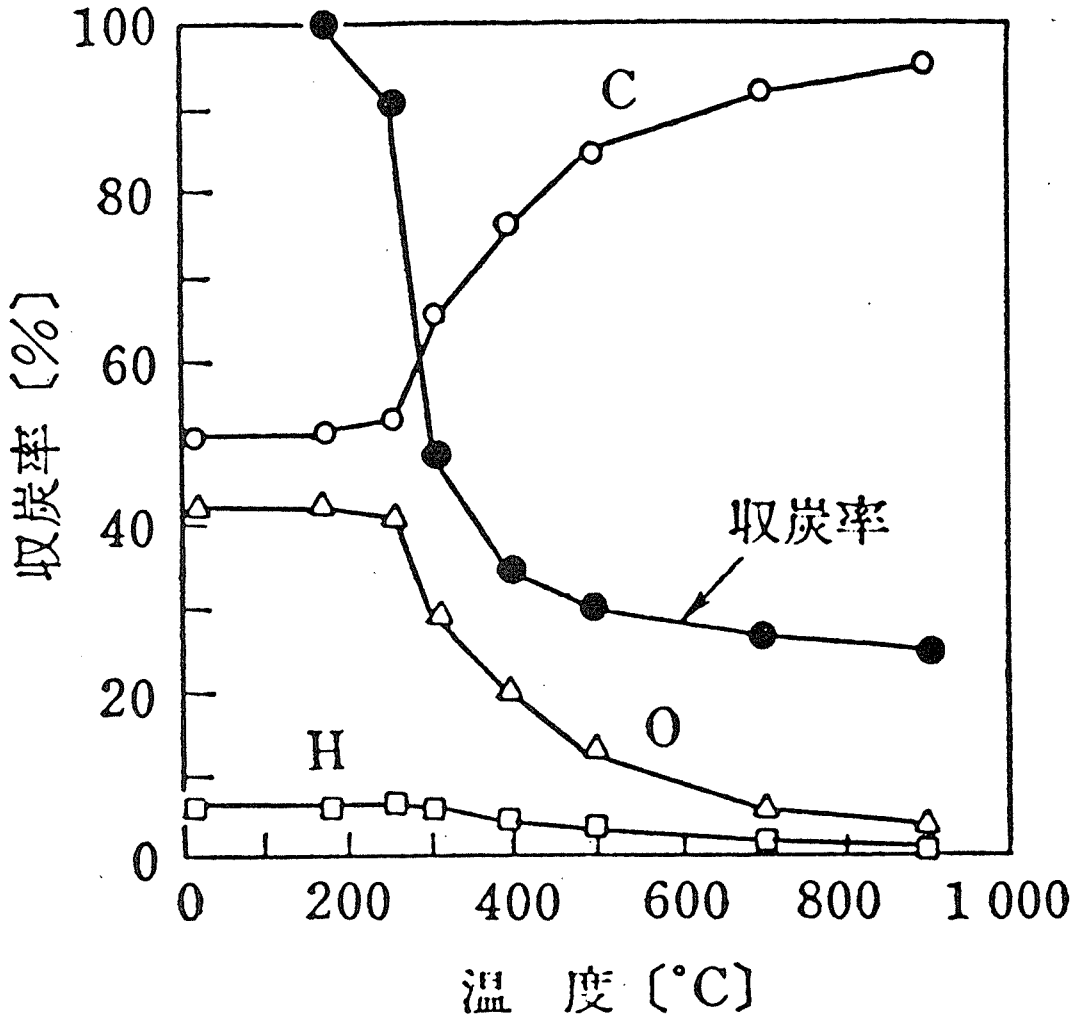


図６－１　炭化温度による木炭収率および元素組成の変化[1]
加熱速度：3.3 °C/min（常温～200 °C）、
0.75 °C/min（200～400 °C）、
3.3 °C/min （400～900 °C）
樹種：スギ

きいため、その発熱量が小さくなったと思われる。一般に、炭化温度が高くなるにつれてより安定な構造の木炭が出来ると思われる。木材がゴミとして処分されると、いずれは二酸化炭素と水になる。これに対して、高温で炭化された木材は、古代の墓の発掘で見いだされた木炭の例から分かるように、燃焼されない限り、酸化分解せず、永久に炭素を固体として保持すると言ってよい。今日、大気中の二酸化炭素の濃度の上昇が地球環境を悪化させる要因として問題になりつつある。木材の炭化は炭素を安定に固体として保持する方法として評価されるべきである。なお、この意味では木材の約半分を占める炭素を出来るだけ多く木炭化する、すなわち、木炭収率を高める工夫をはかることが重要である。

表６－１　木材および木炭製品の発熱量、炭化温度、および収量[1)]

材　　料	高発熱量（cal/g）	炭化温度（°C）	収　率（%）
木　　材	4,400～4,900		
黒　　炭	8,000	500～700	15～20
白　　炭	7,700	1,000	10～15
土壌改良用木炭		400～500	30～40
活　性　炭		950	30～35
オ　ガ　炭	7,700		33
豆　　炭	6,000		
練　　炭	5,300		

６．２　最近の木炭および木炭製品の需給関係

表６－２に平成元年～２年度の木炭と木炭製品の供給と消費の内訳が示されている。木炭の総供給量は15万トン以上で、次第に増加する傾向を見せている（昭和63年度は約12万トン）。通常の黒炭や白炭の供給量はあまり変わっていない。これらの木炭は主に家庭および業務用の燃料として消費されたと思われる。粉炭とオガタンの生産料が増加している。細かくされた木材から製造された粉炭の生産量が増加したのは主に土壌改良剤用の木炭の需要が伸びたことによると思われる（分類で土壌改良剤用木炭が入っているその他の項は昭和62年から顕著に数量が増加している）。成形薪のオガライトの炭化によって製造されるオガタンの生産量の伸びは主に家庭・業務用に使われる成形炭の需要の増加によると思われる。活性炭は全て輸入のやしがら炭から製造されていることが分かる。

粉炭とオガタンの原料は大部分廃木材であると思われる。これらの生産量の増加は廃木材のリサイクル化が進んでいることを示している。

なお、表６－２において、合金鉄用として消費された木炭は主に鉄および金属ケイ素の製造に充てられたと思われる。また、量は少ないが、木炭の用途として爆破用等の黒色火薬、研磨材、絵画材料等をあげることが出来る。

表６－２　日本国内における木炭の供給と消費量*

年　　度	平　成　元	平　成　２
供給総量**	151,360	159,180
国内産量	71,201	83,225
木　　炭	36,284	35,399
粉　　炭	19,742	26,739
オ　ガ　タ　ン	15,175	21,087
輸入量	80,159	75,955
木　　炭	19,619	19,905
やしがら炭	60,540	56,050
消費量内訳		
家庭・業務用	51,389	53,622
工業用	10,100	10,087
二硫化炭素用	2,100	2,087
合金鉄用	8,000	8,000
練炭・豆炭用	13,031	11,713
活性炭用	60,540	56,050
その他	16,300	27,708
土壌改良剤用		23,708
花火・蝋燭用		4,000

＊林野庁調。＊＊単位トン。

６．３　工場調査

木炭は種々の機能を有する。この機能を生かして将来需要が伸びると予想される分野は土壌改良剤とガス吸着剤である。本節ではこの２つの分野の製造工場の事例調査の結果を報告する。

６．３．１　土壌改良剤製造工場

6．3．1　土壌改良剤製造工場

(1) 調査工場

次の３工場を調査した。

松井工業　愛知県豊橋市牛川町字西側44-1　TEL. 0532-88-1234

福島商店　群馬県渋川市金井443-3　TEL. 0279-22-2948

日本バイオカーボン　茨城県稲敷郡阿見町実穀字寺子1617　TEL. 0298-43-3711

(2) 調査結果

木材の炭化方法はいずれの工場でも攪拌流動層方式である。図６－２に示されているように、先ず、原料の木材が、１次、２次破砕を経て7または5mm以下のチップにされる。このチップが乾燥されてから、あるいは未乾燥のまま原料ストックホッパーに送られる。原料はホッパーからコントロールされた速度で流動炭化炉に送られる。流動炭化炉はチップの酸化熱分解熱によって加熱され、条件に応じてその温度を400～500 ℃に制御される。炭化炉内でチップは下方から旋回上昇してくる空気に上方に運ばれながら炭化する。炭化したチップは軽くなって炉外に吹き飛ばされ、木炭となって回収される。木炭は燃焼を防ぐため散水されてから製品ホッパーに回収される。なお、製品によっては、散水過程で、木酢液も同時に散布される。炭化炉で発生した乾留ガスはガス燃焼炉に集められ、完全燃焼されてから大気に排出される。

最終の木炭粒子の大きさは3～4 mm以下である。製品としての木炭の含有水分は平均40％程度である。木炭の収率は30～40％（無水ベースで20～25％）である。

土壌改良用木炭の製造に、木材を破砕し、それを流動炭化炉で炭化する方式が導入された歴史は浅く、最も古い工場でも4年を経たにすぎない。工場の木炭製造製造能力は表６－３に示されているように、フル稼働で1日当たり30～60 m^3である。使用される廃木材の原料は無水ベースで40～80トン／日に相当するとみられる。平均稼働時間を8時間／日、平均稼働日数を240～260日／年とすれば、これら３工場で消費される廃木材の合計は無水ベースで14,400～15,600トン／年になる。

表６－３　工場の規模

工場	木炭製造能力	消費電気料	そ　の　他
A	60 m^3/24 hr	60 万円／月	製紙用および燃料用チップ生産。
B	30 m^3/24 hr	30 万円／月	注文製材が主たる業務。
C	40 m^3/24 hr	70 万円／月	副産物としてオガ粉（2.5t/日）を販売。

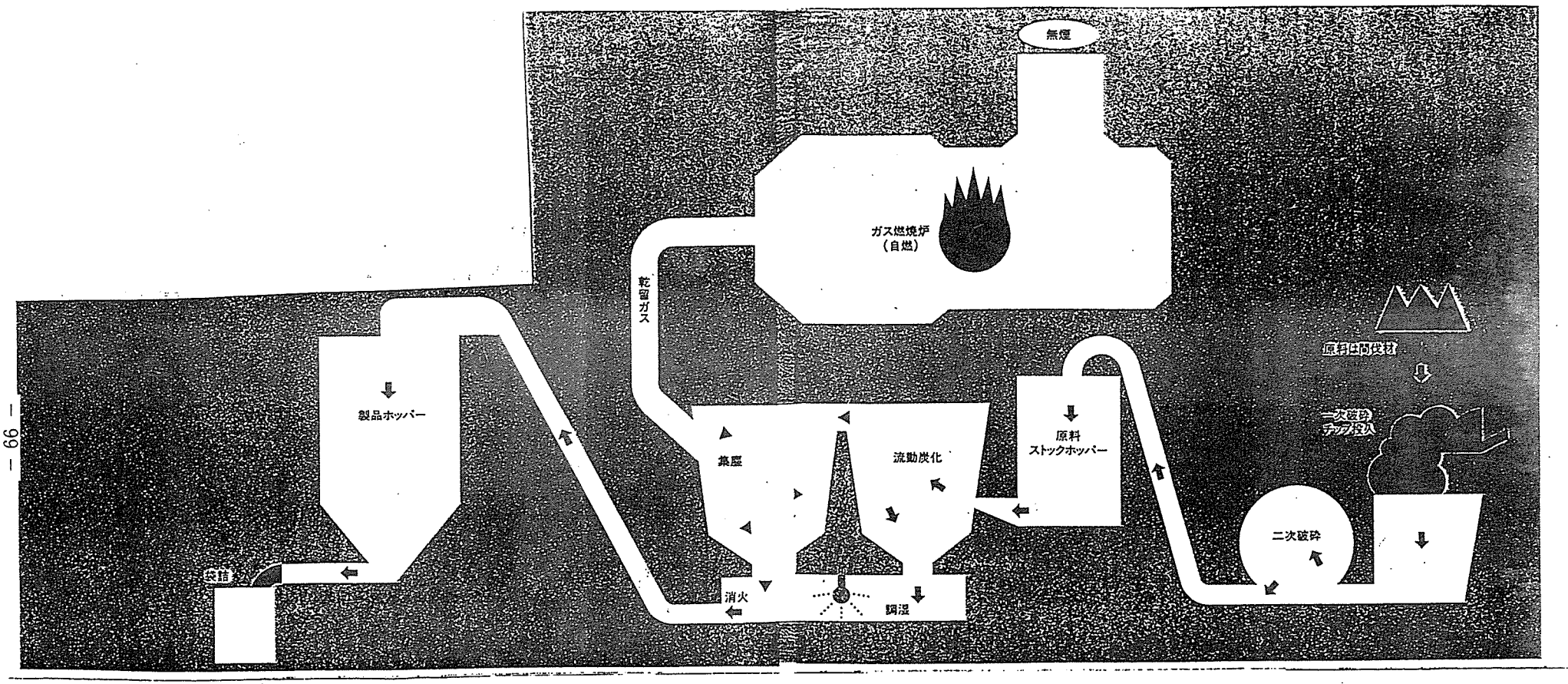


図６－２　土壌改良用木炭の製造過程

消費電気料は300～500円／m³（木炭）とみられる。電気は炭化炉の熱源としては使われないので電気料に差がでてくる主たる原因は破砕機の違いにあると思われる。３工場とも木炭の生産以外にチップの製造、製材、あるいはオガ粉の生産を行っている。

表６－４に示されているように、木炭の原料となる廃木材は間伐材や製材背板等の比較的新しい木材と使い古された木材、すなわち、住宅解体材、パレット、梱包材とに分かれる。自社製材工場の廃材だけを原料とするＢ社を別にすれば、原料の種類は地域の産業のによって異なると言い得る。原料は処理費を徴収してあるいは無料で廃材を引き取る形で、または購入したりして入手している。

表６－４　木炭の原料と入手方法

工場	形　　態	入　手　方　法
A	チップダスト、住宅解体材、間伐材	購入、無料、処理費徴収
B	製材廃材	自社製材工場より
C	パレット、梱包材、住宅解体材、木工場廃材	処理費徴収

木材の破砕では大きな音と埃が出る。今後、これを少しでも減らすため、ハンマー型から回転刃形式のものに移ると思われる。表６－５に示されているように、製品は大部分施設園芸とゴルフ場に出荷されている。Ｃ社で出している床下調湿材は生産量の約10 %を占めているにすぎない。乾留ガスは完全に燃焼して放出しているので、炭化によって煙が出ることがない。しかし、その燃焼熱1700～1800 cal/m³は殆ど利用されていない。Ｂ社の場合には、チップの乾燥に燃焼熱の1/7程度が使われている。

表６－５　破砕形式、木炭の市場、製造過程の問題点

工場	破砕機	市　場	問　題　点
A	回転刃	施設園芸、種苗	乾留ガスの燃焼熱の未利用、ダスト5 %
B	回転刃	ゴルフ場	乾留ガスの燃焼熱一部利用、ダスト0.1 %
C	ハンマーミル	施設園芸、ゴルフ場、建築（床下調湿剤）	乾留ガスの燃焼熱の未利用、騒音、埃

表６－６に示されているように、土壌改良用木炭の製品は２つに大別される。１つは製

造された木炭そのものを袋詰めにしたものである。他の１つは木酢液を散布したもので、価格が高くなる。なお、木酢液は約100円／Lで購入されている。1袋30 L詰めのものが多いが、他に25 Lと40 Lのものもある。各社それぞれのブランド名（バイオーン、スーパーバイオーン、バイオーンII、ピノス、スーパーピノス、グリーンピノス、リッチマン等）で売られているが、価格が高いため、上記のように、施設園芸やゴルフ場に使われるだけで、普通の農業用には使われていない。床下調湿材を２階建ての個人住宅に使用した場合、多分、2ないし3％程度建築費を押し上げることになると思われる。

表６－６　製品の販売価格

工場	木酢液処理無し	木酢液処理有り	特注（ゴルフ場）	床下調湿剤
A＊	1,500円／30 L	1,800円／30 L	2,500円／30 L	
B＊	1,800円／30 L	2,000円／30 L		
C＊	30円／L	40円／L		600円／坪

＊A、B工場の製品は末端価格。Cの場合の価格は工場出しの価格。なお、床下調湿剤は工事費込みで20,000円／16袋／坪である。Bの製品は現在のところ、専らゴルフ場に出ている。

(3) 今後の見通し

木炭が土壌改良材として優れた効果を有することが次第に知られるようになってきた[2)]。たとえば、写真６－１に示されているように、木炭を施肥した左側のトマトの根は右側の対照区のトマトに比べ、長く、太く成長している。普通、トマトは連作がきかないが、木炭の施肥によって連作がかなりの期間にわたって可能になった。木炭の効果は他の作物、たとえば、ダイズ、水稲等についても報告されている。さらには、樹木や芝についてもその効果が知られている。木炭の効果が著しいので、化学薬剤を使わない有機農業にも使われている。したがって、土壌改良剤としての木炭の需要が、今後、益々伸びて行くものと考えられる。

炭化工場の施設の設備費および建物の建築費は規模によって異なるが、調査した３工場については、24hr木炭生産能力m^3 当り470 ～570 万円の初期投資額と思われる。原料の廃木材は無料または処理費を徴収して搬入している。人件費、電気料、重油等の購入料からかなり荒く推定した製品の原価は、設備と建物の償却費を除くと、販売価格の半分近くと考えられる。したがって、設備等は現在の市場の状況が続く限り、工場建築後２年位で償却され、以後は利益を生み出すと考えられる。

６．３．２　ガス吸着剤用木炭

次の工場を調査した。

小野田セメント田原工場　愛知県渥美郡田原町大字豊島字安原崎22
TEL. 05312-2-2711

木炭は大きな表面積を有し、その吸着能が大きいことがよく知られている。この木炭の吸着能が水の浄化やガスの吸着に利用されている。現在、木炭のガス吸着剤の大部分がやしがら炭から作られた活性炭である。活性炭には粉末状のものと粒状のものがあるが、さらに小さい粒子の木炭が製造されれば、吸着剤としての木炭の応用分野が拡大されると期待されていた。しかし、粉塵爆発が引き起こされるため、従来、30 μm以下の微粉木炭を工業的に製造することが出来なかった。同工場では、粉塵爆発を防ぎ、安全に10 μm以下の微粉木炭を工業的に生産するシステムを開発するのに成功した。

微粉木炭製造の大まかな工程は

原料木炭の投入 → 乾燥 → 粉砕 → 分別 → 回収

となる。原料の木炭は千葉県五井でカラマツ間伐材のチップから作られている。炭化温度は約1,000 ℃で、炭の収率は約15 %である。工場に運び込まれる時の木炭の含有水分は変動するが、平均で60 %程度である。乾燥にはＡ重油が使われている。

粉砕された木炭は次の３種類に分別される。10 μm（菜鮮炭－ＦＰ）、10～30 μm（菜鮮炭－Ｐ）、および3～5 mm（菜鮮炭－Ｇ）である。なお、最終木炭の含有水分量は約8 %である。図６－３のエチレンガスの例に示されているように、同社で製造された木炭のガス吸着能が非常に大きい。エチレンは植物の唯一のガス状ホルモンで、植物の成熟、老化を促進する。したがって、果物や野菜が発するエチレンを取り除くことによって、それらの鮮度を長持ちさせることが出来る。

工場の稼働時間は8時間／日で、現在の製造能力は目的とする木炭の粒径によって異なる。小さい粒子の木炭の場合には、その製造能力は100～150 kg/8 hrで、大きい粒子の場合には150～200 kg/8 hrである。木炭の乾燥に使用する重油の量は木炭の含有水分量によって異なるが、60～70 L/8 hrであることが多い。使用電気量は製造条件によって400～800 kW/8hr の範囲で大きく変動する。

同社で製造された木炭を使用した製品が幾つか開発されている。

１）シート（菜鮮炭シート）　これは調湿を目的として畳の下や壁に使われたり、あるいは脱臭や衛生のため下駄箱等の内はりに使われたり出来るよう作られている。粒子の小さい木炭をパルプに混ぜて製紙して作ったもので、厚さは通常のコピー用紙の２倍程度である。木炭の含有量は100 g/m^{2}で、価格は450円／m^{2}である。

２）マット（菜鮮炭マット）　これは木炭が混入された厚い波型の紙で、衝撃を吸収できるようクッション性があり、主に、輸送中の野菜や果物の鮮度を保つ使用目的を有する。木炭の含有量は220 g/m^{2}で、価格は200円／m^{2}である。

３）段ボール（菜鮮炭段ボール）　これは段ボールの内側に１）のシートをライニング

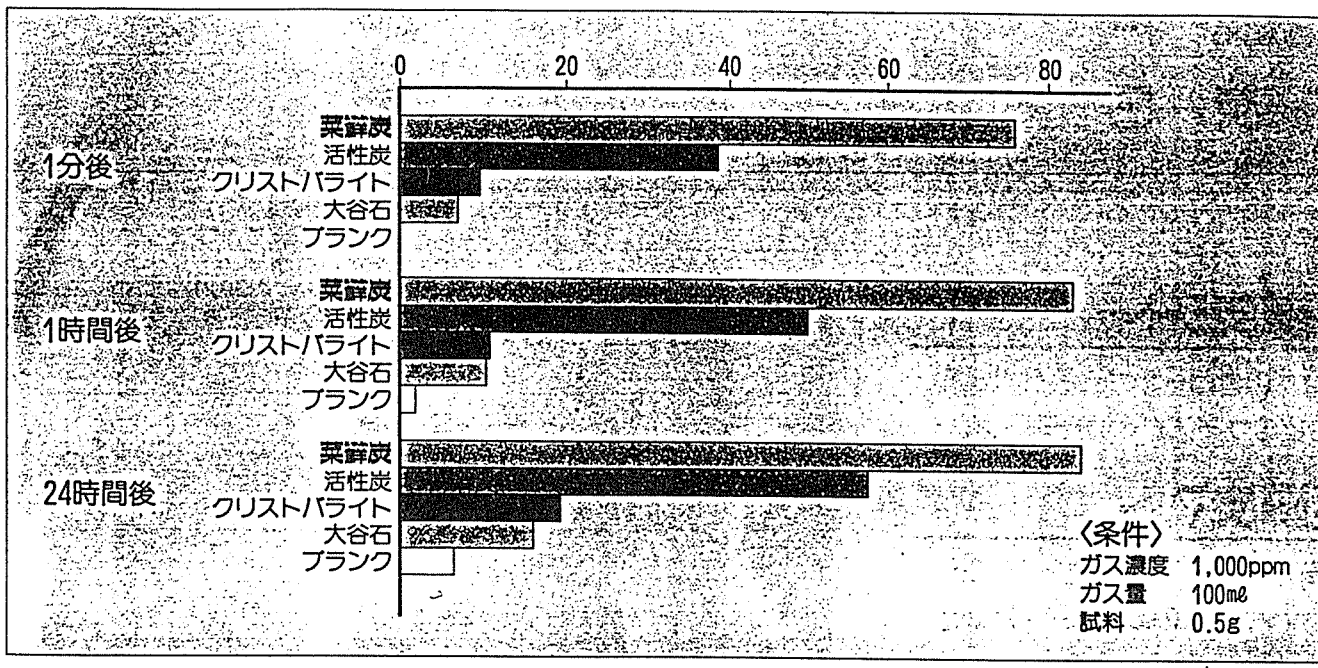


図６－３　　木炭のエチレンガス吸着能（小野田セメント菜鮮炭）

したもので、２）のマットと同じ目的に使われる。したがって、木炭の含有量はシートと同じであり、価格は段ボールとシートの価格の合計した値に近くなる。

４）木炭入り袋（菜鮮炭パック）　多目的、すなわち、アンモニア、トリメチルアミン、硫化水素、メチルメルカプタン等の悪臭ガスの脱臭用、吸湿用、およびエチレンガスの吸着用に使える。粒の大きい木炭を袋に詰めたものである。1袋10ｇ入りで、価格は50円である。

今後の見通し

現在、花の成熟が進まないよう雰囲気のエチレンを吸着させたり、水を浄化する目的で、バラ、カーネション、カスミソウ、あるいはもっと高価な花であるカサブランカ（ユリ科）等の輸送にこの木炭を使って成功している。高級で、鮮度が重要である果物や花等の輸送に今後使われて行くものと思われる。

粒子が小さければ小さいほど単位質量当たりの表面積が大きくなるので、木炭の単位質量当たりの吸着能が大きくなる。さらに、粒子の小さいものほど他の材料との複合が容易になると思われる。したがって、今後、微粉化された木炭を応用した機能性材料の開発がさらに進と思われる。

６．３．３　今後の問題点

(1) 木炭の調湿機能について

木炭を調湿剤として床下に用いた結果が多少報告されている[3)-6)]。いずれの場合でも木炭の調湿効果が報告されている。屋内に用いた場合にも、学術的な報告ではないが、たとえば、畳の含有水分を22％から10％へ減らしたと言うような効果が言われている。しかし、今後、木炭が調湿剤として建築物に益々用いられて行くためには、高調湿能を有する木炭の開発、および建築への投入コストと得られる経済効果の相対的な関係を明らかにする研究が必要である。

(2) 木炭の収率について

木炭の収率は炭化方法によって異なる。土壌改良用木炭の場合、無水ベースで20～25％で、炭素の含有率が約80％であると思われる。したがって、固定される炭素は32～40％ということになる。他方、小野田セメントの木炭の場合には、木炭の収率は15％程度であると考えられるから、約24％の炭素が固定されていることになる。地球環境をまもる上で、炭素の固定化率をあげる必要がある。図６－４に示されているように、木材の３大成分の中、炭を最も多く生成するのがリグニンで、最も少なく生成するのがセルロースである。セルロースは木材の質量の約半分を占める。したがって、セルロースを効率的に炭化させることによって木炭の収率が増加するものと思われる。

炭化過程で、酸素と水素を水にし、炭素を固定する方法を脱水炭化という。セルロース

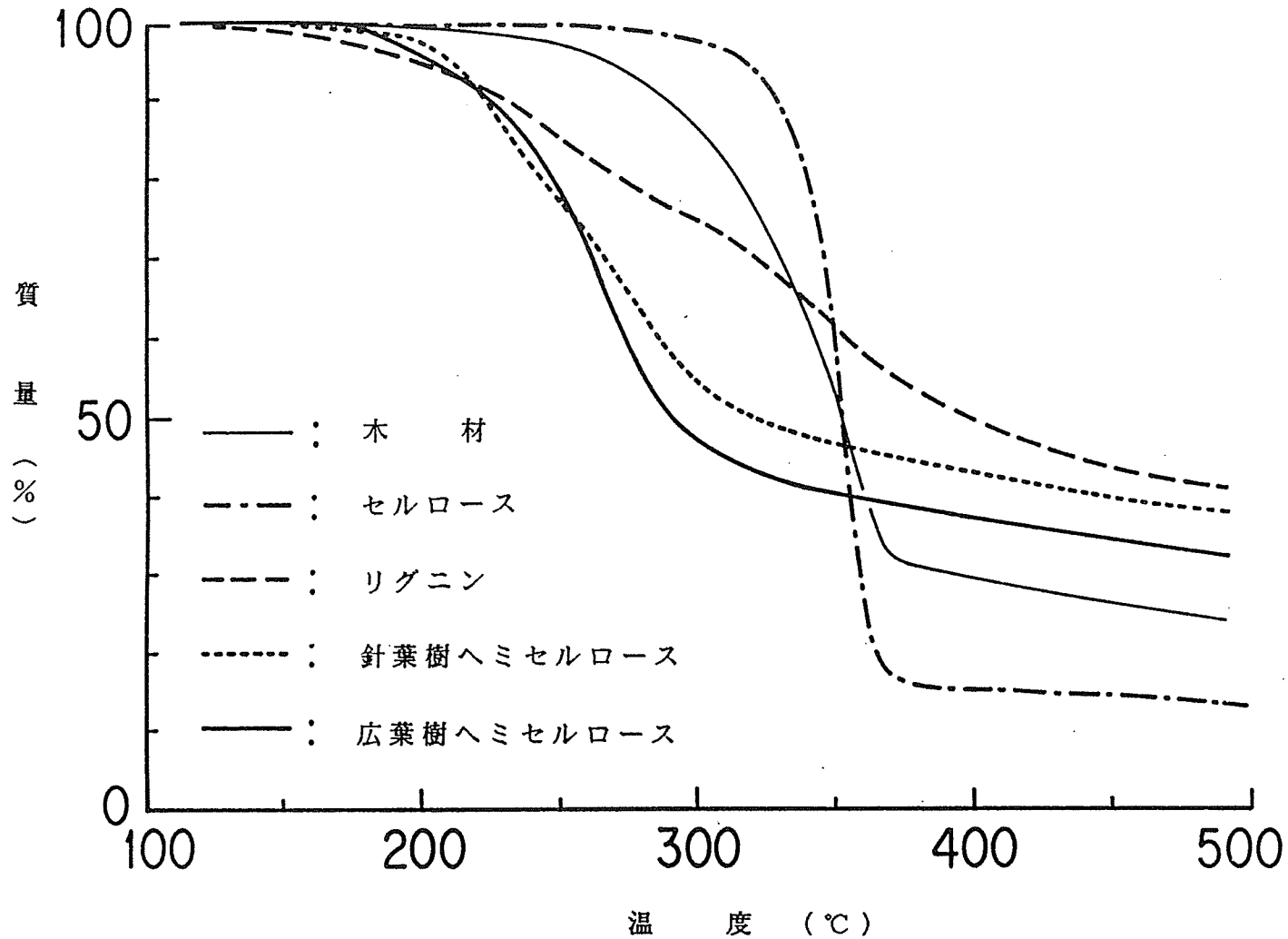


図６－４　木材および木材成分の熱重量測定曲線
加熱速度：５℃／ｍｉｎ，雰囲気：ヘリウム。

の脱水炭化は無機塩によって促進される。土壌改良用木炭を製造する場合には肥料となる無機塩を、吸着剤を目的として木材を炭化する場合には、吸着効果のある無機塩を少量混ぜる方法等をとるなどして、炭素の固定率をあげる試みが必要であると思われる。

炭化過程は熱分解反応である。初めに述べたように、熱分解は種々の形の分解と縮合反応の繰り返しである。単純に言えば、木材は分解によってガス化が、縮合によって、炭化が、それぞれ、促進される。この二つの反応の速度は温度によって異なる。熱分解の温度、および室温からその温度への上昇速度が木炭の収量に影響を与えると考えられる。今後、この点を研究する必要がある。

したがって、無機塩の混入と炭化温度または昇温速度を組み合わせることによって木炭の収率を大きくあげることが出来ると思われる。

(3) 乾留ガスについて

土壌改良用木炭工場では、木炭以外に乾留ガスが出てくる。この乾留ガスは完全燃焼されるため煙を出さない。通常、炭化では、炭、木酢液（大部分は水）、および木ガスが生成される。土壌改良用木炭工場の場合、木酢液は高温のためガス化し、木ガスと一緒になり、乾留ガスとして燃焼されているものと思われる。乾留ガスの可燃成分は一酸化炭素、水素、メタン、エタン、プロパンと言われ、その燃焼熱は1,700～1,800 kcal/m^3である。現段階では、乾留ガスの燃焼熱の極一部だけが使用され、大部分が大気に放熱されている。これを全面的に利用するには、法的な規制等をクリヤーする等困難な問題がある。エネルギーの有効利用や地球環境の面から行政の援助が望まれる。

(4) ダストについて

木材破砕の段階で、木炭にならない微小のダストが出る。その量は破砕機の改良によって減らすことが出来るが、完全になくすることが出来ない。この利用法を確立することが望ましい。たとえば、その利用法として家畜の敷料、成形薪や堆肥の原料等が考えられる。その利用が具体化するためには、輸送距離が短くならなければならない。したがって、利用法は個々の工場の地域の産業の種類によって異なってくる。

(5) 薬剤処理された木材の炭化に関連する安全性について

化学薬剤を含有する木材の炭化に関連する安全性は二つに分類できる。一つは炭化過程での安全性で、他は炭化製品の安全性である。

木材が砒素、窒素、あるいはハロゲンを含む場合には、熱分解過程で、それぞれ、急性毒のガス、アルシン（水素化砒素）、シアン化水素、ハロゲン化水素が発生する可能性がある。特に、前２者の毒性は極めて強い。しかし、安定でなく、容易に酸化して毒性を失うと考えられる。炭化方式が開放式でなければ、これらのガスの工場における毒性は問題にならないと思われる。

木炭に残留する化学物質として木材防腐薬剤由来のものが考えられる。調査した工場いずれでも、防腐処理された木材は原料とされていないので、ここでは取り上げない。次の項で一般的なこととして検討する。

６．４　防腐薬剤、特にＣＣＡ処理木材の炭化について

６．４．１　防腐処理木材の動向

表６－７に示されているように、今日、量的に最も多く使われている防腐処理木材はＣＣＡ処理木材で、その生産量は近年では30万ｍ^{3}を越え、防腐処理木材の全生産量の80％以上を占めている。このために使われてきたＣＣＡの量は、表６－８に示されているように、近年次第に増え、昭和53～55年の最盛時の使用量、すなわち、水溶液（濃度は2％程度と思われる）で10万トンに近づく傾向を見せている。

表６－７　防腐処理木材生産量（加圧法）[7]

年　次	クレオソート油		Ｐ・Ｆ水溶液		Ｃ・Ｃ・Ａ水溶液		合　計
	数　量	比　率	数　量	比　率	数　量	比　率	数　量
昭・59	111,493	30.7	6,835	1.9	244,208	67.4	362,536
60	115,258	31.4	5,091	1.4	247,045	67.2	367,394
61	81,704	24.0	4,549	1.3	253,816	74.7	340,000
62	60,554	16.4	1,802	0.5	307,069	83.1	369,425
63	73,338	18.0	1,341	0.3	332,800	81.7	407,409
平・元	74,766	17.6	1,812	0.4	347,123	81.9	423,701

＊数量の単位はｍ^3、比率は前生産量に対するもので、単位は％である。

ＣＣＡは銅、クロム、および砒素の化合物が混合した水溶性薬剤である。これが木材にはいると不溶性になると言われている。なお、使用量は少ないが、ＰＦ系防腐薬剤はフッ化ナトリウム、フェノール類（主に、ジニトロクレゾール）、無機の砒素およびクロムの化合物からできている。また、クレオソートは石炭の乾留から得られる。ＣＣＡ処理木材は昭和40年代に入ってから本格的に使われだした。現在、ＣＣＡ処理木材を土台に使った

いると思われる。今後、益々、ＣＣＡ処理廃木材の排出量が増加して行くことは否めない。そのため、その有効利用をはかる方法を早急に確立する必要がある。

表６－８　木材防腐剤使用量（加圧法）[7]

年　次	クレオソート油	Ｐ・Ｆ水溶液	Ｃ・Ｃ・Ａ水溶液
昭・59	18,256	2,057	75,172
60	18,919	1,388	70,077
61	12,334	1,299	74,247
62	9,394	520	89,894
63	12,176	372	95,528
平・元	11,505	409	96,613

＊単位はトンである。

６．４．２　ＣＣＡおよびＰＦ系防腐薬剤に含まれる成分の毒性

ＣＣＡ防腐薬剤は水溶性で木材への使用処理が楽で、しかもその防腐効果が大きいことから、木材防腐薬剤の主流となっている。ここで、簡単に、砒素、クロム、および銅の生体に対する影響を考察する。

砒素は昔から岩見銀山として毒薬の役目を果たしてきたため、今でも人々に悪い印象を与えるいる。砒素のガス化合物であるアルシンは急性の溶血作用を有する非常に毒性の強い毒物である。しかし、上述したように、このガスは不安定で、たとえ、生成されたにしても急激に分解し、その毒性を失うので、クローズドシステムで木材を炭化する限り、問題を生じない。ＣＣＡおよびＰＦ系防腐薬剤で処理された木材から作られた木炭に残留する砒素は三酸化二砒素と思われる。三酸化二砒素の経口毒としての致死量は1～2.5 mg／kg（体重）である[8]。5価の砒素化合物（たとえば、五酸化二砒素や砒酸）は三酸化二砒素のような3価の砒素よりかなり毒性が小さい。亜急性砒素中毒は摂取開始後間をおいてから症状が現れる中毒である。その症状が自然発生的な病気のように見えるので、砒素が古くから殺人に使われてきた。昭和30年頃起きた砒素混入のミルクや醤油事件では、毎日3～3.5 mgの砒素が摂取され、2、3週間後に症状が現れた。

クロムの場合[9]、3価の状態ではその毒性作用は問題にするに足らない。6価のクロムは皮膚に潰瘍を作り、鼻中隔穿孔を引き起こす。肺癌を引き起こす可能性もある。日本における労働環境での6価クロムの空気中の濃度は三酸化クロムに換算して、0.1 mg/m^3 以下になるよう定められている。世界各国でも同じような条件が採用されている。

銅は労働環境で有害質として作用する可能性がある。しかし、普通の環境では非有害物

である[10]。mg単位の銅イオンを摂取すると、嘔吐や下痢を引き起こすが、全身のひどい毒性の影響を患者に与えない。硫酸銅のような銅の塩をg単位で摂取すると（一般に、自殺の目的であるが）、深刻な毒性の影響が出てくる。

銅は、クロムとともに、微量ながら、動物（人間）の健康に必要な元素である。

６．４．３　ＣＣＡ処理木材の熱分解

図６－５に示されているように、ＣＣＡ処理された木材の熱分解において、砒素は加熱温度の上昇につれてガス化する比率が増加する[11]。熱分解雰囲気に酸素が少なければ少ないほど砒素は固体となって、灰分に残る。他方、クロムと銅については、ＣＣＡ処理された木材を1000 ℃あたりの高い温度まで加熱しても、両者とも、ほぼ全量固体として灰分に残る[11]。したがって、500 ℃以下の温度でＣＣＡおよびＰＦ系処理された木材から作られた炭には、これらの薬剤に含まれる砒素、クロム、および銅の初期量がそのまま残ることになる。これに対して、1000 ℃以上の温度で炭化されると、炭には砒素は殆ど含まれず、クロムと銅がほぼ全量残留していることになる。

図６－６および６－７に示されているように、灰分に残った水溶性クロムと銅のは温度の上昇につれて減少する[11]。したがって、通常、ＣＣＡ処理木材の燃焼で生ずる灰分の中のクロムと銅は大部分不溶性の形をとると言ってよい。灰分中の砒素についても、その大部分が不溶性であると報告されている[12]。したがって、加熱によって生成される砒素化合物は水に対して難溶性の3価の三酸化二砒素であると思われる。クロムと銅は加熱によって、それぞれ、三酸化二クロム、および1価または2価あるいは両者の酸化銅になると思われる。三酸化二クロムは極めて安定で、容易には6価クロムには転じない。

６．４．４　ＣＣＡおよびＰＦ系防腐薬剤処理木材から作られた炭の毒性

砒素、クロム、および銅の生体に及ぼす影響については、不明な点が多く、今後の研究にまつところが多い。ＣＣＡおよびＰＦ系防腐薬剤処理木材から製造された炭に含まれるこれら３元素の化合物が水に不溶な形の化合物で存在するようである。今までのデータから判断すると、銅とクロムは問題となるような毒性の化合物とはならないように思われる。砒素についても木炭を直接摂取するのでなければ安全なように見えるが、土壌改良剤として使用する場合は、土中における砒素の挙動等について、研究する必 要があろう。

現段階ではＣＣＡ含有木材から作られた木炭の毒性または安全性に関して結論を出すことが出来ない。このためには、①炭化温度と関係づけながら、木炭に含まれるクロム、銅、および砒素の化合物を同定する。②木炭を使う場合、これら化合物の環境の及ぼす影響を明らかにするとうの課題を解決する必要がある。

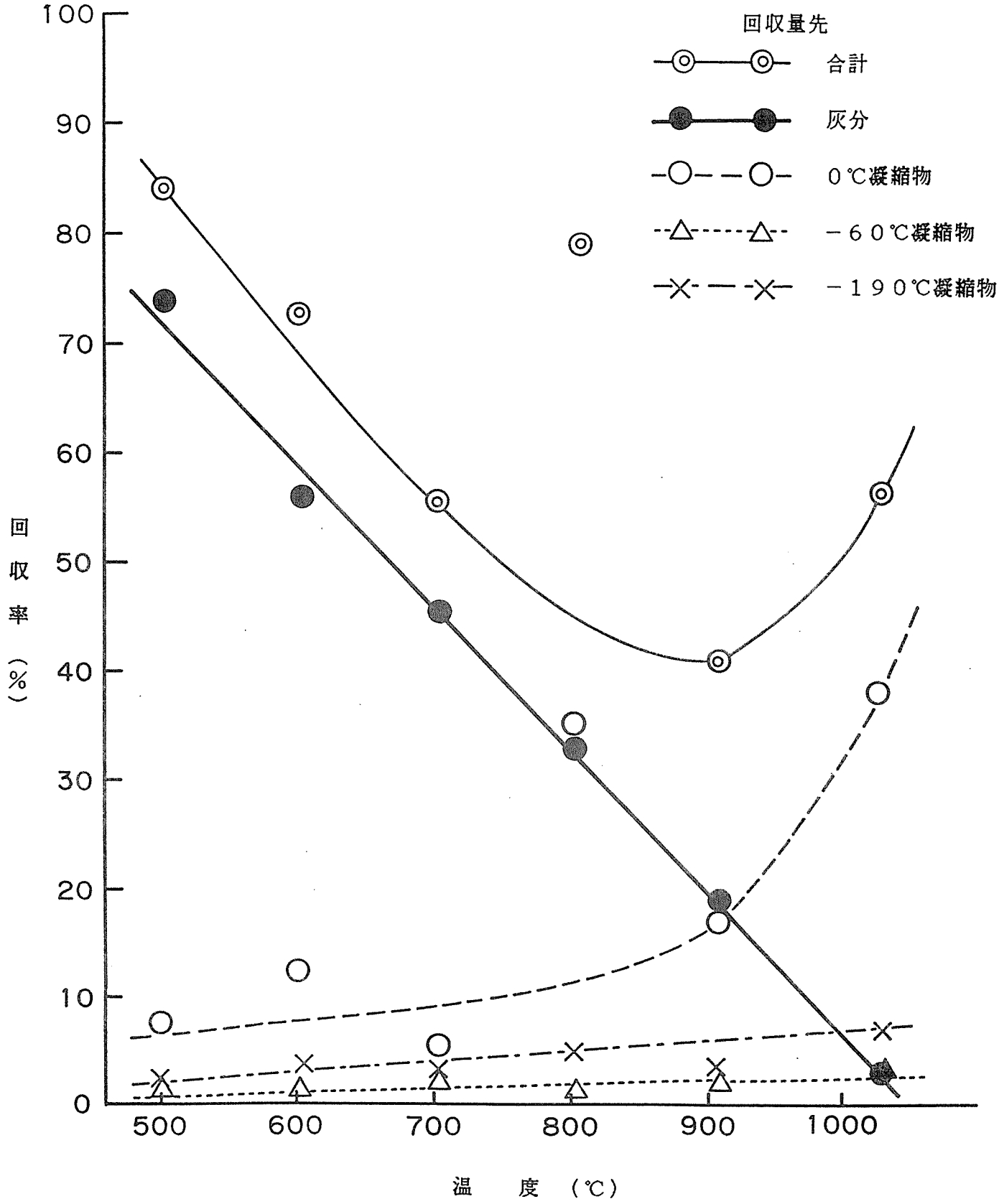


図6－5　加熱温度による砒素の回収量の変化

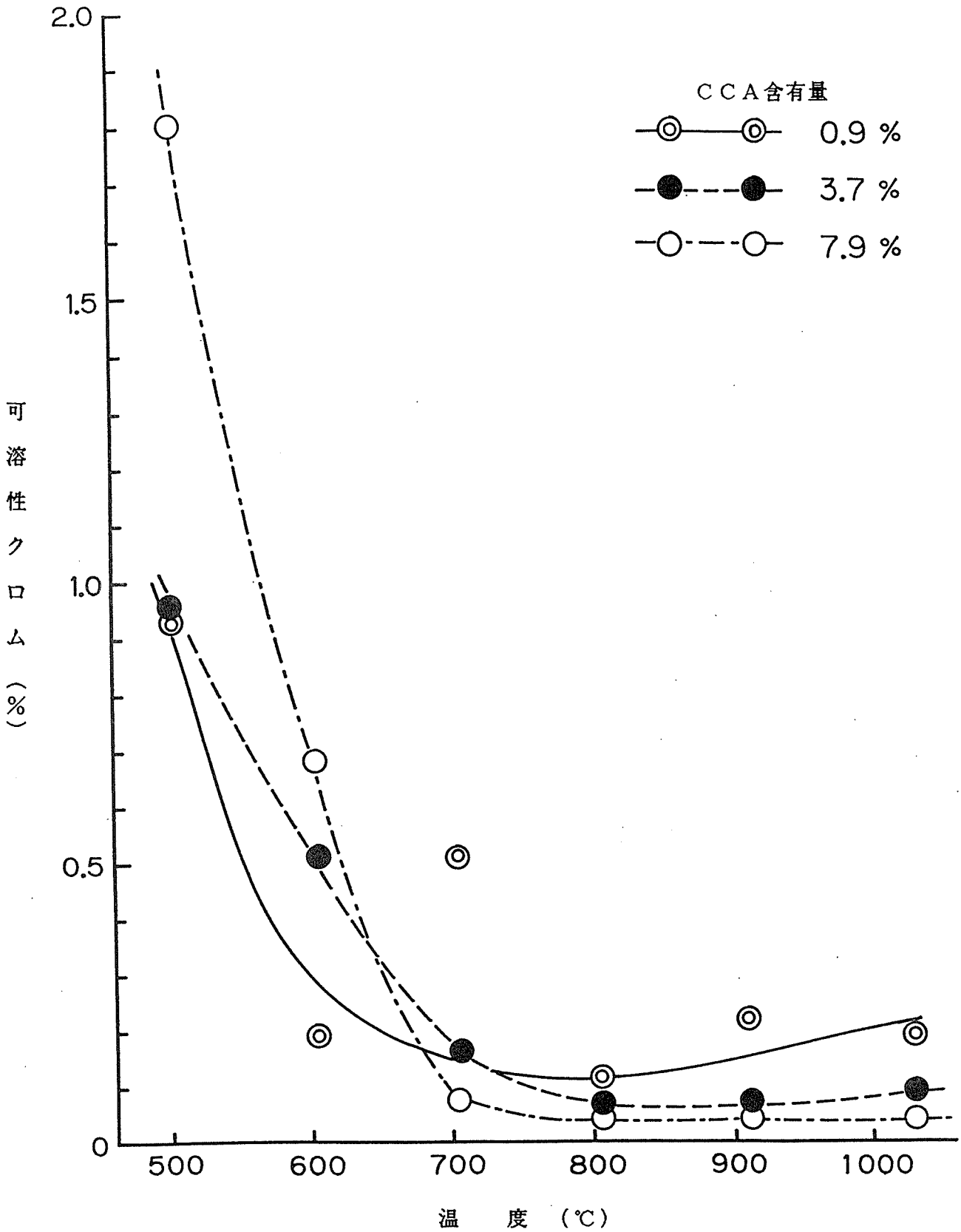


図６－６　加熱による灰分中の可溶性クロム量の含有量の変化

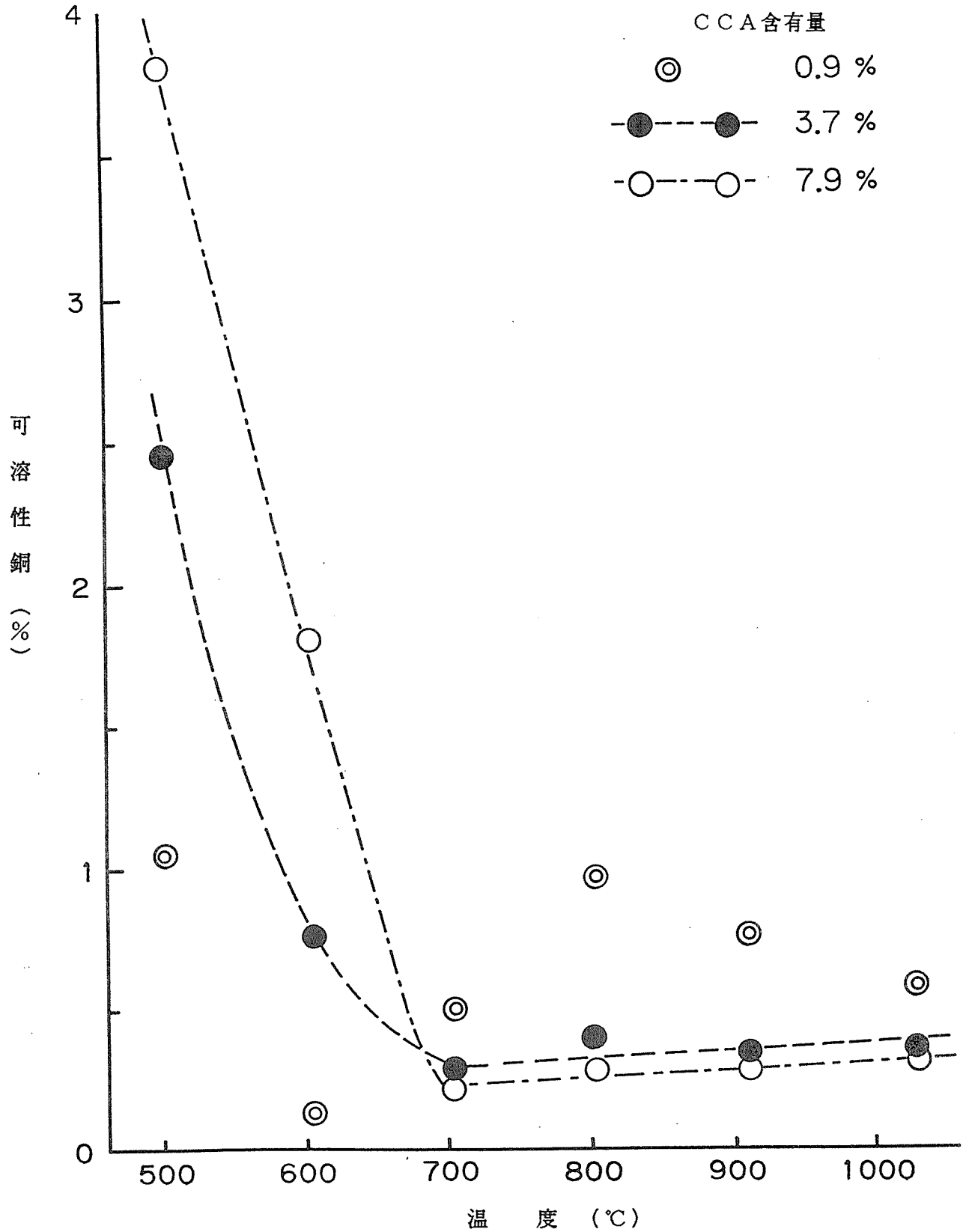


図６－７　加熱による灰分中の可溶性銅の含有量の変化

６．５　まとめ

木材の熱分解によって、高い発熱量および吸着能を有し、安定な炭化物、すなわち、木炭が出来る。燃料としてみれば、木材に比べ、木炭は単位熱エネルギー当たり輸送ストが安い。また、炭素固定能は、普通の状態では半永久に持続する。

木炭の国内消費量は近年増加しており、平成2年度では16万トン近い。この増加の主な理由は土壌改良剤用木炭の需要の伸びにある。土壌改良用木炭の原料は大部分廃木材で、木質廃材のリサイクル化に寄与している。

今後、木炭の注目されるべき分野として、土壌改良剤および吸着剤用木炭の製造工場を調査した。土壌改良用木炭の原料には大部分が建築解体材やパレット等の廃木材が、一部間伐材が使われている。製品の市場は主に施設園芸とゴルフ場である。今後、需要が益々伸びると思われる。

調査した吸着材用木炭の製造工場の特徴は木炭の超微粉末化である。超微粉末化によって吸着能の大きい種々の吸着紙製品が開発された。これらの製品は、建材、生鮮食品や生花等の輸送の市場等に需要が開拓されると考えられる。

調査した工場に関連する問題として、①炭収率の向上、②乾留ガスの利用、③木材破砕ダストの利用、④木炭調湿機能の定量化等があげられる。

今後、ＣＣＡ処理された木材が廃木材となって毎年出てくると見込まれる。これの有効利用をはかることが重要になってくる。この廃木材の炭化に当たって、その毒性が問題になる可能性がある。ＣＣＡおよびＰＦ系防腐薬剤には砒素、クロム、および銅が含まれる。砒素は1000 ℃のような高温で加熱されると大部分がガスになる。このガスには猛毒のアルシン含まれる可能性があるが、アルシンは不安定で短期間に酸化し、その毒性を失うので、クローズド系で炭化すれば問題がない。500 ℃以下で加熱されると、砒素は水に不溶の3価の固体化合物となる。クロムおよび銅も加熱されると大部分が水に溶けない固体化合物になる。したがって、ＣＣＡ等で処理された木材から製造された炭に含まれる砒素、クロム、および銅の大部分は水に不溶の化合物であると言ってよい。これら３元素の生体および環境に対する影響については不明なところがあるので、これらの元素を含む木炭の安全性については、現段階では結論を出すことが出来ない。これに関しては、今後これら３元素の化合物を同定し、生体と環境に対する影響を究明する必要がある。

文　献

1) 林業試験場監修：”木材工業ハンドブック”、丸善、1982、p. 871～915。
2) たとえば杉浦銀治：グリーン・エージ、18(12)、15(1991)。
3) 北寒地研：”床下空間における木質炭素の湿度抑制効果に関する実験報告書”、1991,

pp. 1-121.
4) 藤田普輔、安部弘恵：41木材学会大会要旨、1991, p. 15.
5) 中野達夫ら：42木材学会大会要旨、1992, p. 46.
6) 葉石猛夫ら：42木材学会大会要旨、1992, p. 47.
7) 林産行政研究会：”木材需給と木材工業の現況”、林野庁監修、日本住宅・木材技術センター、1990, pp. 260～261.
8) WHO："Environmental Health Criteria 18, Arsenic"、WHO, 1981, pp. 1～174.
9) National Research Council: ”環境汚染物質の生体への影響２、クロム・バナジウム”、木村正巳ら訳、東京化学同人、1981, pp. 3～110.
10) National Research Council: ”環境汚染物質の生体への影響１２、銅・鉄”、木村正巳ら訳、東京化学同人、1981, pp. 1～107.
11) 平田利美："Pyrolysis and combustion toxicity of wood treated with CCA"、J. Wood Sci. Technol. に投稿中、1991.
12) Dobbs, A. J. and C. Grant: Holzforsch., 32(1), 32(1978).

7　木くずの回収・処理技術

7．1　木くずの回収品質ランク

木くずは種々の産業分野から排出されるが、リサイクルを推進するには木質以外の異物が混合しない様、分別回収することが資源化率を向上することになる。この事は、誰もが判っていることではあるが、どの産業界も廃棄物の扱いに費用を掛けることができないのが現状であろう。

回収する木くず形状と性質，異物混入状態から品質的にランク付すると下記４段階位に分けることができる。

Ｐ　：　パルプ向　上質チップ材
Ｓ１：　段ボールパルプ，ハードボード(繊維板)向　中質チップ材
Ｓ２：　パーチクルボード(削片板)向　中・上質チップ材
Ｓ３：　燃料向　チップ材

7．1．1　木くず発生場所と品質（表7-1）

	発生場所	形状・性質	混入異物	品質ﾗﾝｸ
木材加工	合板工場	丸太端切,加工廃材,加工残材	石，砂	P，S1
	製材工場	丸太端切,加工廃材,加工残材	石，砂	P，S1
	住宅部材加工工場	プレカット残材	石，砂	S2
	建材家具製造工場	加工残材，不良品	紙，塗料，釘，プラスチック	S2
物流	流通センタ大規模倉庫	廃パレット	鉄釘	S2
	港湾荷受場	梱包解体廃材	鉄釘	S2
建設	住宅解体現場	軸材	電線，釘	P，S1
		板材ミンチ類	ﾋﾞﾆｰﾙ，非鉄金属	S3
	建築工事現場	型枠，残材	紙，段ボール	S3
		混合木くず	ビニール	S3
廃物	木質家具の下取廃却場	複合廃材	鉄,非鉄金属,塗料	S3
	粗大ごみ(木質)集荷場		石,砂,ﾌﾟﾗｽﾁｯｸ,紙	

７．１．２　木くず処理と処理チップ利用

現状木くずを回収し利用されているものに（表7-1）の様な場所から排出される形状の木くずがある。合板や製材工場から出るものは異物の混入量，種類も少なく、チッパ機で切削加工しパルプ原料として利用されている。又、プレカット加工工場の残材や家具製造工場の木くず，廃パレット，梱包廃材等も破砕加工し、切片板の原料（Ｓ２チップ）として利用されている。

木造住宅の解体現場や建設現場から出る廃木材は手選別で軸材と板材に分け、軸材は異物（電線，ワイヤ，ビニール，プラスチック等）を目視選別した後、チッパ機で切削加工しＰチップとして利用している。板材で異物除去困難なものは、破砕加工し燃料用Ｓ３チップとして利用している。又、異物の量や種類が少なく鉄釘類だけの場合は、磁選機で磁性物の除去を行ない、削片板用Ｓ２チップとして利用している。

以上の様に木くずは回収する品質ランク別に処理し、その処理物は異物混入量や混入種類によって適用できる利用先受皿を設け、一定量以上の供給をすることが重要である。

７．２　現状の木くずチップ製造技術

（別紙添付資料「Ｆ社のチップ製造設備と主要機種の紹介」参照）

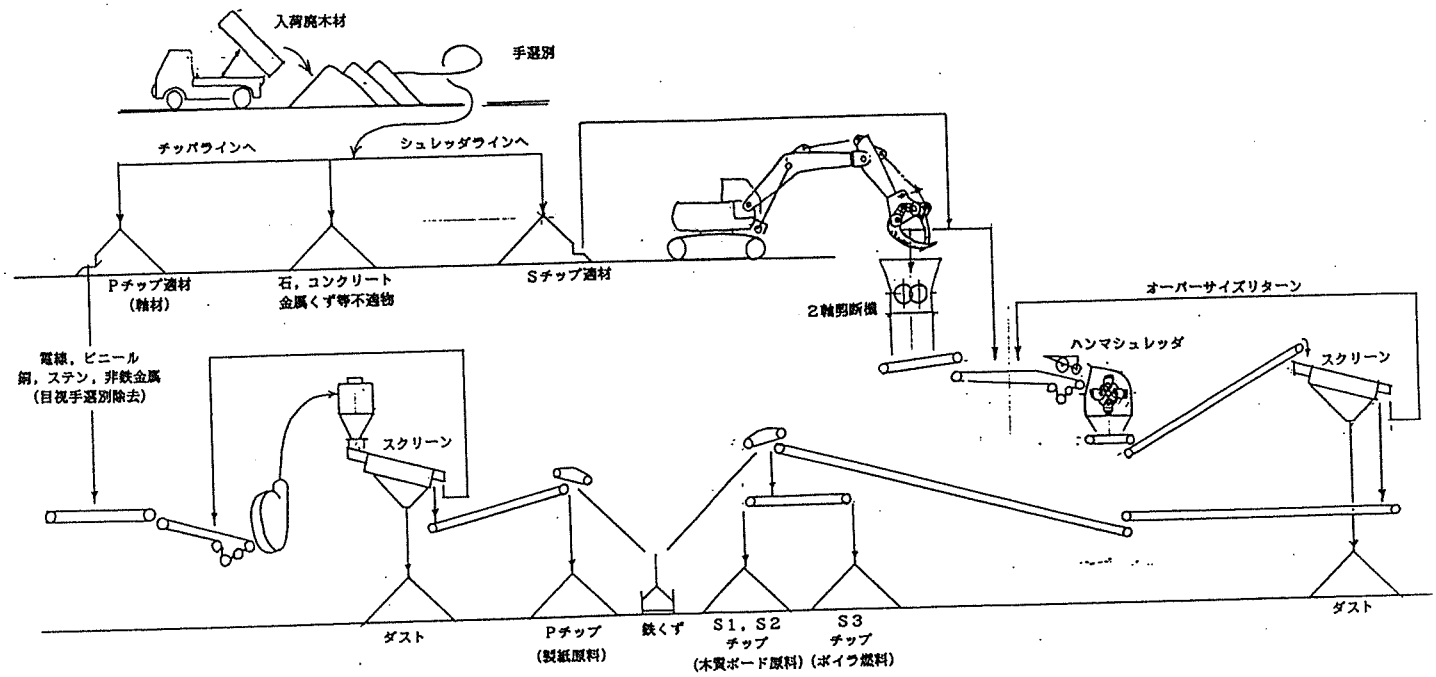
木くずとして発生したもので混入物が目視手選別可能でないものは処分場に運搬され埋立されるか焼却処分される。リサイクル可能材であると判断されたものは木質廃材中間処理場（図7-1参照）に運ばれ、更に軸材（Ｐチップ適材）と板混合材（Ｓチップ適材）とに仕分けられる。

軸材はチッパラインで切削処理され、選別機でダストと製品とオーバーサイズにふるい分けられ、オーバーサイズはリターンされ、製品チップはパルプ工場に売却される。

板物で混合木くずはシュレッダラインに重機で挿入する。形状の大きな廃パレットや梱包枠は一次破砕（２軸剪断機）で粗破砕し、二次破砕（ハンマシュレッダ）に搬送される。板物のバラ材は二次破砕機に直接投入する。破砕された針状のチップは磁選機で鉄くずを除去し、選別機でダストと製品とオーバーサイズにふるい分けられ、ダストは燃料にオーバーサイズはリターンし、製品チップは第二磁選機で鉄分を除去する。

製品堆積コンベヤは正逆転式でボード原料（Ｓ１，Ｓ２チップ）となるものは正転堆積し異物の混入が多い場合は逆転しボイラ燃料（Ｓ３チップ）として分けて堆積する。Ｓ１，Ｓ２チップは木質ボード原料として売却し、Ｓ３チップとダストはボイラ燃料として売却している。

木くずチップ製造フローシート　図7－1



7．3　木くずチップを原料とした問題点

製紙パルプ製造工程で、硬くて重たいもの（石，砂，金属片，ガラス，陶器類の破片等）の異物が混入すると製造設備の稼動率を低下させ、生産能力を最大限に発揮することができなくなる。塩ビ等のビニール系異物は紙製品の品質を低下させ、不良品率を増大し低価格チップを利用するメリットがなくなる。又、木質ボード製造工程でも同じく異物混入による製造ラインの部分損傷など保守管理費の増大で稼動率低下がある。製造設備に支障なく生産できるとしても、ボード製品として硬い異物が混入していると木工機等の二次加工(型切加工、溝加工等)の機械加工での刃物損傷や加工不良を発生させることがあり、不適材料として返却や損害賠償を求められるケースもある。不純物が混入してもボード製品として可能な低級の品質商品を承知で製造販売するコストメリットはない。

７．４　木くずチップの異物分離除去装置

７．４．１　現状の技術

木くず中間処理場のチップ製造施設で生産されたチップは専用コンテナ車で輸送される。パルプ工場やボード工場のチップサイロに供給されるが、その前に一旦チップヤードに降ろされ、異物分離除去処理(チップクリーニング)される。

処理方法はチップ品質グレードによって違うが、チップウォッシャ(水洗装置)を使用しているところ、振動篩とエア分級装置を併用した乾式のエアクリーナを使用しているところ、又、双方共使用しシステム化しているところと様々であるが、異物混入率純度で満足されているところは少ない。

７．４．２　水洗装置（図7-2の一次クリーニング参照）

水洗式を採用する場合はチップ見掛容積に対して、水との混合撹拌，沈澱槽のチップ移送時の水との混合比は水１m^3に対してチップ見掛容積０．１５m^3（チップ見掛容積２５０kg/m^3とするとチップ重量≒３８kg)以下でないと比重差２倍位の異物の分離はできない。即ち、水１tonに対してチップ３８kg以下の混合撹拌をする装置が必要である。この場合、チップ重量に対して約３０％の水を吸収持ち出しする。　チップ１ton(見掛４m^3位）処理につき、３００ℓ位の水を吸収する。
依って、後処理水切設備が必要である。水の循環使用，ヘドロの濾過等水の保守管理に費用を掛けなければならないし、チップ輸送コストはＵＰする。

７．４．３　乾式のエアクリーナ（図7-2の二次クリーニング参照）

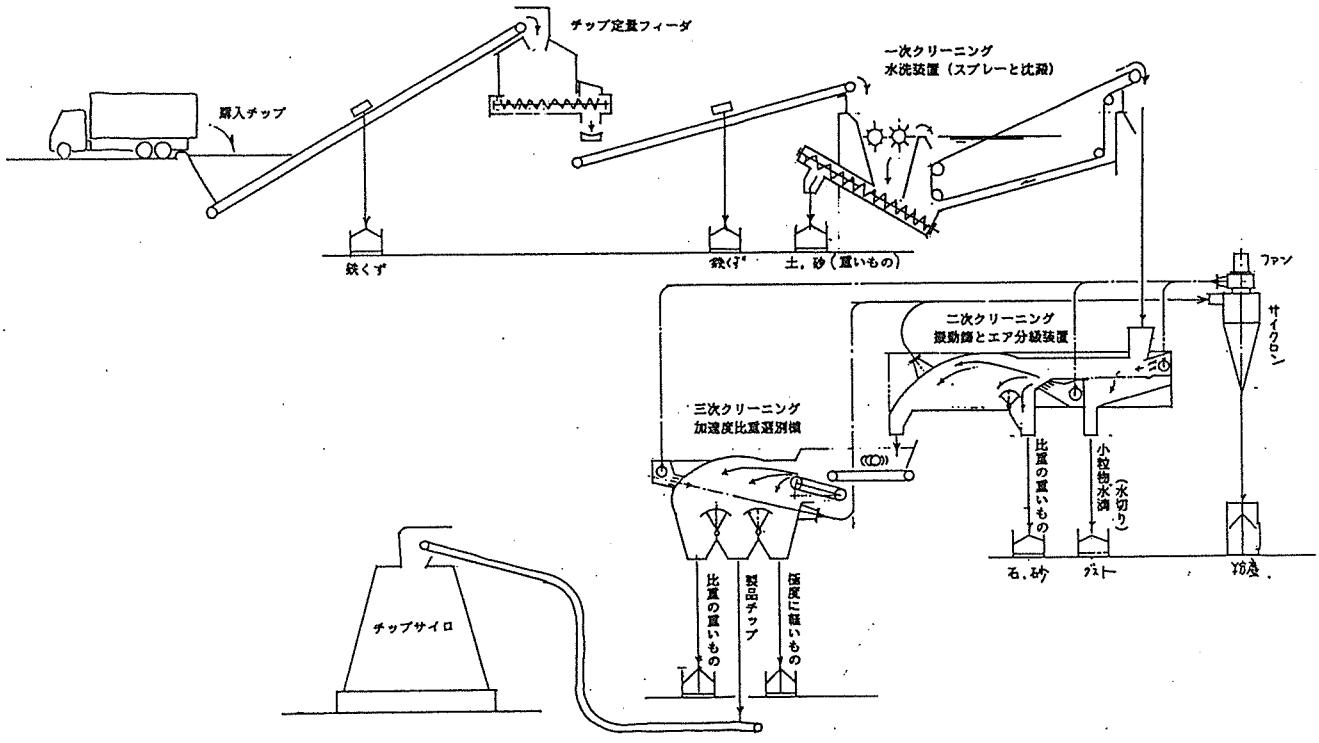
乾式の異物分離除去装置は、電気代とスクリーンプレート等の消耗品以外の費用は不要で、しかもチップの含水率上昇というデメリットもなく採用数は多い。しかし、異物混入率純度にしてはまだまだでチップ使用者側の満足度は低い。
第１段階の振動篩機で木質チップに付着している小石，金属片，ガラス，陶器類の破片等を分離し、０.５mm以下のものは風力によって木質ダストと共に吹き上げ、重い０.５～０.１５mm位のものは網下に除去する。第２段階の振動篩部でチップは下部からの風力によって木質チップは前方に風送移送され、１.５～４.５mm位の重いものは飛ばされずに下方に落下分離される。しかし、風力移送によって運ばれるものの中に木質チップに類似したプラスチック類が混入するので異物混入純度は１００％ではない。木片セメント板や低級の削片板の増量材として使用する原料チップであればこれで充分であるが、パルプ用や繊維板のチップとするには今一度の異物精選機を設けなければならない。

７．４．４　加速度比重選別機（図7-2の三次クリーニング参照）

パルプ用や繊維板用のチップとするには特に乾式のみで、異物除去をする場合は最終分離除去装置として加速放出による比重差分級クリーナを採用し比重の高い小粒物（非鉄金属，ガラス，陶器類等の破片）を除去することが望ましい。

加速スピードは、１０～１５km/hr（２.５～３.８m/sec）で放出、比重の高い硬いものは遠くに、木質比重は中間に、又、極度に軽いものは近くに落下させ、異物混入率純度をＵＰさせることが必要である。

木くずチップ異物分離除去処理フローシート　図７－２



７．５　木くず回収・処理再利用技術のまとめ

１）木材製品の使い捨て焼却は出来るだけ避け、再利用をする様になるには木くずと他の物質を回収時、又は集荷時に目視粗選別をした後、チップの利用先に適した品質ランク別に木くずを処理することである。

２）木くずに混入している異物が磁性物(鉄釘等)だけの場合は、磁選機を何段階にも設けることでかなりの良質チップとなるのでチップ処理ラインの堆積部は原料用，燃料用に分けて堆積することである。

３）木くず中間処理施設は、木製粗大廃棄物を粗破砕できる２軸剪断機のような一次破砕機を設け、燃料用Ｓ３チップとして機械的処理できるようにすることが必要である。

４）低品質(燃料用)チップを機械的処理によって異物を除去し、原料として適正なものにすることがリサイクル化を促進することである。

５）今までに燃料用としかならないＳ３チップを生産している木くず中間処理場へ安価に異物混入率純度を上げることが、木くずを原料としてのリサイクル化に繋がることである。

６）木くずチップの異物分離除去装置には水洗式(湿式)，乾式エアクリーナ等があるが、乾式だけで処理し混入率純度を上げるには第２，第３の併用異物除去精選機の様なものを設けて純度を上げる処理技術を確立することである。

<参　考>

F社のチップ製造設備と主要機種の紹介

1．はじめに

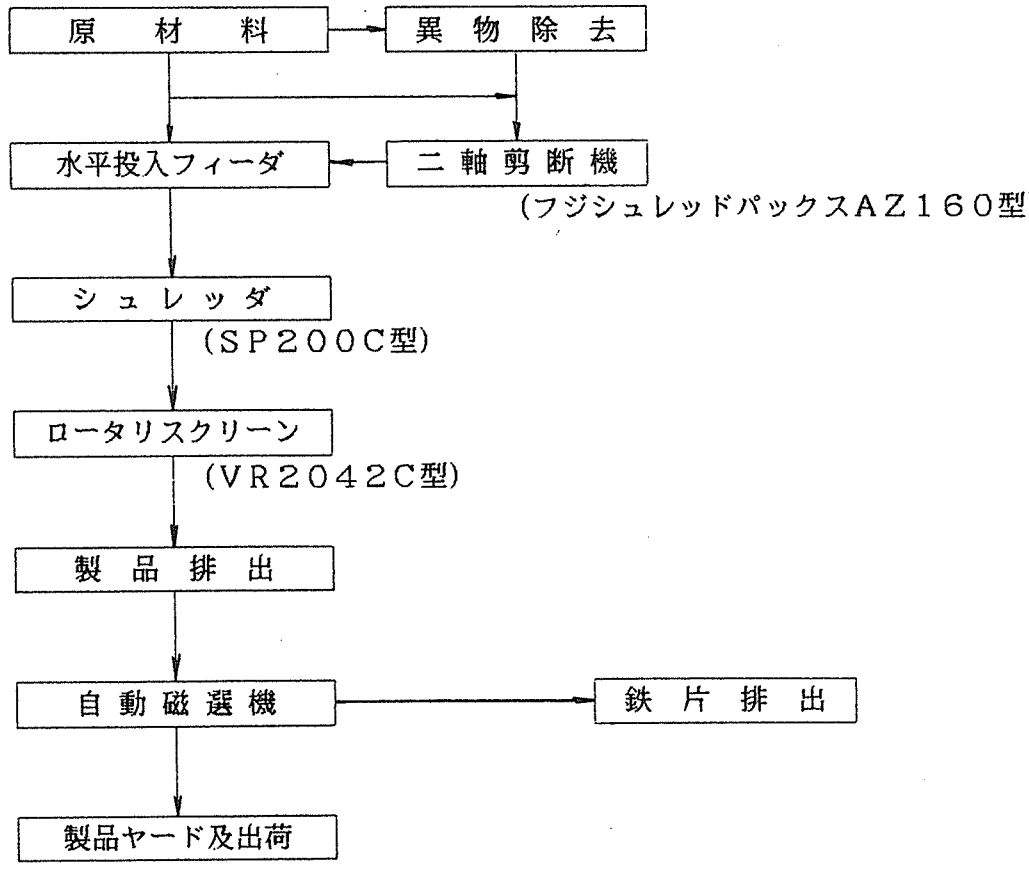
F社の製造設備にはディスクタイプチッパ（キングチッパＫＣＨ型）を主要機種とする汚れの少ない、又金属異物を除去した梁，角材からパルプ用チップを製造する設備二軸剪断式シュレッダ(シュレッドパックスＡＺ型)と回転衝撃ハンマタイプシュレッダ（ＳＰ型）を主要機種とする比較的不純異物の少ない小形角材、コンパネ、フラッシュドア，伐根等からパーティクルボード原料（比較的高質チップ）やボイラ燃料用チップ（低質チップ）を製造する設備等がある。

ここでは後者の製造設備について主要機種、シュレッドパックスとＳＰ型シュレッダについて紹介する。

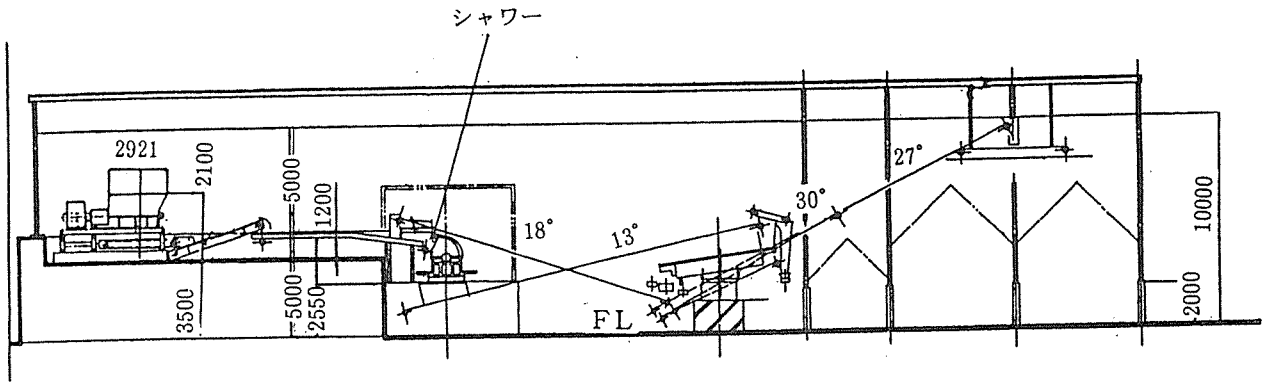
2．設備の概要

このプラントは木質系廃材、特に産業廃棄物、家屋解体材、製材及び木工屑等を対象に破砕処理し、鉄片を分離して所定のサイズのボイラ燃料とボード用原料を生産する。

3．工程と操作



配置断面図



1）原材料に含まれている過大な異物ビニールシート，スチールバンド，カスガイ，アンカーボルト等、予め除去する。

2）伐根，木製家具，窓枠等大きなサイスの原料はワイドな投入口と強力な剪断力を有するシュレッドパックス（ＡＺ型）で粗破砕する。

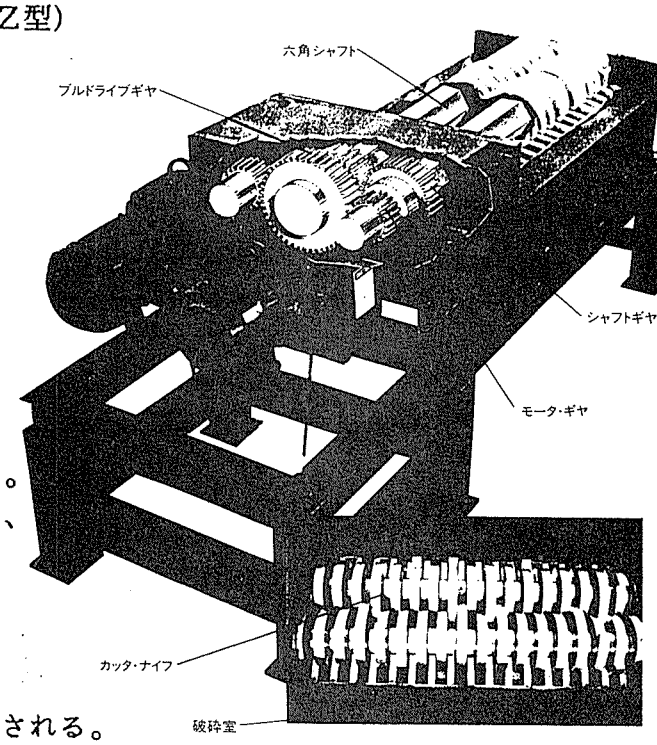
3）比較的小さなサイズの４寸角材、小柱、枝材、コンパネ、板材の原料とシュレッドパックスで一次粗破砕された原料を水平投入フィーダを経て、ＳＰ２００Ｃ型シュレッダで細破砕する。
シュレッダの下部には一定サイズにするスクリンバーが装着され、製品チップはこれを通過して排出される。

4）ＳＰ２００Ｃ型シュレッダで細破砕されたチップは、次工程の２段デッキのロータリースクリーン（ＶＲ型）で所定のサイズのアクセプトフローとオーバサイズ及びダストのリジェクトフローに分離される。

5）分級されたアクセプトフローから次工程のコンベヤ上に数ケ所設置された自動磁選機により磁性物を分離した後、製品ヤードへ運ばれる。

4．主要機種の特長と仕様

1）二軸剪断式シュレッダ（シュレッドパックス ＡＺ型）



＜概　要＞

本機は低速強力トルクの二軸剪断シュレッダで7300余台の納入実績を有する SHRED PAX CORP.（米国）との技術提携品である。

構造は二本の平行する軸が互いに内側方向に回転し、その軸には一連のカッタナイフが固定され、一方の軸が 26r.p.m.、他軸が 22r.p.m.と異なった回転スピードで低速回転する。

図(1)は軸上に装着固定されているカッタナイフを示しているシュレッドパックスの概略図である。

各カッタには剪断作用をするフックがついており、フック数は対象処理物により様々だが、1~ 6ヶ所、通常は 1~ 2ヶ所である。

駆動方法はギア減速機経由の直結モータ駆動方式を採用している。２台のモータがセットされ、合計馬力がギアボックスを経由し２本の軸へ伝動される。

この為、カッタナイフは難破砕物が入ってきた時、２台のモータの馬力が切削切断に効果的に使われる。油圧方式でない為、電動機エネルギーが油圧パワーに変換される時に生じるエネルギー損失がなく、馬力が 100%カッティングに与えられる。

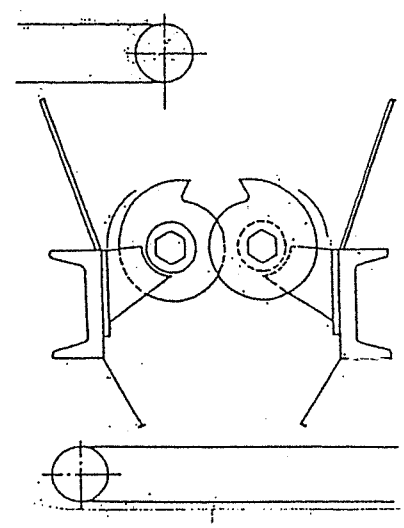
シュレッドパックスの軸は六角形に加工され、材質は特殊超合金鋼の為小径で良くこれによりカッタナイフの小型化が可能になった。結果 36%もモーメントアームを短かくしても同じ切断力を得ることができる。

切削室へ投入された原料は、互いに噛み合うように内側方向へ回転する二軸の中央へと向かって移動する。

これ等の原料は異なったスピードで回転するカッタフックの剪断、引裂作用で小さく破砕されていく。破砕物は切削室底部からコンベヤ上へ落下する。万一、破砕不可能なものが投入された場合、シュレッダはその破砕困難物を除去するため停止する。これは自動反転機構が圧力感知装置により作動するためである。破砕困難物が入ってくると軸が一秒間停止した後、約一回転逆転する。その後、一秒間停止し、再び正回転し始める。

２軸剪断式シュレッダは水平軸のハンマミルシュレッダに比べ破砕サイズのコントロールは難しいが動力消費が少なく、作業の安全性には特に優れている。動力消費は、同じ破砕で同速のフィードスピードの場合、衝撃ハンマタイプのシュレッダのそれと比べ 10～20%少ない。剪断シュレッダは処理量１ton当り 6~8kWH 位である。揮発性の容器が投入されても衝撃破砕がなく、低速回転カッタのため引裂作用のスパークが発生しにくく爆発の危険性は少ない。

図（1）



<特　長>

・柔らかい物（ゴム，布等）から堅い物（スチール家具）まで広範囲の混合廃棄物に最適である。

・ワイドな投入口で家具，パレット等そのまま一括投入できる。

・刃物は長寿命タイプ。乗用車タイヤ１００万本を刃物交換することなく、処理できる。

・低速回転で連続剪断する為、低振動，低騒音，低粉塵等二次公害を発生させない。

・独自の反衝撃タイプ減速機構で５倍の衝撃負荷を吸収する堅牢な機械である。

・超合金鋼六角シャフトを採用した特許プレイコントロール機構によりシャフトの全周全長に力を分散。無理なくコンスタントな破砕が可能である。

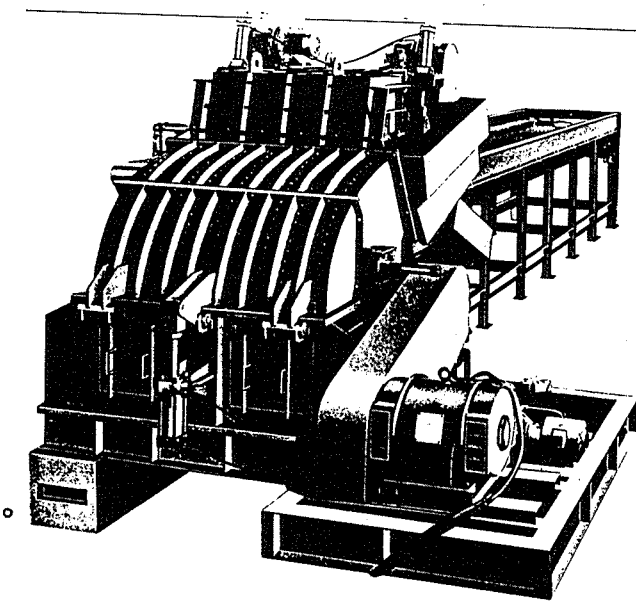
・伝動率１００％の直結駆動。短かいモーメントアームにより低馬力で大きなトルクの強力剪断力を実現する。

・破砕困難な処理物が投入された場合、過負荷センサーにより正逆転を繰り返し、機械を保護しながら自動的に連続運転する。

<仕　様>

型　　式	AZ-160	AZ-80	AZ-45	AZ-45P
モータ容量(KW)	55KW×2台	30KW×2台	15KW×2台	15KW×2台
モータ(型式)	3相、全閉外扇			
電　圧　(V)	220V/200V又440V/400V			
周波数　(Hz)	60Hz/50Hz			
重　量　(ton)	18.0ton	8.1ton	2.6ton	2.8ton
破砕室の巾(内側)	1,118mm	813mm	508mm	508mm
破砕室の長さ(内側)	2,413mm	1,575mm	1,093mm	1,346mm
ナイフ数	34枚	32枚	34枚	42枚
標準ナイフ厚さ	70mm	47mm	31mm	31mm
ナイフ配列	御要望(処理物)に合わせます。			

2）回転衝撃ハンマタイプシュレッダ（ＳＰ型）



＜特　長＞

ａ．強力な粉砕力

本機はハンマ回転数が多くハンマ重量も大きいので強力な粉砕力が発揮される。

ｂ．安定した能力

製品の排出されるスクリーンは格子型でスクリーン面積とその空間率が大きく、速い排出作用により安定した能力が得られる。

ｃ．耐久性と安い維持費

・ハンマは最も効率の良い枚数が設定され、刃先には特殊金属を溶着し、耐久性に優れている。摩耗した場合、再溶着処理することで再生使用できる。
過大異物に衝突しても３６０°フリーの状態でセットされ、緩衝される。
ハンマ取付孔は硬質ブッシュにて保護され、取付孔の摩耗に対してもブッシュの交換が可能。

・ハンマ支軸は特殊鋼に熱処理されている。摩耗した場合の交換が容易である。

・本機破砕室の内部はすべて交換可能な厚鋼板の内張が施され、長期にわたり摩耗は防止される。

・スクリーンは２分割され、破損や修理の場合も部分的な交換・修理が可能で経済的である。

＜仕　様＞

	SP150D	SP200C	SP350B
投入口　幅×高	W1,000mm×H750mm	W1,400mm×H750mm	W1,850mm×H700mm
動力	90～110kw	130～160kw	250～280kw
動力標準	110kw×6p	150kw×6p	250kw×6p
有効投入口　幅×高	W1,000mm×H350mm	W1,300mm×H350mm	W1,400mm×H450mm
ハンマ数	20	28	40
最大ハンマ数	40	56	80
粉砕回転径	1,120mm	1,120mm	1,300mm
回転数	1,000r.p.m.	1,000r.p.m	900r.p.m.
シュレッダフィードコンベヤ	W1,000mm×7,800mm×2.2kw	W1,200mm×7,800mm×2.2kw	W1,500mm×10,000mm×3.7kw
排出コンベヤ	ベルトW600mm	ベルトW800mm	ベルトW1,000mm
ピーク時最大能力（チップサイズ65mm以下）	5－6t/H	8－10t/H	15－20t/H
稼動月産能力	300～500t/25日	800～1,000t/25日	1,500～2,000t/25日
外型寸法	1,700×1,730×1,927H	2,080×1,730×1,927H	3,175×1,850×2,026H
重量	≒7,900kg	≒9,700kg	≒16,800kg

〈関係文献・資料〉

1　報告、資料

1）クリーン・ジャパン・センター「再資源化技術の開発状況調査報告書（木質系廃棄物）」1986年
2）クリーン・ジャパン・センター「再資源化技術の開発状況調査報告書（建設廃材）」1986年
3）建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業への廃棄物利用技術の開発報告書」1986年
4）大阪産廃事業協同組合「木質系廃棄物を燃料化する事業の確立」1987年
5）大阪産廃事業協同組合「建設木くずの発生及び処理状況に関する調査・研究」1988年
6）大阪産廃事業協同組合「廃木材チップ化システムの確立と最適規模ボイラーによるチップ燃焼システム」1989年
7）日本産業機械工業会「防腐木くずの処理技術に関する調査研究報告書」1986年
8）クリーン・ジャパン・センター「処理・再資源化技術の評価報告書」1990年
9）厚生省水道環境部「事業者による製品等の廃棄物処理困難性自己評価に関する技術マニュアル・解説」1988年
10）通産省立地公害局「今後の廃棄物処理・再資源化対策のあり方」1991年
11）科学技術庁資源調査会「木材工業廃材の利用に関する調査報告」1969年
12）森林資源総合対策協議会「低質材活用の現状」1965年
13）林野庁「低質材利用の現状と未利用残材活用の方向」に関する調査報告書、1965年
14）日本住宅・木材技術センター「省エネルギーのための木材利用促進に関する調査研究報告書」1980年
15）厚生省産業廃棄物対策室「建設廃棄物処理ガイドライン」1990年
16）厚生省環境整備課「日本の廃棄物」各年版
17）日本住宅・木材技術センター「木質系エネルギー活用促進調査報告書」1981年

2　雑誌

1）鈴木岩雄「ボード原料としての建築解体材」木材工業誌、1977年12月
2）建築業協会・建設廃棄物処理再利用委員会「解体木材の有効利用について(1)」木材工業誌　1981年７月
3）同「同(2)」同　1981年８月
4）同「同(3)」同　1981年９月
5）同「同(4)」同　1982年２月
6）鈴木滋彦他「解体木材を原料としたパーティクルボードの品質と性能」同 1985年1月
7）道正泰弘他「解体木材の建築用材への再利用に関する研究・第１報」同　1988年５月
8）平田利美「ＣＣＡ処理木材の焼却は危険か」同　1988年７月
9）浜田宗男「廃木材・再生利用を考えるために１」同　1991年３月
10）浜田宗男「廃木材・再生利用を考えるために２」同　1991年４月
11）東忠昭「廃木材の再資源化を考える」ウッディレター　1991年１月
12）五内川拡史他「米国廃棄物処理産業の戦略」財界観測　1991年８月
13）日本木青連広報委員会「解体材からパーティクルボード１」ウッディレター　1991年６月
14）同「同２」同　1991年７月

3　単行本

1）太田哲二「ゴミ恐慌1992年」1989年
2）村田徳治「廃棄物のやさしい化学、1巻、2巻、3巻」1989年
3）和気静一郎「ゴミって何？」1990年
4）河北新報報道部「東北ゴミ戦争」1990年
5）本田雅和「巨大都市ゴミと闘う」1990年
6）押田勇雄「都市のゴミ循環」1985年
7）寄本勝美他「現代のごみ問題、1～5」1982年
8）田口正己「ごみ問題百科」1991年
9）自治体問題研究所「ごみ問題解決のゆくえ」1991年
10）寄本勝美「ごみとリサイクル」1990年
11）高杉晋吾「産業廃棄物」1991年
12）本田淳裕他「建設系廃棄物の処理と再利用」1990年
13）同「ゴミのリサイクル」1991年
14）同「産業廃棄物のリサイクル」1991年
15）ごみ行政研究会「リサイクル時代のごみ行政」1992年
16）北日本新聞社編「ごみに挑む」1992年
17）植田和弘「廃棄物とリサイクルの経済学」1992年
18）石川禎昭「ごみ教養学なんでもＱ＆Ａ」1989年
19）環境庁リサイクル研究会編「リサイクル時代」1991年
20）後藤典弘「現代のごみ問題」1988年
21）桑原一男「建築廃棄物を斬る」1992年