

未来社会創造事業 探索加速型
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
終了報告書(探索研究期間)

令和3年度
研究開発終了報告書

平成29年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：SIVANIAH Easan]

[京都大学高等研究院(KUIAS)・教授]

[研究開発課題名：CO₂分離機能とエイジング耐性を兼備した多孔性複合膜]

実施期間：平成29年11月1日～令和4年3月31日

§ 1. 研究実施体制

(1) シバニアグループ(京都大学)

① 研究開発代表者: SIVANIAH Easan (京都大学高等研究院(KUIAS)、教授)

② 研究項目

- CO₂ 分離膜の製作
- モジュールの試作
- CO₂ 分離システムの構築

(2) 松田グループ(山形大学)

① 主たる共同研究者: 松田 圭悟 (山形大学理工学研究科、准教授)

② 研究項目

- 計算機シミュレーションによる CO₂ 分離システム構築のためのケーススタディ
- CCS/CCU プロセスのモデリングとコスト評価

§ 2. 研究実施の概要

提案者らは複合膜において高分子鎖/フィラー粒子界面の空隙を制御する技術によって、分離特性およびエイジング耐性を向上させるコンセプトに基づき、分離膜による CCS の社会実装を目指している。本探索研究では、1500 円/t-CO₂ という低コストの実現に向けて、高分子膜材の性能を向上させると共に、性能が向上した膜がパフォーマンスを発揮できるための、モジュール/システム環境を整備することも同様に重要である、という認識のもとに、モジュール組み立てのための半自動化装置を製作して導入し、将来的な量産化を見据えた展開を図ったことと、システムに係ることでは、CCS コストに関して 1500 円/t-CO₂ を予測する標準的な試算として認知される文献 (Merkel, T. C. et al. J. Membr. Sci. 359 (2010) 126-139) をトレースした上で、提案者らの開発膜に適合するシステム構築のためのシミュレーションを実施した。その結果、膜性能、モジュール特性に関しては、探索期間の POC として掲げた 1500 円/t-CO₂ の回収コストに迫る ¥2000/t-CO₂ を切るコストでの CO₂ 回収に要求される膜性能 (3000GPU, 選択性 40) に到達するとともに、膜のエイジング耐性に関しても、大きな進捗が得られ、一年間の膜性能を維持するに資する複合レイヤー膜作製の処方確立した。この膜材の量産化とそれに続くエレメント/モジュールの作製および評価については探索期間の後半に整備化を進捗させ、生産規模については現在も継続して増強を図っている。計算機シミュレーションはシステム構築の検討を中心に進める一方、排ガスの特性 (石炭火力/天然ガス) を考察対象に加え、膜分離と競合し得るポテンシャルを有するガス吸収分離システムとの比較を行うなど、膜分離システム自体の理解を深めた。学術的な成果として派生した代表として、膜材開発の一環として導入した酸化グラフェン (graphene oxide: GO) を活用して得られた高性能 CO₂/N₂ 分離膜、H₂/CO₂ 分離膜の新規知見についての報告を挙げる。

- “Pebax/ionic liquid modified graphene oxide mixed matrix membranes for enhanced CO₂ capture”
Journal of Membrane Science, 565, pp. 370-379 (2018)
- “Overcoming humidity-induced swelling of graphene oxide-based hydrogen membranes using charge-compensating nanodiamonds” Nature Energy, 6, pp. 1176-1187 (2021)