

## 産学共創基礎基盤研究プログラム 平成 29 年度中間評価結果

1. 研究課題名：鋼材／潤滑油界面における機能性ヘテロナノ構造制御に基づく転動疲労高特性化のための指導原理の確立

2. 研究代表者：戸高 義一（豊橋技術科学大学 機械工学系 教授）

### 3. 研究概要

研究代表者らは、転動疲労環境下において、鋼材表層のナノ組織と潤滑油との相互作用により形成される機能性膜に着目し、転動疲労特性との関係について多面的・体系的な研究に挑戦している。転動疲労の原因となる摩擦現象は非常に複雑であり、従来は科学的なアプローチがほとんどなされていなかった。研究代表者らは、格子欠陥を多量に含む鋼材と潤滑油との間に形成される機能性膜に着目し、その有効活用に向けて多彩な分野の若手研究者からなるユニークなチーム体制を構築した。研究代表者の強いリーダーシップのもと、力学特性グループ（摩擦、転動疲労の評価）、構造解析・機能性膜評価グループ（ナノ組織や機能性膜の解析・評価）、計算材料グループ（第一原理計算や分子動力学などを駆使した格子欠陥と潤滑油との反応や摩擦現象の機構解明）からなるチームが有機的に連携して活動している。多くの産業界ともネットワークを形成し、転動疲労高特性化のための指導原理の構築に向けて、まさに産学共創のスタンスで取り組んでいる。

### 4. 中間評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

表層ナノ組織と潤滑油との間に形成される機能性膜の性状を潤滑油種で制御し、物理吸着膜、化学吸着膜、化学反応膜を形成することにより、摩擦係数 $\mu$ の制御や転動疲労の長寿命化につながる有益な知見を獲得した。また、炭素鋼などのSNW(Surface Nanostructured Wearing)+SRIQ(Super Rapid Induction Heating and Quenching)材は、SRIQ材より疲労寿命が10倍延びたことは画期的である。

上記機能性膜効果の原因解明に純Feを用いて実験と計算から取り組んだ。そして、表層Feに多くの格子欠陥（結晶粒界、転位）が存在するとFeの電子状態に偏りが生じ、ファンデルワールス力が増し、結合力の強い膜が厚く形成され低 $\mu$ 化するという機構を提案するに至った。これらの研究の進展は、多面的な研究成果を統合したモデルの提案と新しい指導原理の構築への期待を膨らませるものである。さらに、今後の論文や特許による研究成果の公表についても、具体的な計画が立てられている。

研究代表者が異分野の若手研究者をよくまとめ上げ、本分野の飛躍を図ろうとしている姿勢も高く評価される。産学共創の場における対話を有効活用し、研究を効果的に推進している点、また多くの関係企業・研究機関と広く開かれたネットワークを形成し協力体制

を構築している点も特筆される。

#### 4-2. 今後の研究に向けて

多面的・系統的研究により転動疲労環境下の鋼材表層ナノ組織と潤滑油界面における現象解明に継続して取り組み、機能性膜の効果を顕在化させるための材料設計や潤滑油設計の基本指針を提示することを期待したい。扱う現象が複雑であるので、多面的なアプローチが必須であろうが、一方では研究内容が過度に発散しないようにも留意して、界面現象の本質に迫る研究に集中していただきたい。

最先端の解析技術や計算材料科学を駆使して、従来見ることができなかった現象の見える化や、機構が未解明であった現象の学理追究に期待したい。とくに、3つのグループの研究成果を有機的に連結し、マルチスケールでモデルを構築し、転動疲労特性飛躍の新指導原理を提案していただきたい。また、構築した産学ネットワークを活用して、部品を用いた原理検証にも期待したい。オリジナリティの高い多くの新知見を獲得しているので、論文文化及び特許化にも積極的に取り組んでいただきたい。

#### 4-3. 総合評価及び研究継続の可否

##### 総合評価 S、研究継続 可

転動疲労の原因となる摩擦現象は複雑であり、従来は科学的なアプローチがほとんどなされていなかった。本研究は、この分野に科学のメスを入れた極めて挑戦的で期待の大きい取り組みである。鋼材表層ナノ組織と潤滑油界面における摩擦現象の本質解明と機能性膜による転動疲労特性向上の新指導原理構築に向け、多彩な分野の若手研究者が結集し、期待以上の成果を挙げつつある。さらに、産学共創プログラムの特徴を十分に活用したネットワーク的活動も本プログラムの模範となるものである。

Fe 表層のナノ組織、とくに格子欠陥により潤滑油膜特性が制御できること、それに伴い摩擦特性や転動疲労特性が著しく向上すること、さらには両者の関係を結びつける機構が飛躍的に解明されつつあることは高く評価される。現状では統一的解明には至っていないものの、実験・計算を融合させたマルチスケール解析により統一モデルを構築し、材料設計や潤滑油設計の指導原理が確立されることを大いに期待している。

以上