

# JIS 意見受付

JIS Z 2342 圧力容器の耐圧試験などにおける  
アコースティック・エミッション試験方法  
原案作成委員会

この JIS は日本非破壊検査協会規則「JIS 原案作成に関する規則」に基づき関係者に JIS の制定前の意見提出期間を設けるために掲載するものです。

意見は規格原案決定の際の参考として取り扱いさせていただきます。

掲載されている JIS についての意見提出は下記メールアドレスまでお願いいたします。

意見受付締切日：2021 年 3 月 31 日（水）

意見提出先：Email： [bsn@jsndi.or.jp](mailto:bsn@jsndi.or.jp)

---

## 目 次

	ページ
1 適用範囲 .....	1
2 引用規格 .....	1
3 用語及び定義 .....	1
4 試験の準備 .....	1
4.1 事前調査 .....	2
4.2 試験装置 .....	2
4.3 試験装置の校正 .....	4
4.4 試験体の AE 伝搬特性 .....	4
4.5 AE センサの配置 .....	5
4.6 連絡手段 .....	5
5 試験の手順 .....	5
5.1 AE センサの動作確認 .....	5
5.2 バックグラウンドノイズの強度測定 .....	5
5.3 AE しきい値の調整 .....	5
5.4 圧力容器の加圧法 .....	5
5.5 AE 計測 .....	6
5.6 圧力計測 .....	6
6 試験結果の記録 .....	6
附属書 A (参考) 評価方法 .....	7

## まえがき

この規格は、産業標準化法第 16 条において準用する同法第 12 条第 1 項の規定に基づき、一般社団法人日本非破壊検査協会（JSNDI）及び一般財団法人日本規格協会（JSA）から、産業標準原案を添えて日本産業規格を改正すべきとの申出があり、日本産業標準調査会の審議を経て、経済産業大臣が改正した日本産業規格である。これによって、**JIS Z 2342:2003** は改正され、この規格に置き換えられた。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格の一部が、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権に抵触する可能性があることに注意を喚起する。経済産業大臣及び日本産業標準調査会は、このような特許権、出願公開後の特許出願及び実用新案権に関わる確認について、責任はもたない。

# 圧力容器の耐圧試験などにおけるアコースティック ク・エミッション試験方法

## Methods for acoustic emission testing of pressure vessels during pressure tests

### 1 適用範囲

この規格は、金属容器及びその配管系（以下、圧力容器などという。）の耐圧試験、気密試験などの圧力を負荷して非破壊検査を行うとき（以下、耐圧試験という。）のアコースティック・エミッション（以下、AEという。）試験方法について規定する。

### 2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、その一部又は全部がこの規格の要求事項を構成している。この引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

**JIS Z 2300** 非破壊試験用語

### 3 用語及び定義

この規格で用いる主な用語及び定義は、JIS Z 2300 によるほか、次による。

#### 3.1

##### AE 源 (AE source)

AE の発生源

#### 3.2

##### AE 源エネルギー値 (AE source energy value)

到達時間差位置標定で求めた突発型 AE イベントの推定位置から AE センサ受信点までの伝搬距離に伴う AE 信号振幅の減衰率を補正し、エネルギー値を AE 源に換算した値。

注釈：エネルギー値は、EN1330-9 に適合し、時間の経過に伴う振幅値 (V) の二乗の積分値と定義し、その単位は eu とし、1 eu は  $10^{-14}V^2s$  に対応する。ここで、V:電圧 (V), s:時間 (s)。また、エネルギーは、持続時間 ( $\mu s$ ) に伴うセンサ出力電圧 (mV) の積分値と定義し、1eu を nsV ( $10^{-9}sV$ ) とする場合もあり、どちらの定義を用いても良い。

## 32 4 試験の準備

### 33 4.1 事前調査における情報の提供

#### 34 4.1.1 材料特性及び溶接部特性

- 35 a) 母材部及び溶接金属の材料規格，又は化学組成並びに機械的特性
- 36 b) 溶接施工条件
- 37 c) 溶接後熟処理条件

#### 38 4.1.2 形状特性

- 39 a) 圧力容器などと周辺との位置関係を示す配置図
- 40 b) 圧力容器などの形状を示す図面（寸法，板厚，ノズル位置，インターナル部品など）
- 41 c) 圧力容器などの溶接線の位置

#### 42 4.1.3 加圧履歴

#### 43 4.1.4 加圧スケジュール及び加圧条件

- 44 a) 加圧装置の仕様
- 45 b) 加圧スケジュール

#### 46 4.1.5 ノイズ状況の確認及びその対策

47 試験場所において，予想されるノイズ状況とその対策とを，特に次の項目について重点的に行う。

- 48 a) 空中及び圧力容器支持機構を通じて伝わる機械的ノイズ（雑音），音響的ノイズ及び電氣的ノイズ
- 49 b) 加圧系の加圧管からのノイズ
- 50 c) 強力な電磁波
- 51 d) 電源などからの電氣的ノイズ

#### 52 4.1.6 試験実施上必要なその他の諸情報

## 53 4.2 試験装置

### 54 4.2.1 一般

55 試験装置の要素を 4.2.2～4.2.4 及び標準的構成を **図 1** に示す。

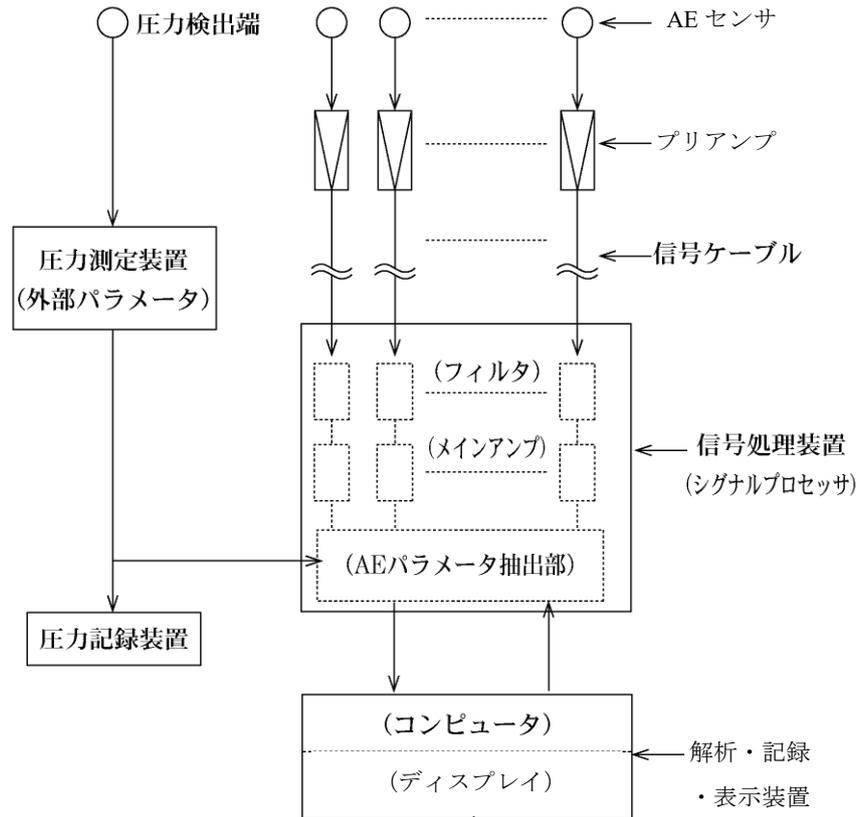


図 1—試験装置の標準的構成

56

57

#### 58 4.2.2 AE センサ

59 AE センサは、製造元における表面波絶対感度測定（参考規格 ISO 12714 又は NDIS2109 参照）で得られ  
 60 た表面波感度曲線において最大感度の周波数が 100 kHz～400 kHz の範囲にあり、最大感度が 0.5 kV/(m/s)  
 61 以上のものを使用する。また、使用する各 AE センサは同一機種を使用し、その特性のばらつきは、最大  
 62 感度差±3 dB とする。

#### 63 4.2.3 試験装置

64 試験装置は、圧力容器及び配管系の全部又は特定の領域を監視するのに十分な数の AE センサ及び計測  
 65 チャンネルをもつものにする。さらに、試験装置は、AE の発生状況を圧力又は時間の関数として記録で  
 66 き、かつ、発生状況は少なくとも次の 4 種類のパラメータで表せるものとし、試験中にリアルタイムで表  
 67 示されなければならない。

- 68 a) ヒット数（検出された AE 信号の数）
- 69 b) AE 活動度（単位時間当たりのヒット数）
- 70 c) AE イベント数（AE 事象数）
- 71 d) AE 源の位置又はそれに代わる情報
- 72 e) AE 信号振幅又はそれに代わる量
- 73 f) AE 源エネルギー値又はそれに代わる量

74

75 なお、表 1 に示す装置の仕様は、圧力容器などの所有者及び AE 試験の実施者があらかじめ協議をし  
76 て決める。

77

78

表 1—試験装置の仕様

項目	プリアンプ	信号処理装置	解析・記録・表示装置 (コンピュータ)
利得 (ゲイン) (dB)			
周波数特性 (Hz)			
フィルタ	遮断周波数 (Hz)		
	減衰傾度 (dB/oct.)		
入力換算ノイズ (dB)			
AE しきい値 (dB)			
処理速度 (ヒット/s)			
各種パラメータ分解能			

79

#### 80 4.2.4 圧力の連続記録

81 圧力の連続記録を行う手段を確立し、加圧経過と AE 発生状況との関係が把握できるようにする。

### 82 4.3 試験装置の校正

#### 83 4.3.1 一般

84 試験装置の校正は、擬似 AE 源によって行う。AE しきい値及び AE 源位置標定精度は、既知の AE 源の  
85 特性を基にあらかじめ協議した値を満足するものにする。

#### 86 4.3.2 擬似 AE 源

87 擬似 AE 源は、その周波数帯域が少なくとも 100 kHz~400 kHz の範囲を含み、再現性があるものを用い  
88 る。シャープペンシル芯圧折などの機械的な方法、又はパルス発信装置による電気的な方法のいずれを用  
89 いてもよい。

#### 90 4.3.3 AE センサの取付け状態

91 試験体に取り付けられた各 AE センサにおいて、最大感度差は±3 dB とすることが望ましい。

#### 92 4.3.3 試験装置の許容感度差

93 同一の擬似 AE 源を入力したとき、試験装置の各測定チャンネルにおけるパラメータ測定量のばらつき  
94 は、±3 dB とすることが望ましい。

### 95 4.4 試験体の AE 伝搬特性

#### 96 4.4.1 一般

97 AE センサの配置間隔などを決定するために、擬似 AE 源を用いて、圧力容器などの表面における AE 波  
98 減衰特性の調査を行う。この調査は、耐圧試験時と同様の内容物が充満した状態で行うことが望ましい。

#### 99 4.4.2 音速

100 試験体の代表的な部位の  $0^\circ$  ,  $45^\circ$  及び  $90^\circ$  の 3 方向において、溶接線がない場合及びある場合の音速  
101 (m/s) を測定する。

#### 102 4.4.3 減衰特性

103 試験体の代表的な部位の軸方向の基準に対し  $0^\circ$  ,  $45^\circ$  及び  $90^\circ$  の 3 方向において、溶接線がない場合  
104 及びある場合の減衰特性をセンサと擬似 AE 源との間の距離 (m) における最大振幅値の変化量デシベル  
105 (dB) を測定し、単位長さ当たりの量 (dB/m) をもとめる。なお、dB は、リファレンス電圧 ( $V_{ref}$ ) を  $1$   
106  $\mu V$  とした場合のセンサ出力 (V) の相対値であり、 $20 \log (V/V_{ref})$  で求まる。

#### 107 4.5 AE センサの配置

108 AE センサは、試験対象領域からの AE 波を、少なくとも AE 源の位置標定計算に最低限必要な数のセン  
109 サで検出できるようにする。

#### 110 4.6 連絡手段

111 試験装置の設置場所と加圧装置の設置場所との間は、連絡が取れるようにする。

### 112 5 試験の手順

#### 113 5.1 AE センサの動作確認

114 AE センサの音響結合状態及び接続の確認は、AE センサの取付け及び試験装置の組立てに引き続いて行  
115 い、更に試験の終了直後にも行う。

#### 116 5.2 バックグラウンドノイズの強度測定

117 試験に使用する全てのチャンネルについて、バックグラウンドノイズの強度 (ピーク電圧値) を測定し、  
118 記録する。強力なノイズ源があるときには、遮断措置を講じなければならない。

#### 119 5.3 AE しきい値の調整

120 試験に使用する全てのチャンネルの AE しきい値は、バックグラウンドノイズで作動しないように調整  
121 する。この場合、圧力容器の内部には、耐圧試験時と同様の内容物が充満した状態で試験を行う。

#### 122 5.4 圧力容器の加圧法

123 圧力容器の加圧方法は、次による。なお、圧力容器の加圧法は適用する耐圧試験規格に適合するが、AE  
124 活動度が安定しない場合には、30 分以上圧力を保持する。

125 a) **予圧** 予圧は、最大試験圧力の 20 % 以下とし、加圧に伴うノイズの影響を確認し、ノイズレベルが  
126 しきい値の 1/2 以上の場合ノイズ低減の処置を取るようにすることが望ましい。

127 b) **加圧速度** 加圧に用いる流体、安全装置などは、規定されたものを使用する。加圧速度は、最小のノ  
128 イズ条件で AE 試験が行えるような速度とする。

129 c) **加圧手段** 加圧のステップは、一般的には最大試験圧力の 50 % ~ 100 % の間で数回行う。各ステッ  
130 プにおける圧力保持時間は 10 分間とし、最終保持時間は少なくとも 30 分とする。このため加圧装置  
131 は、指定された圧力値で圧力を保持する機能をもつものにする。

132 **d) 加圧の停止** 危険状態継続警報又は危険状態開始警報を観測した場合は、加圧スケジュールになくても、  
133 圧力を保持、又は低下させて、速やかに耐圧試験の責任者に通告して、加圧を継続するか、又は  
134 中止するかのいずれかを、決定してもらわなければならない。加圧を中止した場合は、AE が異常に発  
135 生した箇所を、他の試験法で調査する。

136 なお、危険状態を示す指標及び基準は、表 A.3などを参考にあらかじめ定める。

## 137 5.5 AE 計測

138 AE 計測は、4.2.3 に規定した少なくとも 4 種類のパラメータを計測するため、加圧の少なくとも 30 秒前  
139 から開始し、圧力上昇の全て及び圧力保持、試験終了まで行う。

## 140 5.6 圧力計測

141 圧力値は、連続計測するとともに、個々の AE 信号の記録との対応がとれるように記録する。

## 142 6 試験結果の記録

143 AE 試験の経過及び結果は、通常、次の項目について記録する。なお、i) の試験結果の評価は、必要に応  
144 じて附属書 A を参考に行う。

145 **a)** 試験対象

146 **b)** 試験日時

147 **c)** 試験実施場所

148 **d)** 試験装置の校正方法及びその結果

149 **e)** AE センサの配置及び取付方法

150 **f)** バックグラウンドノイズの影響

151 **g)** 加圧過程（加圧方法、加圧速度、圧力保持時間、保持圧力など）

152 **h)** AE の発生状況（AE イベント数と時間又は圧力の関係、AE 源標定位置など）

153 **i)** 試験結果の評価の手續及びその結果

154 **j)** 試験技術者の氏名及び経験年数

155 **k)** 耐圧試験責任者の氏名

156 **l)** 記録作成日時及び作成者の氏名

157 **m)** 試験流体の種類及び試験温度

158 **n)** 圧力容器などの事前調査情報

159 **o)** 試験装置の仕様（表 1 参照）

160

161

162

## 附属書 A (参考) 評価方法

163

164

165

166

### 167 A.1 試験結果の評価方法

168 AE 源の損傷レベル評価は、位置標定法によって次の 2 種類の評価方法で行う。いずれの位置標定方法  
169 を選択するかは、使用者が決定することが可能である。

### 170 A.2 到達時間差を用いる場合

#### 171 A.2.1 到達時間差位置標定

172 各 AE センサにおける AE 波の到達時間差を用いて、AE 源の位置標定を行う。

#### 173 A.2.2 AE 源エネルギー値の計算

174 まず、AE 源の位置標定から検出した AE センサまでの距離を AE 伝搬距離として求める。次にこの AE  
175 センサにおいて検出された AE エネルギー値を、4.4.3 で測定した減衰量によって補正することで AE 源エ  
176 ネルギー値を求める。

#### 177 A.2.3 AE 源のクラスター位置標定によるグループ分け

178 到達時間差で位置標定された AE イベントは、クラスター位置標定によっていずれかのクラスターに属  
179 するグループに分けられる。一つのクラスターの範囲は、最大 AE センサ間隔の 5%~10% の長さ  $R$  を用  
180 いる。AE イベント **A** が位置座標  $X_1, Y_1$  に推定された場合、 $X_1, Y_1$  を中心とした半径  $R_A$  のクラスター **A** が  
181 設定される。新たに位置標定された AE イベント **B** の位置座標  $X_2, Y_2$  が半径  $R_A$  の円内にあれば AE イベ  
182 ント **B** はクラスター **A** に属し、その円外であれば新たにクラスター **B** が位置座標  $X_2, Y_2$  を中心に設定され  
183 る。

#### 184 A.2.4 AE 総合評価

##### 185 A.2.4.1 一般

186 AE 総合評価は、各クラスターの累積 AE イベント数 ( $\Sigma N$ ) 及び累積 AE 源エネルギー値 ( $\Sigma E$ )、並び  
187 に負荷に対する AE 源エネルギー値の差 ( $\Delta \Sigma E$ ) によって、型及びレベルが評価される。評価された型及  
188 びレベルの組み合わせによって各クラスターごとに評価が行われる。評価のフローチャートを図 A1 に示  
189 す。

190

191

192

#### 193 A.2.4.2 クラスターの型評価

194 クラスターの累積 AE 源エネルギー値と検出された圧力との相関によって、次の I ~IVのいずれかの型  
195 に評価する。型を評価するための方法の例を図 A.2 に示す。

- 196 a) I 型：全過程散發型：AE は全過程にわたって散發しており、集中発生がない。  
197 b) II 型：低圧又は中圧過程集中発生型：AE は低圧力又は中圧力で発生し、高圧力では発生が停止又は急  
198 減する。  
199 c) III 型：高圧力過程急増型：AE は高圧力で急増する。  
200 d) IV 型：全過程頻発型：AE は全過程で頻発している。

#### 201 A.2.4.3 クラスターのレベル評価

202 クラスターの累積 AE イベント数と累積 AE 源エネルギー値とのレベル判定図表上において、次のレベ  
203 ル 1~4 に評価される。その AE 活動度の評価例を表 A.1 に示す。レベル判定図表における判定レベルは、  
204 更に判定基準に用いる累積 AE イベント数 ( $N_R$ ) 及び累積 AE 源エネルギー値 ( $E_R$ ) は、そのクラスター  
205 の対応する位置特性（例えば、溶接線、マンホール、ノズル、溶接支持部、母材部など）によって異なる  
206 ため、事前の試験片による破壊試験及び AE 試験適用実績に基づいて、AE 試験対象物の構造、材質ごとに  
207 決定する。

- 208 a) レベル 1：微小欠陥、ノイズなどに対応する。  
209 b) レベル 2：安定化した欠陥、又は安定化傾向にある小欠陥に対応する。  
210 c) レベル 3：拡大傾向性を残す欠陥に対応する。  
211 d) レベル 4：加圧中に拡大を続けている欠陥に対応する。

#### 212 A.2.4.4 クラスターの AE 総合評価

213 各クラスターの AE 総合評価のランク ( $\alpha$ ) は、表 A.2 に示すように、型 ( $m$ ) 及びレベル ( $n$ ) の組  
214 み合わせによって A から D ランクで表示する。

#### 215 A.2.4.5 出力メッセージ

216 負荷試験中は、AE イベントが検出されるごとにそのクラスターの AE 総合評価を行ってランクの変化  
217 状況に応じて 5 段階の出力表示を行うことが望ましい。出力メッセージ例を表 A.3 に示す。

### 218 A.3 ゾーン標定を用いる場合

#### 219 A.3.1 ゾーン標定

220 ゾーン標定は、AE 源に最も近いセンサが最も多くの AE を検知する特性を利用し、損傷エリアを標定す  
221 る方法であり、各 AE センサの検出感度領域（ゾーン）を単位とする標定を行う。

#### 222 A.3.2 エネルギー値

223 AE イベントのエネルギー値は、AE センサ検出点の値を用いる。

#### 224 A.3.3 AE 総合評価

225 AE 総合評価は、各ゾーンの累積 AE イベント数 ( $\Sigma N$ ) 及び累積 AE 源エネルギー値 ( $\Sigma E$ )、並びに負  
226 荷に対するエネルギー値の差 ( $\Delta \Sigma E$ ) によって、型及びレベルを評価する。評価された型とレベルとの組

227 み合わせによって各ゾーンごとに評価を行う。

### 228 A.3.3.1 ゾーンの型評価

229 ゾーンの累積 AE 源エネルギー値と検出された圧力との相関によって、次の I～IVのいずれかの型に評  
230 価する。型評価を行うための評価方法の例を図 A.2 に示す。

- 231 a) I 型：全過程散發型：AE は全過程にわたって散發しており，集中発生がない。
- 232 b) II 型：低圧又は中圧過程集中発生型：AE は低圧力又は中圧力で発生し，高圧力では発生が停止又は急  
233 減する。
- 234 c) III 型：高圧力過程急増型：AE は高圧力で急増する。
- 235 d) IV 型：全過程頻発型：AE は全過程で頻発している。

### 236 A.3.3.2 ゾーンのレベル評価

237 ゾーンの累積 AE イベント数と累積 AE 源エネルギー値とのレベル判定図表上において次のレベル 1～4  
238 に評価される。その基本判定図表を表 A.1 に示す。レベル判定図表における判定レベルは，更に判定基準  
239 に用いる累積 AE イベント数 ( $N_R$ ) 及び累積 AE 源エネルギー値 ( $E_R$ ) は，そのゾーンの対応する位置特  
240 性（例えば，溶接線，マンホール，ノズル，溶接支持部，又は母材部）によって異なるため，事前の試験  
241 片による破壊試験及び AE 試験適用実績に基づいて，AE 試験対象物のゾーンに対応した構造，材質ごとに  
242 決定する。

- 243 a) レベル 1：微小欠陥，ノイズなどに対応する。
- 244 b) レベル 2：安定化した欠陥，又は安定化傾向にある小欠陥に対応する。
- 245 c) レベル 3：拡大傾向性を残す欠陥に対応する。
- 246 d) レベル 4：加圧中に拡大を続けている欠陥に対応する。

### 247 A.3.3.3 ゾーンの AE 総合評価のレベル評価

248 各ゾーンの AE 総合評価のランク ( $\alpha$ ) は，表 A.2 に示すように，型 ( $m$ ) 及びレベル ( $n$ ) の組み合  
249 わせによってランク A から D で表示する。

### 250 A.3.3.4 出力メッセージ

251 負荷試験中は，AE イベントが検出されるごとにそのゾーンの AE 総合評価を行ってランクの変化状況  
252 に応じて 5 段階の出力表示を行うことが望ましい。出力メッセージ例を表 A.3 に示す。表 A.3 では，現在  
253 の負荷圧力を 5 等分した圧力が負荷圧力を 5 等分した値以下となる条件においてもランク A の状態が続く  
254 場合は，最も危険な状態であることから危険状態継続警報とみなす。

255

256

257

258

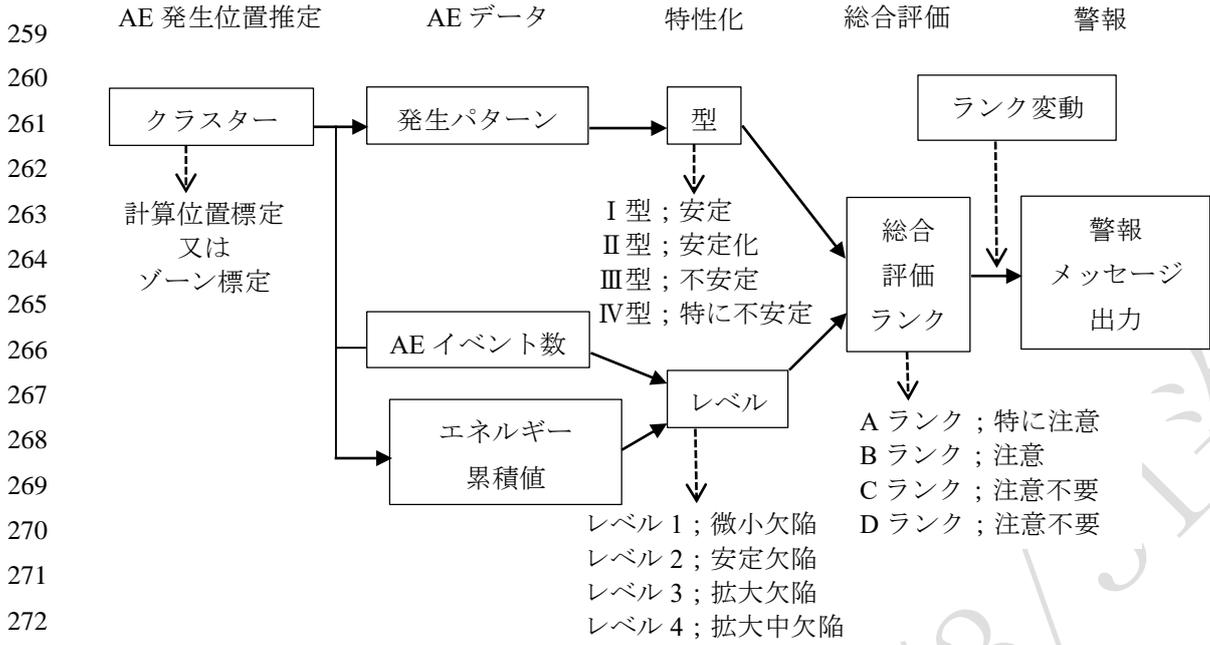
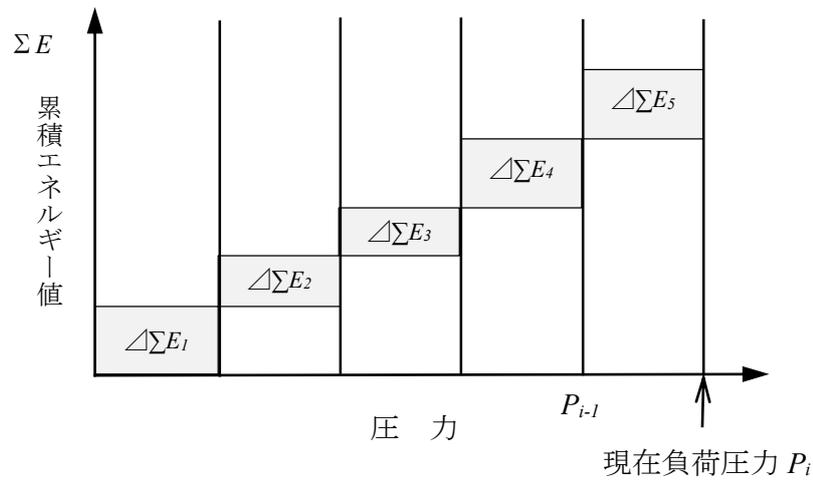


図 A.1ー評価のフローチャート



現在負荷圧力値  $P$  を 5 等分し、各区間の累積エネルギー差分 ( $\Delta\Sigma E_1 \sim \Delta\Sigma E_5$ ) の分布値によって I 型～IV 型を計算する。

- $\Sigma E = \Delta\Sigma E_1 + \Delta\Sigma E_2 + \Delta\Sigma E_3 + \Delta\Sigma E_4 + \Delta\Sigma E_5$
- $P_{i-1}$  --- 型判定開始圧力
- $E_0$  --- II, III 型判定用エネルギー値 (使用者が設定)
- $E_1$  --- IV 型判定用エネルギー値 (使用者が設定)

- a)  $\Delta\Sigma E_1 \sim \Delta\Sigma E_5$  が全て  $E_1$  以上 ----- IV 型 (全過程頻発型)
- b)  $(\Delta\Sigma E_4 + \Delta\Sigma E_5) / \Sigma E \geq 70\% \cap \Sigma E \geq E_0$  ----- III 型 (高圧過程急増型)
- c)  $(\Delta\Sigma E_2 + \Delta\Sigma E_3 + \Delta\Sigma E_4) / \Sigma E \geq 70\% \cap \Sigma E \geq E_0$  ----- II 型 (中圧過程急増型)
- d)  $(\Delta\Sigma E_1 + \Delta\Sigma E_2) / \Sigma E \geq 70\% \cap \Sigma E \geq E_0$  ----- II 型 (低圧過程急増型)
- e) a)～d) のいずれにも属さないもの ----- I 型 (全過程散発型)

**注記**  $\cap$  は集合記号で and を意味する。

この図に示す累積エネルギー値は、到達時間差を用いる場合は、クラスター毎の AE 源エネルギーの累積値であり、ゾーン標定を用いる場合は、ゾーン毎に累積したエネルギー値となる。

291

### 図 A.2—AE 挙動の特徴に基づく型評価方法の例

292

293

294

295

表 A.1—AE 活動度のレベル評価例

累積エネルギー値 $E_1$ $E_2$ $E_3$ $E_R$ ↑	2	3	4	4
	1	2	3	4
	1	1	2	3
	1	1	2	2
	$N_1$	$N_2$	$N_3$	$\rightarrow N_R$
	累積 AE イベント数			

レベルの評価は、計測開始後の各グループの累積 AE イベント数 ( $\Sigma N$ ) 又は各ゾーンの累積 AE イベント数 ( $\Sigma N$ ) 及び AE 累積エネルギー値 ( $\Sigma E$ ) によってレベルを判定する。レベル判定レベル  $N_1, N_2, N_3, N_R, E_1, E_2, E_3, E_R$  及び表中のレベル 1～レベル 4 は、試験条件によって設定する。

ここに示す累積エネルギー値は、到達時間差を用いる場合は、クラスター毎の AE 源エネルギーの累積値であり、ゾーン標定を用いる場合は、ゾーン毎に累積したエネルギー値となる。

表 A.2—AE 総合評価値の評価

レベル n m 型	1	2	3	4
I	D	D	C	B
II	D	C	C	B
III	D	C	B	A
IV	C	B	A	A

表中の A～D は試験条件によって設定変更を行う。

ランク A：特別要注意，NDT による確認を必要とする。

ランク B：要注意，NDT による確認を必要とする。

ランク C：注意不要。

ランク D：注意不要。

302

303

表 A.3—出力メッセージ

メッセージ	条件	内容
危険状態継続警報 (Danger)	$A \Rightarrow A \cap \Delta P \leq \Delta P_c$	ランク A が続き、かつ発生圧力間隔が短いとき。
危険状態開始警報 (Warning)	① B, C, D $\Rightarrow$ A ② $A \Rightarrow A \cap \Delta P \geq \Delta P_c$	① ランク (B, C, D) が初めてランク A になったとき。 ② ランク A が続いたが、発生圧力間隔がまのびしたとき。
危険状態解除メッセージ (Danger-down)	$A \Rightarrow B$	ランクが A から B に落ちたとき。
一般注意警報 (Attention)	B, C, D $\Rightarrow$ B	① ランク B が続いたとき。 ② ランクが C 又は D から B へ上がったとき。
注意解除メッセージ (No-attention)	A, B $\Rightarrow$ C, D	ランクが A 又は B から C 又は D に落ちたとき。
なし	C, D $\Rightarrow$ C, D	ランク C 以下が続くとき。
<p>注記 <math>\Delta P</math> は、現在の負荷圧力を 5 等分した圧力。  <math>\Delta P_c</math> は、負荷圧力を 5 等分した圧力の臨界値で、最大圧力こう配を意味しユーザーが設定する。</p>		

304

305

306

## 参考文献

307

308

EN1330-9 : 2009, Nondestructive testing -Terminology-Part 9 :Terms used in AE testing

309

ISO 12714 : 1999, Non-destructive testing -- Acoustic emission inspection -- Secondary calibration of acoustic emission sensors

310

311

NDIS (日本非破壊検査協会規格) 2109 : 2004, 相互校正法によるアコースティック・エミッション変換子の絶対感度校正方法

312

# 圧力容器の耐圧試験などにおけるアコースティック・エミッション試験方法

## 解説

この解説は、規格に規定・記載した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

この解説は、一般財団法人日本規格協会が編集・発行するものであり、これに関する問合せ先は、一般財団法人日本規格協会である。

### 1 制定時の趣旨及び 今回の改正までの経緯

JIS Z 2342 : 1991 の工業標準原案を作成するとき、参考となる規格として、社団法人日本非破壊検査協会 (JSNDI) が 1980 年に制定していた NDIS 2412-80 (高張力鋼を用いた球形タンクの AE 試験方法と試験結果の等級分類方法) があった。同 NDIS は、その名称にあるように、試験結果の等級分類までを含むもので、外国規格にもない画期的な内容であった。そこで原案作成の当初には、この NDIS 2412-80 をベースにすることが議論されたが、当時の技術水準では AE の計測と信号処理とに大規模な装置を必要としていたことと、試験結果の等級分類のロジックの妥当性に異議が唱えられる向きも多々あったため、統一的な AE 試験法を規定することを目的として、前述のように制定されたものであった。その後、JIS Z 2342:1991 は、圧力容器等の耐圧又は気密試験における AE 試験に運用されてきたが、試験結果の判定を具体的に求める事例が増してきた。また、1991 年当時であった試験結果の判定に関する技術的課題の多くがエレクトロニクス分野の急速な進歩によって解決されてきたこともあり、2003 年の改正にあたっては、NDIS 2412-80 をベースとした試験結果の等級分類方法にまで踏み込み、“圧力容器の耐圧試験などにおけるアコースティック・エミッション試験方法と試験結果の等級分類方法”と規格の名称も変えた。

しかしながら、最近では、さらなる計測装置の性能向上に伴い評価指標も変化していることから、この度の改正では、この規格は試験方法だけを定めるものとして、等級分類に関する記載は評価方法と改め参考として**附属書 A** に記すこととし、名称も“圧力容器の耐圧試験などにおけるアコースティック・エミッション試験方法”に改めることとした。

なお、この規格の制定及び改正においては、解説の**箇条 8** に記載した文献を参考として破壊力学的な検討がなされた。

### 2 今回の改正の趣旨

旧規格の JIS Z 2342:2003 (圧力容器の耐圧試験などにおけるアコースティック・エミッション試験方法及び試験結果の等級分類方法) は、1991 年に、アコースティック・エミッション (以下、AE という。) 技術に対する当時の社会的要請から、JSNDI の規格として 1979 年に制定された NDIS 2409-79 “圧力容器などの耐圧試験時の AE 試験法” を基にして制定された JIS Z 2342:1991 (圧力容器の耐圧試験時のアコースティック・エミッション試験方法) に試験結果の等級分類方法を加えた規格であった。

しかしながら、その後 17 年が経過し評価技術の研究が進み、多様な評価方法が考案されたことに加え、評価方法及び判定基準は設計仕様及び製品の特性によって異なることから、この改正では試験方法だけを

348 本文に記載し、試験結果の等級分類は参考として**附属書 A**に記すこととした。規格の名称も“圧力容器の  
349 耐圧試験などにおけるアコースティック・エミッション試験方法”とした。

### 350 3 審議中に特に問題となった事項

351  
352 今回のこの規格の改正審議で問題となった主な事項及び審議結果は次のとおりである。

353 a) 適用範囲についてこの規格で規定する AE 試験の方法と試験結果の分類方法は、金属製に限らず、  
354 例えば繊維強化プラスチック (FRP) 製の容器などの耐圧試験及び気密試験にも基本的に適用可能で  
355 あることから、容器などの材料についての適用範囲をできるだけ制限しないように改正原案の審議  
356 を進めた。しかしながら、規定の各項目の細部を審議する過程で、次のような不都合を生じた。例え  
357 ば、金属製の容器などでは溶接部が重要であることに対して FRP 製については別の特異性があり、  
358 また、AE センサの特性及び擬似 AE 源を規定するには、金属製と FRP 製とでは扱う周波数帯が違  
359 うなどがあり、それらを個々の項目に記載すると、かえって規格全体が複雑で分かり難くなる嫌  
360 いが生じた。よって結論として、金属容器及びその配管系と限定した (1. 適用範囲参照)。

361 b) AE センサについて 1991 年版には、使用する AE センサの特性についての規定はなかった。旧 1991  
362 年版規格の制定後、AE センサの絶対感度校正法として、JSNDI の NDIS 2109-1991 “相互校正法に  
363 によるアコースティックエミッション変換子の絶対感度校正方法”が、また、その後 ISO 12714 “Non-  
364 destructive testing -- Acoustic emission inspection- Secondary calibration of acoustic emission sensors”が  
365 発行された。2003 年改正当時、これらいずれかの方法で感度が校正された AE センサを使用するのが  
366 通常であったことから、使用する AE センサに絶対感度測定を義務付け、もつべき感度、周波数帯域  
367 などを規定することにし、二つの校正法のいずれを採用するかは指定せずに、それらに共通して  
368 いる“表面波による絶対感度測定”を要求することにした。この改正においても、二つの校正方法の  
369 いずれを採用するかは指定せずに、それらに共通している“表面波による絶対感度測定”を要求す  
370 ることとし、両規格を参考文献に表記した。なお、NDIS 2109-1991 “相互校正法によるアコースティ  
371 ック・エミッション変換子の絶対感度校正方法”は、これをベースに策定した規格として日本が提  
372 案し、2011 年に ISO TR13115 “Non-destructive testing -- Methods for absolute calibration of acoustic  
373 emission transducer by the reciprocity technique”が制定された。

374 c) エネルギーの定義において、新たに EN 規格で定義されるものと、従来から使用していた定義が混  
375 在することから、どちらを採用すべきか審議したが、継続性と最新技術の両立を考慮し両定義を記  
376 したうえで、どちらを用いても良いこととした。

377 d) 到達時間差を用いる評価方法では、改正前の評価指標を「相対エネルギー」と称していたが、他のエ  
378 ネルギー値と混同するという意見があり、AE 源からセンサまでの伝搬距離による減衰を考慮した  
379 AE 源におけるエネルギー値を評価指標とすることから「AE 源エネルギー」と呼ぶこととした。

380 e) ゾーン標定を用いる評価方法では、1stHit のみのエネルギー累積値を評価指標とすべきとの意見が  
381 あったが、1stHit を見極める位置標定アルゴリズムを使用せずに現場で使用できる評価方法として  
382 ゾーン標定を用いる方法があることから、各センサの検出感度領域に入る全ての AE 信号 (ヒット)  
383 のエネルギー累積値を求め評価指標とすることを確認した。

### 384 4 主な改正点

385 主な改正点を次に示す。

- 386 a) 規格のタイトルを“圧力容器の耐圧試験などにおけるアコースティック・エミッション試験方法”と  
387 改め、本文は試験方法だけの記載とした。
- 388 b) 等級分類に関する記載は評価方法として**附属書 A**に記載した。
- 389 c) 用語を最新の JIS との整合をとるよう修正した。
- 390 d) AE 評価指標を最新の AE 計測装置で得られるものに追記及び修正した。

## 391 5 構成要素について

### 392 5.1 適用範囲

393 圧力容器及び貯蔵タンク類の信頼性保証試験方法として、耐圧試験と非破壊検査とがある。耐圧試験で  
394 は、試験体に供用圧力又はそれ以上の圧力を負荷し漏えい（もれ）がないことを確認するによって、供用  
395 中における信頼性を保証する手法である。一般に、耐圧試験は、高い供用圧力に構造物が耐えられるかを  
396 確認することが目的であり、貯蔵容器のように供用圧力が低く漏えい（もれ）の有無が問題となる場合は、  
397 気密試験が行われる。一方、一般的な非破壊検査では試験体に負荷を与えない状態で、表面検査（染色浸  
398 透探傷、磁粉探傷など）または体積検査（放射線透過試験、超音波探傷など）によって、欠陥検出が行わ  
399 れる。その中であって、AE 試験では、構造物に負荷を与えたときに、亀裂の進展に伴い発生する弾性波を  
400 検出して、亀裂の存在の有無とその概略の大きさ及び位置を求めて評価を行う。そのため、AE 試験は、他  
401 の非破壊検査とは異なり、圧力負荷試験と同時に行われる特徴がある。したがって、この規格は、適用範  
402 囲の項目に規定する金属製の圧力容器などについて、耐圧試験だけでなく、気密試験その他、圧力負荷を  
403 伴う試験であればこれを適用できることから、圧力容器などの製造時の試験に限定することなく、既に供  
404 用されている圧力容器などの定期検査時に行われる試験、及び、稼動中の圧力容器などの AE による連続  
405 監視を行う場合についても適用できる。

### 406 5.2 AE センサ及び擬似 AE 源

407 この規格の AE センサ、擬似 AE 源、試験結果の分類法の規定項目について、補足説明をする。

#### 408 a) AE センサ

409 AE センサの最大感度の周波数は、環境雑音特性及び、金属材料の AE 源の特性（割れ生成時間等）、並  
410 びに伝搬媒体の減衰特性の関係から、100~400 kHz の周波数帯域が多く用いられていることから、この範  
411 囲に最大感度をもつこととした。また、最大感度としては、共振型では高く広帯域型では低いがいずれの  
412 タイプのセンサを用いることができるように 0.5 kV/ (m/s) 以上のものを使用することとした。また、AE  
413 源の位置標定及び解放エネルギー評価を精度よく行うためには、使用する各 AE センサは同じ周波数特性  
414 及び感度が望ましいため同一機種を使用することとした。使用中の劣化等における特性のばらつきは、最  
415 も一般的に用いられている圧電素子を用いた AE センサにおいて、最大感度によって評価できることが知  
416 られていることから、ばらつきは 3 dB 以内とした。

#### 417 b) 擬似 AE 源

418 擬似 AE 源としては、シャープペンシルしん圧折などの機械的な方法、又は電気パルス発生装置とそれ  
419 に接続された AE センサ若しくはそれと同じ帯域のパルサーが用いられている。試験体の材質・寸法・形  
420 状及び AE センサ間の距離によって、擬似 AE 源として必要とされる信号強度やその周波数帯域が異なる  
421 が、AE センサの試験体に取り付けた状態における検出感度の校正としては、少なくとも 100~400 kHz の  
422 範囲を含み、再現性があるものを用いることが条件であることから、上記のいずれを用いてもよいことと

423 した。

### 424 5.3 附属書 A 試験結果の分類法

425 図 A.1 のフローチャートで示す総合評価については次に記載する。

426 圧力容器等の構造物の AE 試験においては、応力が増加していく過程で応力集中によって局部的に破壊  
427 が進展して行くような割れなどの危険な欠陥から発生する AE 信号を計測して、これらから得られる諸情  
428 報を総合判定することによって、その AE 発生箇所の不安定度合を推定することができる。すなわち、数  
429 10 例に及ぶ大型圧力容器の耐圧試験時における AE 試験の経験から AE 発生と欠陥の状態との間には、次  
430 のような関係が有ることが確認されている。

- 431 a) 突発型 AE の発生が多く、かつ、発生点が位置的に集中している箇所には、欠陥の存在する可能性が  
432 大きい。
- 433 b) その欠陥の不安定さ、すなわち、安全度は一般的に
- 434 1) 突発型 AE 事象数に関係があり、多い程不安定である。
  - 435 2) その部分から解放される AE エネルギー量に係があり、大きい程不安定である。
  - 436 3) 突発型 AE 発生の時系列パターンに関係があり、低圧時に多発するパターンより、高圧時に増加し  
437 て行くパターンの方がより不安定である。

438 したがって、ある欠陥の評価値は、その欠陥部から発生する全ての突発型 AE 事象をクラスター（グル  
439 ープ）としてとらえて総合評価する必要がある。すなわち、突発型 AE 事象には発生時刻、発生位置、解  
440 放エネルギーなどの計測可能な情報があるが、位置的に近接している AE 事象は全て同一クラスターとみ  
441 なして、各クラスターごとに累積 AE 事象数及び累積解放エネルギーからそのクラスターの AE 活動度の  
442 “レベル”を、解放エネルギーの時系列的変化を示す AE 発生パターンからそのクラスターの AE 挙動の  
443 特徴の“型”を特性化し、このレベル及び型からそのクラスターの総合評価のランクを決定する。

444 この評価値は、突発型 AE の 1 事象発生ごとにその事象が属すると判定されたクラスターについて、新  
445 規発生事象の計測情報を加えて修正計算されたクラスター特性値を用いてオンライン・リアルタイムに行  
446 われる。さらに、この評価結果は直前のそれと比較して変動があればその緊急度に応じて警報の出力を可  
447 能にしている。

### 448 5.4 出力メッセージ例

449 表 A.3 に示す出力メッセージについて解説する。この例では、ランク A の状態が続き、かつ現在の負荷圧  
450 力を 5 等分した圧力が負荷圧力を 5 等分した値以下となる状態（短い圧力間隔で AE が発生する状態）の  
451 場合は、最も危険な状態であることから危険状態継続警報のメッセージを出力する。またランク B,C,D が  
452 初めて A になったとき、またはランク A が続き、かつ現在の負荷圧力を 5 等分した圧力が負荷圧力を 5 等  
453 分した値以上となる状態（AE が発生する圧力間隔が長い状態）の場合は、危険状態開警報を出力する。そ  
454 のほか、危険状態解除、一般注意警報、注意解除の出力条件については表 A.3 に示す通り。

## 455 6 海外規格との関係

456 圧力容器の AE 試験方法を規定する海外規格としては、ASME SecsionV, Article 12 があり、日本国内で  
457 ASME 規格によって製造される金属製圧力容器には発注者の要求に応じ、この ASME 規格が適用される場合  
458 がある。この JIS Z 2342 は、ASME 規格及び海外での適用事例を参考としながら、国内での破壊力学的な  
459 検証結果に基づき、策定したものであり、試験方法に類似する部分があるが、海外規格とは異なる独立し  
460 た規格である。

## 461 7 懸案事項

462 適用範囲について、この規格で規定する AE 試験の方法及び試験結果の分類方法は、金属製に限らず、  
463 例えば FRP 製の容器などの耐圧試験及び気密試験にも基本的に適用可能であるが、この規格では、適用範  
464 囲を金属容器及びその配管系と規定した（3. “これまでの改正の審議中に問題となった事項” 参照）。この  
465 ことに関し、特に、FRP 製の容器などの需要が増加する傾向にあると同時に、それらの耐圧試験に AE 試  
466 験が要求されるようになってきている。したがって、FRP 製の容器などのためのこの規格と同様の規定を  
467 日本産業規格として作成する必要がある。その場合、この規格が参考となる可能性があり、規格制定まで  
468 の間、この規格を FRP 製の容器などの試験に適用しても差し支えないものと考えられる。

469

470

## 471 8 その他の解説事項

472

473 参考文献一覧を次に記載する。

著者名	参考文献名 (":論文タイトル)	巻数	月号	発行年	ページ
森, 栗林, 岸ほか	非破壊検査 “AE法による弾塑性破壊靱性試験法の確立に関する標準試験実施方法”	30	11	1981	837-841
栗林, 岸, 安藤ほか	非破壊検査 “機械構造用低合金鋼 (SNCM8) の破壊靱性とAE”	30	11	1981	842-846
高橋, 新妻, 長谷川ほか	非破壊検査 “機械構造用低合金鋼 (タービン・ロータ鋼) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	847-849
大路, 康, 喜多ほか	非破壊検査 “高張力鋼 (HT80) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	850-852
小林, 小幡, 大路ほか	非破壊検査 “高張力鋼 (HT60) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	853-854
白砂, 大久保, 長谷川ほか	非破壊検査 “耐候性鋼 (SMA58Q) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	855-857
結城, 大平, 北川ほか	非破壊検査 “原子炉圧力容器鋼 (A533B) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	858-861
森, 青木, 栗林ほか	非破壊検査 “ボイラ及び圧力容器用鋼 (SCMV5-A 387E) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	862-864
布村, 肥後, 安中ほか	非破壊検査 “溶接構造用鋼 (SM50A) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	865-867
安藤, 小幡, 榎ほか	非破壊検査 “一般構造用鋼 (SS41) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	868-869
飯田, 永井, 小幡ほか	非破壊検査 “オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	870-872
高橋, 新妻, 岸ほか	非破壊検査 “高力アルミニウム合金 (2024 T351) の弾塑性破壊靱性とAE”	30	11	1981	873-874
栗林, 小幡, 小林ほか	非破壊検査 “弾塑性破壊靱性, $J_{TC}$ のラウンドロビンテストによる評価”	30	11	1981	875-885
新妻, 中鉢, 佐藤ほか	非破壊検査 “弾塑性破壊靱性試験におけるAE計測法と信号処理法”	30	11	1981	886-889
高橋, 新妻, 鈴木ほか	非破壊検査 “破壊靱性試験におけるAE発生パターン分類とその評価”	30	11	1981	890-895
岸, 栗林, 小幡ほか	非破壊検査 “弾塑性破壊靱性試験におけるAE発生と力学的条件”	30	11	1981	896-902
新妻, 高橋, 中鉢	非破壊検査 “周波数解析にもとづくAE発生パターンの分類と微視破壊過程”	30	11	1981	903-910
岸, 大野, 栗林	非破壊検査 “AE原波形解析手法の確立と破壊の動的挙動解明への適用—AE信号の定量化—”	30	11	1981	911-917
小林, 高島, 中村	非破壊検査 “高張力鋼 (HT60, HT80) 及び304鋼の弾塑性破壊靱性の評価”	30	11	1981	918-921
大平, 岸	非破壊検査 “疲労き裂進展に伴うAEにおける力学的条件及び材料特性の影響”	30	11	1981	922-928
藤田, 山口	非破壊検査 “AEによる連続監視と構造物健全度の推定”	30	11	1981	929-931
岸, 高橋, 北川	非破壊検査 “「AE法による弾塑性破壊靱性試験法の確立」に関する総合研究の結言”	30	11	1981	932-935
T. Kishi and Y. Mori	ASTM STP 697	-	-	1979	131-148
中野	圧力技術“欠陥を有する圧力容器の耐圧試験のシミュレーション”	23	1	1985	15-20
Timothy J. Fowler	Materials Evaluation “Chemical Industry Applications of Acoustic Emission”	50	7	1992	875-882

474

475

476 9 原案作成委員会の構成表

477 原案作成委員会の構成表 2019年改正版の原案作成委員会の構成表を次に示す。

478 圧力容器の耐圧試験などにおけるアコースティック・エミッション試験方法

480 JIS 原案作成委員会構成表

	氏名	所属
(主査) (委員)	中 村 英 之	株式会社 IHI 検査計測
	塩 谷 智 基	京都大学
	結 城 宏 信	電気通信大学
	水 谷 義 弘	東京工業大学
	湯 山 茂 徳	合同会社 MEI
	橋 森 武 志	経済産業省製造産業局金属課
	古 田 豊	一般財団法人日本規格協会
	大 岡 紀 一	一般社団法人日本非破壊検査協会 (ISO/TC135 議長)
	大 野 健太郎	東京都立大学
	和 高 修 三	株式会社アミック
(関係者)	前 田 守 彦	千代田化工建設株式会社
	山 本 伊 織	株式会社富士セラミックス
(事務局)	渡 邊 真 和	経済産業省産業技術環境局国際標準課 (2020年7月まで)
	葛 本 祥 子	経済産業省産業技術環境局国際標準課 (2020年8月から)
(事務局)	山 口 光 輝	一般社団法人日本非破壊検査協会
(事務局)	三 上 靖 浩	一般社団法人日本非破壊検査協会

(執筆者 中村英之)