

## 軟質遮音シート「サウンドシール」

古	川	博	章
上	野	喜	美
今	浜	敏	信
藤	木	時	男

## Flexible Sound Shielding Sheet, "SOUND SEAL"

Hiroaki FURUKAWA  
Kiyoshi UENO  
Toshinobu IMAHAMA  
Tokio FUJIKI

A flexible sound-shielding sheet "SOUND SEAL" based on plasticized poly (vinyl chloride) and fine iron oxide powder has been developed. It features not only good workability but also excellent soundproof property. The sheet is quite effective on the prevention of sound propagation in solid, since it combines damping property and sound-shielding characteristic. Some examples of the practical uses of this new product are presented.

## 1. はじめに

近年、生活様式の多様化の動きの根底には、個人が自己の生活スタイルに少しずつ<sup>こ</sup>だ<sup>わ</sup>り<sup>を</sup>持<sup>っ</sup>て<sup>き</sup>て<sup>い</sup>ることに原因があるように思う。その<sup>こ</sup>だ<sup>わ</sup>り<sup>が</sup>、とりもな<sup>お</sup>さ<sup>ず</sup>生活環境の質の向上に対する要求を生んでいる。特に日本の社会は感覚を大切に<sup>す</sup>る<sup>社</sup>会<sup>で</sup>あり、これまで視覚が最も重要視されてきた。最近視覚はもちろ<sup>ん</sup>であるが、聴覚、触覚、味覚に端を<sup>発</sup>した<sup>話</sup>題<sup>が</sup>多い。特に聴覚に端を<sup>発</sup>した<sup>話</sup>題<sup>は</sup>狭い日本の事情を反映して、産業騒音、近隣騒音等、深刻な社会問題化している。一方では、ピアノ、オーディオ、カラオケの普及に伴ない、より良い音環境への要求も強い。このような社会の動きに合わせて、最近騒音対策としての利用範囲の広さから軟質遮音シートが注目されている。今回、我々が開発した軟質遮音シート(商品名、サウンドシール)は、特に各種の性能をバランス良く<sup>附</sup>与<sup>さ</sup>せた<sup>も</sup>の<sup>で</sup>あり、現在の音環境に対する多様な要求にも充分対応でき

る商品であると確信する。

## 2. サウンドシールの物性

サウンドシールは、高機能音響材料としての実用性と高分子材料の特性を高度な次元でバランスさせた商品である。高機能音響材料とは、材質自身の遮音性はもとより、形状の自由度を表わす成形性、作業の容易さを表わす加工性等の総合的な意味での施工性に長所を有していると同時に、施工した時の実遮音効果が比較的設計通り発現しやすいということである<sup>1)</sup>。これらの性能は多分に高分子材料の特質がその起源となっている。さらに、高分子材料は独特の粘弾性的性質により他の無機、金属材料と比較して群を抜く制振性能を発現するという優れた特質も有している<sup>2)</sup>。以下、若干の基本的特性について述べる。

## (1) 規格構成

サウンドシールは大きく2種類に分かれており、一般住宅用として片面に不織布を貼り合わせたタイプ、産業

用途としてポリエステル繊維を中間にサンドイッチしたタイプがある。表1に規格を示す。

一般住宅用としては、汎用タイプとして F-501 があり、またさらに面密度を上げたタイプとして C-202 がある。産業用途としては、S-101, S-102 の2グレードがあるが制振性能を主目的とした場合、厚手のものが必要なケースもあり特に要望があれば 2 mm 程度の厚みまでいつでも対応可能である。また、この他に運輸省防音工事および防衛施設周辺住宅防音工事仕様として C-201 というグレードも用意してある。

## (2) 遮音性能

遮音性能は基本的には重量に依存し、重ければ重いほど有利である。軽量な高分子材料はこの点で決定的に不利であるが、サウンドシールは無機、金属の微粉を大量に充填することによって高分子材料の長所を維持しつつ欠点を克服している。図1に透過損失のデータを示す。以下にサウンドシールの特徴をあげる。

表1 サウンドシールの規格構成

	F-501	C-202	S-101	S-102
シート幅 (mm)	940	940	940	940
シート厚 (mm)	0.95	1.2	0.95	1.2
面密度 (kg/m <sup>2</sup> )	2.1	2.6	2.1	2.6
巻長 (m)	10	10	10	10

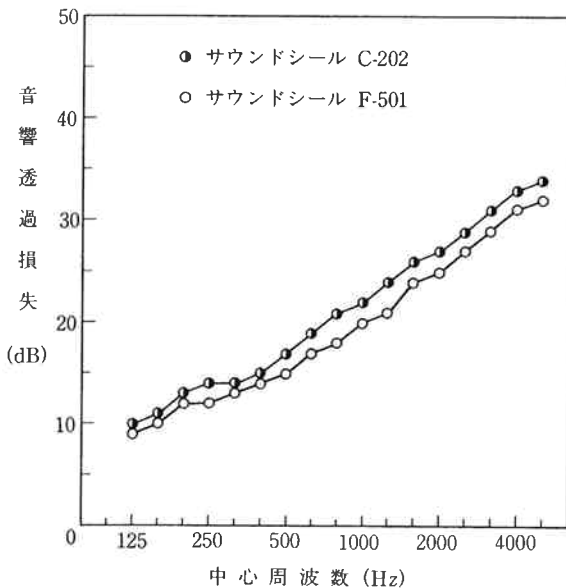


図1 サウンドシールの遮音特性

(1) ヤング率の小さな軟質のシートであるためコインシデンス効果による透過損失の落ち込みが可聴周波数域内に現われない。

(2) 優れた遮音性能に加えて制振性能も有しているため、固体伝播音の防止に効果がある。また2次振動を誘起され2次音源となる不安がない。表2に各材質の損失係数の比較を示す。サウンドシールは、図2で明らかかなように室温付近で大きな損失係数(約  $3.8 \times 10^{-1}$ )を発現している。

(3) 柔軟性に富んでいるため、複雑な形状に対しても隙間なく施工することができる。

軟質遮音シートが高機能音響材料である最も大きな理由は、(3)で示した特長による寄与が大きい。隙間による遮音効果の低下<sup>4)</sup>は、防音施工時に最も注意しなくてはならない問題点である。サウンドシールは特にこの点に留意して材料設計がされている。すなわち隙間なく施工するためには、単に柔らかすぎたり、薄ければ良いというものではなく、シートの厚みと粘弾性(材料の腰)の間に最適のバランスがある。サウンドシール F-501 は特にこの点でバランスが良い。

## (3) 材料特性

サウンドシールは、住宅用、産業用それぞれの用途に対応して必要かつ十分な物性を有している。表3にその材料特性を示す。軟質遮音シートは一般住宅では対象となる部屋全体を完全に囲う形で施工されるので、特に防炎性は大切であり、サウンドシールもこの点に留意して設計されている。

## 3. サウンドシールの施工方法

軟質遮音シートの施工方法は、大きく分けて「タッカー止め」、「粘着テープによる施工」、「接着による施工」の3種類ある。これらのうち、前記2種類はすでに一般的であるので、ここでは「接着による施工」について触れておく。サウンドシールは難燃性、加工性、風合いの3点よりベースポリマーとして一般の軟質遮音シートと同様に可塑化ポリ塩化ビニルを用いている。しかし可塑化ポリ塩化ビニルは可塑剤の移行により接着力を保持させることが難しく、また接着対象との相性もありノウハウが必要である。表4に一例としてステンレスを接着対象とした試験結果を示す。タイプAの接着剤は可塑剤の移行により徐々に接着強度が低下している。ところが表5に示すように同じ系でも雰囲気温度や対象物の温度が70°C と高い場合は充分使用に耐える。以上の例からも明らかかなように、接着による施工法を採用する場合は接着剤の選択に充分な注意を払う必要がある。

表2 各種材料の ( $\rho$ ,  $E$ ,  $\eta$ ) 比較<sup>3)</sup>

材 料 別	密 度 $\rho(\text{t/m}^3)$	ヤ ン グ 係 数 $E(\text{N/m}^2)^{*1}$	損 失 係 数 $\eta$
軟鉄	7.9	$2.1 \times 10^{11}$	$(1 \sim 4) \times 10^{-4}$
鉄 ( 鋳鉄 )	7.9	$1.5 \times 10^{11}$	—
鋼鉄	7.9	$2.1 \times 10^{11}$	$(0.2 \sim 3) \times 10^{-4}$
銅	9.0	$1.3 \times 10^{11}$	$2 \times 10^{-3}$
アルミニウム	2.7	$7.0 \times 10^{10}$	$(0.3 \sim 10) \times 10^{-5}$
鉛	11.2	$1.6 \times 10^{10}$	$(5 \sim 30) \times 10^{-2}$
ガラス	2.5	$(6 \sim 7) \times 10^{10}$	$(0.6 \sim 2) \times 10^{-3}$
練瓦	1.9~2.2	$1.6 \times 10^{10}$	$(1 \sim 2) \times 10^{-2}$
普通コンクリート	2.3	$2.4 \times 10^{10}$	$(4 \sim 8) \times 10^{-3}$
軽量コンクリート	1.3	$(3.5 \sim 4.5) \times 10^9$	$1.5 \times 10^{-2}$
発泡コンクリート	0.6	$(1.5 \sim 2) \times 10^9$	$1 \times 10^{-2}$
砂岩	2.3	$1.7 \times 10^{10}$	—
花崗岩	2.7	$5.2 \times 10^{10}$	—
大理石	2.6	$7.7 \times 10^{10}$	—
カシ ( 檜 )	0.7~1.0	$(2 \sim 10) \times 10^9$	$1 \times 10^{-3}$
スギ ( 杉 )	0.4~0.7	$(1 \sim 5) \times 10^9$	$8 \times 10^{-3}$
合板	0.6	$(4 \sim 6) \times 10^9$	$1.3 \times 10^{-2}$
ハードボード	0.6~0.8	$(2 \sim 5) \times 10^9$	$1 \times 3^{-2}$
パーティクルボード	1.0	$3 \times 10^9$	—
軟質繊維板	0.4~0.5	$(0.7 \sim 1.2) \times 10^9$	—
多孔質吸音マット	0.08~0.3	$(1.4 \sim 3) \times 10^5$	$1 \times 10^{-1}$
石こうボード	0.8~1.2	$(2 \sim 7) \times 10^9$	$6 \times 10^{-3}$
アスベストセメントボード	2.0	$(2.4 \sim 2.8) \times 10^{10}$	$(0.7 \times 2^{-4})$
スレート平板	1.8	$1.8 \times 10^{10}$	—
フレキシブルボード	1.9	$1.5 \times 10^{10}$	—
石綿パーライトボード	1.5	$4 \times 10^9$	—
木毛セメント板	0.6	$2 \times 10^8$	—
FRP 板	1.5	$1 \times 10^{10}$	—
塩化ビニル板	1.4	$3 \times 10^9$	$10^{-2} \sim 2^{*2}$
弾性ゴム	0.9~1.0	$(1.5 \sim 5) \times 10^6$	$(2 \sim 10) \times 10^{-1}$
コルク	0.12~0.25	$2.5 \times 10^7$	$(1.3 \sim 1.7) \times 10^{-1}$
フェルト	0.4~0.7	$3 \times 10^7$	$6 \times 10^{-2}$
ビニテックス	0.043	$1.7 \times 10^7$	—
塩ビフォーム	0.077	$1.7 \times 10^7$	—
ウレタンフォーム	0.045	$4 \times 10^6$	—
スチロフォーム	0.015	$2.5 \times 10^6$	—
ユリアフォーム	0.015	$7.0 \times 10^5$	—

(注) <sup>\*1</sup>  $1 \text{ t/m}^3 = 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ,  $1 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ dyn/cm}^2 \approx 10^{-5} \text{ kg/cm}^2$

<sup>\*2</sup> 一般にプラスチック系の材料の  $\eta$  は温度・周波数依存性が大きい。

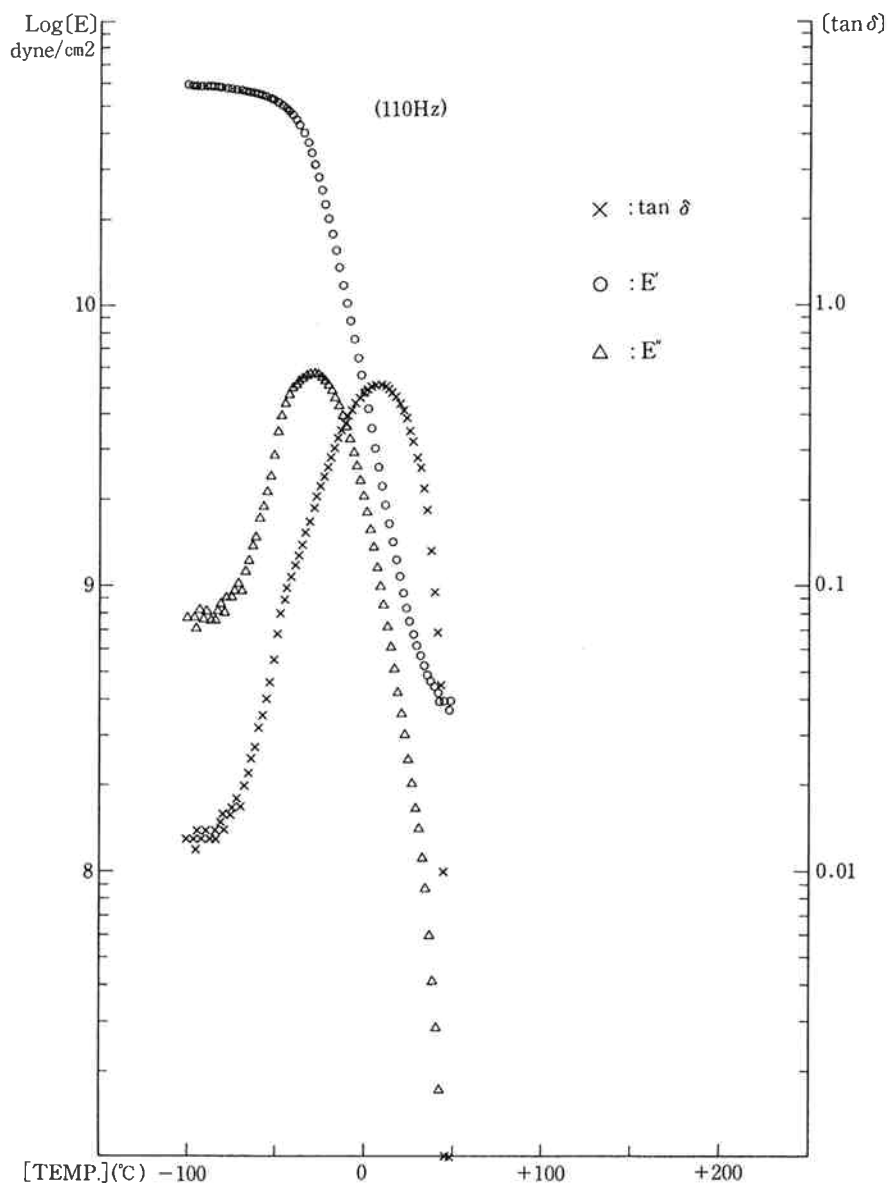


図2 サウンドシールの粘弾性特性

#### 4. サウンドシールの実施工例

##### (1) 東京都練馬区T氏宅

図3に示す間取りで、和室がT氏夫妻の寝室、隣室の洋間が子供室となっておりステレオ、ラジオ等の音対策

という要望であった。同図に示す構成で間仕切り壁のみ防音工事を行った。ただしサウンドシールだけは、天井の半分程度まで回り込ませて施工した。図4に測定結果を示す。間仕切り壁としては充分な遮音性能といえる。写真1は一般的な住宅の防音施工時の様子である。

表3 サウンドシールの材料特性

		F-501	C-202	S-101	S-102	試験方法
引張強度	kgf/3cm	縦 18	23	40	47	JIS-L-1096
		横 18	20	37	40	
3kgf荷重時の伸び	(%)	縦 2.0	0.8	0.2	0.3	
		横 2.0	1.7	0.4	0.4	
引裂強度	kgf	縦 2.9	2.8	3.5	3.5	
		横 2.7	3.2	3.5	3.5	
耐侯性試験 WS 500 hrs	引張強度保持率 (%)	縦 94	99	99	87	JIS-A-1415
		横 94	97	96	100	
	寸法変化率 (%)	0	0	0	0	
外観変化		異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	
耐寒性 (°C)		-10	-19	-20	-20	JIS-K-6301
耐热性 (70°C)		異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	JIS-K-6772
防炎性	残じん時間 <sup>1)</sup> (秒)	0	3.6	1.2	1.2	消防法施行令第4条の3 ※
	防炎時間 <sup>2)</sup> (秒)	0.6	0.5	0.5	0.4	
	炭化面積 <sup>3)</sup> (cm <sup>2</sup> )	33	35	36	35	

※合格基準；<sup>1)</sup> 20秒以下，<sup>2)</sup> 5秒以下，<sup>3)</sup> 40cm<sup>2</sup>以下

表4 接着試験（剥離強度）

		室温 (24°C)				
		1W <sup>※</sup>	2W <sup>※</sup>	5W <sup>※</sup>	7W <sup>※</sup>	10W <sup>※</sup>
タイプA	180°剥離強度 (kgf/25mm)	1.8	1.4	0.7	—	0.6
	剥離状態	A	A	A	—	A
タイプB	180°剥離強度 (kgf/25mm)	2.5	2.8	2.8	2.8	3.1
	剥離状態	A	C	A	C	C

(W: 7日間)

- 剥離状態A: 接着面からの剥離
- B: 試験片材料の破壊
- C: 接着剤の層破壊

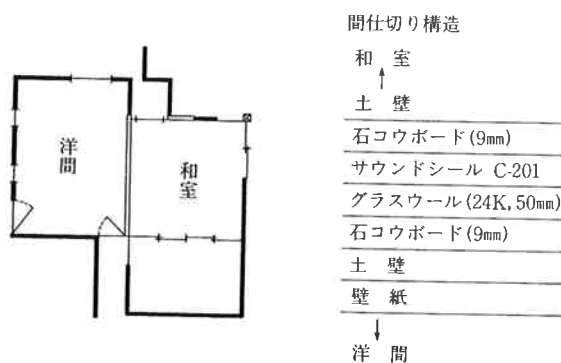


図3 T氏宅間取りと防音構成

表5 接着試験（剥離強度）

		ギヤオープン加熱 (70°C)				プレート加熱 (70°C)			24°C/5W*
		1W <sup>※</sup>	2W <sup>※</sup>	5W <sup>※</sup>	24°C/5W* →70°C/1W	1W	2W	5W	24°C/5W* →70°C/1W
タイプA	180°剥離強度 (kgf/25mm)	4.6	4.3	3.8	4.9	2.0	4.0	7.7	2.8
	剥離状態	A/B	B	B	A	A	C	A/B	A
タイプB	180°剥離強度 (kgf/25mm)	3.2	4.8	6.0	3.3	2.8	3.5	4.1	3.5
	剥離状態	A	B	B	A	A	A/C	A/B	A

(W: 7日間)

\*: 24°Cで5週間経過後  
70°Cで1週間加熱

- 剥離状態A: 接着面からの剥離
- B: 試験片材料の破壊
- C: 接着剤の層破壊

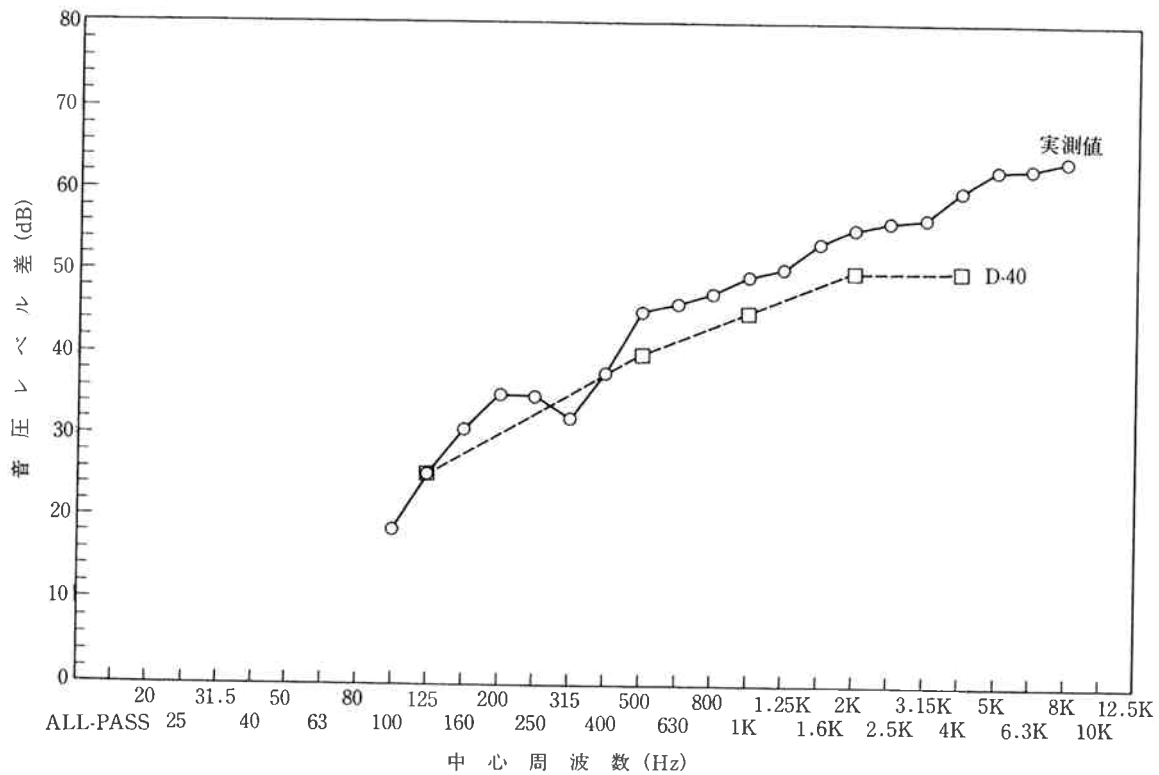


図4 T氏宅寝室防音施工後測定結果

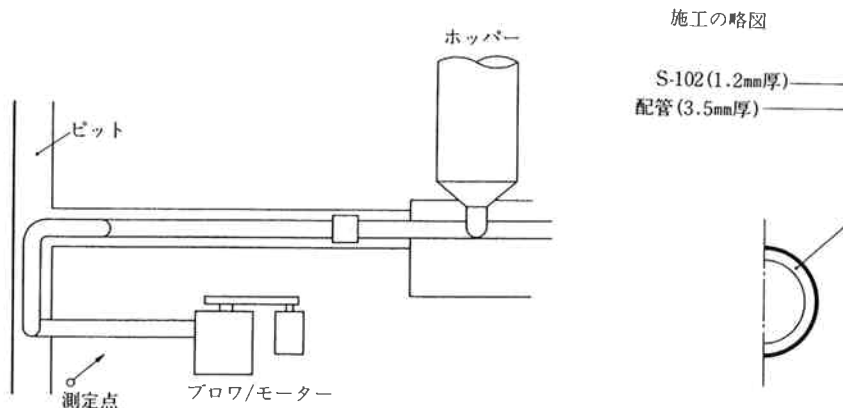


図5 T社四日市工場防音工事現場略図

(2) T社四日市工場配管

図5に示す配置のプラントでブロウより高速で送られる気流により配管が共鳴し非常に耳障りな騒音が発生していた。配管の表面温度は約 60°C、一部ピットの中へ配管が潜り込んでいることから管径方向の余裕があまりなかったため、配管へ直接接着施工してサウンドシールの制振効果による騒音低減を試みた。写真2は施工途中のものである。結果は図6に示す通りC特性で 6 dB、A特性で 11 dB の減音効果を得た。この結果は、付近に他の騒音源があり音圧レベル測定に対するその影響を考慮すると、予想外の効果を発現しているといえる。

(3) S社四日市工場配管

圧縮機を高効率の新型に替えたところ、以前は騒音の生じていなかった配管から耳障りな騒音が発生するようになってしまった。特に図7に示すように、検査室が道路を挟んで向い側に位置しており問題となった。そこで同図に示す構成により防音工事を実施した。写真3はその時の模様である。結果を図8に示す。やはり付近にある圧縮機本体の騒音の影響もあり、減音効果はやや小さくなっているが、聴感上は充分満足のいく効果であった。

(4) ボールミル粉砕機用防音ボックス

工場では、ボールミルや真空ポンプのような小型の装



写真1 一般住宅でのサウンドシール施工時の模様

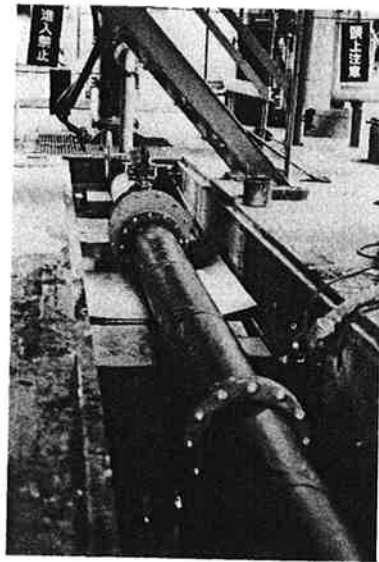


写真2 T社四日市工場配管防音工事  
ピット内配管にサウンドシール S-102  
を接着施工直後の模様

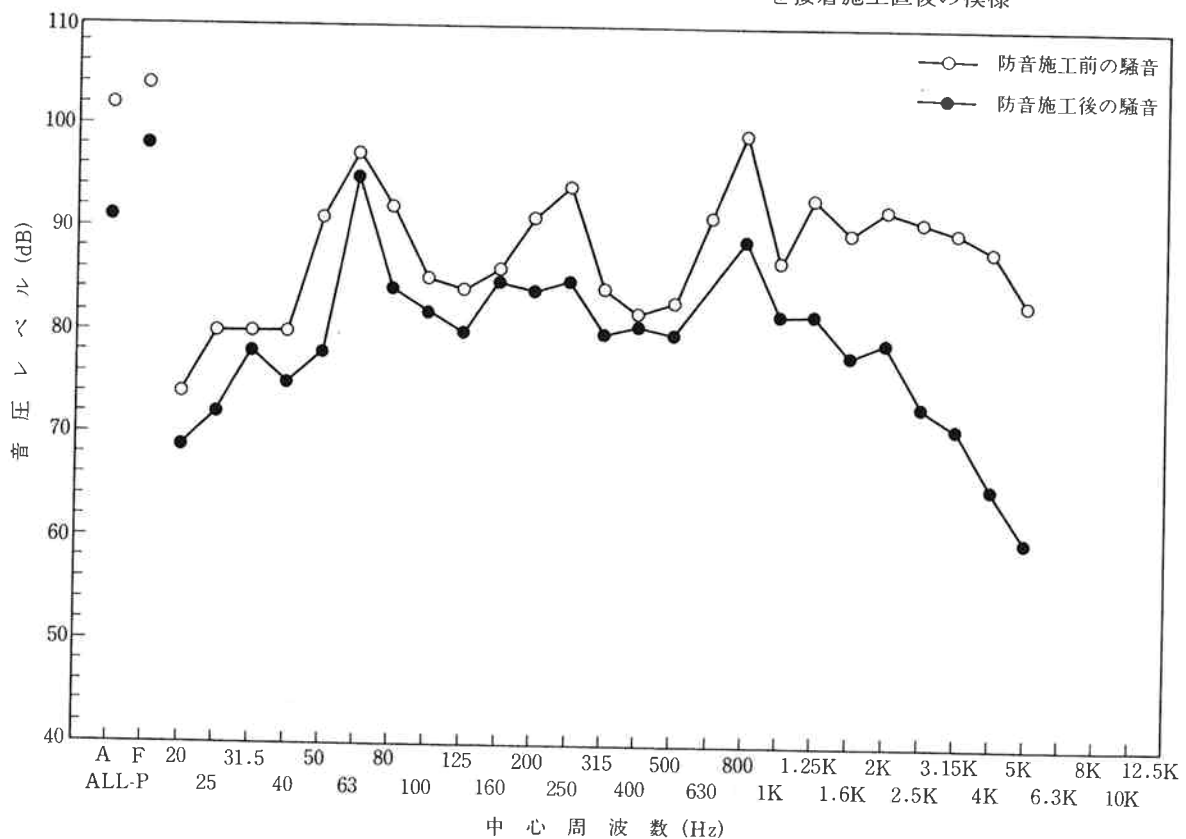


図6 T社四日市工場配管防音工事結果

置から大型のブロワまで様々な騒音源が存在するが、これらの各種装置が発生する騒音が知らず知らずのうちに我々の労働効率をダウンさせているケースは意外と多い。このようなケースのなかには、簡単なボックスで囲ったり、制振シートを貼りつけたりするだけで静かになるケースもある。サウンドシールは、このような用途に

も効果を発揮する。騒音源のサイズに合わせてアングルを組みシートをアングルに固定するだけで良い。ボールミル粉砕機用防音ボックスの例を図9に示す。このような拡散音場型の騒音源にはシート1枚だけでも充分な効果を発揮する。写真4は制作した防音ボックスである。

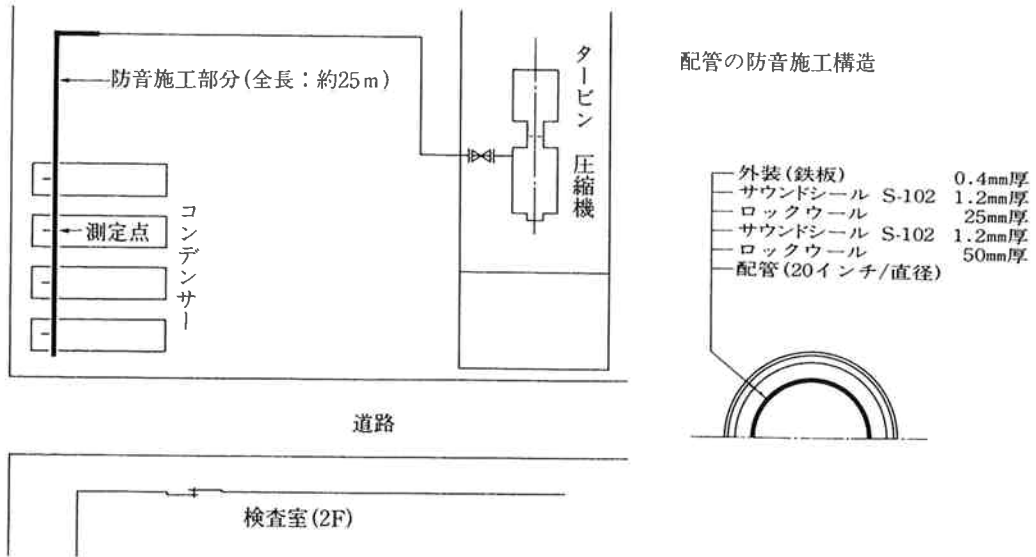


図7 S社四日市工場防音工事現場

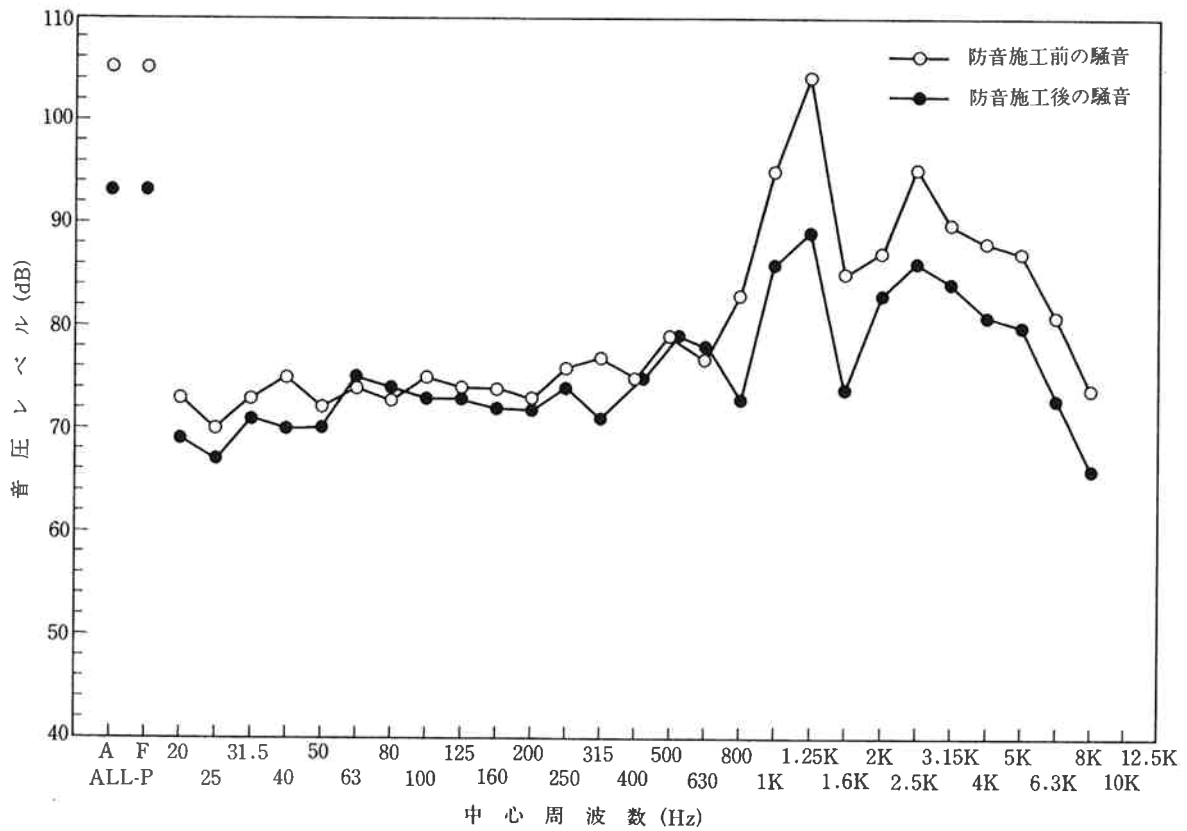


図8 S社四日市工場配管防音工事結果



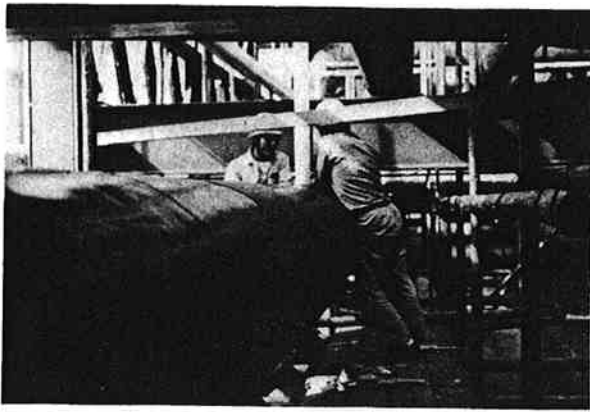


写真3 S社四日市工場配管防音工事

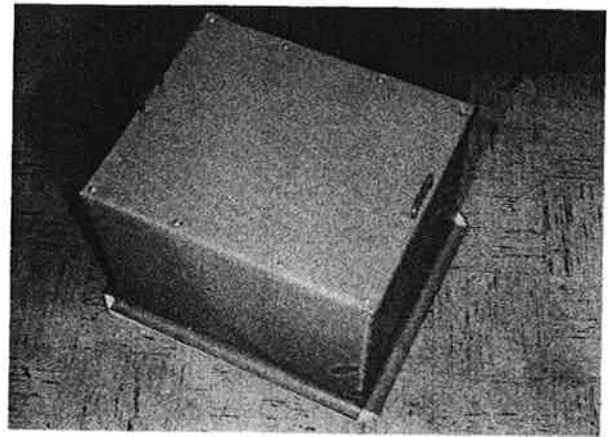


写真4 ボールミル粉碎機用防音ボックス

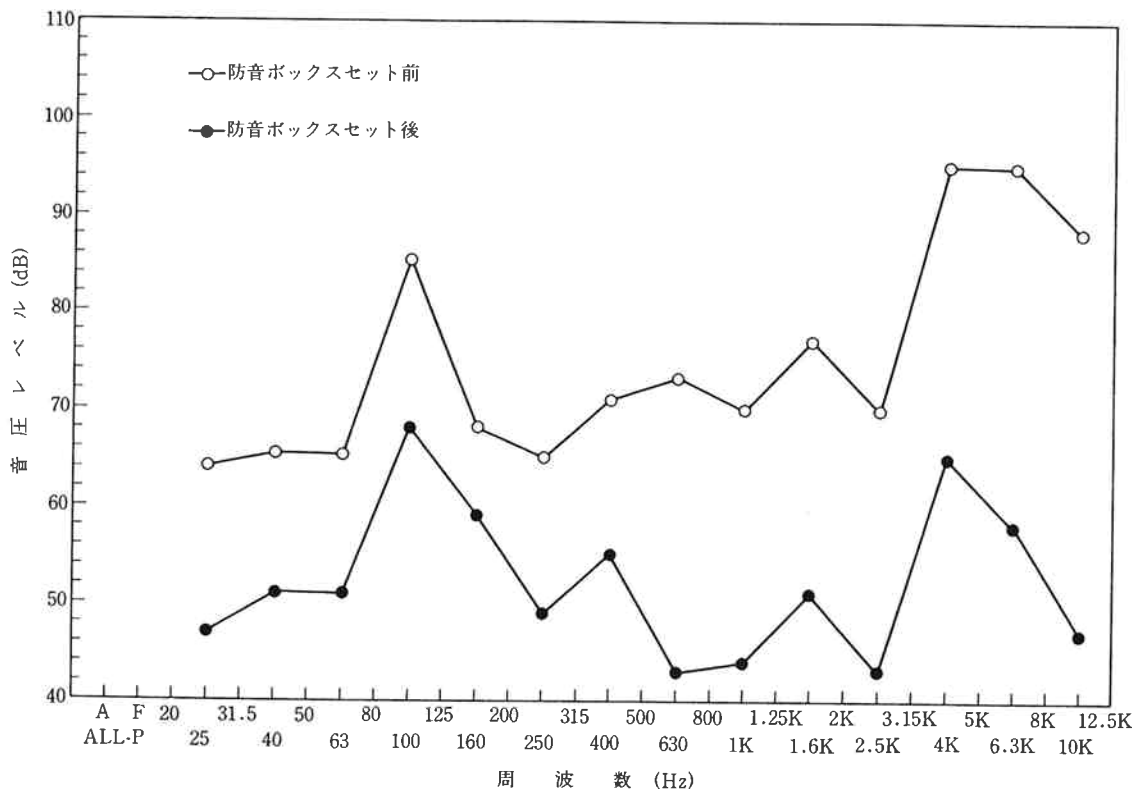


図9 ボールミル粉碎機用防音ボックスの効果

## 5. ま と め

石油化学製品はその独特の粘弾性機構により他の無機、金属系の材料に比較して、音響材料として高度の潜在能力を有している。サウンドシールは、その一例であり今後さらに、その潜在能力を引き出し、高機能音響材料を開発するつもりである。

## 文 献

- 1) 矢田誠規；音響技術，9，51（1980）
- 2) 古畑雄策；昭和電線電纜レビュー，27，58（1977）
- 3) 久我新一；遮音材料—建築音響シリーズ材料編2，技報堂出版
- 4) 木村 翔ほか；音響技術，14，43（1985）