

「既存官庁施設のグリーン改修技術の検証・有効性に関する調査研究」

国土交通省大臣官房官庁営繕部設備課
課長補佐 村上 幸司
電気設計第二係長 太田 和宏

1. はじめに

官庁営繕部では、官庁施設の整備を行う中で、高度情報化する社会情勢への対応をはじめ高齢化社会等への対応、環境問題等の施策について、積極的に取り組んでいるところであります。特に環境問題については、既存の建築物が大量に消費する資源及びエネルギーを低減化する方策が急務と考えています。

研究は、官庁施設整備を行うに必要な設計データを既存施設から収集し、技術手法及びデータ分析を行い、その有効性を検証することとしました。

すなわち、官庁施設整備における建築電気設備の環境負荷低減に関する運用面での技術手法等の提案や電力使用量等の検証を行い、建築電気設備技術の充実を図るものであります。

2. 研究概要

2.1 研究内容

研究は、事前研究を含め2ヶ年にわたって行い、一年目の前年度は、文献等による調査、施設の実態調査・データ収集を行った。

今年度は、データの追加収集を行い既存官庁施設に適用する場合の問題点等を検討し、今後の計画・設計業務に役立つ提案を行った。

2.2 研究体制

本テーマの研究・実施にあたっては、各地方整備局等において次のようにサブテーマを設定し、グループ毎に調査研究を進めた。

照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究

個別のグリーン（改修）技術に関する実証面から見た有効性の調査研究

グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究

高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究

積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証

地方合同庁舎等における変圧器容量選定手法に関する調査研究

3. 研究結果

3.1 各サブテーマの研究結果を以下に示す。

3.1.1 照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究

- ・高効率照明器具のみによる環境負荷低減効果及び照明制御技術との組み合わせによる環境負荷低減効果について検証された。
- ・トイレの照明器具を人感センサにて点滅する場合の設定時間による環境負荷低減効果について検証された。
- ・高効率照明器具を採用し照明制御を行うにあたっては、その運用形態について適切な保全指導やアドバイスが必要であると考ええる。

3.1.2 個別のグリーン（改修）技術に関する実証面から見た有効性の調査研究

- ・空調機のインバータ導入による環境負荷低減効果が検証された。今後は、負荷の種類に応じてインバータ導入の有無を判断するために、多くのデータを収集し、その検証を行うことが必要と考える。

3.1.3 グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究

- ・既存施設における太陽光発電設備の設計手法の提案がされた。
- ・設置地域による年間発電量の比較を行った。
- ・今後、多くのデータを収集し、その検証が必要と考える。

3.1.4 高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究

- ・既存施設における高効率変圧器（モールド形）の採用による環境負荷低減効果について改修手法による比較、最適な変圧器の運用方法について検証された。
- 高効率変圧器のイニシャルコストは多少高価となるが、変圧器の寿命を考慮したランニングコストの縮減効果が明かとなった。

3.1.5 積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証

- ・積雪寒冷地域施設における照明制御、太陽光発電設備設、風力発電設備等において設計手法の提案及び環境負荷低減効果が検証された。
- ・照明制御については、窓側二列のみを行った場合の環境負荷低減効果について検証された。
- ・今後もさらに詳細なデータ収集を行い、日本海側における想定電力削減量算出時のための補正係数及び太陽光発電備設と風力発電設備の組み合わせの有効性について検証が必要と考える。

3.1.6 地方合同庁舎等における変圧器容量選定手法に関する調査研究

- ・建築設備設計基準に基づいた変圧器（モールド形、油入形）の容量算定手法に関して、その容量の検討、変圧器容量選定手法の提案がされた。三相変圧器については、

今回収集された母集団のばらつきが大きかったため、今後もさらに詳細なデータ収集を行い引き続き調査を行なう必要があると考える。

3.2 それぞれの既存官庁施設のグリーン改修技術による庁舎あたりの電気の使用量から見たCO₂削減率は、次のとおりとなった。

照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究

・照明制御による場合 8.19%

・便所のスイッチを人感センサによる場合 0.27～0.39%

個別のグリーン（改修）技術に関する実証面から見た有効性の調査研究

・空調機のインバータ制御による場合 5.4%

グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究

・太陽光発電設備による場合 0.33～0.70%

（但し、契約電力の5%容量を設置した場合）

高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究

・高効率変圧器による場合 1.2%

積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証

・照明制御による場合 0.90～1.2%（窓側二列のみ）

（風力発電設備による場合 0.1%）

4. 今後の課題

建築電気設備の環境負荷低減に関する技術手法等について、実質運用面での具体的な提案や電力使用量等の分析・検証による設計に必要なデータ等が示され、建築電気設備技術の充実が図られた。

今後は、本研究成果を官庁施設整備に反映させるため、有効な手法や提案について、更に技術的、経済的に検討を進め、建築設備設計基準等の各基準類に取り入れていきたい。

目 次

「既存官庁施設のグリーン改修技術の検証・有効性に関する調査研究」

国土交通省大臣官房官庁営繕部設備課 村上 幸司 太田 和宏

「照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究」

中部地方整備局 営繕部設備課 柳沢 和史 白金 秀俊
近畿地方整備局 営繕部設備課 橋本 力 山口 貴之
北海道開発局 営繕部設備課 本間 一紀 酒井 達志

「個別のグリーン（改修）技術に関する実証面から見た有効性の調査研究」

四国地方整備局営繕部設計課 石川 雅己

「グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究」

関東地方整備局営繕部設備第一課 折茂 邦彦
関東地方整備局営繕部設備第二課 黒岩 雄二
関東地方整備局営繕部移転機関設計課 市川 勝四郎
九州地方整備局営繕部設備課 志手 克教 白木原 史明
沖縄総合事務局開発建設部営繕課 伊集 守昭

「高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究」

中国地方整備局営繕部設備課 岡林 晃二 井上 弘美

「積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証」

東北地方整備局営繕部設備課 村上 修一 斎藤 勝
北陸地方整備局営繕部設計課 阿部 宣 柴山 浩

「地方合同庁舎等における変圧器容量選定手法に関する調査研究」

筑波研究学園都市施設管理センター 峯村 高志 宮原 照人

「照明器具の効率化及び制御技術による実証効果の研究」

1. はじめに

本研究では各整備局、開発局管内の3施設を調査対象とし、照明器具の効率化及び制御技術の効果を実測データから検証し、CO₂削減効果、費用対効果からグリーン改修技術の有効性を確認するものである。

2. 施設概要と照明制御手法

施設の概要及び採用照明制御技術を次表に示す。

施設	用途	構造階数	延べ面積	採用照明制御技術		
				初期照度補正	昼光利用	人感センサ
A	合同庁舎	SRC-8-2	24,378m ²			
B	単独庁舎	SRC-4-1	2,955m ²			
C	合同庁舎	SRC-18-2	53,030m ²			

測定にあたってはA・C各施設毎に改修前、改修後の消費電力量を測定し比較検証を行った。また、B庁舎は新築のため照明制御技術の導入におけるその効果の検証を行った。

3. 各施設におけるコストからの検証

高効率照明器具の採用と照明制御技術について、工事費と1年間の消費電力量、CO₂発生量からその効果と費用効果分析を行う。なお、工事費については従来型の改修からグリーン改修へ変更した場合の差額にて算出している。

施設	工事費 (円)		1年間 運用削減 電力量	1年間 庁舎全体 電力量	1年間 CO ₂ 削減量	庁舎あたり のCO ₂ 削減率	投資 効果	初期投資 回収年	
			(kWh/年)	(kWh/年)	(kg- CO ₂ /年)	(%)	(円 / kg- CO ₂ /年)	(年)	
A	(Hf+調光:750lx) - (従来型改修:500lx)		10,081,050	76,890	3,076,532	39,214	2.50	13	10.9
B	(Hf+調光) - (Hf)		2,447,710	18,743	228,864	9,559	8.19	13	10.9
B	(人感センサ) - (従来型改修)	設定時間:10秒)	257,040	2,093	228,864	1,067	0.91	12	10.2
B		設定時間:1分)		1,451	228,864	740	0.63	17	14.8
B		設定時間:3分)		903	228,864	461	0.39	28	23.7
C		設定時間:3分)		2,450,000	19,770	5,983,710	10,083	0.33	12
C	設定時間:6分)	16,440	5,983,710		8,384	0.27	15	12.4	
C	設定時間:20分)	10,390	5,983,710		5,299	0.17	23	19.7	

上表から、高効率型照明器具の採用と照明制御技術の採用はグリーン化の目的であるCO₂削減に対し効果があることが分かる。また、それぞれの技術において計画更新年数である20年以内に投資を回収することができていることが確認できる。

4. 総括

上記の結果からグリーン診断・改修における高効率照明器具の採用、照明制御技術の導入は環境負荷低減に対して、有効であることが確認できた。また、これらは照明器具等の更新に合わせて行うことでコスト面においても有利である。ただし、運用形態(効率的な自然採光、ブラインドの影響など)によりその効果が左右されるため、効率的且つ積極的な省エネルギーに資するための適切な保全指導やアドバイスが必要である。

「個別のグリーン(改修)技術に関する実証面から見た有効性の調査研究」

1. 研究概要及び調査施設概要

当整備局において、グリーン改修工事によりインバータ制御とした空調機について、電力消費量から見た導入効果の検証を行った。

A 合同庁舎(改修内容)(高知県A市 鉄筋コンクリート造3階建 延べ面積 2,417㎡)

- ・熱源：リングユニット(75kw) + ボイラー(2.45kw)
直たき吸収冷温水機(8kw) (熱源は都市ガス)
- ・空調機：ACU-1(南系統)(19kw)、ACU-2(北系統)(15kw)
ACU-1(南系統)(18.5kw)、ACU-2(北系統)(15kw) (共にインバータ制御を実施)

2. 測定結果及び検証

一般的に、空調機器の風量は、より負荷の大きい夏期を基に選定されており、冬期については空調負荷が少ない分だけ、風量に低減の余地があることに着目し、インバータの比例制御を実施した。(夏期はインバータを固定周波数とし、室内温度による三方弁の比例制御を行なった)

結果は、空調起動後、30分程度で設定下限値に至り、以後空調終了時まで変動は無かった。安定した時間帯における空調機の入力電力は、ACU-1(南系統)では、定格容量18.5kwに対し実効容量12.6kw(電動機特性より(以下同じ))低減量は5.9kw~約32%)、ACU-2(南系統)では、定格容量15kwに対し実効容量8.8kw(低減量は6.2kw~約41%)と大きな効果が得られた。

なお、夏期については固定周波数(各53Hz, 48Hz)ではあるが、ACU-1では定格容量18.5kwに対し実効容量16.3kw(低減量は2.2kw~約12%)、ACU-2(南系統)では、定格容量15kwに対し実効容量12kw(低減量は3kw~約20%)と、一定の効果をあげている。

3. 導入効果

運用段階における削減電力量を試算すると(計算条件：冷房期間は75日、暖房期間は100日、運転時間は冬期の立ち上がりの1時間を除外)

- ・夏期 ACU-1： 2.2kw × 8時間 × 75日 = 1,320kWh
ACU-2： 3.5kw × 8時間 × 75日 = 2,100kWh 小計 3,420kWh
- ・冬期 ACU-1： 5.8kw × 7時間 × 100日 = 4,060kWh
ACU-2： 8.8kw × 7時間 × 100日 = 6,160kWh 小計10,220kWh
- ・年間 + = 13,640kWh

改修前の庁舎の全電力使用量と比較すると

$$13,640\text{kWh} / 254.080\text{kWh} (\text{前年度実績値}) = 5.4\%$$

また、CO₂削減量(年間)に置き換えると

$$13,640\text{kWh} \times 0.51\text{kg-CO}_2/\text{kWh} = 6,956\text{kg-CO}_2 \cdot \text{年}$$

の効果が得られることとなった。

ちなみに、この削減量を投資効果という視点から整理すれば、インバータ導入のための初期工事費が約1,930千円であるから

$$1,930\text{千円} / 6,956\text{kg-CO}_2 \cdot \text{年} = 277\text{円} / \text{kg-CO}_2 \cdot \text{年}$$

の結果であった。

「グリーン改修計画における太陽光発電設備の設計手法の調査研究」

1. 目的

本研究は、グリーン化技術の一つである太陽光発電設備を設置した庁舎を調査、検証し、施工上の問題点などを整理することにより、今後のグリーン改修工事における太陽光発電設備工事の設計技術の充実を図ることを目的とする。

2. 調査方法

改修工事で太陽光発電設備を施工した実績が少ないため、新築工事で施工実績のある業者及びメーカーに、上記設置方式における施工上の問題点や設置方式による特徴などのヒアリング調査を行うと共に計測できる施設において年間電力量調査を行った。

3. 調査結果

3.1 設置方式の選定方法

業者及びメーカーからのヒアリング結果より太陽光発電設備を取り付ける際の優先順位を検討し、太陽光発電設備の方式選定シートを提案した。

3.2 既存庁舎における太陽光発電設備の検証

関東、九州、沖縄の5施設の太陽光発電設備の調査を行い、地域差による年間発電量の比較及び環境負荷低減効果（CO2削減率等）について検証を行った。

3.3 改修工法の検討

太陽光発電設備の方式選定シートに基づき主としてスラブ・屋根設置型の場合の改修工法の検討を行った。

4. 今後の検討

今回は、メーカー及び施工業者へのヒアリングを行い検討の結果、太陽光発電設備の方式選定シートの提案及び既存の太陽光発電設備の検証を行い、主としてスラブ・屋根設置型について検討を行った。検討を行い条件を満たせばグリーン改修工事において既存建物に太陽光発電設備を設置することが可能であり二酸化炭素の削減に貢献することが可能となる。従って、小規模のものでも積極的に検討をしていくことが重要であると思われる。今後もさらに検討を行い、太陽光発電設備の設計手法の充実を図りたい。

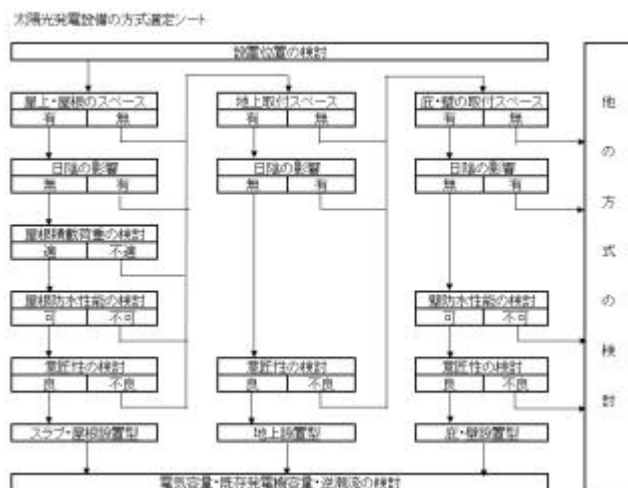


表 契約電力5%容量設置時の
庁舎全体電力量に対する割合

庁舎名	契約電力の5%時 CO2削減量(想定) (kg-CO2/年)	庁舎全体電力量 に対する割合 (%)
関東A	100,196	0.330
関東B	17,526	0.443
九州A	2,205	0.607
九州B	8,589	0.702
沖縄	2,207	0.634

「高効率変圧器による（グリーン改修技術）の検証・有効性に関する調査研究」

1. 要旨

「グリーン診断・改修計画指針及び同解説」に基づく受変電設備の配電用高効率変圧器によるグリーン改修技術の検証・有効性に関する調査研究を行う。

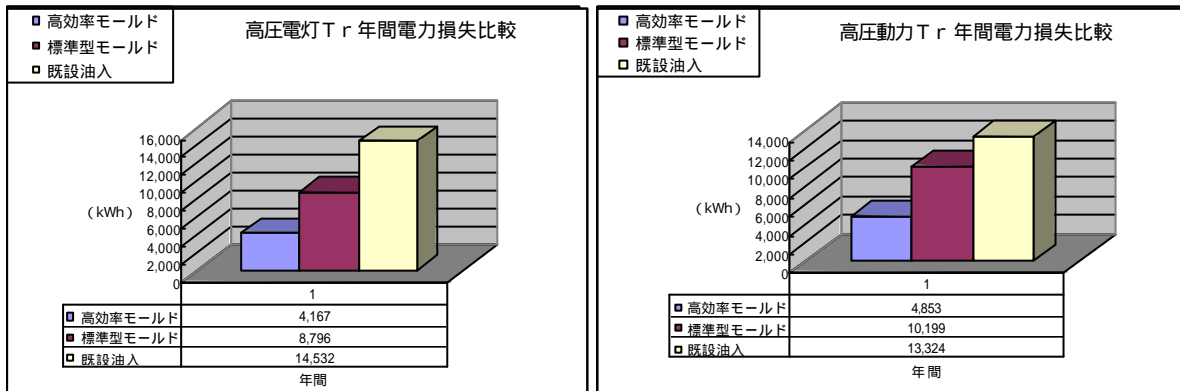
2. 研究概要

高効率変圧器での運用時における電力使用量等の基礎データを収集し、高効率変圧器（グリーン改修）と標準変圧器（従来型）の電力損失量を比較し、環境負荷低減手法（グリーン改修）の運用時における効果検証等を研究する。

3. 考察 3.1 改修手法による比較

環境負荷低減手法（グリーン改修）による高効率変圧器で改修する場合と標準型（従来型）の変圧器で改修する場合とを比較検討する。

・省エネルギー効果 ・LCCO2（二酸化炭素排出）の削減量 ・経済的評価



高効率モデル変圧器と標準型モデル変圧器との比較表 注記) 既設油入は参考に算定した。

削減効果項目	電灯変圧器 300kVA	動力変圧器 300kVA
損失比較 (%)	47	48
年間省エネ電力量(kWh)	4,629	5,345
年間CO2削減量(kg・CO2/kWh年間)	2,361	2,726
LCCO2削減率 (%)	0.72	2.19
電灯・動力変圧器 総合LCCO2削減率 (%)	1.20	

比較表及び電力損失グラフにより、高効率変圧器による改修が省エネ・環境負荷低減効果が高いことが認められる。また、高効率変圧器のイニシャルコストは多少高価となるが、省エネ・節電効果により約12年で、初期投資分の回収が可能となり、変圧器の寿命を考慮したランニングコストの縮減効果が認められる。

4. 今後の課題及びまとめ

配電用変圧器は、省エネ法の特定機器適用が、2006年度からとなっています。

今後、従来型（旧式）の変圧器を高効率変圧器に改修することにより、大きな省エネ、環境負荷低減に寄与できるものと考えられます。最後に、高効率変圧器が設計基準等へ早期に反映され、設計においてスタンダードなものとして採用できることを期待します。

「積雪寒冷地域施設におけるグリーン化技術についての実証検証」

東北・北陸地方整備局では日本海側地域に位置する施設を対象に、各グリーン化技術の採用による、運用時の削減電力量を、導入前の想定値と比較することにより、環境負荷低減効果とその気象特性による影響を検証した。

1. 調査施設概要

調査施設を「表 - 1」に示す。太陽光発電においては、気象特性の違う太平洋側施設と比較した。

表 - 1 施設概要

側面	施設名	本荘地方合同	小松地方合同	
	日本海側	所在地	秋田県本荘市	石川県小松市
構造規模		RC-5-1 4,669㎡	RC-7-1 7,878㎡	
工事種類		新営	新営	
竣工時期		H14.9	H14.12	
	採用手法	昭太ヒ風	昭太	
太平洋側	施設名	宮城労災介護施設	民間施設A	民間施設B
	所在地	宮城県富谷町	神奈川県横浜市	宮城県仙台市
	構造規模	RC-3 3,929㎡	RC-4 13,000㎡	RC-4 6,900㎡
	工事種類	新営	新営	改修
	竣工時期	H12.1	H14.8	H13.2
	採用手法	本	本	本

照：照明制御 太：太陽光発電 ヒ：ヒートパイプ融雪 風：風力発電

2. 検証結果

1). 照明制御

消費電力量をもとに年間省エネルギー率を算出し理論値と比較した結果（表 - 2）実測値が理論値を下回っていることがわかった。これは理論値を算出する際の全天空照度の値が全国平均であり、日本海側との地域差があったためと推測される。

今後データ数を増やし、補正の必要性を検討していきたい。

2). 太陽光発電設備

発電電力量と傾斜面日射量の実測値より総合設計係数（発電効率）を求めると、当初想定値を0.7としたのに対し実測では概ね0.75～0.8と上回っていることがわかった。（表 - 3）また、日本海側施設では冬期に値が低下しており、アレイへの積雪の影響があったものと考えられる。

表 - 2 年間省エネルギー率(%)

	実測値	理論値
本 荘	21	40
小 松	18	25

理論値は（社）日本照明器具工業会技術資料 130「照明制御装置による消費電力削減効果の評価手法」より

3). 風力発電設備

計画時の年間発電電力量が約700(kwh)であったのに対し、実測から求めた値が約324(kwh)であった。これは平均風速が予測を下回っていたためである。

表 - 3 総合設計係数（発電効率）

	冬期	中間期	夏期	年間
本 荘	0.74	0.82	0.79	0.79
小 松	0.71	0.76	0.73	0.74
宮城労災	0.72	0.64	0.61	0.66
民間A	0.9	0.84	0.7	0.83
民間B	0.78	0.8	0.73	0.78

値は設計基準の予想発電電力量算出式を利用し求めた。

なお、アメダス等気象データと実測値では風速

の値に違いがみられたため、風況調査を行い設置場所における風の影響を詳細に把握する必要があると感じた。

4). ヒートパイプ融雪設備

本荘地方合同では地中熱を利用したヒートパイプ融雪設備を試行的に導入している。検証の結果、圧雪や直接風雪が吹き付けることが無い場所では、融け遅れが見られたものの融雪の効果が確認できた。

3. 環境負荷低減効果

実測値から年間CO₂排出削減量を求めると「表 - 4」のとおりとなった。

表 - 4 環境負荷削減効果算出

算出条件 0.51kg-CO₂/kwh

	照明制御		太陽光発電		風力発電	ヒートパイプ融雪
	本荘	小松	本荘	小松		
電力削減量(Kwh/年)	3,444	7,164	9,631	9,264	324	3,576
庁舎電力使用量に対する割合	0.9%	1.2%	2.6%	1.6%	0.1%	4.6%
LCCO ₂ 削減量 (kg-CO ₂ /年)	1,756.4	3,653.6	4,911.8	4,724.6	165.2	1,823.8

「地方合同庁舎等における変圧器容量選定手法に関する調査研究」

1. 研究手法

17の地方合同庁舎変圧器データを収集し、以下の地方合同庁舎等の変圧器データを収集、変圧器容量の妥当性を検討、変圧器容量選定手法の提案、考察を行なった。

合同庁舎の規模は、4,460m²～24378m²となっている。

2. 延べ床面積と合計変圧器容量の相関関係

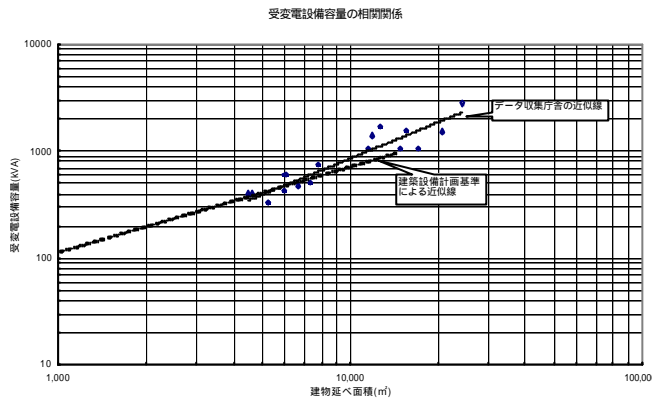


図 - 1

庁舎の建築延べ面積と受変電設備容量の相関関係については、建築設備計画基準に示されているが、今回データを収集した地方合同庁舎の相関関係を電灯変圧器、動力変圧器合計のもの、電灯変圧器のみのも、動力変圧器のみのもので三種類を比較検討し、それぞれの相関関係は、単位面積あたり計画基準とほぼ同等の機種が選定されて

いることがわかった。電灯変圧器、動力変圧器合計のもの比較グラフを図 - 1 に示す。

3. 変圧器の利用効率

データ収集をおこなった庁舎の各変圧器ごとに、年間最大となった月間最大電流値をもとに変圧器の利用効率を算出した。モールド形単相変圧器の結果を以下に示す。

変圧器容量 (kVA)	容量別平均値 (%)	モールド形単相変圧器平均値 (%)
50	30.0	54.2
75	55.7	
100	40.0	
150	59.4	

表 - 1

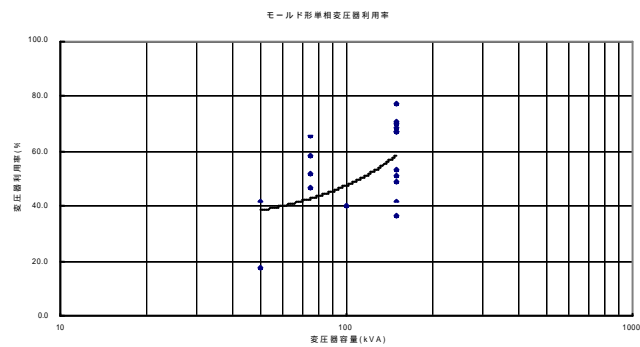


図 - 2

4. 既存の変圧器容量算定手法の妥当性

電灯変圧器については、従来用いているf値は、過負荷にならず、比較的高い平均値を示すことができ、変圧器を安全かつ効率的な変圧器容量選定につながっていることを示すことができた。一方、三相変圧器の利用率は、モールド形変圧器で50%前後、油入形変圧器で40%前後の平均値を示している。しかし、個々のデータは分散しており、統計的な判断を下しにくい状況となっているほか、データ個体の最大値が90%以上を示しているものもあり、単に算出容量を切り下げた場合、過負荷に陥る変圧器も見られる。したがって、三相変圧器については、今回のデータによる考察は難しいため、引き続き調査を行なう必要がある。