

# 赤外線サーモグラフィーによる配管腐食の検査方法

鈴木 優平<sup>\*1</sup> 西沢 隆夫<sup>\*2</sup>  
Suzuki Yuhei Nishizawa Takao

30年以上の長期間使用されている種々の配管には腐食による減肉や孔食が見られ、漏水事故も発生している。漏水前に予防措置を講ずることが求められており、そのために供用中にこのような減肉や孔食個所を特定する検査技術の開発が望まれている。

位置が特定されていない減肉や孔食個所を検出する手法として、赤外線サーモグラフィーの利用を検討し、モックアップ試験を実施した結果、適用が可能であることを確認したので実機配管への適用を試みた。本稿ではその概要および実用化するための課題等について紹介する。

キーワード：赤外線、サーモグラフィー、腐食、孔食

## 1. はじめに

某化学工場内に30年以上前に敷設された酸性液体を移送する排水管（直径900mm、肉厚8mm～16mm、スパイラル管材質SS400）において、管肉厚が減肉している箇所があるようで、漏水事故も発生しており、その都度応急補修（FRPによる外周補強）が実施されている。2007年に、この配管減肉状態を配管外から測定する技術について問い合わせがあり、IIC内で超音波や板厚計などのさまざまな技術を検討したが、いずれの方法も配管に接触しての計測であり、技術的には可能であるが、足場設置などの計測以外の費用が多くなる問題があった。配管に接触せずに計測できる技術として、未だ実機には適用できていないが、広範囲に遠隔から計測できるサーモグラフィーによる配管の減肉・孔食検出方法を検討したので、その現状を報告する。

## 2. 赤外線サーモグラフィーとその応用

赤外線サーモグラフィーは、対象物から出ている赤外線放射エネルギーを検出し、見かけの温度に変換して、温度分布を画像表示する装置あるいはその方法のことをいう。

この赤外線サーモグラフィーを利用して、以下に示す2種類の計測手法で、配管の内面に発生していると考えられる孔食について計測を試みた。

### ①パッシブ法

被測定物表面の自然発生的に生じる温度変化を計測することにより欠陥の有無を計測する。

### ②アクティブ法

計測物に熱負荷を与えることにより欠陥部と健全部における温度差を発生させ損傷部を検出する方法。

\*1：計測事業部 計測技術部

\*2：計測事業部 計測技術部 課長

コンクリート構造物は比較的熱伝導率が低いために壁面裏の空洞や、タイル剥離などを容易に検出できる特徴があるが、配管などの鋼材は非金属よりも熱伝導率が高いため（熱し易く冷め易い）、一部に熱が籠ることも少なく、アクティブ法で温度差を与えても今回の場合では、計測ピッチを約1秒以内で計測しないと、欠陥を検出する前に、全体の温度が均一になり、欠陥部を検出できない。

今回使用した赤外線サーモグラフィカメラを図1に示す。本機種のスキャン間隔は0.1秒で、現在市販されているサーモグラフィの一般的スペックで、今回の計測に十分適用できる。

### 3. モックアップ試験

配管を外部から加熱すれば、腐食により薄くなった部分と健全な部分では温度差が生じ、赤外線サーモグラフィカメラで撮影することにより減肉部が検出できると考えた。

これを検証するために図2に示すモックアップ試験体を作製して試験を実施した。

試験体は、実際の配管肉厚と同等厚さの15mmの鋼板（SS400）を使用し、検出要求である残存厚さ4mm以下で直径15mmの孔食を模擬した。

孔食部分は、残存厚さ0（貫通）から4mmまでの9種類作成し、残存厚さによる検出性の相違を確認することとした。

この試験を実施するに当たっては、大阪大学坂上教授の指導の下、計画を立案し実施した。

坂上教授は、赤外線サーモグラフィの専門家で、NDI協会を通じて、ご助言をいただいた。



図1 赤外線サーモグラフィカメラ

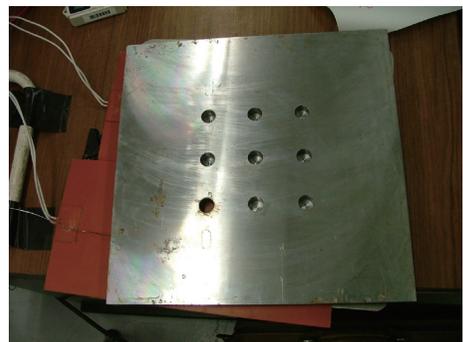
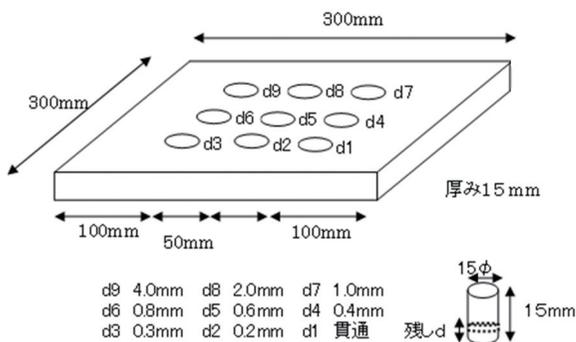


図2 モックアップ試験体

試験は、モックアップ試験体背面（空洞のない面）から赤外線サーモグラフィーにより撮影することで、孔食部分を判別できるかを検証した。

当然ながら、パッシブ法では鋼材の温度差は生じていないので、孔位置は特定できなかった。図3に試験体背面に約50℃の温水を数秒程度かけて、温水が流れ落ちた直後（0.3秒後）のサーモグラフィー画像を示す。

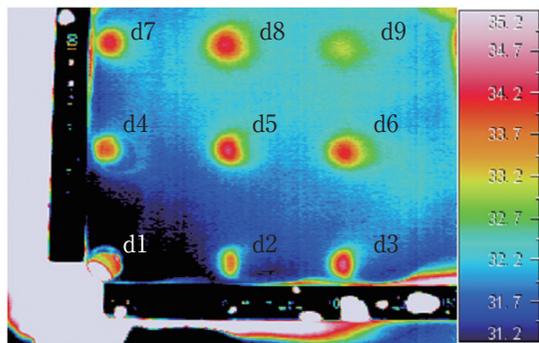


図3 サーモグラフィー試験結果  
(温水湯引き0.3秒後)

低温部（空洞のない部分）が約31.2℃、高温部（空洞のある部分）が35.2℃と約4℃の温度差が生じ、明確に模擬孔食を検知しているのがわかる。残り厚さが最も厚いd9（4.0mm）については、輪郭がぼやけているが検知できるレベルである。

実際の配管では管内の流体により配管が冷却（あるいは加熱）されているが、試験は大気中で実施しており、流体は模擬していないので実際とは異なるが、赤外線サーモグラフィーでは約1℃の温度差が生じればその差異を検出できることがわかった。

これは板厚が薄い部分は、加熱しやすく、冷却しやすい特徴により温度差が生じていると考えられる。

また、実際の腐食では孔食であっても腐食生成物でおおわれている場合があると考えられるが、

試験体では孔食を削孔として模擬した。この相違については今後の課題とした。

#### 4. 実構造物計測

30年以上前に敷設した排水管（直径900mm、肉厚8mm～16mm、スパイラル管材質SS400）について、フィールド試験を試みた。対象配管は化学工場と終末処理場を結ぶ配水管で今回の試験実施に提供していただき、試験実施対象部位も指定していただいた。本配管には孔食があるのかわからない状況で実験を開始した。

図4の様に、既設配管の下部に温水を噴霧し、赤外線サーモグラフィーで動的に撮影し、孔食の有無の確認を試みた。

なお、配管内の計測面については、計測時には水はほとんど無い状態と考えられるが、若干の残留液体が存在する可能性はあった。その量を正確に測ることはできなかった。

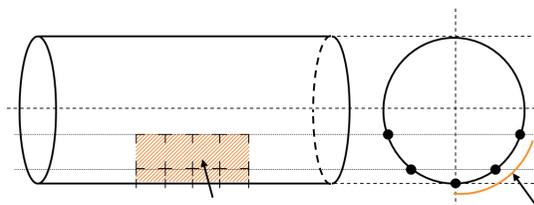


図4 計測対象部分



図5 温水噴霧状況

図5に噴霧器による温水噴霧状況を示す。

モックアップ試験結果により、もし孔食があれば、温水噴霧後に温度の高い部分が生じ、赤外線サーモグラフィーで孔食の有無を判断できるはずである。

その結果の一例を図6に示す。

図6のとおり、温水を噴霧した部分は高温になり噴霧が通過した直後、配管表面の温度はすぐに冷却される。今回の試験では残像に孔食と見受けられる部分は存在しなかった。

後に超音波探傷により、孔食の有無について確認したが、今回提供いただいた試験対象配管では孔食を確認できなかった。

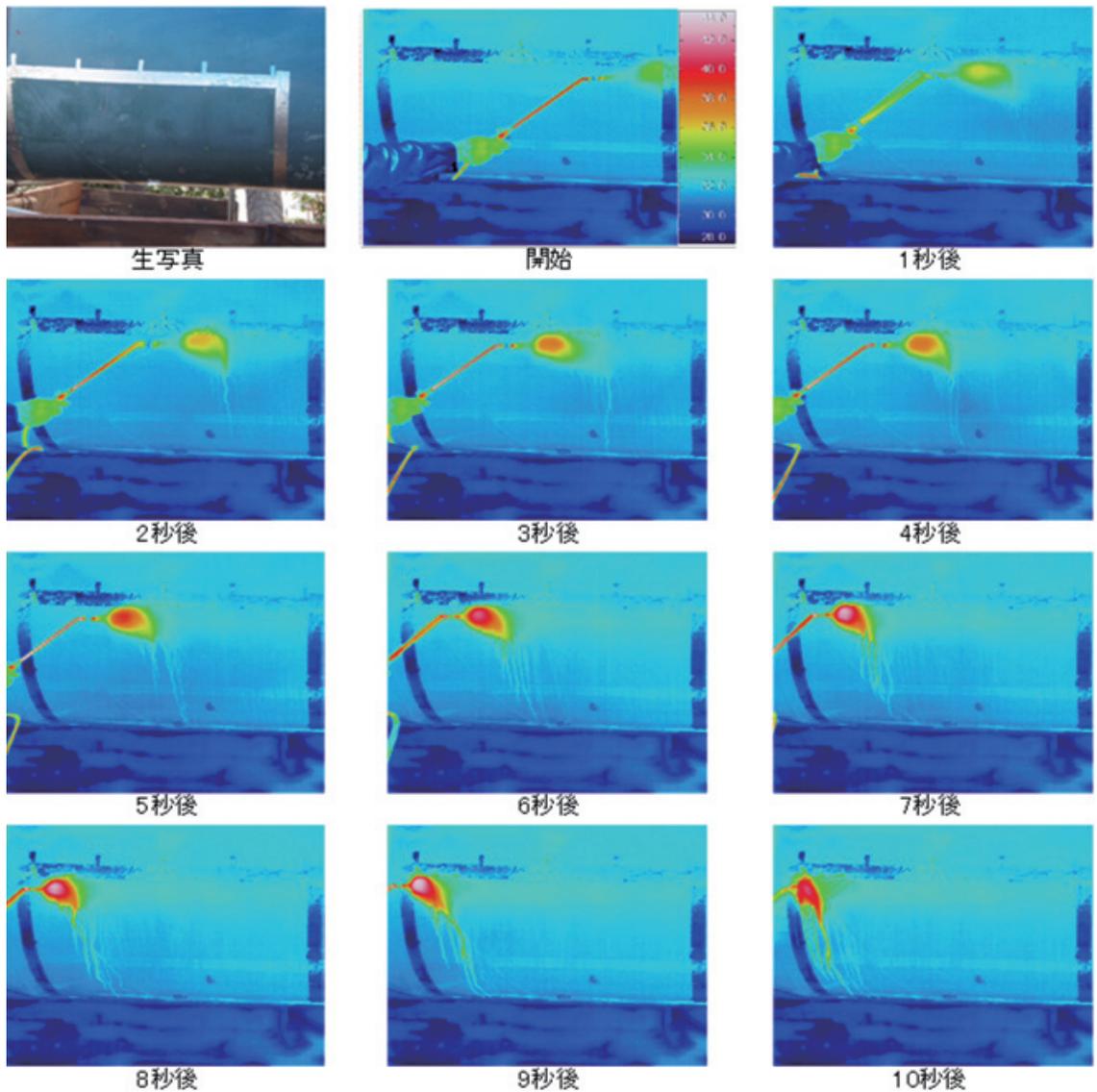


図6 試験結果一例

## 5. 考察

モックアップ試験では、局所的な減肉（孔食）に関して、温水をかけ、サーモグラフィーで観察することにより、減肉（孔食）位置を明確に特定することができた。

しかし、実機計測においては、今回場所を提供いただいた対象配管では局所的な減肉（孔食）が存在せず、赤外線サーモグラフィーで確認することができなかった。

今後の課題を以下に示す。

### (1) 管内の流体の有無の影響確認

今回の実機試験では、一部配管内に液体が残った状態で実施したが、孔食自体が存在しなかったため、その影響を確認できなかった。管内流体の温度や流速の変化による冷却（加熱）の相違が検出に及ぼす影響を確認するため、今後配管内の流体有無の状況を変えて試験を実施したい。

### (2) 温度パラメータの試験

今回使用した赤外線サーモグラフィーでは、1℃の温度差であれば検出可能である。ただ今回の試験では、管の表面温度、内面温度、外気温、湯温を正確にパラメータとして計測していなかったため、それらのパラメータスタディを

行う必要がある。

### (3) 実際の孔食の調査

モックアップ試験においては、孔食を削孔として模擬した。しかし実際の腐食については、孔食であっても腐食生成物でおおわれている場合がほとんどであると考えられるので、実際の腐食を模擬した試験体での確認が必要である。

### (4) 熱源の検討

今回実機試験においては、配管の外表面に直接温水を噴霧することにより、表面加熱を行った。ただ現地では、配管表面にアクセスするのが困難な場合が多く、実機適用においては熱源装置の検討が必要である。

以上未解決の課題も多いが、モックアップ試験では、鋼材背面の15mm程度の欠陥は表面からとらえられることが明確になった。実機での計測では今後明確に欠陥の存在する対象構造物を利用して、計測事例を増やしていきたい。また配管の損傷としては孔食以外に、平均化した減肉も存在するので、それらの特定方法についても、要素試験を行うなどして検討を進めたい。

今後はこれら試験結果をもとに、さらなる赤外線サーモグラフィーの活用方法を模索していきたい。



計測事業部  
計測技術部  
鈴木 優平

TEL. 045-791-3518  
FAX. 045-791-3542



計測事業部  
計測技術部  
課長

西沢 隆夫

TEL. 045-791-3518  
FAX. 045-791-3542