

# 医療機器や実験器具界面に付加価値をつけるDiamond-like Coating

岡山大学病院新医療研究開発センター

藤井 泰宏

## 開発の背景

- 現在、先進国の経済成長は頭打ちであり、その中でも日本の経済成長率はOECD平均を下回っている。(図1)
- 世界の医療機器市場成長率は「先進国でも高く、5%~8%前後である。高い生産技術を要する医療機器は簡単に追随できず、先進国でも成長産業となっている。(図2)
- 日本の医療機器産業の2019年のシェアは6.98%と米国に次ぐ2位であるが、同時期の米国のシェアは43.34%と独り勝ちの状態である。日本独自技術によるテコ入れが必要である
- 医療用材料はその発展の根幹である。付加価値を持った医療機器、医療用実験機器用コーティングのニーズは大きく高まる事が予想される。
- 医療機器市場開拓は“国策”である。

図1：世界の経済成長率

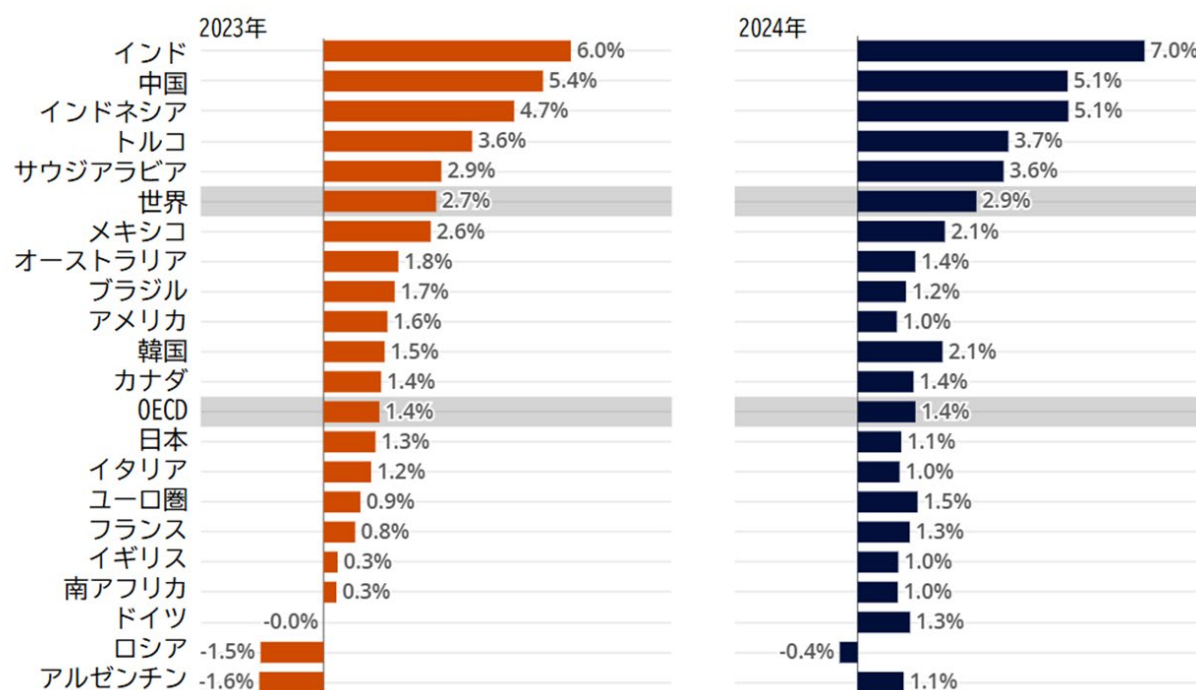


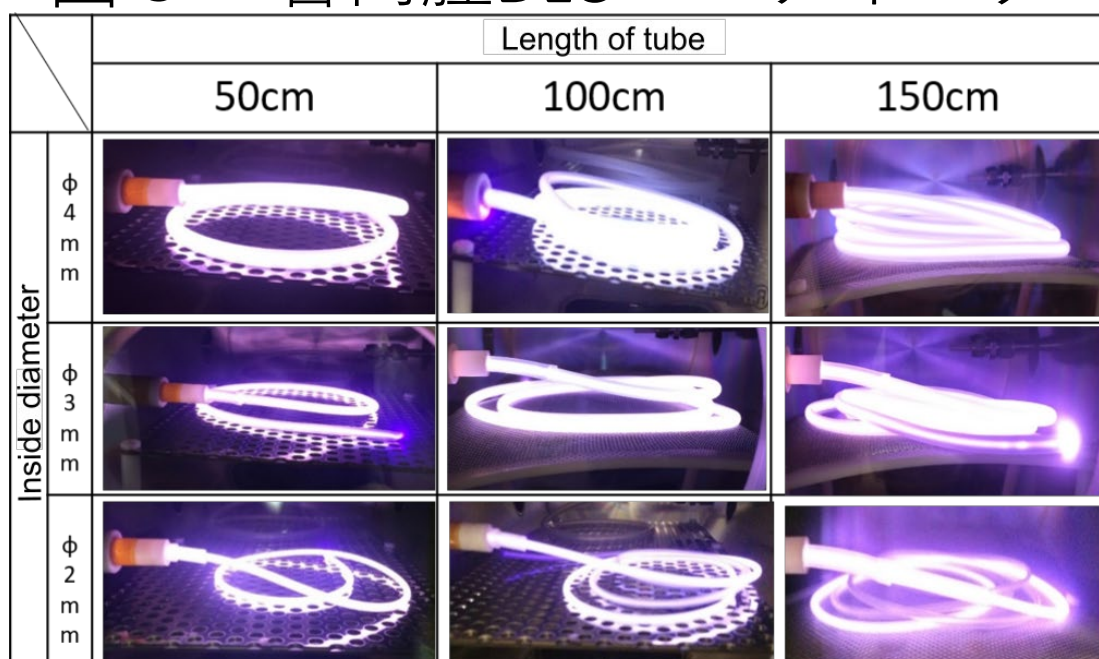
図2：世界の医療機器産業成長率

国・地域	CAGR (2022-2027年)	足下の動向・今後の方向性
米国	5.6%	医療におけるAI活用推進など、デジタルイノベーションの積極的な導入により、市場の安定的な成長が見込まれる
欧州	4.5%	
中国	8.1%	高齢化、医療サービスの拡充に伴い市場が拡大する。一方、医療機器の国産化、共同購買の推進などの医療費抑制策による単価下落が市場成長の緩やかな下押し要因となる可能性も
ASEAN	8.3%	人口増、高齢化の進展、医療従事者の増加、医療ツーリズムの回復等による市場の拡大が見込まれる

(出所)STATISTA、公開情報より、みずほ銀行産業調査部作成

## Diamond-like Carbon (DLC) コーティングとは？

図3：管内腔DLCコーティング



- ダイヤモンド構造と黒鉛構造を併せ持つち、プラズマでコーティングされる(図3)。
- 単純立体構造の金属表面に使用され、主用途は防汚と摩擦の低減が目的であった。
- 高生体適合性、耐劣化性、低毒性等の性能により、医療機器への応用が注目されている。
- 常温コーティング、筒状樹脂内腔コーティング等の技術発展により、用途拡大が期待される。
- 親水性、ゼータ電位を調整できる → 細胞付着、タンパク吸着、細胞分化等の生体反応コントロールが可能ではないかと期待されている。



OKAYAMA UNIVERSITY

## DLCで何を実現できるか？

DLCは共有結合の手を4つ持っている元素で、自然が生体を構成する有機物の基盤に選んだ元素である。

➡ 炭素を加工できる技術の開発は「生体模倣」や「生体制御」に関する技術の開発につながる  
生体を構成するタンパクの原料である、アミノ酸では、基本構造としてカルボキシル基とアミノ基が存在して、物質の生体に対する反応をコントロールする重要な因子として作用している。

➡ DLCのカルボキシル基やアミノ基を付加してみたところ、親水性(図4)、ゼータ電位(図5)が大きく変化して、一定条件下で細菌の付着(図6)やバイオフィーム形成が減少した。また、血漿タンパク吸着のパターンが一変した(図7)。

➡ これらの事実は、表面界面における、生体制御にDLCは有用である事を示唆している。

図4：DLCへの官能基付加による水接触角変化

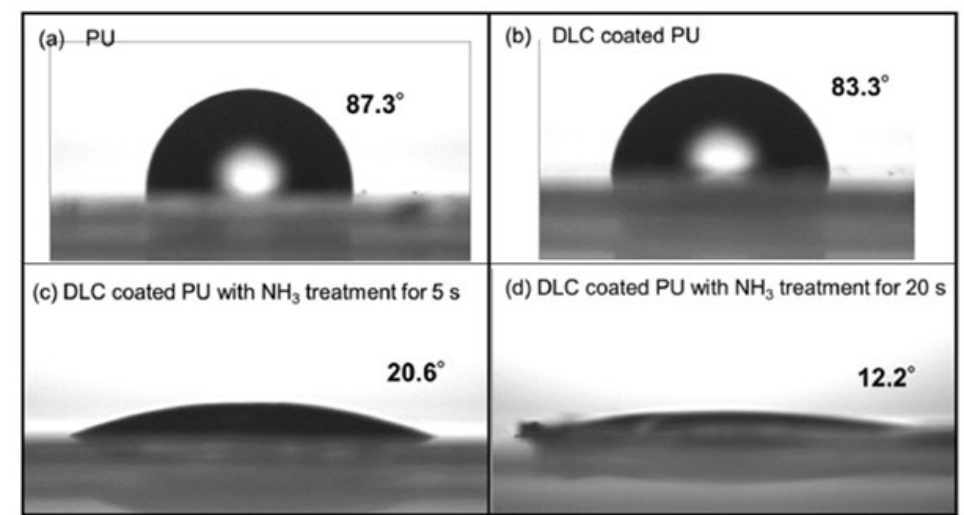


図5：DLCへの官能基付加によるゼータ電位変化

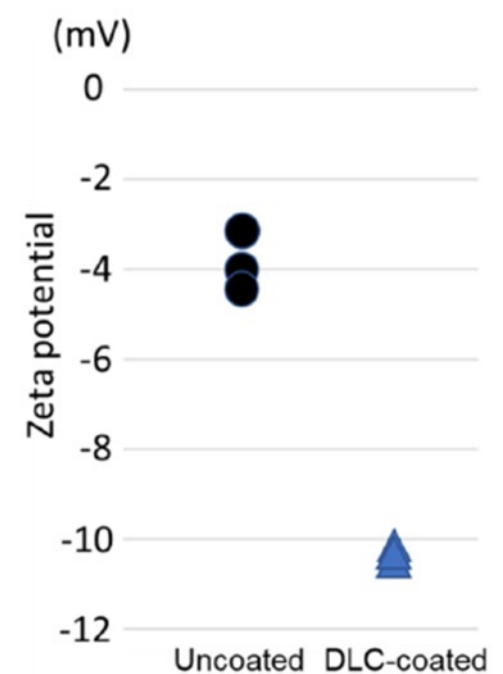
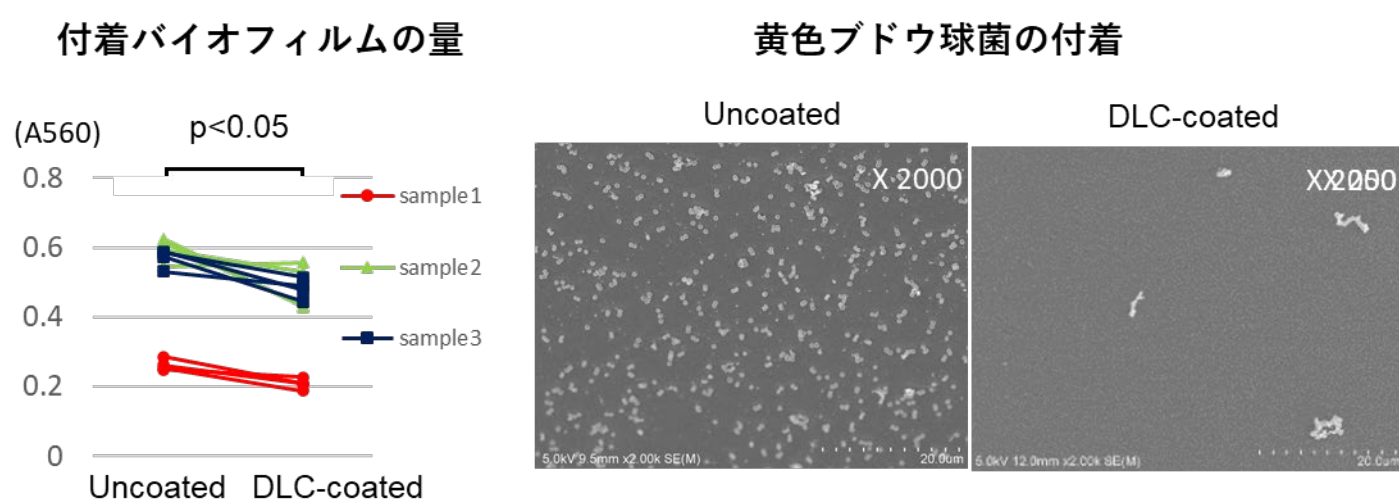
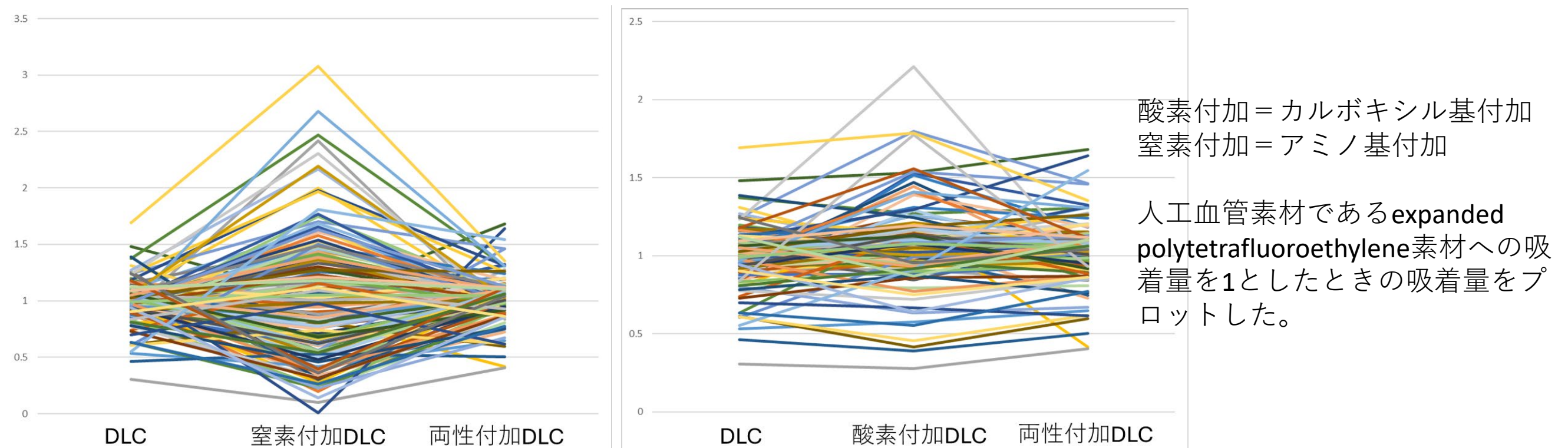


図6：ポリウレタン表面のDLC有無と黄色ブドウ球菌抗菌性変化



ポリウレタン基材にDLCをコーティングし、黄色ブドウ球菌を含む培養液に浸したところ、DLCは基材表面の黄色ブドウ球菌バイオフィーム付着量と、細菌付着数を減少した

図7：DLCへの官能基付加による163種類の血漿タンパク吸着変化



酸素付加 = カルボキシル基付加  
窒素付加 = アミノ基付加

人工血管素材である expanded polytetrafluoroethylene 素材への吸着量を1としたときの吸着量をプロットした。

応用領域

- 抗菌性を付与したい材料への応用
- 細胞付着をコントロールしたい材料への応用
- タンパク吸着をコントロールしたい材料への応用

制限

- 複雑な形状、大きなもの、長時間50~60°Cで溶けてしまう材料のコーティングが現時点で困難である。

