研究論文

放電プラズマ焼結法を用いて作製した Cu-Nb 粉末焼結材の水素透過性

†山浦真一*，藤定悠太*，宮嵜智之*，舟坂厚紀*，中田匠哉*，原田晃一**

Hydrogen Permeation Characteristics of the Cu-Nb Composite Materials Prepared by Spark Plasma Sintering Method

by

†Shin-ichi YAMAURA*, Yuta FUJISADA*, Tomoyuki MIYAZAKI*, Koki FUNASAKA*, Takuya NAKATA* and Koichi HARATA**

(Received Jul. 30, 2026; Accepted Aug. 17, 2026)

Abstract

In this study, the Cu-Nb sintered composites containing 30-70 at.% Nb were fabricated by spark plasma sintering to investigate the relationship between microstructure and hydrogen permeation. Hydrogen permeability was measured at 573K-773 K, and the microstructures were characterized by SEM-EDX technique. The $Cu_{30}Nb_{70}$ composite exhibited high hydrogen permeability of 2.78×10^{-8} $mol\cdot m^{-1}\cdot s^{-1}\cdot Pa^{-1/2}$ at 723 K, while the $Cu_{30}Nb_{70}$ and $Cu_{40}Nb_{60}$ composites showed permeability comparable to that of commercially available Pd-Ag alloys. The SEM-EDX observations revealed that the Nb phase evolved from isolated particles to an interconnected network with increasing Nb content. Hydrogen permeability increased markedly above approximately 50 at.% (≈ 60 vol.%) Nb content. This behavior is attributed to the formation of a continuous hydrogen transport network with sufficient transport cross-sectional area, rather than simply an increase in Nb content. These findings provide a guideline for designing high-performance hydrogen permeable membranes based on the percolation theory.

Keywords: Hydrogen permeable membrane, Spark plasma sintering, Percolation theory

1. 緒言

18 世紀後半の産業革命以降，化石燃料は近代社会を支える主要なエネルギー源として大量に消費されてきた．その結果，二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量が急増し，地球温暖化や異常気象，さらには生態系への影響が世界的な問題となっている．国連環境計画（UNEP）[1]によれば，発電，輸送，製造など幅広い分野で依然として化石燃料への依存が続いており，世界の総発電量の約 85 %を化石燃料が占めている．一方，日本国内でも太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの割合は約 30 %まで拡大しているものの，天候による出力変動や発電コストなどの観点から，安定したエネルギー供給には依然として課題が多い[2]．

このような背景から，化石燃料に代わるクリーンなエネルギー源として水素が注目されてきた．特に，燃料電池や半導体製造に用いられる水素には 99.999 %以上の高純度が要求されるため，水素製造・精製の要素技術として，高性能な水素分離用金属膜の研究開発が進められてきた．現在，水素分離･精製用金属材料として純 Pd を始め, Pd-Ag 合金，Pd-Cu 合金などの Pd 系合金が広く用いられている[3]．しかしながら，Pd は高価である上に，他にも触媒材料や歯科用

令和 8 年 7 月 30 日受付

* 大阪工業大学工学部機械工学科：大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1
TEL 06-6167-4117 FAX 06-6957-2134
shin-ichi.yamaura@oit.ac.jp
Department of Mechanical Engineering, Osaka Institute of Technology: 5-16-1 Omiya, Asahi-ku, Osaka 535-8585, Japan
** 東北大学金属材料研究所：宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1
Institute for Materials Research, Tohoku University: 2-1-1 Katahira, Aoba-ku, Sendai 980-8577, Miyagi, Japan
†：連絡先/Corresponding author