

補助事業番号 2023M-408

補助事業名 2023年度 水素インフラ設備の水素脆化によりき裂のリアルタイム非破壊モニタリング開発

補助事業者名 鈴鹿工業高等専門学校 電子情報工学科 板谷研究室 板谷年也

## 1 研究の概要

我が国は、2050年までに二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)などの温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラル・脱炭素社会の達成を目指している。その目標に向けて、エネルギー利用時にCO<sub>2</sub>を排出しない水素エネルギーの利活用は鍵となる。水素社会実現の課題は、水素製造過程でCO<sub>2</sub>を排出していること、製造コストが高いこと(製燃、スタック、車両等)、充填インフラが十分でないことが挙げられる。特に、家庭用燃料電池・燃料電池車などの水素システムや水素ステーション・水素輸送パイプラインなどの水素インフラは、高すぎる安全率や高コスト材の使用により普及が進んでいない。2022年9月16日時点で、全国の商用水素ステーション数は162箇所であり、都市圏に集中している。一方、全国のガソリンスタンドは約3万箇所であり、地方にも社会インフラとして設置されている。水素ステーション1基の建設費は2019年の実績費約3.3億円でさらなる建設費削減が推進されている。

本事業では、水素社会実現に向けた社会インフラ構築のため水素インフラ設備のき裂配管のリアルタイム非破壊モニタリングの技術開発を行う。これにより、水素ステーションの保安業務を効率化し、人件費などの運用コストを削減する。そして、市民に安心・安全性を担保して技術的な安全性と社会効果を情報発信し、安全・安心・経済的な水素インフラ設備の普及へつなげる。水素環境下のき裂は、水素によってき裂先端の塑性変形がさらに局在化されることで、細く鋭いまま直線的に進むことが報告されている。しかし、従来の非破壊検査分野の知見のみでは、水素環境下のき裂箇所の特定や評価が難しく、水素脆化特有のき裂に対して有効な非破壊検査法は未だ開発されていない。本事業では、水素脆化特有のき裂に対して最適な組み合わせの非破壊検査法を明らかにする。加えて、ネットワーク接続可能な超音波探傷器やアコースティックエミッション装置は市販されているが、リアルタイムモニタリングまで構築できていない。本事業は、新規に水素インフラ設備のリアルタイム非破壊モニタリングの技術開発し、き裂進展シミュレーションから余寿命および危険度の数値化を実施する。

全国には多数の高専があり、地域社会と結びつきを密としながら、社会インフラ、特に水素ステーションなどが地方で遅れていることへの対応を進め、地方都市から水素エネルギー社会実現に必要なインフラの整備拡大を目指す。

## 2 研究の目的と背景

本事業では、水素社会実現に向けた社会インフラ構築のため高圧水素配管やタンクなどの水素インフラ設備のリアルタイム非破壊モニタリングの技術開発を行うことが目的である。水素脆化特有のき裂に対して最適な組み合わせの非破壊検査法を明らかにし、IoTシステムを構築する。これにより、水素ステーションなどの水素インフラの保安業務を効率化し、保守費に関わる人件費

を削減する。同時に、市民に安心・安全を担保して技術的な安全性と社会効果について情報発信し、安全・安心・経済的な水素インフラ設備の普及へつなげることが期待できる。

### 3 研究内容

本事業では、水素社会実現に向けた社会インフラ構築のため水素インフラ設備のリアルタイム非破壊モニタリングの技術開発を行う。具体的には、以下の内容を実施した。

- (1) 内圧模擬疲労試験による水素き裂配管の製作と破壊観察
- (2) 渦電流探傷法・超音波探傷法・アコースティックエミッション法による水素配管内部のき裂の探傷
- (3) 探傷データとき裂進展シミュレーションによる余寿命および危険度の数値化
- (4) IoTを活用したリアルタイム非破壊モニタリングシステムの構築

### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業での水素インフラ設備のリアルタイム非破壊モニタリングの実現により、水素ステーションの保安業務を効率化し、人件費などの運用コスト削減となる。水素供給ステーションのタンクや配管は、母材が高コストなステンレス鋼が用いられている。共同研究者の佐世保工業高等専門学校西口准教授が技術開発に取り組んでいる水素侵入防止膜と本事業により安心・安全性を担保された炭素鋼などの低コスト材への置換が期待できる。これにより、建造コスト削減し、水素ステーション普及に繋がる。

### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

所属機関の卒業研究および特別研究において、2年間で本研究に関するテーマは4件実施し、教育に資することができた。今回の研究で、超音波探傷装置やAEアナライザを新規購入した。その結果、従来の渦電流探傷試験の高度化の研究のみならず、超音波探傷試験やAE法を用いた非破壊検査などを本研究室で実施することが可能となり研究の幅が広がった。加えて、論文投稿(MDPI)や学会発表することができた。

### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- ・水素社会実現に向けた社会インフラ構築のための 新しい高専間協働教育  
佐藤遙音、山際舜大、渡邊陽菜、高専水素フォーラム 2024年11月1日
- ・水素社会実現へ向けたデータサイエンス教育について、  
遠藤健太、板谷年也、佐藤雄哉、西口廣志、高専水素フォーラム 2024年11月1日
- ・Hydrogen Embrittlement Detection Technology Using Nondestructive Testing for Realizing a Hydrogen Society, Yamato Abiru, Hiroshi Nishiguchi, Masato Maekawa, Takara Nagata, Toshiya Itaya, Michie Koga, Toshiomi Nishi, Materials 17(17) 4237 2024年8月27日 査読あり  
DOI <https://doi.org/10.3390/ma17174237>

- ・水素配管き裂の渦電流探傷技術の開発、前川優斗、阿比留大和、松口竜馬、西口廣志、板谷年也、計測自動制御学会中部支部教育工学論文集 (46) 19-21 2023年12月 査読あり
- ・ワイヤレスIoTを活用した水素脆性配管のリアルタイム危険度監視システムの開発、長田大空、前川優斗、鵜飼天文、阿比留大和、西口廣志、板谷年也、高専水素フォーラム 2023年11月2日
- ・各種非破壊検査手法を用いた水素配管き裂の探傷技術開発、前川優斗、長田大空、鵜飼天文、阿比留大和、西口廣志、板谷年也、高専水素フォーラム 2023年11月2日
- ・水素インフラ設備普及に向けたリアルタイム非破壊モニタリングの電波利活用の技術実証、鵜飼天文、長田大空、前川優斗、阿比留大和、西口廣志、板谷年也、高専水素フォーラム 2023年11月2日
- ・ワイヤレスIoTを活用した水素脆化配管き裂の渦電流非破壊モニタリング技術の開発、前川優斗、長田大空、鵜飼天文、阿比留大和、西口廣志、板谷年也、日本高専学会年会講演会 2023年8月31日

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

水素配管き裂探傷ロボットの開発 (<https://researchmap.jp/ITAYA>)

### (2) (1)以外で当事業において作成したもの

水素配管き裂をロボットが探します 2023国際ロボット展

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 鈴鹿工業高等専門学校 電子情報工学科

(スズカコウギョウコウトウセンモンガッコウ デンシジヨウホウコウガクカ)

住 所: 〒510-0294

三重県鈴鹿市白子町

担 当 者 准教授 板谷 年也(イタヤ トシヤ)

担 当 部 署: 板谷研究室(イタヤケンキュウシツ)

E - m a i l: itaya@info.suzuka-ct.ac.jp

U R L: <https://www.suzuka-ct.ac.jp/info/lab/itaya/index.html>