

第 12 回

千葉県非破壊検査研究会
研究発表会

日時 平成 10 年 1 月 23 日(金)

13 : 30 ~ 17 : 05

会場 みやざき倶楽部

目次

I 研究発表

1. 露出線図内蔵コンスタントポテンシャル式ポータブルX線装置 1
(ラジオフレックス-300HMG)
理学電機(株) ○久保寺三義, 小玉裕一, 森田明宏, 芝田寿一
(株)理学電機サービスセンター 上野光春
2. 超音波を用いた材料損傷評価システムの開発 6
非破壊検査(株)安全工学研究所
○鈴木雅之, 向井一弘, 丸山英雄, 横野泰和
3. JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」の国際規格との
整合化に向けて 18
NDI溶接部の超音波探傷研究委員会 3060改正準備検討委員会
WGリーダー (株)ジャスト研究所 名取孝夫
4. 中東・アフリカ圏の検査技術の実情 19
エヌケーテクノス(株) 山崎利一

II 特別講演

- J S N D I における新しい認証制度の発足について 25
NDI認定試験準備委員会委員長 福原照明
(金属材料技術研究所)

露出線図内蔵 コンスタントポテンシャル式ポータブルX線装置
ラジオフレックス 300HMG
Continuous Mode Industrial Portable X-ray Apparatus
RADIOFLEX-300HMG

理学電機(株) ○久保寺三義 小玉 裕一
森田 明宏 芝田 寿一
(株)理学電機サービスセンター
上野 光春

概 要

現場でのRTのほとんどはポータブル式X線装置によっているが、X線装置の透過能力(管電圧等)の関係から透過写真の撮影に長時間露出を必要とする試験対象物がある。これらの対象物のRTを主眼に開発されたのがラジオフレックス300HMGで、X線の連続発生を可能としたほか、コンスタントポテンシャル方式300kV-3mAの高出力、X線発生器の大幅な軽量化・小型化、一層の信頼性の向上を実現している。また、制御器についても、ラジオフレックス-EGMシリーズで御好評をいただいているマイコンによる標準露出線図の内蔵、露出条件の材厚値による簡単呼び出しや各種撮影条件の露出補正などの機能はそのままに軽量化が図られている。

1. はじめに

国内で使用されているポータブル式X線装置の大部分は、X線の最大発生時間10分程度で、(X線露出時間) : (休止時間) = 1 : 1となるよう撮影と撮影の間に必ずX線発生器(X線管及び高電圧トランス)の冷却時間を確保しながら間欠的にX線を発生させる仕様となっている。このため、X線の透過しにくい材質や材厚の大きい試験体では、一枚の透過写真の撮影に休止時間も含めて数十分以上、場合によっては一時間以上を要することがある。

ラジオフレックス300HMGの主な適用対象として、9%Ni鋼製LNG貯蔵タンク、コンクリート構造物、ジルコイやインコニル製等の原子力関連部品の検査などが考えられるが、従来仕様の装置と違って休止時間をとらずに長時間露出ができるので、大幅な撮影時間の短縮化、作業の効率化が見込める。新型のX線装置ラジオフレックス300HMGについて以下に概要を紹介する。

2. ラジオフレックス300HMGの特長と主な機能

(1) 高機能、高出力、軽量化・小型X線発生器

① 従来機種に比べて大幅な軽量化を実現

- 高周波直流方式(コックロフト・ワルトン回路)の採用により、高電圧トランスを省略し軽量化を図っている。
- ・ 高所作業など取扱いがより一層容易に。
 - ・ 高電圧トランス方式に比べて、振動や衝撃に対する信頼性の向上。
 - ・ コンスタントポテンシャル式のためX線量が大きく得られる。

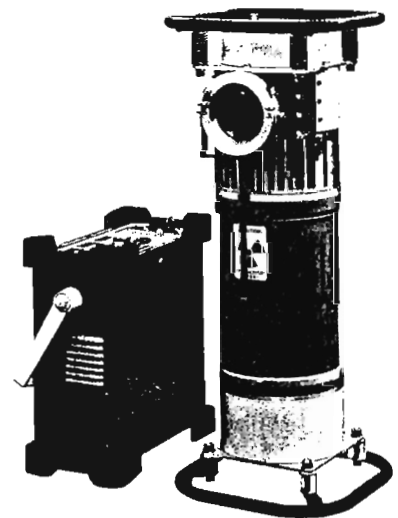


図1 ラジオフレックス 300HMG 外観

- ② X線の連続発生が可能
 - ・ X線管の冷却に新設計の高効率ラジエータを採用。
 - ・ R T作業中の休止時間が不要。
 - 透過写真撮影の能率UPと撮影可能材厚UP。
- ③ 識別度の向上
 - ・ 従来機種に比べてX線管の焦点寸法が小さく、より鮮鋭度の高い透過写真が得られる。

(2) 撮影条件の簡単呼び出し、簡単メモリ

- ① 標準露出線図データ（鋼用）の内蔵
 - ・ 撮影する試験体の材厚値でそのまま露出条件を呼び出せる。
 - 続いてボタンを押すだけで容易に透過写真の撮影可能。
 - ・ R Tの初心者でも失敗無く簡単に透過写真が撮影できる。
 - 通常の手動設定による撮影も可能。
- ② 内蔵の露出データ（鋼用）の補正機能
 - ・ 材質の違いや器差によるわずかな出力の違いを補正可能。
 - ・ 撮影時の FFDの変更やフィルム現像方法などを考慮した露出条件の補正も可能。
 - ・ ユーザ自身で決めた露出条件（最大 100条件）のメモリ可能。

(3) 使いやすく確実な撮影

- ① オートエージング機能附属
 - ・ 装置の休止期間（時間）に応じた適切なエージング時間の自動設定。
- ② 管電圧範囲の拡大
 - ・ ラジオラックス300HMG一台で薄板から厚板まで撮影可能。
- ③ 管電圧の設定
 - ・ 2kVステップで管電圧を設定できるので、よりの確実な撮影が行える。
- ④ タイムアップブザー付
 - ・ 透過写真の撮影終了をブザー音で知らせる。
- ⑤ 電源電圧モニタ付
 - ・ 操作パネルのLEDの点灯で電源電圧や電源変動の状態がリアルタイムで表示される。

3. 操作の概要

制御器内のマイコンにメモリされた露出線図（鋼用）データによる撮影と露出条件の補正機能の利用により、簡単操作で確実な撮影、詳細な撮影を行える。もちろん、手動設定による撮影も従来の感覚で容易に行うことができる。

(1) 操作の概略フロー

操作の概略のフローを図2に示す。

電源を供給すると装置の休止期間に応じたエージングが自動設定され、エージング所要時間も表示される。

そのまま X-ray ON すれば エージング操作が開始され、エージング終了と同時に「MANU撮影モード（通常の露出条件手動設定による撮影）」になる。

MANU撮影であれば、管電圧-露出時間を設定してそのまま撮影を開始することができる。

(2) 撮影モード

① MANU（手動）撮影モード

通常の撮影を行なう場合のモードで、管電圧(2kVステップ) および露出時間(0.1分ステップ) の設定は手動で行なう。

②自動撮影モード

内蔵の標準露出線図（鋼用）を利用した撮影をする場合のモードで、メモリされた材厚に対する露出条件（管電圧kV-露出時間min.）の組み合わせを選択するだけで、簡単に透過写真の撮影が行なえる。

- ・露出条件（管電圧kV-露出時間 min）は、検査箇所の材厚値（mm単位）でそのまま呼び出すことができる。従って、プログラムNo.を記録したメモを持ち歩く必要はない。
- ・呼び出された kV-min.の設定および確定はワンタッチで、あらかじめスイッチ操作で kV-mA条件を設定し直す必要はない。
- ・露出条件の設定に続いて X-ray ONスイッチを押すだけで、所定の透過写真が撮影できる。
- ・制御器内にメモリされた標準露出線図は、電源を切っても消去されることはない。

（内蔵露出線図による撮影の用途）

- ・通常の撮影の他、試し撮りに利用できる。

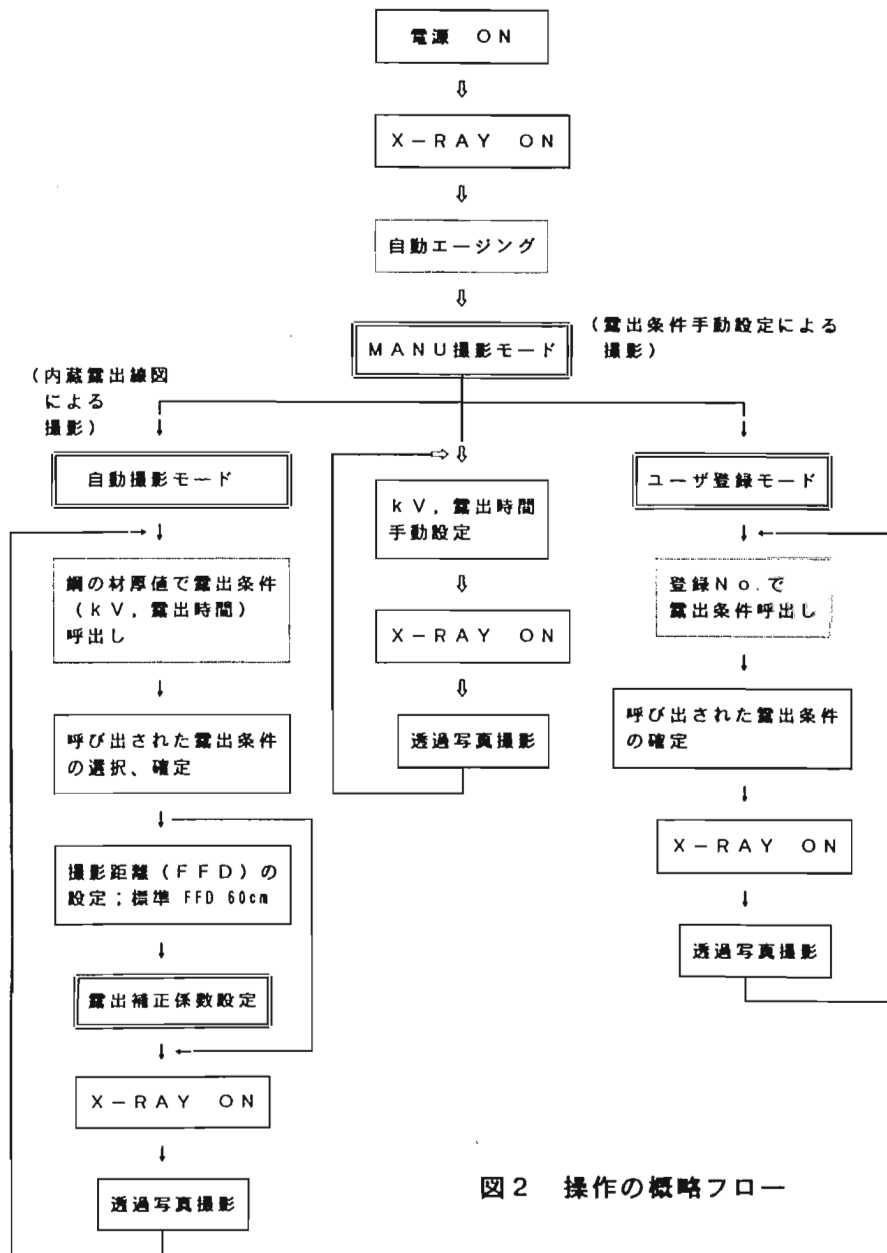


図2 操作の概略フロー

③露出補正モード

同じ撮影条件で撮影しても試験条件や現像条件などにより、得られる透過写真の写真濃度は変わってしまう。この補正を行うのが露出補正機能で、補正係数（露出倍数）を設定すると、標準露出線図の露出時間の増減が自動的に行われる。

この機能を利用すると種々の試験条件に対しても、内蔵の標準露出線図データによる撮影が容易に行なえる。

- ・露出補正の範囲：（標準露出線図の露出時間）×（露出補正係数：0.5～5.00/0.05ステップ）
- ・露出補正した場合、補正係数はメモリされるので電源を切っても再設定の必要はない。次回からは補正された標準露出条件が自動的に表示される。
- ・補正係数の設定と同時に、他の管電圧も含め標準露出線図の露出条件全てに露出補正が行われる。
- ・露出補正条件の変更や設定値の確認は、操作パネルのLED表示により容易に行える。
- ・いくつかの要素を同時に変更する場合は、各々の露出補正係数の積（最大20.00まで対応）を基にして値を設定すればよい。

（露出補正機能の用途）

- ・試験物の材質の違いによる補正や器差の補正。
- ・FFD（撮影距離）などの撮影条件や使用条件の変更。
- ・内蔵の標準露出線図のフィルム濃度や使用X線フィルムの種類、現像方法などの変更。

*露出補正係数の一例を表1～4に示す。

表2～4の補正係数は参考値である。

表1 撮影距離（FFD）の変更： ※撮影距離については、FFD設定モードでFFD値（次表の上段の値）を選択すれば、自動的に下段の露出補正係数が設定される。

FFD (cm)	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
露出補正係数	0.44	0.56	0.69	0.84	1.00	1.17	1.36	1.56	1.78	2.01	2.25	2.51

FFD (cm)	100	105	110	115	120
露出補正係数	2.78	3.06	3.36	3.67	4.00

表2 X線フィルムの種類の変更

X線フィルムの種類		フジ#25	フジ#50	フジ#80	フジ#100	フジ#150
露出補正係数	標準露出線図1（フジ#100用：プログラムNo. F00）	—	—	1.80	1.00	0.60
	標準露出線図2（フジ#50用：プログラムNo. C00）	2.00	1.00	0.55	—	—

表3 透過写真のフィルム濃度の変更

写真濃度 D:	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8
露出補正係数	0.50	0.55	0.65	0.80	0.90	1.00	1.10	1.25	1.35	1.50

表4 現像方法の変更

現像方法	タリ現像	フジ FIP1400・4000	フジ FIP1000
露出補正係数	1.0	0.8 ~ 0.9	0.7 ~ 0.8

④ ユーザ登録モード

ユーザが作成した試験体ごとの露出条件を ユーザ自身で登録することが可能で、前述の自動撮影と同様に、メモリされた露出条件の呼び出しをすれば、露出条件をその都度設定することなくワンタッチで撮影することができる。

本機能は、鋼以外の材質の透過試験や特別な配置での撮影などで、標準露出線図がそのまま適用できない場合や同じ条件で何度か撮影する場合に利用すると便利である。

- ・最大 100 条件（管電圧－露出時間）のメモリ。
- ・登録 No. を呼び出すと露出条件が表示される。

4. ラジフレックス 300 HMG の主な仕様

① 管電圧設定範囲	110 ~ 300 kV 2 kV ステップ	⑨ 高電圧発生方式	高周波直流方式 (コンスタントポテンシャル式)
② 管電流	3 mA 一定	⑩ 絶縁方式	SF ₆ ガス絶縁
③ X線管	メタルセラミックス X線管	⑪ 冷却方式	強制空冷式
④ 焦点寸法	1.6 X 1.6 mm	⑫ 漏れ X線量	129 μC/kg·s at 1m 以下 {500 mR/h at 1m 以下}
⑤ デューティサイクル	100% (20℃以下) — X線連続発生可能	⑬ 重量・寸法	
⑥ 露出タイマ	0.1 ~ 99.9 分	発生器	31 kg 280 X 280 X 800 mm
⑦ 透過能力	鋼 65 mm ; FFD 60cm, 300kV-3mA, 露出時間 20分, フジ 1x100, Pb0.03 (F.B)	制御器	15 kg 344 X 407 X 195 mm
⑧ 使用温度範囲	-10 ~ +45 °C	⑭ 電源	単相 AC 185 ~ 240 V
		⑮ 電源容量	1.6 kVA

5. おわりに

X線の連続発生可能な国産の高出力ポータブル式X線装置をという御要望により、ラジフレックス 300 HMG を開発した。大幅な軽量・小型化を含め、一層の使いやすさと信頼性の向上が図れたものと考えており、迅速なアフターサービスと合わせて、現場対応形のポータブル装置として広範囲の RT に適用されるものと期待している。

今後とも ユーザの皆様の御意見をいただいて、より良い X線装置を供給したいと考えている。

超音波を用いた材料損傷評価システムの開発

非破壊検査株式会社 安全工学研究所

鈴木雅之、向井一弘、丸山英雄、横野泰和

1、はじめに

非破壊検査は、主として、製造時の素材及び接合部などの有害な欠陥の検出、使用期間中の材料の減肉や劣化・損傷の評価など、種々の工業分野において重要な役割を果たしてきた。特に、火力・原子力プラント、石油精製などの化学プラントの老朽化が進むにつれて、これらのメンテナンスや構造物全体の余寿命予測を行う手段としてますますその重要性は増大しつつある。

構造物及び材料の非破壊検査の手法として放射線、超音波、電気磁気等が利用されている。放射線は物質を透過する性質を利用するのに対して、超音波は物質内を弾性波が伝搬し反射や屈折を起こす現象を利用する。電気及び磁気を用いる場合は、その流れの変化を利用して物質の表面及び内部を非破壊的に評価する。その他、光、レーザー、赤外線やマイクロ波などの比較的波長の長い電磁波も非破壊検査の分野で利用されている。これらのうち、特に超音波は検査対象とする材料の内部組織と固有の相互作用を起こし、得られる超音波信号に材料の劣化損傷などの情報を含んでいる。従来の超音波探傷技術では欠陥からの反射波をフィルターを通して見やすくして、Aスコープ表示（時間領域）で反射波の振幅と伝搬時間で評価を行っているのに対して、フィルターを通す前の源波形の特徴量やこれをフーリエ変換して得られるパワースペクトル（周波数領域）の特徴量など、多方面からの情報を用いて材料評価を行う方法を超音波スペクトロスコピー法と呼んでいる。本稿では、超音波スペクトロスコピー法を用いた材料損傷評価の例として、後方散乱波による鋼材の水素侵食の評価、表面波を用いたIGAの評価及び音速測定による2相ステンレス鋼の熱脆化の評価について紹介し、超音波スペクトロスコピー法を効率よく実施することを目的として開発した超音波材料損傷評価システムの概略を紹介する。

2 超音波スペクトロスコピーの基本

超音波からの情報源は時間領域における振幅と位相、換言すると強度と音速及び周波数領域でのパワースペクトルである。図1に示すように、試験体Aと試験体Bを伝搬してきたパルスは、その振幅、位相、伝搬時間などに差が生じ、この差から材料の劣化状況の評価が可能となる。また、この信号は、包絡線検波することによって、立上り時間、立下り時間、滞留時間などのパラメータによって特徴づける（数値化する）ことができる。一方RFパルス（原波形）を高速フーリエ変換（FFT）することによって、そのパルスのパワースペクトルが得られる。パワースペクトルは、ピーク周波数（ f_p ）、中心周波数（ f_c ）、一次モーメント（重心周波数： f_{1st} ）などのパラメータにより特徴づけることができる。いま、超音波パルスの特徴づける波形パラメータ（特徴量）が N ヶ存在する場合、超音波パルスは N 次のベクトル空間の1座標として定義することができ、この N 次のベクトル空間座標により材料を特徴づけることができる。この方法により材料を評価しようとするのが、超音波スペクトロスコピー法である。

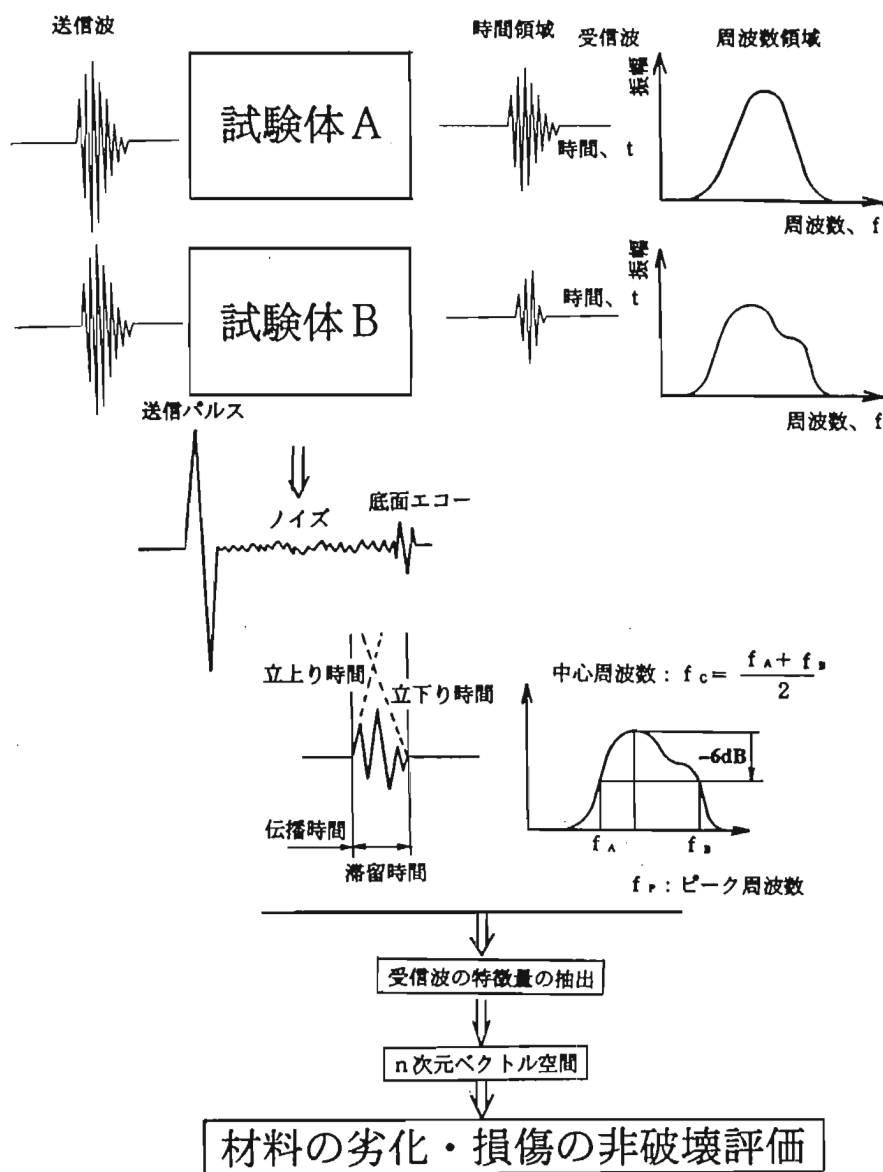


図1 超音波スペクトロスコピーを用いた材料評価

3. 超音波スペクトロスコピーの適用例

3.1 水素侵食及び水素誘起割れの評価¹⁾

実際のプラントの機器の材料劣化を測定し評価するために、試験体を伝搬した超音波の後方散乱波に上記の超音波スペクトロスコピーを適用した例を紹介する。

探触子より材料内部に入射した超音波は、材料内部の組織因子により散乱される。これによって発生した散乱波で、180°方向に散乱した波は、再び探触子によって検出され、後方散乱波として観測される。この様子を模式的に図2に示す。後方散乱波はその発生のメカニズムから、材料の内面状況（内表面の形状や粗さ及びクラッドなど）の影響を受けない。さらに、各散乱波は相互にインコヒーレントであるために、外表面粗さの影響も受けにくいといった特徴を有している。したがって、実用上において適用性が高い。

材料中を伝播した超音波はその中のボイドや微細割れなどの散乱体の情報を含んでおり、水

素侵食の場合、そのボイドの大きさや個数が波形の特徴量に影響を及ぼす現象は、多重散乱理論を用いることにより数学的にモデリングすることが可能である。

まず、散乱体の微分断面積 $d\gamma/d\Omega$ は、Born近似を用いて次式で表される²⁾。

$$\frac{d\gamma}{d\Omega} = k^4 \left(\frac{\Delta\rho \cos\theta}{\rho} - \frac{\Delta\lambda + 2\Delta\mu \cos^2\theta}{\lambda + 2\mu} \right)^2 |S_L|^2 + K^4 \frac{K}{k} \frac{\mu}{\lambda + 2\mu} \left(\frac{k\Delta\mu \sin 2\theta}{K\mu} - \frac{\Delta\rho \sin\theta}{\rho} \right)^2 |S_T|^2 \quad (1)$$

ここで、 k 、 K は縦波及び横波の波数、 λ 、 μ はLameの定数、 θ は散乱角である。また、縦波及び横波に対する散乱体の形状係数 S_L 及び S_T である。

ボイドなどを含む多結晶体における後方散乱波の角周波数 ω の成分 $P(x, \omega)$ は、比例定数を C 、各周波数 ω における減衰係数を α として次式で表される。

$$P(x, \omega) = CP_0 \sqrt{\left(\frac{d\gamma}{d\Omega} \right)_{L, \pi}} \cdot \exp(-2\alpha x) \quad (2)$$

試験体中に、水素侵食によって発生したメタンボイドが一様に分布しているモデルを考えると、後方散乱波の周波数スペクトルは、式(1)を全立体角に対して積分して得られた減衰係数 α を用いて式(4)より計算でき、例えば図2のような結果が得られる。図のように、散乱体の密度が大きくなると、後方散乱波の強度は大きくなり周波数は低い側へ移行する傾向がある。図4に、C-1/2Mo鋼の健全部及び水素侵食した部分の時間領域波形と後方散乱波の周波数解析結果を比較して示す。また、この周波数解析結果から重心周波数の値を求めて平面表示したものを図5に示す。図のように、健全部に比較して水素侵食した部分では、後方散乱波の振幅が大きくなり、重心周波数が減少する結果が得られており、上記の計算結果とよく対応している³⁾。

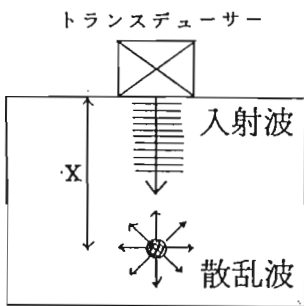


図2 後方散乱波の発生

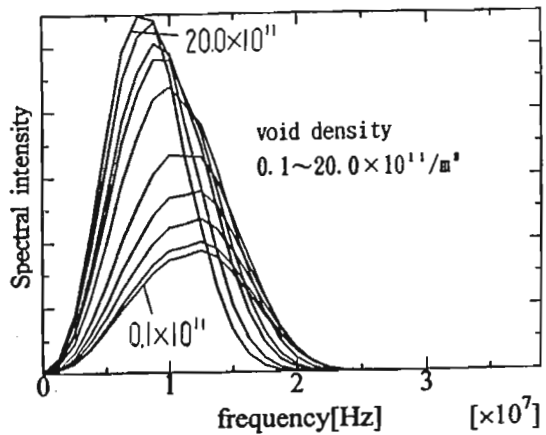


図3 後方散乱波のスペクトル強度

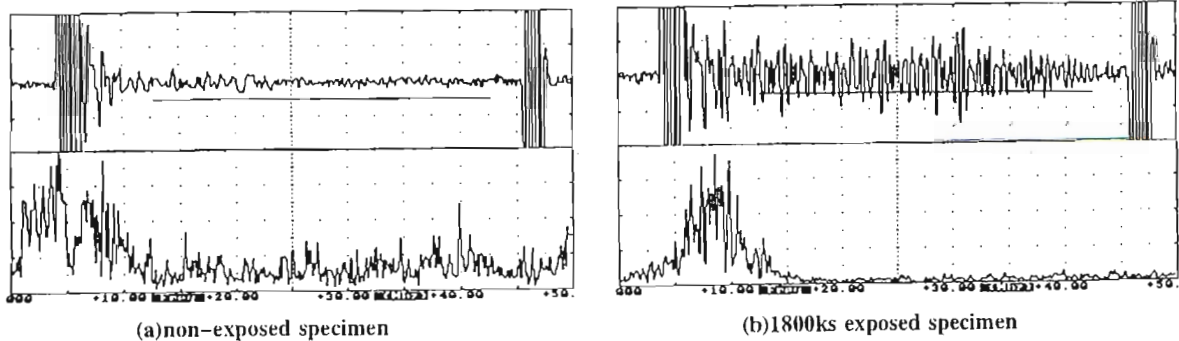


図4 超音波後方散乱波の時間領域波形とパワースペクトル

0h暴露材

500h暴露材

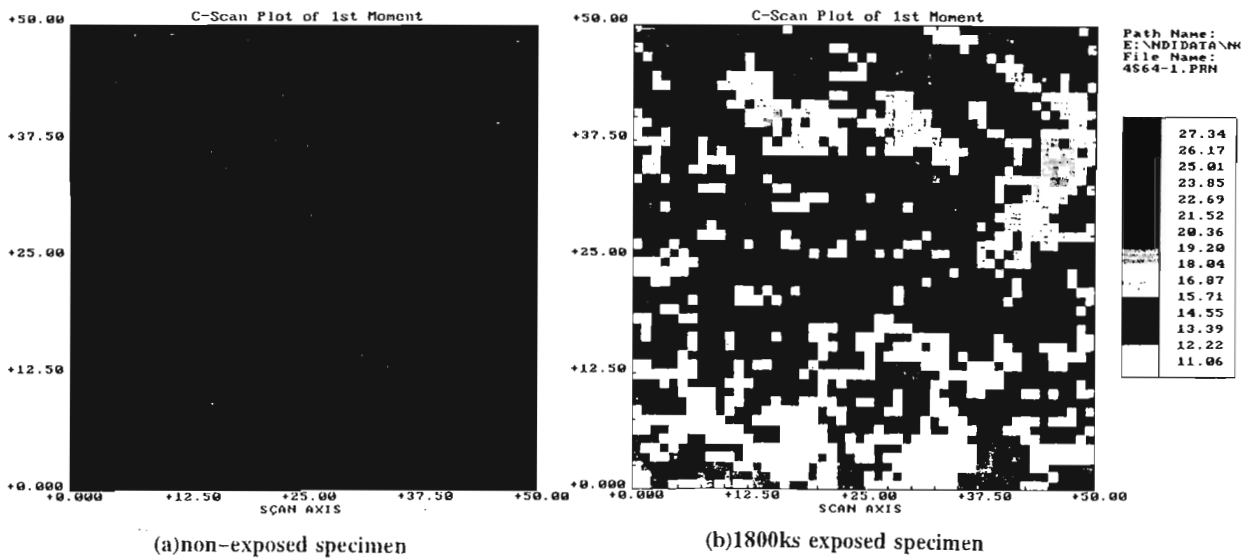


図5 超音波後方散乱波の重心周波数の平面表示

3. 2 表面波を用いたIGCの検出³⁻⁴⁾

試験体表面に種々の深さの粒界侵食(IGA)を付与した試験体に対して、開口角の大きな線集束探触子を用いて漏洩弾性表面波(LSAW)を発生させ、表面エコー(Sエコー)とLSAWエコーとの伝搬時間の差から音速を算出しIGA深さとの関係について検討した結果について紹介する。

(1) 試験体及びその損傷の程度

鋭敏化させたSUS304試験体の表面を腐食液に浸せきし、表面に粒界侵食(IGA)を発生させた。このとき、表1に示すように、浸せき時間(腐食時間)によって粒界侵食の深さを変化させた。超音波による測定を行った後、試験体を曲げてその側面を光学顕微鏡で観察し、実際の測定点における粒界侵食の深さを求めた。

表1 実験に用いたIGA試験体の種類

	試験体番号	鋭便化条件	腐食時間	粒界侵食深さ
L材	S4LA	650°C、0.5h	5h	20μm
	S4LB		16h	40μm
	S4LC		50h	75μm
M材	S4MB	650°C、2h	8h	100μm
	S4MC		12h	180μm
	S4MD		20h	200μm
H材	S4HB	650°C、24h	4h	50μm
	S4HC		7h	120μm
	S4HD		16h	300μm

(2) 大開口角の線集束探触子を用いた漏洩弾性表面波の発生

下記に示す開口角の大きな線集束形の探触子を試作した。振動子材料は高分子圧電素子(ポリマー)を用い、振動子寸法: 8×2mm、曲率半径: 5mm、開口角: 90度、公称周波数: 10MHz (Transducer A) 50MHz (Transducer B) とした。

この探触子を用いると、超音波顕微鏡の原理と同様に図6に示すように、探触子の焦点を試

験体表面より X だけ内部に設定すると、試験体表面で漏洩弾性表面波が発生する。このとき、図7に示すように、LSAWエコーが表面エコー（Sエコー）の後ろに現れる。ここで、SエコーとLSAWエコーの時間差 Δt から次式により音速 V_L を求めることができる。

$$V_L = \frac{V_w}{\sqrt{\frac{\Delta t}{X} V_w - \left(\frac{\Delta t}{2X} V_w\right)^2}} \quad (3)$$

ここで、 X ：表面から探触子の焦点までの距離である。

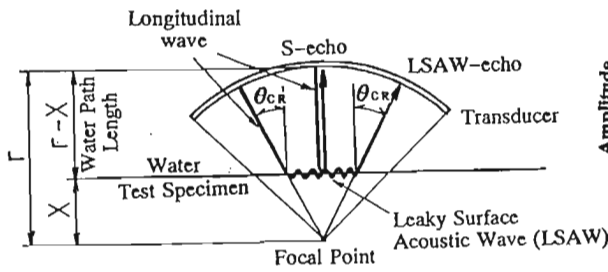


図6 大開口角線集束探触子による LSAWの発生

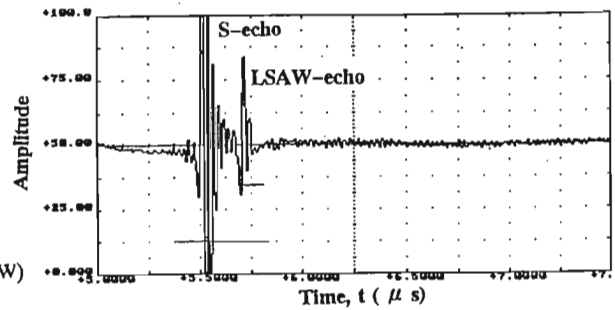


図7 大開口角線集束探触子による 時間領域波形

(3) 粒界侵食(IGA)深さの測定

超音波によるデータを採取した後、試験体を切断して測定個所の断面を研磨エッチングして光学顕微鏡で観察したが、IGAを十分に識別できなかった。そこで、試験体を幅10mm、長さ100mm、厚さ5mmの寸法に切り出して、曲げ変形させて表面から割れを発生させた。このときの割れの最大深さをIGA深さとした。試験体の断面を観察した結果の例を図8に示す。

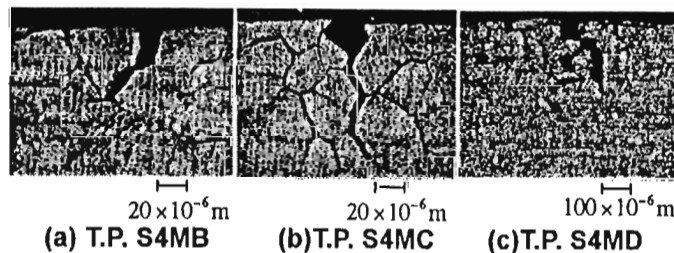


図8 試験体の断面観察結果の例

(4) 漏洩弾性表面波の音速と粒界侵食深さの関係

図6の配置で探触子の焦点の深さ X を2mmとしたときのSエコーとLSAWエコーの時間差 Δt と粒界侵食の深さ d との関係調べると、IGAが深くなるほど Δt は大きくなる。これを、(5)式を用いて音速に換算して整理すると図9のようになる。IGA深さ d が200 μm 以上になると音速が2,650m/s程度まで低下しその後は一定となる。図10に各試験体を伝搬したLSAWエコーの中心周波数とIGA深さとの関係を示す。公称周波数が10MHzのTransducer AではIGAが深くなるほど中心周波数が低下する傾向がある。一方、公称周波数が50MHzのTransducer BではIGAが数十 μm のIGAが存在すると20MHz程度まで低下し、さらにIGAが100 μm を超えると10MHz以下となり、Transducer Aと同程度となる。

音速が徐々に低下する限界となるIGA深さの値 $200\mu\text{m}$ は 10MHz の場合の約 0.7λ に相当しており、表面から 0.7λ までの範囲のIGAがLSAWの音速低下に寄与していると考えられる。以上の結果から、比較的深いIGAを対象としてその深さを定量評価する場合はさらに低い周波数が適当であると考えられる。

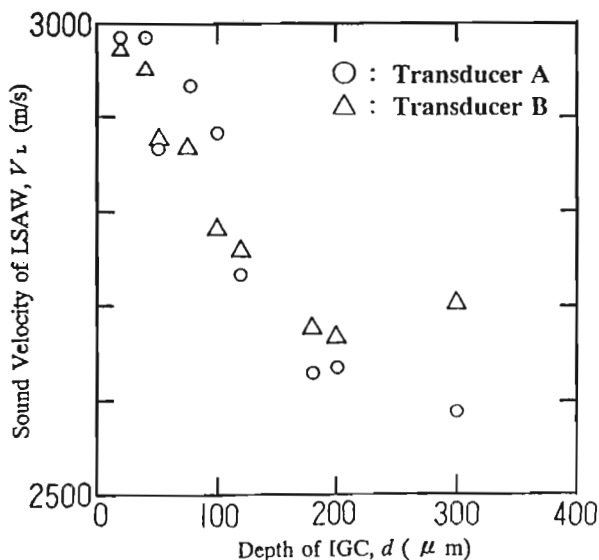


図9 IGA深さとLSAWの音速の関係

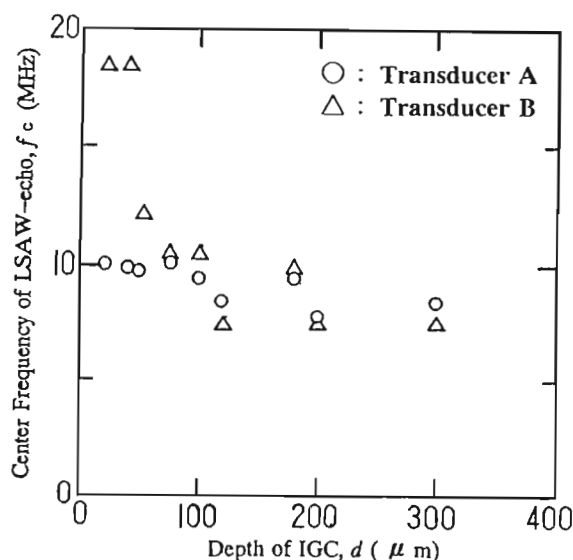


図10 IGA深さとLSAWの中心周波数の関係

3.3 2相ステンレス鋼の熱脆化の評価方法⁵⁻⁷⁾

フェライト相及びオーステナイト相からなる2相ステンレス鋼は、その優れた耐応力腐食割れ性及び耐粒界腐食性から、使用条件の厳しい各種プラント部材として多く使用されている。しかし中温度領域で長期間使用した場合、2相ステンレス鋼の時効による脆化の進行が懸念される。ここで、音速測定による熱脆化の非破壊的評価手法の検討結果を紹介する。

供試材は、 $28\text{Cr}-5\text{Ni}$ フェライト系ステンレス鋼(試験体C)及びSCS14Aを模擬した2種類の2相ステンレス鋼(試験体A及び試験体B)である。試験体A及びBのフェライト量はそれぞれ $14.8\text{Vol}\%$ 、 $6.3\text{Vol}\%$ である。これらの供試材に 450°C で最大300時間の熱時効を施し以下の試験に供した。なお、メスバウアー分光分析により内部磁場を測定し、スピノーダル分解によるフェライト相内のCr-rich相の析出を確認した。また、マイクロビッカース硬さ試験によりフェライト相の硬度上昇を測定し、時効時間の増加による熱脆化の進行状況を確認した。

(1) 超音波音速測定

熱脆化試験体に対し垂直法により底面エコーの伝搬時間から測定した縦波超音波音速と時効時間の関係を図11に示す。また、ピッチキャッチ法による表面波の音速と時効時間の関係を図12に示す。熱時効に伴い、いずれも音速が上昇することが分かる。フェライト相の体積比率に対する超音波音速の変化率を図13に示す。音速の変化率はフェライト相の体積比率に比例していることから、2相ステンレス鋼のフェライト相の体積比率及び時効時間より音速変化が推定できると考えられる。熱時効に伴い変化する材料の機械的性質である硬さと、超音波音速との間には図14に示すように、硬さの増加とともに音速が上昇する傾向が見られ、この図からも超音波音速測定により熱脆化の評価が可能と考えられる。

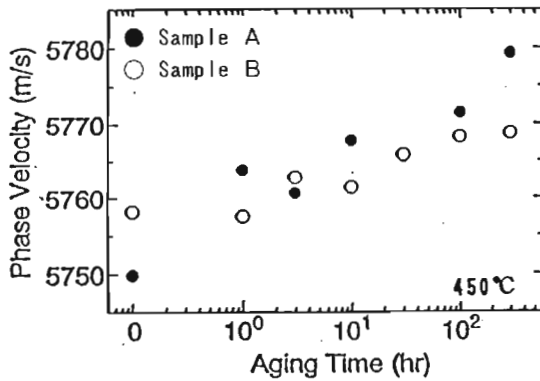


図11 熱時効時間による縦波超音波音速の変化

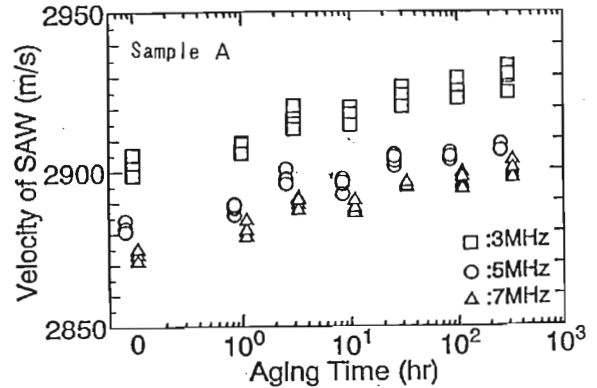


図12 熱時効時間による表面波音速の変化

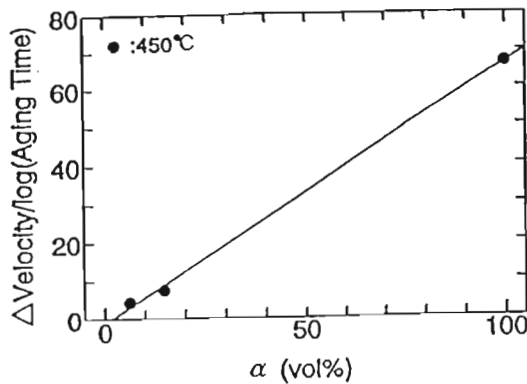


図13 フェライト相の体積比率と超音波音速の変化率との関係

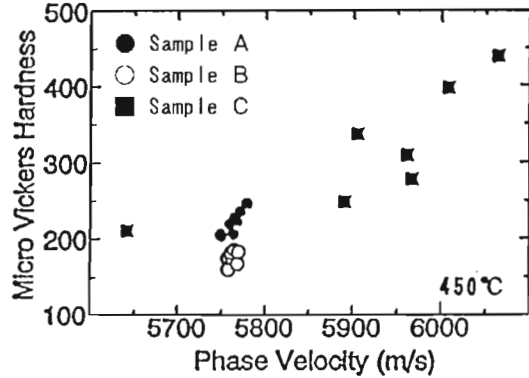


図14 硬さと超音波音速の関係

(2) 漏洩弾性表面波音速測定

超音波の音速を精度良く測定するためには、超音波の伝搬距離例えば底面反射波を用いる縦波の場合は試験体の厚さを正確に測定することが必要である。しかし、現場で評価の対象とする箇所の厚さを正確に知ることは非常に困難である。表面波の場合は超音波の伝搬距離を試験体表面上で正確に測定することが可能であり、超音波顕微鏡で用いられている位相干渉法を用いた漏洩弾性表面波音速測定方法を熱脆化評価に適用することを試みた。

公称周波数10MHzの高分子ポリマ振動子を用いた線集束大開口角探触子を図15に示すシステムに取り付けて、Z方向に探触子を10 μ mピッチで走査し、20波のバースト波の正反射波と漏洩弾性表面波の干渉部分の振幅を測定しV(Z)曲線を作成した。その一例を図16に示す。共鳴周期 ΔZ をV(Z)曲線の周波数解析により測定し、次式により漏洩表面波位相速度を求めた。

$$\frac{V_w^2}{V_R^2} = 1 - \left(1 - \frac{V_w}{2F\Delta Z}\right)^2 \quad (4)$$

ここで、 V_w は水中の音速、 V_R は漏洩弾性表面波の位相速度、 F は超音波の周波数である。

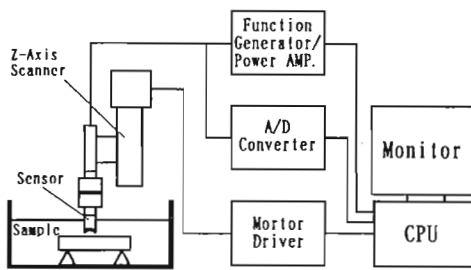


図15 表面波音速測定のプロック図

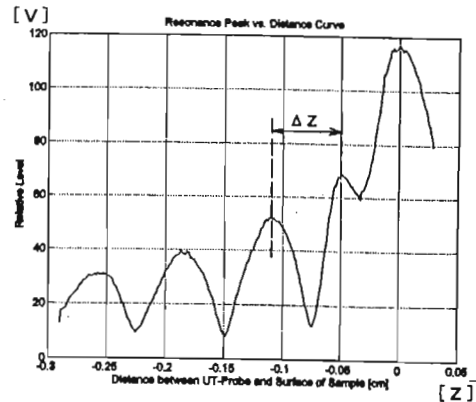


図16 V(Z)曲線の例

この手法をSTB-A3に対して適用した結果、測定した8点での音速の平均値は2997.1m/sで標準偏差は0.19%であり、本手法を用いて再現性のある高精度な音速測定が可能であると考えられる。フェライト量が14.8% (Sample D)、16.5% (Sample E) 及び26.3% (Sample F) の3種類の2相ステンレス鋼に対して時効時間と音速の測定値の関係を図17に示す。図に示すように、時効に伴う音速の増加が認められ、受入材に比較して300時間時効材ではそれぞれ0.74%、1.8%及び1.7%の音速の変化が確認された。図18に表面波音速と破壊靱性値の関係を示す。これらの間にはほぼ直線的な関係が得られており音速測定による脆化評価の可能性が確認された。

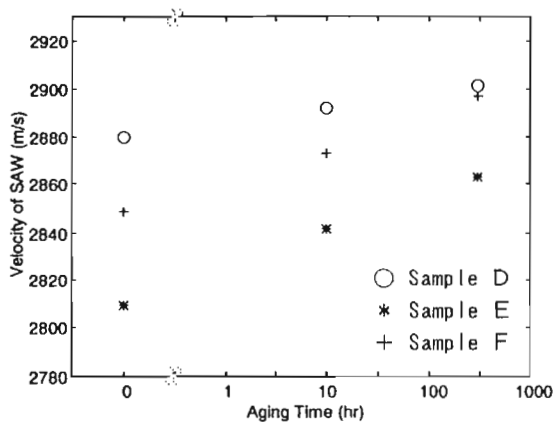


図17 時効時間による音速の変化

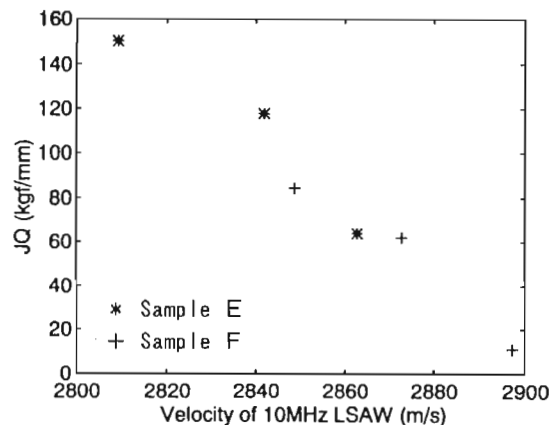


図18 表面波音速と破壊靱性の関係

4. 超音波材料損傷評価システムの開発

以上のように、超音波を用いた材料損傷評価を行うためには、通常の超音波探傷器で得られる情報では不十分であり、試験体中を伝搬した超音波の源波形を解析する必要がある。そのためには、パルサーで発生させ試験体中を伝搬した波形をノイズも含めてできる限りフィルターを通さずに生のままレシーバーで取り込んでコンピュータ等により解析処理することが要求される。また、信頼性を上げるために、数多くのデータを集積し統計的に分析することが望ましい。このような目的で、パルサーレシーバーとコンピュータを組み合わせた現場適用型のシステムを開発したのでここに紹介する。

まず、基本性能としては以下の項目を満足している。

- ・手袋のままでも操作が可能なタッチパネル方式
- ・すべての設定が簡単、迅速に行える対話型メニュー
- ・A/D部は100MSPS、8bitを採用
- ・現場対応小型スキャナーの制御機能を搭載
また、解析機能は以下の通りである。
- ・現場で小型スキャナーを用いたBスコープ及びCスコープ画像表示が可能
- ・波形特徴量解析機能を用いた欠陥評価及び材料評価
- ・欠陥波形識別機能を用いた客観的欠陥識別評価
- ・高精度なTOF演算機能
- ・TOFD機能
- ・通信機能

本システムの外観形状を図19に、ブロック図を図20に示す。



図19 超音波材料損傷評価システムの外観形状

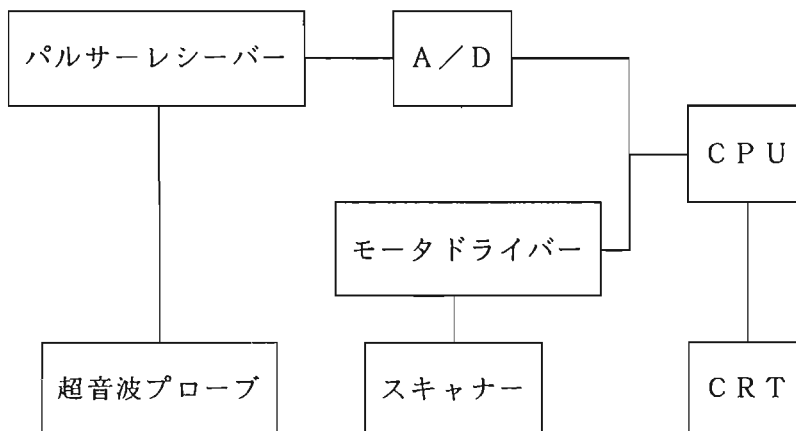


図20 超音波材料損傷評価システムのブロック図

まず、システムを立ち上げた時は図21のように、時間領域の波形と装置の基本調整のアイコンが表示される。表示パネルを指でタッチすることによりこれらの調整を行うことができる。データの画像表示を行うときは、モード切換によりAスコープの他にB及びCスコープ単独の表示ができ、さらに図22のようにBスコープとAスコープなどを組み合わせて同時に表示することも可能である。

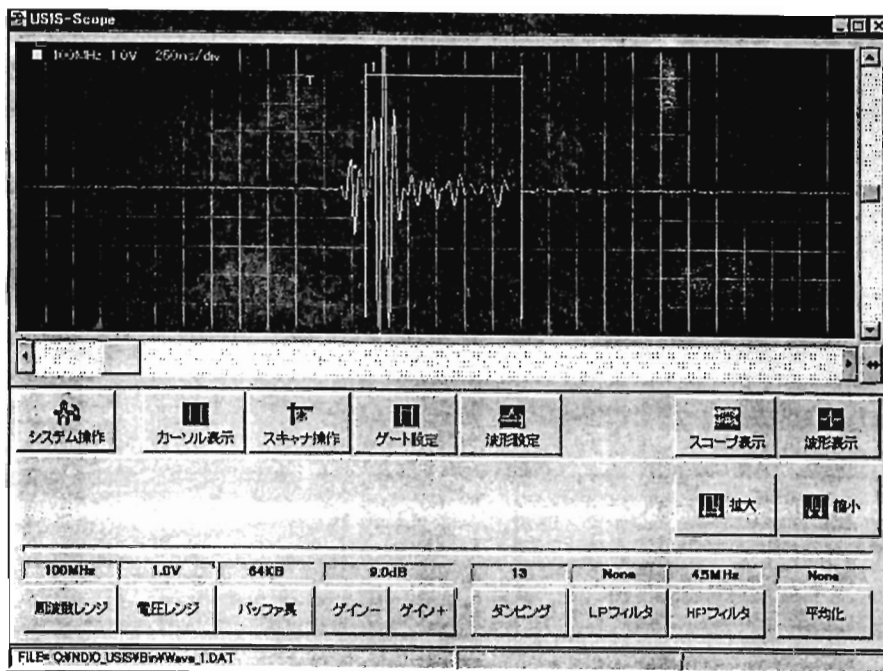


図21 システムを立ち上げたときの画面表示

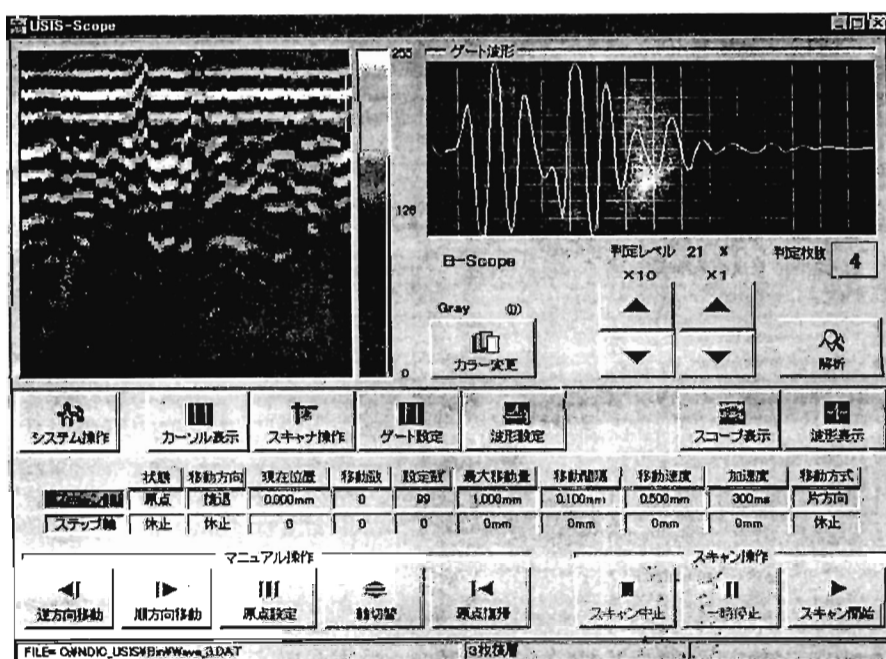


図22 Bスコープ及びAスコープの同時表示の例

基本的にはWINDOWS95に対応した操作が可能であり、対話方式による簡易な操作ができるようになっている。例えばディレクトリ及びファイルの作成時は図23の表示が現れ、その指示に従って入力すれば良い。印刷及びシステム終了時は図24のような画面が表示される。また、ファイルの呼び出し及び保存時には、図25に示すように、対象となるファイルの縮小画像を右端に表示させることもできる。

基本的に通常のパーソナルコンピュータと同じ機能を有しているので、使う側の要求に応じてプログラムを作成すれば、機能の拡大が可能である。例えば、必要な報告書の様式に合わせた記録の作成や、内蔵された基本的な走査以外のスキャナーの制御も可能である。

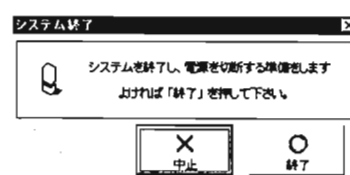
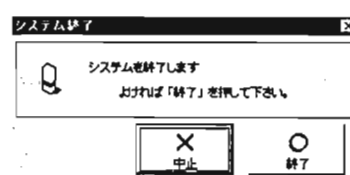
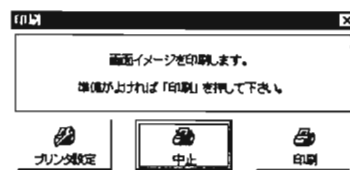
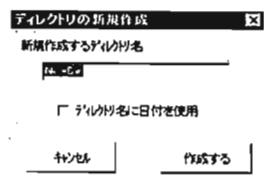
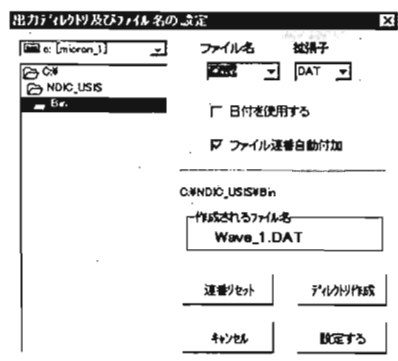


図23 ディレクトリ及びファイル作成時の例

図24 印刷及びシステム終了時の例

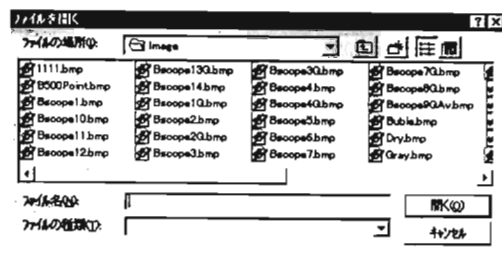


図25 ファイルの呼び出し及び保存時の表示例

5. あとがき

従来までの欠陥検出は非破壊検査の必要最小限の目的であり、今や材料や構造体の安全性、健全性及び余寿命に関して、信頼性のある情報を提供できる非破壊評価技術が要求されている。そこで超音波スペクトロスコピー法のようなマイクロ組織の変化を反映した結果が期待できる手

法が大きな役割を担うと考えられる。このような非破壊評価から得られる結果と材料のミクロ組織及び機械的性質の関係を示すデータを蓄積することにより、材料劣化状況を非破壊的に評価し構造物の寿命予測を行う技術が要求される。

このようなデータを蓄積するためには、現場で波形を収集するためのセンサー及びスキャナーを含む高精度な超音波システムが必要である。このためには、従来の超音波探傷器では不十分であり、パルサーレシーバーとコンピュータを融合した装置を用いて、超音波の生の波形を受信収集し、これらを高速で解析する必要がある。今回はその目的で開発したシステムを紹介したが、これからの装置は使用者が自分の意図する内容を実行させることのできるものが望まれており、ある限られた機能を有する専用機ではなく、多機能なシステムの開発が重要になると考えられる。

今後はこれらの技術を有効に活用することにより、各種のプラントにおいて、いつ、どこで、何が起こるかといったことが、かなりの精度で推定可能となり得ると考えられる。

参考文献

- 1) K.Mukai, M.Shioya, S.Matsubara, Y.Yokono, J.Suetsugu and T.Imanaka "An Application of Feature-Based Ultrasonic Testing to Evaluate the Degradation During Long-Term Service in Oil Refinery", The First US-Japan Symposium on Advance in NDT Proceeding Book (1996) June, pp.127-132
- 2) A.B.Bhatia : J.Acoust. Soc. Am.,31(1959)16
- 3) T.Imanaka, Y.Yokono, S.Matsubara, K.Mukai, Y.Kawaguchi and Y.Okano, "Nondestructive Evaluation of Material Degradation in Power Plants -Detection of Thermal Embrittlement and IGSCC-", 14th World Non-Destructive Testing (1996)
- 4) Y.Yokono, Y.Yokono, S.Matsubara, K.Mukai, T.Imanaka, Y.Kawaguchi and Y.Okano, "Nondestructive Evaluation of IGSCC using Surface Acoustic Wave technique, 5th International Conference on Nuclear Engineering, (1997)
- 5) S.Matsubara, H.Miyamoto, K.Mukai, J.Suetsugu, T.Imanaka, M.Kumada, Y.Kurozumi and Y.Okano, "ASME•JSME ICONE-4 Volume-5 (1996) pp.215 ~ P223
- 6) S.Matsubara, Y.Yokono, T.Imanaka, Y.Kawaguchi, Y.Kurozumi and Y.Okano, "Ultrasonic Detection of Thermal Embrittlement of Duplex Stainless Steel", The First US-Japan Symposium on Advance in NDT Proceeding Book (1996) June, pp.350-354
- 7) S.Matsubara, H.Miyamoto, T.Imanaka, M.Kumada, Y.Kawaguchi, Y.Kurozumi and Y.Okano, "Non-Destructive Evaluation of Thermal Embrittlement of Duplex Stainless Steel", 14th International Conference on NDE in the Nuclear and Pressure Vessel Industries, (1996)

JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」の 国際規格との整合化に向けて

NDI溶接部の超音波探傷研究委員会

3060改正準備検討委員会 WGリーダー (株)ジャスト研究所 名取孝夫

1. 改正の必要性

- (1) JIS Z 3060に対応する国際規格（ISO）の制定準備が進行しつつあり、この制定時に混乱なく整合をはかることが可能なよう準備する必要がある。
- (2) JIS Z 3060は我が国における鋼構造溶接部の超音波探傷に係わる基本的な規格であり、今後とも存続並びに整備を必要とする要望が多くの業界からある。
- (3) JIS Z 3060の技術的進歩性、適正性のISOにたいする働きかけを行えるよう、その特徴を整備する。

2. 主な改正点

- (1) 探傷感度の調整に使用する標準穴形状の主従の変更。
- (2) 試験周波数の主従の変更と中間範囲の使用の拡大。
- (3) 被検査材の技術的進歩に対応する探傷方法の改正（屈折角の範囲拡大）。
- (4) 公称周波数による探傷範囲の規定の適正化。
- (5) 音速比測定方法の適正化。
- (6) 国際規格に対応した対比試験片の形状・寸法。
- (7) 探傷装置の規定の適正化と記述の整理。
- (8) 処置規定の欠落部分の補填。
- (9) 技術的進歩により不適當となった規定の削除・訂正。

エジプト及びその他中東・アフリカ圏の非破壊検査情

エヌケーテクノス(株)

山崎 利一

1・まえがき

平成6年9月から平成9年9月にわたる3年間、エジプトのヘルワン市にある中央冶金研究所にて国際協力事業団の専門家として非破壊検査技術、品質管理、品質保証技術に関する技術移転を目標として活動してきた。この中央冶金研究所は日本における金属材料技術研究所と同様の機能を持っており、各種の活動を実施している。その一つとして国内各企業に対する技術指導、支援を実施しており、非破壊検査技術、品質管理、品質保証技術もその中に含まれている。

また、当研究所としては国策の一つとして中東またはアフリカ各国の要求にもとずきこれらの技術に関し、各国技術者の技術指導等、各種の支援活動を実施している。これらの現状についてエジプトを中心としてその概略を述べる。

2・エジプトの現状

2・1 国内における各企業の現状

エジプトの重工業関係は国营企業が大半を占めているが、経済活性化の国策に基づき民営化が精力的に進められている。これら民営化が進められる過程で各種の問題も多く発生してきている。多くの企業は民営化された後でも国营企業の体質から抜けきれず、対応に苦慮しており、特に製品の品質に関する問題は深刻である。お客様不在の背景下で、作れば売れる状況では品質向上に関する認識を植え付けることは非常に困難を伴う。しかしながら近年、ISO9000関係の影響もあり、企業のトップはその資格取得に大きな関心を寄せているのも事実である。この状況下、非破壊検査技術に関する実態を述べると概略以下のごとくである。

2・1・1 非破壊検査技術者

各企業は一応品質を管理する部門は持っており、最終製品に対する各種の検査は実施している。しかし非破壊検査に関してはほとんどの企業が有資格者を有しておらず、かつ担当技術者も少ないのが実態である。若干のSNT-TC1Aに認定された技術者がいるがほとんど実業には寄与していない状況である。また国内には非破壊検査技術者を認定する機関はまだ組織されていない。

2・1・2 非破壊検査装置

若干の企業においては放射線透過試験装置を保有しているが、超音波探傷装置を保有している企業は非常に少ない。保有していても非常に古いもので故障しているとか、探触子が不足、標準試験片が皆無という状況がほとんどであり、有効に活用し

ている工場は少ない。設備の保守、技術者、オペレータ不足等、多くの問題を抱えているのが実態である。その他の非破壊検査装置に関しても同様であり解決すべき問題は多い。

2・1・3 非破壊検査業務の実態

企業内における生産活動において非破壊検査業務が発生するが、ほとんどの場合外部の検査会社に委託しており、自社の検査員により実施することはあまり無いようである。これは前述の装置の問題および自社検査員の技術不足等によることが主たる原因である。さらに残念なことに品質に関する認識が低いこともあり、委託した検査会社の検査結果に対しても十分な評価、検討もできず、かつ、このことが自社の大きな問題である、という認識もないのが現状である。当然のことながら規格類の整備も十分でなく、日常必要な規格類（ASME，DIN）も社内には存在しない実態である。また、検査会社にしても十分な統計があるわけではないので正確には把握していないが、小規模の検査会社と称する会社があるのみでASNTのレベルⅡⅡが全国で20名程度と考えられる状況で極めて少ない。したがって場合により、サウジアラビアなどにある大きな検査会社に検査委託する状況である。このような背景には顧客からの強烈的な品質に対するニーズ、クレーム等がないことが挙げられる。

2・2 中央冶金研究所の現状

2・2・1 有資格者

現在、当研究所には5名の非破壊検査技術者がいるが有資格者としてはASNTのレベルⅡⅡが1名、レベルⅡⅠが2名となっている。過去において米海軍非破壊検査技術者のレベルⅡⅠ有資格者が2名いたが、現在は更新していない。しかしながらこのうち4名は既に日本にて非破壊検査技術の教育を受け、実務の経験もあるため日常の業務は一応消化できる状態である。今後、更なるレベルアップを図り、有資格者を育成している状況である。

2・2・2 検査装置関係

当研究所にて現在保有している装置類は放射線透過装置3台、超音波探傷装置3台、磁粉探傷試験装置2台、浸透探傷試験数セット、超音波厚さ計2台であり、日常の業務を消化している。大部分は日本製であり、現状は問題なく稼働しているが、アフターケアに関しては極めて問題が多く、若干のトラブルに対してもその対策に苦慮する現状である。また後述のごとく教育活動においても多数の受講者に対するサービスが現有の台数では十分でない。

2・2・3 非破壊検査業務

当研究所の国内各企業への各種技術支援に非破壊検査業務も含まれており、企業からの委託を受けて多くの検査業務を精力的に実施している。形態は企業側に出向き、工場現場にての検査、および試験体を研究所内に持ち込み、検査を実施する方法とがあり、約半々の割合である。現場における検査業務の場合、企業側技術者の指導、育成もOJT（作業中訓練）にて実施しており、研究所本来の目標である企業技術者への技術移転も可能としている。

検査対象物に関しても多岐にわたり、各種工場の改修工事における溶接部検査、ベッセル、シリンダー類、鋳造品、鍛鋼品、

配管溶接部、各種機械部品類等、小さな物まで対象としている。規格類はASME Sec. Vが主であり、他の規格類はほとんど適用していない。しかしながら規格に基づいて検査を実施する認識が顧客、検査会社双方に欠落しているとか設備、機械関係の不備、不足のため具体的には規格を遵守しているとは言えない面もある。さらには国内の非破壊検査規格についても未整備のため今後早急に対応する必要がある。図-1に火力発電所における非破壊検査実施状況を示す。

2・2・4 教育活動

前述の企業側技術者に対するOJT教育も教育活動の一環であるがその他各種の非破壊検査に関する教育活動を実施している。主なものとして研究所内での教育がある。これは企業側の依頼によるもので座学、実技を含むカリキュラムを希望日程に合わせて組み、実施している。期間は1週間から2ヶ月間とさまざまであり、人数も数名から10名程度とまちまちである。内容については非破壊検査全般にわたるが、主には放射線透過試験、超音波探傷試験、磁粉探傷試験、浸透探傷試験に関する内容について教育している。



図-1 火力発電所の非破壊検査実施状況

しかしながらテキスト等教育資材の不備、

不足のため十分な対応が出来ず教育効果も今一步というところである。次に企業側に出向き同様の内容を実施している。これは企業側の装置、試験体を使用して実技を行うため受講者に非常に理解しやすいと評判がよい。

さらに企業側が持つ特別な問題について個別に技術指導を行っており、企業側からの期待は大きい。実際に対応してきた企業で主な業種は石油化学関連、石油精製関連、自動車製造関連、各種機械加工関連、肥料製造工場等多岐にわたっている。図-2に企業側における実技指導風景、図-3に企業側における座学教育風景を示す。



図-2 企業における実技指導風景

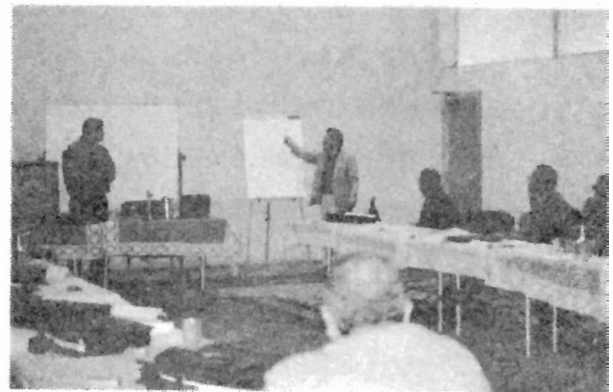


図-3 企業における座学教育風景

3・中東・アフリカ圏の現状

当中央冶金研究所は中東各国およびアフリカ各国の技術者に対する教育も毎年計画的に実施しており、筆者もこれら教育活動を支援してきた。これらの教育活動も国際協力事業団の第三国研修という位置づけで実施されるものが主体となっているが、研究所独自にて実施される教育も含まれている。具体的一例としてはアフリカ各国の技術者に対する教育については例年1回約5週間にわたり各国技術者に対し溶接技術、品質管理技術、非破壊検査技術についてセミナーを開催している。参加国は14ヶ国程度で受講者は20名という内容である。本活動はすでに9年目を経過しており、当研究所の大きなイベントとして位置づけられており、アフリカ各国からの期待も非常に大きなものがある。また中東の国々に対しても同様な活動を実施しており、これらの教育活動を通じて非破壊検査技術に関する若干の知見を得た。

まず中東としてはヨルダン、シリアが主であるが、これらの国の企業においても非破壊検査技術の活動は低調である。したがって今後の進展が大いに要望される状況であるが、現段階としては検査の問題以前に物作りの技術力を向上させることが最大の関心事であり、したがって加工技術、溶接技術等の生産技術力を向上させることに全力を傾注している。

現状としては各企業で実施されている検査内容は最終行程における、または完成品における試験・検査を実施している程度である。非破壊検査技術者もほとんどの企業で有資格者は居らず、一部の検査担当者が不十分な知識で対応しているに過ぎない。検査装置関係についても企業が独自に保有している物は老朽化しているとか、メンテナンス不十分で故障中、または技術者の知識不十分で稼働できない状況があり、問題が多い。したがってほとんど外部の零細な検査会社に検査委託している状況である。また顧客の要望、または質の高い非破壊検査が要求される場合はサウジアラビアの検査会社を適用している。適用規格類もASMEが主体でありヨーロッパの規格の適用は少ない状況である。当然国内規格の整備もされていない。これらの状況を踏まえ各国の公的機関は国内の技術力向上を図るべく米国、日本、ヨーロッパ先進国に対し、技術援助の要請を行っており、日本も相手国の状況、ODA予算の状況に鑑み、今後対応してゆくことになろう。

次にアフリカ各国における現状であるが、周知のごとくこれらの国々では、いまだ国内が安定しているところは少なく、破壊活動が続いている現状である。また残念なことに多くの優秀な人材を過去の不幸な出来事のために失ってしまったことが大きなダメージとして現在も尾を引いている状況である。したがって国全体が疲弊しており物作りの基盤整備そのものが出来上がっていないため生産技術力の強化が各国とも最優先の課題である。当然非破壊検査技術者育成、機器の整備、規格類の整備等に関してはその必要性を認めながらも時期を問わずとの感は免れない。ゆえに本技術の進展、定着については今後いくつもの課題があり、多くの困難を伴うことが予想される。幸いなことに中東・アフリカからエジプトに派遣されている研修生達はエリート達であり、将来国のリーダーとなる立場にある者で技術にたいする関心は高い。将来非破壊検査技術の分野においても彼らの中から中核となる者が出てくることが期待できる。それまで永い期間辛抱強く活動を続けてゆく必要があろう。図-4にアフリカ各国のセミナー風景を示す。

4・今後対処すべき事項

4・1 国内規格の整備・確立

前述のごとく非破壊検査業務はすべて外国規格が適用されているがこの適用に際しても各種の制約、例えば機器校正不十分、または不可能、さらには機器整備不十分、規格の理解

不足等の問題のため十分遵守されているとは言えず、今後改善してゆかなければならない多くの問題を含んでいる。まずは国内規格の確立が挙げられる。自国の

実態に合わせた規格を制定し、それを遵守する気風を醸成する。現在当研究所が中心となり、一部非破壊検査規格をエジプト規格協会と共同で作成、検討中であるが、

今後精力的に推進し、かつ、国内に周知徹底させるための活動が要求される。もっとも現在の社会背景がまだ十分これらの規格整備を要求している状況にないことが進展を阻害している要因として存在するのも事実であるが。



図-4 セミナー実習風景

4・2 人材育成

国内に存在する非破壊検査技術者は米国非破壊検査協会により認定された者がほとんどであり、その数も非常に少ないためにあまり大きな影響力を持っていないようである。したがって実務に携わっている者は検査会社を除くとほとんど無資格者という状況である。今後、非破壊検査技術者を国内で養成していくには多くの問題があり、時間のかかる作業であるが、まず国内の組織作りからスタートすべく当研究所が中心になり関係機関とその作業を始めたところである。今後の進展を期待したい。

4・3 国際交流の活性化

現在、研究所としては国外の関係機関との交流を鋭意図っているが、各種の制約により思うように進展していない。各種国際活動においても十分対応できていない状況である。結果的に研究開発の進展にも影響し、問題は大きい。かつ、さらには各種研究活動に必要な情報も欠落しており、またその入手も簡単でない。これら諸問題についていかに対応してゆくかが今後の課題とも言える。幸いなことに現在日本との関係は国際協力事業団の協力を得て、大変緊密な関係にあり、現在も5名が日本にて勉強中である。結果として知日派が増加している。この傾向は今後も継続すると思われ、大変結構なことと考えている。研究所は非破壊検査技術、溶接技術を主体として日本との交流を図ってきたが、さらに他分野にまでその枠を拡大すべく活動中である。ともかくエジプト、アフリカ各国における日本への期待は大きく、今後の国内産業育成には日本を含む諸外国と、より一層の交流を深めていく必要があり、国の機関である当研究所はその中核となることを期待されている。

5・ おわりに

エジプト中央冶金研究所における非破壊検査技術および国内の状況、さらには中東、アフリカ圏の状況についてその一部を述べたが多くの問題を抱えつつも、とにかく進んでいる。若手研究者、技術者は諸外国から多くのものを学びとろうと各種の制約があるにもかかわらず努力している。今後多くの成果が期待されると確信するが、日本および先進諸国の支援が一助となればこれに勝る喜びはない。今は種まきの時、今後花咲き実のなる時期を期待しながら進んでいるところである。

特 別 講 演

演 題 JSNDIにおける新しい認証制度の発足について

NDI認定試験準備委員会委員長

福原熙明

J S N D I における新しい認証制度の発足について

社団法人 日本非破壊検査協会
認証試験準備委員会委員長 福原照明

概 要

非破壊検査協会は ISO-9712 による非破壊試験技術者の新認証制度を発足させ、平成10年秋
季からその資格試験を開始する予定である。

ここでは、新認証制度の組織機構を、まず紹介し、続いて資格試験における受験申請資格、試験の実
施とその内容、認証申請資格及び資格証明書の発行などについて、簡単に触れてみたい。

1. はじめに

ISO/DIS-9712 (1997-1) 「非破壊試験——技術者の資格及び認証」に則り、非破壊
試験技術者の資格試験の実施とその認証（これを新認証制度とここでは呼ぶ）を社団法人日本非破壊検査協
会（J S N D I）が認証機関（CB）として実施する。それには、それを遂行するに必要な委員会組織の設
置とその規則の制定のみでなく、委員会運営の基盤となる認証の実施に関する諸規則の制定が必要である。

ここでは、まず新認証制度における認証機関の組織を示し、その役割を記述する。次に、認証機関が非
破壊試験技術者レベル1、レベル2及びレベル3の資格試験を実施するために必要な、上記 ISO-9712
規定に則って用意され実施に深く関わる J S N D I 規則（案）についての概要を述べる。

2. 認証機関（CB）

ISO-9712の規定に基づく非破壊試験技術者の認証には、それが ISO-9712の要求を満たし

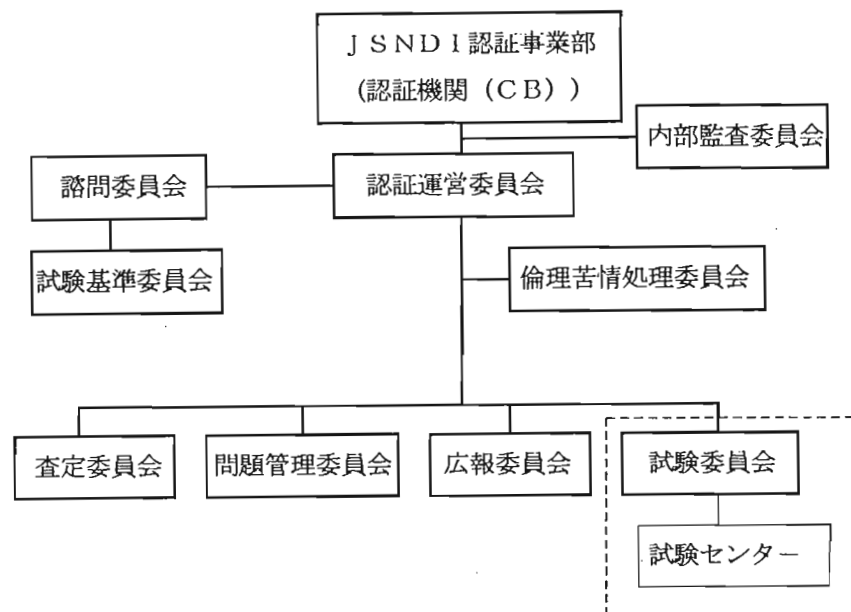


図1 認証機関（CB）の組織図

ているかどうかを第三者機関である財団法人日本適合性認定協会（JAB）から認証機関（CB）として認定を受けることが必要である。

J S N D I 中における認証機関は図1に示す組織からなっている。認証事業を行うには、まず「内部監査委員会」がそのトップに存在しなければならない。続いて「認証運営委員会」となる。この委員会が認証機関の認証事業の母体で、最高責任が課せられる。これをサポートする外部委員を含めた委員会として「諮問委員会」が存在する。また同じ水準に「倫理・苦情処理委員会」が存在する。このように認証事業の健全運営のメカニズムがJABから要求されている。

実際に資格試験を行う委員会は「試験委員会」である。一方、試験問題を作成し、管理する委員会が「問題管理委員会」である。この委員会で作られた問題及び試験体は「査定委員会」で承認されデータベースとして「問題管理委員会」で厳重管理される。その中から選択・選定して「試験委員会」が資格試験を実施するわけである。ここでもJABは資格試験の実施部門と認証部門との峻別を要求している。

3. 資格試験の実施に関する諸規則

J S N D I が行う新認証制度は以下の主要な規則から成り立っている。

- (1) 非破壊試験技術者の資格試験受験申請規則
- (2) 非破壊試験技術者の資格及び認証の実施に関する規則
- (3) 非破壊試験技術者の認証申請規則
- (4) 技量認定技術者の移行試験等に関する規則

4. 資格及び認証の取決め

4. 1. 認証の範囲 以下のNDT方法及び各レベル1、レベル2及びレベル3の技術者の資格と認証を対象とする。

- (1) 放射線透過試験（RT）
- (2) 超音波探傷試験（UT）
- (3) 磁粉探傷試験（MT）
- (4) 浸透探傷試験（PT）
- (5) 渦流探傷試験（ET）
- (6) ひずみ測定（SM）

4. 2. 工業分野 工業分野はマルチセクター（材料、溶接、構造物）とする。

4. 3. NDT技術者に要求される能力

4. 3. 1. レベル1

- (1) 探傷機器の準備
- (2) 指示書に従ったNDT作業の実施、記録及び報告

4. 3. 2. レベル2

- (1) 探傷機器の調整と校正
- (2) 手順書のNDT指示書への書き換え

- (3) レベル1用指示書の作成
- (4) レベル1及びレベル2のNDTの実施、結果の評価、報告書の作成
- (5) レベル2に至っていない技術者の教育・訓練

4. 4. 3. レベル3

- (1) レベル1及びレベル2の業務すべての実施または監督
- (2) コード、規格及び仕様書の解釈及びNDT結果の解釈と評価
- (3) 手順書の作成及び承認
- (4) 他のNDT方法における基礎的知識
- (5) 判定基準が存在しない場合には、その基準の確立
- (6) レベル3に至っていない技術者の教育・訓練
- (7) 資格試験における試験員

5. 資格試験

新認証制度における資格証明書の発行は新規資格試験に合格した者、認定技術者の移行試験合格者、5年後の継続申請の際及び10年後の更新試験に合格した者に対してなされる。資格証明書取得過程の例として新規資格試験の受験申請、認証申請と資格証明書取得に至る過程のレベル1及びレベル2の場合を図2に、またレベル3の場合を図3に示す。これらの図には資格証明書取得過程に関わりをもつ委員会を併記している。

以下に資格試験の詳細を記述する。

5. 1. 資格試験受験申請資格

レベル1及びレベル2の資格試験の受験申請資格は、訓練の修了証明書が必要である。レベル1の場合の訓練時間は、PT、MT及びSMが16時間以上、RT、UT及びETが40時間以上である。

レベル1の資格所有者がレベル2の受験申請する場合に必要な訓練時間はPT、MT及びSMが24時間以上、ETが40時間以上、RT及びUTが80時間以上である。レベル2に直接受験申請する場合にはレベル2に必要な訓練時間とレベル1の訓練時間の合計の訓練時間が必要である。

これらの訓練の修了証明書によって一次試験の受験申請資格を得ることができる。二次試験の受験申請資格を得るには認証機関の発行する一次試験の合格証明書が必要となる。

一方、レベル2の資格所有者のレベル3の受験申請資格には、訓練は義務づけられていない代わりに、NDT関連の論文発表、研究発表など、認証機関が認めれば、何か1件以上のNDT技術的貢献の証明でよい。これで一次試験（基礎試験）の受験申請資格は得られたことになるが、二次試験（主要な方法の試験）の受験申請資格を得るためには認証機関の発行する一次試験の合格証明書が必要である。レベル2の資格を所有していない者のレベル3受験申請資格にはレベル2の実技試験の合格証明書が必要となる。

5. 2. 新認証制度における資格試験の内容

(1) レベル1

一次試験としての筆記試験に一般試験と特定試験が有る。一般試験の内容は、各NDT方法の原理と装置に関する問題で、特定試験の内容は各NDT方法の適用に関する問題である。いずれも30乃至40問

程度の多項選択問題（原則として、4者択1で、正解1）で、約60分の試験である。合格証明書は個別に、一般試験合格証明書と特定試験合格証明書が認証機関から発行される。

二次試験は実技試験で、各NDT方法における装置の取扱い、試験体の指示書によるNDTの実施を約150分の試験時間で試験される。合格すれば二次試験（実技試験）合格証明書が認証機関から発行される。

(2) レベル2

一次試験としての筆記試験に一般試験と特定試験が有る。一般試験の内容は各NDT方法の基礎と技法に関する問題で、特定試験の内容は各NDT方法の適用に関する問題及びコード・仕様書・規格の問題である。いずれも30乃至40問程度の多項選択問題（原則として、5者択1で、正解1）で、約60分の試験である。ここでも合格証明書は個別に、一般試験合格証明書と特定試験合格証明書が認証機関から発行される。

二次試験は、約200分の試験時間の試験体の探傷についての実技試験と約60分のレベル1用の指示書の作成の記述試験で、両者に合格すれば二次試験合格証明書が認証機関から発行される。

(3) レベル3

実技試験は無く、筆記試験のみであるが、基礎試験と主要な方法の試験がある。

基礎試験は、材料科学に関する問題、認証システムに関する問題、4NDT方法のレベル2程度の問題、で約100問程度の約160分の多項選択問題（原則として、5者択1で、正解1）の筆記試験である。

主要な方法の試験は、レベル3の基礎知識の問題（多項選択問題（正解は1とは限らない）、記述問題、計算問題など）30問、NDTの適用に関する問題（多項選択問題（正解は1とは限らない）、記述問題）20問、手順書の作成（記述問題）1問で、各60分の試験である。

5. 3. 試験の採点

採点は、レベル3の資格を有する試験員によってなされ、レベル1及びレベル2の場合には筆記試験は各試験とも70%以上を合格とする。一方、実技試験は80%以上を合格とする。

レベル3の場合には基礎試験全体で70%以上を合格とするが、主要な方法の試験では各試験の採点結果が70%以上を合格基準とし、それらの平均合格率が80%以上を合格とする。

5. 4. 認証申請資格

各レベルにおいて資格証明書の申請には次の証明書が必要である。

(1) 最終合格証明書（二次試験合格証明書）――認証機関が発行する。

(2) 経歴証明書――雇用主の証明

レベル1の認証申請に必要な経歴は、PT、MTおよびSMが1ヶ月以上、UT、RT及びETが3ヶ月以上である。

レベル2の場合には、PT、MTおよびSMが3ヶ月以上、UT、RT及びETが9ヶ月以上の経歴を証明することが必要である。

レベル3の認証申請に必要な経歴は、最低でもレベル2所有の理工系大卒で12ヶ月である。レベル2を有していない場合には、レベル2の実技試験の合格を必要とするのに加え、24ヶ月の経歴が必要とされる。大卒でない場合には、上記経歴月数はそれぞれ2倍となる。

(3) 視力証明書—雇用主又は医師の証明

以下の要求事項が満足していることの証明が必要である。

1) 近方視力は、矯正の有無に関係なく Jaeger number 1 あるいは Times Roman N4. 5 若しくはそれ相当の文字を 30 cm 以上離れて片目あるいは両眼で読めること。

2) 色覚は関連 NDT 方法に関係する色彩のコントラストを識別し得ること。

5. 5 再試験

資格試験に不合格となった受験者は 30 日を越え 1 年以内に実施されるあらゆる資格試験に再訓練なく、1 度だけ受験資格を有し、再試験できる。不正により不合格となった受験者は 1 年を経過しなければ受験できない。

5. 6. 資格の継続

資格取得 5 年後、資格の継続申請ができる。その際、以下の証明書の添付が必要である。

(1) 作業継続証明書—1 年を越える大幅な中断のないことの雇用主の証明

(2) 視力証明書—雇用主又は医師の証明

5. 7. 資格の更新

資格の継続 5 年後 (資格取得 10 年後) の更新は以下の更新試験による。

(1) 更新試験

1) レベル 1 及びレベル 2 の場合 限定された実技試験 (試験実施内規による)

2) レベル 3 の場合

a) 認証制度に関する問題: 10 問程度

又は b) クレジットシステムの適用: NDT の普及 (研究、委員会活動など) に関する貢献度。
査定委員会の査定による。

3) 合格基準 筆記試験は 70% 以上、実技試験は 80% 以上を合格とする。クレジットシステムの適用の場合には 30 点以上を合格とする。

(2) 資格の更新申請 以下の証明書が必要である。

1) 更新試験合格証明書—認証機関による。

2) 作業継続証明書—1 年を越える大幅な中断のないことの雇用主の証明による。

3) 視力証明書—雇用主又は医師の証明による。

又はクレジットシステムの適用の場合には、視力証明書に加えて次の 4) が必要である。

4) クレジットシステム合格証明書

6. 認定技術者の資格試験への受験と認証

新認証制度は発足するが、同時に現存の認定制度も当分並行して実施される。ただし、新認証制度を満足するために必要な追加試験 (これをここでは移行試験と呼ぶ) がなされ、それに合格すれば認証技術者の資格が認証機関から与えられる。

6. 1. 移行試験の条件

平成10年10月1日までに認定技術者として登録された後、1種では3ヶ月以上、2種では9ヶ月以上、3種では1年以上の経験を有するもののみが受験および認証申請資格を有する。ただし、以下のよう
に同水準の試験に限定する。

(1) 1種認定技術者が認証技術者レベル1の資格試験を受験する場合

(2) 2種認定技術者が認証技術者レベル2の資格試験を受験する場合

(3) 3種認定技術者が認証技術者レベル3の資格試験を受験する場合

(1) の場合 1種にはUTには2技法、MTには3技法、PTには2技法の技量認定資格が与えられている。未所有の他の技法の受験が原則として必要である。また、RT、ET、SMは1技法のみであるが、新認証制度における試験の若干の増加があり、増加分の試験が課せられる。

(2) の場合 全てのNDT方法について、レベル1用の指示書の作成(1問、30分)の試験の他、NDT方法によれば傷の評価に関する実技試験(60分)がさらに課せられる場合がある。

(3) の場合 認証制度に関する試験(多項選択問題、20問、30分程度)のみである。

6. 2. 合格基準 各移行試験において、筆記試験は70%以上、実技試験は80%以上を合格とする。

6. 3. 再試験 再試験は5. 5. による。

6. 4. 継続 移行試験によって資格を取得したものに限り最初の継続申請はなく、更新試験を受験するものとする。

6. 5. 更新 6. 4. の施行以後は5年後継続申請をし、さらに5年後更新試験を受験するものとする。

7. 試験問題と試験体の管理

試験問題及び試験体の作成は問題管理委員会が行うが、査定委員会において承認されたものはデータベースとして問題管理委員会が管理する。資格試験にはデータベースの中から選出された問題及び試験体を用いて試験委員会が行うことになる。試験問題及び試験体の総合評価は試験基準委員会にて行い、資格試験の水準の維持及び向上を図るものとされている。

8. おわりに

新認証制度による資格試験の実施に関して、その組織と実施に関する諸規則について、その主要なもの
の概要を紹介した。これらは全てISO-9712に規定された範囲内であるが、資格試験の実施のため
にはより具体的取決めが必要で、用意されたものである。これら以外にも、より具体的な取決めとして各
種内規も用意する必要があるが、認証システムの完成に向けて、さらなる努力がなされている。