

# 総論：大量副産物の資源化・リサイクル

## Recycling of Massive By-products

武田 信生\*

Nobuo Takeda

資源・エネルギーに関する循環型社会の実現は、21世紀を迎えるに当たっての「持続可能な開発(sustainable development)」というキーワードとコインの裏表のような関係にあると考えられる。1990年代の初頭における「再生資源の利用の促進に関する法律（通称；「リサイクル法）」の制定、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（通称；「廃棄物処理法）」の改正、そして、公害対策基本法の全面的な改訂である「環境基本法」の制定、「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（通称；「容器・包装リサイクル法）」の制定は循環型社会への流れを具現化しようとする政治・行政上の表現ともいえよう。

「再生資源の利用の促進に関する法律（通称；「リサイクル法）」は、1991年に制定された。この法律は再生資源の発生量が増大しているにもかかわらず利用されないで廃棄されている実状に鑑みて再生資源の有効な利用を促進するべく制定されたものである。この法律は再生資源の利用を促進すべき業種、製品、副産物を指定し、自主的取り組みを促し、ときには指導、助言、勧告、公表、命令などの手段を駆使して従来廃棄物とされてきたものの資源としての利用を促そうとするものであると解される。

この法律においては、事業活動から発生する副産物

（廃棄物）で再生資源として利用可能なものを指定副産物と定めることにしている。具体的には表1にあげられているものをリサイクルすべき副産物として指定している。これらのものに対しては一定の判断基準を示し、実績によっては指導、助言、勧告、公表、さらに関係審議会の意見を聞いた上で命令の措置がとられる。

この法律で指定を受けているものが、大量副産物であると考えてよいと思われる。これら副産物のうち、鉄鋼スラグおよび石炭灰については、それぞれ、本特集の中で詳しく述べて頂くようお願いしている。そこで、この2つについては簡単に触れるに留め、建設副産物については、すこし詳しく現況や今後の方向について報告したい。

### 1. 鉄鋼スラグ<sup>1)</sup>

鉄鋼業から副産物および廃棄物として工程から排出されるものは、スラグ、ダスト、スラッジなどであるが、その主な副産物は銑鉄工程から発生する高炉スラグならびに製鋼工程から発生する転炉スラグ、電気炉スラグである。わが国の粗鋼生産額は1970年代以降約1億トン前後で推移しているが、この生産量に見合う高炉スラグは約2千5百万トン、製鋼スラグが約1千

表1 リサイクル法における指定副産物

業種	副産物の種類	要件	関係審議会
高炉による製鉄業および鉄鋼・製鋼圧延業	スラグ	年間粗鋼または銑鉄生産量3千トン以上	産業構造審議会
	石炭灰	年間電力供給量1億2千万kWh以上	産業構造審議会
電気業 建設業	土砂、コンクリートの塊 アスファルト・コンクリートの塊または木材	年間建設工事施工金額50億円以上	中央建設業審議会

\* 京都大学大学院工学研究科環境工学専攻教授  
〒606-01 京都市左京区吉田本町

3百万トンである。

高炉スラグは鉄銑1トンの生産に対し約300kg発生する。高炉スラグの性状はほぼ一定であり再利用しやすく、現在100%が再利用されている。

転炉スラグは鋼の種類によってスラグの成分も異なりその性状は一定でない。また、膨張崩壊性を有するものがあり、これをなくするために蒸気エージングの技術が開発され、性状の安定化がはかられ利用率があがることが期待されている。転炉スラグは粗鋼1トンを生産するのに約100~150kg発生し、再利用率は約90%である。

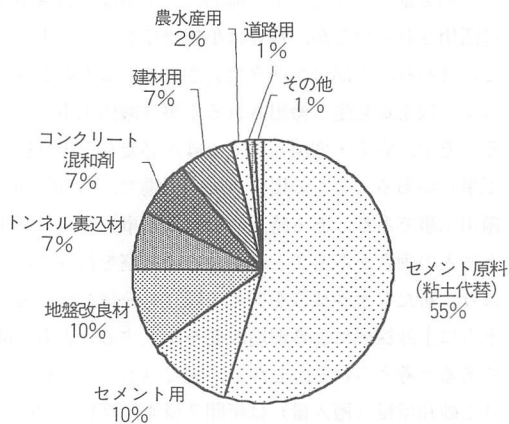
電気炉スラグも転炉スラグと同様に鋼の種類によってスラグの成分も異なりその性状は一定ではない。電気炉スラグは粗鋼1トンを生産するのに約100~200kg発生し、その再利用率は約75%である。

## 2. 石炭灰<sup>2)</sup>

石炭灰は主に石炭火力発電所において微粉炭燃焼ボイラーから排出される燃焼残灰であり、ボイラー底部から回収されるのがクリンカーアッシュであり、集じん機で回収されるのがフライアッシュである。

石炭灰の排出量は炭種と石炭使用量によって決まるが、現在、年間約6百万トンとみられる。一次エネルギー源の多様化に応じて石炭使用量は増加が見込まれており西暦2000年には約9百万トンの発生が予想されている。

石炭灰のうち5~15%がクリンカーアッシュ、85~95%がフライアッシュである。石炭灰はシリカ(SiO<sub>2</sub>) 45~65%、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 15~40%を主成分とし、その他酸化鉄(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、カルシア(CaO)、マグネシア(MgO)からなる。フライアッシュは浮



1992年度総利用量2,154千トン

(資料; 日本フライアッシュ協会資料)

図-1 石炭灰の利用用途<sup>2)</sup>

遊状態で燃焼、冷却されるために球形パウダー状の灰であり、クリンカーアッシュは比表面積が大きい灰である。

石炭灰の用途は多岐にわたるが粘土代替のセメント原料としての利用が多く、その他、地盤改良材、トンネル裏込め材などに使われている。1992年度の有効利用状況は図-1に示すようであり、利用率は約50%といわれ、用途の拡大とともに利用量の増大が図られる必要がある。

## 3. 建設副産物<sup>3~5)</sup>

建設副産物は建設発生土等と建設廃棄物に大別することができる。1995年度における建設発生土関係の集計結果は図-2に示したとおりである<sup>6)</sup>。搬出土の量は年間約4億4千6百万m<sup>3</sup>(約8億トン)に達してお

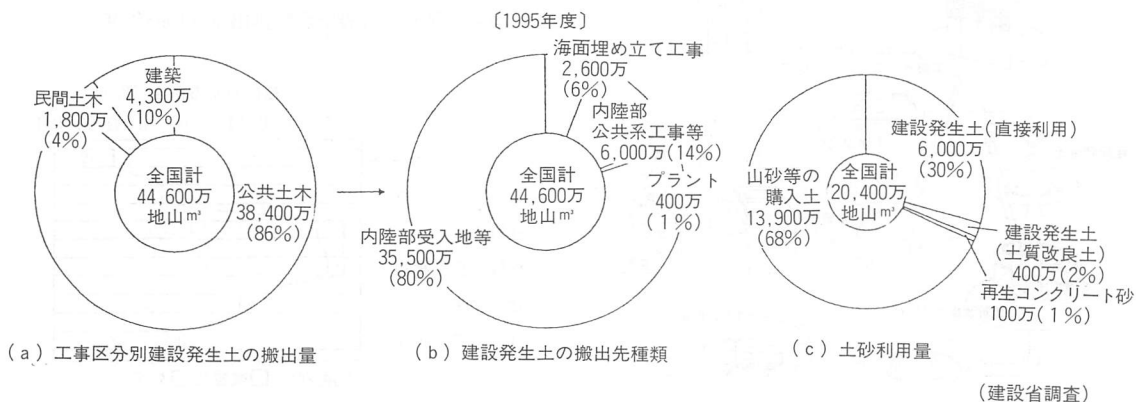


図-2 建設発生土の搬出・搬入の状況<sup>6)</sup>

り、約2割が内陸部工事や海面埋立工事など公共事業に活用されているが、残りは小規模なかさ上げ工事などに使われ、大部分が埋立処分されているものとみられる。残土が発生し搬出される工事（搬出工事）がある一方で、盛土・埋戻し等で土砂が必要な工事（搬入工事）がある。多くの場合、同一現場で、ある時期は搬出工事であり、ある時期には搬入工事になる。搬出と搬入の両者があることから、その調整を行うことにより、新たな土砂採取を抑えて埋立処分量を減じるとともに土砂採掘による環境改変を防止することも可能であると考えられる。しかし、図-2(c)に見るとおり土砂利用量（搬入量）は年間2億4百万トンであり、前述の搬出量とのバランスでみれば搬入量は搬出量の半量以下である。実際、図-3は建設副産物対策近畿地方連絡協議会が調査した公共工事土量調査の結果であ

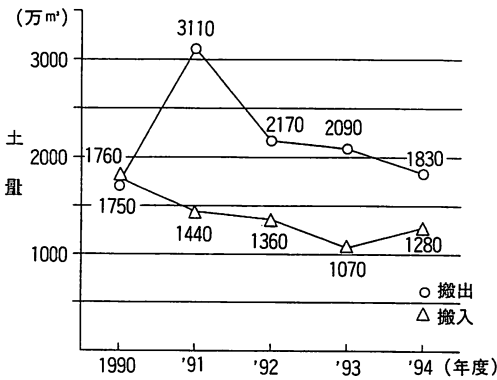


図-3 公共工事土量調査による搬入・搬出土量の推移<sup>5)</sup>

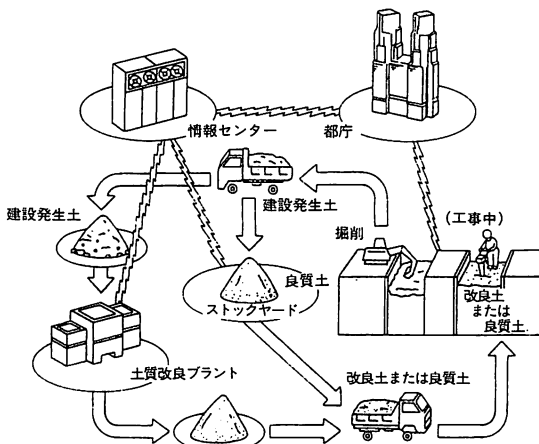


図-4 東京都の建設発生土利用促進システム<sup>4)</sup>

り、搬出量が搬入量を上回っていることが分かる。図-2(c)において搬入土量の約70%が山砂等の搬入土（いわばヴァージン土砂）であることからみれば、いかに工事間流用が困難であるかが分かる。工事間流用だけでは建設発生土の問題の解決はできないので、発生抑制そのものをはかる必要があるといわれている所以（ゆえん）である。さらに、搬出土の性状は工事現場が要求する搬入土の性状に必ずしも合致しないことや、時期のずれなどの諸問題があり、工事間流用には課題が山積している。このような問題を緩和するために東京都では土質改良プラントや残土ストックヤードを所有し、残土情報交換システムを構築している。その概要を図-4に示す。建設発生土のうち良質のものはストックヤードに直接搬入され、改質の必要のあるものは土質改良プラントへ搬入され、石灰添加などの改質工程を経てストックされる。搬入、搬出の情報ネットが利用を促進するための重要な役割を果たしている。このような動きはその他の地域でも試みられようとしている。

建設廃棄物の種類別排出量を図-5に示す。建設廃棄物の量は1995年度で年間約9千9百万トンに達しており、再利用率は57%、減量化率は1%であり、他の産

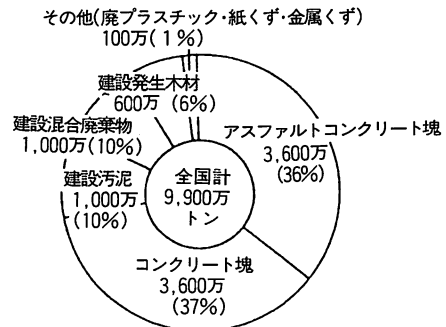


図-5 種類別建設廃棄物排出量 (1995年度)<sup>6)</sup>

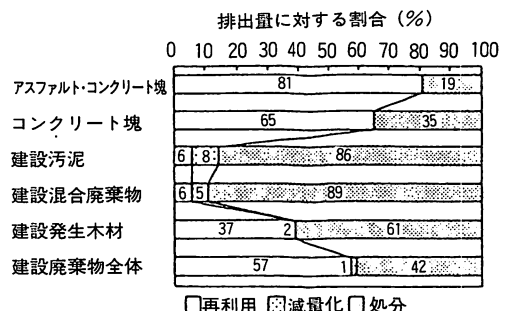


図-6 建設廃棄物の再利用等の状況 (1995年度)<sup>6)</sup>

業廃棄物に比べて低い値にとどまっている。指定副産物とされているものは前述のとおり、土砂以外ではコンクリートの塊、アスファルト・コンクリートの塊または木材であるので、建設廃棄物のうち量的には約80%が指定副産物であることになる。これらの再利用等の状況を示したのが図-6である。

ここでコンクリート塊とアスファルト・コンクリート塊の性質を述べるとつぎのとおりである<sup>7)</sup>。

平均的にみれば、コンクリート1m<sup>3</sup>を製造するためには粗骨材（砂利または碎石）約1,000kg、細骨材（砂または砕砂）約800kg、セメント約300kg、そして練り混ぜのための水を150kg程度を用いる。コンクリートは硬化すると密度が2.3~2.4t/m<sup>3</sup>となるが、建築では2.0t/m<sup>3</sup>以下の軽量骨材コンクリートも多くなっている。コンクリート塊はこのようなコンクリート構造物を解体したときに発生する廃棄物であり、現場から搬出されるときには、トラックでの輸送の関係から最大径50~100cm程度である。

わが国の道路はほとんどがアスファルト舗装である。アスファルト・コンクリートは粗骨材と細骨材を用い

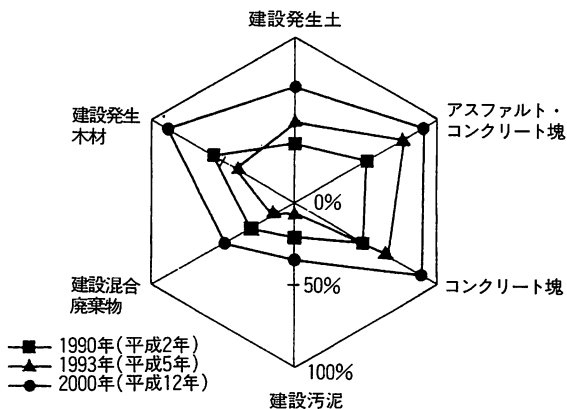


図-7 建設副産物の種類別再利用等<sup>4)</sup>

原油蒸留残渣であるアスファルトをバインダーとしたものである。骨材のほかに、骨材を被覆するアスファルトの厚さを確保し空隙を充填してアスファルト混合物の安定性をよくするために石粉がフィラーとして加えられている。粗骨材、細骨材、フィラー、アスファルトの重量比は(50~70):(20~40):(3~8):(5

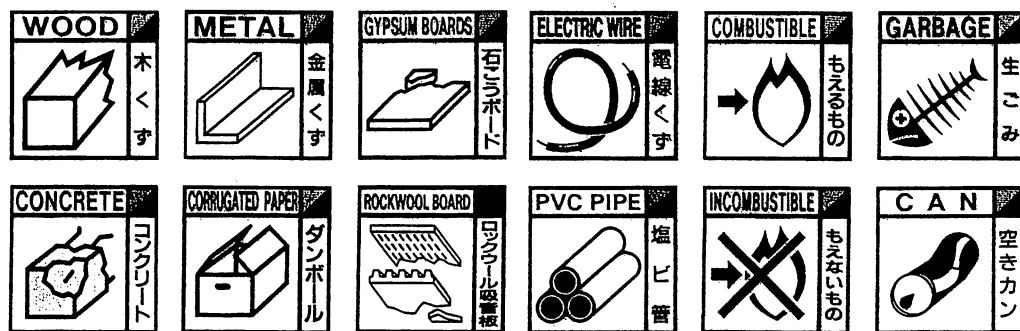


図-8 現場分別用ステッカー<sup>4)</sup>

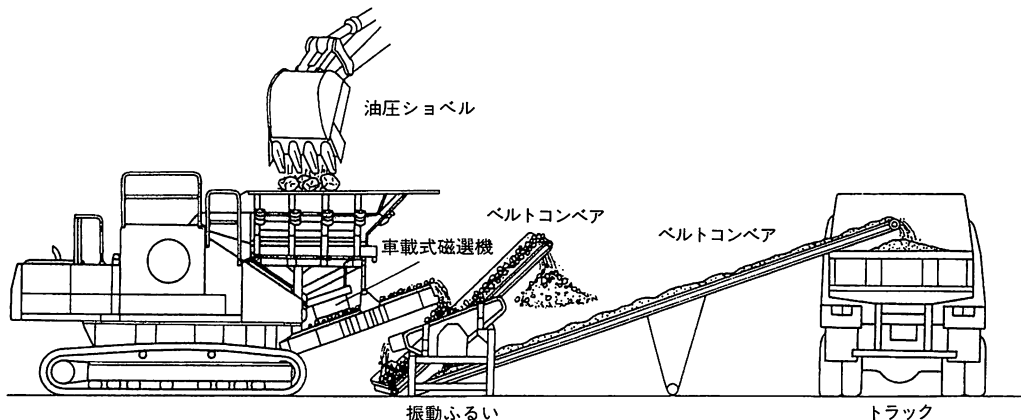


図-9 現場内再生用移動式破砕機の例<sup>4)</sup>

～7)程度である。アスファルト・コンクリート塊は舗装の解体によって生じるものであり、最大径はコンクリート塊と同様に50～100cm程度であるが、5～20cmの厚さに舗装されているので板状になるのが普通である。

建設省では建設副産物対策の3本柱を「発生抑制」、「再利用の促進」、「適正処分の徹底」とし、官民一体となり建設副産物対策行動計画（リサイクルプラン21）を策定して、2000年の目標達成に向けての施策をスタートさせた。

この行動計画では全国ベースでの再利用率の2000年目標を建設発生土では70%、建設廃棄物全体では80%におき、北海道をはじめ全国10ブロックにおけるそれぞれの目標値を明示している。建設発生土ならびに建設廃棄物の各種類に対する再利用率の目標値は図-7に示すようになっている。

リサイクル法第10条では主務大臣が特定事業者の判断の基準となるべき事項を定めることになっている。建設副産物に関しては、表2に示すように副産物の種

類ごとに主として利用すべき用途を判断基準として提示している。これは世間一般に共有されている再資源化技術の水準に照らして示されているものである。建設副産物のリサイクルを進めるためには、まず現場における分別が重要である。（社）建設業協会ではどのような現場でも共通して活用することができる図-8のような分別ステッカーを作成し分別の必要性の啓発と分別効果の向上を目指している。建設副産物が現場内で活用されることが最も望ましいわけであるが、図-9に示すように、現場内で発生したコンクリート塊を現場内で再生できるような移動式破砕機も開発されている。現場内利用ができずに搬出せざるをえない場合でもできるだけ再資源化施設を活用することが望まれる。図-10はコンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊の再資源化システムの例である。このような再資源化施設は全国に1,600余りあるが、建設廃棄物は輸送コストがかさむ点に特徴があり、現場近くで施設が利用できることが再利用促進に繋がるので、まだまだ施設の設置が進められる必要がある。

表2 再生資源等の利用に関する判断の基準<sup>1)</sup>

建設発生土		コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊		
区分	建設発生土の主な利用用途	再生資材	再生コンクリートの主な利用用途	再生アスファルト・コンクリートの主な利用用途
第1種発生土（砂、礫等）	工作物の埋戻し材料 土木構造物の裏込材 道路盛土材料 宅地造成用材料	再生クラッシュ シャーラン	道路舗装およびその他舗装*の下層路盤材料 土木構造物の裏込材・基礎材 建築物の基礎材	
第2種発生土（砂質土、礫質土等）	土木構造物の裏込材 道路盛土材料 河川築堤材料 宅地造成用材料	再生コンクリート砂	工作物の埋戻し材料・基礎材	
		再生粘度調整 砕石	その他舗装*の上層路盤材料	
第3種発生土（施工性が確保される粘性土等）	土木構造物の裏込材 道路路体用盛土材料 河川築堤材料 宅地造成用材料 水面埋立用材料	再生セメント 安定処理路盤材料	道路舗装およびその他舗装*の路盤材料	
		再生石灰安定 処理路盤材料	道路舗装およびその他舗装*の路盤材料	
第4種発生土（粘性土等）	水面埋立用材料	再生加熱アス ファルト安定 処理混合物		道路舗装およびその他舗装* の上層路盤材料
		表層基層用再 生加熱アス ファルト混合物		道路舗装およびその他舗装* の基層用材料および表層用 材料

\*その他舗装とは、駐車場の舗装および建築物等の敷地内の舗装のことである。

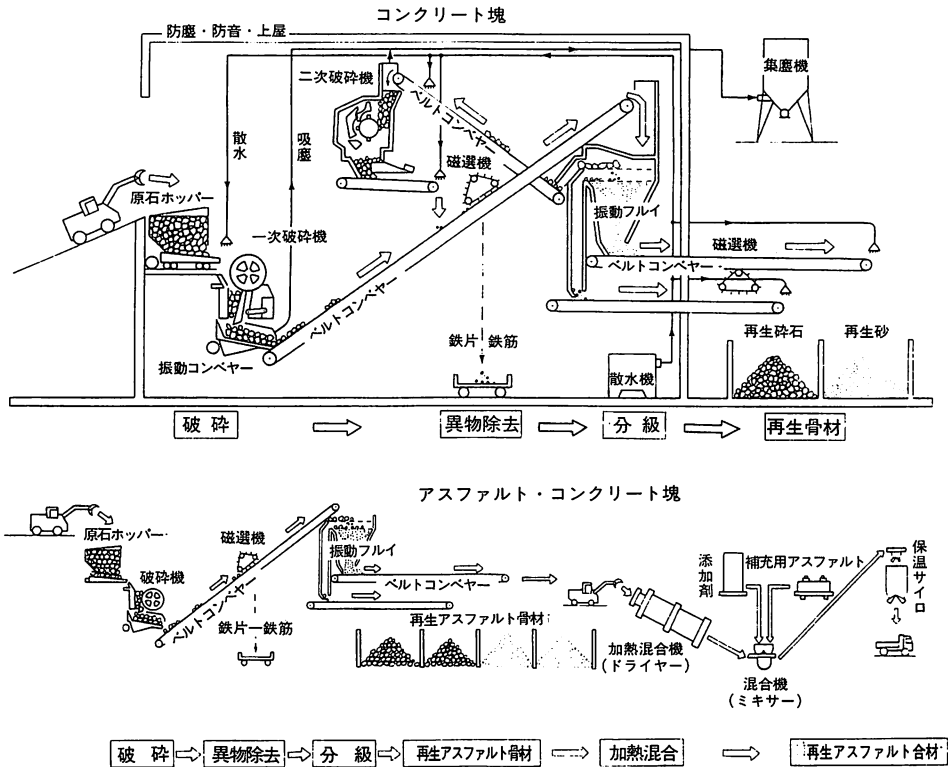


図-10 コンクリート塊、アスファルト・コンクリート塊再資源化システムの例<sup>4)</sup>

#### 4. おわりに

大量に排出される副産物のリサイクルについて概要を述べた。廃棄物に関する一般の認識が深まる一方で埋立処分地の枯渇が顕著になってきたことを受けて大量副産物の資源化・リサイクルを進めようとする動きは本格化してきたといえる。しかし、建設副産物の場合には、全国で50万社あるといわれる大～零細規模にわたる複雑な業界構造、厳しいコスト競争の中で資源化・リサイクルを進めていくには廃棄物問題に対する施主の認識をも変えていくような努力が続けられる必要がある。

#### 参考文献

- 1) 海老原宏二；鉄鋼製造副産物のリサイクル，リサイクル工学(1996)，pp.75-90エネルギー・資源学会
- 2) 松井民憲；石炭灰の利用，リサイクル工学(1996)，pp.195-199エネルギー・資源学会
- 3) 篠田雅夫，神谷 宏；建設副産物（建設廃棄物，残土），リサイクル工学（1996），pp.208-268エネルギー・資源学会
- 4) 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8年度版（1996）
- 5) 建設副産物対策近畿地方連絡協議会；建設副産物対策ハンドブック（1994），大成出版社
- 6) 白鳥昭浩；建設リサイクルの現状と課題，環境新聞（1997／6／18）
- 7) 山田 優；建設廃材の処理・再資源化技術，廃棄物ハンドブック（1996）pp.853-872，オーム社