

事務所ビルにおける電気設備のLCCO₂評価

Evaluation of LCCO₂ Emission by Electric Equipments in Office Buildings

環境影響研究会

キーワード：LCCO₂，事務所ビル，電気設備，環境

1. はじめに

近年，産業社会の急激な発展に伴うエネルギーの大量消費の結果，地球温暖化問題が深刻化している。とりわけ，地球温暖化の主要因となるCO₂の排出抑制が急務とされる。

わが国の建設分野における年間のCO₂排出量は，全産業の約1/3に達すると試算されている¹⁾。このため，建築学会を中心にCO₂抑制対策の検討が活発に進められてきた。しかし，建築設備の一部である電気設備については，これまで，あまり詳細に検討された例は無い。

このような背景から，電気設備学会中部支部フォーラム21では，平成12年8月に若手メンバーを中心とする「環境影響研究会」(16名)を発足した。当研究会では，電気設備のライフサイクルにおける二酸化炭素発生量(LCCO₂)を定量化し評価することにより，電気設備技術者が環境に配慮した設計，施工，運用を行うための指針や知見を得ることを目的としている。

本報告は，平成12年8月から平成14年3月までの約1年半の期間において，当研究会で行った研究成果の一部を紹介するものである。検討対象を15000m²の事務所ビルとし，特に電気設備の中でエネルギー使用量および損失の多い，低圧配電システム，常用発電機，照明設備に対してLCCO₂の算出および削減手法の検討を行っている。

LCCO₂の算出においては，本来，原料採取から生産，輸送，据付・施工，運用，維持，更新，廃棄まで全ての過程において検討を行う必要があるが，現時点では不明な点も多く困難である。そこで，本報告では，製造時，運用時以外の過程は他の文献を参照し簡易的な手法で求めており，ライフサイクル全般にわたる詳細な検討は今後の課題とした。

2. 低圧配電システムにおけるLCCO₂評価

電気設備における低圧配電システムは，負荷に対してエ

ネルギーを無損失に伝えることが理想であるが，現実には不可能であり，損失に伴うエネルギーを消費し，CO₂を排出する。

以下に，低圧配電システムを高低圧変圧器及び低圧幹線設備と定義し，LCCO₂の算出および削減手法について示す。

2.1 モデルビルの想定

モデルビルは15000m²の事務所ビルを想定した。図1に建物概要を示す。また，負荷は，表1に示すように，電灯・コンセント，エレベータ，空調熱源を想定し，衛生設備，弱電設備などの全体に対して少量と思われる負荷は今回の検討から除外した。

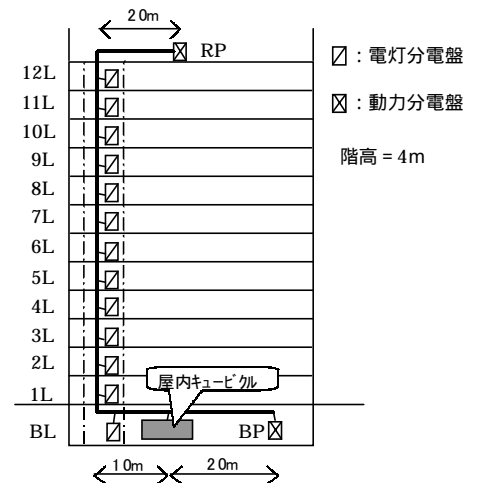


図1 モデルビルの概要

表1 各分電盤に対する負荷

分電盤名称	負荷名称	容量[kVA]
BL, 1L~12L	電灯・コンセント	35.7 (PF=1)
RP	エレベータ	80 (PF=1)
BP	空調熱源	550 (PF=0.85)

2.2 日負荷の想定

各負荷の日負荷曲線は，以下に示す条件により想定した。

ここでは、代表として、電灯・コンセント、8月平均の空調熱源負荷の日負荷曲線を示す(図2、図3)。なお、各電灯分電盤の日負荷曲線は図2の日負荷曲線を分電盤台数の13で除したものとした。

(1) ビルの営業日数および時間

営業日数：246日/年(土、日、祭日休み)

営業時間：9時～20時

(2) 電灯・コンセントの日負荷

建物の基準階面積を1200m²とし、そのうち900m²を事務室とした。事務室の照度は1000lx、それ以外を500lxの照度とし、ラピッド式40W×2灯用器具(消費電力85W)を使用する条件で負荷計算を行い、日負荷曲線を想定した。またコンセント負荷は15W/m²として計算した。

(3) エレベータの日負荷

参考文献(2)のエレベータ設備計画資料をもとにエレベータを選定し、消費電力はCEC/EV(省エネ法によるエレベータ消費エネルギー係数)の計算方法を用いて求めた。

(4) 空調熱源の日負荷

所在地を名古屋、基準階面積1200m²、12階建て、南向き、縦横比1(建物平面形状が正方形)、空調面積70%、空調システムをセントラル方式とし、MICRO-PEAK((社)建築設備技術者協会による空調負荷計算ソフトウェア)の計算方法を用いて空調負荷を計算したのち、空調システムの消費電力を計算し、各月毎の日負荷曲線(平均値)を求めた。

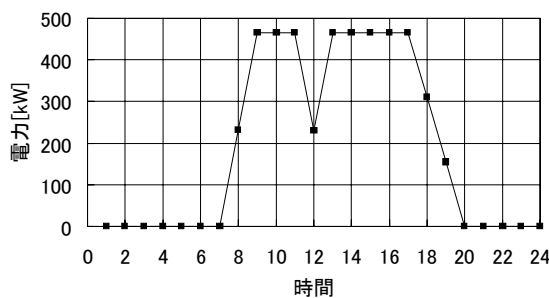


図2 電灯・コンセントの日負荷曲線

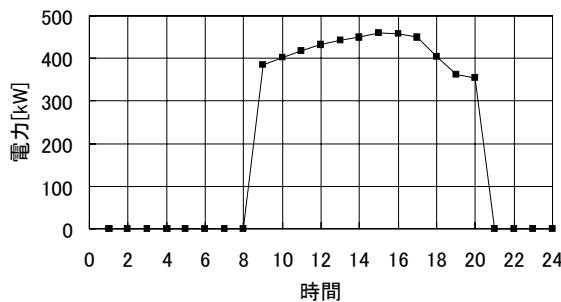


図3 空調熱源の日負荷曲線(8月平均)

2.3 LCCO₂ 検討パターンの設定

(1) 変圧器

変圧器のLCCO₂検討パターンを表2～表4に示す。電灯・動力共用や台数制御の有無、容量、台数、変圧器種類をパラメータとして検討を行った。なお、台数制御は、変圧器のトータル容量を基準とし、負荷容量がこの値を超えた場合、又は下回った場合に台数を増減する制御とした。

表2 電灯変圧器(1 3W200-100V)

検討パターン名称	種類	容量 [kVA]	台数	台数制御
TL11	標準油入	500	1	なし
TL12		300	2	
TL13		200	3	
TL21	高効率	500	1	
TL31	超高効率	500	1	

表3 動力変圧器(3 3W200V)

検討パターン名称	種類	容量 [kVA]	台数	台数制御
TP11	標準油入	750	1	なし
TP12		1000	1	なし
TP13		300	2	あり
TP14		200	3	あり
TP21	高効率	750	1	なし
TP31	超高効率	750	1	なし

表4 電灯・動力共用変圧器(3 4W400-230V)

検討パターン名称	種類	容量 [kVA]	台数	台数制御
TLP11	標準油入	1000	1	なし
TLP11(2)		1000	1	(注1)
TLP12		500	2	あり
TLP13		300	4	あり
TLP14		200	5	あり

(注1) 台数制御なし、但し無負荷時に変圧器開放

(2) 幹線

幹線の検討パターンを表5～表7に示す。これらの検討パターンは、各分電盤へ個別に配線する場合、また、複数の分電盤をグループ化して配線する場合を示し、検討パターン名称L1～L3は、電灯・動力変圧器を共用しない場合、L4～L6は共用する場合をそれぞれ表す。検討を容易にするため、複数の分電盤をグループ化して配線する場合の幹線は、複数の分電盤の中央位置まで配線することとし、そこから分電盤までの分岐配線は検討から除外した。なお、L4～L6は、供給電圧400V-230VとL1～L3の場合の約2倍の供給電圧であることを考慮し、幹線サイズを小さくしている。

表5 幹線の検討パターンL1, L4

分電盤名称	L1		L4	
	ケーブル種	恒長[m]	ケーブル種	恒長[m]
12L	CVT100sq	62	CVQ100sq	62
11L	"	58	"	58
10L	"	54	"	54
9L	"	50	"	50
8L	"	46	"	46
7L	"	42	"	42
6L	"	38	"	38
5L	"	34	"	34
4L	"	30	"	30
3L	"	26	"	26
2L	"	22	"	22
1L	"	18	"	18
BL	"	14	"	14
RP	"	84	CVT60sq	84
BP	CU6 × 175-3C	26	CU6 × 75-3C	26

(注)CU：バスダクト（銅）

表6 幹線の検討パターンL2, L5

分電盤名称	L2		L5	
	ケーブル種	恒長[m]	ケーブル種	恒長[m]
12L	CVT100sq	62	CVQ100sq	62
10L, 11L	CVT200sq	56	CVQ200sq	56
8L, 9L	"	48	"	48
6L, 7L	"	40	"	40
4L, 5L	"	32	"	32
2L, 3L	"	24	"	24
BL, 1L	"	16	"	16
RP	CVT100sq	84	CVT60sq	84
BP	CU6 × 175-3C	26	CU6 × 75-3C	26

(注)CU：バスダクト（銅）

表7 幹線の検討パターンL3, L6

分電盤名称	L3		L6	
	ケーブル種	恒長[m]	ケーブル種	恒長[m]
7L ~ 12L	CU6 × 100-3C	52	CU6 × 100-4C	52
BL ~ 6L	CU6 × 125-3C	26	CU6 × 125-4C	26
RP	CVT100sq	84	CVT60sq	84
BP	CU6 × 175-3C	26	CU6 × 75-3C	26

(注)CU：バスダクト（銅）

2.4 LCCO₂ 評価手法

LCCO₂ 評価手法を以下に示す。

(ア) 対象：変圧器および低圧幹線

(イ) 設備寿命：30年

(ウ) ライフサイクルステージ

機器製造 施工 運用 維持 更新 廃棄

(I) 各ステージにおける計算手法

参考文献(3)の計算手法を参照した。

機器製造

ケーブルについては、参考文献(3)の単位長さあたりのCO₂ 排出原単位に長さを乗じて求めた。

変圧器およびバスダクトについては構成資材を、産業連関表に基づく幾つかの基本資材に分類して資材投入量を集計し、次式によって算出した。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = (\text{資材投入量} \times \text{CO}_2 \text{ 排出原単位})$$

CO₂ 排出原単位：参考文献(1)のCO₂ データベースの値を採用。

施工

で求めたCO₂ 排出量 × 20%

運用

各検討パターンにおける損失電力を求め、CO₂ 排出原単位(0.533kg・CO₂ / kWh¹⁾) を乗じてCO₂ 排出量を求めた。なお、幹線の損失を求める際、単相3線式200-100V回路および3相4線式400-230V回路の単相負荷は、平衡とした。

維持

$$(\quad \times 5\% / \text{年}) \times 30 \text{ 年}$$

更新

$$(\quad + \quad) \times 50\%$$

廃棄

$$\times 15\%$$

(オ) 変圧器損失(鉄損, 全負荷銅損): 参考文献(4)参照

(カ) 幹線抵抗: 参考文献(5)参照

2.5 計算結果

計算の結果、低圧配電システムのライフサイクルステージにおいて、最もCO₂ 排出量の多いステージは、運用時であり、全体の9割以上を占めることがわかった。したがって、ここでは、運用時におけるCO₂ 排出量およびLCCO₂ の計算結果の一例を示す。

(1) 運用時におけるCO₂ 排出量(30年間)

(a) 変圧器

各検討パターンにおける運用時CO₂ 排出量の計算結果を図4~図6に示す。以下に結果に対する所見および考察を示す。

図4のTL11~TL13を比較すると、鉄損に起因したCO₂ 排出量(以下、単に「鉄損」)が増加している。こ

これは、変圧器容量の低下比率に対して、鉄損の低下比率が小さい⁴⁾ために、同一負荷に対し、複数の小容量変圧器で供給すると鉄損が増加するためである。一方、銅損に起因したCO₂排出量(以下、単に「銅損」)の変化は小さい。変圧器容量の低下比率に対して、全負荷銅損の低下比率は小さい⁴⁾ので、同一負荷に対し複数の小容量変圧器で供給した場合、全負荷銅損は増加すると考えられる。しかし、結果的に銅損の変化が小さい理由は、TL11が500kVAであるのに対して、TL12, TL13のトータル容量が600kVAと大きいので、需要率が低下したことによる銅損低減効果が上回ったことによると考えられる。総合的なCO₂排出量(以下、「トータル損失」)は増加しており、変圧器のトータル容量の増加が無ければさらに増加すると考えられる。したがって、CO₂の削減には、負荷をまとめ、変圧器台数を少なくすることが有効である。

図5のTP11とTP12を比較すると、鉄損が大きくなっている。これは、鉄損が変圧器容量の増加に伴い大きくなるためである⁴⁾。一方、銅損は小さくなっている。これは、同一負荷に対して変圧器容量を大きくすると、需要率の2乗に比例して銅損が小さくなるため、その効果によるものと考えられる。これらから、負荷に対して、変圧器容量を最適に選ぶことにより、トータル損失を小さくできることがわかる。変圧器容量は、年間の日負荷を想定しトータル損失が最小となるように選定することが望ましい。この例では750kVAの変圧器を使用したTP11が最もトータル損失が小さく、最適な容量となり、図5の結果と一致している。

図5のTP11, TP13, TP14および図6のTLP11~TLP14を比較すると、台数制御により銅損が大きくなっていることがわかる。これは、需要率の増加によると考えられる。一方、鉄損は小さくなっている。これは、負荷の小さい時に余分な変圧器を開放することによる効果である。CO₂削減対策として、夜間や休日の軽負荷時に小容量の変圧器に切り替えることが有効とされている³⁾が、この結果から、需要率の増加による銅損の増加について検討し、この値が鉄損の減少分を上回る場合には、トータル損失の増加を招く恐れのあることに注意が必要である。

図4のTL11, TL21, TL31および図5のTP11, TP21, TP31を比較すると、標準油入、高効率、超高効率の順にCO₂排出量が小さいことがわかる。

図6のTL11+TP11とTLP11を比較すると、TLP11のトータル損失が小さい。これは、と同様の理由と考えられる。負荷をまとめる場合、電灯・動力共用変圧器の使用も有効であり、CO₂削減対策となる。

図6のTLP11(2)とTL21+TP21を比較すると、ほぼ同じ大きさのCO₂排出量であることが分かる。電灯・動力を共用し、無負荷時に変圧器を開放することにより、電灯、動力にそれぞれ高効率変圧器を使用した場合と同等のCO₂排出量となる。

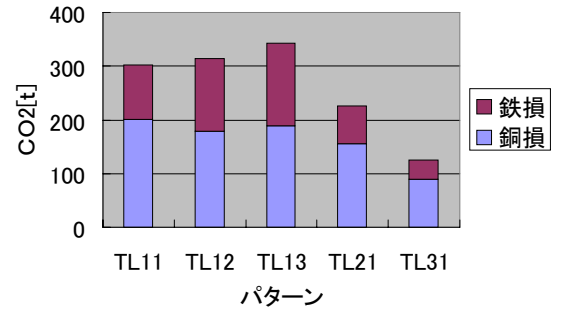


図4 電灯変圧器運用時のCO₂排出量

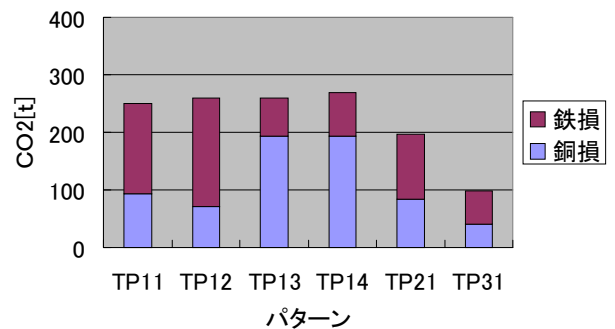


図5 動力変圧器運用時のCO₂排出量

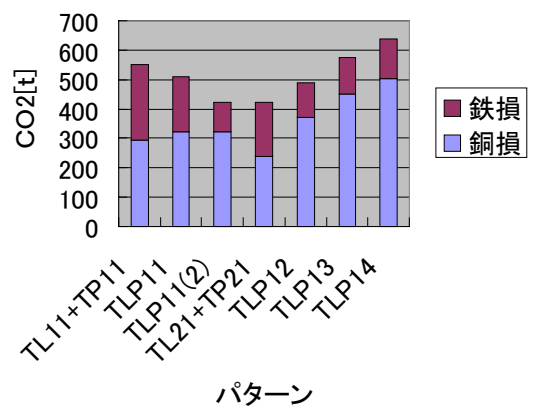


図6 電灯・動力共用変圧器運用時のCO₂排出量

(b) 幹線

各検討パターンにおける運用時CO₂排出量の計算結果を図7に示す。以下に結果に対する所見および考察を示す。

L1とL2、およびL4とL5をそれぞれ比較すると、

差は小さい。この理由は、L2 および L5 は、分電盤 2 面をグループ化することにより負荷電流が2倍になるが、ケーブルの太さが2倍、長さが1/2になっているため抵抗は1/4 となり、電流の2乗と抵抗の積である損失は変化しないことによると考えられる。

L1, L2 と L3 または L4, L5 と L6 をそれぞれ比較すると、L3 および L6 の電灯幹線で発生する CO₂ 発生量が多くなっている。これは、バスダクトの使用により導体抵抗は小さくなるが、分電盤をグループ化することにより負荷電流が大きくなるので、電流の2乗と抵抗の積である損失はCVTケーブルの場合よりバスダクトを使用した場合の方が大きくなったためと考えられる。

L1~L3 と L4~L6 を比較すると、後者の方が小さい。後者は幹線サイズが小さく、線路抵抗が大きくなるが、電灯では200V から230V、動力では200V から400V に電圧が大きくなることにより、負荷電流が小さくなるので総合的に損失が小さくなったものと考えられる。

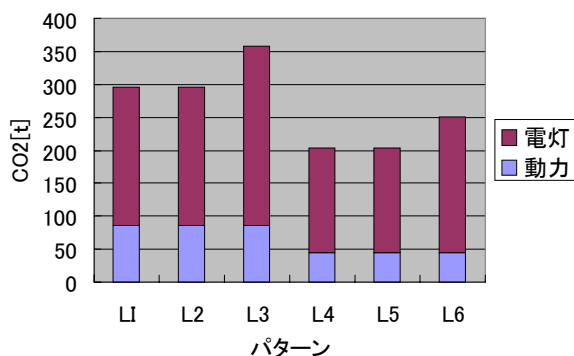


図7 幹線運用時のCO₂排出量

(2) LCCO₂ 計算結果 (30 年間)

表8に示す低圧配電システム(A)~(E)についてLCCO₂の計算を行った結果を図8に示す。また、結果に対する所見および考察を以下に示す。

15000 m²の事務所ビルを想定し、設備寿命を30年とした場合に低圧配電システムで発生するCO₂は、一般的に多く採用される基本パターン(A)で概ね900tであり、超高効率変圧器を使用する(E)では、概ね600t程度まで低減できることがわかった。また、運用時に発生するCO₂排出量が全体の9割以上を占めることがわかった。

基本パターン(A)に対して、電灯・動力を共用した400V配電を行う場合(B)は、高効率変圧器を使用した場合(D)と同等程度のCO₂削減効果がある。

(C)は、(B)よりCO₂削減効果がある。これは、無負荷時に変圧器を開放する制御を加えた効果である。

最もCO₂の削減効果が高いのは(E)である。電灯・動力を共用した400V配電を行うと、さらに低減効果が期待できる。

表8 LCCO₂ 計算を行った低圧配電システム

パターン名	低圧配電システム	備考
(A)	TL11+TP11+L1	基本パターン
(B)	TLP11+L4	電灯・動力共用(400V系)
(C)	TLP(2)+L4	(B)+無負荷時変圧器開放
(D)	TL21+TP21+L1	高効率変圧器使用
(E)	TL31+TP31+L1	超高効率変圧器使用

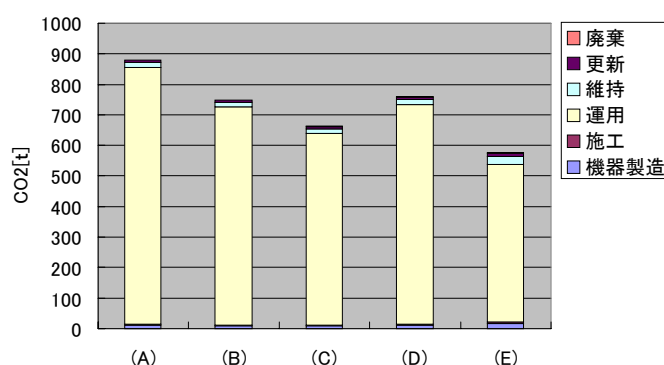


図8 LCCO₂計算結果

2.6 LCCO₂削減方策

今回の検討結果を基に、CO₂削減に効果的な方策を以下にまとめる。

(1) 変圧器

- ・ 負荷をまとめ、変圧器台数を少なくする。
- ・ 電灯・動力を共用する。
- ・ 年間の日負荷を想定し、年間のトータル損失が最小となる変圧器容量を選定する。
- ・ 無負荷時に変圧器を開放する。(台数制御を行う場合は、トータル損失が減少することを計算により確認する必要がある)
- ・ 標準油入より、高効率、超高効率変圧器を使用する。

(2) 幹線

- ・ 配電電圧を400V-230Vとする。

3. 常用発電機におけるLCCO₂評価

近年、ビルや工場等において、CO₂削減の一手法としてエネルギー総合効率の高い常用発電機の導入が進んでいる。以下に、常用発電機に対するLCCO₂の評価を示す。

3.1 モデルビルおよび日負荷の想定

モデルビル、負荷及び日負荷曲線は、2章と同様にした。

3.2 発電機の仕様

検討を行った発電機の仕様を表9に示す。発電機は、負荷に対して高効率に運転できる容量を選定した。

表9 発電機仕様

機種	略称	燃料	容量(kW)
ディーゼル 発電機	DE	A重油	200/320/400/ 450/500
ガスエンジン 発電機	GE	都市 ガス	200/350/400/ 420/450

3.3 LCCO₂評価手法

評価手法を以下に示す。

(A) 対象：発電機

(B) 設備寿命：15年（法定耐用年数）

(C) ライフサイクルステージ

機器製造 施工 運用 維持 廃棄

(D) 各ステージにおける計算手法

2章と同様に参考文献(3)の計算手法を参照した。

機器製造

発電機重量にCO₂排出原単位(5.717kg-CO₂/kg¹⁾)
を乗じて求めた。

施工

で求めたCO₂排出量×20%（2章と同様）

運用

日負荷曲線に対して、発電機を最大定格運転した場合の燃料消費量を求め、以下の原単位を乗じてCO₂排出量を求めた。

都市ガス：0.0637kg-CO₂/MJ¹⁾

A重油：0.0729kg-CO₂/MJ¹⁾

また、廃熱を100%利用する場合と利用しない場合について、単位発電電力量あたりCO₂排出量も合わせて計算した。

維持

維持時のCO₂排出量は、潤滑油の使用量を機種毎にメーカーに確認し、参考文献(1)に記載されている「その他の石油製品」のCO₂原単位(0.0632kg-CO₂/MJ)を乗じて求めた。

廃棄

×15%（2章と同様）

3.4 計算結果（15年間）

各発電機のCO₂排出量の計算結果を図9～図14に示す。また、以下に結果に対する所見及び考察を示す。

(1) 機器製造・施工・維持・廃棄時のCO₂排出量

発電機製造時のCO₂発生量は発電機容量に比例し大きくなり、DEで24t～80t、GEでは29t～54tであった。この値は、後に示す運用時のCO₂排出量に比べると極めて少ない。(全体の1%以下)

施工・廃棄時のCO₂排出量は、DE及びGEとも10t程度であり、製造時の発生量に比べ更に少ない。

維持時のCO₂排出量は、DEで45t～112t、GEで46t～100tであり、製造時に比べ多少多いが全体では1%前後である。

(2) 運用時のCO₂排出量

DEのCO₂排出量は発電機容量に比例して大きくなっている。これは、原動機の燃料消費量に関係する。GEにおいても同様の傾向であるが400kWについては、420kWより大きくなっている。これらについては、発電機容量が異なっても同一の原動機を使用しており、発電効率の差が生じたものと推測する。

使用燃料(A重油・都市ガス)のCO₂排出量の原単位は、A重油のほうが大きい。しかし、DEとGEのCO₂排出量の計算結果は、殆ど同量であった。これは、DEの機器効率がGEを上回る為と考えられる。

各過程に於けるCO₂排出量を比べると運用時の発生量が98%～99%と大多数を占める。これはDE、GE同様である。

発電機からの廃熱回収を考慮しない場合の単位発電電力量当たりのCO₂排出量は0.7～0.8kg/kWhでDE、GEともほぼ同量である。これに対して廃熱回収を考慮した場合にはDEが0.6kg/kWh、GEが0.5kg/kWh程度になり、業務用電力のCO₂排出原単位(0.533kg/kWh)と同程度以下となる(廃熱が100%回収できたとして、この熱量を発生させるために必要な燃料を差し引いた)。DEとGEの差はGEの廃熱回収がDEに比べ5割程多いためである。

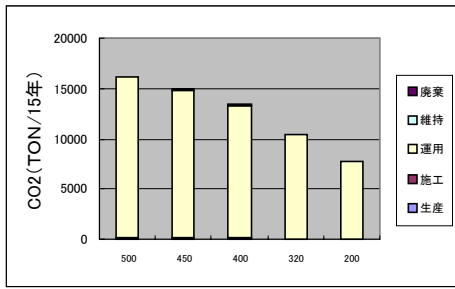


図9 LCCO₂ (DE)

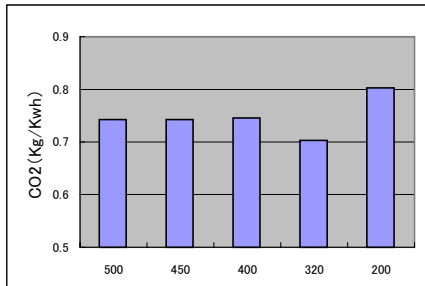


図10 単位発電電力量あたりのCO₂発生量 (DE: 廃熱考慮せず)

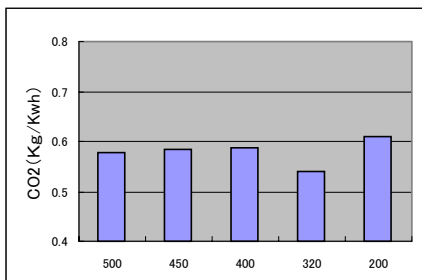


図11 単位発電電力量あたりのCO₂排出量 (DE: 廃熱考慮)

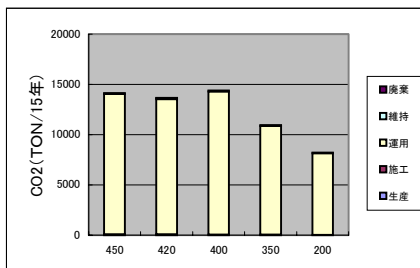


図12 LCCO₂ (GE)

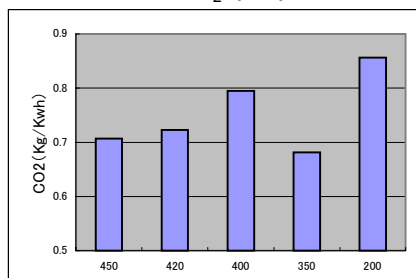


図13 単位発電電力量あたりのCO₂排出量 (GE: 廃熱考慮せず)

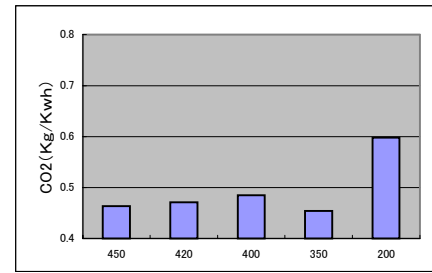


図14 単位発電電力量あたりのCO₂排出量 (GE: 廃熱考慮)

3.5 LCCO₂削減方策

以上の結果から、CO₂削減に効果的な方策を以下にまとめる。

- (1) 発電機製造・施工・維持・廃棄時のCO₂排出量は、機種の違いに関係なく、運用時に比べて無視できる程度に小さい。したがってLCCO₂を削減するためには発電機効率の良い機種を選定する必要がある。
- (2) 今回は最大定格運転できる発電機容量で検討を行ったが、上記(1)から燃料消費量が最も少ない負荷での運転がCO₂の発生が少なくなることが予想される。
- (3) 燃料消費量は一般的には大容量機種程少ない。したがって、採用に当たっては大容量機種を出来るだけ高効率で運転させることが望ましい。
- (4) 比較的小容量の機種であっても、廃熱回収を考量したシステム(コ・ジェネレーション)では業務用電力よりCO₂排出量は少なくなると予想される。

4. 照明設備におけるLCCO₂評価

2章で示した15000m²のモデルビルを想定し、事務室(設計照度:750lx)や共用部(設計照度:150lx)にHf蛍光灯やFLラピッド形蛍光灯、コンパクト形蛍光灯や白熱灯を使用した場合のLCCO₂(20年間)を計算した結果、全ての結果において使用時のCO₂排出量が98%以上を占めることがわかった。即ち、照明設備においては、高効率照明器具の使用がLCCO₂削減方策となる。

ここでは、高効率照明器具と従来型照明器具のLCCO₂を計算し、評価を行った結果を紹介する。

なお、以下に記載するデータに関しては、メーカー(松下電工)独自の検討結果を参照しており、LCCO₂算出手法が他の章と異なる。したがって、他の章とLCCO₂の絶対量を比較することは困難であり、高効率照明器具と従来型照明器具の相対的な評価であることに注意を要する。

4.1 LCCO₂評価手法

LCCO₂評価手法を以下に示す。

(ア) 評価対象照明器具

- (a) ツイン蛍光灯：白熱灯と比較
- (b) Hf 蛍光灯：FL ラピッド形と比較
- (c) 人感センサー付照明器具：センサー無の場合と比較
- (d) ソーラーライト（注1）：商用電源使用時と比較

（注1）ソーラーパネルと風力発電機から電力を供給する照明器具

- (e) 無電極放電灯：水銀灯と比較
- (f) LED 照明（足元灯）：白熱灯と比較
- (イ) 設備寿命：ランプ寿命
- (ロ) ライフサイクルステージ

素材製造時 製造時 流通 使用 廃棄

(I) 各ステージにおける計算手法

参考文献による参照データ以外は，松下電工社内データによる。

資源採取・素材製造時

システムまたは製品の素材別重量に CO₂ 排出原単位⁶⁾ を乗じ，CO₂ 排出量を算出した。

製造時（部品加工時）

部品加工時の CO₂ 排出量と製造に必要なエネルギー消費量に CO₂ 排出原単位⁶⁾ を乗じて求めた CO₂ 排出量の和とした。

部品加工時に関しては公開データ^{7),8)}を用い算出した。また，製造に必要なエネルギー消費量（電気，ガス，重油）は，当該工場の製造に係わるエネルギー消費量（電気，ガス，重油）データに，当該工場の生産高と対象とするシステムまたは製品の引渡し価格の比率を乗じて求めた。

輸送・流通時

素材製造時の天然資源の輸送や製造時の部品調達に伴う輸送，廃棄に伴う輸送などに係わる CO₂ 排出量は，それぞれの段階で加算または原単位に含まれているとし，ここでは製造 - 使用場所間の輸送・流通に関して考慮した。

CO₂ 排出量は，比較するシステムまたは製品の体積や重さによって，使用トラックや台数を想定し，燃料消費量に CO₂ 排出原単位⁶⁾ を乗じて求めた。

使用時

使用段階では対象としているシステムまたは製品の電力消費量に CO₂ 排出原単位（0.42kg-CO₂ / kWh⁶⁾）を乗じて CO₂ 排出量を算出した。耐用年数は官庁営繕で定め

ている建築設備の照明器具20年を採用した。したがって，ライフサイクル運用時間は12h / 日（8～18時），250日 / 年（休日115日）で20年（60,000時間）とした。

リサイクル・廃棄処理時

廃棄段階の CO₂ 排出量は流通に伴うものと，埋め立て作業に伴うものの和で算出する。

今回は，各段階も含め，リサイクルが生じた場合の産物に対する資源投入や排出削減は考慮しない。

4.2 計算結果

(1) ツイン蛍光灯

計算に使用したランプの仕様を表10に，計算結果を表11に示す。

表10 ランプ仕様

ランプ種類	白熱灯	ツイン蛍光灯
ランプワット数	100W	27W
入力電圧[V]	100	100
入力電流[A]	1.0	0.61
消費電力[W]	100	32
光束[lm]	1520	1550
効率[lm/W]	152	48.4
ランプ寿命[h]	1000	6000

表11 ツイン蛍光灯と白熱灯の比較 単位：kg

ランプ種類	素材製造時	製造	流通	使用	廃棄	合計
白熱灯	1.8	0.3	0.031	2404	0.001	2406
ツイン蛍光灯	2.7	0.3	0.043	810	0.003	813

(2) Hf 蛍光灯

モデルケースの条件を以下に示し，この条件で計算した結果を表13に示す。

【モデルケース条件】

- ・ 事務室（19.2m × 12.8m × 2.6m[高]）
- ・ 設定照度：750lx
- ・ 被照面の床上高さ：0.7m
- ・ 反射率（天井/壁/床）：50%/30%/10%
- ・ 保守率：0.7

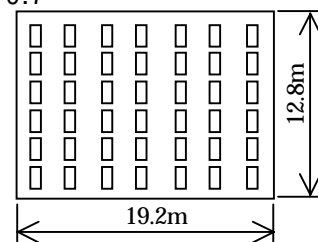


図15 器具配置

表 12 器具仕様

器具種類	FL ラピッド型	Hf 蛍光灯
ワット数	40W×3	32W×2
入力電圧[V]	200	200
入力電流[A]	0.66	0.5
消費電力[W]	132	94
光束[lm]	9000	9000
効率[lm/W]	68.2	91.8
ランプ寿命[h]	12000	12000
器具台数[台]	42	42

表 13 FL ラピッド型と Hf 蛍光灯の比較 単位: kg

器具種類	素材製造時	製造	流通	使用	廃棄	合計
FL ラピッド	541.2	118.4	22.8	140326	7.32	141016
Hf 蛍光灯	255.2	97.2	9.7	100948	2.89	101313

(3) 人感センサー付照明器具

モデルケースの条件を以下に示し、この条件で計算した結果を表 15 に示す。

【モデルケース条件】

- ・ 消灯率 40% (人の在席率 60%)

表 14 器具仕様

器具種類	人感センサー無	人感センサー有
ワット数	32W×2	32W×2
入力電圧[V]	200	200
入力電流[A]	0.5	0.5
消費電力[W]	94	94
光束[lm]	9000	9000
効率[lm/W]	91.8	91.8
ランプ寿命[h]	12000	12000

表 15 人感センサー有無による比較 単位: kg

器具種類	素材製造時	製造	流通	使用	廃棄	合計
センサー無	6.1	0.6	0.15	2380	0.01	2387
センサー有	6.1	1.03	0.17	1428	0.011	1435

(4) ソーラーライト

モデルケースの条件を以下に示し、この条件で計算した結果を表 17 に示す。

【モデルケース条件】

ソーラーライトは約 5 年に 1 回 (20 年に 4 回) バッテリー交換が必要。したがって、ソーラーライト使用時にバッテリー製造時の CO₂ 排出量を見込む。

ランプ点灯時間は 10 時間 / 日。

表 16 器具仕様

器具種類	商用電源にて点灯	ソーラーにて点灯
ワット数	FDL18W	FDL18W
入力電圧[V]	100	100
入力電流[A]	0.375	0.375
消費電力[W]	20	20
光束[lm]	1070	1070
効率[lm/W]	53.5	53.5
ランプ寿命[h]	6000	6000

表 17 ソーラーライトと商用電源使用時の比較 単位: kg

器具種類	素材製造時	製造	流通	使用	廃棄	合計
商用電源時	26.6	3.58	0.8	506	0.05	537
ソーラー	364	59.97	12.26	400	0.81	837

(5) 無電極放電灯

計算に使用した器具の仕様を表 18 に、計算結果を表 19 に示す。

表 18 器具仕様

器具種類	水銀灯	無電極ランプ
ランプワット数	100W	50W
入力電圧[V]	100	100
入力電流[A]	0.63	0.645
消費電力[W]	120	64
光束[lm]	4200	4550
効率[lm/W]	35	71.1
ランプ寿命[h]	12000	60000

表 19 無電極ランプと水銀灯の比較 単位: kg

器具種類	素材製造時	製造	流通	使用	廃棄	合計
水銀灯	19.4	21.8	0.42	3037	0.03	3079
無電極ランプ	24	51.99	0.55	1620	0.04	1697

(6) LED 照明

計算に使用したランプ (足元灯) の仕様を表 20 に、計算結果を表 21 に示す。なお、白熱灯は LED と同程度の照度が確保できるものを選定した。

表 20 ランプ仕様

ランプ種類	白熱灯	LED
ランプワット数	5W	0.4W
入力電圧[V]	100	100
入力電流[A]	0.5	0.3
消費電力[W]	5	0.4
ランプ寿命[h]	1000	-

表 21 LED ランプと白熱灯の比較 単位：kg

器具種類	素材製造時	製造	流通	使用	廃棄	合計
白熱灯	0.327	0.146	0.012	126.6	0.001	127.09
LED	0.321	0.198	0.006	10.1	0.0003	10.63

4.3 計算結果に対する評価

- ・ ソーラーライト以外の照明器具は、使用時に発生するCO₂排出量が大きい。
- ・ ソーラーライト以外の高効率型照明器具は、従来型よりLCCO₂が小さい。
- ・ ソーラーライトについては 製造時CO₂排出量が大きく、商用電源使用時の方がLCCO₂は小さい。

<参考文献>

- (1) 「建物のLCA指針(案)」, 日本建築学会
- (2) 「建築設備計画基準・同要領」, 国土交通大臣官房官庁営繕部監修
- (3) 「電気設備の環境負荷低減の課題に関する調査研究委員会平成12年度報告書」, 電気設備学会関西支部
- (4) 「三菱電機変圧器カタログ」(標準油入, 高効率, 超高効率)
- (5) 「電気設備技術計算ハンドブック」, 電気書院
- (6) 「LCAソフトNIRE-LCA Ver.2 付属データ」, 旧通産省工業技術院 資源環境技術総合研究所
- (7) 「電子部品産業環境ビジョン」, 日本電子機械工業会
- (8) 「機械統計年報」, 経済産業省