

分別リサイクルを考慮したエコ電線・ケーブル (第3報) 多筒液体サイクロン方式プラスチック分別システム

産業電線事業部 村山元久*1・新元孝*2・二ノ宮信夫*3
材料技術研究所 馬淵利明*4・石田克義*5
生産技術統括部 片岡吉男*6・鳥井和彦*6

"Eco Cable" with Recycleable Performance

M. Murayama, Dr. T. Shinmoto, N. Ninomiya,
Dr. T. Mabuchi, K. Ishida, Y. Kataoka & K. Torii

近年、産業廃棄物処分場の深刻な不足問題、ダイオキシンに代表される焼却処分時の有害ガスによる大気汚染問題がクローズアップされてきており、廃棄物削減が重要な課題となっている。

当社は、環境にやさしくリサイクル性の高い「低比重エコ電線」を開発・販売しているが、そのリサイクル性の高さを名実ともに実証するために、このたび、世界で初めて多筒液体サイクロン方式プラスチック分別システムを鈴鹿事業所に設置し、稼動開始した。

このシステムは、回収電線を粉砕して銅を回収した残りの混合被覆材料（エコ材料、ビニルおよびポリエチレン等）を装置に投入し、各被覆材料をいちどにそれぞれ99%以上の高純度で分別回収できるものである。多筒式とは、エコ材回収サイクロン、ビニル回収サイクロンおよびポリエチレン回収サイクロンが連続して設備されているもので、装置メーカーである日立製作所と当社が共同開発した新しいリサイクルシステムである。分別処理量は、時間当たり200kgで、連続運転が可能である。

Today, industry is faced with the pressing need to reduce waste. There are not enough facilities to treat the amount of industrial waste currently been produced, and the environmental problems such as dioxin emissions that result from incinerating waste are the focus of increasing public concern.

Fujikura is proud to offer low specific gravity electric cables as an environmentally sound, recycled alternative to conventional cables. In order to ensure the highest possible recycling levels in the production of these cables, Fujikura recently installed the world's first multistage hydrocyclone plastic sorting system at its Suzuka plant and has now commenced operation of the system.

Once waste electric cables have been chopped to recover the copper content, this sorting system separates the mixture of plastic materials to output Eco-material, PVC and polyethylene that are at least 99% pure. The multistage system is a new recycling system developed jointly by Fujikura and Hitachi, Ltd., who built the system. It consists of a series of cyclones, each of which is used to recover a specific material: Eco-material, PVC or polyethylene. The system is capable of operating continuously at a rate of 200kg per hour.

1. ま え が き

近年、深刻な産業廃棄物処分場の不足問題、ダイオキシンに代表される焼却処分時の有害ガスによる大気汚染

が問題となってきており、使用済み撤去電線および新設工事現場で発生する電線端材についても、リサイクル率を高め、廃棄物量を削減することが望まれている。

当社は、環境にやさしくリサイクル性の高い「低比重エコ電線」を開発・販売しているが⁽¹⁾⁽²⁾、そのリサイクル性の高さを名実ともに実証するために、このたび、世界で初めて多筒液体サイクロン方式プラスチック分別システム（以下、多筒液体サイクロンシステムと言う。）を鈴鹿事業所に設置し、稼動開始した。

*1 技術部グループ長
*2 技術部長（工博）
*3 技術部主管部員
*4 化学材料開発部（工博）
*5 化学材料開発部
*6 設備技術部主席部員

本システムは、装置メーカーである日立製作所と当社が共同開発したものであり、回収された各種電線の被覆材料を高純度で分別し電線へのリサイクルを可能としたものであって、今後の電線被覆材料のリサイクル率向上および電線への循環使用に対して期待がもたれている。

本報では、今回開発した多筒液体サイクロンシステムの概要および分別性能について報告する。

2. 電線回収・リサイクルの実態

建設工事現場で発生する撤去電線屑および新設工事の電線端材は、従来から回収され、銅およびアルミニウムなどの金属材料は、有価物としてほぼ100%再利用されてきている。

経済産業省非鉄金属課が平成14年2月に発表した「廃電線リサイクル処理業者の実態調査」によると、平成12年度廃電線受入量は22万トンで、表1に示すように約19万トンがリサイクル処理されている。この内、金属材料はほぼ全量リサイクルされており、ビニル、ポリエチレンおよび架橋ポリエチレンについては、63%が再利用され、残りの37%は産業廃棄物として埋立てもしくは焼却処分されているのが実態である。一方で、ビニルについては、焼却するとダイオキシンなどの有害ガスが発生することが、また、埋立て処分すると鉛系化合物の大地への溶出の問題が懸念されるため、その処理処分方法が重要な課題である。

今後は、脱ビニル電線として、環境にやさしく、リサイクル性の高い電線として開発されたエコ電線・ケーブルの拡大使用も重要なポイントになるものと考えられる。

また、従来のエコ電線用被覆材（以下、エコ材料とい

表1 回収電線のリサイクル実態（平成12年度）
Actual recycle results of waste cables (2000)

回収物	回収量		
	トン	再生再利用 トン(再利用率%)	廃棄処分 トン(廃棄処分率%)
銅	121,181	120,572 (99)	609 (1)
アルミニウム	2,514	2,514 (100)	0 (0)
その他の金属	5,999	5,947 (99)	52 (1)
ポリ塩化ビニル	13,461	10,117 (75)	3,344 (25)
ポリエチレン	18,960	10,549 (56)	8,411 (44)
架橋 ポリエチレン	4,205	2,283 (54)	1,922 (46)
ゴム	1,061	15 (1)	1,046 (99)
紙	3,100	254 (11)	2,846 (89)
混合物	17,556	3,222 (18)	14,334 (82)
合計	188,037	155,473	32,564

(経済産業省非鉄金属課調べ)

う。)は、ビニルと比重が同等であり、回収する上で分別し難く、再利用する上で障害となるが、エコ材料の比重を約1.1としてビニルの比重約1.3~1.4と有意差をつけることにより、比重分別(水分別)が可能となり、リサイクル性が高いものとなった。

被覆材料のさらなる再利用率の向上をはかるため、高純度・高品質で分別回収し、電線に再利用することが重要なポイントである。

3. 被覆材の高純度分別方法

建設現場から回収した電線屑を解体・粉砕し、銅を回収した残りの混合被覆材の高純度分別方法については、図1に示すように乾式分離方式(水を用いない方式)および湿式分離方式(水を用いた方式)が考えられるが、現在、主として商業化されているのは湿式分離方式である。特に、液体サイクロンは、エコ材料、ビニル、ポリエチレンなど、比重の異なるプラスチックを高純度で分別回収する装置として最適なものである³⁾。

液体サイクロンの原理は図2に示すとおりであり、混合プラスチックを媒体である水とともに液体サイクロンに供給すると、プラスチックに働く遠心力と抵抗力の関係により、設定したしきい値を境として、比重の大きい物質は外筒部付近から下方旋回流により下部へ、比重の小さい物質は内筒部付近から上方旋回流により上部へと、二成分系に分別されるものである。

- 液体サイクロンの特長は、次のとおりである。
- 高純度分別が可能
- 特殊な比重液ではなく水を循環使用
- 水を媒体としながら分別境界(しきい値)を比重1.0以外に設定可能
- 運転・保守管理が容易

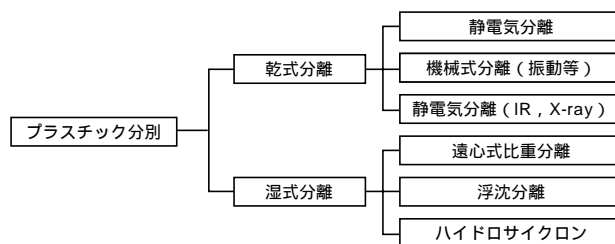


図1 プラスチックの分別方法
Sorting methods of plastics

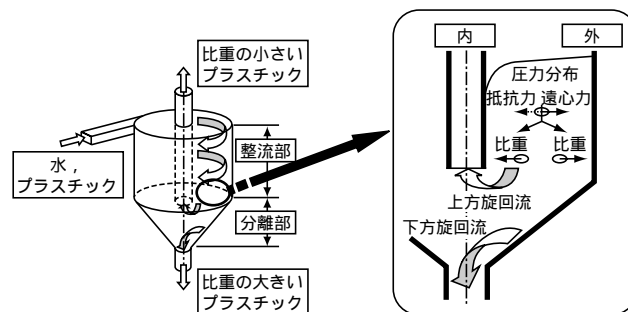


図2 液体サイクロン原理図
Principle of sorting by hydrocyclone

4. 多筒液体サイクロンシステム

4.1 システムの概要

多筒液体サイクロンシステムとは、前項で述べた単筒の液体サイクロンを複数・連続に接続することにより、エコ材料、ビニル、ポリエチレンなど多成分系の混合物を、いちどきに分別可能としたものである。

鈴鹿事業所に設置したシステムは図3に示すとおりであり、幅約8,000mm，奥行き約2,400mm，高さ約4,000mmのものである。

システムのフロー図は図4に示すとおりであり、システムでの分別手順は次のとおりである。

混合被覆材を振動篩に投入し、1mm以下の対象物、銅粉および異物等を除去した後に水槽に投入する。

ビニル回収用サイクロンAに混合材を水とともに導き、



図3 多筒液体サイクロン方式プラスチック分別システム
Multistage hydrocyclone plastic sorting system

サイクロンの下部から主としてビニル（純度約90%以上）を回収し、水槽を経てビニル回収用サイクロンBへ導き、さらにビニルの純度を高めて、サイクロンBの下部から脱水機を経てビニルを高純度で回収する。

ビニル回収用サイクロンAの上部から水槽に導かれた混合材（主としてポリエチレンおよびエコ材料）は、ポリエチレン回収用サイクロンに導き、サイクロンの上部から脱水機を経て高純度のポリエチレンを回収する。ポリエチレン回収用サイクロンの下部から水槽に導かれた混合材（主としてエコ材料）は、エコ材料回収用サイクロンに導かれ、サイクロンの上部から脱水機を通して高純度のエコ材料を回収する。

エコ材料回収用サイクロンの下部およびビニル回収用サイクロンBの上部から回収される混合材（ほとんどビニルであるが一部エコ材料が混ざったもの）は、混合物水きり機に導かれ再分別用として回収する。

本システムは、長時間の連続運転が可能であり、200kg以上/時間の処理能力を有する。

4.2 システムの分別性能

実際に建設現場から回収された電線端材を粉碎し、銅を回収した残りの混合被覆材料を用いて、本システムの分別性能を確認した結果を表2に示す。エコ材料、ビニ

表2 多筒液体サイクロンシステムによる
混合被覆材の分別結果
Sorting results of mixture plastics using multistage
hydrocyclone plastic sorting system

分別材料	分別回収純度（%）	回収率（%）
ビニル	99.6	99.3
ポリエチレン	99.9以上	99.9以上
エコ材料	99.9以上	98.3

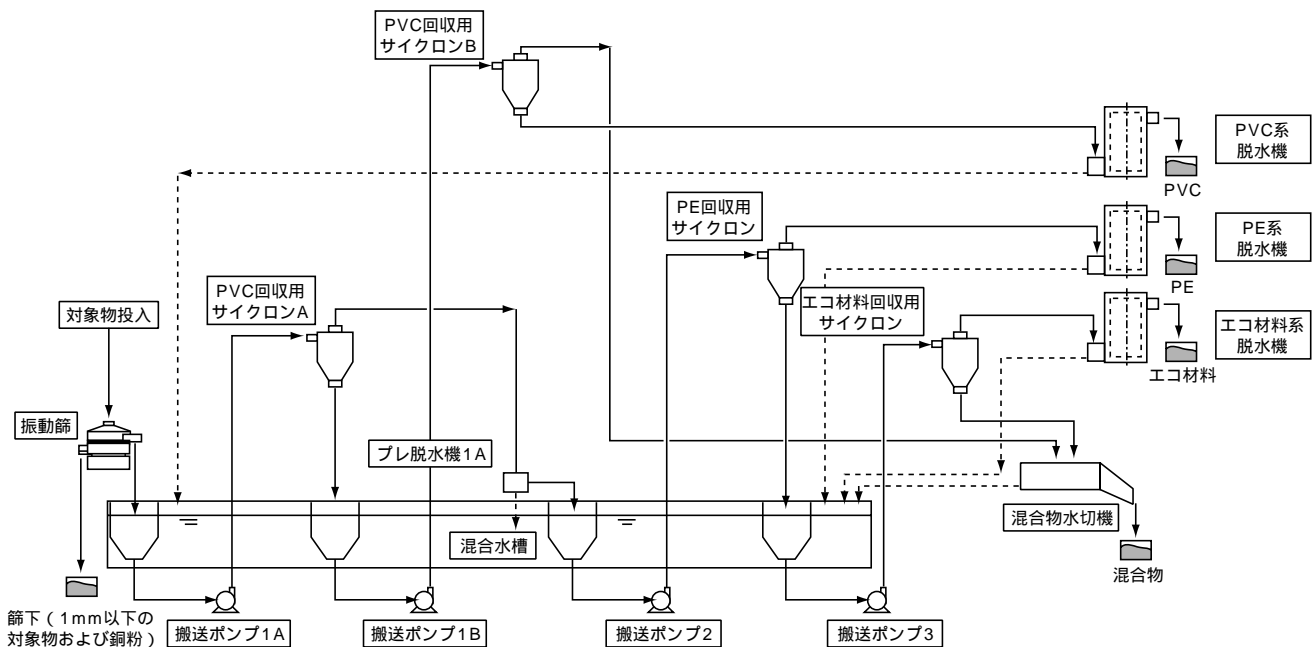


図4 多筒液体サイクロン方式プラスチック分別システムのフロー図
Flow of multistage hydrocyclone plastic sorting system

表3 再生ビニルペレットの性能
Test results of recycled PVC pellet

評価項目	シース規格値	再生ビニル	参 考
			ビニルシース パージン材
引張強さ (MPa)	10以上	17.8	19.5
伸 び (%)	120以上	265	270
加熱老化 100 48h	引張り強さ残率 (%)	85以上	107
	伸び残率 (%)	80以上	96
耐 油 70 4h	引張り強さ残率 (%)	80以上	92
	伸び残率 (%)	60以上	83
硬 度 ショアD, 20	-	42	40
脆化温度 ()	- 15以下	- 20	- 27
体積固有抵抗 (・cm)	-	2.5×10^{13}	3.0×10^{13}
熱安定性 210 min	ペレット化後	27	30

表4 再生エコ材料の性能
Test results of recycled eco-material pellet

評価項目	シース規格値	再生エコ材料 ペレット	参 考
			エコ材料シース パージン材
比重	-	1.144	1.143
引張強さ (MPa)	10以上	12.3	12.5
伸 び (%)	350以上	580	580
脆化温度 ()	- 50以下	- 55	- 60
発煙濃度	150以下	32	31
ガス酸性度	pH3.5以上	3.67	3.68

ル, ポリエチレンのいずれについても, 99.5%以上の高純度回収が実現できている。

4.3 分別被覆材の性能評価

高純度分別したエコ材料およびビニルについては, 電線用に再利用するため, 粉碎状態の材料を押出機で外径3mm程度のひも状に押し出し, 短く裁断して粒状のペレット化する。再生したペレットの性能評価は, 加熱プレス機で約1mm厚さのシートとして実施した。

4.3.1 再生ペレットの性能

再生エコ材料およびビニルペレットの性能評価結果は, 表3および表4に示すとおり, すべて規格を満足するものであり, 電線用として再利用が十分可能である。

4.3.2 再生ペレットを使用した電線の性能

再生エコ材料およびビニルペレットを使用した電線の性能評価結果は, 表5および表6に示すとおり, すべて規格を満足している。

5.むすび

環境にやさしく, リサイクル性が高いエコ電線・ケーブルのリサイクルを实践するため, 当社鈴鹿事業所に多筒液体サイクロンシステムを設置し, 稼動を開始した。本システムは, 回収した電線屑から発生するエコ材料,

表5 再生ビニル電線の性能
Test results of recycled PVC wire

評価項目		規格値	性 能
引張強さ (MPa)		10以上	17.9
伸 び (%)		120以上	275
加熱老化 100 48h	引張り強さ残率 (%)	85以上	103
	伸び残率 (%)	80以上	97
耐 油 70 4h	引張り強さ残率 (%)	80以上	92
	伸び残率 (%)	60以上	90
巻付加熱		ひび, 割れないこと	合格
低温巻付け		ひび, 割れないこと	合格
耐寒 (脆化温度)		- 15	合格
加熱変形		50%以下	8.5
耐 燃		60s以内に自然に消えること	合格

表6 再生エコ試作電線の性能
Test results of recycled eco-wire

評価項目		規格値	性 能
引張強さ (MPa)		10以上	12.1
伸 び (%)		350以上	585
加熱老化 90 96h	引張強さ残率 (%)	80以上	95
	伸び残率 (%)	65以上	100
耐寒 (脆化温度)		- 50	合格
加熱変形率 (%)		10以下	2.0
耐 燃		60s以内に自然に消えること	合格
発煙濃度		150以下	32
ガス酸性度		pH3.5以上	3.65

ビニルおよびポリエチレンを99.5%以上で高純度分別できる。

また, 本システムにより高純度で分別されたエコ材料およびビニルについて, 性能評価を実施した結果, マテリアルリサイクルとして電線に再利用可能であることが実証できた。

ビニルと比重を差別化した低比重エコ材料を使用したエコ電線はもとより, ビニル電線についても積極的に回収し, 多筒液体サイクロンシステムを活用した高純度分別を実施して, 回収被覆材の電線への再利用をはかり, 産業廃棄物の削減および循環型社会へ向けての貢献を高めたい。

参 考 文 献

- 1) 吉野ほか: 分別リサイクルを考慮したエコ電線・ケーブル, フジクラ技報, 第96号, pp.43-48, 1999
- 2) 毛涯ほか: 分別リサイクルを考慮したエコ電線・ケーブル (第2報), フジクラ技報, 第97号, pp.69-74, 1999
- 3) 馬淵ほか: エコ電線・ケーブルの比重分別技術の検討, 平成12年電気学会電力・エネルギー部門大会