

Title	C02削減と石油資源の延命に貢献する溶剤リサイクル業界の取組み：ユーザー業界への提言とその効果についての検証
Author(s)	八代, 英美
Citation	年次学術大会講演要旨集, 27: 987-991
Issue Date	2012-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11185
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

2 J O 2

CO₂ 削減と石油資源の延命に貢献する溶剤リサイクル業界の取り組み ユーザー業界への提言とその効果についての検証

○八代英美（㈱IMS・芝浦工業大学 MOT）

はじめに

近年は、中国やインドなど途上国の台頭による資源逼迫を背景に、リサイクルは社会において重要な地位を占めるようになってきた。特に石油などのエネルギー資源については一般産業界でのオイルピークは 30 年後に迫るとも言われ、削減や代替品の開発が急ピッチで進んでいる。本文では石油資源の延命に貢献する溶剤（VOC）リサイクル業界の取り組みとして、CO₂ 削減とユーザー業界への提言とその効果についての検証を行う。

1. 背景と目的

本文の目的は以下である。

1) 溶剤リサイクルについての知名度の向上
一般のリサイクルの資料などをあたって溶剤リサイクルについての記載は皆無といっているため、全国に 50 社規模の業界であることを認識してもらう。

2) 溶剤についての悪いイメージを払拭してもらう
溶剤＝悪ということで、削減や燃焼処理、代替品の開発が急ピッチで進んでいる。これらに対する誤った認識を指摘。

3) 石油資源の延命への貢献

溶剤を製造する際には一般に溶剤の重量以上の石油が消費される。一般産業界でのオイルピークは 30 年後に迫るとも言われるが、資源ナショナリズムや安全保障への貢献を強調する。

4) CO₂ 削減の貢献度を認知してもらう

溶剤を燃焼させると、その重量の 3.5 倍の CO₂ が発生し、温暖化の原因となる。さらに大気放出されると人体にも有害となる。

幅広い化学製品から出る廃溶剤は、年間 150 万トンといわれる大量な CO₂ の大気放散を招いているⁱ⁾。光化学スモッグの発生要因でもあり PRTR 法ⁱⁱ⁾の REACH 規制ⁱⁱⁱ⁾で規制されている。

溶剤のリサイクルおよび再資源化を達成することで、資源保全と環境保護の目的が満たされる。

業界の問題提起とは別な視点での課題認識として、どうすれば溶剤使用を減らせるか、代替技術の開発が進んでいる。これらの視点を総合的に検討することで持続可能な経済発展を目指していくことを目的とする。

2 文献レビュー

本章では、環境リサイクルに関連した先行研究についてレビューする。環境リサイクル企業は、石油化学業界の発展とともに市場に姿を現したが、それが顕著となったのは、オイルショック前後のことである。しかし、資源小国である日本では歴史的にもリサイクルへの意識は高く、早くから多くの事例が記録されている^[1]。とくに繊維産業や紙パルプ産業においては、リサイクルは産業としても 100 年近い歴史がある^[2, 3, 4]。繊維産業では愛知県岡崎市を中心とした繊維リサイクル産業 100 社を超える関連企業が集まる集積地がある^[5]。

国民所得の増大が環境の質にも影響を与えるというクズネッツ曲線^[6]が注目され、廃棄物とリサイクルをめぐる経済や LCA^{iv)}などの手法を用いた工学との関係について議論されている^[7]。石油化学業界におけるリサイクルの必要性は、第 1 次および第 2 次オイルショック後に急速に認識されてきた。研究事例としては樹脂などのプラスチックリサイクルが進んでおり^[8]、容器包装リサイクル法^{v)}などの施行により活発化している。しかし、溶剤など溶けやすく気体として蒸発してしまう物質についてはリサイクルの認識が遅れている。

Restriction of Chemicals) 欧州連合における人の健康や環境の保護のための欧州議会及び欧州理事会規則環境影響評価の手法のこと。

iv) LCA: Life Cycle Assessment 製品やサービスに対する、環境影響評価の手法のこと。

v) 容器包装リサイクル法: 家庭から出るごみの 6 割（容積比）を占める容器包装廃棄物を資源として有効利用することにより、ごみの減量化を図るための法律

i) CO₂ 削減効果の計算は産総研 JEMAI-LCA Pro Ver2 による

ii) PRTR: Pollutant Release and Transfer Register の略。化学物質排出移動量届出制度。

iii) REACH (Registration, Evaluation, Authorization and

3 メソドロジーとリサーチクエスチョン

調査の対象として日本溶剤リサイクル工業会^{v)}の顧客を選定し、業界別に数量調査やアンケートを進めていく。日本溶剤リサイクル工業会は1995年に設立された廃溶剤のリサイクルに関する調査・研究・啓蒙・関係機関等への提言を行う団体である。工業会の参加企業数は常時 50～60 社から構成されるが、石油価格や市況などにより変動がある。

時系列でみると 2008 年以降、新液供給量は 92%と減少している。石油化学関連の需給やユーザー業界の市況に影響しているものとみられる。減少要因は、①自動車生産台数の減少（1,000 万台から 900 万台へ）、②電気電子業界の生産縮小・海外移転、③リーマンショックの影響後、市場回復するが内需自体の緩やかな減少推移などが挙げられる。

本文ではメジャー・リサーチクエスチョンとしてはどうすれば溶剤のリサイクル率は増やせるか？サブシディアリ・リサーチクエスチョンとしては、リサイクルの阻害要因と促進要因を考察し、どんな業界で、どんな手段で増やせるか、を検証していく。

4 調査の内容

4.1 溶剤のユーザー業界

溶剤を使用する業界としては、化学工業や鉄鋼（化学工業他と分類）といった業界が大きく、合計で 30%強のウエイトを占める。単独では塗料・塗装業界向けに 29.9%のウエイトを占める。電気電子分野では主にウエハスライスのクーラ

ントとしての利用割合が高い。これら 3つの業界で約 75%を占め、図 1 [9]のようになる。

本調査では、溶剤を使用する業界を以下の 13 に分類する。内訳としては、①塗料業界、②塗装業界、③インク業界、④印刷業界、⑤粘接着業界、⑥粘着テープ業界、⑦接着剤業界、⑧農薬業界、⑨医薬業界、⑩繊維業界、⑪化学・その他（鉄鋼など）、⑫洗浄剤利用業界、⑬電気・電子業界である。

4.2 溶剤処理の現状

2011 年のユーザー業界別の溶剤使用量は 245 万 9,850 tである（図 2）[10]。全体では、焼却が 50.2%で過半数を占めている。リサイクルは 20%程度である。

溶剤使用量の 245 万 9,850 tの内 196 万 9,000 t（80%）が新液メーカーによる供給量とみられ、ユーザーによる排出状況のうち、焼却・燃焼によるものが約 50%。大気放出によるものが約 30%。残りがリサイクル（再利用）で 20%という結果となった。

4.2.1 大気放出

ユーザーによる排出のうち、最も問題となるのが、大気放出によるもので約 30%を占めている。溶剤の大気放出はオゾン層の破壊、光化学スモッグの発生や発癌性などの問題が指摘される。大気放出される溶剤の内、業界別に見ると 70%強は塗装業界からの排出である。塗装を現場（外）で実施する場合には回収する術がなく、大気放出されている。また鉄鋼や自動車などを除き、工場内塗装においても回収・リサイクルまたは回収・焼却

図 1 ユーザー業界別の溶剤使用量（2011 年）

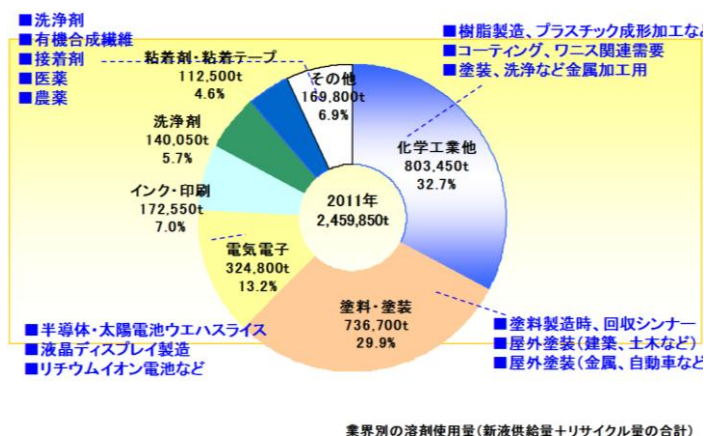
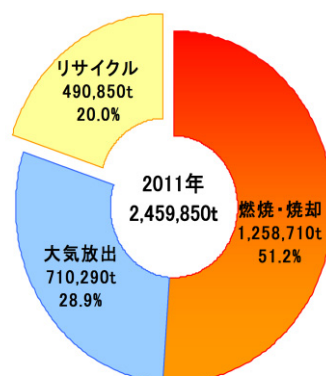


図 2 溶剤の排出状況



v) 日本溶剤リサイクル工業会 (<http://www.solvent-recycle.com/>)

設備を保有している企業は限られており、本年7月にも、洗浄工程で胆管がんで5人が死亡が新たに6人が判明印刷6社労災申請するなどの事故が起こっている。洗浄剤業界も単一溶剤や自動車ライン洗浄用などでは回収するものの一部のみであり、その他は回収されず、大気放出のウエイトが高い。

4.2.2 焼却・燃焼

リサイクル以外の溶剤処理の方法として、最も多く抽出されたのは焼却・燃焼によるもので約50%を占めている。焼却・燃焼の目的はVOCの大気放出を抑制することであり、また、焼却することでVOCが無害化される。そのため特に2005年以降、溶剤排出量の抑制が製造業全体で進み、回収や焼却設備の設置により、多くの業界で焼却処理が進められた。

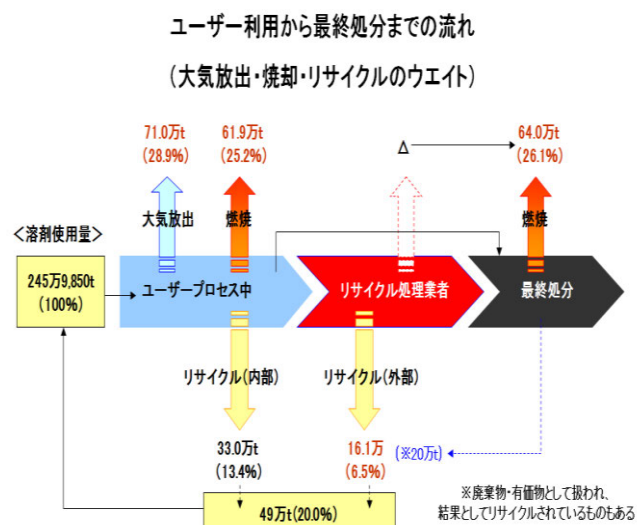
焼却については、内部での焼却処理を進めることが促進されている。助燃剤への代用も行われているが、燃やすための費用をかけている業界も多い。

4.3. 溶剤リサイクルの状況

前述した245万9,850tの溶剤の内、ユーザーが社内（プロセス中）で回収し、燃焼しているのは61.9万t（25.28%）である（図3）[10]。またユーザーが単一溶媒などを回収し、リサイクルするケースが33.0万t（13.4%）ある。使用される溶剤中、38.6%（焼却＋リサイクル）はユーザー自身が回収を実施し、燃焼またはリサイクルを実施している。

ユーザーの各業界ではVOCの大気放出が問題となってきたため、自主規制が指針として取られ、自社内でリサイクルや燃焼処理を行うところが増えている。よって、大気放出量は2002年より減少推移、ユーザープロセス中で回収・焼却を行うウエイトが増加した。外部または内部リサイクルは、溶剤価格が高騰した2008年頃までは上昇推移してきた。

図3 排出処理の状況（2011年）



5 分析

5.1 リサイクルの阻害要因

5.1.1 回収する術がない

塗装を現場（屋外）で実施する場合には回収する術がない。工場内塗装においても回収・リサイクルまたは回収・焼却設備を保有している企業は限られている。洗浄剤業界も単一溶剤や自動車ライン洗浄用などでは回収するものの一部のみである。本年7月にも、洗浄工程で胆管がんで5人が死亡が新たに6人が判明印刷6社労災申請するなどの事故が起こっている。多くは回収されず、大気放出のウエイトが高い。

5.1.2 焼却・燃焼にまわされる

多くの企業では、コストなど様々な要因からリサイクル化が進められていない。また、回収・リサイクルで、残ったものは大気放出しないよう、焼却処理により無害化している。

5.1.3 リサイクルコストが高い

中堅以下のメーカーが、廃塗料リサイクル設備や、ダイオキシン規制をクリアした焼却設備を自社で保有することは難しい。自社で焼却設備やリサイクル設備を有していないため、外部に処理を委託することになるが、前述のようにマテリアルリサイクルは困難なため、産廃業者による焼却/サーマル処理が主流となっている。

また、リサイクル率の向上よりも、低VOC塗料の用途拡大、洗浄シンナーの使用量削減、塗着効率の向上などを総合した総取扱量のほうが優先して取り組むべき課題となっていることも原因である。

5.2 リサイクルの促進要因

5.2.1 リサイクルの経済性

リサイクルで最も多いのは、電気電子業界で、理由としてはリサイクル品のコストメリットがあげられる。半導体ウエハ関連や、レジスト剥離液なども回収・リサイクル・再利用する実績が大きい。リサイクル品は新品に比べて価格が半額～1/3と安価であり、経済性を考慮してリサイクルを推進しているとのことである。よって、経済面で、溶剤のリサイクル率は増やす方法については、生産／消費／輸出入が特徴的に変化している溶剤に絞って、供給量と価格の視点で、バージン材料との量的な関係を精査することが妥当である。

5.2.2 リサイクルの品質

品質も大きな促進要因である。一般に半導体では、スリーナインと呼ばれる 0.999%の精度が求められるが、リサイクルの品質が高まったため、製品の純度も工場している。医薬関連業界では、循環型のリサイクルではないもののリサイクルが一部で実施されている。一方で、純度の関係から使い道が無く、焼却してしまっている場合も多い。

5.2.3 リサイクルの規模のメリット

リサイクルの規模のメリットも重要である。一般に、大手企業ではリサイクルが実施されているが、これは、リサイクルの規模のメリットによるものである。燃焼装置には数千万円のイニシャルコストと、百万～数千万円のランニングコストがかかる。よって、業界の大手企業でないと、投資回収効果は得られにくい。印刷は大日本印刷と凸版印刷などでリサイクルが実施されている。日本ペイントや関西ペイントは共同で廃塗料のリサイクル会社を設立するなど規模のメリットを狙っている。化学工業では、富士フイルム、三菱化学、宇部興産、東レ、大日本印刷などである。富士フイルムも単独では 2,500 t 規模のリサイクル実績がある。

5.3 リサイクルの課題

今後リサイクルを進めていくために、下記の課題がある。

1) 技術面

装置の小型化、イニシャルコスト・ランニングコストの縮小。

リサイクル費用を安価にする技術の開発。

単一溶媒で回収できるシステムをつくる。

樹脂の分離技術の開発。

純度をバージン材と同様まで高める技術の開発。

2) 流通面

中小企業でスケールメリットを持たせる共同購入および立地の検討。

廃塗料を取り扱うリサイクル業者との連携を強化する。

3) 法制面

法規制や条例の対象、法律等での義務付け。

消防法の規制緩和により移動・保存の柔軟性をもたせる。

融資制度、補助金等の適用。

4) 社会面

溶剤は回収して再利用するという考え方を周知徹底する。

業界は燃焼装置で十分との考え方を改める。

6 まとめと考察

6.1 リサーチクエスションの解

リサーチクエスションであるリサイクルの阻害要因としては、回収の術がないこと、すなわち回収にリスクが伴うこと、回収装置の取り付けができないこと、回収コストが高いこと、回収しても、溶剤濃度自体が低い、不純物が多い、などの物理的、経済的な要因が問題点である。

阻害要因の解決については、リサイクルの経済性やリサイクル品の品質を高めるための技術開発、リサイクルの規模のメリットを追求するための流通網や法的整備、さらに溶剤は回収して再利用するという考え方を周知徹底することが必要となる。

それぞれ業界や製品における収益面でのインセンティブをどう担保するかを留意しながら、同時に「分別回収」や再生品の品質保証をし、排出企業が購入することをしやすくする仕組みの構築はどうあるべきか、考えていく必要がある。

今後、リサイクルを推進する余地のある業界としては下記がある。

1)塗料業界：日本ペイントや関西ペイント以外での実施の可能性（廃塗料リサイクル）。

2)塗装業界：工場内塗装で回収設備が不十分などところ。

3)粘着テープ：単一溶剤以外で廃棄してしまっている溶剤種の回収やリサイクル。

4)医薬：未実施企業における溶剤の使い道が開拓できれば、可能性がある。

6.2 まとめ

本文では CO2 削減と石油資源の延命に貢献する溶剤リサイクル業界の取組みについて議論した。ユーザー業界の調査を通じて、溶剤リサイクルへの提言とその効果についての検証を行った。溶剤については悪イメージから、削減と代替品の開発が急ピッチで進んでいるが、リサイクルを考慮することで、環境負荷を著しく改善できる。

石油由来の製品については資源の枯渇が議論されており、石油ピークカットを睨んだ産業構造の転換が急がれている。そうした意味で、溶剤のリサイクルは石油資源の延命や省資源効果が期待できるうえ、投下熱量も削減できるなどの、省エネ効果も期待できる。リサイクルについては、作って捨てる経済構造から循環型への転換として、何度も使える、使い回しできる製品へ、エコロジーフレンドリーな経済成長を目指す新産業の育成と産業構造の転換の効果もあるということで推奨していくことが必要である。

6.3 今後の課題

今後の課題としては、グローバル視点での課題として、国内企業の海外進出の支援の要否も含めて、海外消費の問題を扱っていく必要がある。圧倒的に増える新興国市場での技術指導の可能性をバーゼル条約への対応なども含めて検討していくことである。

次に国外において、環境関連企業の海外ビジネス促進支援を徹底することも必要である。海外における環境技術普及の支援を通じて CDM・炭素クレジットの獲得や、日本発のデファクト・スタンダードの確立を目指す。同時に、中国・ロシアなどからの越境汚染も阻止できるなど、波及効果が期待できる。日本が世界に優位を示す環境技術と産業について、日本の国として、その重要性を正しく認識し、世界にアピールしていくことが必要である。

参考文献

- [1]国立歴史民俗博物館研究報告,江戸のゴミ処理再考--" リサイクル都市"・" 清潔都市" 像を越えて (共同研究 日本歴史における災害と開発, 2004・ci.nii.ac.jp
- [2]リサイクルの歴史的研究--リサイクルの法律上の現況と変遷論- 足利工業大学研究集録, - ci.nii.ac.jp, 1998
- [3]江戸鬼頭宏「環境先進国」 PHP 研究所 2002
- [4]岡田英三郎「紙のリサイクル文化」・紙パ技協誌,・J-STAGE 2007
- [5]島上祐樹 繊維リサイクル産業 「反毛」につ

いて・繊維学会誌・J-STAGE, 2008

- [6]Kuznets. S. 1966 Modern Economic Growth,Yale University Press (塩野谷祐一訳、1968『近代経済成長の分析』東洋経済新報社)廃棄物学会)
- [7]大和田秀二 リサイクル工学の課題 中村慎一郎 編、廃棄物経済学をめざして 早稲田大学出版 2002
- [8]三宅 彰 廃プラスチックのケミカルリサイクル Petrotech 20(11), 942-947, 1997
- [9]溶剤リサイクル工業会/株式会社 富士キメラ総研 有機溶剤使用量・排出処理に関する調査 2012