

街路灯地中埋設部の腐食検査装置

本間 一茂*

Kazushige Homma

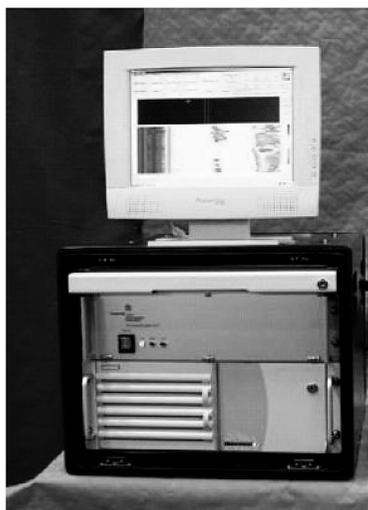
平成16年度にドイツより導入し、日本国内での使用に合わせて一部を自社開発した、街路灯埋設部の腐食検査装置「LIMA-test」を紹介する。本装置は、従来、目視検査などにより実施してきた街路灯地中埋設部の健全性調査を、電磁超音波センサーと自動スキャナーを組み合わせたシステムにより、迅速かつ簡便・確実に実施できるものである。検査事業部は営業統括部とともに、全国各地の街路灯埋設部の検査に適用すべくPR活動を実施している。

キーワード：非破壊検査、電磁超音波、IZFP、LIMA-test、街路灯、照明柱、地際部、埋設部

1. はじめに

検査事業部では、ドイツのIZFP研究所が開発し独・英・スイスなどで適用実績のある、街路灯地中埋設部の腐食検査装置「LIMA-test System」を導

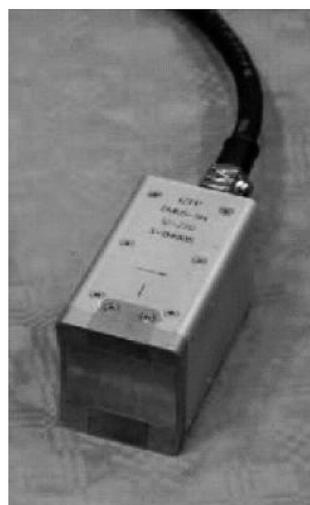
入した。本装置は街路灯、照明柱、電柱や標識柱など鋼管柱の目視では十分に検査できない地際部および埋設部の腐食状況を電磁超音波を使用して簡便に検査するシステムであり、導入後に国内事情に合わせて実用的なシステムとするように改良



モニター、制御装置、
データ収集・解析用パソコン



スキャナー



センサー

図1 LIMA-test System

* 検査事業部 技術部 課長

を加えたものである。本報ではLIMA-test Systemの紹介とともに今後の業務展開について述べる。

2. 背景説明

数年前から高速道路や一般道の照明柱などの埋設部近傍の腐食劣化に伴う倒壊事故の発生が報じられているが、これら鋼管柱の現状の腐食状況の確認は、外側から地表露出部の目視検査を行うか、埋設箇所を掘削して部分的に地際部および埋設部の状況を確認する程度であり、腐食の発生状況を十分に把握できているとは言えない。また多くの場合は、一定の判断基準が無いため鋼管柱設置後の経過年数に応じて適時交換されているのが現実である。したがって街路灯設備を管理する各地方自治体などでは、実際の腐食状況の把握や効率的なメンテナンス作業の実施、予算の削減などに頭を痛めている。

これらを受けて、IICでは数年前から圧電素子でガイドウエーブを発生させて検査する手法で、実機のトライアル試験や社内研究工事を実施するなどして、検査技術の確立および作業経験の蓄積に努めてきた。

しかし、圧電素子で発生させたガイドウエーブは、振動子径が小さいためパワーが低いことに加え、ガイドウエーブの振動モードおよび周波数が試験体の内外表面に接する埋設による周囲の土砂・コンクリート・アスファルトや鋼管柱内部に溜まった雨水の影響を受けて減衰するため、実機適用試験においても地際部から百数十ミリ程度の深さにある腐食の検出は可能であったが、約300 mmの深さにある街路灯のベースプレート（基礎部）からの反射信号は検出できなかった。

更に、発生させたガイドウエーブが伝搬中に形状変化部で反射するとモード変換（他の振動モードに変化すること）を起し擬似信号となることが、少ない割合ではあるがガイドウエーブと同時に発生する縦波、横波成分も擬似信号となってしまう、波形の判別が難しかった。

また、検査に際しては接触媒質を使用しなければならぬこともあり、検査の前後に清掃および事後処理にも手間がかかってしまい簡便・迅速な検査を目指す上では実用的ではなかった。

導入したLIMA-test Systemはスキャナー、制御装置本体、PC（パソコン）の3ユニットから構成



図2 圧電素子で発生させたガイドウエーブを使用した実機試験風景

されるが、IZFP研究所からは、この中のセンサーを含む制御装置本体、PC（パソコン）の2ユニットを購入し、スキャナーについては街路灯の形状が日本とドイツでは異なるため、国内の照明柱に適合させるため、自社で開発を行った。また、導入後に制御ソフトウェアの表記を日本語化し、検査員が迷わず簡便に操作できるように改良するなど、随所に国内事情に合わせるべく改良を施した。次項以降に本LIMA-test Systemの詳細について説明する。

3. LIMA-test Systemの仕様

3.1 検査作業の特徴

- (1) 照明・標識柱等の鋼管柱の地際部および埋設部の腐食・減肉の検査に適用可能。
※検査可能な埋設深さは最大1.5m。
- (2) 電磁超音波を使用し安全かつ迅速な検査作業が可能。
- (3) 電磁超音波を送受信するセンサーを保持した駆動スキャナーを鋼管柱に取り付けることで簡便かつ迅速に検査が可能。
※実質的な検査時間は街路灯1本あたり20分弱（駆動スキャナー設置が約3分、その他コントローラなどの機材設置が約15分。）
- (4) 電磁超音波はセンサーを被試験体に非接触で適用できるため、一般の超音波検査のようにセンサーと被試験体の隙間に音を伝える媒体（=接触媒質）が不要。
※被試験体表面に対して前処理、後処理作業が不要。
※埋設部の掘削や表面塗装や鍍金の剥離などの付帯工事も不要。
- (5) 検査はスキャナーを自動制御することで実施し、検査データはスキャナーと同調してAスコープ（超音波波形）とCスコープ（検査部位の展開図）をリアルタイムに画面表示する。

- (6) 採取した検査データの中の、Cスコープ（検査部位の展開図）データを電子データとして保存・データベース化でき、記録・報告書も迅速に作成できる。

3.2 検査の原理

- (1) 電磁超音波センサーは高周波コイルと電磁石で構成されている。センサー設置面に電磁石で磁場領域をつくり、その面に高周波が流れるコイルを置くことで、被検査体にローレンツ力が作用して振動を起こす。この振動が超音波となって伝搬する。
- (2) 超音波は被検査体の板厚内部を水平に振動しながら伝搬していき、伝搬方向に板厚（断面積）の変化があると、超音波はその部位から反射する。
- (3) 反射した超音波の強さと板厚（断面積）の変化割合はほぼ比例するが、伝搬方向にある板厚（断面積）の形状によって比例する度合い異なる。
- (4) 特に伝搬方向に大きな板厚（断面積）の変化があると、その部位で大部分の超音波が反射してしまい伝搬エネルギーが減少するため、その先には伝搬できない。
- (5) また、この様な板厚変化がある場合、超音波の反射強さと板厚（断面積）との変化割合の比例関係がなくなる。

3.3 システムの概要

- (1) システムは、スキャナー、制御装置本体、PC（パソコン）の3ユニットから構成される。
- (2) スキャナーは、制御装置本体およびパソコンから制御される。
- (3) 採取データはパソコン内に保存可能。
- (4) 電源はDC24Vを使用し、装置を搭載している車両もしくはポータブル発電機から供給可能。

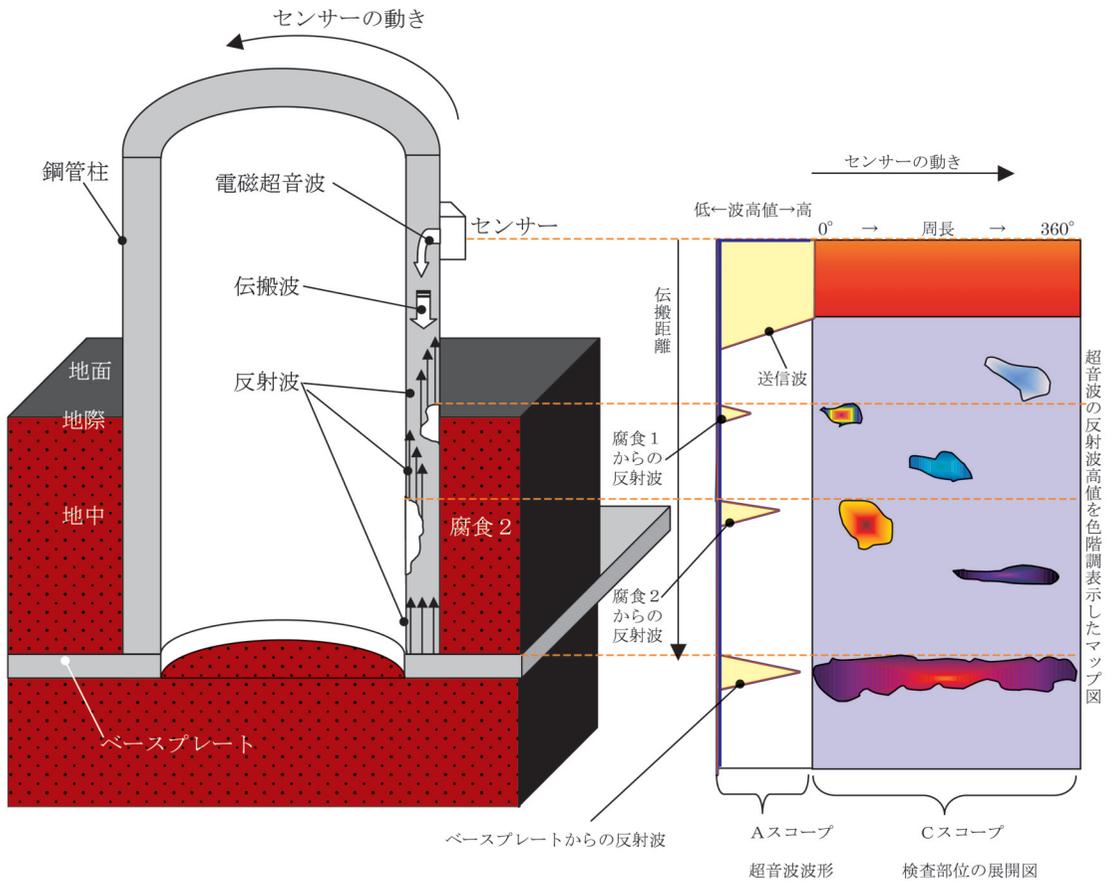


図3 検査の原理

4. 電磁超音波の特性確認

本LIMA-test Systemで使用している電磁超音波の埋設による減衰影響を確認すべく試験を実施した。試験は模擬腐食3箇所（スリット幅10 mm・長さ47 mm・深さ30% t、スリット幅10 mm・長さ47 mm・深さ50% t、スリット幅10 mm・長さ47 mm・深さ100% t）を加工した試験体を使用して、試験体を大気中に設置し電磁超音波を模擬腐食に向けて伝搬させた場合と、水中に試験体の模擬腐食部分を水没させて電磁超音波を伝搬させた場合を比較した。

水は、超音波を土砂やコンクリートに比べ吸収しやすい（減衰させやすい）性質を持っており、

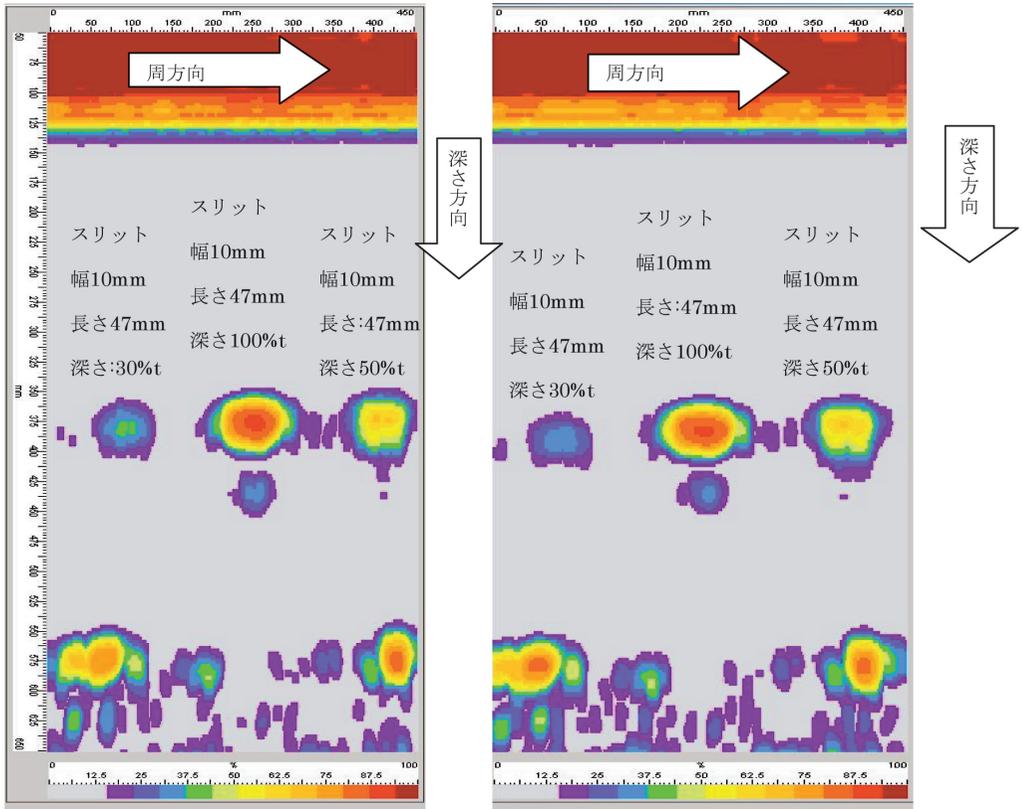
実機の埋設状態よりも更に減衰しやすい条件で確認試験を行った。

結果、図4に示すように水の有無に関わらず模擬腐食を差異なく検出でき、水による影響＝埋設による影響を受けずに検査できることが確認できた。

5. 実機掘削試験体を使用した確認試験

次に図5に示すように、掘削された実機試験体を使用してLIMA-test Systemの確認試験を実施し、電磁超音波の検出特性および装置の実機適用性ならびに実用性について調査した。

試験は外観目視試験、放射線透過試験を実施して試験体の内外面ならびに板厚内の性状を把握し、これらの情報とLIMA-test Systemでの採取データを



試験体を水に浸漬して探傷した場合

試験体を大気中に置いて探傷した場合

図4 超音波の減衰特性確認

検討した。また、比較のために圧電素子を使用した試験も並行して実施し両者のデータを比較した。

試験結果として検出特性の面では、

- ①放射線透過試験結果の腐食位置（破線○印部）とLIMA-test Systemでの信号検出位置（破線○印部）との比較では検出位置は、ほぼ一致する結果となった。
- ②ベースプレートからの反射波はLIMA-test Systemでは明瞭に確認できたが、圧電素子ガイドウエーブでは確認できなかった。
- ③LIMA-test Systemの結果では、伝搬経路上に腐食による大きな断面積変化があると、それより先に超音波が伝搬し難くなり、その先にあるベースプレートの信号が小さくなった。

④LIMA-test System、圧電素子ガイドウエーブともに、サポート金具およびその溶接部からの影響がないことが確認できた。

⑤腐食して減肉した部位は、放射線透過試験では面状に黒く表示され、圧電素子ガイドウエーブ法試験の場合は、点状（うろこ形状）の集合体として色階調差の少ない表示となり、検出信号を反射波の強度の差で明確に色別できていない。これに対してLIMA-test Systemの場合は、面状にかつ反射強度の差を色階調差が多い表示となった。

装置の実機適用性ならびに実用性での試験結果としては、圧電素子ガイドウエーブが個別のスキヤナー、探触子、探傷器、表示解析ソフトを適切

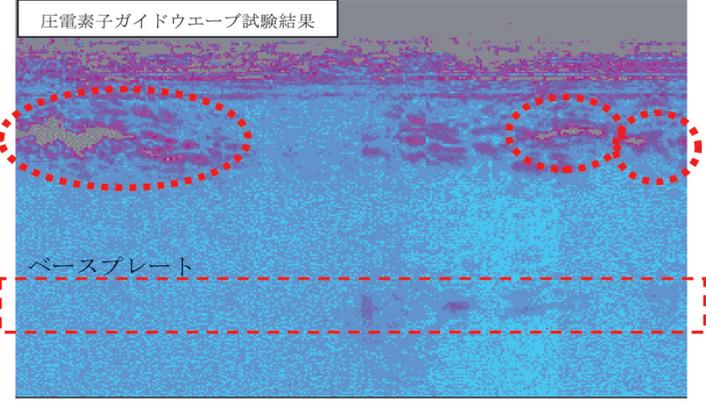
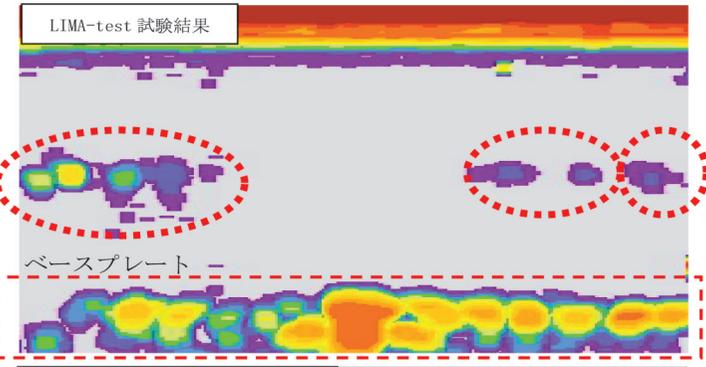
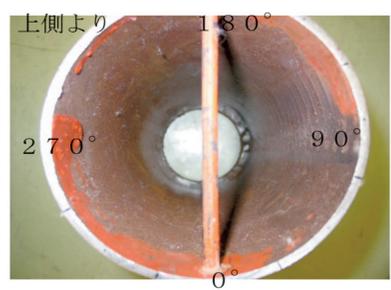
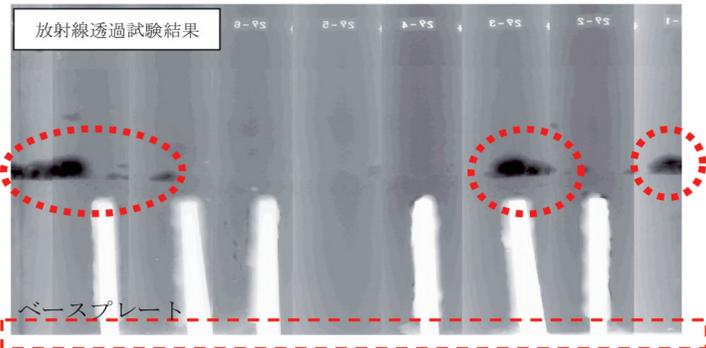
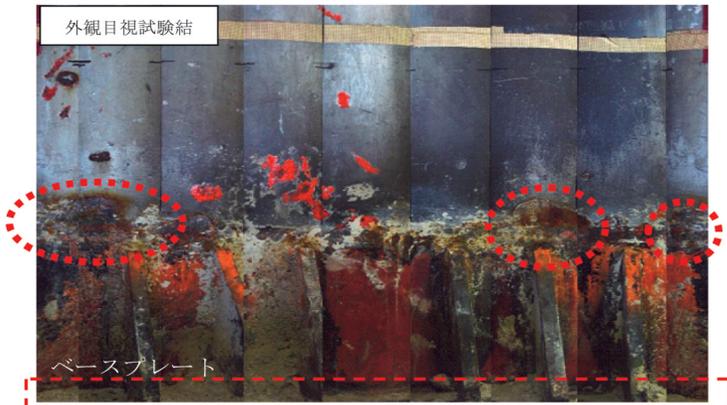


図5 実機掘削試験体を使用した確認試験結果

に組合わせてシステムとして運用しているが、LIMA-test Systemはスキャナー、探触子、探傷器表示解析ソフトが統合システムとして完成されたものであり使い勝手が優れている。

これらの調査結果から、LIMA-test Systemは、超音波が最深部のベースプレートまで伝搬できる特性を有しており、かつ超音波の反射強度が色階調で明確に表示できるなど、検査に必要な範囲の腐食および減肉状況が直感的に把握しやすくなっていることが確認できた。また、システムとしても、スキャナーやコントローラ、探傷器など個々に完成された機能が統合されていることから、総合検査システムとして確立・完成された有効な装置システムであることが確認できた。

6. 実機におけるLIMA-test Systemの適用試験

以上の結果から、平成16年12月、実機にて適用試験を実施して、データおよび実機適用技術の蓄積を図った。採取したデータ例を図6.2に示す。

採取データについては、十分に実用できるデータが採取できた。本図からも判るように実機街路灯には地際部の腐食が発生しており、LIMA-test Systemでもこの腐食を良好に検出できたことに加え、ベースプレートの反射波も十分に検出できたことから埋設最深部まで超音波が伝搬したことがわかる。

また、検査時にはセンサーが検査対象物の外周

を走査するが、実機にはセンサーの走査範囲に大きな外面腐食があったことで、走査中にスキャナーおよびセンサーがこの腐食に乗り上げてしまい、部分的ではあるがセンサーが浮き上がる状態になり、図中でもわかるように波高値が低く（＝超音波が伝搬していない状態、紫色の領域）になってしまった。（この部分はベースプレートの反射波が検出できていないことから超音波が伝搬していないことがわかる。）

今回、実機適用した結果から実機を経験しないと判らないことや、検討すべきことが多く確認できた。その中でも作業時間の多くはLIMA-test Systemを使用した実質的な検査時間より検査場所への移動や装置機材の設置に要することが判った。特に移動については点在する指定街路灯が設置されている場所を捜し出して移動することに想像以上の時間を要し、機材の車両からの積み下ろしや設置についても時間がかかることも判った。したがって本体装置を車載としスキャナーなどの必要最低限の機材のみ積み下ろして設置することによりスピーディーに作業が可能になると考えられた。しかし反面、道幅が狭い所や交通量の多い所では、路肩に駐停車して作業することは難しく、車両を軽自動車バンにするなどし、かつ警察署から駐停車での作業許可を得るなどして、安全かつ法令を遵守した作業が実施できるようにする必要があると考える。

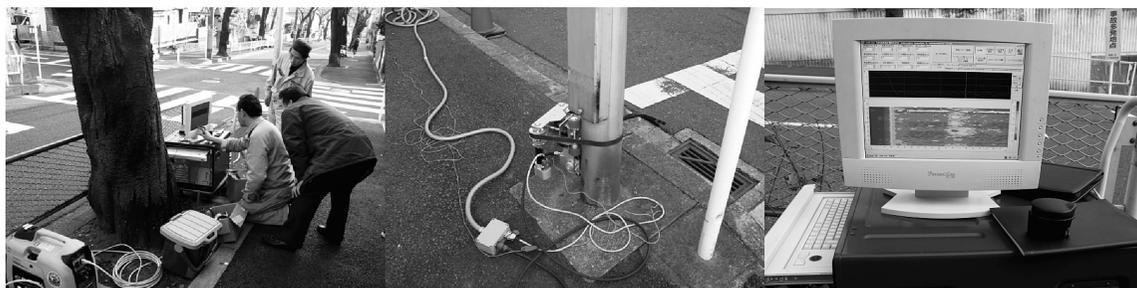


図6.1 実機適用試験風景

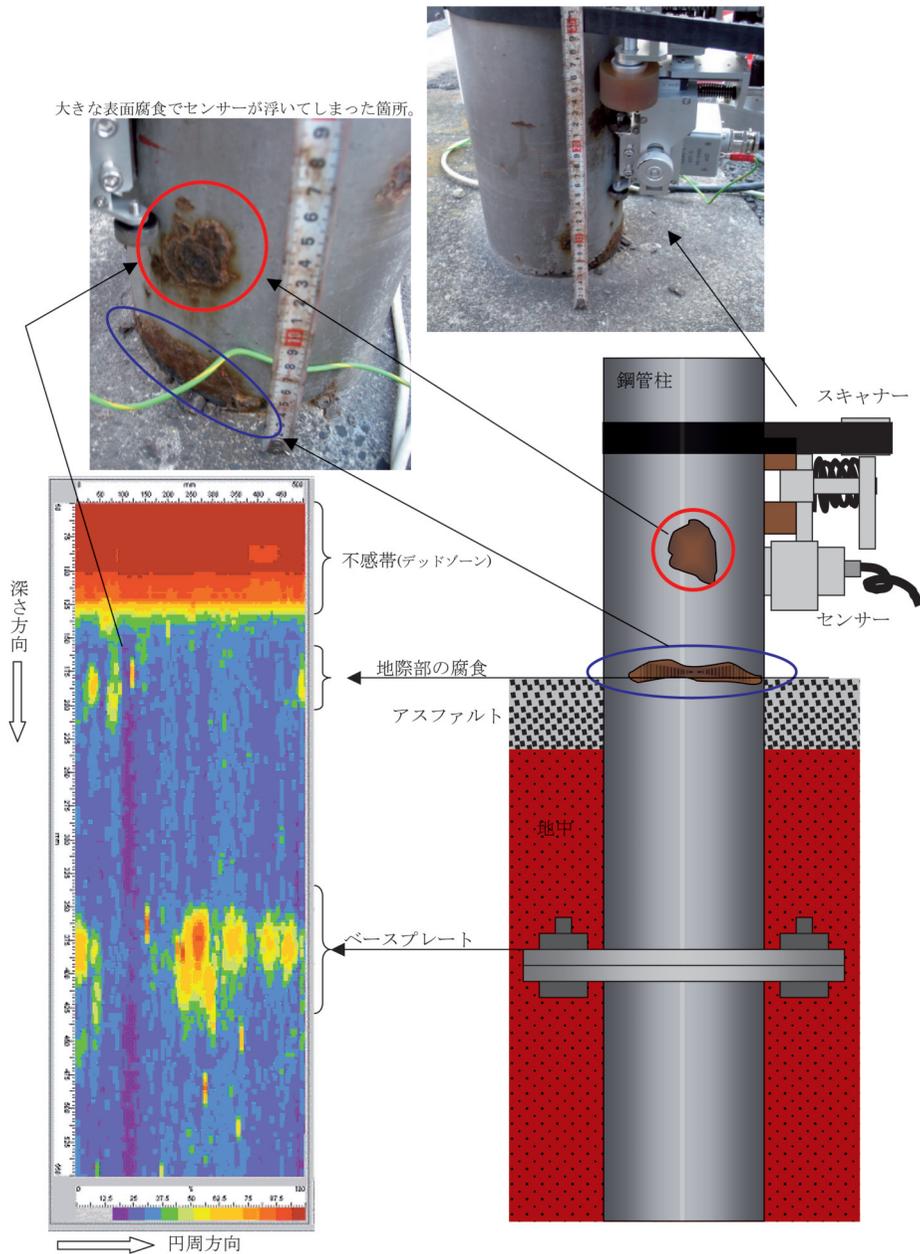


図6.2 実機適用試験結果例

7. まとめ

本報ではLIMA-test Systemの技術的、システムの面から簡単に説明してきた。LIMA-test Systemは確認試験および実機試験結果から、実用的で有効なシステムであることが確認できた。今後、検査事

業部では営業統括部ならびに各事業部・事業所とともに地方自治体やコンサルタント企業にPR活動を実施していき全国的規模で実機適用を展開していく。

また、本システムを街路灯検査以外の各種プラント機器等に適用拡大すべく、実機適用研究やアプリケーションの研究開発を進めていく。