

資料-7

(1/3)

研究題名	気体・液体の二相共存系を応用した吸音・遮音系の研究	報告書作成者	春日正伸
研究従事者	春日正伸・佐藤克昌・雨宮琢磨（山梨大学工学部）		
研究目的	<p>住宅・ビル・車両などでは、外部からの騒音を遮断し快適な空間を確保することが求められ、また建築工事や機械運転などに対しては、騒音・振動を発生源の側で効果的に遮断する機能が強く必要とされている。</p> <p>ところで、単一物質の気液二相共存系では、気相と液相が共存する限り、等温変化に対して体積が変化しても圧力は一定となる性質がある。一定温度Tのもとで、十分大きい容器に気体を密封し、圧縮していくと、気体の圧力はボイル・シャルルの法則にしたがって増加するが、さらに圧縮を続けると液化が始まり、全部液体になるまで系の圧力は一定に保たれる。これが気液二相共存領域で、この状態では圧縮率が無限大となるので、音や振動の吸収体として作用することが期待される。つまり吸音体内部をこの状態にすれば、音や振動による容積変化に対して圧力変化が理想的には0となり、吸収に働くことになる。</p> <p>1980年代に筆者らは予備的実験として、音波の減衰効果を残響法によって確認した。さらに、この効果の具体的応用として、スピーカボックスのコンプライアンスの改善を試み、フロン11を作動流体として、密閉型ボックスのコンプライアンスが空気の8倍になることを明らかにした。（1992年）</p> <p>今日、音響を有効に遮断する方法として二重ガラスが使われているが、通常の二重ガラスは間隙の空気を通して音が多少伝わるし、間隙を真空にした場合ガラスの強度が問題になる。そこで吸音壁内部を二相共存状態にすれば、音や振動による容積変化に対して圧力変化が理想的にはゼロとなり、吸収に働くことになる。</p> <p>本研究は、上記の原理による防音用建材を開発することを目的とし、期間内に具体的に次の2点をめざす。</p> <p>(1) 基礎実験：気液系の体積変化に対する圧力変動緩和効果の直接的確認</p> <p>(2) 実用化実験：防音壁モデル（プロトタイプ）の作製</p>		

研究内容

(1) 基礎実験：シリンダー内の二相系の圧力・温度応答

実験装置の概略を図1に示す。測定装置内外の温度を作動物質（フロンHCFC-141b）の沸点32.1℃に保ち、注射器内に二相共存状態を作った。この状態でリニアドモーターによりピストンを駆動させ、注射器内の体積を等速度で膨張または圧縮させながら、圧力センサ及び圧力計で注射器内圧を測定した。

図1.

空気の圧力応答特性を図2に、気液二相系の圧力応答特性を図3にそれぞれ示す。これらの実験は、ガラス製注射器を用いて、体積膨張速度を4段階に変えて行った。

図2

図3

空気系では、膨張速度の大小に関わらず、断熱過程の理論式に近い応答を示すので、圧力が半減する。圧力の回復過程に、周囲からの熱流入のため等温過程圧力に漸近していることが読みとれる。

これに対して、気液二相系では、圧力の減少がただか10%に過ぎず、圧力緩和効果をはっきり示されている。体積変化が速いときに追従が遅くなるが、これは、温度の同時測定により、熱の流入が遅れて等温過程から外れるからであることがわかった。

音や振動が、大気圧に対して通常ごく小振幅の変動であり、膨張・圧縮の反復であることを考えると、この温度の追従の遅れの影響は小さいと考えられ、以上の結果から振動吸収体として有望と期待できる。

(2) 実用化実験：防音壁プロトタイプ作製の作製

気液二相共存系（フロンHCFC-141b）の試料としては、アルミニウム製の円筒状容器内に適量のHCFC-141bを入れ、開口部をOリングとマイラフィルムで密閉してテストセルとした。周囲温度を32℃に保ち、ロータリーポンプで空気を排出して、気液二相共存系をつくった。（図4）

図4.

吸音効果の測定のため、音響管法により垂直入射吸音率と音響インピーダンスを図4のような装置で測定した。すなわち、塩化ビニールの管の一端にテストセルを取り付け、他端のスピーカより音を入射し、入射波と反射波が重なり合って生じた定在波の音圧の最大値、最小値、テストセルと音圧最小位置までの距離を単一指向性の可

研究内容

動マイクロホンで測定した。この測定値から垂直入射吸音率と音響インピーダンス比が求まる。

気液二相共存系と比較するために、同じ容器に空気、グラスウール、ポリウレタンを充填したセルを用意し同様の測定を行った。測定の結果、音響インピーダンス比は虚数部が実数部に比べはるかに小さかったので実数部のみを音響インピーダンス比として表した。

空気入りとフロン気液二相系入りのテストセルの垂直入射吸音率を図5に示す。吸音率は1に近いほど理想に近い吸音系なので、これをみるとフロン気液二相共存系は空気に比べ、はるかに吸音効果が強いといえる。また、気液二相共存系は470 Hz 付近で吸音効果が最大となっている。これはこの実験のときのマイラフィルムの最低共振周波数が380 Hz であることに関連すると考えられる。

次に、グラスウール、ポリウレタンにもマイラフィルムをつけたテストセルで実験を行った。(図6) これによると、グラスウールと気液二相共存系では、吸音効果の最大値はほぼ同じ値であるもののグラスウールやポリウレタンのほうが幅広い周波数領域で吸音効果があるといえる。ちなみに、マイラフィルムを除いて、露出したグラスウールやポリウレタンの吸音効果を測ったところ、空気セル並の吸音効果しか得られなかった。

これは、グラスウールやポリウレタンをマイラフィルムと密着させていたことで、通常の摩擦熱による吸音に加え1つのばね(コンプライアンス)の働きをして吸音効果を上げたと推測できる。

以上のように、隔膜として用いたマイラフィルムの影響が大きいため、吸音素材そのものの効果を正しく知るためには、この実験のマイラフィルムよりもさらに最低共振周波数の低い物質(例えば家庭用のラップシートなど)を隔膜として用いて実験を行えば、300Hz付近でも吸音効果の高いような振動吸収体としての活用が期待できる。

結局、2相共存系は防音壁として著しい効果がみとめられたが、本実験の構成では従来の代表的吸音材には及ばない。さらに隔壁を改良して実験を行う必要がある。

図5

図6

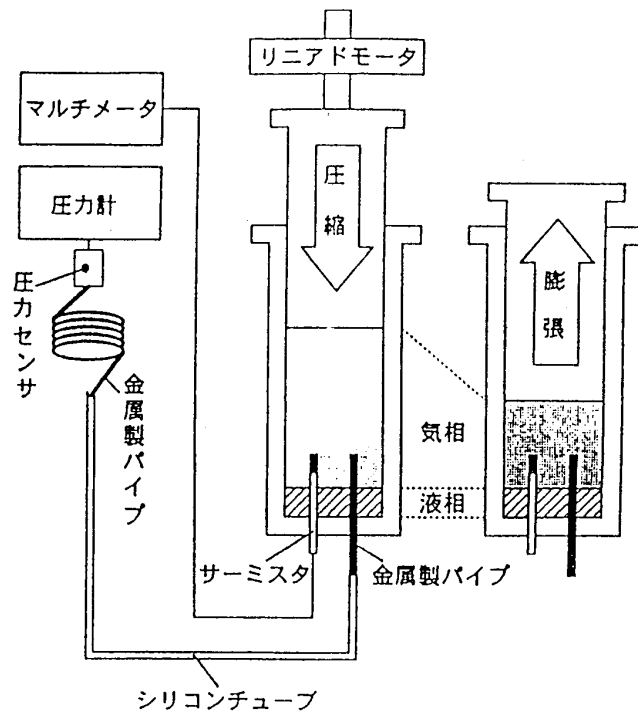


図 1. シリンダー内の圧力・温度測定装置

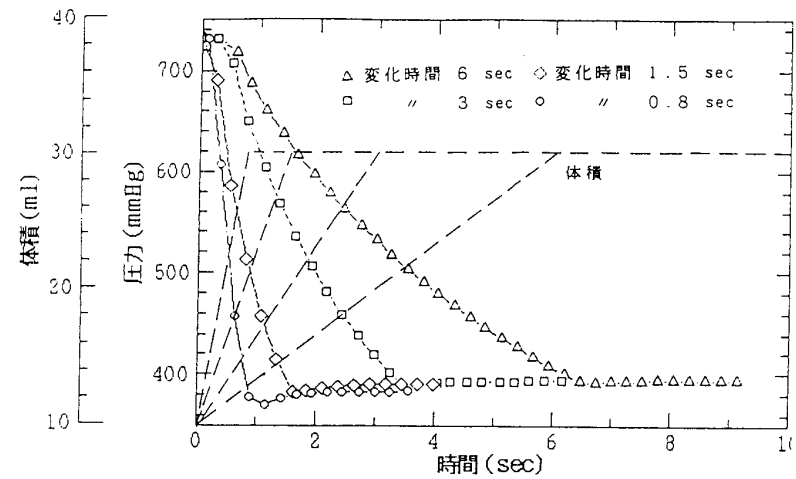


図 2. 空気の圧力応答特性

(注: フローチャート図, ブロック図, 構成図, 写真, データ表, グラフ等 研究内容の補足説明に御使用下さい)

様式-10

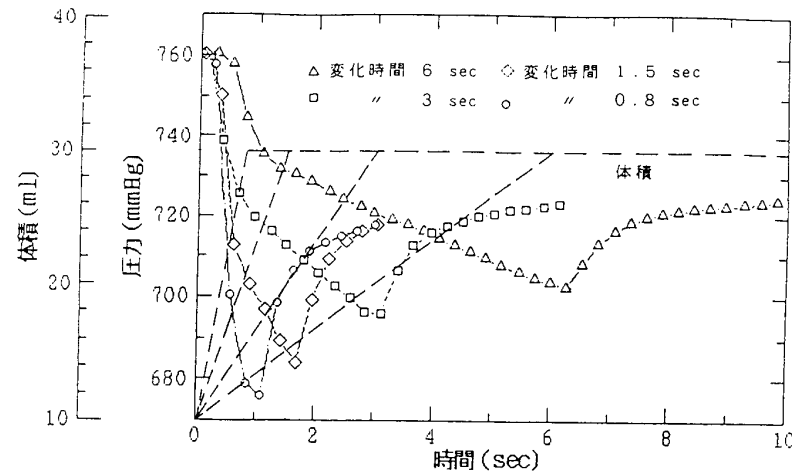


図3．気液二相系の圧力応答特性 (HCFC-141b)

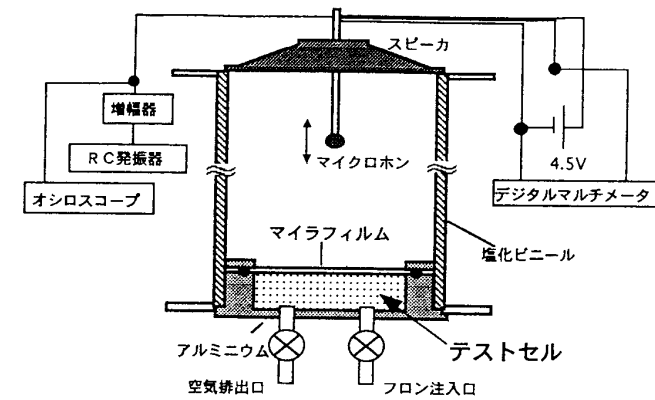


図4．防音テストセルの吸音効果測定系

(注： フローチャート図，ブロック図，構成図，写真，データ表，グラフ等 研究内容の補足説明に御使用下さい)

様式-10

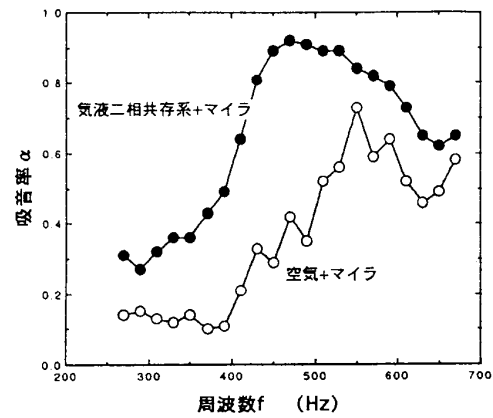


図5．空気セルと気液二相系セルの吸音率

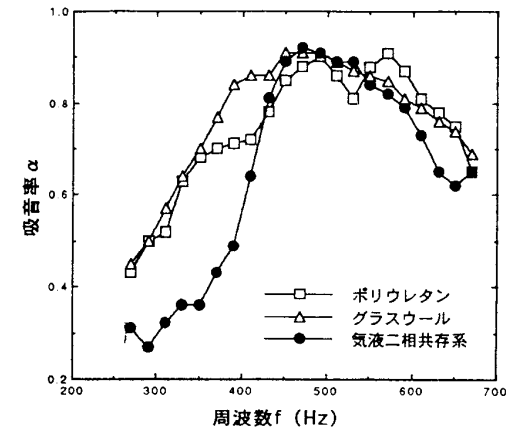


図6．3種のテストセルの吸音率

(注： フローチャート図，ブロック図，構成図，写真，データ表，グラフ等 研究内容の補足説明に御使用下さい)

様式-10