

— 国際会議報告 —

TMS 2007 報告

前 金属資源技術グループ 特命調査役 **北村 修**
mric@jogmec.go.jp
(現 住友金属鉱山(株) 別子事業所・安全環境センター安全環境担当課長)

はじめに

平成19年2月25日から3月1日にかけて、米国オーランドにおいてTMS (The Minerals, Metals & Materials Society) の2007年定期会合が開催された。この会合にRecycling and Waste Processing の情報収集を目的として参加し、自動車リサイクルに関する欧州及び米国からの報告を入手したので概要を邦訳して紹介する。

1. オランダにおける自動車リサイクルの最新動向

発表者: Ir, Dave Bebelaar, Prof. Ir. Wijnand L. Dalmijn
所属: Auto Recycling Nederland and Delft University of Technology

はじめに

ヨーロッパ連合において、寿命の尽きた自動車(ELV: End-of-Life Vehicles) の扱いに関する法律は、EC指令「欧州議会とELVsに関する2000年9月18日の評議会のEC指令2000/53/EC」で詳細に説明されている。この指令の施行はEC各国の義務であるが、オランダにおいては、Auto Recycling Netherlands (ARN) という組織によって行われている。

ARNは1993年に、欧州ELV指令で規定された製造者責任を予想してオランダにおける自動車団体と自動車関連団体によって設立された。以来、ARNはオランダにおける自動車リサイクルの公式に認識された公的機関である。ARNの指示の下、85%のリサイクル率を実現する要求事項はEC指令の施行日の何年も前に満たされた。このことは、自動車からの金属回収と、一連の危険材料およびその他材料の取り外し回収を行うことで成し遂げられた。ARNは今やオランダでは2007年に期限を迎える95%のリサイクル目標を満たす次のEC指令の課題に直面している。これは金属の「事前シュレッダー」解体戦略の単純な延長では成し遂げられない。従って、戦略は調整され、努力は、シュレッダーからの廃棄物の扱いに集中されるであろう。

ARNによってなされたさまざまな事後シュレッダー分離プロセスの研究と評価は、85%より高い結果が既存の技術で達成可能と示している。しかしながら、いかに高くするかは、技術だけでなく、主に出てくる破片の市場性にかかっている。オランダでそのような技術を実施できる可能性があるか無いかは、経済的なパラメータに依存するであろう。増加する埋め立てコストはリサイクルの努力に肯定的な効果をもたらす一方、自動車リサイクルの経済に否定的な影響をもたらすであろう。しかし何よりも、中国での再生資源に対する

無限にも思える需要といった市場の力は、近い将来がどんな風になるかを決定付けている。

歴史

オランダにおけるELVの扱いは歴史的に、およそ3,000もの比較的小さな解体業者とわずかな数のシュレッダー業者と非鉄金属分離工場の事業分野である。彼らには専門的なバックグラウンドは無く、事業団体として組織化されていなかった。彼らの主要な興味は必要とする時に分解された中古部品と金属の取引であった。厳しい環境法の施行にもかかわらず、専門的及び倫理的考慮も無く、彼らはたいていの場合、環境保護の手段無しに屋外で活動を行ってきた。当局と世論には、彼らは曖昧なイメージであり、その存在そのものが望ましくない状況とみなされていた。しかしながら、長い間、環境への認識不足により、それが我慢されていた。

以降、オランダの解体業界で行なわれた2度の再構築のため、状況は著しく変化した。

1980年代初期、オランダ環境省はこの事業の実施方法についてより良く管理するために何がなされるべきだと考えた。法律はより厳しくなり、法の執行もより厳格に行われた。事業を再構築するために、政府は厳しくなった法律下では事業を継続できない大多数の解体業者を買い取った。そしてそれに比例して許可件数を減らしていった。

オランダ人納税者の何百万ギルダーがこの事業に費やされた。結果は、1990年代初期には、およそ900の認可が小規模事業者の手に残り、それらのうち、今日ではおよそ500の認可が程度の差はあれ積極的に使われている。

10年後の1993年、自動車セクターはヨーロッパ環境法と製品責任を予想して、ELVの取り扱いを体系化することを主導した。このことにより、策定中のEC指令が有効な境界内において自動車セクターがELVリサイクル処理を管理できるよう、ARNが活動を開始することになった。ARNはそれ以来、オランダの自動車リサイクル産業に広く認められる組織になった。

1995年以来、ARNの規定に従って優に200万台以上リサイクルして来た約350の契約パートナーとネットワークを築いてきた。これら契約パートナーは260の解体業者からなり、七つのシュレッディング業者と多くのリサイクル業者と収集業者からなる。彼らは一緒に年間275,000台の自動車を持ち、これはオランダ市場のELVの全数のうち90%を占めている。

今日見られる解体業者の多くは、25年前の伝統的なスクラップ業者とは全く似ても似つかない。多くの場合、今日見られるのは、部品取引や材料リサイクルに専門化したIT技術と、整然とした保管エリアと、専門化した作業場の機器と品質管理手続きにより支援され、非常に良く組織化された事業である。そして例外なくまた全ての点において、環境の法的要求を満たしている。しかし、彼らがより専門的になっても、それでもまだ小さな個人企業のセクターである。

2007年までのオランダのアプローチ

EC指令で要求される85%のリサイクル目標に到達するため、オランダ政府によって選択されて来たアプローチは、主に金属の再利用に焦点を置いたものである。材料の再利用は合法的であり、この方法で目標に到達することができるので、積極的にエネルギーの回収と原油へのリサイクル処理に関わろうとするインセンティブはほとんど無い。こうしてオランダの自動車リサイクルチェーンとARNは有望な技術を取り込みに気が進まなかった。より大きな産業規模により手動の労働集約型の解体作業より効率的で低コストの技術に目が向けられた。この想定される気の進まな

は、オランダでひとたび一大危機が発生すると他の国もそれに追随しかねないことを恐れた自動車製造者の反感そのものであった。しかしながら、それは正しい姿では無い。

「もし、いつか、そしてどこかで」他の方法が効果的であることが証明され、利用を検討することができるなら、というのが常にARNのこれまでの意図である。しかし、多くの主張がなされたにも関わらず、今までのところ、役立つ代替案として証明されたものは無い。従ってARNはポスト・シュレッダー技術に関しては、常に「待って見てみよう」というポジションを取っており、オランダで目標とする85%は既に合理的な低コストで達成済みであることから、安心している。消費者が新車に払う費用のたった0.075%だけELVの処理のために差し引かれる。白物家電向けの小さなシステムとそれを比較すると、洗濯機の廃棄費用は消費者価格の1%、テレビは1.6%、冷蔵庫は3%もする。これら費用は消費者に十分受け入れられている。従って、代替案を探すにはコストは非常に強力な動機にはならなかった。

約45ユーロの低い埋め立てコストのため、シュレッダー業者はシュレッダーから出る廃棄物の扱いについて技術を開発し実装する努力をあまり行って来なかった。大きな過剰設備によって引き起こされた厳しい競争は彼らをして金属リサイクルのコスト効率にしか目を向けさせなかった。このことは、金属リサイクル産業が受身のアプローチを取り、誰かがイニシアティブを取ることを待つ原因となった。

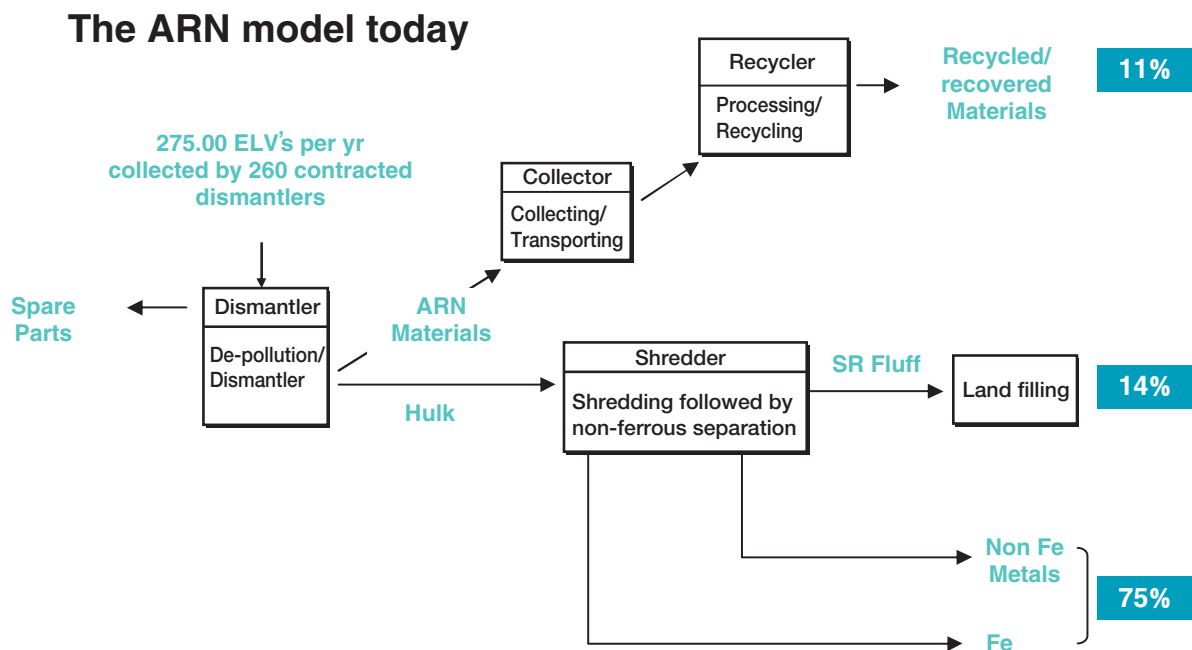


Fig.1-The ARN model covers over 90% of the Dutch market of ELVs and realises a 86% recycling / recovery rate.

図1 オランダにおける自動車リサイクルの現状

2007年以降のARNのアプローチ

しかし、2006年を過ぎ、将来を見据えると、この態度はもはやそれほど快適なものでは無い。オランダの法律では2007年までに95%のリサイクル目標が達成されなければならないというのは変わらない。その目標を別の角度から見ると、将来に向けて方向を明確に指し記す一つの非常に重要な結論が導き出される。

単に解体するだけでは95%のリサイクリングにたどり着くことはできないであろう。焼却とエネルギーの回収のための設置は答えでは無い。なぜなら、例え経済的に実現可能であれ、実現可能でないにせよ、この完成に少なくとも7年はかかるからである。機械的分離とシュレッダー廃棄物の処理が目標に近づく唯一の方法の様に思われる。

自動車の全体重量から75%が従来の金属の回収（鉄と非鉄）で差し引かれ、3%が浄化（depolution）へ、5%の余りが埋め立てにまわされたとしても、なお17%がリサイクルされなければならない。

これら17%から、現在は7~8%がゴム、プラスチック、ガラスからなる材料の再利用にリサイクルされている。これらは比較的容易に解体され得る材料であり、重量パーセント・リサイクル表示において大きな貢献をする。しかし、残り9~10%を占める多くの軽量の材料がより難しい。従って、解体するには高価過ぎるが、それらを一つずつ取り出す労力は大変なものである。このことは、より多くの取り外す物を探すことで問題を解決することがコスト的に見合わないことを意味する。

取り外しを機械化する可能性はほとんど考えられないので、これら高コストを補うには規模の経済だけが少しだけ役立つ。経済規模効果に関するARNの研究によれば、最大の収穫はたった5%であった。これを実現するには、解体セクター全体を再構築する長く難しいプロセスを取らなければならない。これは、リサイクル率を95%まで伸ばすには他の方法を見つけないといけないことを意味する。

そのことにかんがみ、ARNはシュレッダー廃棄物の処理に関する技術の研究に過去数年間集中して来た。来たる数年間の計画では、それが最優先となった。ARNとそのステークホルダーにとっては、このことは焦点の著しい変更を意味する。資源の割当に關しての戦略の再検討を意味するだけでなく、関わるノウハウと高い初期投資の必要性のため、他のヨーロッパ諸国での開発及び他の廃棄物ストリームと連携する必要がある。この焦点の変更は2004年に実行されている。

機械的分離

ARNは、シュレッダー廃棄物の機械的分離、それに続く材料の一部再利用と熱源として既存の炉に一部利用することが目的に近づく唯一の方法と結論付けた。本格的な遂行とさらなる最適化は次の数年で行われる予定である。もちろん、ここでも、1,000万から2,000

万ユーロといった比較的低い投資と埋め立てコストに關して経済的に辻褄が合わなければならない。このことは、政治家にとって我々の意見が許容できるにちがいない結果を導く。92%の結果は、我々の意見では95%と同じであり、ほんの後数年でそれ以上の達成が可能であるからである。2005年10月に環境省は、シュレッダー残留物の埋め立てに關する税金を2008年から大幅に引き上げることを発表した後、ARNはシュレッダー残留物の分離のために100kton工場に投資することを決定した。その処理はドイツの設計会社のSiCon GmbH社と共同でVolkswagenAG社によって設計されている。工場は四つのラインにおいて個々のシュレッダー残留物を分離し、そこで、それぞれのラインにて市場性のある材料へさらに品質を高める。すなわち、繊維（下水汚泥のフィルター用）、再生ポリエチレン（PP/PE）、高炉向けの還元剤として使われるプラスチック混合、そして建築材料向けに様々な用途で使われるシュレッダー砂がある。最後の微量金属はプロセスの間で回収される。ARN施設は2007年の最終四半期で操業に入る。工場の建設は進行中である。一方で、複数の商業会社がこの事業への参加に興味を示している。これら対策によって、ARNはリサイクルチェーンにおいて初めて積極的な役割を果たし、単なるプロセス管理者ではなくて、経済的事業者になる。このことは、今やその価値を10年以上証明して来たオランダにおけるシステムの構成が再設計されることを意味している。全ては、環境と自動車製造業者の利益のためになる。自動車製造業はその生産者責任を果たすための低コストのソリューションを得る。

コスト比較

単なる解体から解体プラス分離及びシュレッダー残留物の処理への変化により、高い回収率だけで無く、コストの削減も達成された。以下に分離対策を施す前と後での自動車リサイクリング処理に關する比較を示している。

現状（85%回収）

人力による材料の取り外しとそれに続くマテリアルリサイクル、熱回収。

将来（95%回収）

人力によるパーツと浄化（dispolution）対象物の取り外し。

シュレッダーレシデュ（ASR）の機械選別。

2. 北米における自動車リサイクルの成功

発表者：Richard T. Paul

所属：Automotive Recycling Consultant

要約

本論文は北米の自動車リサイクルインフラと処理された自動車、回収された材料、再利用された部品、そ

して埋め立てられたシュレッダー残留物について論じる。これら手続きと材料の量に関するデータ及び他の利用可能な情報は、自動車リサイクルの成功に関する報告書に利用される。自動車リサイクル、部品再利用、そして金属回収は政府、自動車製造業、納入業者、リサイクル業者、解体業者そしてシュレッダー業者にとって重要である。非常に効率的な自動車リサイクルの基盤は、材料を埋め立て場に直接運ばずに、大量消費製品から金属をリサイクルすることに役立つ。また、それがなければ使われなくなってしまう自動車の修理のための低コスト部品の供給にも貢献する。北米ではヨーロッパや日本の様な包括的に自動車に特化した法律を一つも持っていないが、無数の連邦、州、地域の規制があり、それらは自動車の事前処理、廃液収集、選択された懸念材料の分離、そして埋め立て制限を要求する。

本分析は、北米の自動車リサイクルセンターのパフォーマンス、自動車リサイクル可能性、部品の再利用、金属リサイクル、自動車の事前処理、そして危険材料の取り扱いについて現在の水準に関する洞察を与える。

はじめに

北米ではヨーロッパや日本の様な包括的に自動車に特化した法律を一つも持っていないが、米国では無数の連邦、州、地域の規制があり、それらは自動車の事前処理、廃液収集、選択された懸念材料の分離、そして埋め立て制限を要求する。2000年9月に欧州議会と評議会を通過した使用済み自動車に関するEC指令2000/53/ECは、ヨーロッパでの使用済み自動車に関する収集、処理、再生、回収、リサイクル、そして報告について非常に多くの要求事項を含んでいる。EU指令の要求事項が適用されるのは、ECの加盟各国に、自動車メーカー、自動車輸入業者、自動車解体業者、そしてリサイクル業者、自動シュレッダー及びその他のELVの処理と材料回収及びリサイクルに関わる運用業者である。日本では、2002年6月に自動車メーカーと自動車輸入業者に、他の多くの中で、自動車のシュレッダー廃棄物、エアバッグ、そしてエアコンの冷却ガスの回収とリサイクルを義務化する法律を制定した。より最近、韓国と中国は自動車リサイクリングについてのEU指令と類似の法律を提案してきており、もしこれが通過すれば、これらの国の自動車会社やリサイクル基盤整備会社に対して、EUの会社が負わされると同様の責任を負わせることになるだろう。

米国における自動車リサイクルと解体産業は非常に多様である。フルサービス自動車リサイクリングセンター（ARCs）は一般に、新型、壊れた車、自動車オークションの車を購入し、保険会社と市政機関の事業契約を通して、新しい部品の約50%のコストで自動車の修理向け自動車中古部品を提供する進歩的な事業運営者である。フルサービスARCは頻繁に30日から6か月間機械部品に中古部品保証を提供する。セルフサー

ビスARCは、同じソースから初期の型の自動車を得て、それから部品取り出し向けに公共のアクセスを提供する。部品は競争的に値付けされ、故障した自動車は低価格で修理され、使用が続けられる。同産業は、全体として毎年250億\$を生み出すと見積もられている。およそ7,000～10,000のARCが存在し、それらは毎年平均で900台以下の自動車を処理している。これら施設は、北米で毎年廃車になる1,200～1,400万台の自動車のおよそ85%を処理している。毎年廃車になる自動車の95%は部品の再利用と素材リサイクルのために収集されるが、この見積もりに明確な根拠は無い。しかし未知であるが多くの廃車にされた自動車が実際に修理や再販で購入され、現役に戻るか、他の世界の部品として輸出される。毎年、登録されていない未確定の数の自動車があり、廃車になり、個人、収集家、またはその他の事業者によって修理のためあるいは在庫のため、保存されている。これらは、リサイクルへ送られた自動車の割合を低めるであろう。しかし、埋め立て向けの自動車からの材料の割合にはおそらく影響しない。ほとんどのARCは、解体またはセルフサービスでの部品取り外し向け公共のアクセスに先立って、廃棄すべき液体を取り除き、バッテリーを外し、タイヤ、その他環境的に敏感な材料を取り除くことで自動車の完全な環境措置を達成している。

自動車リサイクル業者の他のカテゴリーにはスクラップ自動車処理業者がいる。ほとんどが小さな事業者で、独立して操業し、しばしば、郊外にて破棄された自動車の輸送と処理のための牽引車と最低限の機器を用いているにすぎない。ARCとは対照的に、スクラップ自動車処理業者の施設は北米での使用済み自動車（ELV）の残りのほとんどを扱う。しかし、これら事業では解体や部品の再販の達成は少ない。これら操業者は、初期の型のELVを非常に少ない金額（15～25\$）で購入し、液体類を空にし、バッテリーと触媒コンバーター、ラジエーターは金属リサイクル向けに売るのでそれらを取り除く。これら業務に関する入手可能なデータはほとんどない。

自動車処理

北米における使用済みまたは壊れた自動車の処理は、成熟した、良く確立され、液体の収集、危険材料の隔離、部品の解体、中古の再販、そしてスクラップ金属のリサイクルを達成する効果的なインフラ基盤である。措置の段階としては、事前処理、解体、金属分離、そして残留物処理がある。

事前処理—これは自動車リサイクル業者ではかなり基本的なことであり、一般に表1にある液体と材料を含む。幾つかの事前処理は（ほとんどの液体、バッテリー、タイヤ）環境法によって要求されるか、（エアバッグ、水銀スイッチ）自動車を購入する自動車シュレ

ッダー業者によって要求されるか、それら両方から要求される。

表1 自動車事前処理

- ・燃料
- ・エンジンオイル
- ・冷却液
- ・ウォッシャー液
- ・トランスミッションオイル
- ・ブレーキ液
- ・パワー・ステアリングオイル
- ・冷媒
- ・バッテリー
- ・タイヤ
- ・エアバッグ
- ・水銀スイッチ

解体－自動車解体はフルサービス解体業者によって行われ、部品や構成材は卸業者と小売顧客両方に販売される。最も一般的な再販部品は表2にリストアップされる項目を含む。再利用は車でのリサイクルに本質的な役割を果たし、米連邦取引委員会は再販を環境マーケティング向け規制ガイドにおけるリサイクルと見なす。部品と構成材の再販に加えて、解体業者も再製造のため、一般に「Cores：コア」と呼ばれる部品を収集している。表3はほとんどの一般のコアのリストを示し、機械的部品と非機械的部品の両方である。

表2 再販向けに集められた部品

- ・ホイール
- ・エンジン
- ・トランスミッション
- ・ドア
- ・バンパー
- ・コンプレッサー
- ・ヘッドランプ
- ・ラジエーター
- ・フェンダー
- ・フロント組立て
- ・リア組立て

表3 再製造向けに収集されたコア

- ・エンジン
- ・トランスミッション
- ・ACコンデンサー
- ・スターター
- ・パワーステアリングラック
- ・バンパー
- ・ホイール

金属分離－自動車の残骸はクラッシュされ、梱包されるか、さもなければ事前処理と部品除去、そして金属をプラスチック、ガラス、ゴム、繊維、その他素材から分離するために大きなハンマーミルで処理するために自動車シュレッディング施設に輸送され、フルサー

ビス及びセルフサービスリサイクル施設でコンパクトにされる。鉄金属（鉄と鉄鋼）は磁力で分離され、非鉄金属は過電流技術でしばしば何度も分離される。北米では現在およそ200もの自動車シュレッディング業者が稼動中である。使用済み自動車から回収された金属の品質は、利用可能な技術の結果であり、スクラップ業界で使用される技術の程度の結果である。鉄金属の収集効率是一般に磁力分離によって達成され、96～98%と見積もられる。過電流誘導の利用は電子モーター、発電機、変圧器の設計で100年以上前から既知で利用されて来た技術である。過電流技術による非鉄金属の収集は1980年代より一般的になり始めた。2000年までにはほとんどのシュレッダー施設がこの技術を得た。それを有しない施設は、重いASR破片をリサイクル向けにこれら金属を分離する別の施設に売却する。この機器の製造業者は最大95%の効率があると報告している。しかしながら、シュレッディング施設での議論は実際の効率が83%から93%まで幅を示している。従って、以下の計算では控えめな見積もりで88%の効率が使われている。

残留物処理－北米では、シュレッディングと金属分離の後、残った材料は指定シュレッダー残留物（SR）となり、それ以上処理または分離もされない。そのほとんどが埋め立てに送られる、表4はシュレッダー残留物のリストである。

表4 シュレッダー構成物

・プラスチック	38%
・ラバー	21%
・ガラス	12%
・液体	12%
・その他	15%
(紙、発砲体、繊維、ほこり、木)	

ほとんどの場合、シュレッダー残留物は制限無く地方自治体の埋め立てに送られる。匂い、ねずみの横行を減らし、そして紙製品を撒き散らさない様に埋め立て地で日中のカバーとして利用されている。カリフォルニア州はSRを危険廃棄物に指定し、シリカ、ポルトランドセメント、あるいは細粒炭で埋め立て前に重金属やその他の懸念される物質を固定する様に求めている。価値ある材料をさらに分離するための幾つかの小規模なプロジェクトが実施されており、また、その他、機械的分離、X線技術、ガス化と熱分解の技術、燃料を生成したりする技術などが全米で熱心に開発されている。目的は残留金属を回収し、その他の材料を燃料あるいは充填材料として使うことである。

懸念物質—懸念物資とは、鉛、水銀、カドミウム、クロムを含む部品と構成材とみなされる。米国では、これら素材のリサイクルに関する包括的なデータは、98%回収されたと報告のある鉛蓄電池を除いて存在しない。その他、鉛の使用はホイールバランスウェイト、燃料タンクの裏当て、その他さまざまな電子機器を含む。多くの自動車メーカーはスチールホイールウェイトや燃料タンクの80%が今や鉛の無いプラスチックになる等、積極的に鉛の代替物を模索している。

過去に水銀は、ラジオ、ライドレベリングシステム、時計、アラーム、インスツルメントパネルの電球、アンチブレーキシステム、シートベルトシステム、各種点灯スイッチ、そして最近ではヘッドランプとカーナビやエンターテイメントシステム向けの平面コンピュータースクリーン等、さまざまな自動車用途に使われていた。コンピュータースクリーンとインスツルメントパネルのバックライトと放電型ヘッドランプを除けば、水銀はもはや自動車用途には使われていない。それでも水銀スイッチを含んだ非常に多くの自動車はまだ稼働中であり、これら自動車が廃車になるにつれて、水銀による環境への潜在的流出の懸念がある。米国環境保護庁が鉄鋼リサイクル炉からの水銀の大気排出に追加の法規制を計画して以来、ELVからの水銀スイッチの回収は、スクラップ鉄鋼処理産業にとって喫緊の課題となりつつある。鉄鋼業界は環境保護機関と自動車リサイクルインフラ企業と組んで、自動車メーカーに、州モデルの水銀法案を通して、解体業者による水銀スイッチの回収に資金を提供するよう圧力をかけた。これら努力がついに国家自動車水銀スイッチ回収プログラムと呼ばれる2006年の覚書という先例になった。覚書の要点は以下を含む：

1. 自動車メーカー (OEMs)、鉄鋼会社、自動車解体業者、自動車シュレッダー業者、EPA 及び環境団体は連帯保証人である。
2. 覚書の要点は、教育/アウトリーチ (規定以上のサービス)、スイッチ除去、記録管理、スクラップ選別、プログラムレビューである。
3. OEMは収集、スイッチの輸送と処分に資金提供し、アウトリーチプログラムを組織することに同意した。
4. 当事者はいかなる新しいモデル水銀法律も促進しない。全ての当事者は協力して既存の州プログラムに取り組む。
5. 本協定は法的に拘束されるものではない。

米国環境保護庁は、鉄鋼炉に対する規制の代わりに水銀スイッチの回収に合意した。スイッチ回収への資金提供に合意することで、自動車メーカーは使用済み製品に対する生産者の責任について前例を確立した。

六価クロムは非常に少ない量で使用され、主に塗装、スタビライザー、金属、小部品や小さな構成材への添加剤として使われるため、六価クロムの回収、処理インフラあるいは処理機器は経済的に可能でも現実的でも無い。自動車メーカーはEC指令の下、六価クロムを上記用途のほとんどから削除することを要求されており、従って、代替物が開発され、それらは北米市場に適用されるかもしれない。

現在、カドミウムはほとんどが一部の自動車メーカーによる電気自動車あるいはハイブリッド自動車向けの電池システムと限られた電子機器でしか使われておらず、全ての自動車メーカーではなくても、ほとんどの自動車メーカーによって近い将来段階的廃止が計画されている。

リサイクル可能性の計算

方法論—図2は、モデルイヤー (MY) によって2004年における廃車になった自動車の分布を示している。図3は、2004年に全てのELV向けに、MYによる鉄鋼のトン数の分布を示す。この情報とMYにおける自動車の平均重量と組み合わせることで、全ての自動車の重量とこの対象年の使用済み自動車の合計鉄重量が計算できる。2004年には、11,903,000台の自動車が登録から外れた。これら全ての自動車の合計重量は17,211,864tである。

これはそれぞれのMY向けの典型的な自動車で使用される材料の重さに基づいている。この数字は後で出てくる平均自動車リサイクル可能性の計算で分母として使われる。2004年に登録を外された自動車は、また他の材料分類 (液体、部品の再利用、タイヤ等) のさまざまな量を見積もるのにも使われる。2004年の分離、収集、リサイクルに利用可能な使用済み自動車全体の鉄金属は11,714,934tである。

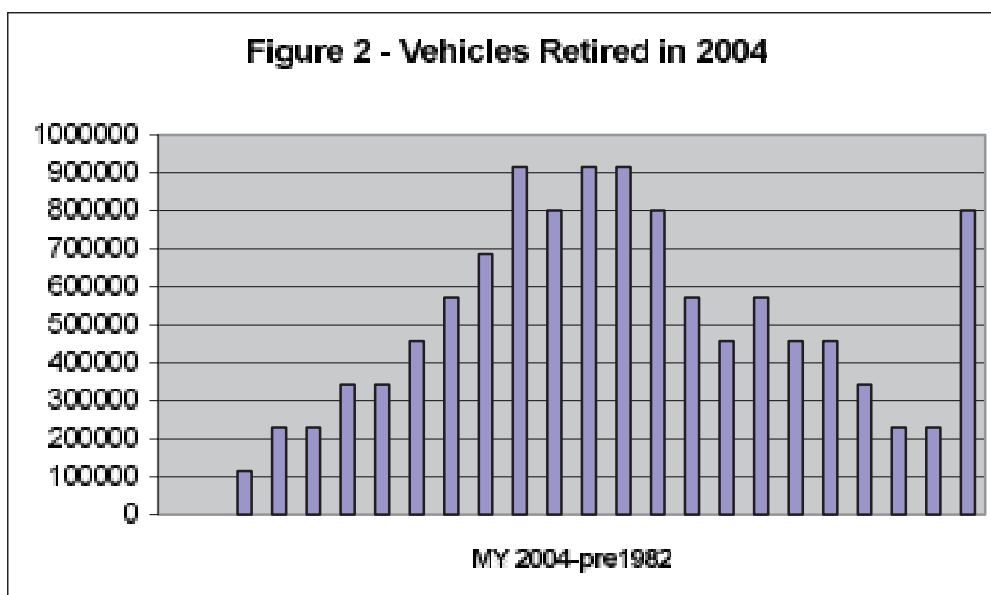


図2 2004年廃車となった自動車の分布

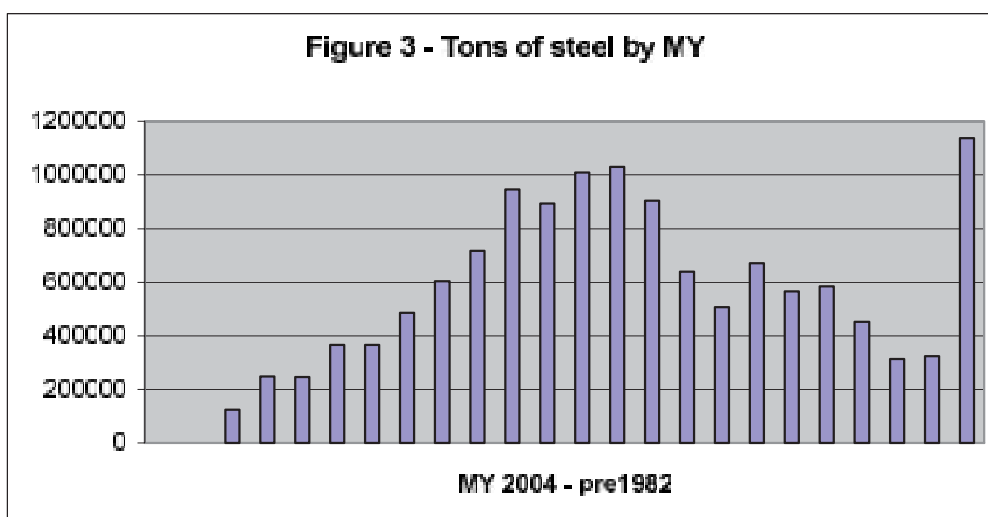


図3 2004年廃車となった自動車の鉄鋼量

金属リサイクル 表5は2004年に廃車になった全ての自動車の全重量の計算の詳細である。表6は、2004年の使用済み自動車においてMY基準で鉄金属（鉄と鉄鋼）の全重量を示す。アルミニウム、銅、亜鉛は過電流技術によって効率的にリサイクルされるので、同様な

データがアルミニウム、銅、亜鉛で求められた。

過電流技術を用いた分離と回収の効率は、上記で議論（88%）されたとおり、これら非鉄金属のリサイクル可能性の計算に適用される。

Table 5 - Total Metric Tons of All ELVs in 2004

Total Number of ELVs in 2004 = 11,903,000

MY	% of ELV Fleet	Average vehicle weight (Metric Tons)		Number of vehicles	Weight of vehicles by MY	
2002	1	1.50		119,030		178,545
2001	2	1.50		238,060		357,090
2000	2	1.49		238,060		354,709
1999	3	1.49		357,090		532,064
1998	3	1.48		357,090		528,493
1997	4	1.47		476,120		699,896
1996	5	1.47		595,150		874,871
1995	6	1.46		714,180		1,042,703
1994	6	1.44		952,240		1,371,226
1993	7	1.43		833,210		1,191,490
1992	8	1.42		952,240		1,352,181
1991	8	1.42		952,240		1,352,181
1990	7	1.42		833,210		1,183,158
1989	5	1.39		595,150		827,259
1988	4	1.37		476,120		652,408
1987	5	1.44		595,150		857,016
1986	4	1.43		476,120		686,852
1985	4	1.45		476,120		690,374
1984	3	1.45		357,090		517,781
1983	2	1.43		238,060		340,426
1982	2	1.41		238,060		336,665
1981	1	1.47		119,030		174,974
1980	1	1.53		119,030		182,116
<1980	5	1.57		595,150		834,386
Total metric tons of all ELVs						17,211,864

表5 2004年に廃車となった自動車の金属量

Table 6 - Total Metric Tons of Steel in All 2004 ELVs

MY	Metric Tons of Steel by MY	Number of vehicles	Metric tons of steel by MY
2002	0.97	119,030	115,459
2001	0.96	238,060	228,538
2000	0.97	238,060	230,918
1999	0.98	357,090	349,948
1998	0.98	357,090	349,948
1997	0.98	476,120	466,598
1996	0.98	595,150	583,247
1995	0.98	714,180	699,896
1994	0.97	952,240	923,673
1993	0.97	833,210	808,214
1992	0.97	952,240	923,673
1991	0.95	952,240	904,828
1990	0.94	833,210	783,217
1989	0.94	595,150	559,441
1988	0.94	476,120	447,553
1987	1.01	595,150	601,102
1986	1.01	476,120	480,881
1985	1.02	476,120	485,642
1984	1.03	357,090	367,803
1983	1.01	238,060	240,441
1982	1.00	238,060	238,060
1981	1.06	119,030	126,172
1980	1.12	119,030	133,314
<1980	1.12	595,150	665,588
Total metric tons of steel in all ELVs			11,714,934

表6 2004年に廃車となった自動車の鉄鋼量

事前処理と廃液回収

回収廃液は1990年代からの代表的な自動車の液体容量を組み合わせ、回収指数を調整することで見積もることができる。回収指数は、廃車になった全ての自動車から解体業者と自動車スクラップ設備が実際にこれら廃液を回収するであろうおよその割合である。特定の廃液に対する回収指数の見積もりは未発表の調査結果と米国での業界リーダーとこれら施設の運用の専門家との議論に基づいている。回収される廃液の回収指数は、およそ以下のとおりである：

・ガソリン	90%
・エンジンオイル	80%
・トランスミッションオイル	80%
・冷却液	50%
・冷媒	50%
・ウォッシャー液	50%

液体容量は1990年代のフォード、GM、ダイムラークライスラーによって製造された3台の中クラス自動車の平均に基づいている。キログラムで報告すると、平均容量は以下のとおりである：ガソリン (64.2)、エンジンオイル (4.2)、トランスミッションオイル (9.7)、冷却液 (9.2)、冷媒 (0.85)、ウォッシャー液 (2.6)。最後に、除去効率の現実的な見積もりとして、0.75の係数をかける。表7は、廃液と材料の事前処理のリサイクル向け計算の詳細である。

Materials/Fluids	# of Vehicles	Recovery Index	Removal Efficiency	Mass/Vehicle (Kilograms)	Mass Recycled (Metric Tons)
Engine Oil	11,903,000	0.80	0.75	4.2	29,995.56
Gasoline	11,903,000	0.90	0.75	64.2	515,816.50
Transmission Oil	11,903,000	0.80	0.75	9.7	69,275.46
Coolant	11,903,000	0.50	0.75	9.2	41,065.35
Refrigerant	11,903,000	0.50	0.75	0.85	3,794.08
Wiper Fluid	11,903,000	0.50	0.75	2.6	11,605.43
Lead Batteries	11,903,000	0.98	1.0	18.2	212,301.90
Battery casing	11,903,000	0.98	1.0	0.68	7,932.16
Total Pretreatment Materials and Fluid Collection in Metric Tons					891,786

表7 2004年に廃車となった自動車の事前処理の材料と廃液のリサイクル計算表

部品再利用 - 自動車リサイクル可能性の割合に対する部品再利用の寄与を見積もるために、再利用向けに最も一般的に販売されている上位25の自動車部品が調査された。そして非金属の重量と金属部品に対する非金属の割合が推定された。ガラス、プラスチックやその他の非金属部分の重量にその部品の再利用率を掛け、さらに対象年におけるフルサービスARCによって処理された自動車の総

数(約40%)を掛ける。表8は、使用された数値と含まれた部品、そして計算結果を示す。古い自動車からはほとんど再利用部品が無いことから、スクラップ処理業者によって扱われたELVはここには含まれていない。セルフサービスARCでも自動車からの著しい部品再利用はあるが、同産業の当該セクターではほとんどデータが入り手できないので、推定を行うことはできない。

Part Type	Weight of part (kg)	Reuse %	2004 ELV's*	Part Reuse Metric tons
Front door	0.05	37	4,781,200	80.1
Rear Bumper	7.9	24	4,781,200	9,027.2
Door Mirror	0.1	17	4,781,200	80.9
Front door glass	3.9	16	4,781,200	2,765.3
Windshield	12.5	13	4,781,200	7,736.9
Front Seat	13.2	12	4,781,200	7,541.7
Tail lamp	1.9	12	4,781,200	1,065.6
Front bumper	7.9	11	4,781,200	4,137.5
Quarter glass	2.7	9	4,781,200	1,156.9
Back glass	12.5	9	4,781,200	5,356.4
Rear door glass	3.9	3	4,781,200	567.1
Rear seat	12.7	3	4,781,200	1,614.6
Heater core	0.05	3	4,781,200	7.1
Console	0.4	1	4,781,200	19.0
3rd seat	12.7	1	4,781,200	604.7
Total weight of nonmetal parts reuse in metric tons				41,988

* Only that portion of the 2004 ELV fleet that is dismantled (40%) is included.

表8 2004年に廃車となった自動車の再利用部品

タイヤリサイクリング

北米全土でスクラップタイヤの著しい貯蔵が残っているが、タイヤサービス、修理、交換産業及びELV処理から2003年に生産された約2億9,700万本のタイヤの大部分について市場を見出すことにはかなりの進歩が見られた。スクラップ・タイヤ管理評議会は、再利用されたタイヤ、リサイクルされたタイヤ、エネルギー創出や他の用途で回収されたタイヤに関するデータベースを維持している。そのデータベースは、スクラップ自動車から回収されたタイヤの量と埋め立てから回収されたタイヤの量を定めるのに用いられている。

データが入手可能な最新の年である2003年には、ELVから生成されたタイヤの総数は53,184,000本である。スクラップタイヤのリサイクル及び回収率は80.4%であった。こ

の数字は埋め立て以外の全てのタイヤ処理を含んでいる。すなわち、燃料から得たタイヤ、土木計画、粉砕ゴム用途、その他さまざまな用途等である。埋め立てを避けることができたELVタイヤの総数は42,693,900本である。乗用車と軽トラックタイヤはELVスクラップタイヤのほぼ100%を示して、重量では平均9.07kgである。従って、埋め立てを避けることができたELVスクラップタイヤの総重量は387,237tになる。

計算 - 埋め立てを回避して再利用され、リサイクルされ、回収されたELVの割合を決定するために、リサイクル可能性は、2004年では80%と計算される。ELVからリサイクルされた材料、再利用が埋め立てを避けられた推定量を含むこの計算の詳細は、表9に示される。推定における間違いの幾つかの潜在的要因は以下に議論される。

Material Recovered			Weight (Metric Tons)
Pretreatment			891,786
Metal	Steel	11,714,934 x .97	11,363,485
	Aluminum	925,527 x .88	814,464
	Copper	234,958 x .88	206,763
	Zinc	104,279 x .88	91,766
Tires			387,234
Parts (Reuse)			41,998
TOTAL			13,797,496
Total weight of material recycled			<u>13,773,136</u>
Total weight of 2004 ELV's			<u>17,211,864</u>
			80.1%

表9 2004年に廃車となった自動車のリサイクル

ディスカッション

自動車のリサイクル可能性が80%という結果は、ほとんどの過去の業界予測よりも高い。この値が高過ぎるかもしれない理由は幾つかあり、実際のリサイクルされた自動車の割合は低いかもしれない。第一に、廃液リサイクルで推定した回収指数は高過ぎるかもしれない。解体業者に対して、スクラップ処理業界セクターはあまり明らかになっておらず、事業の数と規模ははっきりしていない。また、これら施設で利用される手順は文書化されていない。第二に、米国内で200以上のシュレッダー業者がいる分散（バリエーション）のため、自動車から回収される鉄と鉄鋼の推定は高過ぎるかもしれない。

一方で、幾つかの理由で見積もりが低過ぎるかもしれない。純粋なアルミニウム価格は他の鉄スクラップ金属よりも高いため、また多くのアルミニウム部品は再利用のために販売されるので、アルミニウム部品はその残骸

がシュレッダーに売られる前に、ARCによって頻繁に解体され、回収される。手による分類が過電流分離より効率的であり、再利用は100%の回収であることから、リサイクルされたアルミニウムの割合を上昇させる。また、非鉄部品の再利用推定は非常に控えめであり、もし、再利用で販売された全ての部品の重量が計算され含まれるなら著しい増加が見られるであろう。インフラ基盤の効果に影響を与えるその他の要素は、一般的には社会で、とりわけ自動車リサイクル業界で、文化、事業、および競争にかかわる変化が進行中であることである。一般大衆、全てのレベルの政府、及び産業界は環境問題を意識し始め、汚染物質の放出、違反やその他環境的に危険な活動に寛容で無くなった。これら付加的な圧力は、自動車リサイクルを含む多くの事業運営における危険物質の扱いと経営陣の行動に影響を与える。

結論

ELV (End-of-Life Vehicles : 使用済自動車) を処理する産業インフラ (解体業者、スクラップ自動車処理機、およびシュレッダー) のデータにはギャップはあるが、本研究で収集されたデータからいくつかの結論が導き出される。

- 1) 米国の解体業者は部品除去と再販に非常に優れており、高価値と大量の材料をリサイクルするインフラは非常に効率的である。計算値80%はこれまで議論された様に高すぎるかもしれないが、低過ぎるかもしれない疑いもある。また、回収された材料と再利用された部品の見積もりは控えめであり、従って、この水準あるいはより高い水準でのリサイクル可能性の根拠となる。
- 2) 金属分離向けに洗練された技術の導入 (例、過電流) は、容易にリサイクルできる材料の回収水準を高める。加えて、競争の激しいチャレンジングなビジネス環境は自動車リサイクルのパフォーマンスと改善の水準を高めることになる。
- 3) 米国には地域、州、連邦レベルで無数の既存の規制があり、ELVの扱いに直接的にも間接的にも適用される。これに基づく、追加の法律は必要ではなさそうである。むしろ、法の執行を徹底することが、法令順守を改善するだろう。しかし、おそらく少しばかりのリサイクルを改善させるだけであろう。
- 4) 現在回収された材料の分析に基づく、自動車のリサイクル可能性に対する著しい改善は、増えたガラスリサイクルとプラスチックリサイクルあるいは、シュレッダー残留物の後処理からだけしかない様である。
- 5) 重金属の収集、処置、リサイクルは増大し、そして新車での重金属の使用は法律が公布されるにつれて減少している。しかし、これら材料の量をELVから定量化するには、プログラムを実施しデータを生成するためにもう少し時間が必要である。

3. 日米欧の比較

以上、つたない訳文を書き連ねたが、結論を要約すれば、現状における、オランダの廃棄自動車処理は、年間27万5千台であり、リサイクル率は86%である。米国における2004年における廃棄自動車処理台数は、1,190万3千台であり、そのリサイクル率が80%と推定できるということである。

一方、日本において自動車リサイクル法に基づいて2005年度に処理された廃棄自動車は約3百万台である。欧米の例で示されているようなリサイクル率は日本では求められていないが、ASRの発生率を20%とし、

ASRの再資源化率を50%と推定すればリサイクル率は90%となる。これらの数値は欧米に遜色の無いものと言えよう。

なお、日本のデータに関しては経済産業省のホームページ (http://www.env.go.jp/recycle/car/pdfs/kouhyou_17.pdf) や、各自動車メーカーのホームページ (http://www.toyota.co.jp/jp/environment/recycle/law/recycle_fee/recycling.html) 等を参考にされたい。

(2007.6.5)