

平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「バックライト導光板の低コスト化・薄型化を実現する金型とプレス機の開発」

## 研究開発成果等報告書

平成24年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社蔵持

## 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	3
1-2 研究体制	6
1-3 成果概要	7
1-4 当該研究開発の連絡窓口	9
第2章 本論 研究開発実施内容と成果	
2-1 導光板加工用金型の基幹部品の加工技術の開発	10
2-2 入光部加工技術の開発	13
2-3 反射ドット成形加工技術の開発及びプレス加工導光板の試作開発	17
2-4 導光板加工専用サーボプレス機の開発	22
2-5 プロジェクトの管理・運営	27
最終章 全体総括	
3-1 研究開発成果	28
3-2 研究開発後の課題と事業化展開	29

## 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

#### 1-1-1 研究開発の背景

パソコン、液晶テレビ、携帯電話機など多くの電子機器には液晶ディスプレイ(LCD)が情報表示装置として使われており、そのLCDの背面にはディスプレイを発光させるバックライトが搭載されている。また、最近では利便性や娯楽性からノートパソコンのキーボードやアミューズメント、広告パネルなどにもバックライトが照明として使われており、バックライトは多くの電子機器に組み込まれて、我々の生活の身近な存在となっている。(図1-1-1)

当該研究開発は、そのようなバックライトの基幹部品である導光板に関わる研究開発であるが、研究開発の背景には、電子機器の製造における韓国・台湾企業の台頭がある。

以前、日本のLCDの生産シェアは世界の80%を占めていたが、2006年には韓国・台湾に追い越されてしまい、以後、連鎖のように液晶テレビ・パソコン・携帯電話機などのデジタル家電・情報端末メーカーは生産シェアを奪われている状況となっている。そして日本のメーカー含め世界中の多くの関連メーカーはコスト競争に対応するために、設計開発した電子機器を台湾企業などに生産を委託(OEM)した。そして最近では更なるコスト低減のために、設計から生産までを一貫で委託(ODM)する形態となっている。その結果、ODM受託の企業は、製品に組み込まれる多くの電子部品を、同国系企業から優先的に調達するようになり、家電メーカーや情報端末メーカーを川下企業とする日本の電子機器・電子部品メーカーは、大変厳しい状況に追い込まれている。

当該研究は、このような社会背景に直面する川下企業からの強い要望により、約4年前より研究を開始したが、まずはパソコンのキーボードを発光させるための導光板を開発課題とし、加工速度が速いプレス加工方式により、市場が求める導光板の低コスト化・薄型化を実現する金型とプレス機を開発し、川下企業の受注促進に繋がることを目的に本事業への提案を行った。

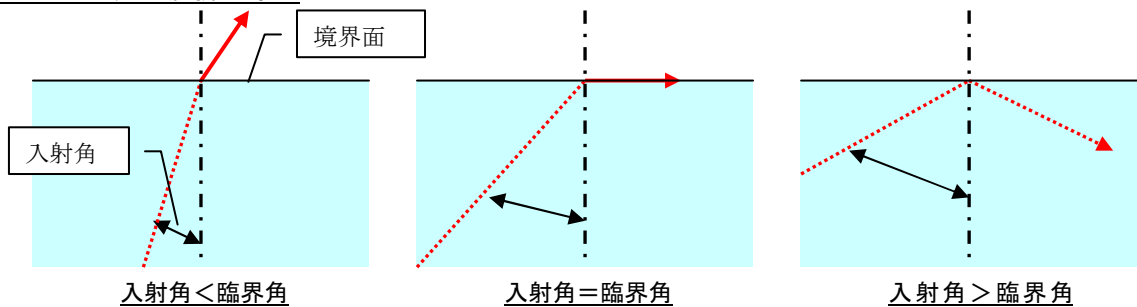


図1-1-1: バックライトが組み込まれている電子機器とバックライトの場所

特定ものづくり基盤技術の種類には、主たる技術としては「金型に係る技術」とし、川下製造業界として「情報家電業界」とし、解決すべく課題として「軽量化・薄型化」「低コスト化」「環境配慮」とした。

## 1-1-2 導光板の発光原理と従来の加工方法

図 1-1-2: 光の屈折の原理



PMMAから空気へ光が入るときの臨界面は $42.2^\circ$ である。

図 1-1-3: 導光板の面発光原理

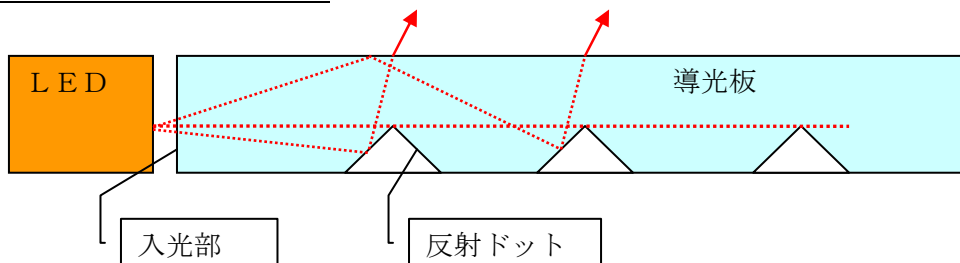


表 1-1-1: 導光板の従来加工方式と問題点

加工方法	光学ドット加工方法	入光部加工方法	問題点
ドットを印刷＋ルーター加工	散乱剤を印刷	ルーターを使い 切削加工	・微細ドットが印刷不可 ・板厚0.4以下はルーター加工が難しい
レーザー加工	熱溶解で凹を加工	熱溶断加工	・大量生産に難がある
ホットスタンプ加工	加熱したスタンパーを基材に加圧し、表面を液状化させ、凹凸を転写させた後、冷却し基材を硬化させる。	ルーターを使い 切削加工	・加工時間が1サイクル約4～5分であり、実用的でない ・スタンパーから導光板を外すのに難がある
射出成形加工	液状化した樹脂を金型内に高圧で射出し、スタンパーの凹凸を転写させる。	射出成形加工	・板厚0.4mm以下は難しい ・金型が高価である

本成果報告書をご理解いただくために、先立って導光板の発光原理を説明する。

図 1-1-2 で示すとおり、光は臨界角より小さな角度で境界面に当たると、境界面より外に出る。臨界角より大きな角度で境界面に当たると、境界面から外には出ずに、全反射して戻ってくる。この原理を応用したものが導光板である。図 1-1-3 は導光板の原理を示す図であるが、LED から照射された光は、導光板入光部の入光面より導光板内に入射進行し、進行する角度を変えない限り、導光板の上下面から光は出ることはないが、下面に形成された凸に当たった光は進行する角度を変える。そして入射角より小さい角度で上面に当たった光だけが、上面より外へ出て導光板を発光させる。そして導光板の性能は、導光板の用途により設定された発光面において、より多くの強い光を出すことである。

表 1-1-1 は従来の導光板加工方法と問題点を示した表である。最も広く使われている加工方法は、散乱剤のインクを用いて反射ドットをスクリーン印刷して、外形はルーター加工機で切削加工する方法である。印刷後の乾燥やルーター加工で時間が掛かる上、散乱剤のインクが高価であり加工コストが高くなる。また、基材が板厚 0.4mm 以下の場合、外形切削加工において割れが発生し易い。

レーザー加工は少量生産には良いが、加工時間が掛かるので大量生産には適さない。

ホットスタンプ加工は加熱転写成形後に冷却をしなければならず、加工時間が約 4 分と実用的ではなく、最近では適用されなくなってきている。

射出成形加工は、液状化した樹脂を金型内に射出し成形するものであり、高精度な導光板が加工できるが、導光板の板厚が薄い場合、樹脂が金型内に回り込みに難しく、キーボードサイズ以上の大きさにおいて板厚 0.4mm 以下は加工できない。また、金型代が大変高価でありイニシャルコストが高くなる。

以上のとおり従来加工方式は、加工時間が掛かり、ランニングコスト、イニシャルコストが高いことから、市場ニーズのコスト低減が難しく、また加工できる導光板の板厚を薄くすることに難がある。

### 1-1-3 本研究開発の課題

1-1-2 にて従来方式が市場ニーズに対応することが大変難しいことを記載したが、本研究開発はプレス加工機を使った導光板加工技術であり、プレス加工での塑性加工の特徴は、加工速度が速いことと、基材の厚みが 0.1mm 以上であれば薄くても難易度は変わらないところである。よってプレス加工で従来方式同等以上の性能を有する導光板の加工が実現できれば市場ニーズの低コスト化・薄型化に対応可能となる。

図 1-1-4 が実際にプレス加工した入光部と反射ドットである。導光板の原理は図 1-1-3 に示したが、導光板の性能は「入光部」と「反射ドット」で略確定する。

当研究開発の課題はプレス加工で入光性能の高い入光部と輝度及び輝度均一性の高い反射ドットを加工するための金型とプレス機の開発である。

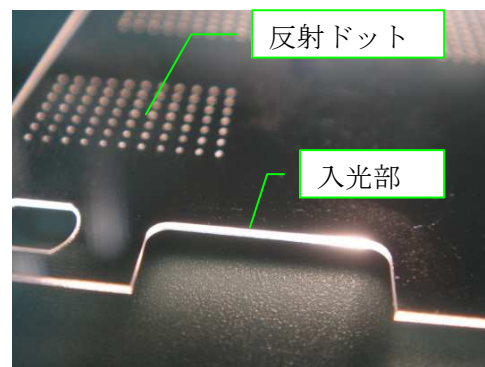


図 1-1-4: 加工した導光板の写真

#### 1-1-4 研究の目的及び目標

本研究開発の目的は、生産性の高いプレス加工方式を用いて、導光板が加工できる金型とプレス機を開発して、導光板の低コスト化・薄型化を実現し、日本企業のコスト競争力向上を図ることが目的である。

本研究の目標値は次の通り

- 加工コストは、従来の加工方法に比べ1/4以下とする。
- 導光板の加工可能な板厚を0.2mm以下とする。
- 面発光の輝度、輝度均一性は印刷ドット印刷方式同等以上とする。

### 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・管理体制を図 1-2-1 に示す。

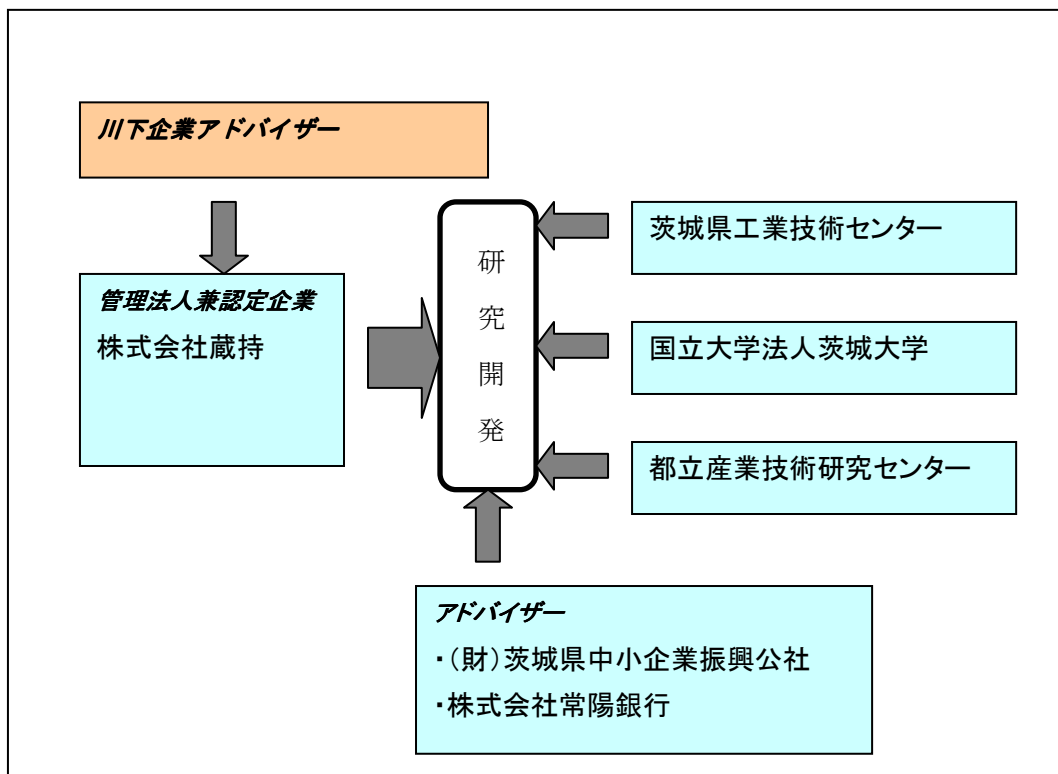


図 1-2-1: 研究開発組織・管理体制

## 1-2-2 研究者氏名及び協力者氏名

本研究開発における研究者と協力者の氏名を表 1-2-1 に示す。

表 1-2-1: 本研究開発の研究者と協力者の氏名

氏名	所属・役職	備考
八木澤久之	株式会社蔵持 取締役事業推進部部长兼サポイン室室長	PL
磯 智昭	茨城県工業技術センター 繊維工業指導所 素材開発部門長	SL
山崎 秋雄	株式会社蔵持 事業推進部営業技術課	
舟橋 孝一	株式会社蔵持 事業推進部金型課課長代理	
青山 武幸	株式会社蔵持 事業推進部営業技術課課長	
磯山 亮	茨城県工業技術センター 繊維工業指導所 素材開発部 技師	
石渡 恭之	茨城県工業技術センター 繊維工業指導所 素材開発部 技師	
周 立波	国立大学法人茨城大学 工学部知能システム工学科 教授	
小貫 哲平	国立大学法人茨城大学 工学部知能システム工学科 准教授	
尾畷 裕隆	国立大学法人茨城大学 工学部知能システム工学科 講師	
中村 広隆	地方独立行政法人 東京都立産業技術研究センター 開発本部開発第一部	
金子 紀夫	(財)茨城県中小企業振興公社 総括エキスパート	アドバイザー
藤沼 良夫	株式会社常陽銀行 事業戦略支援室	アドバイザー

## 1-3 成果概要

### 1-3-1 研究開発成果概要

導光板の性能は、LEDからの照射される光を取り込む入光部の入光性能と、入光して導光板内を進行する光の進行方向を変えて、面発光させる反射ドットの性能により決まる。よって当研究開発は高性能な入光部の条件を研究し、その条件をプレス加工で実現するための金型とプレス加工条件の開発、及び面発光性能の高い反射ドットの条件を研究し、その条件をプレス加工で実現するための金型とプレス加工条件の開発、そして導光板のプレス加工を、より高品質且つ効率的にするための専用サーボプレス機の開発である。

当該研究開発では、試作開発する導光板を川下企業の要求からノートパソコンのキーボードを発光させる導光板とした。また、その開発技術を用いて、テレビ操作パネル用導光板と携帯電話用液晶ディスプレイ用導光板の試作開発を行った。その成果は次のとおり。

#### (1) キーボード用導光板の開発成果

##### ① 入光部のプレス加工

研究の成果として入光部入光面の品質目標を「平坦且つ透明」とした。そして様々な仕様の刃を設計し、試作開発を繰返し行った結果、入光面の品質を、従来のルーター加工機での切削加工よりも、平坦且つ透明に加工することができる金型とプレス条件を開発することができた。また、このプレス加工では金型の刃を保護するために基材の下にフィルムを敷くが(このフィルムをカッティングマットと云う)、生産性の向上を図るために、カッティングマットの選定とカッティングマットの自動搬送装置の開発製作を行った。

そして川下企業の協力を受けて実施した20万ショットの耐久試験の結果は、入光量及び入光特性に、変化が発生しておらず、金型の耐久性及び加工工程能力は十分量産性を有するとの評価となった。

## ②反射ドットのプレス加工

キーボード用導光板には理想的には約15万ケの反射ドットが必要であり、反射ドットを転写成形する基幹部品となるドットスタンパーに、15万ケの凸ドットを切削加工で彫り出した場合、1ヶ月以上かかってしまうことから、金型代は大変高価になり、本研究の目的である低コスト化が図れない。そこでスタンパーの製作時間が1/10になり、独特な発光特性を持つ、プレス加工に適した新たな反射ドット形状(名称CSドット)を開発した。そして、CSドットを使ったキーボード用導光板の試作開発を繰返し実施した結果、従来方式の光学パターンを印刷した導光板と略同等の光学性能の導光板の試作開発に成功した。

試作した導光板の環境条件(温度、湿度、光)による信頼性試験を再委託先である茨城県工業センターで実施した結果、輝度低下は15%程発生したが、輝度変化許容値が±30%であることから、反射ドットをプレスした導光板の信頼性は実証された。

## (2)テレビ操作パネル用導光板の開発成果

試作品の川下企業の評価は性能的に印刷導光板上回っているとの高い評価であった。しかし、テレビの国内生産台数が現状では試作程度の生産数であることから、ビジネスとして成り立たないことが判明した。今回の試作品の川下企業での性能評価結果から、本開発技術はキーボード以外にも、広く用途があることを確認できた。

## (3)液晶ディスプレイ(以後、LCDと云う)3.7インチ用導光板の開発成果

導光板の用途として最も多いのが携帯電話LCD用バックライトであることから、高い輝度と均一な面発光が求められるLCDバックライト用導光板のプレス加工の研究開発を行った。流通するスマートフォン用バックライトを入手し研究した結果、LCD用バックライトは導光板に様々な光学シートを重ねる構造となっており、導光板単体では輝度値は低いが、光学シートを重ねると高い輝度性能となることが分かった。

プレス加工で同様の機能を持った導光板を実現するため研究開発を行った結果、この特性となる新たなCSドット形状が開発できた。そして、そのCSドットの配列ピッチに階調を与えたスタンパーを製作し、試作を行った結果、従来品に近い高い面発光輝度を得ることができた。しかし従来品に比べ未だ輝度ムラがあり、今後の補完研究課題となった。

この結果はプレス加工した導光板でも、携帯電話向けに高い技術を使い射出成形加工した導光板に近い性能を得られる可能性があることを示しており、開発により得られた高い技術は、様々な導光板のプレス加工の実現に生かせるものと考えられる。

当研究開発では、研究で得られた導光板のプレス加工に必要なプレス機の性能要素と精度を基に、専用サーボプレス機の開発設計を行なった。そしてその製作実現には多くの課題が発生したが、何とか具現化でき、性能評価と試作加工を行い、導光板のプレス加工の量産検証を行うことができた。



以上の研究開発の数値目標と達成値は次のとおりであった。

●低コスト加工化(加工時間の短縮)

目標＝加工時間を1/4にする

成果＝従来方式72～130秒⇒開発方式10～21秒【加工時間短縮1/5以上 目標達成】

●薄型化:従来方式(キーボード用の場合)

目標＝加工可能な導光板を板厚0.2mmとする。

成果板厚＝板厚0.25mmの試作成功

【0.2mmも対応可能

目標達成】

### 1-3-2 プロジェクトの管理・運営

本研究の過程で得られた成果を検証し、新たな課題を提示し、事業化に向けてプロジェクトをリードした。研究者の意識の統一と、情報交換を行う研究開発推進委員会を期間内に8回開催した。

次の表は研究開発の進捗工程実績を示す。計画した実施内容は全て実施した。

平成22年度：平成22年9月30日、10月28日、12月15日、平成23年2月8日

平成23年度：平成23年5月12日、6月1日、9月16日、12月16日

## 1-4 当該研究開発の連絡窓口

当該研究開発の事業管理者

名称：株式会社蔵持

住所：茨城県結城市若宮9番地20

代表者役職・氏名：代表取締役 中山松雄

連絡担当者役職・氏名：取締役総務部長 岡田春美

TEL：0296-32-5454

FAX：0296-32-5470

E-mail：[h.okada@kk-kuramochi.co.jp](mailto:h.okada@kk-kuramochi.co.jp)

## 第2章 本論:研究開発実施内容と成果

実施計画書の項目名が年度により異なっていることから、本章で使っている項目名は、実施計画書の項目名とは異なる場合があります。但し、記載内容については委託期間内の研究成果を全て網羅しております。

### 2-1 導光板加工用金型の基幹部品の加工技術の開発

(実施者:株式会社蔵持、茨城県工業技術センター、茨城大学)

#### 2-1-1 開発の概要

導光板の性能は、入光部と反射ドットの性能により決まるが、当該研究開発では、入光部を切断する切断刃と反射ドットを転写成形するドットスタンパーを基幹部品として、その製作技術の開発を行った。

#### 2-1-2 入光部切断刃の加工技術

当プロジェクトでは入光部の品質目標を平坦且つ透明であることと定義した。そして、その品質目標の実現のために入光部加工技術の研究開発を行い、(内容は後述 2-2 参照)入光部を高品質にプレス加工するための、刃の断面形状と刃先鋭利性条件を確立した。

そして確立した刃の条件を実現させるために、刃の加工技術の研究開発を行なった。導光板の入光部は、図 2-1-1 に示すとおり、導光板の外形にある場合(入光部外形仕様)と導光板の内部に穴としてある場合(入光部穴仕様)があり、切断刃の仕様が異なる。

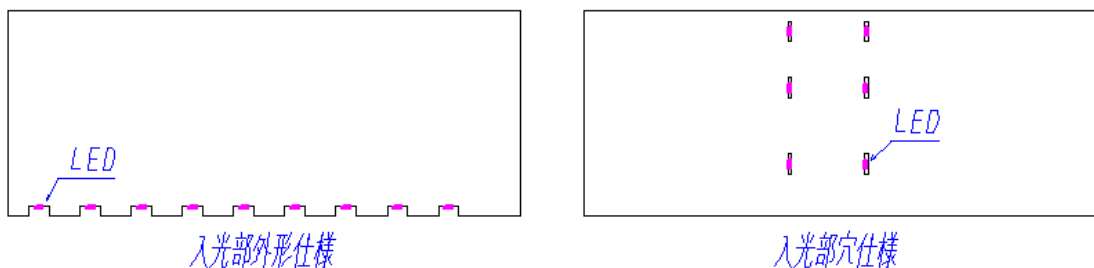


図 2-1-1:入光部の位置

#### 1) 入光部外形仕様用切断刃

図 2-1-2 はプレス加工した導光板の入光部である。加工した切断刃は図 2-1-3 写真で示すコの字形をした彫刻刃とした。刃先の断面形状は、導光板の形状となるコの字の外側となる部分は垂直で、コの字の内側となる部分は30度の斜面となっており、刃先先端は僅かに両刃となっている。

確立した加工方法は次の通り

##### ●加工条件

- ・設備: マシニングセンター
- ・回転数: 5万rpm(高周波高速スピンドル)
- ・刃物: 超硬合金製DLCコーティングR0. 4ボールエンドミル

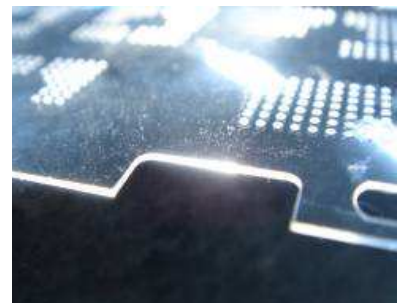


図 2-1-2:加工した導光板

・切り込み量:  $8\mu\text{m}$ /回転

●加工プロセス

- ① マシニングセンターで荒加工する。
- ② 熱処理して硬度をHRC60にする。
- ③ マシニングセンターで仕上げ加工。
- ④ 刃先先端を僅かに研磨する。
- ⑤ 手加工で、刃先の研削バリを除去し、刃を仕上げる。(図 2-1-4)

●課題

最終工程となる刃先の手仕上げ作業を安定して行うことが、大変難しく匠の技となる。



図 2-1-3: 製作した彫刻刃

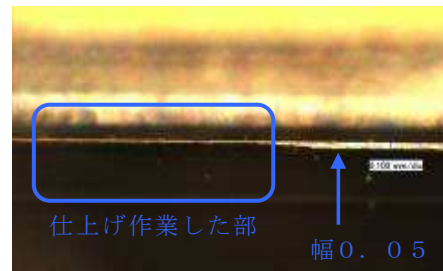


図 2-1-4: 手仕上げの状態

2) 入光部穴仕様用切断刃

入光部穴の形状は1.5mm幅の長穴である。彫刻刃を作製し試作したが、切断する際に長穴状の抜きカスが、刃に横荷重を与えるために刃が破損してしまった。

そこで研究開発を行った結果、次の仕様とした。

- ・材質: 超硬合金
- ・断面形状: 彫刻刃より更に鋭角にした。
- ・固定方法: 図 2-1-5 写真に示すチップ状とし刃先だけの交換方式とした。
- ・製作: 当社の設備や技術では製作不可能なことから、超硬製の刃を専門で製作しているメーカーに製作を委託した。

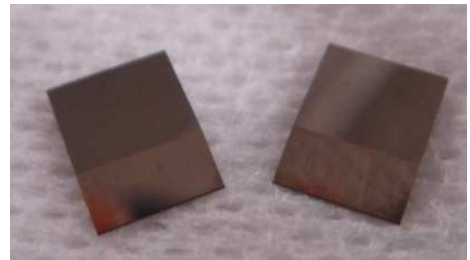


図 2-1-5: 開発した切断刃

2-1-3 反射ドットスタンプの加工技術の開発

後頁 2-3 で記載している導光板に反射ドットをプレス加工するためのドットスタンプの加工技術の開発であるが、次のような研究開発を実施した。

1) 円錐凸ドットスタンプの加工技術の開発

当初は反射ドット形状を円錐とし、微細円錐を高精度に効率的加工する開発を行った。

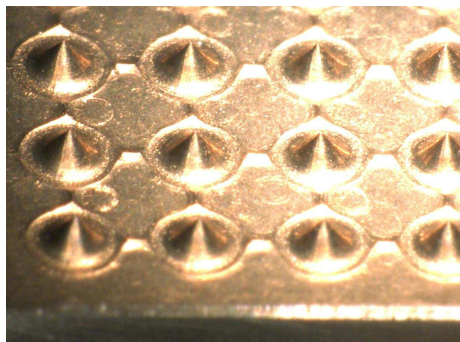


図 2-1-6: ドットスタンプ

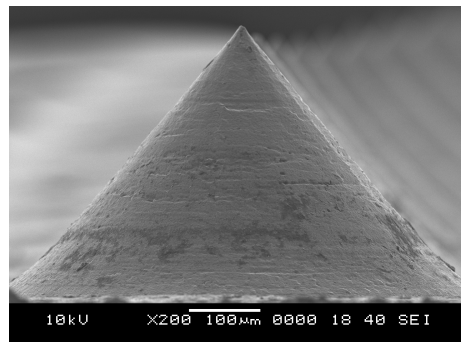


図 2-1-7: 円錐ドットのSEM画像

円錐をボールエンドミルで輪郭を等高線状に切削加工するが、円錐の頂点にバリが発生した。切り込み深さを $2\mu\text{m}$ と極小にし、加工時間を抑えるよう主軸の回転数を5万rpm以上にすることで、バリが是正された。図 2-1-6 と図 2-1-7 が加工した凸ドットである。

## 2) ドットスタンプの防錆処理の研究

ドットスタンプの材質は炭素工具鋼であるが、錆が発生すると致命的になることから、ドットスタンプの防錆を目的としたコーティングを研究した。

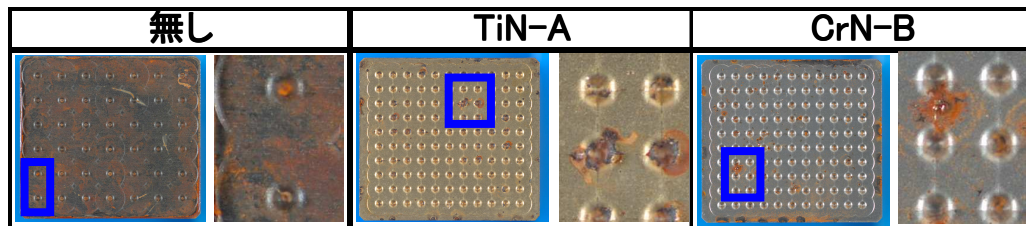


図 2-1-8: 塩水噴霧試験の結果

図 2-1-8 は48時間の塩水噴霧試験の結果であるが、実験した TiN-A と CrN-B は、防錆効果はあるが、錆が発生してしまうことが判明、本金型の使用環境や保管環境に配慮が必要なことが分かった。

## 3) 反射ドットスタンプを形彫り放電加工で作製する加工技術の開発

数万の凸ドットを有するスタンプを切削加工することは、膨大な時間がかかることから、スタンプの凸ドットを形彫り放電加工機を用いて溶解加工する技術開発を行った。

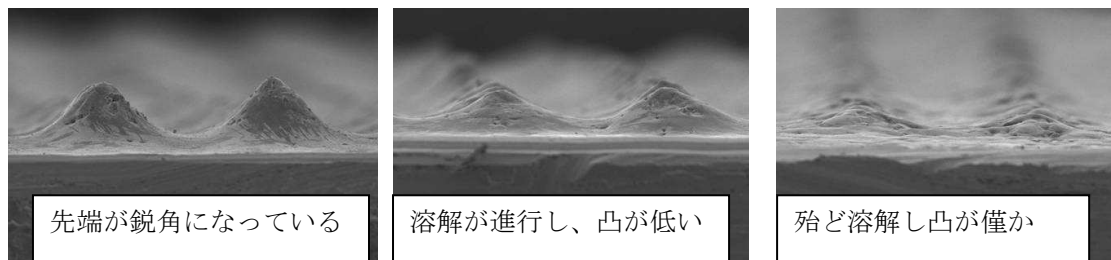


図 2-1-9: 形彫り放電加工結果のSEM画像

開発結果は、図 2-1-9 で示すとおり、放電により溶解した鉄(スラッジ)が構造的に排出できず、スラッジが2次放電を起して過剰な溶解となり、形状不良が発生した。よって形彫り放電加工機でのスタンプの製作は不可能との判断に至った。

## 4) 開発した新たなドット形状の加工技術の開発

後頁 2-3-1 で記載している開発した新たな反射ドット形状を成形するためのスタンプの高精度化を図る加工技術の開発を行った。図 2-1-10 が加工したスタンプの凸ドットである。

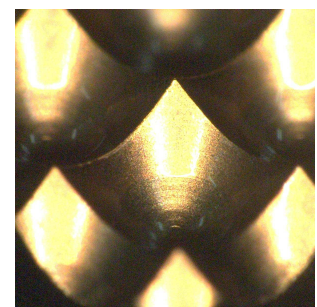


図 2-1-10: 加工したスタンプ

## 2-2 入光部加工技術の開発

(株式会社蔵持、茨城大学、茨城県工業技術センター、都立産業技術研究センター)

### 2-2-1 入光部入光面の品質目標

LEDからの光が入射する入光面を研究した結果、入光面に求められる性能は2つあり、「光を効率的に取り込み、遠くまで導く性能」と、「入射する光を拡散させ、光を広範囲に導く性能」とがある。これを両立させることは大変難しいことから、当プロジェクトでは要求性能を前者の「光を効率的に取り込み、遠くまで導く性能研究」とし、プレス加工する入光面の品質目標は、性能を満たす条件である「平坦且つ透明」とした。

### 2-2-2 開発した入光部をプレス加工する切断刃の仕様とプレス加工品質

前頁 2-1 で記載したとおり、導光板の入光部は、外形仕様と穴仕様とがあるが、本書では代表して入光部穴仕様の開発成果を記載する。

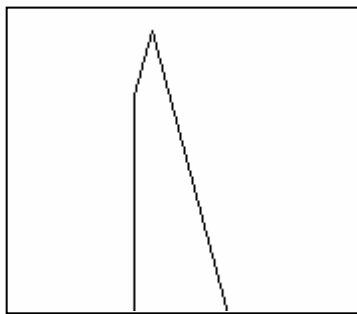


図 2-2-1: 刃の断面形状

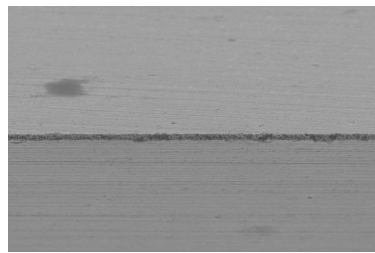


図 2-2-2: 刃の先端の上視画像

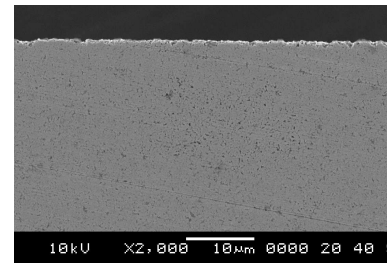


図 2-2-3: 刃の先端の側面画像

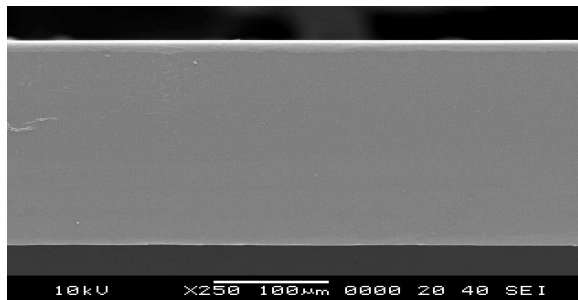


図 2-2-4: プレス加工した入光面(切断面)

図 2-2-1 が開発した切断刃の断面形状である。図 2-2-2 が刃先先端、図 2-2-3 が刃先側面の2000倍SEM画像である。刃は先端が $1\mu\text{m}$ 程度になるまで生成されており、超硬合金の粒子サイズが確認できるレベルまで仕上げられている。

図 2-2-4 が実際にプレス加工した入光面となる断面のSEM画像である。SEMでは透明度の確認はできないが、平坦で平滑な断面が実現できていることが分かる。

### 2-2-3 プレス加工条件

- ① プレス加工は上記 2-2-2 の刃を専用開発した金型本体に取り付け、金型をヒーターにより、加熱している。基材がPMMAの場合とポリカの場合では加熱温度が大きく異なる。
- ② 金型を取付けるプレス機は、サーボモータ駆動とし、本プレス加工に適したモーションをプログラム

して加工する。

- ③ 基材を貫通した刃が下金型に接触し破損しないように、基材の下にフィルムを敷く。

#### 2-2-4 金型本体の開発

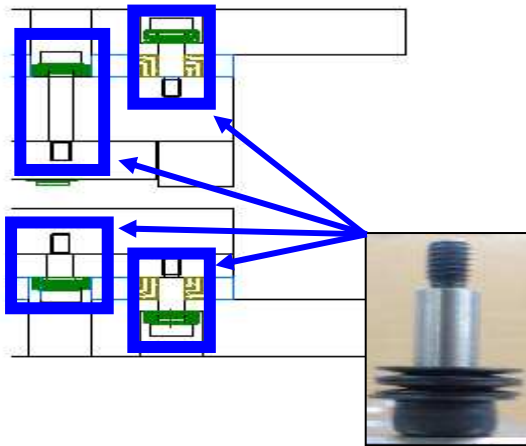


図 2-2-5: 各プレートの固定方法概要

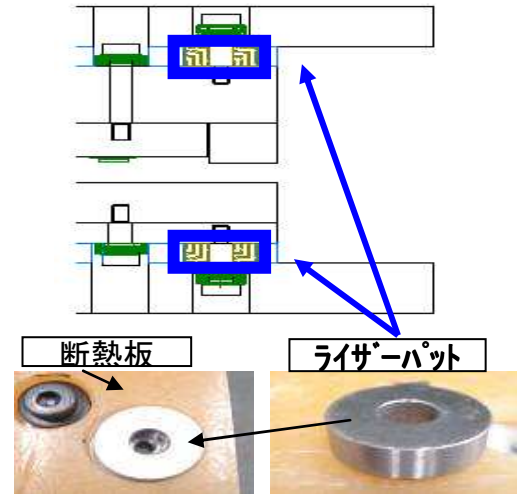


図 2-2-6: ライザーパット



図 2-2-7: 断熱材の反り防止策

入光部加工金型の開発と後述する反射ドット加工金型の開発は、開発した要素が同じなので、一括して記載する。

本金型は内蔵したヒーターにて、最高 180℃まで加熱するが、構成する各プレートは、ヒーターからの距離の違いによる温度差や熱膨張率の違いから、熱膨張量が異なってしまうことから、歪みが発生し金型全体が反ってしまう。その対策として、次の構造を開発した。

- ① 図 2-2-5 で示すように各プレートの固定は、キャップボルトで強固に固定するのではなく、皿バネとストリップボルトを使い、皿バネの荷重のみで固定する仕様にした。
- ② 図 2-2-6 で示すように本金型は断熱に断熱板を使用しているが、断熱板を介して金型の平行精度を維持することは不可能であり、又、断熱板は圧縮荷重に弱いことから、断熱板に穴をあけて、低膨張金属製のワッシャであるライザーパットを要所に埋め込んだ。
- ③ 断熱板は熱板に接触している 1 面だけに熱を受けるので、大きな反りが発生してしまう。その対策として、図 2-2-7 に示すように、断熱板に両面から複数の溝加工を行い断熱板に柔軟性を持たせた。

以上の対策により、金型を加熱しても上型と下型の平面精度を維持できる金型を開発した。

#### 2-2-5 カッティングマットの選定と自動搬送装置の開発

##### (1) カッティングマットの選定

入光部のプレス加工は、鋭利な刃で基材を押し切りする方式であり、基材を貫通した刃が、刃に

対向して設けられた金属性の加圧板に衝突することを防ぐために、加圧板上にフィルム（当社ではカッティングマットと云う）を敷いて加工する金型構造となっており、そのカッティングマットが入光面の平滑性やバリの要因となることから、カッティングマットの材質選定を行った。

<研究結果>

- 切断刃の角度が30度の場合：亚克力が最も良く、次にポリカ、PETの順であり、紙はNG
  - 切断刃の角度が15度の場合：亚克力、ポリカ、PETは略同じ、紙はNG
- よって刃角により材質を考慮する必要があるが、購入価格を考慮し、作業標準はPETとした。

## (2) 開発したカッティングマット自動供給装置

導光板を切断し貫通した刃はカッティングマットに切り傷を付け、その傷が導光板のバリ発生の原因となることから、プレスショット毎にカッティングマットの位置を移動させる装置を開発した。

図 2-2-8 が装置構成図であり、巻き出しリールと搬送ロールユニット(図 2-2-9)と巻き取りリールユニット(図 2-2-10)とで構成している。

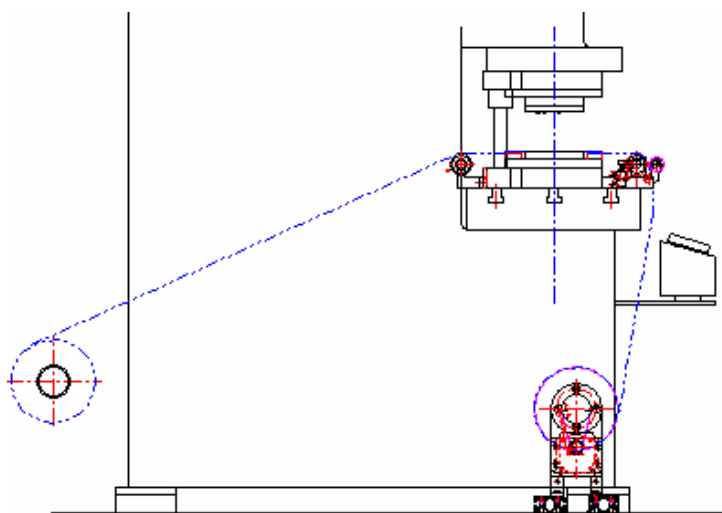


図 2-2-8: 装置構成図

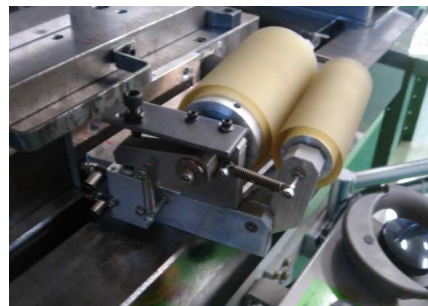


図 2-2-9: 搬送ロールユニット



図 2-2-10: 巻き取りリール

本開発装置は導光板のプレス加工の事業化を図るべく開発した装置であるが、金型の補助ユニットとして捉え、製作コストを最小限に抑える設計となっている。この装置の開発により、開発した金型の耐久試験を連続運転で行なうことができた。

### 2-2-6 入光部加工用切断刃の耐久試験

川下企業と共同で行った入光部加工の耐久性評価を記載する。

- (1) 耐久試験プレスショット数: 200, 000ショット
- (2) 耐久試験に使用した切断刃: 入光部穴仕様の刃
- (3) 耐久試験方法:
  - ① 開発したカッティングマット自動供給装置を用いて、導光板の基材であるポリカt0.3のロール材を自動搬送させて連続的にプレス加工を行った。

- ② 初回と1万ショット毎に、顧客から支給された製品パネルの入光部と外形をプレス加工し、サンプリングした。

※ここでの製品パネルとは、光学パターンを印刷した外形加工前のパネルを言う。

- ③ ②のサンプリングした導光板の輝度を計測し、輝度の変化を分析した。

輝度に変化が現れた場合、反射ドットは川下企業で印刷しており、実績があることから、輝度の変化はプレス加工した入光面の品質変化が原因であると特定できる。

(4) 当社での評価

- ① サンプリングした1万ショット毎の導光板を単体で発光させて、全てのキーの輝度を測定し、そのMAX、MIN、平均値を求めグラフ化した。(図 2-2-11)

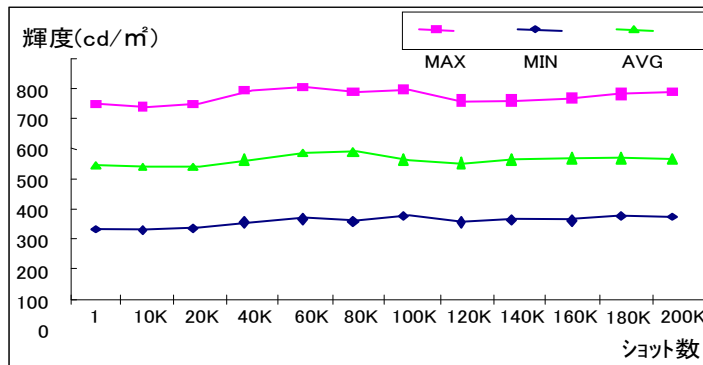


図 2-2-11: 20万ショット輝度変化グラフ

評価: 20万ショットにおいては輝度の変化は確認できない。よって本プレス加工の工程能力は問題ないと判断する。

- ② 耐久試験開始前と試験後の切断刃刃先と切断面をマイクロ스코ープとSEMで撮影し、変化を観察した。(図 2-2-12) 但し、本撮影は10万ショット時に行った。

		試験前	100,000ショット後
超硬切断刃の刃先	MS × 100		
	MS × 1000		
	SEM × 2000		
	上面視 SEM × 2000		
入光部切断面	MS × 100		
	SEM × 100		

図 2-2-12: 耐久試験での刃先と入光面の品質変化



評価: 10万ショットにおいては、刃先にチッピングが発生しているが、入光面の品質には影響していない。尚、20万ショット後の観察ではチッピングの進行は確認されなかった。

### (5)川下企業での性能評価

川下企業では実際に導光板をキーボードに組み込んで輝度値を測定し評価した。

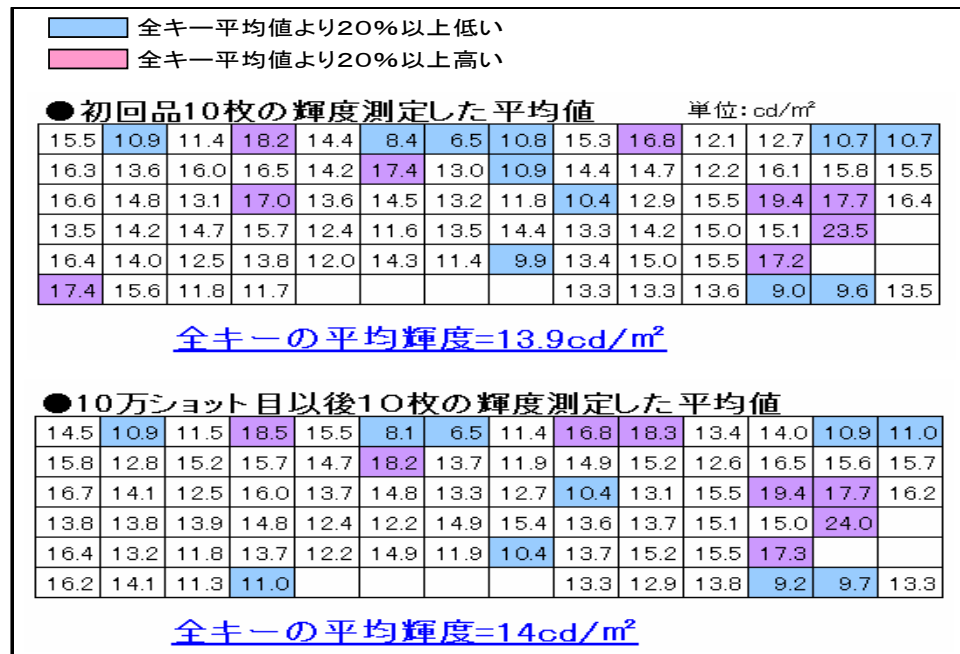


図 2-2-13:川下企業が作成した耐久性評資料

川下企業評価「10万ショットにおいては輝度の変化は見られないので、生産に使用可能。」  
この後、20万ショットでの評価も受けたが、同様の評価となった。

## 2-3 反射ドット成形加工技術の開発及びプレス加工導光板の試作開発

(株式会社葺持、茨城大学、茨城県工業技術センター、都立産業技術研究センター)

### 2-3-1 面発光に有効な反射ドット形状の開発

まずは立体形状反射ドットとしては一般的な形状である円錐形を基本として、反射ドットのプレス加工の研究開発を実施した結果、反射ドットを立体成形した場合、ドット単体では高い輝度を出すことができるが、ドット以外のところは発光しないことから、ドットピッチを狭くし密度を高めないと輝度の高い面発光とはならないことが分かった。

同じように立体形状を反射ドットとする射出成形加工方式の場合、ホトリゾ電鍍技術を使い微細な凸ドットを密度高く配列したスタンパーを用いて、樹脂を熱により溶解し液状化させて微細ドットを転写させており、高性能な導光板を得ることができるが加工時間が掛かる。当研究開発の目的は導光板の低コスト化であり、射出成形加工方式の後追いをするのではなく、加工速度の速いプレス加工方式に特化して、加工速度を落とさないことが課題である。

プレス加工と射出成形加工との転写方式の違いは、プレス加工は基材を加熱液状化させるのではなく、液状化前の軟化したゴム化状態で成形することである。これにより加工を速くすることができる。ゴム化状態での転写成形加工の場合、基材の流動性が低いので微細な凸ドットは転写できな

い。また、転写での成形抵抗が高いことから、電鍍で製作したスタンパーは使用できない。

ゴム化状態での転写成形抵抗に耐える凸ドットスタンパーは、炭素工具鋼を用いて凸ドットを切削加工し、熱処理し硬度をHRC60以上にすることで実現できる。しかし、導光板に必要な反射ドットの数、課題としたキーボード用では15万ヶ以上となり、そのスタンパーの製作に1ヶ月以上かかることから、反射ドット加工金型は大変高価なものになってしまい、導光板の低コスト化を実現することはできなくなる。

その打開策として、スタンパーの凸ドット切削加工時間を、1/10に短縮でき、光に対する指向性と拡散性を併せ持つ、従来にはないドット形状を開発した。

開発したドット形状には円錐曲線が存在することから、形状の名称を「円錐曲線(CONIC SECTION)ドット」の略称である「CSドット」とし、その形状と加工方法の特許を申請した。

また、このCSドットの成形角度を変化させることで、導光板の用途に応じた光拡散性を調整する技術も開発し、キーボード用導光板だけでなく、高性能が要求される液晶ディスプレイ(LCD)用導光板のプレス加工技術の開発も行うことができるようになった。

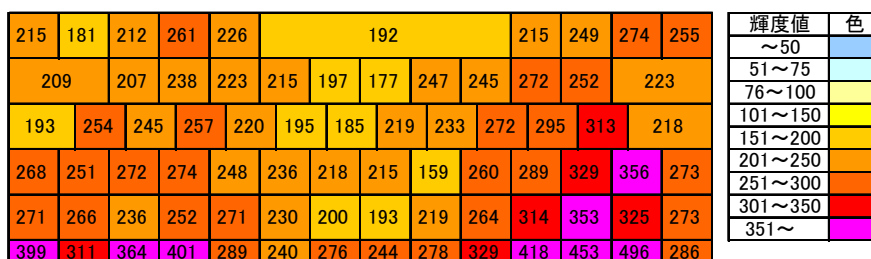
### 2-3-2 キーボード用導光板の反射ドットのプレス加工技術の開発と試作

研究当初は円錐形の反射ドットでの試作開発を行ったが、CSドットの開発以後はドット形状をCSドットに特化して開発を行い、従来方式の印刷ドット導光板を面発光性能で超えることを目標とした。

印刷ドット方式は、光拡散用インクで光学パターンを印刷したものであり、輝度ムラの調整が比較的簡単な方式である。対して開発技術であるプレスドット方式は光の指向性が強く、ドット単体での輝度は高いが、面としては輝度ムラが発生してしまう欠点がある。そこで、キーボード全体としての輝度ムラを従来品より抑えることを課題としてプレス加工キーボード導光板の試作開発を行った。

図 2-3-1 は流通している印刷ドット方式キーボード用導光板を、単体で発光させたときの、77ヶあるキー毎の平均輝度値を示している。四角枠内は77キーの輝度値におけるMAX、MIN、AVERAGE 及び輝度ムラの評価としてMIN/MAXの値を示している。

尚、輝度の計測は、コニカミノルタ製2次元色彩輝度計 CA-2000 を使用した。



<輝度値> ●MAX:496 cd/m<sup>2</sup>、●MIN:159 cd/m<sup>2</sup>、●AVG:262 cd/m<sup>2</sup>  
 <輝度ムラ>MIN/MAX=0.32

図 2-3-1: 流通する印刷ドット方式導光板の輝度性能

当試作開発ではCSドットをドット形状としたスタンパーを製作し、開発した金型にスタンパーを取り付けて試作を実施し、スタンパーのドット仕様の変更による輝度調整を繰返し行った結果を次に示す。

図 2-3-2 は試作したプレス方式キーボード用導光板を単体で発光させたときの、2次元色彩輝度

計が表示した輝度分布図である。図 2-3-3 は図 2-3-1 と同じ方法での輝度性能評価である。

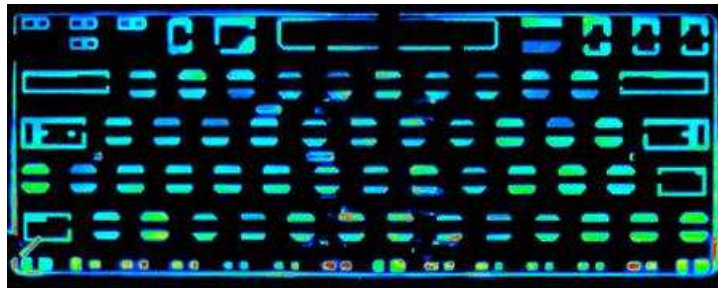


図 2-3-2: 試作導光板の輝度分布図

102	108	138	141	155	125					130	199	148	153
145		135	168	115	116	132	191	134	127	116	145	147	
157	162	125	123	138	118	160	144	139	185	144	196	167	
251	111	171	169	165	163	161	141	181	133	214	221	170	178
193	152	249	186	151	183	247	231	207	131	188	216	241	239
214	214	200	194	151	178	282	229	242	218	178	177	224	249

図 2-3-3: 試作導光板の輝度性能

<輝度値>

MAX: 282 cd/m<sup>2</sup>

MIN: 102 cd/m<sup>2</sup>

AVG: 172 cd/m<sup>2</sup>

<輝度ムラ>

MIN/MAX=0.36

流通する印刷方式導光板(図 2-3-1)と試作開発したプレス加工方式導光板(図 2-3-3)を比較評価した結果は次のとおり。

- ① 試作導光板は印刷方式導光板に比べ、課題とした輝度ムラは少ない。
- ② 試作導光板は印刷方式導光板に比べ、全体的に輝度が低くなった数値を示しているが、この原因はドット加工方式の違にある。輝度計で表示する輝度値は設定したエリアでの平均値であり、この検証においては各キーの縦横サイズのエリアでの平均値となる。印刷方式の場合、発光させたいエリアをインクで塗り潰すので、エリア内での発光面積が広いのに対し、プレス方式の場合、成形したドットだけが光るので、エリア内での発光は点在しており、発光面積は少ないことから平均輝度値は低く表示される。

実際に導光板をキーボードユニットに組み込んでの輝度測定を行った結果では、試作開発したプレス方式導光板の方が高い輝度を示しており、プレス導光板が印刷品より面発光性能が高いことが証明された。

### 2-3-3 試作開発したキーボード用導光板の環境試験の実施と評価

試作したキーボード用プレス加工導光板の信頼性検証のための環境試験を実施した。

#### (1) 試験項目と試験条件

##### 1) 高温高湿試験

- ・温度=60℃、
- ・湿度=90%
- ・時間=240時間
- ・実施=茨城県工業技術センター
- ・設備=高温高湿試験機(図 2-3-4)



図 2-3-4: 高温高湿試験機

##### 2) 耐高温試験

- ・温度＝85℃
- ・時間＝240時間
- ・実施＝株式会社蔵持
- ・設備＝高温オーブン(図 2-3-5)

### 3) 耐候試験

- ・温度＝44℃
- ・湿度＝50%
- ・フィルター＝室内用
- ・ブラックパネル温度＝63℃
- ・放射照度＝50W/m<sup>2</sup>
- ・時間＝240時間
- ・実施＝茨城県工業技術センター
- ・設備＝フェードメーター機(図 2-3-6)



図 2-3-5: 高温オーブン



図 2-3-6: フェードメーター機

## (2) 試料

- ・試作したキーボード用プレス加工導光板  
(ポリカ t0.25)

## (3) 試験結果

右表(図 2-3-7)はキーボード用導光板を15のエリアに分割し、環境試験前と各環境試験後のエリア毎の平均輝度値を示している。環境試験後は平均輝度が約15%低下しているが、キーボード用導光板の輝度変化の許容値は±30%であることから、信頼性はあると判断する。

area	①試験前	②高温高湿	③高温	④耐候
1	94.9	73.9	70.4	68.1
2	121.8	98.6	93.9	105.7
3	114.2	119.2	103.2	108.8
4	135.7	123.7	119.3	121.0
5	124.0	108.5	107.5	105.0
6	126.5	113.9	117.2	101.6
7	125.0	110.2	108.6	115.4
8	128.7	128.6	118.4	120.0
9	166.7	152.9	140.0	158.6
10	150.1	116.3	113.4	116.5
11	182.8	145.9	144.4	150.0
12	242.7	221.1	225.3	224.9
13	252.6	210.2	203.3	172.2
14	303.3	269.7	245.6	275.3
15	249.7	213.5	180.9	205.5
MAX	303.3	269.7	245.6	275.3
MIN	94.9	73.9	70.4	68.1
AVG	167.9	147.1	139.4	143.2
変化率	基準	-12%	-17%	-15%

図 2-3-7: 環境試験での輝度変化

## 2-3-4 テレビ操作パネル用導光板の試作開発

川下企業からの試作依頼に対応して、テレビ操作パネル用導光板の試作開発を行った。本導光板は液晶テレビのディスプレイの下に設けられた操作スイッチを発光させるものである。図 2-3-8 がそのテレビ操作パネル用導光板の外観図面である。導光板の基材はポリカのt0.4であり、導光板の左右にLEDが配設されている。

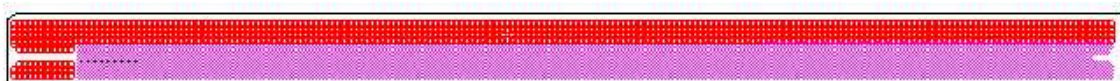


図 2-3-8: テレビ操作パネル用導光板の外観図面

下図 2-3-9 が試作開発した導光板をLEDで発光させた状態である。

下図 2-3-10 が発光した試作開発導光板の輝度計での輝度分布図である。



図 2-3-9: 試作開発した導光板の発光状態

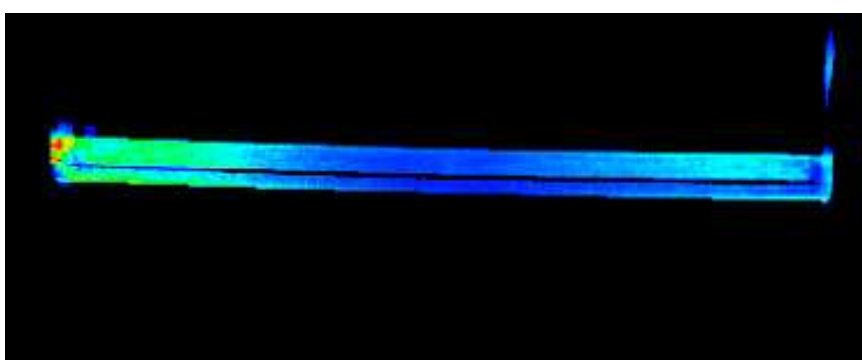


図 2-3-10: テレビ操作パネル用導光板の輝度分布図

#### < 研究開発結果 >

試作開発した導光板の川下企業での評価は、従来の印刷導光板より輝度が高く性能的には十分使用可能との評価を得ることができた。しかし、本導光板の用途が日本国内販売の液晶テレビであることから生産台数が少なく、導光板を供給するビジネスが成り立たなかった。

よって、この試作開発はPR用となってしまったが、このような家電機器の導光板であれば、十分生産が可能なが確認できた。

### 2-3-5 液晶ディスプレイ(LCD)用導光板の試作開発

導光板として最も生産量が多い用途が携帯電話LCD用バックライト導光板であることから、LCDバックライト用導光板のプレス加工の研究開発を行った。LCD用バックライトは高い輝度と均一な面発光が求められることから、バックライトの構造は導光板の下面に反射シートを敷き、導光板の上面に光学フィルムである拡散シートと複数のプリズムシートを重ねている。そして導光板はキーボード用導光板のように発光面に対し90度に光を立ち上げるのではなく、約30度方向に光を立ち上げ、基材上下面で全反射を起させて拡散性を高め、光学フィルムで視野方向に光を集光させて、高い輝度性能を得ていることが研究分析により判明した。

プレス加工で同様の機能を持った導光板を実現するため研究開発を行った結果、30度方向に光を立上ることができる新たなCSドット形状が開発できた。そしてその開発したCSドットの配列ピッチに階調を与えたスタンプを製作し、試作を行った結果、従来品に近い高い面発光輝度を得ることができた。しかし従来品に比べ未だ輝度ムラがあり、今後の補完研究課題となった。

図 2-3-11 は、発光角度の分析方法を示すが、導光板の左側面よりLEDで光を照射し、マイクロ

スコープのカメラの固定角度を変化させて、試作したLCD用プレス導光板の表面を撮影した。図 2-3-12 がカメラを垂直(0度)に固定して、発光させた試作導光板を撮影した写真である。

図 2-3-13 がカメラを発光面に対し、30度(垂直からでは60度)に固定して、発光させた試作導光板を撮影した写真である。カメラ角度が垂直時は発光が確認できないが、カメラ角度が30度では発光が確認できる。

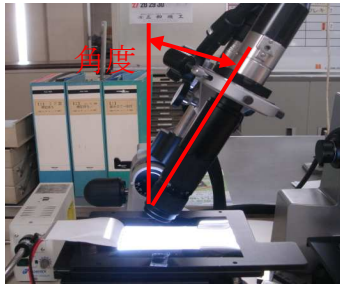


図 2-3-11: 発光角度分析方法

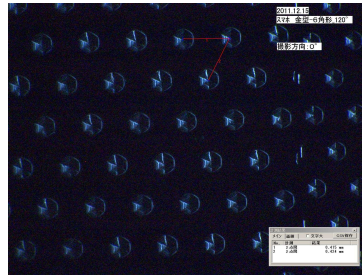


図 2-3-12: 垂直での観察

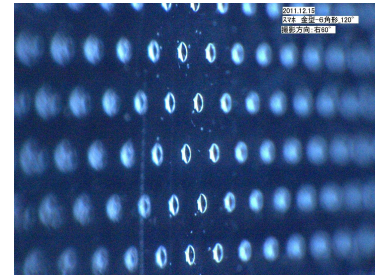


図 2-3-13: 斜めからの観察

図 2-3-14 が試作開発したLCD用プレス導光板に専用の光学フィルムを重ねて発光させたときの輝度分布図である。平均輝度は5743cd/m<sup>2</sup>であり、高い輝度が実現できているが、帯状に輝度ムラが発生していることが確認できる。

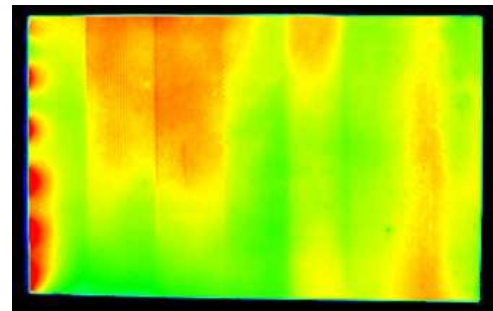


図 2-3-14: 試作したLCD用導光板の輝度分布

## 2-4 導光板加工専用サーボプレス機の開発

(株式会社蔵持)

### 2-4-1 導光板加工専用サーボプレス機の設計開発

右図(図 2-4-1)は導光板のプレス加工の研究で得られた、導光板をプレス加工するために必要なプレス性能要素と精度を基に設計した専用サーボプレス機の組立図である。特徴は次のとおり。

- ① 駆動部が装置の下側にあり、上金型を固定するスライドと駆動部とは4本の支柱で接続されている構造となっている。
- ② 加熱された金型の熱によりスライドは熱膨張するが、4本の支柱は熱の影響をほとんど受けないことからプレス自体が熱膨張し、プレス下死点が変わることがない。
- ③ 駆動方法の特徴はボールネジとサーボモータ、リニアスケールを左右に設け、左右が独立しフルクローズド制御することにより下死点精度±0.01 mm、

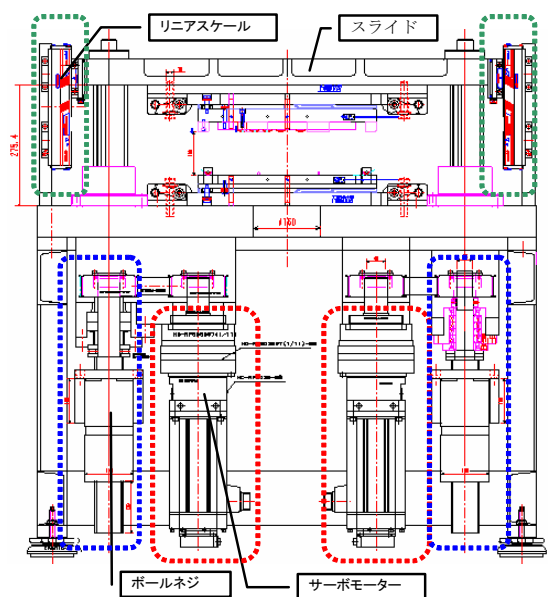


図 2-4-1: 設計したサーボプレス機の図面

平行精度±0.01 mmを実現させる点にある。

## 2-4-2 本装置の実現に向けたデザインレビュー(DR)の実施

設計した装置の製作実現可否検証DRを、基幹部品メーカーと共に繰返し行った。

### 1) ボールねじの性能検証DR

- ① 想定したφ63のボールねじに5トンの荷重を掛けた場合、ボールベアリングが20 μm圧縮変形するので、プレスの基本性能である下死点精度±0.01mmを満たすことができない。
- ② ①の対策としてナットをダブルにしてボールベアリングに予圧を与え、予めボールベアリングに圧縮変形を与えておく方法があるが、駆動機構に全く遊びがなくなるので、設備として組上げることが大変難しくなる。
- ③ 本装置は左右を独立してフルクロード制御させるが、左右の動作にタイムラグが僅かでも発生した場合、遊びがないことからボールネジが破損する危険性が高い。

DR結果:理論的要素・当社技術的要素から課題が多く、年度内の実現は難しい。

### 2) スケジュール実現のDR

ボールねじを含めサーボモータやシーケンサーなどの、基幹部品の性能検証DRを行っている最中、3月11日に東日本大震災が発生した。その影響によりボールねじの納期は6ヶ月、ボ一軸受けの納期は10ヶ月、その他多くの基幹部品の入手計画が白紙となってしまった。

DR結果:基幹部品入荷の計画が立たず、年度内の設備完成は不可能である。

### 3) DRの結論

契約期間内に、この装置をゼロから製作完成させることは不可能と判断し、当社設計仕様を、より多く実現できる機械メーカーを探し、そのメーカーをパートナーとして、製作実現を図る。

## 2-4-3 本装置の製作

当社で設計したプレス機と同じようなフレーム構造のプレス機メーカーを4社に絞り、実際に生産しているプレス機の精度や性能を検証して、某プレス機メーカーをパートナーとした。

そして当社での設計を盛り込んだサーボユニットの製作を委託し、本装置の製作が実現した。



図 2-4-2: 搬入しているプレスユニットと完成した装置外観

## 2-4-4 完成した装置の性能検証

### 1) 表示荷重の精度の検証と誤差の是正換算

導光板の反射ドットはドット成形深さが重要であることから、プレス下死点精度が求められるが、

プレス機は円滑な駆動を得るために、各 부품の勘合に遊びを持たせており、その遊びを累積したものが「総合すきま」と呼ばれ、プレスの下死点誤差の要因となる。そこでその是正策を研究した結果、求める成形深さによりプレス時の荷重が変化することが判明し、荷重を管理することにより下死点を再現するノウハウを開発した。

よって、製造開発するプレス機にも、スライド板を引き下げる支柱に荷重計測用ロードセルを、取り付けを基本仕様としたが、入手したプレスユニットはスライド板の平行精度を出すために、スライド板を引き下げる4本の支柱が回転する機能を持っており、支柱にロードセルの取り付けが出来ない構造であった。そこで打開策としてサーボモータへの入力電流値を計測し、その値から発生荷重を求めて画面表示する仕組みとした。図 2-4-3 がその表示画面である。

そのため実荷重と表示荷重の差の検証を実施した。



図 2-4-3: 画面に表示された荷重

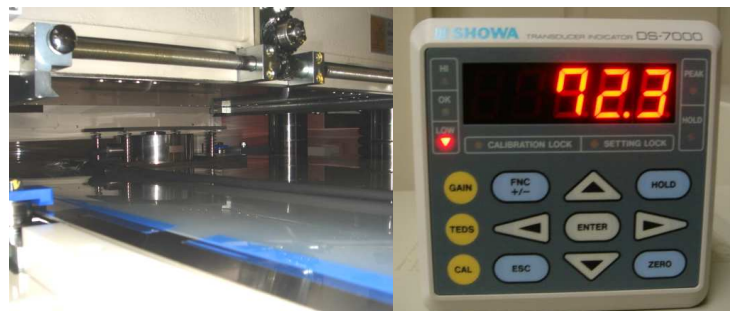


図 2-4-4: プレスにセットしたロードセルと荷重表示器

図 2-4-4 は、上スライド板を降下させ、下死点にてプレスボルステーブル上に置いたロードセルに当てる検証方法を示す写真である。この方法で下死点を 0.05 mm 毎に下げ、荷重を増加させた時の、ロードセルの計測荷重値とプレス機モニター上の表示荷重の変化を表したグラフが図 2-4-5 である。プレス機モニターに表示された荷重値とロードセルの荷重表示器の値が異なっていることが分かる。

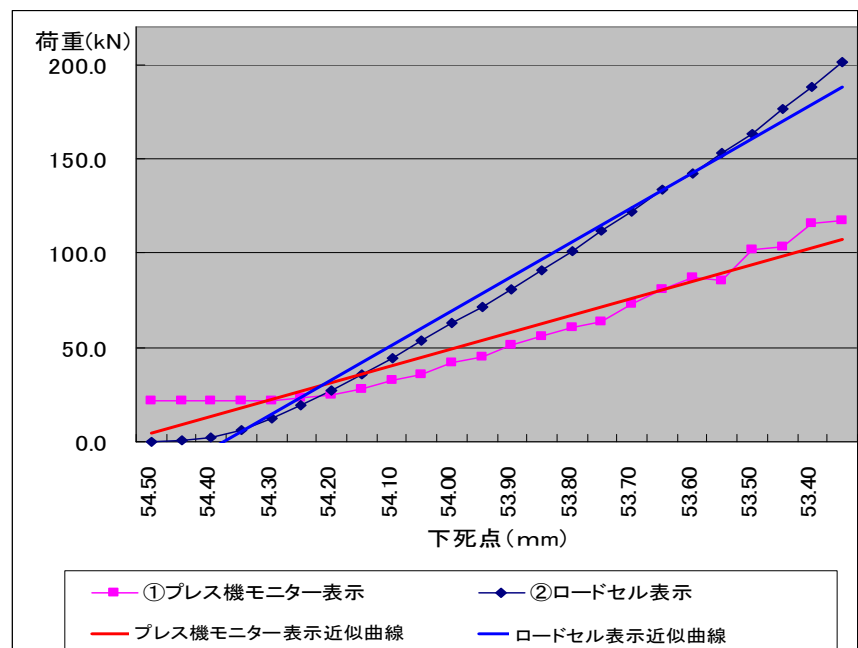


図 2-4-5: プレス機モニター表示値とロードセル計測値のグラフ

プレス機モニターはサーボモータへの入力電流値を基に荷重を求めているが、待機状態にお



いてもサーボモータが回転し電流が流れているので荷重が表示されてしまう。そして実際に荷重変化が現れるのは3トンからであり、3トン以後のプレス機モニター表示値とロードセルでの計測値の誤差は略比例した誤差であることから、次の計算式を作成した。

$$\text{実際の荷重} = \text{モニター表示値} \times 1.66$$

この計算式を使い、実際に掛かっている荷重を求めることにより、導光板のドットプレス加工の成形深さを管理することが可能となった。

## 2) 導光板プレス加工用特殊モーションの確認と中間停止精度の検証

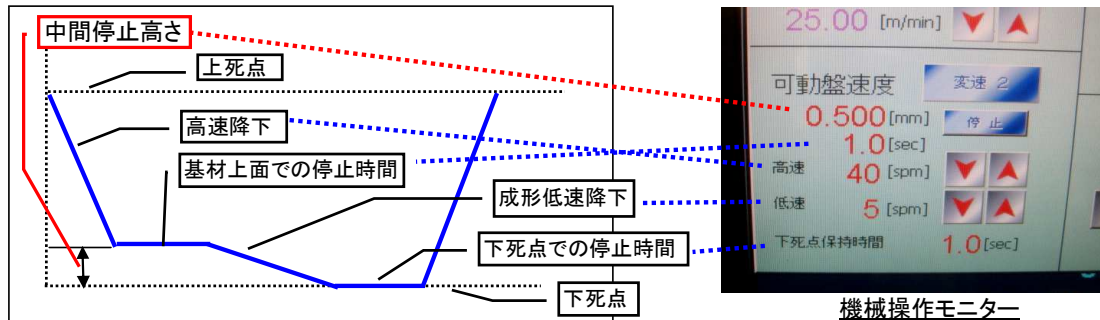


図 2-4-6: 特殊モーションとプレス機への入力

導光板のプレス加工は熱による基材の適正な軟化に合わせて、切断や成形加工を行うものであり、プレス加工モーションをコントロールしなければならない。

図 2-4-6 は、その特殊モーションの概要とプレス機への入力仕様を示している。

開発製造したサーボプレス機はモーションの検証の結果、想定した動作が実現できていることが確認できた。

基材の加熱は切断刃や凸ドットがプレスの起動により降下し、基材に接触した位置で停止して行われるが、その停止位置は精度が必要であることから、停止位置の精度検証を行った。

図 2-4-7 は中間停止位置の機械への指令値と、実際に停止した位置を計測した値の表である。そして指令値との誤差をグラフ化したものが図 2-4-8 である。

中間停止指令値	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
実停止位置	0.070	0.160	0.250	0.345	0.440	0.530	0.626	0.720	0.815	0.910
指令値との誤差	-0.030	-0.040	-0.050	-0.055	-0.060	-0.070	-0.074	-0.080	-0.085	-0.090

図 2-4-7: 中間停止指令値と停止位置の誤差

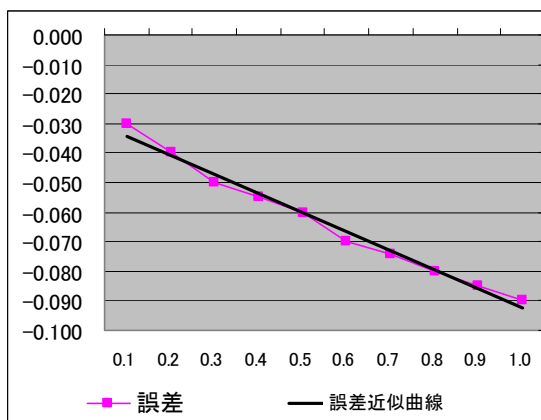


図 2-4-8: 中間停止位置誤差のグラフ

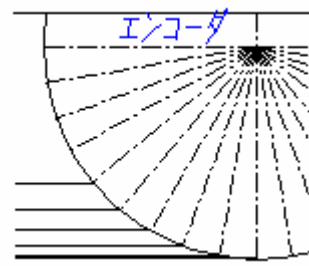


図 2-4-9: 誤差の原因

中間停止位置を高くしていくと、誤差は略比例して増えていくことが分かる。その原因を調査した結果、この機械の停止位置制御がエンコーダーでの角度制御で行なわれているためであり、図 2-4-9 で示す通り、等間隔の角度を高さ方向に表すと、略比例して増えていくことになる。

本現象の打開策として次の換算式を作成した。

$$\text{指令値} = \text{停止させる高さ} + (\text{停止させる高さ} / 13) + 0.02$$

この式を使い計算した値を入力することにより中間停止精度±0.01が実現できた。

### 3) 金型の熱によるプレス機の温度上昇の検証

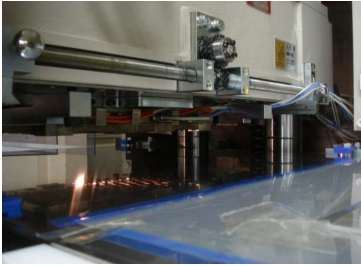


図 2-4-10: 金型に取り付けたヒーター

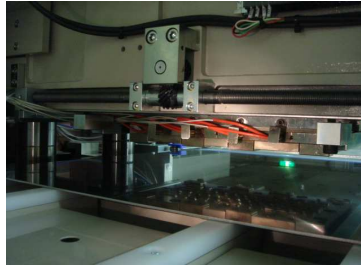


図 2-4-11: 温調ユニット

導光板の加工は上金型を最高で180℃まで加熱するので、金型には断熱対策が施されているが、プレス機にも熱が伝導してしまう。そこで、金型を180℃に温調し、3時間放置後のスライド板の温度を計測した。

右図 2-4-12 が、測定結果である。金型を固定している付近の温度は49℃であり、離れた箇所では42℃であった。

この結果、スライド板が温度上昇していることが確認されたが、異常に高い温度ではないことと、本プレス機の構造的な特徴から下死点精度には影響ないと判断した。

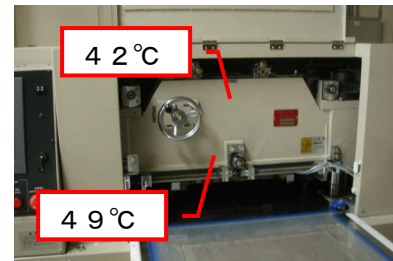


図 2-4-12: プレス機の温度

#### 2-4-5 完成した装置の生産性検証

キーボード導光板反射ドット金型を取り付けて、試作加工を実施した。

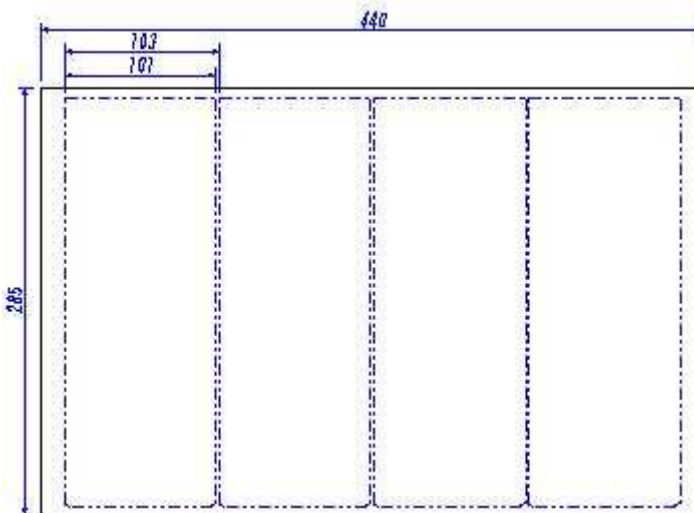


図 2-4-13: プレス加工レイアウト

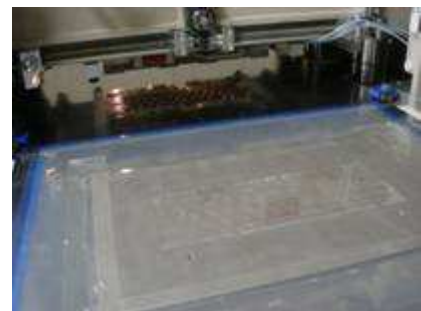


図 2-4-14: 加工した導光板

加工は図 2-4-13 で示す通り、ポリカの板厚0.25×285×440mmの基材を使い、導光板を4 pcs取るプレス加工仕様とした。プレス条件は次のとおり。

・降下速度:160rpm、・中間停止時間:1sec、・加工速度:6rpm、・下死点停止時間:1sec  
本プレス機には自動搬送機能を設けてあり、1シート4pcsのプレス加工は自動で連続加工される。加工所要時間は1シート4pcsの加工が14秒であり、1pcs当り3.5秒となった。

今までの試作実績は1pcs12秒であったことから、大幅なタクト短縮が実現できた。

尚、本開発プレス機はシートであれば長さ1mまで連続加工が可能であり、ロール品加工用のアタッチメントを製作して取り付ければ、ロールtoロールの加工も可能となる。それにより量産加工での更なるタクト短縮が図れるものとする。

加工品質については、今までの研究開発実績と略同様であるが、自動搬送機構への温調機能を追加することにより、更に品質が向上するものとする。

## 2-5 プロジェクトの管理・運営

(株式会社蔵持)

### 2-5-1 委員会の開催と共同研究活動及び事業化のための活動

当該研究開発期間中に下記の通り8回の研究開発推進委員会を実施した。

<平成22年度>

・第1回委員会実施	H22年 9月30日	場所:株式会社蔵持
・第2回委員会実施	H22年10月28日	場所:株式会社蔵持
・第3回委員会実施	H22年12月15日	場所:株式会社蔵持
・第4回委員会実施	H23年 2月 8日	場所:株式会社蔵持

<平成23年度>

・第1回委員会実施	H23年 5月12日	場所:株式会社蔵持
・第2回委員会実施	H23年 6月 1日	場所:茨城県デザインセンター
・第3回委員会実施	H23年 9月16日	場所:株式会社蔵持
・第4回委員会実施	H23年12月16日	場所:株式会社蔵持

開催日は午前中に委員会を開催し、午後からは出席の再委託先と共同研究を行い、具体的技術のコンセンサスを図ることができた。

また平成23年度第2回委員会は茨城県デザインセンターで開催し、プロのデザイナーをリーダーとして、導光板を使った商品や当該加工技術を使った商品のワークショップを行った。

## 最終章 全体総括

### 3-1 研究開発成果

導光板の性能は、LEDから照射された光を取り込む入光面の性能と、入射し進行する光を面発光に導く反射ドットの性能により略決定する。よって当該研究開発は高い入光性能となる入光部の条件と、高い面発光性能となる反射ドットの条件を研究し、見出した条件をプレス加工で実現するための金型とプレス機の開発及びプレス加工技術の開発である。

#### (1) 入光部加工技術の開発成果

1. 導光板の基材であるアクリルは、機械的特性として、伸びが殆どなく、衝撃に弱いことから、プレス加工で切断等の塑性加工は出来ないとされている。そのため従来技術では導光板の外形加工はルーター加工機で切削加工している。

当該研究開発では、プレス加工方式で、アクリル基材導光板の入光部を、従来技術より平坦で且つ透明に加工することを実現した。また、基材がポリカーボネイトでも同様の品質を得る加工条件も開発できた。そしてその金型は耐久試験20万ショットにおいても、導光板の性能を落とすことがないことが検証され、川下企業からも高い評価を受けることができた。

2. 開発した入光部を高品質にプレス加工する技術は、広くアクリルやポリカを使った部品のプレス加工を実現するものであり、他ICカードなどの接着材を多用した複合材のプレス加工でも、従来品にはない高品質な抜き加工面を実現できることが検証され、今後の横展開が期待できる。

左図 3-1-1 は本開発技術を使い、板厚1mmのアクリルを、カードサイズにプレスで抜き加工したものであるが、バリなく、平坦且つ透明に抜けていることが確認できる。



図3-1-1:アクリルt1mmのカード

#### (2) 反射ドット加工技術の開発

ドットスタンプの製作時間を、従来の凸形状を切削加工で彫り出したときに比べ、約1/10に短縮でき、円錐形ドットより光拡散性があるドットプレス加工に適した反射ドット形状(CSドット)とその加工方法を開発できたことから、キーボード用導光板のドットプレス加工において、低コスト化と共に高い発光性能を得ることができた。

また、高性能が要求される液晶ディスプレイ(LCD)用導光板に適したCSドット仕様も開発できたことから、LCD用導光板の試作開発も行うことができた。

#### (3) 試作開発の実績

##### 1. キーボード用導光板

入光部の加工については、プレス加工した入光面の外観品質、入光性能について川下企業から高い評価を受けることができた。そして川下企業の協力の下で、実施した20万ショットの耐久試験において、金型の耐久性と工程能力が実証された。

反射ドットをプレス加工する開発については、品質目標とした導光板単体での輝度均一化を達成でき、川下企業からも反射ドットプレス加工の実現の可能性が高いことが認められた。今後は川下企業の協力を受け、キーボードユニットに組み込んだ状態での輝度と輝度均一性の向上を図り、プレス加工導光板の市場へのPRを進める。

## 2. テレビ操作パネル用導光板

川下企業から従来品より性能が高いとの評価を受けることができた。しかし、テレビの生産数が、激減していることから導光板の生産数も少なく、ビジネスとして成り立たないと判断した。

このような家電品用途であれば、プレス加工導光板の方が優位であることが確認できた。

## 3. 携帯電話用液晶ディスプレイ(LCD)用導光板

流通するバックライト同様の光特性と輝度性能を得られるLCD用導光板の試作開発ができた。しかし、CSドットの加工方法の特徴から微細な輝度調整が難しく、従来品に比べ輝度ムラが発生しており、今度の課題となった。

以上の試作開発を行い、更に高精度且つ高効率を実現する導光板加工専用サーボプレスの開発により、次の成果を得ることができた。

- 低コスト化(加工時間の短縮):従来方式72~130秒⇒開発方式10~21秒

【加工時間短縮1/5以上 目標達成】

- 薄型化:従来方式(キーボード用の場合) 板厚0.7mm⇒板厚0.25mmの試作実施

【0.2mmも対応可能 目標達成】

### 3-2 研究開発後の課題と事業化展開

課題としたキーボード用導光板のプレス加工の事業化は、入光部を含めた外形加工を第1ステップ、そして更に反射ドットをプレス加工したものを第2ステップとして、営業展開を行うこととした。

第1ステップについては、川下企業による入光部の性能評価及び耐久試験も完了しており、発注待ちの状況である。第2ステップについては技術的には確立できているが、輝度均一性を高める輝度の調整が補完研究として残されており、従来品より発光性能の高い導光板に仕上げることににより、プレス加工導光板が市場で認められ、事業化が加速するものと考えている。

キーボード用導光板のプレス加工の事業化に向けた課題は、当社の生産能力にある。導光板のプレス加工方式は全く新しい製造技術であることから、この方式が採用された場合、当社では供給を保証しなければならない。しかし製造設備となる開発したサーボプレス機は1台しかなく、想定される生産量を加工するには同様の設備が、更に3台は必要となる。また止まることのないコスト競争から、事業化として定着する場所は、国内ではなく中国になると想定される。今後は補完研究と共に、早々に事業化に向けた綿密な計画を立てて事業化の実現を図る計画である。

プレス加工導光板は、ドット成形方法の特徴から、LCD用導光板に求められるような高い輝度均一性を出すことには難がある。しかし、キーボードや家電品の操作スイッチを発光させる用途では、性能面、コスト面共に差別化できる技術である。この技術の普及を図り、日本企業の市場競争力向上に寄与できれば幸いである。

以上

**リサイクル適性 (A)**

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。