

平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業  
「圧造成形順送プレス工法によるLED用機能部品の製造技術開発」

研究開発成果等報告書

平成23年3月

委託者 関東経済産業局  
委託先 財団法人日立地区産業支援センター

## 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	1
1.1.1 研究開発の背景	1
1.1.2 研究目的	1
1.1.3 研究目標	2
1.2 研究体制	4
1.2.1 研究組織および管理体制	4
1.3 成果概要	7
1.3.1 高耐久性精密異形加工プレス金型の開発	7
1.3.2 複雑三次元加工プレス技術の開発	7
1.3.3 部品一体化積層接続技術の開発	8
1.3.4 高反射率表面処理技術の開発	9
1.3.5 量産性評価	9
1.3.6 市場調査	10
1.4 当該プロジェクト連絡窓口	10
第2章 本論	
2.1 高耐久性精密異形加工プレス金型の開発	11
2.1.1 高耐久性プレス金型の設計および製作	11
2.1.2 高耐久化表面処理金型の開発	15
2.1.3 金型寿命の評価	17
2.2 複雑三次元加工プレス技術の開発	19
2.2.1 プレス加工条件の最適化	19
2.2.2 量産プレス条件の確立	19
2.2.3 プレス条件の管理手法の確立	20
2.3 部品一体化積層接続技術の開発	21
2.3.1 高精度位置決め技術の開発	21
2.3.2 圧入圧接機能プレス金型の開発	22
2.3.3 接続信頼性評価	23
2.4 高反射率表面処理技術の開発	24
2.4.1 化学研磨処理条件の確立	24
2.4.2 信頼性評価	25
2.5 量産性評価	26
2.5.1 品質安定性評価	26
2.5.2 量産コストの検証	28
2.6 市場調査	29
2.6.1 開発技術の優位性評価	29
2.6.2 適用分野拡張に向けた技術動向	29
2.6.3 高輝度 LED の川下大手メーカーの技術動向、 ニーズ等のマーケット調査	31

## 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

##### 1) 自動車に関する事項

自動車業界からは、現在切削、研削などの機械加工で作られている複雑三次元構造の精密小型部品を、精密異形加工用プレス金型を用いて大量に作り、低コスト化を図ることが強く求められている。これは現在自動車の分野では、各種センサーや制御機器用電子部品の採用が進んでいるためである。また環境、省エネの観点から、最近ヘッドライトやバックライトおよび車内照明用ランプを発光ダイオード（LED）に置き換えようとする試みもまた急速に進んでいる。LEDは従来主に表示機器用に採用されてきたが、ここに来てハイパワーLEDの開発が加速されて、各種照明機器への応用が現実味を帯びてきた。しかしながら、ハイパワーLEDに用いられる高反射率ミラー（リフレクタ）や放熱器（ヒートシンク）などの複雑三次元加工部品は、現在切削などの機械加工で試験的に作られており非常に高価である。このため国内および海外の自動車向けLED応用機器メーカーから、これらリフレクタやヒートシンク部材を、圧造成形順送プレス工法（板鍛造）により安価に製造、提供することへの要求が高まってきている。

##### 2) 情報家電に関する事項

情報家電業界においても自動車業界同様、現在機械加工で作られている複雑三次元構造の精密小型部品を、精密異形加工用プレス金型により大量に作り、低コスト化することが強く求められている。これは、携帯電話やその他小型電子機器用のMEMSセンサー、液晶用光学部品などの精密小型部品は、形状の複雑化と小型化が急速に進んでおり、従来のNCなどの機械加工法では製造が不可能となってきたためである。また特に携帯電話などにおいては、製品サイクルが自動車以上に短いために、部品メーカーは川下企業からの強い短納期要求に晒されている。しかし現在機械加工で部品を製造しているメーカーは、部品がますます複雑三次元化しているために、この短納期要求を満足させることが非常に難しくなっている。この点からも精密異形加工用プレス金型を用いた圧造成形順送プレス工法による、これら精密小型部品の一貫製造技術の開発が急務となっている。具体的には、内外の情報機器メーカーから、液晶パネルバックライトやLEDランプ用のリフレクタやヒートシンクを短納期で安価に製造する技術の早期開発が強く望まれている。これらLED用部品を、精密異形加工用プレス金型により製造することが可能になった場合の、自動車も含めた市場規模、目標売上高（生産計画）は2011年にはリフレクタの製品売上を15億円、2015年には30億円を見込み、ヒートシンクの製品売上は2011年に15億円、2015年には30億円をそれぞれ見込んでいる。

#### 1.1.2 研究目的

増肉機能（据込み、潰し、しごきなど）および複合化機能（金型内での積層接続機能）を有する複雑三次元加工が可能な高機能金型技術と、この金型を用いた板鍛造順送プレス技術により、現在主に切削加工で製造されている、自動車および情報家電用のLED用機能部品を、安価に、大量に、短納期で、製造することができる、新しい複雑三次元加工部品の製造技術開発を目的とする。

### 1.1.3 研究目標

特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、以下の高度化目標に対応。

(1) 自動車に関する事項

ア. 複雑三次元形状等を創成する金型及び一体成型技術の構築

(2) 情報家電に関する事項

オ. 複雑三次元形状などを創成する技術の向上

以下に高度化目標の概要を示す。

#### 1) 高耐久性精密異形加工プレス金型の開発

製品形状、材料特性に合わせて、絞り、曲げ、据込み、潰し、しごき、抜き、カシメ圧入接続、刻み、調質、切断、シェービング、たたき、バーリングの13の機能を組み合わせた構造最適化プレス金型の開発を行う。特にリフレクタにおいては、潰しおよびしごき加工が重要となり、この工程の順送金型部品の磨耗が激しくなる。このため、金型部品は精密三次元加工が必要であるが、これは(株)大貫工業所が担当する。また開発においては、この金型部品の高耐久化構造設計および耐久性にすぐれた、DLCやTiNなどの表面コーティング処理(気相処理)を行う必要があるが、これは外注とし、表面処理会社の協力を得ながら進める。

#### 2) 複雑三次元加工プレス技術の開発

複雑三次元加工に適したプレス速度、荷重プロファイル、上下死点、などの加工条件の最適化を行うために、試作用金型を用いたプレス加工実験を行う。また試作結果を量産用金型構造の改良にフィードバックさせる。またプレス負荷荷重およびプレス速度条件は金型寿命に直結するので、生産性およびコストを踏まえた、最適加工条件を試作実験によって見出す。

#### 3) 部品一体化積層接続技術の開発

金型内で加工した部品を金型内で自動的に一体化させるために、(株)大貫工業所の保有技術である、自動車モーターコア用順送カシメ積層接続技術をヒートシンクの製造に応用する。ヒートシンクのプレス加工では、新たに圧入接続技術を開発する。具体的には、板条のアルミニウムコイルを連続的にプレス金型に供給し、抜き、積層圧入接続を繰り返し、連続的にヒートシンクを製造するプレス加工技術を開発する。

#### 4) 高反射率表面処理技術の開発

リフレクタにおいては、波長300~1,000nmの広範囲の波長帯域において、高い反射率が安定して得られることが非常に重要である。このためには、金型の機械研磨加工とともに、リフレクタのLED光反射部の鏡面加工が開発テーマとなる。このため、バレル研磨、化学研磨などの表面処理技術開発を行う。

各サブテーマ番号毎に、技術開発の具体的な目標数値を以下に示す。

【1】高耐久性精密異形加工プレス金型の開発

- ① 金型寿命目標；1,000,000 ショット

【2】複雑三次元加工プレス技術の開発

- ①材料歩留まり目標；95%以上
- ②プレス速度；50spm 以上

【3】部品一体化積層接続技術の開発

- ①プレス積層接続速度；40spm 以上

【4】高反射率表面処理技術の開発

- ① 反射率目標；全反射率90%以上
- ② 反射率低下率（4年後）；10%以下

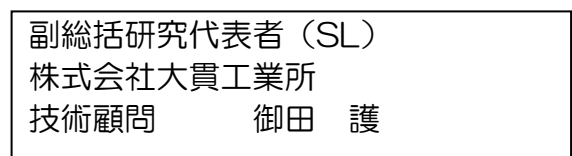
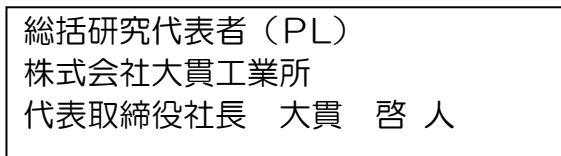
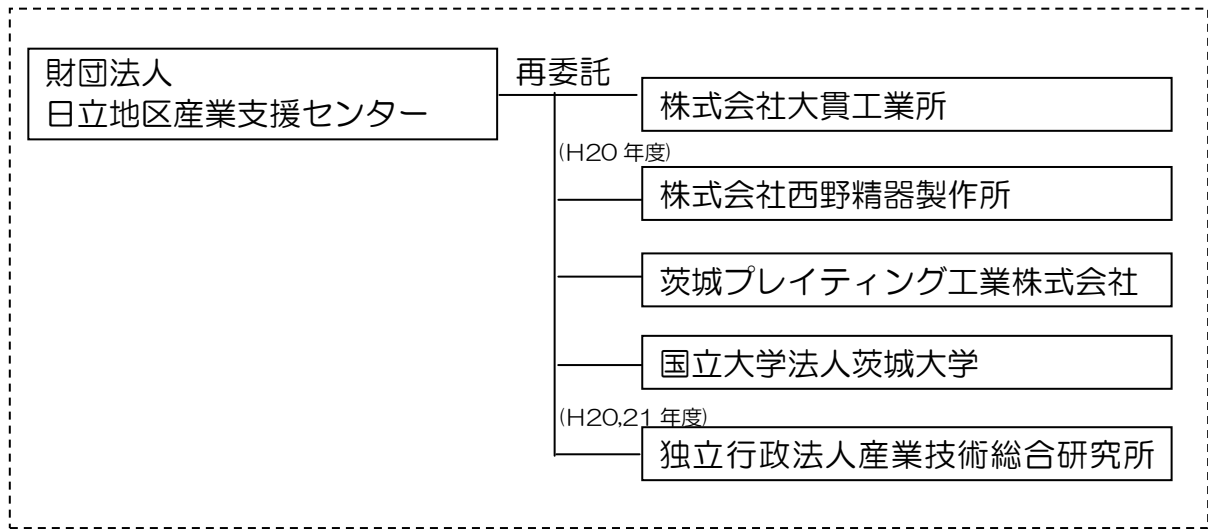
【5】量産性評価

- ① 寸法安定性； $\pm 0.1 \text{ mm}$  ( $3\sigma$ )
- ② 量産コスト目標；機械加工の1/5以下

1.2 研究体制

1.2.1 研究組織および管理体制

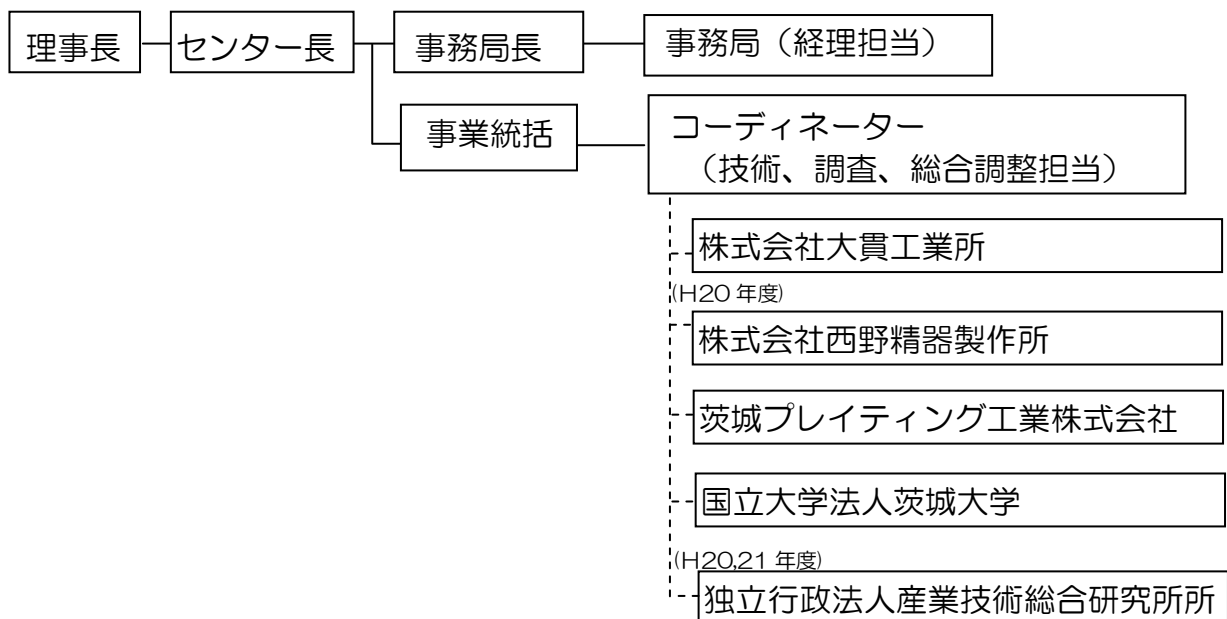
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

a) 事業管理機関

[財団法人日立地区産業支援センター]



3) 管理員及び研究員

a) 管理員

【事業管理機関】 財団法人日立地区産業支援センター

氏名	所属・役職	備考
原 孝介	チーフコーディネーター	H20~H21
小山 修	事業統括	H22
中山 桂司	コーディネーター	

b) 研究員 【再委託先】

株式会社大貫工業所

氏名	所属・役職	備考
大貫 啓人	代表取締役社長	PL
下山田 正彦	専務取締役 営業・管理部 部長	H20~H21
大貫 英仁	常務取締役 設計部長	
林田 勉	製造部 部長	
和田 正勝	設計部員	
後藤 幸子	設計部員	
上嶋 宏樹	設計部員	H21
御田 護	技術顧問	SL

株式会社西野精器製作所

氏名	所属・役職	備考
西野 信弘	代表取締役社長	H20
布瀬 正人	機械部 機械2課員	H20

茨城プレイング工業株式会社

氏名	所属・役職	備考
大澤 健一	取締役 工場長	
石川 強志	製造部 技術課 課長	

国立大学法人茨城大学

氏名	所属・役職	備考
西野 創一郎	大学院理工学研究科 講師	

独立行政法人産業技術総合研究所

氏名	所属・役職	備考
鳥阪 泰憲	先進製造プロセス研究部門 主任研究員	H20~H21

4) 協力者(アドバイザー)

氏名	所属・役職	備考
深津 克明	日立オートモティブシステムズ(株) PT&電子事業部 電子設計本部 センサ設計部 チーフプロジェクトリーダー	
尾前 充弘	三洋電機(株) 電子デバイスカンパニー フォトニクス事業部 LED技術部 技術一課 主任技術員	H20 ~H21/9
松本 章寿	三洋電機(株) 電子デバイスカンパニー 光エレクトロニクス事業部 製造部 応用技術課 主任技術員	H21/10~
本橋 嘉信	茨城大学工学部 超塑性工学研究センター センター長 教授	H20~H21
鈴木 徹也	茨城大学工学部 マテリアル工学科 准教授	H22
加藤 正仁	(独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 主任研究員	H22
藤沼 良夫	茨城県工業技術センター センター長	H20
桑島 英純	茨城県工業技術センター センター長	H21~H22
中嶋 勝也	茨城県商工労働部 産業政策課 産学連携推進室 室長	
濱中 豊	(社)日本金属プレス工業協会 専務理事	
西野 信弘	(株)西野精器製作所 代表取締役社長	H21~H22



### 1.3 成果概要

H20～22年度の成果概要を各々のテーマ毎に以下に示す。

#### 1.3.1 高耐久性精密異形加工プレス金型の開発（大貫工業所、西野精器製作所、茨城大学）

##### 1) 高耐久性プレス金型の設計および製作

###### a) 計画内容

顧客仕様に基づく LED 用アルミニウムリフレクタの本格量産用順送金型を設計製作する。製作にあたっては、高耐久性コーティング膜を形成したパンチを順送金型に組み込む。金型部品の設計には、CAE および三次元CADを、部品加工にはCAMを用いる。

###### b) 成果概要

顧客から提示された5mm口のアルミニウムリフレクタの製品設計を行うと共に量産化を視野に入れた本格量産金型を設計した。金型の製作にあたっては、マシニングセンターを中心として、研磨加工には鏡面研磨機を用い、さらに製作したパンチにDLCのコーティング膜を形成した。DLCコーティング膜には高耐久性金型の開発において、最も耐久性の高いコーティング膜を選定した。

##### 2) 高耐久化表面処理金型の開発

###### a) 計画内容

高耐久性コーティング膜を形成した表面処理耐久性金型を製作する。

###### b) 成果概要

アルミニウムリフレクタの圧造成形加工にはDLCコーティング膜が最も優れた耐久性が得られた。このためDLCコーティング膜について、3社の加工メーカーに絞り、表面処理耐久性最終評価用金型を製作した。評価用金型は共通とし、DLCコーティングパンチの入れ替えが可能な構造とした。

##### 3) 金型寿命の評価

###### a) 計画内容

2) で製作した表面処理耐久性最終評価用金型を小型プレスに搭載し、実際のプレス加工による寿命評価を行なう。

###### b) 成果概要

2) 項の3種類のDLCコーティング膜を形成したパンチを有する表面処理耐久性最終評価用金型より、アルミニウムリフレクタの加工における耐久性を評価した。その結果、同じDLCコーティング膜の中でも、パンチへのアルミニウムの凝着に差があることが判明し、最も優れた1社のDLC膜を選定することができた。

#### 1.3.2 複雑三次元加工プレス技術の開発（大貫工業所、茨城大学、産総研）

##### 1) プレス加工条件の最適化

###### a) 計画内容

LED用アルミニウムリフレクタの本格量産用順送金型をナックルリンクプレス機に搭載し、量産におけるプレス加工条件の最適化を行う。

###### b) 成果概要

アルミニウムリフレクタ断面のFE-SEM/EBSP法（高分解能結晶方位解析法）による結晶構造解析の結果、アルミニウムリフレクタのプレス加工断面には欠陥が無いことが分かった。

5mm口LED用アルミニウムリフレクタの本格量産用順送金型を400ト

ンナックルリンクプレス機に搭載し、量産におけるプレス加工条件の最適化を行なった。最適化には、プレスオイルの選定、プレス回転速度を中心にして、寸法安定性および金型パンチへのアルミニウムの凝着などを調査した。この結果、プレスオイルには、揮発性オイルが優れていることが分かった。またプレス回転数は、このプレスオイルの場合に、最高50spmの条件が可能であることが分かった。

## 2) 量産プレス条件の確立

### a) 計画内容

1.3.2 1) の最適化条件において量産試作を行う。

### b) 成果概要

最適化条件において5mm□LED用アルミニウムリフレクタの量産試作を行った。この結果、プレスオイルとして揮発性オイルを使用し、また回転数は50spmにおいて安定した寸法精度が得られた。

## 3) プレス条件の管理手法の確立

### a) 計画内容

AE計測装置（異常音検知）を本格量産用順送金型に取り付けて、金型異常発生を予知する管理手法の確立を目指す。

### b) 成果概要

AE計測装置（異常音検知）を本格量産用順送金型に取り付け、5mm□LED用アルミニウムリフレクタの量産試作におけるAE波の計測を行った。その結果、AE計測装置によりプレス作動時における正常波の計測が可能であることが分かった。しかしながらパンチやダイの波損、カス詰まりなどにおける、プレス異常時のAE波には多くのモードがあるために、閾値の設定が課題となった。

## 1.3.3 部品一体化積層接続技術の開発（大貫工業所）

### 1) 高精度位置決め技術の開発

#### a) 計画内容

圧入圧接前のプレス加工部品を金型内部で位置決めする技術を開発する。試験的にヒートシンク用単発抜き金型を製作し、FSPT（Friction Stirring Processing Technology）による接続実験を行う。

#### b) 成果概要

アルミニウムヒートシンク部材をFSPTで接合する場合の部材の位置決めにおける問題点を実験によって追求した。実験結果、良好な接合界面を得るためには、接合ツールの回転数10,000RPMの高速回転が必要であった。この回転速度に耐えうる位置決め固定金型（接合治具兼用）を製作し高速マシニングセンターを用いて7枚積層アルミニウム板からなるヒートシンクの接合実験を行った。この結果、接合界面には0.7mmの接合距離を形成することが可能であることが確認できた。また接合ツール材質にはSUS316系が適していることを確認した。

### 2) 圧入圧接機能プレス金型の開発

#### a) 計画内容

FSPT技術を応用したプレス金型の開発を中心に行う。位置決め、FSPT接続機能を内蔵した圧入圧接機能プレス金型の基本設計を行う。

#### b) 成果概要

FSPTの金型設計に当たって、FSPT接合ツール設計のための検討を

行った。アルミニウム抜き加工、位置決め積層、FSPT 接合の 3 工程からなるアルミニウムヒートシンク製造順送プレス金型の基本設計を行った。課題として、順送プレスで一貫して行う場合、高速回転に耐える固定方法、形状、プレスと同期した FSPT ツールの挿抜方法などが今後の課題となった。

### 3) 接続信頼性評価

#### a) 計画内容

1) で FSPT 接続したサンプルの接続信頼性評価を行う。評価は接続強度測定用プル試験機を用いて行う。

#### b) 成果概要

FSPT 接続部の断面を試料埋め込み研磨し、接続界面を SEM および光学顕微鏡により観察した。また FSPT により試作した円形のアルミニウム板積層ヒートシンクの接続強度試験法を検討した。各種方式の検討結果より、テーパ加工ツールの押し込み剥離力測定法を採用し、この方法による FSPT 接続強度測定を試みた。この結果接合部の剥離前に材料の変形が発生し、剥離最大荷重の測定は不可能であった。これは、接合界面が FSPT 接合により完全に一体化しているために、材料破壊強度に等しい接合強度になるためと考えられた。

## 1.3.4 高反射率表面処理技術の開発(大貫工業所、茨城プレイング工業)

### 1) 化学研磨処理条件の確立

#### a) 計画内容

1.3.2 2) の量産プレス加工における、化学研磨処理条件を確立する。

#### b) 成果概要

各種アルミニウム板材料(純アルミおよび合金系/1050、1100、1070、3005)の化学研磨処理を行い、反射スペクトル特性の比較を行った。この結果、化学研磨加工性は純アルミ系が優れ、合金系と比較して高い反射率を示すことが分かった。また化学研磨前のアルカリ脱脂条件を変え、この試料の反射スペクトル特性の測定を行った結果、脱脂処理条件の反射率への影響は無いことを確認した。この結果、プレス加工におけるプレスオイルの選定条件は緩和できることを確認した。

### 2) 信頼性評価

#### a) 計画内容

信頼性評価を顧客に依頼して行う。

#### b) 成果概要

信頼性評価(相対光量、温度サイクル試験)を三洋電機殿に依頼して行った。その結果、常温通電における相対光量は2,000hの通電後でも変化しないことが実証され、また温度サイクル試験(1,740サイクル)においても、光量の低下がないことが確認された。

## 1.3.5 量産性評価(大貫工業所)

### 1) 品質安定性評価

#### a) 計画内容

量産プレス加工における品質安定性評価をプレス加工寸法変動(目標 $\pm 0.1\text{mm}(3\sigma)$ )を主体に行う。寸法測定は、加工現場では新たに導入のデジタルマイクロスコープによる一次評価を行い、新たに導入するレーザーマイクロスコープでの測定室における精密測定により最終評価を行う。

b) 成果概要

5mm□□アルミニウムリフレクタの量産プレス加工における品質安定性評価を行った。プレス加工寸法変動(目標±0.1mm(3σ))を主体に行った結果、主要寸法について目標とする±0.1mmをクリアすることができた。

2) 量産コストの検証

a) 計画内容

量産プレス加工による量産コストの最終的な検証を行う。

b) 成果概要

確立したプレス回転数50spmにおける、人件費、材料費、エネルギーコスト、設備償却費、金型償却費用、化学研磨処理費用の合計から一個あたりのコストを試算した。この結果、¥5/個の市場要求をクリアできる価格となった。

1.3.6 市場調査(大貫工業所、日立地区産業支援センター)

1) 計画内容

開発技術の優位性評価、適用分野拡張に向けた技術動向調査を行う。また高輝度LEDの川下大手メーカーの技術動向、ニーズ等のマーケット調査を、川下顧客訪問により行う。

2) 成果概要

LEDに関する各種シンポジウムおよび展示会への参加、ならびにLEDランプ開発メーカーの訪問により、高輝度ハイパワーLEDの市場動向と技術動向の調査を行った。また川下となる大手メーカーの動向に関して、アドバイザーである三洋電機株式会社殿から具体的な知見をいただいた。

1.4 当該プロジェクト連絡窓口

事業管理機関：財団法人日立地区産業支援センター

住所：〒316-0032 茨城県日立市西成沢町2丁目20番1号

TEL：0294-25-6121 FAX：0294-25-6125

連絡担当者：中山 桂司（コーディネーター）

小山 修（事業統括）

## 第2章 本論

### 2.1 高耐久性精密異形加工プレス金型の開発

#### 2.1.1 高耐久性プレス金型の設計および製作

##### 1) 高耐久性プレス金型の設計（大貫工業所）

順送プレス加工金型の構造設計のために、アルミニウム材料のリフレクタ加工プロセスにおける応力解析をCAEにより行った。

##### a) CAE の仕様

使用した CAE とその仕様を以下に示す。



図 2.1.1-1 圧造成形解析用 CAE システム

表 2.1.1-1 CAE システムの仕様

No	区分	仕様
1	CADCAM	コダマコーポレーション(株) 三次元ソリッドCADCAMシステム TOPSOLIDCADCAM
2	CAE	先端力学シミュレーション研究所 プレス成形シミュレーションソフトウェア ASUP-form

##### b) CAE 解析結果

アルミニウムリフレクタをテーパ付きパンチによって圧造成形加工する場合の、パンチの押し込みによって発生する材料の歪量と応力分布の解析を行った。以下にリフレクタの解析の1例について説明する。表 2.1.1-2 は CAE 解析条件、図 2.1.1-2 には金型構造、図 2.1.1-3 には解析結果を示す。

表 2.1.1-2 CAE 解析条件

No	項目	条件
1	メッシュ数	4000
2	境界条件	金型Z方向解放条件（増肉条件）
3	板厚	A1050（O材、H24材） 厚さ1.0mm t
4	反射面傾斜角度	75° 90°
5	リフレクタ構造	上面穴径；6.0mm、下面穴径；4.6mm、裏面；三次元構造

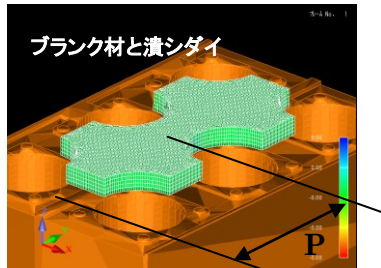
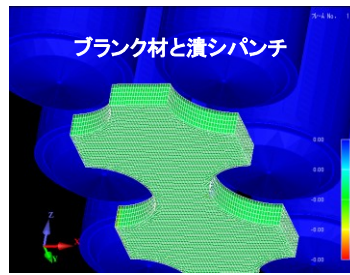
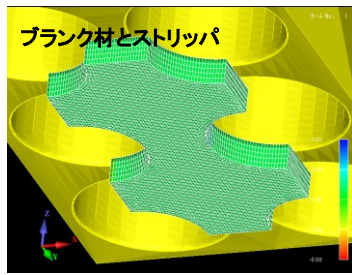
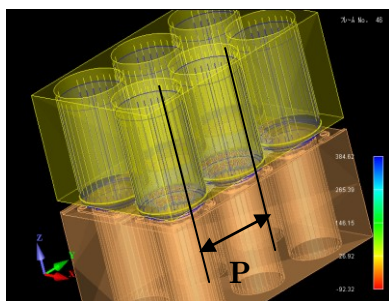


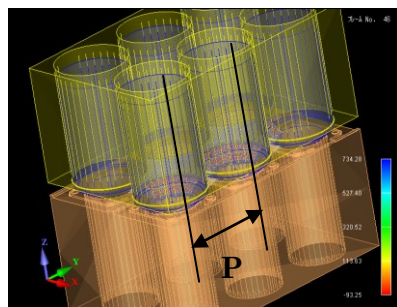
図 2.1.1-2 裏面複雑三次元リフレクタの金型構造



金型による材料加工挙動

加工部応力み分布

a) A1050(O 材)



金型による材料加工挙動

加工部応力み分布

b) A1050(H24 材)

図 2.1.1-3 CAE 解析結果

図 2.1.1-2 に示すように、金型はストリッパ、パンチ、ダイから構成されている。またリフレクタ裏面には図のように凹凸が形成されている。リフレクタはマトリクス配置となっており、図では $2 \times 3$ 、ピッチ  $P$  は  $7.1 \text{ mm}$  とした。

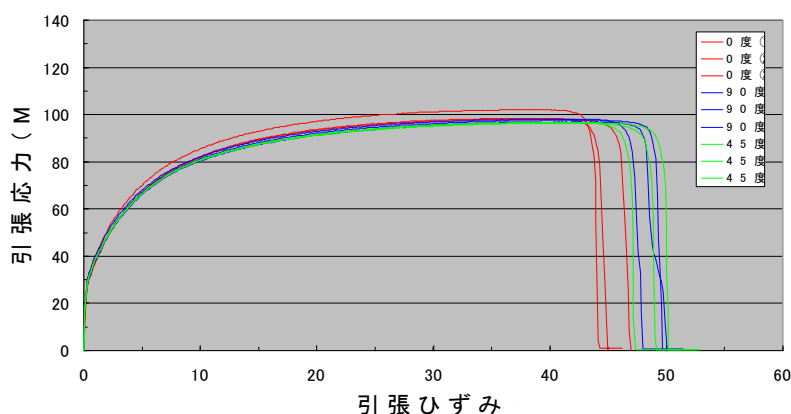
解析結果 (図 2.1.1-3)、O 材、H24 材ともに、リフレクタ斜面の応力が最も大きい。特に CAE による同一解析条件において、A1050 の O 材と H24 材ではリフレクタ加工における応力が大きく異なることが明らかになった。H24 材では O 材と比較してリフレクタ反射面により大きな応力集中が見られる。従って H24 の場合反射面の化学研磨において、残留応力が大きい分化学溶解が速く進み、化学研磨条件の選定が難しいと予想される。また残留応力が大きい分、

金属組織欠陥が多いと考えられるので、化学研磨ムラも大きくなると考えられる。さらに H24 では最表面の応力も大きい。このような O 材と H24 材の応力分布の相違は、使用した材料の機械的特性によるところが大きいと考えられる。O 材と H24 材の機械的特性の比較を表 2.1.1-3 および図 2.1.1-4 に示す。

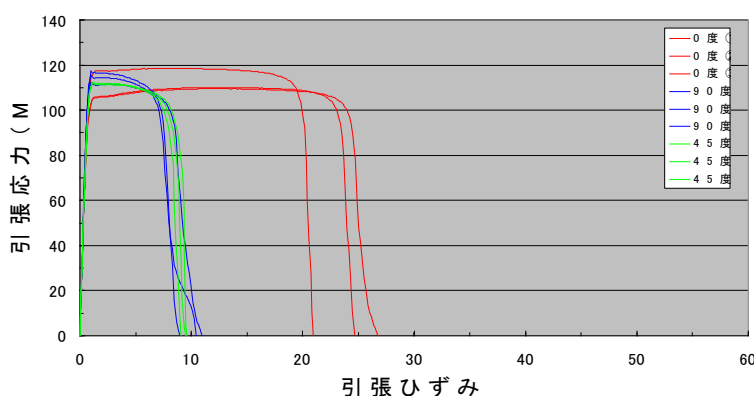
表 2.1.1-3 リフレクタ用アルミニウム材料の機械的特性(実測値)

	Al 純度 (Al/mass%)	引張強度、TS (MPa)	破断伸び、TE (%)
O 材	99.5<	95-100	43-50
H24 材	99.5<	110-120	10-28

H24 材は図 2.1.1-4 に示すように、破断伸びが特に小さいが、O 材と比較して引張応力、歪ともに材料の方向性が大きい。このため H24 材では、リフレクタの化学研磨後の反射率の材料の方向性に起因するばらつきが大きいと考えられる。CAE 解析においては、これらの材料の方向性は考慮していないので、平均的な値で解析がなされている。



a) O 材 (0° 圧延方向)



b) H24 材 (0° 圧延方向)

図 2.1.1-4 アルミニウム材料の引張り強度伸び特性  
(厚さ 0.12mm 材料の実測値)

CAE による応力歪解析結果を元に実際の高輝度アルミニウムリフレクタ用順送プレス金型の設計を行った。

下図は寸法精度等の評価を行うため、当初試作したハイパワーLED 用アルミニウムリフレクタを示す。

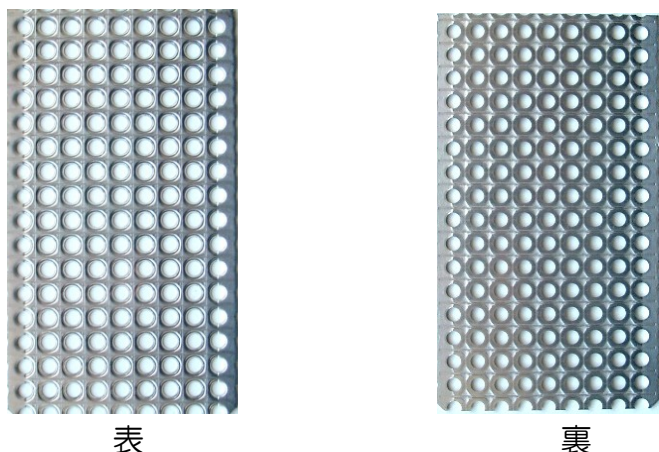


図2.1.1-5 ハイパワーLED用アルミニウムリフレクタ  
(7mm□、9x16 マトリクス)

下図に量産を目的としたアルミニウムリフレクタ（5mm□）の構造を示す。プレス金型により LED パッケージを分断しやすいように、隣接するパッケージとの間にブリッジを設ける構造とした。組み立て工程においては、最終の分離工程まで下図のように連結したマトリクスリフレクタ構造として、組み立てにおける生産性向上に配慮した。下図は3連構造を示しているが、実際の量産においてはアルミニウムコイル条材の順送プレス加工による長尺の連続した製品になる。

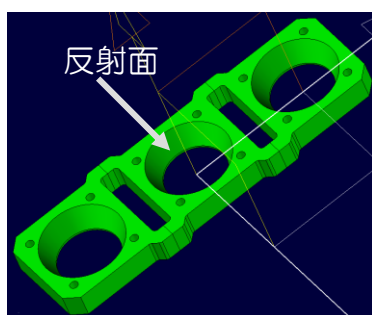


図 2.1.1-6 アルミニウムリフレクタ構造（1.2mm t × □5mm）

図 2.1.1-6のアルミニウムリフレクタ加工用順送プレス金型図面を下図に示す。

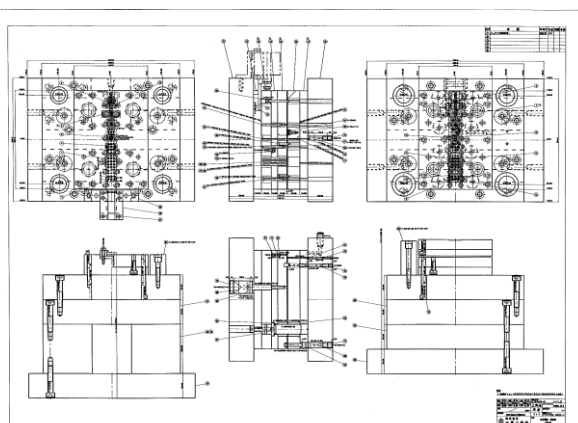


図 2.1.1-7 アルミニウムリフレクタ金型設計図



## 2) 高耐久性プレス金型の製作

1) のプレス金型の設計に基づいて金型の製作を行った。金型は、主にワイヤカット放電加工機、およびマシニングセンターによって部品加工し、その後鏡面研磨機によって部品の仕上げ研磨を行ってから、ダイセットおよびパンチホルダーへの組み立て調整を行った。パンチおよびダイの交換は随時可能として、耐久性を向上させるためのコーティング処理膜の最終的な評価ができるようにした。製作した本格量産用順送金型の外観を下図に示す。

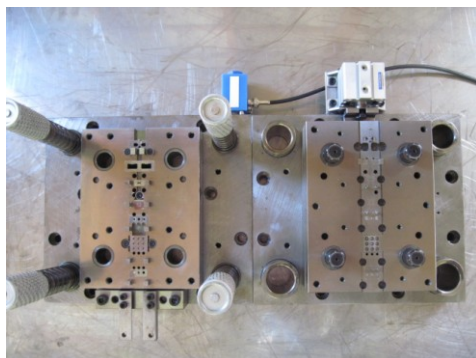


図 2.1.1-8 本格量産用順送金型（左：下型、右：上型）  
金型寸法；ダイセット/250mm×280mm

### 2.1.2 高耐久化表面処理金型の開発

#### 1) DLC コーティング膜処理プレス金型の製作

DLC、TiCNなどの各種金型用コーティング膜の初期評価においてアルミニウムリフレクタの反射面のプレス加工において、DLC コーティング膜を処理したパンチが最も耐久性（コーティング膜の磨耗びアルミニウムの凝着など）が高いことが確認された。このことから DLC コーティング処理メーカーの異なる各種 DLC 膜の評価を行った。下表に評価を行ったコーティング膜の種類を示す。パンチ材料にはSKH51（高速度工具鋼）を用いた。

表 2.1.2-1 評価に供した各種 DLC コーティング膜の種類

種類	膜硬さ (HV)	平均膜厚 (um)	耐熱温度 (°C)	摩擦係数
A 社	3,000~5,000	1 ±0.2	400	-
B 社	-	2~3	-	-
C 社	>3,000	0.1~0.2	500	0.15

下図に DLC コーティング膜処理を行ったパンチの外観およびレーザ顕微鏡観察結果を示す。パンチ形状は図に示すように、アルミニウムリフレクタの反射面をプレス加工するための、先端がテーパ形状となっている。

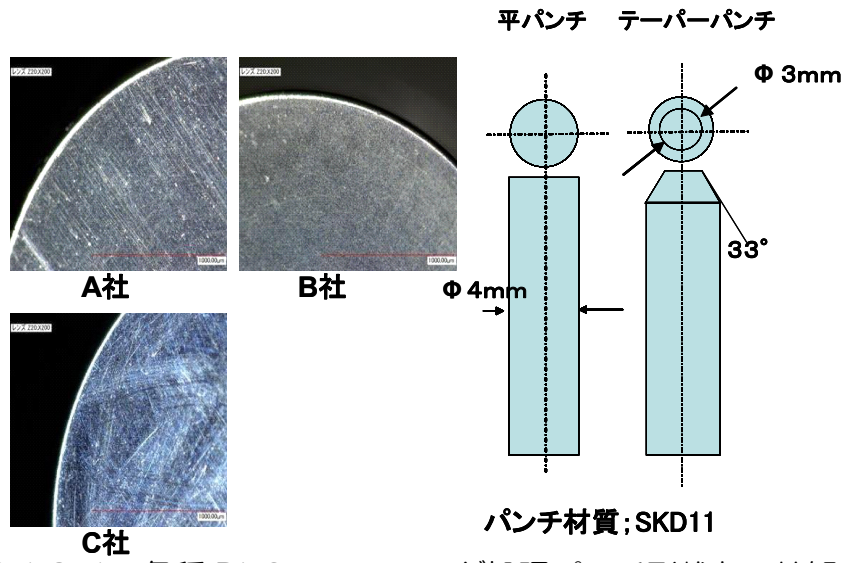


図 2.1.2-1 各種 DLC コーティング処理パンチ形状との外観  
(□5mmリフレクタ用パンチ先端のレーザ顕微鏡像)

また下図にテーパ部のレーザ顕微鏡像および平均粗さを示す。外観は異なるが粗さでは、Ra,Rz 共に大きな差が見られない。

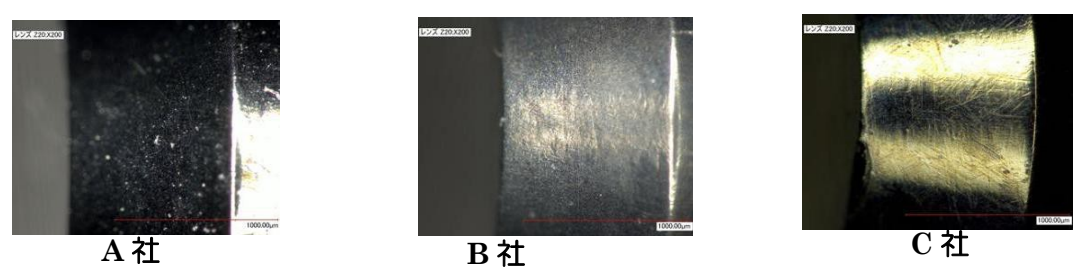


図 2.1.2-2 各種 DLC コーティング処理パンチの外観 (テーパ部レーザ顕微鏡像)

表 2.1.2-2 各種 DLC コーティング膜の粗さ

	平坦部 (μm)		テーパ部 (μm)	
	Ra	Rz	Ra	Rz
A 社	0.11	0.92	0.30	1.80
B 社	0.12	1.40	0.23	1.83
C 社	0.13	1.09	0.13	1.18

下図に評価に用いた耐久性評価用金型の外観を示す。

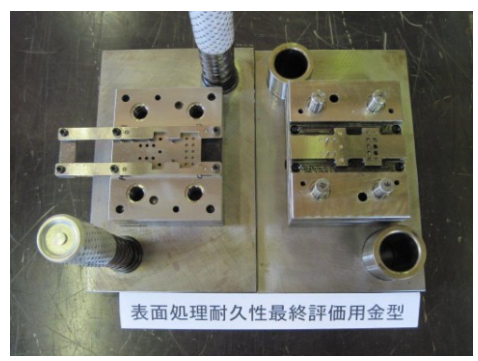


図 2.1.2-3 耐久性評価用金型 金型寸法；ダイセット/160mm×250mm

### 2.1.3 金型寿命の評価

図 2.1.2-3 の耐久性評価用金型を順送プレスに搭載し耐久性評価を行った。下図に耐久性評価試験に用いた順送プレスマシンの外観と仕様を示す。



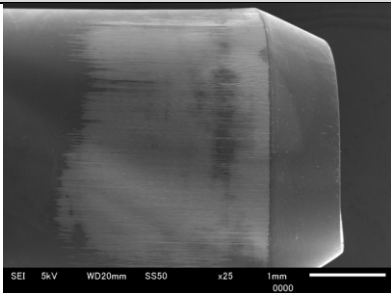
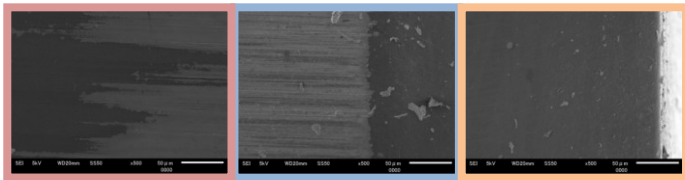
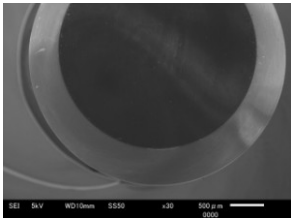
《設備仕様》  
 名称:プレス  
 型式:PF30(三井精機)  
 加圧能力:30ton  
 ストローク数:1000spm  
 ダイハイト:235mm

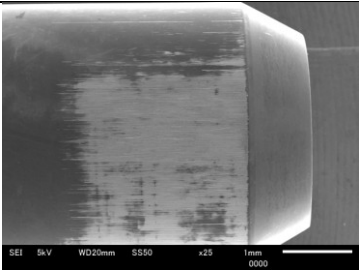
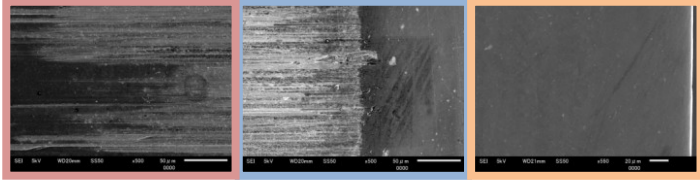
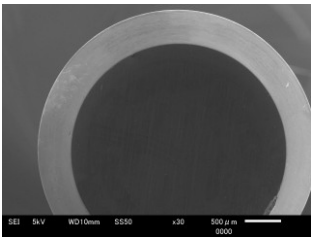
図 2.1.3-1 耐久性評価用順送プレスマシン

厚さ1.0mm、幅30mmのアルミニウム条材（A1700-O 材）を連続して金型に供給し、順送プレス加工し、各種表面処理膜の耐久性評価を行った。評価は、ショット数毎に金型を分解しパンチの外観をレーザ顕微鏡および SEM で観察することにより行った。

SEM による観察結果を下表に示す。3 種類の DLC 膜の内 A 社はアルミニウムの凝着が激しく 100K ショット前に耐久性試験を中止した。このため B 社、C 社の結果を示す。

表 2.1.3-1 パンチの耐久性評価結果  
 (加工材料；アルミニウム A1070/O 材)

DLC 膜種	100K ショット後の パンチ表面状態	備考
B 社	 <p>パンチ側面</p>  <p>ストレート部      境界部      テーパー部</p>  <p>パンチ先端部 (平面)</p>	<p>ストレート部コーティング膜の剥離あり。テーパー部へのアルミニウムの凝着あり。</p>

<p>C社</p>	 <p>パンチ側面</p>  <p>ストレート部      境界部      テーパー部</p>  <p>パンチ先端部（平面）</p>	<p>ストレート部コーティング膜の剥離あり。テーパー部へのアルミニウムの凝着あり。</p>
-----------	---	---

耐久性試験結果から、DLC膜はしゅう動磨耗に対して弱くB社、C社間で大きな差が見られない。テーパー部の凝着は、C社のパンチが少ない傾向にある。膜寿命は100Kショット程度であり、目標とする1,000Kショットに達しないことが分かった。今後さらにDLC膜の改質が必要である。

## 2.2 複雑三次元加工プレス技術の開発

### 2.2.1 プレス加工条件の最適化

アルミニウムリフレクタの本格量産用順送金型を400トンナックルリンクプレスマシンに搭載し、量産におけるプレス加工条件の最適化を行った。最適化検討には DLC コーティング前のパンチを組み込んだ金型を用いた。三洋電機殿向けのアルミニウムリフレクタの量産を目的として確立したプレス加工条件を下表に示す。プレス回転数目標50spm<に対して、50spm の回転数を達成した。60spm 以上の回転数では反射面の寸法が安定せず、またプレス加工後の化学研磨で反射率が低下する傾向にあるため、プレス回転数が最も重要なパラメータとなった。またプレスオイルについては昨年の結果で、日本工作油（株）の揮発性オイル（S161J）および不揮発性オイル（S-206）でプレス寸法の安定性評価で差が無いことが確認されている。最適化ではプレス後の洗浄性の点から揮発性オイル（G6316P2 日本工作油）による最適化検討を行った。

表 2.2.1-1 アルミニウムリフレクタ用最適化プレス条件  
(加工材料；アルミニウム A1070/O 材)

項目	条件	目標
プレス回転数	50spm	50spm<
プレスオイル	揮発性オイル（G6316P2 日本工作油）	連続給油
下死点	ナックルモーション	-
荷重	9.8 kN>（1トン>）	-

### 2.2.2 量産プレス条件の確立

プレス金型パンチには、耐久性評価試験の結果最も優れた結果が得られた C 社の DLC 膜をコーティングし、2.2.1 で最適化したプレス加工条件によって 5mm 口アルミニウムリフレクタの量産試作を行った。アルミニウムリフレクタの加工寸法測定の結果を以下に示す。

表 2.2.2-1 量産試作における加工寸法精度  
(加工材料；アルミニウム (A1070/O 材)、プレス加工ショット数；1,000)  
回転数；50spm 単位/mm

No.	5	5	上穴径φ 4.0	下穴径φ 3.0	板厚 1.2
	(X 方向)	(Y 方向)			
1	5	5	3.89	2.93	1.2
2	5.01	5.01	3.9	2.94	1.2
3	5.01	5.01	3.91	2.93	1.21
4	5	5	3.93	2.93	1.2
5	5	4.99	3.91	2.93	1.2
6	5	5	3.91	2.94	1.2
7	5	5.01	3.87	2.93	1.2
8	5	5.01	3.88	2.93	1.2
9	5	5.01	3.91	2.94	1.2
10	4.99	5	3.88	2.93	1.2
平均	5.001	5.004	3.899	2.933	1.201
σ	0.0054	0.0066	0.0176	0.0046	0.003

1,000ショット後無作為に抽出したサンプルの加工寸法は、標準偏差も少なく安定している。特に最も重要なリフレクタの下穴径の標準偏差は0.0045mmであり、3 $\sigma$ 値はで0.014mm（14 $\mu$ m）の小さな値が得られた。

### 2.2.3 プレス条件の管理手法の確立

製品不良の発生予知方法として振動センシング法、画像センシング法、撓みセンシング法、AEセンシングなどがあるが、調査結果AEセンシング（AE法）は、異常発生モード解析がより可能であると判断しAE法によるプレス条件の管理手法の確立について検討した。アルミニウムリフレクタの本格量産用金型を、400トンナックルリンクプレスマシンに搭載し実用化検証を行った。AE計測装置とその仕様を下図および下表に示す。AEセンサは金型に直接取り付け方式とした。

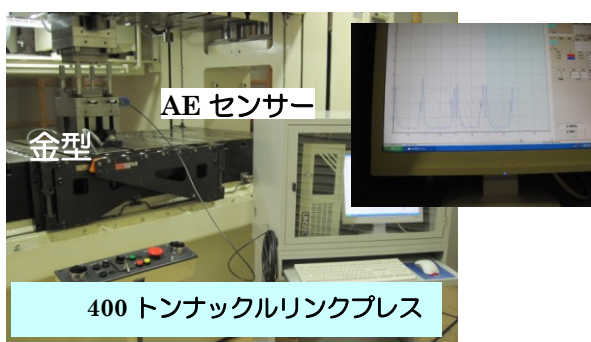


図 2.2.3-1 AE 計測装置（400トンナックルリンクプレス搭載状態）  
（メーカー；日本フィジカルアコースティック（株）、型式；PCI2 型）

表 2.2.3-1 AE 計測装置仕様

項目	仕様	備考
検出 AE 周波数	10KHz～2MHz	
専用ソフト	AEWin	演算 32 ビット DSP
サンプリング周波数	10MHz	

アルミニウムリフレクタの本格量産金型を400トンナックルリンクプレスに搭載してAE波検出した結果を下記に示す。

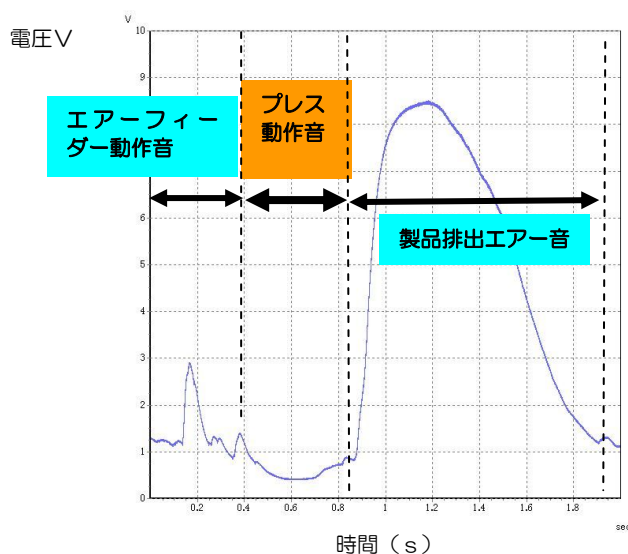


図 2.2.3-2 AE 計測装置による正常波の計測結果  
（4,000～5,000 ショット安定時の波形）

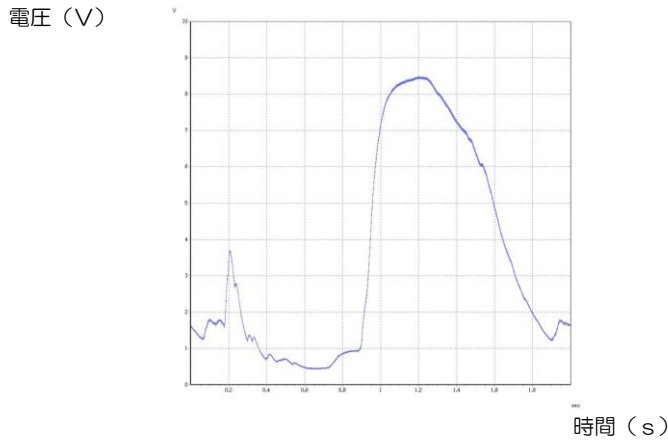


図 2.2.3-3 AE 計測装置による正常波の計測結果  
(9,000~10,000 ショットの終了時の波形)

正常にプレスが動作している時の金型から検出される AE 波は、0.2 秒ほどの時間であり、この領域での AE 波電圧は非常に低レベルで安定していることが分かる。またプレスの中間と終了時での AE 波形の相違も見られない。このことから、金型に何らかの異常（ダイ破損、パンチ折れ、カス詰まり、パンチの凝着など）が発生した場合の、AE 波の計測は容易であると考えられる。今後、金型の異常発生モードと AE 波形の関係を解析し、実用化を図る、

## 2.3 部品一体化積層接続技術の開発

### 2.3.1 高精度位置決め技術の開発

摩擦攪拌接合を応用した FSPT (Friction Stirring Processing Technology) により、LED 用ヒートシンクを順送プレスにより製造する技術開発を行った。この方法は、ヒートシンクフィンのプレス抜き加工、位置決め積層、FSPT によるフィン接合を順送プレスで全工程を行うものである。試作したアルミニウムヒートシンク接合金型の構造図を下図に示す。

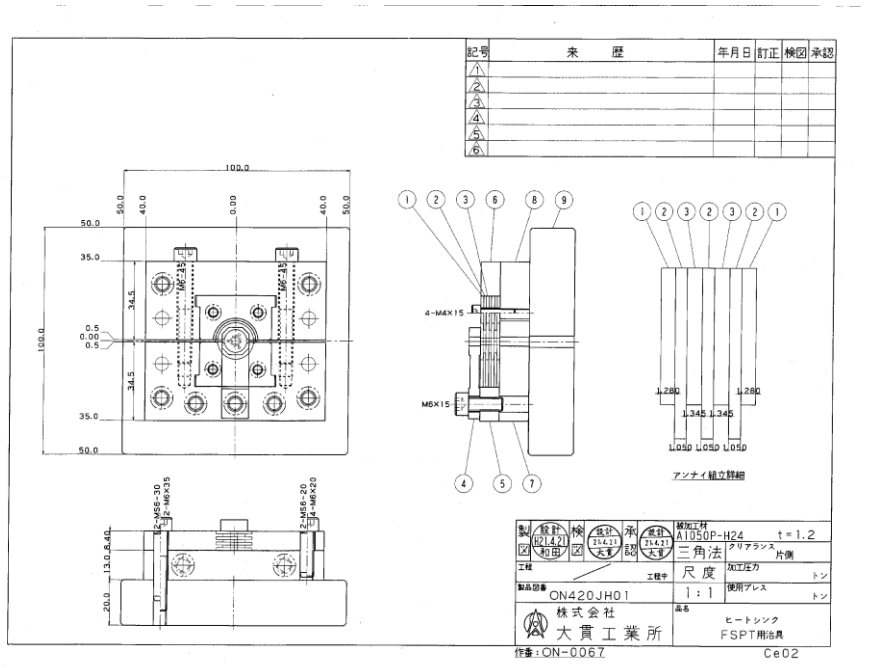
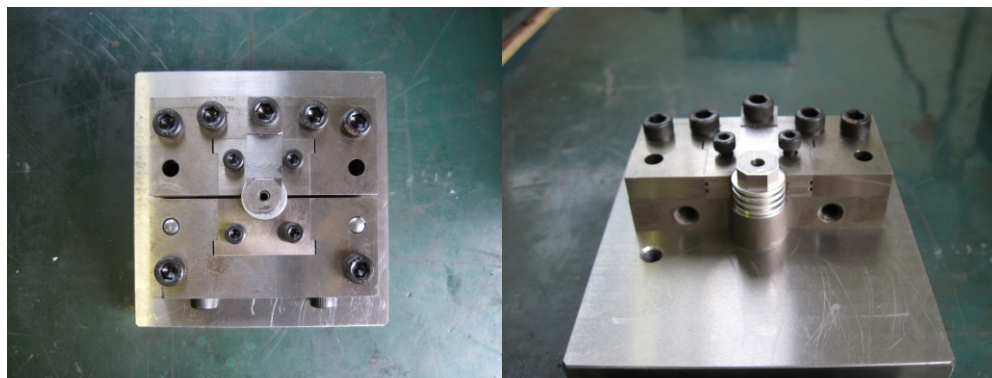


図 2.3.1-1 FSPT 位置決め接合金型構造

また接合金型の外観を下図に示す。



a) 平面外観

b) 側面外観

図 2.3.1-2 FSPT 位置決め接合治具

接合治具の設計は下記表 2.3.1-1 を基準として設計した。

表 2.3.1-1 FSPT 接合治具位置決め設計基準

項目	基準	備考
1. 接合径	Φ3.0mm	
2. 接合ツール径	Φ3.1~3.5mm	
3. 接合材料	アルミニウム (A1050、A1070)	
4. 接合材料厚さ	1.2mm	
5. 接合枚数	7	積層枚数
6. 接合ツール挿入速度	17mm/s	
7. 接合回転数	10,000RPM	

図 2.3.1-2 の FSPT 位置決め接合治具を実際の順送金型に組み込む場合を想定して、金型は半割り構造とし中央に積層アルミニウム円板を配置した。実際の順送金型では、この構造にさらに FSPT 接合ツールを中央上部に金型のパンチ方式で組み込むことが必要である。

### 2.3.2 圧入圧接機能プレス金型の開発

順送金型に FSPT 機能を取り込むための具体的な実験を行った。位置決め接合治具には図 2.3.1-2 で示した治具を用いた。実験条件を下表に示す。

表 2.3.2-1 FSPT 接合実験条件

項目	実験条件	備考
1. 接合径	Φ3.0mm	
2. 接合ツール径	Φ3.15mm	先端ピン径Φ3.0mm、 テーパ5°
3. 接合材料	アルミニウム (A1050-0 材)	
4. 接合材料厚さ	1.2mm	
5. 接合積層枚数	Φ16mm×4、Φ10mm×3 合計7枚積層	積層構成 全層厚さ；8.4mm
6. 接合ツール挿入速度	17mm/s	
7. 接合回転数	1,000RPM	マシニングセンター
8. ツール材質	SUS316	
9. ピン長さ	9.0mm	



表 2.3.2-1 の FSPT 接合実験条件で試作したアルミニウムリフレクタを図 2.3.2-1 に示す。図は間に 3 枚のコアを持つ 4 枚のフィン構造のヒートシンクを示している。実験によって、積層金属板の厚さ方向の接続が FSPT によって可能であることを確認した。



図 2.3.2-1 試作アルミニウムリフレクタ  
( $\Phi 16\text{mm} \times 4$ 、 $\Phi 10\text{mm} \times 3$  合計7枚積層)

### 2.3.3 接続信頼性評価

#### 1) 接合界面の観察

2.3.2 項で接合実験を行ったサンプルの断面を光学顕微鏡で観察した。観察した結果を図 2.3.3-1 に示す。

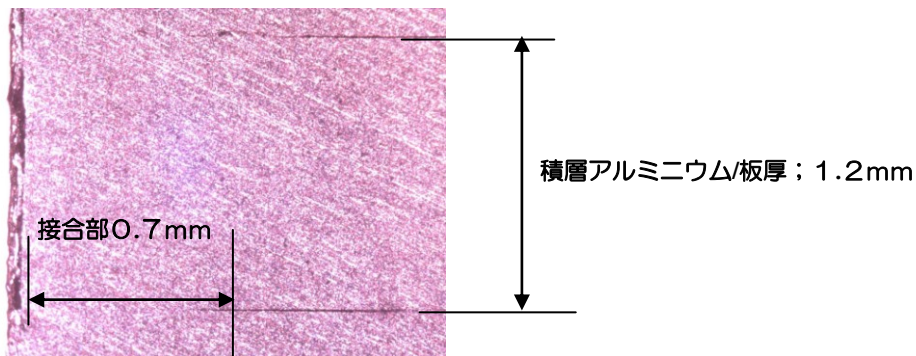


図 2.3.3-1 試作アルミニウムヒートシンクの接合部断面（光学顕微鏡像）

図に示すように、FSPT により 0.7 mm の接合厚さが得られた。また接合部の SEM による観察結果を下図に示す。

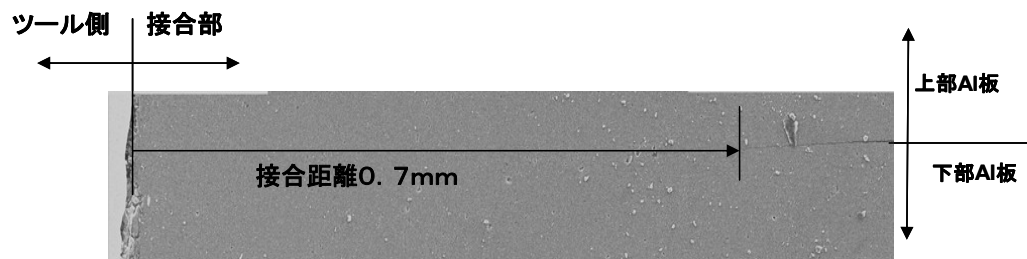


図 2.3.3-2 試作アルミニウムヒートシンクの接合部断面（SEM 像）

接合距離 0.7 mm の接合部には欠陥部が見られず、接合ツールにより上下のアルミニウム原子が完全に混合され一体化されていることが分かる。

## 2) 接合強度の測定

接合強度測定方法として、下図のテーパーツールを用いた剥離試験法を採用した。

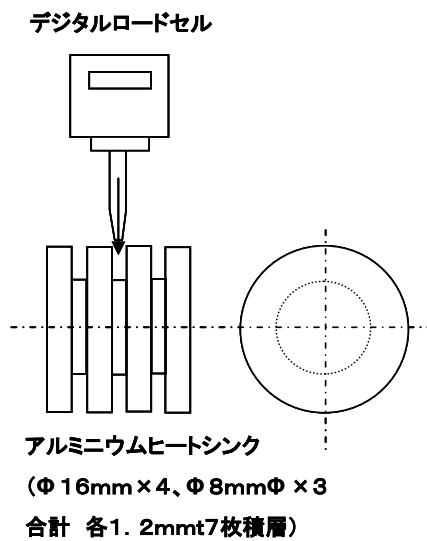


図 2.3.3-3 FSPT 接合強度測定方法

測定結果、デジタルロードセル表示240N(24kgf) <でアルミニウムリフレクタが変形し測定不可能となった。SEM 観察結果に示すように、上下のアルミニウム板は完全に一体化していることから、FSPT 接合界面は純アルミニウムの破断強度に達していると考えられる。

## 2.4 高反射率表面処理技術の開発 (大貫工業所、茨城プレイング工業)

### 2.4.1 化学研磨処理条件の確立

アルミニウム材質と反射率特性の関係を調査した。各種アルミニウム材料(板材料)を化学研磨したサンプルの反射スペクトル特性を図 2.4.1-1 に示す。

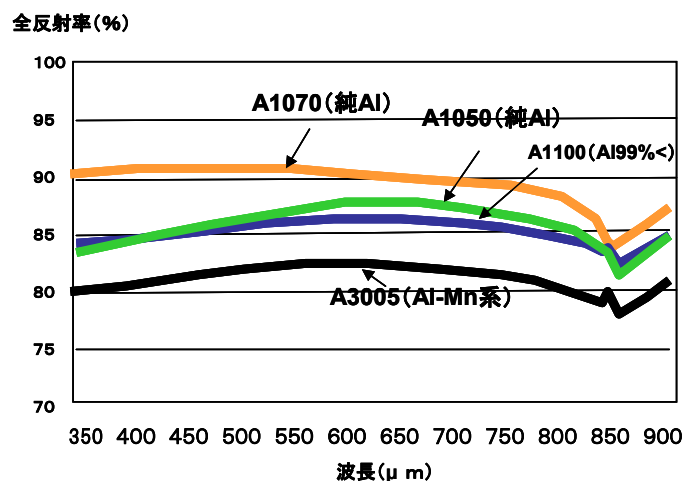


図2.4.1-1 アルミニウム材質と反射率の関係

図に示すように、純アルミニウム系の A1070, A1050 系が高い反射率を示した。また特に A1070 が高い反射率を示している。現在までのプレス加工実験では、リフレクタ材料として A1050 を選定してきたが、今後は A1070 系のアルミニウム材料を用いたリフレクタを試作し評価を進める。

化学研磨処理条件の検討では、最も懸念された揮発性プレスオイルの種類に

よる影響を検証する化学研磨プロセスの検討を行った。アルミニウムリフレクタ（A1050-O 材）のプレス加工では、化学研磨における前処理、特にアルカリ脱脂の短時間化のために、プレスオイルフリーが理想的であるが、金型の寿命との関係でプレオイルの使用も完全には排除できない。このため、アルカリ脱脂の時間と化学研磨面の反射率特性の関係を調べた。図 2.4.1-2 にアルカリ脱脂時間と反射率の関係を示す。また同時に、化学研磨面の表面保護のために、フラッシュアルマイト処理、および化成皮膜処理を行い反射率の測定を行った結果を下図に示す。

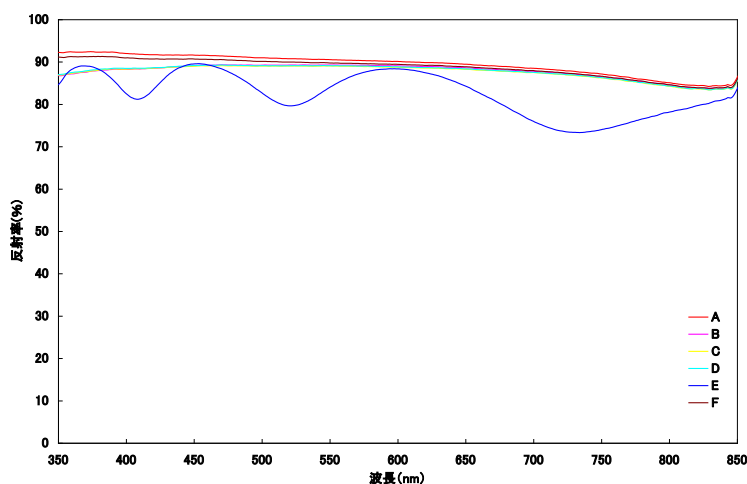


図 2.4.1-2 アルカリ脱脂時間および表面保護膜と反射スペクトルの関係  
 (A,C;脱脂時間5 s、B,D;脱脂時間10 s、E;フラッシュアルマイト処理  
 F;化成処理、化学研磨液；燐酸+硝酸系、液温90℃)

図に示すように、揮発性プレスオイルでは、アルカリ脱脂時間による反射スペクトル特性への影響は少ない。また表面保護皮膜形成では、フラッシュアルマイト処理は、アルマイト皮膜の光干渉による周期的な反射率の変化が見られ、実用的ではないことが分かった。

## 2.4.2 信頼性評価

試作した5mm□アルミニウムリフレクタを用いて、LED パッケージ部材を製作した。その後三洋電機殿にて LED チップ搭載、ワイヤボンディングと封止をし、LED ランプを組み立てた。信頼性試験は常温通電試験における相対光量の変化および温度サイクル試験により行った。以下に三洋電機殿における信頼性試験結果を示す。

### 1) 常温試験結果

LED 素子を搭載し封止したパッケージを試験基板に実装し、通電して初期の光量を 100 とした相対光量の変化を測定した。恒温恒湿保存試験結果を下図に示す。常温通電では 2,000 時間後の相対光量は平均 90%が維持されている。

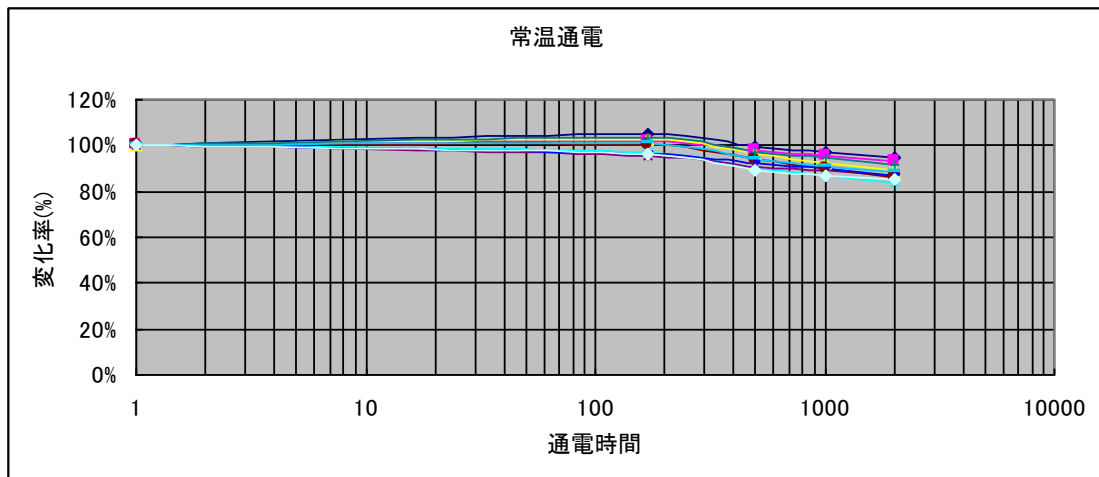


図 2.4.2-1 5mm□LED パッケージの常温通電試験結果  
試験条件；常温通電、50mA × 3 素子

## 2) 温度サイクル試験結果

下表には温度サイクル試験における相対光量の変化を示す。試験結果、1,740サイクル後も異常が認められない。

表 2.4.2-1 5mm□LEDパッケージの温度サイクル試験結果  
試験条件；温度サイクル/-30°C/30min ⇄85°C/30min  
通電条件/50mA × 3 素子

No	サイクル数 (Cy) / 相対光量の変化 (%)				
	0	200	420	840	1740
1	100	103	101	101	100
2	100	101	101	100	100
3	100	100	100	100	100
4	100	101	100	100	99
5	100	89	88	88	88
6	100	103	101	101	100

以上の信頼性試験結果、開発した LED 用アルミニウムリフレクタの信頼性を検証することができた。

## 2.5 量産性評価

### 2.5.1 品質安定性評価

量産プレス加工条件におけるプレス加工寸法変動(目標±0.1mm(3σ))の評価を行った。5mm□アルミニウムリフレクタ (A1070-O) の各プレスショット数における寸法安定性評価結果を下表に示す。連続 10,000 ショットまで、目標±0.1mm(3σ)を満足する安定したプレス加工寸法が得られた。

表 2.5.1-1 品質安定性評価結果（プレスオイル；揮発性オイル G6316P2（日本工  
作油製）、回転数；50spm、使用パンチ；DLC コーティング）（単位；mm）

ショット数	No.	5.00	5.00	反射面上穴 径φ 4.0	反射面下穴 径φ 3.0	厚さ 1.2
		(X 方向)	(Y 方向)			
1000	1	4.98	4.98	3.88	2.92	1.22
	2	4.99	5.02	3.88	2.93	1.22
	3	5.02	5.02	3.86	2.92	1.22
	4	5.01	5.01	3.87	2.92	1.21
	5	5.02	5.01	3.88	2.92	1.22
	6	4.98	4.99	3.87	2.96	1.21
	7	5.01	5.02	3.88	2.95	1.21
	8	5.01	5.01	3.87	2.92	1.22
	9	5.02	5.01	3.87	2.92	1.21
	10	5.01	5.01	3.87	2.93	1.21
	平均	5.00	5.08	3.87	2.93	1.22
	σ	0.015	0.012	0.006	0.014	0.005
5000	1	4.99	4.99	3.9	2.94	1.22
	2	4.99	4.99	3.89	2.94	1.21
	3	4.99	4.99	3.89	2.94	1.22
	4	4.99	4.98	3.89	2.94	1.21
	5	4.99	5	3.88	2.93	1.21
	6	4.99	4.99	3.88	2.94	1.21
	7	4.99	4.99	3.88	2.94	1.21
	8	4.99	4.99	3.87	2.94	1.21
	9	4.99	4.99	3.9	2.94	1.21
	10	4.99	5	3.88	2.93	1.22
	平均	4.99	4.99	3.89	2.94	1.213
	σ	0	0.005	0.009	0.004	0.005
10000	1	4.99	4.98	3.9	2.93	1.23
	2	4.98	4.98	3.88	2.94	1.22
	3	4.99	4.98	3.86	2.94	1.22
	4	4.99	4.98	3.89	2.94	1.23
	5	4.99	4.98	3.87	2.94	1.22
	6	4.99	4.98	3.89	2.93	1.23
	7	4.99	4.98	3.89	2.93	1.23
	8	4.99	4.99	3.87	2.94	1.23
	9	4.99	4.97	3.88	2.93	1.22
	10	4.99	4.98	3.88	2.94	1.23
	平均	4.989	4.98	3.88	2.936	1.226
	σ	0.003	0.004	0.011	0.005	0.005

## 2.5.2 量産コストの検証

5mm□アルミニウムリフレクタの量産価格を試算した。試算による材料費、金型償却費、人件費、設備償却費および原単位経費の内訳を下表に示す。積算には確立した量産プレス条件を用いた。

表 2.5.2-1 量産コストの検証結果

費目	コスト (¥)	比率 (%)	算出条件	その他条件
Al 材料費	0.7		A1070	
金型償却費用	0.3		金型代6M¥	寿命20M 個
プレス加工費 (洗浄含む)	0.6		50spm 1,000K 個/月	2名
化学研磨	0.3		外注加工	
設備償却費	1.5		プレスマシン、金型 加工設備、検査設備 など	総額1.1億 円、償却期間 7年
原単位経費	0.3		電気代、プレス加工 オイル、洗浄用炭化 水素など	
検査梱包費	0.2			
管理費	0.3			
合計	4.2			

積算結果、コスト内訳で最も比率が高いのは設備償却費用である。これは板鍛造プレスマシンが非常に高価なことおよびプレス回転数が50spmと低いことによる。下表に今年度のアルミニウムリフレクタとその他のリフレクタの価格比較を示す。現在のアルミニウムリフレクタの顧客要求価格は1,000K 個の生産数量で¥5/個であることから、上表に示す量産コストの検証結果得られた4.2¥/個の価格は要求コストを満たしている。

表 2.5.2-2 各種リフレクタの価格比較

リフレクタの 種類	製 法	価 格	問題点
樹脂製	LCP (液晶ポリマー) などによる樹脂モールド	¥3/個程度	LED 光による樹脂の劣化、反射率の低下 (Al 蒸着などにより改良)
セラミック	アルミナ、AlN(窒化アルミ)など	¥10~30 /個程度	高価
金属 (機械加工)	Al,Cu などの切削加工	¥1,000 /個程度	高価、大量生産不可

今回試算した5mm□アルミニウムリフレクタの価格は、樹脂とセラミックの中間の価格となった。しかし現在セラミックリフレクタは高価であることから、ほとんど使用されていない。このため今後は樹脂との価格競争になると考えられ、一層のコスト低減が顧客から要求されると予想される。このため今後プレス回転数のアップやその他経費の節減が必要となる。

## 2.6 市場調査

研究期間中、開発技術の優位性評価、適用分の拡張に向けた技術動向調査を行うことで調査を進めてきた。また高輝度 LED の川下大手メーカーの技術動向、ニーズ等のマーケット調査を、川下顧客訪問により行った。下記にその調査結果を記述する。

### 2.6.1 開発技術の優位性評価

調査結果から得られた、本開発技術の優位性の評価結果を表 2.6.1-1 に示す。

表 2.6.1-1 開発技術の優位性評価結果

リフレクタの種類	製法	優位性/欠点	具体的応用製品
樹脂製	LCP などによる樹脂モールド	安価/樹脂の劣化による反射率の低下	民生用/LED 電球、蛍光灯代替
セラミック	アルミナ、窒化アルミなど	高放熱性 高耐熱性/高価	高輝度ハイパワー用/自動車用ランプ
本研究開発品； 金属（板鍛造プレス加工）	アルミニウム、銅合金などの板鍛造順送プレス工法	高放熱性 安価	高輝度ハイパワー用/自動販売機、投光機、広告灯、道路信号、道路照明

本開発技術は、セラミックリフレクタと比較して価格的に有利であり、また放熱性もセラミックと比較して優れている。主に民生用の樹脂製は安価であるが、放熱性に劣るために 1W 以下の LED に限定される。上表のように、アルミニウムリフレクタは、性能面で樹脂製およびセラミックと比較し優れている。しかし価格ではセラミック以下（5¥/個程度）が求められている。また最近 OSRAM などから、Ceramic + compression-molded silicone package と称し、銅ヒートシンク付きのセラミック基板上にリフレクタなしで LED チップを搭載し、シリコン樹脂（レンズの役目を成す）で封止した高輝度 LED ランプが発表されている。このため、今後はこのリフレクタを用いないタイプとの性能と価格の両面での競争が激しくなると予想される。

### 2.6.2 適用分野拡張に向けた技術動向

表 2.6.2-1 に金属リフレクタの適用分野拡張に向けた技術動向を整理して示す。技術動向としては、低価格化と高輝度長寿命化の 2 点である。これは昨年の動向と変わっていない。従ってアルミニウムリフレクタなどの金属リフレクタは、現在のところ低価格の家庭用などの屋内照明用途には実用化される計画は無い。これは金属リフレクタが現在切削加工で製造されており、プレスによる大量生産技術が普及していないためである（金属リフレクタが高価であるとの市場認識が非常に高いのが原因となっている）。しかしながら、今後本研究開発による技術が完成し、樹脂製との価格差が小さくなった場合、マーケットは家庭用に対しても金属リフレクタを使用する動きが高まると考えられる。金属リフレクタは放熱性にすぐれ、高出力の LED を搭載できることから、同じ照度の照明器具を設計する場合、ランプの数を減らせる優位性がある。

一方屋外照明機器では、屋内照明器具ほどに低価格が要求されないため、樹脂製に比較してプレス技術が完成した場合に金属リフレクタ

が有利である。また液晶テレビなどの大型のディスプレイ用では、価格の面から現在主に樹脂製リフレクタが用いられているが、LED 光による樹脂劣化が進み、これによる輝度低下が懸念されている。このため、同一価格の場合金属リフレクタの採用進むと考えられる。

表 2.6.2-1 適用分野拡張に向けた技術動向

LED の用途	技術動向	金属リフレクタの実用化計画（計画あり；○）	本格的実用化時期（西暦、年）
屋内照明（電球タイプ、蛍光灯タイプ）	定価格化	-	-
屋外照明（公園、道路照明、公共施設）	高輝度長寿命化	○	2012
ディスプレイ用（大型高性能テレビ向け）	高輝度長寿命化	○	2012
自動車用（ヘッドライト）	高輝度長寿命化	○	2012
産業用（自動販売機、公告パネル照明、店舗ウィンドウ、工場内照明）	高輝度長寿命化	○	2012

OSRAM社のリフレクタなしのLEDパッケージはすでに自動車のヘッドライトに採用されている。これは基板が銅基板を埋め込んだセラミック基板が使用されている。しかしこの基板は現在¥20/個程度と非常に高価である。これに対してアルミニウムリフレクタの場合には、プレス加工金属基板に置き換えることができるので、LEDパッケージ全体の低価格化が可能になると考えられる。LEDパッケージにおいて最も重要な性能は放熱性であり、この点アルミニウムや銅を用いた金属リフレクタの高い熱伝導率は非常に有利である。アルミニウムはまた樹脂と異なり紫外線劣化がまったく無いのが特徴である。本開発のアルミニウムリフレクタは、化学研磨処理を行っているため、反射率が高くまた低価格である。この点を特徴として、今後放熱性に優れたプレス加工金属基板と組み合わせて、高輝度ハイパワーLEDランプ用パッケージとして製品化し事業拡大を図る。今回三洋電機殿の信頼性評価で、連続通電2,000h後も相対光量の大きな変化の無いことが実証された。これによって、アルミニウムリフレクタの劣化が無いことを裏付けられた。

国内の高輝度LEDランプの主要メーカーには、日亜化学、星和電機、スタンレー電気、光波などがあり、また海外ではオスラム、フィリップス、クラーがある。今後これらLEDランプメーカーへの技術紹介を行って行く中で、事業化への展開を進める。



### 2.6.3 高輝度 LED の川下大手メーカーの技術動向、ニーズ等の マーケット調査

金属リフレクタを実用化する場合、ユーザ側からリフレクタに用いる基板の選定が問われている。LED を実装する基板には現在、下表に示すように、樹脂基板、セラミック基板、金属基板の 3 種類がある。樹脂基板は従来のプリント基板の製造プロセスを用い比較的安価に製造されている。またセラミック基板は、多層セラミック基板の製造プロセスを用いて製造されるが比較高価である。一方金属基板は、半導体パッケージ用リードフレームの製造プロセスを用いて、樹脂製同様に比較的安価に製造されている。この 3 種類の基板の中で、比較的安価でかつ放熱性に優れる基板はリードフレームである。このため現在、携帯電話用液晶ディスプレイから液晶テレビを中心に LED 用リードフレーム基板の需要が急激に高まっており、リードフレーム基板の製造が需要に追いつかない現象が生じている。しかしながらこのリードフレームに用いられるリフレクタは、現在は樹脂モールドによる樹脂製リフレクタが中心である。これをより放熱性の高い金属リフレクタに置き換えるには、金属リフレクタの価格低下が課題となっている。本研究開発におけるアルミニウムリフレクタがプレス加工によって生産可能となった場合、樹脂製リフレクタが金属リフレクタに切り替わる可能性が非常に高い。これは金属リフレクタの放熱性が、樹脂製リフレクタと比較して格段に高いことおよび紫外線などの光による劣化が無いことによっている。

このような状況の中で、顧客からは下表に示すように、金属リフレクタと金属基板（金属リードフレーム）を一体化したパッケージ構造での納入がプレスメーカーに求められている。このため、(株)大貫工業所としては、今後リフレクタのみでなく、LED パッケージとしての事業化を今後進める方針である。

表 2.6.3-1 LED パッケージ用基板の種類

基板の種類	リフレクタ	封止	特徴	課題	対策
1. 樹脂基板	樹脂	樹脂	低価格	樹脂の劣化	-
2. セラミック基板	レンズ樹脂	レンズ兼用樹脂	高放熱	低コスト化	-
3. リードフレーム（金属基板）	樹脂	樹脂	高放熱	樹脂の劣化	金属リフレクタとの一体化構造