

平成28年度

戦略的基盤技術高度化支援事業

「新冷媒に対応する次世代自動車用熱交換器の
高耐圧構造及び量産技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成29年3月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社 ひたちなかテクノセンター

目 次

第1章 研究開発の概要

1-1. 研究開発の背景・研究目的および目標	2
1-2. 研究体制	6
1-3. 成果概要	8
1-4. 当該研究開発の連絡窓口	10

第2章 研究開発実施内容・成果

2-1. 本研究開発の概要	10
2-2. チューブとスリット溝の接合面強度向上	12
2-3. 高耐圧ヘッドー部品の成形加工技術の開発	13
2-4. 高耐圧ヘッドーを効率的に製造する量産技術の開発	14
2-5. 0.7mm 薄板の製品強化構造の開発	16
2-6. 順送・トランスファー連結加工を実現する金型と高機能サーボプレス機の開発	17
2-7. 総合成形技術の開発	18

第3章 全体総括

第1章 研究開発の概要

1-1. 研究開発の背景・研究目的および目標

1-1-1. 研究開発の背景

21世紀を迎え世界的な規模で地球環境保護への取組が本格化してきている。こうした時代の背景を踏まえ、カーエアコン冷媒は従来のHFC-134aから自然冷媒に代表される低温暖化係数GWPの冷媒への移行が急務である。自動車工業会及び部品工業会は、次世代のカーエアコンにはGWPの低い冷媒HFO-1234yf(GWP=4)が最有力候補として、同冷媒を用いて機器の材料評価、ベンチテスト、実車テストを2010年より行い、LCCP評価を実施し、優れた冷媒であることを確認している。

これに呼応して、図1に示す地球温暖化防止への規制とし「欧州カーエアコン指令」が公示され、その中味は、①温暖化係数の高い冷媒の漏れ量を2009年より規制値を設け、②温暖化係数の高い冷媒(GWP>150)の使用禁止を2017年より適用となっている。このため、自然冷媒に代表される低GWPの新冷媒を用いた次世代のカーエアコンの開発が急務となっている。



図 1.1 欧州カーエアコン指令の概要 (出典:カーエアコン用冷媒について、2010年7月、日本自動車工業会)

現冷媒(HFC-134a)と新冷媒(HFO-1234yf)について、地球温暖化係数(GWP)他の性状比較表を表 1 に示す。新冷媒はGWP=4と圧倒的に優れていることがわかる。しかし、自動車工業界で現冷媒と新冷媒の性能を比較を行ったところ、冷房能力では5%程度の性能悪化が、成績係数(COP)では4%程度の性能悪化が認められた。

その対応としては、現有冷媒に対し、冷房能力ガス漏れ量等の性能低下・改善を図るために部品構成の改良やコンデンサー圧力を高める等のシステム変更が必要である。以上から、現有冷媒と同等の性能を保有し、更に省エネルギーな新熱交換器の開発が急務となってきた。新冷媒を用いた熱交換器の性能を高め環境規制に適合する対策としてその目標値と対策方向を以下に示す。

表 1.1 冷媒(HFC-134a)と新冷媒(HFO-1234yf)の性状比

項目	HFC-134a(現)	HFO-1234yf(新)
沸点	-26℃	-29℃
臨界温度	102℃	95℃
蒸気圧力(25℃)	0.665MPa	0.677MPa
蒸気圧力(80℃)	2.63MPa	2.44MPa
GWP(100年)	1410	4

(出典: DuPoint 社のHPから抜粋)

1. 成績係数(COP)を8%向上する対応策 (冷房能力を現冷媒と同程度とする改良策)

- ・コンデンサーの冷媒ガス圧を≒1.5倍高める(3MPa⇒4.5MPa)

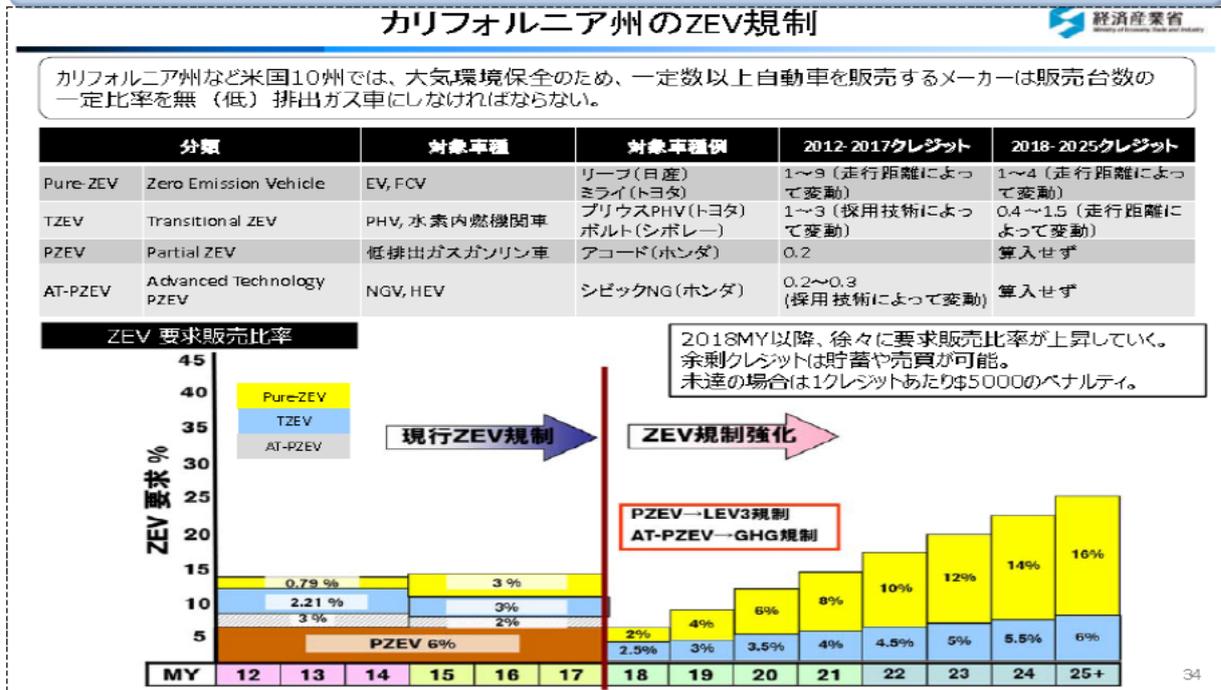
2. 車の走行使用過程における冷媒漏洩量: 従来 50 g/年⇒ 今後 10 g/年とする

(出典:、2011年、日本自動車工業会 環境レポートより)

- ・コンデンサーのヘッダー構造を高耐圧・高気密性保有の構造体とする

一方で、電気自動車などの排ガスゼロ車普及のためカリフォルニア州など米国10州では、大気環境保全のため、一定数以上自動車を販売するメーカーは販売台数の一定比率を無(低)排出ガス車にしなければならない「カリフォルニア州のZEV規制」が発令されている。

カリフォルニア州のZEV規制
排出ガスを一切出さない電気自動車等の販売比率を2018年～：16%に規制



出典：経済産業省「平成27年7月 自動車産業を巡る構造変化とその対応について」
図 1.2 カリフォルニア州 ZEV 規制

川下企業からは、これらの環境性能向上（社会的ニーズ）に加え、薄肉化・軽量化による燃費性能向上等のユーザーニーズ向上の要求も強く、これらを満足する次世代自動車用熱交換器の開発が急務となっていた。

1-1-2 カーエアコン用熱交換器

カーエアコン用熱交換器は図4に示すように大別すると、車室外に放熱、吸熱する室外用熱交換器、車室内に放熱、吸熱する室内用熱交換器、車室内の冷却、除湿に用いられるエバポレータの3種類により構成されている。

（株）三和精機では長年培ったアルミ薄板プレス加工の高度な型製造技術、プレス成形自動化技術、生産設備の改善開発技術等を活かし、コンデンサーの構成部品であるヘッダー、エバポレータの構成部品であるタンクの開発に取り組んだ。

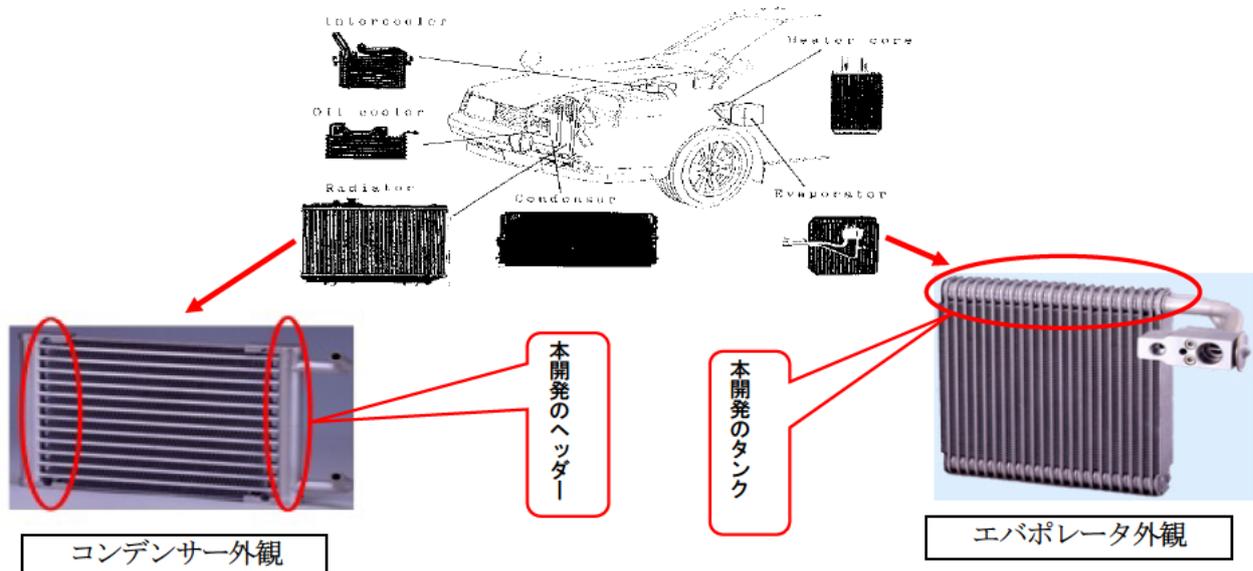


図 1.3 カーエアコン用熱交換器部品

1-2. 研究目的及び目標

◆コンデンサー用構成部品

【1】チューブとスリット溝接合面が 6MPa に耐えるヘッダー構造の開発

新冷媒を使用して冷房能力を現冷媒と同等以上とするためにはコンデンサーの冷媒ガス圧を高める必要がある。チューブとスリット溝の接合面を高圧に耐えられるようにするための最大のポイントは、ローが回り込む接合面積を最大にする断面構造の実現である。本開発では接合面積を最大にする構造、製造方法を確立する。

【2】高耐圧ヘッダーの成形加工技術の開発。

【1】同様、高圧に耐えられ且つ気密性の高い製品にするためには、ヘッダーとその組み合わせ部品の接合強度を上げる必要がある。材料は板厚が 1.6mm、2mm と割合厚めのアルミ材となるので、新成形法による加工を想定しているが、表面にロー層が 7%の厚みにコーティングされたクラッド材であるので、塑性変形後も破壊されず残す最適な成形工法が求められる。今回はこの 7%厚み層が破壊しない塑性流動フローと最適な成形限界を求める、新成形工法を開発する。

【3】高耐圧ヘッダーを効率的に製造する量産技術の開発。

機能を満足する部品の構造・形状が決定され、製造方法も開発したとしても手動機で製作していたのでは QCDの面に課題が残る。自動機導入・連結等により生産一貫ラインを構築する。また量産品の量産体制の構築が出来ても、「生産」だけでは顧客の信頼を得ることはできない。今後事業を展開するうえで品質保証が重要となるため、3次元測定機等導入や自動計測システムによる品質管理体制を構築する。

・技術的目標値

上記3項目の開発課題と目標値を 表 1.2 に示す。

5.5Mpa に耐えられるヘッダーを試作の上、その効率的な生産方式及び量産技術を開発することを目標とする。

表 1.2 技術的目標値

項目	目標値
【1】チューブとスリット溝接合面が 5.5MPa に耐えるヘッダー構造の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘッダー長手方向にローを溜め込む R の形成(ダレRと称する)と、ヘッダー断面方向に突起部(フレアーと称する)の適正数値を検証し数値化 その目標値は ・ダレ R 値=1 mm 及びフレアー値=0.5 mm ・真空炉によるロウ付テスト・ピースによる強度のデータ化と評価
【2】高耐圧ヘッダー等部品の成形加工技術の開発。	<ul style="list-style-type: none"> ・スリット成形品の形状データと 5.5MPa 高耐圧・気密性の検証・評価 ・高圧対応のヘッダー製品形状 : ヘッダー軸長:200~1000 mm 、スリット細溝数:~100 列の実現 ヘッダー軸長:200mm 、スリット細溝数:~25 列の実現 ・接合面は、クラッド・ロー層を残す高度な成形加工法の実現 ・キャップと連結接続板は、新成形加工によりプレス成形を実現
【3】高耐圧ヘッダーを効率的に製造する量産技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・半自動量産加工技術の実現。 目標:20 秒/サイクルを実現 ・自動・量産ラインの構築 ・品質管理体制の構築

◆エバポレータ用構成部品

本開発は、順送加工とトランスファー加工の特徴を活かし、それぞれの欠点を新しい金型構造の開発と、ハード面から、高機能なサーボプレス機を開発することにより、順送・トランスファー連結加工による自動加工技術を実現する。

本開発により、プレス工程1発での生産、すなわち後処理の機械加工なしを実現することで、製造時間の短縮及びプレス加工機の設定投下数の削減など設備面の物理的ネックを解消し、需要変動にフレキシブルな供給体制を組むことが可能となる。その結果、素材利用率95%以上、製品コスト低減90%以上を実現する。

【4】0.7mm薄板の製品強化構造の開発

0.7mm薄板製品構造で製品性能と多工程のプレス変形と搬送移動に耐え得るリブ、支柱等の強化構造を保有する薄板製品構造を開発する。

【5】順送・トランスファー連結加工を実現する金型と高機能サーボプレス機の開発

順送トランスファー2つの自動加工を連結し、多工程を集約・連続処理する高度な金型構造を開発する。また順送加工と深いストロークで成形工程を制御する多段モーション成形機能とトランスファー搬送装置を付加した高度なサーボプレス機を開発する。

【6】総合成形技術の開発

0.7mm極薄板の順送トランスファー連結・一貫連続加工の最適条件、総合成形技術を開発する。

・技術的目標値

上記3項目の開発課題と目標値を表1.3に示す。

表1.3 技術的目標値

項目	目標値
【4】0.7mm薄板の製品強化構造の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・アルミ伸び率: 20%以上 (従来の5倍)
【5】順送・トランスファー連結加工を実現する金型と高機能サーボプレス機の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・順送・トランスファー連結金型 <ul style="list-style-type: none"> ①金型配置数、順送工程とトランスファー工程の連結 ②コイル材～全加工を連結し一貫生産する ・搬送モーション:4次元、 バキューム駆動方式 ・搬送スピード:150mm/秒 ・3次元駆動+反転機能を保有
【6】総合成形技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・自動加工: 1工程・作業に係る人員: 1人 ・加工時間:1分/1工程 ・生産能力: 20万個/月 ・自動加工可能アルミ板厚:0.7mm ・コスト目標(100,000個):90%低減 ・素材利用率:95%以上

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織・管理体制

本研究開発における組織の全体構成を図 1.4 に、管理体制を図 1.5 に示す。

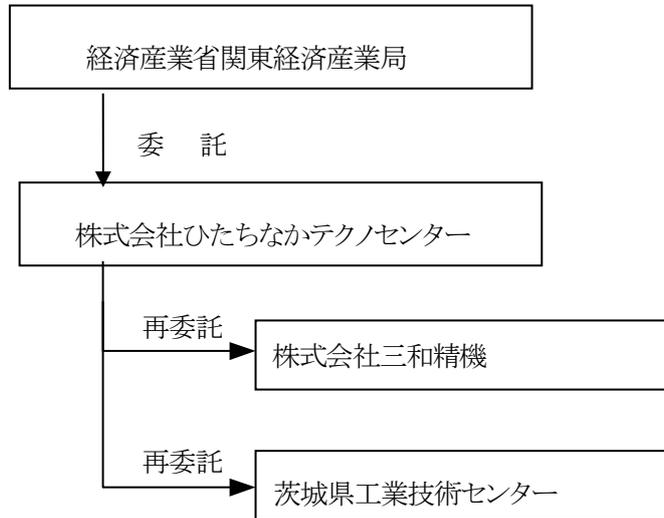


図 1.4 研究開発組織の全体構成

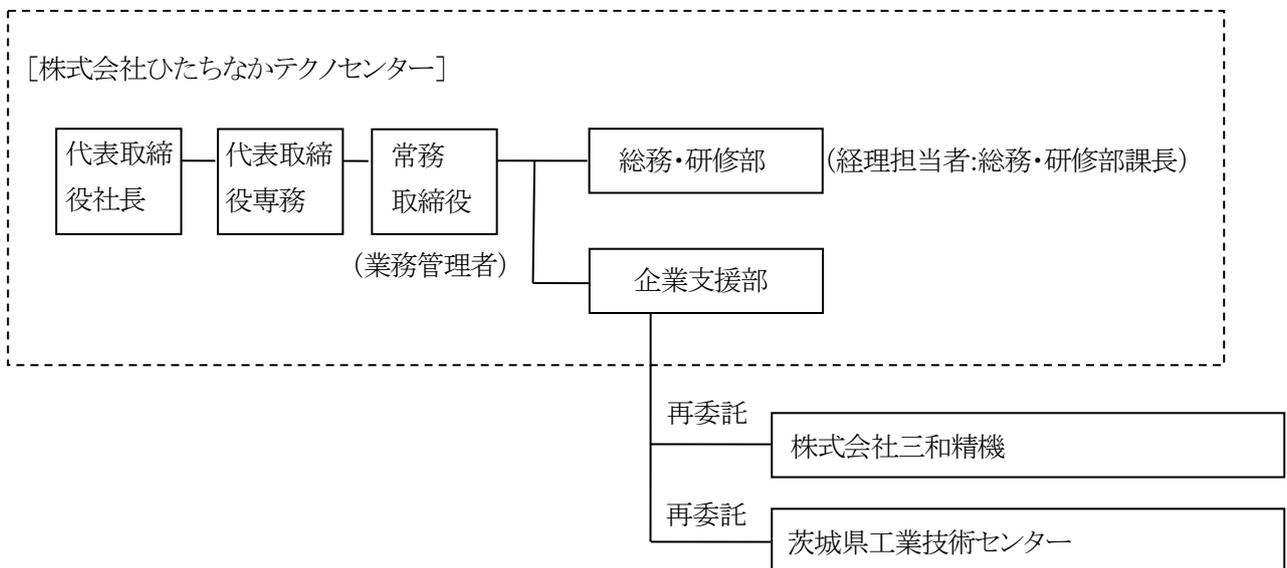


図 1.5 研究開発組織の管理体制

1-2-2 研究開発推進委員

本研究開発における委員氏名および協力者氏名を表 1.4 に示す。

表 1.4 本研究開発の研究者氏名および協力者氏名

氏名	所属・役職	備考
磯前 保広	株式会社三和精機 金型事業部長	総括研究代表者
谷萩 雄一郎	茨城県工業技術センター 技術融合部門 主任	副総括研究代表者
戸倉 正博	株式会社三和精機 代表取締役社長	
大高 理秀	茨城県工業技術センター 技術融合部門 部門長	
小石川 勝男	茨城県工業技術センター 技術融合部門 主任研究員	研究員
行武 栄太郎	茨城県工業技術センター 先端材料部門 主任研究員	研究員
上田 聖	茨城県工業技術センター 先端材料部門 技師	研究員
前島 崇宏	茨城県工業技術センター 技術融合部門 技師	研究員
山下 宏	茨城県工業技術センター 技術融合部門 主任	研究員
岡田 真	茨城県工業技術センター 技術融合部門 主任	研究員
杉野 祐司	株式会社三和精機 製造部長	研究員
飛座 孝彦	株式会社三和精機 製造部 研究員	研究員
木村 信也	株式会社三和精機 製造部 研究員	研究員
田村 健太	株式会社三和精機 設計部 研究員	研究員
長山 茂美	株式会社三和精機 営業部長	
高野 文男	株式会社三和精機 設計部 研究員	研究員
伊藤 吾朗	国立大学法人茨城大学工学部 機械工学科教授	アドバイザー

1-3 成果概要

表 1.5 目標と成果概要

項目	計画時目標	成果項目
<p>【1】チューブとスリット溝接合面が5.5MPaに耐えるヘッダー構造の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘッダー長手方向にローを溜め込む R の形成(ダレRと称する)と、ヘッダー断面方向に突起部(フレヤーと称する)の適正数値を検証し数値化 ・真空炉によるロウ付テスト・ピースによる強度のデータ化と評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘッダー長手方向にローを溜め込む R の形成(ダレRと称する)と、ヘッダー断面方向に突起部(フレヤーと称する)の適正数値を検証し数値化、ダレR値及びフレアー値を求めることができた。 ・ダレR値及びフレアー値を求め、チューブとスリット溝接合面が5.5MPaに耐えるヘッダー構造を開発出来た。(客先実証試験で目標クリア)
<p>【2】高耐圧ヘッダー等部品の成形加工技術の開発。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・スリット成形品の形状データと5.5MPa高耐圧・気密性の検証・評価 ・高圧対応のヘッダー製品形状： ヘッダー軸長:200～1000 mm、スリット細溝数:～100列、径Φ16～22 実現 ヘッダー軸長:200mm、スリット細溝数:～25列、径Φ16 実現 ・接合面は、クラット・ロー層を残す高度な成形加工法の実現 ・キャップと連結板は、新プレス成形を実現 	<ul style="list-style-type: none"> ・ヘッダーの製造法の開発により100スリット溝を高精度に創成・成形加工することにより、高圧対応ヘッダーを実現できた。 製品形状： ヘッダー軸長:200～1000 mm、スリット細溝数:～100列径Φ16～22 実現 ヘッダー軸長:200mm、スリット細溝数:～25列、径Φ16 実現 ・キャップ、連結板は新成形法を導入し、プレス成形を実現できた。
<p>【3】高耐圧ヘッダーを効率的に製造する量産技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・半自動量産加工技術の実現。 目標:20秒/サイクルを実現 ・自動・量産ラインの構築 ・品質管理体制の構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・高性能サーボプレスを導入し、金型とアクチュエーターとプレス機を連動させた複合動作による自動・量産ラインを構築した。 ・従来25秒/サイクルに対し15秒/サイクルを達成することができた。(生産能力1.7倍化) ・CNC三次元測定機を導入し、品質管理体制を構築することができた。具体的には <ol style="list-style-type: none"> ①CNC三次元測定機による自動計測。 (測定時間:1/10化) ②自動データ処理方法の開発。 (ヒューマンエラーの排除) ③品質状態の見える化。 (ヒューマンエラーの排除)

項目	計画時目標	成果項目
<p>【4】0.7mm 薄板の製品強化構造の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・アルミ伸び率： 20%以上 (従来の5倍) 	<p>リブや支柱の追加修正により50%薄肉化しても十分な強度を有する構造を開発することができた。これにより、次の成果が得られた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ①アルミ伸び率 20%実現 ②従来、アルミ板厚1.4mmを0.7mmとすることができ50% 軽量化が図れた。 ③繰返し耐圧試験の要求性能(15万回)を満足し、かつ多工程成形プレス変形と搬送移動に耐え得る薄板製品構造の新型タンクを開発することができた。
<p>【5】順送・トランスファー連結加工を実現する金型と高機能サーボプレス機の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・順送・トランスファー連結金型 <ul style="list-style-type: none"> ①金型配置数、順送工程：5工程、トランスファー工程：10工程 ②コイル材～全加工を連結し一貫生産する ・搬送スピード：150mm/秒 ・3次元駆動+反転機能を保有 	<ul style="list-style-type: none"> ・多工程連結・連続成形する金型構造を開発し、サーボプレス機に搭載できる絞り型を開発できた。 ・順送加工とトランスファー加工を連結させるため、複合成形機能を盛込んだ高機能なサーボプレス機を開発した。本装置には、高機能なサーボプレス機に、金型機構内の複合同時成形の制御を可能とした。 ・サーボプレス機内でアルミ薄板連続成形品の自動搬送を可能にするトランスファー搬送装置を開発、製作し導入した。 ・更に、薄板コイル材の供給装置を開発し、自動供給～金型挿入ステージ間の確実・安定搬送を可能にするコイル材～一貫連続成形ラインを構築することができた。
<p>【6】総合成形技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自動加工： 1工程、 ・作業に係る人員： 1人 ・加工時間：1分/1工程 ・生産能力： 20万個/月 ・自動加工可能アルミ板厚：0.7mm ・コスト目標(100,000個)：90%低減 ・素材利用率：95%以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・薄板コイル材の供給装置を有機的に結合した一貫・無人・自動連続成形加工ラインを開発出来た。 ・薄板コイル材～一貫自動化・無人加工ラインを開発・導入することで、大幅なコストダウン(材料費：56%低減、加工費：92%低減)が達成できた。 ・これらから、生産能力の飛躍的な向上と均質な品質が得られる等、プレス加工において、大きな技術革新が得られた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

当該研究開発の連絡窓口

名称：株式会社ひたちなかテクノセンター
住所：茨城県ひたちなか市新光町38番地
代表者役職・氏名：常務取締役 江尻 一彦
連絡担当者所属役職・氏名:企業支援部次長 平野 聡
TEL:029-264-2200
FAX:029-264-2203
E-mail:hirano@htc.co.jp

第2章 研究開発実施内容・成果

2-1 本研究開発の概要

「1-1-1. 研究開発の背景」で述べたとおり、地球環境保護に対応した環境性能向上（社会的ニーズ）に加え、軽量化による燃費性能向上等のユーザーニーズ向上の要求に対して、これらを満足する次世代自動車用熱交換器の開発が急務となっていた。

(株)三和精機では長年培ってきたアルミ薄板プレス加工の高度な型製造技術、プレス成形自動化技術、生産設備の改善開発技術等を活かし、前述の熱交換器の冷媒が流れるコンデンサー用ヘッダーと冷媒を蓄えるエバポレータ用タンクの高度なものづくり技術の開発に取り組んだ。

◆コンデンサー用ヘッダー

ヘッダーは図()に示すように板材からプレスしカーリングして、スリット溝を有した円筒状に仕上げる。



図 2.1 ヘッダーの成形加工工程

スリット溝にはフィンとなるチューブが差し込まれロー付けされるが、従来の熱交換器ではヘッダー内を流れる冷媒流動圧力は最大でも 2.8MPa であった。新冷媒を使って冷房能力を同等以上にするためには 1.5 倍以上にする必要がある。そのために新しい接合面の構造・形状を考案し、これらの形状を形成できる成形加工技術を開発した。また高性能サーボプレス機等を導入し自動・量産化ラインを構築した。

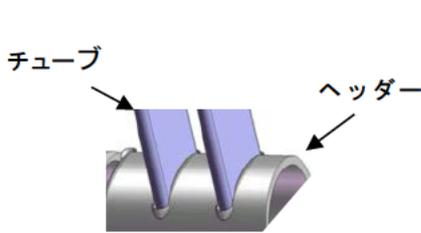


図 2.2 ヘッダーとチューブの組付け

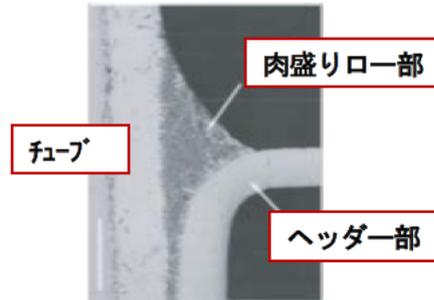


図 2.3 ヘッダーとチューブの接合断面

◆エバポレータ用タンク

燃費性能向上のための薄肉化・軽量化の要望に対応するため、①従来部品の形状変更、リブ・支柱の追加等により 50%薄肉化しても十分な強度を有する構造を開発した。その形状、構造を実現するために②連結自動加工できる金型の開発。③順送加工とトランスファー加工を連結させるための高機能サーボプレス機を開発した。また④コイルから完成品までの無人一貫連続成形ラインを構築した。

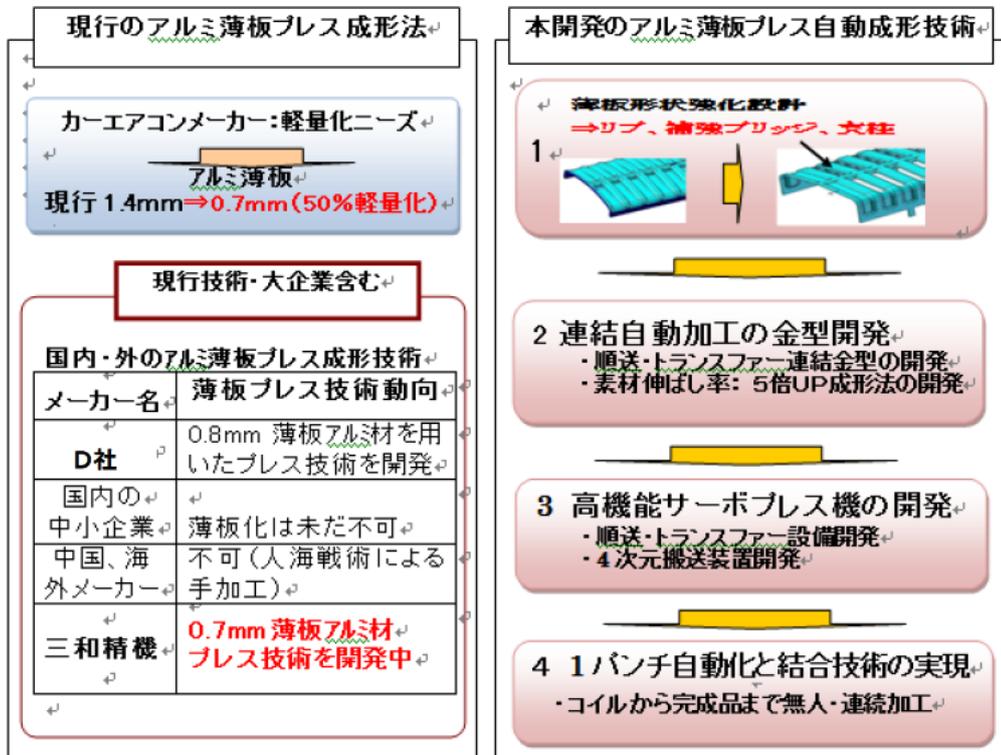


図 2.4 エバポレータ用タンクの開発概要

◆コンデンサー用ヘッダーの開発実施内容と成果

2-2. チューブとスリット溝の接合面強度向上

(1) 高耐圧ヘッダーの技術的課題

①高耐圧(5.5MP) に耐える構造⇒チューブとスリットの接合強度アップ

高耐圧(5.5MP) に耐える構造とするため、特殊形状のヘッダーにスリットを挿入し、スリット部に薄板のフィンを差し込みロー付け構造とした。この構造の課題は、「高耐圧性を保つために、いかに接合面積を増大化するか、であった。

(2) 具体的取り組み

①ロー溜めをつける

②接合面全周にRをつける

本開発の接合面積を最大にするため、図 2.5 に示すようにヘッダー断面方向 (a-a' 断面) に最適な肉盛り接合をする。またヘッダー長手方向 (b-b' 断面) にローを溜め込みながら形成するものである。(図 2.5)

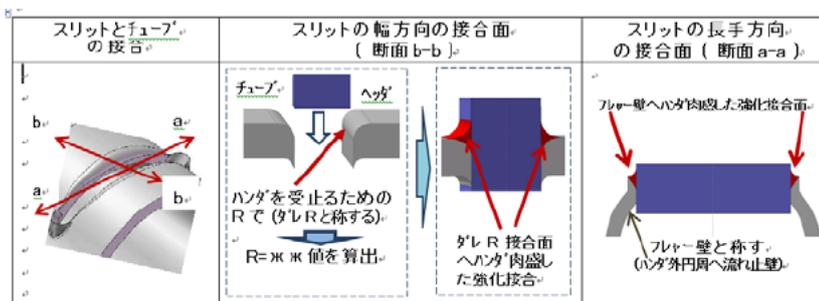


図 2.5 チューブとスリット溝の形状

ヘッダーの寸法及び形状とR部の形状を工夫しながらロー付けし、図 2.6 のように接合評価を行い最適な寸法及び形状を決定した。

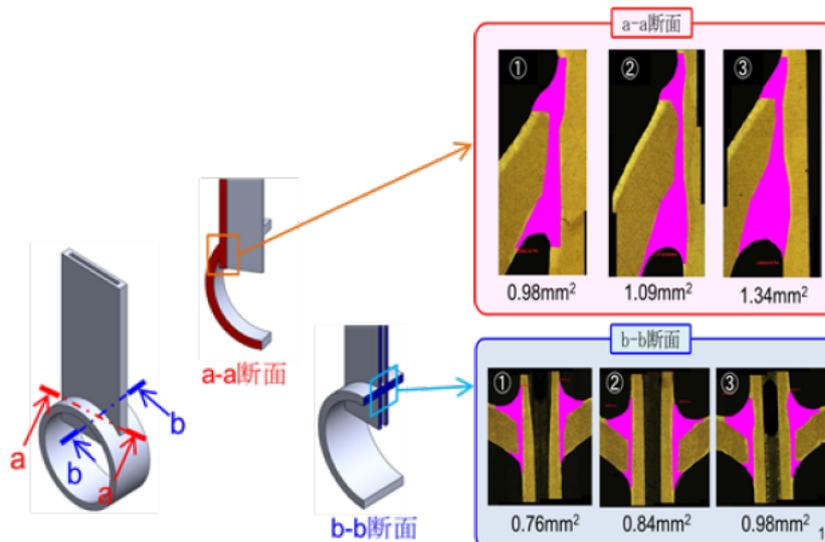


図 2.6 チューブとスリットの接合断面

最適条件で製作した試作品を実際の熱交換器に組み込んでもらい実証試験をしてもらったところ、目標の高耐圧に充分耐えられる結果を得ることができた。

2-3. 高耐圧ヘッダー部品の成形加工技術の開発

(1) ヘッダーとキャップの技術的課題

高圧に耐えられ且つ気密性の高い製品にするためには、ヘッダーと組み合わせ部品のキャップの接合強度を上げる必要がある。材料は板厚が1.6mm、2mmと割合厚めのアルミ材となるので、表面にロー層が7%の厚みにコーティングされたクラッド材であるので、塑性変形後も破壊されず残す最適な成形工法が求められる。今回はこの7%厚み層が破壊しない塑性流動フローと最適な成形限界を求めた。



図 2.7 キャップとヘッダーの接合断面

(2) キャップ開発の具体的取り組み

- 成形加工のキャップの成形シミュレーションによる、7%厚み層コーティング・クラッド層の塑性流動フローと最適な成形工程設計の実施（図 2.8 を参照）
- キャップの金型設計・製作

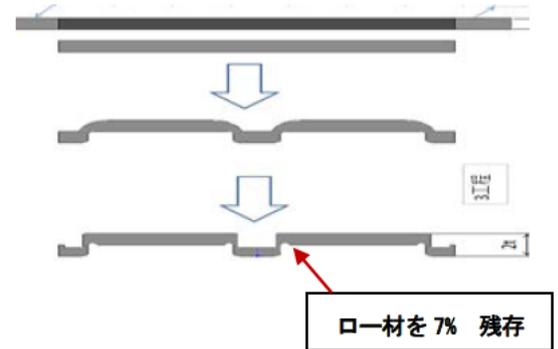
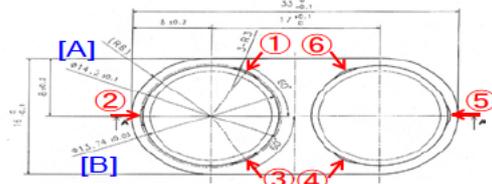


図 2.8 キャップ成形構想図

三次元測定機による寸法測定



キャップ外周のダボ形状

- ・アセンブリ時の抜け防止のため
- ・ロー接時のガス抜きのため

測定箇所	頂点半径 A [mm]	円筒半径 B [mm]	ダボ高さ [mm]
円筒1	ダボ①	6.88	0.20
	ダボ②		0.16
	ダボ③		0.20
円筒2	ダボ④	6.88	0.21
	ダボ⑤		0.18
	ダボ⑥		0.21

図 2.9 三次元測定機による寸法測定結果

2-4. 高耐圧ヘッダーを効率的に製造する量産技術の開発

(1) 高耐圧ヘッダー

これらの形状、寸法を形成するために、高性能サーボプレス機を導入し、加圧力、スピードをコントロールしながら最適条件でプレス成形できるようにした。

また全周にRを形成するために、プレス機と連動して動作する金型を開発した。

これら金型とアクチュエーター、サーボプレス機を連動させた複合動作による自動・量産ラインを構築した。

従来 25 秒/サイクルに対し 15 秒/サイクルを達成し、生産能力を 1.7 倍にすることができた。

加圧力、スピードをコントロール
しながら最適条件でプレス



図 2.10 高性能サーボプレス

(2) キャップ

量産に対応した順送金型を開発し、既存の 100トンプレス機に搭載。

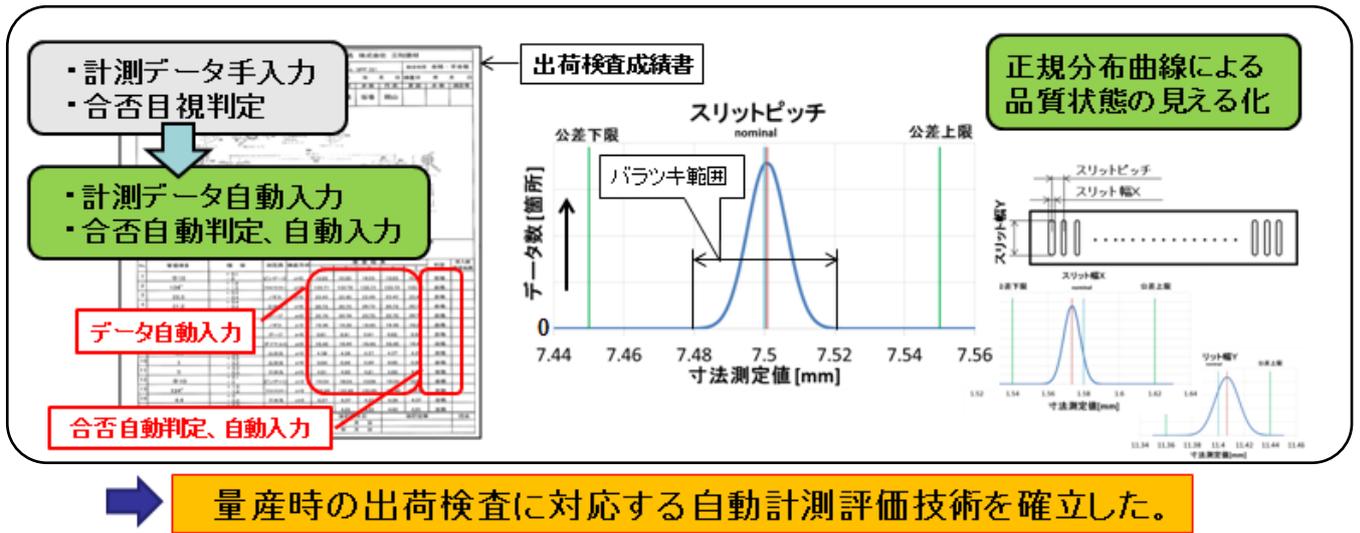
「寄せ工程」や「外周トリム方式」等、試作での要素技術を盛り込み、成形方式を導入することで達成した。全周にわたってクラッド層が残存していることも確認できた。



図 2.11 100t プレス機

(3) 品質管理体制の構築

導入した三次元測定機による自動計測技術により、手動測定では約半日掛かる 100 スリットの寸法計測を 1/10 まで短縮させた。また計測データの自動処理による合否判定や正規分布曲線の表示を行うことにより、ヒューマンエラーの防止や日々の製品品質の見える化を実現した。これらの一連の仕組みにより、量産時の出荷検査に対応する自動計測評価技術が確立した。



量産時の出荷検査に対応する自動計測評価技術を確立した。

図 2.12 品質評価技術の構築

〈まとめ〉

- ①三次元測定機による寸法精度測定について、株式会社三和精機が導入した三次元測定機へ技術開発を行い、自動計測環境を構築した。
- ②100 スリットの寸法計測を手動測定で行うと約半日を要するが、導入した三次元測定機による自動計測技術を導入することで、手動測定に対して計測時間を 1 / 10 程度に短縮させた。
- ③計測データの自動処理による合否判定を行うことにより、出荷検査成績書作製時間の短縮やヒューマンエラーの防止を行った。また大量の計測結果について、日々の製品品質の見える化を図った。
- ④量産時の出荷検査に対応する自動計測評価技術を確立した。

(4) 【1】～【3】の成果

一貫無人自動プレス成形ラインによる量産体制を構築したことにより、高品質で小型軽量化、大幅なコストダウンと生産能力を実現することができた

表 2.1 開発技術による成果

No.	項目	開発技術の成果
1	ヘッダー仕様・形状	直接プレス成形 250Lx25スリット
2	ヘッダー仕様・形状 背面・反転特殊形状	250Lx裏面に仕切り 溝、ガス流入溝
3	8MPa への耐圧性	円筒内均一流道 ◎: 薄肉化可能
4	重量・軽量化 (他開発品と比較)	50% (◎)
5	コスト (他開発品と比較)	50% (◎)
6	精度(単品)	±0.03mm
7	フィン・ユニットの組立性	良(自動化 可)

◆エバポレータ用タンクの開発実施内容と成果

2-5. 0.7 mm 薄板の製品強化構造の開発

0.7mm 薄板製品で製品性能と多工程成形プレス変形と搬送移動に耐え得る薄板製品構造を創成し、開発する。この0.7mm 薄板製品は現在の量産品より50%の軽量化となる、厚さ0.7mm 素材を用いた新製品の開発を行った。

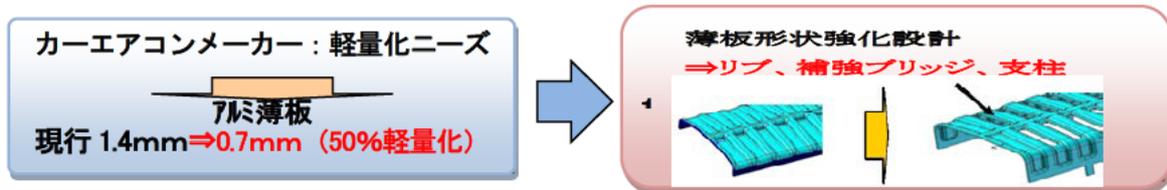


図 2.13 薄肉化・軽量化の構想

2-5-1 タンク成形工法での減肉防止へのシミュレーションの適用

(1) 成形シミュレーション

成形時の板厚や応力状態を確認するため、成形シミュレーションを行った。解析結果を速やかに金型設計にフィードバックするために解析時間の短縮を図り、解析対象のモデルを一部簡略化した。解析条件は、成形時間 0.1 [秒]、クリアランス 0.02 [mm]、摩擦係数 0.1 とした。本シミュレーションのモデル形状は第 1 次試作モデルをベースに実施した。板厚分布をそれぞれ図 2.14, に示す。

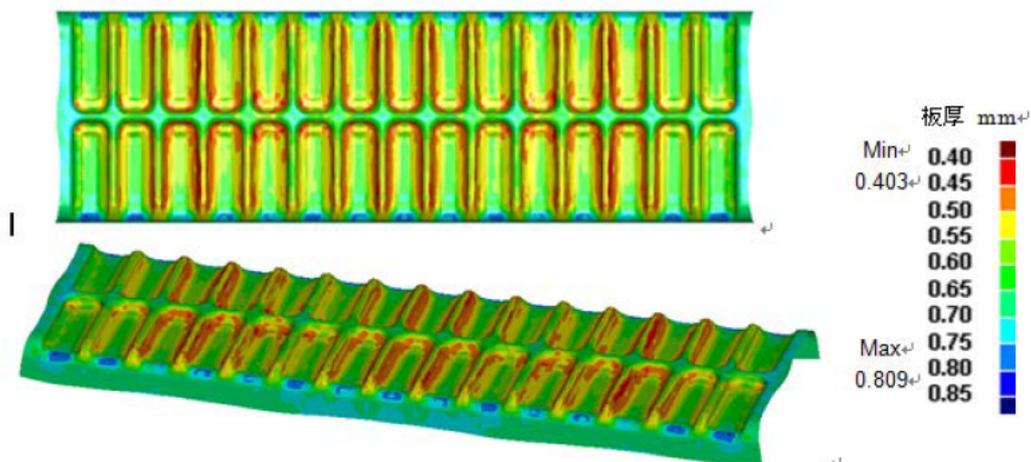
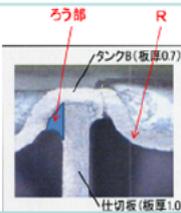
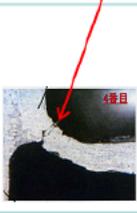
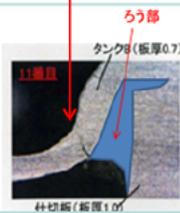
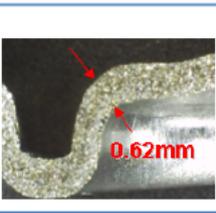


図 2.14 成形シミュレーション (板厚分布)

(2) 試作結果とまとめ

計4回の試作の結果について、表 2.2 に示す結論を示した。

表 2.2 試作結果のまとめ

項目	事前検討試作品	第1次試作品	第2次試作品	第3次試作品
亀裂部 (朱記部)				
リブ部板厚	0.6mm	0.32mm	0.5mm	0.62~0.65mm
破壊部 形状				
寿命	122k回	70k回	91k回	150k回

(3) まとめ

現在の量産品より 50%の軽量化となる厚さ 0.7mm 素材を用いた新製品の開発を行い、次の成果が得られた。

- アルミクラッド材の引張強度試験を行い、アルミニウム合金 A3003TW と比較して、強度を 20%程度上回ることを求めた。
- リブや支柱の追加により、50%の薄肉化に対して十分な強度を有する製品構造を設計した。
- その結果、繰り返し耐圧試験の要求性能 (15 万回) を満たす新型タンクを開発することができた。

2-6. 順送・トランスファー連結加工を実現する金型と高機能サーボプレス機の開発

コイル材からの一貫成形を目的とした連結・連続成形金型構想は、表 2.3 で示すように 5 点の機能を盛り込んだ連結・連続成形金型を開発した。

表 2.3 連結・連続成形金型の構想計画

開発目標	連結金型開発	
	順送加工工程	トランスファー加工工程
一貫自動化	成形シミュレーション支援による連結金型の開発	
	薄板シート精密位置決め	自動搬送装置開発
	2加工間の移送変量差を搬送装置とサーボ駆動搬送で解消	
成形工法開発	送り棧、切断棧の削除	分割成形工法の開発
		同時成形による工程短縮
	反転工法の組み込み	
高剛性を付加した精密金型の設計、製作		
素材利用率向上	送り棧、切断棧の削除	製品スクラップレス成形

まずアルミ薄板製品の連続成形加工工程設計において、①順送・トランスファー工程を連結する金型である、②コイル材からの一貫連続成形を可能とする金型と工程概要を図 2.15 で示す。

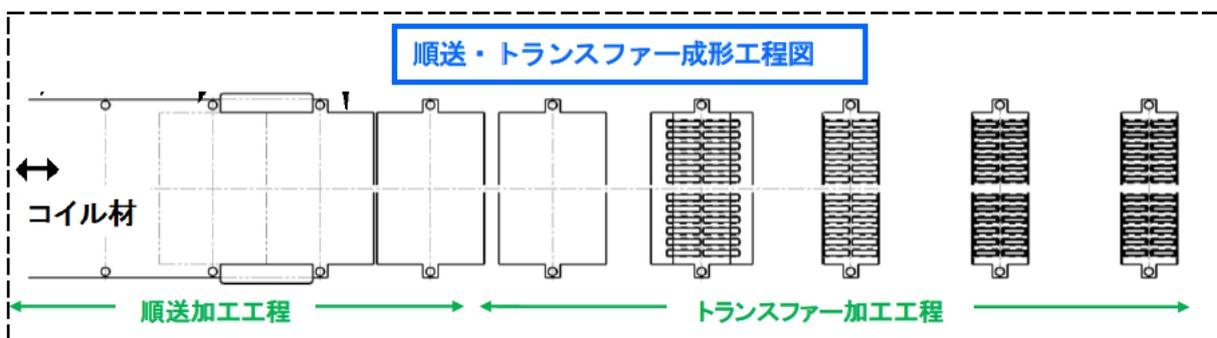


図 2.15 順送・トランスファー連結・連続成形工程の計画

順送・トランスファーの2つの加工を有機的に連結した金型構造の開発をまとめると

- ① 順送・トランスファー加工を連結する一貫自動化機能を包含した 新プレス加工方式の連続成形金型を開発した。
- ② 特殊成形工法を金型内へ組み込み、薄板複合製品の成形を実現する連続成形金型を開発した。
- ③ 順送・トランスファー加工を連結し連続加工が可能となり、スクラップレス成形により、素材利用率:95%が実現できた。
- ④ 特殊成形工法を型内へ組み込み、成形品精度において形状精度、肉厚減肉目標を大幅達成する高精度な製品が得られた。

2-7. 総合成形技術の開発

薄板コイル材〜一貫自動化・無人加工ラインを用いた成形加工を導入することで、大幅なコストダウン(材料費では、従来使用のアルミ材 1.2mm から 0.7mm への薄板化と新成形工法による材料利用率向上開発により、トータル材料費低減:56%の低減率が達成した。

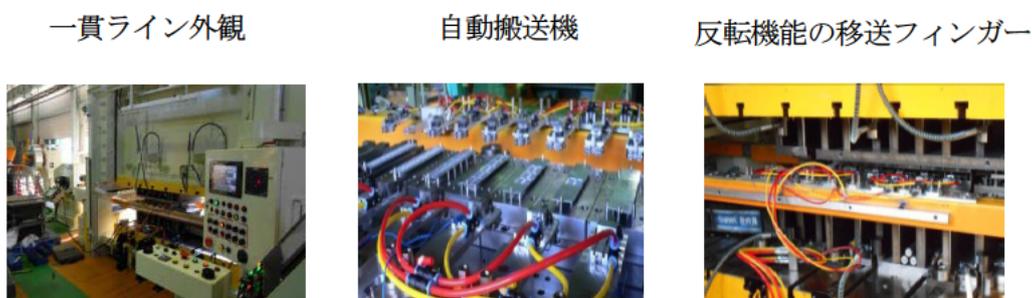


図 2.16 コイル材〜一貫・無人連続成形加工ライン

(1) 高度化目標の達成、及び研究開発の成果

表 2.4 研究開発の成果

研究開発 項目	研究開発の目標	研究開発 成果	達成度
1)0.7mm薄板の製品強化構造の開発	・アルミ伸び率: 20%以上 (従来技術の5倍)	・アルミ伸び率:20%実現 ※材厚減肉:-48%⇒-7%へ改善 ・特殊成形工法の開発:寄せ上げ成形法	100%

研究開発 項目	研究開発の目標	研究開発 成果	達成度
2) 総合技術の開発	・自動加工:1工程 作業に係る人員:1人 ・加工時間:0.5分/1工程 ・生産能力:20万個/月 ・自動加工可能アルミ板厚:0.7mm ・コスト低減目標(10,000個):90%低減 ・素材利用率:95%以上	・自動加工:1工程 作業に係る人員:1人 ・加工時間:0.05分/1工程 ・生産能力:30万個/月 ・自動加工可能アルミ板厚:0.7mm ・コスト低減目標(10,000個):92%低減 ・素材利用率:95%以上	100%

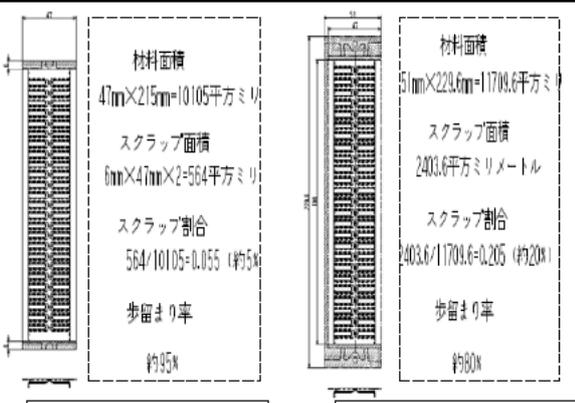
(2) 開発された製造技術と成果

表 2.5 開発技術の成果

開 発 技 術
<ul style="list-style-type: none"> ・自動加工: 1工程 作業に係る人員: 1人 ・加工時間: 1工程⇒3秒 ・生産能力: 30万個/月生産 ・自動加工アルミ板厚: 0.7mm ・コスト低減(10万個/月): 92%以上 ・素材利用率: 95%以上

(3) 材料利用率の向上とコストダウンの成果

表 2.6 材料利用率とコストダウン成果

材料利用率と効果	コスト低減
 <p>材料面積 47mm×215mm=10105平方ミリ</p> <p>スクラップ面積 6mm×47mm×2=564平方ミリ</p> <p>スクラップ割合 564/10105=0.055 (4.5%)</p> <p>歩留まり率 99.5%</p> <p>新開発の一貫成形加工</p>	<p>材料費と加工費の低減</p> <p>①旧技術の板厚より板厚の薄板化への低減 : 1.2mm⇒0.7mm・・・41%の材料費低減</p> <p>②材料板取の素材利用率向上への低減 ・旧方式:素材利用率⇒80%、新方式:素材利用率⇒95% : 15%の材料費低減</p> <p>③加工費の低減 ・旧方式:順送加工+反転加工+成形加工+トリミング=4工程 旧方式加工時間⇒4工程×9秒/工程=36秒/個 ・新方式:1工程 … 1工程×3秒/工程=3秒/個 トータルの加工費低減: 92%低減</p>

第3章 全体総括

本サポイン事業による開発のまとめを以下に示す。

- 1) 市場の環境性能向上（社会的ニーズ）と、薄肉化・軽量化による燃費性能向上（顧客ニーズ）に対応する高性能な熱交換器」開発に際し、従来比 1.9 倍となる 5.5MPa の高耐圧に適合する高耐圧構造部品を開発・提供することができた。
- 2) 自動車メーカーより要請される、大量生産・生産能力増強要請へ適合するため、高性能な熱交換器部品の製造技術開発として、無人・連続成形加工法の開発、高精度な金型製造と精密プレス成型法の開発、等の開発により、生産能力の確保と低コスト、高品質を確保する製造システムを確立した。
- 3) サポイン事業の成果に係る事業化展開を 27 年度から積極推進し、サンプル提供を実行しながら、市場・次世代自動車メーカーの開発ニーズを把握・適合する開発を積み重ね、29 年 4 月現在⇒次世代自動車 2 車種への熱交換器、更に 顧客開拓として、3 自動車メーカーを開拓した。
- 4) 一貫無人連続成形加工ラインの高速化・確実化の開発により、高機能なコイル材〜一貫連続成形ライン実用機が開発できた。この自動化ライン装置の開発成果として、①無人・連続成形ライン運転: 1 時間以上の連続運転が実現した。 ②無人・連続成形ライン運転: 1 時間以上でのチョコ停ゼロ運転が実現した。③連続成形ラインの高速運転を実現し、目標とした高機能で高速・実用レベルに充分適用できる、コイル材〜一貫連続成形ラインが完成した。しかも一貫連続成形ラインは、適用領域の広い高速自動搬送装置を具備し、多分野のプレス自動化開発において活用が期待される。
- 5) 0.7mm アルミ薄板プレス加工領域において、コイル材〜連続搬送・一貫高速無人成形ラインを適用すれば、顧客が待望する自動車部品製造で薄板材の適用による、軽量化・コストダウン・生産能力の飛躍的な向上が実現する等の今までにない高度なプレス自動化実現と、薄板プレス加工において、大きな技術革新が得られた。
- 6) 以上の開発成果と市場開拓により、29 年度後半より、高性能な熱交換器は市場投入と、売り上げ増が見込まれる。さらに、カーエアコンに限らず、家庭用エアコン、自動車・産業用機械等多くの分野の薄板・複合一体化形状品へも本技術の応用展開を行い、新市場・新製品への参入、顧客拡大や事業化の拡大展開を図っていく。

以上