

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

平成 17 年度
修士論文

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

2006 年 1 月提出
指導教員 清家 剛 助教授

46833 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

Study on Recycling of Demolition Waste, Focusing on the Factor of Sustainable System

学籍番号 46833
氏名 東城 結也 (Tojo, yuya)
指導教官 清家 剛 助教授

1. 研究の概要

1-1 研究の背景と目的

建設廃棄物は、平成 12 年の産業廃棄物の約 20%、平成 16 年の不法投棄量の 86% を占め¹⁾、その再資源化が求められている。

建築物に関わる廃棄物は、主に資材製造段階から排出される副産物及び廃棄物（以下、廃棄物〈資〉）と、新築施工時における端材等の廃棄物（以下、廃棄物〈施〉）、建築物解体時に排出される廃棄物（以下、廃棄物〈解〉）、の 3 つに分類される。本論では、廃棄物〈解〉の再資源化の実態を明らかにするとともに、現在は限定的である再資源化の仕組みがシステムとして成立するための要因を明らかにする事を目的とする。

1-2 用語の定義

「再資源化」：埋立を除き何らかの用途で廃棄物を再使用できる状態にする事。廃棄物を加工、処理するかどうかは問わない。

「資源循環」：再資源化した廃棄物を使用する事。その頻度、回数は問わない。その種類を以下のように定義する。

表 1 資源循環の種類

リユース	補修などを施し同じ建材として資源循環するもの
レベル リサイクル	再資源化後に、原料として同一資材に資源循環するもの
カスケード リサイクル	他の建材の一部、もしくは他産業の資材など、不可逆な資源循環を行うもの
サーマル リサイクル	建材を燃焼させエネルギーとして使用するもの

「資源循環システム」：産業、輸送などを含め、資源循環が成立している状態。〈リユース〉、〈

レベル〉〈カスケード〉〈サーマル〉と表記する。

1-3 研究及び調査の対象

建築物に使用される主要な建材を、現在の技術で「エネルギーを使用する事により、その建材の主要構成材料を取り出す」事が可能かどうかという視点で分類すると、表 2 のようになる。

表 2 建築資材の分類

分類基準	可	中間	不可
建築資材名	鉄、アルミ、硝子、コンクリート	プラスチック	木、瓦
グループ	I	II	III

表 2 の 3 つのグループのうち I は、コストやエネルギーの問題を抱えながらも、〈レベル〉システムを目指すことが可能である。II のプラスチックは、現状で熱可塑性、熱硬化性のある物質が混在している。III は、再資源化に関わる主体が〈レベル〉以外のシステムの中から再資源化の方法を選択する事となり、様々な要因によりその選択は左右される。そこで本論では、こうした選択がどのように行われているのかを明らかにするため、III に属する木、瓦の資源循環システムの調査を行う。

1-4 資源循環システムの成立要因

本研究では、資源循環システムの成立要因を①物質の性質（基本的性能、使用形態、関連技術）、②社会的要因（法制度、主体、経済性、情報、意識、地域規模）の 2 つに区分し、建築物のライフサイクル全体に関わる、資材製造→施工→解体分別→再資源化→使用の各段階において、その要因を検討した。

2. 資源循環システム事例調査

2-1 調査の概要

本研究では以下の表3に示す、木材、瓦の代表的な産地である秋田県米代川流域、愛知県高浜市周辺と、その双方の生産体制のない沖縄県竹富島を分析の対象として、くレベルシステム以外の3種類のシステムの事例を調査した。

2-2 資源循環システム事例 a

事例 a は、秋田県米代川流域で行われている、木の廃棄物く資・施・解くを対象としたくサーマルシステム事例である。同地域では廃棄物く資くとして、林業及び木材産業から排出される廃棄物があるため、ここでは林地系バイオマス、製材系バイオマス²⁾に分けて表記する。林地系バイオマスは、その形状により回収が困難である、性質が安定しないため利用が難しい、などの特徴がある。

□対象地域の現状

当地域は製材業の多い能代市を含むため、製材系バイオマスの多い地域となっている。秋田県内に占める当流域の製材系バイオマス量は平成13年次72%となっている²⁾。

□対象地域の資源循環システムの実態

当地域に位置するバイオマス発電所は、ダイオキシン対策³⁾として国の補助⁴⁾を受け、周辺地域の製材協会などを組合員とする能代森林資源利用協同組合によって運営されている。

地域の製材系バイオマス資源を焼却し発生した電気、蒸気により、発電所設立以前に使用していた組合員の燃料用ボイラーのエネルギーを代用し、余剰エネルギーを売電している。冬季間はバイオマス資源の確保が困難であるため、廃棄物受け入れではなくチップ購入により、発電を維持している。

しかし当該発電所では、廃棄物く施・解く資くを、シャモット化（微粉碎）する工場を所

を他の廃棄物く資くと同じ価格で受け入れており、廃棄物く施・解くの処理を行う際に、廃棄物の形態や状態を問われないため、最も選択する傾向の強い再資源化方法となっている。当地域における資源循環システムの実態を、図1に示す。

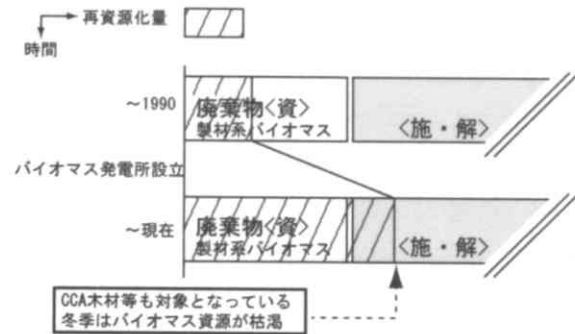


図1 事例 a 資源循環システムの実態

□小結

この事例は、既存のボイラー燃焼をくサーマルシステムに移行した事例である。このシステムの成立により、周辺の廃棄物く資・施・解くを対象としたシステムが成立しているが、CCA処理木材なども混入されており、その対象を制限しきれていない。また、年間を通してシステムを維持するためには、冬季に廃棄物以外の新規の木材チップが不可欠であり、バージン資源の消費を前提として成立しているシステムである。

2-3 資源循環システム事例 b

事例 b は、愛知県高浜市周辺の、瓦の廃棄物く資くを対象としたくカスケードシステム事例である。

□対象地域の現状

三州瓦メーカーは、釉薬瓦を主に生産するメーカーで組織された愛知県陶器瓦工業組合（以下瓦組合）加盟36社が中心となる。同地域では、瓦組合が主体となり、資材製造段階に当たる瓦製造工場から排出された廃棄物く

表3 調査の概要 (*1) H16「木材需給と木材工業の現況」、(*2) H15「工業統計」

事例	事例 a< 木, サーマル >	事例 b< 瓦, カスケード >	事例 c< 木 & 瓦, リユース >
対象地域	秋田県米代川流域	愛知県高浜市周辺	沖縄県竹富町竹富島
特徴	「秋田杉」の産地 県別木材使用量3位(*1)	「三州瓦」の産地 県別粘土瓦生産量1位(*2)	昭和62年伝統的建造物保存地区に指定
主な再資源化技術	バイオマス発電	シャモット化（微粉碎）	古材再使用

□対象地域の資源循環システムの実態

時間

再資源化量

～1985

廃棄物<資>

＜施＞

シャモット工場設立

～現在

廃棄物<資>

＜施＞

総生産量の3%生産設備、有害物質混入の限界

また、組合員である A 瓦製造メーカーでは、2004 年に「陶器瓦が産業廃棄物となったもの」を対象とした広域認定⁵⁾を受けており、瓦配送業務を主力とする運送会社と協力し、動脈物流である瓦配送、静脈物流であるパレット回収と共に廃棄物く施の回収を試みている。

□小結

2-4 資源循環システム事例 c

この地域では近隣の石垣島を代表とする島々から、古民家解体後の廃棄物く解くを再使用している。町指定文化財でもある旧与那国家の補修工事に際して行われた調査では、梁などに数度の再使用、転用の跡が存在することが明らかになっており、同地域では廃棄物く解くの再使用が習慣として存在していた。また、赤瓦は、現在も日常的に再使用されているが、近年増加しているコンクリート造にモルタル接着された赤瓦は、その分離が困難であるため、再使用はできない。

同地域には資材製造段階が存在せず、建材として既に完成している廃棄物く解く>の需要が存在するため、大断面を確保できる構造材、モルタル接着以外の工法を用いた赤瓦などの廃棄物く解く>に対して、くリユースくシステムが構築されている。

くサーマル〉システムは、廃棄物の排出者にその形態、種類を問わないシステムであり、また廃棄物の受け入れ側にとってはエネルギー

という汎用性の高いものとなるため、供給も需要も広く存在するが、建材の物質としての可能性を終わらせてしまう。事例 a において、事例 c の沖縄地域であればリユースシステムの一部で使用可能な上質の廃棄物も、低質な廃棄物〈解〉と同様に〈サーマル〉システムに組み込まれている点をふまえると、対象とする廃棄物を制限する事が困難であるシステムであると言える。

□〈カスケード〉システム

一般に、〈カスケード〉システムは、建築以外の他の業種との連携により成立する。しかし、対象となる製品に有害物質が含まれる場合、〈カスケード〉システムの対象が他の製品に展開することが難しく、その場合、資材製造と同一の主体が処理する〈レベル〉システムに近い〈カスケード〉システムが選択される。

□〈リユース〉システム

事例 c から、廃棄物が建材として使用できる程度の物質の性能を有し、また社会的な状態から新規資材の供給が限定されている場合、〈リユース〉システムが成立する可能性があることが明らかになった。

他のシステムとは異なり特別な技術を必要としない事、同一部材としての使用であるため需要と供給が大きくずれる事が少ない事も特徴である。事例 c においては、離島という地理的な環境により強制的にシステムの境界が引かれており、需要が把握できることがシステムの成立に大きく影響している。

3-2 まとめ

本論では、廃棄物〈解〉を対象とする資源循環システムを構築するために、廃棄物〈資・施〉も含めた資源循環システムの事例を調査し、システムの種類毎にその実態と成立要因を明らかにした。以下に、今後資源循環システムの構築を目指す上で、認識すべき問題点を記す。

□〈レベル〉システムの考察

材料の性質としてはレベルリサイクルが可能

なグループ I の建材に関しても、廃棄物〈解〉を対象に含んだシステムでは、異物除去のコストや技術的問題を解決できず、〈カスケード〉システムを構築している事例がある⁷⁾。また、長期間に数度の再資源化を行う事により品質の低下を招くと考えられ⁸⁾、廃棄物〈解〉を対象に含んだ長期の〈レベル〉システム維持は非常に困難になること考えられる。

□〈サーマル〉システムの考察

〈サーマル〉システムは、事例 a のように有害物質や異物混入に対する処理を行うために技術開発や設備投資が行われてきた。どのような質の廃棄物もその対象として受け入れる事が可能なシステムであり、〈カスケード〉システムで受け入れできない廃棄物を対象とできる。しかし、システムの対象とする廃棄物を制限しなければ、廃棄物の形態や状態を問われない容易さから、他のシステムで再資源化が可能な物質もエネルギーとして消費することになり、資源の循環を止めてしまうと懸念される。

□動脈物流の可能性

事例 b より、既に存在する動脈物流を活用する事で、困難であった静脈物流構築の可能性が生まれることが明らかになった。しかし廃棄物〈解〉には動脈が存在せず、資源循環システムを成立するには、廃棄物〈解〉の動脈となる物流を、他産業を含め検討する必要があると考えられる、

以上のような、資源循環システムの持つ問題点を認識した上で、地域の需給状況に適したシステムを構築していくべきである。

1) H14 国土交通省資料、H16 環境省資料、H10 農林水産省資料

2) H15 秋田県農林水産部「ゼロエミッション型木材産業をめざして「木質バイオマス有効利用の推進方向」林業から排出される林地残材・間伐材を林地系バイオマス、製材系加工業から発生する端材等を製材系バイオマスという。

3) 2000 年 1 月のダイオキシン類対策特別措置法の施行

4) 農林水産省林野庁の林業構造改善事業（資源循環利用推進型）を活用。総事業費 約 14.4 億円（うち国 1/2、県 1/10、市：定額 1 億円）

5) 産業廃棄物広域処理制度：平成 15 年制定。以前は許可証をもつ業者のみが主体であった再資源化に関わる産業に、廃棄物の回収主体、及び再資源化主体として製造業者、施工業者などが新たに加わることが可能になった。

6) 竹富島で伝統的に用いられるのはイヌマキ、フクギなどの樹種

7) H17 社団法人日本サッシ協会、社団法人カーテンウォール・防火開口部協会「建築物解体時に生じるアルミ廃材の流通実態等に関する研究報告書」

8) 社団法人日本鉄リサイクル工業会 HP

目次

1 章 研究の概要	1
1-1 研究の背景と目的	2
1-2 研究の対象と、用語の定義	3
1-3 調査対象とする建築資材	3
1-4 対象とする資源循環システム	4
1-5 調査対象とする対象地域と資源循環システム	5
1-6 研究の方法、論文の構成	6
2 章 建築物に関わる廃棄物の再資源化の実態	7
2-1 建設廃棄物の現状	8
●廃棄物関連法制度および対策の方針	8
●廃棄物の分類	8
●廃棄物の処理と主体に関する制度、法律	8
●建設系廃棄物に関連する制度等	10
●建設廃棄物の実態	11
●建築分野における有害物質の現状と将来	12
2-2 再資源化に関わる産業の実態	14
●施策の変化	14
2-3 大手ハウスメーカーによる資源循環システム構築への取り組み事例	19
2-5 まとめ	24
3 章 資源循環システム事例調査 a 秋田県における木質建材	25
3-1 秋田県木材産業、林業の現状（新規資材供給の現状）	26
●一般的な林業の現状	26
●一般的な木材産業の現状	28
●秋田県の林業・木材産業の現状	30
3-2 生産段階の廃棄物処理の現状	33
●生産段階からの廃棄物処理システムの現状	33
●生産段階から排出される木質建材の現状に関して	34
3-3 解体材からの廃棄物の処理状況	38
●一般的な木質材料の廃棄物処理	38
●流域別のバイオマス発電所に関して	39
●雄物川流域	39
●米代川流域	40
3-4 秋田県における木の資源循環システムの実態	43

4 章 資源循環システム事例調査 b 愛知県における瓦	44
4-1 愛知県瓦産業の現状（新規資材供給の現状）	45
●一般的な瓦産業に関して	45
●愛知県の瓦生産の現状	48
4-2 生産段階の廃棄物処理の現状	51
●廃棄物＜資＞の種類について	51
●愛知県三州における処理の現状	51
4-3 解体材からの廃棄物の処理状況	53
●産業廃棄物処理の現状	53
●再利用への取り組み（廃瓦の利用や研究など）	54
4-4 愛知県における瓦の資源循環システムの実態	55
5 章 資源循環システム事例調査 c 沖縄県離島群における木質建材と瓦	57
5-1 建築物の特徴とその背景	58
●竹富島の建築物の特徴	58
●竹富島の建築技術の保存状況	63
5-2 沖縄県離島群、及び沖縄県全体における木材産業、瓦産業の現状（新規資材供給の現状）	64
●竹富島の街並み保存運動の経緯と古材（廃棄物＜解＞）収集の関係	64
●竹富島における資材供給の現状	64
5-3 廃棄物＜解＞の処理状況	70
●産業廃棄物の処理状況	70
●離島における廃産業廃棄物の処理状況	70
●古材収集	71
●再利用に関して	71
5-5 沖縄県離島群における木、瓦の資源循環システムの実態	73
6 章 資源循環システムの成立要因の整理と考察	75
6-1 事例の分析	76
6-2 考察	80
6-3 まとめ	81
参考文献	82
資料編	84
参考資料：秋田県ヒアリング調査報告書	85
参考資料：沖縄県ヒアリング調査報告書	121
参考資料：瓦に関するまとめ	152
謝辞	160

1

研究の概要

1 章 研究の概要

1-1 研究の背景と目的

昨今のアスベスト使用建材に関する問題や、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」として建設リサイクル法が平成14年に本格施行されるなど、建築物に使用される資材の環境問題は、近年目まぐるしく変化している。そのような状況において、建築物を取り巻く環境問題への対策として叫ばれていることは、運用時使用エネルギーの抑制による二酸化炭素排出量の抑制、資源の再利用・再使用による新たな資源採掘の抑制、など多々ある。本論文では、これらの中で建築資材の再利用や再使用、マテリアルリサイクルなどの再資源化の問題に焦点を当てていくこととする。

建築物のライフサイクル全体を、資材製造→施工→解体分別→再資源化→使用（矢印→は輸送を示す）とすると、そこから排出される廃棄物には、以下の3種類が存在する。

- ・ 資材製造段階における副産物及び廃棄物（以下廃棄物〈資〉）
- ・ 新築施工時における端材等の廃棄物（以下廃棄物〈施〉）
- ・ 建築物解体時における廃棄物（以下廃棄物〈解〉）

このうち、廃棄物〈資〉と比較すると、廃棄物〈施〉、〈解〉は、異物の混入、資材情報の不備、発生量の確保など、非常に大きな問題を抱えており、特に廃棄物〈解〉に関してはその問題が顕著であり、かつ時間経過による物質性能の劣化などの問題も付加される。

実際、廃棄物〈解〉に関しては、再資源化が進まない現状があり、技術的問題以外の様々な問題に阻まれ、資源循環が行われない場合が多い。

しかし、こういった事例においても、ある一つの問題が解決されるだけで資源循環システムが成立することがある。建築資材以外の例としては、近年の原油高により、廃タイヤの、セメント生産時の代替燃料としての需要が高まり、リサイクルシステムが成立し始めた事例などである。こういった事例から読み取れる事は、技術的に可能である事や、物質の回収や確保が可能である事が、即、再資源化への流れとして成立する事であるとは言えないということである。建築物も同様に、技術的には再資源化が可能であり、廃棄物〈資〉に関しては資源循環が行われている建築資材においても、廃棄物〈施〉の回収を行わない、廃棄物〈解〉は受け入れない、といった事例が見られる。

本論文では、新規に建材に投入する資材（以下、バージン資材）の投入量を削減する事を目標として、建材の資源循環をその方法として位置付ける。

また、廃棄物の中でも最も困難である、上記の廃棄物〈解〉の再資源化の実態を明らかにするとともに、現在は限定的である再資源化の仕組みが、システムとして成立するための要因を明らかにする事を目的とする。

1-2 研究の対象と、用語の定義

対象とする資材は、建築資材の中でも代表的な、木、ガラス、鉄、プラスチック、コンクリート、屋根材・外装材から選定する。これらの資材は、世界の戸建住宅の主要な建築資材であると同時に、何れも、各産業の中で建築資材への供給が大きな割合を占めるため、建築資材における資源循環を考慮する意義がある。ただし、本論文でフィールドは日本に限定するため、屋根材・外装材は瓦を選定する事とする。

以下に、本論文で使用する用語の定義を行う。

「再資源化」	埋立を除き何らかの用途で廃棄物を再使用できる状態にする事。廃棄物を加工、処理するかどうかは問わない。										
「資源循環」	<p>再資源化した廃棄物を使用する事。その頻度、回数は問わない。その種類を以下のように定義する。</p> <table> <tr> <th colspan="2">資源循環の種類</th></tr> <tr> <td>リユース</td><td>補修などを施し、同じ建材として資源循環するもの</td></tr> <tr> <td>レベル リサイクル</td><td>再資源化後に、原料として同一資材に資源循環するもの</td></tr> <tr> <td>カスケードリ サイクル</td><td>他の建材の一部、もしくは他産業の資材など、不可逆な資源循環を行うもの</td></tr> <tr> <td>サーマル リサイクル</td><td>建材を燃焼させエネルギーとして使用するもの</td></tr> </table>	資源循環の種類		リユース	補修などを施し、同じ建材として資源循環するもの	レベル リサイクル	再資源化後に、原料として同一資材に資源循環するもの	カスケードリ サイクル	他の建材の一部、もしくは他産業の資材など、不可逆な資源循環を行うもの	サーマル リサイクル	建材を燃焼させエネルギーとして使用するもの
資源循環の種類											
リユース	補修などを施し、同じ建材として資源循環するもの										
レベル リサイクル	再資源化後に、原料として同一資材に資源循環するもの										
カスケードリ サイクル	他の建材の一部、もしくは他産業の資材など、不可逆な資源循環を行うもの										
サーマル リサイクル	建材を燃焼させエネルギーとして使用するもの										
「資源循環システム」	産業、輸送などを含め、資源循環が成立している状態。〈リユース〉、〈レベル〉のように表記する。										

1-3 調査対象とする建築資材

まず、1-2 で述べた対象資材の中から、実際に調査対象とする物質を選定する。

建築物に使用される主要な建材を、現在の技術で「エネルギーを使用する事により、その建材の主要構成材料を取り出す」事が可能かどうかという視点で分類すると、以下のようになる。

建築資材の分類			
分類基準	可	可、不可	不可
建築資材名	鉄、アルミ、硝子、 コンクリート	プラスチック	木、瓦
グループ	I	II	III

I は、コストやエネルギーの問題を抱えながらも、〈レベル〉システムを目指すことが可能である。II のプラスチックは、現状で熱可塑性、熱硬化性のある物質が混在している。III は、再資源化に関わる主体が〈レベル〉以外のシステムの中から再資源化の方法を選択する事となり、様々な要因によりその選択は左右される。そこで本論では、こうした選択がどのように行われているのかを明らかにするため、III に属する木、瓦の資源循環システムの調査を行う。

1-4 対象とする資源循環システム

直接の対象は、1-1 で述べたように廃棄物〈解〉を対象とする資源循環システムであるが、そのシステム成立の要因を様々な角度から検証するため、本論では、廃棄物〈資〉、および廃棄物〈施〉を対象とした資源循環システムからも成立要因を分析する。

廃棄物〈資〉を対象とした資源循環システムにおいては、以下の点からシステムが比較的成立しやすいと考えられる。また、異物の付着などが比較的少なく、各建築資材の特徴を把握する事ができるため、廃棄物〈解〉を対象とした資源循環システムを考慮する際に有用と考えられる。

- ・ 廃棄物の質、量共に生産者が予測可能であり、量の確保が容易である
- ・ 異物の混入など、解体後に起こる問題点を考慮する必要がない
- ・ 経年劣化、変化による物質性能の変化を考慮する必要がない

廃棄物〈施〉を対象とした資源循環システムは、廃棄物〈資〉と比較すると、以下のような点があるためその原因で資源循環システムが成立しにくいと考えられる。

- ・ 施工現場においては様々な製品、物質を使用するため、廃棄物の分別が難しい
- ・ 現場施工者が物質の情報に明るくなく、その処理方法を理解していない場合が多い
- ・ 1棟毎の廃棄物の量が非常に少量であり※、システムとして成立しにくい

平成12年の、全国の建設廃棄物の「工事区分別建設廃棄物の排出量」から比較すると、建築系3000万トンのうち、解体が1800万トン、新築・改築が1200万トン
(出典：国土交通省資料)

廃棄物〈解〉を対象とした資源循環システムは、上記の廃棄物〈施〉と同様の原因の他に、以下のような原因が存在するため、資源循環システムが成立しにくい。

- ・ 物質が経年により劣化している
- ・ 使用されている物質の情報の入手が困難である

しかし、以下の点に置いて廃棄物〈施〉よりも資源循環システムの成立が容易であると考えられる。

- ・ 新築施工時に比較して、構造材等も排出されるため1棟毎の廃棄物の量が多い

実際の資源循環システムでは、廃棄物〈資・施・解〉まで全ての廃棄物を対象としたシステムも存在する。ある地域において成立している廃棄物〈資〉は、多くの場合資材製造業者が主体となり成立しているが、こういった場合、廃棄物〈資〉を対象とした資源循環システムが廃棄物〈施〉、及び廃棄物〈解〉までを対象としたシステムを形成している可能性が高いと想像できる。本論では、2章の調査で、その実態が明らかになる。

以上の事から、本研究では、発生量が多く、他の資源循環システムよりも成立が容易であると考えられる廃棄物〈資〉を対象とした資源循環システムを同時に調査する事により、廃棄物〈解〉を対象としたシステム成立までの問題点を明らかにする。その際、廃棄物〈資〉を対象とした資源循環システムが、廃棄物〈解〉までも対象とすることが可能かどうか注目する。

1-5 調査対象とする対象地域と資源循環システム

次に、それらの物質において、調査対象とする地域を選定する。1-4 で述べたように、廃棄物〈資〉を対象とした資源循環システムが廃棄物〈解〉までも対象とすることが可能かどうかに着目すると、各資材に関して、資材製造段階からの廃棄物の状況を把握できる地域が望ましい。よって、以下のようにグループⅢ〈木、瓦〉に関して、他の物質へ転用する資源循環システム〈カスケード〉、燃料として利用しエネルギーに転換する資源循環システム〈サーマル〉が成立していると仮定される地域を選定した。

木の生産段階が存在する地域の資源循環システム

木質資材に関しては、全国で第3位の素材需要量※であり、なおかつ国産材、外材（海外からの輸入材）の両者をバランスよく消費している秋田県を調査対象とする。第1位の北海道、第2位の広島県に関しては、それぞれ県産材、外材の利用が極端に多いため、木材生産の複雑な生産工程を把握できない可能性があるため、調査から除外した。

林業、木材産業の産地では、製材工場、合板工場、集成材工場などの製材業から排出される廃棄物の他に、山林から排出される林地残材が存在し、建設廃棄物中の木質資材と共に、その処理が必要とされている。「木材資源の流れ（秋田県の現状）」より、用材（製材用として使用される木材）として使用される木材の工場廃材のうちで、焼棄却される物は、全体の10%程度となり、燃料利用により焼却されている物を含めても、全体の20%程度となっており、ある一定の資源循環システムが成立していると仮定できる。しかし、木材の生産過程は非常に様々な業種を含み、それぞれの現状が複雑に絡まって地域の製造業が成立していると考えられるため、現状を把握するために各製造業者に対してヒアリング調査を行う事とする。

また、能代市周辺で製造業の多い米代川流域と、都市部である秋田市を含んでいる解体材の多い雄物川流域において、廃棄物〈資〉を対象とした資源循環システムによる、廃棄物〈解〉の処理への影響を考察する。中でも、H15年から、秋田県能代市でバイオマス発電所が本格稼働し始めた事により、米代川流域での再資源化方法は今後変化していく過程にあると思われるため、その実態に関して重点的に調査を行った。

瓦の生産段階が存在する地域の資源循環システム

瓦に関しては、粘土瓦の生産量のうち、現在の主流である陶器瓦で67%（1位）、いぶし瓦でも27%（2位）のシェアをほこる愛知県を調査対象とする※。

この地域では、釉薬瓦を製造する業者の集合体である愛知県陶器瓦工業組合が所有するシャモット工場が稼働しており、組合員が生産段階から排出する廃棄物を処理している。現在、解体後に排出される瓦は、日本全体ではその殆どが廃棄されている現状※からすると、資材製造段階で排出される廃棄物の8割を再資源化している愛知県のシステムは画期的であるといえる。現状においてそのシステムが広く採用されていない理由に注目して調査を行った。

※瓦の含まれる「ガラス陶磁器くず」に関する、建設廃棄物の再資源化率を示す統計データは存在しないが、首都圏の産業廃棄物の統計では再資源化率47%となっている。

生産段階の存在しない地域の資源循環システム

廃棄物〈資〉を対象とした資源循環システムが存在しない地域の中から、竹富町や建築士、NPO 理事長など数人のキーマンを中心に古材の収集、再使用を行うなど、ある一定の廃棄物〈解〉を対象とした資源循環システムが成立している、沖縄県竹富島を中心とした八重山諸島を調査対象とし、木と瓦に関して重点的に調査を行う。

施工段階の事業主体による資源循環システム

廃棄物〈施〉を対象とした資源循環システムに関しては、発生量を確保できる大手ハウスメーカーによる取り組みを紹介し（2-4）、解体後の建設廃棄物の資源循環システムの考察に生かすこととする。

以上の事から、3章から5章にかけて、以下のように調査を行う。

3章 資源循環システム事例調査 a 秋田県における木質建材

4章 資源循環システム事例調査 b 愛知県における瓦

5章 資源循環システム事例調査 c 沖縄県竹富島周辺における木質建材、及び瓦

1-6 研究の方法、論文の構成

2章において、文献調査やヒアリング調査より、建設副産物の現状などを調査する。また、廃棄物を回収する主体に着目して廃棄物く施ゝの現状を調査する事で、廃棄物く資ゝを対象とする資源循環システムの廃棄物く施ゝ、廃棄物く解ゝを対象とした資源循環システムへの影響を把握し、1-4の仮定の検証を行う。調査は主に、ヒアリング調査から行った。また、廃棄物く施ゝを対象とした資源循環システムに取り組んでいる大手ハウスメーカーの事例を調査する。

3章から5章においては、資源循環システムの現状調査を行う。調査は、現地におけるヒアリング調査、文献調査を基本とし、既往研究のレビューも行った。

6章においては、資源循環システムの成立要因の整理を行い、仮説をたてる。建築資材の資源循環システム成立までの問題点として、物質の物性の面、社会的要因の面から、それぞれ項目を抽出し分析する。また、分析した成立要因の各項目が、どのような関係性を持つかを考慮し、資源循環システムの成立への仮説をたてる。

・分析項目

資源循環システムの成立要因を①物質の性質（基本的性能、使用形態、関連技術）、②社会的要因（法制度、主体、経済性、情報、意識、地域規模）の2つに区分し、建築物のライフサイクル全体に関わる、資材製造→施工→解体分別→再資源化→使用の各段階において、その要因を検討した。

2

建築物に関わる廃棄物の再資源化の実態

2-1 建設廃棄物の現状

1-1 で述べた廃棄物〈施〉、廃棄物〈解〉は、土木工事から発生する廃棄物と総称して建設廃棄物と呼ばれ、建設副産物の一部として定義付けられている。

以下に、エコシス・コンサルティング株式会社代表取締役である環境プランナーER平田耕一氏の2005年12月15日「産業廃棄物処理の現状と今後 ～経済産業省および環境省における産業廃棄物処理の現状と対策ならびにリサイクル・リユースを含めた今後の方向性～」及び、産廃基礎セミナー2005「廃棄物と排出者責任 ～概論と事例紹介～」と、国土交通省リサイクルホームページより、建設廃棄物の現状を抜粋する。

●廃棄物関連法制度および対策の方針

・基礎となる法制度

「循環型社会推進基本法」(2000年制定)、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」(1970年制定)

・目的、方針

循環型社会推進基本法では、廃棄物等の排出抑制、資源の循環的な利用及び適正処分の確保により天然資源の消費を抑制し、環境負荷を可能な限り低減できる、循環型社会を形成することを目的としている。廃棄物の処理及び清掃に関する法律では、廃棄物の排出抑制、廃棄物の適正処理をし、生活環境を清潔にすることにより生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図ることを目的としている。

「循環型社会形成推進基本計画」として各省庁ベースでのロードマップを策定。

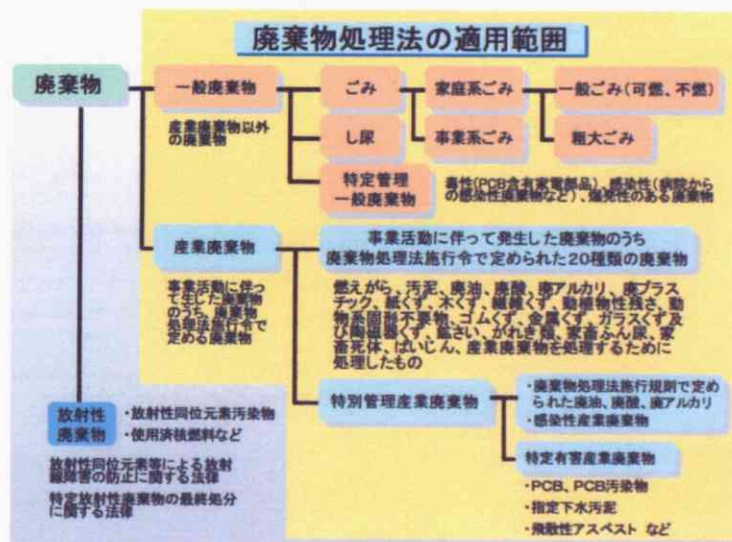
· 廢棄物処理法

『廃棄物の処理及び清掃に関する法律』といい、廃棄物の排出を抑制し、廃棄物の適性は分別、保管、収集、運搬、再生、処分等の処理をし、並びに生活環境を清潔にすることにより、生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図ることを目的とする法律。

●廃棄物の分類

・廃棄物の分類〔廃棄物処理法〕

廃棄物は、主に産業廃棄物と、一般廃棄物に分けられる。以下に、その概念図を示す。



(出典：国土交通省資料)

●廃棄物の処理と主体に関する制度、法律

・廃棄物の処理

廃棄物の処理とは、廃棄物の安全化、安定化、減量化を行う行為であり、この安全化、安定化、減量化は廃棄物処理の三原則とされている。このいずれかの行為をおこなわなければ『処理』したことにはならない。例えば法的にリサイクルは減量化の位置づけであるが、売れきれないリサイクル商品は、そのままゴミになる可能性があり、厳密には合致していない。

・産業廃棄物処理の事業者

排出事業者が、その責任において自ら又は許可業者への委託により行う。処理事業者は都道府県知事の許可制となっており、施設及び申請者の能力が基準に適合する場合等に許可される。

リサイクルについては製造加工事業者に広域再生利用制度を設け収集等においての優遇措置を与えている。

・許可の種類

廃棄物処理法での『許可』は全部で8つ。他人の廃棄物を処理して利益を得る、つまり営業行為をするための『処理業』としての許可は6つある。廃棄物を処理するための『施設を建設・設置・運転』するための許可は2つある。なお、他人の廃棄物を扱わない自社施設でも『施設の設置許可』は必要となる。

同一都道府県内に保健所設置市がある場合は其々の許可が必要。

業・施設の別	許可の種類	許可権限者	法律の条文
処理業を営業するため	一般廃棄物収集運搬業	市長村長	第7条第1項
	一般廃棄物処分業	市長村長	第7条第6項
	産業廃棄物収集運搬業	都道府県知事又は保険所設置市長	第14条第1項
	産業廃棄物処分業	都道府県知事又は保険所設置市長	第14条第6項
	特別管理産業廃棄物収集運搬業	都道府県知事又は保険所設置市長	第14条の4第1項
	特別管理産業廃棄物処分業	都道府県知事又は保険所設置市長	第14条の4第6項
処理する施設を設置したら	一般廃棄物処理施設	都道府県知事又は保険所設置市長	第8条第1項
	産業廃棄物処理施設	都道府県知事又は保険所設置市長	第15条第1項

・施設設置に許可が必要な施設

下の表は、産業廃棄物処理施設での例示である（例示とは一例であり全部ではない）。また、許可後の処理能力増設については、許可申請時の10%以内であれば軽微変更であり、それ以上は許可の再申請の場合もある。

	施設の種類の	許可の必要な規模の例
1	汚泥の脱水施設	10 m ³ /day 以上
2	汚泥の脱水乾燥施設	10 m ³ /day 以上
3	焼却施設	20Kg / h以上
4	中和施設	50 m ³ /day 以上
5	破碎施設	5トン / day 以上
6	最終処分場	いくら小さくとも必要

・産業廃棄物広域再生利用指定制度

広域的に処理することが適当であり、かつ、再生利用の目的となる産業廃棄物を環境大臣が指定し、これを適正に処理することが確実であるとして環境大臣の指定を受けた者について、収集運搬及び処理業の許可を不要とする制度（平成6年の廃掃法施行規則の改正によって創設）。

この制度は、物の製造、加工等を行う者（製造事業者等※）が、その製品の販売地点までの広域的な運搬システム等を活用して、当該製品等が産業廃棄物となった場合に、それを回収し、再生利用を促進することを目的としている。処理能力等一定の厳しい基準に適合していると環境大臣が認定すれば、収集運搬や中間処理、最終処分を委託する場合でも、廃棄物処理業の許可を不要とする廃棄物処理法の特例制度。また、これにはメーカーが設立した社団、組合その他これらに類する団体（法人であるものに限る。）及び当該処理を他人に委託して行う者を含む。

※自らが製造・加工等を行った製品が産業廃棄物となったものを処理する場合以外は本制度の対象とはならない。したがって、単に他人の産業廃棄物を広域的にリサイクルするというだけでは指定は受けられない。以下が、広域認定制度取得の際のメリットである。

①	マニフェスト（産業廃棄物管理票）が不要になる。
②	廃棄物の広域移動、移動の合理化を図るための積み替え保管施設等の設置については、各行政からの許可が不要になる（但し、一部自治体では届出を要する）。
③	廃棄物の収集運搬の委託先企業の廃棄物処理法に基づく収集運搬業の許可が不要になる。

・建設廃棄物とは

「建設廃棄物」とは、建設副産物のうち、廃棄物処理法第2条1項に規定する廃棄物に該当するものをいい、一般廃棄物と産業廃棄物の両者を含む概念である。

・特定建設資材廃棄物

コンクリート、木材その他の建設資材のうち、建設資材廃棄物となった場合におけるその再資源化が資源の有効な利用及び廃棄物の減量を図る上で特に必要であり、かつ、その再資源化が経済性の面において制約が著しくないと認められるものとして政令で定めるものをいう。

本論で調査の対象とする建築資材のうち、特に木くずは、建設発生木材として特定建設資材廃棄物に指定されており、コンクリート、アスファルトと共に、その最終処分量の減量が有効な資源として位置付けられ、再資源化の促進が求められている。

・建設リサイクル法

法律の正式名称は、「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」といい、建設工事において、資源の有効な利用の確保および廃棄物の適正処理を図るため、国土交通省が環境省と共同協議し、平成14年5月30日より全面施行されている。

《法律の概要》

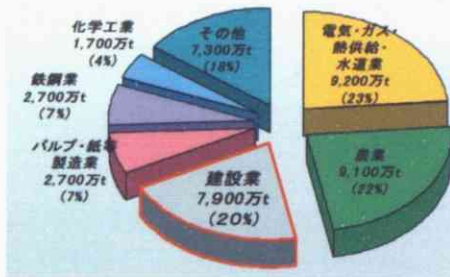
1. 建築物等に係る分別解体等および再資源化等の義務づけ										
	1. 一定規模以上の建築物などに使用されている特定の建設資材（コンクリート（プレキャスト版を含む）、木材、アスファルト・コンクリート）を分別解体等により現場で分別することを義務づける。									
	<table border="1"> <tr> <th>工事の種類</th><th>規模の基準</th></tr> <tr> <td>建築物の解体</td><td>80 m³</td></tr> <tr> <td>建築物の新築・増築</td><td>500 m³</td></tr> <tr> <td>建築物の修繕・模様替（リフォーム等）</td><td>1 億円</td></tr> <tr> <td>その他の工作物に関する工事（土木工事等）</td><td>500 万円</td></tr> </table>	工事の種類	規模の基準	建築物の解体	80 m ³	建築物の新築・増築	500 m ³	建築物の修繕・模様替（リフォーム等）	1 億円	その他の工作物に関する工事（土木工事等）
工事の種類	規模の基準									
建築物の解体	80 m ³									
建築物の新築・増築	500 m ³									
建築物の修繕・模様替（リフォーム等）	1 億円									
その他の工作物に関する工事（土木工事等）	500 万円									
2. 分別解体等に伴って生じた特定建設資材廃棄物について、再資源化を義務づける。（なお、木材については、指定建設資材廃棄物と指定し、50km以内に再資源化施設がない場合は、縮減（焼却）することができることとしている。）										
2. 分別解体等および再資源化等の実施を確保するための措置										
	1. 発注者は、工事着手の7日前までに、分別解体等の計画について、都道府県知事に事前届出を行う。									
	2. 受注者は、再資源化等が完了したときは、その旨を発注者に書面で報告し、再資源化等の実施状況に関する記録を作成・保管する。									
3. 発注者・受注者間の契約手続きの整備										
	1. 元請業者は、対象建設工事を請け負うにあたり、発注者に対し、分別解体等の計画について書面を交付して説明する。									
	2. 元請業者は、特定建設資材を扱う下請業者に対して、発注者が届け出た事項を告知した上で契約する。（告知の方法は「告知書」の他、口頭でも可）									
	3. 工事契約書面においては、分別解体等の方法、解体工事に要する費用などを明記する。									
4. 解体工事業者の登録制度の創設										
	1. 解体工事業者（土木工事業、建築工事業およびび・土工事業許可の許可を受けている業者は除く）は、都道府県知事への登録が義務づけられる。									
	2. 解体工事業者は、解体工事の技術上の管理をつかさどる技術管理者の専任が義務づけられる。									
	3. 解体工事業者は、解体工事の現場ごとに、公衆の見やすい場所に標識を掲示する。									
5. 再資源化に関する国の目標の設定等										

●建設廃棄物の実態

下図は、産業廃棄物の業種別排出量を示したものである。この図から、産業廃棄物の総量約4億600万トンの約2割に該当する7900万トンが、建設業からの排出であるということがわかる。また、建設廃棄物の最終処分量・不法投棄量を示す。この図より、建設廃棄物が不法投棄に占める割合は60%となっている。

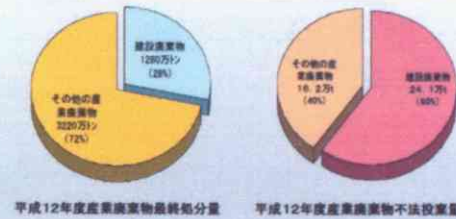
建設廃棄物の排出量

- 産業廃棄物総量 約4億600万トンの約2割(7900万トン)が建設廃棄物
(平成12年度実績 環境省調査)



建設廃棄物の最終処分量・不法投棄量

- 産業廃棄物最終処分量 約4500万トンの約3割(1280万トン)が建設廃棄物
(平成12年度実績 環境省調査、平成12年度建設廃棄物実態調査)
- 産業廃棄物不法投棄量 約40万トンの約6割(24.1万トン)が建設廃棄物
(平成12年度実績 環境省調査)

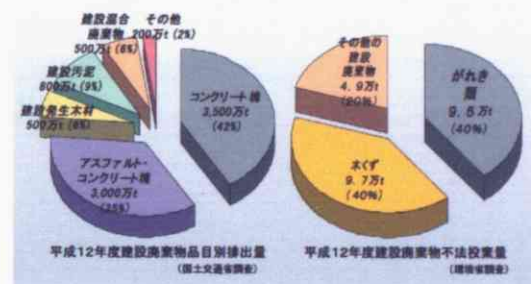


(出典：国土交通省資料)

建設廃棄物の種類別排出量を下図に示す。この図から、建設廃棄物の約4割がアスファルト・コンクリート塊、約4割がコンクリート塊であることがわかる。建設発生木材がしめる割合は6%と低い、建設廃棄物不法投棄量においては全体の40%を占め、大きな問題となっている。

建設廃棄物の品目別排出量・不法投棄量

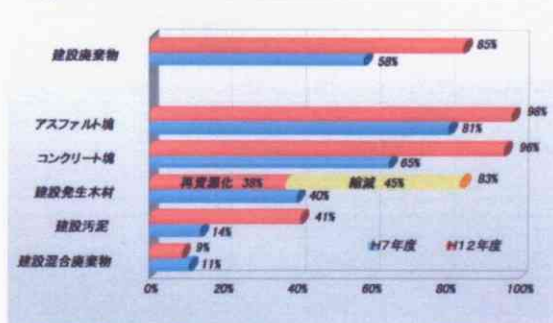
- 建設廃棄物の中でも コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊、建設発生木材のリサイクルが重要



(出典：国土交通省資料)

建設廃棄物種類別の再資源化等の状況を次図に示す。建設廃棄物全体の再資源化率は、平成7年度の58%から平成12年度には85%に上昇している。平成12年度現在、アスファルト・コンクリート塊及びコンクリート塊は、そのほとんどがリサイクルされるようになった。それに対し建設汚泥は、リサイクルが進展しているものの、依然として、その再資源化率等率は低位に留まっている。また、建設混合廃棄物については、リサイクルが技術上困難な建設廃棄物であることもあり、そのほとんどが依然として最終処分されている。建設発生木材は、再資源化事態の進展は見られないが、縮減による処理が数値に加わっている。

建設廃棄物の品目別再資源化等率



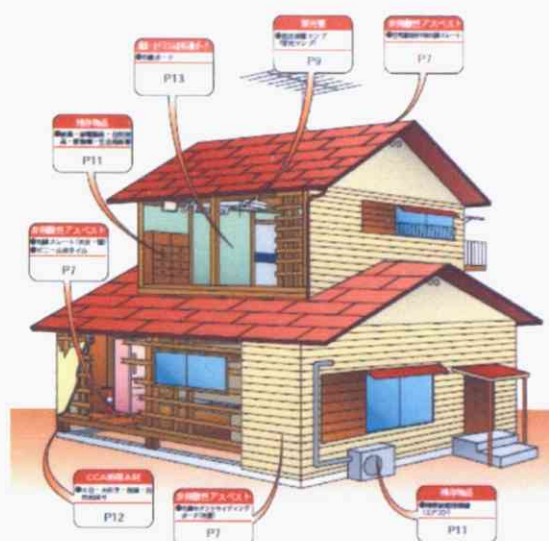
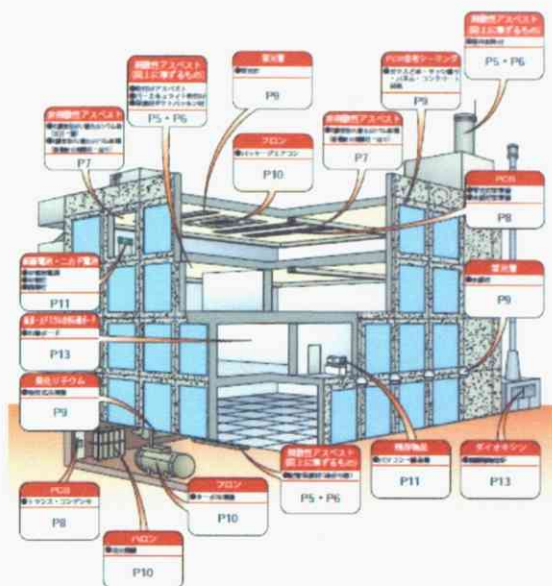
建設廃棄物	H17年度目標	H12年度実績
建設廃棄物 目標は再資源化・縮減率	88%	85%
アスファルト・コンクリート塊	98%以上	98%
コンクリート塊	98%以上	98%
建設汚泥	60%	41%
建設混合廃棄物：排出量の抑制を目標とする	削減率25%削減	削減率25%削減
建設発生木材()内は再資源化率	90%(60%)	83%(38%)
建設発生土 目標は有効利用率	75%	60%

(出典：国土交通省資料)

●建築分野における有害物質の現状と将来

現在、アスベスト含有建材が世の中で問題として認識された。一昔前は住宅に使用される接着剤に含まれるホルムアルデヒドなどが問題となった※。以下に、将来の建築物（コンクリート造・木造）の解体・改修時に、特に注意すべき有害物質等を含む建材等の主な使用箇所を示す。

※平成15年から、クロルビリホス及びホルムアルデヒドを対象とした、改正建築基準法に基づくシックハウス対策がとられている。



木造住宅	コンクリート造ビル（木造にプラスして）
飛散性アスベスト LV1「吹きつけ材」 非飛散性アスベスト含有建材「スレート板」 水銀「蛍光灯」 砒素・カドミウム含有建材「石膏ボード」 鉛・カドミウム「薬剤処理木材」 フロン「エアコン冷媒」 残存物「有害物含有の有無」	PCB「トランス」 ダイオキシン「焼却炉など」 飛散性アスベスト LV2「配管断熱」「煙突断熱」 ハロン「消化設備」 臭化リチウム「冷凍機」

（出典：産廃基礎セミナー 2005「廃棄物と排出者責任 ～概論と事例紹介～」）

（1次資料：建設副産物リサイクル広報推進会議「建築物の解体等に伴う有害物質等の適切な取扱い」資料）

2-2 再資源化に関わる産業の実態

●施策の変化

・広域認定

前節で述べた産業廃棄物広域再生利用指定制度により、中間処理業や最終処分業の許可を持たないものでも、物の製造、加工等を行う者が、その製品の販売地点までの広域的な運搬システム等を活用して、当該製品等が産業廃棄物となった場合に、それを回収し、再生利用することができるようになった。この制度により、対象産業廃棄物の指定の受け方次第では、使用の段階を間に挟んで、廃棄の段階までを回収の対象とすることができる。

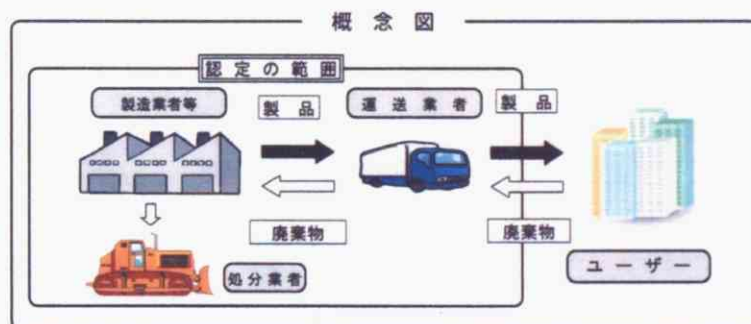
以前は、廃棄物の収集・運搬に関しては、収集・運搬の許可が必要であり、廃棄物〈施〉や、廃棄物〈解〉の回収主体は、許可を持つ収集・運搬業者に限られ、またその処理主体は許可を持つ処理業者に限られていた。しかし、この制度により、回収主体、再資源化主体に、製造業者や施工業者が加わることで、より効率的な再資源化が行われる可能性が生み出されたといえる。

拡大生産者責任

Extended Producer Responsibility の頭をとって EPR と略称されている。

製造者（いわゆる製造メーカーや加工業者）に対して、当該製品が安全に使用されている時点に留まらず、使用に供された後つまりは廃棄される段階（ステージとも言う）にまで、その責任を拡大することを意味する。狙いは、責任を課すことにより、今まで以上に廃棄やリサイクルを容易にする設計や製品加工を促進がなされ、結果論として当該製品のライフサイクル上での環境負荷低減を獲得しようとしたもの。

（出典：産廃基礎セミナー 2005「廃棄物と排出者責任 ～概論と事例紹介～」）



（出典：環境省資料）

・有価物に対する解釈と、廃棄物使用に関する処理免許の許可

平成17年3月25日に環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課長より各都道府県・各政令市廃棄物行政主管部（局）長にあてて発行された、環産産発第 050325002 号の通知（「規制改革・民間開放推進3か年計画」（平成16年3月19日閣議決定））において平成16年度中に講ずることとされた措置（廃棄物処理法の適用関係）について（通知）によると、以下のようになっている。

「産業廃棄物の占有者（排出事業者等）がその産業廃棄物を、再生利用するために有償で譲り受ける者へ引渡す場合の収集運搬においては、引渡し側が輸送費を負担し、当該輸送費が売却代金を上回る場合等当該産業廃棄物の引渡しに係る事業全体において引渡し側に経済的損失が生じている場合には、産業廃棄物の収集運搬に当たり、法が適用されること。一方、再生利用するために有償で譲り受ける者が占有者となった時点以降については、廃棄物に該当しないこと。」

これは、すなわち廃棄物を再生利用する場合で、なおかつ「引渡し側が輸送費を負担し、当該輸送費が売却代金を上回る場合等当該産業廃棄物の引渡しに係る事業全体において引渡し側に経済的損失が生じている場合」、その収集・運搬には産業廃棄物として法が適用されるが、再生利用するために譲り受ける物が占有者となった時点から廃棄物としての法が適用されないため、再生利用する目的であれば中間処理などの免許を取得する必要がないということである。この通知には、以下のような参考事例が記してある。

【事例1】

○照会事項

ビール会社A社においてはビールを生産する過程で不要物として余剰のビール酵母が発生するが、このビール酵母を原料として、薬品会社B社では医薬品を、食品会社C社では食品（おつまみ類）を生産している。又、A社は現在当該ビール酵母のA社からB社又はC社までの運搬を自ら行っている。A社は、今後B社又はC社への運搬をD社に委託することを検討しているが、D社に運搬費用として支払う料金をB社又はC社から受け取るビール酵母の売却代金と比較すると運搬費用の方が高い

(10 倍程度)。この場合

(1) D 社は産業廃棄物収集運搬業の許可を取得する必要があると解してよろしいか。

(2) B 社及び C 社は廃棄物処理施設及び廃棄物処理業に係る許可を取得する必要はないと解してよろしいか。

○回答

(1) 及び (2) について、貴見のとおり。

【事例 2】

○照会事項

A 製鉄所においては、冷鉄源溶解法（小規模な高炉のようなもので、電炉とは異なり、良質の鉄の製造が可能。）により、スクラップを鉄に再生しており、この工程に、炭素源及び鉄源として、廃タイヤを 1 / 32 カット又は 1 / 16 カットしたものを投入することにより、再生利用したいと考えている。A 製鉄所は、1,000 円 / t で廃タイヤを購入する計画で（トラックで搬入されるものについては炉前渡し、船で搬入されるものについては岸壁渡し）ある。しかしながら、遠方から搬入されるものについては、タイヤカット業者が収集運搬業者に支払う収集運搬費用が、タイヤカット業者が A 製鉄所から受け取るタイヤカット代金を上回る。この場合、A 製鉄所は廃棄物処理施設及び廃棄物処理業に係る許可を取得する必要はないと解してよろしいか。

○回答

貴見のとおり。

【事例 3】

○照会事項

建設汚泥の中間処理業者 A 社は、建設汚泥をコンクリート固化した再生土を改良土と称し、再生土販売代理店 B 社に対し契約上は 10 t トラック 1 台あたり 100 円で売却しているが、10 t トラック 1 台当たり備車代名目で 7,000 円、運搬代名目で 3,100 円を支払っている。A 社の再生土の 99%は、B 社を経由して建設業者 C 社により土地のかさ上げとして埋め戻しされており、B 社以外の業者に直接販売される再生土は 1 %に過ぎない。なお、建設汚泥を近隣の管理型最終処分場で処分する場合の処分費用は概ね 1 t あたり 6,000 円～18,000 円であり、中間処理を必要としない建設発生土（残土）の処分費用は 1 t あたり 500 円～1,000 円である。この場合、建設業者 C 社による埋め戻しは廃棄物の最終処分と解してよろしいか。

○回答

貴見のとおり。

この文面より、重要な事は「引渡し側に経済的損失が生じている場合」に運送・運搬には廃棄物としての法が適用されるという事と、その物質の「再生利用」が行われることがこの通知の条件であるということである。しかしながら、「再生利用」に関しては明確な文面が存在せず、投入資源中にバージン材が占める率や、当該工場から排出される廃棄物の量など、今後様々な事例を通して決定されていく事と考えられる。

しかし、製造工場内から排出された廃棄物が他の製造工場で原料として用いられたとしても、その物質が有価であるかどうかの判断が非常に難しく、受け入れ側に廃棄物処理の許可が必要とされる可能性が存在していたのに比較すると、マテリアルカスケードリサイクルへのステップが容易になったと言えるであろう。

本論では、これ以降再利用を目的として他の業者から廃棄物を引き取る業者や施設を、その処理に関する許可の有無に関わらず再資源化業者、あるいは再資源化施設と呼ぶ。

- 16 -

しかし、こういった問題を抱えながらも、資材製造段階では、使用されている物質の成分や特徴に関する情報を正確に把握することができ、排出される物資の処理方法や管理方法に関する知識が豊富であるため、マテリアルレベルリサイクル技術の開発は最も容易であり、特にグループⅠの資材に関して排出物の再資源化は投入資材の抑制に直結するため、その資源循環システムの構築が行われる事が多いと想像でき、実際多くの工場で「戻り材」「端材」などと呼ばれる排出物が、原材料として再資源化されている。



左：アルミサッシ工場の端材



右：集成材工場のおが粉集塵機

○廃棄物〈施〉に関する再資源化

回収主体＝製造業者（1次加工業者、2次加工業者）、施工業者、収集運搬業者

再資源化主体＝製造業者（1次加工業者、2次加工業者）、再資源化業者、中間処理業者

1-4より、廃棄物〈施〉の特徴を記す。廃棄物〈資〉と比較すると、以下のような点がその原因で資源循環システムが成立しにくいと考えられる。

- ・ 施工現場においては様々な製品、物質を使用するため、廃棄物の分別が難しい
- ・ 現場施工者が物質の情報に明るくなく、その処理方法を理解していない場合が多い
- ・ 1棟毎の廃棄物の量が非常に少量であり、システムとして成立しにくい

現在、広域認定を受けている業者は86社（平成17年11月29日現在）であり、そのうち廃棄物〈施〉に関して、広域認定制度を利用して回収している製造業者、施工業者は以下のようにになっている※。

※調査は、広域認定を受けている業者の公式ホームページの情報を対象に行い、施工段階からの廃棄物を回収していると明記しているものだけをカウントした。

新築施工時 16業者

主体としては、製造業者15社、施工業者1社となっている。

ここで、新築施工現場において製造業者と施工業者のどちらが廃棄物を回収するかという問題が生じる。以下に、各主体の特徴を記す。

	長所	短所
製造業者	回収する資材が限定されている。 対象は、動脈物流が管理できていれば、全量を網羅できる※。	施工現場での管理能力が低い。 1棟ごとの排出量が少量のため地域レベルの管理が必要となる。
施工業者	施工現場における情報管理が容易。 排出される廃棄物の予測が可能である。分別の指導が徹底できる。	対象は自社物件に限る。 回収する品目が多数存在する。

※有価物を運ぶ輸送を動脈物流。廃棄物を運ぶ輸送を静脈物流。

この段階は、建築物のライフサイクルの中で資材製造段階の次段階にあたり、製造業者から出荷されて廃棄物となるまでの時間経過が廃棄物〈解〉に比較して、圧倒的に短い。そのため、輸送時や施工時に付着する異物、汚れ以外は、出荷している製造業者が物質の成分や種類に関する情報を把握可能である。しかし、現状では異物や汚れの除去を行う

工程を有しておらず、回収後そのまま使用できるレベルの廃棄物以外を回収できない場合が存在する。製造業者は、資材製造段階のバージン材の占める割合を変更可能である、変更の必要性を迫られている、バージン材の枯渇や値段の上昇、といった何らかの要因によってこの回収、再資源化に取り組むと想像でき、本論中では4章の愛知県瓦産業の調査によって、その要因を調査している。

施工業者は、この施工段階の情報管理、人員管理、教育、指導に最も取り組みやすい主体と言える。また、分別方法の確立、輸送方法の確立、再資源化方法の確保ができれば、現場で発生する廃棄物を、資材の種類に関わらず全量回収することが可能である。しかし、製造業者の回収が基本的にはマテリアルレベルリサイクルを意識している場合が多いのに比較すると、施工業者の回収は、再資源化主体が施工業者と異なる場合があり、資源循環システムのレベルは低下する可能性が高い。しかし、マテリアルカスケードリサイクルとはいえ、多くの資源を再資源化できる資源循環システムとして、施工業者の全量を回収するシステムの方が、製造業者のマテリアルレベルリサイクルを念頭に置いた回収システムよりも優れているという見方もある。一度は製造業者が広域認定を利用し回収していた資源を、施工業者が回収するようになったという事例が、環境プランナー平田耕一氏へのヒアリングにおいても、実際に起こっていることが明らかになった。

○廃棄物〈解〉に関する再資源化

回収主体＝製造業者（1次加工業者、2次加工業者）、新築施工業者、収集運搬業者

再資源化主体＝製造業者（1次加工業者、2次加工業者）、再資源化業者、中間処理業者

1-4より、廃棄物〈解〉の特徴を記す。廃棄物〈施〉と同様の原因の他に、以下のような原因が存在するため、資源循環システムが成立しにくい。

- ・物質が経年により劣化している
 - ・使用されている物質の情報の入手が困難である
- しかし、以下の点に置いて廃棄物〈施〉よりも成立が容易であると考えられる。
- ・新築施工時に比較して、構造材等も排出されるため1棟毎の廃棄物の量が多い

前頁と同様に、解体時に排出される廃棄物に関して、広域認定制度を利用している業者は、以下のようになっている。

解体施工時 6業者

6業者は、全て資材製造業者である。

この段階は、「法的には木造30年、鉄骨・鉄筋コンクリート造60年と言われている※」ことから、およそ30年前に製造・施工された建築資材が排出される可能性を含んでおり、物質の性能に劣化が見られず、異物や汚れの付着がないとしても、その品質や成分の情報が整備されていない可能性が高い。こういった物質を使用すると、再資源化後の性能が保障されないため、資源循環レベルの〈レベル〉にあたるマテリアルレベルリサイクルには上記の問題を解決するために多くの障害が存在する。

また、前頁と同様に、製造業者が主体で回収する場合は、異物処理などの処理能力が新たに必要になる。

施工業者が主体となる場合、この段階の廃棄物〈解〉は、構造躯体等も含むため新築時に発生する廃棄物〈施〉よりも重量がある。基礎の工法などにより数値は大きくずれるため、一棟ごとの比較ではなく、平成12年の全国の建設廃棄物の「工事区分別建設廃棄物の排出量」から比較すると、建築系3000万トンのうち、解体が1800万トン、新築・改築が1200万トンとなっており（出典：国土交通省資料）、現状で新築施工段階から排出される廃棄物を対象としている施設では、処理能力の限界を超えてしまう可能性がある。また、自社の施工した物件が解体される情報をどのように入手しその廃棄物を回収するか、10数年前の物件に使用されている資材は現状と異なる場合が多く、分別処理の技術向上、新たな再資源化ルートの確保などが必要となる。

※サステナブルハウジング 資源循環型住宅技術開発プロジェクト（編）より引用

2-3 大手ハウスメーカーによる資源循環システム構築への取り組み事例

この節では、廃棄物（施）に関しての取り組みとして、施工を行う建設業者が主体となり、産業廃棄物広域認定を取得し廃棄物を回収、分別、再資源化している例を取り上げる。対象は大手ハウスメーカー A の関東工場である。

この A 社においては、平成 16 年 9 月に、「建築部材が産業廃棄物となったもの」に対して環境省から産業廃棄物広域認定を受けている。社内では新築施工現場ゼロエミッション（ゼロエミッション＝埋立・単純焼却ゼロ）というプロジェクトとして行っており、その対象、方法は以下のようにになっている。また、この新築施工現場ゼロエミッションにより、以前は場内焼却炉による焼却と、鉄・汚泥・紙以外の焼却できないものは全て埋め立てていた現状を、リサイクルセンターで分別・再資源化している。

- ・対象
新築施工現場で発生する加工端材など
- ・方法
施工現場で廃棄物を 26 分類し、すべて資源循環センターに回収する
資源循環センターで再度 68 分別することにより全量リサイクル可能とする
- ・概要
A 社では、工場ゼロエミッションの目標を達成した後の次のステップとして、新築施工現場ゼロエミッションを位置付けており、資源循環を達成するための施設である。



関東工場の資源循環センターは月平均で約 600 ～ 700 棟分の自社施工物件から排出される廃棄物を回収している。対象としているのは新築現場における加工端材で、まず施工現場で作業員が 26 の種類に分別する。これを資源循環センターでさらに分別し、全量リサイクル委託する事により、埋立や単純焼却をゼロにするプロジェクトである。

- センターに来るルートは大きく分けて、以下の3通りが存在する。
- A. 資源循環直送便
 - B. 拠点経由便
 - C. 分工場経由便
- なお、収集・運搬は収集の許可証を取得している業者に委託している。

- ・施工現場での分別
施工現場の邸別に回収証明となるマニフェストを発行し、これに加えて 26 種類の回収量（重量）を示す添付表を作成し、データベース化して管理している。通常の施工現場で行われていない 26 種類もの分別を現場で行うに際しては、現場作業員への教育を行い、現場より収集するドライバーの知識、認知度を上げるための教育や、業者との交渉も行う。
また、再資源化にあたっては端材の置場管理が重要であり、シートやバンド、おもりなどで養生するようにするなど詳細な排出ルールを定めている。

- ・作業効率の向上
(1) 週二回収、(2) 回収車両積み方標準化、(3) 荷降ろし方法標準化、を行っている。それぞれ、(1) ドライバー

が工程を理解する事により回収効率アップ、(2) 時間短縮、荷降ろしの効率アップにつなげる、(3) 時間短縮、を目的として行われている。

以下は、現場の作業員に配布される分別の指示である。

<まとめ方>

- ・分別袋の口はきちんと縛る。ただし、方結びしないこと。
- ・木材、メタル材、紙管等長物は、1m 以下にカットして

①袋に入れる

②PPバンド・ヒモで締る。

- ・ダンボール

①大きなものは1m 角以下に折りたたんでPPバンド、ヒモで縛る。

②小さいものは分別袋に入れる。

<高比重物、重量物について>

- ・金属、瓦等の重量物は、20kg 位（一人で持てる重さ）を目安にする。
- ・モルタル、コンクリート等についても固めたものを大量に詰め込まない。

<液体、粘着物について>

- ・シーリング材・塗料・接着剤などは、以降の事項を必ず守ること。

①一斗缶はつぶす

②スプレー缶は、穴を開けない。

③内容物を乾燥させる。

④キャップをしっかり締める。

⑤袋を二重にする。

<屋外保管場所（クリーンボックス）の対策>

- ・必ず雨養生、床アップを行うこと。
- ・分別袋の口を上に向けて置くこと。
- ・可能な範囲で、鉄・木・石膏ボードなどを、それぞれまとめておくこと

<複合体について>

- ・異種材料が複合・接合されているものは可能な範囲で単一材料に分解する。
- ・手間のかかる物は、「24. その他（微量発生物・複合材料等）」に入れる。

<粉ものについて>

おがくず、石膏ボード粉、パテ、セメント類粉、床清掃くず等の粉状のものは、
「25. 清掃くず」分別袋に入れ、しっかり口を縛り、飛散しないように。

<返品材・副資材について>回収は、関東工場物流課へ依頼

- ・返品材は必ず返品材リストを付けること。■■・工務店置場のものは要相談。
- ・返品材、副資材は、施工ゼロエミッション回収便では返却できません。
- ・返品材リストを必要としない物は分別ガイドに従い分別する。

今回の調査では、A 社にて分類された廃棄物が、どのような方法の再資源化が行われているのか、再資源化の主体は資材製造業者・廃棄物処理業者のいずれであるか、取引の形態が有価かどうか、取引先が海外であるかどうか、に着目してヒアリングを行った。

次ページ以降に調査結果を記す。

分類	品目	分類	品目
14 塩ビ	塩ビ管 シート防水 ビニールテープ類 配管遮音シート 断熱ポリエタ管 クッションフロア 電線被覆 養生マット ハルコニー養生材 雨どい ※養生資材の種別 ※プラスチック類	21 PE (ポリエチレン) ※養生資材の種別 ※プラスチック類	1.エアークラップ(フタ付) 2.内装断熱材 3.断熱材と材種別 ※PEは 左にあげた 3段目のみ
15 発泡スチロール	発泡スチロール その他断熱材 床パネル断熱材 断熱遮音シート ※養生資材の種別 ※プラスチック類	22 繊維くす	※天然繊維100%(綿・麻・ウール) カーペット・クロスなど ※合成繊維のものは19-3その他(雑物・雑品)に入れる
16 アスファルトルーフィング	アスファルトルーフィング ※養生資材の種別 ※プラスチック類	24 その他 微菌発生物 複合材料等	シールジョイント 外壁パネ 断熱内装材 ラスカット 床パネル DN断板 樹脂ダクト管 内装断熱材 金物類 ※その他、 2層以上の素材から 構成され 簡単に分解できないもの。
17 壁クロス	壁クロス ※養生資材の種別 ※プラスチック類	25 清掃くす	セメント袋 レバラー袋 ※残ったセメント等の粉は 「25 清掃くす」に入れる。 ※セメント等が固まったものは 「23 ガレキ類」に入れる。
18 養生シート	養生シート (※養生シート) ※養生資材の種別 ※プラスチック類	26 シーリング 塗料 接着剤	金属粉 おがくす かんなくす 床清掃くす 石膏ボード粉・破くす パテの粉 セメントの粉 ファイバーチップ ※袋に入れるときは 一人でもてる量にすること。 (20kg以下) ※袋は二重にすること。 ※粉が固まったものは 「23 ガレキ類」へ
19-1 その他樹脂 (硬質)	塩ビ管 瓦葺 軒端 軒端 軒端 エスロネット ハルコニー断熱 軒端吊具 リッチベジツ インショロック 断熱養生材 ミラーマット ※養生資材の種別 ※プラスチック類	26-1 プラスチック 容器	※養生資材の種別 ※プラスチック類 ※管理区分
19-2 テープ類	塩ビ管 瓦葺 軒端 軒端 軒端 エスロネット ハルコニー断熱 軒端吊具 リッチベジツ インショロック 断熱養生材 ミラーマット ※養生資材の種別 ※プラスチック類	26-2 金属容器	※養生資材の種別 ※金属類 ※管理区分
19-3 その他樹脂 (袋・シート)	塩ビ管 瓦葺 軒端 軒端 軒端 エスロネット ハルコニー断熱 軒端吊具 リッチベジツ インショロック 断熱養生材 ミラーマット ※養生資材の種別 ※プラスチック類	26-3 シーリング 材等	※養生資材の種別 ※シーリング材等 ※管理区分
20 PP (ポリプロピレン)	PPバンド PPバンドストッパー ※養生資材の種別 ※プラスチック類		

排出ルール

みなさんの次工程である「回収」「分別」「リサイクル」の効率化のため、以下の事項にご協力ください。

<まとめ方>

- ・分別袋の口はきちんと縛る。ただし、方結びしないこと。
- ・木材、メタル材、紙管等長物は、1m以下にカットして
1袋に入れる
2 PPバンド・ヒモで縛る。
- ・ダンボール：大きなものは1m角以下に折りたたんでPPバンド、ヒモで縛る。
2小さいものは分別袋に入れる。
- <高比重物、重量物について>
- ・金属、瓦等の重量物は、20kg以下(一人で持てる量)を目安にする。
- ・モルタル、コンクリート等についても固めたものを大量に詰め込まない。
- <液体、粘着物について>
- ・シーリング材・塗料・接着剤などは、以降の事項を必ず守ること。
- ①一斗缶はつぶす ②スプレー缶は、穴を開けない。 ③内容物を乾燥させる。
- ④キャップをしっかりと締める。5袋を二重にする。




<屋外保管場所(クリーンボックス)の対策>

- ・必ず断熱養生、床アップを行うこと。
- ・分別袋の口を上に向けて置くこと。
- ・可能な範囲で、鉄・木・石膏ボードなどを、それぞれまとめておくこと。
- <複合材について>
- ・異種材料が複合・接合されているものは可能な範囲で単一材料に分解する。
- ・手回のかかる物は、「24. その他(微菌発生物・複合材料等)」に入れる。
- <粉物について>
- ・おがくす、石膏ボード粉、パテ、セメント類粉、床清掃くす等の粉状のものは、「25. 清掃くす」分別袋に入れ、しっかりと縛り、漏れないようにする。
- <返品材・副資材について>回収は、関東工場物流課へ依頼
- ・返品材は必ず返品材リストを付けること。工務店・業者のものは要相談。
- ・返品材リストを必要としない物は分別袋に袋分け、分別する。

○再資源化方法の変化

・調査結果

ここでは、ヒアリング調査から明らかになった、リサイクルセンター稼働後の再資源化方法の変化の一例を記す。なお、判例は以下の通りとする。

(A社からみた) 取引価格	表示記号
有価の場合	
無価、及び自社内リサイクルのために市場価格を下回る価格で販売している場合	
有償の場合	

資材名	取引	再資源化手法と主体		取引	再資源化手法と主体
発泡スチロール (ポリスチレン)		中間処理業者に委託して、サーマルリサイクル	リサイクルセンター内で溶融の後、インゴットにして出荷 →		マテリアルリサイクル
分別袋 (ポリエチレン)		中間処理業者に委託して、サーマルリサイクル	汚れの付着度合いで分別し、よい物は中国へ →		リペレットして、A社向けの分別袋としてマテリアルリサイクル
ビスベルト (ポリエチレン)		中間処理業者に委託して、サーマルリサイクル	ビスとベルトを分別 →		リペレットして、A社向けのビスベルトとしてマテリアルリサイクル
					リペレットして、他の製品に転換
瓦		中間処理場で破碎して、埋立	砂の産地の側にある破碎施設で荒破碎 →		景観舗装材に使用
木		メーカーに引き取ってもらう、RPFにする、ガス化を行うなど	ムク材や集成材が分別できれば・・・ →		プラスチックと混合した擬似木材に使用

・変化の際の障壁

いずれも、分別や破碎により資材の価値を見出しているが、その際「破碎してもらえないと受け入れられない」が、「破碎されると異物混入がコントロールできないので受け入れられない」というメーカーからの意見が存在した。これは、資材製造段階の業者が、粉碎・破碎設備を有していないために起こる問題であり、A社の場合は①少量で破碎せずに質をアピール、②破碎、③本格的に取引開始、といった段階を経ている。

今後、様々な主体が再資源化に関わる際にも同様の問題が発生すると予測されるため、品質基準の設定など、廃棄物の排出側と再資源化側の受け渡しをスムーズに行う仕組みが必要である。

2-5 まとめ

この章では、建築物に関わる廃棄物の再資源化の実態を整理した。

法制度の面では、2-2 再資源化に関わる産業の実態に記したように、廃棄物を回収する主体、廃棄物を再資源化する主体に変化が起きている。これは、回収や再資源化が制限されていた廃棄物〈施〉〈解〉にとって、好ましい事であると言える。しかし、現状では、新築施工を主な業務とする大手ハウスメーカーが主体として入ってきているような廃棄物〈施〉に対する動きは廃棄物〈解〉にはおきておらず、資材製造を主とする業者が中心となっている。

廃棄物〈施〉を対象としたシステムにおいては、現在、マテリアルレベルリサイクルを意識した素材製造業者と、システムの種類よりも全量を再資源化することを意識した施工業者とが、新たな主体として存在し、それぞれの位置付けはまだはっきりしてはいない。今後、廃棄物〈解〉に対しても同様の事が起こる可能性はあり、検討が必要である。

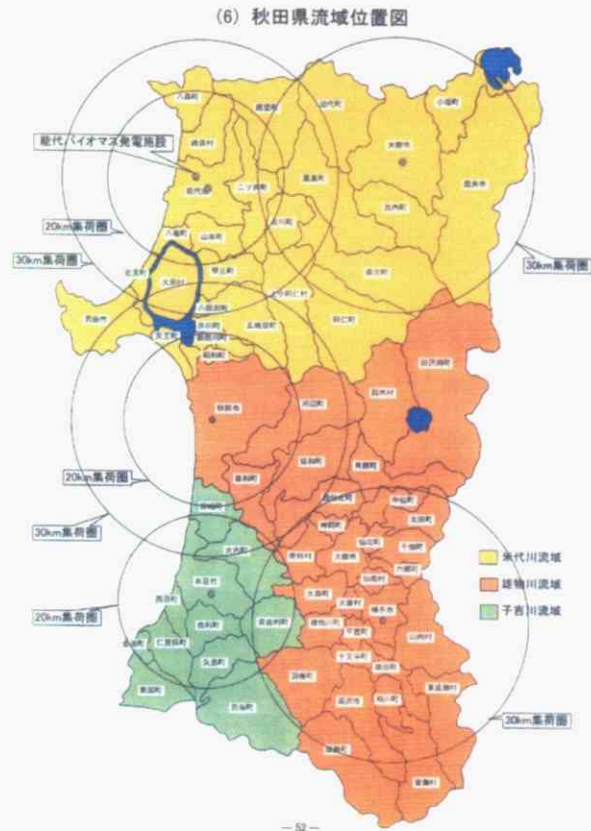
2-3 で記した大手ハウスメーカーによる事例は、今後の廃棄物〈施・解〉をめぐる主体の関係に大きな影響を与えると予測されるが、このメーカーが新たな取り組みを始めるにあたっては、前段階として①工場内のゼロエミッション運動の実績、②施工現場から排出される廃棄物を26分類に定義するという取り組み、などが存在し、廃棄物〈施・解〉の収集は、施工現場や解体現場で既に何かしらの取り組みを行っていない業者にとっては進出が難しいといえる。そのため、現在施工現場や解体現場に関わる、施工業者、解体業者、輸送・運搬業者の更なる努力が必要である。

また、同じく2-3 から、現状では再資源化にいくつかの障壁があることを確認した。

この章では、資材製造段階に関わる業者の、廃棄物〈施・解〉への取り組みが多い事が明らかになった。次章以降は、調査対象として選定した3つの事例に関して、資材製造段階との関わりにも注目して、資源循環システムの実態を明らかにしていく。

3章 資源循環システム事例調査 a 秋田県における木質建材

秋田県には、米代川、雄物川、子吉川の3つの流域が存在する。



(出典：秋田県農林水産部 平成 15 年 3 月 ゼロエミッション型木材産業をめざして
～木質バイオマス有効利用の推進方向～)

林業は米代川流域、雄物川流域ともに盛んであるが、木材産業は米代川流域に偏っており、雄物川流域は秋田市を含むため廃棄物く解の多い地域となっている。

林業及び木材産業から排出される廃棄物は、共に廃棄物く資であるが、ここでは林地系バイオマス、製材系バイオマスに分けて表記する。また、廃棄物く施・解は建築系バイオマスとして扱う。

林地系バイオマスのうち、特に林地残材はサイズが大きく、また山林からの回収が困難であるため、利用が難しい。

建築系バイオマスは、秋田県内での資源化量は平成 11 年度 23.5%と低い数値になっている。

木材産業は、その製品としての多様性と同様に、製材、集成材、合板など様々な業者が存在する。多くの業者が集中する米代川流域では産業間のチップ化された木材資源利用など、製材系バイオマス（廃棄物く資）を対象としたくカスケードシステムが構築されていることが調査から判明した。

本論では、そのくカスケードシステムとともに、近年の秋田県での大きな動きである、バイオマス発電所の設置に着目して、展開して行く。バイオマス発電は、本論ではくサーマルシステムとなる。

3-1 秋田県木材産業、林業の現状（新規資材供給の現状）

●一般的な林業の現状

[1. 伐採－林家]	<p>一定面積の山林を保有し、山林の保育、植林、主伐、間伐を行うものを林家と呼ぶ。</p> <p>農林水産省が実施した 2000 年度世界農林業センサスによると、2000 年において 1ha 以上の山林を保有する林家は 102 万戸で、これらが保有する山林面積は 572 万haとなり、民有林の 47%を占めている。1ha 以上の山林を保有する林家1戸あたりの平均保有山林面積はほぼ 5 haで昭和 35 年以降大きな変化はない。日本の林家の山林保有構造は諸外国に比べるといまだに零細であるといえる。</p> <p>近年では森林の所在する市区町村以外に居住する「不在村林家」が急増しており、不在村林家の所有する森林面積は私有林の 24.6%を占めている。</p> <p>林家における保有山林への施行の実施状況を、世界農業センサスの過去1年間に森林施業を行った林家（3ha以上）の割合で見ると、主伐は 1.8%と極めて低い水準で横ばいとなっているが、植林（新植）、下刈等の保育、間伐とも 10 年前に比べ低下している。このような状況は、林業生産活動が停滞していることを表している。</p> <p>なお、横ばいで推移している主伐についても、伐採可能な人工林面積が着実に増加していることから、林家が実質的に主伐を控えているといえる。この理由としては、木材価格の低下によって、伐採後の植林経費が確保できなくなるなど、林業の生産性が悪化していることや、主伐時期をできるだけ遅らせ、高樹齢のもののみを伐採する長伐期施業の実施などがあげられる。</p> <p>＊ 主伐とは、製品にする目的で木を伐採すること、間伐とは木の成長に伴い、適正に生育するように人為的に立ち木密度を調整し、木を伐採することを指す。</p>
[1. 伐採－森林組合]	<p>日本における林業を語る上で、森林組合という組織は欠かせない。</p> <p>森林組合とは、森林所有者が互いに協同して林業の発展をめざす協同組合であり、「森林組合法」という法律に基づいて設立されている。森林所有者自らの相互扶助の組織であるとともに、森林造成を通じて、木材供給のほか国土保全、水資源涵養、環境保全、文化・教育・レクリエーションの場の提供など、森林を通じた人間の生活環境の保全に努めている組織である。</p> <p>市町村・郡段階の森林組合と都道府県段階の都道府県森林組合連合会（県森連）、全国段階の全国森林組合連合会（全森連）で、3段階の系統組織を構成している。森林組合は、組合員の出資により設立され、組合員より選出された役員が総会の決定に基づいて運営にあたっている。全国で 1,670,000 人の組合員により 943 組合（平成16年9月末現在）が設立されており、15,300 人の役員、8,400 人の職員、造林・伐採などの森林作業を行う 27,000 人の作業班員が事業活動に取り組んでいる。県森連は都道府県ごとに森林組合が会員とり、会員の出資により設立され、会員の選出した役員が総会の決定に基づいて運営しており、全森連は47県森連を会員として設立され、同様に運営されている。</p> <p>森林組合系統組織全体の規模は、出資金約508億円、事業総取扱高約3,042億円となっており、事業量では、木材取扱量約430万立方メートル、造林面積約21,800ha、保育面積50万ha（平成6年度）である。</p> <p>日本における森林所有者の大多数は、所有する森林面積が極めて小さいため、森林組合を設立して、森林の管理や木材販売を協同で行っている。そのため活動内容は多岐に渡り、林道・作業道の開設に始まり、地拵、植付、下刈、雪起し、枝打ち、除伐、間伐などの森林施業とこの間に発生する病虫害の防除、自然災害からの復旧なども行っている。森林組合では、協同化のメリットを最大限に発揮する努力を行い、組合員の経営相談や森林管理、森林施業の受託、資材の共同購入、林産物の共同販売、資金の融資、森林災害共済などの事業を行っている。森林組合の行っている造林面積は民有林造林面積の88%、木材取扱量は民有林素材生産量の33%のシェアを占める。</p> <p>県森連は、森林組合の経営指導にあたるほか、全国に99の素材市売市場を開設し、国産材の販売拠点として、物流・情報・金融の面で重要な役割を担っており、また最近では、林産物の高付加価値化や地域の就労の場の拡大を図るため、地域条件に応じて製材加工や住宅建築、シタケの生産・販売、きのこ・山菜などの特用林産物の加工、森林レクリエーション事業などに取り組む森林組合・県森連も増加しており、より消費者ニーズに接近した事業展開が進められていると言える。</p>

	<p>森林組合の主な業務内容としては、以下になる。</p> <p>購買事業：スギ苗木、林業機械、林業資材の販売</p> <p>販売事業：丸太の買取販売</p> <p>林産事業：立木の買取、生産、販売</p> <p>造林事業：植栽、下刈、除伐、間伐、枝打ち</p> <p>治山事業：治山工事</p> <p>作業道工事：作業道</p> <p>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）</p> <p>金融事業：森林、林業に必要な資金の貸付</p> <p>以下、秋田県 A 森林組合へのヒアリング調査から得られた、組合の現状に関するコメントである。</p> <p>*****</p> <p>昭和50年には森林組合が全国に3000あった。現在は、1/3は小規模であり、必要性が問題視されている。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ことであるが、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。通常森林組合は流域にあった組合が合体するなどして統合されており、以前の流域単位の営林署の管轄を引き継いでいる。A 森林組合が管理するのは国有林50%、民有林50%になる。</p> <p>*****</p>
[1. 伐採－その他の林業事業体]	<p>森林組合を除く林業事業体（民間事業体）は、2000 年度世界農林業センサスによると、6232 事業体を数え、その 64%を個人経営が占め、会社組織となっているものが 33%である。素材生産を行う民間事業体は、日本における素材生産量の 6 割を占めるなど、素材生産の担い手として重要な役割を果たしている。事業規模が大きな事業体ほど素材生産の労働生産性が高い。</p>

・木材の需給動向

林野庁発表の「平成 16 年度木材需給表」によると、木材（用材）供給量は、平成元年以降 11000 万 m³程度の水準で推移してきたが、平成 10 年以降低下し、平成 16 年の供給量は 8980 万 m³となっている。過去 50 年間の日本の用材供給量及び用材自給率以下に示す。



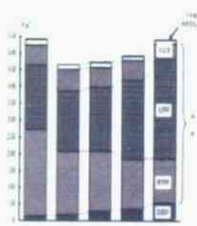
木材供給量と自給率（「平成 16 年度 木材需給表」）

国産材の供給量は昭和 40 年の 5038 万 m³をピークに年々減少し、平成 16 年においては 1656 万 m³まで縮小している。逆に輸入材の供給量は昭和 30 年以降順調に伸びていたが、平成 7 年の 8901 万 m³をピークに近年は縮小方向にある。平成 16 年の輸入材供給量は 7325 m³である。

輸入材の増加の原因は、国産材に比べて安価で、また品質も一定で構造用としても安心して利用できることなどがあげられる。また、近年の輸入材減少は木材産業全体が縮小方向にあることによると考えられる。

輸入材供給量の増加を受けて、木材自給率は昭和 30 年に 94.5%を誇っていたものが、昭和 40 年には 71.4%、昭和 50 年には 35.9%と減少の一途をたどり、平成 16 年においては 18.4%となっている。

[2. 製材加工ー製材工場]



製材用素材入荷量の推移
製材基礎統計

林家や森林組合を初めとする林業事業者が立ち木を伐採し、素材生産業者によって加工された原木を原料として製材へ加工する工場を製材工場と呼ぶ。

製材工場の生産工程は、工場の規模、使用原木、生産品目、生産量などによってかなり異なるが、おおむね、

原木→玉切り・仕分け・剥皮→大割・中割・小割など→製品選別・結束→製品出荷順になっている。

使用原木材積に対する製品材積の割合を「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かなり異なるが、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とった材）も含めると 70 ～ 75% ほどである。すなわち、製材工場では投入した原木体積の 25 ～ 30% の端材が廃棄物として排出される。

農林水産省の 2004 年製材基礎統計によると、2004 年 12 月 31 日現在の製材工場数は 9420 工場、従業員数は 55118 人で、ともに前年に比べて 5% ほど減少した。製材用素材入荷量は 2170 万 5 千 m³ で、前年に比べて 0.7% 減少した。このうち、国産材は 1146 万 9 千 m³ で、前年に比べて 2.3% 増加した。この結果、製材用素材入荷量の国産材割合は 52.8% となり、前年を 1.5 ポイント上回った。製材品出荷量は 1360 万 3 千 m³ で、前年に比べて 2.3% 減少したが、人口乾燥材は 210 万 9 千 m³ で、前年に比べて 8.8% と大幅に増加した。

大壁工法（柱が見えない工法）の一般化、柱、梁、土台への集成材使用の拡大、欧州産集成材の輸入増、需要普請による製材品価格の低迷、輸入丸太供給制約等国内製材業をめぐる環境は極めて厳しく、工場数、従業員数も減少している。入荷量も減少の一途をたどっているが、他の木質系材料と比較すると国産材率が高いことは製材業の特徴といえる。また、出荷量に占める乾燥材の割合の増加は近年の乾燥材需要増大を表しているといえる。

[2. 製材加工ー集成材工場]



ひき板（ラミナ）または小角材をその繊維方向に互いにほぼ平行にして厚さ、幅および長さの方向に集成接着したものを集成材とよぶ。集成材は構造物の体力部材として用いる構造用集成材、構造物の像作用に用いる造作用集成材、主として大型建築物の体力部材として用いる構造用大断面集成材に分けられる。また、構造用（柱など）、造作用集成材（長押など）には表面化粧を施した化粧張り集成材がある。

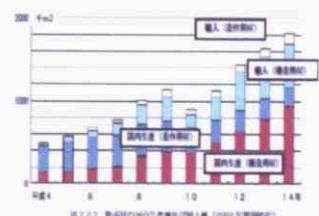
集成材工場の生産工程はおおむね、以下の順になっている。

（ひき板製材→）ひき板乾燥→寸法調整と品等区分→ひき板の縦継ぎ・幅はぎ→ひき板の組み合わせ→接着剤塗布→圧縮養生→整形・化粧梁→仕上げ→製品出荷

集成材の製品歩留まりは丸太からの換算で 20 ～ 30% と低い。これは、ひき板の縦継ぎ・幅はぎのために端材が発生すること、接着剤塗布のたびに表面を削るため端材、おが粉が多量に発生するためである。

製材・合板等あらゆる木材製品の生産は連年減少しているのに対し、国内集成材生産は平成 10 年のみ前年を割ったが、平成 11 年以降構造用集成材を中心に毎年 10% 以上の伸びを示している。原材料については、国産材 13.0%、北米材 18.2%、欧州材 62.0% で欧州材の占める割合が急増している。国内集成材生産量の増加に加え、輸入集成材の増加も目覚しく、集成材をめぐる需要環境は他の木材部門とまったく違う動きを示している。ここまで集成材の需要量が増加している理由としては、人工乾燥材と同様に寸法の変化が少なく、プレカッ化の進展に対応していることがあげられる。

国内の集成材メーカーは 290 社ほどで、北海道、秋田県、愛知県、岐阜県、奈良県など良質の広葉樹材や化粧単板の原料になる銘木の産地が近くにある地域に集中している。



集成材の国内生産量及び輸入量（2002 年貿易統計）

[2. 製材加工ー合板工場]



原木を薄く剥いだ板、単板（ベニヤ）を何枚か積み重ね、接着剤で張り合わせたものを合板とよぶ。通常各単板の繊維方向を1枚ずつ直行させ、奇数枚になるようにしている。これは、反りに対する安定性を確保し、強度・収縮に対する異方性を減少させるためである。

合板工場の生産工程はおおむね、以下の順になっている。

単板の切削→単板の乾燥・調板→単板の接着・仕上げ→製品出荷

合板の製品歩留まりは65%ほどと高く、近年の単板製造機（ロータリー）の性能向上により、さらに歩留まりが向上する可能性がある。

農林水産省の2004年合板統計によると、2004年12月31日現在の合単板工場数は286工場、前年に比べ2.1%減少した。単板製造用素材入荷量は538万9千m³で、前年に比べ9.7%増加した。このうち、国産材は54万6千m³で、地域材利用の高まり等により針葉樹が増加したことにより、前年に比べ51.7%と急増した。一方、外材は484万3千m³で、南洋材が産地における伐採制限や国内加工促進政策により減少したものの、北洋材が合板原料の針葉樹転換等により増加したことにより、前年に比べ6.4%増加した。普通合板製造量は314万9千m³で前年に比べ4.1%増加した。

ここ2年間、合板の素材入荷量、製造量は増加傾向にあるが、10年前に比較すると3～4割減少しており、合板業も縮小傾向にあるといえる。合板に関しては素材転換が著しく、熱帯林保護のために輸入規制が強化されつつある南洋材に変わり、北洋材針葉樹、国産針葉樹がシェアを広げている。国産材針葉樹については、東北、島根、九州などで国産スギを合板用素材として積極的に利用し始めた影響が大きい。

[2. 製材加工ープレカット工場]

住宅建築の施工期間の短縮や大工技能者の減少等に対応するため、あらかじめ工場で継手、仕口等の木材加工を施すことをプレカット加工とよぶ。

プレカット工場の生産工程はおおむね、以下の順になっている。

乾燥→コンピューターのデータに従った加工ー防腐・防蟻処理→検査→製品出荷

全国木造住宅機械プレカット協会の調査によると、2002年のプレカット工場数は577工場（732ライン）、在来木造住宅に占めるプレカットの比率は79%となっている。平均の年間加工量は1万6000坪程度（月間1300坪程度）で99年の前回調査に比べて生産量は約15%拡大している。

プレカット加工では、加工能力の高いCAD、CAMシステム※への更新や、造作材の加工等利用する範囲が広がっており、建築工程の合理化に貢献している。さらに、プレカットの急速な普及によって、木材の品質に対する意識が変化し、加工精度の向上から乾燥材・集成材の利用が大きく進んだ。また、プレカット工場が木材加工の拠点となり、いわゆるパイパス流通と呼ばれる木材小売業者を通さない木材流通ルートを出現させた。

以上のようにプレカット工場が出現したことにより木材の加工、流通は大きく変化し、今後もプレカット工場は単なる木材の部材加工に止まらず、木材の流通・木造住宅の生産・供給のキーポイントといえる。

※ CAD（computer－aided design）とは、コンピューターを活用して建築物等の設計を行うシステム。また、CAM（computer－aided manufacture）とは、コンピューターを活用して設計どおりに建築部材等を自動的に作成するシステム。

●秋田県の林業・木材産業の現状

○秋田県の山林

秋田県は古くから林業が盛んな地域であり、とくに天然秋田杉（天杉）はその木目の美しさ、品質の良さから珍重されてきた。豊臣秀吉の命で伏見城修築のために天然秋田杉が伐採された記録があるように、16世紀末頃から畿内を中心に届けられるようになった。その後も天然秋田杉は秋田県地方の重要な財源として、地域経済を支え続けてきた。

しかし、その天然秋田杉も戦後の復興期や高度経済成長期を経て伐採が進み、現在では保護林や風景林を含めて約5千ha程度を残すのみとなっている。そして、そのほとんどは国有林内にある。

江戸時代から長い時間をかけて育てられてきた大径木の杉を「天然秋田杉」と呼ぶのに対して、明治大正以降に植林されたものを単に「秋田杉」と呼ぶ。戦後の復興期から高度経済成長期にかけて、山村の振興と旺盛な木材需要に応えるために、全国で広葉樹林を伐採してスギやヒノキ等を植える拡大造林政策がとられた。

その結果、秋田では民有林の人工林率は57%に達し、スギの面積と蓄積は全国1位を誇り、スギの素材生産量も宮崎県・大分県に次いで3位（2004年度）となっている。また、豊富な森林資源や歴史に培われた加工技術は、米代川流域を中心に全国有数の木材産業を発達させ、秋田県の木材産業は、製造品出荷額で2千億円と電気機械製品に次ぐ2位の11.5%を占めるなど、重要な地場産業になっている。

しかし、民有林のスギ人工林は35年生以下の若齢林が67%を占めており、間伐などの手入れを適期に行いながら森林資源の健全性の確保と質的な充実を図っていくことが急務なほか、豊富なスギ資源を活用する県産業の育成が一層重要になっている。森林面積は822千haで県土の71%を占め、うち民有林が54%を占めている。国有林・民有林の人工林を合わせると、山林面積全体のちょうど50%となる。そのうち92%が杉林であることから、秋田県の林業にとって、いかに秋田杉の存在が大きいか分かる。



左：秋田県の森林



右：天然の秋田杉（井坂記念館）

○秋田県内の木材需給動向

2004年の秋田県の木材需給量は3182千 m^3 で前年より11.5%増加した。

この内訳は、丸太材が1895千 m^3 （前年比116.8%）、チップ用が1287千 m^3 （前年比111.5%）となっている。

需要量を部門別に見ると、合板用が1072千 m^3 （前年比125.5%）、パルプ用が1094千 m^3 （前年比110.0%）、繊維・削片板が123千 m^3 （前年比125.5%）とそれぞれ増加し、製材用は前年より10.2%減少し579千 m^3 となっている。

全体としての需要量は増加しているものの、製材部門の需要量の落ち込みが目立っている。全国の木材需要量統計と比較しても、製材部門の占める割合の少なさと、合板部門の占める割合の多さが顕著である。製材業界において秋田杉ブランドは確かに影響力をもっているが、実際のところの秋田県の製材業界は縮小傾向にあるといえる。

移出材の需要量全体に占める割合は5.5%と小さく、樹種は杉がほとんどの割合を占める。移出先は関東が多い。また、最近では宮崎県に移出され、集成材に加工されるものも多くなってきている。

輸出材の需要量全体に占める割合はほぼ0%で、秋田で製造される木質系材料はほぼ国内、とくに秋田県内で消費されるといえる。

これに対する供給量は、県産材が総数で1184千 m^3 と前年より10.2%の増加となっている。内訳は、丸太が693千 m^3 （前年比107.5%）、チップが491千 m^3 （前年比111.4.2%）である。

また、移入材は217千 m^3 （前年比121.9%）、外材は1781千 m^3 （前年比111.2%）となった。

輸入材率は、前年より0.1ポイント減少して56.0%となった。

移入材の供給量全体に占める割合は 6.8%で、隣県（青森県、岩手県、山形県）からの移入が多く、樹種はほとんどが杉である。隣県も秋田県と気候風土が似ているのでもちろん杉の生育に適しているのだが、秋田県ほど杉の需要がなく、また杉を流通させるシステムも確立していないため、杉の生産地として歴史があり、杉の流通システムが確立している秋田県に杉が移入すると考えられる。青森県・岩手県で生産された杉は秋田県北に、山形県で生産された杉は秋田県南にそれぞれ移入している。

輸入材の供給量全体に占める割合は 58.3%で、北欧、アメリカ、ロシアなどが主な輸入先である。熱帯雨林の伐採をめぐる情勢が厳しくなったため、インドネシア、マレーシア、パプアニューギニアなどからの輸入は減少している。輸入材率は近年高くなってきているが、それでも日本の輸入材率 81.5%に比較するとまだ低いといえる。

県内需要率の高さ、輸入材率の低さが示すように、秋田県は県内で育てた木を県内で加工し、県内で消費する一定の木材循環システムを持っている。

○秋田県の木材流通

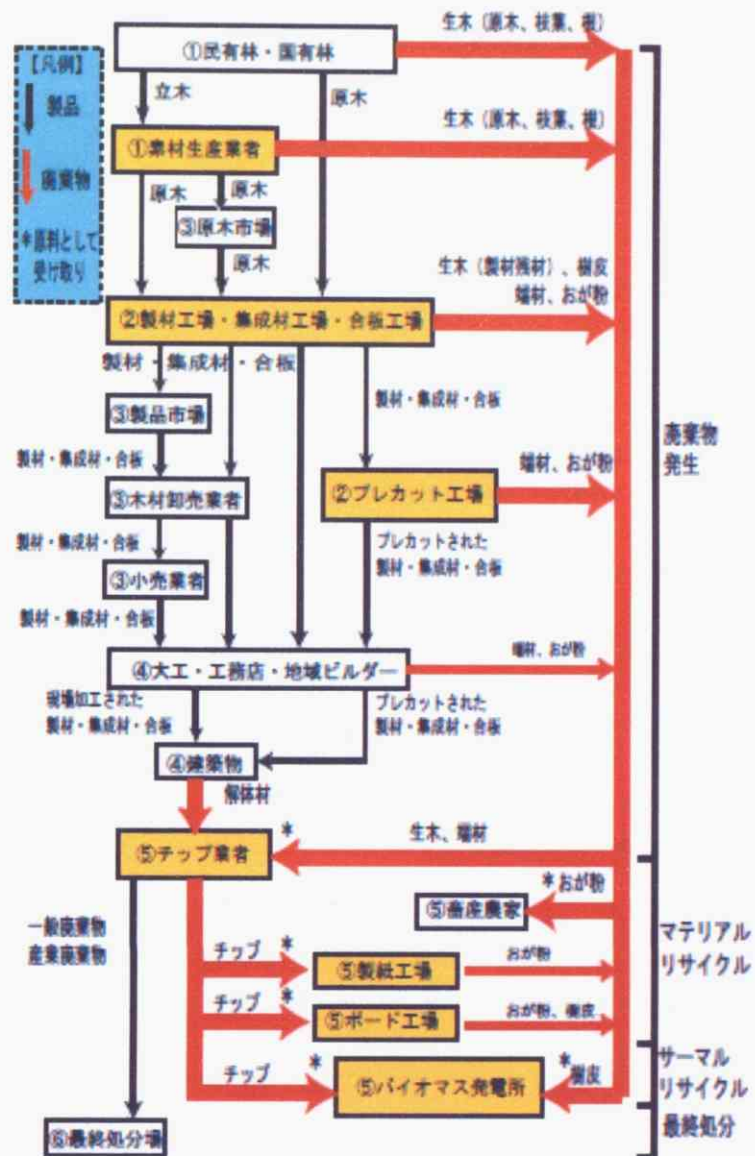
秋田県内の木材流通も複雑であり、また変化の時期を迎えている。プレカット工場の台頭によって製材工場、問屋を頭越する量が増えたほか、複数の業種に手を広げる業者・事業者が増えてきている。例としては、流通業者がプレカット工場をもつなどがあげられる。

以下に秋田県の木材流通に関するいくつかのトピックをあげる。

3.65 問題	<p>前項で述べた秋田県内の木材循環システムの成立要因の中に、「3.65 問題」というものがある。秋田杉はその美しい板目を生かした板材に用いられることが多く、そのため秋田では板材によく用いられる 3.65m の長さのもの（2 間に相当）が古くから一般的な流通規格であった。この規格はかつては全国的（主に関東）でも一般的な規格であったが、今は秋田固有の特殊な規格になってしまっており、柱材に用いられる 3m や梁材に用いられる 4 m など現在一般的な流通規格のものは山形県の大工工場などで製材されるようになってしまった。</p> <p>3.65 m という特殊な規格は、秋田県内の木材循環システムをまわしているともいえるが、逆に規格の制約により他県からの移入や他県への移出をはばんでいるともいえる。現在、県内の需要量が落ち込んでいることから他県の需要量拡大のために 3.65m の規格から 3m、4m の規格に移行していこうという動きがあるが、秋田の製材所等に残る古い体質のためにうまくいっていないのが実状である。</p>
県外への出荷	<p>秋田県で製造される木質系製品は、半分以上が県外（大部分は関東）へ出荷される。ただし、近年関東においてサイズ、品質、コストなどで関東近郊からの乾燥材、輸入製品との競合に負けてきており、昔ながらの問屋への流通経路では一定の量を保っているものの、メインの流通においては大きく衰退している。</p> <p>関東圏での需要の減少により、県内への販売を強化する方向に全体がシフトしていたが、人口減少などの原因により県内需要も減少しており、製材用生産量は年々減少している。</p> <p>県の施策として他県に秋田杉 PR のためのアンテナショップを設けたり、秋田スギの需要拡大のために、県外へ秋田杉を売り込む「秋田杉で夢作りプロジェクト」を立ち上げたりしている。</p> <p>また、価格については、県外では安いほかの材との競争に負けないよう低い値段に設定し、県内向けには高い値段に設定する傾向がある。</p>
中国・韓国への輸出	<p>秋田杉の需要拡大のために、現在中国や韓国へ秋田杉を輸出することが検討されている。とくに中国では、急速な経済発展に伴い木材需要が増加している一方、平成 10 年に大洪水が発生したことを景気に天然林の伐採を禁止しているため、木材の輸入量が急増している。</p> <p>秋田県の施策として、中国で商談会を開催したり、住宅関係の国際見本市に秋田スギ内装材等を出展するなどしてきた結果、中国における秋田杉の反響は良好であり、また中国で木造 1 戸建てがステータスになってきたことも輸出に有利に働くと考えられる。</p> <p>現在は秋田杉の原木輸出はほとんどなく、製品輸出がほとんどである。中国の住宅業者と秋田県の工務店で合弁会社（現在 2 社）をつくり、中国で木造住宅や和室を製造している例や、秋田県の天井板製造業者が中国に工場を作り、中国向けの製品と日本向けの製品を作っているものがある。この工場では、基本的に材料は中国で調達し、売りになるところに使う秋田杉のみ秋田県から持っていく。やはり外国で日本企業が単独で商品売り込むのは難しく、現地企業との協力が必要である。</p>

○まとめ

秋田県内の木材需給や、県内県外国外も含めた流通システムについて概念図を下に示す。



(出典：清家研究室 2005 年度卒業論文 伊吹 美佳 木質建材の再資源化方法の決定要因に関する研究
- 秋田県の木材産業を例として -)

スギの新しい生産技術としては合板・集成材が注目されている。秋田県の最近の動向としては、合板の製造が急増していることが挙げられる。

この背景には、スギの原木の安さ（間伐補助の影響）、2m の長さでも合板にできるようになったこと、曲がり材でも問題なく加工できることなどが挙げられ、それまで処理が難しかった間伐材をその原材料の中心にして、スギ合板の生産量が急増している。秋田県においては、平成13年からであり、ネダノン（構造用合板）の製造量ぞうかがそのまま合板製造量増加につながっている。現在世界で一番安いのが杉の原木と言われており、かつてはニュージーランドの木材を使用していた合板業界が、現在は国内の杉の利用にシフトしているため、各地で合板製造が盛んになっている。隣県である宮城、岩手も同様に合板の生産が伸びてきている。

将来的に見ると、このような低価格の流通を続けるならば集成材への利用も可能であると関係者は予測しているが、現在はそこまで至っておらず、秋田杉を使用する新しい会社が設立されて、生産量を増やしている段階である。県内の集成材メーカーは主にロシアや北欧からの輸入材を使用している。

こういった間伐材利用が促進されたことにより、林地残材の量は着実に減ってきている。樹齢 60 ～ 80 年の林の間伐においても、良い部分は製材へ、それ以外は合板へまわすなど、木材の利用できる割合が増えた。

3-2 生産段階の廃棄物処理の現状

●生産段階からの廃棄物処理システムの現状

以下に、廃棄物の処理主体を示す。主に、チップ工場とその受け入れ先、バイオマス発電所、最終処分場である。

廃棄物は、その発生する量が多くなると、自社で処分することが多くなる。合板端材からチップを作り、パーティクルボードを製造する工場を敷地内に持っているように製品から発生する副産物を細かく砕いて別の製品の原料とする例は多い。その際、別の製品を製造する工場は主力の製品を製造する工場に近接しているほうがよい。これは、副産物をベルトコンベアーでそのまま輸送できるからである。北米では合板工場に配向性ボード（OSB）工場が併設されている例が多い。

[5. 再資源化－チップ工場]



木材チップ工場とは、工場残材、素材、解体材・廃材、林地残材を破砕機で細かく砕き、ふるいを通して大きさのそろった木片（チップ）を製造する工場をさす。

農林水産省の平成 16 年度チップ統計によると、平成 16 年 12 月 31 日現在の木材チップ工場数は 2,106 工場で、前年に比べ 4.3% 減少した。このうち、主に工場残材を原料とする製材工場との兼営工場が 9 割以上と大部分を占めている。

木材チップ用素材の入荷量は 376 万 1 千 m³ で、前年に比べ 0.4% 増加した。木材チップの生産量は 578 万 2 千 t であった。これを原材料別でみると工場残材が 219 万 8 千 t（木材チップ生産量に占める割合 38.0%）、素材（原木）が 213 万 9 千 t（同 37.0%）、解体材・廃材が 138 万 8 千 t（同 24.0%）、林地残材が 5 万 8 千 t（同 1.0%）であった。

素材に関しては国産材が 95% 以上を占めているが、広葉樹木材チップ資源の減少により針葉樹への素材転換が進められている。低価格な輸入チップも徐々に量が増えてきている。

チップの原料の種類に着目すると、広葉樹木材チップ資源の減少や拡大造林の終了、製材工場残材の減少から、原木・工場残材からのチップ生産量は傾向的に減少していくことは避けられない状況にあり、解体材・廃材が木材チップ供給の大きなウェイトを占めてくることが予想される。実際に、建設リサイクル法の施行により原料の中で解体材・廃材の占める割合が増えてきている。

製造されたチップは製紙、木質ボードの原料やバイオマス発電所の燃料、家畜の敷き藁などさまざまな用途に利用される。再資源化にまわる木材の中で、そのままりユースできるものは少なく、大部分が一度チップ化してから製紙やボード、燃料などにリサイクルされる。よって、チップ工場は再資源化のスタート地点といえる。

[5. 再資源化－チップ受け入れ先]

製紙工場



製紙工場とは、チップ工場で製造されたチップを力性ソーダで蒸解、漂白してパルプをつくり、そのパルプをすいて乾燥させ、紙を製造する工場をさす。

パルプの原料となる木材の消費量は、ここ十数年来大きな変化はないが、価格の安さや国内の木材産業の低迷により輸入材の割合が年々増加傾向にある。パルプ材は国産材・輸入材とも、製材残材や、他には使い道の少ない木材、人工林材などが中心である。


ボード工場



ボード工場とは、林地残材や工場残材、解体・廃棄材、チップ工場で製造されたチップを原料として、チップをさらに小片化あるいは繊維化し、乾燥・接着剤塗布・整形・熱圧・仕上げを行って木質ボードを製造する工場をさす。木質ボードは使用するチップの形状や製造工程により、パーティクルボード、ハードボード、MDF、インシュレーションボードなどに分けられる。

畜産農家

チップ工場で製造されたチップやさらに細かいおが粉を、家畜の敷き藁として利用している。最近では家畜の飼料として利用されることもある。

<p>[5. 再資源化ーバイオマス発電所]</p> 	<p>バイオマス発電所とは、林地残材や工場残材、解体・廃棄材、チップ工場で製造されたチップなどの木質系バイオマスのほか、家畜糞尿などの畜産系バイオマス、米糠、大豆、麦わらなどの農業系バイオマス、家庭ごみなどの廃棄物系バイオマスなど生物起源の物質を燃料として、発電を行う発電所を指す。バイオマスエネルギーは化石燃料にかわる新しいエネルギーとして期待されており、現在開発が進んでいる。</p> <p>(縮減＝中間処理減量)</p> <p>縮減とは、建設資材廃棄物の大きさ、体積を減少させる行為を指し、その方法には、焼却、脱水、圧縮、乾燥等（廃棄物処理法上の処分行為として処理基準に従った行為）がある。木材では、多くの場合焼却が行われ、ダイオキシン問題や温暖化問題が公になる以前は木材の廃棄物処理では主流であった。国土交通省の建設廃棄物の処理・処分フローの項目には、中間処理削減量として記載されている。</p>
<p>[6. 最終処分ー最終処分場]</p>	<p>再資源化できない廃棄物が埋め立てられる処分場を最終処分場と呼ぶ。廃棄物の種類により、一般廃棄物最終処分場と産業廃棄物最終処分場に分けられる。木材の場合は産業廃棄物最終処分場に埋め立てられるものが多い。</p> <p>2004年の全国の産業廃棄物総量は4億1200万tで、そのうち木材に由来する木くずの量は591万t、割合にして1.8%となっている。</p>

●生産段階から排出される木質建材の現状に関して

○業者・事業体別廃棄物の種類

木質廃棄物は、生木（原木、間伐材、枝打ち材、枝、根）、樹皮、端材、おが粉に大まかに分類できる。

<p>[1. 伐採ー林家]</p> <p>＝林地系バイオマス</p> <p>＝廃棄物<資></p>	<p>間伐・枝打ちなどの森林保育活動により発生する間伐材・枝打ち材</p> <p>主伐（伐採）したものの買い手のつかない原木</p> <p>素材生産（丸太生産）により発生する小径木、枝、根</p>
<p>[1. 伐採ー森林組合、その他の林業事業体]</p> <p>＝林地系バイオマス</p> <p>＝廃棄物<資></p>	<p>間伐・枝打ちなどの森林保育活動により発生する間伐材・枝打ち材</p> <p>主伐（伐採）したものの買い手のつかない原木</p> <p>素材生産（丸太生産）により発生する小径木、枝、根</p>
<p>[2. 製材加工ー製材工場]</p> <p>＝製材系バイオマス</p> <p>＝廃棄物<資></p>	<p>素材生産（丸太生産）により発生する小径木、枝、根</p> <p>皮剥ぎにより発生する樹皮</p> <p>大割・中割・小割により発生する端材</p> <p>表面仕上げにより発生するおが粉</p> <p>品質チェックに合格しなかった不良材</p>
<p>[2. 製材加工ー集成材工場]</p> <p>＝製材系バイオマス</p> <p>＝廃棄物<資></p>	<p>ラミナ乾燥時に乾燥われなどを起こし、使用できなくなった不良材</p> <p>ラミナのたて継ぎ、横割ぎにより発生する端材</p> <p>表面仕上げにより発生するおが粉</p> <p>品質チェックに合格しなかった不良材</p> <p>*ラミナ製造から行っている工場では製材工場で発生する廃棄物も同時に発生。</p>
<p>[2. 製材加工ー合板工場]</p> <p>＝製材系バイオマス</p> <p>＝廃棄物<資></p>	<p>丸太の皮剥ぎにより発生する樹皮</p> <p>単板の切削の際に残る芯</p> <p>合板のサイズ調整により発生する端材</p> <p>表面仕上げにより発生するおが粉</p> <p>品質チェックに合格しなかった不良材</p>
<p>[2. 製材加工ープレカット工場]</p> <p>＝製材系バイオマス</p> <p>＝廃棄物<資></p>	<p>製材乾燥時に乾燥われなどを起こし、使用できなくなった不良材</p> <p>寸法調整や継ぎ手・仕口の加工により発生する端材</p> <p>表面仕上げにより発生するおが粉</p> <p>品質チェックに合格しなかった不良材</p>
<p>[3. 流通ー原木市場、製品市場、卸売業者、小売業者]</p> <p>＝製材系バイオマス</p> <p>＝廃棄物<資></p>	<p>買い取り先のつかない丸太、製材</p>

[4. 使用—大工・工務店・地域ビルダー] ＝製建築系バイオマス ＝廃棄物く施>	現場加工の際発生する端材、おが粉
[5. 再資源化—チップ工場]	丸太の皮剥ぎにより発生する樹皮 木材を破砕する際発生するおが粉

○再資源化の種類

[5. 再資源化—カスケード・マテリアルリサイクル]

(製紙) <カスケード>	木質廃棄物を破砕して製造したチップを加熱して繊維を取り出し、洗浄してパルプを作る。液状のパルプをワイヤー製の網の上に広げ、ローラーをかけて水を搾り取る。さらに熱を加えて乾燥させ、表面に塗料を塗って紙がつくられる。パルプの原料となるチップは異物混入のない高品質なものでなくてはならない。
(木質ボード) <カスケード>	工場残材、林地残材、チップ、解体廃材から、様々な木質ボードが製造される。 <div> <div>パーティクルボード</div> <div>工場残材、林地残材、チップ、解体廃材をさらに切削・小片化して、乾燥、合成樹脂接着剤をスプレー塗布して成形、熱圧、調湿、仕上げを経てパーティクルボードが製造される。また、パーティクルボードの中でも大きなフレーク状の小片からなるものをウェーファーボード（WB）、繊維方向に細長い小片（ストランド）を一方に配向させたり、表層と内層でそれらを直交させたりしたものを配向性ボード（オリエンステッド・ストランドボード OSB）と呼んでいる。 パーティクルボードはその構成によって単層、3層、多層ボードに分けられる。このうち3層とは、表裏面層の小片が細かく、内層に比較的粗い小片で構成されたもの、多層とは表面から中心層に向かって微小小片から粗大片と連続的に構成されたものをさす。表面層をち密にし、内層を粗にすることは、全体の密度を低くして、なおかつ曲げ強さを大きくするため、さらには表面の平滑性により、後の表面二次加工を容易にする狙いがある。しかしウェーファーボードや OSB は表面性は考えず、建築構造用（下地用）として強度の増強を狙ったものである。パーティクルボードは現状ではリサイクルできないが、接着剤を溶かしてリサイクルする技術が開発されており、今後はその可逆性が変化する可能性がある。</div> </div> <div> <div>ファイバーボード</div> <div>ファイバーボードの製造方法には湿式法と乾式法の2種類がある。湿式法では、木材を多量の水とともに解繊し、調整したパルプ液に耐水性と強度付与のために、接着剤その他のサイズ剤を添加した後、繊維を水に分散させた状態で金網上に流して、脱水しながら成形する。そのマットをそのまま乾燥させたものをインシュレーションボード（IB）と呼ぶ。また、マットの乾燥時に圧力を加えるものを湿式ハードボード（S1S）と呼ぶ。後者の湿式熱圧法の場合は、熱と水分によって木材の固有の化学成分の接着性能を活かしてボードを製造することが特徴的である。乾式法では、解繊から成形まで空気を媒体とし、熱圧乾固の際も水分の少ない状態にあるため、木材固有の化学成分を繊維の結合に利用することができず、パーティクルボードと同様に、多量の接着剤を添加して成板が行われる。したがって熱圧の際、湿式法のような脱水のための金網を必要とせず、表裏平滑な乾式ハードボード（S2S）が得られる。この方式でつくられた中密度のボードを MDF と呼ぶ。なお、多量の水を使う湿式法は、大部分の水を再利用するにしても、汚水処理をしなければならず、処理に多額の経費を要するため、今後は乾式法のボードに変わって行くものと思われる。</div> </div>
(敷き藁) <カスケード>	製材工場、集成材工場、合板工場、プレカット工場、チップ工場などから排出されるおが粉を畜産農家で家畜の敷き藁として利用している。
(堆肥・飼料) <カスケード>	枝打ちによって発生する枝葉や樹皮、チップ工場で製造されたチップを炭素源として、微生物による空酸化により堆肥（バーク堆肥）・家畜の飼料を製造している。

(炭化) ＜カスケード＞	工場残材、林地残材、解体・廃棄材などを原料にして、空気を断って熱分解させれば20～30%ほどの重量収率（炭素収率としては40～60%）で炭化物が得られる。これがすなわち木炭であるが、解体材由来の防腐・殺菌用の有害物質（砒素、銅、クロムなど）が含まれており品質が悪く、また木炭燃料が高く売れる見通しも少ない。 そこで、木炭を木炭ボードなどに成形して、炭の吸着力を生かして調湿、脱臭、浄化材、壁材、土壌改良材などに用いることが多くなってきた。実際に木炭ボードを壁材として用いると、シックハウス症候群の原因になるホルムアルデヒドやトルエンなどの有害物質を低減する効果があることがわかっている。
(舗装材) ＜カスケード＞	チップ工場で製造されたチップを用いた舗装材が開発されている。これらの舗装材は、チップ特有の弾力性による歩行時の脚・腰への負担の軽減、透水性があるので水たまりがでにくい、木チップ表面には適度な凹凸があるので、滑りにくい、保温性に優れる などの特徴をもち、公園内遊歩道や歩道などに利用されている。
(マルチング材) ＜カスケード＞	チップ工場で製造されたチップを用いたマルチング材が開発されている。マルチング材は雑草防止材及び植物の生育を保護・促進する材料として、公園などで利用されている。
(緑化基盤材) ＜カスケード＞	工場残材、林地残材、間伐材、枝打ち材などを粉碎し堆積発酵させて作られる緑化基盤材が開発されている。緑化基盤材は有効微生物を繁殖させる土壌活性化に最も適した有機質肥料である。
(パレット) ＜カスケード＞	工場残材、林地残材、間伐材、枝打ち材などを用いた物流用パレット（物品を荷役、輸送、保管するために単位数量にとりまとめて載せる面をもつ台。上部構造物をもつものも含む。）
(家具・木工品・土木資材) ＜カスケード＞	工場残材、林地残材、間伐材、枝打ち材などを家具、桶たるなどの木工品、木製ダムなどの土木資材に加工する。
(猫砂) ＜カスケード＞	チップ工場で製造されたチップを混ぜた猫のトイレ用の砂が開発されている。チップの脱臭・抗菌作用が期待されている。
(高炉還元剤) ＜カスケード＞	チップ工場で製造されたチップを製鉄所の高炉に吹き込み、鉄鉱石の還元剤として利用する方法が提案されている。現在は高炉リサイクルシステムの確立に向けて実証実験を行っている段階である。
(コンクリートパネル) ＜カスケード＞	廃プラスチックにチップ工場で製造されたチップやおが粉を混入し、ボードを製造する技術が開発されている。このボードはコンクリート打設の際のコンクリートパネルとしての利用が期待されている。

また、解体材のマテリアルリサイクルとしては集成材の製造が挙げられる。

[5. 再資源化－サーマルリサイクル]

(直接燃焼・熱利用) ＜サーマル＞	暖房	木質系廃棄物を直接燃焼する方法でエネルギーを取り出すもの。ストーブのように直接暖をとるやり方だけでなく、お湯を沸かして給湯、排熱パネルによる輻射熱暖房、床暖房など、さまざまな方法がヨーロッパなどで普及している。 なお、伝統的な薪ストーブは、現在燃焼効率の良いストーブに置き換えられている。
	ペレット燃料	近年の循環型社会構築に向けた燃料として、ペレット（工場残材、林地残材、解体・廃材などを粉碎し圧縮固定した固形燃料）燃料が再び見直され始めている。ペレットは貯蔵や熱交換が容易で、小規模な燃焼システムに適していることから家庭での暖房にも容易に利用ができる。しかし、ペレットの普及のためには、低価格で性能の良いペレット用暖房器具の開発・普及とペレットの供給システムづくりが課題である。
	ボイラー燃料	製材・集成材・合板工場では、木材乾燥や暖房等として端材が木屑焚きボイラーで燃料利用されていることも多い。

(発電) ＜サーマル＞	<p>暖房のほか、燃焼して得た熱を蒸気タービンを回すなどして電気に変える発電も行われている。バイオマス発電として次のようなやり方がある。</p> <table border="1" data-bbox="244 141 1319 707"> <tr> <td data-bbox="244 141 427 210">直接燃焼（蒸気式タービン発電）</td><td data-bbox="435 141 1319 210">バイオマスだけを直接燃やして蒸気をつくり発電用のタービンを回す方式で、発電容量は比較的小さく、発電効率は、一般火力発電の 35% よりかなり低い 10 ～ 20% 台である。</td></tr> <tr> <td data-bbox="244 215 427 439">混合燃焼</td><td data-bbox="435 215 1319 439"> <p>既存の火力発電所で石炭といっしょにバイオマスを燃やすもので、アメリカで普及しており、大気中の硫黄酸化物排出量削減に飛躍の効果があることが注目されている。</p> <p>この方式は、規模が小さいと発電量当たりの投資コストが高くなるが、ほかの燃料と混焼して効率を改善することができ、バイオマスの集荷が安定しない初期の段階では現実的なやり方と考えられている。現在日本においても、中国の木材伐採禁止、石炭輸入開始による石炭価格の高騰をうけて、この方法が検討されている。</p> </td></tr> <tr> <td data-bbox="244 443 427 707">コージェネレーション</td><td data-bbox="435 443 1319 707"> <p>燃焼エネルギーを発電だけに使うと無駄が多くなるので、発電だけでなく余熱を地域暖房や乾燥などに利用するのがコージェネレーションである。発電方法の中ではエネルギーの無駄が少なく、一番注目される方法である。</p> <p>木質バイオマスを用いたコージェネレーションの典型は、製材等で発生する残廃材を利用してエネルギーを生産し、これでその工場が必要とする熱と電気をまかなう方法である。</p> <p>規模の大きい林産工場では比較的早くからこの方法が導入されており、中小の工場でも残廃材を木材乾燥の熱源として利用する例が増えてきている。</p> </td></tr> </table>	直接燃焼（蒸気式タービン発電）	バイオマスだけを直接燃やして蒸気をつくり発電用のタービンを回す方式で、発電容量は比較的小さく、発電効率は、一般火力発電の 35% よりかなり低い 10 ～ 20% 台である。	混合燃焼	<p>既存の火力発電所で石炭といっしょにバイオマスを燃やすもので、アメリカで普及しており、大気中の硫黄酸化物排出量削減に飛躍の効果があることが注目されている。</p> <p>この方式は、規模が小さいと発電量当たりの投資コストが高くなるが、ほかの燃料と混焼して効率を改善することができ、バイオマスの集荷が安定しない初期の段階では現実的なやり方と考えられている。現在日本においても、中国の木材伐採禁止、石炭輸入開始による石炭価格の高騰をうけて、この方法が検討されている。</p>	コージェネレーション	<p>燃焼エネルギーを発電だけに使うと無駄が多くなるので、発電だけでなく余熱を地域暖房や乾燥などに利用するのがコージェネレーションである。発電方法の中ではエネルギーの無駄が少なく、一番注目される方法である。</p> <p>木質バイオマスを用いたコージェネレーションの典型は、製材等で発生する残廃材を利用してエネルギーを生産し、これでその工場が必要とする熱と電気をまかなう方法である。</p> <p>規模の大きい林産工場では比較的早くからこの方法が導入されており、中小の工場でも残廃材を木材乾燥の熱源として利用する例が増えてきている。</p>
直接燃焼（蒸気式タービン発電）	バイオマスだけを直接燃やして蒸気をつくり発電用のタービンを回す方式で、発電容量は比較的小さく、発電効率は、一般火力発電の 35% よりかなり低い 10 ～ 20% 台である。						
混合燃焼	<p>既存の火力発電所で石炭といっしょにバイオマスを燃やすもので、アメリカで普及しており、大気中の硫黄酸化物排出量削減に飛躍の効果があることが注目されている。</p> <p>この方式は、規模が小さいと発電量当たりの投資コストが高くなるが、ほかの燃料と混焼して効率を改善することができ、バイオマスの集荷が安定しない初期の段階では現実的なやり方と考えられている。現在日本においても、中国の木材伐採禁止、石炭輸入開始による石炭価格の高騰をうけて、この方法が検討されている。</p>						
コージェネレーション	<p>燃焼エネルギーを発電だけに使うと無駄が多くなるので、発電だけでなく余熱を地域暖房や乾燥などに利用するのがコージェネレーションである。発電方法の中ではエネルギーの無駄が少なく、一番注目される方法である。</p> <p>木質バイオマスを用いたコージェネレーションの典型は、製材等で発生する残廃材を利用してエネルギーを生産し、これでその工場が必要とする熱と電気をまかなう方法である。</p> <p>規模の大きい林産工場では比較的早くからこの方法が導入されており、中小の工場でも残廃材を木材乾燥の熱源として利用する例が増えてきている。</p>						
(ガス化・発電) ＜サーマル＞	<p>近年、新しい発電の方法として注目されている方法に、バイオマス資源をガス化する方法がある。バイオマスを蒸し焼きにするなどの熱化学処理を行うとガス（水素、一酸化炭素、メタンの混合ガス）が発生する。このガスを利用した発電方法として以下に挙げるものが開発されている。</p> <table border="1" data-bbox="244 831 1319 1050"> <tr> <td data-bbox="244 831 427 943">ガスエンジン発電</td><td data-bbox="435 831 1319 943">材料を加熱してガス化し、生成したガスを一部はガス化の熱源として、残りはさらに加熱して改質した後、廃熱回収し、ガスエンジンに送り発電する。ガスエンジンは、小規模分散型発電に適し、発電効率が低い。</td></tr> <tr> <td data-bbox="244 947 427 1050">ガスタービン発電</td><td data-bbox="435 947 1319 1050">材料を加熱してガス化し、生成したガスを燃焼器、圧縮機で高温高圧状態にした後、ガスタービンに送り発電する。ガスタービンは、発電効率は良いが、小規模分散型発電ではガスエンジンの方が適している。</td></tr> </table>	ガスエンジン発電	材料を加熱してガス化し、生成したガスを一部はガス化の熱源として、残りはさらに加熱して改質した後、廃熱回収し、ガスエンジンに送り発電する。ガスエンジンは、小規模分散型発電に適し、発電効率が低い。	ガスタービン発電	材料を加熱してガス化し、生成したガスを燃焼器、圧縮機で高温高圧状態にした後、ガスタービンに送り発電する。ガスタービンは、発電効率は良いが、小規模分散型発電ではガスエンジンの方が適している。		
ガスエンジン発電	材料を加熱してガス化し、生成したガスを一部はガス化の熱源として、残りはさらに加熱して改質した後、廃熱回収し、ガスエンジンに送り発電する。ガスエンジンは、小規模分散型発電に適し、発電効率が低い。						
ガスタービン発電	材料を加熱してガス化し、生成したガスを燃焼器、圧縮機で高温高圧状態にした後、ガスタービンに送り発電する。ガスタービンは、発電効率は良いが、小規模分散型発電ではガスエンジンの方が適している。						
(液体燃料化) ＜サーマル＞	<p>ガス化と同じく注目されている方法で、バイオマスを熱分解し、液体燃料をつくる方法である。</p> <p>液体燃料には、エタノールとバイオディーゼルがある。</p> <table border="1" data-bbox="244 1128 1319 1617"> <tr> <td data-bbox="244 1128 427 1240">エタノール製造</td><td data-bbox="435 1128 1319 1240">エタノールはアルコールであり、ビール醸造に似た行程で製造される。エタノールをガソリンに混合して車の燃料に使うと、一酸化炭素やその他の空気汚染物質などの排気をおさえることができるという環境上の利点が注目されている。</td></tr> <tr> <td data-bbox="244 1245 427 1391">バイオディーゼル</td><td data-bbox="435 1245 1319 1391">バイオディーゼルもエタノール同様、きわめてきれいな燃料で、軽油に比べ汚染物質がすくないため、軽油に混合してディーゼル車の排気問題対策に使うという現実策からとられている。バイオディーゼルは、エステル的一种で、ほとんどの植物油、動物油（使用済みのリサイクル）からも作ることができる。</td></tr> <tr> <td data-bbox="244 1395 427 1617">メタノール</td><td data-bbox="435 1395 1319 1617">メタノールはバイオマスを微粉碎してガス化炉に供給し、部分燃焼させてガス化剤中に浮遊させた状態でガス化し、次にガス精製、ガス組成が調整されてメタノールが合成される。現在、長崎総合科学大学で実証研究が行われている段階である。保存したり運んだりする場合、とても便利であり、車、トラック、飛行機、機関車などの燃料に使うことができ、このバイオマス液体燃料は、ガソリン、軽油に比べ、有害な排気ガスが出ないという利点がある。</td></tr> </table>	エタノール製造	エタノールはアルコールであり、ビール醸造に似た行程で製造される。エタノールをガソリンに混合して車の燃料に使うと、一酸化炭素やその他の空気汚染物質などの排気をおさえることができるという環境上の利点が注目されている。	バイオディーゼル	バイオディーゼルもエタノール同様、きわめてきれいな燃料で、軽油に比べ汚染物質がすくないため、軽油に混合してディーゼル車の排気問題対策に使うという現実策からとられている。バイオディーゼルは、エステル的一种で、ほとんどの植物油、動物油（使用済みのリサイクル）からも作ることができる。	メタノール	メタノールはバイオマスを微粉碎してガス化炉に供給し、部分燃焼させてガス化剤中に浮遊させた状態でガス化し、次にガス精製、ガス組成が調整されてメタノールが合成される。現在、長崎総合科学大学で実証研究が行われている段階である。保存したり運んだりする場合、とても便利であり、車、トラック、飛行機、機関車などの燃料に使うことができ、このバイオマス液体燃料は、ガソリン、軽油に比べ、有害な排気ガスが出ないという利点がある。
エタノール製造	エタノールはアルコールであり、ビール醸造に似た行程で製造される。エタノールをガソリンに混合して車の燃料に使うと、一酸化炭素やその他の空気汚染物質などの排気をおさえることができるという環境上の利点が注目されている。						
バイオディーゼル	バイオディーゼルもエタノール同様、きわめてきれいな燃料で、軽油に比べ汚染物質がすくないため、軽油に混合してディーゼル車の排気問題対策に使うという現実策からとられている。バイオディーゼルは、エステル的一种で、ほとんどの植物油、動物油（使用済みのリサイクル）からも作ることができる。						
メタノール	メタノールはバイオマスを微粉碎してガス化炉に供給し、部分燃焼させてガス化剤中に浮遊させた状態でガス化し、次にガス精製、ガス組成が調整されてメタノールが合成される。現在、長崎総合科学大学で実証研究が行われている段階である。保存したり運んだりする場合、とても便利であり、車、トラック、飛行機、機関車などの燃料に使うことができ、このバイオマス液体燃料は、ガソリン、軽油に比べ、有害な排気ガスが出ないという利点がある。						

3-3 解体材からの廃棄物の処理状況

●一般的な木質材料の廃棄物処理

廃棄物〈解〉には、ヒアリングにより以下のような問題点が存在することが分かった。

- ・樹種、強度のばらつきがある
- ・量の確保が難しい
- ・釘などの異物混入がある
- ・薬剤処理や、表面塗装など、異物付着がある

その処理法に関しては、現在、廃棄物〈資〉の中でも製材系バイオマスでの処理法方と同じ技術を利用することが一般的であり、3-2 で述べたような再資源化の方法が行われている。以下に、その中でも最も一般的なチップ化の、廃棄物〈解〉に対する現状を述べる。

・チップ化

木材のチップには、A チップ（柱・梁など大断面の材料からつくられ、紙・ダンボールなどの原料として利用される。）・B チップ（パレット・解体材からつくられ、パーティクルボード用に利用される）・C チップがある（冊子「建設リサイクル読本ー建設発生木材ー」参照）。

チップ区分	チップ原料	備考	チップの主な用途
A チップ (切削、破砕)	柱、梁等断面積の大きなもの、無垢木（幹材）	CCA 含有物、合板、ベンキ付着物、金属等の異物を含まないこと	製紙原料、エタノール原料、炭
B チップ (破砕)	主にパレット、梱包材、解体材で比較的小断面積のあるもの、無垢材（枝材）	同上	製紙原料、繊維板（MDF ボード他）、パーティクルボード、エタノール原料、炭、マルチング材、敷料、コンポスト
C チップ (破砕)	B チップと同等および合板等	CCA 含有物、ベンキ付着物、金属等の異物を含まないこと	パーティクルボード、燃料、敷料、セメント材料、エタノール原料
D チップ (破砕)	型枠等上記以外の木くず。ベンキの付着した木くず（襖、障子等を含む。プラスチック加工木は除く）	CCA 含有物、金属等の異物を含まないこと、水分を多く含んだ物は除く	燃料、高炉還元剤、セメント材料
ダスト	チップ製造の際の副産物	有害物質、金属を含まないこと	敷料、炭

建設発生木材の品質のレベルとして、まだ国の基準としては認められていないが、建設副産物リサイクル広報推進会議木材勉強会において、A,B,C,D の 4 種類と「ダスト」の計 5 種類の分類を提案している。現状では、チップ化工場においては、P チップ、S チップの 2 種類であり、解体材由来の木質チップが、程度によってどのように使用できるかを明確にする試みであると言える。

チップ区分	チップ原料	チップの主な用途
P チップ	古材、特に建築解体材の中でも柱、梁など比較的断面の大きい木材から切削加工により製造された上質なチップの総称	主として製紙用に用いられる
S チップ	S・1チップ	製紙用
	S・2チップ	木質ボード用
	S・2チップ	燃料用

なお、CCA(防腐)処理木材は分離・分別して処理することになっている（パンフレット「建築物の解体等に伴う有害物質等の適切な取り扱い」P.16 参照）が、実際には難しく、徹底されていないのが現状であり、ヒアリングよりも明らかになった。

●流域別のバイオマス発電所に関して

バイオマス発電所は、米代川流域、雄物川流域のそれぞれに1箇所ずつ設置されており、それぞれ組合が主体、合板製造業者が主体と、その主体に違いがある。受け入れている資材にも多少の違いがあるが、このシステムの受け入れるバイオマス資源の量の多さ、質の幅広さにより、その地域に存在していた前述の〈カスケード〉システムや、燃料用ボイラーの熱源として使用していた〈サーマル〉システム（統計上は、再資源化ではなく縮減処理として扱われる）に、変化が起こっている。この変化がどういったものであるかを中心に調査を行った。

企業名	秋田ブライウッド（株）	能代森林資源利用（協）
所在地	秋田市	能代市
業種	合板	ボード
原料バイオマス	工場廃材、家屋解体材、間伐材	工場廃材、家屋解体材、間伐材
家屋解体材 3000 ～ 4000¥/t	家屋解体材購入費未定	
特徴	燃料構成 70：15：15	燃料用 53,160t/y 原料用 1,200 t / y
エネルギー回収方法	蒸気タービン	蒸気タービン
蒸気量	60t/h	(24t/h)
補助燃料	無	無
発電出力	4,500kW	(3,000kW)
発電機数	4,500kW	(3,000kW)
設置時期	1989 年	(2003 年)
稼働時間 / 日	24 時間	(24 時間)
エネルギー（電気）使用状況	使用電力量の 78% (210 万 kW/ 月)	使用電力量の 70%を賄う予定
エネルギー（熱）使用状況	需要の 100%（樹皮剥離、木質剥ぎ等）	需要の 100%の予定（ホットプレス、乾燥等）
エネルギー効率	総合効率 :75%（総合効率 :85%）	（発電効率 :15%）
バイオマス投入量	300m3/d	

●雄物川流域

調査対象：F 合板工場

□ F 合板工場

・業務内容

原料の構成比は、輸入材（北欧材、ロシア材）：国産材（スギ、マツ）：ニュージーランド材＝6：3：1。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。これらの原料から合板を生産している。

また、バイオマス発電所を併設しており、全工場の必要電力の 80%をバイオマス発電でまかなっている。バイオマス発電の燃料のチップも自社で製造しており、原料は合板の端材および解体材である。余ったチップはボード工場や製紙工場に販売される。【製材加工（合板）、再資源化】

・発生する廃棄物の種類と再資源化方法

業種	発生する廃棄物	再資源化方法
製材加工（一般製材）	皮剥ぎにより発生する樹皮	バイオマス発電所で燃料として処理
	剥きはじめに発生する単板くず	
	剥き終りに残る剥き芯	
	サイズ調整の際発生する合板端材	
業種	再資源化原料	再資源化方法
再資源化（バイオマス発電所）	工場で発生する樹皮、単板くず、剥き芯、合板端材および解体材	発電燃料とし、合板工場内の電力として使用、バイオマス工場内破砕機・乾燥機の電力として利用、東北電力に販売
		電力とともに発生する蒸気は合板工場内の丸太を蒸す工程、乾燥工程、ホットプレス工程に利用

グループ会社が解体材の引き取りが可能な免許を持っており、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。営業活動も行っており、解体材受け入れを宣伝している。受け入れを始めた時は、新聞に広告を出したこともある。

●米代川流域

調査対象：J ボード工場：K バイオマス発電所：K 収集運搬業者

□ J ボード工場

・業務内容

能代地区の製材残材、林地残材から製造されるチップ、関東で製造される解体材由来チップ、県内、近県で製造される解体材由来チップを5:4:1の割合で原料としている。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(パーク)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。製造品目はインシュレーションボードとハードボードの2種類。

また、バイオマス発電所に隣接しているため、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Jボード工場が購入し、粉碎して、インシュレーションボードの原料として利用している。逆にJボード工場が出る、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っている。【再資源化】



左：堆積するチップ 右：隣接するバイオマス発電所との境界線。多数の解体材。

・発生する廃棄物 / 製品の種類と再資源化方法

再資源化されて製品となるものと、さらに下位の再資源化の原料となる廃棄物が同時に発生している点が特徴的である。

業種	再資源化原料	再資源化方法
再資源化	チップ業者から購入したチップ	インシュレーションボード及びハードボード製造
	隣接するバイオマス発電所から持ち込まれる樹皮	インシュレーションボード製造
	発生する廃棄物	再資源化方法
	ボード原料とできない細かいおが粉	自社ボイラーの燃料として利用
	乾燥後のボード端材	隣接するバイオマス発電所に燃料として処分費を払って引き取ってもらう

□ K バイオマス発電所

・業務内容

スギ樹皮、チップ化された製材端材、林地残材、間伐材、枝打ち材、工場残材などを引き取り、破碎・乾燥し、バイオマス発電を行う。発電能力は3000KW / 時で同時に24t / 時の蒸気を製造する。発電した電力、蒸気は破碎・乾燥施設に送られる他、隣接するボード工場にも送られる。さらに余った電力は東北電力に販売、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。【再資源化】



左2：発電所外観 右：受け入れ金額

・発生する廃棄物／製品の種類と再資源化方法

再資源化されてエネルギーとなるものと、再資源化不可能で最終処分にまわる廃棄物が同時に発生している点が特徴的である。

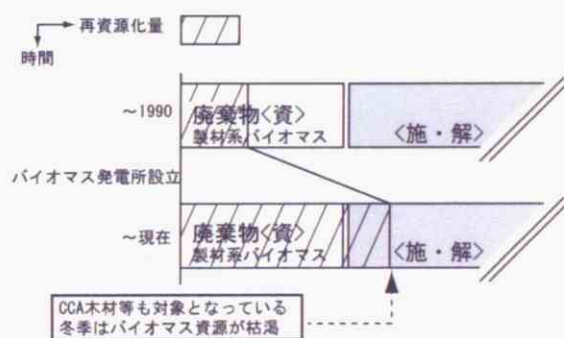
業種	再資源化原料	再資源化方法
再資源化	周辺の素材生産業者、製材加工工場、チップ工場などから持ち込まれる端材、チップ、樹皮	発電し、バイオマス工場内破砕機・乾燥機の電力として利用、隣接するボード工場内の電力として使用、東北電力に販売
		電力とともに発生する蒸気は、タービン発電機の動力として利用、隣接するボード工場のボード熱圧、乾燥に利用
	発生する廃棄物	再資源化方法
	焼却灰・残渣・燃料として不適切なもの	最終処分場に埋め立て

バイオマス発電所ができる前はチップ化できない端材等はほぼ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バイオマス発電所が導入された。

バイオマス発電所は組合員のための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が高くなっているし、建設廃材は表向き受け入れていないことになっている。(目的外利用とみなされるため)

バイオマス発電所は建築用廃材も処理できる性能を有しているが、林野庁指導により現在は建築用廃材を受け入れていない。ダイオキシンなどの処理にも対応できる。

建築用廃材は産業廃棄物として処分されている。昔は、山形からも秋木ボードに建設廃材を入れていた。



バイオマス発電所の再資源化実態の変化

□ K 収集運搬業者

・業務内容

一般廃棄物の中でも事業系一般廃棄物を多く取り扱っており、一般廃棄物：産業廃棄物＝9：1。収集業であるため、特に再資源化は行っていない。ペットボトルや空き缶の分別、プレスは行っている。秋田県、秋田市の許可証は持っている。範囲としては片道1時間が限界。それ以上となると採算性が合わない。

・最終処分にまわる木質廃棄物について

一般廃棄物の5%（簞笥、カラーBOX、家具等）、産業廃棄物の20%が木質系廃棄物である。処理方法としては全てバイオマス発電所に処分してもらっている。

解体の際に出る木質系廃棄物は、まず解体前に家具等の一般廃棄物を搬出することから始まる。その後解体業者による解体により産業廃棄物が排出されるが、場合によっては分別や解体そのもののために人材を派遣することもある。

マテリアルリサイクルの場合、不純物除去の手間がかかるが、サーマルリサイクルの場合は手間もかからず、またバイオマス発電所も近くにあるので都合がよい。また、一般廃棄物は1kgあたりで処理費が決まるのに対し、バイオマス発電所はトラック1台あたりで処理費が決まるので処理費が安い。昔はミンチにして、殆ど埋め立てていた。ペレットにする方法もあるが、作っても売り先が無いため、あまり行われない。最近では、ガソリンに3%まで混ぜられるということもあり、エタノールを抽出する方法がとられる事もある。

バイオマス発電所で廃棄物を燃やした後に出る灰は、産業廃棄物として処分される。木材高度利用研究所で調査をした結果、有害物質の濃度は基準値を下回っているが、全く入っていないというわけではない。こういった灰を再利用するためには、もう一度焼却するなどして、有害物質をゼロにする必要がある。

・バイオマス発電所の影響について

バイオマス発電所ができる前は、木くず焚きボイラー燃料や焼却処分（焼却処分は法律では禁止されていた）、秋田市の埋め立て処分場で処理していたが、ダイオキシン問題により基準を満たさない焼却炉の使用が禁止され、バイオマス発電所ができた。

バイオマス発電所ができてから製材所からの樹皮、おがくずの運搬がなくなった。樹皮はバイオマス発電所に、おがくずはさきのこ農家や畜産農家に販売されている。

農林省の事業であるため、森林資源に対する対策として設置された施設である。特に、昔は木っ端葺き屋根に用いられていたが今は用途のない樹皮がその対象である。耐火規制により大量の樹皮が排出され、畑の下に埋めたが、何年たっても腐らずに、土を掘ったらそのままの状態が出てきたこともある。

そういった背景から、解体時に発生する木材の受け入れは公には行われていない。しかし実際は受け入れを行っており、CCA処理された木材ですら投入されているのが現状である。

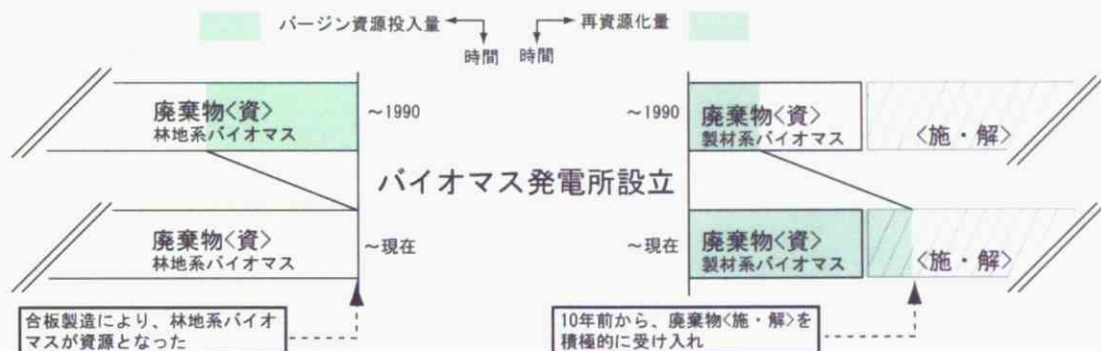
3-4 秋田県における木の資源循環システムの実態

3-1において、秋田の木材産業や林業の様子を整理した。秋田県においては、製材を主としていた秋田県において、集成材や、合板製造が近年は伸びている。

3-3 では、近年動いている再資源化への動きを整理した。

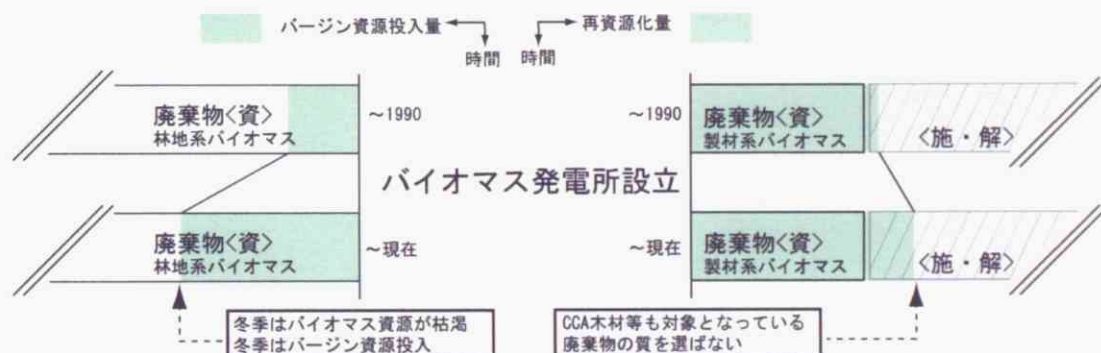
林地残材は、現状では廃棄物として扱われるが、その形態から輸送賃と価格が釣り合えば、バージン資材となり得る資材である。その点に着目すると、能代のバイオマス発電は、全く違った性質を有しているといえる。

雄物川流域に位置するバイオマス発電所は、以前消費していたバージン資源を、技術革新の後、合板製造へ使用することにより製品として活用している。



雄物川流域のバイオマス発電所の再資源化の実態

対して米代川流域に位置するバイオマス発電所は、バイオマス発電として活用するために、冬季のバイオマス資源枯渇を防ぐためにバイオマス資源を投入している。



米代川流域のバイオマス発電所の再資源化の実態

このように、同じ再資源化技術を使用する場合も、その地域で確保できるある一定の質の廃棄物の量を確保できないと、資源循環システムが資源を消費するシステムとなる可能性を持っている。これは、〈サーマル〉システムの問題点として、今後認識していく必要がある。

4

資源循環システム事例調査 b

愛知県における瓦

4 章 資源循環システム事例調査 b 愛知県における瓦

本章では、「三州瓦」の産地である、愛知県高浜市周辺の資源循環システムの実態を調査する。

現在、瓦の含まれる「ガラス陶磁器くず」に関する、建設廃棄物の再資源化率を示す統計データは存在しないが、首都圏の産業廃棄物の統計では再資源化率 47% となっている※。

※ H10 農林水産省資料

4-1 愛知県瓦産業の現状（新規資材供給の現状）

●一般的な瓦産業に関して

・本論分で対象とする「瓦」

現在、瓦と呼ばれる物は多様な素材、多様な形態のものが存在する。素材毎には、粘土瓦、セメント瓦、銅瓦、金属瓦、石瓦、プラスチック瓦などがあるが、本研究では基本的に原材料に土を使用する粘土瓦を対象とする。現在、粘土瓦は屋根材の中で50%を超えるシェアを占めている※。

※平成11年分。出荷量（㎡）ベース。平成12年末調べ。

注）日本屋根経済新聞調べ。基礎資料は工業統計、各団体、各企業データによる。

粘土瓦	56.1%
化粧スレート・コンクリート瓦	27.0%
金属系・その他	15.2%
厚形スレート	1.7%

粘土瓦の形態別に分類すると、以下の表ようになる。

型	形	大きさ	焼成法	色
本葺き型	平瓦	一寸物	いぶし瓦	いぶし瓦は銀色
	丸瓦	九寸尺 など	塩焼瓦 釉薬瓦	塩焼瓦は赤褐色
日本型（J型）	棧瓦	49形 53A、B 60形 など	無釉瓦	釉薬瓦は黒色、赤色、 銀黒色、青緑色など
S型、F型	棧瓦	1種類	塩焼瓦 釉薬瓦 無釉瓦	

一時期、新生屋根材のシェアがアップし、屋根材における瓦のシェアが50%をきるまで下がった時期もあったが、現在はハウスメーカーが平板瓦を使用するようになり、需要が急速に伸びてきた。需要は、住宅着工数と連動しているが、少子化等の影響もあり、最近では住宅着工数が低下傾向にあり、屋根材の市場自体は小さくなっている。特に、木造住宅の減少で和型瓦の出荷量が低下している。F型は平成になってから急速に伸びてきた平板瓦であり、それまでの主流であった本瓦、棧瓦と比べて洋風化、大形化、はめ込み形化しており、ハウスメーカーが、施工の容易性、洋風化傾向の消費者ニーズにマッチしている、などの理由により採用した。H5(1993年)には3%のシェアだったが、H10(1998年)には32%、H16(2004年)には44%を占めるに至っている。

瓦の種類別生産比率の推移(%)（愛陶工）

	2001年	2002年	2003年	2004年
和形（J型）	47.3	46.8	43.1	39.4
S形	3.1	3.2	3.4	3.8
いぶし	13.0	12.6	12.9	12.5
平板	36.4	37.1	40.6	44.2
その他	0.2	0.4	0.1	0.1

粘土瓦の輸出入

輸入：約3億円(0.3%)（フランス、スペイン、イタリア）

輸出：約10億円(1%) 93年頃は約20億円の輸出があった。（台湾）

財務省貿易統計（2004年1～12月）

輸入量：8,824トン（前年比13%減枚数換算：290万枚）

輸入金額：3億2千万円（前年比18%減）

輸出量：57,295トン（前年比23%増、枚数換算：1,900万枚国内生産量の2%）

輸出金額：14億8千万円（スペイン、フランス、イタリア）

・瓦瓦の歴史、産地が形成される過程

瓦の歴史は古く、世界的に現存する最古の瓦は中国陝西省西安の近郊で発掘された約 2800 年前のものである。学説としてはその起源をめぐり、メソポタミア説、インド説、中国説などが存在し、それぞれ約 4000 年～ 5000 年前を起源としている。

日本においては、飛鳥時代に寺院建築に必要な技術指導者として木工、金工、画工などと共に瓦工が渡来し、この時期寺院が集中している大和を中心に、主に近畿地方において寺院建築と共に普及していった。この時期は、釉薬瓦（陶器瓦）である。

平安時代になると瓦の需要が一度少なくなるが、桃山時代、戦国の武将たちが城の建設に瓦を使用するようになり、その需要を回復する。また、その一時代前である室町時代には現在の和瓦、本葺型などと呼ばれる本瓦葺の瓦が開発されており、桃山時代のいぶし瓦の製法の発見と共に、現代まで利用される瓦技術が開発された時期でもある。

江戸時代には、盛んであった築城が衰える変わりに、経済的に豊かになりはじめた庶民階級がステータスとして瓦を使用するようになる。この後、火災対策としての「火除瓦」、瓦葺の禁止令、禁止令の解除など瓦を取り巻く環境は変化するが、やはり高価であったため急速に普及したわけではない。しかし、この時期、高価な本瓦葺の瓦に変わり開発されたのが、棧瓦であり、本瓦の平瓦と丸瓦を一枚で代用できるようになっている。

専門の瓦製造業者は需要の多い京都、奈良地方などでは古くから存在していたが、需要が少ない農家では寺院建築の際に兼業農家が注文に応じて製造していた。また、この時期は瓦製造業者とは原料の採取、白地の製作、焼成、施工までを含んでおり、現在のような分業化された仕組みとは異なっている。

大正時代には、それまで黒色と赤色のみであった瓦の色に、塩焼き瓦の赤褐色と、釉薬瓦の緑色と青緑色が加わり、いぶし瓦の銀色もこの時代に鮮やかになっていった。また同時に、機械による大量生産方式が普及し始めた。しかし、昭和 12 年に始まった日中戦争を初めとして、戦争の拡大により兵役や徴用による人手不足、燃料や輸送の統制により瓦産業は壊滅的な打撃をうける。

その後、昭和 20 年の敗戦と共に戦災復興が各地で始まり、この頃瓦製造が再開され、作れば売れる時代が続くこととなり、技術革新、量産化が進められる事となる。昭和 22 年には福井県の北陸窯業にてトンネル窯が築窯され、昭和 26 年には愛知県三河地方でも採用され、釉薬瓦が製造されていった。それまでは「だるま窯」、「ガス窯」など、焼き始め、焼き終わりに製品の出し入れが必要な「単窯」であったものが、連続して焼き続ける「連続窯」となったことにより、性能の安定、大量生産、コストダウンが可能となった。現在ではいぶし瓦もトンネル窯における製造が可能になっているが、その性質上一度密閉することが必要ないぶし瓦は、長い間連続窯を用いる事ができずに単窯で製造されていたため、量産化が遅れていた。

このような量産化の歴史の中で、大工場での大量生産に耐える投資が可能であり、需要も確保できる産地以外では瓦産業が衰退していった。また、大量生産を行う産地では大量に売りさばく必要もあったため、価格競争がおこり、さらに多くの産地がつぶれていった。現在では、三州、淡路、石州、菊間や、北関東にわずかに残っている程度である。こういった産地は、過去、海運の発達した地域に集中しており、淡路などは重要地域である京都、大阪に近かったことも関係している。現在の瓦工場の北限は、岩手県遠野周辺の岩手瓦や、山形県庄内地方の庄内瓦などがあり、南は沖縄県の沖縄瓦（赤瓦）がある。

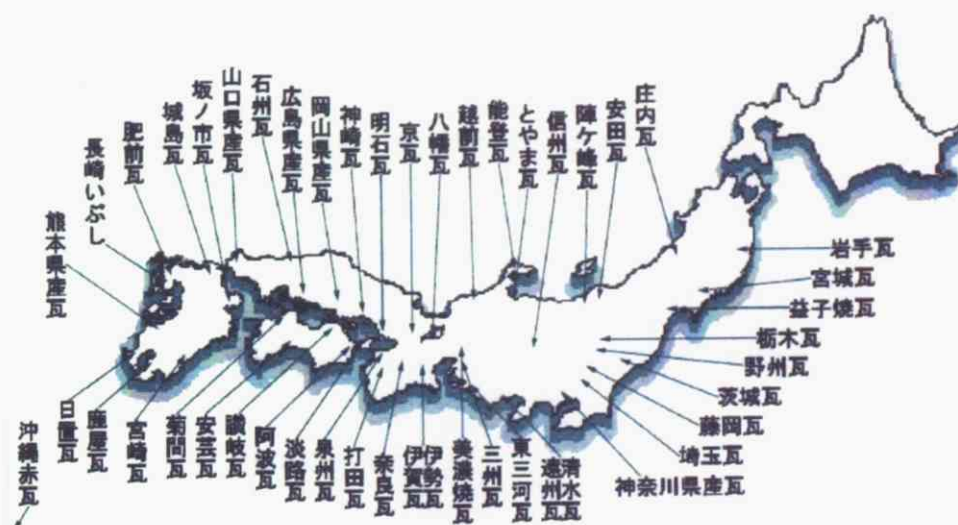
大量生産・大量消費を目指す産地では、その発展の過程として、規格品を作る必要があった。それまでの瓦は、寸法・形・窯の種類・色・耐寒性能など、バラバラな性能を持っていた。しかし、大量に流通させるためには規格化された瓦を用いてユーザーの信頼を得る必要性があり、安定した品質・価格・量と、特に安定した寸法で流通させる必要があった。

現在粘土瓦のシェアの 50% 以上を占める三州においては、特にその動きが活発であり、JIS 規格に 53A 板を登録し、三州の産地全体で規格を統一するような運動も起こった。また同時に窯元の 2 男・3 男が東京に出て問屋を作り、拠点を確保するなど、流通面での運動も活発であり、シェアを伸ばしていった。石州や、淡路も同じように JIS に登録されている規格を生産しており、大きな産地においては規格品を製造することが多くなっている。

産地によっていぶし瓦が主流な場合は、耐寒性能が低いと流通の範囲が限られる、技術的に大量生産が難しかった、などの理由により、産地としてシェアを獲得するのが遅れている場合もある。

また、トンネル窯の出現など技術の高度化、設備の大型化、高額化により、投資額、リスクの分散のため分業化が進んだ。それにより、土掘り、釉薬製造、機械製造など様々な業種が生まれ、それらが産地周辺に集中し、現在のような大産地

を形成するに至った。一般的に現在、瓦産業と呼ばれる産業は、原材料の土、もしくはそれを加工した白地と、釉薬を仕入れて、焼成・組立・加工する産業である。



全国の瓦の生産地一覧

・瓦を取り巻く現在の環境

日本においては木質構造のシェアが高く、それに伴い屋根材の中では瓦葺き屋根のシェアが高い。海外では伝統的に他の屋根建材を使用する場合や、新建材を使用する場合が多く、日本における現状とは異なる。しかし、中国や台湾では、瓦葺き屋根、木質構造の住宅のステータスが高いため、瓦に対する需要は存在し、現在三州で製造された瓦のうち、日本国内では流通できないB級品が名古屋港から台湾に向けて輸出されている。

近年はプレファブメーカーの使用により、フラットな瓦の使用が多いが、製造技術の面からするとフラットな物が最も難しい。焼き縮みの際に反りが出るが、棧瓦のような和瓦ならば元から反っているため問題がない場合が多いが、平瓦の場合は施工時の修正も効かないため、不良品率が上がる。金型プレスの際にも不良品が出る場合が多い。三州においては、それまでの生産段階での不良率3%から、5%にまで上がった。また、昔は屋根の上で瓦を切断し加工していたが、ハウスメーカーなどでは、工場で図面どおりの施工を済ませた物を要求するため、生産段階で発生する端材は増える事となる。

また、ハウスメーカーと取引する場合、仕事量は多くこなせるが、単価が非常に安くなるため売り上げは減っていく。現在の日本住宅市場がプレファブを中心としたハウスメーカー中心にシフトしてきているため、現在の瓦メーカーは安売りをする傾向にある。

・瓦産業の抱える問題に関して

価格の低さ	瓦の価格は非常に低い。過去、日本においては瓦は高級品であり、一種のステータスを持っていたが、現在は価格競争によりその価格は下落している。一般的な取引では、瓦は3万円/㎡で取引される。他の陶磁器では、例として茶碗が100万円/個、タイルが10万円/㎡で取引される。
型の保存	瓦は、その種類を替えるために、開発費の他に、約瓦まで含めた型の開発、管理、保存が必要となる。改修に使用する事を考慮に入れると、10年程度の期間の保存が必要となる。また、一つの製品を保存するためには通常の棧瓦の他に袖瓦等、数種類の型を保存しなければならない。「一般的な家屋では約瓦が屋根面積に占める割合はJ型で40%、F型で20%である」と言われている。「昔、タイル業界も様々な種類のタイルを売り出ししていた際、その管理保存に維持費がかかり、その後衰退していった」という現場の人間の危機感もあるが、現状としては解決策は存在しないといえる。
形態の変化	J型は、曲線により構成されていたため、施工技術があれば多少のゆがみがあっても問題はなかったが、F型は、現在の建築資材と同じように厳格に扱われ、寸法がずれると葺きにくいなどの問題がある。そのため、生産段階で不良品として扱われる率も3%→5%とあがる。JISは和瓦のみが対象となっており、その寸法や強度、吸水などについて規定されている。現在、F型など洋瓦に関しては、物質性能に関わる強度、吸水などの規定はあるが、寸法の規格は存在しない。
釉薬の使用	釉薬は、主に金属類を含んでおり、焼成段階におけるその色の変化により、瓦の色は決定される。再資源化の際には、その使用が大きな問題となり、特に鉛の使用に関しては、生産段階での作業員に与える影響も大きいと考えられるため、使用が控えられている。産地それぞれに、その地方で採取される資源を利用した釉薬が存在したが、分業化が進み釉薬を専門に取り扱業者が生まれた現在では、多くの釉薬を輸入して使用している。日本は鉱物資源が少ない、人件費が高い、などの理由があげられる。

●愛知県の瓦生産の現状

・愛知県三州瓦の特徴

愛知県刈谷市、高浜市、碧南市、半田市などを中心に展開する全国最大の産地であり、生産される瓦は三州瓦として流通している。釉薬瓦、いぶし瓦、無釉瓦などを製造している。和瓦は 53A 形を基本とするが、本葺形、S 形、スパニッシュ形の在来品から、ミッション形、平板、洋風の洋形新製品まで数多く製造されている。

中心となる組合組織は昭和8年設立の「愛知県赤瓦工業組合」を前身とする「愛知県陶器瓦工業組合」であり、半世紀以上の歴史がある。

三河産地形成の歴史

552 年	仏教伝来
588 年	瓦の渡来（百済から瓦博士 4 人）飛鳥寺（法興寺）の建立
694 年	藤原宮宮殿に最初に瓦を葺いた（持統天皇）
750 年	～聖武天皇（全国に国分寺を建立）瓦は全国各地で生産された。 神社の建立 おおく（瓦屋）
奈良時代	唐三彩釉薬
1460 年	三河地区での瓦の発祥桜井の岩瀬善四郎
安土桃山時代	いぶし技術伝来（明国）築城に使用された。
1576 年	安土城の瓦一観（明人）の指導
1674 年	棧瓦の開発（丸瓦と平瓦を一体にしたもの）近江大津の西村半兵衛
1720 年	武家屋敷や一般民家でも使用されるようになった。（八大將軍徳川吉宗）
明治時代（1866 ～ 1912）	
1907 年	土練機（技術革新）
薪から石炭へ	
1911 年	西三瓦製造同業組合（黒瓦）（需要物産同業組合法）
大正時代（1912 ～ 1926）	
各地に零細な瓦工場が多数発足	
1917 年	製瓦機
昭和時代（1926 ～ 1988）	
1928 年（昭和 3 年）	頃塩焼瓦の完成（寒冷地でも粘土瓦が使用可能）
1933 年	愛知県赤瓦工業組合設立
1945 年（戦後）	急速な技術革新がスタート
1951 年（昭和 26 年）	トンネル窯（東洋瓦工業）
1955 年（昭和 28 年）	真空土練機
1962 年	愛知県くすり瓦工業協同組合
1965 年（昭和 40 年）	自動乾燥粘土配合所
1978 年	土練から梱包まで
1981 年（昭和 56 年）	平乾燥、一段窯

・調査対象＝愛知県陶器瓦工業組合

陶器瓦組合は、ゆう薬瓦＝陶器瓦を製造するメーカーの集合体であり、比較的大量生産を行っている大きなメーカーの集まりである。同地域には、三州瓦工業組合という、いぶし瓦を生産しているメーカーの団体も存在する。

組合概要

1. 組合の名称及び所在地	名称愛知県陶器瓦工業組合 所在地愛知県高浜市田戸町 1-1-1
2. 組合の沿革	設立昭和 8 年 9 月 28 日（1933）愛知県赤瓦工業組合 17 社 名称変更昭和 22 年 4 月 1 日（1947）愛知県赤瓦工業協同組合 49 社 名称変更昭和 41 年 2 月 9 日（1964）愛知県陶器瓦工業組合 117 社
3. 組合員	37 社（昭和 45 年 122 社） 地区別 高浜市 23 社碧南市 10 社半田市 3 社岡崎市 1 社
4. 従業員数	2,236 名（男 1676 名、女 560 名）
5. 出資金	277,120 千円

6. 組織	相談役 5 名 顧問 1 名 理事長 1 名 副理事長 2 名 理事 12 名 監事 2 名 総会－理事会－委員会（総務、市場調査、PR、技術、労務・環境） 事務所 男 5 名、女 2 名 シャモット工場 男 4 名、女 2 名（パート含）																																								
7. 組合の主な事業	市況安定対策、広告宣伝事業、技術改善事業、共同求人事業、労務改善事業、共同リサイクル事業、CA 研究所関係事業など																																								
8. 生産状況	<table><tr><th>年間生産枚数</th><th>平成 13 年 (01)</th><th>平成 14 年 (02)</th><th>平成 15 年 (03)</th><th>平成 16 年 (03)</th></tr><tr><td>実枚数（千枚）</td><td>472,955</td><td>455,829</td><td>465,937</td><td>451,355</td></tr><tr><td>棧瓦換算（千枚）</td><td>615,000</td><td>593,000</td><td>606,000</td><td>587,000</td></tr></table> <p>統計は、全て棧瓦に換算して行われている。</p> <table><tr><th>種類別生産比率</th><th>平成 13 年</th><th>平成 14 年</th><th>平成 15 年</th><th>平成 16 年</th></tr><tr><td>和形瓦</td><td>47.3%</td><td>46.8%</td><td>43.1%</td><td>39.8% (30.9)</td></tr><tr><td>S 形瓦</td><td>3.1%</td><td>3.2%</td><td>3.4%</td><td>3.8% (3.8)</td></tr><tr><td>いぶし瓦</td><td>13.0%</td><td>12.6%</td><td>12.9%</td><td>12.5% (9.2)</td></tr><tr><td>平板瓦</td><td>36.4%</td><td>37.1%</td><td>40.6%</td><td>44.2% (56.4)</td></tr></table> <p>（面積比率）</p>	年間生産枚数	平成 13 年 (01)	平成 14 年 (02)	平成 15 年 (03)	平成 16 年 (03)	実枚数（千枚）	472,955	455,829	465,937	451,355	棧瓦換算（千枚）	615,000	593,000	606,000	587,000	種類別生産比率	平成 13 年	平成 14 年	平成 15 年	平成 16 年	和形瓦	47.3%	46.8%	43.1%	39.8% (30.9)	S 形瓦	3.1%	3.2%	3.4%	3.8% (3.8)	いぶし瓦	13.0%	12.6%	12.9%	12.5% (9.2)	平板瓦	36.4%	37.1%	40.6%	44.2% (56.4)
年間生産枚数	平成 13 年 (01)	平成 14 年 (02)	平成 15 年 (03)	平成 16 年 (03)																																					
実枚数（千枚）	472,955	455,829	465,937	451,355																																					
棧瓦換算（千枚）	615,000	593,000	606,000	587,000																																					
種類別生産比率	平成 13 年	平成 14 年	平成 15 年	平成 16 年																																					
和形瓦	47.3%	46.8%	43.1%	39.8% (30.9)																																					
S 形瓦	3.1%	3.2%	3.4%	3.8% (3.8)																																					
いぶし瓦	13.0%	12.6%	12.9%	12.5% (9.2)																																					
平板瓦	36.4%	37.1%	40.6%	44.2% (56.4)																																					
9. 販売先（平成 16 年 年間組合統計）	北海道・東北 4.5%、関東 26.3%、北陸 7.7%、中部 16.6%、近畿 8.0%、中国 5.2%、四国 2.0%、 九州・沖縄 7.5%、海外 1.5%、同業者 20.7%																																								

・愛知県の粘土瓦生産状況

2002(平成 14 年)の工業統計によると、全国の粘土瓦出荷量は、10 億 5 千万枚であった。愛知県ではその 57.4% の約 6 億枚を生産しており、そのうち、88% の 5 億 3 千枚は、釉薬瓦、12% の 7 千 2 百万枚はいぶし瓦である。瓦は一枚約 3kg であるため毎年約 180 万 t の瓦が製造されている事になる。全国的には、生産量は最盛期の半分程度になっており、1979 年の 20.3 億枚から 2002 年には 10.5 億枚となっている。愛知県はあまり落ち込みがなく生産量を維持しているため、瓦生産におけるシェアは年々上昇している。三州全体で 600 億円程度の売り上げで、産地全体で見ると、売り上げは若干黒字となっているが、半数以上の中小企業は赤字である。実態は大企業の収益でもっている状態である。

2002 年全国粘土瓦出荷量(100 万個) (経産省工業統計)

	粘土瓦	釉薬瓦	いぶし瓦
全国	1,047	812	236
愛知	602(57.4%)	530(65.3%)	72(30.5%)
島根	186(17.8%)	186(22.9%)	—
兵庫	128(12.2%)	27(3.3%)	102(43.4%)

2003 年全国粘土瓦出荷量(100 万個) (経産省工業統計)

	粘土瓦	釉薬瓦	いぶし瓦
全国	1,024	767(74.9%)	258(25.2%)
愛知	589(57.5%)	512(66.7%)	69(26.7%)
島根	161(15.7%)	161(20.1%)	—
兵庫	124(12.1%)	27(3.5%)	96.7(37.5%)

出荷額 : 972 億円 釉薬瓦 : 92 円 いぶし瓦 : 104 円

以下、ヒアリングより

・原材料の入手（釉薬、燃料）

釉薬は、日本には鉱物資源がないため輸入している物が多い。日本に存在するのは、ホウ酸、石灰など。

鉛の使用は、作業員の安全面を考慮して年々使用量を減らしている。鉛入り釉薬の混入したものを土に使う場合、試験結果は法律上問題ない範囲に収まっている。使用する燃料は、木炭、石炭、C 重油、A 重油、灯油、LP と移り変わっている。

・原材料の入手（土）

原料は愛知県内で調達しており、現在 5 社が土を製造している。土の販売価格は中小企業向けと大手企業向けの、2 重の販売価格が存在する。使用する土は以下の 3 種類がある。

1. 三河粘土（矢作川）。矢作川流域では、砂と粘土の混ざった瓦に向けた砂がとれる。昭和 30～40 年代に、良い土は掘り尽くした。しかし、残った部分をもう一度掘る等している。瀬戸を越えて、多治見へ行けばまだまだ粘土があるが、遠

いのでコストが合わない。

2. 山土。住宅地の造成時などに山を切り出すが、それを買取る。

3. 碎石などの洗い出し時にでる粘土や、珪砂を洗った後の粘土を買取る。

ダムの堆積土の利用は、コストが合わない。今後、可塑性のある土を中国から輸入する可能性はあるが、そういった事が不可能となるならば、加圧して整形するなど工程に工夫をする可能性もある。その他には、水簸という、粘土を取り出す方法もある。土を水に広げて、フィルターをかけると、粗い物は下に落ちていくという性質を利用する。

・瓦の生産コストに関して

瓦は、原材料の土を3千円／トで購入、使用して、最終製品の瓦を2万8千円／トで出荷している。12～13%が製造コストとなっており、生産業としては非常にその占める割合が高い。一枚にかかるのは、土が10円、釉薬が10円、燃料10円。労務費は0円に近い。

4-2 生産段階の廃棄物処理の現状

●廃棄物〈資〉の種類について

廃棄物〈資〉は、主に以下の3種類となっている。

- ①成形段階における不良品及び端材
- ②釉薬が付着した焼成前の不良品及び端材
- ③焼成後の不良品及び端材（解体材である廃瓦とは区別する）

①の成形段階で発生した廃棄物〈資〉は、原材料の土と成分に違いが無いため、そのまま原材料として再度使用する。②の釉薬の付着した段階で出た廃棄物〈資〉は、量が多いと問題になるが、薄めて①と同様に原材料の土に混ぜ込む。少量ならば、特に性質に問題はない。③の成形後に排出された廃棄物〈資〉は、一度陶器として変質しているため、原材料にそのまま戻すことはできない。粉砕した場合も砂と同じような扱いとなり、粘土とは焼き縮みによる変形の仕方も異なるため、通常の技術では3%程度までしか混入できない。今回の調査で対象とする排出物は、廃棄物〈解〉と同じ成分である③である。

皿や茶碗などの陶器は、焼成により20%程度は焼き縮みする。それに比較すると瓦は完全に焼き縮みする前の物であり、人によっては土器と呼ぶ人もいるが、焼成段階の焼き縮みで多くの不良品が発生する事は変わらない。技術革新と共に性能は安定し、不良品率は減ってきていたと言われているが、現在は平板瓦の需要増によりそれまで3%程度であったものが5%程度まで上昇した。平瓦はその形状上、寸法がずれた場合に施工技術で調整することができず、厳格な管理が必要となるためである。現在は機械によるグレーディング、選別を行っている。

その他生産段階から排出される物質としては、瓦を焼く際に用いる台、PPバンド、ビニールシート、焼成段階の消耗品、パレットなどがある。

●愛知県三州における処理の現状

工場の生産ラインからでてくる不良品③を微粉にした物をシャモットと呼ぶ。ファインセラミックスに比べれば、瓦の粉砕は容易であるが、それでも莫大なエネルギーを使用する。



愛知県陶器瓦工業組合パンフレット

・埋め戻し材

コンクリートの骨材掘り出し後の埋め戻しなどに使用している。しかし、シャモット工場からは3千円/トで出荷するが、その他の素材だと平均して千円/トであり、価格競争で負けることが多い。

・他製品への混入〈カスケード〉

愛知県陶器瓦工業組合のシャモット工場では、シャモット製造後に、瓦の原材料でもある土を製造する業者に、無理やり販売している。以下の2点の問題は存在するが、原材料の3%以内であれば瓦の原材料としては性能には問題がない。