

平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「自動車部材向けアルミニウム合金高速恒温鍛造技術の開発」

## 研究開発成果等報告書

平成23年3月

委託者 九州経済産業局

委託先 財団法人 北九州産業学術推進機構

# 目次

第1章 研究開発の概要	
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	P. 2
(1) 研究開発の背景	
(2) 研究目的	
(3) 高度化目標	
(4) 技術的目標	
1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）	P. 3
(1) 研究組織	
(2) 管理体制	
(3) 研究者氏名	
(4) 協力者	
1-3 成果概要	P. 6
1-4 当該プロジェクト連絡窓口	P. 7
第2章 本論	
1 戸畑ターレット工作所での基礎開発研究成果（鍛造試験結果）	P. 8
1-1 鍛造条件と強度の関係調査	P. 8
(1) 実施内容	
(2) 成果（目標と達成度）	
1-2 鍛造素材と強度の関係調査	P. 10
(1) 実施内容	
(2) 成果（目標と達成度）	
2 戸畑ターレット工作所でのタイロットエンド鍛造成形試験結果	P. 13
(1) 実施内容成果（N社向け）	
(2) 実施内容成果（H社向け）	
3 製品化に向けた顧客満足と営業販売	P. 19
3-1 川下ユーザー（THKリズム株式会社）	
3-2 他川下ユーザー	
第3章 全体総括	P. 21
1 成果概要	
2 今後の課題と目標	

## 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) 研究開発の背景

近年は燃費規制排気ガス規制等の環境問題への対応から車体重量の軽量化が求められており、アルミニウム合金製の重要保安部品を鋼製の従来品と同等、またはそれ以上の品質で安定に低コストで供給できる技術の開発が求められている。

しかし、強度・品質確保の観点から軽量合金への転換はなかなか進まず、一部の高級車で懸架系のリンクやアーム類に採用された程度である。

適用が限定されている大きな原因の一つに、自動車向けアルミ鍛造品は、金型を加熱しない熱間鍛造法で生産するため、加工中に急速に素材温度が下がり、成形性が悪化し、ニアネットシェイプ加工も難しく、後工程としての切削工程が増えて成形コストが上がる事が挙げられる。

一方強度・品質を向上させる手法として、航空機部材等に採用されている従来の恒温鍛造法があるが、加工速度が極端に遅く量産部品に適用が困難という欠点があるのが現状である。

#### (2) 研究目的

上記背景を基に本研究では高速加工が可能で実際の自動車部品に適用できる新しい高速恒温鍛造技術を開発することを目的とする。

製品ができるまでの鍛造プロセスは、素材加熱金型への素材搬送プレス装置による鍛造成形（1ショット）バリ取り・切削加工から構成される。従って、開発する高速恒温鍛造技術はハート開発としての量産品向け高速恒温鍛造技術とソフト開発として的高速恒温鍛造プロセス最適化手法とで構成する。

#### (3) 高度化目標

特定ものづくり基盤技術高度化指針にある「鍛造に係わる技術」に関する事項において、本研究に対応した自動車に関する川下製造業者等の抱える課題及びニーズは、

ア. 軽量化

イ. 品質を具備した安定供給

であり、そのニーズを踏まえた高度化目標は、

ア. 低燃費を可能とする新エンジン開発のための新素材・新構造鍛造技術の開発

イ. 量産品質の確保及び安定した供給体制を確立するための生産技術の開発

が挙げられている。それらに対応した本研究での具体的高度化目標は以下の通りである。

低燃費に対応した軽量化のためには、エンジンと同様に自動車駆動系部材や懸架系部材のアルミニウム合金化が期待されている。その実用化には高品質なアルミニウム合金部材を安定に且つ低コストで供給できる量産品向け高速恒温鍛造技術を開発する必要がある。

そのための具体的高度化目標はハート開発に対応する1) 量産品向け高速恒温鍛造技術の開発とソフト開発に対応する2) 高速恒温鍛造プロセス最適化手法の開発である。

#### (4) 技術的目標

上記高度化目標に対応した技術的目標は以下のとおりである。

本研究でのハート開発は、高速恒温鍛造用の金型加熱装置に対して、高繰返し・高衝撃に対する誘導加熱コイルの寿命を10万ショット(平均的ショット数)以上とし、その電力容量を40kVA以下に抑制し、約300℃の金型加熱立上げ時間を5分以下にすることを目標とする。

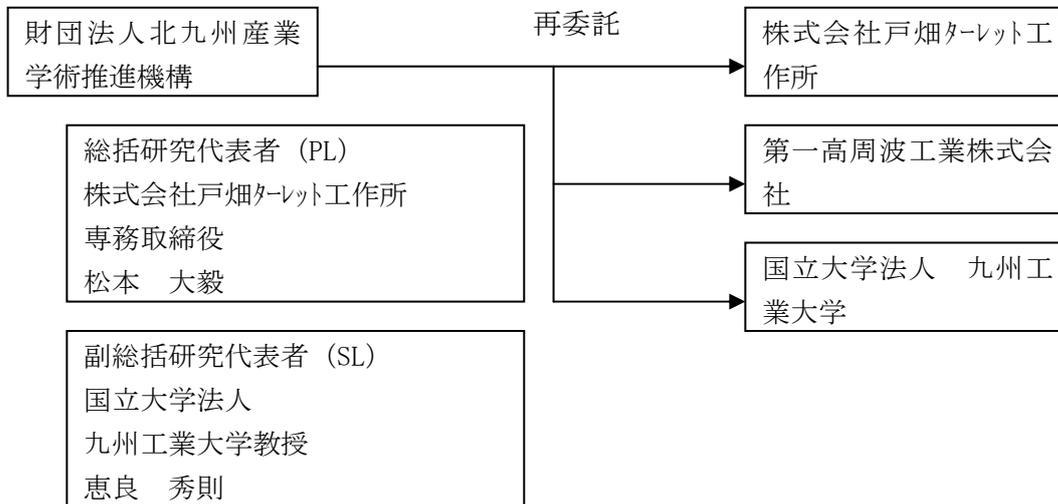
ソフト開発では、鍛造加工過程での素材の動的回復・再結晶化制御により、加工後の部材強度(耐力)を15%増に向上させ、製品不良率を金型加熱無しの従来1%(初期不良含む)から0.1%以下に向上させ、更にニアネットシェイプ化により複雑形状部材の材料歩留まりを金型加熱無

しの従来法での 60%から 80%に向上させることを目標とする。

これらの開発を通して、最終的には自動車重要保安部品であるタイロットエンドの重量を約 35% 軽量化することを目指す。

1-2 研究体制（研究組織・管理体制研究者氏名協力者）

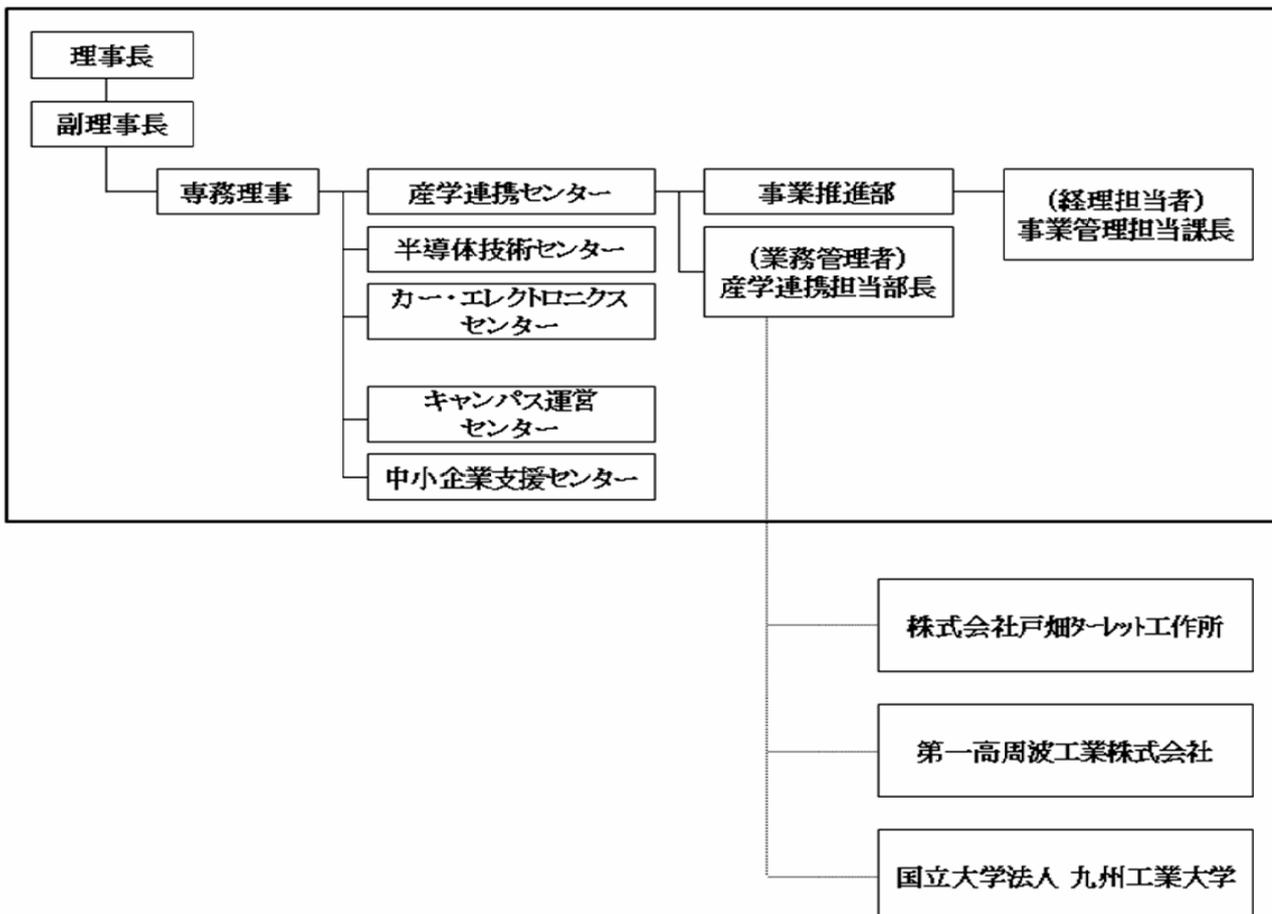
(1) 研究組織



(2) 管理体制

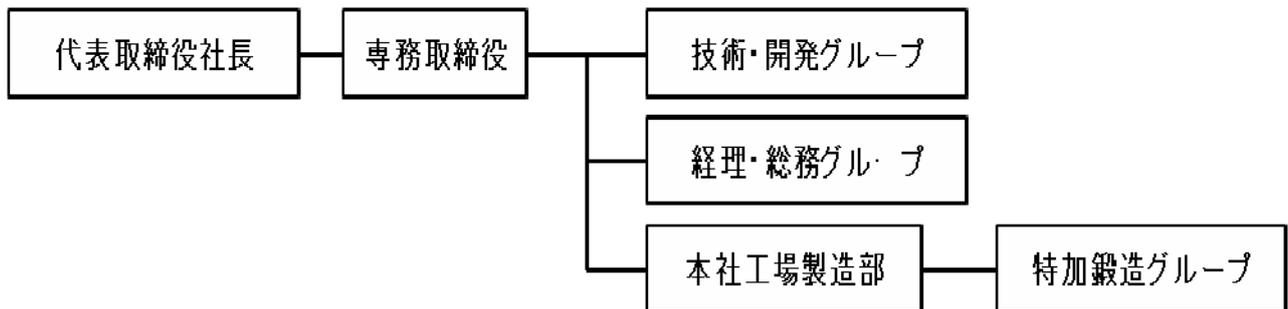
①事業管理者

[財団法人北九州産業学術推進機構]

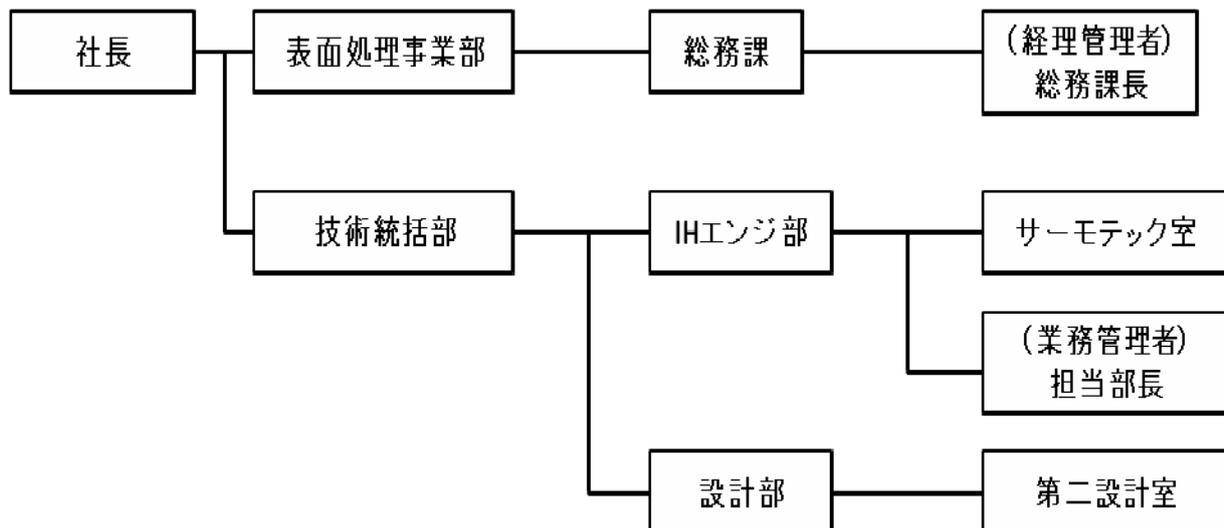


② 再委託先

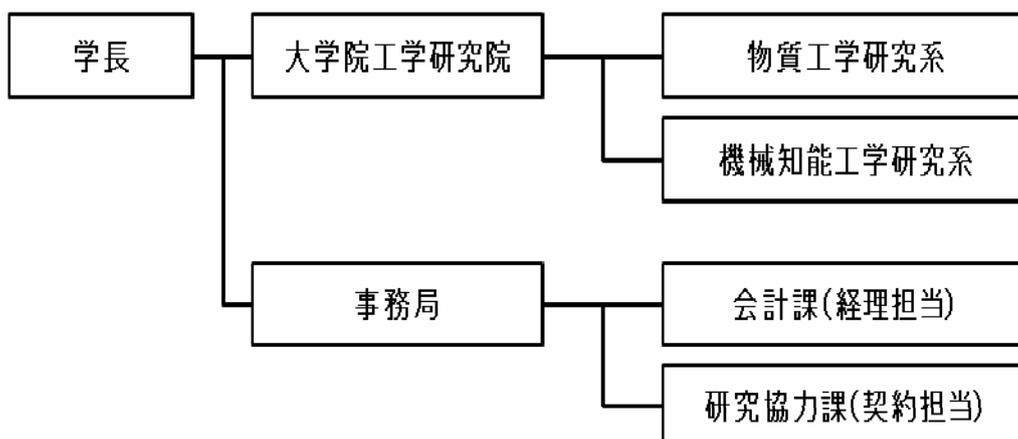
[株式会社戸畑ターレット工作所]



[第一高周波工業株式会社]



[国立大学法人 九州工業大学]



(3) 研究者氏名

株式会社戸畑ターレット工作所

氏名	所属・役職
清永 誠	代表取締役社長
松本 大毅	専務取締役
小堤 信幸	本社工場製造部長
井上 順	自動車部品事業担当部長
川口 俊哉	技術・開発グループ長
村田 道明	鍛造グループ長
川崎 宏史	技術・開発グループ
末弘 拓也	技術・開発グループ

第一高周波工業株式会社

氏名	所属・役職
武市 雅夫	IHエンジン担当部長
松本 信彦	設計室リーダー

九州工業大学

氏名	所属・役職
恵良 秀則	大学院工学研究院物質工学研究系 教授
河部 徹	大学院工学研究院機械知能工学研究系 准教授

(4) 協力者

氏名	所属・役職	備考
下田 和久	株式会社リズム 設計開発部 設計グループ 課長	アドバイザー
小金丸正明	福岡県工業技術センター 機械電子研究所 機械技術課 強度解析チーム	アドバイザー
野中 智博	西日本工業大学 特任准教授	アドバイザー

## 1-3 成果概要

### 1) 高速恒温鍛造アルミニウム合金部材高強度化手法の開発

(九工大 恵良教授 戸畑ターレット研究所)

H21年度の最適条件を主体とし、以下の鍛造条件において、据え込み試験後の強度を調査した。H20年度、380~400N/mm<sup>2</sup>の強度が得られた事実を踏まえ、金型加熱温度条件を設定し据え込み試験を行ったところ、引張強さ 431N/mm<sup>2</sup>、伸び 14%のチャンピオンデータが得られ、目標強度であるAl冷間鍛造T6処理材の15%向上の設定値を大幅に上回る加工条件を見出すことができた。

また、強度の裏付けとして顕微鏡観察にて、結晶粒径の変化と時効析出における析出物の発生状態について調査した。粒径変化についてはSEM観察にてトライしたが、結晶粒の超微細化が進んでおり、現行観察設備では観察困難となった。さらに、析出物 Mg<sub>2</sub>Si の発生状態をTEM観察により解析を行った結果、ナノレベルの微細化 Al の母相を確認でき、粒界析出物 Mg<sub>2</sub>Si のナノレベル微細化も同時に確認できた。従って、強度化が果たせた要因は、結晶粒が通常マイクロレベル(10<sup>-6</sup>)までしか微細化できなかったものがナノレベル(10<sup>-9</sup>)まで微細化し、粒界間で鋳の役割を果たす析出物 Mg<sub>2</sub>Si も微細化が進むことで強度と靱性をあわせもつ部材創成ができたといえる。

また、本年度は A6061 規格内において本技術による強度化に最も適合した素材を選定するため、素材の仕入れ(製造メーカー)を変えて、5銘柄について、含有成分差(管理シート記載)と強度の関係を調査した。①項で得られた最適鍛造条件をもって据え込み試験を行い、材料試験評価した結果、5銘柄中3銘柄については、プレス能力を超える鍛造圧力を示し、鍛造条件の一つ、適当な圧縮が与えられず、更に、加工部材の外周部に割れが発生したため本鍛造技術に適していないと判断した。一方、2銘柄については、何れも引張強さ 400N/mm<sup>2</sup>超、伸びも12~14%と同等レベルの大変良好な機械的性質を示すデータが得られ、当調査終了時点では2銘柄を採用することとした。

①項にて見出した最適鍛造条件を中心にターゲット部品タイプ用金型を設計製作、また、②項で得られた素材を用いて鍛造成形試験を行い、製品の全体で、ビッカース硬度(120~149HV)の良結果が得られ、目標強度の達成を確認した。

### 2) 高速恒温鍛造用最適金型設計手法の開発

(九工大 河部准教授 戸畑ターレット研究所)

H21年度同様、据え込み解析と加工を平行して行い、歪等適切な条件を設定すれば、目標強度を満足する加工が可能なのことがわかった。つまり、鍛造シミュレーションでこの歪、温度をアウトプットする鍛造条件を設定すれば、高強度化鍛造が可能となる。また、据え込みで得られたこの最適条件のデータベースを、製品タイプの解析に落とし込んで、実鍛造との比較検証を行った。その結果、目標強度が得られ、有用性を実証することができた。現時点での解析精度は良好で、今後データを蓄積することでより精度の高いものとしていく。

### 3) 製品化に向けた顧客満足と営業販売

本年度は、提案工法の技術PRを展示会等で積極的に行い、最終的には川下ユーザーと製品試作、機能評価を連携して行い、アッセンブリー品としてのお客様(エンドユーザー)への提案準備をした。

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

(財)北九州産業学術推進機構 産学連携センター 産学連携担当部長  
tel:093-695-3006 ; fax:093-695-3018 ; e-mail:m-noda@ksrp.or.jp

## 第2章 本論

### 1 戸畑ターレット工作所での基礎開発研究成果（鍛造試験結果）

#### 1-1 鍛造条件と強度の関係調査

##### （1）実施内容

前年度の試験結果を踏まえ、据込試験を各種条件にて実施した。

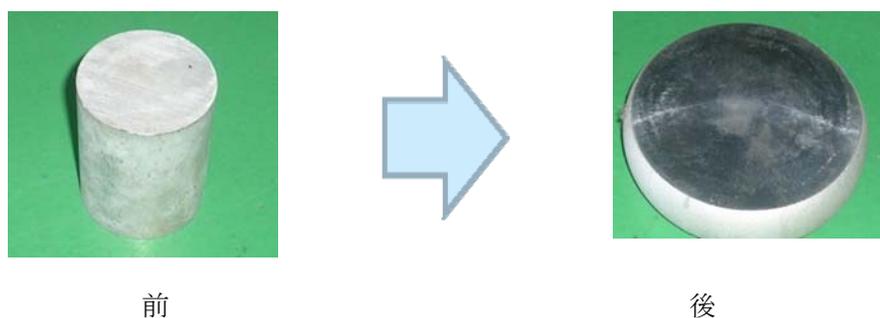


図1-1 据込試験 前後の素材形状

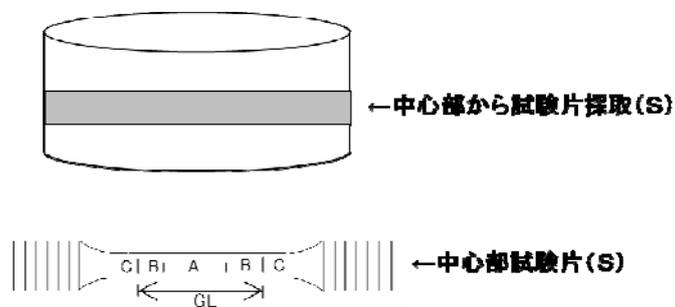
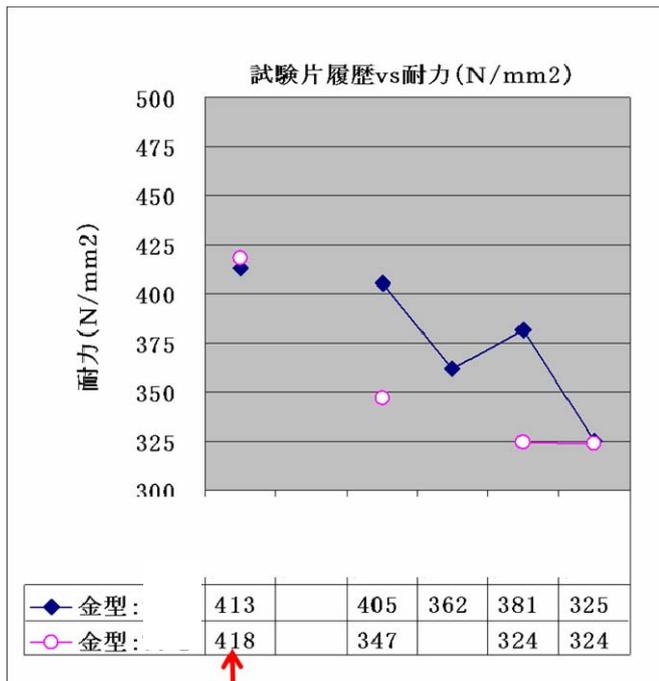


図1-2 据込試験 材料試験（引張試験）用試験片採取図

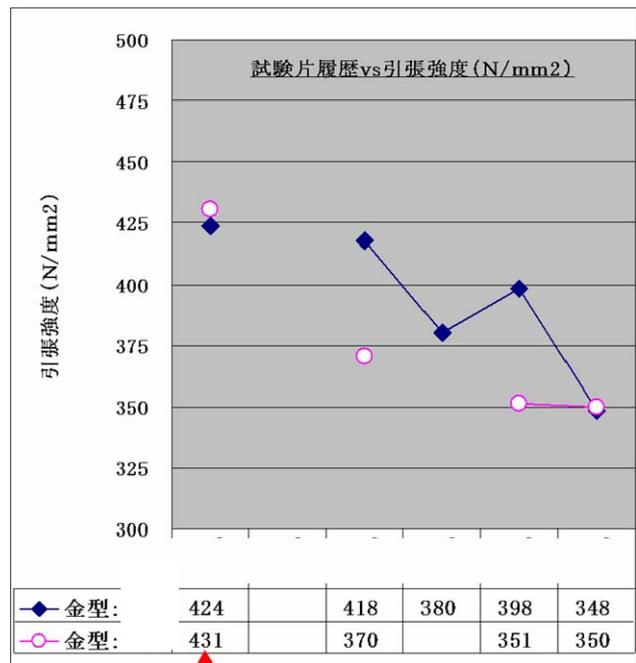
・0.2%耐力(各条件における平均値)



最良

図1-3 据え込み試験  
引張試験結果 (0.2%耐力グラフ)

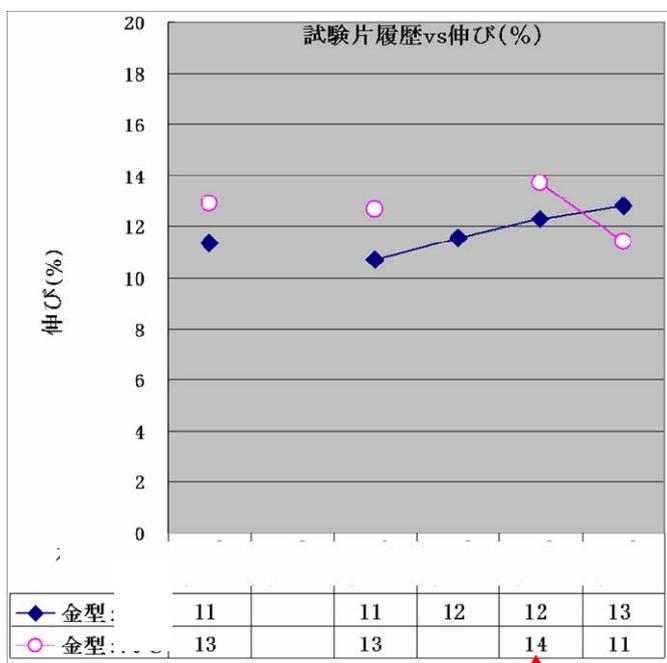
・引張強さ(各条件における平均値)



最良

図1-4 据え込み試験  
引張試験結果 (引張強さグラフ)

・伸び(各条件における平均値)



最良

図1-5 据え込み試験  
引張試験結果 (伸びグラフ)

表1-1 据え込み試験 強度目標達成数値

引張強さ	431(N/mm <sup>2</sup> )	63%UP	現行アルミ冷鍛 T6
			265(N/mm <sup>2</sup> )
0.2%耐力	418(N/mm <sup>2</sup> )	71%UP	245(N/mm <sup>2</sup> )
伸び	14(%)	40%UP	10(%)

(2) 成果 (目標と達成度)

結果として、引張強さ 431N/mm<sup>2</sup>、0.2%耐力 418N/mm<sup>2</sup>、伸び 14%のチャンピオンデータが得られ、目標強度であるアルミ冷間鍛造T6 処理材の15%向上の設定値を大幅に上回る加工条件を見出すことができた。

1-2 鍛造素材と強度の関係調査

(1) 実施内容

①で得られた最適鍛造条件をもって素材5 銘柄につき据え込み試験を行い、どの銘柄が本強度化工法に適しているのか調査した。加工及び材料試験方法は①と同様である。また、製品成形品では、引張試験評価ができないことを鑑みて、引張強さ (N/mm<sup>2</sup>) と硬度 (Hv) の関係調査を行った。以下、結果を示す。

素材銘柄	成分値									溶体化条件	素材の機械的性質 (平均値 n=3)		鍛造後の機械的性質 (平均値 n=3)	
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	硬度 (Hv)		引張強さ (N/mm)	伸び (%)	硬さ (Hv)	
A	0.67	0.24	0.34	0.01	1	0.08	0.01	0.02	x°C、 Yh後 水冷	106.1	417.6	14.6	135.4	
B	0.53	0.28	0.38	0.04	1	0.06	0.02	0.02		103.7	419.5	12.3	133.5	
C	0.64	0.24	0.36	0.12	1	0.21	0.02	0.02		112.3	割れ発生により 試験不可		121.7	
D	0.74	0.22	0.22	0.03	1.02	0.08	0.03	0.01		105.2	割れ発生により 試験不可		118.6	
E	0.69	0.22	0.27	0.11	1	0.17	0.03	0.01		125	割れ発生により 試験不可		128.6	

表1-2 素材5銘柄成分値及び機械的性質調査結果

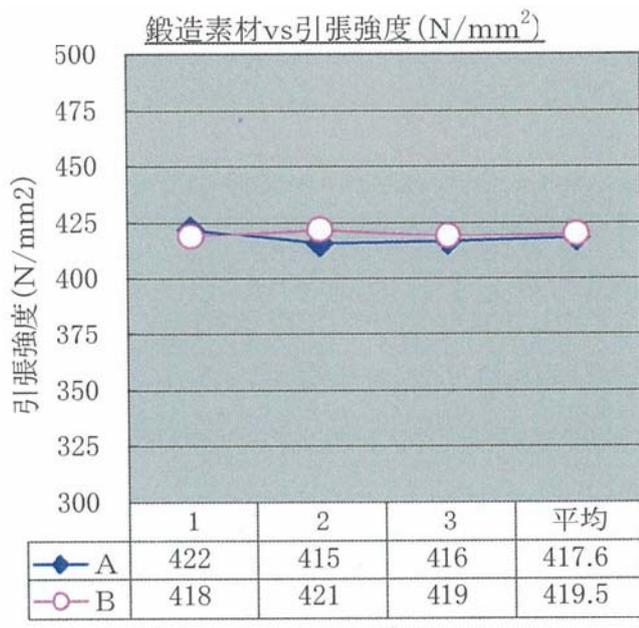


図1-6 据え込み試験②  
引張試験結果 (引張強さグラフ)

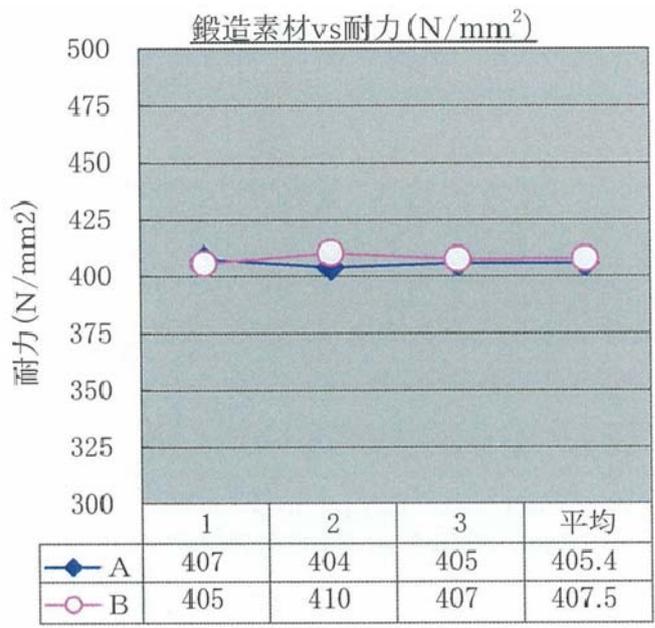


図1-7 据え込み試験②  
引張試験結果 (0.2%耐力グラフ)

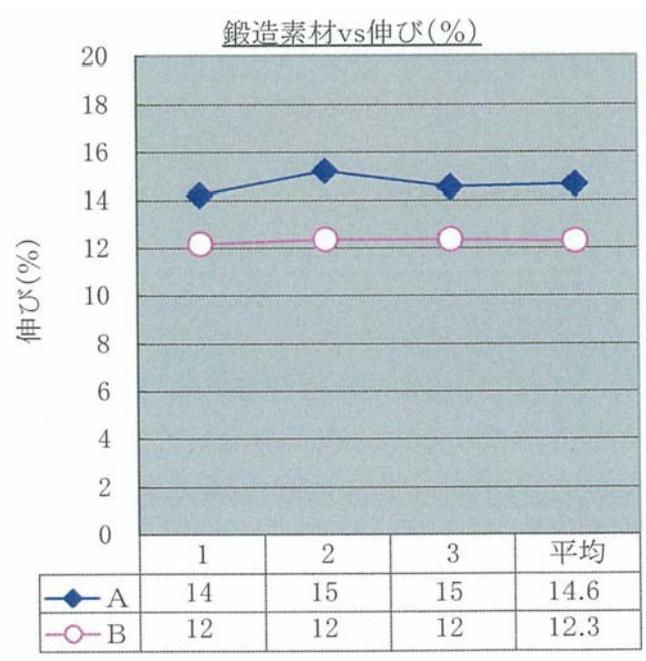


図1-8 据え込み試験②  
引張試験結果 (伸びグラフ)

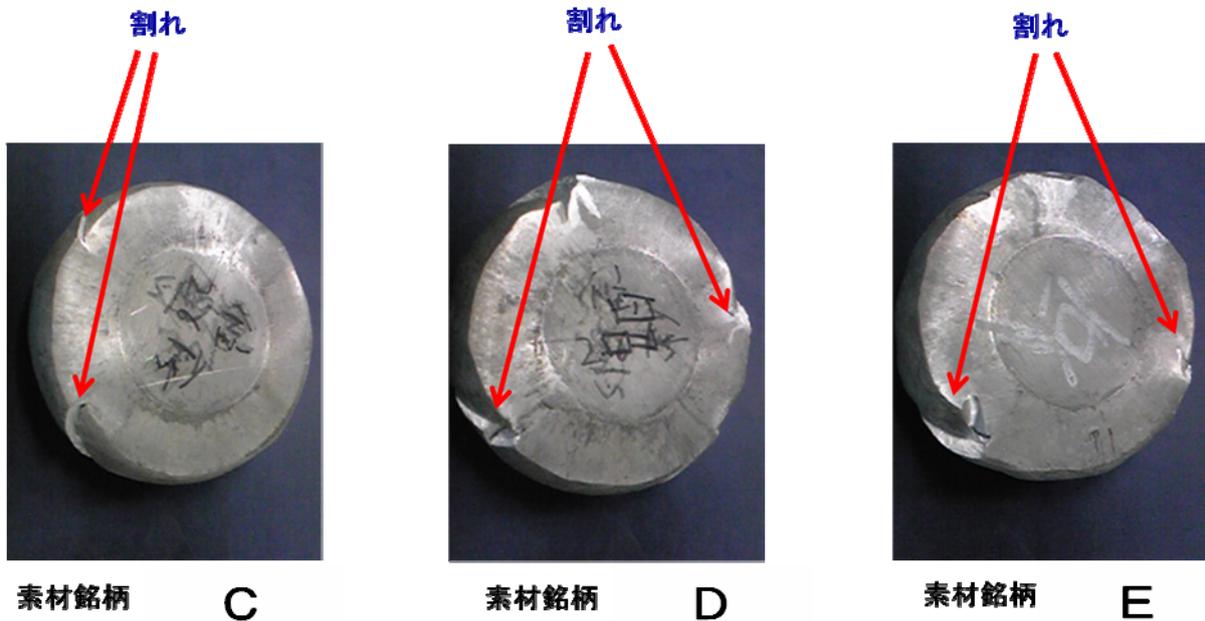


図1-9 据え込み試験 素材3銘柄割れ発生状態

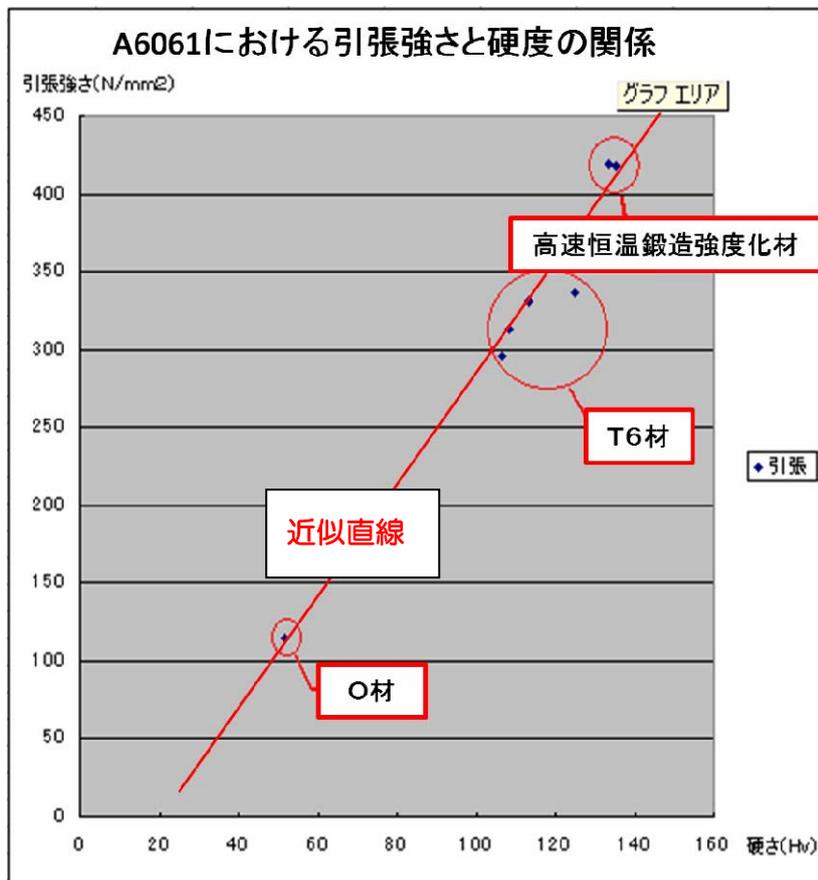


図1-10 A6061の引張強さと硬度の関係グラフ

(2) 成果（目標と達成度）

素材 5 銘柄中 2 銘柄については、加工後の強度が目標強度を大きく上回り、また、素材欠陥もなく、同等と判断し、後のクワイットメント鍛造成形試験ではこの2 銘柄を採用とした。また、製品部材強度を評価するにあたって硬度でみた場合の引張強さがどの程度かを示す指標（線形近似）を得ることができた。

\* ) 最小二乗法による近似直線

$$Y \approx 3.4876 \times X - 66.464 \quad (X: \text{ビッカース硬度値} \quad Y: \text{引張強さ値})$$

2 戸畑ターレット工作所でのタイロットエンド<sup>®</sup> 鍛造成形試験成果

(1) 実施内容 (N社向け)

(i) 1～2の基礎試験結果及び鍛造シミュレーションの結果を踏まえ、H21年度実施したものと同一のターゲット部品 (N社向け) タイロットエンド<sup>®</sup> の試作を行い、強度確認を行った。以下に試験条件及び結果を示す。

表3-1 ターゲット部品 (N社向け) 最適鍛造条件

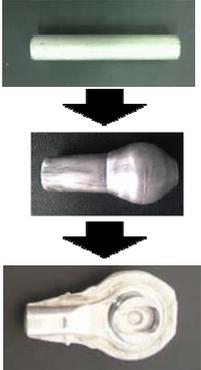
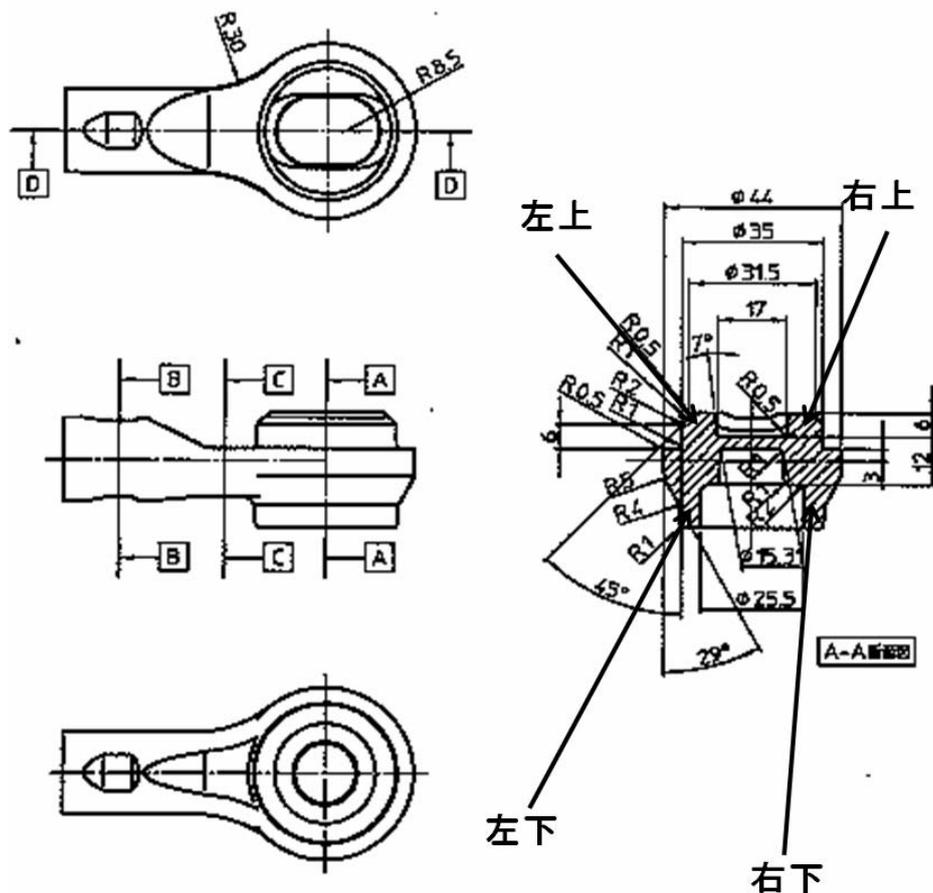
材質 (調質)	加工形状 (据込後バリ出し鍛造)	素材加熱条件 (°C)	金型加熱条件 (°C)	プレス加工速度 (mm/s)
A6061-T6 材  A6061-T6 溶体化処理材 (X°C、YH)		S°C	T°C	R(mm/s)



図3-1 ターゲット部品製造工程



図3-2 N社向けタイロットエンド<sup>®</sup> 実製品写真



タイロットエンド硬度試験測定箇所図

図3-3 N社向けタイロットエンド硬度測定箇所

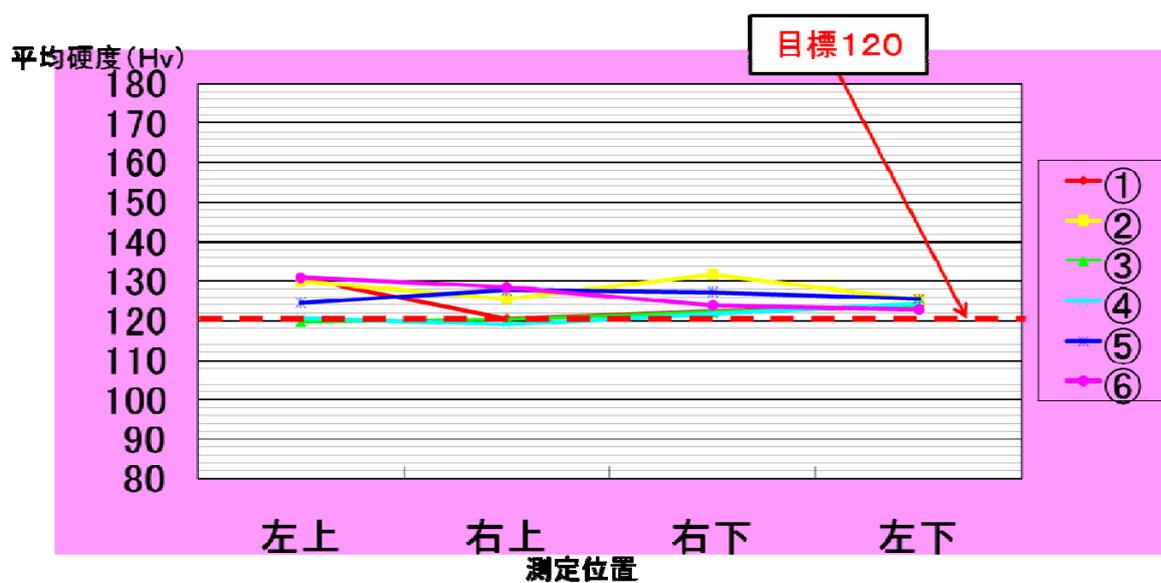


図3-4 N社向けタイロットエンド硬度測定結果グラフ

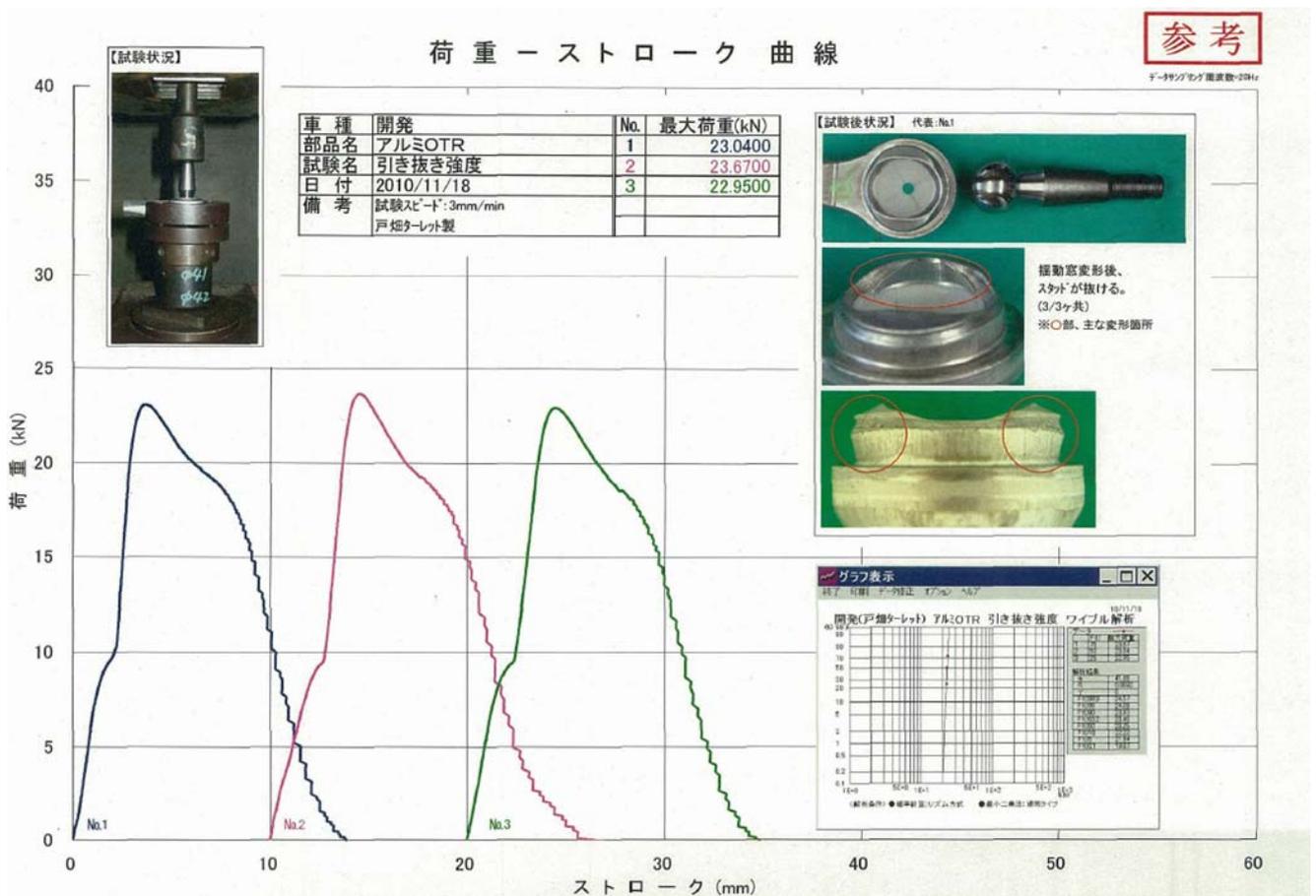


図3-5 川下ユーザー殿によるN社向けタイロットエンド  
スタッド引抜試験結果

ii) 成果（目標と達成度）

製品の全体で、H21年度のタイロットエンド硬度試験結果ビッカース硬さ（80～98Hv）に対して、ビッカース硬さ（120～131Hv）の良結果が得られ、目標強度の達成を確認した。また、川下ユーザー殿でのスタッド引抜試験では、最大荷重20KN以上が目標強度であるのに対して23KNの強度を得ることができた。

(2) 実施内容と成果 (H社向け)

(i) 1～2の基礎試験結果及び鍛造シミュレーションの結果を踏まえ、新たなターゲット部品 (H社向け) タイロットエンド<sup>®</sup>の試作を行い、強度確認を行った。以下に試験条件及び結果を示す。

表3-2 ターゲット部品 (H社向け) 最適鍛造条件

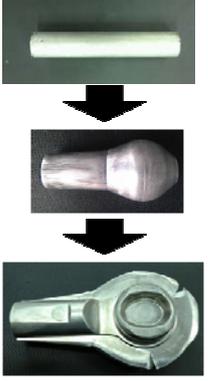
材 質 (調 質)	加工形状 (据込後バリ出し鍛造)	素材加熱条件 (°C)	金型加熱条件 (°C)	プレス加工速度 (mm/s)
A6061-T6 材  A6061-T6 溶体化処理材 (X°C、YH)		S°C	T°C	R(mm/s)



図3-6 ターゲット部品製造工程



図3-7 H社向けタイロットエンド<sup>®</sup>  
実製品写真

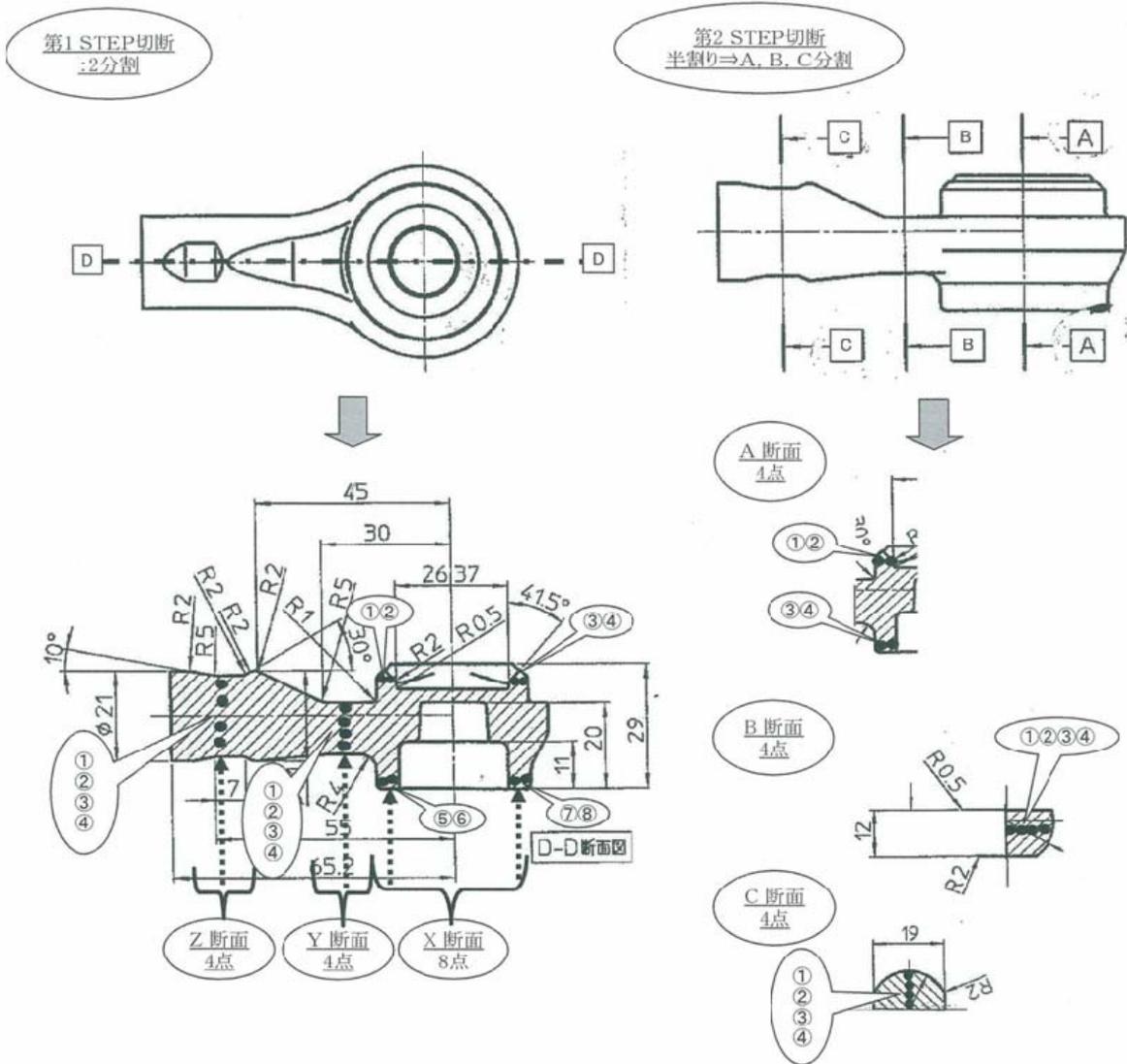


図3-8 H社向けタイロットエンド`硬度測定箇所

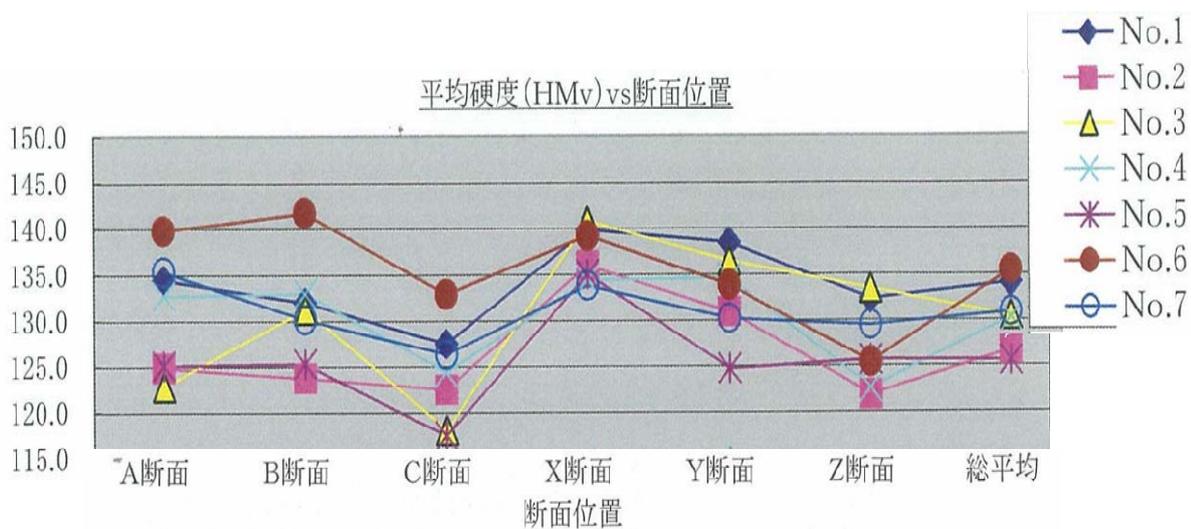


図3-9 H社向けタイロットエンド`硬度測定結果グラフ

参考

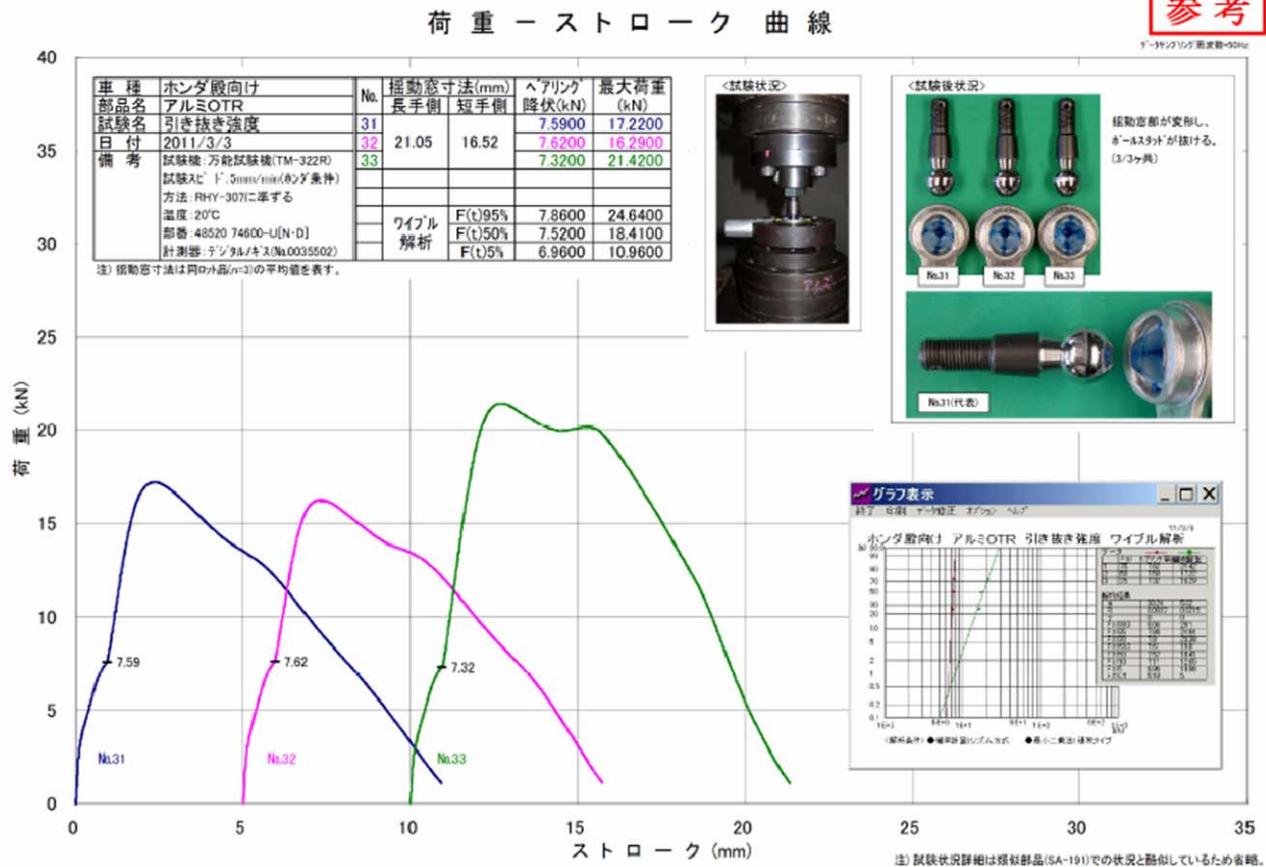


図3-10 川下ユーザー殿によるH社向けタイロットエンド  
スタッド引抜き試験結果

ii) 成果 (目標と達成度)

製品の全体で、ビッカース硬度 (120~149HV) の良結果が得られ、目標強度の達成を確認した。しかし、川下ユーザー殿でのスタッド引抜き試験では、最大荷重 20KN以上が目標強度であるのに対し達成したものと未達のものがあり、硬度試験でも見られたが、強度未達のもので発生し、バラツキの原因究明が課題として残った。

### 3 製品化に向けた顧客満足と営業販売 (戸畑ターレット工作所)

#### 3-1 川下ユーザー(THKリゾム株式会社)

昨年度と同様に製品化に向けた技術開発を継続、ターゲット製品を確定させ、実用製品の仕様に見合った製造条件、品質条件を確立させた後、販売に際しての具体的な方向性、戦略を決定した。以下、ターゲット製品試作の製品写真を示す。

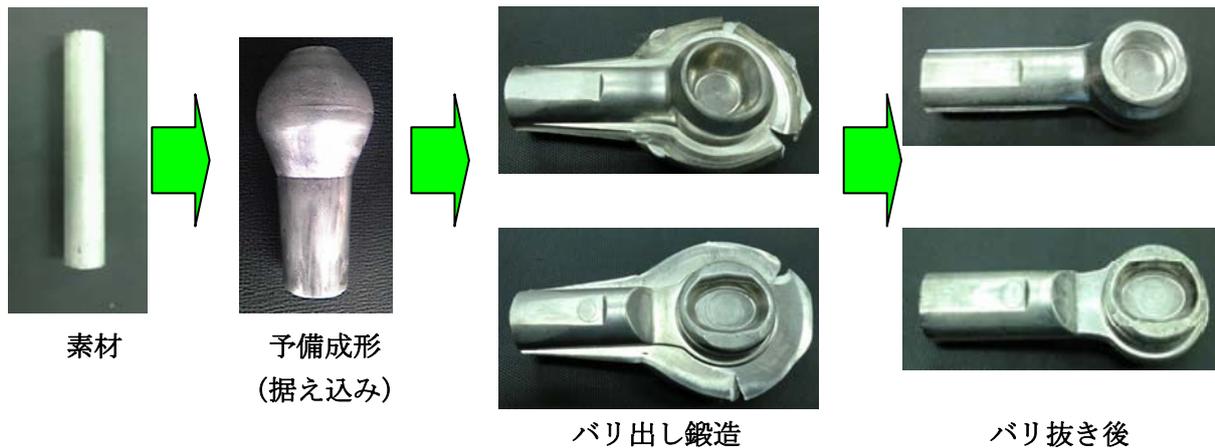


図4-1 川下ユーザー殿ターゲット部品工程別形状写真

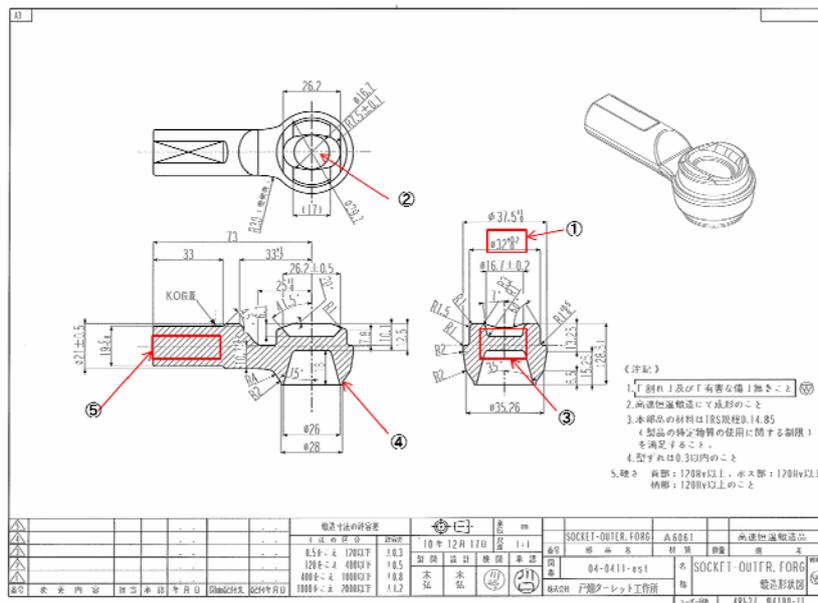


図4-2 鍛造品設計図面

### 3-2 他川下ユーザー

提案営業・商談会・展示会出展を継続し、川下ユーザーと接触することで、有力ユーザーの開拓を行い、ターゲット製品の発掘、事業拡大につなげる活動を積極的に行った。

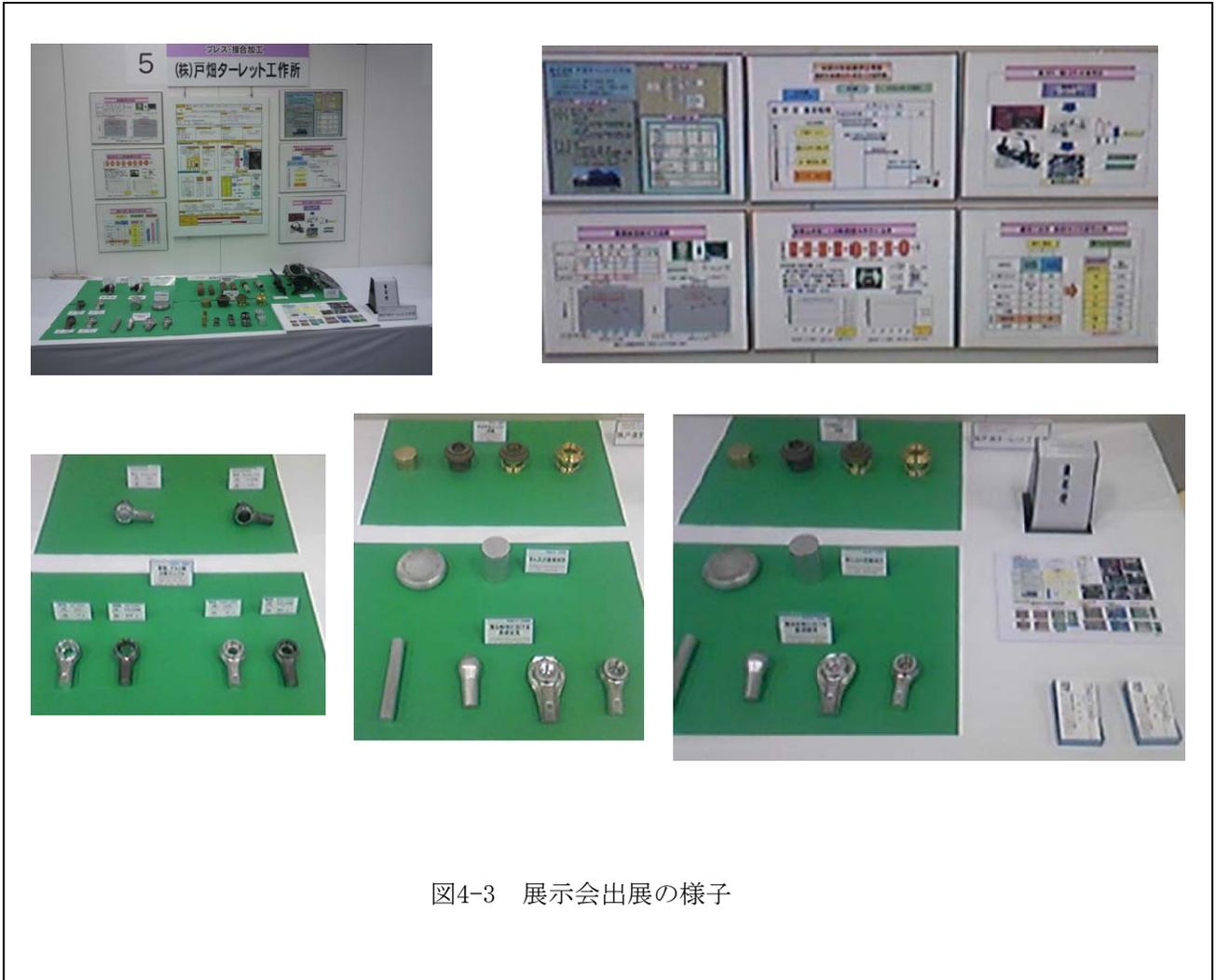


図4-3 展示会出展の様子

## 第3章 全体総括

### 1 成果概要

#### 1) 耐衝撃型鍛造金型加熱法開発

金型加熱コイルの試設計を実施し、銅製角管を用い、コイル断面形状 20×15mm、被加熱体(金型)とのクリアランスを 10mm、絶縁処理を施した SUS 製ボルトによる被加熱体への取付・設置を行う方式の加熱コイルを試作した。その試作加熱コイルを用いた金型加熱単体試験を実施し、目標の昇温条件(5分以内で30℃)をほぼ満足できることを確認し、次項で開発した高強度断熱部材を試作金型のベース基板として設置し、総合金型加熱試験を実施した。その結果、開発した高強度断熱部材を用いることにより、用いない場合に比べ、同じ加熱時間に対し、金型温度は30℃程度高くなることが分り、金型加熱単体試験結果と合わせて、目標の昇温条件は達成した。

次に、高効率加熱のためのコイル形状最適化(広幅加熱用コイル)と、それを基に量産対応の自動車部材用最適コイル(非対称部材)用最適コイル形状を検討・試作し、各々に対して総合加熱試験(昇温試験)を行った結果、金型内部温度が、加熱時間4分以下で加熱温度220℃に加熱できることを確認でき、目標を達成した。また、実用化に向けた加熱コイル設置の簡略化も同時に行い、2人で20分掛かっていた設置時間が1人5分で出来るようになり、これについても目標を達成した。

更に、繰り返し曲げを受けるため、金属疲労による劣化が予想される高周波ケーブルについて、簡易的なケーブル曲げ試験機を製作し、3種類の市販ケーブルの曲げ耐久性を評価した結果、一般的な可撓(かとう)ケーブルで20万回の使用に耐えることが分り、目標である使用耐久回数、10万回を大幅に上回ることができた。

#### 2) 高強度断熱部材の開発

高強度断熱部材として、金型材料(SKD61)より熱伝導性の悪い材料(SUS420J2)を用い、年輪状のU型溝加工を施した高強度断熱部材を開発することで、金型の断熱効果を向上させ、加熱効率の向上を図った。

年輪状のU型溝加工では金型との接触率の異なる2種類を試作し総合加熱試験を実施した結果、年輪状U溝本数を制御することにより断熱効果を制御できることを確認した。その結果、金型との接触率を23.5%にした高強度断熱部材により、金型昇温目標を達成することができ、断熱部材としての目標を達成できたと考える。

また、U型溝より応力集中の少ないと思われるディンプル形状のくぼみを施した高強度断熱部材を試作し、総合加熱試験を実施した結果、年輪状U溝加工を施した断熱部材との金型昇温状態に差異は認められず、昇温性能に差はないことを確認した。

#### 3) 高速恒温鍛造アルミニウム合金部材高強度化手法の開発

ひずみ速度及び加工温度をパラメータとした、基礎データ取得試験(温間圧延試験)を実施した結果、受け入れ材(押出材)より高強度と高靱性を兼ね備えた材料が得られることが分り、今後の材料高強度化指針が得られ、20年度目標をほぼ達成することができた。

その高強度化指針を基に、更なる特性向上を得る為には、ひずみ速度と変形温度を上昇させることが必要であることが分り、より鍛造加工に近い据え込み試験の各種条件を設定し、今回導入したサボプ装置を用いてサンプルを製作し、材料特性を計測した。

基礎データと同様の傾向が見られるが、詳細検討を行うには据え込み試験での素材温度計測法を改

善する必要が出てきたため、次年度にノウハウ条件設定の追加見直しを含め、改善試験を実施した。H21年度の最適条件を主体とし、以下の鍛造条件において、据え込み試験後の強度を調査した。H20年度、380～400N/mm<sup>2</sup>の強度が得られた事実を踏まえ、金型加熱温度条件を設定し据え込み試験を行ったところ、引張強さ 431N/mm<sup>2</sup>、伸び 14%のチャートデータが得られ、目標強度である冷間T6処理材の15%向上の設定値を大幅に上回る加工条件を見出すことができた。

また、強度の裏付けとして顕微鏡観察にて、結晶粒径の変化と時効析出における析出物の発生状態について調査した。粒径変化についてはSEM観察にてトライしたが、結晶粒の超微細化が進んでおり、現行観察設備では観察困難となった。さらに、析出物Mg<sub>2</sub>Siの発生状態をTEM観察により解析を行った結果、ナノレベルの微細化Alの母相を確認でき、粒界析出物Mg<sub>2</sub>Siのナノレベル微細化も同時に確認できた。従って、強度化が果たせた要因は、結晶粒が通常マイクロレベル(10<sup>-6</sup>)までしか微細化できなかったものがナノレベル(10<sup>-9</sup>)まで微細化し、粒界間で鋸の役割を果たす析出物Mg<sub>2</sub>Siも微細化が進むことで強度と脆性をあわせもつ部材創成ができた結論付けされる。

また、本年度はA6061規格内において本技術による強度化に最も適合した素材を選定するため、素材の仕入れ(製造メーカー)を変えて、5銘柄について、含有成分差(管理シート記載)と強度の関係を調査した。①項で得られた最適鍛造条件をもって据え込み試験を行い、材料試験評価した結果、5銘柄中3銘柄については、プレス能力を超える鍛造圧力を示し、鍛造条件の一つ、適度な圧縮が与えられず、更に、加工部材の外周部に割れが発生したため本鍛造技術に適していないと判断した。一方、2銘柄については、何れも引張強さ400N/mm<sup>2</sup>超、伸びも12～14%と同等レベルの大変良好な機械的性質を示すデータが得られ、当調査終了時点では2銘柄を採用することとした。

①項にて見出した最適鍛造条件を中心にターゲット部品タイロット用金型を設計製作、また、②項で得られた素材を用いて鍛造成形試験を行い、製品の全体で、ビッカース硬度(120～149HV)の良結果が得られ、目標強度の達成を確認した。

#### 4) 高速恒温鍛造用最適金型設計手法の開発

金型設計最適化のためには金型の妥当性を評価するため、金型データをインプット情報として鍛造加工の数値シミュレーション解析する必要があり、その解析精度を評価するため、単純形状の丸コップの鍛造加工解析と鍛造試打ちを行った。

数値解析ではプレス装置のワークに応じた素材流動、温度分布、荷重などを算出し、変形状態については割れの可能性も含めて定性的には一致したといえる。しかし、鍛造試作結果と定量的に比較するには、鍛造加工中の荷重計測法の確立、及び、鍛造加工で重要な変形抵抗の温度依存性データの高精度な計測、金型と素材間の熱伝達係数の見直し等の対策が必要であることが分かった。

またニアネットシェイブ加工を試行するため、自動車部材としてボールジョイントを選定し、抜き勾配ゼロ、切削代を大幅削減(材料歩留まりを従来設計の46%から82%に向上)した金型の設計・製作を行い、高速恒温鍛造試打ち試験を実施した。その結果、高速恒温鍛造法により、ニアネットシェイブ加工が可能であることが確認され、目標を達成した。

H22年度はH21年度同様、据え込み解析と加工を平行して行い、歪0.65以上、鍛造終了温度が188～260℃に条件設定すれば、目標強度を満足する加工が可能なることがわかった。つまり、鍛造シミュレーションでこの歪、温度をアウトプットする鍛造条件を設定すれば、高強度化鍛造が可能となる。また、据え込みで得られたこの最適条件のデータベースを、製品タイロットの解析に落とし込んで、

実鍛造との比較検証を行った。その結果、目標強度が得られ、有用性は実証できた。現時点での解析精度は79.7%であるが、今後データの蓄積をしていくことでより高い精度にしていく。

#### 5) 製品化に向けた顧客満足と営業販売

本年度は、提案工法の技術PRを展示会等で積極的に行い、最終的には川下ユーザーと製品試作、機能評価を連携して行い、アッセンブリ品としてのお客様（エンドユーザー）への提案準備をした。

## 2 今後の課題と目標

今後、事業化に向けて次の課題がある。

### <製造工程内での課題>

- ① 製品の品質上のロット管理を行うにあたり、強度評価を硬度指標で行える様に引張試験指標と硬度指標との相関関係をもっと明確にする必要がある。これは、エンドユーザーの求める確かな指標が引張指標であるとともに、製品形状が複雑なため引張試験片を取り出すのが困難であるためである。
- ② 高速恒温鍛造における強度化条件が、どの程度最適域から外れると必要仕様強度を割り込むか、条件を大幅に振った試験を行い、製品の製造条件を確立していく必要がある。また、強度のバラツキをどの程度まで良品とみるかについてもユーザーと細かく実証評価し、共通認識をまとめ上げる必要がある。
- ③ 鍛造加工に伴う、内部欠陥（割れ、ピンホール等）不具合の発生を防がねばならない。発生箇所の特定制を、原因追究・対策を講じるにあたって、設計段階にまでさかのぼり行える体制を構築する必要がある。

### <製造後の課題>

- ④ 実装時の使用温度域（約100℃）で、高速恒温鍛造で強度化されたアルミ部材の強度変化を確認する必要がある。

以上の実証評価を行い、製品化・事業化を現実化する。