

平成23年度3次補正予算戦略的基盤技術高度化支援事業

「自動車用軽量フロアカーペットのための高機能防音材及びその製造技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成25年2月

委託者 九州経済産業局

委託先 一般財団法人九州産業技術センター

目次

ページ

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2 研究体制	2
(1) 研究組織及び管理体制	2
(2) 管理員及び研究員	3
(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名	4
(4) 他からの指導・協力者名及び指導・協力事項	4
1-3 研究成果概要	6
1-3-1 軽量で安価な高機能防音材の研究開発	6
① 遮音性向上のための研究	6
② 部分最適配置の機能の確立	6
1-3-2 軽量で安価な高機能防音材製造技術の開発	7
① フィルム・メッシュ構造物の送込み技術の確立と装置設置	7
② 多層と送込み技術の連係技術の確立	7
③ 部分最適配置技術の確立	7
④ 部分最適配置を実現する制御装置の設置	7
1-3-3 開発部材の物性評価	7
① 開発構造体の基本物性・断熱性能の測定・研究	7
② 部分最適配置時の基本物性・断熱性能の検証	8
③ 構造体のコスト評価	8
④ 部分最適配置での目標コスト達成	8
⑤ 部分最適配置での重量評価	8
1-4 本研究開発の連絡窓口	8
第2章 本論	9
2-1 軽量で安価な高機能防音材の研究開発【1】	9
2-1-1 遮音性向上のための研究【1】【2】【3】	10
2-1-2 部分最適配置の機能の確立	17
2-2 軽量で安価な高機能防音材製造技術の開発【1】	17
2-2-1 フィルム・メッシュ構造物の送込み技術の確立【1】【2】	17

2-2-2	多層と送込み技術の連絡技術の確立【1】【2】【3】【4】	20
2-2-3	部分最適配置技術の確立	22
2-2-4	部分的配置を実現する制御装置の設置	22
2-3	開発部材の評価【1】	22
2-3-1	開発部材の物性評価【1】【2】【3】【4】	22
2-3-2	開発部材の製造コスト評価【1】【2】	24
2-3-3	開発部材の重量評価	25
最終章	全体総括	26
添付資料		27
	専門用語等の解説	

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

自動車での走行中に室内に侵入する音域は、低音域（63Hz～250Hz）と中高音域（1,000Hz～2,000Hz）にピークを示す特性を持つ。自動車の防音性能は、車外から侵入する音を遮断するための“遮音性能”と、車内の音の響きを和らげるための“吸音性能”の二つがあり、低音域には遮音、中高音域には吸音という手法で、侵入音への対策を講じる。

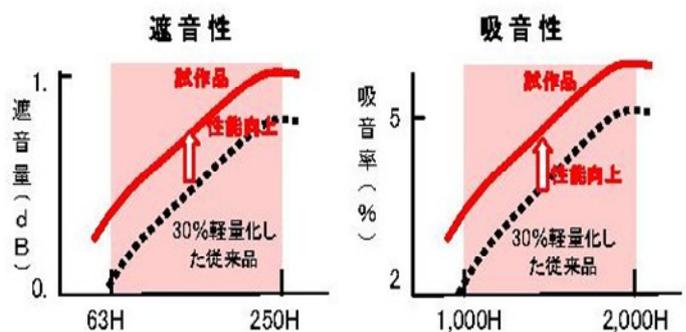
自動車メーカーのM社は、次世代自動車のスペックとして「従来比で重量30%低下」を謳っており、すべての自動車部材に対して一律30%低下を求めている。このため、フロアカーペットも、軽量化30%以上という条件を達成したものでなければ次世代自動車への採用は難しい。

遮音性能は、部材の軽量化によって、主として低音域において性能低下が起きるため、軽量化しても遮音性能は低下しない（従来製品と同等の遮音性能を有する）ようにすることが必要となる。吸音性能は、次世代自動車で問題が顕著化すると懸念されるタイヤ音や風切り音の特性である中高音域の音を和らげるために、従来品比同等以上の性能を保持することが必要となる。

フロアカーペット下層防音材は、従来単層構造であり、重量を重くすることで全体的な防音性能を上げていた。本研究開発では、従来の単層構造を、密度・繊維構造の異なる多層構造体に変えることによって、軽量化を図りながらも、遮音性能、吸音性能ともに従来性能を保持あるいは向上させることを目指す。

技術的目標

- ・重量 : 従来技術製品の30%の軽量化
- ・遮音性能向上のための研究目標値：低周波域（63Hz～250Hz程度）において、従来品比同等以上 【従来品性能（遮音量 0.1～0.8 dB）】
- ・吸音性能向上のため研究目標値：中高周波域（1,000Hz～2,000Hz程度）において従来品比同等以上 【従来品性能（吸音率 20～50%）】
- ・基本的物性：自動車メーカー規格値のクリア
- ・製造コスト : 従来技術から30%ダウン

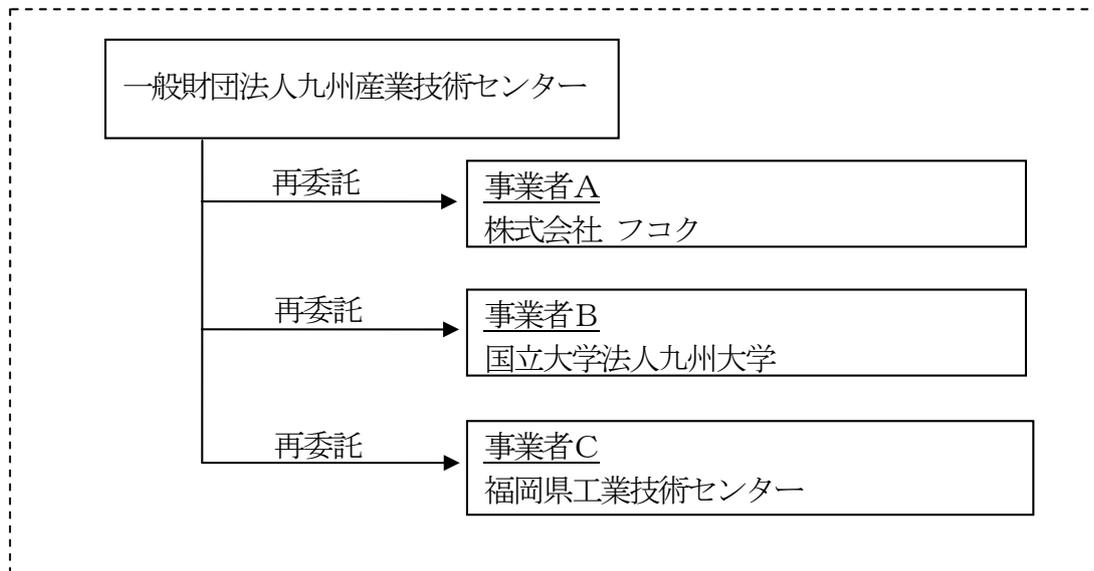


1-2 研究体制

(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)

(1) 研究組織及び管理体制

1) 研究組織 (全体)

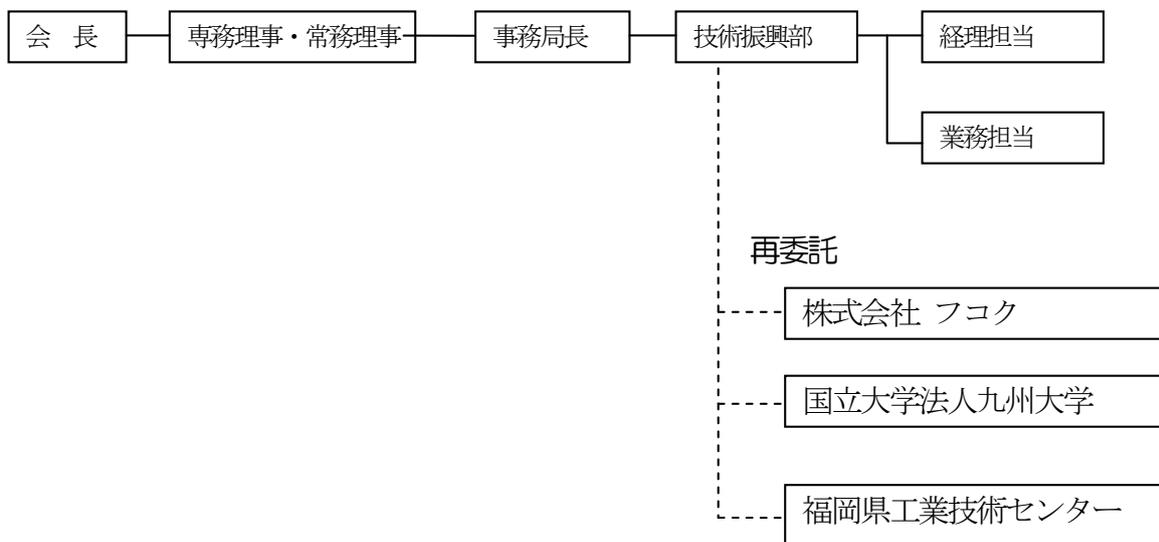


総括研究代表者 (PL) 所属：株式会社 フコク 役職：代表取締役 氏名：古賀 新一	副総括研究代表者 (SL) 所属：株式会社 フコク 役職：開発室 室長 氏名：江藤 朋弘
---	---

2) 管理体制

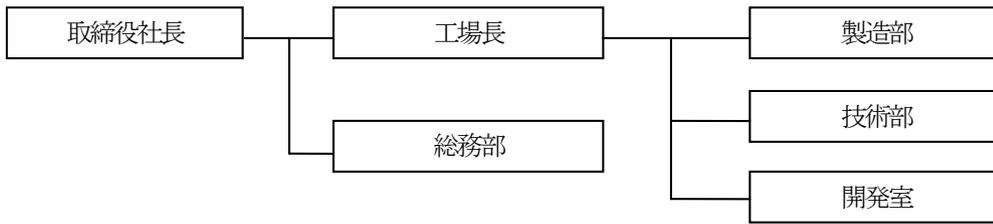
①事業管理機関

[一般財団法人九州産業技術センター]

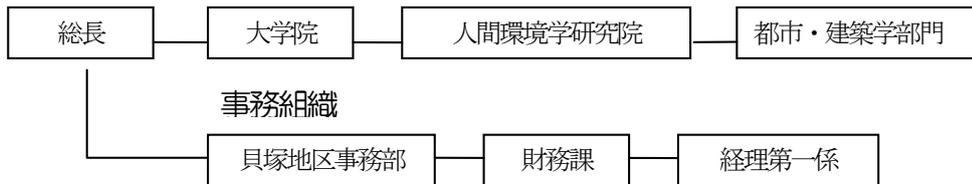


②再委託先

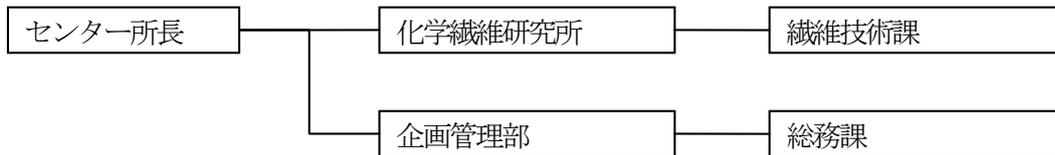
株式会社 フコク



国立大学法人九州大学



福岡県工業技術センター



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 一般財団法人 九州産業技術センター

①管理員

氏名	所属・役職	備考
二階堂 正憲	技術振興部長	
野田 彰	技術振興部 部長	
濱田 和彦	技術振興部 次長	
高尾 喜則	技術振興部 次長	

【再委託先】

株式会社 フコク

氏名	所属・役職	備考
古賀 新一	代表取締役	P L
江藤 朋弘	開発室 部長	S L
古賀 千代美	開発室 開発部員	
川崎 真理	開発室開発部員	

国立大学法人九州大学

氏名	所属・役職	備考
藤本 一壽	大学院人間環境学研究院 都市・建築学部門 教授	

福岡県工業技術センター

氏名	所属・役職	備考
大崎 徹郎	化学繊維研究所 繊維技術課 課長	
田村 貞明	化学繊維研究所 繊維技術課 主任研究員	
藤田 祐史	化学繊維研究所 繊維技術課 専門研究員	
泊 有佐	化学繊維研究所 繊維技術課 研究員	

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理機関)

一般財団法人九州産業技術センター

(経理担当者) 技術振興部 次長 濱田 和彦
 (業務管理者) 技術振興部 次長 高尾 喜則

(再委託先)

株式会社 フコク

(経理担当者) 総務部長 中村 龍市
 (業務管理者) 開発室 部長 江藤 朋弘

国立大学法人九州大学

(経理担当者) 貝塚地区事務部 財務課 経理第一係長 前田 昌志
 (業務管理者) 大学院人間環境学研究院 都市・建築学部門 教授 藤本 一壽

福岡県工業技術センター

(経理担当者) 企画管理部 総務課 課長 中原 貞典
 (業務管理者) 化学繊維研究所 繊維技術課 課長 大崎 徹郎

(4) 他からの指導・協力者名及び指導・協力事項

研究推進委員会委員

(外部推進委員)

氏名	所属・役職	備考
薩田 良一	株式会社すぎはら 技術部 副部長	アドバイザー
森田 茂	株式会社振動音響技研 代表取締役	アドバイザー

(内部推進委員)

氏名	所属・役職	備考
----	-------	----

二階堂 正憲	一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部長	事務局
野田 彰	一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部 部長	事務局
濱田 和彦	一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部 次長	事務局
高尾 喜則	一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部 次長	事務局
古賀 新一	株式会社フコク 代表取締役	PL
江藤 朋弘	株式会社フコク 開発室 室長	SL
藤本 一壽	国立大学法人九州大学 大学院人間環境学研 究院 都市・建築学部門 教授	
大崎 徹郎	福岡県工業技術センター 化学繊維研究 所 繊維技術課 課長	
田村 貞明	福岡県工業技術センター 化学繊維研究 所 繊維技術課 主任研究員	

研究小委員会委員

氏名	所属・役職	備考
薩田 良一	株式会社すぎはら 技術部 副部長	アドバイザー
二階堂 正憲	一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部長	事務局
野田 彰	一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部 部長	事務局
濱田 和彦	一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部 次長	事務局
高尾 喜則	一般財団法人 九州産業技術センター 技術振興部 次長	事務局
古賀 新一	株式会社フコク 代表取締役	PL
江藤 朋弘	株式会社フコク 開発室 部長	SL
古賀 千代美	株式会社フコク 開発室 開発部員	
川崎 真理	株式会社フコク 開発室 開発部員	
藤本 一壽	国立大学法人九州大学 大学院人間環境学研 究院 都市・建築学部門 教授	
大崎 徹郎	福岡県工業技術センター 化学繊維 研究所 繊維技術課 課長	
田村 貞明	福岡県工業技術センター 化学繊維研究所	

藤田 祐史	繊維技術課 主任研究員 福岡県工業技術センター	化学繊維研究所	
泊 有佐	繊維技術課 専門研究員 福岡県工業技術センター	化学繊維研究所	
	繊維技術課 研究員		

1-3 成果概要

1-3-1 軽量で安価な高機能防音材の研究開発

① 遮音性向上のための研究

①A フィルム導入による遮音性への効果

目標値 低周波域 (63Hz~250Hz 程度) において、従来品比同等以上 【従来品性能 (遮音量 0.1~0.8 dB)】 に対しては、材料の組合せにより 10~20 dB 程度の性能を確認した。

フィルムをフェルトと多層複合化することにより、フィルムを導入しないものより遮音性能が向上する事がわかった。又、導入するフィルムの種類、厚みの差が遮音性能へ与える影響はほとんどない事を確認した。

①B フィルム導入位置による遮音性への影響

フィルムをフェルトの表面に導入する構造、フェルト間にサンドイッチする構造のどちらも、10~20 dB 程度の遮音性能があり、フィルム導入位置による遮音性能へ与える影響はほとんどない事を確認した。

①C フィルム導入による吸音性への影響

研究当初、フィルムがフェルトの空気層を分断する構造となる為、吸音性能の低下が懸念されたが、吸音性はフィルムを導入しないものに比べ、1,000Hz 部分を中心として約 3 倍程度向上することを確認した。

② 部分最適配置の機能の確立

研究結果の実車への応用展開の部分にあたり、部分最適配置の内容が研究開始当初より、幾度か変更検討がなされるようになり、現時点では実車毎に要求性能が多岐にわたる仕様が検討されはじめている。この部分において川下企業である「すぎはら」さらには、「M社」からの詳細データを入手する事ができておらず機能の確立は未確立となった。今後川下企業要求車種に個別対応を行う予定である。

1-3-2 軽量で安価な高機能防音材製造技術の開発

① フィルム・メッシュ構造物の送込み技術の確立と装置設置

① フィルム/フェルトの連続接着技術

フィルムをフェルトと連続的に接着させるためには、融点が低く相互に相性の良い材用選定が必要であることが確認された。フィルムの厚みは薄い方が、過熱による溶融効率が良く接着性は良くなることが確認された。

② フィルムの送り出し

フィルムは厚みの薄いものの方が接着には有利であるが、厚みが薄くなる程溶融させるための加熱装置を通過させるには、静電気と加熱装置の上昇気流による不具合が発生する。この現象に対応するためにはフィルムの送り出し速度をフィルム/フェルト圧着速度よりわずかに遅くし、常にフィルムにある程度の張りを持たせた状態で送り出す必要があることを確認した。

② 多層と送込み技術の連係技術の確立

現量産ラインのライン速度と多層構造体製造装置の生産速度の連係が取れるかの確認検証を実施した結果、多層構造体製造装置に生産する遮音構造物のストックを持たせることで、生産速度の差を是正できることが確認された。

③ 部分最適配置技術の確立

今回の研究の総合的まとめとなる実車への展開確認の部分に当たり、川下企業からの細かな要求事項の変化等とも相まって、最終的技術の確認には至っていない。しかし、今回のその他研究により基本的技術の確認はできており、今後技術の組み合わせにより最終的な部分最適配置技術の確立を図る。

④ 部分最適配置を実現する制御装置の設置

現在、量産ラインと多重構造体製造装置の連係情報も併せ機械的制御部分の検討を開始している。また、量産ラインへ多層構造体製造装置を設置する具体的検討はすでに実施しており、工場レイアウト変更、量産ラインの改造含めた一部費用概算等の検討は完了している。しかし、現量産ラインの生産状況が逼迫していること及び、多重構造体製造装置の具体的量産機への取り付け方法詳細に関する検討が十分にできていないため、制御装置の設置までには至っていない。

1-3-3 開発部材の物性評価

① 開発構造体の基本物性・断熱性能の測定・研究

基本性能は、自動車用部品としての規格を略満足した。但し、耐熱試験においてフェルトと複

合させたPVC フィルムの収縮が確認され、使用部位においては使用が制限される可能性が有る。

② 部分最適配置時の基本物性・断熱性能の検証

部分最適配置を構成する各種材料の基本物性は個別に検証を実施し、自動車用部品としての規格を満足している事を確認した。各種材料をどのような組合せで使用するかについては、実車における要求性能により異なる為、実車への応用展開において再度確認検証を行う。

③ 構造体のコスト評価

遮音構造体のコストはフィルムを貼り付けることにより、 m^2 当たり約40%程度UPする。

④ 部分最適配置での目標コスト達成

車両一台分で試算した部分最適配置構造体のコストと従来品コストとの比較を実施すると、約16%のコストダウンとなる。従来品の追加フェルト貼付け工賃を川下企業より確認することができなかつたため、工賃を含んだ明確なコストダウン数値を確認できなかつたが、従来品比30%のコストダウンに近い結果を達成できているものと判断する。

⑤ 部分最適配置での重量評価

車両一台分でシュミレーションした部分最適配置構造体と従来品の重量を比較すると、従来品の約2,000g/枚に対し 約1,500g/枚と約25%程度の軽量化が可能との結果となった。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社フコク 開発室 部長 江藤 朋弘

Tel : 0944-62-4188 Fax:0944-63-7879 E-mail : eto@fukoku-jp.com

一般財団法人九州産業技術センター 技術振興部 次長 高尾 喜則

Tel : 092-411-7394 Fax:092-472-6688 E-mail : y-takao@kitec.or.jp

第2章 本論

2-1 軽量で安価な高性能防音材の研究開発 【1】

現在、自動車産業界ではHV, EV が急速に普及しているが、このような次世代の自動車では「軽量化」が大きな課題となっている。この自動車産業界の流れの中で、自動車への侵入音を防音する防音材等で構成されるフロアカーペット(図. 2)も、自動車の軽量化に伴う軽量化が必須となって来ている。しかし防音性能は材料の重量に依存するため、軽量化による防音性能の低下が懸念される。

本テーマでは、防音性能のうち車外から侵入する音を遮断する“遮音性能”を向上させるために、フィルムとフェルトの組合せ研究を実施した。さらに、フィルムをフェルトと組み合わせることによりフェルトが有する吸音性が低下しないかの検証も実施した。

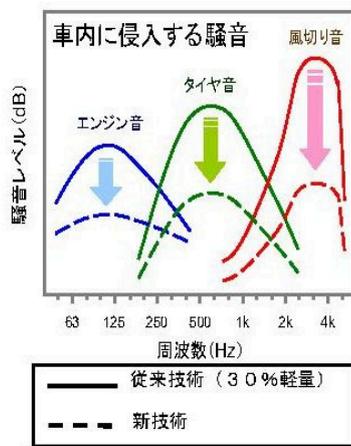
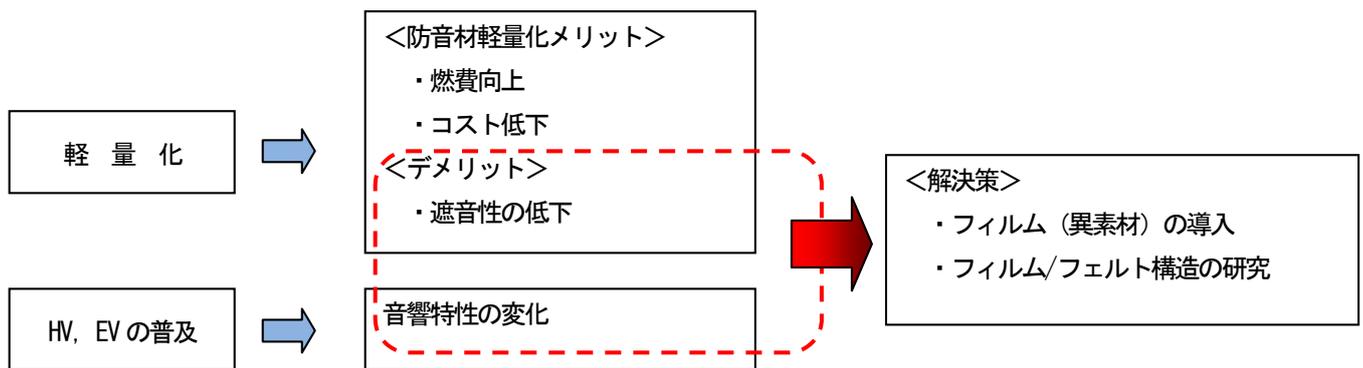


図1. 車内に侵入する騒音 イメージ



図2. フロアカーペットの外観

【1】 技術的目標値

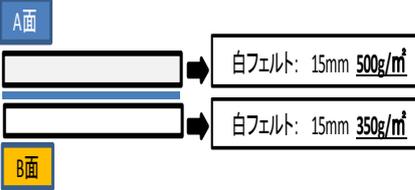
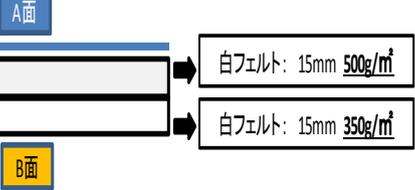
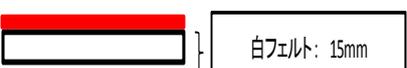
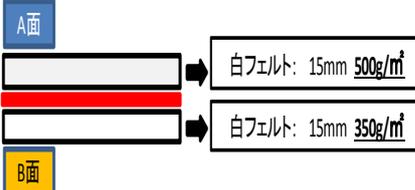
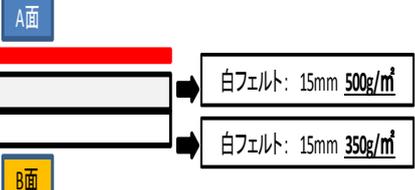
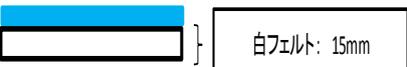
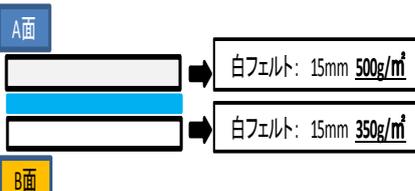
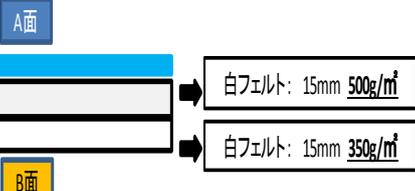
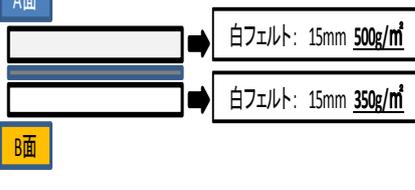
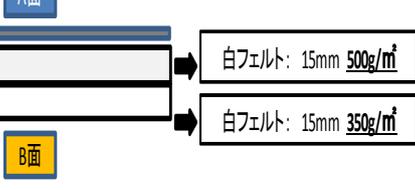
- ・遮音性能向上のための研究目標値：低周波域 (63Hz～250Hz 程度) において、従来品比同等以上 【従来品性能 (遮音量 0.1～0.8 dB)】
- ・吸音性能向上のため研究目標値：中高周波域 (1,000Hz～2,000Hz 程度) において従来品比同等以上 【従来品性能 (吸音率 20～50%)】

2-1-1 遮音性向上のための研究 【1】【2】【3】

【1】 測定サンプル

表1 測定サンプル一覧

(フェルト厚みは接着前厚み)

	フェルト片面	フェルト両面サンドイッチ	フェルト両面片側仕上げ
基材	F_0	F_0_F	FF_0
			
PVC0.15	F_PVC0.15	F_PVC0.15_F	FF_PVC0.15
			
PVC0.30	F_PVC0.30	F_PVC0.30_F	FF_PVC0.30
			
PE0.03	F_PE0.03	F_PE0.03_F	FF_PE0.03
			

フィルム材質にPVCとPEを準備。又、PVCについては0.3mmと0.15mmの比較を実施。
 フィルムを導入する位置としてフェルトにサンドイッチする構造とフェルト片面へ導入する構造の比較を実施。測定サンプルは基礎的確認試験のため、すべて手作りで行った。
 フェルトの密度、厚みの防音性能差の比較を実施。

【2】 測定結果

【2-1】 フィルム材質、厚み比較

◎測定の結果は各試料について3サンプルを測定し、その平均値を示している。

◎A面(フィルム面)を音源側として測定を行った。

【2-1-1】透過損失 (黒線=フィルムなし 赤線=PVC0.15mm 緑線=PVC0.3mm 青線=PE0.03mm)

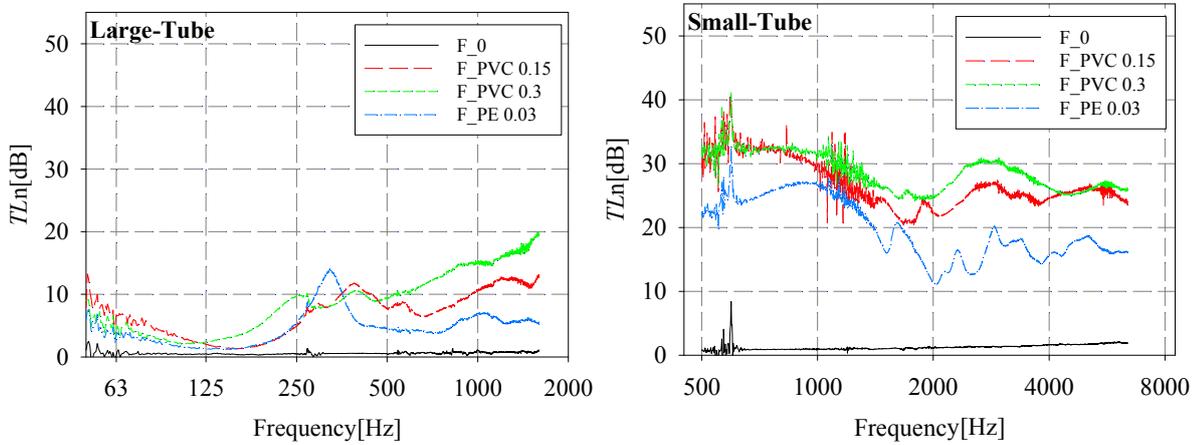


図3. フェルト片面の透過損失 TL_n の比較(左:太管 右:細管)

フィルムの無いフェルト単体(黒線)については、透過損失(遮音性)がほとんどない事が確認出来る。フィルムを導入することで、透過損失(遮音性)性能は向上する。

低周波域(63Hz~250Hz程度): 0~1 dB ⇒ 1~10dB

中高周波域(1,000Hz~2,000Hz程度): 1~2 dB ⇒ 12~31dB

フィルムの材質差以上に厚み差・重量差の影響と考えられる性能差が確認され、中高周波帯において厚みが厚いほど(フィルム重量が重いほど)遮音性は高い傾向にある。

中高周波域(1,000Hz~2,000Hz程度) PVC0.3mm > PVC0.15mm > PE0.03mm

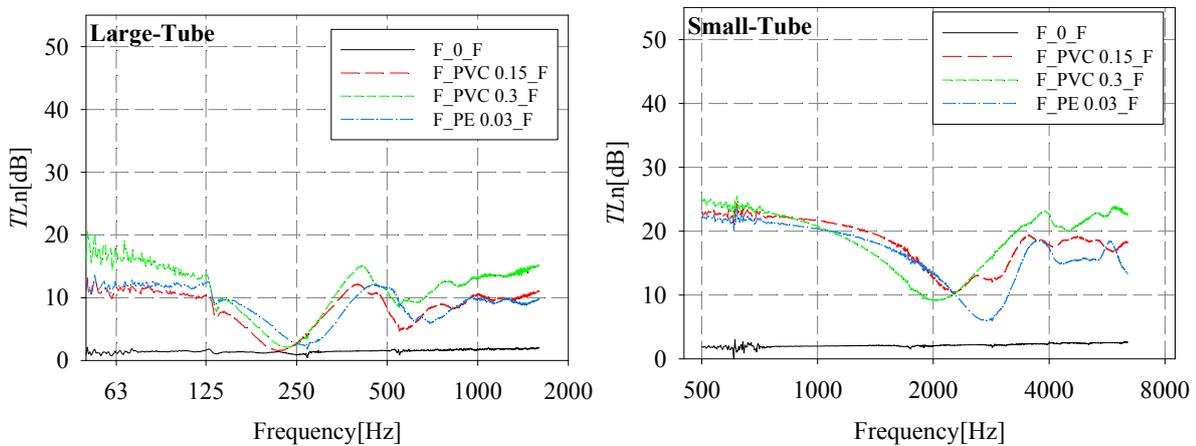


図4. フェルト両面サンドイッチの透過損失 TL_n の比較(左:太管 右:細管)

フィルムの無いフェルト単体（黒線）については、透過損失（遮音性）がほとんどない事が確認出来る。フィルムを導入することで、透過損失（遮音性）性能は向上する。

低周波域（63Hz～250Hz 程度）： 1～2 dB ⇒ 1～18dB

中高周波域（1,000Hz～2,000Hz 程度）： 2～3 dB ⇒ 9～22dB

フィルムをフェルトでサンドイッチする構造では、フィルム材質、厚みの違いに優位差は確認できない。

中高周波域（1,000Hz～2,000Hz 程度） PVC0.3mm ≒ PVC0.15mm ≒ PE0.03mm

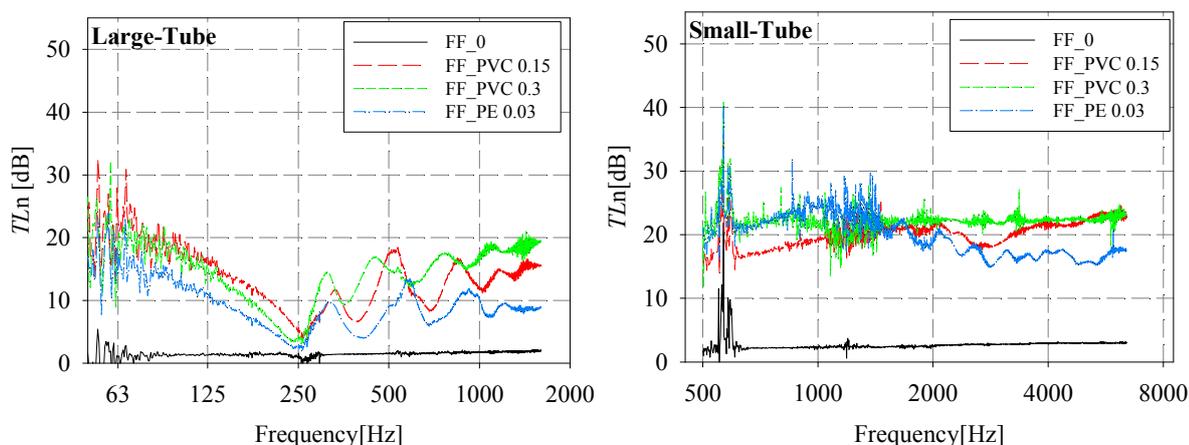


図5. フェルト両面片面仕上げの透過損失 TL_n の比較(左：太管 右：細管)

フィルムの無いフェルト単体（黒線）については、透過損失（遮音性）がほとんどない事が確認出来る。フィルムを導入することで、透過損失（遮音性）性能は向上する。

低周波域（63Hz～250Hz 程度）： 1～2 dB ⇒ 3～20dB

中高周波域（1,000Hz～2,000Hz 程度）： 2～3 dB ⇒ 18～25dB

わずかではあるが低周波域では、フィルムの材質差以上に厚み差・重量差の影響と考えられる性能差が確認できる。中高周波域では、厚み差・重量差の明確な優位性は認められない。

低周波域（63Hz～250Hz 程度） PVC0.15mm ≧ PVC0.3mm ≧ PE0.03mm

以上の結果より、フィルムをフェルトと組み合わせることにより透過損失（遮音性）性能を向上させ得る事が確認できた。フィルムの材質による性能差はほとんどないと判断され、フィルムの厚みが厚い＝フィルムの重量の重いものが低周波域部分の透過損失（遮音性）に効果が有る傾向が確認された。

【2-1-2】 吸音率 (黒線=フィルムなし 赤線=PVC0.15mm 緑線=PVC0.3mm 青線=PE0.03mm)

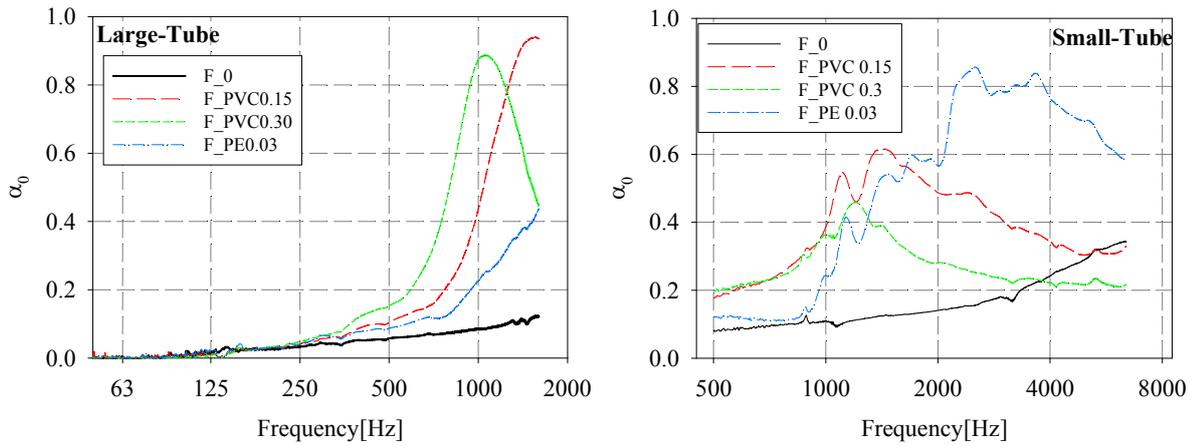
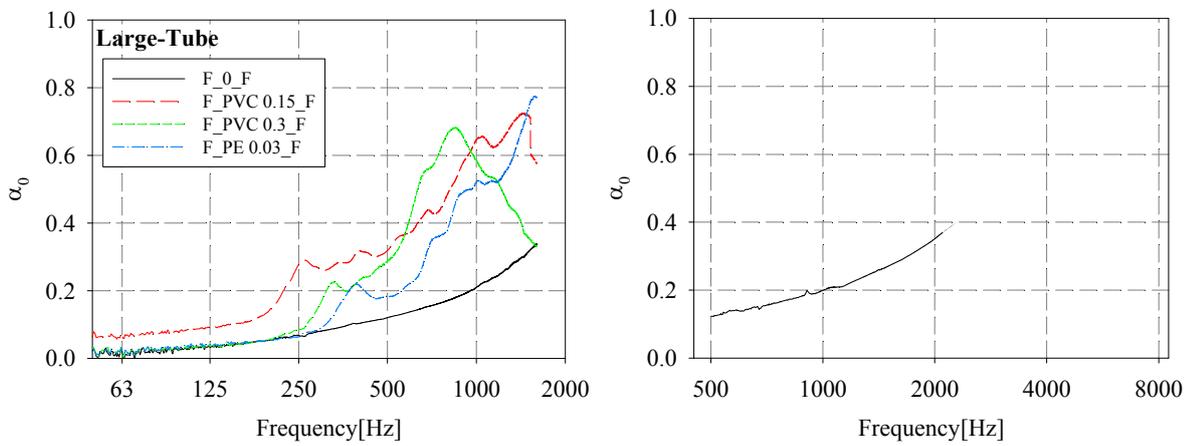


図6. フェルト片面の吸音率 α_0 の比較(左:太管 右:細管)



ていたが、測定の結果吸音率（吸音性）は中高周波域で向上する事が確認された。これは、フィルムが侵入音に共鳴振動することで吸音率（吸音性）が向上する為と予想されている。

250～2,000Hz において図 6.7.8 における全ての試験サンプルが Blank の黒線より上に位置している。

【2-2】 構造比較 （各測定結果の平均値を比較）

【2-2-1】 透過損失 （黒線=フェルト片面 赤線=サンドイッチ 緑線=フェルト両面）

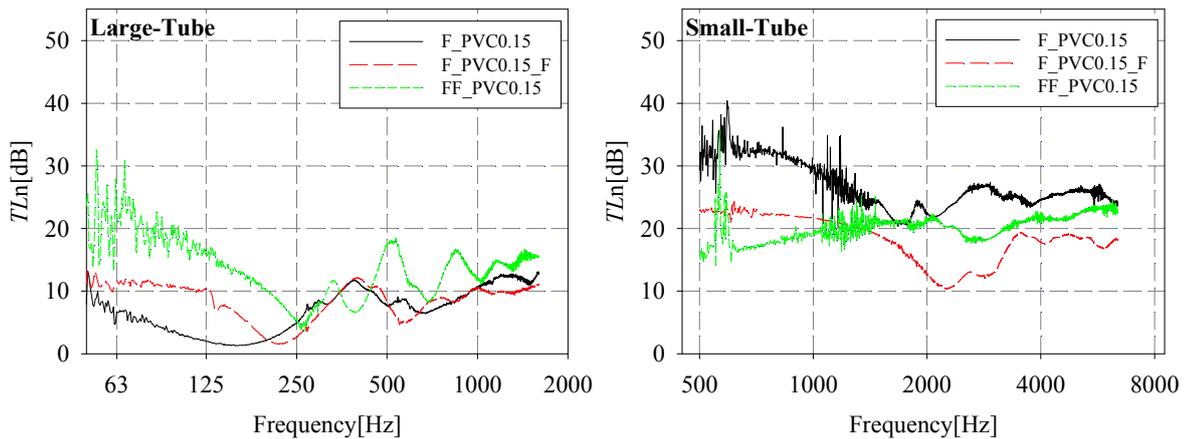


図9. PVC 0.15mmの透過損失 TL_n の比較(左:太管 右:細管)

低周波域（63Hz～250Hz 程度）においてはフェルトが厚い方（緑線 = 赤線 > 黒線）が透過損失（遮音性）が良い傾向が有るが、中高周波域（1,000Hz～2,000Hz 程度）では、逆の傾向となる。サンドイッチ構造は 2,000～3,000Hz 付近で透過損失（遮音性）が低下する傾向が確認された。

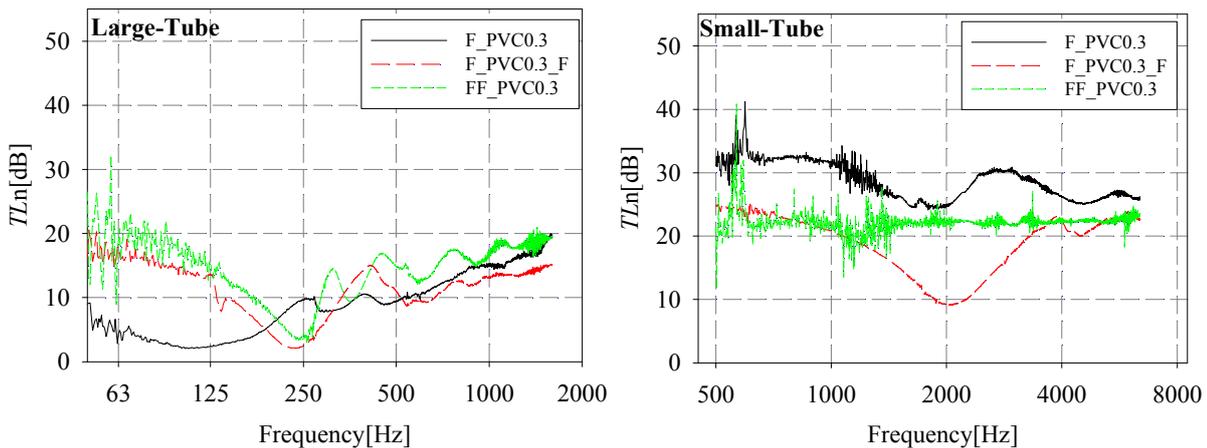


図10. PVC 0.3mmの透過損失 TL_n の比較(左:太管 右:細管)

図 9. PVC 0.15mm の透過損失の結果と同様の傾向が確認された。又、中高周波数域（1,000Hz～2,000Hz 程度）では、フェルトの厚みが薄い方が透過損失（遮音性）が良くなる傾向が確認された。

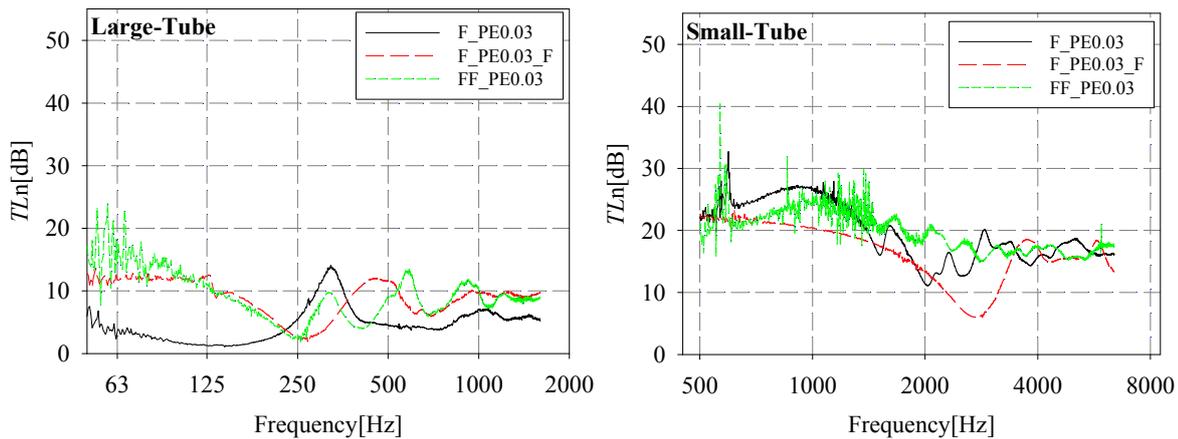


図 11. PE 0.03mm の透過損失 TL_n の比較(左 : 太管 右 : 細管)

低周波域 (63Hz~250Hz 程度) においてはフェルトが厚い方 (緑線 = 赤線 > 黒線) が透過損失 (遮音性) が良い傾向が確認できた。それ以外の周波数域では構造による明確な優位差は確認できないが、サンドイッチ構造において 2,000~3,000Hz 近辺での透過損失 (遮音性) が低下傾向は確認された。

以上の結果より、低周波域 (63Hz~250Hz 程度) の透過損失 (遮音性) を向上させる為には、厚みの厚いフェルトにフィルムを導入する方法がより有効と判断される。又、中高周波域 (1,000Hz~2,000Hz 程度) の透過損失 (遮音性) を向上させる為には、厚みの薄いフェルトにフィルムを導入する方法がより有効と判断される。

【2-2-2】 吸音率 (黒線=フェルト片面 赤線=サンドイッチ 緑線=フェルト両面)

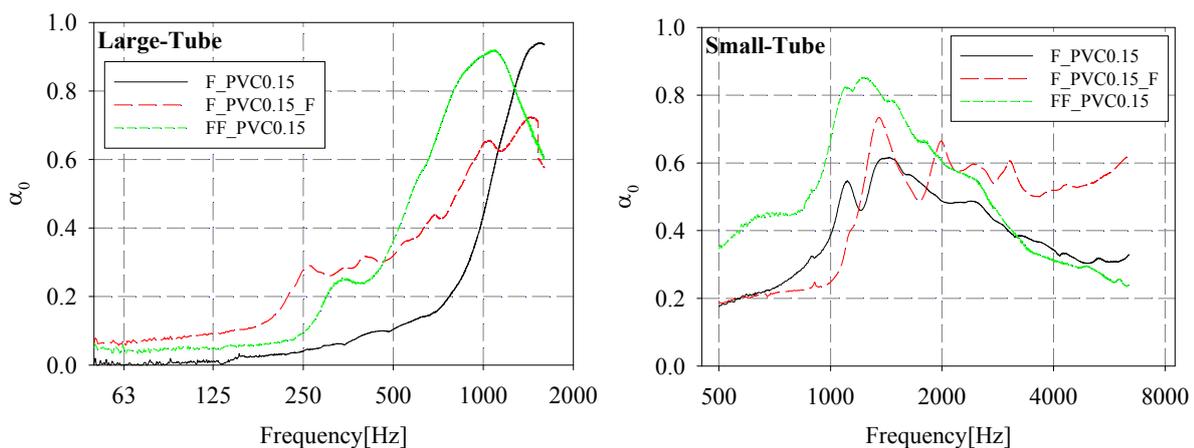


図 12. PVC 0.15mm の吸音率 α_0 の比較(左 : 太管 右 : 細管)

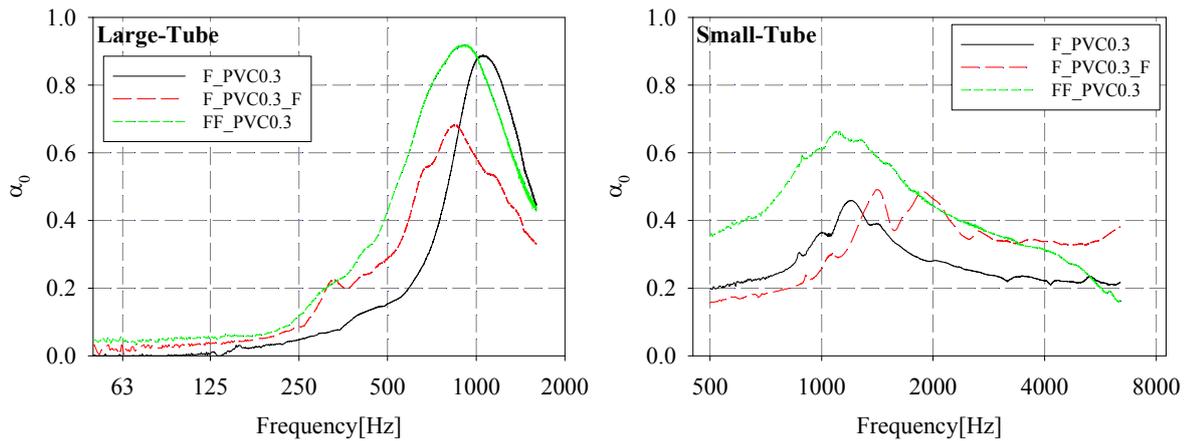


図 13. PVC 0.3mm の吸音率 α_0 の比較(左 : 太管 右 : 細管)

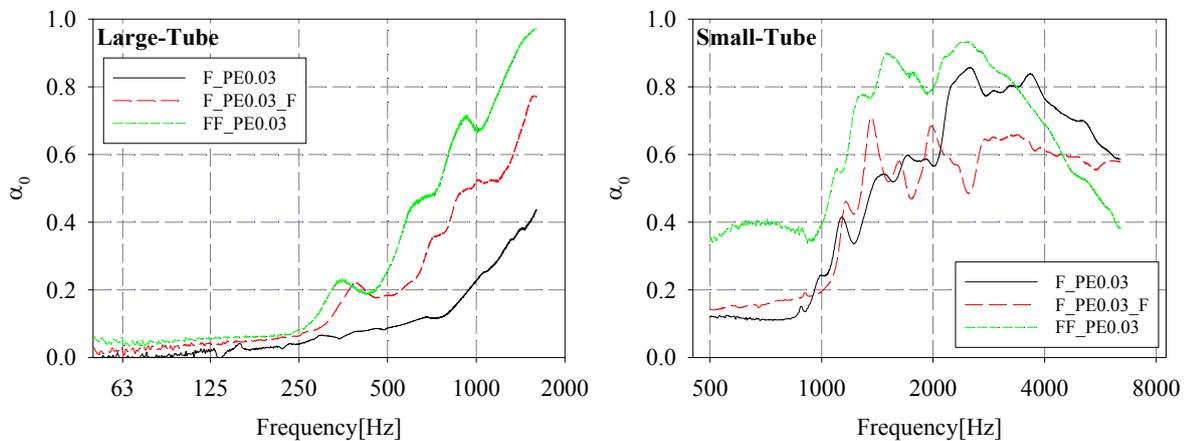


図 14. PE 0.03mm の吸音率 α_0 の比較(左 : 太管 右 : 細管)

フェルトの厚みが厚いほど、吸音率（吸音性）は高いことが確認された。（緑線 > 黒線）サンドイッチ構造は、同一厚みのフェルト両面より吸音率（吸音性）は低下する。これは、サンドイッチ構造によりフェルトの厚み効果が失われるためと判断される。

【3】研究開発の結果

自動車用吸音材に使用するフェルトにフィルムを導入することで、遮音性を改善出来る事が確認された。又、フェルトの有する吸音性に関しても性能が向上することがわかった。

導入するフィルムの厚みは厚い方（重量が重い方）が、遮音性は向上する傾向が認められるが、決定的な優位差が有るとは判断できない。このため、軽量化の目的も考慮に入れると PE0.03mm 程度のフィルムでも十分効果は期待できる。又、フィルムの非発泡、発泡の差は無い。

低周波域の遮音性を改善するには、フェルトの厚みを厚く、フィルムは音の侵入方向へ配置すべき事が確認された。中高周波域の遮音性については、フェルトの厚みを薄く、フィルムは音の侵入方向へ配置すべき事が確認された。

また、フィルムの種類に関係なくサンドイッチ構造において高周波帯近辺における部分的遮音性低下が確認された。

2-1-2 部分最適配置の機能の確立

軽量化と性能維持を両立させるため、フロアカーペットの構造は当初、図 15 の様にベースとなるフェルトへ、性能差の有るフェルトを部分的に追加する配置を基本としてスタートした。

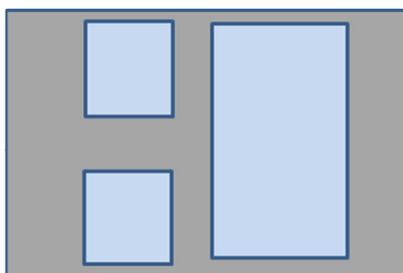


図 15. 部分最適配置基本図面

しかし、検討を進める間に、部分最適配置の考え方の細分化が進み、より追加フェルトの分割が進んだ、図 16 の検討が必要となってきた。

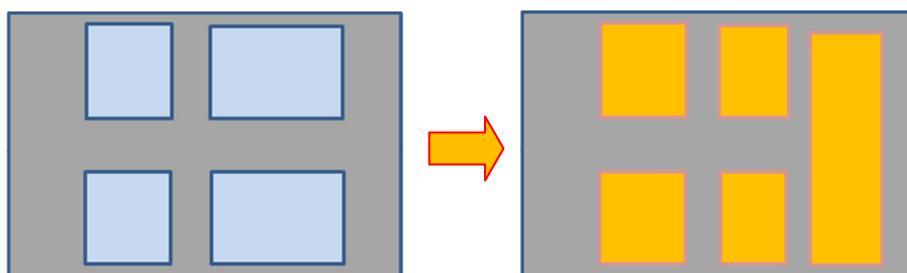


図 16. 部分最適配置の細分化

また、車種別に部分最適配置に対する要求案も作成されるようになり、部分最適配置の機能については、個別研究が都度必要である。

2-2 軽量で安価な高機能防音材製造技術の開発 【1】

本テーマでは、軽量化とコストダウンの目標を達成するために、フィルムやメッシュ構造物とフェルトの連続複合化装置の研究と、複合物とフロアカーペットのベースフェルトとの多層化を一貫して製造する技術の研究を実施した。

【1】 技術的目標値

- ・フィルムやメッシュ構造物とフェルトの連続複合化技術の確立。
- ・複合物とフロアカーペットベースフェルトとの多層構造体製造技術の確立。

2-2-1 フィルム・メッシュ構造物の送込み技術の確立 【1】【2】

【1】 フィルム・メッシュ/フェルト複合化の研究 【1-1】【1-2】

フィルムやメッシュをフェルトと貼り合わせる（複合化する）には、フィルムやメッシュの表面を溶融させる必要がある。多層構造体製造装置のフィルム加熱装置の中心部分にフィルムやメッシュを通過させる事によってフィルムやメッシュ表面をフェルトと貼り合わせるために最適な状態になる様、各種条件の調整確認を行った。

【1-1】 フィルムやメッシュ溶融条件の確認試験結果

試験実施材料は表 2. の通り。

表 2. 試験フィルム

材質名	略語	厚み(mm)	一般的溶融温度(°C)	一般的成型温度(°C)
軟質ポリ塩化ビニル	PVC	0.3	75~105	160~195
軟質ポリ塩化ビニル	PVC	0.15		
軟質ポリエチレン	PE	0.03	95~130	145~315
ポリエステルメッシュ	PET-M	3.00	240~265	270~280

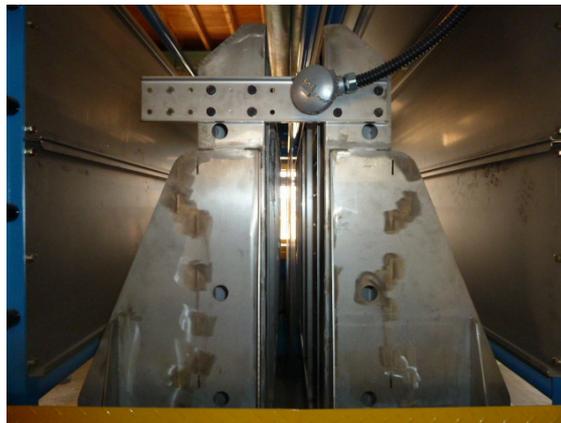


図 17. フィルム加熱装置部

表 3. フィルム加熱装置による加熱試験結果

材質名	厚み(mm)	フィルム表面溶融温度(°C)	フィルム加熱装置通過状態
PVC	0.3	140°C 溶融不足	特に問題なし
PVC	0.15	140°C 溶融不足傾向	特に問題なし
PE	0.03	120°C~ 溶融開始	フィルムの安定通過に問題あり
PET-M	3.00	溶融せず	特に問題なし

加熱装置の構造上温度の設定は、140°Cが限度であったが、PE は厚みが薄くフェルトとの接着を行う程度には溶融が可能であった。ただし、厚みが薄いためフィルムから発生する静電気、加熱装置から発生する上昇気流等の影響によりフィルムに揺らぎが発生し、加熱装置ヒーター部分への接触による安定通過不具合現象が発生した。この現象はフェルトとの貼り合せ時の各材料の送り速度を調整することで回避可能である。

本装置で効率よくフィルムを溶融させるためには、融点の低いフィルム、厚みの薄いもの、を選択する必要がある。また、加熱部の熱効率改善の対策も必要であることが確認された。

【1-2】 フィルムとフェルトの貼り合わせ試験結果

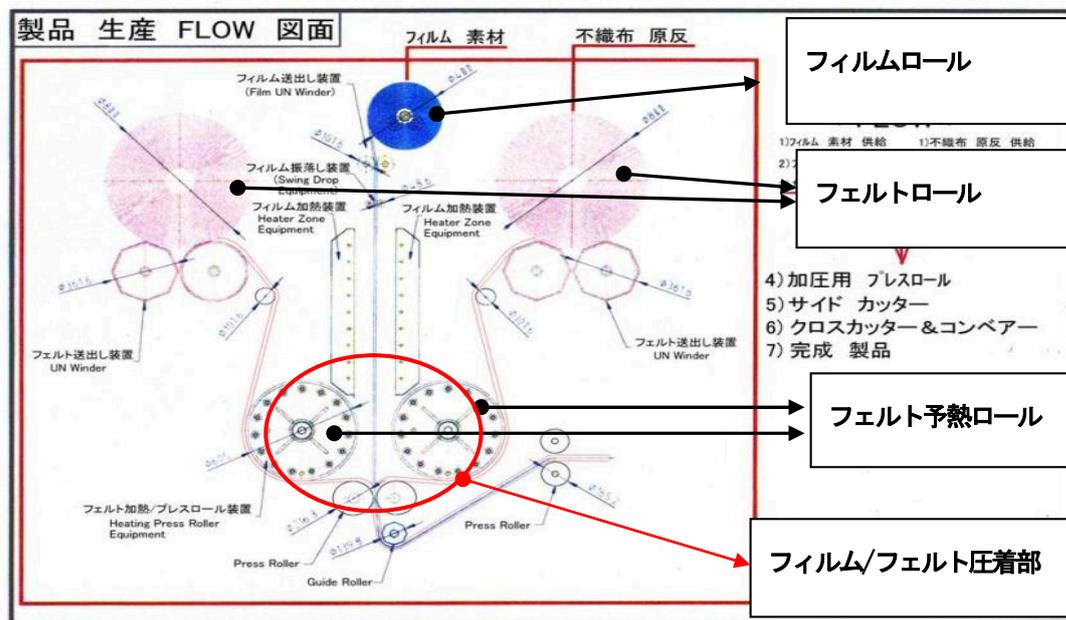


図 18. 装置概略

フィルム加熱溶融及び、フェルト予熱を行いフィルムとフェルトの貼り合わせを実施。貼り合わせ条件の調整確認を行った。

表 4. 貼り合わせ条件

速度条件	
フィルム送り速度	4m/分
フェルト送り速度	4m/分
フィルム/フェルト圧着ロール速度	5m/分

温度条件	
フィルム加熱装置設定温度	140°C
フェルト予熱ロール設定温度	100~130°C

表 5. 貼り合わせ試験結果 (1)

材質名	厚み(mm)	フェルト予熱ロール設定温度	フィルム/フェルト接着状態
PVC	0.15	100°C	接着せず
		130°C	
PE	0.03	100°C	接着力 0.5~1.8N/3cm
		130°C	

フェルト予熱ロール温度を可変して貼り合わせを実施したが、PVC 0.15 mmは温度 130°Cにおいても接着させることは出来なかった。PE シートはフェルト予熱ロール設定温度 100°C、130°C共に接着することが出来たが、接着状態は手で容易に剥離出来るもので、接着力測定結果は、0.5~

1. 8N/3cm であった。

フィルムとフェルトの接着強度を改善するために、フェルトの配合を一部変更し接着強度改善の確認を行った。

表 6. 配合試験

	現状配合	改良配合
ポリエステル繊維	80%	60%
ポリエステルバインダー	20%	20%
ポリプロピレン/ポリエチレン/ポリエステル繊維	0%	20%

貼り合わせ条件は、表 4 に準じ、フェルト予熱ロール温度は、130°Cとした。

表 7. 貼り合わせ試験結果 (2)

材質名	厚み(mm)	フェルト予熱ロール設定温度	フィルム/フェルト接着状態
PVC	0.15	130°C	接着せず
PE	0.03		接着力 2.0~5.4N/3cm

PE の接着力測定結果は、2.0~5.4N/3cm で配合検討以前に比べ改善された。

【2】 研究開発の結果

フィルムとフェルトを接着させるためには、フィルムの材質およびフェルトの材質を選択する必要がある。フェルトを構成する材料はポリエステル繊維がメインであるが、ポリエステル繊維より融点の低いポリエチレン、ポリプロピレン繊維を添加することで接着強度が向上することが分かった。さらに、フィルムの材質はフェルトへ添加したポリエチレン、ポリプロピレン繊維と相性の良いPE (軟質ポリエチレン) を使用する必要がある。

装置の基本的設定条件は表 4 で問題ないと考えられるが、今後生産性改善を含め各材料の送り速度の向上とそれに伴う温度条件の調整が必要となる。

フィルムの送り出しは、フィルムの熱炉通過安定性を確保するために、フィルム/フェルト圧着装置の送り速度より遅く調整する必要がある。

2-2-2 多層と送込み技術の連係技術の確立 【1】【2】【3】【4】

【1】 モデル部分最適配置の設定

今後予想される部分最適配置に関する情報は、多種にわたること考えられるが、まずは図 19 のタイプをモデルタイプとして送込み条件の確認を実施した。

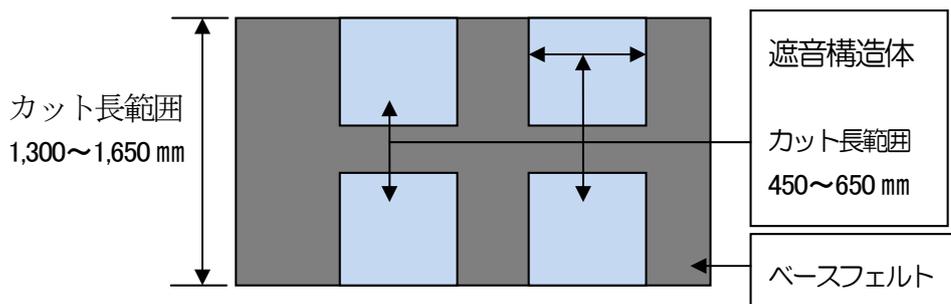


図 19. 部分最適配置モデルタイプ

【2】量産ラインでの生産条件

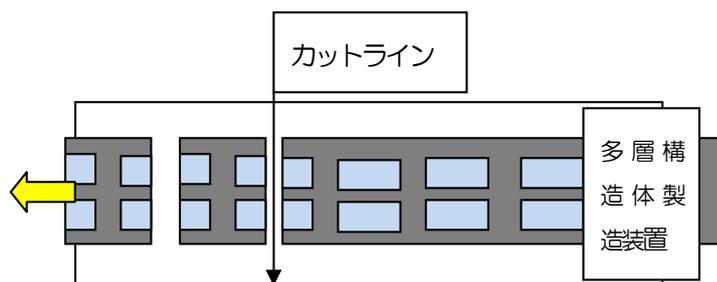


図 20. 量産ラインでの状態

量産ライン速度	ベースカット長範囲	遮音構造体長範囲
6m/分	1,300~1,650 mm	450~650 mm

表 8. 想定生産条件

【3】確認結果

表 9. 確認結果

ベースカット長	遮音構造体長範囲	送り出し時間	停止時間	必要送り出し速度 ①	必要送り出し速度 ②
1,300 mm	450 mm	4.5 秒	4.0 秒	6.7m/分	3.2m/分
	650 mm	6.5 秒	—	7m/分	6m/分
1,650 mm	450 mm	4.5 秒	7.5 秒	3.6m/分	2.2m/分
	650 mm	6.5 秒	3.5 秒	11m/分	3.9m/分

現量産ライン速度 6 m/分・多層構造体製造装置基準速度 5 m/分に対し、ベースカット長と遮音構造体の長さの範囲をそれぞれ組み合わせて多層構造体製造装置が必要とする送り出し速度を確認した結果、多層構造体製造装置が送り出す遮音構造体に余裕を持たない場合を想定した必要送り出し速度①は、ベースカット長 1,650 mm・遮音構造体長 450 mmの場合を除き、多層構造体製造装置の生産速度 5m/分以上の生産速度が必要となる。これに対し、必要送り出し速度②は多層構造体製造装置が送り出す遮音構造体に 1 枚の余裕を持たせた場合を想定しており、この場合だと、ベースカット長 1,300 mm・遮音構造体長 650 mmの場合を除き、十分に対応が可能な生産速度に設定が可能となる。

【4】 研究開発の結果

現量産ラインの生産速度を落とさずに、多重構造体製造装置との関係を取るには、多層構造体製造装置が送り出す遮音構造体に1枚以上の余裕を持たせれば可能との確認が取れた。

2-2-3 部分最適配置技術の確立

今回の研究の総合的まとめとなる実車への展開確認の部分に当たり、川下企業からの細かな要求事項の変化等とも相まって、最終的技術の確認には至っていない。しかし、今回のその他研究により基本的技術の確認はできており、今後技術の組み合わせにより最終的な部分最適配置技術の確立を図る。

2-2-4 部分最適配置を実現する制御装置の設置

『2-2-2 多層と送込み技術の連係技術の確立』において現量産ラインと多重構造体製造装置の連係の基本的条件が確認されており、この情報も併せ機械的制御部分の検討を開始している。また、実際の量産ラインへ多層構造体製造装置を設置する具体的検討はすでに実施しており、工場レイアウト変更、量産ラインの改造含めた一部費用概算等の検討は完了している。しかし、現量産ラインの生産状況が逼迫していること及び、多重構造体製造装置の具体的量産機への取り付け方法詳細に関する検討が十分にできていないため、制御装置の設置までには至っていない。

2-3 開発部材の評価 【1】

自動車の防音材の要求性能において、各基本物性は自動車メーカーごとに独自の規格で規定しているが、規格内容の基本的部分は共通している。

本研究によって開発された構造体が自動車用途として問題なく使用できるのかを、自動車メーカーの定める基本的物性規格値に照らし測定確認を行った。

【1】 技術的目標値

基本物性：自動車メーカー規格値クリア。

製造コスト：従来技術から30%ダウン。

重量：従来技術製品の30%の軽量化

2-3-1 開発部材の物性評価 【1】【2】【3】【4】

- 【1】 [開発構造体の基本物性・断熱性能の測定・研究
部分最適配置時の基本物性・断熱性能の測定・研究

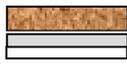
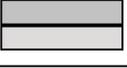
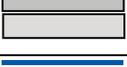
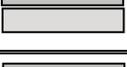
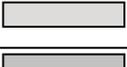
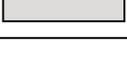
株式会社フコクの開発部材である自動車用軽量フロアカーペットのための高機能防音材について、福岡県工業技術センター繊維研究所が、自動車メーカー規格に基づいて物性評価を行った。

【2】試験項目

試験項目は(株)フコクから指定のあった4種の基本物性(含水率、加熱減量、耐熱性、燃焼性)に加え、自動車用フロアカーペットは断熱性能も要求されるため、熱伝導率試験を実施した。

【3】測定材料

表10. 試験サンプル

No.	挿入フィルム	挿入位置	フェルト組成 (模式図)
1	なし	—	・大川反毛 ・ベース2層 
2	スパンボンド	中間	・大川反毛 ・ベース2層 
3	なし	—	・S反毛 ・ベース2層 
4	スパンボンド	中間	・S反毛 ・ベース2層 
5	スパンボンド	中間	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (350g/m ²) 
6	PVC 0.15mm厚	中間	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (350g/m ²) 
7	PVC 0.30mm厚	中間	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (350g/m ²) 
8	PE 0.03mm厚	中間	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (350g/m ²) 
9	スパンボンド	表面	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (350g/m ²) 
10	PVC 0.15mm厚	表面	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (350g/m ²) 
11	PVC 0.30mm厚	表面	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (350g/m ²) 
12	PE 0.03mm厚	表面	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (350g/m ²) 
13	なし	中間	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (500g/m ²) 
14	PE 0.03mm厚	中間	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (500g/m ²) 
15	発泡PE 0.1mm厚	中間	・白フェルト (500g/m ²) ・白フェルト (500g/m ²) 

【4】試験結果

表 11. 試験結果

No	含水率 (%) 105°C、1h	加熱減量 (%) 160°C、2h	耐熱性 140°C、1h	燃焼性 (mm/min)	熱伝導率 (W/m/K)	
1	1.40	1.88	異常なし	15.1	0.0351	
2	1.32	1.77		16.5	0.0353	
3	0.88	1.16		14.9	0.0348	
4	0.96	1.23		14.2	0.0347	
5	0.076	0.059	発煙なし 厚み増加あり PVC 使用品に ついては収縮 変形あり	0	0.0349	
6	0.081	0.540		0	0.0354	
7	0.093	0.904		0	0.0361	
8	0.083	0.092		0	0.0362	
9	0.134	0.130		0	0.0368	
10	0.160	1.857		0	0.0364	
11	0.155	2.418		0	0.0367	
12	0.124	0.171		0	0.0367	
13	0.159	2.059		0	0.0372	
14	0.146	1.667		0	0.0371	
15	0.105	0.942		0	0.0368	
規 格 値	10%以下	15%以下		異常なきこと	100 以下	—

今回測定したサンプルについて、基本的物性は全て自動車メーカー規格値をクリアしており、問題なく使用可能であることが確認された。ただし、PVC フィルムについては耐熱性で熱収縮が発生しており使用に当たっては何らかの対策は必要である。

2-3-2 開発部材の製造コスト評価【1】【2】

【1】構造体のコスト評価

遮音構造体については、「遮音性能向上のための研究」結果に基づき、また構造体生産条件は、「フィルム/フェルト複合化（貼り合わせ）の研究」結果に基づきコスト試算の条件とした。

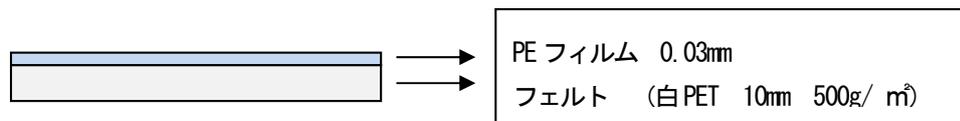


図 21. 遮音構造体の構成

コスト試算結果、一般的フェルトに対しフィルム貼り付けにより㎡コストは約 40%程度 UP する。

【2】 部分最適配置構造体でのコスト評価

モデルタイプとして研究当初予定されていた下図 22 のタイプを想定し、従来製品とのコスト比較を実施した。

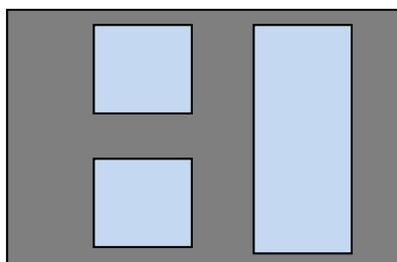


図 22. モデル部分最適配置構造体

表 12. コスト（原価）比較

項目	従来製品	部分最適配置構造体
ベースフロアフェルト	306 円/枚	428 円/枚
後貼り追加フェルト	206 円/枚	—
合計	512 円/枚	428 円/枚
(㎡当たり換算)	(216 円/㎡)	(181 円/㎡)
補足	追加フェルト貼付工賃含まず 表皮材料費含まず	表皮材料費含まず

部分最適配置構造体は追加フェルトを貼り付ける工程を必要としないため、試算したコスト 428 円/枚で従来品コスト 512 円/枚との比較を実施すると、約 16%のコストダウンとなる。従来品の追加フェルト貼付け工賃を確認することができなかったため、目標コストダウンである、従来品比 30%のコストダウンに近い結果を達成できているものと判断する。

2-3-3 開発部材の重量評価

表 13. 重量（フェルト）比較

項目	従来製品	部分最適配置構造体
ベースフェルト	1,422g/枚	1,490g/枚
後貼り追加フェルト	660g/枚	—
合計	2,082g/枚	1,490g/枚
(㎡当たり換算)	(878g/㎡)	(629g/㎡)
補足	表皮材料その他パーツ材料含まず	

重量のシュミレーション結果、開発した部分最適配置構造体であれば、従来品に比べ約 28%の軽量化が可能との結果となり、重量についても軽量化が可能と判断される。

最終章 全体総括

1年弱という短い研究期間に加え、九州北部豪雨災害による本工場被災が重なる、非常に厳しいスケジュールと研究環境にも関わらず、関係取引先と各研究機関の支援と協力により一部目標を達成できなかった部分があるものの、基本的研究部分において成果を上げることができた。

- ①フィルムをフェルトと複合化することで遮音性、吸音性を向上させることができること。
- ②フィルムとフェルトの位置関係とフェルトを選択することである程度音響性能を制御できること。
- ③多重構造体製造装置によるフィルム・フェルト遮音構造体の連続生産の基本的条件の確認。
- ④部分最適配置構造体を利用することで、コスト低減ができること。
- ⑤部分最適配置構造体を利用することで、重量軽減ができること。

以上5点の成果については、さらに研究を重ね完成度を高める必要のある部分も多々残っており、今後川下企業の要求を満たすべく研究を発展させ、早期の事業化実現に邁進したい。

また、自動車用途以外の部分として、建材用途への応用展開も同時に進めこの分野においても事業化に結び付け研究成果の応用拡大を図りたい。これら自動車用途、建材用途への技術の拡大展開は、将来的に東日本大震災の被災地復興の一端を担う自動車産業や、建築産業を通じて広く貢献できるものと期待される。

添付資料
専門用語等の解説

• フェルト

繊維自体を絡ませて布状にしたもので、羊毛主体から合成繊維主体のものに、そしてさらに合成繊維 100%のフェルトが使用されるようになる。

製法的には、繊維自体を絡ませて布状にした織フェルトや、ニードルフェルト。繊維自体を接着剤にて結合した物があり、弊社におけるフェルトは、後者の製法による物で、繊維シートは、繊維が一方向またはランダムに配向しており、繊維間は融着によって結合されたものである。

• HV車

ハイブリッド車の略語。

ガソリンを使うエンジンと電気によるモーターなど複数の動力装置を持つ車。状況に応じて動力を使い分けることで効率的に走行し、二酸化炭素の排出を大幅に抑えられる。国内では 97 年にトヨタ自動車のプリウスが市販され広まった。

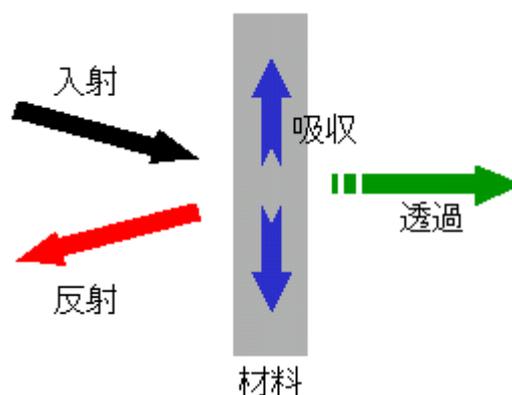
• EV車

Electric Vehicle の略で、日本語では電気自動車と言う。

電気モーターを動力源として動く自動車のこと。地球温暖化の原因とされる二酸化炭素を走行中に排出しないことから、環境に優しい自動車とされる。

• 吸音率

音は物にあると吸収されます。このことを吸音といいます。そして、この吸音の大きさを数値で表したものが吸音率です。部屋などの空間の音を調節するために用いられる吸音率の大きい材料のことを、一般に吸音材料といいます。



上の図のように、材料に音が入射すると、その一部は反射され、一部は透過し、一部は吸音されます。材料の吸音性能をあらわす吸音率は、入射した音のエネルギーに対する反射されてこない音のエネルギーの比率のことをいいます。吸音率は一般に α で示され、0~1 までの値をとります。

$$\alpha = \frac{I_a + I_t}{I_i} = \frac{I_i - I_r}{I_i} = 1 - \frac{I_r}{I_i}$$

α : 吸音率

I_i : 入射音のエネルギー

I_r : 反射音のエネルギー

I_a : 吸収音のエネルギー

I_t : 透過音のエネルギー

※ただし、 $I_i = I_r + I_a + I_t$

・透過損失

透過損失とは、壁や床などの遮音性能を表す数値です。

記号は TL (Transmission Loss) で、単位は「dB」(デシベル) で表され、「音響透過損失」ともいいます。透過損失は、壁などの材料層への入射音と、それによる材料層から中に入った音の大きさの差(音圧レベル差)のことです。

例えば、入射音に対して透過音が 10 分の 1 のときは透過損失は 10dB、100 分の 1 のときは 20dB となり、値が大きいくほど遮音性能が優れていることとなります。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。