

令和元年6月12日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K18818

研究課題名(和文)PCR法を用いた増幅DNAによる潤滑油代替材料創製への挑戦

研究課題名(英文)The challenge of an alternative lubrication material synthesizing by multiplying DNA under PCR method

研究代表者

野老山 貴行(Tokoroyama, Takayuki)

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：20432247

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：人工的に生産可能な潤滑油を得るため、植物由来DNA断片の潤滑油代替材料としての可能性を検討し、低摩擦材料として確立するものである。ポリメラーゼチェーンリアクション(PCR)法により、DNA断片の増幅と摩擦面への供給、摩擦測定からその可能性について解明する。DNA断片の摩擦面吸着のその場観察から、低摩擦に寄与する極性基の種類、吸着される側の材質との組み合わせの解明を目指す。最後にDNA断片の吸着を阻害する要因を明らかにするため、紫外光導入摩擦面その場観察試験機を用いて、入射する紫外線波長と摩擦係数との関係を得る。吸着基あるいはDNA断片の構造を破壊する要因について明らかにする。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球資源の搾取型潤滑システムは石油探掘量がゼロになることで終焉を迎えることが危惧されており、潤滑油代替材料の模索は人類にとって必要不可欠な課題である。本研究で明らかにした潤滑物質の創製はトライボロジー分野にとって搾取型から生産型への転換を意味し、将来潤滑油が枯渇する問題を根底から解決するものである。

研究成果の概要(英文)：To obtain artificial lubricant, DNA oriented from flora is expected to be alternative material of lubricant. The polymerase chain reaction (PCR) is one of the potential method to increase molecule. It was expected that in-situ observation of those DNA included lubricant with friction test could unearth the effect of those DNA on reduction of friction coefficient. Some of functional group is expected to absorb on a glass surface, then it acts to reduce friction force. To clarify the effect of those DNA on reduction of friction force, measurement of those absorbed materials by ultra-violet light is potential method to proof an existence of those absorbed molecule.

研究分野：トライボロジー

キーワード：PCR DNA 摩擦 紫外線 吸着 その場観察

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

従来の潤滑方式は資源・自然由来物質の搾取・輸送型であったが、環境負荷低減及びハイブリッド・水素・電気自動車など革新的な燃料利用による化石燃料の使用量削減、2015年7月に定められた「エネルギー供給構造高度化法」に伴う国内原油精製量の減少による潤滑油の精製量減少により、将来的に潤滑油不足・輸入という構図が懸念される。潤滑油代替材料として植物油が期待されるが、広大な栽培面積が必要、収穫量の変動、抽出ゴミの発生が懸念される。潤滑油代替材料としてゴミの排出が無く、精製量を人為的に制御可能で、自然界からの搾取を必要としない物質の創製とシステムの構築が求められている。本研究では、資源・自然由来物質の搾取型工業モデルから脱却し、自己増殖・自己生成を可能とする持続可能型モデルへの移行を目的としている。

### 2. 研究の目的

本目的を達成するためのキーアイデアは水潤滑の粘度向上とその粘度を持続可能な物質供給経路の確保であると考えられる。そこで、人工的に生産可能な潤滑油を得るため、植物由来DNA断片の潤滑油代替材料としての低摩擦材料の実現可能性を検討する。

### 3. 研究の方法

DNA断片含有水溶液の基礎的な摩擦特性を明らかにするため、DNAを抽出容易な植物(ブロッコリー、バナナ、玉ねぎなど)からDNAを抽出することが本研究の第1目標である。そのため初年度は、冷凍したブロッコリーの蕾部を乳鉢で粉碎し、4 vol.%の塩化ナトリウム水溶液中にて抽出後ろ過し、5分間遠心分離機にて分離した沈殿物からDNA含有水溶液を取り出す。水溶液を保持可能なカップに入れ、ボールオンディスク型摩擦試験機に固定し、摩擦係数を測定した。また、潤滑物質の自己生産・増殖の可能性をポリメラーゼチェーンリアクション(PCR)法により明らかにするため、DNAの断片を熱・電圧印加等をn回繰り返して元のDNA断片物質を2<sup>n</sup>個に増幅したモデル試験溶液により実験を行った。モデルDNA物質を0.5 M(モラー、 $M = 10^3 \text{ mol/m}^3$ )、0.25 Mおよび蒸留水をガラス基板およびガラス半球を用いて摩擦試験を行った。

### 4. 研究成果

DNAの抽出には塩化ナトリウム、界面活性剤、エタノールが使用されている。この3種の物質はDNA断片含有水溶液に残っている可能性がある。界面活性剤と塩化ナトリウムに関しては先行研究によって摩擦係数の削減を妨げることはないと分かっているが、その際の影響を明らかにするためにそれぞれの摩擦特性を調査した。比較のために溶媒として使用している精製水の摩擦係数の回転数に対する変化を図1に示す。また、図2(a)塩化ナトリウム水溶液、(b)界面活性剤、(c)エタノールの垂直荷重は0.1 N下での摩擦試験の結果である摩擦係数の回転数に対する変化を示す。

図1に示すように精製水中での摩擦係数の値は約0.20を示した。また、図2(a)、(b)及び(c)に示すように、それぞれの摩擦係数は塩化ナトリウム水溶液中で約0.22、界面活性剤中で約0.26及びエタノール中で約0.26となった。以上の結果から、DNAの抽出に使用した物質のみを使用した場合、摩擦係数は増加傾向にあることが明らかとなった。

DNA断片含有水溶液の摩擦試験の結果を図3(a)タマネギDNA、(b)ブロッコリーDNAに摩擦係数の回転数に対する変化として示す。タマネギDNA断片含有水溶液では摩擦係数が約0.10を示した。また、図3(b)よりブロッコリーDNA断片含有水溶液では約0.19を示した。どちらの摩擦係数も精製水中よりも低いため、DNA断片水溶液が摩擦軽減に寄与している。

次にモデル潤滑溶液としてDNA断片モデル水溶液を作成し摩擦実験を行った。実験結果を図4に示す。蒸留水は荷重を増加させた場合でもほぼ一定の高い摩擦係数を示しているが、0.5 M濃度のDNA断片含有水溶液は部分的に摩擦係数の減少している領域が存在している。蒸留水のみと比べ0.5 M DNA断片を有する水溶液では垂直荷重の減少に伴って摩擦係数が減少していた。

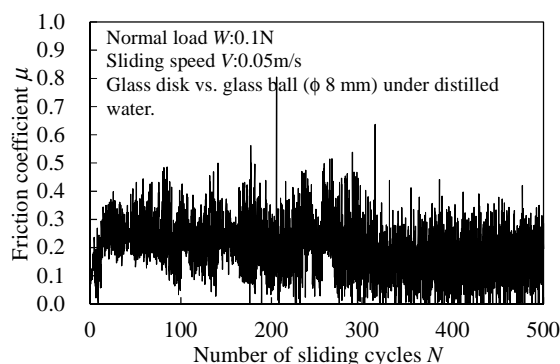


図1 精製水中の摩擦係数

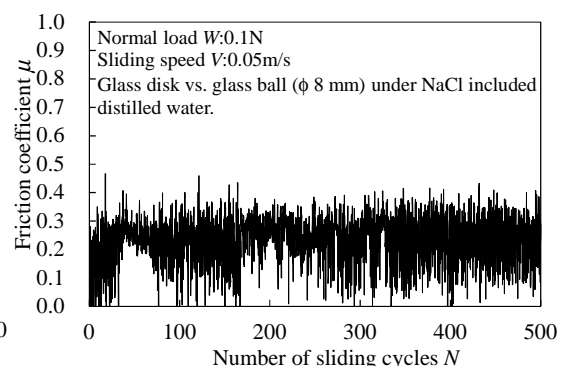


図2(a) 塩化ナトリウム水溶液中の摩擦係数

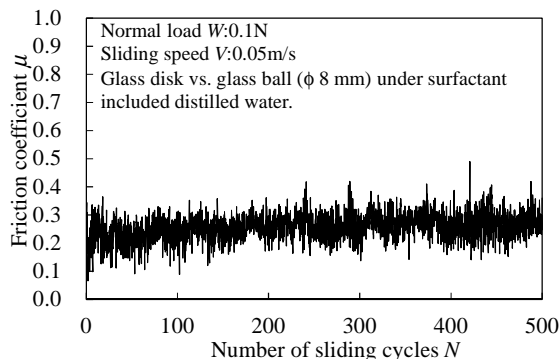


図 2(b) 界面活性剤中の摩擦係数

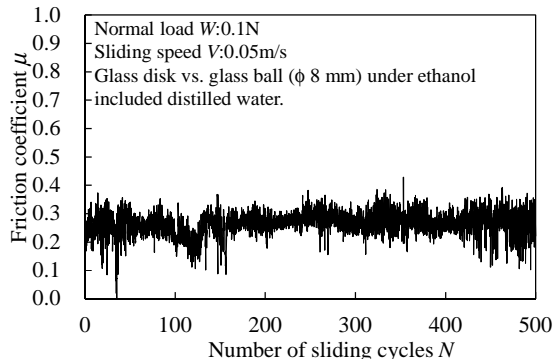


図 2(c) 70%エタノール中の摩擦係数

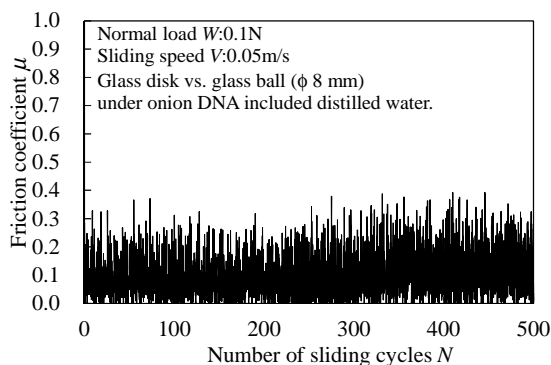


図 3(a) タマネギ DNA 断片含有水溶液中の摩擦係数

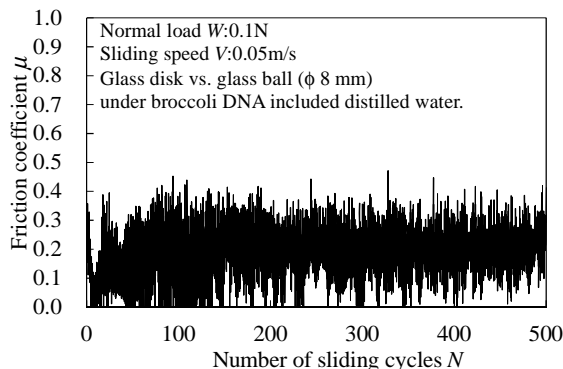


図 3(b) ブロccoli DNA 断片含有水溶液中の摩擦係数

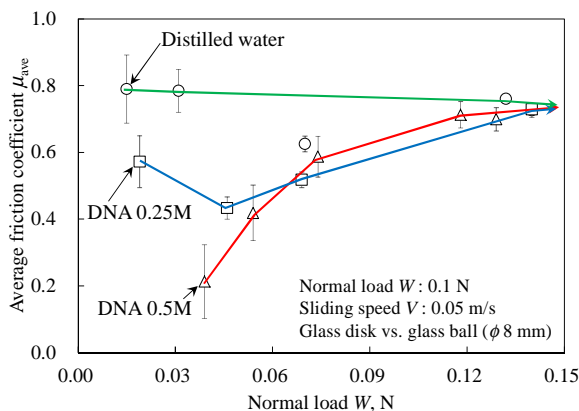


図 4 異なる DNA 添加量を有するモデル水溶液中摩擦試験結果

この摩擦係数の減少は流体潤滑条件から混合潤滑条件への遷移によるものと考えられ、0.5 M の DNA を含有することによりガラス表面に DNA 断片が吸着して、界面付近の粘度が上昇したことにより発生したものと推測される。以上の結果から、植物由来の DNA 断片取得方法及び PCR 法による増幅方法のいずれにおいても摩擦係数を低減できる可能性を明らかにした。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：

種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：  
ローマ字氏名：  
所属研究機関名：  
部局名：  
職名：  
研究者番号（8桁）：

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。