

Title	環境リサイクルにおけるSustainabilityの日本モデル ： 石油化学工業界の構造転換を通じたエコ・ベースの 新産業育成
Author(s)	八代, 英美
Citation	年次学術大会講演要旨集, 25: 544-548
Issue Date	2010-10-09
Type	Conference Paper
Text version	publ isher
URL	http://hdl.handle.net/10119/9357
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

環境リサイクルにおける Sustainability の日本モデル 石油化学工業界の構造転換を通じたエコ・ベースの新産業育成

○八代英美（榊IMS・芝浦工業大学 MOT）

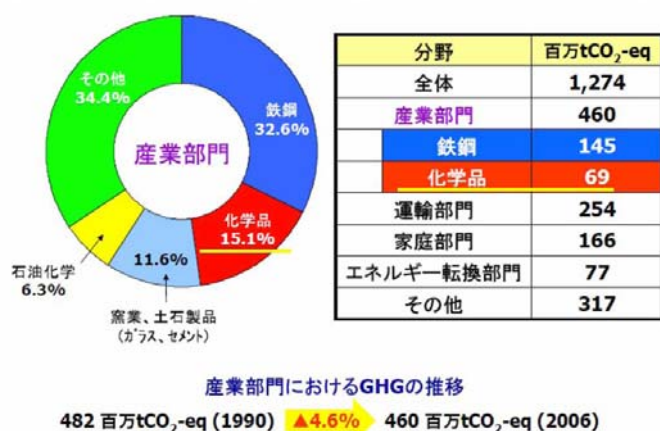
はじめに

本文の目的は、石油化学業界における構造転換を通じたエコ・ベースの新産業育成を図ることである。日本における化学産業は、資源小国というハンディを克服し切磋琢磨することで磨かれてきた。このような経験から派生した環境技術は、日本の産業界にエコ・ベースの新産業を育成するうえで重要な資産である。産業構造の転換期にある日本経済にとって、日本の弱みを強みへ変える重要な役割を担う環境リサイクル産業について調査する。

1 背景と目的

化学産業は近年における希少なエネルギー問題、また、地球温暖化、太陽光発電、バイオマス燃料、などの議論の活発化において注目されている。資源小国である我が国の化学産業は、先進国かつ産油国である米国や英国などと比べ産業競争力の点でも負荷があり、さらに EU などと比べても原産国から遠いという不利がある^[1]。また、化学産業は産業部門において CO₂ の排出量が 15% と、鉄鋼に次ぐ環境負荷の高い産業としてみなされている（図 1 参照）。

図 1 産業部門の排出量（2006 年度）



出典：日本経済新聞 2007年6月21日記事

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として、まず、Sustainability という概念について、次いで環境アセスメントについて、最後にリサイクルについてレビューする。

2.1 Sustainability

Sustainability という言葉は英語の Sustain（持続）と ability（可能性）からなる。この言葉が最初に用いられたのは、19 世紀の経済学者の Henry George の著書による^[2]。20 世紀となり、K. E. Boulding^[3]の著した「来るべき宇宙船地球号の経済学」では、地球資源の有限性が議論され、その危機感は Meadows らの著したローマクラブ「成長の限界」^[4]に受け継がれた。

これらを受けて、日本学術会議では日本学術会議「日本の計画 (Japan Perspective)」2002^[5]を発表し日本における取り組みを示し、現在に至っている。

2.2 環境アセスメント

1970 年代の日本では、オイルショックや公害問題を背景に環境問題が注目された。経済団体・産業界の環境関連法整備への強い要請から、行政を巻き込んだ環境アセスメントが活発化した。

科技庁では、計画局、研究調整局、振興局、原子力局、資源調査所による試験的 TA (technology assessment) (1973) を実施し、議会 TA 機関の創設への働きかけを行った (1977-78)。また通産省（当時）では、1971 年に新設された環境庁の活動に先んじる意味で、正当化と社会受容として他の省庁が取り組む前に自らの扱う技術に対して TA を実施し、妥当性を示そうとした。また、環境庁では、環境アセスメントへの関心を中心に、化審法 (1973)、「各種公共事業に係る環境保全対策について」(1972) や、原子力に対峙したサンシャイン計画 (1974) などの、一連の対応を行っている^[6]。1980 年代には公害問題の沈静化とともに、環境アセスメント活動は低下したが、昨今のエネルギー問題、や科学技術の倫理への関心を背景に再び活発化しつつある^[7]。

2.3 リサイクル

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^[8]。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^[9, 10, 11]。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¹²。

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。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^[13]が注目され、廃棄物とリサイクルをめぐる経済やLCAⁱ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^[14]。

3 メソドロジーとリサーチクエスチョン

以上の先行研究と現状分析をもとに、リサーチクエスチョンを設定する。まず、メジャー・リサーチクエスチョンとしては、環境リサイクルにおけるエコ・ベースの産業育成モデルは何か？ということを中心テーマに挙げ、それを幾つかのサブシディアリ・リサーチクエスチョンに分解して解を求めていく。メソドロジーとしては、数量調査やアンケート、さらに、ヒアリングを中心とした事例調査法を用いる。調査の対象としては環境エンジニアリング企業数十社から構成される業界団体を選定し、団体全体の市場動向やトレンドを解析する。そして、団体内のベスト・プラクティス企業を数社選定し、ヒアリングを中心とした事例調査を行う。

4 調査の内容

調査の対象として「日本溶剤リサイクル工業会（以下、工業会という）」^[15]を選定し、進めていく。この工業会は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目的で、1995年に設立された団体である。メンバー企業は溶剤再生業者を中心に、廃棄物処理業者、メーカー等にわたる。

4.1 溶剤リサイクルの業界構造

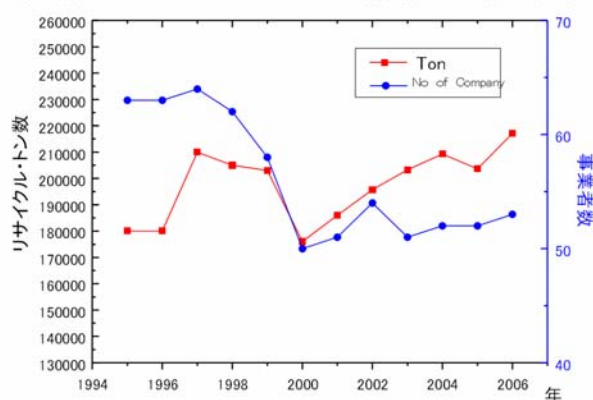
工業会の参加企業数は溶剤リサイクル量の推移とともに変化するが、常時 50～60 社から構成される。業界は化学製品市況、需給に影響を受ける。化学メーカーからの転出や、化学大手の子会

社として発足した場合も多い、多くが中小・零細業者である。溶剤リサイクル量の推移と事業者数を図2に示す。

リサイクルの対象となる廃溶剤は、主に石油由来の廃棄物である。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。溶剤の種類と用途は多岐の製品や業界にわたる。例として液晶、半導体製造工程の剥離剤（DMSO、MEA、アノン、グリコールエーテル類など）、医薬品、ファインケミカル分野の反応溶剤、抽出溶剤（酢酸エチル、THF、ヘプタン、アセトン、極性溶剤など）、リチウムイオン電池製造工程のバインダー溶剤（NMP、NEP など）印刷インキ、接着剤用溶剤（酢酸エチル、酢酸プロピル、イソプロピルアルコール、MEK、トルエン）、その他、塗料シンナーなど（MEK、トルエン、キシレン、酢酸ブチル、グリコールエーテル類）である。

これら幅広い化学製品からでる廃溶剤は、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^[16]。こ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2つの目的が満たされる。複数業界、ユーザーにまたがる複合産業で、静脈産業として経済のバリューチェーン・サイクルを担う業界である。

図2 溶剤リサイクル量の推移と事業者数



出典：日本溶剤リサイクル工業会

4.2 溶剤リサイクルの各国比較

溶剤リサイクルに関する各国の現状は下記の通りである。

①日本におけるリサイクルの現状

日本ではガスになった溶剤を回収し液体にする技術と回収液を分離精製する技術が開発され

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 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。

ⁱ 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。

ている。その技術力は世界のトップクラスで、リサイクル品を新品と同様もしくはそれを上回る（ハイグレード）品質に精製するという高度な技術を保有している。

日本国内に於いて溶剤は年間 230 万トンの新品が消費されるが、溶剤の使用後には 100 万トンが大気放散され、残りの 130 万トンのほとんどが、ガスもしくは廃液として焼却されていると考えられる。リサイクル数量は年間 18 万トン程度と 10% 以下である。この数量はここ 10 数年間ほとんどかわっていない。溶剤を製造するときには、一般的に溶剤の重量以上の石油が消費される。溶剤は揮発性有機化合物（VOC）に含まれ、蒸発しやすく燃えやすい性質を持っている。溶剤が燃えるとその重量の約 3.5 倍の CO₂ になる。工業会の社会的意義として、リサイクル数量を増やすことで、資源を保全し、環境負荷を減らすことが可能である。

②米国におけるリサイクルの現状

産油国でもある米国では、日本にまして大量の溶剤が消費されていると考えられるが、工業会に匹敵する団体はみうけられない。一般にそのリサイクルについては、廃溶剤を燃料として使用する（サーマルリサイクル）が中心である。一部、リサイクル品としての活用（マテリアル・リサイクル）もされているが、それらは、化学製品のより川下市場で消費される劣化品質（ダウン・グレード）品の生産である。総じてリサイクル率やリサイクル技術は日本に劣っている。

③欧州におけるリサイクルの現状

欧州には大手化学メーカーが多数存在する。また、北海油田を持つ英国、ノルウェーなど産油国もあり、地理上、中東やロシアなどの原産地に近いため、日本に比べてコスト面で有利であり、高業績な化学企業も多い。化学業界のレベルは高く、こうした業界においては、自社内循環型リサイクルを進めている企業も存在する。

欧州では前述の REACH 規制など大気汚染防止関連法規でも規制が激しく、環境や資源保全面の対策も強化されている。これらに基づき溶剤の回収は厳格に行なわれているが、リサイクル技術は、予想に反して発達していない。工業会メンバーが立ち会ったところ、回収された溶剤は米国同様に焼却処理されるか、川下市場で消費されている。

④中国におけるリサイクルの現状

経済発展の著しい中国では、資源枯渇の懸念から、資源保全の動きが活発である。しかし、リサイクル品については、より川下市場で流通するダ

ウン・グレード品の生産が主体である。循環型リサイクルを進めている企業は存在しない。

一方、大気放散されている溶剤は 1,300 万トン/年と、日本の 5 倍以上であり、大気汚染と CO₂ 増加の原因となっている。中国から飛散するオキシダントなどの大量の化学物質は日本列島の上空を多い、アレルギーや環境破壊の原因となっている。隣接する日本はもとより、世界環境の脅威として環境技術の導入が急がれる地域である。

上記から、日本の溶剤リサイクルにおける環境技術は世界のトップクラスであると推定される。このような技術を他国へ導入することで、環境・資源の保全ならびに CDM^{iv}などの政治面でも効果が期待できる。

5 事例分析

本項では、環境技術から 1 社を抽出して事例分析を行う。事例分析の対象として、日本の溶剤リサイクルのトップ企業である日本リファインを取り上げる。

5.1 日本リファインの事業概要

日本リファイン株式会社（以下、日本リファイン）は、蒸留をコア技術として、精製リサイクル事業と環境エンジニアリング事業を提供する企業である。資本金は 687.6 百万円、社員数は 380 名（内、台湾：約 30 名、中国：約 70 名）の中堅企業である（図 3 参照）。

図 3：日本リファインの国別売上高の推移・計画（連結）



出典：日本リファイン株式会社

^{iv} CDM : Clean Development Mechanism 各国で協議されているクリーン開発メカニズム。

2009年6月期の連結売上高は80億円だが、今後、日本や米国、中国でのNMP回収・精製の需要拡大を見込み、2013年6月期には130億円に引き上げる計画である。

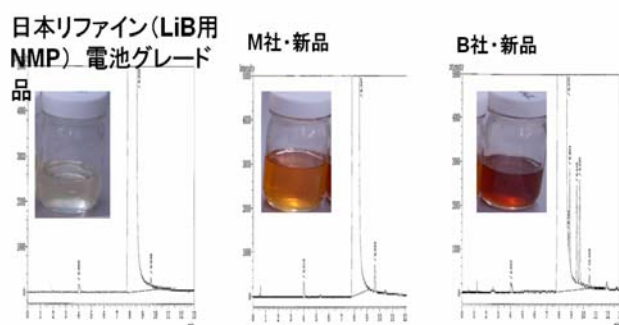
5.2 リチウムイオン電池の溶剤のリサイクル

日本リファインでは、世界的に拡大するリチウムイオン電池の需要を見通して、溶剤「NMP^v」のリサイクル事業を拡大している。

電気自動車（EV）や家庭用蓄電池などに用いられるリチウムイオン電池は、米国や中国でも政府の振興策などを背景に開発が進み、NMPの需要は世界的に拡大する見込みである。特に車載用電池は2010年半ばから一気に拡大する見通しであり、車載用電池の中核となるリチウムイオン電池の需要逼迫も想定される。

リチウムイオン電池は、EVの価格の約半分を占める主要部品である。NMPはリチウムイオン電池の製造工程で必須となる溶剤で、電池の電極製造工程や樹脂加工で使われる極性有機溶剤である。NMPの新品は1トンあたり50万～60万円と高額で、さらに、車載用のリチウムイオン電池はNMPを塗布する電極の面積が広く、1台当たり40～70キログラムを使う計算となる。今後の資源の枯渇状態から、需要の逼迫も予測され、NMPは経済性と成長性の両面で有望分野といわれる。NMPの溶剤回収・精製を通じて、再生された日本リファインのNMPは、不純物が少なく電池メーカーから高い評価を得ている（図4）。新品より高品質な再生品としてリサイクルの常識を超えた製品として知られており、世界における大手化学メーカーに次ぐ第2のNMP供給元として浮上した。

図4 新品より高品質なリサイクル品



出典：日本リファイン株式会社

5.3 経済的・技術的な優位性

NMPの精製以外にも、日本リファインでは、高度な環境技術を保持している。技術面で、日本リ

^v NMP：Nメチル-2-ピロリドン。電極に活物質を結着させる溶剤。

ファインが販売する回収装置での回収液の収率は99.9%を超えており、回収液からの精製品の純分回収率も非常に高く、ロスが殆どない状態での循環型リサイクルが可能である。

経済的面で優位性として、日本リファインは再生品は新品より5割程度安い価格で供給することが可能である。しかも再生品は、新品よりも純度の高い高品質な製品となり、高い市場性が見込まれる。

6 まとめと考察

本項では、まとめとしてエコ産業の日本モデルを提示し、モデル確立のために必要な今後の考察について議論する。

6.1 エコ産業の日本モデル

日本リファインのように、リサイクル品を新品よりも高品質にするという発想は日本を除いてどこにも存在しないようである。中国企業の尊敬とあこがれの対象であり、同社の人材は中国・台湾から引き抜きの標的になっているという。

こうした環境技術を核にする企業は、エコを通じた世界のトップランナーを目指す日本としては欠かせない存在である。

日本リファインの環境技術は、日本的な制約のもとに、日本人の持つ価値観や技の追求を伴って開発された。

日本リファインの特長として挙げられる「もったいない」という意識の底には、廃棄物は希少な地上資源であるという思いがある。日本的価値の追求が結果として、匠の技の追求へとつながりEV普及のキーテクノロジーの開発にいたった。

6.2 日本の弱みを強みに変える発想

オンリーワン企業としての日本リファインの発想のモデルは、弱みを強みに変えるという屋久杉の生命力にヒントを得た。屋久杉は年間降雨が8000mmから10000mmにも達し、表土とともに地表養分が流出するという過酷な自然環境のなかで数千年も生き続ける。屋久杉こそ日本の産業力の手本にすべきではないか、ということである。

さらにもう1つ、東洋思想も、環境技術にとってプラスとなっている。日本に根付いた東洋思想は自然との融和を旨とし、混沌から価値を生む非合理性にも親和性がある。このようなホリスティックな宇宙観、西洋企業には理解ができないようだ、と日本リファインの川瀬社長はコメントする。一般に欧米企業は、混沌模糊とした廃棄物を前には手も足も出ない、という状態だという。西洋思想は全能の神による天地創造を基とするものであり、廃棄物から新たな生命を生むという発想は

東洋の神秘とみなされ、受け入れにくいのかも知れない。この辺を深部に分析していけば、環境分野における優位性の確立方法が明確化すると思われる。

6.3 考察

今後の課題としては、日本リファインのモデルは他の企業や他の業界にも適用可能か？欧米企業が真似できない環境技術の確立は溶剤リサイクル以外の業種でも可能なかどうか？などについて調査する必要がある。

さらに、このような環境技術面で優位に立つ企業や業界を日本国政府として、支援、普及させていく必要がある。そのためには、まず、国内で、環境規制面で業界を支持していく方法がある。さらに、EUで導入されている環境税、リサイクル税などの税制面での措置も日本のエコ産業育成に役立つものである。

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] 伊丹敬之 「なぜ世界に立ち遅れたのか—日本の化学産業、NTT 出版 1992
- [2] Henry George, Progress and poverty, Published for the Henry George Foundation of Great Britain by Hogarth Press, London, 1881
- [3] Boulding, K. E., The Economics of the Coming Spaceship Earth, 『来たるべき宇宙船地球号の経済学』 1966
- [4] Meadows, DH, DL Meadows, J. Randers, and WW Behrens III, The Limit of Growth: A Report The Limit of Growth: A Report for the Club of Rome 's Project on the Predicament of Man-kind, Universe Books, 「成長の限界」ローマクラブ 1972
- [5] 日本学術会議 「日本の計画 (Japan Perspective)」 2002
- [6] 大島恵一 「TAは社会による新しい技術の受容に関したプロセスである」) 科学技術プロジェクトの成否 資源テクノロジー Vol658 21-31、p27
- [7] 吉澤 剛 テクノロジーアセスメントの歴史と

展望 社会技術研究論文集 Vol6, 42-57 Mar 2009

[8] 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

[9] 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

[10] 江戸鬼頭宏「環境先進国」 PHP 研究所 2002

[11] 岡田英三郎「紙のリサイクル文化」 - 紙パ技協誌, - J-STAGE 2007

[12] 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

[13] 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

[14] 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

[15] 日本溶剤リサイクル工業会

(<http://www.solvent-recycle.com/>)

[16] CO2 削減効果の計算は産総研 JEMAI-LCA Pro Ver2 による