

# ラマンイメージングによる埋設導管損傷時の漏えい水素拡散挙動への地中内障害物の影響評価

杉本 幸代<sup>1</sup>, 市川 祐嗣<sup>1</sup>, 荻田 将一<sup>1</sup>, 朝日 一平<sup>1</sup>

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

## Evaluation of the effect of underground obstacles on leaked hydrogen diffusion behavior in case of buried pipe failure by Raman imaging

Sachiyo SUGIMOTO<sup>1</sup>, Yuji ICHIKAWA<sup>1</sup>, Masakazu OGITA<sup>1</sup>, Ippei ASAH<sup>1</sup>

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

**Abstract:** The leakage of hydrogen gas into the ground and the outflow to the atmosphere were investigated when a small-diameter breakage accident of a buried hydrogen conduit occurred under a pavement with underground obstacles. An experimental device was installed with horizontal and vertical structures installed as underground obstacles. The underground hydrogen gas concentration was measured by gas sensors embedded in multiple locations, and the spatial concentration distribution in the atmosphere was measured using Raman imaging. This study revealed the effect of each structure on hydrogen diffusion. In addition, the difference in hydrogen diffusion behaviors compared with the case where there is no obstacle in the ground was evaluated.

**Key Words:** Raman imaging, Hydrogen, Diffusion, Pavement, Obstacle

### 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おり、水素の導管供給についても実用化を目指し様々な検討が行われている。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に資する基礎的な拡散挙動を明らかにするため、著者らはこれまでに、直径7mの地中模擬層において、埋設土のみの場合と埋設土上に舗装を施した場合について漏えい水素の拡散挙動を計測し、計測結果とCFD解析結果の比較を実施してきた<sup>[1][2]</sup>。これらにより、舗装の有無による水素の地中及び大気中の拡散挙動の特徴を明らかにし、適切な解析条件を与えてCFD解析を実施することで、水素の拡散挙動が予測可能であることを示した。本研究では、舗装路下中に地中内障害物が存在する場合の漏えい水素の拡散挙動を調査するため、直径7mの地中模擬層の深さ1.2mの位置に3本の導管を埋設し、漏えい位置上に水平構造体がある場合及び漏えい位置近傍に垂直構造体がある場合について、水素の地中及び大気中への拡散挙動（水素濃度）を計測し、その特徴と、構造体の有無による拡散挙動の差異を明らかにした。

### 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。

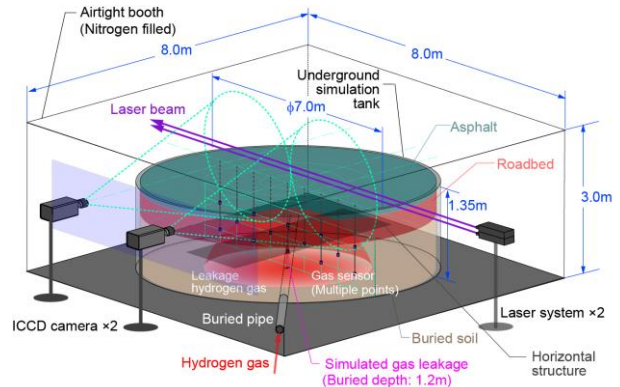


Fig.1 Experimental configuration of hydrogen diffusion behavior measurement.

直径 $\phi 7$  m, 深さ 1.35 m の舗装路を模擬した地中模擬層に、埋設深さを 1.2 m として導管を設置した。導管上の各層の厚さは、真砂土層 0.7 m, 碎石層 0.35 m, アスファルト層 0.15 m とした。

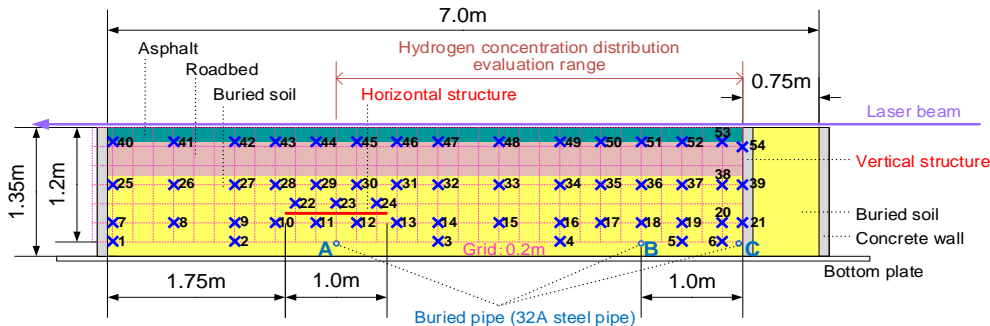


Fig.2 Cross section of the underground simulation tank.

Fig.2 は地中模擬層の断面図であり、図示したとおり地中には幅 1 m の水平構造体（鉄製、 $t=6$  mm）と垂直構造体（コンクリート壁）を設置した。前述した導管は水平構造体下、垂直構造体からの離隔距離 1 m 及び垂直構造体直近に計 3 本埋設し、直径 1 mmφ の水素放出口を Fig.2 に示した断面図と同面上に配置した。放出口はそれぞれ、水平構造体下を A、垂直構造体からの離隔距離 1 m を B、垂直構造体直近を C とした。水素供給量は、地中内障害物の有無による拡散挙動の差異を確認するため、平成 30 年度に障害物無しの条件で計測を実施した 1.93 L/min と 5.54 L/min とした。

地中における水素濃度の経時変化は真砂土層及び碎石層中に多点埋設（60 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、地中模擬層の中心を通るアスファルト表面からの高さ 20 mm 及び 50 mm の位置にレーザ光（波長 355 nm、パルスエネルギー 230 mJmax, PRF 10 Hz）を照射し、レーザ光と水素の相互作用により発生したラマン散乱光（416 nm）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 355 nm）及びバンドパスフィルタ（中心波長 415 nm, FWHM10 nm）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.3 に水平構造体下の放出点 A から供給流量 1.93 L/min として実施した地中水素濃度分布計測結果を示す。各画像の左に放出開始からの経過時間を示している。障害物がない場合、水素はほぼ同心円状に拡散するが<sup>[2]</sup>、本試験条件下では、水平構造体に阻害され、構造体の左右から回り込みながら拡散していく様子が確認された。

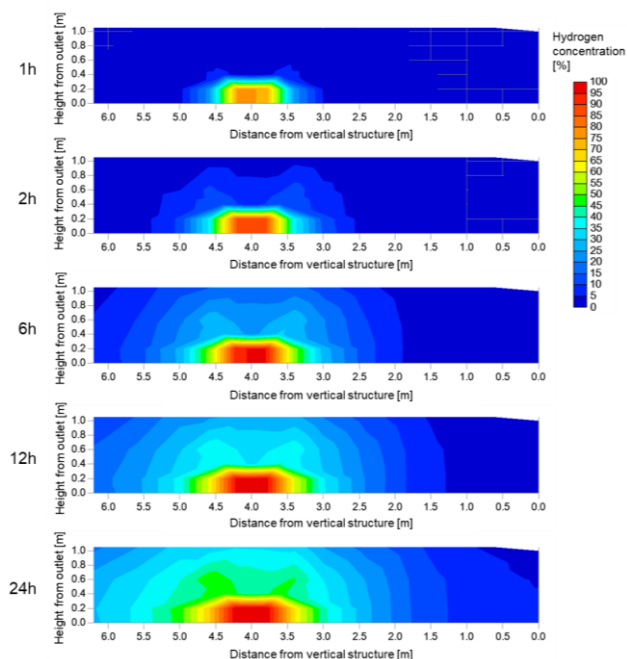


Fig.3 Time course of underground hydrogen gas concentration.

また、Fig.3 と同条件における大気中水素濃度分布計測結果を Fig.4 に示す。(a)は地表面からの高さ 20 mm、(b)は地表面からの高さ 50 mm の計測結果であり、漏えい開始から 6、12、24 時間の濃度分布である。地中においては、水平構造体による拡散挙動への影響が顕著であったが、アスファルトを介し地表面に染み出す水素の濃度分布は観測領域においてほぼ同様であることが確認された。

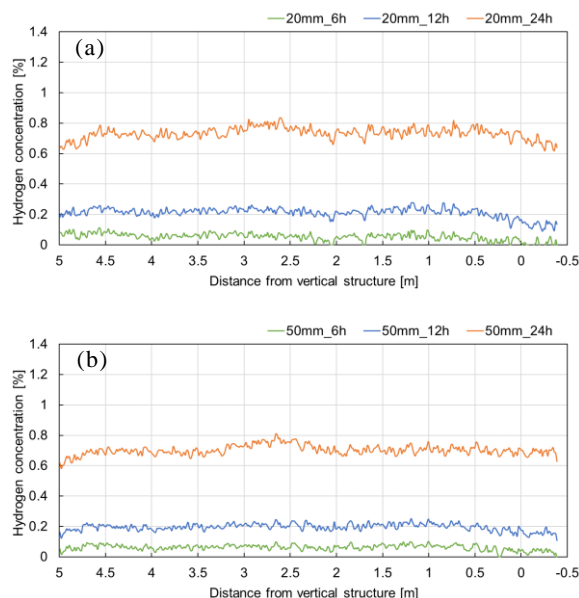


Fig.4 Spatial concentration distribution in atmosphere.  
(a) 20 mm height from asphalt surface.  
(b) 50 mm height from asphalt surface.

## 3. まとめ

地中内に障害物がある場合の実フィールドを模擬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、水平構造体、垂直構造体による水素拡散挙動への影響を評価した。本稿では、水平構造体下の放出点 A から水素供給流量を 1.93 L/min として実施した計測結果について一例として述べたが、発表では、実験方法、その他の条件における計測結果及び構造体の有無による水素拡散挙動の特徴の差異について詳細を述べる。

## 謝 辞

本研究開発の一部は、経済産業省令和元年度新エネルギー等の保安規制高度化事業の一環として行われたものである。

## 参考文献

- [1] 平成29年度水素導管供給システムの安全性評価事業（維持管理工法の水素適用性評価（地中及び大気中の水素拡散挙動調査）調査報告書
- [2] 平成30年度水素導管供給システムの安全性評価事業（維持管理工法の水素適用性評価（地中及び大気中の水素拡散挙動調査）調査報告書