

# 旧相馬邸LEDライトアップ実証実験報告書

平成26年3月

函館市地球温暖化対策地域推進協議会

光の街はこだて あかりプロジェクト構想検討部会

# 目 次

1. はじめに	1
2. 部会構成および実験協力企業等	1
3. 実験の目的	2
4. 実験の概要	2
5. 実験の結果	
5. 1 ライトアップ評価	
5. 1. 1 ライトアップ因子分析	3
5. 1. 2 ライトアップのイメージプロフィール分析	3
5. 1. 3 属性別イメージプロフィール分析	3
(1) 男女別のイメージプロフィール	4
(2) 年代別のイメージプロフィール	4
(3) A案/B案選択別イメージプロフィール	5
(4) 通行経験別イメージプロフィール	5
5. 1. 4 印象評価以外のアンケート結果	6
5. 2 夜景評価	
5. 2. 1 アンケート結果	6
6. ライトアップ評価および夜景評価についての考察とまとめ	8
7. おわりに	
8. 参考文献	
9. 参考資料	
ライトアップ評価用写真パネル	別紙1
夜景評価用写真パネル	別紙2
ライトアップ評価用アンケート用紙	別紙3
夜景評価用アンケート用紙	別紙4
旧相馬邸LEDライトアップ実証実験使用灯具等比較一覧	別紙5
因子分析とは	別紙6

## 1. はじめに

函館市地球温暖化対策地域推進協議会では、平成24年4月に「光の街はこだて あかりプロジェクト構想検討部会」を設置し、夜景と光の街はこだての特性を活かして、照明のLED化による二酸化炭素の排出削減を目的に活動してきました。

平成24年度は、計5回の部会を開催したほか、LED照明に関する勉強会を2回実施するとともに、これらの活動についてまとめた報告書を作成し、3つの目標を設定しました。

本実証実験は、その目標の1つであるLEDライトアップモデル施設による実証実験として位置付けたものであり、多くの関係者の協力のもとで、準備期間を含め約9ヶ月間に渡り実施してきました。

本報告書は、地域の重要な観光資源である「美しい夜景」の保全と省エネルギー（二酸化炭素排出量削減）の調和を図るため、ライトアップや函館山から見た夜景についての印象評価についてまとめており、今後の地域における各種照明のLED化による夜景への影響に関する基礎資料となることを目標に作成しました。

## 2. 部会構成および実験協力企業等

### (1) 光の街はこだて あかりプロジェクト構想検討部会構成委員

部会長	赤石 哲明	(NPO法人NATURAS)
委員	佐々木 香	(函館市女性会議)
	梨木 悟	(函館商工会議所)
	辰巳 博泰	(一般社団法人函館青年会議所)
	荒井 隆幸	(一般社団法人函館建設業協会)
	前山 芳輝	(北海道ガス株式会社函館支店)
	梅澤 秀敏	(北海道電力株式会社函館支店)
	津金 孝行	(函館大学)
	村上 貴弘	(北海道教育大学函館校)
	亀岡 一人至	(北海道渡島総合振興局)

旧委員	石原 千鶴	(平成25年3月まで：前会長 北海道地球温暖化防止活動推進員)
	竹内 正幸	(平成25年3月まで：前副会長 函館商工会議所)
	岩山 静枝	(平成25年8月まで：函館市女性会議)
	松浦 慎太郎	(平成25年8月まで：一般社団法人函館青年会議所)
	砂原 隆	(平成25年8月まで：一般社団法人函館建設業協会)
	後藤 輝男	(平成24年9月まで：北海道ガス株式会社)
	林 充	(平成25年3月まで：北海道渡島総合振興局)

### (2) 実験協力企業等

- ①伝統的建造物 旧相馬邸 . . . . . 施設提供
- ②東芝ライテック株式会社 . . . . . 照明デザイン・写真撮影協力、LED灯具提供
- ③合名会社川越電化センター . . . . . 設置工事・ライトアップ切換作業協力
- ④函館山ロープウェイ株式会社 . . . . . 写真撮影・評価協力
- ⑤函館大学 . . . . . 評価協力
- ⑥公立はこだて未来大学 . . . . . 評価協力
- ⑦一般社団法人照明学会北海道支部 . . . . . 実験協力企業紹介

### 3. 実証実験の目的

昨今の照明技術の動向から考えた場合、今後は道路照明や街路照明、ライトアップ照明などのLED化が進むことが予想される。

一方で、LED照明は、光の拡散が少ないなどの特性があり、省エネルギーのみを追求した場合、函館市の夜景の保全に影響する可能性もあることから、夜景の美しさを保ちながら、いかに省エネルギー化を進めるかが地域としての課題であるため、伝統的建造物の旧相馬邸をモデル施設として、LED照明によるライトアップを行い、LEDライトアップ時におけるライトアップ効果や夜景への影響について検証を行った。

### 4. 実証実験の概要

本実験では、2種類のライトアップ（A案：電球色、B案：昼白色）から受ける印象について評価する「ライトアップ評価」と函館山から見た夜景への影響について評価する「夜景評価」について、それぞれ写真パネルを見ていただいた後に、アンケート調査を行った。

なお、印象を構成する評価因子を明確にするため、「ライトアップ評価」のアンケートの一部は、SD法（Semantic Differential technique）による印象評価とし、評価結果に基づき因子分析を行った。

#### ○ライトアップ評価および夜景評価のアンケート調査実施状況

- |               |  |
|---------------|--|
| (1) 評価実施期間    | 平成25年9月17日（火）～11月22日（金）  |
| (2) アンケート設置場所 | ①旧相馬邸（函館市元町33番2号）<br>②函館山ロープウェイ山頂駅ロビー<br>③函館市地球温暖化対策地域推進協議会ホームページ<br>（ダウンロードにより Word 形式または PDF 形式でアンケート用紙取得） |
| (3) アンケート回収件数 | ①ライトアップ評価 114件<br>②夜景評価 114件   |
| (4) 評価用写真パネル  | ①ライトアップ評価用 別紙1<br>②夜景評価用 別紙2   |
| (5) アンケート用紙   | ①ライトアップ評価用 別紙3<br>②夜景評価用 別紙4   |



ライトアップA案（電球色）



ライトアップB案（昼白色）

夜景A案  
（電球色）



旧相馬邸拡大

夜景B案  
（昼白色）



旧相馬邸拡大

## 5 実験の結果

### 5. 1 ライトアップ評価

#### 5. 1. 1 ライトアップ因子分析

アンケートの印象評価に関する設問について、因子分析を行った結果、旧相馬邸LEDライトアップの印象は2つの主要因子により評価されており、主要2因子の累積寄与率が68.2%であるため、因子構造の約7割が説明できることが判明した。

また、因子分析では通常、抽出した因子にコンセプト名を命名するため、第1因子は柔らかい、歴史的などから「潜在性」、第2因子は目立つのみであるが「存在性」と名付けた。

#### 5. 1. 2 ライトアップのイメージプロフィール分析

表1の因子分析結果を分かりやすくするため、視覚化したものが図1のイメージプロフィールである。このイメージプロフィールにより評価因子が「見える化」されるため、A案（電球色）とB案（昼白色）の印象の違いについて評価尺度に用いた言葉で説明することができる。

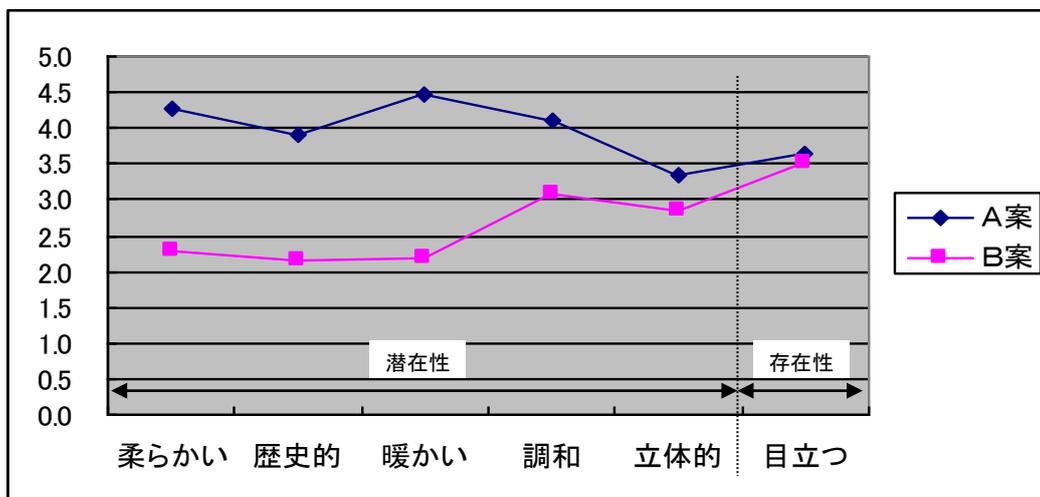


図1 旧相馬邸LEDライトアップのイメージプロフィール

##### (1) A案 [電球色]

総合的に見ると、各評価尺度で平均的に評価が高いが、“立体的”の評価がやや低く、第2因子の“目立つ”の評価もやや低くなっている。

##### (2) B案 [昼白色]

総合的に見ると、“調和”、“立体的”、“目立つ”の3つの評価尺度での評価が比較的高いが、“柔らかい”、“歴史的”、“暖かい”の3つの評価がやや低くなっている。

##### (3) A案 [電球色] とB案 [昼白色] の比較

評価に明確な差があったのは、第1因子「潜在性」のうち、“柔らかい”、“歴史的”、“暖かい”の3つの評価尺度でB案の評価が低くなっている点であるが、第2因子「存在性」の“目立つ”では評価に差がない。

また、事前評価の結果ともおおむね一致しており、一般的に言われている電球色は暖かく、落ち着いた印象を与え、昼白色は対象物をよりクリアに見せるが冷たさを感じる特性とも一致している。

今回の印象評価では、A案の方が柔らかく歴史的で、暖かさを感じるが、B案ははっきりと目立っており、A案よりも現代的でクールな印象を持たれていると説明できる。

#### 5. 1. 3 属性別イメージプロフィール分析

図1のイメージプロフィールは114件の評価の平均であるため、性別や年代別、A案、B案のどちらが旧相馬邸にふさわしいかといった属性別に分析することで、印象評価についてより詳細に説明することができるので、以下に属性別のイメージプロフィールを示す。

(1) 男女別のイメージプロフィール

図2に男女別のイメージプロフィールを示す。全体的に男女差はほとんど無いが，“立体的”の評価において，男性はA案，B案の評価に差をつけていないが，女性は明確に差をつけて評価していることが分かる。

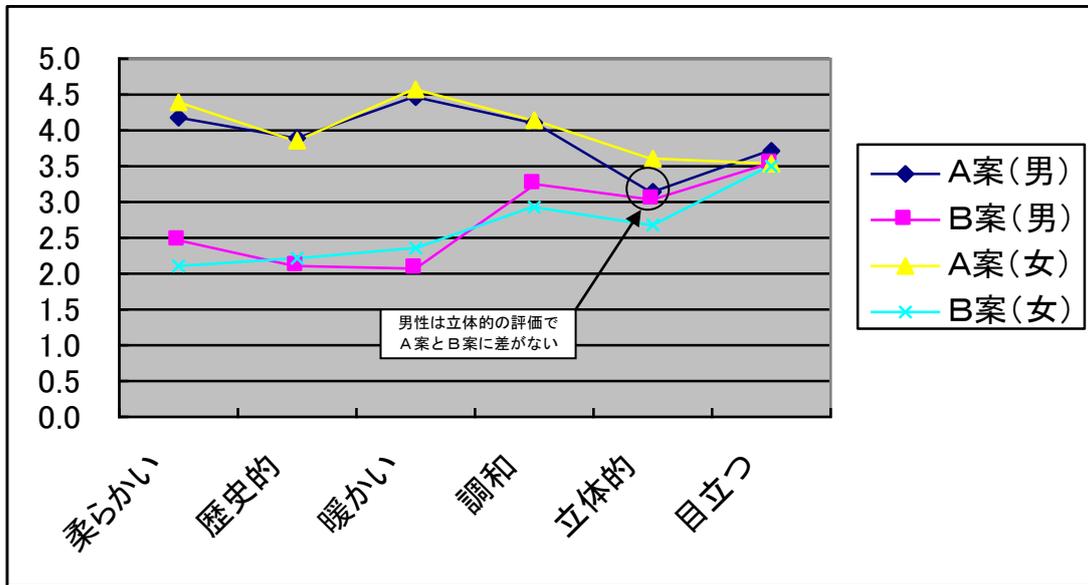


図2 男女別イメージプロフィール

(2) 年代別のイメージプロフィール

図3に年代別のイメージプロフィールを示す。各年代別の線の重なりが少ないことから，年代による評価の差が比較的大きいことが分かる。最も特徴的なことは，各年代でA案とB案に明確な差をつけて評価しており，イメージプロフィールの形状も揃っているが，70代以上はA案とB案の評価の平均に差が見られず，イメージプロフィールの形状が他の年代と異なっていることである。

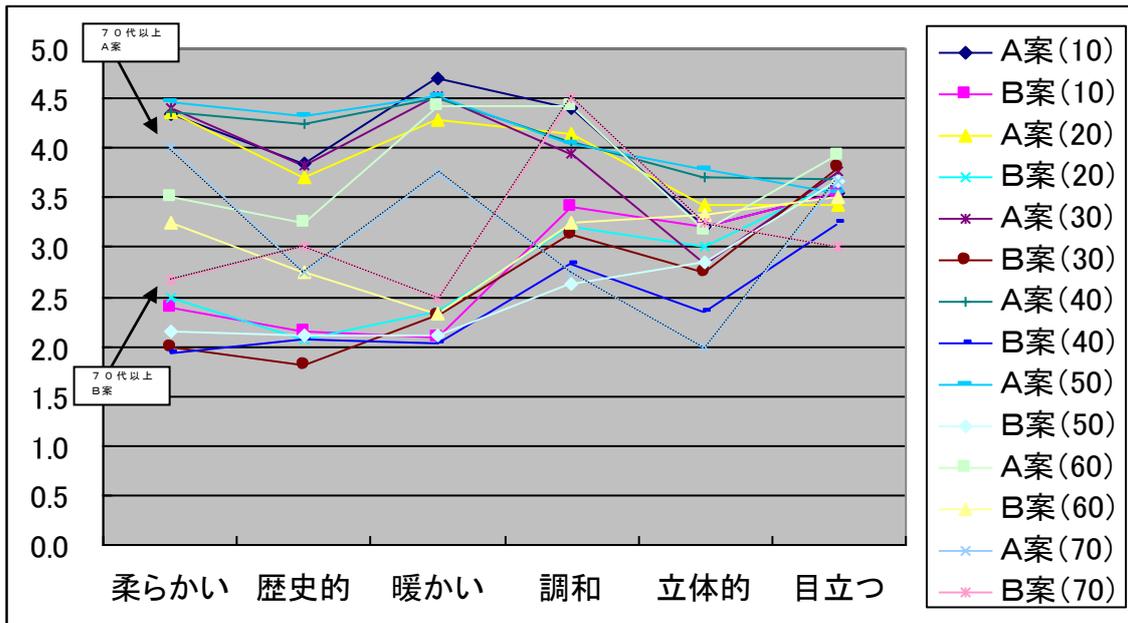


図3 年代別イメージプロフィール

(3) A案/B案選択別イメージプロフィール

図4にA案/B案選択別イメージプロフィールを示す。旧相馬邸にA案がふさわしいと選択しているグループは全体と同様の傾向であるが、B案がふさわしいと選択したグループは、“調和”、“立体的”、“目立つ”の3つの評価尺度でA案よりもB案を高く評価していることが分かる。

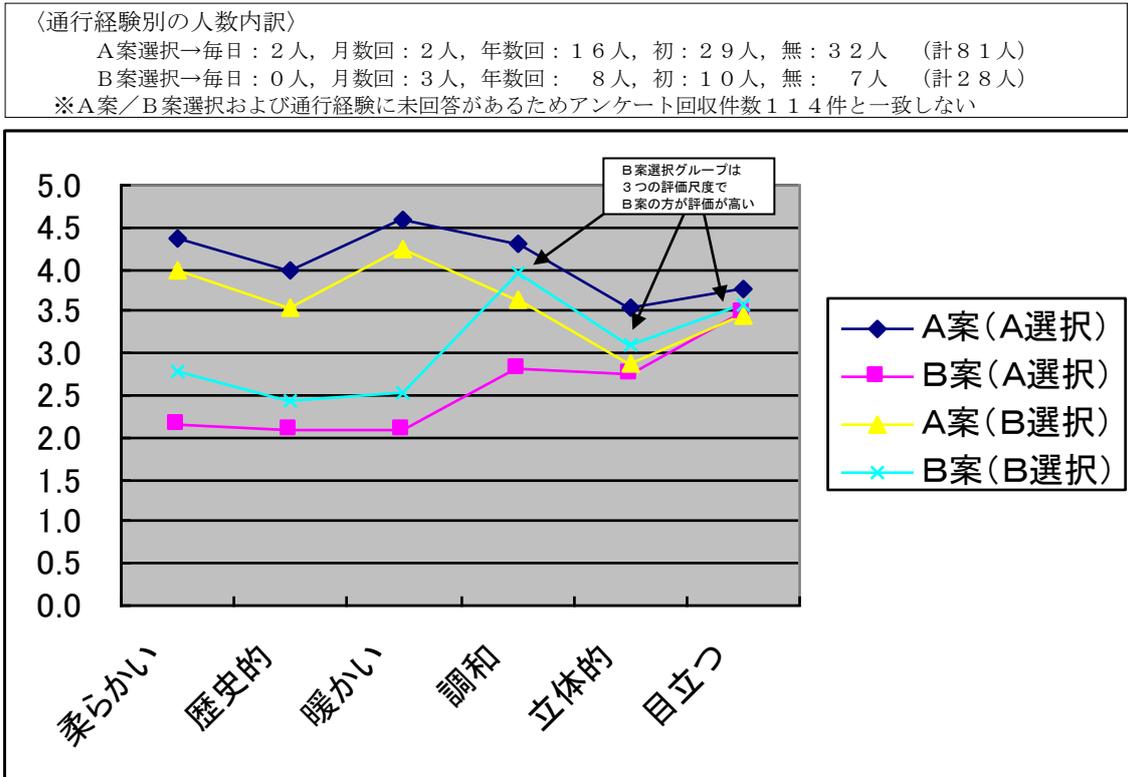


図4 A案/B案選択別イメージプロフィール

(4) 通行経験別イメージプロフィール

図5に通行経験別イメージプロフィールを示す。経験別の線の重なりが少ないことから、通行経験による評価の差が比較的大きいことが分かる。最も特徴的なことは、通行経験が「ほぼ毎日」のグループはA案とB案の評価の差が大きく、A案をより高く、B案をより低く評価している。

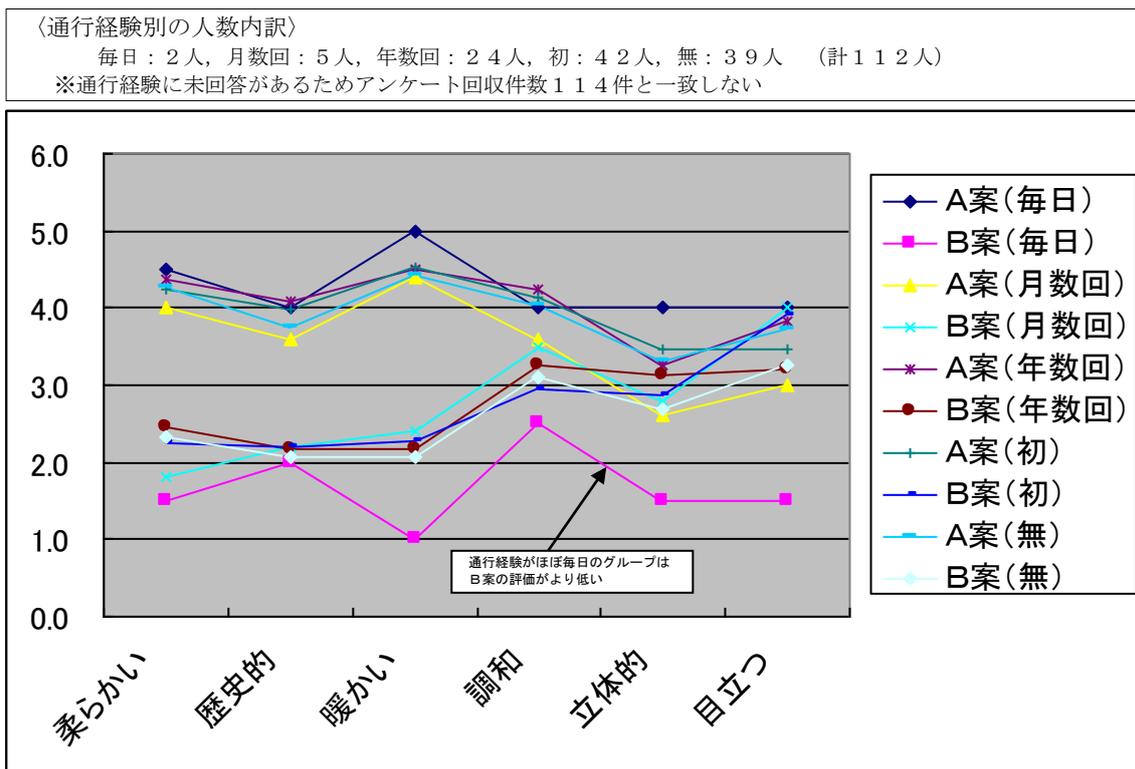
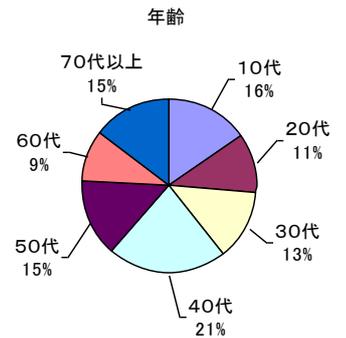
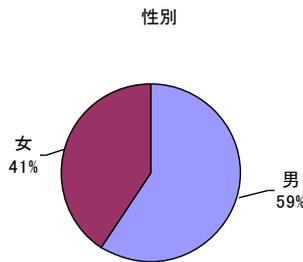


図5 通行経験別イメージプロフィール

## 5. 1. 4 印象評価以外のアンケート結果

### (1) 回答者の性別・年齢

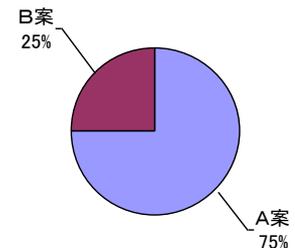
男59%，女41%であった。  
年齢構成は、40代が21%で最も多いが、10代から70代以上まで偏りなく回答が得られた。



### (2) 「どちらのライトアップが旧相馬邸にふさわしいですか」

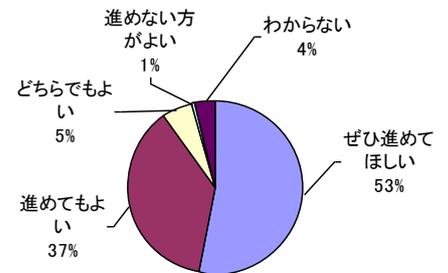
との設問では、A案が75%，B案が25%となり、A案の評価が高い結果となった。

なお、旧相馬邸の通行経験の有無別でみると、通行経験が有るグループの方がB案の支持率が約10%高くなり、逆に通行経験が無いグループではB案の支持率が約3%低下する。

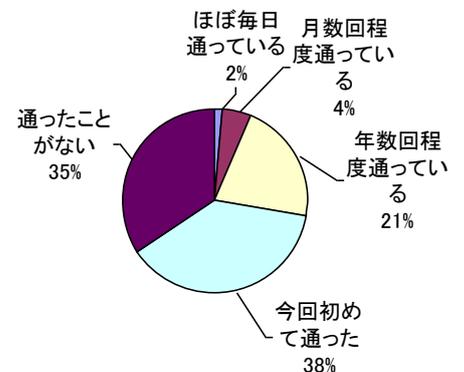


### (3) 「二酸化炭素排出量削減のため、今後、市内の建造物のLEDライトアップを進めることについて」

との設問では、「ぜひ進めてほしい」が53%、「進めてもよい」が37%で合わせて90%がLEDライトアップを進めてもよいという結果となった。



### (4) 旧相馬邸周辺の通行経験についての設問では、今回初めて通ったが38%で最も多く、次いで通ったことがない35%、年数程度通っているが21%となり、約半数はほとんど通行経験のない方からの回答であった。

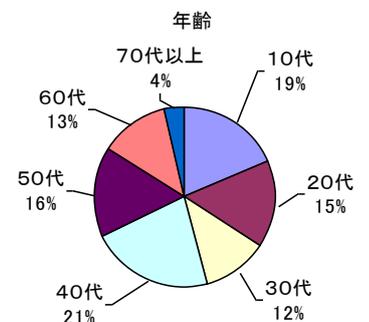
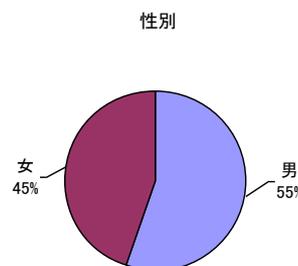


## 5. 2 夜景評価

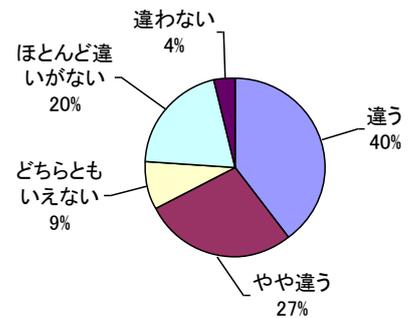
### 5. 2. 1 アンケート結果

#### (1) 回答者の性別・年齢

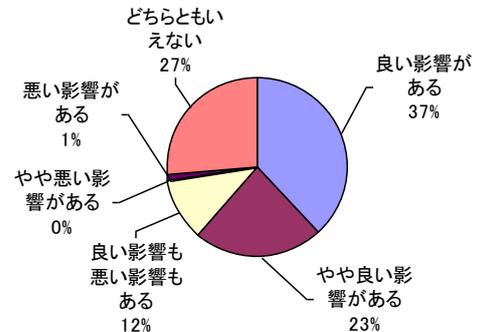
男55%，女45%であった。  
年齢構成は、40代が21%で最も多く、70代以上が少ない以外は、各年代から回答が得られた。



(2) 「2種類のLEDライトアップから受ける印象の差について」との設問では、「違う」が40%で最も多く、「やや違う」の27%と合わせると67%の割合で何らかの違いを感じた人がおり、「ほとんど違いがない」、「変わらない」を合わせた24%よりも多い結果となった。



(3) 「2種類のLEDライトアップが夜景に与える影響について」との設問では、「良い影響がある」が37%で最も多く、「やや良い影響がある」の23%と合わせると60%が良い影響があると評価しているが、「どちらともいえない」も27%あることから判断は難しいが、「悪い影響がある」は1%であることから、何らかの影響があることが予想されるが、悪い影響がある印象を持たれる可能性は低いと考えられる。



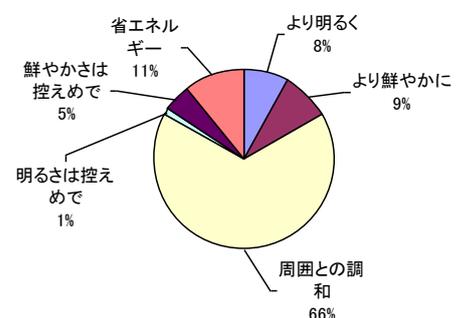
また、「なぜそのように思いますか」に対する意見は83件寄せられたが、主な意見は次のとおり。

#### [主な意見]

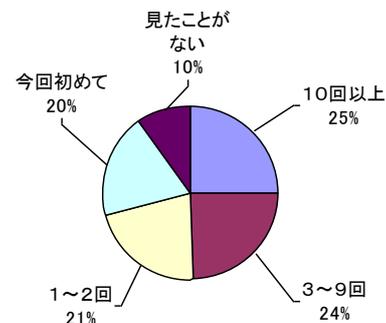
- 函館山からの眺望を大切にしながらライトアップしたらよいと思う。
- 函館のすばらしい夜景を省エネで演出できる。
- 暗くなって見づらくなる魅力もある。何でも明るく照らしてしまうと風情がない。
- 昼間とはちがう建物の印象を体験できる。
- あまり変化がないように見えるので、良くも悪くもない。
- 暗闇に古い建物が浮かび上がるのは趣がある。街に品格を与える。
- 風情がない。
- 周辺と一致している。
- 違いがあまり分からない。
- さらに明るくきれいに見える。
- 全体の中での占める割合が極めて小さく、影響を全く与えないから。
- 周辺が明るくなり良いと思う。
- LEDを使うことにより形がはっきり見えるが、LEDだと周囲の光と調和されてなく浮いている感じもする。
- 灯りが少なくならないので、影響はないと思う。
- LEDの方が鮮やかで省エネなので夜景、環境の両面で良い影響があると思う。
- 街の灯りが少しでも多い方が夜景は美しく見える。また、西部地区にある伝統的建築物の位置を把握するのに便利。
- LED光源で省エネだけを追求すると点光源であるためまぶしい。雰囲気重要視して電球色を選択すると、現状では高効率のHIDより省エネとは言えない。
- 全体から見ると小さいながらも夜景を形成しているため。
- すべてをLEDにすると暖かい印象がなくなるが、すべてでなければ夜景に変化があつてよい。
- 点でしか見えないので判断しにくい。

(4) 「今後、市内の建造物でLEDライトアップを進める場合、どんな事に注意して進めた方が良いと考えますか」との設問では、「周囲との調和」が66%で最多となり、第一に夜景全体としての調和が求められていると考える。

次いで、「省エネルギー」、「より鮮やかに」、「より明るく」の順に多いことから、鮮やかさや明るさを求めつつ、周囲との調和を第一に考えた省エネルギーな夜景の創造が必要と考えられる。



- (5)「函館山からの夜景鑑賞経験について」は、10回以上が25%、3～9回が24%、1～2回が21%であり、夜景鑑賞経験がある方が70%で残りの30%は初めてまたは見たことがない結果であった。



## 6 ライトアップ評価および夜景評価についての考察とまとめ

今回の実証実験は対象施設が1施設のため、夜景の構成要素としての比重が小さく、その影響が限定的であることから、今後、LEDライトアップ施設が大きく増えた場合の影響や、夜景の構成要素としての比重が大きい道路照明や街路照明などのLED化の影響を考慮した総合的な判断を可能とするものではない。

このような限定された条件ではあるが、一般市民や観光客等の幅広い層から評価をいただいているため、協議会委員等関係者のみを対象とした事前評価と比較すると、より偏りのない評価であると考えられ、アンケート評価結果から以下の内容が考察できる。

A案（電球色）とB案（昼白色）の印象については7割が違いを感じているが、第1因子「潜在性」の5つの評価尺度“柔らかい”、“歴史的”、“暖かい”、“立体的”、“目立つ”の評価の違いであり、残りの主要因子「存在性」では評価にあまり差が見られなかった。

今回の評価では、事前評価と比べて評価尺度を大幅に少なくしているが、イメージプロフィールは事前評価と同様の傾向が見られるので、今回採用していない評価尺度についても事前評価同様にその評価に差がないと推測されるため、最終的にどちらかのライトアップを選択したとしても、「どちらが好みか」の差であると考えられる。

また、今回は男女別、年代別、A案/B案選択別、通行経験別のイメージプロフィールを明らかにしたことで、性別による評価の差はほとんどないが、年代や通行経験による評価の差が比較的大きいことや評価尺度によりA案とB案の評価が逆転していることが判明した。

このことから、今後、同様の印象評価を行う場合は、評価者の年代や評価対象の認知度等に偏りがないように注意することが必要であり、評価尺度についてもどのような言葉を選定するかにより、少なからず影響があるといえる。

上記のとおりA案とB案の印象に違いがあるものの、ライトアップ評価では、今後、LEDライトアップを進めることについて9割が進めても良いと評価するとともに、否定的な意見がほとんどなかったことから、従来照明によるライトアップと比較してもLEDライトアップに印象を悪くする要素はないと考えられ、函館山からの夜景評価についても、周囲との調和を図りながら進めることを踏まえたうえで6割が良い影響があると評価しており、夜景の保全に悪い影響を与える可能性は低いと考えられる。

## 7 おわりに

本実証実験は、LEDライトアップについて市民や観光客の評価をまとめ、分析することでLED照明普及に関する具体性のある基礎資料の一つが得られたのみならず、報道等の様々な形により、市民等へ温暖化防止対策についての意識啓発がなされたものとする。

本取り組みが、今後のさらなるLED照明の普及に繋がるなど、地球温暖化防止に資することを期待するものである。

## 8 参考文献

- (1) 長山信一「和風景観における照明効果評価因子の定量化」富山大学技術文化学部紀要第5巻(2011)
- (2) 土木学会四国支部「土木紀行」No. 16(香川県)(2008)
- (3) 榎 究「印象評価解析における因子分析の使用法」実践女子大学環境デザイン研究室HP

## A案（電球色）

### 旧相馬邸 LED ライトアップ 実証実験

#### ☆ライトアップ評価☆

LED ライトアップ時におけるライトアップ効果や夜景への影響などについて、アンケート調査による印象評価を多くの人から集めることで、環境に配慮したライトアップの基礎資料とするため、実証実験を行っております。

ぜひ、アンケート調査にご協力をお願いいたします。

#### 評価方法

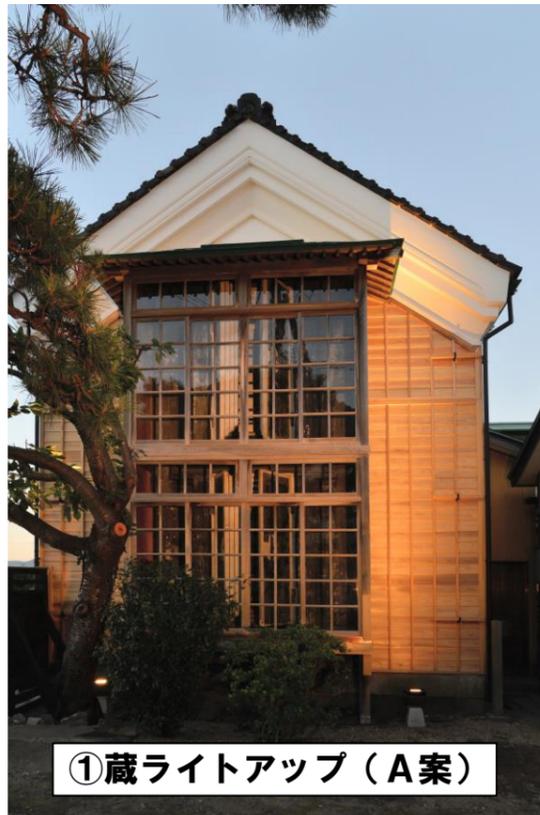
A案（電球色）とB案（昼白色）から受ける印象について、アンケート用紙1に記入してください。

（すべての設問で、該当する数字を1つだけ○で囲んでください。）

主催：函館市地球温暖化対策地域推進協議会  
実証実験協力：旧相馬邸

東芝ライテック株式会社  
合名会社川越電化センター  
函館山ロープウェイ株式会社

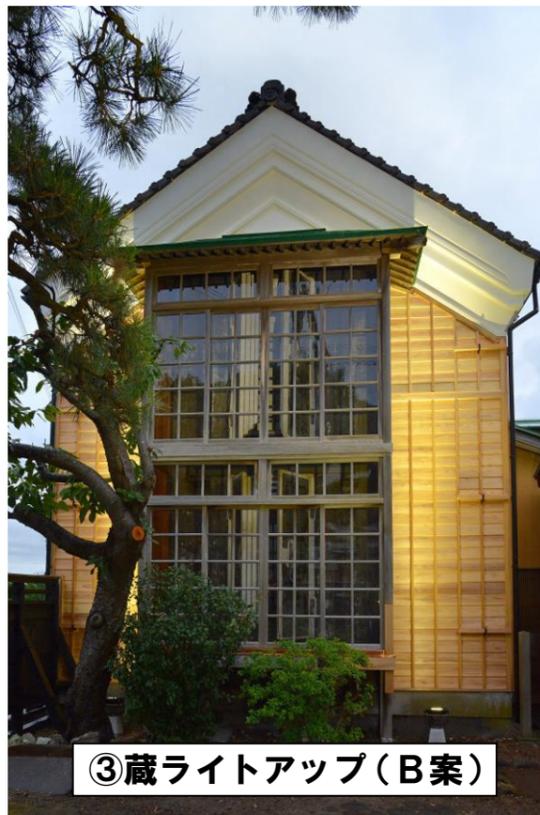
## B案（昼白色）



①蔵ライトアップ（A案）



②正面玄関・洋館ライトアップ（A案）



③蔵ライトアップ（B案）



④正面玄関・洋館ライトアップ（B案）

# A案（電球色）

**旧相馬邸 LED ライトアップ  
実証実験**

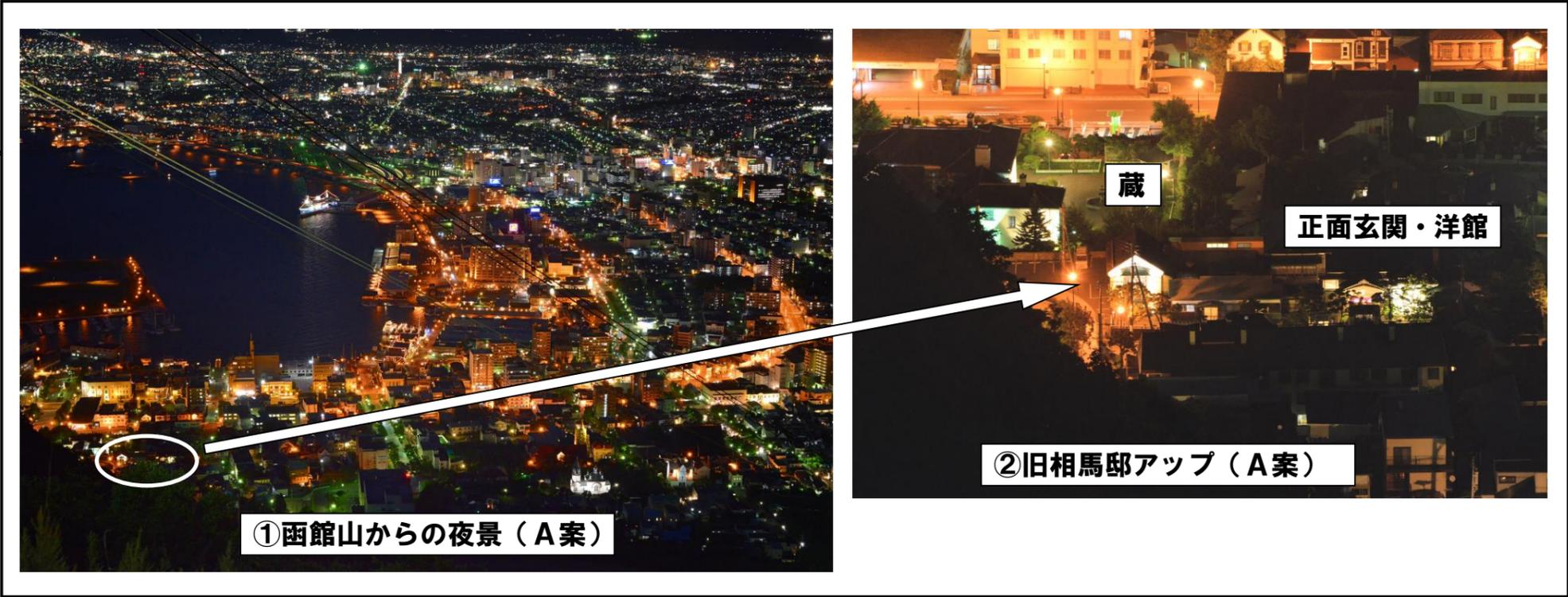
**☆夜景評価☆**

LED ライトアップ時におけるライトアップ効果や夜景への影響などについて、アンケート調査による印象評価を多くの人から集めることで、環境に配慮したライトアップの基礎資料とするため、実証実験を行っております。

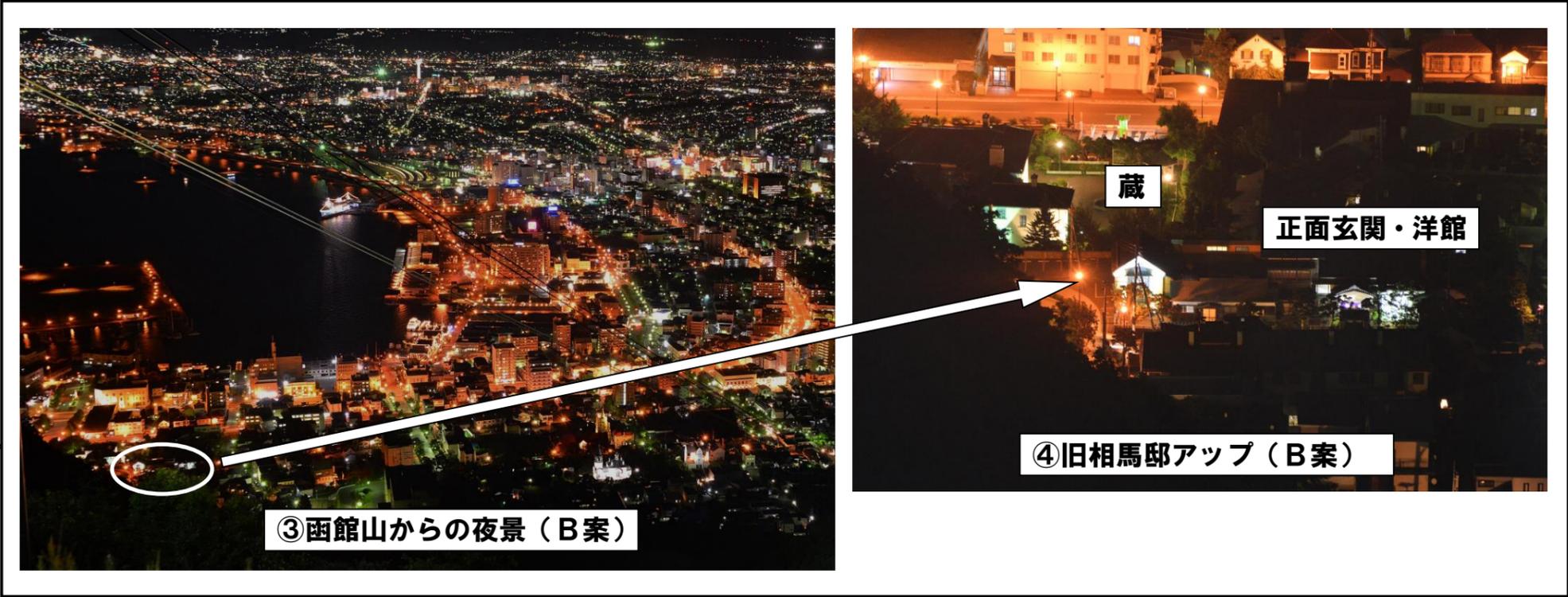
ぜひ、アンケート調査にご協力をお願いいたします。

**評価方法**  
A案（電球色）とB案（昼白色）から受ける印象について、アンケート用紙2に記入してください。  
（すべての設問で、該当する数字を1つだけ○で囲んでください。）

主催：函館市地球温暖化対策地域推進協議会  
実証実験協力：旧相馬邸  
東芝ライテック株式会社  
合名会社川越電化センター  
函館山ロープウェイ株式会社



# B案（昼白色）







## 旧相馬邸 LED ライトアップ実証実験使用灯具等比較一覧

A 案（電球色）使用灯具						同等品 従来照明の 消費電力※
型番	使用数量	消費電力	電力小計	光色	箇所	
LEDS-02903LN-LJ9	2	25.5W	51.0W	電球色	蔵正面	70.0W
LEDS-04903LM-LJ9	1	41.0W	41.0W	電球色	蔵正面	70.0W
LDR15L-W	2	14.7W	29.4W	電球色	正面玄関	300.0W
LEDS-08903LW-LJ9	1	78.0W	78.0W	電球色	正面玄関	150.0W
合計消費電力			199.4W	従来合計		590.0W
消費電力削減率			66.2%			

B 案（昼白色）使用灯具						同等品 従来照明の 消費電力※
型番	使用数量	消費電力	電力小計	光色	箇所	
LEDS-02903WN-LJ9	2	25.5W	51.0W	昼白色	蔵正面	70.0W
LEDS-04903WM-LJ9	1	41.0W	41.0W	昼白色	蔵正面	70.0W
LDR12N-W	2	12.4W	24.8W	昼白色	正面玄関	300.0W
LEDS-04903WW-LJ9	1	41.0W	41.0W	昼白色	正面玄関	70.0W
合計消費電力			157.8W	従来合計		510.0W
消費電力削減率			69.1%			

※同等品従来照明はHIDランプを想定

◇ 1年間の電気使用量とCO<sub>2</sub>排出量の推計値

- 《前提条件》 1 毎日18:00から22:00までの4時間ライトアップを行う。  
2 電力使用に係るCO<sub>2</sub>排出係数は0.68kg-CO<sub>2</sub>/kWhとする。  
(北海道電力株式会社の平成24年度実績値)

	年間電気使用量	年間CO <sub>2</sub> 排出量
A案（電球色LED）	291,124kWh	197,964kg-CO <sub>2</sub>
A案（電球色HID）	861,400kWh	585,752kg-CO <sub>2</sub>
LED化による削減率	66.2%	
B案（昼白色LED）	230,388kWh	156,664kg-CO <sub>2</sub>
B案（昼白色HID）	744,600kWh	506,328kg-CO <sub>2</sub>
LED化による削減率	69.1%	

◇仮に旧相馬邸のライトアップに従来照明（HID）を使用した場合と比較すると、LED化によるCO<sub>2</sub>削減率は、A案（電球色）が66.2%、B案（昼白色）が69.1%と推計できる

因子分析とは

今回のように、人がライトアップ評価を決定する過程では“歴史的か現代的か”，“暖かく感じるか冷たく感じるか”，“目立つか目立たないか”など「多くの因子」が複雑にからみあっているため、その評価に影響を与える重要な因子が何か不明である。

しかし、統計学的手法である因子分析を行うと、評価決定に影響を与える重要な因子を取り出すことができるとともに、「因子負荷量」により評価に与える影響の強さも明らかになる。

評価に与える影響の強さの順番は、各因子の「因子負荷量」の絶対値が大きい順なので、今回の分析結果では第1因子の“柔らかい”，“歴史的”，“暖かい”の順に影響が強いということが判明した。

アンケートの印象評価に関する設問について、広島大学大学院総合科学研究科の清水裕士助教が無料で公開している「HAD」を使用して因子分析を行った結果を表1に示す。

表1 因子分析結果

コンセプト名	評価尺度	因子負荷量		共通性
		第1因子	第2因子	
潜在性	柔らかいー硬い	.869	-.051	.759
	歴史的ー現代的	.837	.153	.724
	暖かいー冷たい	.824	-.193	.716
	調和ー不調和	.729	-.217	.578
	立体的ー平面的	.468	-.448	.420
存在性	目立つー目立たない	-.035	-.945	.893
	因子寄与	2.887	1.203	
	寄与率(%)	48.1%	20.1%	
	累積寄与率(%)	48.1%	68.2%	

※因子抽出方法は主成分法を適用し、バリマックス回転を行い、主要因子を抽出した。

なお、カイザー基準およびスクリーテストから因子数を2としている。

(1) 別に実施した函館市地球温暖化対策地域推進協議会委員ほか16名による事前評価では、16評価尺度を用いて評価した結果、主要4因子が抽出されているが、今回は一般向けの評価であることから、アンケート項目数を減らすことで一定の回答・回収率を維持することを考えたため、評価尺度も16から6に減らしている。

なお、時間的制約から事前評価の因子分析結果をまとめる前に一般向けのアンケート項目を決定したが、結果的に事前評価の第1因子で因子負荷量の高かった“歴史的”，“暖かい”，“柔らかい”，“目立つ”の4つと、第2因子の“調和”，第4因子の“立体的”の6評価尺度を採用していることから、事前評価との比較も可能であると考えられる。

(2) 各評価尺度において、A案（電球色）とB案（昼白色）の評価データの分散および平均に統計学的に有意差があるか否かについて、それぞれF検定とt検定（Welch検定）を行った。

その結果、第1因子の5つの評価尺度についてはすべてA案とB案に有意差のあることが判明したが、第2因子の評価尺度“目立つー目立たない”については、分散および平均ともに有意差がないことが判明した。

このことから、統計学的には、第1因子の5つの評価尺度のみでA案（電球色）とB案（昼白色）の比較評価が可能であるといえる。