

平成21～23年度 戦略的基盤技術高度化支援事業

「3D-EL；無機ELシートの3次元一体成形による操作パネルの開発」

研究開発成果等報告書

平成24年 5月

委託者 北海道経済産業局

委託先 公益財団法人 函館地域産業振興財団

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	1
1 - 2	研究体制	3
1 - 3	成果概要	7
1 - 4	当該研究開発の連絡窓	13

第2章 3D - EL成形プレス装置の改善 (セコニック電子)

2 - 1	3D-EL 用成形プレス装置の仕様決め (平成21年度)	14
2 - 2	成形金型構造 (平成21年度)	17
2 - 3	成形実験 (平成21年度)	20
2 - 4	EL仕様の改善 (平成22年度)	26
2 - 5	成形試作 (平成22年度)	27
2 - 6	金型仕様の改善 (平成23年度)	32
2 - 7	成形条件の検証 (平成23年度)	
	(1) 加熱温度相関による成形検証実験	33
	(2) プレスモーション相関による成形検証実験	37
2 - 8	成形限界の検証 (平成23年度)	
	(1) パンチRと張出し高さの相関検証実験	39
	(2) EL厚みと成形性の相関検証	41

第3章 インサート成形(セコニック電子、北海道道立総合研究機構)

3 - 1	3D - ELの耐熱・耐圧基礎実験(平成22年度 北海道道立総合研究機構)	43
3 - 2	インサート成形型の設計(平成23年度 セコニック電子)	49
3 - 3	インサート成形検証(平成23年度 セコニック電子)	50
3 - 4	インサート成形検証のまとめ	61

第4章 電極端子の確立 (セコニック電子)

4 - 1	3D - ELの電極端子構成 (平成22年度)	62
4 - 2	電極端子の信頼性試験(平成23年度)	65
4 - 2	3D - EL電極端子、駆動回路実装品(平成23年度)	66

第5章 検査装置による EL 構造の変異分析及び検査方法の確立 (北海道道立総合研究機構)

5 - 1	検査方法の確立 (平成21年度)	67
5 - 2	平成21年度 検査装置によるEL構造の変異分析 (平成21年度)	71
5 - 3	平成22年度検査装置によるEL構造の変異分析(平成22年度)	74
5 - 3	平成23年度検査装置によるEL構造の変異分析(平成23年度)	75

目 次

第6章 信頼性試験評価（財団法人函館地域産業振興財団）

- 6 - 1 予備成形実験品（張出し実験品）の信頼性試験（平成21年度）……………82
- 6 - 2 操作パネル形状張出し成形品の信頼性試験（平成21年度）……………90
- 6 - 3 操作パネル形状、多面張出し成型品の信頼性試験（平成22年度）……………91
- 6 - 4 インサート成形品の信頼性確認（平成23年度）……………93
- 6 - 5 EL電極端子、駆動回路実装品の信頼性評価（平成22～23年度）……………106
- 6 - 5 量産検証品の信頼性評価（平成23年度）……………107

第7章 量産検証（セコニック電子）

- 7 - 1 3D - EL量産検証仕様（平成23年度）……………109
- 7 - 1 量産検証結果（平成23年度）……………109

第8章 プロジェクトの管理運営（函館地域産業振興財団）

- 8 - 1 研究開発委員会及び特許発掘委員会の開催実績（平成21～23年度）……………112

第9章 総括（セコニック電子）

- 9 - 1 研究成果……………113
- 9 - 2 研究開発後の課題……………114
- 9 - 3 事業化展開について……………114

＜終わりに＞……………115

以上

第1章 研究開発の概要

情報家電等の操作パネルは、部品点数低減、設計・組立コストの低減、省電力化、薄型化、新しいデザイン、ユーザビリティ向上などが求められている。

本事業では、3D化した際のELシートの構造などを検討して成形性を高めながら、3次元一体成形に適した金型形状・クリアランスなどの金型設計技術、加熱・冷却システム等を備えた成形装置と成形条件を見出し、さらに品質保証できる検査技術を確立し、3D-ELの量産化を目指す。

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

○ 当該特定もののづくり基盤技術において達成しようとする高度化の目標

情報家電のプラスチック成形加工に係わる技術において、達成すべき高度化目標のうち、以下の項目が該当する。

ア．製品設計に応じて金型設計を行う設計技術と付随する各種のシミュレーション技術

イ．製品設計において外観を重視する場合、金型の急速加熱・冷却でウェルドを消す技術

ウ．品質保証のための検査技術、完全自動化に向けたロボット技術

本プロジェクトが提案する無機ELの一体成形による立体型操作パネルの開発では、立体成形しても発光機能が低下しないELシートの材料設計、複層構造、併せて、成形に有効な装置開発、最適な金型の設計など成形条件の最適化などを目標とする。

申請者らは、これまでに無機ELの3次元成形の可能性を探る実験として、プレスによる絞り加工等を行い、ある条件下では、十分に満足できる機能が得られることを明らかにした。これらの知見を基に、本事業では成形手法を詳細に検討する。成形結果をフィードバックしてELシートの設計等を進め、最終的には製品化に向けての生産システムや評価技術の確立を図る。具体的実施内容を以下に示す。

ア．製品設計に対応した金型設計を行う技術、これに付随するシミュレーション技術

・「加温、冷却システム、成形金型仕様の改善及び、検証」

補正予算事業では、電気ヒーターと水道水の流水による金型の加温、冷却システムとした結果、成形条件検証には十分な昇温冷却性能が得られたが、事業化を考慮すると成形型の昇温、冷却に5分以上要しており、事業化を考慮すると時間がかかりすぎている。加工時間はそのまま製品コストに影響し、商品化の障害になるので、加熱、冷却の基本システムを見直し、成形金型構造も新しいシステムと合わせて熱伝導、比熱も考慮して、昇温冷却の時間短縮に優位な構造に再設計を行い、検証する必要がある。

成果として、加温、冷却システム、成形金型仕様の再設計を行い、シミュレーション通りに昇温冷却の時間短縮を達成できた。又、金型構造においても、パンチ固定と可動式を検証し、シワの改善を達成すると共に、メカニズムも解明できた。

・「成形型の設計検証」

補正予算事業では、深絞り成形型で、「エレベーター開閉ボタンSW形状」、張出し成形型で、「空気清浄器操作パネル形状」の3D-ELを試作し、深絞りでは10mm、張出し2mmを安定的に成形できる条件を見いだした。

しかしながら、事業化においては、多様製品形状に対応する必要があり、2品種だけの成形

型の設計及び、成形シミュレーションとしては、データが不足と思われる。形状の異なる商品については、相当品の成形実績がないと商品化リスクが大きいと判断され、敬遠される懸念がある。事業化を推進するためには、様々な形状の3D-ELについても、設計、成型検証する必要がある。

本研究では、キーの多い操作パネルや、アミュ - ズメント、広告用途の3D-EL商品も想定し、キャラクターや、家紋のような絵柄の新デザインの設計、成形検証を行う。

なお、設計、成形検証は昇温冷却の時間短縮に向けて改善された加熱冷却システムと、改善された新しい成型構造を採用する。

成果として、複雑になり成形難度も高いキーの多い操作パネル製品イメージ形状で、金型設計から、成形検証を行った。又、成形シワを改善するため、成形パンチ固定式を可動式に成形金型機構を変更した検証と、成型型のパンチを交換式にして、異なるパンチR形状の相関データも得られており、有用な成形データを蓄積することができた。

イ. 製品設計において外観を重視する場合、金型の急速加熱・冷却でウェルドを消す技術

3D-ELは、情報家電用の外装、操作パネルとして使用されるので、そのままの形態では、外装パネルスイッチ部の剛性が不十分であることが、推測される。事業化においては、成形により張出されたスイッチ部の剛性向上の為に、張出し成形後、背面が凹になっている3D-ELを成型型に入れて、ポリカーボネート等の溶融樹脂を充填し、一体化させ補強する。この手法は、一般的にインサート成形と呼ばれる。通常、EL発光部の背面は凹部となる場合が多く、成型型内で温度の異なる樹脂が合わさる場合には、発光欠陥と成りうる。本研究では、成型型を短時間に加熱冷却できるシステム導入を前提としているので、発光部品におけるウェルド等の外観欠陥はそのまま、発光欠陥や、発光ムラにつながる為、ウェルドが発生した場合は、金型の急速加熱・冷却との関連性を見いだすことも重要な課題になる

成果として、3D-EL 成形品の凹部、ポリステル、ポリカーボネートの溶融樹脂を充填し、一体化させ補強するインサートについて、成形メーカの指導を受けながら型のインサート成型設計から、インサート成形試作、検証を行った。結果、3D-EL 素材の耐熱性が低く、ゲート位置、ゲート径の設定が悪いと、印刷層が溶融して外観不良になることが判明した。

それらの外観不良を軽減できる、最適なインサート成形条件、対策の方向性を見いだすことができたので、今後のインサート成型の確立する技術の基礎データは得られた。

ウ. 品質保証のための検査技術、完全自動化に向けてのロボット技術

3D-ELは情報家電用操作パネルや筐体を発光させる機能部品であり、外観だけでは判別できない発光性能・電気性能を保証する必要がある。補正予算事業では、可能性の高いICTスキャンによる非破壊検査を実施したが、破壊検査のSEMや、金属顕微鏡による断面分析と比較すると解像度は十分と言えなかった。

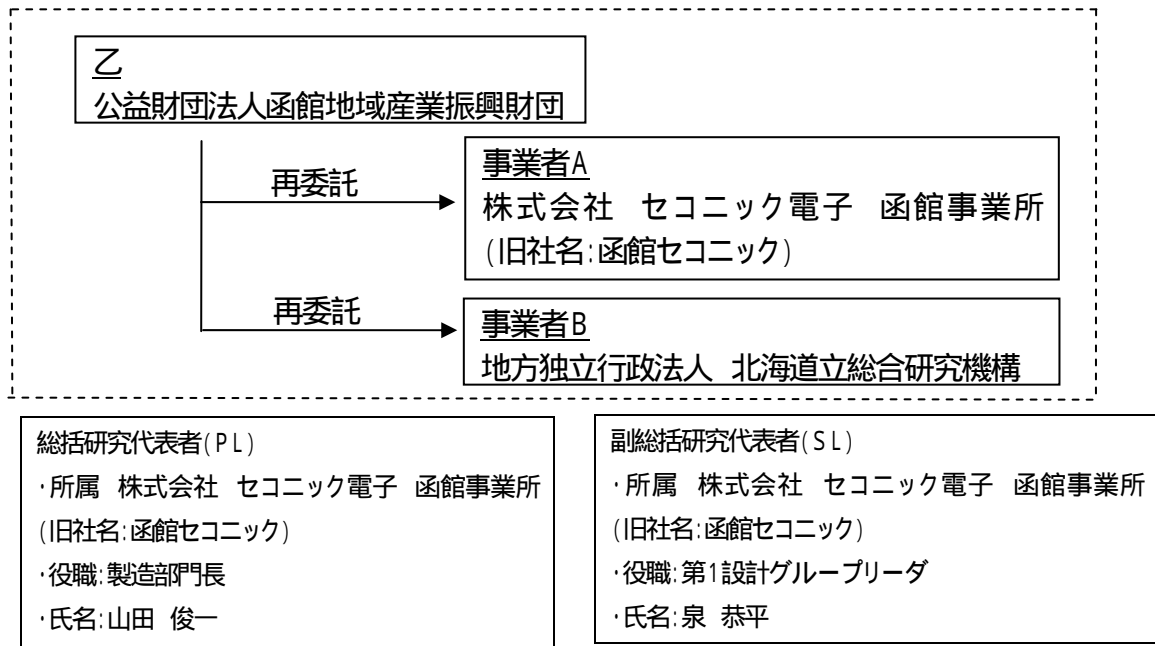
本研究では、破壊検査になるが、SEMや金属顕微鏡を使用して、成形実験に関わる成形不良の分析を行いながら、データを蓄積し、成形条件や、外観状態から成形不良モードが特定できるデータベースを作成する。

成果として、金属顕微鏡を使用しての検査方法が確立した。成形実験に関わる成形不良の分析を行ってきた結果、EL誘電体厚みや、パンチRとの成形相関のメカニズムを基礎データとして蓄積してきており、データベースの基礎を作ることができた。

1 - 2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

(1) 研究組織及び管理体制

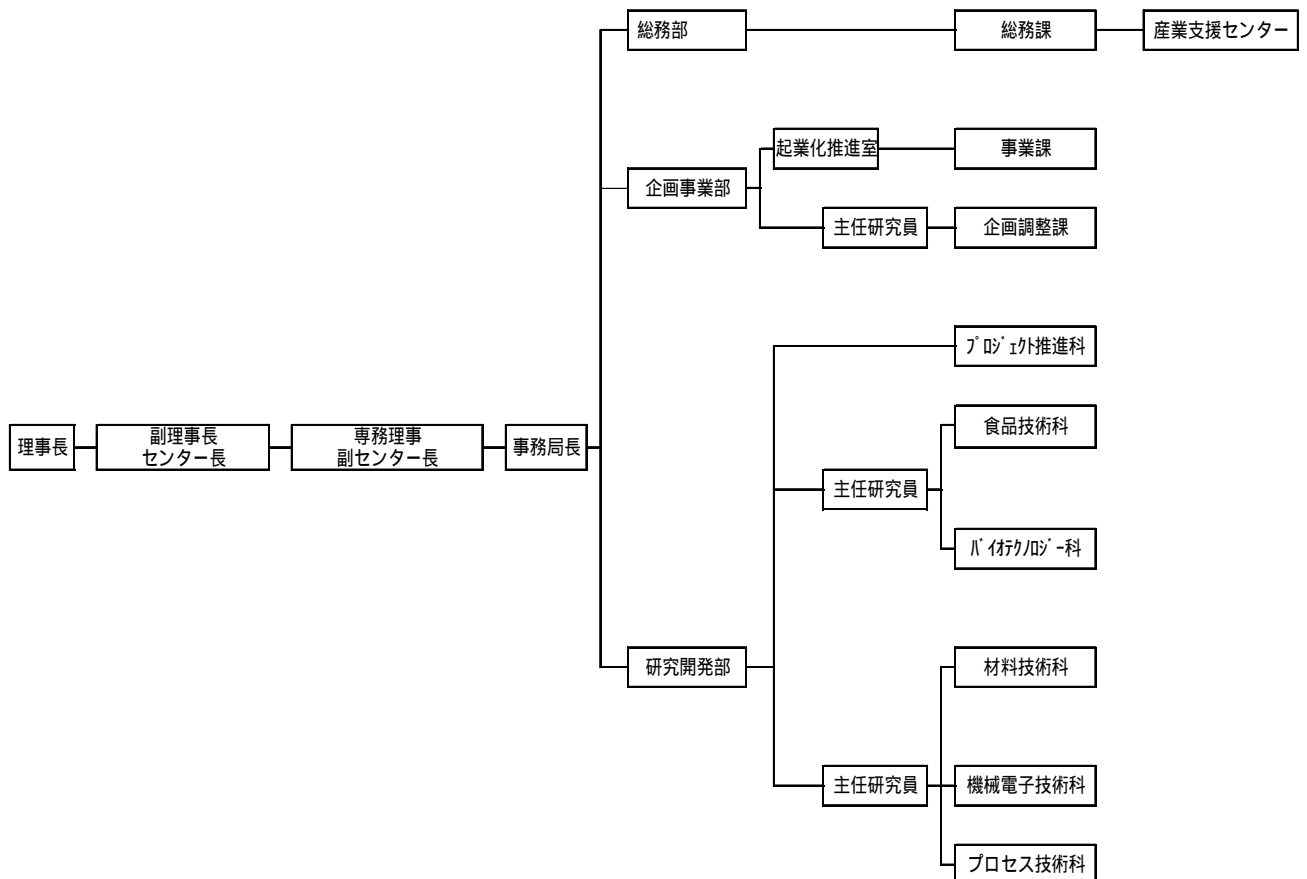
1) 研究組織(全体)



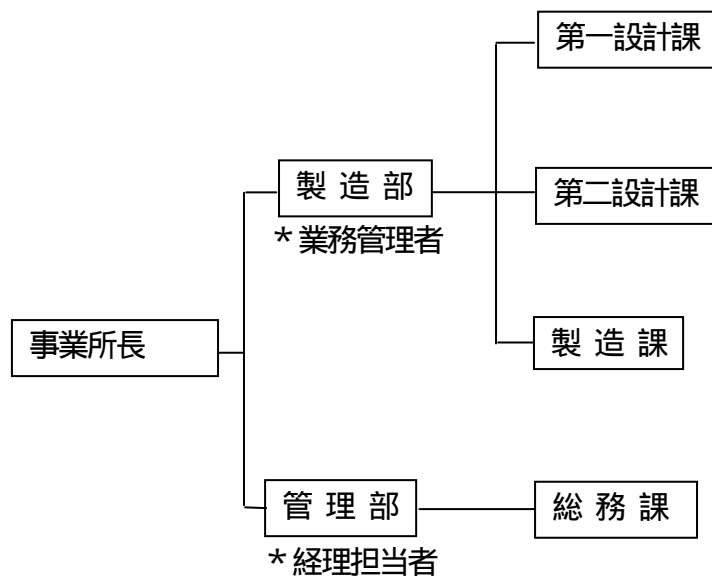
2) 管理体制

事業管理者

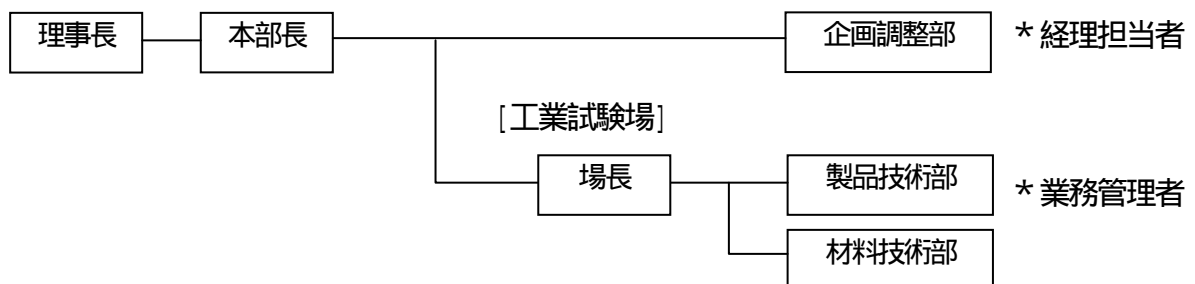
[公益財団法人函館地域産業振興財団]



(再委託先)
株式会社 セコニック電子 函館事業所 (旧社名:函館セコニック)



地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
[産業技術研究本部]



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】公益財団法人函館地域産業振興財団

管理員

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
高橋 幸悦	企画事業部 企画調整課長	

研究員

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
宮原 則行	研究開発部 部長	、
菅原 智明	研究開発部 研究主査	、
村田 政隆	研究開発部 主任	、

【再委託先】 研究員のみ

株式会社 セコニック電子 函館事業所 (旧社名:函館セコニック)

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
山田 俊一	設計・製造 統括部門長	、 、 、
泉 泰平	第一設計グループ リーダ	、 、 、
小西 光太郎	第二設計グループ 開発チーム	、 、 、
寺田 博樹	第一設計グループ 設計チーム	、 、 、
後藤 雅裕	第一設計グループ 設計チーム	、 、 、
福田 勝之	第一設計グループ 設計チーム	、 、 、
酒井 章義	第一設計グループ 販売促進チーム	、 、 、
	チームリーダー	
加藤 芳幸	製造グループ リーダ	、 、 、

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

氏 名	所属・役職	実施内容(番号)
畑沢 賢一	工業試験場 製品技術部 主査	、
飯田 憲一	工業試験場 製品技術部 研究主幹	、
三戸 正道	工業試験場 製品技術部 主任	、
神生 直敏	工業試験場 製品技術部 研究主任	、
鶴谷 知洋	工業試験場 製品技術部 研究職員	、
板橋 孝至	工業試験場 材料技術部 研究主任	、
山岸 暢	工業試験場 材料技術部 主査	、

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属 氏名

(事業管理者)

公益財団法人 函館地域産業振興財団

(経理担当者) 企画事業部 企画調整課 杉崎 加奈子

(業務管理者) 企画事業部 企画調整課長 高橋 幸悦

(再委託先)

株式会社 セコニック電子 函館事業所 (旧社名:函館セコニック)

(経理担当者) 管理部門長 涌井 久雄

(業務管理者) 製造部門長 山田 俊一

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構

(経理担当者) 産業技術研究本部 企画調整部 企画課 主査 中谷 哲夫

(業務管理者) 産業技術研究本部 工業試験場 製品技術部 主査 畑沢 賢一

1 - 3 成果概要

研究成果

3D-EL成形プレス装置の改善 (平成21～23年度 セコニック電子))

ア.3D-EL 成形プレス装置の仕様決め (平成21年度)

3D-EL 用の成形プレス装置として、温度加熱冷却装置と連動可能で、停止や加圧速度制御可能なサーボプレスを選定。成形型に組込まれる複数の電気ヒータを加熱制御し、成形型を短時間で設定温度に昇温、冷却可能な温度加熱冷却装置仕様を決定した。

結果として、3D-EL用の成形プレス装置として、再現性が高く、柔軟な条件検証に対応できる成形プレス装置が得られた。

イ.成形金型構造(絞り押え機構、加熱冷却機構) (平成21年度)

「深絞り成形型」については、パンチ冷却、ヒーター配置、クリアランスを考慮して、押え圧力をシムの厚みにより、制御する構造とし、円筒形デザインの成形型で成形検証を行った。

「張出し成形型」については、パンチ可動タイプと固定パンチを同時に検証可能な機構を持ち、パンチ高さも可変可能な理想的な成形型が完成した。

ウ.成形実験 (平成21年度)

深絞り成形と、張出し成形について、製品をイメージした形状で、成形型を設計。成形高さ3mmを目標として、耐久性を確認する成形実験を実施した。

深絞り成形型では、ELが点灯する限界絞り高さ:23mmを確認し、目標の3mmを大きく越える成果が得られた。

張出し成形実験においては、製品デザインを想定して長方形のパンチ形状で実施したが、目標の3mmについては、条件調整しても塗膜の破断が発生して達成できず、パンチの張出し高さ2mmという成果であった。

又、同じ成形条件で、点灯欠陥の無い品質の成型品が繰り返し得られる事を確認した。

エ.EL仕様の改善 (平成22年度)

現行の3D-ELの透明電極とEL発光層間の易接着層の合成樹脂の見直し、膜厚の見直し及び、誘電体層の無機物配合比率の変更、膜厚設定の見直しにより、成形性を損なう事無く、発光輝度、30%向上を達成した。

オ.加熱冷却システムの改善 (平成22年度)

量産を前提として、加熱冷却時間を短縮、検証する目標として、成形型に電気ヒーターを組込む成型実験用の加熱システムから、温度加熱が均一で精度が高く、加熱冷却速度が速いと推定される強制高温水加熱と強制冷却システムを選定し、導入した。

相応して、成型金型の材質も熱伝導に優れる材質を採用し、流体加熱構造に見直し、総合的に加熱、冷却時間の短縮を計った。

結果、加圧プレス時間を除く、成形型の昇温、冷却時間を5分以下の目標に対して、2分以下の実績で、大幅な短縮が達成できた。

又、金型構造も冷却経路と加熱経路を共用する構造となり、設計の自由度も向上することができた。

カ.成形試作（平成22年度）

認証システム操作パネル製品をイメージした新形状の「多面張出し」形状で、高温水加熱冷却システムを前提にした成型型を設計し、成形試作を行った。

又、張出し部のキーボタン（パンチ部）のエッジ形状と、張出し限界との相関を調査し、基礎成形限界のデータを得た。

結果、パンチR0.5mmで、張出し高さH=1.5mmが限界で、昨年のパンチR1mmで張出し高さH=2.0mmに対しては0.5mm下回る結果であった。

但し、パンチR5mm部分に関しては、張出し高さH=3mmを達成しており、成型型設計構造や、加熱冷却システムに起因する問題は無いと判断している。

材料的にパンチR0.5mmの場合、張出し高さH=1.5mmが限界で、相関条件としては、

パンチRの成形依存性が確認された事が大きい。

課題としては、パンチRの成形依存性をさらに検証する事と、成形シワが発生しているので、改善の条件を探る。

対策として可動パンチ等の構造が必然になるのか次年度に検証する。

キ.金型仕様の改善（平成23年度）

H22年度の多面張出し操作パネルの成形実験では、パンチ周囲のシワを完全に無くする事ができなかった。実際の製品ではシワの無い成形外観品位が求められる事から、シワの改善を目標とし、成形金型機構を固定パンチから可動タイプに変更して、成形検証を行った。結果、シワを完全に解消することができた。一方、張出し成形高さの限界は、シワの改善に伴い、低下する事が判明した。これらの条件検証より、シワの改善と成形限界向上の両立は達成できなかったが、成形限界を低下させないで、シワを改善できるメカニズム、成形金型装置、金型機構の方向性を見いだす事ができた。

ク.成形条件の検証(平成23年度)

1) 加熱温度相関による成形検証実験

現状の3D-EL成形仕上りのソリについては、高温でソリが低下し、150℃近傍では、ソリが無くなる傾向が確認された。成形による不点灯発生と、成形温度に直接的な相関は認められなかった。相反して、140℃以上の高温になると、塗膜の破断や剥離の頻度が上がり、発光品位が悪化する傾向が確認された。

これらより、150℃の高温側で成形する事を目標に、3D-ELの耐熱性を高めることで、さらに成形性が向上できることが推測され、今後の改良を進める課題となる。

2) プレスモーション相関による成形検証実験

プレスモーション速度と成形品位の相関を検証した処、成形時のソリや、塗膜の損傷発光状態については、相関が見られず、プレスモーション速度が速い方が、不点灯の発生が少ない結果が得られた。これより、現状のプレスモーション速度はさらに上げられ、成形時間も短縮の余地があることが判明した。

ケ成形限界の検証(平成23年度)

1) パンチRと張出し高さの相関検証実験

パンチRが大きくなるほど、成形張出し高さ限界は高くなる傾向で、限界はパンチR寸法0.5mm～3.0mmと、張出し可能高さ1.0mm～5.0mmの相関データが得られた。今後の設計基礎データとして、製品デザインの仕様決めに活用することができ、成形性改善を評価する指標となる。

2) EL厚みと成形性の相関検証

EL厚みの関わる成形性の相関を検証した処、明確な相関は無い結果が得られた。量産時のEL厚みを重点管理する必要が無くなり、品質安定化、コストに優位な結果と考えられる。

インサート成形 (平成22～23年度) (セコニック電子、北海道道立総合研究機構)

H22年度は、「多面張出し操作パネル」形状の成形金型に合わせたインサート成形型の金型設計を行い、北海道工業試験場にてインサート成形前に必要な、3D-ELの耐熱性と、インサート成形樹脂として、3D-ELの耐熱性を満足しながら、密着性に優れるインサート樹脂を選定する基礎実験を行った。

H23年度は、H22年度の多面張出し操作パネルの成形型に合わせて、インサート成形型を設計、製作。H22年度に選定したインサート成形樹脂で、ほぼ目標の発光欠陥、外観損傷の無い3D-ELインサート成型品を得ることができた。又、張出成型品と同等の信頼性と、キーボタン部の打鍵耐久性も異常なく、インサート成形品にも対応できる知見と可能性を確認できた。

電極端子の確立 (平成22～23年度) (セコニック電子)

平成22年度に函館セコニックにて、3D-EL 電極端子の構造と材料設計を行い、導電ペースト、モールド剤等、12種類の異なる材料構成を選定し、評価用試験回路を形成。その試験回路について、函館地域産業振興財団で信頼性を確認し、使用可能な電極端子構成材料を選定した。

平成23年度は、H22年度に評価選定した導電性接着剤、モールド樹脂により、電源回路基盤を実装して一体化した操作パネルの最終製品形態で試作を行い、函館地域産業振興財団で高温高湿点灯試験、温度衝撃試験の耐久性を検証した。結果、試験後も異常等無く点灯する目標は達成し、製品化の可能性が得られた。但し、評価サンプル数、試験項目が少ないので、製品化に向けて、評価サンプル数を増やし、本格的に信頼性、耐久性上の検証と問題点を抽出し開発を進めて行く必要がある。

検査装置による EL 構造の変異分析及び検査方法の確立

(平成21～23年度 北海道立総合研究機構)

H21年度は、発光性能、信頼性に関わる各層構造の欠陥、劣化について、非破壊検査で識別できる透過検査装置として、X線CTを期待したが、詳細な層構成、構造の変異を識別できるほどの解像度が得られなかった。一方、破壊検査になるが、手軽さと解像度では、金属顕微鏡が良い結果で、EL層構成の変異を識別する解像度については、SEMが優れるという結果が得られた。

但し、1 μ m 以下の電極層等については、破壊検査でも識別が難しいことから識別方法の検討が今後も必要である。又、非破壊検査で、層構成を容易に識別できる透過検査装置、検査手段は、引き続き調査、検討が必要である。

H22年度は、新形状の認証システム操作パネル製品をイメージした成型実験にて、発生した不点灯品の原因調査をした結果、エッジ部が剥離して、不点灯に至る事が確認された。プレスモーション(二度打ち)や、プレス速度要因よりも、張出しパンチR形状の相関が大きい事を解明した。

H23年度は、

1) 検査装置による EL 構造の変異分析

EL厚みと成形性の相関検証では、断面分析を行った結果、破断面の状態に差が無く、成型条件に直接的な膜厚相関は無い事を分析で裏付けられた。

加熱温度相関、プレスモーション速度による成形検証では、温度、プレスモーション速度要因の不良を分析、直接の成型性への影響は少ない事を解明した。パンチRの成型相関では、成形相関のメカニズムを解明できた。

2) 成形条件・不良モード相関表

成形条件・不良モード相関表を作成し、本研究で得られた成型条件、不良分析結果に容易に検索できるように取り纏めた。今後もデータを蓄積し、設計、成型条件設定、成型不良原因調査への活用が期待できる。

信頼性試験評価 (平成21～23年度) (函館地域産業振興財団)

H21年度は、予備成型実験で作成した成型品にて、各種点灯信頼性試験及び放置試験を実施。成形条件と成形限界及び、発光特性、信頼性性能の相関を調査したが、成形に関わる発光性能の劣化は殆ど認められないことが確認できた。

本成型試験での、成型プレス装置と製品デザインの成型を使用した成型品についても

60、90%RH×240hr点灯試験にて、未成形品と比較検証したが、成形に関わる信頼性の低下、差異は殆ど認められなかった。

今回の設定した信頼性条件では、成型ストレスを加えても初期性能を確保していれば、信頼性は満足してしまうものと推測される。成形相関の把握には、さらに厳しく、長い時間での信頼性検証が必要である。

H22年度は、新形状の認証システム操作パネル製品をイメージした「多面張出し」形状について、高温高湿(60、90%RH)500hr放置試験を実施。

結果、剥離、変形、断線なく、均一点灯を確認したことから、新加熱冷却システム変更に関わる成型条件、新形状キー操作パネルの成型型に関わる信頼性低下は認められない。

ア. 多面張出し操作パネルインサート成型品の信頼性確認 (平成23年度)

H23年度は、インサート成型品前の張出し成型時に、テンキー側面、周囲に若干の不点灯部分が発生しているサンプルで信頼性試験を実施した。

結果、僅かに不点灯部分拡大している事例がある以外、インサート前後の信頼性に差が無い結果であった。インサート成型での信頼性低下は無いと言える結果である。

又、環境試験を実施しても、張出し成型前のELと同等の信頼性を確認特に著しい劣化も認められない結果が得られた。

イ. 電極端子の信頼性試験評価 (平成22～23年度)

平成22年度に函館セコニックにて、3D-EL 電極端子の構造と材料設計を行い、導電ペースト、モールド剤等、12種類の異なる材料構成を選定し、評価用試験回路を形成。高温高湿放置試験(60℃、90%RH、500hr 放置試験)、温度衝撃試験(-40℃・30分～+85℃・30分:100回。温度衝撃試験)を実施し、3D-EL 電極端子として、信頼性を確認し、使用可能な電極端子構成材料を選定した。

H23年度は、H22年度に評価選定した導電性接着剤、モールド樹脂により、電源回路基盤を実装して一体化した操作パネルの最終製品形態で試作を行い、高温高湿点灯試験、温度衝撃試験を実施したが、EL、回路とも故障無く点灯し、完成品としての信頼性を確保できる可能性を確認できた。

ウ. 量産検証品 (平成23年度)

量産を想定して100枚連続で生産した製品を抜き取りで、信頼性に変化が無いか確認した結果、特に試験での信頼性と同等の結果で、異常は認められない。

連続生産でも、品質は確保できていることを確認できた。

量産検証 (平成23年度)

量産品質を目指し、印刷から成形、検査まで、100個の連続生産を実施した。

結果、目標の成形加工の歩留まり90%以上に対して、90.6%で目標達成した。不良内容については、一般ELと同様の作業不良で、3D-EL仕様に要因する不良発生はなかったことから、現状の品質で量産移行可能と判断している。一方、成形タクトについては、目標3分以下に対して、4分16秒で目標未達の結果となった。

成形装置の実成形時間は2分50秒を計測しており、成形型へ製品を装着、排出作業で1分16秒を要していることが原因で、今後、装入、排出装置の合理化、自動化を検討する事が必要になる。

プロジェクトの管理運営 (公益財団法人函館地域産業振興財団)

平成21年度 研究開発委員会を3回開催

- ・第1回研究開発委員会 平成21年12月14日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック
- ・第2回研究開発委員会 平成22年 2月22日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック
- ・第3回研究開発委員会 平成22年 3月26日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック

平成21年度 特許発掘検討会を1回開催

- ・ 特許発掘委員会 平成21年3月23日

平成22年度 研究開発委員会を3回開催

- ・ 第1回研究開発委員会 平成22年9月28日
開催地:札幌 場所:地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
- ・ 第2回研究開発委員会 平成23年2月14日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック
- ・ 第3回研究開発委員会 平成23年3月18日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック

平成23年度 研究開発委員会を3回開催

- ・ 第1回研究開発委員会 平成23年8月10日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック
- ・ 第2回研究開発委員会 平成23年10月11日
開催地:札幌 場所:地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
- ・ 第3回研究開発委員会 平成24年2月28日
開催地:函館 場所:(株)セコニック電子 函館事業所 (旧 函館セコニック)

平成23年度 特許発掘委員会を1回開催

- ・ 特許発掘委員会 平成24年1月30日

1 - 4 当該研究開発の連絡窓口

(事業管理者)

財団法人函館地域産業振興財団

(業務管理者) 企画事業部 企画調整課長 高橋 幸悦

TEL: 0138-34-2600 / FAX: 0138-34-2602

E-mail: ko_takahashi@techakodate.or.jp

(再委託先)

株式会社セコニック電子 函館事業所

(総括研究代表者(PL)) 製造部 部長 山田 俊一

TEL: 0138-32-3434 / FAX: 0138-32-3500

E-mail: yamada@h-sekonic.co.jp

第2章 3D-EL 成形プレス装置の改善

(担当:株式会社セコニック電子 函館事業所)

無機ELの成形に適した金型形状・クリアランスなどの金型設計技術、加熱・冷却システム等を備えた成形装置と成形条件を見出し、3D-ELの量産化を目指す。

2 - 1 3D-EL 成形プレス装置の仕様決め

平成21年度は、アドバイザー、川下企業のニーズを元に、加工対応寸法、成型度合い、成形金型の加熱・冷却、ストローク制御、プログラム等の拡張性を勘案して、実験用の成型プレス仕様を設計。成形プロセスの条件出し、最適化を図ることにより成形加工システムを見いだす。

(1)成形プレス装置 要求仕様

アドバイザー、川下企業のニーズを元に、3D-EL成型プレス装置の要求仕様を選定した。

a.システム全体に関する要求仕様

成形金型の加熱・冷却を制御する装置と、プレス装置のスライド制御と連動できる一体的なシステムとなっていること。また、金型が容易に脱着できる機構が備わっていること。

b.プレス動作に関する要求仕様

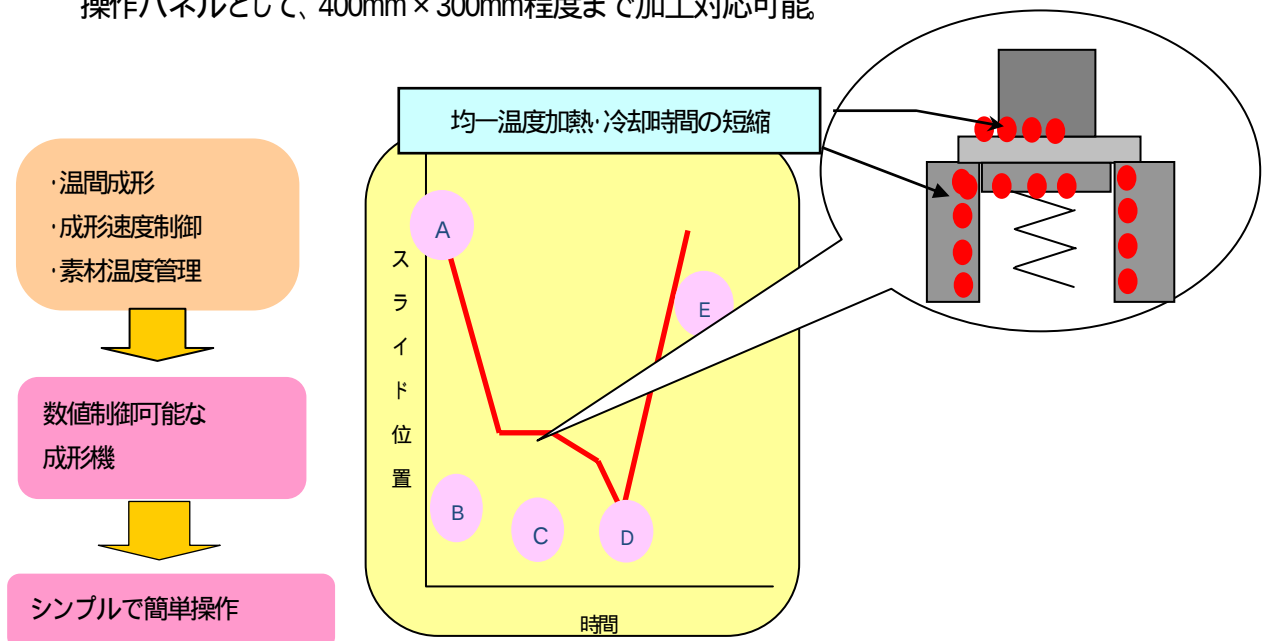
プレス加速度調整、スライド調整、等速動作、多段動作等の動作制御が制御ソフトにより容易に設定できること。外部機器の動作待ち対応。

c.温度制御部に関する要求仕様

- ・実験サイクルに支障がない前提とし、150度の設定温度に15分程で立ち上げることのできるヒータ熱容量とし、15A×4ch以上を基準とする。
- ・金型温度を均一加熱制御のため、温度表示付、4チャンネル独立制御機能を保持
- ・冷却:水冷冷却にて、短時間で強制冷却できるものとする。
- ・連動制御:プレスと連動制御可能であり、加熱・冷却ポイント、時間制御が可能。

d.加工サイズに関する要求仕様

操作パネルとして、400mm×300mm程度まで加工対応可能。



< 図1: 3D-EL成形プレス装置 要求仕様図 >

(2) 3D - EL用成型プレス装置 確定仕様

< プレス装置部 >

型式: NC1-800(D)型アイダダイレクトサーボフォーマー (アイダエンジニアリング(株)製)

駆動方式: カム式サーボモータ方式

プレス部: 800kN フレーム C型

本体寸法: 1492(幅) × 1936(奥行) × 2845(高さ)

ストローク長: 160mm

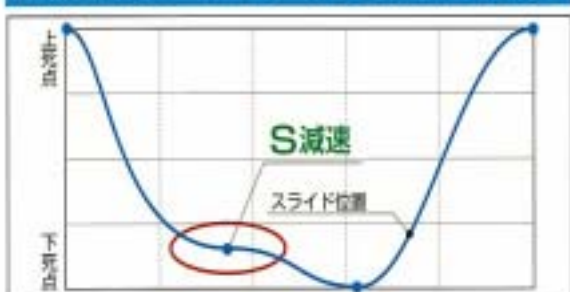
ダイハイト: 320mm

スライド部: 540mm × 460mm

ボルスタ部: 1030mm × 600mm

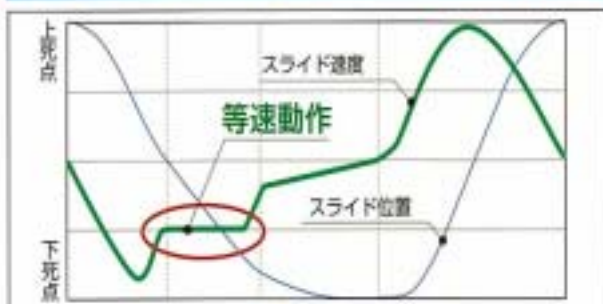
エア式ダイクッション(能力 63kN)

指定位置ソフトタッチ動作が容易。



■独自の最適加速度制御であるS減速と、ティーチング機能の併用で、簡単にソフトタッチ動作が設定できます。

指定領域での等速度動作が可能。



■任意の領域を指定し、等速モーションを設定できます。成形加工の最適化を実現します。

0.01mmまで表示されるダイハイト計



ダイハイト調整は、最小調整単位が0.01mmで、精密金型の型合わせを正確に行うことができます。

設定 段取 保守 パンク 主観 1 型 RIGHT-PANEL

モーション アラック 工程数 2 設定

	1	2	3	4	5	6	7	8
位置	200.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0mm
速度	100	0	0	0	0	0	0	0%
停止時間	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0sec
S減速量	0	0	0	0	0	0	0	0%
補助機能	0	0	0	0	0	0	0	0
変速指定	前変速	前変速	前変速	前変速	前変速	前変速	前変速	前変速

演算 モーション確認 機能

設定操作が可能です

0mm 工程 1

< 図2: 3D-EL成型用サーボプレス装置 仕様 >

(3) 温度調節機及び自動化装置仕様

シーケンサー内蔵、カートリッジヒーター、PID温度制御 冷却は水道水フローによる。

温 調 機

入 力 電 源	三相 AC200V
出 力 電 圧	单相 AC200V (3相 200V を上下型へ分岐)
電 力	42kVA
温 度 調 整 回 路 数	6(上下各3)
電 流	1ch 当たり 35 A
過 昇 温 監 視 回 路	2ch
ヒ ー タ 設 置 数	1ch あたり 6 本
ヒ ー タ 容 量	1 本あたり 200V × 8A = 1600kW
熱 電 対	K 型
周 囲 温 度/ 湿 度	5 ~ 40 / 45 ~ 85% (結露無きこと)

自 動 化

制 御 電 源	DC24V
自 動 動 作	金型ヒータによる加熱 → 水による冷却 → エアによる排水の順位動作(除 プレス起動)
手 動 動 作	金型ヒータによる加熱 → 水による冷却 → エア排水の単独
タイ マ 数	3(デジタル式)



< 図3 : 温度調整、プレス連動制御装置 >

(4) 3D-EL 成形プレス装置の結果

3D-EL 用の成形プレス装置として、温度加熱冷却装置と連動可能で、停止や加圧速度制御可能なサーボプレスを選定した。成型型に組込まれる複数の電気ヒータを加熱制御し、冷却も可能な温度加熱冷却装置仕様を決定した。

試作成型型を3分程度で設定温度に昇温でき、2分程で冷却可能である。金型温度のバラツキも6chで独立制御しているため ± 20 以内で、成形実験の再現性を確保できた。結果として、3D-EL 成形条件を見いだす目的の成形プレス装置として、再現性が高く、柔軟な条件検証に対応できる成形プレス装置が得られた。

但し、量産性を想定した場合、加熱冷却に時間が5分以上と長く生産性、コストの影響が大きく、大幅なタクトの短縮が必要となることが想定される。

2 - 2 成形金型構造 (平成21年度)

川下企業のニーズのある製品形状を選定し、成型用のフランジ加圧機構、加熱、冷却温度制御に対応できる基本機構を盛り込んだ、張出し型、深絞り型の金型を設計・製作し、3D-ELの成型検証を行う。

(1) 深絞り成型型

実際の操作パネル製品をイメージした深絞り成型用の実験型として、四角柱は、研究的な面を考慮すると、引き込みが不均一になるため、解析が難しく、形状寸法が変化した場合の再現性も疑問で、実際の商品化の形状が異なると、データが利用できない

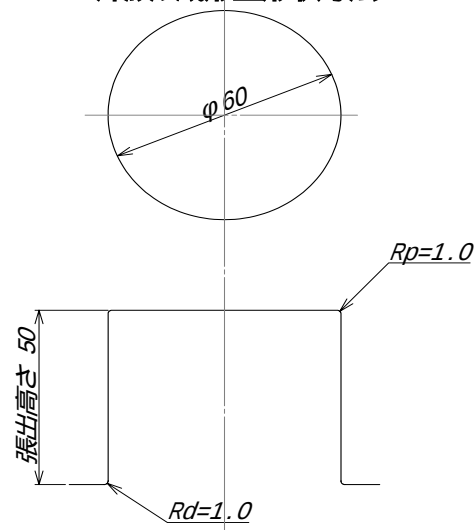
円柱は、一般的な成形研究でも採用されており、学術的な基礎データとしても活用できるし、学術的にも通用することから図4、図5の円柱デザインを選定した。又、アドバイザー、金型メーカーの指導を受けながら設計した金型構造を図6に示す。

a.深絞り成型型デザイン



< 図4: 深絞り成型型のデザイン >

b.深絞り成型型形状寸法



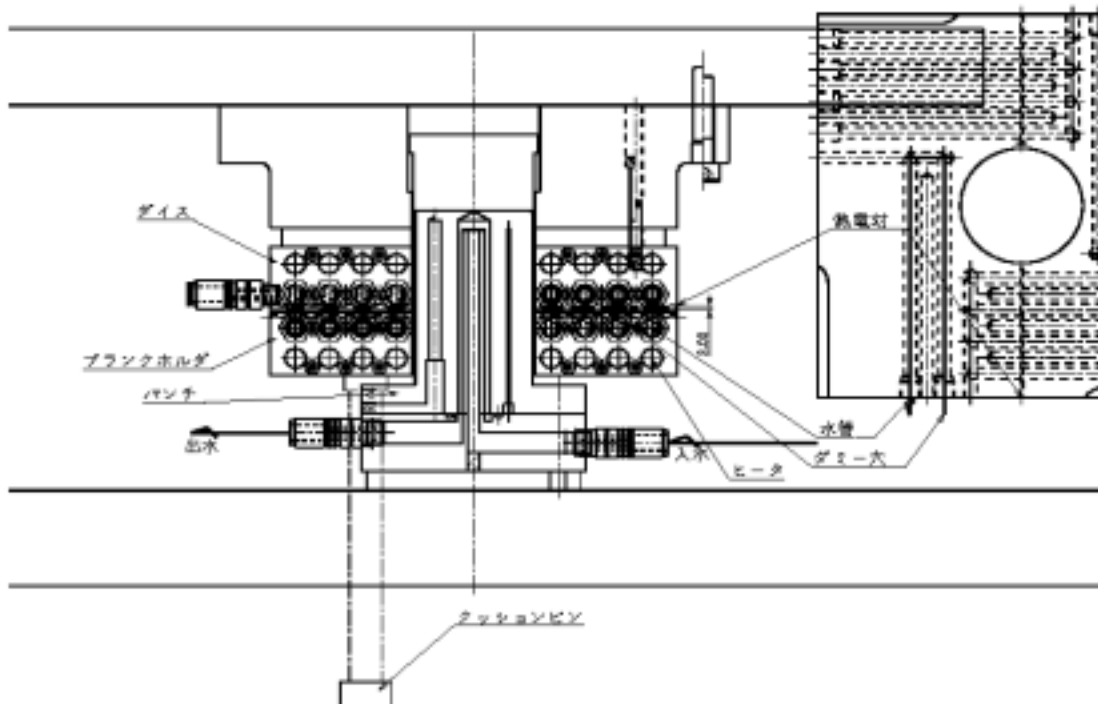
< 図5: 深絞り成型型の形状寸法 >

c. 深絞り成形型構造概要

図6に深絞り成形型の断面構造を示す。

温度ムラを考慮したヒーター及び水管配置。

パンチ部にも、ヒーター、冷却水管、センサー配置とした。



< 図6：深絞り成形型の構造 >

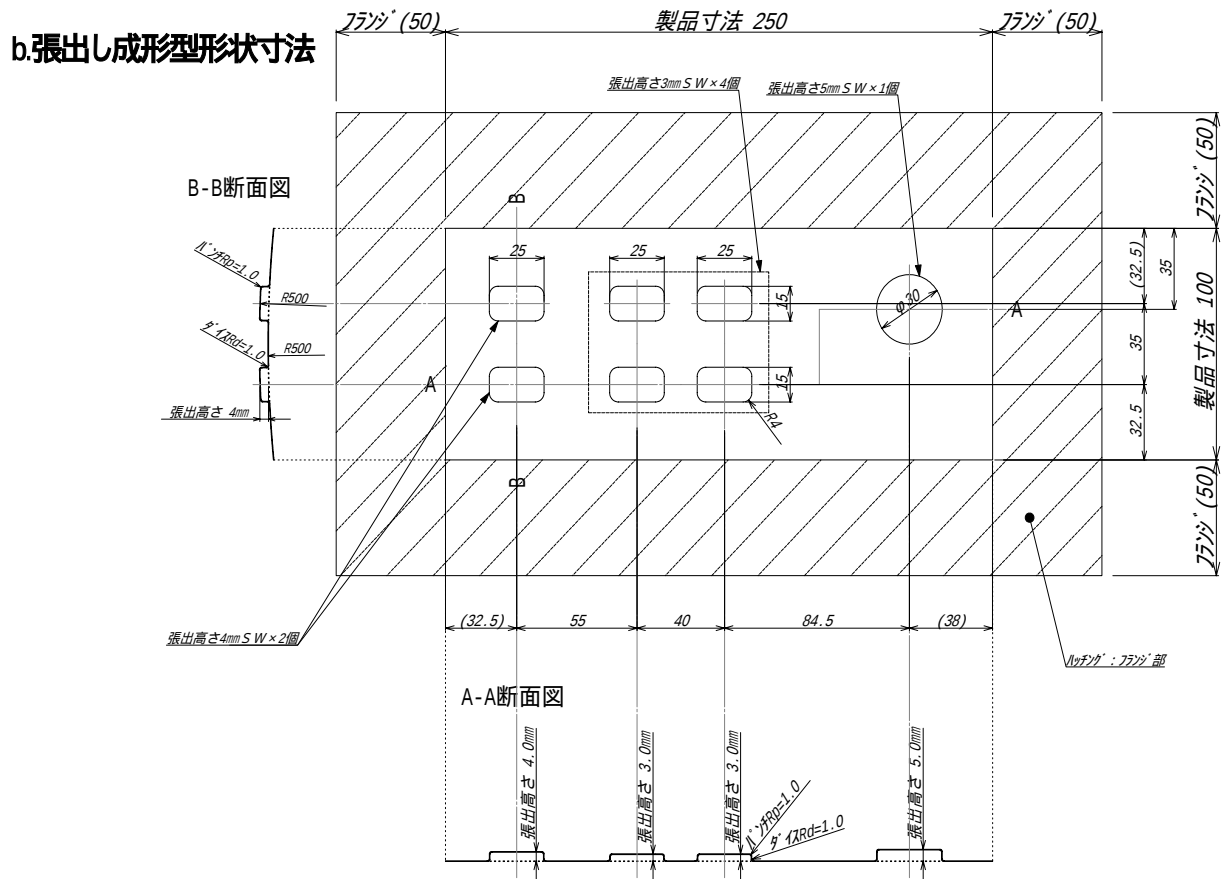
(2) 張出し成形型

実際の操作パネル製品をイメージした、張出し成形用の実験型として、多様なデザインを検討した結果、現実的なデザインで汎用性がある、2列7ボタンの、図7のデザイン、図7の形状を選定した。又、アドバイザー、金型メーカーの指導を受けながら設計した金型構造を図8に示す。

a. 張出し成形型デザイン



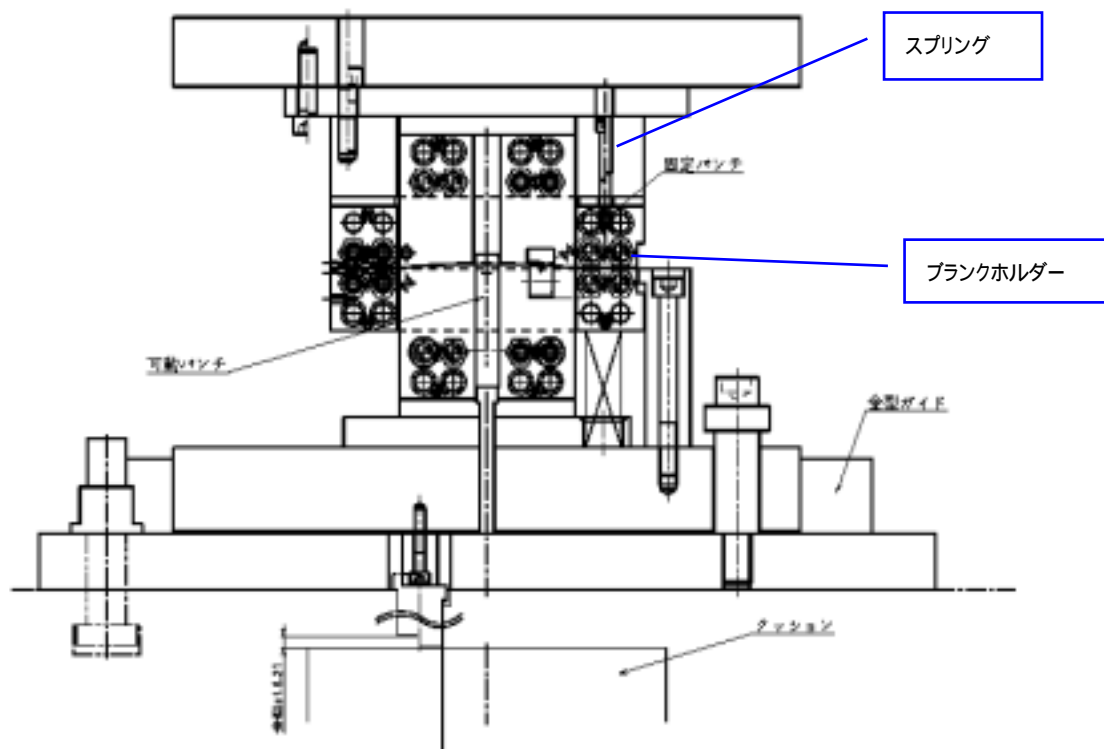
< 図7：張出し成形型のデザイン >



< 図8：張出し成形型の形状寸法 >

c.張出し成形型構造概略

- ・製品デザインイメージして、凸部以外のベース全体にRを持たせた。
- ・張出しパンチは、可動パンチ、固定パンチの2通りに対応。
- ・SW 高さは、シムで任意に可変可能 エッジはR1に統一。



< 図9：張出し成形型の構造 >

2 - 3 成型実験

(1) 成形条件とEL特性の相関調査

EL シート成形条件(成形高さ)が、EL 特性に与える影響を調査をした。

<表1 成形実験測定項目>

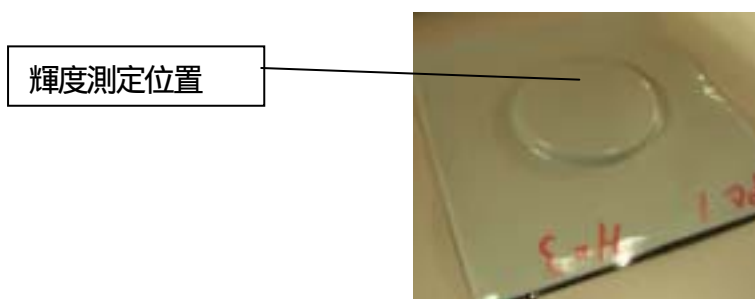
a.静特性	静電容量 誘電損失 等価並列抵抗 等価直列抵抗		at AC1V、1kHz : LCR メーター 暗所にて測定
b.動特性	駆動電圧 60V 100V 130V	駆動周波数 100Hz 200Hz 400Hz 600Hz 1000Hz	計15水準の各成形条件におけるEL発光輝度値 及び、点灯状態

<表2 張出し成形金型仕様、成形条件>

項 目	条 件
張出し金型 パンチ / ダイ	パンチ径 ϕ 29mm Rp=1.0、ダイス径 ϕ 30mm Rd=1.0 クリアランス CL=片側 0.5mm、パンチ冷却無し
張出し高さ	H=1mm、2mm、3mm の3水準
試験サンプル	3D - ELシートサイズ: 60×60mmEL シート

<表3 張出し成形試験条件>

試験サンプル	エア圧力	加熱温度	保持時間
EL 基材 PC 100 μ m EL 基材 PC 380 μ m	0.7MPa	130	5sec
EL 基材 PET 100 μ m EL 基材 PET 350 μ m	0.7MPa	100	5sec



<図10 EL試験サンプルの輝度測定位置>

<結果>

各成形条件とEL特性相関は表4に示す。

張出し限度は、高さ3mm。安定的には、2mmの結果。基材PETに比較して、基材PCの成形性に優位性が認められる。

<表4 成形条件とEL特性相関の結果>

サンプル	成 型 高さ	静特性	動特性	点灯外観	総 合 判定
PC 100 μ m	1mm	:大きな変化無し	:大きな変化無し	:大きな変化無し	
	2mm	:大きな変化無し	:大きな変化無し	:大きな変化無し	
	3mm	×:変化大	×:高周波数帯で輝度低下傾向	:大きな変化無し	×
PC 380 μ m	1mm	○:変化小	:大きな変化無し	:大きな変化無し	
	2mm	○:変化小	:大きな変化無し	:大きな変化無し	
	3mm	○:変化小	×:成形部位が不点灯	×:一部が不点灯	×
PET 100 μ m	1mm	○:変化小	:大きな変化無し	○:パンチ R 部の輝度低下	○
	2mm	○:変化小	:大きな変化無し	:パンチ R 部のみ不点灯	
	3mm	○:変化小	:大きな変化無し	:パンチ R 部のみ不点灯	×
PET 350 μ m	1mm	○:変化小	:大きな変化無し	○:パンチ R 部の輝度低下	○
	2mm	○:変化小	:大きな変化無し	:パンチ R 部のみ不点灯	
	3mm	○:変化小	:大きな変化無し	×:パンチ R 部とダイス R 部に不点灯	×

<表5 点灯状態判定基準>

:大きな変化無し	○:パンチ R 部の輝度低下	:パンチ R 部のみ不点灯	×:パンチ部不点灯
			

(2) 深絞り成型限界、最適条件

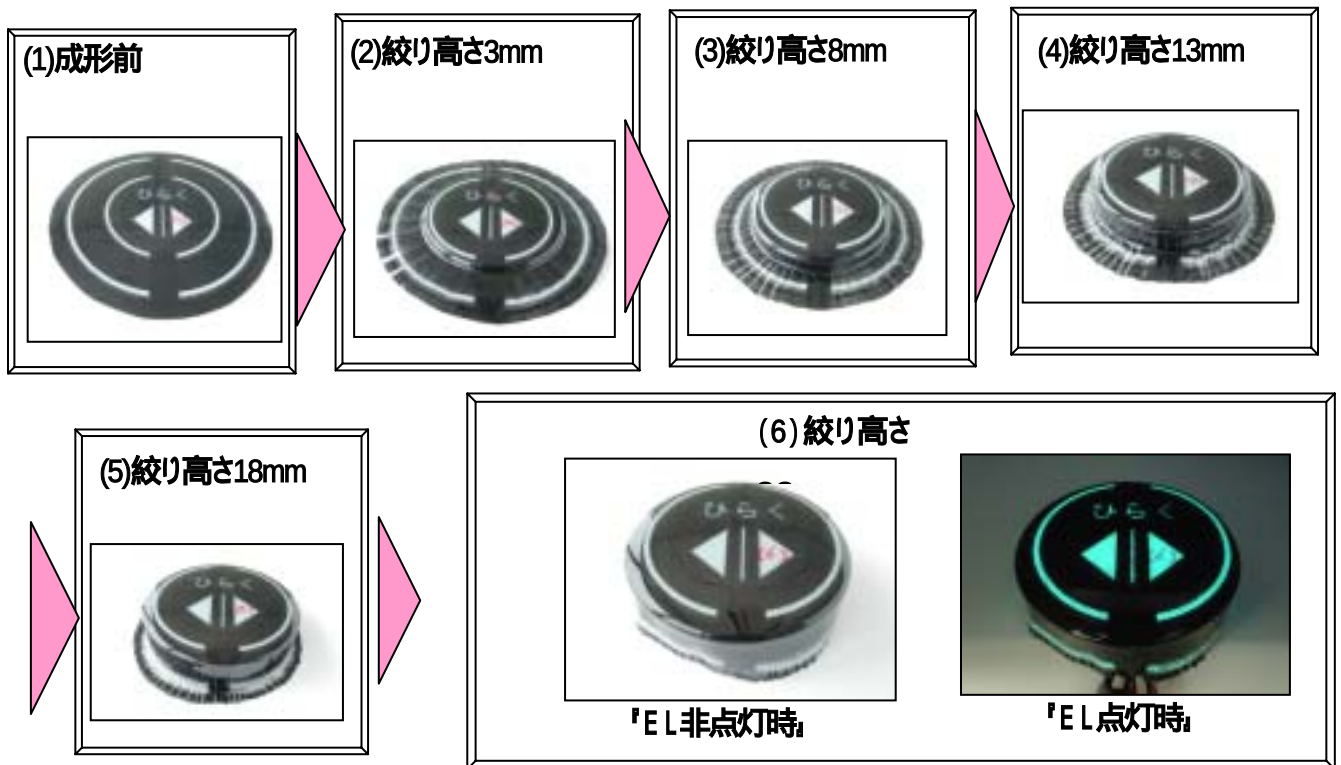
加飾印刷品 基材PC380 μ m

成形条件:加熱温度、加圧時間:130 × 5sec [設定条件(1)～(6)共通]

[結果]

・絞り高さ23mm、絞り天面のEL発光に異常無し、正常点灯

但し、絞り側面は、加飾印刷層が無い部分でEL塗膜が一部破損。加飾印刷層の有無により、延伸応力が集中し、EL塗膜が破損したと推定される。



< 図11 深絞り成形結果(加飾印刷あり) >

加飾印刷無し品 基材PC380 μ m

成形条件:加熱温度、加圧時間:130 × 5sec

[結果]

・絞り高さ:28mm、EL塗膜の損傷少なく延伸。但し、フランジのシワで給電ライン断線して、不点灯だが、成形部の天面は点灯確認。



< 図12:深絞り成形結果(加飾印刷無し) >

加飾印刷品 基材 PET350 μ m

成形条件:加熱温度、加圧時間:110 × 5sec

[結果]

・絞り高さ:10mm

・EL 不点灯無し良好。但し、パンチ R 部の加飾印刷層に微少破損あり。



< 図13 : 深絞り成形結果(加飾印刷あり) >

加飾印刷無し品 基材 PET350 μ m

成形条件:加熱温度、加圧時間:110 × 5sec

[結果]

・絞り高さ:10mm、パンチ R 部の EL 発光が部分的に暗くなる。絞り高さ 5mm でも、パンチ R 部の輝度低下が発生しており、改善が必要。デザインの的にパンチ R 部の発光を避ける事を前提にする必要がある。



< 図14 : 深絞り成形結果(加飾印刷無し) >

(3) 張り出し成型実験

張り出し成型結果 基材PC380 μ m

成形条件:加熱温度、加圧時間:130 × 5sec

[結果]

・張出高さ:2mm、張出部EL破損少なく、良好



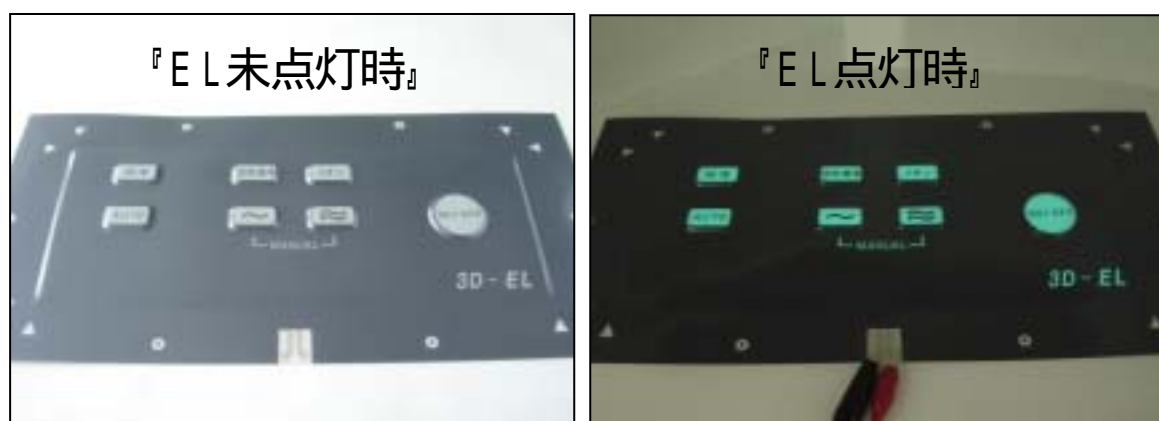
< 図15:張り出し成型結果(PC380 μ m) >

張り出し成型結果 基材PET350 μ m

成形条件:加熱温度、加圧時間:110 × 5sec

[結果]

・張出高さ:2mm、張出部EL破損少なく、良好



< 図16:張り出し成型結果(PET350 μ m) >

張り出し成形結果 基材PET100 μ m

成形条件:加熱温度、加圧時間:110 × 5sec

[結果]

・張出高さ:2mm、張出部を基点にシート全体にややシワが発生



< 図17:張り出し成形結果(PET100 μ m) >

張り出し成形結果 基材PC100 μ m

成形条件:加熱温度、加圧時間:130 × 5sec

[結果]

・張出高さ:2mm、張出部を基点に シート全体にシワが発生。張出部の EL 破損は無く、成形部の仕上がり良好



< 図18:張り出し成形結果(PC100 μ m) >

2 - 4 EL仕様の改善

成形性向上の為、層間の接着性を優先した樹脂を採用しているため、通常のELに比べ発光輝度が低くなっている傾向がある。市場ニーズとして、発光輝度は、高い事が要求されるので

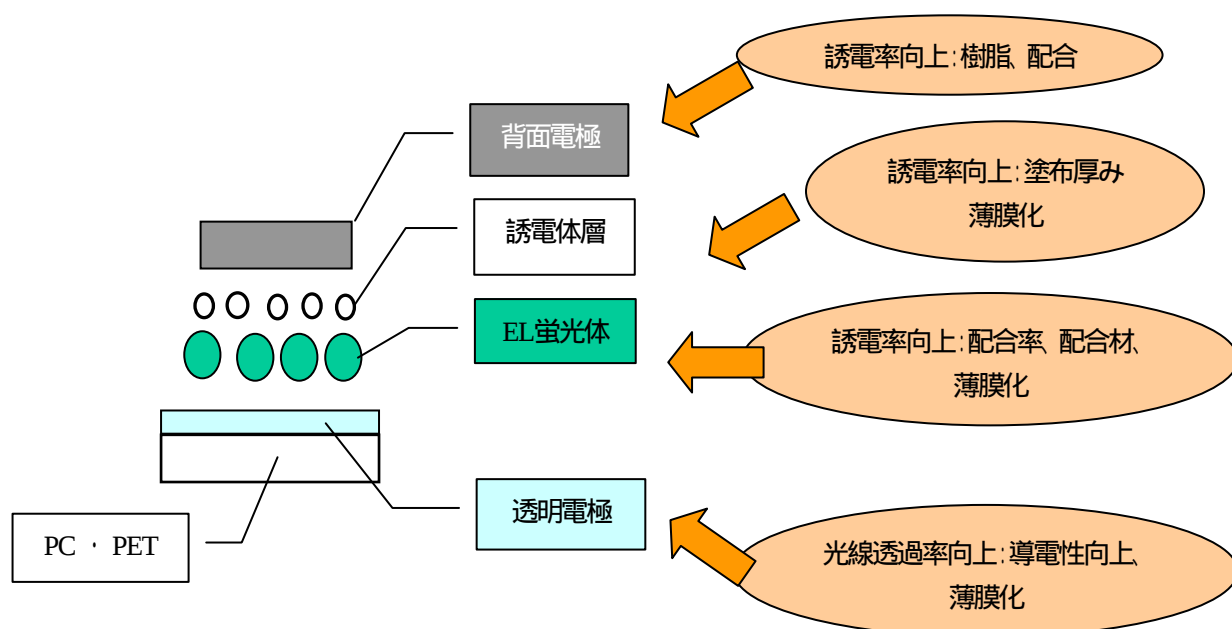
発光層の合成樹脂、無機物配合率、膜厚、を見直し、耐成形性を維持しながら、現行の輝度の30%向上を目指す。

< 結果 >

個々の基礎実験の段階で、一部合成樹脂の見直しにより、10%向上。電極材の見直しにより10%、蛍光体、誘電体の配合率の見直しにより、30%近くの輝度が向上できることを確認した。

複合すると計算上は50%近くの輝度向上となるが、実際に複合効果を確認した処、最終的に目標の30% + α程の輝度向上となった。

成型限界、信頼性については、実験に投入して確認しているが、特に悪影響は認められていない。



< 図19: EL仕様の改善項目 >

2 - 5 成型試作

平成21年度に導入した、成形金型を加熱冷却システムは、金型に電気ヒーターを組込む構造で、成形実験では十分な結果が得られた。しかしながら、事業化を想定すると加熱冷却時間をどこまで短縮できるかが課題となった。H22年度は、事業化を目指し、この加熱冷却システムと成形金型構造を、短時間で昇温冷却が可能で、成形型の構造も簡素化できる高温水加熱冷却システムを導入、成形金型構造を改善して成形条件を検証しながら、成形時間の短縮を目指した。

(1)加熱冷却システムの改善

- 温調システム概要 -

電 源 : 200V / 3相 / 50Hz / 125A
 外形寸法 : 1305L×530W×1500H 機械重量 : 460kg
 ヒータ容量 : 20kW×3
 冷却方式 : 直接冷却(媒体=清水)
 ポンプ出力 : 2.2kW
 温 度 : 供給水温+10 ~ 最高温度150 まで
 供給水圧・流量 : 0.18~0.42Mpa 100ℓ/min
 供給エア圧力 : 0.5~0.6Mpa
 制 御 部 : PID制御方式 温度0.1 単位 / 圧力1kPa デジタル表示



クーリングタワー
(MT-20L1)



加圧ポンプ
(BSP2-40)



送水ポンプ
(日立形)



加熱器
(U4-341HP60)



バルブユニット
(VSU6)

循環



< 図20: 高压高温水加熱、冷却システム

(2)成形金型

H22年度高温水加熱冷却システムを導入に対応した成形型に変更する。新規の多面張出し要素を取り込んだ成形デザインを選定し、熱効率向上の要素を盛り込んだ成形金型で、目標5分以下に成形時間の短縮を目指す。

金型 加熱・冷却機構

強制的に高温水・冷水を流す事により金型加温・冷却を行う。

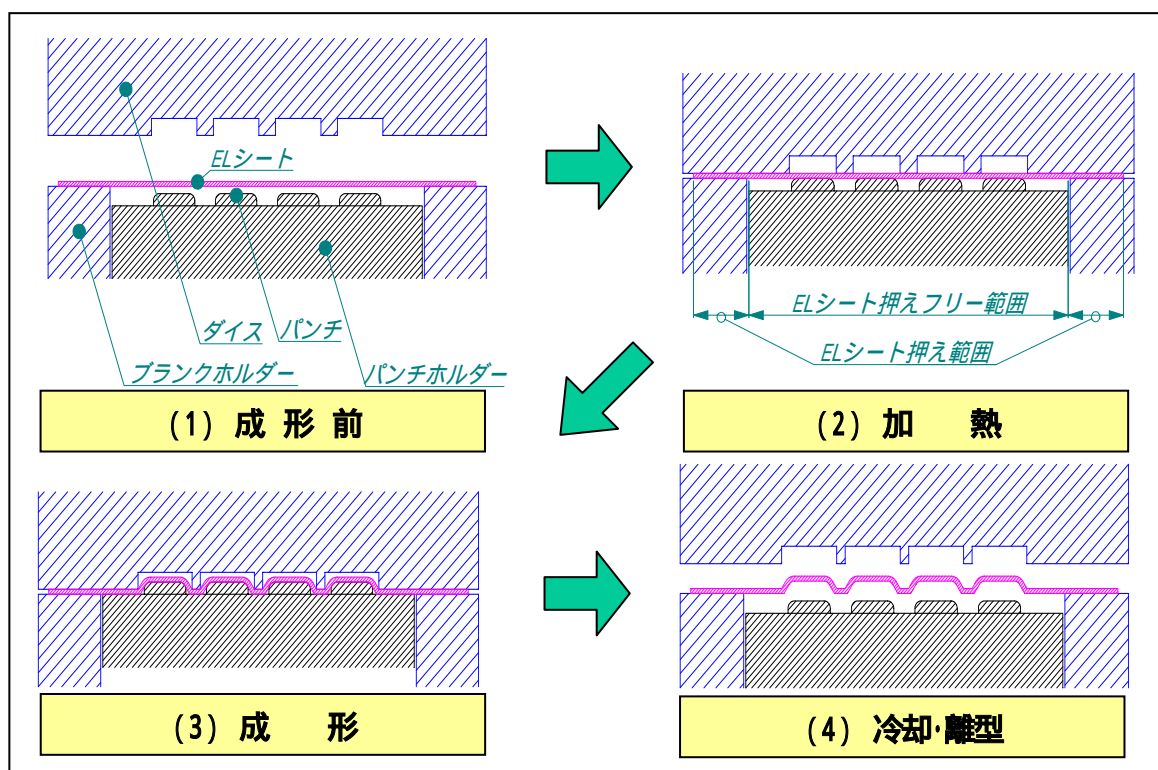
* 流体加熱冷却は共通の配管で済み、簡素な構造から熱容量も小さくできる。

温度調節機構

K 型熱電対を金型内部に設置し、温調機により温度制御を行う。

成形機構

- a. ブランクホルダーを上昇→
- b. EL シートをセット→
- c. 金型加温→
- d. スライド位置下死点で、金型冷却

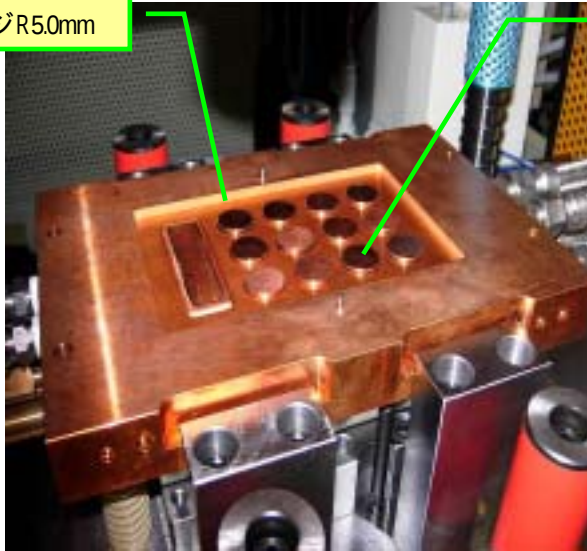


< 図21: H22年度 多面張出し金型の成形機構 >

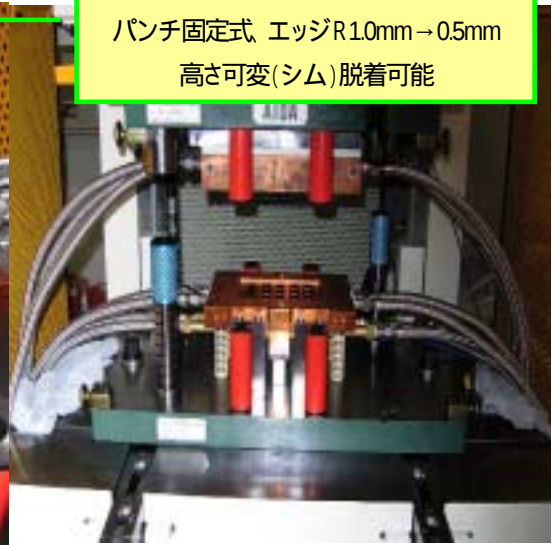
金型機構

- ・材質:銅合金 (熱伝導性 剛性より選定)
- ・パンチ機構:固定、パンチ部部品交換可能、高さ可変

エッジR5.0mm



パンチ固定式 エッジR1.0mm→0.5mm
高さ可変(シム)脱着可能



< 図22:平成22年度 多面張出し成形型 >

(3)成形試作

平成21年度の操作パネルは、張出しパンチR1.0mm で、張出し高さ 2.0mm の結果である。
平成22年度は、条件的に厳しい、張出しパンチR0.5mm に設定して成形性を確認する。

< 表6:成形試作条件 >

成形装置	プレス	アイダ80tサーボプレス
	金型	2010年度3D-EL成形型
	加熱冷却装	シスコ製高温水加熱冷却システム
成形仕様 テンキー部	パンチR	0.5mm
	ダイスR	0.5mm
成形仕様 カードリーダー部	パンチR	5.0mm
	ダイスR	0.5mm
加温温度	PET基材	110
	PC基材	130
張出高さ	各条件による	
成形時プレスモーション	標準	基準SPM:10、モーション速度 60mm/s、工程SPM:1
	クランク	基準SPM:50、モーション速度300mm/s 工程SPM:1
	パルス	基準SPM:10、モーション速度 60mm/s、工程SPM:1 0.5mm成形→1.0mm上昇→0.5mm成形を繰り返す

(4)成形試作結果

パンチ R0.5mm の場合(テンキー部)において

- ・ PC 380 μ m 基材:H=1.5mm までEL不点灯無く成形が出来た。
- ・ PET350 μ m 基材:H=1.0mm 不点灯が発生。

パンチ R5.0mm の場合(カードリーダー部)

- ・ PET350 μ m 基材:H=3mm までEL不点灯無く成形が出来た。
- ・ PC 380 μ m 基材:H=3mm までEL不点灯無く成形が出来た。
- * H=3mm 以上になると加飾印刷層の破断も発生。物理的な成形限界と判断できる。

成形外観

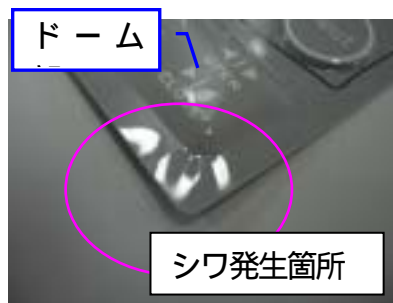
各条件において、張出し部周辺にシワが発生した。

成形加圧条件を変化させて、改善を試みたが改善できなかった。

よって、成形時のシワを無くするには、理論的に張出し部直近までを押さえ込む調整機構に金型修正するか、機構を見直す必要があると考えられる。



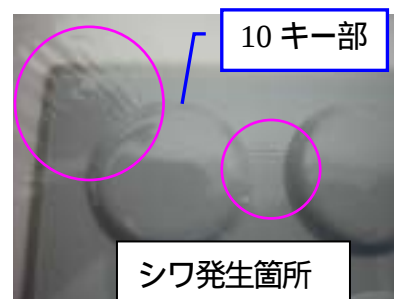
<図2 1:平成22年度 多面張出し成形型試作品の一例>



<図2 2:PC380 μ m>



<図2 3:PC100 μ m>



<図2 4:PC100 μ m>

成形時間

表7に成形加熱冷却時間の改善結果を示す。

金型構造の見直し及び加熱冷却高温水システム導入により、加熱冷却時間を目標よりも大幅に削減することが出来た。改善の実績を表1に示す。ヒータ加熱に比べ、昇温時間短縮の他、温度安定性、均一性が高い事が大きな要因。冷却も同じ熱交換経路を使用できるので熱交換効率が向上している。

<表7:加熱 冷却時間の改善実績>

3D-EL金型仕様	加熱冷却時間	(金型昇温時間)	成形外(参考)
2009年度成型型(130 設定)	5分以上	300sec	10分程度
目標	5分以下	—	—
2010年度成型型(130 設定)	1.9分	86sec	2.3分
2010年度成型型(110 設定)	1.6分	68sec	2.0分

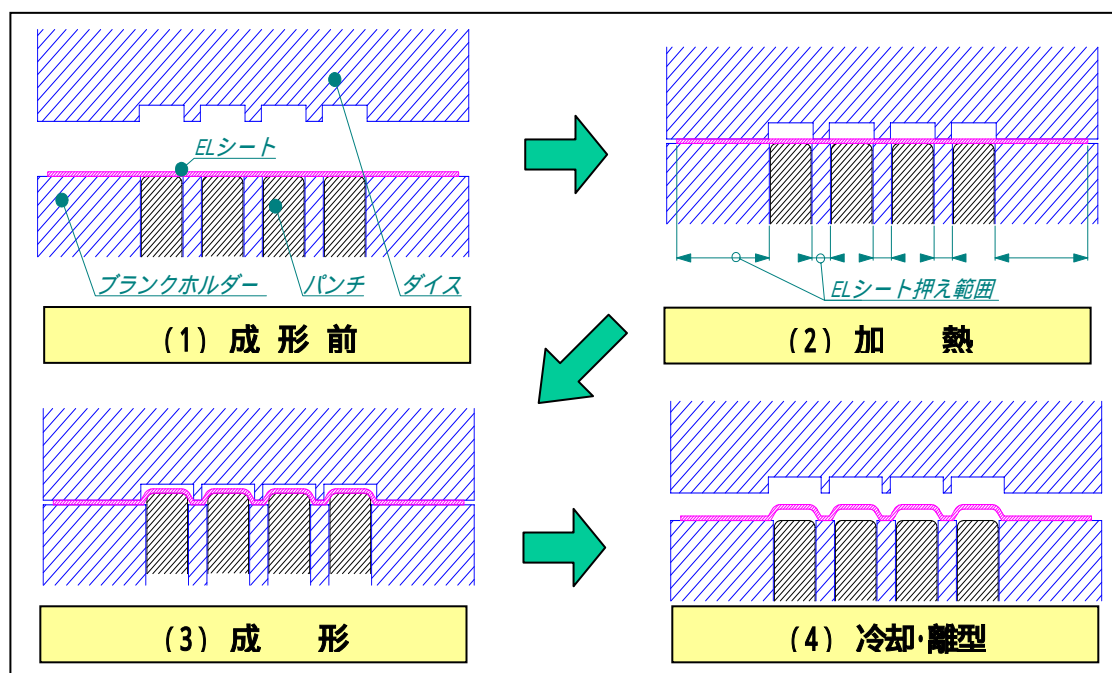
2 - 6 金型仕様の改善

H22年度は高温水加熱冷却システムを導入、新規の多面張出しの要素を盛り込んだ操作パネル金型で、3分以下のタクトを達成した。一方、多面張出し部の周囲に成形シワが発生し、製品外観品位としての課題を残した。

H23年度は、シワの無い外観品位向上を目指し、成形金型を改良して改善検証する。

(1) 成形型の改善機構

シワを抑制するための方法の一つとして、フリーの状態になっている未成形部位も押えることが有効と考えられるため、ELシート全体をダイスとブランクホルダーで押さえ込み、その後でパンチが突き出てくるパンチ可動式の成形機構に金型構造を変更した。H23年度の張出し成形金型の機構を図25に示す。



< 図25 : H23年度 張出し金型の成形機構 >

(2) 金型仕様の改善結果

成果として、H23年度のパンチ可動式の成形金型により、目標の成形シワが皆無に改善した操作パネル形状の成形が得られた。

又、シワの改善に伴い、成形張出し高さの相関結果から、成形張出し高さ、成形シワ発生に関わるメカニズムを特定することができた。



< 図26 : PC380 μ m >



< 図27 : PC100 μ m >



< 図28 : PC100 μ m >

2 - 7 成型条件の検証

H22年度の成形実験の条件で、多段に下げるプレスモーション及び、加熱温度設定について成形検証する。目標としては、加熱温度の高温設定による加熱時間のさらなる短縮の可能性を検討する。

(1) 加熱温度相関による成形検証実験

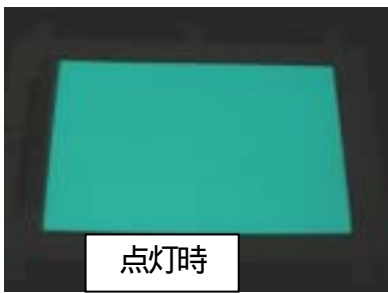
ELシート成形時、成形金型加熱温度とELシートの成形性相関確認を行う事を目的とする。

検証条件

検証は条件毎による差異を明確化するため、現行の3D - EL成形張出し高さ限界 $H=3.0\text{mm}$ を超え、成形張出し高さ $H=3.5\text{mm}$ の成形不良発生領域での検証を実施した。

条件は表1のとおりとし、金型温度を可変させて検証を行う。

< 表8:加熱温度相関 検証条件 >

EL仕様	基 材	PC380 μm	
	発光形状	全面発光	
		実験に用いたELシート外観(成形前)	
			
		非点灯時	点灯時
加熱装置	金型温度	110 、 120 、 130 、 140 、 148	
成形装置	成形金型	H22年度製作 張出成形金型	
	パンチR	テンキー部 : R3.0mm ドーム部 : R5.0mm	
	ダイスR	テンキー部 : R0.5mm ドーム部 : R0.5mm	
	張出高さH	テンキー部 : H3.5mm ドーム部 : H3.0mm	
	成形速度	5mm / sec (基準SPM = 10、工程SPM = 10)	

判定基準

相関テスト結果を数値的に判定するため、表9のとおり4つの判定条件を設定し、相関確認を行うものとした。

<表9:相関検証 判定条件>

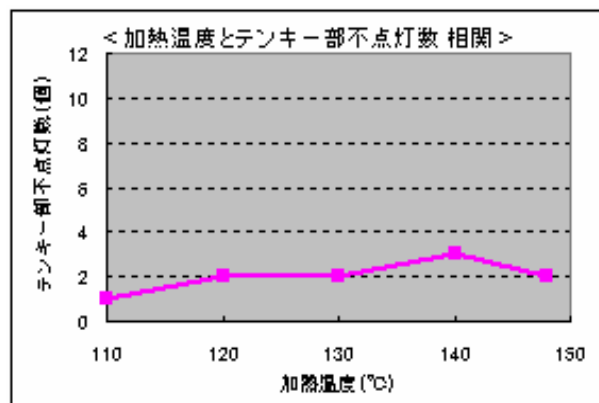
判定項目	判定内容
不点灯発生数	テンキー部(12箇所)の不点灯発生数量 (下図参照) <不点灯無し> <不点灯3箇所> 
EL 塗膜状態	塗膜の破損状態を5段階評価  悪い ← 塗膜状態 → 良い 1 - 2 - 3 - 4 - 5
EL のソリ	平板に置いた時の EL のソリ高さをスケールで測定 
発光状態	ELの発光状態を5段階評価  悪い ← 発光状態 → 良い 1 - 2 - 3 - 4 - 5

加熱温度相関による成形検証結果

検証した結果を以下 ～ に記載する。

ア. 加熱温度と不点灯発生数の相関

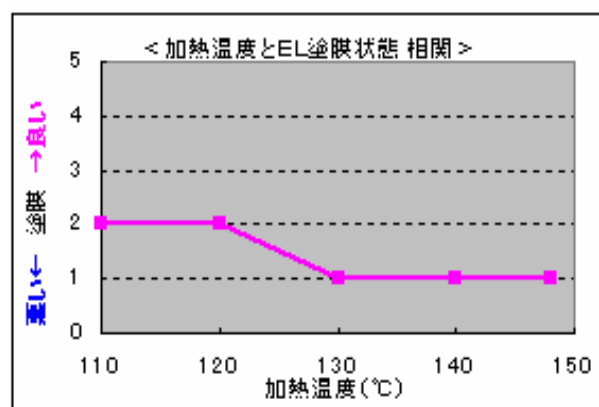
得られた結果データ(右グラフ)より、温度が高くなるにつれて、不点灯数が多くなるようにも見えるが、148 で不点灯数が減っており、同一条件でも不点灯発生数にバラつきがある事を加味すると、加熱温度と不点灯発生数に相関は無いと考えられた。



イ. 加熱温度とEL塗膜状態の相関

加熱温度が高い程、塗膜の破損が顕著になる相関が認められた。(右グラフ参照)

具体的に、図29の塗膜状態からも分かる通り、加熱温度が高い程、塗膜の破断や剥離が顕著に現れてくることが分かる。



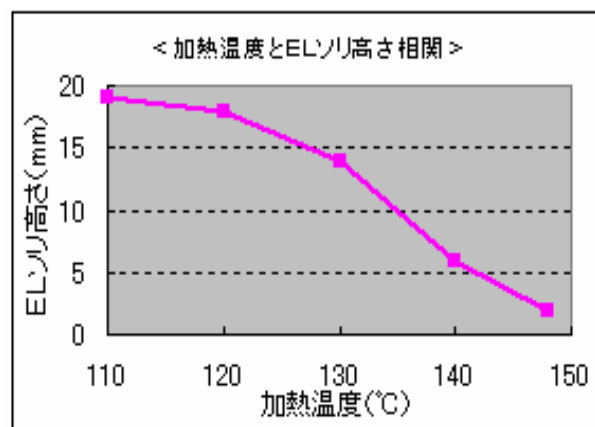
110	120	130	140	148

< 図29: 加熱温度とEL塗膜の相関 >

ウ. 加熱温度とELのソリの相関

加熱温度が高い程、ELのソリ・歪みが少なくなる相関が認められ(右グラフ参照)

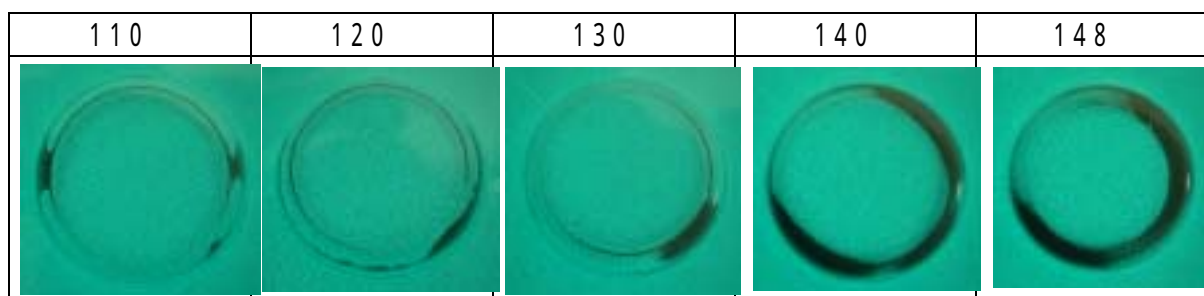
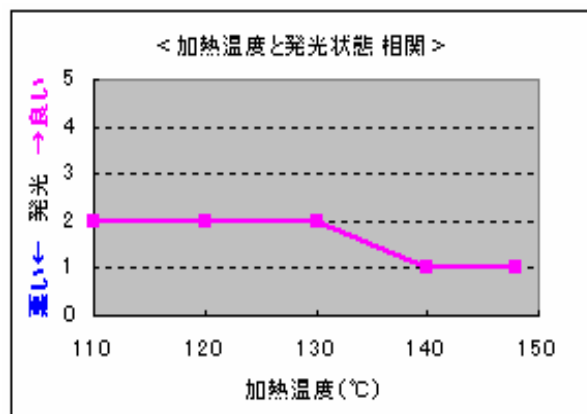
加熱温度が150 付近になると、ほぼソリは無くなる結果が得られた。



エ 加熱温度と発光状態の相関

加熱温度が140 を超えると発光状態が悪化する傾向が確認された。

(右グラフ及び図30参照)



< 図30:加熱温度と発光状態の相関 >

加熱温度相関による成形検証まとめ

3D-EL 基材PC380μm の加熱温度とソリ・歪み相関では、140 以下では、ELシートのソリ・歪みが大きく、加熱温度が150 近くでソリ・歪みが小さくなるという相関結果が得られた。

一方、加熱温度が140 以上の高温領域では、3D-EL自体の塗膜剥離や塗膜破断による部分不点灯部が増加する傾向となっており、現行材料では140 付近の低温側に設定する必要がある。

よって、理想的な成形加工温度としては、3D-EL自体の耐熱成形性を向上して、150 以上の高温成形に耐えることで、ソリ・歪みが小さく、不点灯の発生しない3D-ELが得られる可能性があることから、EL層の耐熱性を向上できればさらに、最適条件での成型が可能になり、成形性も向上できると考えられる。

また、加熱時間短縮においては加熱装置の設定温度を金型温度をよりも高く設定することで、時間短縮が可能である一方、今回得られた試験結果より、ELシートの加熱温度は140 以上を必要とする。現行加熱装置の最大設定温度は150 であるため、量産時に加熱時間短縮を行うためには、加熱装置のさらなる高温化が必要となってくることが考えられる。

(2) プレスモーション相關による成形検証実験

ELシート成形時、成形速度とELシートの成形性相關検証を行う事を目的とする。

検証条件

検証は条件毎による差異を明確化するため、成形限界(R3.0、H3.0)を超えたR3.0、H3.5で実施した。

条件は表3のとおりとし、成形速度を可変させて検証を行う。

また、加熱温度相關の検証と同様に、相關テスト結果を数値的に判定するため、表2に記載の判定条件にて相關確認を行うものとした。

<表10:プレスモーション相關 検証条件>

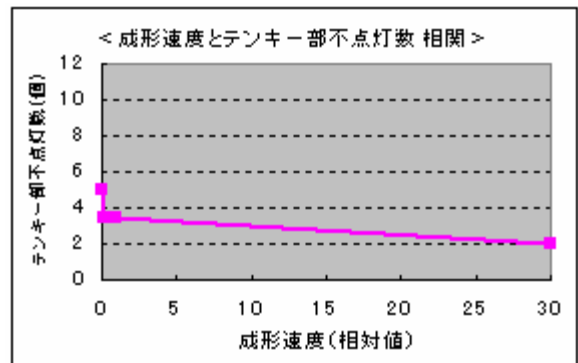
EL仕様	基 材	PC380 μm	
	発光形状	全面発光	
		実験に用いたELシート外観(成形前)	
			
		非点灯時	点灯時
加熱装置	金型温度	130	
成形装置	成形金型	H22度製作 張出成形金型	
	パンチR	テンキー部	: R3.0mm
		ドーム部	: R5.0mm
	ダイスR	テンキー部	: R0.5mm
		ドーム部	: R0.5mm
	張出高さH	テンキー部	: H3.5mm
	ドーム部	: H3.0mm	
	成形速度 (単位:相対値)	(1) 0.05 (2) 0.1 (3) 1 (= 5mm / sec) (4) 30	
		単位は(3)を1とした場合の相対値	

検証結果

検証した結果を以下 ～ に記載する。

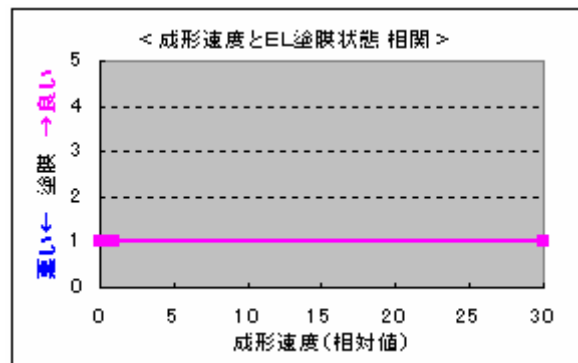
ア. プレスモーションと不点灯発生数の相関

成形速度が速い程、不点灯の発生数は減少する傾向が認められた。(右グラフ参照)



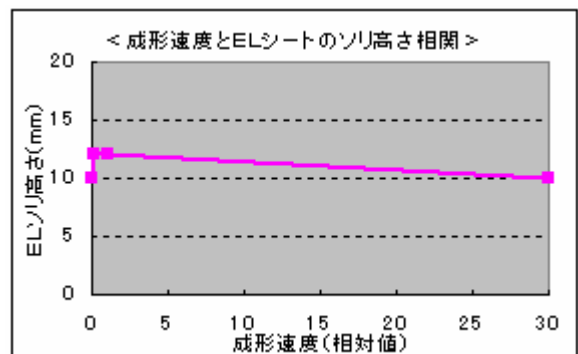
イ. プレスモーションとEL塗膜状態の相関

成形速度とEL塗膜の破損状態に相関は認められなかった。(右グラフ参照)



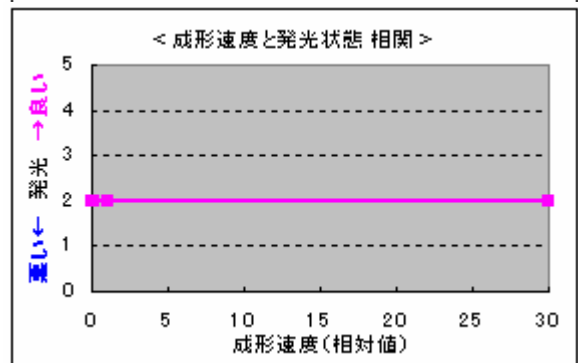
ウ. プレスモーションとELのソリの相関

ややバラつきがあるものの、成形速度が最も遅い条件と最も早い条件で、差異が無い結果から、プレスモーションとELのソリ高さには相関が無いと考えられる。(右グラフ参照)



エ. プレスモーションと発光状態の相関

成形速度と発光状態に相関は認められなかった。(右グラフ参照)



プレスモーション相関による成形検証まとめ

今回評価を行ったプレスモーション(成形速度)を加速させた範囲では、EL成型後の塗膜状態、発光状態、ソリ・歪みの外観について、なんら悪影響が認められない結果であった。

よって、成形時間をさらに短縮できる余地があることが確認できた。今後は成型時間の短縮を進め、量産成型条件を煮詰めて行く必要がある。

2 - 8 成型限界の検証

H22年度は、10キー部の張出し高さについては、H21年度のキーエッジ部の $R=1.0\text{mm}$ から、 $R=0.5\text{mm}$ と厳しい設計値に設定した背景から、張出し限界が $H=2.0\text{mm}$ から 1.5mm に低下する傾向が認められた。

H23年度は、10キー部の張出し高さについては、キーエッジ部 $R=1.0\text{mm}$ に戻しながら、 $R=1.5\text{mm}$ 又は、ドーム形状の水準を加え、成型限界を検証。

多面張出し操作パネルの成型型で、H21年度の成型張出し高さ限界 $H=2.0\text{mm}$ 以上を再現することを目標とする。

(1) パンチRと張出し高さの相関検証

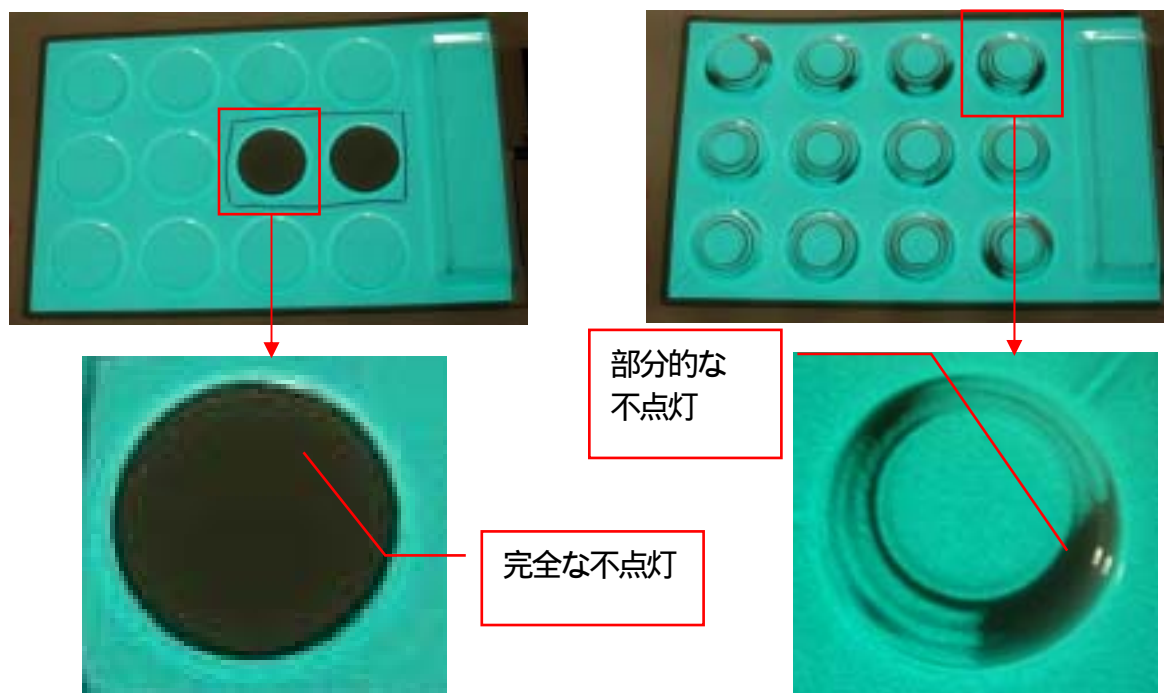
パンチRを変化させた時の成型張出し高さ限界との相関確認を行う。又、北海道立総合研究機構にて成形不点灯部分の変位分析を行い、パンチRとの相関を確認する。

検証条件

検証条件は表11に示す。

テンキー部のパンチR寸法が $R0.5$ 、 $R1.0$ 、 $R2.0$ 、 $R3.0$ 、 $R5.0$ の5種類で成形を行い、それぞれのR寸法毎にテンキー部が完全に不点灯に至る張出高さHとの相関確認を行う。

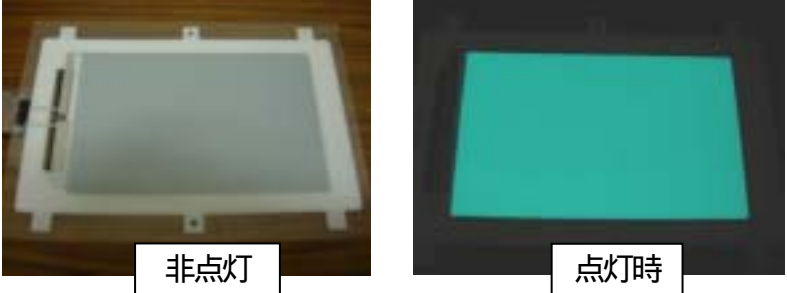
なお、本項で記載している“完全な不点灯”、及び“部分的な不点灯”とは、図31、図32に示すEL不点灯の状態を表すものとする。



< 図31:完全な不点灯 >

< 図32:部分的な不点灯 >

<表11:パンチR相關検証実験条件表>

EL仕様	基 材	PC 380 μ m
	発光形状	全面発光
		実験に用いたELシート外観(成形前)
		
加熱装置	金型温度	130
成形装置	成形金型	H22年度製作 張出成形金型
	パンチR	テンキー部: R 0.5、R 1.0、R 2.0、R 3.0、R 5.0 mmの5種 ドーム部: R = 5.0 mm
	ダイスR	テンキー部: R = 0.5 mm ドーム部: R = 0.5 mm
	張出高さH	テンキー部: 完全な不点灯が発生する張出高さ ドーム部: H = 3.0 mm固定
	成形速度	5 mm / sec (基準SPM = 10、工程SPM = 10)

検証結果

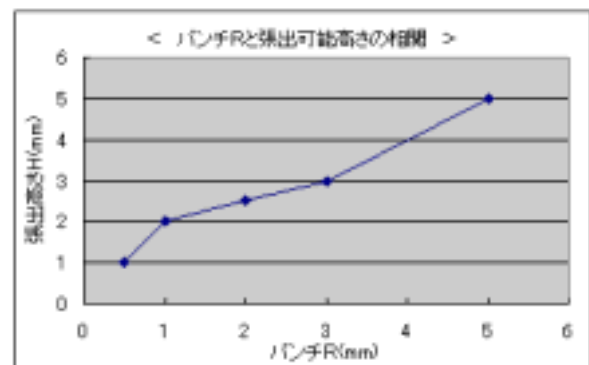
パンチRと張出可能高さ相關として、表12、図13に示す相關が得られた。

なお、テンキー部の完全な不点灯、パンチR部の部分不点灯は、北海道立総合研究機構にて断面観察を行い、不点灯要因の調査を実施した。

<表12:パンチRと張出可能高さ相關>

パンチ R (mm)	張出可能高さ (mm)
0.5	1.0
1.0	2.0
2.0	2.5
3.0	3.0
5.0	5.0

<図13:パンチRと張出可能高さ相關グラフ>



まとめ

パンチ R 寸法と張出高さ相關について、数値的なグラフデータを得る事が出来た。

また、北海道立総合研究機構にて、不点灯品の分析を行った結果、メカニズムも解明されてきており、データを蓄積する事で、今後の製品設計、改良に活用できる。

(2) EL厚みと成形性の相関検証

ELシートの成形限界を向上させる目的で、EL層の膜厚を変化させることで成形性が向上するか成形性との相関を確認する。

検証条件

ELシートは複数の層により構成されており、それぞれの層の膜厚が変わる事で、ELシートの電気性能に影響を及ぼしてしまう。従って、出来るだけELシートの電気性能に影響の無いと考えられる誘電体層を選択し、この層の膜厚を変化させて成形検証を行った。検証条件は表13に示す。

<表13:成形限界 向上検証条件>

EL仕様	基 材	PC380 μ m	
	誘電体層 厚さ	(1) 薄い(5 μ m) (2) 標準(10 μ m) (3) 厚い(15 μ m)	
	発光形状	全面発光	
		実験に用いたELシート外観(成形前)   非点灯 点灯時	
加熱装置	金型温度	130	
成形装置	成形金型	H22年度製作 張出成形金型	
	パンチR	テンキー部	: R0.5mm、R3.0mm
		ドーム部	: R5.0mm
	ダイスR	テンキー部	: R0.5mm
		ドーム部	: R5.0mm
	張出高さH	テンキー部	: 各条件による
		ドーム部	: R5.0mm
	成形速度	5mm / sec (基準SPM = 10、工程SPM = 10)	

検証結果

EL層に破断が発生した場合、破断発生箇所のELシートは不点灯に至ることから、判定条件としてテンキー部の不点灯数により判定を行った。

表14に記載の結果より、パンチR3.0mm、張出高さ3.0mmの場合において、誘電体層の膜厚が薄いものはELシートの不点灯数が減っているものの、北海道立総合研究機の断面分析の結果からは、誘電体層の膜厚に関わらず、基材以降全ての層が同様に破断している断面観察結果より、パンチR3.0mm、張出高さ3.0mmの条件では不点灯発生数のバラつきで差異が出た可能性が推定され、誘電体層の厚みと成形限界に相関関係は無いと考えられる。

< 表14 : 誘電体層の厚みと成形限界の相関結果 >

パンチR(mm)	張出高さ(mm)	膜厚5 μ m:薄い 不点灯数	膜厚10 μ m:標準 不点灯数	膜厚15 μ m:厚い 不点灯数
0.5	1.0	12箇所	10箇所	12箇所
	1.5	12箇所	12箇所	12箇所
3.0	2.5	1箇所	0箇所	1箇所
	3.0	2箇所	10箇所	12箇所
	3.5	9箇所	10箇所	11箇所

まとめ

今回行った誘電体層の膜厚相関検証において、北海道立総合研究機構の分析結果からも、破断状態に誘電体膜厚との相関は認められない結果がえられており、誘電体層の膜厚5 μ m~15 μ mの範囲では、成形性に影響しないことが確認できた。

第3章 インサート成形

立体成型された3D-ELの形状や剛性を維持するため、またスイッチ等の部品と組み合わせて使用する際、キー部への押し力を組み合わせられた部品へ伝えるため、3D-ELの凹部に樹脂を流し込む必要がある。3D-ELとして、耐久性を確認する。

3-1 インサート成形の基礎実験（担当：地方独立行政法人 北海道立総合研究機構）

本研究では、射出成形用金型に立体成型された3D-ELを配置し、熔融された樹脂を高圧で射出する方法を開発する。射出成形用金型の内部環境は、200数十度、数十MPaとなる。そこで、射出成形用金型の開発前に3D-ELの耐熱・耐圧性について検討した。また、インサートする樹脂の3D-ELへの密着性を検討して、樹脂選定を行う。

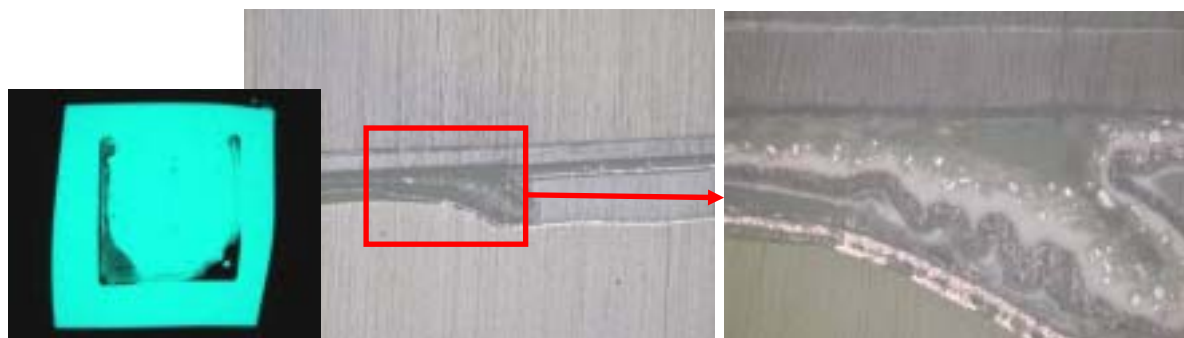
（1）耐熱・耐圧性実験

射出成形時に想定される温度と圧力におけるELシートの挙動を把握するため、ホットプレスを用いて分析・評価を行った。写真2に、ホットプレス全景ならびに圧縮風景を示す。想定される樹脂のうち、融点の高いものがPET（260℃、射出圧力 60MPa）であることから、加熱温度を 260℃、加圧力を 1MPaとした。加圧力に関しては、装置の制約から低い圧力とした。



<写真1 ホットプレス全景ならびに圧縮風景>

写真2に加熱・加圧後のELシート断面写真を示す。加圧された部分に不点灯が見られ、その断面写真にも層がゆがんだ状態が見られる。加熱されたプレートが上下に動く機構では、ELシートに均一な圧力を加えることができないため、左右方向の力が発生して、EL内部の樹脂層に歪みやしわができ、層間はく離や層の短絡により不点灯になったと考えられる。そのため、耐圧性の実験は射出成形機で行うこととした



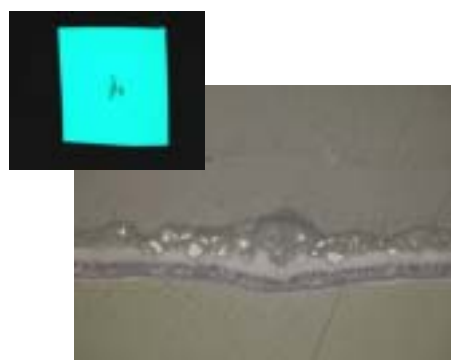
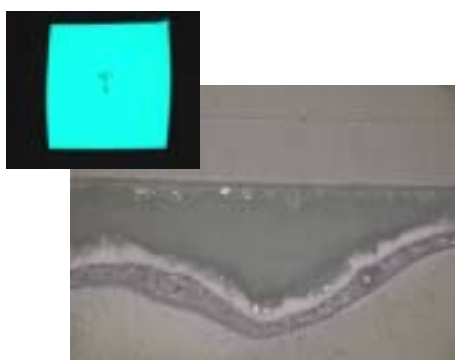
<写真2 加熱・加圧後のELシート断面写>

(2) 耐熱性実験

加熱・溶解した樹脂を用いて、ELシートの耐熱性実験を行った。使用した樹脂はPP (Poly Propylene:ポリプロピレン)で、ホットプレートで 260 ℃ に加熱・溶解し、ELシート裏面に塗布して断面の観察を行った。写真3に、樹脂溶解ならびに樹脂塗布の様子を、写真4に、ELシートの不点灯部の断面写真を示す。



< 写真3 樹脂溶解ならびに樹脂塗布の様子 >



< 写真4 不点灯部の断面写真(基材 左:PET、右:PC) >

発光させた場合、基材材質がPET、PC両方のELシート中央部に不点灯部が見られる。断面を見ると、EL蛍光体層上面ではなく離れており、これが不点灯の原因と考えられる。射出成形時にも同様のはく離が考えられるため、EL蛍光体接着層の機能性向上、耐熱のために設けられている絶縁層の機能性向上を検討することとした。

EL蛍光体接着層の機能性向上としては、膜厚増加(3→7 μm)、接着層の材料変更を行い、絶縁層の機能性向上としては、膜厚増加(24→37 μm)を行い、ELシートを試作して耐熱性実験を行った。表1に耐熱性実験の結果を示す。

< 表1 耐熱性実験の結果 >

材質	No.	改造品名	基材厚	1	2	3
PET	1	耐熱層膜厚増加	100 μm	×	×	×
	2	EL接着層膜厚増加		○	○	○
	3	EL接着塗料変更+耐熱層膜厚増加		○	○	×
PC	1	耐熱層膜厚増加	100 μm	×	×	×
	2	EL接着層膜厚増加				
	3	EL接着塗料変更+耐熱層膜厚増加		×	×	×

注) 不点灯は×、点灯しているが基材に歪みが見られる場合は

耐熱層の膜厚を増加させたものは、基材材質がPET、PCともに効果が見られなかった。EL蛍光体接着層の膜厚を増加させたものとEL蛍光体接着層の材質を変更したものは、基材材質により差がみられるが、耐熱性向上に効果があると考えられる。射出成形時には、圧力の条件も加味されることから、今回試作した製品を用いて実験することとした。写真5に、EL蛍光体接着層の膜厚を増加させた製品の断面写真を示す。



<写真5 接着層膜厚増加品の断面写真(基材 左:PET、右:PC)>

(3) 樹脂の密着性実験

立体成形された3D-ELの凹部にインサートする樹脂を選定するに当たり、接着剤の接着強さ試験法(JIS K 6850、JIS K 6854)を用いて実験を行った。JIS K 6850は、接着接合物の重ね合わせ引張せん断強さを測定するもので、JIS K 6854は、接着組立物の180度はく離強さを測定するものである。2枚の被着材のうち、1枚をELシート、もう1枚をシート状にした対象樹脂とした。図2に、両測定方法の概要図を示す。



引張せん断強さ
(JIS K 6850)

180度はく離強さ
(JIS K 6854)

<図1 接着強さ試験法の概念図>

樹脂と試料の製作方法

実験対象に選んだ樹脂は、汎用的に使用されているPE(Poly Ethylene:ポリエチレン)、PP、PS(Poly Styrene:ポリスチレン)、PC、PETの5種類である。

試料は、2軸押出機を用いて樹脂を溶解し、ELシートの配置された金属プレートに押し出して加圧し、板状に成形した。使用した2軸押出機は、小型2軸混練機(TEM 26SS:東芝機械(株)製)で、φ26mmのスクリュ2本で溶解した樹脂を混練できる。写真6に、装置外観と成形した試料を示す。

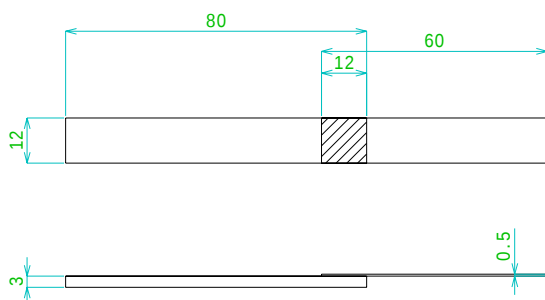


< 写真6 装置外観と成形した試料 >

5種類の樹脂を用いて試料を成形した結果、PP、PE、PSの3種類は、成形後にELシートと分離し、試料作成に至らなかった。そこで、ELシートと密着したPCとPETを用いた試料で接着強さの実験を行った。

引張せん断強さの測定

ELシートと樹脂を密着させて板状に成形した試料を、幅 12mmの短冊状に切断して試験片とした。接着部の長さは、12mmとした。図3に試験片の図面、写真8に試験片の外観を示す。



< 図2 試験片の図面 >

< 写真7 試験片の外観 >

接着強さの試験に用いた測定器は、オートグラフ AG - 250kND (株島津製作所製(写真8))である。表2に、せん断力の測定結果、写真10に、せん断後の試験片の状態を示す。



< 写真8 オートグラフ AG - 250kND (株島津製作) >

<表2 せん断力の測定結果>

No.	材質	幅 (mm)	接着部長さ (mm)	破断力 (N)	最大せん断応力 (MPa)	平均 (MPa)	備考
1	PC	11.74	11.98	250.59	1.78	1.80	引張速度 :1mm/min
2		11.88	12.01	260.25	1.82		
3		11.42	10.59	218.13	1.80		
4	PET	11.61	11.95	253.63	1.83	1.81	
5		11.81	11.42	248.19	1.84		
6		11.91	11.36	238.91	1.77		

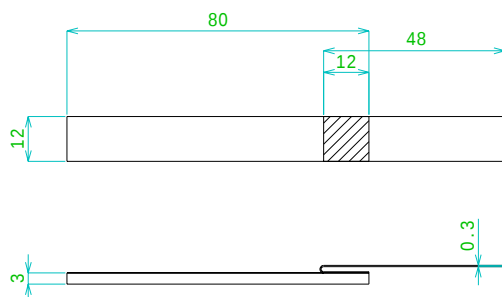
PC、PETの試験片ともに最大せん断応力が、ほぼ 1.8MPa となっている。せん断後の試験片写真を見ると、接着面ではなくELシート内部がはく離していることから、この値は、ELシート基材のせん断力であると考えられる。せん断強さの測定結果からは、PC、PETともに十分な密着力があると考えられる。



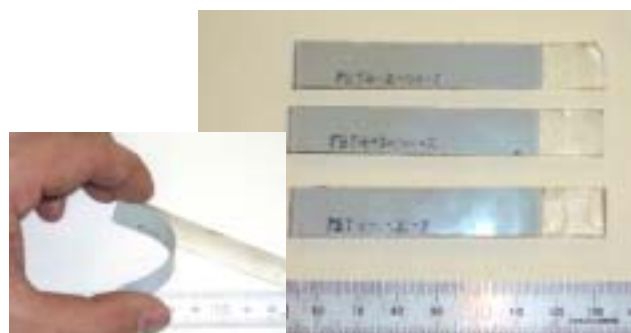
<写真9 せん断後の試験片の状態 >
(上:PC下:PET)

180 度はく離強さの測定

せん断力の試験片と同様に、幅 12mmの短冊状のはく離用試験片を製作して測定を行った。図4に試験片の図面、写真10に試験片の外観を示す。測定器は、オートグラフAG - 250kND (株)島津製作所製を用いた。表3に、180 度はく離力の測定結果、写真11に、はく離後の試験片の状態を示す。



<図3 試験片の図面>



<写真10 試験片の外観>

試験片の平均はく離力の平均が、PCでは 9.14N、PETでは 6.32Nであり、PCの方がPETに比べてはく離力が高い。はく離後の試験片の状態を見ると、PCの試験片の方に多くELシートの構成物が付着していることから、はく離力の違いが分かる。

<表3 180度はく離力の測定結果>

No.	材質	平均はく離力 (N)	平均 (N)	備考
1	PC	9.30	9.14	引張速度 :100mm/min
2		9.00		
3		9.13		
4	PET	6.75	6.32	
5		6.23		
6		5.97		



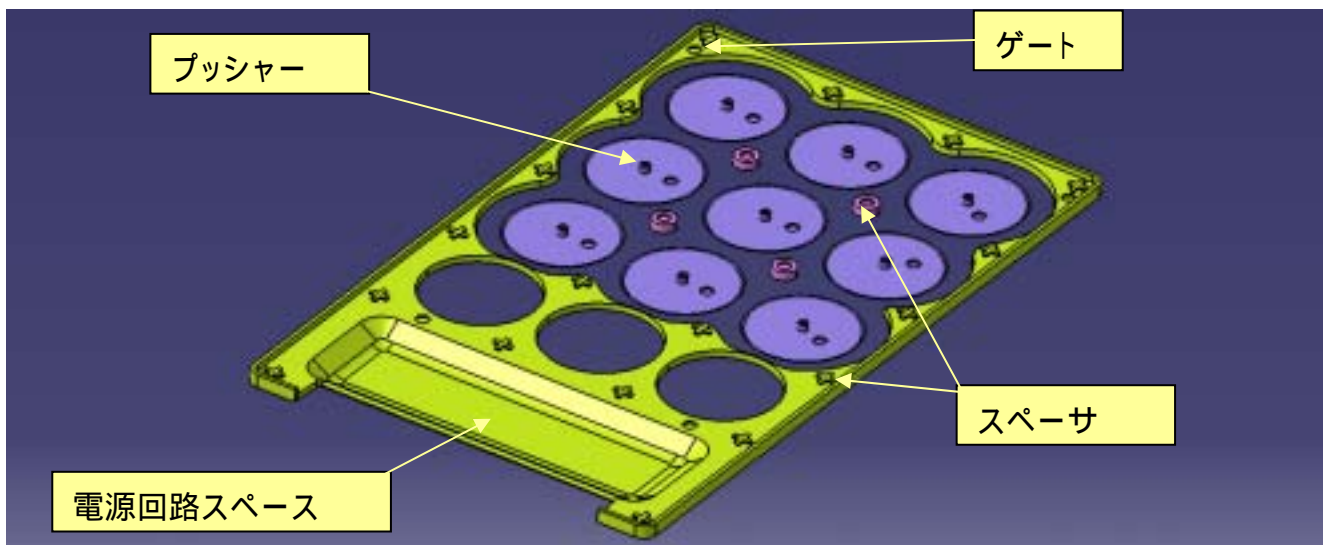
<写真11 はく離後の試験片の状態>
(上:PC下:PET)

3 - 2 インサート成形型の設計

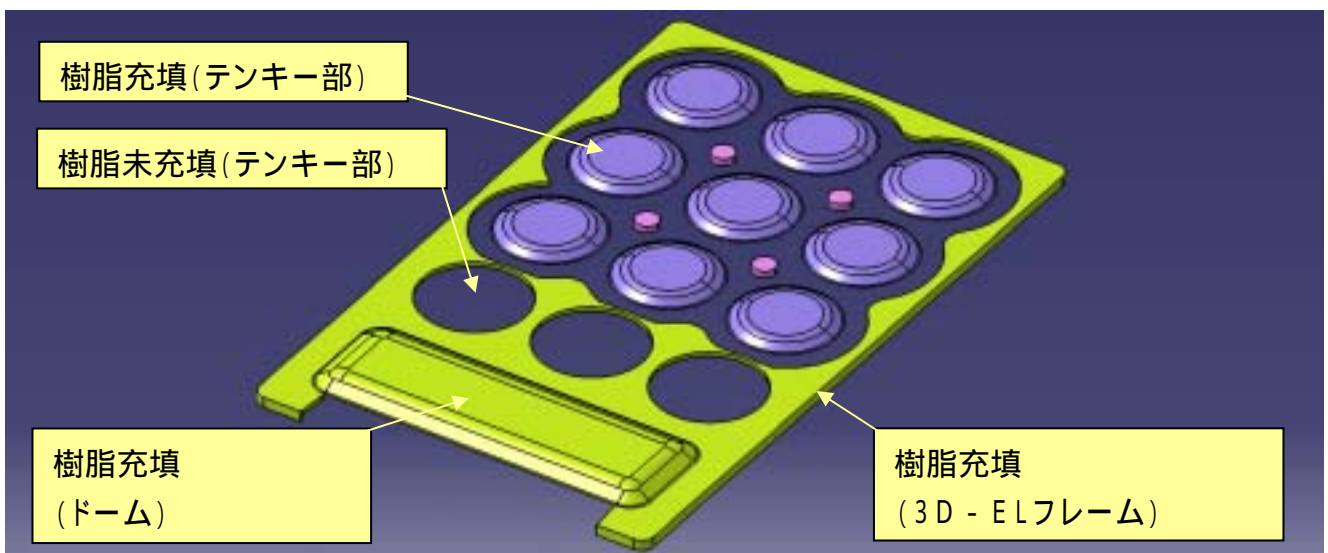
(担当:株式会社 セコニック電子 函館事業所)

H22年度は、「多面張出し操作パネル」形状の成形金型に合わせたインサート成形型の金型設計を行い、H23年度は、「多面張出し操作パネル」形状に合わせて、インサート成形型を製作した。

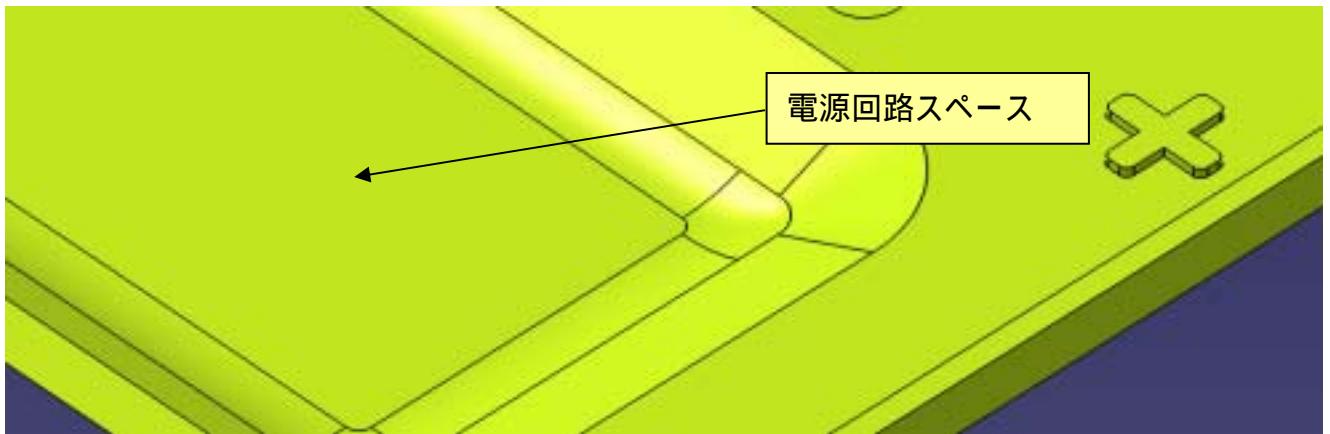
射出樹脂の形状は、H22年度に製作した多面張出し操作パネル成形型をベースに、テンキー部の凹部は樹脂充填した部分と充填した部分を形成、電源回路収納スペース、外周を樹脂で補強する構成として検証することにした。なお、インサート成形型は3次元CADでの設計を行い、ゲート位置については、成形型メーカーの指導を受けながらで設定し、図4～図6に示すインサート成型を製作した。



< 図4 : 樹脂形状 背面視図 >



< 図5 : 樹脂形状 EL接触面視図 >



< 図6：樹脂形状 電源回路スペース拡大 >

3 - 3 インサート成形検証

多面張出し操作パネルの成形に加えてインサート成形を行い、3D - ELのインサート成形後の、発光欠陥や、外観損傷の無い条件を見いだす事を目標に、以下の4条件を試作検証した

充填樹脂の種類による関連検証

充填樹脂として、平成22年度に選定した“PET”と“PC”の2種類の樹脂を検証

インサート成形機の各種設定条件による関連検証

金型温度、充填樹脂温度、樹脂充填条件(時間、圧力、速度)、等

ELシートの構成差による関連検証

EL層材料の違い、基材フィルムの厚みの違い

打鍵耐久試験

家電等の操作パネルを前提に、150gf の押圧で変形、損傷しない剛性、30万回程度の打鍵耐久試験で、打鍵部の発光状態に異常なき事を目標とする。

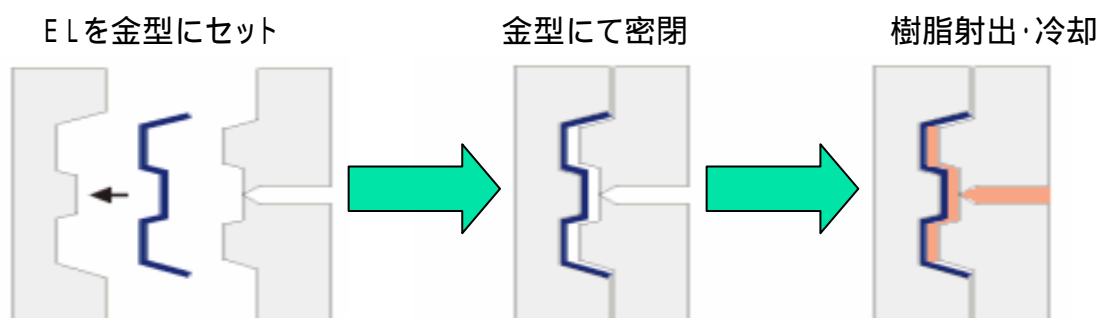
(1) インサート成形の工程

成形手順(図7)として、H22年度に製作した「多面張出し操作パネル」金型で張出成形した3D - ELをインサート成形型にセットする。

次にインサート上下型で3D - ELを挟み込み、熔融した樹脂を金型内に射出する。

この時、上下型に設けられている空間に樹脂が充填される。

樹脂が冷却・固化した後、インサート上下型が開き、3D - ELを金型から取り出し、完成となる。



< 図7：インサート成形の工程 >

(2) インサート成形用サンプル

インサート成形はELシートの発光が、全面発光とパターン発光の2種類で実施した。(図8)
検証実験には、不良箇所の特定を行い易い全面発光のELシートを用い、パターン発光のELシートは条件出し完了後の見本サンプルとして、インサート成形を行った。



< 図8：インサート成形検証用 張出成形済み3D - EL >

(3) インサート成形実験装置



< 図9：インサート成形装置 >

(4) 充填樹脂の種類による相関検証

検証条件は表4に記載のとおりとし、射出樹脂にはH22年度に選定した射出樹脂のPET (ポリエチレンテレフタレート)、PC (ポチカーボネート) の2種類を用いた。

< 表4: 充填樹脂の種類による相関検証 条件表 >

EL仕様	基 材	PC 380 μ m
	発光形状	全面発光
張出成形仕様	成形金型	H22年度製作 張出成形金型
	テンキー部	パンチR3.0mm、ダイスR0.5mm、 張出高さH:2.0mm
	ドーム	パンチR5.0mm、ダイスR0.5mm、 張出高さH:3.0mm
射出成形仕様	成形金型	H23年度製作 インサート成形金型 
	射出成形装置	メーカー: 東芝機械(株) 型 式: EC100SX-3A 北海道立総合研究機構 工業試験場 殿保有 
	金型温度	常温(20~25) 温調機使用せず
	射出樹脂温度	270~300 (各条件による)
	充填圧力	100~125MPa (各条件による)
	保圧	各条件による
	射出樹脂1: PET	メーカー: 三菱エンジニアリングプラスチック(株) グレード: 7022IR 溶融温度: 約260
	射出樹脂2: PC	メーカー: ユニチカ(株) グレード: MA-1340P 溶融温度: 約250

< 検証結果 >

インサート成形品は、「インサート成型品のソリ・歪み」、「充填樹脂との密着性」、「不点灯発生状況」、「塗膜状態」の4項目を評価項目とし、インサート条件毎に比較・評価を行った。

ELシートのソリ・歪み

射出する樹脂の種類によってソリの発生程度に差があり、射出する樹脂はPCよりもPETの方がインサート成形後のELシートのソリが少ない結果であった。(図10)



< 図10：射出樹脂の種類によるELシートのソリ >

射出樹脂とELシートの密着性

射出樹脂のPC、PET共にELシートとの密着性は良好で、簡易的な評価としてインサート成形後に射出した樹脂を剥そうとすると、EL印刷層下で層間剥離が発生することから、EL印刷層間よりも射出樹脂とELシート塗膜表面の密着性は強固であると判断できた。

ELシートの不点灯発生状況

テンキー部の張出形状の立上り側面に部分的な不点灯が発生していた。
また、射出樹脂のある部分と無い部分の境界線が、ライン状の不点灯となっていた。
何れの条件においても、不点灯の発生に差異は認められなかった。(図11)



< 図11：インサート成形後のEL発光状態 >

印刷塗膜の状態

インサート型の4隅のゲート位置に当る箇所で、EL層の塗膜が溶融していた。塗膜の溶融程度は射出樹脂によってやや差があり、射出樹脂がPETよりもPCのほうが塗膜の溶融する割合が大きい結果であった。(図21)



< 図12：射出樹脂の種類によるELシートのソリ >

上記検証結果より、射出した樹脂のPETとPCの種類差によりELシートのソリ・歪み、印刷塗膜の状態に差異が確認出来、PET樹脂の方はソリが少なく、また塗膜の溶融も軽微な結果が得られた。射出樹脂別の評価結果を表9に記載する。

< 表5：射出樹脂の違いによるインサート成形品の仕上り品位 >

射出樹脂	ソリ歪み	密着性	不点灯	塗膜の溶融	総合評価
PET		○	×		
PC	×	○	×	×	×

(5)_インサート成形条件による関連検証

インサート成形機の各種条件設定を調整し、インサート成形の際、ELシートに加わる負荷を軽減させる方向で最良条件を見出し、製品の品位を向上させるため、表7に記載した内容で検証を行った。なお、共通条件は表6に記載する。

また、今回検証に用いた充填樹脂には、全項の充填樹脂の種類による関連検証より得られた結果から、PETを選択した。

< 表6：インサート成形機の各種設定条件による相関検証 共通条件表 >

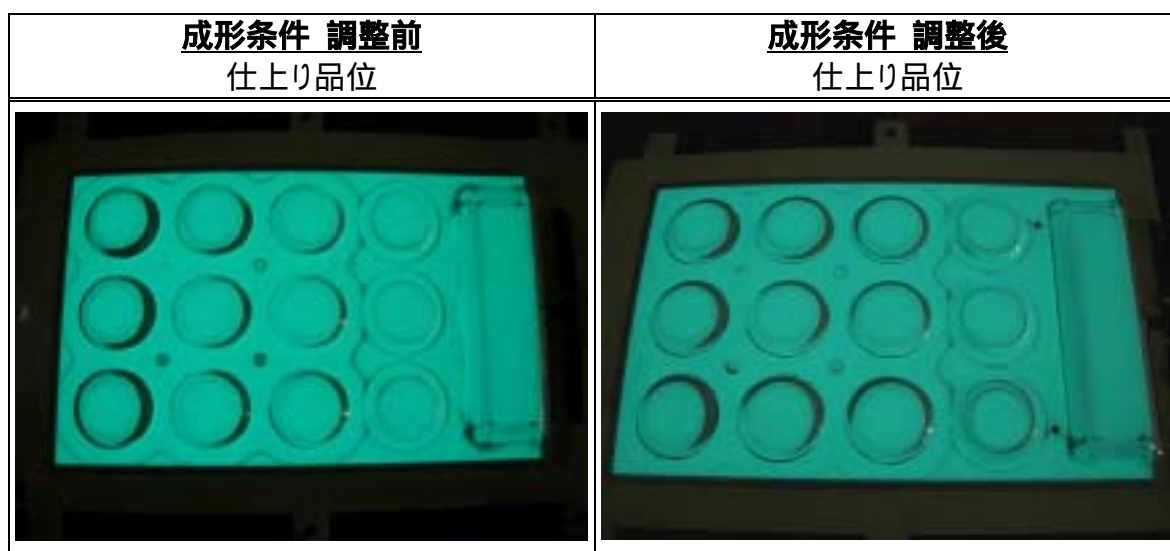
EL仕様	基 材	PC380 μ m
	発光形状	全面発光
張出成形仕様	成形金型	H22年度製作 張出成形金型
	テンキー部	パンチR3.0mm、ダイスR0.5mm、 張出高さH2.0mm
	ドーム	パンチR5.0mm、ダイスR0.5mm、 張出高さH3.0mm
射出成形仕様	インサート型	H23年度製作 インサート成形金型
	成形機	メーカー：東芝機械(株) 型 式：EC100SX-3A 北海道立総合研究機構 工業試験場 殿保有
	射出樹脂 PET	メーカー：三菱エンジニアリングプラスチック(株) グレード：7022IR 溶融温度：約260

< 表7：インサート成形機の各種設定条件による相関検証 内容一覧 >

実験No	検証項目	基材	ELへの負荷を軽減すると推定される条件
1	金型温度 相関	PC380 (μ m)	より低い温度
2	樹脂温度 相関	PC380 (μ m)	より低い温度
3	樹脂充填圧力 相関	PC380 (μ m)	より小さい圧力
4	樹脂充填時間 相関	PC380 (μ m)	より短い時間
5	樹脂充填速度 相関	PC380 (μ m)	より早い速度(時間短縮)
6	最良条件集約 改善効果確認	PC380 (μ m)	実験No1～5の最良条件を集約し、条件調整前の仕上り品と比較し、改善効果の確認を行う。

< 検証結果 >

実験No1～5より得られた相関結果から、ELへの負荷を軽減させる方向で最良の成形条件を見出し、インサート成形条件調整前の仕上り品位と比較を行ったが、図2.2に示す発光状態の比較写真の通り、発光品位に大きな変化は認められないことから、インサート成形条件で調整可能な範囲では、ELシート発光品質への悪影響は、殆ど無いと推定される。



< 図13：インサート成形条件と仕上り品位の相関 >

(6) ELシートの構成差による相関検証

EL基材、層間接着材の違いにより、インサート成形品の仕上り、発光品位への影響を確認するため、EL基材の厚み違いによる相関及び、層間の接着材料の違いによる相関検証を行った。検証条件は表8に記載のとおりとする。

< 表8：ELシートの構成差による相関検証 >

EL仕様	基 材	PC380 μ m、PC100 μ m
	接着材料	従来品、変更品
	発光形状	全面発光
張出成形仕様	成形金型	H22年度製作 張出成形金型
	テンキー部	パンチR3.0mm、ダイスR0.5mm、 張出高さH2.0mm
	ドーム部	パンチR5.0mm、ダイスR0.5mm、 張出高さH3.0mm
射出成形仕様	インサート型	H23年度製作 インサート成形金型
	成形機	メーカー：東芝機械(株) 型 式：EC100SX-3A 北海道立総合研究機構 工業試験場 殿保有
	射出樹脂 PET	メーカー：三菱エンジニアリングプラスチック(株) グレード：7022IR 溶融温度：約260

< 検証結果 >

EL層材料が変わる事で、不点灯の発生状況と塗膜の溶融程度に差異が認められ、EL層変更品は従来の構成よりも良い仕上り品位となる結果が得られた。

さらに、基材の厚みによっても不点灯と歪みの発生状況に差異が認められた。

基材の厚みによる相関として、基材が薄いものは不点灯が発生し辛い傾向にあるものの、インサートされる樹脂がある部分と無い部分の境界付近でELシートに歪みが発生しており、非発光時の表面(発光面側)からの見栄えが悪くなっている。

EL構成条件毎の比較評価したものを表9に、比較した写真を図14に記載する。

< 表9：EL構成条件と仕上り品位の相関評価 >

基材	EL層材料	密着性	ソリ・歪	不点灯	塗膜状態	総合評価
PC380 (μm)	従来品	○		×		
	変更品	○		×	○	
PC100 (μm)	従来品	○	×			~ ○
	変更品	○	×	○	○	○

	基材：PC380 μm	基材：PC100 μm
発光外観 EL層材料：従来品		
発光外観 EL層材料：変更品		
非発光外観		

< 図14：EL構成条件と仕上り品位の相関 >

(7) 打鍵耐久性検証

インサート成形品の性能確認として、打鍵試験を実施した。

試験サンプルは基材にPC380 μm 、PC100 μm のインサート成形品を使用し、

押圧力については、実施計画に記載していた150gfの場合、押圧力が不足して、加圧されない状態であったため、携帯電話のキーSWで荷重規格が厳しい700gfの押圧力に変更して実施した。

その他、検証条件は表10に記載のとおりとする。また、試験外観を図15に記載する。

<表10:打鍵耐久試験 検証条件>

試験サンプル	3D - EL インサート成形品	PC380 μm 、PC100 μm
打鍵条件	試験機器	SK電子 内製試験機
	押圧力	700gf
	打鍵回数	30万回
	打鍵速度	約1万回 / hr



<図15:打鍵試験外観>

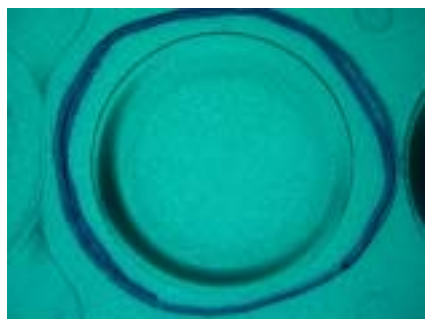
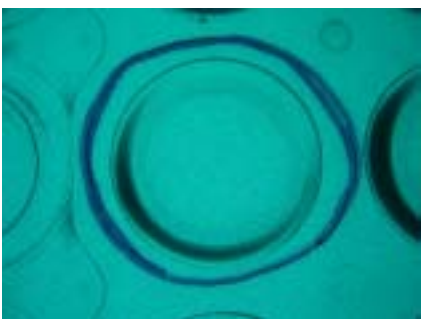
<検証結果>

基材PC380 μm のインサート成形品は、打鍵試験の前後でELの電気特性、外観状態に変化は認められず、打鍵性能を満足している。

一方、基材PC100 μm のインサート成形品は、打鍵試験の前後で電気特性に影響は無いものの、試験後に打鍵部のキー周囲(張出成形の立上り部)の部分的な不点灯が拡大していた。基材が薄く柔軟なために、充填樹脂のある部分と無い部分の境界に、繰り返し応力が集中し、EL塗膜が破損した事により発光状態に変化が出たと考えられる。

検証データは表11、表12に記載する。

< 表 11 : 打鍵試験検証データ 基材PC380 μm >

評価項目		試験前	試験後
電気性能	輝度	50.6 cd / m ²	50.4 cd / m ²
	色度	X / Y = 0.176 / 0.357	X / Y = 0.175 / 0.353
	電流	13.86 mA	13.88 mA
外観状態	非発光 (全体)		
	非発光 (拡大)		
	発光 (全体)		
	発光 (拡大)		

<表12:打鍵試験検証データ 基材PC100μm>

評価項目		試験前	試験後
電気性能	輝度	51.3 cd/m ²	51.1 cd/m ²
	色度	X/Y=0.175/0.355	X/Y=0.174/0.357
	電流	14.99 mA	14.99 mA
外観状態	非発光 (全体)		
	非発光 (拡大)		
	発光 (全体)		
	発光 (拡大)		

3 - 4 インサート成形検証のまとめ

- 充填する樹脂をPC、PETの2種類で比較した場合、3D - ELシートのソリ・歪みが少なく、また、塗膜の破損も少ない“PET”が良いと判断出来る。
- インサート成形機の各種設定において、ELへの負荷が少ないと思われる最良条件を見出し、検証を行ったが、条件調整前後で3D - ELの製品品位は変わらない結果から、インサート成形機による品位向上は難しいと判断出来る。
言い換えると、インサート成形機の設定条件は、3D - ELの製品の品位には影響しないという事が言える。
- EL層材料は従来品、変更品の2種類で比較した場合、“変更品”の方が、ELシートの発光品位が若干良い結果であった。
- 基材フィルムの厚みはPC380 μ m、PC100 μ mの2種類で比較した場合、“PC100 μ m”の薄い物のほうが発光品位は良い結果であった。 但し、EL製品内に充填樹脂がある部分と無い部分が存在する場合、形状の歪みが大きく、非発光時の外観品位が悪化する。
従って、今後インサート樹脂の形状設計時には、十分留意する必要がある。
- 基材フィルムの厚みがPC380 μ mの場合は打鍵性能に問題が無いが、基材にPC100 μ mを用いる際は、打鍵部分でEL塗膜が破損してしまうことから、充填樹脂の形状を十分留意する必要がある。
- インサート成形を行った3D - ELは、部分的な不点灯が発生しており、原因はEL内部の層の層間剥離と推定されている。 従って3D - ELをインサート成形まで行う上では、EL層材料のさらなる改良、改善が必要である。

インサート成形検証の結論

PC100 μ m 基材の3D - EL張出し品について、インサート成形後、ほぼ発光欠陥や、外観損傷の無い目標のインサート成型品を得ることができた。

経過から、インサート成型では、基礎になる張出し成形品の潜在的に損傷部分が不点灯部として現れるが、それ以上の損傷も与えないことが推定される。

よって、張出し成形時の損傷を低減し、品質を高められれば、インサート成型品はそのまま製品化できる信頼性を維持していると思われ、インサート成型品を商品化できる可能性が高い。

第4章 電極端子の確立

(担当:公益財団法人 函館地域産業振興財団)・(株)セコニック電子 函館事業所)

3D - ELは、成型工程があるため成形後に端子を接続する必要がある。その場合、平面で無く、凹凸があるのでヒートシールが難しい。構造的には、インサート成形後に凹部よりの電極の引き出し又は、電源基板の実装が望ましい。よって、過剰な加圧が必要なく、加熱接合が可能な導電性接着剤が考えられる。又、絶縁と耐湿、強度的な信頼性が要求されることから、樹脂モールド等による補強で、電極を引き出す構造を確立する。

セコニック電子は、電極端子材料の選定、試験回路製作、操作パネル成型品に合わせてEL電極端子、駆動回路実装品を試作を担当。

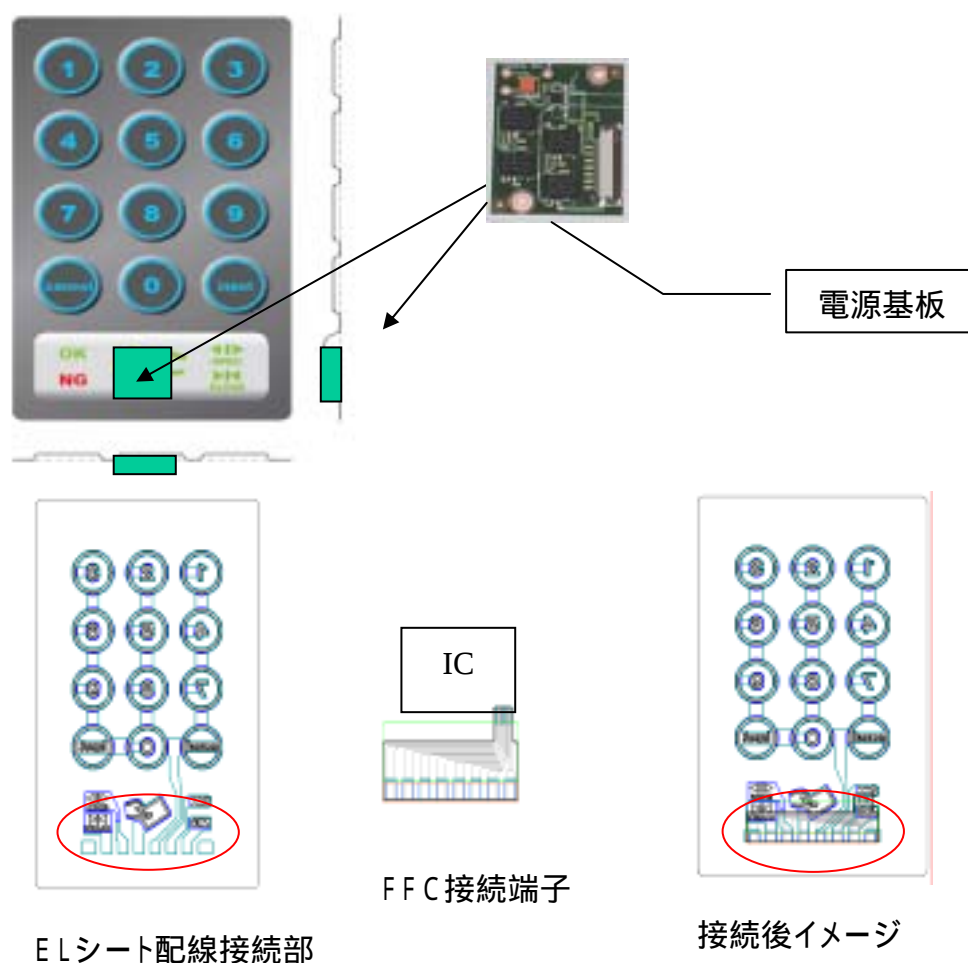
函館地域産業振興財団は、EL電極端子試験回路及び、駆動回路実装品の信頼性確認を担当した。

4 - 1 3D - ELの電極端子構成

(1)3D - EL製品の電極端子構想

図1に3D - ELの電極端子の接続構想を示す。

3D - ELは、専用の FFC 接続端子で、電源基板と接続し、モールド樹脂により一体化される。



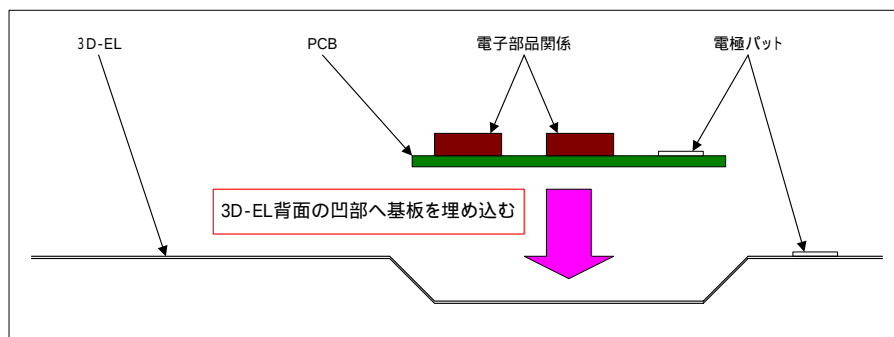
< 図1:3D - EL製品化イメージ図 >

(2) 3D - EL 電極端子構造・材料構成

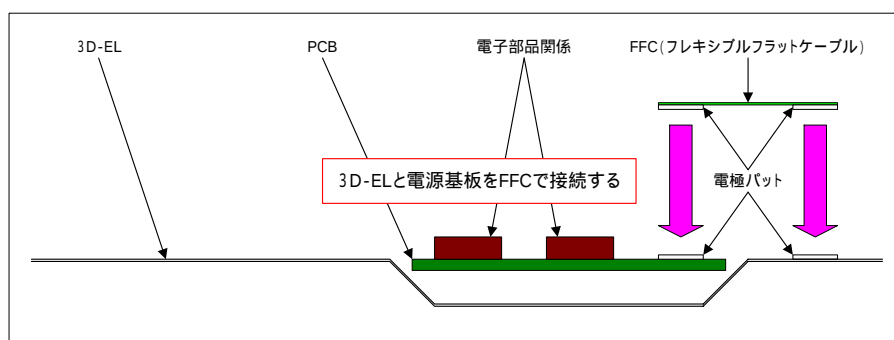
3D - EL 電極端子の構造イメージとしては、下図のように、PCBA を 3D-EL 背面の凹部に埋込み (図2)、3D-EL と PCBA 間を導電性接着剤により FFC で接続する (図3)。

さらに、PCBA、及び、FFC をモールド材で密閉保護する。

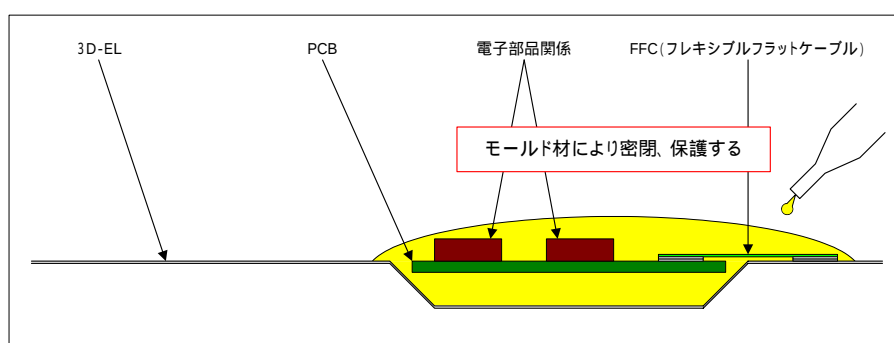
最終的に、図4の3D - EL 電源回路、電極端子一体構造となる。



< 図2 : 3D - EL 電源回路一体試作構成図 >



< 図3 : 3D - EL 電源回路一体試作構成図 >



< 図4 : 3D - EL 電源回路一体試作構成図 >

(3)電極端子用評価材料

3D - EL電極端子材料として、配線、導電接着用 Ag ペーストと補強用樹脂材について、表1に選定評価する材料と、組み合わせを示す。

< 表2：電極端子評価材料構成一覧 >

水	基材 (μ)	回路配線	配線膜厚 (μ)	導電性接着剤	補強材
1	PET100	常温乾燥型Ag	7	Ag系	シリコン系樹脂
2	PET100	常温乾燥型Ag	7	Ag系	アクリル系樹脂
3	PET100	常温乾燥型Ag	15	Ag系	シリコン系樹脂
4	PET100	常温乾燥型Ag	15	Ag系	アクリル系樹脂
5	PET100	熱硬化型Ag/C	7	Ag系	シリコン系樹脂
6	PET100	熱硬化型Ag/C	7	Ag系	アクリル系樹脂
7	PET100	熱硬化型Ag/C	21	Ag系	シリコン系樹脂
8	PET100	熱硬化型Ag/C	21	Ag系	アクリル系樹脂
9	PET100	熱硬化型Ag	7	Ag系	シリコン系樹脂
10	PET100	熱硬化型Ag	7	Ag系	アクリル系樹脂
11	PET100	熱硬化型Ag	22	Ag系	シリコン系樹脂
12	PET100	熱硬化型Ag	22	Ag系	アクリル系樹脂

(4) 電極端子材料選定用試験回路

3D - EL電極端子材料として、配線、導電接着用 Ag ペースト、補強用樹脂材としての、基本的な相性や信頼性について、簡易的に下記の試験回路にて、信頼性を確認、材料選定する。



< 図5：電極端子材料選定用試験回路 >

4 - 2 電極端子の信頼性試験

セコニック電子は、3D-EL 成形品用の導電性材料や樹脂モールドによる電極端子の形成について、構成材料を選定するため、各種導電性ペースト塗料、補強用樹脂材を組み合わせ、函館地域産業振興財団にて信頼性試験を行なった。

(1) 評価用電極端子の作製

試験用配線は 200 メッシュのシルクスクリーンを用い、厚さ 100 μm の PET フィルムに印刷法で形成した。配線パターンを図 1 に示す。線幅は 0.6mm とし、電極端子間に実装部品や金属端子に見立てた、断線を確認するため 3 個の LED と電流制限用チップ抵抗 1 個を実装した。図 2 に LED とチップ抵抗を実装した評価用試料の外観を示す

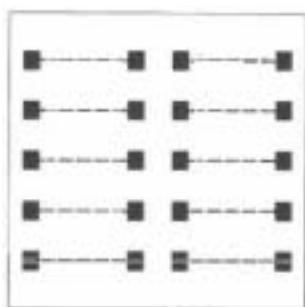


図6 電極端子評価用配線パターン

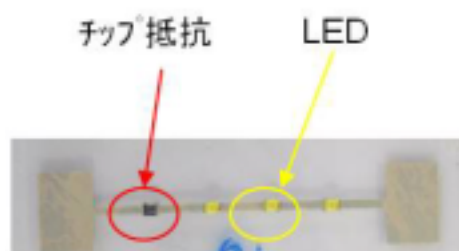


図7 電極端子評価用試料の外観

電極端子の導電性塗料としては、常温乾燥型銀ペースト(NO.1)、熱硬化型カーボンブレンド銀ペースト(NO.2)、熱硬化型銀ペースト(NO.3)の三種類を使用した。また、モールド剤にはシリコン系樹脂(Sタイプ)、アクリル系樹脂(Aタイプ)の二種類を用いた。表 1 に、試料の導電性塗料とモールド剤との組み合わせを示す。

< 表 1 電極端子評価用試料の導電性塗料とモールド剤 >

試料	導電性塗料	膜厚 (μm)	モールド剤
1	NO. 1 (常温乾燥型銀ペースト)	7 ~ 8	Sタイプ
2			Aタイプ
3		15 ~ 16	Sタイプ
4			Aタイプ
5	NO. 2 (熱硬化型カーボン / 銀ペースト)	7 ~ 9	Sタイプ
6			Aタイプ
7		21 ~ 24	Sタイプ
8			Aタイプ
9	NO. 3 (熱硬化型銀ペースト)	7 ~ 8	Sタイプ
10			Aタイプ

(Sタイプ:シリコン系樹脂、Aタイプ:アクリル系樹脂)

(2) 電極端子の評価

高温高湿放置試験(温度 60℃、湿度 90%RH、500 時間)、温度サイクル(高温 80℃ × 30min、低温 -30℃ × 30min を 1 サイクルとし、100 サイクル)の函館地域産業振興財団にて試験を実施。

セコニック電子にて、試験後の外観状態と接続信頼性について確認した。

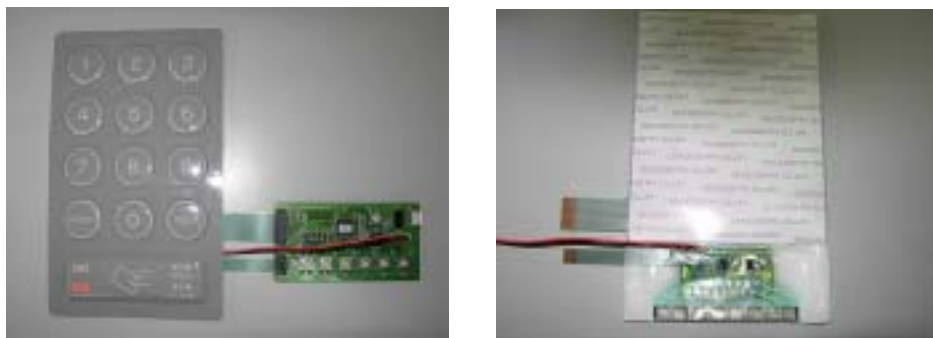
(3) まとめ

試験より、シリコン系モールドは、温度衝撃試験において、クラックが生じ、モールド剤は、Aタイプのアクリル系モールドを選択。導電性接着剤については、高温高湿放置試験、温度衝撃試験についても特に異常は認められないことから、コスト、マイグレーション性を考慮して、NO.2 熱硬化型カーボン/銀ペーストを選定する。

4 - 3 3D - EL 電極端子、駆動回路実装品

「多面張出し操作パネル」形状の 3D-EL 成形品の凹部に、H22 年度に選定した導電材、補強材料を使用して、実際に実装点灯可能な電源回路を設計して、実装試作し信頼性確認を行った。

EL 点灯制御用の基板と、試作試験した電源基板実装品を以下に示す。



< 図8: 3D - EL + 制御基板 >



< 図9: 電源基板 実装品 >

信頼性試験結果

電源回路を実装した「多面張出し操作パネル」形状の 3D-EL 成形品について、函館地域産業振興財団にて、一般的な電子部品の放置信頼性(60℃、90%、500hr 放置試験)、(-40℃・30 分 ~ +85℃・30 分:100 回。温度衝撃試験)にて、完成品としての信頼性を検証、試験後に異常無く点灯することを確認した。試験結果は第6章による。

第5章 検査装置によるEL構造の変異分析

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 工業試験場

5 - 1 検査方法の確立

3D-ELは、情報家電用操作パネルや筐体を発光させる機能部品であり、外観だけでは判別できない発光性能・電気性能を保証する必要がある。成形品の加工ストレスによる内部の断裂や機能劣化は、従来の外観検査や一般的な非破壊検査である発光検査、電気抵抗検査では精度良く判別できないため、各種評価装置を用いて、3D-ELの内部構造の欠陥や劣化を検査する方法を確立する。

検討する検査方法は、非破壊検査方法であるX線CTによる画像解析と破壊検査方法である金属顕微鏡、レーザー顕微鏡、走査型電子顕微鏡それぞれによる画像解析の4種類である。

本研究では、シートの上に位置する基材の材質としてPET樹脂(Poly Ethylene Terephthalate:ポリエチレン テレフタレート)とPC樹脂(Poly Carbonate:ポリカーボネート)を用いたELシートを成形させた3D-ELを分析・評価する。この2つの樹脂は、携帯電話用や家電用のELシート基材として多く用いられているものである。検査方法を検討するにあたり、評価用試料として基材厚さ 100 μ mのELシートを用いて、円筒形状に成形したものを評価した。写真1に、成形前と成形後の製品を示す。

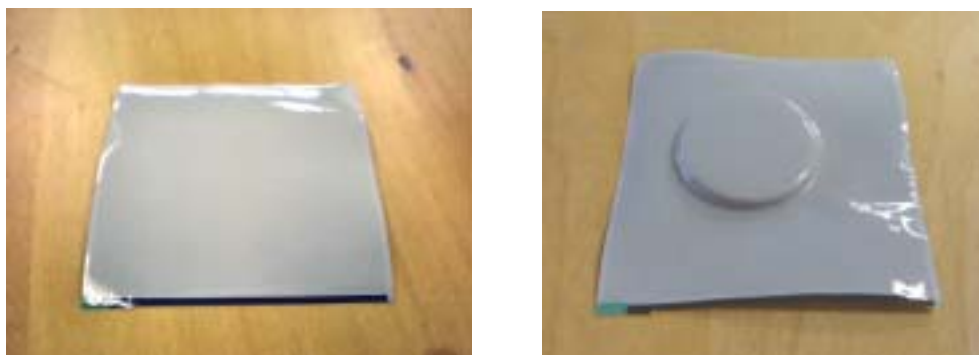


写真1 検査に用いた製品(成形前、成形後)

(2) 評価項目

各検査方法を検討するにあたり、評価項目の検討を行った。ELシートの構造上、成形時の加工ストレスが層間剥離や層の破断・変形として現れることが推測されることから、層と層の境界の識別性(層間判別)、シート形状の識別性(形状判別)、単層の破断状態などの識別性(層の状態判別)の3項目を評価項目とした。

(3) X線CTによる分析・評価

非破壊で製品内部の状態を把握可能なX線CTを用いて分析・評価を行った。使用したX線CTは、マイクロフォーカスX線CTシステム(SMX-225CT:株島津製作所製)で、焦点サイズ $4\mu\text{m}$ のX線管を有している。写真2に、装置外観と試料の様子を示す。



写真2 装置外観と試料の様子

張出品の場合、成形時のストレスが角部に集中すると考えられるため、分析箇所を角部付近とした。図3に分析部位を、写真3に分析画像を示す。9層から成るELシートの外形とEL蛍光体層並びに誘電体層は識別できるもの、その他の層の識別が難しいことがわかる。これは、EL粒子や誘電体層に含まれる無機物質は性質が異なるためX線の吸収率に差があるが、ポリエステルやウレタン等の合成樹脂層は同じ性質のため、X線の吸収率に差が出なかったためと考えられる。

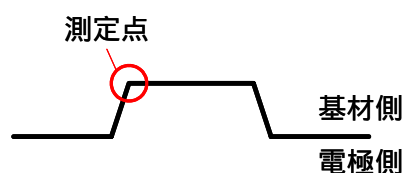


図3 分析部位

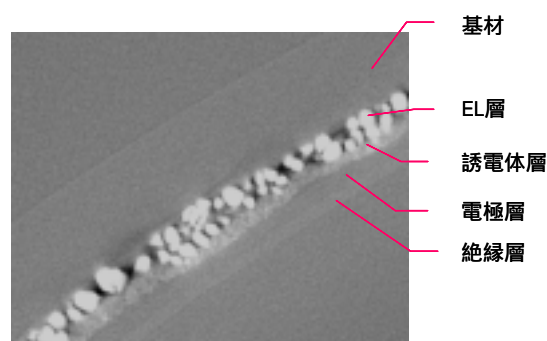


写真3 X線CT分析画像

(4) 金属顕微鏡による分析・評価

光学的に製品断面の観察が可能な金属顕微鏡を用いて分析・評価を行った。使用した金属顕微鏡は、小型倒立金属顕微鏡(GX-41:オリンパス(株)製)で、500倍までの画像を得ることができる。写真4に、装置外観と試料の様子を示す。なお、後述の分析装置でも、ここで使用したものと同じ樹脂で固定した試料を使用している。



写真4 装置外観と試料の様子

X線CTと同様に成形品の角部の分析を行った。写真5に、200倍と500倍の分析画像を示す。

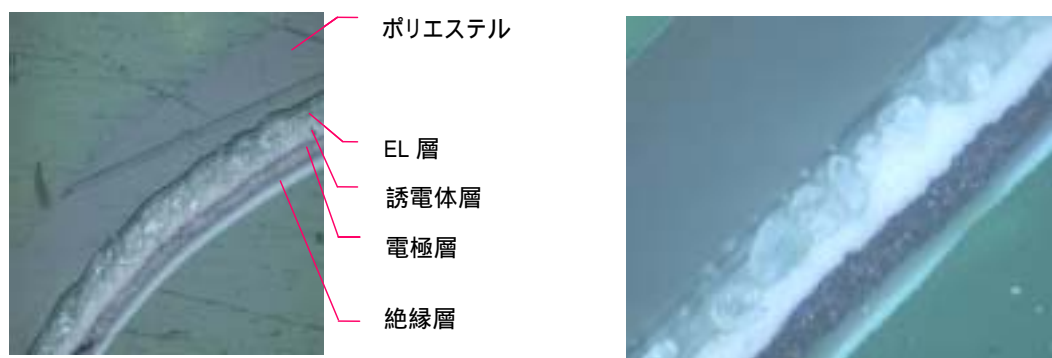


写真5 金属顕微鏡分析画像(200倍、500倍)

ELシートの外形と9層のうち8層の識別がほぼ可能である。EL層とその下の誘電体層の色が両方とも白いため境界の認識が難しいことと、最高倍率が500倍のため $1\mu\text{m}$ 以下の電極層が識別できないことを除けば、層の厚みの変化や境界を把握することが可能である。

(5) レーザー顕微鏡による分析・評価

レーザー光を用いて製品断面の観察が可能なレーザー顕微鏡を用いて分析・評価を行った。使用したレーザー顕微鏡は、レーザー顕微鏡(HD100D:レーザーテック(株)製)で、 $0.2\mu\text{m}$ の解像度を有している。写真6に、装置外観を示す。



写真6 装置外観

成形品の角部の分析画像(240倍、500倍)を写真7に示す。本装置の分析画像は白黒画像のため、基材とEL蛍光体層がなんとか識別できるものの、その他の層は識別不可能である。

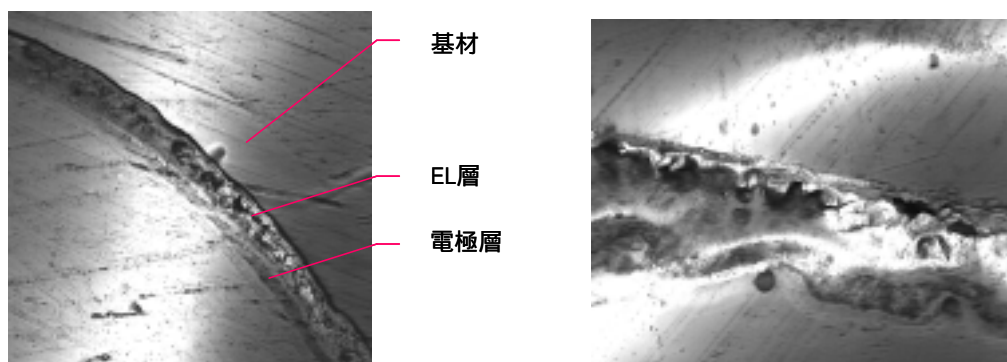


写真7 レーザー顕微鏡分析画像(200倍、500倍)

(6) 走査型電子顕微鏡(SEM)による分析・評価

電子線を用いて製品断面の観察が可能な走査型電子顕微鏡を用いて分析・評価を行った。使用した走査型電子顕微鏡は、走査電子顕微鏡(JSM-5800LV:日本電子(株)製)で、5.5nmの分解能を有している。写真8に、装置外観を示す。



写真8 装置外観

成形品の角部の分析画像(400倍、1,000倍)を写真9に示す。ELシートの外形や9層のうち8層が鮮明に識別可能である。各層の基本的な材質が樹脂であるが、その樹脂に添加されている亜鉛やカーボンなどの粒子が白く浮き出ているため、層の境界や厚みの変化が識別できる。しかしながら、1μm以下の電極層に関しては、基材等の樹脂と同じ性質のため識別が不可能である。この点に付いては、今後検討が必要である。

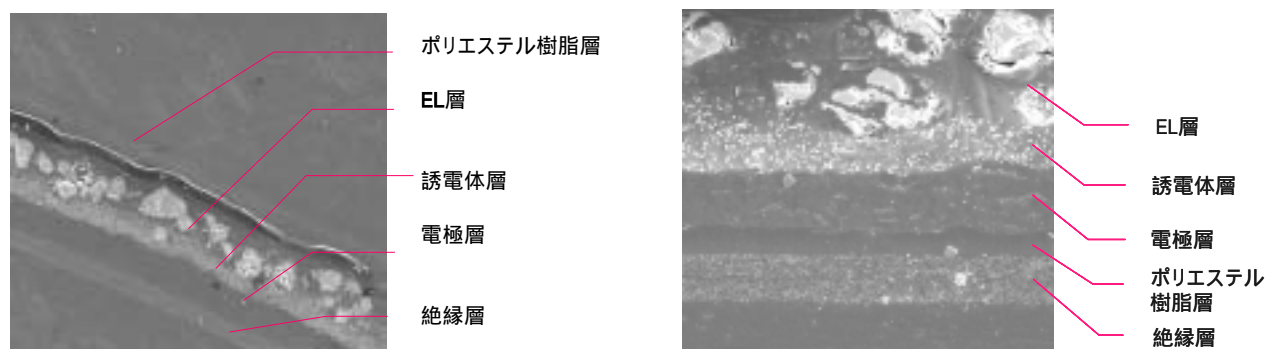


写真9 走査型電子顕微鏡分析画像(400倍、1,000倍)

(7) 検査方法の決定

非破壊検査1種類と破壊検査3種類の計4種類の検査方法を検討した。それぞれの検査方法について層間判別、形状判別、層の状態判別の識別性についてまとめたものを表1に示す。識別性の評価基準は、明らかに違いがわかるものを○、識別不能なものを×、大半が識別できるが、部分的に識別できないものを△とした。その結果、走査型電子顕微鏡の識別性が最も良く、その次に金属顕微鏡の識別性が良いことが明らかとなった。実際の製造過程においては、簡易的な方法が必要となることから、上記2種類の検査方法を使い分ける必要があると考えられる。

表1 検査方法の評価結果

検査方法	層間判別	形状判別	層の状態判別
X線CT		○	×
金属顕微鏡	○	○	
レーザー顕微鏡	×		×
走査型電子顕微鏡	○	○	○

5 - 2 平成21年度 検査装置によるEL構造の変異分析

検査方法の評価結果から走査型電子顕微鏡と金属顕微鏡による検査方法が、3D-EL内部欠陥の検査に有効なことが明らかとなったため、この2種類の方法を用いて平成21年度の成形実験品の検査を行った。

(1) 検査対象製品

検査を行った3D-EL製品は、平成21年度に空調操作パネルとエレベータ開閉ボタンの製品をイメージして2製品である。エレベータ開閉ボタンは、加飾の無いものを使用したが、最終製品は加飾が付いたものとなる。基本的なシートの構造は、評価用試料と同じだが空調操作パネルは外装の強度を想定しているため、基材厚さ 350 μm となっている。それ以外の、EL蛍光体層、接着層、電極などの厚さなどは、同じである。また、空調操作パネルは張出成形、エレベータ開閉ボタンは深絞り成形で作られている。

写真10に、検査対象製品の外観を示す。



写真10 空調関係パネル(左)とエレベータ開閉ボタン(中、右)の外観

(2) 空調関係パネルの検査結果

パネルに配置されたボタン部分の断面のうち天面とパンチR部の分析を行った。図4に分析部位、写真11にボタン部外観を示す。また、層に変化の見られた部位の状態を写真12、写真13に示す。

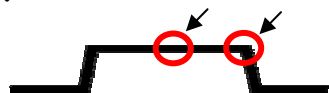


図4 分析部位

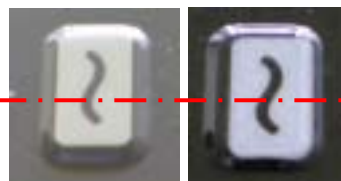


写真11 ボタン部外観(左:PET、右:PC)

写真12は、成形時パンチにより最もストレスを受けるパンチR部の断面写真である。基材の材質で比較すると、基材がPCの場合、EL蛍光体層がコーナー部で少し薄くなっているものの、破断することなく連続しているのに対して、基材がPETの場合、EL蛍光体層がコーナー手前で無くなり、破断しているのが分かる。このため、点灯時に黒い帯が発光面にできている。これは、基材の伸びとEL蛍光体層の伸びが異なるために起こると考えられる。



写真12 パンチR部の金属顕微鏡写真(200倍 左:PET、右:PC)

写真13は、成形時にストレスを受けない天面の断面写真を比較したものである。基材がPETの場合、各層とも厚みや形状の変化が無くきれいに積層されている。一方、基材がPCの場合、EL上部の接着層がEL蛍光体層や誘電体層を突き破って下の層まで延びている。この部分は、成形時にストレスを受けない部位であることから、積層時に不具合が発生したためと考えられる。



写真13 天面の金属顕微鏡写真(200倍 左:PET、右:PC)

(3)エレベータ開閉ボタンの検査結果

エレベータ開閉ボタンは、空調関係パネルのボタンより高さが数倍高いことから、天面とパンチR部に加えて側面の分析を行った。図5に分析部位、写真14にボタン部外観を示す。また、層に変化の見られた部位の状態を写真15、写真16に示す。

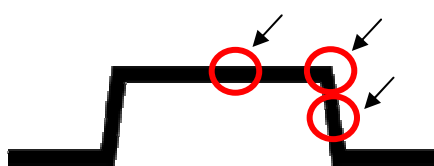


図5 分析部位



写真14 ボタン部外観(PC)

写真15は、パンチR部の金属顕微鏡と走査型電子顕微鏡の断面写真である。基材の下側の層に成形時に発生したと考えられる段差が見られる。層の破断までは至っていないが、ボタン使用時に外力が発生する様な環境では破断することも考えられる。

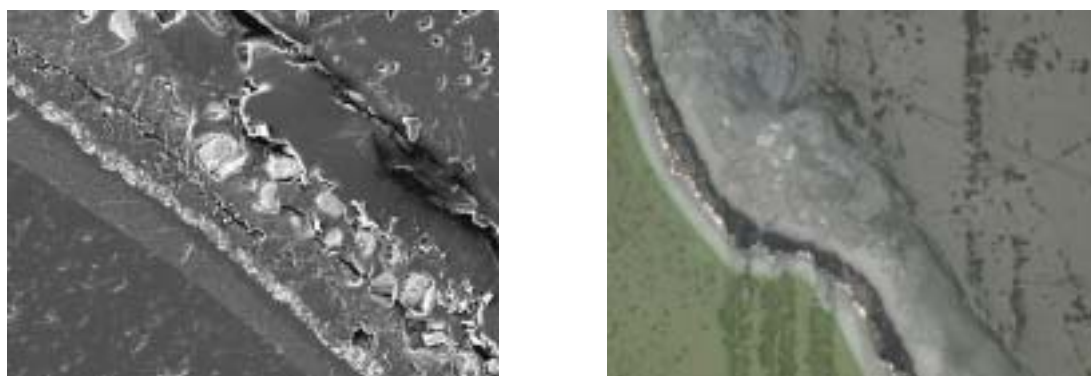


写真15 パンチR部の金属顕微鏡写真(左 500倍)と走査型電子顕微鏡写真(右 200倍)

写真16は、深絞り成形時に伸びが発生する側面の金属顕微鏡と走査型電子顕微鏡の断面写真である。EL層や誘電体層などに破断が見られ、層が分断されているのが分かる。分析を行ったエレベータ開閉ボタンの深絞り高さは28mmであり、基材とEL蛍光体層などの伸びに著しい差があるためこの様になったと考えられる。

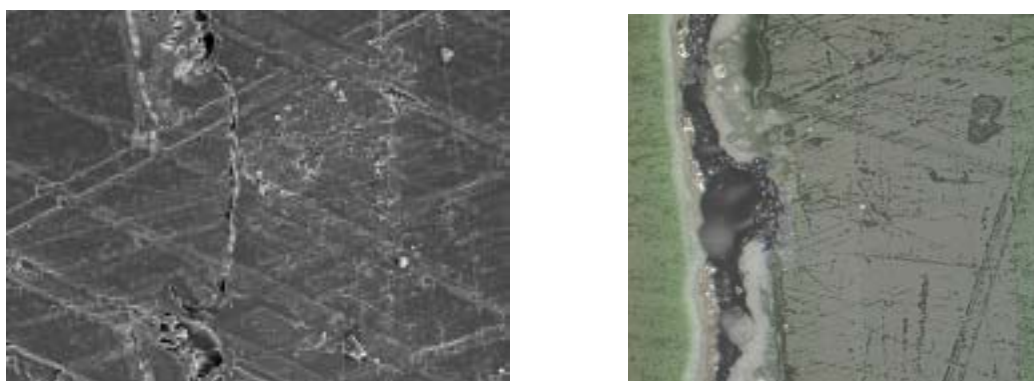


写真16 側面の金属顕微鏡写真(左 200 倍)と走査型電子顕微鏡写真(右 200 倍)

(4) まとめ

3D-ELを対象として、非破壊検査方法であるX線CTによる解析と破壊検査方法である金属顕微鏡、レーザー顕微鏡、走査型電子顕微鏡による解析を行い、内部構造欠陥の解析比較を実施した。

その結果、走査型電子顕微鏡と金属顕微鏡による検査方法が層と層の境界の識別性、シート形状の識別性、単層の破断状態などの識別性において有効であることが明らかとなった。また、開発した製品の品質検査においても、成形によって段差が発生したり、重なった層の一部分が他の層に入り込んでいる状態を確認することができた。

しかし、ELシートを構成する層のうち $1\mu\text{m}$ 以下の電極層の識別が上記方法では難しいことから、上記方法でも識別できるように添加剤の検討や他の方法の検討が今後必要と考えられる。

5 - 3 平成22年度 検査装置によるEL構造の変異分析

本項では、成形条件と不良モードのデータベース化にあたり、平成22年度に成形実験を行った立体成形時のプレスモーションとEL蛍光体接着材料の条件と製品品質の関係を分析する。

(1) 分析対象製品

平成22年度にキー操作部を有する製品をイメージして作られた3D-EL操作パネルを分析対象とした。3D-EL操作パネル内には、12箇所の円形の押しボタンと1カ所の長方形のカードリーダー部が設けられており、それぞれが密に配置されて数ミリ盛り上がっている。この成形方法は「多面張出し」と呼ばれている。製品は、PET樹脂(350 μ m)を基材としたELシートを用いて成形されている。製品の外観を写真13に示す。



写真17 分析対象製品の外観（表・裏）と発光

(2) 製品の分析結果

成形条件として、プレスモーションとEL蛍光体層材料を変化させて成形を行い、成形品の断面観察により品質を確認した。プレスモーション、蛍光体層材料の違いに関わらず、テンキー部はリーダー部に比較して不点灯が発生する傾向にある。

テンキー部とリーダー部の違いは、張出高さや形状である。成形に使用されているパンチの先端形状は、テンキー部が0.5mmのR面取りされた円柱で、リーダー部が5mmのR面取りされた四角注である。張出高さは、高くなると不点灯の要因になるので、リーダー部が点灯していることから、パンチ形状が不点灯の要因と考えられる。テンキー部とリーダー部の断面写真を写真18と写真19に示す。

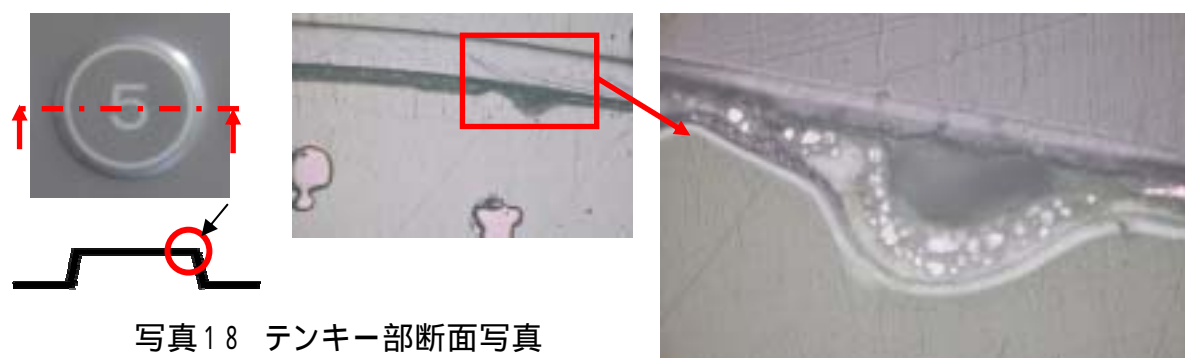


写真18 テンキー部断面写真

断面写真から、R面取りの小さいパンチで成形されたテンキー部の角は、樹脂層が圧縮されて、その横で層がはく離していることが分かる。このはく離が角部全体に発生しているために不点灯になったと考えられる。また、R面取りの大きいリーダー部は、角部に樹脂層のしわが見られるものの、層間のはく離や短絡が見られない。このことからパンチ先端部の形状の検討が必要と考えられる。



写真19 リーダー部断面写真

(4) まとめ

量産技術を確立するため、立体成形の成形条件に対応する製品品質データの収集と、プレスモーションとEL蛍光体接着材料の条件相関検証を行い、両条件の範囲では品質影響が無いことを確認した。又、成形用金型のパンチ形状が品質に影響することが明確になった。

5 - 4 平成23年度 検査装置によるEL構造の変異分析

本項では、成形条件と不良モードのデータベース化にあたり、平成23年度に行ったELシートの誘電体層膜厚、成形時の加熱温度、プレス速度、金型パンチのコーナーRの相関検証の成形品を検査、分析した。

(1) 分析対象製品

平成22年度に引き続き、10キー操作部を有する製品をイメージして作られた成形型を使用して、平成23年度に成形実験を行った3D-EL操作パネルを分析対象とした。

(2) EL構造の検査装置

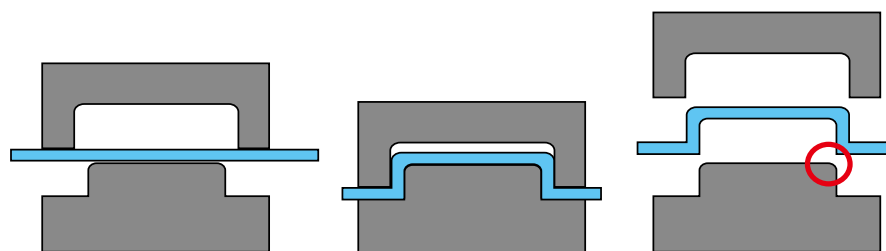
平成22年度に引き続き、小型倒立金属顕微鏡(GX-41:オリンパス(株)製)で検査した。

(3) EL厚み、パンチRと成形性の相関検証実験

EL層の厚みと、成形限界の相関の有無を検証するため、調整し易い誘電体の膜厚を変化させた。膜厚の水準は、従来品の膜厚を標準として、薄いものと厚いものの3種類とした。

又、ELシートは図6に示すように、上型(ダイ)と下型(パンチ)で挟み込んで成形する。そのため、丸印で示した下型(パンチ)のコーナー部の影響についても検討できるように0.5mm、3.0mm2種類のR寸法を選定して張出し実験を行った。

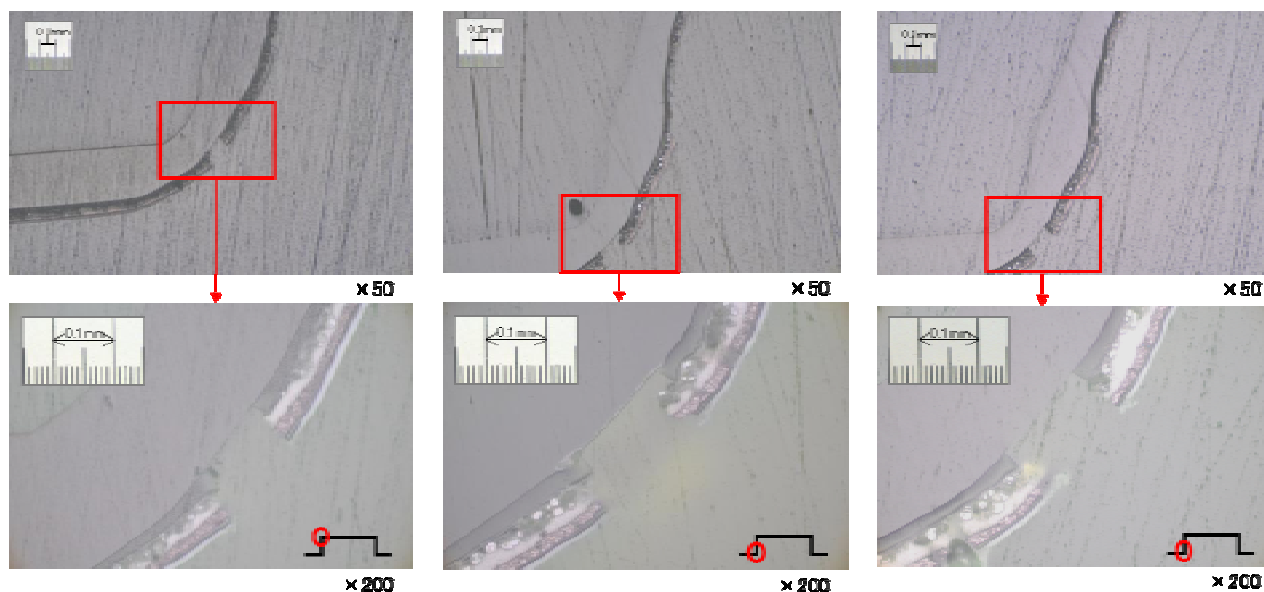
表2に、パンチRとテンキー部不点灯個数を示し、図7に、不点灯部の断面写真を示す。



< 図6 : 成形方法のイメージ図 >

パンチR (mm)	張出高さ (mm)	1	2	3
		膜厚:薄い	膜厚:標準	膜厚:厚い
0.5	1.0	12	10	12
	1.5	12	12	12
3.0	2.5	1	0	1
	3.0	2	10	12
	3.5	9	10	11

< 表2 : 誘電体膜厚と不点灯数 >



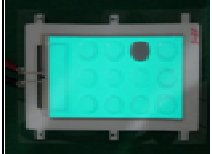
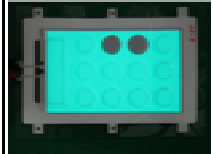
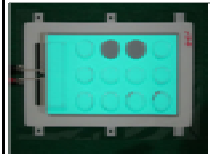
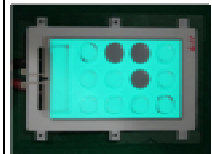
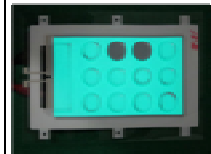
< 図7 : 不点灯部の断面写真(左:膜厚薄い、中:膜厚標準、右:膜厚厚い) >

結果、テンキー部不点灯数からは、膜厚の違いによる差が見られず、断面の状態も誘電体層の膜厚に関わらず、基材以降全ての層に破断が見られる。ある張出し高さ以上になると、基材の伸びが誘電体層などの伸びを上回り破断したと考えられ、今回の膜厚の範囲では、張出し高さと誘電体層の膜厚に相関は見られないことが確認された。

(5)加熱温度相関検証実験

ELシートの成形方法は、金型内で加熱された後、上型と下型に挟んで任意の形状にする。樹脂の力学的性質には温度依存性や時間依存性があることから、加熱時の温度により、樹脂の軟化状態が変化して成形に差が見られると考えるため加熱温度を変化させた。加熱温度は、110、120、130、140、148の5種類とした。表3に、パンチR3.0mm、張出し高さ3.5mmにおける加熱温度ごとの不点灯数を示し、図8に、外観写真で変化の見られたシート右下部の拡大写真を示す。

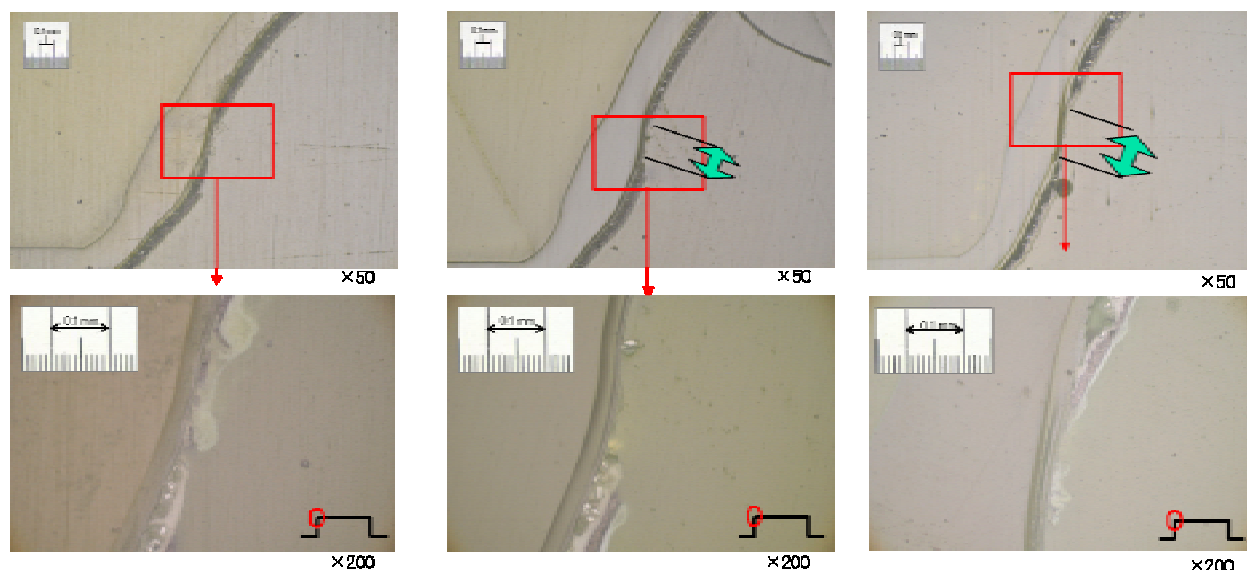
<表3：加熱温度と不点灯数>

条件	1	2	3	4	5
加熱温度(℃)	110	120	130	140	148
デジキー不点灯数	1	2	2	3	2
成形後外観					



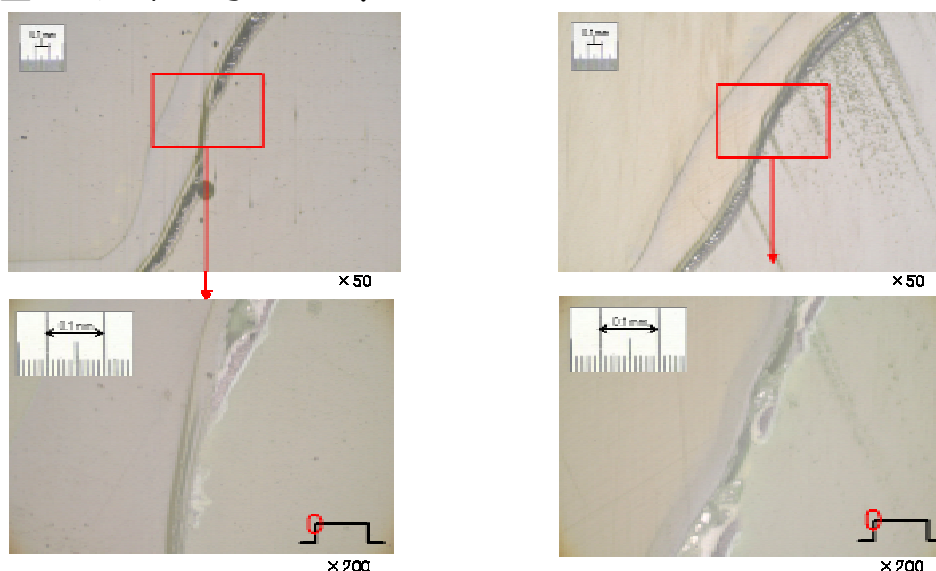
<図8：外観で変化の見られたシート右下部の拡大写真>

加熱温度が低い段階では、温度が高くなるにつれて不点灯数が多くなるように見えるが、148で不点灯数が減っていることから、不点灯数と加熱温度の間に相関が無いと考えられる。しかし、張り出されたボタンの側面の色が加熱温度の変化に伴い黒くなっていることから、内部状態には変化があると見られる。図9に、不点灯部の断面写真を示す。



<図9：不点灯部の断面写真(左:110、中:120、右:140)>

温度が高くなるにつれて、蛍光体層などの層の破断量が大きくなっている。また、基材の厚さに着目すると、加熱温度が 120 までは厚いところと薄いところが見られるが、140 の断面では基材全体が同じような厚さとなっている。これは、加熱により基材全体が伸びているが、蛍光体層以降の層の伸びが追従できずに破断し、基材のみがさらに伸びて破断の間隔が広がっているためと考えられる。この現象が、全てのボタンで見られるのであれば、加熱温度と不点灯の間に相関があると言えるが、図 10 に示した加熱温度 140 の点灯部と不点灯部の断面写真から分かるように、蛍光体層などに多少乱れがあるものの、破断せずに基材に追従して伸びている部分もあることから、温度以外の要因で破断が発生し、その後、温度の違いにより破断量に差が出たと考えられる。

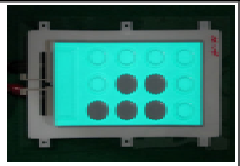
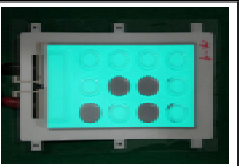
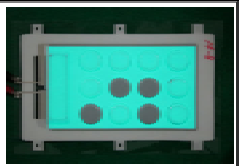
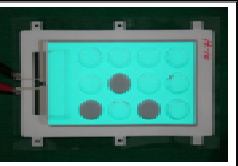


< 図 10 : 加熱温度 140 の断面写真 (左: 不点灯部、右: 点灯部) >

(6) プレス速度相関検証実験

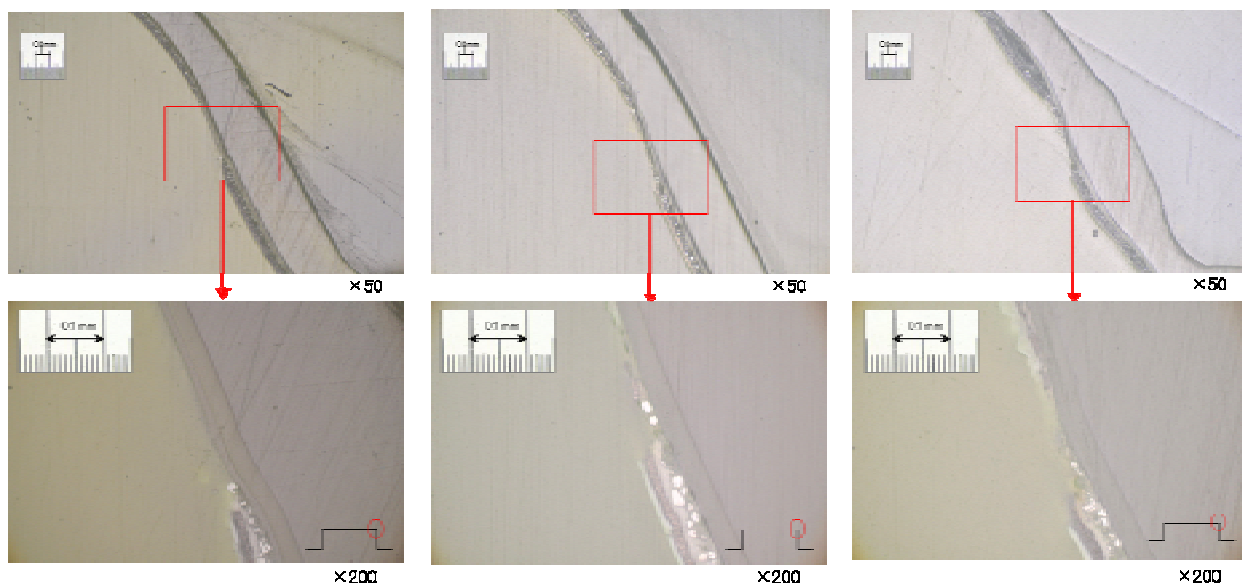
樹脂の力学的性質に影響を与えるもう一つの時間依存性に着目して、ELシートを上型と下型で挟む際のプレス速度を変化させて成形状態を比較した。表 4 に、加熱温度 130、パンチ R3.0mm、張出し高さ 3.5mm におけるプレス速度ごとの不点灯数ならびに ELシートの外観写真を示す。

< 表 4 : プレス速度と不点灯数 >

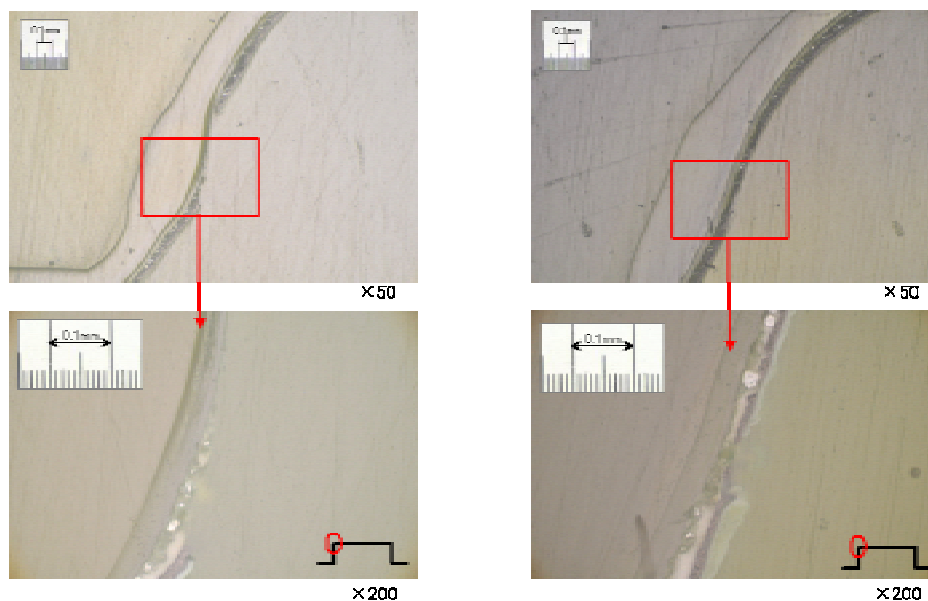
条件	1	2	3	4
プレス速度	0.05 (多段)	0.1	1	30
テンキー不点灯数	5	4	4	3
成形後外観				

プレス速度は、低速から 3 番目の速度を 1.0 として、相対的に 0.05、0.1、1.0、30 の 4 種類を選定した。シートの外観からは、プレス速度が速くなるにつれて不点灯数が少なくなっているように見える。図 11 に、不点灯部の断面写真を示す。プレス速度が遅いほど、基材は均一に伸ばされているが、蛍光体層などは基材の伸びに追従できずに破断し、その量は大きくなっている。不点灯部の破断量から、プレス速度が速いほうが蛍光体層などに与えるダメージが

少なく見えるが、図12に示した速度30での点灯部と不点灯部の断面写真から分かる様に、同じ成形条件でも蛍光体層などが破断するものと破断しないものがあるため、加熱温度と同様にプレス速度以外の要因で破断が発生し、その後、プレス速度の違いにより破断量に差が出たと考えられる。



< 図11：不点灯部の断面写真(左:速度0.05、中:速度0.1、右:速度30) >



< 図12：プレス速度30の断面写真(左:不点灯部、右:点灯部) >

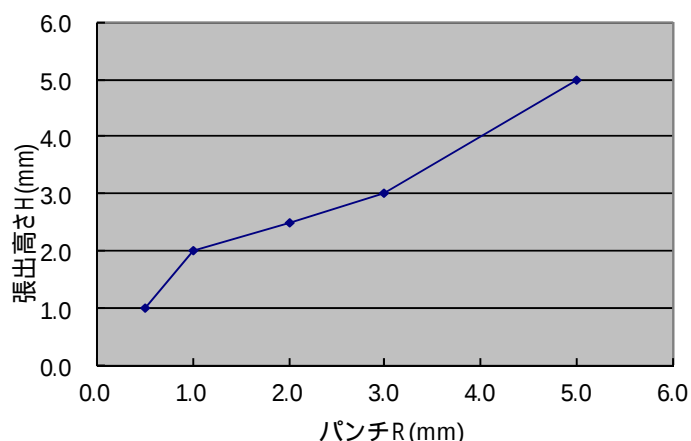
(7)パンチR 相関検証実験

円形の押しボタンを張り出すために、金型の下型に組み込まれているパンチR部の寸法を変えて成形状態を比較した。

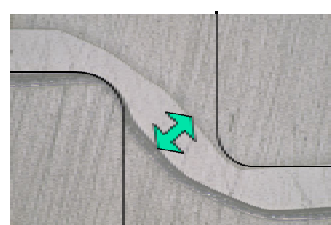
パンチRが大きくなると、ELシートに加わる圧力が低くなり、それに伴い蛍光体層などに与えるダメージも少なくなり、張出し量も大きくなると考えたためである。

図13に、パンチRと不点灯を伴わない張出し高さのグラフを示す。

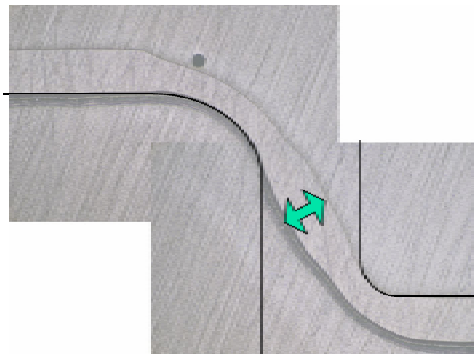
パンチRが大きくなるにつれて張出し高さも大きくなり、パンチRと張出し高さには相関があると言える。断面写真により、そのメカニズムを考察する。図14に、パンチR 0.5mm、1.0mm、3.0mmの3種類の断面写真を示す。



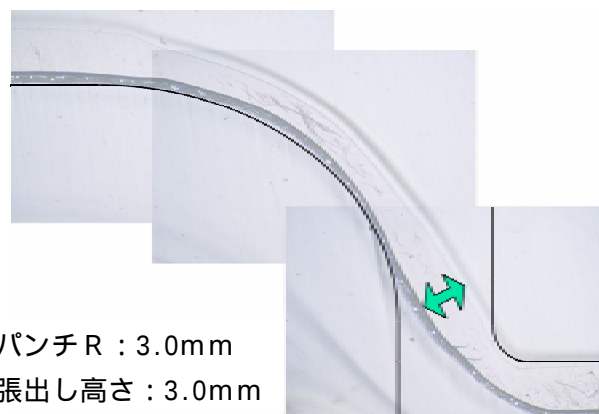
< 図13：パンチRと張出し可能高さ >



パンチ R : 0.5mm
張出し高さ : 1.0mm



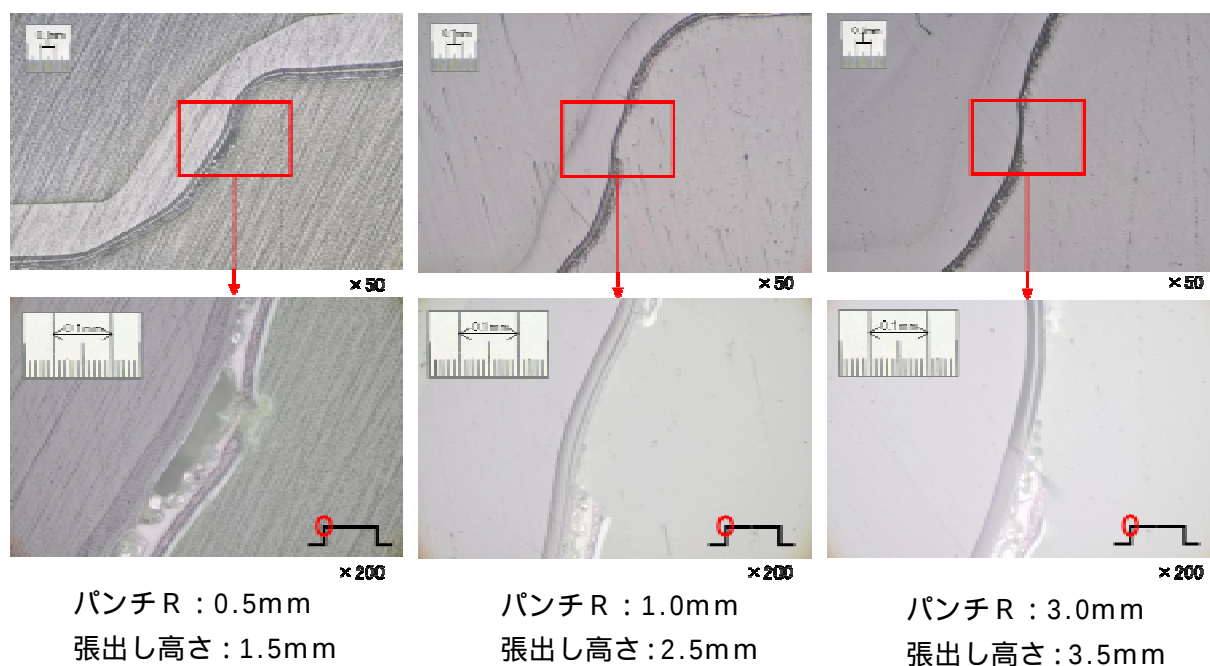
パンチ R : 1.0mm
張出し高さ : 2.0mm



パンチ R : 3.0mm
張出し高さ : 3.0mm

< 図14：パンチRの異なる製品の断面写真 >

各張出し高さは、不点灯を伴わない限界高さで、写真内に示された黒線は、上型と下型の外形線である。パンチの接触している部分のみELシートが伸びて、パンチRが大きいほど伸びも大きくなり、その結果、張出し高さが高くなっている。上型や下型と接触していない部分の厚みが成形前の厚みと同じことから、パンチ部が加熱されているため接触部のみ伸びると考えられる。次に、不良の発生メカニズムについて考察する。図15に、パンチRごとの不点灯部の断面写真を示す。



< 図15 : 不点灯部の断面写真 >

不良の発生箇所は、基材の厚みが薄くなり始めた場所に集中している。この場所は、パンチとELシートが接触する境界部分で、シートの温度が急に下がるため、不良が発生すると考えられる。また、パンチRが小さい場合には層間剥離が見られ、パンチRが大きくなるにつれて基材の伸びも大きくなり、蛍光体層などの伸びが基材に追従できずに破断し、その量が大きくなっている。

(8)まとめ

3D - ELの量産技術を確立するため、立体成形の成形条件に対応する製品品質データの収集・分析を行った。品質に関連する制御項目として、誘電体層の膜厚、ELシートの加熱温度、成形時のプレス速度、金型の構成部品であるパンチのコーナーRの4項目を抽出して、各項目を変化させながらELシートの層状態を分析した。

誘電体層の膜厚は、製品品質に影響しない項目であり、加熱温度とプレス速度は、破断不良を発生させる直接的な項目ではないものの、破断量の大きさには影響を及ぼす項目であることが明らかとなった。また、パンチのコーナーRは張出し高さと相関があり、そのメカニズムなどについて解明できた。本研究で得られたデータは、今後の製品設計などへの活用が期待できる。

なお、成形性、成形条件と不良分析結果は、データベースとして、「成形条件・不良モード相関表」に取り纏める。

第6章 信頼性試験、評価

(担当:函館地域産業振興財団)

6 - 1 予備成形実験品(張出し実験品)の信頼性試験

平成 21 年度の EL 張出し成形実験型による成型品について、EL 照明部品の最低限の信頼性として、40℃、90%RH、120h の連続点灯試験を行い、成形条件と不点灯発生の相関データを得る。(以下スクリーニング試験と呼ぶ)

スクリーニング試験後に不点灯のない試験水準については、温度衝撃試験、高温高湿点灯試験、高温高湿放置試験、高温点灯試験、高温放置試験、低温放置試験、室温点灯試験を実施して信頼性を確認した。

(1) 成形試料

無機 EL シートの基材として、厚さが約 100 μ m のポリエチレンテレフタレート(PET)フィルムとポリカーボネート(PC)フィルムの二種類を用い無機 EL シート 60 mm $\times$ 60mm を作製して試料とした。

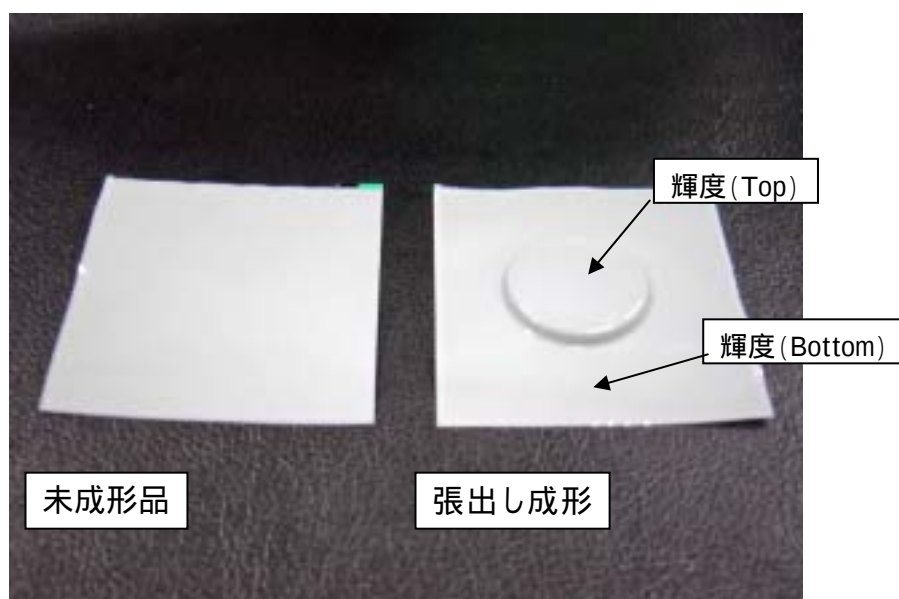
パンチ径 29mm、ダイス径 30mm の成形プレス装置を用いて、張出し成形を行った。成形実験の結果、基材が PET フィルムのものは 2mm まで張出し成形でき、基材が PC フィルムのものについては 3mm まで張出し成形可能であった。

(2) 信頼性試験方法

信頼性試験では、連続点灯試験と放置試験を実施した。連続点灯試験は、一定の温度、湿度条件の下で、EL を連続点灯させて発光特性を評価した。連続点灯試験条件としては、スクリーニング試験、高温高湿点灯試験、高温点灯試験、室温点灯試験を行った。表 6-1 に連続点灯試験条件を示す。点灯の電圧印加条件は、交流 400Hz、電圧 100Vrms とした。写真 1 に成形前後の試料を示す。成形された試料の輝度測定は、張出部分(Top)とそれ以外(Bottom)の二ヶ所で測定した。

<表 6-1 連続点灯試験条件、試験時間>

	温度(℃)	湿度(%RH)	試験時間(h)	サンプリング時間
スクリーニング	40	90	120	0、4、24、48、120h
高温高湿	60	90	240	0、4、24、48、120、240h
高温	70	—	240	0、4、24、48、120、240h
室温	20	50	240	0、4、24、48、120、240h



< 写真 1 張出し成形試料 >

放置試験では、EL を点灯せずに試験環境で放置し、試験前後の発光特性により、信頼性を評価した。放置試験の特性測定は、室温で評価した。表 6-2 に放置試験条件を示す。発光特性を測定するときの電圧印加条件は、交流 400Hz、電圧 100Vrms とした。また、成形された試料の輝度については、張出部分 (Top) とそれ以外 (Bottom) の二ヶ所で測定を行った。

< 表 6-2 放置試験条件、試験時間 >

	温度 ()	湿度 (%RH)	試験時間 (h)	サンプリング時間
温度衝撃	-30、+80	—	1 サイクル:1h	0、25、50 サイクル
高温高湿	60	90	240	0、240h
高温	85	—	240	0、240h
低温	-20	—	240	0、240h

(3) スクリーニング試験

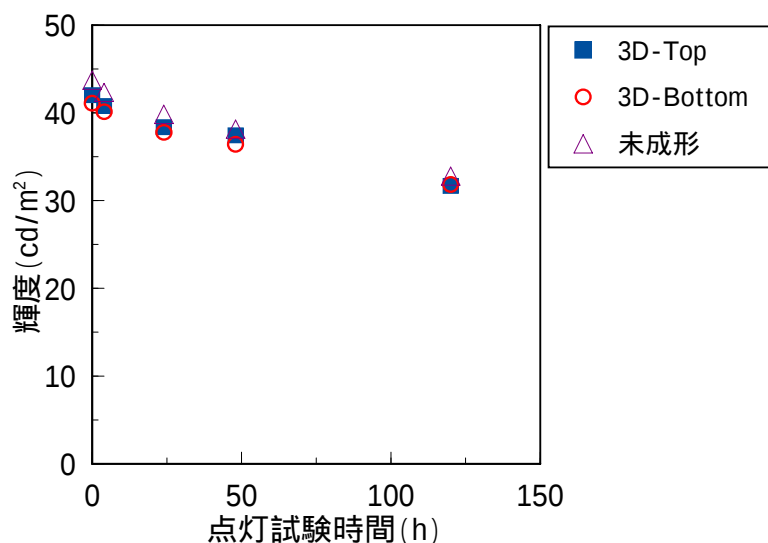
図 6-1 に、40℃、90%RH で連続点灯させたときのスクリーニング試験結果を示す。

図の(a)は基材が PET フィルムで張出し高さ 2mm、(b)は PC フィルムで張出し高さ 3mm の試料である。

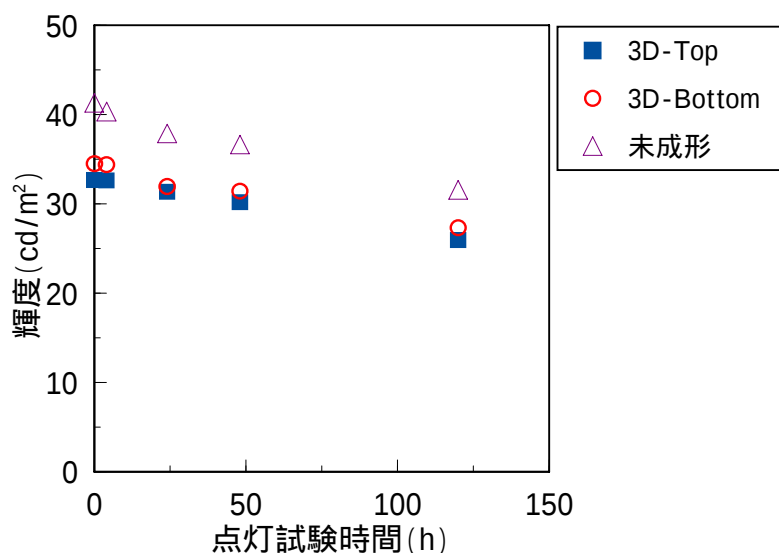
PET フィルムについては、未成形品と同等の輝度であり、成形による輝度低下は認められない。

また、Top と Bottom との輝度の差も見られない。PC フィルムについては、成形後の Top、Bottom 両者の輝度が未成形品と比較して若干低下したが、張出し高さの異なる試料についてもスクリーニング試験した結果、不点灯等に異常な挙動を示す試料は見られなかった。したがって、PET フィルム、PC フィルムのどちらも信頼性的には問題ないものと考えられる。

(a) PET フィルム



(b) PC フィルム



< 図 6-1 スクリーニング試験結果 >

試験条件: 40℃、90%RH

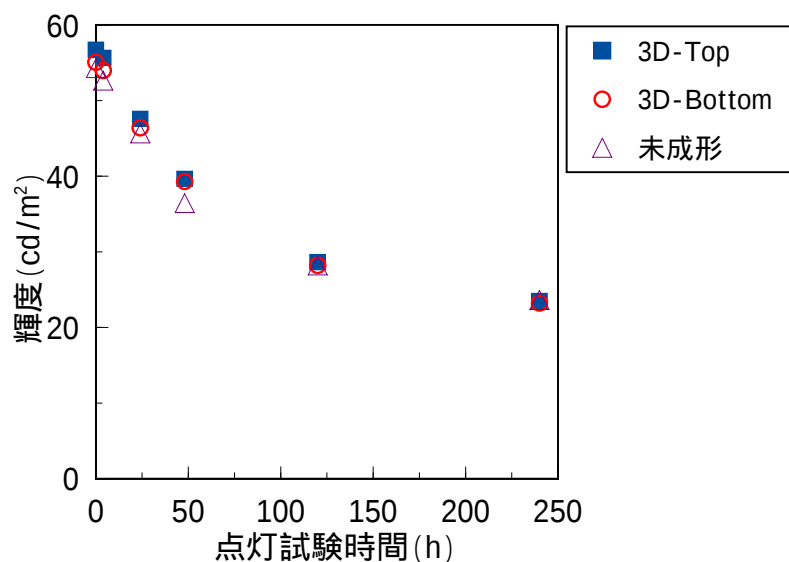
(a) 基材: PET フィルム、(b) 基材: PC フィルム

(4) 高温高湿点灯試験

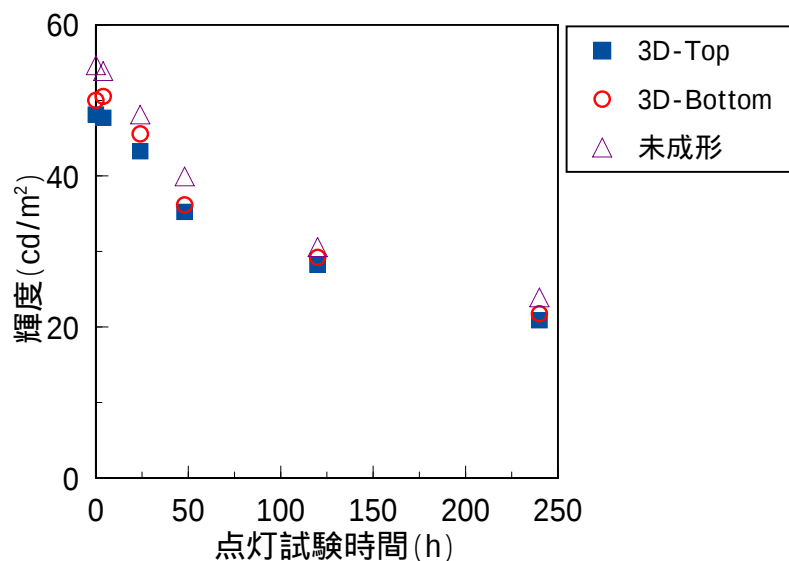
図 6-2 に 60℃、90%RH の高温高湿環境で連続点灯した試験結果を示す。図の (a) は基材が PET フィルムで張出高さ 2mm、(b) は PC フィルムで張出し高さ 3mm の試料である。

試験開始直後の輝度は、EL の温度特性により、図 6-1 のスクリーニング試験の輝度よりも 3 割程度高くなっている。試験終了時の PET フィルムと PC フィルムのどちらの特性についても、未成形品との違いがほとんどないことから、信頼性に問題は無いと判断できる。

(a) PET フィルム



(b) PC フィルム



< 図 6-2 高温高湿点灯試験結果 >

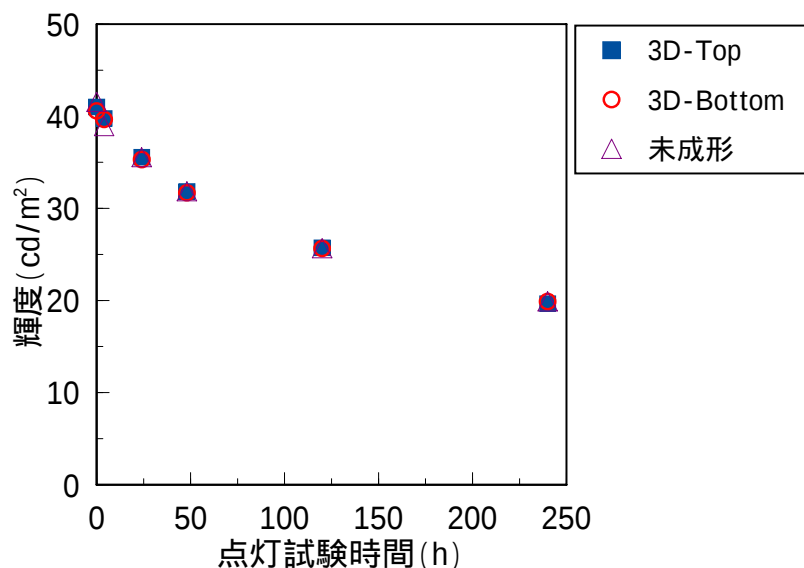
試験条件: 60℃、90%RH

(a) 基材: PET フィルム、(b) 基材: PC フィルム

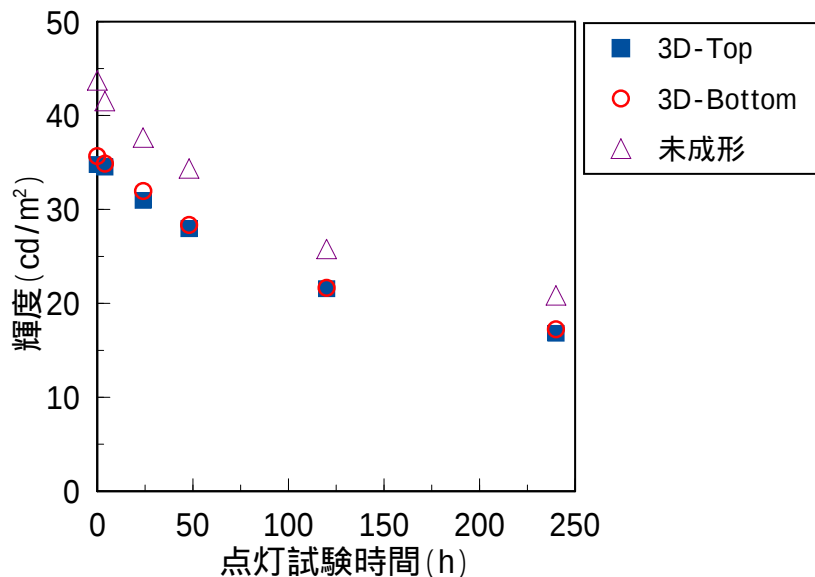
(5) 高温点灯試験

図 6-3 に、70℃ で連続点灯させたときの高温点灯試験結果を示す。図の(a)は基材が PET フィルムで張出し高さ 2mm、(b)は PC フィルムで張出し高さ 3mm の試料である。(a)PET フィルムでは、Top、Bottom、未成形品の特性は同等であり、信頼性において成形品は良好と考えられる。また、(b)PC フィルムについても初期の輝度が僅かに低下する点を除くと、未成形品とほぼ同じ特性と言える。高温点灯試験の全ての試料について、断線等による不点灯が生じなかったことも合わせて考えると、信頼性は問題ないレベルと判断される。

(a) PET フィルム



(b) PC フィルム



< 図 6-3 高温点灯試験結果 >

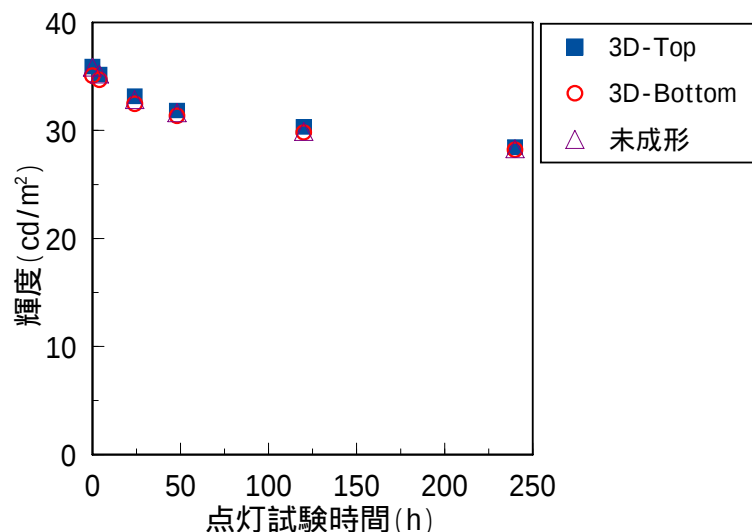
試験条件: 70℃

(a) 基材: PET フィルム、(b) 基材: PC フィルム

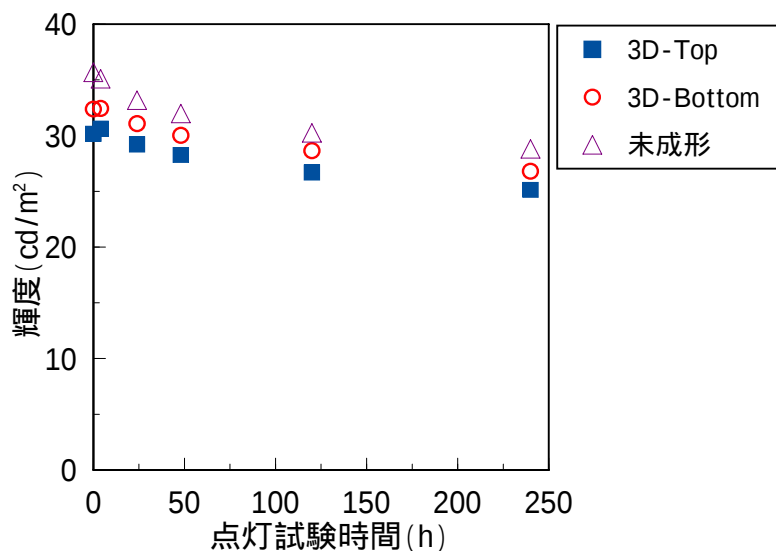
(6) 室温点灯試験

20℃、50%RHの室温環境で連続点灯した試験結果を図6-4に示す。図の(a)は基材がPETフィルムで張出し高さ2mm、(b)はPCフィルムで張出し高さ3mmの試料である。試験結果からは、(a) PETフィルムを基材としたELの成形品および未成形品は輝度がほぼ同じであり、張出し成形にともなう特性劣化は認められない。基材がPCフィルムの(b)のグラフでは、未成形品と比較して輝度が僅かに低下しているが、輝度低下曲線に関しては大きな違いはなく、信頼性は十分あるものと考えられる。

(a) PET フィルム



(b) PC フィルム



< 図 6-4 室温点灯試験結果 >

試験条件: 20℃、50%RH

(a) 基材: PET フィルム、(b) 基材: PC フィルム

(6) 温度衝撃試験

表 6-3 に、-30 、30min と+80 、30min を 1 サイクルとして、50 サイクル試験後の特性を示す。特性としては、試験前後の輝度、電流、消費電力、力率を測定した。表のサンプル名の H1、H2、H3 はそれぞれ張出し高さ 1、2、3mm であり、H0 は未成形試料を表す。なお、力率の符号がマイナスであるが、これは EL が容量性負荷であることを示している。

試験の結果、張出し高さに関わらず、試験前後で輝度、電流、消費電力、力率について大きな変化は見られなかった。

< 表 6-3 温度衝撃試験結果、50 サイクル >

サンプル		輝度 (cd/m ²)		電流 (mA)	電力 (mW)	力率
		Top	Bottom			
PET-H0	試験前	34.68	-	3.407	87.4	-0.2565
	試験後	33.82	-	3.383	80.5	-0.2379
PET-H1	試験前	35.46	34.77	3.433	91.8	-0.2673
	試験後	34.95	34.36	3.412	82.0	-0.2403
PET-H2	試験前	35.82	36.00	3.530	97.3	-0.2753
	試験後	35.17	35.44	3.477	84.9	-0.2441
PC-H0	試験前	35.91	-	3.339	86.2	-0.2578
	試験後	35.35	-	3.307	80.0	-0.2420
PC-H1	試験前	28.29	27.59	2.957	63.5	-0.2145
	試験後	27.90	26.94	2.930	60.3	-0.2058
PC-H2	試験前	28.62	30.11	2.947	65.7	-0.2229
	試験後	28.29	29.52	2.923	62.3	-0.2133
PC-H3	試験前	30.90	33.62	3.316	81.8	-0.2464
	試験後	30.81	33.46	3.297	78.1	-0.2367

(7) 高温高湿放置試験

温度 60 、湿度 90%RH で 240h 放置した試料の特性を表 6-4 に示す。成形前後、成形品の Top と Bottom に、大きな輝度差は認められない。さらに電流、消費電力、力率の変化も殆ど見られなかった。今回の高温高湿放置試験結果からは、PET フィルム、PC フィルムの試料ともに、未成形品との違いがなく、信頼性においても特に問題はないものと判断される。

< 表 6-4 高温高湿放置試験結果、60 、90%RH >

サンプル		輝度 (cd/m ²)		電流 (mA)	電力 (mW)	力率
		Top	Bottom			
PET-H0	試験前	35.64	-	3.507	90.1	-0.2568
	試験後	35.24	-	3.544	103.2	-0.2912
PET-H1	試験前	36.07	36.90	3.554	96.9	-0.2727
	試験後	36.09	36.54	3.610	96.2	-0.2663
PET-H2	試験前	35.10	35.22	3.521	93.9	-0.2666
	試験後	35.73	35.62	3.586	91.9	-0.2563
PC-H0	試験前	33.78	-	3.299	80.0	-0.2424
	試験後	34.45	-	3.340	82.7	-0.2476
PC-H1	試験前	29.01	30.58	2.929	65.0	-0.2220
	試験後	29.19	29.91	2.969	66.0	-0.2222
PC-H2	試験前	31.21	33.21	3.158	74.4	-0.2354
	試験後	31.35	32.27	3.210	74.4	-0.2318
PC-H3	試験前	29.23	30.03	3.201	73.2	-0.2285
	試験後	29.55	29.64	3.255	73.8	-0.2268

(8) 高温放置試験

表 6-5 に、温度 85 で 240h 放置した試料の輝度、電流、消費電力、力率を示す。基材が PET フィルム、PC フィルムのどちらの試料についても、輝度の低下が最大で 5%程度認められる。これは、EL が 85 の高温環境下に放置され、樹脂の電気的特性である誘電損失が増加することにより、EL 層の電界強度が低くなり、輝度が低下したことが考えられる。試験前後の輝度低下の割合は、未成形品と張出し成形試料を比べて差はないことから、成形の影響は少ないと考えられる。また、成形品の Top と Bottom の輝度の違いは見られず、信頼性は確保されているものと考えられる。

< 表 6-5 高温放置試験結果、85 >

サンプル		輝度 (cd/m ²)		電流 (mA)	電力 (mW)	力率
		Top	Bottom			
PET-H0	試験前	36.54	-	3.545	92.3	-0.2601
	試験後	34.29	-	3.497	86.2	-0.2466
PET-H1	試験前	35.98	36.48	3.551	98.3	-0.2766
	試験後	34.65	34.88	3.505	85.1	-0.2428
PET-H2	試験前	35.78	36.79	3.455	93.5	-0.2705
	試験後	34.02	35.10	3.377	79.4	-0.2351
PC-H0	試験前	36.30	-	3.344	86.3	-0.2580
	試験後	34.36	-	3.247	78.3	-0.2411
PC-H1	試験前	28.20	28.38	2.932	63.2	-0.2154
	試験後	26.89	26.33	2.879	57.6	-0.2002
PC-H2	試験前	31.57	32.07	3.244	73.8	-0.2273
	試験後	29.95	30.60	3.187	67.5	-0.2118
PC-H3	試験前	30.42	30.27	3.318	75.0	-0.2261
	試験後	29.28	29.21	3.267	69.7	-0.2134

(9) 低温放置試験

温度 -20 で 240h 放置した試料の特性を表 6-6 に示す。全ての試料について、試験前後の輝度、電流、消費電力、力率の変化は認められなかった。高温試験と異なり、低温環境では EL が劣化する要因がほとんどなく、EL を保管するには適した環境と考えられる。低温放置試験の結果から、成形品の信頼性は十分あるものと考えられる。

< 表 6-6 低温放置試験結果、-20 >

サンプル		輝度 (cd/m ²)		電流 (mA)	電力 (mW)	力率
		Top	Bottom			
PET-H0	試験前	35.26	-	3.448	86.1	-0.2497
	試験後	35.80	-	3.480	89.9	-0.2583
PET-H1	試験前	34.52	34.43	3.414	94.2	-0.2760
	試験後	34.88	34.45	3.438	95.8	-0.2785
PET-H2	試験前	36.03	35.69	3.510	96.8	-0.2758
	試験後	36.43	35.42	3.531	97.7	-0.2766
PC-H0	試験前	34.56	-	3.356	81.7	-0.2435
	試験後	35.42	-	3.392	86.6	-0.2551
PC-H1	試験前	33.10	33.48	3.264	76.1	-0.2331
	試験後	32.83	33.26	3.274	76.1	-0.2326
PC-H2	試験前	27.03	28.84	3.058	67.1	-0.2193
	試験後	27.77	28.83	3.076	67.2	-0.2186
PC-H3	試験前	29.50	31.68	3.336	80.8	-0.2420
	試験後	30.33	31.48	3.346	80.6	-0.2407

6 - 2 操作パネル形状張出し成形品の信頼性試験

平成21年度に操作パネル形状をイメージして製作した張出し成形金型と、選定した成形装置を使用して成形した 3D-EL について、温度 60℃、湿度 90%RH で高温高湿点灯試験を実施し、信頼性を実施して評価した。

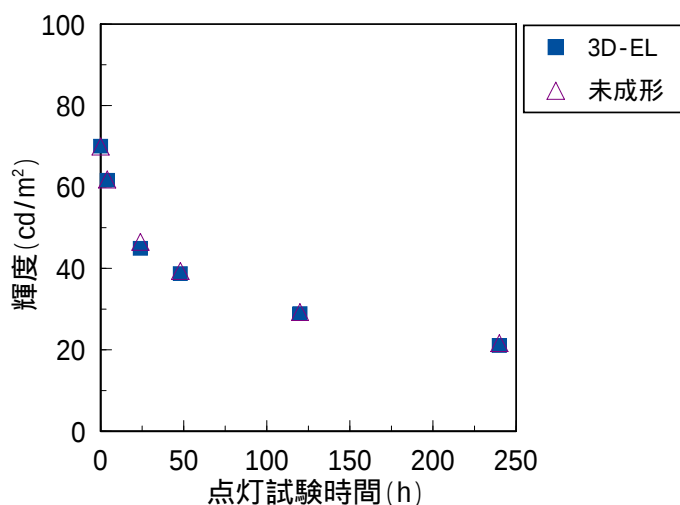
成形用 EL シートは、基材厚さ 100 μm の PET フィルムおよび PC フィルムの二種類とし、張出し高さ 2mm。比較用として未成形品と同時に試験を行った。

図 6-5 に、高温高湿点灯試験結果を示す。

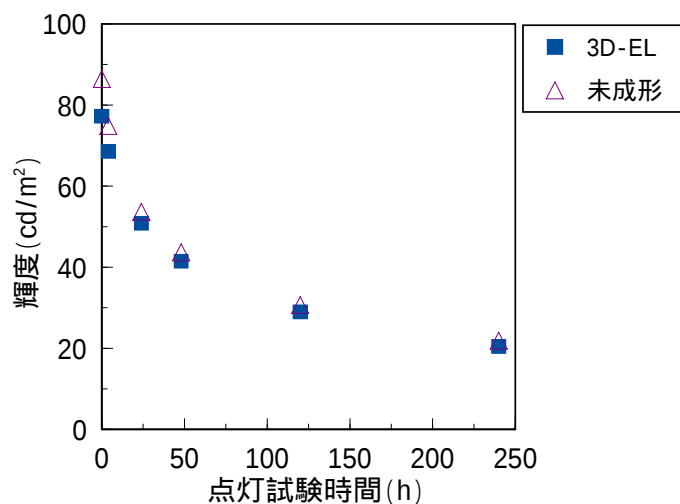
結果、PET フィルムおよび PC フィルムの輝度の低下は未成形品と同等であることから、張出し成形による信頼性への影響はほとんどないものと考えられる。

以上の試験結果から、PET フィルムおよび PC フィルムを基材とした EL の張出し成形については、成形後の特性は未成形品とほぼ同等であり、信頼性の点で問題はないと判断される。

(a) PET フィルム



(b) PC フィルム



< 図 6-5 高温高湿点灯試験結果 >

試験条件: 60℃、90%RH

(a) 基材: PET フィルム、(b) 基材: PC フィルム

6 - 3 操作パネル形状、多面張出し成型品の信頼性試験

平成22年度に実施した、新加熱冷却システムによる成型処理時間の短縮と、認証システム操作パネルをイメージして、成形難度を高くした多面張出しの成型金型による成型品について、温度衝撃試験と高温高湿点灯試験を実施し、平成21年度と同様に成型による著しい品質低下が無く、信頼性を満足できているか評価した。

無機ELシートの基材として、ポリエチレンテレフタレート(PET)フィルムとポリカーボネート(PC)フィルムの二種類で確認した。

写真2に、多面張出し成形試料の外観を示す。



< 写真2 多面張出し成形試料の外観 >

(1) 温度衝撃試験結果

温度衝撃試験では、-30℃ × 30min、80℃ × 30min を1サイクルとし、100サイクル繰り返した。試験終了後に 100Vrms、400Hz の交流電圧を試料に印加し、輝度を室温で測定した。

表 6-7 に、温度衝撃試験前後の輝度測定結果を示す。

結果、何れの試料も輝度の低下が少なく、未成型品と比較しても大きな違いは見られないことから、成型品の信頼性については問題ないものと考えられる

< 表 6-7 多面張出し成型品の温度衝撃試験結果 >

試料	張出高さ テンキー部/リーダ部	基材フィルム	試験前 (cd/m ²)	試験後 (cd/m ²)
1	1.0 mm / 3.0 mm	PET350 μm	5.170	4.668
2			9.446	9.058
3	2.0 mm / 3.0 mm	PC380 μm	6.358	5.104
4			6.177	5.877
5	未成形	PET350 μm	6.036	5.703
6		PC380 μm	6.364	5.709

(2) 高温高湿点灯試験

高温高湿連続点灯試験では、温度 60℃、湿度 90 %RH の高温高湿試験環境下で 500h まで連続点灯させ、0h、24h、48h、96h、168h、288h、500h の点灯時間ごとに試料の輝度を測定した。

点灯の電圧印加条件は、交流 400Hz、電圧 100Vrms とした。

図 6-6 に高温高湿点灯試験結果を示す。

結果、PET フィルム、PC フィルムについて、成形品と未成形品の輝度低下を比較しても、大きな違いは見られないことから、成形品の信頼性については問題ないものと考えられる

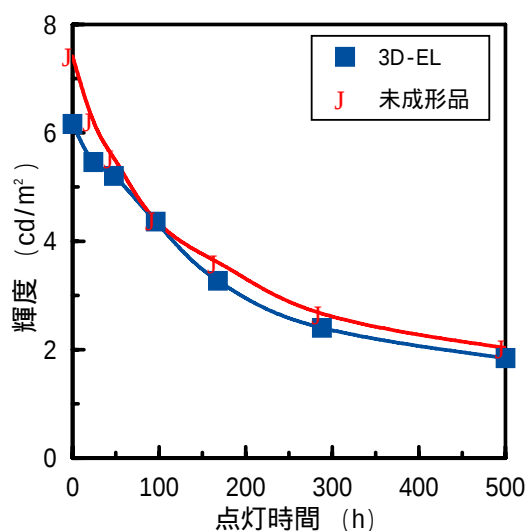


図 6-6 多面張出し成型品の高温高湿点灯試験結果 (基材:PET フィルム)

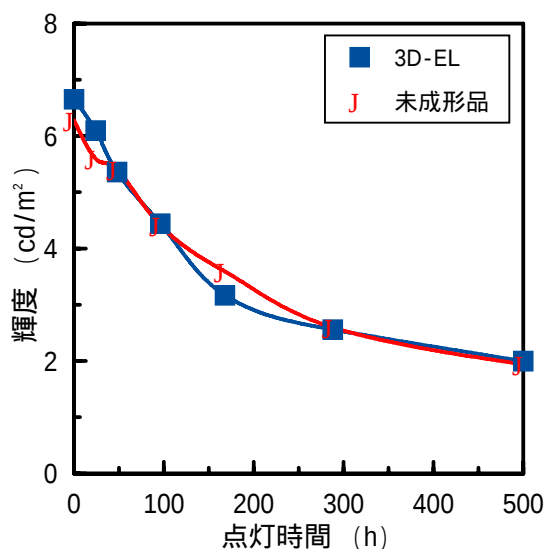


図 6-7 多面張出し成型品の高温高湿点灯試験結果 (基材:PC フィルム)

6 - 4 インサート成形品の信頼性確認

平成23年度に実施した多面張出し操作パネルのインサート成形品について信頼性を確認するため、評価試験を行ない、成形品と未成形品の特性を比較した。評価用試験としては、室温点灯試験、高温点灯試験、高温高湿点灯試験、低温点灯試験、高温放置試験、高温高湿放置試験、低温放置試験、温度衝撃試験の8種類の試験を行ない、信頼性を検証した。

(1) インサート成形品の信頼性試験条件

試料はポリカーボネート(PC)フィルムの厚さが380 μ m、100 μ mのものを使用した。各々成形品と未成形品の二種類を試作し、信頼性試験に供した。なお、本試験で用いたインサート成形試料は全て全面発光とした。

表6-8に、信頼性試験条件を示す。

信頼性試験では、恒温恒湿槽を用いて試験条件に合わせて温度・湿度を設定し、試料の発光輝度、電流、電力、力率を測定した。

輝度測定は、恒温恒湿槽のガラス窓を通じて行なった。あらかじめガラス窓の透過率を算出しておき、輝度計で測定した値を補正し、輝度データとした。また、放置試験、温度衝撃試験については、試験前後の試料の特性を比較した。測定パラメータを輝度、電流、電力、力率として、特性測定は室温で行なった。

<表6-8:信頼性試験条件>

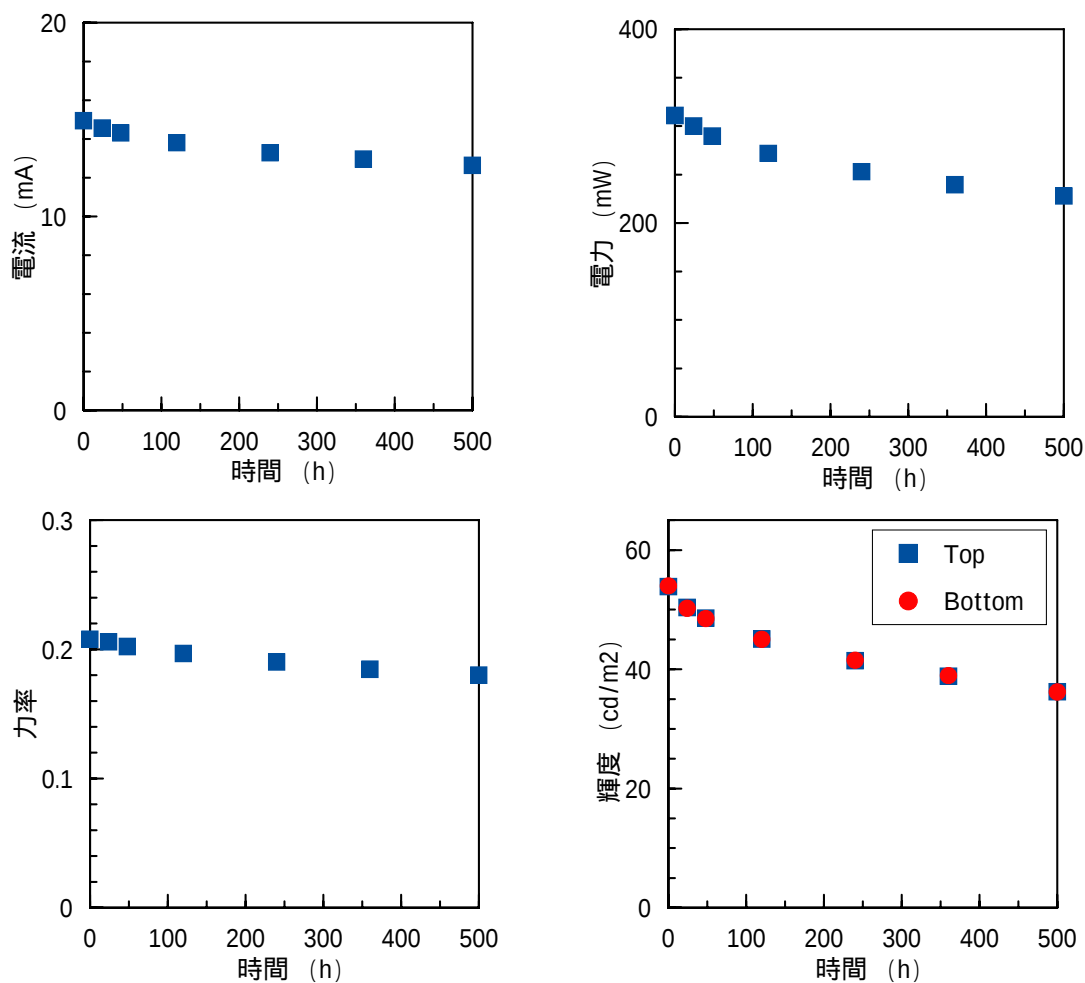
試験	温度()	湿度(%RH)	試験時間(h)
室温点灯	+20	50	500
高温点灯	+60	—	500
高温高湿点灯	+60	90	500
低温点灯	-40	—	500
高温放置	+85	—	500
高温高湿放置	+60	90	500
低温放置	-40	—	500
温度衝撃試験	-40	—	30min/cycle
	+85	—	30min/cycle
* 放置試験、温度衝撃試験の特性測定は室温で行なう			

(2) インサート成形品の室温点灯試験結果

インサート成形品 (PC100 μm) の室温点灯信頼性試験結果を図 6-8、試験後点灯外観を写真 3 に示す。未成形品 (PC100 μm) の室温点灯信頼性試験結果を図 6-7、試験後点灯外観を写真 4 に示す。図の輝度グラフの Top は張出し部分、Bottom は張出されていない部分の輝度である。

結果、張出し部と張出していない部分の輝度はほぼ同じであり、輝度低下割合は成型品、未成形と同等の信頼性を確認した。又、PC フィルムの厚さ 380 μm 品も同様の結果であった。

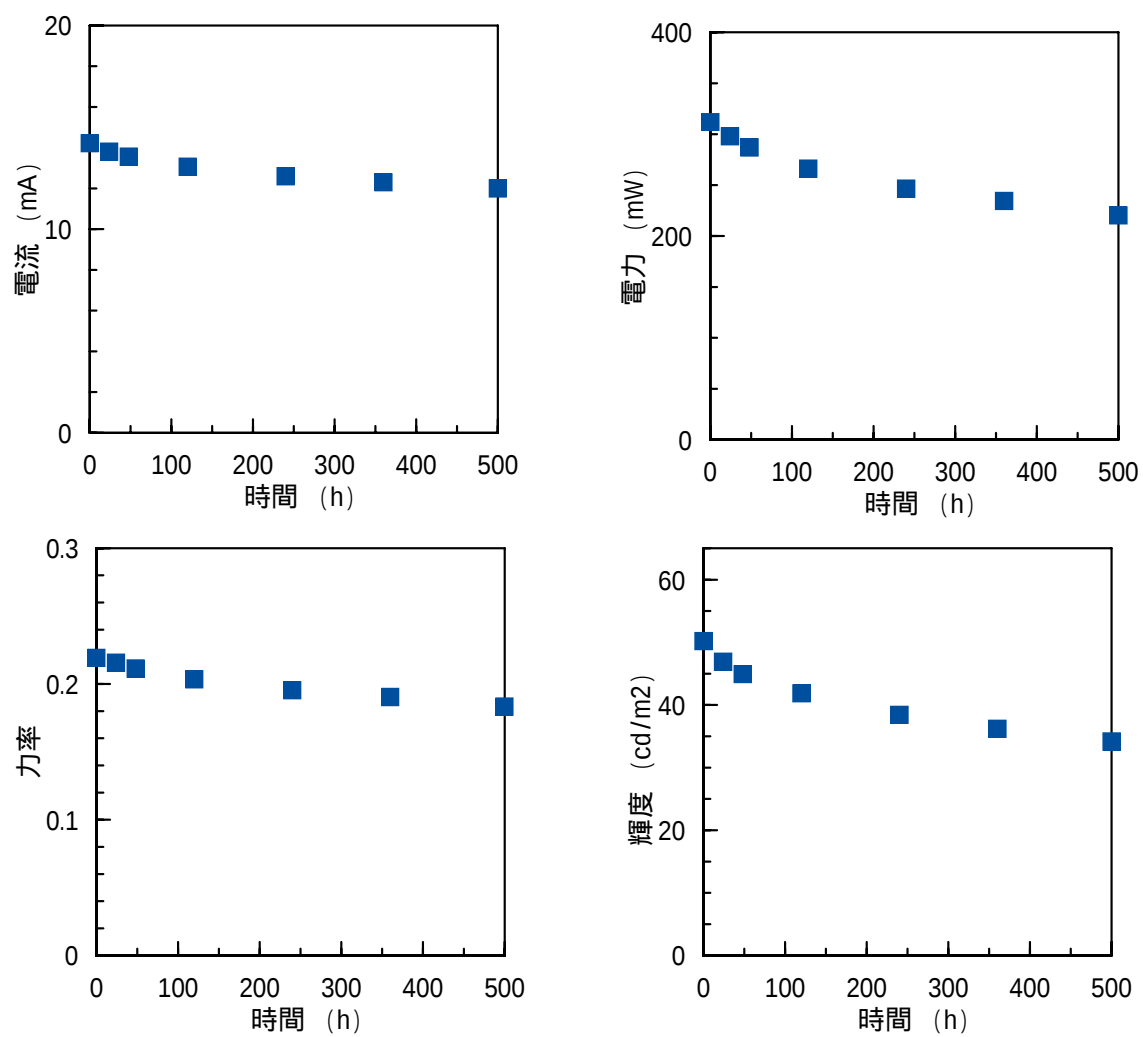
なお、張出し部側面の一部に非点灯部分が生じている。非点灯部分は試験開始後、少し大きくなる傾向が見られたが不点灯には至らない結果であった。



< 図 6-8: インサート成形品の室温点灯試験結果 >



< 写真 3: インサート成形品の室温点灯試験後の外観 >



< 図 6-9: 未成形品の室温点灯試験結果 >



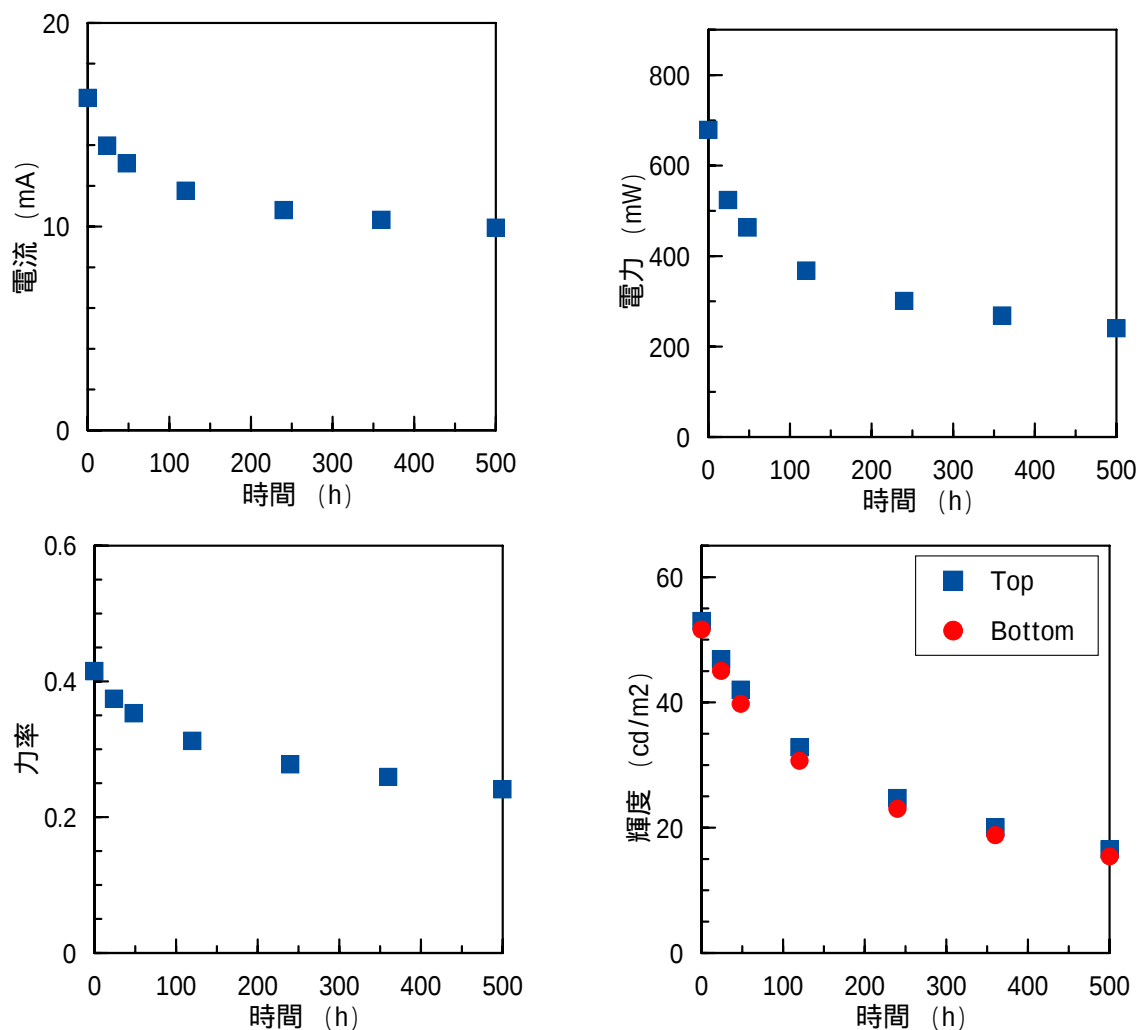
< 写真 4: 未成形品の室温点灯試験後外観 >

(3) インサート成型品の高温点灯試験結果

インサート成型品 (PC100 μ m) の高温点灯信頼性試験結果を図 6-10、試験後点灯外観を写真 5 に示す。未成型品 (PC100 μ m) の高温点灯信頼性試験結果を図 6-11、試験後点灯外観を写真 6 に示す。図の輝度グラフの Top は張出し部分、Bottom は張出されていない部分の輝度である。

結果、張出し部と張出していない部分の輝度はほぼ同じであり、両者の差はほとんどない。

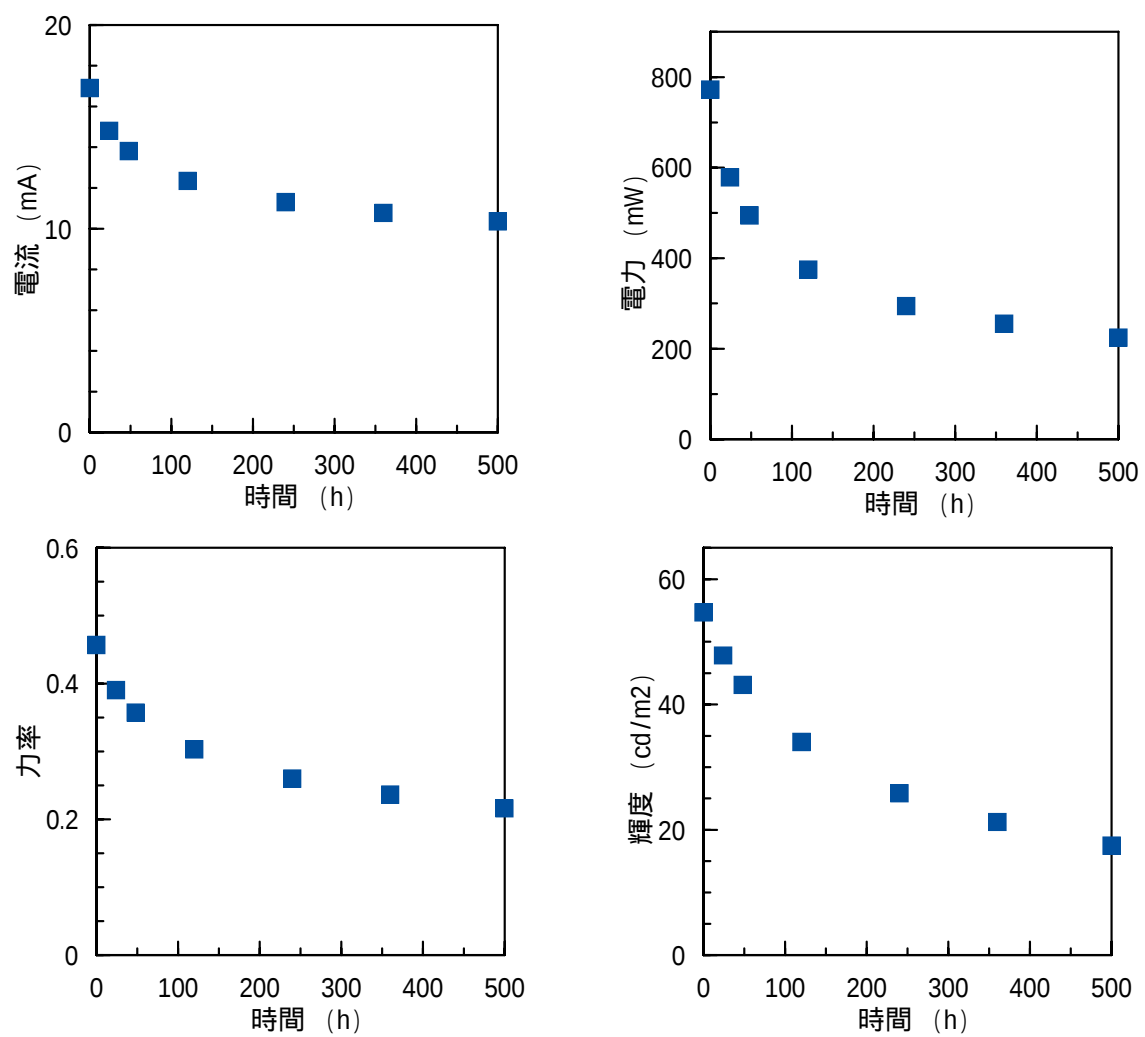
輝度低下割合は成型品、未成型と同等の信頼性を確認した。又、PC フィルムの厚さ 380 μ m 品も同様の結果であった。なお、張出し部側面の一部に非点灯部分が生じている。非点灯部分は試験開始後、少し大きくなる傾向が見られたが不点灯には至らない結果であった。



< 図 6-10: インサート成型品の高温点灯試験結果 >



< 写真 5: インサート成型品の高温点灯試験後外観 >



< 図 6-11: インサート成型品の高温点灯試験結果 >



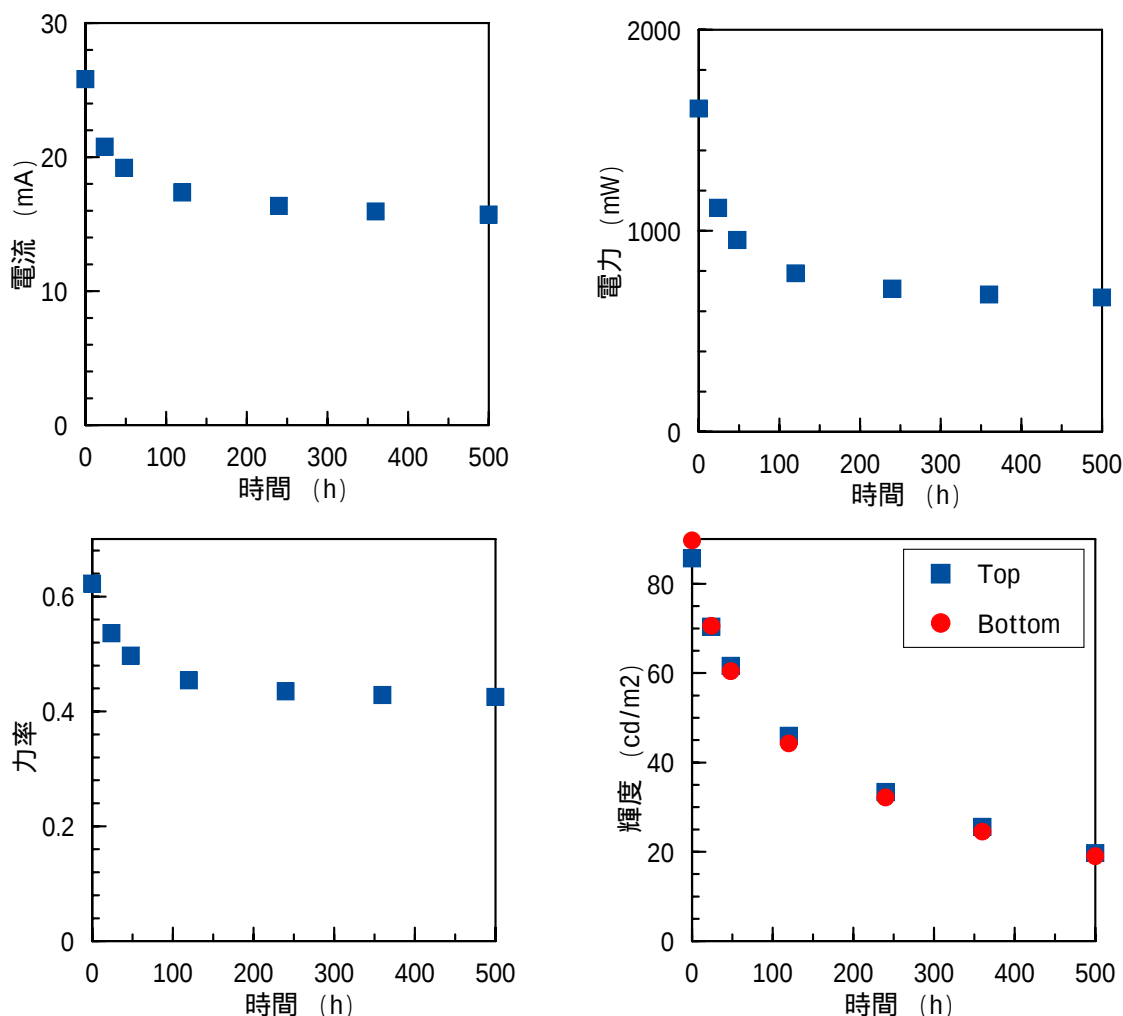
< 写真 6 : 未成形品の高温点灯試験後外観 >

(4) 高温高湿点灯試験結果

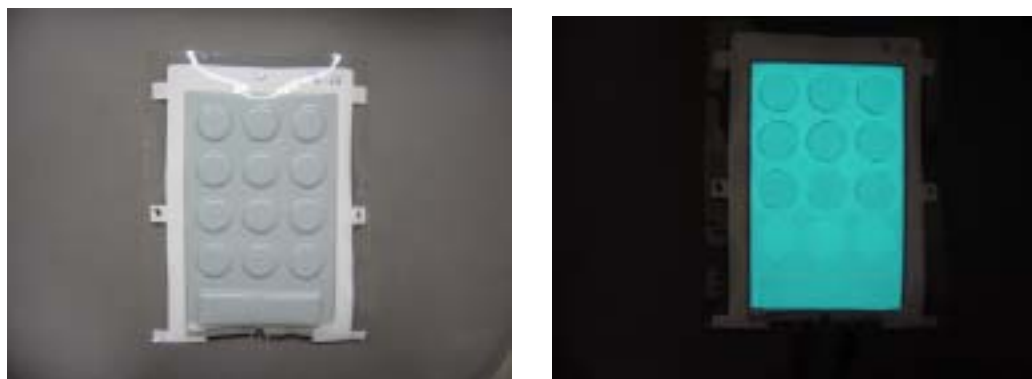
インサート成形品(PC100 μm) 高温高湿点灯試験結果を図 6-12、試験後点灯外観を写真7に示す。未成形品(PC100 μm) の高温高湿点灯信頼性試験結果を図 6-13、試験後点灯外観を写真8に示す。輝度のグラフの Top は張出し部分、Bottom は張出されていない部分の輝度である。

結果、張出し部と張出していない部分の輝度はほぼ同じであり、両者の差はほとんどない。

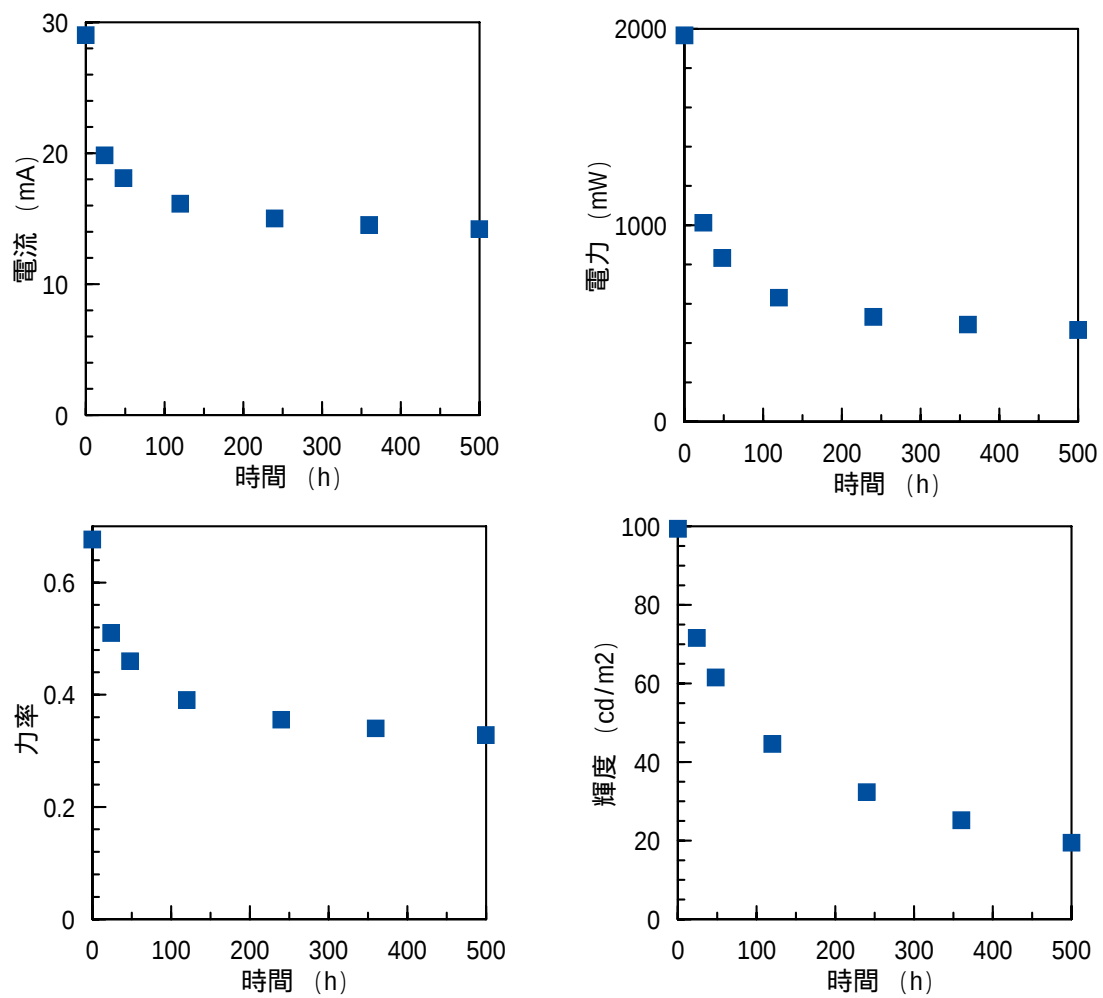
したがって、室温点灯試験、高温点灯試験と同様に、張出し成形の影響は小さく、張出し成形部の信頼性は問題ないものと考えられる。なお、張出し部側面の一部に非点灯部分が生じている。非点灯部分は試験開始後、少し大きくなる傾向が見られたが不点灯には至らない結果であった。



< 図 6-12: インサート成型品の高温高湿点灯試験結果 >



< 写真7: インサート成型品図の高温高湿点灯試験後外観 >



< 図 6-13: 未成形品の高温高湿点灯試験結果 >



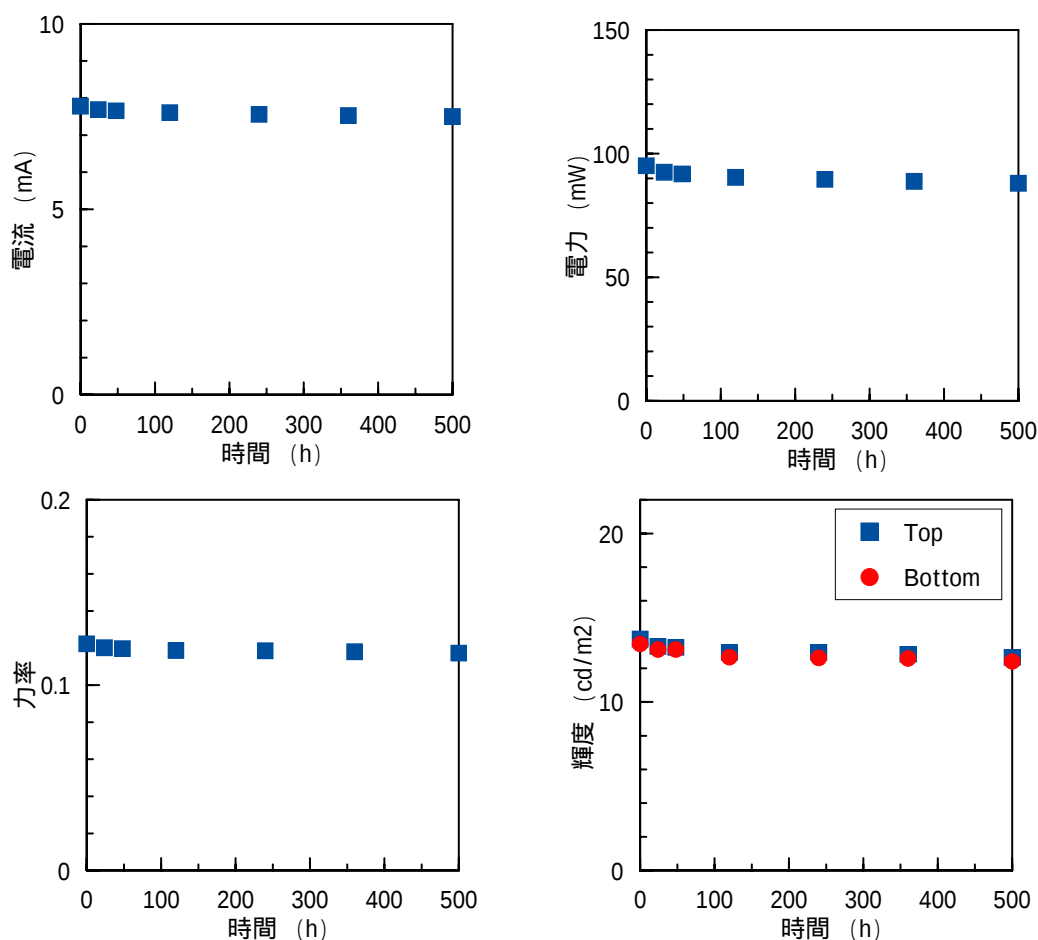
< 写真 8 : 未成形品の高温高湿点灯試験後外観 >

(5) 低温点灯試験結果

インサート成形品(PC100 μm)低温点灯試験結果を図 6-14、試験後点灯外観を写真9に示す。
未成形品(PC100 μm)の低温点灯信頼性試験結果を図 6-15、試験後点灯外観を写真10に示す。

輝度のグラフの Top は張出し部分、Bottom は張出されていない部分の輝度である。初期輝度は、低温環境で点灯測定しており、発光色が青色側にシフトしており、視感度の関係で他の試験の輝度よりも低い値となったものと考えられる。

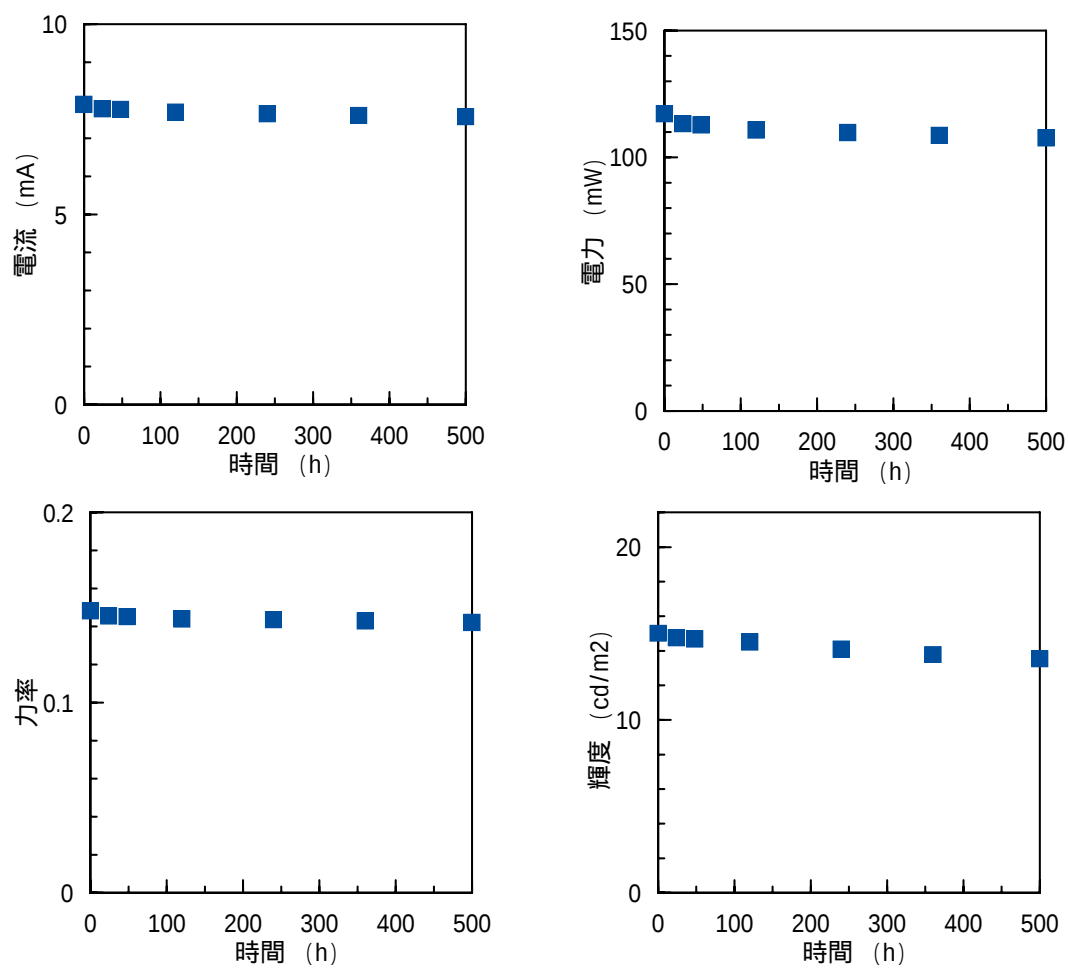
結果、張出し部と張出していない部分の輝度はほぼ同じであり、張出し成形の影響は小さく、張出し成形の信頼性には問題がないものと考えられる。なお、試験後の外観写真からは、張出し部分の側面に非点灯部分が見られるが、この非発光部は成形時に生じたものであり、試験前後で拡大は認められなかった。



< 図 6-14: インサート成型品図の低温点灯試験結果 >



< 写真9: インサート成型品の低温点灯試験後外観 >



< 図 6-15: 未成形品の低温点灯試験結果 >



< 写真 10: 未成形品の低温点灯試験後外観 >

(6) インサート成型品の高温放置試験結果

インサート成型品の高温放置試験結果を表6 - 9に、試験後の成型品外観を写真11に未成型品の試験後外観を写真12に示す。表中の輝度のTopは張出し部分、Bottomは張出されていない部分の輝度である。

結果、張出し部と張出していない部分の輝度はほぼ同じであり、張出し成形の影響は小さく、張出し成形部の信頼性には問題がないものと考えられる。なお、張出し部側面の一部に非点灯部分が生じている。非点灯部分は試験開始後、少し大きくなる傾向が見られたが不点灯には至らない結果であった。

<表6 - 9:高温放置試験結果>

サンプル		輝度 (cd/m ²)		電流 (mA)	電力 (mW)	力率
		Top	Bottom			
[1-1] 成型品	試験前	51.70	51.65	13.756	276.3	0.2008
	試験後	49.68	49.93	12.524	230.5	0.1839
[1-2] 未成型品	試験前	52.73	-	14.910	373.9	0.2507
	試験後	49.83	-	15.113	325.7	0.2154
[2-1] 成型品	試験前	52.33	51.80	14.711	304.3	0.2068
	試験後	50.45	50.85	13.868	259.4	0.1870
[2-2] 未成型品	試験前	52.25	-	14.570	333.9	0.2291
	試験後	48.13	-	14.524	278.7	0.1918



<写真11: インサート成型品の高温放置試験後外観>



<写真12: 成型品の高温放置試験後外観>

(7) インサート成型品の高温高湿放置試験結果

高温高湿放置試験結果を表 6-10 に、試験後の成型品外観を写真 13 に、未成型品の試験後外観を写真 14 に示す。

表中の輝度の Top は張出し部分、Bottom は張出されていない部分の輝度である。試料 1 の初期輝度は、約 52 cd/m^2 と測定された。張出し部と張出していない部分の輝度はおよそ一致している。したがって、室温点灯試験、高温点灯試験、高温高湿点灯試験、低温点灯試験、高温放置試験と同様に、張出し成形の影響は小さく、張出し成形部の信頼性は十分であると考えられる。張出し部分の側面の一部に非点灯領域があることが分かる。非点灯部分は試験後に少し大きくなる傾向が見られたが、不点灯には至らない結果であった。

< 表 6 - 10 : 高温高湿放置試験結果 >

サンプル		輝度 (cd/m^2)		電流 (mA)	電力 (mW)	力率
		Top	Bottom			
[1-1] 成型品	試験前	52.20	51.13	13.335	284.1	0.2130
	試験後	50.78	49.93	12.274	230.5	0.1877
[1-2] 未成型品	試験前	51.53	-	14.568	390.1	0.2677
	試験後	51.73	-	15.746	309.6	0.1965
[2-1] 成型品	試験前	50.93	50.85	14.470	297.2	0.2054
	試験後	50.03	50.95	13.625	254.1	0.1864
[2-2] 未成型品	試験前	51.60	-	14.500	330.8	0.2281
	試験後	51.10	-	15.314	296.6	0.1936



< 写真 13 : インサート成型品の高温高湿放置試験後外観 >



< 写真 14 : 未成型品の高温高湿放置試験後外観 >

(8) インサート成型品の低温放置試験結果

低温放置試験結果を表 6-11 に、試験後の成型品外観を写真 15 に未成型品の試験後外観を写真 16 に示す。

表中の輝度の Top は張出し部分、Bottom は張出されていない部分の輝度である。

結果、張出し部と張出していない部分の輝度はおよそ一致している。したがって張出し成形の影響は小さく、張出し成形部の信頼性は十分であると考えられる。なお、非点灯領域が僅かに生じているが、この非発光部は、成形時に生じたものであり、試験前後で拡大は認められなかった。

< 表 6 - 11 : 低温放置試験結果 >

サンプル		輝度 (cd/m ²)		電流 (mA)	電力 (mW)	力率
		Top	Bottom			
[1-1] 成型品	試験前	53.68	52.00	14.149	287.5	0.2032
	試験後	53.18	51.85	13.960	274.7	0.1967
[1-2] 未成型品	試験前	52.98	-	14.947	397.8	0.2661
	試験後	52.55	-	14.982	378.3	0.2523
[2-1] 成型品	試験前	54.73	54.63	15.033	313.4	0.2084
	試験後	54.15	54.33	14.987	302.5	0.2018
[2-2] 未成型品	試験前	50.63	-	14.120	318.9	0.2258
	試験後	49.05	-	14.053	299.7	0.2132



< 写真 15 : インサート成型品の低温放置試験後外観 >



< 写真 16 : 未成型品の低温放置試験後外観 >

(9) インサート成型品の温度衝撃試験結果

温度衝撃試験結果を表6 - 12に示す。試験後の成型品外観を写真17に未成型品の試験後外観を写真18に示す。表中の輝度の Top は張出し部分、Bottom は張出されていない部分の輝度である。

結果、張出し部と張出していない部分の輝度はほぼ一致しており、両者の差はほとんどない。したがって、張出し成形の影響は小さく、張出し成形部の信頼性には問題がないものと考えられる。なお、張出し部側面の一部が非点灯であることが分かる。試験後、非点灯部分が僅かに大きくなる傾向が見られたが不点灯には至らない結果であった。

< 表6 - 12 : 温度衝撃試験結果 >

サンプル		輝度 (cd/m ²)		電流 (mA)	電力 (mW)	力率
		Top	Bottom			
[1-1] 成型品	試験前	52.05	51.90	14.013	286.5	0.2044
	試験後	46.50	45.98	11.902	219.8	0.1846
[1-2] 未成型品	試験前	50.33	-	14.494	367.2	0.2533
	試験後	49.00	-	14.550	320.4	0.2201
[2-1] 成型品	試験前	49.95	49.80	14.406	291.7	0.2025
	試験後	49.18	48.98	13.701	256.9	0.1874
[2-2] 未成型品	試験前	52.43	-	14.454	334.0	0.2310
	試験後	51.05	-	14.311	279.3	0.1951



< 写真16 : インサート成型品の温度衝撃試験後外観 >



< 写真17 : 未成型品の温度衝撃試験後外観 >

6 - 5 EL電極端子、駆動回路実装品の信頼性試験

電源回路を実装した「多面張出し操作パネル」形状の 3D-EL 成形品について、函館地域産業振興財団にて、一般的な電子部品の放置信頼性(60、90%、500hr 放置試験)、(-40、30 分 ~ +85、30 分 : 100 回。温度衝撃試験)にて、完成品としての信頼性を検証、試験後に異常無く点灯することを確認した。

(1) 評価用電極端子の信頼性試験

セコニック電子は、3D-EL 成形品用の導電性材料や樹脂モールドによる電極端子の形成について、構成材料を選定するため、各種導電性ペースト塗料、補強用樹脂材を組み合わせ、電極端子を形成し、函館地域産業振興財団にて信頼性試験を行なった。

高温高湿放置試験(温度 60、湿度 90%RH、500 時間)、温度サイクル(高温 80 × 30min、低温 -30 × 30min を 1 サイクルとし、100 サイクル)の函館地域産業振興財団にて試験を実施。

セコニック電子にて、試験後の外観状態と接続信頼性について確認した。

結果、シリコン系モールドは、温度衝撃試験において、表面クラックが生じ、モールド剤は、A タイプのアクリル系モールドを選択。

導電性接着剤については、高温高湿放置試験、温度衝撃試験についても特に異常は認められないことから、コスト、マイグレーション性を考慮して NO.2 熱硬化型カーボン/銀ペーストを選定する。

(2) EL電極端子、駆動回路実装品の高温高湿点灯試験結果

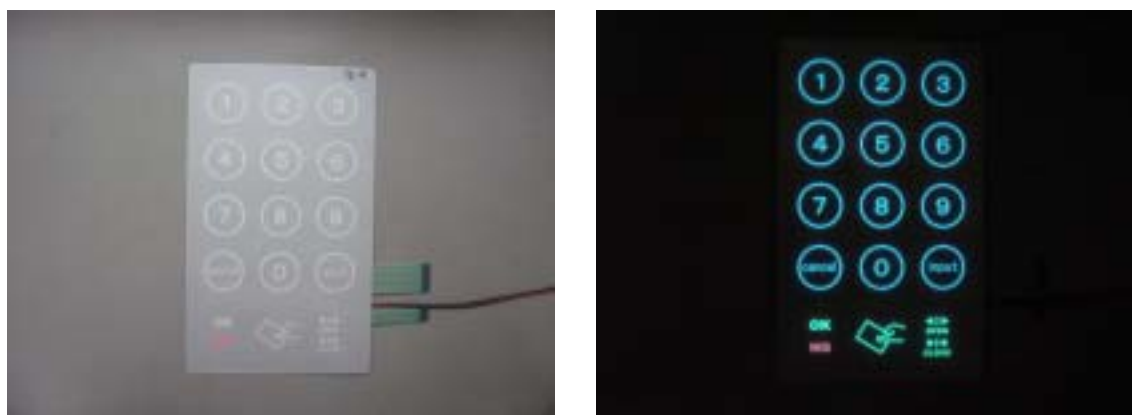
高温高湿点灯試験は、恒温恒湿槽を用いて 60、90 %RH で 500 時間連続点灯させ、点灯状態を確認した。

結果、試験終了後、断線無く点灯することが確認された。

さらに、温度衝撃試験として - 40 に 30 min 曝露した後、85 に 30 min 曝露し、これを 1 サイクルとして合計 100 サイクル繰り返し曝露した。

駆動回路実装品の温度衝撃試験試験後の外観を写真 18 に示す。

結果、試験後も断線無く点灯することが確認され、駆動回路の実装信頼性は確保できると考えられる。



< 写真 18 : 駆動回路実装品の温度衝撃試験後外観 >

6 - 6 量産検証品の信頼性試験

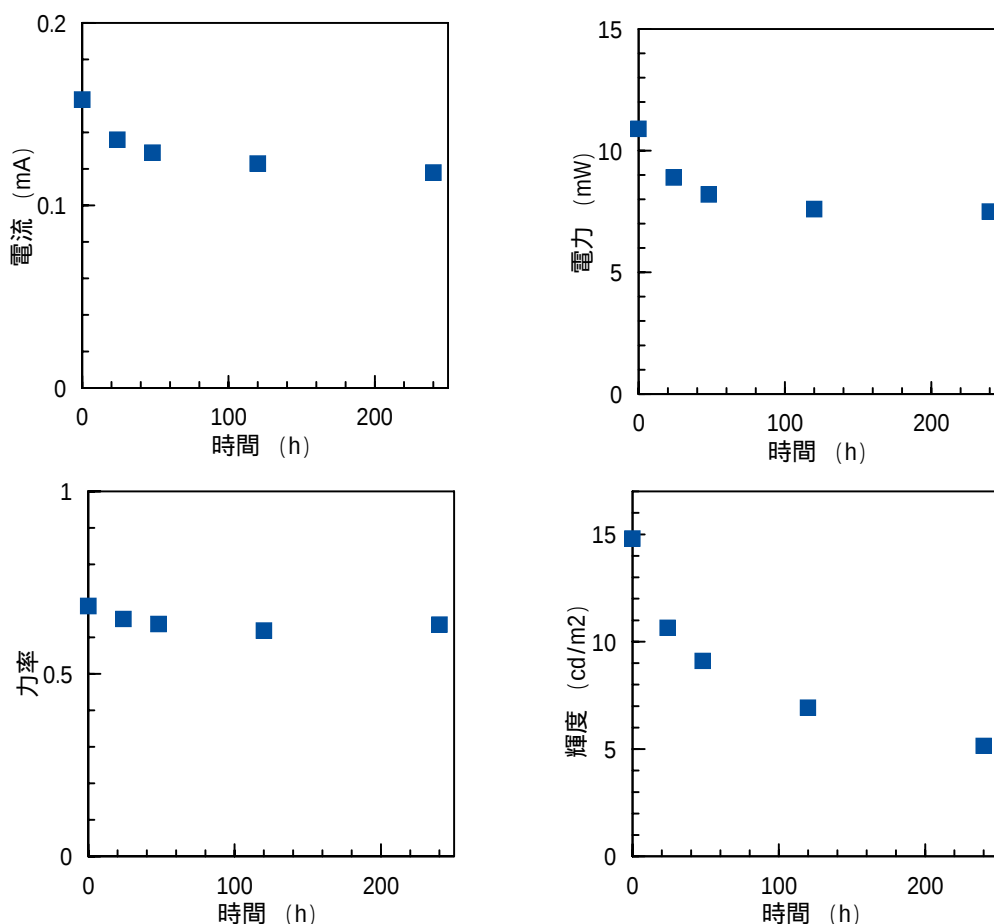
量産検証品として、連続的に生産した成型品について、信頼性が従来通り確保されているか確認するため、代表で試験条件的に過酷な高温高湿点灯試験を実施して、過去の試験と同様の信頼性が確保できているか確認した。

(1) 量産検証品の試験条件

試料は、量産検証で連続生産検証した基材：PC フィルム厚さ 100 μm の張出し成型品とした。高温高湿点灯試験は、恒温恒湿槽を用いて 60、90 %RH で 240 時間連続点灯させ、輝度、電流、電力、力率を測定した。印加電圧は 100 V、周波数は 400 Hz とした。輝度測定は、恒温恒湿槽のガラス窓を通じて行ない、ドーム部の緑色発光の輝度を測定した。輝度については、恒温恒湿槽のガラス窓の透過率により、輝度計の実測値を補正し、輝度データとした。

(2) 量産検証品の高温高湿点灯試験結果

量産検証品の高温高湿点灯試験の結果を表 6 - 12 に示す。試験後の成型品外観を写真 19 に示す。結果、輝度減少の試験時間依存性は、「多面張出しインサート成型品の信頼性確認」の高温高湿点灯試験で評価した結果と同等の挙動で、量産検証品の信頼性、品質については確保されていることが確認できた。



< 図 6-16: 量産検証品の高温高湿点灯試験結果 >



< 写真19 : 量産検証品の高温高湿点灯試験後外観 >

第7章 量産検証

平成23年度、多面張出し操作パネルイメージ製品で、100枚以上投入し、量産化を想定した試作を行い、歩留、工数、品質の検証を行う。

[操作パネルイメージ目標仕様]

- ・成形張出し高さ 1.5mm～2mm、形状R処理 R1以下。
- ・成形加工歩留まり:90%以上
- ・発光状態:著しい発光ムラ、断線、不点灯無き事。
- ・成形目標時間:3分以下
- ・信頼性目標:60、90%RH×240hr 連続点灯:不点灯無きこと

7-1 量産検証 3D-EL仕様

平成23年度の張出し成形金型(パンチ可動式)による成形シワの無い品質と、成形高さ2mmを達成した成形条件を基準とした為、目標仕様に設定した、成形形状R処理については、R1以下から、R3に成形形状Rを変更して、量産検証を実施することにした。

その他の成形仕様については、表1に記載の条件で実施した。

<表1:量産検証条件>

項 目		仕 様
ELシート	基材	ポリカーボネート(PC) 100μm
	発光形状	10キー部:1ch、他5ch 6ch発光
張出成形金型		H23年度製作 張出成形金型(パンチ可動式)
成形形状	テンキー部	張出高さ2.0mm パンチR3.0mm、ダイスR0.5mm、
	ド・ム部	張出高さ3.0mm パンチR5.0mm、ダイスR0.5mm、

7-2 量産検証結果

(1)外観状態

外観検査については、類似製品で成形の無い操作パネル用ELの検査規格を適用した。
外観検査内容は表28による。

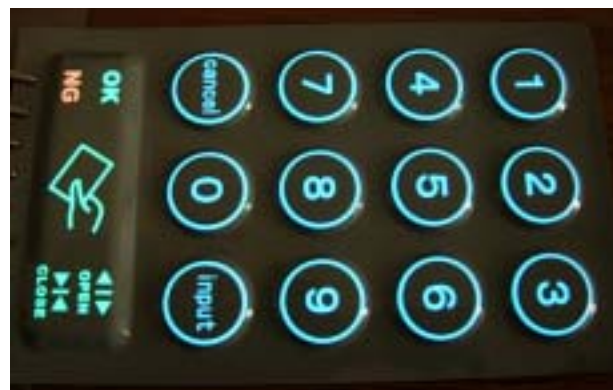
<表2:検査条件>

検査工程・	検査項目	検査内容	規格
印刷工程後	未点灯外観	印刷位置ズレ ニジミ、ムラ、カスレ	目視による、著しい絵柄の変形、 カスレ、色ムラ無きこと
張出成形後	未点灯外観	成形シワ、打痕	成形シワ、打痕無きこと
張出成形後	点灯外観	耐圧・周波数 AC150Vrms、1kHz	ショート、不点灯、発光ムラ無き事
		定格点灯外観 AC100Vrms、400Hz	発光ムラ、スジ無きこと

量産検証品の張出成形後の外観を図1、図2に記載する。



< 図1 : 検証品 非点灯外観 >



< 図2 : 検証品 点灯外観 >

(2) 成形加工歩留まり

量産検証の製造歩留まり結果を表3に記載する。張出成形に関わる歩留まりは、目標の90%以上を達成することが出来た。また、成形時に発生した不良は、全て打痕不良であり、製品表面に異物が付着した状態に気づかずに成形してしまった事が原因で、本質的に3D-ELの張出成形に関わる問題は無く、一般的なプレス工程不良であった。

印刷工程においても、作業開始時の印刷版セッティングミスによる印刷ズレで、3D-ELに関わる、印刷ムラ不良や異常は確認されていないことから、3D-ELの印刷工程、張出成形の品質は安定しており、一般的なEL製品と同等の歩留まりを確保できることが確認できた。

< 表3: 成形加工歩留まり >

検査工程	不良内容	良品数	不良数	工程別歩留
投入数	—	103 個	—	—
印刷工程検査	印刷ズレ	85 個 / 103個	18 個 / 103個	82.5%
張出成形後検査	打痕 (成形時異物付着)	77 個 / 85個	8 個 / 85個	90.6%
総合歩留まり	—	77 個 / 103個	26 個 / 103個	74.8%

(3) 成形時間

量産検証として、量産加工をイメージして、連続的に合計103個の張出成形加工を行い、成形加工のタクトを算出した。

結果は、製品の脱着に関わる段取り時間が予想外に大きく、1回(個)の成形当り平均4分16秒となり、目標の3分以下を達成することは出来なかった。

但し、成形装置の動作成形時間(加熱→成形→冷却→型開き)の計測値では、1回(個)当り2分50秒のタクト達成しており、段取り時間を機械化等で10秒以下に合理化することで、目標の3分以下に成形タクトを短縮可能であり、自動化を前提にすれば実現可能な範囲と推定される。

又、成形実験装置の加熱ヒータを増設したり、熱源を蒸気に改良することで、装置加熱時間も短縮できる余地があるので、目標の3分以下の成形タクトを達成する目処はできた。

(4)信頼性試験

量産検証で、連続的に製作した3D-ELの信頼性に問題が無いか、函館地域産業振興財団様にて、信頼性試験を実施して確認頂いた。信頼性試験結果は第6章による。

第7章 プロジェクトの運営管理

公益財団法人函館地域産業振興財団

平成21年度から平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業、「3D-EL;無機ELシートの3次元一体成形による操作パネルの開発」に関わる、3D-EL研究開発委員会、特許発掘委員会は、下記の日程で開催し、北海道立総合研究機構、函館地域産業振興財団、セコニック電子 函館事業所(旧社名 函館セコニック)の三者で、協議しながら研究開発を進めた。

< 研究開発委員会及び特許発掘委員会の開催実績 >

平成21年度 研究開発委員会を3回開催

- ・第1回研究開発委員会 平成21年12月14日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック
- ・第2回研究開発委員会 平成22年 2月22日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック
- ・第3回研究開発委員会 平成22年 3月26日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック

平成21年度 特許発掘検討会を1回開催

- ・特許発掘委員会 平成21年3月23日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック

平成22年度 研究開発委員会を3回開催

- ・第1回研究開発委員会 平成22年9月28日
開催地:札幌 場所:地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
- ・第2回研究開発委員会 平成23年2月14日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック
- ・第3回研究開発委員会 平成23年3月18日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック

平成23年度 研究開発委員会を3回開催

- ・第1回研究開発委員会 平成23年8月10日
開催地:札幌 場所:地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
- ・第2回研究開発委員会 平成23年10月11日
開催地:函館 場所:(株)函館セコニック
- ・第3回研究開発委員会 平成24年2月28日
開催地:函館 場所:(株)セコニック電子 函館事業所 (旧 函館セコニック)

平成23年度 特許発掘委員会を1回開催

- ・特許発掘委員会 平成24年1月30日
開催地:函館 場所:(株)セコニック電子 函館事業所 (旧 函館セコニック)

以上

第9章 総括

9 - 1 研究開発成果

本研究開発で計画した、3D - EL成形仕様の改善、成型条件の確立、成形タクト短縮、成形シワ対策、成形メカニズム解明、検査、分析方法の確立、信頼性確認、品質・工程検証と最低限必要な基礎データを所得し、掲げた目標は、ほぼ達成することができた。

- 成形仕様の改善

平成21年度に3D - EL成形実験に必要な成形プレス装置を選定、基礎実験を行い、平成22年度には、事業化を具体的にするため金型加熱冷却システムを電気ヒータから、より加熱冷却効率が高いと思われる高温水加熱システムを選定、導入し、成型タクト時間を短縮することができ、事業化も視野に入れる条件を達成した。さらに、平成23年度年度では、平成22年度の成形シワの問題を改善するために成形金型機構を固定パンチから可動パンチに変更して検証を行った結果、目標の改善を達成した。これらより、事業化に向けた3D - EL成形装置として、理想的な成形装置及び周辺機器の仕様、金型機構と最低限必要な設計の基礎を見出す事ができた。

- 量産検証

量産検証で100個流した結果、成形不良は無く、既存のELと同等の歩留まりといえる結果が得られた。又、成形品の信頼性は、函館地域産業振興財団に確認頂いたが、特に異常なしとの結果であり、量産に向けた品質の不安要素は確認されなかった。

一方、成形タクトについては、実際の成形加熱冷却時間は3分未満でも、成形製品を金型に脱着する時間が1分26秒程と余計にかかり、目標の成形時間3分以下に至らなかった。

事業化に向けては実成形時間だけでなく、装入、搬出の段取り時間も重要である事を認識し、装入、搬出作業の合理化、自動化を検討する必要がある。

- 成形条件の検証及び、検査装置によるEL構造の変異分析

北海道立総合研究機構に平成21年度、平成22年度、平成23年度と、成形実験の各段階における関わる不良モードの分析調査を取り纏めて頂いた。

結果、成形メカニズムを調査、解明頂き、容易に分析資料を検索できるようにデータベースとして取り纏めて頂いた。今後の成形デザイン、成形条件設定の他、成形装置、EL素材の改善に利用できる。

- インサート成形

平成22年度にインサート成形樹脂の選定、EL耐熱性確認を北海道立総合研究機構に依頼し、平成23年度年度は、インサート成形型を実際に設計、製作し、射出成形装置と組み合わせて、3D - ELのインサート成形品が実現できるか確認を行った。

結果、ソリや発光欠陥発生等の若干の品位問題はあるが、インサート成形工程に耐え、異常無く点灯、張出し成型品と同等の信頼性を満足していることを確認できた事で、インサート成形品での製品化の可能性とインサート成形で要求される耐久性、製品設計の知見が得られた。

- 電極端子の確立

平成22年度に電極端子部で接続の材料選定を行い、平成23年度は、実際の製品をイメージして、3D-ELの成型した凹部に電極端子部で接続して電源回路を実装。モールド樹脂で固定し一体化した最終製品の形態を試作、信頼性検証した。

結果、高温高湿点灯試験、温度衝撃試験で点灯することを確認し、電極端子の接続信頼性は満足できることを確認し、電源回路を実装した3D-ELの最終製品形態を検証することができた。

- 信頼性試験

函館地域産業振興財団にて、平成21年度、平成22年度、平成23年度と、成形実験の各段階、インサート成形品、駆動回路実装品、量産検証品の信頼性試験を実施して確認した結果、特に品質問題無い試験結果で、一般的な電子部品の品質、信頼性は確保できていることを確認頂いた。

9 - 2 研究開発後の課題

成形装置、金型、成型条件だけでは成形性の向上は限界があり、3D-ELとして、成形性の限界を大きく向上する事は限界がある事が判明した。

よって、川下企業のインパクトのある複雑な商品デザインに対応するため、3D-EL自体の耐熱性、成形性をさらに改善し、成形限界領域を高める改良を進める必要がある。

具体的には、成形張出し天面だけでなく、成形張出し側面の延伸部も綺麗に発光できる条件出しと、改良して綺麗に発光させる事を目標に加える。

又、事業化に向けて、ELシートで提供して、外注で成形する場合も想定されるため、製造ロット毎の保証、容易に評価保証できる方法、評価装置、規格化を構築する必要がある。

9 - 3 事業化展開

事業化については、各種の展示会でサポイン事業を紹介頂いた背景から、複数の川下企業より3D-ELの引き合いを頂いている。

事業終了後に設計打ち合わせの段階に進む案件もあり、実際の川下企業のデザイン、性能、品質、信頼性のニーズを満足できれば事業化に進められる予定である。

具体的には、平成24年度事業終了後も、引き続き3D-EL成形装置を使用して、研究開発を進め、川下企業のニーズに対応した課題にして、3D-EL自体成形性をさらに改善し、成形安定性、成形限界領域を高める。量産の安定した成形品質を保証する為、成形品質に関わり、EL製造工程の変動要素と成形性相関調査を進め、量産工程管理の確立を進める。

平成25年度内には量産前提の試作を受注して、平成26年度の量産化を目指したい。

なお、事業化の形態については、当面は3D-ELシートのみ自社生産し、成形加工は研究開発にとどめ、理想的な成形設備を保有している成形外注を利用したの供給を目指す。

量産実績により、具体的な引き合いは増大すると考えており、市場規模によって成形装置の導入を検討したい。

< 終わりに >

本研究開発に参加頂き、計画の推進に多大なご協力を頂いた、北海道立総合研究機構、函館地域産業振興財団の研究者及び関係者方々のご協力により、本研究開発の目標を無事達成できましたこと深く御礼申し上げます。

また、本事業推進の機会を与えて頂いた北海道経済産業局に深く感謝します。