

木質廃棄物を資源として活用するために

高橋 利 男

はじめに

環境問題が今ほど鋭く指摘される以前の産業活動や人間生活の営まれる活動の範囲は自然の生態系における物質循環に比べて相対的に小さかったといえます。したがって、当面の対応としては、局所的な排水、排気、廃棄物の循環型利用形態で間に合っていると考えられていました。

しかし、現在のさまざまな人間活動の態様である大量生産・大量消費・大量廃棄の生活形態は自然の持つ環境容量をはるかに超えるところまでに至っており、このために人間活動からの排出物に関しては一層の削減を図るとともに、排出物の化学組成や雑多な混合物に対応した適切な管理が求められるようになりました。

すなわち、産業活動からの環境への排出を抑制するための排水、排気、廃棄物の処理技術に関しては、今後ともすべての局面において緻密で包括的な展開が求められることになると思われます。同時に、総合的な物質循環の管理が求められることとなり、このことが一方で個々に独立している産業間の連関をつなげる総合化、枠組みを形成する必然性をはらんでいるといえます。そして、この枠組みづくりを形成する残余の時間はそれほど、余裕がない段階にきているといえます¹⁾。

当面する緊急の課題は廃棄物発生量の増加とその種類が多様化していること、処理処分場の飽和と新たな建設が困難になっていること、処理処分コストが増大している等に関わる対応策として廃棄物の減量・減容化のための再利用や再生利用（リサイクル）とそのための技術開発が求められていることです。

翻って木材関連業はどうでしょうか。後述するように木材工業から排出される廃材は多段階的にリサイクル・再利用されています。しかし、建築解体材や梱包材を含む輸送用資材、廃棄された型枠合板の再資源化の量は少ないと報告されています²⁾。これらの廃棄に当たって「野焼き」という違法行為がみられるともい

われます。

木材はかつて石油の供給が少ない時代にあっては山から薪炭材として採取され、貴重なエネルギー源でした。現在でも家庭・銭湯・工場等の自家燃料として利用されていますが、その量は激減しています。

木材は埋立て廃棄しても腐朽して土中で消滅することも事実です。しかし、その分解過程で二酸化炭素を放出する側面を見落とすわけにはいきません。再利用や再生利用を重ねて最終段階で廃棄につなげる、二酸化炭素の放出はあるもののエネルギー源としての有効利用を図るといった考え方が今日的に求められているといえます。

そして、これに伴う新たな視点に立った技術開発を行うとともに関連産業の連携を図り、廃棄物処理の実効ある枠組みと目標を設定することに今日的課題があるといえます。

廃棄物対策の取り組み方向

廃棄物の再（生）利用に関する問題は国において立法が進められています。

「再生資源の利用促進に関する法律」（リサイクル法：平成3年に制定）

廃棄物の発生抑制・再生資源の利用の促進について事業者等の責務・消費者の協力・再利用のための資金確保・再生資源の利用のための研究開発・国民の理解を深めるための措置等について国や自治体が所要の手立てを講ずることとしました³⁾。

「エネルギー等の使用の合理化及び再生資源の利用に関する事業活動の促進に関する臨時措置法」（省エネ・リサイクル支援法：平成5年に制定）

省エネルギー、フロン等の特定物質の使用の合理化およびリサイクルの促進に関する事業者に対して所要の助成措置を講ずる道筋をつけました⁴⁾。

「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（廃棄物処理法：平成7年に改正）

廃棄物の発生抑制・減量化・再生利用・分別排出について規定するとともに一般廃棄物と産業廃棄物の区分を明確化しています⁵⁾。これに基づき木くず(木質系廃棄物)は発生箇所別に表1のように区分されます⁶⁾。

「容器包装に係る分別収集及び再商品化の促進等に関する法律」(容器包装リサイクル法:平成7年に制定)

容器,包装が一般廃棄物になるものを対象にしてこれらの分別収集を義務付けるとともに,一定の基準に達する適合物の再商品化を進める道を開きました⁷⁾。

これらの措置により,リサイクルに関する取り組みが進展し,再生資源の利用に一定の成果が見られる表2のデータもあります。しかし,その一方で廃棄物の排出量は際だった減少をみせておらず,既存の焼却施設・最終処分場の処理能力は限界に近づきつつあります⁸⁾。

木材のライフサイクル

樹木を伐採して素材(丸太)にしますが,その際植林をして次の世代の更新をはかります。末木や枝条も条件によっては粉碎してボード原料や燃料などの用途に使われます。

素材は加工され,製材・合板・集成材などの木製品に転化します。素材段階で出てくる樹皮は燃料や敷料

として利用され,皮付きチップは混入量の量的な制限があるもののボード原料として使用されます。

素材の加工段階で排出される背板チップの上質なものは製紙用に,低質なものはボード原料にまわります。この段階で出てくるその他の副産物や一次製品を加工して排出される副産物の多くはのこくず・切削くず・木材端部の切れ端が主体ですがボード原料や炭化物をはじめとする粉碎原料に使用されます。

合板廃材である単板やむき芯は貴重なボード原料になっていますが,ボード工場が存在していない地域では輸送費との兼ね合いから自社工場の単板乾燥のエネルギーとしているようです。

木材の一次製品は他の材料(異種材料)と組み合わせられて建築物や家具などに加工されます。これはやがて使用目的を終えて解体されます。「手解体」で丁寧に分解された特に断面の大きな部材は主として建築物に再利用されてきました。

しかし,近年になって解体棟数の増加・解体経費の削減志向に伴い,省力化・作業の短時間化から「機械解体」が主流になり,大部分が粉碎・チップ化の方向に切り替わっています⁹⁾。そしてこれの利用には異種材料との混合物であることから複雑な分別の工程を通すこととなります。異物分離の程度に応じて製紙用,ボード用,燃料用といった具合にグレード分けが行われます。

これらのことを概括的に図1にまとめておきます。樹木・木材が形態をかえて生態系の循環システムに位置付けられ,焼却あるいは埋立てというサイクルを経るにせよ最終的には自己分解して消滅する材料であることが分かります。しかし,消滅ということが二酸化炭素の発生につながるわけで,少なくとも製品のライフサイクルを可能な限り長期間にわたって維持する必要がありますといえます。

表1 木質廃棄物に関する産業廃棄物・一般廃棄物の発生箇所による区分⁶⁾

産業廃棄物	一般廃棄物	
木材・木製品製造業 パルプ製造業 家具・建具製造業 プレカット製造業 輸入木材卸売業 建築解体業	事業系	ゼネコン(型枠工事) 新築現場 流通産業(梱包・木枠・パレット) 外食産業(割り箸・経木製品など)
	生活系	一般家庭(粗大ゴミ等)

表2 リサイクルの進捗状況⁸⁾

(利用率)						単位: %
年 度	元年	2年	3年	4年	5年	リサイクル法の目標値
古 紙	50.3	51.6	52.3	52.6	53.1	56(平成12年度)
カレット(ガラスくず)	47.6	47.9	51.8	56.2	55.5	55(平成7年度)
(再資源化率)						単位: %
年 度	元年	2年	3年	4年	5年	産構審ガイドラインの目標値
スチール缶	43.6	44.8	50.1	56.8	61.0	60以上(平成7年)
アルミ缶	42.5	42.6	43.1	53.8	57.8	60(平成6年)

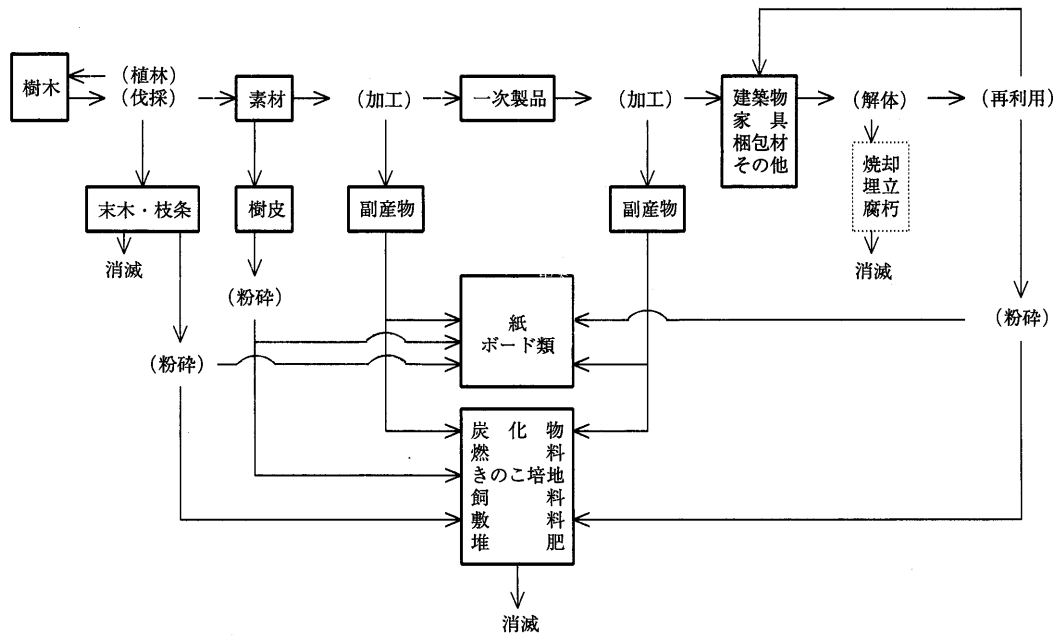


図1 木材のライフサイクル

表3 木質系廃棄物の発生量とリサイクルの状況(全国)⁹⁾

	工場残材	建築解体材等	古紙
年間発生量	1,566万m ³	2,180万m ³	2,855万トン
再使用量	1,483	490	1,491
再利用率	94.7%	22.5%	51.7%

- 注: 1 工場残材と建築解体材等は「木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書」(日本住宅・木材技術センター, 平成6年3月)より引用。
 2 古紙は発生量は年間消費量, 再使用量は回収量とした。このため, 再利用率は古紙回収率となっている。いずれも通産省「紙パルプ統計年報」より引用。平成6年実績値。
 3 解体材等とは, 建築解体材, 新築工事発生残材, 及びパレット・梱包材廃材をいう。

表4 木質系廃棄物の発生量とリサイクルの状況(北海道)

	工場残材	建築解体材等	古紙
年間発生量	156万m ³	70万m ³	371万トン
再使用量	148	20	139
再利用率	94.9%	28.6%	37.5%

- 注: 1 工場残材と建築解体材等は「北海道木質廃棄物再資源利用促進体制整備事業報告書」(北海道林務部林産振興課, 平成6年3月, p.23)より引用。
 2 解体材等とは表3の定義と同じである。
 3 古紙については発生量を生産量とし, 「北海道通商産業統計年鑑, 平成7年版, p.48」より引用。再使用量を古紙購入量とし, 「古紙統計年報, 1996年度版, p.32」より引用。いずれも平成6年度実績。

木質廃棄物の発生量

ここでは, まず, 全国ベースの工場残材(木材工業から出る残材)と建築解体材等(建築解体材, 新築工事発生残材, パレット・梱包材廃材)に区分し古紙の統計値を含めたものを表3に示します¹⁰⁾。これを見ると, 工場残材の再利用率はかなり高く, 古紙利用率についても世界的に見て高い水準となっていますが, 建築解体材等の発生量は工場残材をはるかに超えてい

るにもかかわらず, その再利用率は極めて低いものとなっています。これは木材以外の異物を含む混合廃棄物が多いことや, その発生源が個別散在的で, 分別回収や安定的に収集されないことから, 再利用されないまま焼却などの処理が多いためと考えられます。

それでは北海道における状況はどうでしょうか。北海道木質廃棄物再資源化検討委員会が独自に調査・推計を行ったもの⁹⁾から発生量と排出量の差を再使用量

と仮定し、全国ベースに合わせて再整理したデータを表4に示します。再利用率を見ると全国ベースに比べて工場残材はほぼ同じで、建築解体材等が若干上回っていますが、傾向としては類似しているといえます。古紙については根拠となる統計の取り方に違いはあるものの、全国で50%を超えているのに比べ、北海道では40%を切っています。この理由として北海道は新聞紙や上質紙の生産が多く、前者では紙の引っ張り強度を維持するため古紙の混入率をあまり高められない、後者では古紙を混入できないといった事情があると指摘されています。

次に、木質系廃棄物は表1に示す区分に従って整理したものを表5に示します。全国の排出量については、この表のような個別の分類はされていないので省いています。北海道における発生量の合計は全国対比6%となっています。

排出量は注記されているように自家処理や再利用が行われず廃棄されているものを意味します。発生量に比べて排出量の少ないものほど再利用されているわけで表4の整理に従えば再利用率が高いという評価になります。この観点から見ると、建築解体材・新築現場廃材・型枠関連廃材・パレット・梱包材廃材等の活用が主眼となります。新築現場廃材についてはプレカットを含めて加工度の高い形態での出荷が望まれます。

事実、在来構法住宅部材を建築現場で加工した場合の廃材発生量が $0.0232\text{m}^3/\text{m}^2$ （住宅床面積当たり）であるのに対し、プレカットしたものを持ち込んだ場合では $0.0077\text{m}^3/\text{m}^2$ と1/3に減量するデータがあります¹¹⁾。

また、産業廃棄物と一般廃棄物との区分で比較すると発生量は産業廃棄物で圧倒的に多いものの、排出量における差は少なくなっています。これは木材・木製品（製材、チップ、合単板、集成材等）分野の再利用が多いことによります。

ちなみに、平成6年度に行われた北海道における産業廃棄物の調査¹²⁾によりますと全発生量が4,480万トン、このうち木くずが約87.7万トンで約2%を占めます。全体の再生利用（有価物量を含む）率は65.5%にのびりますが、木くずでは約40%にとどまっています。これは表5の産業廃棄物における排出量の割合から見て過少の値となっています。この原因として、木くず発生量の81%、71.4万トンを木材・木製品製造業が占めますが、このうちの31.1万トン、43%が中間処理としての単なる減量化のための「焼却」としてカウントしている統計処理上の問題があると考えます。つまり、この焼却の中には木材工業の熱源用燃料として利用されているものが含まれているものと推定されます。

なお、この調査で有価物（発生量のうち、何ら中間

表5 木質系廃棄物の発生量と排出量

単位：万 m^3

			全 国	北 海 道	
			発 生 量	発 生 量	排 出 量
産 業 廃 棄 物		木材・木製品製造業	1,566	150	5
		家具・建具製造業	—	3	1
		プレカット製造業	—	0.5	—
		輸入木材卸売業	—	3	2.5
		建築解体業	1,400	26	24
小 計			2,966	182.5	32.5
一 般 廃 棄 物	事 業 系	型枠工事	210	10	7
		新築現場	250	22	13
		流通産業	320	12	6
		外食産業	—	—	—
	生 活 系	一般家庭	—	—	—
小 計			780	44	26
合 計			3,776	226.5	58.5

注：1 全国の発生量は「木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書（ ）」（日本住宅・木材技術センター、平成6年3月）、p.126～127より引用。

2 北海道の発生量・排出量は「北海道木質廃棄物再資源利用促進体制整備事業報告書」（北海道林務部陸林産振興課、平成6年3月）、p.23より引用。
発生量と排出量の開差は自社での燃料利用、自社焼却処分、有償売却等何らかの利用又は減量化リサイクル化の行われた数量と解する。

処理されることなく、自ら利用し、または他人に有償で売却したもの)として評価された木くず22万トンの用途として燃料30.0、肥料・土壌改良材24.5、飼料8.6、パルプ5.0、その他31.8%となっています。また、再生利用された木くず11.7万トンの用途として燃料80.5、肥料・土壌改良材16.9、建築材料1.2、パルプ1.4%の割合です。いずれも燃料、肥料・土壌改良材のウェイトが高いことが認められます。

上述の「焼却」の問題はあるにせよ、これを差し置いて、木くずと称される木質廃棄物発生量87.7万トンから有価物量22.0万トンと再利用量11.7万トンを差し引いたもの54万トンが焼却による減量化(減容化)を経ての埋め立て、あるいは、そのままの形で埋め立てなどの措置で廃棄されています。廃棄物の含水率を30%と仮定すると炭素換算で約20万トンになります。これが無用で、有害な二酸化炭素の排出源になるわけです。したがって、これを新たな技術開発による再生利用の資源的対象とするならば、温暖化防止対策に寄与することになります。比重を0.5とすると約100万 m^3 の規模となり北海道の木材需給量の約1割を占めることとなります。ただ、この資源の特性として、地域による個別散在型で量的なまとまりがないこと、形状がふぞろいであること、すべてではないにせよ異物混入型の原料であることが避けられない宿命を持っています。

どのような研究が行われているか

財団法人日本住宅・木材技術センターでは平成4年度から8年度までの5年間にわたり農林水産省の助成により木質廃棄物の発生抑制および再資源化を促進することをねらいとして、木質廃棄物の発生・再利用の実態調査および発生抑制並びに再利用技術に必要な関連技術の開発に取り組んできました¹³⁾。このたび、「木質廃棄物再資源化技術開発」に関する22課題の総集編¹⁴⁾が刊行されました。ここではその概要を紹介します。

ここでアプローチしている課題を分類すると、廃棄物量を減らすための「発生抑制技術」があります。例えば、型枠合板の転用回数を増加する技術や住宅を始めとする木質物のライフサイクルの長期化を図るための技術開発などがあげられます。

次に廃棄されて出てきたものを単に焼却や埋め立てをしない「再資源化技術開発」があります。そのまま

の形で再利用や製材をし直して素材の状態であれば一番望ましいのですが、現実に行われている廃棄や解体の状況を考えると素材の状態での再利用は難しいものがあります。やはりチップ状に破砕・粉碎したものを出発原料として再資源化するのが現実的です。この際、木材だけのもの、他材料が混入したものが雑多に混じり合っ出てきます。

粉碎技術と異物分離技術

木材だけのもの、他材料が混入したものの「粉碎技術」を確立することはもちろんのこと、粉碎後において木質と他材料の「異物分離技術」が重要な開発課題となります。他材料には磁性・非磁性の金属類、磁器類、石こう、断熱材、合成樹脂などさまざまなものがあります。分離技術はそれなりに確立しつつありますが、これらを完全に分離する技術はこれからの課題です。ここで得られたチップの利用途としては、前項でも触れましたが、異物混入のない上質のものは製紙用、その次の中程度のものがボード用、最も低いランクのものが炭化物を含めた燃料用に区分されます。

ボード

パーティクルボードや繊維板の原料として、これまでも業界においてかなりの使用実績があります。問題は強度に影響を与える小片の形状であり、異物混入の許容量です。

セメントボード

用途にもよりますが異物混入はある程度許容できます。例えば木質チップをセメントで固めた人工藻礁はその木質表面をキクイムシやフナクイムシの食害にさらすことにより新鮮な表面を持続させコンブ類の着性を良くすることが期待されます。

また、パーティクルボードとセメントボードの製造手法を結合し、アスファルトよりも柔らかく歩行適性のよい舗装材などの提案も見られます。このように従来型の製品に加えて新たな機能を付加した製品の開発が望まれます。

炭化物

この用途は減容化が可能であること、その生成過程で自然性があることから一次的なエネルギー消費が少ないこと、それを使用してさまざまな機能を発揮すること、目的をもって燃やせばエネルギーの活用源になること、燃やさなければ基本的

には微生物分解はなく土中に残り炭素を保持するというゼロエミッションの典型的な利用形態といえます。

炭化物の吸着能

この報告では種々の物質の吸着能に関してさまざまな試験が行われています。吸・脱湿剤（調湿剤）、酸性雨の緩衝剤、重金属吸着剤、脱臭剤、水質浄化剤、魚の展示用水槽のろ剤、油吸着剤などの用途の可能性を明らかにしています。ただ、炭化温度によって吸着物質の種類による吸着能が異なるようです。炭化物の物理的・化学的機能についてはある程度体系化が行われているようですが、環境規制に伴う新規の化学物質の出現対応や炭化物の需要を増やすための新たな機能開発が求められているといえます。

木酢液

炭化の過程で出てくる木酢液に含まれるフェノール性成分が除草剤や殺虫剤としての機能を果たすことが明らかにされています。

木材の液化

触媒である酸とフェノールまたはアルコールの存在下で150 程度の加熱を行うことにより木質物や多様な植物資源（バイオマス）を「液体化」する技術が開発されました。次世代のプラスチックといえます。石油を出発原料とするものと異なる最大の特徴は微生物劣化による生分解性を持つことです。石油代替原料であるとともに、廃棄物処理の簡易化に大きく寄与する21世紀型の技術といえます。

樹皮の重金属吸着能

樹皮それ自体が重金属の吸着性を持ちますがその量は少ないことが分かりました。そこで、ある種の化学処理をほどこすことにより市販の吸着剤の半分程度の吸着性能が確保されました。吸着処理後において焼却することにより重金属の回収も可能になります。

木材保存処理廃材の再生利用

木材保存処理廃材のチップをパーティクルボードに適用することを検討しています。CCA処理材については防蟻効果はあるものの、防腐効果は期待できません。クレオソート油処理したものは防腐・防蟻効果はありますが、特有の臭いのため下地材や屋内用材に使用するのは無理があり

ます。

また、木材保存処理廃材の紙・パルプへの適用については蒸解工程・洗浄工程・未晒^{みさらし}パルプの使用工程において適切な対応が必要となります。

CCA処理木材からの薬剤回収

CCA処理済み材のチップを希硫酸で加熱分解し、銅、クロム、ヒ素を分離することはできますが、これらの成分を沈殿させる技術は十分ではなく、今後の課題です。

これまで上記の報告書の概要を述べましたが、課題設定について必ずしも体系化されているわけではなく、また、どの研究課題も必ずしも完結しているわけではありません。基礎研究の段階でも、また、実用化に向けた段階においても検討すべき課題をたくさんかかえています。木質廃棄物の発生抑制技術にしる再資源化技術にしる、その体系化を図るとともに抜けている技術課題を埋めてゆく作業が今日の社会的ニーズとして存在することを認識する必要があります。

とりわけ、木質廃棄物の発生量を減らす手だてとしては、木造住宅の耐用年数を長くする技術開発が求められます。そして、さらに、部材の接合部分を工夫することにより、「手解体」を容易にし、すべてとはいわないまでも断面の大きな部材の繰り返し再利用を可能とする設計手法を開発することが大きな課題となります。

おわりに

現代の20世紀文明は大量生産、大量消費、大量廃棄にどっぷりひたっていますが、来るべき21世には適正消費、極少廃棄、省エネ、リサイクルの文明を築くことが求められています。特にリサイクルは「もの」としての再生に加えて、原材料総投入量に対する製造時エネルギーの省エネ効果が期待できます。すなわち、これまでの社会や制度の枠組み、流通を含む全産業の生産様式・供給方式や個人の消費を含めたライフスタイルのありようを徐々に、しかも確実に変えてゆく段階から、もっと劇的に変換していく段階を迎えているという気がします。そして、これまでの経済原則重視型の考え方から環境原則重視型社会への脱却が求められている時期に差し掛かっているといえます。

そのためには、これまでの「設計 生産 使用 廃棄」から「回収 分解・選別 再利用 生産」、すなわち廃棄物自体を発生しない、廃棄物すべてが活用さ

れる循環型産業システム（マテリアルリサイクル）を構築していこうとする考え方があります¹⁵⁾。木材・木質材料の場合は特殊なケースを除いて再利用は考えにくく、廃棄前の元の姿での利用は困難です。元の姿の形態を変えた多段階型の利用が基本になります。金属やガラスのように溶融して出発原料とし、元の製品と全く同じものを再生産するということはできないという宿命を抱えています。

木質系廃棄物の処理問題は他の廃棄物のごみ処理・リサイクルの過程に加えて、その特性からくる二酸化炭素の発生抑制・発生時期の遅延という側面をもっています。木材や木炭をレジャーや茶道のように特殊な用途において熱源として使用することは量的に見て限られています。

エネルギーとしての利用は木材・木質材料単体ではなく、異物の分離・除去が不可能な場合において、他の廃棄物（プラスチック類等）との混合によるRDF（廃棄物固形燃料）化が今後の課題となります。その際、RDFの燃焼に当たってはダイオキシンの発生を抑制するため、高温による持続的燃焼が必要になります。この燃焼熱を利用して高圧蒸気を発生させタービンを回転し、発電を行います。そして、その廃熱である蒸気を二次的な熱源として有効利用（サーマルリサイクル）する考え方があります。二次的な熱源（蒸気）の利用に当たって、その最大限の有効利用を図るためには、地域単位において、その発生量に見合った24時間、通年稼働型の産業を創出・育成することが求められます。

末尾になりますが、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の施行規則を改正する政令¹⁶⁾の中で、これまで「新築・改築」に関わるものを一般廃棄物に区分してきましたが今後は産業廃棄物に一本化されることになりました。今後は取り扱い部署も統一され、排出量等の統計の取り方も明確化されると思います。

本報ではこれまでの経緯を考慮し、改正される前の区分のままとしておきました。

参考資料

- 1) 鈴木基之：化学装置，2月号，19-22（1995）。
- 2) (財)日本住宅・木材技術センター：木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書（1）（発生・再利用実態調査事業），平成6年3月，p.127。
- 3) “現行法規総覧第67巻”，第一法規出版株式会社，p.9901-9904。
- 4) “現行法規総覧第64巻”，第一法規出版株式会社，p.381-397ノ2。
- 5) “現行法規総覧第33巻（ ）”，第一法規出版株式会社，p.2171-2179ノ10。
- 6) 北海道林務部林産振興課（北海道木質廃棄物再資源化検討委員会）：北海道木質廃棄物再資源利用促進体制整備事業報告書，平成6年3月，p.23。
- 7) “現行法規総覧第33巻（ ）”，第一法規出版株式会社，p.2245ノ3-2245ノ21。
- 8) 小川恒弘：PPM，1月号，4-9（1996）。
- 9) (財)日本住宅・木材技術センター：木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書（1）（発生・再利用実態調査事業），平成6年3月，p.61。
- 10) 森林基本計画研究会編：“21世紀を展望した森林・林業の長期ビジョン～持続可能な森林経営の推進”，地球社，平成9年，p.240。
- 11) 北海道林務部林産振興課（北海道木質廃棄物再資源化検討委員会）：北海道木質廃棄物再資源利用促進体制整備事業報告書，平成6年3月，p.11。
- 12) 北海道保健環境部：北海道産業廃棄物実態調査研究報告書，平成8年3月。
- 13) (財)日本住宅・木材技術センター：木質廃棄物再資源化技術開発事業報告書（ ）（発生再利用実態調査事業），平成5年3月。
- 14) (財)日本住宅・木材技術センター：木質廃棄物再資源化技術開発総集編（平成4年度～8年度），平成9年3月。
- 15) 樋口一清：地球環境，7月号，76-79（1997）。
- 16) 官報（号外246号），平成9年12月10日，p.32。

（林産試験場 主任研究員）