

# 書籍のご案内

## 放射線透過試験Ⅲ

**編集：**(一社) 日本非破壊検査協会 編集委員長 大岡紀一  
**体裁：**B5 版, 220 頁  
**発行：**平成 28 年 1 月 10 日  
**定価：**本体 4,800 円+税 (送料別)

非破壊試験技術者の技術者の能力・技量は、JIS Z 2305:2013 (非破壊試験技術者の資格及び認証) においてレベル 1, レベル 2 及びレベル 3 に分類している。認証されたレベル 3 技術者は、対象となる NDT 作業の実施及び指示する力量が実証されていることから、次の項目が規定されている。

- a) 現行の規格, コード及び仕様書によって結果を評価し, 解釈する力量をもっている。
- b) NDT 方法の選択, NDT 技法の確立及びほかに判定基準が存在しない場合にはその確立を補佐するために, 適用する材料, 製造, プロセス及び製品技術についての十分な実技に関する知識をもっている。
- c) ほかの NDT 方法に関する一般的な知識に精通している。

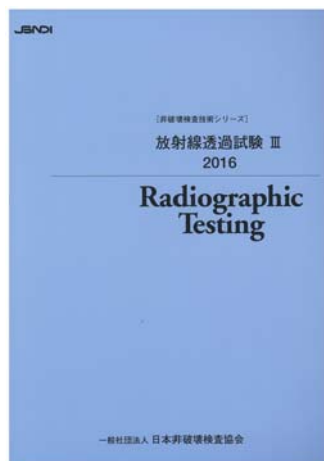
一方, レベル 3 技術者に, 資格証明書に明記された力量の範囲で, 次の各事項を実施することを許可してもよいと規定されている。

- a) 試験設備, 並びに試験センター及びその職員についての全責任を負う。
- b) NDT 指示書及び手順書を作成し, 編集上及び技術上の精査, 並びに妥当性を実証する。
- c) 規格, コード, 仕様書及び手順書を解釈する。
- d) 使用する特定の NDT 方法, 手順書及び NDT 指示書を指定する。
- e) 全レベルの全ての作業を実施し, 監督する。
- f) 全レベルの NDT 技術者を指導する。

2001 年には国際整合化の対応として, JIS Z 2305 (非破壊試験—技術者の資格及び認証) が制定された。2012 年に ISO 規格と欧州の EN 規格との統一が図られ, JIS Z 2305 は ISO9712:2012 をもとに 2013 年に改正された。そこで, 本書の改訂にあたっては, この改正 JIS に基づき行っており, そこで教育・訓練のために取り上げている ISO/TR25107 (訓練用シラバス) に関する訓練要綱を採用して放射線透過試験技術者レベル 3 に対応し得る内容としている。

本書は, 上級の試験技術者を対象としているが, 従来のテキストの内容に, “用語と歴史”, “NDT に関わる品質局面” などを新たに加え, さらにデジタルラジオグラフィなどの最新の放射線透過試験技術も含めて全面的に改訂・編集を行ったものである。

(はしがきより抜粋)



# 目 次

1. NDT の歴史と用語 .....	1
1.1 歴史と目的 .....	1
1.2 用語 .....	3
1.2.1 JIS 用語の制定状況 .....	3
1.2.2 ISO 規格との関連 .....	3
1.2.3 非破壊試験の主な用語について .....	4
2. 放射線透過試験の物理的原理と関連知識 .....	5
2.1 放射線の性質 .....	5
2.1.1 X 線による撮影 .....	5
2.1.2 ガンマ線による撮影 .....	8
2.1.3 中性子ラジオグラフィ .....	10
2.1.4 電子線ラジオグラフィ .....	13
2.1.5 放射線の物質に対する作用 .....	14
2.2 X 線の発生 .....	15
2.2.1 X 線管の機能 .....	15
2.2.2 X 線のスペクトル .....	17
2.2.3 特性 X 線の特徴 .....	18
2.2.4 固定フィルタ .....	19
2.3 ガンマ線の発生 .....	19
2.3.1 自然及び人工放射線の壊変 .....	21
2.3.2 非破壊試験における放射性核種 .....	22
2.3.3 放射線源の強さと半減期 .....	23
2.3.4 $\gamma$ 線の特徴 .....	24
2.3.5 吸収線量と空気衝突カーマ率定数 .....	25
2.3.6 $\gamma$ 線スペクトル及び実効エネルギー .....	25
2.4 放射線と物質との相互作用 .....	26
2.4.1 減弱とエネルギー .....	26
2.4.2 減弱曲線と減弱係数 .....	29

2.4.3	散乱線	31
2.4.4	平板試験体の散乱線	31
2.4.5	透過写真のコントラスト及び被写体コントラスト	36
2.4.6	フィルタ効果及び線質硬化	41
2.5	フィルム撮影方法及びデジタル撮影方法の特徴	41
2.5.1	新しい検出器	44
2.5.2	デジタル撮影方法の分類	47
2.6	放射線透過試験の撮影配置	49
2.6.1	EN12543及びEN12679による焦点寸法の測定	49
2.6.2	幾何学的及び総合的不鮮鋭度からの最適化	51
2.6.3	焦点寸法, 管電圧, 管電流	56
2.6.4	線源寸法, 放射能強度	57
付録1	散乱線が階調計の濃度差に及ぼす影響	59
1.1	階調計のモデル	59
1.2	階調計の濃度差の評価値	62
付録2	階調計の配置と透過写真のコントラスト	63
付録3	透過度計の配置と識別最小線径	64
3.1	フィルム—試験体間距離と透過写真のコントラストの関係	64
3.2	フィルム側と焦点側に透過度計を配置した場合のコントラストの比	65
3.3	試験条件が透過写真のコントラストの比に及ぼす影響	66
3.	製品知識並びに試験方法の特性及び関連技術	68
3.1	溶接部の不連続部	68
3.2	鋳造品の欠陥	68
3.3	検出性能に及ぼす影響	68
3.3.1	検出可能な透過厚さの範囲	68
3.3.2	X線, $\gamma$ 線の適用厚さの範囲	76
3.3.3	撮影枚数と照射角度との関係	83
4	装置	91
4.1	X線装置の構造	91
4.1.1	各種方式	91

4.1.2	回転陽極方式及びラインフォーカス方式	94
4.2	$\gamma$ 線装置の構造と取扱い	95
4.2.1	$\gamma$ 線装置の構造	95
4.2.2	線源送り出し装置	97
5	試験の事前情報	100
5.1	国内規格	100
5.1.1	放射線透過試験に関する日本工業規格（JIS規格）	100
5.1.2	放射線透過試験に関する学協会規格	101
5.1.3	機器・構造物の構造に関するJIS規格	101
5.2	国内法令など	101
5.2.1	ガス事業法	102
5.2.2	高圧ガス保安法	103
5.2.3	消防法	104
5.2.4	石油パイプライン事業法	106
5.2.5	電気事業法	108
5.3	ISO規格	110
5.4	米国規格	113
5.4.1	ASTM規格	113
5.4.2	ASMEコード	116
6	試験	118
6.1	写真処理	118
6.1.1	フィルムにおける写真処理の原理	118
6.1.2	写真処理における因子の影響及び装置	119
6.1.3	透過写真のトラブルの原因と対策	120
6.1.4	手動及び自動現像機による写真処理	120
6.1.5	CR（Computed Radiography）におけるIP（Imaging Plate）の管理	121
6.2	ISO 17636-1による溶接継手の試験	122
6.2.1	適用範囲	122
6.2.2	試験分類	122
6.2.3	試験手順	122

6.2.4	エネルギーと線源の選択	124
6.2.5	フィルムと増感紙の選択（フィルムの区分，増感紙の厚さ）	125
6.2.6	線源と試験体間の最小距離	125
6.2.7	透過写真の濃度	126
6.3	ISO 4993 : 2009による試験及び検討	126
6.3.1	複雑な試験体に対する適用範囲	126
6.3.2	試験手順（撮影枚数，配置など）	126
6.3.3	エネルギーの選択（呼称厚さ，最大管電圧， $\gamma$ 線適用の厚さの範囲，配置など）	127
6.3.4	適用範囲の拡大（二重フィルム法，高エネルギー及び線質効果の利用）	127
6.3.5	フィルムと増感紙の組み合わせ，フィルムクラスなど	128
6.3.6	最低濃度	128
6.3.7	線源と試験体間の最小距離	128
6.4	透視試験，デジタル撮影方法	128
6.4.1	EN 13068による透視試験	128
6.4.2	検出器（X線透視装置：蛍光板，フラットパネル，X線蛍光増倍管，カメラ及びTVシステム）	130
6.4.3	応用例（オンライン製品検査，リアルタイム検査）	131
6.4.4	手法の制限（解像度，リアルタイム性，S/N，MTF）	132
6.4.5	画像処理の基本（観察，文書化）	132
6.5	特殊技術	136
6.5.1	立体撮影技術	136
6.5.2	パノラマ撮影技術	139
6.5.3	腐食検査	140
6.5.4	マイクロフォーカスによる拡大撮影	144
6.5.5	高・低密度物質の放射線透過試験	145
6.5.6	軟X線による放射線透過試験	149
6.5.7	コンクリート構造物の放射線透過試験	150
6.5.8	フィルタ及び遮へい材を用いた放射線透過試験	151
6.6	透過度計（像質計）に関する規格	152
6.6.1	透過度計（像質計）の規格	152
6.6.2	透過度計と像質計について	153
6.6.3	規格の構成・体系	153
6.6.4	像質の評価・規定	154
6.7	溶接部及び鋳物検査のためのNDT手順書の作成	158

6.7.1	他の NDT 手法と組合わせた試験手順	158
6.7.2	手順の優先順位	158
6.7.3	試験手法の選択 (試験時間, 放射線防護機器)	158
6.7.4	試験を行う技術者の資格	159
6.7.5	費用見積	159
6.7.6	適用及び評価のための仕様書の選択	159
6.7.7	溶接検査の記述例 (ASTM 規格に準拠した検査)	159
6.7.8	放射線検査の仕様書及び手順書の例	162
7	評価と報告	185
7.1	評価の基本	185
7.1.1	工業用放射線透過写真観察器 (最高濃度, 拡散性, 均一性)	185
7.1.2	生態的要因 (視野, 観察環境, 暗順応)	186
7.2	透過写真の評価	189
7.2.1	像質の確認 (必要条件の確認)	189
7.2.2	不連続部の報告	191
7.3	報告書の作成	192
8	アセスメント	193
8.1	不完全部の分類	193
8.1.1	きずの種類, 寸法, 位置及び分布	193
8.1.2	ISO 規格などによる溶接継手における分類	194
8.1.3	ASTM 規格などによる鋳鋼品における分類	197
8.1.4	国内の関連規格	197
8.1.5	製造と材料の影響	199
9	NDT に関わる品質側面	202
9.1	試験技術者の資格	202
9.1.1	試験技術者に関する JIS 及び ISO 規格	203
9.1.2	非破壊試験技術者の役割	204
9.2	機器の校正及びトレーサビリティ	205

9.3	NDT 文書の様式	207
9.4	文書のトレーサビリティ	208
9.5	他の NDT 資格及び認証システム	208
9.6	適用可能な NDT 方法と製品規格のレビュー	212
10	革新的な放射線透過試験技術	214
10.1	コンピューテッドラミノグラフィ	214
10.2	コンピューテッドトモグラフィの原理及び適用例	215
10.2.1	第 1 世代方式	216
10.2.2	第 2 世代方式	216
10.2.3	第 3 世代方式	216
10.2.4	3 次元立体表示	217
10.3	フィルムデジタイジング	218
10.4	後方散乱 X 線撮影方法	219
10.5	高エネルギー対応コンピューテッドトモグラフィ	220