

ラマンイメージングによる舗装路下埋設配管損傷時の漏えい水素拡散挙動計測

杉本 幸代¹, 市川 祐嗣¹, 萩田 将一¹, 児玉 裕美¹, 星野 礼香¹
朝日 一平¹, 上地 優², 寺田 敦彦², 日野 竜太郎²

¹ 四国総合研究所 (〒761-0192 香川県高松市屋島西町 2109 番地 8)

² 日本原子力研究開発機構 (〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地)

Measurement of leaked hydrogen diffusion behaviors when buried pipe damage under pavement occurs by Raman imaging

Sachiyo SUGIMOTO¹, Yuji ICHIKAWA¹, Masakazu OGITA¹, Hiromi KODAMA¹, Ayako HOSHINO¹,
Ipppei ASAH¹, Yu KAMIJI², Atsuhiko TERADA², and Ryutaro HINO²

¹ Shikoku Research Institute Inc., 2109-8 Yashima-nishimachi, Takamatsu, Kagawa 761-0192

² Japan Atomic Energy Agency (JAEA), 4002 Narita-cho, Oarai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki 311-1393

Abstract: An experimental device was modeled to investigate hydrogen gas leak into ground and flow out to atmosphere when an accident of small diameter break of buried hydrogen pipe under pavement occurs. This study was clarified the diffusion behaviors under ground and in atmosphere when hydrogen gas leaks out under pavement. The hydrogen gas concentrations under the ground were measured by gas sensors buried at multiple points. Spatial concentration distributions in the atmosphere were measured by using Raman imaging method, those measurement results were predicted well by a three dimensional CFD simulation.

Key Words: Raman imaging, Hydrogen, Diffusion, Pavement, CFD simulation

1. 序論

近年、水素社会の実現に向け、様々な検討や取組が進められている。東京 2020 オリンピック・パラリンピック競技大会では、選手村地区において、水素を街区に設置した燃料電池へ導管供給し給電することが決定しており、水素の導管供給についても実用化を目指し取組が加速している。その一環として、導管供給した水素が漏えいした際の対応措置の検討もなされており、これに資する水素基礎的な拡散挙動を明らかにすることが本研究の目的である。本研究では、舗装を施した直径 7m の土壌槽の深さ 1.2m の位置に導管を埋設し、小口径破断の発生を模擬した条件で水素を放出した。漏えいした水素の地中及び大気中への水素拡散挙動（水素濃度）を計測し、実験と同条件として実施した 3 次元 CFD シミュレーション解析結果と比較し、シミュレーション解析による再現性を評価した。

2. 水素ガス濃度分布計測

2.1 装置構成

本研究における実験装置の構成を Fig.1 に示す。直径 $\phi 7\text{m}$ 、深さ 1.35m の土壌模擬槽に舗装を施し、埋設深さを 1.2m として導管を設置した。導管には土壌槽の中央に位置する個所に直径 $\phi 1\text{mm}$ のピ

ンホールを施工し、所定の供給圧力（2.5kPa, 10kPa）にて水素を放出した。舗装構造の導管上の各層の厚さは、真砂土層 0.7m, 砕石層 0.35m, アスファルト層 0.15m とした。

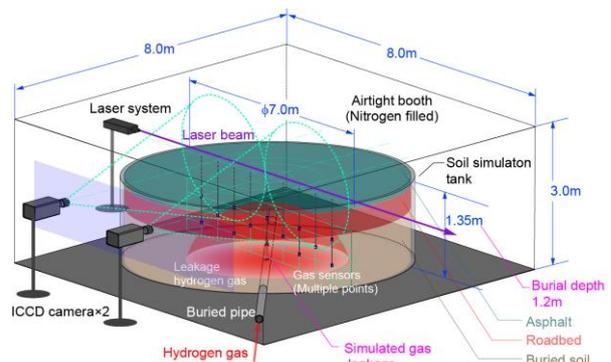


Fig.1 Experimental configuration of hydrogen diffusion behavior measurement.

地中における水素の拡がりには真砂土層及び砕石層中に多点埋設（40 箇所）した気体熱伝導式ガスセンサにより計測した。アスファルトから大気中へ染み出す水素については、アスファルト表面の土壌槽中心を通る高さ 20mm の位置にレーザー光（波長 355nm, パルスエネルギー 90mJmax, PRF 30Hz）を気密ブース壁面に施工した石英窓を介して照射し、レーザー光と水素の相互作用により発生

するラマン散乱光 (416nm) を、レーザ光軸に直交する方向から ICCD カメラにより撮像し、得られた画像の輝度値から空間濃度分布を得た。水素ガスのラマン散乱光を選択的に受光するため、カメラレンズには、ラマン分光用エッジフィルタ (OD>6 at 355nm) 及びバンドパスフィルタ (中心波長 415nm, FWHM10nm) を装着した。計測更新周期は 30 秒とした。

2.2 水素ガス濃度分布計測結果

Fig.2 に本研究における水素濃度計測点を示す。均質な土中での水素拡散は放出軸に対し軸対称であるため、半径範囲にて水素濃度を評価した。

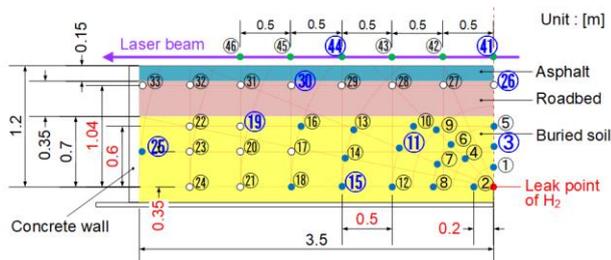


Fig.2 Hydrogen concentration measurement points.

Fig.3 に水素供給圧力 2.5kPa のときの地中水素濃度変化を示す。Fig.3 に示すとおり、地中においてほぼ同心円状に拡散することが確認された。

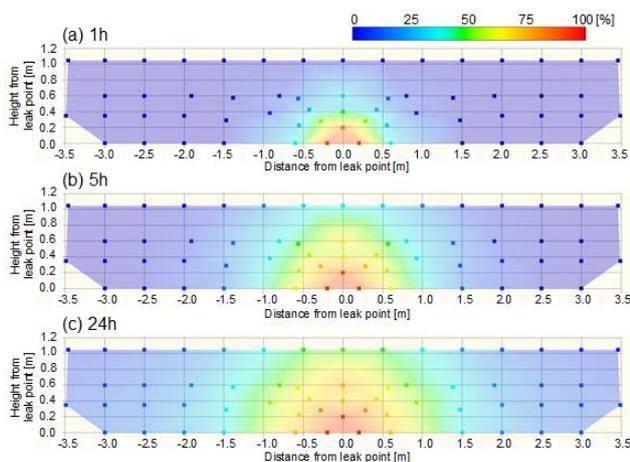


Fig.3 Time course of underground hydrogen gas concentration.

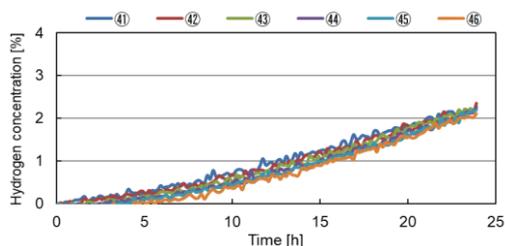


Fig.4 Time course of underground hydrogen gas concentration in atmosphere.

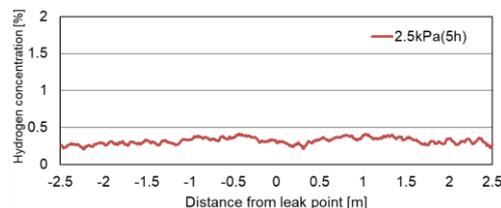


Fig.5 Spatial concentration distribution in atmosphere.

Fig.4 に供給圧力 2.5kPa のときの大気中計測点 ④①～④⑥における水素濃度経時変化を、Fig.5 に Fig.4 に示した結果の供給開始から 5 時間後の水素濃度空間分布を示す。Fig.4 及び Fig.5 に示すとおり、本研究の観測範囲において、大気中の水素濃度はほぼ一様であることが明らかとなった。

3. シミュレーション解析及び再現性評価

Fig.6 に供給圧力を 2.5kPa としたときの計測箇所 ④①, ④②, ④④における実験とシミュレーション解析の比較結果を示す。Fig.6 に示すとおり、両者はほぼ一致し、舗装がある場合においても、水素拡散挙動がシミュレーションにより再現可能であることを示した。

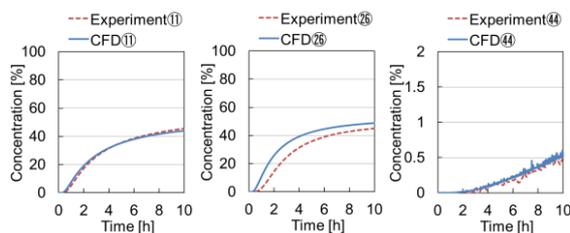


Fig.6 Comparison between experiment results and simulation analysis.

4. まとめ

実フィールドを模擬し、舗装を施した水素漏えい試験装置を製作し、地中及び大気中の水素濃度分布を計測した。大気中においてはラマンイメージングにより水素濃度分布を計測し、本研究の観測範囲内において、アスファルト上の濃度分布がほぼ一様であることを明らかにした。実験とシミュレーション解析を比較し、舗装がある場合においても、シミュレーション解析により水素拡散挙動が概ね良好に再現できることを確認した。

謝 辞

本研究開発の一部は、経済産業省平成 30 年度水素導管供給システムの安全性評価事業の一環として行われたものである。