

PD 資格試験開始から 10 年の実施状況

Implementation report for 10 years after the start of
Japanese performance demonstration examination

電力中央研究所	渡辺 恵司	Keiji WATANABE	Member
電力中央研究所	林 山	Shan LIN	
電力中央研究所	東海林 一	Hajime SHOHJI	Member
電力中央研究所	太田 丈児	Joji OHTA	

The PD Center of Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI) commenced performance demonstration examinations (PD examination) for flaw depth sizing of austenitic stainless steel pipes in March 2006. At the end of FY 2015, 44 examination sessions have been completed and 58 candidates have passed the examination. The total number of PD examinee including re-tests and re-certification was 104. Passed candidates can perform depth sizing of SCC flaws with a high level of accuracy during the past decade. RMSE and the standard deviation for the unsuccessful candidate of PD examination tend to increase with increasing wall thickness of the PD specimen. The pass rate of the PD examinations is approximately constant regardless of age of the PD examinee.

Keywords: Performance Demonstration, Ultrasonic Testing, Depth sizing

1. 背景

電力中央研究所 材料科学研究所 PD センターは、2006 年 3 月より日本非破壊検査協会規格 NDIS 0603 の附属書に従った、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対する SCC 亀裂高さ（深さ）測定 の PD 資格試験を実施している。これまでに、2014 年度までの PD 資格試験結果を報告[1-9]した。本講演では 2015 年度までの PD 資格試験結果及び PD 資格試験結果から得られた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 資格試験受験者及び合格者の推移

各年度の PD 資格試験回数、受験者数及び結果の推移を Fig.1 に示す。また、年度毎の PD 資格試験回数、受験者数及び受験者の成績（SCC 亀裂高さ（深さ）測定値の平方根平均自乗誤差（Root Mean Square Error : RMSE））を Table 1 に示す。NDIS 0603 上で再認証は、「資格の有効期限内に同じ手順書を用いて再度認証を受けること」と定義されている。また、再認証について「連続した更新による有効期限内、かつ、最大 10 年を超えない範囲で、PD 技術者は、認証機関によって再認証を受けることができる」と規定されている。上記の規定から PD 資格を取得して

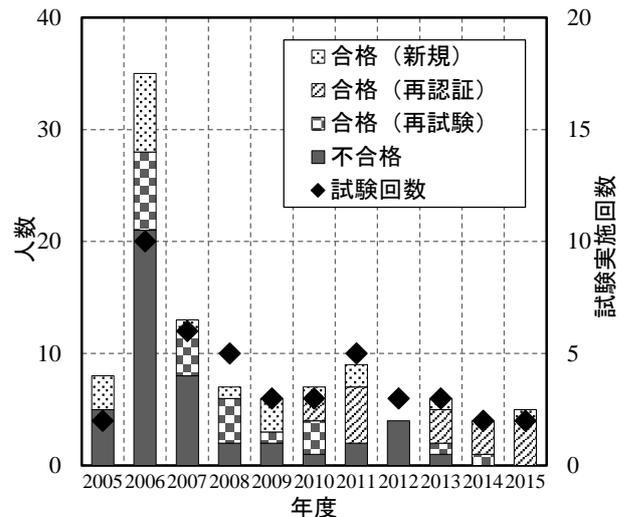


Fig.1 PD 資格試験回数、受験者数と合格者の推移
から 10 年目の再認証受験申請者は、手続き上新規受験に分類されるが、本稿では PD 資格の有効期限あるいは手順書番号に拘らず、一度 PD 資格を取得した者が再度受験する場合を再認証として扱うこととした。RMSE は(1)式で表されるもので、PD 資格試験受験者の測定技量を示

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

m_i : 第 i 番目の SCC 亀裂高さ（深さ）測定値
 t_i : 第 i 番目の SCC 亀裂高さ（深さ）の真とする値
 n : SCC 亀裂の数

連絡先：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/pd/index.html>

Table 1 PD 資格試験の実施回数、受験者数、合格者数及び受験者の RMSE 値

年度	試験回数	受験者				合格者 (カッコ内: 合格率)				年度	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	—	—	—	2005	3.49	—	—	—
2006	10	21	14	—	—	7	7	—	—	2006	5.19	2.94	—	—
2007	6	7	6	—	—	1	4	—	—	2007	4.81	2.51	—	—
2008	5	2	5	—	—	1	4	—	—	2008	3.15	2.04	—	—
2009	3	5	1	—	—	3	1	—	—	2009	3.29	—	—	—
2010	3	2	3	2	—	1	3	2	—	2010	2.52	1.51	1.92	—
2011	5	2	—	7	—	2	—	5	—	2011	2.51	—	3.27	—
2012	3	1	1	1	1	0	0	0	0	2012	—	—	—	—
2013	3	1	—	3	2	1	—	3	1	2013	—	—	1.92	2.40
2014	2	—	—	3	1	—	—	3	1	2014	—	—	1.37	—
2015	2	1	—	4	—	1	—	4	—	2015	—	—	2.06	—
計	44	50	30	20	4	20 (40%)	19 (63%)	17 (85%)	2 (50%)	平均値	4.36	2.59	2.69	2.99
		104				58 (56%)				3.58				

* 全データでの統計値(1名以下の場合には示さず)

す指標である。

2015年度は2回のPD資格試験(2015年7月、2016年1月)を実施した。延べ受験者数は5名(再認証4名、新規1名)で、全員が合格した。これにより2006年3月の試験開始以降の累計受験者数は104名、再認証も含めた合格基準に達した者は延べ58名となった。

PD資格更新の最大期間は5年であることから、2010年度より新規試験、再試験に加えて再認証試験を実施している。2015年度にはPD資格試験開始時にPD資格を取得してから10年目の再認証試験申請があった。2005年度の実験者数、合格者数及び試験回数は少ないが、これは前述の通り、2006年3月よりPD資格試験を開始したためである。また既報の通り、2005~2007年度の間にはPD資格保有者の必要数がある程度充足されたことから、2007年度以降はほぼ一定の実験者数で推移している[5]。Table 1より、過去10年間の再試験及び再認証試験(初回)の合格率は、何れもPD資格試験全受験者の合格率[56%]より高く、再認証受験者のRMSE[2.69]は全受験者のそれ[3.58]より小さい。

2.2 PD 資格試験受験者の探傷結果

過去10年間の合格者・不合格者の測定誤差(ここでは、回答値-真とする値とする)の平均値及び標準偏差をTable 2に示す。またFig.2は、合格者及び不合格者のRMSEと測定誤差の平均値の関係を示したものである。図2中の横の点線は、PD資格試験の合格判定基準の一つである「SCC深さ測定値のRMSEが3.2mmを超えないこと」を示している。既報の通り、合格者、不合格者ともに測定

Table 2 過去10年間のPD資格試験合格者・不合格者の測定誤差の平均値、RMSE及び標準偏差

	測定誤差の平均値 (mm)	RMSE (mm)	標準偏差 (mm)
合格者	0.33	1.90	1.87
不合格者	1.02	4.94	4.84

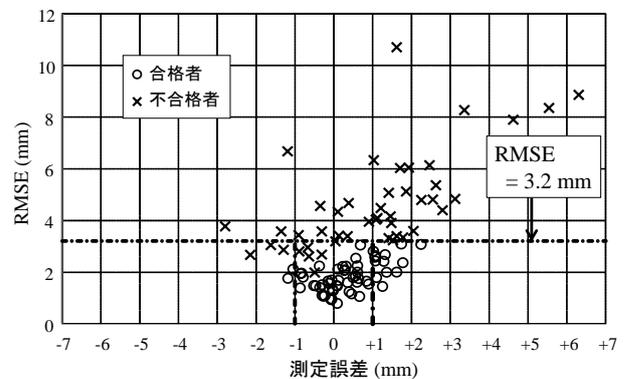


Fig.2 PD 資格試験全受験者の RMSE と測定誤差の平均値の分布結果

誤差の平均値が全般的にプラス側に偏っている[3-9]が、不合格者の偏りが特に著しく大きいことがわかる。

Fig.3は、PD資格合格者の試験結果、特に標準偏差及び測定誤差の平均値について、PD資格試験開始時からの変化を纏めたものである。既報の通り、試験開始時から2010年度頃まで合格判定基準「SCC亀裂高さ(深さ)測定値は真とする値に対し4.4mmを超えて下回らない(以下4.4mm基準と称す)」を警戒して、合格者においても若干過大評価する傾向を示していた[8]。しかしながら2011年

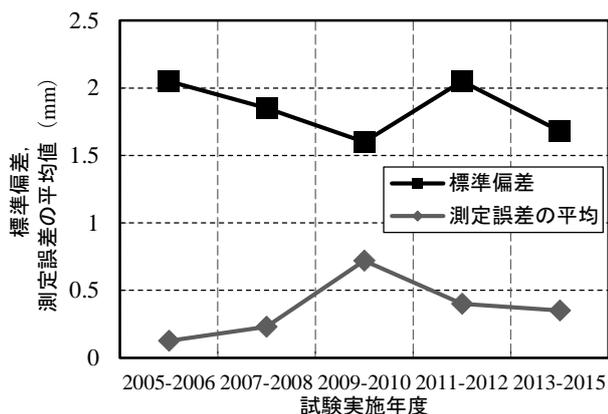


Fig.3 PD 資格試験合格者の測定誤差の平均値と標準偏差の推移

年度以降、測定誤差の平均値が減少し、標準偏差も 1.5～2.0mm 程度を推移している。これらの傾向は、前述の SCC 亀裂高さ（深さ）の過大評価が収まりつつある結果であると考えられる。PD 資格試験受験者の探傷技量を確保する上でも、今後もこれらの値を継続的に注視する必要があるように思われる。

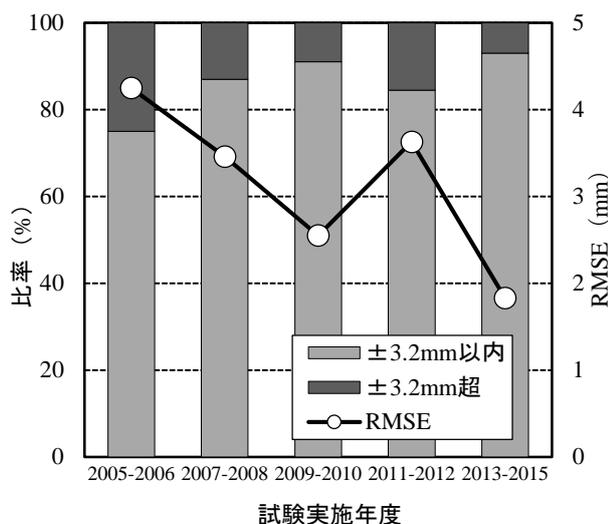


Fig.4 試験実施年度毎の全受験者の統計値推移

Fig.4 は、受験者全体の統計結果の推移をまとめたものである。ここでは、各々の期間における全回答について概ね正解と思われる誤差（回答値－真とする値が±3.2mm以内）の回答とそれを超える誤差（回答値－真とする値が±3.2mm超）の比率、及び測定値全体の RMSE を示している。年度によって若干の変動はあるものの、ほぼ正解とされる計測値を回答する比率が増加し、RMSE 値が改善されてきているように見受けられる。

2.3 PD 資格試験結果と探傷方法

PD 資格試験受験者の多くは、フェーズドアレイ法（以

下 PA 法）と PA 法を使用しない端部エコー法（以下固定角 UT 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[7,8]。Fig.5 は、PD 資格試験前期（試験開始～2008 年度）と後期（2009 年度～2014 年度まで）において、手順書による区分ではなく SCC 亀裂高さ（深さ）測定値を最終判定した探傷手法による分類を合格者及び不合格者内で纏めたものである。この中で「その他」は垂直探傷法やタンデム法などを示す。Fig.5 より、合格者は、SCC 亀裂高さ（深さ）の最終判定に PA 法の結果を採用することが多いこと、さらに合格者・不合格者ともに PD 資格試験前期における PA 法の比率よりも後期の方が大きいことがわかる。このことは、各受験者が PA 法の結果をより尊重してきていることを示しているものと思われる。

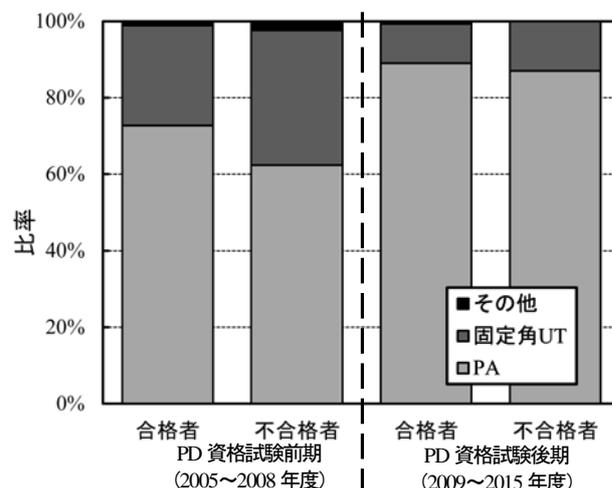


Fig.5 PD 資格試験実施時期による SCC 亀裂高さ（深さ）測定値を特定した探傷手法の比率

2.4 PD 資格試験結果と試験体肉厚との関連性

Fig. 6 は、PD 資格試験で用いられる試験体の肉厚（口径）毎の測定誤差の平均値と標準偏差を纏めたものである。合格者の測定誤差の平均値、標準偏差は試験体の肉厚（口径）に依らずほぼ一定であるが、不合格者の測定誤差の平均、標準偏差は試験体の肉厚（口径）の増加とともに大きくなっていることがわかる。これは、PD 資格試験合格者は試験体の肉厚に関係なく SCC 亀裂の先端を特定できている一方で、PD 資格試験不合格者は、SCC 亀裂先端をきちんと把握することができていないため、試験体の肉厚（口径）が厚くなるほど誤差が大きくなり、さらに前出の 4.4mm 基準の逸脱に警戒して過大に評価するものと推察される。

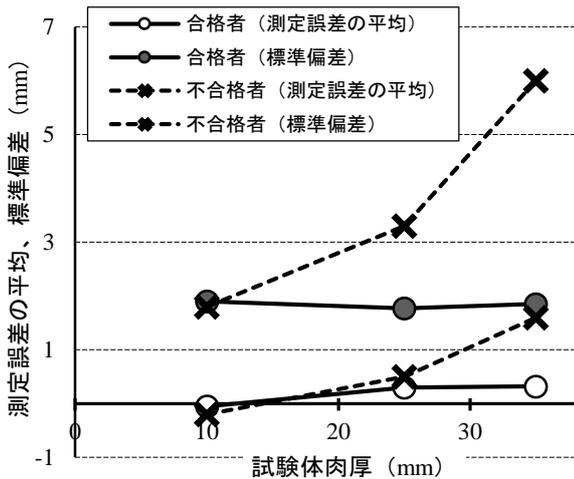


Fig.6 試験体の肉厚別の測定誤差の平均値及び標準偏差

2.4 PD 資格試験受験者・合格者の年齢

Fig. 7 は、PD 資格試験受験者数、合格者数及び合格率を年代別に纏めたものである。2012 年度の PD 資格試験結果の報告では、30 代及び 40 代の受験者数及び合格者数が多いことを報告した[7]。しかしながら、2013 年度以降に制度開始時に 30~40 代の受験者であった者が、再認証試験として 40~50 代の受験者となり、その合格率が非常に高かったことから、年代間の合格率の差は小さくなった。

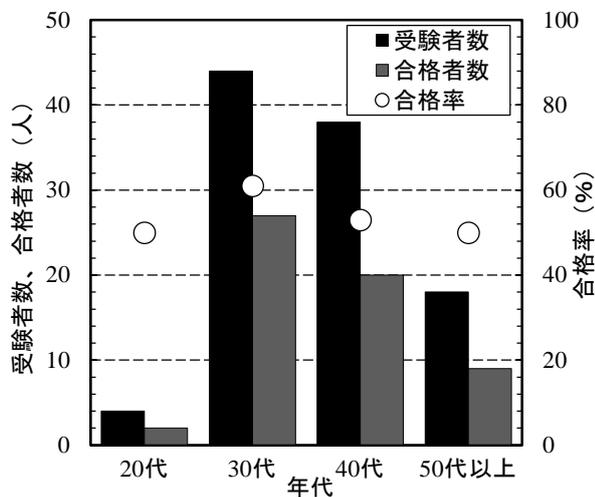


Fig.7 年代別の受験者数、合格者数及び合格率

3. まとめ

2006 年 3 月より開始したオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部に対する SCC 亀裂高さ (深さ) 測定に関する PD 資格試験を、2016 年 1 月までの約 10 年間で計 44

回実施した。この間の累計受験者数は 104 名で、再認証受験者も含めて合格基準に達した者は延べ 58 名となった。2015 年度は 2 回の PD 資格試験を実施し、受験者 5 名全員が合格した。これまでの試験結果の解析で得られた結果、以下のようなことが得られた。

- 1) 過去 10 年間の合格者の RMSE は 1.90mm, 標準偏差は 1.87mm であり、PD 資格試験合格者が高い精度で SCC 亀裂高さ (深さ) を測定していることを確認した。
- 2) PD 資格試験合格者の標準偏差、測定誤差の平均値は、試験体肉厚によらずほぼ一定である。一方不合格者は、試験体肉厚が厚くなるにつれて標準偏差、測定誤差の平均値が増大する傾向である。
- 3) 近年は、再認証受験者が多く、合格率や RMSE などの統計値も向上している。

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 回保全学会学術講演会予稿集, 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 回保全学会学術講演会予稿集, 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 回保全学会学術講演会特別編予稿集, 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 回保全学会学術講演会予稿集, 大阪, 2013.
- [8] 渡辺, 東海林, 秀 “PD 資格試験開始から 8 年の実施状況” 第 11 回保全学会学術講演会予稿集, 八戸, 2014.
- [9] 渡辺, 東海林, 秀, 太田 “PD 資格試験開始から 9 年の実施状況” 第 12 回保全学会学術講演会予稿集, 日立, 2015.