

自動車リサイクルの変遷

古山 隆

東北公益文科大学総合研究論集第47号 抜刷

2024年3月15日発行

自動車リサイクルの変遷

古山 隆

1. はじめに

自動車工業会の統計によると、2012年から2021年までの国内の自動車保有台数は7,600万台から7,850万台を推移しており¹⁾、また、四輪車販売台数は444万台から556万台を推移している²⁾。自動車が大量に保有され、また、販売できている背景には、自動車リサイクルの形態がある程度確立されたことが要因として挙げられる。現在、ほとんどの廃車が適正に処理およびリサイクルされるが、このような状況に至るまでには1960年代の解体公害や1990年代の廃車処理に関する環境問題があった。本稿では、最初に日本で自動車の利用が急増し始めた1920年代における自動車解体業と、第2次世界大戦後の復興期やモータリゼーション時代の金属回収技術の変遷を述べると共に、1980年代の廃車ガラの逆有償化や1997年の廃掃法の改正に伴う廃車処理や廃車シュレッダーダスト（ASR）リサイクルについて解説を行う。

2. 自動車リサイクルを取巻く状況の変遷³⁾⁻⁷⁾

2. 1 戦前の状況

日本に自動車が初めて持ち込まれたのは1898年であり、商業的に輸入されるようになったのは1900年の初頭からであると言われている。明治期の自動車の輸入総数は約600台前後で、自動車の本体およびその部品はきわめて高価で、都市部に住む限られたごく少数の富裕層の人々のみが所有していた。この頃の自動車のリサイクルは、利用可能な部品は全て取り外し、余すことなく再利用するというものであった。

1923年の関東大震災後の復興期から日本での自動車の利用が急増し始め、米国のフォードやGMなどの海外メーカーが日本国内に組み立て工場を設立し、自動車の本格的な生産が始まった。しかし、まだ純国産の自動車はほとんど生産されておらず、国内を走る自動車の大半が外国車であった。この急速な自動車

の普及は、自動車製造技術が未熟で事故や故障が多かったこともあり、相当量の廃車を発生させることになった。そして、廃車台数が急激に増加したことによって、自動車を解体して部品や廃材を売るという解体業が大都市圏で徐々に増えていった。第2次世界大戦前頃の自動車リサイクルは、主に解体業者が米国車などから部品を取り外し、主に荷車や工作機械の部品として再利用するというものであった。

2. 2 終戦から1970年代までの状況

第2次世界大戦後の復興期には、空襲によって焼けた車両や米軍からの払下げ車（主にトラック）、あるいは当時の主たる公共交通機関であった都バスの払下げなど、大量の廃車が解体業者の下に集まってきた。当時は全般的なモノ不足の中であったため、自動車およびその中古部品は貴重品とされ、高値で取引されていた。この時期、解体業者にとって新たな利潤の源泉となったのは鉄スクラップである。これは鉄スクラップを原料として鉄鋼を生産する電炉技術が発達したためである。自動車の車体には鉄が使われていることから、廃車は鉄スクラップの貴重な原料となった。さらに朝鮮戦争の特需もあって鉄鋼需要が大きく増加し、鉄スクラップは高値で取引されるようになった。当時、廃車は次のような工程で解体されていた。最初にビスやボルトを外してドアが取り外され、また、危険のないようにガソリン・タンクが取り外された。次に、ハンマーとタガネを用いて鉄が剥ぎ取られ、最後はアセチレンと酸素の火を使って鉄が切断されていた（ガス切断）。また、1960年代中頃には、エンジン、ラジエーター、バッテリーを取り外した後、車を丸ごと焼却炉に入れ可燃物を焼却してからプレス加工する「カーベキュー」方式が開発された。

1960年代後半から1970年代にかけて、自動車の普及率が飛躍的に上昇し「マイカーブーム」と呼ばれる社会現象が起こった。しかし、その反面、大都市部では自動車解体業者が増大し、「解体公害」と呼ばれる騒音、廃油の流出、野焼きによる大気汚染など問題が発生した。これと平行して、鉄鋼業界では廃車プレスの不純物混入が問題となっていた。これらの問題に対応する形で1970年にシュレッダー破砕機を用いた機械的な廃車処理事業が始まった。一般的な廃車処理の工程は次の通りである。プレスされた廃車はシュレッダーで破砕され、

最初に、磁力選別機によって鉄が回収され、次に手選である程度の大きさの非鉄金属が回収された。残渣に対しては空気選別機を使用し、プラスチックやゴムなどを除去することで、非鉄金属の混合物（ミックスメタル）の濃縮が行われた。なお、空気選別機で除去されて非金属類は廃車シュレッダーダスト（ASR：Automobile Shredder Residues）と呼ばれ、安定型処分場で埋立て処分された。当時の通商産業省は増大する廃車発生に対応するためと、業者に対して近代的・合理的な処理体制を確立するために「大規模廃車処理事業」の育成という形でバックアップした。このことも追い風となり、シュレッダー設備は大型化および高度化していった。シュレッダー業者という呼び方もこの頃から生まれ、1976年5月、日本標準産業分類の製造業に「鉄スクラップ加工処理業」という職種が追加された。

2. 3 1980年から1990年代までの状況

大型シュレッダー破砕機の導入により自動車リサイクルの形態が完成したかに見えたが、1980年から1990年代に起こった経済状況の変化によって自動車リサイクルの形態を改変または改善する必要性が生じた。

1980年代後半までは、一般的に廃車や廃車ガラは有価であった。自動車としての使用価値が失われた後でも、廃車は中古部品や鉄スクラップ原材料として十分価値のあるものだったからである。従って、解体業者がディーラーや整備業者から廃車を引取るときには、解体業者が廃車購入の代金を支払い、また、解体された後に解体業者からシュレッダー業者へと廃車ガラが引き渡される時にも、シュレッダー業者の方が廃車ガラ購入の代金を支払っていた。しかし、1985年のプラザ合意以降、急激な円高によって海外から安い鉄スクラップが大量に輸入されるようになり、その結果、国内産の鉄スクラップ価格は大きく値を下げることになった。また、大量生産と大量消費を活発に行う時代に入っていたため、国内で大量に廃棄物が発生していた。このため、最終処分場の枯渇問題が深刻化し、シュレッダーダストについてはその処分費が高騰し始めていた。これらの結果、廃車ガラの価値が非常に低くなり、むしろ処理費用などの負の部分が大きくなったことから、廃車ガラ取引において、解体業者がシュレッダー業者に対して料金を支払って引きとってもらおうという逆有償化が起り始めた。

この状況において、鉄スクラップ販売を中心にしてきた解体業者では収益が大きく減少していったため、鉄スクラップ販売に代わるものとして、再び中古部品販売に目を向けるようになった。1980年代後半に、先進的な解体業者がいくつか集まり、全国的な部品販売ネットワークがつくられ始めた。それまでの解体業者は、中古部品販売といっても地元の整備業者と取引するだけであったが、物流の進歩と情報技術によるネットワーク化によってネット販売が普及し、市場は全国に広がった。一方、シュレッダー業者では鉄よりも販売価格が高い非鉄金属に着目し、ミックスルメタルからのアルミニウムや銅・真鍮の回収を積極的に行っていた。特に、アルミニウムは燃費向上のための軽量化材料として使用される割合が徐々に増加していたことから、鉄の次に回収されるようになった。この時期に鉄粉などで比重を調整した重液を用いて浮沈分離を行う重液選別機や、強力な磁気ロータを高速回転させることで非鉄金属に渦電流を生じさせ、発生する反発力によって分離を行う渦電流選別機などが導入された。

2. 4 自動車リサイクル法施行までの状況

1970年末に成立した廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）では、金属くずは廃棄物であるが「専ら再生利用の目的となる物のみを業として行う」という専ら物例外条項を規定していた。本法では、廃車は有償で取引されれば廃棄物では無く資源であり、また、それを取り扱うにあたっては産業廃棄物処理業の許可は不要という解釈であった。この解釈はしばしば悪用されることがあり、時には廃棄物の不法処理や不法投棄の温床となった。最も大きな事件は1990年に顕在化した豊島事件である。この事件を受けて、厚生省は1995年3月に廃掃法の専ら物の解釈から廃車を除外し、また、ASRの埋立処分については従来の安定型処分からより厳格な管理型処分に移行することを通達した。しかし、この移行によってASRの埋立処分費が高騰し、更なる社会問題を引き起こした。放置車両の問題である。自動車のエンドユーザーから廃車の処分費用をもらうが、実際は使用者を特定できないようにして廃車を放置するということが頻繁に起こった。2001年の環境省の発表によると、国内で12万6000台の放置車両があり、特に沖縄県や離島部では深刻な問題となっていた。

以上のようなASRの不法処理や放置車両の問題に対応するために、2002年に

循環型社会形成推進基本法に基づく第5番目の個別法として、使用済自動車の再資源化等に関する法律（通称「自動車リサイクル法」）が制定され、2005年1月1日から施行された。本法では製造者責任の考え方に基づき、自動車製造業者等は自らが製造・輸入した自動車が廃車となった場合に、エアバッグ類、フロン類、および、シュレッダーダストを引き取ってリサイクル等を行うということが義務付けられた。また、その際の費用に関しては、廃車が自動車リサイクル法に基づくリサイクルルートの中で有償取引されることを実現するために、排出者責任の考え方に基づき、自動車ユーザーが負担することとした。さらに、廃車の再資源化についてはこれまで通り解体業者・破砕業者の役割とする一方で、これらの関連事業者はすべて都道府県知事等の登録・許可制となった。そして、自動車リサイクル法に基づき、資金管理人、指定再資源化機関、情報管理センターに（当時）財団法人自動車リサイクル促進センターを指定し、自動車ユーザーが支払ったリサイクル料金の管理、使用済自動車の適正処理のセーフネット機能、電子マニフェストシステムに基づく使用済自動車等の移動報告情報の管理を担わせることとなった。

3. 自動車リサイクル関係の技術

3. 1 鉄の回収に関する技術^{8), 9)}

3. 1. 1 シュレッダー破砕機

リサイクルにおいてシュレッダーという言葉は、大型の機械類（廃車ガラ等）を処理するために衝撃を加味したハンマー型の破砕機、または、大きな刃を落として大まかに切断するギロチン型の切断機を指すことが多い。通常、廃車ガラを処理する場合、高速回転式のシュレッダーが専ら用いられており、形式としては図1に示すように横型と縦型がある。

3. 1. 2 空気選別機

シュレッダー産物から磁力選別機で鉄が回収されるのが一般的であるが、鉄以外の非鉄金属や非金属が含まれているため、それらは回収物に混入することは避けられない。そこで、通常は磁力選別機の前で空気選別機による不従物除去が行われる。例として、空気の吹上と吸引によって軽質物を回収する Air

Jet Separatorを図2に示す。Air Jet Separatorは空気を吹き上げる部分が振動スクリーンになっており、プラスチックや布などの軽質物が吹き上げられ、重質物がスクリーンの上に残って移動する仕組みになっている。浮上産物は、サイクロンで固気分離を行ってからASRとなる。

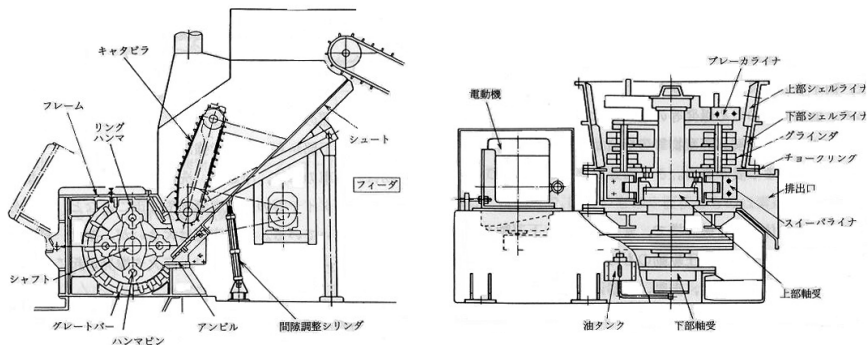


図1 ハンマークラッシュャーの模式図 (左：横型、右：縦型)

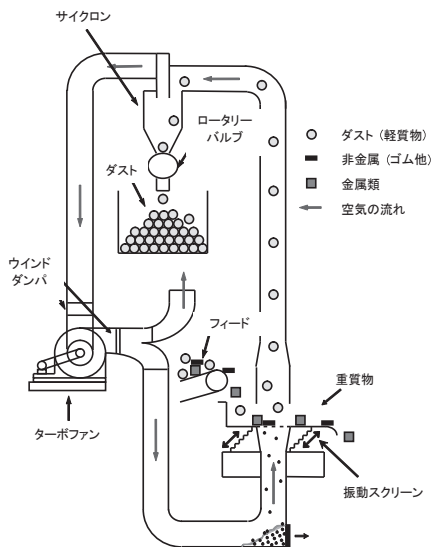


図2 Air Jet Separatorの模式図

3. 2 非鉄金属の回収に関する技術^{10) - 17)}

3. 2. 1 渦電流選別機

導電性の物質に変化磁界を作用させると、電磁誘導によりその物質内で渦電流が発生し、作用させた変化磁界と間で反発力が生じる。この反発力を利用したのが渦電流選別である。図3に渦電流選別機 (ECS : Eddy Current Separator) の原理と装置の概念図を示す。ロータの外周にN極とS極を交互に隣り合わせた一連の永久磁石を配し、ロータを回転させる。すると交番磁界が発生する。磁界内にアルミニウムのような導電性物質が入ると、物質の表面に渦電流が発生し、その渦電流によってロータの交番磁界と同極となる反発磁界が生じる。これにより、導電性物質は反発してロータから離れ、非導電性物質は交番磁界から何の影響も受けないので、しきり板の内側に落下して回収される。

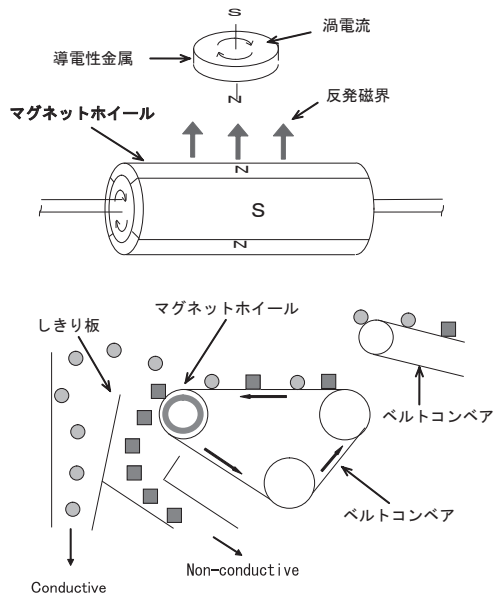


図3 渦電流選別機の原理と装置の概念図

3. 2. 2 重液選別機

有用物の比重と不用物の比重に対して、両比重の間の比重を有する溶液（重液）を用いて分離を行う選別を重液選別と言う。重液には比重の大きい真の溶液からなるものと高比重の微粒子を懸濁させて見かけ比重を高めたもの（擬重液）がある。図4にドラム型重液選別機の模式図を示す。ミックスメタルは、メジウム（フェロシリコンなど）で調整した比重約3の擬重液とともにドラム型重液選別機に投入される。アルミニウムは重液表面に浮き、そのまま浮上産物として排出される。一方、銅や亜鉛合金は重液底部に沈んで沈下産物となるが、ドラム内に設置されたリフターにより上部に掻上げられ、浮上産物よりも上の位置から排出される。

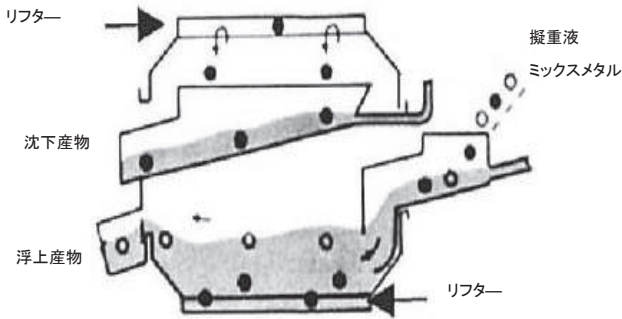


図4 重液選別機の模式図

3. 2. 3 流動床式比重選別機

適当な大きさの固体粒子（100～200 μ m）を槽内に充填し、容器の底から均一に空気を吹き込むと粒子はある高さまで浮遊し、激しく動き回る状態になる。この激しく動き回る粒子の層を流動層または流動床という（図5）。物体を槽内に投入した場合、流動層が持つ見掛け上の比重より小さなものは浮揚し、大きなものは沈降する。水を使用しないため廃水処理設備が不要であり、安価な流動媒体（砂など）で流動層を形成することが可能である。なお、選別に適している比重差は0.2以上である。

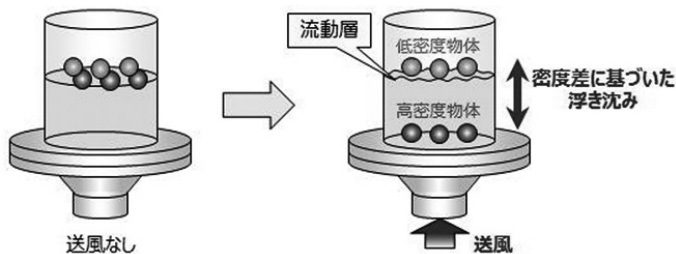


図5 流動層の模式図

3. 2. 4 光学ソーター

光学ソーターは可視光線により色着いた固体相互を色別に振り分ける操作である。人が目をセンサーとして固体相互の外観の差を判断して手により振り分ける場合は手選となる。装置の場合は、物体からの可視光の反射光あるいは透過光をCCDなどのイメージセンサーで検知して固体の明度、彩度、色相、サイズなどの違いを識別して選別する。色彩の違いを検知するものは特にカラーソーターと呼ばれ、古くから廃自動車や廃家電を破碎処理して得られた産物から銅、真鍮などの色を呈する金属と鉛、亜鉛などの色を呈する金属を分離するのに用いられている。

3. 2. 5 電磁誘導ソーター

金属が磁界を通過するとき渦電流が発生するが、その電流値は物体の導電性に大きく左右される。この原理を利用したのが電磁誘導ソーターである。検知センサーはおおよそ25mm程度の銅コイルからなる検出器で、搬送コンベア幅方向に万遍なく1列ないし2列で敷き詰められている。ベルト下約10~30cmに設置されている場合が多い。対象物が磁性を持つ素材であれば、銅コイルセンサー上を通過した際に直上のコイルは瞬間的に電流を発生させる。物体の大きさや導電性によって電流が発生するコイル数、電流値発生時間が異なり、それらのデータからコンピューターは、対象選別素材と定義する閾値をクリアした場合、選別物の大きさに応じてエアノズルやパドル（ダンパ）に対して動作指令を与えることで、各素材を選別回収する仕組みとなっている。

3. 2. 6 透過X線ゾーター

X線（波長0.001～80nm）を物体に照射したときの透過率は物体毎に異なる。複数のX線受光器を用意し、それぞれのX線エネルギー吸収バイアスを変えておく。物体がX線場を通過した時、複数の受光器（シンチレータ）のデータ差異を解析すれば、その物体の厚みやおおまかな形状も産出することができる。素材毎のX線透過率も照合して判定すれば、対象選別素材の有無が判定できる。

3. 3 ASRリサイクルに関する技術^{18) - 21)}

3. 3. 1 ASRの性状

日本自動車工業会は自動車100%を対象に前処理としてエンジン、足回り、バッテリー、オイル等を取り外した廃車を破碎して得られたASRのデータを公表している。表1にASRの構成物の割合を示す。ASRの構成は76%が樹脂やウレタンを中心とした可燃物であり、その他が金属やガラスなどの不燃物である。この可燃物によりASRは低品位の石炭並み（18.9～21.0 MJ/kg）の熱量を得ることができるため、専ら燃料としての利用が試みられている。しかし、ASRには銅や塩素含まれており、これらの存在が燃料化の大きな障害となっている。例えば、製鉄プロセスにおいて銅は製品の強度を下げる要因であり、塩素は炉壁の腐食やダイオキシンの発生の原因となる。なお、鉄が8%含まれているが、これは車体をシュレッダーで破碎した際に生成されたものであり、粉末状となってウレタンや繊維に付着している。

表1 ASRの構成物および元素の割合

可燃物	割合 (%)	不燃物	割合 (%)
樹脂	33	鉄	8
ウレタン	16	非鉄金属	4
繊維	15	ワイヤーハース	5
ゴム	7	ガラス	7
木材	3		
紙	2		
合計	76	合計	24

3. 3. 2 成形・固化（処理温度：150～200℃）

ASRからプラスチック等の可燃物を選別・回収し、加熱・圧縮により成型して固形燃料化を行う。RPF（Refuse Paper & Plastic Fuel）を製造する場合は、ASRから回収されたプラスチックにはRPFの受入基準を超える塩素が含まれることがあるため、塩素を含まない他のプラスチックを混合して成形・固化し、塩素濃度の低減化を図る必要がある。

3. 3. 3 乾留（処理温度400～600℃）

空気を絶って固形物を加熱する方法であり、有機物は分解して気体（可燃ガス）、または液体となり、最後には揮発し一部は不揮発性の固体（炭化物）として残る。ASRの場合は低品位の石炭並みの発熱量を有しているために操業の初期段階では燃料を必要とするが、所定の温度に達するとASR自体の発熱量により操業を行うことができる。

3. 3. 4 焼却（処理温度700～900℃）

空気を絶たずに固形物を加熱する方法で、通常は温度700～900℃で行われる。乾留と同様に、操業の初期段階では燃料を必要とする。焼却の際に発生する熱エネルギーを発電や蒸気などで回収するが、自動車リサイクル法では「ASR重量換算」という手法でリサイクル率が評価される。焼却灰については後工程で更に非鉄製錬の原料や土木資材化といった再資源化が行われることがある。

3. 3. 5 焙焼（処理温度：1000～1100℃）

焙焼とは、融解点以下の温度（1000～1100℃）で金属を焼くことで、酸化させたり、粉鉱を焼き固めたりするために行なう。有機成分と分離した無機成分は凝集し、素材としての用途が広がる。ASRリサイクルでは焼却後の焼却灰が焙焼されている。

3. 3. 6 焼成（処理温度1300～1500℃）

焼成とは、無機物を高温で焼き、ガラス質あるいは結晶質の結合物を生成させてその物質に備わった性質を与える操作を言う。セメント製造ではSi、Al、

Ca、Feを含む廃棄物を原料、廃タイヤ、廃プラスチック、廃パチンコ台などは燃料としてセメント焼成工程で利用していたが、ASRについては塩素濃度が高いという理由で受け入れが行っていなかった。しかし、近年では高塩素パイパス技術が開発されたため、塩素を含む廃棄物を原料および燃料として利用できるようになった。

3. 3. 7 製錬系溶融（温度 1300℃以上）

溶融とは、有機物や無機物が加熱により溶けて液体状になることを言い、一般には1300℃以上の温度で行われる。

非鉄製錬技術を利用した溶融では反射炉を利用したASRのリサイクルがある。反射炉は蒲葺形をした炉であり、炉内で発生した熱を天井や壁で反射して側方の炉床に熱を集中させることで鉍石を溶融する。ASRは鉍石とともに反射炉に投入され、不燃物はメタルとスラグで回収され、可燃物は電力、スラグ生成熱、蒸気として利用されている。

製鉄所の高炉技術を応用した溶融はシャフト式溶融とも呼ばれる。ASRをコークスや石灰などの副資材とともに投入し、灼熱するコークス層から上昇する熱で投入物を乾燥・熱分解し、底部において1700～1800℃の高温で溶融する。炉底よりメタルとスラグが回収されるが、メタルは鉄、銅、その他が混合したものとなる。

3. 3. 8 一般廃棄物系溶融（温度 1300℃以上）

一般廃棄物の熱分解技術を利用した溶融にはキルン式溶融、流動床式溶融、ガス改質式溶融がある。

流動床式溶融炉は、流動床式ガス化炉と旋回流溶融炉から構成される。流動床内では500～600℃の流動砂との接触により、処理物の一部を部分燃焼して他を熱分解・ガス化する。未燃分および灰分は接線方向で溶融炉に供給されるため、炉内で旋回流が形成される。次に、溶融炉では燃焼用の空気が供給され、可燃性ガス、未燃分が完全燃焼して、約1200℃以上の高温となる。灰はこの高温により溶融され、旋回による遠心力で壁面にぶつかり、溶融状態のスラグになって壁面を流下する仕組みとなっている。

キルン式溶融は、ロータリーキルンと呼ばれる回転式の炉によって投入物を450℃～500℃で熱分解し、生成ガスを後段に連結した溶融炉に送って燃焼と溶融を行う。チャー（熱分解残渣）と不燃物は一旦外部に排出し、金属を除いたチャーと灰分は旋回溶融炉に入る。同炉内では螺旋状に吹き込まれる空気によって、乾留ガスとともに高温で燃焼され、不純物は溶融しスラグ化して排出される。廃熱は回収されて利用されるほか、溶融後に得られたスラグも回収して、路盤材等に利用することができる。

ガス改質式溶融は、スイスのサーモセレクト社が開発した熱分解ガス化溶融技術を基に、川崎製鉄㈱が独自の改良を加えたもので、サーモセレクト方式とも呼ばれる。投入物はプレス機で圧縮され、熱分解炉（600℃）で予備分解される。連続した縦型の高温反応炉では、分解ガスと残渣が縦型の高温反応炉に送られる。分解ガスは上方へ、残渣（炭化物、メタル、無機物）は下方へ移動する。反応炉下部には酸素が吹き込まれ、炭化物を2000℃の高温で燃焼させる。メタルと無機物は溶融状態になり均質炉で分離する。分解ガスと溶融の際の発生ガスは反応炉上部で改質され、炉頂部から得られる粗合成ガスは冷却、精製工程を経てクリーンなガスとなる。湿式洗浄処理により溶融飛灰は排出されず、一方、スラグ、合金鉄、金属水酸化物、硫黄などが生成物として得られる。

3. 3. 9 全部再資源化

廃車を精緻解体（銅含有部品を徹底除去）してプレス加工し、製鋼原料として1台を全部溶解してリサイクル方法を全部再資源化（通称・全部利用）と呼ぶ。この方法ではASRを取り扱っていないが、ASRと同じ構成物をリサイクルしているため自動車リサイクル法ではASRリサイクルとして認められている。鉄鋼メーカーの製鋼工程において、解体自動車の鉄の部分は鉄鋼製品となり、シートや内装（廃プラスチック）等の非金属部分は燃料代替として活用され、ガラス等は製鋼スラグと一緒に回収されるため、ASRを発生させることなく効率的にはほぼ100%リサイクルすることができる。なお、本方法を実施する場合は全部再資源化事業者（解体業者、破碎業者）、全部利用者（電炉・転炉業者）、及び必要であれば商社等が加わって、全部再資源化についての共同受託体制（コンソーシアム）を形成する必要がある。

4. おわりに

ASRはART (Automobile shredder residue Recycling promotion Team) と豊通りサイクル(株)ASR資源化事業部 (通称: THチーム) により再資源化と適正処理が行われている。2022年度のASRリサイクル率はARTが96.9%、THが96.7%となっており、現状ではほとんどのASRがリサイクルされている状況である^{22), 23)}。しかし、近年軽量化の目的で使用量が増えつつある炭素繊維強化プラスチック (CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics) がASRリサイクル用溶融炉のスラグ内あるいはダスト内に残留する事が確認されており、将来的にはASRリサイクルに支障をきたすと考えられている。また、電気自動車の普及に伴うリチウムイオンバッテリーのリサイクルやカーボンニュートラルを考慮した自動車プラスチックのリサイクルなどが今後の自動車リサイクルにおいて対処すべき課題であると考えられている。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本自動車工業会: 日本の自動車工業20223, 四輪車 保有・普及率
https://www.jama.or.jp/library/publish/mioj/ebook/2023/MIoJ2023_j.pdf
(2024-01-31 参照)
- 2) 一般社団法人日本自動車工業会: 日本の自動車工業20223, 四輪車 販売
https://www.jama.or.jp/library/publish/mioj/ebook/2023/MIoJ2023_j.pdf
(2024-01-31 参照)
- 3) 竹内啓介 他: 自動車リサイクル 静脈産業の現状と未来, 東洋経済新聞社, p.49-56(2004)
- 4) (株)日刊市況通信社: 自動車リサイクル法・ビジネス解説, p.79-82(2004)
- 5) 村上信夫: 鉄リサイクル業におけるシュレッダーダスト処理問題と熱分解ガス化溶融炉の導入, 「環境セミナーin北九州」講演要旨集, p.19-27(1999)
- 6) 外川健一: 自動車とリサイクル 自動車産業の静脈部に関する経済地理学的研究, 日刊自動車新聞社, p.71-127(2001)
- 7) 廃車ドットコム HP: 放置車両を撤去するには(廃車処分の歴史 ~廃車の逆有償時代とは~)

- <https://www.hai-sya.com/column/derelict.html> (2024-01-31 参照)
- 8) 廃棄物学会編：廃棄物ハンドブック, オーム社(東京), p.482(1996)
 - 9) 古山隆他, 自動車スクラップのリサイクル技術, 粉体と工業, Vol.34, No.1, p.58-64(2002)
 - 10) リサイクル・廃棄物辞典事典編集委員会：リサイクル・廃棄物事典, 産業調査会辞典出版センター(東京), p.278-279(2012)
 - 11) 小林幹男他：粉体精製と湿式処理－基礎と応用－, 環境資源工学会, p.53-54(2012)
 - 12) 古屋仲茂樹：ソーター選別・形状選別, 環境資源工学会第27回シンポジウム「リサイクル設計と分離精製技術」, p.101(2013)
 - 13) 中澤廣：リサイクルのための固体分離技術－比重分離－, 環境資源工学会第27回シンポジウム「リサイクル設計と分離精製技術」, p.31-32(2013)
 - 14) 永田エンジニアリングHP：技術紹介/流動層選別技術,
<http://www.nagata-kit.co.jp/tech-fbs.html> (2024-01-31 参照)
 - 15) 伊藤信一：手選・色彩選別：資源と素材, Vol.113, No.12, p.908-911(1997)
 - 16) 小林幹男 他：粉体精製と湿式処理－基礎と応用－, 環境資源工学会, p.106(2012)
 - 17) 加藤由章：最新 材料の再資源化技術辞典 第2編 基礎技術編 第4章ソーティング技術,(株)産業技術サービスセンター, p.162-169(2017)
 - 18) 飯田修司：自動車研究, Vol.20, No.12, p.49-54(1998)
 - 19) 津川敬：検証・ガス化溶融炉, 緑風出版(東京), p.32-56(2000)
 - 20) 中平敏雄他：次世代型廃棄物処理システム－環境負荷が少ない高効率廃棄物処理技術－, 日立論評, Vol.80, No.8, p.35-40(1998)
 - 21) 藤澤敏治：金属を含有する有機系難処理廃棄物 ASR の資源化, 自動車技術, Vol.56, No.5, p.11-16(2002)
 - 22) 自動車破砕残さリサイクル促進チームHP：ARTの2022年度シュレッターダスト(ASR)再資源化等の実施状況のご報告,
<https://www.asrrt.jp/service/results/2022/index.html> (2024-01-31 参照)
 - 23) 豊通りサイクル(株)ASR資源化事業部：022年度 THチームの自動車破砕残渣(ASR)再資源化の実績報告,
<http://www.toyotsurecycle.co.jp/asr/results.html> (2024-01-31 参照)