

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

H29 年度
実績報告書

平成 26 年度採択研究代表者

西村 睦

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)「西村」グループ

- ① 研究代表者:西村 睦 (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 / 経営企画部門、部門長 / 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水素吸放出サイクル後の引張試験
 - ・水素透過膜表面のその場 XPS
 - 2) メチルシクロヘキサン(MCH)を含む水素中での V 合金の水素透過特性

(2)「湯川」グループ

- ① 主たる共同研究者:湯川 宏 (名古屋大学大学院工学研究科、助教)
- ② 研究項目
 - V 合金の水素化特性評価と最適設計
 - ・アンモニア分解模擬混合ガス中での水素化特性の評価
 - 1) Pd 被覆 V 合金複合膜の最適化設計に向けた耐久性評価
 - ・水素分離合金の最適設計
 - 2) Pd/V の相互拡散モデルの第一原理計算

(3)「松本」グループ

① 主たる共同研究者:松本 佳久 (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) 水素透過条件下におけるV-Fe合金膜の変形・破壊特性に及ぼすDBTCの影響

2) 模擬NH₃熱分解ガスによる水素透過中SP試験

・実証モジュールの応力解析

3) 水素固溶および水素透過条件下におけるV合金膜の応力状態のFEM解析

3)-1 傾斜ガスケットによる水素分離膜の応力緩和

3)-2 大面積水素分離膜の変形解析

(4)「南部」グループ

① 主たる共同研究者:南部 智憲 (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) 長期耐久試験環境の整備

2) 長期水素分離耐久試験

・分離膜の構造解析

3) 長期耐久試験後の膜試料表面の電子顕微鏡観察

(5)「吉永」グループ

① 主たる共同研究者:吉永 英雄(太陽鋳工(株)赤穂研究所、所長)

② 研究項目

・大面積化に向けた要素技術の開発

1) かしめ法によるパイプ状V合金膜とステンレス基材との接合

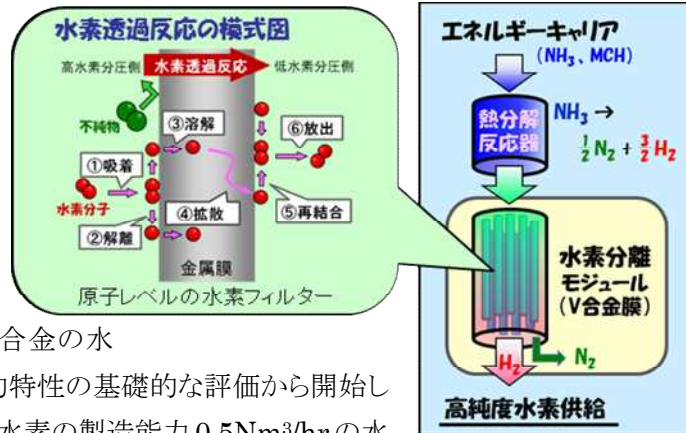
・大容量モジュールの試作と評価

2) 平膜積層型モジュールの試作と評価

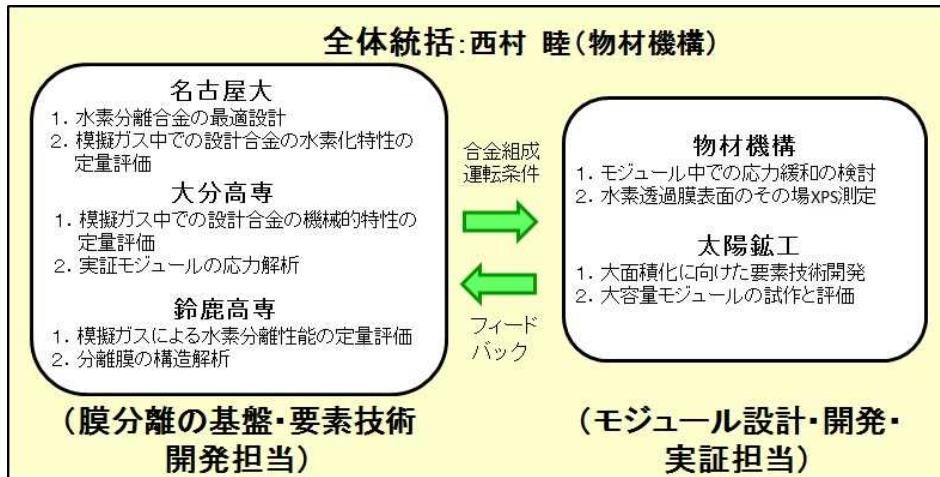
§ 2. 研究実施の概要

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年後の中間評価時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. H29 年度の実施概要

開始から4年度目となる29年度は、中間目標として掲げた0.5Nm³/hr. を超える水素透過流量を持つ平膜積層型水素分離精製デバイスを実現したことを特筆すべき成果に挙げる。

混合ガスからの大流量水素精製デバイス化に取り組み、パイプ型と平膜積層型の二つの様式で大流量化の努力を続けた。また大流量を達成するには高い水素圧力を付加する必要があり、膜に負荷される応力と水素吸収による膨張から、必然的に水素透過時に分離膜の割れが生じやすくなる。それを抑制するための実験と有限要素シミュレーションを行った。有限要素シミュレーションによる円形状平膜の変形・応力解析の結果が、デバイスで検証された膜の変形と破壊の様相に対応しており、デバイス構造設計に極めて有効であることを確認できた。表面 Pd 被覆の組成をコントロールすることにより、水素分離膜の耐久性が大きく改善できること明らかし、表面 Pd 被覆への Ag 添加によって耐久性が向上する要因を明らかにした。基板の V 合金と Pd 合金被覆層の相互拡散

の現象を明らかにするために SEM 観察と EDX 分析を行い、V 合金の粒界拡散と結晶粒中の欠陥の影響などが示唆された。V 合金に対して水素吸収放出サイクル後に引張試験を行った結果、通常(溶接なし)の場合は、延性低下が認められないものの、溶接部を持つ試験片は高水素濃度の場合に延性が低下することが明らかになり、溶接部を持つパイプ型デバイスの耐久性に注意を要する結果となった。メチルクロヘキサンを含む水素混合ガス下で Pd 試料について予備的な水素透過試験を行い、高温側でコーキングによると思われる透過性能の低下が認められ、それはトルエンの場合よりも顕著であることが示唆された。

代表的な原著論文 3 報

- 1) A. Suzuki, H. Yukawa, T. Nambu, Y. Matsumoto, and Y. Murata, Alloy design of V-based hydrogen permeable membrane under given temperature and pressure condition. *Int'l J. Hydrogen Energy*, 2017. 42: p.22325-22329.
- 2) R. Kawai, H. Yukawa, A. Suzuki, T. Nambu, and Y. Murata, Alloying Effects of Fe and Al on Formation and Decomposition Temperatures of Vanadium Hydride, V₂H. *Int'l J. Hydrogen Energy*, 2017. 42: p.22564-22574.
- 3) H. Yukawa and T. Nambu, Alloying Effects of Pd on Formation Temperature of Vanadium Hydride, V₂H, *Proc. of the 2nd International Conference on Sustainable Materials Science and Technology (SMST2)*, 2017, pp.30-33.