

AE 法による配管の漏洩診断

日本フィジカルアコースティクス株式会社
西本重人

1. はじめに

配管設備は人間で例えると血管に相当し、出血、すなわち内部媒体の漏洩は設備の稼動に大きく影響するばかりでなく、漏洩した流体の損失や、環境の破壊などを考えるとその影響は大きい。しかし、配管と言ってもその環境はさまざまで、内部媒体も気体もあれば液体もあり、場合によっては腐食性の高い媒体や Na のように非常に危険な媒体もある。さらに、その圧力も家庭用のガス配管のように低い圧力から原子力発電所の設備のように非常に大きな圧力にさらされる場合もある。漏洩の検査方法としては内圧の低下を検出する方法や、気体では石鹼水を使用する方法などが実施されているが、検査方法は煩雑であり、隠蔽部の配管や埋設された配管は容易に漏洩を検査することは困難である。本報では、AE 法による漏洩の検査方法について、その原理と実際の検査事例を紹介する。

2. 漏洩時の AE 特性¹⁾²⁾

図 1 に家庭用ガス配管 SGP20A にドリルで 0.1mm の穴を開け、100kPa の空気を流入した場合に発生した AE の波形を示す。AE センサは広帯域型を使用し、シリコングリースを塗布した後、配管にビニールテープで固定した。配管に漏洩がある場合、AE の振幅の上昇が観察される。また図 2 に上記の波形の周波数分析結果を示すが、20kHz ~ 50kHz の周波数成分の増加が認められる。この AE の振幅の上昇は、圧力が一定の場合、漏洩量が増加するにしたがい増大する(図 3) 漏洩量が比較的多い場合には、発生する AE は上記のように連続的な波形形状を示すが、漏洩量が少なくなると、例えばジョイント部で微少漏洩が発生した場合には図 4 に示すように、突発型の波形形状を示す。

漏洩により発生する AE の発生原因は明らかにされていないが、「圧力を受けた気体が配管外に出て圧力が低下して膨張して弾性波を発生する」、また、「流出した気体が流出部で乱流となり、音響波が発生する」などと考えられている。

3. 検査方法

上述のように、漏洩が発生すると金属などと比較して低い周波数の AE が発生する。したがって、使用する AE センサは 30kHz 近傍に共振をもつものが使用される。AE センサの設置は上述のように配管に直接取り付けでもいいが、この状態では配管表面は曲面であるので検出面は線接触となり、感度が大幅に低下する。そこで、図 5 に示すように AE センサの検出面に取り付け治具を取り付けて検出面積を大きくする。治具により減衰はするものの、検出面増大の効果は大きい。

漏洩の評価は、基本的には発生する AE の振幅の変化を評価すればいいが、状況によっては外部ノイズが発生し、単純に振幅の増加だけで判断するのは難しい場合がある。その場合には位置特定により漏洩の判断を行う。以下、位置特定によるノイズの判断方法を示す。図 6 に示すように、配管上の離れた 2 点間に AE センサを設置して両センサから検出された AE を同時に観察すると、図に示すように AE の発生位置により時間差が生じている。この時間差を t とすると、図中に示す式から AE の発生位置

を求めることができる。一般的に漏洩はジョイント部や弁部で生じるので、AE 発生位置の状況から漏洩の可能性を判断する。ここで、漏洩量が多くなると上述のように発生する AE は連続型を示し、時間差を測定することが困難になる。この場合には、両センサの信号の移動平均を求め、その位相を求めればよい。

4. 実施例

4.1 化学プラント製品移送配管

化学プラントにおいて、製品の漏洩は大きな損失となるとだけでなく、環境に大きな影響を与える。そこで、製品移送配管の漏洩検査に AE 法を適用した事例を紹介する。検査対象の配管の構造を図 7 に示すが、AE センサは SA と SB の位置に設置した。この事例では、製品の流速が早く、さらにポンプが近傍に位置することから、製品が移送されている場合には大きな振幅の AE が発生して漏洩の評価は困難であった(図 8)。そこで、製品の移送が停止し、発生するノイズが低下するのを待って AE を計測することにした。発生した AE の位置特定結果を図 9 に示す。横軸が AE センサを設置した位置を示し、縦軸は発生した AE の発生数を示す。集中して AE が発生する位置が認められた。この位置は図 7 より、配管のフランジ部と一致し、フランジの接合部で漏洩が発生しているものと考えられる。点検の結果、このフランジ部で漏洩が認められ、AE の計測結果と一致した。このように、配管によっては内部流体の流速が早く、流体音が大きくて AE の計測が行えないような場合があるが、流体の移動を停止あるいは減速するなどして環境ノイズを低下させることにより漏洩を判断することができる。

4.2 冷却水配管(バタフライ弁)

ビルの冷却水循環用の配管において、バタフライ弁を閉めても圧力が低下し、配管の漏洩あるいはバタフライ弁の漏洩が懸念された。そこで、AE センサをバタフライ弁に直接取り付け、弁の開閉を行って AE の振幅の変化を検討した。検討結果を図 10 に示す。一般的に、弁を閉めると冷却水の循環が停止して流体音が低下し、AE の振幅は減少すると考えられる。しかし、図に示すように、弁を閉めた状態のほうが AE の振幅が上昇するのが観察され、バタフライ弁不良による漏洩が懸念される。開放点検の結果、このバタフライ弁にシート漏れが認められ、AE の計測結果と一致した。念のために保全実施後に再度同様の計測結果を実施したが、図 11 に示すように、弁の開閉前後で AE の振幅の大きな変化は認められなかった。このように、AE 法による検査は、配管そのものの漏洩はもちろん、弁等の配管系統総合の検査が可能である。

4.3 冷暖房機配管

ビルなどの冷暖房機(図 12)の配管あるいは溶接部で漏洩があると、冷暖房能力が低下する。公共施設や店舗では冷暖房を停止して点検するのは困難であるので、稼動中に漏洩位置を特定することが必要となる。さらに、冷暖房機の場合には、漏洩とは真空度の低下であるので、内部流体が流出する場合と比較して、石鹼水などを使用しての発見が困難である。冷暖房機の漏洩位置の特定は、その構造が複雑であるので、AE センサを 2 個ずつ配管上を順に移動させながら AE 発生位置を特定していく。本事例では、図 12 の SA と SB の位置に AE センサを設置したところ図 13 に示すように AE が集中して発生するのが認められた。この位置は図 12 中指示部であるが、この部分を補修することにより内圧の低下はなくなり、AE による漏洩位置の特定の有効性が確認できた。

このように、漏洩は吐き出しだけでなく、吸い込みにおいても AE 法は適用することができる。ただし、一般的に発生する AE の振幅は、吐き出しと比較して小さくなると言われている。

4.4 化学プラントしきり弁

上述のように AE 法によりさまざまな設備の漏洩評価が可能であるが、漏洩の状況や動作環境が異なるので、漏洩量の絶対評価は困難である。しかし、弁に関しては種類を限定することにより漏洩量を絶対評価した事例がある。British Petroleum 社で開発された例を紹介する。漏洩の絶対量を評価するためには、漏洩量と AE のパラメータの関係を求めた校正曲線を求める必要があるが、British Petroleum 社では、この校正曲線を求める方法として以下を実施した。現場で実際に漏洩を生じた弁を、分解することなくそのままの状態ですべて試験室に持ち帰り、試験室内で圧力などを変化させて発生する AE を計測する。これをできるだけ多くの弁について実施し、漏洩に関するデータベースを作成する。British Petroleum 社では約 800 個の弁について試験を行い、データベースを作成した。計測結果の一例を図 14 に示す。British Petroleum 社では、漏洩検査に AE 法を適用することにより分解検査および漏洩損失を削減し、例えば 8 インチの PSV で \$210,000 / 年の損失を防止できたと報告されている。

5. おわりに

AE 法による漏洩評価は、従来の検査手法と比較して非常に簡便に実施することが可能である。また、配管径の大小や内部流体の種類にかかわらず適用することができるので、さまざまな設備の診断が可能である。さらに、弁や容器などの溶接部からの漏洩なども評価できることから、今後、漏洩検査法の一つとして大きく期待される。ただし、配管の動作環境、例えば内部流体の流速が早い場合や配管に接続されているポンプから高周波数ノイズが伝播してくるような場合には、漏洩により発生した微小な AE を弁別して評価することができない場合がある。したがって、適用においては事前測定を実施するなど、十分に検討する必要がある。

参考文献

- 1) 西本重人、吉荒俊克、海陸力他：気体リークの AE 計測と専用装置の開発、非破壊検査協会平成 7 年度秋季大会講演概要集、195-200(1994)
- 2) Adrian A. Pollock, Calvin E. Pepper: Quantitative analysis of acoustic emission from gas leaks in a model piping system, 25th annual review of progress in quantitative NDE, Snowbird, Utah, 19-24, 1998

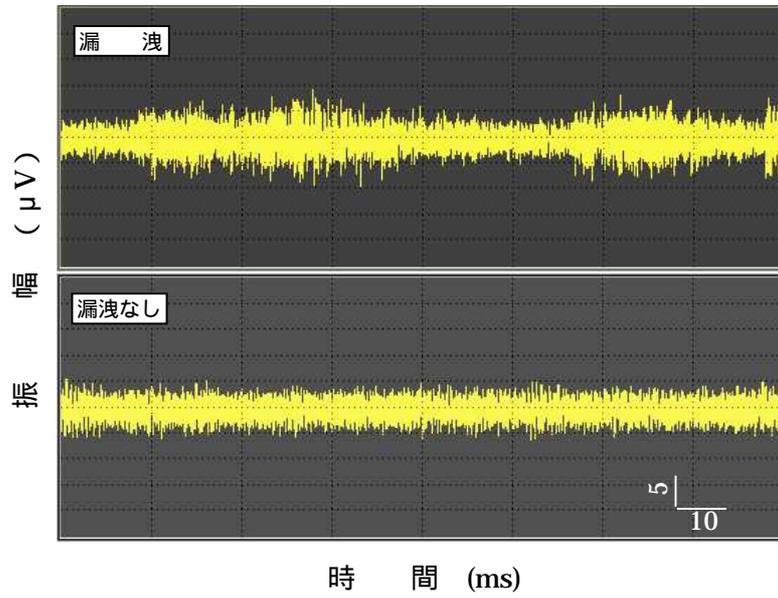


図1 漏洩により発生したAE

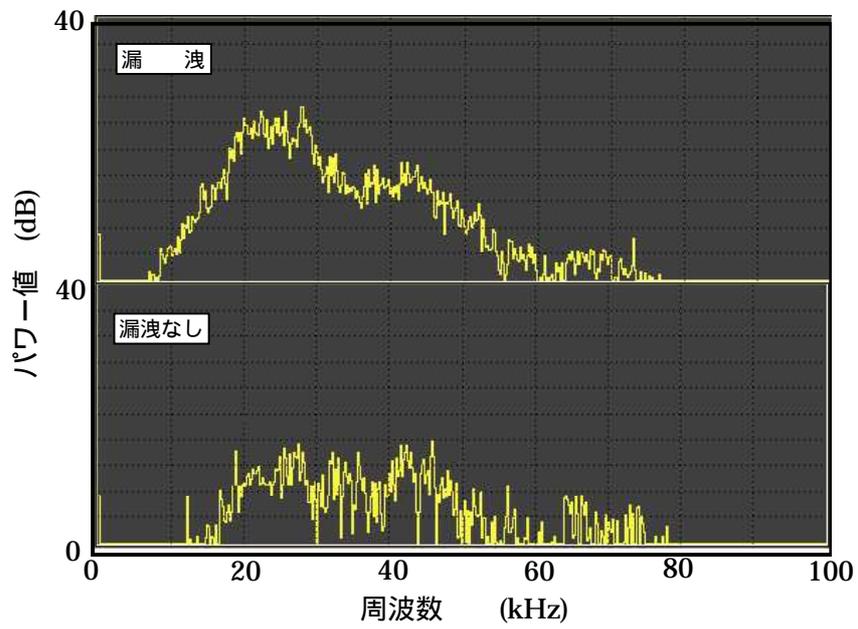


図2 漏洩により発生したAEの周波数成分

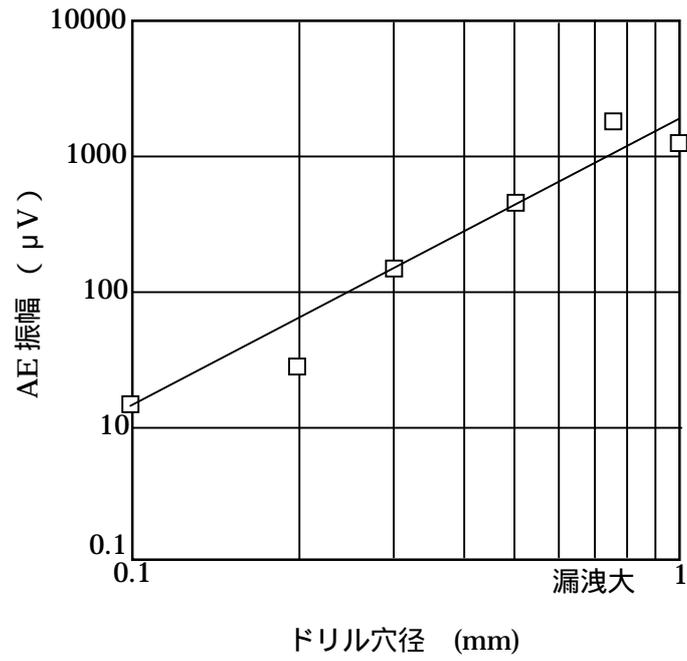


図3 漏洩量と AE 振幅の関係

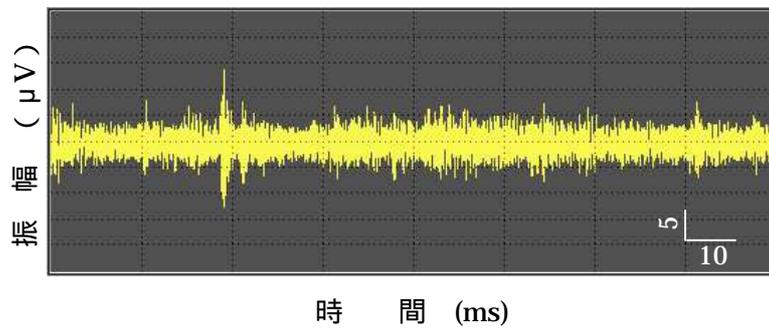


図4 微小漏洩により発生した AE

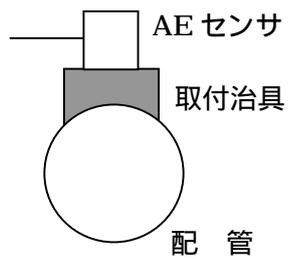


図5 配管への AE センサの取付

音速: C
 到達時間差: $t = t_2 - t_1$
 AE発生位置: $L = \frac{1}{2} C t$

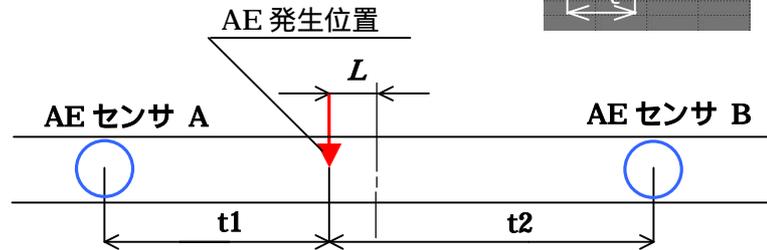
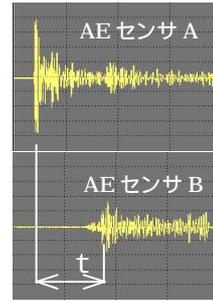


図 6 AE 発生位置の特定

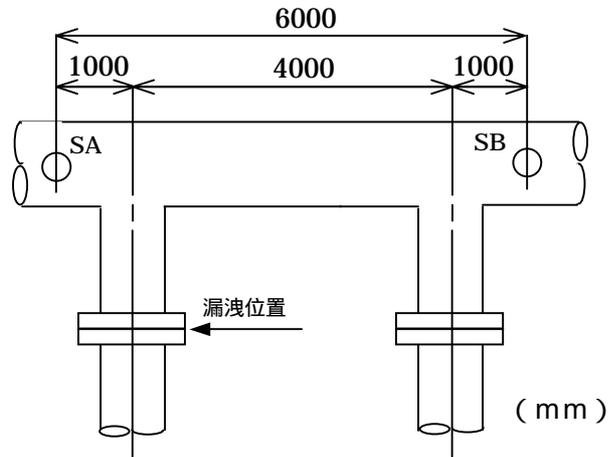


図 7 計測対象の配管と AE センサの設置位置

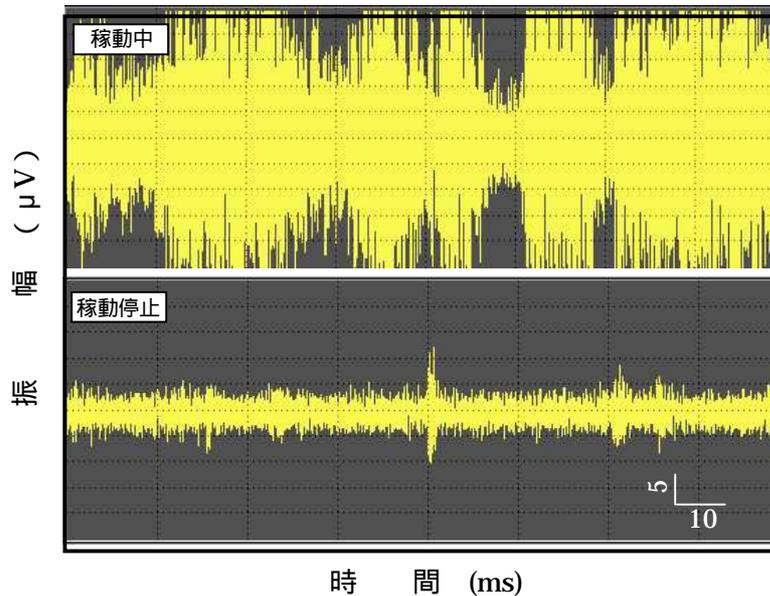


図 8 設備稼動中に発生する AE

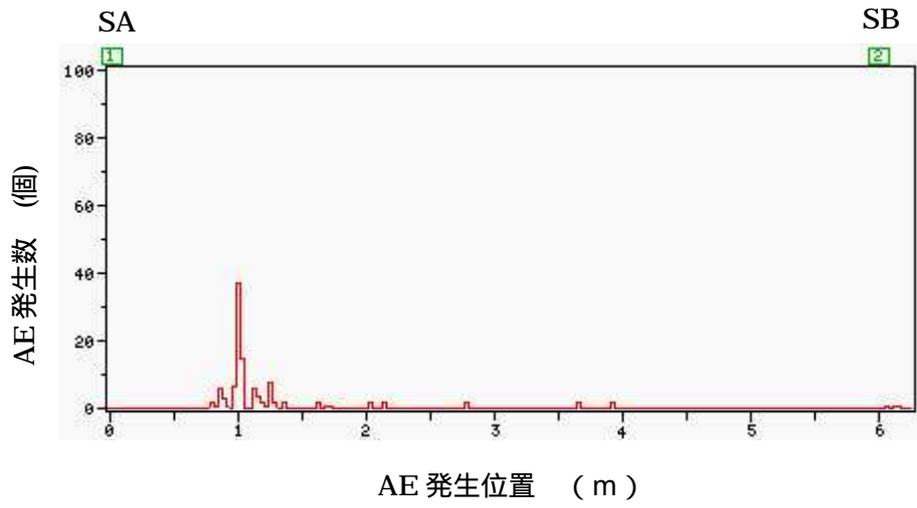


図9 AE 発生位置

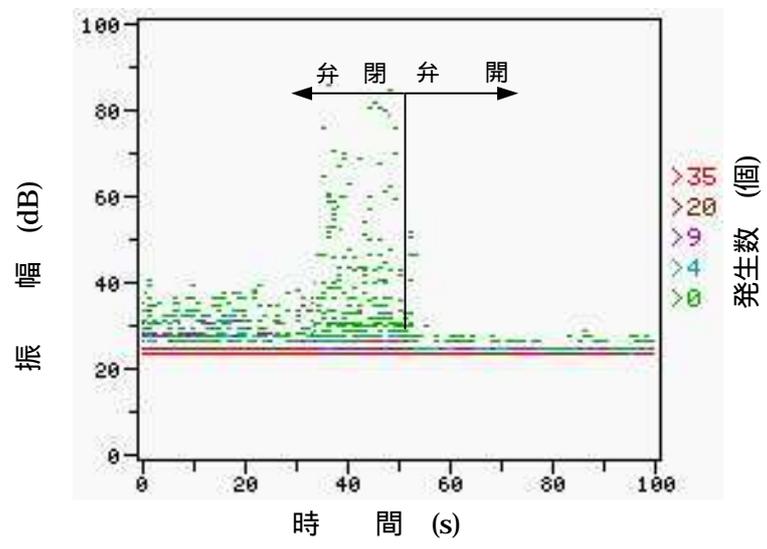


図10 弁開閉前後の AE 振幅の変化

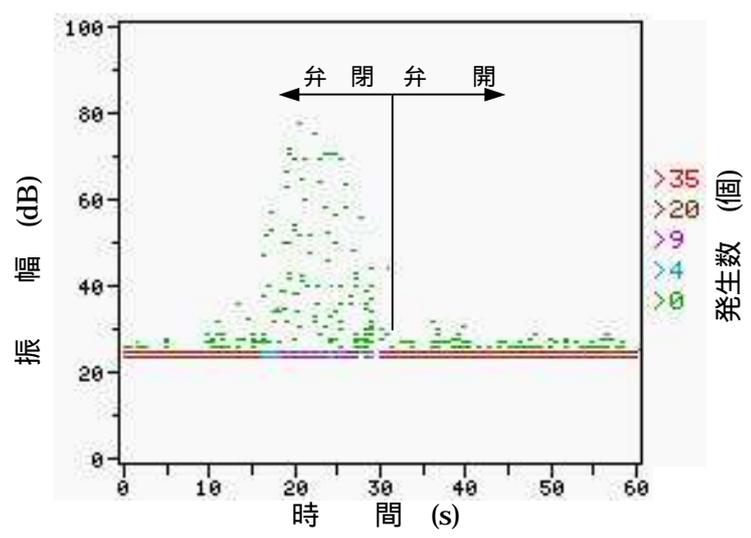


図11 弁開閉前後の AE 振幅の変化 (保全後)

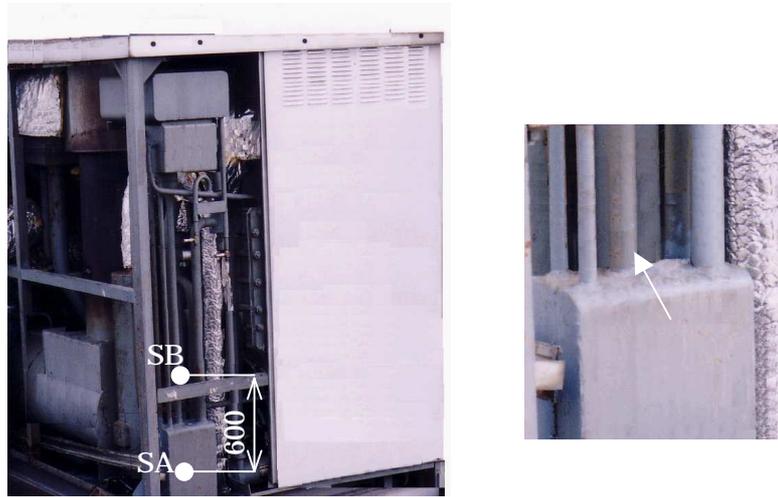


図 12 冷暖房機配管の漏洩評価

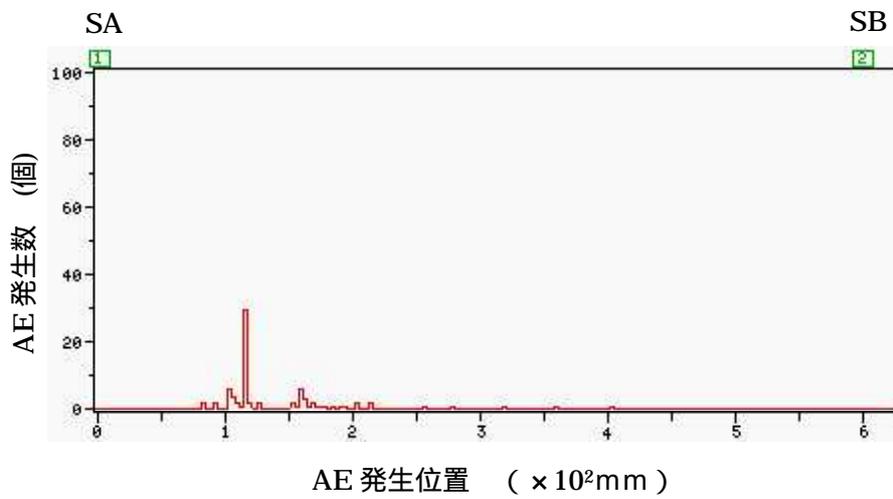


図 13 AE 発生位置

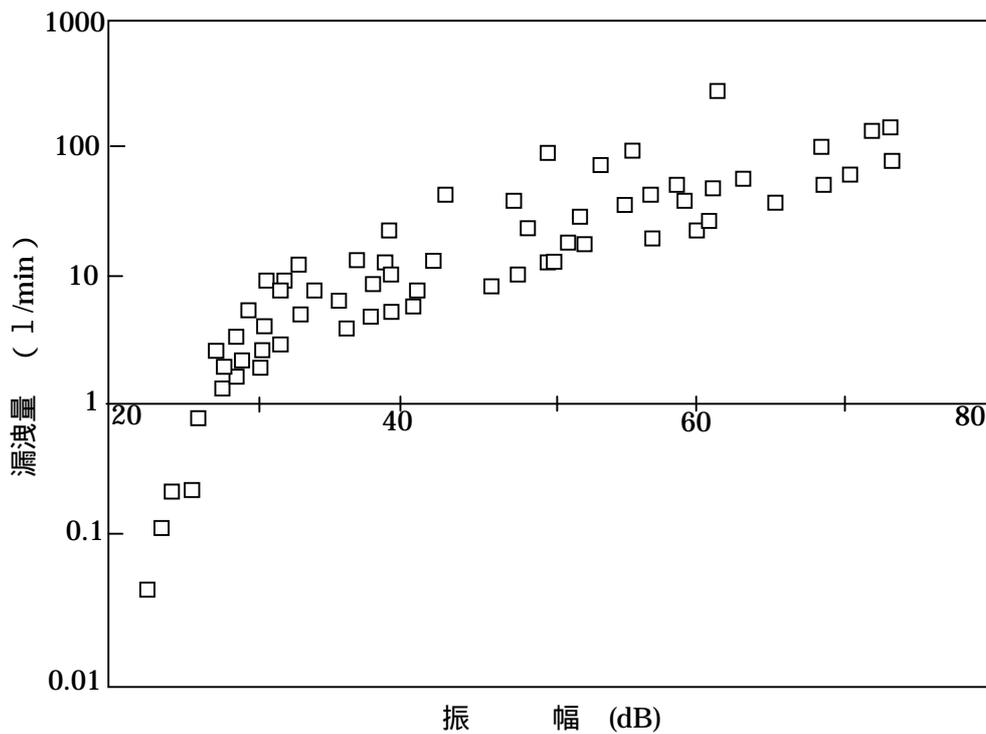


図 14 漏洩量と AE 振幅の関係