

研究課題番号	3MF-2202
研究領域名	資源循環領域
研究課題名	ワイヤーハーネス廃線の塩ビ被覆材及び銅線の高度湿式剥離及びリサイクルの社会実装に向けたパイロットスケールプロセス設計
研究代表者名（所属機関名）	熊谷将吾（東北大学）
研究実施期間	2022年度～2024年度
研究キーワード	湿式剥離法、ワイヤーハーネス、細線、銅リサイクル、塩ビリサイクル

研究概要、研究成果等

自動車のワイヤーハーネス（WH）は、主にポリ塩化ビニル樹脂（塩ビ）で銅線を被覆した直径約1 mmの細線で構成されている。既存の電線剥離技術としては、剥線処理およびナゲット処理が実用化されているが、剥線機ではWH細線の処理が困難であり、ナゲット処理では銅品位の低下や、国内リサイクルに適した品質の塩ビを回収できないことが課題である。

本研究では、WHの塩ビ被覆材に対して膨潤処理とボールミルによる適切な衝撃力付与を組み合わせることで、塩ビ被覆材および銅線のいずれも破断させることなく回収可能な湿式剥離法を開発した。また、本手法に適した形態の被覆電線を取り出し、銅品位を低下させる特殊電線や端子を除去するための破碎・選別前処理法についても検討した。さらに、ベンチスケール湿式剥離試験、専用シミュレーターの開発、ライフサイクルアセスメント（LCA）を連動させることで、パイロットスケールリアクターのスマート設計を行った。ベンチスケール試験を通じて、塩ビ被覆材および銅線をともに破断せずに高精度で剥離可能な条件を確立し、得られたデータを基にDiscrete Element Method (DEM) を用いた専用シミュレーターを構築した。本シミュレーターによるスケールアップ解析の結果、研究開発目標であった25トン/年のWH細線処理を十分に達成可能なパイロットスケールリアクター（内径1,000 mm、長さ2,300 mm、反応器容積約1,800 L、処理能力28.3 kg/h）の設計に成功した。また、本手法で回収した塩ビ被覆材について混練・シート成形試験を行い、材料リサイクル原料としての高い有望性を確認した。前処理～剥離処理～銅線回収までを一貫して実施した結果、一部の銅線は3N～4N相当の高品位銅として回収され、既存の銅製造プロセスにおける黄銅伸銅品原料としての直接利用可能性が示された。LCAでは、本湿式剥離法のインベントリを構築し、塩ビ被覆材の材料リサイクルおよび黄銅伸銅用電気銅の直接代替によって、GHG排出削減効果は -1.25 kg-CO₂/kg-cableと算出された。これは、回収銅のみをリサイクルし被覆材の大部分を埋立処分する既存手法と比較して、圧倒的な環境優位性を示す結果となった。

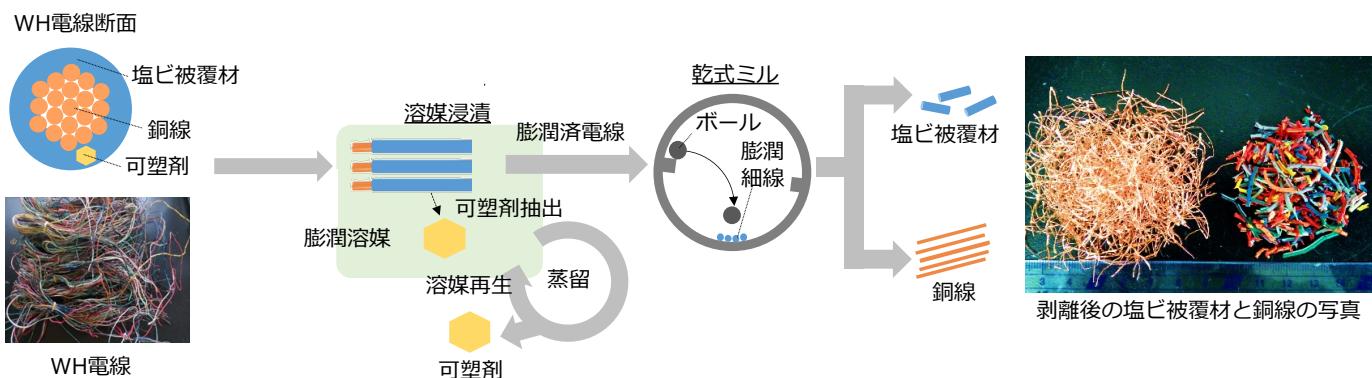


図 湿式剥離法のプロセス概要

環境政策等への貢献

○本手法は、WH細線の塩ビ被覆材リサイクルおよび回収銅の高品質化に貢献し、既存技術に比べ極めて高いGHG排出削減効果を示した。これは、徹底的資源循環の有効性を示した先導的事例である。

○現状では回収材の環境価値に応じた経済的評価が十分でないため、高度リサイクル技術や高品質リサイクル材に対して環境価値を反映したインセンティブ付与制度の早期整備が望まれる。本成果はその制度設計に資する知見を提供するものである。