

## 2.2 電気設備

### 2.2.1 受変電設備(高圧)

高圧変圧器の省エネルギー効果を算定する。基幹設備の範囲はサブ変電室までとし、既存設備の標準的な仕様は 1.4.3 (1) で述べたとおり、B 大学 b 団地の更新時期にある 25 年以上経過した高圧変圧器とする。

#### (1) 標準的な仕様

B 大学 b 団地の調査結果から、以下に示す 6 台の容量の合計値 550kVA を標準的な仕様とする。

表2-1 B大学b団地25年超過変圧器

	フィーダ番号	受変電所番号	相	容量(kVA)	絶縁方式	製造年
1	F107系	107	単相	75	油入	1976年
2	F201系	201-1	単相	75	油入	1984年
3		201-1	三相	50	油入	1984年
4		201-1	三相	100	油入	1984年
5		201	三相	100	油入	1982年
6		201	三相	150	油入	1982年
容量合計				550 kVA		

※A 大学 a 団地、B 大学 b 団地を含めて 25 年経過の変圧器 87 台の調査を行ったが、更新時期にあるモールド変圧器は該当がなかったため、油入変圧器のみでエネルギー消費量の推計を行う。

#### (2) エネルギー消費量の算出

①変圧器は変圧の過程で電力を損失しており、その損失量は変圧器の特性である負荷損、無負荷損から次式で算出できる。これに運転時間を乗じて変圧器のエネルギー消費量とする。

$$W_t = W_i + (P_e / 100)^2 \times W_c$$

$W_t$ ：変圧器の全損失 (W)

$W_i$ ：無負荷損 (W)

$W_c$ ：負荷損 (W)

$P_e$ ：等価負荷率 (%)

②変圧器の負荷損、無負荷損は製造年によって大きく差があるため、今後 5 年間の省エネルギー効果を算出するために、A 大学 a 団地及び B 大学 b 団地の高圧変圧器 87 台の特性（負荷損、無負荷）を各メーカーに問合せ、そのうち回答があった 80 台の仕様により平均値を決定した。なお、更新後の特性は、同等の変圧器について各メーカーのカタログ値を調べ、その最上位にある値を採用した。それぞれの採用値を表 2-2 に示す。

表2-2 変圧器の損失値

機器	相	容量 (kVA)	製造年	更新前		更新後				
				標準的な仕様		更新後標準的		更新後より効率的		
				無負荷損 (W)	負荷損 (W)	無負荷損 (W)	負荷損 (W)	無負荷損 (W)	負荷損 (W)	
1	油入変圧器	単相	75	25年超過	224	1059	150	900	45	1050
2	油入変圧器	三相	50	25年超過	270	545	110	570	120	586
3	油入変圧器	三相	100	25年超過	501	1650	234	1390	85	1640
4	油入変圧器	三相	150	25年超過	611	2418	280	1960	105	2365

③変圧器にかかる電力消費量は B 大学 b 団地の受電記録（2008 年年報、月報（6 月）、日報（6 月 2 日））を参照した。この電力消費量の時間推移をグラフ（図 2-1～3）で示す。また、変圧器の電力損失は変圧器に掛かる負荷によって変化するため、受電記録の電力消費量と変圧器容量から等価負荷率（ $P_e$ ）を算出した。（表 2-3）

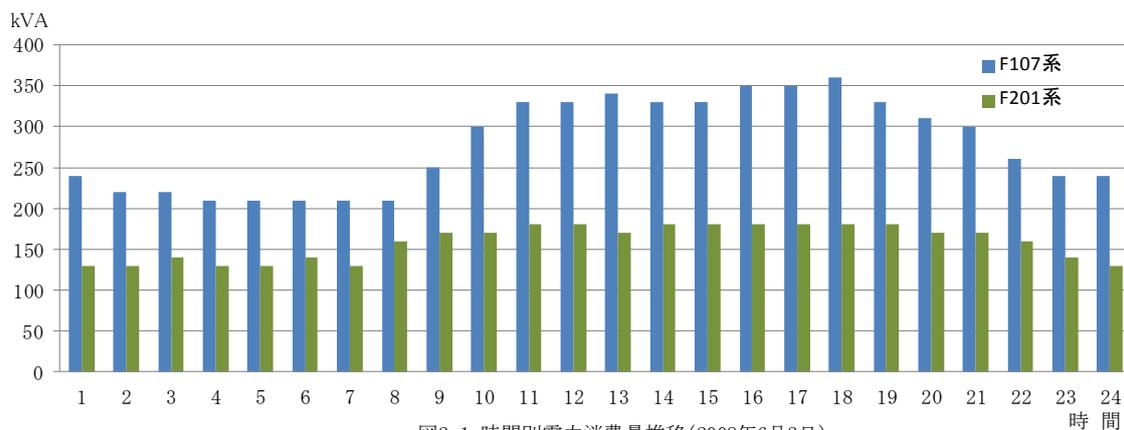


図2-1 時間別電力消費量推移(2008年6月2日)

表2-3 等価負荷率算出表

時間(T)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	合計		
F107系																											
電力消費量 kWh	240	220	220	210	210	210	210	210	250	300	330	330	340	330	330	350	350	360	330	310	300	260	240	240	6,680		
変圧器負荷率(P) %	20	19	19	18	18	18	18	18	21	26	28	28	29	28	28	30	30	31	28	26	26	22	20	20	24		
設備容量 1175 kVA																								等価負荷率↑			
F201系																											
電力消費量 kWh	130	130	140	130	130	140	130	160	170	170	180	180	170	180	180	180	180	180	180	170	170	160	140	130	3,810		
変圧器負荷率(P) %	15	15	16	15	15	16	15	18	19	19	21	21	19	21	21	21	21	21	21	19	19	18	16	15	18		
設備容量 875 kVA																								等価負荷率↑			

\*設備容量はフィード(F107系、F201系に掛かる変圧器容量の合計)

Pe : 等価負荷率は、107系 : 24  
201系 : 18

等価負荷率

$$Pe = \sqrt{\frac{P_1^2 T_1 + P_2^2 T_2 + \dots + P_n^2 T_n}{T_1 + T_2 + \dots + T_n}}$$

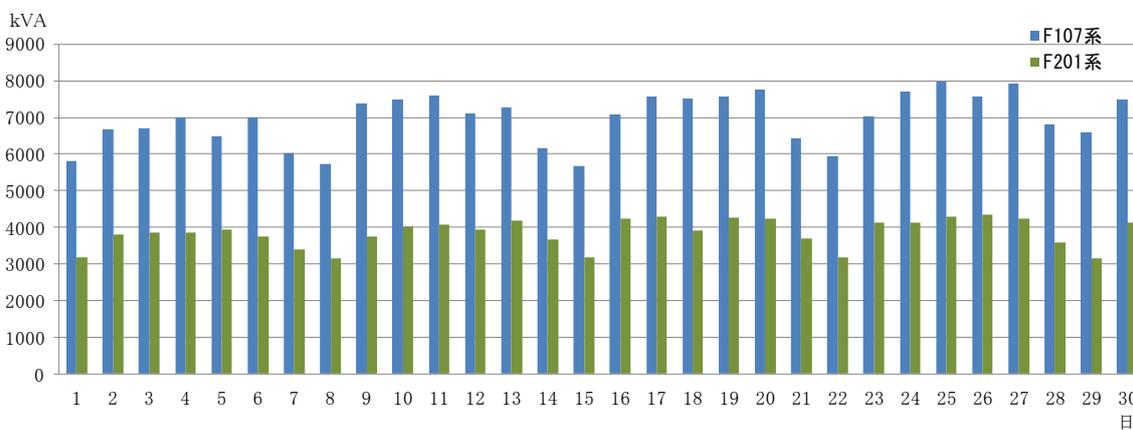


図2-2 日別電力消費量推移(2008年6月)

表2-4 日別電力消費量

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
曜日	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金
F1(電力消費量 kWh)	5800	6680	6710	7000	6500	6990	6020	5720	7370	7480	7610	7120	7270	6170	5670	7070	7580	7530	7580	7770
F2(電力消費量 kWh)	3170	3810	3860	3870	3930	3740	3410	3160	3750	4030	4080	3940	4170	3670	3180	4250	4280	3910	4260	4230
日	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	合計	平日の平均電力消費量	休日の平均電力消費量	平日:休日						
曜日	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月										
F1(電力消費量 kWh)	6440	5950	7030	7700	7970	7580	7930	6820	6600	7490	209,150	7,331	6,132	1 : 0.84						
F2(電力消費量 kWh)	3700	3190	4130	4140	4300	4350	4230	3590	3140	4140	115,610	4,067	3,357	1 : 0.83						

日別電力消費量推移（図 2-2）から分かるように、休日（土・日曜）の電力消費量は平日の 8 割程度になっている。よってエネルギー消費量算出の際は、休日は平日 1 に対して F107 系：0.84、F201 系：0.83 を乗じて求める。（表 2-4 参照）

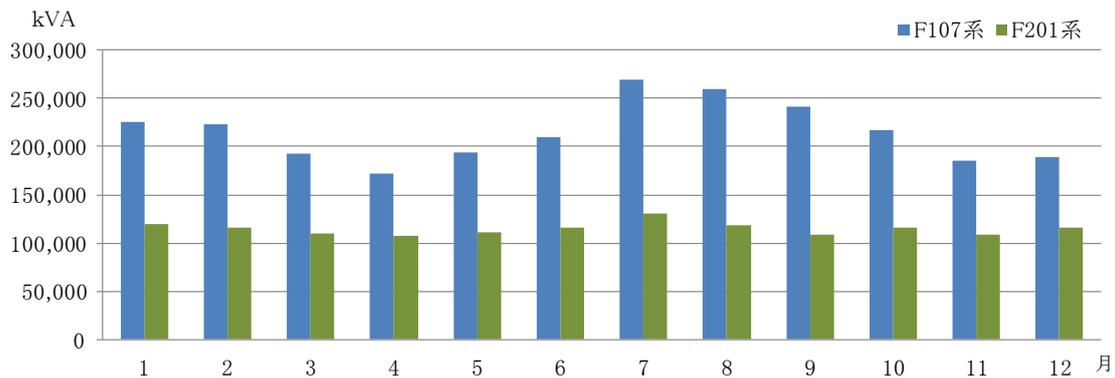


図2-3 月別電力消費量推移(2008年)

表2-5 6月の電力消費量を基準とした年間比率(%)

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
F107系	108	107	92	82	93	100	129	124	115	104	89	90
F201系	104	100	95	93	96	100	113	103	94	100	94	100

年間電力消費量は月毎に変動があるため、6月の負荷を 100 とした場合の比率を各月に乗じてエネルギー消費量を求める。（表 2-5 参照）

## 1) 既存設備

表2-6 標準的な仕様 変圧器エネルギー消費量

25年超過変圧器	相	容量	曜日	無負荷損(W)	(等価負荷率/100)	負荷損(W)	月間運転時間	休日係数	月間損失小計(W)	月間損失合計(Wh)	年間損失合計(kWh)
F107系変圧器	13	75	平日	224	24	1059	504	1	143,639	195,349	2,408
			休日	224	24	1059	216	0.84	51,710		
F201系変圧器	13	75	平日	224	18	1059	504	1	130,189	176,499	2,104
			休日	224	18	1059	216	0.83	46,310		
F201系変圧器	33	50	平日	270	0	545	504	1	136,080	184,486	2,199
			休日	270	0	545	216	0.83	48,406		
F201系変圧器	33	100	平日	501	18	1630	504	1	279,121	378,409	4,510
			休日	501	18	1630	216	0.83	99,287		
F201系変圧器	33	100	平日	501	18	1630	504	1	279,121	378,409	4,510
			休日	501	18	1630	216	0.83	99,287		
F201系変圧器	33	150	平日	611	0	2418	504	1	307,944	417,484	4,976
			休日	611	0	2418	216	0.83	109,540		
1. (720h)=(504+216) = (平日21日*24h+休日9日*24h)									合計	1,730,635	20,708
2. 年間損失=(月間損失*1月比率)+(月間損失*2月比率)+(月間損失*3月比率)…12月比率)											

\*相・・・13:単相3線 33:3相3線

\*等価負荷率=0:変圧器の年間稼働が1カ月以下

①②③から標準的な仕様の変圧器損失量（エネルギー消費量）を表 2-6 に示す。

■ 標準的な仕様のエネルギー消費量———20,708kW h /年

## 2) 更新後標準的設備

変圧器は電力使用に不可欠な機器であるため、時代とともに効率化が進んでいる。平成 15 年の省エネルギー法の改正では油入変圧器、モールド変圧器がトップランナー機器に特定され、製造業者はトップランナー基準に満たない変圧器の販売を制限された。公共建築工事標準仕様書（国土交通省 平成 22 年）にも高压変圧器はトップランナー基準であることが要求されている。このことからトップランナー変圧器を更新後標準的設備とし、そのエネルギー消費量を表 2-7 に示す。

表2-7 更新後標準的な仕様 変圧器エネルギー消費量

トップランナー 変圧器	相	容量	曜日	無負荷 損(W)	(等価負荷率 /100)	負荷損 (W)	月間 運転時間	休日 係数	月間損失 小計(W)	月間損失 合計(Wh)	年間損失 合計(kWh)
F107系変圧器	13	75	平日	150	24	900	504	1	101,727	138,349	1,705
			休日	150	24	900	216	0.84	36,622		
F201系変圧器	13	75	平日	150	18	900	504	1	90,297	122,416	1,459
			休日	150	18	900	216	0.83	32,120		
F201系変圧器	33	50	平日	110	0	570	504	1	55,440	75,161	896
			休日	110	0	570	216	0.83	19,721		
F201系変圧器	33	100	平日	234	18	1390	504	1	140,634	190,660	2,273
			休日	234	18	1390	216	0.83	50,026		
F201系変圧器	33	100	平日	234	18	1390	504	1	140,634	190,660	2,273
			休日	234	18	1390	216	0.83	50,026		
F201系変圧器	33	150	平日	280	0	1960	504	1	141,120	191,318	2,280
			休日	280	0	1960	216	0.83	50,198		
1. (720h)=(504+216)=(平日21日*24h+休日9日*24h)									合計	908,564	10,886
2. 年間損失=(月間損失*1月比率)+(月間損失*2月比率)+(月間損失*3月比率)・・・12月比率)											

\*相・・・13:単相3線 33:3相3線

\*等価負荷率=0:変圧器の年間稼働が1カ月以下

■ 更新後標準的設備のエネルギー消費量———10,886kW h /年

### 3) 更新後より効率的設備

各メーカーはトップランナー基準を上回る超高効率変圧器を製造している。メーカーカタログ等の資料を比較し、負荷損、無負荷損が最上位にあるものを「更新後より効率的設備」とした。そのエネルギー消費量を表 2-8 に示す。

表2-8 更新後より効率的な仕様変圧器エネルギー消費量

超高効率	相	容量	曜日	無負荷損 (W)	(等価負荷率 /100)	負荷損 (W)	月間 運転時間	休日 係数	月間損失 小計(W)	月間損失 合計(Wh)	年間損失 合計(kWh)
F107系変圧器	13	75	平日	45	24	1050	504	1	53,162	72,300	891
			休日	45	24	1050	216	0.84	19,138		
F201系変圧器	13	75	平日	45	18	1050	504	1	39,826	53,993	644
			休日	45	18	1050	216	0.83	14,167		
F201系変圧器	33	50	平日	50	0	920	504	1	25,200	34,164	407
			休日	50	0	920	216	0.83	8,964		
F201系変圧器	33	100	平日	146	18	838	504	1	87,268	118,311	1,410
			休日	146	18	838	216	0.83	31,043		
F201系変圧器	33	100	平日	146	18	838	504	1	87,268	118,311	1,410
			休日	146	18	838	216	0.83	31,043		
F201系変圧器	33	150	平日	105	0	2365	504	1	52,920	71,744	855
			休日	105	0	2365	216	0.83	18,824		
1. (720h)=(504+216) = (平日21日*24h+休日9日*24h)											
2. 年間損失=(月間損失*1月比率)+(月間損失*2月比率)+(月間損失*3月比率)・・・12月比率)									合計	468,823	5,617

\*相・・・13: 単相3線 33: 3相3線  
\*等価負荷率=0: 変圧器の年間稼働が1カ月以下

■ 更新後より効率的設備のエネルギー消費量———5,617kWh/年

### (3) 環境負荷低減効果

1) と 2)、3) の差分と熱量換算及び CO2 排出量を下記に示す。

■ 更新後標準的設備

20,708 kWh/年 — 10,886 kWh/年 = 9,822 kWh/年

一次エネルギー熱量換算———▲98GJ/年

CO2 排出量———▲4.7t-CO2/年

■ 更新後より効率的設備

20,708 kWh/年 - 5,617 kWh/年 = 15,091kWh/年  
 一次エネルギー熱量換算——▲150 GJ/年  
 CO2 排出量————▲7.2 t-CO2/年

#### (4) 今後 5 年間の省エネルギー効果

高圧変圧器の調査対象全体への省エネルギー効果は、B 大学 b 団地の 25 年超過変圧器 6 台（合計容量 550kVA）を更新して得られるエネルギー削減量から B 大学 b 団地の延べ面積 1m<sup>2</sup> あたりの削減量を求め、それを全大学キャンパスに展開することで推計する。

延べ面積：

B 大学 b 団地（1 団地：143,389m<sup>2</sup>）

全大学キャンパス延べ面積（1425 団地：23,211,345m<sup>2</sup>）

##### ■更新後標準的設備

25 年超過変圧器（550kVA）更新後のエネルギー削減量——9,822kWh/年

1kVA あたりのエネルギー削減量——9,822kWh/年 ÷ 550 kVA

= 17.9kWh/年・kVA（▲0.18 GJ/年・kVA、▲0.0085 t-CO2/年・kVA）

1m<sup>2</sup> あたりのエネルギー削減量——9,822kWh/年 ÷ 143,389m<sup>2</sup>

= 0.068kWh/年・m<sup>2</sup>

調査対象キャンパスへの展開：

0.068 kWh/年・m<sup>2</sup> × 23,211,345m<sup>2</sup> = 1,578,371 kWh/年

一次エネルギー熱量換算——▲15,736GJ/年

CO2 排出量————▲751t-CO2/年

##### ■更新後より効率的設備

25 年超過変圧器（550kVA）更新後のエネルギー削減量——15,091kWh/年

1kVA あたりのエネルギー削減量——15,091kWh/年 ÷ 550 kVA

= 27.4kWh/年・kVA（▲0.27 GJ/年・kVA、▲0.013 t-CO2/年・kVA）

1m<sup>2</sup> あたりのエネルギー削減量——15,091kWh/年 ÷ 143,389m<sup>2</sup>

$$= 0.105\text{kWh/年}\cdot\text{m}^2$$

調査対象キャンパスへの展開：

$$0.105\text{ kWh/年}\cdot\text{m}^2 \times 23,211,345\text{m}^2 = 2,437,191\text{kWh/年}$$

$$\text{一次エネルギー熱量換算} \text{-----} \blacktriangle 24,299\text{GJ/年}$$

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} \text{-----} \blacktriangle 1,160\text{t-CO}_2\text{/年}$$