

電気設備システムの余裕と無駄に関する調査について

(社)電気設備学会 地球環境委員会

1. はじめに

建築電気設備システムの容量又は設置台数を選定する際には、建物ごとの様々な与条件と将来にわたる使われ方を考慮し、システム容量(台数)を選定する。その際に将来の使われ方の変化をとらえることは困難な課題であり、与条件も建物ごとに異なるために最適値を設定することは難しい。

一方、与条件や将来の使われ方を想定して選定した電気設備システムに含まれる「余裕」と「無駄」はシステム建設時のみならず長期の運用にわたり経済的、環境的な影響を残し続ける。

このような思いから、電気設備システムの無駄のない選定に当たっての考え方の整理をテーマとして、今回の調査を実施した。本稿ではその報告を行う。

2. 調査方法

2.1 余裕と無駄に関する定義

本調査では、各電気設備システムにおける余裕と無駄のもつ意味について委員会にて検討を行い、容量選定における考え方を整理し、定義例を示した(表-1)。また、言葉の定義を補足的に説明するため、ある対象負荷設備容量から変圧器容量を選定する際の余裕のない容量(低減案)、標準的な容量(標準案)、過剰な容量(過剰案)の選定の違いのイメージグラフを図-1に示す。ここで、真値とは対象の負荷設備の実運転時の最大需要電力であり、計画時にはこの値が不明であるため過去の類似物件等から需要率を想定し変圧器必要容量を設定するが、その際に想定する需要率、余裕率の違いにより設定される変圧器容量は大きく異なる。また、変圧器本体は、離散的な容量値が基準で、設定した必要容量の直近上位を選定することになる。このように、各電気設備システムの選定においては、設備システムごとに様々な要因により採用される容量に違いが生じる。

委員会構成

委員長	滝澤 総	(株)日建設計
委員	小田島範幸	清水建設(株)
〃	唐鎌 幸雄	東京電力(株)
〃	小林 浩	(株)トーエネック
〃	鈴木 俊之	東光電気工事(株)
〃	鷹野 一朗	工学院大学
〃	高橋 文雄	パナソニック電工(株)
〃	出野 昭彦	大成建設(株)
〃	寺田 稔	国土交通省
〃	留目 真行	(株)関電工
〃	森 明	(株)照明器具工業会
〃	山添 恭夫	(株)東芝社会システム社
〃	渡部 裕一	鹿島建設(株)
事務局	内野 博道	(社)電気設備学会

表-1 言葉の定義例

真 値	実際の運用に必要とされる値(実際の運転値, 容量)
設定値	要求される性能を満足するために関連与条件から計算により求められる必要十分な値
選定値	設定値から選定される機器装置容量又は機器設置台数
余裕値	ある目標値に対して設定された値に目的をもってそれを上回る分の値又は装置容量の値で、設定された条件下でその値がプラス側に機能する目標値を上回る値又は装置容量の値
無駄値	適正でない設定条件等により設定値に加算される値又は装置容量で、すべての条件において機能的な意味をもち、場合によってはマイナス側に働く値又は装置容量
低減値	設定値の直近上位の機器装置容量又は機器設置台数
標準値	設定値に標準的な余裕を加算した選定値
過剰値	設定値に余裕と無駄を含んだ選定値

2.2 各電気設備システムの容量決定要因

各電気設備システムの容量又は台数は、表-2の左側に示す例のとおり、様々な要素条件により計画される。これらの僅かな設定の違いで容量や台数に大きな違いが生じることもあり、この容量及び台数の違いは、建設時のみならず運用段階において長期にわたって環境面に大きく影響する可能性がある。

そこで、表-2 右側に各電気設備システムの容量や台数を検討する際の標準的な考え方、低減若しくは過剰となりそうな考え方を例示した。

3. 電気設備システム別の検討

電気設備システム別に LCCO₂ と LCC への影響を試算した。試算は既出文献(地球環境を考慮した電気設

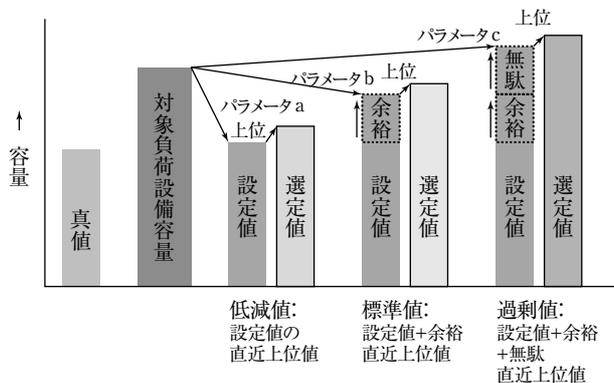


図-1 容量選定の考え方のイメージ

備²⁾)の方法に基づき、CO₂排出原単位等は現在公表されている数値を使用した。

3.1 変圧器に関する検討

(1) 検討ケース

①低減変圧器容量(150kVA×3台=450kVA)

OA コンセントの需要率を低め(0.6)に設定し、余裕率を見込まず選定した変圧器容量

②標準変圧器容量(200kVA×3台=600kVA)

OA コンセントの需要率を標準的な値(0.8)に設定し、余裕率を10%見込んで選定した変圧器容量

③過剰変圧器容量(300kVA×3台=900kVA)

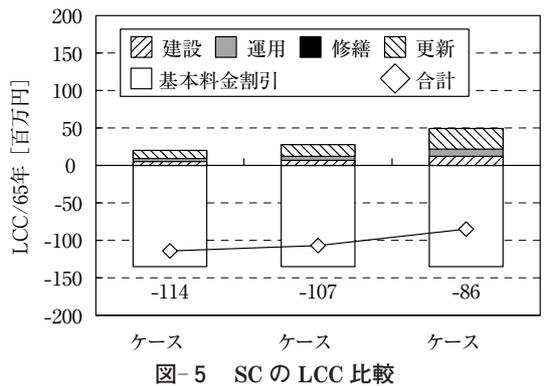
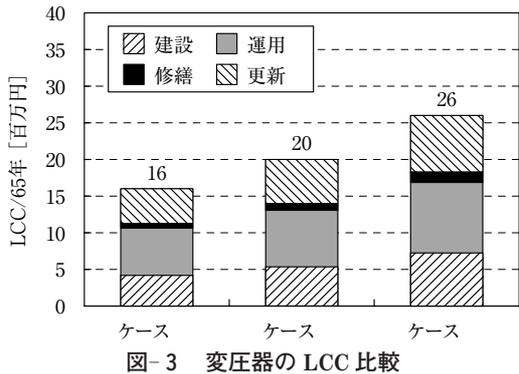
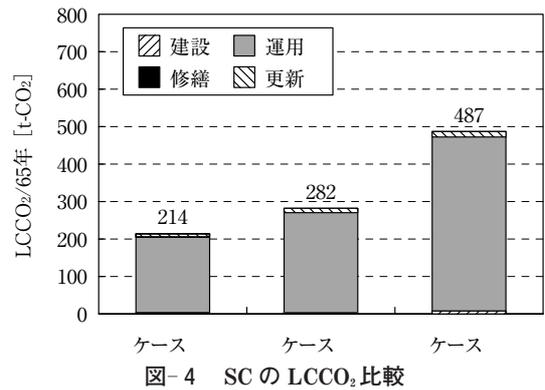
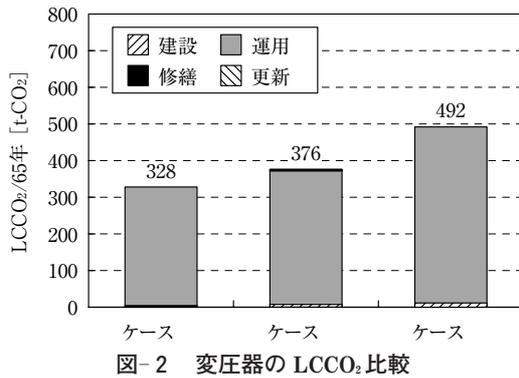
需要率を高め(1.0)に設定し、余裕率を20%見込んで選定した変圧器容量

(2) 試算結果

LCCO₂の比較では、標準的な選定である②に対し①では13%削減、③では30%以上の増加(図-2)。LCCの比較では、②に対し、①では20%近く削減、③では

表-2 各電気設備システム容量決定要因の整理例

項目	容量(台数)決定要素	要素決定条件	考え方の整理例		
			低減	標準	過剰
変圧器容量	負荷設備容量	計画与条件(照度, 機器容量等) リーシング条件(テナントコンセント容量等)	需要率を低く設定した変圧器容量の選定 将来の余裕を見込まない	標準的な需要率での変圧器容量選定 標準的な余裕を見込む	需要率を高く設定した変圧器容量選定 将来の余裕を多めに見込む
	変圧器需要率	運転条件(機器稼働率) テナント貸方条件			
	変圧器単機容量	建築計画(機械室納まり条件, 搬入ルート条件)			
	変圧器バンク	負荷用途区分 単相変圧器容量選定時の不平衡率考慮			
進相コンデンサ容量	力率改善対象負荷	力率改善対象負荷設備容量 運転条件(機器稼働率)	改善前力率を高め設定し、目標力率を低めに設定	改善前力率を標準的な値に設定し、目標力率も標準的な値とする	改善前力率を低めに設定し、目標力率を高めに設定
	改善前力率	機器運転力率			
	改善後目標力率	計画目標条件(料金割引, 機器効率向上等)			
幹線ケーブルサイズ	負荷設備容量	計画与条件(照度, 機器容量等) リーシング条件(テナントコンセント容量等)	許容電圧降下率を満足するギリギリの幹線ケーブル太さに設定	許容電圧降下率を満足する幹線ケーブル太さに設定	許容電圧降下率を満足するギリギリの太さから1サイズアップして設定
	幹線配電電圧	計画条件(機器使用電圧等)			
	幹線ケーブル長さ	建築計画(建築平面・断面計画, シャフト配置等)			
	負荷力率	機器運転力率			
	幹線材料インピーダンス	幹線方式の計画条件(建築規模, 供給容量, 経済性等)			
	許容電圧降下率	負荷側条件(負荷側電圧変動許容範囲)			
照明設備	設定照度	計画条件(JIS基準値)	内装反射率, 保守率を高めに設定し、作業エリアを限定して、必要照度をギリギリ満足する台数を設定	内装反射率, 保守率を標準的な値に設定し、作業エリアを限定して、必要照度を満足する台数を設定	内装反射率, 保守率を低めに設定し、必要照度を満足する台数を設定
	使用ランプ仕様	直管型蛍光灯器具(FHF 32W) ツイン蛍光灯器具(FHP 45W)			
	照明器具仕様・形状	直管型蛍光灯器具 ツイン蛍光灯器具 ライン型システム天井器具 グリッド型システム天井器具			
	建築モジュール	建築モジュール 3.2m×3.2m 建築モジュール 3.6m×3.6m			
	照明器具配置	モジュール内配置ピッチ			
	室形状	整形・非整形			
	保守率	ランプ交換時間, 照明器具清掃頻度			
	内装反射率	天井, 壁, 床 内装材反射率			



30%以上の増加となっている(図-3)。

3.2 進相コンデンサ(SC)に関する検討

(1) 検討ケース

ケース①：低減 SC 容量(300 kvar)

負荷力率を、インバータ機器の使用を考慮し遅れ 0.9、改善後の目標受電力率を過剰な進み力率を防ぐため 0.98 として選定した SC 容量

ケース②：標準 SC 容量(400 kvar)

負荷力率を遅れ 0.85 と想定し、受電力率を遅れ 0.98 として選定した SC 容量

ケース③：過剰 SC 容量(700 kvar)

負荷力率を従来の誘導電動機負荷を想定し遅れ 0.80 とし、受電力率が遅れになるのを防止するため 1.00 として選定した SC 容量

(2) 試算結果

LCCO₂の比較では、SC 容量が大きいほど大きくなる。ケース①とケース③では LCCO₂に 2 倍以上の差が生じる(図-4)。

LCC の比較では、SC 容量が大きいほど、建設、更新が大きくなる。基本料金割引の比率が大きいため、LCC 全体はマイナスとなるものの、SC 容量が大きいほど LCC は大きくなっている。よって、過剰な容量選定は LCC の増加を招くといえる(図-5)。

3.3 幹線に関する検討

(1) 検討ケース

モデルビルの照明コンセント用幹線を対象

ケース①：低減幹線サイズ(主として CVT 38 mm²)

内線規程の電圧降下率の条件を満たし、簡易計算法によって算出された幹線サイズ

ケース②：標準幹線サイズ(主として CVT 60 mm²)

内線規程の電圧降下率の条件を満たし、インピーダンス法によって算出された幹線サイズ

ケース③：過剰幹線サイズ(主として CVT 100 mm²)

ケース②で選定されたサイズの 1 サイズアップ

ケース④：過剰幹線サイズ(主として CVT 150 mm²)

ケース②で選定されたサイズの 2 サイズアップ

(2) 試算結果

LCCO₂の比較では、約 80%程度が運用段階での電力損失によるものであるため、太いサイズが選定されケーブル抵抗が小さくなるほど、LCCO₂は減少する(図-6)。

LCC の比較では、ケース③の 1 サイズアップでは、建設段階のコストの増加を運用段階の電力損失低減で相殺されケース②と同程度の LCC となった。しかし、ケース④の 2 サイズアップでは、更新段階の既設ケーブル撤去コストが増加となり LCC は増加した(図-7)。

3.4 照明に関する検討

照明設備の計画では、設計照度 750 lx を満足する所要台数を算出する際に、設計パラメータ(面積、保守率、内装反射率など)を再検討した条件で計算(本節では「設計良化条件」図-10)し、選定台数の違いによる LCCO₂ と LCC の試算を行った。

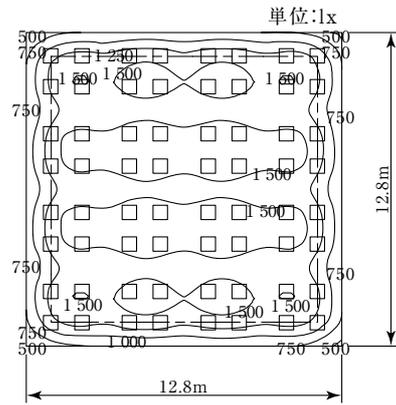
(1) 検討ケース

ケース① 一般的な条件による台数選定

一般的な条件(表-3)により所要台数を計算し直近上位の器具配置(図-8)

ケース② 設計良化条件による選定台数

設計良化条件(表-3)により所要台数を計算し直近上位の器具配置(図-9)



照明器具	FRS 28 L 5-P 452 64 台
ランプ	FHP 45 W × 2
全光束	8 700 lm
全体照度	1 355 lx
高さ 2.7 m 保守率 0.65 反射 50/30/10 %	

図-8 ケース①の器具配置と照度計算結果

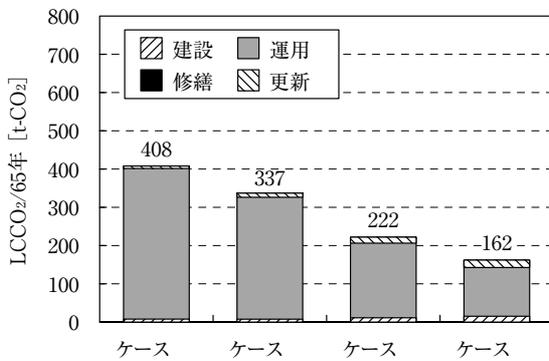
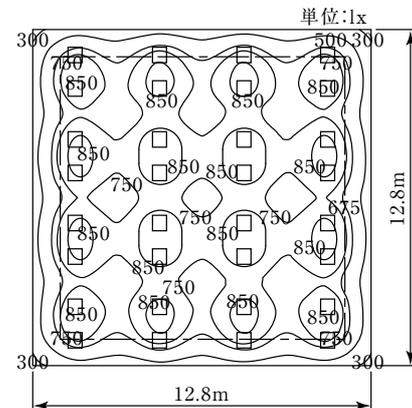


図-6 幹線の LCCO₂ 比較



照明器具	FRS 28 L5-P 452 32 台
ランプ	FHP 45 W × 2
全光束	8 700 lm
全体照度	786 lx
高さ 2.7m 保守率 0.65 反射 70/50/10 % 1m セットバック	

図-9 ケース②の器具配置と照度計算結果

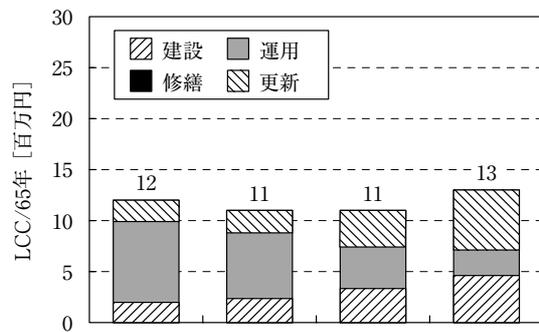


図-7 幹線の LCC 比較

表-3 一般的な条件と設計良化条件の比較

検討項目	ケース① 一般的な条件	ケース② 設計良化条件
作業エリア	部屋全体	1 m セットバック ³⁾
内装反射率 (天井・壁・床)	50/30/10 %	70/50/10 %
保守率	中 (0.65)	良 (0.69)

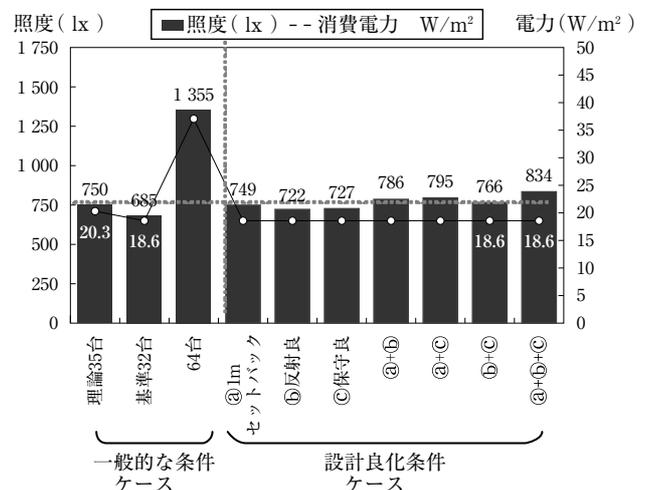


図-10 設計良化条件での照度計算結果

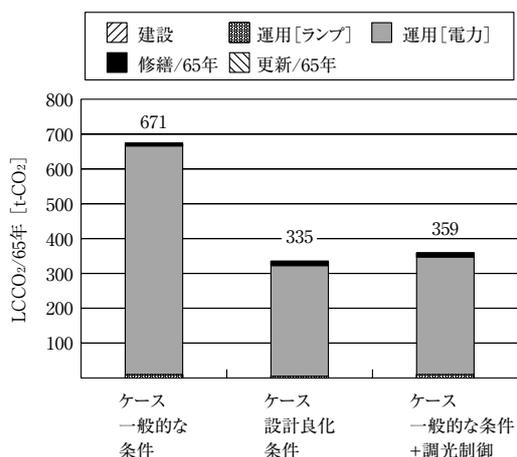


図-11 LCCO₂の比較

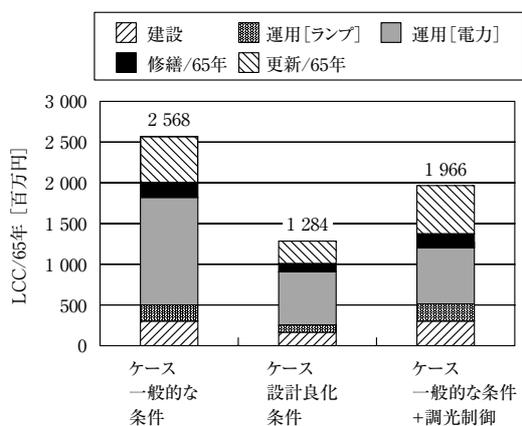


図-12 LCCの比較

(2) 試算結果

LCCO₂の比較ではケース①は64台、ケース②は32台の配置となりCO₂削減のためには設計良化条件の採用により設置台数を削減し、運用部分に当たる消費電力を削減することが最も効果的であることが分かる(図-11)。

参考としてケース①に調光制御を行ったものをケース③に示すが、LCCの比較ではLCCO₂と比較すると運用部分の比率が小さくなっているものの、傾向としては同様の結果となった(図-12)。

4. モデルビル評価

4.1 モデルビル評価の目的

ここでは、各電気設備システムを仮想のモデルビル上に構築した場合を想定し、各システム別のLCCO₂、LCCの影響度を評価することを目的としている。今回の試算で使用したモデルビル^{1),2)}の建築概要と基準階平面図を表-4及び図-13に示す。

4.2 試算方法

今回の試算では、「変圧器」「進相コンデンサ」「幹線ケーブルサイズ」「基準階事務室照明設備」の4項目を、

表-4 試算評価用モデルビル建築概要

建物用途		一般事務所
延床面積		10 000 m ²
階数		地下1階・地上10階
基準階室形状	幅	25.6 m
	奥行	35.2 m
基準階床面積		901 m ²
天井高		2.7 m
基準階オフィス有効面積*1		655 m ²
全体オフィス有効面積*2		5 898 m ²
基準階廊下+便所面積*3		85 m ²
全体廊下便所面積		765 m ²

*1 基準階有効面積は、基準階床面積より廊下ほか共用部を除いた部分

*2 全体オフィス有効面積は、基準階有効面積の9層分とした

*3 廊下面積、EVホール面積、男女便所面積の合計

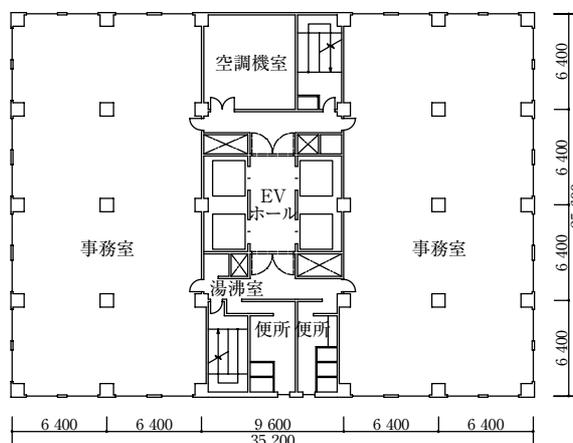


図-13 試算評価用モデルビル基準階平面図

その容量又は台数の選定に際して、低めの設定条件で選定した「低減案」、標準的な設定条件で選定した「標準案」、緩めの設定条件と高めの余裕率を見込んで選定した「過剰案」を想定して建設から運用段階にわたる65年間のLCCO₂を試算して各案の違いを評価した。

4.3 対象電気設備システム全体評価

モデルビルにおける対象電気設備システム全体の評価を行うために、前項の電気設備システムごとの試算結果をLCCO₂が最も小さくなる案同士、標準同士、最も大きくなる案同士を組み合わせる評価を行った結果を図-14, 15に示す。

照明を含めた4項目の積み上げでは、LCCO₂の差は約12600t-CO₂/65年(年間平均約193t-CO₂/年)となり、照明設備を除いた3項目の組合せでは、標準案を基準とし、それぞれ約260t-CO₂/65年(年間平均約4t-CO₂/年)の減、約523t-CO₂/65年(年間平均約8t-CO₂/年)の増となっている。容量選定の際の設定条件の違いにより、低減案と過剰案には約783t-CO₂/65年(年間平

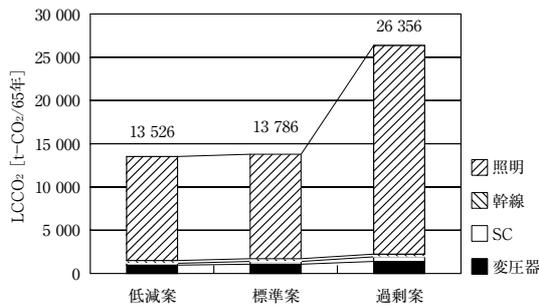


図-14 対象項目組合せ LCCO₂比較 (照明含む)

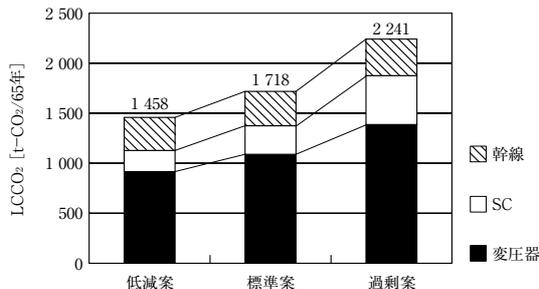


図-15 対象項目組合せ LCCO₂比較 (照明除く)

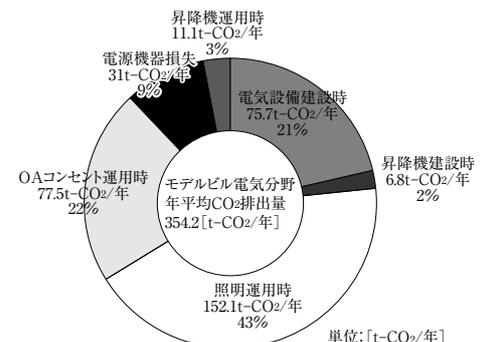


図-16 モデルビルにおける電気・昇降機設備の建設～運用時の年平均CO₂排出量

均約 12t-CO₂/年)の差がつくことが想定された(図-15)。

4.4 モデルビル評価結果のまとめ

今回の余裕と無駄(過剰)に関するモデルビルによる試算結果の照明設備を除いた3項目でのLCCO₂年平均値の差(図-17, 約12t-CO₂/年)は, モデルビル電気分野における年平均CO₂排出量(図-16, 354.2t-CO₂/年)²⁾と比較した場合, 全体の約3%に相当する。

モデルビル評価により, 電気設備システムの計画時における容量又は台数の設定段階で, 決定要因となる与条件及び余裕の考え方を十分考慮して選定することにより, 建設及び運用段階での環境に配慮することが可能となることが分かった。

5. おわりに

建物の設計～建設～運用～解体にわたるライフサイク

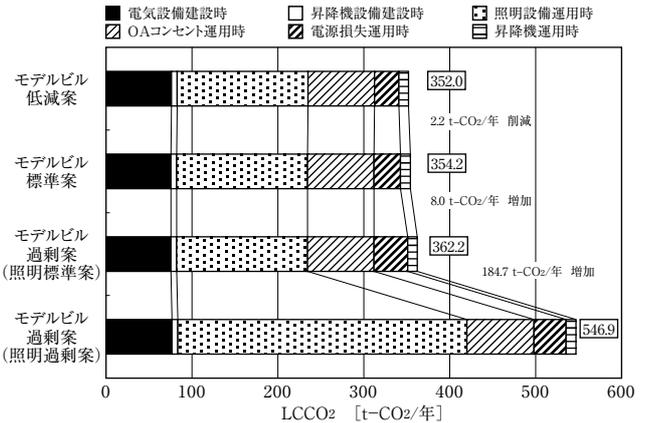


図-17 電気・昇降機設備分野の建設～運用時における年平均CO₂排出量の比較

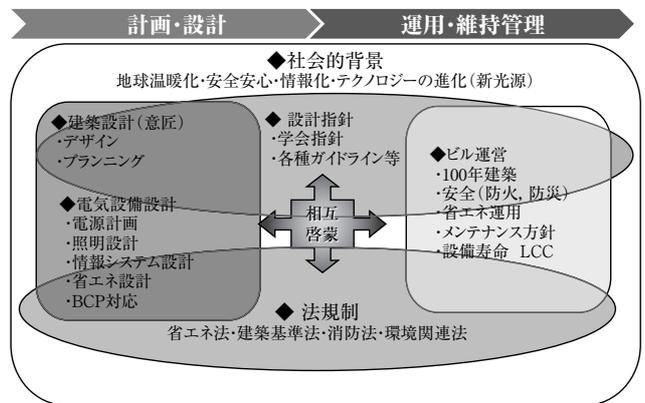


図-18 更なるLCCO₂低減に向けた検討のイメージ

ルにおいて, 変化する社会的背景やその時代を反映した基準・指針類及び法規制に適合した計画手法による建物の性格付けと, 運用・維持管理段階において発見される新たな知見による相互啓蒙が建築電気設備分野における地球環境への配慮にとって重要であるとする。

電気設備システムを計画・運用する際に, 関連する基準や指針を深く理解し, 適切な条件として適用していくか, また, 電気設備システムが将来にわたって技術に進化とともにどのように使い続けられていくのかを様々な観点から考えることで, 電気設備システムの適正な容量(台数)と的確な余裕が設定され, 建物ライフサイクルにおけるLCCO₂及びLCCの低減が可能となると考える。

このような観点で本調査をご覧いただき, 計画や運用の参考としていただければ幸いです。

参考文献・出典

- 1) 滝沢 博: 標準問題の提案(オフィス用標準問題), 日本建築学会環境工学委員会熱分科会第15回シンポジウム, 1985
- 2) (社)電気設備学会: 地球環境を考慮した電気設備 IEIEJ-B-0030, 2003
- 3) 照明学会・技術指針 JIEG-008 オフィス照明設計技術指針