

## ダイヤモンドライクカーボン(DLC)を用いた食品包装材料の高機能化

### 1. はじめに

食の安全・安心に対する関心が非常に高い今日、その安全性や信頼の確保という観点から、食品包装材料に対する期待がこれまで以上に大きくなっています。それに応じて、力学強度・軽量性・耐熱性・耐水油性・耐紫外線性・ガスバリア性等の一層の向上が要求され、食品包装材料への機能性付与・向上を目的とした開発研究が盛んに行われています。そのひとつにダイヤモンドライクカーボン (Diamond Like Carbon、以下 DLC と略します) によるコーティング技術に関するものが挙げられます。

今回は、この DLC の性質、適用状況、さらには食品包装材料での実用化例と今後の展開等について述べます。

### 2. DLC とは

DLC は、機能性炭素材料のひとつです。2010 年ノーベル物理学賞がグラフェン(カーボンナノチューブ、フラーレン等の基本構造)に関連した研究に授与されたことにより注目されるようになりました。

DLC は、炭素原子が 3 次元構造をとるダイヤモンド結合と 2 次元構造をとるグラファイト結合が混在したアモルファス(非晶質)構造をとっています。その名前通り、ダイヤモンド類似の特性を有する炭素材料であり、高硬度に由来する優れた耐摩耗性と低摩擦係数が特徴的ですが、他にも離形性・潤滑性・生体親和性・ガスバリア性等も非常に優れており、且つ、有害元素を含まないことから、環境に優しい高機能性材料といえます。

### 3. DLC の産業利用状況

DLC の実用化の始まりはスピーカー振動板への応用であり、今から 20 年以上も前に遡ります。その後、本格的に実用化されたのは家庭用の湯水混合栓であり、DLC の応用分野を広げるきっかけになりました。その後も、その優れた機能性を活かして、輸送用機器部品(耐摩耗性、低摩擦係数)、金型・工具・水道部品

(離形性、潤滑性)、手術用メス・カテーテル等の医療器具(生体親和性)など、様々な分野へ応用されてきました。現在では、自動車をはじめとする輸送用機器部品に最も多く利用されています。

### 4. 食品包装材料での実用化例

従来、DLC の利用は、金属やセラミックス等の高硬度を有する基材へのコーティングが中心でした。それは、DLC 自身が硬く、脆い材料であるため、樹脂・ゴム等の軟らかく、伸縮性に優れている基材の表面にコーティングしても、基材の変形、伸縮に DLC が耐えられない等の課題があったためです。しかし最近では、高分子材料表面へのコーティング技術に関する研究も進み、材料表面に優れた機能を付与する表面改質技術として、その応用分野は急速に拡大しています。その例として、ペットボトルへの応用について紹介します。

ペットボトルはその利便性やコスト面から飲料容器として広く普及しています。しかし高分子材料であるがゆえに酸素・炭酸ガスの透過を完全に防ぎきれず、長期保存の際には、酸素による内容物の劣化、炭酸ガスの気抜け等が発生します。そこで、ハイバリア性の特殊な樹脂を用いた多層ペットボトルやコーティング技術を用いた積層等によって、ペットボトルのガスバリア性を向上させる試みが盛んに行われてきました。DLC は極めて緻密な非晶質構造をとるため、酸化ケイ素やアルミナ蒸着膜と比較しても、それらで見られた結晶粒界と呼ばれる粒子間の隙間が生成しにくく、優れたガスバリア性を発現する点に大きな特徴を持っています。また、耐食性・耐熱性も付与できることから、従来のコーティング技術に代わる、非常に優れた表面改質技術のひとつとして注目されています。

ペットボトルへの DLC コーティングプロセスを以下に簡単にまとめます。

- ①ペットボトルを減圧チャンバー(外部電極を兼ねる)内に配置する。
- ②ボトル内部に原料ガス導入配管(内部電極

を兼ねる)を配置する。

- ③チャンバー内を真空引きする。
- ④ボトル内側に原料となる炭化水素ガスを供給する。
- ⑤ボトル外側から高周波電力を印加することで、炭化水素ガスをプラズマ化し、ターゲットとするボトル内面に蒸着し、表面にDLC膜を生成させる。

## 5. DLC コーティングペットボトルの特性と食品包装材料での今後の展開

上記のように作られた DLC コーティングペットボトルは、従来のペットボトルと比較して、酸素・炭酸ガスに対するガスバリア性が 10 倍以上向上したと報告されています。さらに、低分子有機化合物である香気成分の収着も完全に抑制することができます。

最近、DLC コーティングペットボトルが実用化され、ペットボトル入りワインが国内ワインメーカーから発売されました。DLC コーテ

ィングペットボトルが金属缶やガラス瓶に匹敵する品質保持特性を有した新規な飲料容器となる可能性が見えてきたこととなります。今後も、保存性の向上や容器の軽量化、易リサイクル性の観点から、炭酸飲料・アルコール飲料だけでなく、調味料や化粧品等でのガラス瓶代替が進むものと期待されています。また、ペットボトル以外の食品容器についても DLC の適用が試みられるものと思われます。

### 参考・引用文献

- ・白倉昌：表面技術, **52**, 853 (2001).
- ・池永勝ら：表面技術, **53**, 711 (2002).
- ・中東孝浩：表面技術, **53**, 715 (2002).
- ・児玉英之ら：表面技術, **58**, 567 (2007).
- ・中東孝浩：表面技術, **58**, 582 (2007).
- ・斉藤秀俊：表面技術, **61**, 201 (2010).

---

応用技術室：三井 俊

研究テーマ：電気化学的手法を利用した微生物培養技術の開発

担当分野：食品包装

愛産研食品工業技術センターニュース

(平成23年3月16日発行)

編集・発行

愛知県産業技術研究所食品工業技術センター

〒451-0083 名古屋市西区新福寺町2-1-1

TEL 052-521-9316 FAX 052-532-5791

URL: <http://www.aichi-inst.jp/shokuhin/>

E-mail: [shokuhin@aichi-inst.jp](mailto:shokuhin@aichi-inst.jp)

