

機械システム調査開発

24-D-6

ミュー粒子を利用した  
地下空洞調査システム普及のための  
性能評価に関する調査開発  
報 告 書

平成 25 年 3 月

一般財団法人機械システム振興協会  
委託先 川崎地質株式会社

## 序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業は、世界経済の減速、長期間のデフレ、エネルギー供給制約のなか、消費と投資の低迷、労働生産性の伸び悩みという厳しい事業環境にあるうえに、震災地域の復旧・復興の加速化を求められており、過酷な状況に置かれています。加えて、新興国の勃興や海外市場におけるグローバルな競争の激化により、海外需要獲得の道のりも平坦ではなく、一層の厳しさを増しています。こうした中、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、先端設備投資等の促進やイノベーション基盤の強化、エネルギー制約克服のための省エネ・自家発電導入支援等に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、一般財団法人機械システム振興協会では、機械システムに関する調査開発事業を実施しております。

これらを効果的に実施するために、当協会に機械システム開発委員会（委員長：東京大学名誉教授 藤正 巖氏）を設置し、同委員会のご指導・ご助言のもとに推進しております。

この「ミュー粒子を利用した地下空洞調査システム普及のための性能評価に関する調査開発」は、上記事業の一環として、川崎地質株式会社に委託して実施した成果であります。関係諸分野に関する施策が展開されていくうえで、本調査開発の成果が一つの礎石として皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成25年3月

一般財団法人機械システム振興協会

## はじめに

近年、地下の交通施設、管路、地下工事などが地中の空洞発生を誘引し、この空洞の成長が進行して地下の陥没に至る等の事例が多く報告されています。このため、地上の陥没を引き起こす空洞の存在を明らかにし、災害を未然に防ぐことは、社会的にも急務であります。

このような背景のもとで、透過力が高く都市部のノイズに影響を受けず、また高い分解能が期待できる宇宙線ミュオン粒子を用いた探査技術の調査研究を（一財）エンジニアリング協会地下開発利用研究センターのご指導のもと平成20年度から開始しました。平成20年～22年の3カ年は財団法人機械システム振興協会から（財）エンジニアリング振興協会への委託事業として調査研究並びにフィージビリティスタディを実施し、4台の試作機を開発し、地盤中の空洞を三次元で可視化することに成功しました。平成23年度は厳しい地下環境への対応をするため、計測機能の改善と、解析精度向上のための実験的検討などの調査研究を進めました。

しかしながら現状では1カ所の測定にも長期間（2～3ヶ月程度）を要し、ミュオン粒子による可視化測定事例は地下鉄駅等僅かな事例しかありません。このような状況では、その地下空洞測定能力を示すには不十分で潜在的な需要者の掘り起こすことが難しい状況にあります。

今年度の調査開発においては、潜在的な需要者の開拓、普及開始への後押しを図るための新たな地下空洞探査能力の事例を作成することを目的として、地下鉄以外に大きな需要が期待される、水力発電所の導水路地下トンネルを対象にミュオン粒子による計測を行いました。その結果、トンネル上部の密度変化に起因する変状箇所を推定し、その測定性能を評価しました。このような事例により、広く社会にこの調査手法の有用性をアピールしていきたいと考えております。

本調査研究にご協力いただいた関係各位に対して心から謝意を表するとともに、本報告書の成果が原位置測定システムとして実用化され、近い将来、地中空洞・地盤健全性に関する一つの技術として産業界・社会に役立つことを切望する次第です。

平成25年3月

川崎地質株式会社

## 目 次

第1章 調査開発の概要 .....	1
1.1 調査開発の背景と目的.....	1
1.2 調査開発の経緯.....	2
1.3 調査開発の内容.....	3
第2章 調査地の地形・地質概要.....	5
2.1 調査地の地形概要.....	5
2.2 調査地の地質概要.....	5
2.3 過去の地質調査データと調査位置の選定.....	5
第3章 調査方法 .....	9
3.1 既存の空洞探査手法 .....	9
3.2 調査の流れ.....	12
3.3 マルチ計測機の概要 .....	14
3.4 測定準備工.....	17
3.5 測定状況.....	23
3.6 撤収作業.....	25
第4章 調査結果 .....	28
4.1 ミュー粒子取得データ.....	28
4.2 地盤密度の推定.....	32
4.3 地盤密度の評価.....	39
第5章 調査のまとめと課題.....	47
参考文献.....	48
【参考資料】 空洞確認調査の提案.....	49