

E T レベル 1 一般・専門試験のポイント

JIS Z 2305 : 2013 非破壊試験技術者の資格及び認証に基づく ET レベル 1 の新規一次試験は主に参考書である『渦電流探傷試験 I』から出題される。試験の結果を見ると受験者の理解不足や誤解によると思われる正答率の低い問題が見受けられる。本稿では、最近行われた試験のうち正答率の低かった問題に類似した例題により解答のポイントを解説する。

一般試験の類題

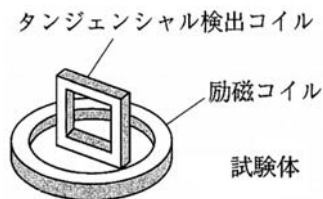
問 1 次は、ある材料の導電率 $\sigma = 2.9 \times 10^7$ S/m を %IACS で示したものである。最も近いものを一つ選び記号で答えよ。ただし、純銅の抵抗率は 1.72×10^{-8} Ω m とする。

- (a) 1.7 (b) 5.0 (c) 17 (d) 50

正答 (d)

導電率 σ と抵抗率 ρ は逆数関係にあり、純銅の導電率は $\sigma = 1/\rho = 1/1.72 \times 10^{-8} \approx 5.81 \times 10^7$ S/m である。導電率の表し方としては、SI 単位 (S/m) と国際的に採用された焼鈍標準軟銅による単位 (%IACS) の 2 種類あり、軟銅の導電率 (5.81×10^7 S/m) を 100 として試験体の導電率を百分率で表現したのが %IACS である。この問題では、導電率 $\sigma = 2.9 \times 10^7$ S/m を %IACS 単位に変換するもので、 $(2.9/5.81) \times 100 \approx 50$ (%IACS) が得られ、正答は (d) である。

問 2 次の図は、上置プローブの構造を示したものである。このプローブの正しい名称を一つ選び記号で答えよ。



- (a) 一様渦電流プローブ
 (b) クロスポイントプローブ
 (c) θ プローブ
 (d) マルチプローブ

正答 (c)

図のように円形の励磁コイルとタンジェンシャル検出

コイルを組み合わせたものを上から見た形がギリシャ文字の θ に見えることから θ プローブと呼ぶ。図に示すように平板状の試験体に対して円形に巻いた励磁コイルに交流電流を流すと、渦電流も円形に誘導される。これに対し、矩形に巻いたコイルを 90 度傾けて試験体に適用したものをタンジェンシャルコイルと呼ぶ。タンジェンシャルコイルを用いると、渦電流を直線状に誘導することができるため、検出感度に方向性ができるので、割れの進展方向を知ることができる。 θ プローブの特徴はリフトオフ雑音が発生しにくい。したがって、正答は (c) である。

一様渦電流プローブは、励磁コイルとして巻き幅を広くしたタンジェンシャルコイルを用い一様な渦電流が発生する領域を作り出し、この領域に小さい検出コイルを配置した構造となっており、リフトオフに対して雑音が発生しにくいものである。クロスポイントプローブは二つのタンジェンシャルコイルを 90 度の角度で交差させた構造であり、一方を励磁コイルとし、他方を検出コイルとして用いる相互誘導形の試験コイルであり、リフトオフ雑音が発生しにくいものである。マルチプローブは小さなコイルを直線的に複数個並べて配置し、検査幅を広げたものである。それぞれのコイルの配置は参考書を参照のこと。

問 3 次の文は、コイルのインピーダンス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) コイルの電流が大きくなると小さくなる。
 (b) コイルの電流が大きくなると大きくなる。
 (c) 試験周波数が高くなると小さくなる。
 (d) 試験周波数が高くなると大きくなる。

正答 (d)

渦電流試験に用いられているコイルは銅線を巻いており、コイルは銅線の持つ抵抗成分 R と巻くことによるインダクタンス成分 L の双方を持ち、回路としては抵抗とインダクタンスを電源に対して直列に繋いだものと等価となる。コイルのインピーダンス Z (単位: Ω) は抵抗と同じように電流を妨げるものということであるが、直流回路の抵抗と区分されており次式で示される。

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \dots \dots \dots (1)$$

このうち、 ωL はリアクタンスと呼ばれ、 $\omega L = (2\pi f) L$ で示され、 f は試験周波数 (単位: Hz) である。インピーダンスはコイルの電流に左右されず、(a) と (b) は不正

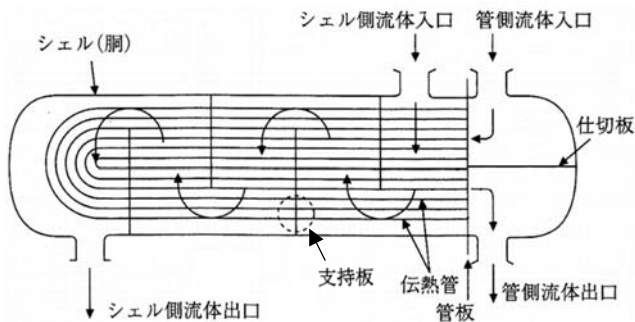
解である。試験周波数が高くなるとリアクタンス ωL が増加するため、インピーダンス Z は増加するので、(c) は不正解であり、正答は (d) である。

専門試験の類題

問4 次の文は、内挿プローブの試験対象となる熱交換器の構造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) 胴体内部で管板を支えるための板を支持板という。
- (b) 胴体外部で伝熱管を支えるための板を支持板という。
- (c) 胴体内部で伝熱管を支えるための板を支持板という。
- (d) 胴体外部で管板を支えるための板を支持板という。

正答 (c)



上図は熱交換器の構造例を示したものである。熱交換器には様々な方式、構造がある。この例ではシェル（胴体）の内部に多くのU字状の伝熱管を内蔵しており、支持板、あるいはバッフルプレートと呼ばれる構造材で支えられている。したがって、正答は (c) である。

問5 次の文は、内挿プローブによる熱交換器の探傷に用いられている多重周波数渦電流探傷試験法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) 複数の周波数を合成してコイルに流すため、試験情報は一つである。
- (b) 熱交換器の探傷試験において伝熱管支持板部の影響を低減し、きず信号を検出しやすくすることが可能である。
- (c) 10 倍程度異なる 2 つ以上の周波数を励磁して探傷が行われる。
- (d) 使用する周波数は試験体の材質、肉厚に関係なく一定である。

正答 (b)

多重周波数渦電流探傷試験法は、一組のコイルに複数の周波数を合成し流すため、得られる情報は多く、(a) は不正解である。主チャンネルで使用する周波数は試験体の材質、肉厚を考慮し適正な周波数を設定する必要がある、(d) は不正解である。多重周波数渦電流探傷試験法は、渦電流の表皮効果を利用したものであり、使用目的、すなわち消去する不要信号の発生要因（試験体の内/外表面）により、主チャンネルと副チャンネルの 2 つの周波数比は 1/2~1/4 又は 2~4 倍程度に設定する必要がある、周波数比を大きくし過ぎると不要信号の波形が大幅に異なり消去し難くなり、(c) は不正解である。したがって、正答は (b) である。

問6 次の文は、手動操作により上置プローブを用いた平面及び曲面の渦電流探傷試験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) プローブ走査は、割れに対して平行方向となることを原則とする。
- (b) 走査ピッチは、コイルの有効検出領域が一部重複するように設定する。
- (c) 検出すべき割れの方向が不明の場合、少なくとも平行な 2 方向の走査を行う。
- (d) プローブ軸は、試験体面に対し常に平行となるように保持する。

正答 (b)

手動操作により上置プローブを用いて渦電流探傷試験を行う場合は、プローブを試験体面に対して、常に垂直となるように保持しないと検出感度が変わるため、(d) は不正解である。また、検出すべき割れの方向に直交する方向に走査することが重要であり、(a) は不正解である。検出すべき割れの方向が不明の場合、少なくとも直交する 2 方向の走査を行う必要がある、(c) は不正解である。短い割れを検出するためには、走査ピッチを小さく、コイルの有効検出領域が一部重複するように設定する。したがって、正答は (b) である。

レベル 1 の一次試験には、重要と思われる問題は繰り返し出題される傾向があり、受験者は本稿に限らず過去の NDT フラッシュを必ず精読しておく必要がある。

ST レベル 1 一般・専門試験のポイント

ST レベル 1 の一次試験は、ひずみゲージ試験の実施に必要な基礎知識を問う一般試験とひずみゲージ試験の特徴や実施に関する注意事項を問う専門試験からなる。ここでは、過去に出題された正答率の低い一般試験と専門試験の中から、まだ取り上げられていない類題についてそのキーポイントを解説する。なお、ST レベル 1 の問題のキーポイントについては、直近の NDT フラッシュ欄 (Vol.69, No.3) に解説があるので参照されたい。

一般試験の類題

問 1 非破壊検査とひずみゲージ試験の特徴に関する次の記述のうちから、正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 非破壊検査では、部品や部材の内部にあるきずを検出できない。
- (b) ひずみゲージ試験では、構造物の腐食は検出できない。
- (c) ひずみゲージ試験では、ひずみ測定のために試験体に荷重を与える必要はない。
- (d) 非破壊検査では、検査のために試験体に荷重を与える必要がある。

正答 (b)

非破壊検査は、部材の表面及び内部のきずを検出する試験法であり、大部分の手法では荷重を負荷しない。一方、ひずみゲージ試験では、一般的には種々の様式の負荷を受けた部材の表面に生じるひずみを測定する。ひずみゲージ試験は腐食の検出には適用できないが、非破壊検査法の中で超音波検査法、放射線透過法などが適用可能である。以上から、正答は (b) となる。

問 2 直径が D 、電気抵抗が R の金属線がある。長さ L と比抵抗 (抵抗率) ρ を一定として、直径を $D/2$ に変更したときの抵抗値はいくらになるか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $\frac{R}{4}$ (b) $\frac{R}{2}$ (c) $2R$ (d) $4R$

正答 (d)

電気抵抗 R は、抵抗線の長さ L 、断面積 A 、比抵抗 ρ により次式で求まる。

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{4L}{\pi D^2}$$

前式から電気抵抗 R は、直径 D の 2 乗に反比例することが分かる。 ρ と L が同一で、直径 D が 1/2 倍になれば抵抗値は 4 倍に増大する。したがって、正答は (d) となる。抵抗体の電気抵抗 R を求める前式は、形式を変えて一般試験だけでなく、専門試験としてもしばしば出題されているので、理解しておくことが重要である。

問 3 ひずみゲージ試験では、ひずみゲージの抵抗変化率がひずみに比例することを利用している。この場合の比例定数は次のどれになるか。次のうちから正しいもの一つを選び、記号で答えよ。

- (a) ヤング率 (b) ゲージ率
- (c) ポアソン比 (d) 比抵抗

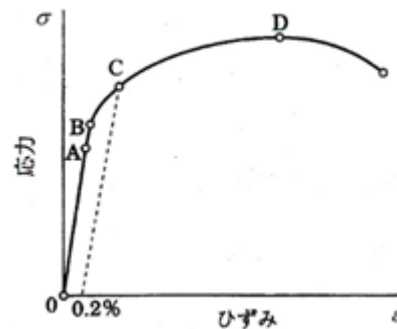
正答 (b)

ひずみゲージの抵抗変化率の定義を問う問題である。抵抗変化率 $(\Delta R/R)$ は、次式で与えられる。

$$\frac{\Delta R}{R} = K \epsilon$$

ここで、比例係数 K はゲージ率、 ϵ は測定ひずみである。上式は問 2 の解説で示した電気抵抗式から導出できる。したがって、正答は (b) となる。比抵抗は、電気抵抗式の比例係数である。ヤング率とポアソン比は、それぞれ材料の弾性定数である。このひずみゲージの抵抗変化率に関する問題も形式をかえて、専門問題としてもよく出題されている。

問 4 以下に示すアルミ合金の引張応力—ひずみ線図において、耐力はどの点の応力として示されるか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



- (a) A 点 (b) B 点 (c) C 点 (d) D 点

正答 (c)

耐力の定義を問う問題である。軟鋼のような降伏点現象を示さない大部分の金属材料の引張応力-ひずみ線図は、前図のようになる。耐力とは、降伏点（降伏応力）に相当する強度として、0.2%ひずみの点から初期の直線の傾き（ヤング率）と平行に直線を引き、引張応力-ひずみ曲線との交点Cでの応力値をいう。A点は比例限度、B点は弾性限度、D点は引張強さを示す。したがって、正答は（c）となる。

専門試験の類題

問5 ひずみゲージの接着時に使用するシアノアクリレート系接着剤の使用可能な最高温度は、どのくらいか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 50°C (b) 120°C
- (c) 300°C (d) 400°C

正答 (b)

シアノアクリレート系接着剤（瞬間接着剤）は通常の箔ひずみゲージの接着用としてよく使用されるので、その使用可能な温度範囲は知っておく必要がある。この接着剤の使用可能な温度範囲は、約-50~120°Cである。したがって、最高温度は120°C程度であるので、正答は（b）となる。

問6 ひずみゲージを測定物に接着した後の絶縁抵抗は、どの程度以上であれば、支障なくひずみ測定ができるか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

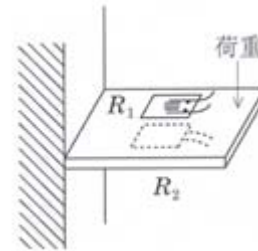
- (a) 120 Ω (b) 500 Ω
- (c) 120 kΩ (d) 100 MΩ

正答 (d)

ひずみゲージは測定物に接着剤で接着後に、ひずみゲージに損傷がないか、また測定物と電氣的に絶縁されているかを抵抗計と絶縁抵抗計で確認する必要がある。通常の箔ひずみゲージの両端の抵抗は120Ω前後である。一方、絶縁抵抗は理想的には無限大が望ましいが、通常は絶縁抵抗計で測定すると、100~500MΩ程度となる。したがって、正答は（d）である。

問7 以下に示す片持ちはりの上下面の対称な位置に、各1枚のひずみゲージが貼り付けられている。このはり曲げ荷重を受けたとき、ひずみゲージの出力電圧が1枚のひずみゲージのときの2倍となるブリッジ回路の結

線法を、何法と呼ぶか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



- (a) アクティブ・ダミー法
- (b) 対辺アクティブゲージ法
- (c) フルブリッジ法
- (d) 2アクティブゲージ法

正答 (d)

ひずみ測定に使用するブリッジ構成は、問題文に記載された4法と1アクティブゲージ法がある。(a)は以下の図1に示す抵抗辺 (R_1 と R_2) の位置に、同一の抵抗値 R とゲージ率 K を持つ2枚のひずみゲージを接続し、 R_2 ゲージ（ダミーゲージ）は測定物の熱ひずみ ϵ_T を測定用として使用する。このときの出力電圧 e は $\Delta R_1/R_1 - \Delta R_2/R_2$ ($=K(\epsilon_1 + \epsilon_T) - K\epsilon_T$) に比例し、両出力に含まれる熱ひずみ成分を消去することができる。(b)は R_2 ゲージ（アクティブゲージ）を抵抗辺 R_3 の位置に接続する結線法をいう。このときの出力電圧 e は $\Delta R_1/R_1 + \Delta R_2/R_2$ に比例する。

(c)は R_1 から R_4 の抵抗辺のすべてに、ひずみゲージを接続する結線法をいう。(d)は問7に示すようなはりの曲げひずみを、感度よく測定するときなどに使用する。曲げを受けると、はり上面の曲げひずみ ϵ_b は引張（正）となり、下面の曲げひずみは圧縮（負） $-\epsilon_b$ となる。この結線法での出力電圧 e は $\Delta R_1/R_1 - (-\Delta R_2/R_2)$ ($=K\epsilon_b + K\epsilon_b = 2K\epsilon_b$) に比例し、1枚のゲージのときの出力電圧の2倍となる。したがって、正答は（d）となる。なお1アクティブゲージ法とは、図1に示す R_2 ゲージを固定抵抗とする最も簡単な1ゲージ法をいう。

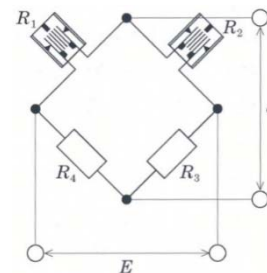


図1 2アクティブゲージ法による結線

非破壊試験業務における資格レベルの適正な運用について

一般社団法人 日本非破壊検査協会
認証事業本部

(一社)日本非破壊検査協会における非破壊試験技術者の認証制度に対するご理解とご支援を賜るとともに、認証資格を種々の工業分野において活用いただき、誠に有難うございます。協会と致しまして、社会資本の安全確保における重要な担い手である非破壊試験技術者の更なる地位向上を目指しています。

さて、認証されている非破壊試験技術者(2020年4月現在)の延べ総件数は86,000件を超えており、第3者認証制度としての資格発行件数は世界第1位を誇るものとなっています。その内訳はレベル3:8,040件(9.3%)、レベル2:61,916件(71.6%)、レベル1:16,446件(19.1%)となっています。

一部の検査実施現場においては、種々の場面でレベル3技術者を要請するケースが増加傾向にあり、検査工事が輻輳する場合などにおいては、請負者側が保有しているレベル3技術者の数に限りがあることから、要求される人員の手当てに困難を生じているとの声が聞かれます。これには、とにかく最高のレベルの技術者でなければならないとの思いが発注者側にあるためと思われるが、それぞれの資格の責任範囲に応じて依頼をして頂くことが大切です。

発注仕様書等に試験の実務者としてレベル3技術者が規定された場合でも、レベル2で十分に対応可能な場合が多々見られます。また、レベル2技術者で十分に対応可能な業務にレベル3技術者が指定されることにより、検査の実務が十分実施できる資格であるべきレベル2の社会的地位を落としかねないと危惧しています。

当協会と致しまして、それぞれの技術レベルに応じた適正な運用をお願い致したく、非破壊試験業務にはレベル1又はレベル2技術者を指定して頂くことが妥当と考えています。

また、別紙により「JIS Z 2305:2013(非破壊試験技術者の資格及び認証)に基づく技術者の資格レベル」を示しますので、資格者の業務範囲をご理解いただき、非破壊試験業務を発注、あるいは委託するにあたって技術レベルを指定する場合には、以下のように切り分けくださるようお願い致します。

(1) NDT指示書で探傷の詳細が指示されている場合はレベル1技術者

(レベル 2 又はレベル3 技術者の監督*のもと)

※監督:ほかのNDT技術者が実施するNDTの適用を指示する行為。これには、NDTの準備及び実施並びに結果の報告に関わる行為の管理を含みます。該当事者を常時側に置いて監督することではありません。

(2) 探傷した結果できずの位置や大きさなど複雑な判断を要する場合にはレベル2技術者

(3) 総合的にどんな試験方法を選択するか、あるいは仕様書、NDT 手順書の作成、提出などを要する場合はレベル3技術者

このことについて皆様のご理解を頂き、今後とも非破壊試験業務には、認証された適正なレベルの非破壊試験技術者の採用をお願い致します。また、関連業界で統一の見解を持って頂けるよう当協会と致しまして引き続き広報して行く所存でございますが、関連業界の皆様におかれましても趣旨をご理解頂き、適正な運用を図って頂けますよう宜しくお願い申し上げます。

<参考> JIS Z 2305:2013(非破壊試験技術者の資格及び認証)に基づく技術者の資格レベル

レベル1

レベル1の認証を受けた個人は、指示書に従って、かつ、レベル2又はレベル3技術者の監督の下で、NDTを実施する力量を実証している。雇用主は、レベル1技術者に、資格証明書に明記された力量の範囲で、NDT指示書に従って次の項目を実施する許可を与えてもよい。

- a) NDT装置を調整する。
- b) NDTを実施する。
- c) 記載された基準に従ってNDT結果を記録し、分類する。
- d) 結果を報告する。

レベル1の認証を受けた技術者は、使用するNDT方法若しくは技法の選択又はNDT結果の解釈について責任を負ってはならない。

レベル2

レベル2の認証を受けた個人は、NDT手順書に従ってNDTを実施する力量を実証している。雇用主はレベル2技術者に資格証明書に明記された力量の範囲で、次の項目を実施する許可を与えてもよい。

- a) 使用するNDT方法に適用するNDT技法を選択する。
- b) NDT方法の適用限界を明確にする。
- c) NDTコード、規格、仕様書及び手順書を作業条件に適したNDT指示書に書き換える。
- d) 装置の調整及びその検証を行う。
- e) NDTを実施し、監督する。
- f) 適用される規格、コード、仕様書又は手順書に従って結果を解釈し、評価する。
- g) レベル2又はそれより下のレベルの全ての作業を実施し、監督する。
- h) レベル2又はそれより下のレベルの技術者を指導する。
- i) NDT結果を報告する。

レベル3

レベル3の認証を受けた個人は、認証の対象となるNDT作業の実施及び指示する力量を実証している。レベル3技術者は、次の項目を実証している。

- 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。

雇用主はレベル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。

- a) NDT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。

レベル1 非破壊試験技術者の活用のお願い

一般社団法人 日本非破壊検査協会 認証事業本部

(一社) 日本非破壊検査協会における非破壊試験技術者の認証資格を様々な工業分野においてご活用いただき、誠にありがとうございます。

さて、検査実務現場において、レベル3技術者及びレベル2技術者を要請されるケースが多くなってきております。一方で、レベル1技術者でも十分に対応可能な業務(下記「レベル1資格保持者が雇用主から与えられる作業許可」参照)もございます。そのことから、発注者側の皆様、請負者側の皆様におかれましては今一度レベル1技術者の活用をご検討いただきますよう宜しくお願い申し上げます。(「[非破壊試験業務における資格レベルの適正な運用について](#)」参照)

また、レベル1技術者資格は、非破壊試験技術者資格の中では身近な目標設定となる資格であり、NDT方法ごとの非破壊試験の基礎を身につけ、レベル2、レベル3へと確実にステップアップするための位置づけとなっています。次にレベル1技術者資格についてご紹介します。

◆レベル1 資格保持者が雇用主から与えられる作業許可 (JIS Z 2305:2013「6 資格レベル」6.1参照)

レベル1の認証を受けた個人は、指示書に従って、かつ、レベル2又はレベル3技術者の監督の下でNDTを実施する力量を実証している。雇用主はレベル1技術者に、資格証明書に明記された力量の範囲でNDT指示書に従って次の項目を実施する許可を与えてもよい。

a)NDT装置を調整する。

b)NDTを実施する。

c)記載された基準に従ってNDT結果を記録し、分類する。

d)結果を報告する。

レベル1の認証を受けた技術者は、使用するNDT方法若しくは技法の選択又はNDT結果の解釈について責任を負ってはならない。

◆レベル1 資格試験を受けるための最小限の訓練時間 (他のレベルに比べ訓練時間が短い)

表 最小限の訓練要求 (抜粋)

NDT方法	レベル1	レベル2	レベル3	備考
RT (放射線透過試験)	<u>40時間</u>	80時間	40時間	*レベル1資格非保持者がレベル2資格試験を受験する場合、レベル1とレベル2の合計の訓練時間を満たさなければならない。 *レベル3を受験申請するにはレベル2資格を保持していなければならない。
UT (超音波探傷試験)	<u>40時間</u>	80時間	40時間	
MT (磁気探傷試験)	<u>16時間</u>	24時間	32時間	
PT (浸透探傷試験)	<u>16時間</u>	24時間	24時間	
MY (極間法磁気探傷検査)	<u>8時間</u>	16時間	---	
PD (溶剤除去性浸透探傷検査)	<u>8時間</u>	16時間	---	

◆レベル1 資格試験合格後の資格認証を得るための経験期間 (他のレベルに比べ経験期間が短い)

表 工業に関わる最小限の経験 (抜粋)

NDT方法	レベル1	レベル2	レベル3	備考
RT (放射線透過試験)	<u>3か月</u>	9か月	18か月	*レベル1資格非保持者がレベル2資格の認証申請をするためには、レベル1とレベル2の合計の経験期間を満たさなければならない。 *レベル3の経験は、技術専門学校又は認定された単価大学又は総合大学で少なくとも2年の工学又は科学を履修した申請者の最小限の経験を示す。該当しない場合、経験期間は2倍となる。
UT (超音波探傷試験)	<u>3か月</u>	9か月	18か月	
MT (磁気探傷試験)	<u>1か月</u>	3か月	12か月	
PT (浸透探傷試験)	<u>1か月</u>	3か月	12か月	
MY (極間法磁気探傷検査)	<u>1か月</u>	2か月	---	
PD (溶剤除去性浸透探傷検査)	<u>1か月</u>	2か月	---	

- ・既に特定のNDT方法の非破壊試験技術者にあつては、他のNDT方法のレベル1資格を取得することで非破壊試験技術者としての幅を広げることができます。
- ・レベル1資格を取得し、レベル1資格保持者として経験を積んで、レベル2資格へのキャリアアップに役立ててください。

以上