

## TODAY

## 「技術開発」と「持続的発展」のための 総合的ライフサイクルアセスメント



東京大学大学院工学系研究科

教授 足立 芳寛

20世紀後半から人類に課せられた課題は、“持続的発展”への対応であろう。貧困の克服と成長、そして持続的発展は21世紀を迎えますますます重要なテーマとなった。経済成長と人口の増大、資源消費の拡大と豊かな社会の構築は、有限の地球という制約と同時に解決されるべき境界条件となっている。

工学的技術開発は、人類を豊かにし、便利な社会を提供してきた。その開発を推進してきたものは「経済合理性」である。アダム・スミスの「神のみえざる手」による市場原理は、効率よく今日の繁栄を築いてきたといえる。しかしこの繁栄は永続できない繁栄であり、人類は「持続可能な発展」へとパラダイムの改定を迫られている。いわゆる「市場の失敗」への補正であり、「神のみえざる手」に「人類の叡知」と「努力」で修正を加える必要が出てきた。

経済学的には、アマルチュア・セン氏の理論分析やCOP3京都プロトコールのような国際的な枠組みと行動目標の構築など様々な対応が取られてきた。

ここで、技術開発による“持続的発展”を目指す努力について考えてみたい。元来、工学的技術

開発は、効率の向上を目指したもので、その意味で「経済合理性」は「環境合理性」に合致している部分もあるといえるが、便利さの追求は大量生産と大量消費を招いてきた。このため「環境合理的な工学的開発」を目指した新たな試みが必要となってくる。工学的技術開発に対し、トータルライフサイクル視点から「持続的発展」に資する技術となっているか、つまり従来技術系に対し、より資源・エネルギーの有効利用が廃棄段階まで含めなされているかという「環境合理性」を判断する総合的ライフサイクルアセスメント(i-LCA)を今後の全技術開発に実施することを提案したい。LCA手法は、ISOにも「製品・サービス」単体の評価として国際標準14040等に定められているが、これらをさらに発展させ「社会に適用した場合」の「環境合理性評価」が行える手法が望まれる。

「技術開発による持続的発展が可能な社会」の構築のため、今後もたゆまぬ「工学的イノベーション」が必要であり、その最適解としての評価を行う総合的な手法として、当研究室グループでも「i-LCA」手法と名付けてその開発に努めているところである。

# シュレッダーダスト等廃棄物の処理技術等に関する調査研究

- シュレッダーダスト処理技術委員会活動報告 -

環境・プロセス研究部 北川 豊

## 1 はじめに

地球規模での環境問題への関心の高まりから、廃棄物の削減やリサイクルに対する社会的な合意が形成されつつあり、これまで以上に環境に配慮した社会システムの構築が急がれている。こうしたなかで、現在の使用済み自動車のリサイクル率は約85%であり、他の工業製品と比較しても高い数字が実現されているが、2015年にはリサイクル率95%達成を目標としている。

使用済み自動車の約18%はシュレッダーダストが占めており、シュレッダーダストのリサイクルは、上記のリサイクル目標を達成するうえでの重要な課題である。

シュレッダーダストとは、廃自動車、廃家電等を粉砕して有価金属を回収した後の破片状廃棄物の総称であり、樹脂・繊維・ウレタン等を主体として一

部金属を含む混合物である。現時点でシュレッダーダストをリサイクルするための体制は整備されておらず、全国で発生するシュレッダーダストの大部分は最終的に埋め立て処分され、処分場の逼迫やリサイクルの観点から問題となっている。新技術の開発や既存の施設を活用したリサイクルの枠組みづくりが急がれているところである。

かかる視点から、JRCMでは平成14年度に社団法人日本機械工業連合会からの受託事業として、「シュレッダーダスト等廃棄物の処理技術等に関する調査研究」を実施した。

## 2 調査研究の目的

本事業ではASR(Automobile Shredder Residue: 使用済み自動車から発生したシュレッダーダスト)のリサイクルに関して、ASRあるいはAプレス(使用済み自動車から有価部品等を取

り外した廃車ガラをシュレッダー工程を介さず直方体にプレスしたものを)を電炉原料として使用することで、電炉の高温技術を活用したマテリアル、サーマルリサイクルを行い、循環型社会の構築に貢献できればと考え、シュレッダーダスト等(ASR及びAプレス)の発生状況調査、電炉によるこれらの処理の現状把握、課題の整理と対応策の検討を行うことを目的とした。

## 3 調査研究の概要

本事業内容を以下に示す。

(1)シュレッダーダスト等の調査研究  
ASR及びAプレスの発生量・組成・処理技術・リサイクル状況等を文献調査した。

使用済み自動車のリサイクルフローを図-1に示す。使用済み自動車は解体処理にてエンジン・タイヤ・バッテ

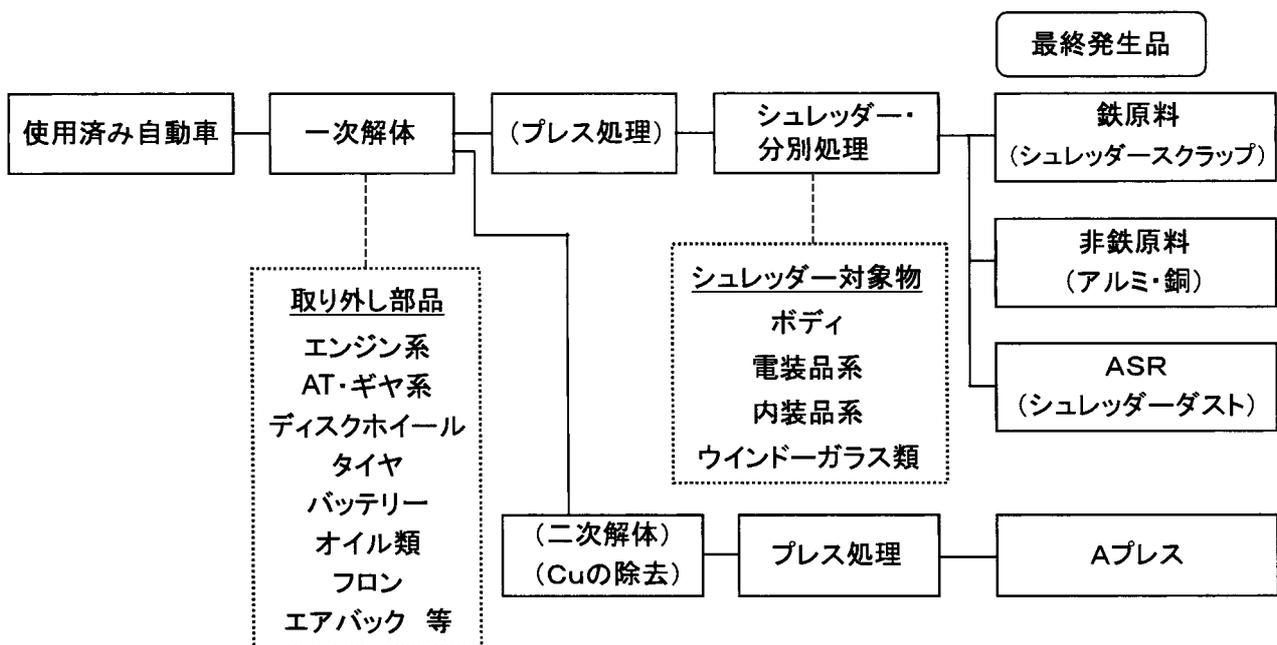


図-1 使用済み自動車のリサイクルフロー

リー等が除去（図中の「一次解体」）される。残された廃車ガラの部分はシュレッダー処理され、最終発生品が生じる。シュレッダー後の最終発生品は、鉄・非鉄原料とASRである。また廃車ガラの一部は、プレス加工して製鋼メーカーへ直接持ち込まれるケースもあり、このプレス加工品がAプレスと呼ばれている。その際、製鋼メーカーで使用する際に不純物となるCuの除去を、プレス加工の前に行う場合もある（図中の「二次解体」）。

自動車リサイクル工程で生じる発生品の成分想定結果を表-1に示す。Cuに着目すると、自動車の原材料構成で約1.5%のものが、廃車ガラ中にも同等量存在し、またASR段階では数倍になっている。Cuは自動車のワイヤーハーネス、モーター類として利用されているが、まとまった部品としての分類・分別が難しく、自動車が解体されていく過程で濃縮されていくことが数値として裏付けられている。

(2) リサイクル技術に関する調査研究

ASR及びAプレスの処理、リサイクルについて文献調査を行い、各プロセスの特徴・メリット・デメリット・制約条件等の比較調査を行った。

また、各電炉メーカーへのアンケートと委員各社の操業データを基に、電炉でのASR及びAプレス処理の実態を調査した。

電炉メーカーへのアンケート調査

一例を図-2、図-3に示す。図-2は、「Aプレスの配合率」と「Aプレスを使用した際のCu濃化量」を整理した結果である。現在の電炉で使用中のAプレス中のCu濃度は1.0~1.5%程度が一般的である。図-3は、各事業所のCu管理値と製品実績値の対比を示す。鉄スクラップを鉄原料としている電炉業界では、スクラップ再生業者から購入するスクラップのCu含有量を経験的に把握しており、この経験に

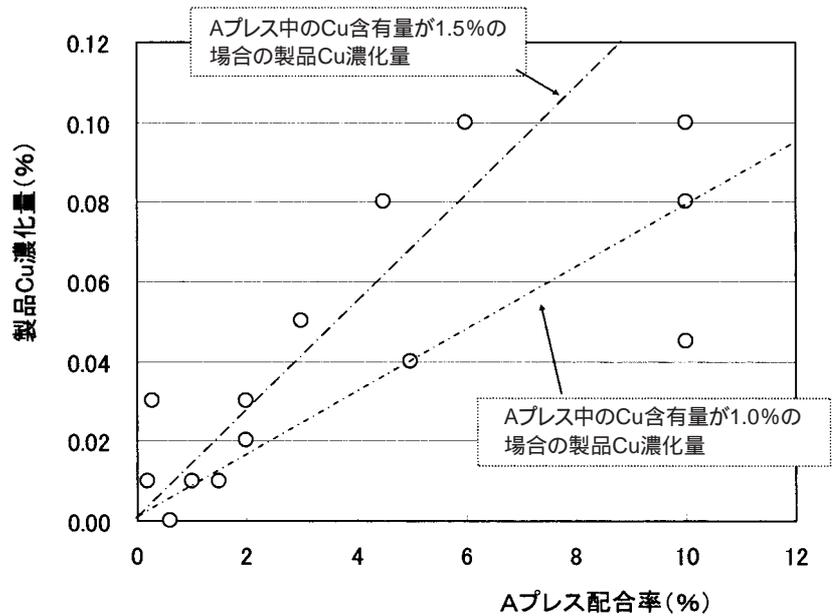


図-2 Aプレスの配合率と製品Cu濃化量実績

（「製品Cu濃化量」=（Aプレスを使用した場合の製品Cu含有量）-（通常の製品Cu含有量）  
ひとつのプロットが1事業所のデータ

基づいて製品のCu含有量が高くないよう、スクラップ銘柄の配合量をコントロールしている。Cu濃度が非常に高いAプレスを使用する際は、他のスクラップ中のCu含有量のバラツキも考慮して、使用量を制限している。

電炉を利用したリサイクルプロセスの評価

一般的な電炉でASR及びAプレスを使用した際の物質収支・エネルギー収支を試算した。この結果から得られ

たASRリサイクル率は96.1%であった。ASRリサイクル率は、電炉から排出されるスラグ・ダスト等の利用率で変動するが、利用率の低い事業所のASRリサイクル率も70%以上と算出された。

電炉でのメリット・デメリット

定量的評価が困難な点もあるが、定性的な項目を含めた評価結果を以下に示す。

- ・ ASR中の炭素分は還元効果があり、

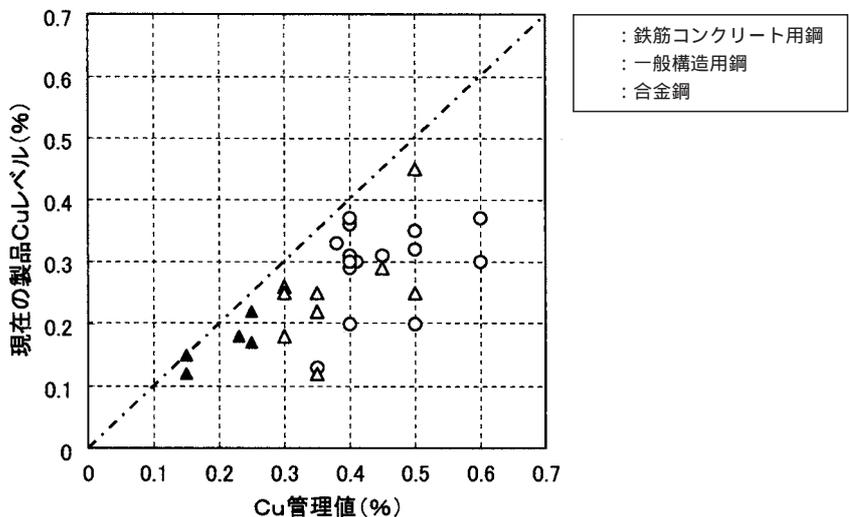


図-3 現状のCuレベルと管理値

加炭材の代替となる。

- ・現時点で効果が把握できているのは前記のみであり、他諸元は悪化する傾向にある。主な悪化項目は、嵩比重や鉄分が低いことによる歩留・能率の低下、その影響による電力原単位の悪化等である。
- ・ASR中の非鉄金属分等に起因するスラグ・ダストの発生量増加、これらの処理費の増加も考慮する必要がある。また、ASR中の可燃分に起因する排ガス温度の上昇、集塵機系統の温度負荷増加に伴う補修費の増加や、排ガスの塩素分の増加に伴う環境コストの増加等も考慮する必要がある。
- ・Aプレスの使用とASRの直接使用を比較した場合、Aプレスのほうが可燃分エネルギーの着熱効果や還元効果が大きい傾向にある。Aプレスを電炉へ投入したほうが炉内での燃焼時間が延長し、可燃分のエネルギー等を効率的に利用できるものと考えられる。

### (3) 現地調査

電炉の上工程となる使用済み自動車の解体・プレス加工・シュレッダー加工工場等を訪問し、前処理工程の技術動向を調査した。特に、これらを電炉でリサイクルするうえでの課題の一つであるCuの除去方法、除去後のCu濃度等についての情報を入手した。自動車解体工場の訪問では、Aプレスでもワイヤーハーネス、モーターを丁寧に除去した場合、Cu含有量を0.2%程度まで低減可能であることが確認された。

### (4) 今後の課題

#### Cuの影響

Aプレスの構成成分は表-1に示すように、鉄が約70%、非鉄金属が約2%、非金属が約28%である。このAプレスを電炉で溶解すると、非金属のうちの樹脂、ゴム類は燃焼酸化して集塵装置に補足され、ガラスは溶融して

スラグとなる。非鉄金属はAl、Pb、Zn、Cuが主成分であり、Alは酸化溶融してスラグとなる。Pb、Znはいずれも蒸発して集塵装置内でダスト化する。これに対しCuは全量が溶鉄中に溶け込み、製品鋼材中に合金元素となって残留するため、Aプレスに含まれるCuの多寡は、そのまま製品鋼材の品質に影響を及ぼす。

電炉業界では、「良質スクラップで高Cuスクラップを薄め」製品のCu含有量低減対策としている。しかし、このような対策は、高Cu含有スクラップを薄めるだけの良質スクラップが潤沢に存在するという条件が不可欠である。しかし、スクラップ発生量の将来予測によれば、比較的Cuの高い老廃スクラップが今後増加傾向にあるのに

対して、良質スクラップは減少傾向にあること、老廃スクラップ中のCu含有量が20年後には現状レベルの1.5倍に濃化するという予測データが示されているということを考えると、「薄め」対策は恒久的な対策とはいいいにくい。

従って、電炉でのAプレスの使用を拡大するためには、Cuの徹底的除去が必要である。スクラップのCu濃化問題が顕在化するの、次世代あるいは次々世代の頃であろうが、後世代にツケを回さないためにも、現時点での対応が必須である。

#### 塩素の影響

シュレッダーダスト中には2~4%の塩素が含まれるため、電炉でこれらをリサイクルする際の影響調査として、通常操業時のダイオキシン類濃度実績

表-1 自動車リサイクル発生品の成分想定

| 原材料  | 車の構成 |       | 廃車ガラ (Aプレス) |      |       |      | シュレッダースクラップ (%) | ASR (%) |           |
|------|------|-------|-------------|------|-------|------|-----------------|---------|-----------|
|      | 解体前  |       | 一次解体後       |      | 二次解体後 |      |                 |         |           |
|      | (%)  | (Kg)  | (%)         | (Kg) | (%)   | (Kg) |                 |         |           |
| 鉄    | 鉄    | 7.5   | 90          | 2.0  | 15    |      |                 |         |           |
|      | 普通鋼  | 47.9  | 570         | 61.2 | 472   |      |                 |         |           |
|      | 特殊鋼  | 14.1  | 168         | 8.0  | 62    |      |                 |         |           |
|      | 小計   | 69.5  | 827         | 71.2 | 549   | 約70  | 350             | 93.1    | 8.0       |
| 非鉄金属 | 銅    | 1.5   | 18          | 2.2  | 17    | 0.3~ |                 | 0.1~    | 4.4       |
|      |      |       |             |      |       | 1.5  |                 | 0.2     | (1.7~4.4) |
|      | アルミ  | 6.1   | 73          | 1.2  | 9     |      |                 |         | 5.1       |
|      | 鉛    | 0.6   | 8           | 0.1  | 0.5   |      |                 |         | 0.2       |
|      | 亜鉛   | 0.5   | 6           | 0.8  | 6     |      |                 |         | 1.1       |
| 小計   | 8.8  | 104   | 4.3         | 33   | 約2    | 10   | 不明              | 10.8    |           |
| 非金属  | 樹脂類  | 8.5   | 102         | 12.1 | 93    |      |                 |         | 39.3      |
|      | ゴム   | 3.2   | 38          | 2.1  | 16    |      |                 |         | 8.7       |
|      | ガラス  | 3.1   | 37          | 4.7  | 36    |      |                 |         | 16.1      |
|      | 繊維   | 2.5   | 29          | 3.4  | 26    |      |                 |         | 17.1      |
|      | その他  | 4.5   | 54          | 2.3  | 17    |      |                 |         |           |
| 小計   | 21.8 | 259   | 24.4        | 188  | 約28   | 140  | 不明              | 81.2    |           |
| 合計   | 100  | 1,190 | 100         | 771  | 100   | 約500 |                 | 100     |           |

とAプレス等を数%配合した際の濃度実績を比較したが、両者に有意差は認められなかった。この原因は不明であるが、現状の電炉装入原料中のASR分の比率は0.75%から2.5%程度であり、スクラップ中に含まれる塩素源の混入バラツキ範囲を大きく超えるレベルではないものと想定される。従って、電炉メーカーのこれまでのダイオキシン対策とその管理技術によりAプレスの効率的使用は可能と考えられる。

今後、Aプレスの使用を拡大する場

合は、ダイオキシン類の排出濃度管理体制等を検討していく必要がある。

#### 4 まとめ

使用済み自動車は付加価値の高い資源であるが、主要なリユース品を取り除いた廃車ガラは、その中に分別し難い雑多の資源も抱え込んでいる。電炉を利用したこれらのリサイクルは、これら混合物を分離する必要のない点で有利であるが、使用量を拡大するためには電炉業界、廃車解体・シュレッダ

ー業界、自動車業界が一体となった、以下の活動が望まれる。

- (1) 環境関連装備や管理のレベルアップ等操業モニタリング体制の充実。
- (2) Aプレス品質基準の策定とCu除去技術の開発・習得、装置の整備。
- (3) 将来的にはCu・塩素分の低減や、除去しやすい自動車設計の実現。

## 『インターンシップ・データブック』及び 検索システムの公開について

JRCMではこのたびインターンシップを実施している全国の大学並びに東北、関東、中部の東日本地区を主体にしたインターンシップ受入機関の1500に及ぶデータを集大成した『インターンシップ・データブック』を発売するとともに検索システムを公開しました。

今回のデータブック及び検索システムではインターンシップの受入機関名、研修地、業種別に検索ができ、しかも携帯電話からアクセスできる等、学生がこのデータ集により、インターンシップに行きたい受入機関の情報をすばやく得られるように配慮がなされています。

受入機関の情報としては、業種、研修地のほかにインターンシップ窓口所在地、電話番号、対象学生、平成14年度受入実績、平成15年度受入予定等の基本的な項目が盛り込まれています。さらに受入機関や、関係支援団体のホームページとリンクしており、詳細情報

報を得るのにも便利な工夫がなされています。

今までインターンシップの情報を得るために学生は受入企業に直接、あるいは大学や各種支援団体を通して接触するしか方法がありませんでした。今回のデータ集が公開されたことにより、より広範囲の情報を一括して、しかもパソコンばかりでなく携帯電話からも瞬時に得られるので、大学関係者や学生にとって選択するうえでの強力な武器になるものと期待されています。

データの検索画面<http://www.jrcm.or.jp/in-in/s.asp>へはJRCMのホームページのトップからアクセスできるほか、パソコンや携帯電話から直接このページへアクセスすることができます。また、関東地域インターンシップ推進協会のホームページ<http://www.kantou-internship.org>からもリンクされています。

### 異業種交流セミナー 「材料と環境シリーズ」 自動車・家電・住宅・容器分野の 環境配慮設計と材料 - エコマテリアル・エコデザインの最前線 -

(社)日本鉄鋼協会主催( JRCM他協賛 )で、  
下記のとおりセミナーが開催されます。

日 時：平成15年7月4日(金)  
10:00～18:00

場 所：日本教育会館 8階  
第二会議室  
東京都千代田区一ツ橋2-6-2  
(TEL 03-3230-2831)

内 容：「エコマテリアル・エコデザインの  
現状と今後の展望」  
「欧州における環境製品ポリシ  
ーの動向とインパクト」他

申込締切日：6月23日(月)

定 員：100名

参加費：一般6,000円、学生3,000円  
(資料代込み)

問い合わせ先：(社)日本鉄鋼協会  
総合企画事務局  
総務グループ 松本  
TEL 03-5209-7011  
FAX 03-3257-1110  
E-mail: matumoto@isij.or.jp

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRCM NEWS / 第200号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。  
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。  
本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます。

発 行 2003年6月1日  
発行人 小島 彰  
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター  
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階  
T E L (03) 3592-1282(代) / F A X (03) 3592-1285  
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>  
E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)