

JIS Z 2305 に基づく非破壊試験技術者の資格及び認証の動向について

非破壊試験技術者の資格及び認証の国際化は、1999年にISO 9712（非破壊試験技術者—資格及び認証）が改正されたのを機に、NDIS（非破壊検査協会規格）に代ってJIS化が実現した。世界的にはそれぞれの国の資格・認証に係る事情もあって、統一したISO規格に基づく資格及び認証制度の整合化(Harmonization)は極めて困難で、特に欧州の規格であるEN 473とISO 9712はもとより、ASMEとの関連も踏まえての整合化は長年にわたる国際的な課題となっていた。そのため、ISO/TC 135（非破壊試験）とCEN/TC 138（欧州標準化委員会）との間での合同会議が設置され、ISO 9712とEN 473との整合化が進められた。ISO 9712とEN 473との相違点についての討議が2009年9月、初めてマドリッド（スペイン）において行われ、2011年10月に開催されたメキシコ、カンクンでの最終段階での討議を経て、最終投票の結果、本年6月15日付でEN/ISO 9712:2012として発行された。一方、国内の状況として、（一社）日本非破壊検査協会（以下、JSNDIという）はNDIS 0601に基づく認定制度を1968年にスタートし、2009年9月まで実施してきたが、ISO規格との国際整合のために資格の名称を変更している。またISO 9712:1999への移行の過程でNDIS J001によって実施し、JIS化に伴うJIS Z 2305:2001に基づき2003年から実施して現在に至っている。国際的には将来を見据えて、技術者の資格及び認証に向けて多国間承認協定、認証機関の評価と承認などの議論も行われ、ICNDT（国際非破壊試験委員会）内に「Qualification and Certification（資格及び認証）」に関するWorking Group（WG 1）が設置された。一方、JSNDIにおいては「ISO 9712 整合化タスクフォース」を2010年10月に設置し、国際整合化へ向けての取り組みに着手した。

1. ISO 9712 と EN 473 との整合化 の経緯

ISO/TC 135ではISO 9712とEN 473との整合化に際して、具体的にはISO/TC 135/WG3/SC7とCEN/TC 138/AHG 9との合同WGで対応して業務を支援していくこととし、第1回の合同WGに始まり、2010年6月のモスクワでの会議で、再度、ISO 9712とEN 473との相違点についての確認、討議が行われ、殆どがENの規格内容に修正されたISO規格は、ISO/DIS 9712:2011の形で審議された。これを受けて、修正されたISO/DIS 9712:2011は2011年7月に締切りの投票が行われ、その結果19か国からの300件を超えるコメントをメキシコで最終審議して、投票を経て約1年後にISO規格として制定された。

2. 現状と改正 JIS との主な相違点

現 JIS Z 2305(ISO 9712:1999MOD)と改正が予定されている JIS との主な相違点を挙げると、

- (1) 訓練時間がガイダンスから、義務となり、レベル3の訓練時間が規定された。
- (2) 近方視力が Times Roman N6 又はそれに相当する文字から N4.5 となった。
- (3) レベル 1,2 の実技試験の合格点が最小限 80%から 70%となった。
- (4) 実技試験の採点における報告の義務のある不連続部(Mandatory reportable discontinuity) を報告しない場合の取り扱いが規定された。
- (5) 工業分野では JIS で採用していたマルチセクター（材料、溶接、構造物）の規定が無くなった（これに代って現在のマルチセクターに最も近い工業分野として供用前・供用期間中試験（製造を含

む)が相当する)。新規・再認証試験の試験体数は UT,MT,PT,ET において 3 体, RT においてはレベル 2 で 2 体の撮影と 24 枚のフィルムの解釈が規定された。

- (6)レベル 1,2,3 の新規試験の再試験受験回数は 1 回で, 初めに受験した資格試験の後 30 日以上, 2 年以内が, 2 回で初めての試験後 1 か月以降で 2 年以内となった。
- (7)レベル 1,2 の新規実技試験時間(推奨する最大の許容時間)はレベル 1 で 3 時間から 2 時間, レベル 2 で 4 時間から 3 時間と短縮された。
- (8)レベル 1,2 の再認証試験の内容において簡単な実技試験又は簡単な専門試験から実技試験となった。
- (9)レベル 1,2 の再認証試験の再試験受験回数及び受験期間は, 新たに 2 回で 1 回の再試験後の 7 日後から 6 か月以内と規定された。

その他, 適用範囲におけるひずみ試験(測定):ST(SM)に関しては, ひずみゲージ試験(ST: Strain Gauge Testing)として存続することとなった。

3. 改正 ISO 9712 への国内対応について

JSNDIではISO 9712整合化タスクフォースにおいて, 国際整合化したISO 9712に連動して活動しているICNDTなどの動向を視野において, 国際整合化に向けて以下のような検討を行ってきている。

- (1) ISO 9712の国際整合化の動向とJIS Z 2305規格改正の方向性の検討
- (2) ISO 9712 の整合化へ向けた実施のための具体的検討
- (3) 整合化した ISO 9712 実施後における多国間承認協定を踏まえた認定などの検討

上記(1)に関しては, 2011年当初からJIS Z 2305:1999の改正作業を進め(財)日本規格協会及び経済産業省の協力を得て本年4月に第1回の改正原案作成委員会を開催した。ここでは, 統一されたISO規格及びEN規格を踏まえて, 国際整合の観点から, EN ISO 9712:2012のIDT(国際一致規格)としての改正を進めた。引き続いて6月に第2回を, また7月に第3回を開催して最終の改正案がまとめられ, 8月からパブリックコメンにかかけられている。上記(2)について, この改正JIS Z 2305:2013(5月発行予定)に基づく, 運用開始を現時点で2013年8月予定としているが, 技術者の資格・認証制度の円滑な推進のために, 改正JIS Z 2305に基づく資格・認証制度の概要説明会を6月19日に大阪で, 20日の午前及び午後の2回を東京で実施している。一方, 再認証試験などへの対応として東京及び大阪における新たな試験センターの設置, 新たな試験体の製作とマスターシートの作成, 改正JISにおける受験料の設定, 講習会及び実技試験など, 引き続き本年秋に予定している詳細説明会に向けて, 運用面での課題対応などの検討を実施している。

なお, 上記(3)に関しては, 今後の資格・認証制度の実施状況を踏まえて継続的に検討することとしている。

以上, ISO 9712に基づく非破壊試験技術者の資格及び認証の動向について, その概略を述べたが, この制度を開始して以来, 約40年が経過し, 現在, 国際整合化の動向に対処した国内の資格・認証制度の見直し及び確立が急務となっている。今後, JIS Z 2305の改正に基づく非破壊試験技術者の資格・認証制度の円滑な推進を図っていく予定となっている。

RTレベル3 二次C₁ (基礎) 試験のポイント

2008年の2月号及び2010年の6月号の本欄にRTレベル3の二次C₁(基礎)試験について紹介した。RTに関するレベル3の基礎知識(C₁)30問、関連する工業分野におけるRTの適用(C₂)20問を四者択一形式で、試験時間2時間で行っている。

試験問題の出題範囲や内容については、前回及び前回で紹介したものと基本的には変わっていないが、今回もう一度、正答率が多少低い類似問題を数問取り上げて、ポイントを解説し受験者の参考に供したい。

問1 次の文中の[A]～[D]に入れる適切な語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

X線と物質との相互作用によって生じた散乱線は、物質を透過する過程で更に二度三度と散乱を繰り返すことが多い。一般に、[A]が増すほど散乱の回数も多くなる。コンプトン散乱の場合の散乱後のX線のエネルギーは、散乱前のそれよりも[B]なる。したがって、散乱を繰り返すほど散乱X線のエネルギーは[C]なる。換言すれば波長は[D]になっていく。

[解答群]

- [A] (a) 透過する厚さ (b) 焦点寸法
(c) 陽極の原子番号 (d) 電源電圧
[B] (a) 長く (b) 短く (c) 高く (d) 低く
[C] (a) 長く (b) 短く (c) 高く (d) 低く
[D] (a) 長く (b) 短く (c) 高く (d) 低く

正答 [A](a) [B](d) [C](d) [D](a)

X線と物質との相互作用に関する問題である。各種の相互作用によって発生する散乱X線は、物質を透過する過程において更に二度三度と散乱を繰り返すことが多い。透過する厚さが厚いほど、この散乱回数も多くなる。したがって、弾性散乱を除いてコンプトン散乱の場合は、散乱後のX線のエネルギーは入射X線のエネルギーより低いので、散乱を繰り返すほどX線のエネルギーは低くなり、X線の波長は長くなっていく。

問2 次の文中の[E]～[H]に入れる適切な語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

X線装置では、携帯に便利な[E]と据置式の[F]に機器構成上の分類がなされている。高電圧回路としては前者では[G]、後者では[H]が主に使用される。

[解答群]

- [E] (a) 分離形 (b) 一体形
(c) 横置形 (d) 縦置形
[F] (a) 分離形 (b) 一体形
(c) 横置形 (d) 縦置形
[G] (a) 等価回路 (b) 定電流回路
(c) 定電圧回路 (d) 自己整流回路
[H] (a) 等価回路 (b) 定電流回路
(c) 定電圧回路 (d) 自己整流回路

正答 [E](b) [F](a) [G](d) [H](c)

工業用X線装置についての問題である。JIS Z 4606 工業用X線装置では、構造による分類としては、現場作業で使用しやすいようにX線管と高圧トランス等を一つの容器に収納して、携帯に便利な形式のものを一体形とし、撮影室等に設置して高能率な作業が実施できる形式のものを分離形と規定している。高電圧回路としては、一体形では自己整流回路が使用されており、高級な装置の分離形では、整流器やコンデンサ等を組み合わせて直流に変換してX線管に印加する方式を採用しており、更に出力の安定化を考慮して定電圧回路が使用されている。

問3 別紙1のX線フィルムの特性曲線を利用して、次の文中の[I]～[K]に適する数値を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

母材の厚さが19.0mmの鋼板の突合せ溶接継手をIX100+Pb0.03を用いて母材部の濃度が3.00の撮影条件で透過写真を撮影したところ濃度が2.60となった。これを濃度3.00の撮影条件に対して最大の変動と考えれば、±[I]%の変動を考慮する必要がある。次にIX80+Pb0.03を用いて母材部の濃度が3.00となる撮影条件で透過写真を撮影した場合、濃度は[J]から[K]まで変化することが予想される。

[解答群]

- [I] (a) 14 (b) 20 (c) 25 (d) 30
[J] (a) 3.20 (b) 3.35 (c) 3.50 (d) 3.60
[K] (a) 1.20 (b) 1.90 (c) 2.30 (d) 2.50

正答 [I] (a) [J] (b) [K] (d)

X線フィルムの特性曲線の利用に関する問題である。別紙1の図はここでは省略するが、「放射線透過試験問題集 1999」の282頁のものである。[I]の変動率については、ほとんどの受験者が理解をしているようだが、[J]、[K]については、十分理解できているとは言えないようである。目盛の読取りに問題があると思われるが、もう一度検討してもらいたい。

問4 次の文は、透過写真の濃度について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。ただし、 $\log 2=0.3$ 、 $\log 3=0.5$ とする。[L]

- (a) 透過光の輝度が入射光の輝度の1/50になった。この透過写真の濃度は1.3である。
- (b) 透過光の輝度が入射光の輝度の1/300になった。この透過写真の濃度は2.5である。
- (c) 透過光の輝度が入射光の輝度の1/600になった。この透過写真の濃度は2.9である。
- (d) 透過光の輝度が入射光の輝度の1/2000になった。この透過写真の濃度は3.6である。

正答 [L] (b)

透過写真の濃度 D の定義は次式による。

$$D = \log(L_0/L)$$

ここで、 L_0 は入射光の輝度、 L は透過光の輝度

(a) の場合は $\log 50$ を求めることになり、濃度 D は1.7で正しくはない。(b) の場合は $\log 300$ を求めることになり、 $\log 100 + \log 3 = 2 + 0.5 = 2.5$ で正しい。(c) の場合は $\log 600$ で2.8で正しくない。(d) は $\log 2000 = 3.3$ で正しくない。

問5 次の文は、 γ 線の性質について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。[M]

- (a) ^{192}Ir や ^{60}Co の γ 線のエネルギーは、時間の経過とともに低下する。
- (b) ^{192}Ir や ^{60}Co の γ 線の線源寸法は、時間の経過とともに小さくなる。
- (c) ^{192}Ir や ^{60}Co の γ 線の線量率は、時間の経過とともに低下する。
- (d) ^{192}Ir や ^{60}Co の γ 線の線量率は、時間の経過によらず一定である。

正答 [M] (c)

γ 線の性質についての基本的な問題で、RTレベル1でも間違えることのないと思われる問題である。正確に理解してほしい。 γ 線は核種によってエネルギーは一定であり、線源寸法も時間の経過によって変化しない。放射線の強さ、線量率が時間の経過とともに低下する。

問6 次の文中の[N]に入れる適切な数値を一つ選び、記号で答えよ。

厚い試験体を撮影したところ、試験体の線源側表面に置いた08F形の直径0.50mmの透過度計が識別限界であった。このときの散乱比の値は、3.5であった。

次に、絞りとしゃへいマスクを利用して散乱比の値が1.5となるようにして、同一濃度の透過写真を撮影した。試験体の線源側に置いた08F形の透過度計の識別限界となる最小の線径は、[N] mmである。ここで、線源寸法の影響は無視できるほど小さいものとし、X線装置、管電圧、管電流、線源・フィルム間距離、X線フィルム及び増感紙は変わらないものとする。なお、透過度計の線径 d と識別限界コントラスト ΔD_{\min} の関係は、線径が0.10mm~0.50mmの範囲では次式の関係があるものとする。 $\Delta D_{\min} = C \cdot d^{-2/3}$ C: 定数

[N] (a) 0.32 (b) 0.40 (c) 0.50 (d) 0.64

正答 [N] (b)

透過写真の像質の改善は管電圧を下げたり、散乱比を下げたりする方法で行って、透過度計の識別限界線径を計算させる問題はよく出題されている。「放射線透過試験問題集 1999」の133頁にこの類題について解説している。数値を変えて出題されても計算できるように理解しておいて欲しい。

以上今回は6題の問題について解説したが、前回の記事も是非参考にして欲しい。しかし、内容としては一部の問題を除けばRTレベル2の知識をしっかりと理解しておくことが基本である。

UT レベル3 二次C₁ (基礎) 試験のポイント

UT レベル3の基礎(C₁)試験の類似問題は、過去に Vol.54 No.2 及び Vol.55 No.4 で紹介した経緯がある。今回解説の問題と共に過去の記事も参考にして訓練に励んで戴きたい。

レベル3の出題範囲は、レベル1,2,3のすべてであり、レベル2の問題集や、レベル3の参考書も広く対象にして学習するよう努めてほしい。

問1 次の文は、遠距離における各種形状のきずの距離振幅特性について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 限界寸法以下の直径の円形平面きずのエコー高さは、距離 x に反比例する。
- (b) 限界寸法以下の幅の帯形平面きずのエコー高さは、距離 x の $3/2$ 乗に反比例する。
- (c) 円柱形きずのエコー高さは、距離 x の 2 乗に反比例する。
- (d) 球形きずのエコー高さは、距離 x の $3/2$ 乗に反比例する。

正答 (b)

これは超音波探傷におけるきずの反射特性と距離特性の問題である。きずの寸法が小さい場合、よく知られているように、きずの大きさ(面積)に比例してエコーが高くなるが、ある程度以上にきずが大きくなるとそれ以上きずが大きくなってもエコーの高さは変化しなくなる。この「エコー高さがそれ以上高くなるきずの寸法」を『限界寸法』と呼んでいる。球形のきずや限界寸法以下の円形平面きずなどの点状のきずからのエコー高さは距離 x の 2 乗に反比例し、円柱きずや帯形平面きずのように一方向に限界寸法より長い線状のきずからのエコー高さは距離 x の $3/2$ 乗に反比例する。

問2 次の文は、きずの寸法測定について述べたものである。誤っているものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 端部エコー高さは、きずの先端の形状・寸法に依存している。
- (b) 端部エコー法とは、きずの長さの測定法である。
- (c) 端部エコー法によって、きずの高さを測定する場

合、集束斜角探触子を使用すると測定精度が高い。

- (d) 面状の内部きずの先端で散乱もしくは回折された超音波を利用して、きずの寸法を測定することができる。

正答 (b)

端部エコー法は、斜角探傷において特に平面状のきずの端部から反射する回折波をとらえて斜角探触子の屈折角と測定したビーム路程からきず端部の位置を計算により求める方法で、主に平板突合せ継手完全溶込み溶接部の溶込み不良のきず高さ測定に利用されている。探触子を通常の斜角探触子から集束斜角探触子に替えることにより超音波がきず端部に集中して端部エコーの識別が良くなるため測定精度は向上する。また、回折波によるエコーは微小であるため、きず端部の形状・寸法や傾きなどによりエコー高さは変化する。

問3 次の文は、各種超音波探触子の特徴について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 電磁超音波探触子では、垂直方向に伝搬する横波を受信することは困難である。
- (b) 電磁超音波探触子は、一般の圧電素子探触子と比較して感度が高い。
- (c) 集束探触子を使用した場合、方位分解能は焦点付近とその前後で大きく異なる。
- (d) 表面波探触子の構造は、一般の斜角探触子と全く異なっている。

正答 (c)

電磁超音波探触子は、導電体の試験体表面の磁場内に送信コイルを配置し、高周波電流を流すことにより非接触で超音波を発生することができる。磁場のかけ方を変えることにより横波、縦波を発生することができる。電磁超音波探触子は圧電探触子と同じように超音波振動を電気信号に変換することができる。感度は圧電素子探触子に比べると $40\sim 60\text{dB}$ も低いためパルサー電圧を高くしたり、受信増幅器の改善をして S/N 比の向上を図っている。

集束探触子は焦点付近に集束ビームが形成されて方位分解能が高いが、その前後では方位分解能が低下する。表面波探触子の構造は、斜角探触子と同じで、屈折横波に対する臨界角になるよう入射角を調整したものである。

問4 次の文は、探触子と受信器の周波数特性について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 等価きず直径を求める探傷では、広帯域探触子と超音波探傷器の広帯域受信器の組合せが良い。
- (b) 等価きず直径を求める探傷では、狭帯域探触子と超音波探傷器の狭帯域受信器の組合せが良い。
- (c) 等価きず直径を求めるための探傷でも、特別に探触子や超音波探傷器の受信器の周波数特性に注意する必要はない。
- (d) 超音波の減衰が大きい試験体の探傷では、狭帯域探触子と、超音波探傷器の広帯域受信器の組合せが良い。

正答 (b)

基本的に探触子と受信機の周波数帯域を揃えて使用することによって探触子の特性を活かすことができる。垂直探傷で等価きず直径を求めるためには DGS 線図を用いて行う。DGS 線図は、従来周波数の固定した連続波で計算されたものであった。2007 年に改定された JIS G 0587 ではパルス波による DGS 線図が規定されたが、狭帯域のパルス波を対象としている。狭帯域探触子の周波数分布はかなり中心周波数に集中しているが、広帯域探触子は広範囲となっている。このため、DGS 線図を用いて等価きず直径を求める場合は探触子、探傷器とも狭帯域特性に合わせたものが良い。狭帯域探触子は一般に波数が多く、広帯域探触子は波数が少ない(パルス幅が狭い)。減衰の大きい試験体は一般的に結晶粒が大きく、超音波が散乱されて林状エコーが発生しやすい。パルス幅が広いほど散乱された超音波が干渉し加算されて林状エコーが高くなりやすい。このため減衰が大きい試験体の探傷では、波数が少なく林状エコーの発生しにくい広帯域探触子と広帯域受信器を用いて行うのが良い。

問5 次の文は、図に示すように鋼とチタンクラッド鋼を探傷した場合の底面エコー高さを比較したものである。(1)及び(2)に適する数式及び数値を、解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

図1の鋼板の底面エコー高さ h_1 を基準として、図2に示すように、チタンをクラッドした鋼板が水に接しているときの底面エコー高さ(チタンと水との境界面のエコー

高さ) h_2 の比 h_2/h_1 は (1) で表され、その値を計算すると (2) % となる。ただし、音響インピーダンスの記号及び数値は次表に示すとおりであり、空気の音響インピーダンスは無視する。また、拡散及び減衰の影響は無視するものとする。

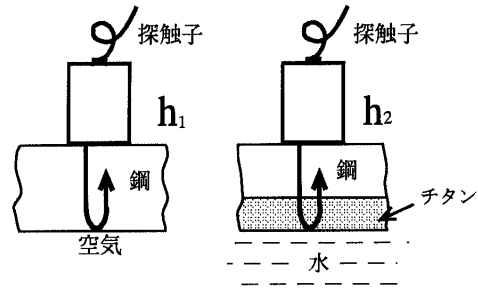


図1 図2

物質	音響インピーダンス	
	記号	値(kg/m ² s)
鋼	Z_1	45×10^6
チタン	Z_2	27×10^6
水	Z_3	1.5×10^6

(1) (a) $\frac{4Z_1Z_2}{(Z_1+Z_2)^2} \cdot \frac{Z_3-Z_2}{Z_2+Z_3}$ (b) $\frac{2Z_3}{Z_2+Z_3} \cdot \frac{Z_2-Z_1}{Z_1+Z_2}$
(c) $\frac{Z_2-Z_3}{(Z_2+Z_3)^2} \cdot \frac{Z_3(Z_1+Z_2)}{4Z_1Z_2}$ (d) $\frac{2Z_3}{Z_2-Z_3} \cdot \frac{(Z_1+Z_2)^2}{Z_1Z_2}$

(2) (a) 42 (b) 50 (c) 81 (d) 84

正答 (1) (a) (2) (d)

図1の場合、空気の音響インピーダンスは無視できるので0であり、底面での音圧反射率は100%となる。底面エコー高さ h_1 はこの反射率に比例する。

図2の場合、底面エコー高さ h_2 は、鋼からチタンへの音圧通過率 $(2Z_2)/(Z_1+Z_2)$ 、チタンと水界面の音圧反射率 $(Z_3-Z_2)/(Z_2+Z_3)$ 及びチタンから鋼への音圧通過率 $(2Z_1)/(Z_2+Z_1)$ の積に比例する。したがって、エコー高さの比 h_2/h_1 は式 (a) で表される。

また式 (a) にそれぞれの音響インピーダンスを代入して計算をすれば (d) の84%が得られる。

UT レベル3の基礎知識問題は、多くの問題が超音波探傷試験問題集から出題されているが、数値や対象物などが変わっても対応できるよう理解しておく必要がある。