

神奈川県立生命の星・地球博物館におけるLED展示照明の導入

神奈川県立生命の星・地球博物館 新井田 秀一

はじめに

消費電力が少ないとされるLEDは、1996年に白色LEDが開発されて以降、2010年に高周波点灯専用型蛍光灯の効率を超える機器が開発されると、一般家庭や商業施設などにおいて、電球や蛍光灯を置き換えるように普及しつつある（小谷、2011）。博物館や美術館でのLEDの導入についての長所と短所については、佐野（2016）が詳しい。導入例としては、大阪市立の博物館が2012年3月までに展示照明のLED化を完了したとある（大阪市博物館協会、2012）。また、2018年には刀剣博物館が導入している（久保、2017）。

2018年に入って、蛍光灯照明器具の生産終了に関するニュースが多く報道された。これは、水銀に関する水俣条約が2017年8月16日に発効したため、この中で「ランプに関する水銀添加製品の製造・輸出入の規制」として蛍光灯のうち水銀含入量の多いものが規制の対象になっているからである。国内メーカーのランプは、すでに水銀含入量の基準を満たしており、規制の対象にならない（日本照明工業会、2018）。しかし、メーカーによっては照明器具だけでなく、ランプまで製造中止と発表したため、混乱が生じてしまっている。

神奈川県立生命の星・地球博物館では、今までに少しずつではあるがLED化を行っている。ここでは、当館のLED化の状況と問題点について報告する。

LED導入による期待した効果

当館がLED導入に対して期待したのは、展示効果の改善、消費電力の削減、メンテナンス性の向上である。

1995年3月に開館した当時の展示設計においては、常設展示室は外光の侵入をできるだけ遮断し、ほの暗い空間に展示物が人工照明によって浮かび上がる手法を選択した。しかし、開館前に行った内覧の時点において、ラベルが読めないなどの暗いという指摘があり、急ぎよ照明機器を増設するなどの対応をしていた。

この問題を根本的に改善するため、当館の部内研修として行っていた「博物館課題研究会」の2008年のテーマとして「展示照明の現状と改善への指針について」が選ばれた。照明機器メーカーの技術者を招き、講演と実演が行われた。この時点で開館後14年を経過していたが、発光ダイオードを利用した照明機器の実用化など照明機器や技術に大きな変化があることが紹介された。

これを受けて2010年に展示照明の改良を検討する機会があり、LED照明機器を導入することが話題になった。そこで、当時の学芸部展示担当である大島光春、大西 亘学芸員と企画情報部情報資料課荻部治紀学芸員の協力を得て、導入試験を行った。一般来館者にアンケートした結果、LED照明によって照明効果が改善されることがわかった（後述）。

LEDの消費電力は、ハロゲンランプで85W相当のものが、7.5Wと約10分の1になる。当館で使用している展示照明は、開館時点では表1の通りである。85Wハロゲンランプだけで456灯使用しているのが38,165Wとなるが、すべて置き換えることができれば3,420Wとなるため、かなりの省エネルギーとなる。

ランプ本体の寿命は、ハロゲンランプでは1,500時間程度だが、LEDでは35,000～40,000時間となっている。当館は年間290日程度開館しているため、1日の通電時間を8.5時間とすると、年間通電時間は2,465時間となる。そのため、ハロゲンランプは予防交換として、半年に1度交換している。しかし、LEDならば16年交換不要ということになる。ランプを交換した際には、展示物への照射方向・角度の調整（シューティング）が必要だが、その回数も減らすことができる。

蛍光灯の場合、白熱電球に比べ省エネルギーであり、寿命もハロゲンランプよりは長い。また、展示ケースのベース照明と使われることが多く、ランプ交換時にシューティングが不要であり、メンテナンス性の向上もあまり期待できない。ランプの製造も継続されるので、今回は蛍光灯について積極的に更新していない。

LED照明導入のための比較実験の概要

目的：LED照明機器が当館の展示に適するのを試し、結果を導入検討のための資料に供するとともに、導入に向けて検討すべき課題の洗い出しを図る。

場所：1階生命展示室「昆虫の世界」コーナーの「色彩の美しさ」と「奇妙なかたち」展示とした（図1）。「昆虫の世界」は、他の展示コーナーから独立したレイアウトになっており、床から3mの高さに配線ダクトがある。既設のハロゲンランプ型スポットライトは、この配線ダクトに取り付けられている。

LED照明実験の場所

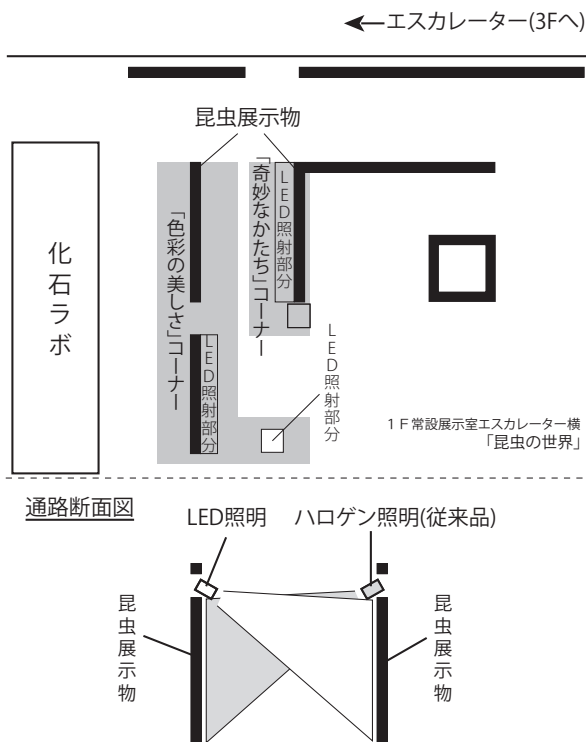


図1 LED照明実験の場所



図2 LED照明実験の様子

日程：2010年8月9日の閉館後に設置を行った。8月13日～9月2日までの間、一般来館者に対してアンケート調査を行った。

照明機器の設置：実験は、該当箇所に配線ダクトを1本増設したのち、10灯をLED型スポットライトに交換した。ハロゲンランプとLEDランプの照射エリアは、それぞれ錯綜しないように配置し、昆虫標本の見え方を比較できるようにした。実験の様子を図2に示す。

アンケート方法：一般来館者に対して調査用紙を持ったスタッフが直接聞き取るものとしたが、自由な回答ができるように用紙と回収箱も設置した。アンケート用紙は、表面を選択式、裏面を自由記載とした。

結果：回答は、402人から得た。結果を図3にまとめる。ハロゲンランプとLEDが混在することには一般来館者からは問題ないという結果になった。まぶしいという意見は多かったが、陰影や色のきれいさ、形がはっきり見えるという意見も多く、全般にはLEDのほうが良い印象を受けたようだった。

LED導入の方法

表1のとおり、当館の展示で使用している照明機器の数は多く、一度に更新することはできない。そこで更新費用を平滑化するために、ある程度まとまった展示コーナー単位で更新することにした。これは、ハロゲンランプとLEDが混在していると違和感があるという意見があったためである。なお、機種を選定など照明演出に関わる点

影が強く見えるのはどちらですか



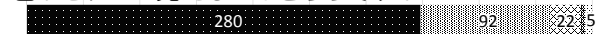
展示品がまぶしく感じるのはどちらですか



展示品が明るいのはどちらですか



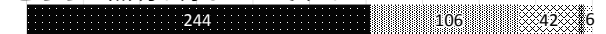
色がきれに見えるのはどちらですか



形がよく見えるのはどちらですか



どちらの照明が好ましいですか



0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

■ LEDランプ ■ ハロゲンランプ ■ 違いがない/わからない
■ 選択肢外回答 ■ 無回答

図3 LED照明実験のアンケート結果

表1 展示室の照明機器一覧（開館時）

設置場所	電球型ハロゲンランプ										40W 77W 150W	ハイカ			HID	蛍光灯							
	20W型	35W型	50W型	50W型	65W型	75W型	85W型	130W型	300W型	500W型		65W	250W型	400W型		250W	20W型	30W型	32W型	36W型	40W型	60W型	その他
1階・エントランスホール	0	0	0	3	0	0	4	4	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1階・ミュージアムシアター	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1階・特別展示室	0	0	0	0	0	0	0	58	0	0	10	0	0	0	68	0	0	0	80	0	0	0	
1階・地球展示室	2	5	2	6	11	49	232	2	0	14	33	0	3	2	0	39	10	2	0	30	0	0	
1階・生命展示室																							16
3階・神奈川展示室	0	0	8	30	0	0	70	26	0	0	19	0	0	0	2	0	2	0	12	0	19	0	
3階・共生展示室	0	0	0	0	0	0	25	4	0	0	3	0	0	0	0	0	2	10	36	0	0	0	
3階・ジャンボブック展示室	0	0	0	0	0	0	125	0	0	0	108	0	0	1	0	1	0	0	0	108	0	0	
小計	2	5	10	39	11	49	456	110	24	24	268	15	3	2	1	142	19	8	10	175	108	37	
計											730	268	15	5	1								499
備考	12V	12V		12V		12V						12V					サウ ライン		ツイン パレル			エス ライン	

表2 年度ごとの更新場所

年度	展示室名	コーナー名	旧白熱照明機器		更新LED機器		
			器具種類	ランプ名	LED器具名(ランプ名)	数量	
2012年(平成24年)	総合展示室全体	(電球型ランプ全般)	アッパーライト	レフ球	DL-JA32L	147	
			ダウンライト	ミニクリプトン電球	LDA5L-H	14	
	生命展示室	陸上への適応	スポットライト	ハロゲン電球	LDR6L-WE-11	6	
			ダウンライト	ハロゲン電球	NNN62422	1	
		陸上植物の系統	スポットライト	ハロゲン電球	ILE-S3LR-N-35	1	
			スポットライト	ハロゲン電球	NNN02059BLE	11	
ジャンボブック	ジャンボブック	足元灯	クリプトン球	DL-JAL32(NEC)	108		
共生展示室	生物どうしのつながり	スポットライト	バルックボール	LDR10L-G	2		
2013年(平成25年)	地球展示室	レインボーアンモナイト	直付スポットライト	ハロゲン電球	LED9W	2	
		地球の営みがつくった景観と岩石	直付スポットライト	ハロゲン電球	LDR6L-WE-10	6	
		地球の営みがつくった景観と岩石	ダウンライト	ダイクロハロゲン電球	NNN72243B	18	
	生命展示室	昆虫の世界	スポットライト	ハロゲン電球	NNN02585W	8	
			スポットライト	ハロゲン電球	NNN04565W	8	
			スポットライト	ハロゲン電球	NNN02565B	45	
2014年(平成26年)	地球展示室	地球の営みがつくった景観と岩石	ダウンライト	ハロゲン電球	NNN72243	17	
		生命が変えていく地球	ダウンライト	ハロゲン電球	NNN61422	21	
	生命展示室	魚類の世界	ダウンライト	ハロゲン電球	NNN72573	1	
			陸上植物の系統	ダウンライト	ハロゲン電球	NNN02722B	5
2015年(平成27年)	地球展示室	いん石のいろいろ	ダウンライト	ハロゲン電球	NNN62422B	6	
		地球の熱放出の現場	ダウンライト	ダイクロハロゲン電球	NNN72243B	6	
	生命展示室	魚類の世界	熱放出のメカニズム	スポットライト	ハロゲン電球	NNN02722B	2
			シンボル展示	スポットライト	ハロゲン電球	NNN02565B	18
	2016年(平成28年)	エントランス	地球誕生	アッパーライト	ハロゲン電球	LZW-90629	3
		生命展示室	森の開拓者・霊長類	ダウンライト	ダイクロハロゲン電球	NNN72243B	12
スポットライト				ハロゲン電球	NNN03650,1	3	
神奈川展示室		大地のおいたち	スポットライト	ハロゲン電球	NNN02721B	10	
	相模湾に生きる	スポットライト	ハロゲン電球	NNN03650,1	22		
2017年(平成29年)	ジャンボブック	(スポットライト)	スポットライト	ハロゲン電球	NTS01028W	110	
2018年(平成30年)	地球展示室	いん石のいろいろ	スポットライト	ハロゲン電球	NTS02138B	3	
		地球の仕組	スポットライト	ハロゲン電球	NTS02138B	6	
	生命展示室	鳥類の世界	鳥類の世界	スポットライト	ハロゲン電球	WLLW-23S(B)	5
			ゾウの進化	直付スポットライト	ハロゲン電球	MS-10422-82-90	4
			ゾウの進化	スポットライト	ハロゲン電球	NTS02138B	1
			恐竜の時代	直付スポットライト	ハロゲン電球	D-EXGT74CB	6
	森の開拓者・霊長類	直付スポットライト	ハロゲン電球				
					合計	666	

表3 展示室の照明機器一覧（2018年11月現在、ハロゲンランプとLEDのみ）

設置場所	電球型ハロゲンランプ					LED							
	50W型	85W型	130W型	300W型	500W型	電球型	ダウン ライト	アッ プ ライト	スポットライト				
						4.5W	11.1W型	5.6W型	直付型	12W型	14.6W型		
1階・エントランスホール	0	2	4	0	0	7	0	3	0	0	0	0	
1階・ミュージアムシアター	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	
1階・特別展示室	0	0	58	0	0	10	0	0	0	0	0	0	
1階・地球展示室	0	2	0	0	14	40	82	0	8	0	11	11	
1階・生命展示室	0	41	15	0	10	90	29	0	10	9	95	95	
3階・神奈川展示室	3	77	19	0	0	19	0	0	0	0	32	32	
3階・共生展示室	0	23	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
3階・ジャンボブック展示室	0	5	0	0	0	108	0	0	0	0	110	110	
小計	3	150	100	24	24	277	111	3	18	9	248	248	
計						301							666

は、展示資料の担当学芸員と調整の上行った。

LEDの演色性

LEDは発光原理が電球とは異なり、分光分布も異なっている。そのため、展示物を照らした場合、電球とは異なった色合いに見えることがある。この白色LEDの構造と演色性については、小谷（2011）が詳しい。

当館では演色性の評価として用いられるRa値（平均演色評価数）を、電球型LEDでは80のものを使用した。Raは100に近いほど自然光に近い自然な色合いになる。80という値は、照明基準総則JISZ9110（日本工業規格、2010）によると博物館では、ギャラリー全般や集会室、教室、研究室での目安とされている。ステージ上のアップライトや足元灯など空間演出的な目的で使用しているため、特に問題は感じていない。

これに対し、配線ダクト取付型はRa95である。前述の照明基準総則JISZ9110では、展示室ではRa90以上を指定している。

更新の結果

年度ごとに更新した結果を、表2にまとめる。更新の初年度（2012年度）は、そのまま置き換えることができるE17口金など電球型のものを更新した。その後、スポットライトやダウンライトについて、展示コーナー単位で更新した。LEDにすることで電源容量に余裕ができたので、照明効果を改善するために増設したコーナーがあるため、交換灯数は一致しない。

2018年11月現在、LEDは666灯導入した（表3）。白熱電球型のライトはすべてLEDに置き換えることができた。ハロゲンランプについては、730灯から301灯まで減らすことができた。数だけでなく種類も減らすことができた。なお、蛍光灯についてはLED化していないので、表1のままである。

スポットライトの置き換え

当館で使用しているスポットライトには、取付方式に応じて、配線ダクト取付型、パイプ取付型、壁直付型、天上直付型がある。

配線ダクト取付型は、その取付部分はハロゲンランプ型もLED型も同じ規格なので、そのまま交換することができる。1階展示室については、

ハロゲンランプの85W型と130W型は、LEDでは7.5Wに置き換えた。また、12Vタイプのハロゲンランプが使われていたコーナー（3階神奈川展示室「日本の岩石」「相模湾の生物」）については、100Vに対応できるよう設備を交換して7.5W型LED化した。特に「相模湾の生物」コーナーについては、調光機能のある機器を採用した。これは、壁面に展示されている魚類はく製の取付高さが展示演出上不揃いなので、光量調節の必要があったためである。

LEDは光の直進性が高く、直接目に入ると眩しく感じる。照射角として、狭角、中角、広角と3種用意されているが、どれを選択しても眩しい場合がある。そのため、設置場所に依じて光の漏れを防ぐためにディフューザー（光を拡散させる器具）やフードを取り付けた。フードについては、当初標準品がなかったために特注で製作したが、その後の製品では、オプションとして選択できるようになった。

パイプ取付型は、1階生命展示室「鳥類の世界」において、飛行形態の鳥類を吊り下げるフレームに9灯設置されていた。鳥類だけでなく、隣接する「哺乳類」や「再び、海へ」コーナーも照らしている。これらは、12W型4灯と23W型5灯に交換した。

壁直付型スポットライトとしてのLEDライトは、当館の求める仕様を満たすものは、あまりない。そのため、配線ダクトを短く切り、その上に配線ダクト取付型を設置している。

天上直付型については、当館では当初からの設計として天井高が高く、照射距離が長くなるため、高出力タイプを設置している。1階では500W型、3階では130W型なのだが、これに対応する出力のLEDについては当館に仕様に合うものが見つけれず、現在のところ交換していない。

展示ステージ上の照明機器の置き換え

LEDの導入は、照明機器の発する熱による問題も解決することができた。

ステージ上にある展示物を照らす場合に、展示物に近接して照明機器を設置する。当館では、そのような展示が12か所あった。十分な明るさを得るためにハロゲンランプを用いたので、来館者が照明機器に触れて火傷するケースがあった。実際に温度を計測すると、85W型ハロゲンラン

プを使用した場合、照明器具後部で68℃、中央部で78℃、投光正面のリフレクターでは176～195℃もあった（ハンディ型放射温度計THI-460、TASCO製にて計測）。

この改良として、照明設計を見直し、高所からスポットライトを当てるなどの設置変更やショーケースライト（GT シリーズ、DNライティング製）と呼ばれる小型の直付型LED機器などに交換した（図4）。これによってLEDショーケースライトでは、どの場所を計測しても24～25℃程度であった。



図4 展示ステージに設置したLED照明機器

また、照明効果も改善された。このコーナーの照明機器は光源から展示物までの距離が近く、照射角や高さを調整することができなかつた。LEDに置き換える際に、最適な角度や高さから照射できるように支柱を設計できた。そのため、細かいディテールを観察できるようになった（図5）。

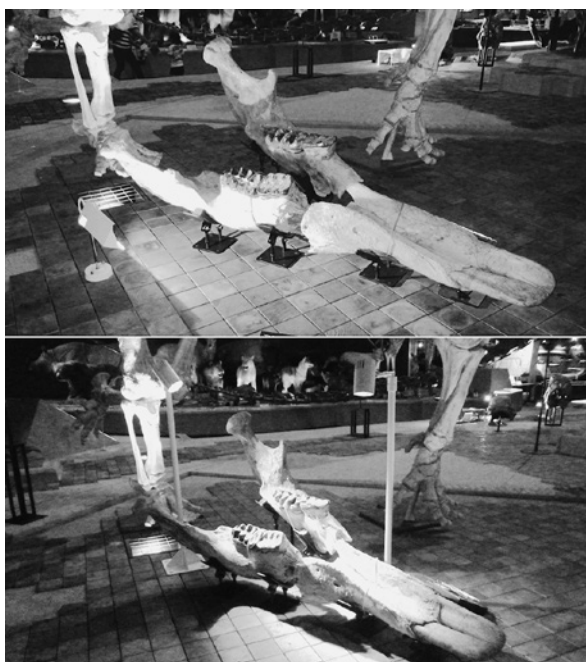


図5 照明機器の更新による照明効果の変化
（上：更新前、下：更新後）

ダウンライト・アップライトの置き換え

ダウンライトやアップライトは、ハロゲンランプ型を取り外した場所に大きな加工をすることなく置き換えることができる。

天井埋込型ダウンライトは、隕石・鉱物・魚類の展示ケース内の照明や、壁面グラフィック・アンモナイトの壁・恐竜の足跡化石での梁に埋め込んだ照明として用いている。梁に埋め込んだものは、取付位置が高く、展示物を見る際に光源が目に入ることがある。その対策として、発光素子の取付位置が深いものを採用した。

床埋込型アップライトは、エントランスのシンボル展示などに使用している。これはそのまま更新した。

電球型ライトの置き換え

展示照明としては、ミニレフ球を使用したスポットライト・アップライトが総合展示室の展示ステージにある。また、ジャンボブック展示のケース下部にあるフットライト（図6上、左下）では40W型電球を使用していた。これらは、E17口金を使用しているため、同型のRa80の電球型LEDランプと交換した。当初はシャープ製DL-JA32L（4.5W）を用いたが、製造中止となったため、現在はNEC製LDA5L-H-E17/Sを使用している（図6右下）。



図6 ジャンボブック展示ケース
（上：ケース全体、左下：フットライト部分拡大、右下：交換したLED電球）

問題点

LEDの寿命は、電球タイプの場合、カタログの数値よりかなり短いケースがある。ジャンボブック展示室の本型展示ケースの最下部に設置した足元灯では、設置後1年以内に108灯のうち約4分の1が切れてしまった。閉鎖的な場所だったため、放熱が充分ではなかったと考えている。

配線ダクト取り付けタイプのLEDスポットライトでは、今のところ発光しないなどのトラブルは発生していない。しかし、機器更新が早いという問題がある。毎年新型が発売されるため、1年経過すると同じ型番のものが入手できない。型番が変更されると、本体の大きさやデザインだけでなく、発光素子までもが変更される。そのため、複数台導入した際に色味にばらつきが出ないか疑問がある。現在のところ、初期不良以外のトラブルは発生していないが、今後故障した場合にどのように対処できるのか、検討が必要である。

おわりに

今回の報告は主としてハロゲンランプの交換について述べた。当館で使用している照明機器には蛍光灯（直管およびサークライン）もある。現時

点では、これらに関しては一部を除き未対応である。交換機材の選定について情報を集めながら、対応していきたいと考えている。

本稿をまとめるにあたり、当館の大西 亘学芸員には、LED導入比較実験の元データを提供していただいた。また、大島光春、苅部治紀学芸員にはLED導入比較実験に関する情報を提供していただいた。ここに記してお礼申し上げる。

引用文献

- 一般社団法人日本照明工業会, 2018. 照明に関する水俣条約への正しい理解について (2018年3月19日公開) <https://www.jlma.or.jp/kankyo/suigin/docs/2018LedNextstageMinamata.pdf> (2018年11月9日閲覧)
- 久保 恭子, 2017. 刀剣博物館LED照明導入への軌跡. 特集 LED/OLEDを用いた次世代の美術館・博物館照明. 照明学会誌.101 (12) :543-548,539-540 (口絵).
- 公益財団法人大阪市博物館協会, 2012. 国際博物館の記念シンポジウム「博物館 これからのみせ方・つたえ方」.28p.
- 小谷朋子, 2011.LED 照明の演色性について. 特集:LED 照明機材. 日本写真学会誌.74 (5) :210-214.
- 佐野千絵, 2016. 博物館、美術館における照明とLED照明の導入について. 文化財の虫菌害. (72) :2-9.
- 日本工業規格, 2010. 照明基準総則JISZ9110. 日本工業標準調査会HPを閲覧. <http://www.jisc.go.jp/app/jis/general/GnrJISSearch.html>. (2018年11月9日閲覧)