

再生可能エネルギーからのエネルギーキャリアの製造とその利用のための
革新的基盤技術の創出

平成 26 年度採択研究代表者

H28 年度 実績報告書

西村 睦

国立研究開発法人 物質・材料研究機構
エネルギー・環境材料研究拠点
副拠点長

バナジウム系合金膜による次世代エネルギーキャリアからの
革新的水素分離・精製基盤技術の創出

§1. 研究実施体制

(1)「物質・材料研究機構」グループ

① 研究代表者:西村 睦 (経営企画部門 部門長、エネルギー・環境材料研究拠点 副拠点長、水素製造材料グループリーダー)

② 研究項目

V合金の応力緩和と表面観察

・水素分離デバイス中での応力緩和の検討

(1) V合金の疲労試験のパラメータ検討とレーザー溶接した試験の引張試験

・水素透過膜表面のその場 XPS

(1) トルエンを含む水素中で水素透過したV合金膜表面の XPS

(2)「名古屋大学」グループ

① 主たる共同研究者:湯川 宏 (国立大学法人 名古屋大学
大学院工学研究科マテリアル理工学専攻 助教)

② 研究項目

V合金の水素化特性評価と最適設計

(1)アンモニア分解模擬混合ガス中での水素化特性の評価

(2)加工性を加味した V合金の最適設計

(3)「大分工業高等専門学校」グループ

① 主たる共同研究者:松本 佳久 ((独)国立高等専門学校機構 大分工業高等専門学校 機械工学科、教授)

② 研究項目

V合金の機械的特性評価と応力解析

・模擬ガス中での設計合金の機械的特性の定量評価

(1)V合金膜の機械的特性あるいは機械的耐久性能評価のための1～数%程度のアンモニアを含む $N_2+H_2+NH_3$ 模擬混合ガス供給システムの構築

(2)模擬ガス環境下の破壊試験システム構築とパイロット合金評価による当該手法の有効性確認

・実証モジュールの応力解析

(1)有限要素法による水素雰囲気下での応力場解析と膜形状具現化に向けた方針提案

(2)模擬ガス圧力、水素固溶+熱膨張により発生するひずみや応力場の予備解析

(4)「鈴鹿工業高等専門学校」グループ

① 主たる共同研究者:南部 智憲 ((独)国立高等専門学校機構 鈴鹿工業高等専門学校 材料工学科、教授)

② 研究項目

V合金の水素分離性能評価と構造解析

・模擬ガスによる水素分離性能の定量評価

(1)アンモニア熱分解模擬ガスによる水素透過係数のアレニウスプロットの作成

(2)水素製造量 $0.5Nm^3/hr$ を効率良く得るための水素分離条件の検討

・分離膜の構造解析

(3)安定なPd触媒層を得るためのコーティング法ならびにコーティング条件の検討

(5)「太陽鋳工株式会社」グループ

① 主たる共同研究者:吉永 英雄 (太陽鋳工株式会社、研究所長)

② 研究項目

・大面積化に向けた要素技術の開発

(1)V合金の作製と加工

(2)溶接法によるパイプ状V合金膜の作製とデバイス化

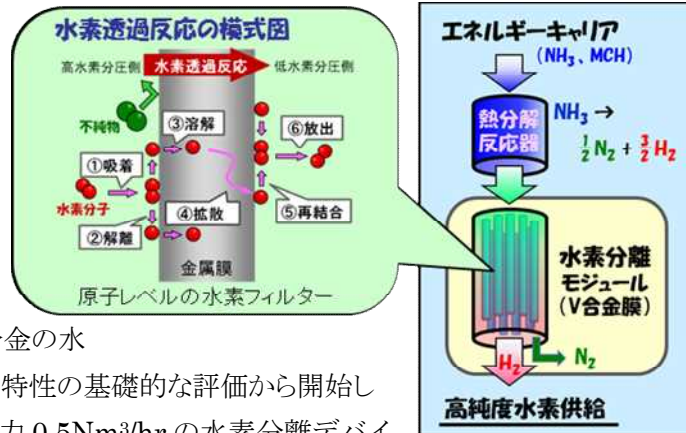
・大容量モジュールの試作と評価

(1)平膜積層型モジュールの試作と評価

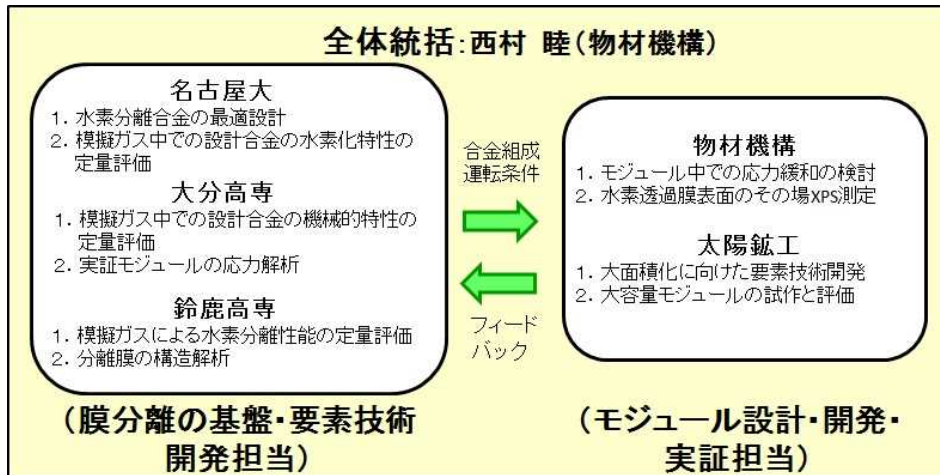
§2. 研究実施の概要

1. 研究の概要

アンモニアやメチルシクロヘキサン等のエネルギーキャリアからの水素分離・精製に、世界で初めてバナジウム系合金膜を適用し、水素分離デバイスを試作する。エネルギーキャリアを含む混合ガス中でのV合金の水素固溶特性、水素透過特性、機械的特性の基礎的な評価から開始して、3年後には高純度水素の製造能力 0.5Nm³/hr の水素分離デバイスを作成して、実証試験を行う。



2. チームの役割分担



5 機関が参加し、膜分離の基盤・要素技術を担当するグループと水素分離デバイスを設計・開発・実証するグループが相互に連携して、エネルギーキャリアからの水素分離精製を目指す。

3. H28 年度の実施概要

開始から3年度目となる今年度は、エネルギーキャリアガス成分を含む混合ガスを用いたV合金の特性評価を本格化させるとともに、中間目標達成に向けて混合ガスからの大流量水素精製デバイス化の取り組みも本格化させた。既に設計してあるパイロット合金について、機械的性質や加工性に関して得られた知見をフィードバックして、耐水素脆性と高い水素透過流能と加工性に優れた合金組成と、最適な運転条件を提案した。長時間安定して水素透過を行うことのできるPd触媒層の被覆条件と温度条件(350°C)を明らかにした。水素透過中にV合金箔にかかる応力を、実験と有限要素法のシミュレーションの両面から検討し、膜の二次側を低水素濃度にすると破壊しにくいこと、二次側に支持体を置くと応力を顕著に低減できることなどを明らかにした。トルエンを含む水素混合ガス下でPd試料について水素透過を行い、500°Cでは透過性能が顕著に低下するものの400°C以下では殆ど低下しないこと、500°Cで透過した試料表面には炭素のピークが顕著に認められることをXPSにより明らかにした。デバイスのコンパクト化を目指して、V合金箔同士および

V合金とSUSのレーザー溶接を行った結果、V合金同士は水素の存在下でも良好な接合強度を示すものの、V合金とSUSでは水素吸収による体積膨張の差が大きく、溶接部近傍で割れてしまい、満足のいく溶接は困難であった。大流量分離デバイス化に向けて大型の円形V合金箔を2枚積層させるデバイスを設計・試作し水素透過試験を行い、水素成分74.6%の水素窒素混合ガスから中間目標の達成を見据える198L/hr.の透過水素量が得られた。

代表的な原著論文3報

- 1) A. Suzuki, H. Yukawa, T. Nambu, Y. Matsumoto and Y. Murata, “Analysis of pressure–composition–isotherms for design of non Pd–based alloy membranes with high hydrogen permeability and strong resistance to hydrogen embrittlement”, *J. Membrane Science*, 2016. 503: p. 110-115.
- 2) A. Suzuki, H. Yukawa, T. Nambu, Y. Matsumoto, and Y. Murata, “Quantitative evaluation of hydrogen solubility and diffusivity in V–Fe alloys toward the design of hydrogen permeable membrane for low operating temperature”, *Materials Transactions*, 2016. 57: p. 1823-1831.
- 3) A. Suzuki, H. Yukawa, and Y. Murata, “Consistent description of hydrogen permeation through metal membrane based on hydrogen chemical potential and its application for alloy design”, *J. Materials Research*, 2017. 32: p. 227-238.