

ニチアス 技術時報

No. 388

2020年 1号

Contents

【巻頭言】

新年雑感

【製品紹介】

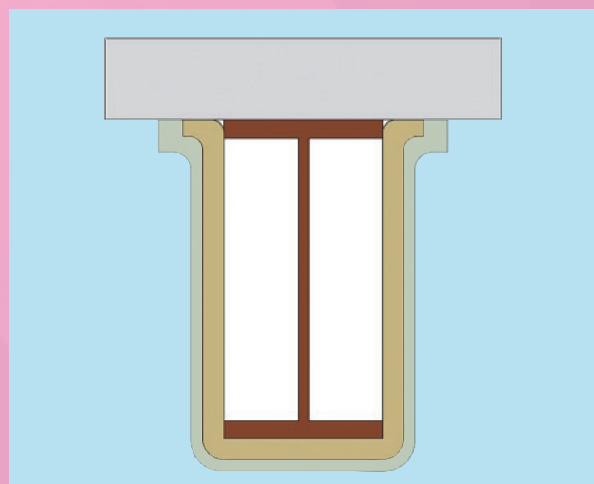
TOMBO™ No.5520「マキベエ®」高密度仕様

【寄稿】

JIS A 9501 (保温保冷工事施工標準)の
改正に寄せて

【技術レポート】

積層防音材の音響特性最適化に関する研究



目 次

【巻頭言】

- ◆新年雑感 1
取締役 執行役員 建材事業本部長 齊藤 敏明

【製品紹介】

- ◆TOMBO™ No.5520「マキベエ®」高密度仕様 2
建材事業本部 技術開発部

【寄稿】

- ◆JIS A 9501（保温保冷工事施工標準）の改正に寄せて 6
一般社団法人日本保温保冷工業協会

【連載】

- ◆ニチアスの「断つ・保つ」技術を支える CAE（第1回）..... 14

【技術レポート】

- ◆積層防音材の音響特性最適化に関する研究 16
研究開発本部 CAE 室 三木 達郎

表紙写真：

従来品より高密度にすることで厚さを薄くした TOMBO™ No.5520「マキベエ®」高密度仕様をラインアップいたしました。

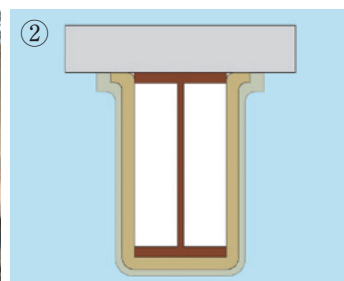
詳細はP2【製品紹介】をご覧ください。

①施工写真

天井梁への「マキベエ」施工例です。大梁部分が高密度仕様、小梁部分は従来仕様です。

②施工断面イメージ

同じ耐火時間2時間では、従来仕様の40mmから高密度仕様では25mmへ、厚さを約40%薄くできます。天井裏のスペース確保や施工性の向上にもつながります。



送り先ご住所の変更、送付の停止などにつきましては、下に記載の連絡先までご連絡ください。
なおその際は、宛て名シールに記載されている7桁のお客番番号を必ずお知らせくださいますよう、お願いいたします。

〈連絡先および本誌に関するお問い合わせ先〉

ニチアス株式会社 経営企画部広報課

TEL:03-4413-1194

FAX:03-3552-6149

E-mail: info@nichias.co.jp

本誌の内容は当社のホームページでもご紹介しております。
<https://www.nichias.co.jp/>

新年雑感

取締役 執行役員 建材事業本部長 齊藤 敏明



新年明けましておめでとうございます。

昨年を少し振り返ると、令和元年にふさわしく日本人が世界から注目を集めた年であったと思います。

ラグビー・ワールドカップで日本代表31人が「ONE TEAM」を掲げて、戦術を練り上げ、不屈の精神力で勝ち抜き、初のベスト8進出を果たしたことは、見ている人々にどれだけの感動と勇気をもたらしたことでしょうか。最後に負けはしましたが、自分の力を出し切った選手のすがすがしい姿を昨日のことにように覚えています。

事業の運営も「仲間で仕事」「現場力の強化」「イノベーション」と共通の部分も多く、新卒の採用でラグーマン人気が高いことも納得できます。

またノーベル化学賞では、旭化成名誉フェローの吉野彰氏が受賞しました。リチウムイオン電池の発明はモバイル社会に革命を起こし、スマートフォンから電気自動車までのIT社会の実現を可能にした発明といっても過言ではありません。

インタビューでは素敵な笑顔で、「研究開発の成功の条件は極めて簡単で、技術のシーズ（種）と世の中のニーズ（需要）を結ぶだけ、それを非常に難しくしているのは、両者がしょっちゅう変わることに合わせて動かないといけない。針の穴に糸を通すという言葉があるが、研究の難しさは、ジェットコースターに乗りながら糸を通すようなものだ。そこをいかに見極めるかだ」とおっしゃっていたことが印象に残っています。イノベーションには2つの側面が必要で、1つは壁にぶつかってもすぐに諦めない執着心。そして逆に柔らかな、能天気な面。それらのバランスをうまく取ることが重要なことだそうです。

IoT、ビッグデータ、AI、ロボットといった新興技術による第4次産業革命の真只中で、地球温暖化や人口減少、高齢化問題、グローバル化などの、イノベーションが起きなければ解決できない問題が山積しています。

では、今年はいよいよと、東京オリンピック・パラリンピックが開催されます。また、少し先に目を向けてみますと2025年の大阪万博、2027年の超電導リニア中央新幹線開通等、イベントは目白押しです。

10年後の2030年はどんな社会になっているか期待が高まります。

当社は、低炭素社会の実現のために「断つ・保つ」をキーワードにお客様のニーズに応え、パートナーとして様々な産業に貢献を続ける所存です。

ニチアスの、地球の明るい未来に貢献する新技術や新製品にご期待ください。

TOMBO™ No.5520 「マキベエ®」 高密度仕様

建材事業本部 技術開発部

1. はじめに

耐火建築物の主要構造部の鉄骨に施される耐火被覆材は、火災時の高温から鉄骨を保護し、建築物の倒壊や延焼防止を担保するための重要な役割を担います。耐火建築物を構成する耐火構造の柱や梁には、耐火性能を付与するため、建築基準法に基づく耐火時間や耐火構造に応じた厚さの耐火被覆材を必要とします。

TOMBO™ No.5520「マキベエ®」（以下、「マキベエ」）は、耐熱性の高い無機繊維をフェルト状に成形したもので、不織布等の表面材を施した巻付け耐火被覆材です。1996年の発売以来、鉄骨柱や梁の耐火被覆材として、数多くの事務所ビルや物流倉庫などの耐火建築物に用いられています（図1）。

本稿では「マキベエ」をより広範囲にご利用い

ただくために、新たな製品仕様として、従来仕様より厚みを薄くした高密度仕様をラインアップしましたので、ご紹介いたします。

2. 製品概要

従来の「マキベエ」は、厚さ20mm、40mm、65mmの3種類となっています。

一般的に耐火構造に関する国土交通大臣の認定を受けた構造（以下、耐火認定）は、耐火時間や耐火構造により仕様が異なるため、それぞれの認定仕様に従って施工を行います。そのため「マキベエ」も、それぞれの仕様で耐火認定を取得しており、基本仕様は、厚さ20mm品が1時間耐火、厚さ40mm品が2時間耐火、厚さ65mm品が3時間耐火となっております。

今回、従来仕様より高密度にすることで、製品



図1 「マキベエ」 外観と施工のようす

厚さを薄くした「マキベエ」高密度仕様として、梁の2時間耐火用に厚さ25mm品（認定番号：FP120BM-0481）、3時間耐火用に厚さ40mm品（認定番号：FP180BM-0021）を製品化しました。製品仕様を表1に示します。

高密度仕様は従来仕様より耐火被覆材の厚さを

薄くできるため、施工性向上にもつながり、事務所ビルなどの梁に施工することで、天井裏のスペースを広げることができる製品です（図2）。また、高密度仕様は従来仕様と見分けるため、表面材の色調を変更しております（図3、図4）。

表1 「マキベエ」の製品仕様

仕様	厚さ〔mm〕	密度〔kg/m ³ 〕	標準寸法〔mm〕 ＜幅（働き幅）×長さ＞
従来仕様	20	80～120	925（915）×10000
	40	80～120	925（915）×6000
	65	90～130	925（895）×3300
高密度仕様	25	100～140	925（915）×8000
	40	100～140	925（895）×5000

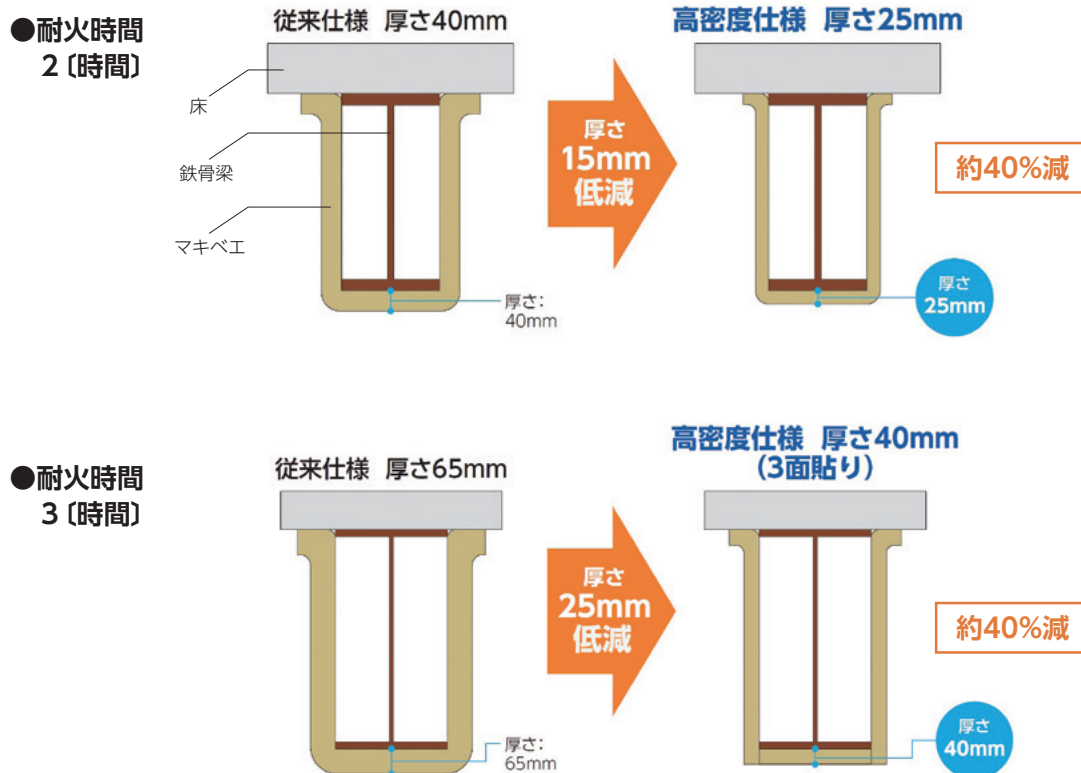


図2 従来仕様と高密度仕様の比較

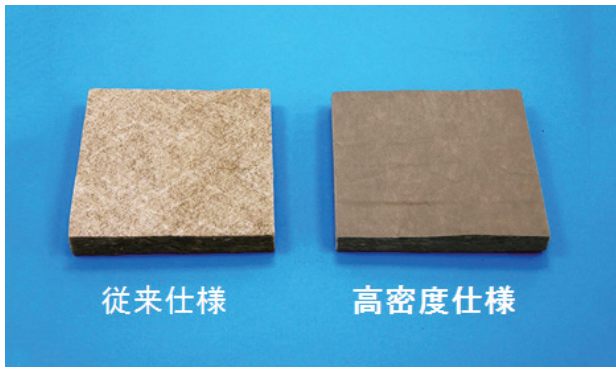


図3 外観写真

※従来仕様と見分けやすくするため、表面材の色調を変えております。

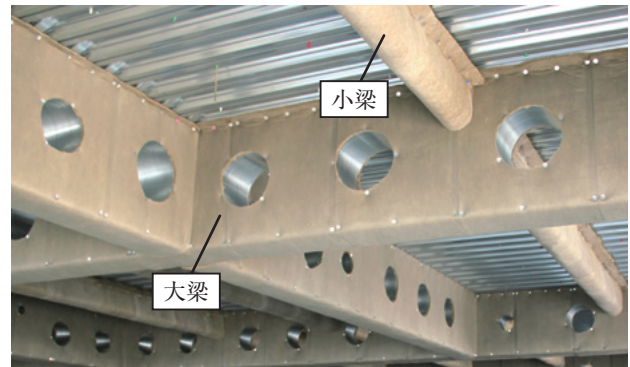


図4 施工写真

※大梁部分が「マキベエ」高密度仕様。小梁部分は従来仕様の「マキベエ」。

表2 従来仕様、高密度仕様の耐火認定比較

耐火時間	仕様	認定番号	鋼材寸法〔mm〕
2時間	高密度仕様 厚さ25mm	FP120BM-0481	H-300×200×12×22以上 かつ $(2H + B)/A \leq 76.5\text{m}^{-1}$ H：鋼材長さ〔m〕 B：鋼材幅〔m〕 A：鋼材断面積〔m ² 〕
	従来仕様 厚さ40mm	FP120BM-0294	H-400×200×8×13以上
3時間	高密度仕様 厚さ40mm 3面貼り	FP180BM-0021	H-588×300×12×20以上
	従来仕様 厚さ65mm	FP180BM-0255	H-294×200×8×12以上

※従来仕様の耐火認定は、主要な耐火認定番号を記載しています。

3. 認 定

「マキベエ」高密度仕様は表2のとおり、鉄骨梁の耐火認定を取得しております。高密度仕様に対応する耐火認定につきましては、25mm品は鋼材寸法の制限、40mm品は耐火被覆の被覆方法が従来仕様とは異なりますので、詳細をご確認の上、ご使用ください。

4. お わ り に

TOMBO™ No.5520「マキベエ®」は、建築基準法に基づく耐火時間や耐火構造に応じた耐火被覆材として、多くの耐火建築物に採用された実績があります。主に事務所ビル向けにはなりますが、新たにラインアップした高密度仕様25mm品、40mm品も含めこれまで以上にご採用を検討いただければ幸いです。

本製品に対するお問い合わせは建材事業本部技術開発部までお願いいたします。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

*「マキベエ」はニチアス(株)の登録商標です。

ニチアスの建材製品は、 人と環境の調和をめざし、 安心・安全・快適を 提供しています。



断熱材

ホームマット®、ホームマットNEO®
MG ビルパック®, MG ボード™
マキベエ® ダンネツ, スーパーフェルトン® II, III

耐火被覆材

マキベエ®, マキベエ® WTA, CLA, BL

煙突材

セラスタック®

内装材

エコラックス®, エコラックス® エンボス
エコラックス® のき天
エコラックス® エンボスのき天
NPラックス® L, NPラックス® H

化粧板

アスラックス® 200R, アスラックス® 600R

フリーアクセス フロア

ニチアスシグマフロア®
ニチアス オメガフロア®
ニチアス パットフロア®
ニチアス デルタフロア® V

免震耐火材

メンシンガード® S, メンシンメジ®

その他

ニチアスカグスベール®



※®が付されている名称はニチアス(株)の登録商標です。
※TMが付されている名称はニチアス(株)の商標です。

JIS A 9501(保温保冷工事施工標準)の改正に寄せて

一般社団法人日本保温保冷工業協会

1. はじめに

一般社団法人日本保温保冷工業協会（以下、日保協）は、日保協の関連組織である断熱・保温規格協議会（以下、断保協）と連携して経済産業省が所掌する保温保冷材に関わる日本産業規格（Japanese Industrial Standards：以下、JIS）の見直しや制定を行っています。

このたび、JIS A 9501（保温保冷工事施工標準）が、前回2014年から5年ぶりに改正されましたので、その改正の概要について解説します。

なお、2019年7月1日から「工業標準化法」の一部が改正され、法律名「工業標準化法」が「産業標準化法」に、「日本工業規格（JIS）」が「日本産業規格（JIS）」へと変更されました。この法令改正は、近年のIoTやAIなどの情報技術の進歩により、企業競争力がデータやその活用に移り変わり、工業標準化法の対象もデータ、サービスなどへと拡大しているために行われました。

2. JIS改正の手続きについて

ここで、JIS改正の手続きについて、簡単に触れておきます。

産業標準化法では、制定、改正にかかわらず、民間団体等の利害関係人が産業標準原案（JIS原案）を作成し、主務大臣に申し出ることができる旨定めています（法第12条）。なお、主務大臣が産業標準原案を策定することもできます（法第11条）。いずれの場合も、これらの原案は日本産業標準調査会

の審議に付され、適当であると判断された場合に主務大臣はJISとして制定します。今回の改正で、認定産業標準作成機関における原案作成手続きも追加されましたが、詳細については割愛します。

なお、JIS改正については、特別な事情がない限り、現行規格の原案作成団体が継続して改正作業を実施することが一般的です。したがって、技術的な進化や社会環境の変化により現行規格に現状との不整合が発生した場合は、原案作成団体は迅速に改正原案の策定作業を開始することが必要です。

また、改正がタイムリーに実施されるよう産業標準化法では、JISを制定又は確認若しくは改正した日から少なくとも5年を経過するまでに見直し、日本産業標準調査会の審議に付さなければならないこととしています。

このため、経済産業省は定期的に各原案作成団体に対し、現行JISを「改正する」か「確認するか（改正しない）」か「廃止する」かについて生産者など利害関係者に確認の上、原案作成団体としての対応を判断するよう依頼し、JISが常に現代の社会に適合した規格となるよう維持管理をしています。

以上のようなプロセスにより、JIS改正が必要となった場合は、原案作成団体はJIS改正原案を策定する「原案作成委員会」を結成します。「原案作成委員会」は、当該JISの利害関係者である生産者側の工業協会や使用者側の工業団体、中立者として学識経験者、公的試験研究機関、関連省庁などから選任された委員により構成されます。

「原案作成委員会」でまとめられたJIS改正原案は、産業標準化法に基づいて主務大臣によって制定されます。一般的には一般財団法人日本規格協会が実施している公募制度という制度を利用し、原案作成団体が主務大臣に申し出を行うという方法を用いて改正作業を行います。

なお、本稿で解説するJIS A 9501（保温保冷工事施工標準）は制定当初より日保協が原案作成団体となっております。文末の別表「保温保冷材関連JIS履歴」に、1952年から現在までの日保協が原案作成団体としてJISの制定・改正・見直しを行った履歴をまとめていますので、ご参照ください。

現在までに廃止されたJIS、新たに制定されたJIS、統廃合されたJISなど大きな変化が読み取られます。かつては、石綿、コルク、牛毛など天然資源を活用した保温保冷材料が中心となっていましたが、次第にロックウール、グラスウール、けい酸カルシウム、ポリスチレン、ポリウレタンなど人工的素材を使用した保温保冷材料が主流になってきています。

3. JIS A 9501の改正について

3.1 JIS A 9501とは

JIS A 9501（保温保冷工事施工標準）は、1952

年に初めて制定され、以来15回の改正を経て最新版として2019年版が制定されました。

この間、2001年の改正においては、規格のグローバル化を図るため、ISO 12241:1998, Thermal insulation for building equipment and industrial installations-Calculation rulesと一部共通点があるので整合化を図りましたが、適用範囲が異なる規格であることから2006年の改正では国際対応規格として扱わないこととなりました。

このようにJIS A 9501は、60年以上の歴史がありますが、保温保冷材関連のJISでは名称変更したものが多く、「保温保冷施工標準」の名称変更はありませんでした。

また、JISは本来鉱工業に関する標準化のための工業標準ですが、JIS A 9501は施工工事の標準として制定された極めて異色な存在です。これは、保温保冷材料それ自身は単独では使用できず、施工工事を通じて始めて保温保冷機能を発揮し、施工工事が品質保証に極めて重要であるとの理由によるためです。

なお、表1にプラント・住宅・ビルの設備機器・配管に対応する工事施工に関するJIS A 9501と保温保冷材料のJISとの関係を示す他、参考として主に常温で使用される住宅・ビルの建築用断熱材に関するJISについてまとめましたので、ご参照ください。

表1 施工対象箇所に対応する工事施工のJISと保温保冷材料のJISとの関係

施工対象箇所	工事施工	保温保冷材料
プラント・住宅・ビルの設備機器・配管	A 9501 保温保冷工事施工標準	A 9504 人造鉱物繊維保温材 ・ロックウール保温材 ・グラスウール保温材 A 9510 無機多孔質保温材 ・けい酸カルシウム保温材 ・はっ水性パーライト保温材 A 9511 発泡プラスチック保温材 ・ビーズ法ポリスチレンフォーム保温材 ・押出法ポリスチレンフォーム保温材 ・硬質ウレタンフォーム保温材 ・ポリエチレンフォーム保温材 ・フェノールフォーム保温材
住宅・ビルの常温で使用する断熱材	該当JISなし (発注者の仕様による)	A 9521 建築用断熱材 ・グラスウール断熱材 ・ロックウール断熱材 ・インシュレーションファイバー断熱材 ・ビーズ法ポリスチレンフォーム断熱材 ・押出法ポリスチレンフォーム断熱材 ・硬質ウレタンフォーム断熱材 ・ポリエチレンフォーム断熱材 ・フェノールフォーム断熱材

3.2 JIS A 9501の構成

JIS A 9501は、2017年11月に「原案改正委員会」が組織され、全面的な見直しが行われました。序文に続き、保温保冷材料の工事施工標準に係る以下の9箇条により構成されています。

■適用範囲

JIS A 9501の適用範囲として、化学工業、燃料工業および熱利用動力に関する諸装置、空気調和、給排水衛生設備などの保温保冷工事において使用される保温保冷材料と副資材の種類と使用方法、設計方法および施工要領が規定されています。保温保冷材料の対象温度は -180°C ～ 1000°C の範囲と明確に規定されています。

■引用規格

JIS A 9501で引用されるJISが列記されています。保温保冷材や副資材の各JISはもちろんのこと、JIS A 0202（断熱用語）やJIS Z 8806（湿度測定方法）などの44規格があります。これら引用されたJISは、JIS A 9501の一部として構成されることになります。

■用語及び定義

JIS A 9501で使用される用語とその定義が記述されています。用語と定義は、基本的にはJIS A 0202（断熱用語）によりますが、それ以外の施工工事で必要な用語、例えば「保温カバー」や「はぜ掛け」などの用語と定義が記載されています。

■保温保冷工事に使用する材料

保温保冷材料の種類と選択条件が記載されています。

主な保温保冷材料として、JIS A 9504（人造鉱物繊維保温材）、JIS A 9510（無機多孔質保温材）、JIS A 9511（発泡プラスチック保温材）の3規格が適用されています。

また、保温保冷工事で使用される主な副資材が一覧表としてまとめられています。

■保温材及び保冷材の厚さの算出

伝熱計算の基本式、平均熱伝導率の基本式等の保温保冷計算で使用される基本式が記載されています。

保温材の厚さを計算する場合については、設計条件ごとの計算方法が記載されています。さらに、保冷材の厚さ、防露材の厚さ、経済的な保温厚さの計算方法についても記載されています。さまざまな条件での具体的な計算例は、附属書（参考）として文末にまとめられています。

■保温工事施工法

プラント等で用いられる保温工事において使用する保温保冷材料や副資材およびその施工要領について述べられています。

保温工事の具体例として、25枚の施工図が掲載されています。

■保冷工事施工法

プラント等で用いられる保冷工事において使用する保温保冷材や副資材およびその施工要領について述べられています。

保冷工事の具体例として、15枚の施工図が掲載されています。

■建設設備の保温・保冷・防露工事施工法

建築設備で用いられる保温工事、保冷工事、防露工事において使用する保温保冷材や副資材およびその施工要領について述べられています。

建築設備で用いられる保温工事、保冷工事、防露工事の具体例については、21枚の施工図が掲載されています。

■検査

保温工事、保冷工事、防露工事の途中での検査や工事完成後の性能確認検査において使用される検査方法について述べられています。

JIS A 9501は、以上の9箇条から成るJIS本文のほか、特殊用途の保温厚さの計算や大部な計算事例などを記載した9つの附属書（参考）により構成

成されています。

附属書（参考）とは、JIS本文の内容を理解しやすくするため補足的な説明などを参考として記載するものです。

3.3 改正のポイント

JIS A 9501 の2019年版（以下、新規格）の2014年版（以下、旧規格）からの主な改正ポイントは次のとおりです。

■ 適用範囲

旧規格の適用範囲には、施工方法は明記されていましたが、保温保冷材料および副資材の使用法、設計方法等は十分網羅された記述でなかったため、これらを明確に含む記述に改められました。

■ 引用規格

旧規格では、JIS R 3311（セラミックファイバーブランケット）が新たに引用規格として採用されましたが、保温材としての使用例はあるものの、主な用途は耐火材でJIS A 9501の適用温度範囲外で使用されることが多いことから、新規格では削除されました。

■ 用語及び定義

新規格では、業界で日常的に使用され、JIS本文中に頻出している「はぜ掛け」「びょう（鉋）」を新たに追加しました。

また、近年保温保冷工事での使用が広がってきた「断熱布団」「ボタンパンチはぜ」も新たに追加されました。

同様に、使用が広がっているハイパロンゴム系の外装材は、ハイパロンが製品名であるため「ゴム系外装材」として、金属と樹脂を積層した外装材も「金属樹脂積層外装材」として今回の改正で追加されました。

■ 保温保冷工事に使用する材料

現在、保温保冷工事で使用されている保温材、保冷材および副資材を見直し、追加又は削除が行われました。

- (1) JIS R 3311（セラミックファイバーブランケット）については、前述の引用規格で述べたように、削除されました。
- (2) 副資材に「ゴム系外装材」「金属樹脂積層外装材」が追加されました。
- (3) 副資材の使用範囲について、現状に合わせて見直しが行われ改正されました。例えば、旧規格では「樹脂製化粧カバー」「樹脂製整形エルボ」「アルミガラスクロス」「アルミホイルペーパー」「着色アルミガラスクロス」「アルミガラスクロス原紙」については、使用範囲が建築設備関連のみに限定されていましたが、新規格では保温工事、保冷工事まで適用範囲が拡大しました。

■ 保温材及び保冷材の厚さの算出

旧規格では、保温厚さおよび保冷厚さの算出に関わる伝熱計算や平均熱伝導率を求める基本式は、附属書（参考）に記載されていましたが、保温材および保冷材の厚さ設計の基本となる計算式であるため、新規格ではJIS本文に移行されました。内容そのものの変更はありません。

その他、今回の見直しにより、数値の一部誤記を修正しています。

■ 保温工事施工法

保温工事施工法については、旧規格と新規格での内容の変更はありませんが、前述の保温保冷工事に使用する材料で述べたとおり、「ボタンパンチはぜ」「断熱布団」の施工法が追記され、それら施工図面（図1、図2）が新たに追加されました。

■ 保冷工事施工法

旧規格では附属書（参考）に「硬質ウレタンフォーム注入発泡用原液の取扱い」と「保冷材を貫通する金属部の施工要領」が記載されていましたが、JIS本文として記載できる内容であるため、新規格ではJIS本文の該当箇所に移行されています。

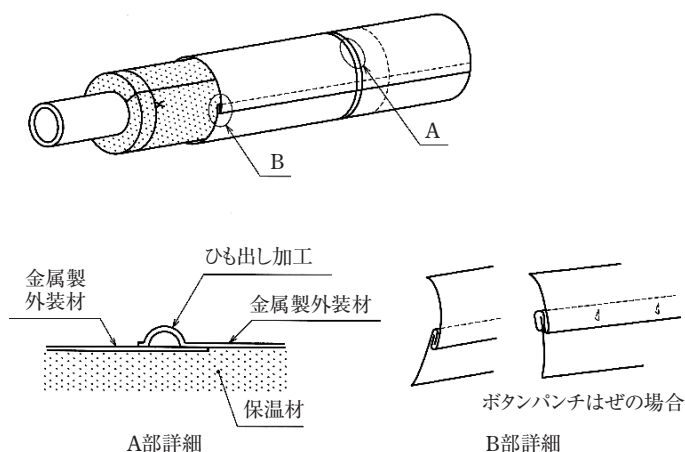


図1 水平配管のボタンパンチはぜ施工例（出典：一般財団法人日本規格協会編『JIS A 9501:2019』図5）

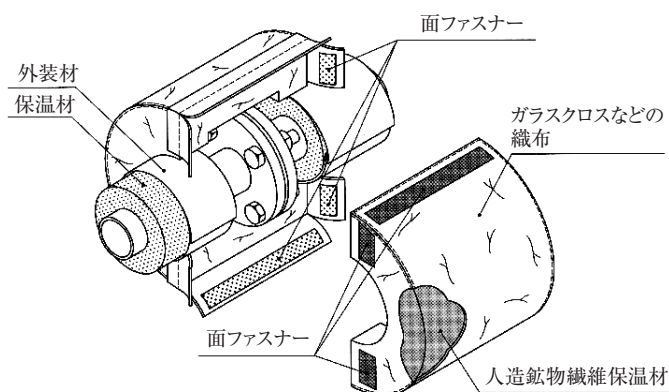


図2 フランジの断熱布団施工例（出典：一般財団法人日本規格協会編『JIS A 9501:2019』図19）

■ 附属書（参考）の見直し

「原案作成委員会」では、附属書（参考）についても見直しを行い、そのまま附属書（参考）として踏襲するもの、規定とすることが適当と判断したものについてはJIS本文に移行し、不適当と判断したものについては削除しています。

(1) 旧附属書（参考）を踏襲したもの

次の8附属書（参考）については、旧附属書（参考）の内容を踏襲し、順番に合わせ新たにアルファベットAからHに振りなおしたものです。

- 附属書A（参考）配管輸送流体の温度変化を

設計条件とする場合の保温厚さの計算

- 附属書B（参考）静止流体の時間に対する温度変化及び保温厚さの計算
- 附属書C（参考）管内水の凍結防止の保温厚さの計算
- 附属書D（参考）表面温度及び表面熱伝達率の算出方法

※ただし、式名称については出典が不明なため式名称を削除

- 附属書E（参考）経済的な保温厚さの求め方
 - 附属書F（参考）保温材の使用温度について
- ※ただし、最高使用温度の記述については、

使用条件等によって一義的に定めることができないために削除

- 附属書G（参考）保温材下腐食（CUI）に対する留意事項
- 附属書H（参考）計算事例について

(2) JIS本文に移行された旧附属書（参考）

次の4つの旧附属書（参考）については、内容的にJIS本文に記載するのが適当と判断され、JIS本文の該当箇所に移行されています。

- 旧附属書D（参考）伝熱計算の基本式は、JIS本文箇条5.1「伝熱計算の基本式」に移行
- 旧附属書F（参考）保温材又は保冷材の平均熱伝導率の求め方は、JIS本文箇条5.2「平均熱伝導率の基本式」に移行
- 旧附属書J（参考）保冷材を貫通する金属部の施工要領は、JIS本文箇条7.3.2.1「配管及び継手類」に移行
- 旧附属書K（参考）硬質ウレタンフォーム注入発泡用原液の取扱いについては、JIS本文箇条7.3.1d「一般事項」に移行

(3) 削除された旧附属書（参考）

旧附属書G（参考）結露防止における表面温度の安全率については、必ずしも業界で確立された内容といえないため削除されました。

(4) 新旧対照表

旧規格（JIS A 9501：2014）と新規格（JIS A 9501：2019）の新旧対照表が、附属書I（参考）技術上重要な改正に関する新旧対照表としてまとめられています。

4. お わ り に

本稿では、2019年に行われたJIS A 9501改正の概要について述べてきました。日保協ではJIS A 9501の改正時に合わせ「JIS保温解説」を制定当初より発刊しています。「JIS保温解説」は、一般財団法人日本規格協会の全面的協力により保温保冷に関連する各JIS文を掲載し、JIS A 9501についての改正ポイントとその背景・考え方を解説しています。「JIS保温解説」は非売品ですが、これらJISに関連する団体や日保協会員に頒布しています。

日保協は、保温保冷工事と保温保冷材料の販売・製造を行う約500社を会員とした我が国の保温保冷業界を代表する専門団体です。本稿のような保温保冷関連のJISの制定・改正・見直しのほか、保温保冷に関する技術・技能の伝承と向上、啓発・普及などの事業を関係省庁とも連携して推進しております。

また、保温保冷材料メーカーから成る工業協会を会員とした断保協も、日保協と緊密に連携して、保温保冷関連のJISおよびISO規格の制定・改正・見直しなど維持管理業務を行っています。

日保協は今後も断保協と連携して、JISおよびISO規格の維持管理業務を通じ、保温保冷業界の発展のため、微力を尽くしてまいります。

本稿をご一読の上、ご意見などをいただけたら幸いです。今後とも、ご支援ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

一般社団法人日本保温保冷工業協会

〒111-0053

東京都台東区浅草橋1-10-7 信成ビル3階

TEL：03-3865-0785

HP：jtia.org E-MAIL：jimukyoku@jtia.org

別表 保温保冷材関連 JIS 履歴

1952	1953～	1955～	1958～	1961～	1964	1965～	1969～	1972～	1979～	
Z 9501 保温保冷工事施工標準		A 9501 保温保冷工事施工標準								
Z 9502 石綿保温材		A 9502 石綿保温材								
Z 9503 石綿入りケイソウ土保温材		A 9503 ケイソウ土保温材				A 9503 けいそう土保温材				
	A 9509 スサ入り ケイソウ土保温材									
Z 9504 岩綿保温材および鉱さい綿保温材		A 9504 岩綿保温材および鉱さい綿保温材		A 9504 岩綿保温材および鉱さい綿保温材			A 9504 ロックウール保温材			
Z 9505 ガラス繊維保温材		A 9505 ガラス繊維保温材		A 9505 ガラス綿保温材			A 9505 グラスウール保温材			
Z 9506 炭酸マグネシア保温材		A 9506 炭酸マグネシア 保温材	A 9506 塩基性炭酸マグネシウム保温材(炭マグ保温材)							
Z 9507 炭化コルク板		A 9507 炭化コルク板								
Z 9508 牛毛フェルト		A 9508 牛毛フェルト								
		A 9510 ケイ酸カルシウム保温材		A 9510 けい酸カルシウム保温材						
					A 9512 バーライト保温材					
			A 9511 フォームポリスチレン保温材							
								A 9514 硬質ウレタンフォーム 保温材		
						A 9513 硬質フォームラバー保温材				
									A 9521 住宅用ロックウール 断熱材	
									A 9522 住宅用グラスウール 断熱材	

1983	1984	1985～	1989	1990～	1992～	1994	1995～	2000～	2014～	2019
			廃止							
				廃止						
							A 9504 人造鉱物繊維保温材			
				廃止						
				廃止						
					廃止					
							A 9510 無機多孔質保温材			
	A 9512 はっ水性パーライト保温材									
	A 9511 ポリスチレンフォーム保温材						A 9511 発泡プラスチック保温材			
			A 9515 ポリエチレンフォーム保温材							
				廃止						
						A 9521 住宅用人工造鉱物繊維断熱材			A 9521 建築用断熱材	
A 9523 吹込み用グラスウール断熱材						A 9523 吹込み用繊維質断熱材				
		A 9524 吹込み用ロックウール断熱材								
		A 9525 吹込み用セルローズファイバー断熱材								
								A 0202 断熱用語		

ニチアスの「断つ・保つ」技術を支えるCAE

CAE (Computer Aided Engineering) は製品・工程をコンピュータ上で擬似的に再現し、さまざまな検討を支援する技術です。ニチアスでは、研究・開発、設計および製造までのあらゆる工程でCAEを取り入れ、品質やサービスの向上に努めています。ここでは、弊社のCAE技術について事例を通してご紹介します。

第1回

低温配管用断熱サポートの設計で活用される伝熱CAE

液化天然ガス (LNG) の輸送のためには約 -162°C の配管を保冷する必要があります。その高度な要求を満足するためには、配管の設置・運転環境に合わせて保温カバーや配管を支えるサポート材を用いた保冷仕様を設計する必要があります。この基本設計は JIS A9501 (保温保冷工事施工標準) に基づいて行われますが、サポート部分は素材の熱物性が異なるカバーとの複合構造であり、一次元計算では伝熱の予測は困難です。

そこで当社では、伝熱CAE技術を用いて配管サポート部分の接合による表面および内部温度への影響を予測し設計を行うことで、より信頼性の高い保冷仕様をご提案しております。

対象製品概要

TOMBO™ No.5001-TN「フォームナート® カバー TNシリーズ」

当社のウレタンフォーム技術、保冷施工技術の経験より開発された保冷に優れた低温流体配管用断熱材です。

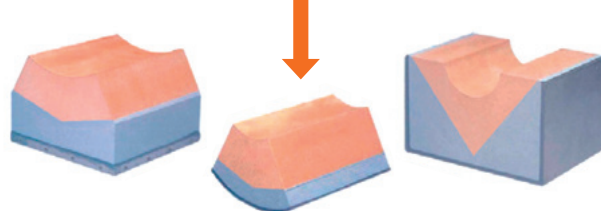
TOMBO™ No.5010「フォームナート® サポート」

高密度ウレタンフォームを基材とした低温流体配管用のサポートです。構造部材としての十分な強度に加え、優れた断熱性、耐候性を有しております。

LNGだけでなく、液化石油ガス (LPG)、エチレン、アンモニアなどのさまざまな低温流体についても、仕様に応じた設計・施工が可能です。



ノンフロン硬質ウレタンフォーム断熱材
「フォームナート® カバー TN」



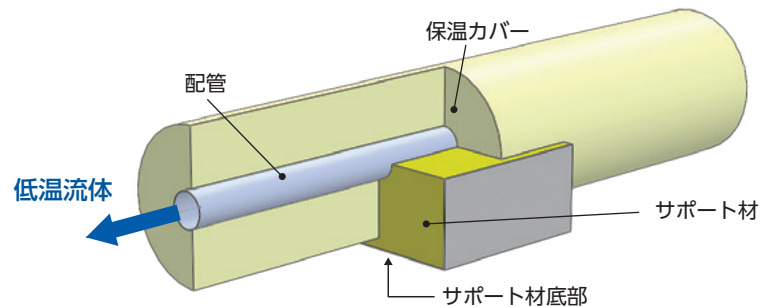
低温配管用断熱サポート
「フォームナート® サポート」

解析の目的

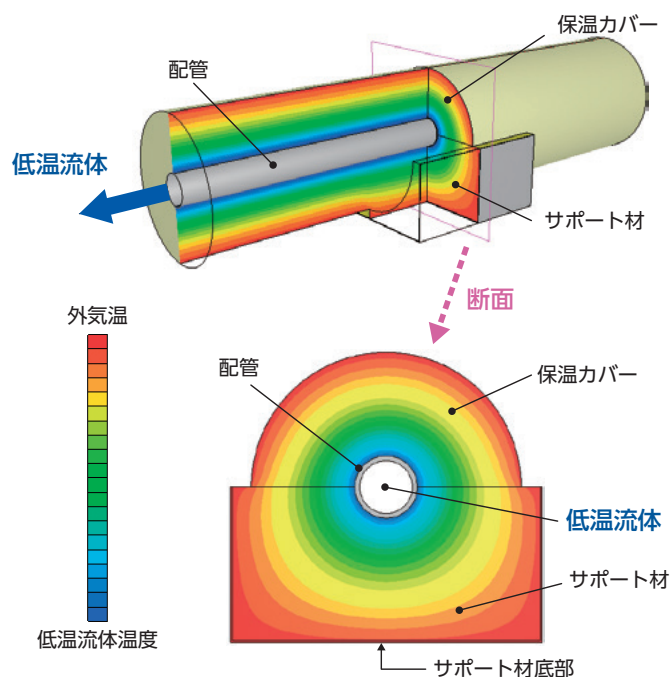
カバーとサポートは素材の熱物性が異なり、特にサポート部分は入熱しやすいため、この複合部分の温度を予測し、要求される保冷性能を満足できるサポート形状の選定と保冷仕様の設計を行う。

解析対象のモデル化

- 低温流体が流れる配管はフォームナート® カバー TN で断熱保冷されている
- 配管の支持が必要な箇所にはフォームナート® サポートが設置されている



CAE 解析結果



保温カバーとサポート材の複合部分における温度分布を、3次元で予測・可視化できた

保温カバーよりも入熱しやすいサポート材部分でも、内部流体を保冷できる使用を設計・提案できた

最も要求の厳しいサポート材底部においても、保冷性能を満足していることが一目瞭然となった

まとめ

低温配管の保温カバーと配管サポート材は素材の熱物性が異なります。そのため、複合部分では仕様設計に必要な温度分布を一次元計算だけで予測することは困難です。特にサポート材は入熱しやすいため、保冷性能不足を防ぐために大きめに設計されることもあります。

一方、伝熱 CAE を用いることで、

- サポート材形状やサイズを変更した際の影響予測が容易で、検討時間が短縮できます
 - 材料サイズや施工スペースの無駄なく最適な仕様を設計できます
 - 施工前に温度分布を可視化できることで、お客様への提案時にも分かりやすく説明できます
- 実際の施工後も、設計どおり順調に稼動しています。

積層防音材の音響特性最適化に関する研究

研究開発本部 CAE室 三 木 達 郎

1. は じ め に

自動車の車外騒音規制が2016年より年々厳しくなっていることから^{1), 2)}, 自動車部品においては振動騒音性能向上と軽量化の高次元両立が大きな課題となっている。一方で、動力源がガソリンエンジン、ディーゼルエンジン、そしてモーターと変化する中で、ノイズの種類や周波数域も異なってきた³⁾。

防音材による対策では、静粛性と軽量化は一般的に相反することから、両者を高次元で両立させるための一つの考え方として、防音材を積層させることによる吸音特性（以下、 α ）、透過損失特性（Transmission Loss 以下、TL）、固体伝播音特性（Insertion Loss 以下、IL：挿入損失、本論で言うILとは固体振動加振時における防音材挿入前後における放射音エネルギーの差分）といった音響特性の多機能化がある。これは、各層の製品部材を調整することにより、防音材の吸音、遮音、固体伝播音特性を、対象とするノイズに対して効果的に発揮させるものである。こうした防音仕様は、開発初期段階に最適に設計する必要がある。

当社はこれまでに、Biot理論を用いて、繊維系多孔質材料の密度や繊維径から吸音率を予測する技術に取り組んできた⁴⁾。

本論ではノイズ特性に合わせた最適な設計を可能にするシミュレーション手法を提案することを目的とする。本論では、遺伝的アルゴリズムを用いて音響特性を同時に最適化する技術を紹介する。

2. 解析の流れ

弊社は、繊維系多孔質材料を用いた製品を多数開発している。そこで、これまでに得られた繊維特性の知見を元にBiotパラメータを算出し、解析モデルを作製した。続いて、モデルの精度についてILで実測値との比較検証を行った。そして、遺伝的アルゴリズムで多目的最適化計算を行い設計パラメータとの相関を検証した。それぞれについては以下で詳細に記載する。

3. Biotパラメータを用いた繊維特性の推定

繊維系防音材の素材設計には繊維径 D 、多孔度 ϕ （繊維の真密度 ρ_t 、かさ密度 ρ ）等の特性値があり、特性値と流れ抵抗 σ は式（1）、（2）に示す関係がある。例えば繊維の真密度 ρ_t が既知で、音響特性を最大化させるBiotパラメータ（流れ抵抗 σ 、多孔度 ϕ ）の要求が決まれば、設計要素である繊維径 D を決定することができる。式（1）の流れ抵抗 σ は、空気の粘度 μ と多孔度 ϕ を用いた実験式である⁴⁾。

$$\sigma = A \mu (1 - \phi)^B D^C \quad (1)$$

$$\phi = 1 - \frac{\rho}{\rho_t} \quad (2)$$

ここで、 A 、 B 、 C は実験から求めるフィッティング係数である。

また、求めた繊維径 D と多孔度 ϕ から式（3）、（4）

を用いて熱的特性長 Λ' 、粘性特性長 Λ を求められる。ここで a_∞ は迷路度である。

$$\Lambda' = \frac{\phi}{2(1-\phi)} D \quad (3)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{8\eta a_\infty}{\sigma \phi}} \quad (4)$$

4. 解析

4.1 解析モデル

積層防音材の音響解析には市販ソフトのActran (MSC社)、遺伝的アルゴリズムによる最適化計算はMATLAB (MathWorks社)を用いた。

α , TL, ILの4層構造防音材の解析モデルをそれぞれ図1～3, に示す。モデルは200mm角, トータル厚みを10mm以下とした。ここで, Felt 2, Felt 4をそれぞれ1st layer, 2nd layerとした。

α については, 式(5)にて, Film 1側からの入力に対する吸音率を求めた。透過損失は, 式(6)にてFelt 4側からの入力音圧とFilm 1側から出力される透過音圧から求めた。ILは, 式(7)にて図3のPlate面を構造加振し, 4層構造防音材の有無におけるFilm 1側から100mmの上方の音響エネルギー差分から求めた。

$$\alpha = 1 - \left| \frac{P_1}{P_{in}} \right|^2 \quad (5)$$

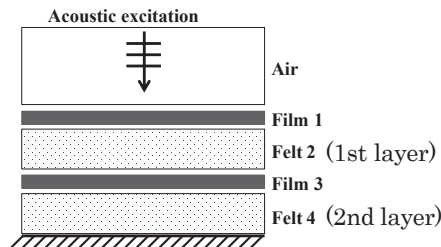


図1 吸音率の計算モデル

$$TL = 20 \log \frac{P_{in}}{P_1} \quad (6)$$

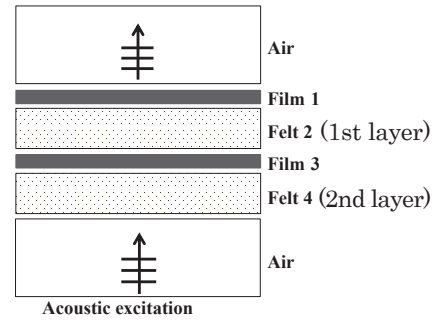


図2 透過損失の計算モデル

$$IL = 20 \log \frac{P_2}{P_1} \quad (7)$$

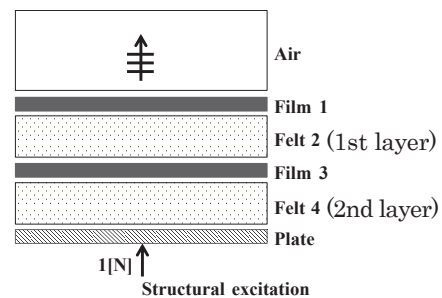


図3 挿入損失の計算モデル

ここで, P_{in} は入射音圧, P_1 は試料あり時の放射音圧, P_2 は試料なし時の放射音圧を示す。また, α , TLについては音響加振, ILについては構造加振を入射エネルギーとした。

4.2 遺伝的アルゴリズムを用いた音響特性最適化

4.2.1 最適化手法

多目的最適化の目標は, 積層防音材の α , TL, ILの性能が最大になる設計変数を見つけることである。遺伝的アルゴリズムの最適化においては, 各性能をパレートランキング法によるパレート解にて算出した。一般的に多目的関数の最適化においては, 複数の解の組合せがあり, これら最適な解の集まりをパレート解と呼ぶ。解は原点に近づくほど評価が高くなる傾向にある。また, 解全体をプロットした図をパレート図と呼ぶ⁵⁾。

パレートランキング法とは, 解の優越関係に基づいて定められる個体間の順位を適合度を用いる方法である。得られた解を, 最適に近い方から順

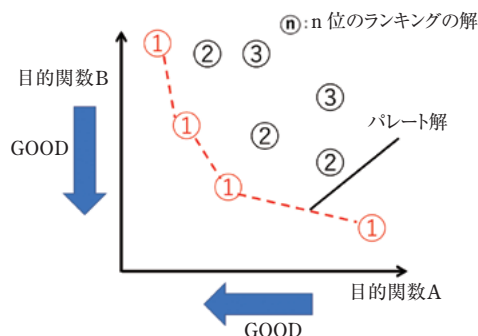


図4 一般的なパレート解

に1位, 2位…とし, 1位をパレート解とする。図4にパレートランキング法を用いた2変数での一般的なパレート解の例を示す。

4.2.2 設計変数

設計変数として, 各フェルト層のヤング率 E やかさ密度 ρ , 厚さ l に着目した。繊維径は一定とし, 2層目と4層目のフェルト層の材料特性($l_2, l_4, \rho_2, \rho_4, E_2, E_4$)を設計変数とした。また, 全体の厚さは10mm以下とした。

4.2.3 目的関数

多目的最適化の目標は, 積層防音材の α , TL, ILの性能が最大になる設計変数を見つけることである。また, α , TL, ILを総合的に評価する多目的関数として式(8)に示す f を用意した。

$$f = \omega_{\alpha} \times \alpha + \omega_{TL} \times TL + \omega_{IL} \times IL \quad (8)$$

ここで, ω_{α} , ω_{TL} , ω_{IL} は重みづけ係数であり, 今回は α , TL, ILをバランスよく最大化するためそれぞれ1/3とした。なお, α , TL, ILの解析対象周波数範囲はそれぞれ2000～5000Hz, 800～2500Hz, 300～800Hzとした。

5. 精度検証

Biotモデルと伝達マトリックス法による α とTLに関する精度検証については, 過去に実施がなされている⁶⁾。そこでILについて, Actranにより求めた計算値と実測値を比較した。

5.1 実験方法

小型加振機を用いた放射音測定実験を行った。今回実験に用いた装置を図5に示す。半無響室に小型加振機(IMV社製)を設置し, その周辺を銅板(幅870mm, 高さ530mm, 厚さ2mm)で覆った。銅板の内側には吸音材としてグラスウールボードを貼り付けた。上面はプレートの振動に干渉しないように加工し, 上面以外から漏れる音は無視できるレベルであることを確認済みである。プレート中心の100mm上方にマイクが設置しており, プレートのみの放射音とサンプルがある時の放射音を測定した。また, サンプルは全面をのりで接着した。

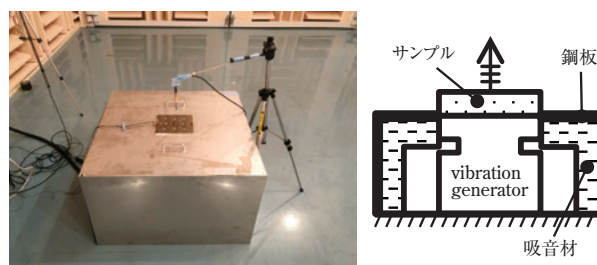


図5 固体伝搬音測定装置

5.2 ILの妥当性検証

ILの実験値と計算値の比較を図6に示す。測定サンプルは計算モデルと同じ構造で作製し, 熱プレスによって $\square 200\text{mm}$, 厚さ10mm, 面密度 500g/m^2 とした。この結果, 計算値と実測値が概ね一対一対応していることから, よく一致していることがわかる。

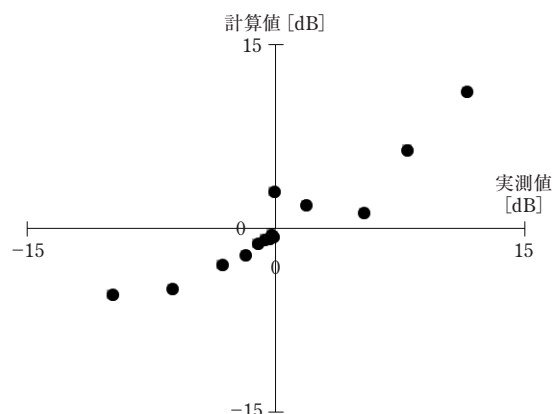


図6 ILの実測値と計算値の比較

6. 解析結果

遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化を行い、 α 、TL、ILのパレート解を得た。それぞれ個体数は300、世代数は10とした。 α -TL-IL多目的最適化パレート図を図7、 α -TL最適化パレート図を図8、IL- α 最適化パレート図を図9、IL-TL最

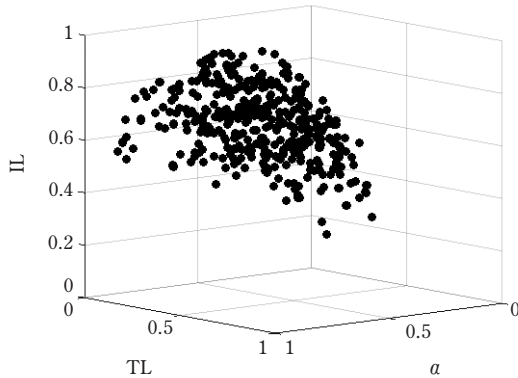


図7 α -TL-IL 3次元パレート図

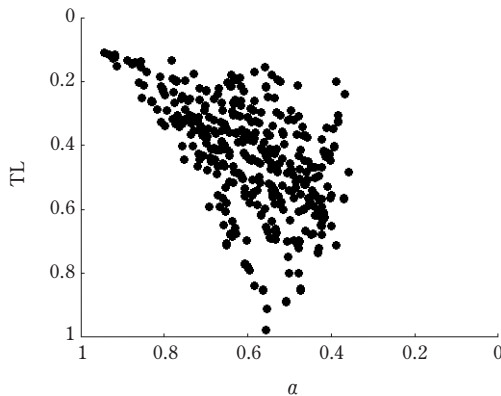


図8 α -TL 2次元パレート図

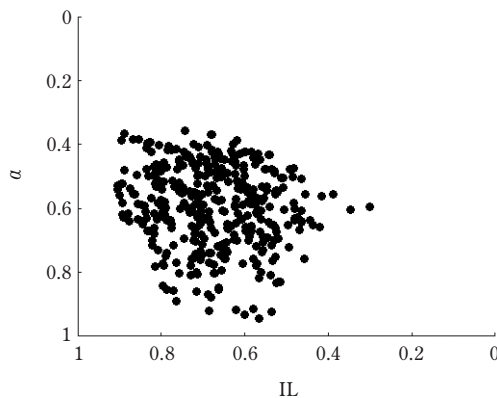


図9 IL- α 2次元パレート図

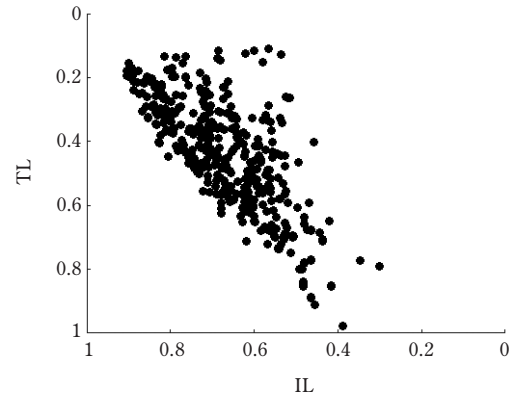


図10 IL-TL 2次元パレート図

適化パレート図を図10にそれぞれ示す。また、 α 、TL、ILは、計算結果の最大値を1として、0～1までの割合で表記する。

7. 設計パラメータの検討

ここでは最適化計算結果をもとに、 α 、TL、ILのそれぞれを良くするBiotパラメータの値を求めた。図11～14に結果を示す。図中の各Biotパラメータは、今回設定した範囲の最大値を1として正規化したものである。

図11に示すヤング率との相関を例にとって説明する。 α のみを向上させるには、1st layerのヤング率を大きくし、2nd layerを小さくすればよいことがわかる。TLのみを向上させるには、1st layer、2nd layer両方を最大値の0.6程度にすればよい。ILを向上させるには、1st layerを最大値の0.3にし、2nd layerのヤング率をできるだけ小さくすればよい。

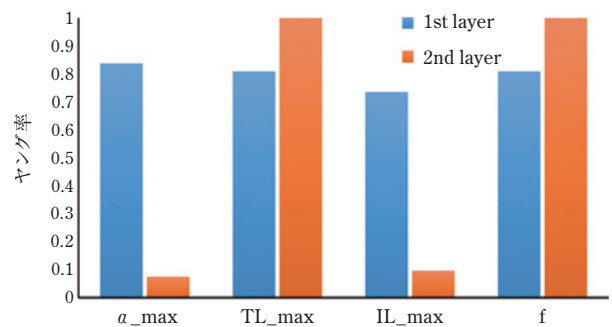


図11 ヤング率と音響性能の相関

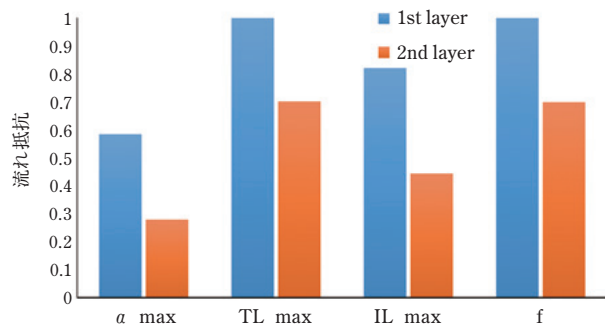


図12 流れ抵抗と音響性能の相関

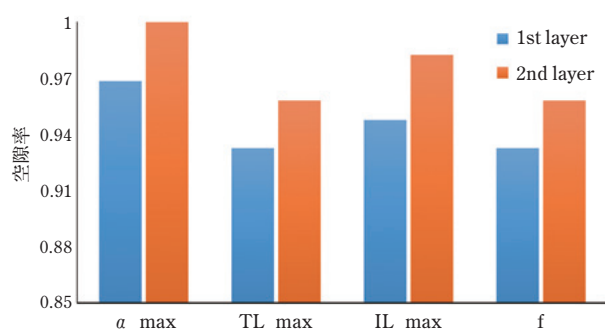


図13 空隙率と音響性能の相関

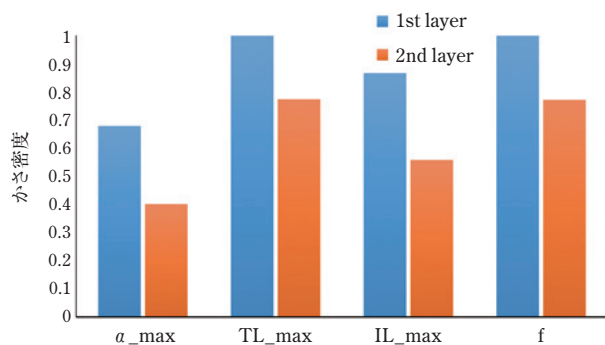


図14 かさ密度と音響性能の相関

図12～14についても同様の検討ができ、向上させたい音響特性に応じた防音仕様の設計が可能になる。

従って、上記のようにBiotパラメータの要求値が決定できるため、式(1)より繊維径 D を決定することができる。

8. ま と め

積層防音材について、吸音特性、透過損失特性、固体伝搬音特性といった音響特性を最適にする構造設計シミュレーション手法を提案することができた。

これにより、開発初期段階において効率的なノイズ対策が可能になると考えられ、低燃費化と静粛性向上の高次元両立の一助になることが期待できる。

今後は実測値との比較検証により今回提案した手法の妥当性検証をさらに進めたい。

参 考 文 献

- 1) GRB Expert Group on Regulation 51 : Proposal for the 03 series of amendments to Regulation No.51 (Noise of M and N categories of vehicles), Informal Documents for the 58th GRB session, GRB-58-04, p.1-74 (2013).
- 2) 経済産業省：乗用自動車のエネルギー消費性能の向上に関するエネルギー消費機器等製造事業者等の判断の基準等，経済産業省・国土交通省告示第二号，2013，9p.
- 3) 見坐地一人，鈴木雄輔，高橋亜佑美：ハイブリッドSEA法を用いた電気自動車のギアノイズとモーターノイズ解析，自動車技術会，2012年春季大会，学術講演会前刷集，No.61-12，20125357（2012）.
- 4) 見坐地一人，石井仁樹，高橋亜佑美，三木達郎，藤澤生磨，安藤大介：繊維体吸音材料のBiotパラメータの推定，自動車技術会論文集，49巻4号 p.787-792（2018）.
- 5) 野口好洋，土居隆之，多田寛子，見坐地一人：SEA法による吸音型防音材料仕様の決定手法，Honda R&D Technical Review Vol.18 No.1 p.149-153（2006）.
- 6) Claudio Bertolini, Luca Guj, Francesca Avenati Bassi, 見坐地一人，井出史彦：Tresuri2/FE: A Tool for the FE Simulation of Sound Package Parts Fully Integrated in Nastran, SAE 2009 International Journal of Passenger Cars Mechanical-systems, 2, 1511-1527（2009）.

※本報告は日本大学見坐地教授との共同研究の成果であり，自動車技術会2019年 秋季大会で報告した「積層防音パッケージの音響特性最適化に関する研究」の内容を整理したものである。

筆者紹介



三木 達郎

研究開発本部 CAE 室
音響測定技術の開発と音響解析に従事

「ニチアス技術時報」 バックナンバー

No.387 2019/4号



- 〈新製品紹介〉 超高温用うず巻形ガスケット
TOMBO™ No.1838R-NM 「ボルテックス® ガスケット -NM」
- 〈製品紹介〉 アルミナファイバー応用製品
TOMBO™ No.5461 「RF ボード™」
TOMBO™ No.5462 「RF モールド™」
TOMBO™ No.5655 「ファインブロック®」
TOMBO™ No.5464 「RF キャスト™」
- 〈解説〉 平成 30 年度省エネ大賞経済産業大臣賞（ビジネスモデル分野）受賞
エアロジェル「増し保温®」工法による保温材熱ロス削減

No.386 2019/3号



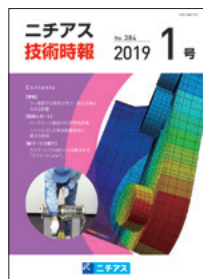
- 〈寄稿〉 木造外壁の断熱工法と防火性能（下）
～グラスウール断熱材と発泡プラスチック断熱材について～
- 〈製品紹介〉 着脱自在なフレキシブル保温材
TOMBO™ No.4500 「エネサーモ®」
- 〈新製品紹介〉 軽量遮熱カバー
TOMBO™ No.6600-PA-F 「インサルカバー® プロカール®」 ソフトマウント付き仕様
- 〈特別企画〉 JAXA が行った小型回収カプセルの実証実験で当社断熱材が使用されました

No.385 2019/2号



- 〈寄稿〉 木造外壁の断熱工法と防火性能（上）
～ロックウール断熱材を用いた木造外壁による実験的検討～
- 〈製品紹介〉 TOMBO™ No.5520-D 「マキベエ® ダンネツ」採用事例
- 〈技術レポート〉 ニチアスにおける断熱材の高温熱伝導率測定
- 〈技術レポート〉 遊合形フランジ-ガスケットの CAE 解析

No.384 2019/1号



- 〈巻頭言〉 新年雑感
- 〈寄稿〉 フッ素原子の特性が含フッ素化合物に与える影響
- 〈技術レポート〉 ロックウール製品の化学特性評価
- 〈技術レポート〉 ニトリルゴムの常温架橋技術に関する研究
- 〈新サービス紹介〉 ガスケットでの困りごとを解決する「ガスケット Labo™」

バックナンバーは当社のホームページ (<https://www.nichias.co.jp/>) でもご紹介しております。
次号 No.389 2020/2号は 2020 年 4 月発行予定です。



ニチアス株式会社

<https://www.nichias.co.jp/>

【東日本地区】

札幌支店	TEL (011) 261-3506
苫小牧営業所	TEL (0144) 38-7550
仙台支店	TEL (022) 374-7141
福島営業所	TEL (0246) 38-6173
日立営業所	TEL (0294) 22-4321
鹿島支店	TEL (0479) 46-1313
宇都宮営業所	TEL (028) 610-2820
前橋営業所	TEL (027) 224-3809
千葉支店	TEL (0436) 21-6341
東京支社	TEL (03) 4413-1191
横浜支店	TEL (045) 508-2531
神奈川支店	TEL (046) 262-5333
新潟営業所	TEL (025) 247-7710
山梨営業所	TEL (055) 260-6780

【中部地区】

富山営業所	TEL (076) 424-2688
若狭支店	TEL (0770) 24-2474
静岡支店	TEL (054) 283-7321
浜松支店	TEL (053) 450-2200
名古屋支社	TEL (052) 611-9200
豊田支店	TEL (0565) 28-0519
四日市支店	TEL (059) 347-6230

【西日本地区】

京滋支店	TEL (0749) 26-0618
大阪支社	TEL (06) 6252-1371
堺営業所	TEL (072) 225-5801
神戸営業所	TEL (078) 381-6001
姫路支店	TEL (079) 289-3241
岡山支店	TEL (086) 424-8011
広島支店	TEL (082) 506-2202
宇部営業所	TEL (0836) 21-0111
徳山支店	TEL (0834) 31-4411
四国営業所	TEL (0897) 34-6111
北九州営業所	TEL (093) 621-8820
九州支社	TEL (092) 739-3621
長崎支店	TEL (095) 801-8722
熊本支店	TEL (096) 292-4035
大分営業所	TEL (097) 551-0237

本 社 〒104-8555 東京都中央区八丁堀1-6-1

・基幹産業事業本部	TEL (03) 4413-1121
工事業部	TEL (03) 4413-1124
基幹製品事業部	TEL (03) 4413-1123
プラント営業部	TEL (03) 4413-1126
・工業製品事業本部	TEL (03) 4413-1131
海外営業部	TEL (03) 4413-1132
・高機能製品事業本部	TEL (03) 4413-1141
・自動車部品事業本部	TEL (03) 4413-1151
海外営業部	TEL (03) 4413-1155
・建材事業本部	TEL (03) 4413-1161
・研究開発本部	TEL (03) 4413-1181

研 究 所

・鶴見 ・浜松

工 場

・鶴見 ・王寺 ・羽島 ・袋井 ・結城

海外拠点

・インドネシア ・マレーシア ・シンガポール ・ベトナム
・タイ ・中国 ・インド ・ドイツ ・イギリス ・チェコ
・メキシコ

- ・記載の内容は予告なく変更することがありますので、当社製品をご使用の際は、カタログの最新版を入手いただき内容をご確認ください。
- ・本冊子記載の内容は、あくまで記載の条件下における情報を提示するものであり、すべての条件を網羅していない可能性があります。
- ・本冊子作成にあたっては内容の正確性に最大限の注意を払っておりますが、本冊子内のすべての情報、説明、推奨事項が、何らかの保証を行うものではないことをご承知ください。
- ・本冊子に記載の使用方法等が第三者の知的財産権を侵害しないことを保証するものではありません。
- ・本冊子に記載の情報について、複写、模倣、流用、転載などの著作権法によって保護されている権利を侵害する行為は固くお断りします。