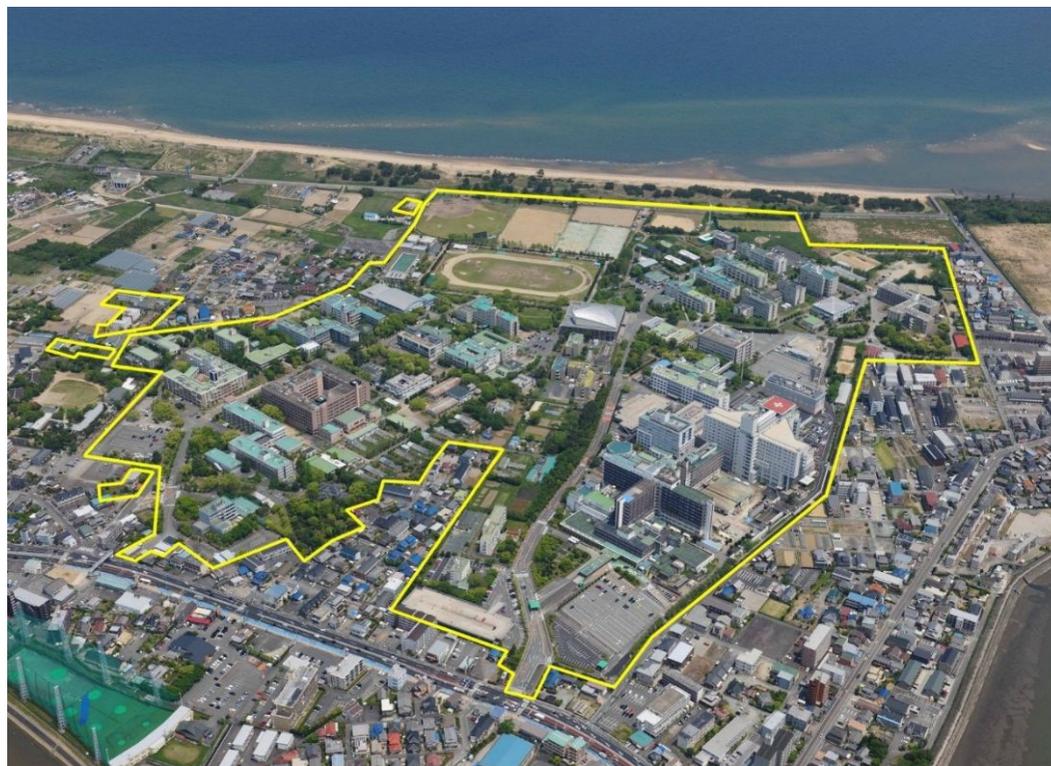


## 全学をあげたスマートキャンパス構築による省エネ推進



平成27年10月13日(火)  
国立大学法人三重大学  
坂内 正明

◆ 主要な取り組み

- ・ 不安定な電力供給(太陽光、風車)と需要側の需給のアンバランス(不平衡分)をハイブリッド蓄電で調整
- ・ 需要予測によるピークカット運用
- ・ 居住者の快適性に配慮した新たな空調(デカント)の導入
- ・ エネルギー(電気、ガス)の特性を加味する運用費最小運転

◆ 学生と教職員による環境・省エネ活動

- ・ 「省エネ活動の見える化と活動成果のポイント評価」
- ・ 「電力ピークを削減するデマンドレスポンス」

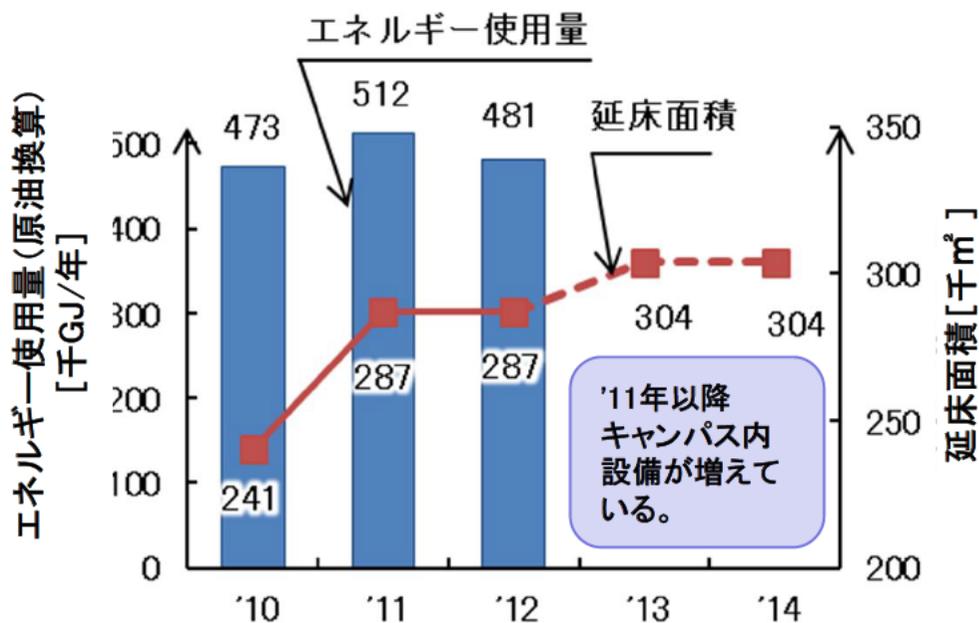
◆ 2013年度には2010年度に比べ、CO<sub>2</sub>(排出原単位)を27.3%削減(エネルギー原単位▲20.4%)

## 《省エネルギーの中期計画》

### 学長宣言

三重大は『**世界一の環境先進大学**』を目標に掲げ、2020年までに1990年比で**30%の二酸化炭素排出量を削減**することを目標にすると**宣言**。

三重大学学長宣言 2009年4月1日



全学で実行する全国初のスマートキャンパス

次世代社会のエネルギー需給を見据えた革新的な**省エネ**技術の導入

**全教職員と学生**が参加する節電省エネ行動



学内再編によりエネルギー使用量、ピーク電力の増加

#### 設備増強

「環境・情報科学館(ME IPL館)」「新病院」「地域イノベーション研究開発拠点施設」これらの建物で63,330㎡ ('10年比26%)増

環境・情報科学館

- アクティブコントロール**
  - ・太陽光発電(20kW)
  - ・地下水利用高効率ヒートポンプ
- パッシブコントロール**
  - ・屋上緑化
  - ・緑のカーテン(学生による活動)
  - ・Low-E特殊複層ガラス



延床面積 2,173㎡  
CASBEE (建築環境総合性能評価システム) Sクラス級評価

## 【環境マネジメントシステムの組織】

最高環境責任者である学長を主体としたガバナンスのもと、全学の環境活動・省エネの取り組み

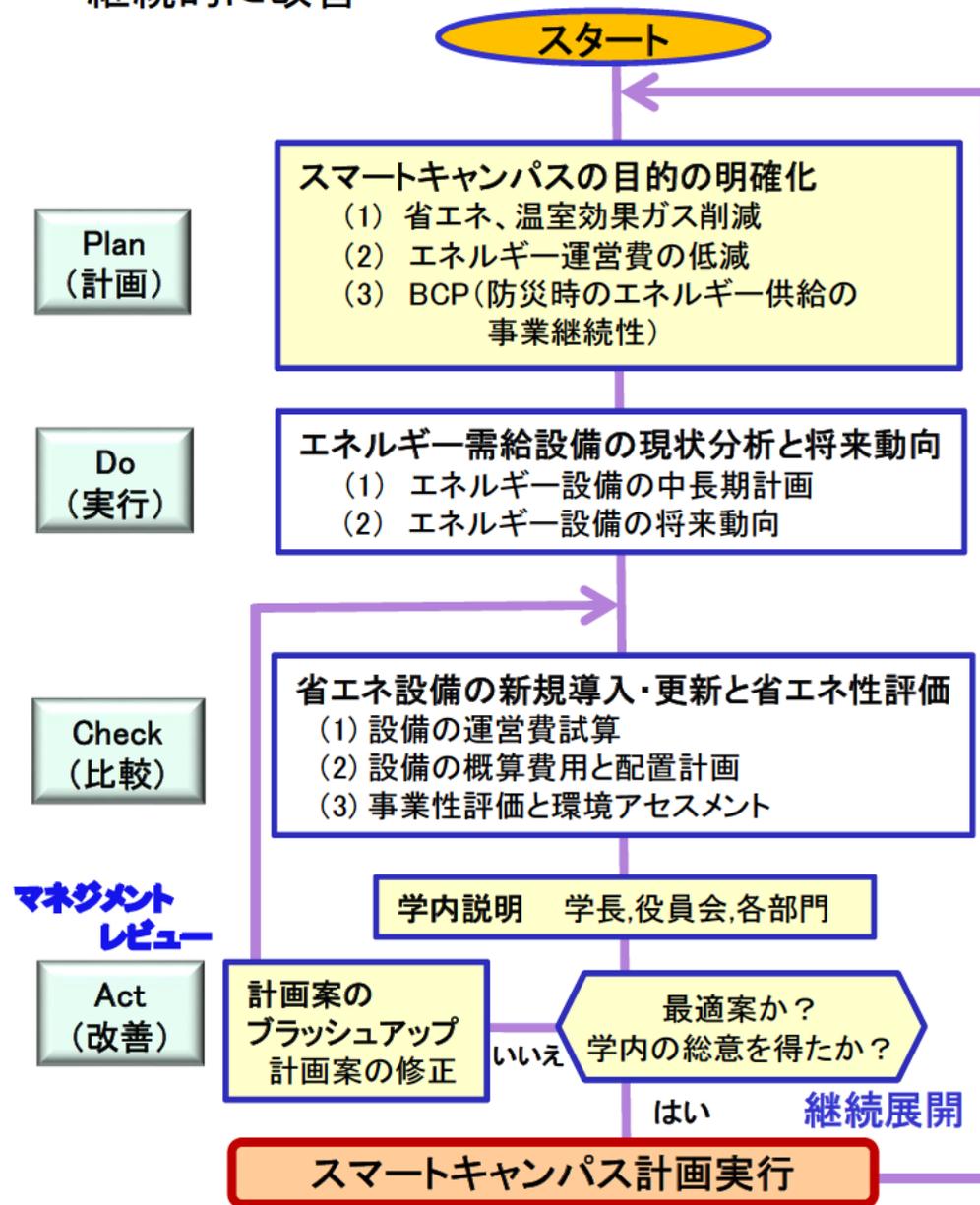


環境管理推進センター会議(毎月)

環境管理推進センターから国際環境教育研究センターへ2014年4月1日改組

## 【スマートキャンパス実行のPDCAサイクル】

CO<sub>2</sub>削減施策を全学のPDCAサイクルで実行し継続的に改善





## スマートキャンパスの全体概要

キャンパスのエネルギーを統合管理

### 1 エネルギーマネジメントシステム



- (1) 電力・熱需給の予測
- (2) 翌日の運転パターン計画
- (3) 電力ピークの抑制

スマートメーター



### 創エネ (エネルギーを作る)

#### 2 風力発電



#### 3 太陽光発電



#### 4 ガスコージェネ



#### 5 排熱回収 吸収式冷凍機



### 省エネ (エネルギーを上手に使う)

#### 6 空調



クールビズ/ウォームビズ対応

#### 7 照明LED



### 蓄エネ (エネルギーを貯める)

#### 8 蓄電池



電力ピークの抑制/変動抑制



## 【目標】

1. 大学全体でCO<sub>2</sub>削減への取り組み  
キャンパス全体で24%削減
2. 他の大学や自治体への適用を想定

## 【目的】

地球温暖化の抑制(CO<sub>2</sub>削減)  
エネルギーの需要と供給の両面を  
スマート化しCO<sub>2</sub>を削減

- (1) エネルギーを効率良く作る(発電)
  - i 再生可能エネルギーの活用
  - ii CO<sub>2</sub>が少ないエネルギーへの転換
- (2) エネルギーの需要(使う側)の工夫  
エネルギーの使用を減らす
  - i クールビズ/ウォームビズ (次世代空調)
  - ii LED照明 太陽光のエネルギーを照明に直接利用

### 三重大学キャンパス(H27年度)

敷地面積	: 528,040㎡
建物延面積	: 314,539㎡
学生数	: 7,297人
教職員数	: 1,877人
エネルギー使用量 (H26年度)	

電気	23GW h
ガス	4,635万㎡
A重油	424キロリットル
CO <sub>2</sub> 排出量	23,458t-CO2

## 「世界一の環境先進大学」実現に向けた取り組み

### ステークホルダーとの協力関係構築

三重県、市、国(中部経産局)と勉強会

### 次世代エネルギー社会を見据えた革新技術の導入

再生可能エネルギーの大量導入を想定した技術

- ・ 地産エネルギーのキャンパス内利用(風力・太陽光)
- ・ ハイブリッド小容量蓄電による不安定電力変動抑制とピーク電力抑制の最大効果制御
- ・ 電力変換しない低損失LED照明

電気と排熱のすべてを使い切る高効率コージェネ

海洋性(高温多湿)気候に適合する省エネ指向型空調



高効率コージェネの見学学習(小学生)

### 全学参加型省エネ・節電活動

MIEUポイント※による省エネ・節電活動

全員参加によるデマンドレスポンス

学生が主体となった緑のカーテン

部門別・エネルギー需要の見える化と節電実行

※MIEUポイント:環境・省エネの活動を実行したら即座に入力し、見える化し、ポイント化する三重大の活動

### 実証内容の広報活動と他大学への普及展開活動

小中大学生への啓蒙(見て触って体験)

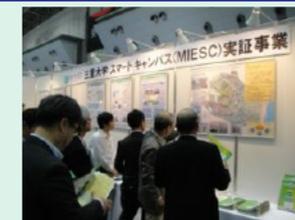
スマコミ展示会、学協会での紹介・事例発表

国内外大学のスマートキャンパス計画/支援

延べ46回

延べ32回

2大学



学内の年間エネルギーの需要分析を行い、省エネルギー効果大きい機器を重点導入

重点的に取り組む省エネ設備の選択(エネルギー多消費設備)

選択した機器	エネルギー	省エネ施策
冷温熱源機	消費量 多, 電力デマンド 夏 大	<b>デシカント空調</b>
照明	固定負荷, 稼働時間 長	<b>直流直接利用LED</b>

省エネ重点施策

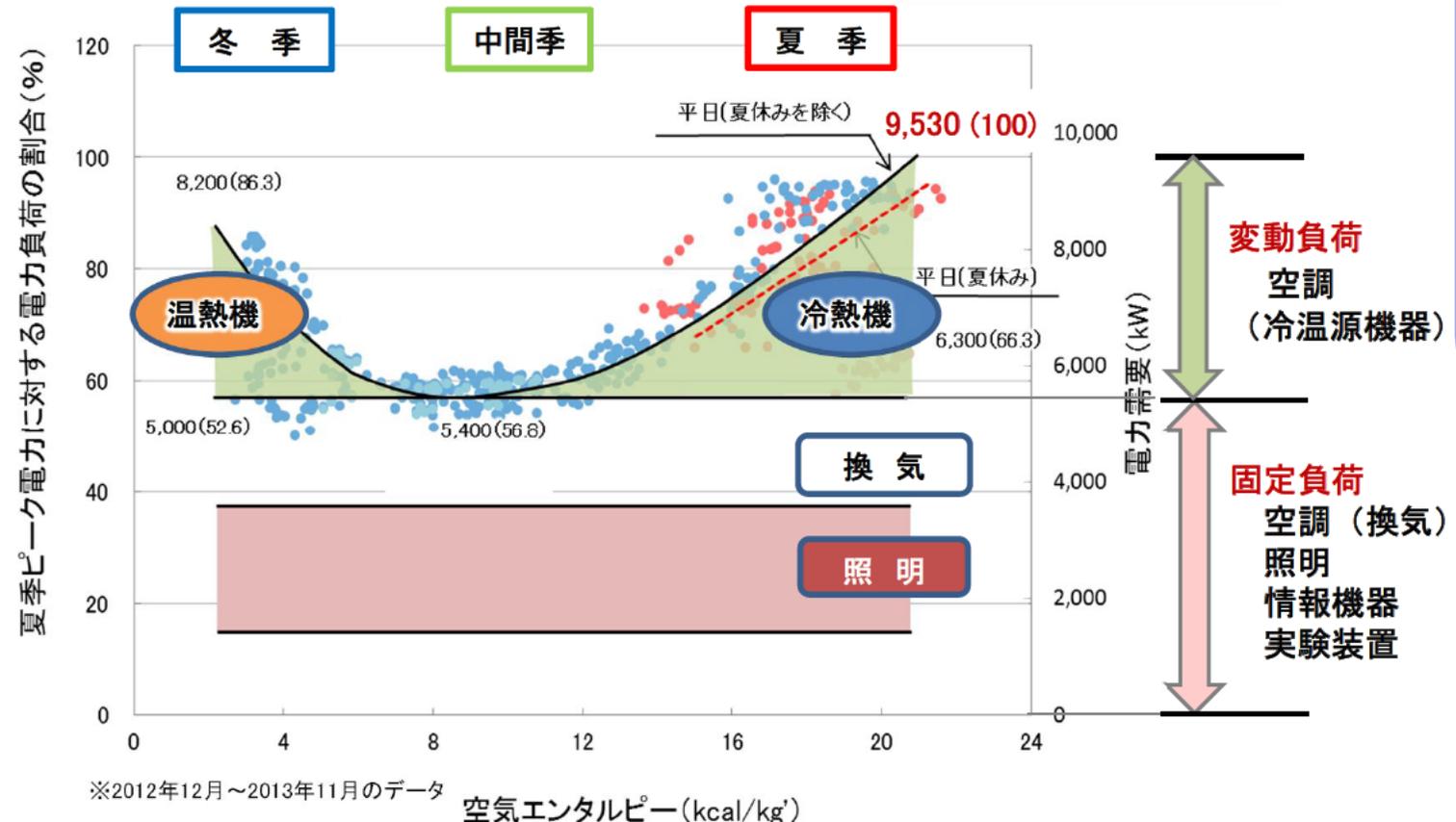
高温多湿な気候に適合する  
省エネ空調  
(デシカント空調)



太陽光からの電気(直流)を交流  
変換しない  
低損失LED照明



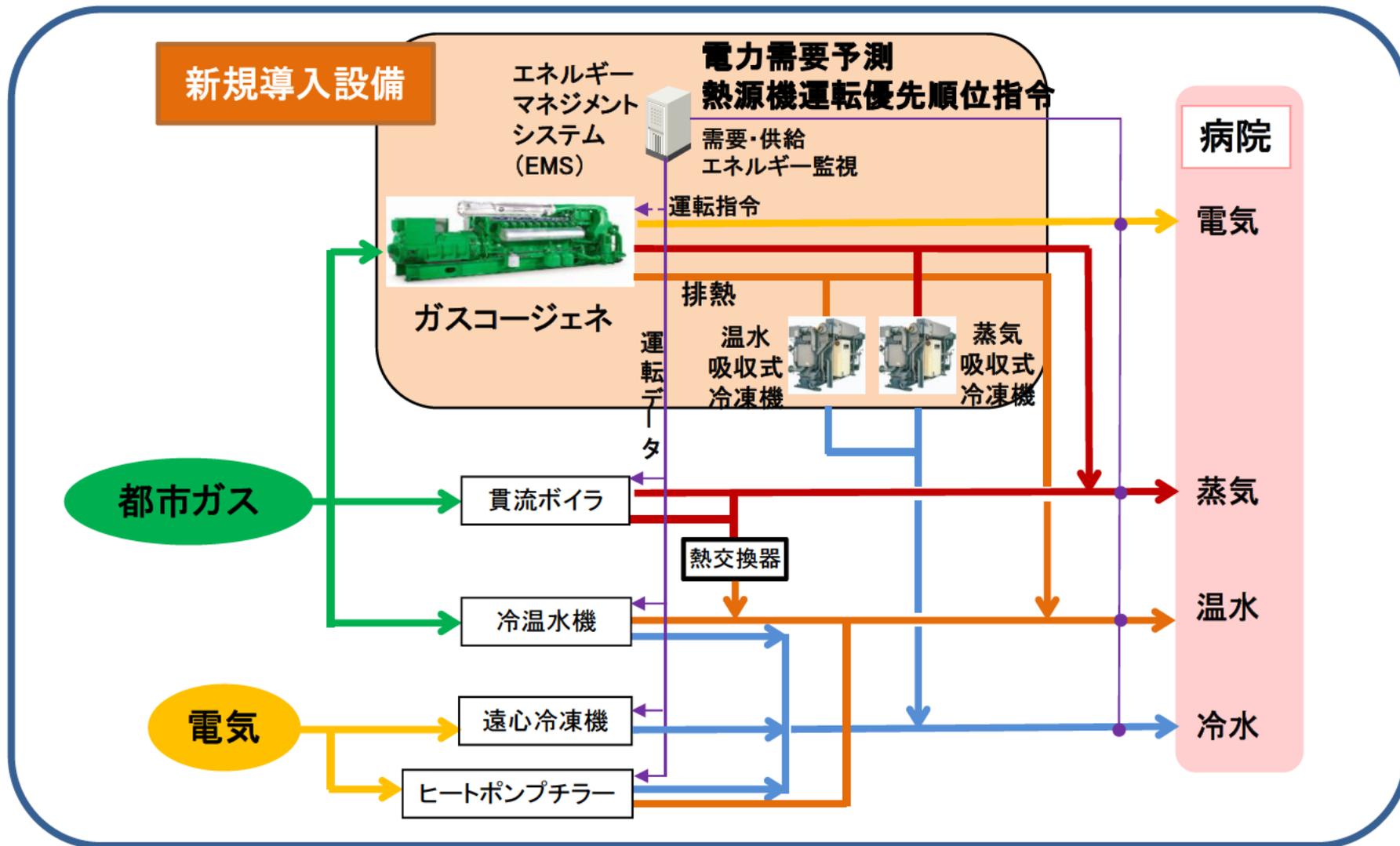
学内コンビニの照明



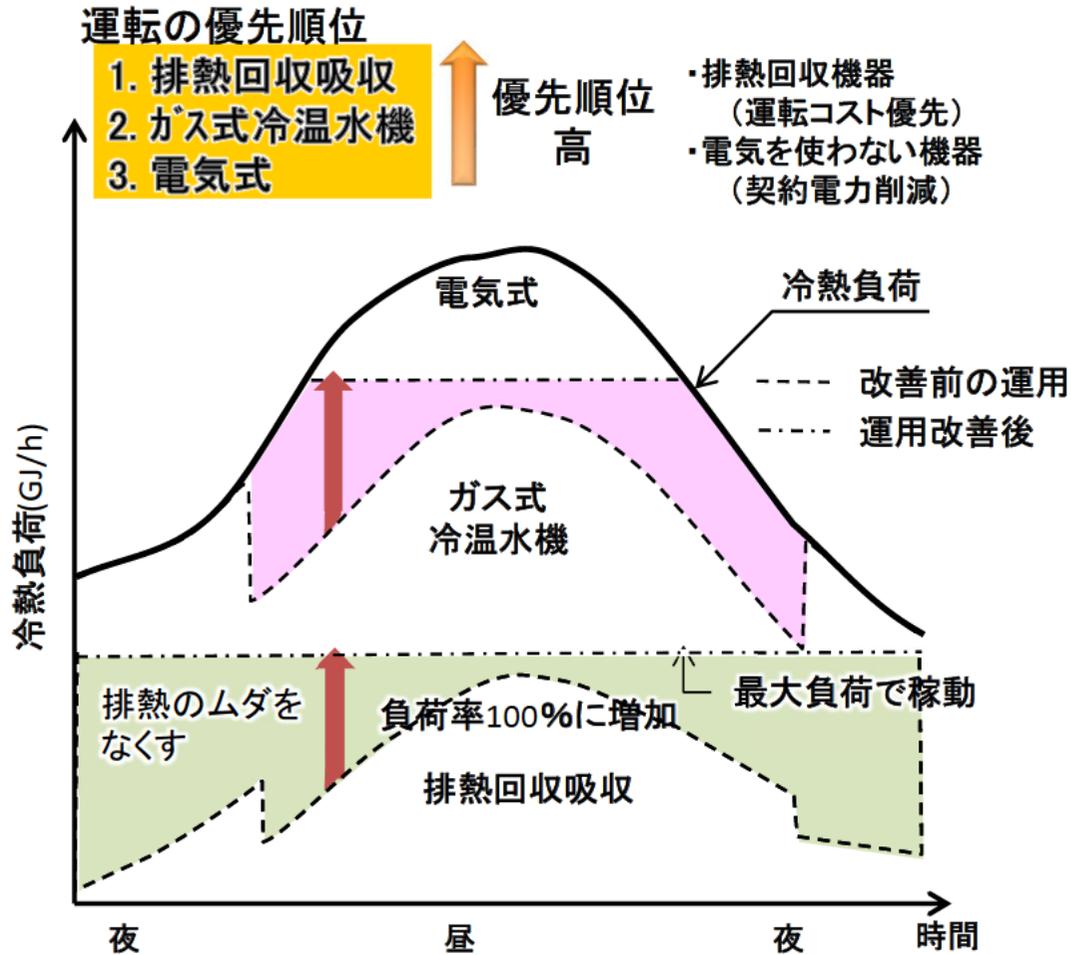
数値は電力負荷(kW)、( )内の数値は、  
夏季ピーク電力に対する比率(%)

空気エンタルピー:  
空気が有するエネルギーであり、  
温度と湿度から決まる。

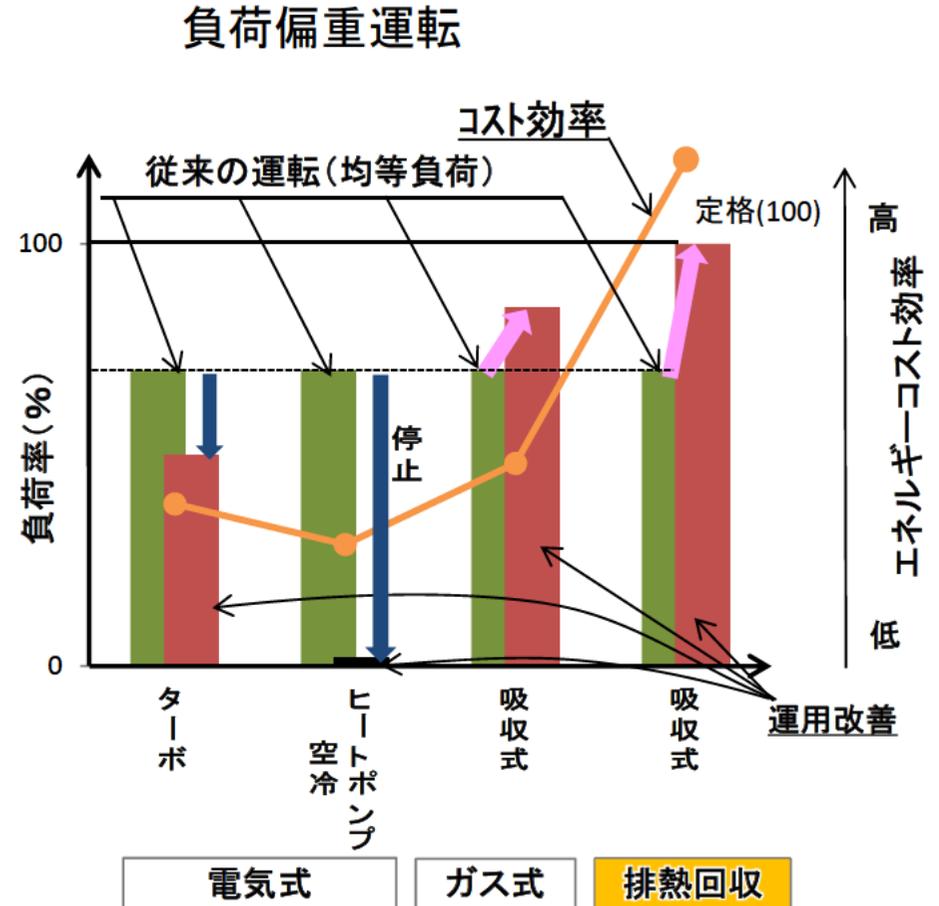
ガスコージェネ新規導入により発電に加えて排熱で蒸気・温水や冷水も作り、冷熱負荷が大きい夏季に大幅な省エネルギーを実現



【高効率機を優先して運転する省エネ低コスト運用】



【冷熱機器の最小運転コストの運用】



運転コスト効率が良い機器を高負荷で運転(特許申請)

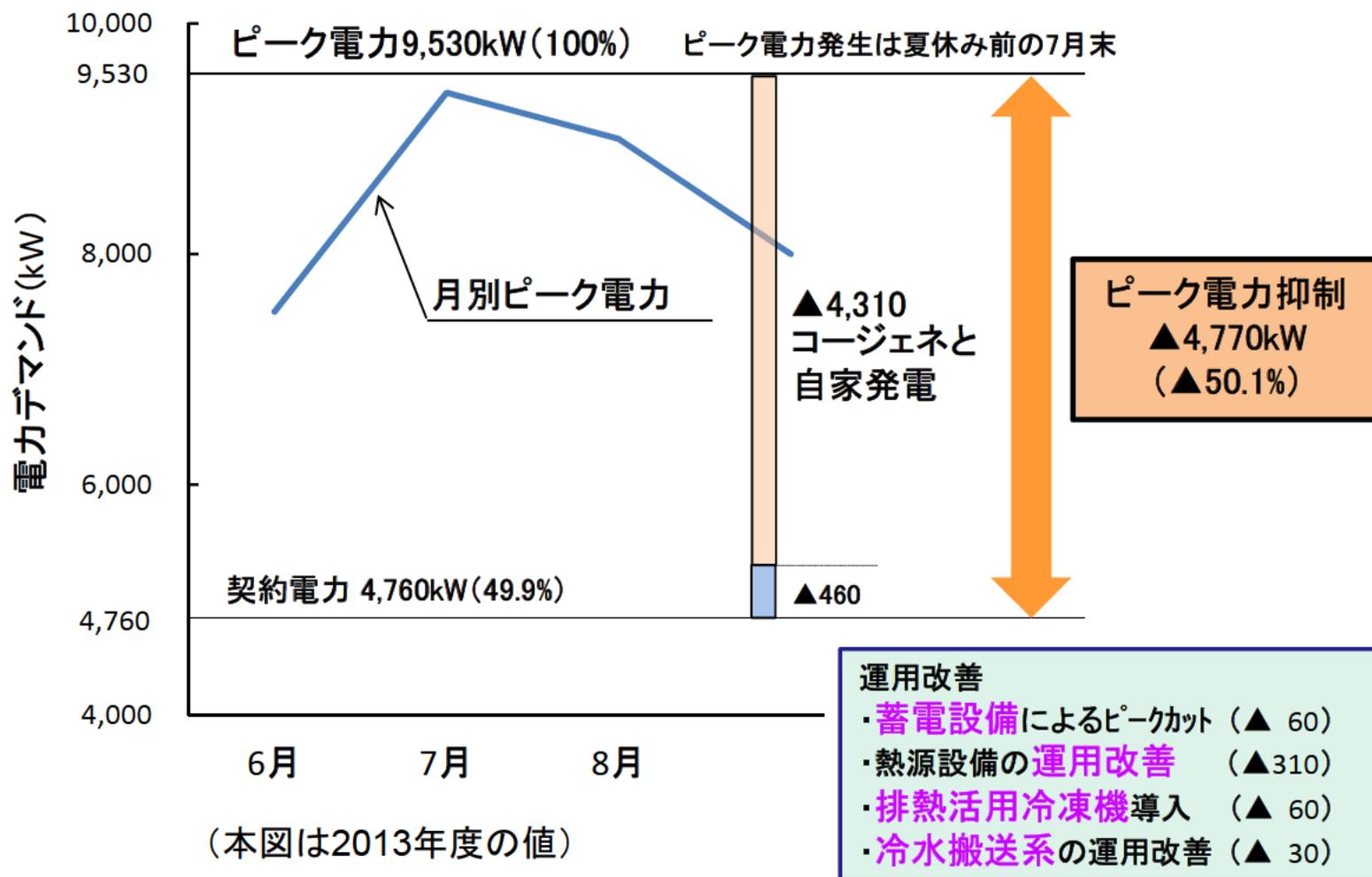
【運用改善による効果】

ガス使用量削減(原油換算)	▲ 210	kl/年
ガス代削減額	▲ 19.7	百万円/年



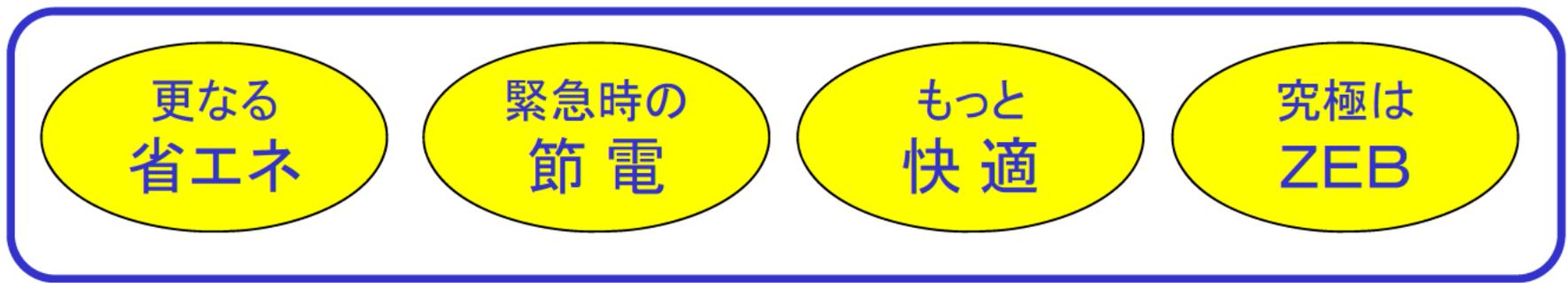
# ピーク抑制効果 4,770kW (ピーク電力の50.1%)

発電、蓄電や運用改善施策により契約電力を4,760kWに低減

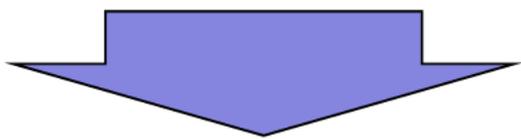


## ピーク電力と抑制のための手段

これからの空調に望まれること



温度と湿度を個別にコントロール



- 空調機の効率向上
- 同時に快適性も実現

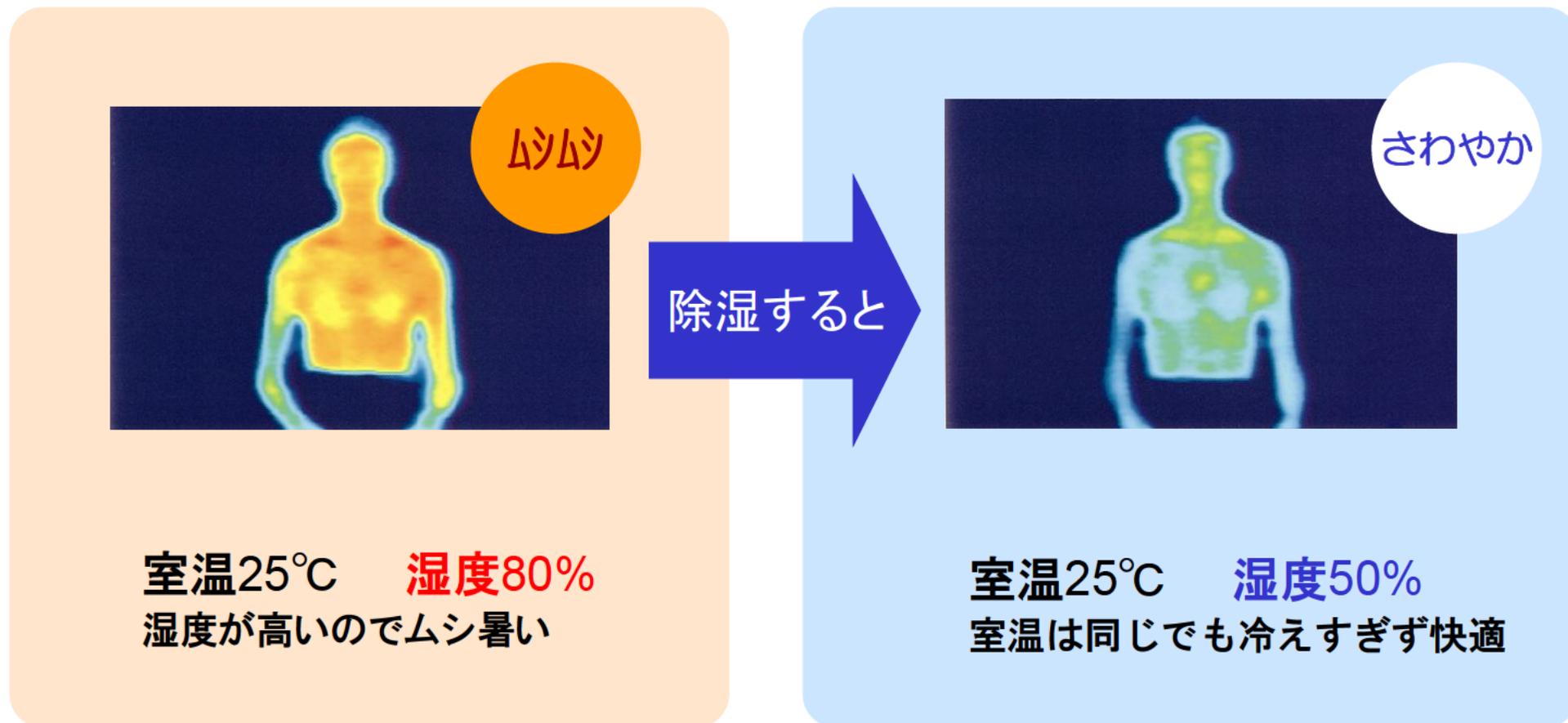
クールビズ・ウォームビズ  
湿度調節(除・加湿)により実現



デシカントシステム

潜顕分離空調  
デシカ(潜熱)  
と  
高顕熱ビルマル  
の組み合わせ

■ 除湿による体感温度の低下 ~ 室温が同じでも湿度を下げれば体感はさわやか



サーモグラフは入室30分後の皮膚表面温度分布です。

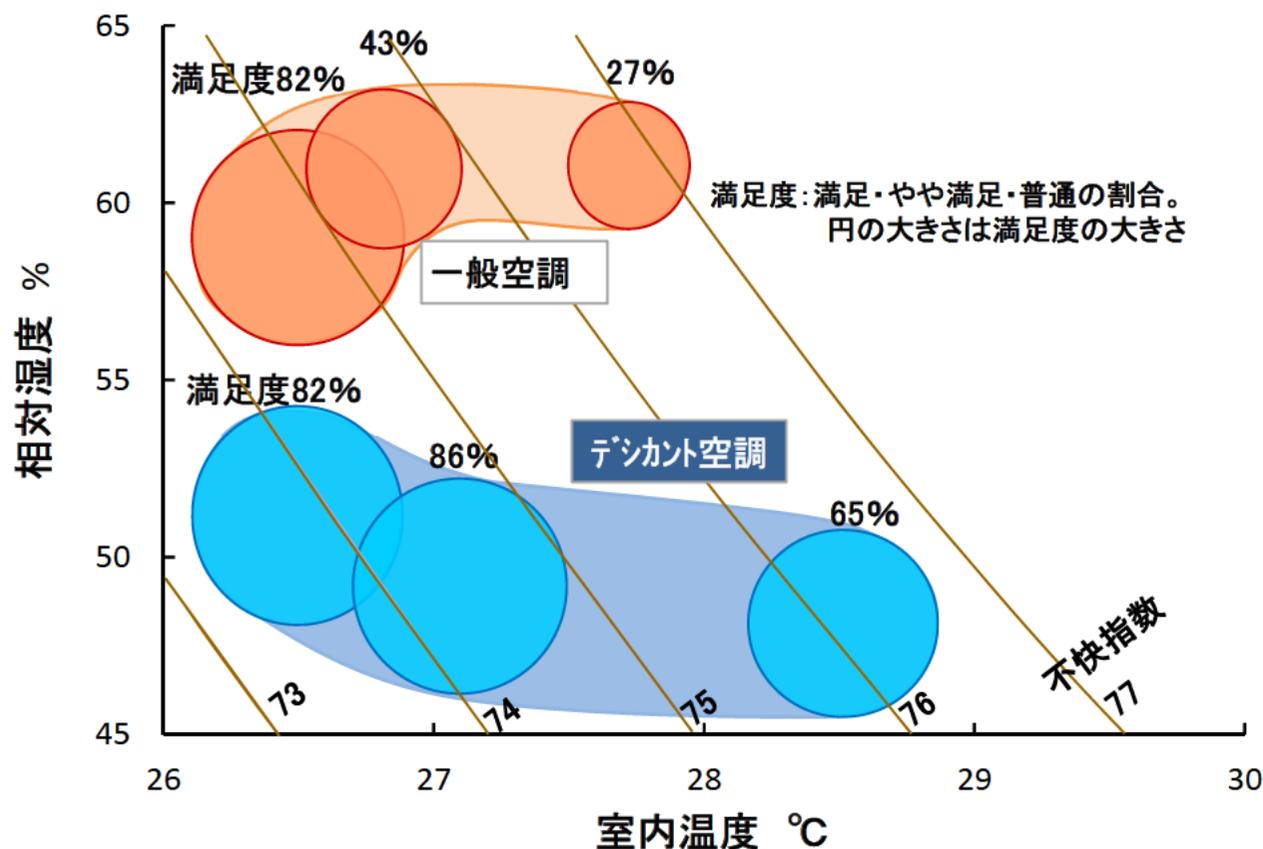


空調を快適度(不快指数)で評価

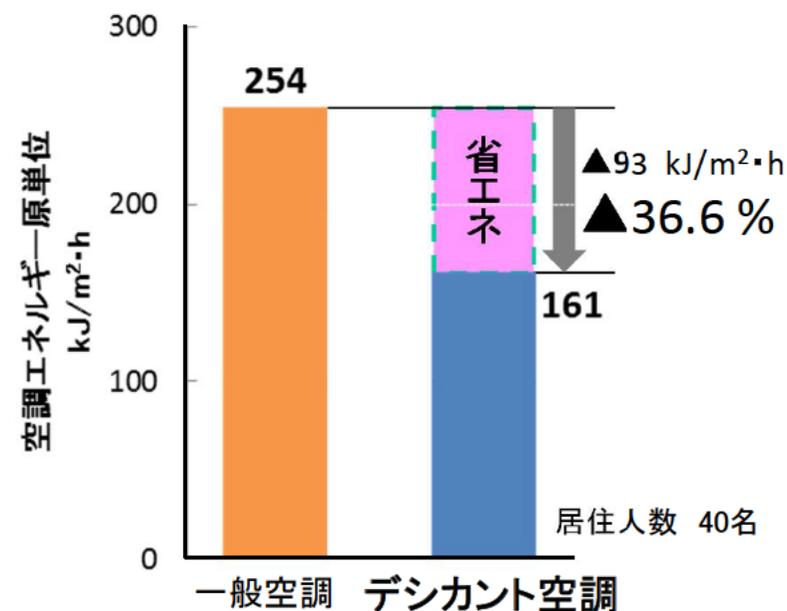
不快指数	感覚	目標
65-70	快 適	
70-75	暑くない	今回の狙い
75-80	やや暑い	
80-85	暑くて汗が出る	

海(伊勢湾)に面している三重大学は年間を通して高湿な地域  
除湿を優先する新しい省エネ空調(デシカント空調)を導入

新方式の省エネ効果 36.6%



【居住者が感じた快適性】



【デシカント空調の  
省エネルギー効果】

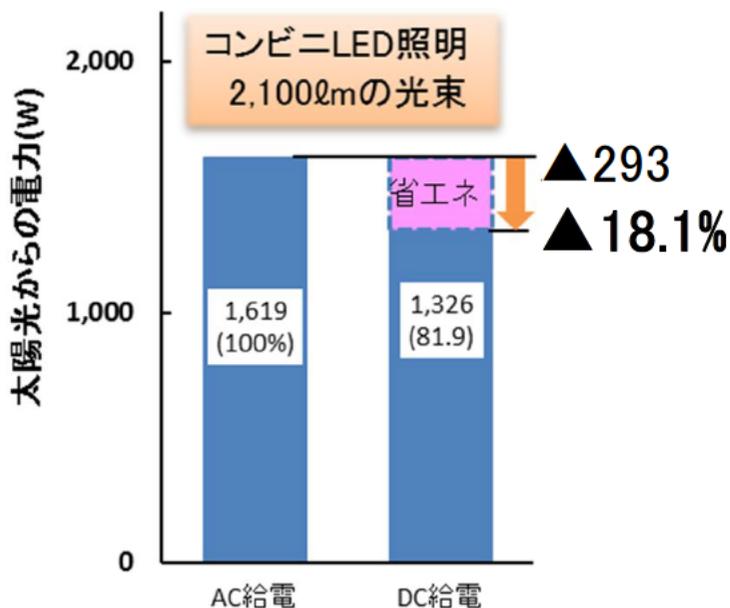
H25.6~9の4ヶ月間の  
エネルギー消費

急速に導入が進む太陽光発電の電気(直流)を交流変換せずに**直接LEDに供給**すれば  
 直流から交流への電気**変換損失が発生しない**次世代照明を導入

太陽光からLED照明の直流給電

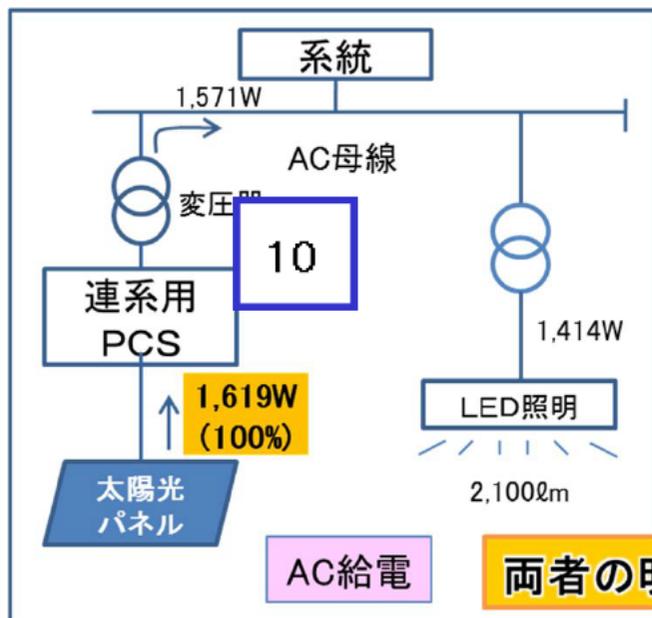
省エネ効果 18%

【省エネルギー効果】

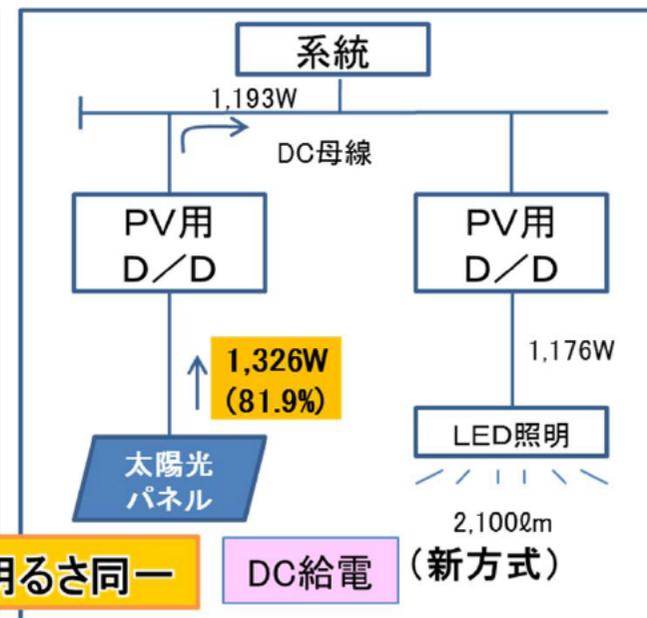


【ACとDC給電の効率比較】

従来方式



今回行った新方式



両者の明るさ同一

AC: 交流  
DC: 直流

キャンパス内の  
コンビニエンスストア



DC給電を行っている  
店内LED照明

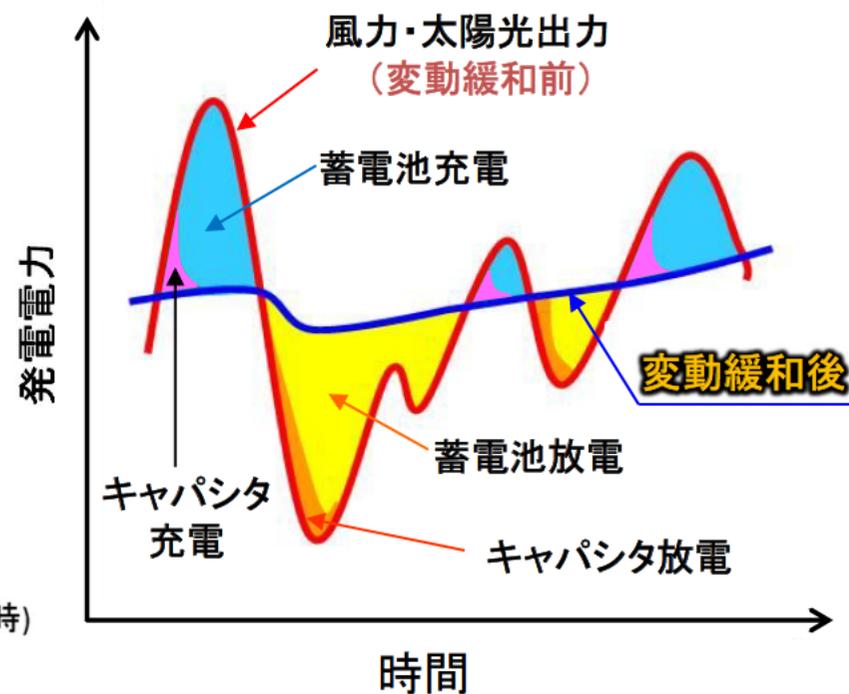
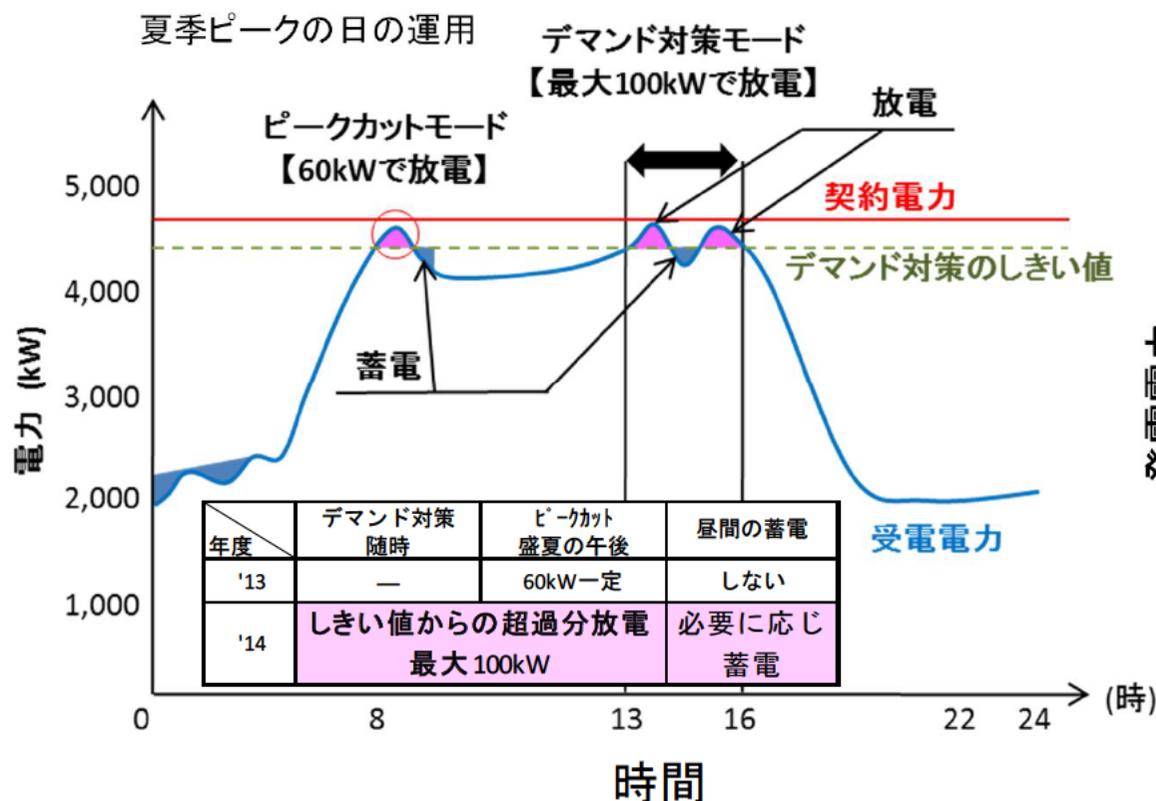
蓄電池は **ハイブリッド** (高速充放電(キャパシタ)と大容量充放電(鉛)) 構成で2つの要求機能を同時に実現

- ・夏季電力ピーク発生日の **デマンド抑制**
- ・再生可能エネルギーの **急激な出力変動緩和**



【ピーク電力抑制のための蓄電池の運用改善対策】

【再生可能エネルギーの急激な出力変動の緩和】

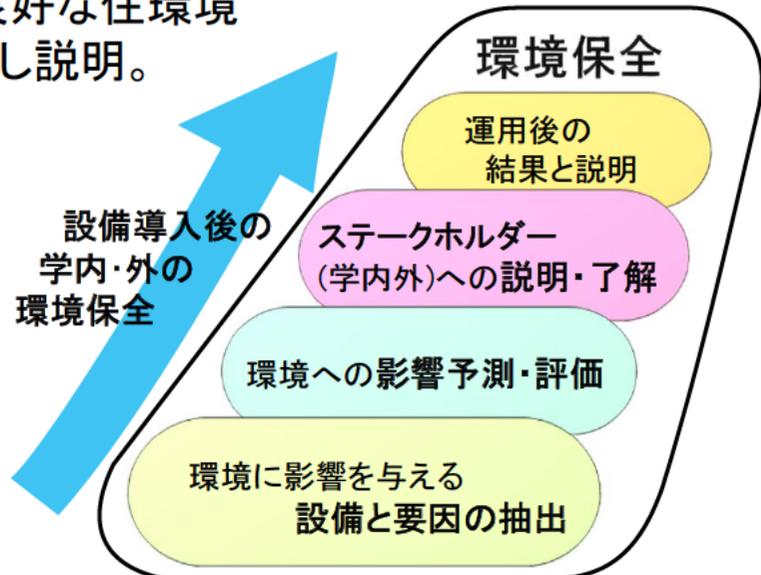


第1種中高層住居専用地域であるキャンパスや周辺地域の良好な住環境保全のため、計画時に環境影響評価を行い、稼働した後検証し説明。

## 設備毎の環境への配慮項目

設備	騒音	振動	臭気	シャドーフリッカー*
太陽光発電	○ (パワコン)	—	—	—
風力発電	○ (低周波音も)	○	—	○
コージェネレーション	○	○	○	—
冷熱源機器	○	○	—	—

\* シャドーフリッカー：回転する風車の羽根が太陽光を断続的に遮ることにより発生する明るさのちらつきの現象

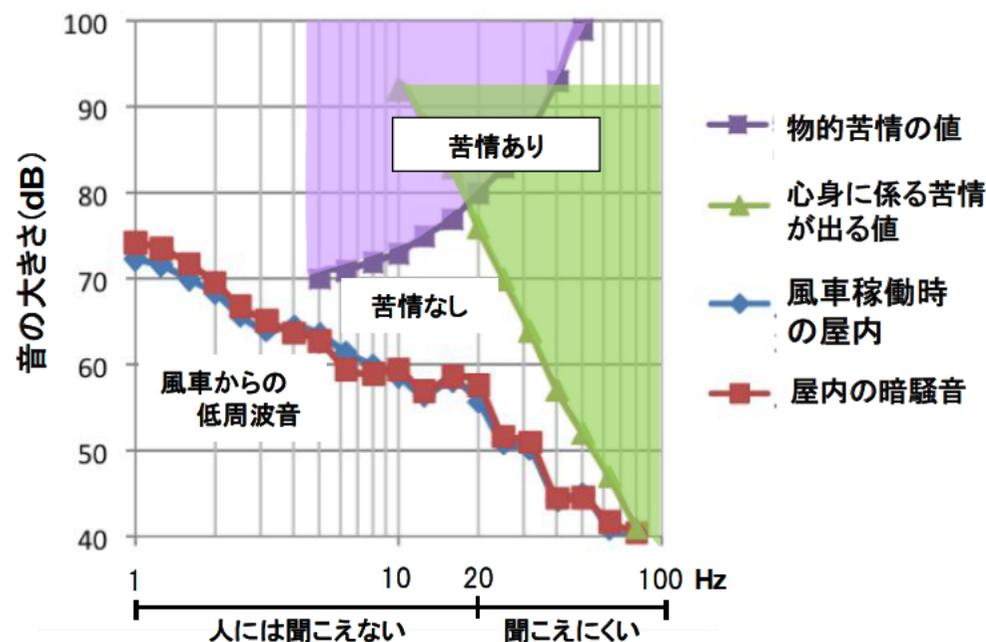


## シャドーフリッカーの影響緩和策

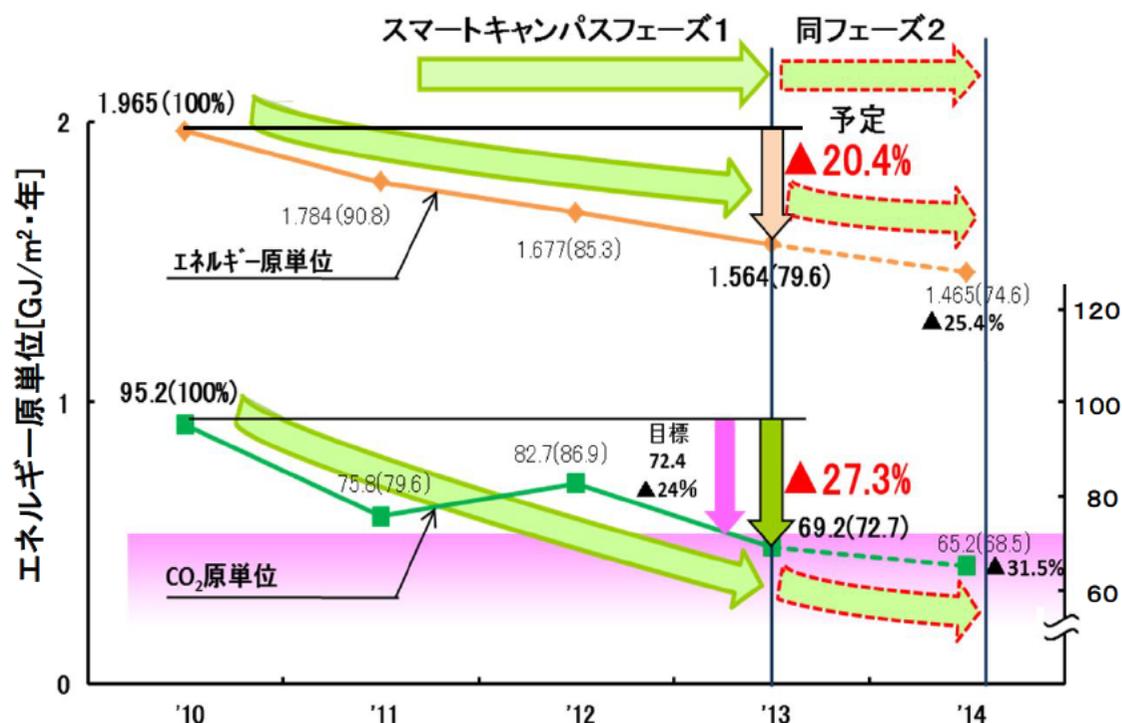
フリッカー発生が予想される時間帯には風車の運転を自動停止させる。



## 風車による低周波音の影響評価



## 【全学のエネルギー、CO<sub>2</sub>排出量の原単位推移】

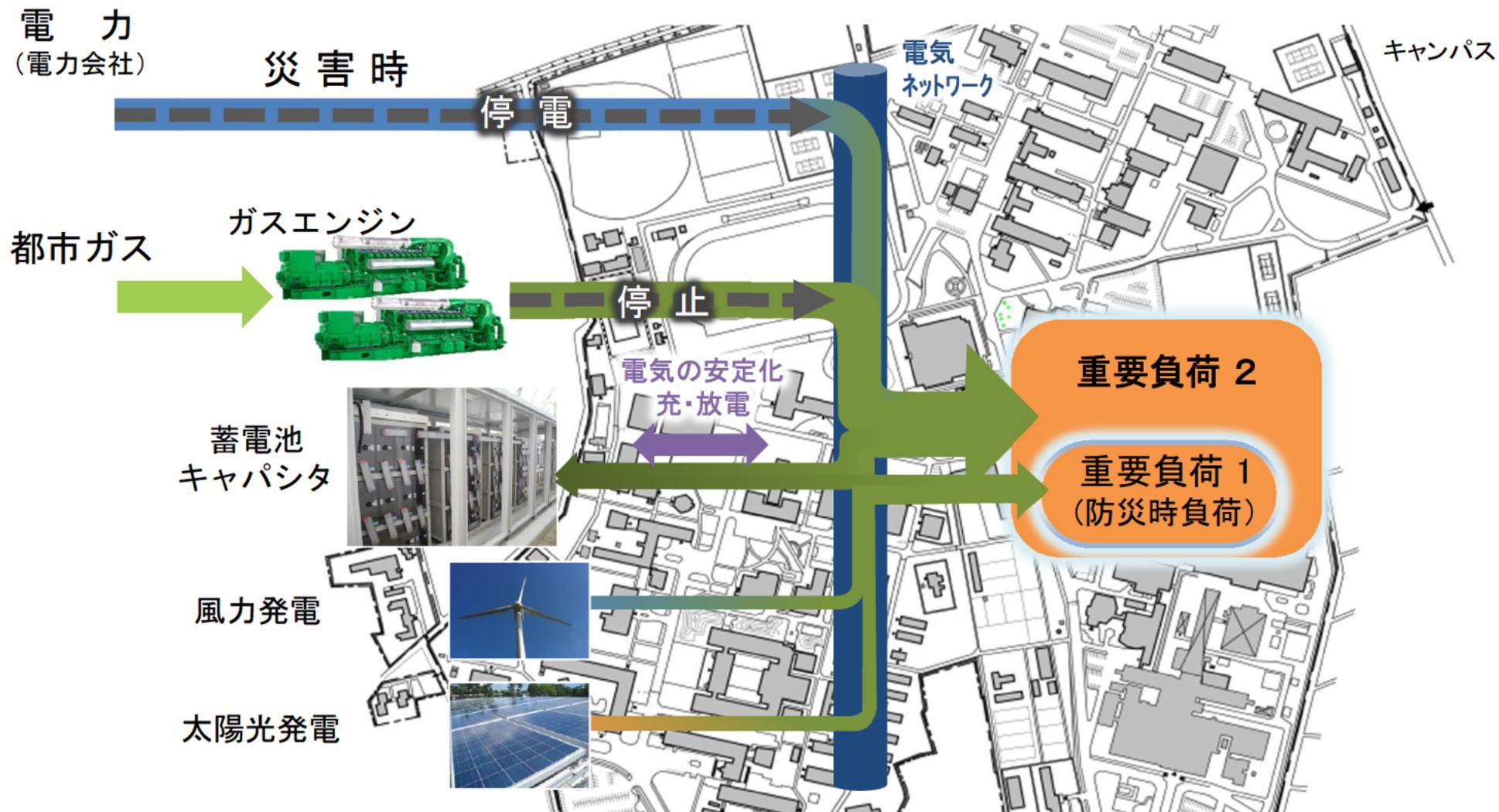


フェーズ	省エネ、CO <sub>2</sub> 排出量
1 (～2013)	クールビズ、ウォームビズ効果 スマートキャンパス設備順次稼働 見える化の推進 (部門別見える化、ピーク電力警報表示)
2 (2014～)	スマートキャンパス設備 排熱利用設備フル稼働 需要予測に基づく最適運用 全学参加型 環境・省エネ活動の普及と更なる推進

## 【スマートキャンパスの成果と内訳】

施策	エネルギー (原油換算) k0年	CO <sub>2</sub> 排出量 t-CO <sub>2</sub> /年
<b>(1)革新的な省エネ設備の導入と運用改善</b>		
再生可能エネルギー設備(太陽光,風車)	▲124	▲81
排熱を冷・温熱で利用するガスコージェネ熱源設備の燃料転換(重油からガス)	▲1,183	▲1,725
小容量で電力ピーク抑制効果を最大化する蓄電	▲466	▲2,322
再生可能エネルギーの変動緩和	—	—
省エネデシカント空調	▲82	▲173
太陽発電の直流電気の直接利用(照明用)	▲18.1%	▲18.1%
新/既存設備を融合した運用改善(運用の最適化)	(▲776)*	(▲1,212)*
排熱を優先的に利用する運転方案の導入		
電気の需要予測を用いた最適運転機器の選択		
<b>(2)全学の学生・教職員の節電への取り組み</b>		
省エネ活動の「見える化」と改善行動へのインセンティブ(MIEUポイント)	▲2,770 <sup>kWh</sup>	▲1.03
夏季電力ピークを抑制するデマンドレスポンス(節電活動)	—	—
温暖化抑制のための緑のカーテン	日射遮蔽効果▲65～▲90%	

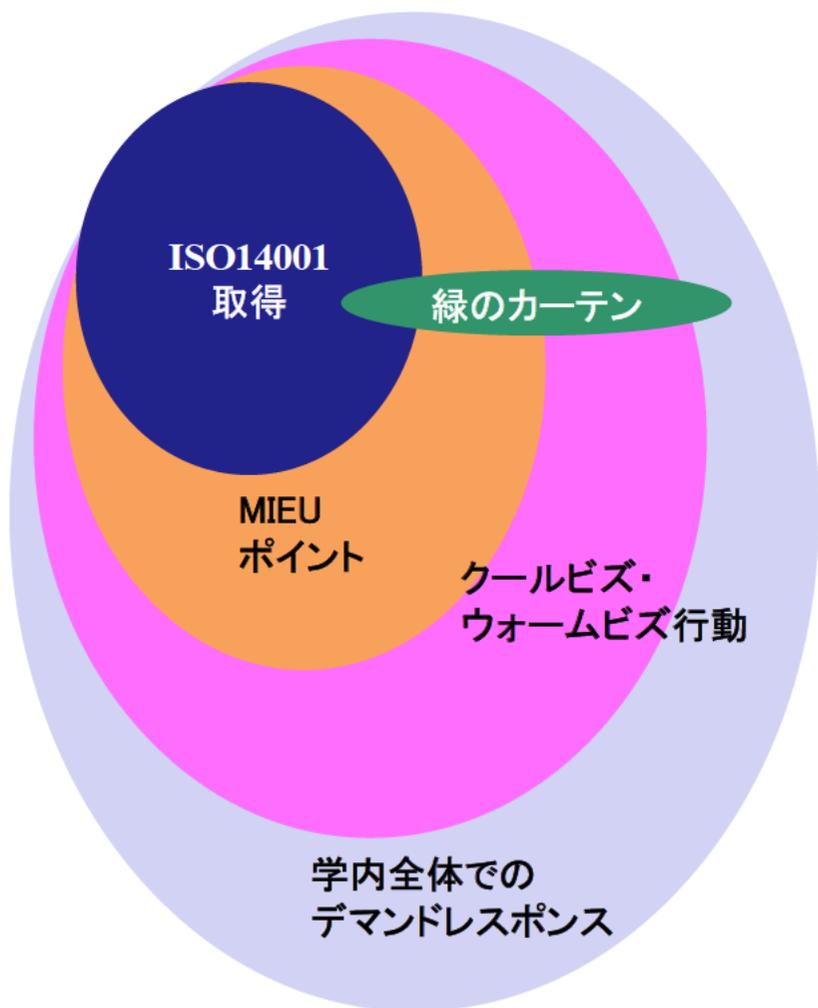
※( )の数値は'14の予想



電力・都市ガス供給停止  
風力・太陽光 正常

蓄電池、風力、太陽光による  
重要負荷 1への電力供給

学生主体で取得したISO14001の環境活動の中で、MIEUポイントの仕組みを新設し全学の省エネ・節電活動として広げている。 ISO14001 (2007年取得)



## MIEUポイント

(MIE:三重,U:Universityと‘あなた(yoU)’を意味する)

各自が実践した環境・省エネ活動を容易に入力し、省エネ成果をその場で「見える化」するシステムを構築  
改善行動にインセンティブを与える活動



MIEUポイント入力中

## 緑のカーテン

日射が強い南面校舎の前面に植物を植え「緑のカーテン」として空調負荷低減とCO<sub>2</sub>吸収を目的とする学生主体の活動

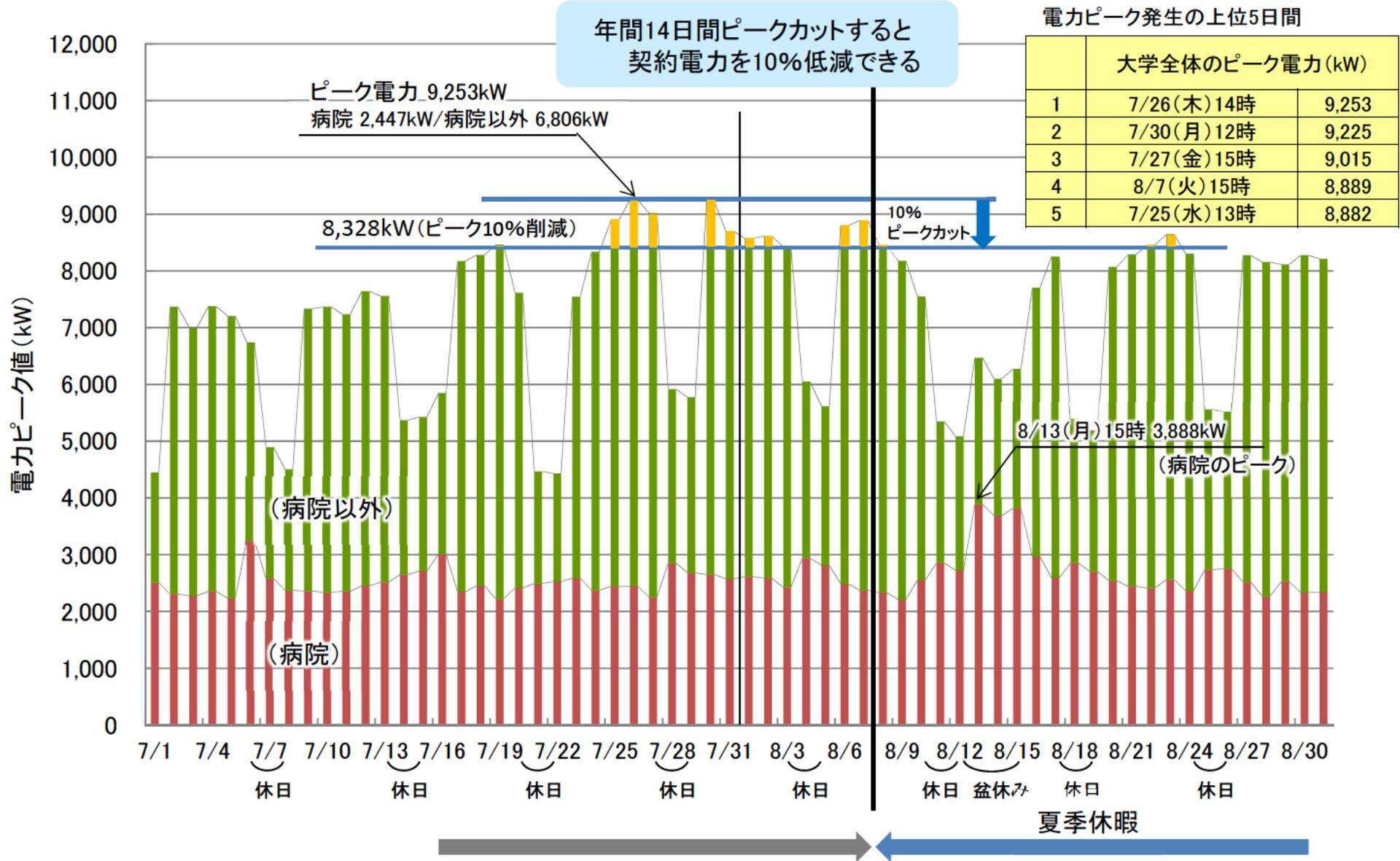


環境・情報科学館の緑のカーテン

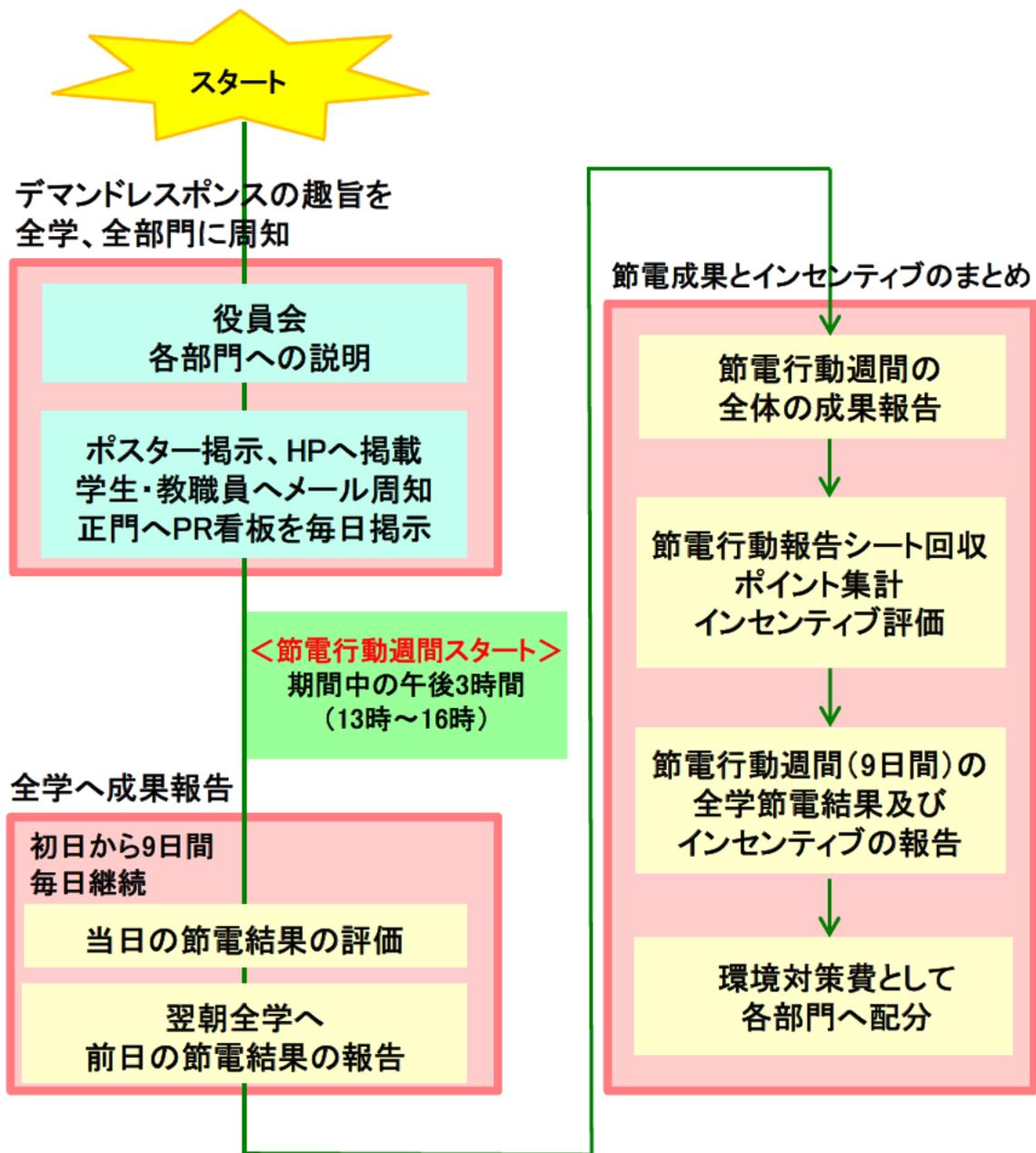
## デマンドレスポンス(節電活動)

電力ピークが発生する時期(7月末から8月初の午後)に全学で実施する節電行動  
料金体系は2つ(通常料金とクリティカルピークプライシング)から選択 **全学の41%の人が参加し、4.5%の節電達成**

7月 8月



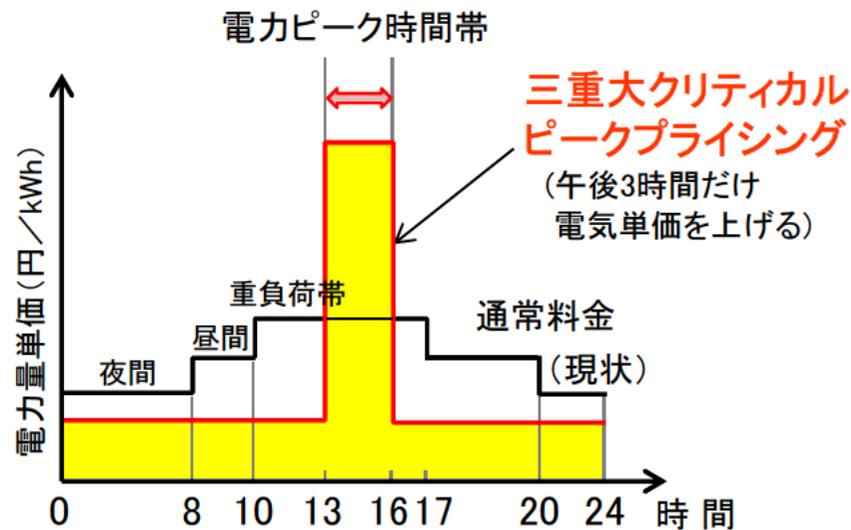
【節電行動(デマンドレスポンス)実行の手順】



【節電行動を誘導する新料金体系】  
(通常料金とクリティカルピークプライシング)

■ DPの適用手法

**PTR ピークタイムリベート**  
電力需給の逼迫時のみ電気料金を引き上げ。料金を引き上げる代わりに節電に対してリベート。



大学の電力ピークの特  
性(午後3時間)に  
合わせた電力量料金を  
を設定

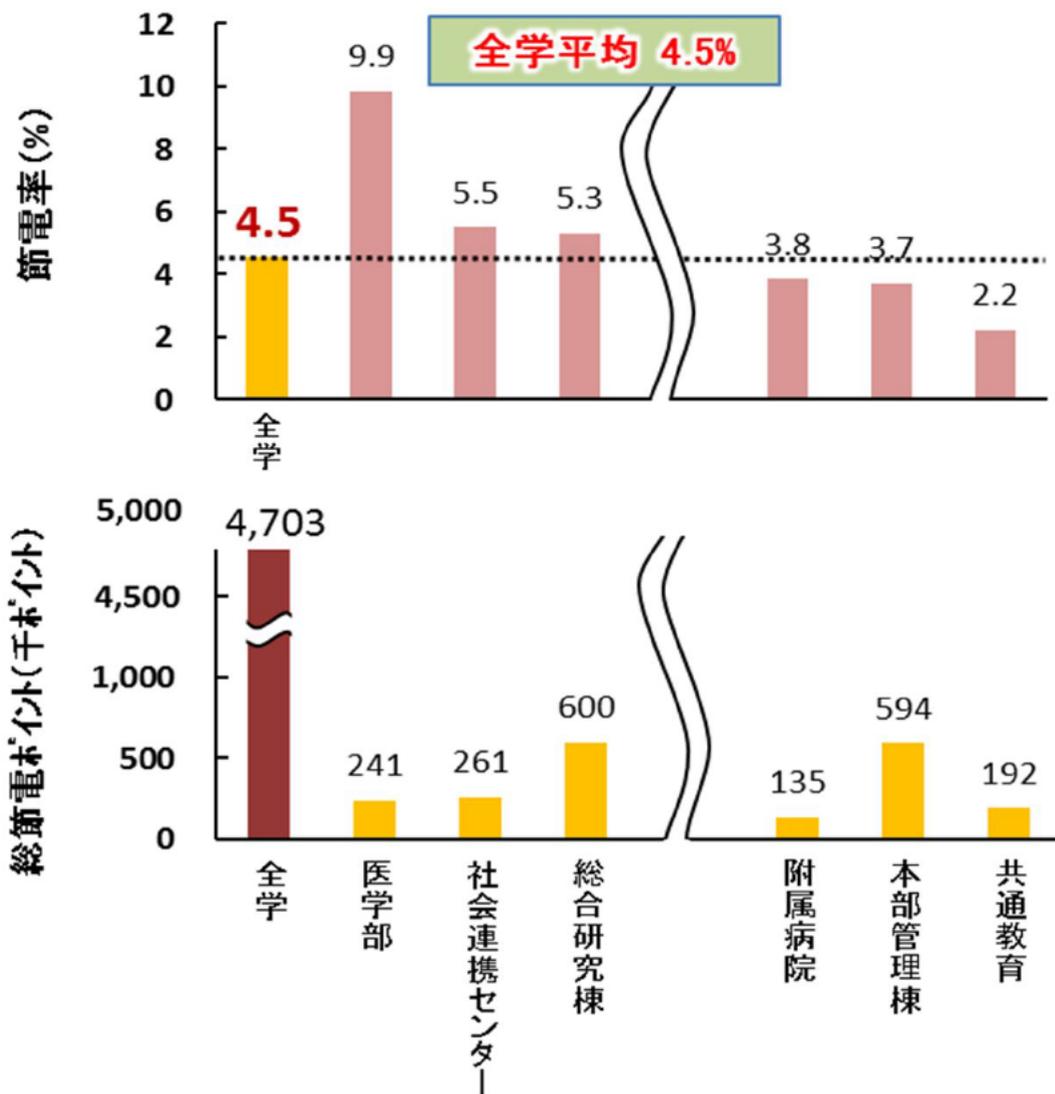


デマンドレスポンス活動の全学説明会

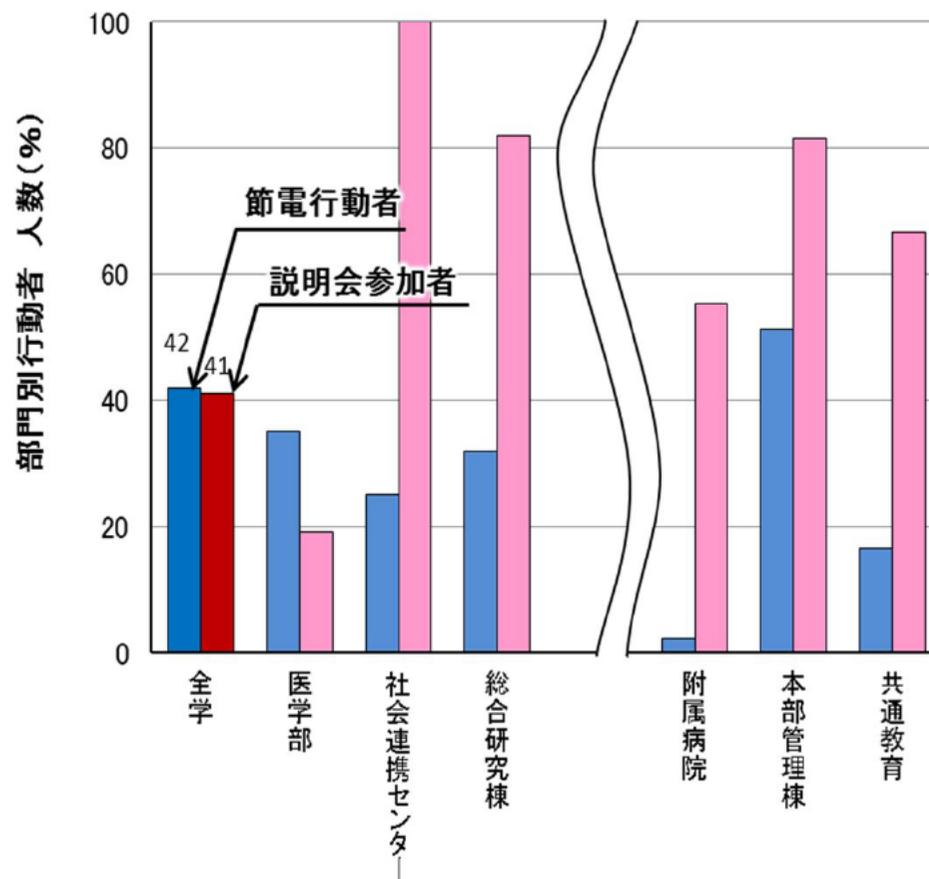
## 夏季節電行動期間には全学の41%の人が参加し、4.5%の節電成果

### 節電の成果と総節電ポイントの部門別内訳

9日間(7月17日~29日の平日)

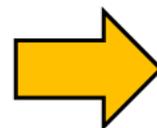


### 節電行動の説明会参加者と行動人数(比率)



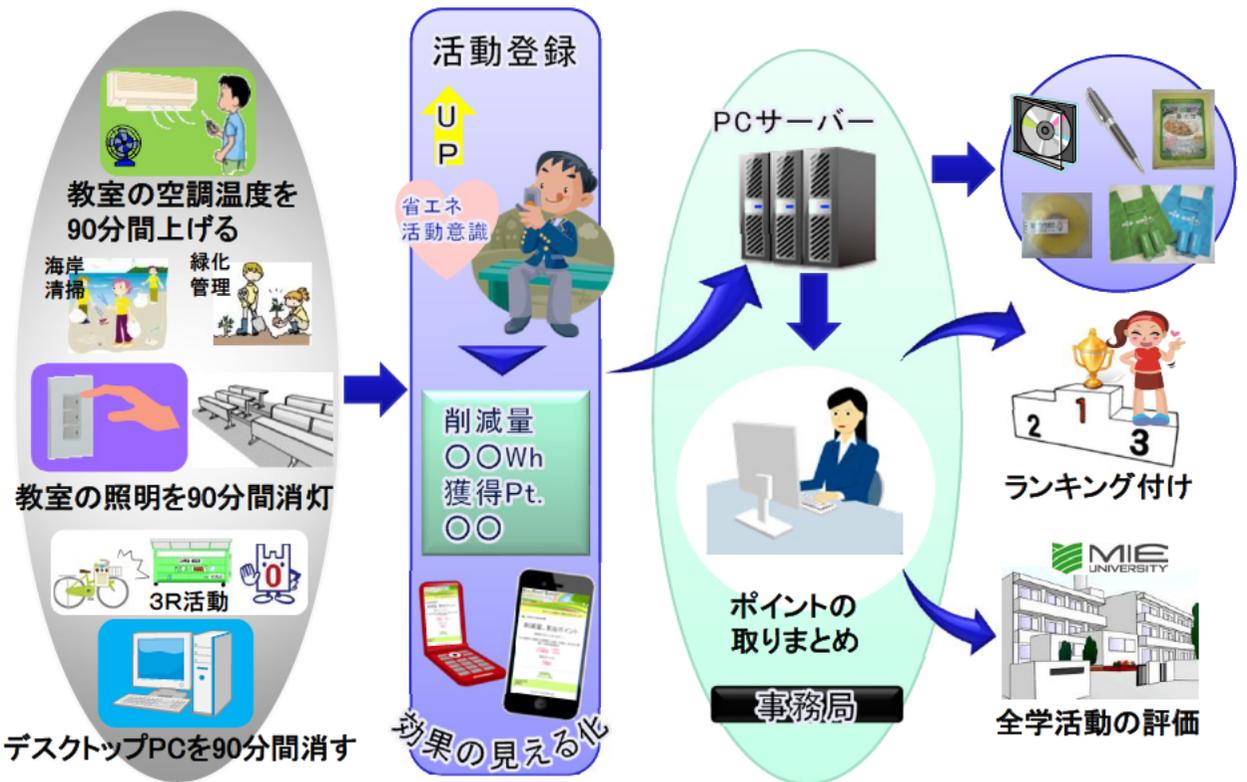
## MIEU(ミエ・ユー)ポイント

学内で実施した環境・省エネ活動を見える化し、活動内容に応じてポイントを付与。獲得ポイントに応じて表彰したり、学習用品と交換。



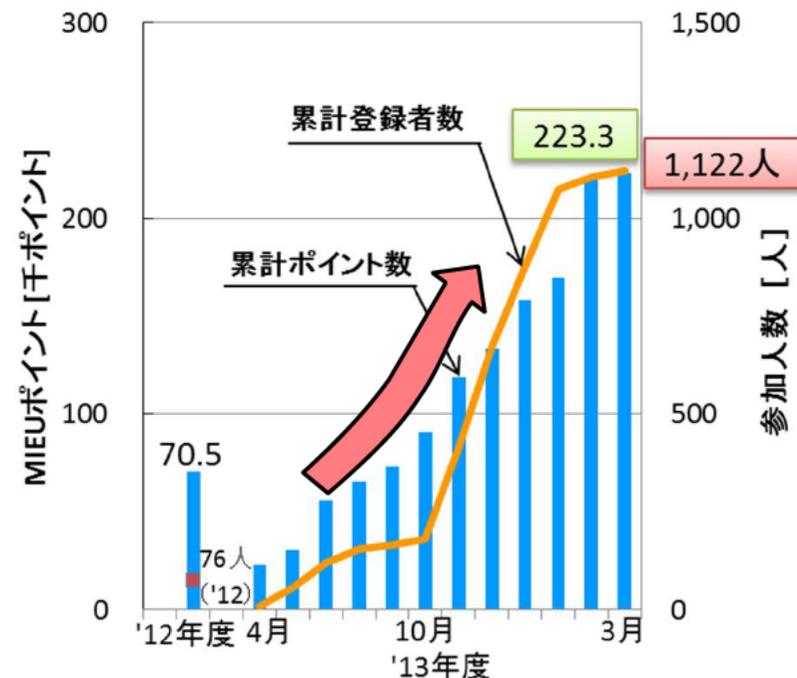
環境改善・省エネを実行し「環境先進大学」の社会的責任(USR)を果たす

### MIEUポイントの概要



### 【MIEUポイント数と登録者の推移】

学生の行動が時間と共に活発になっている

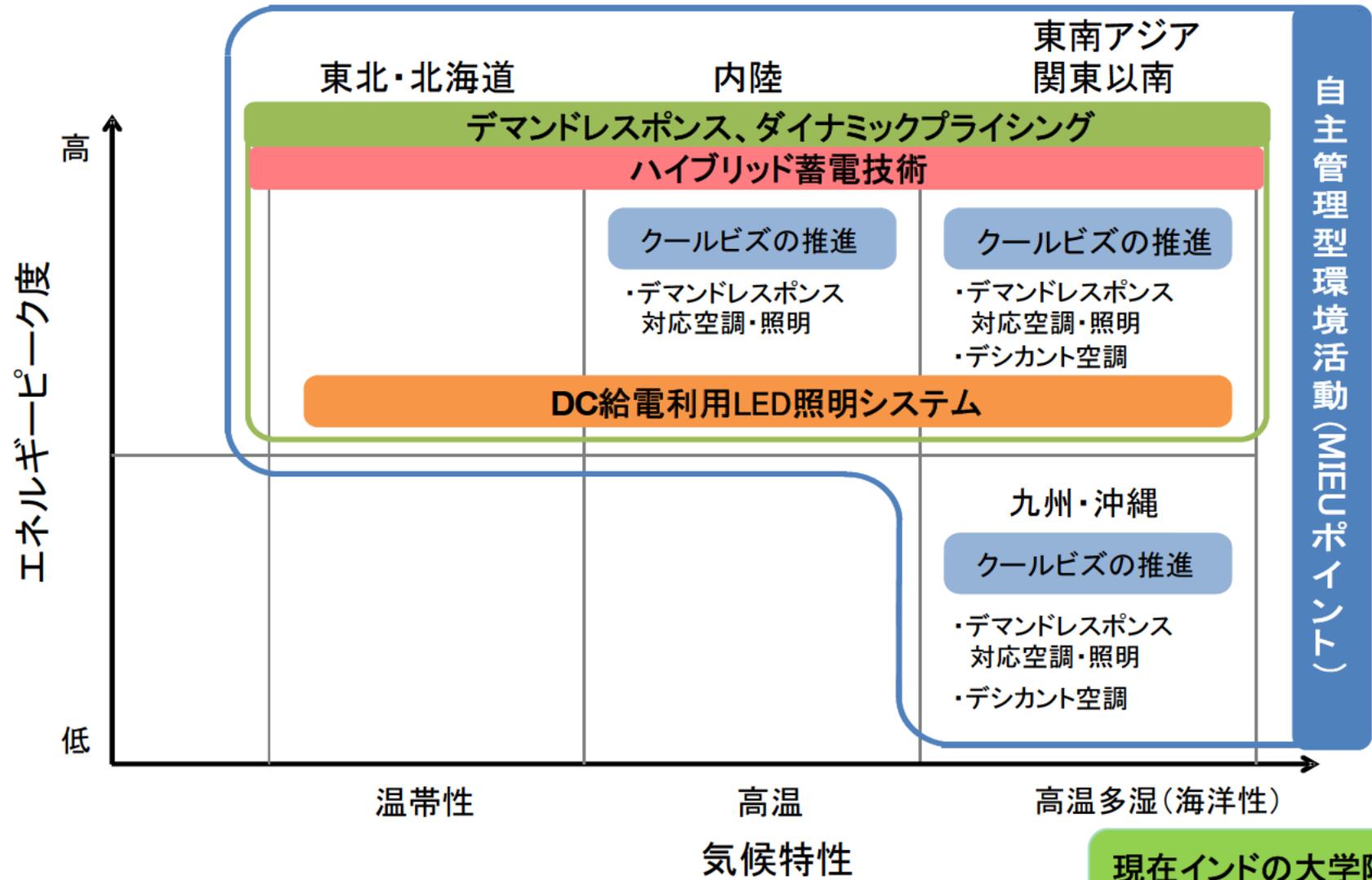


国内のみならず海外の大学に対し  
汎用化した技術や省エネ・節電行動を  
適用していく



更なる広報と  
普及展開

- 【共通技術】
- ・電力の**需要予測**
  - ・コミュニティへの**環境影響評価**
  - ・防災時の**電源自立化**



現在インドの大学院大学と  
フィージビリティスタディ開始

● ビジョン・目標・方針設定

『世界一の環境先進大学』を目指した  
スマート化の目標、方針を学長が全学に  
周知し実践する

● 省エネ行動に直結する『診える化』の実証

キャンパス内ネットワークとスマートメーター  
を活用した省エネ活動を誘導する診える化

● 『最適化』に向けた無駄の排除

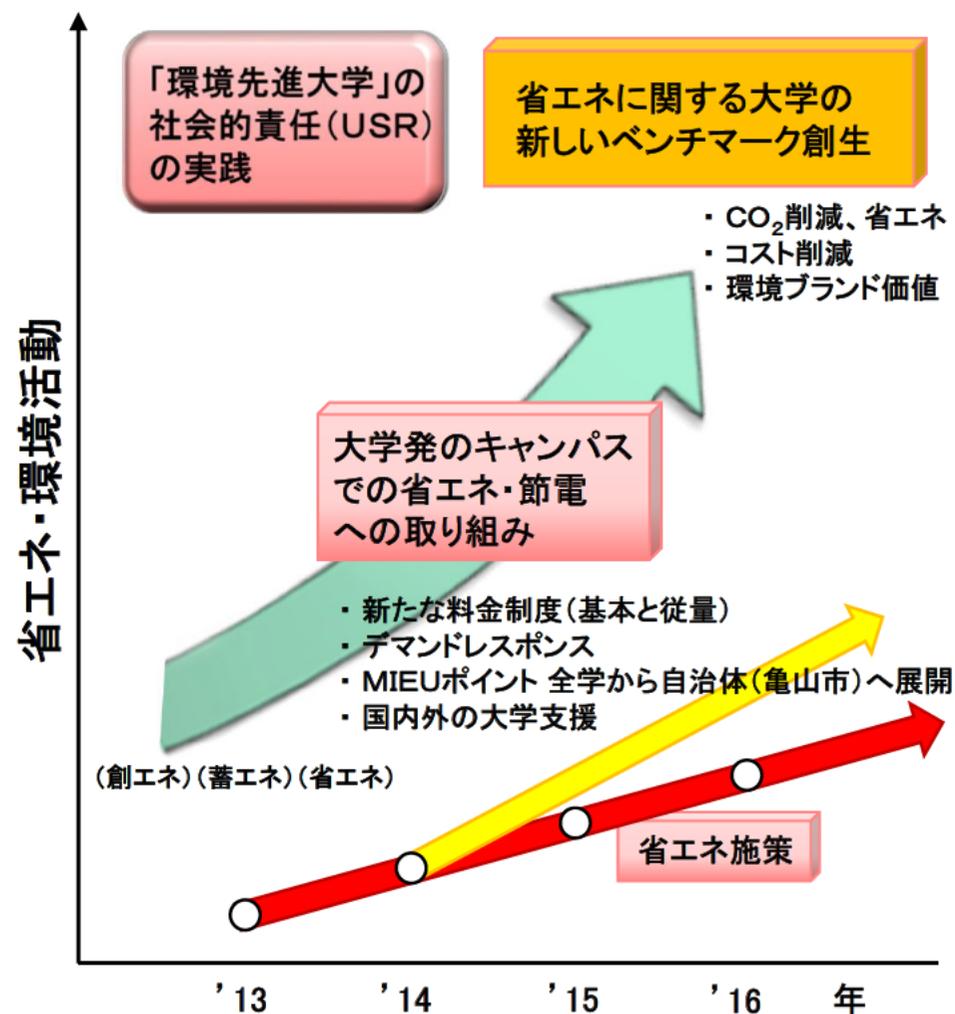
高精度な需要予測  
省エネ性が高い機器の優先運転  
運転台数の最小化

● ECO活動の継続的实践

学生・教職員が一丸となって省エネ・節電  
行動を継続  
デマンドレスポンス、MIEUポイント活動

スマート化とは:

生活しているすべての人が  
“自然・もの・地域”を大切に続けること

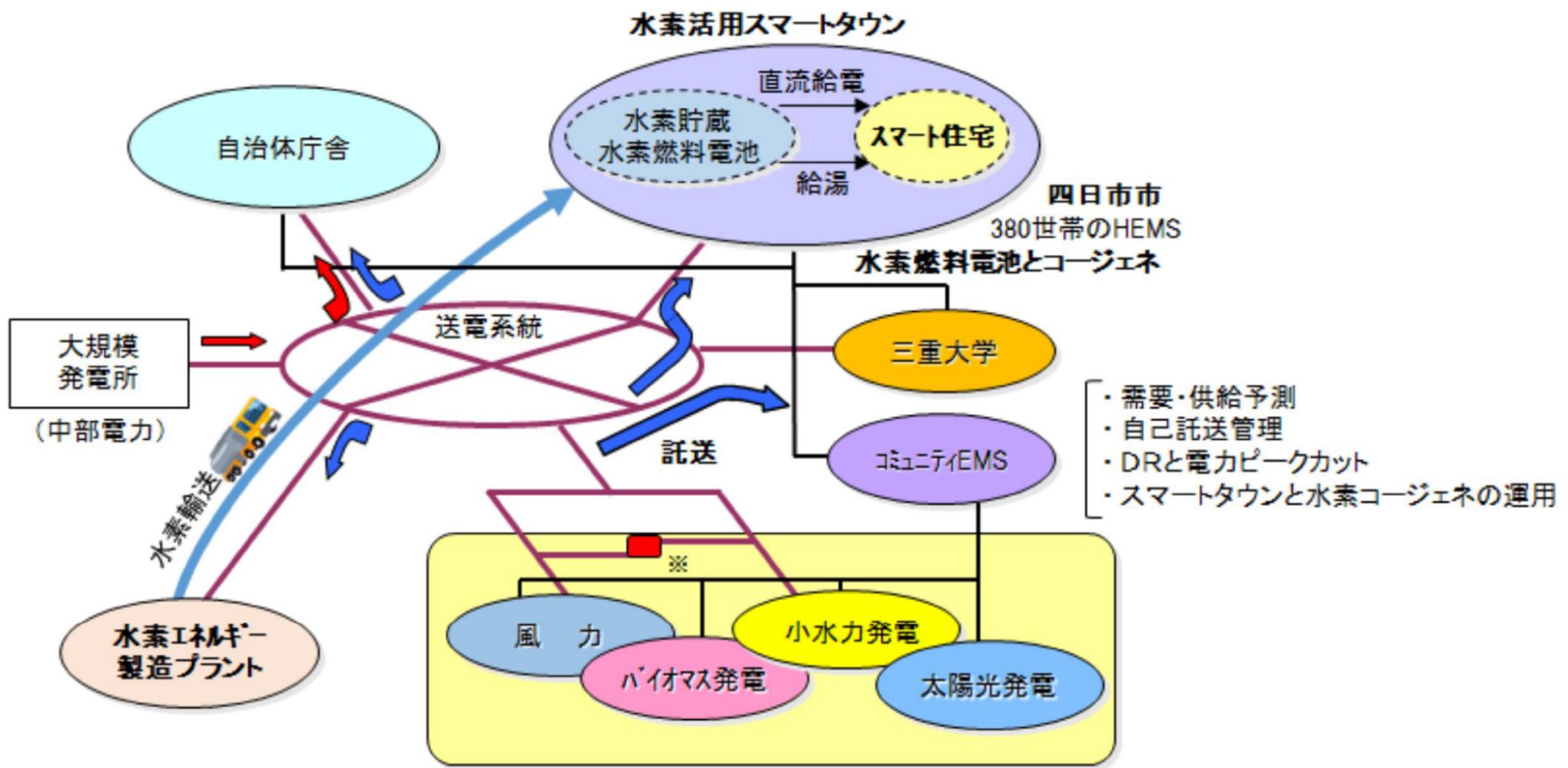


三重大学スマートキャンパスの継続展開の発表をお聞きいただき、ありがとうございました。



 電力託送  
 電力会社の送電

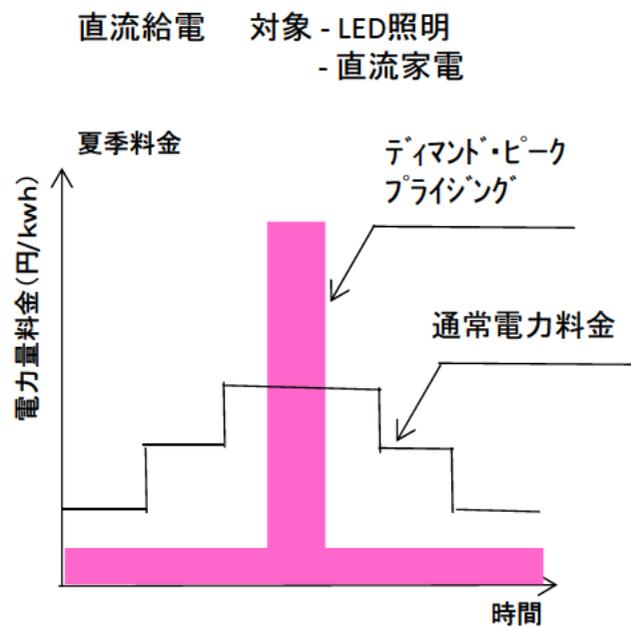
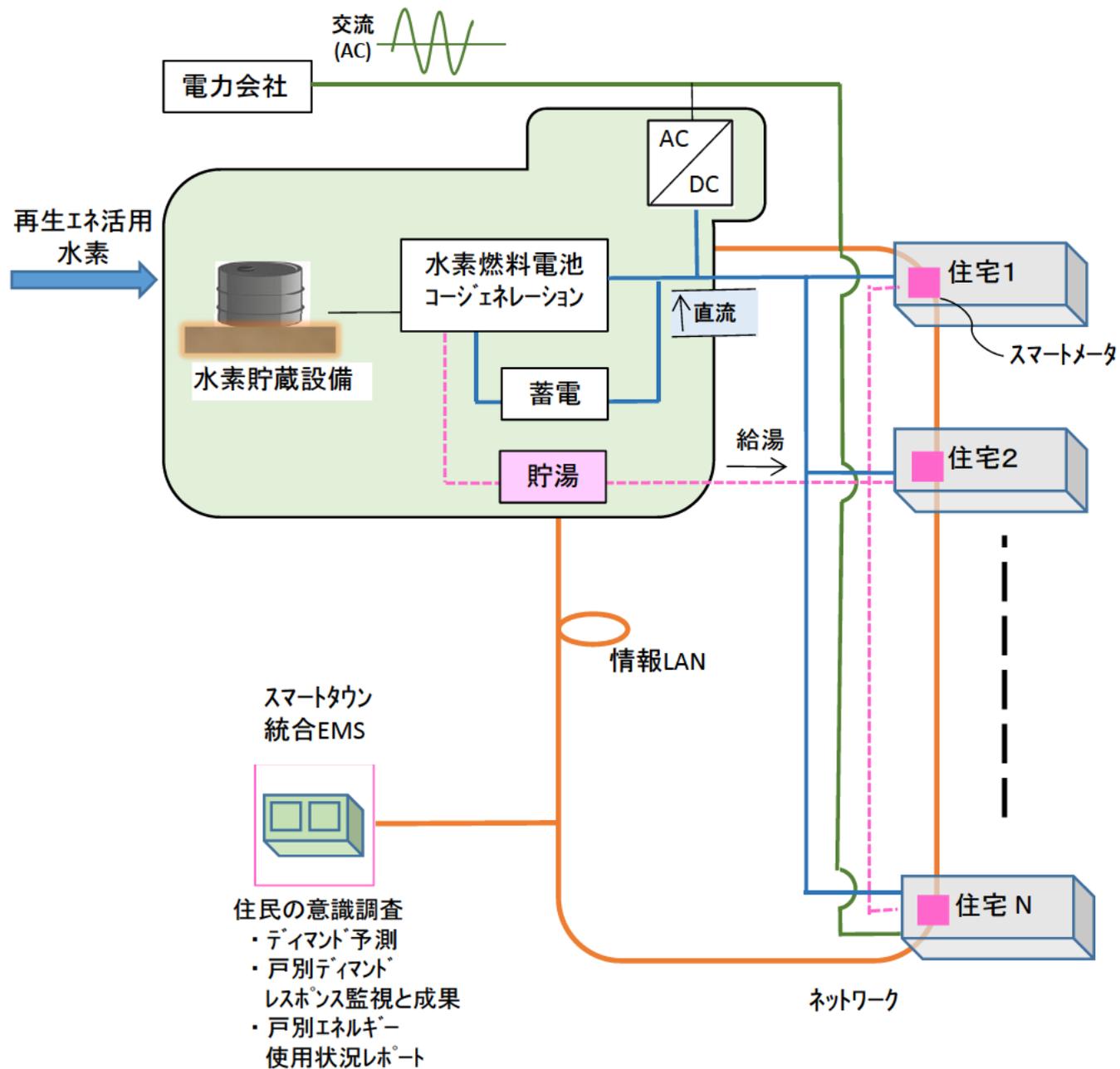
## 電力全面自由化を想定



- ・需要・供給予測
- ・自己託送管理
- ・DRと電力ピークカット
- ・スマートタウンと水素コージェネの運用

※ 負荷平準化、電力系統安定化設備  
 (電力貯蔵、パワーコンディショナー)

## 水素利用燃料電池コージェネと直流給電



ダイヤモンド・ピークプライシングの単価はレベニューニュートラルの考えに基づく

ダイヤモンドリスポンスの電力量料金の概念