

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「超短パルスレーザーによるBWIP式（ビームウエスト・インプリント式）の省電力型面発光パネルの研究開発」

研究開発成果等報告書

平成26年3月

委託者 近畿経済産業局

委託先 一般財団法人近畿高エネルギー加工技術研究所

第1章 研究開発の概要

1-1. 研究開発の背景・研究目的及び目標

(1) 研究開発の背景・研究目的

交通機関・地下通路・商業施設・高速道路・飲料販売機等々に広く設置されている発光タイプの大型表示板は、全国で2000万基を越える膨大な数が設置されているが、殆んどが蛍光灯内照式であるため、電力消費量が多く、又、短寿命であるため、光源取替頻度が高い等の難点が多い。本研究で開発するBWIP式導光板は、専用のLED光源と組み合わせることにより、光利用効率が良く、光伝送ロスを最小限に抑えることが可能となる。本研究では、BWIP式導光板の製造システムを開発し、表示板としての最適化を行うこと及び、面発光体の新しい用途開発を行なうことで、省電力化、低コスト化、薄型軽量化、長寿命化を達成する。

(2) 研究の概要及び目標

超短パルスレーザーで、透明アクリル板内部に、光反射用BWIPを形成配列して光利用効率を上げ、導光板専用の新タイプのレンズ装着LEDユニットをエッジライト光源とする新方式の面発光パネルを研究開発する。本開発より、駅・商業施設などに設置されている大型表示板の、コスト削減と電力消費削減を達成する画期的な新技術を構築する。

各研究概要と目標を以下に記載する。

① 平行ビームLEDの開発

BWIP式導光板においては、エッジライト光源のLED光を3mm厚のアクリル板に対応して、3mmの厚みの平行光に整形して入射する必要がある。この光源を実現するためには、LED基盤、シリンドリカルレンズ、装着用アルミチャンネルの光源ユニットを、それぞれ新規開発する必要がある。

①-(1) 細幅基板のLEDバーの開発

LED光は、通常配光特性・半値幅が $\pm 60^\circ$ の円錐形状であるが、これを扁平な一元アレイ状の光に整形する必要があるため、レンズの性能を高めるために、まずLEDチップの極小化と基板幅の細幅化が不可欠である。

レンズサイズと連動するため、LED基板幅、チップサイズ的具体数値は、開発途中で決定することとした。

①-(2) シリンドリカルレンズの開発

レンズ設計においては、通常、焦点を結ぶ位置(焦点距離)を目標設定して実行するのだが、本開発では、「平行なビーム」という、設計値を開発取得しにくい目標を掲げた。具体目標値として、初年度は $\pm 4^\circ$ 、25年度は $\pm 2^\circ$ と設定した。

①-(3) 装着用アルミチャンネルの開発

光源を固定し、LEDからの熱を放熱するためのアルミチャンネルは、押出成形上の制約が種々あるので、微細な寸法で、精度高く成形することは難しいとされていたが、本開発ではLED光の光軸がぶれないように装着する必要があることから、光軸中心線が $\pm 1^\circ$ 以上ブレない精度で、3mmの亚克力板端部にLEDとレンズとを装着できる仕様開発を目標とした。

② BWIP用レーザ加工装置の開発

透明亚克力板厚内部の任意の位置にBWIPを形成できるレーザ加工装置の試作開発を行なう。BWIP式導光板においては、エッジからのLED光をBWIPで反射させて、面発光部に出射させるために、BWIPの傾きが約 40° 以上である必要があるため、この傾きを達成するためには、レーザ光の亚克力板入射角が約 70° 以上になる斜入射光学系が必要となる。更にBWIPを精密に板厚内部に配列するためには、高精度なXYZ駆動機構も必要となる。BWIP配列パターン設計プログラムのCADデータから斜入射光学ユニットの設置位置を自動変換して、駆動するための位置決め制御装置を開発し、システム統合を行なう開発となる。

②-①) BWIP加工用レーザヘッドの高機能化

BWIP加工痕を形成させるためには、超短パルスレーザの集光スポット部を傾斜させた状態で入射する必要があるが、空気とアクリル板と屈折率の差により、スネルの法則の屈折角を考慮した入射角度を得る斜入射光学部品の開発が必要となる。又、板厚の深い位置でも浅い位置でも、同じ形状・寸法のBWIPを形成するための各種補正、修正装置とその制御技術についての開発も必要となる。

②-②) BWIP用レーザ加工装置制御機能高機能化

透明体内部に傾斜したBWIP加工痕の配列パターン加工を行う際に、平行ビームのエッジライトが有する配光分布に対応してBWIP加工痕のピッチ間隔を調整することにより、面発光体としての反応散乱光の均一化へ寄与することができる。本開発では、XYステージの速度、パルス発生器を介しての発振周波数制御、レーザパワーなどの制御因子を高機能に組み合わせて、狙いの配列を達成する加工条件の諸機能を開発付与する。

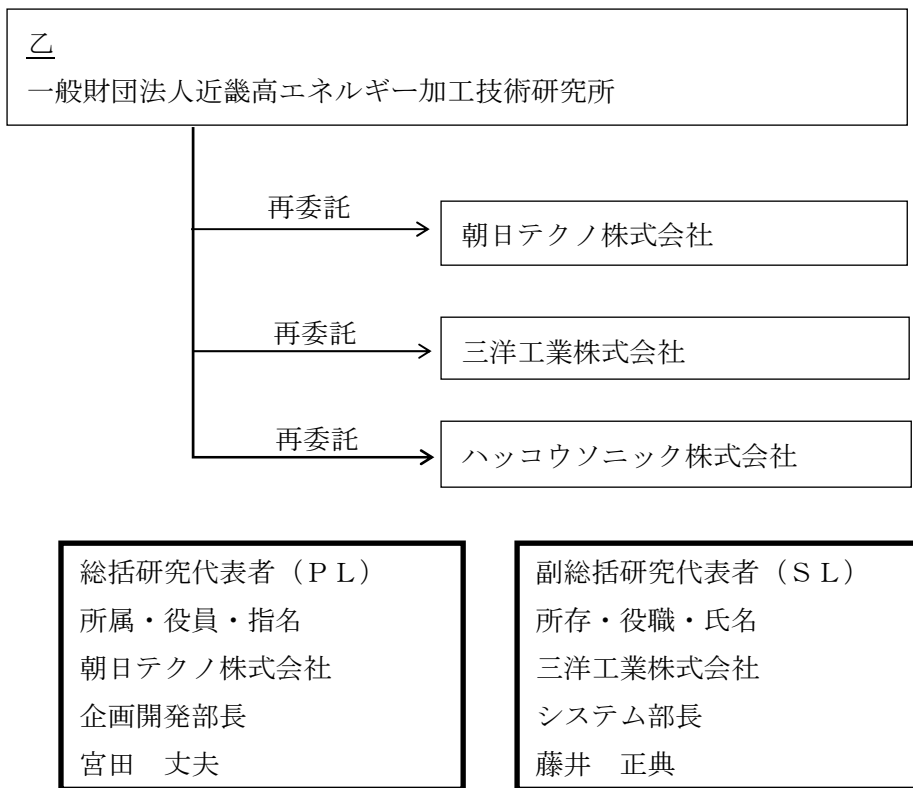
③) BWIP配列パターン設計プログラムの開発

求められる面発光仕様に基づいて、瞬時に最適な配列パターン設計が出来、かつ、加工に着手できるプログラムの開発を行なう。A3サイズをベースとして、BWIPの配列パターン設計値を、実験とシミュレーション設計とを組み合わせ、諸要素を確認把握し、最適パターン設計プログラムの開発を行なう。

④) 面発光体としての検証

①～③の開発目標を達成した後、それらの開発技術を用いて、A3サイズの試作を行ない、各種測定データを社内及び公的機関にて把握・取得する。更に外部の、川下企業の評価を受け、必要に応じ修正・改良工夫を加えて、面発光体としての完成度を高め、事業化への道筋を創る。

1-2. 研究開発体制



1-3. 成果概要

開発項目	目標	判定
I. 平行ビームLEDの開発	配光変換用シリンドリカルレンズの開発： LEDのビーム広がり角度±2度以下	○
	LED装着用アルミチャンネルの開発： 装着誤差1%以下	○
II. BWIP用レーザ加工装置の開発	BWIP形成用走査速度： 1000mm/s以上	○
	BWIP形成の照射位置決め精度： 30μm以下	○
	斜入射光学ヘッドの入射角： 73度以上	○
	BWIPの3次元自動位置決めシステムの実現	○
III. BWIP配列パターン設計プログラムの開発	A3サイズの導光板の光利用効率： 93%以上	△
	A3サイズの導光板の面均整度： 90%以上	△
IV. 面発光体としての検証	BWIP式導光板の面均整度： 90%以上	△
	従来方式の導光板と比較したコストダウン： 34%	○
	従来方式の導光板と比較した消費電力削減： 19%以上	△

1-4 当該研究開発の連絡窓口

一般財団法人近畿高エネルギー加工技術研究所 研究開発部 野田 修

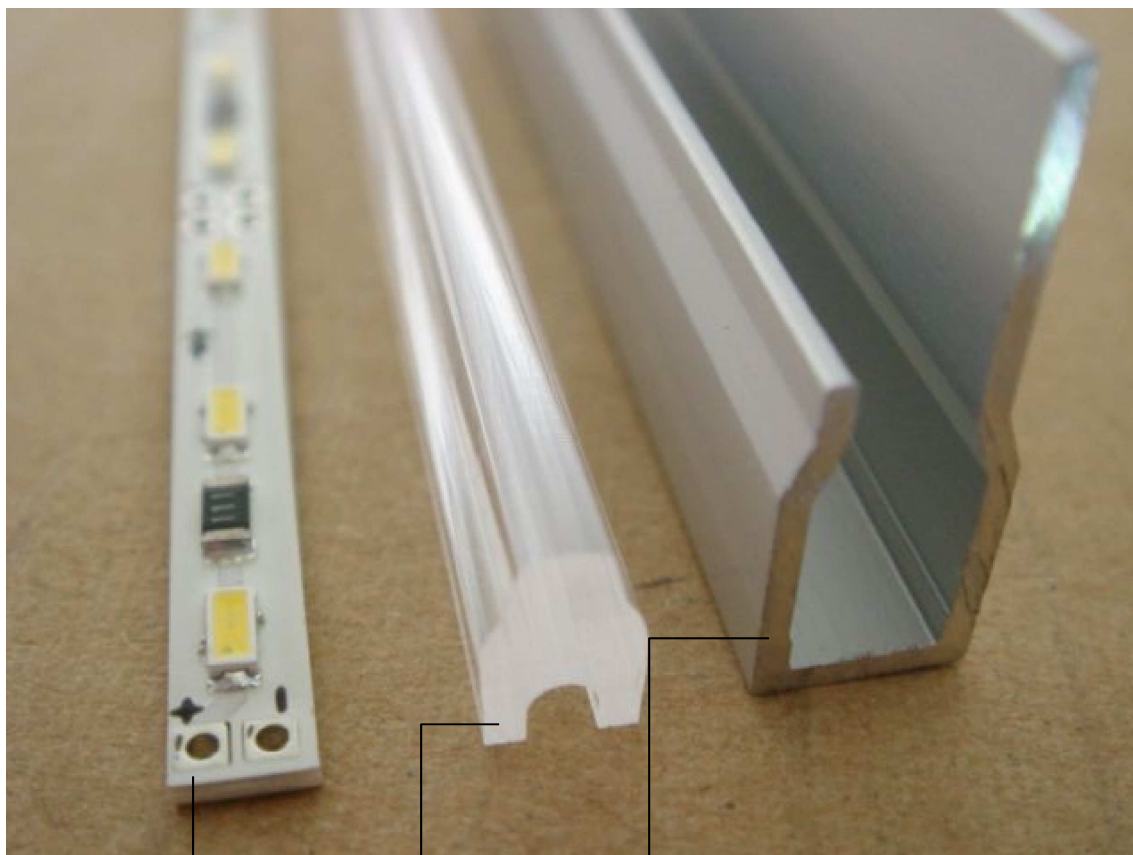
電話：06-6412-7745

FAX：06-6412-7776

e-mail：noda@ampi.or.jp

第2章 研究開発成果の内容

2-1 平行ビームLEDの開発（BWIP式導光板用光源ユニットの開発）



→ LEDとレンズを精度高く3mmの導光板に装着するアルミチャンネルを開発

→ 配光半値幅 $\pm 2^\circ$ 底部4.2mm 高さ約4.3mmのシリンドリカルレンズを開発取得

→ 基板幅4mm、LEDチップ幅1.2mmのLEDバーを開発



(1) LED 基板とレンズ



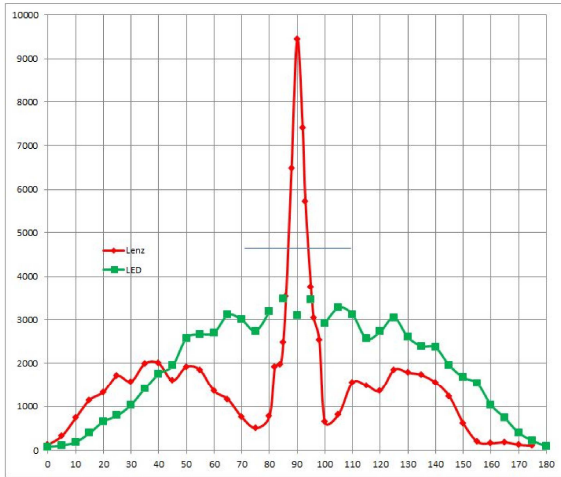
(2) LED+レンズ+導光板



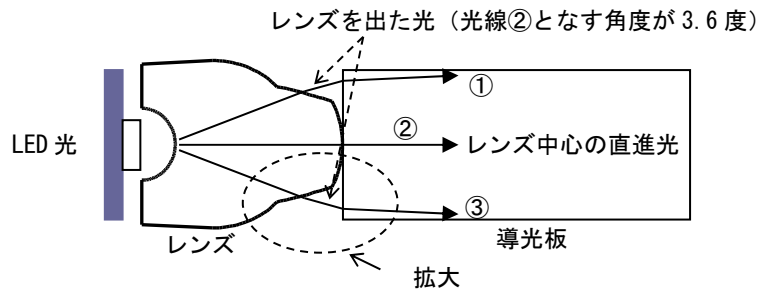
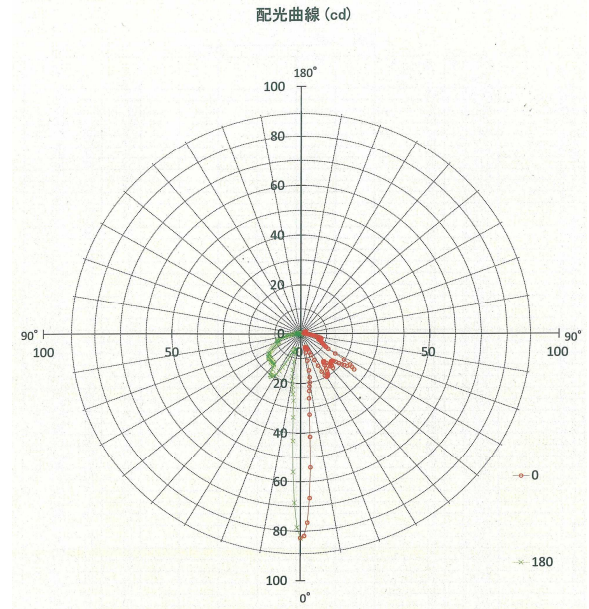
(3)チャンネル組込状態

- 開発したBWIP式導光板専用の光源ユニットの配光特性値は次の通り。

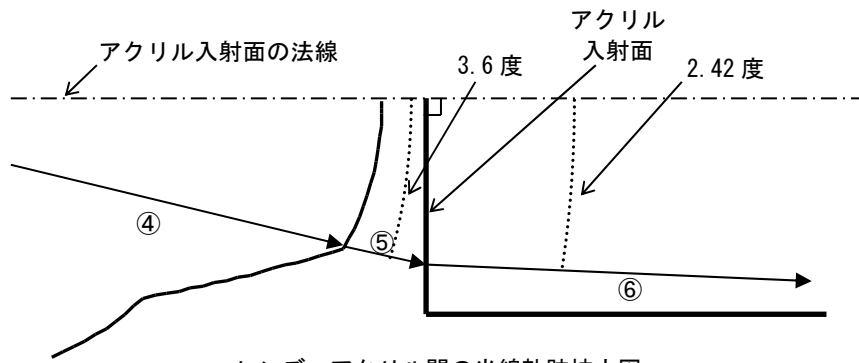
<自社測定値>



<都立産業技術研究センターの配光データ>



レンズ付光源からアクリルへの光線軌跡概要



レンズ、アクリル間の光線軌跡拡大図

2-2. BWIPレーザ加工装置の開発

2-2-① 高速高精度XYステージの試作開発

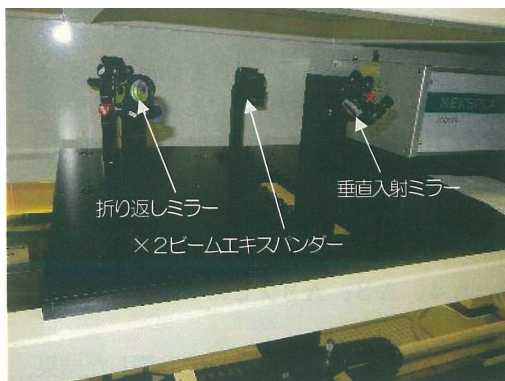
目標である $1000\text{mm}/\text{sec}$ の高速XYステージを実現。又、加工精度についても $30\mu\text{m}$ 以下精度を得た。アクリル板のテーブル接触面は、マスキングフィルムを貼っているが、吸引パッドが当該フィルムを吸引することで、多少BWIP形成精度に影響が出る場合もあったが、ほぼ計画通りに試作できた。



ワーク取り付け台 (XYリニアステージ)

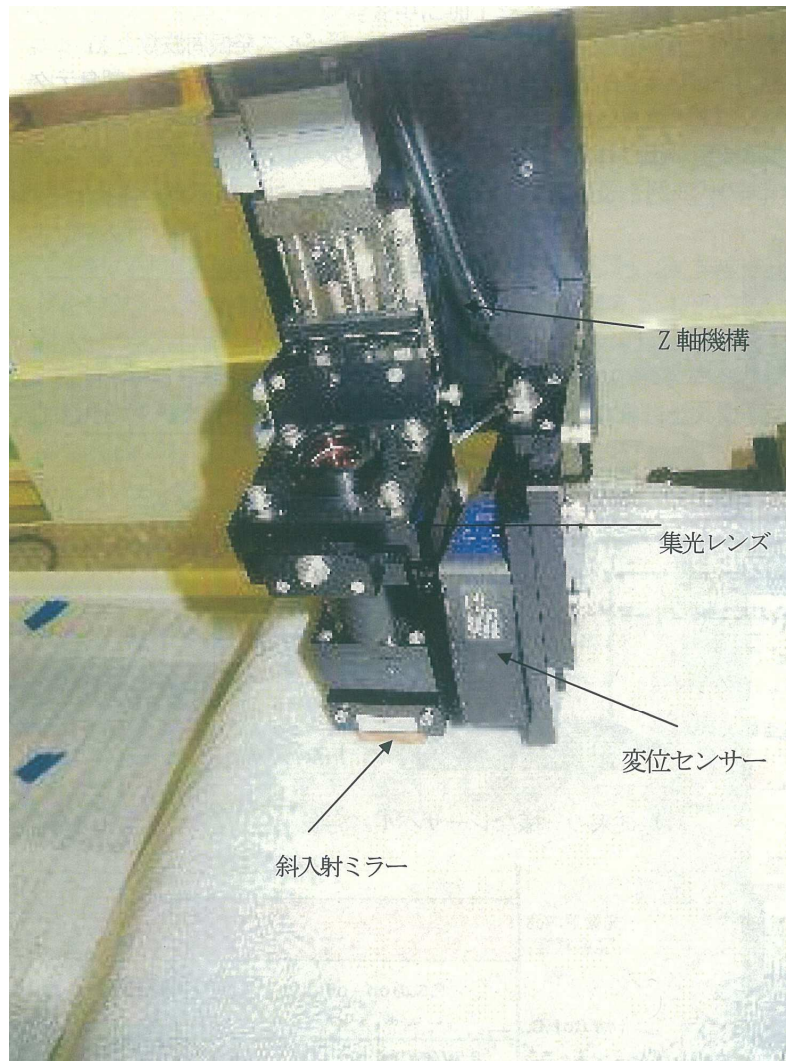
2-2-② 斜入射光学ユニットの試作開発

まず、垂直入射光学装置の開発を行ない、その成果を受けて斜入射光学ユニットの試作を実行。5mm又は3mmのアクリル板の内部の任意の位置にレーザ焦点を形成できる仕組みを開発試作した。ミラーの角度は 67° 、 70° 、 73° の3種類を試作し、それぞれ所定の角度のBWIP形成を得た。



伝送光学系





斜入射光学ユニット

2-3 BWIP配列パターン設計プログラムの開発

アクリル板厚内部の狙った位置に、所定の大きさ性状のBWIPを形成する加工条件を取得した。この加工条件に基づいて、試作実験を重ね、面均整度に優れた、表示板の配列パターンの設計仕様を、概ね取得した。

更に、指向性のある面発光体などの当初予定にはなかった配列パターンの開発にも着手できた。

配列パターン設計プログラムと加工機の制御プログラムとを連動させることで、「ボタン1つで加工機が設計仕様通りの加工製作に入る」という所期の目標がほぼ達成できた。

環境温度と湿度の変化、

室内の微細なホコリ、アクリル板表面のウネリやゆがみ、アクリル板内部の高分子重合性状のバラツキ、紙やフィルム製のマスキング材のシワ、等々の影響で、BWIP形成にバラツキが生じることへの対策について、種々工夫を重ねているので、本項目についての開発完成度は高い。



面均整度の高い配列パターン試作品

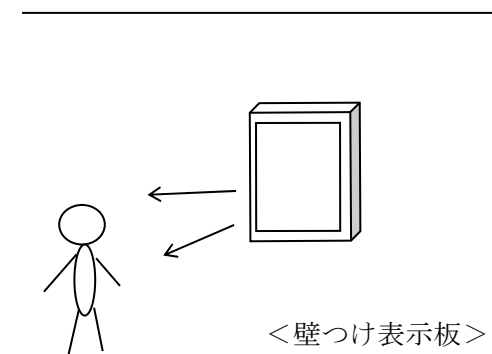
2-4 面発光体の検証

2-4-① 表示板用途の検証

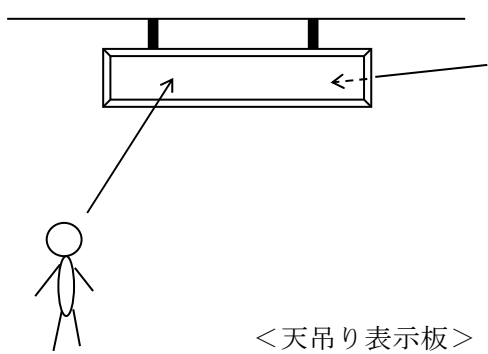
当初計画していた表示板のバックライト用途については、ほぼ所期の目標を達成できた。反射シート不要でも使用に耐える評価数値を得ていること、拡散シート（または乳半板）が無くても、全面真白な面光源となっていること、配列パターンを工夫すれば、指向性の高い、従って光利用効率の高い表示板が作れること等、差別化特徴も多い。

例えば、BWIP加工痕の傾斜角度を適正化することにより、視認方向に効率よくサイドライト光を反射させることができる。表示板の下から見上げる人の方向へ最も高い照度となるように出射させることができ、上方向への無駄な反射ロスを抑制することが可能となる。人が視認しない方向への反射ロスを抑えることにより消費電力を大幅に削減することも期待できる。

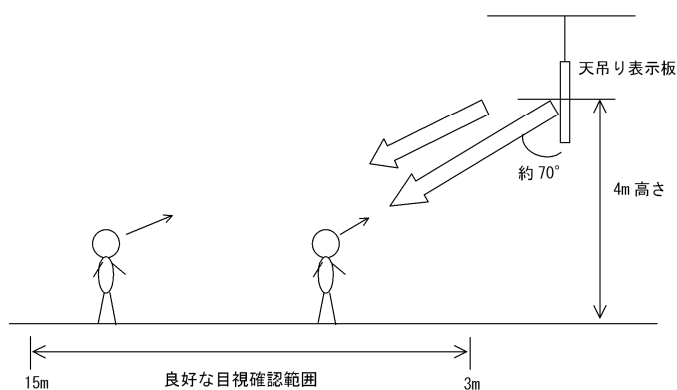
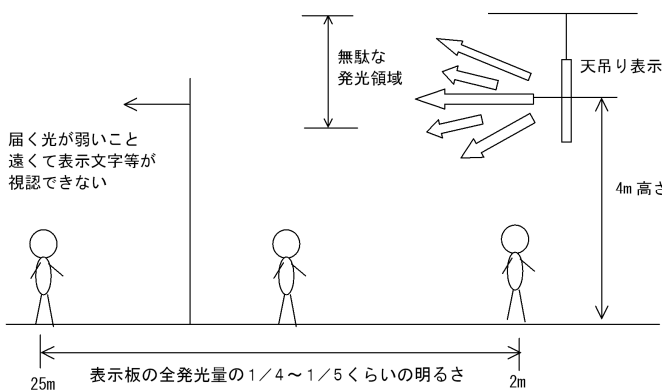
<指向性面発光体のニーズ説明>



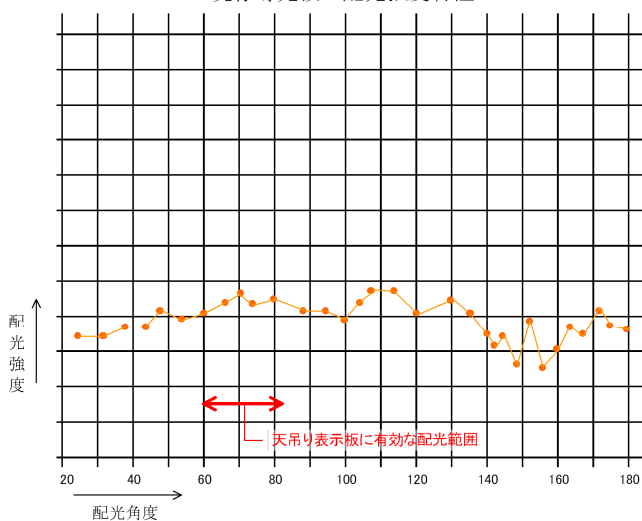
この場合には、全面均一に光る均整度が要求される。



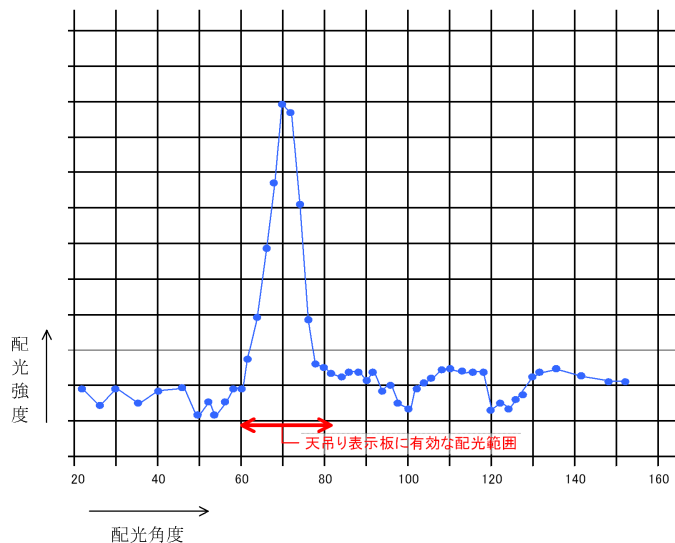
この場合には、斜め下に集中的に発光する指向性が要求される。



<既存導光板の配光強度特性>



<BWIP式導光板の配光強度特性>



2-4-② 面照明用途の検証

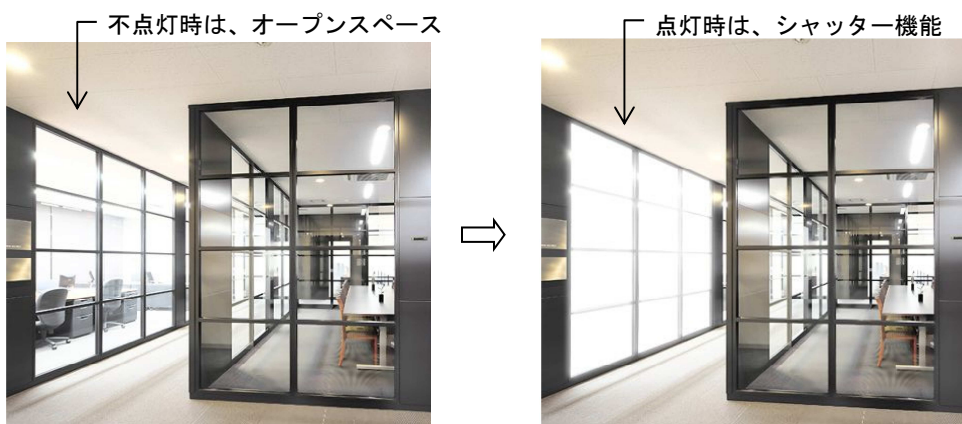
当初の開発計画では、あまり重要視していなかった面照明用途について、試作を重ねるに従って「柔かな光」が特徴的であることを利用した間接照明的な用途が開発できる見通しを得た。他の面照明では実現できない、新しい品質となる見込み。



< 障子風面発光体のイメージ >

2-4-③ 光シャッター用途の検証

BWIP式導光板が、反射シート不要である特徴を利用として、光シャッターとしての用途が開拓できる可能性を検証中である。新しい用途として注目したい。



< 執務スペースの光シャッター 兼 通路照明として >

2-4-⑤ デザイン照明用途の検証

川下企業へ試作品評価のための訪問を続けている中で、「デザイン照明」の用途について、ある建築設計上から、強い関心が示されたので、要望に基づいて、BWI P式導光板の配列パターンをデザイン的に設計し、試作してみた。
ホテルやビルのエントランス、エレベーターホール、などの場面でユニークな面照明となる可能性がある。



<格子柄面照明試作品>

既存の導光板の概念に囚われることなく、種々の用途に目を向けて、開発試作を市場評価とを続けていけば、新規市場が開けることが大いに期待できる。

第3章 全体総括

3-1 研究開発成果の自己評価

- ・ 2年間の限られた期間の中では、所期の目標値達成に届かなかった開発項目もあるが、補完研究を行なうことで達成できる項目が多くあり、全体としては、開発結果は良好であると判断している。
- ・ とりわけ、B W I P形成加工条件の開発取得については、幾多の障壁があり、苦しい開発を強いられる場面あったが、チームメンバーの協力もあり、乗り越えることが出来た。この開発成果は、容易に他社が追随できない技術だと自負している。透明板厚内部の任意の位置に狙った仕様のB W I P形成加工できる技術を開発修得できた。
- ・ 更に、面発光体の試作と検証を重ねる中で、新しい導光板用途を見つけることが出来たので、川下企業の潜在ニーズの具体化に寄与できるものと期待したい。

3-2 事業化推進について

- ・ 事業化に必要な2つの要素、「量産加工技術の確立」と「マーケットニーズに見合う品質と価格が提供できる見通し」について、既に詳細なる煮つめに入っている。両要素ともクリアーできる見通しである。
- ・ レーザ試験機で得た数多くの知見の大部分は、量産機に置き換え可能であるが、試作したA3サイズのような小さなアクリル板と違って、長さが6mを越える大きなアクリル板の板厚内部に均一なB W I Pを精度高く形成するために、解決すべき課題が多くある。補完研究の中で克服していく予定である。
- ・ マーケットニーズについては、潜在需要を掘り起こすことから始める必要があり、まったく新しい商品であるだけに、確実な販売予測が建てにくい難点がある。新製品は価格設定も難しい。B W I P式導光板の販売面でのメリットは、通常の導光板としても充分に売ることができるという点であり、単に新規ニーズだけをアテにした新製品ではないという特性があることである。
- ・ 平成27年に事業化すべく、準備を進めていきたい。

以上