

名古屋大学エネルギーマネジメント研究・検討会

---

# 大阪大学のエネルギー消費分析と対策

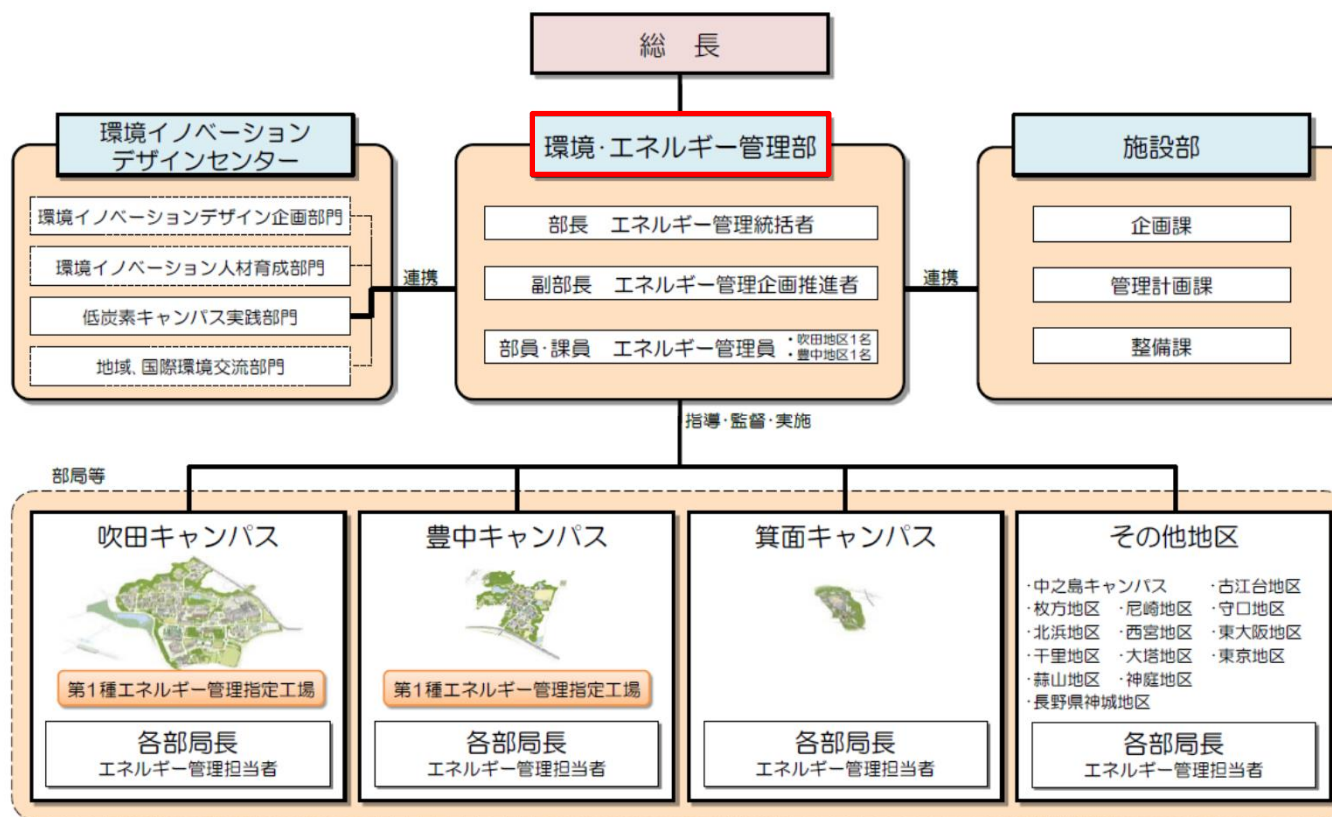
## －総合大学における省エネルギー戦略－

---

140313  
大阪大学  
環境・エネルギー管理部  
特任講師 大橋巧

大学の環境負荷低減を推進するため、本部事務機構内に総長直下のトップマネジメント体制による環境・エネルギー管理部を2011年6月に立ち上げ。専任6名(事務含む)。

- ・学内のエネルギー管理、調査、分析
- ・省エネルギー・低炭素化施策の策定、支援
- ・ESCO事業の推進 など



## 大阪大学概要

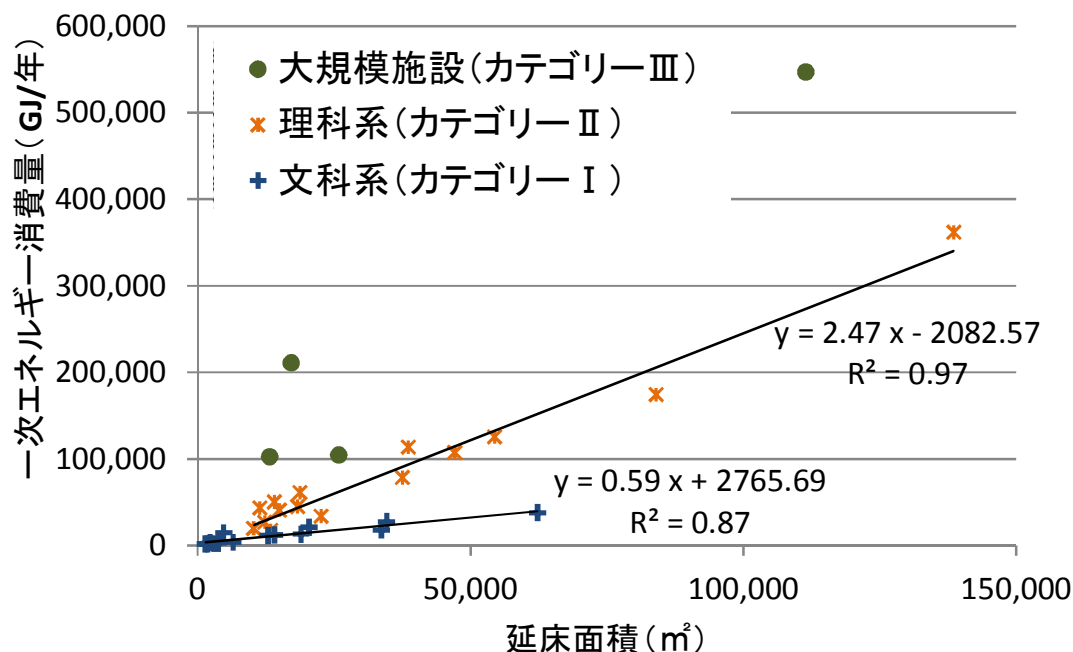
- 1931年創立
- 構成員 教員約3,100人（常勤）  
職員約2,900人（常勤）  
在学生約25,000人（学部・大学院・留学生合計）
- 延床面積 約98万m<sup>2</sup>

### 〈エネルギーを考える上での特徴〉

#### →理科系の部局の比率が高い

- 工学系の学部として工学部と基礎工学部の2学部を有し、入学者数の合計1,314名
- 核物理研究センター、レーザーエネルギー学研究センター、微生物病研究所、産業科学研究所等、理科系研究所多数

## ■各部局の延床面積と一次エネルギー消費量



## カテゴリー分類

| カテゴリー             | 建物分類         | 部局名称                                                     |
|-------------------|--------------|----------------------------------------------------------|
| カテゴリーⅠ<br>(文科系)   | 文科系・文科系研究施設  | 文科系学部・研究科(文学・人間科学・外国語学・法学・経済学)、言語文科研究科、社会経済研究所等          |
|                   | 本部・福利施設・共同施設 | 本部事務機構、保健センター、福利会館、総合学術博物館等                              |
| カテゴリーⅡ<br>(理科系)   | 理学系          | 理学部、理学研究科                                                |
|                   | 医学系          | 医学部、医学研究科                                                |
|                   | 歯学系          | 歯学部、歯学研究科、歯学部附属病院                                        |
|                   | 薬学系          | 薬学部、薬学研究科                                                |
|                   | 工学系          | 工学部、工学研究科                                                |
|                   | 基礎工学系        | 基礎工学部、基礎工学研究科                                            |
|                   | 情報科学系        | 情報科学研究科                                                  |
|                   | 生命機能系        | 生命機能研究科                                                  |
| カテゴリーⅢ<br>(大規模施設) | 理科学系研究施設     | 微生物研究所、産業科学研究所、蛋白質研究所、接合科学研究所、免疫フロンティア研究センター、理科学系研究センター等 |
|                   | 医学部附属病院      | 医学部附属病院                                                  |
|                   | 全国共同利用施設     | 核物理研究センター、サイバーメディアセンター、レーザーエネルギー学研究センター                  |

## 【一次エネルギー原単位(H23年度)】

大規模施設 (カテゴリーⅢ) : 5,738 MJ/㎡・年

理科系 (カテゴリーⅡ) : 2,413 MJ/㎡・年

文科系 (カテゴリーⅠ) : 765 MJ/㎡・年

2倍以上

3倍以上

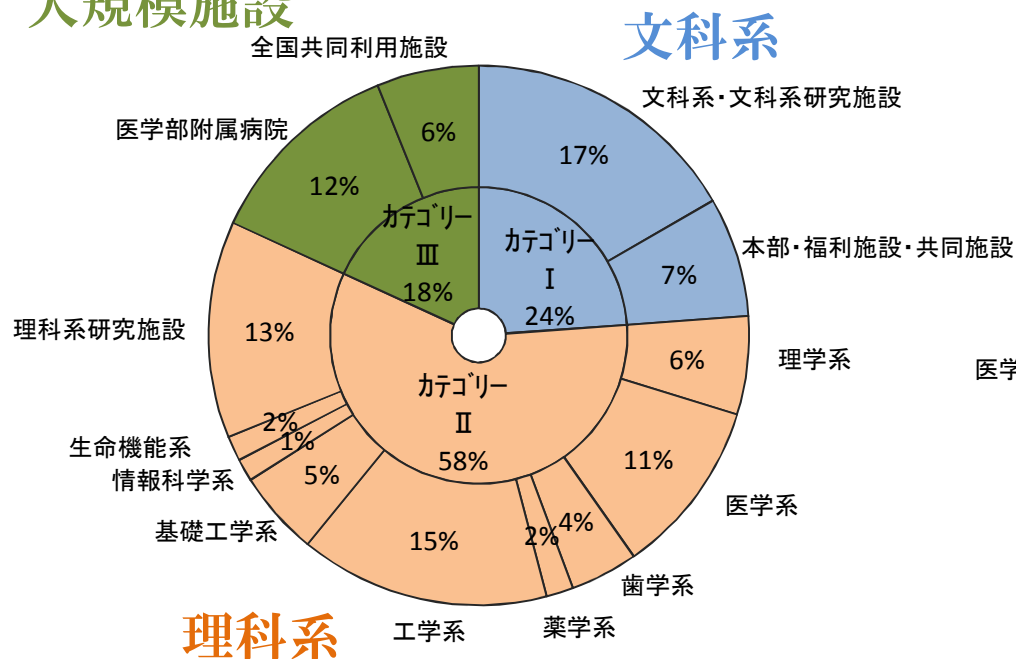
一般事務所: 1,880MJ/㎡・年 (財)省エネルギーセンター: ビルの省エネルギーガイドブック, 2011. 7

カテゴリー毎にエネルギー消費密度に大きな違いがある。  
→省エネアプローチも異なる。

※詳細は文献1)に示す 4

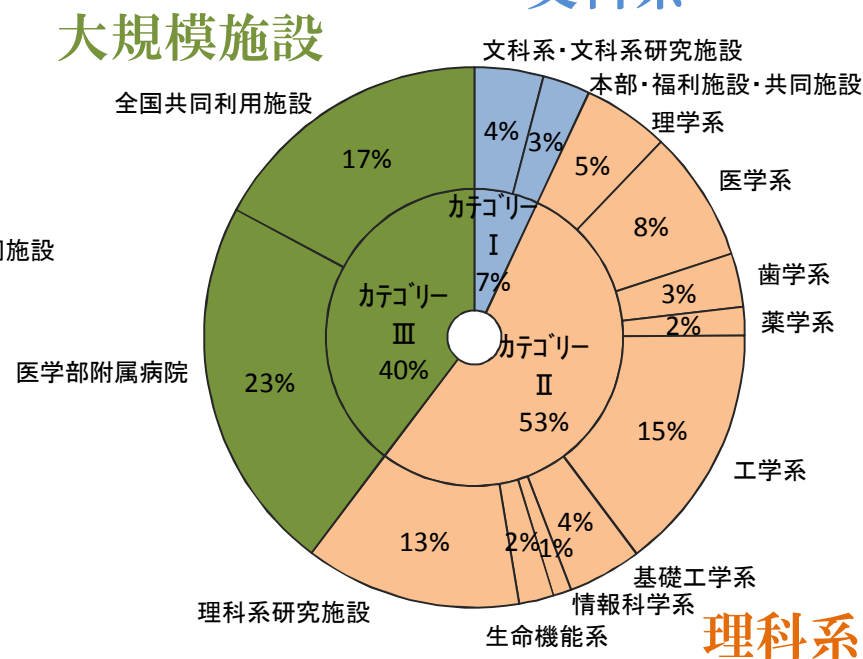
## ■大阪大学における延床面積と年間一次エネルギー消費量の割合（H23年度）

### 大規模施設



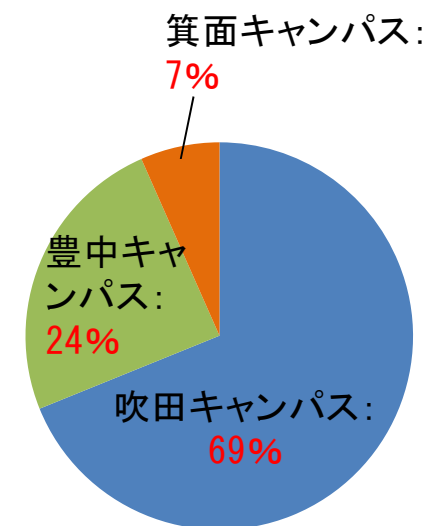
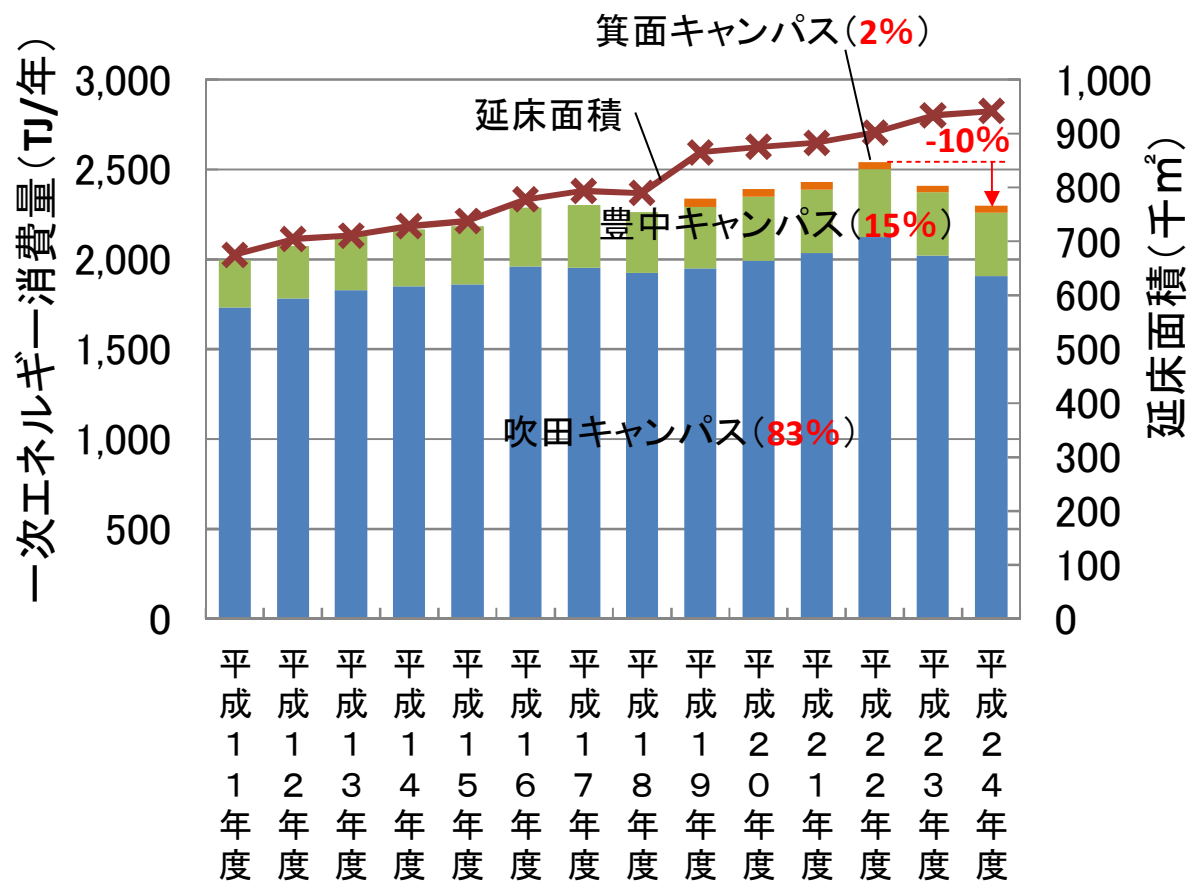
延床面積の割合

### 文科系



年間一次エネルギー消費量の割合

## ■大阪大学の一次エネルギー消費量推移

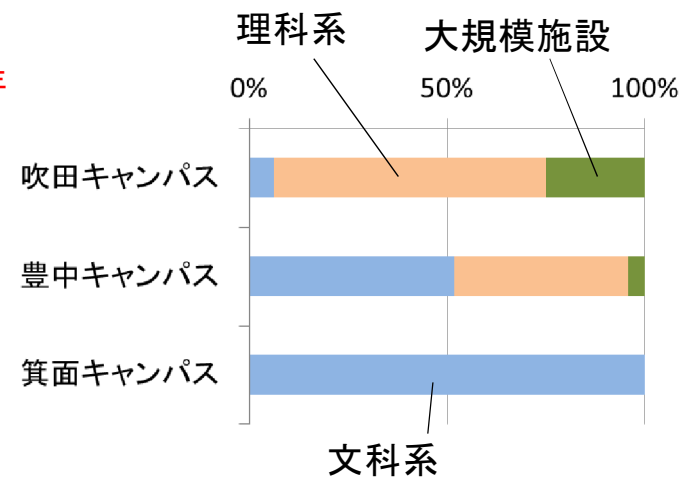
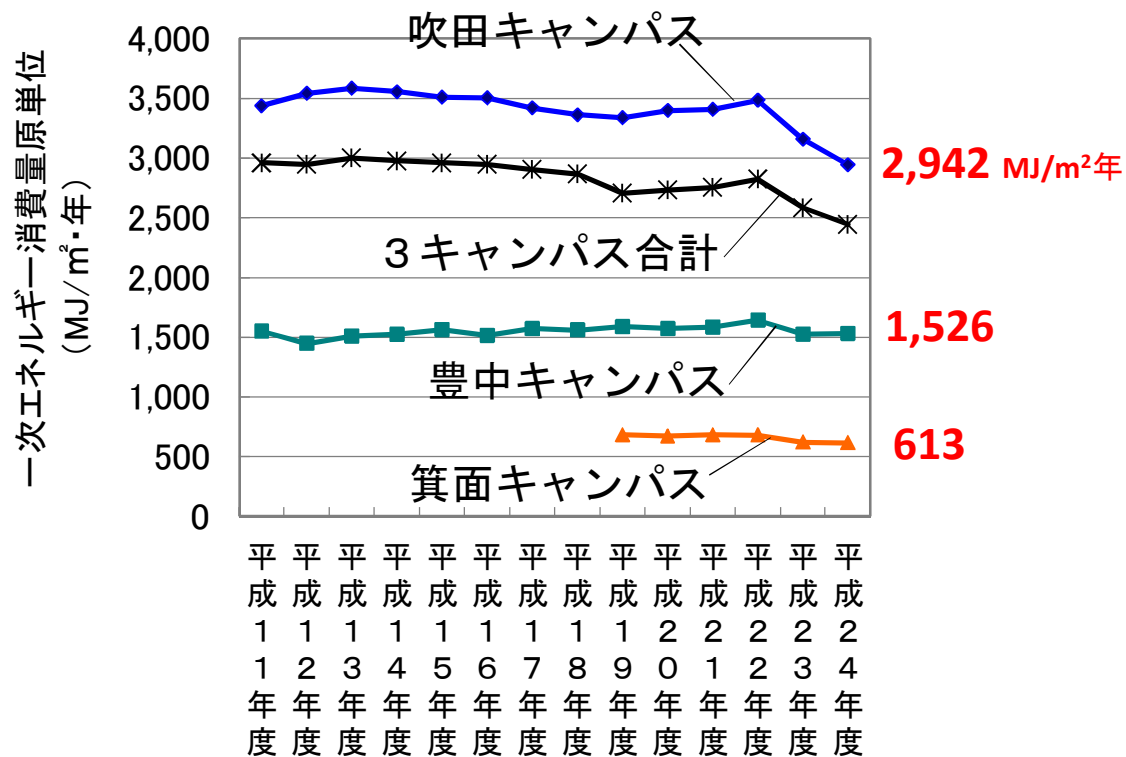


延床面積比率

## 一次エネルギー消費量と延床面積の推移

※ ( ) 内の数値は平成24年度の一次エネルギー消費量の割合

## ■大阪大学の一次エネルギー消費量原単位



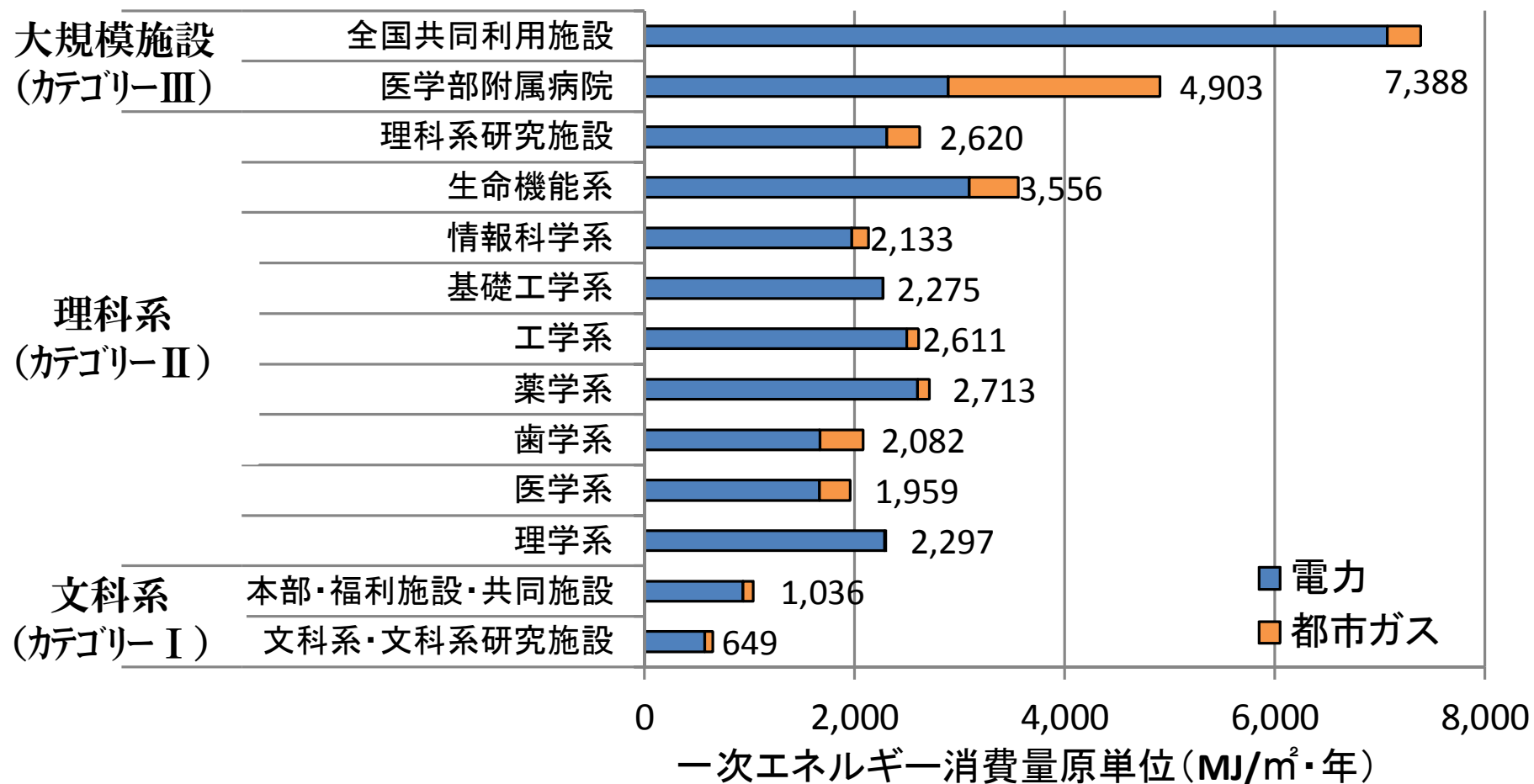
各キャンパスの延床面積の割合

各キャンパスの  
一次エネルギー消費量原単位の推移



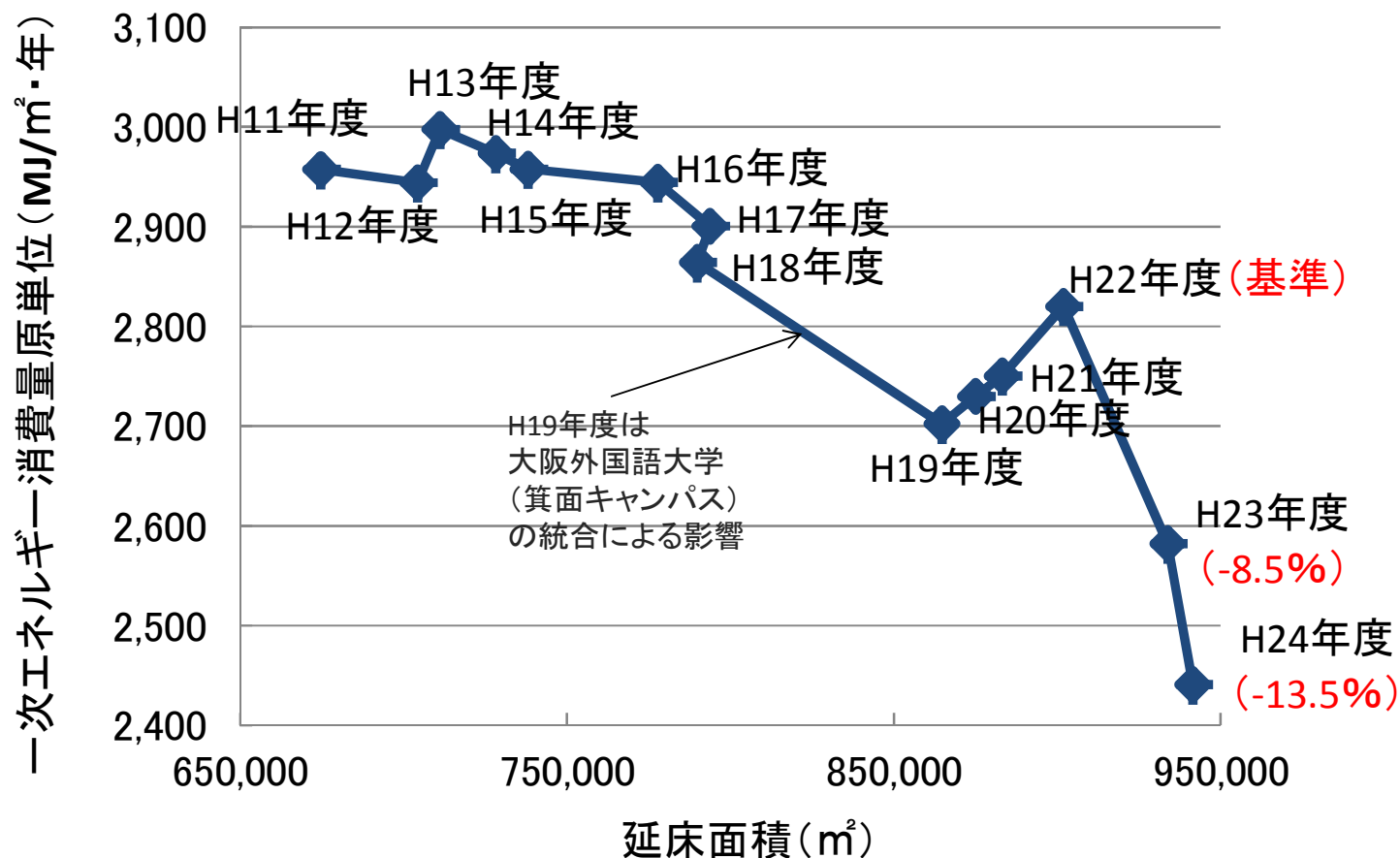
理科系／文科系の占有比率が大学キャンパスの  
一次エネルギー消費量に大きな影響を与える

## ■部局分類ごとの一次エネルギー消費量原単位（H23年度）





## ■大阪大学の一次エネルギー消費量原単位の推移



一次エネルギー消費量原単位推移  
(床面積当たりのエネルギー消費量)

- 目標 → 社会要請に合わせ最大使用電力（ピーク電力）の抑制が主目的  
(≠エネルギー消費量削減・CO<sub>2</sub>排出量削減)

## 【平成23年度】

- ・ 夏季（7～9月）      最大使用電力    平成22年度比      15%削減
- ・ 冬季（12～3月）    最大使用電力    平成22年度同月比      10%削減

➡ 各キャンパスとも目標をほぼ達成

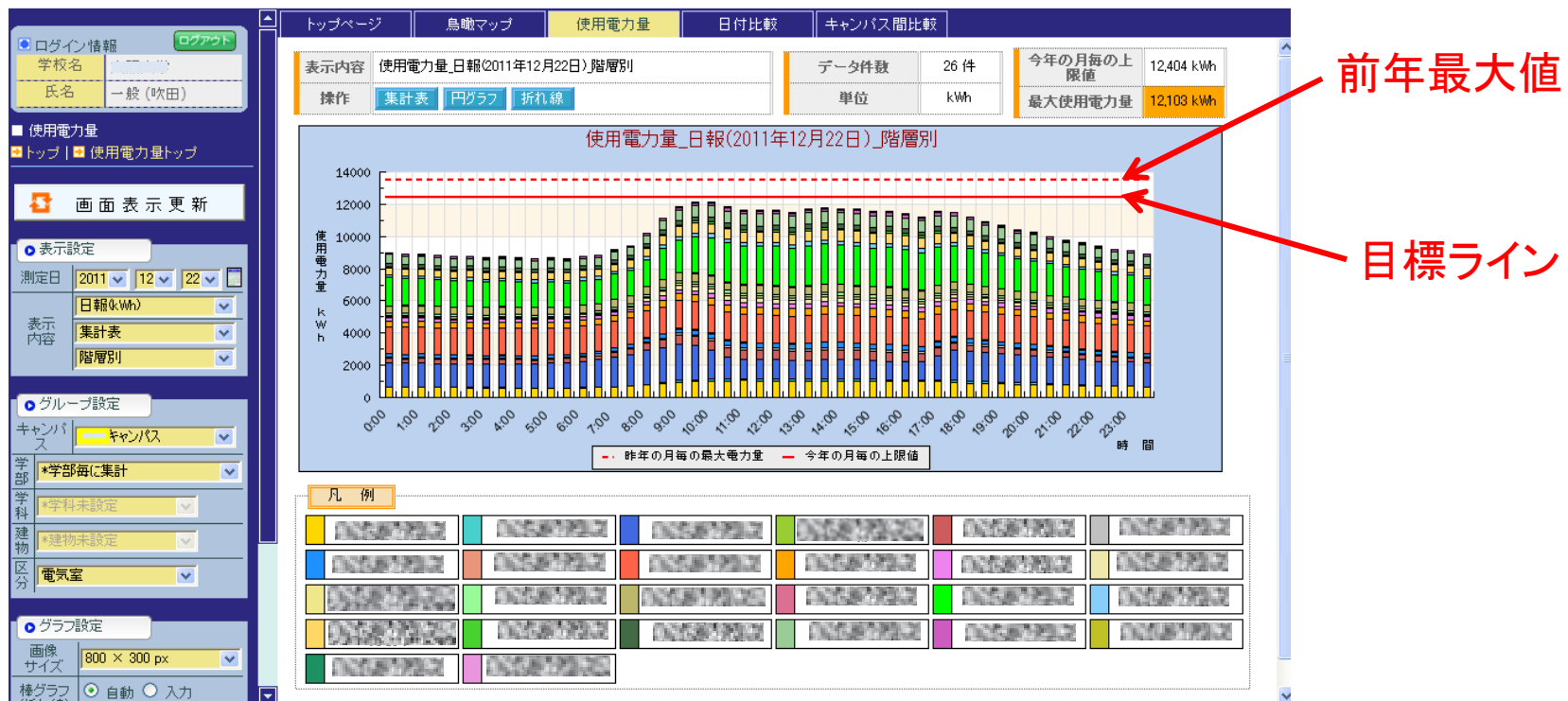
## 【平成24年度】

- ・ 夏季（7～9月）      最大使用電力    平成22年度比      10%削減  
(7月9日以前は15%削減)
- ・ 冬季（12～3月）    最大使用電力    平成22年度比      5.6%削減  
(政府が見込む定着節電分)

➡ 各キャンパスとも目標をほぼ達成

## ■対策

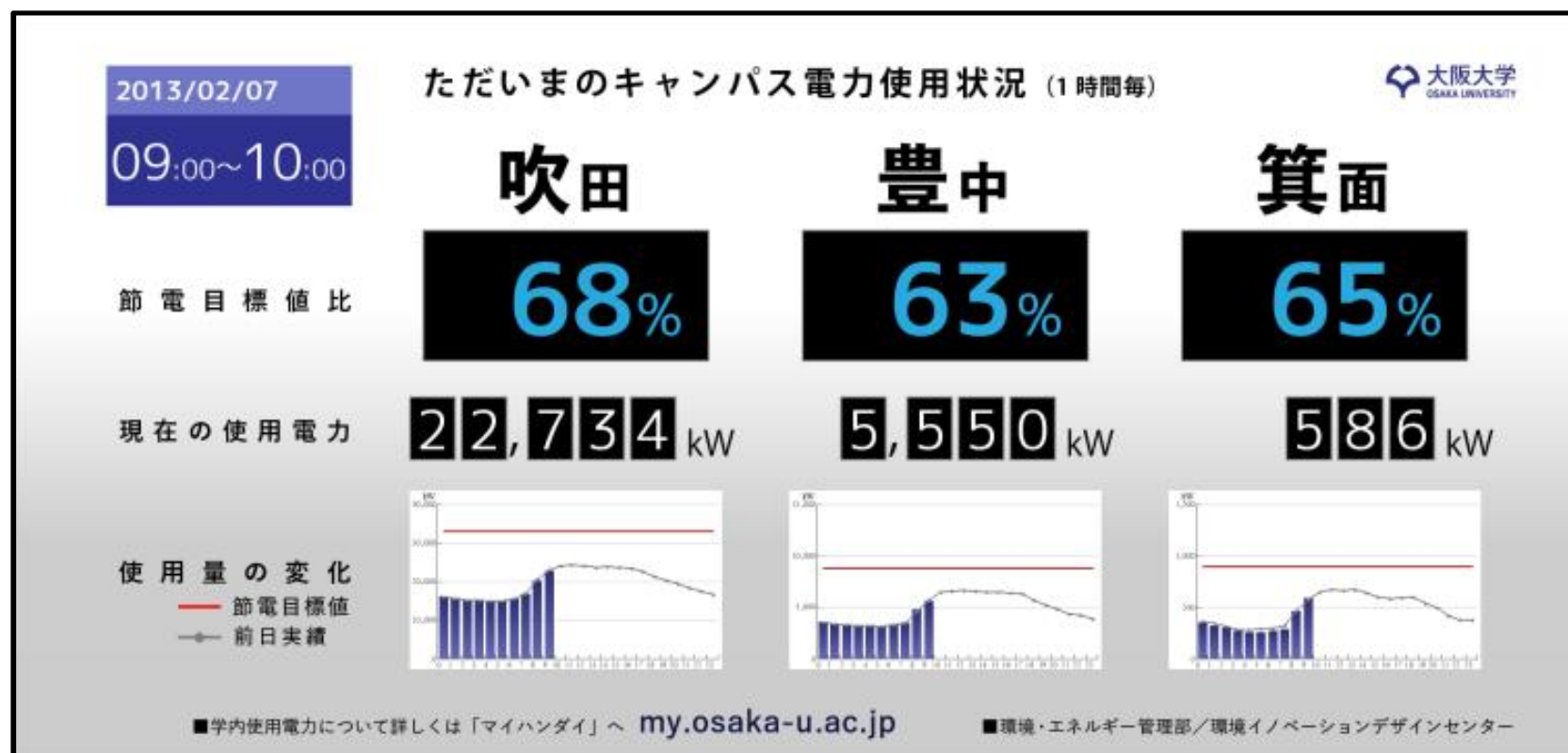
- 電力可視化システム（見える化）の活用  
学内ポータルサイトにて、主要建物単位(計246箇所計測) で  
リアルタイムに電力量が閲覧できるシステム（H23年6月に導入）



※H23年度はハード的対策は一部で、空調設定温度緩和・照明間引き・  
実験のスケジュール変更・自家発電機の活用等、使用抑制対策がメイン

## ■全学ディスプレイシステム「O+PUS」※によるリアルタイム表示

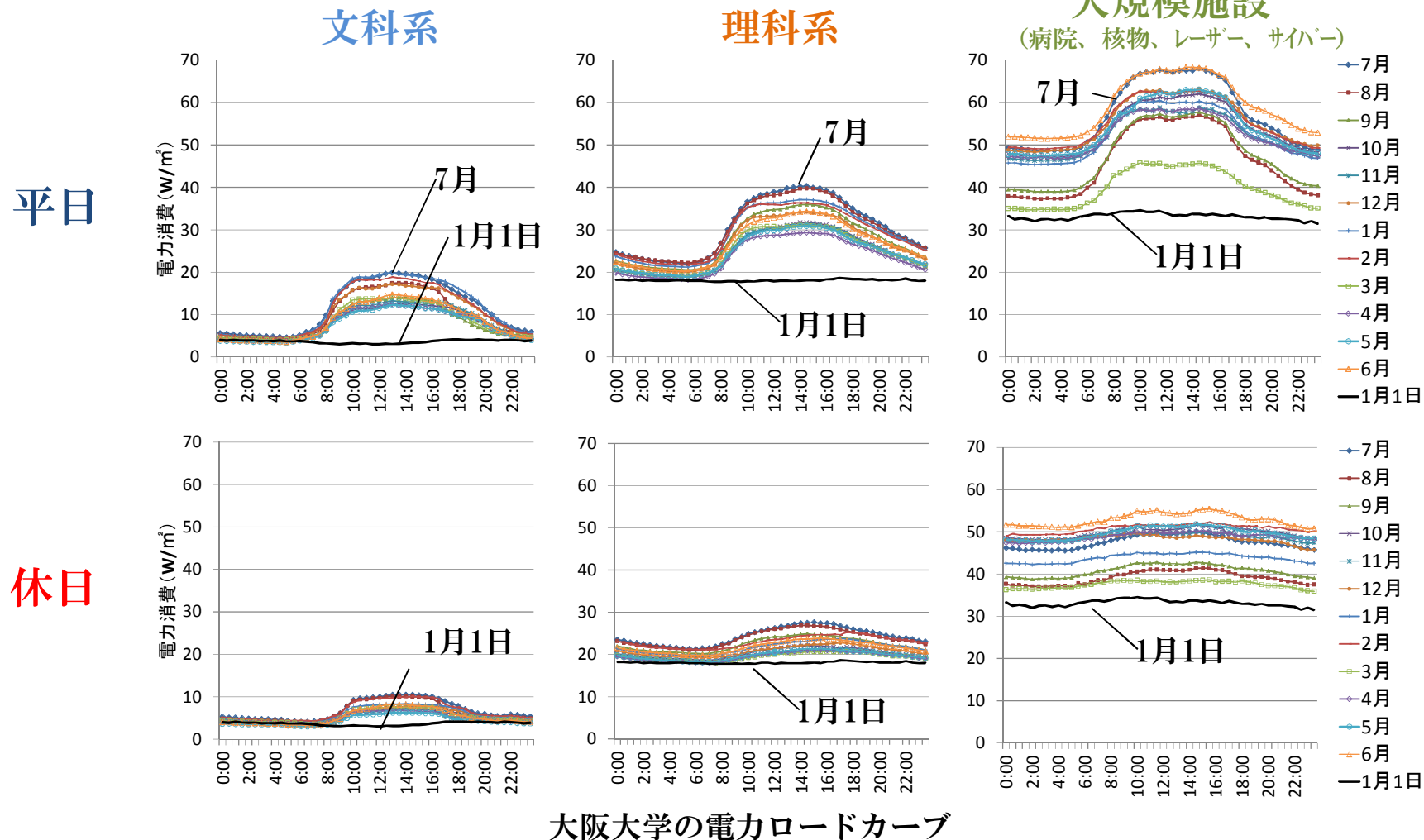
普段から目に触れる場所での表示



※学生食堂や大学本部エントランスなどに設置されている大型ディスプレイ

## ■大阪大学の電力消費実態（H23年度）

※電力は大阪大学の一次エネルギー消費量の約85%を占める

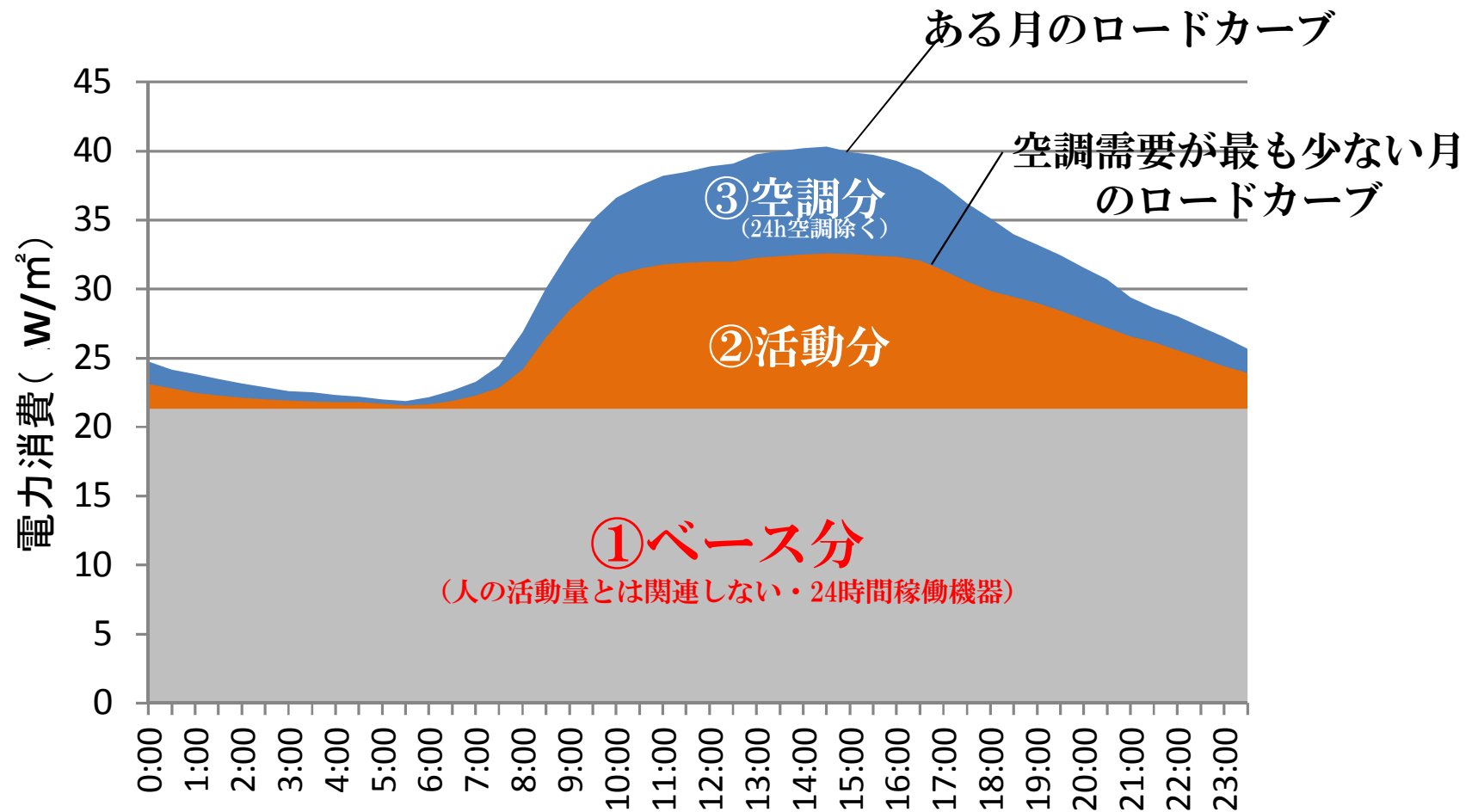


→1月1日のデータから、人の活動に関わらず発生する電力消費が、365日、終日一定量の存在することが推察できる。

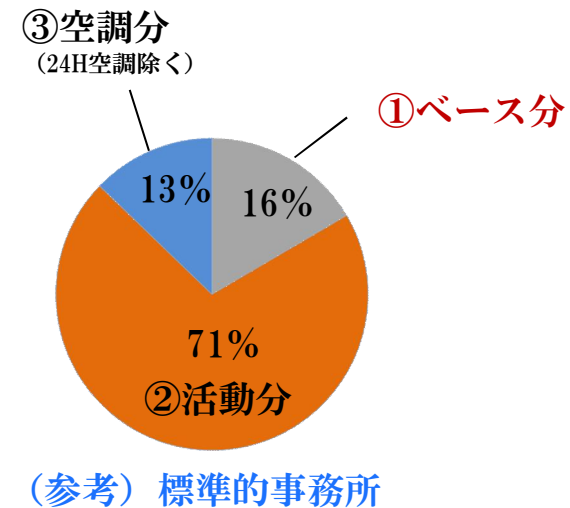
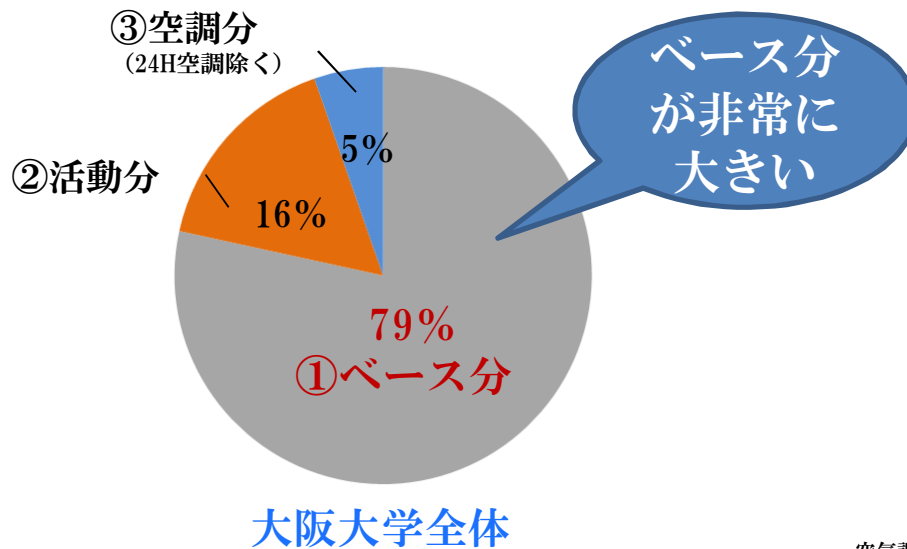
※詳細は文献1)に示す<sup>13</sup>

## ■年間電力使用量内訳の推計

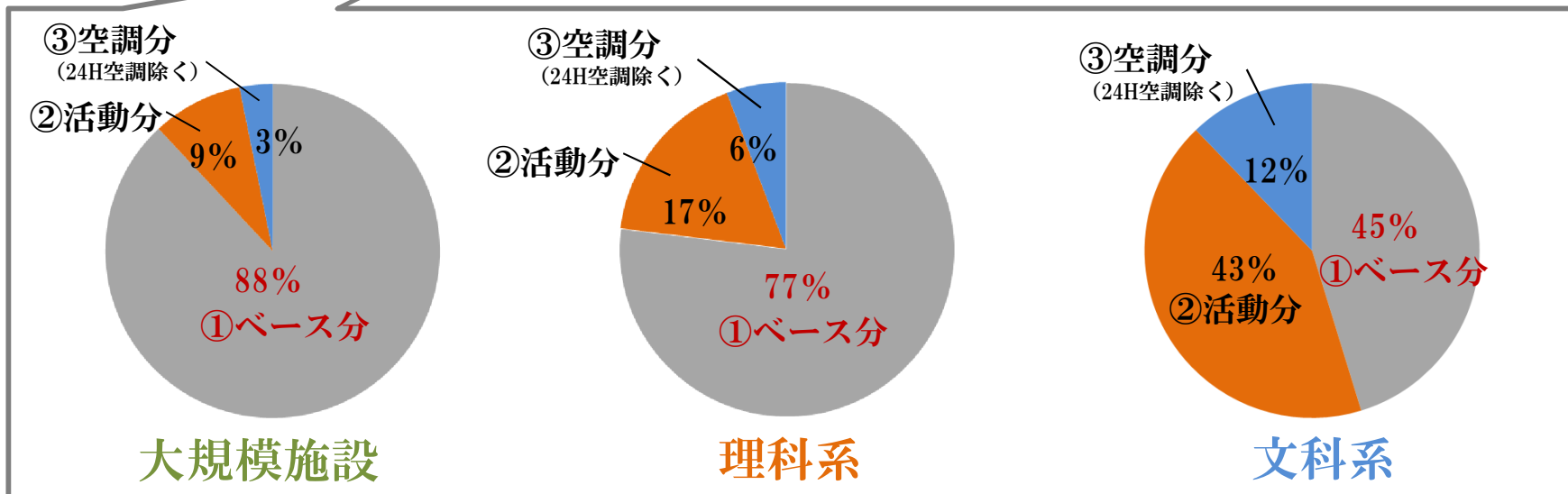
下図の面積が電力量 ( $W \times h$ ) となる。



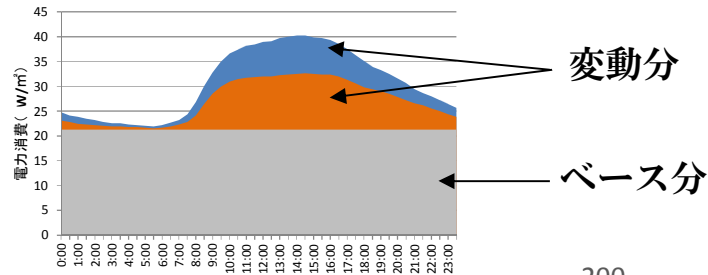
## ■年間電力使用量内訳推計



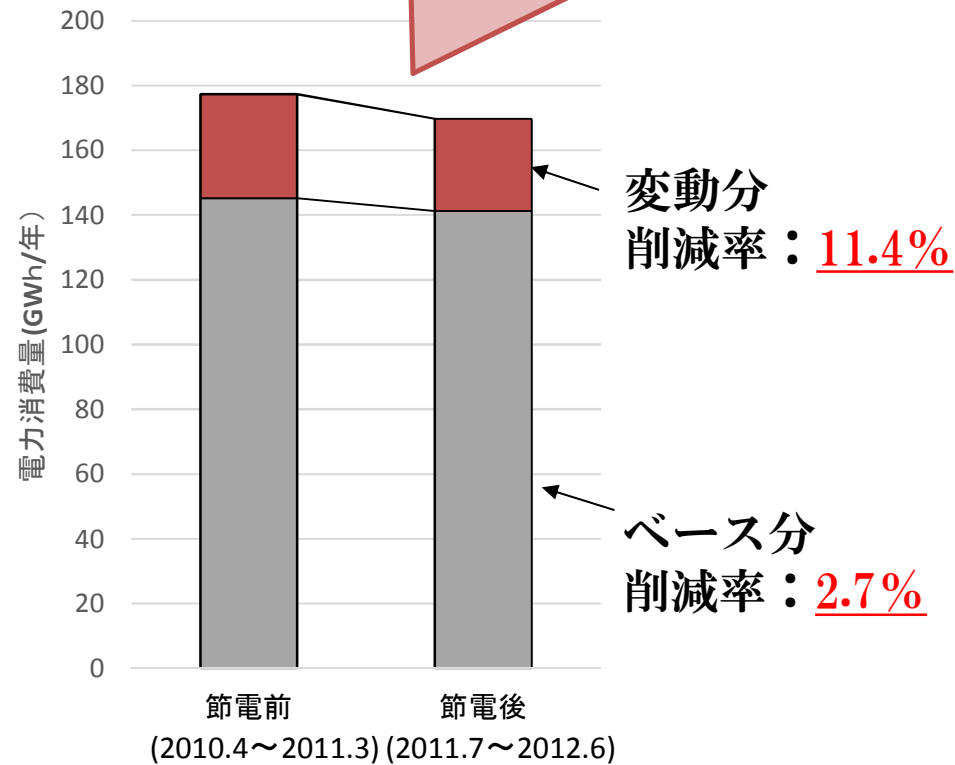
空気調和・衛生工学会  
「都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価」1994.6より作成



## ■節電実績



・ピーク抑制対策としては変動分の対策は重要。  
・一方でエネルギー消費量・CO<sub>2</sub>排出量・電気代削減のためにはベース分の対策がポイント。  
しかし削減率は低い。



吹田キャンパス年間電力消費量



# 今年度の省エネルギー対策

## ■今年度夏季の省エネルギー目標

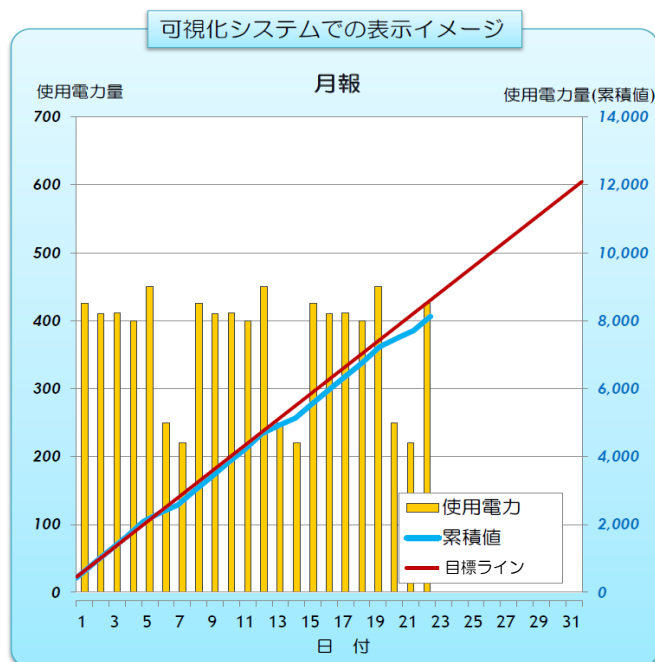
関西電力の値上げにも対応すべく、ピーク電力 (kW) 削減に加え、  
使用電力量 (kWh) の削減を第一に掲げる。

【目標】 ①使用電力量 平成22年度比 20%削減

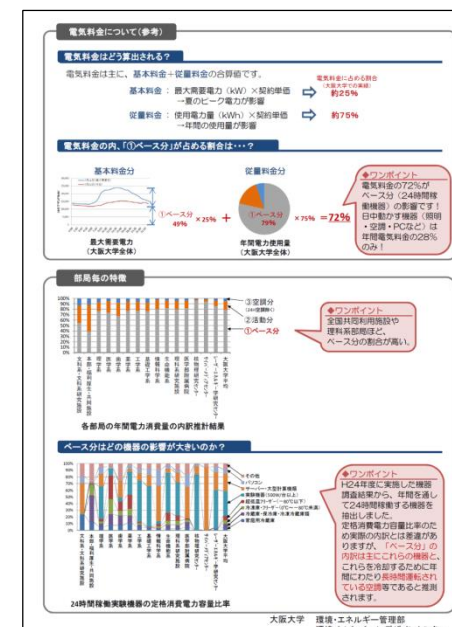
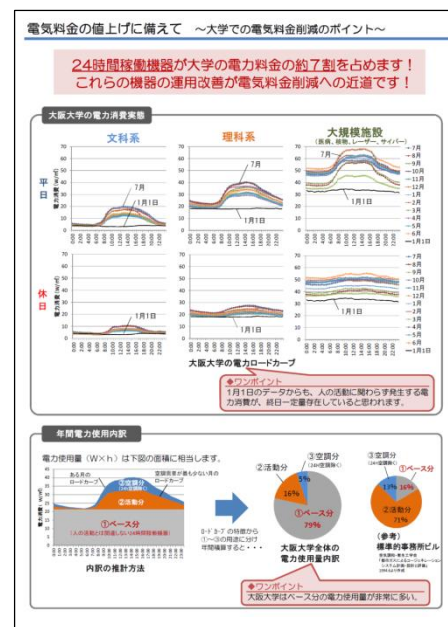
②ピーク電力 平成22年度比 8.7%削減の確実な実施  
(定着節電分)

## ■対策

➢電力可視化システムでの  
積算電力量の確認機能の追加

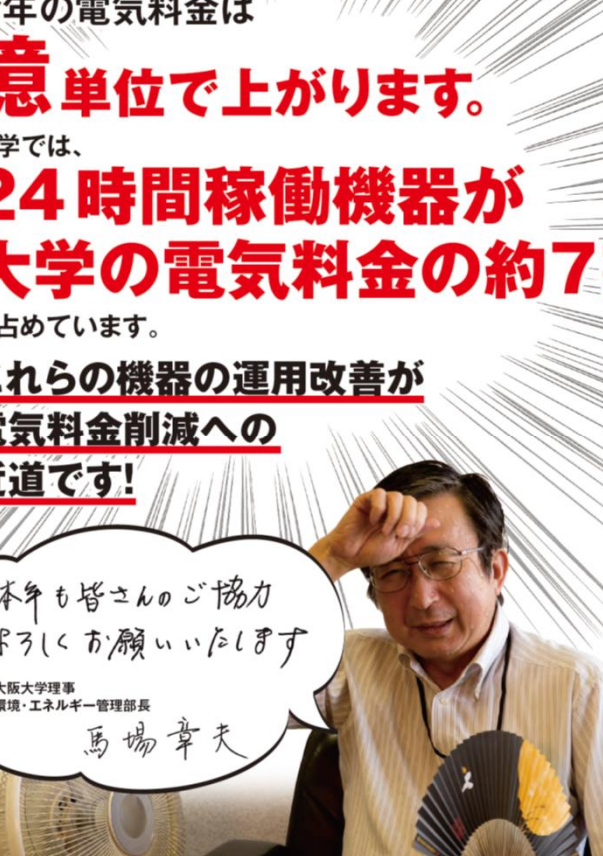


➢パンフレットによる周知



## 今年度の省エネルギー対策

## ➤ポスターの掲示

A man with glasses, wearing a light-colored striped shirt, is sitting in a black office chair. He is holding a black and yellow folding fan in his hands. To his left is a large white electric fan. A speech bubble originates from him, containing handwritten Japanese text. The background is a plain, light-colored wall.

大阪大学  
OSAKA UNIVERSITY

昨年と同じだけ節電しても、  
今年の電気料金は

**億単位で上がります。**

本学では、

**24時間稼働機器が  
大学の電気料金の約7割**

を占めています。

**これらの機器の運用改善が  
電気料金削減への  
近道です！**

本年も皆様のご協力  
よろしくお願いいたします

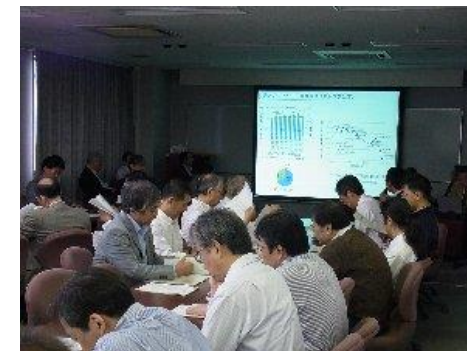
大阪大学理事  
環境・エネルギー管理部長

馬場 章夫

## ➤学内説明会の開催



## 教職員・学生向けセミナー



教授会

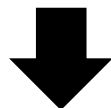
➤各部局へのキャラバン活動  
(取り組み状況の調査)

[illegible]

# 大阪大学の省エネルギー戦略

## ①文科系施設（カテゴリーⅠ）：765 MJ/m<sup>2</sup>・年

- ・エネルギー原単位が少ない。
- ・電力ロードカーブは一般的なオフィスビルに近い。



最新オフィスビルなどで導入される省エネ技術の活用



# エコ改修モデル－大阪大学会館－

- Å 1928年3月（**築86年**）、旧制浪速高等学校の校舎として建築、その後大阪大学旧教養部として使用。
- Å アールデコ調の意匠
- Å 2004年に国の**登録有形文化財**に。
- Å 大阪大学創立80周年記念事業の一環として、**本学のシンボル**および**エコ改修モデル施設**として2011年に改修
- Å 延床面積：4,421m<sup>2</sup>
- Å 第23回**BELCA賞**受賞  
(H26年ベストリフォーム部門)



## ■省エネルギー改修 概要

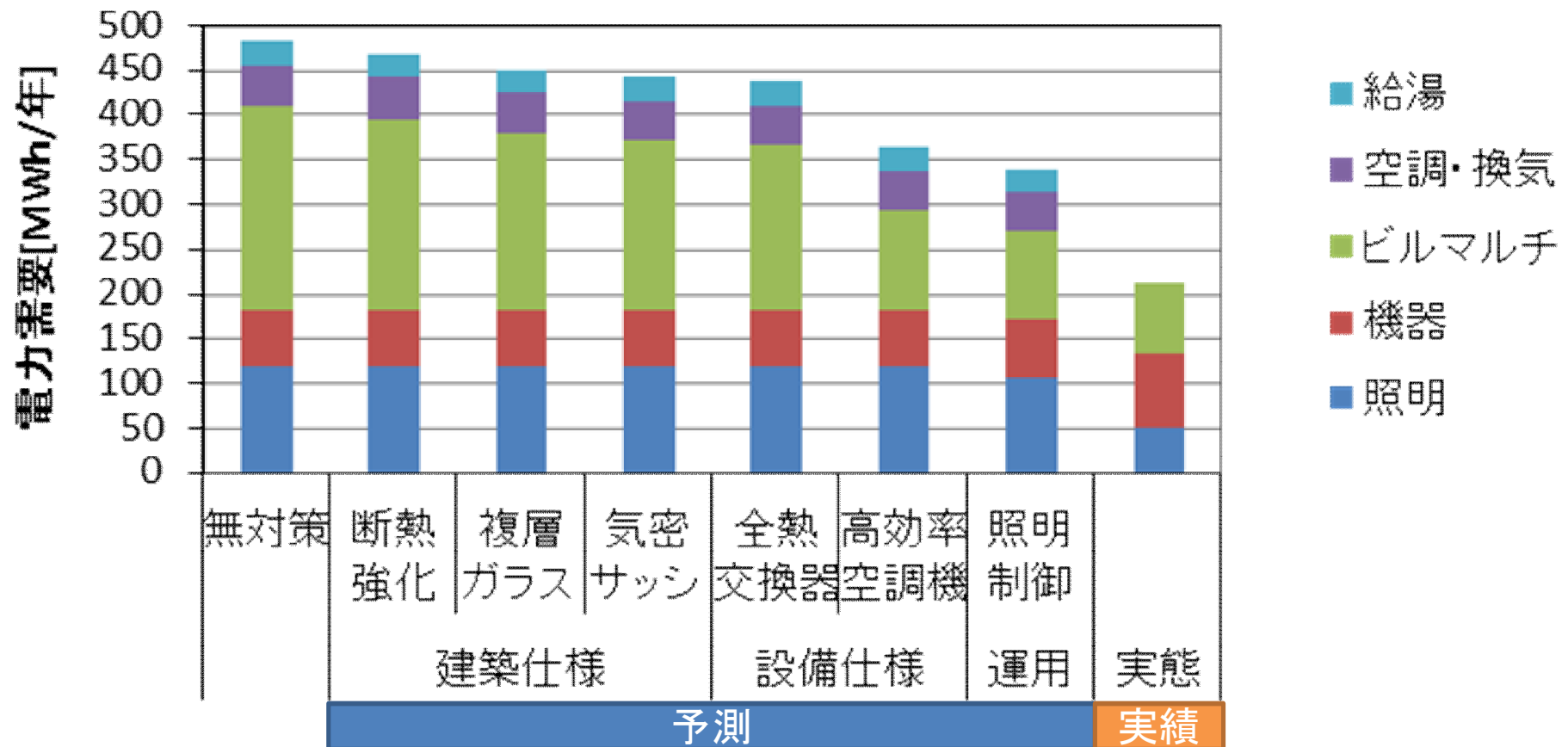
### 【省エネ】

1. シーリングファン
2. 置換換気：講堂(2層)で採用。ただし各階別床吹出、客席後部壁面吸込。
3. 建物断熱強化：廊下等の共用部分を除く居室部分
4. 複層ガラス：従来のサッシの内側に追加。新規設置部位には気密サッシ。
5. 全熱交換器
6. 高効率照明 講堂をほぼ全面LED、他もLED及び高効率蛍光灯を採用
7. 照明器具の昼光センサー・人感センサー制御
8. 換気量のCO<sub>2</sub>制御：講堂で採用
9. 高効率ビルマルチエアコン
10. エネルギーの可視化



※ひさしなど外表面日射制御は文化財としての制約から、階段室を使用した自然換気は階段室上部にスペースがないこと、地中熱源ヒートポンプやクールチューブ工期・地盤の問題から採用できず。

## 【省エネ】 対策によるエネルギー消費量



- ・業務用建物エネルギーシミュレーションモデルを利用。
- ・スケジュールに応じた照明・電気機器エネルギー消費計算と、気象データ（拡張アメダス大阪標準年）による動的熱負荷計算&冷暖房エネルギー消費計算、PV発電電力計算

※山口容平，下田吉之，水野稔：居住者の行動を基準としたオフィスビルの熱・電力需要シミュレーションモデルの開発，空気調和・衛生工学会論文集，93号(2004-4)，pp.37-47



### 【創エネ】

### 太陽光発電設備の大規模導入

当該建物の屋上は荷重・面積等の問題から限界があり

周辺建物の屋上も利用することで合計**157.8kW**を確保。



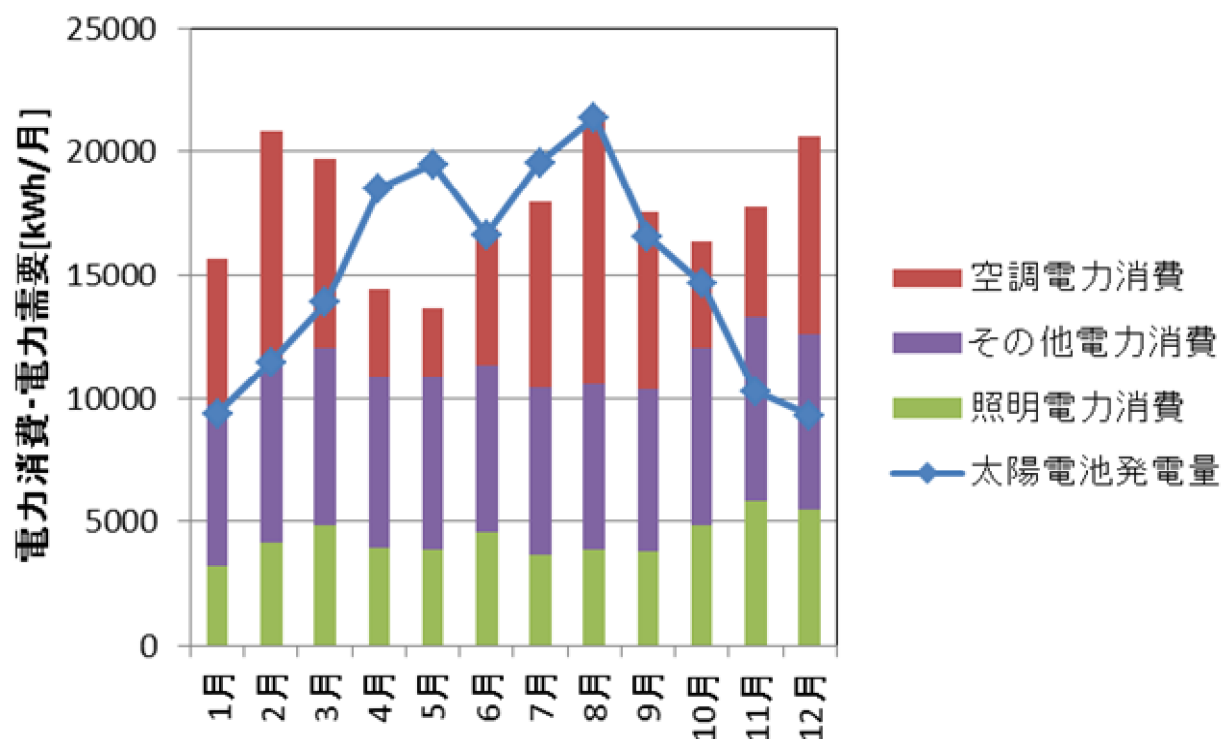
| 設置場所       | 太陽電池容量<br>[kW] |
|------------|----------------|
| 大阪大学会館     | 20             |
| 共通教育科学棟    | 10             |
| 共通教育物理棟    | 37.8           |
| 共通教育自然科学棟  | 20             |
| 共通教育管理講義棟  | 10             |
| 共通教育講義棟B-1 | 30             |
| 共通教育講義棟B-2 | 30             |
| 合計         | 157.8          |



## ①文科系施設（カテゴリーⅠ）

### A 電力自給率

50%（予測） → 85%（2012年実績）

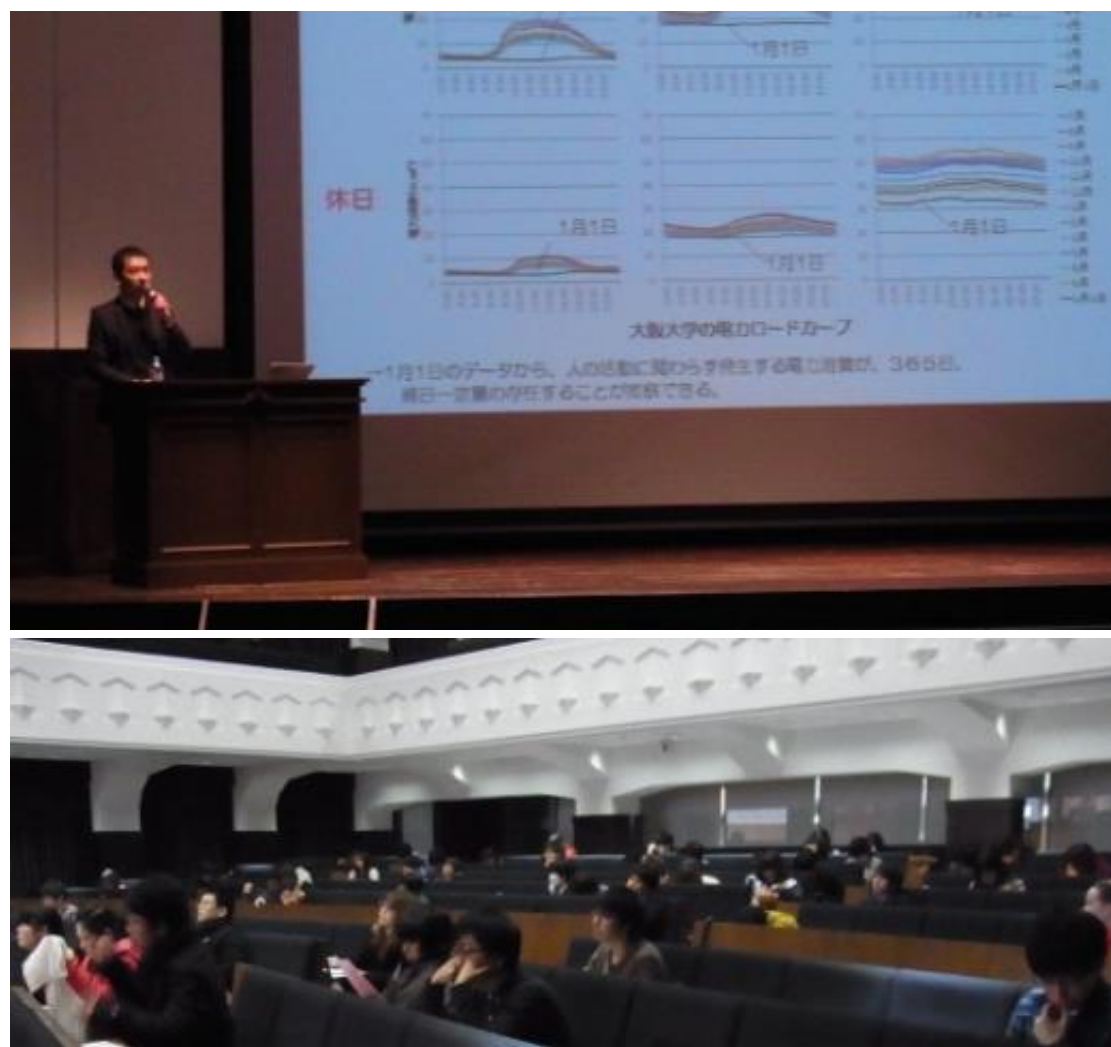


### A 省エネルギー手法と併せ、外部エネルギー依存を

69%削減（予測） → 91%削減（2012年実績）

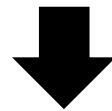
## ①文科系施設（カテゴリーⅠ）

毎年、学部1回生向け共通教育講義（テーマ：大学の省エネルギー）を本施設で開催。  
本施設を生きた教材として活用。



## ②理科系施設（カテゴリーⅡ）：2,413 MJ/m<sup>2</sup>・年

- ・ベース電力が多い（約77%）
- ・どこでエネルギーが消費されているか掴みにくい

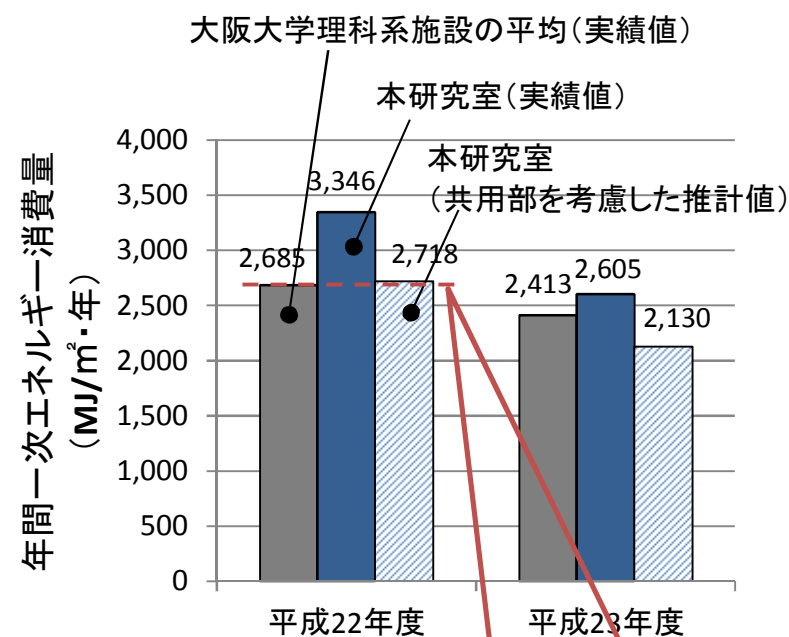
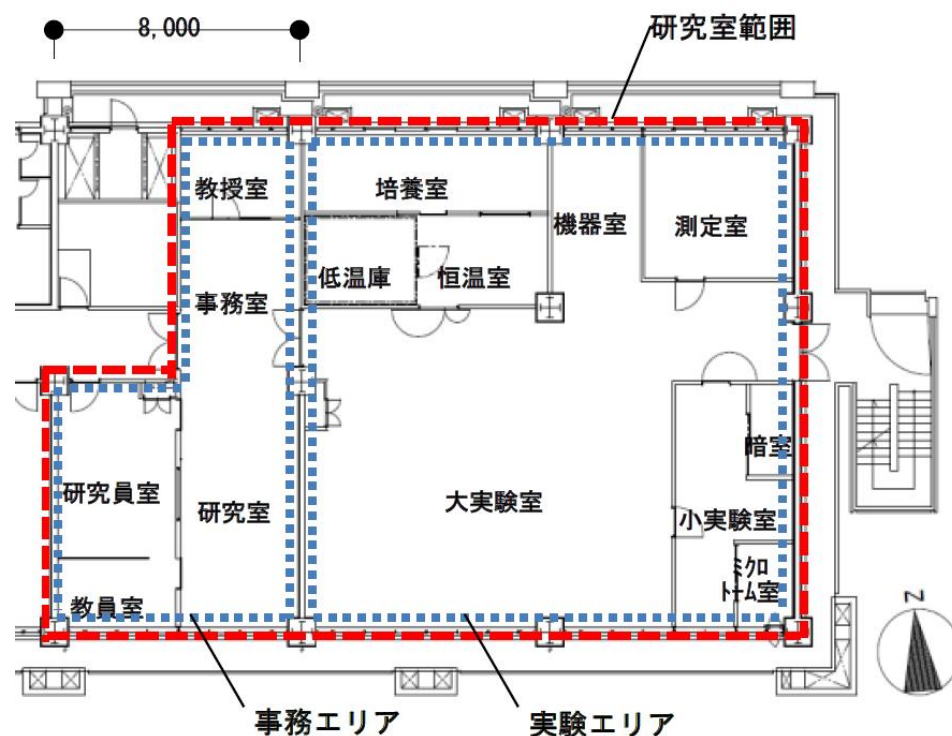


まずは調査・・・

## ②理科系施設（カテゴリーⅡ）

### ■ 某研究室においてコンセント回路単位で実測

用途 : 生物科学系研究室  
床面積 : 343.2m<sup>2</sup>  
竣工 : 平成21年3月(設備含む全面改修)

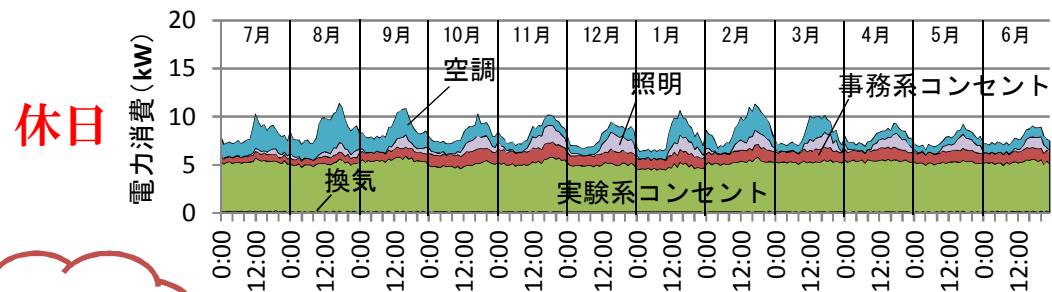
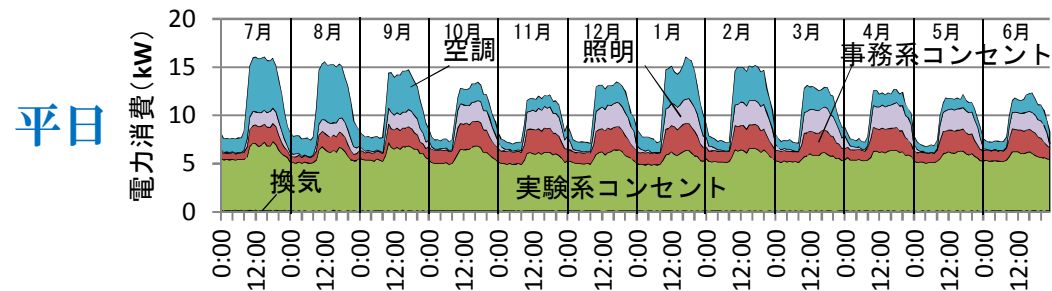
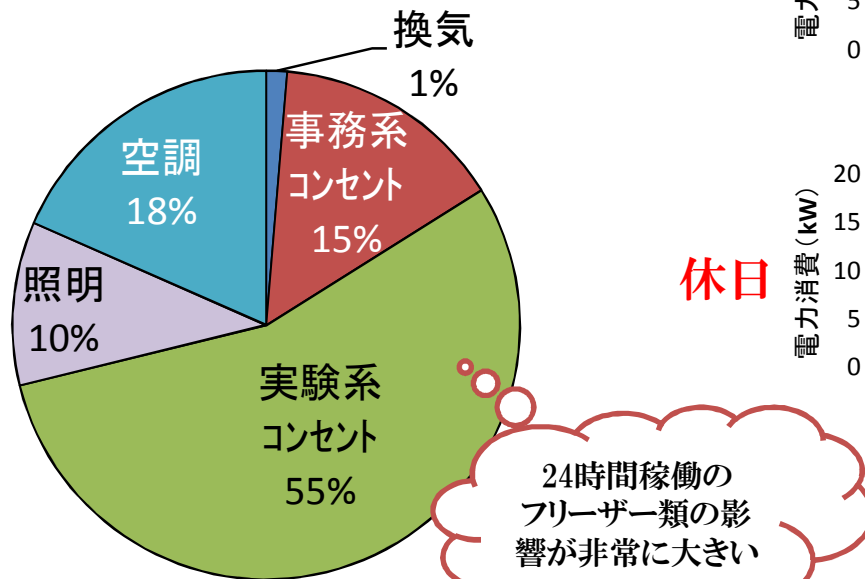


本研究室のエネルギー原単位は大学の理科系平均に近い

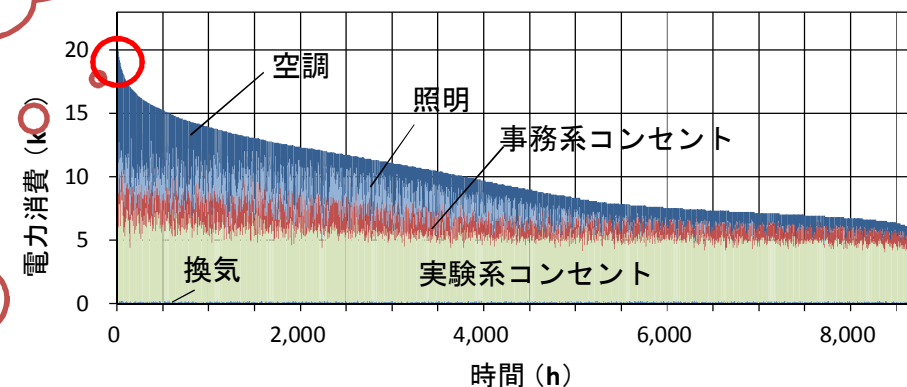
※本研究室は運用改善で20%以上の省エネを実現している。

## ②理科系施設（カテゴリーⅡ）

### ■実測結果 実測期間：2011年7月～翌年6月（節電後）



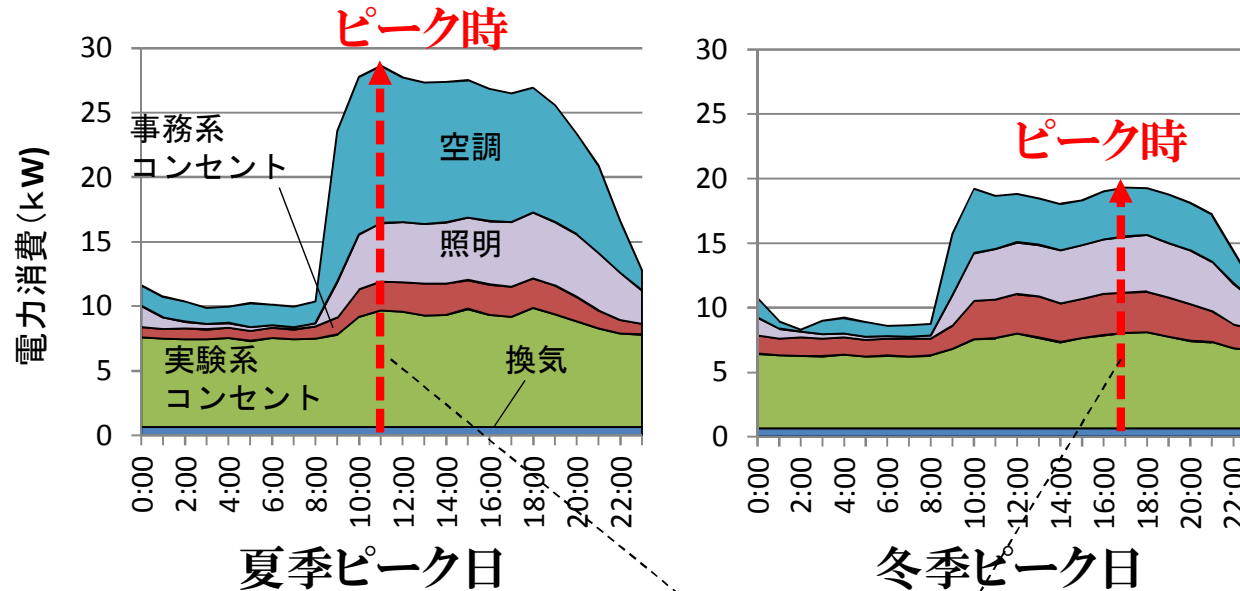
月ごとの時刻別平均電力消費



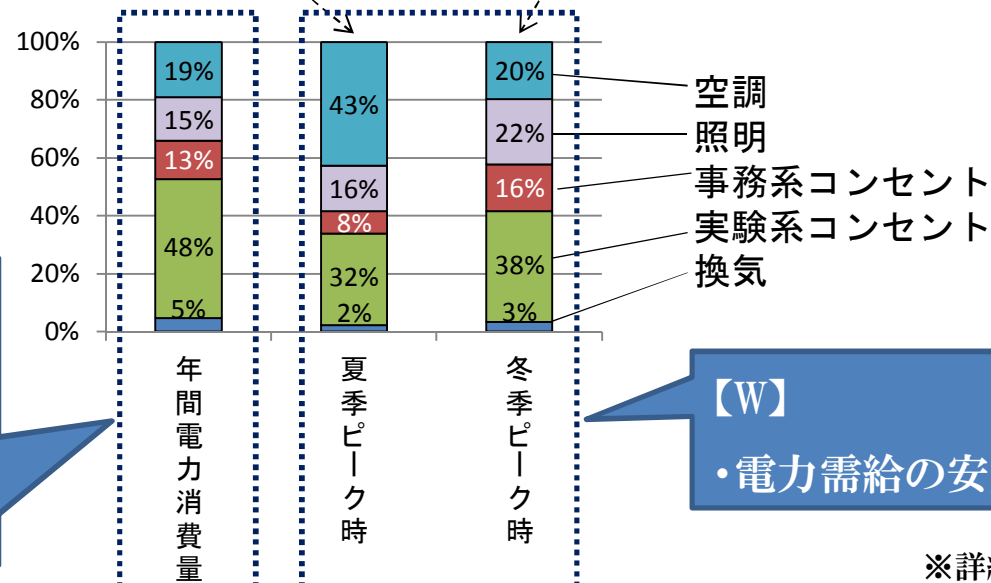
最大値の90%値を超える時間は僅か13時間、  
日数では7日間

## ②理科系施設（カテゴリーⅡ）

### ■ピーク日ロードカーブ※



※節電後の実測結果  
をもとにシミュレーション  
ツールBESTを利用し  
節電前の状態を推計。  
詳細は文献2)に示す



【Wh】

- CO<sub>2</sub>排出量削減
- 電気料金削減  
(大阪大学では、約80%が従量料金)

【W】

- 電力需給の安定

※詳細は文献2)に示す<sup>30</sup>

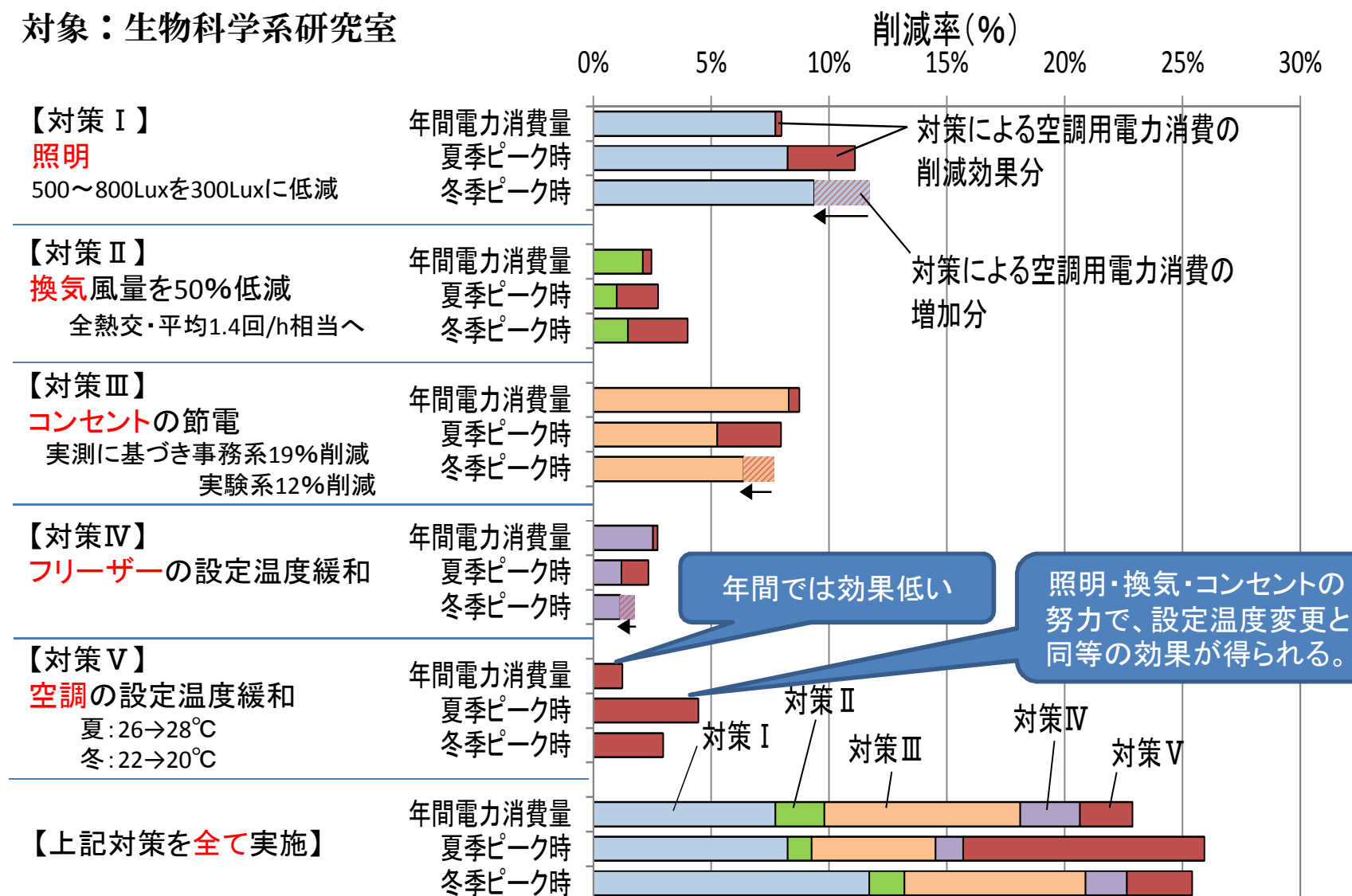


## ②理科系施設（カテゴリーⅡ）

### ■シミュレーション※を用いた各種省エネルギー対策の試算結果

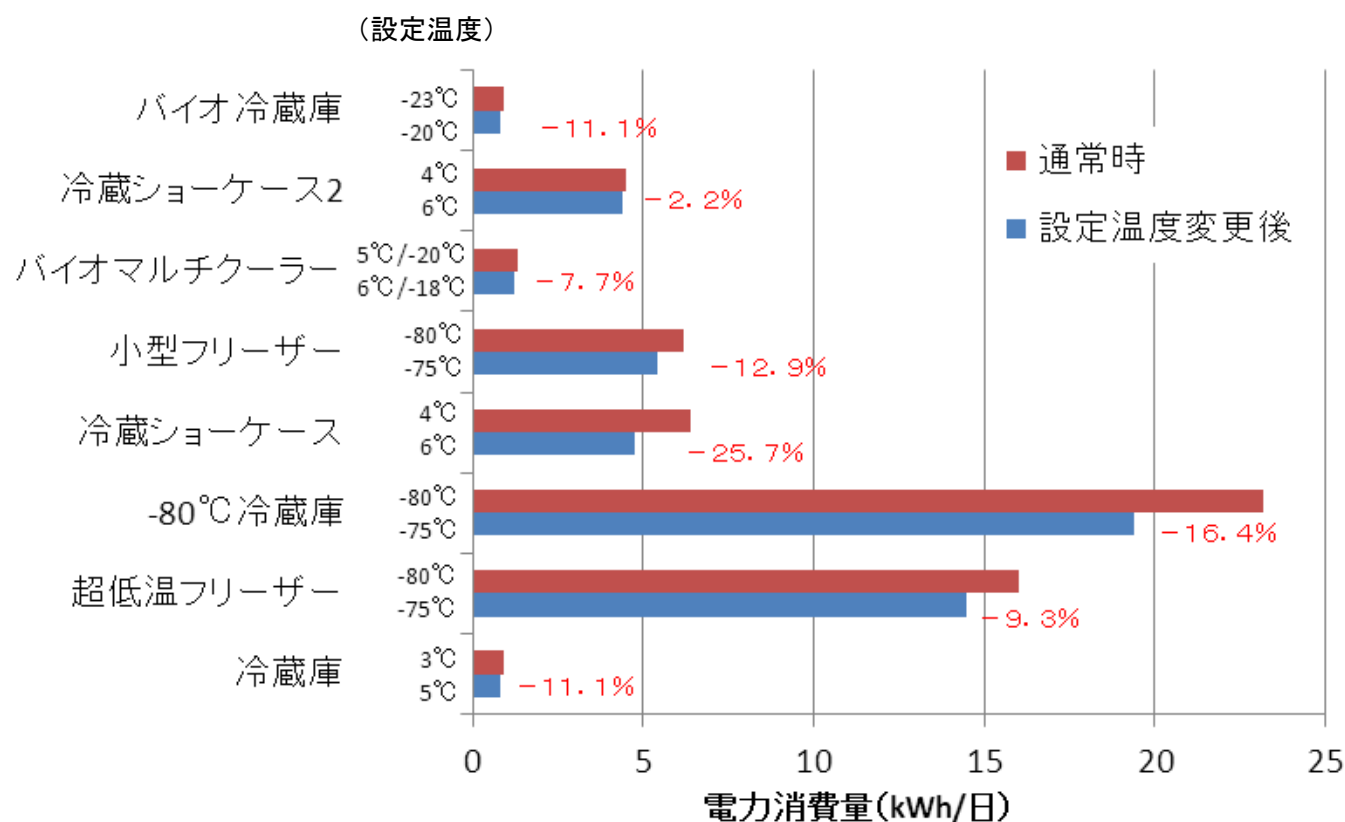
※動的熱負荷計算ツール・BEST

対象：生物科学系研究室



※詳細は文献2)に示す<sup>31</sup>

### ■フリーザー類の設定温度変更による節電量 （生物科学系研究室での実測結果）



※実測日：通常時5/29・12:00～5/30・12:00の24時間、設定温度変更時5/30・12:00～5/31・12:00の24時間  
使用実態が比較的近い条件下で測定

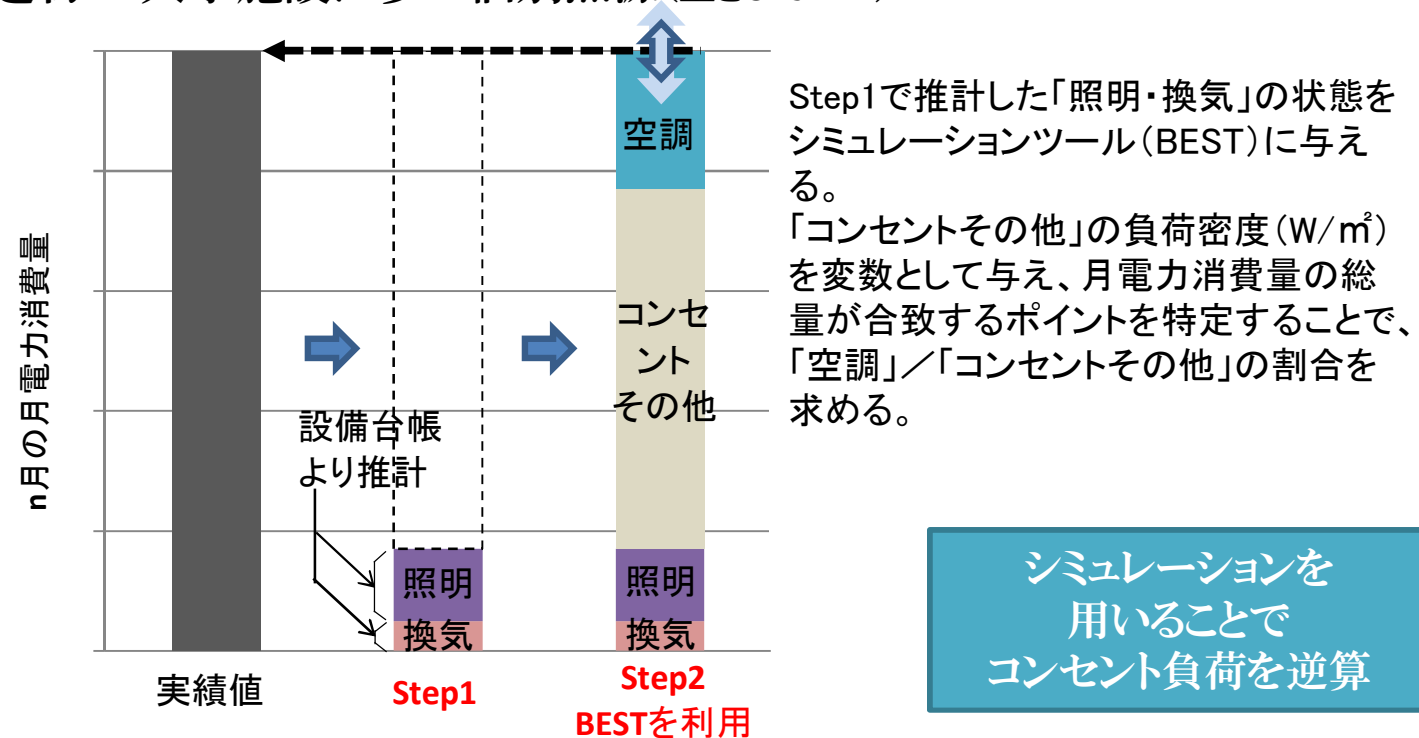
## ②理科系施設（カテゴリーⅡ）

既存建物の大半では計測器の設置が十分でないため内訳の把握は困難  
→シミュレーションを用いて、キャンパス規模での内訳の推計を試みた

推計する用途：「**照明**」、「**空調**」、「**換気**」、「**コンセントその他**」の4用途

方法：設備台帳、各月のエネルギー消費量、建物全体の時刻別電力ロードカーブ  
程度の「**一般的に入手が容易な情報**」を用いて内訳を推計する

想定する建物：大学施設に多い個別熱源（主としてEHP）

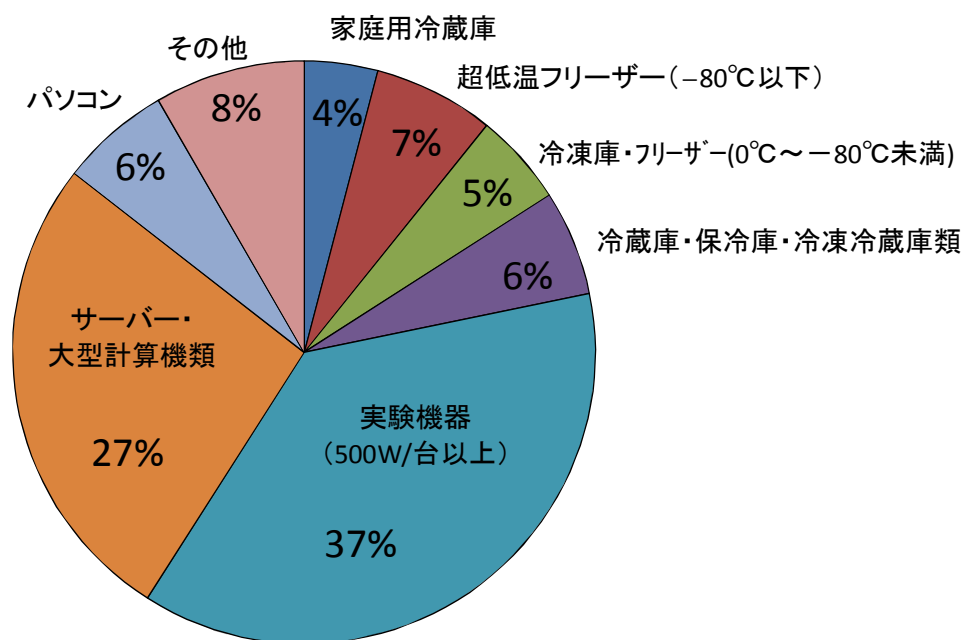


## ②理科系施設（カテゴリーⅡ）

コンセントその他（特に24時間稼働機器）の対策が大きな課題。

ベース分はどの機器の影響が大きいのか？

➡ 実験機器・備品類の保有状況調査を実施

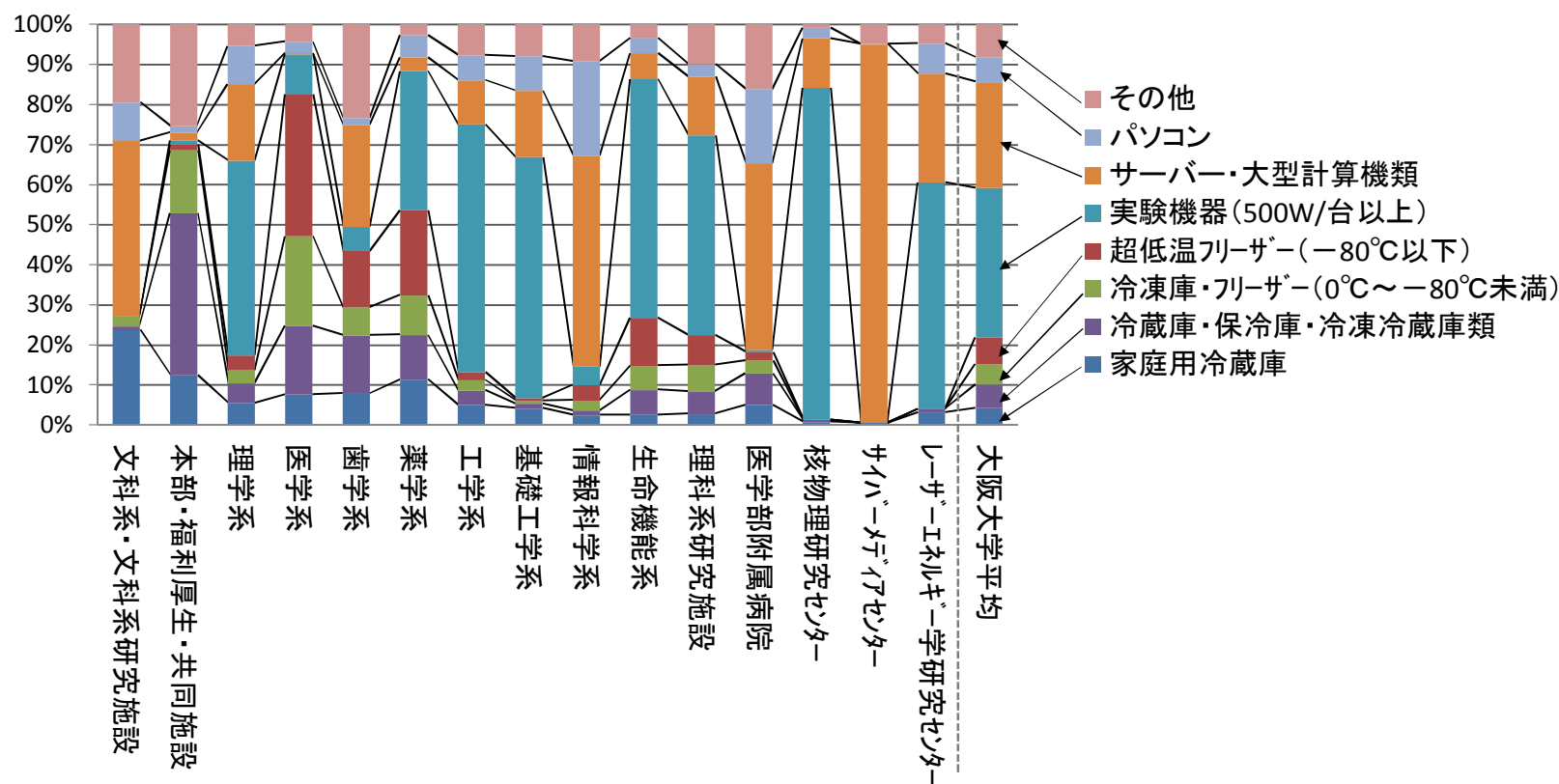


### 24時間稼働実験機器の定格消費電力容量比率（大阪大学全体）

H24年度に実施した機器調査結果から、年間を通して24時間稼働する機器を抽出。定格消費電力容量比率のため実際の内訳とは差があるが、「ベース分」の内訳は主にこれらの機器と、これらを冷却するために年間にわたり長時間運転されている空調等であると推測される。

## ②理科系施設（カテゴリーⅡ）

ベース分はどの機器の影響が大きいのか？



24時間稼働実験機器の定格消費電力容量比率（部局別）

### ③大規模施設（カテゴリーⅢ）：5,738 MJ/m<sup>2</sup>・年 (病院・全国共同利用施設)

- ・ 24h稼働の実験機器（サーバ・加速器など）等の  
エネルギー消費が非常に多い。
- ・ 一方で大半が中央熱源方式で削減ポテンシャルがある。



ESCO事業の推進



### ③大規模施設（カテゴリーⅢ）

ESCO事業（Energy service company）とは・・・光熱費の削減保証付きの省エネ改修

阪大での実施タイプ

|              | シェアード・セイビングス契約（民間資金活用型）        | ギャランティード・セイビングス契約（自己資金型）  |
|--------------|--------------------------------|---------------------------|
| 資金<br>スキーム   | <p><b>ESCO事業者が初期投資費を準備</b></p> | <p><b>大学が初期投資費を準備</b></p> |
| キャッシュ<br>フロー | <p>（10～15年契約）</p>              | <p>（数年契約）</p>             |

### ③大規模施設（カテゴリーⅢ）

〈いずれも主には空調用中央熱源周辺の改修〉

#### ■平成24年度公募

##### ①核物理研究センター

【公募結果】 初期投資費：約1億円

削減保証額：約1,300万円/年

（最優秀提案：アズビル）

大学全体の  
CO<sub>2</sub>排出量約9%  
削減に相当

##### ②医学部附属病院

【公募結果】 初期投資費：約8.3億円（国内最大級）

削減保証額：約2億2,200万円/年

（最優秀提案：関電エネルギーソリューション＋高砂熱学工業）

#### ■平成25年度公募

##### ③レーザーエネルギー学研究センター

【公募結果】 初期投資費：約1.8億円（内1/3～1/4は補助金※）

削減保証額：約3,900万円/年

（最優秀提案：三機工業）

### ③大規模施設（カテゴリーⅢ）

#### 【事例紹介】 大阪大学医学部附属病院

- 平成5年竣工（築20年）
- 病床数：1,076床
- 熱源容量：4,250USRT



#### ■大阪大学医学部附属病院 ESCO事業の概要

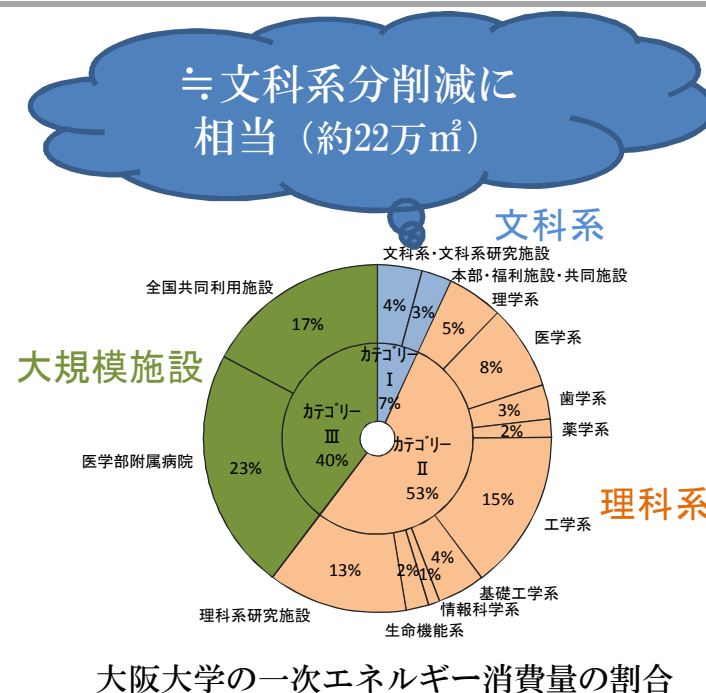
- 上限額：8.56億 （ギャランティード型としては国内最大級）  
国内の大手ESCO事業者6社から参加表明。
- 資金は財政投融资※を利用 （ESCO事業への活用は全国初）  
※（財）国立大学財務・経営センターが貸付ける「施設費貸付事業」
- 従来型の設備改修提案に加え、BEMSを含めた  
中央監視・自動制御設備更新を指定改修工事とし、  
どううまく動かすかの技術も積極的に競う事業に。

### ③大規模施設（カテゴリーⅢ）

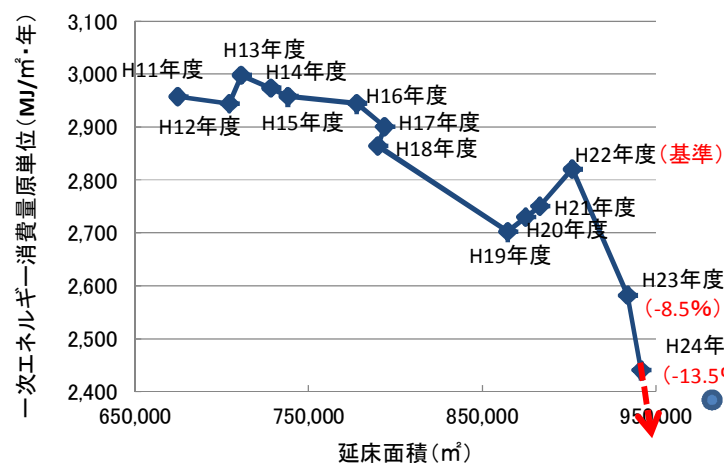
#### ■医学部附属病院ESCO事業 提案結果

保証値（病院全体に対して）

- ・二酸化炭素 : 約30%削減
- ・一次エネルギー : 約28%削減



#### 大阪大学の一次エネルギー消費量原単位



今年度末に3事業の  
改修工事が全て完了。  
更なる省エネを目指す。

### ③大規模施設（カテゴリーⅢ）

## ■医学部附属病院における大学独自の熱源シミュレーションツールの開発

評価ケース

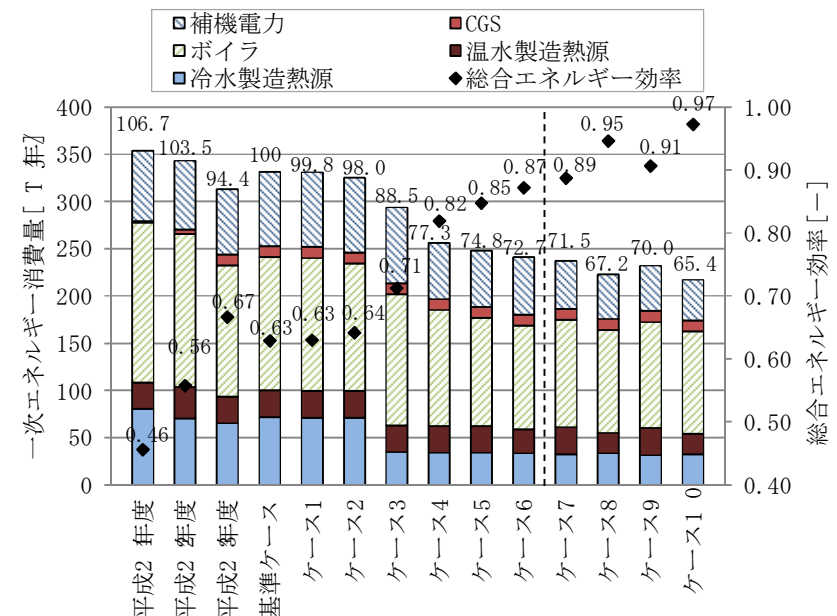
| 位置付け                  | 評価ケース  | 概要                                                                       |
|-----------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------|
| 過去実績の<br>定量化          | 平成21年度 | 熱源更新前                                                                    |
|                       | 平成22年度 | RA-1更新                                                                   |
|                       | 平成23年度 | RA-2, RA-4-1更新<br>(2.2におけるシミュレーション結果)                                    |
| 基準ケース                 |        | 平成23年度を基準に、一次側の往・還ヘッダー間の<br>バイパス逆流による冷水往温度上昇を解消するた<br>め、二次側流量を満たす熱源台数を運転 |
| 現状の運用<br>フォルトの<br>定量化 | ケース1   | RA-1, RA-2の冷却水流量不足を解消<br>(3.1 (2) の能力低下を改善)                              |
|                       | ケース2   | 「ケース1」+ボイラの運転台数適正化                                                       |
|                       | ケース3   | 「ケース2」+RA-3, RA-4-2更新<br>(熱源台数制御を行わない平成24年度の運転方法)                        |
| ESCO実施<br>による<br>効果予測 | ケース4   | 「ケース3」+熱源制御の最適化<br>(過流量制御型のターボ冷凍機をベース機とした熱<br>源台数制御、一次側・二次側変流量制御)        |
|                       | ケース5   | 「ケース4」+ボイラ更新 (BS-1-1~7)                                                  |
|                       | ケース6   | 「ケース5」+熱回収チラー (RA-5) を導入                                                 |

#### 【感度分析】

過流量型ターボ冷凍機や冷主運転の熱回収チラーを設  
置している本施設において送水温度差が改善が削減効  
果にどう影響するか検証

|           | 冷水送水温度差       |                  |
|-----------|---------------|------------------|
|           | 実績より<br>50%改善 | 設定値 (5℃差)<br>に改善 |
| 熱回収チラー導入前 | ケース7          | ケース9             |
| 熱回収チラー導入後 | ケース8          | ケース10            |

今後の運用改善の検証や  
更なる改修検討にも  
役立てられるツールとして



※図内に記載の一次エネルギー消費量の数値は基準ケースを100とした場合の割合を示す

### シミュレーション結果

※詳細は文献3)に示す



## ご清聴ありがとうございました。

### 【関連論文(査読付)】

1. 大橋巧,宮崎正幸,下田吉之：大規模総合大学施設のエネルギー消費実態に関する研究 電力日負荷曲線の実測データを用いた大阪大学のエネルギー消費特性分析, 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No.684, pp.193-201, 2013.2
2. 大橋巧,宮崎正幸,下田吉之：理科系研究施設の電力消費実態と省エネルギー手法の定量評価, 日本建築学会環境系論文集, Vol.78, No.688, pp.529-536, 2013.6
3. 大橋巧,服部勇紀,下田吉之：シミュレーションを利用した病院施設熱源設備の運用フォルト定量化と改修による省エネルギー効果予測, 空気調和・衛生工学会論文集, No.199, 2013.10
4. T. Ohashi and Y. Shimoda; Energy Saving Strategy of Large-Scale University Facilities, 2014 ASHRAE Winter Conference, NY-14-C007, 2014.1
5. 大橋巧,宮崎正幸,宅康平,下田吉之：理科系研究施設におけるエネルギー消費内訳の推計, 日本建築学会環境系論文集, Vol.79, No.699, 2014.5 (in printing)