

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム
シーズ育成タイプ 事後評価報告書

研究開発課題名	: 自動車用エンジンの超高効率化のための給気ガス改質技術の開発
プロジェクトリーダー	: 日産自動車株式会社
所属機関	: 日産自動車株式会社
研究責任者	: シバニア・イーサン (京都大学)

1. 研究開発の目的

現在、2050年でも新車販売量の過半数はエンジンを搭載すると予測されている。今後ますます環境規制が厳しくなる中、燃費向上によるCO₂削減とNO_x無害化を両立する技術が求められる。燃料を過剰な空気で薄めて燃焼するリーン燃焼は、燃費向上に有望な手段であるものの過剰O₂により、NO_x排出量を相対的に増加させてしまう。そこで、リーン燃焼を実現するために給気ガスのO₂濃度を低下し得るN₂富化分離膜を開発する。車載に向けたシステム小型化のためには高O₂/N₂選択分離率と高透過速度を兼備する新規ガス分離膜が求められる。選択分離率を維持しつつ透過速度を2倍以上向上させる革新的分離膜を開発し、小型モジュールにて検証する。

2. 研究開発の概要

①成果

多孔質高分子材料(PIM-1、PTMSP)をベースとした新規膜材料の実用化にむけた開発を実施した。モジュール構造設計と自動車での使用条件の工夫により、新規膜材料で最終目標性能を実現しうるポテンシャルがあることを実証した。膜厚1μm以下で塗工する超薄膜化に挑戦し、300×1000mmの大型膜で『膜材料の塗工性』と『モジュール用シール材の浸透密着性』を両立させ、モジュール化に向けて必要な分離性能を達成した。更に、大型膜を用いたモジュールの試作にも取り組み、リーク欠陥のないモジュールを実現した。実用化に向けては、膜材料の経時変化抑制や有効膜面積の拡大の取組みが必要であるが、画期的なO₂/N₂分離モジュール実現に向けて開発を加速することができた。

研究開発目標	達成度
① ガス分離モジュール ・窒素富化性能:窒素濃度 90% (N ₂ :O ₂ ≒9:1)以上 ・ガス処理能力:200 l/min以上/1l ・圧力差:100mmHg以内で作動	① ガス分離モジュール(達成度 80%) ・窒素濃度 ~82.3% ・ガス処理能力 (<200 l/min/1l) ・圧力損失 約15mmHg モジュール化に適した分離膜支持体を選定し、モジュールに加工。試作上の問題は見られなかった。 分離膜の構造不安定性により性能が経時変化することが判明しており、実用化に向けて、経時変化抑制の取組みが必要である。
② ガス分離膜材料 ・酸素の透過速度 10 ⁻⁴ ~10 ⁻³ (mol/m ² .s. kPa)、 もしくは、3~30 (Barrers /nm)	② ガス分離膜材料(達成度 100%) TOX-PIM-1の薄膜を形成することに成功し、O ₂ /N ₂ 選択分離率が6を超える膜材料を見出すことができた。その後薄膜化をさらに進める計画を持っていたが、膜のサポート材でTOX-PIM-1作

<p>・ガス選択分離率: 6以上</p>	<p>製の熱処理温度に耐え得る物質探索の進捗との兼ね合いで、以下に示す、より加工性・透過性能に優る PTMSP 系の材料を用いてエンジンの高効率化に資する膜材料の開発目標を達成した。</p> <p>PTMSP の薄膜コーティング法を模索し、現状として 6.3×10^{-3} (mol/m².s.kPa) の酸素透過速度を達成した。更に、選択性を改善した臭素化 PTMSP についても薄膜コーティングに成功し、$1.3 \sim 3.1 \times 10^{-3}$ (mol/m².s.kPa) 程度の酸素透過速度を達成した。</p> <p>PTMSP の臭素化によって、O₂/N₂ 選択分離率 を 1.6 から最大で 2.5 程度まで改善することに成功した。同時に、目標値を精査し、2.0 で実用レベルに到達することを明らかにした。</p>
<p>③ ハウジング開発</p> <p>・外部温度を室温～100℃でガス温度変化を 10℃以下に維持</p>	<p>③ハウジング開発(達成度 100%)</p> <p>断熱ハウジングを試作し、外部温度を 100℃に維持した状態で、ガス温度が 35℃以内(温度変化 10℃以下)に維持できることを確認した。</p>

②今後の展開

本事業では、新規ガス分離膜材料の薄膜化に取組み、下地膜への薄膜塗工を実現することで高い酸素透過速度を実証した。更にモジュール化に取組み、膜材料を実用化するために不可欠な下地材とシール材の組合せを見出した。本成果を基に、膜材料とモジュール工法を発展させ、CO₂ 削減と NO_x 無害化を両立するエンジンの新規技術として早期実用化に繋げたい。

3. 総合所見

目標の一部が達成できていないが、次の研究開発フェーズに進むための一定の成果が得られている。今後の取り組み次第ではイノベーション創出の可能性はある。

参画機関がよく連携し車載用窒素富化モジュールとしての基本構成要素であるガス分離膜材料、モジュール化技術、断熱構造の基本開発ができた。しかしながら、ガス分離膜材料の安定性に課題があり窒素富化モジュールとしての窒素富化目標を達成できなかった。

今後は、安定性の高いガス分離膜材料とともに車載システムとして高い信頼性を有するモジュールの開発と実用化を進め、自動車用エンジンの高効率化による CO₂ 排出量削減への貢献に期待したい。