

学 位 論 文 題 名

網下気室型ジグ選別機のプラスチック選別特性と その資源リサイクルへの応用

学位論文内容の要旨

循環型社会を形成するうえで、都市域での廃棄物の資源化・リサイクル拠点としてのアーバン・マイン (都市鉱山) の具現化が急務となってきた。廃棄物の中でもプラスチックはその多様性から単一のリサイクルフローで処理することが出来ず、前処理としての選別技術が不可欠である。この選別には資源処理の分野で発達してきた選別技術が有用であり、特に湿式比重選別機であるジグ選別機は処理能力の高さ、保守管理のし易さ、運転コストの低さの点から優れている。代表的なジグ選別機として北海道大学が開発した網下気室型ジグ選別機 (TACUB Jig) があり、現在世界の多くの主力炭鉱で使用されているが、原炭に比べて比重の軽い廃プラスチックにはそのまま適用できない。本論文では、この網下気室型ジグ選別機による廃プラスチックのリサイクル技術を開発するため、その選別特性を調べ、最適選別条件やそのメカニズムを解明するとともに、新たにハイブリッドジグを開発し、これらの成果に基づき、資源リサイクルプラントの建設、実証試験等を実施してその有用性を確めた。

第一章は緒論であり、本論文の背景と目的、および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。

第二章では、網下気室型ジグ選別機による廃プラスチック破碎物の選別試験を波高、サイクル数などの条件を変化させて行い、その最適脈動条件を明らかにした。試料には比重の異なる 3 種類の廃電線被覆材 (粒径は 0.5~3mm) を、選別機には TACUB Jig 型の回分式比重選別試験機を用い、フィードとして 2 種類の試料の混合物を供した。試験終了時には、上層に軽比重物、下層に重比重物が成層するので、高さ別に 3 等分して、各品位を調べた。最適条件では、上層、下層産物ともに 96~99.9% と非常に高い品位の産物が得られた。選別過程を観察すると、ジグの脈動における上昇流の速度が、高品位の産物を得るために非常に重要な要因であることを見出した。

第三章では、網下気室型ジグ選別機を用いたモデル試料の選別実験と流動層を用いたモデル試料の流動化実験を行い、流動化と選別過程の関係について検討した。試料には 10 種類のプラスチックを用い、第二章と同じ手順でジグ選別試験を開始し、種々の選別時間ごとに産物層を 6 等分して、各層の品位を測定した。流動化実験には垂直に立てたアクリル円筒を用い、円筒下部にある網上に層厚 5cm のプラスチック充填層 (ベッド層) を形成させた後、アクリル円筒の下から一定流速で水を導入し、ベッド層の膨張率を計測するとともに、流動化開始点を求めた。その結果、プラスチック混合物の選別においては、重比重粒子の流動化開始点での上昇流速度に相当する上昇水速度を作り出すことができる脈動条件で運転すると、高品位の上下産物を得られることを明らかにした。脈動条件が流動化開始点の上昇流速度より大幅に小さいときには選別は進行しないが、大きくすると分離

効率を示すニュートン効率が一定になるまでの時間は短くなるが、一方ニュートン効率は下がった。また、上昇流速を変化させながら粒子層の層厚を計測した結果から Ergun の式により圧力損失を算出し、圧力損失—上昇流速図に基づき粒子層の流動化開始点を簡便に求めることを可能にした。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	恒 川 昌 美
副 査	教 授	名 和 豊 春
副 査	教 授	松 藤 敏 彦
副 査	助教授	広 吉 直 樹

学 位 論 文 題 名

網下気室型ジグ選別機のプラスチック選別特性と その資源リサイクルへの応用

循環型社会を形成するうえで、都市域での廃棄物の資源化・リサイクル拠点としてのアーバン・マイン(都市鉱山)の具現化が急務となってきている。廃棄物の中でもプラスチックはその多様性から単一のリサイクルフローで処理することが出来ず、前処理としての選別技術が不可欠である。本論文では、北海道大学が選炭用に開発した網下気室型ジグ選別機(TACUB Jig)による廃プラスチックのリサイクル技術を開発するため、その選別特性を調べ、最適選別条件やそのメカニズムを解明するとともに、新たにハイブリッドジグを開発し、これらの成果に基づき、資源リサイクルプラントの建設、実証試験等を実施してその有用性を確かめた。

第一章は緒論であり、本論文の背景と目的、および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。

第二章では、網下気室型ジグ選別機による廃プラスチック破碎物の選別試験を波高、サイクル数などの条件を変化させて行い、その最適脈動条件を明らかにしている。試料には比重の異なる3種類の廃電線被覆材(粒径は0.5~3mm)を、選別機にはTACUB Jig型の回分式比重選別試験機を用い、フィードとして3種類の試料から2種類を選んで混合物を作成した。試験終了時には、上層に軽比重物、下層に重比重物が成層するので、高さ別に3等分して、各品位を調べた。最適条件では、上層、下層産物ともに96~99.9

第三章では、網下気室型ジグ選別機を用いたモデル試料の選別実験と流動層を用いたモデル試料の流動化実験を行い、流動化と選別過程の関係について検討している。試料には10種類のプラスチックを用い、第二章と同じ手順でジグ選別試験を開始し、種々の選別時間ごとに産物層を6等分して、各層の品位を測定した。流動化実験には垂直に立てたアクリル円筒を用い、円筒下部にある網上に層厚5cmのプラスチック充填層(ベッド層)を形成させた後、アクリル円筒の下から一定流速で水を導入し、ベッド層の膨張率を計測するとともに、流動化開始点を求めた。その結果、プラスチック混合物の選別においては、重比重粒子の流動化開始点での上昇流速に相当する上昇水速度を作り出すことができる脈動条件で運転すると、高品位の上下産物を得られることを明らかにした。流動化開始点より大幅に小さい上昇流速の脈動条件では選別は進行しなかった。上昇流速を流動化

開始点より大きくすると分離効率を示すニュートン効率が一定になるまでの時間は短くなるが、一方ニュートン効率は下がった。また、上昇流速度を変化させながら粒子層の層厚を計測した結果から Ergun の式により圧力損失を算出し、圧力損失—上昇流速度図に基づき粒子層の流動化開始点を簡便に求めることを可能にした。

第四章では、網下気室型ジグに圧力センサーを取り付け、廃プラスチック破砕物の実試料の圧力損失を実測し、圧力損失と高品位産物を得るための最適条件との関係を検討している。試料および実験装置は第二章で用いたものと同じであり、このジグの水室底部に圧力センサーを取り付けた。実験では、各試料について脈動条件を層厚 5cm、波高 10cm、台形波として、種々の上昇速度の脈動を与えながら、上昇流発生中における水室の圧力の変動を計測した。圧力計測と観察の結果から粒子層の流動化開始点が判断でき、その点は第二章で求めた高品位産物を得ることができる最適条件における上昇流速度と一致することを明らかにした。また、力の釣り合いの式と Ergun の式の 2 つの方法で圧力損失を予想し、その値から最適条件の予測を可能とした。

第五章では、気泡を導入しながらジグ選別実験を行い、粒子の濡れ性の差と比重差を利用した、新しい選別法を開発している。試料として第三章と同じものを用い、第二章で用いた網下気室型ジグの網下に気泡を発生させる機構を設置して、粒子層に気泡を所定量付与しながら種々の運転条件の下で選別試験をした。その結果、比重差が 0 のプラスチック混合物から 99.9

第六章では、ハイブリッドジグ選別における抑制剤(湿潤剤)添加とその効果について検討している。試料として第三章と同じものを用い、ビーカーに所定濃度の種々の抑制剤水溶液 200ml とプラスチック試料 50 粒を入れ、マグネティックスターラで 700rpm、2 分間攪拌した。次に、ビーカーを減圧デシケーター内に入れて、アスピレーターで 10 分間減圧することで発生した気泡を表面に付着させ、液面に浮上してきたプラスチック粒子の個数から浮上試料量のフィード量に対する割合を算出し、これをプラスチック濡れ性評価の指標とした。多くのプラスチックで、抑制剤による表面に対する湿潤効果が認められた。次に、試料を純水で洗浄し、この操作を繰り返すことで洗浄効果を調べた。洗浄後、プラスチックの種類によって抑制剤の効果が変化しないものと、減少するものがあった。これらの結果から、プラスチック混合物の種類によっては、選別前にフィードに抑制剤を添加して条件付与することで、ハイブリッドジグ選別の選別効果をより高くできることを見出した。

第七章では、第六章までに得られた知見に基づき、ジグ選別の廃 OA 機器のプラスチックリサイクル・プラントとカーシュレッターダストリサイクル・プラントへ応用した結果について述べている。廃 OA 機器のプラスチックリサイクルウ塵蘊鴟箒任、パイロットプラント実証試験を行い、ポリスチレン、アクリロニトリルブタジエンスチレン、ポリエチレンテレフタレーートの各破砕物からなるフィードより、2 槽式ジグを用いて、それぞれ 99.8

第八章は結論であり、本論文で得られた主な知見を総括した。

これを要するに、著者は、網下気室型ジグ選別機による廃プラスチックの選別特性を調べ、最適選別条件やそのメカニズムを解明するとともに、新たにハイブリッドジグを開発し、資源リサイクルプラントで本研究で得られた知見の有用性を確かめており、リサイクル工学および資源処理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。