

日本-チェコ・スロバキア国際共同研究 「手ごろでクリーンなエネルギー源としての持続可能な水素技術」 2023 年度 年次報告書	
研究課題名（和文）	Ti ₃ C ₂ MXene 添加と巨大ひずみ加工による AlTiVCr 軽量ハイエントロピー合金の水素貯蔵特性の向上（EHSAL）
研究課題名（英文）	Enhancement of Hydrogen Storage Properties of AlTiVCr Light Weight High Entropy Alloys (HEA) by Ti ₃ C ₂ MXene and Severe Plastic Deformation (EHSAL)
日本側研究代表者氏名	辻 伸泰
所属・役職	京都大学 大学院工学研究科 材料工学専攻・教授
研究期間	2022 年 4 月 1 日 ～ 2025 年 3 月 31 日

1. 日本側の研究実施体制

氏名	所属機関・部局・役職	役割
辻 伸泰	京都大学・大学院工学研究科・教授	研究項目全体の計画、統括
吉田 周平	京都大学・大学院工学研究科・助教	HEA の作製、電子顕微鏡組織観察、研究データの取りまとめ
郭 宝奇	京都大学・大学院工学研究科・特定研究員	巨大ひずみ加工による HEA 試料のナノ組織化
Reza Gholizadeh	京都大学・大学院工学研究科・特定研究員	巨大ひずみ加工による HEA 試料のナノ組織化と加工組織の解析
高 斯	京都大学・大学院工学研究科・講師	HEA 試料のナノ組織定量化
朴 明駿	京都大学・大学院工学研究科・助教	X線回折によるナノ組織化 HEA 解析

2. 日本側研究チームの研究目標及び計画概要

日本側研究チームは、前年度作製と組織および特性評価を行った合金以外の可能性のある種々の HEA をアーク溶解により作製し、ナノ組織を観察・定量化して欧州チームに提供する。作製した種々の HEA に対して HPT 法による巨大ひずみ加工を施し、高格子欠陥化

とナノ組織化を達成する。欧州チームに得られたナノ組織化 HEA を提供するとともに、日本チームは HPT 加工材の組織解析・定量化を行う。チェコチームおよびスロバキアチームは、作製された種々のナノ組織化 HEA の構造解析と水素吸蔵特性評価を行う。また日本チームにおいても、前年度確立した電気化学的手法による巨大ひずみ加工合金の水素吸蔵特性解析を機動的に実施する。前年度に構築したオンライン定期ワークショップを通じて、得られた研究成果を 3 チームで共有・議論し、最終目標を見据えた今後の研究方針を策定する。

3. 日本側研究チームの実施概要

2023 年度は、文献調査によって得られたデータや昨年度までの結果をもとに、日本チームが(TiVNb)₈₅Cr₁₅ 合金、およびそれに Zr を添加した合金等を真空アーク溶解を用いて作製し、走査型電子顕微鏡や X 線回折によりその材料ミクロ組織を評価した。さらに、日本チームがこれまでに作製した種々の HEA に対して High Pressure Torsion (HPT) 法による巨大ひずみ加工を施し、高格子欠陥化とナノ組織化を行なった。HPT 加工材の変形組織を詳細に解析するため、透過型電子顕微鏡 (TEM)、および走査透過型電子顕微鏡 (STEM) を用いた組織評価を実施した。HPT 加工材に対して焼鈍熱処理を施すことで、完全再結晶組織を有する試料の作製にも成功した。これらの作製した合金試料はチェコチーム、スロバキアチームと既に共有されており、詳細な結晶構造解析や水素吸蔵特性の評価が今後行われる。当初予定にはなかったが、日本チームにおいても、国内 (九州大学) の研究協力者との共同で Sieverts 法による水素吸蔵速度の測定を行った。合金に HPT 加工を施すことで水素吸蔵速度が大幅に向上することや、水素化に伴う相変態が生じることが確認された。また、電気化学的に水素を吸蔵させた合金試料に対して、昇温脱離測定を行うことで、各試料における水素吸蔵量や水素と HPT 加工により導入された各格子欠陥の相互作用過程を定量的に調査する試みを開始している。

2023 年 9 月 6 日には、研究分担者・吉田がスロバキアチームを訪問し、施設見学や共同研究に関する議論を行った。続けて 9 月 8 日には吉田がチェコチームを訪問し、施設見学や共同研究に関する打ち合わせを行うとともに、粉末試料の電子顕微鏡観察実験を共同で行った。また、10 月 20 日にはチェコチームが京都大学を訪問し、本プロジェクトに関する打ち合わせや施設見学を行った。12 月 4 日には、三国の主要研究者によるワークショップをオンラインで開催した。同ワークショップには 3 グループの代表者と研究分担者、学生が参加し、直近で得られた研究成果を各グループが紹介したほか、実験試料の共有、今後共同で行う実験の計画などについて活発な議論が交わされた。2024 年 1 月 18 日には、3 グループの代表者と研究分担者、学生が EIG CONCERT-Japan プロジェクトの中間報告会 (オンライン) に参加し、議論を行った。これらの活動を通じて、国を超えたチーム間でスムーズに国際共同研究を実施することができた。