

特集 持続可能な社会に向けて(8)

# 木材利用と地球環境

## —循環型資源としての木材のカスケード利用②—

あり  
ま  
たか  
のり  
有馬孝禮

### 四 カスケード型利用

#### — 残材、廃棄物処理から再利用、再生利用へ

木材の資源としての流れは、いろいろな形状の構成材料になるカスケード型です。図3のように、丸太から製材、合板、集成材、直交集成板などに、チップ、繊維は木質ボード、紙、さらに鋸くずや切削くずなどは敷料や飼料、そして炭や燃料などに展開しています。製造工場での残材や副産物などは、原料や燃料として利用展開されます。また、都市の資源として位置付けられる建築物や家具なども、使用された後の解体材や解体品などのリサイクル利用にも重要な展開があります。

リサイクル推進に関連して「資源は有限、知恵は無限」といわれています。しかしながら、資源問題と環境保全の重要性が叫ばれている中にあっても廃棄物に見えると、経済あるいは地域対策的な理由の方が優先される傾向が少なくありません。理屈はわかっているにもかかわらず、目にするものが多く、その反面資源消失は見えにくいために一向に進まない現状があります。資源消失と人件費削減のいずれを優先するかという単純な問いにもなりません。資源をリサイクルすることの意義は、①資源の枯渇性、②生産に要するエネルギーの節約、③有害物質の流出防止、④投棄、保管場所の不足、などが挙げられます。

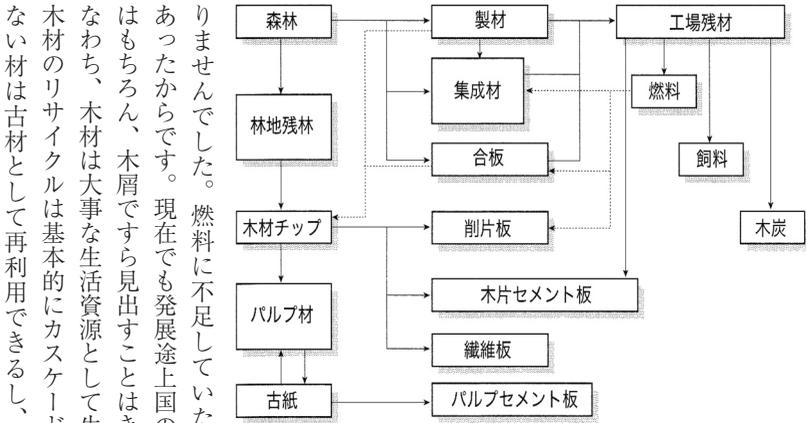


図 3 木質資源のカスケード利用の流れ

りませんでした。燃料に不足していたので、貴重な資源であつたからです。現在でも発展途上国のごみ処理場では木材はもちろん、木屑ですら見出すことはきわめて困難です。すなわち、木材は大事な生活資源として生きつづけています。木材のリサイクルは基本的にカスケード型であり、損傷の少ない材は古材として再利用できるし、チップにすれば紙、

現在、我が国で解体材や廃材あるいは紙の廃棄問題はその都市の焼却処理能力を越す量と、最終処分、④投棄、保管場所の不足、などが挙げられています。戦後のものが不足していた時代には、ゴミの中に少なくとも木材の端材を見出すことはあ

ボード原料にもなるし、最後には燃料として燃され、大気に戻るといふ基本要件が備わっています。ところが、近年の我が国の豊さは皮肉にも建築、土木解体現場や災害現場で発生した木材、あるいは不用になった家具など、都市から排出される木材や紙がやっかいものの廃棄物として扱われる傾向があります。本来、再資源化と廃棄物処理は資源に対する向きと後向きであるといえます。主として費やされる人件費が同じであつたとしてもその差異は決定的な違いといえます。再資源化に要する人件費が少々かかつたとしても、本来の目的が資源再生さらに廃棄物の削減、環境保全というならばかなりの経費とくに人件費は許されるはずで、しかしながら処理という行為のみに目的や視点があると経費のみの評価に陥りやすいといえます。民間企業の場合は経営という側面からある程度仕方ないともいえますが、公共的な立場にあるものは将来に渡つてあるべき姿への前向きの戦略でなければならぬと思われまふ。少なくとも生物資源の廃棄物は廃棄物問題ではなく、都市の資源、エネルギー問題として取り上げるべきで、燃すだけの施設の建設など本来論外であるといえます。

解体材などの木質材料の原料・燃料への再生利用には、新材による製品に比べると加工エネルギーがかかる場合もあります。木材資源が全く枯渇の心配がないならば、リサイクル

などせずに新材を使用した方が製造エネルギー的には有利になることも考えられます。しかし、原材料の選択性の広いパーティクルボードなどへの利用は資源の有効利用と木材中に固定化された炭素をそのまま保存することで、焼却による大気中への二酸化炭素の放出をなるべく抑える、あるいは遅延させるといふ地球環境保全面から評価されます。改めていうまでもありませんが、カスケードの最終段階といえる熱利用は基本中の基本といえます。

我が国の現状は、有り余る資源を前提にした「大量生産、大量消費、大量廃棄」という利便性と経済的な効率至上の呪縛が解けていないといえます。都市は資源が大量にストックされている場所であり、改めて都市の資源、エネルギー問題、すなわち資源循環型社会の形成として取り上げる時期であると思われまます。

## 五 資源循環型社会を回す仕組み

「ものを大切にしよう、リサイクルに協力しよう、ごみを減らそう」がごく当たり前のこととしていわれています。限られた資源と環境保全のために循環型社会形成が必要だと、ほとんどの人々が思っています。しかしながら、素直な形で一般庶民に受け止められて、実行に移されているかどうかはいささか疑問です。木造住宅の解体に伴う廃棄物問題に関わ

る野焼きや不法投棄は減少してきたようですが、そこには良心的な業者の使命感、モラルによって支えられているともいわれています。しかしながら、不法投棄は現在の仕組みでは考えようによっては生じがちといえます。解体処理を請け負ったものにとつて適切な処理に経費がかかり、処理しない方が儲かるならば、不法投棄に回る可能性がないとはいえません。使命感、モラルが期待できそうもない、あるいは「やめた」といつて投げ出されたとき、野焼きや不法投棄が溢れるということも考えられます。それを防ぐには管理下のもとで誰かがやってくれるという樂觀に落ち着きがちです。そのつげは居住者や市町村の行政、すなわち税金に回るといふことになりましよう。そのような状況下において資源化は生じにくく、廃棄物処理という範疇で、相変わらず不法投棄の危惧は拭い切れません。不法投棄を防ぎ、リサイクル資源として使用することを最大の課題とするならば、さし当りできることは、一見乱暴ですが、廃棄物を資源として買い取ることです。買い取るための資金はどこにあるといわれるかもしれませんが、新材購入時に処理費と資源費を前以って納めておく一種のデポジット制が考えられます。処理費は前もっていただいているので処理するだけのことです。資源になるものは資源費で買い取る、資源にならないものは前もって納める処理費は高く設定されるはずで、この仕組みの中では横着

者で（あるいは大金持ち）、資源になるものを捨てる人があっても拾ってくれる人がいるはずです。資源が不足していた戦後はこれに近い状態でした。

最終処理費の高くなるものほど新規購入する価格が高くなるはずで、ライフサイクルアセスメント（LCA）に準じた負担ということならば当たり前です。これに対する反論は「高くなればものが売れなくなる」「買い取った後どうするのだ」「誰が買い取るのだ」などです。しかしながら、ただ単にやらないという議論は要するに、視点が無いのと同じです。資源をゴミとして扱い、ゴミは金を出せば引き取ってもらえるというのは、最近の我が国では当たり前かもしれません。しかしながら、「建設リサイクル法」で定めた品目は資源として認めたものであって、「リサイクルの推進」という資源としての位置づけをしたはずです。資源であるとすれば、タダで資源をもらえる（ときには資金付きで）というのは論理的におかしいといえます。リサイクル運動の合言葉である「分ければ資源、分けなければゴミ」といわれていますが、資源にお金を払わないという現状の仕組みはもののない時代をみてきたものにとっては、外国人からいわれた「もったいない」に反応する現実にとまどいを感じます。消費税分の値上げは簡単だが、デポジットすらできないという構造はまことに不思議です。「資源がない国」と一方ではいっていないが

ら、資源をゴミと見なす現実は大きな危惧にさらされているといえます。資源は価格の高い所に流れるはずで、ペットボトルや古紙が海外に流れ出て、リサイクル施設の稼働に支障をきたす危惧は、現在の仕組みから考えて不思議ではありません。

建設資材にデポジット的な扱いをしてはという話題の中で、その使用後のタイムラグの大きさの違いから、短期間の古紙などと異なるように受け取られがちです。しかしながら、資源としてのポリウレームの大きさ、最終処分や焼却、あるいはリサイクル資材への原料としての位置など、今後の資源保持、環境保全など仕組みとしてきわめて重要です。木材に関するならば、地球温暖化防止における炭素ストックにも関連しているだけに、ハード、ソフト併せた仕組みを検討しなければならぬと思われれます。資源は資金のある方に移動しますが、ゴミはタダの方に移動します。いうまでもなく、循環型社会はモラルによって支えられています。しかし、モラルを持っている人が多くの負担を少なくする仕組みを創らないと、いつまでも正直ものが馬鹿をみる白けた状態になるといえます。これらの課題とは事情が違いますが、最近の自然災害で見られる大量の解体資材の処理が復興対策に大きな影響があるといわれています。

## 六 都市の資源問題―木質資源再利用と耐用性

木材関連産業は炭素ストックする業ということを描べますが、木造建築物などの製品は「都市の森林」と位置付けられます。「生命活動がないのに森林とは何事か」とお叱りを受けるかもしれません。炭素ストックという面から考えると一つの考え方で、千年を超えている文化財クラスの建築物は千年余の森林と同じような状態であるとみなせません。言葉をかえれば、成長量と伐採量の関係からも、五〇年生の森林から伐採してきた地に新たに植栽しても元の状態に戻るには五〇年を要することになります。したがって、伐採後五〇年はストックしないと、伐採された森林はもとの状態（すなわち五〇年生の森林）に戻らないことになります。そのような考えのもとで、住宅の寿命を考える人もいます。

カスケード型利用の中にあっても、その製品の耐用年数の長さは、森林における成長に要する時間と森林面積の確保にゆとりを与えることになります。リユースやリサイクルは、木材としての耐用年数を延長しているといえます。前回述べましたHWP（伐採木材）の扱いにみられる平均寿命が示されていることは、今後のリユースやリサイクルといった都市の資源問題の推進にどのように反映させるか注目したいものです。

## 七 木材カスケード利用の代表―木質ボード

近年の木材利用の変化は、廃材や残材も木質材料の主要原料になるとともに、エネルギー資材になっています。エネルギー利用の推進力になっているのが木材乾燥です。製材業でも木材乾燥を導入したところでは、大きく変化してきました。乾燥のエネルギー源となっているのが樹皮、鋸くず、端材などです。合板工場の単板からの端材、残材や端材が、製造工程に使用する燃料源として使用されています。木質ボードや紙パルプは、小径木や工場残材、解体材などが原料そして燃料として再生利用されている代表です。

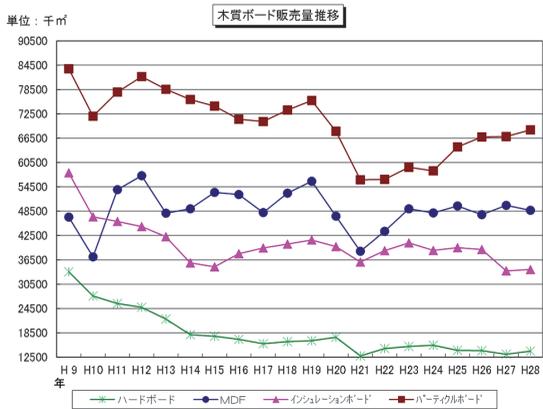
木質ボードの原料であるチップには小径木などの未利用材のほか、製材工場や木材加工業から端材や残材、パレットや建築解体材、都市樹木からの剪定材などありますが、集荷が重要な要素であることは明らかです。

図4は我が国の木質ボード類の生産量の推移、図5は木質ボード類の原料到達の動きを示したものです。都市から得られる資源を利用している現実があります。

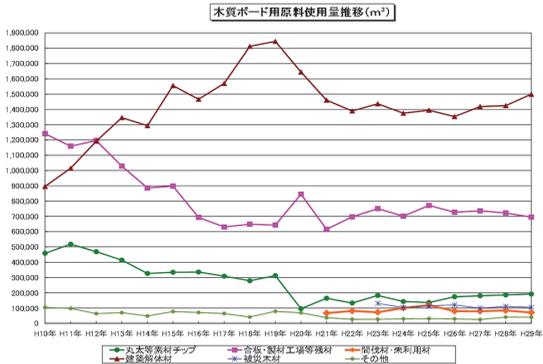
都市部においては解体、廃棄物問題に関わることが少なくありませんが、地域によっても資源となるか産業廃棄物になるかが定まります。例えば、地域内に畜産業があれば敷料になり、さらにそこに農業があれば有機肥料として移動し、典型的なカスケード利用といえます。林業・木材産業の成長産

業化が地方創生に期待されている昨今ですが、地域内の関連産業における連携は基本的な課題であるといえそうです。林地残材などの未利用木材をエネルギー原料として単独で運用するには、木材中の水分除去に多くのエネルギーを要することを考えればかなり無理があることは明らかです。したがって、木材関連産業や地域の基幹産業とのどのような組み合わせがありうるかが課題であると思われます。

しかしながら、それは誤解を招く表現、認識です。なぜならば、化石燃料として大昔の太陽エネルギーによって生活していた動植物からできた資源であり、収支の時間軸が異なるだけで振り出しに戻っただけであるからです。改めていうまでもなく、バイオマスは含有水分や装置などの熱効率から比較すると、化石燃料から排出される二酸化炭素の二倍以上になることもあり得ます（木材中の炭素は半分なので、単位重量あた



出典：日本繊維板工業会、2017年  
図4 木質ボード類の販売量の推移



出典：図4に同じ  
図5 木質ボードの原料使用量の推移

## 八 再生可能資源としてのバイオマスエネルギー

地球温暖化防止対策におけるバイオマスエネルギー利用が大きな動きの相を示してきています。その最大のよりどころにしている歌い文句は「バイオマスエネルギーは二酸化炭素放出ゼロ」です。木材などのバイオマスは大気中の二酸化炭素を太陽エネルギーで変換した資源で、燃焼しても二酸化炭素の振り出しに戻るから炭素収支からゼロである（いわゆる「カーボンニュートラル」）という理由が時々見受けられます。

りの熱量は石炭の半分程度)。にもかかわらず、化石燃料が二酸化炭素放出として扱われ、バイオマス燃料が放出ゼロというのには理由があるはずで、以下の二つの取り扱いを根拠にしていると思われまます。

一つは、バイオマスが比較的短期間に太陽エネルギーによる再生可能な(Renewable)資源であることです。言葉をかえれば、再生産ができなければ二酸化炭素放出ゼロを担保できないといえます。もちろん、原野で人手を必要としない再生可能な草木などもバイオマスと考えられなくもありませんが、再生産が保証されないならば基本的に化石資源と同じです。前報でも述べましたが、一般的には「伐採したら、植える」と考えがちです。それだけでは狭義の再生可能は満たすが、大気中の二酸化炭素のバランスはとれません。国やある地域でのバランスとなると、対象となる森林全体の伐採量と成長量がバランスしていなければなりません。極めて単純な例を挙げれば、五〇年生の森林から伐採利用する場合には、毎年伐採する面積の五〇年分の森林面積が確保されねばなりません。成長に要する時間が、植栽面積に置き換わることでバランスがとれるということです。放出される二酸化炭素と樹木の成長によって大気中の二酸化炭素を吸収してバランスをとることで、燃料の場合、伐採後すぐに二酸化炭素になります。建築物や家具などは廃棄されるまで炭素ストック

がなされ、成長しない森林のような存在として位置づけられます。耐用年数は二酸化炭素放出までの時間稼ぎで、伐採した森林に時間的な猶予あるいは再生可能を担保する必要面積を減らすことに関係してきます。先に述べたHWP(伐採木材)の扱いで示された使われ方による平均寿命年数の設定は、それらを配慮した一つの指標を示しているといえます。

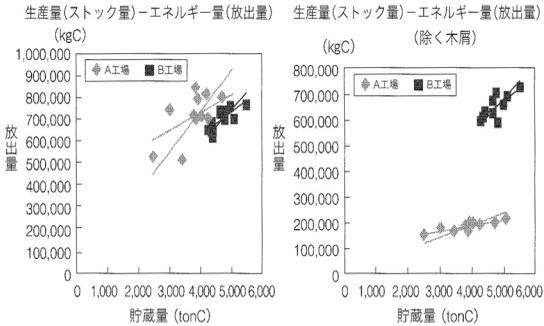
もう一つは、「京都議定書」第一約束期間の森林で伐採した木材の二酸化炭素としての扱いにあります。木材は、伐採した時点で二酸化炭素となっています。すなわち、伐採は森林が負担しているもので、その後の木材燃焼による二酸化炭素の放出に関して負担する必要がないということです。

このように、バイオマスエネルギーの利用については「カーボンニュートラル」を担保する再生産と、「京都議定書」の第一約束期間での森林伐採の木材の扱いを根拠にしてエネルギー分野からやや安直に取り扱われ、森林の再生産への担保が軽い傾向が感じられます。

とくに算出されている森林の賦存量を過大に評価し、個別散在的な集荷の困難さから実際には遙かに下回る原料確保しかできない可能性が予想されます。バイオマスエネルギー発電はその使用する資源量がきわめて大きいので、資源獲得競争になったときボード原料など焼却以外の利用への原料不足、価格競合をもたらすことも指摘されています。解体材など異

A工場は、エネルギー源として木質燃料を一部用いています。B工場は、主として化石燃料を使用しています。左の図は化石燃料、木質燃料による全エネルギーを算出していますが、右の図は木質燃料を二酸化炭素排出ゼロとして表示したものです。木質燃料の扱いで大きな差異が生じることが認められます。

ちなみに、わが国のエネルギー消費に伴う二酸化炭素は炭



出典：有馬「なぜ今木の建築なのか」、学芸出版  
 図6 木質ボードの生産量と投入エネルギー量

物、不純物の混入する原料を使いこなせる技術は重要ですが、バイオマスのかけ声のいいとこ取りの仕組みが稼働すると木材関連産業の原料得取の根底が崩れ、資源循環が危うくなるおそれもあります。

図6は、二つの木質ボード工場の生産量（炭素ストックに相当）とそこで要した全エネルギー（炭素交換）の関係を示したものです。

素換算で約三・五億t/年ですが、わが国の森林で蓄積されている炭素は約一〇億tCです。化石燃料が入ってこない状況が生じたら、この森林蓄積の木材にエネルギーを頼るしかありません。それは約三年でわが国の森林は丸裸になることを意味します。多量のエネルギー使用の削減が最大の命題であり、安直にバイオマスエネルギーに期待するのではなく、都市の資源である解体材などの積極的利用、バイオマスエネルギーを無駄にしない仕組み、森林における再生可能を強調する必要があります。

ところで、木質燃料というと薪を想像し、木材であるから容易に燃えると思っている人が少なくありません。しかしながら、木材の燃焼現象を知らずして大量の木材を扱うことは極めて危険です。木材量の確保も重要ですが、燃料となるには水分を離脱させるために多くのエネルギーを必要とします。水分を飛ばすために他の燃料を使うなど、いささか疑問です。燃焼炉内には酸素の供給状況や温度分布によって複雑なガス、燃焼現象が生じますので、燃焼炉の構造や制御に慎重な配慮が必要です。過去に木材関連産業で爆発、火災などの事故を多く経験していることを心すべきであり、施設、管理を含めて十分留意する必要があります。また、燃焼灰が廃棄物になるか資源になるか、経営上の大きな課題でもあります。

(東京大学名誉教授)