

# ステンレス鋼のリサイクル

## Recycle of Stainless Steel

阿部 光 範<sup>\*(1)</sup>  
Mitsunori ABE

橋 本 政 哲<sup>\*(2)</sup>  
Masanori HASHIMOTO

平 川 眞 也<sup>\*(3)</sup>  
Shinya HIRAKAWA

### 抄 録

最近の地球環境保護への関心の高まりから、各製造業界では種々の素材のスクラップ化(燃焼処理等)における無害性、そしてむしろ廃棄せずに再利用するリサイクル性を商品価値として評価する傾向にある。ステンレス鋼を使用している業界でもスクラップを扱わない部門ではリサイクルできないと思い込んでいるようであり、その理解活動の一環としてステンレス鋼車両を例にリサイクル性を紹介した。

### Abstract

As a result of mounting interest in global environmental protection in recent years, manufacturing industries are increasingly evaluating the harmlessness of scrap steel during refuse incineration and the recyclability of scrap steel as commercial values. It is commonsense for the stainless steel industry to use scrap as raw material for stainless steel production. General public do not always understand this fact. Many people who do not handle scrap in stainless steel consuming industries incorrectly think that stainless steel is not recyclable. Taking stainless steel railroad cars as example, the recyclability of stainless steel is introduced here as part of activities to popularize this excellent property of stainless steel.

## 1. 緒 言

地球温暖化防止京都会議において、温室効果ガス排出削減目標について先進国間あるいは先進国対発展途上国での交渉経過が新聞にぎわしていたのは記憶に新しい。この結果を受けて、各業界とも省エネルギー、排ガス対策等を進めている。一方、一般大衆の関心も高く、“地球にやさしい”ことが商品価値として認知されてきている。

ステンレス鋼は、メーカーによってスクラップ使用率は異なるものの、スクラップから侵入する不純物をコントロールして一級品に生まれ変わらせることができる、まさに地球にやさしい金属である。しかしごく最近まで、ステンレス鋼車両メーカー、電気鉄道業界では設計担当者まで、“こんなにさびないで、しかも強度が高いステンレス鋼がリサイクルできるのか？”という人が多く、メンテナンスが容易であることへの理解度は高いものの、リサイクル性への理解度は低かった。

車両構体素材のライバルであるアルミニウムについては、リサイクル性の宣伝活動が活発で、“リサイクル車”の看板を付けた車両が使用されている程である。そこでステンレス鋼についてもそのリサイクル性を宣伝すべく、ステンレス鋼車両のリサイクルを実証するビデオを作成した。本稿では、ステンレス鋼のリサイクル性を簡単に紹介するとともに、ステンレス鋼車両のリサイクル性検証結果を報告する。

## 2. ステンレス鋼の原料事情

ステンレス鋼の生産量は過去30年間で5倍、年率5.5%の高度成長を続けており、その主原料フェロクロム、フェロニッケル生産、そしてスクラップ生産、発生も増加している。その日本国内の供給量を図1、図2、図3に示す。ステンレス鋼の生産量の伸びに応じて原料供給が増加しているが、フェロクロムは輸入増、フェロニッケルはあまり増加していないが、輸入品のメタルニッケル類が増加、スクラップは国内スクラップの回収増で補われている。フェロクロムはCr純分が50%程度、フェロニッケルはNi純分20%程度、スクラップは平均的的成分は不明であるが、SUS304が大半である。

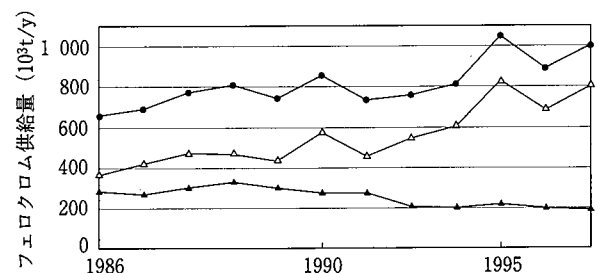


図1 日本国内フェロクロム供給量

\*<sup>(1)</sup> ステンレス営業部 マネジャー  
東京都千代田区大手町2-6-3 ☎100-8071 ☎(03)3275-7867

\*<sup>(2)</sup> ステンレス営業部 グループリーダー

\*<sup>(3)</sup> ステンレス営業部 マネジャー

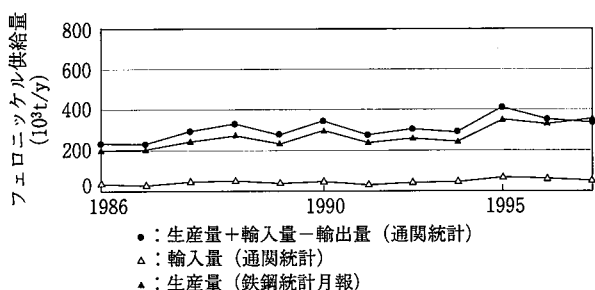


図2 日本国内フェロニッケル供給量

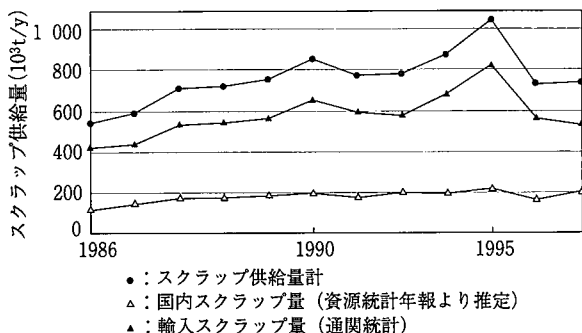


図3 日本国内スクラップ供給量

### 3. スクラップの回収

スクラップはその形態により回収ルートが異なる。大きく分けると以下のように分類される。

#### (1) 自社工程スクラップ

ステンレス鋼メーカーでの板、線、管、形材等を製造する過程で発生するスクラップであり、自社工場で分類、回収されて溶解される。

#### (2) 加工スクラップ(新断面：しんだちくず)

加工・組み立てメーカー等で必要サイズに打ち抜き、切断、絞り等を行って除去されたスクラップで、各工場では分類し、これをスクラップ業者が回収し、集配業者を通じてステンレス鋼メーカーに供給される。

#### (3) 老廃スクラップ

エンドユーザーで長期間使用され、リプレース等で廃棄されるスクラップである。一般的にはこれが“スクラップ”と呼ばれていると考えられる。プラント等は解体時に鋼種分類されることもあるが、電気製品等は一般家庭からの不燃ごみとして回収され、廃品回収業者から分類業者(シュレッダー等設備保有)を通じてステンレス鋼メーカーに供給される。

### 4. スクラップの利用

製鋼工程では、集められたスクラップは各成分系に分類保管され、製造鋼種に応じてフェロクロム、フェロニッケルとともにスクラップもその成分を考慮して目標成分となるように配合され、溶解炉に投入される。

溶解された粗溶鋼はVOD(Vacuum Oxygen Decarburization)、AOD(Argon Oxygen Decarburization)等の真空あるいは疑似真空プロセスにより脱炭精錬を行った後、還元剤を用いて仕上げ(還元、脱酸、脱硫)精錬が行われ、かつ成分調整が行われる。炭素、鉛、錫、亜鉛等はガス化して除去され、いおうはスラグ中に

取り込まれて排出される。不純物を完全除去するのではなく、不純物を含めた成分設計を行っているステンレス鋼では、例えば、車両用SUS301Lのスクラップは同じ車両用SUS301Lに再生することもできるし、SUS304のキッチンシンクにも生まれ変わることができる。

### 5. 車両構体のリサイクル

東急車輛製造が米Budd社から技術導入して、1962年に日本最初のオールステンレス鋼車両を東京急行電鉄に納入し、その後南海電気鉄道、京王電鉄、1985年に日本国有鉄道に本格採用されるに至って、近郊、通勤電車の主流を占めるようになり、図4に示すように1998年には、生産量12,000両を越えたと推定される。また図5に示すように、最近の国内年間生産量はステンレス鋼車両がほぼ半数である。

ステンレス鋼車両はさびにくく、塗装が不要であることからメンテナンスを含めたライフサイクルコストが最も安価であるとの評価を受けているが、実際には日本のステンレス鋼車両第1号も寿命を全うしておらず、元気に走っているため、ライフサイクルコストは実際には確認されていない。

京王井の頭線3000系は1962年から生産されているステンレス鋼車両であるが、輸送力増強のため現状の18m片側3扉車が20m片側4扉車にリプレースされつつあり、従来車は最大限他の電気鉄道会社で再利用される。しかし編成上余ってしまう中間車が廃車されることになった。そこでこの機会をとらえて、東急車輛製造と協同で解体、切断、分離の可否を確認するとともに、ステンレス鋼のリ

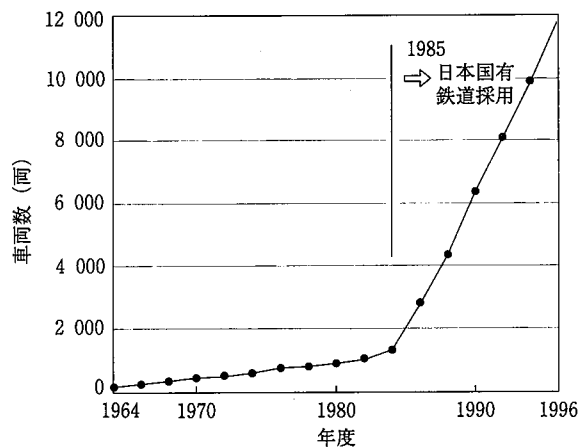


図4 国内ステンレス鋼製電車、気動車製作両数

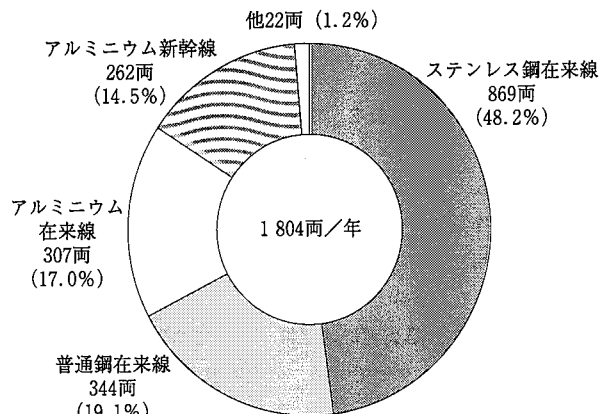


図5 国内材質別車両製作両数(1993~1997年平均)

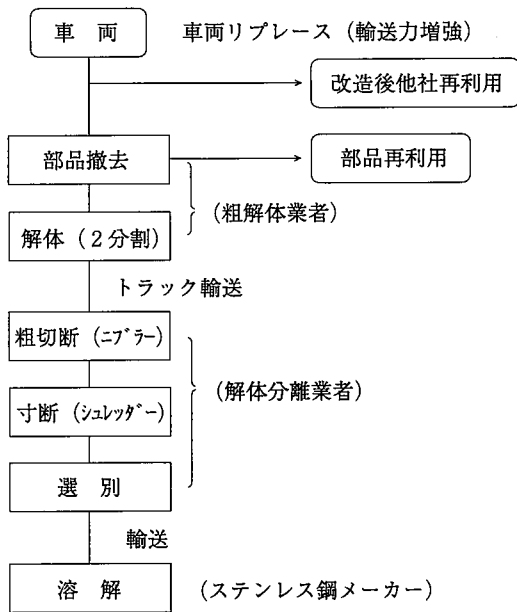


図6 車両リサイクル作業フロー

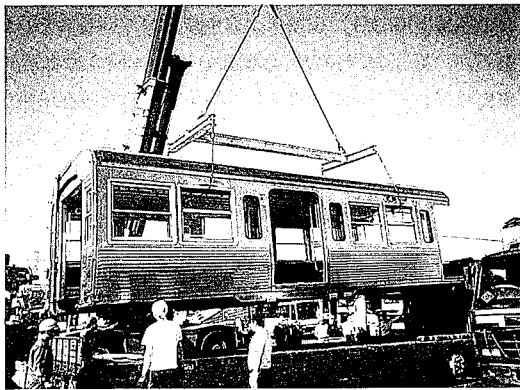


写真1 部品撤去、構体2分割

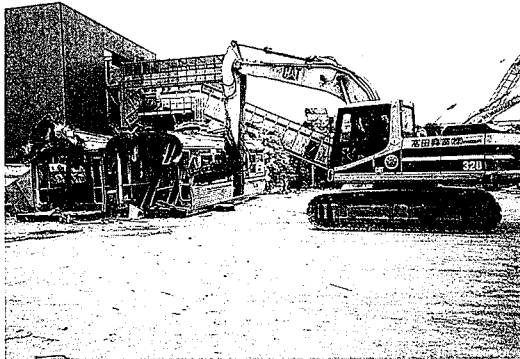


写真2 構体の粗切断

サイクル性宣伝ビデオの作成も行った。

図6にこの作業フローを示す。解体業者がプラズマカッター等でそのまま再利用できる部品等を取り外し、構体を2分割する。初めての作業であったが約半日で終了した。2分割構体(写真1参照)はトラックで解体・分離業者に運ばれ、そこでニブラーで粗解体(写真2参照)、シュレッダーで寸断、分離された。シュレッダーラインでの分離フローを図7に示す。真空中で樹脂等のダストを吸い取

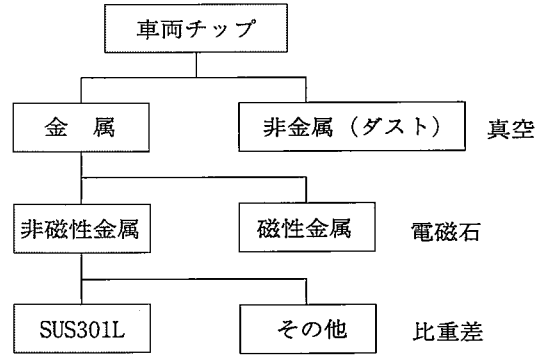


図7 シュレッダー後の材料分離フロー

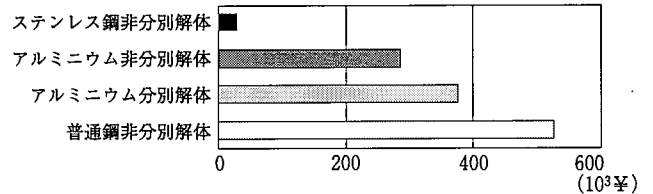


図8 リサイクルコスト (出典：内田，松岡「東急車輛技報」)

り、磁石を用いて金属を磁性、非磁性に分離する。非磁性金属は適当な比重の液体に入れて、その比重差で分離する。当然ながら、この方式では厳密な分離にはならず、塗料の付着したステンレス鋼も回収されるが、ステンレス鋼は不純物を含めた溶解、精錬工程があるため、実用上はこの程度での分離精度で全く問題ない。

この解体処理実績をもとに、東急車輛製造でリサイクルコスト(=解体処分コスト-スクラップ価値)を試算した結果を他鋼種と比較して図8に示す。アルミニウムの場合、部位により品種が異なるためスクラップ価値を求めると解体、分別費用が増大する。ステンレス鋼車両の場合、ほとんどの部位でSUS301Lが使用されているためステンレス鋼の中で鋼種分別は不要であり、しかも、スクラップ価値が高いことから、解体費用はスクラップ収入と相殺されてリサイクル費用はほぼゼロになる。この結果では、ステンレス鋼がリサイクルの経済性でより優れていることが確認された。

## 6. 結 言

ステンレス鋼の地球環境保護への貢献度という大きな視点での評価については、現状では確立されていないと考えられるが、この調査では、車両の分野でリサイクル性が優位にあると考えられることが確認された。

今回作成したステンレス鋼車両のリサイクル紹介ビデオはステンレス協会賞の選考委員会推薦賞を授賞した。今までステンレス鋼製品、建造物だけが協会賞に選定されていたのが、ソフト分野の本ビデオが授賞したことはリサイクル性宣伝がステンレス鋼の需要拡大に有効であることが評価されたものと考えられる。

今後議論が深まれば、例えば溶解から圧延、焼鈍等の製造工程でのエネルギー消費、また合紙、圧延油等資材の消費が地球環境に与える影響等を含めた評価が行われるかもしれない。普通鋼との比較では、ステンレス鋼は生産能率が低く、資材も多く使用するため、製造のためのエネルギー使用量、資材消費量は多いかもしれないが、高耐食性による長寿命を考えればライフサイクルとしての地球環境貢献度はより高く評価されるであろう。