

平成 2 2 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「難成形材の超薄板・微細コルゲート加工による  
電磁シールド・熱対策深絞り成形品の開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 3 年 9 月

委託者 近畿経済産業局  
委託先 三和パッキング工業株式会社

## 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	・・・1～4
1 - 2	研究体制	・・・5
1 - 3	成果概要	・・・5
1 - 4	研究開発の連絡窓口	・・・6

## 第2章 研究開発の内容

2 - 1	材質、板厚、コルゲート形状の選定理由	・・・6
2 - 2	材料基礎評価	・・・7
2 - 3	コルゲート加工性 CAE 評価	・・・8
2 - 4	コルゲート材加工性実機評価	・・・8～9
2 - 5	コルゲート成形加工性 CAE 評価	・・・9
2 - 6	コルゲート成形加工性実機評価	・・・10
2 - 7	コルゲート材熱 CAE 評価	・・・11～14
2 - 8	コルゲートCPUカバーCAE熱評価	・・・14～15
2 - 9	コルゲート板材によるCPUカバー熱予備評価	・・・15～16
2 - 10	箔材電磁シールド性能基礎評価	・・・16～17
2 - 11	コルゲート材電磁シールド性能評価	・・・17
2 - 12	CPUカバー加工トライ	・・・17～19
2 - 13	CPUカバー熱評価	・・・20
2 - 14	CPUカバー電磁シールド性評価	・・・20

最終章	全体総括	・・・21
-----	------	-------

## 第1章 研究開発の概要

平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業においては通常3年の開発期間に比して、延長申請を行った後でも、実質の開発期間が6ヶ月であり、また、このテーマをスタートさせようとした矢先の3月11日に東日本大震災に見舞われ、研究に必要な電力、材料、機材、設備の目処が立たない中、懸命に努力し何とか目標に挑戦し達成しようと協力して頂いた、再委託先のみなさん、また、設備、機材の設計、製作に係わって頂いた業者のみなさんに非常に感謝いたします。本当に、ご協力ありがとうございました。

このような2重、3重の困難、また最悪の環境の中でも、当方よりお願いした研究評価を何とか正確に達成させ、また、毎月開催した進捗報告会にも全員が参加頂き、また、その時に活発な意見交換、研究への指針ができ、「大きな困難にも目標を持ち、力を合わせて立ち向かえば、夢は実現できる」ということを、実体験させていただいた事は、我々の人生において研究業務のみでなく、人間的にも成長できたのではないかと大いに満足しております、今後の研究への取り組み姿勢にも活かして行きたいと思っております。

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

#### ・背景

#### 情報家電に関する事項

##### 軽量化・小型化・静音化・高放熱化

パソコン(PC)に代表されるように、電子機器では高速化、小型化、薄型化の波が続いている。また、使用形態も持ち運ぶ(Portable)かたちから、究極的には身につける(Wearable)形へと変貌しようとしている。それに伴いパソコンに搭載されている小型高速演算素子(MPU)は高性能化の方向にあるのが現状である。実際には、ICの微細加工化の進歩に伴ってトランジスタ集積数が増加(図参照)し、かつ、動作周波数が増加(図参照)することにより、ICの消費電力は増加する傾向にある。2013年には動作電圧は0.9V~0.6Vまで低下するが、消費電力は100W~200W程度まで増加することが予想(表1参照)されている。その逆に、PCの更なる小型化が求められている。これは、発熱量が増加しているのに、その熱を大気中へ放熱する面積が減少していることを意味しており、発熱密度が極端に増加することになる。

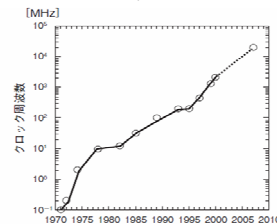
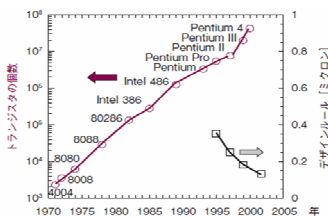


図 インテル社 MPU のクロック周波数の推移

図 インテル社 MPU のトランジスタ集積数の推移

表4 マイクロプロセッサのデザインルール、動作電圧、消費電力の見通し  
Future prospect of design rules, supply voltage and power consumption of MPU.

年	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013
デザインルール	180 nm	130nm	80 nm	65 nm	50 nm	40 nm	32 n
供給電圧	高性能品	1.5 V	1.2 V	1.1 V	1.1 V	1.0 V	0.9 V
	低消費電力品	1.5 V	1.2 V	0.9 V	0.8 V	0.7 V	0.6 V
消費電力	高性能品			167 W	189 W	198 W	198 W
	普及品			91 W	104 W	116 W	137 W

[出典] ITRS 2001およびITRS 2005報告書

また、電子機器を構成するコンピュータの中央演算素子（CPU）またはMPUや制御系機器での制御素子、電源に使われるパワーエレクトロニクス素子（パワー素子）などは、熱に弱いシリコンからできており、この半導体の温度が上がると誤動作へとつながると同時に、寿命や故障率が急激に上昇する要因となっている。

このように、ここ20年来の電気・電子機器の小型化と高性能化が著しい進歩を遂げている反面、電子機器の高性能化に伴う部品の高密度実装化及び小型化による発熱密度の増加が著しく、特にPCでは高速化及び高密度化が著しいために、**発熱量の大きいMPUの冷却技術の確立が喫緊の課題となっている。**

### 環境配慮

我が国の電力消費量は、京都議定書の基準年である1990年に比べて増加している。なかでもIT機器・システムの電力消費量は、情報化社会の進展にともなって大幅な増加を続けており、2025年には2006年の5倍に達し、全電力消費量の約2割を占めると予測されている。こうした状況のなかで、IT機器・システムの環境負荷を低減するための「ITのグリーン化」が急務となっている（図参照）。

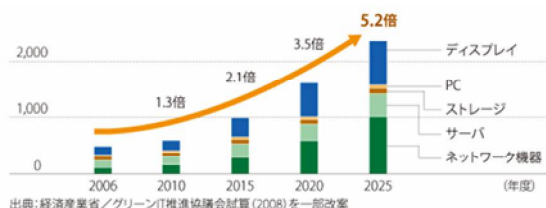


図 IT機器・システムの電力消費量（日本）

図 データセンターにおける消費電力の割合

特に、飛行機の航空券販売システム、銀行の現金処理システム等の業務を担うサーバー（業務用の比較的大型の計算機）が集中的に多数台設置されている場所（データセンター）では、社会に流通する情報量の増加に伴う需要急増に相反して、設置された計算機を冷却するために消費される膨大なエネルギーが問題（図参照）となっており、環境負荷低減の必要性に迫られている。また、サーバーの温度が上がることによる故障率の上昇、最終的にはシステムダウンという最悪の事態を引き起こすことが懸念されており、効率的な機器の冷却が絶対不可欠となっている。

・研究開発の目的

難成形材の超薄板・微細コルゲート加工による電磁シールド・熱対策深絞り成形品の開発を行い、電子機器用熱対策・電磁遮蔽ケース(略称CPUカバー)へ応用する。(図参照)

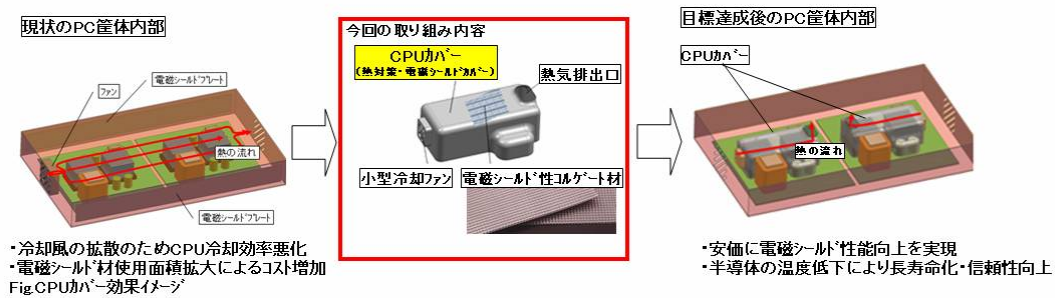


図 微細コルゲート加工による電子機器用熱対策・電磁遮蔽ケース (CPUカバーとする)へ応用例

・研究の目標

、現状のPCの冷却方式を従来無かった新構造である、今回提案のCPUを覆い込むカバー方式とする。

、カバー構造をダクト状に最適に設計することにより、CPUにより発生した熱風を外気冷却風を取り入れ、CPU局部を換気し冷却の効率化を図る。

、冷却FANの消費電力を低減し、同時にFAN騒音の静音化をはかる。

、CPUを覆いこむことによる付帯効果として、CPUより発生する電磁ノイズの発生源での電磁シールドを行う。

、～を実現する手段として、箔板を微細コルゲート化しカバー形状とする。

以上を取り組むこととし、法規制、種々の文献のリサーチ、家電メーカー設計者へのリサーチを実施し、表に示す、目標値を掲げることとした。

表 PCの冷却方式別対策効果及びコスト

冷却方式	主な部品	温度効果			電磁シールド*	コスト
		室温℃	CPU温度℃	騒音dB		
自然空冷	ヒートシンク	25℃	-	-	△) *	¥170
本開発方式	CPUカバー	22℃	64℃以下	30以下	○	¥4,000以下
強制空冷	大型ファン	22℃	66℃	30	○	¥8.80
水冷	冷却水	22℃	61.5℃	20	○	¥37.00

\*)別途対策必要

1 - 2 研究体制

研究員等氏名	役職	研究分担
三和パッキング工業株式会社		
秋本 一世	課長	リーダー
中野 泰行	係長	成形限界に関する事前検討 成形実験による成形方法の検討 絞り成形限界に関する事前検討 成形実験による成形条件の検討
長崎 健児	研究員	放熱性の検証 電磁シールド性評価
独立行政法人理化学研究所		
須長 秀行	チームリーダー	成形限界に関する事前検討 成形実験による成形方法の検討 絞り成形限界に関する事前検討 成形実験による成形条件の検討
見原 俊介	テクニカルスタッフ	成形限界に関する事前検討 成形実験による成形方法の検討 絞り成形限界に関する事前検討 成形実験による成形条件の検討
地方独立行政法人大阪市立工業研究所		
山田 信二	室長	サブリーダー 超薄板微細コルゲート成形方法の検討 成形実験による成形方法の検討 超薄板微細コルゲート材料の絞り成形方法の検討 成形実験による成形条件の検討 バリ等トリミング不良に対する加工条件の検討 放熱性の検証
武内 孝	研究員	放熱性の検証
株式会社 SIM24		
大木 滋	取締役社長	放熱性の検証
岐阜大学 工学部 機能材料工学科		
柳瀬 俊次	准教授	電磁シールド性評価

### 1 - 3 成果概要

当初の目標値(黄色枠部分)に対し

表 PCの冷却方式別対策効果及びコスト

冷却方式	主な部品	温度効果			電磁シールド*	コスト
		室温℃	CPU温度℃	騒音dB		
自然空冷	ヒートシンク	25℃	-	-	△) *	¥170
本開発方式	CPUカバー	22℃	64℃以下	30以下	○	¥4,000以下
強制空冷	大型ファン	22℃	66℃	30	○	¥8.80
水冷	冷却水	22℃	61.5℃	20	○	¥37.00

\*)別途対策必要

、CPUを覆い込むカバー方式:

0.04mm箔板のマイクロコルゲート化により可能となった。

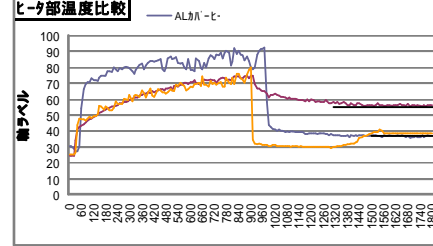


、CPU局部を換気し冷却の効率化:

CPU(熱源温度)64が達成できた。



環境温度 26



15以上の温度低減効果

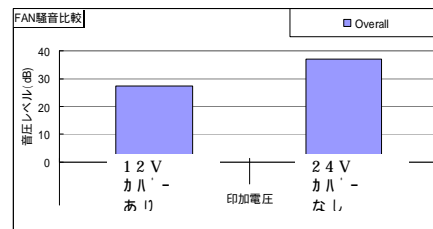
印加電圧 24V 12V

、冷却FANの消費電力を低減:

電力が1/2に半減した。

FAN騒音の静音化:

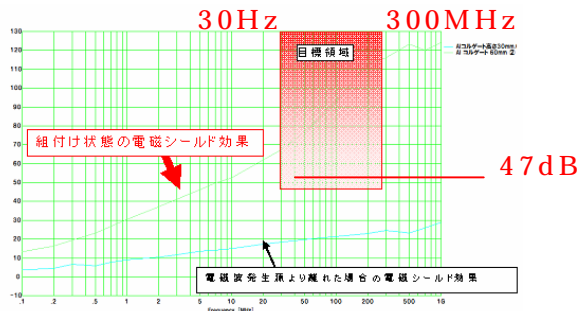
30dB以下になった。



、電磁ノイズの電磁シールド:

47dB (30MHz~300MHz)以上の

シールド能力が確保できた。



当初、想定した全ての目標が達成できた。

## 1 - 4 研究開発の連絡窓口

三和パッキング工業株式会社  
技術部 インシュレータ開発課 課長 秋本 一世  
TEL: 06 - 6863 - 0918  
FAX: 06 - 6863 - 0773  
E-MAIL: akimoto@sanwa-packing.co.jp

## 第2章

### 2 - 1 材質、板厚、コルゲート形状の選定理由

#### ・材質、板厚の選定理由

表 材質・板厚の選定理由

目的	材質	板厚	理由
電磁シールド	Al	0.04mm	箔板の表皮効果による高周波成分の電磁シールド効果
	Fe-Al	0.04mm	箔板の表皮効果による高周波成分の電磁シールド効果 低周波成分の透磁率向上効果による電磁シールド効果
	パーマロイ	0.04mm	一般的に使用されている電磁シールド材料
熱	Al	0.04mm	熱伝導性が良好による放熱効果(カバー内の熱を拡散する)
	Fe-Al	0.04mm	熱伝導性が悪い事による遮熱効果(カバー内の熱を逃がさない)

#### ・コルゲート形状の選定理由

表 コルゲートの選定理由

目的	理由
電磁シールド	波形状による電磁波の乱反射による電磁シールド効果
熱	波形状の放熱面積拡大による冷却効果
	波形状による熱流の整流効果
加工性	箔板の加工性向上
剛性	剛性確保

### 2 - 2 材料基礎評価

箔材のコルゲート成形シミュレーションに必要な基礎物性を取得するために専用の箔材引張試験治具の開発を行い、アルミ箔、Fe-Al箔、パーマロイ箔(各々板厚0.04mm)についての強度比較を実施した。

また、Fe-Al材は熱処理温度により電磁シールド性能に影響を及ぼす事が事前に分かっており、その効果範囲が650～700であったため、650～700にて10分間加熱した時Fe-Al材料の強度特性も評価することとした。図に強度評価試験状況を示す。



図 箔材の引張強度測定



(結果)

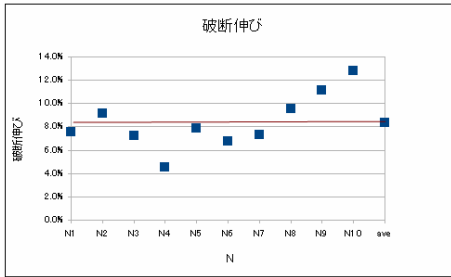


図 アルミ箔材の破断伸び

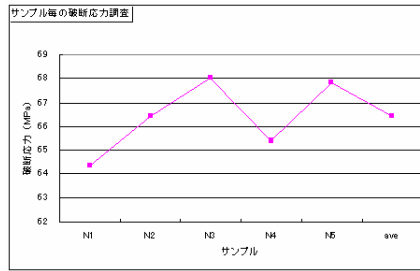


図 アルミ箔材の破断強

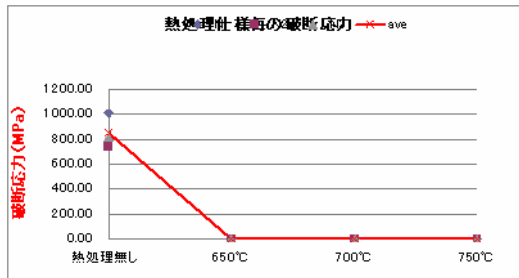


図 Fe-Al 箔材の各熱処理温度での破断応力

引張り強さ

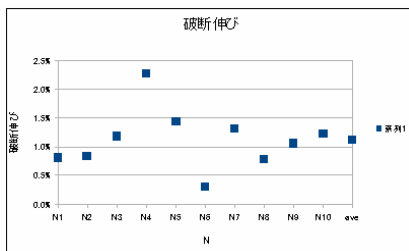


図 パーマロイ箔材の破断伸び

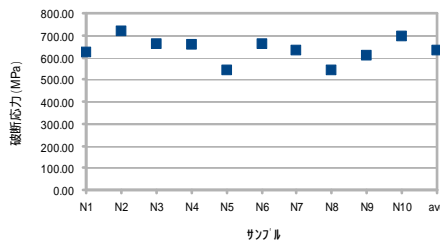


図 パーマロイ箔材の破断強度

(結果)

・n 値 (加工硬化指数) の比較をそれぞれ材料の S-N 線図より算出した (下記 図参照)、結果としてアルミ箔の n 値が高く、加工性に対しては有利であるとの判断が出来た。

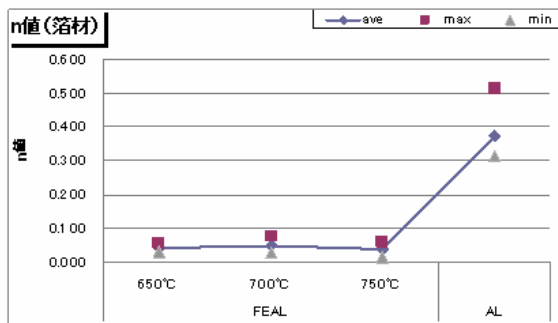


図 Al、Fe-Al 材の n 値

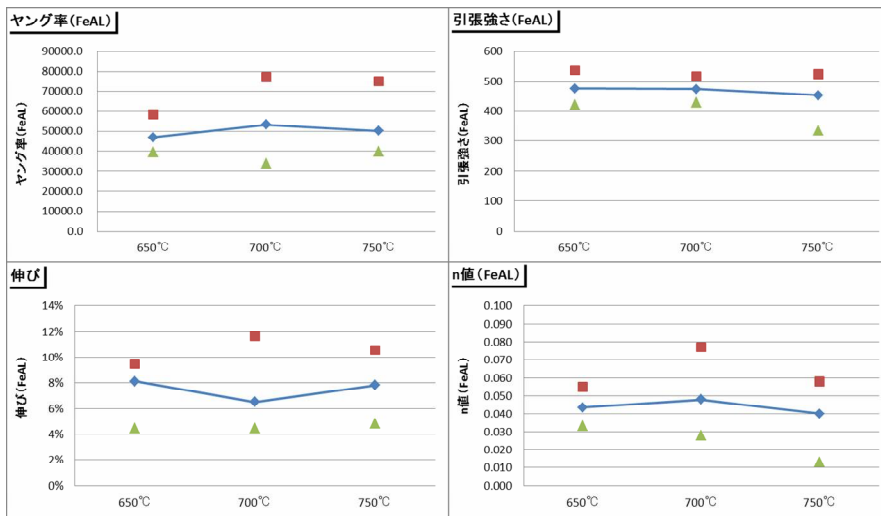


図 Fe-Al 材の熱処理温度による各機械特性の比較 (結果)

Fe - ALの熱処理温度に関しては 650 ~ 750 の範囲では強度には影響が無い事が確認された。

## 2 - 4 コルゲート加工性 CAE 評価

基礎物性を用いコルゲート形状作成に必要な歯形状水準を決定し CAE 評価を実施した。

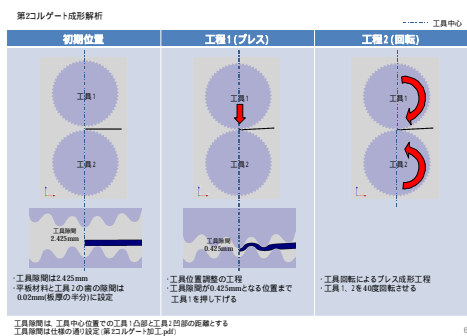
コルゲート形状の作成に関する説明)

コルゲート形状は歯車状の歯形を持った上下の成形機内に薄板が挟まれ、挿入されることにより作成される。

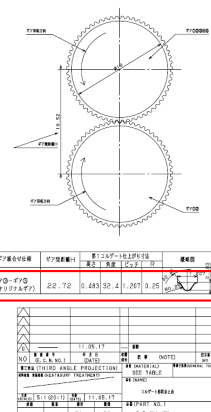
はじめに、第 1 方向の歯車状の成形機により波形の板材が作成され、次にそれを直交させる方向に第 2 方向の歯車状の成形機にその波板材が挟まれ挿入されることにより作成される。

この時、成形機の第 1 歯形、第 2 歯形形状の違いによりコルゲートの形状が、ある範囲で異なる事が、経験上把握できている。

第1・第2コルゲート成形解析(8×8サイズ)



ギア組合せ仕様	ギア駆動歯数	第1コルゲート仕上げ方法			駆動角		
		高さ	角度	ピッチ			
A	ギア①-ギア②	19.52	0.379	22.6	1.027	0.25	
B	ギア①-ギア②	21.15	0.294	41.6	1.027	0.25	
C	ギア①-ギア③	21.26	0.29	46.7	1.027	0.25	
D	ギア①-ギア④	21.03	0.301	43.2	1.027	0.25	
E	ギア①-ギア⑤	24.02	0.191	59.4	1.027	0.25	
ギア組合せ仕様	ギア駆動歯数	第2コルゲート仕上げ方法			駆動角		
a	ギア①-ギア①	21.17	0.275	56.9	1.211	0.25	
b	ギア①-ギア②	22.41	0.596	21.1	1.196	0.25	
c	ギア①-ギア③	22.6	0.502	33.6	1.196	0.25	
d	ギア①-ギア④	22.41	0.473	32.5	1.196	0.25	
e	ギア①-ギア⑤	25.47	0.297	56	1.196	0.25	

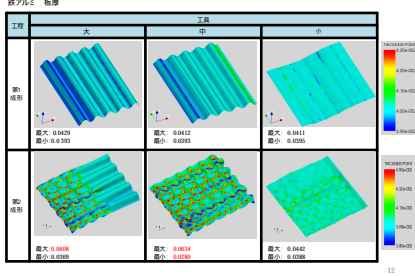


- ・材料の基礎特性の結果を用い CAE により第 1 コルゲート波板形状のシュミレーションを実施しコルゲート成形性を確認した。
- ・第 1 コルゲートの結果を用い CAE により第 2 コルゲート形状の

シュミレーションを実施しコルゲート成形性を確認した。

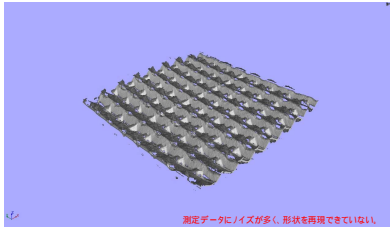
第1・第2コルゲート成形解析(8x8サイズ)

5. 解析結果



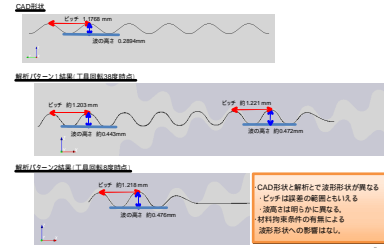
・第2コルゲート形状の断面をCTスキャナーにより測定しCAE結果と実機の相関を確認した。

FeAl\_第2コルゲート(大)



実成りモデルと解析モデルの比較

波形状の比較



(結果)

CAEにより第1コルゲート波板加工、第2コルゲート加工計算を実施し設定された、コルゲート加工用の歯形形状水準で実機コルゲートが作成可能である事が、推測できるため、この結果を用い、試作コルゲート加工機の作成を行い、その断面形状のCTスキャンを実施、CAE結果とほぼ同一であることが確認された。

2 - 5 コルゲート材加工性実機評価

ギヤ組合せ仕様	ギヤ組合せ仕様	第1コルゲート仕上げ寸法				規格図	
		高さ	寸法	ピッチ	径		
A	ギヤ①-ギヤ②	19.52	0.379	22.8	1.027	0.25	
B	ギヤ①-ギヤ③	21.15	0.284	41.8	1.027	0.25	
C	ギヤ①-ギヤ④	21.26	0.29	46.7	1.027	0.25	
D	ギヤ①-ギヤ⑤	21.03	0.301	43.2	1.027	0.25	
E	ギヤ①-ギヤ⑥	24.02	0.191	59.4	1.027	0.25	
ギヤ組合せ仕様	ギヤ組合せ仕様	第1コルゲート仕上げ寸法				規格図	
高さ	寸法	ピッチ	径				
a	ギヤ①-ギヤ⑦	21.17	0.275	56.9	1.211	0.25	
b	ギヤ①-ギヤ⑧	22.41	0.596	21.1	1.196	0.25	
c	ギヤ①-ギヤ⑨	22.6	0.502	33.8	1.196	0.25	
d	ギヤ①-ギヤ⑩	22.41	0.473	32.5	1.196	0.25	
e	ギヤ①-ギヤ⑪	25.47	0.287	56	1.196	0.25	

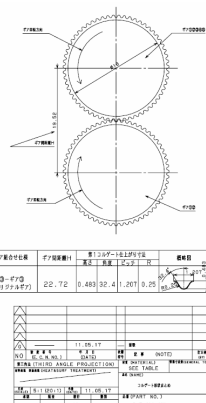


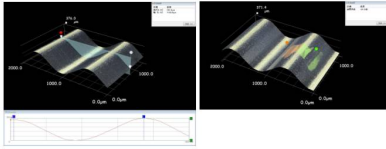
図 コルゲートギヤ設計詳細

・第1 コルゲート加工形状調査

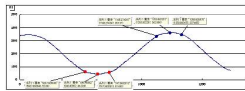
上記の工具を用い第1工程の波板形状の測定を実施した。

第1 コルゲート測定方法

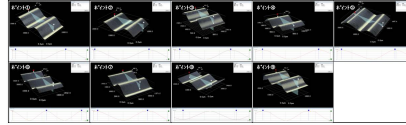
測定サンプル FeAl 0.04t キチ中加工  
測定測定倍率  $\times 200$  (使用レンズ VHT-Z100UR ( $\times 100 \sim \times 1000$ ))  
高さ、ピッチ、角度測定



注) R部測定方法 高さの測定に用いた測定ポイントをCSVファイルにて出力し、R部の3点を抽出、CADにて再現し測定

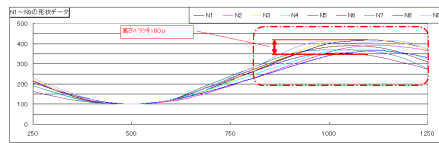


測定結果



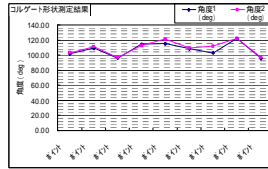
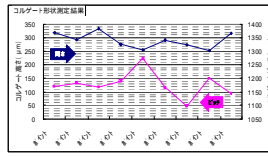
説明)  
高さ測定結果画像

測定結果まとめ



説明)  
・高さバラツキ  $80 \mu m$   
・ピッチバラツキ  $177 \mu m$   
これはFeALの機械的強度が高くスプリングバックの影響と思われる

第1コルゲート高さ、角度測定結果

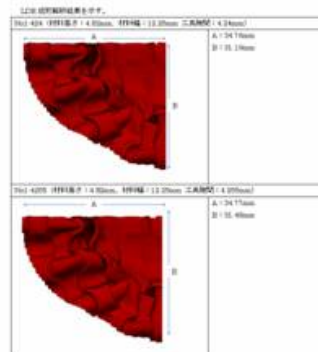
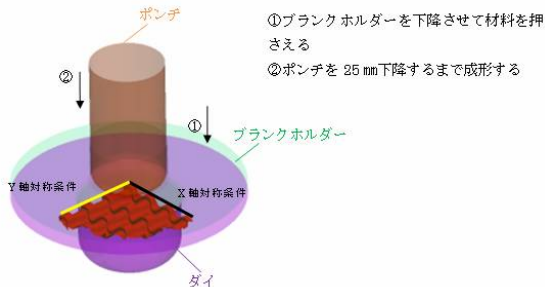


(結果)

- ・高さバラツキ  $80 \mu m$
- ・ピッチバラツキ  $177 \mu m$  が生じていることが判った。

2 - 6 コルゲート成形加工性 CAE 評価

CPUカバー形状への成形性確認のため、まず、CAEによりコルゲート形状になった箔板のエリクセン試験(張り出し成形性確認)、LDR試験(限界絞り比)を行い、成形加工の可否確認とその特性を調査した。



## 2 - 7 コルゲート成形加工性実機評価

### コルゲート成形加工実機評価

・加工実機評価として

エリクセン張り出し試験

LDR (限界絞り比) 試験

剛性向上確認試験の実施を行った。

・0.04mm 材のエリクセン評価

張り出し加工性調査のため板厚 0.04mm 箔材と板厚 0.04mm を用いたコルゲート材との比較を行うため、各材質におけるエリクセン試験を実施した。



図 箔、コルゲート材用エリクセン試験機

材質	Al			FeAl			Pb		
	トライ	N1	N2	トライ	N1	N2	トライ	N1	N2
初期写真	06.22	09.3	06.3	-	01.6	01.72	02.85	02.88	02.8
試験後									
破断部拡大				割れ無し					
チャート図									
エリクセン値	4.38	4.3	4.3	-	0	2.88	1.75	1.77	1.8
単位	kgf			kgf			kgf		

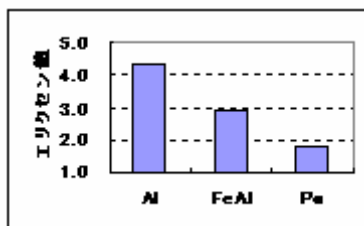


図 箔材のエリクセン試験結果

(結果)

0.04mm の箔材の張り出し成形性はクラフの様にアルミ箔が良い結果となった、電磁シールド材の張り出し成形性は悪い、これは材料の硬度が高いためと思われる。

・0.04mm コルゲート材のエリクセン評価

張り出し加工性調査のため板厚 0.04mm 箔材と板厚 0.04mm を用いたコルゲート材との比較を行うため、各材質におけるエリクセン試験を実施した。

	エリクセンFeAlコルゲート			エリクセンAlコルゲート		
	大	中	小	大	中	小
N1	4.19	4.11	4.02	5.3	4.24	4.36
N2	4.26	4	4.32	5.35	4.5	4.4
N3	4.3	3.8	4	5.02	4.28	4.78
ave	4.25	3.97	4.11	5.22	4.34	4.51
Max	4.3	4.11	4.32	5.35	4.5	4.78
Min	4.19	3.8	4	5.02	4.24	4.36
R	0.11	0.31	0.32	0.33	0.26	0.42

(結果)

0.04mm 箔材に比して、コルゲート加工することにより張り出し性能は向上する、特に Fe-Al には約 2.9 倍の向上がみられ、全体としてもコルゲート形状が大きい方が張り出し性の向上傾向は大きいようである。

・0.04mm 箔材、コルゲート材のLDR値(限界絞り比)評価

絞り加工性調査のため板厚 0.04mm 箔材と板厚 0.04mm を用いたコルゲート材との比較を行うため、各材質におけるLDR試験を実施した。

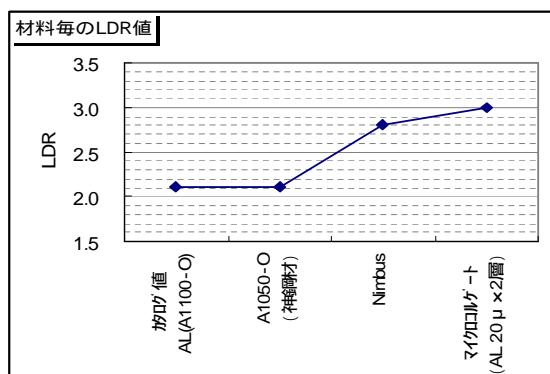


図 アルミ箔材とコルゲート材のLDR値比較

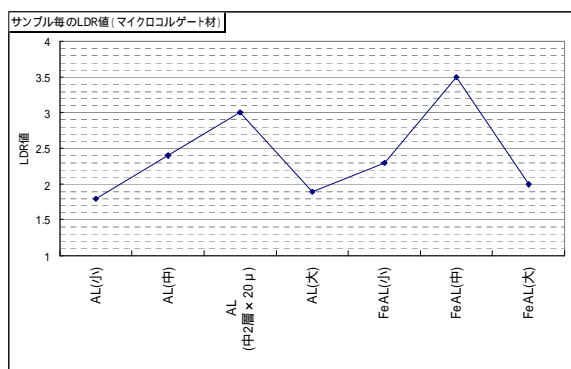


図 コルゲート材歯形形状の差によるLDR

(結果)

- ・量産品の Nimbus LDR 参考値 2.8 に対し今回の箔コルゲート (マイクロコルゲートと呼称する:量産の 1/10 の形状である) の LDR 値が 3.0 と、量産品より高くなっている、原因として、パンチ肩 R に対してマイクロコルゲート形状一個は十分に小さいが、Nimbus は肩 R に対してコルゲート形状が大きいいため、コルゲート 1 個にかかる絞り時の負荷が大きくなり、マイクロコルゲート形状の方は絞り性がよくなっていると考えられる。
  - ・最も加工性が良いのは FEAL の中であつた。
- 引張試験の結果、材料強度、n 値が高く、加工面の効果が出たと思われる。  
材料特性 Fe - Al 伸び 8%、強度 450MPa 以上  
材料特性 Al 伸び:7.3%、66MPa となっている。
- ・コルゲート形状比較ではコルゲート中がもっとも良かった
- これは、型クリアランスが 0.5 で設定している為と思われる。
- ・以上の結果よりアルミ材、Fe - Al 材を加工対象とする。

・剛性向上確認試験

箔材の片持ちバリのたわみを測定し、共振点の変化で強度を評価することとした。



図 試験状況



図 Al 0.04mm 箔材、コルゲート材の共振法による剛性向上効果比較

(結果)

- ・コルゲート化により剛性は70%向上する。
- ・簡単な振動モデルの固有振動数の式:  $1/2 \sqrt{K/M}$  ( ( K/M )) より共振点 が 70% 増加すると重量が同じならば強度は約 3 倍向上することになる。

## 2 - 8 コルゲート材熱 CAE 評価

コルゲートの波形形状が熱に与える特性を調査するために加工解析にて作成したコルゲート形状をもとに、波の高さ、ピッチ、幅等の水準を変え、特性調査を行う。

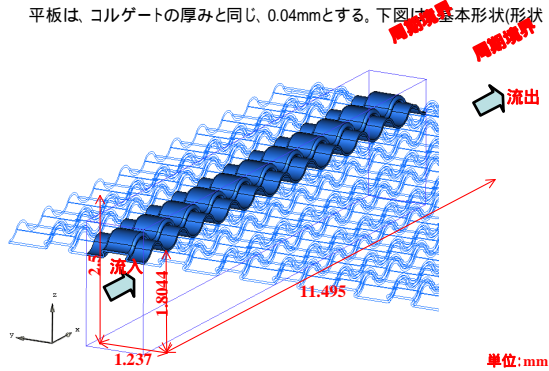
### 1. 解析内容

コルゲートと平板で、計算結果に違いが出るかどうか確認するため、同じ条件で計算を行う。

### 2. 解析モデル

コルゲートは同じ形状が並んでいるため、1スパンのみ解析領域とし、周期境界条件を使用する。

平板は、コルゲートの厚みと同じ、0.04mmとする。下図は基本形状(形状)

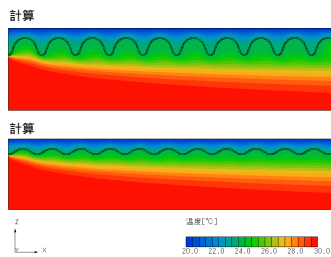


(結果)

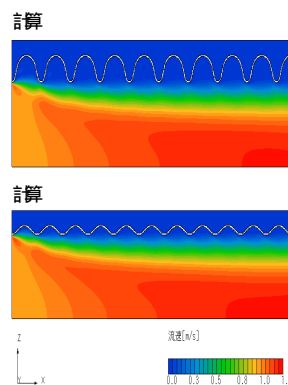
(結果)

・コルゲートの熱特性として、波形高さが高く、ピッチが狭いほど

Y断面の温度コンター図



X断面の流速コンター図



空気の滞留効果があり断熱性が良くなる。

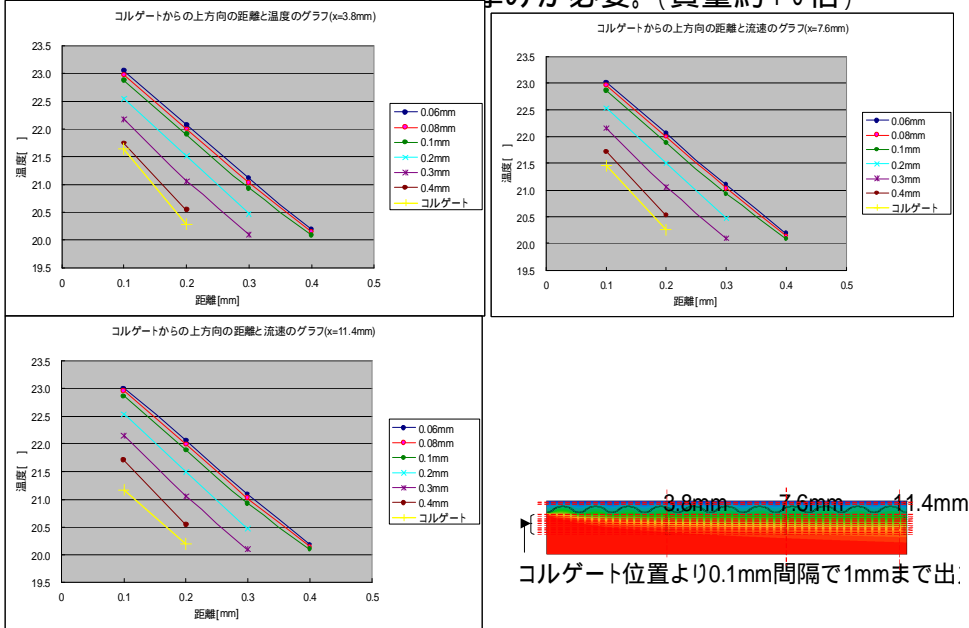
・断熱性の向上効果は同材質の場合コルゲート質量を1とすると質量の10倍に相当する同材質の板材と同じ断熱効果があることが解析により判った。

CPUカバー内の熱をカバー外部に放熱することなく、効率良くCPU熱を集めカバー内に集め、排気可能であることが判断可能となった。



## 6. まとめ(アルミ平板で同等の遮熱性比較)

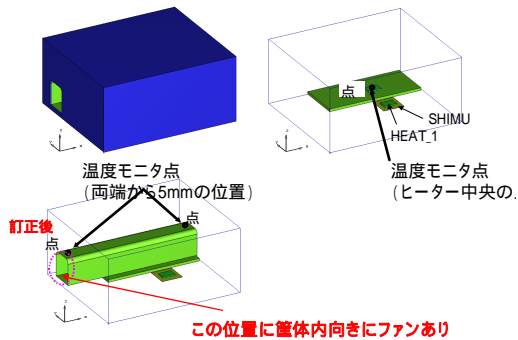
結論 コルゲートの10倍以上の厚みが必要。(質量約10倍)



## 2 - 9 コルゲートCPUカバー熱CAE評価

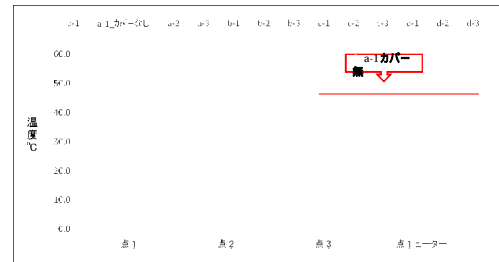
CPU冷却用途にて最適な、CPUカバー形状の設計を行うために、熱CAEにより解析を行うこととした。

### 温度評価位置



### 解析結果

#### 温度グラフ



a-1\_カバーなしの点 ヒーターよりa-1、d-1、d-2、d-3の温度が低いことを明確した。特にd-1、d-2、d-3は大きく温度差を確認できて、放熱効果はよりよいと考えられる。

### 解析結果

#### 温度まとめ

形状	点	点	点	点	ヒーター
a-1	26.9	24.0	24.1		44.8
a-1_カバーなし	28.2	24.0	24.2		45.4
a-2	28.2	24.0	24.4		48.9
a-3	30.9	24.0	25.6		49.1
b-1	27.1	24.0	24.5		47.3
b-2	28.7	24.0	24.7		50.2
b-3	32.3	24.0	25.0		50.8
c-1	27.5	24.0	24.7		46.4
c-2	29.7	24.0	24.8		50.0
c-3	30.9	24.0	24.8		49.9
d-1	24.4	24.0	25.0		40.4
d-2	25.1	24.0	25.2		41.9
d-3	26.4	24.0	24.1		42.1

点 ヒーターは熱源温度、点 はヒーターすぐ近くの温度、点、点 はカバーすぐ近くの温度。

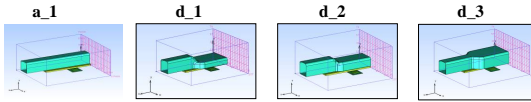
(結果)

下記内容が確認できた、これを元に金型の作成を行うこととした。

## まとめ

点 ヒーター温度

a\_カバー無しより温度が低いのは…



- 入口と出口のところ平面カバーは斜面カバーより放熱効果がよい。
- 出口方面に基板に接している面積は大きいほど放熱効果がよい。

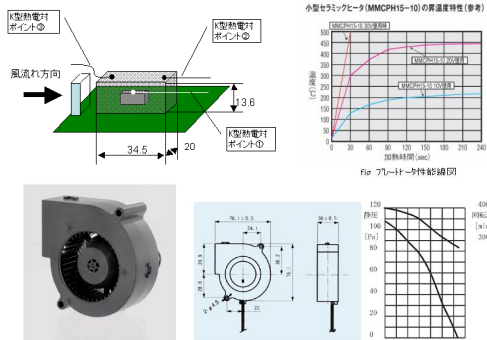
d-1形状の放熱効果が一番よいと確認できた。

## 2 - 10 コルゲート板材によるCPUカバー熱予備評価

熱 CAE による結果を受けて A1 0.04mm 箔板材にて実機モデルを作成し効果の検証を行った。

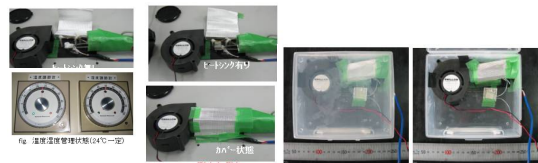
### CPUカバー熱試験

(配置、ヒータ、Fan性能)



### CPUカバー熱試験 測定装置

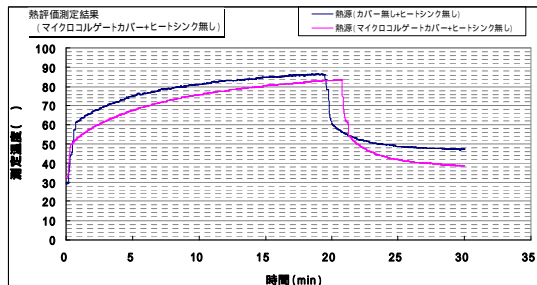
(筐体内の熱測定)



測定仕様

- 1) カバー無し + ヒートシンク無し
- 2) カバー無し + ヒートシンク有り
- 3) マイクロゲートALカバー + ヒートシンク無し
- 4) マイクロゲートALカバー + ヒートシンク有り
- 5) フレートALカバー + ヒートシンク無し
- 6) フレートALカバー + ヒートシンク有り

## 試験結果



(結果)

実機試験結果にても約 8 近い効果を得られ、CAE 結果の検証が出来た。

## 2 - 1 1 箔材電磁シールド性能基礎評価

・Fe-Al の熱処理による粒子径の確認

電磁シールド性能に影響を与えるのが、電磁シールド材料では熱処理温度、すなわち金属結晶粒子の大きさである、特に Fe-Al には電磁シールド効果向上のため、熱処理を施す必要があり、これは材料強度に影響を与える事になる。しかし、強度評価の結果として Fe-Al の熱処理温度は 650 ~ 750 の範囲にあることが必要条件であるため、その範囲内の熱処理温度と粒子径の比較を行い粒子径 電磁シールド性能への影響を確認する事とした。

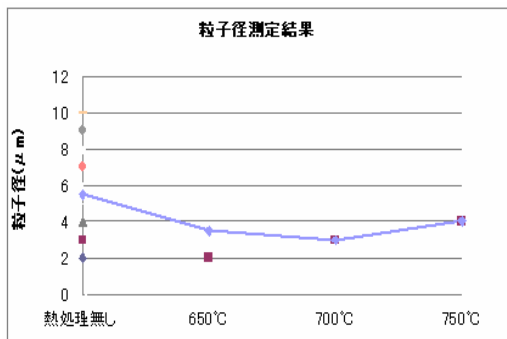


図 粒子径測定結果

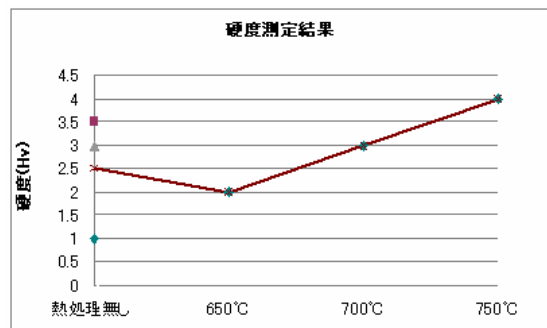


図 熱処理温度と硬度

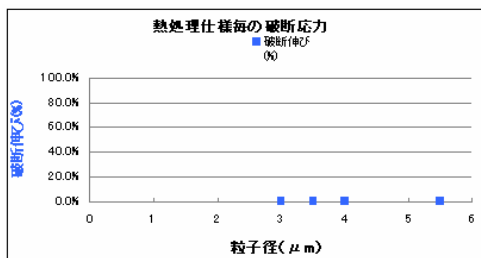


図 粒子径と破断応力

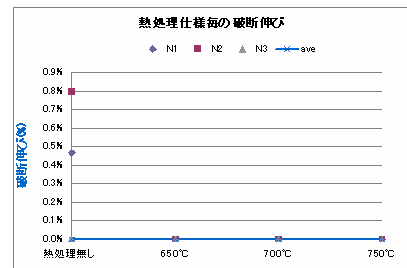


図 粒子径と破断伸び

(結果)

・平均結晶粒径: 2.5 μm で熱処理してもしなくとも、同等であった。

(箔材の場合、熱処理の結晶粒の大きさの影響は、ほぼ無いと言える。)

・硬度は温度上昇とともに若干の硬化が生じる。

・破断応力には変化は見られなかった。

・総論

Fe-Al においては熱処理による加工に影響する差は無いことが分かった。

## 2 - 1 2 コルゲート材電磁シールド性能評価電磁シールド

重要な目標である電磁シールド特性について、それぞれ箔材、コルゲートの比較を実施することとした。

・試験概要

・0.04mm 箔材の電磁シールド性能  
平板比較

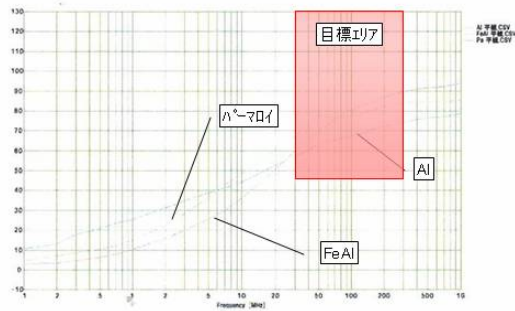


Fig. 平板 0.04tでの比較

図 各材質の平板による電磁シールド性能比較

・コルゲート材の電磁シールド性能

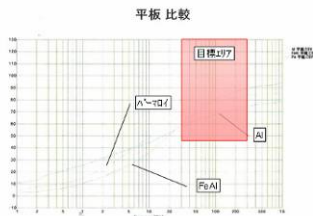


Fig. 平板 0.04tでの比較

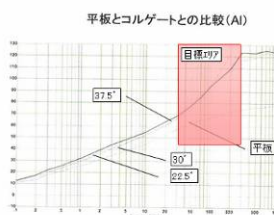


Fig Al.0.04t 平板-コルゲート 22.5°, 30°, 37.5°での比較

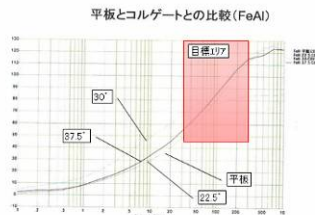


Fig FeAl.0.04t 平板-コルゲート 22.5°, 30°, 37.5°での比較

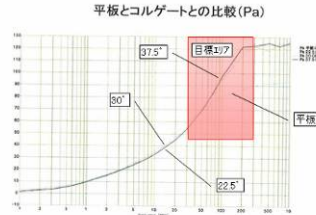


Fig Pa.0.04t 平板-コルゲート 22.5°, 30°, 37.5°での比較

図 電磁シールド性能比較結果まとめ

(結果)

・下記 図にて赤枠部分が目標としている効果範囲を示す。

SN比 47dB以上

波数範囲 30MHz ~ 300MHz

・目標周波数範囲 30MHz ~ 300MHzの範囲で箔材は

Fe - Al > パーマロイ > Alの順にて効果がある。

ただし、パーマロイはコストが非常に高価：8000円/m<sup>2</sup> 0.04mm

また、成形が不可能である事が判っている：エリクセン、LDR試験参照。

・コルゲート加工を行うことにより全体に平板よりもSN比のゲインが向上する。

・コルゲート加工により、目標周波数範囲 30MHz ~ 300MHzの範囲で

コルゲート材はAl > Fe - Al パーマロイの順にて効果があることが判った。

・Fe - Al熱処理温度による電磁シールド性能

Fe - Alは熱 粒子径により電磁シールド特性が変わると言われているが、

650 ~ 750 の範囲では粒子径の変化が殆ど無かった、従って、

電磁シールド特性も変化しないと思われるが、その検証を行うこととした。

コルゲート大 FeAl 熱処理比較

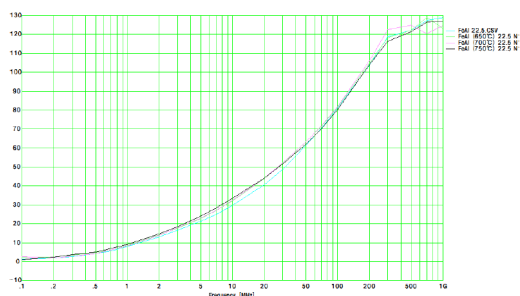


図 Fe - Alの熱処理条件の違いによる電磁シールド性能比較

(結果)

目標としている周波数帯ではFe - Alは熱処理条件の違いによる電磁シールド性能の差は無い事が判った。

この原因の詳細を調査するため文献調査をしたところによるとFe - Alは磁気レベルの周波数帯域1 KHz以下に効果があるという事が判り、次回には、低周波レベルでのFe - Alの磁気シールド特性についても調査を行いたいと思われる。(今後の課題)

#### ・積層コルゲート材の電磁シールド性能

文献によると、電磁シールドには薄板を積層すると電磁シールド効果が向上するとの記載がある、また、コルゲート加工はコルゲート断面の構造により、樹脂等の接着剤を用いず、機械的に2層以上の薄板材料を接合することが可能である。

(現在、量産品の自動車用コルゲート材：Nimbus材に2層構造を使用中)より一層の効果向上を目指すために、積層した場合、また、異種材料を積層した場合の電磁シールド効果について検証することとした。

No.27 (Al+Al)0.02+0.02

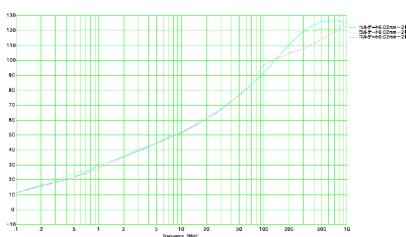


図 Al 0.02mm 2層の電磁シールド性能

(結果)

・2層にする電磁シールド効果はある。

これはコルゲート凸凹部の平均板厚が増加した効果と思われる。

そのため、異種材料を積層させても余りゲインが無い

また3層以上にするとコルゲート積層部の歪の影響が大きくなり

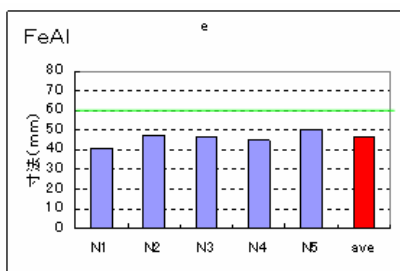
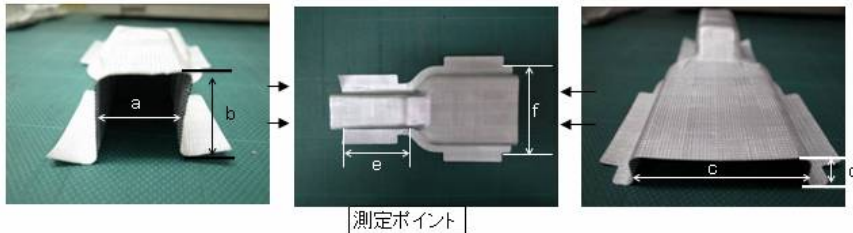
電磁波が漏れてしまい、効果がなくなってしまう

積層効果とコスト効果のバランスが必要となるが、現状の効果で見ると

1層コルゲートでも十分な対応が可能と思われる。

### 2 - 13 CPUカバー加工トライ

CPUカバーとして重要な機能の一つの冷却性能の向上が認められる形状を熱CAEにより計算し、その結果をもとに金型作成を行い、形状の仕上がり状態を測定した。



(結果)

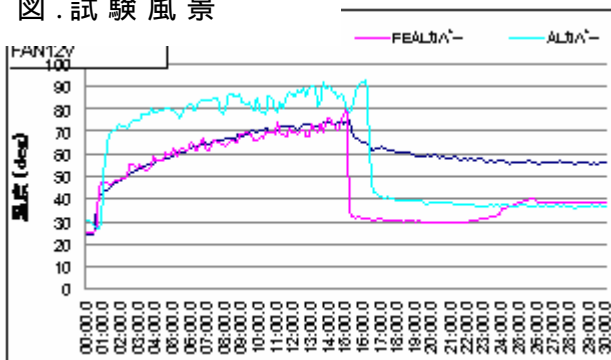
形状は、ほぼ金型通りに出来ており、材質によるバラツキが無いことが確認できた。

### 2 - 14 CPUカバー熱評価

熱CAEによる結果を受けてFeAl、Al 0.04mm箔板材にて実機モデルを作成し効果の検証を行った。

上記試験でのヒータ部の温度測定結果

図.試験風景



(結果)

FANに12Vを印加した場合、カバーが無いとヒータ部温度が55に対しカバー(FeAl及びAl)を取り付ける事により、ヒータ部温度が40以下に下がることが確認できた。

## 2 - 15 CPUカバー電磁シールド性評価

コルゲート形状を作成し実際の成形加工を行い、最終製品に模したCPUカバー実機での電磁シールド効果を測定し、検証することとした。本来は電波暗室での測定実施が必要であるが、簡易測定として下記の装置を作成し同一条件内での効果比較とした。そのため、この比較結果は参考値となる。



図 試験状況



図 サンプル

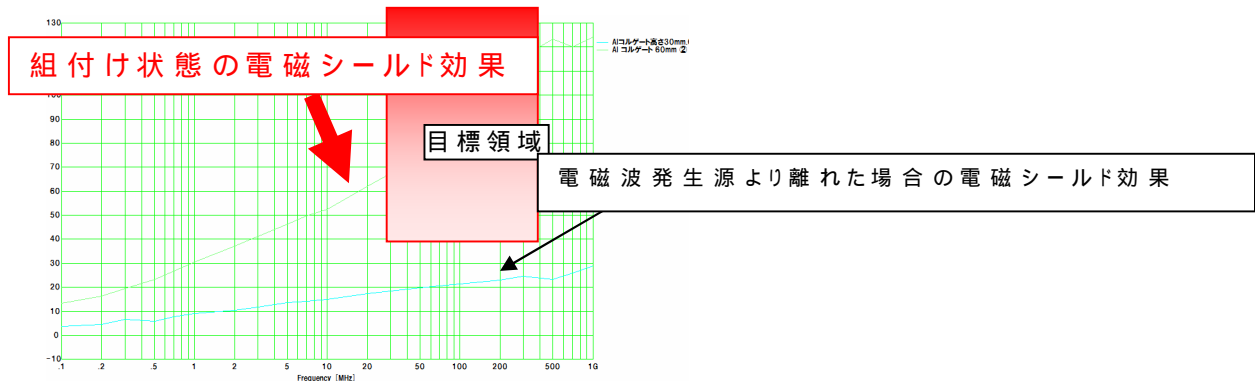


図 アルミ 0.04mm コルゲート材での電磁波発生源に対しての隙間常

(結果)

アルミ 0.04mmの コルゲート材を用い、CPUカバーとした場合、参考値ではあるが、電磁波源にカバーを近づけ外周を覆う事により、大きな電磁シールド効果が発揮できる事が判った。CPUカバーとした場合、周波数範囲 30MHz ~ 300MHzにてコルゲート平板(箔平板よりも電磁シールド性能は向上している。)よりもさらに20 ~ 30dBの効果が増加していることが判った。電磁シールドに関する目標は十分に達成できたと思われる。

## 最終章 全体総括

今回の研究で、CPUを覆い込むカバー方式が0.04mm箔板のマイクロコルゲート化により可能となり、その結果CPU局部の換気が可能となり、CPU(熱源温度)64以下が達成でき、冷却FANの消費電力を1/2に半減、付帯効果でFAN騒音が30dB以下になり、また、電磁シールド能力が47dB(30MHz~300MHz)以上確保できたのは、当初のリサーチが適切で、研究活動の計画、効果推定がうまく機能したのではないかと考えています。特に、非常に短期間でかつ、東日本大震

災に見舞われた中、最悪の研究環境の中で関係者の不屈の精神と非常な努力により、この研究目標が達成でき、終了できたことを再度感謝いたします。今後はこの結果を研究から商品化へ積極的に進めたいと考えています。

今後の計画として下記を検討、実行いたします。

本事業により開発する技術を用いた製品等

	製品等の名称	製品等の概要(用途、特徴等)
(1)	電気関連用途： CPU用熱対策・電磁シールドカバー	計算機サーバー等に備えられたCPU(中央処理装置)等発熱する部品の冷却及び電磁波遮蔽を行うために、部品形状に合わせて複雑3次元形状に成形されたカバー
(2)	自動車関連用途： ECU用熱対策・電磁シールドカバー	ECU(エンジンコントロールユニット)の冷却及び電磁遮蔽を行うために、各ユニット形状に合わせて成形されたカバー

### 事業終了から事業化に至るまでのスケジュール

製品等の名称		(1) 電気関連用途： CPU用放熱用熱対策・電磁シールドカバー				
開発事業者		三和パッキング工業株式会社				
想定するサンプル出荷先		SONY(株) VAIO事業本部(モバイルPC CPU部) パナソニック(株)(冷蔵庫、エアコン、扇風機等のインバータ回路部)				
スケジュール	事業終了後の経過年数	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目
	サンプルの出荷	→				
	販路開拓				→	
	顧客要求事項の評価	→	→	→		
	製品等の生産					→
	製品等の販売		→			

製品等の名称		(2) 自動車関連用途： ECU用熱対策・電磁シールドカバー				
開発事業者		三和パッキング工業株式会社				
想定するサンプル出荷先		トヨタ自動車株式会社、ダイハツ自動車株式会社、三菱自動車株式会社				
スケジュール	事業終了後の経過年数	1年目	2目	3年目	4年目	5目
	サンプルの出荷	→				
	販路開拓				→	
	顧客要求事項の評価	→	→	→		
	製品等の生産					→
	製品等の販売		→	→	→	→

試作品等の販売

以上