

国立大学法人 埼玉大学  
省エネルギー中長期計画の策定実例

# 目 次

概要	-3
1. 事業の概要	-3
2. 事業の趣旨	-3
省エネルギー中長期計画の策定について	-3
1. 省エネルギー中長期計画策定の実施体制の構築	-3
(1) 経営層の参加	-3
(2) 関連する体制との連携	-3
(3) 省エネルギーに関する学識経験者の参加	-3
(4) 省エネルギー診断の実施者の選定	-3
(5) 実施体制の構築の手続き	-4
2. 省エネルギー中長期計画実施方針の策定	-4
(1) 対象キャンパスの設定	-5
(2) 策定スケジュールの設定	-5
(3) 省エネルギーに関連する法律や地方条例等の確認	-5
(4) 大学の省エネルギー目標の確認	-5
(5) 関連する体制の確認	-6
(6) 関連する計画の確認	-7
(7) 投資の考え方	-7
3. 省エネルギー診断の実施	-8
(1) 診断対象施設・設備の抽出	-8
(2) エネルギー消費実態の調査	-8
(3) 棟単位の診断	-11
附属図書館 1 号館	-11
理学部 2 号館	-12
教養教育 2 号館	-13
(4) 設備単位の診断	-14
基幹設備	-14
横断的に使用されている設備	-15
(5) 省エネルギー診断の総括	-17
4. エネルギー低減計画の立案	-17
(1) 棟単位の計画を選択	-17
附属図書館 1 号館	-17
理学部 2 号館	-18
教養教育 2 号館	-19
(2) 設備単位の計画を選択	-20
基幹設備	-20
横断的に使用されている設備	-20
(3) 低減対策の効果を算出	-22
5. 省エネルギー中長期計画の策定	-23
(1) 省エネルギー中長期計画の策定	-23
(2) 省エネルギー目標等の検証	-25
6. 省エネルギー中長期計画の継続的实施	-25
7. 省エネルギー中長期計画実施のための必要経費の確保	-26

## 概要

### 1. 事業の概要

老朽化が進みエネルギー効率の低い施設・設備に関して、省エネルギー診断を行い、建物の特性に合った省エネ効果の高い改修や設備の改造・更新計画を立案するとともに、費用対効果を的確に捕らえた省エネルギーの中長期計画を策定する。

### 2. 事業の趣旨

埼玉大学は平成 19 年度に教育学部 A 棟及び B 棟、平成 20 年度に教養学部棟の耐震改修が終了したことにともない、空調機の電動機容量が 214kw 増加し、今年度契約電力を 4,080kw から 4,200kw に上げざるを得ない状況にあります。大学運営を圧迫する光熱費を下げるため、省エネルギーの中長期計画を策定するとともに、省エネ診断を実施し、最も効果の高い改善計画を策定するものである。

## 省エネルギー中長期計画の策定について

### 1. 省エネルギー中長期計画策定の実施体制の構築

#### (1) 経営層の参加

下記の点から、総務・財務担当理事が参加する。

埼玉大学は、教育と研究を両輪とする総合大学として、社会や世界に開かれた大学を目指し、地球規模での人類的課題や地域社会が抱える現実的課題に応えるべく教育研究活動を展開しており、地球温暖化を防止するための大学の環境負荷低減に対する取り組みに関し、社会的責任がある。

環境配慮に関する埼玉大学の方針として、「省エネルギー・省資源の取り組みを推進し温室効果ガスの排出を抑制する」を重点として実践することを掲げており、そのためには経営的視点を踏まえた取り組みの推進及びトップマネジメントによる明確な省エネルギー方針の提示が必要。

省エネ法の改正により、エネルギー管理統括者として「事業の実施を統括管理するもの」を役員クラスから選任し、中長期計画をとりまとめることになった。

#### (2) 関連する体制との連携

埼玉大学の環境配慮への取り組み、省エネルギーに関する計画を策定する「施設・環境マネジメント委員会」及び環境に関する事項を調査・検討するための「環境専門部会」と連携を取りながら中長期計画を策定する。

#### (3) 省エネルギーに関する学識経験者の参加

本事業に対して、適切な助言や意見を出してもらうために、省エネルギーに関する知識・情報が豊富であり、埼玉大学のエネルギー事情を熟知している、環境及びエネルギーが専門の先生を学内から 2 名選任した。

坂本 和彦 大学院理工学研究科教授：環境化学が専門で、地球環境制御工学を担当  
外岡 豊 経済学部教授：地球環境対策が専門で環境政策論を担当

#### (4) 省エネルギー診断の実施者の選定

下記の資格要件を満たし、エネルギー管理に関して実績の豊富な(株)NTTファシリティーズを選定した。

過去に事業所等のエネルギー使用状況調査・分析、設備劣化診断、省エネ法に基づく中長期計画参画、地球温暖化対策計画書作成支援等の実績があること。

## エネルギー管理士の資格を有する者

### (5) 実施体制の構築の手続き

総務・財務担当理事を最高責任者とし、省エネルギー診断実施者、省エネルギーに関する有識者、施設整備の実務者として施設管理課長、エネルギー管理の実務者としてエネルギー管理士からなる実施体制（案）を事務局にて作成し、理事のトップダウンにより決定した。

環境管理体制を図 -1-5 に示す。

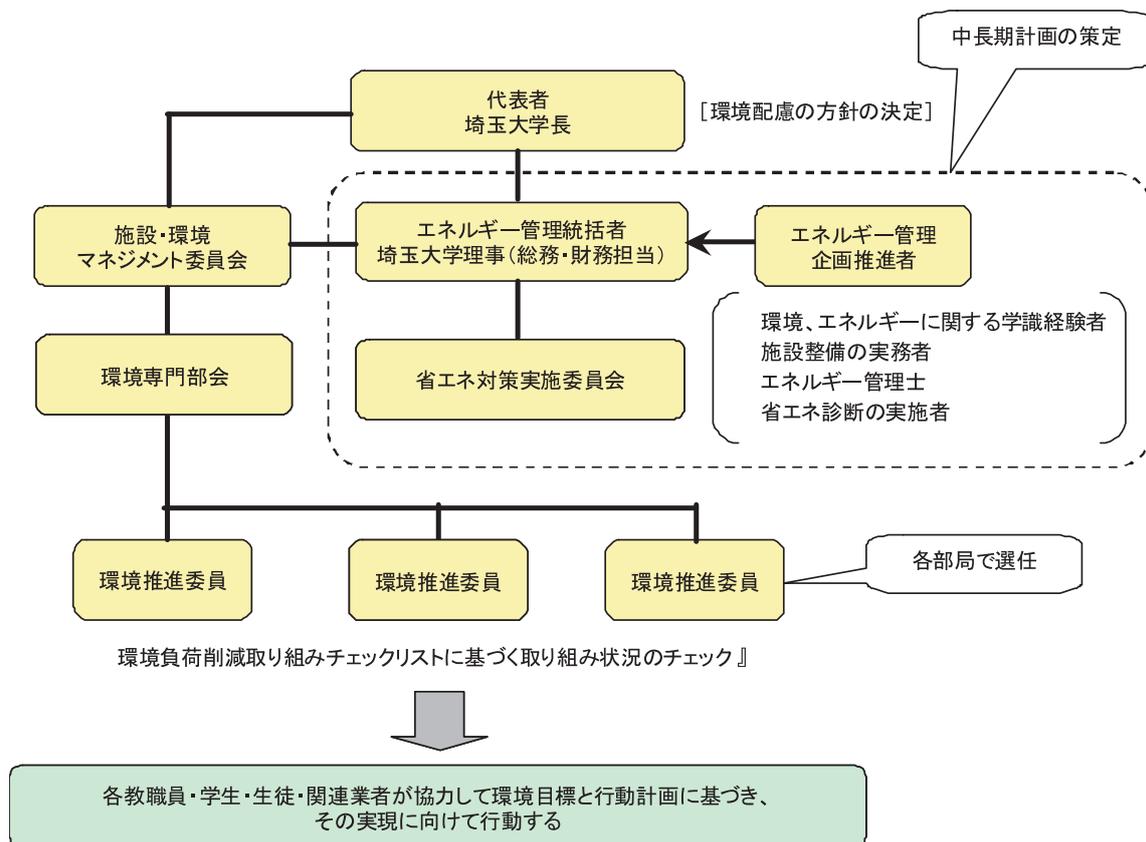


図 -1-5 環境管理体制

## 2. 省エネルギー中長期計画実施方針の策定

### (1) 対象キャンパスの設定

埼玉大学の5学部・4研究科全てが集まり、第1種エネルギー管理指定事業場に該当している、大久保1キャンパスを省エネルギー中長期計画策定の対象キャンパスとする。（図 -2-1 参照）

#### 【大久保1キャンパス概要】

所在地：埼玉県さいたま市桜区下大久保

沿革：1969年に現在地に全学部移転完了

土地：263,000㎡ 建物：136,000㎡

組織：5学部（教養学部、教育学部、経済学部、理学部、工学部）

4研究科（文化科学研究科、教育学研究科、経済科学研究科、理工学研究科）

学生数：9,000名

教職員数：700名

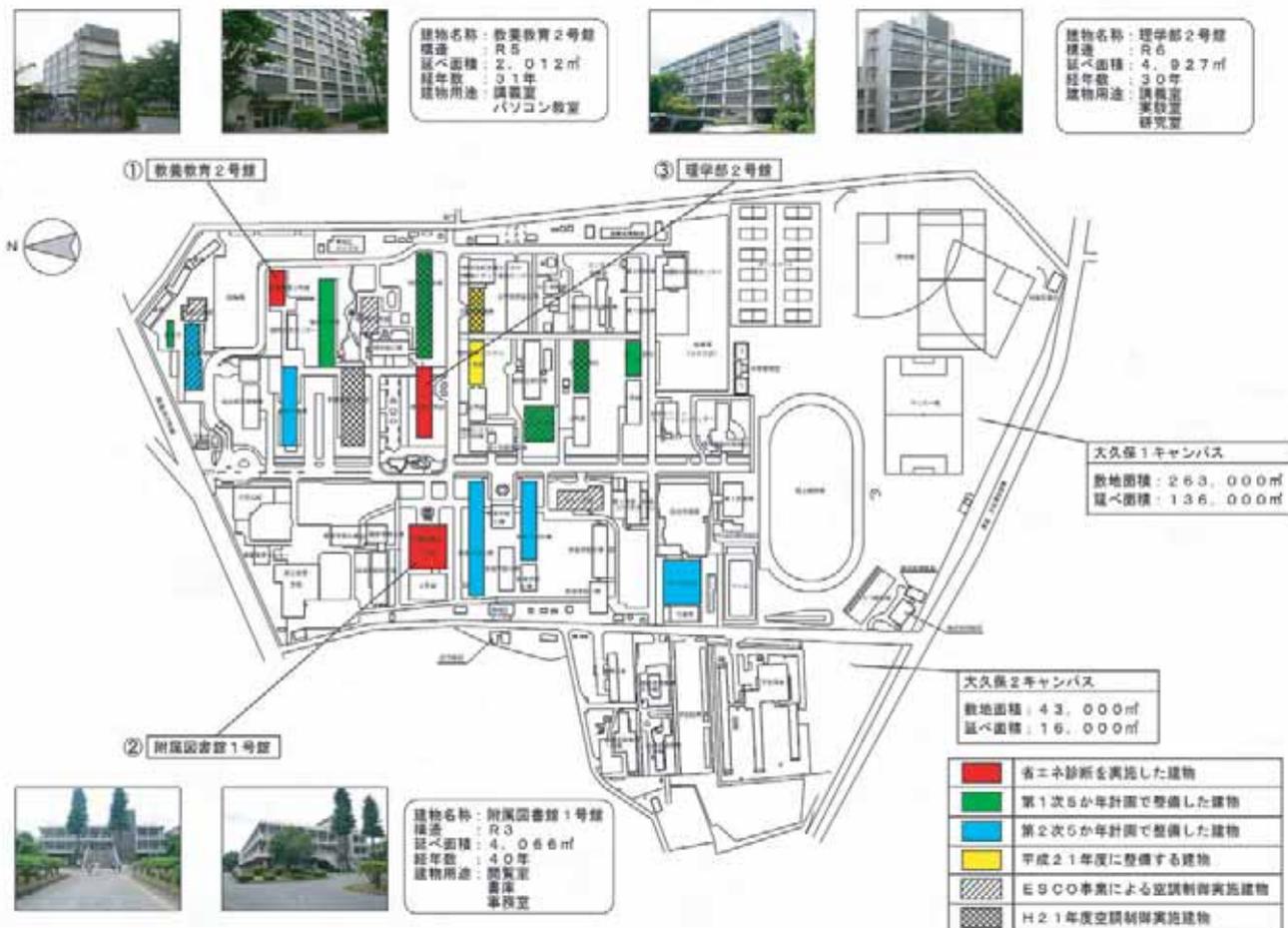


図 -2-1 大久保キャンパス配置図

(2) 策定スケジュールの設定

平成 21 年	7 月 27 日	事業委託
	8 月 11 日	第 1 回省エネ対策実施委員会
	9 月 8 日	第 2 回省エネ対策実施委員会
	9 月 28・29 日	省エネ診断実施
	10 月 30 日	第 3 回省エネ対策実施委員会
	11 月 10 日	第 4 回省エネ対策実施委員会
	12 月 2 日	第 5 回省エネ対策実施委員会
	12 月 21 日	第 6 回省エネ対策実施委員会
平成 22 年	1 月 25 日	第 7 回省エネ対策実施委員会
	1 月 29 日	事業完了

(3) 省エネルギーに関連する法律や地方条例等の確認

- エネルギーの使用の合理化に関する法律：エネルギー管理標準
- 環境配慮促進法：環境報告書
- 埼玉県地球温暖化対策推進条例：地球温暖化対策計画制度と目標設定型排出量取引制度

(4) 大学の省エネルギー目標の確認

埼玉大学は、平成 16 年に第 1 種エネルギー管理指定工場に指定され、年平均 1 % 以上の原単位削減を目標とする中長期計画書の作成・提出が義務づけられた。このことに基づき平成 16 年に制定された「埼

玉大学エネルギー管理標準」において、平成 17 年度を基準とし「エネルギー消費原単位について毎年 1 %削減し平成 22 年度に 5 %削減」を中期目標とすることを、キャンパス整備管理室（旧管理体制）にて決定した。

データの推移を図 -2-4 に示すが、平成 18 年・19 年と増加傾向にあったが平成 20 年度には「光熱費削減WG」を立ち上げて省エネ活動を推進したことにより、教職員・学生に省エネ意識が浸透した成果で目標値以下の数値に収まっている。

目標値については、埼玉県から提示される削減目標（平成 22 年 4 月提示予定）に基づき見直しする。

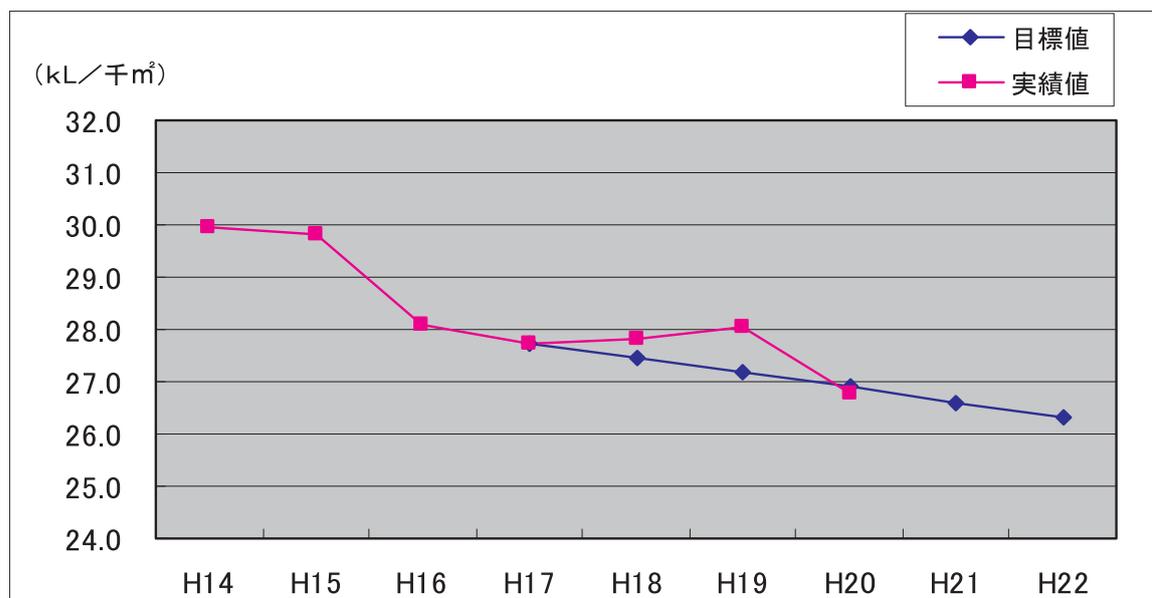


図 -2-4 エネルギー消費原単位の推移

#### (5) 関連する体制の確認

キャンパス整備管理室（旧環境管理体制）にて、平成 17 年度を基準とし「床面積当たりの CO<sub>2</sub> 排出量を前年度比 1 %削減」を環境目標とすることを決定。

毎年公表している環境報告書には、環境目標の他、環境教育・研究の推進、運用面での具体的な活動取り組みについての行動計画や高効率機器の採用や建物の断熱やペアサッシの採用等についての工事実施計画を記載している。

データの推移を、図 -2-5 に示すが、(5)と同様に平成 18 年・19 年と増加傾向にあったが平成 20 年度には目標値以下の数値に収まっている。

目標値については、埼玉県から提示される削減目標（平成 22 年 4 月提示予定）に基づき見直しする。

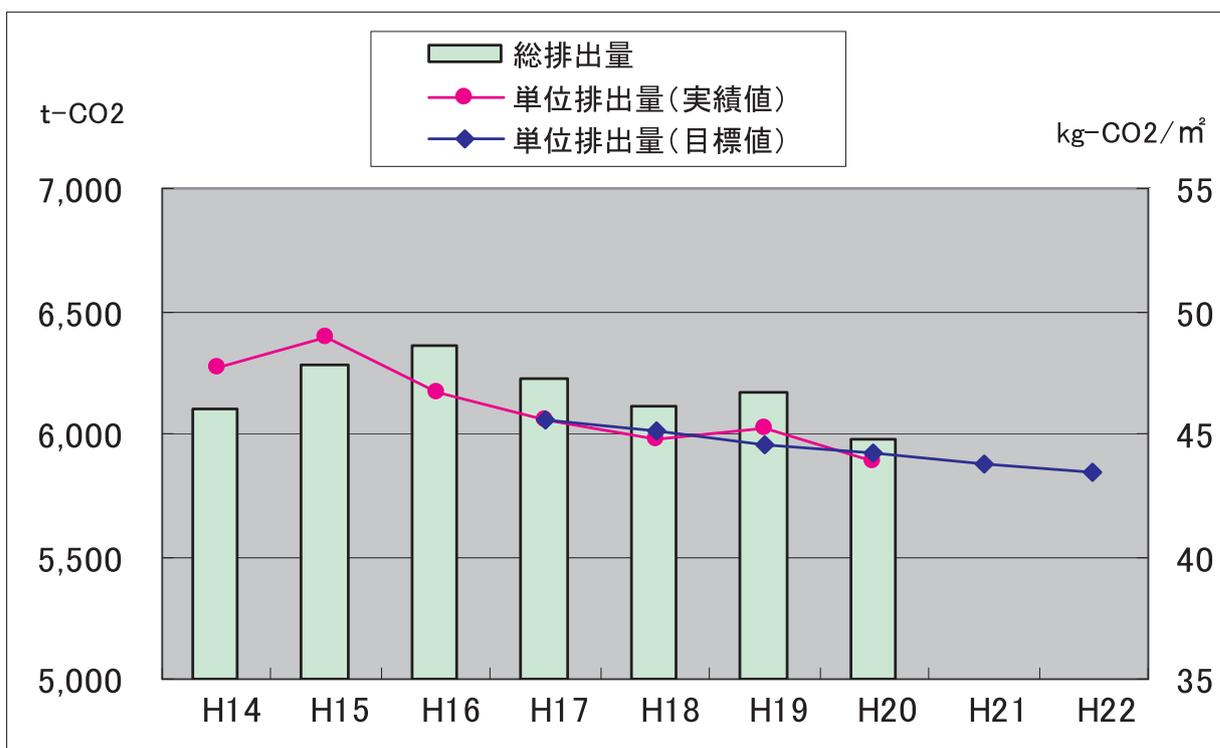


図 -2-5 CO<sub>2</sub> 排出量の推移

注) 電気の CO<sub>2</sub> 排出係数は、全て 0.381kg-CO<sub>2</sub>/kWh で算出している。

(6) 関連する計画の確認

西ボイラ室系統個別空調化 (ボイラ廃止)	: 平成 22 年度概算要求済み
理学部 C 棟耐震・機能改修	: 平成 22 年度概算要求済み
教養教育 2 号館耐震・機能改修	: 平成 22 年度概算要求済み
工学部実習工場機能改修	: 平成 22 年度概算要求済み
東ボイラ室系統個別空調化 (ボイラ廃止)	: 平成 23 年度概算要求予定
応用化学科棟 2 号館耐震・機能改修	: 平成 23 年度概算要求予定
教養教育 1 号館耐震・機能改修	: 平成 23 年度概算要求予定
教育学部 D 棟耐震・機能改修	: 平成 23 年度概算要求予定
経済学部研究棟耐震・機能改修	: 平成 23 年度概算要求予定
附属図書館 1・2 号館耐震・機能改修	: 平成 25 年度概算要求予定
情報システム工学科棟空調更新	: 平成 21 ~ 23 年度学内予算
科学分析支援センター空調更新	: 平成 21 ~ 22 年度学内予算
本部 2 号館空調更新	: 平成 22 年度学内予算
変圧器更新	: 毎年度学内予算により順次更新

予算措置されなかった場合は、次年度に先送りする。

(7) 投資の考え方

費用対効果、初期投資額を考慮しながら、投資回収年が 5 年以内の対策を優先的に採用すると共に、中長期的にバランスのとれた計画とする。

減価償却前の機器についても、省エネ効果と初期投資を総合的に判断し、更新を計画する。

大規模改修時には、建物の断熱性能の向上や遮熱対策等の投資回収年が 10 年以上の対策も盛り込む。

### 3. 省エネルギー診断の実施

#### (1) 診断対象施設・設備の抽出

大久保1キャンパスにおける省エネルギー中長期計画策定に向けて、各棟・各設備のエネルギー低減計画立案のための現状把握が必要となる。大久保1キャンパス内で老朽化が進み、大型改修及び省エネルギー改修が未実施である建物の中から、用途の異なる代表的な3棟を抽出した。年間の建物利用状況が一定している建物として「附属図書館1号館」、実験系の建物として「理学部2号館」、一般的な講義棟として「教養教育2号館」を診断対象施設とし、対象施設内にある建物及び電気設備・機械設備に対して省エネルギー診断を実施した。また、特別高圧受変電設備及びボイラ設備についてもキャンパス全体のエネルギー使用に関わる基幹設備であるため、診断対象設備とし、平成21年9月28日、29日に、上記省エネルギー診断現地調査を実施した。

この診断結果をもとに、キャンパス全体の建物について利用実態を考慮しながら、上記の3種類に区分し、省エネルギー対策の水平展開を計画する。

#### (2) エネルギー消費実態の調査

平成20年度の大久保1キャンパス全体におけるエネルギー使用量は、電気:13.1GWh、ガス(LPG):137t、重油:166.2kL、上水:54千m<sup>3</sup>、井水:60千m<sup>3</sup>であり、エネルギー消費原単位は1,040MJ/m<sup>2</sup>となる。全学におけるエネルギー使用量の内、電気エネルギーの占める割合が90%を越えているため、電気エネルギーの使用状況を中心に分析を行った。(図-3-2-1参照)

分析の結果、さいたま市の月別の最高気温及び最低気温の変化グラフと対比することにより、全学としての電気エネルギー使用傾向として冷暖房の使用における比率が極めて大きいことが判断できる。(図-3-2-2を参照)このため、省エネ施策実施による効果が期待できる設備として空調設備に焦点をあて検討することとする。

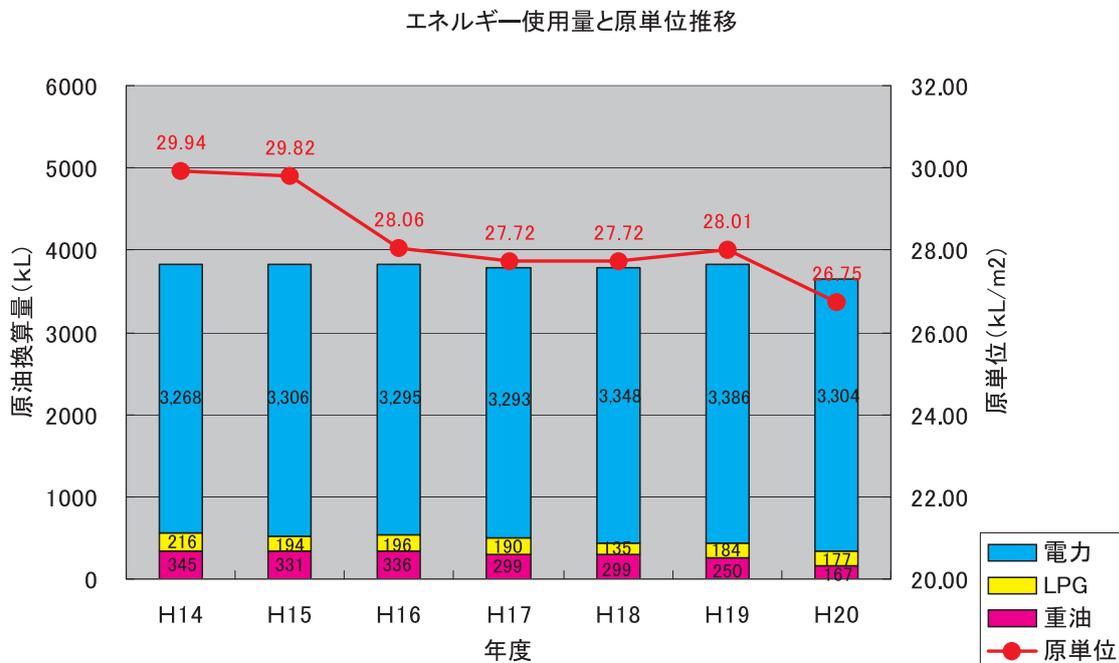


図-3-2-1 エネルギー別使用量と原単位の推移

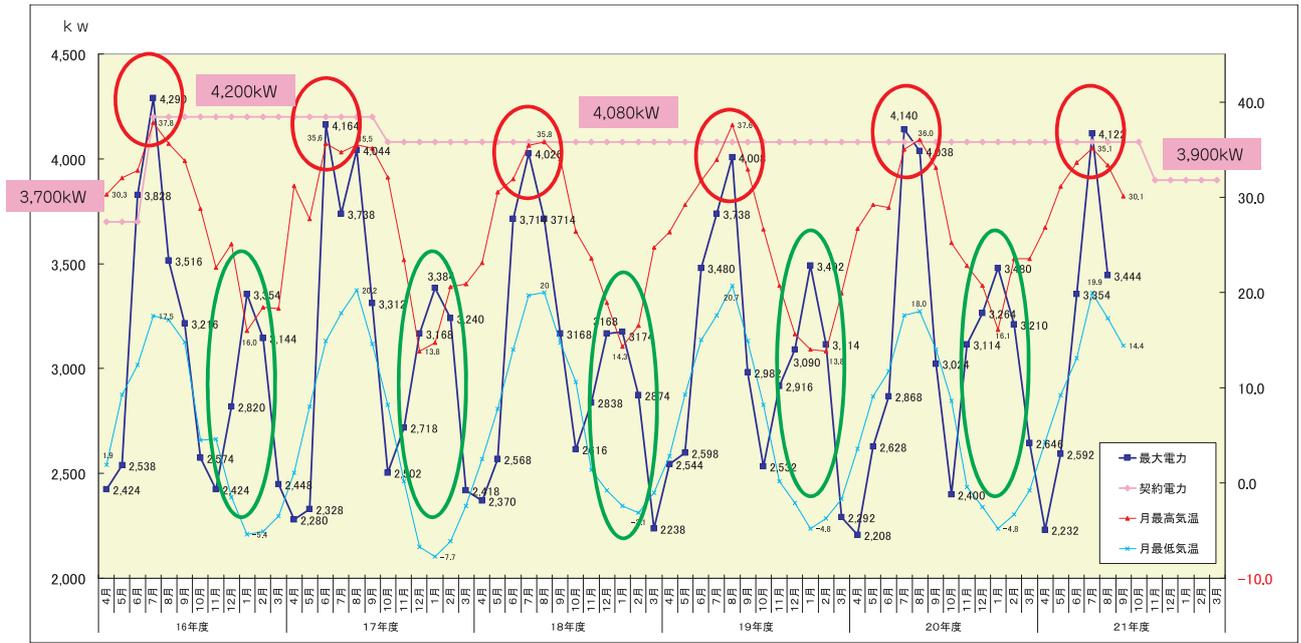
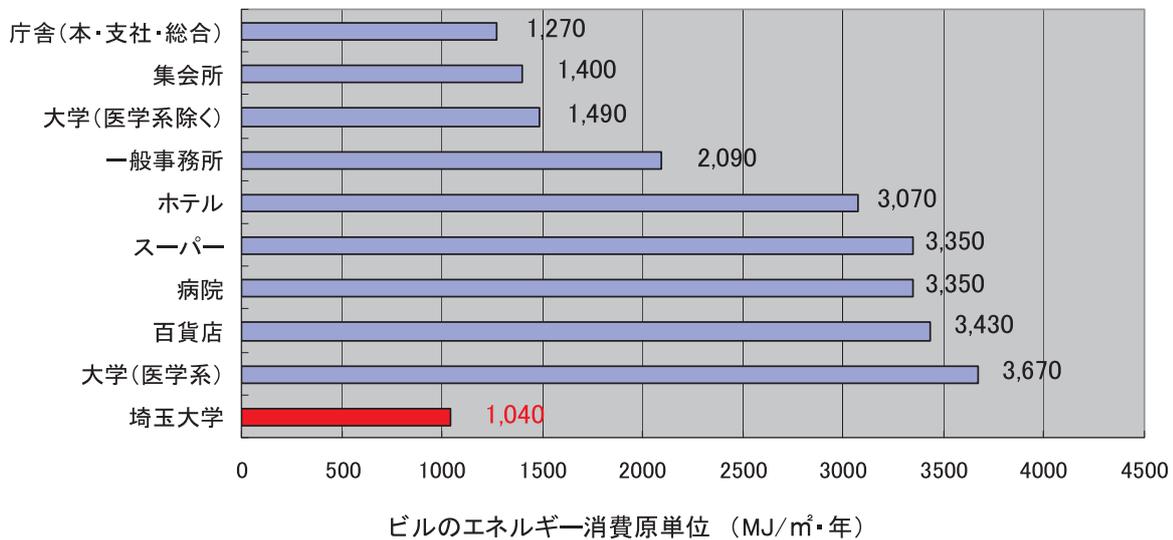


図 -3-2-2 月別最大電力及び月平均最高最低気温

図 -3-2-3 で、建物種別による消費原単位を比較したグラフから、埼玉大学は同種用途の建物と比較して、エネルギー消費原単位はかなり小さいと言える。



抜粋 H19年度版 ビルの省エネルギーガイドブック

図 -3-2-3 ビル用途別のエネルギー消費原単位 (省エネルギー診断結果による)

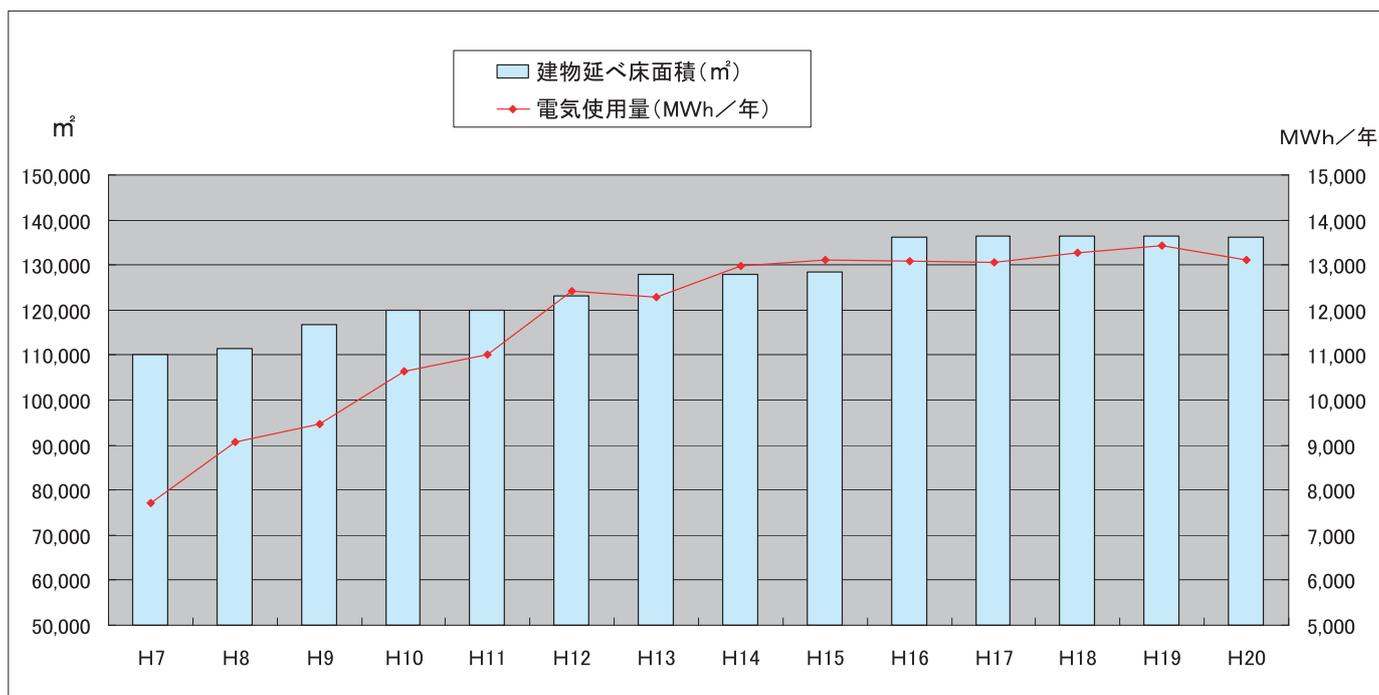


図 -3-2-4 電気使用量と建物延べ床面積の推移

図 -3-2-5 に面積当たりの年間電気使用量の推移を示しているが、平成7年度から平成12年度にかけては、約18,000m<sup>2</sup>の建物が増築されており、空調エリアの拡大や情報機器の増加、研究内容の高度化によるエネルギー使用量の増加が顕著に表れている。平成13年度から平成20年度にかけては、約8,300m<sup>2</sup>の増築及び約25,000m<sup>2</sup>の全面改修を実施しているが、上記の理由によるエネルギー使用の増加と高効率機器への更新による省エネルギーとが相殺されて、ほぼ一定の使用量(100kWh / m<sup>2</sup>・年)で推移していることがわかる。

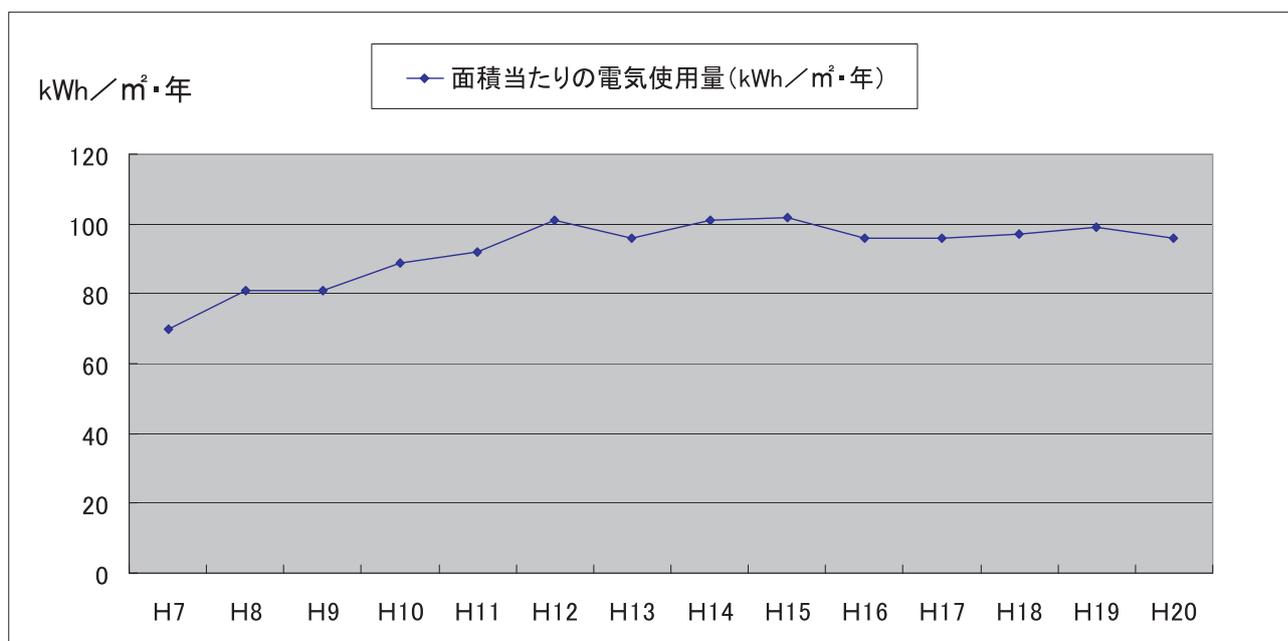


図 -3-2-5 面積当たりの年間電気使用量の推移

図 -3-2-6 に省エネルギー診断を行った、「附属図書館 1 号館」、「理学部 2 号館」、「教養教育 2 号館」のエネルギー使用量と原単位を示す。「附属図書館 1 号館」は 1 号館と 2 号館を、「教養教育 2 号館」は、教養教育 1 号館、2 号館、国際交流センターを合算して算出を行った。

各棟のエネルギー使用量は理学部 2 号館と図書館群がほぼ同量で、教養教育棟群が他と比べやや低い値となった。図書館は常に人の出入りがあり、夏季の冷房や冬季の暖房負荷によるエネルギーの使用が高いと考えられる。理学部 2 号館は実験施設等の 24 時間負荷によりエネルギーが使用されていると考えられる。教養教育棟群は主に講義室として使用されており、空き時間についてはエネルギーの使用も無く、図書館群、理学部 2 号館よりもエネルギーの使用が抑えられていると考えられる。

エネルギー使用量に対する $m^2$ 当たりの原単位は、延べ床面積の小さい理学部が高くなり、延べ床面積の大きい教養教育棟群が低い値となった。省エネルギー診断を行った 3 棟の原単位は大久保キャンパス全体の原単位に比べて低い値となった。これは 3 棟の他に電気をはじめとするエネルギー使用量の大きい棟があるためであり、省エネルギー診断対象を決定する段階では各棟のエネルギー使用量が把握できていなかったため、このような結果となった。

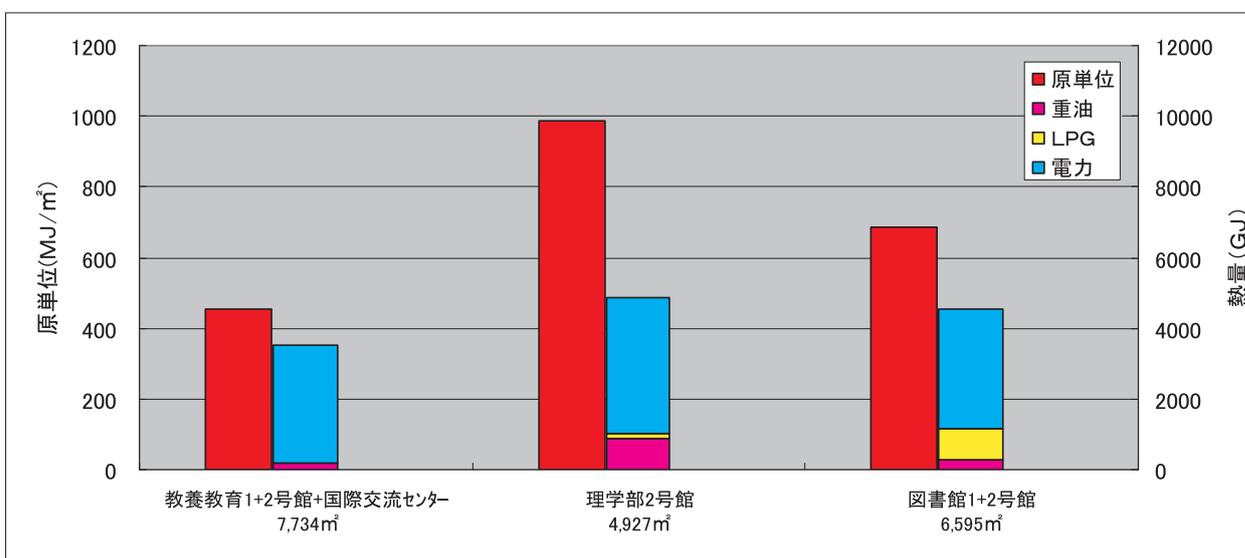


図 -3-2-6 各棟のエネルギー使用量と原単位

### (3) 棟単位の診断

現地における目視及びヒアリング調査、図面やエネルギー使用量などの各種資料の整理を行い、建物及び設備機器の設置状況、修繕・メンテナンス履歴、改修履歴、建物の用途毎の特性と施設・主要機器の運用状況を把握した。その上で、建物と設備の側面から、省エネ診断を実施した。

併せて、各主要機器は目視による錆等の発生状況を考慮した目視評価と経年評価を行い、総合的に勘案して劣化状況を評価した。

#### 附属図書館 1 号館

##### 1) エネルギーの使用状況

附属図書館 1 号館におけるエネルギー使用状況を分析するに当たり、電気使用量の計測ポイントから各電源供給系統を調査した結果、附属図書館 2 号館との分計が実施できていないことが判明した。このため、エネルギー使用状況を分析するに当たり 1 号館 + 2 号館として分析することとした。平成 20 年度のエネルギーの使用量は、電気:345MWh、ガス(LPG):17t、重油:7.41kL、上水:1,201 $m^3$ で、エネルギー消費原単位は、686MJ/ $m^2$ であった。使用状況としては、夏季及び冬季のエネルギー使用が顕著で全学のエネルギー使用状況と類似している。附属図書館におけるエネルギー使用量の内、電気エネルギーの使用比率は、70%を越えているため、電気エネルギーの使用状況を中心に分析を行った。

## 2) 設備の状況

空調設備は、キャンパス全体の基幹設備であるボイラと対象施設の機械室に設置してある冷凍機を熱源とする中央熱源方式であり、エアハンドリングユニットとファンコイルユニットで構成されている。また、一部ガスヒートポンプユニットによる個別空調方式へと改修が進められている。このため、建物竣工当初に設置された熱源である冷凍機及びエアハンドリングユニットは、必要負荷に対し機器容量が余剰となっている可能性がある。冷温水、冷却水ポンプのインバータ制御については未導入である。中間期の外気冷房も未導入であるが、施設の運用として窓の開放により外気取入を行っている。機器の劣化状況については、冷凍機、エアハンドリングユニットとも設置後 29 年（昭和 55（1980）年設置）が経過しているが、目視による調査では大きな劣化はみられなかった。

電気設備の照明器具は竣工時に設置した旧タイプの器具に加えて、Hf インバータ器具が一部に導入設置されており、型式が異なる器具が混在している。廊下等には人感センサが導入されている。照明器具の劣化状況については、目視による調査では、特に劣化は確認できなかった。

## 3) 建築の断熱性能

建物の構造は鉄筋コンクリート造であり、空調負荷計算書より熱貫流率は外壁が  $3.7\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 、屋上が  $1.2\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$  で、断熱材については屋上にのみ入っていることを確認した。窓は単一のフロートガラスで熱貫流率は  $5.1\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$  であり、外壁面と比較すると熱の出入りが大きいことがわかる。

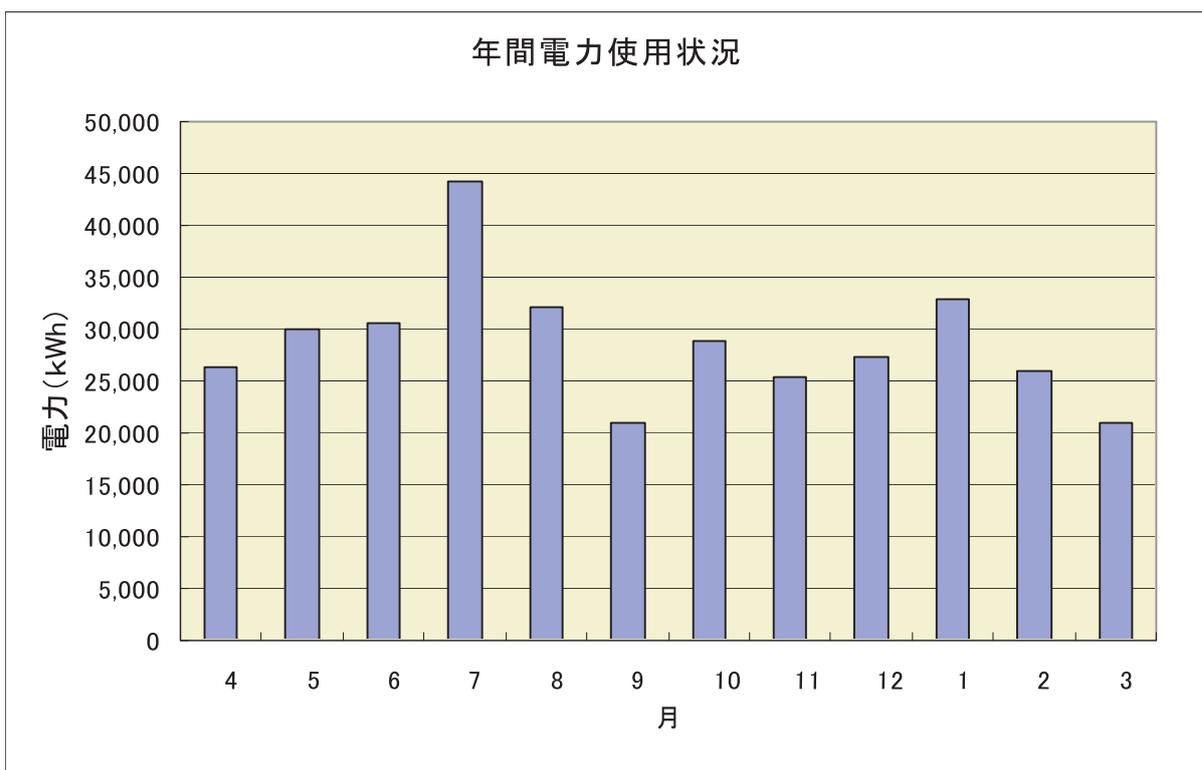


図 -3-3-1 附属図書館 1号館 + 2号館 年間電力使用状況

### 理学部 2号館

#### 1) エネルギーの使用状況

平成 20 年度のエネルギーの使用量は電気: 391MWh、ガス (LPG): 3.6t、重油: 21.96kL、上水: 2,999 $\text{m}^3$ で、エネルギー消費原単位は、986MJ/ $\text{m}^2$ であった。電気エネルギーの使用状況は、夏季及び冬季に若干の使用ピークがあるものの全体としては、他の 2 施設に比較し平準的な使用状況であるが、冬季における重油の使用が多く、冬季においても一定の温度条件を保つ必要のある恒温室、培養室等の実験施設における 24 時間負荷によるエネルギー使用の影響を受けていることが判断できる。

## 2) 設備の状況

空調方式は、空冷ヒートポンプユニットによる個別空調方式となっており、平成5年～平成18年に更改を実施している。外気取入については、施設の運用として窓の開放により行っている。目視による調査では大きな劣化は見られなかった。

電気設備の照明器具は、Hfインバータ照明器具や高輝度タイプの誘導灯が一部導入されている。トイレには人感センサによる照明制御が導入されている。照明器具の劣化状況については、目視による調査では、特に劣化は確認できなかった。

## 3) 建築の断熱性能

建物の構造は鉄筋コンクリート造で、空調負荷計算書より熱貫流率は外壁が $3.1\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 、屋上が $1.4\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ で、断熱材については屋上にのみ入っていることを確認した。窓は単一のフロートガラスで熱貫流率は $5.2\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ であり、外壁面と比較すると熱の出入りが大きいことがわかる。

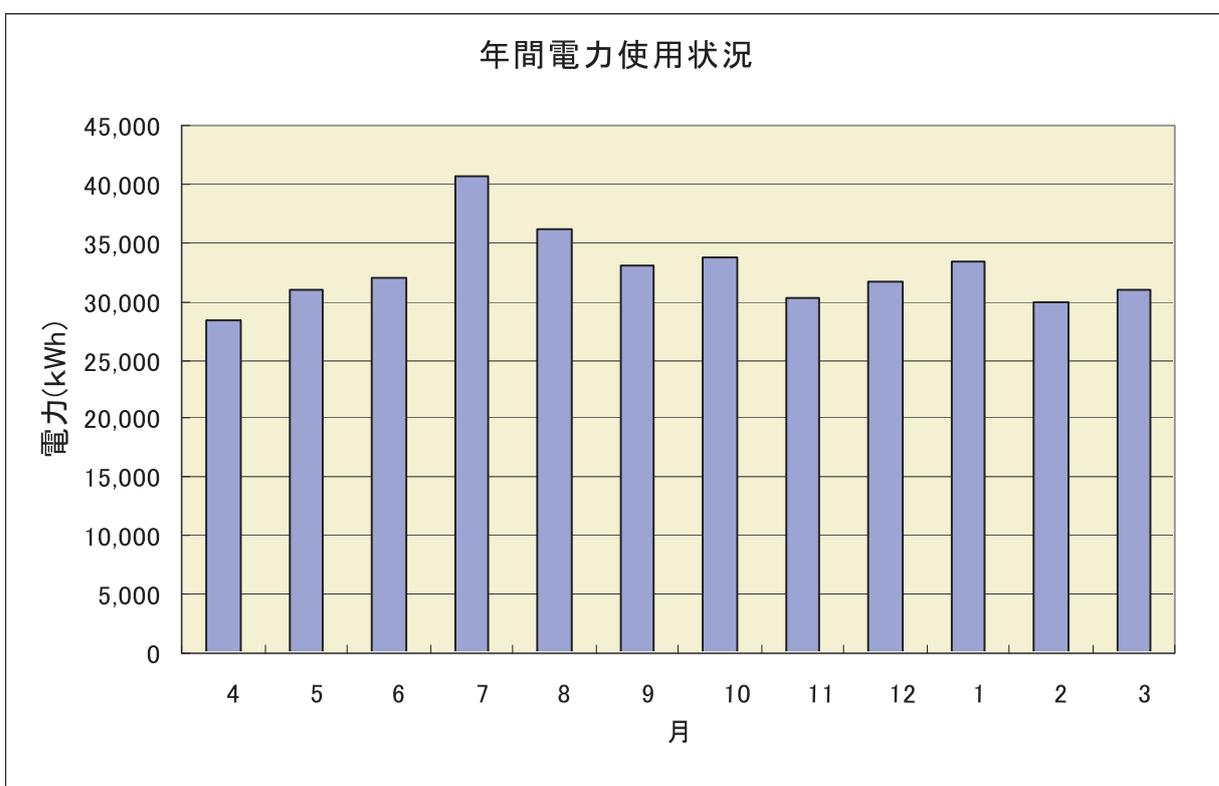


図 -3-3-2 理学部2号館 年間電力使用状況

### 教養教育2号館

#### 1) エネルギーの使用状況

教養学部エリアは、教養学部変電設備キュービクルより各棟へ配電されており、教養教育2号館のみを分計することが困難である。このため、エネルギー使用状況を分析するに当たり教養教育1号館+教養教育2号館+国際交流センターの合計を分析することとした。平成20年度のエネルギーの使用量は、電気：343MWh、重油：4.20kL、上水：4,222 $\text{m}^3$ で、エネルギー消費原単位は、454MJ/ $\text{m}^2$ であった。教養教育1号館、教養教育2号館、国際交流センターではLPGの使用は無く、年間を通じた電気エネルギーの使用と冬季に重油の使用がある。

教養教育2号館は主に講義室として使用されているため、夏季、冬季による冷暖房負荷が大きい。

#### 2) 設備の状況

空調方式は、空冷ヒートポンプユニットによる個別空調方式で、平成12年に更改し経過年数が9年となっている。外気取入については、施設の運用として窓の開放により行っている。目視による調査

では大きな劣化は見られなかった。

電気設備の照明器具は、Hf インバータ照明器具や高輝度タイプの誘導灯が一部導入されている。トイレには人感センサによる照明制御が導入されている。照明器具の劣化状況については、目視による調査では、特に劣化は確認できなかった。

### 3) 建築の断熱性能

建物の構造は鉄筋コンクリート造で、空調負荷計算書より熱貫流率は外壁が  $3.8\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ 、屋上が  $0.8\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$  になっている。空調負荷計算書から材料構成までは把握することが出来なかったが、他の2施設と同程度の熱貫流率である外壁部分には断熱材が入っていないと推察できる。屋上においては、他の2施設より熱貫流率の数値が4割前後小さく、断熱効果が高い仕様となっている。

窓は単一のフロートガラスで熱貫流率は  $6.5\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$  であり、外壁や他のガラスと比較すると熱の出入りが大きい。

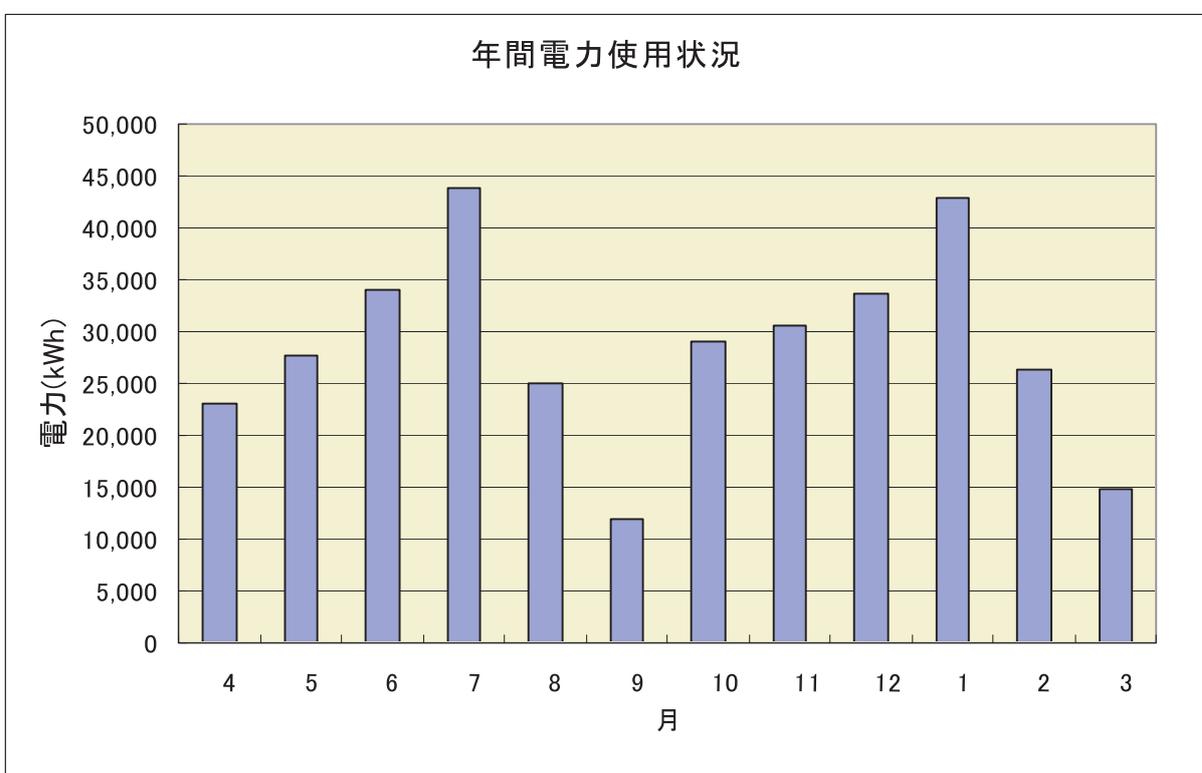


図 -3-3-3 教養教育 1号館 + 2号館 + 国際交流センター 2号館 年間電力使用状況

### (4) 設備単位の診断

#### 基幹設備

棟単位の診断結果の附属図書館1号館でも記載したが、附属図書館は、建物竣工当初に設置された中央熱源方式が一部個別空調方式に改修されており、建物竣工当初に設置された中央熱源機器であるボイラ機器については必要負荷に対し、機器容量余剰の可能性が考えられる。そのため、ボイラ機器を適正な容量の機器へ改修を行うことで、省エネが図れると考えられる。また更新により、各種機器単体の効率向上の効果も併せて得ることが期待できる。

ボイラ室は東・西に2箇所あり、団地全体に高温水を供給しているが、耐震改修や学内予算による個別空調化が進み、東・西のボイラ機器とも必要負荷に対し機器容量が余剰になっている可能性がある。尚、ボイラで消費される重油使用量は平成20年度で166.2kLである。

特高受電所には、No.1変圧器、No.2変圧器が設置されており、年1回、常用・予備変圧器を入れ替

えて運転を行っている。変圧器は無負荷状態でも電圧を印加し、励磁することにより無負荷損失が発生している。また、高圧変圧器の中には、低負荷運用を行っているものがいくつか見られる。これらの変圧器の構成・運用方法によって余分な損失が発生している。

#### 横断的に使用されている設備

棟単位の調査・診断結果を踏まえ、他の建物へも適用できるとされる設備の低減施策を既存設備と投資費用を考慮して抽出した。

#### 1) 空調設備

空調方式について、大久保 1 キャンパスにはボイラによる中央熱源方式が建物竣工時に採用されているが、個別空調方式への改修が進んでいる。診断対象である 3 施設のうち、附属図書館 1 号館を除く 2 施設が空冷式ヒートポンプユニット、附属図書館 1 号館では、中央空調方式とガスヒートポンプユニットによる個別空調方式が混在している。中央熱源方式では、暖房要求が少しでも発生する場合、ボイラ機器を運転する必要があるため、使用時間や設定温度が異なる講義室や研究室が大半を占めている現状を踏まえると、エネルギー使用量の無駄が多いと推察できる。

既存設備の中央熱源については、冷温水・冷却水ポンプ、エアハンドリングユニットのインバータ制御は未導入であり、負荷等に応じ回転数をインバータ制御してエネルギー使用量を抑えることが出来る。また、空調負荷の軽減を期待できる外気取入量の調整も未導入である。

個別空調の空冷式ヒートポンプユニット空調機については、夏場のエネルギー使用量を低減することが出来る室外機への水噴霧設備や、空調機運転制御システムは未導入である。ただし、空調機運転制御システムについては、省エネルギー診断を実施した施設ではないが一部に導入されている。

#### 2) 電気設備

診断対象の 3 施設では、Hf インバータ照明器具が一部採用されているものの、竣工当初に設置された旧式の照明器具が多く設置されている。誘導灯については、改修工事等のタイミングで順次高輝度タイプのもをを導入している。大久保 1 キャンパス全体でも同様に、Hf インバータ照明器具や高輝度タイプの誘導灯の導入は、改修工事等のタイミングで適宜実施している状況である。

#### 3) 衛生設備

改修工事等で、適宜便所の改修を実施しており、節水タイプの便器や水栓器具が採用されている。

### (5) 省エネルギー診断の総括

埼玉大学の 2008 年度のエネルギー消費原単位は

大久保 1 キャンパス全体	: 1,040 MJ / m <sup>2</sup>
附属図書館 1 号館 + 2 号館	: 686 MJ / m <sup>2</sup>
理学部 2 号館	: 986 MJ / m <sup>2</sup>
教養教育 1 号館 + 2 号館 + 国際交流センター	: 454 MJ / m <sup>2</sup>

となっている。

埼玉大学 大久保 1 キャンパス全体のエネルギー消費傾向としては電気エネルギーの占める割合が 90% を超えている。電気以外は、年間を通してのガスヒートポンプ空調による LPG の使用と、冬季にボイラによる暖房のため重油を使用している(図 -3-4 参照)。大学として今後ボイラ施設を廃止して行く為、重油使用量は減少して行くが、変わって電気使用量が増加する傾向にある。このため、電気使用についての省エネルギー施策はエネルギー低・削減に有効であるといえる。

附属図書館 1 号館は、中央監視装置による電気使用量の計測ポイントから、1 号館のみでの分計が困難なことから、1 号館 + 2 号館としてエネルギー使用状況の集計を行った。エネルギー消費としては、夏季及び冬季の冷暖房時期にエネルギー使用率が高い傾向にある（図 -3-3-1 参照）。省エネ施策としては、照明設備のインバータ安定器導入による消費電力の抑制と空調設備の更改及び空調使用の適切な運用によるエネルギー低減が見込まれる。

理学部 2 号館は、他の 2 施設に比較して電気エネルギーの使用状況は平準的であり、実験施設等における 24 時間負荷によるエネルギー使用が考えられる（図 -3-3-2 参照）。省エネ施策としては、照明、空調設備の適切な運用によるエネルギー低減が見込まれる。

教養教育 2 号館は、教養学部変電設備より教養学部の各棟に配電されており、教養教育 2 号館のみの分計は困難であり、教養教育 1 号館 + 2 号館 + 国際交流センターとしてエネルギー使用状況の集計を行った。施設は主に講義室として使用されているため、夏季及び冬季の冷暖房による電気エネルギーの使用率が高い（図 -3-3-3 参照）。省エネ施策としては、照明設備のインバータ安定器導入による消費電力の抑制と空調設備の適切な運用によるエネルギー低減が見込まれる。

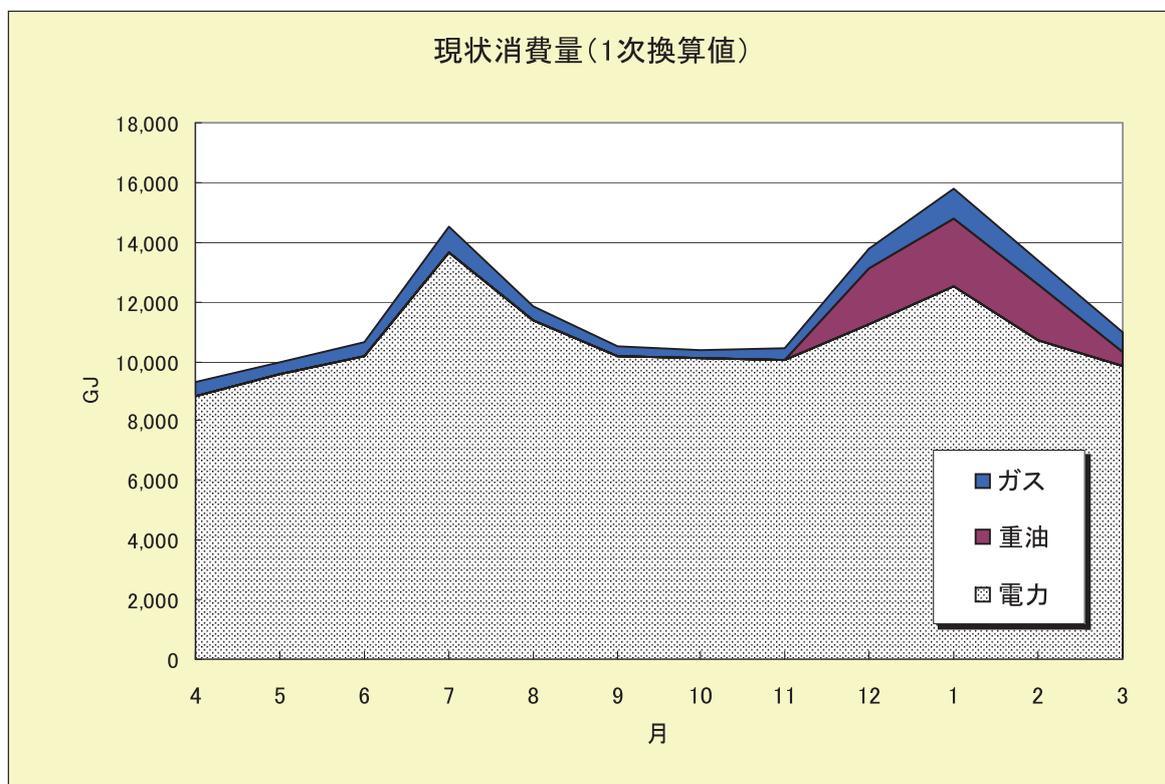


図 -3-4 大久保 1 キャンパス全体 エネルギー消費状況

ボイラ施設については、各棟において個別空調化が進められており、現状のボイラ施設に対する負荷状態は機器容量が余剰になっていると考えられる。ボイラを継続して使用して行く場合、適正な容量の機器へ更改を行うことで省エネを図ることが出来る。

変圧器については、無負荷状態の変圧器の励磁停止、また変圧器の構成、運用方法の変更により省エネを図ることが出来る。

空調設備の中央熱源については、各種ポンプやエアハンドリングユニットのインバータ制御の導入や、外気取入を行うことにより省エネを図ることができる。個別空調の空冷式ヒートポンプユニット空調機については、室外機への水噴霧設備や、空調機運転制御システムを行うことにより省エネを図ることができる。

電気設備については、Hf インバータ照明器具や高輝度タイプの誘導灯の導入について、改修工事等のタイミングで適宜実施している状況である。

衛生設備について、節水タイプの便器や水栓器具が適宜導入されている。

#### 4. エネルギー低減計画の立案

省エネルギーの手法の一例を図 -4-1 に示すが、氷蓄熱槽の設置、昼光利用システム、ダブルスキン、地中熱ヒートポンプシステムなど多岐にわたる。しかし、今回は既存建物及び既存設備のエネルギー低減計画を立案するため、実現性や低減効果を考慮し、改修工事に対応できる施策に限定し、施策の抽出を行った。

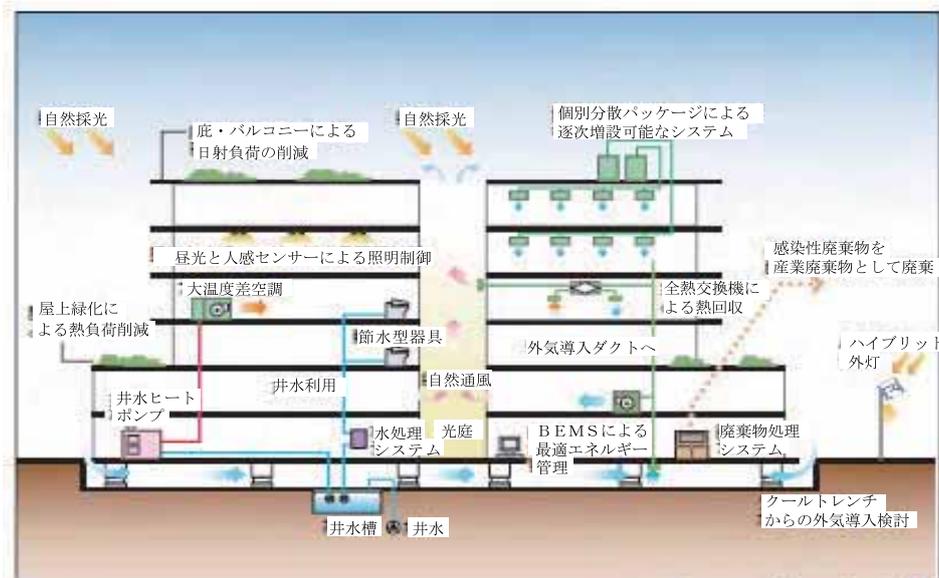


図 -4-1 省エネルギー手法の一例

作成：(株)NTT ファシリティーズ

##### (1) 棟単位の計画を選択

-3-(3)棟単位の診断結果 を踏まえ、エネルギー低減施策として各棟における特徴的な施策を抽出した。建物側の施策としては断熱化、設備側の施策としては既存設備のエネルギー削減の観点から、エネルギー低減施策を検討した。また、それぞれの施策のエネルギーとコストについて低減効果を算出し評価を行った。

#### 附属図書館 1 号館

##### 1) 外壁の断熱

省エネルギーを実現するには、エネルギーの使用の効率化の他に、必要エネルギー負荷の縮小という観点もある。そこで、空調負荷を低減するため、断熱性能の向上を図ることが出来る施策のうち有効な、窓の複層化、外壁の断熱性能の向上について検討を行った。

窓の複層化と外壁の断熱性能の向上を併せて実施した場合の低減効果は、一次エネルギー低減量で 117,176MJ/年、改修にかかる費用は 23,989 千円となり、投資回収年は 142 年となるため、改修については、足場の設置や長期の工事期間が必要なため大規模改修時に実施することとする。

##### 2) 個別空調設備の導入

必要負荷に対し機器容量余剰の可能性がある熱源機器の更新にあたり、空調方式も含め検討を実施した。空調方式の候補としては、大きく既存の中央熱源方式か個別空調方式が考えられる。しかし、中央熱源方式の熱源更新については、各室の使用時間や頻度に合わせた運転ができない点と、一部個別空調化されている現状や空調方式の混在という点などから現実的ではない。一方、個別空調方式への更新については、各室の使用時間や頻度に合わせた運転ができ、既に一部個別空調化されており、機器の効率(既

存設備のエアハンドリングユニットの成績係数 3.2 比較し、最新機器の効率はおおよそ 4.0 前後)も向上する。また、既設空調設備について回転数制御を行うためのインバータ導入の施策も有効だが、経年が 29 年となるエアハンドリングユニットは近い将来更新が必要となるため、費用対効果の側面でも、個別空調方式に劣る。よって、個別空調方式が有効な空調方式と考え、個別空調方式の数種類について改修検討を行った。

改修の検討にあたっては、既存設備の種類、イニシャル・ランニングコスト、エネルギー消費量、二酸化炭素排出量を考慮し、ヒートポンプ型の電気式、ガス式、蓄熱式の 3 つの方式について比較検討を行った。

エネルギー使用削減量は、電気式は 544.0GJ/年、ガス式は 505.4GJ/年、蓄熱式は 541.3GJ/年であり、電気式がもっとも大きい。このため、空冷ヒートポンプ空調方式への改修をすることが望ましい。

電気式の空冷パッケージ空調への更改による削減効果は、一次エネルギー低減量で 544,000MJ/年、改修にかかる費用は 20,0100 千円となり、投資回収年は 22 年となる。

### 3) 外気取入量の制御

空調負荷の低減を図るため、外気取入量を室内の二酸化炭素濃度見合いで外気取入量を絞り、取り入れ外気抑制制御を導入することを検討した。

外気抑制制御を導入することによる削減効果は、改修にかかる費用は 1,450 千円で、一次エネルギー低減量は 76,134MJ/年となる。

### 4) 照明器具の安定器のインバータ化

既設の照明器具は、経年による性能低下が見受けられる。Hf インバータ照明器具への更新は省エネルギー効果とともに照度改善も期待できるが、器具本体コストや天井改修等により工事費が増大し、従来の安定器をインバータ安定器へ更新する場合と比較し、費用対効果が少ない。そのため、従来の安定器をインバータ安定器へ更新することで検討を行った。インバータ安定器に更新すると、既存の照明器具 1 台あたりの消費電力(40W 2 灯用で 85W)より、約 25%(インバータ安定器の照明器具の消費電力は 65W/台)程度の電力量低減が見込める。

照明器具の安定器のインバータ化による削減効果は、一次エネルギー低減量で 126,070MJ/年、改修にかかる費用は 1,070 千円となり、投資回収年は 6 年となる。

### 5) 高輝度誘導灯への交換

誘導灯は、一部高輝度タイプのもものが導入されているが、未実施分への導入効果を検討した。高輝度誘導灯への交換による削減効果は、一次エネルギー低減量で 12,141MJ/年、改修にかかる費用は 483 千円となり、投資回収年は 25 年となる。

## 理学部 2 号館

### 1) 外壁の断熱空調負荷を低減するため、断熱性能の向上を図ることが出来る施策のうち有効な、窓の複層化、外壁の断熱性能の向上について検討を行った。

窓の複層化と外壁の断熱性能の向上を併せて実施した場合の低減効果は、一次エネルギー低減量で 289,345MJ/年、改修にかかる費用は 29,069 千円となり、投資回収年は 92 年となるため、改修については、大規模改修時に実施することとする。

### 2) 空冷ヒートポンプユニットの室外機のサイクリック制御

既存の空調設備については、現在不具合がないため、改修の必要性はない。そこで、既存設備の省エ

ネ施策項目として、空冷ヒートポンプユニットの室外機の同時運転を避けるため、温度環境悪化を抑えつつ空調動力の抑制を図る運転パターン制御機構を導入する。

空冷ヒートポンプユニットの室外機のサイクリック制御を導入することによる削減効果は、一次エネルギー低減量で 10,433MJ/年、改修にかかる費用は 400 千円となり、投資回収年は 32 年となる。

### 3) 空冷ヒートポンプユニットの室外機への水噴霧システムの導入

既存設備の省エネ施策項目として、空冷ヒートポンプユニットの動力の低減を図るため、冷房期に室外機に水を噴霧し効率を向上させる水噴霧システムについて検討を行った。

空冷ヒートポンプユニットの室外機への水噴霧システムを導入することによる削減効果は、一次エネルギー低減量で 3,396MJ/年、改修にかかる費用は 67 千円となり、投資回収年は 22 年となる。

### 4) 照明器具の安定器のインバータ化

既設の照明器具は、経年による性能低下が見受けられる。Hf インバータ照明器具への更新は省エネルギー効果とともに照度改善も期待できるが、器具本体コストや天井改修等により工事費が増大し、従来の安定器をインバータ安定器へ更新する場合と比較し、費用対効果が少ない。そのため、従来の安定器をインバータ安定器へ更新することで検討を行った。

照明器具の安定器のインバータ化による削減効果は、57,194MJ/年で、改修にかかる費用は 2,180 千円となり、投資回収年は 25 年となる。

### 5) 高輝度誘導灯の導入

誘導灯は、一部高輝度タイプのもものが導入されているが、未実施分への導入効果を検討した。高輝度誘導灯への交換による削減効果は、77,153MJ/年で、改修にかかる費用は 1,475 千円となり、投資回収年は 15 年となる。

## 教養教育 2 号館

### 1) 外壁の断熱

空調負荷を低減するため、断熱性能の向上を図ることが出来る施策のうち有効な、窓の複層化、外壁の断熱性能の向上について検討を行った。

窓の複層化と外壁の断熱性能の向上を併せて実施した場合の低減効果は、40,789MJ/年で、改修にかかる費用は 11,871 千円となり、投資回収年は 197 年となるため、改修については、大規模改修時に実施することとする。

### 2) 空冷パッケージエアコン室外機のサイクリック制御

既存の空調設備については、現在不具合がないため、改修の必要性はない。そこで、既存設備の省エネ施策項目として、空冷パッケージエアコンの室外機の同時運転を避けるため、温度環境悪化を抑えつつ空調動力の抑制を図る運転パターン制御機構を導入する。

空冷パッケージエアコン室外機のサイクリック制御を導入することによる削減効果は、101,192MJ/年で、改修にかかる費用は 900 千円となり、投資回収年は 8 年となる。

### 3) 空冷パッケージ室外機への水噴霧システムの導入

既存設備の省エネ施策項目として、空冷パッケージエアコンの動力の低減を図るため、室外機に水を噴霧し効率を向上させる水噴霧システムについて検討を行った。

空冷パッケージ室外機への水噴霧システムを導入することによる削減効果は、29,661MJ/年で、改修にかかる費用は 820 千円となり、投資回収年は 18 年となる。

#### 4) 照明器具の安定器のインバータ化

既設の照明器具は、経年による性能低下が見受けられる。Hf インバータ照明器具への更新は省エネルギー効果とともに照度改善も期待できるが、器具本体コストや天井改修等により工事費が増大し、従来の安定器をインバータ安定器へ更新する場合と比較し、費用対効果が少ない。そのため、従来の安定器をインバータ安定器へ更新することで検討を行った。

照明器具の安定器のインバータ化による削減効果は、41,090MJ/年で、改修にかかる費用は1,460千円となり、投資回収年は23年となる。

#### 5) 高輝度誘導灯への交換

誘導灯は、一部高輝度タイプのものが導入されているが、未実施分への導入効果を検討した。高輝度誘導灯への交換による削減効果は、5,641MJ/年で、改修にかかる費用は253千円となり、投資回収年は36年となる。

### (2) 設備単位の計画を選択

-3(4) 設備単位の診断結果 及び -4(1) 棟単位の計画 を踏まえ、基幹設備の計画と大久保1キャンパス全体に共通し適用できる横断的な設備を対象に、エネルギー低減施策の項目を洗い出した。現地調査を実施した3施設から抽出が出来、他施設へ展開できる施策として選定した項目は、照明器具や変圧器、空調設備を含む7種類となる。

#### 基幹設備

##### 1) ボイラ設備の廃止

附属図書館1号館の棟単位のエネルギー低減計画で述べたが、ボイラ設備更新にあたっては、空調方式も含めた検討が必要である。しかし、対象施設を含む施設全体が個別空調方式へ更新されているため、今後は大学の方針に従い、ガスヒートポンプユニットよりもエネルギー使用量や二酸化炭素排出量の削減効果の高い電気式の空冷ヒートポンプユニットによる個別空調化を図り、ボイラ設備を廃止する。

個別空調化を図り、東・西2箇所にあるボイラ設備を廃止することによる削減効果は、一次エネルギー低減量で1,074,349MJ/年、改修にかかる費用ボイラの撤去費用(1,837千円)を除き71,654千円となる。

##### 2) 特高変圧器の予備1台についてスタンバイ状態を停止

変圧器は無負荷状態でも電圧を印加し、励磁することにより無負荷損失が発生している。スタンバイ状態になっている特高変圧器の1次側遮断器(開閉器)を開き、未充電状態として損失を低減する。5,000kVA特高変圧器の無負荷損を5kWと仮定すると、その削減効果は一次エネルギー低減量で427,488MJ/年となる。

#### 横断的に使用されている設備

横断的に使用されている設備の低減計画の策定にあたっては、-5(1)省エネルギー中長期計画の策定と同様に、キャンパス全体の約80%の面積を占める棟面積上位31施設を対象に行った。

##### 1) 空調設備

基幹設備であるボイラ設備を除く空調設備のエネルギー低減施策を抽出した。空冷ヒートポンプユニットにおける低減施策として、室外機のサイクリック制御、室外機への水噴霧システムの導入について、既設中央熱源式空調方式においては、外気取入制御の導入について検討を行った。

棟単位の診断結果から附属図書館1号館をタイプ、教養教育2号館をタイプ、理学部2号館をタイプとし、エネルギー低減計画を策定する施設のタイプを分類し、タイプ別の面積あたりのエネルギー削減量を求め、低減効果の算出・集計を行った。タイプの分類は、建物用途を考慮し、タイプはタイプ、以外の施設、タイプは経済学部と教育学部の施設、タイプを工学部と理学部の施設とした。

空冷ヒートポンプユニットにおける2つの低減施策による低減効果は、一次エネルギー低減量で2,946,556MJ/年、改修にかかる費用は53,563千円となる。

なお、室外機への水噴霧システムの導入については、スケールの付着等による能力低下が考えられるため、定期的な清掃が必要である。

また、外気取入制御の導入における低減効果は、一次エネルギー低減量で272,630MJ/年、改修にかかる費用は5,192千円となる。

## 2) 電気設備

大久保キャンパスには診断を実施した3施設も含み旧式の照明器具が多く設置されているため、電気設備は照明器具の安定器のインバータ化と、誘導灯の高輝度タイプの導入を省エネ改修の施策として選定した。

棟単位の診断結果から上記1)空調設備と同様に低減計画を策定する対象施設をタイプ、に分類し、タイプ別のエネルギー削減量を求め、低減効果の算出・集計を行った。

上記2つの施策による低減効果は、一次エネルギー低減量で4,305,045MJ/年、改修にかかる費用は85,355千円となる。

## 3) BEMS等のエネルギーモニタリングシステム

大久保キャンパスではエネルギーの計測が一部を除いて棟単位で行われておらず、省エネルギー対策を進める上で、最も重要となるエネルギーの見える化が実施されていない。エネルギーの見える化により、エネルギー消費データの収集・蓄積とエネルギー使用実態の分析が可能となり、運用の改善を行うことでエネルギー使用量が削減できる。そこで、エネルギーのモニタリングが可能となるBEMS等のシステムの導入を施策として選定した。

BEMS導入による効果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の「住宅・建築物高効率エネルギーシステム導入促進事業(BEMS導入支援事業)」平成14～16年度補助事業者の実施状況に関する調査によると、BEMSのみを導入した場合、導入前と比較し平均4.3%となっており、大久保キャンパスでも同様の効果が望めると考える。よって、この施策による消費電力の削減量は65,646kWh/年となり一次エネルギー換算値では641GJ/年となる。なお、改修にかかる費用は、既存設備の状況、管理体制及びポイントにより大きく異なり、現状をすべて把握出来ていないことと管理体制及びポイントが明確に出来ていない現状では、算出することは出来ないと判断した。

(3) 低減対策の効果を算出

-4(1)棟単位の計画及び -4(2)設備単位の計画にて策定したエネルギー低減計画の効果について、それぞれ集計を行った。

表 -4-3-1 棟別エネルギー低減効果の集計結果

		一次エネルギー 使用量 (MJ/年)	二酸化炭素 排出量 (kg-CO2/年)
大久保キャンパス2008年度エネルギー使用実績		141,504,654	5,823,772

施設名	低減効果		キャンパス全体に対する低減効果	
	一次エネルギー 使用量 (MJ/年)	二酸化炭素 排出量 (kg-CO2/年)	一次エネルギー 使用量 (%)	二酸化炭素 排出量 (%)
附属図書館1号館	828,281	45,733	0.6%	0.8%
理学部2号館	732,336	33,399	0.5%	0.6%
教養教育2号館	259,712	10,141	0.2%	0.2%
合計	1,820,330	89,273	1.3%	1.5%

表 -4-3-2 設備別エネルギー低減計画の集計結果

		一次エネルギー 使用量 (MJ/年)	二酸化炭素 排出量 (kg-CO2/年)
大久保キャンパス2008年度エネルギー使用実績		141,504,654	5,823,772

低減施策項目	低減効果		キャンパス全体に対する低減効果	
	一次エネルギー 使用量 (MJ/年)	二酸化炭素 排出量 (kg-CO2/年)	一次エネルギー 使用量 (%)	二酸化炭素 排出量 (%)
空冷ヒートポンプユニットの室外機のサイクリック制御	2,040,319	79,021	1.44%	1.36%
空冷ヒートポンプユニットの室外機への水噴霧システムの導入	906,237	35,098	0.64%	0.60%
照明器具の安定器のインバータ化	2,607,521	100,988	1.84%	1.73%
高輝度誘導灯の導入	953,685	36,936	0.67%	0.63%
合計	6,507,761	252,042	4.60%	4.33%

## 5. 省エネルギー中長期計画の策定

### (1) 省エネルギー中長期計画の策定

診断結果やエネルギー低減計画を踏まえ、大久保キャンパス全体の中長期計画を策定する。大久保キャンパスは全 111 施設あるが、棟面積が小さい施設の用途の多くは、ボンベ庫、倉庫、ポンプ室等であることと、小規模な施設のエネルギーを低減してもキャンパス全体のエネルギー低減に貢献する割合は少ないため、キャンパス全体の約 80%の面積を占める棟面積上位 31 施設を対象に中長期計画を策定することとした。

埼玉大学のエネルギー原単位は 1,040MJ/m<sup>2</sup>と一般的な学校の原単位と比較しても低い値となっており、廊下の照明器具間引き、中間期の積極的な外気冷房、室内空気の循環（扇風機の利用）、昼休み時間の照明消灯、空調設定温度の緩和、トイレや廊下等への人感センサ制御の導入、高輝度誘導灯への順次交換などの運用対策等も実施されている。そのため、運用改善によるエネルギー削減幅は少ないと考える。更なる省エネルギー化を実現するには、各種機器を最新の効率の良い機器への改修を行うとともに、太陽光発電などの再生エネルギーの導入も検討する必要がある。

-3 省エネルギー診断の実施と -4 エネルギー低減計画の立案を踏まえ、大久保キャンパス全体のエネルギー低減施策についての中長期計画の策定を行った。

中長期計画の抜粋を表 -5-1 に示す。大久保キャンパス全体の中長期計画のエネルギー低減量の集計は、1年目 3,410GJ/年、2年目 2,188GJ/年、3年目 1,147GJ/年、4年目 719GJ/年、5年目 1,241GJ/年、6年目 675GJ/年、7年目 1,083GJ/年、8年目 824GJ/年、9年目 1,443GJ/年、10年目 1,481GJ/年となり、合計で 14,211GJとなる。よって、平成 20 年度のエネルギー使用量と比較すると一次エネルギー使用量で 10.0%、二酸化炭素量で、6.9%低減できると考える。（図 -5-1-1 を参照のこと）これは、-4(1)棟単位の計画で検討したエネルギー低減施策を全て実施した場合の結果となる。

一方、抽出したエネルギー低減施策から、優先順位として総合評価で B 以上の評価を得られた施策のみを実施した場合の中長期計画のエネルギー低減量の集計は、1年目 3,177GJ/年、2年目 2,398GJ/年、3年目 1,041GJ/年、4年目 653GJ/年、5年目 1,185GJ/年、6年目 668GJ/年、7年目 879GJ/年、8年目 583GJ/年、9年目 1,356GJ/年、10年目 1,284GJ/年となり、合計で 13,224GJとなる。平成 20 年度のエネルギー使用量と比較すると一次エネルギー使用量で 9.3%、二酸化炭素量で、6.2%低減できると考える。（図 -5-1-1 を参照のこと）





図 -5-1-1 中長期計画によるエネルギー低減率

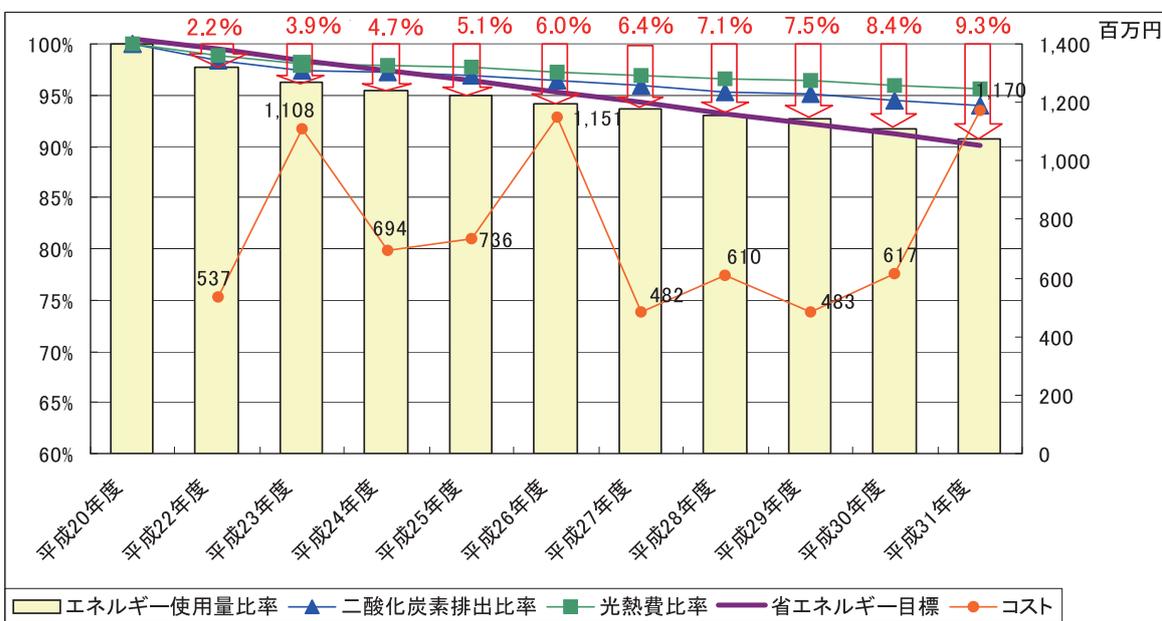


図 -5-1-2 中長期計画によるエネルギー低減率

(総合評価 B 以上の施策を実施した場合)

(2) 省エネルギー目標等の検証

中長期計画に基づき実施した省エネルギー対策についての費用対効果を検証し、計画通りに改善されたか、また、更新した設備機器が運用実態に適した最適な運転になっているかを評価・分析し、計画の見直しをする。

6. 省エネルギー中長期計画の継続的实施

(1) PDCA サイクルによる中長期計画の管理

Plan : 現状把握、中長期計画の策定

Do : 計画に基づく、省エネ改善の実施

Check : 効果の検証

データを整理し、中長期計画の見直しが必要になった場合

Action : 2月中旬に「施設・環境マネジメント委員会」において計画見直しを検討する。

(2) 効果検証結果の公表

年度初めに、前年度のデータを整理し、省エネ効果の検証結果をホームページで学内に公表する。

7. 省エネルギー中長期計画実施のための必要経費の確保

- ・省エネ対策費については、中長期計画で策定される対策計画を基に、年次計画により学内予算で実施できる対策、補助金で要求する対策及び ESCO 事業が可能な対策等に仕分けし、予算を確保していく。