

NDIS 意見受付

NDIS2436 圧縮水素スタンド用圧力容器のアコースティック・エミッション試験
原案作成委員会

この NDIS は「日本非破壊検査協会規格（NDIS）制定等に関する規則」に基づき関係者に NDIS 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 NDIS についての意見提出は次に示すメールアドレスまでお願いいたします。

意見受付締切日：2023 年 7 月 7 日（金）

意見提出先：Email：bsn@jsndi.or.jp

目 次

1	適用範囲	ページ
2	引用規格	
3	用語及び定義	
4	試験対象機器及び試験部位	
4.1	試験対象とする機器	
4.2	試験対象とする機器の部位	
5	試験技術者	
6	一般事項	
6.1	事前調査	
6.2	試験システム	
7	試験の手順	
7.1	試験圧力範囲の決定	
7.2	試験装置の校正	
7.3	AE センサの配置	
7.4	AE センサの動作確認	
7.5	圧力容器の AE 伝搬特性の計測	
7.6	ノイズ測定	
7.7	電圧しきい値の調整	
7.8	圧力容器の減圧及び加圧方法	
7.9	AE 計測	
7.10	試験圧力値の計測と記録	
8	試験結果の記録	
	附属書 A (参考) AE 試験評価方法	
	附属書 B (参考) AE 試験報告書	
	参考文献	

まえがき

この規格は、日本非破壊検査協会規格（NDIS）制定等に関する規則に基づき、標準化委員会の審議を経て、一般社団法人日本非破壊検査協会が制定したものである。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、技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。一般社団法人日本非破壊検査協会は、このような技術的性質をもつ特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に関わる確認について、責任はもたない。

この規格を適用する責任は、この規格の使用者に帰する。また、この規格を適用した場合に生じるかもしれない安全上又は衛生上の諸問題に関しては、この規格の適用範囲外である。この規格の適用に際して、安全上又は衛生上の規定が必要な場合は、この規格の使用者の責任で、安全又は衛生に関する規定又は指針などを併用しなければならない。

日本非破壊検査協会規格

NDIS 2436 : 202X

圧縮水素スタンド用圧力容器の
アコースティック・エミッション試験
Method for acoustic emission testing of pressure vessel
for hydrogen refueling station

1 適用範囲

この規格は、圧縮水素スタンド用鋼製圧力容器及びフープラップ式複合圧力容器（以下、圧力容器という。）の金属製円筒胴に対してアコースティック・エミッション（以下、AE という。）試験によって非破壊試験を行う方法を規定する。

2 引用規格

次に掲げる引用規格は、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。これらの引用規格は、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

KHKS 0220 超高压ガス設備に関する基準

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 が生じる源。

3.2**AE 周波数スペクトラム（AE signal frequency spectrum）**

AE 信号に含まれる周波数成分の分布。

3.3**フープラップ構造（hoop wrap structure）**

鋼製圧力容器の円筒胴部に樹脂含浸炭素繊維を周方向に巻き付けて強化した構造。

4 試験対象機器及び試験部位**4.1 試験対象とする機器**

この規格で対象とする圧力容器を次に示す。

- a) 低合金鋼製圧力容器
- b) 低合金鋼製複合圧力容器（フープラップ構造に限る。）

また、上記の圧力容器であっても、次に示すデータ、結果及び記録がないものは対象外とする。

- －圧力容器の材料、設計及び構造が適切であることを立証するデータ
- －水素の影響を考慮した設計上の寿命を定めた破壊力学的評価結果（KHKS 0220 に規定するき裂進展解析結果）
- －製作時の検査に合格した日又は前回 AE 試験を実施した日以降の当該圧力容器に作用した圧力などの使用履歴の記録

4.2 試験対象とする機器の部位

円筒胴部の鋼部を対象とし、ねじ部、絞り成形部及び鏡板部は対象外とする。低合金鋼製複合圧力容器の場合、樹脂含浸炭素繊維層は対象外とする。

5 試験技術者

この規格を適用して試験を行う技術者は、AE 試験の原理及び AE 試験装置、並びに圧力容器に関する基礎知識をもち、適切に試験が実施できる者とする。

6 一般事項

6.1 事前調査

圧力容器の所有者は試験に先立ち、試験技術者に次の情報を提供する。

6.1.1 圧力容器の材料特性

低合金鋼製圧力容器の場合は円筒胴の、低合金鋼製複合圧力容器の場合は金属製円筒胴と樹脂含浸炭素繊維層の材料規格、又は化学組成及び機械的性質

6.1.2 容器の形状特性及び付随設備

- a) 圧力容器の形状及び寸法を示す図面（低合金鋼製複合圧力容器の場合は円筒胴部における鋼と樹脂含浸炭素繊維層のそれぞれの厚さなども含む）
- b) 付随設備（バルブ仕様など）
- c) 圧力容器とそれらの付随設備との位置関係を示す配置図（バルブ、配管、継手の位置関係など）

6.1.3 内圧変動の記録

圧力容器の製作時検査に合格した日又は前回 AE 試験を実施した日以降の内圧変動の記録

6.1.4 試験圧カスケジュール

圧力容器の AE 試験時の減圧及び加圧のスケジュール（最大圧力，最小圧力，減圧速度，加圧速度など）

6.1.5 ノイズ状況

AE 試験中にノイズの発生源となり得る装置又は事象の諸情報

- a) 試験実施場所での燃料電池自動車（以下，FCV という。）の走行
- b) 試験実施場所での関係者（FCV 運転者，水素充填作業員など）の歩行
- c) 圧縮機の駆動によって発生する振動

6.1.6 その他

試験実施上必要な諸情報

6.2 試験システム

試験システムの標準構成を図 1 に示す。

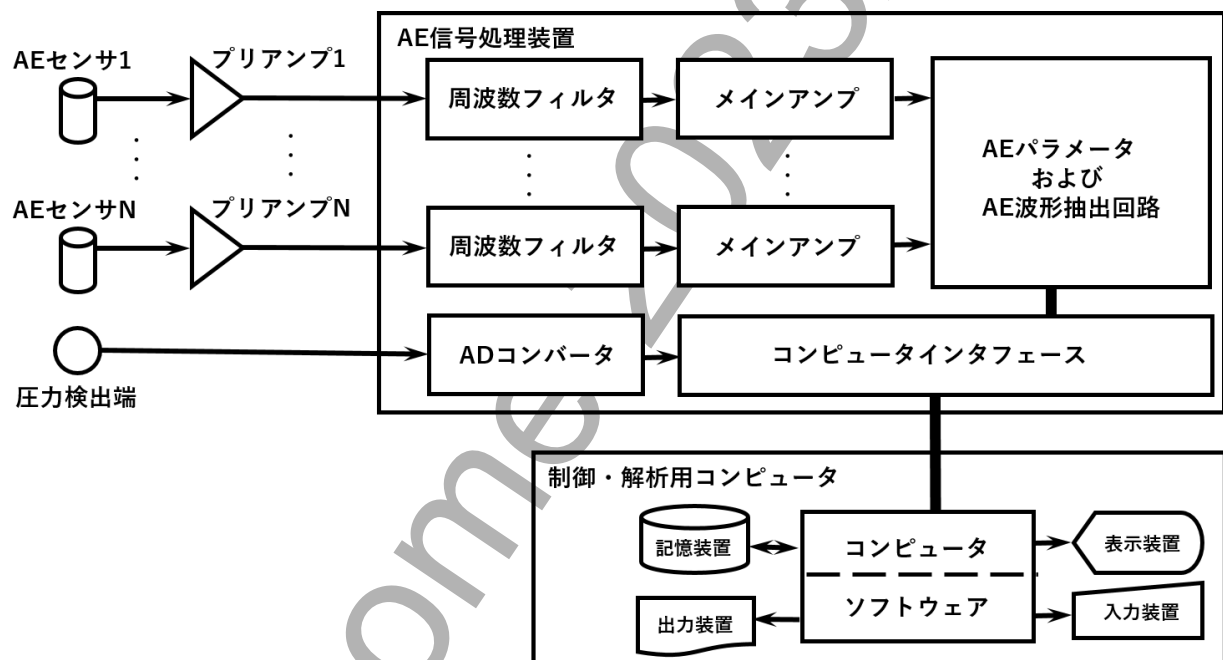


図 1—試験システムの標準構成

6.2.1 AE センサ

AE センサは、絶対感度校正を行い、その周波数特性において最大感度の周波数が 100 kHz～500 kHz の範囲にあり、基準 0 dB を 1 V/(m/s)とした場合の最大感度が 50 dB 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感度差 6 dB 以内とする。

6.2.2 AE 信号処理装置

AE 信号処理装置は、圧力容器を検査するのに十分な数の AE センサを接続できるチャンネルをもつも

のとする。また、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き、かつ、少なくとも次の 5 種類のパラメータを記録できることが望ましい。

- a) 事象計数 (AE 事象数)
- b) AE 信号振幅又はそれに代わる量
- c) AE 波の初動到達時刻又はそれに代わる情報
- d) AE 信号波形
- e) AE 周波数スペクトラム

6.2.3 試験圧力の記録

減圧及び加圧過程の圧力変化と AE 発生状況との関係を把握するために、AE 試験時には圧力履歴を記録する。

6.2.4 擬似 AE 源

擬似 AE 源は、その周波数帯域が少なくとも 100 kHz～500 kHz の範囲を含み、再現性があるものを用いる。シャープペンシルの芯の圧折などの機械的な方法、又は電気パルス発生装置及びそれに接続された AE センサ若しくはそれと同じ帯域のパルサのいずれを用いてもよい。

7 試験の手順

AE 試験は次の手順で行う。AE 試験を行う際には試験実施場所の安全規則に従うこと。

7.1 試験圧力範囲の決定

AE 試験を行う際の圧力範囲は使用圧力範囲とするが、内圧の測定誤差などを考慮して、AE 試験時の試験圧力範囲が使用圧力範囲を超えないように契約当事者間の協議に基づいて決定する。ここで、使用圧力範囲は KHKS 0220 に規定するき裂進展解析に用いた圧力範囲とする。低合金鋼製複合圧力容器を試験対象とする場合、使用圧力範囲が鋼製円筒胴と樹脂含浸炭素繊維層が密着している圧力範囲よりも大きい場合には、AE 試験を行う際の圧力範囲をこれらが密着している圧力範囲とする。契約当事者間の協議に基づいて、上述した以外の圧力範囲で AE 試験を行うことも可能とするが、その場合には、損傷が存在した場合に AE 試験でそれを検出可能なことを示すこと。

7.2 AE センサの取り付け及び配置

AE センサは鋼製円筒胴部とつながっている容器両端（バルブ側及び封止側）に取り付ける。また、圧力容器の外で発生するノイズの除去を目的としてバルブ側の配管継手部の 1 か所以上に AE センサを取り付ける。低合金鋼製複合圧力容器で、端部まで樹脂含浸炭素繊維層がある構造の場合、センサは樹脂含浸炭素繊維層ではなく、鋼の露出部に取り付ける。

7.3 試験装置及び AE センサの動作確認

試験開始前に、擬似 AE 源などを用いて試験装置及び AE センサの動作確認をする。AE センサの動作確認の際には同一の擬似 AE 源であらかじめ定めた距離から信号を入力するものとし、このときの各 AE チャンネルで計測された AE 信号振幅のばらつきを最大感度差 6 dB 以内 とする。AE センサの動作確認は試験の終了直後にも行う。

111 7.4 AE 伝搬特性の計測

112 擬似 AE 源を用いて、圧力容器の AE 伝搬特性の計測を行う。この計測は、圧力容器を水素ガスで満た
113 した状態で行う。

114 7.4.1 音速測定

115 圧力容器金属部の長手方向の音速を測定する (m/s)。

116 7.4.2 減衰特性測定

117 圧力容器金属部の長手方向の減衰係数を測定する (dB/m)。

118 7.5 ノイズ測定及びノイズ処理

119 試験に使用する全てのチャンネルについて、ノイズの強度（ピーク電圧値）を測定し、記録する。強力
120 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。

121 7.6 電圧しきい値の調整

122 試験に使用する全てのチャンネルの電圧しきい値は、き裂進展などの損傷に起因する AE を検知するた
123 めに十分に小さく設定する。この場合、圧力容器を水素ガスで満たした状態で調整を行う。

124 7.7 圧力容器の減圧及び加圧方法

125 圧力容器の減圧及び加圧方法は、次による。

126 a) **減圧及び加圧スケジュール** 7.1 であらかじめ定めた試験圧力範囲で実施するものとする。

127 b) **減圧又は加圧の停止** 損傷に起因した AE を検知した場合は、圧力を保持、又は低下させて、速やか
128 に圧力容器の所有者に通告し、その後所有者が減圧/加圧を継続するか、又は中止するかのいずれかを、
129 決定するものとする。

130 なお、損傷に起因した AE の指標と基準は、**附属書 A** を参考にあらかじめ定めることとする。

131 7.8 AE 計測

132 AE 計測は、6.1.5 で示した要因で発生し得るノイズの低減対策を行った環境において、少なくとも 6.2.2
133 で示した 5 種類のパラメータについて行い、減圧及び加圧時でそれぞれ 3 回又はそれ以上行う。ただし、
134 AE 計測中に損傷に起因した AE を検知した場合は、速やかに圧力容器所有者に通告し、その後所有者が
135 AE 計測を継続するか、又は終了するかのいずれかを決定するものとする。

136 7.9 試験圧力値の計測と記録

137 試験圧力の値を連続計測し、その値と個々の AE パラメータとの関係を記録する。

138 8 試験結果の記録

139 AE 試験の経過及び結果について、次の項目を記録する。参考に**附属書 B** に報告書の一例を示す。

140 a) 試験日時及び天候、気温

141 b) 試験実施場所

- 142 c) 圧力容器の事前調査情報
- 143 d) AE センサの配置及び取り付け方法
- 144 e) AE 装置及び AE センサの型式
- 145 f) AE 計測条件
- 146 g) AE センサ感度, 音速, 減衰係数
- 147 h) 減圧・加圧条件
- 148 i) AE の発生状況 (AE 事象数と時間又は圧力の関係, AE 源位置など)
- 149 j) 背景ノイズの影響
- 150 k) 試験結果の評価結果
- 151 l) 試験技術者の氏名及び経験年数
- 152 m) 記録作成日時及び作成者の氏名

附属書 A (参考) AE 試験評価方法

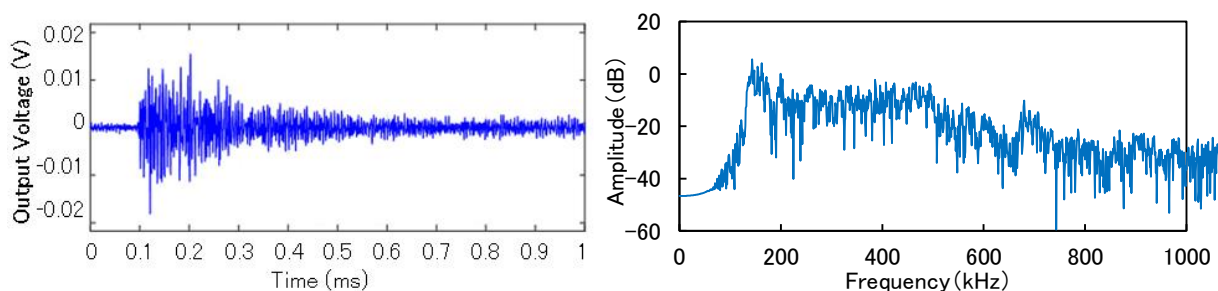
A.1 AE 試験結果の評価

試験結果の評価は、次による。

- a) A.2 に示す方法などを用いてノイズ信号を除去する。
- b) ノイズ除去後に A.3 に示す方法などを用いて AE 源位置標定を行い，金属製円筒胴の AE 源位置と集中度を求める。
- c) AE 源位置と集中度を求めた後，A.4 に示す方法を用いて圧力容器の健全性を評価する。

A.2 ノイズ除去

損傷に起因する代表的な AE 信号波形及び AE 周波数スペクトラムの例を図 A.1 に示す。AE 信号波形は突発型 AE で，AE 周波数スペクトラムは高い周波数帯域までの幅をもつ。

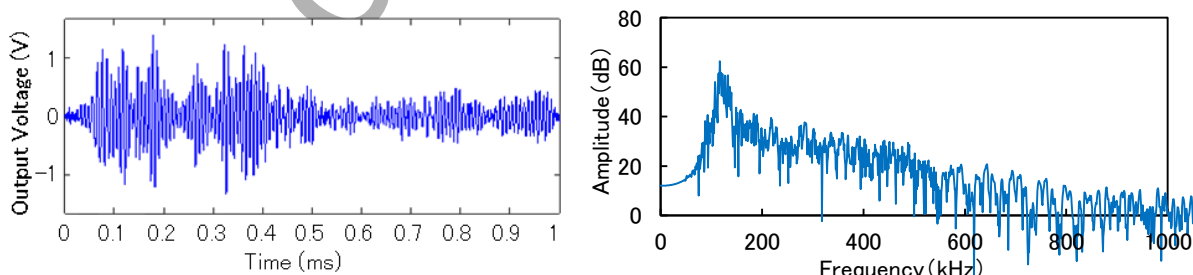


a) AE 信号波形

b) AE 周波数スペクトラム

図 A.1—損傷に起因する代表的な AE

減圧時の代表的なノイズ信号波形及び周波数スペクトラムの例を図 A.2 に示す。圧力容器の両端口金部に設置した AE センサへの到達時間差を用いてノイズ源の位置標定を行うと，圧力容器ねじ部からのノイズである場合が多い。ノイズ信号波形は損傷に起因する AE 信号波形と比較して，振幅が大きくて立上り時間が長く，低い周波数帯域が主となる。



a) ノイズ波形

b) 周波数スペクトラム

図 A.2—減圧時の代表的なノイズ信号

加圧時の代表的なノイズ信号波形及び周波数スペクトラムの例を図 A.3 に示す。加圧時の水素流入に伴う流体ノイズである場合が多く、ノイズ除去を目的としてバルブ側配管継手部に設置した AE センサへの到達時間が最も早い。ノイズ信号波形は損傷に起因する AE 信号波形と比較して、振幅が大きくて立上り時間が長く、低い周波数帯域が主となる。

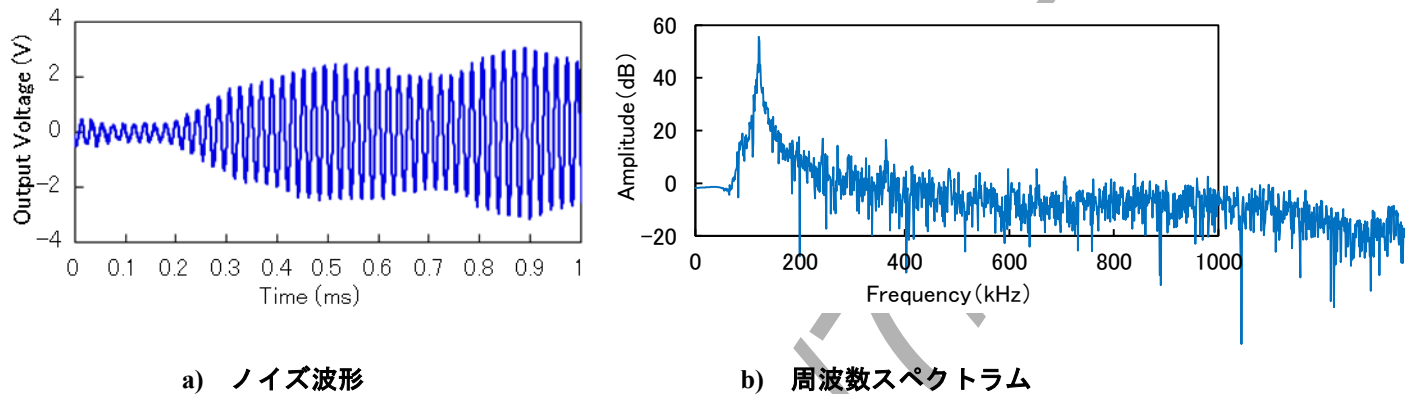


図 A.3ー加圧時の代表的なノイズ

代表的な AE の信号波形と周波数スペクトラムの特徴を十分に考慮し、減圧時及び加圧時に観察されるノイズ信号を周波数フィルタ^[1]、パターン認識^[2]などを用いて除去する。AE 法におけるノイズ除去処理は重要であり、振幅分布解析^[3]、相関解析^[4]なども併用して不要なノイズを除去する。

179 A.3 AE 源位置標定

圧力容器の両端口金部に設置した AE センサへの AE 波の到達時間差を用いて、ノイズ除去処理が施された損傷に伴う AE 源の位置標定を行い、圧力容器円筒胴以外の AE 源からの信号を除去する。位置標定の例を図 A.4 に示す。

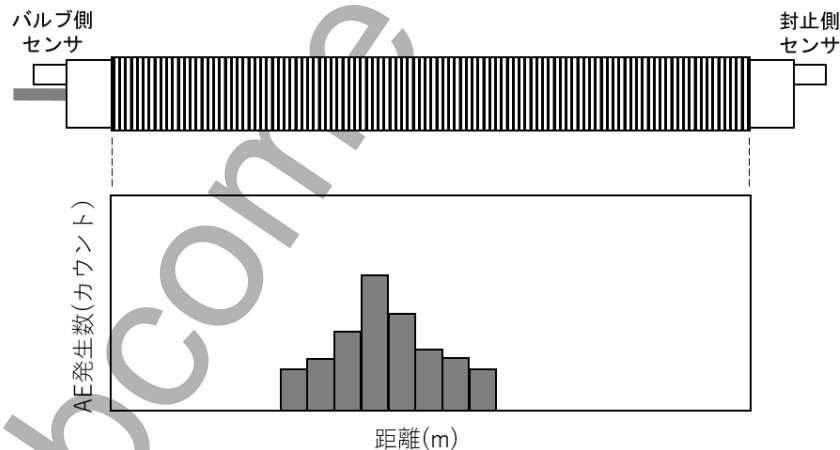


図 A.4ー位置標定の例

183

184 A.4 圧力容器の健全性評価

185 有意な AE の発生の有無、発生の再現性、及び発生個所の集中度などから圧力容器の健全性を評価する。

186

附属書 B
(参考)
AE 試験報告書

検査実施日： 年 月 日 天候： 気温：

水素ステーション名			
所在地	〒 -		
所有者名			
＜検査対象 圧力容器＞			
名称，識別番号		容量	
型式		運転圧力範囲	～ MPa
金属製円筒胴材質		樹脂含浸炭素繊維層材質	
直径	mm	長さ	mm
使用開始年	年 月	累積圧力サイクル数	回
AE 試験の累積回数	回	ガス漏洩検査結果	ppm
圧力容器の形状/AE センサの配置		AE 装置の配置	
備考：			
＜AE 試験方法，条件＞			
AE 装置型式		AE センサ型式	
AE 計測条件	サンプリング周波数： MHz 記録データ長： ms しきい値： dB プリアンプ増幅率： dB メインアンプ増幅率： dB 計測時刻： ～ 備考：		
AE センサ感度， 音速，減衰係数	擬似 AE 信号 バルブ側入力：バルブ側振幅： dB，封止側振幅 dB 封止側入力：バルブ側振幅： dB，封止側振幅 dB 音速(長手方向)： m/s 減衰係数(長手方向)： dB/m 備考：		
減圧・加圧条件	減圧時 max MPa → min MPa 減圧時間 s 加圧時 min MPa → max MPa 加圧時間 s 計測時 減圧回数： 回 加圧回数： 回 備考：		
＜評価＞			
・ ・ ・			
試験技術者	会社名：		氏名： AE 試験経験年数：

193

194 **参考文献**

195 [1] 大津政康, アコースティック・エミッションの特性と理論 (第2版), 森北出版, pp.38-43(2005)

196 [2] K.ONO and Q. HUANG, Pattern Recognition Analysis of Acoustic Emission Signals, Progress in Acoustic

197 Emission VII, The Japanese Society for Non-Destructive Inspection, pp. 69-76(1994)

198 [3] 一般社団法人日本非破壊検査協会編, アコースティック・エミッション試験 I (2006)

199 [4] 中野 正章, 天谷 昌司, AE によるプラント機器試験法, 非破壊検査, 44 巻, 1 号, pp.32-37(1995)

200

NDIS 2436 : 202X

圧縮水素スタンド用圧力容器の アコースティック・エミッション試験

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、一般社団法人日本非破壊検査協会が編集・発行するものであり、これに関する問合せ先は一般社団法人日本非破壊検査協会である。

1 規格制定の趣旨及び経緯

圧縮水素スタンド用圧力容器（以下、圧力容器という。）は高圧の水素を充填しており、燃料電池自動車への水素供給によって圧力容器内の圧力変動が起きる。この水素内圧の増減の繰り返しによって圧力容器に疲労き裂が発生・進展する可能性があり、現在は定期的に開放検査が求められている。開放検査は圧縮水素スタンドを休業させる必要があるために運営の負担となり、開放によって内部が大気によって汚染されるリスクもあるため、圧力容器を開放することなく水素スタンドの供用中に保安検査が実施できれば安全性が向上し、大きな経済効果も期待できる。

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）は水素スタンドの供用中検査手法開発（以下、NEDO 事業）を平成 31 年から 5 年計画で実施し、一般社団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）は NEDO の要望によって NEDO 事業の進捗を審議している。

NEDO 事業の中で、圧力容器に設置したセンサで弾性波を計測するアコースティック・エミッション法（以下、AE 法）は、圧力容器の疲労損傷を検査できる有効な手段となり得ることが確認された。本検査方法の規格化及び保安検査の方法の確立は、どの非破壊検査事業者でも容易に圧力容器の健全性を把握することを可能とし、水素スタンドの保安の確保、保安検査期間の短縮及び費用の削減への貢献が可能となる。このため、一般財団法人石油エネルギー技術センター（JPEC）は圧力容器の AE 試験の規格化を一般社団法人日本非破壊検査協会に依頼した。

一般社団法人日本非破壊検査協会は上記の要望を踏まえ、圧力容器のアコースティック・エミッション試験方法に関する日本非破壊検査規格（NDIS）を制定することにした。

2 構成要素について

この規格の内容、使用されている表現などについて、補足説明する。

2.1 AE 試験の圧力範囲について（本体の 7.1）

本文記載のとおり、AE 試験の圧力範囲は原則使用圧力範囲であるが、契約当事者間の協議に基づいて、変更することも可能である。その場合、損傷が存在した場合に AE 試験でそれを検出可能なことを示す必要があるが、小さな疲労き裂の存在を仮定して検討する方法の例を示す。き裂は容器長手方向と肉厚方向に進展するが、次に肉厚方向のき裂寸法をき裂高さとして説明する。

図 1 に、凡例に示した 0.3mm～5mm のき裂高さにおいて、最大圧力 $P_{\max}$ を 82 MPa の一定にし、最小圧力 $P_{\min}$ を変化させた時のき裂先端の応力拡大係数範囲 ΔK の計算値の変化を示す。ここで圧力容器の外形は 406mm とし、肉厚は 50 mm とした。 ΔK の算出方法は KHKS 0220 (2020) [1] に準拠し、き裂形状は高さ方向に対して 3 倍の長さをもつアスペクト比 1:3 の半楕円状表面き裂とした。下限界応力拡大係数 ΔK_{th} は厳密には材料によって変化するが KHKS0220 (2020) 式 (8.15) に記載の ΔK_{th} の下限界値 $2.2 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ を採用した。図 1 の凡例に示す点線が ΔK_{th} を示す。図 1 に示す ΔK_{th} と種々の欠陥寸法における ΔK の変化曲線との交点が、 $\Delta K \geq \Delta K_{th}$ を満足する $P_{\min}$ に対応する。 $\Delta K \geq \Delta K_{th}$ を満足する $P_{\min}$ と想定き裂高さの関係を図 2 に示す。

図 2 より、0.5 mm 程度の欠陥寸法を想定する場合には、 $P_{\min}$ を 67 MPa 以下とすれば良く、1 mm 程度の欠陥寸法を想定する場合には $P_{\min}$ を 71.5 MPa 以下とすればよいことが分かる。すなわち、本試算圧力容器の場合では図 2 に示す曲線の下側よりも小さな $P_{\min}$ まで減圧した後に復圧すれば、AE 信号検知が可能領域であることを示している。ただし、 $P_{\min}$ は次に示す範囲内に収まるようにする。

- 低合金鋼製圧力容器は KHKS 0220 に規定するき裂進展解析に用いた圧力範囲
- 低合金鋼製複合圧力容器（フープラップ構造に限る。）は KHKS 0220 に規定するき裂進展解析に用いた圧力範囲のうち、金属製円筒胴と樹脂含浸炭素繊維層が密着している圧力範囲

本手法にしたがって想定欠陥高さと ΔK の関係性を評価することで、AE 試験の圧力範囲を使用圧力以外とすることができる。なお、KHKS 0220 に基づいて水素による疲労き裂進展の加速影響を考慮した疲労き裂進展解析による疲労寿命予測結果と、実際の水素ガス環境中で圧力サイクル試験を実施し、漏洩するまでの寿命はよい一致を示している [2-3]。したがって、KHKS 0220 に基づいて、水素による疲労き裂進展の加速影響を考慮して寿命評価を行うことで、蓄圧器の疲労寿命を予測し安全に利用することが可能である。

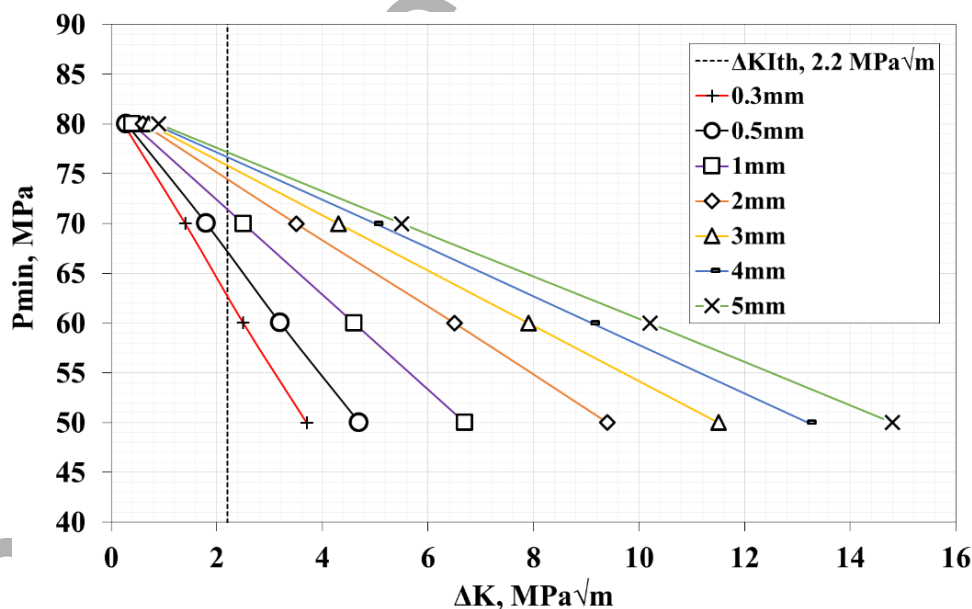


図 1—種々の想定き裂高さにおける下限圧力 $P_{\min}$ を変化させた時の ΔK 変化

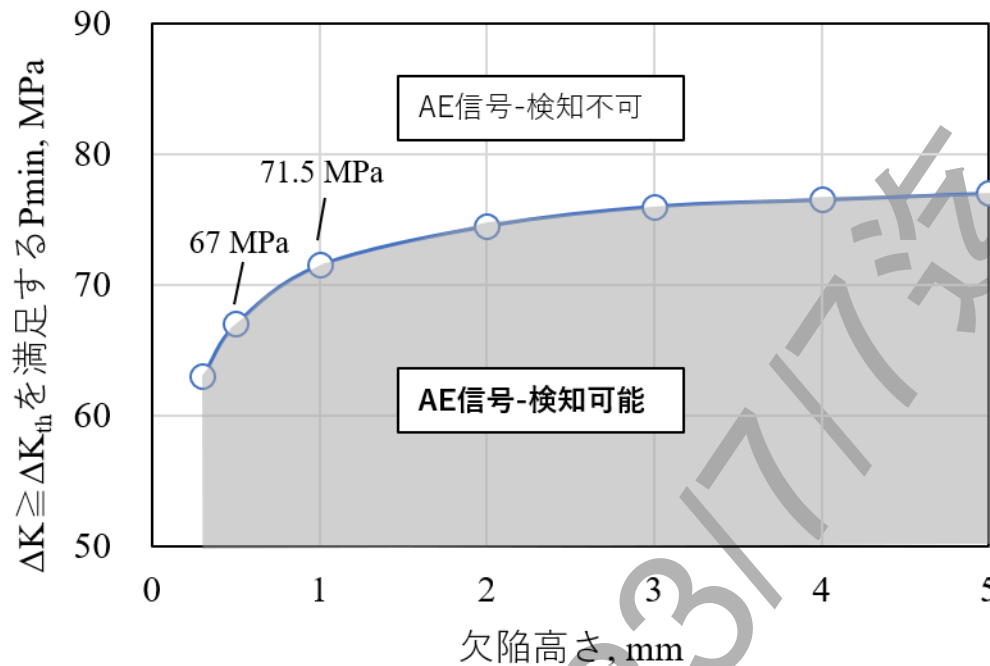


図 2— $\Delta K \geq \Delta K_{th}$ を満足する P_{min} とし欠陥高さの関係

2.2 AE センサの校正法 (本体の 6.2.1)

AE センサの校正法の例を次に示す。

- a) **ISO 24543** Non-destructive testing -Acoustic emission testing-Verification of the receiving sensitivity spectrum of a piezoelectric acoustic emission sensor
- b) **ISO/TR 13115** Non-destructive testing – Methods for absolute calibration of acoustic emission transducers by the reciprocity technique
- c) **NDIS 2109** 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

2.3 保安検査基準及び定期自主検査における AE 試験の位置づけ

圧縮水素スタンド用の圧力容器は、**KHK/JPEC S 0850-9 (2018)** によって保安検査基準が定められ、**KHK/JPEC S 1850-9 (2019)** によって定期自主検査指針が定められている。保安検査基準と定期自主検査指針の高压ガス設備（蓄圧器に限る。）の耐压性能及び強度の内容の抜粋を次に示す。抜粋の蓄圧器は本体の高压容器を示す。

蓄圧器の耐压性能及び強度に係る検査は目視検査及び非破壊検査によるか耐压試験によるものとし、耐压性能及び強度に支障を及ぼす減肉、劣化損傷、その他の異常がないことを確認する。肉厚測定以外の非破壊検査（磁粉探傷試験、浸透探傷試験、超音波探傷試験、放射線透過試験、渦流探傷試験など）は、蓄圧器の内部について、原則として、1年に1回行う。ただし、管理された水素を取り扱う蓄圧器のうち、水素に接する部材に水素による劣化損傷が発生するおそれがない材料を用いている以外のもので、蓄圧器

の材料、設計、構造などが適切であると認められたものであって、水素の影響を考慮した設計上の寿命が定められており、製作時の検査に合格した日から当該圧力容器に作用した圧力などの使用履歴の記録があるものの開放検査の周期は、完成検査を行った日から水素の影響を考慮した設計上の寿命に到達するまでに相当する期間の 1/2 に到達する日以内、その後の保安検査実施日から水素の影響を考慮した設計上の寿命に到達するまでに相当する期間の 1/2 に到達する日以内とする。ただし、蓄圧器の外部から適切な非破壊検査を毎年実施し異常のないことを確認した場合には、開放検査に代えることができる。また、毎年とする非破壊検査の周期については、水素の影響を考慮した設計上の寿命についての破壊力学的評価及びそれまでの検査の記録など並びに当該蓄圧器が設置されている圧縮水素スタンドの保安についての管理状況などを考慮した健全性の評価を行い、適切であると認められる場合には、延長することができる。

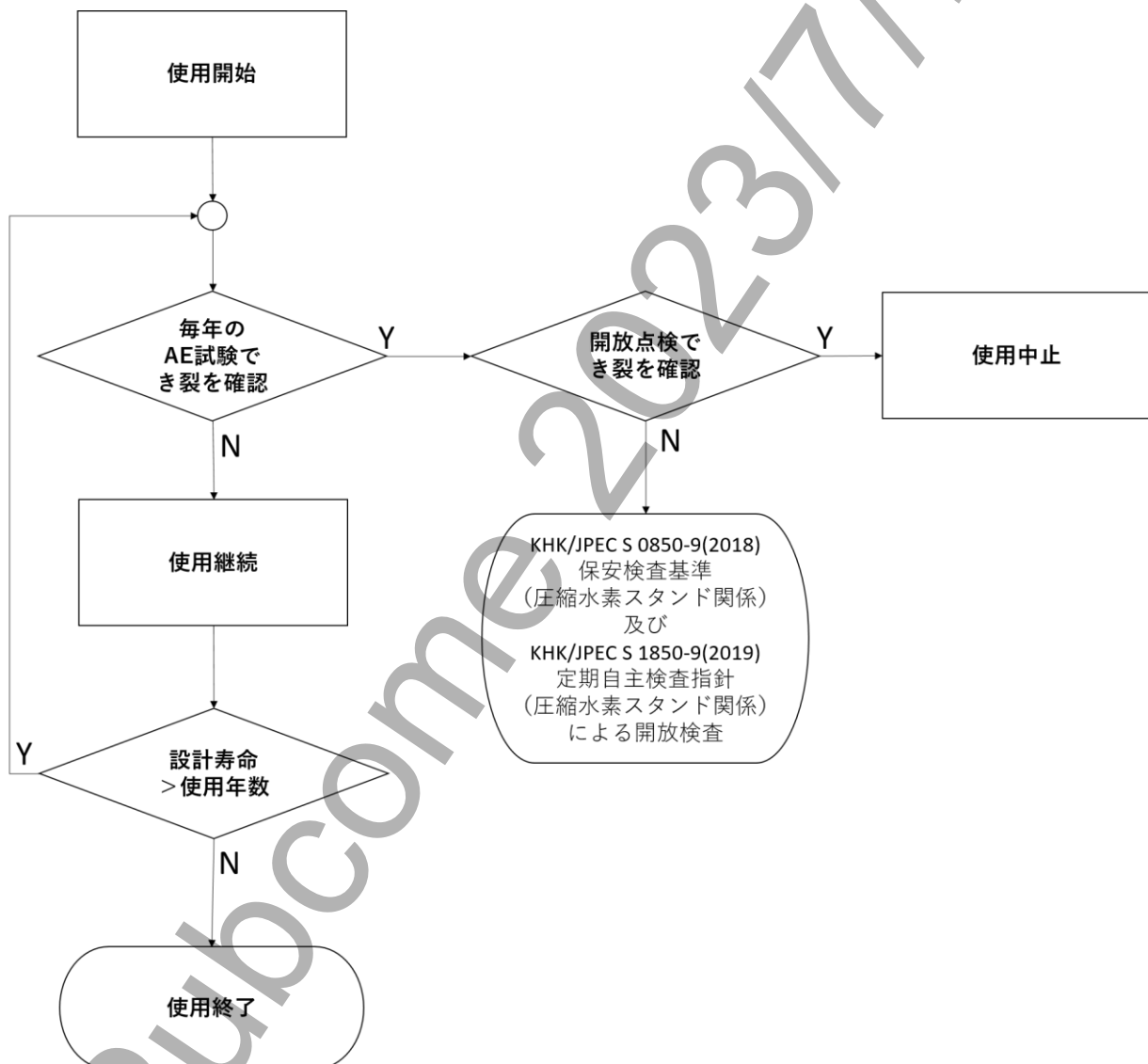


図 3—AE 試験と KHK/JPEC S 0850-9 (2018) 及び KHK/JPEC S 1850-9 (2019) との関係

AE 試験は、上記の抜粋に示されている蓄圧器の外部から異常のないことを確認できて、開放検査の代替となる非破壊検査手法である。AE 試験と KHK/JPEC S 0850-9 (2018) 及び KHK/JPEC S 1850-9 (2019) との関係を図 3 に示す。

図 3 より、圧縮水素スタンドで使用が開始された圧力容器は、開放検査前に AE 試験を実施し、その後は毎年実施する AE 試験によって疲労き裂などの損傷の有無を確認する。損傷が確認されなければ開放検査を省略して翌年まで使用を継続する。毎年の AE 試験を実施し、毎年損傷が確認されなければ設計寿命まで開放検査を省略することができる。しかしながら、AE 試験によって損傷に起因する AE が観察された場合には、開放検査によって異常がないことを確認し、開放検査によって異常が確認された場合は使用を中止する。一方、開放検査によって異常が確認されなかった場合は、それ以降は AE 試験を実施せず、KHK/JPEC S 0850-9 (2018) 及び KHK/JPEC S 1850-9 (2019) による開放検査を行う。

2.4 試験技術者（本体の 5）

この規格を適用して試験を行う技術者は、"AE 試験の原理及び AE 試験装置、並びに圧力容器に関する基礎知識をもち、適切に試験が実施できる者"を前提とした。AE 法について一般的な知識をもち、試験方法の原理及び試験装置の適切な操作方法を理解しており、かつ圧縮水素スタンド用圧力容器の構造及び材料に関する一般的な知識をもつ者が望ましい。AE 法に関する基礎知識を得る方法としては、例えば一般社団法人日本非破壊検査協会が主催する AE 法の講習会などが挙げられる。

参考文献

- [1] KHKS 0220, 超高压ガス設備に関する基準, 高压ガス保安協会, (2010)
- [2] A. Nagao et al.: Proceedings of PVP2018, 2018 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference, July 2018, PVP2018-84726. K.ONO and Q. HUANG, Pattern Recognition Analysis of Acoustic Emission
- [3] H. Okano et al.: Proceedings of PVP2019, 2019 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference, July 2019, PVP2019-93447.