

## 産学共創基礎基盤研究プログラム 令和元年度事後評価結果

1. 研究課題名：水素分配制御によるアルミニウム合金の力学特性最適化

2. 研究代表者：戸田 裕之（九州大学 大学院工学研究院 主幹教授）

### 3. 研究概要

研究代表者らは、従来、アルミニウム合金の有害元素として捉えられていた水素を分配制御することにより、力学特性を改善・最適化できると考え、水素による脆化を克服し、さらに水素を利用した新たなアルミニウム合金材料の創製に挑戦した。具体的には、まず、従来の水素脆化と水素ポアによる破壊挙動を分離して理解した。そして、アルミニウム合金組織内での水素の存在状態を最新の分析技術や計算手法を駆使して突き止め、水素のトラップサイトの特定とトラップメカニズムの解明を通じて、アルミニウム合金中の水素分配挙動を明らかにした。その結果、水素分配制御に基づくアルミニウム合金の力学特性最適化のための指導原理を提示した。最終年度には、本プログラム終了後の実用化研究に向けて産業界との検討も進めている。

### 4. 事後評価結果

#### 4-1. 研究の進捗状況及び研究成果

放射光による破壊挙動の 3D/4D 解析や第一原理計算による結晶粒界、転位、析出物等の全水素トラップサイトを対象とした水素トラップエネルギー解析の成果は、マイルストーンとして設定した課題を期待以上の内容で達成したものとして高く評価される。破壊挙動の解明については、水素ポアを介して進展する擬へき開割れ、粒界割れの挙動、応力状態と破壊挙動や破壊に至る臨界水素濃度の存在等の知見が得られ、脆性破壊に関する理解が大きく進展した。

また、予測されていた粒界での水素のトラップ挙動に加え、これまでは知られていなかった金属間化合物（析出物）での水素トラップ現象を発見したことは特筆される。これによって、アルミニウム合金の力学特性向上と水素脆化抑制のための指導原理が提示できたことは、当初の目標を超えた優れた成果と高く評価する。

研究代表者による強いリーダーシップの下で、放射光分析による 3D/4D イメージング、水素分析、TEM 解析、第一原理計算のそれぞれの研究グループの協力体制は優れたものであった。また、日本アルミニウム協会とは積極的に議論の場をもち、本プログラムの特徴である産学共創の場の考え方もよく理解して研究を遂行した点も高く評価される。

#### 4-2. 今後の研究に向けての期待

アルミニウム合金中の水素分配についての最先端の知見が得られた。今後、この知見か

ら、水素脆化を制御するプロセスへつながる研究を進めていただきたい。また、今後も産業界と連携し、直接的な内在水素の制御につながる実用的研究の進展を期待したい。関連して、学理の深化という視点からは、令和元年度に採択された CREST の研究課題の遂行にも大いに期待している。さらに、実用化を進める上で、本プロジェクトの基本的な方針でもあった積極的な論文公表、対外発表、特許出願も期待する。

#### 4-3. 総合評価

##### 総合評価 S

放射光による破壊挙動の 3D/4D 解析、第一原理計算による結晶粒界等での水素トラップエネルギー解析、水素トラップサイトとしての析出物の役割の提言等、マイルストーンとして設定した課題を期待以上の内容で達成した。これらの成果は、脆性破壊の機構の理解に大きく寄与するものであり、最終目標の水素分配についても、転位も含めたすべての欠陥におけるトラップエネルギーの計算によって、全容が解明された。

水素の集積によって析出物/母相界面で剥離を生じるという発見は、実用材料組織の設計による内在水素の制御につながるものであり、当初の目標を超える成果と高く評価する。今後は、積極的な対外発表と共に、産業界との協力による指導原理の実用技術化について知財化も含めて進めていただきたい。

以上