

# PMI 検査 ～現地材質判定～

## 1. はじめに

石油・化学プラントなどで高温にさらされる苛酷な環境下で使用されるバルブや配管などの鉄鋼製品を中心に品質保証・品質管理の観点から現場での PMI (Positive Material Identification : 現地材質判定) 検査の需要が高まっている。材料の確認において従来はミルシート(検査証明書)による品質保証のみであったが、海外の原料や製品が流通した際に異材混入による問題が相次いだ。このことからアメリカパイプ協会 (API) が PMI 検査を義務付けたこともあり、ユーザーは受入材の材質確認やミルシート通りであることを確認する目的で PMI 検査が実施されている。

PMI 検査は化学組成の真値を求める定量分析ではなく、測定値が規定されている成分規格に合致しているかを判定するものである。例えば SUS304 材 (JIS G4303) の PMI 検査では、ニッケル (Ni) とクロム (Cr) が主な検査対象元素となり、その測定結果が成分規格の範囲内か否か (Ni : 8.00 ~ 10.50%、Cr : 18.00 ~ 20.00%) を検査することとなる。低炭素ステンレス鋼である SUS304L 材などの検査であれば、Ni、Cr に加えて炭素 (C :  $\leq 0.030\%$ ) が追加される。PMI 検査の方法は、発光分光分析法 (スパーク法) と蛍光 X 線分析法 (XRF 法) との 2 つが主流となっており、当社はこの 2 通りの設備 (スパーク型 PMI 検査装置 (写真 1) と XRF 型 PMI 検査装置 (写真 2)) を所有している。本稿では PMI 検査の特徴や 2 種装置の使い分けについて紹介する。



写真 1 スパーク型 PMI 検査装置



写真 2 XRF 型 PMI 検査装置

## 2. 測定原理

### 2.1 スパーク型 PMI 検査装置

測定部の電極と検査試料面との間をアルゴンガス雰囲気にし、スパーク放電させることにより、試料中の成分を励起させる。励起された元素はア

ルゴンプラズマの中で元素固有の輝線スペクトルを発するが、この輝線スペクトルの強さは含有率によって決まるため、分光して輝線スペクトル強度を測定することで、元素ごとの濃度を算出することができる。

## 2.2 XRF 型 PMI 検査装置

物質に加速電子やX線を照射すると原子がエネルギーを受け励起状態となる。原子が基底状態に戻るときに元素特有のエネルギー（特性X線）が発生する。この特性X線のエネルギーを強度として測定することにより、非破壊で多元素同時に濃度の測定が可能になる。

## 3. スパーク型 PMI 検査装置と XRF 型 PMI 検査装置の特徴と使い分け

表1にスパーク型 PMI 検査装置と XRF 型 PMI 検査装置の比較を示す。

### (1) 炭素 (C) 測定の可否

炭素 (C) 測定の可否が一番の違いである。スパーク法では炭素 (C) の測定が可能であるが、XRF 法では測定原理上、測定できない。このため炭素 (C) が材質を判定する上で必須元素である材質(例えば SUS304 と SUS304L の区別)の場合はスパーク法のみ判定可能となる。

### (2) 検査後の試料状態

スパーク法の場合、発光不良を防ぐ目的で検査対象の表面を研磨する必要がある。またスパーク放電により励起・発光させるため、検査箇所が発

光痕が残る(写真3)。このことからスパーク法は半非破壊検査の位置付けとなる。一方で XRF 法の場合、検査前の研磨は不要であり、検査後にも一切の傷が残らないので完全非破壊検査となる。よって、少しの傷も許されない製品への検査の場合、XRF 法が有効となる。ただし、スパーク法の発光痕は検査の証跡となるのに対し、XRF 法では検査の証跡が残らないため、検査時の写真を撮影するなど対応する必要がある。



写真3 スパーク法検査後の発光痕

### (3) 検査対象の形状による検査の可否

スパーク法ではアルゴンガス雰囲気にするため、装置の測定口を検査箇所に着させる必要がある。測定口が8mmΦ程度であるため、ビード幅が狭い溶接部や細い配管は検査できない。また隅肉溶接部のように、物理干渉により検査箇所に着できない(隙間ができてしまう)場合も検査できない。

表1 スパーク型 PMI 検査装置と XRF 型 PMI 検査装置の比較

項目	スパーク型	XRF型
炭素 (C) の測定	測定可	測定不可
検査後の試料状態	発光痕が残る	傷がつかない (完全非破壊)
試料形状による検査可否	<ul style="list-style-type: none"> <li>・8mmΦ以上の検査面が必要</li> <li>・試料と密着が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・細い配管も検査可</li> <li>・少々の隙間であれば検査可</li> </ul>
測定精度	化学定量分析法に匹敵する精度 (条件が整えば)	スパーク法より劣るが、 材質判定には十分な精度
検査可能鋼種	Fe, Ni, Al, Ti, Cu	全ての鋼種に対応可能

一方で XRF 法は測定口よりも細い配管の検査が可能であり、さらには検査箇所に着できない試料でも隙間が 4mm 以下であれば検査可能である<sup>(1)</sup>。

#### (4) 測定精度

2 種類の PMI 装置はいずれも材質判定装置であり、当社では化学定量分析装置としての位置付けではない。しかしながらスパーク法に対し、ステンレス鋼を測定した際の精度を評価したところ、化学定量分析法に匹敵するほどの測定精度を有することが確認できた<sup>(2)</sup>。また XRF 法とスパーク法との測定精度比較では、条件次第で XRF 法はスパーク法と同程度の測定精度を有することがわかった<sup>(3)</sup>。

ただし測定原理上、スパーク法の方が繰り返し測定による測定値のバラツキが小さく、また XRF 法では元素によっては含有量 1% 未満では測定誤差が大きいため、材質判定には注意が必要である<sup>(3)</sup>。

#### 4. まとめ

PMI 検査は装置が可搬式で、非破壊かつ迅速な検査が可能であるため、現地材質判定には極めて有効な手段である。

特に XRF 法は機動性・操作性に優れ、検査可能な条件や鋼種が広く、また一切の傷を残すことな

く迅速な検査ができる点ではスパーク法よりも優位である。しかし、軽元素である炭素 (C) が測定できないため炭素鋼や低炭素ステンレス鋼 (例：SUS304 と SUS304L の区別) の材質判定には適用できない。

本稿で紹介した特徴を基に、測定元素や試料形状、さらには周辺環境 (検査場所) などの条件を考慮して検査方法を選択することが望ましい。

#### 文責

計測事業部 化学・環境部 福浦グループ  
沢本 拓也

計測事業部 化学・環境部 福浦グループ  
次長 永瀬 成世

#### 参考文献

- (1) 下菌俊幸、岩波隆：可搬型発光分光分析装置、IIC REVIEW、No.37、2007/04、pp.63-68
- (2) 下菌俊幸、沢本拓也、七里智美、久保薫、高野卓：HHXRF 型 PMI 計測値に対する計測環境の影響評価、IIC REVIEW、No.58、2017/10、pp.27-33
- (3) 高橋剛：ハンドヘルド型蛍光 X 線分析法による PMI 検査、IIC REVIEW、No.50、2013/10、pp.74-81