

廃プラのマテリアルリサイクル；リバースパレット

Development on Material Recycle Technology of Waste Plastic Using Rebirth Pallet System

○正 行本 正雄 (中部大学) 非 松浦 英樹 (株) 富山環境整備
Masao Yukumoto, Chubu University and Hideki Matuura, Toyama-kankyou Seibi Corp.

The material recycle, the chemical recycle, and the heat recovery are known as recycling of container packaging plastic in Japan. The container packaging plastic and the waste plastic are especially made a raw material according to the purpose, and the Rebirth system that returns it to the plastics raw material is paid to attention. The Rebirth system is composed of the recycle goods making facilities where the preprocessing facilities and the pallet that makes the waste plastic a pellet are manufactured. The recycle plastic pallet (Rebirth pallet) is used as the distribution freight vehicular in the beverage manufacturer etc. In this report, it introduces two stages on crushing, the sorting, washing, dryness, the granulation processes and the plastic mixture melt, the press processes that composes this system. Also, the results of Tensile test and NMR on material recycle are discussed.

Key Words: Material recycle, Pallet, LCA

1. はじめに

本研究では、容器包装材のリサイクルにより製造されている富山環境整備株式会社製「リバースパレット」と容器包装材のバージン材であるポリエチレン、ポリプロピレンを実験試料とし、引張試験、熱重量減少試験、燃焼試験及び核磁気共鳴分光法を行った。引張試験ではパレットは様々な環境で使用されるため、試験片を10℃、25℃の状態では4時間以上保管し、室温を10℃、25℃にして試験を行った。破断した試験片は断面を光学顕微鏡にて観察した。熱重量減少試験では試料の熱分解に伴う重量現象から、分解挙動の変化を比較した。燃焼試験では試料の単位時間あたりの発熱速度を測定し比較した。核磁気共鳴分光法は試料の分子構造の比較とリバースパレットに含まれる不純物の解析を行った。

2. リバースシステム

(株) 富山環境整備が行っているオリジナルリサイクルシステム (リバースシステム) は、プラスチック廃棄物を再製品化するリサイクルシステムで、廃プラスチックを材料にする施設 (原料化施設) と再生材料を製品化する再製品製造施設 (リバース工場) からなっており、リバースパレットはここで作られる。家庭から分別収集したプラスチック容器包装を原料化施設で破碎・洗浄・乾燥・造粒し、パレットの材料 (ペレットミル) を製造する。ペレットミルをプラスチック溶融機にて220℃から250℃で溶かしてゲル状にし、1000トン及び3000トンプレスでプレス成型して完成する。リバース工場ではリバースパレットの他にリバースボード、リバースベンチ、リバースOAフロアなどが製造されている。

3. 実験装置と方法

3.1 試験片の作成

本研究では、試験片は厚さ2mmの2号形試験片とした。これまでに材料をポリプロピレン、厚さ2、3mmの1号形試験片および厚さ2、3mmの2号形試験片を各3回、室温25℃の条件下で本研究室内の引張試験機にて試験を行ったが、引張試験機の測定範囲内で破断したのは厚さ2mmの2号形試験片のみであったため、このサイズの試験片を使う。プレス成型条件を表4に示す。試験片を作るに当たり、

金型へ乗せる試料の量を一定にした。ポリエチレン、ポリプロピレンはペレット状であるため、9gとした。リバースパレットはパレットから切り出したもの及び粉末を試験片に成形できる分だけ使用した。ポリエチレンのペレットは日本ポリエチレン株式会社ノバテック™HJ560、ポリプロピレンは日本ポリプロ株式会社ノバテック™MP MG03Bである。プレス成形には、東洋精機製作所製 Mini Test Press を使用した。

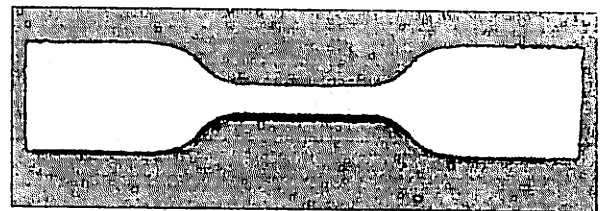


Fig.1 Photo of Specimen

3.2 引張試験

ポリプロピレンの引張特性とその温度依存性について立命館大学の酒井らの研究では破断形態と温度の関係で試験温度に関し23℃を境界にして、それより高い温度域では繊維状を示し、23℃以下では脆性的な破断形態を示す事がわかっている。この結果を元にパレットの使用環境の点から試験室及び試験片温度を10℃、25℃に設定した。試験速度は立命館大学の酒井らの研究及び徳島大学の松居らの研究を参考にし、本研究室内の引張試験機 PS-5000 及びペンレコーダー R-302 を考慮して5mm/minとした。試験は JIS K7113 及び K7100 に準じて行う。

3.3 NMR 測定

ポリエチレン、ポリプロピレン、リバースパレット、リバースパレット:ポリエチレン50:50、リバースパレット:ポリプロピレン50:50の試料を板状に成形後、切削し粉状にしたものを使用した。通常、NMRは使える試料に事実上制限がないなら、用いる試料の体積はかなり大きくてもよく、正確な量は問題にならない。本実験機 JNM-ECA400 FT NMR 装置はスパーサーと呼ばれる下敷きを試験管の最下部に挿入し、試験管規定値まで試料を充填する。そして試料

の上からさらにスペーサーを挿入するという方法である。観測中心は 100ppm、観測範囲は 25kHz、積算回数は 256 回である。

4. 実験結果

4.1 引張試験

4.1.1 ポリエチレン

温度条件 10℃での試験において、標線間距離上ではほとんど変化が見られず、平均伸び率は 0.12%であった。最大引張強さは 22.8~23.5MPa、平均最大引張強さは 23.4MPa であり、実験開始から 35~45 秒で脆性的に破断した。

温度条件 25℃での試験において標線間距離上の伸びは小さく、伸び率が 2.04%となった。最大引張強さは 20.5~21.5MPa、平均最大引張強さは 20.9MPa であり、脆性的に破断した。

4.1.2 ポリプロピレン

温度条件 10℃での試験において、最大荷重時の伸びは 26.5~27.0mm であり、平均伸び率は 7.60%となった。最大引張強さは 31.0~32.8MPa で、平均最大引張強さは 31.6MPa で、実験開始から 80~95 秒で脆性的に破断し、降伏点が観察された。破断時の引張強さは 26.8~30.3MPa で平均破断強さは 28.4MPa であった。破断時の伸びは 28.0~31.0mm で平均伸び率は 18%となった。試験片には標線間距離上に若干の白濁化が観察された。

温度条件 25℃での試験において、最大荷重時の伸びは 27.0~27.5mm で、伸び率が 9.20%となった。最大引張強さは 25.9~27.3MPa、平均最大引張強さは 26.6MPa で、最大引張強さはどの試験片も開始から約 60 秒であった。破断は延長的であり、試験片が裂けるようにゆっくりと破断した。破断時の引張強さは約 2.71~11.4MPa であり、破断時の伸びは 37.5~44.0mm で、平均伸び率は 66%となった。試験片には標線間距離上に白濁化が観察された。

4.1.3 リバースパレット

温度条件 10℃での試験におけるリバースパレットは全ての試験片の破断面に不純物が見られた。標線間距離上の伸びは小さく、平均伸び率は 0.84%であった。最大引張強さは 10.0~14.2MPa、平均最大引張強さは 12.9MPa で、実験開始から 15~34 秒で脆性的に破断した。図 54 より実験開始から破断までの荷重及び時間が試験片により大きく変化した。

温度条件 25℃での試験における標線間距離上の伸びは小さく、伸び率が 0.60%となった。最大引張強さは 8.48~10.3MPa、平均最大引張強さは 9.48MPa で、実験開始から 15~24 秒の間で脆性的に破断した。図 2 より実験開始から破断までの荷重及び時間が試験片により大きく変化した。

4.2 NMR 測定

ポリエチレンでは、31.1ppm にピークがあり、CH₂基によるものであり、強度の値は 300 を超えた。ポリプロピレンでは、20.2ppm、24.8ppm、42.6ppm にピークがあり、それぞれ CH₃基、CH₂基、CH 基によるものであった。強度は CH₂基が最も高く、170 を超えた。一例として図 2 に測定したリバースパレット 100%の結果を示す。20.4ppm、24.8ppm、31.1ppm、42.6ppm、128ppm にピークが見られる。20.4ppm のピークは CH₃基、24.8ppm 及び 31.1ppm のピークは CH₂基、42.6ppm のピークは CH 基である。強度は 24.8ppm の CH₂基が最も高く、90 を超えた。128ppm のピークはアルケンまたは芳香族の不純物である。リバースパレット：ポリエチレン 50:50 の試料では、19.4ppm、24.3ppm、30.7ppm、43.1ppm

にピークが見られ、それぞれ CH₃基、24.3ppm 及び 30.7ppm のピークは CH₂基、CH 基である。強度は 24.3ppm の CH₂基が最も高く、150 を超えた。リバースパレット：ポリプロピレン 50:50 の試料では、19.4ppm、24.3ppm、31.4ppm、43.4ppm にピークが見られる。リバースパレット：ポリエチレン 50:50 の試料と同様に、それぞれ CH₃基、CH₂基、CH 基である。強度は 24.3ppm の CH₂基が最も高く、110 を超えた。

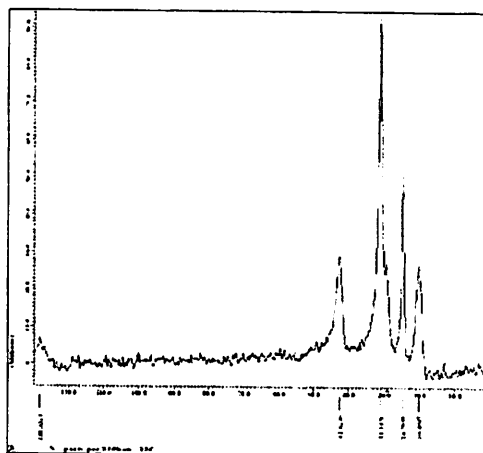


Fig.2 NMR Chart

5. 考察

5.1 引張試験

ポリエチレン、ポリプロピレン、リバースパレットの最大引張強さは 10℃での条件の方が大きい値となったが、伸び率は 25℃の条件の方が大きい値となった。ポリプロピレンに観察された試験片の白濁化は分子鎖が軸方向に伸ばされ整列することで起こる「ネッキング」であると考えられる。試験片の破断面を光学顕微鏡で観察した結果より、破断面から 25℃の条件下ではポリエチレンでは破断面の繊維質状のものが大きくなり、ポリプロピレンでは標線間距離全体が白濁化、リバースパレットでは表面が白っぽくなった。このような変化が 25℃の条件下で顕著に現れたのは、高温下では鎖状分子を構成する原子の熱運動が活発になったためであると考えられる。リバースパレットの最大引張強さ、破断時間が試験片により大きく変化したのは、破断面にさまざまな大きさ、種類の不純物が見られたことから、不純物が強度に大きな要因となることがわかった。

5.2 NMR 測定

ポリエチレンは構造上 CH₂のみであり、測定した NMR スペクトルには CH₂基の範囲でピークが 1 つである。ポリプロピレンの構造は CH、CH₂、CH₃であるため、測定した NMR スペクトルには 3 つのピークがある。このことからリバースパレット 100%の試料にはポリエチレンの CH₂基のピークとポリプロピレンの CH₃基、CH₂基、CH 基の 4 つのピークがある。

128ppm のピークはアルケンまたは芳香族のものであることから、上記で示したようにポリスチレンはベンゼン環を含む芳香族化合物である。128ppm で見られた不純物はポリスチレンではないかと考えられる。また文献²³⁾から 128ppm のみにポリスチレンの影響と考えられるピークが 1 つあるため、アイソタクチックのようなポリスチレンと推定される。