

Green TriboNet Newsletter

グリーントライボ・ネットワーク・ニュースレター



vol. **9**
MARCH
2016

5年間を総括するシンポジウムを開催

2011年にスタートしたグリーントライボネットワークは、2016年3月末に終了を迎えます。5年間の研究成果を概観するシンポジウムを、7月の東京(第8号で既報)に続き、11月4日に仙台、1月19日に京都で開催しました(11月は東北発 素材技術先導プロジェクト 超低摩擦技術領域との連携シンポジウム)。仙台では9件、京都では10件の成果発表が行われ、本ネットワークに参加する11の研究室すべての成果が報告されました。参加者は132名と104名でした。

両シンポジウムでは、本ネットワークで初めて共同研究を行った研究者たちが、低摩擦材料を短期間で「装置」という出口までつなげたことが次々に報告され、京都では、酸化亜鉛膜による燃費向上を実証した発電機のデモも行われました(材料ごとの融合研究

の成果はp.2-3でご紹介します)。本ネットワークの目的は、材料の研究と機械の研究の融合を推進することでしたので、大きな成功を収めたことになりませんが、代表の栗原和枝・東北大学教授は「1つの材料を実際に装置で使える形にするまでのサイクルは達成したので、次は、装置の目的に合わせて材料の最適化を図り、より高性能な材料を生み出すサイクルを実現したい」とさらなる発展を望んでいます。

これに応えるように、2015年8月には、濃厚ポリマーブラシが科学技術振興機構のACCEL(戦略的創造研究推進事業)の課題として採択されています。京都では、成果発表の後で、この課題の概要と、本ネットワークからも多くの参加者がいることを研究代表者の辻井敬亘・京都大学教授が紹介しました。

GRENE事業 11月4日 ホテルメトロポリタン仙台 グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク & 東北発 素材技術先導プロジェクト 超低摩擦技術領域 連携シンポジウム

● ご挨拶

尾西晃典(文部科学省)、伊藤貞嘉(東北大学理事)

● 成果発表

森 誠之(岩手大学)、古川英光(山形大学)、中野 健(横浜国立大学)、足立幸志(東北大学)、土佐正弘(物質・材料研究機構)、佐藤貴哉(鶴岡工業高等専門学校)、栗原和枝(東北大学)、平山朋子(同志社大学)、久保百司(東北大学)
(敬称略)



GRENE : グリーントライボネット シンポジウム

1月19日 京都大学化学研究所大セミナー室

● ご挨拶

田巻孝敬(文部科学省)

● 成果発表

栗原和枝(東北大学)、平山朋子(同志社大学)、中嶋 健(東京工業大学)、森 誠之(岩手大学)、中野 健(横浜国立大学)、古川英光(山形大学)、足立幸志(東北大学)、土佐正弘(物質・材料研究機構)、辻井敬亘(京都大学)、上條利夫(鶴岡工業高等専門学校)
(敬称略)



酸化亜鉛コーティングしたボールベアリングを用いた小型ジェットエンジン発電機のデモ(発電によりLED点灯)



世界最高水準の融合研究で、 環境・エネルギー問題の解決に貢献

01

高強度ゲルの機械要素への適用

微細加工・設計チーム
山形大学大学院理工学研究所 教授 古川英光

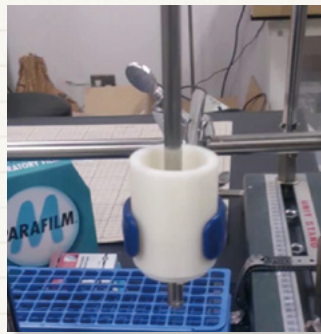
ダブルネットワーク (DN) ゲルは90%以上の水を含み、高い強度をもつだけでなく、摩擦性能に優れています。私たちはまず、本ネットワーク内の各研究機関にDNゲルを配布し、さまざまな測定・分析をしていただいてゲルの低摩擦機構の解明と機械的特性の把握を進めました。これにより、ゲルからしみ出す水が低摩擦に寄与していることが明らかになった一方、ゲルを機械に適用する際のさまざまな問題も出てきま

した。
最大の問題は、ゲルを基板に固定しないと、摩擦材料として使用できないということでした。そこで、治具による固定、ラフ面による固定、接着剤固定なども試しましたが、最終的に、ケイ素化合物アンカーを用いてDNゲルをガラス表面に直接固定する技術を佐藤グループと共同で確立することができました。また、ゲルが乾燥に弱いという問題に対しては、佐藤グループが溶媒の蒸発し

にくいイオンゲルを開発して下さいました。ゲルは加工も難しいのですが、3Dプリンターやレーザー加工を活用することで、望む形に加工できるようになりました。

アウトプットとして、水のある環境で回転軸のシール材として使うことを最初のターゲットとし、中野グループの協力を得てモデルを試作しました。さらに、足立グループと装置メーカーにも加わっていただいて評価のための実機モデルを開発しました。これらと並行して、ゲルの摩耗の評価にも取り組んでいます。

今後は、これまでの融合研究をさらに強化し、実機モデルでアプリ開発をすることが目標です。また、昨年開設したテストユースラボを通して、ソフトロボティクス、生体模擬材料などにもゲルの利用を広げていければと考えています。



3Dプリンターで製作したゲルシール材(左)を用いたシリンダ・ピストン系モデル

02

濃厚ポリマーブラシの厚膜化に成功

新素材・材料創製チーム
京都大学化学研究所 教授 辻井敬亘

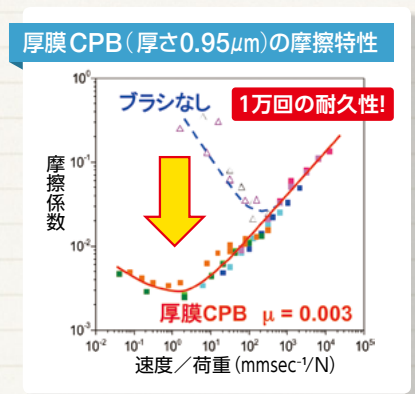
濃厚ポリマーブラシ (CPB) を良溶媒に膨潤させ、向かい合わせて摺動すると、摩擦係数は境界潤滑領域で 10^{-4} 程度と、優れた極低摩擦特性を示します。私たちはまず、低摩擦が発現する機構を実験で明らかにし、物理化学的に考察しました。

しかし、CPBのポリマーの長さは100nm程度です。機械システムに適用すると、相手面の凹凸のほうがこれよりずっと大きいので、削り取ら

れてしまいます。そこで、リビングラジカル重合を高圧下、またはイオン液体中で行い、ポリマー鎖を10倍以上伸ばすことに成功しました。

さらに、厚膜化したCPBがマクロ接触下でも低摩擦性と耐久性に優れることを、栗原グループとの共同研究で確かめました。このCPBは300MPaの面圧に耐えると思われたことから適用範囲は広く、今後は実機への応用に向けた研究を展開

したいと考えています。





03

酸化亜鉛コーティングによる燃費向上を実証

新素材・材料創製チーム
物質・材料研究機構 グループリーダー 土佐正弘

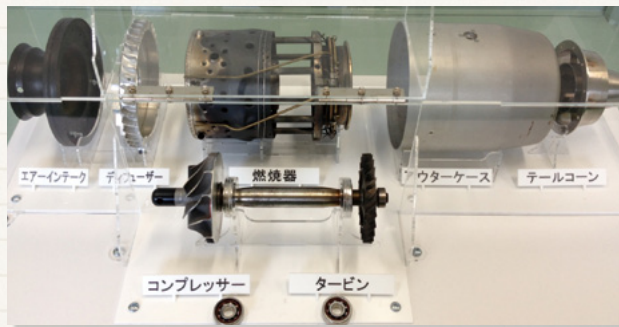
酸化亜鉛 (ZnO) 膜は、高温・高湿度・真空中といった極限環境で使用でき、人畜無害で原料も豊富なことから、低摩擦化が期待されていました。私たちは、独自に開発したコンピナトリアルスパッタコーティングシステムを用いてさまざまな条件下で ZnO 膜を作製し、コーティング時の酸素分圧が 60% のときに形成される膜が優れた摩擦特性をもつことを見いだしました。

この知見を実機に活かすことをめざして、まず、ベアリングボール (Si₃N₄) の表面に膜を均一に蒸着する手法を開発しました。これにより、ステンレス基板の場合とよく似た配向のコーティング層をもつボールを作製できました。このボールを用いたベアリングの駆動試験を行ったと

ころ、未コーティングボールのベアリングに比べて摩擦係数が約半分と小さくなりました。

次に、p.1 の写真に示す小型ジェットエンジン

の発電機を試作し、そのコンプレッサーとタービンの軸受け部分に ZnO コーティングしたボールのベアリングを装着しました。運転の結果、発電機の燃費は、未コーティングボールのベアリングを用いた場合より、約 1% 以上向上することが実証できました。今後は、ボールのコーティング条件を最適化し、実機レベルでのさらなる燃費向上につなげ



小型ジェットエンジンの構成

たいと考えています。

低摩擦化の機構はピエゾ効果によるものと考えていますが、まだ十分には解明できていません。また、潤滑油の添加剤と膜との反応など興味深い現象も見つかっています。このため、栗原グループや森グループの協力も得て、ナノレベルでのキャラクター化をさらに進めています。

04

イオン液体で低摩擦材料の性能をアップ

新素材・材料創製チーム
鶴岡工業高等専門学校 教授 佐藤貴哉

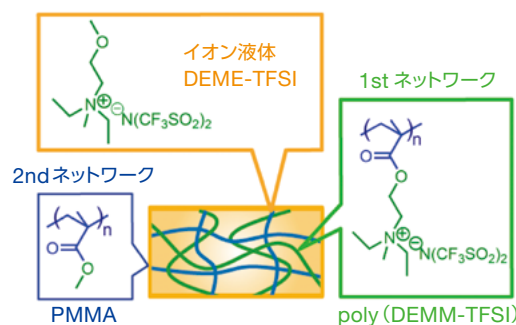
イオン液体の潤滑特性は、ナノスケールとバルクでは異なり、また、カチオンとアニオンの組み合わせによっても変わります。栗原グループと共同で行った特性評価と物理モデル解析により、摩擦界面におけるイオン液体の構造と摩擦特性の相関関係を解明することができました。

この知見も踏まえ、イオン液体を CPB と DN ゲルに応用しました。CPB への応用については前号で紹介したとおりです。DN ゲルについては、機械への応用を視野に、溶

媒をイオン液体とすることで、溶媒が揮発しにくく、熱安定性に優れたゲルをめざしました。開発の結果、1st ゲルをイオン液体型ポリマー、2nd ゲルを PMMA とすることで、イオンゲルとして過去最高の強度、高温でも真空中でも優れた

摩擦特性をもつものを得ることができました。

開発したダブルネットワークイオンゲルの構造



お知らせ

メンバーの昇進・採用が 続出

本ネットワークの5年間の活動は、多くの研究成果を生み出した一方、ネットワークのメンバーにも飛躍をもたらしました。所属機関内で昇進した場合と、別の機関に採用された場合を合わせて、教授に就任したメンバーが4名(昇進3名、採用1名)、准教授に就任したメンバーが4名(昇進2名、採用1名、採用後昇進1名)、助教に就任したメンバーが3名(昇進1名、採用2名)にのぼり、国立研究開発法人の研究員に採用されたメンバーも2名います。11研究室(うち2研究室は3年目から参加)でこれだけの昇進・採用があったのは、本ネットワークの融合研究により、メンバーの研究力が伸びたことの1つの表れと言えそうです。

● 昇進・採用者のリスト

	前職	現職	
昇進			
古川英光	山形大学准教授	同教授	2012年 4月
上條利夫(佐藤グループ)	鶴岡工業高等専門学校助教	同講師	2012年 7月
	同講師	同准教授	2014年 7月
水上雅史(栗原グループ)	東北大学講師	同准教授	2013年 6月
平山朋子	同志社大学准教授	同教授	2014年 4月
宮 瑾(古川グループ)	山形大学特任助教	同助教	2015年 4月
中野 健	横浜国立大学准教授	同教授	2015年12月
採用			
田所千治(中野グループ)	横浜国立大学研究員	東京理科大学助教	2014年 4月
滝渡幸治(森グループ)	岩手大学研究員	一関工業高等専門学校助教	2012年 4月
	(昇進) 一関工業高等専門学校助教	同准教授	2015年 4月
野村晃敬(辻井グループ)	京都大学博士課程後期学生 →ジョージア工科大学博士研究員	物質・材料研究機構 研究員	2014年10月
石毛亮平(辻井グループ)	京都大学特任助教	東京工業大学助教	2014年10月
呂 仁国(森グループ)	岩手大学研究員	関西大学准教授	2015年 4月
藤波 想(中嶋グループ)	東北大学助教	理化学研究所研究員	2015年 5月
中嶋 健	東北大学准教授	東京工業大学教授	2015年 7月

活動報告

1

先端摩擦研究の テキストを作成中

本ネットワークでは、界面化学を基盤として材料と機械システムを統合的に理解し、研究開発を展開できる人材を育成するため、インターンシップと夏の学校(1年目は冬の学校)を実施してきました。特に、2011年度から毎年度開講してきた夏(冬)の学校は、ネットワーク内の研究室の学生だけでなく、企業の若手研究者も多数参加する恒例行事となり、好評でした(5回の参加者数は平均105名、参加企業数は平均20社)。

この人材育成の経験を、摩擦研究に携わる多くの方に活かしていただこうと、現在、先端摩擦研究の基礎と展望を把握できるテキストを作成中です。夏(冬)の学校の5回分のテキストを下敷きに、ネットワーク内外のメンバーが執筆を進めており、2016年中に講談社から出版する予定です。本ネットワークの活動の集大成にもなりそうです。

活動報告

2

学会誌の特別企画にメンバーが寄稿

摩擦現象を分子レベルで理解し、機械システムへの応用に役立てようという本ネットワークの研究は、関連する学術分野の注目を集めています。2014年に高分子学会の機関誌『高分子』でトライボロジーが大きく取り上げられたのに続き、『日本ゴム協会誌』の2015年2月号がトライボロジー特集号となり、日本油化学会の情報誌『オレオサイエンス』2015年5月号では「摩擦低減技術の進歩」という特集が組まれました。『日本ゴム協会誌』には中野健・横浜国立大学准教授(当時)が、『オレオサイエンス』には栗原グループと古川グループが寄稿しました。

