

<特集>

バイオマスリサイクルの動向と建設廃木材の位置づけ

Trends of Biomass Recycling and Construction Waste Wood

間宮 尚

鹿島技術研究所 建築生産グループ* 上席研究員

Takashi Mamiya

Kajima Technical Research Institute Building Construction and Material Group
Supervisory Research Engineer

1 はじめに

バイオマスとして認識されている対象は各種木材、黒液、生体、その排泄物、食品残渣と幅広く、その定義も立場によって様々であるが、「太陽エネルギーが比較的短期間に有機体として固定されたもの、またその派生物の総称」と表現できる。太陽エネルギー起源であるからバイオマスは再生可能資源であり、エネルギーと資源の両面で注目されている。しかし、この有効利用が今になって叫ばれている背景にはバイオマスの有効利用が進んでおらず、それなりの体制の構築が必要という実態がある。

木造建築の柱梁や食品や紙等は上記の定義によればバイオマスであるが、一般にバイオマスというと廃棄物として発生したもの、除去すると廃棄物となるため放置されている無価値物を指し、その有効利用は廃棄物であるがために難しいという点が否定できない。このことを検証すべく、本報では木質系バイオマス、特に発生量が把握されている建設系廃木材（伐採材等は放置されている量が把握できないため発生量が不確定）に焦点を当て、そのリサイクルのあり方について持論を展開する。

2 建設廃木材処理の動向

建設副産物リサイクル広報推進会議¹⁾によれば平成12年度の建設発生木材の発生量は約500万tであり、国土交通省²⁾によればそのリサイクル率（再資源化率）は38%である。しかし、この調査における再資源化とは実

質的には現場利用とチップ化であり、製造されたチップのリサイクル状況は反映されていない。チップのマテリアルリサイクル率は約20%、すなわち建設発生木材の8%程度とされ、量的には約40万t程度となる。

パーティクルボードは廃木材マテリアルリサイクルの優等生的存在である。日本繊維板工業会³⁾によればパーティクルボード原料中の建築解体材起因のチップの割合は平成10年に34%であったものが、平成12年には50%に上昇している。日本建材産業協会⁴⁾によれば平成12年のパーティクルボード生産数量は83.5百万m²（1.26百万m³）なので、密度を0.65g/cm³と仮定すると約82万tとなる。解体木材の割合を上げるには限界があると思われるので、廃木材のマテリアルリサイクルを推進するには、新しい市場を創出するか、パーティクルボードの市場を拡大するしかない。

2003年度の建築学会では対象地域における建設を含む木材のI/O収支を分析し、潜在的伐採材量を含めた需給バランス⁵⁾や建設廃木材の構造材としてリサイクルできる技術の必要性⁶⁾に言及したものが紹介されている。しかし、伐採材の回収方法にしても、廃木材の高付加価値リサイクルにしても確立された技術ではない。また、日本ではパーティクルボードと合板の市場規模が他の先進国と逆になっており、パーティクルボード市場の拡大が大きな課題である。この背景には手間をかける程コストが高くなるという実状がある。マテリアルリサイクルの必要性を謳う研究は増加しているが、マテリアルリサイクルは技術、経済の両面で困難な状況にある。

ではサーマルリサイクルは支援されているのだろうか。建設廃木材は廃棄物処理法では「木くず」に分類されて

*〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1
TEL:0424-89-7914 FAX:0424-89-7185
E-mail:mamiya@kajima.com

いる産業廃棄物であり、施主と建設業の責任において適正処理することになっている。建設廃木材の現場での分別は進んでいるが、排出者が処理方法を考慮して中間処理施設を選定できるレベルには至っておらず、それに値する多様な処理施設が整備されているわけでもない。廃木材のリサイクルが注目されている中、木チップのリサイクルが検討されているが、結果的には単純焼却に落ち着くことが多く、その理由は採算性にある。

サーマルリサイクルには発電による電力利用と熱媒体を介した熱利用がある。わが国は大半が温帯に属し、冷房と暖房の双方を必要とすることから、欧州の温熱に特化した地域熱供給は成立せず、そもそも地域熱供給インフラが整備された地域は少ない。従って、廃棄物のサーマルリサイクルとは発電を意味する。ところが、実務レベルでは産業廃棄物発電を支援するフレームワークは存在していない。例えば、東京23区の清掃工場は全て発電機を有しており、この売電単価は平均で7~8円⁸⁾であるが、産業廃棄物発電の売電単価はこれよりもはるかに低く、採算が取れない状況にある。仮にサーマルリサイクルが環境負荷の小さい処理であり、求める方向性に合致するのであれば、RPS法のような罰則による推進ではなく、アーヘンモデルのような動機付けによる支援体制の確立が必要と考える。

3 法的フレームワーク

世界の廃棄物関連法の多くはドイツを参考にしている。2000年の循環型社会形成推進基本法ではわが国の廃棄物法制上初めて処理の優先順位が下記のように定められたが、その違いは明白である。

- ① (廃棄物の)発生抑制
- ② (循環資源の)リユース
- ③ (循環資源の)マテリアルリサイクル
- ④ (循環資源の)サーマルリサイクル
- ⑤ (循環されない循環資源の)適正処分

本基本法では有価の廃棄物が循環資源と定義されており、無価の廃棄物処理に関する記述がないことからリサイクルを徹底すれば最終処分場は不要といった解釈を生む原因となっている。本基本法のモデルである(独)循環経済・廃棄物法⁹⁾第5条には「本法中に別途記載がない限り、廃棄物のリサイクルは廃棄物の処分に優先される」とある。具体的には有害物等の適正処分はリサイクルに優先され、そのための法制を別途整備するというこ

ある。

ドイツの木質系バイオマスに関する法律の枠組みを紹介する。2000年の再生エネルギー優先のための法律¹⁰⁾は欧州、ドイツにおける再生エネルギー起因の発電量を2010年までに倍増することを目的とし、再生エネルギーの種類ごとの売電単価が決められている。例えば、バイオマス発電の場合は規模ごとに500kWまでは10.23cent、5MWまでは9.21centであり、小型発電への配慮がうかがえる。2001年のバイオマス発電に関する政令¹¹⁾はバイオマスの定義を行っており、廃木材であってもPCB、PCTを0.005%以上、水銀を0.0001%以上含んでいるものはバイオマスとは呼ばないことになっている。また、本政令では防腐剤や有機ハロゲン系の表面処理を行っている木材は廃棄物焼却炉で処理すること、一定の発電施設を有する場合の最低発電効率等が決められている。さらに2002年の廃木材をリサイクル・処分する際の要求事項に関する政令¹²⁾では廃木材の区分が定義され(Tab.1)、各区分に対応するリサイクル・処分方法(Tab.2:マテリアルリサイクル, Tab.3:エネルギーリサイクル)が連邦イミッショ

ン防止法^{13),14)}等の環境関連法との関連で規定されている。

また、製材用チップについては含有有害物量について規制値(Tab.4)が設けられており、その分析方法も政令の中で明記されている。

木の有害性については本政令前にRAL(ドイツ品質保証・表示研究所)¹⁵⁾が1997年に廃木材の品質表示の一環としてリサイクル基準(Tab.4)¹⁶⁾を示している。廃木材政令の規制値はこの基準がやや緩和されたものとなっていること、Benzo(a)pyreneの代わりに総PCBがパラメータに入っていることが変更点である。なお、RALのリサイクルにはマテリアルリサイクルとエネルギーリサイクルが含まれ、循環経済・廃棄物法で導入されたりリサイクルすべき廃棄物と処分すべき廃棄物を区分することが意図されたものと思われる。

大きな特徴をまとめると、他法との整合性を合理的に規定すべく法体系が構築されていること、有害性の観点からリサイクル方法を規定していること、含有有害物量が規制値を超える場合は熱処理することになっていること、その際には有害度に応じて大型燃焼炉、廃棄物焼却炉で処理することになっており、燃焼と廃棄物焼却が区分けされ、小型炉に対する軽減措置が講じられていないこと等が挙げられる。

2000年に公布されたわが国の建設リサイクル法では木材が特定建設資材となっており、2001年に示された基本方針¹⁷⁾では有害物質等の発生の抑制としてCCA処理木

Tab.1 廃木材政令における廃木材の区分

区分		A1	A2	A3	A4	PCB 政令
レベル		未処理	処理	汚染	特に汚染	
定義	自然汚染レベル (機械加工のみ)	○				PCB/PCT 禁止政令 に基づき 処分する
	接着・積層・塗装	×	○	○		
	有機ハロゲン接着剤	×	×	○		
	防蟻剤	×	×	×	○	
事例		木梱	家具 内装	PVC 表面処理	枕木 柱等	防音板

Tab.2 廃木材政令におけるマテリアルサイクルの区分

区分	A1	A2	A3	A4	備考
木製品用チップ	○	○	○	×	A2, A3 は加工時に塗装, 層状異物 が除去できる場合
メタノール用合成ガス	○	○	○	○	BImSch 法 [†] で許可された施設
活性炭	○	○	○	○	BImSch 法 [†] で許可された施設

[†]Bundes-Immissionsschutzgesetz¹³⁾ (日本の大気汚染防止法に相当)

Tab.3 廃木材政令におけるエネルギーリサイクルの区分

区分	A1	A2	A3	A4	備考
小型燃焼炉	○	△			規模と種類による
大型燃焼炉	○	○	△	△	規模による, 適用法も異なる
ごみ焼却炉	○	○	○	○	
木材ガス化炉	○	○	○	○	要環境対策

Tab.4 RAL GZ 428, 廃木材政令における規制値

分析項目	単位	自然の汚染度	RAL 品質表示 428 ¹⁶⁾	廃木材政令 ¹²⁾
As	mg/kg (乾)	0.8	2	2.2
Pb	mg/kg (乾)	3	30	33
Cd	mg/kg (乾)	0.5	2	2.2
Cr	mg/kg (乾)	2	30	33
Cu	mg/kg (乾)	5	20	22
Hg	mg/kg (乾)	0.05	0.4	0.44
総塩素	mg/kg (乾)	300	600	780
総フッ素	mg/kg (乾)	10	100	110
総 PCB	mg/kg (乾)	—	—	6.5
PCP	mg/kg (乾)	1	5	3.9
Benzo (a) pyren	mg/kg (乾)	0.05	0.5	—

材等の取扱いが記されている。しかし、これらが解体時に分別されているという実態は把握できておらず、木材に関連する有害物も CCA だけではない。そこで、有害性についての定量的な規制が導入される前に、広範な調査を行っておく必要が出てくる。

4 廃木材のリサイクル性

建設現場、処理施設等から採取した廃材、新材、チップを対象に有害性をドイツ基準で調査した結果を示す(18)~(20)。試料の分類、数、パラメータ毎の検出値の90%値を Tab.5 に、有害性の観点から注目すべき試料の分析結果を Tab.6 に記す。

なお、分析結果が検出下限未満の場合は① 0.0 として扱う、② 検出下限値の半分を与える、③ 検出下限値を与える等の方法があるが、ここでは③を採用した。90%値が廃木材政令の規制値を越えた個所をゴシックで表示したが、これは試料の10%以上が規制値を超過していると読みとれる。但し、分析の年によって分析項目が若干変わっているので、全てのデータが Tab.5 中に示した試料数あったわけではない。

日本の廃木材の特徴をまとめると以下の通りである。

- ① 塩素含有量が高い。
- ② PB や MDF 等のリサイクル材には廃材起因と思われる有害物の移行が認められる。
- ③ PCB による汚染はほとんどない
- ④ CCA 以外では鉛汚染が顕著である
- ⑤ 水銀、カドミ、PCP、Benzo(a)pyrene (PAH) 汚染は頻度は少ないが、高濃度汚染が局所的に認められる

また、市販のラワン材に市販の塗料を塗布したものの分析も行ったが、コールタールとクレオソートを塗布した場合に Benzo(a)pyrene が規制値を超えた以外は問題はなかった。なお、このパラメータは廃木材政令では除外されている。ドイツでは枕木・電柱等が PAH 処理されているため有害との認識が普及しているので、これが他の木材に混入することは考えられないが、その認識がほとんどない日本では監視パラメータとして残しておく必要がある。

建設廃木材の有害性については早くから倉田ら(21),(22)が有機系・無機系防腐剤・防蟻剤の含有に関する詳細な分析結果を報告しており、廃木材チップ全般の汚染状況や解体系チップ中の汚染度が高いこと、パーティクルボード等への PCP 等の移行実態を明らかにした上で、農業

用使用抑制や焼却・サーマルリサイクルの推進を提言している。また、東ら(23)は建設系廃木材の保存剤使用状況を把握した上で、建築物の建築年代と木材の使用個所を考慮することで解体現場、処理施設における保存剤利用木材の分別を、浅利ら(24),(25)は有害物を含む廃木材に関して LCA 及びリスク管理の観点から物流制御を行う必要性を指摘している。

有害性というネガティブな事象にもかかわらず研究報告は増加傾向にあり、廃木材のリサイクルを有害性の観点から吟味する必要性は認知されたと考える。この分野の研究は出处(発生源、汚染の種類)、処理のあり方に対するスタンス、最終目標の設定等が多様で、統一的な議論が困難な側面はあるが、高価な分析コストを考慮すると情報交換と方向性を議論する場の創出が必要と考える。リサイクル至上主義に踊らされず、需給バランスや有害性を考慮して高い視点から廃木材リサイクルの将来像を模索・提示する時期に来ている。

5 おわりに

本報では建設廃木材を巡る状況を概説し、そのリサイクルに対する有害性の問題を報告すると同時に、同分野の研究者の提言を紹介した。資源循環の必要性に異論はないが、その方向性についてより具体的な青写真を提示することは実務での適正処理を担保する上で不可欠である。資源循環の目的は資源の有効利用と環境・衛生の保全の両立であり、有害性の観点をいかに反映するかは最前の課題である。

無害な方がよいというのは至極当然の発想ではあるが、有害物といかにつきあっていくかという視点も重要と考える。マテリアルリサイクル量には限界があるので、無害な木材をマテリアルリサイクルし、有害な木材をサーマルリサイクルするというのは分かりやすい。しかし、有害だから駄目というのは短絡的で、管理方法を講じる手もある。パーティクルボードも MDF も建材、家具、楽器への利用が多く、これらは目で分類できる。使用時のリスクが小さければ、これらの廃材を農業用には利用しないというルールで管理できよう。有害物を含む廃木材との付き合い方、管理方法は保護対象とその程度によって変わってくる。

本質的に重要なのはサーマルリサイクル(発電)の体制である。発電しても単価が低いいため採算が合わず設備投資が進まないと言うのは、資源循環フレームの不備である。さらに、建設廃木材が現行法では産業廃棄物で

Tab.5 廃木材の有害物含有量の90% (mg/kg (乾))

種類	仕様	数	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Cr	Cl	F	PCB	PCP	Benzo (a) pyrene
新材	型枠	8	1.0		2	0.2	1	1	960	108		0.1	0.05
	合板	16	1.0	0.2	3	0.2	6	2	2850	50	0.01	0.1	0.05
	MDF	4	1.0	0.2	5	0.2	1	1	300	50	0.01	5.1	0.05
	PB	5	2.4	0.2	7	0.2	7	7	980	50	0.01	6.0	0.05
	角材	5	1.0	0.2	2	0.2	1	1	1080	50	0.01	0.1	0.05
廃材	合板	5	1.0	0.2	4	0.5	212	92	37000	50	0.01	0.4	0.05
	角材	23	1.0	0.4	6	0.2	54	12	2880	50	0.01	0.7	2.35
	板材	14	1.0	0.4	5	0.2	1494	200	4110	50	0.01	0.2	0.05
	家具	3	5.2	0.2	22	0.2	158	33	2040	102	0.01	0.1	0.05
混材	チップ	4	7.3	0.2	10	0.2	13	10	1870	50	0.01	1.9	

Tab.6 有害判定された木材試料 (mg/kg (乾))

種類	仕様	出処	塗装	化粧	備考	As	Cd	Cu	Hg	Pb	Cr	総 Cl	総 F	PCB	PCP	Benzo (a) pyrene	
新材	合板	現場	有	有	型枠	<1.0		<1.0	<0.20	<1.0	<1.0	800	130		<0.05	<0.05	
		現場	有	有	直床フローリング材,	<1.0	0.70	<1.0	<0.20	14.0	2.4	34000	<50	<0.01	<0.10		
		現場	有	有	直床フローリング材, MDF, ゴム	4.0	<0.20	<1.0	<0.20	11.0	2.6	1600	<50	<0.01	<0.10		
	PB	現場			E0	2.3	<0.20	7.6	<0.20	10.0	7.9	800	<50	<0.01	3.20	<0.05	
廃材	合板	現場			E1	2.5	<0.20	6.7	<0.20	3.3	4.1	<100	<50	<0.01	7.10	<0.05	
		現場			E2	2.0	<0.20	4.8	<0.20	3.6	4.9	<100	<50	<0.01	4.30	<0.05	
		MDF	現場		有	紙	<1.0	<0.20	6.1	<0.20	<1.0	1.4	100	<50	<0.01	7.20	<0.05
	合板	住宅			有	床板 + PVC シート	<1.0	<0.20	2.0	<0.20	<1.0	19.0	60,000	50	<0.01	0.23	<0.05
		住宅	有	有			<1.0	<0.20	2.7	<0.20	110.0	76.0	2500	<50	<0.01	<0.10	
		住宅	有	有			<1.0	<0.20	3.6	0.71	30.0	88.0	1400	<50	<0.01	0.32	
	PB	住宅	有	有			<1.0	<0.20	4.5	<0.20	280.0	94.0	1600	<50	<0.01	0.37	
	角材	処理			有	仕上げ	<1.0	<0.33	1.9	<0.20	3.6	<1.0	540	<50	<0.01	6.40	
		住宅				柱	250.0	6.40	330.0	<0.20	<1.0	1,100.0	300	<50	<0.01	<0.10	5.80
		住宅				窓枠, 塗装	<1.0	<0.20	2.5	<0.20	96.0	16.0	1500	<50	<0.01	<0.10	
処理		有			電柱 (PAH 塗装)	<1.0	<0.20	6.7	<0.20	180.0	9.7	920	<50	<0.01	0.31		
処理		有	有		窓枠	<1.0	0.44	2.4	<0.20	17.0	1.6	2000	<50	<0.01	<0.10		
処理		有	有			<1.0	<0.20	9.6	<0.20	61.0	3.8	580	<50	<0.01	0.41		
家具	住宅	有	有		木板 + 無機板	<1.0	<0.20	3.7	<0.20	170.0	15.0	2,200	110	<0.01	0.14	<0.05	
	住宅				下駄箱扉	6.2	<0.20	27.0	<0.20	18.0	36.0	1,400	70	<0.01	<0.10	<0.05	
	住宅				造付	<1.0	<0.20	1.6	<0.20	110.0	21.0	1,100	<50	<0.01	0.12	<0.05	
板材	研究	有				<1.0	0.34	5.4	<0.20	2100.0	200	3700	<50	<0.01	<0.10		
	研究	有				<1.0	0.49	2.1	<0.20	79.0	11.0	3000	<50	<0.01	0.20		
	研究	有				<1.0	7.80	5.1	<0.20	4700.0	200	2900	<50	<0.01	0.13		
	研究	有				<1.0	<0.20	3.2	<0.20	<1.0	3.2	1800	<50	<0.01	382.00		
混材	チップ	処理				5.0	<0.20	9.1	<0.20	2.8	5.2	1400	<50	<0.01	0.16		
		処理				2.4	<0.20	3.7	<0.20	4.8	3.0	500	<50	<0.01	2.20		
		処理				8.3	<0.20	10	<0.20	16.0	12.0	1900	<50	<0.01	1.10		

PB: パーティクルボード, 出処 (住宅): RC 造集合住宅, 出処 (研究): 木造研究施設倉庫, 出処 (処理): チップ化施設

あるために独立に焼却処理施設を設置すべきだというのは二重投資と規模の経済の点で社会的・経済的に賢明な選択とはいえない。焼却施設の建設費は決して安くはない。

建設廃木材の排出者は建築物所有者であり、市民である場合も多い。建設市場が都市部で大きいことから、建設廃棄物量に応じた処理費用の分担を前提とした上で都市ごみとして処理し、スケールメリットによる経済性と省エネルギー性の向上を目指すというシナリオも選択肢の一つである。ただし、清掃工場で建設廃木材の混焼を行う場合には新たな対応²⁶⁾が必要となる可能性もある。廃木材処理の選択肢は数多く存在するが、その実行可能性は規制緩和を柱とするフレームの整備と大きく連動しており、その議論の前提となる情報公開のさらなる促進が望まれる。

注記 経済産業省「資源循環型住宅技術開発プロジェクト」の「平成14年度高効率エネルギー利用住宅システム技術開発省エネルギー等予測・評価手法確立のための研究開発」における「住宅のLCA予測・評価手法の研究開発」の成果を参照した。

[参考文献]

- 1) <http://www.actec.or.jp/fukusan/what/index.htm>
- 2) 平成12年度建設副産物実態調査結果, 国土交通省
- 3) パーティクルボード用原料使用実態調査結果, 日本繊維板工業会
- 4) 建材統計要覧, 日本建材産業協会
- 5) 白井他, 富山県の木材資源とその活用実態に関する調査研究, 日本建築学会大会学術講演会論文集, (2003)
- 6) 福田他, 建設系廃木材における高付加価値リサイクルの必要性, 日本建築学会大会学術講演会論文集, (2003)
- 7) 住宅のLCA予測・評価手法の研究開発, 経済産業省, (2003)
- 8) 石川: ごみ処理の最先端プラント技術と灰溶融, 日報出版, (1997)
- 9) Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (循環経済・廃棄物法), (1994)
- 10) Erneuerbarer Energien Gesetz (再生エネルギー法), (2000)
- 11) Biomasseverordnung (バイオマス政令), (2001)
- 12) Altholzverordnung (廃木材政令), (2002)
- 13) Bundes-Immissionsschutzgesetz (連邦イミッション防止法)
- 14) 間宮, ゴミ先進国ドイツにみるゴミ問題, 土木学会誌, 第85巻第3号, pp.27-30, (2000)
- 15) <http://www.ral.de/>
- 16) Recyclingprodukte aus Gebrauchtholz (使用済み木材を用いたリサイクル製品), RAL, (1997)
- 17) 建設リサイクル法基本方針, (2001)
- 18) 志賀他, 原子力発電建屋工事から発生する建設廃木材への対応, 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.497-499, (2002)
- 19) 間宮, 解体廃棄物の処理に関する調査研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-材料施工, pp.919-920, (2002)
- 20) 住宅のLCA予測・評価手法の研究開発, 経済産業省, (2003)
- 21) 倉田他, 建設廃木材中の化学物質(第1報), 第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.414-416, (1999)
- 22) 倉田他, 建設廃木材中の化学物質(第2報), 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.476-478, (2002)
- 23) 東他, 北海道における廃木材中の表面処理用木材保存剤の分析, 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.450-452, (2003)
- 24) 浅利他, 市販廃枕木に含まれる残留性有機汚染物質及びそのリスク, 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.456-468, (2003)
- 25) 浅利他, 廃木材を用いた建築部材製造プロセスにおけるLCA及びリスク評価, 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集, pp.459-461, (2003)
- 26) 高橋他, 防腐・防蟻剤処理木材に含まれる重金属の焼却による挙動, 第21回全国都市清掃研究発表会講演論文集, pp.112-114, (2000)