

## PD 資格試験開始から 8 年の実施状況

Implementation status for eight years after the start of PD qualification examination in Japan

電力中央研究所	渡辺 恵司	Keiji WATANABE	Member
電力中央研究所	東海林 一	Hajime SHOHJI	Member
電力中央研究所	秀 耕一郎	Koichiro HIDE	Member

The PD Center of Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI) commenced Performance Demonstration examinations for flaw depth sizing of austenitic stainless steel pipes in March 2006. At the end of FY 2013, 40 examination sessions have been completed and 49 candidates have passed the examination. The total number of tests administered including re-tests and re-certification was 95. It was noted that the final call for the crack length (PD examination answer) was adopted the phased array method rather than the manual UT method. Furthermore, it was supposed that the availability for identification the reason of PD examination failure has an effect on the passing a re-testing from an analysis of the PD examination results.

**Keywords:** Performance Demonstration , Ultrasonic Testing, Depth sizing, Stress Corrosion Cracking

### 1. はじめに

電力中央研究所 材料科学研究所 PD センターは、日本非破壊検査協会規格 NDIS 0603 の附属書に従い、2006 年 3 月より軽水型原子力発電所のオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部におけるき裂高さ（深さ）測定のための PD 資格試験を実施している。これまでに 2013 年 1 月までの PD 資格試験結果を報告[1-7]した。今回

は 2014 年 1 月までの PD 資格試験結果に加え、これまでの PD 資格試験結果における受験者の傾向について報告する。

### 2. PD 資格試験の実施状況

#### 2.1 PD 資格試験の実績および結果

2013 年度は 3 回の PD 資格試験を実施し、延べ 6 名が受験した。これより 2006 年 3 月の試験開始以降の累

Table.1 これまでの受験者と合格者の試験結果

年度	試験回数	受験者				合格者				受験者の RMSE*			
		新規		再認証		新規		再認証		新規		再認証	
		再試験	再試験	再試験	再試験	再試験	再試験	再試験	再試験	再試験	再試験		
2005	2	8	—	—	—	3	—	—	—	3.49	—	—	—
2006	10	21	14	—	—	7	7	—	—	5.19	2.94	—	—
2007	6	7	6	—	—	1	4	—	—	4.81	2.51	—	—
2008	5	2	5	—	—	1	4	—	—	3.15	2.04	—	—
2009	3	5	1	—	—	3	1	—	—	3.29	—	—	—
2010	3	2	3	2	—	1	3	2	—	2.52	1.51	1.92	—
2011	5	2	—	7	—	2	—	5	—	2.51	—	3.27	—
2012	3	1	1	1	1	0	0	0	0	—	—	—	—
2013	3	1	—	3	2	1	—	3	1	—	—	1.92	2.40
計	40	49	30	13	3	19	19	10	1	4.40	2.59	3.06	3.34
		95				49				3.71			

\* 全データでの統計値(1名以下の場合には示さず)

連絡先:(一財)電力中央研究所 材料科学研究所 PD センター  
〒240-0196 神奈川県横須賀市長坂 2 丁目 6-1  
<http://criepi.denken.or.jp/jp/pd/index.html>

計受験者数は95名となった。また、再試験や再認証試験による重複を除く実際の受験者数は49名となった。2013年度のPD資格試験にて合格基準に達したのは5名で、再認証も含めた合格基準に達した者は延べ49名である。2006年3月のPD資格試験開始から8年間における各々の受験種別のSCCき裂深さ測定値の平均二乗誤差(Root Mean Square Error: RMSE)をTable.1に示す。RMSEは下記の(1)式で表されるもので、PD資格試験の合否判定に用いられている。

$$RMSE = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - t_i)^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}} \dots (1)$$

$m_i$ : SCCき裂深さ測定値

$t_i$ : SCCき裂深さの真とする値  $n$ : 試験体数

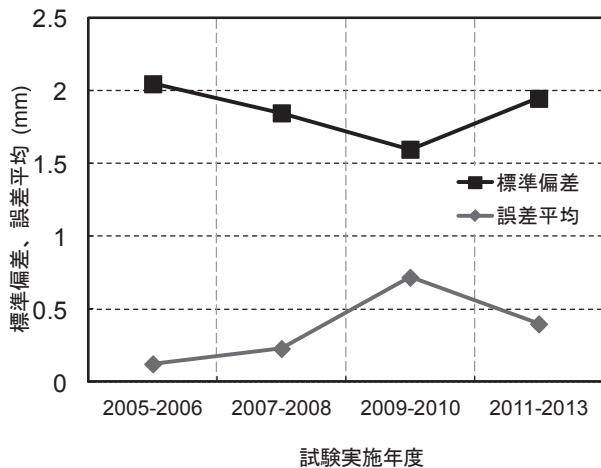


Fig.1 PD 資格試験合格者の標準偏差および誤差平均の推移

Fig.1は、PD資格試験合格者の標準偏差および誤差平均について試験開始時からの変化を纏めたものである。試験開始から2010年度頃までは誤差平均が増加し、標準偏差が小さくなっている。これは試験回数が増えるにつれて受験者の測定精度が向上している一方で、合否基準の一つである「測定したSCC深さが真とする深さに対して、4.4mmを超えて下回る結果が1つも無い」を警戒して合格者であっても過大評価する傾向がある可能性を示唆している。

一方2011~2013年度では誤差平均が小さくなる一方で、標準偏差が大きくなっており、測定精度が低下しているように見られる。このようにPD資格試験合格者であっても標準偏差および誤差平均が変動してい

るため、今後も継続的にPD資格合格者の標準偏差および誤差平均を注視する必要があると考えられる。

## 2.2 PD 資格試験結果と探傷手法

PD資格試験受験者の多くは、固定角UT法とフェーズドアレイ法(PA法)を組み合わせた改良UT法を主に使うことは既に報告した[7]。

Fig.2は、合格者・不合格者それぞれのSCCき裂深さ測定値(試験解答)を最終判定した探傷手法の統計値を纏めたものである。この中で「PA法」はフェーズドアレイ法を用いた手法を、「固定角UT法」はPA法を使用しない端部エコー法を、「その他」は垂直探傷法やタンデム法などをそれぞれ示す。Fig.2中の深さ計測数は、回答数である。またFig.3は、全受験者の最終的に採用した探傷手法毎に、概ね正解と思われる誤差(解答値-真とする値) ±3.2mmの測定値を出した割合を示したものである。Fig.2より合格者はPA法を多用している一方で、不合格者もPA法を多用しているが固定角UT法を使う比率も高いことがわかる。またFig.3

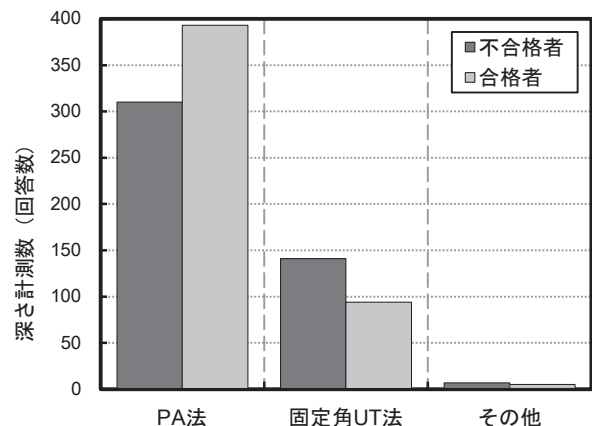


Fig.2 SCC 深さ測定値を最終判定した探傷手法の統計値

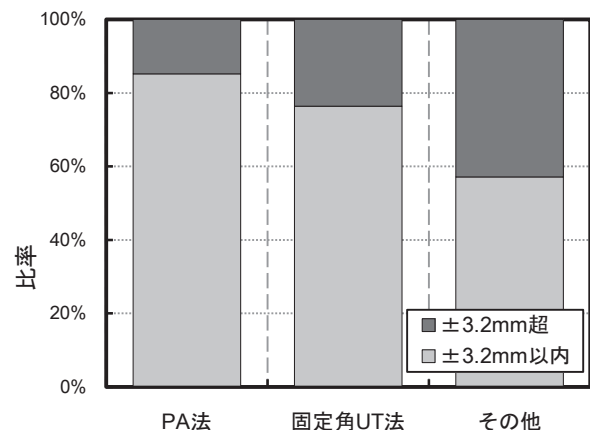


Fig.3 各探傷手法別の誤差の比率 (全受験者)

より、PA法を用いた場合において大きな誤差を出す可能性が低い一方で、固定角 UT 法では大きな誤差を出す可能性が若干高くなり、その他の手法では大きな誤差を出す可能性はさらに高くなることからわかる。このように、PA法をうまく活用することで大きな誤差を出すことを減らし、固定角 UT 法等の結果を補助的に使うことが合格率の向上につながると考えられる。

### 2.3 PD 資格試験受験者個々の動向

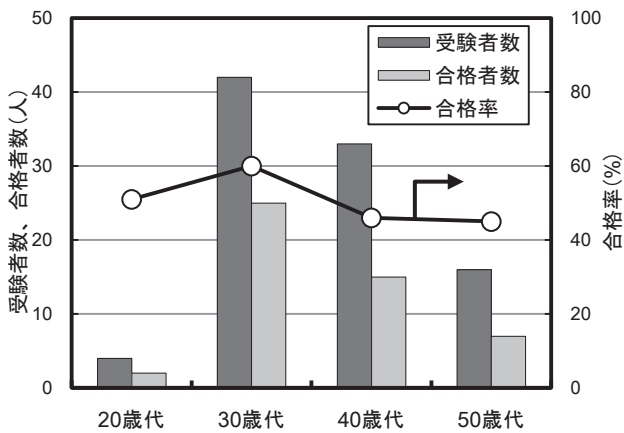


Fig.4 各年代別の受験者数、合格者数及び合格率

Fig.4 は、各年代別の PD 資格試験受験者、合格者および合格率を纏めた結果である。受験者および合格者いずれも 30～40 歳代が多いものの、合格率は各年代間の差は殆どないことがわかる。

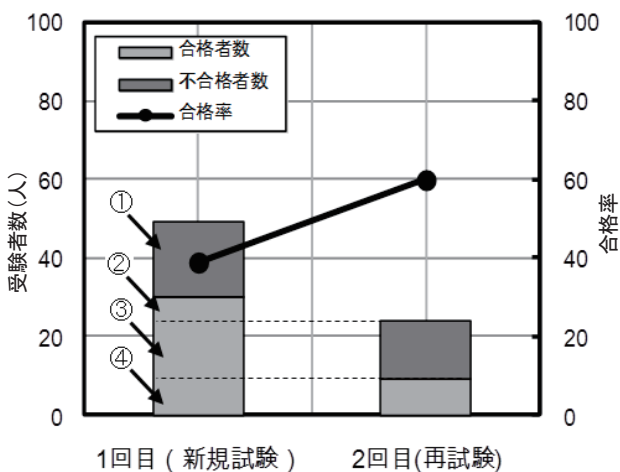


Fig.5 PD 資格試験受験者の受験回数の動向と合格率の変化

Fig.5 は、PD 資格試験受験者の試験回数の動向と合格率を纏めたものである。PD 資格取得プロセスは試験種別により以下の 4 種類に分類することができる。

- ① 新規試験で合格
- ② 新規試験で不合格になり、資格取得を断念
- ③ 新規試験で不合格になったが、再試験で合格
- ④ 新規試験・再試験ともに不合格

Fig.5 より 2 回目の試験 (再試験) の合格率は 1 回目の試験 (新規試験) のそれより高くなっていることがわかる。

Fig.6 は、①～④の 2 回目までの試験における誤差平均、標準偏差および RMSE を纏めたものである。③に該当する受験者の再試験の成績は、新規試験の成績より著しく改善されており、①に該当する受験者と同程度の成績になっている。これは③に該当する受験者は、新規試験で不合格になった後に不合格の原因がある程度特定でき、訓練などで修正することにより、再試験で合格したものと推定される。

一方④に該当する受験者の新規試験の結果と再試験のそれを比較すると、誤差平均は改善されているが標準偏差と RMSE は殆ど変化していない。このことは、測定値のばらつきが大きいことを示すものであり、④に該当する受験者が新規試験で不合格になった後に不

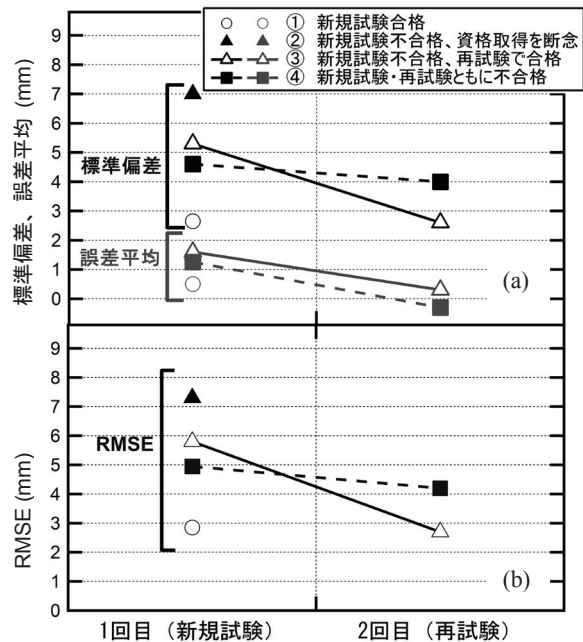


Fig.6 各探傷手法別の誤差の比率 (全受験者)

合格の原因を特定できず、再試験でも不合格になったものと推定される。

また、②に該当する受験者は新規試験の成績がかなり悪い。②に該当する受験者は新規試験での不合格の原因が自身でもわからず、再試験の対応を断念したものと推定される。

以上のことから、再試験での合格には新規試験で不合格になった後に不合格の原因を特定することが重要であると思われる。

### 3. まとめ

オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部に発生するき裂の深さ測定に関するPD資格試験開始から8年が経過した。2014年1月までに40回の試験を実施し、再認証者も含めた合格基準に達した者は延べ49名となった。これまでの試験結果の解析で得られた結果は以下の通りである。

- 1) PD 資格試験合格者の標準偏差および誤差平均は良好な値を示している。しかしながら時期によって若干の過大評価傾向が見られるなどの特徴もある。
- 2) SCC き裂測定値(試験解答)を最終的に判定する方法として固定角UT法よりもフェーズドアレイ法(PA法)が多く用いられている。固定角UT法よりもPA法の方が大きい誤差を出す割合が小さい傾向にある。この

ことからPA法の活用がPD資格試験の合格のためのポイントであると考えられる。

- 3) 2回目までの受験における誤差平均、標準偏差およびRMSEの傾向から、新規試験で不合格になった受験者が再試験に合格するには、不合格になった原因を正しく特定することが重要であると思われる。

### 参考文献

- [1] 笹原, 直本, 秀, 神戸 “PD 資格試験開始から一年の実施状況” 第4回保全学会予稿集, 福井, 2007.
- [2] 直本, 笹原, 秀 “PD 資格試験開始から2年の実施状況” 第5回保全学会予稿集, 水戸, 2008.
- [3] 秀, 笹原, 直本, 渡辺 “PD 資格試験開始から4年の実施状況” 第7回保全学会予稿集, 静岡, 2010.
- [4] 渡辺, 笹原, 東海林, 秀 “PD 資格試験開始から5年の実施状況” 第8回保全学会特別編予稿集, 東京, 2011.
- [5] 笹原, 直本, 秀, 井上 “SCC 深さ測定のPD 試験受験者の技量評価” 保全学, Vol.9 No.1, p.44, 2010.
- [6] 渡辺, 東海林, 秀 “PD 資格試験開始から6年の実施状況” 第9回保全学会予稿集, 東京, 2012.
- [7] 渡辺, 東海林, 秀 “PD 資格試験開始から7年の実施状況” 第10回保全学会予稿集, 大阪, 2013.

