2023年度 JPECフォーラム

1DCAEとインバリアント分析を用いた 低圧水素パイプラインの漏洩検知

2023年5月10日

横浜国立大学 **中山穣**



-禁無断転載・複製 ©横浜国立大学2023ー

背景·目的

✔ 水素パイプライン

水素社会の実現に向けた水素輸送手段[1-3]

- <u>地域内エネルギー輸送用(規模:小)</u>
 <u>に着目</u>
- 工業用(規模:大)
- く社会実装に向けた課題>
 - ・ 低圧・未付臭の水素の活用
 - 水素漏洩による火災・爆発[6]

火災・爆発リスクの低減に向けて 水素漏洩に関わる安全対策が必要



図1 水素パイプライン (左:地域内エネルギー輸送用[3] 右:工業用[4])



水素パイプラインの安全な運用に向けて水素漏洩検知が重要

[1] 経済産業省 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議,水素基本戦略 (2017) [2] 環境省,水素サプライチェーン事業化に関する調査・報告書 (2021) [3] 横浜国立大学他, 浪江町水素エネルギー活用促進に向けた柱状 パイプラインによる輸送実証事業成果報告書 (2022) [4] Siemens energy HP, What's your purpose? Reusing gas infrastructure for hydrogen transportation, https://www.siemens-energy.com/global/en/news/magazine /2020/repurposing-natural-gas-infrastructure-for-hydrogen.html (2023/2/15閲覧) [5] NTTアノードエナジー株式会社, 既設配管を活用した水素パイプラインの安全対策等に関する共同事業の実施について~NTTの通信用 管路を活用したパイプライン輸送モデルの実現に向けて~(2022) [6] J. Nakayama et al., Int. J. Hydrog. Energy, Vol. 47, pp. 11725-11738 (2022) [7] 水素エネルギーナビ HP, 海外各国での取組み|水素の意義とビジョン, http://hydrogen-navi.jp/significance/world.html (2022/9/14閲覧) 既往の漏洩検知手法の課題/本研究のアプローチ

- ✔ 水素パイプラインにおける漏洩検知手法
- ●各センサからの圧力・流量値に基づく監視[3]

課題	解決策
水素需要変動 ⇒ 圧力・流量挙動の変化	機械学習(Machine Learning: ML)を <u>用いた手法に着目</u> データ間に隠れた関係性に基づく監視により、単一パラメータの経時変化からでは 検知困難な漏洩シナリオの検知が期待で きる
✔ MLを用いた漏洩検知手法の水素パイプラインへの適用	
● 社会実証事例:少 = 運転データ:少 ⇒ <u>シミュレーション</u> により運転データを生成	●様々な漏洩時のデータ取得:困難 ⇒非漏洩時の運転データのみで学習可能な 教師なし学習によりMLモデルを構築

<u>1DCAE</u>

X

インバリアント分析技術[8]

研究目的:1DCAEとインバリアント分析技術を用いた漏洩検知手法の開発

[3] 浪江町水素エネルギー活用促進に向けた柱状パイプラインによる輸送実証事業 成果報告書 (2022) [8] 落合勝博 他, 石油技術協会誌, Vol. 83, No. 2, pp.162-166 (2018)

研究概要



研究概要



研究概要



[8] 落合勝博他,石油技術協会誌, Vol. 83, No. 2, pp.162-166 (2018)

研究概要

<検証目的>

- 1. 従来手法においても検知可能なシナリオに対し てMLモデルが非漏洩時と漏洩時を識別可能か についての確認
- 2. 漏洩時の識別へ影響を与えるセンサ間の関係 性の把握

<検証データ>

- 変数:水素供給圧力、漏洩口径
- 水素供給圧力:4パターン(0.7, 0.8, 0.9, 1.0 MPa)
- 漏洩口径:6パターン(0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0 mm)

<検証方法>

- (1) MLモデルからの予測値と検証データの計算値間の 差分に基づく値(<u>異常スコア</u>)を算出
- (2) 異常スコアにより漏洩時と非漏洩時を識別可能か検 証



低圧水素パイプラインのモデル詳細

赤字 = 変数



計算回数: 50回 8

検証1の結果:MLモデルの確認



検証2の結果及び考察:センサ間の関係性

- 漏洩箇所付近のパイプライン①の圧 カセンサと燃料電池①のセンサ間の 関係性により、漏洩の識別が可能
- 漏洩口径が0.6 mm以上の場合では パイプライン①の圧力センサと燃料 電池②の圧力センサ間の関係性に より、漏洩を識別可能
- 水素タンクの圧力センサと燃料電池
 ①の圧力センサ間の関係性により漏
 洩を識別可能な事例が存在



- ✓ 漏洩と判定した結果において、圧力 一圧力の関係が比較的重要である。
- ✓ 漏洩箇所からセンサが離れるほど識 別可能な事例が少なくなる。



まとめ

● 本研究の目的

1DCAEとインバリアント分析技術を用いた低圧水素パイプラインの漏洩検知手法の開発

- 現状の成果
 - 水素パイプラインモデルの構築
 - ・ 水素パイプラインモデルにより生成したデータを用いてMLモデルを構築
 - MLモデルを用いて非漏洩時と漏洩時を識別可能な事例を確認
 - 漏洩判定の寄与率が高いセンサ間の関係性を把握
- 今後の予定
 - MLモデルの精度向上に向けた検討
 - 需要家数を増加した水素パイプラインモデルでの検討
 - ・ センサ最適化についての検討
 - 高圧、工業用パイプラインへの発展検討
 - 学会実績
 - 鈴木悠生, 鈴木智也, <u>中山穣</u>, 相馬知也, 伊里友一朗, 三宅淳巳, 水素パイプラインの水素漏 洩検知に向けた機械学習と物理モデリングの適用, 化学工学会第88年会, 2023年3月
 - Yuki Suzuki, <u>Jo Nakayama</u>, Tomoya Suzuki, Tomoya Soma, Yu-Ichiro Izato, Atsumi Miyake, Machine learning model for detecting hydrogen leakage from hydrogen pipeline using physical modeling, Asia Pacific Conference of the Prognostics and Health Management Society, September 2023 (発表予定)