

クレオソート油含浸廃木材の リサイクル研究

須田 芳和[※]
Yoshikazu Suda
田中 良[※]
Ryo Tanaka

Study of Creosote-Treated Woods recycling

1. はじめに

木質系廃棄物のリサイクルは建設リサイクル法に明記されており、国および各自治体で推進されている。しかしながら、木質系廃棄物には有害な化学物質を使用した防腐剤が含まれていることがある。防腐剤に使用された有害な化学物質は、リサイクル過程で環境への放出や人体への影響が懸念される。そのような危険性のため、リサイクルは困難であり、主として焼却されているのが現状である。

現在、廃棄物に含まれて排出されている有害な防腐剤の一つにクレオソート油がある。クレオソート油はおもに1960年代から70年代に木材の防腐剤として大量に使用され、現在、排出のピークを迎えている。廃木材からクレオソート油を取り除くことはリサイクルの安全性確保および推進において重要である。

2. クレオソート油含浸木材の概要

2.1 クレオソート油の性質

クレオソート油は、コールタールを200～400℃で蒸留した留出油である。クレオソート油にはPAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon：多環芳香族炭化水素) が80～85%含まれている。このPAHには様々な種類があるが、PAHの中でもベンゾ[a]アントラセン、ジベンゾ[a,h]アントラセン、ベンゾ[a]ピレンの3種は、IARC (国際がん研究機関) により発癌性物質 Group2A に分類されている⁽¹⁾。これらは図1に示すように多数のベンゼン環を持つ化学物質である。このようにクレオソート油には発癌性物質が含まれており、リサイクル時の取り扱いには注意が必要である。

2.2 規制とリサイクルの現状

日本では2004年に「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」が施行され、生産される家庭用品に含まれる

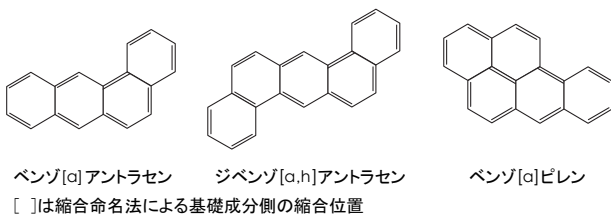


図1 PAHの構造式

※ 電力事業部 電力環境G

前述のPAH3種類の濃度は3ppm (mg/kg) 以下に規制された。しかし、クレオソート油を含む木材の廃棄に関する規制はない。自主的に他の木質系廃棄物と分別し処分している自治体はあるが、多くは調査されていない。クレオソート油含浸木材の排出量のピークは2000年頃で、現在は5万m³/年が排出されていると推定されているが⁽²⁾、多くは危険性を認知されないまま、リサイクルされている可能性が高い。

2.3 新規リサイクル方法の検討

クレオソート油は高沸点の炭化水素であるため、燃焼処理は可能である。しかし、近年では環境への配慮から、燃焼による処理は敬遠される傾向にある。また、木材は材料としての利用価値があることから、燃焼処理よりも、材料としてリサイクルすることで、有効に活用できると考える。

そこで、クレオソート油含浸木材のリサイクル方法として、真空加熱処理でクレオソート油の木材からのクレオソート油分離を行い、無害化された木材の木質プラスチックおよび低環境負荷マットへのリサイクル製品化を検討した。真空加熱処理は当社がPCB (ポリ塩化ビフェニル) の分離方法として開発し、既に実用化されている技術である。リサイクル製品化としては、愛知県のリサイクル検事業業で実用化されている「木質プラスチックの製造施設」と「木質系廃棄物の解繊素材を利用したマット製造施設」での製品試作を検討した。

3. 真空加熱処理技術による分離

3.1 技術概要

真空加熱処理とは、5～1000Paの真空で、200～250℃に加熱することで、有害物質を蒸発除去する技術である。洗浄などでは除去できない処理物の内部まで含浸した有害物質の除去が可能である。また、処理中に排気ほとんど発生しないため、装置外部へ有害物質が流出するリスクはほとんどない。さらに、木などの有機物の劣化が少なく、有害気体およびタールの発生を抑制できる特長がある。

3.2 分離能力および安全性調査

真空加熱処理を用いた木材からのクレオソート油分離

能力と、クレオソート油が環境へ排出されず安全に処理できることを、小規模実験装置と大規模実験装置の2つの装置を用いて調査した。

小規模実験装置は少量の試料での短時間加熱が可能であることから、木材からのクレオソート油分離能力の調査に適している。

一方、環境へクレオソート油が排出されていないことを調査するためには、大量の試料を真空加熱処理して、PAHの分析精度を上げる必要がある。そこで、大量の試料が真空加熱可能である大規模試験装置を用いて安全性を調査した。

(1) 小規模実験装置

小規模実験装置は、図2に示すように加熱装置、回収装置および排気装置から構成されている。恒温槽の中に排気装置を接続した真空容器を設置し、真空容器内部の試料を真空下で加熱する。真空加熱により蒸発したクレオソート油は凝縮器で冷却されて凝縮し、下部の回収タンクに集められる。凝縮器で回収ができなかった残りのクレオソート油は、凝縮器より低温にした冷却トラップで回収される。

(2) 大規模実験装置

大規模試験装置は、前記の小規模実験装置と概ね同様であり、図3に示すように加熱炉、回収装置および排気装置から構成される。加熱炉は直径1.8m、長さ4mで、実プラント並みの大きさで大量の処理物を加熱することができる。回収装置は加熱炉から順に5℃、-40℃、-70℃の温度に設定された3つの凝縮器が設置されており、蒸発したクレオソート油のより効率的な回収が可能である。

(3) 実験条件

実験には廃電柱および廃枕木を用いた(図4)。木材は原形のままでは熱を伝えにくい。そこで、破碎し処理容器に詰めて真空加熱処理を行った。破碎後の廃木材を図5に示す。

小規模試験装置では処理状態の圧力依存性を調査するために、圧力を10Paから常圧まで変化させて処理状態を調査した。一方、圧力が低いとクレオソート油が蒸発しやすくなるため、凝縮器で捕集されず外部に流出する可能性が高くなる。そこで、安全性評価が目的の大規模試験装置では、低圧(10Pa以下)で実験を行った。これらの実験条件を表1に示す。

4. 調査結果および考察

4.1 分離能力調査結果

今回の実験で目指す処理後の目標値は「有害物質を含有する家庭用品の規制に関する法律」に定められた3ppm(mg/kg)以下とした。同法律は廃棄に関する法律ではないが、現状では廃棄に関する具体的な基準値は制定されてな

表1 真空加熱処理条件

条件	小規模実験装置	大規模実験装置
加熱温度	250℃	250℃
圧力	10Pa、100Pa、1000Pa、 常圧	10Pa 以下
冷却	窒素を充填しての冷却	窒素を充填しての冷却

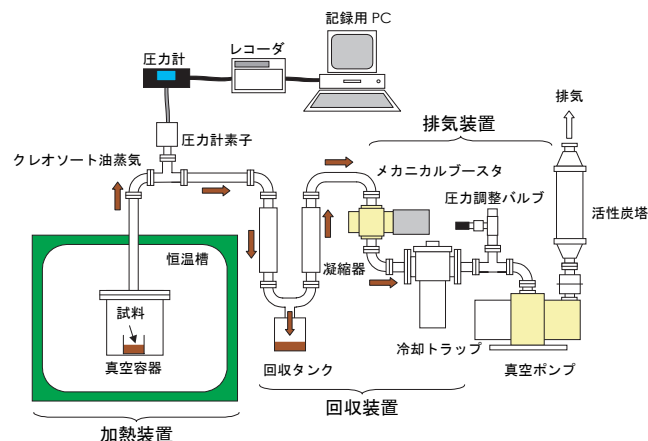


図2 小規模実験装置概略図

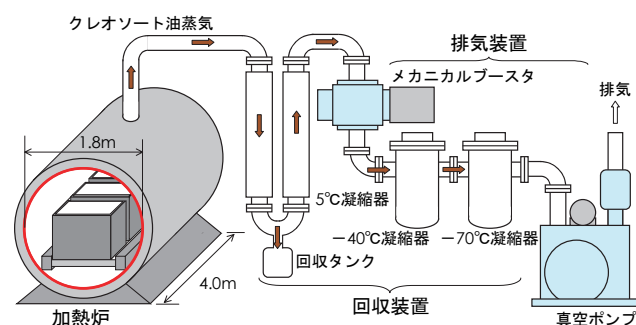


図3 大規模実験装置概略図



図4 原形の廃木材(電柱および枕木)

いので、当調査では目標値として同法律の基準値に準拠した。小規模試験装置で圧力を変化させて真空加熱処理した結果、処理前は目標値の3mg/kgを超える濃度のPAHが木材に含まれているが、10～1000Paでの真空加熱処理後は目標値を十分に満たす濃度までPAH濃度を低下させることができた。

一方、常圧加熱では、PAH濃度は低減できるが、目標の3mg/kg以下を満たすことができなかった。このため、真空加熱が必要なが明らかになった。これらの調査結果を表2に示す。

4.2 安全性調査結果

大規模実験装置でも小規模試験装置と同様に廃木材中のPAH濃度は3mg/kg以下にできた。

蒸発したPAHの多くは5℃の凝縮器で回収され、-40℃の凝縮器の油層ではわずかなPAHが検出された。-70℃の凝縮器ではPAHは検出されなかったことから、PAHは-40℃凝縮器までで、すべてが回収されたと考えられる。この調査結果を表3に示す。

これにより真空加熱処理により蒸発したクレオソート油は装置外へ流出しておらず、安全に処理できることが明らかとなった。

5. リサイクル製品製造の検討

5.1 木質プラスチックの製造

真空加熱処理後の廃木材からの木質プラスチック製造を検討した。廃木材をプラスチックとして活用する従来の方法としては、木粉をポリプロピレン等の熱可塑性の合成樹脂に混合して使用する方法がある。しかし、この方法では樹脂と木粉の混合重量比が約1対1で、合成樹脂と同じ特性を持つため、再利用が困難である。今回製造を検討した木質プラスチックは木質廃棄物100%で製造されており、廃棄した場合には土中の微生物で分解されるため、焼却する必要がなく、環境負荷が小さい。現在、事務機器、自動車および玩具の部品など、合成樹脂系プラスチックへの代替が検討されている。

木質プラスチックの製造には中日精工株式会社殿にご協力いただいた。木質プラスチックは蒸気処理の後、加圧して成形される。加工後の木質プラスチックの外観を図6に示す。

製造した木質プラスチック強度の測定結果は、中日精工殿から提供いただいた一般的な木質プラスチックと比較して、強度が低い傾向があったが、製造は可能なことが判明した。強度低下の原因は、真空加熱処理の際にリグニン等の成分がわずかながら流出して、木材の粘着性が低下したためと考えられる。

表2 廃木材残留 PAH濃度

		B[a]An : ベンゾ[a]アントラセン	B[a]P : ベンゾ[a]ピレン	dB[a,h]An : ジベンゾ[a,h]アントラセン
		[mg/kg]		
		B[a]An	B[a]P	dB[a,h]An
処理前		72	12	1.7
処理後	10Pa	1.4	0.1	<0.1
	100Pa	1.3	0.1	<0.1
	1000Pa	1.0	0.2	<0.1
	常圧	15	2.8	0.4

表3 廃木材および回収液の分析結果 [mg/kg]

回収位置	分析試料	B[a]An	B[a]P	dB[a,h]An
炉体	廃木材加熱前	59	13	1.3
	廃木材加熱後	0.3	<0.1	<0.1
5℃凝縮器	油分	122	18.4	2.4
	-40℃凝縮器	油分	3.5	1.7
-40℃凝縮器	水分	<0.1	<0.1	<0.1
	-70℃凝縮器	水分	<0.1	<0.1



図5 破碎後の廃木材

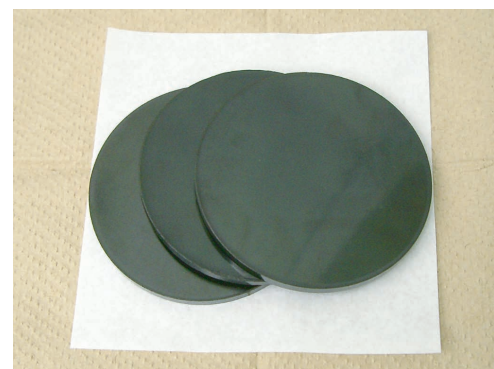


図6 木質プラスチック

5.2 低環境負荷マットの製造

次に、真空加熱処理後の廃木材からの低環境負荷マットの製造を検討した。低環境負荷マットは、合成接着剤を使用せず天然素材のみで作られており、木質プラスチック同様、環境負荷が小さい。現在、農業用、土木用および内装用などへの利用が検討されている。

マット製造には三幸毛糸紡績株式会社殿にご協力いただいた。マットは蒸気処理した廃木材をヤシ繊維とフェルトに挟み込み、加圧して成形される。成形後のマット外観を図7に示す。

三幸毛糸紡績殿から提供いただいた一般的な木材と比較すると木材間の接着力は低い傾向があったが、マット製造は可能なことが判明した。接着力低下の原因は、木質プラスチックの場合と同様に、リグニン等の流出によるためと考えられる。



図7 低環境負荷マット

6. まとめ

クレオソート油含浸廃木材を、真空加熱処理により無害化した後、リサイクル製品化することが可能であり、リサイクル方法として有効なことが明らかとなった。

しかし、現状の真空加熱処理は処理費用が高く、その結果、製造されるリサイクル製品の価格が市場価格と比べて高額となる。

今後は真空加熱処理費用の削減および新たなリサイクル製品への応用方法等を研究して、実用化に向けたリサイクル方法の開発を進めていきたい。

最後に、本研究は愛知県の平成18年度循環ビジネス事業化検討事業の補助をいただき実施いたしました。愛知県環境部の関係者各位、この研究に対して様々なご意見をいただいた名古屋大学板谷義紀准教授、小林敬幸准教授、小林信介助教、ならびに木質プラスチックの製造にご協力いただいた中日精工株式会社殿、低環境負荷マット製造にご協力いただいた三幸毛糸紡績株式会社殿の関係者各位に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 東京都生活文化局消費生活部安全表示課：「クレオソート油の成分と安全性等についての調査結果について」くらしの安全情報Vol.42 (2001)
- (2) (財) 廃棄物研究財団：「平成13年度廃棄物処理等科学研究総合研究報告書」(2002)

最近公開された愛知出願

特許

公開番号	名 称	発明者	共同出願人
2007-005574	自動電圧調整器のタップリード引出し構造	苜川 謙治	
2007-007538	混合済原料の排出装置及び排出方法	高木 康広 田中 元宣	
2007-023912	送風装置の駆動制御装置	駒田 圭成 伊藤 嘉章	
2007-029883	潤滑剤の塗布装置	竹村 淳登	
2007-093062	畜舎用換気装置	駒田 圭成 伊藤 嘉章	
2007-090186	被塗装物の搬送装置	加藤 雅彦	
2007-123368	電力用変圧器	佐藤 徹 高橋 誠	(株)高岳製作所
2007-144351	混合装置	高木 康広 田中 元宣	
2007-157987	変圧器巻線	高橋 誠 永田 徹	
2007-171061	固定子の検査装置	竹村 淳登 森田 高義	
2007-174904	畜舎用送風装置	駒田 圭成 伊藤 嘉章	
2007-263088	畜舎用送風装置	駒田 圭成 伊藤 嘉章	
2007-266517	電力用変圧器	高橋 誠 増田 達哉	(株)高岳製作所
2007-288932	太陽光発電設備の充電制御装置	桑原 祐 村上 新吾	電源開発(株)