

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12059 号
------	---------------

氏 名 小森 健太郎

### 論 文 題 目

エンジン潤滑油環境下における水素化DLC膜の摩擦化学反応と  
摩擦摩耗メカニズムの研究

(Study on Mechanism of Friction, Wear Behavior and Tribo-  
Chemical Reactions of Hydrogenated DLC Coating under  
Lubricated Condition with Engine-Oil)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	梅原 徳次
委員	名古屋大学	教授	福澤 健二
委員	名古屋大学	教授	北 英紀
委員	名古屋大学	准教授	野老山 貴行

## 論文審査の結果の要旨

小森健太郎君提出の論文「エンジン潤滑油環境下における水素化DLC膜の摩擦化学反応と摩擦摩耗メカニズムの研究」は、エンジン潤滑油環境下における水素化DLC膜における低摩擦性と耐摩耗性を両立するための材料設計指針を構築することを目的とし、種々のDLC膜のエンジン潤滑油中におけるトライボフィルムの化学組成と摩擦化学反応を分析し、DLC膜の水素含有量や表面粗さがトライボフィルム化学組成及び摩擦摩耗特性に及ぼす影響を明らかにした。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、自動車エンジンの燃費向上におけるDLC膜の優位性を説明し、エンジン潤滑油環境下での添加剤の水素化DLC膜の摩擦摩耗に及ぼす従来の研究をまとめ、水素化DLC膜の物性や表面粗さの添加剤を含有した油中での摩擦化学反応や摩擦摩耗メカニズムに及ぼす影響未解明であることを述べている。

第2章では、DLC膜における添加剤を含有したエンジン潤滑油中での複雑な摩擦摩耗メカニズムの解明に向けてDLC膜の多様性に着目し、水素含有量、機械的物性、炭素結合構造およびマイクロ表面性状の異なるDLC膜を系統的に成膜してそれらの物性を明らかにしている。物性が系統的に異なるDLC膜が成膜されたことにより、次章以降での対照実験による各物性の影響の考察が始めて可能になり重要である。

第3章では、物性の異なるDLC膜のエンジン潤滑油中における摩擦摩耗挙動と摩擦表面のトライボフィルム化学組成の解析を行い、摩擦化学反応が摩擦摩耗特性に与える影響とそのメカニズムを明らかにしている。具体的には、水素化DLC膜は水素含有量が18 at.%と小さい場合には $\text{MoS}_2$ が多く生成し低摩擦、耐摩耗となるが、25~40 at.%の範囲で顕著な摩耗量の増加を示し、相手鋼材表面上において金属MoやMo炭化物の生成が観察され、 $\text{MoO}_3$ の還元反応による水素化DLC膜の炭素構造の脆弱化が摩耗促進につながる可能性を示唆している。また、DLC膜の表面粗さが摩擦摩耗に大きな影響を表すことを示している。これら結果は、DLC膜の炭素結合構造とマイクロ表面構造が摩擦化学反応と摩擦摩耗特性に大きな影響を及ぼすことを示唆した重要な知見である。

第4章では、DLC膜の表面凹凸構造を積極的に形成 (Pre-structuring) した場合について検討し、摩擦化学反応および摩擦摩耗特性に与える影響と摩擦メカニズムを明らかにしている。その結果、DLC膜の表面構造のPre-structuringは、相手鋼材上への $\text{MoS}_2$ 形成を著しく促進し、低摩擦化と耐摩耗性向上に寄与する事が明らかにされている。この結果は、添加剤の摩擦化学反応をDLC膜の微小表面粗さで制御する事が可能であるという新しい知見であり工業上有用である。

第5章では、水素化DLC膜における炭素 $\text{sp}^3$ 結合構造の積極的な誘導を検討し、炭素構造が摩擦特性に与える影響と $\text{MoDTC}$ 含有油中における加速的摩耗の抑制効果を検討している。得られた結果よりテトラヘドラル構造を有するSi含有水素化DLC膜は $\text{MoDTC}$ および $\text{ZnDTP}$ 添加剤を含有する潤滑油中において低摩擦特性と耐摩耗性とを両立可能である事が明らかになった。この結果は、添加剤の摩擦化学反応をDLC膜の炭素結合構造で制御するという新しい知見であり工業上有用である。

第6章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、エンジン潤滑油環境下における水素化DLC膜における低摩擦性と耐摩耗性を両立するための材料設計指針を構築することを目的とし、種々のDLC膜のエンジン潤滑油中におけるトライボフィルムの化学組成と摩擦化学反応を分析し、DLC膜の水素含有量や表面粗さがトライボフィルム化学組成及び摩擦摩耗特性に及ぼす影響を明らかにしている。得られた結果は、水素化DLC膜の低摩擦性と耐摩耗性を両立する自動車エンジンしゅう動部への応用のために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である小森健太郎君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。