

炉内構造物等点検評価ガイドライン
[遠隔目視試験]
(第2版)

2026年4月

一般社団法人 原子力エネルギー協議会
炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会

本ガイドの位置づけ

本ガイドライン（以下「本ガイド」）は、従前より(一社)原子力安全推進協会(以下、JANSI)が策定・管理してきた「炉内構造物等点検評価ガイドライン[遠隔目視試験]（第2版）」（以下「従来のガイド」）を原文のまま原子力エネルギー協議会（以下、ATENA）の管理体制下で引き継いで使用するものである。本ガイドの内容については、ATENA 炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会を経て改訂が決定されるまでの間、変更は行わない。

運用時期

本ガイドの運用開始日は 2026 年 4 月とする。

運用上の注意

1. 本ガイドは従来のガイドを踏襲したものであり、運用上の変更はない。
2. ATENA は必要に応じて、炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会を経て改訂しますが、その場合は別途改訂履歴を明示する。

本ガイドラインの情報等の取扱いについては、以下のとおりとする。

（免責）

ATENA、ATENA 従業員、会員、支援組織等本書の作成に関わる関係者（「ATENA 関係者」）は、本書の内容について、明示黙示を問わず、情報の完全性及び第三者の知的財産権の非侵害を含め、一切保証しない。ATENA 関係者は、本書の使用により使用者その他の第三者に生じた一切の損失、損害及び費用についてその責任を負わない。使用者は、自己の責任において本書を使用するものとする。

（権利帰属）

本書の著作権その他の知的財産権（「本件知的財産権」）は、ATENA に帰属する。本件知的財産権は、本書の使用者に移転せず、また、ATENA の承諾がない限り、本書の使用者には本件知的財産権に関する何らの権利も付与されない。

2026 年 4 月

原子力エネルギー協議会

炉内構造物等点検評価ガイドライン

[遠隔目視試験]

(第2版)

2024年12月

一般社団法人 原子力安全推進協会

炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会

はじめに

我が国の原子力発電所では、安全・安定運転を確保するため、炉内構造物等の健全性を確認あるいは保証することが、重要な課題となっています。本ガイドラインは、このような重要性に鑑み、損傷発生の可能性のある構造物について、点検・評価・補修等に関する要領を提案するものです。

2000年に(社)火力原子力発電技術協会に発足した「炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会」は、2007年より日本原子力技術協会に継承され、さらに2012年11月の日本原子力技術協会の改組に伴い、炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会は、原子力安全推進協会に発展的に継承され、活動を継続しています。また、検討会での審議を経て制定する「炉内構造物等点検評価ガイドライン」は、関係者の利便性向上を図るため、関連情報と併せ協会ホームページより公開しています。

本ガイドラインの策定にあたっては、常に最新知見を取り入れ、見直しを行っていくことを基本方針としています。この方針に則り、現行版の発行後も最新知見の調査および収集に努めることといたします。検討会では、点検評価ガイドライン(個別及び一般)の改訂審議の都度、国内外の運転実績に関する情報活用と、点検評価手法の在り方について議論を重ねており、その成果をガイドラインのなかに反映しつつあります。今後も継続的な改善提案に取り組み、より効果的な保全活動への合理的な資源配分を目指すことも検討課題といたします。

原子力発電の位置づけは地球温暖化防止のためにも重要であり、その具体化施策として原子力発電所の長期的な安全・安定運転への期待は高まりつつあります。本ガイドラインが原子力産業界で活用され、原子力発電所の安全・安定運転の一助になることを期待しております。

最後に、本ガイドラインの制定にあたり、絶大なご助言を賜りました学識経験者、電力会社、メーカーの方々等、関係各位に深く感謝いたします。

2024年12月

炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会
委員長 望月 正人

炉内構造物等点検評価ガイドライン

改訂履歴

ガイドライン名：遠隔目視試験

改訂年月	版	改訂内容	備考
2021年7月	初版発行		JANSI-VIP-34
2024年12月	第2版	ユーザ利便性を考慮し解説に知見を拡充	JANSI-VIP-56

ガイドラインの責任範囲

このガイドラインは、原子力安全推進協会に設置された炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会において、専門知識と関心を持つ委員と参加者による審議を経て制定されたものである。

原子力安全推進協会はガイドライン記載内容に対する説明責任を有するが、ガイドラインを使用することによって生じる問題に対して一切の責任を持たない。またガイドラインに従って行われた点検、評価、補修等の行為を承認・保証するものではない。

従って本ガイドラインの使用者は、本ガイドラインに関連した活動の結果発生する問題や第三者の知的財産権の侵害に対し補償する責任が使用者にあることを認識して、このガイドラインを使用する責任を持つ。

炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会 委員名簿

(2024年12月現在, 順不同, 敬称略)

委員長	望月 正人	大阪大学
委員	笠原 直人	東京大学
委員	竹田 陽一	東北大学
委員	西本 和俊	大阪大学名誉教授
委員	水谷 義弘	東京科学大学教授
委員	森下 和功	京都大学准教授
委員	堂崎 浩二	東北大学特任教授
委員	若井 隆純	日本原子力研究開発機構
委員	古川 敬	発電設備技術検査協会
幹事	今井 直人	東京電力ホールディングス (株)
幹事	天野 洋一	関西電力 (株)
幹事	日下 純	日本原子力発電 (株)
委員	山崎 朗	北海道電力 (株)
委員	新藤 智也	東北電力 (株)
委員	中野 宏之	東京電力ホールディングス (株)
委員	稲垣 哲彦	中部電力 (株)
委員	網谷 宏和	北陸電力 (株)
委員	坂口 昌平	関西電力 (株)
委員	中川 純二	中国電力 (株)
委員	松原 克幸	四国電力 (株)
委員	野崎 剛	九州電力 (株)
委員	町田 栄治	日本原子力発電 (株)
委員	高村 賢也	電源開発 (株)
委員	内山 好司	日立GEニュークリア・エナジー (株)
委員	三橋 忠浩	東芝エネルギーシステムズ (株)
委員	北条 公伸	三菱重工業 (株)
委員	新井 拓	電力中央研究所
委員	成宮 祥介	原子力安全推進協会
参加者	小林 広幸	EPRI International, Inc.
参加者	町田 秀夫	(株) テプコシステムズ
事務局	大畑 仁史	原子力安全推進協会
事務局	佐藤 寿志	原子力安全推進協会

炉内構造物等点検評価ガイドライン
[遠隔目視試験]

目 次

第1章	目的及び適用	
1.1	目的	1
1.2	適用	1
第2章	適用の条件	
2.1	試験評価員及び試験員	2
2.2	試験機材	2
第3章	試験方法	
3.1	試験準備	3
3.2	試験	4
3.3	試験後の解像度確認	7
3.4	再試験	7
第4章	試験記録	8
解 説		
解説 1-1	ガイドライン制定の目的	9
解説 1-2	本ガイドラインの適用にあたって	9
解説 1-3	適用箇所	9
解説 2-1	試験評価員及び試験員	10
解説 3-1	解像度確認	11
解説 3-2	試験対象面のクリーニング	11
解説 3-3	カメラ条件・照明条件	12
解説 3-4	試験環境	14
解説 3-5	観察	15
解説 3-6	疑義の詳細確認	15
参考文献		15

参考資料

参考資料-1 炉内構造物等点検評価ガイドライン [遠隔目視試験] の概要 参 1-1

第1章 目的及び適用

1.1 目的（解説 1-1）

本ガイドラインは、原子力発電所における炉内構造物の供用期間中に発生の可能性のある機器表面の摩耗、亀裂、腐食、浸食等の異常を検出するために適用する遠隔目視試験の標準要領を示すことを目的とする。

1.2 適用（解説 1-2，解説 1-3）

本ガイドラインは、適用箇所を炉内構造物等点検評価ガイドライン（BWR 及び PWR）に規定する炉内構造物の MVT-1 試験の範囲とし、適用時期は、製造・建設時を含む発電所の商業運転開始前及び商業運転開始後の供用期間中とする。

第2章 適用の条件

2.1 試験評価員及び試験員（解説 2-1）

- (1) 遠隔目視試験を実施し、適用される規格、コード、仕様書及び手順書に従って結果を解釈し、評価する技術者（以下、試験評価員）は、試験を実施する上で十分な能力を有する者^{※1}とする。
- (2) 遠隔目視試験を実施し、適用される規格、コード、仕様書及び手順書に記載された基準に従って試験結果を記録し、分類する技術者（以下、試験員）は、試験を実施する上で十分な能力を有する者^{※1}とする。

※1：目視試験の方法、試験対象機器に応じた試験機材の操作方法、試験対象機器の特徴・損傷事例等に関する教育や社内認定を受けている者を指す。

2.2 試験機材

以下の(1)～(4)の機器を含むカメラシステムを用いる。

(1) 水中カメラ

検出対象に対して十分な解像度を有するカメラを使用する。

なお、試験において、周辺構造物との兼ね合いから、カメラ配置に制約がある場合、カメラとは別にミラー等を用いても良い。ただし、その場合はミラーもカメラシステムの一部とみなす。

(2) カメラ付属照明／補助照明

光量調整機能を有する照明を使用する。また、必要に応じてカメラ付属照明と補助照明のどちらか若しくは両方を使用する。

(3) モニタ

カメラとの組み合わせで検出対象に対して十分な解像度を有するモニタを用いる。

(4) 記録装置

カメラとの組み合わせで検出対象に対して十分な解像度を有する記録装置を用いる。

第3章 試験方法

3.1 試験準備

(1) 試験前の解像度確認（解説 3-1）

カメラシステムについて、異常が無く、有効な試験を行える明るさ・コントラスト・感度であることを確認するため、試験の前に 0.025mm 幅のワイヤの識別に加え、1.1mm 高さのアルファベット文字群中の a, c, e, o 等、上下に飛び出しのない文字（以下、1.1mm 高さ文字）を正しく読み取れることを確認する。また、解像度確認は、以下の条件を満足するように実施する。

- ・記録装置の動作確認として映像記録を残す。
- ・カメラ-対象間距離は、試験条件以上の距離にて実施する。
- ・ズームによる解像度確認は、試験で使用し得る最低倍率にて実施する。
- ・水の透明度は、試験環境と同等とする。
- ・カメラ-対象間角度は、試験条件によらず 0°（正対）としても良い。

(2) 試験対象面のクリーニング（解説 3-2）

クラッド等の汚れにより試験対象面が適切に評価できる画像を得ることができない場合があるため、適切に評価できるか否かを判断し、結果を記録する。適切に評価できないと判断した場合は、試験対象面のクリーニングを行う。

クリーニングに際し、まず部分的なクリーニングを実施し、クリーニング未実施箇所と比較することで、試験対象面全体のクリーニング要否を判断しても良い。

なお、クリーニング実施後はクラッド等が浮遊し透明度が低下する場合があるため、透明度が回復したことを確認した後に試験を実施する。

3.2 試験

(1) カメラ条件・照明条件の設定（解説 3-3）

カメラ及び照明条件の設定においては、以下の a～e の項目の全てを確認する。

a. カメラ-対象間距離

試験時のカメラ-対象間距離は、解像度確認を実施した距離以内とする。

なお、試験時のカメラ配置に制限があり接近できない場合は、ズームを使用して試験を実施しても良い。ただし、ズーム倍率は解像度確認を実施した倍率以上とする。

b. カメラ-対象間角度

試験時のカメラ-対象間角度は、カメラや装置のアクセス性を検討の上、可能な限り 0° （正対）から $\pm 30^\circ$ の範囲とする。

c. ピント

ピント調整はオートフォーカスで実施して良い。また、目的の箇所にピントが合っていることを確認するため、適宜手動で調整しても良い。

カメラのピントが合っている範囲を有効視野として試験し、画面上にピントが合っていない範囲がある場合、その範囲は有効視野から除外して試験を実施する。その上でオーバーラップ代を調整し、有効視野にて全ての試験範囲が網羅されるように試験を実施する。

d. カメラ走査速度

カメラを走査しながら試験する場合、走査速度は 12mm/s 以下とする。

e. 照明条件の調整

試験対象機器の形状による照明のあたり方や周辺の構造物からの照明の反射が試験面表面の視認性に与える影響を考慮して照明を配置し、カメラ感度やコントラストも考慮しながら光量を適切なレベルに設定する。この時、白とび（ハレーション）や黒つぶれが発生しないように、適宜照明の位置や光量調整を実施する。

調整後も白とびや黒つぶれ箇所が残存する場合、その部分を有効視野から除外して試験を実施する。その上で、オーバーラップ代を調整し、有効視野にて全ての試験範囲が網羅されるように試験を実施する。

(2) 試験環境の影響確認（解説 3-4）

以下の a～e の影響を考慮し、試験対象面を適切に評価できる画像が得られていることを適宜確認しながら試験を実施する。確認方法としては、表面性状（試験対象面上に存在する溶接ビード、機械加工痕、製造時のアークストライクの痕等）を画像にて適宜確認する方法がある。なお、試験中にカメラを走査する場合は、試験環境の影響確認もカメラを走査した状態で行うものとする。

a. クラッド等による試験対象面の汚れ

試験中にクラッド等により試験対象面を適切に評価できる画像が得られない場合は、適宜 3.1 項に定めるクリーニングを実施する。

b. 放射線の影響

試験中は周辺環境によりカメラに放射線が照射され、モニタ上に断続的な放射線ノイズが表示される場合がある。また、長時間の試験や高線量下の試験によりカメラの撮像素子が損傷し画質が徐々に低下するため、必要に応じ、適宜 3.3 項に定める解像度確認を行う。

c. 炉水の濁り・浮遊物

炉水の濁り・浮遊物が試験に影響のないことを確認する。炉水の濁り・浮遊物の影響から表面性状（溶接ビード、機械加工痕、製造時のアークストライクの痕等）の識別が難しい場合は、環境が回復するまで試験を中断する。

d. 炉水の水流

炉水の水流により、表面性状確認に悪影響を与えるようなカメラの揺れがないことを確認する。炉水の水流の影響から表面性状（溶接ビード、機械加工痕、製造時のアークストライクの痕等）の識別が難しい場合は、環境が回復するまで試験を中断する。

e. その他の影響因子

グラインダ処理面が確認された場合は、グラインダ処理の程度の影響により、また溶接ビードを残した溶接部が確認された場合は、溶接部の母材と溶接ビードの境界部及び溶接ビード上の形状不連続部の影響により、検出対象の識別が困難となる場合があるため、試験対象面を適切に評価できる画像を得られていることに注意する。

(3) 観察（解説 3-5）

観察は試験評価員を含む 2 人以上の試験評価員又は試験員で実施し、少なくとも 1 人の試験評価員又は試験員は、ライブ映像により観察を行う。

(4) 疑義の詳細確認（解説 3-6）

試験中に摩耗，亀裂，腐食，浸食等の異常と疑われる箇所が認められた場合，以下の手法を参考に可能な限り詳細確認する。

a. カメラ-対象間距離の調整

カメラ-対象間距離を調整することで，疑義が生じた箇所の周辺の状態を拡大して観察し，摩耗，亀裂，腐食，浸食等の異常であるか詳細確認する。

b. カメラ-対象間角度の調整

カメラ-対象間角度を調整することで，疑義が生じた箇所とカメラの位置関係を変えて観察し，摩耗，亀裂，腐食，浸食等の異常であるか詳細確認する。

また，詳細確認の手段としてパン・チルト操作などを用いても良い。

c. カメラ走査速度の低速化

カメラを走査しながら試験する場合は，カメラ走査速度を低速化又は疑義が生じた箇所で停止し，摩耗，亀裂，腐食，浸食等の異常であるか詳細確認する。

d. 手動でのピント調整

画面内にピントが合わない箇所がある場合，手動でピント調整することで疑義が生じた箇所の周辺の状態を詳しく観察し，摩耗，亀裂，腐食，浸食等の異常であるか詳細確認する。

e. ズームの使用

疑義が生じた箇所を，ズームを用いて拡大して観察し，摩耗，亀裂，腐食，浸食等の異常であるか詳細確認する。

f. 照明位置・光量の変更等

疑義が生じた箇所を，照明の位置や光量を変えて観察し，摩耗，亀裂，腐食，浸食等の異常であるか詳細確認する。

3.3 試験後の解像度確認（解説 3-1）

3.1(1)に従い試験後の解像度確認を実施する。0.025mm 幅のワイヤ又は 1.1mm 高さ文字のいずれか一方でも識別又は読み取りができない場合、試験結果は無効とする。

3.4 再試験

試験手順に不備があることが判明した場合、及び試験後の解像度確認にて 0.025mm 幅のワイヤの識別ができない又は 1.1mm 高さ文字が正しく読み取れない場合は再試験とする。

第4章 試験記録

水中カメラの映像を録画し，録画した画像から記録を作成する。
解像度確認記録及び試験記録には，以下の内容を記載する。

(1) 解像度確認記録

- a. 解像度確認試験片名
- b. 解像度確認試験片 No.
- c. 試験年月日及び時刻
- d. 試験評価員名及び試験員名
- e. カメラ（型式，識別番号，ズーム倍率）
- f. カメラ-対象間距離
- g. カメラ-対象間角度
- h. 解像度確認結果（画像含む）
- i. その他特記事項（映像記録媒体 No. 等）

(2) 試験記録

- a. 試験場所
- b. 試験箇所名
- c. 試験年月日及び時刻
- d. 試験評価員名及び試験員名
- e. カメラ（型式，識別番号，ズーム倍率）
- f. カメラ走査速度（必要に応じ）
- g. クリーニング要否
- h. 試験結果（検出対象の有無，位置，寸法，形状，進展の有無，分布状態等の特性情報，代表画像含む）
- i. その他特記事項（映像記録媒体 No. 等）

(解説 1-1) ガイドライン制定の目的

炉内構造物の点検では、構造上、点検装置の接近を制約する範囲が大きいことから、随時、最新の知見と技術を反映し、点検技術の向上と運転経験の蓄積に努めている。

原子力安全の確保のためには、これらの運転経験の評価と研究活動を通じて過去の教訓を活かし我々が学ぶことにつれて発展するプロセスを構築するとともに、これを継続していくことが求められる。このため、本ガイドラインは、従来国内の炉内構造物の遠隔目視試験に適用されてきた JSME 発電用原子力設備規格維持規格で規定する、0.025mm 幅のワイヤの識別によって実施する MVT-1 試験の要求を満たしたうえで、これまでの知見や経験を反映した標準要領を示すことにより、摩耗、亀裂、腐食、浸食等の異常の識別性向上を目的としている。

(解説 1-2) 本ガイドラインの適用にあたって

炉内構造物の保全活動は、確立された原子力発電所の品質保証マネジメントシステムのもとで行われる保守管理の一環として行われなければならない。よって、本ガイドラインで適用する点検及び評価は、品質保証活動全般の基本的事項を規定した日本電気協会の「原子力安全のためのマネジメントシステム規程 (JEAC4111)」及び品質保証活動のうち、事業者が供用期間中に実施すべき保守管理の基本要件を規定した「原子力発電所の保守管理規程 (JEAC4209)」に基づき実施されることを前提としている。

本ガイドラインでは、引用する学協会規格の改訂年度を記載していない。学協会規格は新知見反映等の理由で定期改訂されるため、利用者は最新版の適用可否を確認するとともに、原子力規制委員会による技術評価等の状況を総合的に勘案して、適切に判断する必要がある。

(解説 1-3) 適用箇所

本ガイドラインは、炉内構造物等点検評価ガイドラインに規定する炉内構造物の MVT-1 試験対象部位に対して適用することを想定してまとめられたものであるが、特に対象を MVT-1 試験対象部位に限定するものではない。今後の規格・基準や検査動向の変化に伴い生じる様々な検査ニーズに応えるべく、幅広く適用できるものである。

(解説 2-1) 試験評価員及び試験員

炉内構造物の遠隔目視試験には、目視試験の方法、試験対象機器に応じた試験機材の操作方法、試験対象機器の特徴・損傷事例等の知識が求められるため、これらに関する教育や社内認定を受けていることを試験評価員及び試験員の要件とした。

将来、規格（JIS Z 2305^{※1}又は同等の技術レベルと考えられる規格^{※2}）に基づき目視試験技術者の資格試験が国内で実施される際には、本ガイドラインに要件として取り込むことを検討する。

※1：JIS Z 2305：非破壊試験技術者の資格及び認証

※2：同等の技術レベルと考えられる規格の例を以下に示す。

- a. ANSI/ASNT CP-189：ASNT Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel
- b. ASME Code Section XI：Appendix VI - QUALIFICATION OF PERSONNEL FOR VISUAL EXAMINATION
- c. ISO 9712：Non-destructive testing - Qualification and certification of NDT personnel

(解説 3-1) 解像度確認

解像度確認の目的は、水中カメラや照明によって構成されるカメラシステムに異常がなく、試験中期待する性能を維持しており、有効な試験を行える又は行えたことの確認である。

解像度確認の指標は、MVT-1 試験に採用されている 0.025mm 幅のワイヤの識別に加え、米国で実施されている VT-1 試験と同等の 1.1mm 高さ文字を正しく読み取れることとした。

カメラ-対象間距離及びズームについては、試験中に解像度が一番低下する条件としてそれぞれ“試験条件以上の距離”及び“試験で使用し得る最低倍率”にて実施することとした。

水の透明度については、試験中のカメラ-対象間距離及びズーム倍率に直接影響を与えるため、試験環境と同等の条件にすることとした。

カメラ-対象間角度については、解像度確認の目的であるカメラシステムの異常検知に直接影響を与えないため、試験条件によらず 0° (正対)としても良いとした。

なお、試験後の解像度確認にてカメラシステムに異常が認められた場合は再試験となるが、試験の中間に解像度確認を行っておくことで、試験中にカメラシステムに異常が発生しても、最後にカメラシステムの正常性を確認できた解像度確認を試験後の解像度確認とみなして、それ以前の試験結果については有効と認められる。

長時間の試験や高線量下の試験においては、放射線によってカメラの撮像素子が劣化し異常が発生することがあるため、試験環境に合った適切な頻度での解像度確認の実施や定期的なカメラ交換の計画、耐放射線性カメラの使用等を推奨する。

(解説 3-2) 試験対象面のクリーニング

クリーニングの要否を判断する際には、試験対象面上の溶接ビード、機械加工痕、製造時のアークストライクの痕等を確認できることを指標とする方法もある。

なお、クリーニングを過度に実施すると、試験対象面からの照明の反射の影響が強くなり、表面性状の確認が困難となる場合があるので、クリーニングの程度には注意する。

(解説 3-3) カメラ条件・照明条件

検出対象の識別性は本文 3.2 試験 (1)カメラ条件・照明条件の設定の a～e 項の各条件の影響を複合的に受ける。そのため、a～e 項の各条件については国内外の試験データを基に設定した。

しかしながら、炉内構造物の検査対象は狭隘部に位置することもあり、カメラや装置のアクセス性の問題により条件を満たさない場合がある。その場合は 0.025mm 幅のワイヤ及び 1.1mm 高さ文字を使用して、別途識別性を確認する。なお、別途識別性確認を実施した場合でも試験データが十分でないため、本ガイドラインに記載した事項を満たした場合と同等とは言えないが、より良い検査手法を実践するという点で、有効な手段とみなす。

・カメラ-対象間距離

試験時のカメラ-対象間距離が解像度確認時の距離以内であれば、一般に解像度確認時と比較して解像度が低下することはないため、試験時のカメラ-対象間距離は、解像度確認を実施した距離以内とした。また、同様にズーム倍率についても、解像度確認時のズーム倍率以上であれば一般に解像度確認時より解像度が低下することはないため、試験時のズーム倍率は、解像度確認を実施したズーム倍率以上とした。

ただし、ズーム倍率が大きいほどカメラの揺れによる画像のブレが強くなるため、ズームを使用する場合は、試験時のカメラの揺れ防止をすること。

・カメラ-対象間角度

カメラ-対象間角度が大きくなると、亀裂の見かけの開口幅が減少することから、可能な限りカメラ-対象間角度を 0° (正対) $\pm 30^{\circ}$ の範囲とする。EPRI 遠隔目視試験方法の評価書^[1]では、カメラ-対象間角度を 0° (正対) $\pm 30^{\circ}$ の範囲とすることで検出対象の識別性向上が図れると報告されている。また、国内で実施した試験結果でもカメラ-対象間角度 30° の亀裂の識別性は 0° (正対) と同等で良好な結果が得られている。

・カメラ走査速度

EPRI ラウンドロビン報告書^[2]によると、試験に参加したベンダーの要領書に規定されていた最も速いカメラ走査速度は 0.5in/s (12.7mm/s) と報告されている。それに加え、国内で実施した試験結果でも走査速度 0mm/s (静止状態) から 12mm/s の範囲で亀裂の識別性は良好であった。なお、走査速度の上限を 12mm/s とした理由は、走査速度が 12mm/s を超える場合の試験データが十分でないためである。

なお、視野サイズ (FOV) が狭い条件で試験を実施する場合には、FOV が広い場合と比較して、カメラの揺れによる画像のブレの影響が大きくなるため、試験時の揺れ低減に注意する。例えば、画像のブレの影響がなくなるまでカメラ走査速度を低速化させると

良い。

- ・ 照明条件

映像にブレやノイズが確認された場合は、照明や機械式アイリス等により明るさを調整する。この時、解像度確認時と試験時で明るさ環境を著しく変えないように注意する。

カメラ付属照明に拡散板を取付けると、白とび（ハレーション）が軽減され、有効視野が広がる場合があることに加え、表面の微小な凹凸による陰影が軽減され、検出対象が識別しやすくなる場合がある。よって、カメラ-対象間距離が近い場合は拡散板取付けの検討をすると良い。

また、補助照明を用いて照明を当てる角度を変えて試験を実施することで白とびを軽減できる場合があるため、白とびが顕著な場合は照明角度の変更を検討すると良い。

(解説 3-4) 試験環境

・放射線の影響

放射線ノイズは画面上に現れる微小な点状のノイズであり、ホワイトスポットノイズと呼ばれる。これらはランダムに位置を変え、1画面の試験時間に比べてごく短時間（1秒未満）のみ現れ、映像上の特定位置に表示され続けるわけではないため、基本的に検出対象を覆い隠すことはない。

・炉水の濁り・浮遊物

炉水の濁りや浮遊物の影響で表面性状の視認性が低下することが想定されるため、これらの影響を低減する運用とした。

・炉水の水流

炉水の水流の影響で表面性状の視認性が低下することが想定されるため、その影響を低減する運用とした。

・その他の影響因子

試験対象面として想定されるグラインダ処理面及び溶接ビードを残した溶接部について、影響と対処法を以下に示す。

(a) グラインダ処理面

最終的な表面仕上げがグラインダ処理により行われている表面をグラインダ処理面とする。グラインダ処理の程度により、検出対象の識別が困難になる場合がある。

試験対象面がグラインダ処理面の場合は、必要に応じて画像を拡大する、又はカメラ走査速度を低速化し、照明条件を調整しながら試験を実施することでグラインダ痕と検出対象の識別性が向上する場合がある。

(b) 溶接ビードを残した溶接部

溶接ビードが機械加工やグラインダ処理等の仕上げを行われず、溶接のままに残された溶接部において、母材と溶接ビードの境界部や溶接ビード表面は、その形状不連続部の影響により検出対象との識別が困難となる場合がある。

試験対象面が溶接ビードを残した溶接部の場合は、カメラの傾き、ズーム操作を活用することで、表面の特徴の視認性を向上させるため、影を防止するため識別性向上が図れることが、また補助照明を使用し、補助照明をカメラ付属照明とは別の角度で試験面を照らすことができる位置に設置することで識別性向上が図れることが、EPRIラウンドロビン報告書^[2]で報告されている。また、カメラ走査速度を低速化し、照明

条件を調整しながら試験を実施することで溶接ビードの谷や溶接ビード止端部と検出対象の識別性が向上する場合がある。

(解説 3-5) 観察

EPRI ラウンドロビン報告書^[2]によると、2 次的な観察者を追加することで誤検出や検出漏れが低減したとの報告があるため、試験評価員を含む 2 人以上の試験評価員又は試験員で観察することとした。

また、観察時に試験評価員及び試験員による疑義の詳細確認部位の抽出や評価等の業務補助を目的とし、AI 等のデジタル技術を使用しても良い。なお、各種官公庁・団体が AI の導入・運用に関するガイドライン^{*1}を公表している。

※1：様々なガイドラインが公表されているが、例として、石油・化学プラント等の保安への適用を想定した「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」^[3]がある。

(解説 3-6) 疑義の詳細確認

疑義の詳細確認時に、以下を実施すると検出対象の識別性が向上することがある。

- ・補助照明にセード等を取付けて照明の一部を遮り、試験面を散乱光のみで照らすと検出対象の暗部が強調される場合がある。特に試験面がグラインダ処理面の場合は、グラインダ痕が目立たなくなるとともに検出対象の暗部が強調され、より検出対象の識別性が向上する場合がある。
- ・検出対象の識別性向上のため、ノイズ除去、高画質化、彩度・明度の強調によるコントラストの改善や輪郭強調等の画像処理を実施しても良い。ただし、元画像を保存しておくこと。

参考文献

- [1] Evaluation of Remote Visual Examination Methods (Report No.1011625), Electric Power Research Institute, November 2005.
- [2] Remote Visual Testing Round-Robin Study (Report No.3002007793), Electric Power Research Institute, December 2016.
- [3] プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン 第 2 版, 石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 (経済産業省, 総務省消防庁, 厚生労働省), 2021 年 3 月,
https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16/pdf/r03/jisyuhoan_shiryo_03_02.pdf

炉内構造物等点検評価ガイドライン[遠隔目視試験]の概要

1. 目的と適用範囲

本ガイドラインは、原子力発電所における炉内構造物の供用期間中に発生可能性がある機器表面の摩耗、亀裂、腐食、浸食等の異常を検出するために適用する遠隔目視試験の標準要領を示すことを目的とする。

適用範囲は炉内構造物等点検評価ガイドライン（BWR 及び PWR）に規定する炉内構造物の MVT-1 試験の範囲とする。

2. 適用の条件

2.1 試験評価員及び試験員

試験評価員及び試験員は目視試験の方法、試験対象機器に応じた試験機材の操作方法、試験対象機器の特徴・損傷事例等に関する教育や社内認定を受けている者とする。

2.2 試験機材

表 1 の条件を満たす試験機材を使用する。

表 1 試験機材と満たすべき条件

試験機材	満たすべき条件
水中カメラ	検出対象に対して十分な解像度を有するカメラを使用する。
カメラ付属照明／補助照明	光量調整機能を有する照明を使用する。また、必要に応じてカメラ付属照明と補助照明のどちらか若しくは両方を使用する。
モニタ	カメラとの組み合わせで検出対象に対して十分な解像度を有するモニタを用いる。
記録装置	カメラとの組み合わせで検出対象に対して十分な解像度を有する記録装置を用いる。

3. 試験方法

3.1 試験準備

(1)試験前の解像度確認

カメラシステムについて、異常が無く、有効な試験を行える明るさ・コントラスト・感度であることを確認するため、試験の前に 0.025mm 幅のワイヤの識別に加え、1.1mm 高さのアルファベット文字群中の a,c,e,o 等、上下に飛び出しのない文字を正しく読み取れることを確認する。

(2)試験対象面のクリーニング

クラッド等の汚れにより試験対象面が適切に評価できる画像を得ることができない場合があるため、適切に評価できるか否かを判断し、結果を記録する。適切に評価できないと判断した場合は、試験対象面のクリーニングを行う。

3.2 試験

(1)カメラ条件・照明条件の設定

カメラ及び照明については、表 2 に示す条件を満たすように設定する。

表 2 試験時に満たすべきカメラ・照明についての条件

設定項目	満たすべき条件
カメラ-対象間距離	試験時のカメラ-対象間距離は、解像度確認を実施した距離以内とする。
カメラ-対象間角度	試験時のカメラ-対象間角度は、カメラや装置のアクセス性を検討の上、可能な限り 0°（正対）から±30°の範囲とする。
ピント	調整はオートでも手動でも可。有効視野はピントが合っている範囲とする。
カメラ走査速度	カメラを走査しながら試験する場合、走査速度は 12mm/s 以下とする。
照明条件の調整	白とびや黒つぶれが発生しないように、照明の位置や光量を調整する。

(2)試験環境の影響確認

以下の a～e の影響を考慮し、試験対象面を適切に評価できる画像が得られていることを適宜確認しながら試験を実施する。

- a. クラッド等による試験対象面の汚れ
- b. 放射線の影響
- c. 炉水の濁り・浮遊物
- d. 炉水的水流
- e. その他の影響因子

(3)観察

観察は試験評価員を含む 2 人以上の試験評価員又は試験員で実施し、少なくとも 1 人の試験評価員・試験員は、ライブ映像により観察を行う。

(4)疑義の詳細確認

試験中に摩耗、亀裂、腐食、浸食等の異常と疑われる箇所が認められた場合、以下の手法を参考に可能な限り詳細確認する。

- a. カメラ-対象間距離の調整
- b. カメラ-対象間角度の調整
- c. カメラ走査速度の低速化
- d. 手動でのピント調整
- e. ズームの使用
- f. 照明位置・光量の変更等

3.3 試験後の解像度確認

試験後に 3.1 項(1)試験前の解像度確認に従い解像度確認を行う。

3.4 再試験

試験手順に不備があることが判明した場合、及び試験後の解像度確認が成立しない場合は再試験とする。

4. 試験記録

水中カメラの映像を録画し録画した画像から以下の記録を作成する。

- (1) 解像度確認記録
- (2) 試験記録

炉内構造物等点検評価ガイドライン
[遠隔目視試験]
(第2版)

編集者 一般社団法人 原子力安全推進協会
炉内構造物等点検評価ガイドライン検討会

発行者 一般社団法人 原子力安全推進協会
〒108-0014 東京都港区芝 5-36-7 三田ベルジュビル 13, 14 階
TEL 03-5418-9312 FAX 03-5440-3606

©原子力安全推進協会, 2024

本書に掲載されたすべての記事内容は、原子力安全推進協会の許可なく、
転載・複写することはできません。