

平成 2 1 年度戦略的基盤技術高度化支援事業  
「照明用 LED パッケージの開発・量産化」

研究開発成果等報告書

平成 2 2 年 3 月

委託者 近畿経済産業局

委託先 特定非営利活動法人 J R C M 産学金連携センター

## 目 次

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 第1章 研究開発の概要                                 | 3  |
| 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標                        | 3  |
| 1-2 研究体制                                    | 4  |
| 1-2-1 研究組織及び管理体制                            | 4  |
| 1-2-2 研究員及びプロジェクト管理員                        | 6  |
| 1-2-3 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名                    | 7  |
| 1-2-4 他からの指導・協力者名及び指導・協力事項                  | 8  |
| 1-3 成果概要                                    | 9  |
| 1-4 当該プロジェクト連絡窓口                            | 9  |
| 第2章 本論                                      | 10 |
| 2-1 白色 LED 用真空印刷封止システムの開発                   | 10 |
| 2-2 真空印刷用封止剤の設計、開発                          | 13 |
| 2-3 真空印刷封止システムによる COB 新型表面実装 LED 照明パッケージの開発 | 19 |
| 第3章 全体総括                                    | 25 |
| 3-1 研究開発成果                                  | 25 |
| 3-2 今後の課題および事業化展開                           | 25 |
| 参考文献・引用文献                                   | 25 |
| 専門用語の解説                                     | 25 |

## 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

LED(発光ダイオード)は、長寿命・高効率で、蛍光灯で使用している水銀を使用しないことから、環境に適合した今後の照明光源として大きく期待されている。

LED の普及課題のひとつはコストの削減である。現在の照明用 LED のパッケージング工程においては、金型を使ってそこに樹脂を流し込み成形するプロセスを行っているが、金型の製作にコストがかかり、樹脂歩留まりも悪いのでパッケージング工程におけるコスト削減が望まれている。

また、今後 100～150lm/Wの高効率 LED を実装する照明器具については現在のままでは樹脂の劣化が激しく、上記の値を保障していくことは困難である。このため新しい透明なレンズ用樹脂の開発が川下ユーザー企業から求められている。

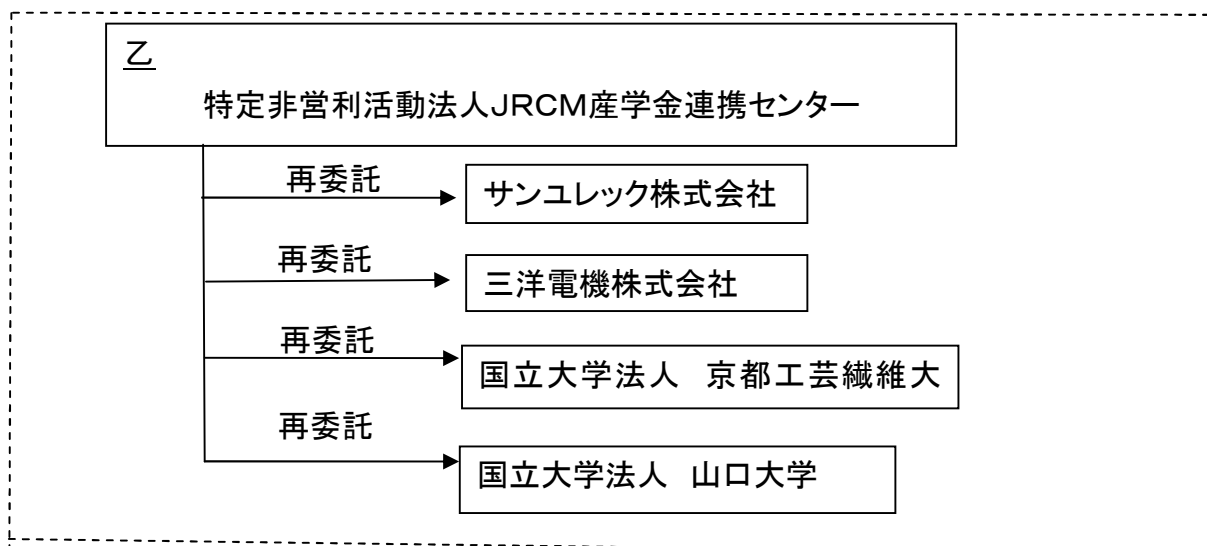
更に、照明用 LED ランプについては、集光性の高い砲弾ラップを集合させたものもあるが、高輝度 LED の場合、一般用照明としては眩し過ぎるという問題がある。今後の LED 照明の方向性として、低コストの新型表面実装(COB:Chip On Board)LED 照明パッケージを実装させる方式が有望視されている。

そこで、サンユレック社が独自に開発した真空印刷封止システム(Vacuum Printing Encapsulation System)と、新しい LED 照明パッケージ用透明封止樹脂により、新型表面実装パッケージ技術を開発し低コスト LED 照明パッケージを川下ユーザー企業へ提供し、LED 照明器具のコスト削減に寄与し、安価な LED 照明器具の開発・普及を図ることを目的として本研究開発を行う。

## 1－2 研究体制

### 1－2－1 研究組織及び管理体制

#### (1) 研究組織(全体)

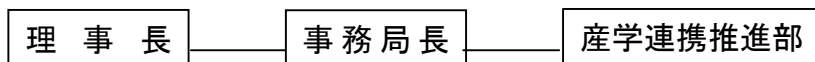


総括研究代表者（P L）  
サンユレック株式会社  
開発部 開発グループ  
グループ長  
大山 紀隆

副総括研究代表者（S L）  
京都工芸繊維大学  
先端ファイブロ科学部  
門、教授  
藤井 善通

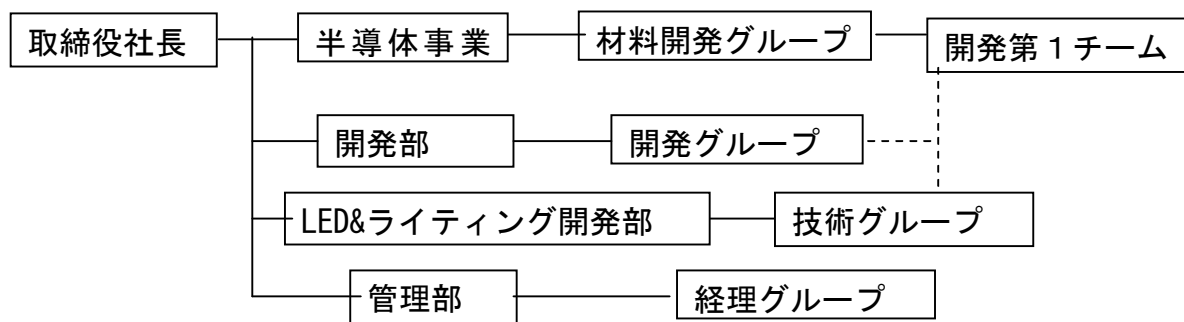
## (2)管理体制

### ①事業管理者 [特定非営利活動法人JRCM産学金連携センター]

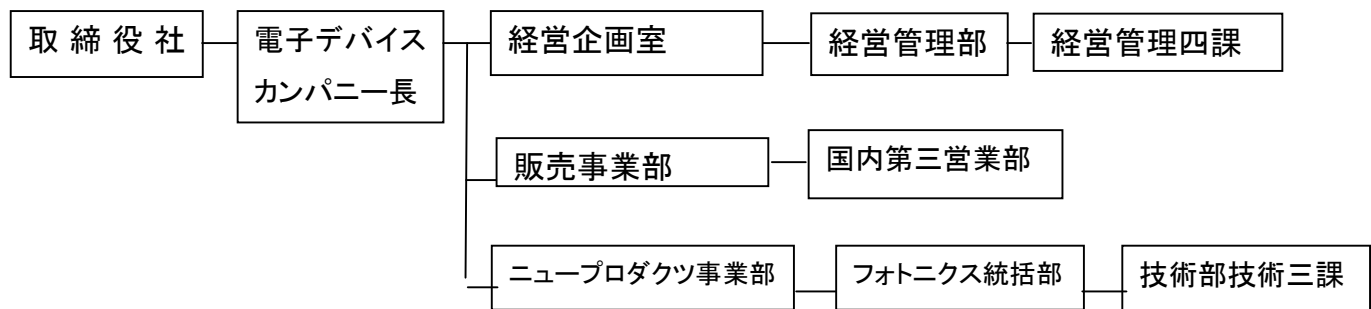


### ②(再委託先)

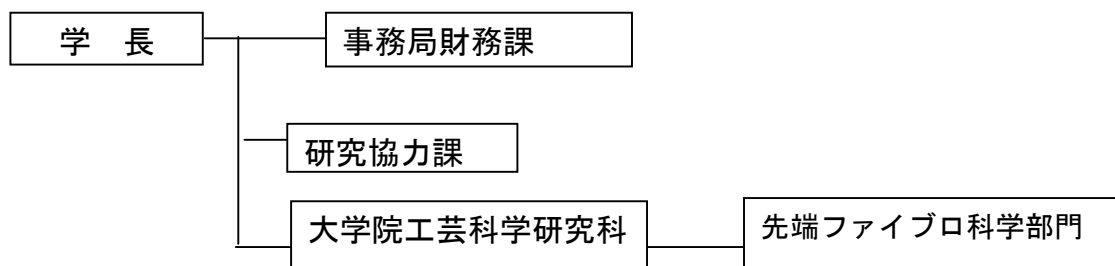
#### サンユレック株式会社



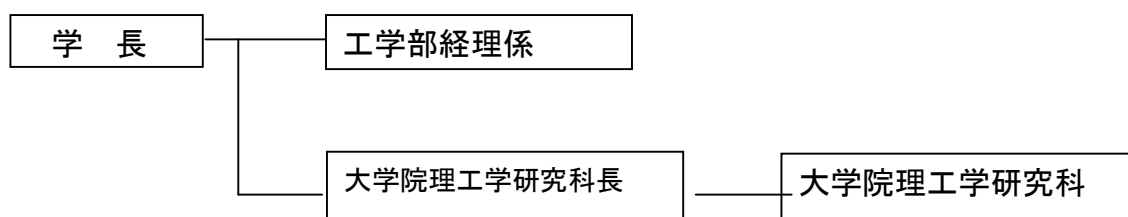
#### 三洋電機株式会社



#### 国立大学法人 京都工芸繊維大学



国立大学法人 山口大学



1-2-2 研究員及びプロジェクト管理員

【事業管理者】特定非営利活動法人JRCM産学金連携センター

① 理員

| 氏 名   | 所属・役職      | 実施内容(番号) |
|-------|------------|----------|
| 小島 彰  | 理事長        | ④        |
| 伊藤 瑛二 | 産学連携推進部 部長 | ④        |

【再委託先】※研究員のみ

サンユレック株式会社

| 氏 名    | 所属・役職                          | 実施内容(番号) |
|--------|--------------------------------|----------|
| 大山 紀隆  | 開発部 開発グループ グループ長               | ① ② ③    |
| 田中 収   | LED&ライティング開発部・<br>技術グループ グループ長 | ②        |
| 宮脇 芳照  | LED&ライティング開発部<br>技術グループ        | ① ② ③    |
| 池田 和広  | 半導体事業部 材料開発グループ・<br>開発第1チーム    | ① ③      |
| 中西 明美  | LED&ライティング開発部<br>技術グループ        | ② ③      |
| 田淵 つかさ | 半導体事業部 材料開発グループ<br>開発第1チーム     | ② ③      |

三洋電機株式会社

| 氏 名   | 所属・役職                                       | 実施内容(番号) |
|-------|---------------------------------------------|----------|
| 保本 正美 | 電子デバイスカンパニー 販売事業部<br>国内第三営業部 担当部長           | ③        |
| 道盛 方紀 | 電子デバイスカンパニー ニュープロダクツ<br>事業部フォトニクス統括部 技術部 主任 | ③        |
| 渡邊 孝文 | 電子デバイスカンパニー ニュープロダクツ<br>事業部フォトニクス統括部 技術部 主任 | ③        |

国立大学法人 京都工芸繊維大学

| 氏 名   | 所属・役職                                | 実施内容(番号) |
|-------|--------------------------------------|----------|
| 藤井 善通 | 大学院工芸科学研究科<br>先端ファイブロ科学部門 教授<br>工学博士 | ②        |

国立大学法人 山口大学

| 氏 名   | 所属・役職            | 実施内容(番号) |
|-------|------------------|----------|
| 田口 常正 | 山口大学大学院理工学研究科・教授 | ③        |
| 倉井 聡  | 山口大学大学院理工学研究科・助教 | ③        |

1－2－3 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名  
(事業管理者)

特定非営利活動法人JRCM産学金連携センター

(経理担当者)            理 事 長            小島 彰  
(業務管理者)            理 事 長            小島 彰

(再委託先)

サンユレック株式会社

(経理担当者) 管理部 部長 中津川 晴通  
(業務管理者) 半導体事業部 部長 永井孝一良

三洋電機株式会社

(経理担当者) 電子デバイスカンパニー 経営企画室  
経営管理部 経管管理四課 課長 森島隆司  
(業務管理者) 電子デバイスカンパニー 販売事業部  
国内第三営業部 担当部長 保本正美

国立大学法人 京都工芸繊維大学

(経理担当者) 財務課長 辻 直人  
(業務管理者) 大学院工芸科学研究科長 柴山 潔

国立大学法人 山口大学

(経理担当者) 工学部経理係 経理係長 山崎清春  
(業務管理者) 大学院理工学研究科 教授 田口常正

#### 1-2-4 他からの指導・協力者名及び指導・協力事項

他からの指導・協力者及び指導・協力事項(プロジェクト技術委員会)

| 氏 名    | 所属・役職                           | 備考            |
|--------|---------------------------------|---------------|
| 奥野 敦史  | サンユレック(株)取締役社長                  | 委PL<br>委<br>委 |
| 永井 孝一良 | サンユレック(株)半導体事業部 事業部長            |               |
| 大山 紀隆  | サンユレック(株) 半導体事業部 材料開発グループ・グループ長 |               |
| 宮脇 芳照  | サンユレック(株)半導体事業部 材料開発グループ        |               |
| 田中 収   | サンユレック(株)半導体事業部 実装開発グループ        | SL            |
| 保本 正美  | 鳥取三洋電機(株)フォトニクス事業部 LED技術部 部長    |               |
| 藤井 善通  | 京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 教授          |               |
| 田口常正   | 山口大学大学院理工学研究科・教授                |               |
| 倉井聡    | 山口大学大学院理工学研究科・助教                | 委<br>委        |
| 小島 彰   | JRCM産学金連携センター 理事長               |               |
| 伊藤 瑛二  | JRCM産学金連携センター 産学連携推進部 部長        |               |



### 1－3 成果概要

#### ①白色 LED 用真空印刷封止システムの開発

タクト短縮のため、サブチャンバー方式の搬送系の増強を行った。更に、それに伴い連続印刷・印刷条件についても検討し、レンズ内に気泡が無い技術の確立を検討した。また、印刷レンズ成型について、マスクの厚み・開口部の大きさによる高さ・広がりについても確認した。その結果当初の目標を達成することができた。

#### ②真空印刷用封止剤の設計、開発

白色 LED に必要な蛍光体のサンプルを導入し、開発した樹脂との相性（硬化物性の影響）を確認した。蛍光体と樹脂の濡れ性などで、LED の輝度劣化等への影響について、特に、データの少ないシリコン系を調査し、耐久性・寿命及び樹脂の硬化物諸特性の解析のための検討を国立大学法人京都工芸繊維大学と共同して、樹脂改良を進めた。その結果目標をクリアする樹脂を開発することができた。

#### ③真空印刷封止システムによる COB 新型表面実装 LED 照明パッケージの開発

基板設計の提案は、三洋電機株式会社で行い、基板・チップ・蛍光体等の準備はサンユレック株式会社で行った。更に、新規の COB 白色 LED パッケージを作製し、その後のエージング試験・パッケージとしての光学的評価は、三洋電機株式会社とサンユレック株式会社と共同で検討した。国立大学法人山口大学では、白色 LED の基礎初期データをサンユレック株式会社から支給したチップ及び蛍光体を用いて調査し、照明として最適な蛍光体の配合比などの検討を行った。

以上の結果、白色照明 LED パッケージを試作することができた。

### 1－4 当該プロジェクト連絡窓口

法人名：特定非営利活動法人 J R C M 産学金連携センター

住所：〒115－0003 東京都港区西新橋1丁目5番11号

第11東洋海事ビル6階

連絡担当者名・所属役職：伊藤瑛二 産学連携推進部 部長

TEL:03-3592-1381 FAX:03-3592-1285

## 第2章 本論

今回委託事業研究委託は、2008年10月からの正式な研究開発認定をいただいてから約2年半経過をし、システム装置の構築・開発樹脂の一定の目標値の達成・それに伴う応用製品の目処が見えた。これまでの成果状況について、反省と今後の課題を含め、まとめをしていく。

### 2-1 白色LED用真空印刷封止システムの開発

本研究のメインテーマとして新システム装置を構築することに予算を投じた。LED照明の量産化ということで、世間一般では、LED封止剤をモールドするのに、ディスペンサーやコンプレッション成型などがまだまだ主流である。再委託先であるサンユレックには、そのモールド方式を印刷封止システムで、LEDレンズ形成をする技術を持っていた。こと印刷と一言でいっても、形状保持するために、樹脂そのものに適度な粘度が高くないと無理である。そのため、チップの障壁・ワイヤーの障壁・スキージの動き・マスクの厚みによる障壁・樹脂の流動等による影響で、樹脂（LEDレンズ内）中に、気泡が形成されてやすくなる。そこで、真空下で印刷封止をしていくという技術を持ったシステムである。

今後、LED照明をターゲットにするにあたり、独特な形状とLEDそのもののコストダウンが計れるものになるのではとの判断。

しかし、当時は量産装置というよりは、むしろ、実験装置というイメージが強く、量産性には適していなかった。そこで、量産化に適した装置の開発をということから、研究がスタートした。

装置開発として、開発当初から、図2-1-1のとおり、量産化のライン化のイメージは出来ていた。しかし、量産機ということになるとそれなりに金額がかさんでしまう。そこで、予算の関係上2年間に分けて、真空印刷装置の開発を進めていった。

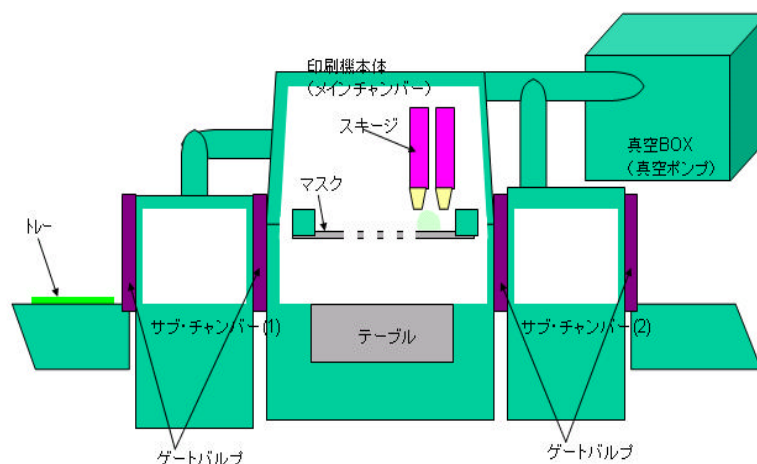


図2-1-1 完成イメージ図

初年度は、上記完成イメージ図のうち印刷機本体を設計して、まずトレイ搬送でき、印刷封止検証ができるレベルのものに仕上げた。(図 2-1-2)



図 2-1-2 初年度印刷機本体外観写真

更に、真空ポンプ自身の能力をアップさせ、本体チャンバー内の真空設定値の到達速度を高めた。真空能力を上げただけでは、印刷タクト全体での時間短縮は、現行達成時間の1/2には到達することはできず、搬送系の改善は不可欠という判断となった。

そこで、当初のイメージ図通りに、次の年度で左右にサブチャンバーを設ける形式にし、量産化ラインの完成をみた。(図 2-1-3)



図 2-1-3 サブチャンバー装置完成

初年度に本体と共に、サンユレック所有の大型真空ポンプの導入をさせ、真空能力を上げることで、従来印刷装置の印刷タクト時間の 1/2 にする最終目標を達成した。従来装置と今回の新設計装置(サブチャンバー装置)との比較結果を表 2-1-1 に示す。

表 2-1-1 印刷タクトの比較結果

| 測定回数 <sup>φ</sup> | 従来装置 (秒) <sup>φ</sup> | 新設計装置 ((秒) <sup>φ</sup><br>サブチャンバー方式 <sup>φ</sup> |
|-------------------|-----------------------|---------------------------------------------------|
| 1回目 <sup>φ</sup>  | 310 <sup>φ</sup>      | 170 <sup>φ</sup>                                  |
| 2回目 <sup>φ</sup>  | 311 <sup>φ</sup>      | 145 <sup>φ</sup>                                  |
| 3回目 <sup>φ</sup>  | 311 <sup>φ</sup>      | 146 <sup>φ</sup>                                  |
| 4回目 <sup>φ</sup>  | 310 <sup>φ</sup>      | 145 <sup>φ</sup>                                  |
| 5回目 <sup>φ</sup>  | 311 <sup>φ</sup>      | 145 <sup>φ</sup>                                  |
| 平均 <sup>φ</sup>   | 310.6 <sup>φ</sup>    | 150.2 <sup>φ</sup>                                |

新設計装置（サブチャンバー方式）欄の一回目を見ると、実際、170 秒経過しており、従来装置のタクト時間と比べ、1/2 の短縮になっていない。これは、装置本題そのものにも、初回は大気状態で真空引きすることによる時間が加算されるためである。

しかし、二回目以降は、平均 145 秒程度と大幅に時間が短縮され、5 回連続で行うと、トータル平均も 150 秒程度となり、従来装置の印刷タクト時間 310 秒の 1/2 を十分達成したと判断している。

本新型装置が完成してから実際に印刷検証試験に取り掛かった。まず、試作用マスクを数枚起こし、マスクの厚みの違い・マスクの開口部の違いによる真空印刷封止でのレンズ形成の可能性領域を調査した。マスクの厚みを、0.6、1.0、1.5、2.0mm とし、開口部を直径 1.0mm～10.0mm で開けて、実際に転写される LED レンズの状態を確認した。（図 2-1-4）

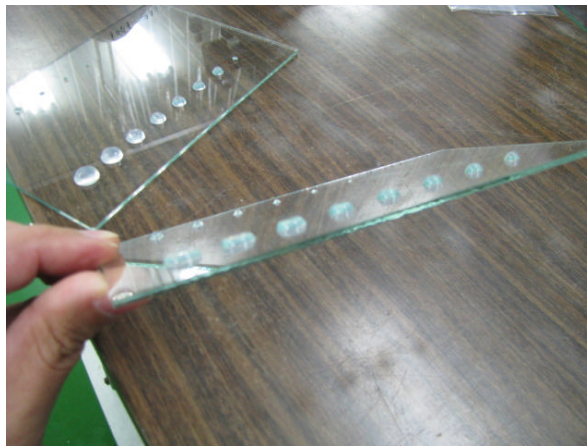


図 2-1-4 印刷物の形状

また、実際の形状の状態と適性を、○・×・□で評価した。結果を表 2-1-2 で示す。ここでいう□は、LED レンズではなく、レンズ山頂部がフラットな形状状態になってしまったものを示す。黄色の部分、マスク開口部に対し、実際に転写されたドットの直径が小さく出てしまったエリアである。この現象は、マスク厚みに対し、マスク

開口部が小さすぎて、マスク側面の壁に樹脂が残ってしまい、樹脂が基板下へ転写するのにかかる。連続印刷していく際には、形状がばらつく要因である。

表 2-1-2 LED レンズ形状状態

| マスク厚み | マスク開口部(mm) |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|       | 100        | 90 | 80 | 70 | 65 | 60 | 55 | 50 | 45 | 40 | 35 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| 20t   | □          | □  | □  | □  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ×  | ×  | ×  | ×  |
| 1.5t  | □          | □  | □  | □  | □  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ×  | ×  | ×  |
| 1.0t  | □          | □  | □  | □  | □  | □  | □  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ×  | ×  |
| 0.6t  | □          | □  | □  | □  | □  | □  | □  | □  | □  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ○  | ×  |

水色で色付けしたところが、それぞれのマスクの厚みの際に適したLED ドットレンズ径で転写できることを示す。マスクの厚みとマスクの開口部径により、目指すLEDの直径を選定する参考データが完成した。

## 2-2 真空印刷用封止剤の設計、開発

本テーマについても、サンユレックが主体となって研究開発を行った。まず、真空印刷システムに適用できる樹脂材料ということで、印刷性・粘度安定性・透明性・接着性の4点。照明用として適用できる樹脂材料ということで、熱・光変色性・耐衝撃性（ヒートサイクル性）の2点。それぞれの特性について、問題点及び目標値を表2-2-1に挙げた。当初は、サンユレックは、エポキシ樹脂を主原料とした印刷用封止樹脂は、既に実績をもっていた。

表 2-2-1 それぞれの特性課題と目標

| 課題事項   | 問題点                     | 目標値                                              |
|--------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| 印刷性    | 印刷後の形状安定性が悪い。           | 寸法公差：〈中心値〉±0.05mm                                |
| 粘度安定性  | ポットライフが短い。8hr(23℃)      | ポットライフ：2日(23℃)                                   |
| 透明性    | 外観がやや白濁している。            | 透明性を透過率：400nmにて<br>10～20%以上の向上                   |
| 接着性    | 接着力が足りない。               | 引っ張りせん断：5.0 MPa 以上                               |
| 熱・光変色性 | 熱及び光に対しての変色が<br>大きい。    | 120℃の熱エージング5000hrでの<br>透過率劣化10%以内                |
| 耐衝撃性   | ヒートサイクル後、クラック・<br>剥離あり。 | ヒートサイクル：<br>-40℃/30min⇄100℃/30min 200cyc<br>PASS |

ところが、従来のエポキシ樹脂封止剤では透明性があまりない。更には、熱・光に対しての変色性が大きいこと。内部応力が比較的高いため、ヒートサイクル試験などでは、剥離やクラックが起こり、信頼性試験で思うような結果が出ていなかった。



この改善改良を今回の委託事業の中で、達成していき、サンユレック独自の技術を持つ真空印刷システムに使用可能で、LED 照明用として使用できる材料開発を進めていった。

開発当初は、エポキシ樹脂・シリコン樹脂・ハイブリッド樹脂の3種類を主原料として、上記課題事項の目標値を満足できる材料を調査していった。

印刷性・粘度安定性については、エポキシ樹脂・シリコン樹脂については、粘度ライフ長い材料の選定に、図 2-2-1 に示す通り、初年度で見つける事ができた。このことが、それ以降の開発の進行を速める事ができた。

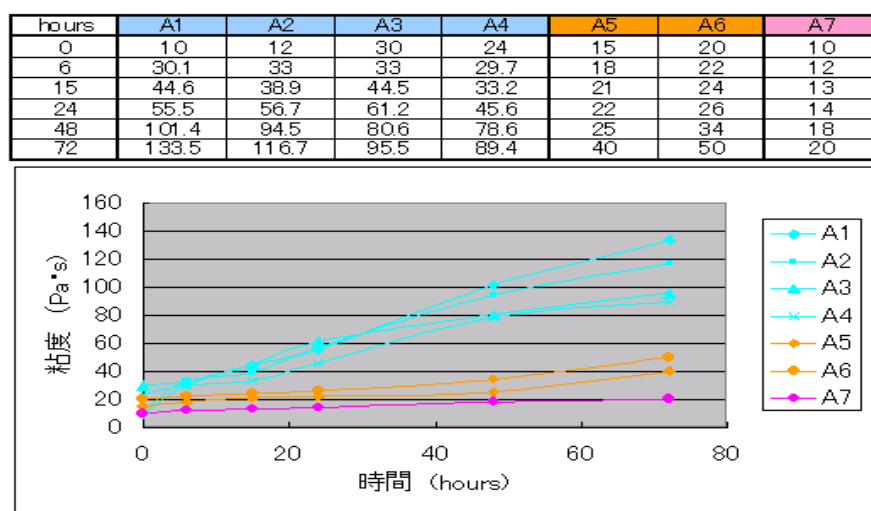


図 2-2-1 様々な開発シリコン樹脂の粘度安定性データ

透明性改善は、図 2-2-2 で初期の透過率を示したとおり大幅な改善ができた。

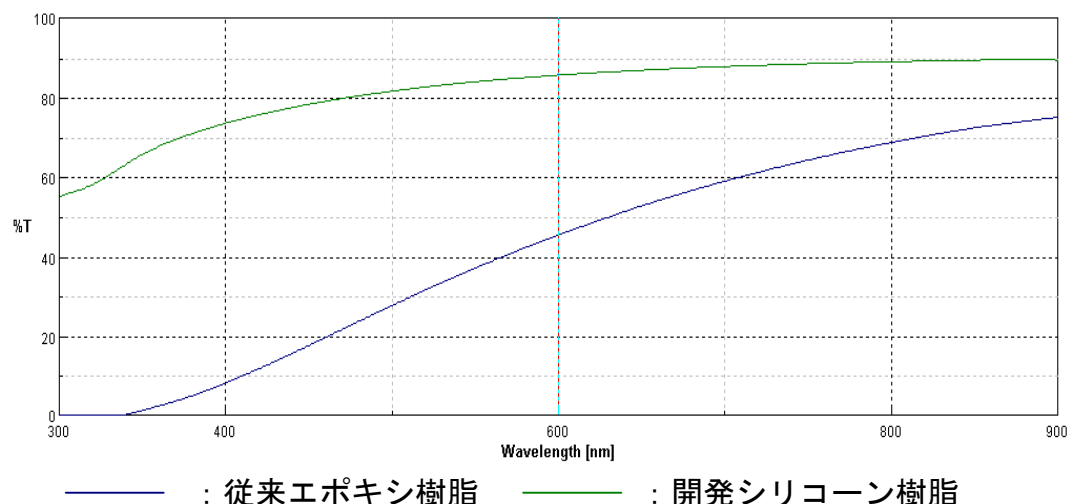


図 2-2-2 透明性の改善（開発シリコン樹脂）

400nm 付近での透過率は、従来のエポキシ樹脂の 8.4% から 73.6% とエポキシ樹脂改良品に比べ、透過率の向上が見られた。これは、開発品シリコン樹脂の屈折率が、増粘剤の屈折率にさらに近づけられたことが要因と思われる。

接着性検証試験については、エポキシ樹脂・ハイブリッド樹脂・ソフトシリコン樹脂・ハードシリコン樹脂について、アルミ板による引っ張りせん断試験を行った。

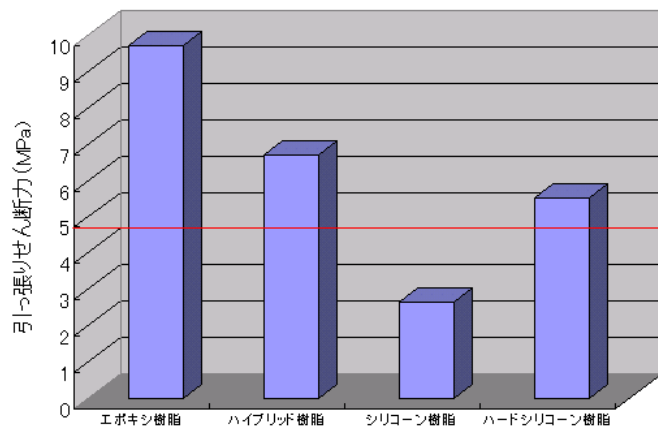


図 2-2-3 エポキシ樹脂、ハイブリッド樹脂、ソフトシリコン樹脂、ハードシリコン樹脂の引っ張りせん断力の平均値

図 2-2-3 は、各種材料のアルミに対する引っ張りせん断力のN数 3 による平均を示した。エポキシ樹脂は、10MPa 程度あり、目標値 5MPa の 2 倍ほどあり十分に達成している。ハイブリッド系樹脂についても、6.5MPa あり目標値は達成している。逆に、昨年度開発したソフトシリコン樹脂は、2.7MPa と目標値からかなり低い結果となり、今年度開発したハードシリコン樹脂については、5.6MPa と目標値を越えた結果となった。極性の変更というよりも、硬化物の硬さを増すことで、せん断力のモーメントを上げたという形ではあれ、シリコン樹脂でも 5MPa 以上にできた。

耐熱性・耐光性の硬化物の変色性を評価するのに、エージング試験後の透過率減衰を見る方法で樹脂材料評価を実施した。LED 照明用樹脂として、耐熱変色が小さい材料の基準目標として、120℃/5000hr 後のエージング試験を行った後での樹脂劣化が 10%以下であるもの開発する。

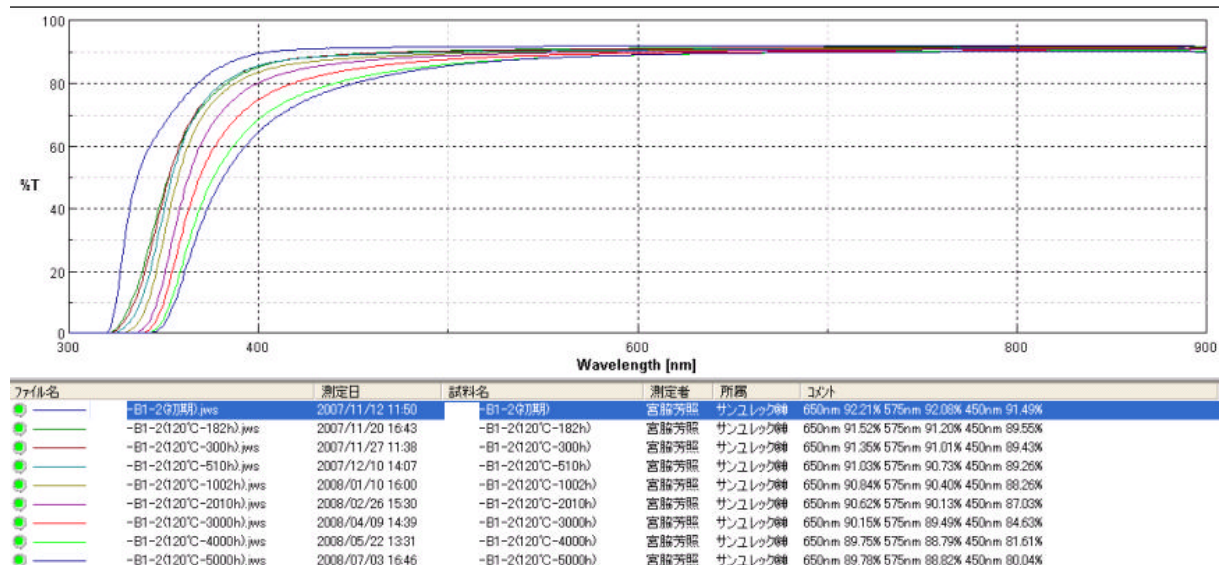


図 2-2-4 120℃熱エージングによるエポキシ樹脂変色劣化

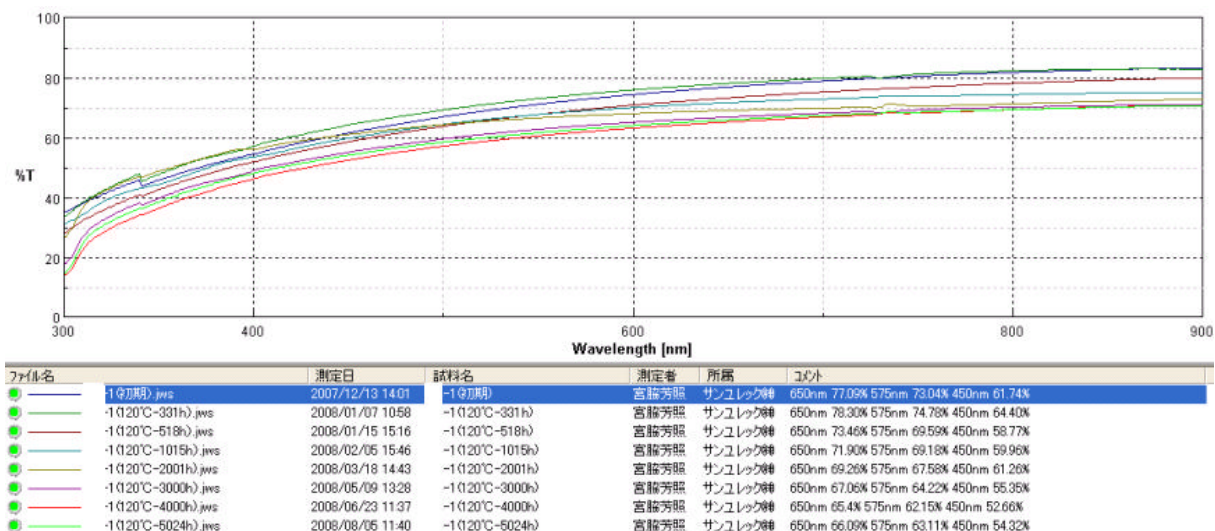


図 2-2-5 120°C熱エージングによるシリコン樹脂変色劣化

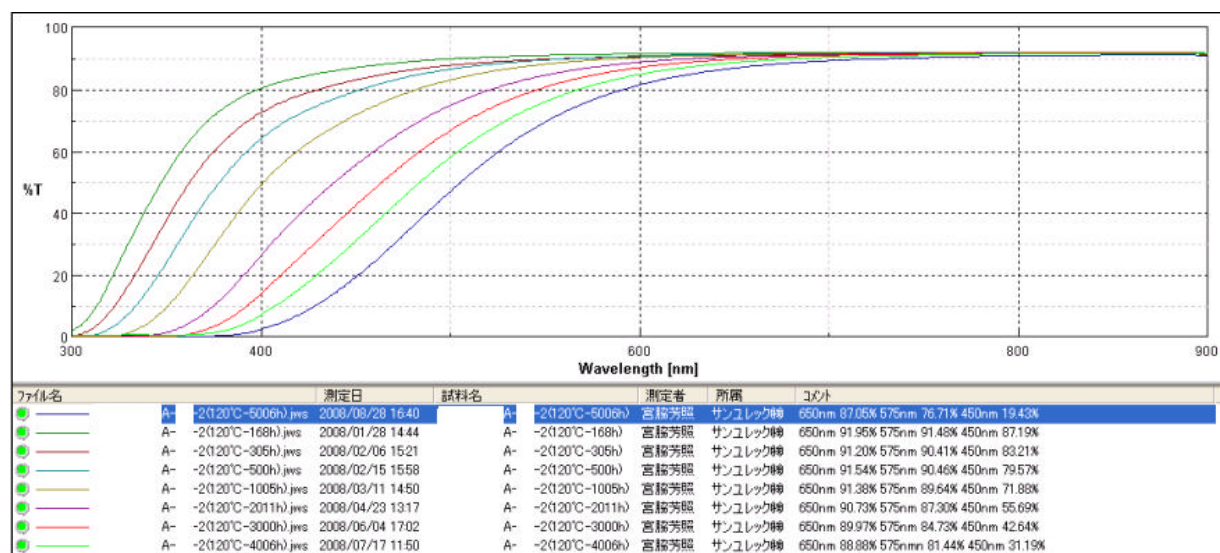


図 2-2-6 120°C熱エージングによるハイブリッド樹脂変色劣化

上記 3 図で示したとおり、今年度で 5000hr 経過データである。熱変化の経過を見るとエポキシ樹脂でも、赤色もしくは緑色領域での波長では、初期値に比べ透過率劣化は、10%以下に十分に抑えられているが、450nm での青色領域波長での透過率劣化が-11.45%の減少と、僅かに 10%オーバーとなり、目標値に達していない。シリコン樹脂の方は、初期透過率が低いとはいえ、450nm での青色領域波長での透過率劣化は、-7.32%と目標値をクリアできた。ハイブリッド樹脂については論外である。まだまだ、原材料の選定からの見直しが必要かと判断している。

耐衝撃性試験は、実際の PCB 基板に LED チップ・ワイヤーボンドを搭載し、ヒートサイクル試験を実施した。目標条件：-40°C/30min⇔100°C/30min 200cyc を LED レンズ内に、クラックや剥離等がなく点灯し、照度劣化も小さいことを目指した。

図 2-2-7・図 2-2-8 に示すとおり、200cyc は優に PASS し、1500cyc を経過しても、照度劣化もなく、クラック・剥離現象等は確認できなかった。



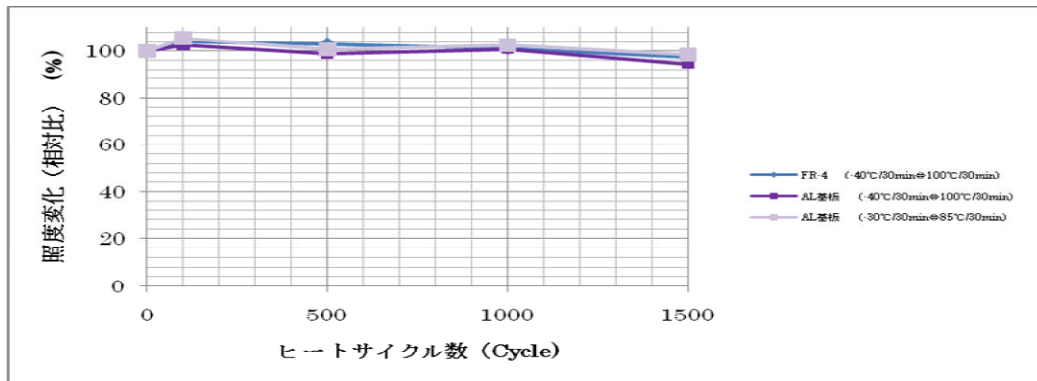


図 2-2-7 ヒートサイクル試験の照度劣化相対変化

| FR4-Au (-40°C/30min⇄100°C/30min) |       |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| サイクル数                            | 0     | 100   | 500   | 1000  | 1500  |
| クラック                             | 0/24  | 0/24  | 0/24  | 0/24  | 0/24  |
| 剥離                               | 0/24  | 0/24  | 0/24  | 0/24  | 0/24  |
| チップ破壊                            | 0/24  | 0/24  | 0/24  | 0/24  | 0/24  |
| OK                               | 24/24 | 24/24 | 24/24 | 24/24 | 24/24 |

図 2-2-8 ヒートサイクル試験後の LED パッケージの状態

上記結果より、当初の目標以上の耐衝撃性（ヒートサイクル試験）の良好性が認められたことで、信頼性の高い樹脂の完成をみた。また、今回の試験で LED パッケージして実用試験を行ったことで、基板・チップ・ワイヤーボンドループ・チップ接着剤等さまざまな諸条件も、再委託先メンバーとの間にて確認でき、双方に有効な試験であった。

以上、当初の問題項目について、目標設定値を達成できた開発材料として、開発シリコン樹脂で完成させることができた。（図 2-2-9）

| 課題事項   | 目標値                                               | エポキシ樹脂 | ハイブリッド樹脂 | シリコン樹脂 |
|--------|---------------------------------------------------|--------|----------|--------|
| 印刷性    | 寸法公差：（中心値）±0.05mm                                 | ◎      | △        | ◎      |
| 粘度安定性  | ポットライフ：2日（23°C）                                   | ◎      | △        | ◎      |
| 透明性    | 透過率：400nmにて10～20%以上の向上                            | ○      | ○        | ◎      |
| 接着性    | 引っ張りせん断：5.0MPa 以上                                 | ◎      | ◎        | ◎      |
| 熱・光変色性 | 120°Cの熱エージング5000hrでの透過率劣化10%以内                    | X      | ○        | ◎      |
| 耐衝撃性   | ヒートサイクル<br>-40°C/30min⇄100°C/30min<br>200cyc PASS | —      | —        | ◎      |

図 2-2-9 樹脂成果評価結果

また、京都工芸繊維大学とサンユレックのとの共同研究として、SAICAS 装置を用いての樹脂の評価をしてきた。特に本装置が有効な研究として利用できないかと判断したのは、剥離強度(P)についての定義である。(図 2-2-10)

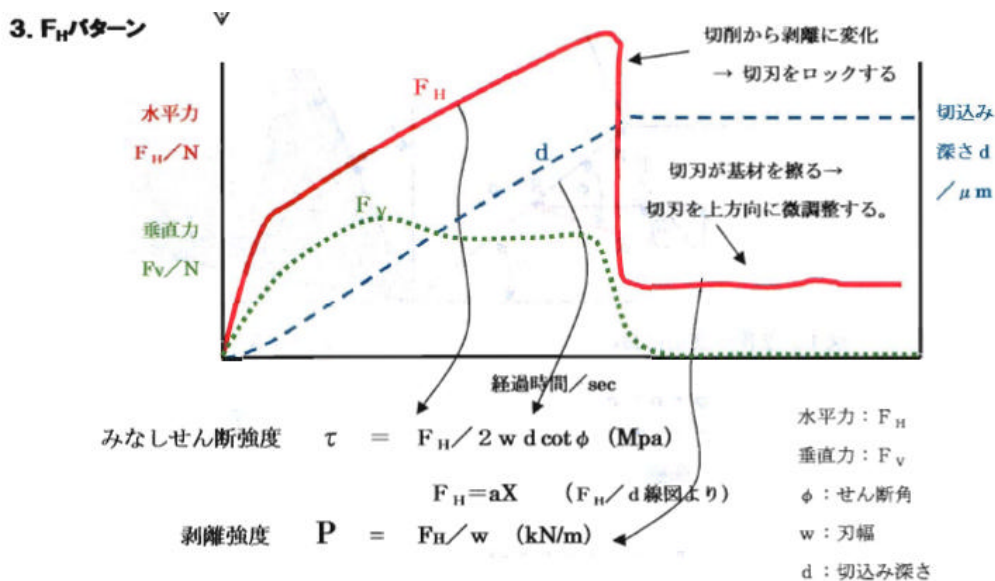


図 2-2-10 剥離強度 定義

剥離強度  $P = F_H / w$  (kN/m)とされているが、ここでの“ $w$ ”は 刃幅とあり、実際は、1mm の幅であることから、実質は、 $F_H$  (水平力)が剥離強度に相当するものとなる。

本来は、刃先が水平方向と垂直方向に一定のスピードで浸入していく動きとなるが、今回は、図 2-2-11 のように、刃先は水平動作させることで樹脂硬化物と被着体(基材)との密着力つまり、ピール (剥離)強度を調べた。

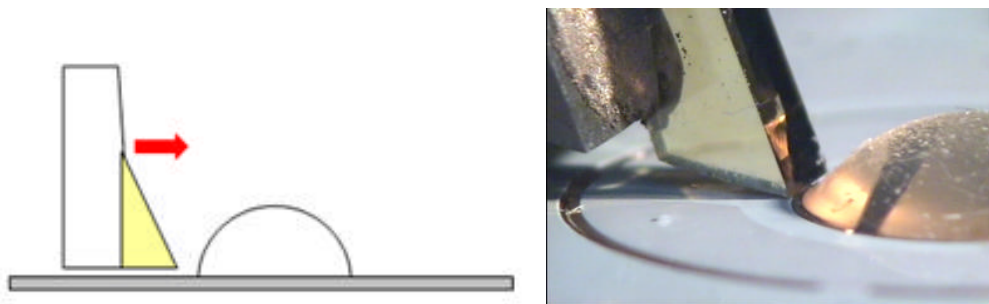


図 2-2-11 刃先のイメージ図と写真

基板の被着体の違い・モールド後、湿気をかけた後及び湿気なしの後の状態変化による影響、そして樹脂の材料の環境の違いにより、剥離強度にも変化があり、今後の LED パッケージ設計にも、参考になる結果を得る事ができた。

合わせて、エポキシ樹脂・シリコン樹脂・ハイブリッド樹脂による表面荷重の違いをみて、UV照射・熱エージング処理後による、表面荷重の違いも SAICAS 装置にて検証実験を行い、エージング後の表面荷重の変化と実際の外観変化と関連も確認できた。

材料開発で、信頼性・接着性といった機械的特性・熱的特性なども検証以外にも、白色 LED というものを手掛けていくに当たり、白色にするべく蛍光体の材料との混ぜり方にも注目した。それは、簡易 SEM 装置の導入により、見た目はきれいに混ざっているように見えても、実際は、蛍光体の凝集体が点々と存在していることがあった。例えば、図 2-2-12 のような状態である。蛍光体の均一分散は、有効な変換効率を提供する上で必要な項目であり、混ぜ方 1 つで蛍光体の添加量も変化してくる。無駄に蛍光体を添加することは、最終的には、LED パッケージ全体のコストにも影響してくると思われ、引き続き分散性の検証は、再委託先でも検証をしていく計画である。

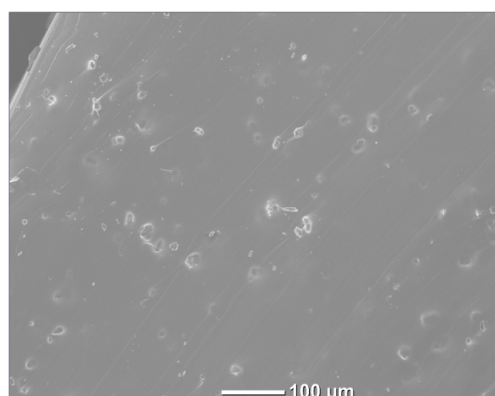


図 2-2-12 蛍光体の粒子分布（データ例）

### 2-3 真空印刷封止システムによる COB 新型表面実装 LED 照明パッケージの開発

真空印刷機本体と印刷用封止剤の開発が当初の目標値に到達できたことで、白色 LED 照明パッケージを応用試作器の開発を進めた。まずは、光学特性を中心に、LED パッケージの初期特性実験を山口大学とサンユレックで行い、それをもとに、三洋電機が基板設計・チップ実装・ワイヤー実装を行い、サンユレックにて印刷封止作業。その後、三洋電機にて、抵抗・インジケータ等の部材取り付けを行い、パッケージの初期特性まで行うことができ、サンユレックで開発した真空印刷機と開発シリコーン樹脂用いて、新型白色 LED パッケージ試作機を完成させた。

蛍光体、チップ等の選定は、ノウハウにあたる部分であるため、ここでの具体的な開示は避けるが、JRCM 産学金連携センターを始め、再委託メンバーと十分に協議して、慎重な選定をした。選定された蛍光体は、サンユレックで開発したシリコーン樹脂に、適正な添加量を調査するため、添加量を振って、色度・白色度の色目を確認するため、混連した樹脂配合物サンプルを用意した。その後、サンユレックにある真空印刷機にて樹脂を印刷した。図 2-3-1 のように、蛍光体の配合比の違うサンプルをそれぞれ、印刷封止を行い、硬化物を仕上げた。硬化物の高さもほぼ均一な形状で出来上がった。