
4-4 木質系建築資材

4-4-1 調査の狙い

木質建材は、住宅を始めとする建築物の構造用から、造作用、下地材、型枠材に至るまで、使用されていない建築物は無いと言えるほど使用頻度の高い建築資材であり、そもそも木質資源は、建築資材の他に、紙や肥料や燃料など多岐にわたる利用形態が存在している。本調査では、一般製材・集成材を始めとする建築資材を調査対象の中心に据え、そこから広がる再資源化ルートに関してヒアリングを中心に調査を行った。

木質系廃棄物は、産業廃棄物中の「木くず」、もしくは一般廃棄物として取り扱われる。この一般廃棄物／産業廃棄物の枠組みにおいては、廃棄物処理法（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）の規制の下におかれている。木質系建築資材の再資源化に関する特徴としては、解体材の再資源化又は縮減が義務付けられている事が挙げられる。しかし、実際には、製造段階からの端材（製品外副産物）の排出比率が非常に高く、解体段階の再資源化のみを考えていれば良い訳ではない。つまり、製造段階、施工・解体段階という二段階における木質建材の再資源化について考える必要があると言える。

本項では、製造段階に関しては全国第四位の素材生産量を誇る秋田県において、主に秋田スギから製材品を製造する工程を中心に調査を行った。また、施工・解体段階に関しては、秋田県ではなく、住宅着工が日本で最も盛んな首都圏を対象として調査を行った。実際に秋田県でのヒアリング調査において、製材品の出荷先を伺っても秋田県内への出荷は10%程度で、首都圏への出荷量が大半を占めている事から考えても、施工・解体段階の調査対象として首都圏を選定する事が適当と考えられる。

現状において、各段階の再資源化の取組が、全体のフローで見ると、どの様に関わり合い、どのようなバランスの上に成立しているのかを考察する事を目的としている。つまり、木質建材の関わる再資源化フローを俯瞰する事が目的である。

● 調査対象

調査対象とした団体・業者の一覧を以下に示す。

表 4-4-1 ; 調査対象一覧

業種	対象団体名	所在地	業務内容・特徴	調査日時
伐採	A 森林組合	秋田県北秋田郡鷹巣町	森林の保守管理、立木の伐採、販売を行っている。森林の荒廃・木材価格下落に対する危機意識が強い。	05, 09
製材加工	A 森林組合	秋田県北秋田郡鷹巣町	組合で管理する山から伐採した丸太を搬入、製材。間伐材や不良材などから木製堰堤を製作するなど木材需要の拡大を狙っている。	05, 09
	B 材木店	秋田県山本郡二ツ井町	昔ながらの小規模な材木店。秋田杉銘木を取り扱い、地産地消を掲げる建築家に材木を提供している。	05, 09
	C 製材工場	秋田県大館市	代々続く秋田スギ製材工場。今では珍しい桶樽製造も行っており、一本の丸太を効率よく使用し、できる限り廃棄物を出さない姿勢が根付いている。	06, 03/06, 07
	D 製材工場	秋田県能代市	秋田スギの製材工場。コンピューター制御のラインを導入し生産効率を高めている。木屑焚きボイラー燃料に自社発生樹皮を使用している。	06, 11
	E 製材工場	秋田県大館市	秋田スギの製材工場で、角材を主に製造している。自社でチッパーを保有し、また木屑焚きボイラーの導入も行っており、現在試験運用段階にある。	06, 11
	F 製材工場	秋田県能代市	機械化の進んだ大規模製材工場。原料は100%外材で、乾燥させた状態で輸入することが多くなっている。	05, 09
	G 集成材工場	秋田県大館市	主に輸入材の集成材工場。秋田スギの大断面集成材製造に実績がある。近隣に再資源化業者が存在せず、再資源化を行いにくい状況にある。	05, 09
	H 木材センター	秋田県大館市	原木市場を月2回開催。秋田スギ集成材工場を併設し、大規模ボイラーも導入している。	06, 03/06, 07
	I 集成材工場	秋田県能代市	国産ヒノキ材を主に原料とする集成材工場。化粧材も製造している。集成材工場ではかんなくずが大量に発生し、自社ボイラー燃料としている。	06, 09/06, 11
	J 集成材工場	秋田県南秋田郡五城目町	北欧・中欧から輸入した乾燥ラミナから集成材を製造している。ダイオキシン規制法制定によりバイオマス発電設備を導入した。	06, 11
	K プレカット工場	茨城県岩井市	月1200棟、約38万坪のプレカットを行う大規模プレカット工場。工場内発生端材はチップ化している。	05, 10
	L 卸売業者	秋田県秋田市	秋田県外にも展開する木材問屋。秋田スギの取扱量は約3割と比較的高い。客のニーズに応えるためにプレカット工場ももっている。	05, 09
	M 合板工場	秋田県秋田市	自家用バイオマス発電所をもつ大規模合板工場。近年のロータリー技術革新により生産量が増大している。	05, 11
	N フローリング製造工場	秋田県由利本荘市	中国大連に単板製造工場をもち、中国・米国からの輸入単板をフローリングに加工、最終仕上げのみを行っている。	06, 10
再資源化 (製材加工段階)	O チップ業者	秋田県能代市	能代周辺の製材所などから出る木材を回収・チップ化しボード工場や製紙工場に販売。また、回収した木材の中から製材できるものは製材している。	05, 09/06, 07
	P チップ業者	秋田県北秋田市	主な業務は解体工事だが、リサイクルセンターをもち、解体材から木質系チップを製造している。製造したチップのうち細かいものはS牧場へ販売。	06, 09
	Q 製紙会社	秋田県秋田市	購入したチップから製紙を製造。外材由来チップの割合が高い。	05, 11
	R ボード工場	秋田県能代市	チップ業者から購入したチップからパーティクルボード(PB)、樹皮ボードを製造。隣接するバイオマス発電所から乾燥用蒸気と電力を確保。	05, 11
	S 牧場	秋田県北秋田市	おが粉を購入して家畜の敷き藁として利用している。使用済みの敷き藁は牧場の隣で堆肥化している。	06, 07
	T バイオマス発電所	秋田県能代市	能代市に新設されたバイオマス発電所。樹皮の処理先として活用されている。	05, 09/05, 11
再資源化 (解体段階)	U チップ工場	横浜市金沢区	V工場と同系列の工場だが、受け入れ条件をゆるくし原料確保に取り組んでいる。原料の品質によって異なる用途のチップを製造している。	06, 12
	V ボード工場	東京都江東区	新築系廃木材・廃パレットなどを回収、PBを製造している。関東周辺でのバイオマス発電所の乱立により原料確保が困難になってきている。	06, 08
最終処分	W 最終処分場	秋田県大仙市	県が運営する大規模最終処分場で、平成75年まで使用予定。年間木屑処理量分量は1万tを超えるが、樹皮はほとんど入ってきていない。	06, 10
	X 最終処分場	秋田県潟上市	解体工事、収集運搬、中間処理、最終処分と幅広く業務を行っている。中間処理で製造したチップは製紙工場やボード工場に販売している。	06, 08

4-4-2 各段階での再資源化の取組

ここでは、木質建材が各段階においてどのような再資源化が行われているのかを調査結果を基に解説する。各段階というのは、伐採／製材加工／流通・施工／使用／改修・解体／中間処理（再資源化）／最終処分という様に大まかに分ける事が出来るが、ここでは秋田県の事例において1. 伐採段階、2. 製材加工段階、3. 再資源化（自社内利用）段階、4. 再資源化段階、5. 最終処分段階、に関する事柄の解説を行い、首都圏の事例において6. 再資源化段階に関する事項を整理する。

最終的に全体を網羅する再資源化フローの作成を行うが、ここでは説明の便宜上、調査結果から作成した再資源化フローを先に示し、説明を行う各段階の全体における位置づけを明確にしながら、本論を進めて行く事にする。（図4-4-1）

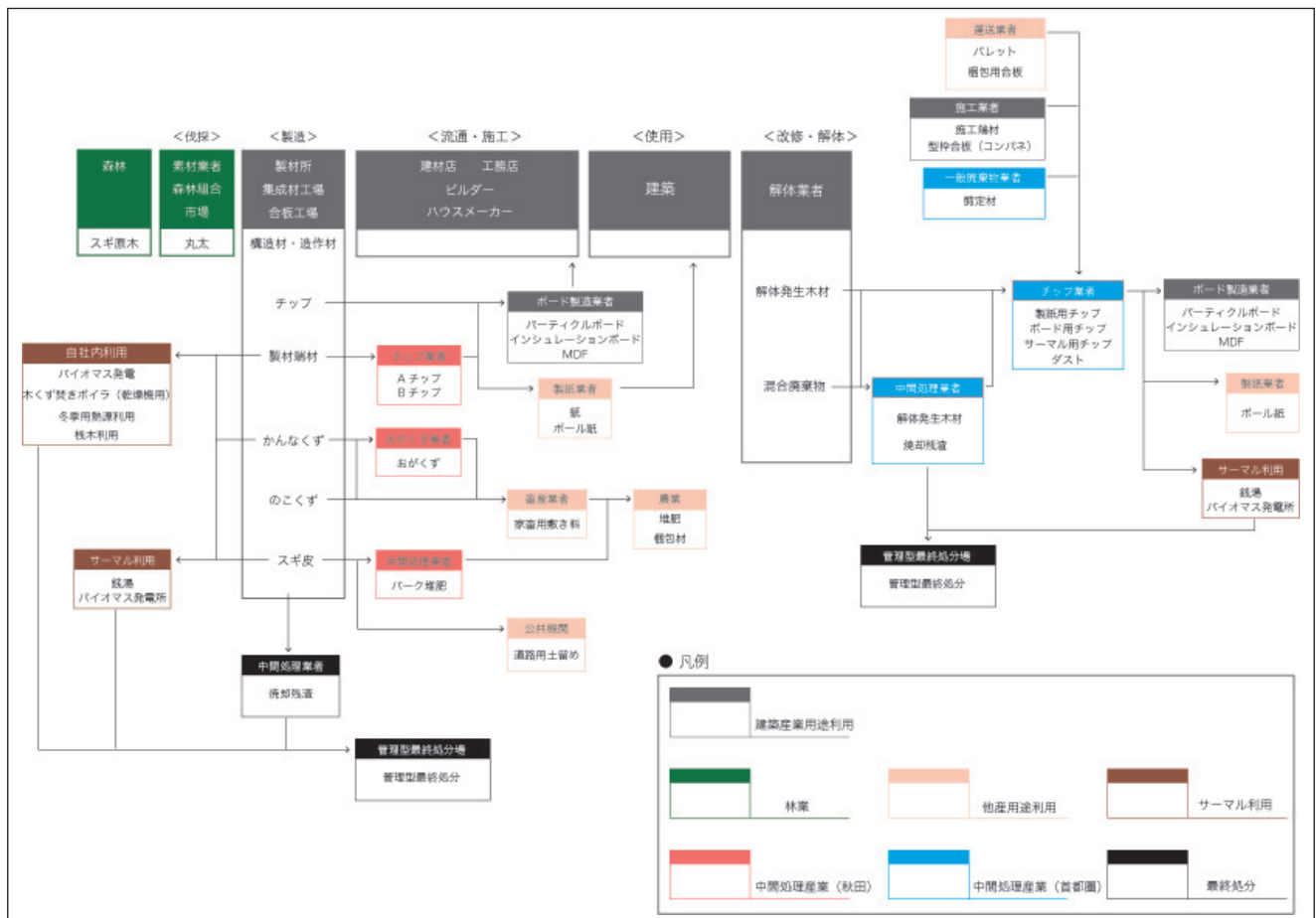
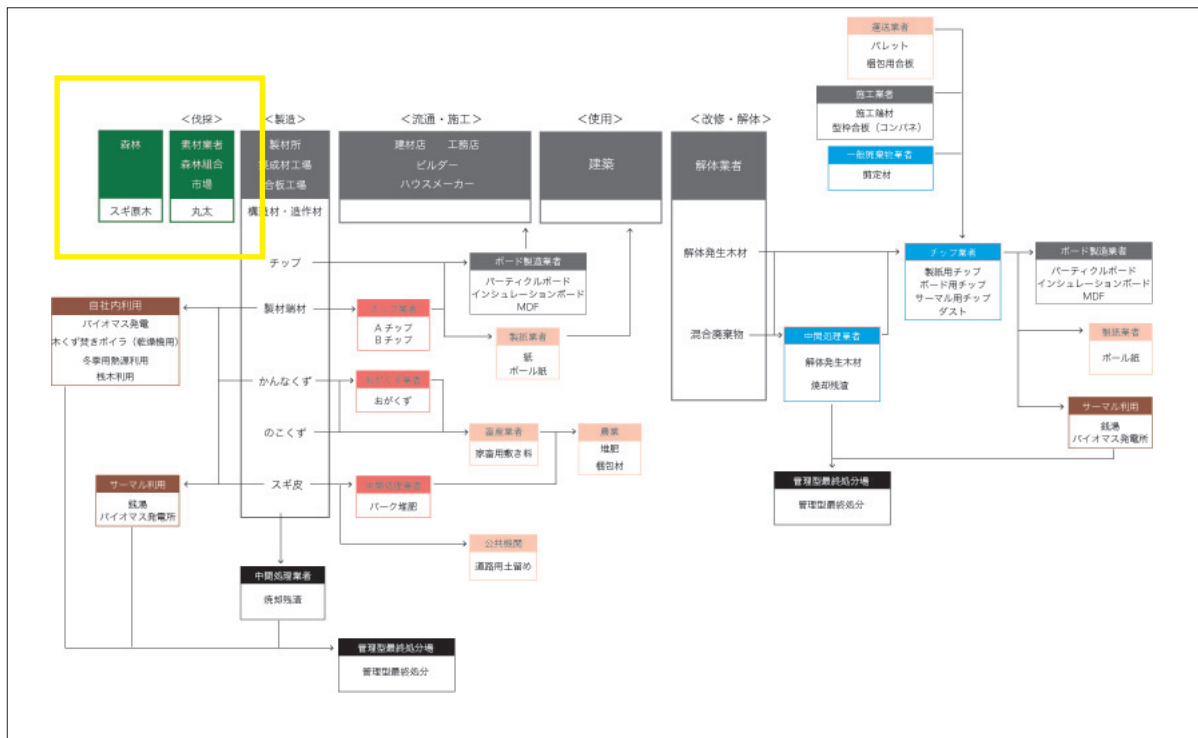


図4-4-1：木質建材の係る再資源化フロー



1: 伐採段階

＜関わる主体＞

素材生産者（林家）、森林組合、営林局、原木市場

＜事業内容＞

山からの伐採段階は、個人事業者（一定面積の山林を保有し、山林の保育、植林、間伐、主伐を行う者。素材生産者、林家と呼ぶ）と、森林所有者が共同して森林の管理や木材販売を行っている森林組合が係っている。日本における森林所有者の大部分は、所有する面積が極めて小さいために、「森林組合法」という法律に基づいて森林組合が中心となって活動している。内容としては、林道の開設や、植付、下刈、枝打ち、除伐、間伐などの森林施業や、病虫害の防除なども業務内容である。

＜再資源化に係る内容＞

この段階における再資源化に係る内容としては、一般的に言われる木質建材の再資源化に加えて、木・森林の循環という意味においての広義の再資源化の課題が考えられる。そのため以下では、二つを区別して説明し、前者を再資源化の取組、後者を大きな資源循環サイクルと呼ぶ事にする。

●再資源化の取組：間伐材、枝打ち材の有効利用

主伐および間伐において1 m³の丸太が立木から生産される時に平均して0.36 m³の枝葉と0.22 m³の末木や曲がり部分が利用されずに林地に残されている。これらの収集・運搬には費用が相対的にかかりすぎるので現状では利用が難しい状況にある。枝打ち材などの林地残材や間伐材などは、回収されたものに関しては、木材チップ化されることが一般的であり、その後ボード原料や製紙原料として再資源化される。また、バイオマス発電での原料化も行われている。

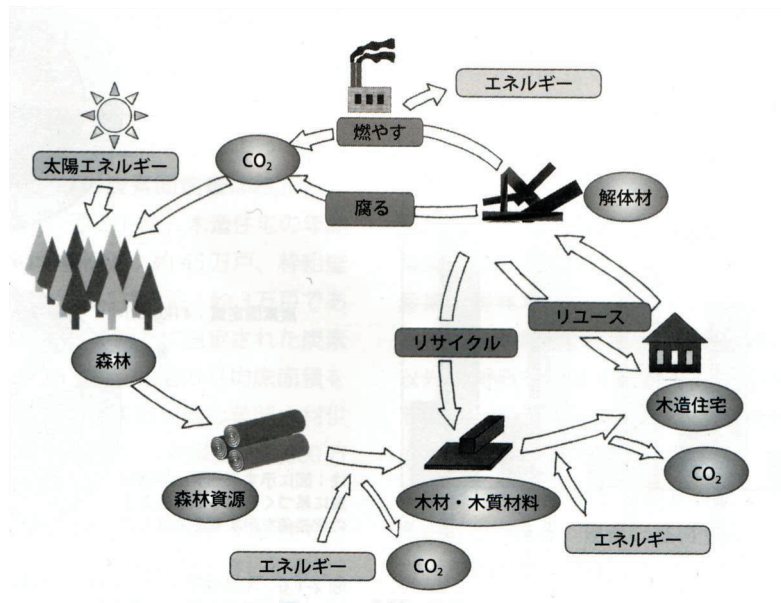


図4-4-2: 木材の大きな資源循環サイクル

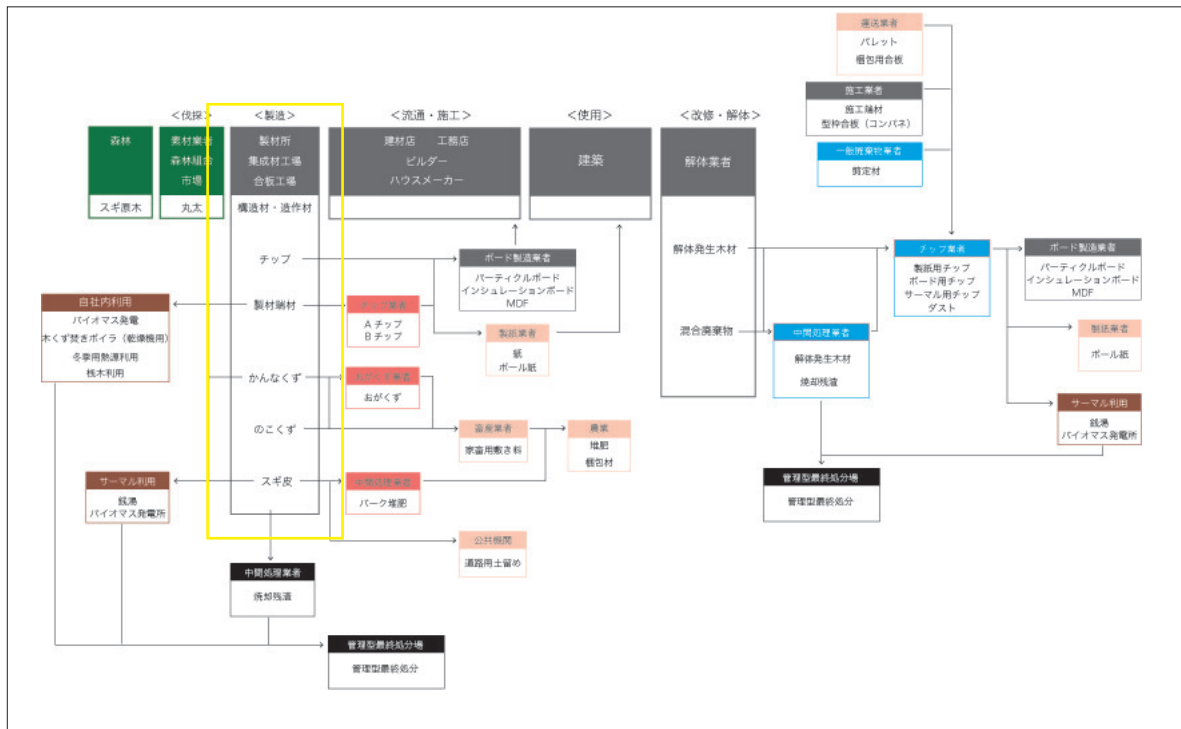
●大きな資源循環サイクル：森林保全の問題

木材は数十年から百数十年という比較的短い時間で再生可能な数少ない建築材料用資源の1つである。また、二酸化炭素の固定という意味においても、二酸化炭素を吸収し続けた木が、木材として使用されている間は二酸化炭素を固定し続け、さらに燃焼や腐朽によって、再び木の成長のための二酸化炭素排出する。つまり、数十年、百数十年のスケールで物質循環の輪を形成することが出来る。これを大きな資源循環サイクルとよぶ。この資源循環サイクルの維持のためには、森林を健全な形で保全する必要がある。

現在、秋田県のスギ人工林面積は366千ha（民有林:235千ha、国有林:131千ha）であり、蓄積量では、78百万 m^3 、民有林の蓄積は毎年2百万 m^3 のペースで増加している。また、25～39年生の林分が全体の45%を占めている。

秋田県は、永続的な林分面積を現在の約70%、170千haにする計画を立てており。標準伐期80年の法制林を考えると、1年あたり約20千haで、計画達成には伐採量を40年生以上の林分の蓄積量の4%、新規造林率を70%くらいにする必要がある。この場合10～20年後には伐期に達した人工林分が現在の2倍以上になるが、現状の需要量からすると合板用も含めると素材消費は十分に可能である。

しかし、需要が現状よりも低下することは確実である。新設住宅着工戸数はそろそろ頭打ちになり、次第に減っていく。木材は全体として供給過多であり、地域材利用の重要性が叫ばれている地域は「地産」量を吸収できるほど「地消」量がない状況に陥る。つまり、一般住宅用途のみでは使えきれないため、学校等公共の建築、道路・治山等の土木用、各種燃料、紙・パルプなど多彩な用途への適用が、森林保全という大きな資源循環サイクルの維持のためには必要になっている。



2: 製材加工段階

＜関わる主体＞

製材業者、集成材製造業者、合板製造業者など

＜事業内容＞

製材工場内での生産工程は、業者毎に異なっているが、基本的には原木→玉切り・仕分け・剥皮→大割・中割・小割など→製品選別・結束→製品出荷の順になっている。

使用原木材積における製品体積の割合を「歩留まり」という。製材工場における歩留まりは生産の内容によって異なるが、スギの一般製材の場合、主製品で50～65%、副製品（主製品を採材した残りの部分から取った材）も含めると70～75%程度である。

この理由としては、材積は直方体で考えられるため、丸太で搬入された時点で既に歩留まりは85%程度と見積もられている事がある。（図4-4-3）

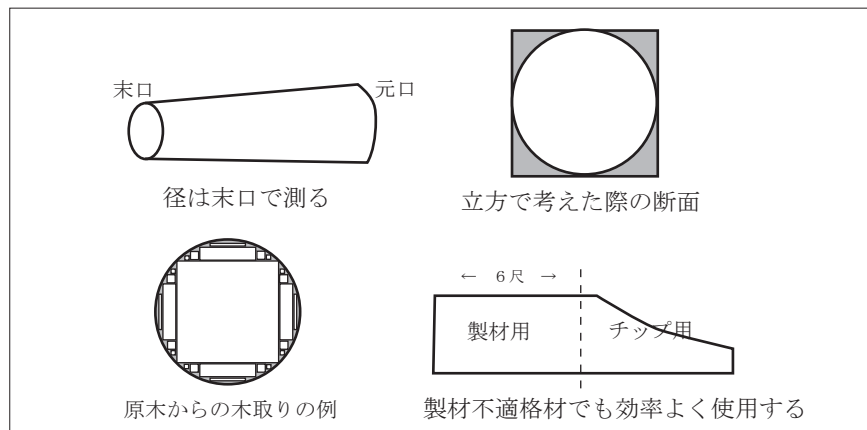


図4-4-3: 原木からの木取りと製材の歩留まり

＜再資源化に関わる取組＞

調査で伺った製材所の一つでは、端材や無駄な材の発生はそのままコストに影響してくるため、創業時からチップ化や、栈木利用、木くず焚きボイラ等を活用して歩留まりを高く保つ様な取組を行っていた。（廃棄物は存在しないとの事である。）

しかし、このような業者ばかりではなく、大規模な設備を有し、秋田スギだけでなく、外材も製材原料としている様な製材業者においては、発生副産物はまとまった量が発生するために、チップ業者を始めとする外部業者に処理を委託したり、他用途での再生資源利用ルートに流れて行く事が多い。その点において、製材業は畜産業、農業との繋がりが長く、「おがくず→敷き料→堆肥→土」という再資源化の流れが存在している。

また、現在はバイオマス発電所が出来た事により、発生する木くずをまとめてバイオマスへ持って行くケースも少なくない。これは特に中小規模の製材業者にいえる事であり、バイオマスへいかない場合は中間焼却処理業者へ委託するか、不正に焼却炉で焼却している場合があるのではないかとされている。このようなサーマルリサイクルの取組は、大規模な業者向けには外部委託ではなく、自社内に大規模な木くず焚きボイラ設備や、バイオマス発電設備を導入して自社内での有効利用のための投資が県を挙げて推進されており、助成金の制度も存在する。

以下に発生副産物と、その処理方法の一覧と、調査対象とした各製材加工業者での発生副産物の種類と、処理方法の一覧を示す。

表 4-4-2：木質系発生副産物の種類と処理方法

チップ	製材端材の処理に自社内でチップパーを有している場合は製造されている。 ①製紙業者・ボード業者へ販売する。運搬費用は製材業者側が負担する。 ②暖房用燃原料として保管する
製材端材	チップパーを有していない業者や、チップパーで破碎できない端材。 ①栈木として場内利用 ②細かくして木くず焚きボイラへ投入 ③バイオマス発電所へ搬出。製材所側が処理料金と輸送コストを賄う。 ④中間焼却業者へ運搬。処理費用、運搬費用は製材業者負担。
カッターくず	表面がつるつるしており水分をあまり吸わない。燃焼効率も悪く嫌われる。 ①木くず焚きボイラへ投入し燃原料化。（燃焼効率はあまり良くない） ②おがくず業者へ引き取ってもらう。 ③のこくずと混ぜて、おがくずとして畜産業者（主にトリ）へ。
のこくず	粉状であり、工場内で回収システムを設備導入している業者が多い。 ①木くず焚きボイラで燃原料化。 ②おがくず業者へ引き取ってもらう。 ③畜産業者へ。
樹皮（スギ皮）	どの業者においても必ず排出がある。産廃指定により処理費用が高騰し困っている。 ①自社内に木材乾燥用ボイラを有する場合はボイラで燃原料化。（スギ皮は燃焼効率が悪いが） ②バイオマス発電所へ搬出。製材所側が処理料金と輸送コストを賄う。 ③中間焼却処理業者へ搬出。処理費用、運搬費用は製材所が負担する。 ④（現在は使用がなくなった）道路土留め用に利用。

表4-4-3: 製造段階副産物の種類と処理 (一般製材)

調査対象	業務内容	チップ	端材 (ブロック)	端材 (背板)	端材 (その他)	おがくず (接着剤有)	おがくず (接着剤無)	カッター くず	のこくず	樹皮	処理方法
A 森林組合	伐採・製材				○		○				業者が回収? 畜産業へ販売
										○	不明
											チップ業者へ販売
							○				工場内で焼却
B 材木店	天然秋田杉製材加工	○	←----	-----	● ○ (チップ化 できないもの)						回収していない
							○			○	バイオマス発電へ
											製紙業者へ販売
											おがくず業者 (1割)
C 製材所	一般製材	○	←----	●				○			木屑焚きボイラ用 (2割)
									○		破砕してのこくずと混ぜ おがくずにする (7割)
											おがくず業者へ
											バイオマス発電へ (2割)
D 木材	一般製材									○	木屑焚きボイラ用 (2割)
											堆肥化 (3割)
											焼却 (2割)
		○	←----	●	○ (チップ化 できないもの) ○ (細かい端材)						チップ業者へ
E 製材業者	芯持ち角材生産										チップ業者へ
											木屑焚きボイラ用
										○	畜産業者へ
											畜産業者へ
											木屑焚きボイラ用
											チップ業者へ販売
		○	←----	●				○			銭湯へ販売
											畜産業者へ
										○	木屑焚きボイラ用

表４－４－４：製造段階副産物の種類と処理（集成材、合板、その他製品製造）

調査対象	業務内容	チップ	端材 (ブロック)	端材（背板）	端材 (その他)	おがくず (接着剤有)	おがくず (接着剤無)	カッター くず	のこくず	樹皮	処理方法
F 集成材業者	ラミナ製材・集成材製造					○	○				木屑焚きボイラ用 畜産業者へ、山芋農家へ 中間処理焼却業者へ 一部は銭湯へ
								○	○		？
									○		焼却
			○					○			木屑焚きボイラ用
G 集成材業者	大断面集成材製造 構造設計・施工							○			木屑焚きボイラ用
									○		おがくず業者
										○	木屑焚きボイラ用
											チップ業者へ
H 木材センター	原木市場・集成材製造										木屑焚きボイラ用 一部畜産業者へ
			○					○			自社内バイオマス発電用
											自社内バイオマス発電用
											M-wood 製造業者へ
I 銘木	集成材製造							○			バイオマス発電所へ
			○								畜産業者へ
						○					バイオマス発電へ
							○				バイオマス発電へ
J 集成材業者	集成材製造		○								バイオマス発電へ
											バイオマス発電へ
											バイオマス発電へ
											バイオマス発電へ
K プレカット業者	卸売・プレカット				○						バイオマス発電へ
							○				バイオマス発電へ
											バイオマス発電へ
											バイオマス発電へ
L 合板製造業者	合板製造 バイオマス発電併設				○（単板くず）						バイオマス発電へ
					○（剥き芯）						バイオマス発電へ
					○（合板端材）						バイオマス発電へ
										○	バイオマス発電へ
M フローリング製造業者	フローリング製造				○						ハートボード製造業者へ
											ハートボード製造業者へ
					○（パレット、不良材など）						畜産業者へ
								○			畜産業者へ

○チップ

＜発生／回収＞

製材所、集成材工場ともに、ラインの中で発生する端材を、大きさにより分離して回収する設備を導入している。チップ化される端材の形状は、あまり長いものはチップパーにかけられないため、調査を行ったある集成材工場ではチップパーに担当者を付けて、最終段階で目視による分別を行っていた。また逆に、細かすぎる端材もチップ化する事が出来ない。このようなチップ化出来ない端材に関しては、チップ業者にまとめて引き取ってもらうか、自社内の木屑焚きボイラ設備で、燃原料化することが多い。

＜処理先／輸送／コスト＞

処理先としては、製紙原料とボード原料がある。製材所などから直接製紙工場へ輸送する場合は、輸送費用は製材加工業者が負担するため、チップ販売による収入と相殺されてしまう。また、チップ業者を介して製紙業者や、ボード業者へ納入される場合もある。

チップ化するメリットとしては、製品端材のままでは、産業廃棄物として扱われるため処理費用がかかってしまうが、チップ化することにより、製紙原料やボード原料の製品として販売できるようになる事が挙げられる。逆に、チップパーを設備導入すると、チップ化する端材の仕分けなどに人手が必要であったり、チップパー自体が危険な設備であるため、事故の恐れがあることなどのデメリットもある。



（チップパーで製造したチップ／チップ化される端材／チップ化される端材２）

○製材端材

＜発生／回収＞

製材所や集成材工場内のどのような段階で発生するのかを列挙する。

- ・ 木取りにより余った背板を始めとする残材（製材所）
- ・ 不良材の再加工（形状変更）により発生する端材（製材所、集成材工場）
- ・ 不良材（製材所、集成材工場）

製材所においては、そのほとんどが背板を始めとする残材である。そのため、端材には樹皮の付着がある場合が多い。樹皮の付着がある場合、チップ化するとBチップ（後述）となり、価値が落ちる。

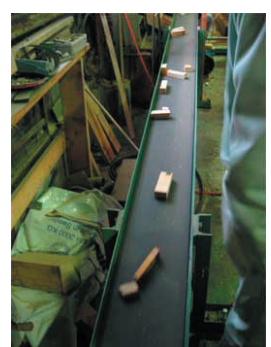
集成材工場においては、ラミナの状態で不良材の再加工と、集成材として接着してから再加工端材、不良材があるために、接着剤の有無が問題により種類が分けられる。

＜処理先／輸送／コスト＞

処理先として最も多いのは、自社内利用である。自社内での利用形態は、木くず焚きボイラでの乾燥機用燃原料、バイオマス発電の原料、冬季の熱源利用、栈木としての利用等が挙げられるが、ある程度の規模を有する製材所、集成材工場では、木くず焚きボイラかバイオマス発電によるサーマル利用が行われている。このメリットとしては、輸送コストと処理コストがかからない事、樹皮の有無、接着剤の有無を気にしなくて良い点、使用燃料コストを抑えられる等があげられる。

次に処理先として多いのは、チップ業者への処理の委託が挙げられる。輸送に関しては、チップ業者の回収車によって行われるので排出側には輸送コストの負担は無く、処理費用を払えば良い。この処理費用は、樹皮の有無、接着剤の有無により左右される。端材の排出量が多い場合は、チップパーの導入の設備投資とそれに伴う人事コストの合計と、チップ業者に委託処理する費用とが比べられて処理方法が検討されている。

その他の処理先としては、外部のバイオマス発電所に処理を委託する例がある。この場合は、処理費用とともに輸送コストも負担しなくてはならず、中間焼却業者の処理費用と輸送コストとの兼ね合いで処理先を決定している現状である。



（ブロック端材（接着剤無し）／ブロック端材（接着剤有り）／背板／端材回収ライン）

○カッターくず／のこくず

＜発生／回収＞

カッターくずは、切削くず、プレナーくずと同義で用いており、材の表面にカンナがけを行うときに発生する薄い面状の木くずである。(鯉節に混ざってもわからないだろう。)性状としては、水分を吸収しにくく、燃焼効率も悪く、かさも大きい、という様に、材の質としての利点が少ない。発生する場所としては、製材所では製材後にプレナー掛けを行う工程、集成材工場では、ラミナーの段階と、接着後の4面を揃えるためにプレナーがけを行う工程で発生する。そのため、集成材工場では製材所よりも発生量が多い。

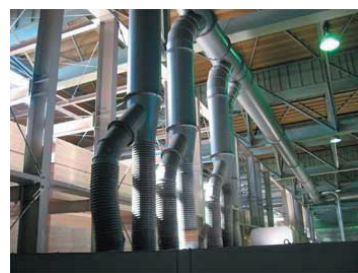
のこくずは、木を鋸で挽く際に発生する粉末状の木くずである。そのため、発生量は丸太から製材品を挽いていく製材所での発生量が多く、集成材工場では木を挽く工程がそれほど無いいため発生量は少ない。ただし、プレナーがけを行った際に発生する切削くずは、非常に細かくのこくずとまとめて収集されている事も多い。

これらの回収には、集塵設備を導入して、そのままサイロに貯蔵する場合と、コンテナに小分けに収集する場合が、調査では見る事が出来た。

＜処理先／輸送／コスト＞

処理先としては、おがくず業者を経由する場合もあるが、畜産業の敷き料となる事が多い。のこくずは、水分の吸収力があり重宝されるが、カッターくずはあまり好まれない。カッターくずは鋸屑に混入させて敷き料として利用し、主に鶏の敷き料として利用されるそうである。おがくずから敷き料となり堆肥として最終的に土に帰る流れは、昔から存在しており、製材業と畜産業、農業との結びつきは非常に強い。

この場合は、輸送費用は負担するが、、
その他では、製材端材の所で前述した自社内でのサーマルリサイクルに利用される場合もある。この場合、カッターくずは燃焼効率が悪く一度に大量の消費は見込めないが、産廃処理する処理費用の節約として行っている。



(集成材工場でのプレナーがけ / コンテナでの回収 / 集塵装置による回収)



(のこくず貯蔵小屋 / 左：カッターくず、右：のこくず)

○樹皮（スギ皮）

＜発生／回収＞

樹皮は、製材所においてバーカーを使用し樹皮を剥く工程で主に発生する。その他には、原木を貯木しておく際に、雨等で湿潤している場合は、その場で剥がれ堆積している所も見られる。回収に関しては、バーカー部分ではコンテナによる回収を行っているが、かき集めて野ざらしの状態にして集積している場合がほとんどである。

＜処理先／輸送／コスト＞

現在、木材工場等で発生する樹皮は産業廃棄物として扱われている。そのため、産業廃棄物の処理費、さらには、新規処分税制度も施行され、環境面だけでなく経済性の面からも製材業にとってマイナス効果となっている。現在樹皮は、産廃処分物の他は焼却燃料、炭化加工、バーク堆肥材等に利用されているが、

- | | | | |
|---|-----------|---|-----------------|
| 1 | 加熱温度が低い | 2 | バーク加工出荷まで時間を要する |
| 3 | 設備投資が必要 | 4 | 加工材の製品販売体制 |
| 5 | 工場付近の環境問題 | | |

等の理由で再利用においても諸問題を生じている。

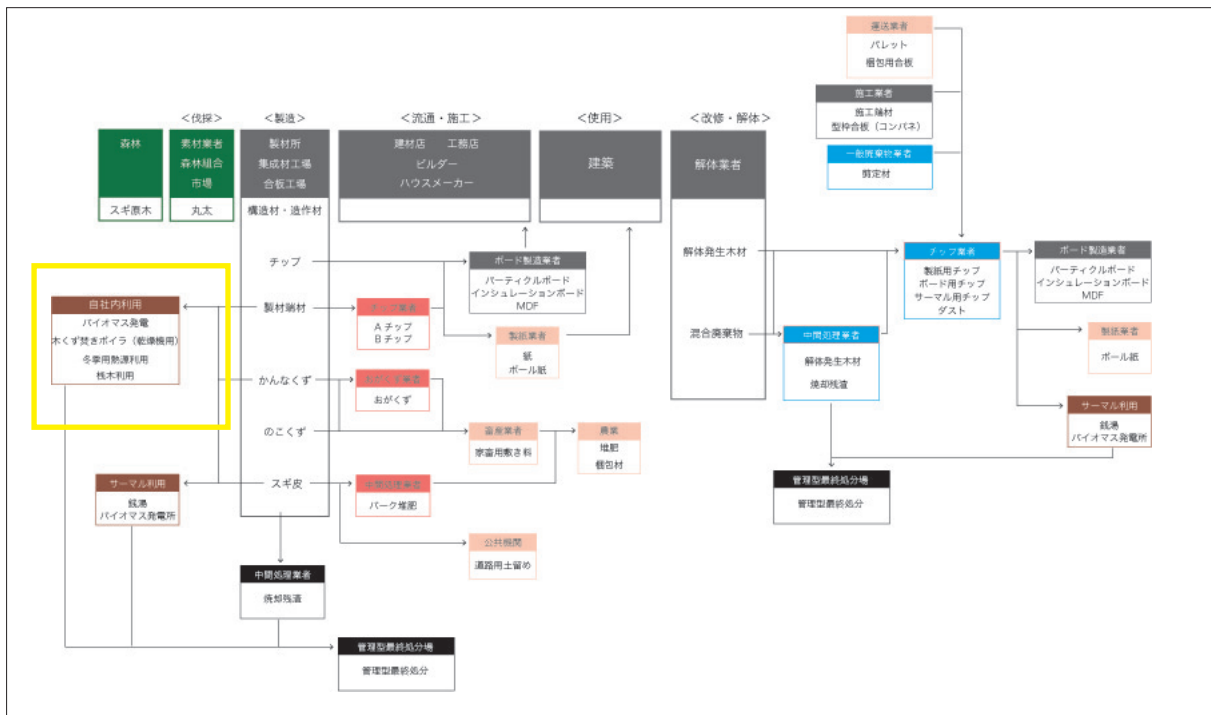
特に、平成14年12月より、ダイオキシンに適合した焼却炉しか使えなくなりほとんどの工場が焼却炉を廃棄し、バーク処理に切替えたため、供給過剰となり新しい需要開発が望まれている。

実際に調査を行った製材所では、樹皮は消費原木の1割排出され、以前は道路の土留め（草が生えてこない）として用いられており、一昨年までは需要があったが、現在は余っている状態であるとの話を伺った。その他の処理先としては、処理コスト、輸送コストをかけてバイオマス発電所に処理を委託するか、自社内の木くず焚きボイラを利用する形式で処理を行っていた。

スギ皮は産廃指定を受けているので、マニフェストを切るか、中間処理業者に渡さなくてはならず、スギ皮の有効な再資源化先が設定されていない現状では、製材所としては産業廃棄物の指定をなんとか外してほしいと考えている。



（原木の樹皮／バーカーによる樹皮剥き／樹皮の堆積）



3: 再資源化（自社内利用）段階

＜関わる主体＞

製材加工段階の各業者（製材所、集成材工場など）、行政（秋田県）

＜事業内容＞

再資源化に関わる内容として以下に記述する。

＜再資源化に係る内容＞

自社内での木質系副産物の再資源化の方法としては、先にも挙げた様に、栈木利用、冬季用熱源利用、木くず焚きボイラでの乾燥用燃原料、バイオマス発電燃料が挙げられる。

ここでは、それぞれに対して調査からわかった内容を説明する。

○栈木利用

栈木に利用される副産物は、丸太から製材を木取りをしていくと、必ず発生する細長い残材である。この栈木は、製材品を天然乾燥、人工乾燥させる際に利用されている。

○冬季熱源利用

残材をストーブの薪として利用する再資源化方法である。工場内の冬季の暖房用に確保しておく。



（栈木としての利用）

○木くず焚きボイラによる乾燥機用燃料利用

木くず焚きボイラは、木くずを直接燃焼し蒸気を発生させ、その蒸気を木材の乾燥や、暖房利用、タービンを付けて回せば、バイオマス発電として利用できる設備である。バイオマス発電に関しては後述するので、ここでは乾燥機用木くず焚きボイラに関して説明する。

木くず焚きボイラで利用される副産物は、ブロック状の端材から、カッターくず、樹皮まで存在する。しかし、端材やのこくずは、それぞれチップ化、畜産業での敷き料利用などマテリアルリサイクルの方法があり、それに対する需要もあるので、ボイラ原料となるのはカッターくずや樹皮が中心となる。

また、なぜ乾燥機が必要であるかであるかという点、住宅の品確法（住宅の品質確保等に関する法律、H12年7月施行）と同時に設定された新築住宅主要構造部分の10年間瑕疵担保責任の義務化により、未乾燥剤の使用による狂いが品確法上瑕疵の可能性があるとのみなされ、住宅資材として乾燥剤であることが重視されるようになってきているためである。

そんな中、木材の人工乾燥はヒノキの柱材を中心に増えてきた。ヒノキは生材でも含水率が比較的低く、乾燥しやすく、それに適する除湿乾燥が普及した。しかし、スギ材は生材の含水率が非常に高く、乾燥温度の低い除湿乾燥では時間やコストがかかり、乾燥経費は製品価格に転嫁できないため、乾燥材の生産が進んでいなかった。そこで最近スギ乾燥で導入されているのは広葉樹などの家具用材を中心に乾燥している蒸気式の乾燥機で、除湿乾燥ではせいぜい60℃程度までしか温度を上げられないのに対し、蒸気乾燥機は100℃以上まで温度を上げることができ、湿度のコントロールも融通のきく装置である。

また、スギ材だけでなく集成材の製造にも乾燥工程は必要である。集成材の場合は、ラミナの状態で乾燥が必要である。このとき、輸入材から集成材を製造している業者は、海外の一時製材工場で乾燥工程まで経てから輸入している場合が多い。

以前は、乾燥用に蒸気を回収するのではなく、焼却目的での焼却炉が各工場に設置されていたが、大気汚染防止法の制定により、焼却炉の基準が設定された。そのため、多くの焼却炉が使用できなくなったが、焼却による発生蒸気を有効利用している場合は、廃棄物焼却炉に当たらずボイラーとして申請すればよく条件が緩和される。



（木くず焚きボイラ）



（ボイラ原料樹皮）



（乾燥機）



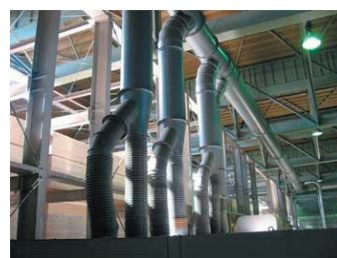
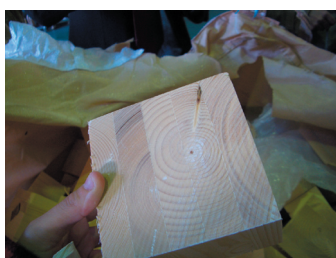
（オートクレープ型乾燥機）

○バイオマス発電

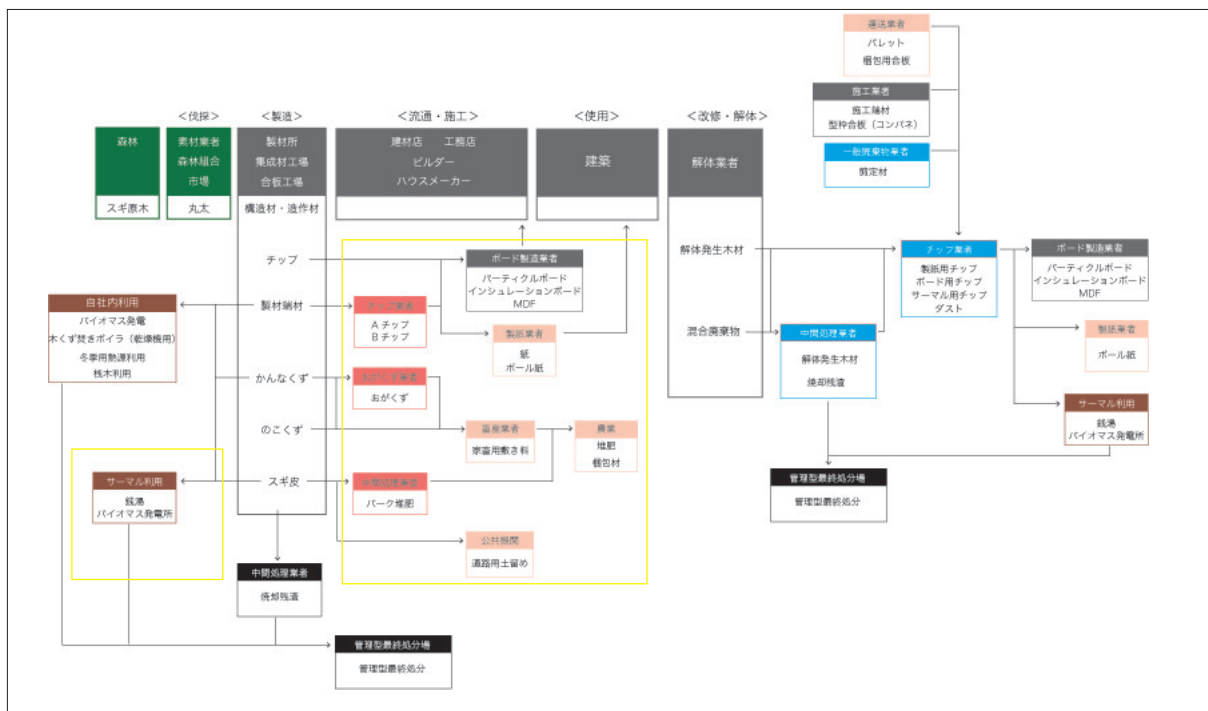
自社内でバイオマス発電設備を導入している例は国内では少ないが、海外の大規模な製材工場などでは、発生する端材を全て発電用に利用し、工場内の発電量を賄っているところも多い。

調査を行った中では、輸入材を中心に合板製造している、M合板製造業者と、外材のラミナを北欧や北米から輸入して、集成材製造を行っているJ集成材業者においてバイオマス発電の自社内設備利用があった。このJ集成材業者は、日本でも有数の集成材製造量を誇っている。

ここでは、J集成材工場に併設するバイオマス発電設備について説明する。J集成材業者で発生する木質系副産物は、二度のプレナーがけによる切削くず（それぞれ接着剤有り、無し）と、長さを揃えるためにカットしたブロック状の端材が発生する。以前は焼却処分していたが、平成15年12月の大気汚染防止法の改正に伴うダイオキシン規制の強化に伴い、平成16年2月に2億円を投じて、バイオマス発電設備を導入した。補助金の申請は一年以上も時間を要するため行わなかったが、4年で投資費用は回収できる見込みである。発電量は260kw。焼却灰は、最終処分場で処理している。



（バイオマス発電設備 / バイオマス原料のブロック端材 / 集塵装置）



3: 再資源化段階

＜関わる主体＞

チップ業者、製紙パルプ業者、ハードボード製造業者、おがくず業者、畜産業者、堆肥業者、電力会社

＜事業内容＞

再資源化に関わる内容として以下に記述する。

＜再資源化に係る内容＞

秋田県の調査対象範囲においては、製材加工段階からの木質系発生副産物は、様々な形で有効利用されている。この背景には、廃棄物処理法により産業廃棄物として指定を受けたため、事業者の排出責任が厳しく問われるようになったことがある。

再資源化方法に関して、調査を行った業者のヒアリング内容の要旨を説明する。

○P チップ製造業（能代市）

＜原料＞

製材加工段階から発生する端材を買い付けて原料としている。端材の種類は、製材不適格材に関しても受け入れているように多岐に渡っており、接着剤つきなど品質によって値段が定められている。この業者は能代に位置しているが、買い付けに行く範囲は、およそ半径 60km で、およそ青森南部から大館、秋田市の範囲を対象にしてトラックで回収しており、この輸送費や燃料費は全てチップ業者が負担している。

マツも原料として扱っており、営林所から仕入れてそのままチップ化している。

チップは、輸入されてくるものもある。この業者ではヒアリングを行わなかったが、輸入チップは原木をそのまま丸太にしており、製造コスト輸送コスト共に安いために、国産材のチップは価格的に厳しい状況にある。そのため、国産材の副産物に関しては熱源利用を進める文献もあり、リサイクルのレベルの考察が必要である。

＜チップ製造＞

チップの製造工程を以下に示す。（図4-3-4）

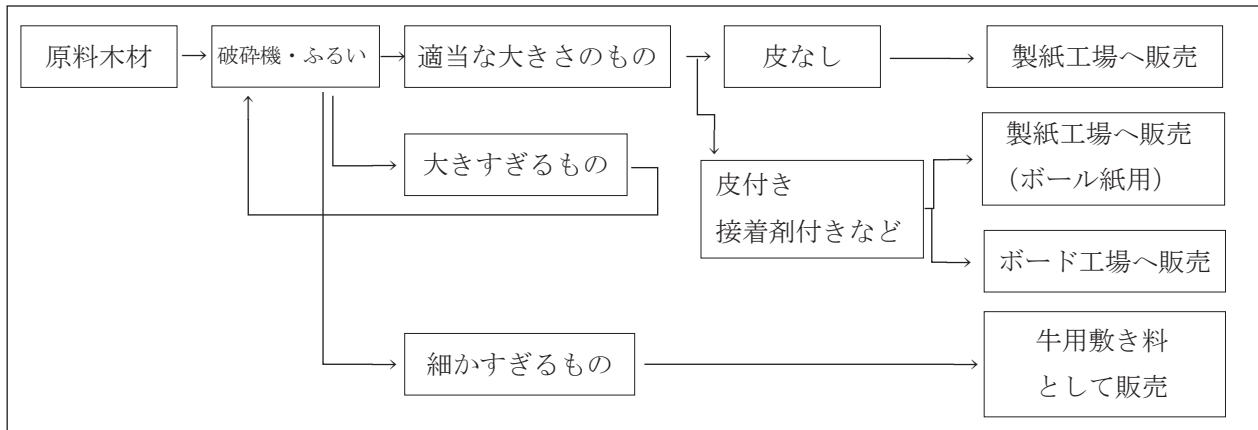


図4-4-4：チップの製造工程

＜取引先＞

製造されるチップの8割が秋田市の製紙業者、2割がハードボード工場へ販売されている。製紙業者へのチップの納入は、製紙業者の系列である商社からチップ業者に対して、皮付き・皮なしの各チップに関する発注が月ごとに来る。納入されたチップは、皮なしが用紙原料に、皮付きのものがダンボールを始めとする、ボール紙の原料となる。また、集成材由来のチップで接着剤が付着しているものは、ボード工場用チップにしている。



（製材不適格材）



（製造されたチップ）

○Q 製紙業者（秋田市）

＜原料＞

古紙32万トン、木質チップ（量不明）を原料として利用している。木質チップは輸入が8割、国産が2割である。この原因としては、工場が秋田港に近接していることもあり、オーストラリアから2週間かけて船でユーカリチップを輸送するコストと、大館から秋田市までトラックで輸送するコストが同程度である事が挙げられる。また、オーストラリアでは、広く平坦な土地で作物のように栽培するため、伐採コストも非常に安い。国産チップは、スギ間伐材、マツクイムシ被害材、製材端材、解体材由来である。

＜製品に関して＞

昭和47年の操業当初は、ダンボール原紙のみを製造しており、すべて木質チップであった。現在は、ダンボール原料は80%が古紙、20%が木質チップであり、洋紙原料は100%木質チップである。

○R ハードボード製造業者（能代市）

＜原料＞

原料の樹種は、ほぼ100%針葉樹で、その内訳は、能代地区から回収される製材端材などのヴァージンチップが51.6%、県内及び近県の解体材が8.4%、関東地区の解体材が40%となっている。関東地区の解体材は、船で輸送してくる。また、近辺の製材工場から排出される樹皮をインシュレーションボードの原料として10%程度混ぜている。品質に関しては、(財)先端技術センターがまとめたチップ品質基準でのBチップ（パレット、梱包材、解体材で比較的断面積のあるもの）を受け入れている。チップのレベル分けにより、一定の品質レベルを保障できる。

＜バイオマス発電所との関係＞

バイオマス発電所に併設しており、電力蒸気を購入している。バイオマス発電所に持ち込まれた樹皮のうち、砂の混入が少なく品質の良いものはボード業者でインシュレーションボードの原料とする。一方で、ボード業者で発生するダストや、乾燥後の端材（再原料化にエネルギーを要するため）は、バイオマス発電所へ処理費用を払い処理を行っている。

○畜産業者（S 牧場、北秋田市）

敷き料として、秋田スギのみからなるおが粉と、解体材由来の木質チップを購入している。おが粉は、能代周辺の製材所から専門の業者が回収を行い、トラック一台で2万円という価格で購入している。一方、木質チップは、「ファインウッド」という名称で、秋田県認定リサイクル製品としての認定（認定番号170419）を受けている。この木質チップは、2千円／一台という価格である。原料としては、おが粉：木質チップ＝4：1の割合で使用している。解体材由来の木質チップは、水分の吸収が悪く、おが粉の供給量が不十分である事と、値段が安いという理由で購入している。



○堆肥製造（上記畜産業者で行っている）

使用済みの敷き料の50%は屋根のある小屋で8ヶ月程、酸素に触れさせるように、攪拌する作業を行いながら自然に醗酵させて堆肥を製造している。販売先は、鷹巣の農協や、農家に販売している。価格は車一台あたり400円である。残りの50%は、機械を利用して菌を混ぜ、人工的に堆肥の製造を行っている。こちらで要する時間は2時間半である。敷き料の購入に要する費用は、400万円～500万円だが、堆肥を販売して得られるのは100万円程度である。



○Tバイオマス発電所（能代市）

＜原料＞

周辺の素材生産業者や、製材加工業者、チップ工場から持ち込まれる端材やチップ、樹皮を燃原料としている。バイオマス発電所は、組合員のために農林系の産業廃棄物処理施設という名目上、非組合員からのチップの受け入れは処理費用が高く設定されており、建設廃材は目的利用外とみなされ表向きは受け入れないことになっている。

＜設立の経緯＞

バイオマス発電所が出来る前は、チップ化できない端材などは、ほぼ100%焼却処分されていた。焼却炉のダイオキシン問題により、大気汚染防止法が強化され（木くず焚きボイラの項参照）、地域としてバイオマス発電所が導入された。

○再生木材製造業（大館市）

特殊な事例であるため、フローには記載しなかったが、廃木材と廃プラスチックから、再生木材を製造する業者も調査を行った。その概略を示す。

＜原料＞

原料の割合は、木質原料：プラスチック原料＝55%：45%である。この割合は、受け入れた原料（特にプラスチックの種類）によって変化させなくてはならない。また、木質原料の割合は55%以上が望めるが、プラスチック原料に関しては45%が限界である。受け入れの条件としては、含水率が15%以下を目安としているため、集成材工場の端材や解体材が中心となっている。

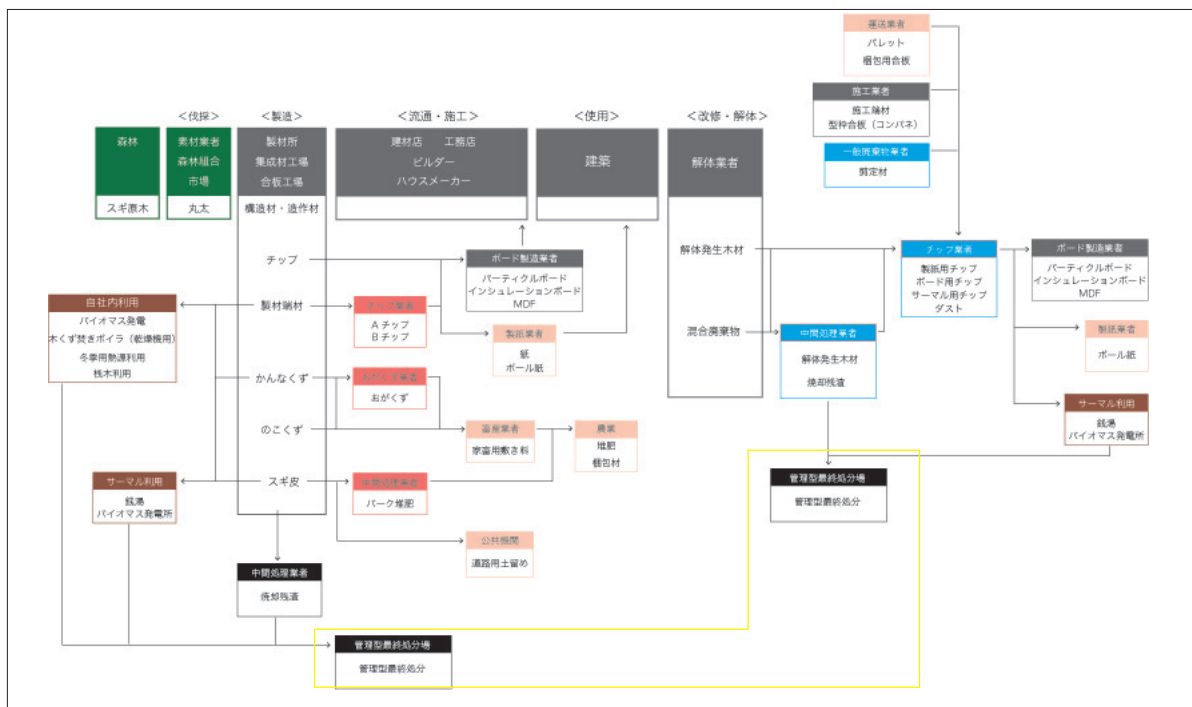
受け入れているプラスチック原料は、大部分が近くのN社（医療用機器メーカー）の工場が発生する、PP（ポリプロピレン）を有価で受け取っている。量としては17t／月であり、N社の工場では、人工透析に用いるラインから出る端材で、余っている状態である。PVC（ポリ塩化ビニル）も受け入れる取り組みを始めたが、この場合はバージン材の受け入れで、木の含有率が15%となる。プラスチックはヴァージン材の価格高騰にあわせて、廃プラの価格も高騰している。

＜設立の経緯＞

秋田県のエコタウン計画の一環として、平成14年12月に大手ハウスメーカーの技術を利用し、資本金の半分を国の補助金で負担して設立した。



（原料の廃木材 / 廃プラスチック / 押し出し成型による製造）



6: 最終処分段階

<関わる主体>

最終処分施設

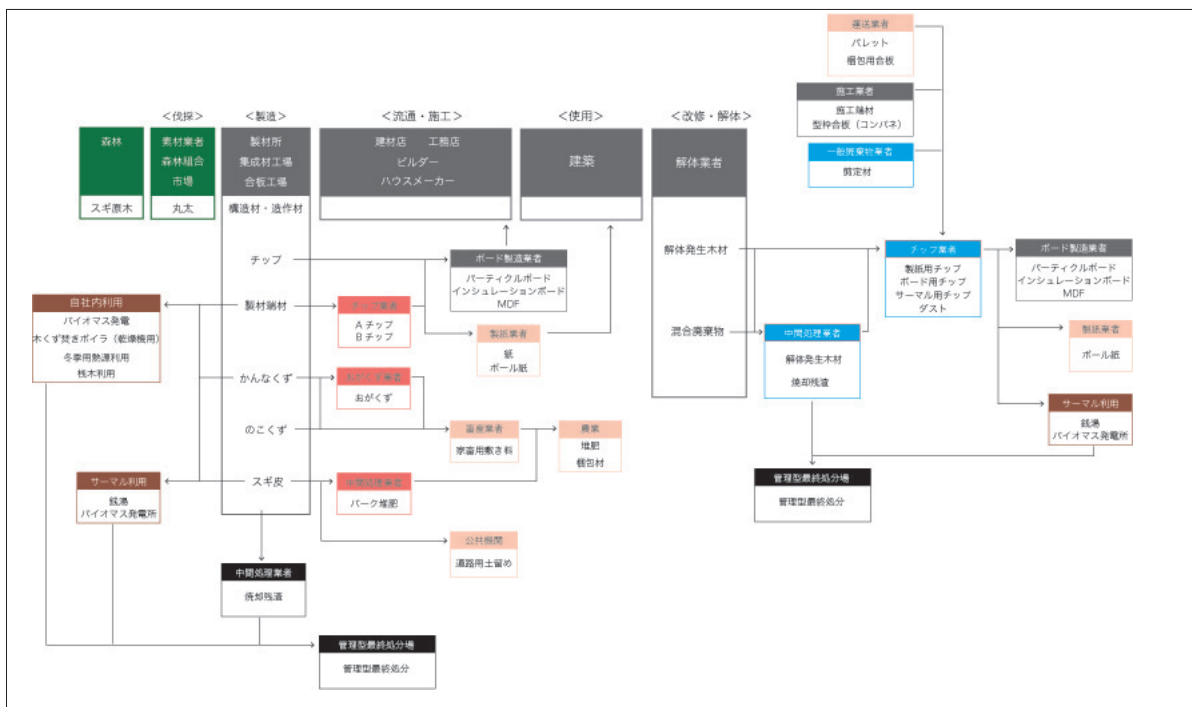
<事業内容>

調査を行った、協和町の最終処分施設での年間処理実績を表4-4-4に示す。木くずは、ガラス及び陶磁器くずに次いで搬入量が多く、その大部分は解体発生木材である。その他に、中間焼却処分業者での縮減処理や、バイオマス発電、乾燥機用木くず焚きボイラで発生する残渣も木質資源由来の品目といえる。

表4-4-4: 最終処分実績一覧

種類	処理量: トン (%)	種類	処理量: トン (%)
燃え殻	11,869 (10.7)	ガラス及び陶磁器くず	40,067 (36.2)
無機汚泥	11,989 (10.8)	紙くず	1,305 (1.2)
鋳さい	7,163 (6.5)	木くず	12,217 (11.0)
がれき類	2,996 (2.7)	繊維くず	1,376 (1.2)
ダスト類	137 (0.1)	廃プラスチック類	7,664 (6.9)
有機汚泥	9,441 (8.5)	発泡スチロール	71 (0.1)
金属くず	4,301 (3.9)	合計	110,603

全ての価格決定の基本には、処分場の建設費・維持管理費の回収費用がある。それに加えて、品目毎の処理費用が加えられる。具体的には、比重の小さい「かさ」がある品目（発泡スチロール）や、固化し安定化するまで時間を要する品目（有機汚泥）は、価格設定が高くなっている。また、リサイクルや中間処理を促すために価格を高めに設定している品目もある。それとは別に、産廃税として1000円/tが価格に上乗せされる。木くずの処理費用は、民間の平均が2000円～3000円であり、環境保全センターでも価格設定をそろえている。



7: 再資源化段階（施工・解体段階）

＜関わる主体＞

チップ製造業者、製紙業者、パーティクルボード製造業者、バイオマス発電所

＜再資源化内容＞

参考文献によると、日本の木造住宅にストックされている木質材料総計は、全森林に貯蔵されている木材総量の約18%に達するとの試算もある。このようなストックを解体して発生した廃木材は、特に都市圏に集中して発生するため、秋田県における製材加工段階の再資源化とは分けて考察を行う。建設リサイクル法の特定建設資材に指定されているため、現場で分別解体された解体発生木材は、中間処理施設として焼却縮減施設か破碎施設を経由して、再資源化または最終処分に至る。ここでは、中間破碎処理施設を経由して再資源化されるフローについて、チップ製造業者とパーティクルボード製造業者に関する調査結果を示す。

○中間破碎処理業者（Uチップ工場）

＜設立経緯＞

設立には、パーティクルボード原料としての受け入れ先であるパーティクルボードメーカーと、合板梱包材の排出を行う、運輸業者とが共同出資している。設立の背景としては、出来るだけ単価を上げた形でチップ原料を調達したい、Vボード業者の意図があった。

＜原料＞

□受け入れ可能なもの：パレット・梱包材、ベニヤ、新築端材、型枠、解体材、生木（葉一根全て可）、竹松杭、パーティクルボード、MDF、化粧板・家具類、おがくず

□受け入れ出来ないもの：枕木（薬剤処理されているもの）、炭化した木材（焦げているもの）、塩ビ加工材

受け入れ先の業種は、中間処理業者（30%）、輸送会社・梱包材（25～30%）、解体業者（10～15%）、新築系端材（25～35%）生木などは少量である。新築系端材の内、コンクリート型枠として用いられるコンパネは5%程度であり、型枠工務店等から持ち込まれる。また、一般廃棄物処理業の認可を受ける事によって、横浜市内の夏期・冬期における樹木の剪定材を受け折れる事が可能になった。現在横浜市内では、樹木を受け入れる処理業者が少ないため、まとまった搬入量が期待できる。

受け入れの際の問題としては、含水率の高いもの（ex: 松杭）も受け入れているが、原料に投入する際、一度に投入せず、少しずつ分けて投入する事で水分を調整している。また、コンパネに付着しているコンクリートかすは、ボード原料となったときに接着剤に影響するため、投入量を調整しながら行う。

受け入れの価格設定は、価格設定には、標準単価としておおよそ3つの価格帯を設けている。その中で、常時安定した供給を行ってくれる業者や、廃棄物の種類（解体材でも柱材のみと化粧材中心では価格が異なる）によって受入価格を変えている。現在の、受入価格の平均は10円/kg程度である。多くのバイオマス発電所の操業開始を前に、各チップ工場が価格を度返しして廃木材を集荷し蓄積している関係もあり、だいたい2円/kg程度価格が低下している。廃木材の搬入量が多くなるのは、夏から秋にかけてであり、理由としては住宅の着工が春から始まる事が多いためである。逆にチップ使用者は、春からの使用に備えて冬に多くチップを求める。そのため今後は、ストック能力が重要になってくると考えている。

＜製造工程＞

手選別によって、製紙用、ボード用、サーマル用の廃木材をヤード内であらかじめ分別し、その後破碎処理と、異物除去、大きさの仕分けを繰り返す。詳しくは資料編に添付する。

＜製造チップと出荷先＞

□ 製造チップの種類：製紙用チップ、ボード用チップ、サーマル用チップ、ダストがある。

- ・製紙用チップは、製品への品質要求が高く手間がかかる。原料として使用できないものとしては、ベニヤ・合板、広葉樹（赤い）、塗料などが混入しているチップは不可である。しかし、最も高値で販売できる。
- ・ボード用チップは、系列会社のパーティクルボードメーカーへの出荷が大部分を占めている。その他にはMDFメーカーにも納めている。販売価格と運賃で利益はほとんど発生しない価格状況である。ボード用チップの質に関して制限があるのは、納品するチップのうちコンパネの割合を20%以下、ダストの割合を20%以下とする事と、含水率をダストに関しては4%以下、チップに関しては25%以下に整える事であり、原料としては、乾燥条件が良い梱包材や新築系の廃木材が中心である。混入不可な原料にはMDFと化粧材がある。MDFは、パーティクルボード原料とするには繊維が細かすぎるため混入できない。パーティクルボードはパーティクルボードへ再生可能である。
- ・サーマル用チップは、全量バイオマス発電所への出荷である。販売価格に関しては、輸送費も負担するのでマイナスである。しかし今後は、新設されたバイオマス発電所の一斉稼働により、価格は上昇する事が見込まれている。原料の中心となっているのは、MDFや化粧合板等の解体材である。
- ・ダストは、破碎により細くなりすぎた材である。用途としては、パーティクルボードの表面材としてダストの様な繊維の細かい原料を使用して有効利用している。

以上からわかるように、サーマル用も含めて製品チップから利益を上げる事は考えにくい。いかに高値で廃木材を受け入れるかが重要な要素と考察できる。



(原料のパレットのヤード / 立体的な製造ライン / ボード用チップストックヤード)

○パーティクルボード製造業者

パーティクルボード製造原料の、チップ化設備も有しているため、原料は系列業者のチップか、廃木材の形で入ってきている。

<原料>

チップの状態が入ってくるものに関しては、系列業者から購入している。

チップ製造の原料は表4-4-5に示す。この業者では、解体材ではなく、施工端材を中心に原料チップを製造しており、回収は製品を搬送した帰りの静脈物流を利用することが多く、自社トラックで解体現場に設置したメッシュパレットを回収してくる。平成11年、12年に大手ゼネコン3社とリサイクル推進協定書を締結した。この協定書は、各会社の現場で製品を優先的に利用するかわりに、現場から発生する廃木材を優先的に出してもらい、低コストで処理するというものである。

また、他の原料としては、運送用のパレットがある。廃棄パレットは品川・芝浦・青梅などで物流に使われたもので、持ち込まれるものも多い。国産パレットは規格化され、再利用も進んでいるためあまり回ってこないためほとんどが輸入パレットである。

さらに、首都圏では廃木材の奪い合いが起きているため、新規分野(展示会からの発生木材や、剪定材など)の回収を積極的に行っている。

<製造工程>

チップ貯蔵→破砕→乾燥→振るい分け→貯留→接着剤塗布→成型→熱圧→養生→冷却→研削→切断→検査→出荷の順序でラインは構成されている。(資料編参照)

<製品に関して>

会社の設立は昭和21年。当時から単板を購入し、合板製造を行っていたが、熱帯雨林伐採の問題などからパーティクルボード製造に移行した。この業者で製造されるパーティクルボードの99%がマンションの床下地材として利用されており、首都圏のマンションの約70%のシェアを誇っている。

表4-4-5: 原料の内訳

①	建設系廃棄物(新築系)	50%
②	廃棄パレット	25%
③	梱包廃材	10%
④	解体材(柱など)	5%
⑤	製材・生木・その他	10%

表4-4-6: 製品の出荷先

①	建築用床下材
②	一般家具(テレビ台など)
③	学習机
④	システムキッチン(流し台など)
⑤	下地材



4-4-3 木質建材の関わる再資源化フローの全容とその成立要因

ここまでの各段階での調査結果から、先に示した再資源化フロー（図4-4-1）を描くことが出来た。

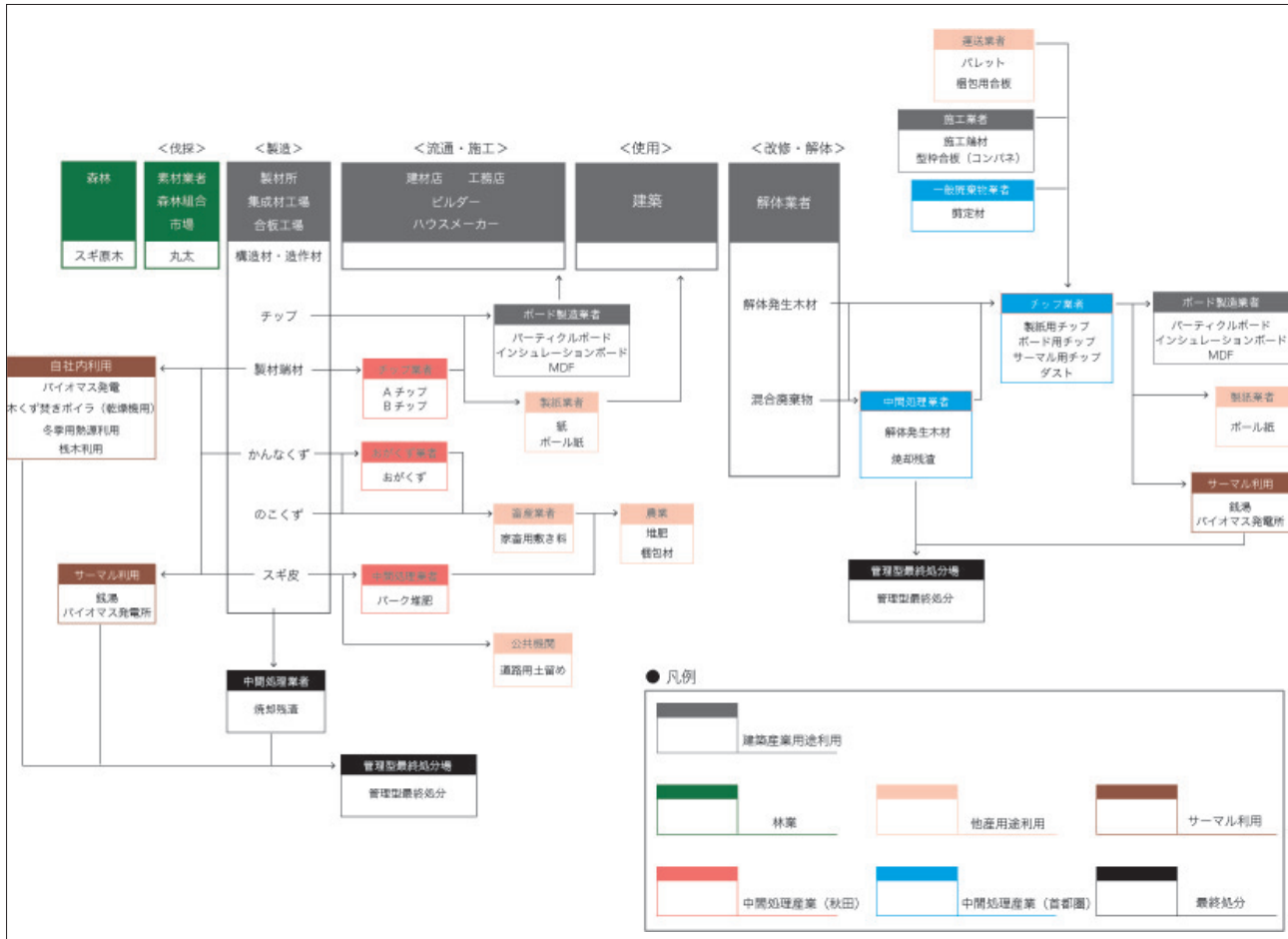


図4-4-1: 木質建材の係る再資源化フロー

この再資源化フローでは、ガラス系建材や石膏ボードと比べて、係る業種、業者の数が多いため、凡例に示したように業種を色で分けてグルーピングしている。このように木質建材は、その製造加工段階から発生する副産物、解体発生木材共に資源として、様々な用途に利用されている状況であり、非常に多岐にわたるフローを形成している。しかし、実際に製材業などに従事している方々からすれば、製材を効率よく行うのに全体を見渡す必要は無く、自分の会社の関係する領域の中での知識で十分である。そのため、このフローを見渡すと、各段階で、木質材料の質を前提とした上で、輸送や処理費といった金銭面を背景にした選択がなされており、その繋ぎ合わせがこの全体のフローになっているという印象がある。言い換えれば、このフローは再資源化フローではなくて、副産物処理フローと認識されており、全体を見渡して何が環境にとって有効かといった視点は持たれていない。

●製材加工段階の再資源化フロー成立の背景と考察

製材加工段階から排出される副産物を、どのように処理・再資源化するかはもともと、副産物の性質によって決定していたはずである。製材加工段階の副産物は安定して排出されるために、使用価値のあるものは敷き料や堆肥、製紙原料、銭湯や暖房の熱源として利用して、いらないものは焼却炉で燃やすという方法が長年続けられていた。つまり、排出材の種類（性質）と、処理・再資源化方法が対応関係にあり、需給バランスがお金に関係なく取ることが出来ていた。

現在は、それらに加えて、焼却の禁止による木くず焚きボイラとバイオマス発電という、サーマルリサイクルの流れが生まれて、加えて産廃指定も受けた。そのために、マテリアルリサイクルに回せそうな良質な端材もサーマルに行ってしまうのではないかと予想されるが、実態はそうではなかった。

具体的に、調査内容の中からサーマルリサイクルについて考えてみると、調査対象とした製材加工業者13社の内、バイオマス発電を直接利用している業者は5社である。ただし、ボード業者へ排出している例では、バイオマスに転用される場合もあるため、1社加えて6社としておく。その内訳を見てみると、主に樹皮をバイオマス発電に処理委託しているのが2社（両者とも一般製材業者）で、端材を中心に処理してもらっている業者が2社で、残りの2社はバイオマス発電設備を併設または自社内に有しているため、ほとんどの副産物をバイオマス原料に当てている。樹皮以外を入れている4社は樹皮の発生しない、集成材製造や加工業者であった。また、接着剤の付着していないおがくずに関しては、再生木材の原料として販売しているところもあった。ここからも、接着剤の有無といった質的要因でバイオマス発電を利用しているとわかる。

ただし、樹皮を入れている製材業者は、バイオマス発電所の組合員であり、樹皮が産廃指定を受けたために、最終処分費用が非常に高く設定されており、それとのバランスでバイオマス発電所を選択しているが、費用負担は非常に大きい。

次に、木くず焚きボイラに関しても整理してみる。13社の内で利用していたのは6社で、乾燥機を必要とする、製材業者と、国産材で集成材を製造している集成材製造業者である。投入されている副産物は、製材所では主にカッターくずと樹皮、集成材業者では接着剤付きの端材とおがくず（恐らくプレナーくず）が投入されている。つまり、バイオマスと同様に性質上の選択がなされている。

この両者のサーマル利用で、調査対象の中の、樹皮・接着剤付き端材・接着剤付きおがくずの大部分は処理されており、製材加工段階からの副産物に関しては、材の性質上の選択がサーマルリサイクルにおいても成立していることが分かる。ただし、以前はただで焼却できていたものが、バイオマスならば運賃と処理費を払い、木くず焚きボイラならば、大きな設備投資を行って処理するため、金額負担は増えている。それでも、サーマルが選択されるのは、産廃指定による高い最終処分量とのコストバランスによることが大きい。

また、ここで注意したいのは、今回調査を行ったのが、このような状況でも輸送費処理費を払える比較的規模の大きな業者であり、中小の業者には話を伺っていないことである。おそらく依然焼却処理を行っている業者は中小に業者には多数存在しており、その負担となっているのは、処理費用と輸送コストである。中小の製材所にまで、より有効に利用されるには処理価格の適正化か、もしくは各地域にサーマル施設を設立し、運送費の負担を減らす必要があるだろう。

●解体段階の再資源化フロー成立の背景と考察

解体段階から発生する木材は、建設リサイクル法により分別解体が定められてから、その活用方法の研究が増加し、今後はますます利用形態が増加すると考えられる。例を挙げれば、1月17日の新聞の1面では、バイオエタノールジャパンの操業開始が大きく取り上げられていた。この会社では、約1センチ程度に粉碎した廃木材から糖分を収集後、特殊な菌で発酵させ、エタノールを製造し、ガソリンなどに混ぜて使用するバイオマスリサイクル方法で、廃木材のリサイクルを行う。

また、関東周辺でバイオマス発電所が急増しており（Vボード工場資料参照）、良質な廃木材がマテリアルリサイクルに回らず、そのままサーマルリサイクルに投入されてしまう事態に陥っている。関東地域のバイオマス発電所はもちろん、福島、新潟、静岡、愛知などのバイオマス発電所も廃木材の豊富な関東まで収集に来るため、現在は良質な木材の取り合いが起こっている。とくに解体材では分別の手間を考えると、多少処分費が高くて受入れ幅の広い処分方法（バイオマスなど）が選択される傾向にある。そのため、調査に伺ったボード業者では、首都圏のチップ価格は高騰しており、現在1.5～4円/kgであるが、解体材の減少する冬場には4～7円/kgまで上昇する見込みとのお話であった。

つまり解体段階に関しては、製材加工段階とは異なり、完全に処理費用やそれに含まれる手間のバランスで再資源化先が選択されている。そのため、マテリアルリサイクルの選択肢はサーマル利用に比べて弱い立場にあるといえる。これは、バイオマス発電所の一斉稼働など、コンクリートや鋼材に遅れを取っていた、解体段階廃木材の再資源化が整備され始めた証拠でもあるが、サーマルが優先されかねない状況は、定性的にはもったいない状況の気がしてしまう。

4-3-3 本項のまとめ

本項では、木質建材の係る再資源化に関して、製材加工段階と解体段階に関する調査結果を示した。2章で示したように、木質建材はその性質上、自製品へは循環できないため、何らかの形でカスケード利用が繰り返されなくてはならない。

製材加工段階の副産物は、比較的規模の大きな業者を対象に行った今回の調査では、基本的に材の性質がコストに反映して性質相応のリサイクル手段が成立していると考察できた。ただし、中小の業者の実態調査は今後必要になるだろう。

また、解体段階に関しては、再資源化方法が整備され始め、製材加工段階よりも活発に動いている状況である。そのため、現在は一時的な処理価格による選択が支配しているが、今後は再資源化フローの最適化のための価格設定が必要になるだろう。

この最適化のために環境負荷の視点を加えるとどうなるであろうか。サーマルリサイクルとマテリアルリサイクルの各方法を純粋に環境負荷で比べたときに、どのような処理・再資源化方法が最適であるのかまでは、現段階では分からない。加えて森林保全の観点から、もっと伐採して使用量を増やさなくてはならない側面もあり、トータルで見て何が環境的に最適かについては、今後検討しなくてはならない。

ここでは、そのための準備として、全体のマテリアルフローを明らかにし、どのような用途での再資源化が行われているかを示した。

5 章 他産業と関わる 再資源化フローの考察と指標の提案

5-1 : 各建材の調査結果のまとめ

5-2 : 調査結果からわかる他産業と
関わる再資源化フローの特徴

5-3 : 資源循環指標の枠組みの提案

5-4 : 各建材への適応

5-1 各建材の調査結果のまとめ

①ガラス系建築資材

ガラス系建材では、板ガラス、ガラスびん、グラスウール、カレット、その他カレットを利用するガラス製品で構成されるフローを一つの系とみなして考察を行った。

この系に天然資源を投入しているのは板ガラスとガラスびんが大部分を占めており、一方でこの系から再利用不可能な形で資源を排出しているのは、板ガラスとガラスびんに加え、カレットを主な原料として利用しているグラスウールやその他ガラス製品も挙げられる。

また、各製品の再資源化をつないでいるガラスカレットは、ガラスびんの自製品内循環に加え、板ガラスとガラスびんで品質的問題から余剰となったガラスカレットを、グラスウールやその他製品が原料として利用している流れが中心となっている。この背景を各製品で整理すると、板ガラスでは原料側の受入基準が厳しいことと排出側で、不純物の混入のない純粋な形での回収が難しいために自製品循環が成立せず、板ガラス向けにできないガラスカレットが発生していることが考えられる。また、ガラスびんでは輸入びんの増加に伴う着色廃ガラスびんの増加により、余剰カレットが生まれていることで、グラスウールでは色に関する受入基準が低く余剰カレットを利用でき、その他製品でも同様に条件が低いいため、余剰カレットの受け皿となっている。

②石膏ボード

石膏ボードでは、副成石膏の生成段階から石膏ボードが排出される段階までを一つの系として考えた。副成石膏の利用は石膏ボードメーカーと排出事業者が合弁で工場を設立するほど結びつきが強い。

この背景には、石膏を形ある製品として大量に利用しているのが石膏ボードのみであり、排煙脱硫石膏に代表される様に副産物としての生成が大部分であることが挙げられる。また石膏ボードの自製品循環が成立していない事も副成石膏を受け入れる背景である。もしこの自製品内での循環が成立した場合には、副成石膏は、セメントメーカーへの納入以外に利用方法が無くなる恐れがある。

③木質系建築資材

木質建材の調査では、製材加工段階の副産物と解体段階の排出材の再資源化について考察を行った。製材加工段階からの各種副産物はそれぞれの性質によって再資源化方法が決まっている。その中で、木くず焚きボイラやバイオマス発電などのサーマルリサイクルは性質を選ばないが、調査を行った範囲では樹皮やカッターくず、接着剤付き端材など処理困難物をリサイクルしており、処理コストの設定が排出材の質と上手くリンクしているという考察を行った。

解体段階では、バイオマス発電設備の一斉稼動開始により、廃木材をサーマル用に確保する傾向があり、マテリアルリサイクルを行うボード業者のコスト面での努力を感じた。ここでは、まだコストと質がリンクできていない。

5-2 調査結果からわかる他産業と関わる再資源化フローの特徴

■ 他産業との連動性

他産業と関わりながら再資源化フローを形成することは、ただ繋がりを持って材料供給と、製品排出を繰り返すのではなくて、各製品分野（例：石膏ボード、副生石膏、セメントメーカーなど）内において、「製造量を増加する」、「排出量が増加する」、「再資源化のための回収システムが整備される」等の変化の影響が自製品内だけではなく、他製品分野においても及ぶ事が特徴として挙げられる。つまり、再生資源に需給のバランスによる連動性が生じる点が特徴といえる。

石膏ボードを例にとって見ると、現在石膏ボードメーカーは、自製品内での循環を推し進めて、原材料に占める廃石膏ボードの割合を引き上げようとしているが、その場合には、副生石膏を排出している電力事業者側の排出先のあてが減ってしまい、単純に現状に比べて副生石膏に余剰が生じてしまう。

つまり、他産業と関わる再資源化においては、依然決定的な再資源化方法が定まっておらず、この連動性があることによって、各製品内に閉じて再資源化を考えることは、逆に全体での資源有効利用の効率を落としている可能性がある。

この連動を生む要因として、一つの製品のライフサイクルにおいて製品製造段階と再資源化段階とが乖離している状況（①）と、再資源化方法がコスト（主に処理コスト）によって決定されている状況（②）の二つがあると考えた。

①同一建築資材内での原料受け入れ側と、製品排出側の乖離

この特徴が、自製品循環の阻害要因であり、同時に他産業とのつながりを形成するための成立要因の一つになっている。乖離の形には、

(i) 時間的乖離、(ii) 空間的乖離、(iii) 主体の乖離、((iv) 評価の乖離) が考えられる。

これらは、2章で文献調査から考察したように建築という製品の特徴といえる。この3条件を整理すると、(i) (ii) → (iii) という構造になっている事が分かる。（評価の乖離は、後述の資源循環指標に関する記述で説明する。）

(i) 建築資材を製造してから、出荷し・施工され・使用され・解体されるまでは、日本の住宅の寿命から考えれば、約30年である。つまり、現在解体材から発生してくる再生資源は30年前のものであり、どのメーカーの建材かを特定することが難しい。また、たとえメーカーを特定できたとしても、メーカーとして昔の建材の再資源化方法まで整備していることは、現状では非常に厳しい要求である。

(ii) 製品を出荷する建築資材の工場は、大量生産による効率の確保を基本としているため、各建築資材の工場、つまり生産拠点は日本に数十箇所しかない。日本全国に出荷された製品の使用後の材は、十分量の安定した排出量も無く、ストックヤードの確保も出来ない中で、いかにして建材メーカーの拠点まで収集するのか。どこまでメーカーが手を広げられるのか。

以上の二つの特徴は、各建材ではなく建築全体の特徴である。ここから導かれる主体の乖離は、各建材ごとに少しずつ事情が変わっているため、次ページで説明を行う。

(iii) このような時間的・空間的乖離から、建材を製造する主体と、建材を解体・改修・再資源化する主体の乖離が起きている。この主体の乖離は、自製品内再資源化の取組が分断されていることを意味している。

・板ガラス

製造段階：メーカー	特約店までの回収を行っている。
解体段階：解体工事業者、中間処理業者	大部分が混合廃棄物化
再資源化段階：カレット業者	施工端材由来の板ガラス由来のカレットがほとんどである。
製造段階と再資源化段階の関係：	メーカーの品質基準が厳しく、信用のあるカレットメーカーとの取引に限定されている。

・グラスウール

製造段階：メーカー	広域再生により、施工端材の回収を始めている。
解体段階：解体工事業者、中間処理業者	大部分が混合廃棄物化
再資源化段階：中間処理業者	全て最終処分へ

・ガラスびん

製造段階：メーカー	自社内端材の再生まで。カレット業者との契約関係。
回収段階：自治体、一般廃棄物業者	義務付けにより、再資源化業者へ納入。
再資源化段階：カレット業者	入札により、資金の補助を得て再資源化を実施する。
製造段階と再資源化段階の関係：	容器包装リサイクル法により、製造メーカーが費用負担を行い、回収する自治体などと、再資源化を行うカレット業者に対して、業界団体を通じて繋がりを形成している。

・石こうボード

製造段階：メーカー	広域再生により、施工端材の回収を始めている。
解体段階：解体工事業者、中間処理業者	大部分が混合廃棄物化
再資源化段階：中間処理業者	ほぼ全て最終処分へ
製造段階と再資源化段階の関係：	信用（なし）。メーカーでは石膏ボードの紙と石膏分の分離を行う技術を持っており、石膏ボードが形を残して回収されてくれば受け入れる技術はある。しかし、中間処理業者で、石膏ボードを粉々にしてしまうと、不純物が入っている際に見分けが付かないという理由で、受け入れていない。

・木質建材

製造段階：製材所など	場内発生端材の有効利用
解体段階：解体工事業者	建設リサイクル法による分別解体が行われている。
再資源化段階：中間処理業者	破碎処理か、焼却処理が行われている。
製造段階と再資源化段階の関係：	そもそも、製造段階への再資源化は行えないため、関係は薄い。しかし、首都圏におけるボード製造業者は、材の確保のために中間破碎処理と繋がっていた。再資源化段階から抑えないと、品質・コストの面でサーマルリサイクルと争えないためと考えられる。

調査結果から具体的に例を当てはめてみる。その最たる例は、板ガラスである。

板ガラスメーカーは、製造工場内の端材の利用に加え、出荷先の特約店で発生する端材の回収まで行うようになり、その守備範囲を広げたといえるが、従来特約店で回収は、板ガラスメーカーと契約したカレットメーカーの業務範囲であった。そのため、現在はカレットメーカーで扱う板ガラスカレットの量が減少してしまった。一方で、板ガラスメーカーは市中のカレット業者からのガラスカレットの購入には消極的な姿勢であり、解体段階の板ガラスをカレット業者がカレット化しても、信用のある業者でなければ板ガラスメーカーに納めることは不可能である。このように、製造段階の板ガラスメーカーがその守備範囲を広げたことにより、回収・再資源化を請け負うカレットメーカーとの乖離が広がったといえる。カレットメーカーと連携できなければ、解体段階との連携も行えるはずが無い。製品解体段階の発生材を自製品へ循環させようとすれば、解体・回収段階に関してどのようにメーカーが連携体制を整えるかが、今後は重要になる。

このように、製品のライフサイクルにおける乖離があり自製品内での循環が形成できず、他製品との繋がりの方が強まって、他産業との再資源化フローにおける繋がりを形成している。

例を挙げれば、石膏ボードでは自製品内での循環には、不純物除去の手間とコストの問題と、異物混入のリスクの問題からメーカーは消極的であり前述の乖離状態にある。しかし一方で、原料として受け入れている副生石膏の排出先との結びつきは、パイプラインで輸送体制を整えてしまうほど強い。

以上まとめたように、自製品内での乖離が引き金となって他産業との繋がりを深めなくてはならない状況にあることが分かる。ここで注意したいのは、この状況が良いか悪いかは判断できない点である。先ほどの連動性の特徴でも述べたが、コストと手間をかけて解体段階で完璧な分別処理を行うように、メーカーから支援が出来るような体制になったところで、より手軽に他産業で再資源化できる方が、環境負荷的には有効な可能性もある。

②コストの支配

再資源化フローが製品間で連動している背景には、再資源化方法が排出された材の質によって決定できない事が挙げられる。

質（材の劣化度、不純物の混入リスク）に合わせて、再生資源として使用する側が製品受け入れの基準と、それに対応した価格設定を行うことが出来れば、排出材の質による再資源化方法の振り分けが成立する。これは調査を行った範囲では、グラスウールのカレット受け入れの際の基準設定と、木質建材の製材加工段階からの発生副産物の再資源化においては、適切に（もしくは自然に）整備されていると感じた。

また、ガラスびんでは、容器包装リサイクル法によって、コストの支配を利用して、製造メーカーの費用負担をもって、業界団体主導で回収された廃ガラスびんの入札制度が整備されている。

しかし、それ以外の建築資材の再資源化フローでは、コスト的に見合うかどうかで、受け入れるか受け入れないかの2択の状態であり、中間にあたるグレーゾーン（処理すれば再資源化可能）の受け入れは考えられていなかったり、処理の楽なサーマルリサイクルが、材の質とは無関係に再資源化先として幅を利かせている場合がある。他産業と関わる再資源化フローでは、関連業界全体として、排出材の質と再資源化用途が、ある程度対応するようなコストバランスの形成が必要であると思われる。

● 資源循環指標が有効に設定されていない

以上のように、他産業と関わる建築資材の再資源化フローは、その関わり合いが常に連動している。このような連動に対して、現状の各製品ごとに設定した指標は、意味を成していないことがある。

板ガラスの設定されている指標は「再生資源利用率」である。また、グラスウールの指標も「再生資源利用率(カレット利用率)」であり、板ガラスカレット：ガラスびんカレットの比率は8：2と併記してある。この二つの指標の意味するところは何だろう。

まず考えられるのは、①で述べた製品のライフサイクルにおける乖離（iv）指標の乖離という特徴である。どちらも、自製品側での取り組みしか評価できないのは、メーカーが再資源化段階まで関わっていないために、生産側の視点で、資源の有効利用の立場に立って指標を設定する以外に、自社の取組としてアピールできない状況があるためと考えられる。

次に思いつくのは、なぜ、グラスウール原料の大部分を板ガラス由来のカレットが占めていることを、板ガラスメーカーはアピールできないのかという疑問である。（注：大手板硝子メーカーなどで、グラスウールの製造業者を子会社に持っているところは、グラスウールの製造側で評価を示すことが出来る。）

再び例を重ねるが、板ガラスの排出材の回収を進め、他の製品で利用したとしても最終処分量の削減という観点では、環境への貢献が達成されているが、この時は板ガラスの指標としては変化が無く、他の製品の指標において数値の上昇が起こる。そのため、板ガラスの回収システムが整備されても、自身にカレットが戻ってこない限り、現状の板ガラス指標では評価が行えないことになる。

この背景には、板ガラスメーカーとしては、廃板ガラスは自製品へ戻るべきという考えがあり、そのため、排出段階での再資源化率の設定ではなく、自製品へのカレット利用率が最も有効な指標であると考えているのではないだろうか。しかし、この指標で評価された値のほとんどは工場内発生カレットの利用率であり、意味を成す率には設定されていない。それよりも、廃板ガラスが、カレット業を経由してグラスウールの原料として天然資源の節約に貢献している割合のほうが、板ガラスの環境貢献のアピールとしてよく見えてしまう。

このように、建築資材の自製品内での再資源化が上手く行っていない現在の段階では、他産業との排出材による連動関係をいかに効率的に生かして、環境に対して最適なフローを形成するために、上に挙げたような製品間の材の連動により発生する矛盾を包み込んだ形で評価できる指標を設定することが必要である。

5-3 資源循環指標の枠組みの提案

5-2で考察した内容から、他産業との関わりのある建材の再資源化を評価する指標を設定する場合に、従来の製品毎の指標では限界があることを述べた。

そこでこの項では、建材の再資源化フローを指標化する際の枠組みを提案する。

従来は、製品毎に原料側 / 排出側での指標設定を行っていたが、ここでは、建材の関わる系（建材を構成する主原料のマテリアルフロー）全体での資源の有効利用の度合いを評価するための指標（全体指標）を導入して、その指標のもとで目的別の指標設定（製品毎、原料側、排出側、サーマルリサイクル率、施工現場内での再資源化率など）を行う。（表5-3-1）

全体指標のコンセプトは、系の中での製品毎の再資源化フローの連動を飲み込んで、全体としてどれだけ環境への貢献があったかを示す事であるが、全体の原料側で設定するか、排出側で設定するか、の2通りでの指標化が考えられる。（図5-4-1）

表5-4-1：資源循環指標の枠組みの提案

資源循環指標の 枠組み	全体指標	全再生資源利用率・天然資源利用量など	
	目的別指標	製品別指標 (従来の指標)	製品A再資源化率など
			製品B再生資源利用率など
			製品C再生資源利用率など
		用途別指標	サーマルリサイクル率
			施工現場内再資源化率
			場内再資源化率など

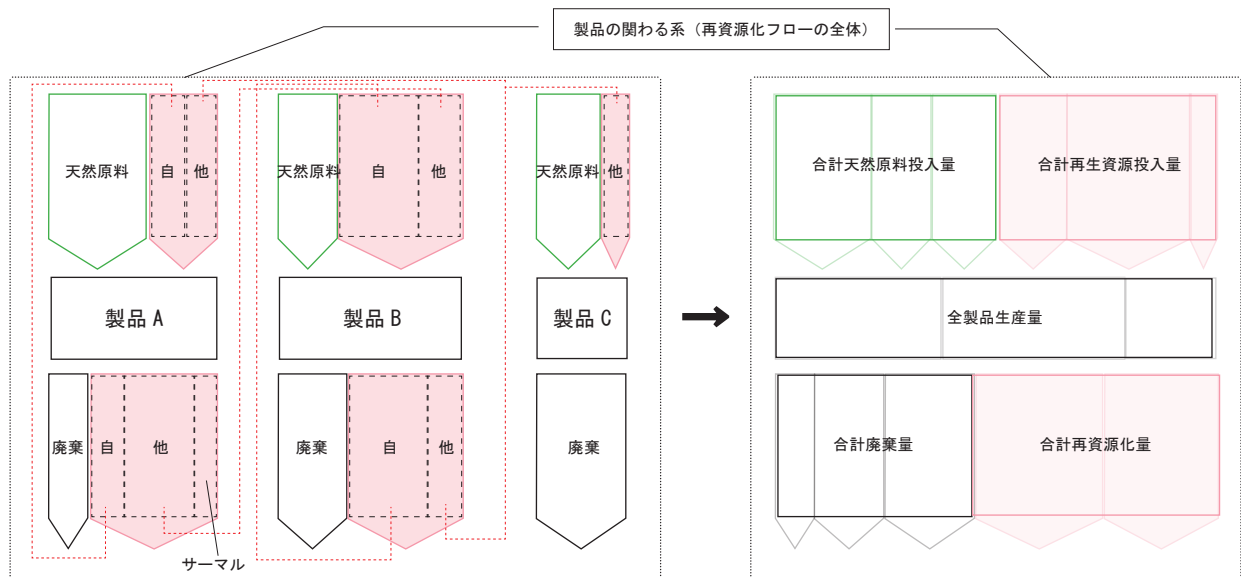


図5-4-1：全体評価指標のコンセプト

●原料側で設定する場合は、全再生資源利用率として

$$\text{全再生資源利用率} = \frac{\text{全再生資源利用量} (= \text{全原料使用量} - \text{全天然資源利用量})}{\text{全原料使用量} (= \text{全生産量})} \times 100$$

という指標が設定できる。この意味するところは、系全体でのマテリアルリサイクル率であり、系全体での天然資源の節約を評価する指標となる。また、サーマルリサイクルの割合は含まれていないため、系全体を評価する最も厳しい指標といえる。加えて、分子の全再生資源利用量に、製造工程と同一の処理工程を経て再資源化可能な場内端材の利用を含まないように、全体から天然資源の投入量を減じるように設定すれば、さらに厳しい値の出る指標となる。(図5-3-2)

また、いかに率の面で進歩が見られても、量として天然資源の利用が増加する一方では問題があるため、天然資源の利用量の併記も必要である。

●排出側で設定する場合は、全再資源化率として

$$\text{全再資源化率} = \frac{\text{全再資源化量} (= \text{全排出量} - \text{全廃棄量})}{\text{全排出量}} \times 100$$

という指標が設定できる。こちらは出口側の指標であり、系全体での最終処分量の抑制の取組を評価することが出来る。分子には、全再資源化量があてられるため、マテリアルリサイクルとサーマルリサイクルの区別は行われない。この場合は、前述の全再生資源利用率とは違って、分母を生産量では代用できない。これは、各製品ごとにそのライフサイクルの長さにばらつきがあり、建築資材ではそれが非常に長く、生産量と排出量に関連がないためである。(注; 図5-3-2中では、作成の便宜上同一になっている)そして、総排出量を把握することは、建築資材が混合廃棄物として処理される問題もあって、生産量を把握するよりも難しく、データのとりやすさという観点から言えば、全再生資源利用率よりも難しいと考えられる。

(図5-3-2)

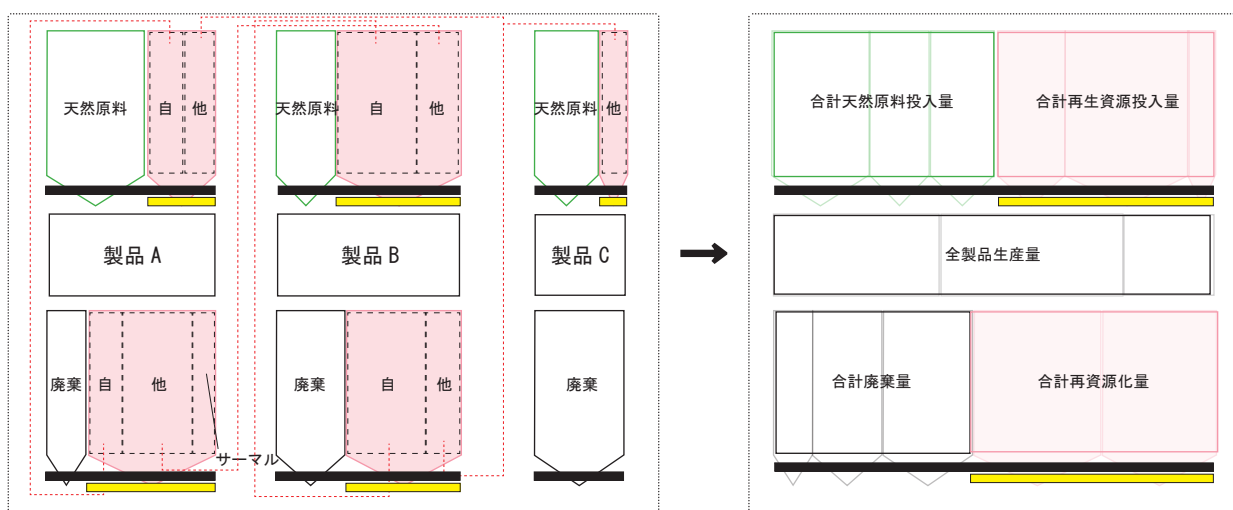


図5-3-2: 全再生資源利用率と全再資源化率

※1: ここでは、生産量と排出量が等しい設定としている。

※2: 黒の棒が分母、黄色の棒が分子に当たる。(以降全て同様に使用する)

5-4 各建築資材への適応

ここでは、前項で設定した他産業とかかわる再資源化フローを持つ建築資材に対しての、資源循環指標の枠組み（表5-3-1）を各建材に適応する。

●ガラス系建築資材

ガラス系建築資材が関わる系の再資源化フローを次ページに示す。この時、調査結果から考察した各製品のライフサイクルに着目した量の概念を含まない再資源化フロー（図5-4-1）と、その作成したフローをもとに、原料の移動量に着目した再資源化フロー（図5-4-2）を新たに作成し、両方を併記する。

(i) 全体評価指標：全再生資源利用率

ここでは、まず全再生資源利用率の算出を行う。（図5-4-1）

図5-5-1は、順番が前後するが、次ページの図5-4-3をもとに作成した図である。

○全天然資源投入量：189万t

4-2-3での考察から、板ガラス、グラスウール、ガラスびんのそれぞれの天然資源投入量は、125万t、3万t、60万tと算定した。

○全再生資源利用率：43%

ここでも4-2-3の計算から、生産量として、それぞれ132万t、41万t、150万tとの数値を得ている。加えてその他ガラス系製品（路盤材など）は、全てカレット原料から成立しているとして8万tの利用がある。ここから先ほどの式に代入すると、43%との結果を得る。この43%が純粋なガラス建材のかかわる系の再生資源の利用率である。

○全再資源化率

まず、排出量が把握しきれない点で、今回は算出が出来なかった。また、ガラス系建材の再資源化フローの系では、カッティングセンターから排出される端材の回収を排出とみなすかが微妙な点である。ただし、この点も上記の原料側の全再生資源利用率ならば、再資源化の取組として包括できるため、問題としない。

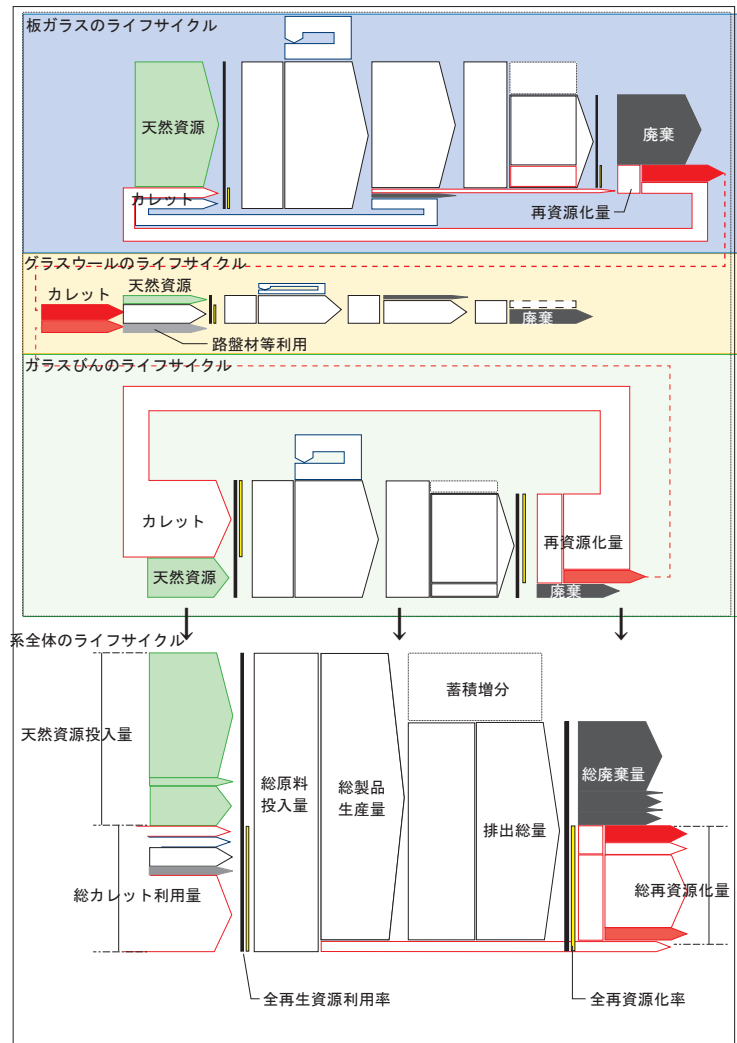


図5-5-1：全体評価指標の考え方

5-4：各建材への適応

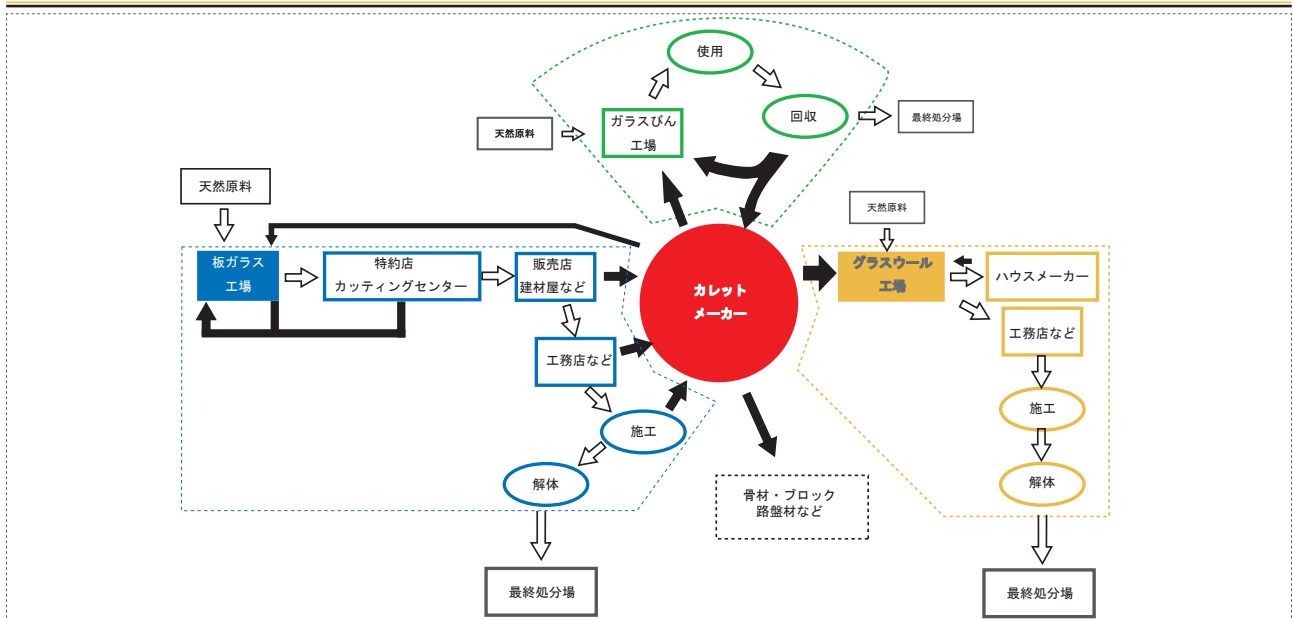


図5-4-2：製品ライフサイクルに着目した再資源化フロー

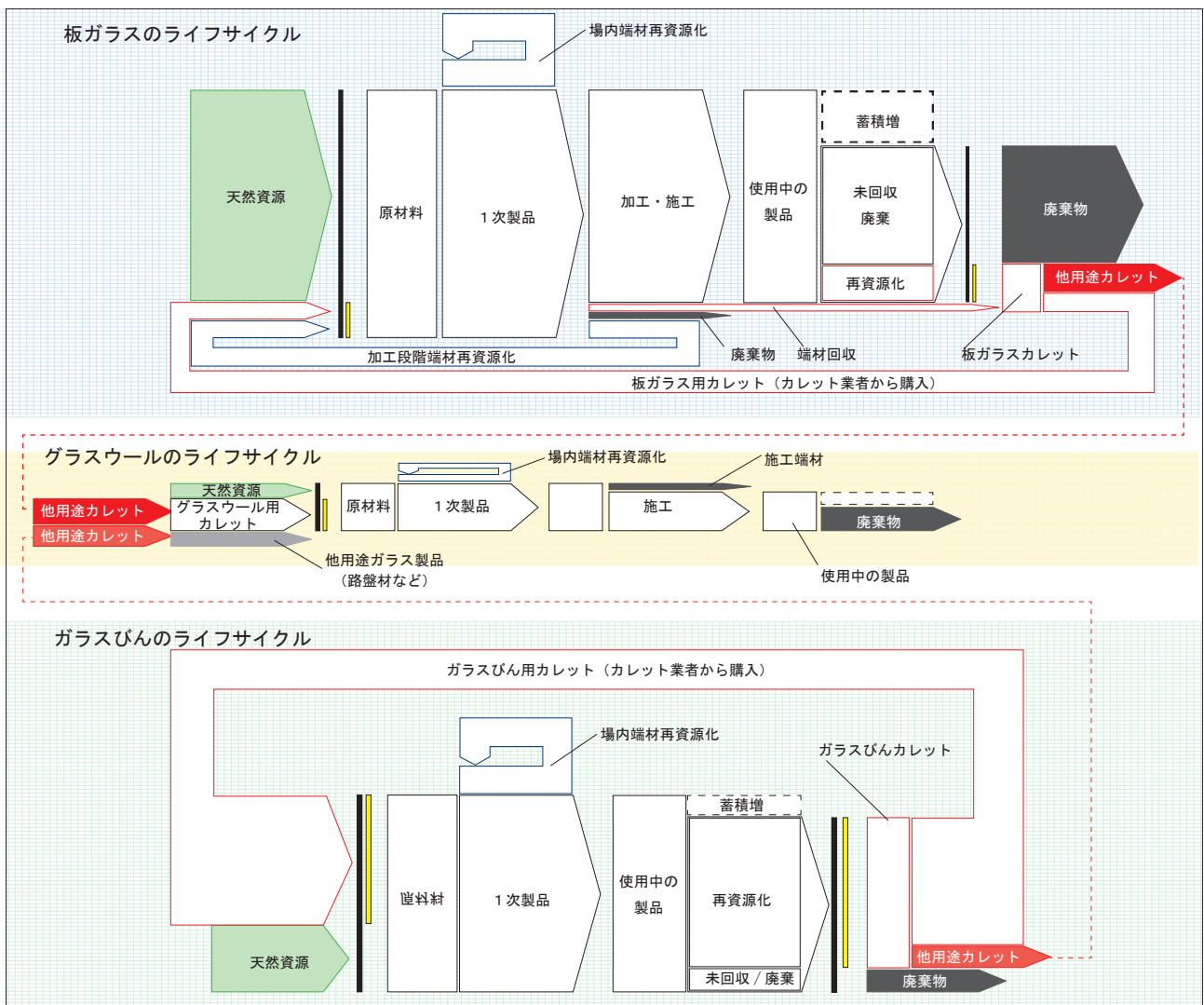


図5-4-3：原料の移動量に着目した再資源化フロー

ここで、全体指標に示した全再生資源利用率に関してケーススタディーを行い、その効果を考察してみる。

■ケーススタディ

＜シナリオの仮定＞

板ガラスの回収システムが整備されて、現状では37万tだった回収量が60万tになったが、板ガラスメーカーでは受け入れ体制が進んでおらず、従来どおり7万tの受入で推移している。この時、板、びん、グラスウールの総生産量は変化せず、びんガラスカレットの余剰により、びんガラスでは天然原料を10万t減らした。また、余剰のカレットは路盤材を始めとするガラス系製品の原料として使用された。(図5-4-4)

＜製品原料の連動＞

このシナリオによる各製品原料の受ける変化を、図5-4-4の表の中に示す。

＜指標の変化＞

このシナリオで算出される指標の変化を、従来の製品毎のカレット利用率と全再生資源利用率で見ると、

板ガラス再生資源利用率： 5.3%→5.3%

グラスウール再生資源利用率： 93%→98%

ガラスびんカレット利用率： 60%→67%

全再生資源利用率： 43%→49%

という結果を得る。この結果を見てみると、板ガラスの回収が進んだのに、製品毎の指標の変動を見てみると、びんとグラスウールで数値が上がってしまう。これは、排出材の連動が需給バランスにより生じるため、天然原料の抑制などが他製品で進むために、他の製品において数値が上昇している。

しかし、全再生資源利用率は、板ガラス単体としての指標では現れなかった、回収システムを整備したという再資源化システムの進歩を全体の再資源化の取組の向上として数値で示すことが出来る。

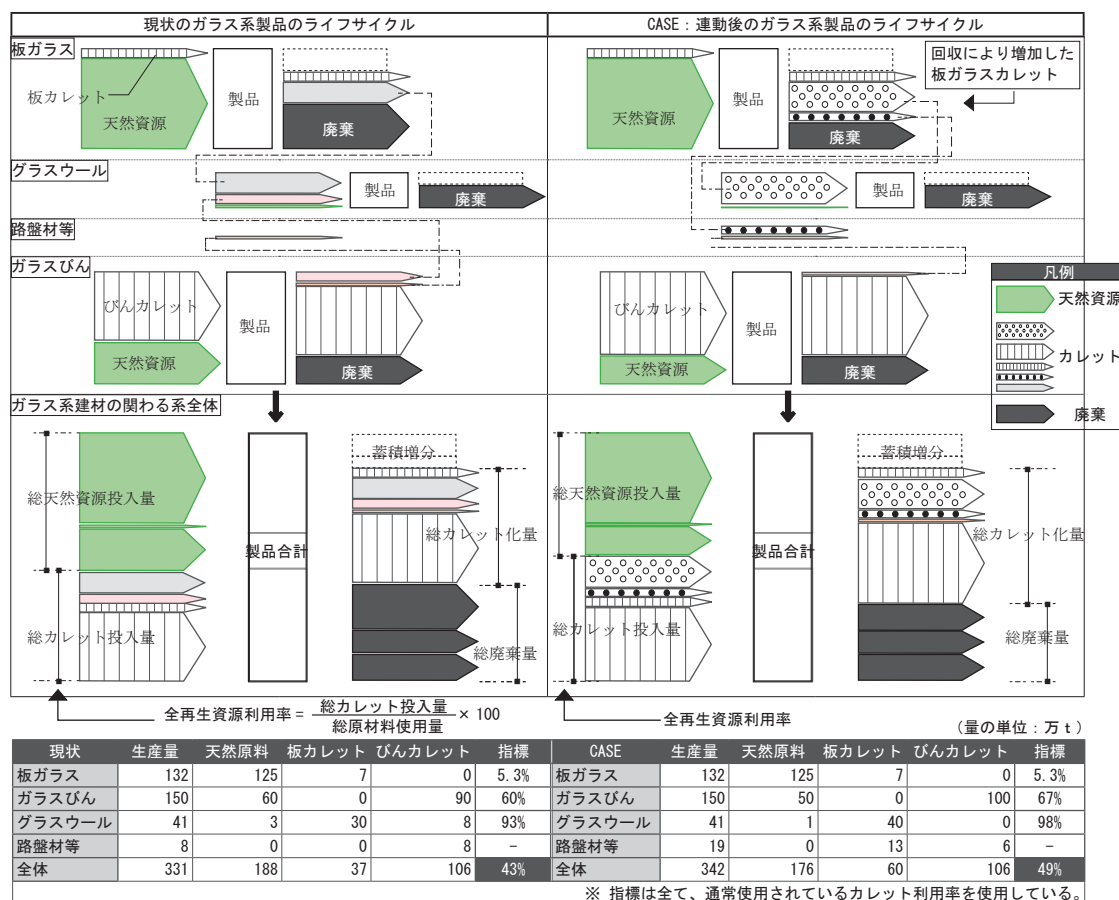


図5-4-4：ガラス系建材の関わる再資源化フローでのケーススタディー

(ii) 目的別指標

ガラス系建築資材の係る再資源化フローに関して、目的別の指標設定を行うとすれば、考えられるのは先のケーススタディーで示したように、各製品の原料側での再生資源利用率を併記することが第一に考えられる。この併記によって、直接天然資源利用量の削減が行えた品目がはっきりするためである。

また、さらに排出材の総量が把握できるのならば、各製品の再資源化率も併記できると、カレットがどこから発生しどこで再資源化が行われているのかを明らかにすることが出来る。

ここで具体的に、考えられる目的別指標を一覧にして示す。この時指標から分かることと、その特徴や限界について併記しておく。(表5-4-1)

表5-4-1 : ガラス系建材の係る系の目的別資源循環指標

目的別指標	計算式 (概略)	把握できる内容	特徴・限界
板ガラス	再生資源利用率	カレット量 / 生産量	天然資源利用の削減率 場内・特約店・施工端材・カレット業者経由など、由来を把握しておく必要がある。
	再資源化率	カレット化量 / 総排出量	最終処分量の削減率 ・総排出量の把握が困難 ・どの段階から発生したのか、どこで再資源化されたのか、何に再資源化されたのかまで把握する必要がある。
	利用効率	(加工・施工段階でのカレット化量+製品量) / 一次製品出荷量	使用までの、製品の有効利用率。再資源化率より目標にしやすい ・端材の行き先がカレット業とメーカー工場の二手に分かれて把握が困難。
	利用時間	使用されている時間	使用されている時間 板ガラスの省エネ化が影響を与えるか不明
グラスウール	再生資源利用率	カレット量 / 生産量	天然資源利用の削減率 カレットの由来を把握する必要がある。
	再資源化率	カレット化量 / 総排出量	最終処分量の削減率 ほとんど0である。
	利用効率	(加工・施工段階での再資源化量+製品量) / 一次製品出荷量	使用までの、製品の有効利用率。再資源化率より目標にしやすい ・端材の行き先は、広域再生によりメーカーに戻るため把握はしやすい
	利用時間	使用されている時間	使用されている時間 グラスウールの断熱性の向上がどの程度影響を与えるか不明
ガラスびん	カレット利用率	カレット量 / 生産量	天然資源利用の削減率 場内・特約店・施工端材・カレット業者経由など、由来を把握しておく必要がある。
	リターナブルびん回収率	回収量 / 総排出量	天然資源利用の削減率 製造エネルギー削減率 リターナブルびん自体が減少する可能性があるため、絶対量の併記が必要。
	ワンウェイびん回収率	回収量 / 総排出量	最終処分量の削減率 ・びんに対しては絶対的に必要な、指標である。
	再資源化率	カレット化量 / 総排出量	最終処分量の削減率 ・総排出量の把握が困難 ・どの段階から発生したのか、どこで再資源化されたのか、何に再資源化されたのかまで把握する必要がある。
特定製品カレット使用率	特定製品カレット使用量 / 総カレット使用量	特定製品に使用されているカレットの割合	例えば路盤材等、再資源化先としては低次に当たる製品へのカレットの利量は把握しておく必要があるため、指標化した。

●石膏ボード

石膏ボードが関わる系の再資源化フローを以下に示す。この時、調査結果から考察した各製品のライフサイクルに着目した量の概念を含まない再資源化フロー（図5-4-5）と、その作成したフローをもとに、原料の移動量に着目した再資源化フロー（図5-4-6）を新たに作成し、両方を併記する。

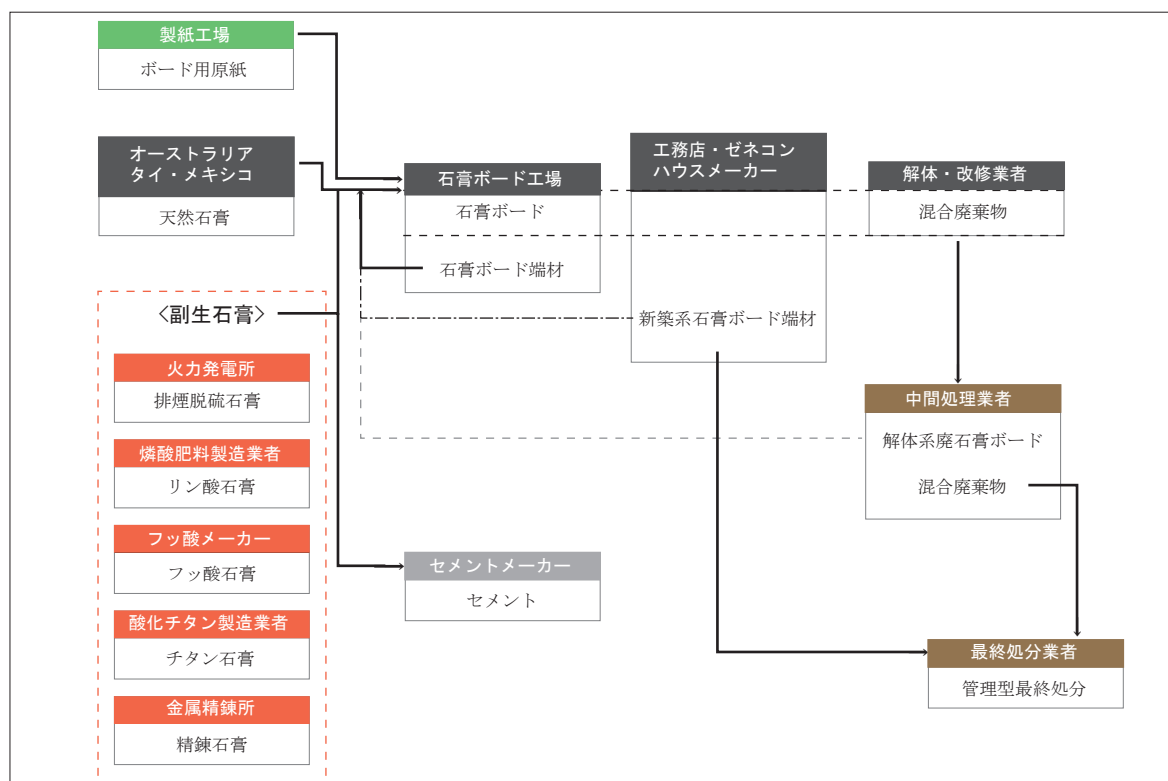


図5-4-5：製品ライフサイクルに着目した再資源化フロー

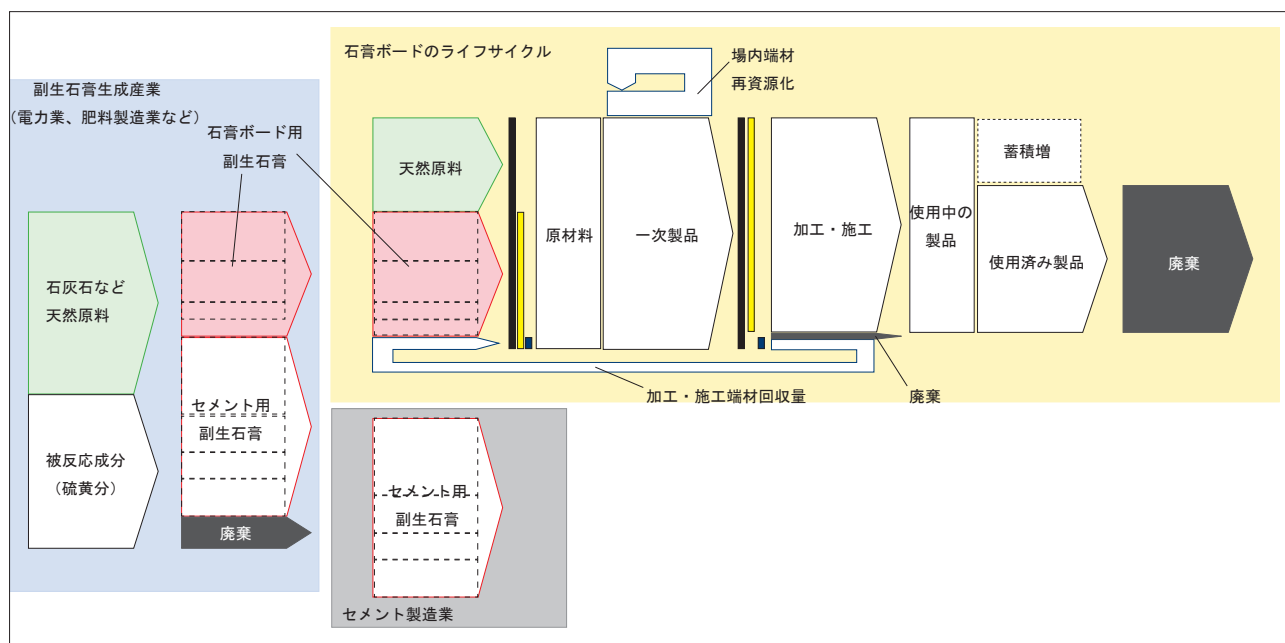


図5-4-6：原料の移動量に着目した再資源化フロー

(i) 全体評価指標

石膏ボードに関してもガラス系建材のときと同様に全体評価指標を算定したいが、特に副生石膏側での詳細な石膏生成プロセスが調査できなかったため、算出が行えない。ここでは、指標設定において各データの持つ意味に関して検討したいと思う。

●対象とする系

この系では、副生石膏が副産物として製造される電力業や肥料製造業も、同一の系の中に含めると考える。例えば、火力発電所の排煙脱硫石膏は、公害防止のために発生する物であるため、石膏ボードがそれに貢献していることは、どう表現されるのかも含めて考えようとしている。

●全天然資源投入量 / 再生資源量

右の図5-5-7に、全体評価指標の取り扱いデータをフローの形で示した。緑で示した天然資源は、石膏ボードからのものが、天然石膏であり、副生石膏でのものは主に石灰石の量としている。純粋に石膏分で算出するとすれば、被反応成分である、硫黄分も含めなくてはならないが、公害抑制の貢献として硫黄分は含めなかった。この部分をどう扱うかで数値が変わってくる。

●全排出量 / 再資源化量

排出側では、副生石膏も系を構成する一つの要素と考えたため、生成する副生石膏分は排出側に加算されている。また、ここで問題となるのが、セメント分に含まれる石膏分の排出の際の算定である。これには、セメントの再資源化フローも調査を行い、セメントの排出先に対して、石膏分の使用量によって按分する形で算出する必要がある。また、数値としては利いてこないが、施工段階からの端材回収は原料側だけの要素としている。

●全再生資源利用率・全再資源化率

算出は出来ないが、ここでは、仮に図5-5-7に示したような黒棒と黄色棒で示したデータの範囲で算出を行うとする。もし、石膏ボードの自製品内再資源化量が増加して、副生石膏に余剰が生まれて廃棄量が増えてしまった場合は、従来の指標では石膏ボードのポジティブな変化しか捉えることが出来ないが、この指標では廃棄側の副生石膏分が増加することで数値として現れてくる。

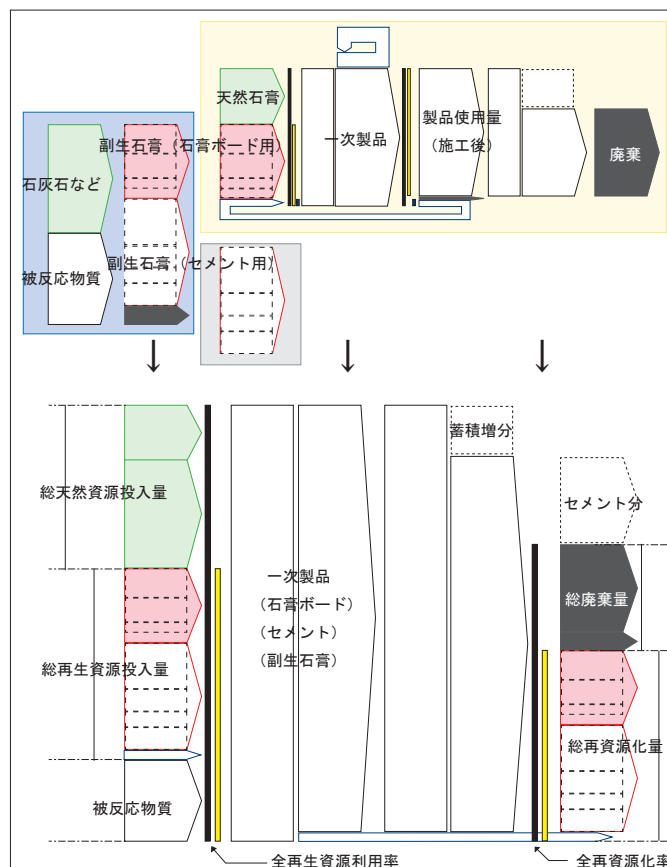


図5-4-7：全体評価指標の考え方

(ii) 目的別指標

石膏ボードの関わる再資源化フローに関して、目的別の指標設定を行うとすれば、ガラスの場合と同様に、再生資源利用率と再資源化率を併記することも重要である。しかし、それ以外にも数値として表すべき指標はある。例えばヒアリングで伺った内容からは、石膏ボードメーカーは、現場への直送を行っており、現場での仕様の要望を聞きながら、余計な端材が現場で発生しないようナリデュースの取組を行っている。これを指標として表すとすれば、一次製品の出荷量に対して、実際に使用される製品の量の割合を示した利用効率の指標がメーカーにとっては大切な指標になる。(図5-4-8参照)

ここで具体的に、考えられる目的別指標を一覧にして示す。この時指標から分かることと、その特徴や限界について併記しておく。(表5-4-2)

表5-4-2: 石膏ボードの関わる系の目的別資源循環指標

目的別指標	計算式(概略)	把握できる内容	特徴・限界
石膏ボード	再生資源利用率	副生石膏使用量 + 廃石膏ボード使用量 / 生産量	天然資源利用の削減率
	最終処分延命年数	再生資源利用料を、最終処分残余年数から年に換算	最終処分量の削減率
	再資源化率	再資源化量 / 総排出量	最終処分量の削減率
	解体材回収量	解体廃石膏ボードの回収量	最終処分量の削減率
	利用効率	製品量 / 一次製品出荷量	使用までの、製品の有効利用率。より目標にしやすい
	利用時間	使用されている時間	使用されている時間
副生石膏	有効利用率	何らかの用途に使用された量 / 総生成量	最終処分量の削減率

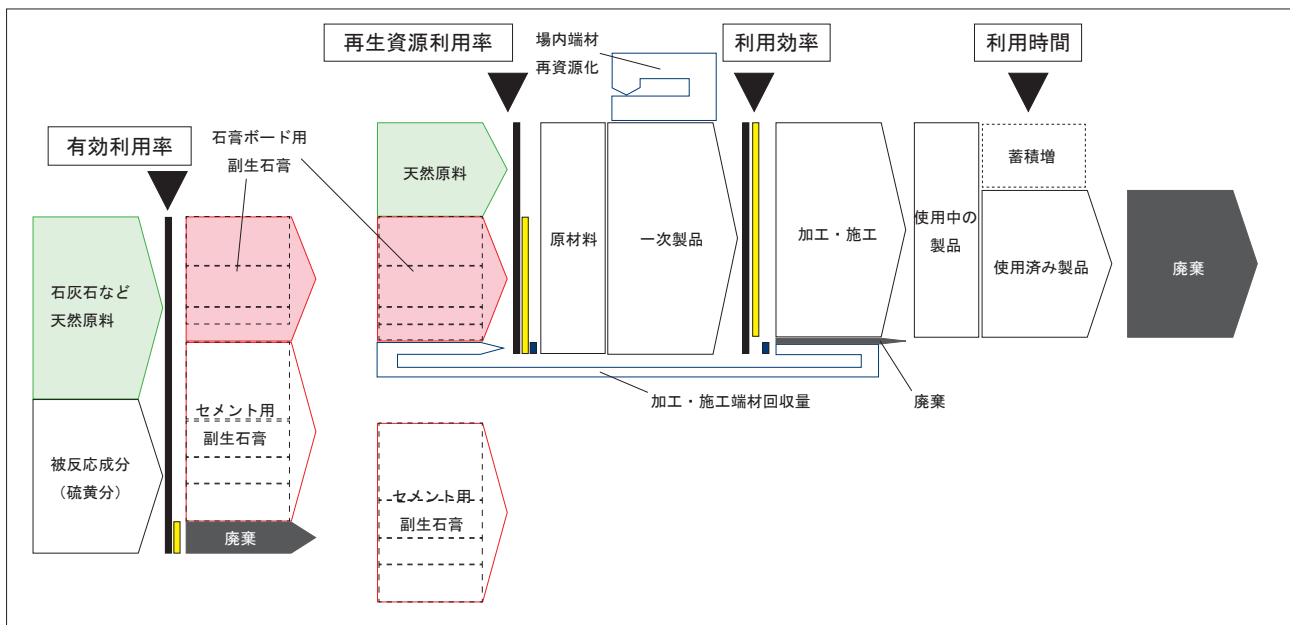


図5-4-8: 石膏ボードの関わる系の目的別資源循環指標

●木質系建築資材

木質系建築資材が関わる系の再資源化フローを以下に示す。ここまでと同様に調査結果から考察した、各製品のライフサイクルに着目した量の概念を含まない再資源化フロー（図5-4-9）と、原料の移動量に着目した再資源化フロー（図5-4-10）の両方を併記する。

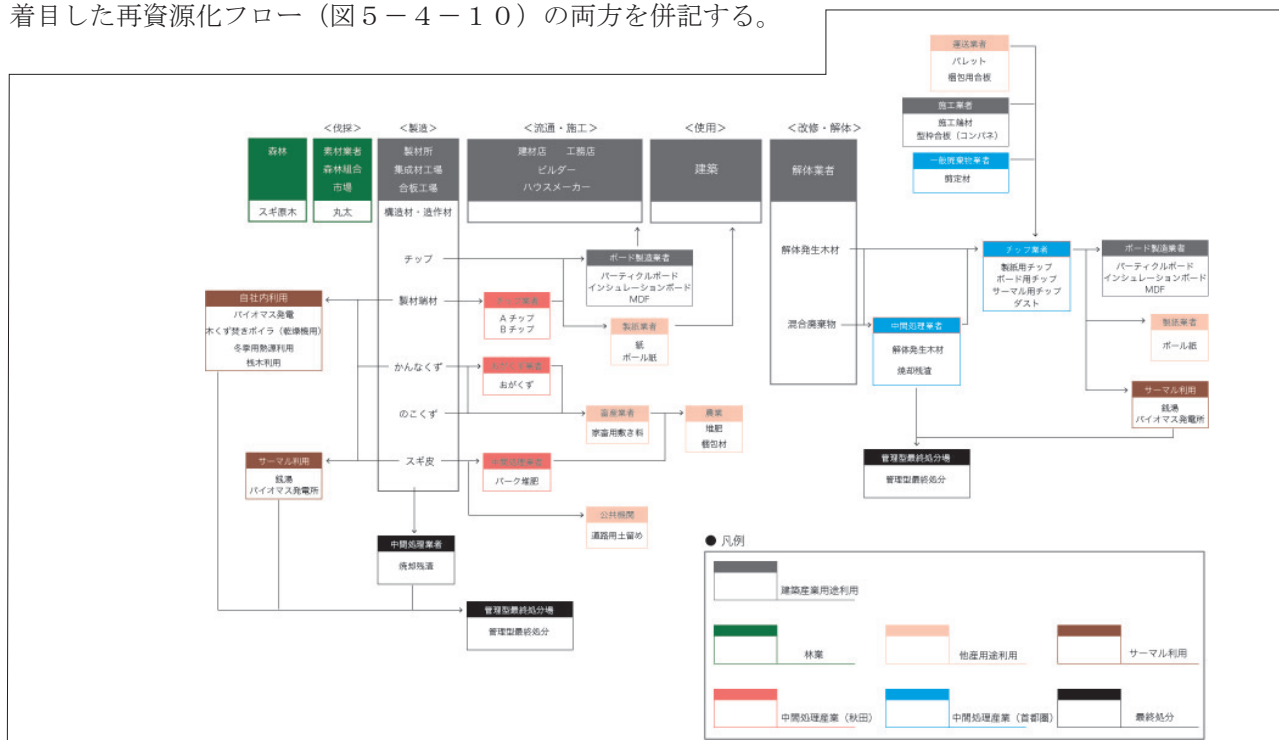


図5-4-8：製品ライフサイクルに着目した再資源化フロー

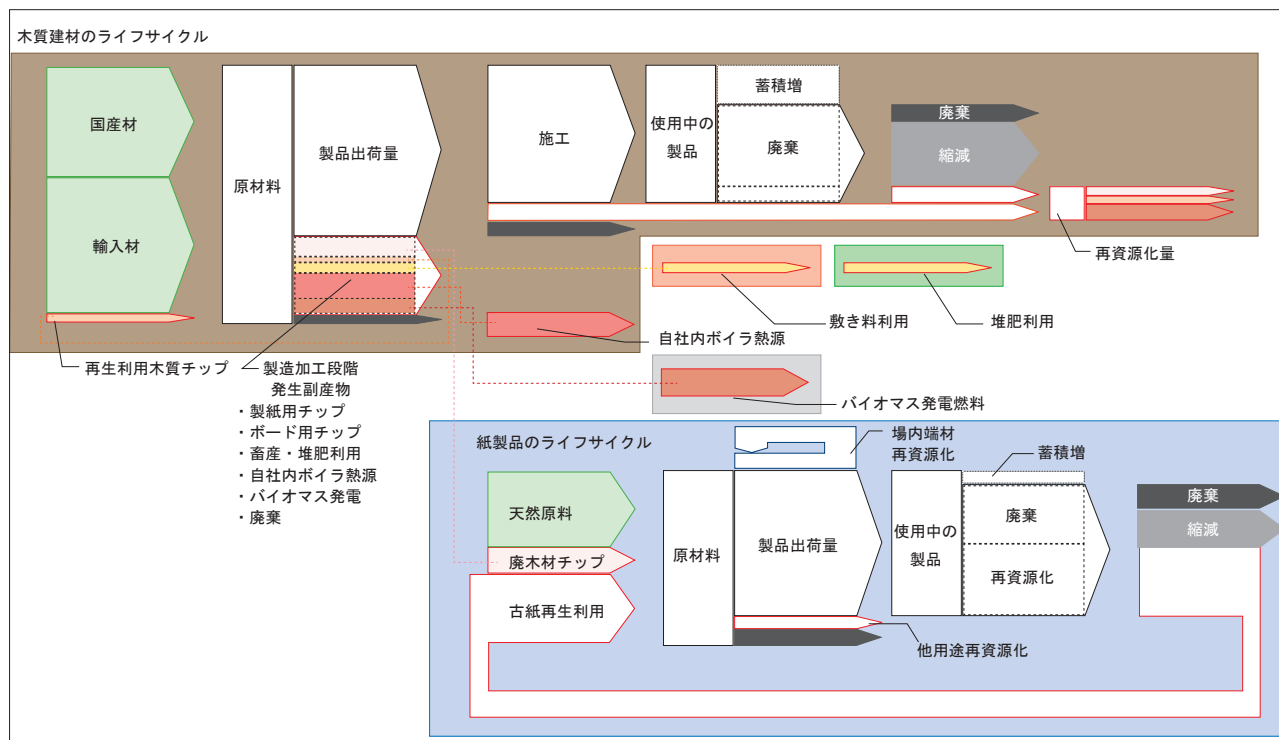


図5-4-9：原料の移動量に着目した再資源化フロー

(i) 全体評価指標

木質建材の係る再資源化フローの全体（系）を描いてみると、その再資源化方法のバリエーションの多さで改めて驚かされる。しかも、ある程度実際の規模に合わせて描いてみると、紙製品の占める割合が多いことが分かる。図5-4-11では、全製品の原料投入と、排出量を総計して、全体評価指標の算出を考える。

●何を全体評価指標とするか

先に述べたように、木質資源の利用形態は、多岐にわたるが、国内（調査では秋田県内）で製造されている一次製品という意味では、木質建材か家具、紙製品といえる。木質建材だけ見ていると、再生資源利用を考えることに意味は無かったが、紙製品との連動を考えると、ある程度の上限はあるにしろ、算出に意味はあると考えられる。また、排出側に関しては、4-4の考察で述べたように、製造加工段階と、施工解体段階で分けて把握することが望まれる。この時、紙製品の排出材をどこに含めるかが難しい点であるが、ここでは解体段階に含めて図を作成している。

●全再生資源利用率

この値は、統計データから算出しようと思えば算出できるが、似たような指標設定で、1995年の統計から約23%とのデータを、「日本における伐採木材のマテリアルフロー・炭素フロー」（地球環境研究センター）では算出している。この指標は、伐採木材（国産材、輸入材、輸入製品）と、使用済み紙製品（国産、輸入）・再生利用使用済み木製品の割合を指標化したものである。本論と異なるのは、参考文献では製造加工段階からの副産物の再資源化を見ておらず、全て廃棄と何故料理用に分類している事と、輸入製品を原料として利用していることである。本論では、秋田県における製材加工段階を中心に考えて調査を行ったので、求めるべき全再生資源利用率において、背景となるデータが異なっている。

このような違いから、全再生資源利用率は、23%よりも大きな値となる。

●全再資源化率

再資源化率に関しては、用途が細かく分類されているので、全体評価を行うに当たっては、木質建材と紙製品を合わせた上での、解体段階の全再資源化率を示せばおおよその最終処分量に対する貢献が把握できる。

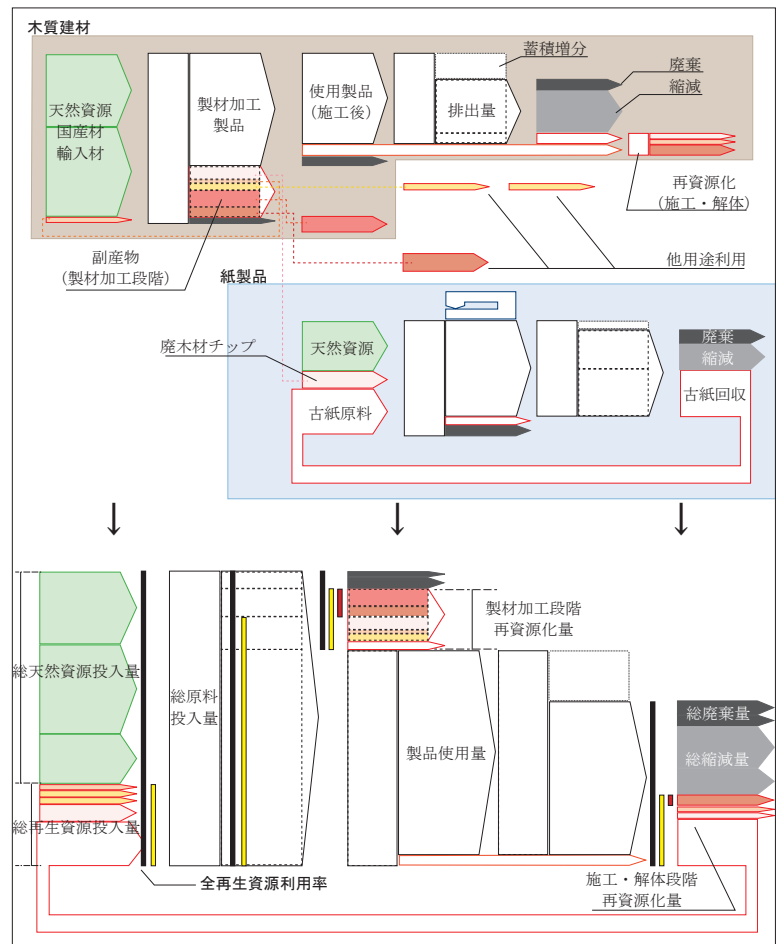


図5-4-11：全体評価指標の考え方

(ii) 目的別指標

木質建材の関わる系では、再資源化方法が多岐にわたっており、関わる産業も複数あるため、全体の把握に加えて各主体に対して目的別の指標の設定を考えることも重要になる。

まず何より、木は大きな資源循環サイクルにより再生可能な資源である。そのためには、一定期間が必要となるため、伐採されてから製品となって形を失うまでの利用時間が非常に効いてくる。(図5-4-12) この利用時間だが、建材に関しては住宅を始めとする建築に寿命から、おおよそを求めることが出来る。しかし、紙製品については、一回のライフサイクルは短い、何回リサイクルが繰り返されるかによって、その利用時間が変化してくる。

次に、木はバイオマス燃料として製材所などでは自社内の乾燥機用の木くず焚きボイラ熱源として利用されたり、急激に施設数が増加しているバイオマス発電所の燃原料となったり、またはバイオエタノールの原料として利用されたりしている。このようなサーマルリサイクル、ケミカルリサイクルは、廃木材の有効な再資源化先ではあるが、先述したように、材の質に関係なく利用することが出来てしまう。資源の有効利用の観点に立てば、用途別の指標形成も必要になるだろう。

この用途別の指標形成は、LCAの算出に繋がってくる。資源の有効利用の観点ではなく、排出する(もしくは固定する)CO₂量による、用途の区分をした場合は、距離や処理による環境負荷が、各再資源化手段に対して割り当てられる。その段階の準備としても用途別の指標形成は必要になってくる。

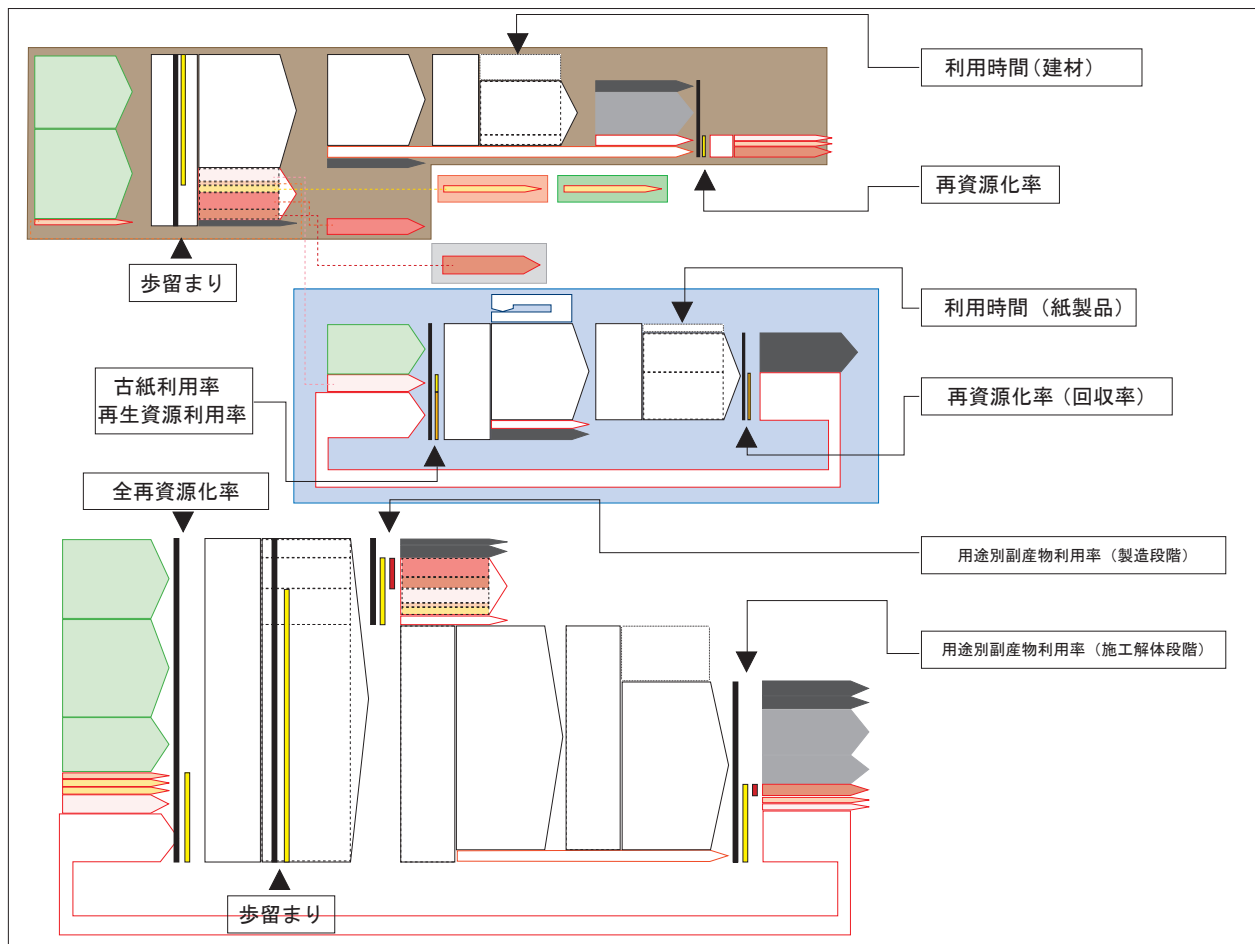


図5-4-12 : 木質系建築資材の係る再資源化フローの指標

以下に、木質系建材に係る再資源化フローの系の目的別資源循環指標を一覧にして示す。(表5-4-3)

表5-5-3 : 目的別資源循環指標の設定

目的別指標		計算式 (概略)	把握できる内容	特徴・限界
木質建材	再資源化率	再資源化量 / 総排出量	最終処分量の削減率	・製材加工段階と施工・解体段階とで区別して把握する必要がある。 ・どの段階から発生したのか、どこで再資源化されたのか、何に再資源化されたのかまで把握する事が望ましい。
	歩留まり	総製品生産量 / 総原材料購入量 (m3)	原材料のうち、製品となった割合。	・製材所で通常使用されている有効利用率。 ・製品として売れた割合を示す。 ・原木の材積の計算方法の時点で現実とずれがある。
	利用時間	使用されている時間	使用されている時間	・木質建材の長期使用は、木の大きな資源循環サイクルを生かすため非常に重要である。そのため、目的別指標中で最も重きが置かれるべきである。
木質建材 (ボード類)	再生資源利用率	利用チップ量 / 生産量	天然資源利用の削減率	・原料チップが、施工由来か、解体由来か、それ以外かを把握できることが望ましい。
紙製品	再生資源利用率	再生資源利用量 / 生産量	天然資源利用の削減率	実際には、チップは発生由来ではなくて、品質が定められており、バージンチップとも品質上の区別以外ない。
	(古紙再生利用率)	古紙利用量 / 生産量	天然資源利用の削減率	再生資源のうち、自製品内の循環の割合
	古紙回収率 (再資源化率)	回収量 / 総排出量	最終処分量の削減率	・紙製品はライフサイクルが短く、生産量≒排出量であるために、再資源化率≒再生資源利用率で、片方の表記で十分である。
	利用時間	使用されている時間	使用されている時間	・一回の紙製品の平均利用時間と再資源化率から、期待値として算出される。試しに、一回平均半年の使用で、再資源化率60%とすると、9ヶ月前後になる。
用途別副産物利用率 (製造段階)		用途別利用量 / 副産物発生量	特定用途に使用されている木材副産物の割合	・製材加工段階からの副産物は、ほぼヴァージン材なので資源の有効利用の観点から、その性質ごとに再資源化先が決定されているべきである。
用途別副産物利用率 (施工・解体・回収段階)		用途別利用量 / 回収段階木質廃棄物発生量	特定用途に使用されている木材廃棄物の割合	・解体材に関しても、資源有効利用の観点や、再資源化処理の環境負荷を計算して、再資源化フローを最適化していく準備として、用途別に指標を考えておく必要がある。

6 章 終章

6-1 : 総括

6-2 : 今後の課題

6-1：総括

以上ここまで、他産業と関わって成立している建築資材の再資源化に関して、調査研究を行ってきた。この総括では、研究の目的で示した「他産業と関わる再資源化フローの中でどのような役割を果たしているのか、また、それをどう評価すれば良いかを検討し、今後の建築資材の関わる再資源化に対する見方を変えるための、考え方の枠組みを提案する事」に対しての、本研究を通して得た自分なりの回答を示したい。

まず、「他産業と関わる再資源化フローの中でどのような役割を果たしているのか」について。

役割に関しては、「一概には言えない」ことが分かった。回収システムの不整備や厳しい品質規定から、良質のカレットを低次の再資源化に放り出してしまっている板ガラス産業も、見方を変えれば、グラスウールの原料の大部分を供給していることになり、まさに見方によって変わってしまう。

しかし、この「見方」に関しては、大きく分けて二つの立場がある。それは、「自製品の再資源化が最大限優先されるべきである」という立場と、「全体の調和・バランスから考えるべき」という立場である。今回の研究では、できるだけ後者の「全体の調和」を考える立場から、「一概に言える」内容を考察したつもりである。

結局果たしている役割は、再資源化フローに連動性を与えているという、5章の考察内容ではないかと思う。再資源化フローに波風を立てる要素を抱えているといえ良いだろうか。その要因としては、(現実として「建築」というという製品に組み込まれている以上難しいにも拘らず) 自製品循環を強く志向する立場に捉われているからだと考えられる。おそらく、建築資材に限らず、材の再資源化システムは、単一の安定した再資源化先に収束するのではなくて、質の条件によって、自製品循環も含めて適度に分散した幾つかの再資源化先へ安定したフローが形成されることが終着点ではないかと思う。

今回取り上げた建築資材は、この安定性が欠けている。他産業と係ることが、建築資材のリサイクルの取組が遅れていることの原因ではなくて、自製品循環を志向するあまりに、他産業との係りを二の次にとらえていることが、排出された材の質に対して、白か黒か(自製品内での再資源化が可能か否か)の判断を生んでおり、その中間のグレーの部分が他産業とのやりとりの中での連動性として機能していると考えられる。

次に「それをどう評価すれば良いかを検討し、今後の建築資材の係る再資源化に対する見方を変えるための、考え方の枠組みを提案する事」について。

本論では、全体評価指標という概念を提案し、建築資材の関わる再資源化の系を評価する枠組みを示した。前述した、再資源化フローの連動性を、その外側から包み込んで、天然資源の抑制や最終処分量の削減といった、研究の背景の一番最初に示した確実に言えるリサイクルの意義を、評価に移したものである。

この指標によって、私は、他産業との係りによって建築資材の再資源化フローが様々に変動していく事の影響を、自製品内だけの指標に捉われて周囲への影響に盲目になることなく、フローを俯瞰する視点で確認していき、少しずつ再資源化フローの最適化、安定化に近づいていくシナリオを考えている。

つまり、自製品のからの繋がりだけに閉じることなく、マテリアルフロー全体の中での建築資材という視点で、建築資材の再資源化を考えることを新たな枠組みとして示した。

6-2 : 今後の課題

本研究を経て分かった今後の課題は、
「資源循環指標と環境負荷を始めとする価値判断を結びつけること」である。

資源循環指標は、意図的な設定を行えるが、その評価自体には価値判断は含まれていない。あくまで状況を分かりやすく記述する方法である。本論では、その記述の仕方をより状況に即して、見えにくい部分を見えるような形で指標に載せるため進めてきた。本論で示した全体指標は、純粋な天然資源の投入量への影響などを明らかにするためには、役に立つだろう。しかし、これは良し悪しを決めるものではない。

環境負荷による価値判断には LCA を始めとする考え方（ツール）があるが、それは一般消費者や初見の人にはわかりにくい。その点で資源循環指標は、意図はしていないのに価値評価と判断されるほど分かりやすい。そのため、指標に環境負荷を載せてより分かりやすいツールに出来ないかというのが今後の課題である。

具体的には、各再資源化処理方法の環境負荷を算定することにより、実際に環境負荷的に有利な方法の順序をつけ、材の質との対応に加えて、環境負荷との対応によって再資源化先が決定される形で再資源化フローが安定化に向かう事が理想である。資源循環指標の枠組みの中で提案した、目的別指標に、環境負荷レベルごとの指標を形成することが、今後のテーマになるだろう。ここでは、もしかしたらサーマルリサイクルのほうが、マテリアルリサイクルよりも有利であるというような順序が発生するかもしれない。

しかしそのような時も、再生資源を受け入れる製品毎の需要供給のバランスはあるので、全体を俯瞰する形で把握するための指標は必要である。つまり、環境負荷の順序をつけても、環境負荷の低い方法に集中させるのではなく、全体での最適化を目指すことは変わらない。そのときのための全体指標である。

資料編

ヒアリング調査結果

ガラス系建築資材

- ・板ガラス協会ヒアリング
- ・硝子繊維協会ヒアリング
- ・カレットメーカーヒアリング

石膏ボード

- ・石膏ボード工業会ヒアリング
- ・石膏ボードメーカーヒアリング
- ・製造工場見学及びヒアリング

木質系建築資材

- ・伐採段階：森林組合、原木市場
- ・製造加工段階：製材業者 4 社
集成材製造業者 4 社
その他製材加工業者 4 社
- ・再資源化段階：チップ製造業者
解体材チップ製造業者
製紙業者
ハードボード製造業者
畜産業者
バイオマス発電所
- ・再資源化段階：チップ製造業者
(解体段階) パーティクルボード製造業者
- ・最終処分段階：最終処分場 2 箇所

既往研究・参考文献

調査対象概要	
日時	2006年 11月
対象団体名	板硝子協会
主たる業務内容	大手板ガラスメーカー3社の工業団体
キーワード	板ガラス、エコガラス、端材の回収

○ ヒアリング結果

■ 製品に関して

・ 生産量の変遷とその背景

板ガラスの使用されている産業の割合は、建築：車：その他＝5：4：1となっている。車は1,350万m²の生産量で、約1060万台の車両製造量に対応している。建築産業分野に関しては、住宅着工数と対応して生産量の変動がある。また、商業・オフィスビル向け等の一般建築用に関しては、板ガラスのみでの発注にはならず、輸入品との兼ね合いが生じてくるため、必ずしも生産量と建築生産量が対応していない。

・ 製造方式の変遷

一次製品としては、フロート板ガラス、型板ガラス、みがき板ガラスに大きくは分類される。その品目毎に製造方式は異なるが、基本的な製造工程は次の通りである。

けい砂、ソーダ灰、石灰石、苦灰石などの主原料を、一定の割合で調合した後、適当な割合でガラス屑（カレット）を配合、投入口から窯槽の内部へ送り込む。これらは窯槽で熱せられ、1500～1600℃の高温で完全に溶解されガラス化し、次第に澄みきった均質のガラス素地になる。次にこの素地を成型に適した粘度になるまで温度操作し、窯から後述する各種の方法で板状に成型する。その後、板状になったガラスは、徐冷窯に入り、残留ひずみを取り去るように徐冷し、十分に冷却した後、洗浄・乾燥し所定の寸法に切断して製品にする。

板ガラスの溶解炉は、1000 t以上の溶解したガラス素地をプールしているので、一度操業を開始すると、窯槽を構築している耐火煉瓦の物理的寿命が来るまでの期間（通常10～12年）は、窯槽を常時保温状態にしなければならない。そのため、昼夜通しての連続操業形態となる。

一次製品の製造方法には、フロート法（フロート板ガラス）、ロールアウト法（型板ガラス）、連続式片面磨法、デュープレックス法（みがき板ガラス）がある。いずれも、広いスペースを必要とする製法であり、以前はスペースの確保の問題から、垂直方向に延ばす製法があった。

・ 製品の流通システム

重く壊れ易いという製品特性に加え、需要が少量多品種になるという特徴と、切断、加工、組立、施工の各段階でそれぞれの需要に応じて商品化されるという特徴によって、流通形態が決定されている。特約店は、近年の需要低迷により、廃業・合併等が相次ぎ大幅に数が減っているが、現在でも約270店程度有り、これらは個々に販売店に対し板ガラスを販売している。

特約店は、末端需要を集約して生産者と消費者を結び、その機能は在庫、切断、配送をはじめ、販売促進、情報の収集伝達などで、ほとんどが板ガラスの他にアルミサッシ等の建材も取り扱っている。

販売店は、業態・規模ともに多岐にわたっているが、最も多いのは小口の建築工事を対象として、住宅用サッシと板ガラスを組み合わせて、大工・工務店に施工販売をしているものである。これらは、具体的には板ガラス店、サッシ店、建材店、建具店などがあげられる。

・ 工場の立地に関して

原料の輸入が便利であるために、基本的に表日本の港湾地区に位置している。

■ 原料に関して

・原料の種類と内訳、採取場所

板ガラスの主原料は、ケイ砂、ソーダ灰、長石、石灰石、苦灰石、ガラス屑（カレット）等である。

表１：板ガラスの原料調合比

けい砂	36.3%
ソーダ灰	10.3%
ぼう硝	0.7%
長石	2.7%
石灰石	1.1%
ドロマイト	9.5%
ガラス屑（カレット）	39.4%

（平成11年版、旧通産省 窯業・建材統計）

溶解炉の燃料は1955年を境に、重油への転換が行われ、現在はC重油を主燃料としている。

ケイ砂は主に輸入（オーストラリアなど）で賄っている。ソーダ灰は、天然のものと製造のもの両方を使用している。カレットの使用は、端材の有効利用という観点と、エネルギー効率という観点から行われている。天然原料だけでは、溶解するために多大なエネルギーを要するが、カレットと混合してカレットから溶解し、それに巻き込まれる形で天然原料を溶解する形式で行うとエネルギー効率が良い。

・取引の形態

カレットに関しては、自社工場内から発生したものと、特約店で発生したものがあるが、いずれにしろ自社系列内での発生端材であるために、無償で提供をうけている。

■ 再生資源の利用に関して

・カレット投入率とその上限：40%前後（上限は50%程度と考えている）

カレットを投入する際のリスクとしては、不純物の混入と微妙に異なる組成の他社板ガラスが混ざってしまう点である。

・カレットとして投入される副産物に関して

1：一次製造段階の場合内端材：再生資源の大部分を占める

フロート法では、徐冷を経て硝子の両端を切断して幅を揃えるため、必然的に副産物が生じる。また、切断工程を経ての欠陥品や、ライン停止後の再始業時の品質の安定しないガラスも含めて、副産物は破碎して、原料とともに混合している。

2：カッティングセンターでの端材（特約店）

特約店に製品を降ろしたあと、消費者需要に応じて製品の加工を行う。この際の端材は、メーカー工場から製品を納入する車の復路を利用して回収が行われている。また、施工まで行っている特約店では、施工端材の回収も考えられる。

3：施工端材、解体端材由来の市中カレット

原料として利用するカレットが不足している場合は、市中のカレット業者から、カレットを購入する。その割合は～5%程度である。このカレット業者は、メーカーと取引関係のある所であり、品質・安全の保証は最大限確保されなくてはならない。カレット業者では、板ガラス用とびんガラス向けなど、種類毎にカレットを区別して製品化している。板ガラスカレットは、販売店や建築業者由来の施工端材などが中心となっている。

■ 板ガラス以外へのリサイクルに関して

カレット業者へのヒアリングでないとわからない。

調査対象概要	
日時	2006年 11月
対象団体名	硝子繊維協会
主たる業務内容	ガラス短繊維、長繊維メーカーの業界団体
キーワード	グラスウール、ガラスカレット、

○ ヒアリング結果

■ 製品に関して

短繊維：フェルト、ボード、筒

- ・ 用途：断熱、保温、吸音の用途に用いられる。
- ・ 生産量

ここ数年は横ばい状態である。断熱材に関しては、IBECの発表しているデータがある。重量ベースと面積ベースのデータがあり、グラスウールは、かさが多い関係から他の断熱材との使用量の比較をする際は、面積による比較の方が使いやすい。

(単位：トン)

	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
長繊維	319,259	338,715	293,640	347,505	351,680	373,837	341,569
短繊維	205,951	213,215	196,863	189,819	199,048	200,754	198,126
合計	525,210	551,930	490,503	537,324	550,728	574,591	539,695

(硝子繊維協会統計より)

・ 製造方法

熔融したガラスをロータリー法（遠心法）と呼ばれる方法で数ミクロンに繊維化し、フェノール樹脂を主成分とする接着剤を噴霧してマット状に集積する。これを熱風の成型炉で熱硬化させた後、所定の寸法に裁断する。以前は火炎法という方法もあったが、すぐに品質管理の問題から無くなった。

・ 流通に関して

商流としては、メーカー工場→ハウスメーカー→施工という場合と、メーカー工場から、建材商社を通じて、中小の工務店等に流れて行く場合が存在する。製品の配送に関しては、1/8まで圧縮する事が可能である。

・ 工場の立地

市場立地型の工場立地である。理由としては、非常にかさばる製品であるため、輸送コストの抑制が大きな問題である点にある。また、原料となるカレットも、大都市圏からの回収が中心となるため、原料調達にも都合が良い。

長繊維（グラスファイバー）：ロービング、チョップドストランド、マット、糸、布

・ 種類：ヤーン系、ロービング系

ヤーン系：ガラス素地を千数百度の高温下で3～9ミクロンの極細フィラメントに熔融紡糸し、50～800本を澱粉、油系のバインダー（集束剤）で集束したものをストランドと呼ぶ。これに撚りをかけ、あるいは撚りあわせたもの、または加工した製品群をヤーンと呼ぶ。ヤーンはグラスファイバー製品の最も基本的なものである。近年のグラスファイバー製品の多様化は、パソコンの基盤等に利用され、その特性を十分に発揮している。

製品の種類としては、プリント基板、工業用断熱材、バグフィルターなどが挙げられる。

ロービング系：ロービング系の製品は、他の材料の強化用材料として他の材料と複合して使用される。とりわけ、プラスチックとの複合材料として用いられる事が多く、これをFRP(Fiberglass Reinforced Plastics)と呼んでいる。FRPの用途は極めて広い。他にも、ゴム(FRR)、石こう(FRG)、セメント(FRC)等と複合され、また補強材もヤーン系製品が用いられる事もある。

製品の種類としては、タンクや船等が挙げられる。

- ・ 物流：メーカー工場→製品メーカー（東レ、帝人など）→、というグラスファイバーが一次製品となり、その後加工されて製品となるルートと、メーカー工場→商社→中小工場という小口向けのルートがある。

■ 原料に関して

短繊維（グラスウール）

原料内訳：カレット（８５％）、バージン原料（１５％）、天然原料取得先：鉾山原料商社

バージン原料は、ホウ酸（ホウ砂）水酸化マグネシウム、ドロマイト、長石、ソーダ灰、白土である。

ソーダ灰やホウ酸は、輸入原料であるがカレットの成分によって、投入量は調整している。ホウ酸は製品の耐候性を高める働きをする。グラスウールは板ガラスに比べて製品の表面積が大きいので、耐候性は重要な特性である。この他に工場内で回収された副産物が再生利用されている。色は白色だが、還元性や成型性を出すために、フェノールとホルムアルデヒド樹脂を添加（２％程度）して黄色になる。（F★★★★である。）

長繊維

長繊維の原料はほぼ全てが天然原料である。種類としては、中国や韓国から輸入されているクレー（鉾石）、フッ化物（蛍石）、炭酸カルシウム等が挙げられる。グラスファイバーは、同じガラス製品でも板ガラス等とは原料の種類が全く異なる。その特徴としては、アルカリ分をほとんど含んでいない点にある。グラスファイバーはeガラス（エレクトロカルガラス）に分類されており、現在はJISの規定でアルカリ分が定められている。製品原料への要求が非常に高く再生原料の使用は行われていない。唯一工場内副産物は、バインダー等の有機系添加物を飛ばしてから再生原料化される。

■ 再生原料の使用に関して

- ・カレットの取得先：カレット業者、自治体、大手メーカー（飲料メーカー、自動車メーカー）

カレットメーカーは、継続的にグラスウールメーカーと取引のある業者である。そのため品質管理が最重要課題である。自治体は、回収したガラスびん等を自治体内の再生施設で破碎処理して納入する。ただし、供給源としては輸送コストの問題、供給の安定性の面で問題がある。大手メーカーというのは、自動車メーカーや飲料メーカー等で、回収された廃ガラスは、品質が安定しており、量も大量に供給されるため、グラスウールの原料にする事が可能な品質であれば大口の原料供給先となる。しかし、実際はそれほど受け入れていない。

- ・カレット使用の変遷

最初はカレットの利用はなかったが、ガラスびん産業での廃びんの処理先として検討されて、現在のカレット利用が始まっている。

- ・カレットの質

色は、白色（透明）が一番多い。茶・黒・青やそれらが混入したもの等は、購入価格によって差をつけている。色のコントロールの問題は、硝子繊維（グラスウール）においては問題ではない。色付き（特に茶・黒）びん由来のカレットは、還元性の成分を含んでおり、熔融窯の中で、酸性成分と反応して泡を生じる。窯は上部から熱しているので、泡が断熱材の役割をして熱効率が悪くなる。そのため、色毎に価格の差を設定している。また、工場によっては、蛍光灯由来のガラスを受け入れている所もある。

- ・不純物に関して

混入する不純物は、金属、有機物、キャップ、耐熱性セラミックなどがある金属が混入すると、窯を構成する金属と合金を形成してしまい、劣化を招く原因となる。有機物は、カーボンとして残ってしまったり、還元性を有して製品の強度低下を起こす可能性がある。耐熱性セラミックは、破碎されているとカレットと見分けがつかない。工程内ではロータリーの穴に詰まる事がある。

■ 排出材の再資源化に関して

広域再生利用指定産業廃棄物処理者（広域認定制度）として、製品の納入先のハウスメーカー等から、工場端材の回収を行っている。量としては、500t（生産量は20万t）程度である。

回収したグラスウールは、専用解砕機によるブローイング製品化、或は粉砕機で粉末化の後、ガラス溶融炉で投入する再利用がある。

・問題点

排出した製造メーカーが再資源化を行わなくてはならない。（他社のグラスウールは受け入れられない）また、処理方法としては、受け入れた廃棄物は全て原料化しなくてはならず、一部再生できず外部委託の廃棄物が発生すると、中間処理にあたるため違法行為となる。そのため排出事業所での徹底した分別が必要となる。輸送の面でも減容しなくてはならない問題がある。

・解体材に関して

現在は混合廃棄物として埋立処理が行われている。ザウスの解体で大量に発生したグラスウール廃棄物をロックウールへ再資源化したのは、特別な事例である。不純物の問題から、なかなか再資源化が行えない。法規制面での変化がないと現場での分別や運搬にまでお金と時間が当てられない。

・長繊維に関して

FRP（バスタブやケーブルのトラフ）は再資源化施設においてセメント原料化されている。年間約8000t利用されており、ガラス分はその20%程度である。セメント中で有機成分は燃原料化し、ガラス質は骨材化する。現在は、FRP中の樹脂を樹脂へと戻す研究がなされている。

調査対象概要	
日時	2006年 12月
対象団体名	カレットメーカー工場、(自治体クリーンセンター：見学のみ)
主たる業務内容	ガラスカレット製造
キーワード	ガラスカレット、ガラスびんリサイクル、板ガラスリサイクル

調査結果

■見学内容

製品カレットストックヤード

工場は1Fが製品カレットのストックヤード
2F（事務所建物4F相当）部分がカレット製造ラインとなっている。製品カレットは、種類毎にストックヤードへ落下してくる形式である。



廃ガラスストックヤード

外部にストックされた廃ガラスは、上層へ上げられてホッパーに投入し、トロンメルへゆっくり流し込む。



製造ライン

製造ラインは、大きく分けてびんガラス用と板ガラス用に分かれている。
見学時は板ガラス用のラインを利用して、混色のびんガラスを処理していた。

びんガラスカレット製造ライン

工程としては、トロンメルで洗浄し、大きさ毎に分別する。バキュームで紙、ビニル類、磁選機で鉄類を除去する。その後、手選別行ってからガラスを破碎する。金属探知機で、非鉄金属を除去し、洗浄、異物除去工程を経て、カレットとなる。



板ガラスカレット製造ライン

板ガラスカレットでは、異物の混入が少ないために、工程が単純になっている。

その他

電機メーカーから委託を受けて、液晶用ガラスのカレット製造も行っている。



自治体クリーンセンター

びん、缶、ペットボトルを回収し
分別処理を行う施設である。

回収されたびんは、ここで手選別により、
無色びん、茶、緑、有色などに分別され、
井尾ガラスを始めとする、カレットメーカー
に搬出されている。



〇ヒアリング内容

■ 事業概要

- ・ 戦前から再生ガラス原料の集荷販売を行っている。始めはリヤカーでの回収であったが、その後牛車、馬車での回収になり、板ガラスの取り扱いとは昭和21年から続いている（旭硝子との契約関係が続いている）。新木場工場は、昭和63年（1985年）5月に開設された。
- ・ 取得許認可としては、産業廃棄物中管処理、一般廃棄物中間処理を有している。運搬に関しては下請け業者が行っている。

■ 受け入れている材・廃棄物に関して

・ 板ガラス

カッティングセンターや板ガラス店、サッシメーカーなどから発生する端材の回収を行っている。ガラスメーカーが、特約店（カッティングセンター）からの端材の回収を行い始めた（広域再生認定）事により、板ガラスのカレット業への持ち込み量が減ってしまった。板ガラスの種類としては、網入りガラスや合わせガラス、複層ガラス等も受け入れている。

・ びんガラス

市町村などの自治体の回収びんが分別されるリサイクルセンターや一般廃棄物業者、酒屋やびん商等から回収している。一般廃棄物業者からの回収に関しては、3000m²以上の床面積（？）を有する場合は、自分で廃棄物処理を行う事が定められている。そのため、首都圏から発生するワンウェイびんは、自治体による回収ではなく一般廃棄物業者に一度流れる事になる。また、びん商は基本的にリターナブルびんの取り扱いを行うが、機能的に損なわれていたり、破損してしまったびんに関してはカレット業者で引き受ける。回収は廃びんガラスの発生場所に、回収BOXを設置して行う。

・ 受け入れる際の基準

びんに関してはキャップを外す事、セラミックが混入していない事などが基準となっている。

・ 取引先の範囲

基本的に関東圏内に位置しているが、全国的な回収も行っている。以前は、旭硝子関係のカッティングセンター端材は全て回収していた。

■ 処理内容に関して

処理内容に関しては見学内容を参照

■ 製品に関して

・ 種類（出荷先製品）

板ガラス、びんガラス、グラスウール、ガラスビーズ、レンガ、タイル、骨材などが挙げられる。

・ 無色や単色（茶など）の廃びんガラスは、びんガラスメーカーに納める用のカレット原料となり、混色の廃びんガラスは、他用途利用（グラスウール、レンガ、タイル、骨材など）される。廃板ガラスに関しては、半分が板ガラスカレット用、残りがグラスウールやガラスビーズ用に利用されている。

ガラスビーズ

道路のラインに混ぜて使われたり、路面に反射用として使用されたりしている。現在は中国からの安い輸入品が市場に出回り、国産のシェアが低くなっている。ガラスビーズに使用する場合は、ペイントメーカー（道路のライン）や施工業者に直接販売する場合がある。

びんガラス

現状では、混色のびんカレットが余っている状態である。白や茶は、前述のとおりびんガラスメーカーへ行き、混色に関しては使用用途を探さなくてはならない状況にある。例としては、豊洲地区の液化化現象を防ぐ、コンパクションパイルの砂の代替品として利用されたりしている。

容器包装リサイクル法によって、特定事業者（びんメーカー、ボトラー、飲料会社など）が容器（ガラスびん、ペットボトル、紙パック、缶）の再生利用を義務付けられた。特定事業者は（財）容器包装リサイクル協会と再生処理を契約し、処理費用を払う。協会は再生事業者へ委託し、再生事業者は処理費用受け取っている。この法律により、輸送費用などを入札で競り落とせば、負担してもらえることになったため、遠隔地の廃びんガラスも回収可能になり、以前は50%以下だった再資源化率も現在は93%になった。しかし実際には、この93%には工場内端材の再生利用も含まれており、実際には、生産量の60%に当たる程度が回収利用されており、10%程度が他用途利用されていると考えられる。また、遠隔地廃びんガラス回収をより効率的に行うために、飲料メーカーの工場の隣地にカレット業者が進出する試みもあったが、回収量が不足し上手くいかなかった。

板ガラス

回収に関しては、業者から排出されるため、家庭から発生するびんガラスよりも行いやすい。そのため、カレット業の回収の中心は板ガラス産業であった。

現在は、板ガラス用のカレットは不足している状況である。そのため、カレット業では合わせガラスや複層ガラスの再資源化に取り組んでいる。ただし、合わせガラスのフィルムを剥離するために、ロータリーキルンを導入しようとすると、発生する悪臭の問題や、排煙脱硫装置が必要になり、まとまった設備投資が必要になってしまう。

メーカーが自社の特約店などからの回収を行い始めたことによって、カレット業者に集まる板ガラスが減少している。建築用ではなく、自動車用板ガラスのリサイクルは、それほど量が出ないために事業化しづらい面がある。（月に300～500トン受け入れられれば仕事になるが、実際には年4000～5000トン程度しか受け入れられそうにない。自動車でリサイクルに回るのは、500万台中300万台程度で、一台あたり12～13kgの板ガラスが使用されている。そこからリサイクル可能な部分は、枠の部分をカットした10kg程度である。）

グラスウール

以前は、カレットよりもバージン原料のほうが価格が安く、熔融温度を下げる技術的目的でカレット利用が行われていたが、カレット価格が次第に下がり、現在ではバージン原料よりも安い価格でカレットを入手できるため、カレットを使用している。

製造法が2種類あり、遠心法ではカレットの品質規定は厳しくないが、小さい釜で製造する吹き飛ばし法では、カレット径が5mm以下であったり、品質の規定が細かく専門の業者が存在していた。

■ 発生する廃棄物に関して

・発生する副産物の種類としてはスクラップ（鉄くず）、アルミくず、廃プラスチックなどである。アルミくずは、複層ガラスのスペーサーが大量に発生する。以前は外す手間を考えて、廃棄物として処理していたが高価格で引き取ってもらえるために、現在はストックヤードを新設し手作業で外している。

調査対象概要	
日時	2006年 10月
対象団体名	社団法人 石膏ボード工業会
主たる業務内容	石膏ボードメーカーで組織される業界団体
キーワード	石膏ボード、副生石膏

○ヒアリング調査の趣旨

日本建築学会地球環境委員会資源循環小委員会の活動として、今年度は主に内装材のマテリアルフローがどうなっているのかを調査により明らかにすることを目的としている。他には、パーティクルボード、塩ビ管、板ガラス等に関して予定している。

■ 投入原料に関して

- ・構成材料としては、石膏と紙がほとんどで、添加剤の類いは微量である。
- ・使用量の内訳と推移を以下に示す。

単位：千t (CaSO ₄ ・2H ₂ O 100%換算)				
	国産（リン酸、排脱他）	輸入（天然）	回収（新築系が主）	合計
平成10年度	1,842(46%)	2,144(53%)	54(1%)	4,040
11年度	2,407(52%)	2,152(46%)	110(2%)	4,669
12年度	2,641(56%)	1,947(41%)	163(3%)	4,751
13年度	2,556(57%)	1,754(39%)	198(4%)	4,508
14年度	2,596(57%)	1,704(38%)	226(5%)	4,526
15年度	2,726(58%)	1,765(37%)	248(5%)	4,739
16年度	3,078(64%)	1,497(31%)	263(5%)	4,838
17年度	3,256(65%)	1,526(30%)	244(5%)	5,049

- ・かつては輸入の天然石膏が多かった。石膏ボードが国内で初めて製造された大正10年頃は国内の石灰石由来の石膏を使用していたが、実際に事業として成立し始めた戦後においては、輸入の天然石膏がほとんどであった。
- ・現在の原料としては、国内の副産石膏が大部分を占めている。具体的な内訳としては、排煙脱硫石膏（火力発電所由来）（20%）、リン酸石膏（リン酸肥料由来）（10%）、チタン石膏（チタン精錬）、フッ酸石膏、銅の製錬由来などが挙げられる。始めは、肥料会社の廃棄物として出てくるリン酸石膏の処理が主な目的として原料化され、コストメリットが少しある上での有効利用という程度の認識であった。
- ・工場毎に受け入れている副生石膏原料の割合が異なる。理由としては、工場毎の立地条件の違い（発電所のそば、肥料会社のそば、海岸線）や、そもそも各メーカーの設立が、化学品会社との合弁（日産建材（株）、多木建材（株））や、ガラスメーカー（セントラル硝子）との合弁（新潟吉野石膏（株））、製錬業者との合弁（小名浜吉野石膏（株）、直島吉野石膏（株））、肥料業者との合弁（ジブテック（株））というように、廃石膏の処理に困る業者との合弁企業である事が考えられる。
- ・回収石膏は、メーカーが（広域認定制度を利用して？）回収を行い再生している、新築現場からの端材がほとんどである。解体由来はほとんど再原料化されていない。
- ・メーカーの製造工程内で発生する廃石膏ボードには、プレカットによる石膏ボード端材・規格不適合品がある。回収・再原料化は100%実施され、全体の2.5%（12、3万t）が利用されている。
- ・ボード用原紙は年間21万t使用され、100%再生紙使用である。
- ・原料の内訳では、カスケード型リサイクル由来の再生原料が70%使用されているが、最近は回収石膏の利用割合が高くないと、グリーン購入の認定を受けられない動きもある。

■ 使用燃料に関して

- ・ このインベントリデータは、石膏ボード製造段階のみのデータである。
- ・ 量としては木くずが最も多い。

区分 1	区分 2	区分 3	エネルギー使用量 [kcal/ t]	CO2 発生量 [kg/ t]
製造エネルギー	燃料	重油	72, 892	23
		石炭	174, 726	52
		木くず	172, 954	0
		ガス	211, 075	46
		その他	30, 988	9
	電力	購入電力 (Kwh/t)	53	20
合計			662, 686	150
区分 1	区分 2	区分 3	排出量 (g/ t)	
環境負荷物質	大気	SOx	147	
		NOx	201	
		ばいじん	46	
生産量カバー率				100%
参加会社数				全社 (11 社)
参加工場数				23 (現在 22)

■ 生産量・出荷量に関して

- ・ 平成 17 年の総生産量は 5 億 6 千万 m² であった。
- ・ 住宅着工数は平成 8 年がピークであったが、石膏ボード生産量は平成 9 年がピークだった。考えられる理由としては、内装材であるので需要が遅れてきた事と、消費税導入前 (H9) の買いだめが考えられる。
- ・ 利用される用途としては、全て建築用に用いられ、住宅用が 7 割弱、非住宅用が 3 割強という内訳である。
- ・ 純粋に石膏ボードの輸出入は全く無く、輸入住宅にくっついて輸入されるものはあったが、現在ではそれも国産品に置き換えられている。なぜ、輸出入が無いのかは実際の所わからない。(船で輸送すると割れるため、国内価格が十分安価であるためなどが考えられる。)

■ リサイクル、処理に関して

- ・ 石膏ボードから石膏ボードへの受入量は原料中の 10 % が上限である。原因としては、品質の問題とコストアップの問題がある。コストに影響を与えるのは、異物除去を始めとする設備投資であり、手間も増えるため生産量の減少も設備投資額増加の原因と言える。
- ・ 新築系の石膏ボード端材の回収が行われているのは、東京・千葉、名古屋圏といった大都市周辺である。
- ・ 他産業への再資源化先としては、セメント／製鉄／地盤改良材／肥料原料といった産業が存在する。この中で実際に稼働しているのは、石灰系の地盤改良材のみであり、それ以外は利用量が依然少ない状況である。
- ・ 150 万 t の廃石膏ボード中の紙は 5 % の 8 万 t 程度発生する。紙は、RPF 燃料や敷き藁等にリサイクルされているようである。
- ・ 以前は安定型の最終処分が行われていたが、現在は接着剤に有機物であるでんぶんを使用しているために、管理型最終処分場で処分されている。また、平成 11 年 10 月の福岡県筑紫野市における安定型最終処分場での硫化水素中毒による作業員の死亡事故を受けて、石膏ボードは、管理型で分けて埋立てられる事が多くなっている。実際は硫化水素発生には 7 つ程度の条件が揃わないと発生しない。

■ 石膏ボードの寿命

- ・ 耐火性能に寄与している、結晶水が無くなると品質劣化が起きたと言える。変温環境 (キッチンなど) に長くさらされたボードは劣化が起こる可能性があるが、一般部位においてはほとんど劣化は起こらない。(帝国ホテルが取り壊される際も劣化は見られなかった)

調査対象概要	
日時	2006年11月
対象団体名	石膏ボードメーカー
主たる業務内容	石膏ボード製造
キーワード	石膏ボード、輸入天然石膏、副生石膏

○ ヒアリング内容

パンフレットを取得し、主にその内容の説明をしていただいた。

- ・ 石膏ボード産業は1500億円の規模であり、製品単価が安いため生産量の割りに規模が小さい。
- ・ 住宅における石膏ボード使用量の目安は、建築面積の三倍である。
- ・ 輸入相手国：オーストラリア、タイ、メキシコ、エジプト
- ・ オーストラリアは独占状態。北西部の鹹湖（かんこ）から堆積しているせっこうを採取。塩分を地下水で洗い流し、港へ輸送。4万tを混載状態で輸入。塩田からの塩の採取をしている業者と契約。オーストラリアの石膏ボード業者は東側に位置しており、原料はメキシコから輸入している。
- ・ タイは、露天掘りの様な状態。パームやゴム園の下に発見される事が多い。一つの採取場所の規模がオーストラリアに比べて小さい。
- ・ メキシコは、距離的に遠く輸送費が高いためほとんど輸入していない。以前はせっこう／輸送費が1:1だったのが、1:5程度になってきている。
- ・ この石膏ボードメーカーとしては、大量に輸入してコストを削減し、競争力を持たせようとしている。一方で石膏ボードメーカー他社では国内石膏で賄っている。しかし当メーカーでは製造量が400万m³であり、とても国内では賄いきれない。
- ・ 中国の奥地にも良い石膏は存在するが、輸送費用の関係で使用できない。中国のメーカーは、近辺から採掘してきている。排煙脱硫石膏は使用していない。
- ・ 製造工程は、二水せっこうを焼成して溶かして再び固めて二水石膏にする。そのため付加価値がなく、設備費はかかる。原料立地よりも消費者立地が運搬の面で有利だが、大量に輸入する関係上、工場は港湾に立地している。
- ・ 紙は、子会社の製紙業者で6割製造している。そのため、高砂製紙が地震等でとまってしまうと、石膏ボードの生産もとまる。石膏ボードは、倉庫等を持たず、現場まで配送するため、本当にストップする可能性がある。

調査対象概要	
日時	2006年 12月
対象団体名	石膏ボードメーカー工場
主たる業務内容	石膏ボード製造
キーワード	石膏ボード、副生石膏、廃石膏ボード、

○調査結果

■工場の概要

- ・1987年11月竣工である。日本では、最大の規模を誇っており、需要の最も多い関東地域を賄っている。もともと工場が操業しており、需要の拡大とともに、新たな生産設備が必要になったため、調査を行った工場が開設された。
- ・生産能力は5,000,000m²/月であり、1枚強/1秒程度の計算である。石膏ボード製造ラインで働く従業員は8人の4班で、一日3交代制で操業している。

■製造工程

- ・原料は輸入石こう原石（60%）、副生石膏（35%）、廃石膏ボード（5%）という内訳になっている。
- ・輸入原石は、工場の前にあるドックに4万トン級の船で、年間約20隻程度運ばれてくる。船からは、ショベルで陸に上げられ、コンベヤを利用して隣接する原料倉庫に蓄える。ドックから工場へは陸路では4kmほど距離があるため、トラックでのピストン輸送を行っている。その後、工場内の原料倉庫に蓄える。（工場脇に船を着けることも想定されていたが、付近の水深が浅いために断念した。現在はドック脇の余っている土地に新たな工場を建設する計画がある。）
- ・製造工程は、各種原料石膏をホッパーに投入し、一定量ずつの調合に調整するところから始まる。次いで粉砕工程を経て、焼成炉で焼きせっこうにする。この焼成炉は直火焚きと、ロータリーキルンでの蒸気による焼成の2通りの方法を併用している。この蒸気は、石炭火力による発電設備から発生する蒸気を利用しており、電力は工場内電力の3/4を賄っている。その後焼きせっこうサイロからコンベヤでミキサーへ運ばれ固形化反応を促進させる添加剤や混和材を添加し、水と煉り下紙の上に流し込み上紙で挟んで、板状に固化させる（500m約時速10kmで走らせる）。流し込む時点で、石膏ボードの幅や厚みが決定されている。その後ラフカット工程を経て、45分の乾燥炉を経て、サイザーで寸法を整え製品としてまとめられる。
- ・試用される紙原料は、すべて再生紙であり、表紙は裏紙より幅があり、織り込む耳の分を確保している。
- ・着値で1枚あたり350円前後であり、輸送込みの値段である。輸送は、各現場の要望に応じて配送までをサービスとしている。

■原料に関して

- ・天然原料：オーストラリア（湖の沈殿せっこうを浚渫船で引き上げる）、タイ（ブロック状）、まれにメキシコなどからも輸入している。
- ・副生石膏：排煙脱硫せっこう（火力発電所（東北、茨城））、燐酸せっこう（燐酸肥料会社）

始めの工場ができたのは、隣接する燐酸肥料会社から燐酸せっこうをパイプライン経由で原料とすることができたからである。しかし、現在は肥料の輸入量が増加した関係で、生産量の減少が起こり、一方で石膏ボード需要の高まりもあって調査対象とした工場では、輸入天然せっこうを中心に原料を構成している。

品質に関する問題としては、combined water（結晶水）が基準となっており、純度を定めている。どの取引先も安定して取引のある所であるため、一回一回チェックするようなことは無い。

排煙脱硫せっこうを取り合う相手としては、セメント業がある。セメント業では、品質に関する規定も石膏ボードほど細かくなく、火力発電所で排脱せっこうと同時に発生する灰に関しても引き受けるため、競争力が強い。そのため、多くの火力発電所の排脱せっこうは、セメントメーカーが抑えている。

■廃石膏ボードのリサイクルに関して

- ・受け入れている廃石膏ボードのほとんどは、中間処理業者から回収される廃石膏ボードであり、現場に石膏ボードを納めた帰り便での回収（広域再生利用）はあまり行われていない。
- ・受け入れる際には、大きく形が残っている状態でないと受け入れない。破碎され粉末化した状態では、何が混入しているかわからず、大きなリスクを伴うため受け入れていない。信頼関係の問題である。
- ・廃石膏ボードを再減量化する工程としては、紙が付いたまま破碎し、天然原料とともに焼成処理してから比重分離を利用して紙を分離する。最近は、紙なしのボード製品もあり、再利用の際に紙の分離の問題が起こらない。
- ・もともと、工場内端材の利用はあったが、回収量が増えてきたのは近年のことである。中間処理業者からもちこまれる廃石膏ボードは、逆有償で受け取れるため利益が多い。
- ・配送までを行うため、顧客のニーズに細かく応える努力をしており、施工端材が発生しないような取り組みを行っている。この取り組みは再資源化以前のリデュースの取り組みといえる。

調査対象概要	
日時	2005年 9月
対象団体名	A 森林組合（工場、伐採現場）
所在地	秋田県北秋田郡
主たる業務内容	一般製材、製材加工、プレカット、木材乾燥
キーワード	森林組合、A 玉、B 玉、有効利用と付加価値、木製ダム、林地残材、間伐材

○ヒアリング結果

■森林組合の現状

昭和50年に全国に3000あった森林組合も今は1200ほどしかない。そのうち1/3は小規模であってもなくともいいといわれている。木材の値段下落などにより経営も厳しく、昨年黒字の組合は200ほどしかなかった。森林組合の本来の目的は、国有林を管理、伐採して利益を生み、職員の給与を差し引いた分を国民全体に還元するというところであるが、実際は職員の給与をまかなうだけの利益しかあがっていない。また、現在3兆3000億の赤字を抱えている。北秋田森林組合は米代川流域にあった組合が合体してできた組合で、以前の流域単位の営林署の管轄を引き継いでいる。今回見学した伐採現場も地名は比内町であるが、管理しているのは鷹巣営林署である。北秋田森林組合が管理するのは国有林50%、民有林50%。

■森林組合の主な業務内容

購買事業：スギ苗木、林業機械、林業資材の販売

販売事業：丸太の買取販売

林産事業：立木の買取、生産、販売

造林事業：植栽、下刈、除伐、間伐、枝打ち

治山事業：治山工事

作業道工事：作業道

加工事業：丸棒製品、杭製品、製材品、内装材（モルダー）、プレカット（ログハウスなど）

金融事業：森林、林業に必要な資金の貸付

・造林事業について

1haの林を50年間育てて得られる利益は5～10万円ほど。もう一度スギ苗木を植えるのには100万円かかり、採算が取れない。そのため林が放置され、うっそうとした林になり、下草が生えないため洪水、地すべりなどが起きやすくなるという悪循環がある。35年未満の林の間伐には補助金が出るが、それでも事業費の3割を負担しなくてはならない。本来ならば収入間伐であるはずが、収支はマイナスになってしまっている。

意見・組合員7000人のうちお金を出しても山の管理をしようという人は200～300人しかいない。このままでは20年後の杉はどのようなものになってしまうのか、心配である。

■A玉、B玉について

60年生以上の太径木で芯が入っていないものをA玉、それ以外をB玉と呼ぶ。戦後植えられたものは全てB玉である。85年生のA玉は丸太で4万～8万円/m³。5,6年前は2倍近い値がついた。85年生A玉で四面無節の柱を取ると10万円くらいしてしまうので、柱は取らない。一般的な柱は1800～2800円。一方、85年生のB玉は丸太で1万/m³以下。太径木のB玉は節が大きくなるため、強度が出ないという問題がある。ちなみに秋田では85年生の杉は国有林にしか残っていない。

曲げわっぱなどの民芸品製作側からは加工しやすいよう早めに伐採してほしいという要望があるが、組合としては100～120年まで育てたい気持ちがある。切る量と育てる量のバランスをとりながら、組合が伐採していく。

■治山事業について

木製堰堤（治山堰堤：森林内の溪流に治山を目的として設けられる小規模なダム）の実例を実際に見せていただく。コンクリートの木製型枠をつけたままにし、型枠表面に緑が生えることを狙っている。ただし、最近では予算の問題であまり作られておらず、上流は以前よりも荒れてしまっている。

■工場内の流れ

丸太搬入 → グレーディング → 皮剥 → 大割

不良品のチェック、小割、修正 → 乾燥 → （加工） → 仕分け、結束

■作られる製品について

まずは丸太を規格サイズに製材する。太い丸太も挽けるように一般的なツインは使わず、大割を使用している。無節の材は内装材へ。ただ、近年アカメトラカミキリムシの虫害がひどく、製材しても表面に虫の入ったあとがあったり、中がぼろぼろになっていたりすることが多い。こういった材はさらに細く、小さく製材する。製材として使用できない場合は、前述の堰堤や林道の側面のダボに加工したりする。普通ならば廃棄されてしまうような材を加工して付加価値をつけることで利益を出そうという考え方。

また、最近では不十分な管理の結果生まれる曲がり材のほうが必要があるという皮肉な現象も起きている。

■使用機材について

作る製品ごとに使用する機材は異なる。製品ごとにラインを組み替えて対応している。

■製品の販売先について

直接取引のある工務店が15社ほどあり、他に公共事業や森林組合で行う工事などに使われている。この工場で作った製品は市場には出ていない。

■工場で使用したエネルギーについて

月ごと、工場全体（事務所も含む）の記録ならば分かる。

灯油：30000ℓ/月、電気：38000kWh/月（電気は月単位で定額契約）



■木くず、端材の処理について

木くずの量は把握（3800m³/年）。家畜業者に販売している。

端材は業者に回収してもらう。



■伐採現場について

- ・車で行くのも困難な急峻な斜面。伐採はまず道を作るところから始める。
昔は高い木とふもとで架線、モノレールのようなもので切った丸太を運搬したこともあった。
- ・実際の伐採は5人ほど（うち重機2人）で行う。
- ・乾燥はせず、枝を落としてすぐに組合へ運ぶ。
- ・林地残材、間伐材は現場に放置されていた→洪水時の危険性
- ・伐採を請け負う業者、運送会社を別々に国が委託、第三者立会いのもと丸太の受け渡しを行う。
- ・誤伐・盗伐の問題（cf. 0.1haに300～400本植え、50年で40本まで減らすのが最適であるが、乱伐により12本しかない林もある）
- ・スギだけではなく広葉樹もかなり生えていた。これは計画的な管理がなされておらず、一度に広範囲を伐採するため。

調査対象概要	
日時	2006年 9月
対象団体名	B材木店
所在地	秋田県山本郡
主たる業務内容	秋田杉・銘木の製材、加工
キーワード	少量多品種生産、注文生産、秋田杉、銘木、特殊材、木製家具

■工場での製造工程：

[伐採（材木店が山で木の選定を行う場合あり）・輸送] → 皮剥 → 大割 → 乾燥（人工・自然）
→ 小割・修正 → （加工） → 仕分け・結束

○ヒアリング結果

■業務形態について

機械による大量生産ではなく、買い手の注文に応じて様々な製品を生産している。

生産量は、注文生産2：規格品製材6：床・壁材2 程度の割合。

■原材料について

地元の秋田杉を使用している。（杉は柔らかいので床によい。）

- ・加工した製材を販売する場合、・原木をストックしておいて買い手がついてから製材する場合
- ・建築設計者や施主の要望により材木店が山から適当な材を（3日程度で）探してきて製材する場合などがある。

■工場での工程について

大割・小割は台車と切断用の機械を用いて、人間が一本ずつ挽いている。

細かい加工は、人間が工具を使って一つ一つ行う。

■廃棄物について

- 木皮 → バイオマス発電所へ
- 端材 → チップ化して業者に安価で販売（量は運んだトラックの台数で把握している。）
- 木くず → 工場内で燃やす
- 木粉 → 回収していない

調査対象概要	
日時	2006年 7月
対象団体名	C 製材所
所在地	秋田県大館市
主たる業務内容	一般製材、端材のチップ化、天然秋田杉の桶・樽の製造販売
キーワード	製材所、端材、チップ、

調査結果

○ ヒアリング結果

■ 原木取引、製材に関して

- ・ 材の木取りについて

製材所では、端材を出さないのが使命と言える。そのため歩留まりを高く保つ工夫がある。

原木の径は末口で測り、m3（立方）で購入するため歩留まり最大で82～83%である。

丸太は、端材が出ないように端の方まで材を取る。この際、長さや幅が十分でないものは、なるべく製材として利用し、残りはチップにする。例えば、長さが12尺の丸太が、途中から細くなっているならば、6尺の材を取り、残りをチップ化する。

- ・ 製材業は原油高、外材の流入で厳しい状況にある。

- ・ 取引先とその割合は以下の通り

	取引先	割合	備考
森林組合	大館北秋田森林組合	30%	
個人事業者	素材業者（秋田県北地域）	30%	
原木市場	秋田県北木材センター	5%	
	秋田県原木市場	5%	
営林局	米代東部森林管理書	5%	森林組合が請け負っている分実際はもっと少ない。
その他		25%	青森県から購入している分である。

- ・ 原料の種類は、ほとんどがスギである。人工林のスギが99%、天然秋田杉が1%未満の割合になっている。
- ・ 桶樽には、200年杉（天然）を使用している。
- ・ 一般的に8～10月は、供給不足、1～3月は積雪による需要低下により、供給過多の状態になる。
- ・ 素材受け入れ時に、材の検収を行う。結果によっては、返品する事もある。症状として、虫食い等は近年改善傾向にある。皮については、お金を払えばあらかじめ剥いてくれる。
- ・ 「秋田スギ」：秋田県の業者が植えれば秋田スギ。

■ 廃棄物に関して

廃棄物の種類	排出先	割合	備考	
廃棄物	スギ樹皮	能代森林資源利用協同組合	20%	バイオマス発電用
	スギ樹皮	自社・木屑炊きボイラ	30%	乾燥機のため
	スギ樹皮	堆肥用など	30%	
	切削屑（カッターくず）	おがくず業者	10%	無償で提供
	切削屑（カッターくず）	自社・木屑炊きボイラ	20%	
	切削屑（カッターくず）	破碎して鋸屑に混入	70%	
販売物	チップ	製紙業者	100%	製紙工場による規格あり
	破碎屑（のこくず）	おがくず業者（畜産業者）	100%	畜産の種類による

1. スギ樹皮:消費原木の1割排出される。以前は道路の土留め（草が生えてこない）として用いられており、一昨年までは需要があった、しかし現在は余っている。スギ皮は産廃指定を受けているので、マニフェストを切るか、業者に渡す。スギ樹皮に関しては産廃指定を撤廃してほしい。

・ バイオマス

費用は、会員なので1500円/kg、（非会員は3000円/kg）輸送費は、能代までで、15000円かかる。

バイオマスは、輸送費の事も考えて地区に一つあると良い程度に考えている。

・ 自社・木屑炊きボイラ

乾燥機のために、スギ樹皮を燃原料とする。新しいボイラを購入したいが、補助金は、初期費用に対して最大半分までしか出ないため、なかなか購入できない。

・ 堆肥

お金を払って運送手配して青森へ。長いスギ樹皮は、腐らないため嫌われる。どのように使っているかまでは把握していない。

2. 切削屑（カッターくず）：材自体がつるつるしていて、水をはじきやすいため処理先に困る。

基本的に、無償で提供している。ほとんどが畜産へ。

3. 破碎屑（のこくず）：10%カッターくずを混入して、おがくず業者に販売。

暗黙の了解として、トリはカッターくず混入で大丈夫。ぶた、うし用は混入なしを使用する。

4. チップ：工場内のチップパーで製造し、製紙会社に販売している。

運賃は杵澤製材所持ちで運ぶ。そのため、トータルで利益が少しある程度である。チップに関しては、競争が激しくなってきたが、チップ業者が、安い原木をそのままチップにしていたりすると、価格競争において有利になる。そのため、製紙会社では規制を設けている。製紙工場との取引は、製紙工場が秋田市に出来た際、製紙業者側から要請があって、チップの提供を始めた。製材所からのチップは、量が安定しているので計画がたてやすい。また、昔から取引が続く信用の問題もあり、取引が続いている。

こういった廃棄物は、どんなに効率よく木を使っても出てきてしまう。処理していただく会社業種がないとなりたない。端材は、ほとんどでないような木取りをしている。この製材所では、桶樽も作成しているために、より無駄の無い製材を行っている。



調査対象概要	
調査日時	2006年 11月
会社名	D製材工場
所在地	秋田県能代市
主たる業務内容	秋田スギの製材、木くず焚きボイラの利用
キーワード	秋田スギ製材、木くず焚きボイラ、樹皮

本業者に対しては、LCA 算出のための会社データに関して調査を行ったので、ここでは概要と発生副産物に関するヒアリングシートとしてまとめる。

□ 廃棄物

木質系廃棄物の種類ごとの把握			
廃棄物の種類	年間発生量	単位	処分方法内訳
端材（接着剤なし）	7800	m ³ / 年	チップ化・ボイラー熱源
おが粉（接着剤なし）	5300	m ³ / 年	敷き藁・きのこ栽培用として販売
カンナ屑	2600	m ³ / 年	敷き藁・きのこ栽培用として販売
樹皮	12900	m ³ / 年	ボイラー熱源

木質系廃棄物の処分方法ごとの把握				
処分方法	廃棄物の種類	年間処分量	単位	処分業者の場所
チップ化	端材（背板）	5700	m ³ / 年	秋田市（チップ業者→製紙業者）
バイオマス発電燃料			m ³ / 年	能代市
敷き藁	おが粉	5300	m ³ / 年	大館市
	カンナ屑	2600	m ³ / 年	能代市
自社内ボイラー熱源	樹皮	12900	m ³ / 年	自社
	木屑	2100	m ³ / 年	自社
最終処分場	焼却灰	22	t / 年	大仙市

この製材所では、コンピューター制御のラインを導入し生産効率を高めており、端材や樹皮などの回収もラインから効率的に排出されている。また、チップ業者に隣接しているために端材の大部分はチップ化し、チップ業者に輸送を任せている点が特徴的である。

また、自社内で発生する樹皮を木くず焚きボイラの燃原料として使用している。



調査対象概要	
日時	2006年 11月
対象団体名	E 製材工場
所在地	秋田県大館市
主たる業務内容	秋田スギ芯持ち角材量産
キーワード	秋田スギ・芯持ち乾燥角材・設備更新

＜原材料＞

原材料は全て秋田スギ（ほぼ造林杉）。大館市の木材センターや地元素材生産業者から購入している。

＜製材工程＞

バーカーで皮むき後、径 16cm 以下、16 ～ 22cm、22cm 以上と径によって 3 つに分類する。製材ラインは径 16、18cm ほどの小径のものと、径 20、22cm ほどの大径のものの 2 ラインに分かれている。製材は丸太の末口（細いほう）から行って、挽き方に無駄が出ないようにする。生産している材は、全て芯持ち角材である

角材をとったのち余った部分から間柱・垂木・野地板・小幅板・天井板などを製材し、製材工程で発生する背板はチップパーにかけられ、チップが製造される。

製材したもののうち、品質のよいものはさらに付加価値をつけるため天乾→人工乾燥にかけられる。乾燥機は 7 台あり、今までは重油焚きボイラー 3 台（1.5t × 2 台、1t × 1 台）、灯油焚きボイラー 1 台で熱を供給していたが、H18 年 4 月に木屑焚きボイラーを導入した。導入の目的は現在大量に余っている樹皮を処理することで、水分量の多い樹皮も燃料とできるように焼却温度 900℃、2 次燃焼まで行う設計になっている。また、組合員である木材センターから樹皮を有償で購入（樹皮は産業廃棄物であるが、ボイラー燃料とするため移動できる）しており、これらもボイラーで処理する予定。ボイラーで製造した蒸気は現在は全て乾燥に利用しているが、今後は融雪や暖房にも使用しようとしている。材は乾燥機に 1 週間ほどかけた後、3 ヶ月ほど養生を行う。

＜発生する廃棄物＞

樹皮：皮むき時発生、端材：大割・小割時発生

・用途：ボイラー燃料や銭湯屋の燃料になる。このほか、背板はチップに、カンナ屑は畜産業者に販売している。



調査対象概要	
日時	2005年 9月
対象団体名	F 製材工場
所在地	秋田県能代市
主たる業務内容	一般製材、集成材製造（主に柱・梁用）
キーワード	大量生産、ロシア材、集成材、全国展開

ヒアリング結果

○工場での製造工程

[製材搬入] → (再) 人工・自然乾燥 → 寸法調整 (プレーナー・モルダー) → フィンガーカット → ジョイント
→ グレーディング → 仕上げ (モルダー・研磨) → 接着 → 仕上げ → 仕分け・結束

○原材料について

8割：ロシア材（レッドウッド）・・・バイカル湖北のシベリア地区より。

環境・コスト面から、製材は現地で行ったものを輸入している。

2割：北欧材（オウシュウアカマツ）

現在はロシア材が安価なので多く使用しているが、コスト・為替などにより産地は変える可能性がある。

○輸送について

ロシア材の場合は、シベリアからナホトカへ鉄道で運び、ナホトカ港から能代港まで2日かけて船で運ぶ。ロシア材の産地には人が少なくコンテナもないので、未乾燥の材を船に直に積む。

北欧材の場合は、40ftの海上コンテナで秋田港へ運ぶ。（日本からの輸出で使用した空コンテナを利用するため安価。）

○ロシア材について

・現在のロシア材の需要と供給の概要

ロシアの森林保有量は世界一であり、ソ連崩壊後国内需要が減少したため、国外への木材供給量が増えている。

ロシア材を主に輸入するのはヨーロッパ、アメリカ、中国、日本。昔は日本が一番多く輸入していたが、近年は中国の需要が急増している。（年間2000万立米。中国国内では森林の伐採が禁止されている。）中国は、今まで日本が購入せず山に放置していたような低級な材を購入している。世界的に、木材を建築の構造材として使うのは日本と、アメリカ・カナダ（2×4）のみ。他のアジア各国では造作材としてのみ使用している。

・国産材との比較

ロシア材は年輪密度が高い。（ただし、年輪密度が高いと必ずしも強度が高いというわけではない。）

国産材に多いスギは、コストが高く、強度が弱い・乾燥が少し難しいといった特徴がある。

また同じ樹種でも国産材は曲がっている場合も多い。そうした理由で輸入材を使用している。

○廃棄物について

木くず（接着剤がついているもの） → 工場内の乾燥機・暖房の燃料（サーマルリサイクル）（図1,2）

木くず（接着剤がついていないもの） → 外部に販売（畜産業ですき糞として利用する・燃やす・青森県で山芋の梱包に利用する）山芋の梱包材とする場合は、季節による需要の変動がある。



調査対象概要	
日時	2005年 9月
対象団体名	G 集成材工場
所在地	秋田県大館市
主たる業務内容	大断面集成材の製造・加工、構造設計、施工
キーワード	大断面集成材、曲げ加工、構造設計・施工

工場での製造工程：

[製材（ラミナ）搬入] → 乾燥 → グレーディング → フィンガーカット・ジョイント
→ 幅はぎ → 仕上げ（モルター・研磨） → 接着 → 仕上げ
→ （曲げ加工） （プレカット） → 仕分け・結束

ヒアリング結果：

○業務形態について

受注の仕方には、製品のみの販売と物件単位で請け負う（構造設計から施工まで行う）二通りの場合がある。この二種が半々の割合になることを目標としている。製品は現在 30 ～ 40 社に対して販売している。販売の形態は異なっても、共通の設備を用いて同じ工程で製造する。

○原材料について

輸入材（80%）と国産材を共に使用している。
樹種は北米・カナダ産のベイマツ（80%）、岩手のカラマツ、秋田杉、ロシアのダフリカカラマツなどを使用している。ラミナ（製材の板）の状態で購入する。ロシアからは生材で輸入する。輸入材は基本的には商社を通す。メーカーから直接購入する場合や、ブローカーを通して購入する場合（安価なため）もある。

○輸送について

輸入材は 48 立方のコンテナで輸送する。ロシアからの材の場合はいわきに船が着くので、その付近の工場乾燥してから秋田に運ぶ。

○工場での工程について

グレーディングしたラミナを集成材にする際は、強度の高い材を外側、低い材を内側に使う。技術的には最長 20m の製品まで製造可能。製品の含水率は 15% 以下を目標にしている。

○廃棄物について

木ブロック → 処分費を払って廃棄（近くに収集業者がないため）
（一部は）風呂屋に燃料として渡す

木くず → 処分業者に引き取ってもらう
（余った場合）おがくず屋に渡す（無料）

木粉 → 燃やす（接着剤は燃やしても良いものを使用している。）

集成材の生産では、乾燥・接着の度に表面を削るので、木くずが大量に発生する。最終的な製品の体積は、購入したラミナの 6 割程度。木くずは 1 日 2 回、10t トラック 1 台で運び出す。正確な量は不明。



調査対象概要	
日時	2006年 7月
対象団体名	H 木材センター
所在地	秋田県大館市
主たる業務内容	原木市場・集成材工場
キーワード	森林組合・原木市場・ラミナ・集成材・木屑焚きボイラー

○ ヒアリング結果

■業務内容について

木材の市売業務と集成材製造を行っている。昭和48年の設立当初から原木・製材品の市売業務を行ってきたが、平成16年4月新たに集成材工場を設置した。設置のきっかけは、平成13年に施行された住宅品格法などによって建材に対する要求が厳しくなったことである。乾燥させやすいラミナを接着・積層して製造する集成材ならば、曲がりや割れなどの欠点が少ない製品を作ることができる。

■市売業務について

毎月2回の市を開催し、原木は「入札」、製材品は「せり」で販売を行っている。また、市がたつ日以外にも原木、製材品、壁面材等のさまざまな加工品の見積、販売を行っている。取り扱う樹種はほとんどが秋田スギ（たまに青森ヒバなどもある）。原木取扱量は30000m³/年。市場に木材を出す人は素材生産者が8割、森林管理者が2割を占める。秋田県全体+青森県の業者を合わせて2,30社ほど。

全て委託販売（売れ残りは出品者が引き取る）で、木材センターは7～8%の手数料と400円の配列料を受け取る。市場に買いに来る人は大館周辺の組合員が6割、能代周辺の業者が3.5割、県外が0.5割。大館周辺の組合員は比較的細い径の丸太をひき、樹齢200円以上の天然秋田杉などは能代や県外の業者が購入し、化粧材となることが多い。

■集成材製造について

原料のラミナは組合員（およそ40社、大館、鹿角、北秋田周辺）から購入する。秋田スギ100%秋田スギの集成材は耐力が出ないとよく言われるが、外材由来の集成材に比較して弱いだけで、構造上は十分使える。また、耐久性は外材由来のものより優れている。

木屑焚きボイラーを併設し、集成材工場で発生する端材・おが粉などは100%ボイラーの原料となり、発生させた蒸気によって9台の乾燥機を回している。この乾燥機を利用して、組合員から木材の乾燥だけを依頼されることもある。

このボイラーを設置する際には、国から補助金が50%でた。ちなみに1200℃の高温で燃やすため、接着剤が付着していても有害物質は発生しない。

現在は工場全体に必要な蒸気のうち25%を工場内で発生する端材などを燃焼してまかなっており、75%は重油でまかなっているが、近年の原油価格高騰、さらには木材処理の規制が厳しくなったことなどから、燃料に占める木屑の割合を増やそうとしている。現在1人のボイラーマンを増員しても、トータルで考えると経済的であるようだ。

今でも、木材処理に困った組合員からラミナ搬入の際に一緒に端材などが持ちこまれることがあるが、それらはボイラー燃料とするため有償で購入している。

■木質系廃棄物について

市売業務では、出品する人が持ってきて売る方式であるから廃棄物は発生しない。集成材工場から端材・おが粉・樹皮が発生する。これらは全て工場内の木屑焚きボイラーに投入し、蒸気を発生させて9台ある乾燥機に利用している。ボイラーの燃え殻は秋田県昭和町の最終処分場へ。処分料金は7000～8000円／tで、これに運賃がかかる。

おが粉は、昔は青森や岩手の畜産業者に持っていったこともあったが、最近はあまり気味である。

樹皮は燃やしても発生する熱量が少なく効率が悪い上、灰が多いなど問題点が多い。それでも、原油の価格高騰などを受けて、将来的には組合員から木屑を買い取る構想がある。ただし、樹皮については買い取ることは無理かもしれない。能代のバイオマス発電所で処分してもらっていたこともあったが、木屑でも長さ制限があったり、泥の混入は嫌われたりと制限も多く、3000円／tの処分費もかかるので、ボイラーが完成してからは全てボイラーで処理している。

■非木質系廃棄物について

木質系以外に発生する廃棄物としては、ビニール・燃え殻・缶類・事務所から出るごみなどがある。

ラミナの結束バンドはボイラーに投入しており、ビニールは週三回産廃業者が回収に来る（15000円／月）。

燃え殻は秋田県昭和町の最終処分場（8200円／t、2tトラックで年3回ほど）

接着剤などの缶類は大館市花岡町の業者に処分してもらっている。（1缶250円、300～400缶／3ヶ月、接着剤1缶が2500円なので、処分料金を加えると1割り増しで価格を考えなければいけない。この負担がかなり重荷となっている。）



調査対象概要	
日時	2006年 9月
対象団体名	I 集成材工場
所在地	秋田県能代市
主たる業務内容	集成材製造
キーワード	集成材・かんなくず・ボイラー・乾燥機・付加価値

○ ヒアリング結果

■業務内容について

集成材の製造を主に行っている。一般住宅に用いられる小断面の柱がメインで、この他中断面・大断面の集成材製造ラインも保有している。また、長押やドア枠など集成材の表面に単板を貼った化粧材も製造している。

■業務内容の変遷

相澤銘木は昭和39年、米杉の製材工場としてスタートした。その後、天井板、張天井、ペイマツフローリング（化粧合板）、ラミ天（プリント合板）などと製品の種類が変わり、30年ほど前から集成材の製造を始めた。集成材製造を開始した当初は長押などを製造し、のちにドア枠、そして現在は小断面から大断面までの幅広い種類の製品を製造している。

■原料の種類と主な取引先

原料の樹種は国産ヒノキがメインで、秋田スギ、北欧材、米材なども取り扱っている。ヒノキは北関東から福島に存在するラミナ供給メーカーからラミナの状態で購入している。メーカーから相澤銘木工場までの輸送は相澤銘木の負担で行い、取引量は450～500m³/月ほど。

輸入材は全てコンテナ輸送で秋田港に入る。（参考として、大規模工場では北欧材は1コンテナ50m³ほどで毎月6コンテナほど入る。）ロシアとの取引はトラブルが多いので、中国を介して行うようにしている。

出荷量は300m³/月、柱約25,000本（0.031m³/本）となっている。柱の出荷先は首都圏を中心とした関東以北で、製品の輸送は相澤銘木で行っている。

■乾燥について

相澤銘木がボイラーを導入したのは昭和54年、この際補助金などはもらっていない。輸入材は乾燥された状態ではいつてくるが、国内材はグリーン材（未乾燥材）が多く、含水率は入荷時40～70%（ひどい物は100%を超えるものもある）で、乾燥機で10%まで乾燥させる。国内材で乾燥材を使用するのは、杉使用の公共建築物で乾燥指定がある場合などかなり限られる。冬の間は接着剤が凍って接着能力が落ちてしまうので、接着剤を暖めるために温風を使っている。乾燥機に余裕があり、また依頼があったときなどはほかの製材工場の乾燥を請け負うこともある。

■歩留まりについて

歩留まりが約66%と集成材にしては低いように感じるかもしれないが、乾燥を行うと径26mmが24mmくらいまで収縮してしまい、さらにフィンガーカットなど成型過程を踏むと径21mmくらいになってしまう。グリーン材を材料として利用しているため、外材集成材よりも歩留まりは悪くなる。さらに製造工程で長さをカットしたり、表面を削ったりすると元の体積の2/3くらいにはなってしまう。

■発生する廃棄物の種類と排出先

発生する廃棄物は端材とかんなくずの2種類。端材（2.5 m³/月）はチップ業者に無償で回収してもらっている。回収は毎日くる。

集成材製造の工程の中で表面を削ることが多いので、かんなくずは大量に発生する（端材の何倍も発生）。多くは自社ボイラーの燃料とし、乾燥機の熱源にしている。ボイラーの必要燃料はかんなくずで全てまかなわれている。この他余ったかんなくずは、焼却したり、敷き藁業者やキノコ栽培業者に引き取ってもらっている。

外部との取引の際、需要があれば有償となるが現在は無償での取引となっている。また、外部に端材やかんなくずを販売する際は、接着剤付着の少ないものを選ぶようにしている。集成材は接着剤のイメージが強いが、合板と比較すれば塗布面が少なく、量も少ない。

かんなくずの処理に苦労しており、7, 8年前にはかんなくずを固化しより効率のよい燃料とする技術開発なども行ったが、実用化には至らなかった。自社にボイラーがあるため、バイオマス発電所は利用していない。

■木質系廃棄物を取り巻く状況の変化

以前は工場で発生するかんなくずを豚舎の飼料や土壌改良剤・きのこの栽培下地・長いもの栽培材などに利用していた。また、米スギを原材料にしていたときは、端材やかんなくずがとがっていて家畜がアレルギーを起こし飼料に利用できなかったため、ゴルフ場の芝の下地に利用することも多かった。端材などは自社でチップ化していた。

現在はかんなくずは全て自社ボイラー燃料に、チップ化はチップ業者が行い分業化している。



調査対象概要	
日時	2006年 11月
対象団体名	J 集成材製造業者
所在地	秋田県南秋田郡
主たる業務内容	集成材製造、和室用天井板・造作材製造、プラスチック製造
キーワード	構造用集成材、輸入材、ホワイトウッド、レッドウッド

○ ヒアリング結果

■ 輸入材に関して

＜原産国、経路＞

輸入材の原産国は、北欧（スウェーデン、フィンランド）、中欧（オーストリー）がメインになっており、オーストリーからは、ドナウ川とライン川経由でロッテルダム、もしくは鉄道を利用してハンブルグから釜山を経由して秋田港へ輸送される。北欧材は、ストックホルムから釜山を経由して秋田港に輸送されてくる。

＜変遷＞

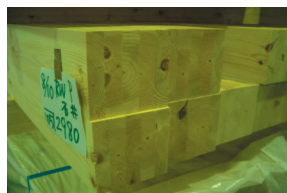
35年前までは北米材が中心であったが、コンテナ船の開発により北欧材の輸入が可能になった。北米材（米マツ）から北欧材にシフトした理由としては、単位（feet/inch）の問題／アメリカ特有の商売観／北米材の値上がり、といった理由がアメリカ側にあり、商社が北欧材の可能性を探ってきた事による。北欧材の利点は、幅や厚さなど顧客の要望を汲んでくれる（needs をくむ姿勢）にある。

＜材種＞

材種としては9割がホワイトウッド、1割がレッドウッド（？）
レッドウッドの方が強度がある。理由は、痩せた土地で育てられ、成長が遅いために年輪が適度に細かく、粘りと強度を兼ね備えている。このようなレッドウッドは、スウェーデン中央部から、フィンランド南部にかけての地域（バンド）の原産であり、それより北部へ行くと、年輪が細かくなりすぎて粘りが無くなり折れ易くなる。もともとは、スウェーデンで家具用に使われていた材で、ホワイトウッドに比べて若干高い。

＜輸入状態＞

輸入してくる材の状態は、12%の含水率と定尺である事のみが条件である。カンナがけ済みかそうでないかは、現地の製材工場の得意な形式で輸入する事にしている。表記方法としては、S2S、S4Sなどがあり、それぞれ材の2面、4面カンナがけという意味である。長さに関しては、北欧では以前は乱尺（1.7m～6mまで30cm刻み）だったが、現在は定尺で出せる工場も増えてきている。中欧は、元々イタリア向けに3mの材を製材していた事もあり、長さの条件は良い。中欧は、材の質は北欧に劣るが製材技術が高い。定尺に限定している理由は、コンテナへの積載効率が良いためである。

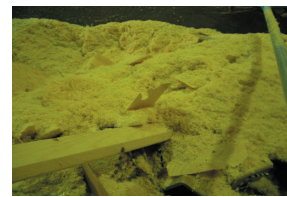


■ 製造工程に関して

- ・ 工場の従業員は、120人で、3交代制で24時間稼働している。
- ・ この工場内で行われている集成材の製造工程は、コンテナでの搬入／ラミナのプレナーがけ／選別／接着／プレス／養生／プレナーがけ／梱包／出荷である。この他に、和室用化粧材の製造を行っている。
- ・ 選別過程では、ABCDの四段階に選別し、Aは表面材用に、Bは芯材として利用される。Cはプレナー後にはじかれ、再加工される。Dはプレナー前に長さの欠陥があり、ラインから除かれ、再加工される。JASの規定により、一度プレナーがけをしても、接着後再びプレナーがけを行わなくてはならない。それにより、ラミナ厚が24mmから最終的には、21.4mm程度にまで削られる。
- ・ プレスは30分行う。以下に効率よくプレス機を空けずにラインをまわすかが、全体の生産効率に関わってくる。その後の養生は一日かける。

■ 副産物・廃棄物に関して

- ・ 発生する木質系副産物は、二度のプレナーがけによる切削くず(それぞれ接着剤有り、無し)と、長さを揃えるためにカットしたブロック状の端材が発生する。以前は焼却処分していたが、平成15年12月の大気汚染防止法の改正に伴うダイオキシン規制の強化に伴い、平成16年2月に2億円を投じて、バイオマス発電設備を導入した。補助金の申請は、一年以上も時間を要するため行わなかったが、4年で投資費用は回収できる見込みである。発電量は260kw。焼却灰は、ユナイテッド計画へ搬出し最終処分される。金属バンドや梱包のビニールは有価で売却できている。
- ・ ヨーロッパの大きな製材工場（生産量が40万m³～100万m³）では、歩留りが48～49%で、残りは発電に利用している。
- ・ 木質系副産物は、接着剤有りは発電に利用して、無しのものは再生木材製造業者に搬出され、M-woodの原料となっている。



調査対象概要	
日時	2005 年 10 月
対象団体名	K プレカット業者
所在地	茨城県岩井市
主たる業務内容	木材プレカット
キーワード	国産材・輸入材・プレカット・リサイクル・目利き

○ヒアリング調査結果

本ヒアリング調査は、LCA 算出を目的として行ったため、ここでは本論で参考にした部分を抜粋して示す。

■材料の仕入れ・木材の選定について

- ・ 国産材 / 輸入材の割合はどのくらいですか？（１－１）
- ・ 国産材 / 輸入材の主な仕入先はどこですか？（１－２）
- ・ 取引のある仕入先は何社くらいありますか？（１－３）
- ・ 仕入れた木材の選定はどのようにして行っていますか？目利きの育成などはされていますか？（１－４）
- ・ 乾燥材 / 非乾燥材どちらを仕入れていますか？（１－５）

（１－１）月別の木材使用量（資料１）参照。月によって多少変動はあるが、国産材の割合がだいたい 10～20%。国産材はほとんどが唐松集成土台、柱一部あり、全体の 2% が他の国産材になる。

（１－２）国産材：福島、秋田、北海道など 輸入材：ロシア、北欧、ドイツ

（１－３）輸入材はラムコなど 6 社。全て製材されたものを海外の製材拠点から直接輸入。商社はほとんど介していない。国産材はユーザーの要求に合ったものを仕入れる。工場内を見学した際は 3 社の製材があった。

（１－４）人が木の選別を行っている。

（１－５）乾燥材

■加工について

- ・ 工場内の大まかな加工の流れはどうなっていますか？（３－１）
- ・ 細かな仕口の差などを無視すると加工する製品は何種類くらいになりますか？（３－２）

（３－１）

・ 倉庫：工場の隣にある。この倉庫を材木屋に貸すことで横もち料を安く抑えることができる。（港付近の倉庫を借りる必要がないため）

・ 多棟木拾装置：一度に 10 棟分に必要の部材を選び出し、十分な長さにカットして拾い上げる装置。10 棟同時に管理するので、端材の量を少なくすることができ、この装置を導入して 7% 歩止まりが上がった。でてくる端材は 40cm くらいまでのものしかなかった。

・ メインカットソー：木拾装置から渡される製材を適切な長さにカット。

・ 横架材、柱材ライン：細かい仕口の加工。加工した製品の出口は複数あるが、同じ現場のものは全て同じ出口から出るように管理されている。部材にはひとつひとつに番号がつけられており、コンピューターで管理されている。加工ミスは年間数件しか起こらない。

・ 品質チェック：ちょうど加工部に節がきていたりすると仕口が欠けたりすることがある。人が一本一本目視で確認。不可になったものはリサイクルにまわされる。

・ 仕分け・結束：現場ごとに仕分けし、結束。黄色いシートは木の日焼けを防ぐため。現場ごとに番号がふってあり、運送会社のトラックが現場まで運搬する。

・ リサイクルについて。さまざまな処理の仕方があった。木のリサイクル率は 97%。



■リサイクルについて

- ・ 工場内でリサイクルは行われていますか？（端材を他の材の材料にする、サーマルリサイクルなど）行われている場合、その量は把握されていますか？（５－１）
- ・ 工場内で処理されない端材、木くずの処理はどうされていますか？リサイクル業者、畜産業者と取引している場合、その量は把握されていますか？（５－２）
- ・ 木くずの量の把握単位は何ですか？（５－３）

（５－１）（５－２）サーマルリサイクルは行っていない。木のリサイクル率９７％（燃料用チップ１０％）

- ・ チップ：１社のみ。１０ｔトラック２５台／月。これは買ってもらう。
- ・ おが粉：１６社（畜産農家、掃除屋、猫砂のもと）８００～１０００ｍ³／月
- ・ 端材（横架材、柱材）：５社。間柱、パレットにする。
- ・ 羽柄材の端材：１社。万能棒、リン木に使う。
- ・ 合板：２～３社。ドアの心材、輸出用パレット。合板は消毒がいらないという利点がある。
- ・ ダンボール：１社。kgで計算。
- ・ 金属：１社。
- ・ 木くず、ゴミ：１社（遠野興産）この中の一部はバイオマス発電所に回っている。

（５－３）木くずはｔ、おが粉はｍ³。１ｍ³２５０kgで換算。



調査対象概要	
日時	2005年 9月
対象団体名	L 卸売業者
所在地	秋田県秋田市
主たる業務内容	建材の卸売業、直接販売、プレカット
キーワード	卸売業、秋田杉、流通、プレカット、完成保証

○ヒアリング結果

■取り扱っている物に関して

取り扱っている物は、木材：その他の建材＝85：15。木材の総取引量は7万m³、秋田産の物は2万8千m³。
意見：現在日本における木材の使用状況が、外材：国産材＝85：15という現状を考えると、角繁は国産材を多く取り扱っていると言える。昔は、もっと国産材の使用が多かった。国産材が減った理由としては、コストが原因ではなく、外材の需要が伸びたためだろう。現在も、外材を使用した集成材の需要は大きく伸びている。

■業務形態

県内は70％卸売業（仲卸）、県外は100％卸売業。県内の営業所は2カ所。県外の営業所は6カ所。社員は目利きも兼ねており、営業所が取引の判断の80％を行う。プレカット工場も所有、操業している。

■プレカット工場に関して

プレカット工場の加工は年間6千m³程度。特殊な加工や、非常事態に対応する「完成保障」を行っている。また、3次元CADなどを導入しており、設備は通常のプレカット工場と変わらないが、量産の意志はない。ユーザーの意思に直接触れる場として期待、活用しており、主に個性的な加工や、自然な曲がりを生かした加工、古民家の再築などに用いる。

■会社の歴史に関して

創業時は1000社くらいの卸売業者が秋田に存在したが、角繁は昭和39年頃から木材スーパーのような形態をとりはじめた。しかし、スーパーのように価格を表示した商売形態に既存の業者から圧力がかかり、13社の子会社を作り、それぞれの業務内容がバッティングしないような業務形態へと変化していった。昭和48年よりは現在のような1社での営業となり、冬場の施工不便性や、降雪による流通への影響を考慮して県外へ展開していった。平成10年になってからプレカット工場の操業を開始した。

■取引先に関して

県南部に集中しており、秋田県50％、その他50％。県北より北は、冬場の施工不便性や、降雪による流通への影響がある。

仕入れ先は全国で250社くらい。県内は自社で輸送を行うが、県外は先方が配送業務を行う。その際の輸送コストは、取引によって負担する側が変わる。

外材の輸入は、以前は自社で行っていたが、現在は輸入業者を挟んでいる。

■在庫に関して

5千m³くらいの在庫を持っている。在庫内容は季節や営業所により異なる。

国産材は、量も質も安定しないため、在庫がある程度ないと対応できない。

■単位に関して

m³が多いが、内装材の一部はセット単位や、m²単位となっている。また、集成材は坪単位の場合も存在し、柱には本数管理を行うものもある。外材は、20 m³前後のトラックを使用して、商社などから買い付けを行う。なお、売る際は1.5 m³、1.8 m³などの単位で売ることが多い。

■取引の現状

秋田の場合は乾燥材での取引が進んでいない。市場がそのようになっているので、乾燥は自社で行うこともある。取引を行うグリーン材は8%程度が不良品となるため、乾燥直後の取引では、メーカーにより品質のムラがある。また、生産→流通→ユーザーのどの段階で等級分けを行うかは、一定していない。

意見：流通業では、購入する資材がグリーン材であろうと乾燥材であろうと、売却時には不良率が小さい、メーカーによるムラの少ない製品を用意する必要がある。そのため、既に等級をうってある物でも、グリーン材、乾燥材にかかわらず、自社で等級のうちなおしを行うこともある。結束物や断面の小さな物は不良品も少ないため、わざわざ等級分けを行うことはないが、このような「不良率の負担」が、流通業の役割の一つだと思う。不良品は、短くして使用したりもする。

■新たな流通形態に関して

形状や品質が一定した規格品は、建築市場などの一部で取り扱うこともできるだろう。しかし、そういった物は木材流通の一部であり、それ以外の製品に関しては現状のような中間業者がいないと対応できないのではないかと。グリーン材の取引は、特に厳しい。

■プレカット工場に置ける廃棄物に関して

プレカットの端材や、処分品などがある。畜産農家や、バイオマス発電所に引き取ってもらっている。1週間に4tトラック1台分くらい。一台で5～6 m³程度。以前は有償で処分していた(バイオマス発電所は現在も有償と思われる)。

■木材業一般に関して

九州の木材は真っ直ぐで、柱材に用いられる。檜：杉＝4：6。檜の方が乾燥もしやすく加工が楽。福島辺りまでは柱材、山形以北は板などの大断面物に使用する。

意見：昔は、1次問屋→3次問屋を経て卸売業があったが、最近は問屋の数も減ってきている。秋田県においても秋田産の杉のみで家を建てず、他県や海外の木材、金物を使用するため、手広く対応できる業者が増えてきたことが、問屋の数が減ってきている原因と考えられる。また、日本において、今後は着工数が減っていくため、個性的な家が増えるのではないだろうか。そのようなニーズにも応えられるよう、プレカット工場の設備を導入した。

調査対象概要

日時	2005年 11月
対象団体名	M合板工場
所在地	秋田県秋田市
主たる業務内容	国産材、輸入材から合板製造。バイオマス発電所も併設している。

ヒアリング結果：

■合板原材料について

輸入材（北欧材、ロシア材）：国産材：ニュージーランド材＝6：3：1

国産材はマツ、スギなど。最近では、補助金が出ることもあって、秋田スギの間伐材の使用が増えている。ただし、国産材は輸入材に比べると乾燥が困難で、品質も劣ることから合板の中板に使用されることが多い。表裏板は北欧カラマツを使うことが多い。

■秋田スギ間伐材の利用について

平成11年から間伐材の受け入れをはじめ、ロータリー機械の性能向上や政府の補助政策などもあり、今では原料の国産材丸太の30%を占めるまでになっている。10年ほど前までは合板の剥き芯直径は8cmが限界であったが、ロータリー機械の性能向上により今では5cmまで剥けるようになった。対応できる丸太直径の範囲も広がり、現在は14cm～50cmまで幅広く対応している。また、製材には向かない2mの短い丸太も剥くことができる。

間伐は年単位で計画されているので、間伐材の供給量は予想可能である。ただし、雪の降る冬場は供給量が落ちる。

■解体材の受け入れについて

グループ企業の会社が解体材の引き取り免許を持っており、周辺の家屋の解体材を引き取っている。解体材の受け入れは10年以上前から行っており、現在解体材の受け入れ量は増加している。磁選機で解体材から金属部品を撤去し、破碎機にかけてチップ化する。チップを秋田プライウッドに引き渡す際に、リフトマンによって品質のチェックが行われ、引き取れないものは産業廃棄物として処分される。合板の端材からできるチップ（この製造は別々に行われる）もあり、製造するチップの比率は解体材由来：合板由来＝15：85。こうしてできたチップの80%以上が敷地内にあるバイオマス発電所の燃料として利用されている。その他のチップはボード原料としてボード工場に販売されたり、パルプの原料として製紙工場に販売されたりしている。製紙原料が不足しているときなどに製紙工場からチップの需要があった場合は、剥き芯由来の品質のよいチップを出すようにしている。解体材の受け入れは10年以上前から行っており、現在解体材の受け入れ量は増加している。営業活動も行っており、解体材受け入れを宣伝している。

■合板の端材について

合板工場で排出される端材としては、樹皮、剥きはじめに出る単板くず（2mm～4mm）、剥き芯、製品を規定の大きさにカットする際に出る合板端材の4種類がある。種類ごとに発生する工程が異なるので、各工程ごとに発生する端材の形状に合わせた破碎機を設置し、チップ化しておもにバイオマス発電所の燃料としている。

■バイオマス発電所について

平成元年に国の補助を受けて設置。以前は合板端材は木屑焚きボイラーの燃料として利用していた。バイオマス発電所の自家発電で、秋田プライウッドの5工場で使用する電力の80%をまかない、残りの20%は東北電力から購入している。全電力をバイオマス発電に頼ると、バイオマス発電所にトラブルが起きたときに工場がストップしてしまうので、電力会社からの供給ラインも残している。

バイオマス発電で同時に発生する蒸気は樹皮を剥いだ丸太を蒸す工程、乾燥工程、ホットプレス工程の3工程で利用されている。

調査対象概要	
日時	2006年 10月
対象団体名	Nフローリング製造工場
所在地	秋田県由利本荘市
主たる業務内容	フローリング製造
キーワード	ブナ材・単板・合板・フローリング・大連工場・釜山ルート

○ヒアリング内容

■木質系材料の種類と主な素材の取引先

中国（主に東北3省）からブナ・ナラ・カバなど、米国からハードメイプルなどを輸入。国内では北海道からポプラなどを調達している。ラワン材などを東南アジアなどから入っていた時期もあったが、熱帯雨林伐採の問題などにより今はほとんど取り扱っておらず、代わりにポプラを扱うようになった。

以前は中国の製材工場から直接単板や合板を輸入していたが、不具合が多かった。（これは中国では天然乾燥を行わず、人工乾燥だけで製材してしまうからではないか。）そのため、2004年に大連に自社の製材工場を新設し、現在は自社工場ですべての単板製造・合板の加工を行っている。フローリング製造の全工程のうち、80～90%は大連の工場で行っている。大連の工場の設備は矢島町の工場からもっていったものを使用している。

よって、矢島町の工場に入ってくる材料の状態は、乾燥済みで4面プレーナー処理、合板・単板ともに規格寸法にカットされ、単板は数枚をテープで止めた状態（これはフローリング製造工程を大きなロットで進めるため）である。

■材料の輸送について

大連→釜山→秋田というルート（平成7年～17年にかけて開設された、大連～秋田間はおよそ7日間かかる）の外洋コンテナ船で秋田港まで輸送している。秋田港から矢島町の工場まではトラック輸送。コンテナの大きさは20フィートコンテナで（個数？）、2日で3本ほど秋田港に入港する。秋田港に倉庫は持っていないので、すぐにトラック輸送する。日本海は冬はよく海が荒れるため、船便も止まることもある。運送が止まってしまうと工場での生産も止まってしまう。大連→釜山→秋田ルートができるまでは大阪港に入り、そこからトラック輸送していた。

■木質系製品（フローリング）に関して

おととしくらいから中国・韓国に輸出を行っており、韓国では量は少ないものの標準品として流通している。中国には今年はほとんど輸出していない。

中国で木材を調達し、大連の工場ですべての単板を日本へ輸出し、矢島町の工場ですべてのフローリングができるまでは3ヶ月くらいかかる。矢島町の工場では単板が入ってきてから1～3週間ほどでフローリングが完成する。倉庫もなく、工場の面積にもあまり余裕がないため材料の単板などをストックしておくことができない。そのため、事前にどのくらい、どのような樹種の、どんな材料が、いつ必要か把握することが重要である。

■秋田スギの利用

複合1種フローリングに秋田スギを使用しようとしたこともあったが、スギはブナなどほかの樹種に比較するとやはり柔らかく、すぐに傷がついてしまうためフローリングには適さないと感じた。コスト面でも採算が合わなかった。最近秋田スギを圧密加工する技術が開発されており、これには興味を持っている。ただし、圧密加工するためには同体積の部材を作るために何倍ものスギが必要となるためやはりコスト的には厳しい。

■発生する（木質系）廃棄物について

木質系の廃棄物は輸送パレット、かんなくず、不良材、寸法あわせの際にカットされる端材がメイン。単板製造までは大連で行っているため、矢島町の工場の歩留まりはおよそ 90%（不良材ではねられるものも含めて）とかなり高い。

輸送パレットと端材、不良材などは秋田市向浜の新秋木工業株式会社に処理をお願いしている。運賃（25000 円 / 10 t トラック）＋処理費が矢島木材乾燥の負担になる。ただし、チップ化しているのか、能代市のバイオマス発電所で処理されているのかなど処理方法やその内訳については分からない。（パレットなどブロック状、体積の大きいものが多いので、かなりチップ化されているのではないだろうか。）

かんなくずは 10 t トラックで 2 週間に 3 回ほどの頻度で八竜町の敷き藁業者に無償で持って行ってもらっている。非木質系では、梱包材（ビニールなど）は新秋木工業を通してバイオマス発電所、金属バンドはトラック 1 台 5000 円で地元の業者に処分をお願いしている。接着剤の缶も金属くずとして処分してもらっている。

■ボイラーについて

7.8 年前までは動いており、かんなくずを焼却していたが、ダイオキシンの問題で今は動いていない。昔はボイラーで焼却したかんなくずの量のデータなどをとっていた。

大連の工場では石炭・一部電力と併用するかたちで、乾燥に木くず焚きボイラーを利用している。



調査対象概要	
日時	2006年 7月
対象団体名	0チップ業者
所在地	秋田県能代市
主たる業務内容	木材チップ製造・チップ集荷・販売・一般製材・古紙回収
キーワード	木材チップ・樹皮・製材不適材

○ ヒアリング結果

■林業について

秋田県では植林されるものの9割がスギである。まず苗を育てて、4年ほど経って40～50cmまで育ったら植林する。植林して8～10年で下刈り、14・5年以降間伐（丁寧に育てる場合は第一間伐・第二間伐）、今現在製材されているものはほとんど植林されてから60年以上たったもの（直径40cm）。間伐のほか、除伐、つる切、枝落しなどを10～15年周期で行わなければならない。

■能代周辺のチップ業者について

このチップ業者は昭和36年設立、現在の取引先であるボード工場が昭和34年、製紙工場が昭和45年設立。よって、設立当初はボード工場と主に取引していた。設立当初はチップ製造のみを行っていたが、原料の中にまだ製材できるものがあったため、製材業務も行うようになった。昭和63年(平成元年)当時、能代山本周辺には製材所が500ヶ所、チップ工場が10ヶ所あった。この年に他の9社を買収したため、現在能代山本のチップ工場はこの業者のみとなっている。

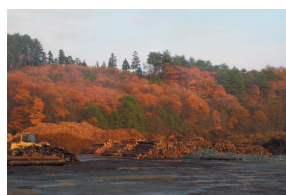
秋田県内のチップ業者にはこの他県南に小さな工場が一つあるのみで、大館・秋田周辺までカバーしている。

■原料について

原料置き場に積んであった立派な木材は森林組合・原木市場で購入してくるもの。製材不適剤や端材については、電話を受けて回収に行く。買い付けに行く範囲はおおよそ半径60km（最高100kmまで。材料の品質による。皮付きの端材は50km以上は回収に行かないなど。具体的な範囲としては能代・秋田・大館・まれに青森・県南）。写真に示すように、他県の製材工場から端材が受け入れ可能かチェックしてくれるようサンプルが送られてくることもある。原料の品質チェックはチップの品質に直結するので慎重に行っている。現在、取引のある製材工場は40～50社を数える。

トラックは12台所有しており、買い付けに行く運賃・燃料費は全て鈴木光の負担。まれに、製材工場などから持込される場合があり、これら持ち込みの材が原料の1割ほどを占める。

解体材は受け入れていないということだったが、実際には散見された。秋田において解体材は発生量が少ないので、解体材の原料に占める相対的割合が少ないということか。解体材の多く発生する東京周辺では、チップ工場の原料として解体材がより重要となってくると考えられる。



■チップの取引先について

製造されるチップの8割が秋田市のQ製紙工場、2割が能代のRハードボード工場に販売される。

cf. 製紙工場が仲介を依頼している商社から、チップ業者に対して皮付き・皮なし各チップに関して発注がきて、それによって月当たりの納入量が決まる。納入されたチップは皮なしのものは洋紙原料に、皮付きチップは段ボールの原料になる。このほか、集成材由来のチップは接着剤が付着しているのでボード工場に販売される。

■チップ化と製材の割合

全体で製材：チップ＝2：8の割合。製材不適材に限れば、製材：チップ＝1：9とチップ化の割合が高くなる。チップの生産量は絶乾状態で3000t／月（未乾燥状態ではおよそ重量の倍）、ただし販売されるチップの検収は相手の工場任せである。検収結果では含水率50～60%の範囲が多く、取引は絶乾重量で行われる。

チップの値段は2年前（2004年）に少し下落し、現在は若干値上がり状態にある。

■おが粉について

現在2業者と取引がある。製材ののこくずは水分をあまり吸収しないため鶏の敷き藁、チップ製造の際できるおが粉は牛の敷き藁となっている。

■樹皮について

バーカーはほとんど使用せず、皮付きのままチップーにかけているようだ。製材時にまれに発生する樹皮は、組合員である能代のバイオマス発電所で処理。

■非木質系廃棄物について

製材工場から製材不適材を回収する際に材料を結束しているプラスチック、針金、ビニールなどが廃棄物としてでる。こうしたビニールや金属類を全て混ざった状態で圧縮し、中国に原料として輸出する会社が近辺にあるため、これらの廃棄物は分別せず、そのままその会社に販売している。



調査対象概要	
日時	2006年 9月
対象団体名	Pチップ業者
所在地	秋田県北秋田市
主たる業務内容	チップ製造 / 石膏ボード・廃アスファルト・廃コンクリートリサイクル
キーワード	ファインウッド・焼却炉・最終処分場・処分費用

○ ヒアリング結果

■木質系材料を扱う産業の全体像について

木屑は、発生場所に近い廃棄物処理場に引き取られ、質のよいものはパーティクルボードやパルプ・燃料チップなどに再利用されるが、のこりは再資源化のめどが立たず焼却されるのが現状である。近年はバイオマス発電施設やセメント工場での燃料としての取引が増加傾向にある。

なお、木屑発生源で移動式破砕機によってチップ化されることも少なくない。

■当業者の業務内容

- ①木屑（主に解体材）・紙くず・抜根・剪定枝などを分別した後チップ製造（ファインウッド）
- ②廃アスファルト・廃コンクリートを受け入れ、破砕して碎石製造
- ③石膏ボードを受け入れ、紙分離、粉砕してグラウンドラインマーカー製造
- ④木屑・紙くず・繊維屑・廃プラスチック類などを焼却

①のチップ製造工程は別紙参照。平成8年にリサイクルセンターができたときは焼却施設しかなかった。ダイオキシン排出基準をみたすよう設計されていたはずの焼却炉が、設計のミスなのか基準を満たしていなかったことから平成14年5月の建設リサイクル法施行に伴って、今までの焼却処理からチップ再利用への取り組みを開始した。

■原材料の取引先について

北 秋田市内、大館市内の公共工事請負業者や解体業者、工務店、造園業者などから受け入れている。くるものは拒まず受け入れているが、ほとんどが北秋田市内のなじみのある取引先。取引先の割合は、平成17年度の実績で公共工事請負業者4%、解体業者94%、工務店1%、造園業者1%。このうち、解体業者は自社の解体部のもちこみが50%、自社以外の解体業者は2社であった。また、工務店も建築部で下請けをお願いしているところであるので、自社関連の原材料が50%近くを占めていることになる。産業ごとの割合は建設業80%、建築業20%。

鷹巣町（現在の北秋田市）で木くず処理施設を始めて創業した（平成8年）のが当社であり、当時の顧客が定着しているため、新たにチップ化を始めたからといって新規に取引先を確保することはしていない。

■原材料の品質・供給量・収集などについて

主に解体業者からの解体廃材が原材料の9割を占めるため、取引先の解体工事受注の頻度や規模によって受け入れる量が左右される。また、降雪地方であるため12月から3月までの搬入はほとんどない。受け入れる際の規格は木くず以外の不純物が混入、付着していないこと（釘は可）この頃は少なくなったが、ミンチ解体されたものは拒否している。取引先はなじみの会社が多いので、あまりひどい解体材は入ってこない。

解体材などはほぼ100%事業者が持ち込み、コストも全て事業者負担。たまに個人で剪定枝などを回収してほしいなどの電話連絡があった場合のみ、発生量や距離・状態などを考慮して収集にいく場合がある。

原材料の中でも、良質な角材が入ってきた場合は、チップにはせず、自社の土木工事で標準点を取るために使用したり、型枠止めとして使用したりする。

■製品について

現在製造している製品は、50～6mmのチップ（歩道クッション材・マルチング材・木質ボードの原料：ファインウッド）と5mm以下のチップ（家畜の敷き藁・マルチング材）の2種類。

■排出している廃棄物（製品）の種類と排出先

6mm以上のファインウッドはRボード工場に売り、ボード原料として利用される。5mm以下のファインウッドはS牧場に販売し、敷き藁の代替品として利用されている。枝や伐根、塗料や防腐処理されているものなど破碎してもファインウッドとして製品にできない物は、能代のTバイオマス発電所に処分してもらっている。取引量の割合は、Rボード工場75%、S牧場20%、Tバイオマス発電所5%となっている。ただし、生産量は供給量に左右されるため、安定的とはいえない。

ファインウッドとしての需要があまりなく、近隣に利用してもらえるところを探したところ、チップを利用しボード製造している施設があることを知り、取引を始めた。また、松尾精肉店とは前のセンター長のつながりで取引が始まった。

■処分料金について

協和町のW最終処分場（県の運営）はミンチ解体されたような廃材でも受け入れ、処分費はトラック一台あたり19700円。一方、能代市のTバイオマス発電所は分別されて木だけになっている状態でないと受け入れてもらえず、処分費は18500円。そのため、多少処分費が高くても、分別の手間を惜しんで協和町の最終処分場に運んでしまう業者も多い。当社も厳しい受け入れ基準を定めているが、搬入する業者が特に環境に対する意識が高いというわけではなく、昔からのつきあいであったり、単純に距離が近いという理由で朝日建設を選んでいると考えられる。

■補助金の利用について

石膏ボードのリサイクル施設を建設した際には補助金が出たが、木質系廃棄物に関しては補助金を利用したことはない。



調査対象概要

日時	2006年 11月
対象団体名	Q 製紙業者
所在地	秋田県秋田市
主たる業務内容	洋紙、ダンボール原紙、パルプの製造、販売

ヒアリング結果

■原材料について

古紙雑誌： 32 万 t / 年

ウッドチップ： 輸入：国産＝8：2

輸入チップはオーストラリアのユーカリチップがほとんど。一部タイからも輸入している。オーストラリアは平坦で広大な土地にまるで作物を栽培するように木を育てているため、森林整備のコストも伐採にかかるコストも安い。よって、安いチップを大量に作ることができるが、現在オーストラリアドルが多少強くなってきているのでチップも値上がり傾向にある。国産チップはスギ間伐材、マツクイムシ被害材、製材端材、解体材由来のもの。全てチップの形で仕入れている。昭和 47 年の操業当初はダンボール原紙のみを製造しており、原料は 100%ウッドチップであった。昭和 57 年に古紙の利用を開始し、現在はダンボール原紙の原料 80%が古紙、20%がチップ。洋紙原料は 100%チップである。今は古紙のほうが安いので、古紙の割合が高くなっているが、今後古紙の値段があがればチップの割合を増やすことも考えられる。他に、ティッシュなどの原料となるパルプも製造している。

■チップの品質について

以前は国産材チップをチップ業者から直接購入していたが、現在は商社に委託している。この商社は東北のグループ 3 社（秋田、石巻、旧大昭和）のチップ調達を専門とし、各社ごとに距離の近いチップ業者からなるべくチップを仕入れるようにしている。一元化による運送費の低減を狙っている。当製紙業者のほうから商社に、出荷予想に合わせてこういったチップを調達してほしい、と注文がいき、商社でチップ業者にサイズ指導、厚み指導（とくに解体材）、を行っている。防腐処理などしてあるチップは受け入れない。取引のあるチップ業者は長い付き合いのところが多く、チップの品質は一定の範囲内にある。ただし、各チップの比率はチップの需給状況などによって変化する。

■工場内リサイクルについて

チップを煮るときに出る煮汁（黒液）をボイラーの燃料としている。また、短い繊維はパルプとすることができず。紙くず（ペーパーストラッジ）となる。これと古タイヤの破片を混ぜて、焼却、発電を行っている。焼却灰は八戸、新潟、大船渡などのセメント会社にセメント原料として処分費を払って処分してもらっている。

■流通について

日本大昭和板紙東北の工場は秋田港のすぐ隣にあり、横もち料のかからない工場である。こうした立地条件や製品の質の高さにより安い外国産の製品との競争力を得ている。輸入チップは 4 t 船で年 18 回輸入され、港に着いたらベルトコンベアで 3 日かけて工場内に運び込まれる。船便は安いことが特徴で、オーストラリアから 2 週間かけて秋田に輸送する値段と、大館市からトラックで秋田まで輸送する値段はほぼ同じである。秋田港には韓国とのコンテナ定期船があり、これを利用して韓国、東南アジアへの輸出も行っている。輸出量は英産量全体の 7～8%を占めている。国内のほうが国外よりも高く売れるので、なるべくならば全て国内で販売したい。

■バイオマス発電所の影響について

国産材チップのうち樹皮の占める比率が過去 25%ほどまであがったこともあるが、バイオマス発電所ができてからは低下し、現在は 18%で落ち着いている。

調査対象概要

日時	2005年 11月
対象団体名	R ボード工場
所在地	〒016-0121 秋田県能代市
主たる業務内容	ハードボード製造

ヒアリング結果：

■原材料について

年間 20350t（絶乾重量）のチップを集荷している。樹種はほぼ 100% 針葉樹である。チップの内訳は、

- 1) 能代地区（バージンチップ） 10500 t（51.6%）
- 2) 県内および近県（解体材） 1706 t（8.4%）
- 3) 関東地区（解体材） 8144 t（40.0%）

となっている。（これは平成 17 年度の実績と予想を含めたものである。）関東の解体材は川崎港から船で運搬する。この他、近辺の製材工場、合板工場などから排出される樹皮（バーク）を、インシュレーションボードの原料として 10% 混ぜている。

■チップの品質について

品質を決定する要素は以下の二つ。

- 1) 樹種（広葉樹・針葉樹）
- 2) チップ含水率・チップ粒度

針葉樹チップは広葉樹チップに比べて年輪が固く、蒸解しにくい。また、粒径 5 mm 以下の細かいチップ（ダスト）はボード原料にはできず、隣接するバイオマス発電所の燃料として処分してもらう。

チップを細かく品質で分類することはできない（バージンチップも解体材チップもの混在している）ので、製品の製造工程を変えることで 2 種類（ハードボード、インシュレーションボード）の製品を製造している。

■チップの購入基準について

優先順序は以下のとおり。

- 1) 価格（バージンチップ・解体材・樹種などによって異なる）
- 2) 品質（樹皮率、ダスト率）
- 3) 距離（工場から半径 80 km 以内を目標としている）

財団法人先端技術センターがまとめたチップ品質基準（先端技術センターヒアリング結果参照）の中の B チップを受け入れている。B チップの原料は主にパレット、梱包材、解体材で比較的断面積のあるものと無垢材（枝材）となっている。防腐材処理材などは絶対に受け入れない。チップのレベル分けがなされることで、一定の品質レベルを保証することができる。関東の解体材チップ業者は規模も大きく、チップの品質管理もしっかり行っているので安心して受け入れられるが、能代周辺のチップ業者は規模も小さく、チップを品質でレベル分けすることが定着していないので、受け入れる際の品質のチェックを厳重に行っている。

■チップ品質が製品に及ぼす影響

針葉樹チップは年輪が固く、未蒸解部分（シブ）が発生しやすい。蒸解温度を高くすると、解繊しやすくなるが木材の可溶成分が溶け出し、①パルプ収率が低下する、②ヘミセルロースの加水分解により糖が生成され、ボード表面が汚染される（シュガートラブル）。一方、ラワン材を中心とする広葉樹チップは蒸解しやすく、高耐水性、低密度のボードができる。

■バイオマス発電所との関連について

当工場の電力需要、蒸気需要は以下のとおり。

電力 110 万～120 万 K w H / 月

蒸気 9 千～1 万 t / 月 (20 kg / c m ^ 2)

このうち電力については T バイオマス発電所を運営する組合から 70% を購入し、蒸気は需要量全てを組合から購入している。この蒸気を、チップを蒸す、乾燥、ホットプレス、工場内の暖房に利用している。

当工場では、パーク・解体材チップについて、業者（中間処理）を指導しながら、マテリアルリサイクル用・サーマルリサイクル用にカスケード利用しているが、近年手間のかかるマテリアルリサイクルを敬遠する傾向にある。さらに、原油高による燃料転換を目的に、C O 2 削減を背景とした国の政策もあって、バイオマス燃料の需要が急増している。このため、ボード業界では原料チップ（とくに解体材）の集荷が難しくなっており、建設廃材の取り合いが起きている。T バイオマス発電所ができる以前は、電力は電力会社から購入し、蒸気は木屑焚きボイラーで製造していた。

■バイオマス発電所との原料の取引について

バイオマス発電所に持ち込まれる樹皮のうち状態のいいもの（砂の混入が少ない、含水率が少ない）は当工場が購入し、粉砕して、インシュレーションボードの原料として利用する。（フォレストボード）

また、当工場で出る、ボードの原料にできない細かいダストや乾燥後のボードの端材などは T バイオマス発電所に処理費を払って燃料として処理してもらう。乾燥前のボードの端材については、水に溶かして何度でもボードの原料とすることができる。一度乾燥してしまうと、もとのボード原料に戻すには多量のエネルギーが必要となるため、マテリアルリサイクルのは進まず、低位のサーマルリサイクルに進む。

■パークの処理

余った粉砕パークは、工場から排出される汚泥と混ぜて発酵させて堆肥化する。発酵途中に混ぜてやると 3 ヶ月ほどで堆肥ができるが、混ぜる際に発生する悪臭が問題となり、現在は混ぜることはせず、3 年かけて発酵させている。できた堆肥はリンや窒素分を豊富に含み、保水性もよい。周辺の農家や、海岸沿いのメロン栽培農家に無料で提供している。

調査対象概要	
日時	2006年 7月
対象団体名	S 牧場
所在地	秋田県北秋田市
主たる業務内容	牛、馬の牧場、精肉業
キーワード	畜産、敷き藁、堆肥、おがくず

○ ヒアリング結果

■ S 牧場に関して

・ 北秋田市で、精肉店を営む精肉会社の牧場である。ここは主に牛の畜舎であり、馬の牧場がまた別の場所にある。飼育している頭数は、牛が500頭、馬が100頭である。

■ 原料受け入れに関して

- ・ 敷き料として、秋田スギのみからなるおが粉と、解体材由来の木質チップを購入している。
- ・ おが粉は、能代周辺の製材所から専門の業者が回収を行い、トラック一台で2万円という価格で購入している。一方、木質チップは、「ファインウッド」という名称で、秋田県認定リサイクル製品としての認定（認定番号170419）を受けている。この木質チップは、2千円／一台という価格である。原料としては、おが粉：木質チップ＝4：1の割合で使用している。
- ・ 解体材由来の木質チップは、水分の吸収が悪く、おが粉の供給量が不十分である事と、値段が安いという理由で購入している。
- ・ 秋田スギ以外の混入のあるチップは受け入れないようにしている。秋田スギを使っている理由は、牛にとっても、それを食べる人間にとっても良いから。

■ 堆肥の製造に関して

- ・ 使用済みの敷き料の50％は屋根のある小屋で8ヶ月程、酸素に触れさせる様拡販する作業を行いながら自然に醗酵させて、堆肥を製造している。販売先は、鷹巣の農協や、農家に販売している。価格は車一台あたり400円である。（堆肥の名前：ユタカパワー）
- ・ 使用済み敷き料の残りの50％は、機械を利用して菌を混ぜ、人工的に堆肥の製造を行っている。こちらで要する時間は2時間半である。
- ・ 敷き料の購入に要する費用は、400万円～500万円だが、堆肥を販売して得られるのは100万円程度である。
- ・ 能代は土壌が砂地であるため、堆肥の需要があるが、鷹巣周辺ではあまり需要が無く、販売によけいな運賃がかかる。



調査対象概要	
日時	2005年 9月
対象団体名	T バイオマス発電所
所在地	秋田県能代市
施設概要	バイオマス発電
キーワード	バイオマス発電、蒸気、エネルギーのカスケード利用

○事業内容

3000KW / 時の電力と24t / 時の蒸気を製造する。発電した電力、蒸気は破砕・乾燥施設に送られる他、隣接する（株）アキモクボードにも送られる。さらに余った電力は電力会社に販売、逆に電力が足りない場合は東北電力から購入する。また、原料のチップが足りないときも、なるべく炉をとめないようにチップを購入してまかなう。チップに混入した砂がベルトコンベア等を削り、磨耗する。そのため砂の混入があまりにひどいチップは受け入れ拒否をすることもある。最終処分量は投入量の2～3%となっている。

京都議定書によりそれまで各工場が所有していた焼却炉が使用できなくなったことがこの事業の大きなきっかけとなった。現在は組合員は1500円 / t、非組合員は3000円 / t で処理してもらう。今後発電所の経営が順調に行けば、処理費は安くなる可能性もある。



調査対象概要	
日時	2006年 12月
対象団体名	Uチップ業者
所在地	神奈川県横浜市
主たる業務内容	廃木材からのチップ製造（破砕中間処理業）
キーワード	解体発生木材、チップ、パーティクルボード

○ ヒアリング内容

■ Vチップ業者の事業概要について

- ・ 工場稼働開始：平成17年11月1日 →ちょうど一年経過した
- ・ 設立経緯：出来るだけ単価を上げた形でチップ原料を調達するために設立された。設立には、パーティクルボード原料としての受け入れ先であるVボード工場と、合板梱包材の排出を行う運輸会社とが共同出資している。
- ・ 取得許認可：産業廃棄物処理業（中間処理（木くず・破砕））、一般廃棄物処理業
- ・ 工場稼働時間：24h（新木場工場は8h）。現状は8時～17時（～21or22時程度まで残業あり）の1勤制で稼働している。しかし、チップ車は24h走っているので、工場において搬入の無い夜間にチップ車への搬出が行えると工場での生産効率がより上がると考えている。

■ 受け入れている材・廃棄物について

- ・ 受入量：2500t～3000t/月
- ・ 受け入れ可能なもの：パレット・梱包材、ベニヤ、新築端材、型枠、解体材、生木（葉一根本て可）、竹松杭、パーティクルボード、MDF、化粧板・家具類、おがくず
- ・ 受け入れ出来ないもの：枕木（薬剤処理されているもの）、炭化した木材（焦げているもの）、塩ビ加工されたもの
- ・ 受け入れ先について

受け入れ先の業種：中間処理業者（30%）、輸送会社・梱包材（25～30%）、解体業者（10～15%）、新築系端材（25～35%）生木などは少量である。新築系端材の内、コンクリート型枠として用いられるコンパネは5%程度であり、型枠工務店等から持ち込まれる。また、一般廃棄物処理業の認可を受ける事によって、横浜市内の夏期・冬期における樹木の剪定材を受け折れる事が可能になった。現在横浜市内では、樹木を受け入れる処理業者が少ないため、まとまった搬入量が期待できる。Vボード工場と同様に、新しい廃木材の受け入れ先として、展示場の廃木材がある。展示場からの搬入は夜間搬入となる。

- ・ 受け入れ先の範囲：神奈川県内が多い。ただし関西エリアからの処理困難物の受け入れも行っている。
- ・ 受け入れの際の問題

含水率：含水率の高いもの（ex：松杭）も受け入れているが、原料に投入する際、一度に投入せず、少しずつ分けて投入する事で水分を調整している。

コンクリートかす：コンパネの投入量も調整しながら行う。コンクリートかすは、ボード原料となったときに、接着剤に影響するためである。

- ・ 受け入れの価格について

価格設定には、標準単価としておおよそ3つの価格帯を設けている。その中で、常時安定した供給を行ってくれる業者や、廃棄物の種類（解体材でも柱材のみと化粧材中心では価格が異なる）によって受入価格を変えている。

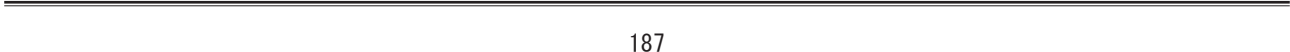
現在の、受入価格の平均は10円/kg程度である。多くのバイオマス発電所の操業開始を前に、各チップ工場が価格を度返しして廃木材を集荷し蓄積している関係もあり、だいたい2円/kg程度価格が低下している。

- ・ 受入量の変動

廃木材の搬入量が多くなるのは、夏から秋にかけてであり、理由としては住宅の着工が春から始まる事が多いためである。逆にチップ使用者は、春からの使用に備えて冬に多くチップを求める。そのため今後は、ストック能力が重要になってくると考えている。



ヒアリング調査の際に取得した、パンフレットから、チップの製造フローを以下に示す。



■ 製品チップに関して

- ・チップの種類：製紙用チップ、ボード用チップ、サーマル用チップ、ダスト、以下に各種製品チップの特徴を示す。

○製紙用チップ

出荷先：パルプ業者（静岡）、製紙業者（静岡）

買値： 当社で製造するチップの中では最も高い

量： 週に1、2台

特徴： 製品への品質要求が高く、手間がかかる。ラインを一度空にしてから製造する。

原料として使用できないものとしては、ベニヤ・合板、広葉樹（赤い）、塗料などが混入しているチップは不可である。

○ボード用チップ

出荷先：V ボード業者が大部分を占める。その他にはMDF メーカー（静岡）にも納めている。

価格： 買値は着値で4円/kgである。運賃には3.7, 8円/kg要し、ほとんど製品からの利益が残らない程度である。

量： サーマル用との比率は、サーマル：原料（ボード&製紙）＝1(0.5)：9(9.5)程度である。受入量から考えると、2500t/月前後である。

特徴： ボード用チップの質に関して制限があるのは、納品するチップのうちコンパネの割合を20%以下、ダストの割合を20%以下とする事と、含水率をダストに関しては4%以下、チップに関しては25%以下に整える事である。原料としては、梱包材や新築系の廃木材が中心である。

混入不可な原料にはMDFと化粧材がある。MDFは、パーティクルボード原料とするには繊維が細かすぎるため混入できない。パーティクルボードはパーティクルボードへ再生可能である。

○サーマル用チップ

出荷先：バイオマス発電所への出荷である。出荷先としては、新潟、茨城、富士、勿来が挙げられる。

価格： およそ0.5円/kgであり、輸送費も負担するのでマイナスである。しかし今後価格は上昇する事が見込まれている。（2.5円～3円程度までは上昇するのではないかと見込んでいる）

量： 受入量から考えると、250～300t/月程度である。

特徴： 原料の中心となるのは、MDFや化粧合板等の解体材である。

搬入された解体材をヤード内で最初に手選別する段階で、ボード用かサーマル用かが決定されている。そのため、サーマルチップ中にはボード用と比べて混入物が見られる。

○ダスト

出荷先：V ボード工場、サーマル用

特徴： 二次破碎後のロータリースクリーンにおいて、5mmのスクリーンを通過したものが、ダストヤードに蓄積される。V ボード工場では、パーティクルボードの表面材としてダストの様な繊維の細かい原料を使用しているため受け入れている。

- ・以上からわかるように、サーマル用も含めて製品チップから利益を上げる事は考えにくい。以下に高値で廃木材を受け入れるかが重要な要素である。

■ 発生する廃棄物に関して

- ・金属類：鉄くぎ、ボルト、ドアノブ、蝶番など（蝶番やボルトはなるべく取り除いてもらっている。）

金属類は、手選別、3カ所の磁選機、金属探知機と比重選別機を通じて回収される。量としては10～15t/月程度である。（スクラップ価格の高騰に伴い利益が大きい）

- ・その他：プラや紙の付着した廃棄物が10～15m³程度発生する。

調査対象概要	
日時	2006年 8月
対象団体名	Vボード工場
所在地	東京都江東区
主たる業務内容	チップ製造・パーティクルボード製造・一般／産業廃棄物の収集運搬 および処分業
キーワード	建築解体材・パーティクルボード・マテリアルリサイクル バイオマス発電

調査結果

○ 工場見学内容

①破砕処理工程（チップ化、原料は100%リサイクル木材）

- ・処理能力 破砕機6機（3ライン） 352t／日（現在は270～280t／日搬入・2ライン稼働中）
- ・処理プロセス 廃木材貯蔵→一次破砕→二次破砕→磁力選別→気流選別→振るい分け→金属探知→製品チップ



②パーティクルボード製造工程

- ・生産量 8000t／月（MAX9500t／月まで製造した実績がある、
木材供給量が落ちる1・2月は6000t／月くらい）
- ・製造プロセス チップ貯蔵→破砕→乾燥→振るい分け→貯留→接着剤塗布
→成型→熱圧→養生→冷却→研削→切断→検査→出荷



○ヒアリング内容

■会社沿革・業務内容について

会社の設立は昭和21年。当時は単板を購入し、合板製造を行っていた。昭和58年、木場から現在の新木場に工場が移転した。元は木材集荷地としての立地をいかして合板を製造していたが、熱帯雨林伐採の問題などからパーティクルボード製造に移行した。平成2年、JIS表示許可を取得（パーティクルボード JIS 5908 390031）。現在は、新木場工場のほか埼玉工場でチップの製造およびボードの加工、石巻工場で単板の製造を行っている。さらに、近年新設した横浜工場では受け入れる原料の基準を下げ、バージンチップと合わせてパーティクルボードを製造している。新木場工場で製造したパーティクルボードの用途内訳は以下のとおり。床下材として利用されるものが多く、この場合は現場に配送して床建材メーカーの脚と組み合わせて利用される

■現在のチップ原料と調達方法

現在のチップ原料の内訳は右のとおりである。

①	建設系廃棄物（新築系）	50%
②	廃棄パレット	25%
③	梱包廃材	10%
④	解体材（柱など）	5%
⑤	製材・生木・その他	10%



当社で製造されるパーティクルボードの99%がマンションの床下地材として利用されており、首都圏のマンションの約70%のシェアを誇っている。チップ原料の回収は製品を搬送した帰りの静脈物流を利用することが多く、自社トラックで解体現場に設置したメッシュパレットを回収してくる。

型枠メーカーからのコンパネの回収は以前から行っていたが、コンパネ端材はどうしても付着したコンクリートによってチップがアルカリ性によってしまい、接着剤が働きにくくなってしまう問題がある。この解決のために、生木を原料としたり、接着剤工場を作って接着剤の改良に勤めるなどしている。

廃棄パレットは品川・芝浦・青梅などで物流に使われたもので、持ち込まれるものも多い。国産パレットは規格化され、再利用も進んでいるためあまり回ってこないため、ほとんどが輸入パレットである。

解体材の原料比率は5%までに抑えている。非鉄金属の除去はある程度現場で行わないといけないため、解体業者との直接取引はほとんど行っておらず、信頼できるゼネコンとの直接取引となっている。そのため、古い木造家屋の解体材などはほとんど入ってこず、たまに病院の改装や古い倉庫の解体などで入ってくる程度である。

平成11年に戸田建設と竹中工務店、平成12年に長谷工コーポレーションとリサイクル推進協定書を締結した。この協定書は、各会社の現場で東京ボードの製品を優先的に利用するかわりに、現場から発生する廃木材を優先的に当社に出してもらい、低コストで処理するというものである。

■チップ原料調達先の新規開拓

現在、関東周辺でバイオマス発電所が急増しており、良質な廃木材がマテリアルリサイクルに回らず、そのままサーマルリサイクルに投入されてしまう事態に陥っている。関東地域のバイオマス発電所はもちろん、福島、新潟、静岡、愛知などのバイオマス発電所も廃木材の豊富な関東まで収集に来るため、現在は良質な木材の取り合いが起こっている。東京ボードでも廃木材の回収範囲を西は兵庫、北は茨城・栃木・長野まで拡大しているが、特に解体材では分別の手間を考えると、多少処分費が高くても受け入れ幅の広い処分方法（バイオマスなど）が選択される傾向にある。チップ価格は高騰し、現在1.5～4円/kgであるが、解体材の減少する冬場までには4～7円/kgまで上昇する見込みである。

こうした状況を受けて、当社ではチップ原料の安定供給をはかるために関西支部を設置した。関西支部では、関西圏の現場から木くずのほか石膏ボードや塩ビ管など解体材一般（分別済み）をフレコン1袋から小口回収し、満載になったら奈良市の積み替え保管施設で各品目ごとに保管している。そして、製品の帰り便によって10t車で新木場工場に持ち込んでいる。木くずのみを分別してもらって現場から出してもらうことは難しいので、ほかの解体材とともに回収することで一緒に木材も出してもらっている状況である。

関西からの回収はコスト的に不利と考えがちであるが、現場から奈良の保管施設までの一次回収費用が2000円/㎡、保管施設から新木場の工場までの二次回収費用が2000円/㎡、合計4000円/㎡で1日4～5回転、東京近郊30km圏内の回収費用が3000円/㎡で1日2回転とほとんど差がない。これは、東京の交通渋滞のひどさ、関西では建設現場が比較的まとまっているため回収がしやすいことなどが原因である。

このほか、現在新たな廃木材供給先として注目しているのがディスプレイ業界である。幕張メッセやパシフィコ横浜でイベントが行われると大量の良質な廃木材が発生する。これらは今まで適切に分別・再利用されていなかったが、東京ボードの提案であるイベントで分別指導員をおいて指導を行ったところ、コスト削減・再利用が促進された。今後もイベント主催者と協力して指導を続け、安定した木材の供給先としたい考えである。

■チップ原料に占める廃木材の割合の変化

パーティクルボード工場設立当初は、原料のほとんどが合板製造時の端材や未利用材を切削して作ったバージンチップであった。2500t/月のパーティクルボードを製造していた。

平成元年になると、廃木材を原料に入れ始め、平成3年に産業廃棄物処理許可を取得、平成10年には一般廃棄物処理許可も取得している。平成6年ごろから原料に宅地造成時の伐採伐根や剪定枝などの生木を入れ始め、平成12年、原料の100%を廃木材とすることに成功した。現在は8000t/月のパーティクルボードを製造している。

■廃木材の受け入れ基準

現在新木場工場では投入した原料の99.6%を利用、0.3%が金属、0.1%が木粉としてはじかれている。アルミやステンレスなどの非鉄金属類（金属選別機で選別できないため）、化粧板・家具・木工品（塩ビシートが張ってあることが多いため）、MDFなど繊維状の木材やおが粉などの細かいもの（形状の問題から）などは受け入れることができない。そうはいつてもやはりいくらかはチップ化できないものが混じってくるので工程の中で何度も目視、機械による選別を行って品質の確保に努めている。

また、最近建設された横浜工場では化粧版（塩ビ加工されているものは除く）、非鉄金属類も多少ならば受け入れ可能となった。ただし、横浜工場では廃木材に加えてバージンチップも混合してボードを製造している。

調査対象概要	
日時	2006年 10月
対象団体名	W 最終処分場（県営）
所在地	秋田県大仙市
主たる業務内容	管理型最終処分
キーワード	最終処分、解体材

○ ヒアリング結果

■ 環境保全センター概要

・ 設立の経緯

昭和 51 年 10 月に設立した。全国的にも公営最終処分場としては早い設立である。県内にはまだ大きな最終処分場が存在せず、中小零細の最終処分業者の業務を補完する目的があった。

・ 施設に関して

処分場は A 区（埋立終了）、B 区（埋立終了）、C 区（H18 年度で埋立終了予定）、D 区（H18 年 10 月使用開始予定）の順序で処分場を拡大している。D 区全域まで含めて H75 年まで使用予定である。

以前は、破碎工程、焼却工程、発泡スチロール溶融工程を有していたが、現在は埋立のみである。県として最終処分場を有している県は少なく、他には神奈川や埼玉といった例がある。

・ 処理品目に関して

処理品目中で大きな割合を占めるのが、「ガラス及び陶磁器くず」であり、そのほとんどが、解体由来の石膏ボードである。それに次ぐ割合を占めるのが、「木くず」であり、これも解体由来がその大部分を占める。燃え殻は、中間処理における焼却由来の残渣である。民間の最終処分場では、処理品目をしぼっていることが多いが、環境保全センターでは広く受け入れている。

レジュメにおける処理実績の一覧を以下に示す

種類	処理量：トン（％）	種類	処理量：トン（％）
燃え殻	11,869（10.7）	ガラス及び陶磁器くず	40,067（36.2）
無機汚泥	11,989（10.8）	紙くず	1,305（1.2）
鉱さい	7,163（6.5）	木くず	12,217（11.0）
がれき類	2,996（2.7）	繊維くず	1,376（1.2）
ダスト類	137（0.1）	廃プラスチック類	7,664（6.9）
有機汚泥	9,441（8.5）	発泡スチロール	71（0.1）
金属くず	4,301（3.9）	合計	110,603

- ・ 処理価格に関して

全ての価格決定の基本には、処分場の建設費・維持管理費の回収費用がある。それに加えて、品目毎の処理費用が加えられる。具体的には、比重の小さい「かさ」がある品目（発泡スチロール）や、固化し安定化するまで時間を要する品目（有機汚泥）は、価格設定が高くなっている。また、リサイクルや中間処理を促すために価格を高めに設定している品目もある。それとは別に、産廃税として 1000 円 /t が価格に上乗せされる。木くずの処理費用は、民間の平均が 2000 円ー 3000 円であり、当最終処分場でも価格設定をそろえている。

- ・ 契約業者に関して

最終処分を依頼する業者は、保健所に必要書類（マニフェスト）を提出し、許可を得た業者である。その内訳は、建設業者と中間処理業者が大部分を占めている。中間処理業者も、建築解体材を主に取り扱っているため、受け入れている廃棄物の大部分が解体由来の廃棄物という事になる。受け入れている範囲に関しては、大館から湯沢町までであるが、県中央部が大部分を占めており、県北と県南には、民間の最終処分業者が存在している。

- ・ 埋立処理に関して

各業者のトラックで運搬されてきた廃棄物は、直接処分場内へ入ってきて廃棄物を降ろす。その後処分場の重機で廃棄物を潰し、そのまま埋め立てる。この際、有害ガス発生の可能性のある石膏ボードと、法令上で埋立場所を明らかにする必要がある廃石綿は、品目毎に分けて埋立っている。

■ 木質系廃棄物に関して

- ・ 受け入れている木質系廃棄物の種類と特徴

建築物の解体由来の木くずが大部分を占め、新築現場の施工端材が残りや占めている。また、中間焼却処理業者等から持ち込まれる燃え殻にも、木質系由来の物が含まれていると考えられる。それらの特徴としては、純粋な木くずが減っているという事である。接合部などの金物が混じっている事が多い。純粋な木くずは、中間処理へ回る事が多い。

- ・ 処理形態の変遷に関して

以前は、製材所内の木くず焚きボイラでの焼却や、焼却炉で燃やしてしまう事がほとんどであった。H9 年のダイオキシンに関する規制の強化(大気汚染防止法、廃棄物処理法)に伴い、中間処理焼却施設へ送られる事が増加している。また、バイオマス発電所へ行く分も増加したと考えられるが、最終処分する側として、その変化はあまり感じられない。製材所等の木屑焚きボイラに関しては、規制が曖昧である。純粋に焼却炉であるならば、大気汚染防止法の基準が適応されるが、木材の乾燥用など、燃料として木屑を使用しているという認定（保健所に書類を提出）を受ければ、規制にかかる事は無い。そのため、焼却炉としての基準を満たしていない、木屑焚きボイラは数多く存在する。

- ・ 最終処分場建設のために伐採した木は、全て現場内でチップ化し、法面緑化のための下地として利用されている。



調査対象概要	
日時	2006年 8月
対象団体名	X 最終処分場
所在地	秋田県潟上市
主たる業務内容	土木工事・解体工事・収集運搬・中間処理・最終処分
キーワード	産業廃棄物・解体材・木くず

○ヒアリング内容

■事業内容

	施設名	対象物	性能・容量
縮減	焼却施設	汚泥・廃油・廃プラスチック類・木くず・紙くず・繊維くず・動植物性残渣・ゴムくず・金属くず・ガラスくず及び陶磁器くず	15t/8Hr（日）
最終処分	安定型最終処分場設備	廃プラスチック類・ゴムくず・金属くず・ガレキ類・ガラスくず及び陶磁器くず（安定5品目）	46 万 m ³
	管理型最終処分場設備	廃プラスチック類・ゴムくず・金属くず・ガレキ類・ガラスくず及び陶磁器くず・燃え殻・繊維くず・木くず・紙くず・汚泥・動植物性残渣・ばいじん・鉱さい・産業廃棄物を処分するために処理したもの（以上のうち有害なものは除く）	（第1～第3期）22 万 m ³ （第4～第6期）26 万 m ³
	浸出水処理設備 （管理型処分場に併設）	浸出水	80 m ³ / 日（24Hr）
リサイクル	移動式破碎処理施設	コンクリート片・アスファルト片（再生骨材製造）	130t/Hr
	汚泥固化施設	無機性汚泥（再生土製造）	15 m ³ /Hr
	破碎処理施設	木くず	？
中間処理	汚泥固化施設	有機性汚泥・無機性汚泥（脱水・固化）	10t/ 日
	分別施設	焼却施設に投入されるもの（焼却前処理）	100t/ 日

・受け入れている木質系廃棄物

解体発生材（解体工事もユナイテッド計画で行う）が3割、収集してくる木屑が3割、持込される木屑が4割となっている。収集先は秋田市が90%を占め、まれに南は湯沢地区、北は大館地区まで収集することもある。運搬コストの問題が収集するかしないかには大きくかわってくる。持込される（取引のある）会社は1040社にのぼる。

自然木はほとんど入ってこない。

・木質系廃棄物の再資源化方法

建設リサイクル法によって分別解体が行われるようになったため、解体材の品質も上がっているが、細かい木くずとコンクリートの混ざったような混合廃棄物は分別することができず、最終処分場に埋め立てられている。接着剤が付着したものや複合材、CCA・PCP処理されたものはすべて焼却処分される。集成材は解体材としてはまだあまり入ってきていない。2006年3月は1754t焼却施設に搬入され、そのうち146tの木屑と96tの金属がリサイクルに回り、638tが焼却された。発生した残渣は874tであった。残渣は自社の管理型最終処分場へ埋め立てられる。

木質系廃棄物のうち、リサイクルできると判断されたもののみ分別され、チップ化される。チップはQ製紙工場やVボード工場に販売。2006年3月は146tのチップを製造し、全量をQ製紙工場へ販売した。

あまり量は多くないが、生木や抜根・パーク材は法面緑化吹付け材として利用されている。搬入される廃棄物の量や質に左右されるため、月によって処分量や処分先（取引先）はかなり異なっている。バイオマス発電所に処分を委託している月もあった。

・木質系廃棄物の再資源化に関する新たな技術開発

住友重工・フォスターウィラエナジーによる発電用ボイラー、月島機械・日揮などによるエタノール製造など木質系バイオマスを燃料化する技術開発が進んでおり、注目している。まだ事業化するには時間がかかるであろう。

既往研究

- 東城 結也 「資源循環システムの成立要因に着目した建築解体廃棄物の再資源化の実態に関する研究」
東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境学専攻 社会文化環境コース 修士論文 2005
- 高橋 正樹 「製品ライフサイクルに着目した戸建住宅用仕上げ材の再利用に関する調査研究」
東京都立大学大学院 工学研究科 建築学専攻 修士論文 2001
- 高橋正樹他「解体工事業の業務形態の実態に関する調査研究」
日本建築学会 2001 年度大会 学術講演梗概集建築計画 I p705-p706
- 酒井 寛二 「建築資材リサイクル時の経済性・環境保全評価法に関する研究と分析」
日本建築学会構造系論文集 No. 595 2005. 9 p31 ~ p36
- 間宮 尚 「廃棄物マネジメントを支援する建築・都市システムの構築」
東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 博士論文 2005

参考文献

- ・エネルギー白書 資源エネルギー庁 2006
- ・産業構造審議会 産業廃棄物・リサイクルガイドライン（品目別・業種別編） 経済産業省 2005
- ・窯業・建材統計 H17 年年報 経済産業省 鉱工業動態統計室
- ・資源循環指標 策定ガイドライン 資源循環指標調査検討委員会 報告書 2002
- ・循環資源材料学 有岡正樹 編著 山海堂 2004
- ・リサイクルの百科事典 安井至 編集委員長 丸善 2002
- ・シリーズ現代工学入門 環境学 松雄友矩 岩波書店 2005
- ・シリーズ 2 1 世紀の環境読本 ISO14000 から環境 JIS へ 2 エコラベルとグリーンコンシューマリズム
山田国廣 藤原書店 1995
- ・シリーズ 2 1 世紀の環境読本 ISO14000 から環境 JIS へ 2 製造業、中小企業の環境管理・監査
山田国廣 藤原書店 1995
- ・リサイクルのしくみ 中村三郎 日本実業出版社 1998
- ・再資源化処理・再資源化技術 シーエムシー出版 2005
- ・Creative Chemical Engineering Course8 エネルギー・資源リサイクル
社団法人 化学工学会 監修 1996

- ・シリーズ地球環境建築・専門編2 資源・エネルギーと建築 日本建築学会編 2004
- ・建築生産 松村秀一 編著 市ヶ谷出版社 2004
- ・建設混合廃棄物中の廃プラスチック再資源化のための基礎調査報告書
社団法人 プラスチック処理促進協会 2001
- ・建設リサイクル読本－建設発生木材－ 建設副産物リサイクル広報推進会議 2005
- ・建設リサイクル 建設副産物リサイクル広報推進会議 大成出版社 vol.10 p6～p17 , p38～p43
vol.12 p6～p21
vol.24 p46～p51
- ・建設副産物－建設副産物の処理とリサイクル－ 石井一郎 編著 森北出版株式会社 1998
- ・「鹿島の建設副産物対策と具体的事例の紹介」 阿部 芳雄、河野 雄一郎 建設 EDI 研究会 (6-4) 2005
- ・日本における伐採木材のマテリアルフロー・炭素フローデータブック
橋本征二、森口祐一 地球環境研究センター 2004
- ・木材供給と木材工業の現況 (H16 年度版) 財団法人 日本住宅・木材技術センター 2005
- ・日本木材加工技術協会 第24回年次大会 講演要旨集 社団法人 日本木材加工技術協会 2006
- ・木材需給と木材・木工業 平成16年度版 秋田県農林水産部 2005

謝辞

学部に入學したころは、まさか自分がそこまで学校に残って書くだろうとは思ってもいなかった修士論文を、本日こうして何とか形に出来たのは、周囲で支えてくださった皆様のおかげです。本当にありがとうございました。

学部4年から3年もの間、終始熱心なご指導と、御助言を賜りました、私たちの指導教官である清家剛先生に対しては、感謝を通り越して尊敬の念でいっぱいです。清家先生に研究のご指導を頂き、調査旅行にも同行させていただき、この2年間は、充実した経験をさせて頂きました。本当にありがとうございます。

本論文の副指導をして頂いた佐藤先生には、毎回まとまっていなかった自分の考えを整理していただいて、多大な感謝と少しの反省の気持ちを抱いております。本当にご指導ありがとうございました。また、4年次から構法系会議において、坂本功先生と松村秀一先生には、常に新しい視点を考えさせて頂ける、鋭いご指摘を賜りました。解体研究会において、一緒にEUにも同行させていただきました、首都大学東京の角田誠先生、明治大学の小山明男先生、東洋大学の名取発先生には、いつも親身にご指導いただきました。フィンランドの夜が、本論文完成の要因の1割は占めていると思います。本当にお世話になりました。

清家研究室研究員の、秋田典子さん。いや秋田さん。何から何から何までお世話になりました。具体的に何でお世話になったのか、代表的なものが思い出せないほどです。ありがとうございました。

本論文では、調査を通じて多くの方にお世話になりました。その中でも。秋田県での調査を朝から夜まで手配していただいた、秋田県立大学木材高度加工研究所の、飯島泰男先生、川鍋亜衣子先生には、この場を借りずに3月に直接お礼に伺います。本当にありがとうございました。秋田県では、本当に多くの方にお話を伺わせていただきました。皆様に感謝しております。その中でも、秋田県環境あきた創造科の菊池均様には調査先への連絡で、いつもお世話になりました。ガラス、石膏ボードの調査にご協力くださった皆様、本当にありがとうございました。

最後に、清家研の皆さん。

三上さん、栢尾さん、狩野さん、本当にありがとうございました。お菓子ご馳走様でした。

鈴木香菜子さんには、卒論時から今日に至るまで、一番ご迷惑をおかけしたと思います。でも阿部を千葉から引き抜いた恨みは忘れません。曾さん、今度台湾行きますね。驚崎氏、そのマイペース素敵です。卒業した東城さん、堀江さん、山崎さん、伊東さん、何はともかく栢に来てください。栢で手厚くお礼を述べます。(今気付きましたが、ロバートも卒業生なんですね。)

卒論生の、志摩ちゃん、松田君、吉田さん、みんな最後の呼称が違うところがミソですが、個性的なみんなのこれからが楽しみです。

そしてM1の4名、伊吹：伊吹なしにはこの論文は無かったです。笹子：ササコなしには、清家研に若さは無かったです。若すぎ。田口：ぐっちゃんなしには、笑いのつぼと、車が無かったです。節約しろよ。西村：西村なしには、なんだろうね。とりあえずアルミエコ行けなくてごめん。

本当に最後に、M2, 2.5, 3のみんな。本当にご迷惑おかけしました。とりあえず謝ってから言います。本当に楽しい2年間ありがとうございました。山下さん、まちこさん、松原さん（誰も呼び捨てにしない事に最後で気付きましたが）、これからも楽しく行きましょう。