建物解体廃棄物における処理の現状と環境負荷評価

実態調査に基づく課題の把握と負荷の定量的評価の試み

ISSUES AND EVALUATION OF ENVIRONMENTAL LOAD OF
BUILDING DEMOLITION WASTE DISPOSAL

Clarification of issues and quantitative influence evaluation based on field survey

小林 謙介*, 間宮 尚**, 井上 隆***

Kensuke KOBAYASHI, Takashi MAMIYA and Takashi INOUE

The objective of this study is to clarify the key points for better disposal of the building demolition waste such as concrete, wood, metal and mixed waste, based on surveys in the fields of waste disposal. The surveys based on 21 plants on the issues of the disposal waste showed that the impurities contained in construction waste formed major obstacle to better disposal. It is also suggested that those impurities were causing increased amount of landfill and CO₂ emission. Therefore it is important that consideration should be given to remove of those impurities in the previous stage to waste disposal.

Keywords : Demolition waste, Field Survey, Amount of landfill, CO₂ emissionキーワード 解体廃棄物、実態調査、埋立処分量、CO₂ 排出量

1. はじめに

近年、最終処分場の逼迫などから廃棄物問題への関心が高まっている。建設廃棄物は、平成 12 年度の建設副産物実態調査¹⁾によると、約 8500 万トンの排出量がある。建設産業から排出される産業廃棄物は、全産業廃棄物の約 2 割を占めるといわれ、建設廃棄物の削減のために、建設産業としての対応が求められている。特に、建築起因の廃棄物は土木と比べて 1.6 倍と多く、さらには今後建物解体量が増加すると予想されることから、建築起因の廃棄物に対する対応は急務の課題といえる。

建築物から排出される廃棄物は、主にコンクリート塊、木くず、混合廃棄物、金属くずである。これらの内、コンクリート塊は、現状では路盤材としてのリサイクル率が高いが、建物解体量の増加、路盤材需要の減少などから、今後はリサイクル率の維持が課題となると考えられる。文献¹⁾等によると、木くずはリサイクル(チップ化等)が約 4 割、縮減(焼却等)が約 4 割で残りが埋立てられ、混合廃棄物は処理が行われているのが約 1 割で残りの 9 割が埋立てられている。金属くずは、現段階では有価で売却されている。

建築における資源循環が求められる中、建築のあるべき姿を模索するには、処理の現状を捉えることが不可欠と考えられる。そこで本研究では、コンクリート塊、木くず、混合廃棄物を中心に、廃棄物処理に関する現状・課題などの実態調査や、処理における実績値を基にし

た環境負荷(最終的な埋立処分量・CO₂ 排出量)原単位を導出し、定量的評価を行った。更に、処理における課題を踏まえて、建物解体に伴い排出される廃棄物の処理負荷を総合的に検討した。

コンクリート塊や木くずの処理に関する環境面からの評価では、橋本^{2) 3)}、土手⁴⁾などの報告があり、業者への見学・ヒアリングなどを通してデータを収集し、CO₂ 排出量などの検討が行われている。また、混合廃棄物については橋本⁵⁾が処理の現状(受入条件)などについてまとめている。本検討では、処理における課題点と埋立処分量や CO₂ 排出量の関係を結びつけて、定量的な評価を試みた。

2. 廃棄物の処理における現状・課題

2.1 調査概要

対象とする施設は、コンクリート塊・木くず・混合廃棄物の中間処理業者(一次処理業者)及びスクラップ(金属くず)処理施設とし、必要に応じて、次の処理(二次処理)施設に対しても追跡調査を行った。本研究では、表 1 に示す建設廃棄物処理施設 21 社に対して調査を行い、処理を阻害する要因を把握した。調査はあらかじめ文献・資料などによる予備調査を実施し、施設の概要(処理量や受入条件など)や処理を行う上で支障となり得ること等についての質問状を事前送付して、処理施設へ訪問し、施設の実態把握も併せて、回答を得た。また、更に必要に応じて、追跡調査も行った。

* 東京理科大学大学院 工修

** 鹿島建設㈱技術研究所 博士(工学)

*** 東京理科大学理工学部建築学科 教授・工博

Graduate School of Dept. of Architecture, Faculty of Science and Technology, Tokyo Univ. of Science, M. Eng.
Technical Research Institute, Kajima Corporation, Dr. Eng.
Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Science and Technology, Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.

2.2 処理における課題

2.2.1 コンクリート塊処理

本調査で対象としたのは5施設で、全てクラッシュラン（再生骨材の内、建築構造材としては利用できず、路盤材などとして用いられる骨材）を生産する処理施設である。これらの施設では、鉄くず、廃プラスチックなどの異物^{注1)}の混入、再生製品の低い市場価値が指摘された。異物については、全ての施設で問題視されていた（表2）。異物の混入が及ぼす影響として、処理機器の故障、異物除去に対する労力（人件費）の増加や最終処分費の増加による施設運営の悪化、再生製品の品質低下などが挙げられた。市場性については、廃棄物搬入量と再生製品の出荷量のバランスがとれないこと、地域によってはクラッシュランよりヴァージン材の価格が安価であること、中間処理よりも埋立処分したほうが安価となるケースがあることが指摘された。

2.2.2 木くず処理

木くず処理として対象としたのは、木くずのみの焼却（単純焼却・縮減）処理を行う施設G、比較的質良質の木くずを受入れ、破碎処理してボード生産用のチップを生産する施設H、木くずをチップ化しRDF（固形燃料：Refuse Derived Fuel）を生産する施設Iの3施設である。なお施設Iでは廃プラスチック、紙くずも受入れ、木くずと併せてRDFを生産している。

上記の施設では、いずれの施設からも異物の混入が問題であると指摘された。焼却施設Gでは、金属類や付着土などの異物（表2）が大きな問題となっていた。これは異物が混入していると焼却時に大きなクリンカー（塊）となって機器の故障を招くほか、埋立処分量の増加などにつながるためである。またRDF化施設では、RDFの安定的な需要確保や、原料としての廃棄物の安定的な確保といった需給バランスが課題として挙げられた。

2.2.3 混合廃棄物処理

混合廃棄物^{注2)}の処理施設として対象としたのは、主に建設混合廃棄物の選別処理を行う施設J、K、M、建設関係の混合廃棄物を中心とした産業廃棄物の焼却を行う施設Lの4施設である。なお選別された廃棄物は別の処理施設で処理（二次処理）・最終処分されるため、施設Kで選別された後の二次処理施設も調査した（施設E、P、I、H、Q、T）。

二次処理を含め、異物の混入が全ての混合廃棄物施設及び二次処理施設で問題視されていた（表2）。施設Kでは、破碎時に発火の恐れがあるボンベなど、処理における危険性や、一般廃棄物（弁当箱など）の混入について法律的枠組みにかかわる指摘があった。また、混焼焼却施設Lでは、前処理（破碎等）段階で火災を起こす危険性のあるもの、臭いのあるもの、焼却時に大量の硫酸化物を発生させる石膏ボードの混入などが挙げられた。

2.2.4 金属くず処理

金属くずは古くからリサイクル市場が成り立っているが、その処理における課題を更に低減するために求められることを調査した。調査対象としたのは3施設で、いずれも鉄くずを中心としてアルミくずや銅くずなどを破碎等によりリサイクルに導いており、建設だけではなく自動車や廃家電などから得られる金属くずの処理も行っている。

これらの施設における調査から、異種金属やプラスチック等の異物の混入（表2）、放射性物質に関する課題が指摘された。後者については全ての施設から再生品、再生製品の利用者への汚染可能性が懸念されている。

表1 対象とした廃棄物処理施設

対象	名称	所在地	調査日	処理内容	生産物	課題 ^{注1)}	処分 ^{注2)}	CO ₂ ^{注3)}
コンクリート塊	施設A	関東	2000.10	破碎	再生骨材等	○		
	施設B	関東	2000.10	破碎	再生骨材等	○	○	○
	施設C	関東	2000.10	破碎	再生骨材等	○		
	施設D	東北	2002.7	破碎	再生骨材等	○	○	○
	施設E ^{注1)}	北海道	2002.8	破碎	再生骨材等	○		
木くず	施設F	関東	2000.2	破碎	再生骨材等		○	○
	施設G	東北	2002.7	焼却	焼却残渣	○	○	○
	施設H ^{注2)}	北海道	2002.8	破碎	チップ	○	○	○
混合廃棄物	施設I ^{注1,2)}	北海道	2002.8	燃料化	RDF	○	○	○
	施設J	関西	2002.1	選別、チップ化	各廃材、チップ	○		
	施設K	関東	2002.8	選別	各廃材	○		
	施設L	関東	2002.7	焼却	焼却残渣、電力	○	○	○
	施設M ^{注1)}	北海道	2002.8	選別	各廃材	○	○	○
金属くず	施設N	関東	2000.10	破碎	金属資源	○		
	施設O	関東	2000.10	破碎	金属資源	○		
	施設P ^{注1)}	北海道	2002.8	破碎	金属資源	○		
その他廃棄物	施設Q ^{注1)}	北海道	2002.8	可燃物焼却	焼却残渣、電力	○	○	○
	施設R ^{注1)}	北海道	2002.8	特殊焼却	焼却残渣	○		
	施設S ^{注1)}	北海道	2002.8	PB製造	石膏ボード	○		
	施設T ^{注1)}	北海道	2002.8	埋立	—	○		
埋立	施設U	関東	2000.2	埋立	—			○

*1「課題」は現状・諸課題、「処分」は埋立処分量、「CO₂」はCO₂排出量の調査を指す。

注1 施設の選別後の二次処理施設が施設E、M、P、Q、R、S、Tである。

注2 施設Hとは相互に木くずの授受を行っている。

表2 各施設の異物に関する課題

対象	施設名	配慮すべきこと
コンクリート塊	施設A	鉄（鉄筋・鉄板・メッシュなど）、プラスチック、木くず、電線など
	施設B	建設残土・廃プラスチックなど
	施設C	鉄の塊、鉄筋、石膏・ヘーベル、土の付着など
	施設D	レンガ、タイルなど
	施設E	防水関係の材料（アスファルト防水材など）、レンガ・タイル、木くずなど
木くず	施設G	金属製品（ドアノブなど）、土の付着、石膏ボードなど
	施設H	汚れや異物の少ない木くずであること
	施設I	木くず：釘程度は可であるが、それ以外の金属の混入など 紙くず：カタログなどでサンプル品が貼り付けてあるものなど 廃プラ：少なくとも硬質系のプラ、塩ビを含むプラなど
	施設J	何が入っているのか分からないもの、特にプラスチックはその材質まで分かること
混合廃棄物	施設K	一般廃棄物の搬入
	施設L	化石燃料、石膏ボード及び石膏ボード付着物大型の廃材（大型角材、スプリングマット）、GW、布団・畳など、臭いのある廃材、一般廃棄物（カップめん等の蓋など）
	施設M	危険物（爆発などの恐れがあるもの）、廃プラスチック
	施設N	テープ類、フィルム類、プロパンなどのボンベ、スプレー缶
金属くず	施設O	放射能汚染された金属くず
	施設P	金属くず全種：放射性物質を含んだもの、何が混入しているのか分からないもの 鉄くず：鉛・ハンダ・銅の混入 アルミくず：プラスチック（特に塩ビ）の付着、サッシなどのカギの部分（真鍮などでできている）の付着
	施設Q	爆発の危険性があるもの（ライター、マッチ、スプレーなど）不燃物の混入（特にプラスチック、中でも塩ビは避けてほしい）
その他廃棄物	施設R	焼却施設の構造から、受入が不可能なものは基本的にない。但し、できるものは分別する事が重要。
	施設S	基本的に新築端材（純粋な石膏ボード端材）のみ受入れ。例えば、表面装飾のフミナー、クロス材、接着剤（除くGLボンド）、スレート・ケイカル板等の貼合材の付着は不可。ガラス、セメント、ネジなどの混入も不可。多少はよいが、水濡れも不可。分別できるものは分別し、処理の仕様が異なるものを処分場に持ち込むこと（金属類、プラスチック類、その他の複合材、解体廃材など）
埋立	施設T	

2.2.5 まとめ

廃棄物処理施設における課題の調査では異物の混入、廃材や再生製品の市場性・コスト、汚染など様々な課題が指摘された。中でも異物に関する課題は表2のように全ての施設から指摘があった。これらの異物は、各処理施設の仕様などにもよるが、再生品の品質の劣化、処理機器の故障、埋立量の増加、処理における投入労力の増加など様々な影響を及ぼしている。このように処理対象となっていない廃棄物は、廃棄物処理施設側からすると大きな問題となっている。これらの課題は廃棄物処理の前のプロセスである建物の解体或いは設計などとの調整を図りながら、包括的に異物混入量の低減のためのあり方を考えることが重要と考えられる。

3. 廃棄物処理における課題と環境負荷

3.1 環境負荷の検討概要

3.1.1 検討概要

廃棄物処理に伴う環境負荷（埋立処分量・CO₂排出量）の影響評価を行った。本検討においては、特に異物混入に関する課題と環境負荷の関係に着目した。いずれの検討も各処理施設における平成12年度～14年度までのある期間の、廃棄物処理量や処理に伴って使用されるエネルギー消費量や資材投入量などの実績値を情報提供して頂き、それらをもとに分析した（表3）。CO₂排出量は（財）日本建築学会の建物のLCA指針⁶⁾のCO₂排出原単位を用いて算出した。

3.1.2 検討における枠組み

環境負荷の算出におけるシステム境界を図1に示す。全体的な枠組みとして、本検討では、建設廃棄物を処理するという視点で考えている。直接埋立時との比較検討では、リサイクルを行うことによって生産される再生製品と同等の新規材の資源採取や製造時の負荷などについては加味していない。また、施設間などの輸送については、システム境界内部の輸送のみについて検討を行っている。

埋立処分に伴うCO₂排出量は処分場施設の建設及び運用（浸出水処理など）によるものである。処分場のみ建設を検討範囲としたのは、廃棄物の埋立てによって処分場が造成されるなど、運用工程にも処分場の造成過程があるため、建設と運用の境界線を設定する事が難しいためである。処分場の造成は、それに関わる環境負荷の検討を行った文献⁷⁾を基に49.6[kg-CO₂/m³]（各廃材のかさ比重は、コンクリート塊1.6、木くず0.3、金属くず2.0、混廃0.2とした）とした。処分場の運用は、混合廃棄物を処分している処分場Uの情報を基に算出した。本来浸出水処理は処分開始から処理施設閉鎖までの全投入エネルギー・資材を積み上げ総埋立量で除すべきだが、このような長期間のデータが存在しない。このため単年度の運用負荷を単年度の埋立量で除した原単位を求め、4.3[kg-CO₂/ton]を原単位とした。また、廃材の輸送に伴うCO₂排出量は、施設Bにおける平成12年度の輸送車に関する実態値（業務日報等）から算出した0.157[kg-CO₂/(ton・km)]を用いた。なお、混合廃棄物等における廃材の成分が正確にわからず、燃焼に伴う炭素放出量の把握は難しい。また、木くず等のバイオマス起源の廃棄物はカーボンニュートラルの考え方を適用する場合がある。本検討ではいずれにおいても、廃棄物の焼却などに伴う炭素の放出は加味しないこととした。更に、木くず等の埋立時のメタン醗酵による影響も考慮していない^{注3)4)}。

3.2 コンクリート塊処理に関する検討

3.2.1 検討概要

本節では、施設B、施設Dについて検討を行った。また、施設Fについては異物の発生量が捉えられていないが、異物に関係しないCO₂排出量の検討結果を参考として示した。いずれの処理施設においても破碎、分級及び異物の除去などを中心として処理が行われている。図2に示すように、コンクリート塊処理では設備に差異はあるものの鉄くずと混合廃棄物が異物として除去されている（異物の中には鉄くずのように有価なものもある）。除去された異物は、鉄くずが買入業者へ、混合廃棄物が混合廃棄物処理施設（施設によって処理先が異なるが焼却処理施設や埋立処分場など）へ搬出される。本検討では、鉄くずは有価の資源と考え発生後のCO₂排出量の検討は行っていない。また、混合廃棄物は二次処理等の中間処理を経て最

表3 各施設への情報提供依頼内容

項目	調査内容	備考
廃材の受入・搬出量	受入量、再生製品生産量、有価物生産量（金属くずなど）、焼却残渣・灰など	
資材投入量	水：上水、井水、再利用水など 薬剤：ボイラ（清浄剤、脱酸剤、亜硫酸ソーダ）、排ガス処理（消石灰、活性炭、アンモニア水）、排水処理（凝集剤、凝集助剤、苛性ソーダ、塩酸、重金属固定剤、脱水助剤、滅菌剤）、飛灰処理（重金属安定剤）など 薬剤：濃硫酸、苛性ソーダ、塩化第二鉄、高分子凝集材、活性炭、次亜塩素酸ソーダ、炭酸ソーダ、硫酸アルミ、ポリ塩化アルミ、脱水助剤など	焼却設備を有する場合 廃水処理が行われる場合
投入エネルギー量	ガソリン、軽油、重油、灯油、都市ガス、LPG、電力	
発電関連	発電量、買電量、売電量、電力使用量	発電を行う場合
処理機器関連	主な機器の定格出力	
稼働時間関連	代表日の稼働時間（一日の稼働形態）	

*施設によるが、平成12～14年度までのある期間の実績データを御提供頂き検討した。

図1 CO₂排出量の検討におけるシステム境界

図2 主なコンクリート塊処理の流れ

図3 コンクリート塊処理に伴う発生物の内訳（重量ベース）

図4 コンクリート塊処理に伴う埋立処分割合（重量ベース）

最終的に埋立てられるまでと、その輸送を加味して検討した。

3.2.2 埋立処分量に関する検討

図3には当該施設での処理に伴う発生物の内訳を、図4には二次以降の処理を経た後の最終的な埋立処分割合について示す（直接埋立時の埋立量を100%として表記）。コンクリート塊リサイクル時は直接埋立時に対して極めて小さな値となった。また、処理に伴って発生する埋立物は全てが異物（混合廃棄物）であり、分別の徹底がコンクリート塊処理において発生する残渣を削減することになる。

3.2.3 CO₂ 排出量に関する検討

図5にはCO₂排出量に関する検討結果を示す。コンクリート塊の処理負荷は3～5[kg-CO₂/ton]程度となった。現状のリサイクルに対し、直接埋立てた場合、埋立処分場の造成による影響が強いため、負荷が大きい結果となった。また、コンクリート塊に混入する異物（鉄くずは資源と考えるためここでは混合廃棄物の処理のみが対象）に関して分析すると、施設Bでは重量ベースで僅か0.1%の異物の処理によるCO₂排出量が負荷全体の1割5分程度（異物の二次処理が6割程度、二次処理施設への輸送が4割程度を占める）を占めており、異物混入の影響が大きい。施設Bは首都圏に位置する施設であるが発生した残渣については、北関東の中間処理施設で処理を行い、更に中部地方の施設で焼却処理及び埋立処分を行っている。この為コンクリート塊における混合廃棄物の割合が僅か0.1%程度であるにもかかわらず、二次処理・輸送が大きな割合を占める結果となっている。一方施設Dでは、異物における混廃を直接近隣の埋立処分場で処分しているため、異物寄与率（負荷全体において異物が寄与する負荷の割合）が2%程度と小さくなっており、処理条件や施設立地などによる影響が無視できないことがわかる。

3.3 木くずに関する検討

3.3.1 検討概要

木くずに関する検討では、施設G、施設H、施設Iについての処理負荷を算出した。施設Gは建設木くずを8割程度、生木を2割程度受入れ、それらを焼却処理（発電なし）し、焼却残渣は処分場で埋立てられる（図6）。施設Hは良質の木くずを受入れ、チップ化し、ボードメーカーへ搬出している（図7）。施設Hにおいては、チップ化処理までを対象として検討した。また、発生した不良木くずについては、施設IにおいてRDF化処理され、これらに関する環境負荷も加味した。施設Iは木くずのほか紙くず、廃プラスチックを受入れ、これらを混合してRDFを生産している。RDF生産過程で除去された異物のうち、可燃物は焼却施設Qで焼却処理（焼却に伴う発電有）が行われ、不燃物は施設Tで埋立処分が行われる。また、チップ化に適する木くずは施設Hに搬出されチップ化される（図8）。本検討では、これらの二次以降の処理施設及びそれらの施設への輸送を含めて算出した。

3.3.2 埋立処分量に関する検討

図9には当該施設での処理に伴う発生物の内訳を、図10には二次処理以降の処理を経た最終的な埋立処分割合を示す（直接埋立時の埋立量を100%として表記）。この埋立処分割合は、施設Gでは1割強、Hでは2%弱、Iでは1割程度となった。また、各施設の処分物における異物の寄与率は、施設Gで負荷全体の7割弱（残りは木材の灰分）、H（但し不良木くずも異物と考えた場合）、Iでは全てであった。このように、木くずの処理に伴う最終的な埋立処分量における異物の寄与率は大きく、分別の徹底が埋立処分量に大きく影響する。

3.3.3 CO₂ 排出量に関する検討

木くず処理（図11^{注3)}）の場合、処理方法によって負荷が大きく異

なる結果となった。全量埋立時と比較して施設G、Iでは大差がなく、チップ化施設Hは埋立時の3割程度となった。また異物処理に伴う負荷が焼却施設Gで負荷全体の1割弱（施設Gは埋立処分施設が近く、輸送負荷が小さい特徴がある）、チップ化施設Hで約4割（施設IでRDF化される木くずも異物とみなした場合）、RDF化施設Iで2割を占めた。この様に対象施設ではいずれも異物処理が大きな割合を占めており、CO₂排出量の観点からも異物への対応が重要と考えられる。

3.4 混合廃棄物に関する検討

3.4.1 検討概要

本項では、焼却施設L、選別施設Mについて検討した。施設Lでは、産業廃棄物を受入れている。施設Lの受入廃棄物の内訳は、建設系混合廃棄物が22%、建設起因が多い廃プラが31%、木くずが21%となっており、実質的に建設廃棄物が半分以上を占めている。当該施設では焼却された残渣は施設Uに埋立している（図12）。また、選別施設Mでは、廃プラスチックを除く建設混合廃棄物を受入れており、当該施設で選別された廃棄物は他の施設で更なる二次処理が行われる。特に搬出量が多い、施設I、Qなどの処理施設についての環境負荷検討も行った。なお、施設Mは混合廃棄物の選別施設で、異物の定義が難しいため、異物の検討を行っていない。

3.4.2 埋立処分量に関する検討

図14には施設L、Mでの処理に伴う選別物の内訳を、図15には二次処理以降の処理を経た最終的な埋立処分割合を示す（直接埋立時の埋立量を100%として表記）。施設L、Mにおける埋立処分割合は、施設Lで2割5分程度、施設Mで3割弱程度となった。また、処理において課題となっている異物について着目すると、施設Lにおいては半分程度が土などの処理対象外の廃材によるものであり、これらを事前に除去することによって最終的な埋立処分量は現状の半分まで抑制することが可能である。

3.4.3 CO₂排出量に関する検討

図16^{注9)}に示すように、焼却施設Lと選別施設Mでは負荷が大きく異なった。また、異物の影響に着目すると、施設Lにおいては負荷全体の1割5分程度を占めることが分かった。このようなことから分別の徹底はCO₂排出量の観点からも重要であると考えられる。

3.5 まとめ

本章では、廃棄物処理施設における処理実績値を基に環境負荷の検討を行った。また、処理において課題となっている異物は、発生量は少量ではあるものの、環境負荷に寄与する割合は、処理方法や施設による差異はあるものの大きな影響を及ぼしている施設が多いことが分かった。処理負荷の観点からも分別の徹底は重要であり、これらはその廃棄物を排出する解体プロセス、更には設計プロセス等から配慮を行うことが重要であると考えられる。

4. 建物解体廃棄物処理における環境負荷評価

4.1 検討概要

前節までに、処理における課題を踏まえた環境負荷原単位の把握を行ったが、解体や設計プロセスなどで配慮すべきことを模索するためには、個別の原単位ではなく建物解体時に発生する廃棄物の処理という視点で影響評価を行うことが重要と考えられる。そこで、建物解体時に発生する廃棄物の処理に伴う環境負荷の分析を行った。本検討では、文献⁸⁾⁹⁾より建物解体廃棄物の排出原単位を表4の様に設定した。

図12 施設L（焼却）における混合廃棄物処理の流れ

図13 施設M（選別）における混合廃棄物処理の流れ

図14 混合廃棄物処理に伴う発生物の内訳（重量ベース）

図15 混合廃棄物処理に伴う埋立処分割合（重量ベース）

図16 混合廃棄物処理に伴うCO₂排出量

表4 建物解体に伴う廃棄物発生量の設定

項目	コンクリート塊	金属くず	木くず	混焼
RC造 ⁸⁾	1.193	0.059	0.007	0.017
木造 ⁹⁾	0.171	0.003	0.070	0.110

また、発生した廃棄物の処理方法について、表5に示す5つのシナリオを想定した。それは全量を直接埋立てた場合のシナリオ①、コンクリート塊・金属くずについて、それぞれ路盤材利用・金属資源化した上で、木くずを焼却、混廃を埋立てた場合の②、木くずを木くず焼却施設で混廃を混焼却施設で焼却した場合の③、木くずをRDF化した混廃を焼却した場合の④、木くずをチップ化した混廃を選別・リサイクルした場合の⑤の5つのシナリオである。なお、解体廃棄物は各処理施設に搬入される平均的な組成を持つものとした。また、金属くずについては排出された時点で有価資源と考えているため、シナリオ②～⑤における金属くずの処理負荷は含めていない。その他の廃棄物の処理は前節における検討範囲と同じである。

4.2 環境負荷評価結果

4.2.1 RC造建物の事例

埋立処分量に関する検討（表6、図17）では、直接全量埋立のシナリオ①と中間処理を行う②～⑤の間で、1ないし2桁の大きな差異が見られた。これはコンクリート塊の負荷の差異によるところが大きい。また、混廃のみ埋立てた場合の②に対し、混廃の中間処理を行った③～⑤は、全体の負荷が3分の1程度となった。処分物の内訳についてみると、②において混廃埋立以外の埋立物に占める異物に起因する埋立物の割合（異物寄与率）は9割強、③では6割強、④では7割近く、⑤における混廃選別以外の埋立物はほぼ全てが異物起因となった。

CO₂排出量に関する検討（表6、図18）においても、シナリオ①と②～⑤の間で大きな差異が見られた。埋立処分量と同様にコンクリート塊処理負荷の差異によるところが大きい。また、②において混廃埋立以外に占める異物に起因するCO₂排出量の割合（異物寄与率）は2割弱、③では2割弱、④では1割程度、⑤における混廃選別以外の負荷に占める異物の割合は1割程度となった。

4.2.2 木造建物の事例

埋立処分量に関する検討（表6、図19）では、直接全量埋立のシナリオ①は②～⑤の3～10倍程度と、大きな差異が見られた。これはコンクリート塊と木くずの埋立量の差異によるところが大きい。また、混廃のみ埋立てた場合の②に対し、混廃の中間処理を行った③～⑤は、全体の負荷が3分の1程度となった。処分物の内訳についてみると、②において混廃埋立以外で埋立物に占める異物に起因する割合は7割近く、③では5割強、④では6割程度、⑤における混廃選別以外の埋立物はほぼ全てが異物起因となった。

CO₂排出量に関する検討（表6、図20）では、極端な差異は見られないもののシナリオ①が最も大きくなった。また、②において混廃埋立以外に占める異物に起因するCO₂排出量の割合（異物寄与率）は4割、③では2割強、④では1割強、⑤における混廃選別以外の負荷に占める異物の割合は4割弱となった。

4.3 まとめ

廃棄物処理施設における環境負荷の実態調査を基に、RC造、木造の解体廃棄物処理の環境負荷評価を行い、直接埋立ではなく、適切に処理方法を選択して、中間処理を行うことで、環境負荷を大きく削減できるという結果を得た。また処理においては、建物解体に伴い排出される廃棄物に混入する異物の徹底した除去が、現行の廃棄物処理プロセスにおいて一層の環境負荷削減に繋がることが分かった。そのため、排出者（建物の設計者や解体者など）との調整を図り、分別に対する配慮を行うことが重要である。

表5 廃棄物処理方法の設定

項目	コン塊	金属くず	木くず	混廃
シナリオ①	埋立			
シナリオ②	路盤材化	金属資源化	焼却	埋立
シナリオ③				焼却
シナリオ④			RDF化	
シナリオ⑤			チップ化	

表6 各想定における環境負荷算出結果

項目		埋立処分量		CO ₂ 排出量	
		算出結果*1	異物寄与率*2	算出結果*1	異物寄与率*2
RC造	シナリオ①	1.276	-	49.3	-
	シナリオ②	0.019	86%	9.9	18%
	シナリオ③	0.006	62%	9.6	16%
	シナリオ④	0.006	66%	9.0	11%
	シナリオ⑤	0.006	100%	7.2	11%
木造	シナリオ①	0.354	-	45.6	-
	シナリオ②	0.118	67%	44.4	40%
	シナリオ③	0.034	54%	42.7	23%
	シナリオ④	0.033	61%	36.9	14%
	シナリオ⑤	0.031	100%	22.7	38%
単位		[ton/m ²]		[kg-CO ₂ /m ²]	

*1 掲載値は発電を加味しない場合の合計値。

*2 異物が環境負荷全体に占める割合を示す。ただし、シナリオ①、②の混廃埋立、⑤の混廃選別は評価ができないため検討に含まない。

図17 RC造の環境負荷算出結果

図18 RC造の環境負荷算出結果

図19 木造の環境負荷算出結果

図20 木造の環境負荷算出結果

5. まとめ

本検討では、建物解体に伴い排出される廃棄物の処理施設への実態調査や環境負荷（埋立処分量・CO₂排出量）に関する検討を行い、以下の結果を得た。

- ・殆どの施設でその処理を阻害し得る要因に処理不適物（異物）の混入に関する課題が存在する事を捉えた。
- ・コンクリート塊の環境負荷評価では、直接埋立時とリサイクル時で負荷に大きな差異が見られ、リサイクル時の負荷が小さくなった。また、処理を経て最終的に埋立てられる残渣の殆どが異物であるほか、CO₂排出量でも大きな割合を占める事が分かった。
- ・木くずの評価では、焼却・チップ化（ボード用）・RDF化について検討し、いずれの処理方法においても、直接埋立時に対して埋立処分量を大きく削減できる事が分かった。CO₂排出量は処理方法により処理に伴う負荷が大きく異なった。また、いずれの施設においても異物に起因する負荷の割合が大きい事を示した。
- ・混合廃棄物の評価では、焼却及び選別施設について二次処理以降の処理施設も含めて調査・検討を行い、直接埋立時に対して中間処理時は、埋立量、CO₂排出量とも負荷の削減に繋がる事を示した。また焼却施設では、異物の影響が非常に大きい事が分かった。
- ・各処理施設での検討から定性的な異物の課題を環境負荷評価を通して定量的に把握し、現行の処理においては少量の異物の混入が負荷に大きな影響を与えていることを示した。異物への対応としては現場での分別の徹底や処理方法の改善などが考えられる。
- ・各処理施設の情報をもとに、建物解体廃棄物の処理における環境影響評価を行った結果、直接埋立時に比べ、中間処理時は環境負荷が小さくなった。また、処理においては、建物解体に伴い排出される廃材に混入する異物の徹底した除去が、現行の廃棄物処理プロセスにおける一層の環境負荷低減をもたらすことが分かった。

現行の廃棄物処理における課題として、異物の混入が挙げられる。異物は環境負荷（埋立処分量やCO₂排出量）の観点でも大きな影響力を及ぼし、異物の除去を行った上で中間処理を行うことが必要である。今後は廃棄物処理と建物の設計・解体者などが相互理解を図りながら、廃棄物に混入する異物の除去に対する配慮を行うことが重要と考えられる。

謝辞

本調査を行うに当たり、多大なるご協力を頂きました鹿島建設の野正明様、ヒアリング調査やデータ提供に応じて頂いた業者の皆様に記して感謝の意を表します。

注

注1) 本検討で議論する「異物（処理不適物）」とは、各廃棄物処理施設で、基本的には受入れ対象外となっており、その処理施設で対象廃棄物の処理を行うにあたって、処理を阻害するような悪影響を及ぼすものを言う。

注2) 本検討における「混合廃棄物（混廃）」とは、2種類以上の廃棄物が混合状態のものをいう（異物として混入するものは除く）。施設により、混廃中に廃プラスチックや石膏ボードなどが混入していると受入れない場合がある。その意味で必ずしも多種多様な廃棄物が無秩序に混入した廃棄物を指すものではない。

注3) 搬入木くずの成分などが不明ため正確な把握は難しいが、図11の直接埋立時において、木くず成分が100%木であったとし、埋立に伴うメタン醗酵の影響をCO₂換算して加味すると、3100[kg-CO₂/ton]を超える負荷となる。

注4) 注3)同様正確な把握は難しいが、図16の施設Lにおいて、廃プラスチックの燃焼に伴うCO₂排出量を加味すると、1000[kg-CO₂/ton]を超える負荷となる。また、直接埋立時において、混廃の組成が施設Lと同じとし、混廃中の木くずの埋立に伴うメタン醗酵の影響をCO₂換算して加味すると、900[kg-CO₂/ton]を超える負荷となる。

参考文献

- 1) 国土交通省：平成12年度 建設副産物実態調査
- 2) 橋本征二ら：コンクリートがらリサイクルの環境面からの評価、土木学会論文集No.657／Ⅱ・16、2000.8
- 3) 橋本征二ら：解体木くずリサイクルの環境面からの評価、土木学会論文集No.657／Ⅶ・14、2000.2
- 4) 土手裕ら：環境負荷の観点からのコンクリート塊のリサイクルの評価、廃棄物学会誌 Vol.13 No.5、2002
- 5) 橋本千代司ら：建物解体工事における混合廃棄物等の処理方式に関する研究、調査研究技報 No.129（都市公団）、2001
- 6) (社)日本建築学会地球環境委員会LCA指針策定小委員会：建物のLCA指針（案）～地球温暖化防止のためのLCCO₂を中心として～、1998.11
- 7) 間宮尚ら：廃棄物マネジメントを支援する建築・都市システムの構築 第3報 一般廃棄物処理にかかわる環境負荷原単位の検討、空気調和・衛生工学会論文集、No. 88、2003. 7
- 8) 社団法人建築業協会：建築物の解体に伴う廃棄物の原単位調査報告書、2002.3
- 9) 解体・リサイクル技術ノート編集委員会：解体・リサイクル技術ノート、1999.1

注記

本研究は「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」の成果の一部である。

(2004年1月10日原稿受理、2004年4月23日採用決定)