# DLC成膜技術と工業的応用

## MD&D技術の開く DLCドライ摺動機構

茨城大学工学部
システム工学科教授　鈴木　秀人

ダイヤモンド・ライク・カーボン（DLC）成膜技術は古くて新しい技術であり、最近の応用製品の高機能化に対応して飛躍的に進化し続けている。とくに今世紀、世界的に地球環境に優しい技術構築の最大の切り札として、DLCドライ摺動機構の創製が、強い社会的要請にもなっている。この成功の鍵は、安価にDLC皮膜に頼るのでなく、DLC摺動材料としての機能保証と信頼性改善の実直な作り込みにある。そのためには、成膜技術者と製品開発者の間の密接な連携が不可欠であり、この橋渡しの手法としてDLCドライ摺動機構MD&D（メカデザイン&デベロップ＝設計・開発）技術のスキルレス化が重要である。

### 皮膜から材料へ

「DLCはダイヤモンドか、炭か」これがDLCのすべてである。また、DLC被膜によって、なぜ摺動機構の潤滑油をほとんど飛ばすことができるのか。

その原因も、実は図1に示すダイヤモンド上炭（黒鉛）の中間と言うべきアモルファス構造にある。このアモルファス構造が表面の高水準の平たん性やはく離性を保証し、DLC皮膜の優れた摺動機能となる低摩擦性と、相反する耐摩耗性をも高めることができる。

さらに、古くから炭化水素系ガスを使用して水素を含んだDLC皮膜が金型などに使用されていることに加え、最近では固体カーボン源を用いて水素を含まないDLC皮膜が機械部品に使用されている。このように、用途に応じて最適に制御して成膜することができる。

### 飛躍的に進化するDLC成膜技術

最近のDLC成膜技術は成膜メーカーの努力により、飛躍的な進歩をとげている。高機能化製品開発へのDLC皮膜の用途拡大に対応して、ちょうどステンレス鋼の目覚ましい歴史的進化と同様のプロセスで、最適に進化していくと期待できる。

DLC成膜技術は成膜装置の原理の相違によって本抵面の各成膜メーカーでも紹介されているように、それぞれの成膜装置により特徴的なDLC皮膜を作製し、適用部品の高機能化に対応して進化させている。とくに最近は、機械の摺動部品に適用されるように、皮膜密着性と基材硬度との関連で処理温度に強い関心が持たれている。

さらに、DLC成膜方法にかかわらず中間的なアモルファス構造に起因して、DLCドライ性能は、皮膜自体のナノコーティングとともに基材硬化のハイブリッド処理によって、金型用あるいは機械用部品に対応して、相反する低摩擦化と耐摩耗性を最適に制御できる。

すなわち①超低摩擦化ナノ機能を基加元素のドープの極高摩擦・界面強じん化を傾斜機能表面改質＝によって、DLC表面改質材料の設計・開発は自在にできる。例えば、図2に示すように、ナノ傾斜機能化によって自己知能化潤滑因子を形成してドライ摺動機能を発現し、さらに耐摩耗性をも最適に保証し得る成膜方法を創製できる。このように成膜技術は、ますます進化の可能性を秘めている。

### ドライ摺動製品開発のスキルレス化

進化するDLC皮膜を生かすドライ摺動機構の創製には、DLC成膜技術者と製品設計開発者の間に死の谷というべき技術的連携を妨げる障害がある。

元来、材料屋と機械屋の間には、互いの専門知識の理解不足から抜き差しならない溝れ違いがあると言われている。互いの「人間関係の潤滑性」をより良くするために、図3に模式図で示すようにスキルレス化MD&D「表面改質＝材料加工＝構造解析＝3DCAD」を構築しなければならない。

さらに、基本的な製品安全を保証する重要な技術構築であり、DLCドライ摺動材料としての機能保証と信頼性評価、とくにDLC摺動材料として最低限の必要条件として持つべき性質は、疲労寿命信頼性である。

なぜなら、潤滑機能など改善する従来の表面処理では、疲労寿命信頼性の劣化はやむを得ないことだとされてきた。しかし、図4に示すように、むしろDLC被覆によりアルミニウム焼結合金の疲労信頼性は向上しており、機械設計者として極めて重要な知見である。

（本文、次ページに続く）

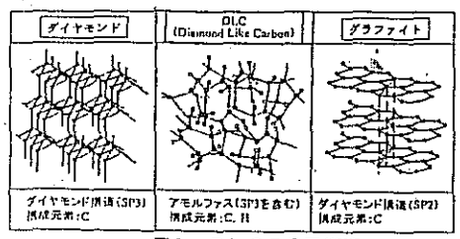



図1　DLCの分子構造

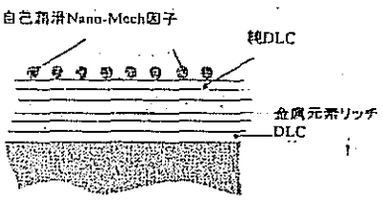



図2　自己知能化潤滑性を発現する「Nano-Mech機構」の創発

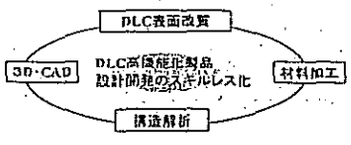



図3　スキルレス化MD&D

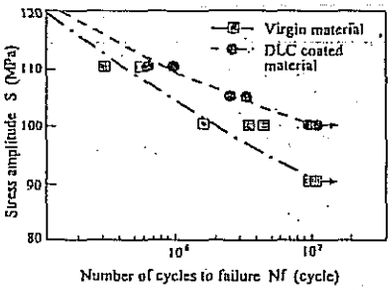
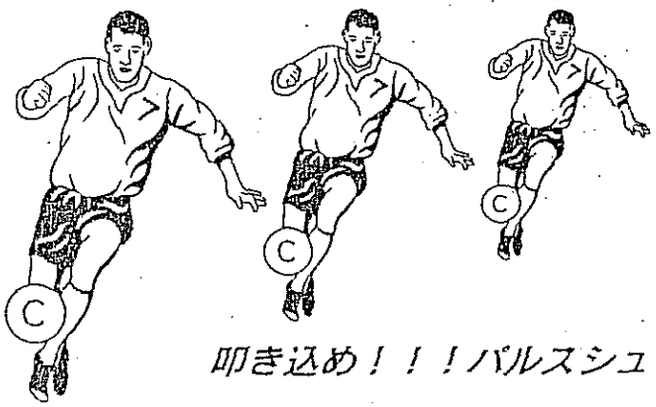
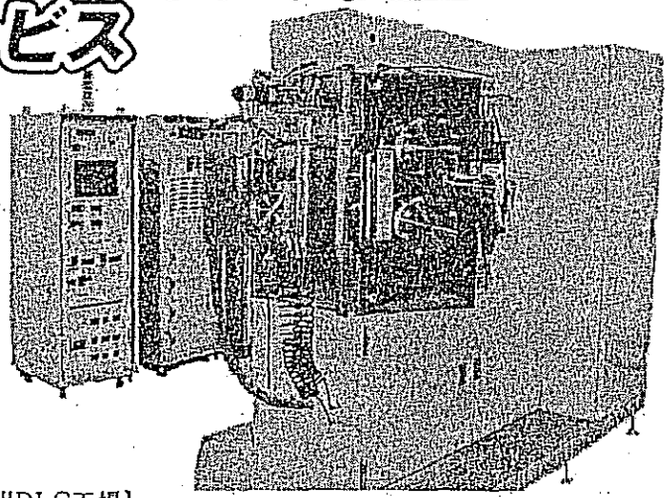



図4　DLC被覆アルミニウム焼結合金のS－N線図

パルスバイアスイオンビーム方式
ダイヤモンドライクカーボン(DLC)コーティング装置
及びコーティング受託サービス



☆パルスバイアス印加打ち込み効果による密着の向上
☆凹凸部への付き回りの向上
☆膜硬度の制御が容易



叩き込め！！！パルスシュート

NPS-1000

プラズマ技術の総合エンジニアリング
ナノテック株式会社
NANOTEC

【本社】
〒349-0205　埼玉県南埼玉郡白岡町西8-19-8
TEL:0480-93-2911　FAX:0480-93-2661
HP　http://www.nanotec-jp.com/

【テクニカルセンター】
〒277-0882
千葉県柏市柏の葉5-4-6 東葛テクノプラザ内
TEL:04-7169-2660　FAX:04-7169-2661

【九州DLC工場】
〒811-2112　福岡県糟屋郡須恵町植木1321-10
TEL:092-935-7450　FAX:092-935-7451

【川口研究所】
〒333-0844
埼玉県川口市上青木3-12-18　SKIPシティ
埼玉県産業技術総合センター内