

最先端・次世代研究開発支援プログラム
事後評価書

研究課題名	高速酸素透過膜による純酸素燃焼イノベーション
研究機関・部局・職名	東北大学・大学院工学研究科・教授
氏名	高村 仁

【研究目的】

現在、二酸化炭素の排出量削減、回収方法の高効率化のために、純酸素の有効利用が注目されている。本研究では、現行技術より電力原単位を大幅に削減可能と期待される酸素透過膜型に着目し、高効率純酸素製造を可能とする新規酸素透過膜の開発を行う。研究のポイントは、現在 800～1000℃で稼働する酸素透過膜の作動温度を600℃近傍まで低減し、かつ、より高い酸素透過量を発現させる点にあり、下記3課題を実施した。

課題1：新規酸素透過膜の開発：従来の酸素透過膜は大きな酸素分圧勾配下で高い酸素透過量が得られるが、純酸素製造の場合は、酸素分圧 $1\sim 10^{-4}$ atm 程度の低い分圧勾配となる。さらに、既存の酸素透過膜は600℃近傍で透過量が著しく減少する。よって、低酸素分圧勾配かつ低温で毎分 20 cc/cm² 級の透過量を示す新規酸化物イオン・電子混合導電性酸化物を探索する。

課題2：薄膜型酸素透過構造体の開発：600℃近傍、低酸素分圧勾配下では、従来の自立膜(100～200 μm 厚)では酸素透過量が著しく減少する。これを解決するためには、多孔質体に支持された酸素透過薄膜が有効である。本研究では、緻密な酸化物薄膜の形成が可能な原子層堆積 (ALD) 法等を利用して、薄膜型酸素透過構造体(100～500 nm 程度)を作製する。また、600℃近傍の低温では膜表面の気-固相界面における酸素の乖離・再結合が酸素透過量を制限する。そこで、酸素乖離・再結合反応を促進する触媒の開発を行なう。

課題3：酸素透過膜型純酸素システムの効率解析：エネルギー・物質変換システムでは、エクセルギーの有効利用と効率の高さが重要な評価軸である。空気からの酸素分離は、混合物からのエントロピー回収であるため、吸熱反応となる。吸熱量、膜の作動温度と酸素透過による発熱量、補機動力などを解析し、純酸素製造システムとしての有効性を検証する。また、本システムが優位性を発揮する操業規模や応用範囲を提案する。さらに、実使用環境下では二酸化炭素濃度が高く、酸素透過膜の劣化や透過速度の低減が懸念される。そこで、酸素透過膜の二酸化炭素耐性を向上させる。

【総合評価】	
○	特に優れた成果が得られている
	優れた成果が得られている
	一定の成果が得られている
	十分な成果が得られていない

【所見】	
① 総合所見	
<p>研究目的を的確に捉えた研究を推進し、酸素分離プロセスの効率的実現という観点から総合的に取り組み、研究計画を順調に遂行することにより、この分野をリードする材料を開発し、プロセス設計にかかわる知見も得た。総合的に優れた成果を上げた。今後、幅広く情報交換や研究議論等を通して、研究の広がりを持たせることにより、さらに研究の将来性の拡大がもたらされるものと考えられる。</p>	

② 目的の達成状況	
<p>・所期の目的が (<input checked="" type="checkbox"/>全て達成された ・ <input type="checkbox"/>一部達成された ・ <input type="checkbox"/>達成されなかった)</p>	
<p>本研究課題は、600℃以下の温度環境で高効率な酸素透過膜を開発することであり、工業的実用性を勘案した 20 cm³/cm²/min を目標値とするとともに、低酸素分圧でも作動する高品位透過膜を目指した。研究成果から、表面装飾した2種の膜が700℃と高い動作温度において目標値に近い性能を示すことを見出し、その理論的な解釈も考察されている。また、その構造体の製法開発についても有力な手法を見出しており、実用化に期待ができる。実用化に必要な膜強度や耐久性、性能の安定性などであることを把握しており、所期の目的が達成された。</p>	

③ 研究の成果	
<p>・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が (<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない)</p>	
<p>・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が (<input checked="" type="checkbox"/>創出された ・ <input type="checkbox"/>創出されなかった)</p>	
<p>・当初の目的の他に得られた成果が (<input checked="" type="checkbox"/>ある ・ <input type="checkbox"/>ない)</p>	
<p>酸素透過速度の世界的な最高値は、毎分 27cm³/cm²/min であり、本研究で得られつつある毎分 20cm³/cm²/min は多少低い値だが、実用性に向けた研究成果と、新しい膜の製法の研究も進展性と将来性を勘案すると本研究課題の先進性や優位性は十分にあると考えられる。</p> <p>酸素透過膜の気体接触表面に関して、多孔質表面修飾の特性を把握して他の応用の道が見えてきたこと、及び、多元系緻密膜の創成などの成果は今後の関連研究に道筋を付けたものとしてブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が創出された。</p>	

酸素透過膜の多孔質表面修飾や多元系緻密膜の創成などの成果は、他のエネルギーデバイスなどの開発への可能性を秘めており、所期の目的の他に得られた成果もある。

④ 研究成果の効果

・研究成果は、関連する研究分野への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

・社会的・経済的な課題の解決への波及効果が

(見込まれる ・ 見込まれない)

酸素ガス分離膜のみならず、固体酸化物燃料電池、リチウムイオン電池などの固体におけるイオン化反応を含む物質移動過程を利用するシステムでは、表面反応の高性能化が多くの場合問題となり、反応の触媒の探索、最適形状化など本研究で示した手法とその成果は、関連する研究分野への波及効果が見込まれる。

CO₂ の排出量の低減化も常に念頭に置く必要があり、燃焼プロセスの改良も一つの大きな課題であり、ガス分離膜の重要性が指摘されており、研究成果は、社会的・経済的な課題の解決への波及効果が見込まれる。

⑤ 研究実施マネジメントの状況

・適切なマネジメントが (行われた ・ 行われなかった)

研究目的の達成に向けて研究計画は適切に実行され、研究実施体制は適切に組織され、各年度、研究実施上必要な設備を随時導入されており、指摘事項への対応も適切に実施された。さらに、研究成果の発信は適切に行われ、国民との科学・技術対話についても効果的に実施されており、適切な研究マネジメントが実施された。