

撤去ケーブルの絶縁PEを再利用したプラスチックドラム

Eco-Plastic Drum Using Insulation Polyethylene of Retrieved Cable

田島 洋*

Hiroshi Tajima

小林 一郎*

Ichiro Kobayashi

蛭川 寛*²

Hiroshi Hirukawa

北 一郎*³

Ichiro Kita

石丸 仁志*³

Hitoshi Ishimaru

加治 佐陽一*³

Youichi Kajisa

概要 地球環境保全のため、使用済み製品のリサイクルの実現について検討を進めてきた。今回架空・地下環境に布設された後、撤去回収されたケーブル絶縁被覆線のうち、PE部を採取し、プラスチックドラムの材料として再利用可能であることを確認した。このドラムは昨年11月から中央資材殿向けとして試験運用を開始している。

1. はじめに

地球環境保全のための産業廃棄物削減とリサイクルの実現は我々の社会活動の重要な課題の一つになっている。当社ではこれまで三十年以上にわたり通信用ケーブルとしてプラスチック絶縁・外被ケーブルを製造し、通信インフラとして通信業者殿に広く採用されてきた。これらのケーブルは長年の使用により老朽化し撤去・回収されるケースも少なくない。撤去・回収されたプラスチック絶縁・外被ケーブルの代表例を図1に示す。ケーブルは銅、アルミといった金属と絶縁PE、外被PEといったプラスチックから構成されている。これら構成材料のうち金属類は比較的製品への再利用が容易なものもあったが、プラスチック材料に関しては循環型リサイクル化への検討が進んでいなかった。今回架空・地下環境に布設された後、撤去回収されたケーブルの絶縁被覆線の絶縁PEを再利用して通信ケーブル物品類の一つであるプラスチックドラムの材料として再使用する検討を行った。

通信用ケーブルの巻枠としては木ドラムが一般的だが、木ドラムのうちL2号以下のドラムは再利用されることが少なく、使用后廃棄されるものが少なくないため、使用対象をプラスチックドラムとした（運用形態は図2）。

2. 撤去通信ケーブルの現状

2.1 リサイクル状況

撤去されたメタル通信ケーブル（CCP）は概略図3に示すような構成材料比率となっている。この中で最も構成比率の高い銅の回収を目的として解体・分別が行われ高純度の銅が分離回収され再度電線・ケーブル等にリサイクルされるシステムが出来ている。

しかし、銅を分離回収後の残渣（ざんさ）は銅と比較すると価値の低い鉄、外被及び絶縁のPEが主成分であり、これらは異種材との複合化あるいは種々の異種材どうしの混在状況にあ

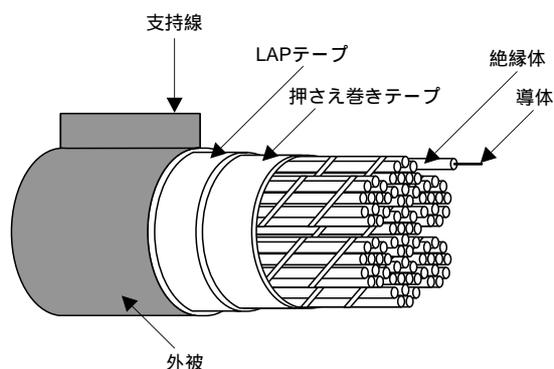


図1 撤去されたケーブル例
Typical retrieved cable

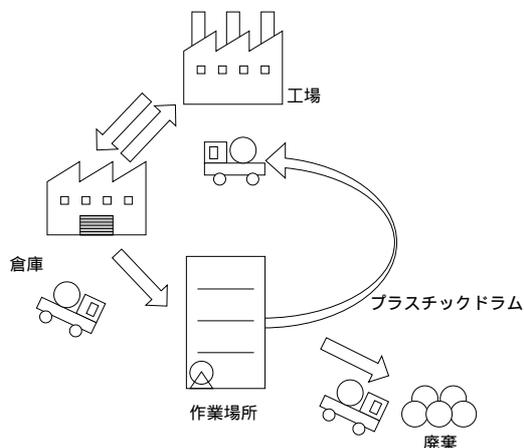


図2 ケーブル運用例
Recycling of cables

* オプトコム事業部技術部第1G

*² 材工株式会社 技術部

*³ 岡野電線株式会社 技術部

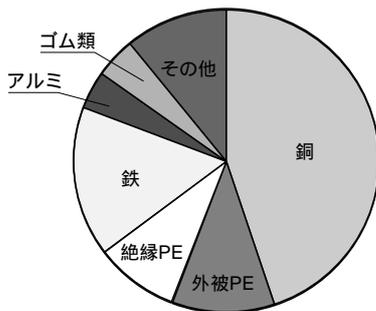


図3 撤去通信ケーブル構成材料比率例
Material composition of retrieved communication cable

るため多くは産業廃棄物として処理されてきた。したがって、銅と一部のアルミ以外は産廃として処理されているのが実状である。

例えば、外被PEの多くはアルミ遮水テープと強固に接着しているため外被PEをリサイクルするためには外被PE層からアルミ層を分離する必要がある。このアルミ層を分離する技術は、過去電線リサイクル関係者が長年にわたって技術開発を進めてきたにもかかわらず“アルミ付き外被を加熱し接着力が低下した頃合いを見計らい人手にてアルミ層とPE層を分離”という古典的な手法に頼っているのが現状である。

この方法にて分離されたアルミとPEは、それぞれ有価値物となり十分にリサイクル可能ではあるものの、上記の人手による分離費用が大きくトータルとしてコストが見合わない。外被のリサイクルが進まない理由がここにある。

一方絶縁線は、銅導体を回収するために粉碎され銅ナゲットとポリエチレンナゲットとに分離されるのが一般的なリサイクル工程である。

ここで分離されたポリエチレンナゲットには、下記に示すような異種材・異物がかなりの割合で混入している。

- ・銅（微粉銅や未分離ナゲット）
- ・PET・PEフィルム
- ・繊維類（木綿や合成繊維など）
- ・その他（熱分解型発泡剤残渣（ざんさ）等）

したがって、絶縁のポリエチレンをリサイクル可能とするためには、上記の異種材・異物を経済性に優れた分別・分離技術を新たに開発して除去する必要がある。

2.2 解体・リサイクル方法

撤去メタル通信ケーブルの解体・リサイクル方法は、大きく分けて下記のように剥線法と粉碎法がありそれぞれ一長一短がある。

つまり、剥線法は人手により外被と絶縁線の剥線工程があるため生産性が劣る一方、剥線時にアルミやテープ類・ゴム材等の異種材を人手で除去できるため、分別された材料の品質は比較的良好である。

粉碎法はこの逆で、生産性は優れているものの分別材料の品質は劣っている。

3. プラスチックドラム用材料開発

3.1 外被PEと絶縁PEの物性調査

通信ケーブル被覆材の基本物性調査結果を表1に示した。

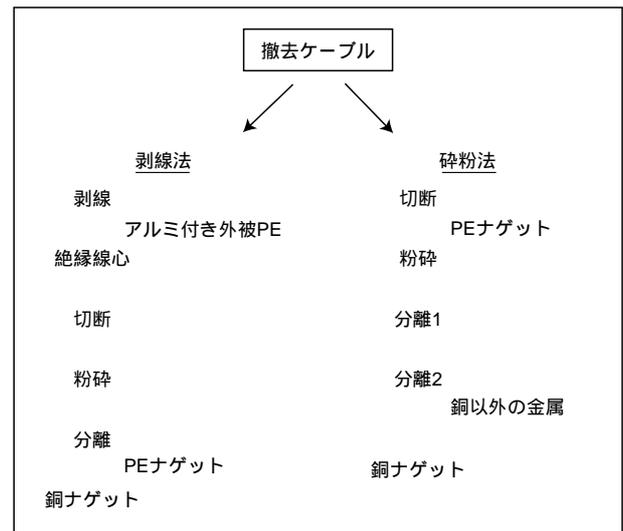


図4 ケーブルリサイクル工程図
Flow diagram of cable recycling

表1 外被PEと絶縁PEの物性比較
Comparison of material properties of sheath PE with insulation PE

	単位	外被PE	絶縁PE	PP
アイゾット衝撃強さ	kJ/m ²	70	20	4
曲げ弾性率	MPa	300	600	1500
熱変形温度		49	59	136

ここで比較としてポリプロピレン（PP）も載せた。

これよりプラスチックドラム用としてみた場合、剛性（曲げ弾性率）耐熱性（熱変形温度）の点で絶縁PEは外被PEより優れており、衝撃強度は劣るもののPPよりは良好であることが分かった。

以上の結果と各被覆材のリサイクル性を加味して判断すると、プラスチックドラム用原料としては絶縁PEのほうが好ましいことが分かった。

3.2 絶縁ポリエチレンのリサイクル技術開発

撤去メタル通信ケーブルの被覆材料のリサイクル性や被覆材料の基本物性等を調査した結果、プラスチックドラム用としては絶縁ポリエチレンのほうが外被ポリエチレンより優れていることが判明した。

しかし、絶縁ポリエチレンをリサイクルする場合の問題点として、先に述べた異種材・異物の効率的な除去方法を開発する必要がある。そのため、入荷した撤去ケーブルの選別からプラスチックドラム用原料ペレットの製造までの全工程を見直した。その見直し・改良結果の技術的内容を表2にまとめて記載した。また効率的な分別技術開発と同様、分別によるコストアップを最小限に抑えることが必要なため、必要な要素技術をラインに組み込むと共に各工程間を有機的に結び付け、ペレット製造工程迄含めた一貫したリサイクルラインを作りあげた。

その一部工程の写真を示す。（写真1、写真2）

3.3 材料組成改良

プラスチックドラム用原料として、絶縁PE単独では剛性や耐熱性の点で問題が発生する可能性があるため、これら特性の



写真1 リサイクル工程 (a)
Cable recycling line (a)

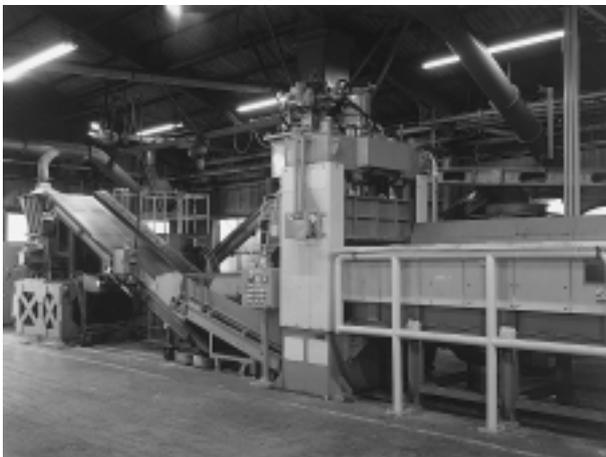


写真2 リサイクル工程 (b)
Cable recycling line (b)

表2 絶縁PEの異種材混入対策
Measures against foreign inclusions contamination of insulation PE

混入異種材	異種材除去対策
銅	多段粉碎法の採用 高機能化篩選別機の開発 特殊傾斜型分離器の開発 ペレット化押出機にオートスクリーンチェンジャ導入
フィルム	特殊円筒分離機の開発
繊維	ケーブル剥線時に木綿糸使用ケーブルの除去
発泡剤残渣	押出機スクリュー・シリンダ形状改良と脱気技術の組合せ

改良としてポリプロピレンをブレンドしこれらの特性改良を行った。

結果を図5～7にまとめて記載した。これらより絶縁PEとポリプロピレンを半々に配合した材料がプラスチックドラム用としてバランス良い特性を示すことが判明した。

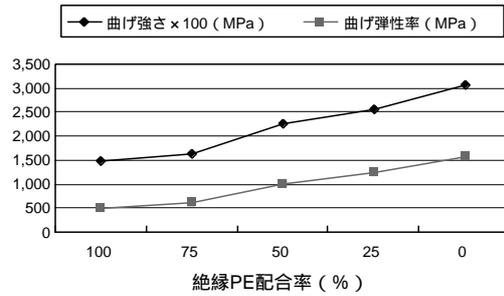


図5 絶縁PE配合比率と曲げ特性
Bending characteristics vs. blending ratio of recycled insulation PE

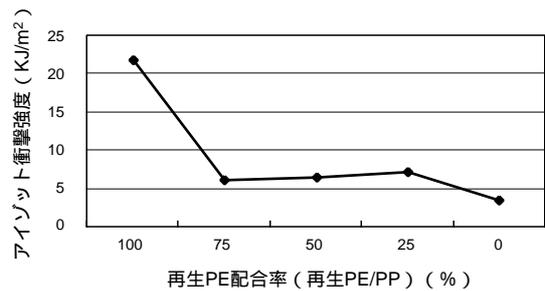


図6 絶縁PE配合率と衝撃強さ
Impact strength vs. blending ratio of recycled insulation PE

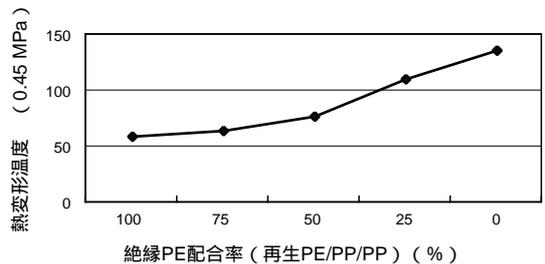


図7 絶縁PE配合率と熱変形温度
Deformation temperature vs. blending ratio of recycled insulation PE

4. エコプラスチックドラムの特性

4.1 ドラム材質評価

エコプラスチックドラムに使用される再生PEコンパウンドは、撤去されたケーブルの絶縁体を材料と使用している。

エコプラスチックドラムにケーブルを巻き付け実使用の運用に支障無く使用できるか、確認する必要がある。そこで、エコプラスチックドラムと通常のプラスチックドラムの鏝(つば)に圧力をかけ、材質の相違によるプラスチックドラムの強度に差があるか確認することとした。

ドラム鏝(つば)の圧縮試験を写真3に示す。

4.1.1 評価材料

エコプラスチックドラムと通常のプラスチックドラムの材料の相違を表3に示す。

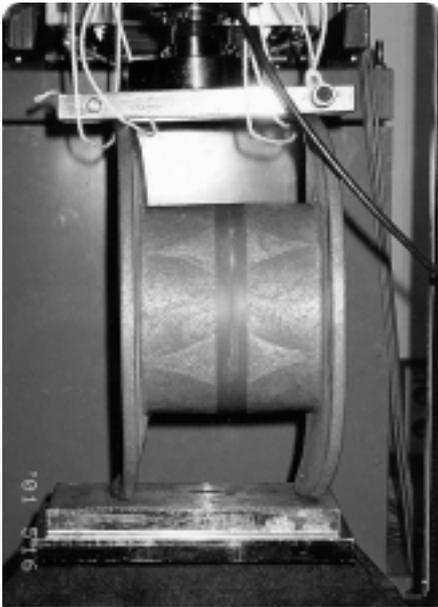


写真3 圧縮試験機
試験条件 荷重スピード：10 mm/min
ロードセル：50 kN
Compression test machine

表3 プラスチックドラムの材料
Material composition of plastic drums

	単位：%	
	エコプラスチックドラム	通常のプラスチックドラム
再生PE材	50	—
PP材	50	100

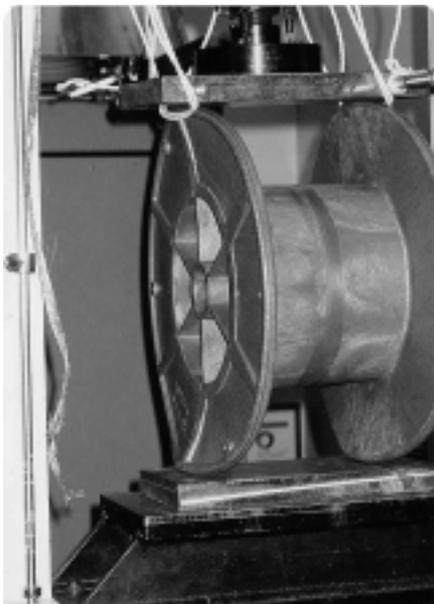


写真4 圧縮試験結果
Results of compression test

- (1) エコプラスチックドラム。
(再生ポリエチレン材とポリプロピレン材で成型)
- (2) 通常のプラスチックドラム。
(ポリプロピレン材で成型)

表4 圧縮試験結果
Results of compression test

	単位：kN	
	エコプラスチックドラム	通常のプラスチックドラム
1	11.3	24.1
2	11.8	23.4
平均	11.6	23.8

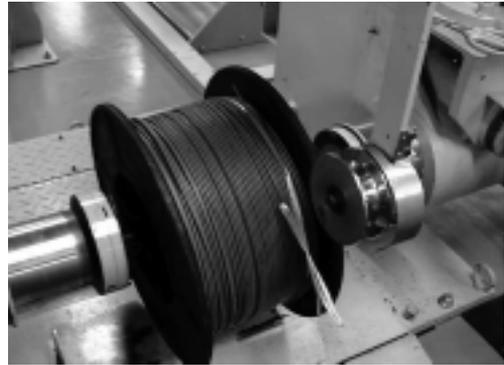


写真5 ドラム外観
Appearance of Eco plastic drum with cable

4.1.2 圧縮試験

圧縮試験機によりドラムに荷重をかけ、エコプラスチックドラムと通常のプラスチックドラムの強度を測定し比較した。

写真4にプラスチックドラムの圧縮試験を示す。

4.1.3 圧縮試験結果

表4に圧縮試験結果を示す。

評価の結果、エコプラスチックドラムは、11.6 kN、通常のプラスチックドラムは、23.8 kNの強度があることが分かった。

以上の結果から採用したエコプラスチックドラムは、通常のプラスチックドラムの強度に比べ約1/2の強度があることが分かった。

つぎに、実際にケーブルを巻付、実使用に耐え得るエコプラスチックドラムであるかの評価を行った。

4.2 ドラム機能評価

ケーブル廃材を利用した再生PEコンパウンドを含んだ材料で成型したエコプラスチックドラムが、実使用に耐え得るかを検証した。

実使用を想定したケーブルを巻き付け下記の評価を行った。

4.2.1 評価項目

(1) ケーブル巻付・巻返試験

実使用のケーブルを巻き付け・巻き返し、ドラム外観・ケーブル巻付けによるドラム罅間の広がり測定し評価を行った。巻付け・巻返し条件は通常のプラスチックドラムと同様とする。エコプラスチックドラムにケーブルを巻き付けた状態を写真5に示す。

(2) 輸送強度試験

ケーブルを巻き付けたエコプラスチックドラムに通常製品と同様の梱包を施し、通常出荷品と同様の輸送を行い、輸送によ

表5 エコプラスチックドラム評価一覧
Summary of evaluation results of Eco plastic drum

評価試験項目	ケーブル異常	ドラム異常	評価定義	総合評価
ケーブル巻	無し	無し	整列巻き・巻崩れ無事鍔幅の測定（空ドラム: 195 ± 2 mm）	良
輸送強度	無し	無し	ケーブルに巻くずれが発生しないこと。ドラム外観に割れ・欠け無し（鍔幅の測定）	良
落下強度	無し	無し	ケーブルに巻くずれが発生しないこと。ドラム外観に割れ・欠け無し（鍔幅の測定）	良
高温加熱	無し	無し	鍔に広がりによりケーブルに巻くずれが発生しないこと。（鍔幅の測定）	良
耐候試験	—	無し	ドラム外観に異常が無し	良

*総質量: 12 kg / 500 m（ドラム質量: 4.8 kg）

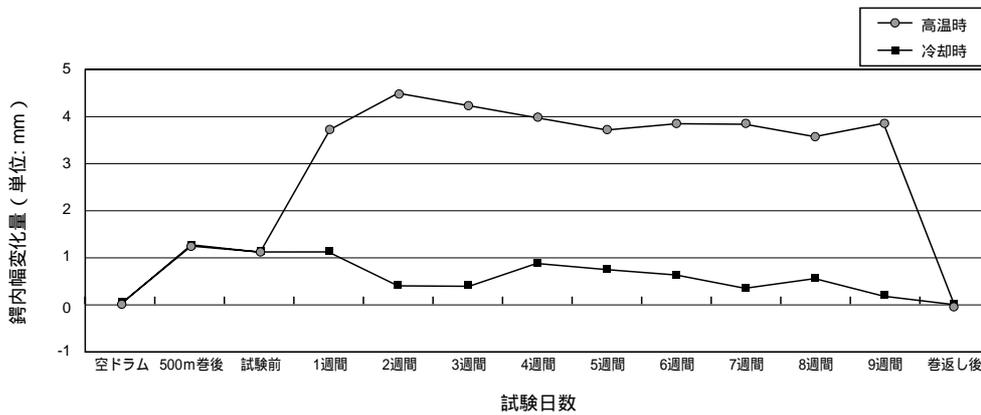


図8 高温加熱試験による鍔内幅の変化量
Changes in drum's inside width by high-temperature test

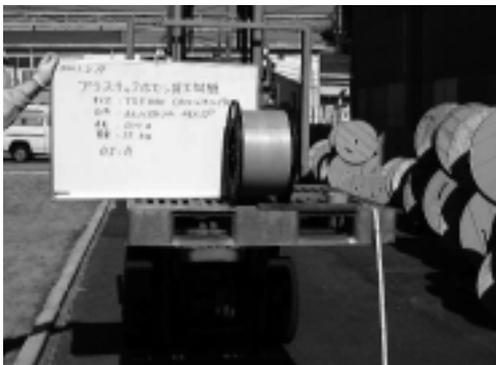


写真6 落下試験
Falling test

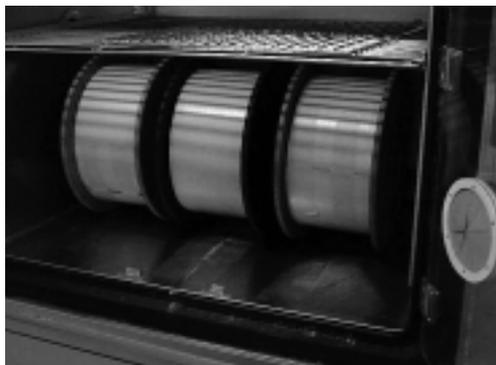


写真7 高温加熱試験
High-temperature test

るエコプラスチックドラムに及ぼす影響（強度）の評価を行った。

輸送時の積込・荷下の条件は、通常製品と同様とした。

(3) 落下強度試験

通常製品と同様の梱包を施したエコプラスチックドラムを、輸送トラックの荷台と同じ高さから落下させ、エコプラスチックドラムの強度（損傷）の評価を行った。落下試験条件は、落下高さ1.2 m・自然落下・アスファルト面に着地。

落下試験を写真6に示す。

(4) 高温加熱試験

通常製品と同様に梱包を施したエコプラスチックドラムを、高温槽に入れ、エコプラスチックドラムの鍔の広がりを測定し評価を行った。

加熱試験条件は、70℃・9週間実施・取出し後、常温で24時間放置し鍔間を測定し評価を行った。（ケーブル巻付から1週間間隔で測定）

高温加熱試験を写真7に示す。

図8に高温加熱試験によるエコプラスチックドラムの鍔間の広がりの推移を示す。

(5) 耐候試験

エコプラスチックドラムを天日に1ヶ月放置し外観の評価を行った。（1年間継続中）

4.2.2 評価結果

エコプラスチックドラムにケーブルを巻き付け実使用を想定した評価を行ない、ケーブルに対する影響は、何ら問題無いことが確認できた。またエコプラスチックドラムが、実使用のケーブルを巻いて通常製品と同様な運用を行っても何ら遜色の無

いドラムであることが確認できた。

表5にエコプラスチックドラムとケーブルに対する評価試験の結果を示す。

ケーブル廃材を利用した再生PEコンパウンドを含んだエコプラスチックドラムは、材質面の強度では通常材料のプラスチックドラムの1/2強度である、しかし実使用を想定した通常製品と比較評価すると通常運用のドラムとして運用しても遜色のないエコプラスチックドラムであることが確認できた。

5. まとめ

今回の検討結果により、撤去回収してきた通信用メタルケーブルの絶縁被覆であるPEを再利用したプラスチックドラムが十分実使用に耐えられることが確認できた。なお中央資材殿向けには、昨年11月から出荷ドラムとして試験運用を始めている。また本品は再生材料を40%以上使用しており、エコマーク取得済みである。