

H-4 東アジア諸国での日本発の使用済み自動車及び部品の不適切な使用・再資源化による地球環境負荷増大の実態とその防止策の検討

(4) 再資源化の現状とその技術的な問題点の抽出と改善策の作成

独立行政法人

国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター 寺園敦

〈研究協力者〉	独立行政法人国立環境研究所	村上進亮
	独立行政法人産業技術総合研究所	布施正暁
	中国 大連理工大学	趙 勝川

平成15～17年度合計予算額（予定）	4,951千円
（うち、平成17年度予算額	1,487千円）

〔要旨〕本研究は、東アジア諸国の中から日本発の使用済み自動車を材料として再資源化する国として中国を選定し、日本発の使用済み自動車を資源として再資源化する際に発生する環境負荷量を把握し、その技術的な問題を明らかにした。平成15年度は、中国の上海市に焦点をあて、現地の研究者と協力し、中古車販売業者、解体業者へのヒアリング調査を行い、上海市の自動車保有・使用・廃棄の全体像を把握し、さらに整備業者へのヒアリング調査を行い、整備量、整備体制、整備内容、車検内容について整理した。そして技術的な視点から自動車整備に伴って発生する問題を明らかにした。平成16年度は、材料の国際流動の特徴を把握するため、鉄、非鉄屑の国際フローを把握した。次に中国における日本から輸入されるAプレス（使用済み自動車から有用部品等を回収した後、プレス加工したもの）の現状について、その輸入量、主な輸入地域、分解技術、成分及び構成、利用ルートについて把握した。平成17年度は、平成16年度に引き続き、材料の国際流動の特徴を把握するため、中国の鉄、アルミ、銅と、サブテーマ（2）で作成した中国のデータベースより使用済み自動車のマテリアルフローを把握した。さらに、日本から輸入されるAプレスの政策の最新の動向も把握すると共に、サブテーマ（3）で開発した自動車再資源化モデルを用いて、Aプレス輸入の影響分析を行った。

〔キーワード〕使用済み自動車、中国、再資源化、金属屑、Aプレス

1. はじめに

日本発の使用済み自動車は東アジア諸国で中古車及び部品あるいは材料として使用・再資源化される際に発生する地球環境問題とその防止する対策を検討する際に東アジア諸国を以下の3つのグループに分類することは研究を効率的に進める上で有益である。

- ① 日本発の使用済み自動車を中古車及び部品として使用し、その後は第三国へ輸出する国
- ② 日本発の使用済み自動車を材料として再資源化する国
- ③ 日本発の使用済み自動車を中古車及び部品として使用し、その後は自国内で材料として再資源化する国

②に属する国に対しては日本発の使用済み自動車の再資源化から発生することが考えられる環境問題に対する効果的な対策を検討するために日本発の使用済み自動車を材料としてとして再資源化する際に発生する環境負荷量を把握し、技術的な問題を明らかにする必要がある。

2. 研究目的

本研究は、東アジア諸国の中から日本発の使用済み自動車を材料として再資源化する国として中国を選定し、日本発の使用済み自動車を材料として再資源化する際に発生する環境負荷量を把握し、技術的な問題を明らかにすることが目的である。

3. 研究方法と結果・考察

(1) 平成15年度

平成15年度は、広大な面積と10億を超える人口を有する中国全体を一括して適切に捉えることは困難であるため、対象地域を絞る。本研究ではまず上海市(面積6,341平方キロメートル、人口1,670万人)を取り上げる。そして現地の同済大学の研究者と協力して調査を行い、①上海市の自動車保有・使用・廃棄の全体像を把握した。さらに今回は再資源化段階(廃棄後)の前に使用段階に注目し、②自動車整備の現状と技術的問題を把握した(再資源化段階での問題については、一部サブテーマ②で把握している)。

①上海市の自動車保有・使用・廃棄の全体像

上海市の自動車保有・使用・廃棄の全体像を把握するため同済大学の研究者と協力し、中古車販売業者、解体業者へヒアリング調査を行い、自動車の保有・使用・廃棄のフロー図を作成した(図1)。上海市では新規登録台数は毎年8万台と制限されている。保有台数は2002年で約62万台あり、その使用には例えば乗用車では15年といった車令による制限がある。ただし、車検に合格すれば使用が延長できる。保有台数うち2003年で約10.8万台(約17%)が中古車として地域内で再利用され、約3.6万台(約6%)は周辺地域へ中古車として流出する。また地域内で廃棄されるのは約0.8万台(約1%)である。ただし、解体業者のうち乗用車を専門に処理する業者分を把握していないため乗用車分は過小に把握している。上海市での自動車保有・使用期間を推計すると14年(=保有台数/(中古車流出台数+使用済み自動車台数)程度となる。以上より、上海市では、使用制限があるものの周辺地域へ中古車として流出するため地域内で廃棄される台数は少ない。

②上海市の自動車整備の現状

上海市の自動車整備の現状を把握するため同済大学の研究者と協力し、整備業者へのヒアリング調査を行い、整備量、整備体制、整備内容、車検内容、整備の技術的課題について調査した。調査結果を以下に整理する。

ア. 整備量

2002年の整備台数は320万台となり保有台数の62万台を考えると年間に一台あたり5回以上を整備することになる。これは日本と比較する非常に多い回数である。統計自体の信頼性も含めこの理由を今後検証する必要がある。

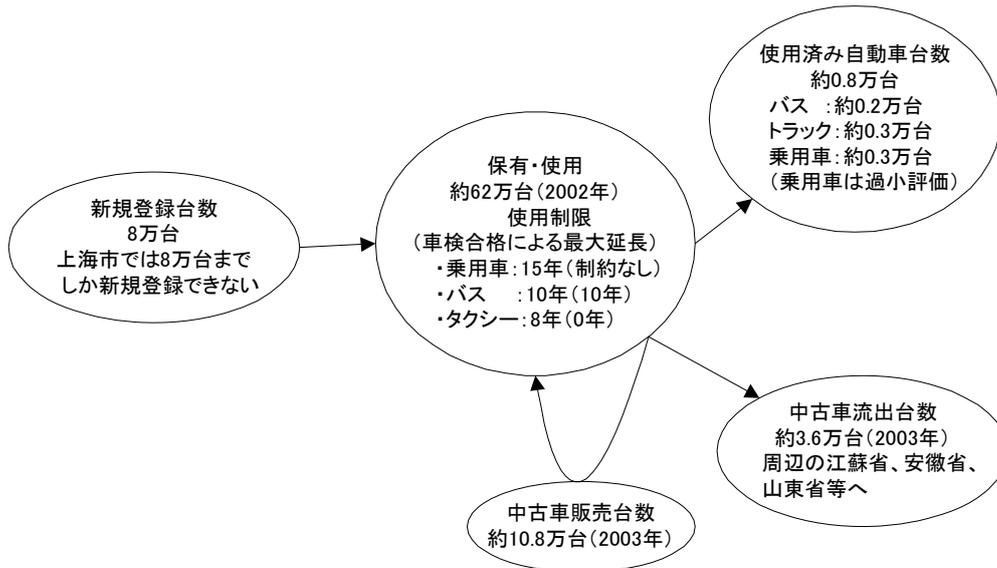


図1 上海市の自動車の保有・使用・廃棄のフロー

イ. 整備体制

上海市内の自動車整備工場は2001年で、5,048箇所あり、そのうち四輪整備は3,331箇所、二輪整備は1,717箇所である。また、四輪整備工場は、業務内容、敷地面積、駐車場面積、整備工員数、資本金により表1に示すように第1類整備工場から第3類整備工場に分類されている。

第1類整備工場は、整備内容として1級整備、2級整備を含むすべての整備が行う。フォルクスワーゲン、トヨタなどのメーカー系列の整備工場が多く、新技術に対してはすぐに技術講習会があるため、最新のOBD（自己診断技術）やEFI、ABS、TRCなどの電子制御技術にも十分対応できる技術を持っているが、323箇所と少なく全体の約10%に過ぎない。第2類整備工場は、整備内容として1級整備、2級整備を行う。1,262箇所あり全体の40%を占めるが、基本的な整備はできるものの最新の電子制御技術への対応は難しく、整備工の教育も不十分である。第3類整備工場は、整備内容として13品目の部品交換を行う。1,746箇所あり全体の50%を占める。整備技術は低く再整備も発生しており、整備代金も工場によって大きな差があるなど整備技術および整備価格が統一されていない。以上の営業資格（第1類から第3類）を持った整備工場以外に無許可で整備を行っている場合も多い。もちろん、営業許可範囲を超えた作業を行った整備工場や無許可整備工場に対しては罰金などが課せられることになっているが多くの場合は公安局から黙認されている。また、第二級整備（一般的な整備項目を含んだ整備）を行い、整備性能を保証する合格証の発行が許可されているのは第1類と第2類整備工場のみであり、第3類および無許可整備工場（路上整備）は許可されていない。しかし、第1類や第2類整備工場から第2種整備の合格証を100元程度で買い、整備した自動車に合格証を発行している違法な第3類整備工場も存在している。

ウ. 整備士制度

自動車整備士制度については、日本の場合と同様中国も技師、高級、中級、初級整備士などに分類されており、有資格者が作業を行っている。

表1 四輪車整備工場の分類

分類	整備内容	整備工場 ^注 [箇所] (%)	作業面積 [m ²]	駐車場面積 [m ²]	整備工具 [人]	資本金 [万円]
第1類	すべての自動車整備	323 (9.7%)	800以上	200以上	50以上	700以上
第2類	1級整備および2級整備	1,262 (37.9%)	200以上	150以上	15以上	140以上
第3類	13品目の部品交換	1,746 (52.4%)	20~100	30~100	—	14~70

注：整備工場は2001年の四輪車を対象にしたもので全体3,331箇所ある。
上海市汽車維修指南 (ISBN 7-80676-125-X/Z/003) より作成

エ. 整備内容

第1類整備工場から第3類整備工場で行われる1級整備、2級整備、13分類の部品交換の内容について表2に示す。1級整備は7,500 kmごとに行う軽微な14項目の整備であり、2級整備は15,000 kmごとに行う1級よりは作業量が多い24項目の整備である（作業は2時間程度）。13分類の部品交換は、車体修理、吹き付け塗装、座席および内装修理、計器類の修理、バッテリー修理、ラジエータ修理、タイヤ修理、ドアおよびガラス修理、エアコン修理、噴射ポンプ修理、クランクシャフ

表2 1級整備、2級整備、13分類の部品交換の内容

整備内容	2級	1級	13部品
エンジン：燃料・オイル・不凍液の漏れおよび汚れを検査する。	○	○	
点火時期を必要時に応じて調整する。	○	○	
エンジンオイル、オイルエレメント、エア・クリーナを交換する。	○	○	○
ベルトの緩み及び損傷を点検する。必要に応じて交換する。	○		
冷却装置：冷却液の量と性能を検査する。	○	○	
車速を検査し、必要時に調整する。	○	○	
電気装置を検査する。8万キロに一回ベーパーライザーを交換する。	○		
スパークプラグを検査、調整し、必要時に交換する。	○		
トランスミッションを検査する。	○	○	
制動装置：ディスクブレーキの厚み及び損傷を検査する、ハンドブレーキを検査する。必要時に交換する、リザーバタンクの液量を目測する。5万キロに一回交換する。	○	○	
動力伝達装置を検査する。	○	○	○
排気装置からの排気漏れを検査。	○		
クラッチを検査する。トランスミッションとトランスファを検査する。	○		
連結装置を検査する。	○		
タイヤのナットをしっかりと締める。タイヤのみぞの深さと空気圧を検査する。必要時にタイヤローテーションする。	○		
照明：灯火装置の点灯具合を検査する。	○	○	
エアコンの機能を検査する。	○		
バッテリー液量をチェックする。必要時に、バッテリー液を補充。	○	○	○
ガソリンタンクの容量が20L以上に保持する。燃料噴射装置の場合はガソリンの圧力を検査する (0.28-0.32 MPa)。	○		
LPGシステムを検査する。	○	○	
車両の外観をチェックする。	○	○	○
エンジンの施錠の具合、窓の具合などを検査する。	○	○	○
ワイパーと洗浄装置を検査する。必要時に洗浄液を補充。	○		
乗車テスト：路上で自動車のブレーキなどの機能をテスト。	○		
ガソリンの残量	○	○	
有害ガスの測定、対象有害物質：CO (%)、HC (ppm)	○	○	

ト修理、シリンダボーリング修理、車体清掃の13品目の交換を行い、1級、2級整備より整備内容の質が落ちる。また、1級、2級整備も有害ガスの測定では、CO、HCしか計測していない。

オ. 整備の技術的問題

上海市の自動車整備の技術的な問題として、まず、専門技術者が足りないことが挙げられる。またそのための技術者を育成する体制も整っていない状況である。90%以上を占める第2類、第3類整備工場また無許可整備工場では検査、修理設備が古くまた専門的な技術も不足しているため電子制御技術への対応ができていない。また修理の品質が低く保証期間内での再整備率が高い。高級自動車の整備能力も不足している。

(2) 平成16年度

平成16年度は、材料の国際流動の特徴を把握するため、日本、中国、韓国間の鉄、非鉄屑のマテリアルフローを把握した。次に中国における日本から輸入されるAプレス（使用済み自動車から有用部品等を回収された後プレス加工したもの、鉄、非鉄屑として扱われる）の現状について、その輸入量、主な輸入地域、分解技術、成分及び構成、利用ルートについて把握した。日本、中国、韓国間の鉄、非鉄屑のマテリアルフローについては①で、中国におけるAプレスの現状については②で説明する。

①鉄、非鉄屑の国際フロー

日本からの使用済み自動車の材料としての国際流動の特徴を把握するため、自動車由来以外も含む材料の国際流動の特徴を把握する。材料として、鉄屑と非鉄屑を取り上げる。

鉄屑は日本から中国だけでなく、韓国へも多く輸出されている。以下では、日本・中国・韓国の貿易統計から東アジアの鉄、非鉄屑の流れをしてみる。輸入国の貿易統計を利用して、2004年の鉄屑のフローを図示したものが図1である。鉄屑の中でも、「一般の鉄屑」（貿易統計の品目コードでは7204.10、7204.21、7204.29、7204.30、7204.50台で示されるもの）と「ヘビー屑（大きな鉄鋼製品を切断・解体したもの）及びその他の鉄屑」（同じく7204.49台）に分けて示している。前者は工場ロスのような副産物系のものが多く、後者は雑多な使用済み系のものが多いと考えられる。世界の貿易量としては、一般の鉄屑よりもヘビー屑及びその他の鉄屑が多くなっている。日本・韓国・中国について見ると、日本から韓国・中国に対する鉄屑の輸出量が多く、それぞれ266万トン（ヘビー屑及びその他の鉄屑は233万トン）、279万トン（同じく272万トン）となっている。もっとも、韓国・中国とも日本以外の欧米からも多量に輸入しており、それぞれの鉄屑の輸入量は755万トン、1,020万トンに達している。中国ではカザフスタン、キルギスタンなどの内陸のアジア諸国や香港（図ではその他のアジア諸国に含めている）からの輸入も多い。

また、銅及びアルミといった非鉄屑についても、そのフローを図2に示す。銅屑については、日本から中国へ向かう動きが大きく、中国の日本からの輸入量は160万トンとなっている。中国は韓国を含めて世界から400万トンの銅屑を輸入しており、世界の「シンク＝受け皿」として機能している。なお、アルミは欧米から中国への流れが大きい。

このように、「鉄は日本・欧米から韓国・中国へ」「非鉄は日本・欧米から中国へ」といった大きな流れがあることが理解できる。日本もかつては鉄屑の輸入国であったが、近年では日本の輸出品と中国の輸入量の伸びが大きい。中国での鉄・非鉄、韓国での鉄は、いずれも両国で鉄製品

や非鉄製品にリサイクルされており、輸入量はその国でのリサイクル産業が盛んなことが反映されている。日本から輸出される金属屑については、前述のように、「ヘビー屑及びその他の鉄屑」の輸出量（対韓国：233万トン、対中国：272万トン）が多いが、この中には業界では通常、ミックスメタルと呼ばれる雑多な鉄屑が多く含まれている。これは文字どおり様々な金属が混ざったものであり、日本では成分比から鉄屑として輸出されても、中国で銅回収目的の輸入となる場合は銅屑の輸入とみなされる場合もある。

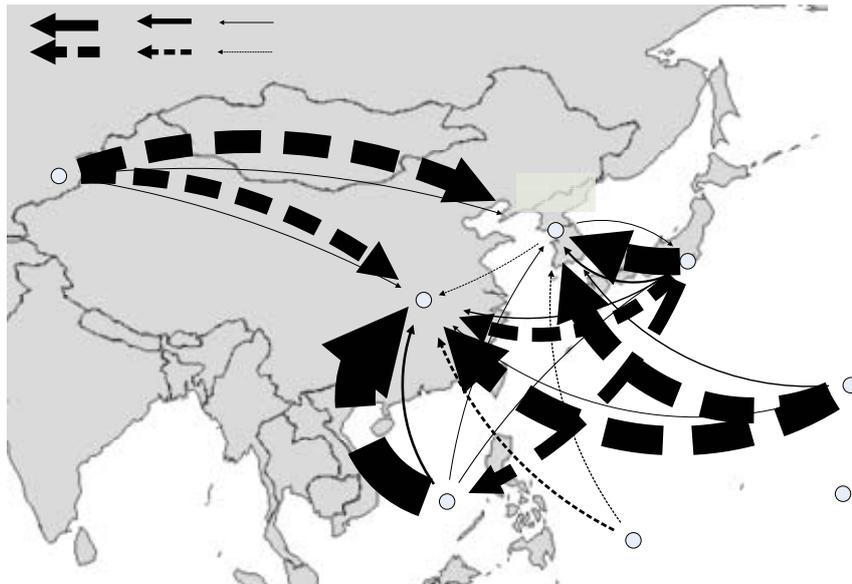


図2 2004年における鉄屑の国際フロー
(5万トン以上のみを表示)

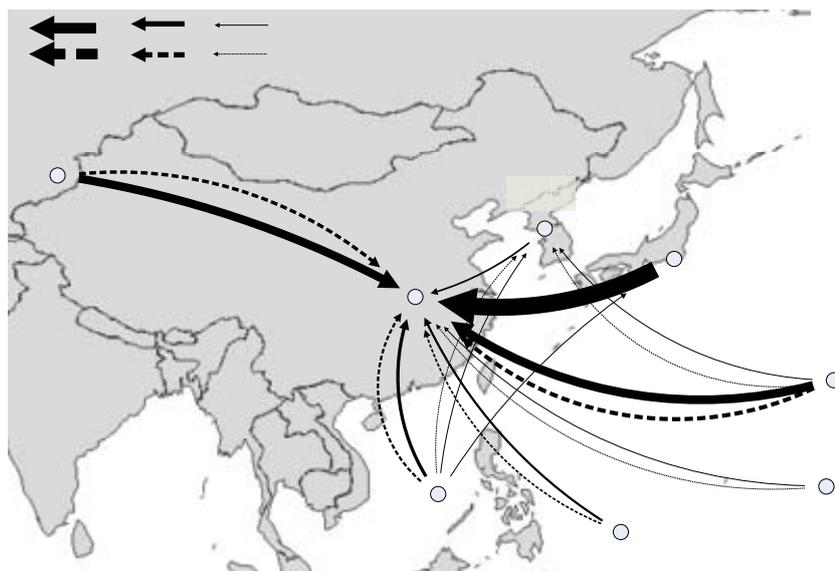


図3 2004年における非鉄屑の国際フロー
(5万トン以上のみを表示)

1,000

500

欧州

②中国の輸入Aプレスの現状

2001年12月までは、中国は一定数量のAプレスを輸入していた。しかし、Aプレスには、多くの混合物が含まれており、環境には悪影響をもたらすことが知られるようになった。また、Aプレスには冷媒やアスベストなど有害物質も含まれていることから、2002年1月以降、中国の環境保護総局はAプレスの輸入審査を中止した。中国のAプレス輸入禁止については、中国の法制度に関する情報量の不十分さから明確に理解できない状態が続いていた。この度、著者の調査により、下記の内容が判明した。

2001年12月に対外貿易部、国家環境保護総局、海関総署、国家質量監督検閲検疫総局が発表した第41号公告によって「原料として利用可能な輸入制限付き廃棄物のリスト」とおいて、11品目のうちの1つとしてAプレス（品目番号：7204.4900.10）が含まれた。これによって、実際に輸入する場合は環境保護制御基準が必要となった。第41号公告は2002年1月1日より施行のため、Aプレスの輸入禁止は2002年1月1日からとなっている。Aプレス以外の10品目については既に環境保護制御基準が設定されているため、それにしたがって輸入することができる。（基準は修正中のももある。）Aプレスの輸入に関する環境保護制御基準については、まだ基準が作成中であり、事実上、輸入禁止となっている。基準が発表されてからそれに沿って輸入可能となる。発表時期は不明である。Aプレスの輸入に関する環境保護制御基準の暫定的な内容として、混合物2%以下、自動車自体の非金属6%以下という項目が設定されている。日中商品検査では2002年以降、これに従って審査される時期があったもようである。以上に加え、著者の調査では2002年以降の日本から中国へのAプレスの輸入事例も認められたが、これらは中国の法律上は違反と解釈される。ここでは、グリーンラボ及び北京中色再生金属研究所の協力を得ながら、2001年12月末までに輸入されていたAプレスの現状について記述する。

ア. 輸入量

今回の企業に対する調査および環境保護総局、税関へ問い合わせた結果から、中国は2001年12月末までAプレスを輸入していた。ただし、今まで輸入したAプレスは全て「名前がついていない鋼鉄屑」（7204.4900）として、統計をとられていたために、「Aプレス」（7204.4900.10）個別のデータは存在しない。「名前がついていない鋼鉄屑」の輸入量は鉄屑の中で最も多く、その約9割以上を占めており（2004年は94%に達している）、成分も複雑なため、Aプレスの輸入量を推定することができない。

イ. 主な輸入地域

2002年までAプレスを輸入した地域は主に沿岸地域であり、主に華北省、浙江省、広東省、福建省の地域である。2002年には浙江省では、まだ少量の輸入Aプレスが見られた。

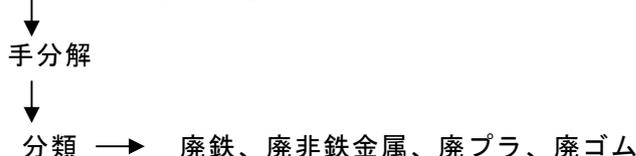
ウ. 分解技術

Aプレスはゆるく梱包されており、その密度はそれほど大きくはない。輸入した後、まず分解、分類して、鉄屑、非鉄金属スクラップ、廃プラなどをそれぞれ再利用する。Aプレスはすでに圧縮されているために、機械で分解、分類するのは大変難しく、基本的にはすべて手で分解、分別を行なっている。

(i) 動力シャベルのフォークでプレスを緩める。



(ii) 鋼の大きな釘（長さは一応30mm、太さ（直径）10mm先端は鋭く削ったもの）や、かなづちを利用してプレスを緩める。



エ. 主な輸入地域分解技術成分及び構成

輸入したAプレスの成分については、Aプレスが輸入可能かどうかに関係するため、いまだ議論の対象となっている。現在輸入禁止中であり、正確な成分比率はなかなか捕捉しにくい。関連企業によれば、Aプレスの中のモーター、変速器、蓄電池はすでに取り外してある場合が多かったが、少量のプレスには、それらの部品はまだ付いていたようである。

関連業界が調査し提供したデータによると、2002年までに輸入されたAプレスは主に乗用車であり、分解前の乗用車の成分比率は以下の通りである。

・鉄69.5% ・非鉄8.7% ・それ以外21.8%

ただし、一部の部品などは分解前、すでに取り除いてあるため、Aプレスの成分は上記比率とは一定の誤差があるはずである。当時輸入していた企業によれば、金属以外のものは15～25%とのものであったが、平均にすれば20%ぐらいになるとされている。金属以外のものは、主に廃プラ、廃ゴム、廃ガラス、廃繊維などである。これらは分解、梱包、運送などの際に様々な環境汚染の問題を起こすが、特に廃油による汚染がひどくなっていた。これによって、リサイクルが進まなくなった。一部の地域では、埋め立てか焼却処理をせざるをえない状況であった。

オ. Aプレスの利用ルート

過去に輸入されたAプレスは、分解、分類後、各種原材料を得ていた。主な利用ルートを以下に整理する。

(i) Aプレスの中にある鉄屑の利用ルート

主な利用ルートは三つあり、鋼材の生産、鋳鋼部品の生産および合金鉄の鉄源として利用されていた。2001年以前におけるAプレスの利用ルートは図4のとおりである。

A プレス

- ▶ 例として、機械部品製造工場→電炉→鋼の液体→部品鑄造（例えば、歯車、機関車車輪など）
（注：品位が低いため、2001年12月末まで輸入したAプレスの使用事例はほとんどない）
- ▶ 鋼溶錬工場→電炉→鋼の液体→連続鑄造→ロール→鋼材（例えば、鋼板、H型鋼、鉄筋など）
 - ▶ 転炉→鋼の液体→連続鑄造→レール→鋼材（例えば、鋼板、丸い棒の鋼、合金鋼など）
（注：2001年12月末まで、輸入したAプレスは主に鋼溶錬工場で鋼の製錬材料に使われている）

図4 Aプレスの鉄屑の利用ルート

製鉄における利用

現在中国での製鋼は主に転炉と電炉が使われており、平炉はほぼなくなっているとみられる。中国では製鋼にとって鉄屑が重要な鉄源の一つになっており、鋼生産量に対し20%程度投入されている。資料によれば、2004年には中国の製鋼ではトン当たり平均として、鉄屑が199kg使われている。過去に輸入されていたAプレスは主に廃乗用車であり、混合物も多く品位の低い鉄屑の一つである。輸入されていた時点でも、一般の製鋼原料として利用される場合が多かった。

A、転炉製鋼

転炉の原料は高炉からの溶銑（中国語では鉄水）であり、以前は余り鉄屑を利用していなかったが、現在は転炉でも一定量の鉄屑を利用するようになってきている。現在中国では高い場合には、材料の30%にも達している。また鉄屑は転炉で温度を調整し、エネルギーを節約する役割もしている。

B、電炉製鋼

鉄屑は電炉の主な原料であり、現在その使用量はすでに70～90%に達している。電炉では、特殊鋼の生産が行われる場合も多く、鉄屑にも一定の品質要求がある。その場合には、輸入されていたAプレスはあまり使用されていなかった。

鑄鋼生産における利用

鉄屑は機械製造業界の鑄造用の重要原料であり、主に各種機械設備部品の半完成品の鑄造に使われている。例えば、歯車、機関車車輪などで、これらは鑄鋼部品と呼ばれている。鑄鋼の設備は主に電炉であるが、鑄鋼の場合、鉄屑への品質要求がかなり厳しいので、普通Aプレスは使われることはなかった。

(ii) Aプレスの中にあるアルミ屑の利用ルート

Aプレスを分解する企業は直接廃アルミ合金を利用できないので、普通はそれを原料として再生アルミ生産企業に売っている。精錬後、基準に合うアルミ合金を生産するが、その中にはアルミ合金型材と鋳造アルミ合金も含まれている。現在主に中国基準（GB）、日本基準（JIS）、米国基準（AA）が使用されている。自動車廃アルミの利用ルートは図5のとおりである。

A、廃アルミ合金型材

廃Aプレスにはアルミ型材は比較的少なく、バンパーなどが主である。廃アルミ型材の利用ルートは合金棒の生産が多い。廃アルミ型材は利用する前に、きちんと前処理をしなければならない。アルミ以外のものを除外してから炉に入れて精錬する。その場合一定比率の純アルミインゴットとアルミ合金を入れていく。

B、廃鋳造アルミ合金

Aプレスには、少量の鋳造アルミ合金も含まれている。この場合も前処理を必要とする。例えば、成分によって分類し、機械で表面の汚い油を取り除いて、溶錬炉に入れ、一定比率に基づき純アルミインゴットや合金成分（例えば、工業シリコン、アルミMgなど）を入れて、基準に合う鋳造アルミ合金インゴットを生産している。

C、非基準のアルミ合金インゴットの生産

一部の小型企業は廃アルミ合金を自溶炉またはるつぼ炉で溶錬してインゴットを生産しているが、この種のインゴットの成分は不安定で、物性性能も良くない。そのほとんどはアルミ合金インゴットの生産原料として、正規の再生アルミ工場に売られていた。現在では、エネルギー消費が大きく、環境汚染も激しいために、地方政府環境保護局が徐々に制限することになっている。

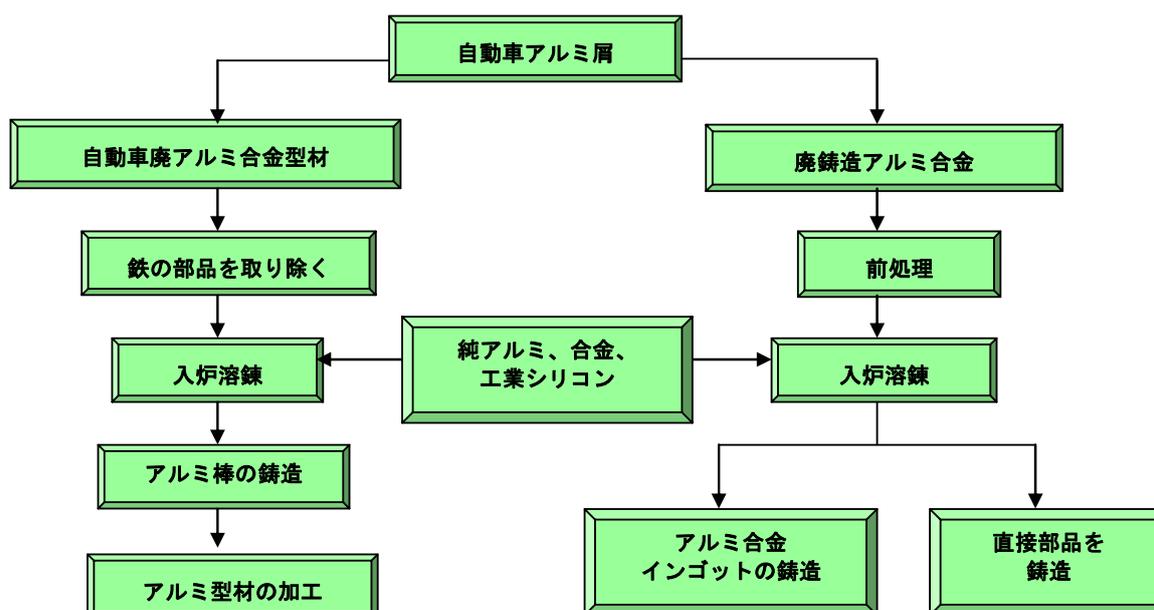


図5 自動車廃アルミの利用ルート 注：北京中色再生金属研究所の調査による

(iii) Aプレスの中にある銅屑の利用ルート

Aプレスの中にある銅屑は主に廃銅線、銅パイプなどである。これらの銅屑は分解企業では直接利用できないので、通常は前処理だけであった（廃電線の前処理については第四章の第七類屑の利用を参照）。過去に輸入されていたAプレスの銅屑利用ルートは図6のとおりである。

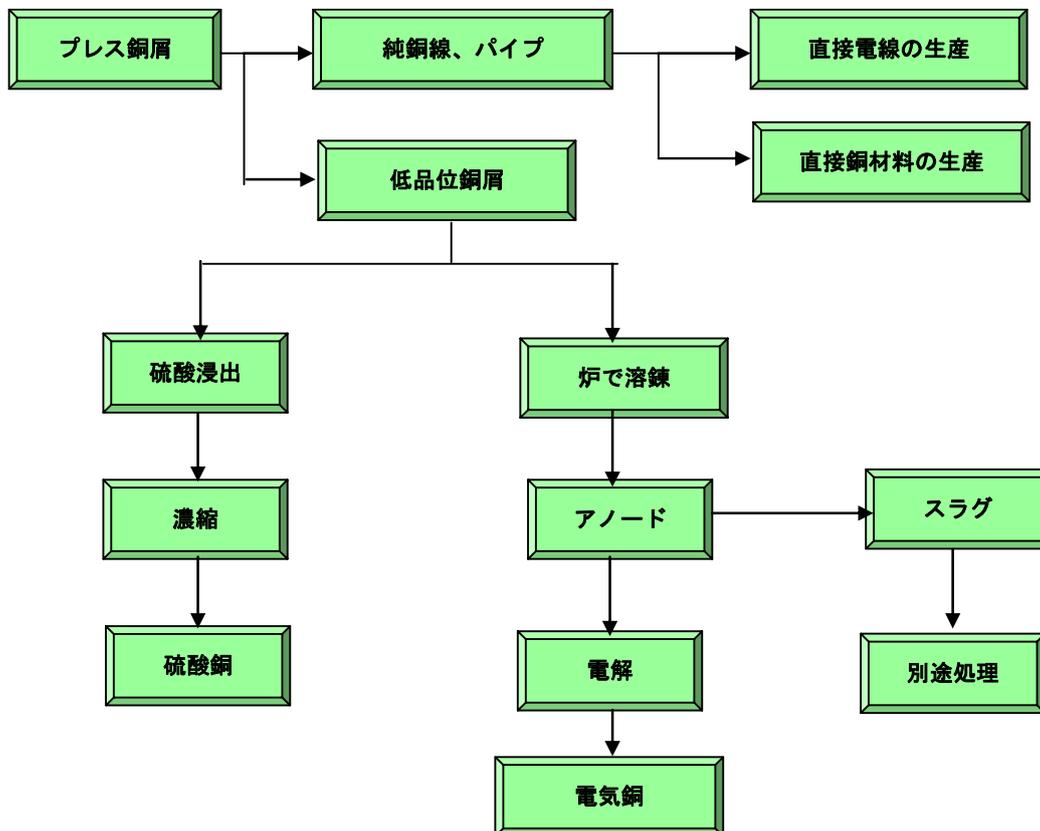


図6 Aプレスにある銅屑の利用ルート 注:北京中色再生金属研究所の調査による。

銅屑の利用ルートはいろいろあるが、再生銅企業は、主に電気銅、銅合金、銅粉、銅加工製品、銅箔を生産している。その状況を下記に説明する。

A、電気銅の生産

電気銅を生産する場合、銅スクラップは重要な原料である。中国は銅資源が足りないために、銅スクラップを利用して電気銅を生産する比率が高まっている。2003年には中国は銅スクラップを利用して42.4万トンの電気銅を生産している。その量は電気銅生産量の23.9%に達しているが、2004年にはさらに増えて電気銅を49万トンを生産し、電気銅生産量全体の23.7%を占めている。統計はまだ不十分な面もあると思われるので、実際の比率はもっと高いものと思われる。純銅スクラップでも、銅合金スクラップでもいずれもそれを使って、電気銅の生産が可能である。現在ほとんどの純銅スクラップ、特に品位の低い銅スクラップは主に電気銅の生産に使われている。高品位の銅合金スクラップは普通は電気銅の生産に使われていない。それは、プロセスが複雑になり、エネルギー消費が大きく、コストも高くなり、合金成分の総合利

用に不利になるからである。通常の利用ルートは、銅合金の生産である。過去に輸入されていたAプレス由来のものを含め、混合のひどいものに対する最終利用は電気銅の生産である。

B、直接利用

直接利用とは高品位の純銅スクラップで銅製品を生産することである。例えば、裸銅線や綺麗な銅パイプで銅Wire Rodを生産し、それを使ってさらに銅線やケーブルなどを生産している。

C、化工製品の生産

主に低品位の銅屑で硫酸銅 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) を生産している。以前はあまり銅屑で硫酸銅を生産することは推奨されなかった。その理由は硫酸銅は電気銅を生産する場合の中間製品であり、銅屑から硫酸銅を生産したとしても、経済的ではないためである。しかし硫酸銅の国際相場が上がった場合は、銅スクラップで硫酸銅を生産しても利益を出すことは可能である。

D、銅粉の生産

銅屑およびその合金で銅粉を生産するのもよく使う方法であるが、マーケットは比較的小さい。

(3) 平成17年度

平成17年度は、平成16年度に引き続き、資源の国際流動の特徴を把握するため、①中国の鉄、アルミ、銅のマテリアルフローと、サブテーマ(2)で作成した中国のデータベースより②中国の使用済み自動車のマテリアルフローを把握した。さらに、②で中国における日本から輸入されるAプレス輸入政策の最新の動向も把握すると共に、サブテーマ(3)で開発した自動車再資源化モデルを用いて、Aプレス輸入政策の影響分析を行った。

①中国の鉄、アルミ、銅と使用済み自動車のマテリアルフロー

現在の東アジア地域における使用済み自動車の再資源化を考える上で、中国における金属鉱物資源のマテリアルフローを無視することは出来ない。図7にあるように近年中国はほぼすべての金属について世界最大の消費国となっており、その影響は東アジアと言わず世界に及ぶものである。また、ニッケルとその他の金属種についてそのシェアを比較すると分かるように、基礎的な素材に対する需要が非常に大きいことが分かる。ここでは金属の中でも、鉄、銅、アルミニウムの中国国内における需給の現状を把握した。

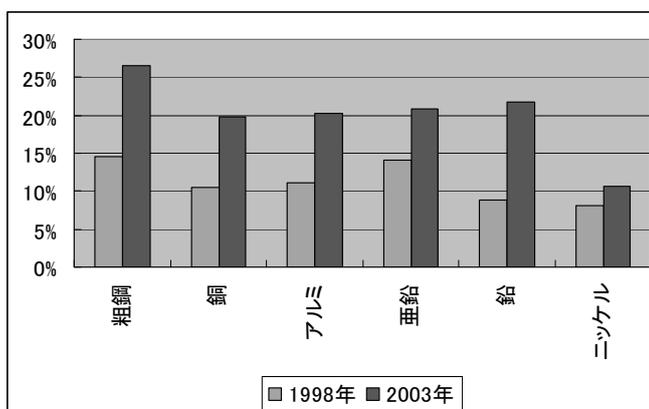


図7 中国の主要金属消費量の世界に占めるシェアの変遷

中国鉄鋼統計年鑑及び中国有色金属工業年鑑

鉄

先に示したとおり、2003年時の中国の粗鋼消費量は世界一であり、そのシェアは27%にも及ぶ。使用済み自動車の再資源化を考える際にもっとも大きなウェイトを占めるものは鉄であり、そのマテリアルフローが及ぼす影響は大きい。日本の鉄鋼業が長らく粗鋼生産量1億トンの規模で推移してきたことを考えればこの3億トンと言う数字がいかに大きいかが分かる。ここで我々が改めて認識しなければならないのは、確かに中国は再生資源輸入大国ではあるが、こと鉄に関して言えば屑依存度は高くない。これは国内発生屑の絶対量が少ないことも一つの理由ではあるが、電炉の生産能力が4,822万トンであるのに対し、転炉の能力が2億9,162万トンと相対的に電炉の能力が小さいことも考えられよう。また日本機械工業連合会(2004)も示唆するように、電炉における鉄屑の消費原単位も小さいようである。中国の鉄鋼産業は現在転換期にあると考えられ、例えば平炉は廃止されてきたなど、その生産形態も徐々にシフトしていくと思われる。しかし、高炉中心の増強を行うとされており、屑の消費原単位がこれ以上大きくなるとは考えがたい。ただし、中国産の鉄鉱石の品位は比較的低いものが多く、屑をより多く使う方向もあり得る。

他方で、これまでの鉄鋼の消費の推移を考えれば、そう遠くない将来中国国内からも大量のスクラップが発生することが予測される。その際には、鉄屑市場に対する供給は大きくなり、現在とは異なった姿となることも想像に難くない。国際資源循環を見る際に、鉄屑は非常に大きな量を占めるものであり、使用済み自動車の再生利用を考える際にも、自動車の構成素材として鉄が最も多いことを考えればこうした動向は無視できるものではない。

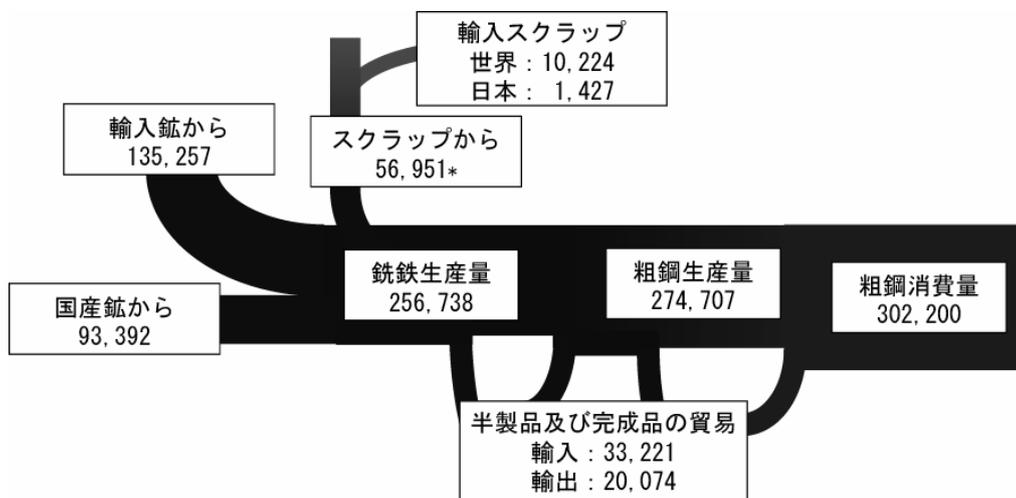


図7 中国における鉄鋼業のマテリアルフロー（2004年）[1,000ton] 鉄石は鉄換算量
鉄以外の原料も投入されるため必ずしも投入と産出は一致しない

アルミ

中国のアルミニウム新地金消費量は2003年で519万トン、アメリカの566万トンに次ぐ世界第2位であり、3位の日本が195万トンに過ぎないことを考えれば非常に大きな数字である。生産国としては世界最大で555万トンの新地金を生産している。他方で、屑のリサイクルについては様々な数字があるが、中国有色金属工業年鑑によれば二次地金の生産量は41万トンであるとされている。これは日本の126万トンと言った数字と比べれば未だ少ない値ではある。しかし注意が必要なのは、

日本においては新地金の生産は事実上行われておらず、すべての屑は二次地金の原料となるのに対し、中国においては必ずしもそうとは言いきれない点である。実際、Jiahong (2004)によれば2004年の第一から第三四半期までの間に中国では135万トンのアルミニウムスクラップがリサイクルされたとされている。METI (2005)にも指摘されているように、アルミニウム屑の主要な用途はアルミ型材と鋳造アルミ合金である。いずれにせよ、新地金、二次地金あわせて600万トン前後を生産し消費していることを考えれば世界トップクラス規模のアルミニウムのマテリアルフローが中国には存在することになる。また、中国はボーキサイトの生産国としても非常に有力である。よって国内鉱からの生産も少なくない。

原料については、国内鉱から347万トン余りのアルミが供給されており、新地金の6割程度の原料を供給していることになる。その他の原料を輸入したアルミナ及びスクラップに頼っているわけだが、アルミの総消費量600万トン余りに対して屑原料は恐らく100万トン程度、輸入分に限れば65万トンと決して多い量ではない。中国が今後どの程度の二次地金の生産を行うかは不明であるが、これを増やす可能性は大きいと見るべきである。

銅

中国の銅の消費量の上昇は止まるところを知らず電気銅の消費量で300万トンを超え世界第一位となっている。中国は国内に銅資源を持っているが、その品位はあまり高くはなく、これ以上の増産を望むことは難しい状況であると言われている。実際、電気銅の消費量が2000年と比較した場合に114万トンも増えているにもかかわらず、国内鉱からの電気銅生産はほぼ横ばいである。中国における銅のマテリアルフローを図3に示した。銅の場合のアルミや鉄との違いは、原料としての屑の重要性にある。これは世界的に銅の需給が、他の2鉱種に比べより逼迫しており、屑に頼らざるを得ないことが理由であると考えられる。また、村上ら(2005)にあるように、銅の老廃屑の大きな供給源は電気部品や電線であり、これらについては中国の低廉な人件費による比較優位が働くために、中国が利用しやすい原料となっている可能性がある。

ただし、銅スクラップについてはその貿易の多くがミックスメタルの形を取っているために、輸入量を正確に把握することが困難である。また、中国における銅の需要がより高品位な銅地金を要求するようになれば、これ以上の銅スクラップの利用が困難になる可能性もある。

サブテーマ(2)より1995年の対象国に中国を加えた自動車リサイクル産業関連表を作成した。そのデータを基に、中国で排出した使用済み自動車のマテリアルフロー図を図9に作成した。

1995年において、47.7万台の使用済み自動車が発生し、解体業において、手作業でタイヤ、バッテリー、液類、ガラス類の事前選別品、中古部品、金属屑が回収され、最終的に解体残余物として4万tが埋め立て処分、また液類の1万t、フロン百tは回収されずに土壌、大気に放出されている。リサイクル率(=リサイクル量/使用済み自動車発生量)を算出すると、四輪車で89%となり、別途推計した日本値の82%より高い値となった。また日本から中古車を4千台(1.6千トン)、中古部品を1.6万トン輸入していることも分かる。以上より、中国は手作業による精緻な解体が行われ、破碎工程を有さないため日本で処理が問題になっているシュレッターダストは発生しない。このことから1995年時点で高いリサイクル率を達成している。しかし、フロン、液類の処理には課題が残っており、対応が必要である。

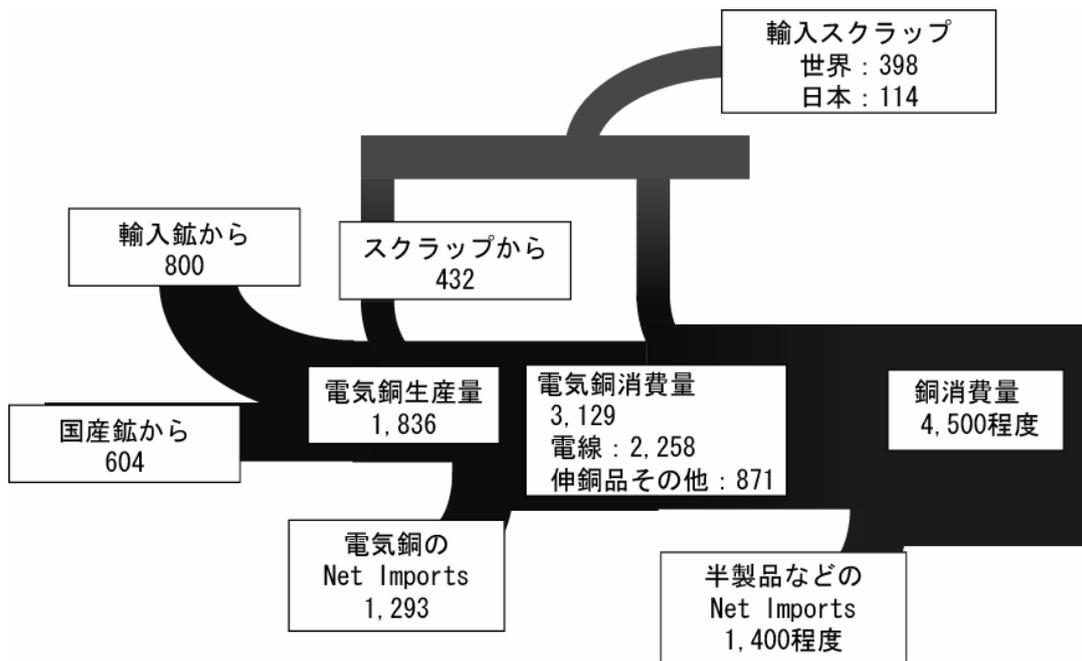


図8 中国における銅の材料フロー (2003) [1,000 ton]

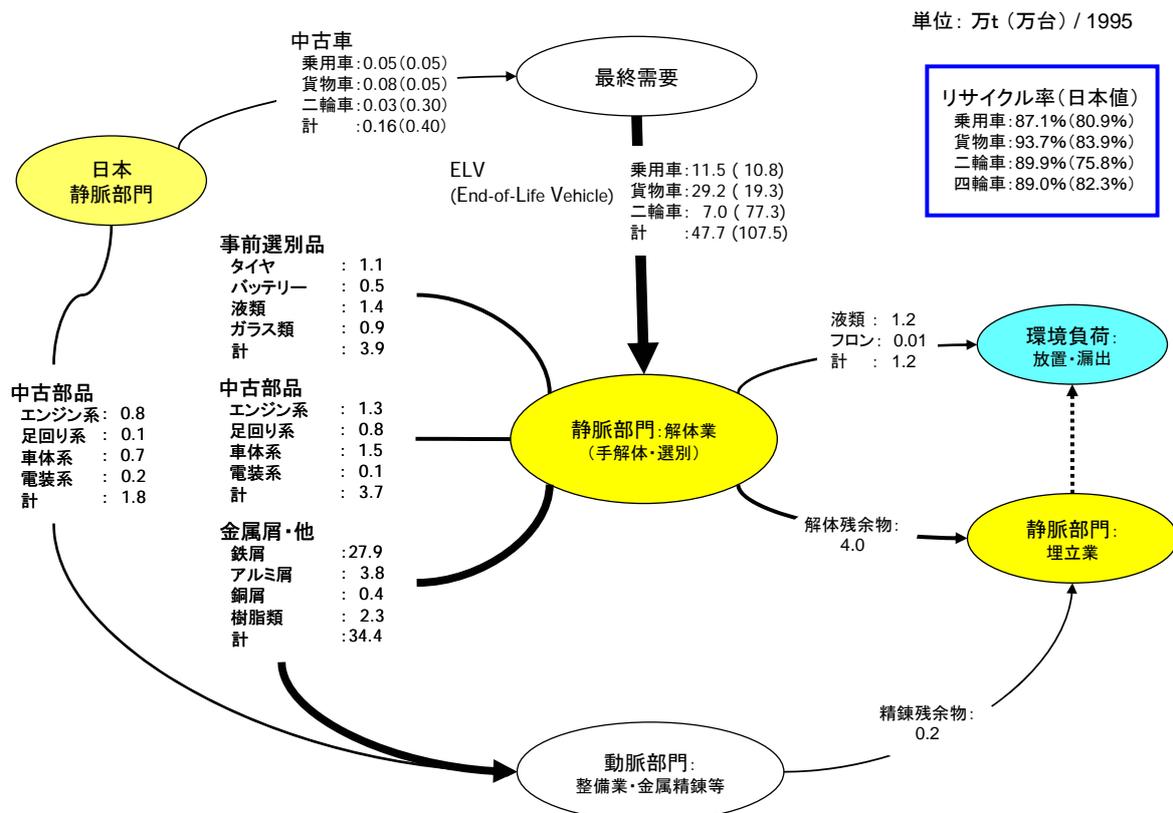


図9 1995年における中国で排出した使用済み自動車の材料フロー

②Aプレス輸入政策の最新動向とその影響分析

中国の自動車プレス輸入規制

中国におけるAプレスの輸入及び輸入規制の最新の動向について調査した。関係者へのヒアリング調査によっても明確にならない点が多かったが、国家環境保護総局ほか関係者に対してさらに深くヒアリング調査を実施することにより、次のことが判明した。すなわち、2001年12月に対外貿易部、国家環境保護総局、海関総署、国家質量監督検閲検疫総局が発表した第41号公告（2002年1月1日より施行）によって「原料として利用可能な輸入制限付き廃棄物のリスト」とおいて、11品目のうちの1つとしてAプレス（品目番号：7204.4900.10）が含まれた。これによって、2002年1月1日から、Aプレスに対する環境保護制御基準がないために輸入は禁止となっていた。これまで、Aプレスに対する環境保護制御基準は、暫定的な内容として、混合物2%以下、ガラスなど自動車自体の非金属6%以下という項目が設定されていた。Aプレス中の金属以外の不純物が通常25%前後あることを考えれば不純物の割合が合計8%以下というのは非常に厳しいものといえる。この暫定的内容について法的根拠はなかったが、日中商品検査では2002年以降、これに従って審査される時期もあったもようである。しかしながら、2005年12月に国家環境保護総局が第59号公告を発表して、他の12項目の廃棄物原料に対する環境保護基準（輸入基準）の更新とともに、自動車プレスに対する環境保護基準がGB16487.13-2005として初めて提示され、2006年2月から施行されることとなった。これに伴い、中国でもAプレスの輸入が再開される見通しとみられるが、2006年3月現在、日本からの輸入は再開されていないもようである。

Aプレスに対する環境保護基準の主な内容は下記のとおりである。

- ・ 厳格制限夾雑物として、石綿廃棄物または石綿含有廃棄物、廃感光材料、密閉容器、自動車プレスの生産・収集・包装及び輸送中混入を避けられないその他の危険物の合計が0.01%以下
- ・ その他制限すべき夾雑物として、廃木、古紙、熱硬化性プラスチック、ゴム、車に残留されている生活ごみなど（著者注：この割合は発表されていない）
- ・ 次のものを除去すること：エアバッグ、蓄電池、消火器・密閉圧力容器、機械油・歯車油、燃料油及びガス、制動液、冷却液、冷却材・触媒、タイヤ

このうち、1点目は他の12項目とほぼ共通に設定されたものだが、2点目の夾雑物と3点目の除去基準は自動車プレス特有のものとして設定された。上記の暫定的内容の時点では8%以下とされていた不純物の割合は明示されなくなった一方で、エアバッグ、蓄電池（バッテリー）、各種の液類やタイヤなど、除去すべき項目が明らかになった。また、日本の場合はAプレスの電炉などでの利用においては、塩化ビニルとトランプエレメントとしての銅の含有量が問題となっているが、これについて上の輸入基準では示されていないのも興味深い。これらの銅などは、分別回収が可能であり、原料として有用であるためと考えられる。この自動車プレスに対する新たな輸入基準の施行によって、今後、日本と中国の間における自動車プレスの輸出入が増大する可能性もあるが、不純物や除去すべき項目の遵守とその運用がどのようになるかが課題と考えられる。

サブテーマ（2）で作成したデータベースとサブテーマ（3）の自動車再資源化モデルを用いて、Aプレス輸入政策の影響を分析した。ここではAプレスの輸入がなかった1995年の中国に、仮想的に日本からAプレスが10万トン輸入される場合の、中国、日本での埋立量とCO₂排出量を自動車再資源化モデルより推

計した。輸入がなかった場合と比較したときの埋立量とCO₂排出量を変化量をを図10に示す。10万トンと想定した理由は、2000年における中国へのAプレス輸入量が13万トンであったためである。

日本からAプレスが10万t輸入されると、その影響として、中国でAプレスの処理する際に排出される5千tにより埋立量は増加し、反対に日本では輸出されるAプレスの10万t分減少する結果が得られた。またCO₂排出量に関しては、中国、日本それぞれ8万t、3万t減少しており、これはAプレス輸入による代替効果である銑鉄投入量減少の影響と考えられる。特に日本の減少の多さは、中国と日本の関係の強さを表わしている。以上より、Aプレスの輸入規制の緩和、強化によって大きく変動する国際流動の結果として、輸入量が増加すれば環境的には削減効果があり、そうでない場合は反対に増加する可能性を確認した。ただし、今回の影響分析、Aプレスの質に対して考慮していないため、輸入政策によっては銅分の除去具合が異なり、その影響として環境負荷発生量も異なる可能性に注意する。

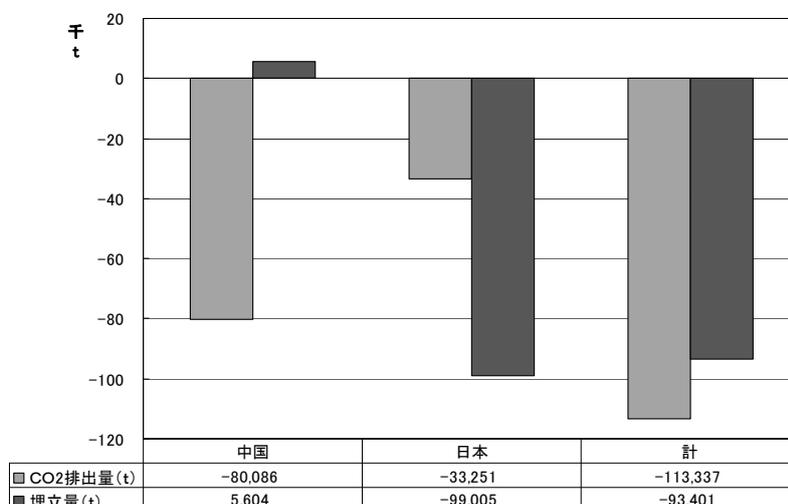


図10 Aプレス10万t輸入された場合の埋立量とCO₂排出量の変化

4. 本研究により得られた成果

平成15年度の成果を以下に示す。

- (1) 上海市の自動車の保有・使用・廃棄のフロー図を作成した。上海市では新規登録台数は毎年8万台と制限されていること、保有台数は2002年で約62万台あり、その使用には車令による制限があること、保有台数うち2003年で約10.8万台が中古車として地域内で再利用され、約3.6万台は周辺地域へ中古車として流出し、地域内で廃棄されるのは約0.8万台と少ないことを把握した。
- (2) 上海市の自動車整備の現状として保有台数あたりの整備回数が多いこと、整備工場は3種類に分けられ高度な整備技術をもつ工場は全体の10%しかないこと、整備工場によって行う整備内容が決まっており、差があることを把握した。
- (3) 上海市の自動車整備の技術的問題として専門技術者が足りないこと、そのための技術者を育成する体制も整っていないこと、全体の90%以上の整備工場が検査、修理設備が古く、電子制御技術への対応ができず、また修理の品質も低く保証期間内での再整備率が高いこと、高級自動車の整備能力が不足していることを把握した。

平成16年度の成果を以下に示す。

- (1) 材料の国際流動の特徴を把握するため、鉄、非鉄屑の国際フローを把握し、「鉄は日本・欧米から韓国・中国へ」「非鉄は日本・欧米から中国へ」といった大きな流れがあることを明らかにした。日本もかつては鉄屑の輸入国であったが、近年では日本の輸出量と中国の輸入量の伸びが大きい。中国での鉄・非鉄、韓国での鉄は、いずれも両国で鉄製品や非鉄製品にリサイクルされており、輸入量はその国でのリサイクル産業が盛んなことが反映されている。
- (2) 2001年12月までは、中国は一定数量のAプレスを輸入していた。しかし、Aプレスには、多くの混合物が含まれており、環境には悪影響をもたらすことが知られるようになった。また、Aプレスには冷媒やアスベストなど有害物質も含まれていることから、2002年1月以降、中国の環境保護総局はAプレスの輸入審査を中止した。そこで、2001年12月までの日本から輸入されるAプレスの現状について、その輸入量は貿易統計から得ることができないこと、主な輸入地域は沿岸地域の華北省、浙江省、広東省、福建省である。2002年には浙江省では、まだ少量の輸入Aプレスが見られたこと、分解技術は基本的にはすべて手で分解、分別を行なっていること。その成分及び構成は鉄69.5%、非鉄8.7%、それ以外21.8%であること、利用ルートについては分解されたあと回収された鉄屑、アルミ屑、銅屑について詳細に把握した。

平成17年度の成果を以下に整理する。

- (1) 材料の国際流動の特徴を把握するため、中国の鉄、アルミ、銅のマテリアルフローを把握した。また中国で排出された使用済み自動車のマテリアルフローも示した。結果として、徹底した手作業による解体より、日本より高いリサイクル率を有している一方で、液類、フロンを環境に放出している現状を確認した。
- (2) 中国のAプレス輸入政策の最新の動向を把握すると共に、1995年を対象に、仮想的にAプレス10万t輸入したケースの埋立量・CO₂排出量に与える影響を推計した。結果として、中国では、埋立量は増加するもののCO₂排出量は減少し、また輸出先である日本では埋立量・CO₂排出量は共に減少することを確認した。また日中両国で見ると、埋立量・CO₂排出量が減少する結果となった。

5. 引用文献

- (1) 寺園淳：小島道一編、アジア経済研究所、pp. 20-40 (2005) 「第2章 日本のリサイクル法制と循環資源の貿易、In: アジアにおけるリサイクルと循環資源貿易」
- (2) 森口祐一：国立環境研究所 地球環境研究センター (2003) 「マテリアルフローデータブック ―日本を取りまく世界の資源のフロー― (第2版)」
- (3) Terazono, A. Yoshida, J. Yang, Y. Moriguchi, S. Sakai; J. Material Cycles and Waste Management, 6(2), pp. 82-96 (2004) “Material Cycles in Asia - especially recycling loop between Japan and China”
- (4) 孫 永培：日刊市況通信 第12532号、p32 (2005) 「韓国における鉄スクラップ需給に関する一考」

- (5) Q. Luo, Z.W. Cai, M.H. Wong; Proceedings of the Second NIES Workshop on E-waste, Tokyo (2005) “Determination of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Sediment and Fish from an Electronic Waste Recycling Region”
- (6) 日本機械工業連合会(2004)「平成15年度循環型社会における鉄リサイクルに関する調査研究報告書」
- (7) Jiahong, Wei;_The Proceedings of the Fourth Secondary Metals International Forum, Suzhou China, pp84-95 (2004) “Development Situation of China’s Aluminum Recycling Industry in 2004”
- (8) 経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課(METI)(2005)「平成16年度環境問題対策調査等委託費 循環型製品・システム評価研究-日中国際資源循環実態調査-報告書」
- (9) 村上進亮・寺園淳・森口 祐一：平成17年度資源・素材学会春季大会講演予稿集(2005年)「金属の国際資源循環について —物量及び資源経済学の両側面から—」
- (10) 日本メタル経済研究所(2003)「躍進する中国銅産業と原料問題」
- (11) 中国鋼鉄工業年鑑編集委員会(2005)「中国鋼鉄工業年鑑2005年版」
- (12) International Iron and Steel Institute (2005); “Steel Statistical Yearbook 2005 International Iron and Steel Institute”
- (13) 中国有色金属工業協会(2004)：「中国有色金属工業年鑑2004」
- (14) International Aluminum Institute (IAI); “IAI Statistics” IAI (online) available from <http://www.world-aluminium.org/iai/stats/index.asp> (accessed on 2006/05/01)
- (15) International Cablemakers Federation (ICF); “Statistics” ICF (Online) available from <http://www.icf.at/index.php?id=19216> (accessed on 2006/05/02)
- (16) World Bureau of Metal Statistics (2005); “Metal Statistics”

6. 国際共同研究等の状況

なし

7. 研究成果の発表状況

- (1) 誌上発表(学術誌・書籍)

<論文(査読あり)>

- ① Terazono, A. Yoshida, J. Yang, Y. Moriguchi, S. Sakai; J. Material Cycles and Waste Management, Vol. 6, No. 2, 82-96 (2004) “Material Cycles in Asia - especially recycling loop between Japan and China”
- ② Inanc, A. Idris, A. Terazono, S. Sakai; J. Material Cycles and Waste Management, Vol. 6, No. 2, 97-103 (2004) “Development of a database of landfills and dump sites in Asian Countries”
- ③ Yoshida, A. Terazono, T. Aramaki, K. Hanaki; J. Material Cycles and Waste Management, Vol. 7, No. 1, 8-15 (2005) “Secondary materials transfer from Japan to China: destination analysis in China”

<査読付論文に準ずる成果発表>

なし

<その他誌上発表（査読なし）>

- ① Terazono, Y. Moriguchi; J. of Industrial Ecology, 8(3), 10-12 (2004) “International secondary material flows within Asia”
- ② Terazono, Y. Moriguchi, Y.S. Yamamoto, S. Sakai, B. Inanc, J. Yang, S. Siu, A.V. Shekdar, D-H. Lee, A.B. Idris, A.A. Magalang, G.L. Peralta, C-C. Lin, P. Vanapruk, and T. Mungcharoen; International Review for Environmental Strategies, Vol.5, No.2, 477- 498 (2005) “Waste Management and Recycling in Asia”
- ③ 寺園 淳：季刊環境研究, No.136, pp.85-92 (2005) 「アジアにおける資源循環 ——循環資源の輸出由来, 廃プラスチック, E-waste」
- ④ 寺園 淳：かんきょう, pp.42-43 (2005) 「国際資源循環研究の動向」
- ⑤ 寺園 淳：アジアにおけるリサイクルと循環資源貿易, 小島道一編, アジア経済研究所, pp.20-40 (2005) 「第2章 日本のリサイクル法制と循環資源の貿易」 (印刷中)
- ⑥ 寺園 淳：, 東アジア環境情報発信所, 集英社新書 (2005) 「日本や世界の廃棄物が中国・韓国へ、日中韓・環境共同体としての未来へ 東アジア環境緑書」 (印刷中)

(2) 口頭発表

- ① Terazono, A; The 4th Tripartite Roundtable Meeting on Environmental Industry; (Proceedings, pp.71-84) (Seoul, 2004) “Material cycles in East Asia and recycling in Japan”
- ② 寺園 淳・森口祐一・酒井伸一・吉田 綾：環境経済・政策学会2004年大会(同報告要旨集, pp.320-321) (広島, 2004) 「日中間における廃プラスチックの循環構造と課題」
- ③ Terazono, A. Yoshida, Y. Moriguchi, S. Sakai; The Sixth International Conference on EcoBalance (Proceedings of The Sixth International Conference on EcoBalance, pp.175-178) (Tsukuba, 2004) “Structure of material cycle in East Asia”
- ④ Terazono, A; Automo-biles, plastics, Int. Workshop on Environmental injustice reflected in Ewastes pollution, (Proceedings, pp.4-46) (Seoul, 2004) “International trade of secondary resources from Japan - E-waste”
- ⑤ 寺園 淳・森口祐一・酒井伸一・吉田 綾：第15回廃棄物学会研究発表会 (第15回講演論文集, pp.88-90) (高松, 2004) 「日本からの主要な再生資源の輸出とアジアの循環構造」
- ⑥ 寺園 淳：NatureCOEシンポジウム「アジア圏における物質循環」(名古屋, 2004) 「アジア地域における資源循環」
- ⑦ Terazono, A; Material cycles in Asia and the related environmental issues, Tokyo Triple Workshops on Material Flow Analysis, Input-Output Analysis and Environmental Accounting, WS-A (Proceedings, pp.60-71) (Tokyo, 2005.2) “Environmental burdens associated with international trade of raw materials, known as ecological rucksack or hidden flows”

(3) 出願特許

なし

(4) マスコミ等への公表・報道等

なし

8. 成果の政策的な寄与・貢献について

今回把握した中国のAプレスの現状および関連政策の影響分析結果は、東アジア諸国への適切な自動車の再資源化に関する政策としてそれぞれの国の状況に応じた自動車リサイクル制度の導入を提案し、その実施により地球環境負荷削減効果を推計する際の重要な基礎的な知見として貢献することが期待できる。