

博物館 展示照明の全面LED化について

石澤 佳也

近畿地方整備局 営繕部 整備課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

国宝や重要文化財などを収蔵、展示する博物館の展示照明には展示物保護に対する性能、展示物鑑賞のための性能、展示物の入替に対するフレキシビリティなど様々な性能が要求される。

京都国立博物館の新平常展示館である『平成知新館』（2014年9月開館予定）の建設にあたり、展示照明について、国立施設で初めて全面的にLED光源を採用した。

建設計画以前は、汎用的なLED光源では、出力や、演色性（色の再現性）などの性能が低く、博物館の展示照明という特殊な用途で全面的にLED光源を採用をした事例はなかった。

近年の技術革新により、これらの性能を満たすものが普及してきた中で、このLED光源を採用し、従来の光源（蛍光灯・白熱灯）にはない特性により、最適な博物館の展示照明を構築することができた。

キーワード 博物館，展示照明，LED，文化財保護

1. はじめに

博物館の展示照明では、一般事務室とは異なり、様々な性能が要求される。展示物の保護（劣化原因となる紫外線の抑制等）、展示物を鑑賞するための環境を演出する性能（明るさ、まぶしさ、演色（色の再現性）、均一さ）、頻繁に展示物を入れ替えることに伴うフレキシビリティなどの機能がそれにあたる。

展示照明にLED光源を採用する事で、発光体が半導体素子であるため、紫外線が発生しない事や、従来のランプに比べ長寿命であることによる保守性の向上、器具が小型化できるため従来よりも照明器具を意識させない展示空間の演出が可能なる事や、省エネルギー性の向上などのメリットがある。

しかし、従来の光源（蛍光灯、白熱灯）とは、発光原理そのものが異なる光源であり、その特性も異なり、採用にあたっては、技術的検討、試作品による実験などを行い、性能に問題が無いか確認する必要があった。

本研究では、それら検討を行った内容について報告すると共に、得られた結果を整理する事により、今後類似施設の展示照明に活用する事を目的とする。

2. 展示照明の概要

平成知新館の展示室は、各展示室の壁一面に壁面展示ケースがあり、室の中央部は、独立展示ケースで展示を

行うスタイルとなっているが、展示品の中には巨大な彫刻、仏像など展示ケースに収容しきれない大きさの展示品もあり、それらを展示するための大空間もある。

展示室としては、全部で13室あり、大きく分類すると、次の3種類の構造となっている。

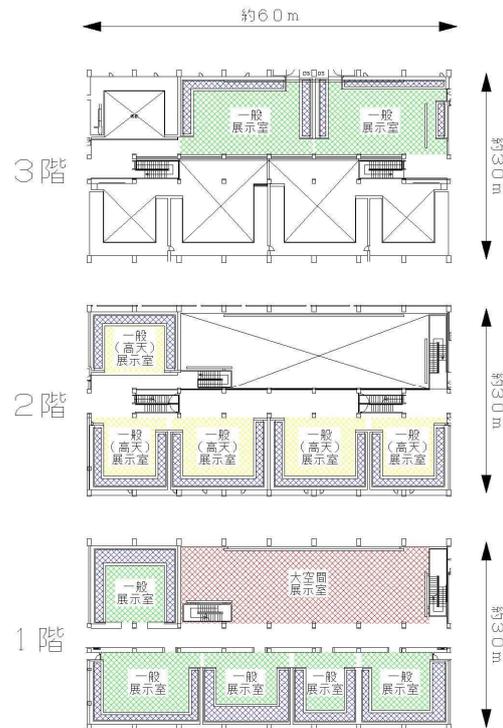


図-2 展示室エリア平面図

(1) 大空間展示室（1室）

壁面展示ケースは無く、天井高さが7.5m程度あり、展示ケースに収まらない巨大な彫刻、仏像などを露出で展示が行え、面積も広い事から、多目的な使用が可能な、メインの展示室である。



図-2-1-1 大空間展示室

大空間展示室は、リモコン操作により、任意に照射角度、出力（調光）調整が可能なムービングスポットを天井部に複数配置している。

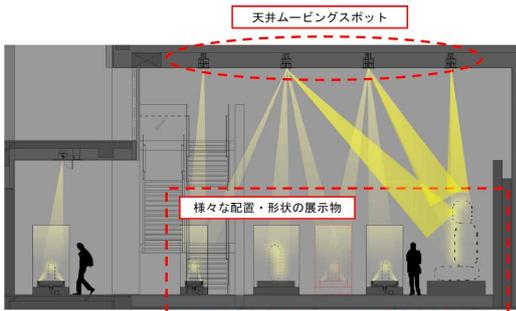


図-2-1-2 大空間展示室の展示照明概念

ムービングスポットは、レンズ等の交換により、配光（照射範囲）を変える事ができ、配光の違うスポットを2台セットの配置とする事により、様々な配置、形状の展示物に対応することができる。

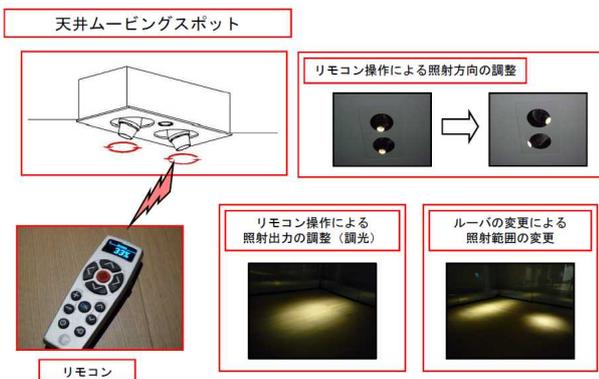


図-2-1-3 ムービングスポット

(2) 一般展示室（7室）

壁面には、壁面展示ケースがあり、中央部のスペースに独立展示ケースを配置し展示を行う、天井の高さは3.5m程度であり、通常の大サイズの展示物であれば、十分展示できる最も基本的な展示室である。



図-2-2-1 一般展示室

一般展示室の照明は、一定間隔でライディングダクト（照明スポットを任意の位置に取り付けできる電源用レール）を天井部に設けている。

意匠性を高めるため、ボックス内に収納し、スリットより任意の方向、角度にスポットの照射が行える仕様となっており、器具個別又は、ダクト毎の照射出力の調整（調光）も行えまた、レンズ等の交換により、配光（照射範囲）を変える事ができ、様々なケースの配置に対応が可能となっている。

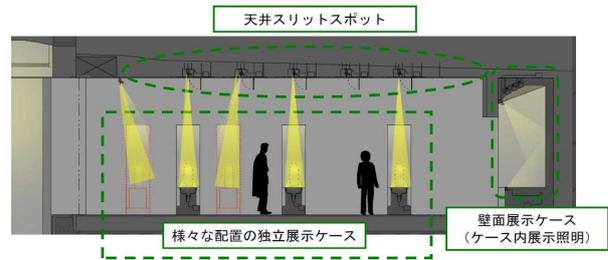


図-2-2-2 一般展示室の展示照明概念



図-2-2-3 スリットスポット

(3) 一般（高天井）展示室（5室）

一般展示室と同様に壁面に壁面展示ケースがあり、中央部に、独立展示ケースを配置し展示を行う形となっているが、天井の高さは大空間展示室と同程度あり、圧迫感無く、展示が可能な展示室である。

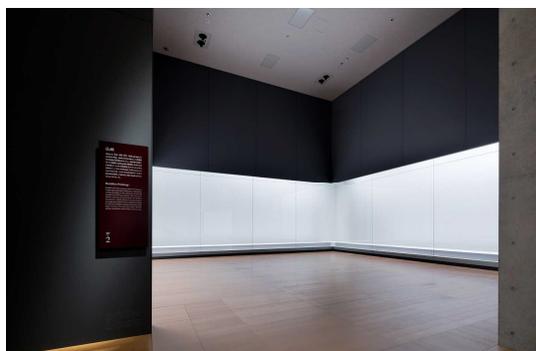


図-2-3-1 一般（高天井）展示室

一般（高天井）展示室は、天井高さが高いため、大空間展示室と同様のムービングスポットを設置しているが、常時は壁面展示ケース及び、展示照明が内蔵された展示ケースでの展示が主体となるため、最低限の設置台数としており、通路部分等の明るさを確保する事を目的としている。

将来的な展示内容の変更にも対応可能なよう、ムービングスポット等の増設が可能な仕様としている。

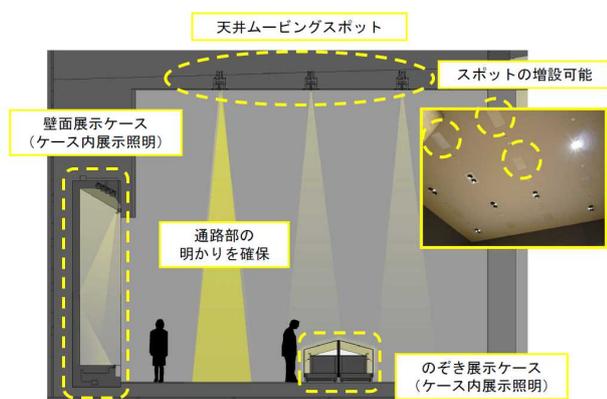


図-2-3-2 一般（高天）展示室の展示照明概念

(4) 展示ケース内照明

各展示室のベース照明に加え、壁面展示ケース内及び、独立展示ケースにも展示照明を設置しており、ベース照明と合わせ、展示照明の機能を満たしている。

<壁面展示ケース>

壁面展示ケースは、ケース内全体の照明であるLEDベースライン照明と、前述のスリット部と同じスポットを上部に取付可能な仕様としている。下部のLEDベースラ

イン照明は、筒状の鏡面ダクトを介して、展示物の正面に照射する構造で、位置の可変、ダクトの変更で高さを変えるなどができ、さまざまな形状の展示物に対応できる。

又、壁面展示ケースの下部には、展示照明用操作器が収納されており、室内、ケース内照明の調光、点滅などの設定、記憶を行うことができる。

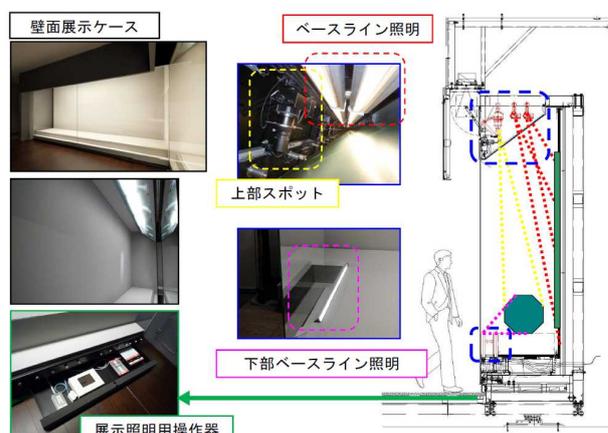


図-2-4-1 壁面展示ケース照明

<のぞき展示ケース>

のぞき展示ケースでは、ラインLEDによる間接照明でケース内全体に均一な明るさを確保し、ケース単体で展示物の照明をまかなう事ができる。

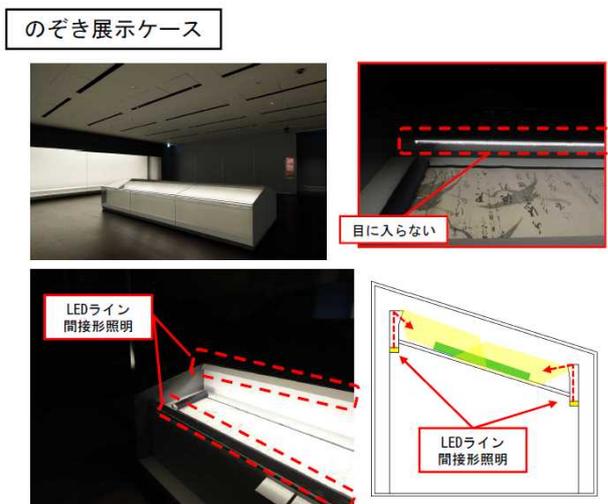


図-2-4-2 のぞきケース照明

<独立展示ケース>

独立展示ケース及び、壁面展示ケースには、下部からの局所的な照明が必要な場合の為に、超小型のLEDピンスポットを展示に合わせて取付け可能な仕様としており、手動により、照射方向、範囲、出力（調光）の調整が可能なものとなっている。

又、独立展示ケース上部には、必要に応じて、天井の

スポットライトよりの直接光を拡散させる事のできるフロストシートを取付できる仕様となっている。

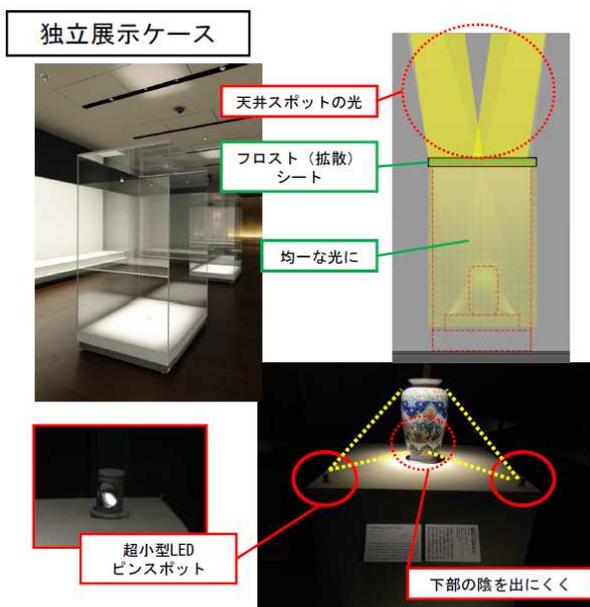


図-2-43 独立展示ケース

3. 展示照明のLED化について

展示照明にLED光源を採用するにあたり、従来の蛍光灯、白熱灯（ハロゲンランプ）と、発光原理そのものが違うことによる特性の差があるため、各性能について検討を行った。

理論値での机上検討だけでなく、実際に模擬展示物を使い、試作品での実験を博物館学芸員の立会いのもとで何度も行い、博物館の展示照明としての性能確保のための照明仕様を検討した。

検討を行う項目としては、博物館等の展示照明において必要な性能として、大きく分けると次の3つが考えられる。

- ・ 展示物の保護に対する性能
- ・ 展示物を鑑賞するための性能
- ・ 展示物入替に対するフレキシビリティの性能

(1) 展示物の保護に対する性能について

a) 紫外線の検討

照明光が展示物に与える影響としては、光化学反応（色紙などが、光を吸収することにより変退色する作用）によるものがある。照明光の波長300～380nmの紫外線で95%程度、380～780nmの可視光線で5%程度の変退色作用があるとされており、それらの光が照射された量に比例（照度×照射時間）し、展示物に対して影響を与えられている。

今回実際に採用するLED光源の素子の分光特性曲線

（照明光の各波長毎の量をグラフ化したもの）を確認し、特に有害な影響を与える380nm以下の紫外線波長については、ほぼ発生しない事を確認した。

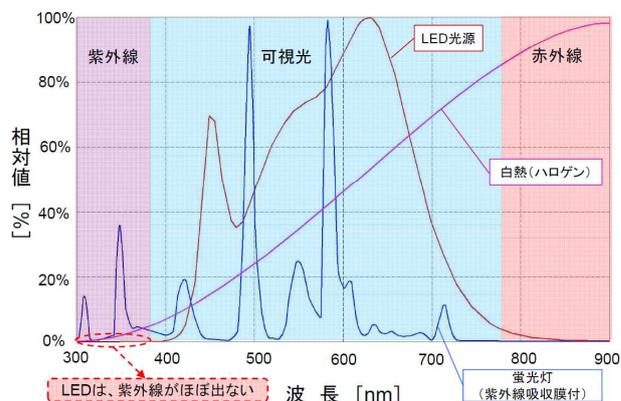


図-3-1 LED光源の実際の分光特性及び、従来光源の分光特性の一例

従来の蛍光灯（一般的に博物館・美術館に用いられる紫外線吸収膜付のもの）や、白熱灯（ハロゲン電球）と比較しても、紫外線の発生量は少なく、展示物に対する影響は、低くできると言える。

又、紫外線域の波長が出ないため、害虫などが寄ってきにくい光とも言え、展示物の保護の面で、最適の光源である事が確認できた。

b) 発熱に対する検討

展示物に与えるもうひとつの影響として、発熱による温度上昇がある。一般にLED光源は、入力電力（エネルギー）の内、約70%が熱に変換されると言われている。発熱に対する性能としては、従来の蛍光灯などと大きな差はないが、白熱灯に比べると消費電力が低いため、発熱量は、大幅に少なくできる事を確認した。

また、試作展示ケース内での温度上昇実験も行い、問題のないことも確認できた。

又、LED光源は赤外線がほとんど含まれないため、照射光による熱の影響も少ないと考えられる。

c) 保守メンテナンス性に対する検討

従来は、照明のランプが切れた場合、展示物を出して、ランプ交換を行う必要があり、展示物破損のリスクがあった。LED光源はランプ交換が不要であり、通常メンテナンスは清掃のみのため、リスク軽減ができる。

表-3-1 ランプ寿命

光源	ランプ寿命
蛍光灯	約6,000～12,000時間
白熱灯（ハロゲン）	約1,000～2,000時間
LED光源	約40,000時間以上

(2) 展示物を鑑賞するための性能について

a) 明るさの検討

展示照明での照度（明るさ）は、来館者が快適に疲れが少なく観賞、観察できるように設定する必要がある、必要以上に照度を高くすることは、まぶしさの原因となるばかりでなく、光・熱により展示物に損傷を与えることになるため、適切な照度に設定することが重要である。

照度の設定は、実際に模擬展示品により従来の蛍光灯、白熱灯とLEDでの見え方の比較も行い、鑑賞実験にて必要な照度の検討を行った。その結果、従来の照明に比べ、LED光源では低い照度でも鑑賞しやすいとの意見が多く、従来の照明に比べ低照度での設定とすることができた。



図-3-2-1 鑑賞照度実験

LED光源が、従来の光源に比べ低い照度で鑑賞可能であったのは、散乱光しか出さない蛍光灯や白熱灯と違い、LED光源の光は太陽光に近い平行光のため、少ない光量でも対象物の形を認識しやすい事、発光波長領域に可視光領域（380nm～780nm）が連続し安定して含まれているためであると考えられる。

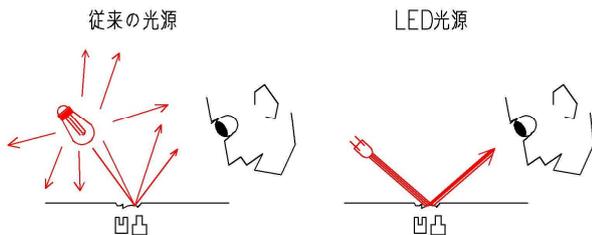


図-3-2-2 散乱光と平行光の目視認識のイメージ

b) 色温度と演色性の検討

展示物を鑑賞するための光環境として、検討が必要なものに、色温度と演色性がある。

色温度とは、光源の光色を数値化したものであり、K（ケルビン）という単位で表し、約3,000K以下の光源はやや赤みがかかった光色、約7,000K以上の光源はやや青みがかかった光色となる。

LED光源は、制作時に色温度の選択が可能であり、今回は、試作照明により、複数の色温度を比較し、最終的に汎用性の高い温白色である3,500Kの仕様とした。



図-3-2-3 色温度・演色性実験

演色性は、光源の分光分布（波長）が変わると物の色の見え方が変化する。このような照明光による物の色の見え方に及ぼす光源の特性を言い、それを数値化したものが平均演色評価数（Ra）であり、100に近づくほど対象物の実際の色を再現していると言える。

従来の蛍光灯（博物館・美術館用の高演色のもの）で最大99程度、白熱灯のRaは100と高い数値になるが、LED光源は、80～95程度となる。

今回LED光源を採用するにあたっては、汎用素子で最大のものであったRa92の素子を用いて実験を行い、従来照明との比較した結果、Ra92でも十分に鑑賞に堪えうる事がわかったため、Ra92以上での設定とした。

LED光源の場合は、従来器具のようにランプでそれらの性能が決定するのではなく、器具（素子）自体でその性能を確保する必要があるため、器具製造メーカーでの製作上の品質（色温度・演色性）管理について確認をおこない、それらの性能が確保できる事を確認した。

c) まぶしさ・陰影に対する検討

LED光源の特徴として、前述の明るさと相反する部分で、平行光であることにより陰ができやすい事や、まぶしさが問題となる。

陰については、試作品での実験を行い、陰に対して超小型ピンスポットなどで、下部からの照明を行う事により解決できた。

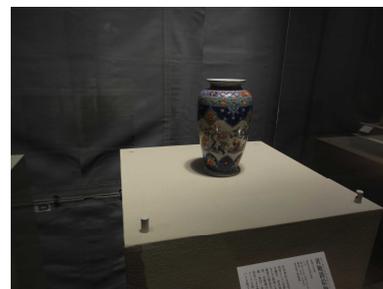


図-3-2-4 超小型ピンスポットの試作品

また、まぶしさについては、鑑賞者の目に入らないような照明配置等を検討し、照明自体が目に入らない形の配置とでき、まぶしさについても解決できた。

d)照度均斉度の検討

展示照明では、展示面照度の均一さも必要である。LED光源は、面光源では無く、点光源の集合体であることから、照度の均斉度（対象範囲内の照度（明るさ）の最大値と最小値の比率）の確保については難しく、試作品で照度測定を行い、何度も調整を行う必要があった。

壁面展示ケースは、調整の結果、上部のLEDベースライン照明を2列とし、形状、角度を試作品で実験し、均斉度の確保を行えた。

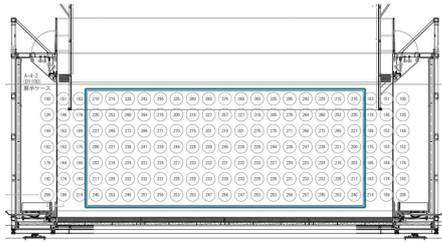


図-3-2-5 壁面展示ケースの照度測定の一例



図-3-2-6 壁面展示ケースの試作品実験の様子

のぞき展示ケースは、上下のLEDベースライン照明が、直接照射する形では、均斉度が確保できなかったため、最終的に、間接照明の形状にする事により、均斉度が得られた。

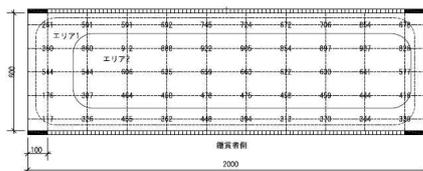


図-3-2-7 のぞき展示ケースの照度測定の一例



図-3-2-8 のぞき展示ケースの試作品実験の様子

(3) フレキシビリティについて

フレキシビリティについては、ベース照明、ケース照

明含め、LED光源にした事によりコンパクトとなり、多くの照明を配置でき、さまざまな形状、配置の展示物に対応できる形とできた。

(4) その他の性能について

スポット照明については、従来は白熱灯（ハロゲンランプ）であったが、LED光源での照明としたことにより、消費電力としては、約1/3程度となり、大幅な省エネとなる。

又、従来照明に比べ、照度を低めに設定できることで、その効果は、それ以上と考えられる。

4. まとめ

LED光源を用いた展示照明については、性能的に従来の蛍光灯、白熱灯などと比較しても、良い結果が得られ、特に重要な、展示物の保護の面で、従来照明以上の性能が確保できることから、博物館の展示照明の光源としては、最適な光源であると言える。

表-4-1 LED化に関するまとめ

性能	検討項目	従来の光源に比べ、・・・	評価
展示物保護 に対する 性能	紫外線	紫外線は、ほぼ発生しない。	◎
	発熱	白熱灯に比べ、大幅に発熱量低。	○
	保守性	ランプ交換不要なため、リスク軽減。	◎
展示物鑑賞 のための 性能	明るさ	低い照度で鑑賞可能。	◎
	色温度	色温度の選択が可能。	○
	演色性	数値的に若干劣るが、鑑賞上問題無し。	○
	まぶしさ	まぶしさ、陰影がでやすいため、配慮は必要。	△
スライド扉の 性能	均斉度	散乱光では無いため、均斉度の確保は難しい。	△
	意匠性	コンパクトで、スライド扉の確保がしやすい。	○
その他	省エネ	照明を意識させない展示空間を演出できる。	◎
		スポットは、消費電力が約1/3程度となる。	◎

また、LED光源を採用した事により、器具がコンパクトになり、施設全体において、照明器具を意識させず、鑑賞の雰囲気を損なわない展示空間を演出することができたことも大きな成果であった。



図-4-1 グランドロビー・外観

当該照明の設計、協力、施工（図版提供共）

設計：（株）谷口建築設計研究所
岩井達弥光景デザイン
環境エンジニアリング（株）

協力：（株）YAMAGIWA

施工：戸田建設（株）、栗原工業（株）