

# PD 資格試験開始から 9 年の実施状況

Current status for nine 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
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 for flaw depth sizing of austenitic stainless steel pipes in March 2006. At the end of FY 2014, 42 examination sessions have been completed and 53 candidates have passed the examination. The total number of tests administered including re-tests and re-certification was 99. Passed candidates can perform depth sizing of IGSCC flaws with a high level of accuracy. For the final determination of IGSCC crack depths in Japanese PD examinations, phased-array ultrasonic testing technique is used more often than conventional ultrasonic testing or other techniques. The correct answer rate will decrease when the ultrasonic testing time concerning a test answer requires 2.5 hours or more.

**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、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 SCC き裂高さ（深さ）測定の PD 資格試験を実施している。これまでに 2013 年度までの PD 資格試験結果を報告[1-8]した。本講演では 2014 年度までの PD 資格試験結果およびこれを含めたこれまでの 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 資格試験の実績および結果

PD 資格更新の最大期間は 5 年であるため、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。2014 年度は 2 回の PD 資格試験を実施し、受験者 4 名（新規受験 1 名（過去に PD 資格を取得、失効後の受験であり、分類は再認証受験者として扱う。）、再認証受験 3 名）全員が合格した。これより 2006 年 3 月の試験開始以降の累計受験者数は 99 名、再認証も含めた合格基準に達した者は延べ 53 名となった。2006

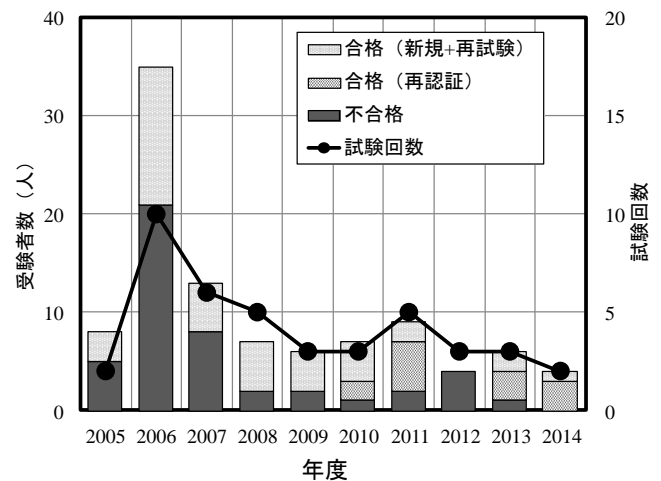


Fig.1 PD 資格試験回数、受験者数と合格者の推移

年 3 月からの PD 資格試験回数および受験者数と結果の推移を Fig.1 に示す。NDIS 0603 の上で再認証とは、「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」と規定しているが、本稿では「資格の有効期限あるいは手順書番号に拘らず、一度資格を取得した者が再度受験する場合」を再認証として取扱った。Fig.1 より、2006 年度上期をピークに受験者数が減少しているものの、その後は 2014 年度までほぼ一定の受験者数で推移していることがわかる。PD 資格試験開始から 9 年間に於ける各々の受験種別(新規受験、再受験および再認証受験)の SCC き裂高さ（深さ）測定値の平均自乗誤差 (Root Mean Square Error : RMSE) を Table.1 に示す。RMSE は(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。

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/pd/index.html>

Table.1 受験者及び合格者の推移

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	
2014	2	—	—	3	1	—	—	3	1	—	—	1.37	—	
計	42	49	30	16	4	19	19	13	2	4.40	2.59	2.83	2.99	
			99				53				3.64			

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

$m_i$ : 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

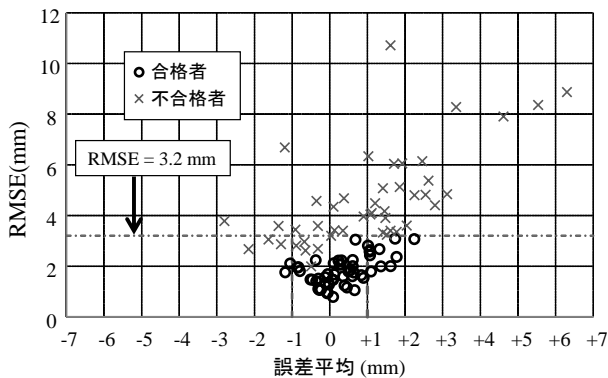


Fig.2 PD 資格試験全受験者の誤差平均と RMSE の分布

Table.2 過去 9 年間の合格者・不合格者の誤差平均および標準偏差

	誤差平均(mm)	標準偏差 (mm)
合格者	0.32	1.87
不合格者	1.02	4.84

## 2.2 PD 資格試験受験者の測定精度

過去 9 年間の全受験者の試験結果、誤差平均および RMSE の関係を Fig.2 に示す。これまでの PD 資格試験結果と同様に、不合格者の誤差平均が全般的にプラス

\* 全データでの統計値(1名以下の場合は示さず)側に偏っている[3-8]ことがわかる。また、過去 9 年間の合格者・不合格者の誤差平均と標準偏差をまとめたのが Table.2 である。合格者の誤差平均、標準偏差がそれぞれ 0.32mm, 1.87mm である一方で、不合格者の標準偏差も大きく、誤差平均も 1mm を超えている。

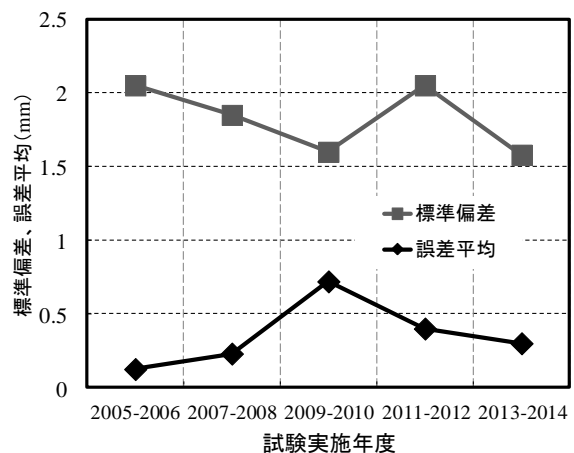


Fig.3 PD 資格試験合格者の試験年度毎の標準偏差及び誤差平均

Fig.3 は、合格者の試験結果、特に標準偏差および誤差平均について、PD 資格試験開始時からの変化を纏めたものである。年度によって若干の変動はあるものの、PD 資格試験開始から 9 年間の合格者の標準偏差は 1.5 ~ 2.0mm 程度、誤差平均は 0.7mm 以下を推移している。以上のことから、PD 資格試験合格者は、比較的精度良く計測されていることがわかる。

### 2.3 PD 資格試験結果と探傷手順

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]。

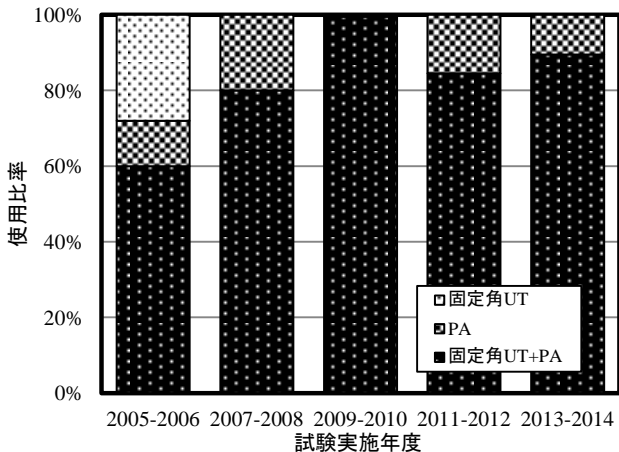


Fig.4 PD 資格試験合格者の試験年度毎の探傷手順書の比率

これまでの PD 資格試験で使用された探傷手順書の比率を、試験実施年度別に纏めた結果を Fig.4 に示す。この中で「PA」は PA 法を用いた手法を、「固定角 UT」は PA 法を使用しない端部エコー法を、「PA+固定角 UT」は固定角 UT 法と PA 法を組み合わせた方法をそれぞれ示す。「固定角 UT」による受験者は、PD 資格試験開始時のみであること、また「PA」による受験者が PD 資格試験の回数を重ねてもあまり増えないことがわかる。

一方、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 き裂高さ (深さ) 測定値

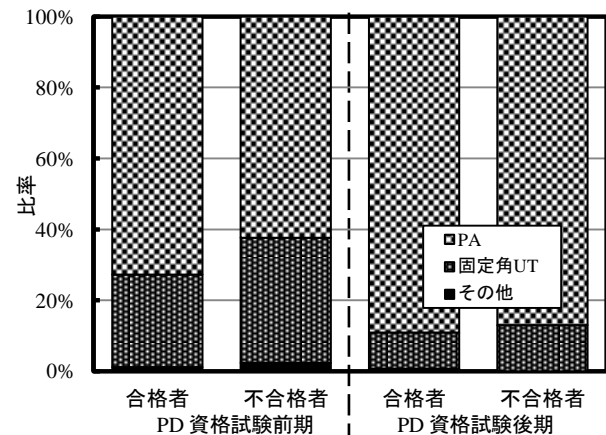


Fig.5 試験実施時期による SCC き裂高さ (深さ) 特定方法

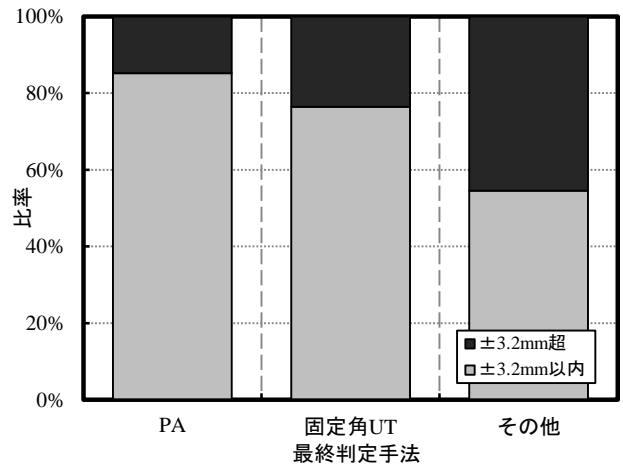


Fig.6 各探傷手法別の誤差の比率 (全受験者)

を最終判定した探傷手法による分類を合格者および不合格者内でまとめた結果を Fig.5 に示す。合格者、不合格者何れも試験後期における PA の比率が試験前期のそれより上がっていることがわかる。さらに、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)  $\pm 3.2\text{mm}$  の測定値を出した割合を示したものが Fig.6 である。

以上の結果より、PD 資格試験受験者の大半が「PA+固定角 UT」の手順書を用いていること、SCC き裂高さ (深さ) 測定値 (試験解答) の最終判定の方法として PA を活用するようになってきていることがわかる。また、PA の大きな特徴である画像を用いた判定を上手に利用することにより、大きな誤差を出す可能性が低減できることが示されたものと考えられる。

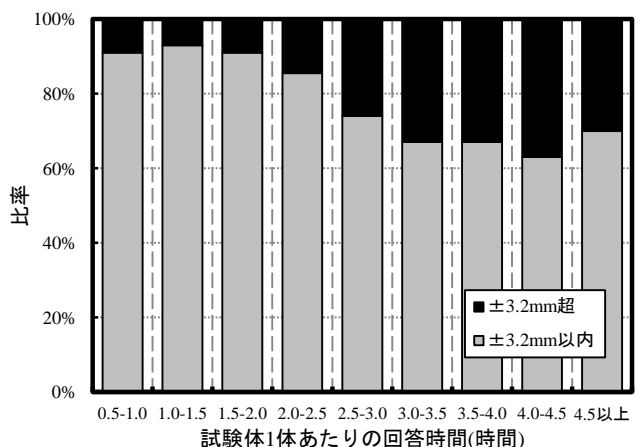


Fig.7 試験体 1 体あたりの回答時間の誤差の分布 (全受験者)

## 2.4 回答に要する時間の分析

全受験者における試験体 1 体あたりの回答に要する時間と前出の概ね正解と思われる誤差 $\pm 3.2\text{mm}$ の測定値を出した割合を示したものが Fig.7 である。1 体あたりの回答に要する時間が 2 時間程度までは、正解値に近い SCC き裂高さ（深さ）を回答する比率が 90%程度であるが、回答に要する時間が 2.5 時間を超えると、 $\pm 3.2\text{mm}$  超の誤差を出す割合が増加することがわかる。これは、比較的判断の容易な試験体についてはすぐに回答するとともに、探傷中に SCC き裂高さ（深さ）測定に悩み始めると、だんだんと探傷データに対して疑心暗鬼になり、探傷データを正しく解釈できずに、その結果として誤差の大きい回答をするケースが増えるためと推察される。

## 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発生する SCC き裂の深さ測定に関する PD 資格試験は、2015 年 1 月までの約 9 年間で 42 回実施した。この間の累計受験者数は 99 名で、再認証受験者も含めた合格基準に達した者は延べ 53 名となった。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 9 年間の PD 資格試験の合格者の標準偏差は 1.87 mm、誤差平均は 0.32mm であることから、PD 資格試験合格者が高い精度で SCC き裂高さ（深さ）を測定していることを確認できた。
- 2) 過去 9 年間の PD 資格試験の受験者の探傷方法は、フェーズドアレイ法と固定角 UT 法を組み合わせた手法

が主流となっている。さらに、その中でもフェーズドアレイ法を積極的に活用する傾向になっている。

- 3) 試験体 1 個あたりの回答時間が 2.5 時間を超えた場合に、正解値（判定条件として、真とする値と比べて  $\pm 3.2\text{mm}$  以内）を得る比率が低下する傾向にある。

## 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.