

『廃塗料リサイクルシステム』の開発

Development of Recycle System of Waste from Paint Manufacturing Plants



生産本部
生産技術部
蔵方伸
Shin
KURAKATA



生産本部
生産技術部
吉井正広
Masahiro
YOSHII



生産本部
生産技術部
鈴木秀樹
Hideki
SUZUKI

要 旨

塗料製造工程から排出される「廃塗料・廃溶剤」を再利用可能な溶剤と固形物に分離する『廃塗料リサイクルシステム』を開発した。廃塗料・廃溶剤は、蒸留により溶剤を回収する過程で系が高粘度化し、粘着性が強くなる。このため、通常の蒸留機による処理は困難であった。本装置の真空蒸留機は、混練・押し機構を備え、粘着性の固形物を連続処理することを可能にした。更に、200、6.7kPa (50mmHg) という高温・高真空条件で蒸留を行うことで、溶剤をほぼ100%揮発させることができた。回収した溶剤は洗浄溶剤としてリサイクルする。また、廃塗料・廃溶剤は中間処分として焼却を必要とするが、溶剤を含まない固形物とすることで、直接に埋立処分することができる。本装置の稼働により、従来の焼却処分が不要となり、二酸化炭素排出量は20分の1に減少できた。

1. はじめに

近年は、企業が環境問題を経営と一体化してとらえていく必要のある時代になってきた。環境問題に自主的に取り組む姿勢のない企業は、社会から非難される状況になっている。塗料産業においても、産業廃棄物に対する管理レベルの強化が求められている。

関西ペイントは1992年に「地球環境問題に関する会社方針」を制定、翌年には行動計画「地球環境保全に関する理念と行動指針」を策定し、省エネルギー、産業廃棄物の削減などの問題に積極的に取り組んでいる。

このような状況の中、有機溶剤型塗料の製造工場では、設備を有機溶剤で洗浄することから、廃塗料・廃溶剤が発生しておりこれを溶剤と固形物（法律上の「廃プラスチック」）に分離・回収できる装置の開発が望まれていた。

関西ペイントでは、回収した溶剤は設備洗浄用途へのリサイクルを、固形物は塗料用原料への再資源化を目標とし

て、『廃塗料リサイクルシステム』の開発に取り組み、1999年3月 尼崎工場内に第1号機が竣工した。この装置は、塗料製造業における産業廃棄物の排出量削減、石油資源の有効利用、さらに、廃塗料・廃溶剤焼却による二酸化炭素や有害物質の排出防止に大きく寄与するものとする。

2. 従来の廃塗料処理方法と問題点

2.1 廃塗料・廃溶剤の法律上の分類と適正処分方法

表1に、「廃棄物の処理および清掃に関する法律（廃棄物処理法）」で規定される廃塗料・廃溶剤の分類と処分方法を示した。

表1 廃塗料の法律上の分類と適正処分方法

廃塗料廃棄状態	液状（現行）	乾燥・固化
法律上の取扱い	廃油	廃プラスチック
中間処分	焼却	不要
最終処分方法	管理型（遮蔽型）埋立処分	安定型埋立処分
環境への影響	環境影響 大 CO ₂ 、煤塵、燃え殻	環境影響 小

液状の廃塗料・廃溶剤は「廃油」に分類される。その処分方法は、中間処分として焼却を行い、残った燃え殻を埋立処分する。燃え殻から有害物（重金属など）が雨水に溶出する恐れがあるため、有害物の水への溶出試験を行い、規制値以下であれば管理型処分場（溶出した有害物の無害化設備を有するもの）へ、規制値を超える場合には遮蔽型処分場（雨水の浸入、有害物の漏出を防ぐためコンクリート壁で囲んだもの）への最終埋立処分が必要である。

一方、廃塗料・廃溶剤の溶剤分を揮発させ、乾燥固形物とした場合は、「廃プラスチック」として取り扱われ、中間処分の焼却は不要となる。最終処分方法は有害物処理設備を

有しない安定型処分場へ埋立てすることが可能である。

即ち、液状の「廃油」から溶剤を回収し、「廃プラスチック」とすることで、焼却による二酸化炭素などの発生を防止でき、さらに「廃プラスチック」の再資源化を図ることによって環境への影響を小さくすることができる。

2.2 廃塗料・廃溶剤発生工程と排出量

図1に、塗料工場における『廃塗料リサイクルシステム』のフローを示した。塗料工場から排出される廃塗料・廃溶剤は、主に塗料製造設備の色・品種変更時の洗浄廃溶剤として発生し、樹脂、顔料を含んでいる。この洗浄廃溶剤は、従来から常圧蒸留装置で溶剤を回収し、洗浄溶剤として再利用していた（一次回収溶剤）。しかし、樹脂分を含む廃溶剤は、蒸留による固形分濃度の上昇に伴い増粘し、粘着性が強くなる。さらに濃縮していくとゲル状物となり、装置の運転ができなくなると共に、装置からの蒸留残さの排出が困難となる。そのため、完全に溶剤を回収できずに、固形分濃度40%程度の蒸留残さを廃油として廃棄していた。また、廃塗料は固形分濃度が数十パーセントであり、同様に廃油として廃棄していた。

蒸留残さおよび廃塗料は大量の溶剤を含有している。即ち、従来の処分方法では溶剤を焼却処分していたことになる。この廃棄していた溶剤を全量回収すれば（二次回収溶剤）、産業廃棄物量の削減が図られると共に、石油資源の有効利用となる。

2.3 『廃塗料リサイクルシステム』の目的と期待される効果

従来の廃塗料処分方法は、上述のように石油資源を浪費し、環境への影響が大きいという問題点があった。『廃塗料リサイクルシステム』の開発目的は、廃塗料・廃溶剤をリサイクル可能な溶剤と再資源化可能な固形物に分離することである。本装置により下記の効果が期待できる。

- ① 産業廃棄物量の削減
- ② 回収溶剤、回収固形物のリサイクルによる石油資源の有効利用
- ③ 焼却を行わないことによる二酸化炭素、燃え殻等の発生防止

回収した溶剤は洗浄溶剤として再利用が容易であるが、固形物の再資源化は既存の技術が無く、早期実現は困難である。そこで当面の間、固形物は、中間処分の焼却を必要としない「廃プラスチック（n-ヘキサン抽出法で油分5%以下）」として回収することを目標とした。油分濃度がこれを超える場合には焼却処分を行う。

「廃プラスチック」の最終処分は、安定型処分場への埋立てが可能である。しかし、回収した固形物には防錆顔料に由来する重金属（Cr、Pb）が微量含まれる場合が予想されたため、万全を期するために、燃え殻と同等に取扱い、管理型処分場あるいは遮蔽型処分場へ埋立てを行うこととした。本『廃塗料リサイクルシステム』の第一号機を、尼崎工場に設置することにした。

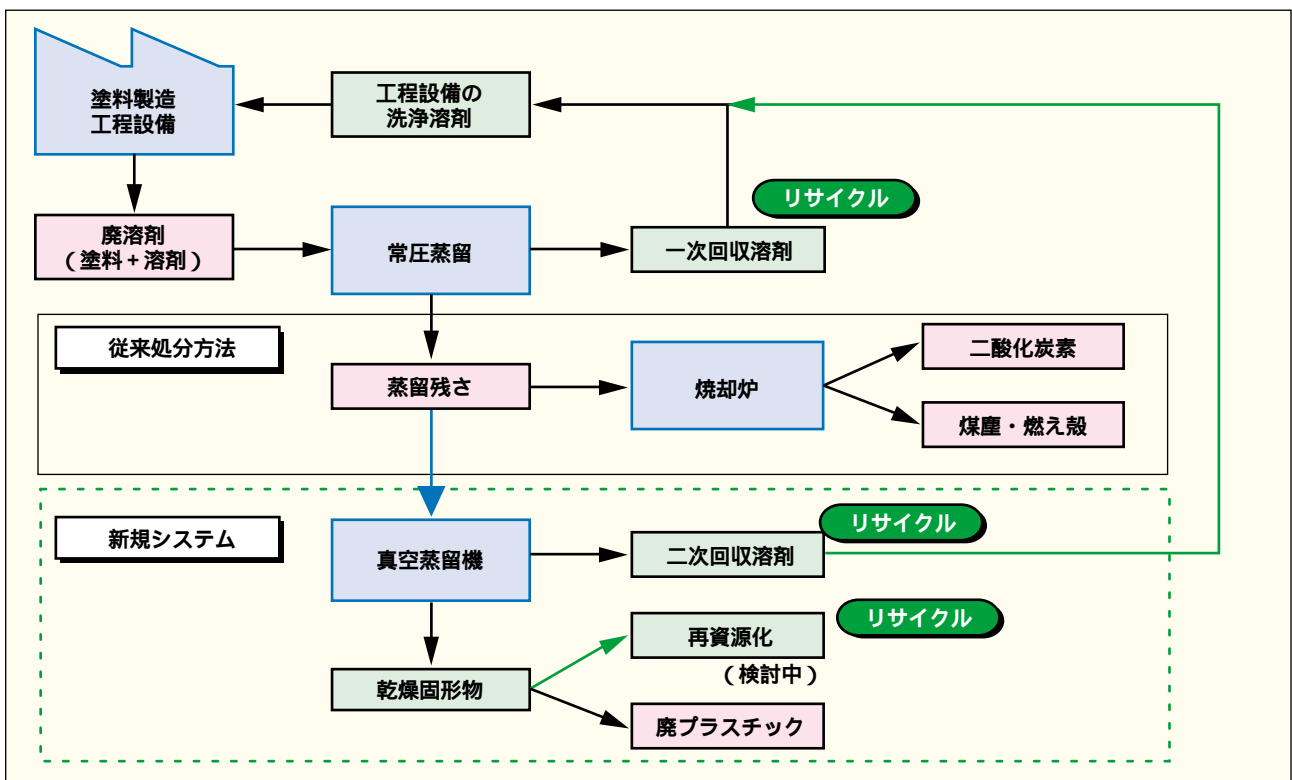


図1 廃塗料リサイクルシステムのフロー図

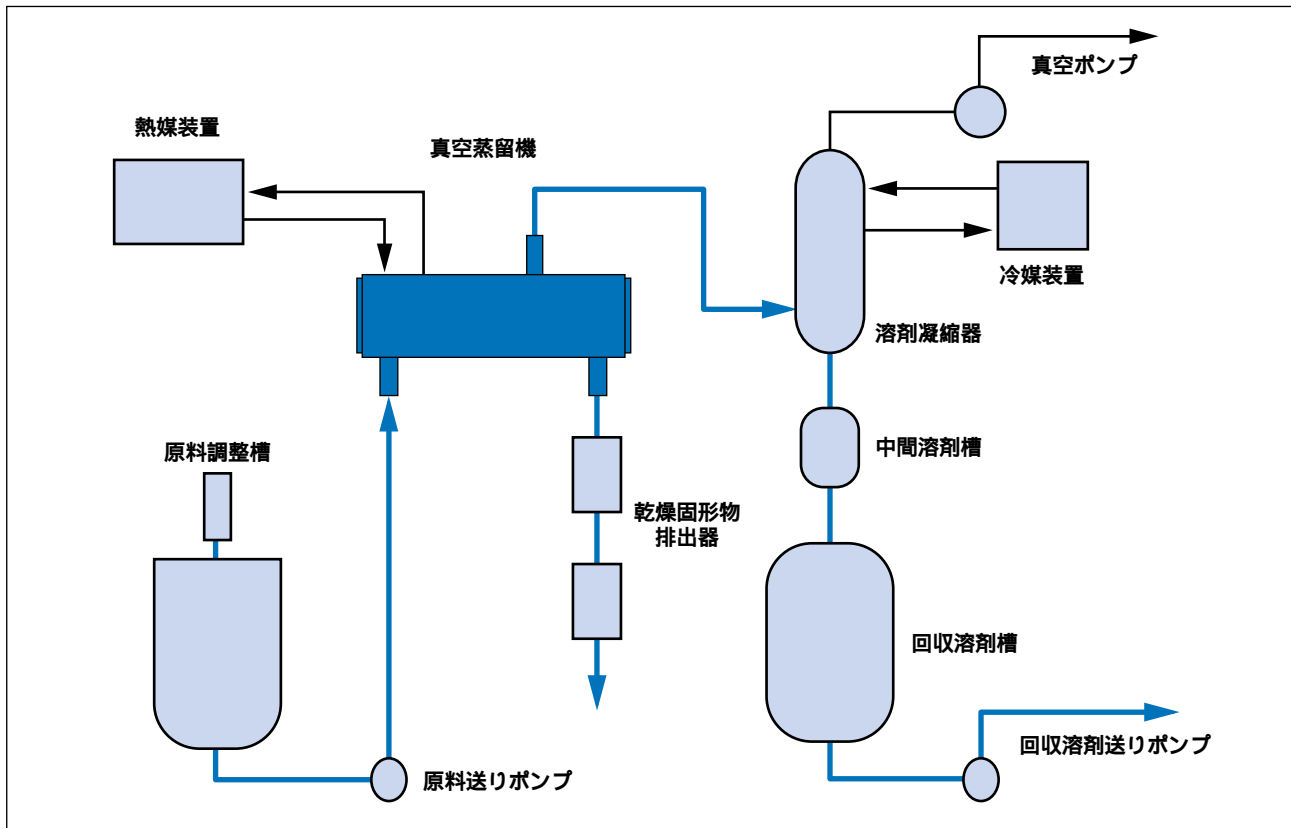


図2 廃塗料リサイクル装置概略図

3. 『廃塗料リサイクルシステム』の特徴

3.1 『廃塗料リサイクルシステム』の概要

図2に、『廃塗料リサイクルシステム』の概念図を示した。原料である廃塗料をポンプにより真空蒸留機に送り込み、揮発した溶剤は凝縮器で回収され、乾燥した固形物は排出器からコンテナへ落とされる仕組みとした。

本装置を設計する上で必要とされた条件は次の通りである。

- ① **高温・真空蒸留**
高沸点溶剤の蒸発、乾燥過程で半固形状になった廃塗料からの溶剤蒸発を効率良く行う。
- ② **真空蒸留機内部の付着物除去機能**
伝熱面への粘着物付着防止による蒸発効率の維持と装置内閉塞の防止を図る。
- ③ **固形物の粉碎・送り出し機構**
固形物の排出配管、バルブの閉塞を防止する。
- ④ **回収溶剤および固形物の連続排出機構**
真空蒸留装置内の真空を保ったまま、溶剤と固形物のそれぞれを連続的に系外へ排出することで運転効率を上げ、あわせて、運転エネルギーの抑制を図る。
- ⑤ **低沸点溶剤と高沸点溶剤を分離回収**
分離回収により、回収した溶剤のリサイクルを容易にする。

- ⑥ **自動・無人運転**
- ⑦ **安全装置**

上記性能を満足させるために、各種設備の検討を行った。以下にその特徴を説明する。

3.2 連続式真空蒸留機の選定

廃塗料・廃溶剤を溶剤と固形物に分離する真空蒸留機は、本装置の中心部であり、薄膜蒸留機などの数種類の小規模実験装置で、数十～数百時間に及ぶ実液運転を行い、性能を比較した。その結果、ほとんどの機種が付着物による装置内部閉塞により、連続運転は困難と判断された。最終的に、伝熱面への付着を防止できる混練押し機構を有した機種を採用した。特徴は以下の通りである。

- ① 密閉されたケーシングに、混練押し翼が水平に配置されている。
- ② ケーシング外面のジャケットと、翼軸内部に熱媒が通り、接液部全体が伝熱面となって処理液を加熱、乾燥させる。
- ③ 加熱温度は、熱媒オイルを使用し200℃まで可能。
- ④ 翼回転によって、付着物を削り落とすとともに排出口側へ送り出し、伝熱面の付着堆積を防ぐ。
- ⑤ 乾燥した固形物は、排出口へ送られる過程で数mm～数cmに粉碎されて排出される。

3.3 溶剤・固形物の連続排出方法

溶剤および固形物の排出は、真空蒸留機出口に圧力を調整する部分を設け、内部を真空に保持したまま外部へ取り出す工夫を行った。

溶剤の場合、凝縮器と回収溶剤槽の間に中間溶剤槽を設けた(図3)。バルブの開閉により、中間溶剤槽の圧力を自動で切り替え、凝縮溶剤回収(真空)と排出(大気圧)を交互に繰り返すことができる。この方法により、真空蒸留機を停止させることなく、連続した処理が可能となる。

同様に、固形物の排出も排出径路の途中で圧力調整する方式をとった。しかし、固形物の場合、通常のボールバルブを使用した場合には粉状・粒状の固形物がバルブ内部に噛み込んで動かなくなる、という不具合が予想された。そこで、粉体を噛み込まない特殊バルブを採用し、固形物排出管に2個設置した。バルブ間の配管内圧力を切り替えることで、溶剤と同様に真空蒸留機を停止させずに、固形物を排出することができた。

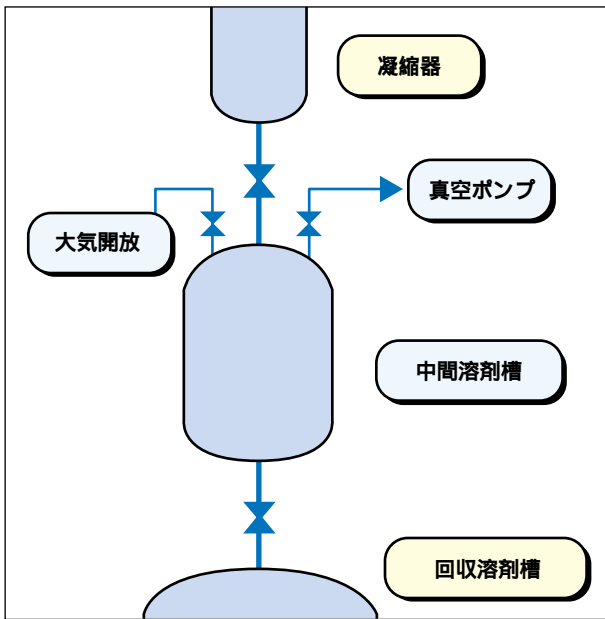


図3 溶剤排出装置

3.4 低沸点溶剤と高沸点溶剤の分離回収

溶剤蒸気の凝縮を2段階で行うこととした。即ち、凝縮器を複数備え、冷却温度に差をつけて、1段目で高沸点溶剤を、2段目で低沸点溶剤を回収することとした。

3.5 自動・無人運転時の安全対策

自動・無人運転を可能とするための安全対策として、非常停止した場合には、装置内部に不活性ガスである窒素ガスを自動封入し、万が一にも火災の発生がないよう、高温の廃塗料・廃溶剤に直接酸素が触れないようにした。

4. 『廃塗料リサイクルシステム』の建設と試運転結果

『廃塗料リサイクルシステム』は1999年3月、尼崎工場にて第1期工事が竣工した。真空蒸留機は、処理能力125kg/hのものを設置した。近々、第2期工事として真空蒸留機を追加し、計画処理量250kg/hの能力として、西地区より発生する廃塗料・廃溶剤全てを処理する予定である。

試験運転結果の概要を下記に示した。

4.1 試験運転結果

表2に試験運転結果を示した。処理量は100~125kg/h、得られた固形物の加熱残分は最高で99.7%と、ほぼ設計通りの性能を確認できた。

表2 試験運転結果

項目	単位	設計能力	試験運転実績
加熱温度	°C	200	200
真空度	kPa	6.7	6.7
	mmHg	50	50
原料加熱残分	%	30~40	35~42
原料処理量	kg/h	125	100~125
固形物加熱残分	%	99	98.6~99.7

4.2 回収溶剤の組成

図4に回収溶剤中の高沸点溶剤の比率を示した。この結果は、沸点150を境界として高沸点・低沸点の分別を試みた結果である。原料中の高沸点溶剤の割合は50%以上であるが、低沸点回収溶剤では25%に減少している。これは、一次回収溶剤とほぼ同等の組成である。

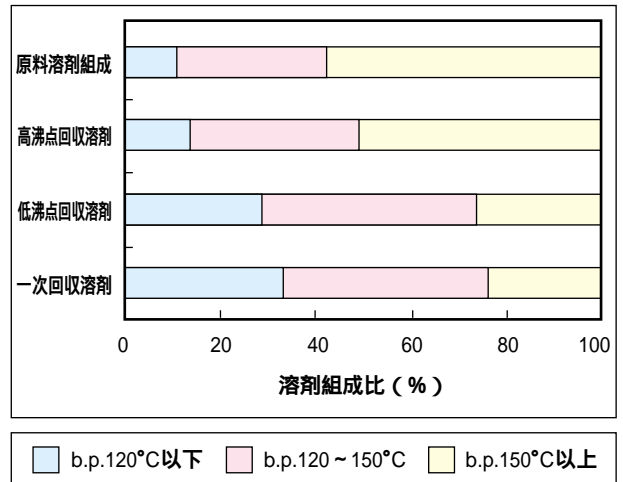


図4 回収溶剤組成

表3 回収固形物の組成

項目	顔料・樹脂 比率		油分 (%)	水溶出試験 (ppm)	
	顔料	樹脂		Cr()	Pb
測定値	42	58	2.7	不検出	0.03 ~ 0.09
備考	二酸化チタン 炭酸カルシウム 等	アルキド メラミン 等	ソックスレ - 抽出 (n - ヘキサン)	(規制値) 1.5	(規制値) 0.3

このように溶剤を分別回収することで、低沸点溶剤は一次回収溶剤と同じ設備洗浄へ使用し、溶解力の低い高沸点溶剤はターペン系塗料製造設備の洗浄に使用するなど、用途別のリサイクルが可能である。

4.3 固形物の性状と廃棄方法

試験運転で得られた固形物の油分測定と溶出試験結果を表3に示した。油分の値が加熱残分測定法で得られた溶剤分(加熱減量分)の値より大きいのは、n - ヘキサン抽出法によるため、溶剤分以外に低分子の樹脂・可塑剤が抽出されるからである。この結果から、産業廃棄物としては、中間処分の焼却が不要と判断した。重金属の水溶性も、規制値以内であり、管理型処分場への埋立が可能と判断した。

4.4 『廃塗料リサイクルシステム』の効果

4.4.1 廃棄物量の削減

上記の結果より、『廃塗料リサイクルシステム』により、廃塗料・廃溶剤を溶剤と固形物に分離できることが実証された。溶剤はリサイクル可能であるため、廃棄物は固形物のみとなる。第1期工事では尼崎工場の廃塗料・廃溶剤全量を、第2期工事を終了すれば、西地区の全廃塗料・廃溶剤を処理することができる。廃塗料・廃溶剤中の固形分濃度を40%とすれば、廃塗料・廃溶剤排出量は、ほぼ60%削減される。

4.4.2 二酸化炭素排出量の削減

『廃塗料リサイクルシステム』は廃棄物量を削減するばかりでなく、排出された固形物は直接埋立処分が可能なため、焼却は不要となる。

廃塗料・廃溶剤1kgを焼却した場合に排出される二酸化炭素量と、『廃塗料リサイクルシステム』の運転で排出される二酸化炭素量を表4に示した。従来の発生量は、廃塗料・

廃溶剤中の溶剤分をトルエン、樹脂を灯油の燃焼に換算して計算した。『廃塗料リサイクルシステム』からの発生量は、処理能力125 kg/hで運転した場合に使用するエネルギー(都市ガス・電気)から算出した。その結果、『廃塗料リサイクルシステム』の運転で排出される二酸化炭素は、従来の焼却に比べ20分の1であった。

1998年度の尼崎工場からの廃塗料・廃溶剤排出量を上記の処理能力で処理した場合、尼崎工場の操業で使用している都市ガス、電気、蒸気等のエネルギーに起因する二酸化炭素排出量の約4分の1相当量が抑制されることになる。

5. おわりに

今回開発した『廃塗料リサイクルシステム』は従来の廃塗料・廃溶剤の処理に比べ、溶剤はほぼ100%回収ができ、廃棄物量と焼却に伴う二酸化炭素量を大幅に削減できた。しかし、固形物は、現在のところ廃棄(埋立処分)を主体としており、今後はこの固形物の再資源化・リサイクルの検討が急務となる。

現在検討している固形物の再資源化・リサイクルの例を紹介する。

① 塗料骨材としての利用

固形物を1~数mmに粗粉碎し、従来のリシン骨材(砂)の代替として使用する。

② 顔料としての利用

粗粉碎した固形物を、更に微粉碎し、体質顔料の一部代替として塗料中に混合する。

このように、塗料から発生した廃棄物を塗料の原料として再利用できれば理想的であるが、固形物の成分が一定しないことから、適用できる塗料の種類が限られてくる。そこで、塗料以外の用途、例えばRDF(refuse derived fuel:廃棄物

を用いた固形燃料)の原料、鉄鉱石の還元剤などへのリサイクルも含めた検討を推進していきたいと考えている。

なお、本研究での『廃塗料リサイクルシステム』は、特許出願済みである。

表4 二酸化炭素削減効果

廃塗料焼却で発生する二酸化炭素量	kg C/kg 廃塗料	0.74
『廃塗料リサイクルシステム』で発生する二酸化炭素量	kg C/kg 廃塗料	0.04
『廃塗料リサイクルシステム』で削減された二酸化炭素量	kg C/kg 廃塗料	0.70
削減率	%	94.6