

戦略的創造研究推進事業 ACCEL

研究開発課題

「濃厚ポリマーブラシのレジリエンシー強化と
トライボロジー応用」

研究開発終了報告書
(延長分追記版)

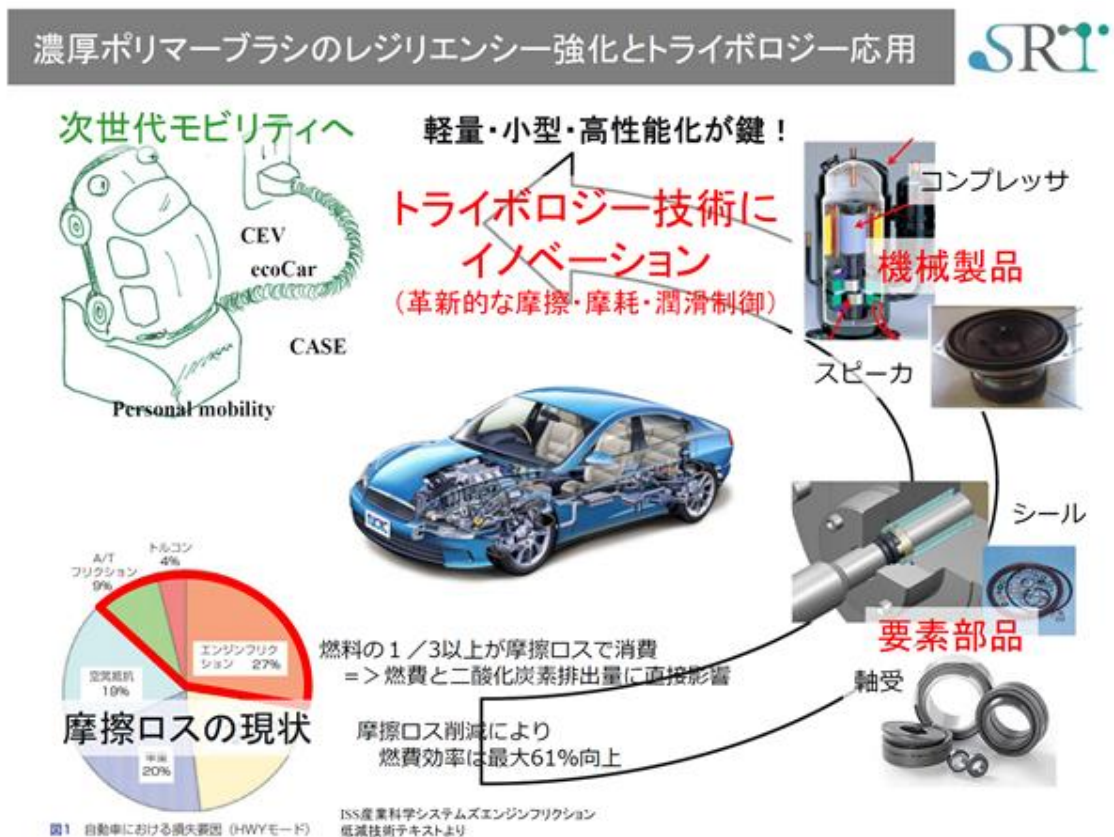
研究代表者 氏名 辻井 敬亘

プログラムマネージャー 氏名 松川 公洋

1. 研究開発成果

1-1. 実施概要

①基盤技術開発として、CPB のレジリエンシー強化のために、(i) 基板界面の密着性向上 (シリカコートや粗面化等)、(ii) CPB 構造の最適化 (ループ構造、架橋構造の導入)、(iii) 摩耗機構の解明と低減化 (異物除去/テクスチャリング効果検証、データマイニング/分子シミュレーション手法による摩擦・摩耗解析) を実施、CPB の基礎物性をストライバック曲線として理解し (従来系に加えて、「時間」因子の重要性を確認)、潤滑機構モデルを提案するに至った。これをもとに、②機械要素開発では、CPB の実用性能の検証を行い、優れた潤滑性、シール性、補液性を確認するとともに、モデル試験で 100 時間超の耐久性を達成した。さらには、③機械システム開発として、3 つのアプリケーションに取り組み、実機試験で課題を抽出するとともに、上記の CPB 基礎物性の観点から実質的かつ効率的な対策を講じた。特に、(ハード系摺動面に最適設計された) 現行デバイスへの適用による性能向上 (第 1 世代) と企業実用化ステージへの移行に十分な耐久性 (例えば、メカニカルシールでは 1000 時間) を達成した。CPB 系は、柔軟性・強靱性・低摩擦性ゆえに基礎試験/実機試験のギャップを埋めうることを見出し、基礎実験データに基づき、SRT コンセプトとして、その精緻化・特徴化を図るとともに、新たなアプリケーションへの適用を促進する設計基盤を確立した。これは、「ハード」から「ソフト」へのパラダイムシフトとも位置づけられ、ソフト系摺動面のポテンシャルを引き出すデバイス設計 (第 2 世代) を実施しており、よりインパクトの大きな分野への展開を目指している。



2. 社会実装／実用化に向けた取組

2-1. 実施概要

1-1. に記載のとおり、研究開発ではCPB系を軸としてSRTコンセプトを実証し、各アプリケーションへの社会実装に向けた実用化技術への展開を図った。本プロジェクトで提案したSRTシステムでは、ソフトであるが故の特性を見出し、低摩擦、撃力耐性、シール性などの機能を生かした機械システムへの対応を検討した。レジリエンシー強化においても、(1) 基板界面の密着性向上、(2) CPB構造の最適化、(3) 摩耗の低減化を目的に産学連携で研究開発を進め、実用レベルに匹敵する性能を達成することができた。SRT材料として、CPB、ボトルブラシポリマーやポリマーモノリス、また、潤滑液として、新しいイオン液体や深共晶溶媒の開発に成功し、それらの量産化の検討に着手した。機械システムのアプリケーションとして、メカニカルシール、コンプレッサ、スピーカにおいては、実機による耐久試験も行なった。当初目標の耐久性を実現できており、かなり実用に近い基準までに達していると考えられる。これらの材料、アプリケーション別の特許出願状況は、右表のとおりである。各アプリケーションに関する特許が産学共願で出ており、実用化に向けた準備が整いつつある。

SRT材料のサプライチェーンの構築が、本技術の社会実装における最も重要な課題であり、川上企業が開発、製造する材料を安価かつ安定に供給することが求められている。また、川下企業から川上企業への様々なフィードバックが、より優れたSRT材料の開発を可能にした。企業間の相互理解を目的に、企業代表者で構成されたイノベーション推進委員会を運営し、垣根のない開発研究を実施することができた。「1企業1アプリケーション」の基本原則が、非常にスムーズな関係性を維持し、共同研究を円滑に進められた、大きな要因と考えられる。例えば、各アプリケーションWGや全体報告会は、積極的なオープンイノベーションの場であり、産学が一体となってこれらを推進し、その議論に基づき、最適材料と最適システムを提案できる研究開発環境を提供することができた。また、産学共同研究の場として、連携ラボ、連携サテライトラボを設置したことで、本プロジェクト内の産学連携は非常に有機的に機能したと考えられる。また、本プロジェクト外への材料展開（横展開）については、新たな合意形成などを進めた結果、一部企業への供給が可能であった。ポストACCELでは、川上企業からの材料供給において、安価で安定した供給体制の実現に向けて、具体的なプロセス構築を鋭意努力しており、近い将来での達成を目指している。

2020年3月5日にACCELプログラム終了に伴う国際シンポジウムの開催を企画していたが、新型コロナウイルス対策のため中止延期とし、2021年3月17日に国内シンポジウムとして終了シンポジウムをハイブリッド形式で開催した。参加者は、オンサイト78人、リモート25人の合計103人であった。参画機関（大学）と企業からの成果発表を行い、今後の実用化に向けた取り組みについても言及した。

材料、アプリケーション	特許件数(カッコ内は、PCT件数)
CPB、ボトルブラシ関連	10(4)
ポリマーモノリス関連	1
イオン液体関連	2
機械要素関連	2(1)
シール関連	1(1)
コンプレッサ関連	2(1)
スピーカ関連	1(1)
非潤滑関連	1