

**戦略的イノベーション創造プログラム  
(SIP)  
2018年度  
研究開発成果等報告書**

**課題名：脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム**

**研究開発項目：C- 安価な酸素製造技術の開発**

**研究開発テーマ：高速酸素吸脱着材料による革新的排熱  
利用酸素製造装置の開発**

**研究期間               ： 2018年11月1日    ～    2019年3月31日**

<b>研究 責任者</b>	<b>氏 名</b>	本橋 輝樹
	<b>所属機関</b>	学校法人 神奈川大学
	<b>部 署</b>	工学部物質生命化学科
	<b>役 職</b>	教授

## 研究開発成果等の概要

各種産業セクターにおける多量の酸素ガスのニーズに対し、酸素吸脱着材料を用いた革新的オンサイト型酸素製造技術が注目を集めている。これまでに申請者の研究グループは、コバルト系酸素吸脱着材料  $\text{YBaCo}_4\text{O}_{7+\delta}$ （以後 YBCO と記す）を独自開発し、この材料を用いた酸素製造プロセスが従来技術と比較して酸素製造エネルギーコストに優れることを立証した。本研究では、大規模実用化を想定し、原料コストが安価なマンガン・鉄系酸素吸脱着材料に着目する。対象の材料について、元素置換や原子層欠陥導入など結晶化学に基づく材料設計を確立し、低コストと性能を両立した新規材料を開発する。さらに、対象材料のスケールアップ製造法、使用材料に最適化した圧力変動吸脱着（PSA）プロセス、酸素製造に要する熱源としての排熱回収技術の開発を実施する。これらの新規技術に基づき、テストモジュール設計・製造、パイロット運転を行い、現行法比で大幅なエネルギー消費量低減を見込める排熱利用酸素製造装置を開発する。

スタートアップとして、YBCO を用いた排熱利用酸素製造装置の開発研究を進めた。これによって得られる知見は、Co レスの新規材料への展開において試金石となる。2018 年度の研究では、以下に示す成果が得られた。

### 個別テーマ 1：高速酸素吸脱着材料の開発（神奈川大・京都大・JFCC・東北大・三菱ケミカル）

YBCO 系材料について性能向上の指針確立、スケールアップ合成時の問題点の把握、材料設計のための計算機科学・高度解析技術の確立を達成した。これと並行して、Co レス材料の検討を開始した。また、第一原理計算と電子顕微鏡による酸素吸脱着反応の熱力学的・動力学的機構の解明を図った。

- ・ YBCO における動作温度、酸素吸脱着速度の支配要因解明（神奈川大）
- ・ YBCO について、原料合成・造粒・焼成工程における問題点の把握（三菱ケミカル）
- ・  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  系材料の検討（神奈川大）
- ・  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{4+}$  系材料の検討（京都大）
- ・  $\text{YMnO}_{3+\delta}$  (YMO) の液相アシストプロセス合成と酸素吸脱着特性評価（東北大）
- ・ 錯体重合法による  $\text{Ca}_2\text{AlMnO}_{5+\delta}$  (CAMO) の合成（東北大）
- ・ 環境電子顕微鏡（E-TEM）による CAMO の酸素吸脱着反応その場観察（JFCC）
- ・ STEM による YBCO, CAMO の原子分解能観察（JFCC）
- ・ 第一原理計算による YBCO および CAMO の平衡酸素分圧の検証（JFCC）

### 個別テーマ 2：PSA 酸素製造プロセスの開発（大陽日酸）

酸素発生量 =  $5 \text{ Nm}^3/\text{hr}$  規模のベンチスケール装置の設計を完了させ、装置に必要な機器類の発注手配を開始した。

ベンチスケール装置の設計は YBCO 成型剤を使用したラボスケール PSA 装置にて基礎評価を行った結果を元に酸素発生量  $5 \text{ Nm}^3/\text{hr}$  となる吸着剤量の算定を行い、この吸着剤量での PSA 装置の機械設計を完了させた。

### 個別テーマ 3：製鉄所排熱回収技術の開発（JFE スチール）

製鉄所内における排熱の発生実態を調査した。YBCO の最適温度  $340^\circ\text{C}$  を超える排熱のうち、酸素使用プロセスへ適用可能な排熱の流量、温度、圧力等の連続測定を実施した。測定結果より、温度が  $340^\circ\text{C}$  を超えかつ変動幅が小さな 2 系統の排熱を選定した。