



# DLC膜分類の国際規格化と 分析・評価技術について

基盤技術課 服部 悟

## はじめに

持続可能な社会の実現や地球環境問題を意識したモノづくりにおいて、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)は、その優れた特性から機械工業分野のみならず、電気・電子、食品、民生、医療など様々な分野での利用が年々拡大しています。近年の、燃費向上や高機能化を目的とした、エンジン部品をはじめとする厳しい品質基準を要求される自動車各種部品の適用先の拡大は、DLCコーティングの信頼性が高まっていることを物語っており、蓄積された技術をベースにさらなる適用分野の拡大が期待されます。

しかし一方で、DLCは成膜方式や成膜条件により特性値に幅があることが特徴で、例えば硬さにおいては10~80GPaと大きな幅があり、利用途に応じてDLC膜の種類を選択する必要がありますが、これまで明確に定義された分類がありませんでした。

## ISO20523 DLC膜の分類

そのような中、日本とドイツが共同でDLC膜の分類に関する提案を行い2017年9月にISO20523:2017 Carbon based films-Classification and designationsが発行されました。表にISO20523に掲載されている分類を示します。

この分類では、まず炭素膜を高分子状炭素膜、非晶質炭素膜(DLC)、結晶質炭素膜に分類しています。さらにDLC膜の分類は、炭素結合がsp<sup>2</sup>結合とsp<sup>3</sup>結合どちらが支配的であるかと、DLC膜中の水素の有無および金属元素(クロム、タングステンなど)、非金属元素(ケイ素、フッ素など)の添加元素の有無によって7種類に分類されています。sp<sup>2</sup>結合が優勢であるa-C、a-C:Hとsp<sup>3</sup>結合が優勢であるta-C、ta-C:Hの境界はsp<sup>3</sup>結合

が50%としており、また水素フリーDLCでは、意図しない水素の微量な含有は許容されています。このようにDLC膜が分類されたことで、摩擦や摩耗特性など膜種によって異なる特性を事前に把握することができ、製品にDLC膜を適用する際のミスマッチを防ぎスムーズな製品開発が可能となります。ただ、今回分類に用いられたsp<sup>2</sup>やsp<sup>3</sup>、水素量の高精度の分析には、大変高度な分析設備を必要とすることから、ユーザーレベルでの手軽な品質管理は困難であるため、現在もっと汎用的な分析装置で簡易に分析を行えるように検討が進められています。

## DLC膜の評価

また、DLCの適用を検討する場合にはDLC膜の構造的な理解に加え、膜の硬さや摩擦摩耗特性、密着性などを評価し、DLCを成膜する部品側も下地処理を施したり、摺動や潤滑環境など実際の使用条件に応じた最適な設計をすることが重要となってきます。そういったDLC膜の評価試験についても、2016年3月にISO18535:2016ボールオンディスクによる摩擦摩耗試験が規格化され、また、分光エリプソメトリーを用いたDLC膜の光学特性評価法に関する提案も進行中で、今後順次、DLC膜の評価環境が整備されていくものと思われます。

当センターでは、PBIIID方式のDLC成膜装置を保有しており、本装置では分類表中のa-C:Hに属するDLCを成膜することができます。また、ナノインデンテーション試験機、グロー放電発光分析装置、レーザーラマン顕微鏡、分光エリプソメータ、X線光電子分光分析装置など、DLC膜評価に利用できる装置を設置しており、試作や開発のサポートをしておりますので、ご相談ください。

表 炭素膜の分類 (大竹尚登:月刊トライボロジー、365(2018)1より)

Main group	Polymer-like carbon films	Amorphous carbon films (diamond like carbon, DLC)							Crystalline carbon films			
		hydrogen-free			hydrogenated				Diamond films		Graphite films	
Doping, additional elements				modified with metal		modified		undoped	doped	Undoped		
Chemical bonding state	polymer-like	amorphous							nano-crystalline	micro-crystalline	micro- or nano-crystalline	crystalline
Predominating (σ) bond type	sp <sup>2</sup> or sp <sup>3</sup> , linear bond	sp <sup>3</sup>	sp <sup>2</sup>	sp <sup>3</sup>	sp <sup>2</sup>	sp <sup>3</sup>	sp <sup>2</sup>	sp <sup>2</sup>	sp <sup>3</sup>	sp <sup>2</sup>	sp <sup>3</sup>	sp <sup>2</sup>
Designation	Polymer-like carbon film	Hydrogen-free amorphous carbon film	Tetrahedral hydrogen-free amorphous carbon film	Metal-containing hydrogen-free amorphous carbon film	Hydrogenated amorphous carbon film	Tetrahedral hydrogenated amorphous carbon film	Metal-containing hydrogenated amorphous carbon film	Modified hydrogenated amorphous carbon film	Nano-crystalline CVD diamond film	Micro-crystalline CVD diamond film	Doped CVD diamond film	Graphite film
Short name	—	a-C	ta-C	a-C: Me (Me = W, Ti...)	a-C: H	ta-C: H	a-C: H: Me (Me = W, Ti...)	a-C: H: X (X = Si, O, N, F, B...)	—	—	—	—