

未来社会創造事業 探索加速型
「持続可能な社会の実現」領域
終了報告書(探索研究)

H30年度
終了報告書

平成29年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：松本 光崇]

[国立研究開発法人 産業技術総合研究所 製造技術研究部門・主任研究員]

[研究開発課題名：リマンを柱とする広域マルチバリュー循環の構築]

実施期間：平成29年11月1日～平成31年3月31日

§ 1. 研究実施体制

(1) 産総研グループ(産業技術総合研究所)

① 研究開発代表者: 松本 光崇 (産業技術総合研究所 製造技術研究部門、主任研究員)

② 研究項目

- ・金属表面修復技術の開発: めっきの部分修復技術の開発
- ・製品ライフサイクルモデルの構築
- ・産学連携体制の構築

(2) 物材機構グループ(物質・材料研究機構)

① 主たる共同研究者: 村上 秀之 (物質・材料研究機構 構造材料研究拠点、グループリーダー)

② 研究項目

- ・金属表面修復技術の開発: 高温材料の表面修復技術の開発
- ・余寿命評価技術の開発

(3) 国環研グループ(国立環境研究所)

① 主たる共同研究者: 中島 謙一 (国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター、主任研究員)

② 研究項目

- ・リマンの経済性・環境性評価

(4) 千葉大グループ(千葉大学)

① 主たる共同研究者: 松野 泰也 (千葉大学 大学院工学研究院、教授)

② 研究項目

- ・リマンの経済性・環境性評価
- ・産学連携体制の構築

§ 2. 研究実施の概要

今日の資源循環は素材リサイクルが中心であり、その結果多くの場合ダウンサイクルの循環である。より高い効率の循環を実現するために、リサイクル、アップサイクル、再使用・長期使用等の多様な価値での循環（マルチバリュー循環）が必要であり、またグローバルなスコープでの資源循環（広域循環）が必要である。本研究ではそうした循環を「広域マルチバリュー循環」と呼び、資源循環の目標形態として掲げた。本研究ではその中でも特に高い価値を維持した循環形態であるリマニュファクチャリング（リマン）に焦点を当て、リマン推進の鍵となる技術開発項目の抽出とその開発の実施を行った。

本研究ではリマン推進の重要技術開発項目として、1)金属表面修復技術の開発、2)余寿命評価技術の開発、3)リマンの経済性・環境性インパクト評価、を取り上げ、また焦点を当てる対象製品分野として、世界的にもリマンの市場規模が大きく、国内でも発展ポテンシャルが大きい、航空機、建設機械、自動車パーツに焦点を当てた。これらの分野の調査分析を踏まえて、本研究では次の研究開発項目を実施した。

- 1) 金属表面修復技術の開発① — 高温材料の表面修復技術の開発
- 2) 金属表面修復技術の開発② — めっき表面の部分修復技術の開発
- 3) 余寿命評価技術の開発 — 歯車部品の余寿命評価法の開発
- 4) 経済性・環境性インパクト評価① — 製品ライフサイクルモデルの構築
- 5) 経済性・環境性インパクト評価② — リマンの経済性・環境性評価

研究項目1では、航空機タービン材を対象として表面修復法の開発を行った。タービン材のボンドコートに焦点を当て、基材の組織変化影響の少ない PrIr 拡散コーティングを適用し、同手法で部分修復を可能にするペースト法を提案し、その性能評価を行った。試験片を用いてその耐酸化特性、高温腐食特性、トップコート剥離寿命、力学特性をそれぞれ評価し、従来法であるめっき法と同等以上の特性を確認した。また実用化に向けての要件の明確化を行った。

研究項目2では、めっきの μm レベルの損傷の部分修復の技術開発を行った。極細ワイヤーめっきと電解砥粒研磨の組み合わせにより実現することを目指し、その要素技術の開発を実施した。極細ワイヤーめっきによりマスクレスで $100\mu\text{m}$ サイズの微細凸部の形成を実現し、 $50\mu\text{m}/\text{秒}$ のめっき速度を実現した。また電解砥粒研磨により炭素鋼表面の超平面化・鏡面化を実現し、従来は適用が困難であった鉄系材料に成功することで、適用材料範囲の拡大に成功した。また併せて、当技術の適用対象候補の一つとして、建機の油圧シリンダーのリマンに着目し、シリンダーチューブのめっき修復の要求仕様の調査を行い、適用可能性を検証した。

研究項目3では、歯車部品を対象とした余寿命評価法の構築を行った。歯車の摺動部の表層の組織変化を手掛かりに余寿命評価を行う可能性を検証し、表層観察法の構築と、実使用歯車の表層観察と組織変化の特性抽出、X線解析による組織変化評価と残留応力評価を実施した。観察の結果、歯車の使用により、焼もどしマルテンサイト組織の塑性流動による組織変化が観察され、余寿命評価の手がかりにする可能性が示された。

研究項目4では、自動車パーツのリマン製品の出荷履歴データの分析を行い、製品ライフサイクルモデルの構築を実施した。モデルに基づくリマン受注推移予測と故障要因特定の可能性を検証し、課題を明示した。

研究項目5では、自動車パーツのリマンの物質と価値の散逸推移の分析を行い、素材リサイクルと比較したときの優位性を明らかにした。また建機パーツのリマンの温室効果ガス排出削減効果を試算し、排出削減ポテンシャルを明らかにした。

本研究開発の推進にあたっては、企業との連携や意見交換を積極的に進め、国内ではこれまであまり明らかにされてこなかったリマンの市場や制度、技術動向、課題項目についての状況の把握も進めた。