

平成 21 年 4 月 1 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19560732

研究課題名（和文） 省力化ジェット噴流解析への AE 法の新展開

研究課題名（英文） New Approach of Acoustic Emission Method to Energy Saving Analysis of Gas Jet Flow

研究代表者

吉田 憲一 (YOSHIDA KENICHI)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部

研究者番号：50200986

研究成果の概要：実験用配管の内部と外部の圧力差を利用してガスの漏洩を発生させるガス漏洩発生実験装置を用いて、様々な人工欠陥孔(直径 0.2～0.5 mm のピンホール、幅 0.2～0.5 mm および長さ 3～5 mm のスリット、段付きピンホール)からガス漏洩を発生させる。漏洩箇所を発生源とする配管を伝播する超音波(AE 信号)を検出し、この AE 信号によって噴出ガスの挙動を明らかにした。これによって、大掛かりな装置を使ったジェット噴流解析を、省力化できる可能性を示唆することができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・材料加工・処理

キーワード：省エネルギー、流体工学、AE 法、ジェット噴流、波形解析

1. 研究開始当初の背景

ガス漏洩を検出する AE 法は、供試材を伝播する弾性波を利用するため、埋設されたパイプラインの監視手法として注目を浴びている。ここでは主に、この弾性波の伝播特性と減衰が主なテーマである。しかし、発生源における機構に注目したのは申請者であり、まだこの研究は緒についたばかりであるが、他に類を見ない状況である。

数年前からヨーロッパおよびアメリカで開催された AE に関する国際会議で関連する発表を行っており、特に漏洩中の AE に関して最近注目を集めている。

これらの結果を踏まえて、AE 法を用いて省力化を目指した流体騒音分野への新展開を試みた点で、本研究の独創性が十分に発揮

できることが期待できる。

2. 研究の目的

材料中に生じる変形や微視クラックの発生・成長に伴い解放されるひずみエネルギーの一部は、弾性波であるアコースティック・エミッション (AE) となって検出される。この AE を用いて、材料評価技術の開発を継続している。

17 年度までの科学研究費による研究において、欠陥孔からガス漏洩中に検出される AE に注目して、その信号の特性抽出を行った。その結果、得られた特性の中に、大がかりなジェット噴流装置を用いて生成されたジェット騒音の際に発生するスクリーチトーン(ジェット噴流に特徴的なうなり現象)に類似し

た性質が含まれていることが明らかになった。しかし、欠陥孔の径の違いにより、周波数領域が大きく異なっていた。また、このAEは、材料内を伝播する弾性波であるため、欠陥孔近傍の気体の乱れを検出しているものと考えられた。ジェット騒音は、マイクロフォンによる計測であるため、ノズル口からある程度の距離を隔てた箇所からのものであるで、AEの発生源と全く異なっている。そこで本研究では、様々な形状の欠陥孔(0.2mm~0.5mm径のピンホールや幅0.2mm~0.5mmのアスペクト比の異なるスリット)とその方向を変えることにより、ガス漏洩中のAE特性を明確にし、これがスクリーチトーンであることを証明する。さらに、規格化された周波数パラメータであるストローハル数を導入して、省力化できるジェット噴流解析の可能性を提案する。

3. 研究の方法

図1に示す人工欠陥孔を加工された実験用配管を、ガス漏洩発生実験装置に取り付け実験を行う。スリットからガスを漏洩させる

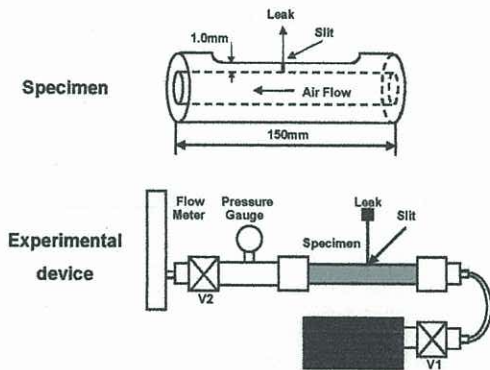


図1 人工欠陥孔を作成した実験用配管 (JIS SGP20A) とガス漏洩発生実験装置

ため、実験用配管の内部と外部の圧力差を利用してガスの漏洩を発生させる。配管内部の圧力は、コンプレッサーでタンクに空気を圧縮して蓄えた後、2つのバルブV1, V2で調整され、絶対圧0.1MPa~0.5MPaと変化させる。また圧力測定にはブルドン管を使用する。人工欠陥からのガス漏洩におけるAE信号を、AE波形解析装置で検出し、AE発生源における噴出ガスの挙動を明らかにするために、人工欠陥の形状、大きさおよびガス圧力とAE特徴パラメータとの相関を試みる。

(1) ピンホール径0.2mm~0.5mmおよび段付きピンホール(0.3と0.5mm)を作成する。

(2) 幅0.2mm~0.5mm, 長さ3mm~5mmの形状, 長手方向に向いたスリットを有する実験用配管を作成する。

(3) 上記の実験用配管をガス漏洩発生実験装置に取り付けて、漏洩中に検出されるAE

波形をガス圧力に対して取り込む。

(4) オフラインで、AE平均振幅値とガス圧力との関係を明らかにし、人工欠陥孔による特徴抽出を行う。

(5) オフラインで、AEピーク周波数とガス圧力との関係を明らかにし、人工欠陥孔による特徴抽出を行う。

4. 研究成果

(1) 円柱状欠陥(ピンホール、直径0.5mm)の場合には、図2に示すように、AE平均振幅値は、臨界圧力(ガスの流速が音速に達する

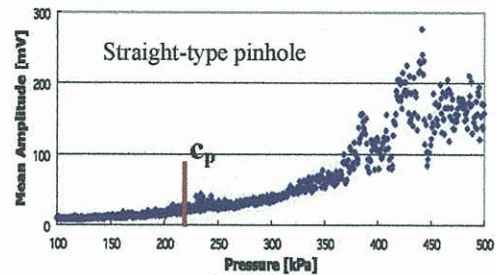


図2 AE平均振幅値に及ぼすガス圧力の影響

圧力、図中のCp) 徐々に増加し、350kPaを越えると大きく変動を繰り返す。このとき検出されるピーク周波数は、図3に示す通り、臨界圧力を越えるまで200kHz付近にある

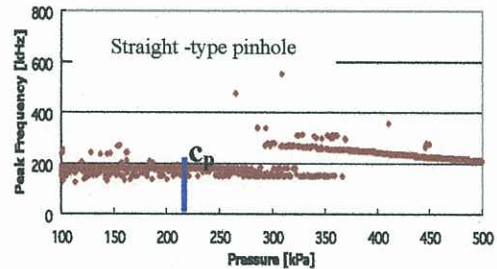


図3 ピーク周波数に及ぼすガス圧力の影響

350kPaを越えると、高いピーク周波数が徐々に減少している。これは、ジェット噴流の特徴であるスクリーチトーンの発生を、AE信号は見事に検出していることを示している。

(2) 段付きピンホールの場合には、図4に

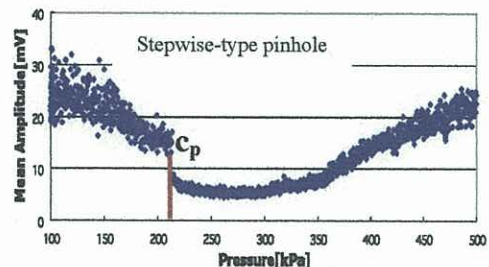


図4 AE平均振幅値に及ぼすガス圧力の影響

示すように、AE 平均振幅値は、大気圧付近で最大で徐々に減少し、臨界圧力で急減し安定する。350kPa を越えると再び増加している。段付き部分で流れが不安定になり、欠陥壁面にガスの不規則な流れが絶えず衝突し、いわゆる自励振動となると考えられ、この振幅を大きくしている。図5に、ピーク周波数の圧力による分布を示している。200kHz 付近の周

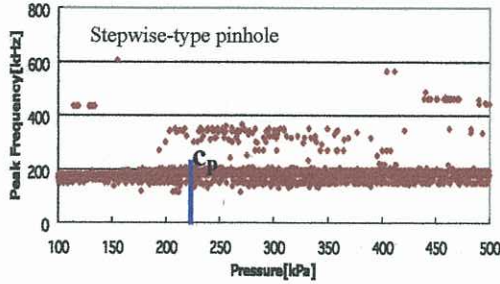


図5 ピーク周波数に及ぼすガス圧力の影響

波数が、圧力に関係なく主成分になっている。自励振動の周波数の主成分は、200kHz 以下であり、副成分は 430kHz と考えられる。スクリーチトーンの発生は、認められなかった。

(3) 円錐状ピンホールの場合には、図6に示すように、AE 平均振幅値は、多少の変動は

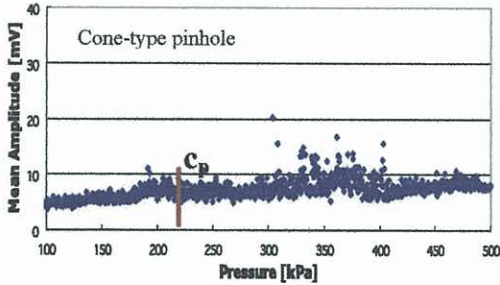


図6 AE 平均振幅値に及ぼすガス圧力の影響

あるものの、ほぼ安定した漏洩を示している。それでも臨界圧力を越えると、流れの乱れにより振幅値の変動が認められる。図7のピーク周波数は、100~230kHz の範囲で一様に分

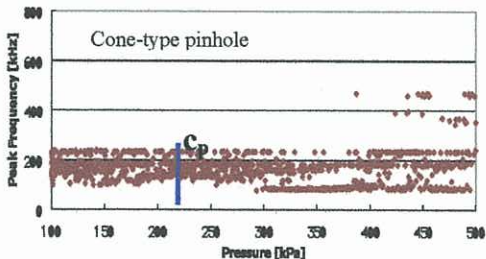


図5 ピーク周波数に及ぼすガス圧力の影響

布している。臨界圧力を越えると周波数の主成分は、200kHz 付近から 100kHz に移行してい

る。400kHz 越えると、一部スクリーチトーンを示すピーク周波数の漸減が認められるが、非常に弱いものと考えられる。

(4) スリット状の欠陥の場合には、図8に示すように、2種類のスリットに対する AE

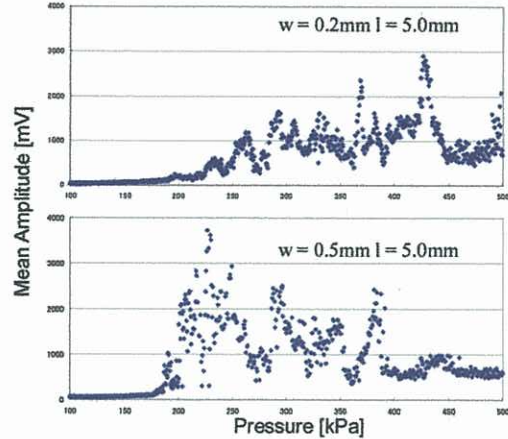


図8 2種類のスリット状欠陥における AE 平均振幅値に及ぼすガス圧力の影響

平均振幅値は、臨界圧力を越えると、非常に大きい変動をもたらす。角部における流れの乱れが大きいと思われるが、ジェット噴流による出口付近に形成される衝撃壁（ショックセル）の影響が大きいものと考えられる。図9に示すピーク周波数は、AE 平均振幅値の大

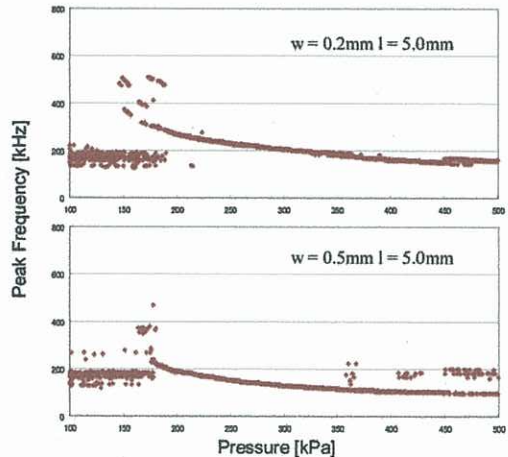
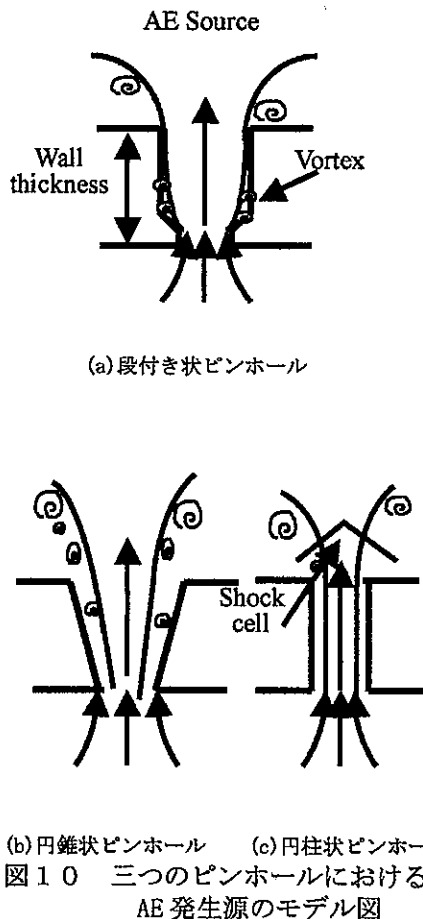


図9 2種類のスリット状欠陥におけるピーク周波数に及ぼすガス圧力の影響

きな変動にも係らず、典型的なスクリーチトーンの発生を示している。臨界圧力より低い圧力においても、スクリーチトーンが認められる。また、一部に二次的なスクリーチトーンの発生も認められる。スリットの幅が、0.2mm から 0.5mm に広がるとピーク周波数がほぼ 100kHz 低下している。これは、ジェット噴流のピーク周波数が、形状に依存しているを示している。

(5) ガス漏洩箇所における AE 発生機構とそのモデルを説明する。図 10 には、3 種類のピンホール（段付き、円錐、円柱）における AE 発生源のモデル図を示す。



- ① 段付きピンホールの場合には、階段部における渦の発生と流れの乱れによる壁面へのガス粒子の不規則衝突が、自励振動を起こすことにより、AE の発生源になる。出口付近の乱れもまた発生源になるがそれほど大きくないであろう。
- ② 円錐状ピンホールの場合には、壁面が傾斜しているため、乱れの発生や渦の発生はそれほど大きくなく、AE 発生源はそれほど大きくないと考えられる。
- ③ 円柱状ピンホールに場合には、ジェット噴流が音速を超えることにより、出口付近に図 10(c)に示すように、ショックセル（衝撃壁）を形成し、スクリーチトーンの発生原因に寄与することになる。流体力学パラメータ解析により、スクリーチトーンの周波数は、ピンホールとこのショックセル間の距離に関係していることが明らかになった。

以上の結果と考察から、ジェット噴流解析に AE 法の有用性が明らかにされた。

5. 主な発表論文等
[雑誌論文] (計 3 件)

- ① R. N. Laodeno, H. Nishino and K. Yoshida : Frequency Variations and Surface Loss Analysis of Generated AE Signals during Gas Leakage on Artificially Damaged Pipe, Proceedings of 19th International Acoustic Emission Symposium (Progress in Acoustic Emission XIV), Dec. 9-12, 2008, Kyoto, Japan, pp. 523-530 査読有
- ② R. N. Laodeno, H. Nishino and K. Yoshida : Characterization of AE Signals Generated by Gas Leakage with Artificial Defect at Different Wall Thickness, Materials Transactions, Vol. 49, No. 10(2008), pp. 2341-2346 査読有
- ③ R. N. Laodeno, H. Nishino and K. Yoshida : Acoustic Emission Waveform Analysis of Gas Leakage on Pipe with Various Types of Artificial Defects, Proceedings of 6th International Conference on Acoustic Emission (Advances in AE 2007), Oct. 29-Nov. 2, 2007, Nevada, USA, pp173-178 査読有

[学会発表] (計 4 件)

- ① 神足昌人, R. N. Laodeno, 西野秀郎, 吉田憲一 : 人工欠陥を有するパイプのガス漏洩中に検出される AE、第 14 回四国地区材料関連協会支部・研究会連合講演会、2009 年 3 月 6 日、高知県工業技術センター
- ② R. N. Laodeno, H. Nishino and K. Yoshida : Generation of AE Signals and its Waveform Characteristics of Gas Leakage Emanated on Pipe with Artificial Defects at Different Geometrical Shapes, 51st Acoustic Emission Working Group and International Symposium on AE, University of Memphis, Memphis, Tennessee, USA, Oct. 12-15, 2008
- ③ R. N. Laodeno, A. Takane, H. Nishino and K. Yoshida : Characterization of AE Signals Generated by Gas Leakage with Artificial Defect at Different Wall Thickness, (社)日本非破壊検査協会平成 20 年度春期大会、2008 年 3 月 20-21 日、私学会館 (東京)
- ④ R. N. Laodeno, A. Takane, H. Nishino and K. Yoshida : Analysis of Gas Leak Emanated from Pipe with Artificial Defect Using Acoustic Emission Method, 第 13 回四国地区材料関連協会支部・研究会連合講演会、2008 年 3 月 11 日、香川県産業技術センター

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 憲一 (YOSHIDA KENICHI)
徳島大学 大学院ソシオテクノサイエンス研究部・教授
研究者番号：50200986

(2) 研究分担者

西野 秀郎 (NISHINO HIDEO)
徳島大学 大学院ソシオテクノサイエンス研究部・准教授
研究者番号：50316890