

**タスク・アンビエント照明（TAL）普及促進委員会報告書**

2012年 9月

**一般社団法人 照明学会**

**タスク・アンビエント照明（TAL）普及促進委員会**

## 目次

### 委員会の目的と構成・期間・審議項目

#### 第1章 TAL の定義と目的

- 1-1 TAL の定義・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
- 1-2 TAL の目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3

#### 第2章 TAL の研究事例

- 2-1 欧米での研究事例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・5
- 2-2 日本での研究事例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10

#### 第3章 導入事例

- 3-1 日本での導入事例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・16
- 3-2 欧米での導入事例・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・30

#### 第4章 TAL の有効性

- 4-1 オフィス執務室の在席率とタスクライトの在/不在制御・・・・・・・・31
- 4-2 机上面照度と照射距離・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32
- 4-3 アンビエント照明の低出力化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32
- 4-4 タスク照明への好みの反映・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・32

#### 第5章 TAL 普及の妨げと考えられる諸問題とその解決策

- 5-1 JIS 照明基準における推奨照度・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・34
- 5-2 快適な居住環境との関連・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・34
- 5-3 貸ビルにおける光環境評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・34
- 5-4 レンタルオフィスにおける資産管理・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・35

#### 第6章 TAL に関するハード、ソフトの動向

- 6-1 不在検知技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・36
- 6-2 計測検証技術・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・37
- 6-3 LED 照明と TAL・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・38
- 6-4 快適性を検証する方策と制御への反映・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・40
- 6-5 昼光と TAL・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・40

#### 第7章 TAL における照明方式の設計基準

- 7-1 TAL が望ましいオフィス・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42
- 7-2 照明方式・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・42

[テキストを入力してください]

7-3	照明器具	44
7-4	照度、輝度分布	47
7-5	パーティション	48

## 第8章 省エネ効果と経済性 TAL 導入効果の評価

8-1	TAL の導入効果の評価する前提として注意すべき点	49
8-2-1	モデルオフィスの設定	51
8-2-2	TAL 導入による効果の検討：光環境の評価事例	52
8-2-3	TAL 導入による省エネ性、経済性及び LCC02 削減量の評価	55

## 委員会の目的と構成・期間・審議項目

### (目 的)

オフィス照明環境の質を下げずに大幅に CO2 排出量を削減するには、TAL が最適であることを、「TAL システム研究調査委員会 (1994-1995)」で既に明らかにした。現在、欧米では TAL が標準的照明方式であるが、我国では普及が遅れ、最近やっと、知的生産性の観点からも見直され始めた。また、LED など TAL に適する新光源や制御システムなども開発され、今がオフィス照明の質と効率を両立する TAL を普及させる好機である。

以上により本委員会では、既存の設計基準 (案) (1995) をベースに新規な技術や知見を組み込み、設計ガイドライン的な見地から、TAL を普及させる効果的な啓蒙手段 (ポートフォリオ出版、デモンストレーションなど) の提案と完成を目的とした。

(活動期間) 2010 年 5 月～2012 年 12 月

(構 成) 委員会の構成を以下に示す。

委員長	明石 行生	(福井大学大学院)
幹 事	本間 睦朗	(株式会社 日建設計)
委 員	伊藤 武史	(宮地電機 株式会社)
委 員	井上 容子	(奈良女子大学)
委 員	大木 知佳子	(株式会社 大林組)
委 員	小谷 朋子	(東芝ライティック 株式会社)
委 員	中尾 理沙	(株式会社 日建設計)
委 員	中村 芳樹	(東京工業大学大学院)
委 員	西村 唯史	(パナソニック電工株式会社 現在 パナソニック株式会社)
委 員	福原 敦志	(株式会社 イトーキ)
委 員	三木 保弘	(国土交通省 国土技術政策総合研究所)
オブザーバー		
	齊藤 満	(元 株式会社 大林組)
	加藤 雅士	(株式会社 イトーキ)
	中野 真里奈	(当時 福井大学大学院)

(委員会の審議項目)

1. 既存の TAL 設計基準 (案) (1995) の調査による、改正すべき点の立案。
2. TAL の省エネルギー上の有効性を明確化し、普及させるための障害となりえる点の抽出と解決策についての協議。
3. TAL を普及させるための効果的な啓蒙手段の検討と方針の策定。
4. 情報発信のツールとなるポートフォリオについて、デザイン、記述内容、記述施設、更には今後の維持管理の方法について議論。
5. TAL を導入した事例 (東洋ロキ、大手前大学、宮地電機松山支店、芝浦工業大学図書館、立教大学図書館) の各種計測調査。

## 1. TAL の定義と目的

### 1-1 TAL の定義

#### 1-1-1 TAL の定義

我が国のオフィス執務室では、天井に照明器具を均等に配置し、部屋全体を照明する全般照明方式が広く用いられてきた。

2011年3月の震災および原子力発電所の事故に起因して多くの発電所が停止したために、節電が必要となった。これを受けて、オフィス照明においても天井全般照明器具からランプが間引かれ快適な視作業が犠牲になってきた。しかし、大幅な節電をおこないながらも視作業性と快適性を損なわないためには、タスク・アンビエント照明方式(Task and ambient lighting: TAL) がより有効であるので、広く普及させていくことが大切となる。この照明方式は、1970年代に欧米で提案され、欧米では現在広く浸透している。

TAL とは、オフィス執務室の照明を、アンビエント照明とタスク照明とに分離するものである。タスク照明は、視作業のための照明であるのに対して、アンビエント照明は、視作業面以外の周辺環境のための照明である。アンビエント照明の役割は、安全性と空間の明るさ感の確保にある。アンビエント照明とタスク照明とに機能分担することにより、両者を使用した時の執務者の視作業領域における水平面照度（以降、タスク照度と呼ぶ）を下げないで、視作業に直接影響しないアンビエント照明のみによる周辺環境の水平面照度（以降、アンビエント照度と呼ぶ）を下げるができる。

#### 【用語】

タスク：視作業（視作業面）

タスク照明：視作業のための照明。タスク照明の役割は視作業性の確保にある。

アンビエント：視作業面以外の周辺環境

アンビエント照明：視作業面以外の周辺環境のための照明。アンビエント照明の役割は、安全性と空間の明るさ感の確保にある

#### 【記号】

T：作業面照度、タスク照度ともいう。タスク照明とアンビエント照明の両者によって確保される作業面の照度

A：アンビエント照度。アンビエント照明によって確保される周辺環境の照度。周辺のどの範囲を示すのかは研究者によって異なる。

#### 1-1-2 TAL の効果

前述のとおり我が国では、天井に照明器具を均等に配置し、空間全体を一様に照明する全般照明方式が公共空間、オフィス、住宅を問わず広く用いられている。しかし、空間内のすべての箇所に同等な照明が必要ではない場合は多い。必要な箇所には十分な光を供給して作業性を確保し（必要で無くなれば減光）、それ以外の箇所の照明レベルは快適性・安全性を損なわない範囲での光供給にとどめるという目的別照明の導入は、大幅

な照明用電力の削減効果だけではなく、様々な作業内容（TPO）や作業者（W）の視覚特性に応じた個別照明（TPOW）が可能となる。

電力不足による節電が必要とされる以前からも、省エネルギーの観点から TAL が有効であることは広く認識されてきていた。しかし、我が国では TAL は定着していない。この理由の代表的なものとして以下の点が挙げられる。

1. 操作自体の煩わしさ
2. 調節過渡時の照度の時間的変化の煩わしさ
3. 空間照度の不均一の煩わしさ
4. 天井全般照明と比較したときの陰鬱さ
5. 我が国が世界でも類を見ない安定した電力供給が可能なインフラを有してきたこと

上記以外にも、不動産事情、建築空間の構成事情などから TAL 普及の妨げとなる諸問題は存在するが、ここでは国民意識に基づくような根本的な事項を取上げた。

このうち、操作の煩わしさは人感センサなどを代表とする照明制御技術の向上によって解決が可能であろう。また、照度の時間的変動の煩わしさも、照明制御技術による変化速度の調節によって解消することが出来る。これが解消されることによって、作業者の順応レベルが環境の変化に追随するため、不均一の煩わしさ、天井全般照明と比較したときの陰鬱さも大幅に改善される。

また、空間照度の不均一性や空間の陰鬱さについては、タスク照明やアンビエント照明の配光計画、アクセント照明の併用、高反射率の内装材の使用といった空間の光環境計画で改善が可能と考えられる。こうした光環境の計画には、照度だけではなく輝度を用いることが重要であり、輝度設計に関する研究成果も蓄積されてきている。照明制御技術と同様、近年の快適な視環境のための多くの研究成果を実務の計画に応用することで、快適な TAL が多数出現することになるであろう。

尚、空間照度の不均一性や空間の陰鬱さは天井全般照明による均一照明への慣れに起因している。天井全般照明への多大な依存は、近年の日本特有の照明文化である。太陽高度が高く日照時間の長いことに由来する上方からのふんだんな光に対する民族的な嗜好を満たす照明方式であるため、広く定着したと考えられる。世界でも類を見ない安定した質の高い電力供給がこれを支えてきた。しかし、地球環境との共存という人類共通の責務を果たすためには、日本の照明のあり方を問うべき時にきている。

省エネルギーの重要性は理解してはいても、安定した電力供給が新しい照明方式の受け入れを阻んできたともいえる。しかし、2011年震災以降の電力不足を契機として、国民全員が安定した電力は無尽蔵であるという神話を見直さなければならない事実と直面し、電力不足という概念を意識せざるを得なくなった。高照度や均一性を好む国民性であっても不安定で不足しがちな電力供給の状況下では、好みの主張は単なる叶わぬ嗜好の追及に過ぎない。電力も可能な限り消費しないほうが良いのだということを改めて認識すべきであり、ここに TAL の普及促進をもって国民意識に訴えていくことができれば幸いである。

## 1-2 TAL の目的

### 1-2-1 省エネルギー

照明による CO<sub>2</sub> の排出量は、図 1 に示すように、全体排出量の 5%であるものの、電力由来の CO<sub>2</sub> 排出量の 20%を占める。さらに図 2 に示すその内訳をみると、産業部門は意外に少なく、業務部門と家庭部門の割合が大きいことが分かる。業務部門の照明とは、そのほとんどがオフィスにおいて照明によって消費されているエネルギーである。オフィス照明の消費電力をいかにして削減するかが、今問われている。

東日本大震災後に発生した緊急の節電要請を受けて、関東圏の多くのオフィスでは間引き点灯が実施された。その延長上に、作業面の照度を下げようという動きもあるが、必要とされる照明要件からみて、闇雲に照度を下げることには問題が多い。

一方、作業面照度をこれまでと同様に保ちながら消費電力を削減することは可能である。作業面で得られる照度は光源からの距離の二乗に反比例するから、光源との距離を短くすれば少ない光出力で同じ照度が得られる。作業面照度を確保する方法として、天井照明ではなくタスク照明を利用すればよく、すなわち、TAL 方式を採用すればよい。TAL では、オフィス照明をタスク照明とアンビエント照明に分離し、タスク照明で机上面の照度を確保し、アンビエント照明で空間全体の明るさを確保する。発光効率の高い光源を使った上で TAL を採用したオフィス照明が、現在もっとも高い省エネルギー性能を持つオフィス照明であるといえよう。

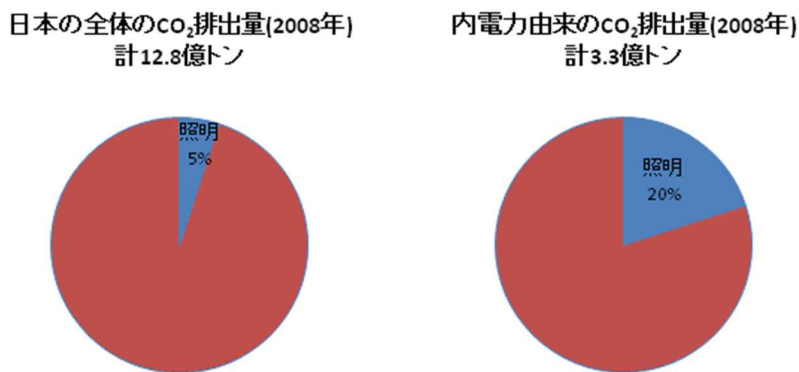


図 1.1 日本の CO<sub>2</sub> 排出量（照明器具工業会パンフレットより）

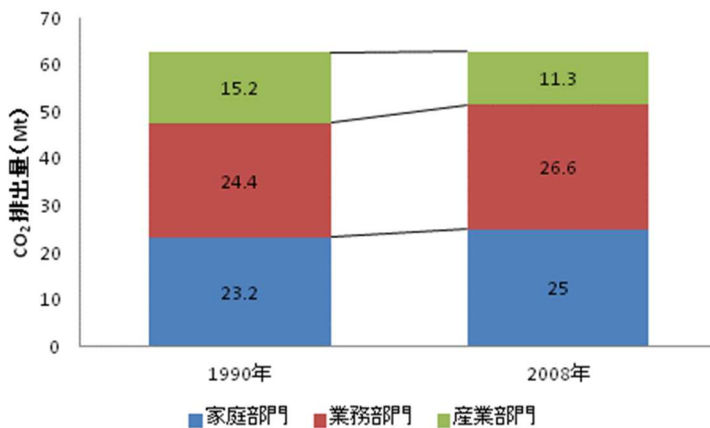


図 1.2 照明の CO<sub>2</sub> 排出量（照明器具工業会パンフレットより）

## 1-2-2 快適な視環境

居住者が必要とする照明要件は、大きく三つに分けることができる。一つは、手元の資料やコンピュータ・ディスプレイの文字や図表を、はっきりと、楽に見ることができること(視認性)、二つめは、そのような視作業の際、あるいは空間を見回した際に眩しさを感じることがないこと(グレア)、そして三つめは、自分の周囲にあるものが問題なく見え、部屋を見回しても暗くなく、そしてできれば雰囲気が良いこと(空間や周囲の見え方)である。そしてこのような三つの要件が、作業をしている最中だけでなく、同僚とコミュニケーションをしたり、室内を移動したりする際にも、適切に満たされていることが求められる。

このような照明要件そのものに個人差はほとんどないと考えられるが、このような照明要件を満たす光には少なからず個人差がある。たとえば、歳を重ねると、紙面の文字の適切な視認性を確保するには高い照度が必要になるし、コンピュータ・ディスプレイと周辺の輝度差が大きいと目が疲れやすくなり、またグレアをよりわずらわしく感じるようになる。また若い人の間では光色についての意識が高くなり、暖色系の光を求める人も多くなったし、自分の周囲があまり明るすぎると作業の集中度が下がるという意見もある。このように、どのような光でその照明要件を満足させられるかという点に個人差は大きい。

このような求められる光の違いに TAL は対応することができる。タスク照明は個人で操作することが可能だから、個人の好みに設定したパーソナルな光とすることができる。個人の意識が高まった現在では、好ましい照明環境とは何かという合意を形成することは容易ではないから、TAL を用いることが全員にとって満足度の高い照明環境を実現する最も有効な手段であるといえよう。

われわれが必要とする照明要件のほとんどは、本来、作業者の視野内の輝度分布によって決まるもので、水平面照度では決まらない。TAL を採用すると、照明要件の基本に立ち返って照明環境を考えるきっかけにもなり、設計を工夫することによって、以前より快適な視環境を実現することができる。



## 2. TAL 研究事例

### 2-1 欧米での研究事例

1970年代の第1次石油危機を契機に、北米をはじめ西欧諸国では、視作業性を確保しながら省エネルギーを図るために、作業面には十分な照度を保ちながらアンビエント照度を下げる、TAL方式を導入することが推奨された。さらに、最近の地球環境およびエネルギー問題への関心の高まりから、タスク照度とアンビエント照度を従来から削減することが推奨されつつある。例えば、オーストリアの照明基準は、タスクライトの併用によりアンビエント照度を150 lx未満にすることが勧められている。

わが国のJIS Z9110 照明基準(2010)は、一般オフィスの作業面照度として750 lxを推奨しているが、TAL方式ではなく全般照明方式を前提としてきた。そのため、TAL方式の推奨基準を求めるために発足した先のTAL研究調査委員会は、その報告書(1995)第6編 TAL方式の設計基準において、「アンビエント照度は250~600 lxの間で選択する」こと、さらに、「思考的作業の場合を除き、タスク照度とアンビエント照度との比は2/1以内、作業域の最低照度/最大照度は0.6以上とする」こと、を推奨した。これは、つぎの研究成果に基づいて委員会としてのコンセンサスを得たものである。

- ・ 藤田、水谷、小堀、岩田、宿谷、オフィスの照明方式と視的快適性に関する実験、建築学会大会 学術講演梗概集(1993)
- ・ Fischer D, General lighting versus local-lighting in offices, International Lighting Review, Vol. 31 (1980)
- ・ CIBSE (The Chartered Institute of Building Services), Code for Interior Lighting (1984)
- ・ 松島、田淵、机上面の書類の視作業における照度均斉度の評価実験、電気関連学会関西支部連合大会、G13-13 (1982)
- ・ Slater A, Subjective studies on office lighting, International Symposium (1994)

本委員会においてもアンビエント照度/タスク照度の比(以降、A/T比)については、可能な限り、客観的な実験データに基づいて合意を得る必要がある。このため、今回、A/T比に関する上述以外の論文、特に、1995年以降の英語論文について調査した。

#### 1) A/T比はより高い方が好まれる

BeanとHopkins(1980)は、図2.1の実験装置を用いて、200 lxと400 lxのタスク照度に対して、最適なアンビエント照度と許容できる最低のタスク照度を求める評価実験を行った。その結果、最適なアンビエント照度には、タスク照度と同じ照度(つまり、全般照明のように均斉度の高い照度分布)が必要であること、許容できる視作業環境には、少なくとも200 lxのアンビエント照度が必要であること、を明らかにした<sup>2-1~2-5)</sup>。

McKennaとParry(1984)は、図2.2に示す4人の作業者が使用する小規模オフィスにおいて、アンビエント照度を200~250lxの間で固定しながら10種類の異なる照明方式を評価させた。被験者が適切であると選定したA/T比は、0.3以上であった。しかし、最も評価が高かった照明方式は、天井からつり下げたペンダントによる全般照明方式であった<sup>2-6, 2-7)</sup>。

Tabuchiら(1995)は、図2.3の実験装置を用いて、300 lxから1000 lxの範囲で変

化させたタスク照度に対して適切なアンビエント照度を特定する評価実験を行った。その結果、750 lx のタスク照度に対して、許容できる最小のアンビエント照度は 200 lx であり、最適なアンビエント照度は 580 lx であることを明らかにした。つまり最適条件下では、タスク照明を用いることにより 20% のエネルギー削減しかできないことになる。しかし、タスク照度が 500 lx あるいはそれより低い場合、被験者は、タスク照度と同じ、あるいは、それ以上のアンビエント照度を好んだ。したがって、タスク照度が低い場合は、かえってエネルギー消費を高めることがわかった<sup>2-8, 2-10)</sup>。

Yamakawa ら (2000) は、図 2.4 の実験装置を用いて、アンビエント照度を 200、300、400 lx と変化させたときに、被験者に好ましいタスク照度を決めさせた。その結果、アンビエント照度を 200 lx まで下げると、部屋の明るさなどに問題が生じること、アンビエント照度は、少なくとも 300 lx 以上を維持する必要があること、A/T 比は 1.0 が好まれること、つまり、均斉度の高い照明条件が好まれること、を明らかにした。また、調光装置を使用することにより被験者の評価が高くなることが分かった<sup>2-11, ~2-13)</sup>。

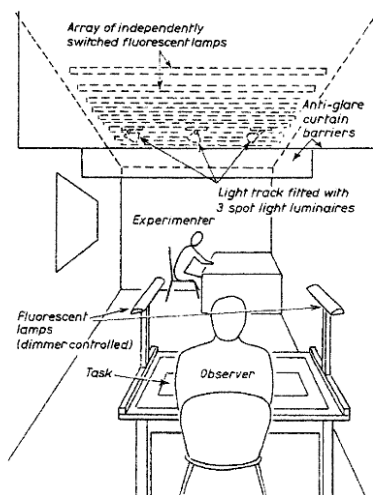


図 2.1 Bean と Hopkinson の実験装置

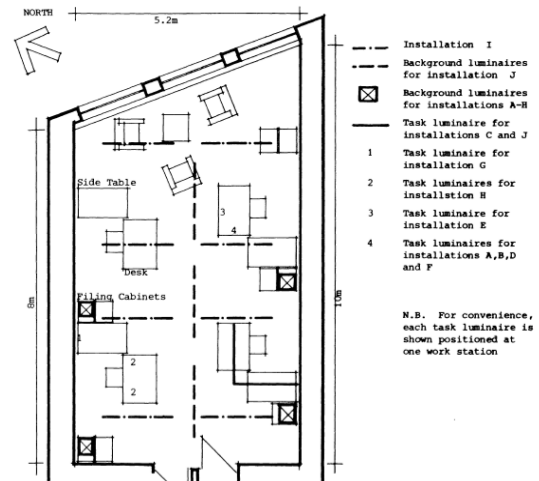


図 2.2 McKenna と Parry の実験装置

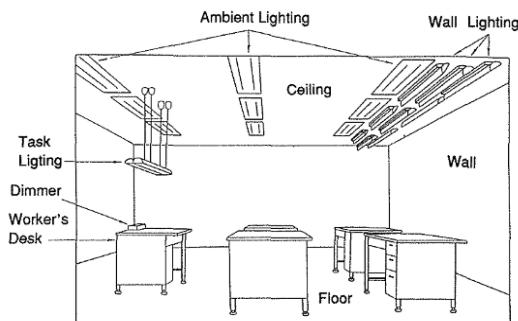


図 2.3 Tabuchi らの実験装置

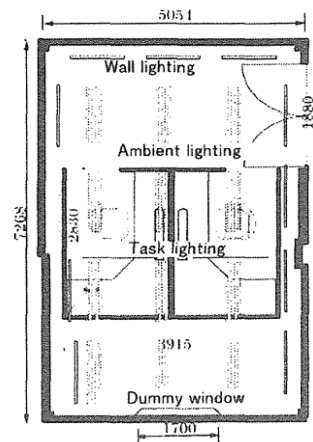


図 2.4 Yamakawa らの実験装置

Akashi と Boyce (2006) は、図 2.5 に示す実際のオフィスにおいて、全般照明方式から簡易な TAL 方式に変化させて許容できるかどうかを実験により求めた。実験では、蛍光灯ランプ 3 灯用アンビエント照明器具から 1 灯を消灯した。その結果、アンビエント照度は 500 lx から 360 lx に低下した。ただし、タスクライトの併用によりタスク照度は、700 lx 以上を維持した。評価の結果、照度が下がった時には、在室者の満足度は下がったが、1 か月を経過すると満足度は照度を下げる前の水準に戻った<sup>2-14)</sup>。



図 2.5 Akashi と Boyce が実験に用いたオフィス

Newsham ら (2005) は、図 2.6 に示す実際のオフィスを用いて、2 つの実験を行った。第 1 の実験では、58 名の被験者が 2 つの照明条件の下で作業をした。そのうちの一つの照明条件は、天井埋め込み型のパラボリックルーバー付きの照明器具による全般照明方式であった。もうひとつの照明条件は、同じ照明器具をアンビエント照明に用い、アーム付きのタスク照明器具を付加した TAL 方式であった。被験者は、アンビエント照度を調光したとともにタスク照明器具のアーム角度を調整した。被験者は、種々の視作業とともに、アンケートによる評価を行った。アンケートの結果、照明方式の主効果はなかったが、いくつかの視作業ではタスクライトにより作業性の向上が見られた。しかし、タスク照明を付加したからと言って、被験者が好むアンビエント照度は低くはならなかった。この点を調べるために、31 名の被験者を用いて第 2 の実験を行った。天井にはアンビエント照明器具が設置され、2 種類のタスク照明器具を用いた。1 つは、アーム付きタスク照明器具であり、他はシェード付きタスク照明器具である。それぞれのタスク照度を 0%、50%、95% と変化をさせ、それに対して好ましいアンビエント照明のレベルを決めさせた。その結果、タスク照度が上昇すると選定されたアンビエント照度は低くなったが、その時に削減できたエネルギーは小さかった<sup>2-15)</sup>。



図 2.6 Newsham らが実験に用いたオフィスとタスク照明器具

Boyce と Veitch (2003) は、オフィス実験室で 2 つの実験を行った。この実験では 6 つの照明条件を比較したが、このうち 2 条件が TAL 方式であった。一つは、アンビエント照明として直接／間接を用いた照明方式であった。他は、同じアンビエント照明にシェード付のタスク照明器具を加えたものであった。実験では、被験者は、0、11、19、35W の 4 つの照明電力に対応する明るさのレベルから好きな明るさを選定した。ほぼ半分の被験者は、35W の明るさを選び、40%が 19W を選んだ。つまり、多くの被験者は照度均斉度が高い照明条件を好んだ。タスク照明を用いた被験者は、難しい作業であっても高いモチベーションを維持することができた。また、タスク照明を用いた被験者は、タイピング作業の間に、より短い休憩時間を取った。しかし、タスク照明を用いたからといって快適性の評価は向上しなかった。さらに、この実験から明らかになったことは、個別の調光装置を用いることにより、被験者の評価は高くなるということである<sup>2-14,~2-16</sup>。

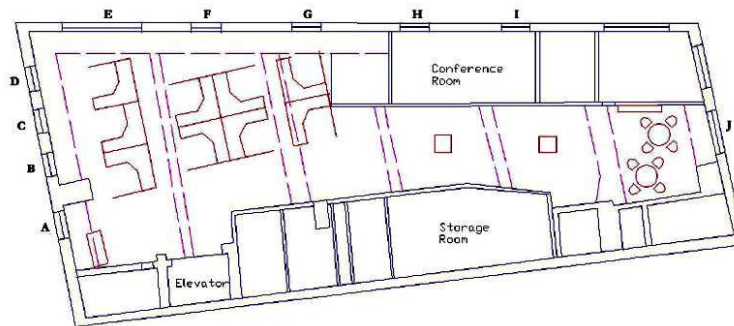


図 2.7 Boyce らが実験に用いたオフィス

以上の実験から、TAL 方式の採用により、ある程度の省エネルギーが測れること、同時に、照度均斉度が高い方が好まれることも明らかになった。一方、個別調光により執務者の満足度が向上する可能性があることもわかった。このことを検証するために、次の 2 つの実験が行われた。

## 2) 個別調光はA/T比の低減を可能にする

Galasiu らは (2007) 、図 2.8 に示す 86 のワークステーションで構成されるオフィスで実証実験を行った。パーティションで囲まれた個人のワークステーションの天井には、直接/間接照明器具が取り付けられた。個々の器具が、アンビエント照明とタスク照明の両方の機能を持った。人感センサ、昼光センサ、個別の調光システムを用いた。オフィスで照明コントロールの効果を実測した。3 つの照明制御システムを合わせたエネルギー削減効果は、67~69%であった。単体では、それぞれ、35%、20%、11%のエネルギーが削減できた。LPD は、僅かに  $3 \text{ W/m}^2$  であった。一方、印象評価の結果は、居住者は高い満足度が得られたことが報告された<sup>2-17)</sup>。



図2.8 Galasiuらが実験に用いたオフィス

Rubinstein ら (2010) は、高機能な照明制御システムの照明効率を調べた。図 2.9 に示す政府機関のオフィスビルにおいて、パーティションで囲まれたワークステーション (WS) で実験を行った。それぞれの WS には、昼光はほとんど入らない。3本の 32W 蛍光灯ランプを用いた直接/間接照明器具、DALI 制御ができる安定器、タスクとアンビエントの両方に取り付けた在席センサを用いた。この照明方式は TAL 方式であるが、アンビエントも WS 周辺のみ照明しているため、室内の照度均斉度は低い。間接照明のアップライトにより、作業面で  $600 \text{ lx}$  程度の照度を確保した。タスクライトにより、 $60 \text{ lx}$  程度上昇した。数か月のフィールド実験の結果、標準オフィスに比べてこのオフィスは、40%のエネルギー削減ができた。標準オフィスの LPD は、 $8.9 \text{ W/m}^2$  であったのに対して、このオフィスの LPD は、 $7.1 \text{ W/m}^2$  であった。また、作業面照度は、標準オフィスのそれより高かった。被験者は、標準オフィスよりこのオフィスの方が好ましいと答えた<sup>2-18)</sup>。



図2.9 Rubinsteinらが実験に用いたオフィス

以上の実験から、A/T比は、少なくとも0.3以上は確保する必要があり、0.5以上が好ましいことがわかった。つまり、執務者が許容するためには、1995年のTAL調査研究委員会報告書に述べられているのと同水準のA/T比が必要であることが確認できた。さらに、個別調光により執務者の満足度が向上することもわかった。このため、執務者の満足度を高めるためには、あるいは、さらにエネルギー効率を高めるためには、個別調光が可能なタスクライトを用いる必要があると考えられる。

## 2-2 日本での研究事例

### 2-2-1 T/A 照度比による研究

欧米での研究はアンビエント照度／タスク照度の比すなわち A/T 比による研究が進められてきたようであるが、日本においてはタスク照度／アンビエント照度の比 (T/A 比) による研究が一般的である。

TAL は、1970 年代のオイルショックを契機に省エネルギーを図る照明手法の一つとして取り入れられ、TAL の光環境評価と省エネルギー効果について研究が続けられている。オフィスにおける TAL の既往研究は、室内の照度分布が不均一になることから、アンビエント照度とタスク照度の比の許容範囲を中心に検討されている。1995 年に照明学会から発行された「タスク・アンビエント照明システム研究調査委員会報告書」では、既往研究より、思考的作業の場合を除き、平均タスク照度と平均アンビエント照度の比は 2:1 以内、作業域の最低照度／最大照度は 0.6 以上が望ましいとされている。

稻沼らは、執務環境の快適性を維持しさまざまな行為全般で好まれる T/A 比は、アンビエント照度 300lx で 2 程度、400lx で 1.7 程度であり<sup>2-19)</sup>、T/A 比が低すぎると快適性の評価が低下し、パーティションがある場合では 1.7~2.1 のときアンビエント照度 300~400lx に快適性の許容限界があること、アンビエント照度 400lx で T/A 比 1.7 に快適性が最も良好な評価であったことを報告している<sup>2-20)</sup>。

井上らは、T/A 比と空間の印象を視覚特性の大きく異なる 2 群 (若齢者と高齢者各 4 名) について比較している<sup>2-22)</sup>。周辺が暗くなることによる視力低下は殆ど無いが、低下率は高齢者の方が大きい。若齢者の方が高い T/A 比を作業環境として受け入れ、T/A 比が高くなることによる明るさ感の低下も若齢者の方が明瞭である。高齢者は周囲の明るさを適当と感じていても、作業には不十分な照明環境である可能性を指摘しており、作業者の視覚特性に対する配慮が必要な場合もあるといえる。

また、周辺が均一な実験室における 20 歳~41 歳 30 名の結果から、80%が許容する T/A 比は作業面照度 300lx で約 1.7~2.3、750 lx で約 2.0~4.7 であることを示している<sup>2-21)</sup>。T/A 比に幅があるのは、TAL 前の照明環境の違いによるものであり、前環境が明るいほど、許容できる T/A は低い。すなわち、作業者の順応レベルによって、許容される照明環境は異なる。順応レベルが低い方が、高い T/A 比を受け入れる<sup>2-21) 2-31)</sup>。明るい作業環境から、T/A 比を適用する場合は初期には高いレベルのアンビエント照度を提供し、時間とともにアンビエント照度を漸減させることで、快適性を損なうことなくエネルギー削減を実現できるといえる。

なお、建築物の総合環境評価システム CASBEE の 2010 年版では、TAL を考慮した照度基準が追加され、T/A 比は 1.5 以上 3 以下とされている。<sup>2-23)</sup>

## 2-2-2 アンビエント照明に対する研究

省エネルギーを実現するために TAL を導入しようという動きは、1970 年代、原油供給の逼迫により経済が混乱し(オイルショック)、省エネルギーの必要性が叫ばれた際にも確かにあった。ところがこの動きは一過性のものに止まっている。その理由は、TAL が導入されたオフィスで働くワーカーより、オフィスが陰湿である、薄暗いなどといったクレームが上がったためである。

一方、オフィスが薄暗く見えるという問題は、コンピュータがオフィスに導入され始め鏡面ルーバ付き天井照明器具が導入された際にも発生した。もちろんその後照明器具は改善され、現在では白ルーバなどを用いて配光をやや広げた照明器具が使われるようになり、問題はほとんど生じなくなった。

このように、部屋が明るく見えるかどうか、あるいは薄暗く見えないかどうかはオフィス照明環境としては重要で、このような「空間の明るさ」に関してこれまで多くの研究が行われ、それらの研究は、照明学会で組織された「空間の明るさ感研究調査委員会」の報告書(JIER - 108:「空間の明るさ感」検討のためのリファレンス・データ、2010)、にまとめられている。

これらの研究を総括することは難しいが、空間の明るさ評価には、水平面照度ではなく、視野内の輝度分布が重要であるという点は合意されており、更に、照明環境の設計上特に重要なのは、光源以外の壁面や天井面の輝度を確保することであるとされている。それを受けて、間接的に壁面や天井面の平均輝度を推定する  $Feu^{2-24)}$  および  $Welluna^{2-25)}$  などの指標が提案されている。

一方、昼光が導入されたオフィスでは、居住者の順応レベルが上がっているため、夜間に適切と感じられる壁面輝度の値ではかなり薄暗く見える。このような人の順応状態が異なる照明環境の明るさを比較検討する方法として、輝度画像より変換される明るさ画像(図(b))が提案されている。<sup>2-26)</sup>

現在では、オフィス照明環境の輝度画像を測定することそれほど困難ではない(図(a))。また設計段階でも、大まかな輝度画像を生成することは可能となっている。これらを利用することで、適切なアンビエント照明をチェックしたり、設計したりすることができるようになった。

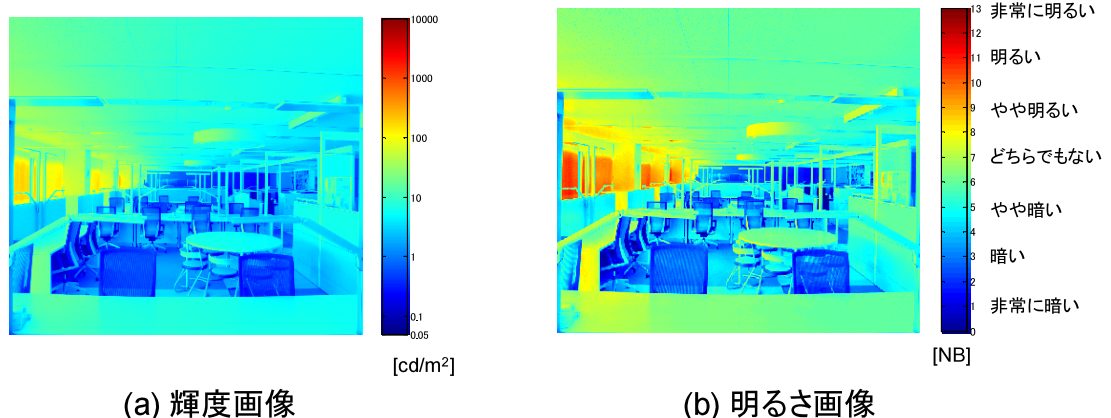


図2.10 オフィス照明環境の輝度画像と明るさ感画像

### 2-2-3 タスク照明に関する研究

TAL に関する研究は多くの成果が残されているが、タスク照明そのものやタスク照明の在り方についての研究は多くはない。しかし、作業性や作業効率への影響度の最も高い要素である場合が多いので、オフィスでの作業性の観点から、この項ではタスク照明の視点から既往研究を概観する。

#### i) タスク照明のレベル（作業面照度）

明るすぎない限り作業面照度は高いほうが作業環境としての許容率は高く<sup>2-31)</sup>作業性も良い<sup>2-21)</sup>。適正レベルは周辺照度との関係で決まる。この場合、周囲照度（アンビエント照度 A）としての着目点は、研究者によって異なる。全般照度、机上面周辺の平均照度、視野によく入る鉛直面照度（前面壁、パーティション）などが取り扱われている。いずれの場合も、周囲照度が高く成るに従い、作業面照度も高いものが要求される<sup>2-20)</sup>、<sup>2-27)</sup>、<sup>2-28)</sup>。しかし、許容できる T/A はタスク照度が高くなるに従い大きくなる<sup>2-31)</sup>。即ち、タスク照度が高いと相対的に低いアンビエント照度が受け入れられる。

#### ii) タスク照明の配光（作業面の照度分布（均斉度））

作業面の均斉度が高い（タスク照明器具の配光が広い）方が作業面ならびに作業空間の印象はよいが、作業空間の印象は同じ作業面照度の天井全般照明には悠に及ばない<sup>2-32)</sup>。作業性は適正な T/A 比であれば、配光による優位な差はなく全般照明と同等である<sup>2-33)</sup>。また、配光が広いほど、高いアンビエント照度が要求される<sup>2-32)</sup> <sup>2-33)</sup>。

#### iii) 順応レベルの影響

調節前環境の照度によって（すなわち、作業者の順応レベルによって）、許容される照明環境は異なる。十分に作業面照度に順応していれば、300lx 以下であっても、作業に必要な視力<sup>2-38)</sup> や読みやすさ<sup>2-39)</sup> が保証されることは多くの研究によって明らかにされている。また、順応レベルが低い方が、大きな T/A 比を受け入れる<sup>2-21)</sup> <sup>2-31)</sup>。このため、作業時間の長短、即ち、作業者の順応レベルに応じてタスク照度とアンビエント照度を調節することで、快適性を維持したエネルギー削減を実施できる。

#### iv) アクセント照明とアンビエント照明の配光

適正な T/A 比の場合、作業性は均一照明空間に較べて遜色はないが、空間の印象は劣る<sup>2-32)</sup>。これを解消するには、鉛直面照度の確保が効果的である。小さなスポットライトで作業者の前面壁を照射することで、空間の印象は大きく改善され、天井全般照明（均一照明）の場合に近づく。また、この場合の消費エネルギーの増加は僅かであり、天井全般照明で作業面照度を確保する場合に較べると圧倒的に低い<sup>2-32)</sup>

オフィス空間では多様な作業があり、空間内の相互移動も頻繁にあるため、アンビエント照明は天井全般照明が一般的である。しかし、個室などパーソナルな空間では、多様なアンビエント照明が考えられる。鉛直面照度を確保するという観点からは、作業者の視野を大きく占める壁面照明が効果的である。ウォールウォッシャーやスポットライトをアンビエント照明として用いることで空間の印象を損なうことなく消費エネルギーを削減できる<sup>2-34)</sup>。ただしこの場合、周辺水平面照度が低くなるので、足下確認などの歩行上の安全性に関する確認が必要である。



#### v) センサ制御との組合せ（調節速度）

作業者を人感センサが検知した後のタスク照明の点灯・増光のタイミング、または作業終了後の減光・消灯のタイミング、すなわち調節速度も作業者本人の快適性と周囲の作業者の快適性（快適性の共有）の点で重要となる。このタイミングについては現時点では明確な根拠はなく、経験則での工夫がなされている。実施事例や研究による客観的データの蓄積が必要である。

また、長時間作業の場合は、作業時間（＝作業者の順応レベル）に応じて、作業面照度、アンビエント照度を低下させることが可能である。しかしながら、急激な変化は不快感を招く。この場合の快適性を損なわない適正調光速度の検討も今日の課題である<sup>2-35)</sup>。

昼光の積極的利用は節電力だけでなく、作業者にとっても開放感など心理的な効果がある。この場合、昼光を含んだアンビエント照明との調和を考慮して色温度を決定、もしくは色温度調節機能やセンサによる自動調節機能を有することが望ましい。色温度の急激な変化も煩わしさの原因となるため、照度の場合と同じく適正調節速度を検討する必要がある<sup>2-36) 2-37)</sup>。

#### vi) タスク照明器具の性能

タスク照明器具の性能、例えば発光部位置、アームの形状、可動性によって、グレア、陰影などの輝度分布、照度などが決定される。そのため、配光や均斉度、および印象評価に基づいて決定された適正条件を実現するために必要な性能を備えていることが求められる。配光・光量・光色調節機能を有することが望ましい。TAL は知的生産活動にとって有効であり<sup>2-29)</sup>、特に、タスク照明にパーソナルな調整機能が備わっていることによって生産性が向上する<sup>2-30)</sup> という報告も出されている。また、順応に乱れない長時間作業の場合は、許容レベル下限まで漸減させることで快適性と省電力が両立する。執務形態に応じたタスク照明器具の要求性能を決定する上では、実施事例などのケーススタディの集積も重要である。

#### 参考文献

- 2-1) Bean AR, Hopkins AG. 1980. Task and background lighting. *Light Research & Technology*. 12(3):135-139.
- 2-2) Boyce PR. 1979. Users' attitudes to some types of local lighting. *Light Research & Technology*. 11(3):158-164.
- 2-3) Fischer D. 1980. General lighting versus local lighting in offices. *International Light Review*. (4):108-110.
- 2-4) Rea MS. 1983. Behavioral responses to a flexible desk luminaire. *Journal of Illuminating Engineering Society*. 13(1):174-190.
- 2-5) Bernecker CA, Davis RG, Webster MP, Webster JP. 1983. Task lighting in the open office: a visual comfort perspective. *J Illum Eng Soc*. 22(1):18-25
- 2-6) McKennan GT, Parry CM. 1984. An investigation of task lighting for offices. *Lighting Research & Technology*. 16(4):171-186.

- 2-7) Collins B L, Fisher WS, Gillette GL, Marans RW. 1989. Evaluating office lighting environments: second level analysis. NIST Report NISTIR 89-4069, 129 pages.
- 2-8) Tabuchi Y, Matsushima K, Nakamura H. 1995. Preferred illuminances on surrounding surfaces in relation to task illuminance in office room using task-ambient lighting, *Journal of Light & Visual Environment* 19(1):28-39.
- 2-9) Tiller DK, Pasini IC, Jaekel RR, Newsham GR, Iwata T. 1995. Furniture mounted lighting system performance: 1. Lighting energy consumption. *Proceedings of the CIE 23rd Session (New Delhi, India)*: 296-297.
- 2-10) Veitch JA, Newsham GR. 1998. Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction and comfort. *Journal of Illuminating Engineering Society*. 27(1): 107-129.
- 2-11) Yamakawa K, Watabe K, Inanuma M, Sakata K, Takeda H. 2000. A study on the practical use of a task and ambient lighting system in an office. *Journal of Light & Visual Environment*. 24(2):15-25
- 2-12) [IESNA] Illuminating Engineering Society of North America. 2000. *Lighting handbook 9th edition* (Ed: Rea M). New York: Illuminating Engineering Society of North America
- 2-13) Veitch JA, Newsham GR. 2000. Preferred luminous conditions in open-plan offices: Research and practice recommendations. *Lighting Research & Technology*. 32:199-212.
- 2-14) Akashi Y., Boyce P.R., A field study of illuminance reduction, *Energy and Buildings* 38 (2006) 588-599
- 2-15) Guy Newsham, C. A., Jennifer Veitch, Anna Maria Tosco, Cara Duval (2005). Task lighting effects on office worker satisfaction and performance, and energy efficiency. *LEUKOS* 1(4): 7-26.
- 2-16) Boyce PR, Veitch JA, Newsham GR, Myer M, Hunter C. 2003. *Lighting quality and office work: a field simulation study (PNNL 14506)*. Richland, WA, USA: Pacific Northwest National Laboratory. <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/b3214.1/>. Last accessed Nov. 2004.
- 2-17) Galasiu Anca D., G. R. N., Cristian Suvagau, and D. M. Sander (2007). *Energy Saving Lighting Control Systems for Open-Plan Offices: A Field Study*. *LEUKOS* 4(1): 7-29.
- 2-18) Francis Rubinstein, A. E. (2010). *Saving Energy with Highly-Controlled Lighting in an Open-Plan Office*. *LEUKOS* 7(1): 21-36.
- 2-19) 稻沼 實 , 渡部 耕次 , 坪田 祐二 , 坂田 克彦 , 武田 仁 : オフィスにおけるタスク・アンビエント照明方式の適応性に関する実証的研究、日本建築学会計画系論文集 (548), 9-15, 2001
- 2-20) 稻沼 實 , 渡部 耕次 , 山川 和美 , 岩田 利枝 , 武田 仁 : オフィスにおけるタスク・アンビエント照明方式のパーティションの相違による光環境の快適性評価に関する研究、日本建築学会計画系論文集 (552), 1-7, 2002
- 2-21) 檀上 智恵子 , 井上 容子 : タスク・アンビエント照明に関する研究(その1)ー LED光源の年齢別評価とタスク・アンビエント比の検討ー、日本建築学会近畿支部研究報告集. 環境系 (49), 37-40,(2009)
- 2-22) 岩間 慧廉 , 井上 容子 : タスク・アンビエント照明に関する研究(その2): 若齢者と高齢者の比較、および消費電力による節エネルギー効果の検討、日本建築学会近畿支部研究報告集. 環境系 (49), 37-40, (2009)
- 2-23) 坊垣 和明 , 三木 保弘 , 大塚 俊裕 , 大黒 雅之 , 小島 博 , 清水 章太郎 , 山本 正顕 , 三浦 寿幸 , 足立 友秀 , 半澤 久 : 建築物の総合環境評価システムCASBEEに関する研究(その100): 「2010年版CASBEE-新築・既存」に関する室内環境検討小委員会での検討概要、学術講演梗概集. D-1, 1029-1030, 2010

- 2-24) 岩井彌：空間の明るさ感評価指標「Feu」の開発と照明設計への適用、照明学会誌 第93巻 第12号 21年 pp.907-912、2009
- 2-25) 野口瑤子, 高橋健治, 山本正人, 茶谷麻子: 目の位置における間接照度を用いた空間の明るさ感評価方法, 照明学会全国大会講演論文集, 5-25, 2012.9
- 2-26) 中村芳樹：ウェーブレットを用いた輝度画像と明るさ画像の双方向変換—輝度の対比を考慮した明るさ知覚に関する研究（その3）—, 照明学会誌、Vo.90, No.2 pp.97-101, 2006
- 2-27) 田淵義彦、松島公嗣、中村肇、別府秀紀：事務所における照度と輝度の好ましいバランスに関する研究（その1）, 照明学会誌, Vol.73, pp.288-294, 1989
- 2-28) 田淵義彦、中村肇、松島公嗣、別府秀紀：事務所で局部照明を併用する場合の好ましい照度バランスに関する研究, 照明学会誌, 第75巻, 第6号, pp.275-281, 1991.6
- 2-29) 明石行生、金谷末子、八木昭宏：作業者の集中度と周辺照度/作業面照度の比との関係, 照明学会誌, Vol.80, pp.540-549, 1996
- 2-30) 西川雅弥、西原直江、田辺新一：タスク照明の個人制御が知的生産性に与える影響に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第603号, 101-109, 2006.5
- 2-31) Y. Inoue: STUDY ON ILLUMINANCE BALANCE BETWEEN WORKING AREA AND AMBIENT-CONSIDERATION OF INITIAL LIGHTING CONDITION, VISUAL TASK PERFORMANCE AND IMPRESSION OF LIGHTING-, PROCEEDINGS of CIE 2010 Lighting Quality and Energy Efficiency, pp.776-782, 2010.3
- 2-32) Inoue, Y. Maruyama, H.: STUDY ON ILLUMINANCE BALANCE BETWEEN WORKING AREA AND AMBIENT-EFFECTS OF THE DISTRIBUTION OF LUMINOUS INTENSITY OF TASK LIGHTING AND SUPPLEMENTARY LIGHTING TO FRONT WALL-, 27th Session of the CIE South Africa 2011 PROCEEDINGS Volume 1 Part 2, pp.1116 - 1126, 2011.7.
- 2-33) Maruyama Haruka, Inoue Youko: THE STUDY ON THE TASK AND AMBIENT LIGHTING -THE EFFECTS OF TASK LIGHTING AREA AND THE FRONT WALL ILLUMINANCE-, 4th Lighting Conference of China, Japan and Korea PROCEEDINGS, pp.355-358, 2011.9.
- 2-34) 丸山悠, 井上容子：タスク&アンビエント照明に関する研究—アンビエント照明の配光が容認される周辺照度に与える影響—, 日本建築学会近畿支部研究報告集, 環境系 (51), pp.57-60, 2012.6
- 2-35) 井上容子, 石原美香：快適性を保証する照明光の調節速度に関する研究（その1）—調色速度について—, 照明学会全国大会講演論文集, pp.272-273, 2011.9
- 2-36) 石原美香, 井上容子：快適性を保証する照明光の調節速度に関する研究（その2）—調色速度について—, 照明学会全国大会講演論文集, pp.171-172, 2011.9
- 2-37) 宇田麻希子, 原直也, 神農悠聖：照明光の色の瞬時変化が明るさ感や印象評価に及ぼす影響、照明学会誌 94(2), pp.108-115, 2010.2
- 2-38) 中根 芳一, 伊藤 克三：明視照明のための標準等視力曲線に関する研究、日本建築学会論文報告集、229号, pp.101-109, 1975
- 2-39) Inoue Y., Akizuki Y : The Optimal Illuminance for Reading, Effects of Age and Visual Acuity on Legibility and Brightness, Journal of Light & Visual Environment, Vol.22, No.1, pp.23-33, 1998

### 3. 導入事例

#### 3-1 日本での導入事例

##### 3-1-1 大林組技術研究所

###### 1) 計画の概要

本施設は、最先端の研究環境、最先端の環境配慮、最先端の安全安心の3つをコンセプトにかかげる研究所（事務所）である。数多くの最先端技術を取入れ、最高水準の省エネルギーを達成している（CO<sub>2</sub>排出量55%削減）。数多くの技術を自ら取り入れて実証することで、さらなる新しい技術の開発に挑戦している。



図 3.1 外観

###### 2) TAL の手法

郊外立地の低層建物であることを活かしワークスペースの天井面は、傾斜屋根と北向きのハイサイドライトを全面的に設置し、自然光を天井反射面に拡散反射させながら室内に導入した。（図 2.2 参照）

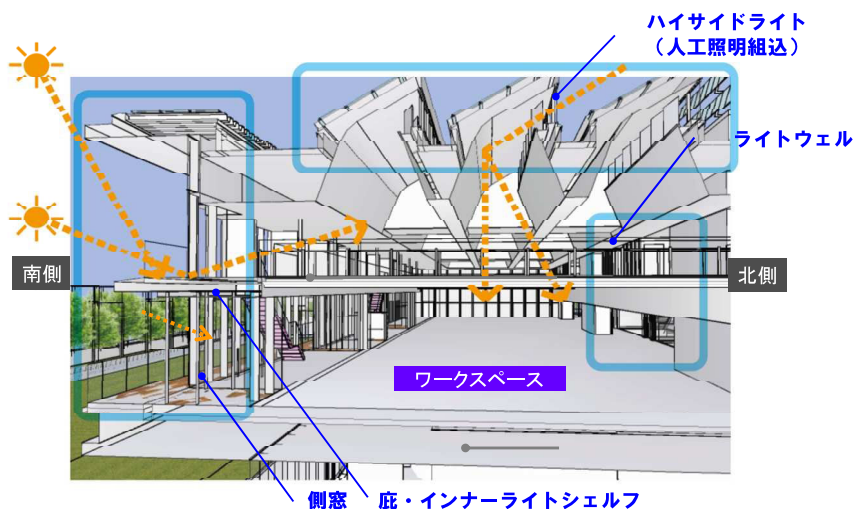


図 3.2 採光構成図

また、北側にも側窓・トップライトを設けるなど多くの面から採光できるようにした。南側は眺望を重視し、テラスとともに大きな側窓を設けているが水平庇と垂直フィン及び自動ブラインドによって直射日光を防ぎつつ採光を図っている。図 3.3 に、竣工後のワークスペースの内観写真を示す。



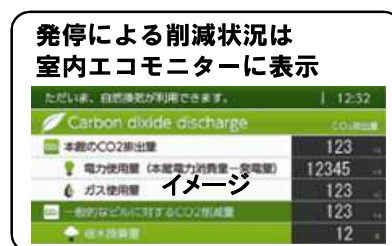
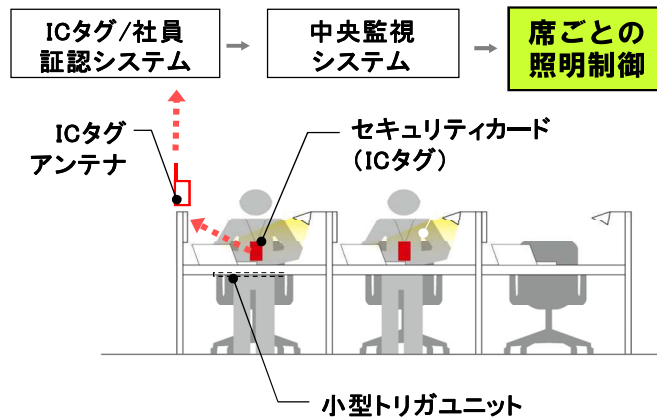
図 3.3 内観写真（薄曇時撮影/自然光のみ）

TAL を採用している本施設において、自然光だけでアンビエント照明として有効に機能することを目指し、直達日射ではなく変動の少ない天空光によってオフィス全体に自然光が行き渡るように採光面を配置した。これによって、昼間、人工照明によるアンビエント照明を抑えることができ、大幅な省エネルギー化を実現することができた。

アンビエント照明は、Hf63W の蛍光灯を、トップライトに間接照明として配置し、照度センサにより、室内照度が約 300 lx を下回ると段階的に点灯する制御（3 列配置、1 列ずつ ON/OFF）としている。

また自然光の変動に対し、アンビエント照明の補完としてタスクライトを設置している。タスクライトは LED（11W）を使用しており、さらに照明消費電力を抑えるため、セキュリティ設備で導入した IC タグ（RFID）を利用した在席検知による自動点滅制御を行っている。IC タグをワークスペース内の在席検知に利用し、タスクライトの消し忘れを防止し、こまめに発停することでエネルギーの無駄を徹底的に省いている。またこのシステムを用い、5 つに分けた各エリア内の在席者が 0 になると、そのエリアのアンビエント照明も消灯する仕組みとしている。なお、このシステムによるエネルギー削減状況は室内のエコモニターに表示しオフィスワーカーへの情報提供も合わせて行っている。

（図 3.4 参照）



在席検知によるタスクライトの自動点滅制御  
 →消し忘れを防止、こまめに発停することでエネルギーの無駄を徹底的に削減

図 3.4 タスクライト制御方法

### 3) TAL の効果

12月27日晴天日における、アンビエント照明とタスク照明の時刻別消費電力を図3.5に示す。

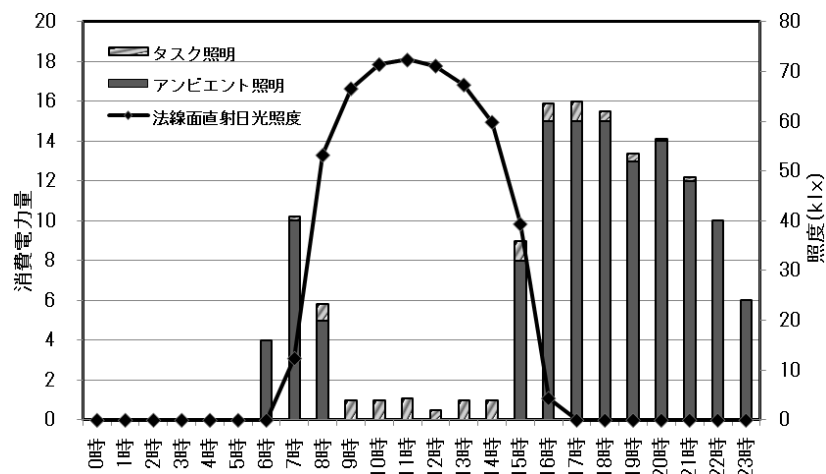
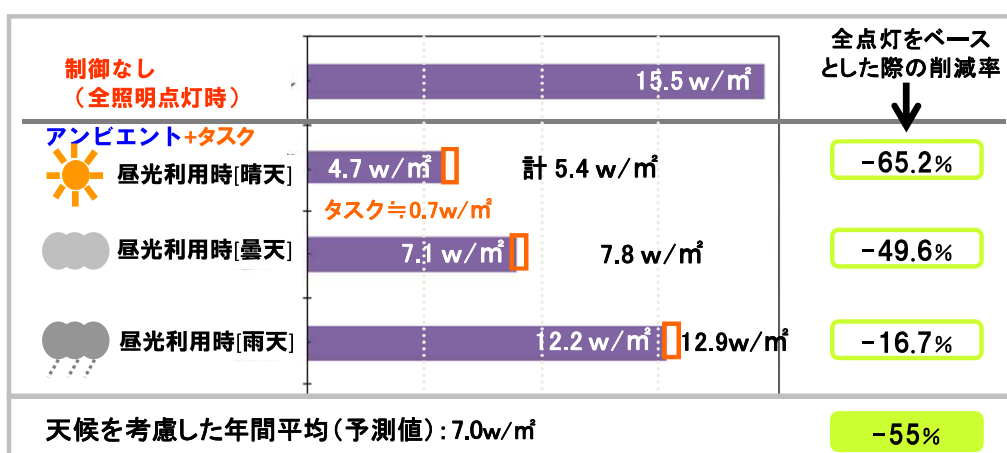


図 3.5 時刻別消費電力

午前9時頃から15時頃まで自然光だけでアンビエント光を確保し、人工照明は無点灯の状態であった。タスクライトは、LEDの採用や、ICタグによる離席時の確実な消灯等の効果から、今回の実測では、平均消費電力わずか0.7W/m<sup>2</sup>となった。12月度の執務時間帯（9時～18時）における照明消費電力の比較を表3.1に示す。

表 3.1 照明消費電力の比較（2010年12月 9時から18時）

アンビエント・タスク全点灯時	15.5 W/m <sup>2</sup>	基準
晴天時の平均消費電力	5.4 W/m <sup>2</sup>	削減率 65%
曇天時の平均消費電力	7.8 W/m <sup>2</sup>	削減率 50%
雨天時の平均消費電力	12.9 W/m <sup>2</sup>	削減率 17%



アンビエント照明の昼間の無点灯化による省エネ効果が大きく、晴天時は平均消費電力が5.4W/m<sup>2</sup>であり、一般オフィスの1/3程度の消費電力となっている。曇天時でも50%程度消費電力を低減できた。

### 3-1-2 株式会社イトーキ オフィスショールーム事例

#### 1) 計画の概要

最新のオフィスでは多様性と知的生産性への配慮が求められている。そのためには要求に応じた個別の照明環境と自由なオフィスレイアウトを実現させる必要がある。オフィス内は大まかに共有部分（ミーティングやリフレッシュスペース）と非共有部分（ワーカーの個人席）に分けられるが、これらの領域を自由に組み替える必要があるため、これらに個別に照明機能を設けることで既設照明の制約を受けることなく快適な作業環境が提供できると考える。

また、照明が全体の40%を占めるとされているオフィスでの省エネルギーの要求は強いため、エネルギー消費に配慮しながら快適に働ける事例をワーキングショールームにて実現した。

#### 2) 省エネと快適性への配慮

##### ① 省エネ

照明の消費電力を抑えるためにLED灯具を使用し、使用していない箇所のこまめな消灯ができる制御、照度センサに外光の有効利用、必要な箇所だけ点灯させるTALを採用した。

##### ② 快適性

省エネルギーの照明環境において、「薄暗い」、「寂しい」、「疲れる」といった印象を持つケースが過去の事例で散見されている。作業面の照度を重視するあまり周辺環境との明暗のバランスを考慮しなかったことが原因と考え、人の視覚が明るさを感じられるよう輝度のバランスを考慮してオフィスレイアウトに応じた照明器具設計を行っている。

#### 3) 基本的なTALのシステム構成

このオフィスにおいて、デスクシステムとフレームシステムが用いられている。両者は自由にレイアウト変更が可能で既設の天井照明の影響を受けることなく作業環境が提供できる。このオフィスにおいては、埋め込み型照明器具が用いられていた。改修後、消灯された既設の照明器具には、ランプが抜かれた照明器具を見えないようパネルが被せられ、天井面の美観に配慮されている。



図 3.6 デスクシステムとフレームシステム  
各システムにはアンビエントライト、タスクライトが設置可能





アンビエントライト      タスクライト      フレームアンビエントライト

図 3.7 システム照明の詳細

アンビエント照明は天井面を照らし、シェード付けることで鉛直方向の明るさに配慮できる。タスク照明は調色、調光が可能。

オフィスレイアウト後、全体の明るさ感を高めるために追加照明機器としてペンダントライト、ダウンライト、ウォールウォッシャーライトを配置した。



ペンダントライト      ダウンライトとウォールウォッシャーライト

図 3.8 追加照明類

#### 4) 実施例



図 3.9 改修前(全般照明)

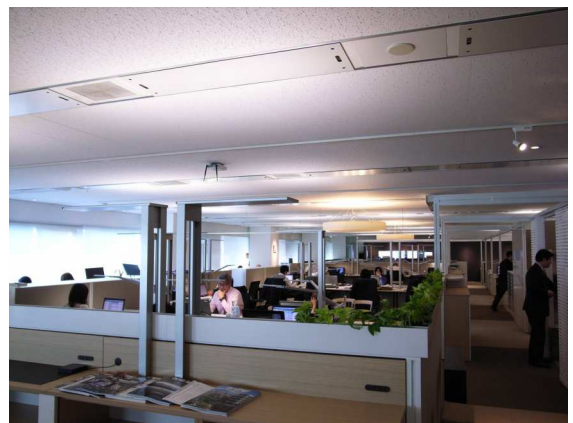


図 3.10 改修後 (TAL)

## 5) 導入の効果

TAL 導入により、消費電力は表 3.2 に示すように減少がみられた。

また、TAL への改修後 6 ヶ月を経て 36 名の執務者にアンケート調査を行った。図 3.11 に示すように、「雰囲気が良い」「落ち着く」といった好ましい印象を抱くワーカーが多く、ワーカーに良い印象を与える照明であると考えられる。一方で「明るさ」については、全般照明よりも「明るい」と回答する人が少なかった。この「明るさ」への印象の差が、ワーカーの生理的指標や心理的側面へ与える影響については、さらに追求する必要がある。

表 3.2 改修前後の消費電力削減効果

	照明器具	数量 (台)	総消費電力 (W)
改修前	45W 型 HF 管 (48.5W)	152	7,372
	23W 型 HF 管 (25W)	36	900
	合計		8,272
改修後	アンビエント照明 (54W)	45	1,215
	タスク照明 (8W)	43	344
	その他(ダウンライトなど)		1,673
	合計		3,232
改修前後の差			5,040

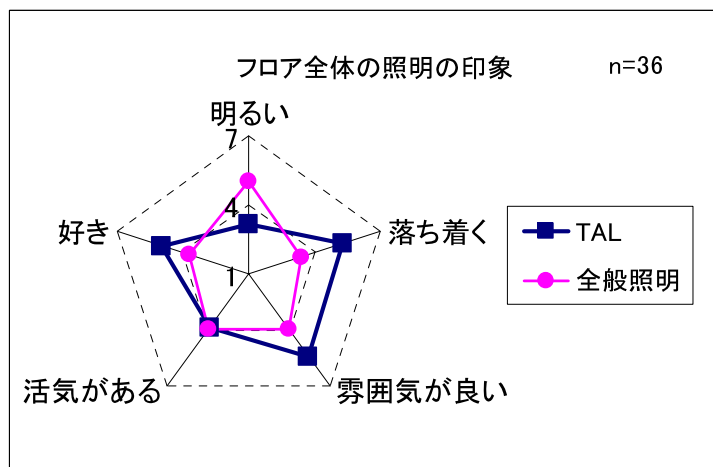


図 3.11 アンケート結果

### 3-1-3 東洋ロキ本社

#### 1) 計画の概要

本施設は、自動車用フィルター機器の開発および製造などを手掛ける東洋ロキ（現社名：株式会社 ROKI）の本社ビルであり、天竜川を望む小高い丘の上に位置している。

表 3.3 建築概要

敷地面積	28,066 m <sup>2</sup>
建築面積	1,519.97 m <sup>2</sup>
最高高さ	G L+23.15m
基準階 階高	4,400～4,800mm
基準階天井高	7,300mm
主要用途	事務所

#### 2) TAL の手法

図 3.12 にオフィス内観を示すが、昼光を有効活用した執務空間である。

オフィス内は44m×14.5mの全面幕天井で構成されており、分散配置されたトップライトからの採光をこの幕天井により均一に拡散させて事務室内のアンビエント照明としている。この幕天井はガラスクロスで構成されている。

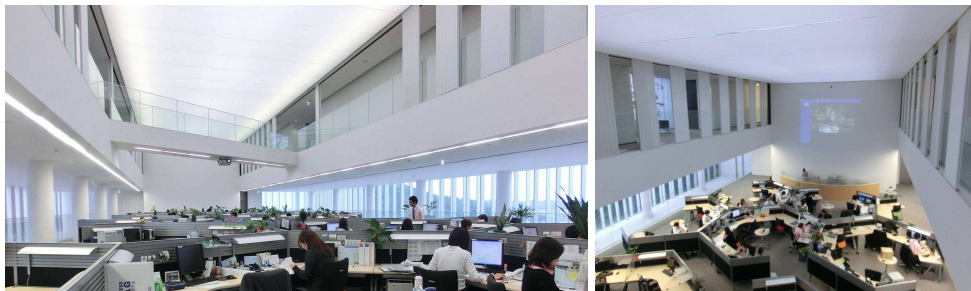


図 3.12 オフィス内観

日中はガラスクロスを通した拡散光で、冬季や悪天候の夕方以外は昼光のみでアンビエント照明を確保する計画としている。日没後は図 3.13 に示す天井懐内に設置された人工照明によりガラスクロスの膜天井を照射し、アンビエント照明を確保している。

タスク照明は、図 3.14 に示すようにパーティションに取付けられており、光源はLEDが用いられている。



図 3.13 ガラスクロス天井懐内照明



図 3.14 タスク照明

### 3) TAL の効果

当施設を紹介する建築学会論文には、自然光利用と TAL 方式の導入により、他の一般オフィスビルに比べ 43.7%の省エネと説明されている<sup>3-1)</sup>。

TAL 委員会で 2011 年 10 月 21 日（金）に見学ならびに計測をさせていただいた。

当日は雨天であったが、天井懐内の人工照明で補完されアンビエント照明が確保されていた。計測の結果を図 3.15 に示す。アンビエント照明の平均照度は 700 lx 程度であった。なお、当日の 16:15 頃に天井懐内の人工照明を消灯していただき、照度測定をおこなった。図 3.15 に示す測定点において、概ね 200~300lx 程度であった。

また、図 3.16 に室内の輝度画像を示す。光膜によるやわらかい輝度と白い什器で全体的にバランスよい空間となっている。

晴れた日の日中は自然光で 1,000-2,500 lx 程度確保可能だという。悪天候時や冬季は、照度センサによりガラスクロス天井内部の照明と 4 階の天井の一部に設置されたルーバー照明を調節制御して机上面照度 600 lx に定めて運用されている。

なお、見学の際にはタスクライトを使用しているワーカーはほとんど見られなかった。施設管理者によると、竣工直後はタスクライトの使用者も多かったそうであるが、数年を経過し、現在はタスク照明を使用している執務者はほとんどいっらっしゃらないとのことであった。

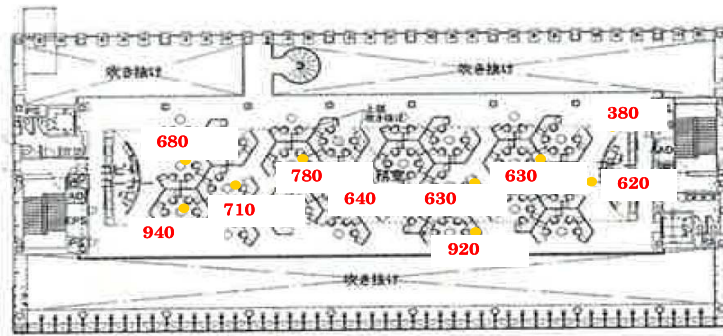


図 3.15 アンビエント照明による照度計測結果

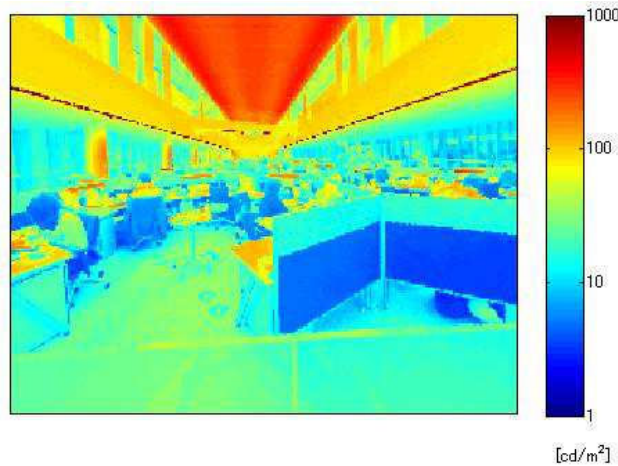


図 3.16 アンビエント照明による照度計測結果

### 3-1-4 宮地電機松山支店

#### 1) 計画の概要

愛媛県松山市の宮地電機松山支店は、旧社屋の老朽化に伴い同敷地内に 2011 年 4 月に新築した地上 3 階建のビルである。同ビルの照明設備は、非常灯を除きすべて LED であり、2F の 344 m<sup>2</sup>のオフィスルームに TAL を採用している。

表 3.3 オフィスルーム概要

事務室面積	344 m <sup>2</sup>
天井高	2,750mm
主要用途	事務スペース、接客・打合せ
従事者数	25 名
職種	施設・店舗・工場への照明設計・インテリア設計、電設資材販売営業

#### 2) TAL の手法

図 3.17 にオフィス平面図と照明配灯図を示す。

オフィスルームは仕切りのないオープンスペースである。照明設備としては、天井面に照明器具を配置せず、アンビエント照明として壁面と柱に 45W 白色 LED ブラケットを 19 台、45W 白色 LED フロアスタンドを 9 台配置して、天井・壁面を明るく照らし、空間全体の明るさ感を確保している。これらの LED 照明器具はすべて、調光機能を有し、無段階の調整が可能である。

タスク照明は、各デスクに可動式の 6.4W 白色 LED デスクスタンドを 26 台設置。机上面では 750Lx を確保し、執務者が灯具の位置・高さ・角度を可変しながら、目的や好みに応じた使い方をしている。

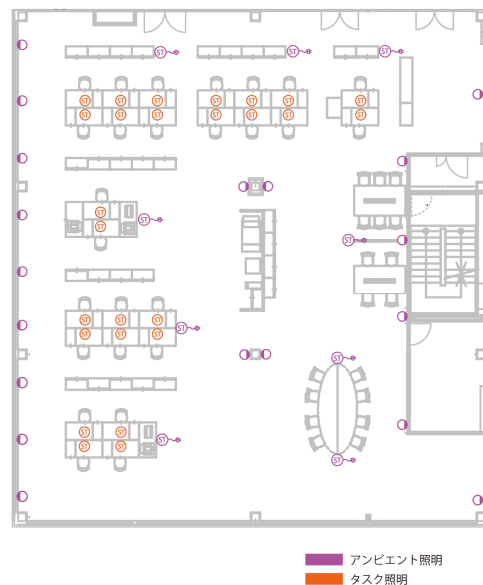


図 3.17 平面図と照明配灯図



図 3.18 TAL の様子



撮影日時 11/18 18:00

図 3.19 事務室内輝度画像

### 3) TAL の効果

オフィスの照明を全点灯した場合の総消費電力 1.43kW である。これに対して、仮に 32Whf 蛍光灯 2 灯用下面開放型器具を用いて机上面の平均照度 750lx を得るためには 51 台が必要であり、その消費電力は 4.44kW と計算される。

すなわち TAL の採用により、従来の全般照明と比べ、67%以上の節電効果、年間電気料金 約 236,000 円の削減を見込んでいる。

※ 1 日 10 時間点灯、電気料金:21 円/kWh で試算

### 4) その他

当ビルは自社所有であり、日本のオフィスにはほとんど事例のない実験的・先進的な試みとして、天井面に照明設備を設けず、LED ブラケット/スタンドのみをアンビエント照明とする設置を行った。

オフィス全体の明るさについて、南・東面に大きな窓があり、日中および窓面に近いスペースでは暗さを感じないが、雨天や夕刻時、オフィス中央部には暗いと感じるスペース(最小照度 80lx)が存在する。また、タスク照明使用時において、図面の読み取りなど比較的広い作業スペースを必要とする場面では、その配光から暗さを感じるという声もある。これらの課題については、補助照明の設置やタスク照明の増設を検討している。

ただし上述の通り、省エネルギー性は非常に高く、TAL による計画の意図は十分に達成できている。

<http://www.miyajidenki.com/>

### 3-1-5 オカムラ実験オフィス

#### 1) 計画の概要

東京都千代田区の賃貸ビルであるニューオータニ・ガーデンコート内に計画された実証実験と実務の場を兼ねたオフィスである。

計画のコンセプトは、ナレッジワーカーのワークスタイルを「アイデアを出す」「アイデアを検討する」「アイデアをまとめる」の3つのプロセスに分類し、それらをひとりで（集中）、特定されたメンバーとあるいは周囲に居合わせた人とともに（交流）の形態に分類し、図 3.17 に示すように、各々について知的活動を支援する場づくりを目指すものである。オフィスの新たな形態を示す場として注目されている。

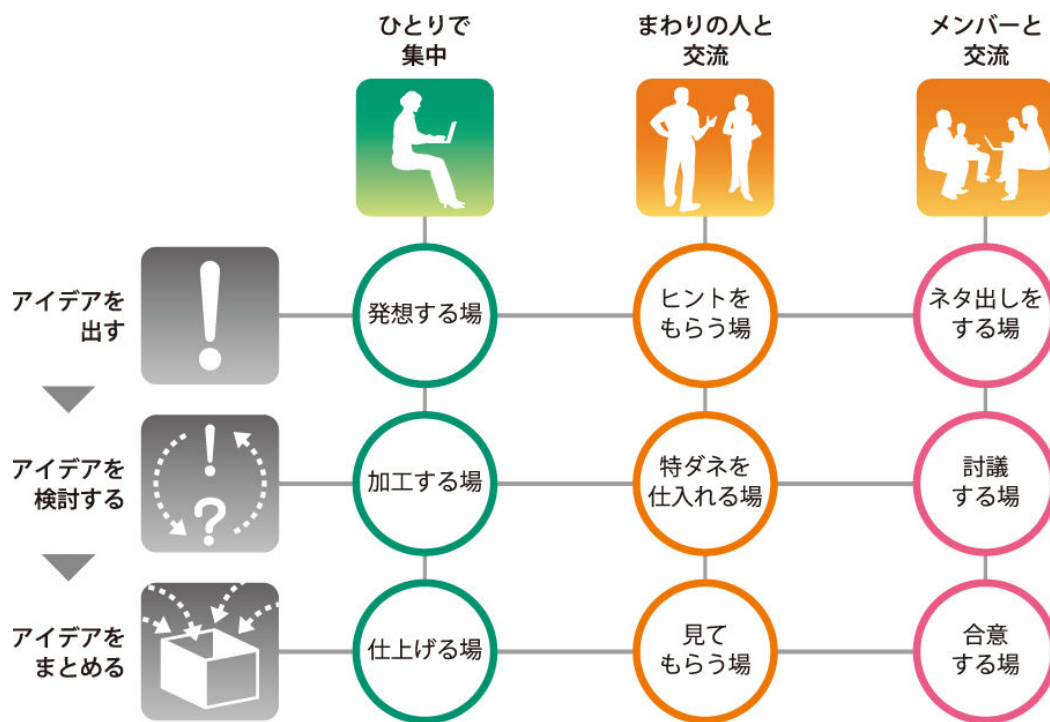


図 3.20 計画のコンセプト

#### 2) TAL の手法

アンビエント照明は、図 3.18 に示すように家具と一体化された間接照明器具で天井を照らす手法としている。アンビエント照明による照度は、本委員会では実測を行ってはいないが、見学の際のご担当によると 200 lx 程度との説明をいただいている。使用している光源は LED であり、色温度の異なる 2 種の LED 光源を間接照明とすることで時間帯に合わせたアンビエント照明の色温度の変化を可能としている。

タスク照明器具は球体で取付金具に載せるスタイルとし、照射方向を可変としている。

見学の際にはタスクライトを使用しているワーカーはほとんどいなく、アンビエント照明だけで執務照明として十分であることがうかがえる。





夏の昼頃のイメージ



冬の夕方のイメージ

図 3.21 タスク・アンビエント照明の様子

### 3) TAL の効果

参考HPによると、「従来の天井付蛍光灯照明の 1/2 の電力量と、省エネルギーにも貢献します。天井に組み込まれるビル標準照明と比較して、年間 3000 時間の稼動で消費電力と二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量をほぼ半減します。」と説明されている。

### 4) その他

このオフィスで特徴的なことは、窓から 1 スパン程度のペリメータゾーンに「ナレッジカフェ」として、リフレッシュゾーンとも位置付けられる交流の場を設けていることであろう。

伝統的な日本のオフィスでは窓側に役職者が位置し、川の字に執務者が位置する形態が多く、リフレッシュゾーンはコア側に位置している。



図 3.22 リフレッシュゾーンと設定されているペリメータゾーン

一方、このオフィスにおいては、ペリメータゾーンをリフレッシュゾーンとすることで、当該ゾーンの居住環境に関する各種設定値を緩和できるメリットがあると考えられ、このオフィスではその特徴を十分に活かしている。

このペリメータゾーンの位置づけは、事務室全体の TAL 下での居住環境に大きく影響している。リフレッシュゾーンに設定されたペリメータゾーンは南向きであるため、年間を通して直射日光はほぼペリメータゾーンから奥には到達しない。また、リフレッシュゾーンは特に窓からの直射日光を遮蔽する必要がないゾーンとしているため、ペリメータゾーンは外部とのバッファゾーンとなり、室奥からでも屋外を感じられ執務者に解放感をもたらせることに成功している。

[http://www.okamura.co.jp/company/topics/office/2009/office\\_lab.php](http://www.okamura.co.jp/company/topics/office/2009/office_lab.php)

### 3-2 欧米での導入事例

<http://www.luxemozione.com/2010/01/illuminazione-nei-luoghi-di-lavoro.html>によると、イタリアでも TAL を進めるにあたって、照度だけの評価では不十分とし、UNI規格でも、輝度の分布、グレア、光の方向、演色と光の見かけの色、フリッカー、日光の制御が重要と述べられている。

また、照度レベルにおいては  $U=E_{min}/E_{med}$  が 0.7 より大きいことが必要とされ、ここでの最小、平均照度はタスク照明とアンビエント照明による照度の合算としている。

周知のように、既に欧米の多くのオフィスでは、TAL が広く使用されている。

アメリカの連邦政府、州政府の公共機関のオフィスでも天井に蛍光灯照明器具を設置しながら、机にはタスクライトを併用する照明方式が標準的に用いられている。例えば、図 3.23 に示すコネティカット州の公共の防犯・防災 (Public Safety) オフィスに代表される。



図 3.23 Tomo-therapy Office, Wisconsin, USA

### References

- 3-1) 山本茂義、小堀哲夫、小玉敦膜：膜天井によるオフィス照明とその検証 日本建築学会大会梗概集 環境工学 I pp.415-418,2007

## 4. TALの有効性

### 4-1 オフィス執務者の在席率とタスクライトの在/不在制御

タスク照明の消費エネルギーは、採用される照明器具の消費電力に依存するが、タスク照明の使用時間にも大きく関係する。1995年のTALシステム研究調査委員会の報告書においてTALに適した執務室の形態は「執務者の在席率が低いこと」と述べられており、さらに調査結果として平均在席率は47.7%と報告されている。一般的に、日常のオフィスにおいて執務者は会議・ミーティング・昼食・休憩・トイレなどにより、席を頻繁に離れることが多い。近年、LEDなど高効率のタスク照明が多く発売され、タスク照明自体の消費電力が少なくなったとはいえ、運用におけるタスク照明のエネルギー削減も重要な事項である。

ここでタスク照明の点灯時間と関係する「オフィスの在籍率」については、タスク・アンビエント空調での研究報告例が多く、以下に成果を記す。

表 4.1 事務室執務者の離席率

	平均離席率[%]	計測方法	備考	論文
1	68.9	カメラによる15分毎間隔	研究執務室39名を調査	4-1
2	61~73	アンケート	事務系、技術系、営業系 174名を対象	4-2
3	68	椅子座面の温度変化 1分間隔の計測	T社研究所 31名	4-3
4	61		T社	4-4
5	71		T社30名	4-5
6	53		S社建設部門 43名	4-6
7	55		一般事務系 43名を対象	4-7
8	68		事務、営業 108人	4-8
9	63		設計担当 128人	4-9
10	65		教育関連 事務45人	4-10
11	58		教育関連 総務36人	
12	68		建築設備 技術106人	
13	56		建築設備 総務43人	4-11
14	54~69		事務、営業系 108人	

上表から平均的な離席率は約60%と算出でき、上述のTALシステム研究調査委員会による平均在席率：47.7%と勘案すると、一般的な在席率は40~50%程度と考えられる。

このようにオフィスの在席率が低いことは、パーソナル照明であるタスク照明の点灯時間が短いことを意味し、離席時にタスク照明を消灯させるなど適切な運用を実施すれば、更なるエネルギー削減につながると考えられる。ただし、確実に消灯できれば良いが、マニュアルでのON・OFFの場合、消し忘れや面倒さもあり、執務者の満足度を低下させる要因となる可能性も否めない。このような場合、センサなどによる在/不在制御を利用することが有効であり、採用するオフィスも多くなっている。センサによる在/不在制御の方式・手法については、6章で詳しく述べる。

一方、留意すべき点として、タスク照明の点灯・消灯時、眩しさや点滅による不快感な

ど、周りの執務者に少なからず影響を与える場合もあり、滑らかな点灯・消灯機能を有するタスク照明を採用するなどの配慮も必要と考える。

#### 4-2 机上面照度と照射距離

「光は距離の2乗に反比例して減衰する」という逆二乗の法則はあまりにも有名であるが、オフィス照明の推奨基準である作業面 750lx を得るためには、全般照明方式による天井からの照射より、デスク近くに配したタスク照明からの照射の方が少ない電力で高照度を得ることができ高効率である。さらに可動式のタスク照明を用いることで、光源を対象に近づけることにより、低電力で高照度を得ることも容易である。

#### 4-3 アンビエント照明の低出力化

空間の明るさ感に影響するアンビエント照明は、比較的高出力に設定しがちであるが、アンビエント照明だけで作業できる照度が確保できた場合、全般照明方式となんら変わりがない。一般的にアンビエント照明は、タスク照明より総消費電力に占める割合が高く、アンビエント照明の低出力化はエネルギー削減に大きく貢献する。このことからアンビエント照明は、安全性の確保とコミュニケーションできる程度の最低限の電力消費に留めることが望ましい。

一方、アンビエント照明を極端に下げ過ぎると、執務者に暗く陰鬱な印象を与え、さらにタスク照明とアンビエント照明の照度比が大き過ぎると「目が疲れやすい」「不安になる」などの恐れがあるため、間接照明、フロアスタンド、ウォールウッシャーなどで天井・壁面を照らす、パーティションの活用や壁面の絵画などをスポットライトで照射するなど、空間全体の明るさ感を高める手法を講じ、執務者に不快感を与えない照明設計が重要である。

#### 4-4 タスク照明への好みの反映

オフィスでのワークシーンで自席では様々なシーンが存在する。集中して考える、発想を広げる、リラックスする、休息する、など、これらのシーンに適した視環境の状態を明らかにするとともに、その状況を好みに応じて選択できるようにすることは重要である。

灯具の色温度は一般の照明器具で再現される値として 3,000～5,500 K を、照度は照明学会の定めるオフィス照明設計技術指針による、「やや粗な視作業」～「非常に精密な視作業」の照度範囲にあたる 200～2,000 lx の条件下で行った評価実験から得られた結果を一例として以下に示す。

##### 4-4-1 高照度・低色温度の領域

低色温度により、緊張を和らげるようなリラックス感を持ちつつ、高照度によって仕事のはかどり感を高める効果がある。アイデアを展開するような発散思考に適しており「頭がさえている感じ」「心地よさ」「時間のゆとり感」などにおいて、全体的に良好な光環境であるといえる。

##### 4-4-2 高照度・高色温度の領域

高色温度より、メリハリや機敏さを強く感じさせ、高照度によって仕事のはかどり感を高める効果がある。仕事のはかどり感が高い一方、心地よさや緊張感において精神的負担も多少ある。

##### 4-4-3 低照度・低色温度の領域

リラックスや余裕を感じさせる照明条件である半面、機敏性に欠ける。余裕のある時間感覚や心地よさの高さから、ゆったりと1人こもって黙考するのに適した照明条件といえる。

#### 4-4-4 低照度・高色温度の領域

高照度・高色温度の領域の特徴と同じ傾向があるが、低照度のため仕事のはかどり感は非常に低い。高色温度のため、「頭がさえている感じ」や「メリハリ感」は差が見られないうえに照度を上げると「機敏性」「緊張感」「仕事のはかどり感」が上昇する。

以上、タスクライトには色温度 3,000～5,000 K で調整できるとともに、作業面からの高さを調整できるようにすることで、作業シーンや好みに合わせた視環境が実現できる。

#### References

- 4-1) 嶋村仁志、山田哲弥、杉山武、岩田美成 「研究執務スペースのフリーアドレス化に関する研究 (その1) 日本建築学会計画系論文集 pp.129-134, 1998
- 4-2) 富岡弓絵、李晟在、亀田健二、野部達夫、田辺新一「タスク・アンビエント空調に関する研究 (その2) 日本建築学会計画系論文集 pp.119-124, 2000
- 4-3) 中川優一、三村良輔、流田慎也、小林弘造、丹羽勝巳、篠塚大輔、清田修、稲垣勝之、田辺新一 「タスク・アンビエント空調システムに関する研究 (その35) 日本建築学会大会梗概集 環境工学II pp.1177-1178,2007
- 4-4) 篠塚大輔、中川優一、小林弘造、丹羽勝巳、清田修、相澤芳弘、田辺新一「タスク・アンビエント空調システムに関する研究 (その31) 日本建築学会大会梗概集 環境工学II pp.1027-1028,2006
- 4-5) 中川優一、篠塚大輔、小林弘造、丹羽勝巳、清田修、相澤芳弘、田辺新一「タスク・アンビエント空調システムに関する研究 (その30) 日本建築学会大会梗概集 環境工学II pp.1025-1026,2006
- 4-6) 篠塚大輔、林純子、富岡弓絵、李晟在、針ヶ谷純吉、野部達夫、田辺新一 「タスク・アンビエント空調システムに関する研究(その22) 日本建築学会大会梗概集 環境工学II pp.1241-1242,2004
- 4-7) 秋葉友利、新川隆将、竹内由実、刑部尚樹、神野潤、石山徹、野部達夫 「省エネルギー改修建築の実測評価」その5 2004年のオフィス執務状況とコンセント電力消費量」日本建築学会大会学術講演梗概集、 環境工学 pp.1255-1256 2005
- 4-8) 秋葉友利、真野智敬、柴田理、刑部尚樹、神野潤、石山徹、野部達夫 「省エネルギー改修建築の実測評価 」その2 オフィスの執務状況とコンセント電力消費量」日本建築学会大会学術講演梗概集、 環境工学 pp.1233-1234 2004
- 4-9) 新川 隆将、野部 達夫「オフィスにおける内部発熱負荷要因の経時変化」日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.1167-1168 2006
- 4-10)新川 隆将、野部 達夫「オフィスにおける内部発熱負荷要素に関する実態調査」日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.1171-1172 2007
- 4-11)八木田裕悟、岡田英理子、福井拓、川瀬貴晴「事務所(新聞社)ビルの環境実測調査及びエネルギー消費実態調査 (その2): 在席率とフロアレベルでの消費電力量の変化」日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学 pp.1263-1264 2006

## 5. TAL 普及の妨げと考えられる諸問題とその解決策

理論的には、確実なエネルギー消費量の削減が見込める TAL ではあるが、これまでの CO2 排出抑制を進めなければいけない状況においても広くは普及しているとは言えない。TAL 普及の妨げとなる諸問題は下記と考えられる。

### 5-1 JIS 照明基準における推奨照度

作業面の推奨照度 500~1,000 lx を天井全般照明でクリアしなければいけないと誤解している設計者が多く、これが TAL 普及の足枷となっているようである。

作業面照度はタスクライトによる確保でも JIS 基準を逸脱していないことを明確化し、更に可能であれば照度だけに頼らない設計の大切さも広めていくことが大切であろう。

### 5-2 快適な居住環境との関連

TAL による出力の低いアンビエント照明は空間を陰湿化させるイメージが定着していることも普及が進まない一因になっていると考えられる。

現在は、照明の出力を増加させずに明るさ感を向上させる研究や試みも進められている。明るさ感による設計の普及により、アンビエント照明の出力低下と空間の陰湿さのつながりは払拭できる可能性がある。

### 5-3 貸ビルにおける光環境評価

現状では、貸ビルの光環境は机上面照度だけで評価される例が多い。そればかりか、机上面照度は建物の性能評価上の重要な評価指標としても活用されている。

しかし、今後の更なる省エネルギーニーズの高まりにより、照度に代って消費電力が評価指標となる可能性も予測される。

調光機能を備え、低出力時にも効率が低下しない LED を天井全般照明器具として使用しさえすれば、全般照明であっても低出力化による省エネルギーは達成しやすくなるであろう。しかし、こういった天井全般照明の出力を低下させただけのものをアンビエント照明として設定することは TAL のマイナスイメージにつながる可能性がある。アンビエント照明は居住環境やタスクライトとの調和を考慮するのが正しい計画であるためである。同じく、半ば消費電力の低さを競争することが目的のように、照明の消費エネルギーの指標である  $w/m^2$  の低さのみを目指すことも後々の TAL の発展のためには妨げとなりはしないだろうか。このような競争に進んでしまうと、再び TAL は快適な居住環境に適さないとの評価につながり、多くの努力が水泡に帰す恐れがある。

よって、正しく計画された最適な TAL の計画が求められるが、間仕切り対応や排煙性能と一体化されたシステム天井とは異なる形状になる可能性もあり、自社ビルでは受け入れられても貸ビルでは受け入れられない可能性もある。

そこで、貸ビルにおける TAL 普及の解決策のひとつとして、現在の不動産市場においては簡単なことではないが、レンタルエリアのスケルトン化が考えられる。スケルトン化とはオフィス空間内の諸設備を備えずに借手に自由に設えさせるといった、欧米に多いレンタル方式である。これにより、すべての貸ビルはテナントにとっての自社ビルとなるため自由度が高まり、TAL の普及も高まるとの目論見が意味するところである。少なくとも基準照度によるレンタルオフィス性能評価項目による TAL 普及の妨げからは回避できそうであるが、スケルトン化を進めるためには、不動産市場においてはテナントの負担増が大きな問題点である。

#### 5-4 レンタルオフィスにおける資産管理

貸ビルにおいては在席人数の把握が困難であり台数の確定ができないため、タスクライトをビル側資産では導入しにくい。仮に、台数設定してタスクライトをテナントに貸与しても、不足分をテナントが購入せざるを得なくなり、双方資産が混在する。

#### 5-5 空間のフレキシビリティとの関連

現代のオフィスは自社ビル、貸ビルを問わず、小間仕切とそれに伴う設備対応などにおいて将来に対するフレキシビリティが重要とされている。天井全般照明は長い年月を経てこれら一連の課題が解決された、成熟した空間構成の一要素となっている。

違和感のないアンビエント照明を計画することも容易なわけではないが、天井全般照明以外でこれらフレキシビリティを追求した計画をおこなうのは、さらに困難であり、今後の光環境の設計者に求められる課題である。

なお、例えば、大林組技研、ROKI 本社のように、オフィス空間を吹抜空間として隣接する廊下部分とも立体空間的に一体とするコンセプトで構成し、そもそも間仕切という概念を排除したオフィスの計画も TAL を普及させていくうえでは大切と考えられる。

## 6. TALに関するハード、ソフトの動向

### 6-1 不在検知技術

#### 6-1-1 熱線センサ

熱線の変化を検知して動作するセンサであり、人感センサとしては最も一般的で比較的安価である。一定時間じっとしていると、不在と判断されて消灯することがあるので、その場合は少し動いて再度検知させる必要がある。また、机のそばを通るだけでもセンサが動作して点灯することがあるので、ON/OFF スイッチと組み合わせて使用しない時にはOFFにしておく必要がある。



図 6.1 熱戦センサと検知範囲

#### 6-1-2 IC タグ

アクティブ型 IC タグ（以下 IC タグ）は、自ら決められた周波数でデータを発信し、各所に配置した受信アンテナで信号を受信することで位置情報把握や在席検知など様々な利用できる。

大林組技術研究所本館の事例を紹介する。机の天板裏に小型トリガユニットを設置し、このトリガユニットがつくるトリガ磁界にアクティブ型 IC タグが入ると、どの席に誰が座ったという情報（机のトリガユニットの ID と IC タグの ID）を送信する。この情報をもとに、IC タグの持ち主が自分の席に座った時（トリガユニットの ID と IC タグの ID が一致した場合）のみ在席したと検知し、タスク照明が点灯する。これによって、他の人が席に近づいても在席したと検知せず（トリガユニットの ID と IC タグの ID が不一致の場合）、タスク照明は点灯しない。また、居室内では、在席検知のエリアを複数設定している。エリア内の在席者数が 0 人になればそのエリアのアンビエント照明が消灯するような工夫もされている。

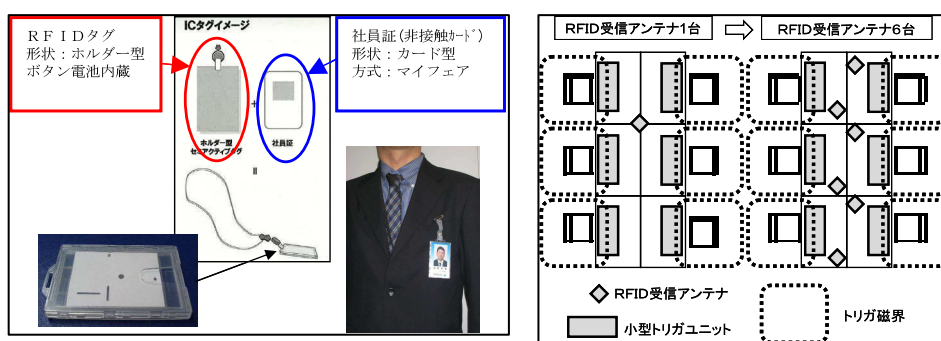


図 6.2 IC タグ形状、机配置と IC タグの関係



### 6-1-3 着座センサ

TAK イーヴァック新砂本社ビルの事例。各座席の座面に、圧力式の着座センサと人体通信を使ったタグの読み取り装置が組み込まれており、着座状況だけでなく、誰が座ったかを識別できる。その情報は、椅子の下部に設置した ZigBee 無線通信ユニットからタスクライト側に送信され、その人の好みの照度や色温度でタスクライトを点灯させることができるようになっている。通信ユニットは、電池駆動式であり、1 年程度は電池交換なしで運転可能である。

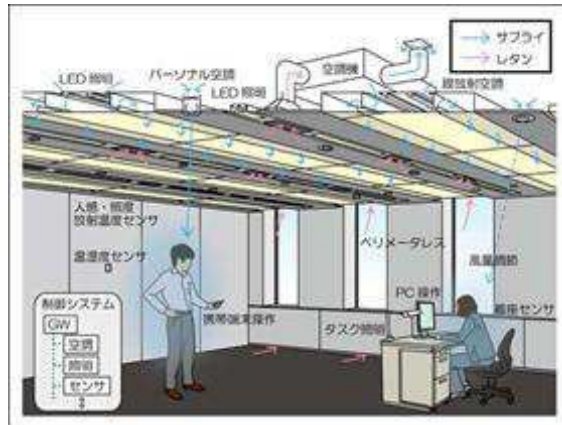


図 6.3 着座センサを含む各種制御システムを導入したオフィス

### 6-2 計測検証技術

省エネを進めるにあたって、導入システムの成果、削減ターゲットの確定などの目的から計測は必須。しかし、タスクライトはフロアコンセント負荷の計測と一括で計測されがちなので（どちらも分電盤から OA フロアを通過してコンセントで電源供給される）、何らかの分離計測する方策は必要であることと、候補となるシステムを述べる。

#### 6-2-1 コンセント差込式電力計

大崎電気工業のコンセント差込式電力計。タスクライトをコンセントに差すだけで、簡単に電力、電力量などを計測できる。メモリ機能がついているので、電源が切断されてもデータは保持される。

#### 6-2-2 コンセント差込式電力計（通信機能付）

NTTATの通信機能付きの電力計。上と同様、コンセントに差すだけで簡単に電力を計測できるが、USB-RS232C変換ケーブルを使えば、PCにデータを収集することができる。



図 6.4 コンセント差込型電力計（中、右は通信機能付）

### 6-2-3 電力センサ内蔵コンセント

富士通コンポーネントのスマートコンセント。4つのコンセントを備え、コンセントごとに1W単位で消費電力を測定でき、測定した値はUSB接続によりPCのソフトで確認できる。



図 6.5 電力センサ内蔵コンセント

### 6-3 LED 照明と TAL

近年、LED 照明が急速に普及し始めているが、次のような点で TAL と非常に相性が良く、今後 TAL の普及の追い風になることが予想される。

#### 6-3-1 調光時の発光効率が低い

図 6.6 に調光比と電力費の関係を示す。アンビエント照明は、オフィスの条件に応じて適切な明るさに調光して使用されることが多いが、LED は、調光時の方が全点灯時よりも発光効率が相対的に高くなる利点がある。例えば図 6.6 の特性では、調光比 50% に設定する場合、蛍光ランプでは電力比が約 55% になるが、LED では電力比が約 42% になる。つまり、LED は調光している光の割合よりも一層省エネになっているといえる。

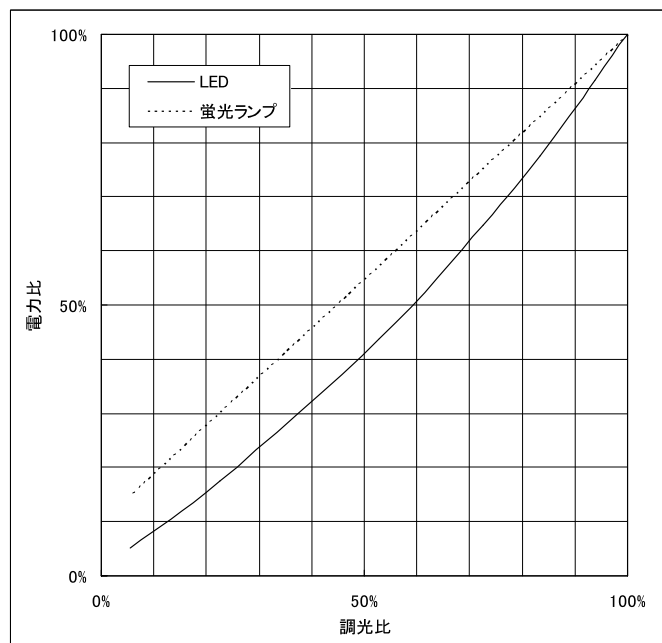


図 6.6 調光比と電力比の関係の一例

### 6-3-2 配光制御しやすい

LED 照明器具は、小さなモジュールを組み合わせるため、配置や方向を工夫することで、理想的な配光を作りやすい。また、発光部が小さいので、レンズや反射板による配光制御もしやすい。さらに、図 6.7 のようなペンダントの場合、上方光と下方光で回路を分けることにより、例えば人がいる場合は両方点灯して明視性を確保し、いない場合は上方光だけ点灯して、空間の明るさ感を確保しながら省エネを図るといったように、シーンに合わせた制御が可能になる。



上下両方点灯した場合



上方光のみ点灯した場合

図 6.7 上下配光型 LED 照明器具による演出の一例

将来的には、LED だけでなく有機 EL も含めた固体照明が実用化され普及すれば、光る天井や壁、パーティションなど、建材と照明の融合が進み、欲しい時、欲しい場所に、欲しいだけの明かりが自由に得られるようになるのも夢ではないかもしれない。

### 6-3-3 調光・調色しやすい

従来の蛍光灯でも複数の光色を組み合わせれば調光・調色は可能であったが、ランプ本数が多くなるため、どうしても器具が大きくなりがちであった。一方、LED は発光部が小さいので、複数の光色を組み合わせてもかさばらず、コンパクトにできるメリットがある。また、光色の異なる LED を交互に並べることで、色むらの少ないきれいな発光面を実現できる。

オフィスにおける調光・調色の使い方としては、アンビエント照明では、サーカディアンリズムに合わせて、昼間は高照度・高色温度、夜間は低照度・低色温度に変化させたり、職種や作業内容によって明るさや光色を切り替えたりすることができる。また、タスク照明では、執務者自身が、好みや体調、作業内容によって、手軽に明るさや光色を切り替えることができる。これによって、単に省エネだけでなく、快適性や知的生産性の向上が期待されている。



図 6.8 アンビエント照明での調色の使用例



図 6.9 タスク照明での調色の使用例

#### 6-4 快適性を検証する方策と制御への反映

現状では、TAL の光環境評価に広く実用化されている調査システムはまだないが、評価方法の開発は過去から実施されている。たとえば、オフィスの室内環境評価法(POEM-0)は、居住後に光環境の物理評価と心理評価を行うための調査システムで1990年代に開発された<sup>6-1)</sup>。光環境総合評価システムは、照明学会の研究調査委員会で開発した光環境性能を質の向上と負荷の低減の側面から評価するシステムである<sup>6-2)</sup>。また海外の照明メーカーからは光環境の質の評価と、消費エネルギーやライフサイクルコストを可視化するソフト VIVALDI が報告されている<sup>6-3)</sup>。

これらの評価方法や調査システムが確立されれば、省エネルギー消費電力と良好な光環境を両立できる制御アルゴリズムが開発され、照明制御による快適な TAL が実現できる可能性がある。

#### 6-5 昼光と TAL

自然エネルギーの活用は省エネルギー効果が高い。しかし、側面窓を有する空間などでは、たとえ直射日光を遮光したとしても、図 6.10 のように、室内面の輝度と窓面輝度の差が大きすぎ、輝度対比の影響で室内が暗く感じることもありえる。

TAL 計画では、昼光を取り入れることで明るさ感を損なわないように採光量、すなわち窓面輝度を調節する必要がある。例えば、窓に設置された電動ブラインドのスラット角度制御に窓面輝度の調節は可能である。

図 6.11 は、2種類の塗装色のブラインドを設定し、角度毎の窓面平均輝度を算出し

ラフにしたものである。真南面の窓において6月の正午を条件として計算したが、反射率の低いスラットを有するブラインドのほうが緩い閉鎖角度でも輝度が抑えられることが確認できる。つまり、閉鎖角度が緩く外部視認性が高くても窓面輝度が抑制できる可能性があり、高い明るさ感と外部視認性の両立と省エネルギーの達成が期待される。更に明度の低い塗装色のブラインドは、同じスラット角度であっても明度の高いブラインドに比べて外部の視認性が高いメリットもある<sup>6-4)</sup>。また、これまで明度の低いブラインドは直射日光の照射を受けて熱だまりとなり輻射熱を放出することが問題となってきたが、近年は熱だまりとならない遮熱塗装ブラインドも開発され、低明度でも高明度と同程度の放射特性となっている。よって、ブラインドによる明るさ感調節は有利な状況となってきている。



図 6.10 窓面輝度と室内輝度の対比が激しいケース

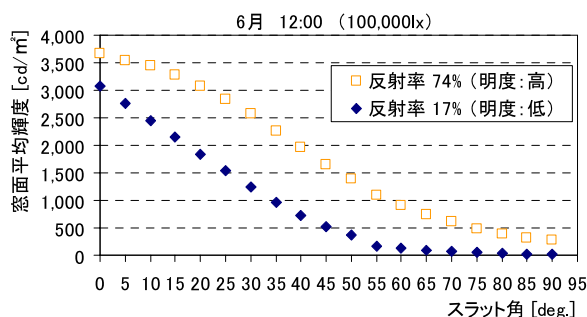


図 6.11 2種類のブラインドによるスラット角度と窓面輝度の関係

明るさ感を損なわずに採光できる最適スラット角度の設定は、フィードバック制御できるセンサーやこれを利用したシステムが確立されていない。よって、計測した昼光照度からブラインドを介して室内に到達する昼光による照度を求め、これから窓面平均輝度を逆算し、室内の輝度との比較から明るさ感向上に寄与できるレンジに収まっているかの確認を繰り返すプログラムを設定するフィードフォワード方式で可能となる。

## References

- 6-1) 「オフィスの室内環境評価法 (POEM-O普及版)」建設省建築研究所監修 1994年 ケイブン出版
- 6-2) The VIVALDI software continuously calculates daily and annual energy consumption and displays country-specific CO2 emission levels:  
[http://www.zumtobel.com/vivaldi/en/244\\_740.html#vivaldi/en/244\\_739.html](http://www.zumtobel.com/vivaldi/en/244_740.html#vivaldi/en/244_739.html)
- 6-3) Bert Junghans  
Interactive visualization of lighting solutions in connection with methods for balancing lighting quality, efficiency and life cycle cost : Proceedings of CIE 2010 "Lighting Quality and Energy Efficiency", 249252  
\*TAL委員会H22年第2回資料より
- 6-4) 伊藤大輔、岩田利枝：ブラインドを通して見る眺望に対する在室者の満足度にブラインドと屋外の輝度比が与える影響 日本建築学会環境系論文集 pp.17-23, 2007

## 7. TAL における照明方式の設計基準

### 7-1 TAL が望ましいオフィス

TAL 方式が有効な執務室の形態は、①執務者個々人の作業の独立性が高いこと、②執務者 1 人あたりの専有面積が広いこと、③高照度を必要とする作業があること、④執務者の在席率が低いこと、⑤昼夜を問わず仕事をする必要があること、である。このような執務室において、上述した TAL の節電のメカニズムを活用することにより、全般照明方式の消費電力量を約 60%を削減できるとしたシミュレーション結果もある。

建築物の消費エネルギーの内訳では、約 20%が照明設備に費やされるとされている<sup>7-1)</sup>。導入対象となる執務室の条件が必ずしも①～⑤の 5 項目を満たさなくても、TAL 方式採用による照明エネルギーの削減効果は、建築物全体でみても節電効果があることが期待できる。

### 7-2 照明方式

TAL 方式採用の際のコツとして、下記の 3 条件を挙げる。

- ①タスク照度を JIS Z 9110:2010 の推奨作業面照度に準拠して設定すること
- ②安全性を確保できるアンビエント照度を保つこと
- ③アンビエント照明の工夫により空間の明るさ感を確保すること

前述の通り、節電のためにアンビエント照度を下げるとは大変効果的であるが、極端に低照度に設定すれば空間の明るさ感が低下し、陰鬱に感じる恐れがある。このような陰鬱さが、これまでわが国で TAL 方式が普及しなかった原因であると考えられるため、陰鬱さを生じさせない、空間の明るさ感を確保した計画とすることが大変重要である。

省エネと空間の明るさ感をバランスさせる「光の最適化」のための手法を下記に述べる。

#### 7-2-1 アンビエント照明

前述したとおり、アンビエント照明に必要な条件は、安全性を確保できる照度と空間の明るさ感の確保である。

天井照明を新築・改修する場合、方式としては、直接照明、間接照明、直接／間接照明などいずれの照明方式の照明器具を用いることもできる。直接／間接照明方式とは、天井から吊り下げられた下方光と上方光の両方を有する照明器具により照明する方式であり、欧米では広く用いられている。天井を照らし上げることで空間の明るさ感を向上でき、かつ下方光により照度にも貢献する方式といえる。

天井照明を改修しない場合、全般照明方式の照明器具からランプを間引いて簡易なアンビエント照明を実現することもできるが、以下の点に留意する必要がある。全般照明の間引きは空間にまわる光が少なくなり、どうしても陰鬱な雰囲気になりがちである。後に述べるが、空間内の反射率は明るさ感に大きな影響を与えるため、例えば既設の什器の反射率を高くすることで、陰鬱な雰囲気を軽減することが可能である。また、自立できるキオスク型のアップライトや什器に取り付けたアップライトによって、間接照明方式のアンビエント照明を提供することも空間の明るさ感の向上に効果がある。

間引く箇所でも空間の雰囲気は変化する。壁際の照明を間引くと全体の明るさ感がダウンしてしまうため、陰鬱な雰囲気を出さないためにはできるだけ残した方が肝要である。また、間引いた際に執務室の照度均斉度が極端に低くならないように、間引く照明の分布にバランスを保つよう配慮が必要である。

アンビエント照明を考える際には、壁、床、天井や家具などの内装反射率も考える必要がある。いくら光を投入しても、反射率が低ければ明るい空間にすることは難しい。光を与える部位とその反射率を考慮し、空間として総合的にアンビエント照明を考える必要がある。

省スペースかつ指向性を有した LED 光源により、照明方式の幅は広がっている。有機 EL の登場も、効率的に面的な明るさを提供できるアンビエント照明として今後、十分可能性をもっている光源である。

## 7-2-2 タスク照明

### (1) 設置方法

タスク照明は、机の上に置いたスタンド、机の縁にクランプで取り付けたアームスタンド、棚下やパーティションに取り付けた照明器具により提供できる。また、指向性の高いタスク照明器具であれば天井に取り付けることもできるが、照度は距離の二乗に反比例するため、吊下げ器具にするなどして、効率よくタスク照度をとる必要がある。

### (2) タスク照明器具の選び方

タスク照明器具の選定に際して、下記の条件を確認するとよい。

- ① 効率のよい、蛍光ランプあるいは LED などを光源とするもの
- ② 照明器具の発光部のまぶしさを抑えたもの、あるいは、照射方向を調整できるもの
- ③ 視作業面を広く均一に照明できるもの
- ④ 個人の嗜好にあわせられるフレキシブル性をもつもの

④に関しては、作業面照度と照射位置を調節するために、発光部の位置と高さがアームにより調節できるもの、さらに、個人の好みに応じて色温度や照度の調光ができるものが望ましい。調光や高さ調節機能のあるタスク照明器具を選定することで、執務者の光環境に対する満足度を高めることができる。

TAL 方式のパターン例を下に提案する。



図 7.1 タスクアンドアンビエント照明方式のパターン

## 7-3 照明器具

### 7-3-1 アンビエント照明器具

#### 1) アンビエント照明器具の要件

- ・ LED や Hf 蛍光ランプなど高効率の光源を使用する。
- ・ 調光機能により任意の照度に設定できる。また、明るさセンサや人感センサで調光制御できる。
- ・ 演色性が高い。Ra80 以上が望ましい。
- ・ ルーバや拡散パネルにより、グレアが抑制されている。UGR19 以下が望ましい。
- ・ 空間の明るさ感に配慮し、天井面や壁面を照射する配光を有するものが望ましい。

#### 2) アンビエント照明器具の形態

##### i) 天井埋込型

メリット : 既存の照明器具を利用できる。

デメリット : 天井が暗くなるため、明るさ感が不足しがちである。吊り下げパネル付の照明器具やウォールウォッシュャー、ブラケットと組み合わせることで改善可能である。

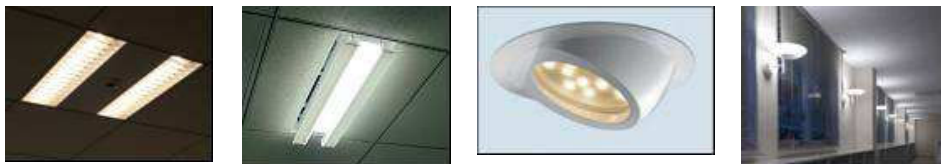


図 7.2 天井埋込型照明器具

##### ii) 吊下型

メリット : 天井面に光を照射することで、空間の明るさ感が向上する。

デメリット : 天井が低い場合、圧迫感を感じやすい。間仕切りの変更に対応しにくい。

##### iii) 床置型

メリット : 天井面に光を照射することで、空間の明るさ感が向上する。レイアウトに合わせて移動可能である。

デメリット : 人の移動の邪魔になる場合がある。



図 7.3 吊下型照明器具



図 7.4 床埋込照明器具



#### d) 什器利用型

メリット：天井面に光を照射することで、空間の明るさ感が向上する。

デメリット：間接光が主体となるため、照明率が低い。



図 7.5 什器利用型アンビエント照明

### 7-3-2 タスク照明器具

#### 1) タスク照明器具の要件

- ・ LED や Hf 蛍光ランプなど高効率の光源を使用する。
- ・ 視作業に必要な明るさを確保できる。JIS C 8112 蛍光灯卓上スタンドの A 形以上の性能であることが望ましい。
- ・ 調光・調色機能があることが望ましい。
- ・ 位置や高さを調整できることが望ましい。
- ・ 演色性が高い。Ra80 以上が望ましい。
- ・ 作業へのグレアが抑制されている。
- ・ 光のチラツキがない。

#### 2) タスク照明器具の形態

##### i) スタンド型

メリット：持ち運びができ、机の上の好きな場所に置くことができる。

デメリット：机の上で場所をとるため、邪魔になる場合がある。



図 7.6 スタンド型タスク照明

## ii) 什器取付型

メリット：可動範囲が広く、高い位置からも照明できる。机の上の場所をとらない。

デメリット：持ち運びしにくい。多数設置すると、雑然とした印象になる。



図 7.7 什器取付型タスク照明

## iii) 吊下型

メリット：机上の取り付けスペースが不要となる。

デメリット：レイアウト変更に対応しにくい。



図 7.8 吊下型タスクライト

## iv) 天井取付型

メリット：机上の取り付けスペースが不要となる。

デメリット：レイアウトに合わせて照射方向の調整が必要になる。パーティションなどによって遮光される可能性がある。



図 7.9 天井取付型タスクライト

## 7-4 照度、輝度分布

### 1) 作業面

作業面照度は JIS Z 9110:2010 照明基準総則に従うものとする。

### 2) 作業面以外

アンビエント照度は概ね 200lx~600lx の間で選択する。ただし、アンビエント照明は照度のみを拠り所とせず、空間の輝度分布による明るさ感などを考慮して計画すべきとするのが、現在、快適な作業環境の実現に必要とされている。

### 3) 作業面と作業面以外の比や差

JIS Z 9125:2007 屋内作業場の照明基準には、作業領域の照度と作業近傍の照度の対応が記載されている。作業領域の照度をタスク照度、作業近傍の照度をアンビエント照度と捉えれば、T/A 比は 1~1.7 となる。

作業領域の照度	作業近傍の照度
750 以上	500
500	300
300	200
200 以下	作業照度と同一の照度

## 7-5 パーティション

オフィスで使用されるパーティションはワーカーの執務空間、作業領域の分離、確保のために使用されるが、室内空間としては鉛直面を構成する壁面と同じ要素を含み空間の明るさ感に大きな影響を及ぼす。

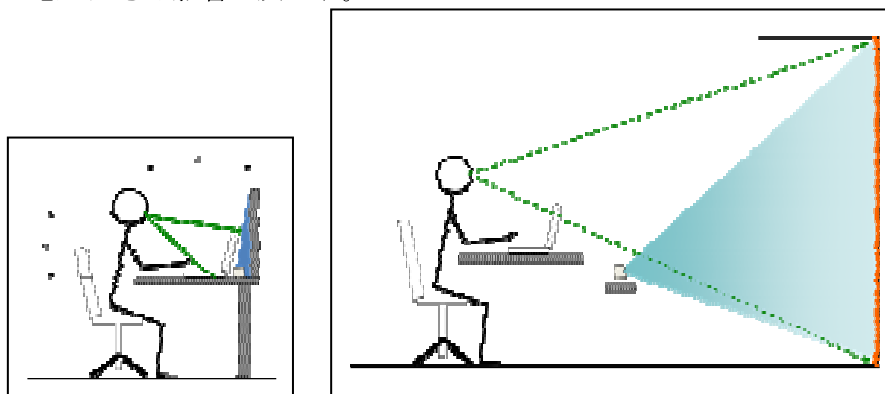


図 7.10 机上パネル、壁面の輝度と執務作業との影響評価実験

作業面とパーティション面との輝度比 1:1~1:10 の範囲で執務への影響を調査した実験が行われた。パーティションの輝度の効果を表す一例として、次に実験の結果を示す。大まかには、好みへの影響は見られず、空間全体の明るさ感に必要な執務者の視野に入らない光源の設置に配慮する必要があることが明らかになった。

壁面に照らす照明の面積と輝度を変えて評価を実施した結果、「明るさの印象」は、照射範囲が広いほど評価は高いが、照射範囲が 60%を超えると輝度比の違いによる差が無くなる（照射範囲が狭いと輝度比が高いと評価は低い）。照射範囲が 50%付近で、輝度比の高いほうが安心感の評価が高くなる。照射範囲が 50%付近で、輝度比の高いほうがオフィスの明るさとして適当な印象がある。壁面輝度分布として不快でない適当な条件として照射範囲 60%輝度比 1:10 程度であることがわかった。

空間全体の印象として配慮すべき点は

- ①パーティション面と床からの高さ 700mm 以上の壁面はコントラストを小さくし、照度 200lx 前後を確保する。
- ② 家具や壁面の色は反射率の高い明るい色を使用する。
- ③ タスクおよびアンビエントの光源を利用して視野に直接光源が入らないように光を配分してデスクワーク時の鉛直面の明るさを確保する構成する。
- ④ 床からの高さ 700mm 以下では照度 50lx 以上を保つ。
- ⑤ 外光はロールスクリーン等で入らないようにし、室内のコントラストを小さくする。

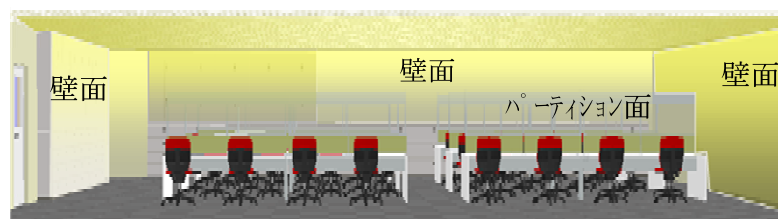


図 7.11 オフィス空間の構成

## References

- 6-1) ) 財団法人日本省エネルギーセンターHP 「オフィスビル消費エネルギーの特徴」  
[http://www.eccj.or.jp/office\\_bldg/01.html](http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html)



## 8. TAL 導入効果の評価

本章では、TAL の導入効果の評価について述べる。

まず、TAL の導入効果の評価する前提として注意すべき点、次いで、モデルオフィスによる TAL 導入効果の評価事例を示す。

### 8-1 TAL の導入効果の評価する前提として注意すべき点

TAL の導入効果の評価は、TAL を導入しない場合と TAL を導入した場合の比較によって行うことになるが、その比較の前提条件は、新築の場合と改修の場合で異なる。

新築の場合は、TAL を導入しない場合の標準的な条件を想定する必要がある、改修の場合は、既存建築物における照明の条件や、現状の計測をベースに TAL 導入の効果を評価する必要がある。効果の評価に際しては、どのような条件と比べているのか考慮すべきであり、例えば、既存の全般照明方式と TAL を比較する場合、従前の設定を過剰な照明の条件にすると導入効果は現実よりも高くなってしまうことになる。

その他、評価したい機器の効率や照明方式以外のセンサー等の照明制御手法が比較する対象間で異なっている場合、効果の評価はそれらを分離しなければならない。単純な結果としての値だけに左右されないようにすることが重要である。

また、設計・施工時（新築・改修）の評価と運用時の評価は異なるので、これらについても TAL の評価を行う際、留意するようにする。

図 8.1 及び図 8.2 に新築と改修の場合に想定される設計・施工時、運用時の TAL 評価の位置づけを示す。

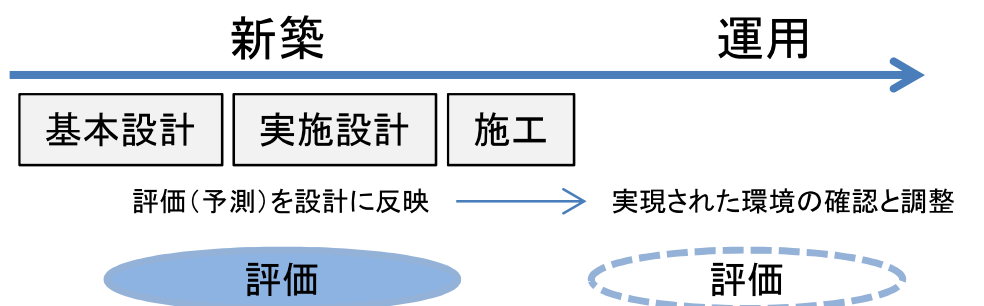


図 8.1 新築で想定される設計・施工時、運用時の TAL 評価フェーズ

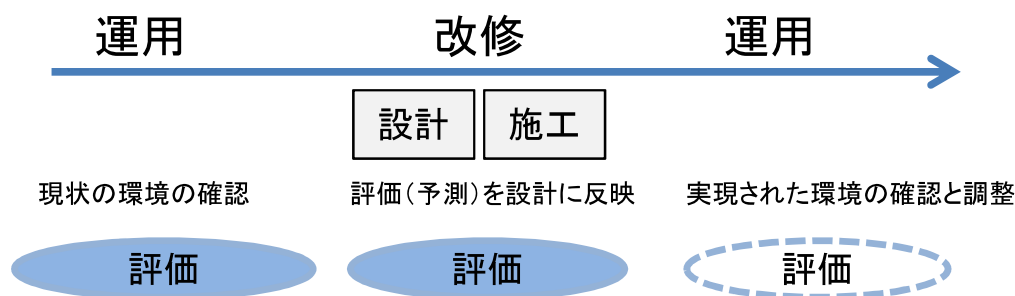


図 8.2 改修で想定される設計・施工時、運用時の TAL 評価フェーズ

設計・施工時については、基本設計時を優先して効果を予め評価し、評価結果を実施設計や施工時の調整に反映できるようにすることが重要である。

省エネルギー性、イニシャル・ランニングコスト等の経済性、LCC02 削減量や、7章の TAL 設計基準に該当する項目等を設計時に考慮しておくことが望ましいが、実際の設計においては、家具・什器等が早い段階では未定である場合もあり、当該の設計段階で得られている情報をもとに、それらの情報が無い場合には、標準的な仕様・性能を想定して評価することになる。

運用時については、評価は現状の把握のためになされ、新築の場合は設計後に実現された環境の確認と調整、改修の場合は、改修前の性能の確認が主な目的となる。

TAL による照明エネルギー消費については、在席率等を想定し設計時にある程度の予測は可能であるが、消費量は執務者の不在時の消灯で変化することから、実際の効果を把握するためには運用時の計測による照明消費電力のチェックを行う。照明・コンセントの回路が分かれている場合には、タスクとアンビエントの内訳の実際が把握でき、そうでない場合には、照明を含めた総量から推定し評価する。

#### **8-2 モデルオフィスの適用による TAL 導入効果の評価**

以下では、TAL の有効性を、光環境の検討及び省エネルギー効果と経済性、LCC02 削減量の観点から、モデルオフィスの設計を対象として評価した事例として示す。



### 8-2-1 モデルオフィスの設定

TAL 導入の一般的なケースとして新築の標準的な規模の執務室を想定した。また、簡易に検討するため、昼光及び照明制御手法は評価の対象としないこととした。

比較対象となる従前の照明設備は全般照明方式とし、照明器具は現在普及している Hf 蛍光灯（ルーバ有）、長手方向の器具配列で、設計照度 800lx、デスクは長手方向壁面に相対する 6 席の島が 6 つで 36 席を想定した。

評価する TAL のアンビエント照明については、全般照明方式と同じ器具で、約半数の数で 400lx が得られる配置とした。ただし少ない数の器具で壁面の明るさ感が得られるよう、横手方向の器具配列とし、対向壁面と器具の距離が近くなるようにした。

TAL のタスク照明については、LED による卓上スタンド（調光可）より 400lx 以上を確保できる設定とした。また効率的な TAL となるようパーティション高及び反射率をそれぞれ全般照明方式の設定よりも高い 1.3m、50%とした。

モデルオフィスと照明設備概要を表 8.1 に示す。

表 8.1 評価対象とするモデルオフィス及び照明設備の設定概要

	全般照明方式	TAL
設定対象空間	間口 19.2m×奥行 12.8m×天井高 2.8m	
	36 席、パーティション高 1.0m	36 席、パーティション高 1.3m
計算面高さ	机上面（床上 0.8m）	
室内反射率	天井 70%、壁 50%、床 10%	
	パーティション反射率 50%	パーティション反射率 50%
設計照度	800lx	アンビエント照度:400lx タスク照度:400lx 以上
照明器具	天井埋込型下面白色ルーバ付 Hf 蛍光灯 32W×2 灯用：42 台 （長手方向） 消費電力 95W 製造者の標準配置で UGR19 を 実現	アンビエント照明： 天井埋込型下面白色ルーバ付 Hf 蛍光灯 32W×2 灯用 20 台（横 手方向） 消費電力 95W 製造者の標準配置で UGR19 を実 現  タスク照明： 卓上スタンド、白色 LED 器具（調 光可）36 台 消費電力 7.4W

### 8-2-2 TAL 導入による効果の検討：光環境の評価事例

モデルオフィスの設定に沿い、照明シミュレーションソフトウェア (DIALux<sup>注1</sup>) により、全般照明方式の場合と TAL の場合に想定されるそれぞれの光環境予測による比較評価結果を示す。

図 8.3～8.5 は全般照明方式についての光環境予測結果、図 8.6～8.9 は TAL についての光環境予測結果である。

まず、全般照明方式については、図 8.3 より、作業面の水平面照度は、室全体を通じて平均で 800lx 程度が確保できている。ただし、天井照明のみのため、デスク間で作業面照度に照度の違いが生じている。

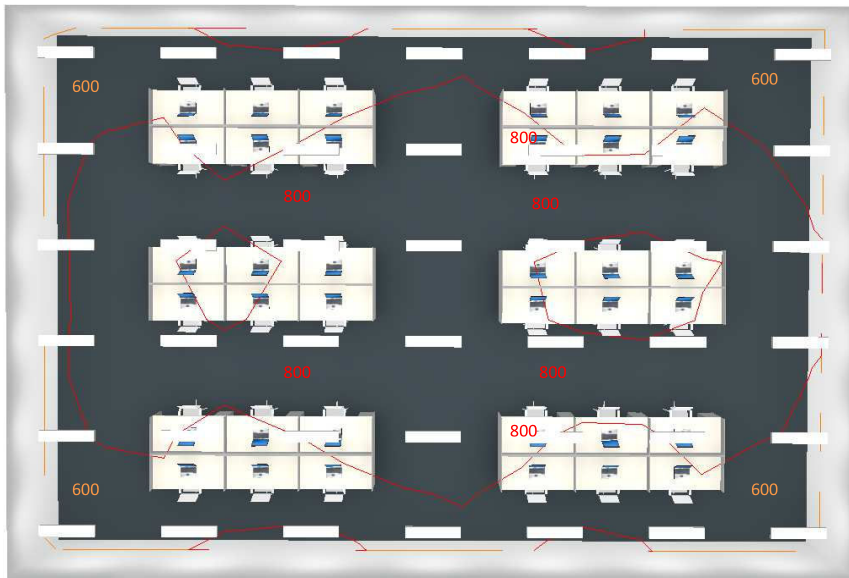


図 8.3 全般照明方式 作業面照度分布



図 8.4 全般照明方式 内観パース

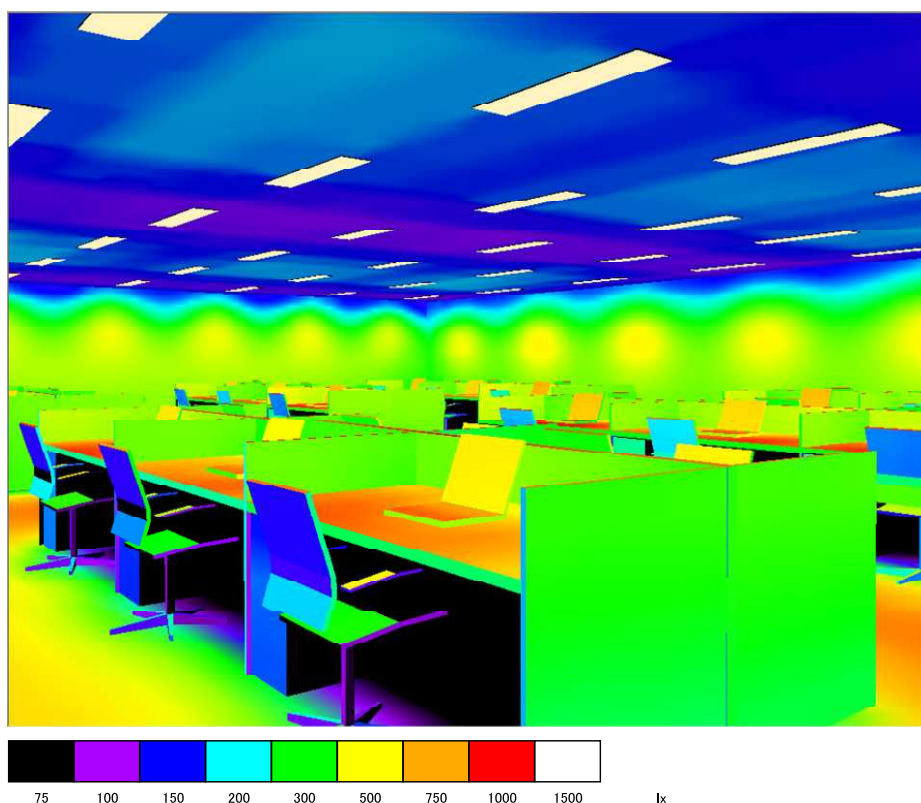


図 8.5 全般照明方式 3次元照度分布

図 8.4 の内観パースより、全体的に明るいメリハリのある空間とはなっていない印象となっている。このことは、図 8.5 の同じ画角の 3 次元照度分布において、壁面照度が全体に 300lx 程度確保できており、天井面照度についても 150lx 程度が全体に確保できていることから読み取れる。

次に、TAL については、図 8.6 より、作業面以外（デスク周辺部分）の照度であるアンビエント照度は、明暗にややムラがあるものの、平均で 400lx が確保できており、7 章の TAL 設計基準における 200lx～600lx の作業面以外の照度の基準において妥当な値となっている。

作業面（デスクの作業域）のタスク照度については、タスク照明の設置により、いずれのデスクにおいても 800lx 以上が確保できている。タスク照明は調光設定としていることから、作業面と作業面以外の比や差は在席者による調整によってバランスをとることが可能であるといえる。

図 8.7 の内観パースより、壁面及びデスク周りが明るくなっており、空間全体としてややメリハリがあるが、暗くはない印象となっている。このことは、図 8.8 の同じ画角の 3 次元照度分布において、壁面で 300lx 以上の部分が多くを占めており、また、パーティション面が 200lx 以上のため、7 章の設計基準に示す、作業面とパーティション面の 200lx 以上という値を満たしていることから確認できる。アンビエント照明は、天井からの直接照明で器具の数も少ないが、器具の向きを横手方向としたことにより壁面と器具の距離が短くなり、明るさ感が効率的に確保されるようになったといえる。この事例では、さほど大きくない規模のオフィスが対象であることから、壁面の明るさの効

果が大きく、直接照明によるアンビエント照明でも光環境的な問題は生じないと推察されるが、大規模な室の場合は、天井面の見えの割合が大きくなるため、その場合は、アンビエント照明は吊り下げ型の天井への間接照明にする等が考えられる。

その他、7章の設計基準以外の TAL に関する既存の評価指標として、建築環境総合性能評価システム CASBEE における照度の基準があり、これについても、事例の設計ではレベル5の評価となっている<sup>注2)</sup>。

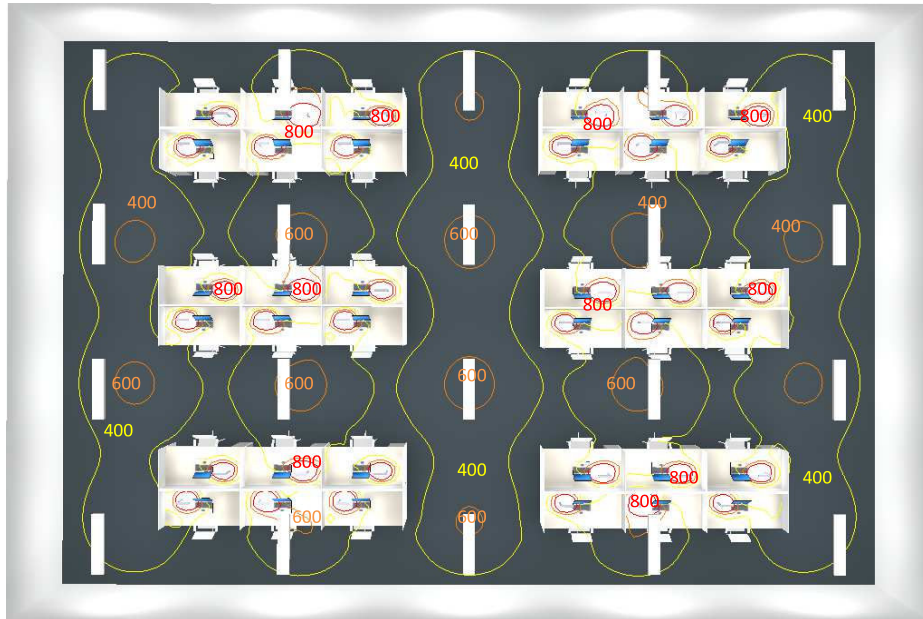


図 8.6 TAL 作業面照度分布

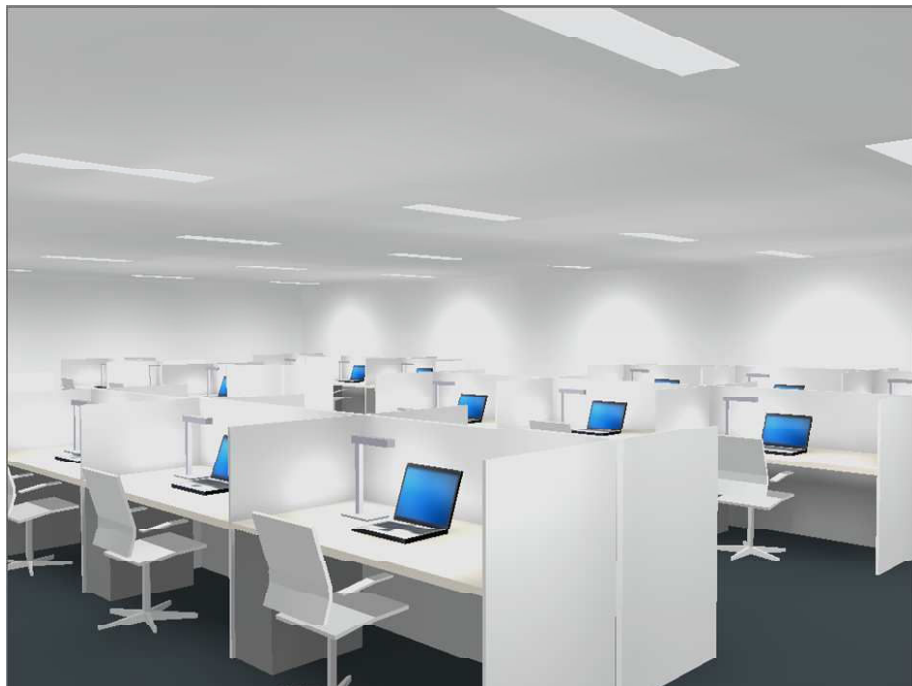


図 8.7 TAL 内観パース

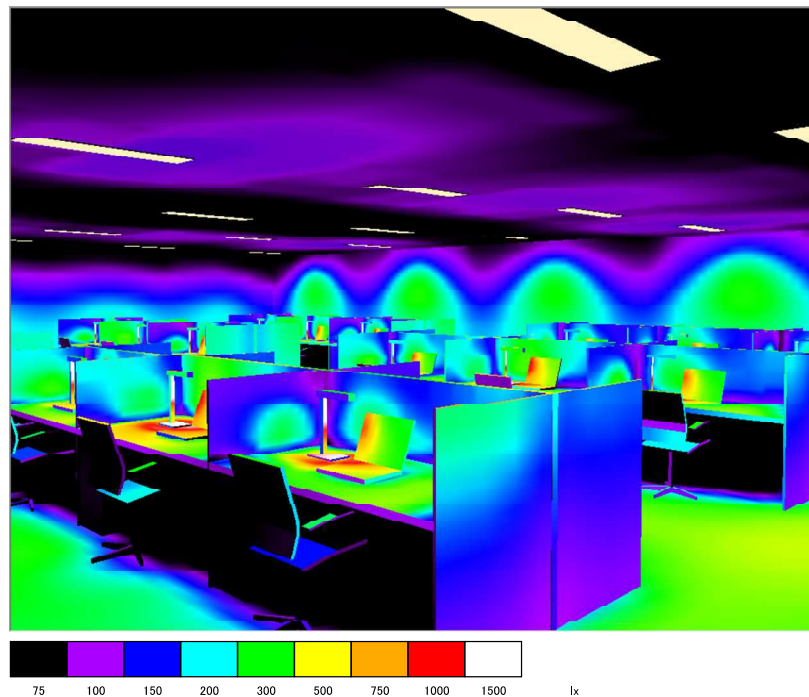


図 8.8 TAL 3次元照度分布

### 8-2-3 TAL 導入による省エネルギー性、経済性及びLCCO2削減量の評価

モデルオフィスの設定に沿い、全般照明方式の場合と TAL の場合に想定される省エネルギー性、経済性及びLCCO2削減量を試算により評価した結果を示す。

TAL の省エネルギー性は次のように評価することとした。

照明方式の省エネルギー性は、全般照明方式の総設備電力 (W) と、TAL のアンビエント照明及びタスク照明の総設備電力 (W) を比較することで簡易には判断できるが、近年では、省エネ法等においても運用時も想定した年間のエネルギー消費量で評価するようになっている。従って、ここでは経済性及びLCCO2と同時に評価することも考慮し、年間での運用による消費電力量で評価する。TAL では執務者の不在による消灯の効果も想定されるが、省エネルギー性を安全側で評価する場合は執務者全員が在席しタスク照明を使用する想定となるため、ここでは在席率 100%とした。

TAL の経済性は次のように評価することとした。

コスト計算にあたっては、新築を想定することから、建設時のイニシャルコストと運用時のランニングコストの合計を年間当たりで全般照明方式の場合と TAL とで比較する。器具、ランプ、電力料金のみを計算対象とし、照明制御、タスク照明用コンセント、配線、分電盤および器具の取り付け工事費等を含まないこととした。また、照明器具の単価はメーカーの定価とし、ランプの交換単価については、交換時期に収束したと想定される価格とした。エネルギー料金の計算にあたっては照明エネルギーのみを計算対象とし、空調負荷減少に伴う空調エネルギー費の削減効果は含まないこととした。

TAL のLCCO2削減量については次のように評価することとした。

LCCO2 (ライフサイクル CO2) は、建築物の建設、運用、修繕、廃棄の一連のラ

ライフサイクルで排出される CO<sub>2</sub> の量を評価する指標であり、原単位の設定や償却期間の設定によって算定値は異なるが、ここでは 20 年償却と仮定し、原単位は照明器具及びランプについて産業連関表による生産者価格当たりの環境負荷原単位で入手できる値とし、電力の排出原単位は 2012 年の代替値を用い、年間当たりの排出量として全般照明方式と TAL を比較して評価する。

省エネルギー性、経済性、LCCO<sub>2</sub> 削減量の試算結果を表 8.2 に示す。

表 8.2 全般照明方式と TAL の省エネルギー性、経済性、LCCO<sub>2</sub> 削減量の試算結果

項目		全般照明方式	タスク・アンビエント照明方式		
計算条件		対象面積 245.8 m <sup>2</sup> 、人員 36 名、タスクライト点灯率 100%、年間 3,000 時間点灯、電力料金：21 円/kWh ランプ寿命：全般/アンビエント 12,000 時間 タスク 40,000 時間			
	設計照度	800lx	800lx	アンビエント照明 タスク照明	
				400lx	400lx
照明器具		Hf32W2 灯 × 42 台	—	Hf32W2 灯 × 20 台	LED7.4W × 36 台
消費電力量	設備電力	4.0kW <sup>a)</sup> (16.2W/m <sup>2</sup> ) <sup>b)</sup>	2.2kW (8.8W/m <sup>2</sup> )	1.9kW (7.7W/m <sup>2</sup> )	0.3kW <sup>c)</sup> (1.1W/m <sup>2</sup> )
	消費電力量	12,000kWh/年 <sup>d)</sup> (48.8kWh/m <sup>2</sup> /年)	6,600kWh/年 (26.9kWh/m <sup>2</sup> /年)	5,700kWh	900kWh <sup>e)</sup>
		100% (基準)	55%	48%	7%
省エネルギー率		—	45%		
イニシャルコスト		1,155 千円 <sup>f)</sup> (4,699 円/m <sup>2</sup> )	1,270 千円 (5,167 円/m <sup>2</sup> )	550 千円 (2,237 円/m <sup>2</sup> )	720 千円 <sup>g)</sup> (2,929 円/m <sup>2</sup> )
		100% (基準)	109%	47%	62%
コスト低減率(1)		—	▽9%		
ランニングコスト	ランプ	29 千円/年 <sup>h)</sup>	22 千円/年	14 千円/年	8 千円/年 <sup>i)</sup>
	電力	252 千円/年 <sup>j)</sup>	139 千円/年	120 千円/年	19 千円/年
	小計	271 千円/年 (1103 円/m <sup>2</sup> /年)	161 千円/年 (655 円/m <sup>2</sup> /年)	134 千円/年 (545 円/m <sup>2</sup> /年)	27 千円/年 (110 円/m <sup>2</sup> /年)
		100% (基準)	59%	49%	10%
コスト低減率(2)		—	41%		
建設 修繕 廃棄 運用[ランプ] 運用[電力]		0.16kg-C/m <sup>2</sup> /年 <sup>k)</sup>	0.18kg-C/m <sup>2</sup> /年		
		0.06kg-C/m <sup>2</sup> /年 <sup>l)</sup>	0.07kg-C/m <sup>2</sup> /年		
		0.03kg-C/m <sup>2</sup> /年 <sup>m)</sup>	0.04kg-C/m <sup>2</sup> /年		
		0.01kg-C/m <sup>2</sup> /年 <sup>n)</sup>	0.01kg-C/m <sup>2</sup> /年		
		27.28kg-C/m <sup>2</sup> /年 <sup>o)</sup>	15.03kg-C/m <sup>2</sup> /年		
LCCO <sub>2</sub> 発生量合計		27.54kg-C/m <sup>2</sup> /年	15.33kg-C/m <sup>2</sup> /年		
		100% (基準量)	56%		
LCCO <sub>2</sub> 削減量		—	44%		

(表注) 表中の ( ) 内値は単位面積あたりの値を示す。また右肩のアルファベットの差フィックスは

a) = 95W × 42 台

b) = a) 245.8 m<sup>2</sup>

c) = 7.4W × 36 人

d) = a) × 3,000 時間

e) = 7.4W × 36 人 × 在席率 100% × 3,000 時間

f) = @27,500 × 42 台

g) = @20,000 × 36 台

h) = 3,000 時間/ランプ寿命 12,000 時間 × 2 灯 × 42 台 × ランプ単価@1,400

i) = 3,000 時間/ランプ寿命 40,000 時間 × 在席率 100% × 36 台 × ランプ単価@3,000 (交換時期には価格収束の想定)

j) = d) × 電力料金 21 円/kWh

k) ~ o) は以下のように設定。ただし生産者価格はメーカー一定価を準用した。

k) 照明器具の生産者価格当たりの CO<sub>2</sub> 原単位 0.688g-C/千円<sup>文献2)</sup> × 4,699 円/m<sup>2</sup>/焼却 20 年

l) イニシャルコストの 2%が毎年修繕にかかるとした。0.688g-C/千円 × 4,699 円/m<sup>2</sup> × 0.02

m) k) の 20%

n) 電球類の生産者価格当たりの CO<sub>2</sub> 原単位 0.659kg-C/千円<sup>文献2)</sup> × 29 千円/245.8 m<sup>2</sup>

o) 電力による CO<sub>2</sub> 排出原単位 (代替値) 0.559kg-C/kWh<sup>文献3)</sup> × 48.8kWh/m<sup>2</sup>

以下、TAL の省エネルギー性、経済性、LCCO<sub>2</sub> 削減量について考察する。

省エネルギー性については、TAL を採用した場合の年間消費電力量は 26.9kWh/m<sup>2</sup>で、全般照明方式の 48.87kWh/m<sup>2</sup>に比べ 55%となっており、標準的な照明方式の場合と比して 45%の省エネルギー効果が見込まれる。空調負荷減少に伴う空調エネルギーの削減効果も考慮すると、一層の省エネ効果が見込まれる。タスク照明が光環境と省エネルギー性のバランスをとる上での効果は非常に大きく、本検討例のような一台 7.3W という低消費電力の器具であっても、8-2-2 の事例の光環境評価で示したように十分な机上面照度が得られる。

経済性については、TAL を採用した場合、全般照明方式に比べイニシャルコストは現時点で高価格である LED により超過しているものの、ランニングコストで 59%となっており、運用を継続することによって、トータルとしては大幅なコスト削減が見込まれる。

LCCO<sub>2</sub> 削減量については、TAL は全般照明方式の 56%となっている。ライフサイクルの内訳を見ると、運用時の LCCO<sub>2</sub> がほとんどを占めており、これは、電力削減による省エネルギー効果との関連が非常に大きい。従って、照明設備の場合は、地球環境への影響としての LCCO<sub>2</sub> 削減の観点では、運用時の電力削減に直接的につながる TAL 導入の効果は非常に大きいとい。

注1) ドイツのDIAL社が開発した、照明シミュレーションソフト。照明器具のIESデータによる照明シミュレーションが可能である。

注2) 既存のTALに関連する評価基準として、基本設計・実施設計・竣工時及び、運用時のそれぞれについて、建築環境総合性能評価システムCASBEEの光・視環境項目における「照度」評価がある。表8.1のように、事務所の執務室のタスク照度とアンビエント照度が評価できるようになっており、天井面・壁面照度の確保によって明るさ感に配慮されている場合に高い評価がされるようになっている。CASBEEでは、照度レベルは、JIS照明基準をベースに設定されており、JISが改訂されると、それに基づきCASBEEの照度レベルも改訂されることになる。また、CASBEEにおける照明の省エネルギー性については、環境負荷における設備システムの高効率化における照明設備の評価が別途設けられているが、評価カテゴリーが異なるため、TALのみを対象に光環境と省エネ性の関係のような評価を行うことはできない。

表 CASBEE における TAL 評価基準 (抜粋)

＜建物全体・共用部分＞	
用途	事務(診療)室
レベル1	[照度]<300lx
レベル2	300lx≤[照度]<500lx、または 1000lx≤[照度]
レベル3	500lx≤[照度] <750lx
レベル4	全般照明方式の場合で、照度が750lx以上1000lx未満。タスク・アンビエント照明方式もしくはこれに準ずる照明方式の場合で、タスク照度が750lx以上1000lx未満、アンビエント照度がタスク照度の1/3以上2/3以下。
レベル5	タスク・アンビエント照明方式もしくはこれに準ずる照明方式の場合で、タスク照度が750lx以上1000lx未満、アンビエント照度がタスク照度の1/3以上2/3以下、かつ壁面の鉛直面照度もしくは天井面の水平面照度が100lx以上

#### References

- 1) 「照明合理化の指針」改定委員会編：JIER-104 環境負荷低減と豊かな光環境の両立に向けて、照明学会,2011
- 2) 国立環境研究所 地球環境研究センター:産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID) ,2005年
- 2) 環境省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル,2012
- 4)JSBC編：建築環境総合性能評価システムCASBEE新築評価マニュアル (2010年版) ,IBEC,2010
- 5) タスク・アンビエント照明システム研究調査委員会編：JIER-043 タスク・アンビエント照明システム研究調査委員会報告書、照明学会1995

以上



## 研究調査委員会報告書の著作権について

本報告書の著作権は（社）照明学会に帰属します。

複写をされる方に

本報告書に掲載された著作物は、政今が指定した図書館で行うコピーサービスや、教育機関で教授者が講義に利用する複写をする場合等、著作権法で認められた例外を除き、著作権者に無断で複写すると違法になります。