

日本ードイツ 国際共同研究「水素技術」 2023 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	環境適合性を向上させた水素適合シール材料：多様で安全な水素サプライネットワーク構築を支える基盤技術の探求
研究課題名（英文）	Sustainable and Hydrogen-Compatible Sealing Materials: Key Element for Ensuring Safety and Diversity of Hydrogen Supply Network
日本側研究代表者氏名	澤江 義則
所属・役職	九州大学・教授
研究期間	2022 年 4 月 1 日 ～ 2025 年 3 月 31 日

## 1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
澤江 義則	九州大学・大学院工学研究院・教授	統括, 樹脂材料のトライボロジー試験指揮
本田 重信	NOK 株式会社・NOK R&D 技術企画部・部長	統括
杉村 丈一	九州大学・水素材料先端科学研究センター・特任教授	ゴム材料のトライボロジー試験担当
八木 和行	九州大学・大学院工学研究院・准教授	表面分析指揮・分析データの解析
田中 宏昌	九州大学・大学院工学研究院・助教	ゴム・しゅう動相手材の表面分析担当
森田 健敬	九州大学・大学院工学研究院・助教	樹脂・しゅう動相手材の表面分析担当
新盛 弘法	九州大学・大学院工学研究院・学術研究員	ゴム・樹脂・しゅう動相手材の表面分析担当
陳 乾	九州大学・大学院工学府・D3	樹脂・しゅう動相手材の表面分析担当
古庄 和真	九州大学・大学院工学府・M2	ゴム・しゅう動相手材の表面分析担当
石井 康太郎	九州大学・大学院工学府・M1	樹脂・しゅう動相手材の表面分析担当

青柳 裕一	NOK 株式会社・技術本部技術研究部・材料研究課長	材料開発指揮
佐藤 博幸	NOK 株式会社・技術本部技術研究部・シール研究課長	トライボ/シール評価指揮
小森 寛之	NOK 株式会社・技術本部技術研究部材料研究課	材料開発担当
酒井 陽平	NOK 株式会社・技術本部技術研究部シール研究課	トライボ/シール評価担当
橋本 光	NOK 株式会社・技術本部技術研究部シール研究課	トライボ/シール評価担当

## 2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

WP1 では、O リング用ゴム材料ならびにピストンリング用樹脂材料について、フロイデンベルク（以下、FB）と連携しながらバイオベース原料を用いた環境適合材の開発と試作を進める。同様に FB と連携しながら、シール材料の LCA 評価手法に関する調査と検討を進め、試作した環境適合材の LCA 評価を試行することを目標とする。

WP2 では、O リング用ゴム材料ならびにピストンリング用樹脂材料のベンチマーク材のトライボロジー評価を継続し、広温度域高圧水素中における摩擦・摩耗に関する評価結果をまとめ、環境適合材の開発における指標とする。また、NOK 株式会社（以下、NOK）および FB にて試作された最初の環境適合材のトライボロジー評価を開始することを目指す。加えて、高圧水素ガスに対するシール機能評価法の検討を開始する。

WP4 では、トライボロジー試験後の試験片表面の分析を継続しながら、高圧水素ガス雰囲気特有の界面現象の解明と、トライボロジー特性との関連を探求する。

## 3. 日本側研究チームの実施概要

NOK はドイツ・FB と連携しながら環境適合材の開発を進め、O リング用ゴム材料として、これまでよりも硬度を改善した天然ゴム 3 種に加え、バイオベース EPDM1 種について、摩擦試験用試験片を九大ならびにドイツ・連邦材料試験所（以下、BAM）に供給した。またピストンリング用樹脂材料では、硫黄およびフッ素を含まない環境適合材として PA66 および PEEK を母材とした樹脂複合材、ならびにバイオベース PA を開発し試験片を九大ならびにドイツ・BAM に供給した。LCA 手法については、ドイツ・BAM と共通の評価手法を確立するための協議を続け、ドイツ・日本で共通して使用可能なデータベースの未整備など、問題点を整理した。またドイツ側との共通手法の確立に先立ち、日本で使用可能なデータベースを使用し CO<sub>2</sub> 排出量算出を試行し、バイオベース材への展開に必要な課題の整理を行った。

九州大学は、O リング用ゴム材料のベンチマーク材として VMQ、EPDM、FKM、ピストンリング用樹脂材料のベンチマーク材として PEEK 複合材の大気圧下における摩擦・摩耗評価を進めた。樹脂材料については、大気圧下で良好な結果を示した PEEK 複合材について、40MPa の高圧水素ガス中での摩擦・摩耗評価を実施し、充てん材の配合により高圧水素環境への適性が異なることを確認した。また、O リング用ゴム材料の環境適合材として NOK より提供された天然ゴム、バイオベース EPDM、ピストンリング用樹脂材料の環境適合材として石油由来 PA 系樹脂複合材およびバイオベース PA ならびに FB より提供されたバイオベース POM について大気圧下における摩擦・摩耗評価を進めた。

大気圧水素ガスならびに高圧水素ガス中での試験後の試験片について各種表面分析を行

い、高圧水素ガス中における摺動界面で生じる特異な物理・化学現象の検証を進めた。その結果、高圧水素中では金属表面の酸化物が還元され減少すること、樹脂・ゴム材料から摺動により発生するラジカルと金属表面の反応が抑制されること、それによって金属表面において純金属成分の割合が増加し、樹脂・ゴム材料の移着が影響を受けること、それがさらに大気圧水素ガス中と異なるゴム・樹脂の摩擦・摩耗につながるが見いだした。上記の内容についてドイツ・BAM の研究者と情報を交換しながら、学術誌への論文投稿の準備を進めている。