

# 建設廃棄物の処理と再利用の現状

PRESENT SITUATION OF DISPOSAL AND REUSE OF WASTE BY CONSTRUCTION INDUSTRY

藤井 忠義\*  
by Tadayoshi FUJII

最近、環境汚染や資源の有効利用が地球的規模で論じられることが多くそれに伴って廃棄物の再利用、再資源化が強く求められている。

産業廃棄物の総排出量は約3億9000万 t（平成2年度厚生省調査）でそのうち建設廃棄物は7590万 t（平成2年度：建設省調査）を占めている。

建設業は膨大な資源を消費しており、また建設活動に伴って多量の廃棄物を発生しており廃棄物の再利用、再資源化は今後の建設活動を行う上で避けて通れない問題である。また1991年にはリサイクル法「再生資源の利用の促進に関する法律」が施行され2000年に建設廃棄物の80%、コンクリート塊については90%を再利用するよう

に将来目標を設定しており、建設廃棄物の処理、再利用は早急に解決すべき問題である。

ここではコンクリート廃材の処理と再利用についての現状と問題点等を述べる。

## 1. コンクリートからの発生量と処理、再利用の現状 (1) 建物のストック量<sup>1)</sup>

日本では各種生産活動に膨大な資源を投入しているが、表-1に見られるように総資源投入量の48.4%が建設資材で占められており、日本で消費される資源の約半分が土木構造物や建築構造物に使用されているわけで、この建設資材は全て国内蓄積量となっている。

表-1 マテリアルフローに占める建設資材

(単位：百万 t, %)

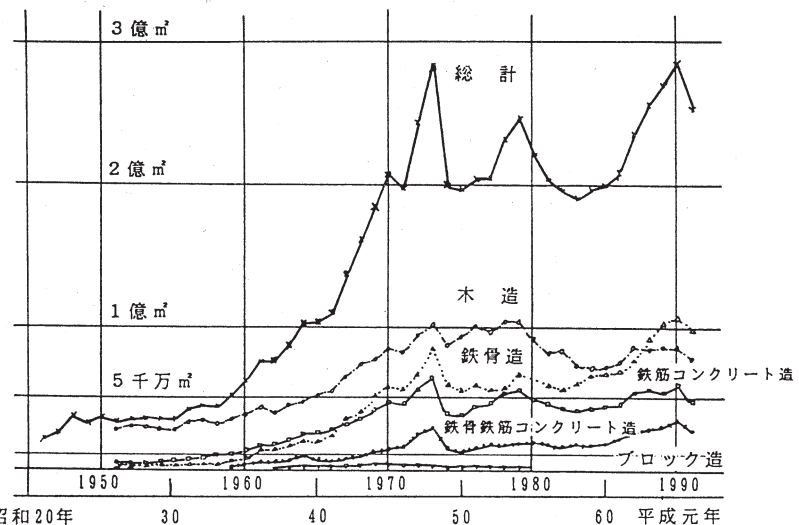
年 度	1970	75	80	85	90	年平均伸び率	
建 設 資 材	骨材（砂利、採石等）	580	669	834	727	949	2.5
	セメント	58	66	86	72	86	2.0
	鉄鋼	24	23	28	26	42	2.7
	木材（製材品）	22	19	19	15	15	-1.7
	アスファルト	4	4	5	5	6	2.9
	その他	4	4	4	3	4	-0.5
計	692	786	976	849	1,103	2.4	
総資源投入量に占める割合 (総投入量)	45.3 (1,528)	45.9 (1,711)	48.8 (2,000)	45.8 (1,854)	48.4 (2,279)	—	
国内蓄積量に占める割合 (国内蓄積量)	80.6 (859)	81.3 (976)	84.6 (1,154)	88.8 (956)	84.9 (1,298)	—	

(注) その他は、アルミニウム製建材、耐火煉瓦、陶磁気、プラスチック建材、電線等である  
(資料) 骨材：通産省生活産業局窯業建材課推計 鉄鋼：日本鉄鋼連盟試算

木材：農林水産省「木材需給報告書」 上記以外：通産省「窯業・建材統計年報」

図-1は戦後の着工建築量の推移を示し、図-2は建築ストック量の長期予測を示す。

建築ストック量は各年度の着工建築量から建築除却量を差し引いたものを累積したもので、この建築のストック量が将来の潜在的な建設廃棄物であると考えられる。



清水建設 技術研究所 主任研究員  
(〒135 東京都江東区越中島3-4-17)

図-1 戦後の着工建築量の推移

(2) 建設廃棄物の発生量<sup>2)</sup>

建設廃材の発生量を正確に把握することは難しく、その統計的資料もないのが現状であるが図-3に示すように平成2年度の建設省の実態調査では建設廃棄物が年間7590万t発生しており、うちコンクリート廃棄物が2540万t発生している。

これらの建設廃棄物の発生源は図-4に示すように建築54.6%、土木45.4%であり、建築の54.6%のうち解体から2250万t、新築・改築から1890万tが発生している。

またコンクリート廃棄物の発生源は図-5に見られるように建築66.3%、土木33.7%であり、建築のうち約80%は解体工事に伴うもので、発生量全体の約54%は解体工事から発生していると言える。この値は過少評価したものと思われ、実際にはこれより多く毎年増加している。

また、コンクリート廃棄物の地域的な発生量と再利用率を示したのが図-6で、発生量は関東、近畿、中部の順に多く、またこれらの地域では50%以上の再利用率であるが、北海道、西日本地区では再利用率が低い。

これまでの建設活動の結果、膨大な量のコンクリートのストックが生じており、今後の構造物の解体から生じるコンクリートがらの発生量は増え続けるものと考えられ、除却建築物からの推計では1995年7100万トン、2010年1億1000万トンの発生が予想される。

今後、コンクリートがらの発生量の増大により最終処分場不足や、環境汚染が大きな社会問題になる。

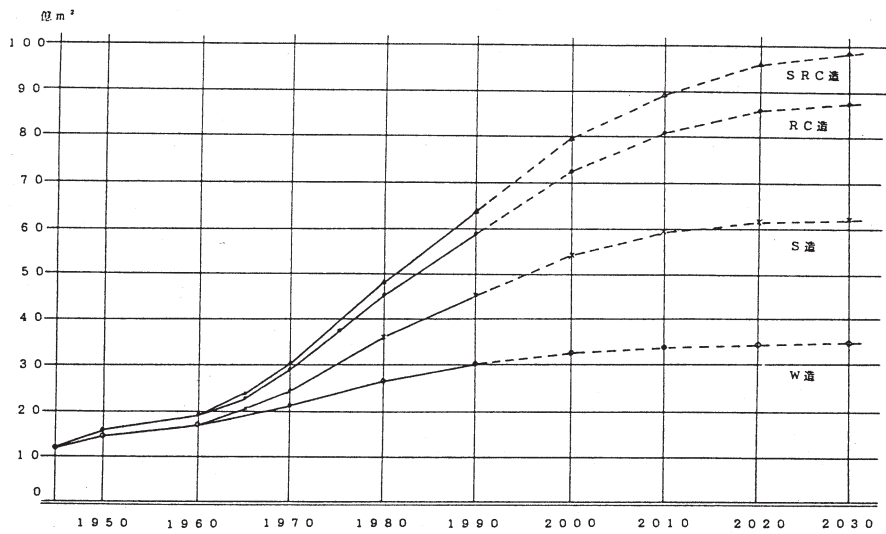


図-2 建築ストック量の長期予測 (1990~2030)

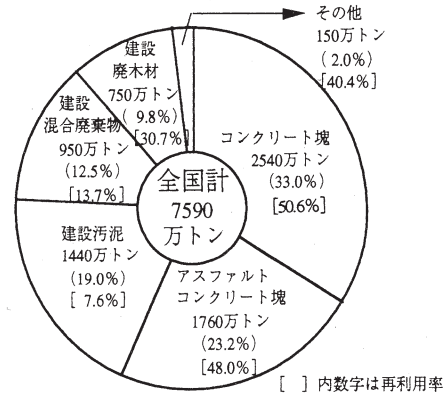


図-3 建設廃棄物の種類別発生量 (平成2年度) (出典 建設副産物実態調査)

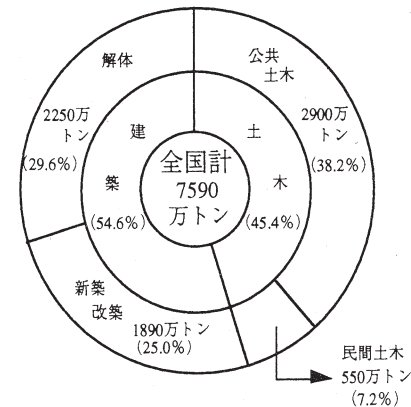


図-4 建設廃棄物の発生量 (平成2年度) (出典 建設副産物実態調査)

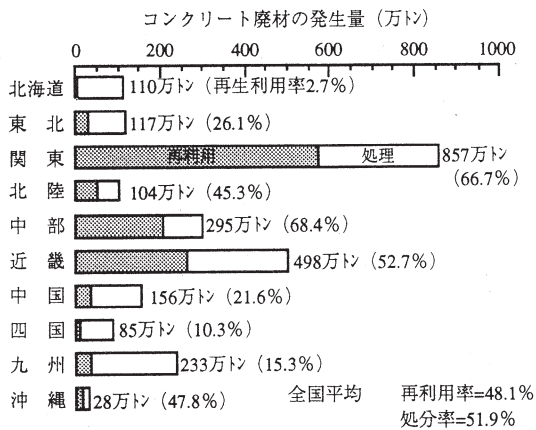


図-6 コンクリート廃材の地域別発生量、再利用率

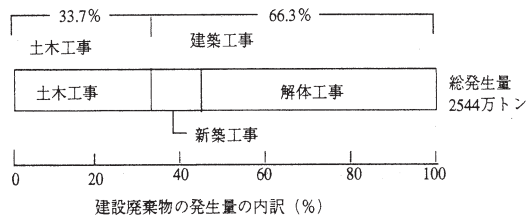


図-5 コンクリート廃材の発生源

コンクリート廃棄物の発生量の推定は色々な方法があるが、着工床面積、資材需給等から推定する方法、除却面積から推定する方法、建物寿命を考慮した確率論的方法等がある。表-2は第一の方法により行ったコンクリート廃棄物の発生量予測である。

これによれば10年後、20年後には毎年1.31億t、1.85億tのコンクリート廃材が発生すると予想される<sup>3)</sup>。

(3) コンクリートからの処理・処分

コンクリート廃棄物は中間処理業者及び最終処分業者に取り取られ、中間処理業者は処理工場で破碎処理を行い再生砕石、再生砂を製造している。一方、最終処分業者は廃棄物をそのまま所定の処分場に運搬して最終処分を行っているが不法投棄されて問題となるケースも多い。

図-7は不法投棄物の種類と場所を示すもので年間約90万tの不法投棄物がありその90%は建設廃棄物である<sup>1)</sup>。

表-3は廃棄物処理、処分業者の処理、再利用の現状を1608件の業者アンケートをもとにまとめた貴重な資料でこれによればコンクリート廃材を扱っている業者中の76%が破碎処理して再利用している<sup>3)</sup>。

図-8にはコンクリート再生砕石の製造フローを示す。

表-2 コンクリート廃材の発生量予測

(単位：千t)

区分 年度	建築	土木		合計
		公共	民間	
1991~1995	271,630	65,280	16,909	353,819
1996~2000	335,042	112,685	34,658	482,385
2001~2005	404,567	186,808	67,187	658,562
2006~2010	448,414	264,551	94,143	807,108
2011~2015	464,952	341,291	119,307	925,550
2016~2020	463,133	427,249	132,445	1,022,827

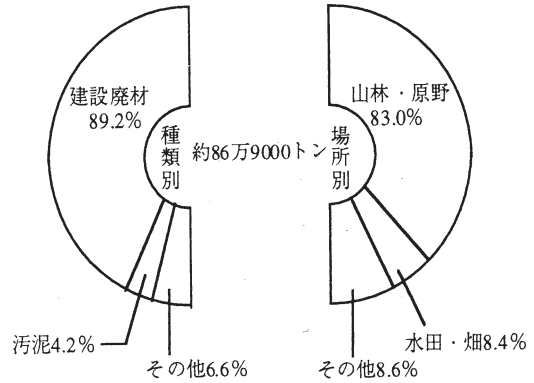


図-7 不法投棄物の種類別、場所別状況 (1989) (「平成2年度版 警察白書」より)

表-3 建設廃材の処理、処分の現状

調査 施設 件数	調査区分 (上段数字：件数、下段数字：%)							
	許可種別		受入品目		セメコン、アスコンの処理処分		セメントコンクリートの再生状況	
	区分	件数	区分	件数	区分	件数	区分	件数
1608	収集	959	セメコン	906	破碎	667	再生	578
	運搬	33.5		21.0		76.4		83.8
	積換	192	アスコン	1029	選別	53	再生砂	89
	保管	6.7		23.9		6.1		12.8
	中間処理	1094	木くず	459	安定型	118	その他	27
		38.2		10.7		13.5		3.9
	最終処分	617	その他	1911	その他	35	—	—
	21.6		44.4		4	—	—	
合計	2862	合計	4305	合計	873	合計	694	
	100		100		100		100	

(注) 上表は、積算資料1992年1月の臨時増刊号に記載されている859社および1月の臨時増刊号に記載されている1330社の回答をもとに、重複する施設については1994年のものを採用し、1608社の現状としてまとめたものである。

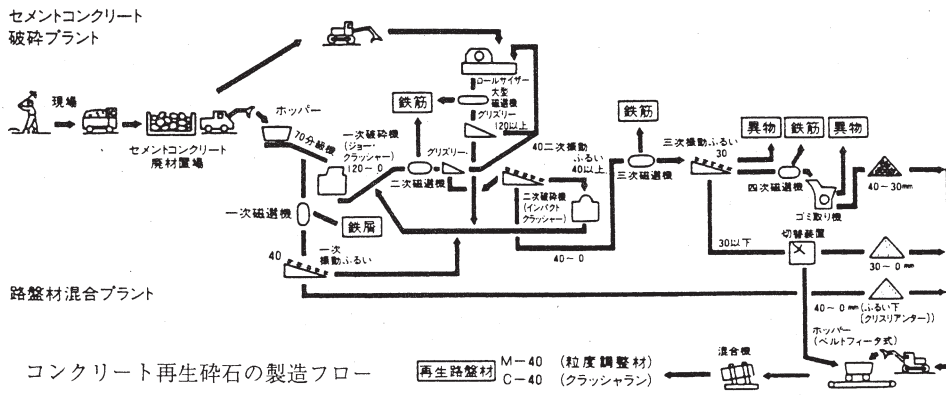


図-8 コンクリート再生砕石の製造フロー

#### (4) 再利用

コンクリートがらの発生量2540万tのうち1220万t(48%)が再生砂利、再生砂の形で再利用されており、用途としては土木工事の路盤材や敷き砂利、建築工事の敷き砂利などに利用されている。再生碎石の利用用途を図-9に示す。

道路用の路盤材の採石需要は約3億tと膨大な需要があり、現在のコンクリートがらの発生量2500万tは十分に吸収できるオーダーである。ただし、路盤材の需要地とコンクリートがらの発生地が一致しないため、現状では全量を再利用することはできない。

また、コンクリート廃棄物の再利用形態としては有償売却及び直接利用されるものは全体の6%と極めて少なく大部分は中間処理後に再生碎石として利用されている。

コンクリートの骨材用としての利用も一部試験的に試みられているものの、再生骨材の品質が現行の建築、土木の品質基準に適合せずほとんど使用されていないのが現状である。ただし、再生骨材の使用を推進するため、これらの品質の規制を緩和する動きが見られる。

#### 2. 解体コンクリートがらの有効処理法

##### 1) 処理の現状

建築構造物の新築工事、改修・改築工事、解体工事等により発生する建設廃棄物は廃棄物処理業者に渡され、その後は廃棄物処理業者が、1. 指定された処分場への廃棄、埋め立て処分、2. 再処理業者による再資源化、のルートを経ている。

建築工事から発生する廃棄物は土木工事から発生する廃棄物と異なり、コンクリートがらをはじめ木材、プラスチック、金属片、シート類、ガラス、タイル、れんが、ブロック、土砂など各種の不純物が混じっている点に特徴があり、これらの不純物を除去する必要があるが、破碎後の再生砂や微粉末への不純物の混入はなかなか防止できないのが実情である。

コンクリートがらの有効処理法としては再処理業者が入手する廃材の形態と再利用先の用途によって決まる。

処理の方法は以下の様である。

##### 1) 前処理

中間処理工場に搬入された建設廃棄物(またはコンクリートがら)には木片、プラスチック、アスファルト、紙、シート類、プラスター、断熱材、金物などの不純物が含まれているため、それらの不純物の除去を行う。

##### 2) 一次処理

コンクリートがらを一回破碎し再生碎石を得るもので破碎機としては

圧砕型(ジョークラッシャー等)

打撃型(ハンマークラッシャー、インペラブレーカ

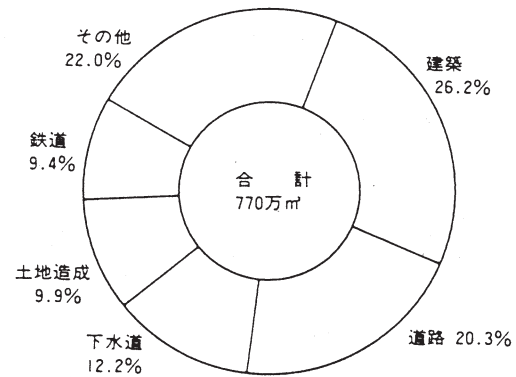


図-9 再生碎石の利用用途

##### 一、インパクトクラッシャー等)

すり潰し型(ロールミル、コーンミル等)

がある。クラッシャーラン後コンクリート塊に含まれていた金属を磁選(磁力選別)し、振動スクリーンでふるい分けを行う。ふるい分けにより生じた粗骨材、細骨材は路盤材、敷き砂利に利用される。通常はこの一次処理だけが行われ再生骨材を入手していることが多い。

##### 3) 二次処理

一次処理したコンクリートの小塊を再度破碎し所定の粒度の骨材を得るものである。二次処理を行う場合、一次処理で粗砕を行い、二次処理で細砕を行うケースが多い。

また、良質の再生骨材を得るため、二次処理としてロールミル等を通して骨材に付着したモルタル分の除去を行うケースも考えられる。

##### 4) 三次処理

二次処理した骨材をさらに処理するものでロールミル等を通して骨材に付着したモルタル分を除去し良質の骨材の入手を行う。通常は三次処理までは行わない。

処理の回数が増えるごとに骨材に付着したモルタル分が除去され、骨材の品質は良くなるが、粗骨材の回収率(収率)は低下し、逆に細骨材や微粉末の発生量は増加する。

これらの関係を示したのが図-10及び図-11である。

#### 3. 解体コンクリートがらの再利用法

##### 1) 再利用の現状

コンクリートがらの再処理工場では建築、土木の別なく建設廃棄物を受け入れており、建築の廃棄物中のどれだけが再利用されているかは明確でない。コンクリートがらの再利用形態は再生碎石、再生砂が96%を占めており、得られた再生碎石は図-9に示すように建築、土木で再利用されており、建築の利用が26%を占めている。

しかし、この建築での利用は割栗石、敷き砂利としての利用であり、コンクリート用骨材としての利用例とし



ては小規模な建物への適用例<sup>5)</sup>があるが、目下のところ骨材としての利用は始まったばかりと言える。

道路用の路盤材の碎石需要は約3億トンと膨大な需要があり、現在のコンクリートからの発生量2500万トンは十分に吸収できるオーダーであるが需要地と供給地が一致しない。

また、コンクリートからのコンクリート用再生骨材としての利用も考えられるが、コンクリート用の骨材としての利用のためには品質に問題があり、品質の良い再生骨材を得るには粗骨材に付着したモルタル分を除去するため、十分に摩砕する必要がある。

しかし、十分な摩砕を行なうほどコストがかかり、粗骨材の回収効率は低下し、また、この際に生じる大量の微粉末分の再利用や廃棄処理が困難である。

2) その他の用途

路盤材やコンクリート用骨材以外のその他のコンクリートからの利用先としては埋込材、地盤・土壌改良材、ソイルセメント、敷き砂利、基礎用割栗石、グラウト材、充填材などが目下のところ考えられるが、これという最適な適用先は見当たらない。その用途については今後の研究、開発に待つところが大きい。

4. 完全リサイクルコンクリートについて

1) 完全リサイクルコンクリートとは

東京大学友沢教授と(社)セメント協会が発表した完全リサイクルコンクリート(エココンクリート)<sup>6)7)</sup>が新聞、雑誌をにぎわせている。この完全リサイクルコンクリートについて以下に検討した。

完全リサイクルコンクリートとは、セメント及び骨材(細・粗骨材共)がセメントの原料である石灰石からなり、解体により発生したコンクリートがらを再生セメントまたは再生骨材として何回も利用することが可能なコンクリートである。完全リサイクルコンクリートのリサイクルの基本パターンを図-12に示す。

2) コンクリート及び骨材の使用量の現状

建設工事における主要な建設材料であるコンクリートは現在年間約2億5000万m<sup>3</sup>使用されている。またコンクリート用骨材は年間約5億トン使用されている。

骨材としては細骨材には山砂や海砂及び砕砂が使用されているが、砕砂の場合は粒度分布が悪いため単独で使用されることはほとんどなく、山砂等と混合して粒度調整を行って使用されている。粗骨材には天然の川砂利が使用されている事は極めて少なく、その大部分を碎石が占めている。又、骨材には各種の岩種が使用されている。

3) 石灰石について

石灰石は我が国で自給可能な数少ない鉱

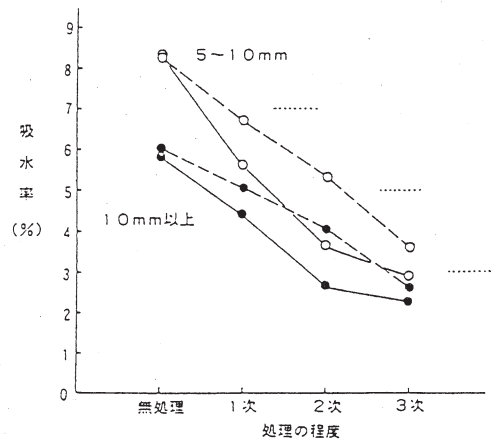


図-10 処理の程度と再生粗骨材の吸水率の関係

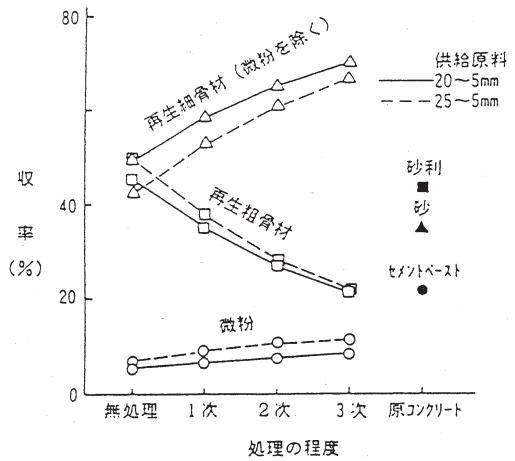


図-11 処理の程度と再生骨材の吸水率の関係

物資源であり、その埋蔵量は約580億トンで、そのうち可採粗鉱量は約380億トンで確定可採粗鉱量は約98億トンである。現在、年間の石灰石採掘量は約2億トンで、その約15%の3000万トンをコンクリート用骨材として使用している。これはコンクリート用骨材の全k使用量5億トンの6%に当たる。

石灰石の産地は日本全国にあまねく分布しているわけではなく、主としてセメント工場の立地場所に分布しており、セメント用の石灰石の採掘に併行してコンクリート用の骨材として供給されているのが現状である。

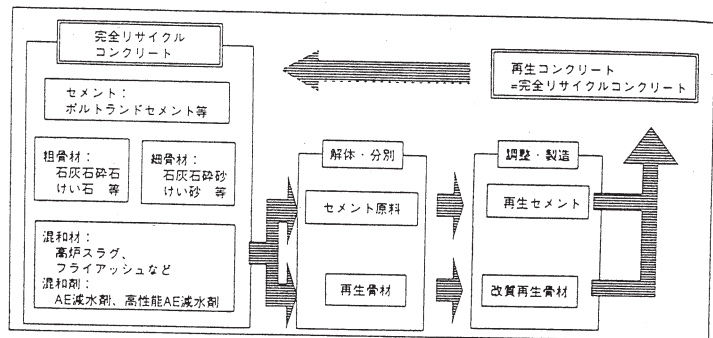


図-12 完全リサイクルコンクリートの基本パターン

#### 4) 完全リサイクルコンクリートの長所と短所及び問題点

##### (1) 完全リサイクルコンクリートの長所

完全リサイクルコンクリートは全量がセメント用原料または再生骨材として使用可能である。完全リサイクルコンクリートのコンクリートがらの破碎を行ったもののうち粒径の大きいものは粗骨材として、また再生骨材製造時の細粒分は細骨材として、残った微粉末部分はセメント用原料として再度焼成を行なって再生セメントとして利用できる可能性がある。

この完全リサイクルコンクリートのリサイクルシステムが確立されるとコンクリートがらの再利用問題が解決できると言える。

##### (2) 完全リサイクルコンクリートの短所

完全リサイクルコンクリートには以下の様な短所、問題点がある。

①、完全リサイクルコンクリートが成立するためには細骨材、粗骨材共に石灰石を使用したコンクリートを使用しなければならない。細骨材として砕砂を使用する必要があるが、砕砂単独を使用した場合、ワーカブルなコンクリートが得にくい。

②、石灰石の産地は偏在しており、骨材として石灰石を使用するためには石灰石の産地が近い場合を除き長距離の運搬の必要性があり、骨材コストが高くなる。

③、現在のコンクリートの製造プラントには骨材貯蔵用のサイロが細骨材用、粗骨材用に各一基ずつ設置されているケースが多く、石灰石骨材を使用するためには既存のサイロを空にして貯蔵するか、さらに各一基増設する必要がある。しかし都市部の生コンの製造プラントには敷地が十分になく、石灰石の骨材貯蔵設備の確保ができない可能性がある。

④、完全リサイクルコンクリートから生じた微粉末を再度焼成して再生セメントとした場合、微粉末には不純物が混じる可能性が高く、再生セメントの品質は通常の製造過程で作られるセメントに比べ品質が劣る。

⑤、完全リサイクルコンクリートのリサイクルのためには、解体したコンクリートがらに石灰石以外の骨材が混じってはならない。これは石灰石以外の骨材を使用した場合、生じた微粉末から再生セメントの製造ができないためである。この点から、解体を行う構造物のコンクリートが細・粗骨材共に石灰石を使用したものであることが保証されており、また、特殊な混和材を使用していないコンクリートであることが要求される。

⑥、現在のコンクリートがらの破碎プラントではコンクリートに使用した岩種に関係なく破碎して再利用を行っているが、完全リサイクルコンクリートの場合

には他の破碎した岩種が混入しないよう、独立のラインを新設するとか、既存のラインを利用する場合製造上の工夫が要求される。

⑦、石灰石は日本で自給可能な貴重な鉱物資源でセメント用材料としての重要な原料であり、その埋蔵量も限界がある。コンクリート用の骨材の需要は膨大で石灰石を骨材として多量に使用すると数十年で石灰石が枯渇する恐れがあり、貴重な石灰石をセメント以外の用途に使用するのはいくつかの考えがある。

#### 5) 結論

完全リサイクルコンクリートは理論上は優れたリサイクルシステムである。

しかし完全リサイクルコンクリートが普及するためには上述したように色々な問題があり完全リサイクルコンクリートをリサイクルするルート作り、不純物が混入しないための管理体制の確立、コスト問題の解決などが必要である。

また、現状の骨材事情と流通過程、再生セメントの品質及び再生セメント、再生骨材を使用した完全リサイクルコンクリートの品質維持などの点から完全リサイクルコンクリートの定着、適用のためには解決すべき問題点も多い。

#### 5. まとめ

建設廃棄物の処理と再利用について検討した結果をまとめると以下のようである。

- 1) 解体コンクリートがらの発生量は今後も増加する
- 2) コンクリートがらの有効処理法、再利用法の開発は必要である
- 3) 完全リサイクルコンクリートの部分的適用を推進する必要がある

4) 再生セメントの可能性は今後の研究による  
以下に個々の点について述べる。

- 1) 解体コンクリートがらの発生量は今後も増加する  
建設工事により蓄えられた膨大な量の構造物が次第にその寿命を迎えている。特に昭和30年代から40年代初めに建てられた構造物が次第にその寿命を迎えつつあり、今後も2030年位までは発生量は増加する。

- 2) コンクリートがらの有効処理、再利用法の開発は必要である

建設廃棄物はその最終処分場の確保が都市部では難しくなり、また資源の再利用の観点からもその再利用が促進されるものと思われる。そのためコンクリートがらの有効処理方法及び再利用法の開発は建設業の大きな問題となろう。

- 3) 完全リサイクルコンクリートの部分的適用を推進する必要がある

完全リサイクルコンクリートは使用した全量を再利

用できる可能性のあるコンクリートで再資源化の点から優れたコンクリートである。ただし、貴重な石灰岩資源を多量に消費する点及び完全リサイクルコンクリートの構造物として維持管理から解体、処理、再利用を見守る必要がある点に問題がある。

これらの点から完全リサイクルコンクリートの使用は全面的でなく部分的に抑え慎重に行う必要がある。

#### 4) 再生セメントの可能性は今後の研究による

コンクリートがら中の微粉末及びがらにはセメント粒子が含まれており、再度焼成して再生セメントを作ることが可能である。しかし、この実現のためには焼成前の成分調整や焼成方法、再生セメントの品質等解決すべき問題も多く今後の研究に負うことが多い。

### 6. 今後の検討課題

建設廃棄物の処理、再資源化のためには今後解決すべき問題点が多い。それらを上げると以下のようなものである。

- 1) 解体コンクリートがらの発生量の抑制
- 2) コンクリートがらに不純物混入のない解体工法の開発
- 3) コンクリートがらの有効処理法の開発
- 4) コンクリートがらの再利用法の開発
- 5) 完全リサイクルコンクリートの適用の研究
- 6) 再生セメントの可能性の検討

以下に個々の問題点を述べる。

#### 1) 解体コンクリートがらの発生量の抑制

建設廃材の問題を解決するには発生するコンクリートがらそのものの発生量を抑制する必要がある。このためには解体すべき構造物の寿命を延ばすことが必要で、耐久性のあるコンクリートの開発、改修や建物の維持管理を適切に行い建物の寿命を延ばす事等を行い、解体コンクリートがらの発生量を抑制する必要がある。

#### 2) コンクリートがらに不純物混入のない解体工法の開発

現在の構造物の解体では建物の設備関係の撤去後、内装材や間仕切り材、仕上げ材を含めた形で全てを一緒に解体しており、不純物が混入することが多い。

また解体工法としては圧砕機による圧縮噛み砕きが多く、圧砕機が使用できない大型の部材の解体では大型ブレーカーによる打撃式の解体法が使用されている。

いずれの場合も仕上げ材に使用した有機不純物、ガラス、ブロック、煉瓦、タイル等の無機の不純物や土砂が混入する可能性がある。またコンクリート塊には鉄筋や鋼材等の金物が混入する可能性があり、再利用のためにはこれらの不純物が混入しない解体工法の開発が望まれる。

#### 3) コンクリートがらの有効処理法の開発

コンクリートがらは不純物も一緒に混じったやや大

きな塊状で再処理施設に持ち込まれる。この状態から再利用できる適切な大きさにまで破碎処理するが、この過程で鉄筋等の鋼材の除去、有害な不純物を除去する必要がある。このため、できるだけモルタル分の付着が少ない良好な形態の骨材入手が可能な破碎法及び不純物混入がない処理法の開発等コンクリートがらの有効処理法の開発が望まれる。

#### 4) コンクリートがらの再利用法の開発

現在のところ、コンクリートがらは路盤材や敷き砂利として再利用されているが、発生したコンクリートがらの半分は利用されていない。そのため需要の大きい有効な再利用先を開発することが望まれ、その可能性のあるものとして再生骨材が上げられる。

#### 5) 完全リサイクルコンクリートの適用の研究

完全リサイクルコンクリートはコンクリートがらの再利用を考える上で1つの解決策と思われる。しかし、細骨材に石灰岩砕砂を使用するためコンクリートのワーカビリティが悪いと思われ、その調合、ワーカビリティ等の検討を行う必要がある。また、この完全リサイクルコンクリートを実際の構造物に適用するための検討も行う必要がある。

#### 6) 再生セメントの可能性の検討

コンクリートがらから発生した微粉末にはセメント分が含まれており、再度焼成することにより再生セメントができる可能性がある。セメントの製造はセメントメーカーの仕事であるが、できるだけ再生セメント化しやすい微粉末の供給を検討する必要がある。

上記のように建設廃棄物の処理、再利用の問題は建設業界にとって早急に解決すべき問題であり今後の研究、開発が望まれる。

### 参考文献

- 1) 高橋泰一：建築研究成果撰「あらか」建設省建築研究所 平成6年度春季講演会号 pp.59～86
- 2) 「建設副産物に関する基礎データの収集ならびに分析業務」1992年3月 建設省・先端技術センター
- 3) 菊池雅史他 コンクリート廃材 コンクリート工学 1995年3月号 pp.33～37
- 4) 辻順他 世界都市博覧会—東京フロンティア—における再生コンクリートの使用の試みについて 生コンクリート 1994年11月号 pp.54～56
- 5) 妙寿寺庫裏 日経アーキテクチャー 1994年6月20日号
- 6) 完全リサイクルコンクリート登場 日経アーキテクチャー 1994年11月21日号 pp.144～145
- 7) 友沢他 完全リサイクルコンクリート（エココンクリート）の研究 建築学会大会講演梗概集（東海）1994年9月

（1996年2月2日受付）