

学 位 論 文 題 名

Recovery of Burnable Materials and
Metals from Crushed Automobile Shredded
Residue using Wet Gravity Separation(湿式比重選別を用いた自動車シュレッダーダスト破碎産物からの
可燃物・金属の回収)

学位論文内容の要旨

廃棄物として毎年大量に排出されている自動車シュレッダーダスト (ASR) は、その嵩体積の大きさのため、埋立て処分場の残余容量を減少させる主な要因のひとつとなっている。ASR は可燃分を多く含み、熱量も高いので、熱源としての利用が期待される。その利用に際しては、ASR に含まれている土砂、ガラス、金属などの不燃分と PVC などの塩素含有樹脂などを予め除く必要があり、これらの選別には、少ない手間とエネルギーで適用可能な物理選別が有用と考えられる。効率的な物理選別は、選別対象物を構成している主要物質が単体分離しているときに可能となるが、ASR の場合、ウレタン類にハーネスなどが絡みついていることや、繊維状、綿状の物質に土砂、ガラス、金属などが絡みついているのが認められる。これらを単体分離し剥離するためには、破碎処理や分級処理が必要であるが、ASR の破碎・分級プロセスにおける挙動について調べた研究例はなく、不明な点が多い。ASR 中の PVC は他のプラスチックに比べて比重が大きいので、ASR を破碎後、水中で浮沈分離あるいは網下気室型湿式比重選別機 (TACUB ジグ) でジグ選別することにより、PVC、土砂、ガラス類を除去し、低灰分、低塩素分の可燃物を回収するとともに、金属類も回収することが可能と考えられる。このような背景の下に、本研究では、始めに ASR 破碎産物についてキャラクターゼーションを行い、粒子混入率、再結合割合、解砕度を求める方法を提案し、これらを用いて種々の ASR 破碎産物を評価した。次に、種々の溶液や界面活性剤溶液による ASR 破碎産物の濡れ性の制御について調べ、水を用いた浮沈分離を行った。さらに、種々の比重液を用いて浮沈試験を行い、本試験結果を基に新可選曲線を考案し、この曲線から比重選別により得られる産物の歩留まり、灰分、塩素分を予測できること、この予測結果はジグ試験結果とよく一致することを確かめた。本論文はこれらの研究結果をまとめたものであり、以下のように 6 章から構成される。

第 1 章では、本研究の背景と目的、既往の研究と当面する課題、本論文の構成について述べた。

第 2 章では、本研究で用いた実験試料とそのキャラクターゼーションの結果を述べた。即ち、ASR 試料を採取した自動車リサイクル工場の処理フロー、試料採取点、およびターボミルによる ASR 破碎試験と破碎産物の性状 (粒度分布、構成物質、XRF 分析結果など) について報告した。

第 3 章では、ASR 破碎産物について繰り返し篩い分け試験を行うことで、粒子混入率、再結合

割合、解砕度を求める方法を考案し、これらを用いて ASR 破碎産物の破碎・分級プロセスにおける挙動を把握した結果を報告した。各粒度区分の産物について手選により構成割合を調べたところ、5.6mm 以上の粒度区分に繊維類と発泡ウレタンが多く存在し、5.6mm 以下では多くが粒子状物質とウレタンであった。再結合割合は、粒径 19mm 付近で最大になり、16mm 以下では低い値であった。また、粒子混入率と解砕度を 8 種類の ASR 粉碎産物について評価したところ、両者の値は ASR の採取箇所と粉碎条件により異なった。また、粒子混入率が高くなると解砕度は低下し、両者の間には負の相関が認められた。以上の結果から、ASR 粉碎産物から有価物を回収するプロセスとして、まず 5.6mm で篩い分けた後、網上産物は水によく濡らして解砕した後に浮沈分離し、一方、網下産物はジグ選別で処理することが考えられる。

第 4 章では、ASR 粉碎産物の網上産物 (+5.6mm) に対して、種々の有機溶液や界面活性剤水溶液を用いて濡れ性を制御することを検討した。本試料の主な構成物質のひとつはウレタン類であり、これに金属や粒子状物質が絡みこまれているので、溶液に浸漬し膨潤させると、金属や粒子は剥離する。しかし、ウレタン類は疎水性であるため水に浸漬しないが、エタノール-水混合溶液やエアロゾル OT 水溶液、およびドデシル硫酸ナトリウム水溶液を用いると、速やかに浸漬した。この結果を基に、バケツスケールの装置を試作し、湿式解砕処理と浮沈分離処理を行い、浮揚産物の灰分低下と沈降産物への銅回収が可能なことを示した。

第 5 章では、ASR 粉碎産物の網下産物 (0.425-5.6mm) に対して種々の比重液を用いて浮沈試験を行い、この結果を基に、新たに提案した可選曲線を作成すると、比重選別により得られる産物の歩留まり、灰分、塩素分を予測できることを述べた。この予測結果は、ジグ試験の結果とよく一致した。また、第 3 章から第 5 章までに述べた成果と知見に基づき、試料を採取した自動車リサイクル工場における ASR 破碎産物から、可燃物および金属を回収するための総合処理フローを提案した。

第 6 章は結言であり、本研究で得られた主な知見をまとめた。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 廣 吉 直 樹

副 査 教 授 松 藤 敏 彦

副 査 教 授 名 和 豊 春

学 位 論 文 題 名

Recovery of Burnable Materials and Metals from Crushed Automobile Shredded Residue using Wet Gravity Separation

(湿式比重選別を用いた自動車シュレッダーダスト破碎産物からの
可燃物・金属の回収)

廃棄物として毎年大量に排出されている自動車シュレッダーダスト (ASR) は、その嵩体積の大きさのため、埋立て処分場の残余容量を減少させる主要因のひとつとなっている。ASR は可燃分を多く含み、熱量も高いので、熱源としての利用が期待されるが、その際には、ASR に含まれている土砂、ガラス、金属などの不燃分と PVC などの塩素含有樹脂などを予め除く必要がある。これらの選別には、少ない手間とエネルギーで適用可能な物理選別が有用と考えられる。効率的な物理選別は、選別対象物を構成している主要物質が単体分離しているときに可能となるが、ASR の場合、ウレタン類にハーネスなどが絡みついていることや、繊維状、綿状の物質に土砂、ガラス、金属などが絡みついているのが認められる。これらを単体分離し剥離するためには、破碎処理や分級処理が必要であるが、ASR の破碎・分級プロセスにおける挙動について調べた研究例はなく、不明な点が多い。ASR 中の PVC は他のプラスチックに比べて比重が大きいため、ASR を破碎後、水中で浮沈分離あるいは網下気室型湿式比重選別機 (TACUB ジグ) でジグ選別することにより、PVC、土砂、ガラス類を除去し、低灰分、低塩素分の可燃物を回収するとともに、金属類も回収することが可能と考えられる。このような背景の下に、本研究では、始めに ASR 破碎産物についてキャラクターゼーションを行い、粒子混入率、再結合割合、解砕度を求める方法を提案し、これらを用いて種々の ASR 破碎産物を評価した。次に、種々の溶液や界面活性剤溶液による ASR 破碎産物の濡れ性の制御について調べ、水を用いた浮沈分離を行っている。さらに、種々の比重液を用いて浮沈試験を行い、本試験結果を基に新可選曲線を考案し、この曲線から比重選別により得られる産物の歩留まり、灰分、塩素分を予測できること、この予測結果はジグ試験結果とよく一致することを確かめている。本論文はこれらの研究結果をまとめたものであり、以下のように 6 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景と目的、既往の研究と当面する課題、本論文の構成について述べている。

第2章では、本研究で用いた実験試料とそのキャラクターゼーションの結果を述べている。即ち、ASR 試料を採取した自動車リサイクル工場の処理フロー、試料採取点、およびターボミルによるASR 破碎試験と破碎産物の性状(粒度分布、構成物質、XRF 分析結果など)について記載している。

第3章では、ASR 破碎産物について繰り返し篩い分け試験を行うことで、粒子混入率、再結合割合、解砕度を求める方法を考案し、これらを用いて ASR 破碎産物の破碎・分級プロセスにおける挙動を把握した結果を報告している。各粒度区分の産物について手選により構成割合を調べたところ、5.6mm 以上の粒度区分に繊維類と発泡ウレタンが多く存在し、5.6mm 以下では多くが粒子状物質とウレタンであった。再結合割合は、粒径 19mm 付近で最大になり、16mm 以下では低い値であった。また、粒子混入率と解砕度を 8 種類の ASR 粉碎産物について評価したところ、両者の値は ASR の採取箇所と粉碎条件により異なった。また、粒子混入率が高くなると解砕度は低下し、両者の間には負の相関が認められた。以上の結果から、ASR 粉碎産物から有価物を回収するプロセスとし、まず 5.6mm で篩い分けた後、網上産物は水によく濡らして解砕した後に浮沈分離し、網下産物はジグ選別で処理する方法を提案している。

第4章では、ASR 粉碎産物の網上産物(+5.6mm)の処理法について検討している。本試料の主な構成物質のひとつはウレタン類であり、これに金属や粒子状物質が絡みこまれている。ウレタン類は疎水性であるため水に浸漬しないが、エタノール-水混合溶液やエアロゾル OT 水溶液、およびドデシル硫酸ナトリウム水溶液には速やかに浸漬し、膨潤して、金属や粒子が剥離することをビーカー試験で見出している。この結果を基に、スケールアップした装置を試作し、湿式解砕処理と浮沈分離処理を行い、浮揚産物の灰分低下と沈降産物への銅回収が可能なことを示している。

第5章では、ASR 粉碎産物の網下産物(0.425-5.6mm)の処理法について検討している。まず、本試料に対して種々の比重液を用いて浮沈試験を行い、この結果を基に、比重選別により得られる産物の歩留まり、灰分、塩素分を予測する新しい方法を提案している。また、この予測結果がジグ試験の結果とよく一致することを明らかにしている。さらに、第3章から第5章までに述べた成果と知見に基づき、試料を採取した自動車リサイクル工場における ASR 破碎産物から、可燃物および金属を回収するための総合処理フローを提案している。

第6章は結言であり、本研究で得られた主な知見をまとめている。

これを要するに、著者は、湿式比重選別などを用いて、自動車シュレッダーダスト破碎産物から可燃物・金属などを選別回収する新しい方法を見出しており、資源工学、資源リサイクル工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。