

# Measurement of Hydrogen Gas Concentration Using Ultrasound

マハジャビン, タスキン

<https://doi.org/10.15017/2534508>

---

出版情報 : Kyushu University, 2019, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

|                     |  |      |     |       |
|---------------------|--|------|-----|-------|
| 氏名<br>Name          | マハジャビン タスキン<br>Mahjabin Taskin   |      |     |       |
| 論文名<br>Thesis Title | 超音波を用いた水素ガス濃度の計測に関する研究<br>Measurement of Hydrogen Gas Concentration Using Ultrasound |      |     |       |
| 論文調査委員              | 主査   | 九州大学 | 准教授 | 加藤 喜峰 |
|                     | 副査   | 九州大学 | 教授  | 岡田 重人 |
|                     | 副査   | 九州大学 | 教授  | 安倍 賢一 |

## 論文審査の結果の要旨

近年、東京オリンピック選手村の実証例のように、省エネルギー、CO<sub>2</sub>削減のために水素エネルギーを利用した街づくりの実証試験が各地で始まって来ている。水素をパイプラインや都市ガス管を利用して輸送する必要性が多く出て来ている。実際にガス管敷設後に空気から水素ガスに切り替える再管内の水素濃度を計測して、空気が管内に残留しない様に安全にガス置換する必要がある。現在、管内の水素濃度を計測するためにはガス管に穴を空けて、外部に水素ガスを抽出する必要性があり、ガス管外部から管に穴を空けることなく安全に管内の水素濃度を計測する技術は未だ存在しない。

本論文は超音波を利用して、水素濃度を計測する新技術に関する研究を行ったものである。ガス種により音速が異なる物理的性質を利用して、超音波の伝搬時間差を計測することでガス濃度を計算できる。超音波がガス管外部から内部を通して再び管外に出てくる性質を利用して、管に穴を空けることなく安全に管内の水素濃度を計測する新技術について研究をすることを目的としている。各章でその新技術の進展について述べており、以下の点で業績評価することができる。

第2章ではステンレスなど金属管内でも水素濃度を外部から計測できる新技術を確立できることを提案している。著者は計測が容易でない金属管内のガス濃度計測にチャレンジし成功した結果を示している。ステンレス管など金属材料内部では音波が直ぐに減衰せずに長時間に渡り周回してしまい、鐘の様に音波が残響して内部の水素検知が困難であった。著者は管外側に吸音材を付けることによりステンレス材内部を周回するノイズ音を減衰させ、管内空中の水素ガス等を通ってくる音波の検知が可能となり、水素濃度計測を成功させている。音響インピーダンスの理論を用いて音波の吸収の理論計算も行っており、また FDTD(finite-difference-time-domain)法を用いて2つの発信子を用いることでノイズキャンセルの手法も理論的に有効であることを見出している。

第3章では超音波計測の応答速度が0.1秒以下と速いことを利用して、高速で流れる空気中の水素濃度を計測できることを見出している。パイプ内を流れる(0~39 m/s)空気中の水素濃度の測定を試みており、流速が上がると乱流が大きくなり、計測が困難になってくるところを統計的手法を用いてノイズを平均化し、高い精度で水素濃度を計測することに成功している。音波の縦波・横波の理論を用いて実験結果を理論的に説明することで、計算シミュレーションより、例えば内径約4cmのパイプにおいて最大約60 m/sの流速まで測定できることを予測している。

第4章ではガス管内の空気を水素に置換する際に濃度計測をしている超音波信号が減衰または消失する現象がありその原因を追究している。空気中に密度の大きく異なる水素やヘリウムガスが混

ざる際の様子をシュリーレン撮影法で可視化し、濃度が高い水素やヘリウムそのまま流れて空気との間で比較的明確な界面を形成していることを確認している。その際に、二つのガス界面で音波が大きく屈折する現象が起こることを計算により見出し、二種のガスが混在している場合は受信素子に音波が届かなくなる現象を明らかにしている。

以上、本論文は超音波を利用してガス管内のガス濃度を外部より計測できるという新技術を生み出し、今後の水素社会に大きく貢献できる有用な研究であるという点を評価し、工学において価値のある業績と認められる。また、各章、それぞれ投稿論文として受理・出版され公表済みである。

#### [最終審査]

本論文について、論文調査委員会は令和元年 8 月 23 日 10 時 00 分から伊都キャンパスウェスト総合学習プラザ 2 階 AMS 講義室 1 において、Mahjabin Taskin 氏および論文調査委員全員の出席により、公開による論文の調査及び最終試験を実施した。論文内容について、Mahjabin Taskin 氏は予備調査委員会での要求に対しての修正を行い、論文調査委員ら全員の試問についても的確に答えることができた内容から同氏が工学博士として十分な学力を有していることが確認され、論文調査委員会は最終試験に合格と認定した。以上のことから、論文調査委員会は、Mahjabin Taskin 氏が博士 (工学) の学位を授与されるのに値すると認める。