

建設系産業廃棄物選別の要素技術研究（その1）

— 近赤外線分光法による廃棄物材質判定 —

中村 聡* 後久 卓哉*

要 約： 近年の景気低迷等を受けた企業の資産売却や、高度経済成長期に建築された建物の老朽化に伴う建て替えが盛んに行われている。また、資源循環型社会の構築に向けた「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」や「建築工事に係る資材の再資源化等に関する法律」（いわゆる「建設リサイクル法」）が施行され、建設系産業廃棄物の処理はさらなる高度化、複雑化、適正化が求められると共に処理能力の向上が必要になっている。このような社会的背景において、建物解体現場や中間処理場での建設系産業廃棄物の解体や選別作業は劣悪な環境下で行われ、作業者の安全と環境面に課題が残されている。

本報では、建設系産業廃棄物の選別作業の高度化、能力向上を目指し、材質ごとの異なる物性値を利用した廃棄物材質判定を行うための一手法として近赤外線分光法に着目し、建設系産業廃棄物に含まれるプラスチックおよび木材の判定基礎実験の結果とその有効性について報告する。

キーワード： 建設系産業廃棄物、選別、プラスチック、木材

- 目 次：**
- | | |
|------------------|-------------------------|
| 1. はじめに | 4. 近赤外線分光法による建設系産業廃棄物判定 |
| 2. 建設系産業廃棄物処理の現状 | 5. おわりに |
| 3. 廃棄物材質の判定手法研究 | |

1. はじめに

建設系産業廃棄物を多く排出する建築物（非木造）の解体件数は平成 18 年度 32,659 棟で、床面積にすると 11,291（千㎡）¹⁾ にのぼる。近年、従来の「スクラップアンドビルド」から「ストック」へと社会の価値観も変化してきていることもあり、解体件数はバブル経済期よりも減少してきている。一方、平成 14 年から施行されている「建設リサイクル法」に基づき、コンクリート等の建設廃棄物のリサイクル推進や、アスベスト等の有害物質の処理が義務化されるなど解体工事に求められる技術は高度化・複雑化してきている。

また、国内の産業廃棄物最終処分場残余年数が逼迫していることや、中間処理場等で行われる産業廃棄物の選別作業は劣悪な環境下で行われることが多いため作業者の安全と環境面に課題があることなど、解決しなくてはならない課題も多い。環境負荷低減、資源の有効活用を図るためにも、廃棄物が発生する川上での廃棄物選別を行い、廃棄物を分別排出しリサイクル率を高めることが重要であると考えられている。

本報では、建設系産業廃棄物の選別作業の高度化、能力向上を目的とした選別装置を開発するにあたり、廃棄物材質判定を行うための要素技術の 1 つとして近赤外線に着目し、近赤外線分光法を用いたプラスチックおよび木材の材質判定基礎実験結果と有効性について報告する。

2. 建設系産業廃棄物処理の現状

近年、建設現場では環境問題に対する取り組みやコスト削減の一環として、産業廃棄物分別率向上を目的として中間処理業者指導員による産業廃棄物分別教育を継続的に行っている。しかし、平成 18 年度に行った建設副産物（廃棄物）の発生割合調査結果（図 1）を見ると、建設リサイクル法で特定建設資材に指定されているコンクリート塊、汚泥、木くずが全体の 50%以上を占めていて、分別しきれなかった混合廃棄物も全体の 19%と高い割合で排出されていることがわかる。

別の調査から建設混合廃棄物の品目構成（図 2）²⁾ をみてみると、紙くず、木くず、廃プラスチック類の 3 品目がそれぞれ 20%前後の高い割合で含まれていることがわかる。分別されて排出される廃棄物も合わせると、木くずや廃プラスチック類はコンクリート塊や汚泥等に次いで高い割合で排出されている品目であることがわかる。木材は建設リサイクル法における特定建設資材に指定されているが、現状では特定建設資材であるコンクリート塊、アスコン塊に比べてリサイクル率が低いため、リサイクル率を向上させる取り組みが必要である。

廃プラスチックについては特定建設資材に指定されていないが、資源有効利用促進法において硬質塩化ビニル管等の製造を行う業種が特定再利用業種、塩化ビニル製建設資材が指定表示製品に指定されているため現場及び中間処理施設における選別が必要である。また、不法投

棄された建設廃棄物の中で廃プラスチックの割合が最も高かった平成16年度調査結果(図3)³⁾が示すように、建設系産業廃棄物として排出される廃プラスチックについても今後更なる再資源化に向けた建設業各社、産業廃棄物の中間・最終処理業者の取り組みが重要である。

しかし、実際の建物解体現場や中間処理場で行われる解体や分別・選別作業(写真1)は劣悪な環境下で行われることが多く、作業者の安全と環境面に課題が残されている。コスト面においても、基本的に選別は人間によって行われている(写真2)ため建設混合廃棄物を処理費用が割高になってしまい、処理コストが高いことが廃棄物不法投棄などの要因の一つになっている。

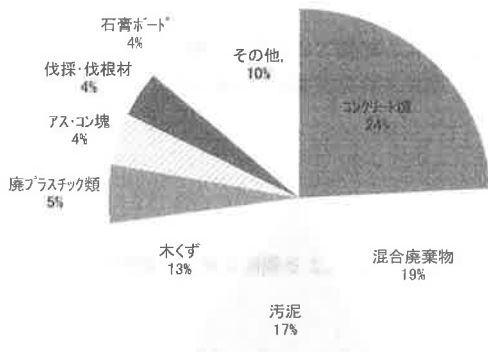


図1 建設副産物(廃棄物)発生割合(平成18年度)

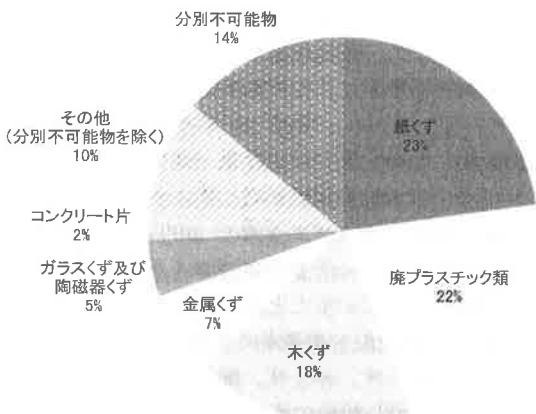


図2 建設混合廃棄物排出量の品目構成

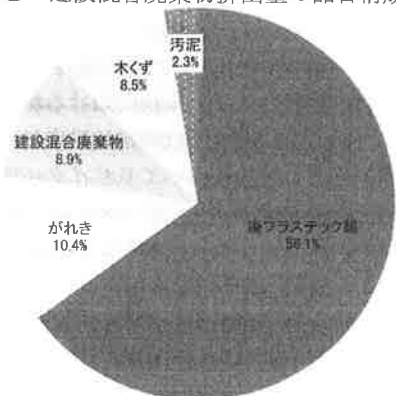


図3 不法投棄建設廃棄物割合(平成16年度)



写真1 建築物解体現場における選別作業



写真2 廃棄物中間処理場における手選別作業

3. 廃棄物材質の判定手法研究

作業者の安全性や作業環境の改善だけでなく廃棄物の処理速度や選別精度の向上により処理コストの低減を目的とした建設系産業廃棄物の自動選別を行う選別機(図4)を開発するため、要素技術である廃棄物材質の判定方法について研究を行っている。材質判定を行う廃棄物の種類については非木造建築物を解体した際に排出される廃棄物の中で割合が高く、社会的にリサイクルに対する整備や必要性が高いという観点から①コンクリート、②木材、③鉄鋼、④アルミニウム、⑤プラスチックの5種類を判定が可能なシステムを第一段階の目標とした。開発する選別機は、この5種類の建設系産業廃棄物を複数のセンサによって測定し、得られた材質毎に異なる幾つかの物性値を統合して最終的な材質判定結果を出力するシステム構成を目標とする。

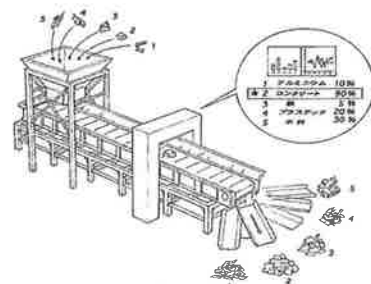


図4 建設系産業廃棄物選別機イメージ

4. 近赤外線分光法による建設系産業廃棄物判定

今回材質判定を行う5種類の建設系産業廃棄物中から、プラスチックおよび木材を判定する要素技術として近赤外線分光法に着目し、材質判定の基礎実験を行った。

近赤外線分光法は物質によって異なる近赤外光の吸収・発光を分光させスペクトルを測定することで、物質の化学組成や種別を非破壊分析するものである。物質の分子固有振動数と同じ振動数の近赤外線光が分子に照射されると、固有振動数で共振が起き近赤外線の吸収が発生する(図5)⁴⁾。物質に吸収されず透過や反射したものから得られた周波数毎の吸光度である近赤外線スペクトルは、分子結合によって変化するため有機化合物が測定対象となる。近赤外線分光法は多成分を同時に分析できることが特色であるが、この特色から多成分の有機物から構成されるプラスチックを判定する要素技術に適している。また、同じく有機物である木材にも同じ手法を用いて判定可能であるため近赤外線分光法を採用した。

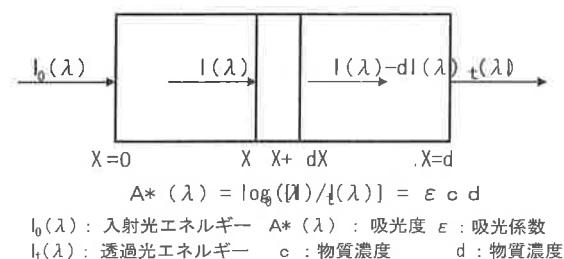


図5 光散乱を生じない物質における光の吸収

4.1 建設系産業廃棄物の近赤外線スペクトル

材質判定の目標となる5種類の建設系産業廃棄物を近赤外線分光分析計で測定し、スペクトルデータを採取したものを図6に示す。この際に使用した近赤外線分光分析計の仕様を表1に示す。

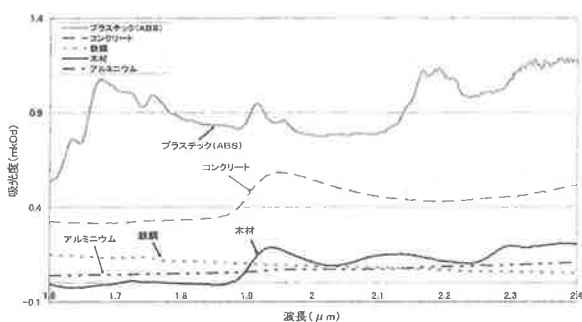


図6 建設系産業廃棄物5種類の近赤外線スペクトル

表1 近赤外線分光分析計仕様

項目	仕様
型番	PlaScan-W (オプト技研機製)
波長範囲 (nm)	1,250-2,500 (可変)
分解能 (nm)	10
検出器	PbS

図6より、材質判定の対象となる5種類の建設系産業廃棄物の中で、無機化合物である鉄鋼とアルミニウムは近赤外線の吸収が発生しないためスペクトルとして現れていないことがわかる。同じく大半が無機化合物であるコンクリートには一部分に特徴的なスペクトルが現れているが、これはコンクリートに含まれる水分が、水のO-H結合音による1.93μmの波長で近赤外線が吸収⁴⁾されたために発生したと考えられる。稀に砂利などに鉱石が含まれる場合は近赤外線を吸収しスペクトルとして現れる場合もあるが、水以外のスペクトルが顕著に現れることは少ない。

代表的な有機化合物であるプラスチックは、複数の波長において特徴的なスペクトルを示している。一般的なプラスチックの種類判別では、波長毎に現れるスペクトルの特徴から含まれる化合物を特定し、種類を判定する手法などがとられている。

同様に有機化合物である木材は、図7に示すように水のO-H結合音の1.93μmの波長以外でも特徴的なスペクトルが見られた。図7に見られる木材の特徴的なスペクトルは、木材の主成分で、全体の約50%を占めるセルロース分子のC-H結合が振動することにより得られたものである⁵⁾。セルロースは針葉樹が多く、広葉樹に比較的少ないなどの違いがあるものの樹種によって大差がないため⁶⁾、木材判定の検量線として使用可能である。

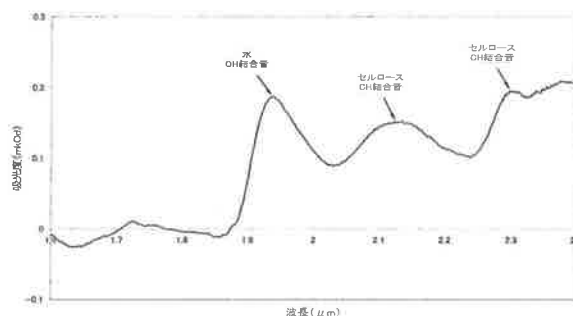


図7 木材の近赤外線スペクトル

この結果により、近赤外線分光法を使用することで5種類の建設系廃棄物から、プラスチックと木材を判定することが可能であることがわかる。

4.2 散水によるスペクトル変化

実際の建物解体現場や中間処理場で解体や分別・選別作業を行う際、粉塵対策として散水するケースが多く見られる。そのため選別する廃棄物は水に濡れている場合も想定される。そこで、前述で近赤外線分光法によって判定可能であると判断されたプラスチックと木材について、散水した条件でスペクトルに変化があるか実験を行った。図8に散水によるプラスチックの近赤外線スペクトル変化、図9に散水による木材の近赤外線スペクトル

変化を示す。測定対象物としてプラスチックは硬質塩化ビニール管（色：グレー）、木材はベニヤ板（材質：シナ）を使用した。

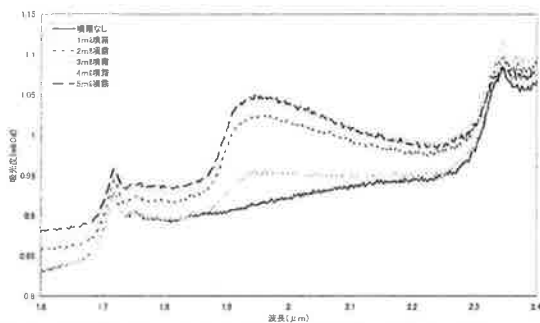


図8 散水によるプラスチック近赤外線スペクトル変化

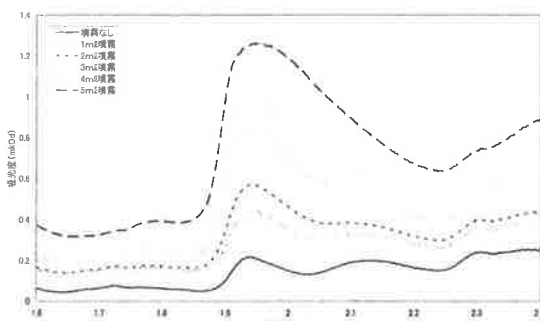


図9 散水による木材の近赤外線スペクトル変化

図8、図9から、試料表面に僅かしか浸透しない近赤外線は、プラスチックや木材の表面水分量が増加するとスペクトルが飽和し、水以外の成分による近赤外線の吸収は隠れてしまう傾向がわかる。一般的に水分が20%以上の試料ではスペクトルが飽和する恐れがあるとされている⁴⁾。特に木材は気乾状態においても水を含んでいる上に、吸水性のある材質であるため噴霧する水の量が増加するとセルロースのスペクトルが隠れてしまう傾向が顕著に現れる。

そこで、多少の表面の水分量増加であれば判定可能にする手法として、水の結合音波長である1.93 μm 付近のスペクトルを、測定したスペクトル全体から差し引く事で、水以外のスペクトル形状を顕著にして判定を容易にする方法を検討中である。

5. おわりに

建設系産業廃棄物自動選別の要素技術として、近赤外線分光法を用いた材質判定の可能性について実験を行い、プラスチックと木材について判定可能であることを確認した。今後は、測定する廃棄物表面に水や埃が付着している場合にも高い精度で材質の判定が可能なスペクトル解析手法などについて実証していきたい。

なお、本研究開発は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO 技術開発機構)からの委託研究で実施中のものである。

参考文献

- 1) 国土交通省総合政策局情報管理部建設調査統計課：建設統計要覧，(財)建設物価調査会
- 2) 社団法人建築業協会環境委員会副産物部会：建築系混合廃棄物の組成及び原単位調査報告書，社団法人建築業協会
- 3) 産業廃棄物の不法投棄等の状況（平成16年度），環境省 HP
- 4) 岩元睦夫・河野澄夫・魚住純：近赤外線分光法入門，pp.45-50,2007年6月
- 5) 尾崎幸洋・河田聡：近赤外線分光法，pp.42-45,2005年8月
- 6) 笠井芳夫・大濱嘉彦・他2名：新版建設材料学，pp.201-206,2003年3月

AN ELEMENT RESEARCH OF CONSTRUCTION WASTE SORTING (PART 1) -WASTE SORTING BY NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY-

S.Nakamura and T.Gokuyu

Rebuilding increases because of the asset sales and the deterioration of buildings in recent years. There are some problems in safeness and environment for the waste separation and sorting work in the building dismantling site and waste processing site. The “Waste Disposal and Public Cleansing Law” and “Construction Waste Recycling Law” are enforced for the establishing the recycling based society. By the law, the disposal of construction waste becomes more complicated and higher, and improvement of construction waste disposal capacity is necessary.

This report describes the basic experiment that distinction plastic and wood in construction waste by near-infrared spectroscopy.