

サーモプラズモニクスを用いたナノメンブレンのガス透過性制御

Gas permeance control of nanomembranes by thermoplasmonics

九大院工¹, 九大 CMS², [○]友松 遼一¹, 藤川 茂紀¹, 君塚 信夫^{1,2}

Kyushu Univ.¹, Center for Molecular Systems, Kyushu Univ.² [○]Ryouichi Tomomatsu¹, Shigenori Fujikawa^{1,2},
Nobuo Kimizuka^{1,2}

E-mail: ryo1-t@mail.cstm.kyushu-u.ac.jp

【緒言】地球温暖化対策の一つとして CO₂排出源での CO₂回収が注目を集めている。膜分離法は低コスト、低エネルギーという点から CO₂回収技術として有望視されているものの、コスト要求を満たす性能の分離膜は未だない。膜分離の低コスト化には CO₂透過性の向上が重要である。そこで本研究では、銀ナノ粒子(AgNP)が表面に高密度に集積されたガス分離膜を作製し、分離膜への光照射による加熱効果(サーモプラズモニクス)を利用して、粒子近傍の高分子鎖の熱運動誘起による、ガス透過性の向上を図る。

【実験】AgNP が表面に埋め込まれた分離膜作製の概略を述べる。既報¹⁾に従い、シリコン基板上にポリスチレン(PS)-b-ポリメチルメタクリレート(PMMA)共重合体(分子量:PS=45k, PMMA=20k)の垂直シリンダー型ナノ相分離構造を鋳型として、ナノシリンダーアレイを作製し、その内部での選択的な銀析出と水素プラズマ処理によってシリコン基板上に AgNP アレイ(AgNA)を得た。さらにこれを鋳型としてガルバニック置換反応を再度行い、AgNP サイズを大きくした。この上に水溶性 PVA 系接着剤(ヤマト, アラビックヤマト)を塗布・乾燥させ、得られた PVA フィルムを基板より剥離した。このフィルムを別途準備した PDMS フィルム(膜厚:約 6.7μm)に圧着し、接着剤を水洗除去し、AgNP-PDMS フィルム(Ag-PDMS)を得た。AgNP 未転写の PDMS フィルム(以下 PDMS 膜)を比較膜として用い、CO₂・N₂ 透過に対する光照射の効果の検討を行った。

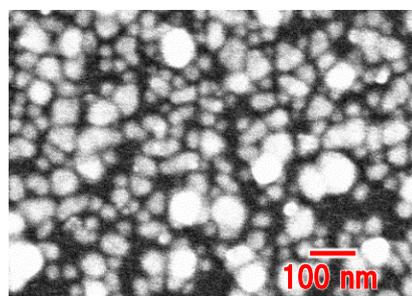


Fig.1 The surface form on the PDMS film transferred AgNA (L)

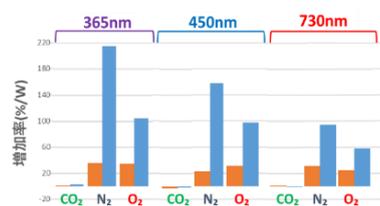


Fig.2 The enhancement rate of CO₂, N₂, O₂ permeation by the light(365, 450, 730nm) irradiation (%/W)
Orange (L) : PDMS film,
Blue (R) : Ag-PDMS

【結果および考察】まず既報報告に従って AgNA を作製したところ、シリコン基板上に直径約 25~50nm 程度の AgNP が高密度に集積されたものが観察された。これをPDMSフィルムへの転写したところ、無色透明のPDMSが薄い橙~赤紫に変色した。この呈色はプラズモン共鳴吸収を持つ AgNP がフィルム表面に転写されたことを示唆するものである。転写後のフィルム表面を観察したところ、直径約 20nm から約 50nm 程度の粒子が確認されていた。転写された AgNP の粒子径が幅広い分布を持っていたため、UV-vis 吸収スペクトル測定では、約 300~500nm(ピーク:372nm)にブロードな吸収を確認した。この Ag-PDMS および PDMS 膜の CO₂・N₂・O₂透過性に対する光照射の影響を検討した。透過量変化を「強度当たりの透過量増加率(%/W) = (透過量変化量/未照射時透過量)/光強度(W)」として算出した結果を Fig2 に示す。光照射によりいずれの膜でも CO₂透過量はわずかながら上昇したが、N₂, O₂ は増加率の大幅な向上が見られた。

【結論】Ag-PDMS フィルムへの光照射により N₂・O₂ の透過性向上が確認された。今後は光照射による膜温度の直接測定を行い、サーモプラズモンの有効性を精査する。

【参考文献】

S. Fujikawa, M. Koizumi, A. Taino, K. Okamoto, *Langmuir* **2016**, 32, 12504–125