

建設資源リサイクルの現状と課題

SOME ASPECTS ON THE CONSTRUCTION RESOURCES RECYCLING

山田 優*

by Masaru YAMADA

1. はじめに

建設副産物のみならず他産業から発生するものも含めて再生建設資源とする省資源・資源循環への取り組み、これを「建設資源リサイクル」あるいは簡単に「建設リサイクル」と呼んでいる。高度経済成長がもたらした使い捨て文化、建設ラッシュは、大量の廃棄物を生み出し、また大量の建設資源を消費した。しかし、それらは結果的に土地の造成に繋がった。すなわち土地ブームがそうした状況にある程度容認してきたといえる。しかし土地造成の魅力が薄れるとともに、廃棄物の持って行き場がなくなってきた。頼りとする焼却も、ダイオキシンが怖い。廃棄物埋立場でむしろ好んで受け入れられていた建設廃棄物は今や一番の厄介者、建設による環境負荷を象徴するものがごとくみられている。建設資源の採取も即、自然破壊とみなされる。そうした時代から建設資源リサイクルに期待が寄せられているが、それを効果的かつ適正に実施するには、種々の技術の導入・開発を必要とする。

以下、建設資源リサイクルの現状と課題についてをまとめてみた。

2. 建設資源リサイクルが期待される各種廃棄物・再生資源の現状

建設工事で発生する建設副産物およびその他の各種再生資源で、建設資源としての有効利用が期待されているものの排出状況は、表1のとおりである¹⁾。

2. 1 建設副産物

(1) 建設発生土

建設副産物のうち、建設発生土は法律上の廃棄物ではないが、膨大な量が排出されて問題となっている。その48%は農地のかさ上げ工事を含む内陸での工事等で有効利用されているが、52%は海面および内陸水面の埋立、谷地や碎石採取跡地の埋立、廃棄物処分場の覆土等への有効度の低い利用である²⁾。半ば処分を目的にしたような埋立は今後ますます行

いにくくなると考えられ、真に土地造成を目的とした埋立など、有効度の高い利用用途が真剣に検討されねばならない。

なお、表1の数字には港湾関係での浚渫に伴う土砂は含まれていない。この浚渫土はこれまで港湾の整備を目的とした臨海部の埋立に利用されてきたが、そうした目的の埋立も必要性が認められにくくなっており、他の有効利用用途が早急に検討されねばならない。

(2) コンクリート塊

コンクリート塊は、排出量の65%が再利用され、35%が最終処分されている。再利用率が高くなってきているが、ほとんどが再生クラッシュランとしての利用、一部は再生コンクリート砂と呼ばれる土砂としての利用であり²⁾、コンクリート用骨材としてなど、付加価値の高い利用も望まれている³⁾。今後、建築物、特に戸建て住宅の分別解体が徹底されれば、コンクリート塊の排出が多くなるが、それらは碎石としての利用は困難で、土砂としての利用が望まれるものであろうと予想される。

(3) アスファルト塊

舗装からのアスファルト塊は、79%は再利用され、しかも、その大部分が再生アスファルト混合物の材料として利用されている²⁾。ただし、再生アスファルトプラントが近くにない地方部では、せいぜい再生碎石としての利用か、あるいは埋立処分が多いと考えられる。

(4) 建設発生木材

建設発生木材の排出量の58%は木造住宅の解体によるものである。燃料チップ、パーティクルボードなどとしてのリサイクルルートはあるが、61%が最終処分されている²⁾。

今後、建築物解体リサイクル法が施行されると、より多くの建設発生木材が分別されて排出されることになるが、従来の木質資源リサイクルの用途だけでは引き受けきれないと思われ、建設資源として大量に受け入れることのできる用途の開発が必要である。燃料として利用するサーマルリカバリーが考えられるが、その前に何らかの形でマテリアルリサイクルを行うカスケード型利用が望まれる。たとえば

* 大阪市立大学教授 工学部環境都市工学科
(〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138)

表1 建設資源としての有効利用が期待される各種再生資源の排出状況

再生資源の種類		排出量 (/年)	再利用率 (/年)	減量化量 (/年)	最終処分量 (/年)	調査年 度
建設 副 産 物	建設発生土	44,600万m ³	21,300万m ³	—	23,200万m ³	1995
	コンクリート塊	3,647万t	2,287万t	—	1,288万t	
	アスファルト塊	3,565万t	2,821万t	—	684万t	
	建設発生木材	632万t	234万t	11万t	387万t	
	建設汚泥	978万t	57万t	78万t	843万t	
	建設混合廃棄物	952万t	52万t	48万t	852万t	
ごみの焼却残渣		616万t	11万t	—	605万t	1995
下 水 汚 泥	合計(乾燥重量)	171万t	57万t	—	114万t	1996
	うち脱水ケーキ	35万t	8万t	—	27万t	
	焼却灰	110万t	27万t	—	84万t	
	熔融スラグ	8万t	8万t	—	—	
石炭灰		730万t	496万t	—	234万t	1997
廃タイヤ		86万t	80万t	—	6万t	1994
廃プラスチック		884万t	221万t	327万t	336万t	1995
廃ガラスびん		220万t	140万t	—	80万t	1997
鉄鋼スラグ	高炉	2,354万t	2,333万t	—	—	1997
	転炉	1,025万t	902万t	—	87万t	
	電気炉	369万t	316万t	—	64万t	
砕石スラッジ		1,720万t	—	—	—	1996

注1) 建設発生土の再利用率は内陸工事等での有効利用量、また最終処分量は海面および内陸水面の埋立、廃棄物処分場の覆土など、その他での利用量を示す。

注2) 廃プラスチックの再利用率には、ごみ発電としての利用量も含めている。

炭化物にすれば、地盤材料としての利用は可能と思われる。

(5) 建設汚泥

建設汚泥は、泥土圧または泥水式シールド工法、地中連続壁工法、場所打ち杭などによる掘削工事に伴って排出される。粘土、シルト等の微細な土粒子から成るものが多い。含水比は泥土圧シールド工法の排泥やそのほか脱水後ケーキ状で排出される場合には比較的lowく、20～70%程度であるが、泥水式シールド工法や地中連続壁工法の廃棄泥水などでは100%以上、1000%に達することもある。高圧噴射攪拌工法の排泥のようにセメント等を含みそのまま放置すれば硬化する汚泥もある⁴⁾。

これらの建設汚泥のうち、再利用あるいは減量化されるものは14%にすぎず、残りの86%は最終処分されている²⁾。当然、再利用率を上げるため、再利用方法が種々検討されてきた。その多くは後述するように改良して土材料あるいは粒状材料として利用するものである。しかし、再利用はほとんど進んでいない。それは、改良土などの再生物が使用中に再び泥に戻ったりしないのか、添加される改良材が環

境に害を与えないかなどの不安があるためのもので、その不安を解消する方策を考えねばならない。特に、セメントや石灰系の改良材を用いた場合、浸出水のpHが高くなることが問題にされる。

(6) 建設混合廃棄物

建設混合廃棄物の排出量の83%は建築物の新築・改装および解体工事によるものである⁵⁾。中間処理施設で選別して一部を再利用あるいは減量化している例もあるが、その率は低く、89%が最終処分されている²⁾。不法投棄されることも多いのが現状である。

表2は混合廃棄物として排出された建築廃棄物の組成を示す。これらが分別され、それぞれが有効利用されねばならない。

2.2 その他の再生資源

(1) ごみの焼却残渣

全国の市町村処理されているごみは年間約5000万tで、その約80%が焼却施設に運ばれて焼却残渣となる。そのほとんどは埋立処分されているが、近年、最終処分場用地の確保が困難となり、ごみの発生抑

表2 混合廃棄物として排出された建築廃棄物の組成（1995年度，全国）⁵⁾ 単位：万 t/年

工事の種別		コンクリート ・モルタル破片	金属くず	木くず	廃プラスチック	ガラス及び 陶磁器くず	その他	合計
新築・ 改築	非木造	8	20	23	22	151	3	227
	木造	5	5	89	5	60	—	166
解体	非木造	0	120	15	8	36	—	179
	木造	106	6	52	1	54	—	220
合計		119	152	180	36	301	3	791

制とともに、焼却残渣の利用による処分量の削減が求められている。

ごみの焼却残渣には許容量以上のダイオキシンが含まれていたり、重金属等の有害物質が溶出する可能性がある。そこで、新しく建設される焼却施設では、高温熔融処理してダイオキシンや有害物質を分解、除去するとともに、スラグにして建設材料として利用しやすくする方式を取り入れることが推奨されている。しかし、現在稼働している焼却施設をすべて熔融方式に切り替えるまでには相当な年月を必要とするため、当面焼却残渣のままでも利用できる部分は利用することが期待されている。

(2) 下水汚泥

下水汚泥は以前は脱水ケーキ状で処分されたが、最近は焼却処理することが一般的になり、64%が焼却灰で排出されている。また、5%程度が熔融処理もされるようになり、スラグの状態ですら約2万 tが排出され、建設資材として有効利用されている。

(3) 石炭灰

石炭灰は石炭の使用量が年々増加するに伴い増加し、1997年度で730万 tに達した。そのうち68%が有効利用され、32%が最終処分されている。現在、有効利用用途の65%がセメント分野であるが、排出量が今後も増加すると考えれば、地盤材料など、建設資源としての有効利用の拡大が期待される。

(4) 廃タイヤ

自動車の廃タイヤも増加傾向にあり、年間90万 t近くの量が排出されている。セメント工場などで燃料として利用しやすく、再利用率は93%の高率になっているが、そうしたサーマルリカバリーよりもゴムの物理的特性を活かしたマテリアルリサイクルが期待される。

(5) 廃プラスチック

廃プラスチックの排出量は、一般廃棄物として443万 t、産業廃棄物として363万 t、生産加工ロス78万 t、合計884万 tである。再利用率は25%で、その内訳はマテリアルリサイクル率11%、サーマルリカバリー率14%であり、各種有効利用用途の開発が必要

となっている。

(6) 廃ガラスびん

廃ガラスびんは、67%がびん原料カレットとして再利用されている。しかし、無色と茶色以外のものは、びん原料としての再利用が困難であり、他の用途での利用が必要である⁶⁾。

(7) 鉄鋼スラグ

鉄鋼スラグのうち、高炉スラグはセメント用を中心に、ほぼ100%が再利用されているが、転炉スラグおよび電気炉スラグはそれぞれ土工用、道路用を中心に再利用率が上昇しているものの、80%台にとどまっている。

(8) 砕石スラッジ

砕石工場で排出される砕石スラッジは、砕砂の需要が伸びて増加してきている。ほとんどが場内に堆積させるか経費をかけて処分されており、その有効利用は関係業界の重要課題である。最近、石灰等で安定処理してクラッシュランまたは再生クラッシュランに混合し、水硬性複合路盤材⁷⁾と称する材料を製造する計画があり、注目される。

3. 建設資源リサイクル技術の課題

3.1 建設資源として期待される有効利用用途について

前記した各再生資源の建設資源としての利用方法は種々のものがあり、より有効な利用用途の検討が続けられている。たとえば、図1は泥土の各用途への適用方法とそのための処理方法を示している。

建設資源としての有効利用が期待される再生資源の多くは粒状、粉状あるいは泥状で供給できるものであるから、図1は泥土の範疇に入らない他の再生資源においても参考となる。図中に示す適用方法のうち、「流動性材料としての利用」は泥土の物理的特徴を、「粘土原料としての利用」は泥土の化学的組成を活用しようとするものである。「土材料としての利用」は土が建設材料として最も一般的で大量に使用されており、また「粒状材料としての利用」も、砂・砂利、砕石が土ほどではないが、やはり大

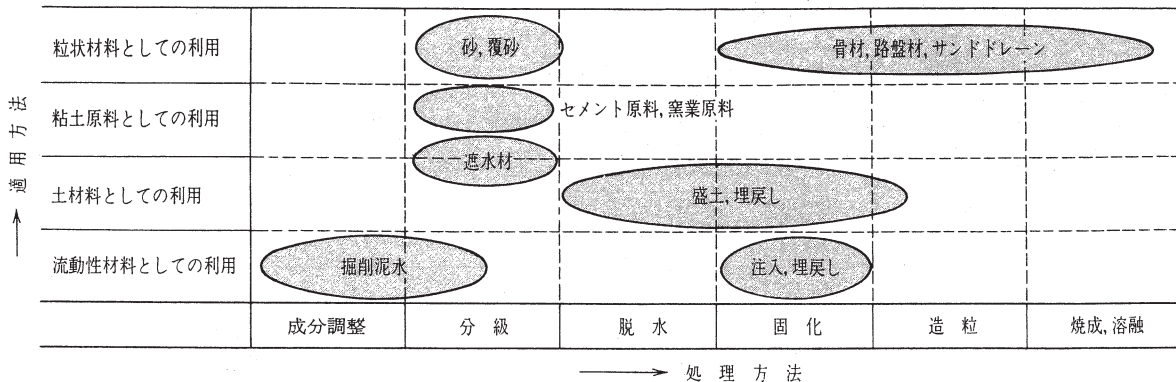


図1 泥土の処理方法と有効利用方法の分類⁸⁾

量に使用され、土よりも高く売れ、普及しやすいという考えのものである。

すなわち、各種再生資源の建設資源としての有効利用用途は、適用方法から次のように分類することができる。

- 1) 土材料としての利用
- 2) 砂・砂利、碎石のような粒状材料としての利用
- 3) その他、各再生資源の物理的あるいは化学的特徴を生かした利用

1995年度の建設省の調査²⁾によれば、土材料の必要量は2億 m^3 で、その32%に建設発生土とコンクリート塊からの再生砂が利用され、68%に山砂等の新材が使用された。また、道路用碎石の必要量が2億3000万tであったのに対し、そのうちの20%にコンクリート塊またはアスファルト塊からの再生碎石および鉄鋼スラグが利用され、80%に新材である碎石が使用された。新材の使用比率がまだまだ高いことから、上記の1)あるいは2)は今後もねらいやすい用途であるといえる。しかし、新材でも単価は低いため、それより安い価格で供給しようとするれば、処理方法が限られることになる。それゆえ、3)で採算に合う用途を開発する努力も必要である。

建設副産物では、アスファルトの熱可塑性を生かしたアスファルト塊の再生アスファルト混合物への利用、その他の再生資源では、高炉スラグの水砕化によるセメント材料としての利用や高ガラス質で球状をした石炭灰の一部のセメント混和材としての利用は、3)に分類できる成功例といえる。最近、廃タイヤ、廃プラスチック、廃ガラスびんをそれぞれ破碎し、それぞれの特徴を生かした特殊骨材として舗装用アスファルト混合物に利用することも実施されつつあるが、3)の好例として注目できる^{9)、10)}。

なお、建設副産物以外の、たとえば廃ゴム、廃プラスチック、廃ガラスなどは、資源の延命のために、それぞれゴム、プラスチック、ガラスとしての再利

用あるいは再生利用を第一に考え、それが困難な場合で、焼却するよりはよいと考えられる場合に、建設資源としての利用が行われるべきであろう。

3.2 廃棄物の建設資源リサイクルの促進における技術的課題について

廃棄物といっても、利用時点でもまだ法的に廃棄物である場合と、改良されて有価物となり廃棄物でなくなった場合、あるいは建設発生土のように法的には廃棄物ではないが、有償では売却できないがゆえに廃棄物のように扱われる場合がある。また受け入れ先としては、再生資源として受け入れる各種利用用途があるが、廃棄物として受け入れる最終処分場も、跡地利用を前提としていれば、建設資源としての利用とみなすことができる。

結局、廃棄物の建設資源としての利用は次の4つのケースに分かれる。

- a) 改良されて廃棄物でなくなるか、あるいはもともと廃棄物ではないものを通常の建設資源として利用する。
- b) 法的に廃棄物であるものを、通常の建設資源として利用する。
- c) 廃棄物でないものを廃棄物の処分場に埋め立てる。
- d) 法的に廃棄物であるものを、処分場に埋め立てる。

処分場不足から、促進させたいのは、a)とb)であり、抑制したいのは、c)とd)である。

a)が、現在進められている廃棄物・再生資源の建設資源リサイクルである。問題は、廃棄物でなくなること、そのためには有償売却されることが必要だが、現状では容易でないということである。それは、主に建設材料が一般に安価であることによる。

廃棄物としての処理料金の高い建設汚泥が、有償売却可能な路盤材に再生されて利用されている例や、管理型処分場の用地が不足している地域で、ごみの

焼却灰を高額の処理料金で引き取り、高品質の骨材を製造している例がある。しかし、こうした再利用方法は、廃棄物を高額の処理料金とともに引き取っているがゆえに成り立っている場合が多く、いったんは事業化できても、それが普及すると処理料金が下がって経済的に行き詰まるおそれがある。低コストで高品質なものに再生する処理技術の開発が続けられねばならない。

b) は、現在、再生利用制度の活用による場合しか、認められていない。しかし、a) による利用が困難な場合には、このb) のケースでの利用を期待するしかない。たとえば、関東地建における建設汚泥処理土のスーパー堤防への利用がその例である。

a) は新材と同様に自由に利用できるわけで安定型リサイクル、b) は利用物についてのみならず利用者利用方法が所定の基準に適合する場合に認められるものであり、管理型リサイクルといえることができる。

管理型リサイクルは、これならば安心できるという条件で管理をしながら廃棄物の有効利用を進めようということである。この安心できるという条件は各ケースによって異なると考えられる。最も重視されねばならないのは環境保全上の条件で、たとえば地盤材料としての利用の場合には、次のようなことであれば、安心されるであろう。

1) 利用物が土壌の汚染に係る環境基準に適合する。

2) 利用物が土壌環境基準に適合すると判定した際の溶出試験条件よりもpHなどが悪条件となる水にさらされるおそれがないか、利用場所が雨水などの水の侵入あるいは浸出水の流出を抑制する構造になっている。

3) 将来、利用物が移動するなど、安易に利用条件が変更されない。

4) 万一問題が生じた場合に、復旧が可能である。

上記の1) の条件だけでなく、2) ~ 4) の条件を満足するような利用用途の開発が必要である。前述のスーパー堤防での利用では、そのために地表部より1.5m以深での適用としている。2) のためには、防水性のバインダーで固めるとか、遮水層を設けたりすることが有効であり、3) のためには、半永久的な構造物か、リサイクルして同じ条件で使い続けることが必要で、4) のためには、地盤の比較的浅い部分での利用であるとか、公共工事での利用が望ましい。道路舗装のアスファルト混合物層や路盤での利用は、それらの条件を比較的満たしやすいように思われる。

4. おわりに

以上、建設資源リサイクルについて筆者の知る範囲で現状と課題をまとめてみた。種々ご批判、ご意見を賜れば幸いである。

なお、本文は1999年9月22日に広島大学で開催された土木学会全国大会の研究討論会「地盤工学フォーラム:ゼロエミッション型都市構築と環境地盤工学」で配布した資料に加筆して作成したものである。

参考文献

- 1) 山田優ほか：(講座)発生土および廃棄物の地盤工学的処理と有効利用 2. 発生土および廃棄物の現状と問題点, 土と基礎, 44-11, pp. 59-63, 1996.
- 2) 建設副産物リサイクル広報推進会議：総合的建設副産物対策, 平成10年度版, 1998. 8.
- 3) 山田優：コンクリート・リサイクルについて—その技術の現状と課題—, 骨材資源, No. 113, pp. 1-8, 1997.
- 4) 建設省：建設汚泥リサイクル指針, 先端建設技術センター, 1999.
- 5) 日本建材産業協会：建築廃棄物排出状況と建材別特性等の実態, 1999. 9.
- 6) 山田優：廃ガラスびんの現状と建設資源としての利用用途, 舗装, Vol. 34, No. 3, pp. 21-25, 1999.
- 7) 日本砕石協会：水硬性複合路盤材材料規格、同製造マニュアルおよび同配合設計方法, 1999. 8.
- 8) 勝見武ほか：同上 4. 発生土の地盤工学的有効利用(その1), 土と基礎, 45-1, pp. 55-60, 1997.
- 9) 山田優：廃棄物のリサイクルと都市環境—特に都市廃棄物対策としての建設資源リサイクルについて, TOMORROW, 11-3, pp. 26-38, 1996. 12.
- 10) 山田優：廃プラスチックのアスファルト舗装用骨材としての利用, 骨材資源, No. 102, pp. 71-75, 1994.

(1999年9月10日受付 10月4日受理)