

## 早稲田大学大久保キャンパスおよび周辺における地域冷暖房システム導入に関する研究

準会員 ○森山 拓<sup>1</sup>正会員 伊藤 誠<sup>2</sup> 正会員 高橋 信之<sup>4</sup>同 原 英嗣<sup>3</sup> 名誉会員 尾島 俊雄<sup>5</sup>

## 1. はじめに

都心部の建築における設備は、時代の推移から生じる新たなニーズに対応するために、たびたび増設及び更新されてきた。その中でも特に空調設備は個々の建物に特化しているため、熱負荷の高い地域では特に、規模や効率の面で見直しをする必要があると考えられる。そしてその対策として都心部では、エネルギーを効率的に配給する地域冷暖房の考え方が一般化してきている。

本研究は、まず早稲田大学の久保キャンパスの設備とエネルギー需要の現状を調査していく。現状を把握した上で、問題点を明確にし、そして問題点を元に新システムを提案する。最終的には、新システムによってえられる効果を従来システムと比較して評価を行う。

表1；理工学部全体延べ床面積及び竣工年

建物名	竣工年	建物床面積 ( )
51号館：理工学部	1967	20940.95
52号館：理工学部	1963	3892.32
53号館：理工学部	1963	2693.32
54号館：理工学部	1963	2693.32
56号館：理工総研・研究棟	1963	7125.76
57号館：理工総研・研究棟	1963	4216.25
58号館：理工学部	1965	5722.24
59号館：理工学部	1965	7352.88
60号館：理工学部	1965	4339.84
61号館：理工学部	1965	7721.59
55号館：理工総研・研究棟	1993	20892.56
65号館：理工学部	1979	5579.68
62号館：高圧実験室	1967	891.51
62号館-2：ハイテクリサーチセンター	1997	2143.78
理工学部全体		96206

## 2. キャンパスの現状の概略と計画

## 2-1 キャンパスの現状

まずキャンパス全体の概略を調べていく

キャンパス全体での延べ床面積は現状で約10万平方メートルである。表1はキャンパス内の各建物の延べ床面積と竣工年数を、図1はキャンパス内建物の配置を示している。

表1から分かる通り、久保キャンパスは1963年～67年にかけて基礎となる建物が建てられた。そしてそれ以後、79年に65号館が建設されているが、1990年まではほとんど形を変えていない。しかし90年代に入って、研究棟の55号館とハイテクリサーチセンターである62号館が建設された。つまりここ10年間でキャンパスの規模が増大し、キャンパスとしての形態が大きく変わっていったことが分かる。

## 2-2 キャンパスを含めた将来構想

図2は現在計画書である久保キャンパス内における、新号館建設及び改築の計画案である。

新しく建設されるのは63号館で、現在のテニスコートの部分に2010年竣工を目標に、計画が進められている。それと同時に、現在の60号館と61号館を取り壊して、その場所を中庭にする事になっている。63号館の機能は、実験研究棟である60、61号館がなくなった後に建設されることを考えると、同様に実験研究棟として使われるものと考えられる。63号館は延べ床面積が2万4千平方メートルになっており、キャンパスとしての規模は約1.2倍になる。これによってキャンパス内のエネルギー需要は大きく変わってくると考えられる。

学内だけでなく、キャンパスを含めた将来計画は周

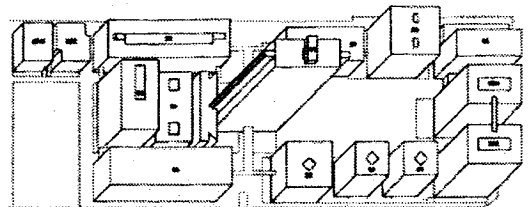


図1；現在（2001年）の理工学部の配置図

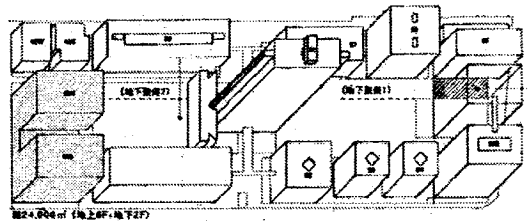


図2；2010年度の理工学部の配置図（予定）

辺地域にも広がっている。高田馬場駅の戸山口から空中デッキを作るという、キャンパスへの新たな導線計画や、久保キャンパスに道路を隔てて面した戸山3丁目に、新しい大学施設を造る計画がある。これらの新施設に対してどのようなエネルギー供給を行うかを、併せて考える必要がある。

## 3. キャンパスの設備の概要

## 3-1 熱源設備

キャンパスの熱源設備は、建物自体が時代とともに増改築が行われてきたため、それに伴って種類の違うものが設置されている。図3はキャンパス内の主要な熱源設備とその配管図である。

先に述べたとおり、久保キャンパスは1970年代に

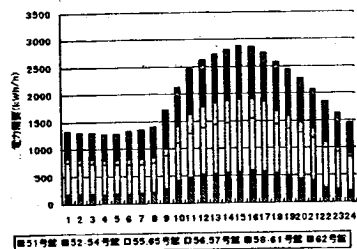


図7；キャンパスの一般電力需要

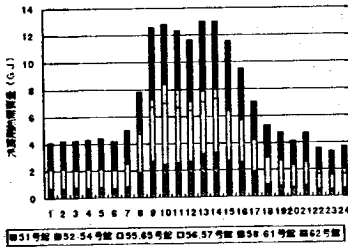


図8；キャンパスの夏期の熱需要量

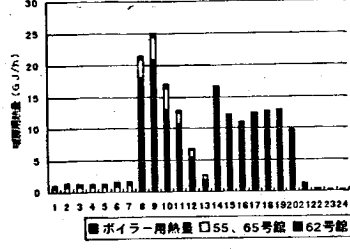


図9；キャンパスの冬期の熱需要量

エネルギーの算出は以下の範囲について行う。

- 範囲1：51号館
- 範囲2：52号館、53号館、54号館
- 範囲3：55号館、65号館
- 範囲4：56号館、57号館
- 範囲5：58号館、59号館、60号館、61号館
- 範囲6：62号館

図7～9は電気量及び熱量の算出後の結果である。

電気量のピークは、15時、16時である。これはもっともキャンパスに人が集まる時間帯であると考えられる。夜時間の(22時から8時まで)55号館の電力需要が多いのは、研究室などに人が残っているためそのときに発生する電灯需要や、サーバーなど常時電力を必要とする機器が多いことが原因となっていると考えられる。夏期の冷熱需要に関しても55、65号館と58～61号館が全体の中で大きな割合になっている。特に、端末室や実験室がある58～61号館は熱量が非常に多い。また研究室用のものと思われる55号館の深夜の熱需要が多い。冬期の暖房熱需要はほとんどが中央ボイラー用のもので、使用時間帯も短い時間に限定されている。これはボイラー側である程度の需要を予測しながら運転しているからで、授業時間に合わせて使われている。

#### 4-4 エネルギー需要のまとめ

図10図11は各号館ごとの単位面積当たりの電力量と熱量である。

ある一定面積に対しては、62号館の電力が特に高い値を示しているのが分かる。これは特殊な実験設備が入っている為である。他の号館にも実験設備が入っているが、竣工年が特に新しく、最新の設備が入っていることが原因であると考えられる。

58～61号館の熱量が多いのは熱を発生する実験設備やパソコンの多い端末室があるからであると考えられる。55号館の熱量が多いのは、新しい建物なので性能の高い空調設備が入れられていることと、51号館と比較して研究室としての利用頻度が高いことが原因であろう。また62号館は一日中熱量が一定しているが、極端に低く、電力と比較すると非常に少ない熱量であることが分かる。

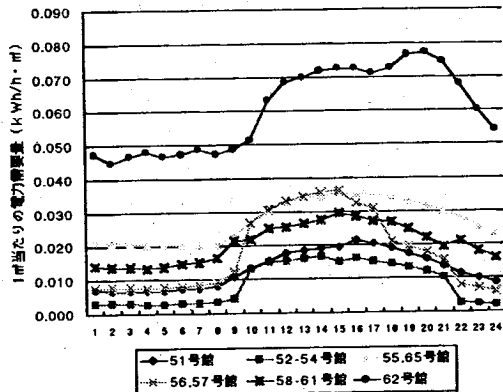


図10 一般電力の建物ごとの原単位

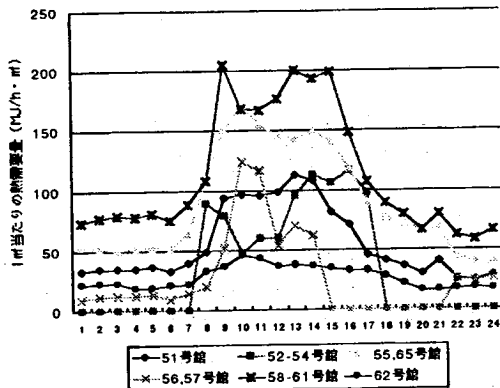


図11；熱需要量の建物ごとの原単位

## 5. システムの提案及び評価

### 5-1 設備及び需要のまとめ

これまで行ってきた調査を元に、エネルギーシステムの提案に必要なポイントをまとめる。

前述の調査から得られた結果を総合すると、新システムに求められるのは次の点になる。

- ポイント1；老朽化している部分の更新
- ポイント2；新しい部分は今後の計画に活かす
- ポイント3；夏期の電力のピークシフト
- ポイント4；高電力需要地域にも対応している。

基礎となる部分が造られていて、その当時にキャンパス全体の冬期の暖房用に造られたのが60号館地下のガスボイラーである。そのため図3の様に、ガスボイラーは熱をその当時にあった建物にしか供給していない。また52~54号館の授業教室にだけ蓄熱槽ははいつている。これに対して1990年代に竣工した55、62号館には個別に空調設備が配置されている。

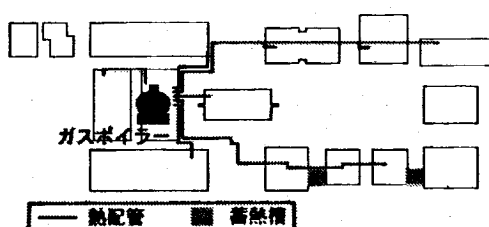


図3; キャンパス内の熱源設備

図4は2つの室内の空調方式を表している。

51号館のような1970年代の建物は、冬期の暖房に関しては全体で計画的に賄われているが、夏期の冷房に関してはそれぞれの部屋単位でパッケージエアコンを取り付けているので無計画な配置になっている。それに比べて、62号館のような新しい建物は需要を見越して夏期冬期ともに熱量を賄える様に、計画的に設備が配置されている。

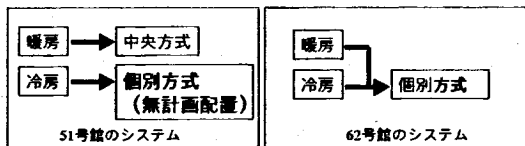


図4; 室内の空調方式

### 3-2 室内設備

今回、理工学部ではキャンパス内のエネルギー需要の把握のために、各部屋の使用状況及び設備能力に関するアンケートを行った。その結果をまとめたものを以下に示す。図5は各建物ごとの室内にある設備のうち、空調機を除いたものの設備容量を合計し、その値を占有部分の延べ床面積で割った値である。電灯設備、一般機器設備に関しては各建物で大きな違いはない。52~54号館や56、57号館は教室が多いので、全体の平均の2倍~4倍の電力負荷密度になっている。

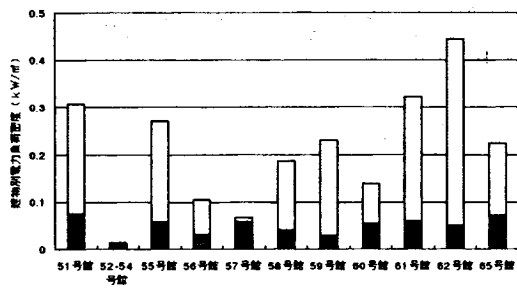


図5; 建物別電力負荷密度

負荷密度で大きく差が出ているのは実験設備である。実験設備の負荷密度が全体の割合をほぼ決定している。これらの教室の中で実験設備の割合が多いものは実験施設であるということが出来る。62号館は0.44kW/㎡と特に値が大きく、最新の実験設備が多く入っていることが原因であると考えられる。

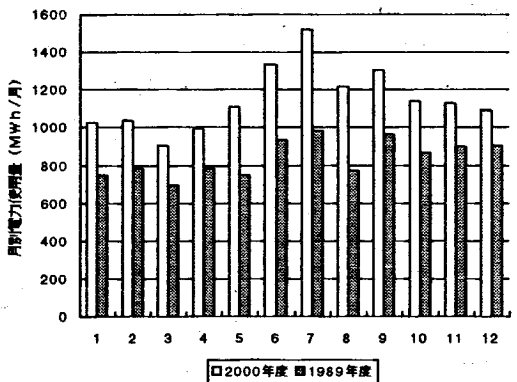


図6; 過去との電力消費量の比較

## 4. キャンパスのエネルギー需要

### 4-1 過去との電力量の比較

図6は1989年度と2000年度の大久保キャンパスにおける月別の電気使用量を比較したものである。

年間合計の比較をすると、10年間で約1.4倍になっている。また1993年に55号館が増築されていることから、比較のため2000年度の電力量の中から55号館の分を引いて計算してある。特に2000年度の夏期の電力量が多く、過去と比較しても約1.5倍に増えているのが分かる。夏期電力の増加原因は、夏期の冷房用に使う電力が近年増えていることが考えられる。

### 4-2 各棟の電力需要量と熱需要量の算出方法

実際のエネルギーの時刻別の需要量を算出方法について表2に示す、今回の提案では、CGSも視野に入れているため、熱需要と一般電力需要をわけて算出する。

### 4-3 エネルギー需要

表2; 各種エネルギーの算出方法

	51号館	52~54号館	55号館	56、57号館
冷房熱量	(8月の電力使用量 - 4月の電力使用量) × COP=2.5	(8月の電力使用量 - 4月の電力使用量) × COP=2.5	(8月の電力使用量 - 4月の電力使用量) × COP=2.5	(8月の電力使用量 - 4月の電力使用量) × COP=2.5
暖房熱量	全体の灯油使用量 × COP <sub>0.8</sub> + ボイラ熱量 これを供給場所の延べ床面積で換算	全体の灯油使用量 × COP <sub>0.8</sub> + ボイラ熱量 これを供給場所の延べ床面積で換算	(2月の電力使用量 - 4月の電力使用量) × COP=2.5	全体の灯油使用量 × COP <sub>0.8</sub> + ボイラ熱量 これを供給場所の延べ床面積で換算
給湯熱量	計算しない	計算しない	計算しない	食堂とレストランのみガス使用量の50%として換算
一般電力	冬期に関しては2月の電力使用量	冬期に関しては2月の電力使用量	4月の電力使用量	冬期に関しては2月の電力使用量

表3 提案システムの概略

	供給システム	供給範囲
プラン1	蓄熱槽	キャンパス全体
プラン2	CGS	55号館と62号館を除いたキャンパス
プラン3	CGS	キャンパス及びスポーツ施設

5-2 システムの提案

以上の点をふまえて今回は3つのプランを提案する。システムの概略を表3に示す。またそれぞれのシステム図を(図12、13)示す。

プラン1は学内での夏期の電力のピークシフトを目的としている。そのために冷房熱量用の電力をできるだけ平準化できる蓄熱槽システムを導入する。プラン2はガスを使ったCGSによって、熱量及び電力量を効率よく作り出す。プラン3では、供給する範囲に熱負荷の高い新宿スポーツセンターとコズミックセンターを含めることで、プラン2よりもCGSの効率をよくする。

5-3 各システムの評価

プラン1のシステム導入時の消費電力量と現在の消費電力量を比べると(図14)、現在夏期のピークに1時間で4163kWh消費している電力が、システム1を導入することによって3959kWhになる。最大消費電力は約5%減少する。

プラン2、3では、現状とCGSを使用した時の投入一時エネルギーを比較している。プラン2のCGSの定格電力を2000kWhとした時、一次エネルギー削減量は29000GJになった。プラン3のCGSの定格電力を2400kWhとした時、一次エネルギー削減量は76000GJになった。

6. まとめと展望

図15と図16を比較すると、図16の方が一次エネルギー削減率が大きくなっているのが分かる。これはCGSを大久保キャンパスに導入する場合、理工学部内だけよりも熱負荷の大きい地域を含めた方が効率がよいことを示している。プラン1によってピークシフトの効果が少ないのも、熱と比較して電力の割合が高いという理工学部の特徴が原因である。

今後、理工学部に限らず、データセンターのような電力需要の大きな建物が増加していくものと考えられる。そういった建物に関して電気と熱を効率よく作り出すCGSは効果的であり、その際に熱量の割合を含めて計画することで、より効果が出るものと考えられる。そのためには、各建物ごとに設備だけでなく、エネルギー需要に対しても十分に把握管理していくことが重要である。

\*1 早稲田学部生  
 \*2 早稲田大学院  
 \*3 早稲田大学院博士課程・工修

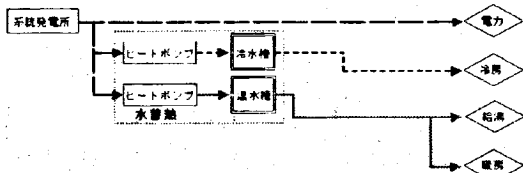


図12; プラン1のシステム図

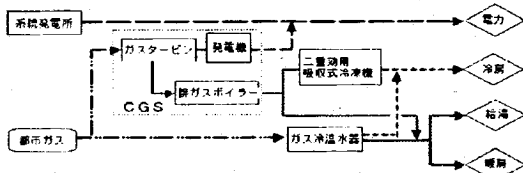


図13; プラン2および3のシステム図

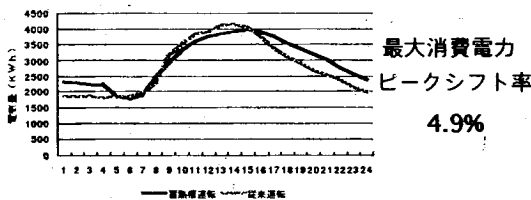


図14; プラン1における実際の運転状況との比較

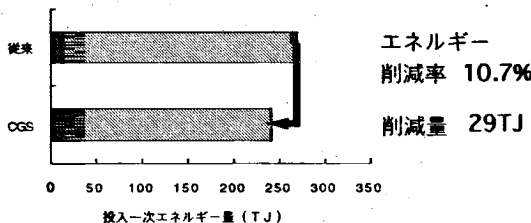


図15; プラン2における省エネルギー性の評価

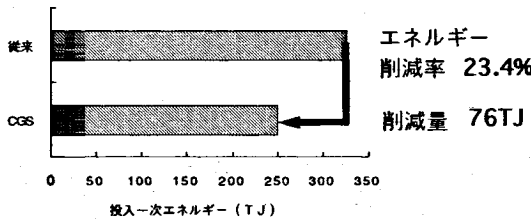


図16; プラン3における省エネルギー性の評価

謝辞  
 本研究にあたりご協力頂いた理工学部技術総務課の方々、並びに60号館地下コントロール室の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献  
 『都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価』  
 社団法人空気調和衛生工学会  
 『蓄熱式空調システム基礎と応用』  
 社団法人空気調和衛生工学会

\*4 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博  
 \*5 早稲田大学教授・工博