

超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する  
確性試験 第2回委員会議事要旨

1. 日時：平成15年4月1日（火） 13：30～16：00
2. 場所：発電技検 9階 第1・2会議室
3. 出席者（順不同、敬称略）
  - 委員長：宮（慶応義塾大学）
  - 委員：小林（東京工業大学）、三原（東北大学）、上杉（発電技検）
  - オブザーバ：武山、斎藤（以上、原子力安全・保安院 原子力発電検査課）、  
佐藤（原子力安全・保安院 原子力発電安全審査課）、  
福田、徳間、桜井、小林、浅野、宮崎（以上、東京電力）  
河上、飯田（以上、東北電力）、市川、熊野（中部電力）、最所（北陸電力）、  
田中（中国電力）、小林（日本原電）、安藤、小河（以上、発電技検）
  - 依頼者：成瀬、山本、平澤、笹原（以上、東芝）、関沼、紀伊、Bragg（GEII）、  
斎藤、佐々木、牧原（以上、日立製作所）、綿谷（Westinghouse）、  
長瀬、Rudolf、Rathgeb（以上、Framatome）、奥出（Southwest RI）、渡瀬（SISCO）、  
藤沢（神戸製鋼所）、中川（丸紅）
  - 事務局：小泉、吉田、内海、大石（以上、発電技検 企画・調査部）  
米山、古川（以上、発電技検 鶴見試験研究センター）
  - 一般オブザーバ：9名
4. 配付資料
  - NUT-2-1 : 超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験  
第1回委員会議事要旨（案）
  - NUT-2-2 : 超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験 確性試験方案  
（NUT-2-2-添付：UT手法一覧）
  - NUT-2-3-1 : 超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験  
個別試験要領書〔東芝〕
  - NUT-2-3-2 : 同上〔日立製作所〕
  - NUT-2-3-3 : 同上〔General Electric International Inc.〕
  - NUT-2-3-4 : 同上〔Framatome ANP GmbH〕
  - NUT-2-3-5 : 同上〔Westinghouse〕
  - NUT-2-3-6 : 同上〔Southwest Research Institute〕
  - NUT-2-4-1 : 確性試験対象欠陥の選定について
  - NUT-2-4-2 : 超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験  
試験体準備要領（案）〔東京電力〕
  - NUT-2-4-3 : 超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験  
切断試験要領書（案）〔東京電力〕
  - NUT-2-5 : 適用したUT手法（組合せ）ごとのデータまとめ表（案）
  - NUT-2-6 : 超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験  
柏崎刈羽原子力発電所第1号機における実機試験 作業フローと所掌
  - NUT-2-7 : 確性試験スケジュール

## 5-1 前回議事録の確認 (NUT-2-1)

前回委員会の議事録案 (NUT-2-1) について確認した結果、一部脱字等の修正を行ったものの内容についてのコメントはなく承認された。

## 5-2 確性試験方案について (NUT-2-2及びNUT-2-2-添付)

### (1) 説明内容

東芝 (依頼者代表) より、確性試験方案について、前回委員会におけるコメント等を反映して訂正した箇所の説明があった。主な内容は下記のとおりである。

- ① 1頁“1. はじめに”の5行目以降に、本方案で取り上げているUT手法は代表例を取り上げている (新技術全てではない) こと、UT手法の詳細は、各社の個別要領書に基づくこと等の内容を追記した。
- ② 2頁“4. 判定基準”については、誤差に関する判定基準を委員会で決定する旨の内容を追記した。
- ③ 検査員の資格を明確にするため、2頁に“6. 検査員資格”を設けて適用規格を明記した。
- ④ 3頁“7. 事前準備”に、検査員の技量確認に関する記録の作成及び第三者 (発電技検) による確認等の内容を“ (2) 概要”として追加した。
- ⑤ 3頁“7. 事前準備 (3) 試験体”には、教育・訓練用として浅いきずの試験体を併用する旨の内容を追加した。
- ⑥ 3頁“7. 事前準備 (4) ひび寸法測定方法”には、従来UT手法による“ノイズレベル指示長さ”を追加した。
- ⑦ 4頁“8. 実機試験 (3) 試験要領”において、“精度確認試験”と“総合試験”の定義を記載し、差異を明確にした。
- ⑧ 4頁“8. 実機試験 (4) 検査員”において、実機試験を実施する検査員の資格を明確にした。
- ⑨ 5頁“8. 実機試験 (5) ひび寸法測定方法”には、(a)②として“ノイズレベル指示長さ”を追加した。
- ⑩ 6頁“9. 切断試験”は、概要のみを記載している。詳細要領については別途作成した要領書 (NUT-2-4-3) に基づき本日の委員会で審議して戴くこととしたい。
- ⑪ 8頁“11. 概略工程”については、現場の工程等を考慮して修正した。

以上の他、依頼者より、添付資料 (NUT-2-2-添付) に基づき、各個別要領書で適用するUT手法について説明があり、各依頼者による相違点について確認された。

### (2) 審議の結果

上述(1)の説明内容に基づいて、確性試験方案 (修正案) についての審議が行われた結果、適切に修正されていることが確認され、承認された。

### 5-3 確性試験個別要領書

各依頼者より、前回の委員会におけるコメント等を反映した個別試験要領書の修正箇所等について、下記のとおり説明があった。

修正案の内容は概ね承認されたが、下記のとおりコメントがあり、これらを反映して一部修正することとなった。

#### 5-3-1 東芝案 (NUT-2-3-1)

##### (1) 主な説明内容

- ① 1頁“4. 検査員資格”に、実機試験を実施する検査員の条件（事前準備として教育・訓練を受けた者とする）を追加した。
- ② 3頁に5.として“事前準備”を追加し、その中で訓練に用いる試験体を明確にした。
- ③ 4頁に6.1として“ひび長さ測定”を追加した。
- ④ 8及び9頁に事前準備訓練用試験片を追記した。8頁（図1）の試験片は、自動探傷用のものであり、9頁（図2）の試験片は、精度確認試験用である。
- ⑤ 10頁（図3）及び11頁（図4）の試験片は、実機試験の校正用である。

##### (2) 主なコメント、質疑応答

コメント1：3頁5. (3)において、“…各検査員がEDMスリットからの反射エコー特性を適切に把握して寸法を評価していることを確認頂く。”とあるが、この場合の“適切”とはどのようなことを指しているのか、もう少し具体的に記載すること。

質問2：8、9頁の図は、試験片となっているが、試験体の誤りではないか？

回答2：これは事前準備用であるため、試験体ではなく試験片である。

質問3：10頁 図3(1)及び(2)の各右下に記載されている図（四角形）は、何を示しているのか？

回答3：試験片の断面を記載している。紛らわしいため、スリットを点線で示すことにする。

質問4：5頁“(5) ひび寸法測定方法”は、自動と手動の両方を適用するものと読めるが、適用する割合が不明であるため、教えて欲しい。それとも、適用する継手によって自動と手動を使い分けるのか。

回答4：今回の確性試験は、基本的に自動探傷を適用する。しかし、継手形状等の条件によっては、自動探傷が困難な場合も予想されるため、補助的に手動探傷を適用する計画である。

コメント5：他の依頼者も同様に、原則として自動探傷を適用する計画なのか。もしそうならば、その旨を明記すること。

回答5：拝承。

#### 5-3-2 日立製作所案 (NUT-2-3-2)

##### (1) 主な説明内容

- ① 2頁に“5. 試験準備”を追加した。
- ② 4頁“6.2 ひび長さ測定”に、標準試験片を追加した。
- ③ 4頁“6.2 ひび長さ測定”の探傷感度を変更した。
- ④ 5頁“6.3 2次クリーピング波法及びモード変換波法による概略深さの確認”に、標準試験片を追加した。
- ⑤ 7頁 図6.3において、ひびの端部が溶接金属内にまで進展しているものに訂正した。
- ⑥ 8頁“6.4 端部エコー法”に標準試験片及びRB-SDH対比試験片を追加した。
- ⑦ 8頁“6.4 端部エコー法”の時間軸調整において、標準試験片を用いた場合の音速補正に関する内容を追記した。
- ⑧ 9頁“6.5 フェーズドアレイ法”の機械的走査における探触子走査速度を150mm/secから25mm/sec（現実的な速度）に訂正した。
- ⑨ 10頁 図6.4フェーズドアレイ用対比試験片に設ける人工きずを、横穴からスリットに変更した。

(2) 主な質疑応答

質問1：2頁 図5.1の試験体は、実際に溶接した配管を切断してスリット（人工きず）を設けたものか？

回答1：そのとおり。

5-3-3 General Electric International Inc. 案（NUT-2-3-3）

(1) 主な説明内容

- ① 3頁の“5. 事前準備”、“6. 「総合確認試験」および「精度確認試験」”を追加した。

(2) 主なコメント、質疑応答等

質問1：3頁“5. 事前準備”等において、解析員及び検査員について記述しているが、両者の違いは何か？

回答1：検査員は単に探傷データを採取する者であり、採取されたデータを解析する人が解析員である。解析員は、レベルⅢの技量認定を受けた者であることが条件である。

質問2：“5. 事前準備”の記載内容から判断すると、原則として自動探傷を行うUT手法と考えてよいか？

回答2：そのとおり。

質問3：GEの場合、PDI（Performance Demonstration Initiative）において認められた技術、技量、要領を適用するため、他の依頼者のような試験片を提示していない。試験条件面で他依頼者との差が生じることも考えられるため、PDIではどのような試験体を使用したのか？

回答3：PDI認定については、径、肉厚、きず（ひび）の深さ等が異なる試験体が30種類

以上適用された。しかし、PDIによる証明は合否のみであり、試験体に設けられていたきず（ひび）の寸法や、それに対して行われた寸法測定の誤差等に関する試験結果等の開示は行われぬ。したがって、詳細を公開できるものは、検査員の資格とPDI証明だけである。

質問4：過去に同等の試験を行ったものと思われるが、問題はPDIで用いられた試験体のきず（ひび）の位置である。きず（ひび）の端部が溶接部に達するものも含まれているのか？

回答4：きず（ひび）の位置・寸法・形状は不明であるが、きず（ひび）の端部が溶接部に達するものも含まれていた。

コメント5：以上の内容を考慮すると、確性試験方案の中で、これに適応するPDIがあればこれに代えることができる旨の内容を記載することが望ましい。

回答5：拝承。

#### 5-3-4 Framatome ANP GmbH 案（NUT-2-3-4）

##### (1) 主な説明内容

- ① “3. 適用規格”に欧州規格を追加した。
- ② 2頁“5. ひび寸法測定要領”～3頁“8. 事前準備及び検査員資格”については、前回委員会資料はFramatomeの標準を記載していたが、今回は実機にあわせて修正した。添付されている対比試験片の図面についても同様である。

##### (2) 主なコメント、質疑応答等

質問1：対比試験片は既に製作しているのか？

回答1：既に製作している。現在スウェーデンにあり、持ってくる予定である。

質問2：3頁“6. 実機試験”については、簡単にしか記載されていないが、具体的にはどのようなことか。

回答2：確性試験方案に記載されたとおりの試験を行うという意味である。

質問3：試験片については、溶接部とEDMノッチ端部の位置関係がどのようになっているものを作成しているのか？

回答3：EDMノッチの端部が、溶接金属内に達しているもの（深いもの）と、達していないもの（浅いもの）の両方を作成している。

コメント4：3頁“8. 事前準備及び検査員資格”については、データ解析・評価を行う者のレベルに関する記述が曖昧であるため、要領書として明確に記述すること。

回答4：拝承。レベル3取得者がデータ解析・評価を実施する旨の記述に訂正する。

#### 5-3-5 Westinghouse 案（NUT-2-3-5）

##### (1) 主な説明内容

- ① 1頁“3. 改良UT手法”については、確性試験方案（NUT-2-1）に対応させて訂正した。

- ② 1頁“5. 適用規格・準拠図書”については、ASME Sec. XI及びSNT-TC-1Aを追加した。
- ③ 1頁“6. 検査員資格”については、データの採取に従事する検査操作員の資格（「また」以下の文章）を追記した。
- ④ 2頁“7. 事前準備”を追加した。なお、試験片に設ける反射源については、EDMスリットではなく、“ひび”を適用したい。寸法測定結果は、EDMスリットを反射源とした試験片を用いる場合よりも保守的な結果になると思われる。（なお、上位となる確性試験方案には記載されていない。）
- ⑤試験片に反射源として設ける“ひび”は、人工的に作成するが、深さ方向の調整が難しく、ひびの端部が溶接金属に達しないもの（浅いひび）も生じ得るため、溶接金属を挟んだ反対側からの探傷も追加する考えである。
- ⑥ 3頁 実機試験の“8.1 (3) 試験要領”、及びひび寸法測定方法の“8.2.1 適用”については、確性試験方案との整合を考慮して追加した。
- ⑦ 4頁“(7) 探触子の走査”の(a)については、探触子走査速度をJEACと整合させるため、152 mm/secから150 mm/secに訂正した。また、(c)については、ラスター・スキャンを追記した。

## (2) 主なコメント、質疑応答等

質問1：3頁 8.2.1において“…実施する超音波探傷技術及び適用する検査要領は、～技量認定を受けたものを適用する。”とあるが、検査員の技量が入っていないのか？

回答1：EPRIの認定は、技量、装置、要領の3つがセットになっている。現状の記述では、検査員の技量が抜け落ちているため追記する。

質問2：“ひび”を反射源とした試験片を用いるとのことだが、どのような方法で作成するのか。

回答2：試験片は、SCC（応力腐食割れ）又は疲労割れを人為的に発生させて、溶接部近傍に埋め込む方法により作成することを考えている。

質問3：試験片のひびの寸法は、どのような方法で測定するのか。

回答3：超音波探傷試験により測定する。問題となっているサイジング（寸法測定）精度は、溶接金属の影響によるものであるが、音響特性の良好な母材と同じ材料にひびを発生させて測定するため、寸法精度は良好である。なお、深いひびだけでなく浅いひびも作成するが、きっちりした寸法のひびを作成することは困難であるため、ひびの深さに応じたグループ化を行う考えである。

質問4：試験片に加工する前に測定したひびの寸法測定データについても、参考として提出することは可能か？

回答4：可能である。どのようなばらつきになるかについても、数日以内に判明すると思われるため、まとめ次第、事務局に報告する。

質問5：試験片の説明（上述(1)④）において“保守的”という表現が使用されていたが、

ひびの断面形状から、EDMスリットよりも音圧反射率は低く散乱しやすい傾向にあるため、技術的にはEDMノッチの試験片による範囲をカバーしているという意味に解釈して良いか？

回答5：そのとおりである。この場合“保守的”という表現は不適切であった。

コメント6：浅いひびの試験片については、溶接線を挟んで反対側から探傷することだが（上述(1)⑤）、その旨を明記すること。

回答6：拝承。

なお、試験片に設ける反射源としてEDMスリットの代わりにひびを用いる提案（上述(1)④）については、審議の結果承認された。

#### 5-3-6 Southwest Research Institute 案（NUT-2-3-6）

##### (1) 主な説明内容

- ① 今回提出した個別要領書は、新たに作成し直したものである。これは、前回委員会で提出したもの（NUT-1-4-6）の内容が、確性試験方案に沿った内容ではなかったことによる。
- ② 基本的には、EPRIのトレーニングセンターで適用されているテキストに基づいた内容である。
- ③ 他依頼者のUT手法との大きな相違点は、解析に捕らえたエコーの時間差を利用し、Amplitude（エコー高さ）を考慮する必要がない点にある。
- ④ 図1、3及び4等に示すように、探触子は、異なる屈折角又は種類（縦波、横波）の2つのTransducer（振動子）を内蔵した特長のあるもので、種々の組合せ及び交軸深さ（2種類の音波の交点）の探触子を使用する。
- ⑤ 探傷器自体は、従来のUT手法と同じ汎用品を適用することができ、また比較的短時間で解析することが可能である。時間差を利用した解析例は、図8のとおりである。
- ⑥ この手法を適用できる規格としては、1頁の3. 項に示すとおりである。
- ⑦ SwRIからは技術提供のみしか行えないため、試験片については他社のものを借用させて頂きたい。なお、探傷器については、電力会社より借用することで了解済みである。（SwRIは、委託を受けて研究開発を行い、その成果を委託元に還元する機関であり、他の依頼者と位置付けが異なることによる。）
- ⑧ 今回の研究成果については、SwRIより正式なレポートを提出するが、その所有権は委託元にある。

##### (2) 審議の結果

上述(1)の説明内容に基づいて審議された結果、下記のとおりとなった。

- ① SwRIの場合、技術のみを確認するという特別な位置付けでの確性試験への参加となるため、他の依頼者とは異なる扱いとする。
- ② 確性試験の工程を考慮して、他の依頼者の試験片を貸与する。

#### 5-3-7 個別要領書全体について

本確性試験（試験方案）の目的として、サイジング（寸法測定）精度を確認するのはひびの深さのみであり、ひびの長さは含まれないことから、個別要領書の目的にはひびの深さ寸法に関する測定精度について確認する旨の内容に訂正することとした。

#### 5-4 対象欠陥等について

確性試験の対象プラントを有する東京電力より、公平・公正を期するための第三者立会を確実かつ円滑に行うために、資料NUT-2-4-1～3の資料を作成した旨の説明があった。

主な説明内容及び審議の結果は、次のとおりである。

##### 5-4-1 対象欠陥の選定（NUT-2-4-1）

東京電力より、資料NUT-2-4-1に基づき、確性試験の対象欠陥選定に関する推奨案について説明があった。

説明内容に対して下記の質疑応答が行われ、審議の結果、案のとおり承認された。

質問1：資料の2頁に“予備”とあるが、どのような場合に用いるのか？

回答2：従来のUT手法による探傷結果に基づいて対象欠陥（ひび）を選定したが、試験体に加工する前にPT（液体浸透探傷試験）を実施し、対象欠陥（ひび）として適当かどうかを判断する。PTの結果、対象欠陥（ひび）として適当でないと判断された場合は、予備の欠陥を対象欠陥とする計画である。なお、欠陥（ひび）として適当かどうかについては、事務局（発電技検）と相談して判断する考えである。

質問2：総合試験の対象欠陥を3つ選定しているが、その選定したポイントは何か？

回答2：総合試験の目的から、溶接金属にまで進展している可能性が高いと思われるひびを選定している。また、欠陥（ひび）の長さについては、あまり長いと切断試験に時間がかかること、深さのピークを捕らえにくいために測定値のバラツキが大きくなり、統計的な解析が困難になること等の理由により、適当な欠陥指示長さのものを選択した。

質問3：試験体は、どの継手のどの部分（対象欠陥）を切り出したものか識別できるのか？

回答3：識別ができるように、マーキング等を行う。

質問4：試験体に加工する前に、PTを実施してひびの確認等を行うということだが、確認は誰が行うのか？

回答4：当社（東京電力）と事務局（発電技検）で行う。

##### 5-4-2 試験体準備要領書（NUT-2-4-2）

東京電力より、資料NUT-2-4-2に基づき、試験体準備要領書（実機から対象継手を切り出す手順・要領）案について説明があった。



説明内容に対して下記の質疑応答が行われ、審議の結果、案のとおり承認された。

質問1：配管を切断するための基準点（罫書き又は刻印）は、誰が設けるのか？

回答1：対象プラントの製造メーカーである東芝が行う計画である。

質問2：切断前後で従来のUT手法による探傷を行う計画になっているが、その目的は何か？

回答2：配管の切断前後で拘束応力が変化してひびの開き具合が変わり、欠陥エコー高さ等も変わるおそれがあるため、その確認を行う目的で切断前後に探傷を行う考えである。

#### 5-4-3 切断試験要領書（NUT-2-4-3）

東京電力より、資料NUT-2-4-3に基づき、切断試験要領書案について説明があった。

説明内容に対して下記の質疑応答が行われ、審議の結果、案のとおり承認された。

質問1：UTS（発電技検が国からの受託調査で行っている調査研究）では、切断試験は1 mmピッチであるが、この案では2 mmピッチとなっている。その理由は何か？

回答1：2 mmピッチで切断試験を行うことにより、スライスしたサンプルを参考として残す考えである。（1 mmピッチでは、サンプルが残らない）

コメント2：スライスしたサンプルは、ひびの全体形状を把握するのに最適である。SCCは、一般に疲労亀裂のような半楕円形状に進展するものが多く、探傷者もそのような形状を想定して探傷し、サイジングを行うため、比較サンプルとして非常に有効である。ただし、取り扱いには注意すること。

回答2：拝承。

#### 5-5 データまとめ表（NUT-2-5）

収集した探傷データについては、各依頼者によって探傷手法、手順、装置等が異なるため、評価が行えるように共通の様式にデータ整理を行う必要がある。このため、事務局より、データまとめ表（NUT-2-5）の提案があった。

まとめ表に記載するデータの項目について審議を行った結果、下記の質疑応答及びコメントがあり、これらを反映して修正することとなった。なお、様式については、今後収集される具体的なデータや、次回審議予定の評価方法に関する審議結果に基づいて修正することとした。

質問1：ひび（対象欠陥）1つに対して、何点測定を考えているのか。

回答1：まとめ表の様式は、ひび1つに対して1点測定としたものであるが、測定点数に関しては、委員会の指示を仰ぐ考えである。

質問2：1点測定を行った場合、ひびが長くなると、測定結果がかなりばらつくと思われるが、どのように考えているのか。

回答2：ばらつきが問題となる総合試験では、上述の5-4-1でも説明したように、適当な長さのひびを選定する考えである。

質問3：まとめ表には、ひび（欠陥）の端部エコー及び開口部の位置に関するデータを

記入する欄がないが、どのように扱うのか。

回答3：端部エコー及び開口部の位置については、作図して示した方がわかりやすいと思われるため、まとめ表ではなく別途作図したデータを提出してもらうことを考えている。端部エコーと開口部の位置がずれることが多く、この場合、特に作図した方がわかりやすい。

質問4：“深さ測定におけるひび開口部の位置”欄のX及びYは何か。

回答4：Xが周方向の位置、Yが軸方向の位置である。表中に明記する。

コメント5：ひびの内表面へ投影した場合の位置（X, Y）や、最大エコーの位置についても表中に記載されていると参考になるのではないか。

回答5：そのとおりである。記載する。

質問6：実機試験については、CRT写真を添付する必要があるか？

回答6：端部エコー法や手動探傷の場合は、写真を添付してもらった方が良い。その他の手法（自動探傷）については、Aスコープ画面を自動で全て採取しており、再現が可能であるため写真撮影は不要である。

コメント7：事前準備における探傷データについても、まとめ表に整理して提出して頂きたい。事前準備で使用する試験片は、音響特性が良好であり、新しいUT手法による理想的な探傷データを採取することができるものと思われる。実機から切り出した試験体との比較評価にも適用できるため、可能な限りご協力頂きたい。

回答7：拝承。

#### 5-6 作業フローと所掌（NUT-2-6）

事務局より、資料に基づき、作業フローと所掌について説明があり、コメントはなく了承された。

説明内容に関連して、配管の切断前に行う探傷（従来のUT手法による）作業の所掌について質問があり、基準点のマーキングと同様に、東芝が行う予定であるとの回答があった。

#### 5-7 今後のスケジュール（NUT-2-7）

事務局より、資料に基づき、今後のスケジュールについて説明があり、コメントはなく了承された。

事務局からのスケジュールに関する補足説明は、下記のとおりである。

- ① 第3回委員会は、5月6日（火）午後、柏崎刈羽発電所での開催を予定しており、会議室は一般公開とするが、現場確認は管理区域のため非公開とする。
- ② 第4回委員会（最終）は、5月28日（水）9：30～14：00 開催の予定である。

#### 5-8 その他

- ① 実機探傷は、管理区域内での作業であっても、実機から切り出す前の現場状況とは異なるため、この差が探傷結果にどのように影響するのか（又は影響が無視できるのか）どうかについて、UTSのデータ等も活用して検討する必要がある旨のこ

ントがあった。

- ② 5月6日に予定している現場確認は、東芝及び日立のみであるが、4月28日ならば、全依頼者の探傷状況を確認することができるため、要望があれば連絡して欲しい旨の説明が事務局よりあった。

以上