

工場・生産現場の作業環境におけるLED照明の役割と優位性

上田 茂夫*¹ 坂越 慶一*¹ 池田 昌順*¹ 寺口 和彦*¹

The role and advantage of LED lighting in working environment at factory and production sites

Shigeo Ueda*¹, Keiichi Sakakoshi*¹, Shojun Ikeda*¹, Kazuhiko Teraguchi*¹

Energy saving has long been paid close attention as a measure against global warming, and after the Great East Japan Earthquake, even more energy saving has recently been required in production factories that use great amount of power. While LED lighting has been spreading gradually in houses, lighting in production sites needs careful designing according to work types, because lighting can affect workability and product quality. In order to maintain consistent product quality, lighting must be designed by taking work environment, machine tool maintenance, product quality into consideration. In this paper, we report on the LED lighting system introduced to IDEC's Takino Plant, where control products are manufactured. The issues that were considered to maintain workability and the lighting control system are also reported.

Keywords: LED Luminaires, lighting control system

1. はじめに

IDECは制御機器メーカーとして、1970年代からLED等の光学デバイスを活用した表示技術の開発を推進し、1981年には産業用分野の省エネと安全を目的としたLED表示機器の製品化を行い、様々な製造現場の省エネ化に大きく貢献してきた。その後も、光学デバイス技術の開発を行ってきており、現在の高輝度LEDデバイスを使用したLED照明に至っている。

2008年3月に世界で初めて全館LED照明のセールスオフィスを竣工し、オフィス空間でのLED照明の実証や省エネ効果の実測及び照明制御技術の開発検証の場として、社内でも活用している。またユーザーや導入検討者に広く公開し、オフィス空間での新光源LED照明が既存光源と差が無いことや調光システム動作を実体験いただいている。

今回、オフィス環境に続き、弊社の生産拠点でもある滝野事業所の生産工程内にLED照明を導入し、セールスオフィス同様の新光源LED照明がどのように生産工程に影響するかを確認すると共に省エネ効果や調光システムの動作検証を実証し、報告する。

2. 滝野事業所

滝野事業所は1989年11月に開設された兵庫県中

部に位置した加東市の滝野工業団地内にある弊社の主力生産事業所である。

主に部品加工工程を行う本館と組立を行う新館の2館から成り、2館総延床面積は11,448㎡(3,463坪)で、IDEC主力商品のリレー“RUシリーズ”、小型スイッチ“HWシリーズ”、表示灯“AP/UPシリーズ”、コンタクトブロック“HW/BSシリーズ”や端子台などの部品製造や製品組立を行っている。



図1 滝野事業所と生産製品群

Fig. 1 Takino Plant & product family

*1: IDEC 株式会社

2.1 本館

本館は、金型プレス工程、樹脂成形工程、B N組立工程、検査・計量エリア、工務室、倉庫、事務室、ミーティングルームで構成され、主に製品に使用するプレス・成型部品を生産している。

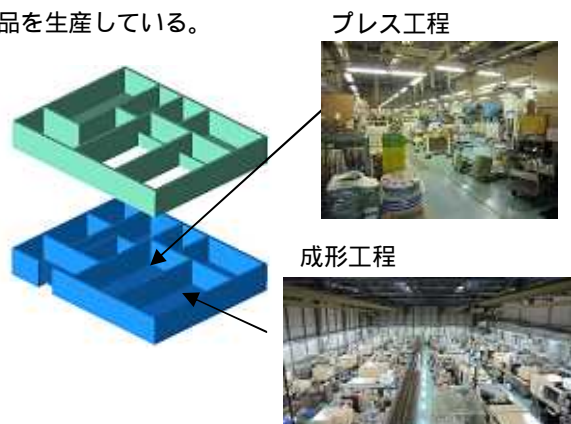


図2 本館
Fig. 2 Main building

2.2 新館

新館は、小型スイッチ組立工程、生産事務室、倉庫、アメニティスペースで構成され、小型スイッチを生産している。

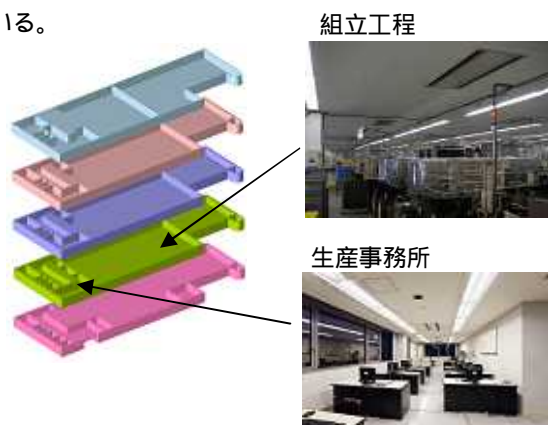


図3 新館
Fig.3 New building

2.3 導入照明

滝野事業所の照明器具全台数1,481台の18%(265台)にLED照明を導入した。詳細は図4に示す。

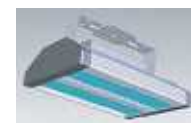
	名称	機種型番	器具台数
1	1灯タイプ埋込ベースライト	LG1 Fシリーズ	136
2	2灯タイプ直付ベースライト	LG1 Eシリーズ	23
3	1灯タイプ直付ベースライト	LG1 Hシリーズ	50
4	高天井LED照明	LG1 Hシリーズ	4
5	φ100ダウンライト	LG1 Dシリーズ	4
6	φ150ダウンライト	LG1 Dシリーズ	32
7	直管形LEDランプ	LG2 Aシリーズ	16
	合計		265

シリーズ名	型式	器具光束	色温度	消費電力
LG1E	LG1E-DD320W5-1	4320lm	6200K	48W
LG1F	LG1F-DD310W5-1	2160lm	6200K	24W
LG1H	LG1H-A1	15200lm	6000K	177W
LG1D	LG1D-AK307W5-1	1220lm	6200K	28W

ベース照明
LG1 E / Fシリーズ



高天井照明
LG1 Hシリーズ



ダウンライト
LG1 Dシリーズ



図4 導入照明内訳と概要
Fig.4 Introduction of lighting and summary

3. 導入場所と実証内容

3.1 本館一階 プレス工程

本館一階のプレス工程は、リレーや小型スイッチの接点プレス部品を加工する工程である。プレス機を取り囲むように配置し、既存光源蛍光灯と同ピッチでLED照明を導入。詳細は図5に示す。

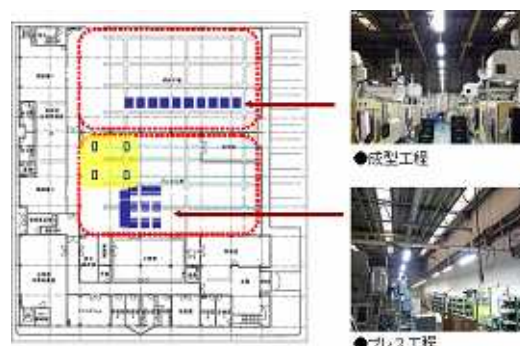


図5 プレス・成形工程 導入箇所
Fig. 5 introduction places

リレーは電気的耐久性20万回以上(AC負荷)、機械的耐久性5000万回以上(ACコイル)を保証する製品。

スイッチは電気的耐久性10万回以上、機械的耐久性25万回以上を保証する製品です。

リレー小型スイッチの耐久性を保持するためには接点部品である可動部のプレス部品には精度が要求される。

そのため、段取り直後や部品加工中の目視検査でのバリや変形をいち早く発見する必要もあり、照明はより重要となる。また、プレス機械のメンテナンスや段取り時に金型や機械に異常が無いかなどの確認は部品精度を保持するために必要で、それらの作業においても迅速且つ確実に行う必要があり高品質な照明が要求される。

図6ではプレス工程の蛍光灯での様子とLED照明での様子及びプレス工程で加工している部品の一部を紹介する。

図6の左図が良品で、折り曲げ部に溝をプレス成型している。右は工程内不良品で溝が成型されていない不良品です。蛍光灯とLED照明で見比べた結果、LED照明は指向性の強い光でギラツキ感が強く判別できな

い懸念があったが、良品及び不良品共に問題なく溝の有無を判別出来た。

導入後、勤務者からの意見聴取より、加工中の工作機の確認や加工直後の一次検査、段取りでLED照明が既存光源と比較し問題が無いことが確認出来た。また一次検査にて若干ではあるがコントラストがはっきりし、不良品の判別がしやすくなったという意見もあった。



不良品：溝が成型されていない

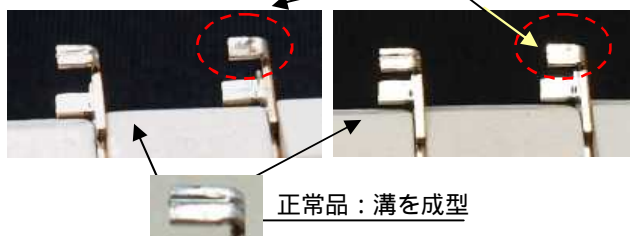


図6 プレス工程

Fig. 6 Press process

3.2 本館一階 成形工程

本館一階の成形工程は、リレーや小型スイッチのケースなどの樹脂成形部品を加工する工程である。成形機に添うように既存光源蛍光灯と同ピッチでLED照明を導入した。詳細は図5に示す。

樹脂成形部品は製品のベースとなり機構を支える重要な機能部品である。

樹脂成形部品では成形時のシルバーストリークやウエルドライン（2つ以上のフローフロント（流動先端部）が会合した場所に発生する細い線状痕）などが発生しないよう樹脂温度、金型温度、射出速度、保持圧力を保つ必要があるが、温度・湿度などの環境条件や段取り直後の成形機や材料の状態により発生する可能性がある。そのためプレス工程同様段取り直後だけではなく生産中の目視検査が重要である。

図7は成形工程の蛍光灯での様子とLED照明での様子及び成形工程で発生した不良品の一部を紹介する。部品は段取り直後にウエルドラインが発生した不良部品です。

蛍光灯とLED照明で見比べた結果、蛍光灯・LED照明共に問題なく判別出来た。

また、導入後の勤務者からの意見聴取より、加工中の成形機の確認や加工直後の一次検査、工程段取りでの見え方がLED照明と既存光源を比較し、問題が無いことが確認出来た。

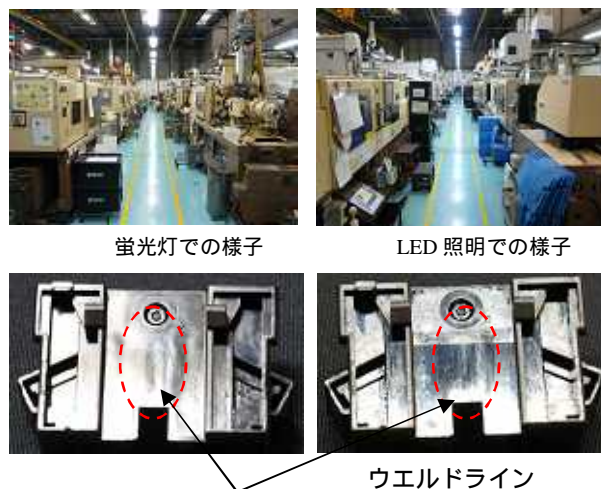


図7 成形工程

Fig. 7 Molding process

3.3 新館二階 組立工程

新館二階の組立工程は、押しボタンスイッチやリレーの自動組立工程である。ロボットによる組立を行っており24時間稼働の工程で750㎡に対し、常時4人が勤務している。従来は工程室内の勤務者がいないエリアでも点灯していた。今回LED照明の導入と共に人感センサーでの調光システムを導入し、生産現場での調光システム動作の最適化の実証を行う。



図8 組立工程

Fig. 8 assembling process

3.3.1 調光システム

新館二階の組立工程には、自社製品を使用した調光制御システムを構築した。

人感センサーによる自動調光制御、時間によるスケジュールパターン制御を取り入れ、作業性と省エネの両立を図る。ブロック図を図9に示す。

自動調光制御

作業者がいるエリアの照明を高照度で点灯し、人がいなくなれば設定時間後に低照度に消灯する調光制御。

スケジュール/パターン制御

時間帯別にフロア照度を変更、夜間などは作業効率が下がらない照度を確保するための制御。



図 9 調光制御システム ブロック図

Fig. 9 Dimming control systems

3.3.1.1 初期導入

初期導入では、省エネ効果を重視し、人感センサーが人を検知した時、照明が点灯する。検知なくなってから一定時間後に消灯する動作で導入した。

勤務者から導入直後より自身のいる場所のみが点灯していることでの視界の悪さによる不安感と、照明が点灯する際、急な照度変化が発生し違和感があるとの意見があった。現地での確認で視野内で照明照度が変化すると落ち着かない感が認められた。

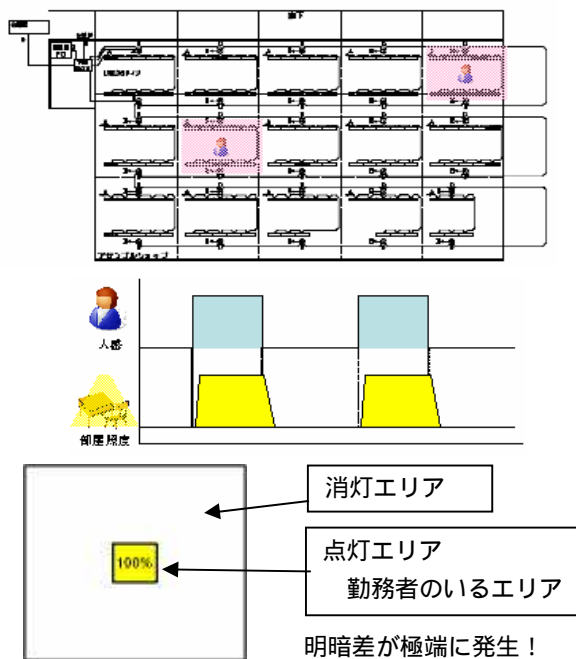


図 10 導入時の調光制御

Fig. 10 initial introduction

3.3.1.2 改良導入

改良導入では、人感センサーの検知後の照明照度を2段階に分け、人検知後高照度で点灯し、一定時間人感センサーが検知しない場合、低照度で点灯し、その後長時間人感センサーが検知しないエリアのみ消灯するシステムに変更した。

ムに変更した。

これにより作業者の頻繁に移動する箇所は低照度で点灯し続ける動作になり、低照度で点灯されることで照度変化時の変化量が少なくなり、違和感が軽減された。

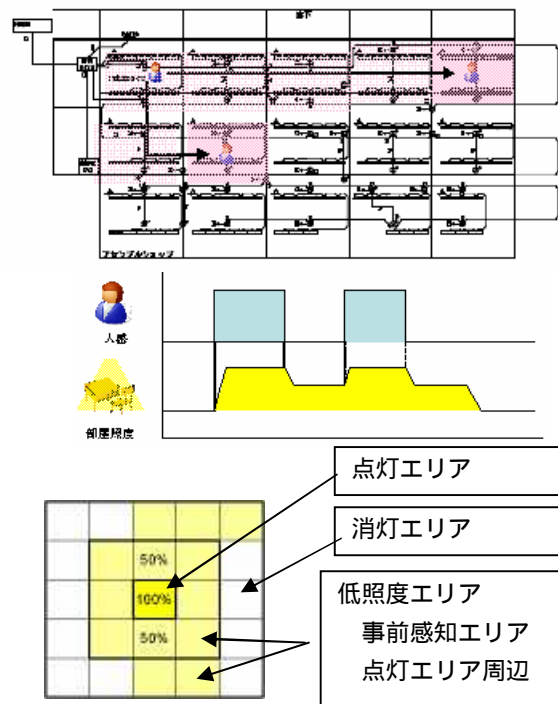


図 11 改良後の調光制御

Fig. 11 improvement of dimming control

3.4 新館二階 生産事務所

生産事務所では組立工程の管理を行っている。

89㎡に対し2灯タイプ蛍光灯が19灯設置されている天井にLED照明を並べて設置した。

LED照明は照度と色温度を変化させられるように昼光色と温白色のLEDを搭載した照明を設置。机上照度を同一値にした場合の電力量比較と蛍光灯とLED照明の事務所雰囲気の違いを検証する。

蛍光灯器具光束と同等のLED照明を同数配置し、調光せずに点灯した場合、机上照度がLED照明の場合、1400lxあった。そのため、蛍光灯と同一照度の1100lxになるよう調光した結果、LED照明の消費電力はより一層低減出来、870W/hになった。

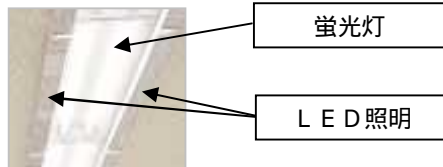
導入後、勤務者に事務所内の照明雰囲気を聴取したところ、事務所の照明雰囲気に違和感はない。

また、天井面の照度違いに関して聴取したところ、若干暗くなったように思えるが、天井を意識する機会があまりなく今回問われて気付いたとのコメントだった。

結果、事務所では照明雰囲気をあまり感じることはなく机上照度が重要であることが判った。

	蛍光灯	LED照明
机上照度	1100 lx	1100 lx
壁面照度	820 lx	580 lx
消費電力比較	1672W	912W

蛍光灯とLED照明の比較実測値



設置方法



蛍光灯の様子

LED照明の様子

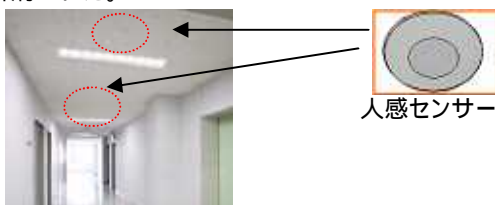
図12 生産事務所

Fig. 12 office

3.5 新館二階 廊下他

廊下の照明は外窓に面していることもあり、周囲が暗くなる18時に手で点灯させて、遅番が終わる7時に電源を落とす運用であった。このため、18時から7時までの13時間は、人の有無に関わらず、煌々と照明が点灯していた。たまに、消し忘れなどで昼まで照明が点灯していたこともあった。

今回のLED照明導入では、人感・照度センサーを使って、周囲が暗く（夜間）かつ人が居る時に限り、照明を点灯させるシステムとした。これにより、夜間の点灯時間は約4時間程度となり蛍光灯との比較で点灯時間が-70%になった。結果電力量での比較では-87%の削減になる。更には消し忘れによるエネルギーロスが完全に解消された。



廊下の様子

	蛍光灯	LED	LED+調光
消費電力比較	6864W	2964W	889W
条件：1日13時間の運用。LED+調光は実測値			
結果			
蛍光灯とLED+調光の比較で87%の削減を実現。			

電力量比較

図13 廊下

Fig. 13 passage

4. 生産工程に於けるLED照明の課題

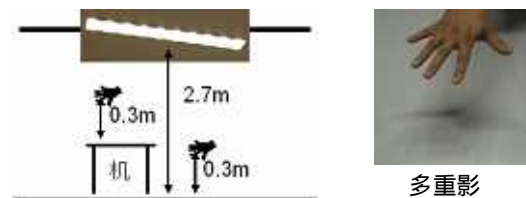
LED照明は複数の点光源があることで光にムラや、多重影（何重にも見える影）が発生するなど問題視されているが、導入場所での発生状況と問題の有無に関して実証を行う。

4.1 多重影

多重影は複数の点光源で構成されているLED照明では出やすい現象である。また、一般的に既存光源蛍光灯では多重影は発生しにくいいため、不自然な影と言われている。

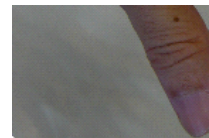
今回導入場所にて多重影の発生状況を確認した。成形工程・組立工程・生産事務所において多重影の発生が認められた。

それをふまえ、勤務者から多重影に関して意見聴取したが一般的に言われる不自然に感じ目の負担になるようなこともなく気にならないとの意見であった。



多重影 確認方法

生産事務所 机上



生産事務所 床面



組立工程 作業台



組立工程 床面



成形工程 作業台



成形工程 床面



図14 多重影の検証

Fig. 14 inspection of multi shadow

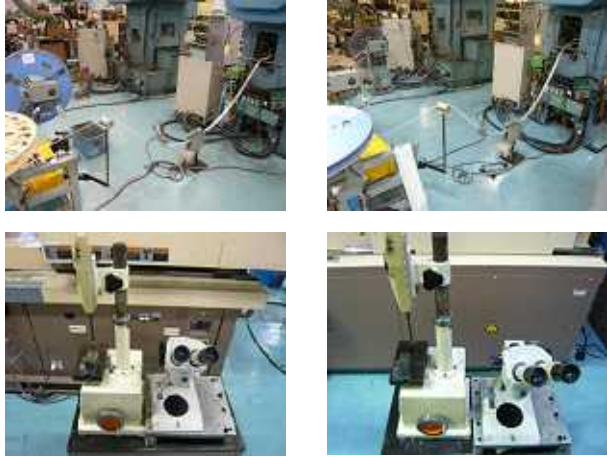
4.2 光のムラの検証

LED照明に於ける光のムラは一般的に集光レンズなどを使用したときに波長による透過率の違いなどで発生

する色収差による色ムラと配光角度が狭いことによる均斉度の悪さで発生する照度ムラが考えられる。

導入したLED照明にて色収差と照度ムラについて検証を行う。

今回導入したLED照明では集光レンズは使用していないため色収差による色ムラは発生していない。また既存照明蛍光灯の位置にLED照明の入替を行ったところ、使用しているLED照明の配光が良いため、照度ムラも発生していないことをプレス・成形工程で確認した。



蛍光灯の様子 LED照明の様子
図 1 5 プレス工程照明 直下の様子

Fig. 1 5 situation of press process

4.3 生産工程でのLED照明に対する評価

LED照明導入後、既存照明との比較アンケートにて問題なし、良好の結果が得られた。

No.	評価項目	内容	結果	コメント
1	作業	作業性に影響は無いのか 色の見え方 映り込み 照度ムラ その他	問題なし	金属材料や設備、床への映り込みによる影響はありません。その他生産作業へ悪影響を与えるような問題はありません。
2	検査	簡単な目視検査に影響しないのか 色の見え方 映り込み 照度ムラ その他	良好	明るくなっており、目視検査の環境としては良好です。今までの見え方との違いによる影響もありません。
3	照度	蛍光灯とLED照明の比較	良好	初めは明る過ぎとの意見もありましたが、照明を直視しなければ問題ありません。特に夜間には明るくなったことが実感できます。
4	色/温度	蛍光灯とLED照明の比較	問題なし	蛍光灯は白色を使用していましたが、LED照明は昼白色に近いので、最初は違和感を感じていましたが、慣れてくると問題はないようです。

図 1 6 勤務者アンケートまとめ

Fig. 1 6 questionnaire result

5. まとめ

本稿では生産拠点である滝野事業所に新光源LED照明を導入し、勤務者意見を取り入れながら生産工程での既存光源との違いや問題の有無を紹介した。

今後、LED照明はますます導入が進むと思われるが、長い歴史のある既存光源とは異なり、まだまだ歴史の浅

いLED照明をメーカーの要である生産部門への導入は各社慎重な対応である。

本事業所を実際に見学頂き、既存光源と差がないことを実感し、既存光源代替えとして、また省エネの切り札として安心して導入頂けるよう今後もデータ収集や実証を継続する。

また、LEDの特徴を活かした新光源ならではの照明及び調光制御システムの構築を目指し邁進する所存である。