

結果、錆びこぶの状態と補正後のエコー波の間には対応が見られた。このことから本方法が実際の堀上管の腐食状態把握に有効であることを確認した。

2) 水を満たした付着物を有する模擬水道管への音響エコー法の適用

新たに試作した水中で働く音響アクチュエーターとセンサを用い、管内に模擬的な付着物を置いた。VP 管についてそのエコーを測定した。その結果をまとめると以下の通りである。なお、用いた管の口径はφ75mm及びφ150mmである。また、音響波の周波数は40kHzである。

- ①いずれの管径についても、明瞭なエコー波が得られた。エコーの出現時間と付着物の距離の間には、厳密かつ高精度に比例関係が成立した。
- ②いずれの管径についても、アクチュエーターとセンサの設置位置から300mm以内の付着物については、ブラックアウトの為測定できなかった。
- ③いずれの管径についても、エコー波の強度は付着物からの距離にほぼ反比例した。
- ④φ75mm 管の場合には付着物の大きさに依存したエコー波が得られたが、φ150mm 管の場合には依存性が見られなかった。
- ⑤φ150mm 管の場合には付着物とアクチュエーター・センサ部分との間で繰返し反射がおり、ゴーストが見られた。ゴーストは繰返し回数と共にほぼ指数関数的に減衰した。
- ⑥いずれの管径についても、大きな付着物の後に置かれた小さな付着物は検出しにくかった。

以上の諸点から音響エコー法は水中においても十分適用できることを確認した。但し、管口径によって発生する諸現象は今後検討する必要がある。

3) 水を満たした堀上管に対する音響エコー法の適用

2種類の堀上管に水を満たして、音響エコー法を適用した。その際、減衰についての補正も行った。大きな錆びこぶがある堀上管については、その後存在する小さな錆びこぶは検出できなかった。しかし、概ね錆びこぶから反射するエコーは得られ、実際系への適用の可能性を示すことができた。

4) 今後の研究課題

平成17年度大気中で行った実験とほぼ類似の結果が水中でも得られ、本方法が実際の水道管の腐食状況の検出に用いられる可能性が示された。

但し、アクチュエーター・センサ部分の形状や大きさ、管口径との関係、ゴースト波の問題など解決すべき課題は多い。しかし、錆びこぶの状態が観察できる可能性は保証されたので、今後は着実に問題を解決して行けばよい。

要約すれば、本方法の有効性は原理的に確立されたのであるから、今後は計測システムと実際の測定対象との組合せについて、以下に必要な情報を取得するかとい

うアートの段階に入ったといえる。

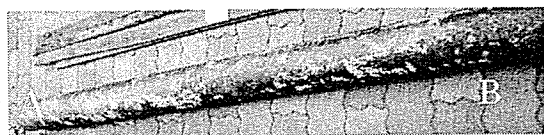


写真 3.6.1 試験体 1 (φ100mm、長さ 2m)
※図中 A, B はピエゾ素子設置場所である。

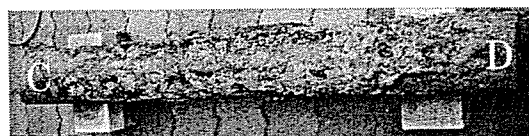


写真 3.6.2 試験体 2 (φ75mm、長さ 1m)
※図中 C, D はピエゾ素子設置場所である。

0.2m 付近の堆積物 0.4m 付近の堆積物

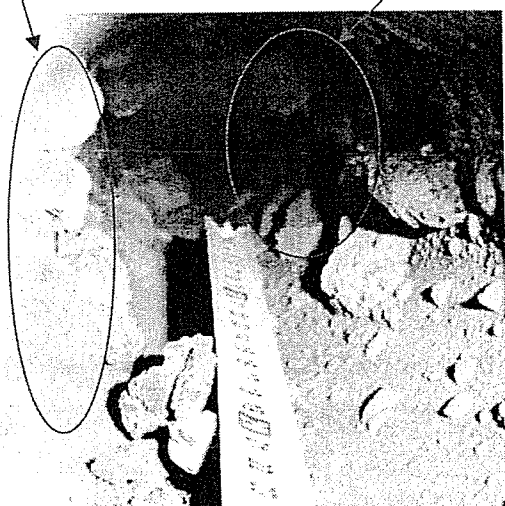


写真 3.6.3 測定位置 A より撮影
した管内面の状態

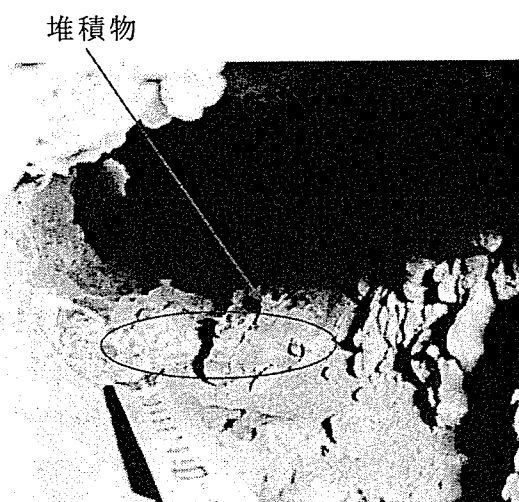


写真 3.6.4 測定位置 B より撮影
した管内面の状態

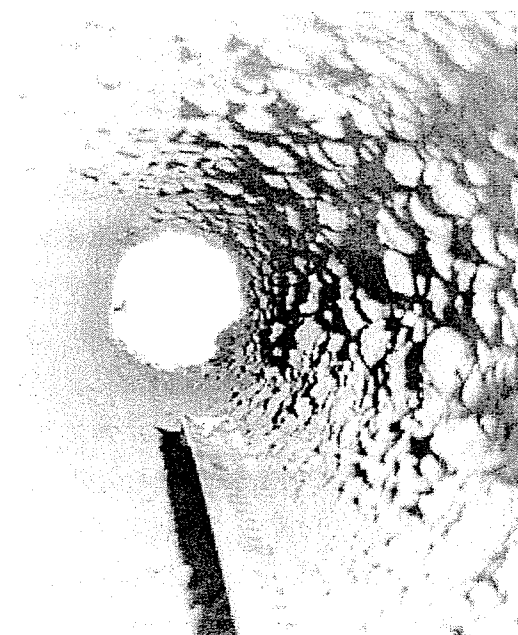


写真 3.6.5 測定位置 C より撮影
した管内面の状態

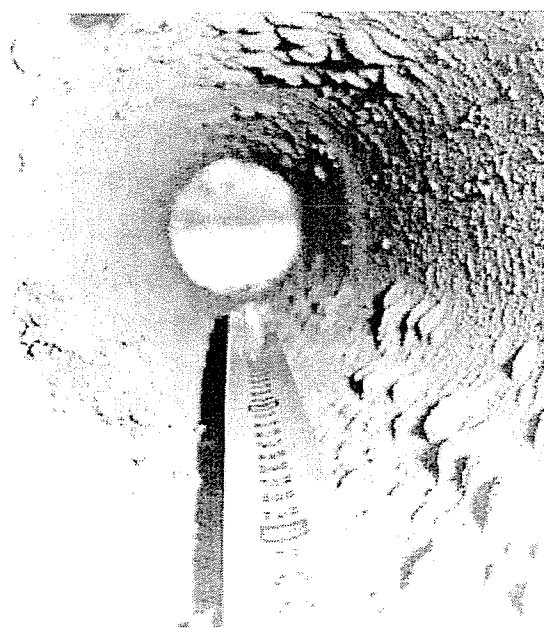


写真 3.6.6 測定位置 D より撮影
した管内面の状態

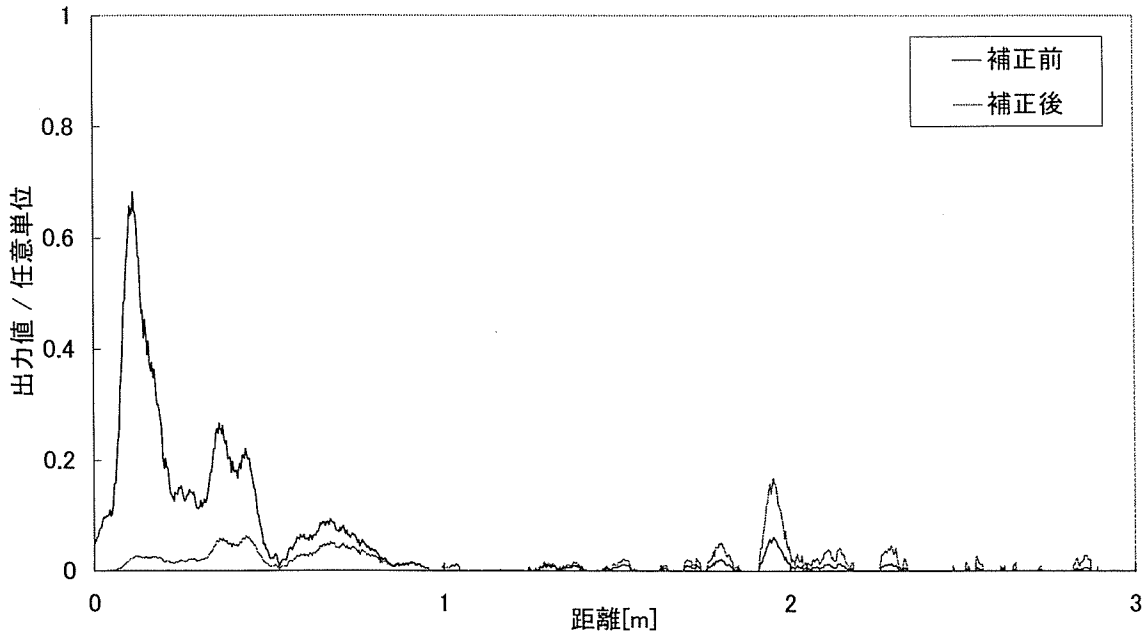


図 3.6.1 試験体 1 (φ100mm 供試管) 測定位置 A での反射波
 (写真 3.6.1、写真 3.6.3 参照)
 ※2m 付近でのピークは管の他端を閉塞したためのエコーである。

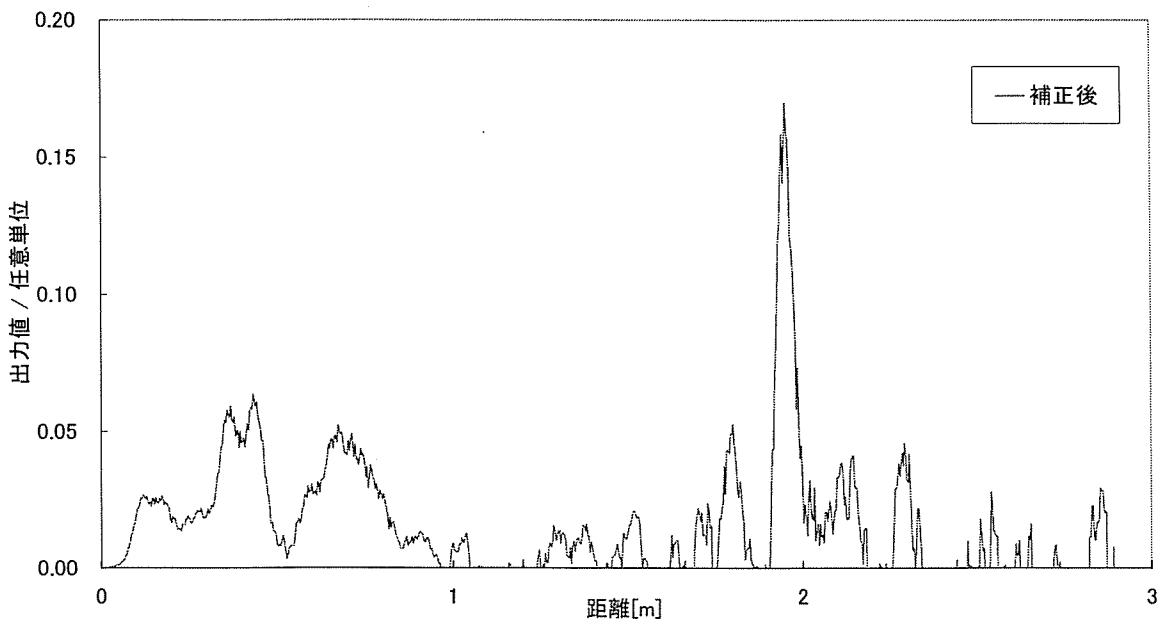


図 3.6.2 試験体 1 (φ100mm 供試管) 測定位置 A での補正後
 の反射波拡大図 (写真 3.6.1、写真 3.6.3 参照)
 ※2m 付近でのピークは管の他端を閉塞したためのエコーである。

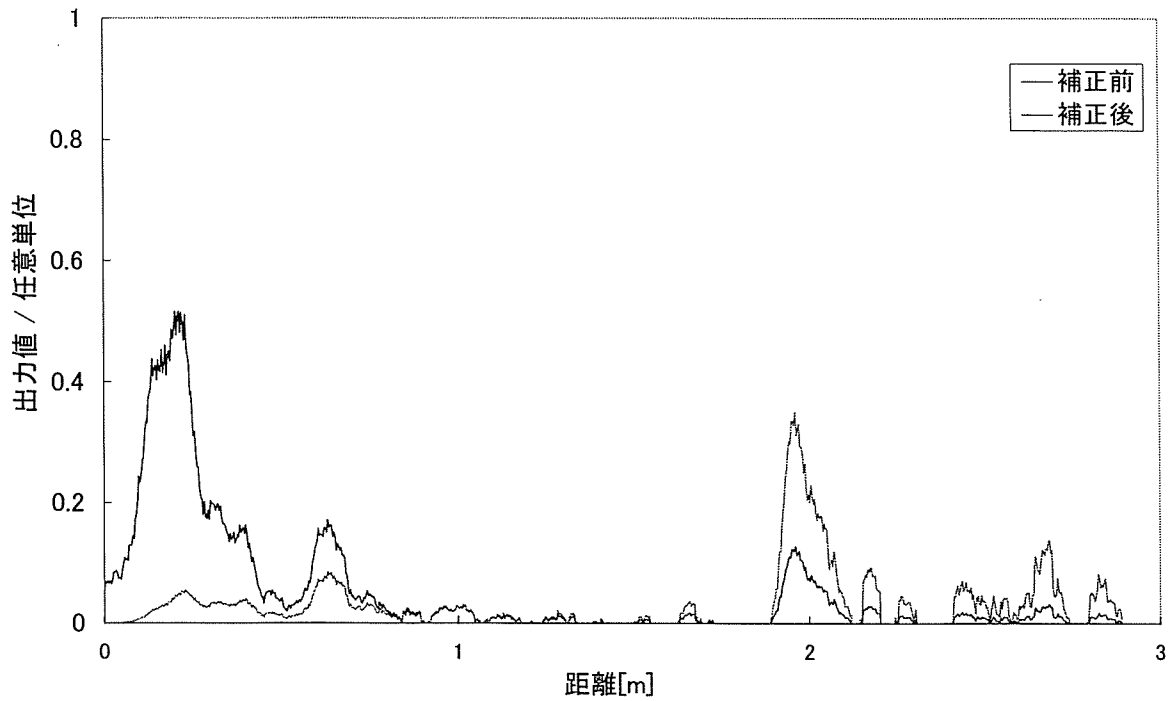


図 3.6.3 試験体 1 (φ100mm 供試管) 測定位置 B での
反射波 (写真 3.6.1、写真 3.6.4 参照)
2m 付近でのピークは管の他端を閉塞したためのエコーである。

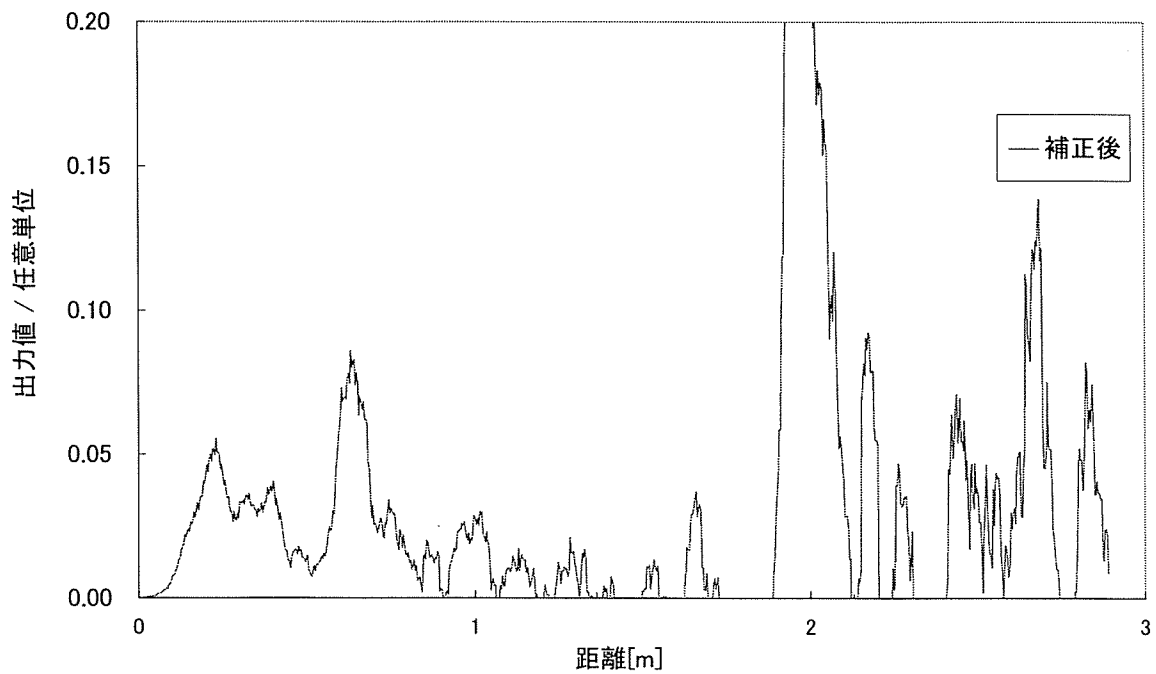


図 3.6.4 試験体 1 (φ100mm 供試管) 測定位置 B での補正後の
反射波拡大図 (写真 3.6.1、写真 3.6.4 参照)
2m 付近でのピークは管の他端を閉塞したためのエコーである。

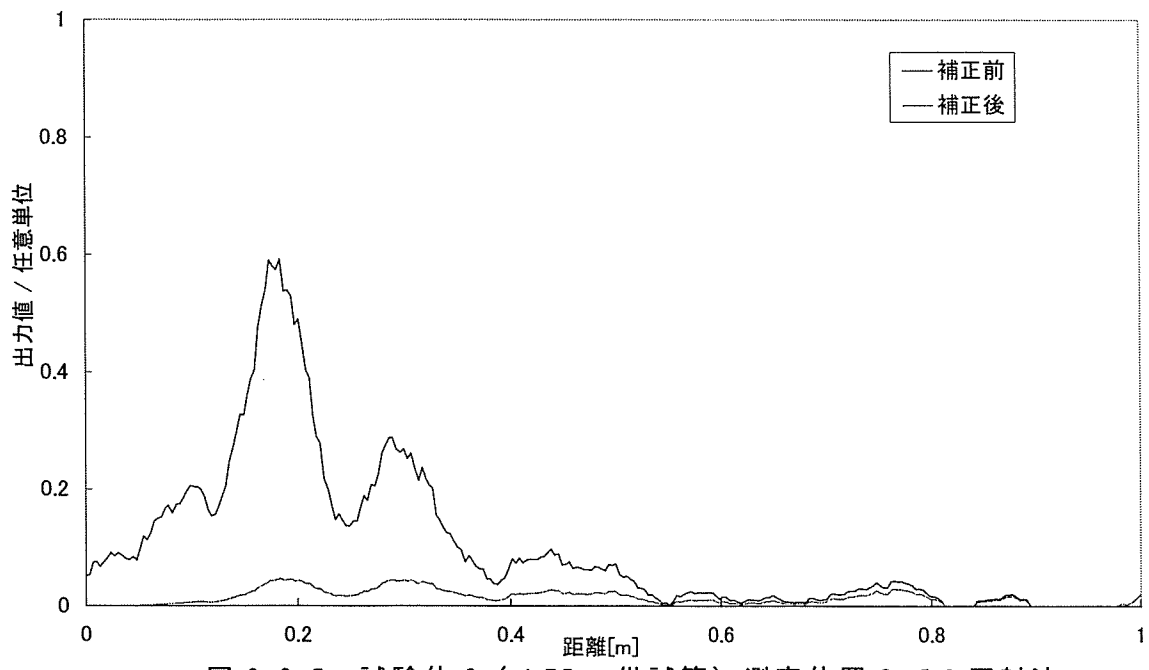


図 3.6.5 試験体 2 (φ75mm 供試管) 測定位置 C での反射波
(写真 3.6.2、写真 3.6.5 参照)

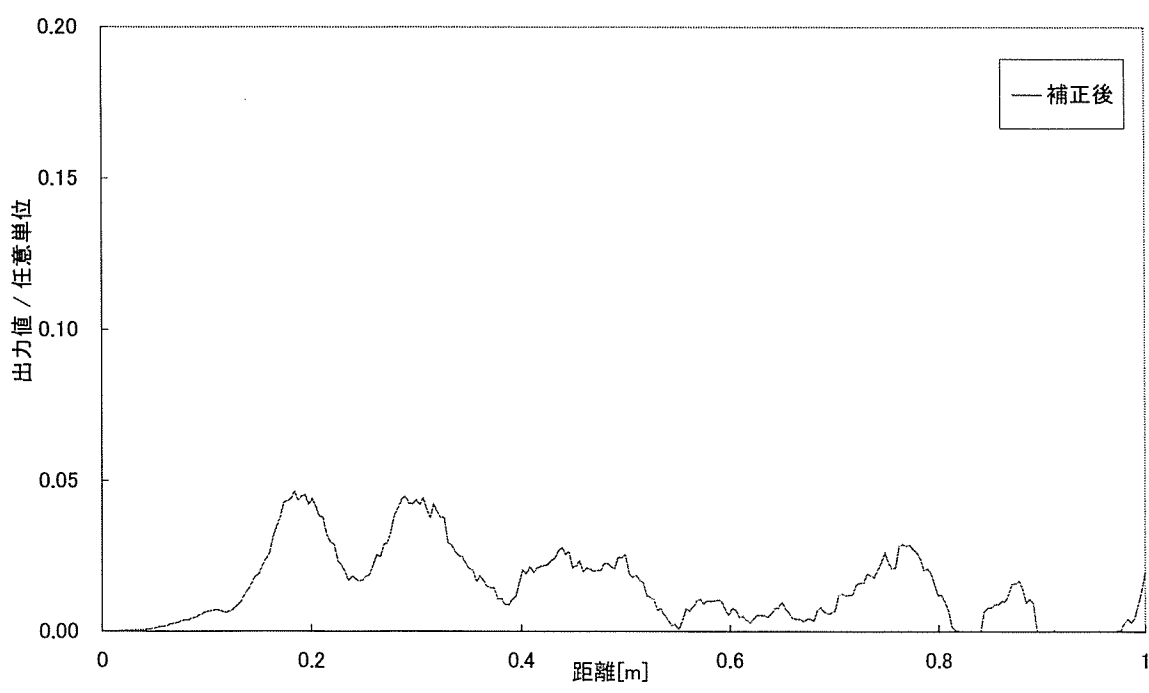


図 3.6.6 試験体 2 (φ75mm 供試管) 測定位置 C での補正後の
反射波拡大図 (写真 3.6.2、写真 3.6.5 参照)

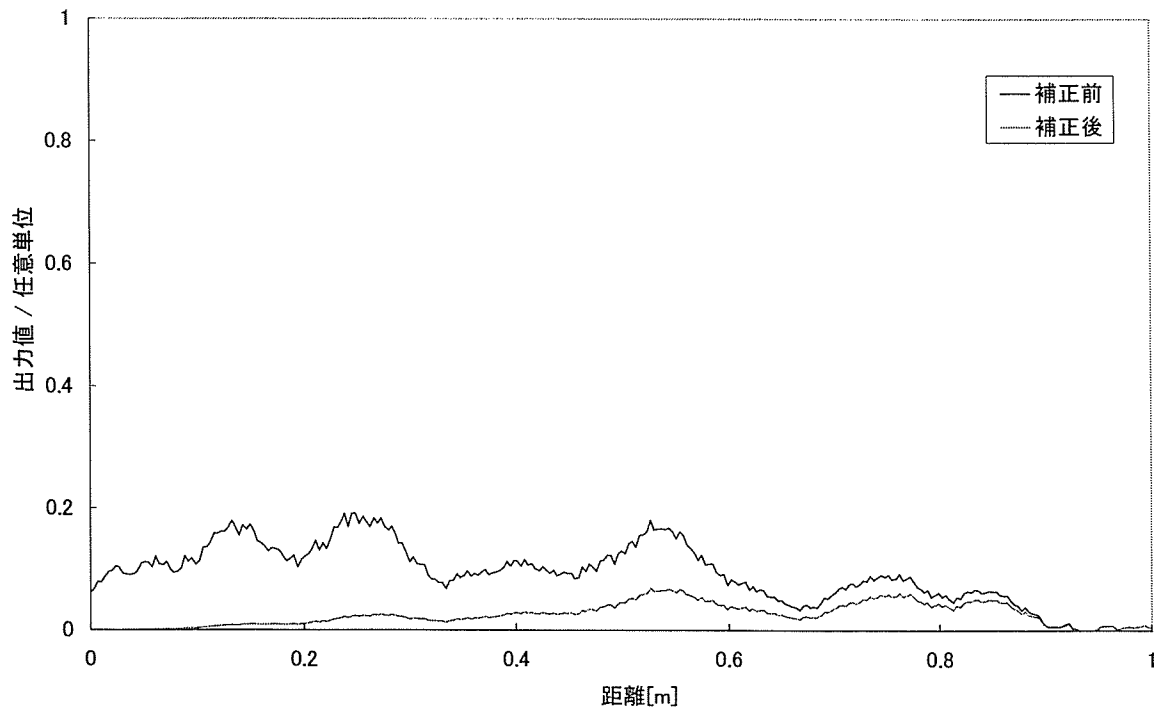


図 3.6.7 試験体 2 (φ75mm 供試管) 測定位置 D での反射波
(図 3.8.2、写真 3.6.6 参照)

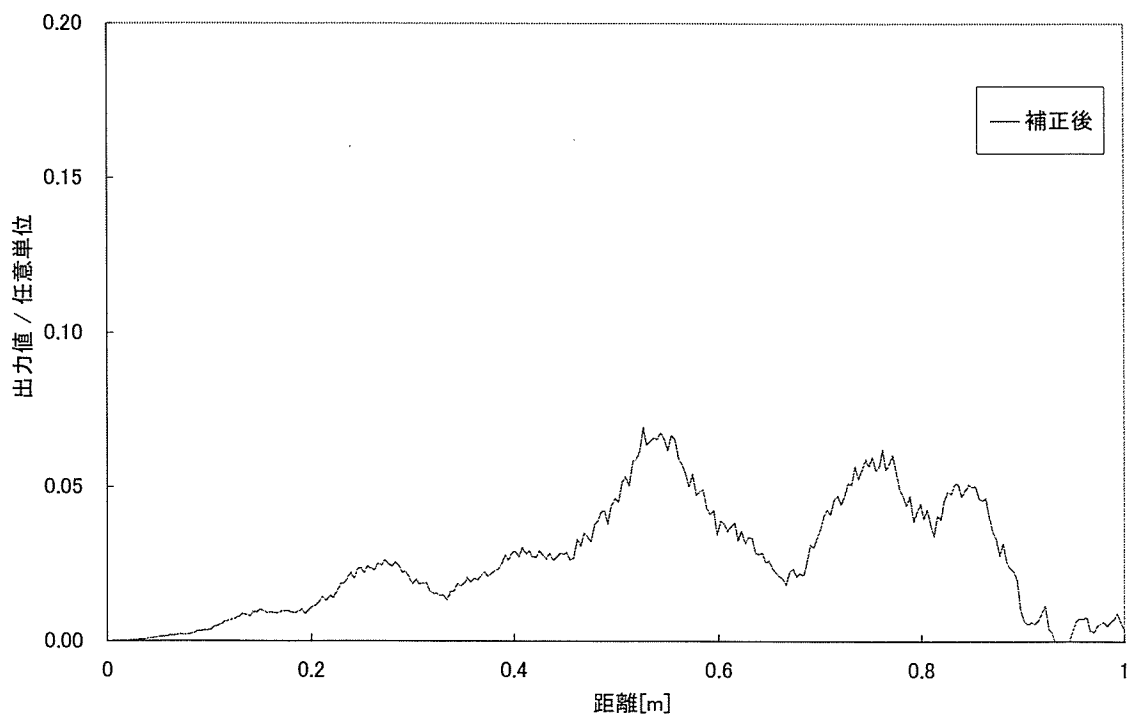


図 3.6.8 試験体 2 (φ75mm 供試管) 測定位置 D での補正後の
反射波拡大図 (図 3.8.2、写真 3.6.6 参照)

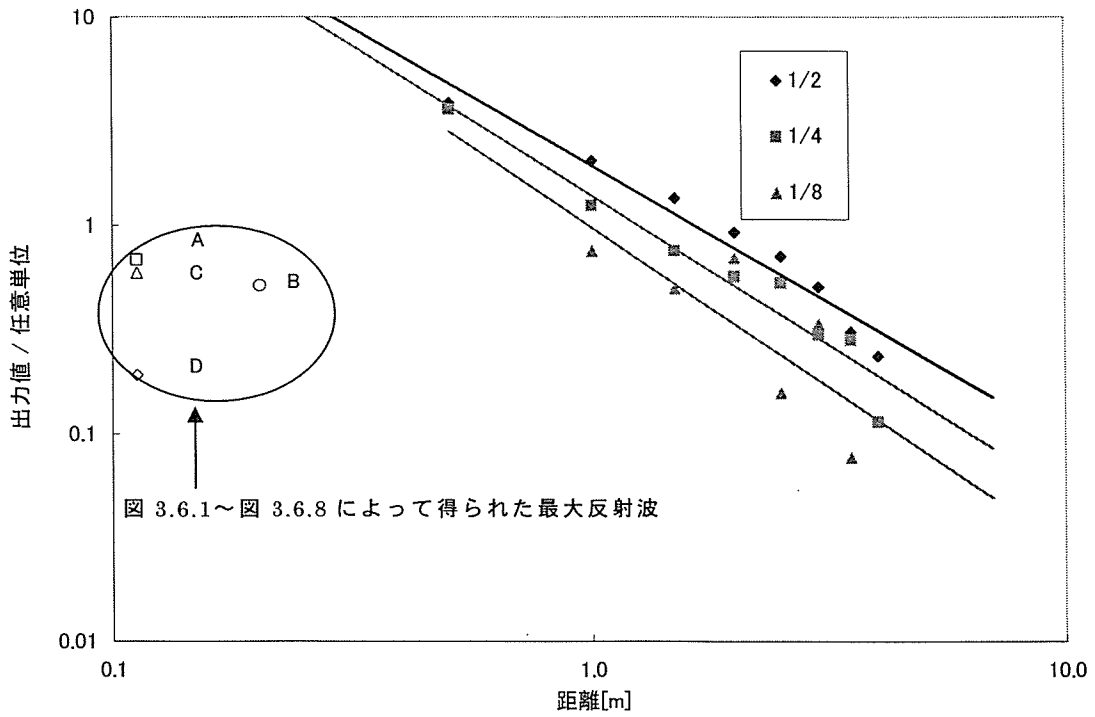


図 3.6.9 平成 17 年度試験においてφ75mm 管での模擬実験で得られた最大反射波と距離の関係と実際に測定された最大反射波と強度の関係



写真 3.6.7 実験で使したセンサ

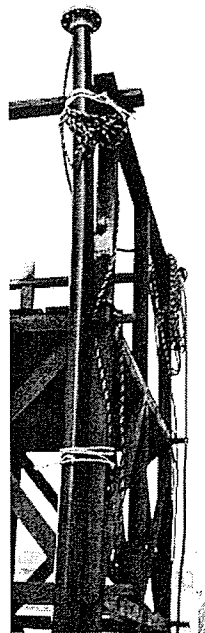


写真 3.6.8 試験装置外観

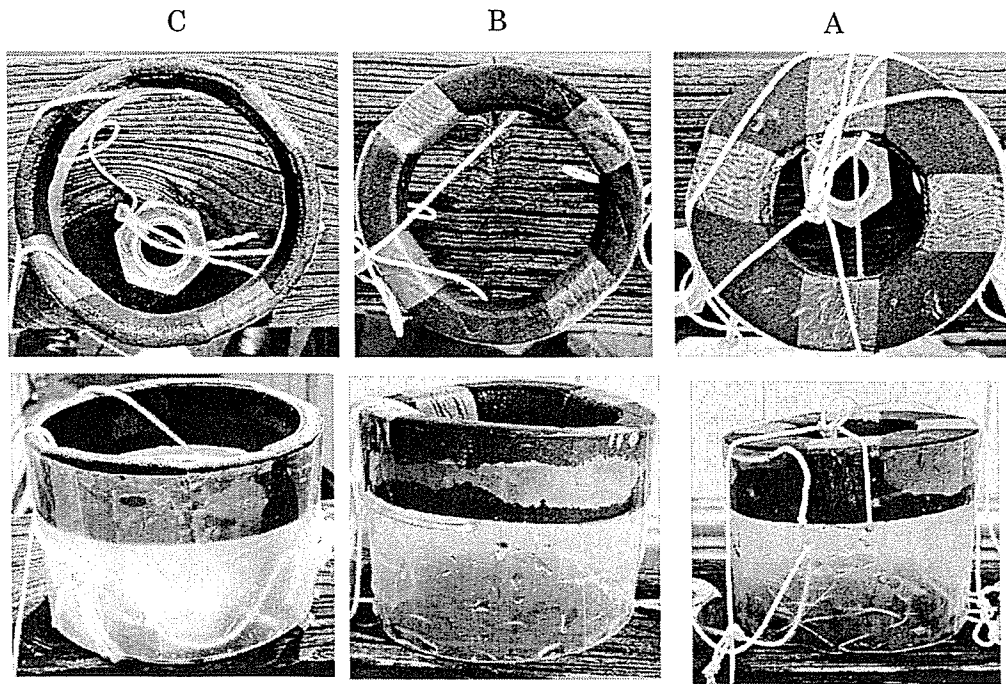


写真 3.6.9 φ75mm 管において使用した模擬付着物

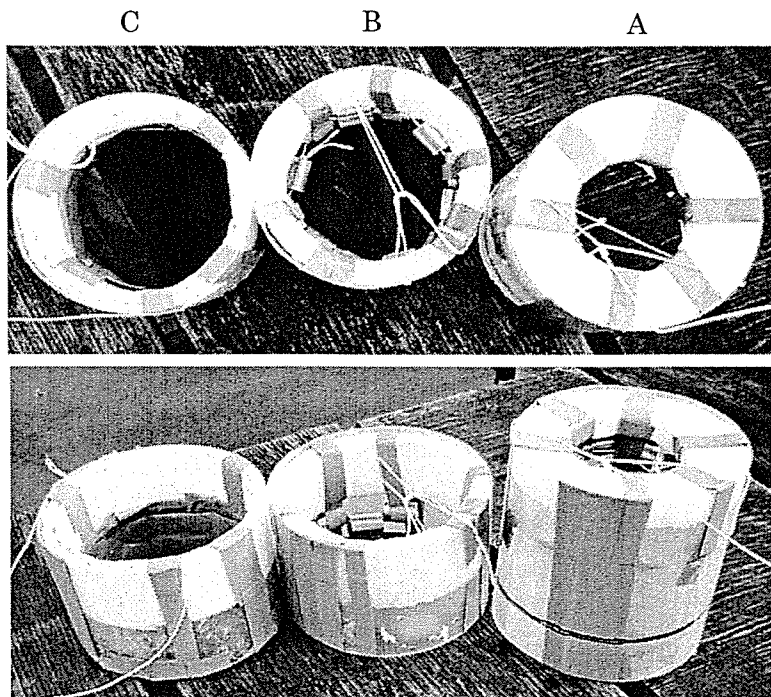
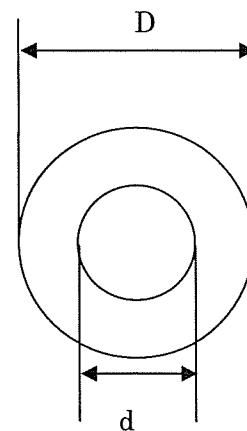


写真 3.6.10 φ150mm 管において使用した模擬付着物

	$(D-d)/D$
付着物A	1/2
付着物B	1/4
付着物C	1/8



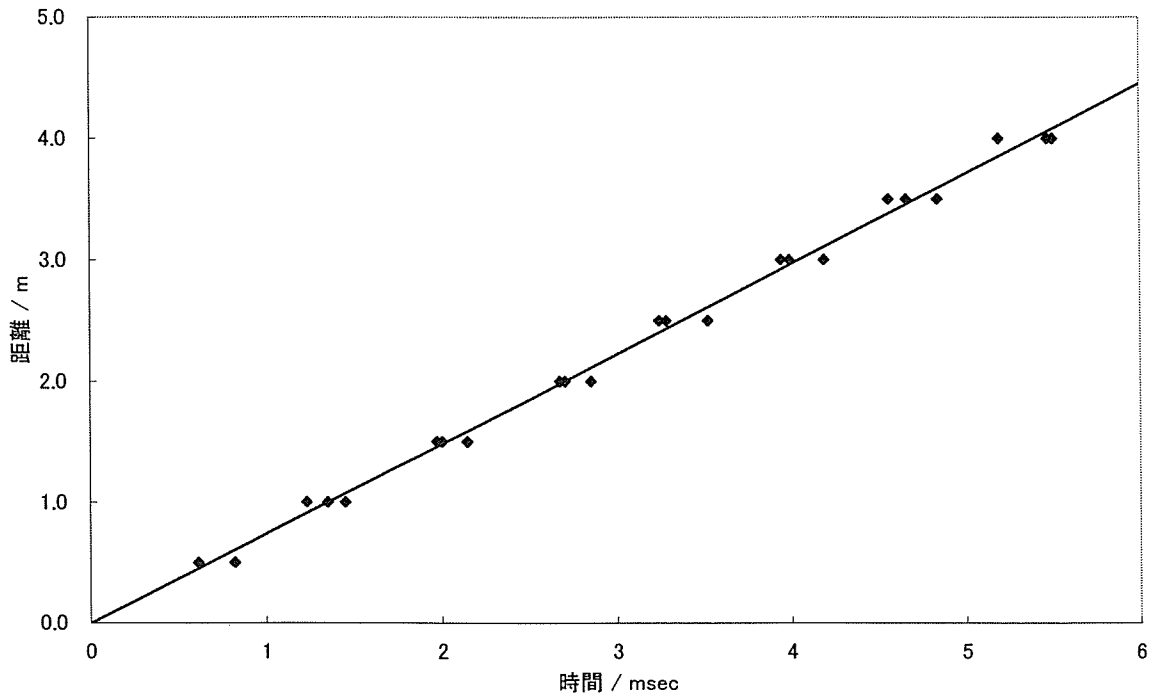


図 3.6.10 $\phi 75\text{mm}$ 管でのピーク出現時間と付着物設置距離の関係

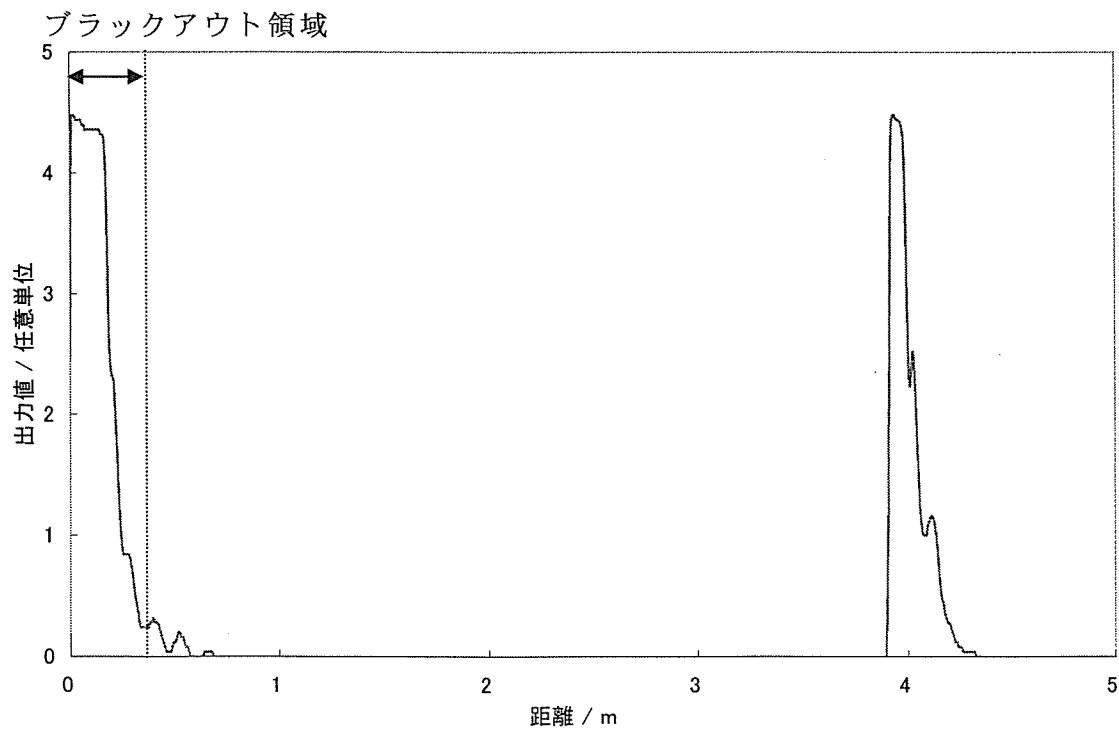


図 3.6.11 $\phi 75\text{mm}$ 管に付着物が存在しない場合の反射波
 ※4mでのピークは管他端側である

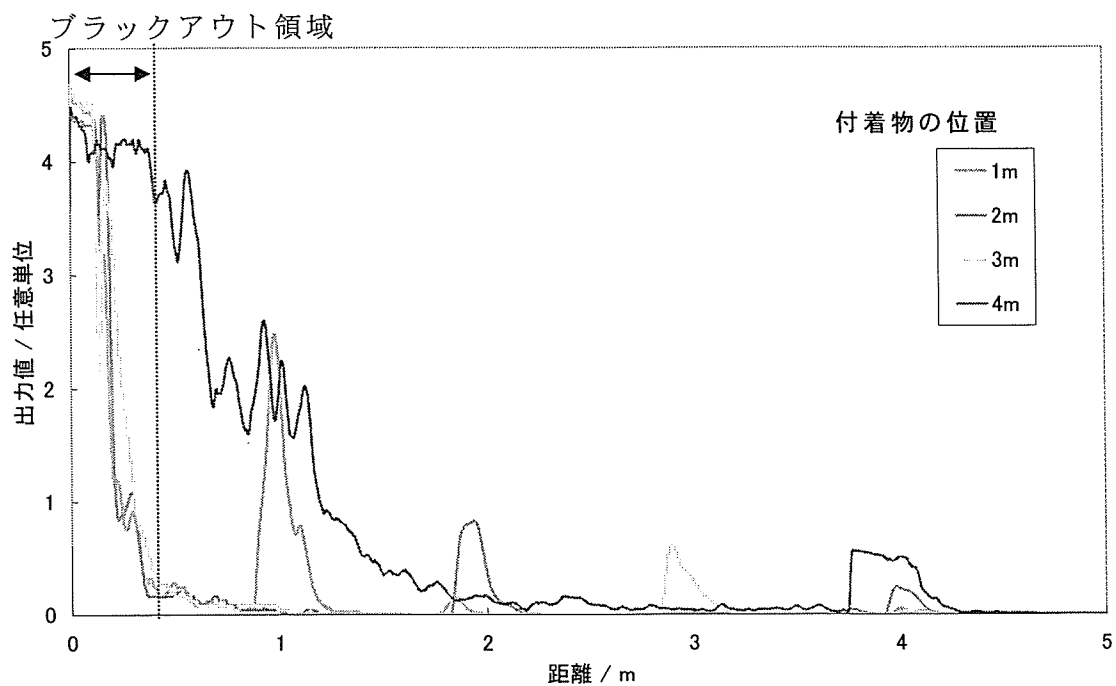


図 3.6.12 $\phi 75\text{mm}$ 管に付着物 A を設置した場合の反射波
 ※4m でのピークは管他端での反射である

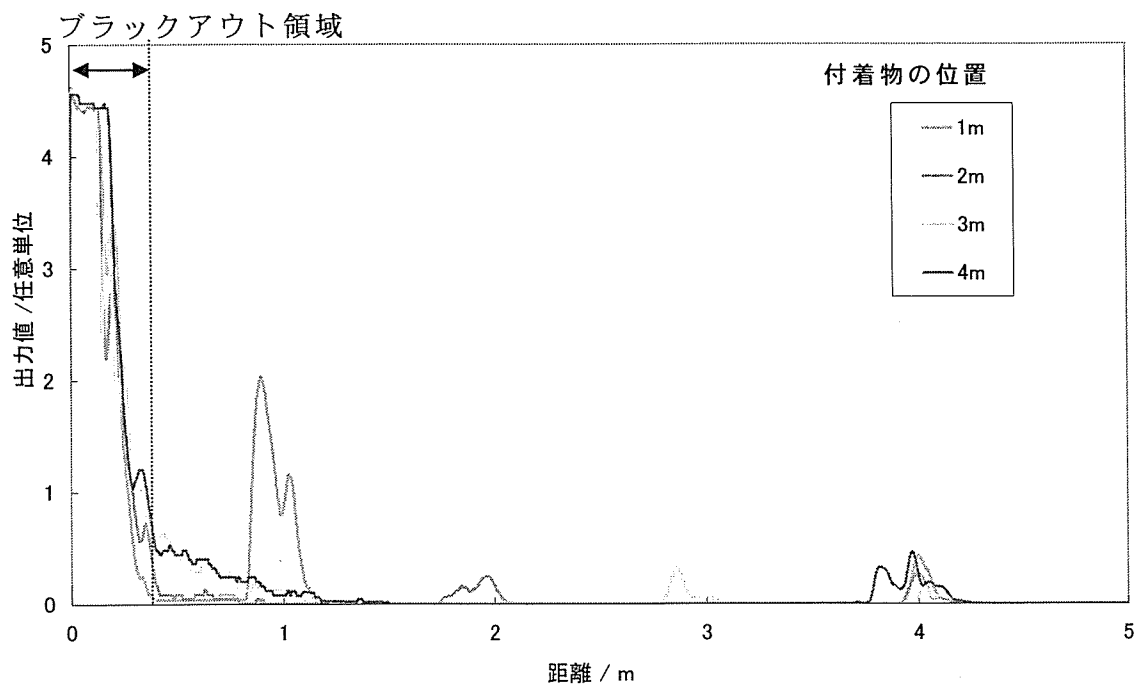
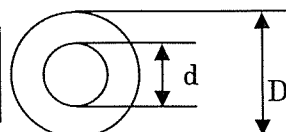


図 3.6.13 $\phi 75\text{mm}$ 管に付着物 B を設置した場合の反射波
 ※4m でのピークは管他端での反射である

	$(D-d)/D$
付着物A	1/2
付着物B	1/4
付着物C	1/8



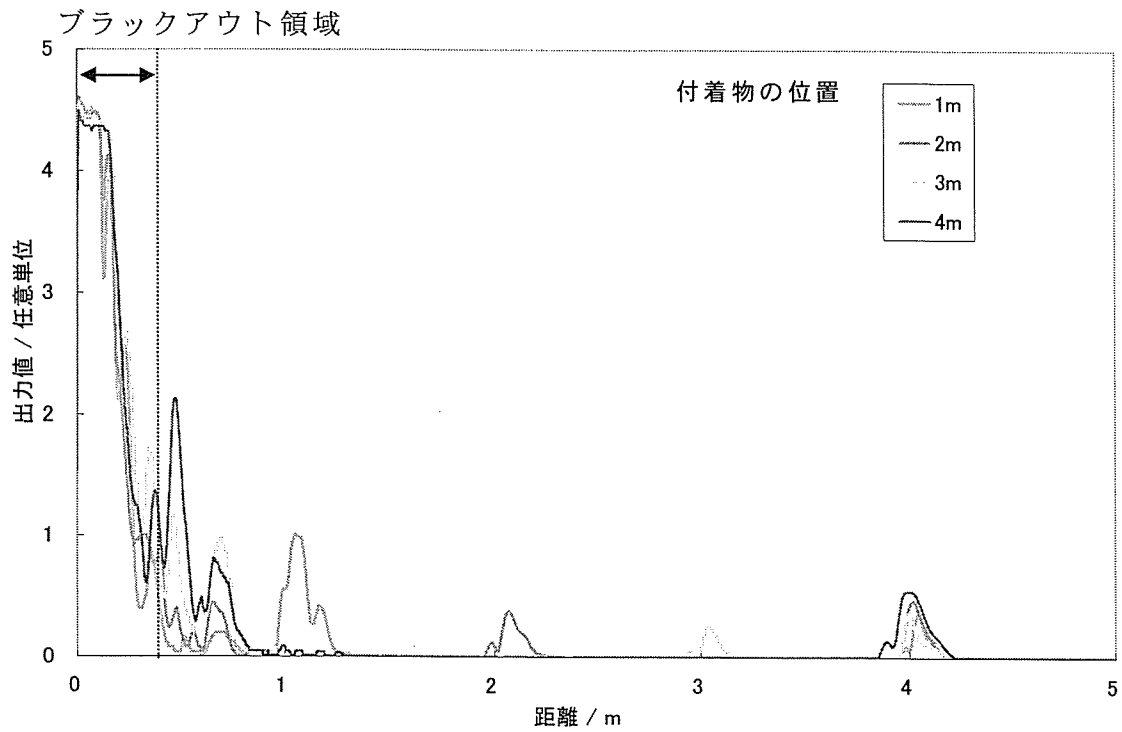


図 3.6.14 $\phi 75\text{mm}$ 管に付着物 C を設置した場合の反射波
 ※ 4m でのピークは管他端での反射である

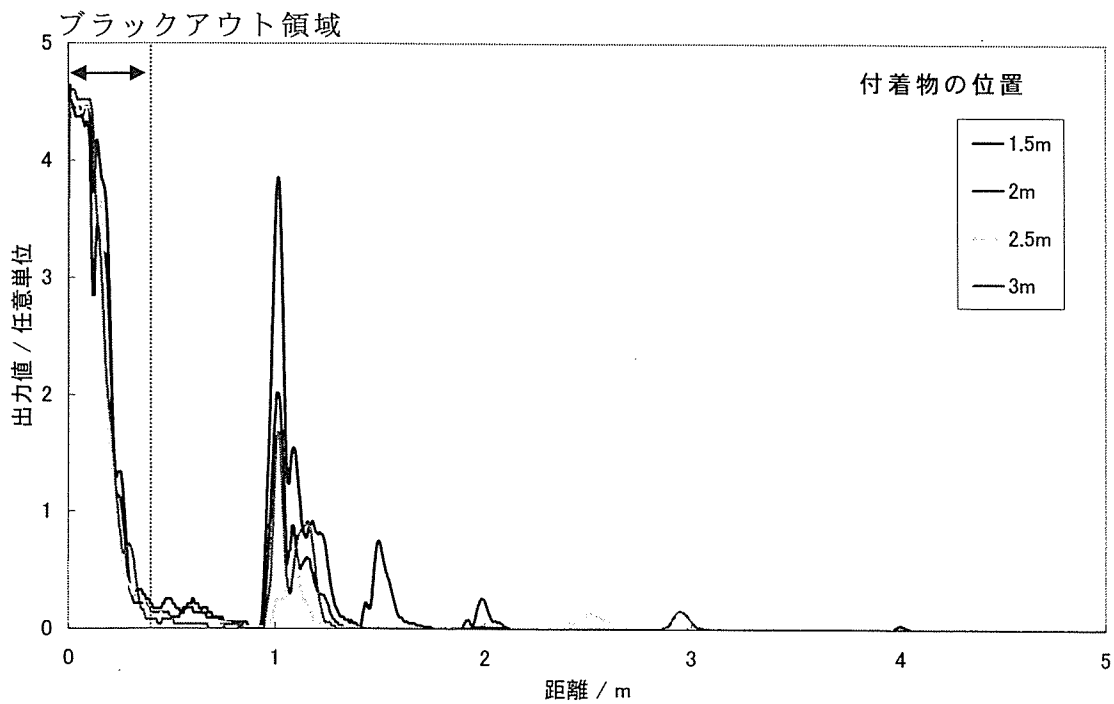
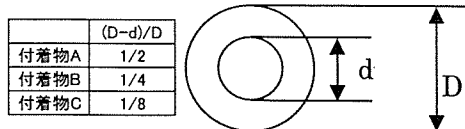


図 3.6.15 $\phi 75\text{mm}$ 管に 1m の位置に付着物 C、その後方に付着物 A を設置した場合の反射波

※ ※ 4m でのピークは管他端での反射である
 ※ 付着物 A を 1.5m ~ 3m で変化させた



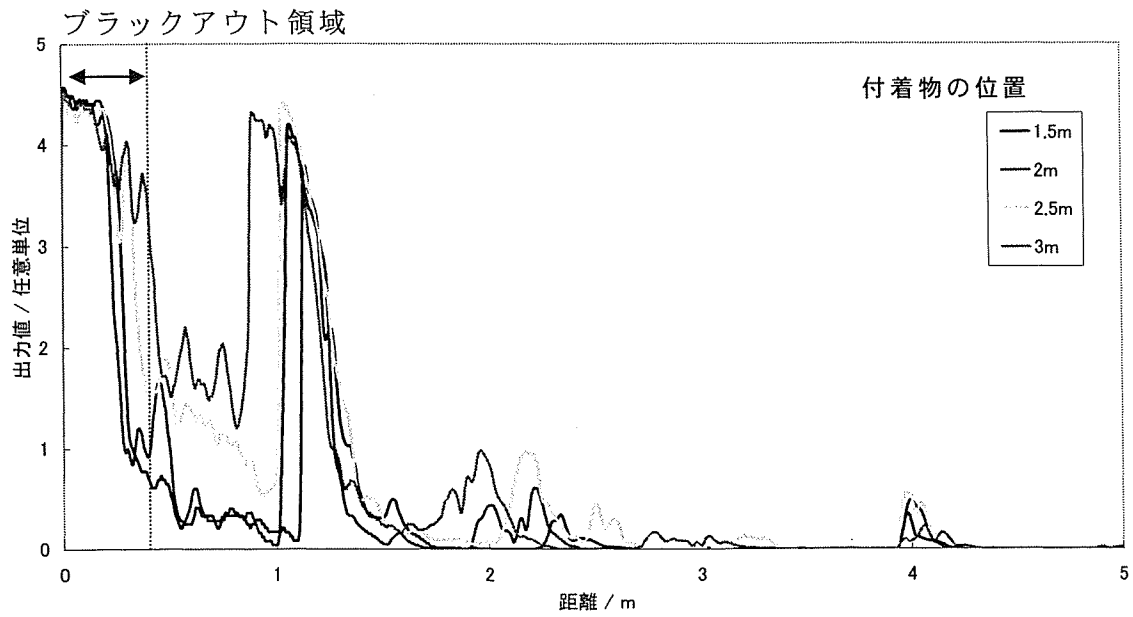


図 3.6.16 $\phi 75\text{mm}$ 管に 1m の位置に付着物 A、その後方に付着物 C を設置した場合の反射波

- ※ ※4m でのピークは管他端での反射である
- ※ 付着物 C を 1.5m~3m で変化させた

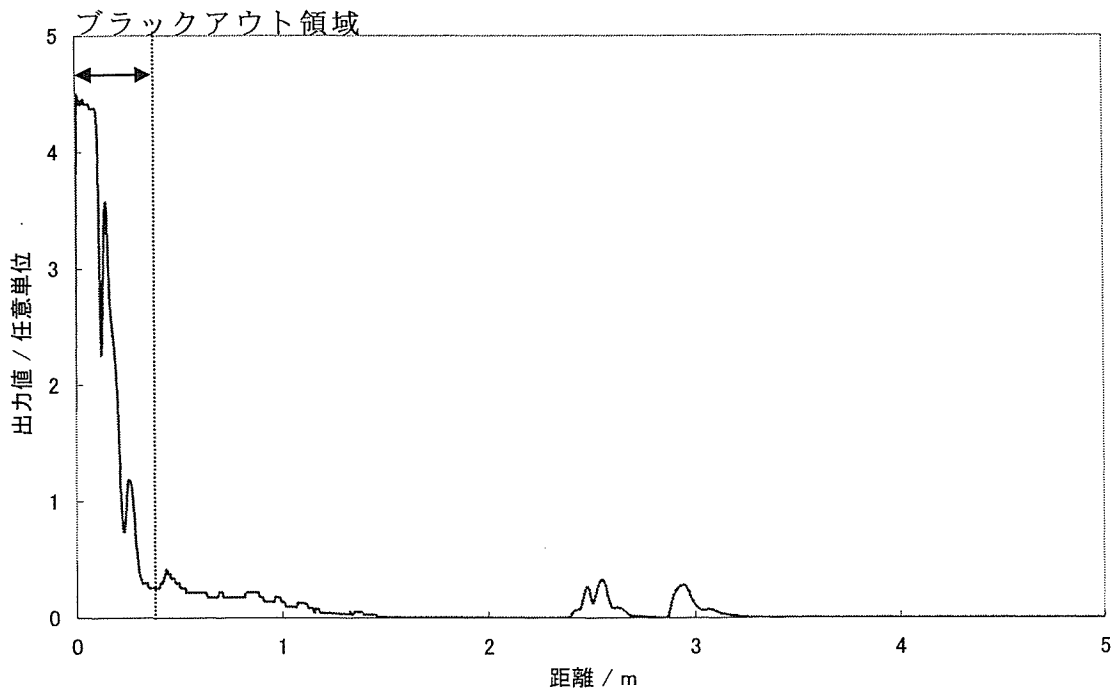
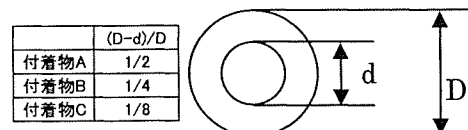


図 3.6.17 $\phi 75\text{mm}$ 管に付着物 C を 3 箇所設置した場合の反射波

- ※ 4m でのピークは管他端での反射である



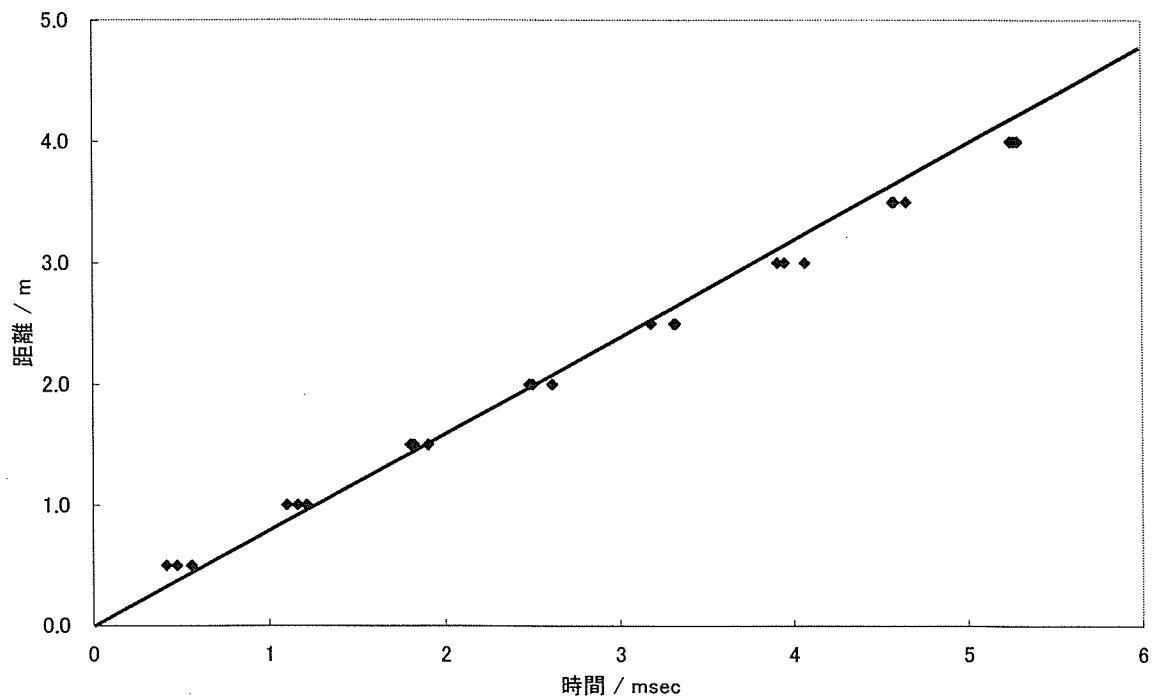


図 3.6.18 φ150mm 管でのピーク出現時間と付着物設置距離の関係

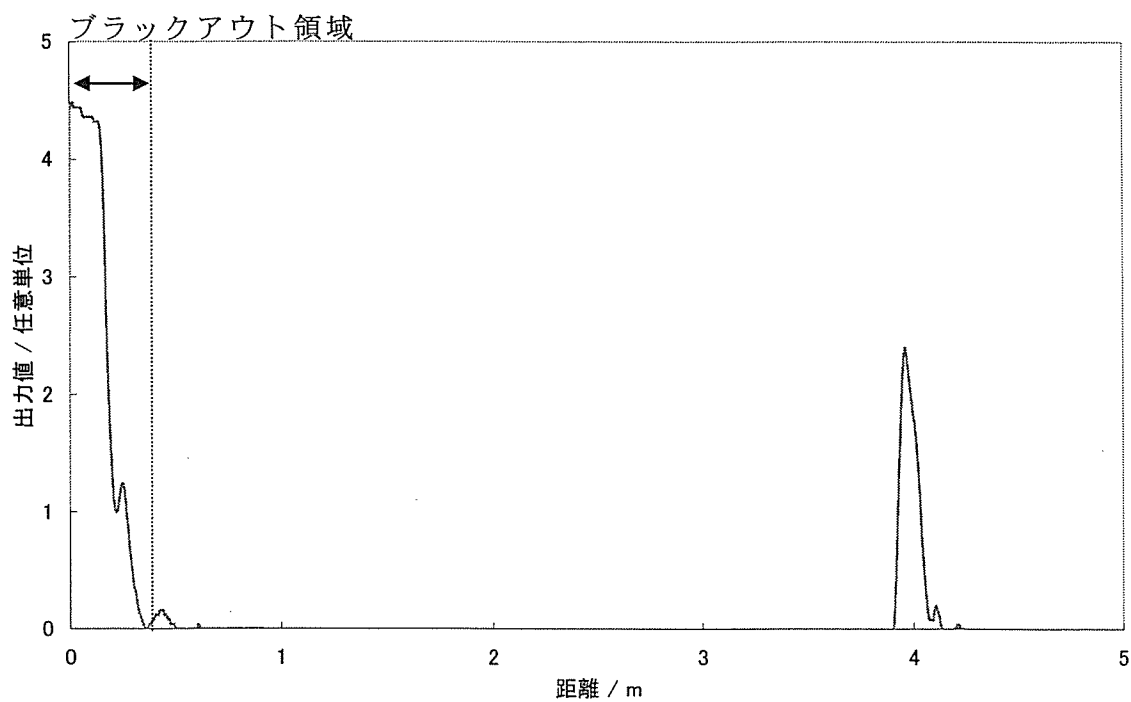
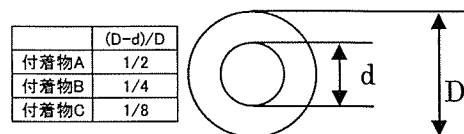


図 3.6.19 φ150mm 管に付着物を設置しない場合の反射波
 ※4m でのピークは管他端での反射である



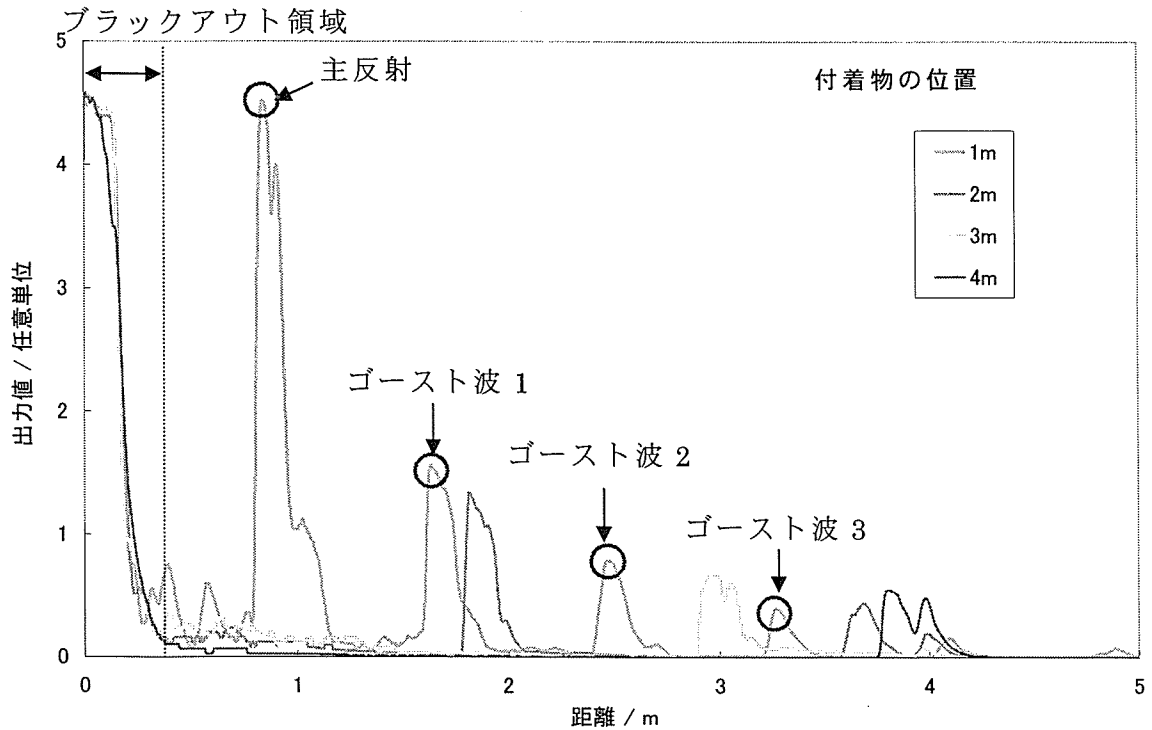


図 3.6.20 $\phi 150\text{mm}$ 管に付着物 A を設置した場合の反射波
 ※4mでのピークは管他端での反射である

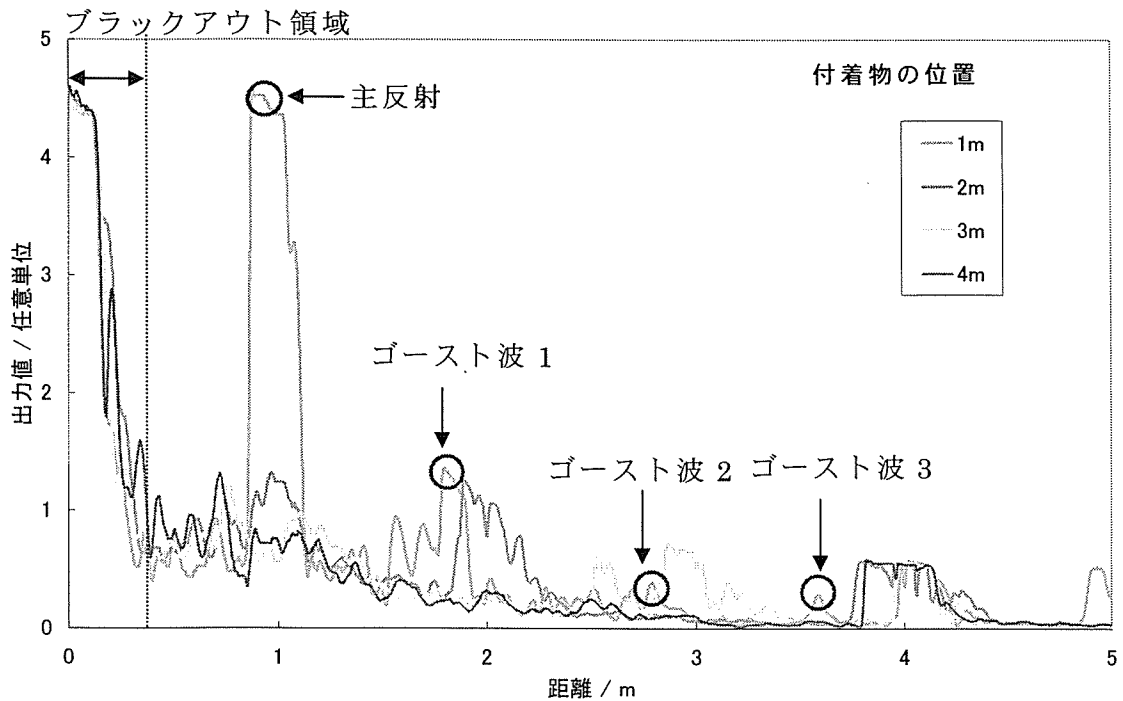
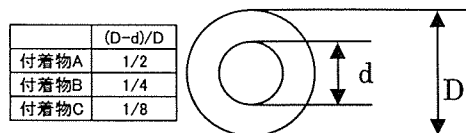


図 3.6.21 $\phi 150\text{mm}$ 管に付着物 B を設置した場合の反射波
 ※4mでのピークは管他端での反射である



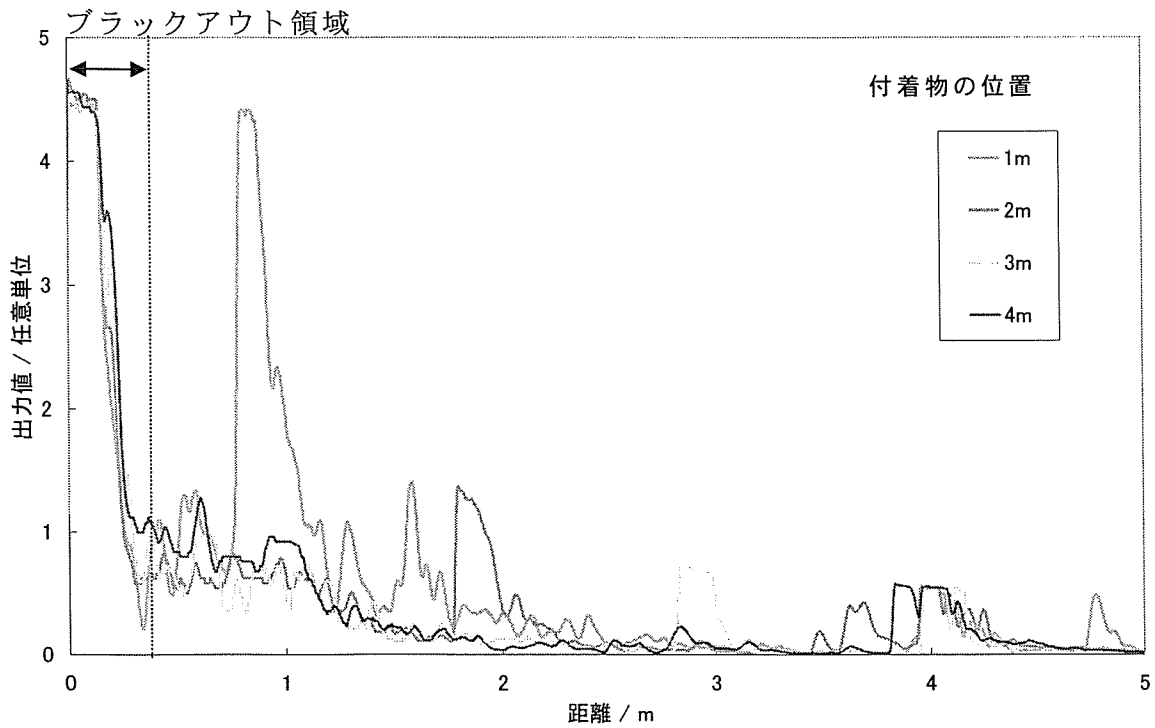


図 3.6.22 φ150mm 管に付着物 C を設置した場合の反射波
 ※4m でのピークは管他端での反射である

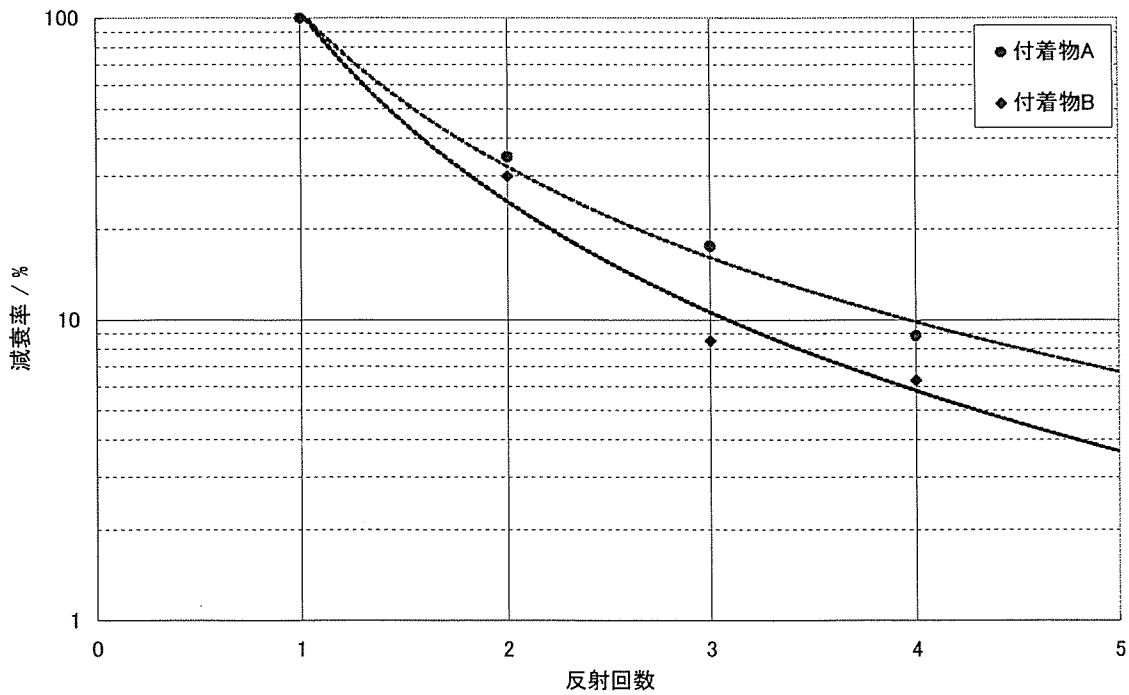
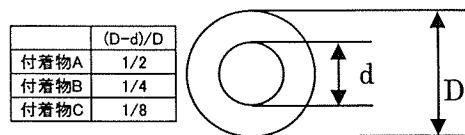


図 3.6.23 ゴースト波繰返し反射の減衰特性

$$\text{減衰率}[\%] = \frac{\text{繰返し反射波の出力値}}{\text{1回目の反射波の出力値}} \times 100$$



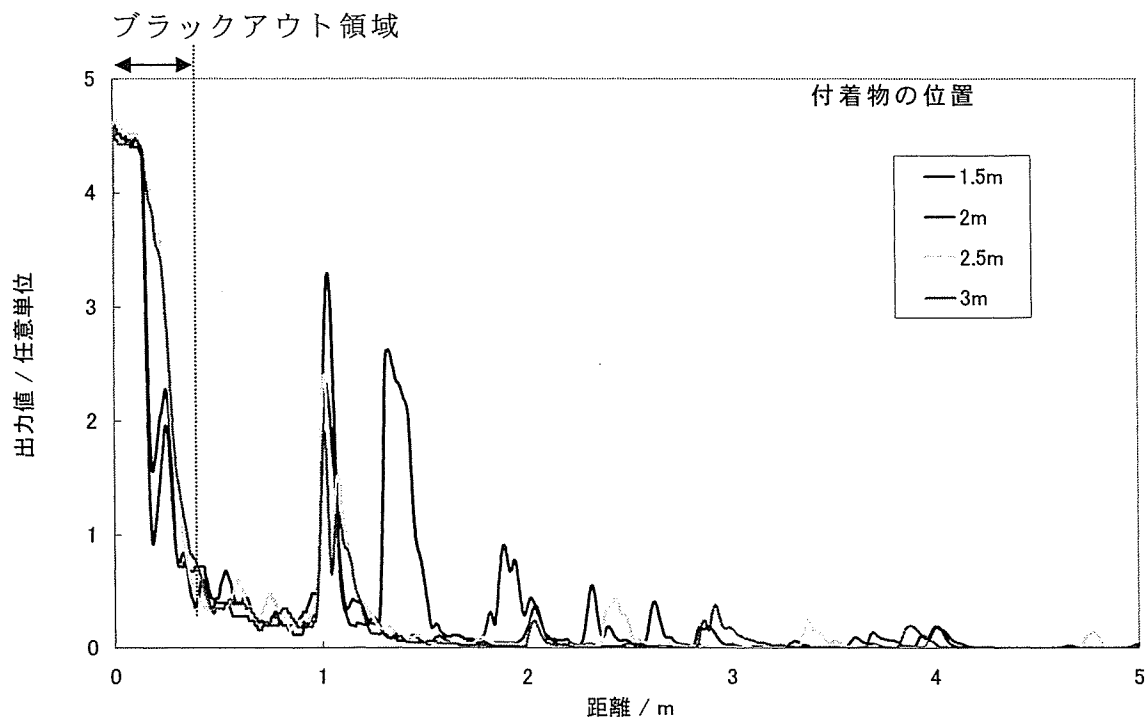


図 3.6.24 $\phi 150\text{mm}$ 管に 1m の位置に付着物 C、その後方に付着物 A を設置した場合の反射波

- ※ 4m でのピークは管他端での反射である
- ※ 付着物 A を 1.5m ~ 3m で変化させた

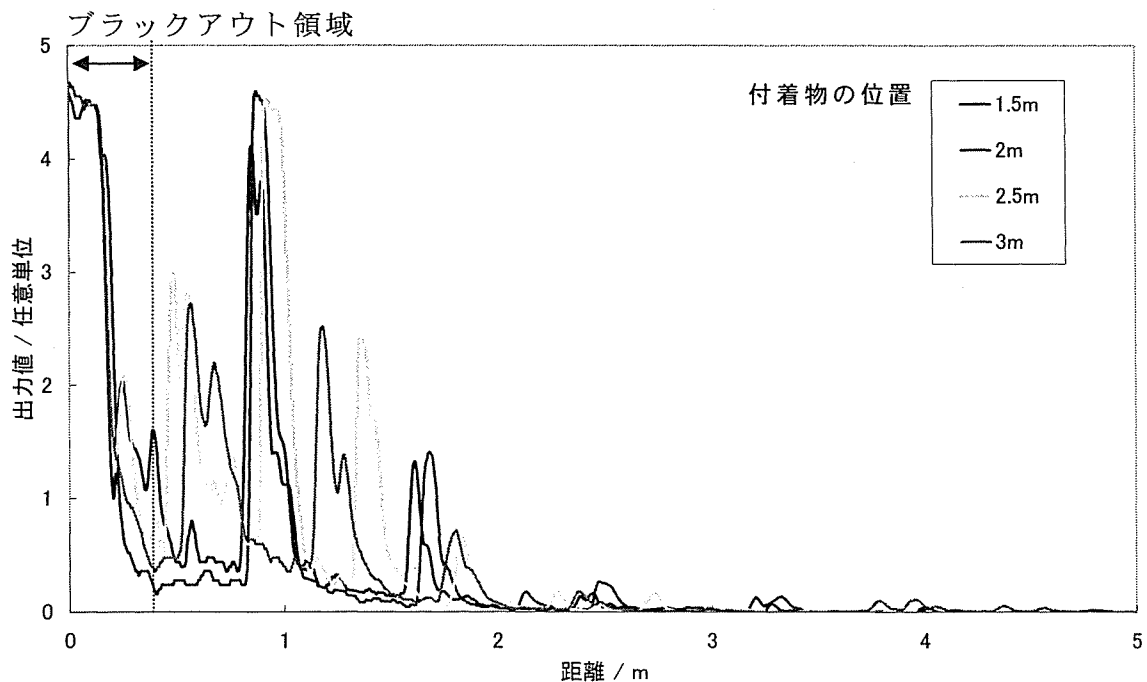
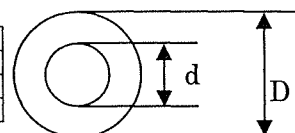


図 3.6.25 $\phi 150\text{mm}$ 管に 1m の位置に付着物 A、その後方に付着物 C を設置した場合の反射波

- ※ ※ 4m でのピークは管他端での反射である
- ※ 付着物 C を 1.5m ~ 3m で変化させた

	$(D-d)/D$
付着物A	1/2
付着物B	1/4
付着物C	1/8



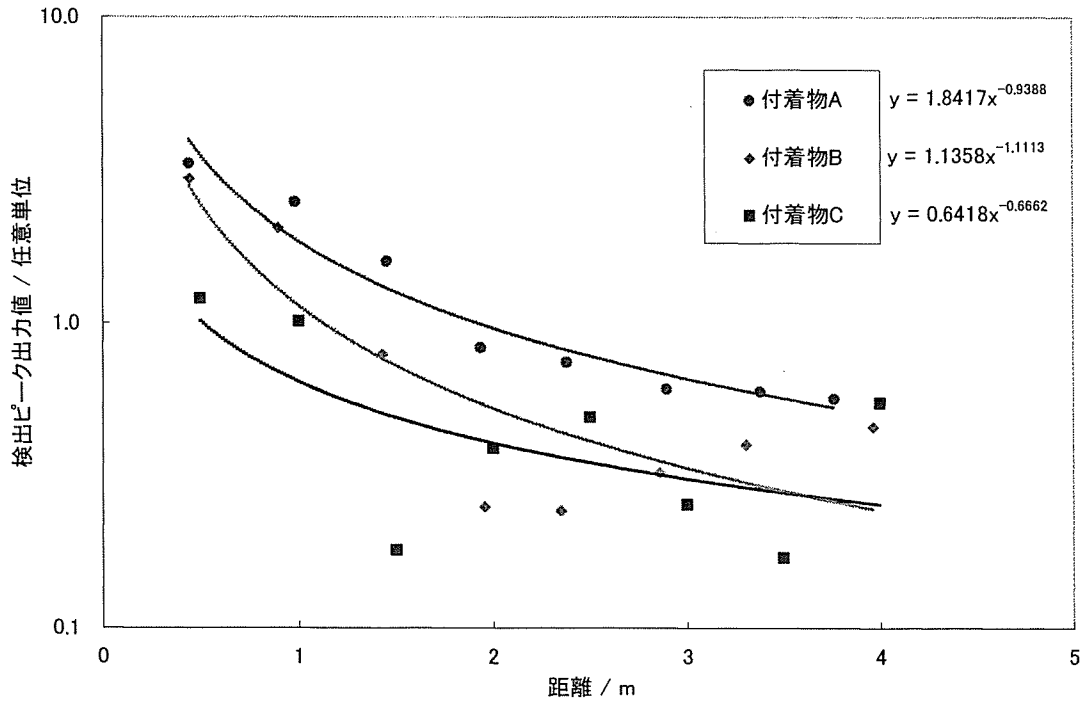


図 3.6.26 φ75mm 管での付着物の距離と検出ピーク値の関係

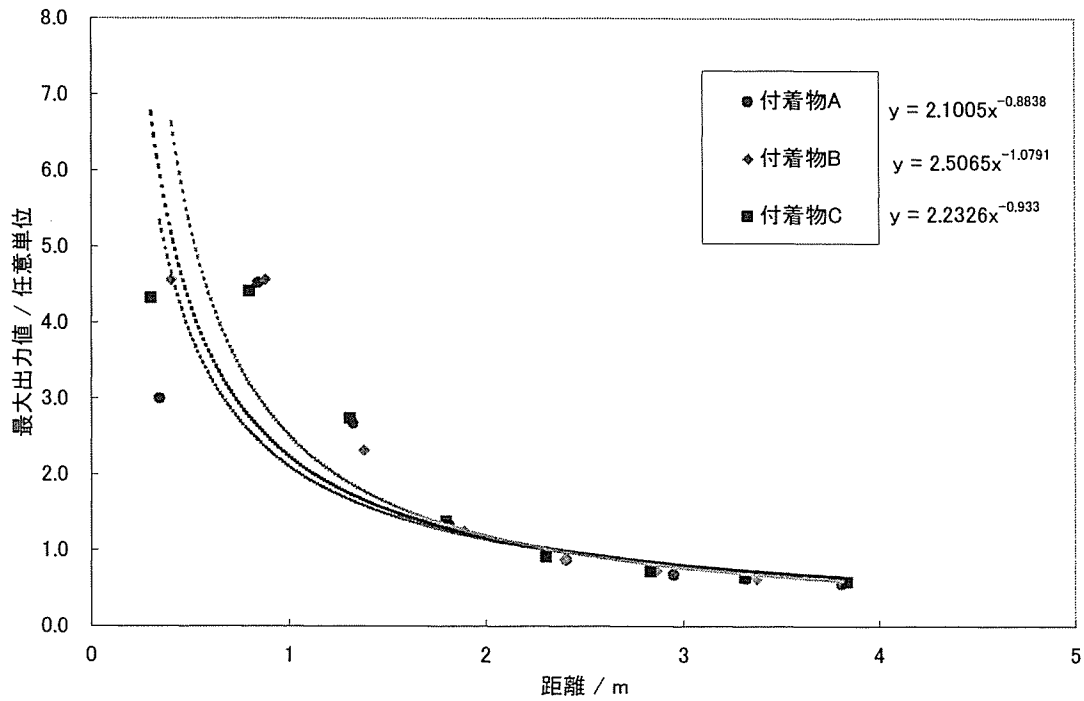
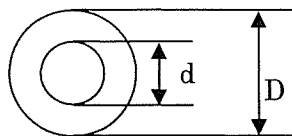


図 3.6.27 φ150mm 管での付着物の距離と検出ピーク値の関係

	$(D-d)/D$
付着物A	1/2
付着物B	1/4
付着物C	1/8



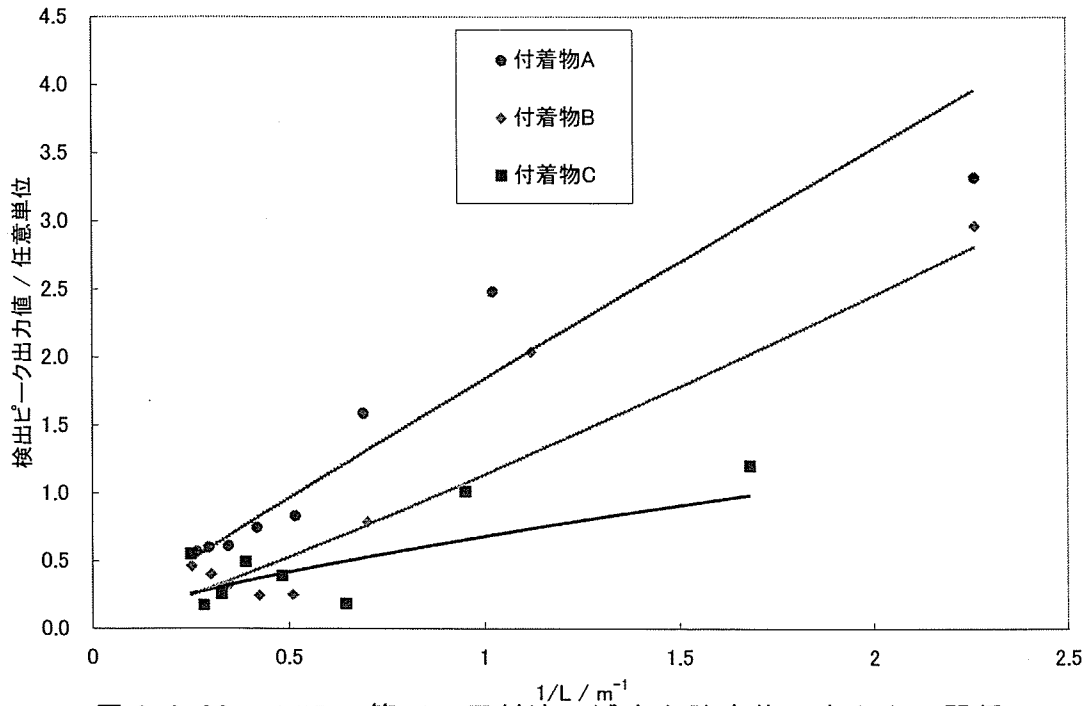


図 3.6.28 $\phi 75\text{mm}$ 管での反射波の減衰と障害物の大きさの関係
(検出ピーク値 vs. 距離の逆数)

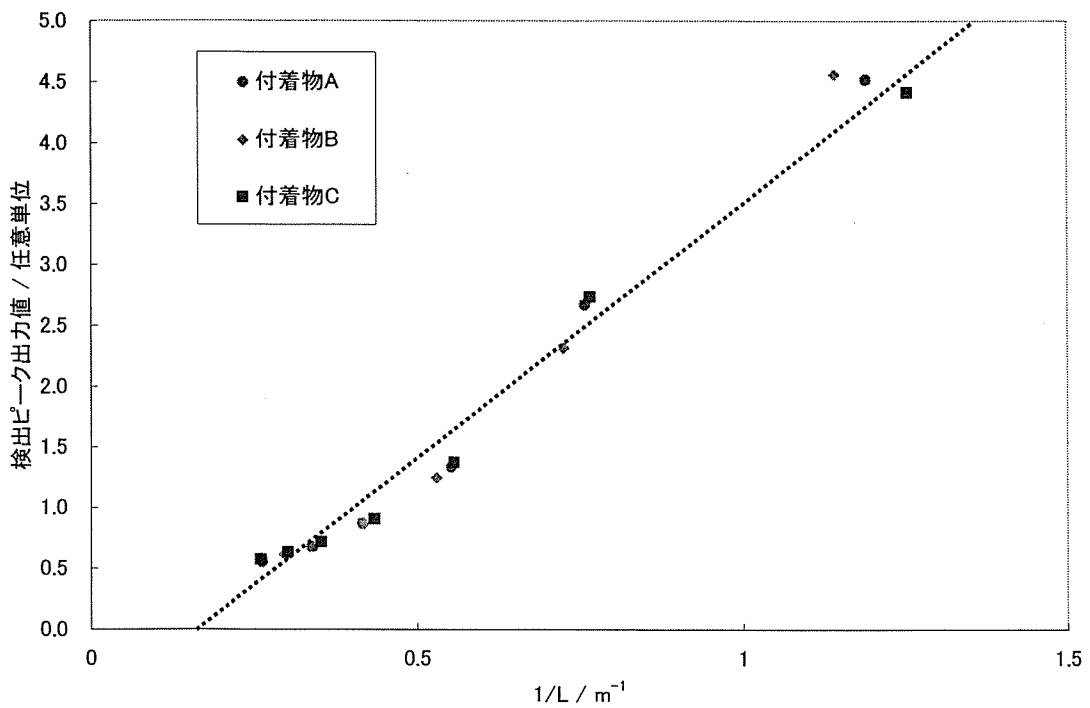
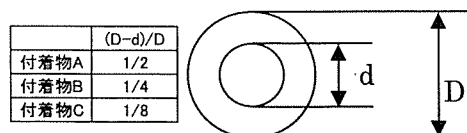


図 3.6.29 $\phi 150\text{mm}$ 管での反射波の減衰と障害物の大きさの関係
(検出ピーク値 vs. 距離の逆数)



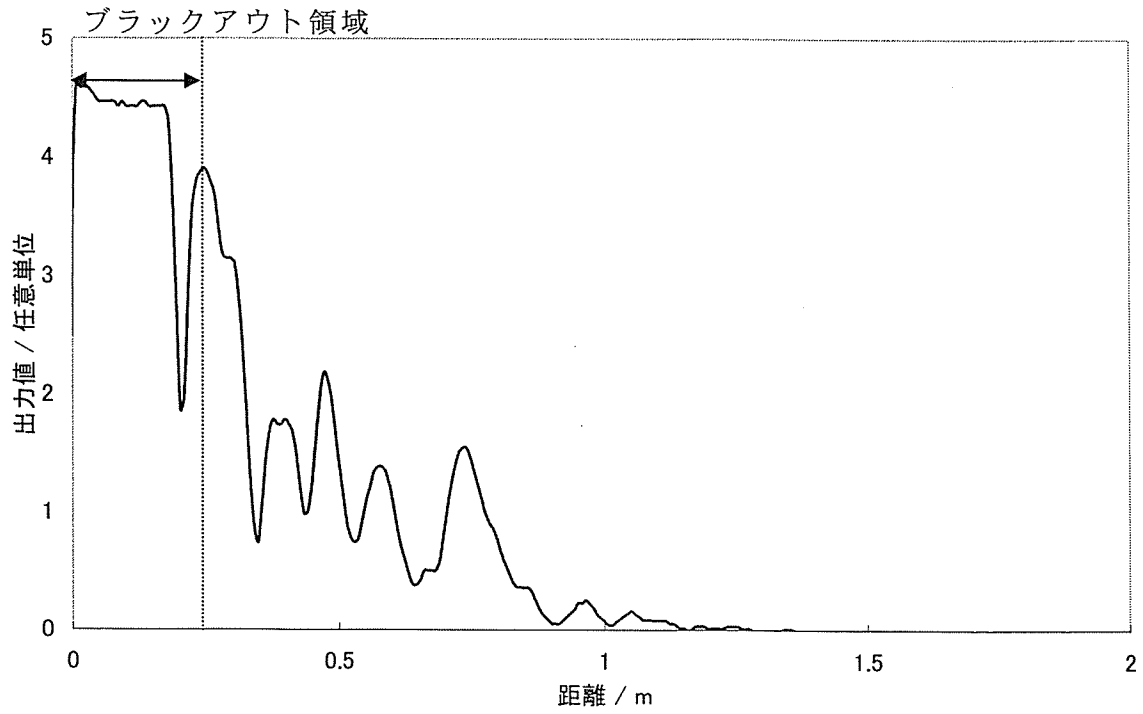


図 3.6.30 堀上管（試験体 1）での反射波

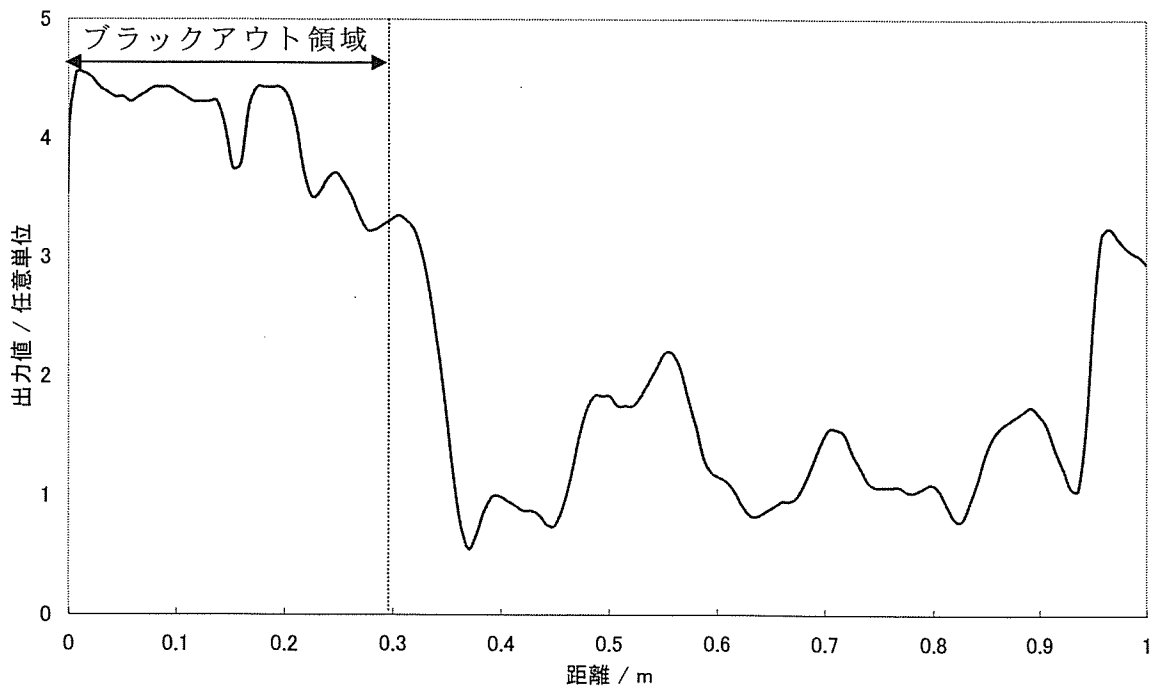


図 3.6.31 堀上管（試験体 2）での反射波

3.6.2 電磁波の伝播と反射を用いた金属製水道管路の欠損の検出 (電磁波信号発生ピグ流下法)

研究担当委員／横浜国立大学 朝倉 祝治

(1) 電磁波信号発生ピグ流下法の原理と特徴

1) 電磁波信号発生ピグ流下法の原理

水流がある配水管に電磁信号を発生し続けるピグを挿入する。ピグの前後には水に電磁波を発生させる装置を取り付ける。電磁波は鑄鉄管に流れ反射と吸収をおこなう。その応答を消火栓などの立ち上げ部に設置したアンテナで検出する。ピグは水流によって流下し図 3.6.32 及び図 3.6.33 のように各々の場所の肉厚に相当した信号を検出用アンテナが受信する。

2) 電磁波信号発生ピグ流下法の特徴

- ①電源を内蔵し、独立して動くピグを水流にのせて流すだけで内外面からの腐食による減肉を測定できる。
- ②ピグには簡単な信号発生器を内蔵させるだけでよく、小さなピグが作成できるため、小口径管にも対応できる。
- ③比較的安価な測定器で対応できる。
- ④動作原理から信頼性の高いデータが得られる。
- ⑤流水中で測定できる。

(2) 大気中におかれた欠損部を有する模擬水道管による原理の確認

1) 試験方法

試験には長さ 2000mm、φ25mm、厚さ 2mm の鋼管を使用した。鋼管両端から 5cm の位置に読取装置を接続した。また、20cm 間隔に信号発生装置を接続した。入力装置端子間の中間位置に直径 5.8mm の穴を開け、管路の欠損部を模擬した。図 3.6.34 に実験装置概略図を示す。

実験は入力装置両端から入力されたデータを読取装置にて受信し、解析を行った。また、得られた測定値と欠損率を求め、グラフを作成した。

なお、欠損率は以下の式で求めた。

$$\begin{aligned} \text{欠損率}[\%] &= \frac{\text{欠損部分の表面積}}{\text{端子間の表面積}} \times 100 \\ &= \frac{\pi \times 0.29^2 \times n}{2 \times \pi \times 1.25 \times 20} \times 100 \end{aligned}$$

ここで、n は開けた穴の個数である。

2) 試験結果と考察

各区間における欠損率と出力値の結果を図 3.6.35 及び図 3.6.36 に示す。

図 3.6.35 より、各欠損位置に存在する欠損の欠損率に対応した出力値が得られた。また、図 3.6.36 より欠損率の増加と共に出力値の増加が測定された。このことから、信号