

1. はじめに（背景・目的）

インフラガード DLC（以下「DLC シート」と称する）は、コンクリート構造物の中性化および剥落を防止する機能を持つ、施工性に優れたシートである¹⁾。シート基材には PET が使用され、その上に、ガスバリア性に優れる DLC(Diamond-Like Carbon)をコーティングすることで、コンクリート構造物の中性化の進行を抑制することができる。

しかし、DLC シートを長期間にわたり、太陽光に曝される屋外で使用する場合、シート基材となる PET の紫外線による脆弱化が懸念される。本研究では、PET 基材上にコーティングされる DLC が紫外線遮蔽の役割を果たすことで、上述の課題を解決できるのではないかと考え[図-1]、紫外線遮蔽性に優れる DLC 薄膜の開発を研究目的とした。

2. HiPIMS 法による DLC の成膜

紫外線遮蔽性に優れる DLC 薄膜を開発するための成膜手法として、炭素の sp^2 結合を多く含む DLC を大面積で成膜できる HiPIMS (High Power Impulse Magnetron Sputtering) 法に着目した。HiPIMS 法の特徴は、瞬時に大電力パルスを印加することで、高密度プラズマを生成できることである[図-2]。HiPIMS 法を用いて、大電力条件でシート基材上に DLC を成膜した様子を図-3 に示す。PET 基材は半透明であるが、その上に DLC 薄膜をコーティングすることで、焦茶のような濃色となった。

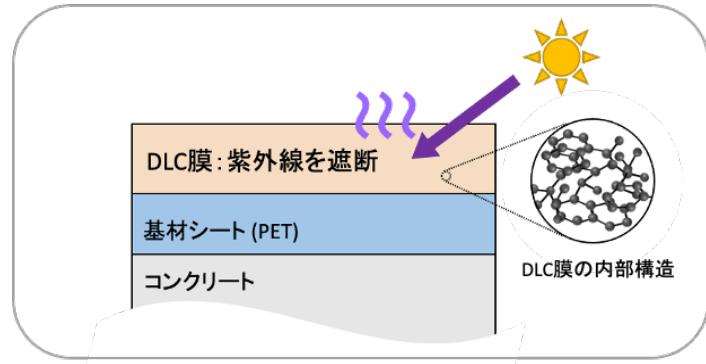


図-1 DLC 薄膜が紫外線を遮蔽する様子

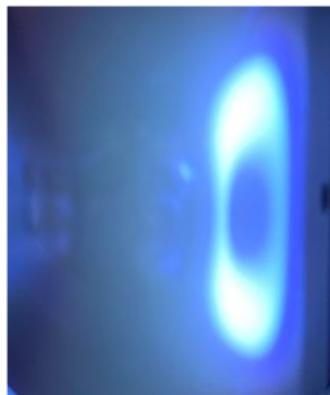


図-2 HiPIMS 法のプラズマの様子



図-3 HiPIMS 法で成膜した DLC 薄膜（基材:PET）

3. DLC の紫外線遮蔽性の評価

HiPIMS 法による DLC (膜厚:100 nm) の光透過率スペクトルを図-4 に示す。なお、比較のため、PE-CVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)法による、水素を比較的多く含む DLC(膜厚:100 nm) の光透過率スペクトルを図中に載せた。地上に降り注ぐ太陽光のスペクトル分布と PET 基材の光吸収スペクトルを考慮すると、PET 基材が最も紫外線劣化の影響を受ける波長は 325 nm 前後であると考えられる。したがって、波長 325 nm における光透過率を評価すると、PE-CVD 法では光透過率約 44%に対し、HiPIMS 法では約 5%と低く、HiPIMS 法による DLC の方が、遙かに紫外線遮蔽性に優れていることがわかる。

また、この HiPIMS 法による DLC (膜厚:115 nm) に対し、MOCON 法による酸素透過率測定を行なったところ、PET 基材のみ (DLC コーティングなし) の場合と比較して、約 8 倍程度の酸素遮断性を有し、紫外線遮蔽性だけでなく、ガスバリア性にも優れることが判明した。

4. おわりに（結論）

DLC シートに使用される PET 基材の紫外線劣化を防止するために、紫外線遮蔽性に優れる DLC 薄膜の開発を試みた。HiPIMS 法を用いて、大電力パルスを印加して成膜した DLC は、膜厚 100 nm で約 95%の紫外線を遮蔽し、さらに、膜厚 115 nm で未成膜時に比べて約 8 倍程度の酸素を遮断した。以上の結果から、HiPIMS 法を用いて、大電力パルスを印加することで、紫外線遮蔽性、ガスバリア性の双方に優れる DLC 薄膜を合成できると結論づける。ただし、成膜時温度のコントロールや生産コストの低減化など、実用化に向けて考慮が必要な観点は未だ残されている。今後の展望としては、基板を冷却しながら、より大きな電力を印加することで、成膜時温度の上昇を抑えた上で、DLC を高速で成膜する手法の確立を試みたい。また、耐候性試験を実施することで、DLC による PET 基材の紫外線劣化の抑制効果、および DLC シートの耐候性を定量的に評価したい。

参考文献

- 1) インフラガード DLC 製品説明書、積水化学工業株式会社
(<https://infra-maintenance.org/wp-content/uploads/2020/11/ProductDescription.pdf>)

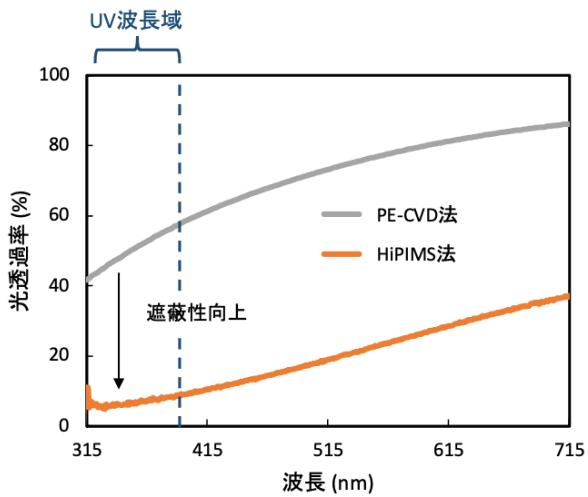


図-4 DLC 薄膜の光透過率スペクトル