

名古屋大学エネルギーマネジメント研究・検討会
平成27年度 エネルギーに関する文理融合研究合同成果報告会
第11回 名大発一省エネ推進と地球温暖化防止

空調熱源機用省エネシステムを用いた 電力削減効果と室内温熱環境への影響

2016年3月16日

名古屋大学

齋藤輝幸 清水一磨 田中英紀

1.研究背景

震災以降、電力削減は急務の課題

オフィス等では特に空調において電力消費が大きい



空調制御で電力削減

空調では熱源機の電力消費が大きい



熱源機の電力削減



熱源機の制御による電力削減の可能性

1.研究目的

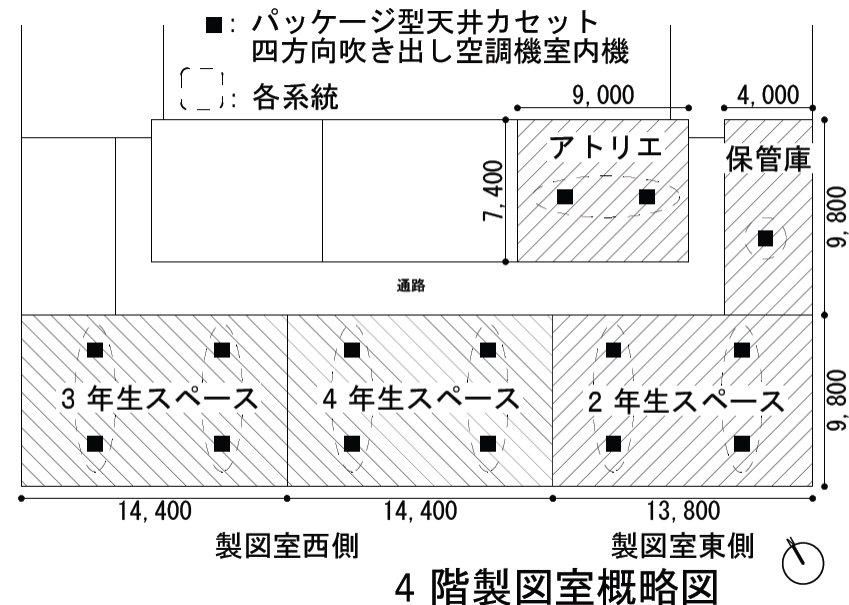
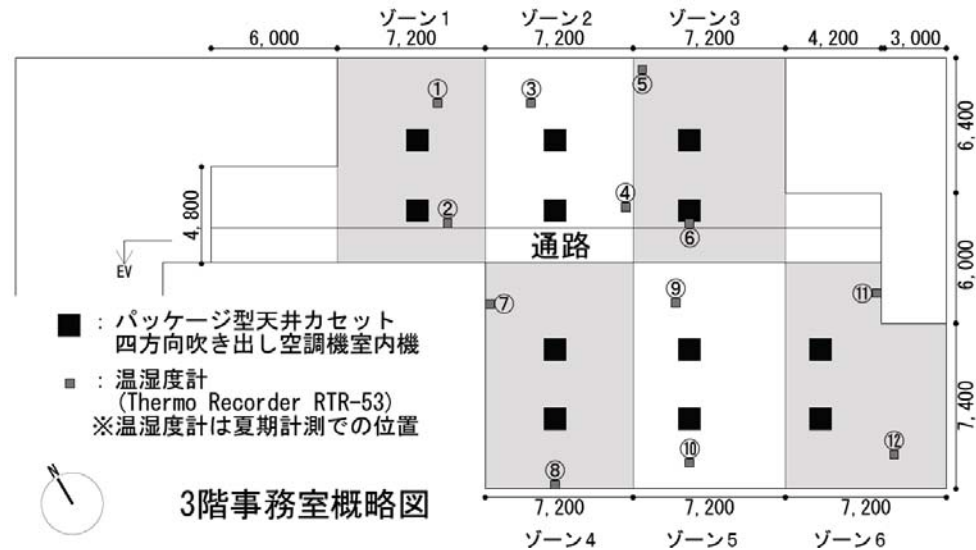
- PAC空調において電力消費が大きいと考えられる室外機を制御することで、どの程度の電力消費量が削減されるのかを検討する
- 室外機制御時の室内環境と居住者の心理評価を調査し、電力削減の手段として有効であるかを判断する

2.計測概要

- 計測場所

名古屋大学ES総合館3階事務室、
および4階製図室

2.計測概要



2.計測概要

- **計測期間**

冬期:2015年1月12日～2月20日

夏期:2015年7月12日～8月16日

- **制御概要**

「制御なし」…通常時の稼働

「15%制御」…30分に4分30秒間送風×1回

「30%制御」…30分に4分30秒間送風×2回

2.計測概要

● 調査項目

計測位置 ()内は計測間隔	2014年度冬期計測				2015年度夏期計測				
	空調機		室内 温湿度 (1分)	心理 申告	空調機			室内 温湿度 (1分)	心理 申告
	稼働 状況 (10分)	消費 電力 (30分)			稼働 状況 (10分)	消費 電力 (30分)	瞬時 電流値 (10秒)		
3階 事務室	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4階 製図室 東	○	○	○	×	○	○	×	×	×
4階 製図室 西	○	○	○	×	○	○	×	△ 4年 のみ	×

消費電力と外気温

- 分析方法

例:事務室(6系統)の場合

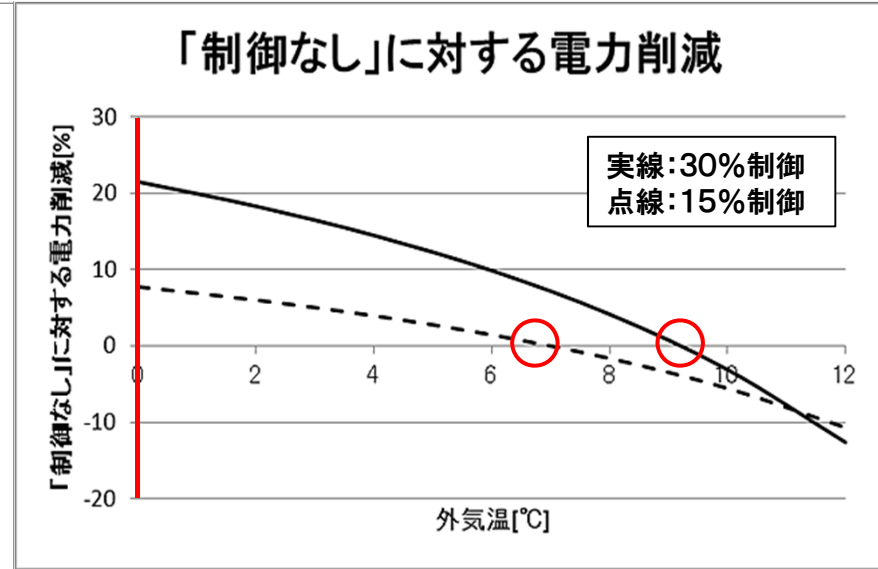
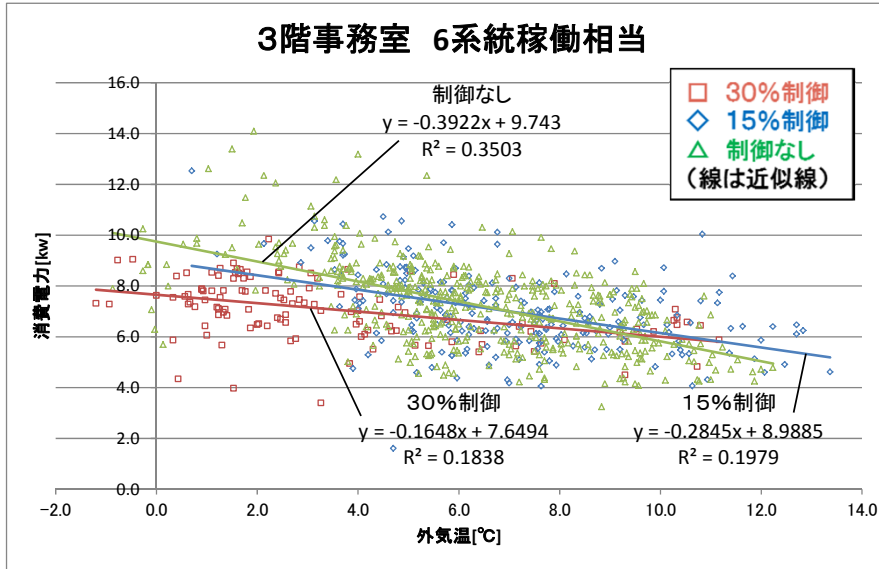
稼働台数	マスの割合	累積稼働率
1系統相当	~1/6	~16.7%
2系統相当	1/6~2/6	16.7~33.3%
3系統相当	2/6~3/6	33.3~50.0%
4系統相当	3/6~4/6	50.0~66.7%
5系統相当	4/6~5/6	66.7~83.3%
6系統相当	5/6~6/6	83.3~100%

	...	17:50	18:00	18:10	18:20	18:30	18:40	18:50	19:00	...
系統A	...	停止	停止	運転	運転	運転	運転	停止	停止	...
系統B	...	停止	停止	停止	停止	運転	運転	運転	停止	...
系統C	...	運転	停止	運転	運転	停止	停止	停止	運転	...
系統D	...	停止	運転	停止	運転	運転	運転	運転	停止	...
系統E	...	停止	停止	停止	停止	停止	運転	運転	運転	...
系統F	...	運転	運転	運転	停止	停止	停止	停止	停止	...

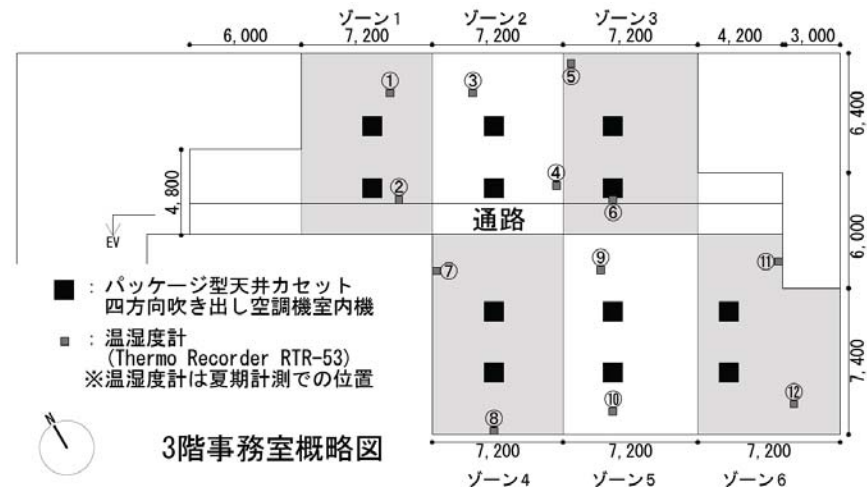
$$\frac{8}{18} = 44.4\%$$

$$\frac{10}{18} = 55.5\%$$

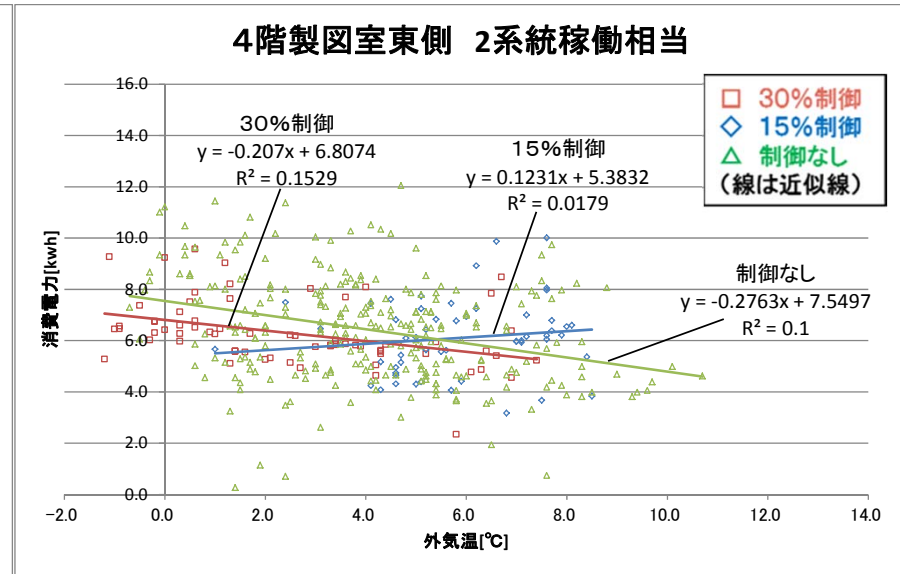
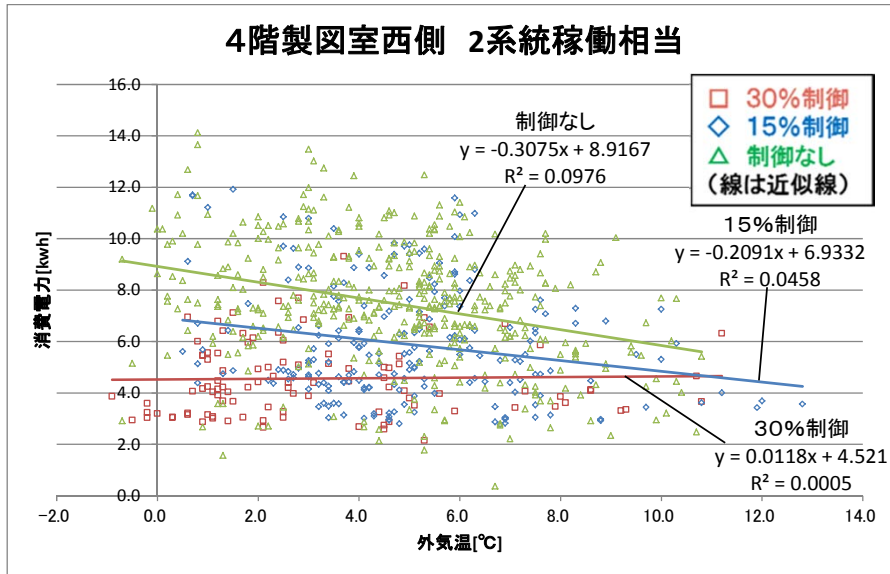
3.1.1.消費電力と外気温



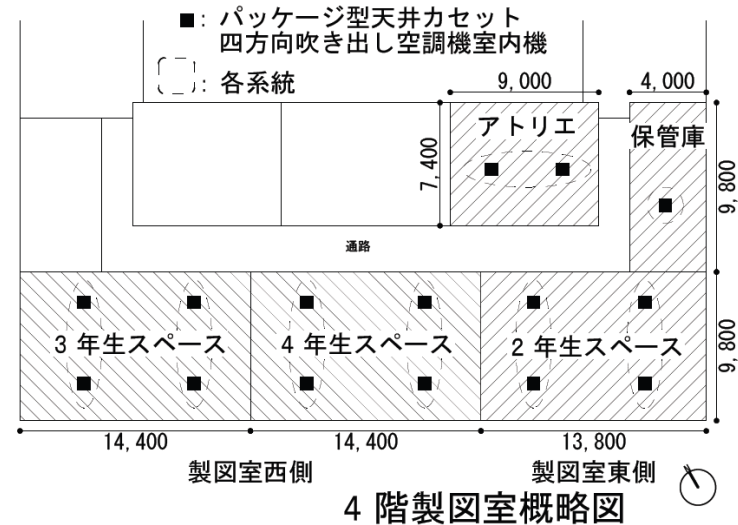
- 制御量に応じて電力が削減されている
- 0°Cでは、「15%制御」は8%、「30%制御」は22%程度の削減



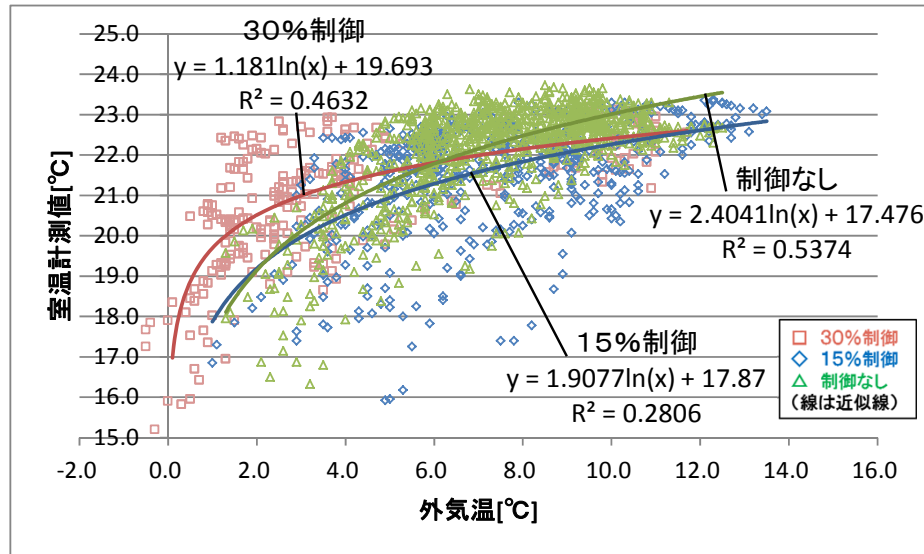
3.1.1.消費電力と外気温



- 西側製図室では制御量に応じて電力削減
- 東側製図室では「30%制御」時に電力削減傾向



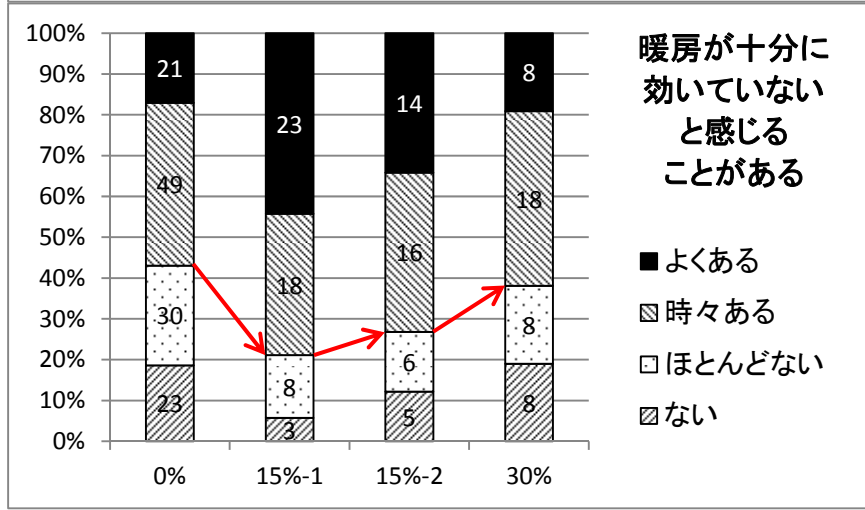
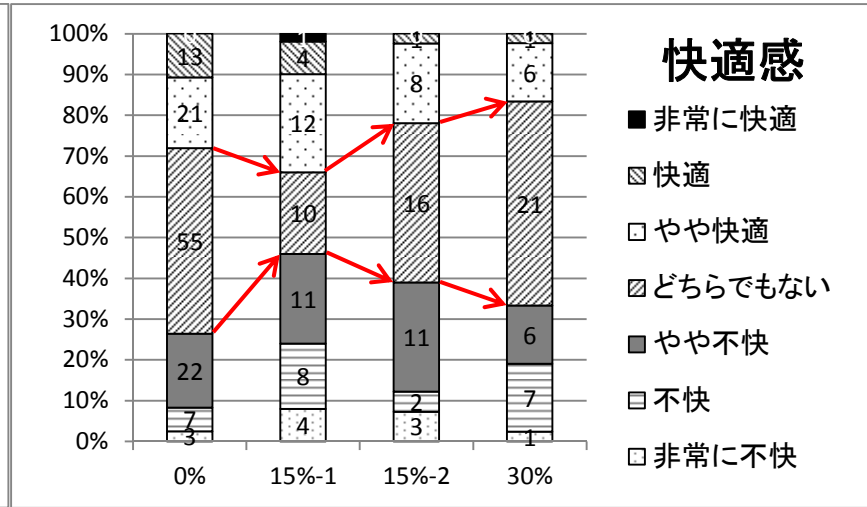
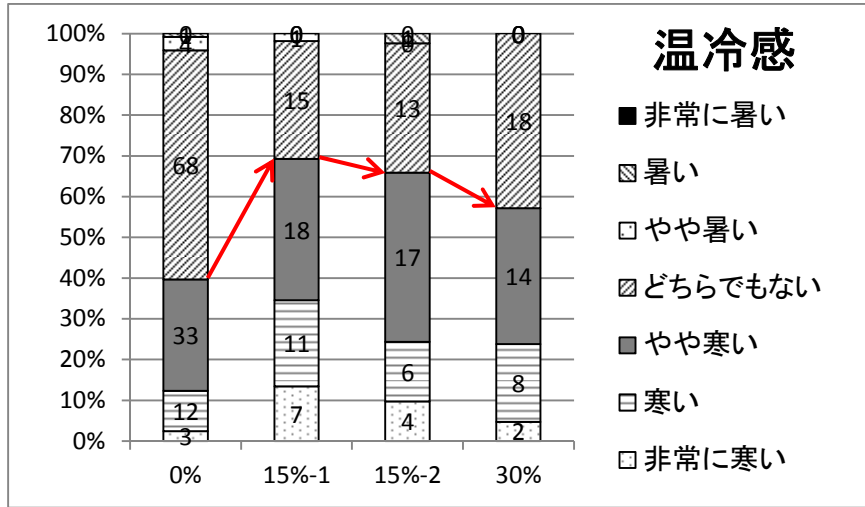
3.1.2.各制御と室内外温度の関係



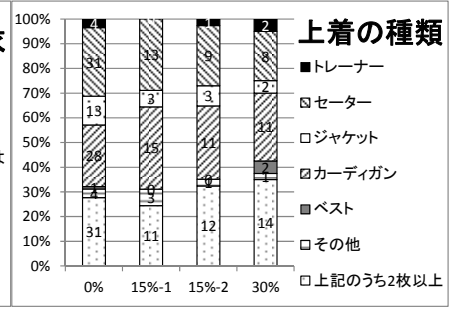
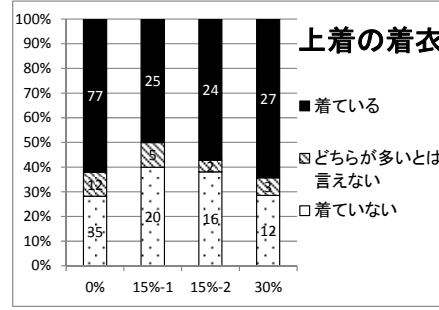
※外気温に対する室温を対数近似
 外気温0°C以下のデータは除外

- 「15%制御」は「制御なし」よりも室温が低い
- 「30%制御」は外気温が高くなる日中において「制御なし」よりも室温が低くなる

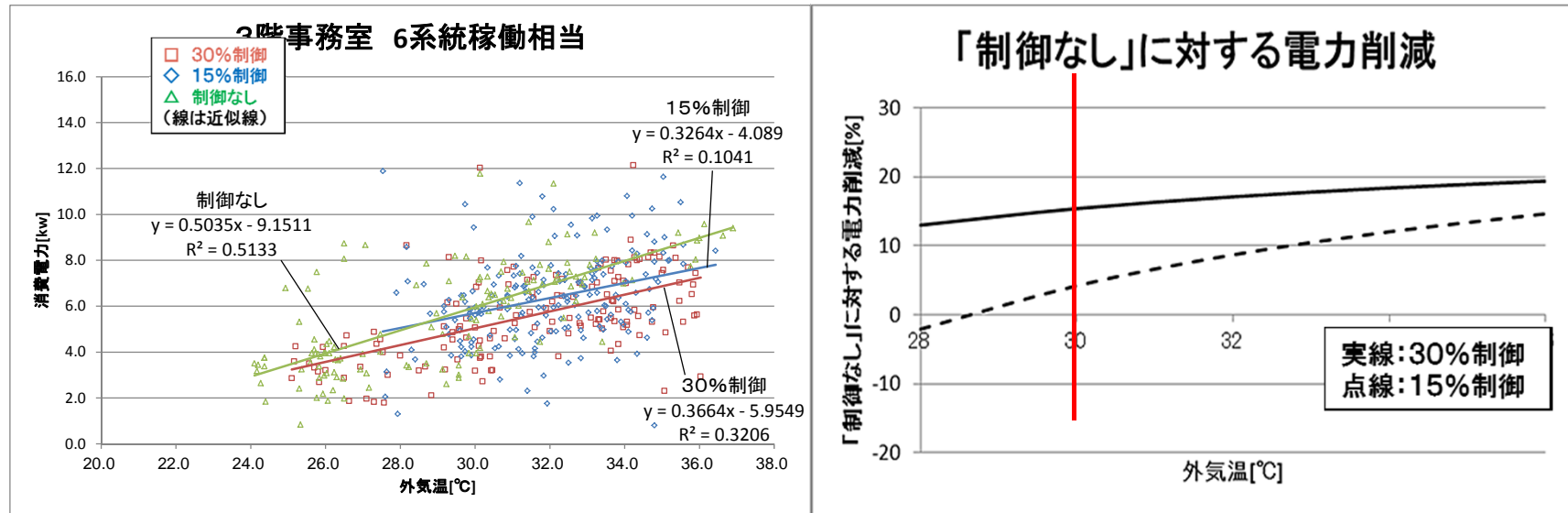
3.1.3.心理申告



- 温冷感の寒い側、快適感の不快側、暖房が十分に効いていないと感じる側の申告は15%制御>30%制御>制御なし
- 快適感の快適側は「30%制御」が最少

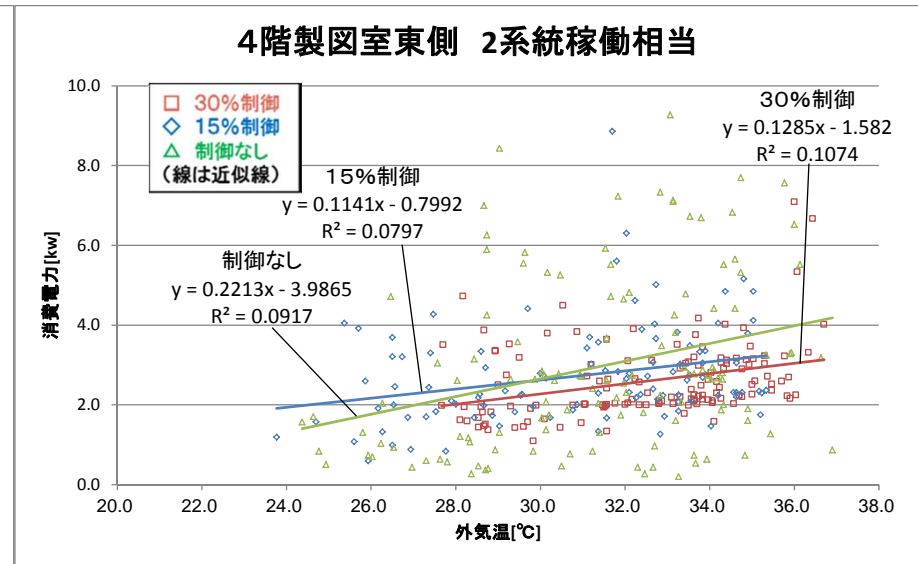
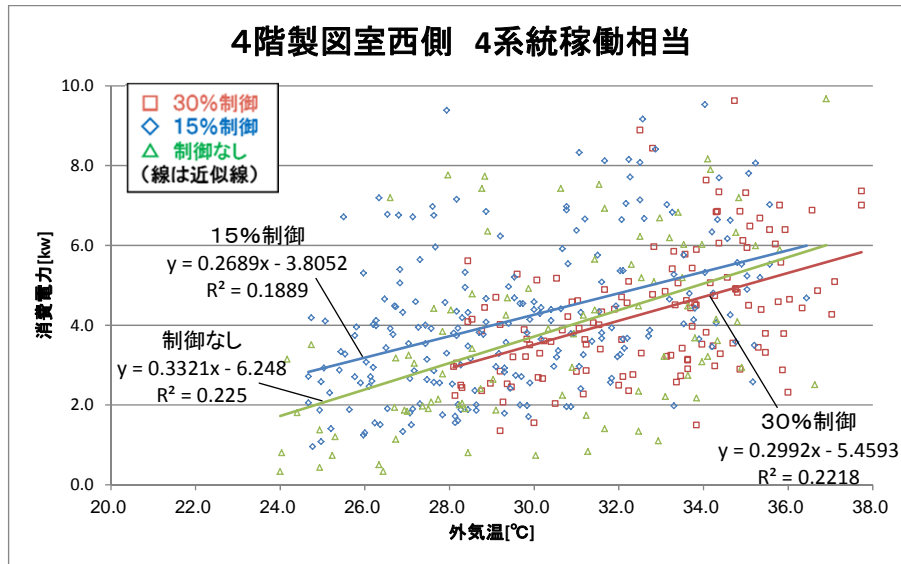


3.2.1.消費電力と外気温

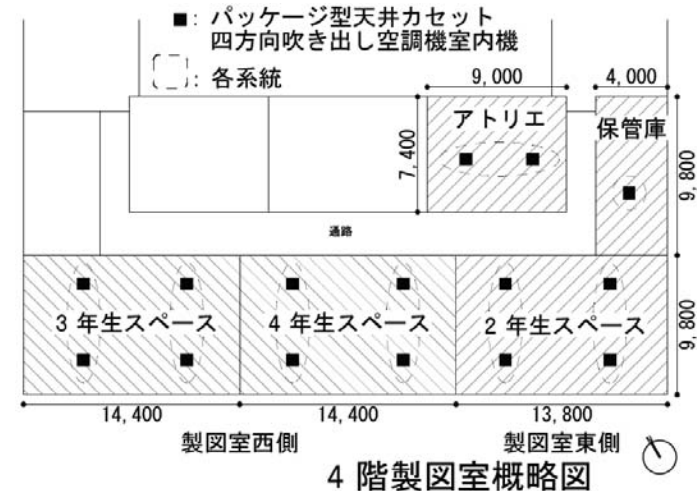


- 制御量に応じて電力が削減されている
- 30°Cでは、「15%制御」は5%、「30%制御」は15%程度の削減

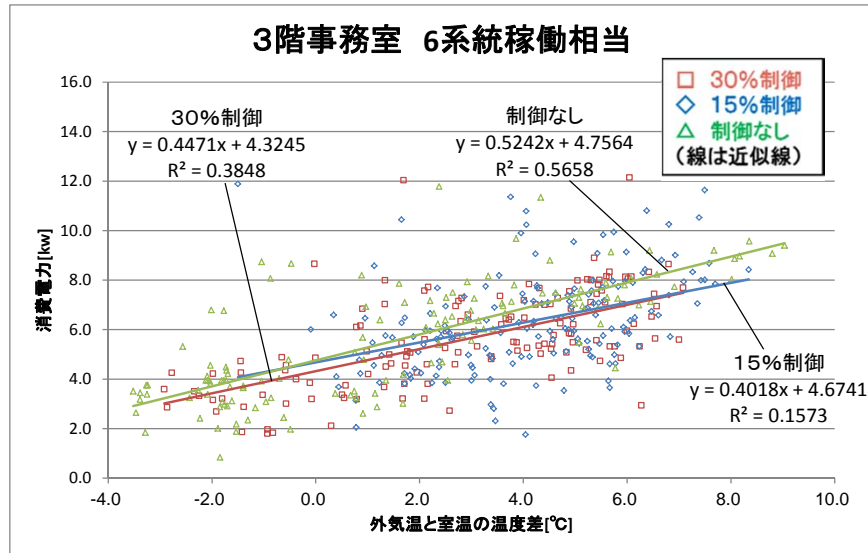
3.2.1.消費電力と外気温



- 西側では、「15%制御」は「制御なし」より消費電力が多い
- 東側では、「30%制御」は電力の削減につながっている



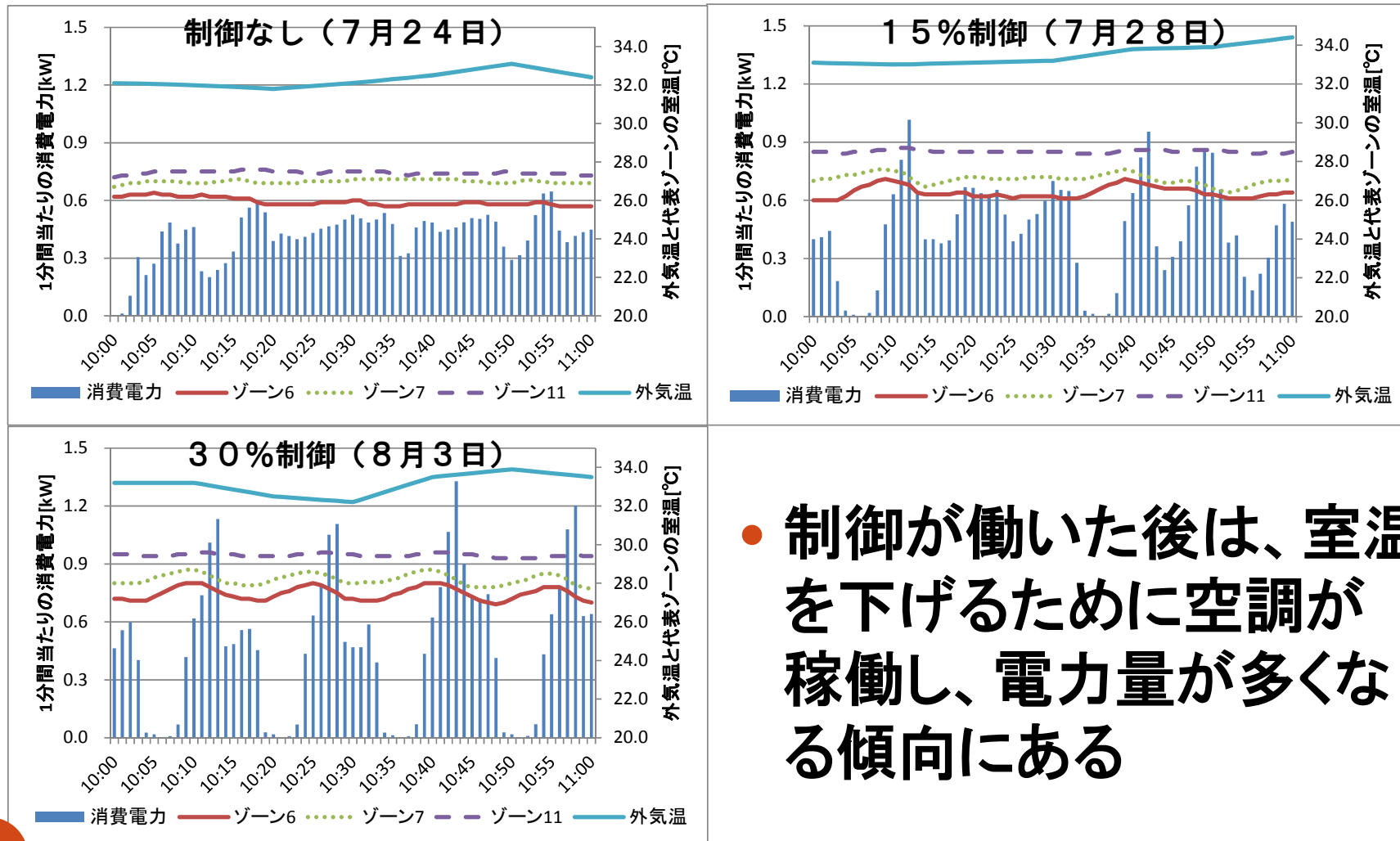
3.2.2.消費電力と室内外温度差



※室内外温度差＝外気温－室温計測値

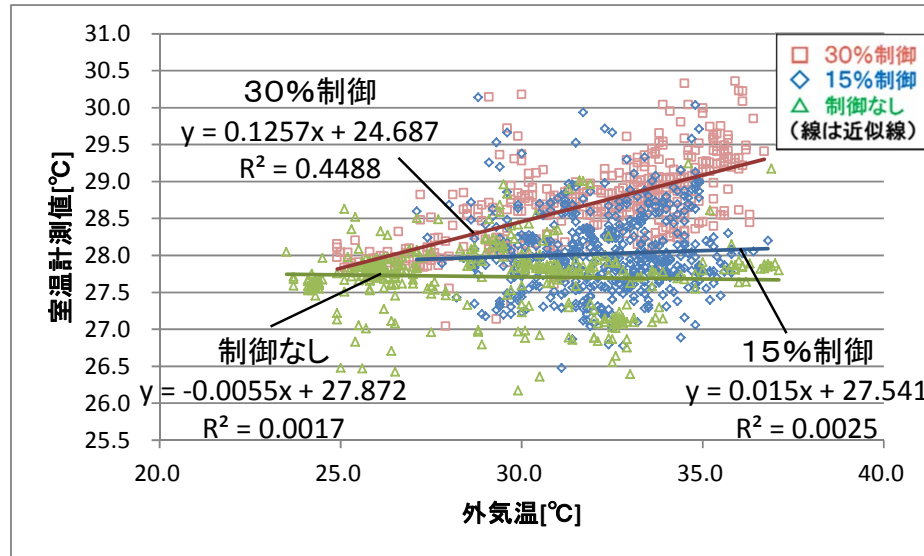
- 室内外温度差4°Cでは「制御なし」と比べて、「15%制御」では約8%、「30%制御」では約11%の削減
- 温度差8°Cでは、2制御ともおおよそ12%の電力削減効果

3.2.3.消費電力と室温の変動



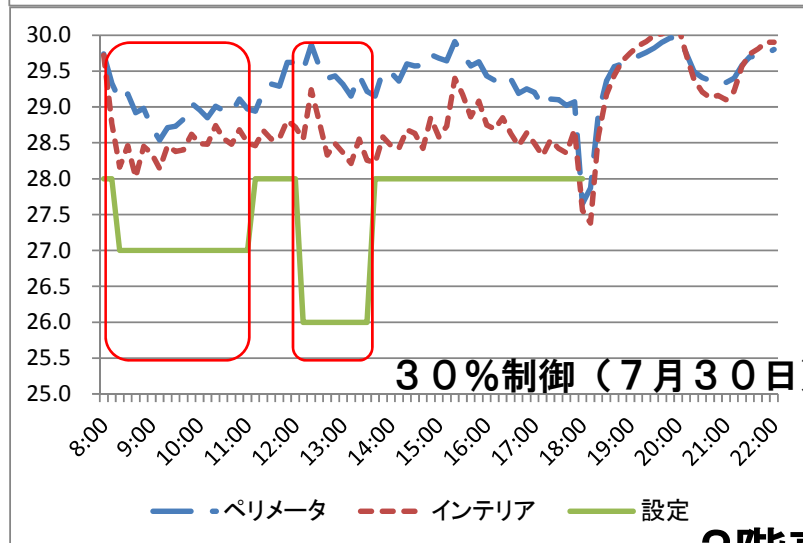
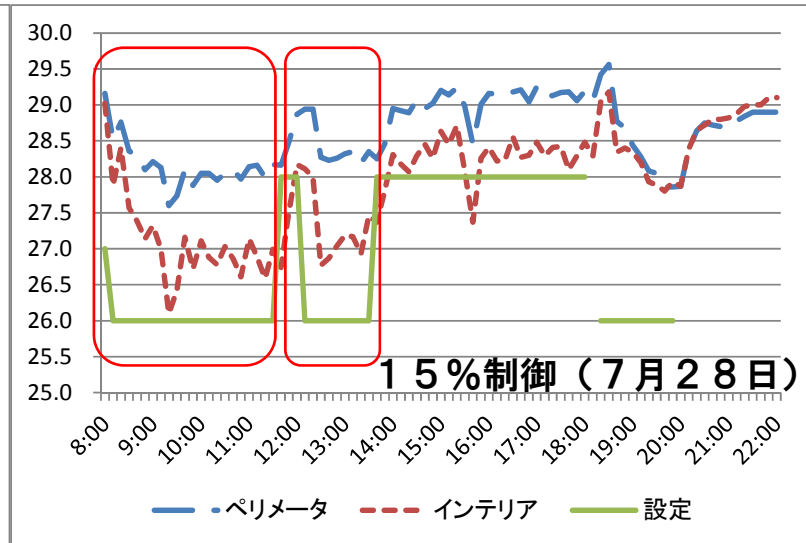
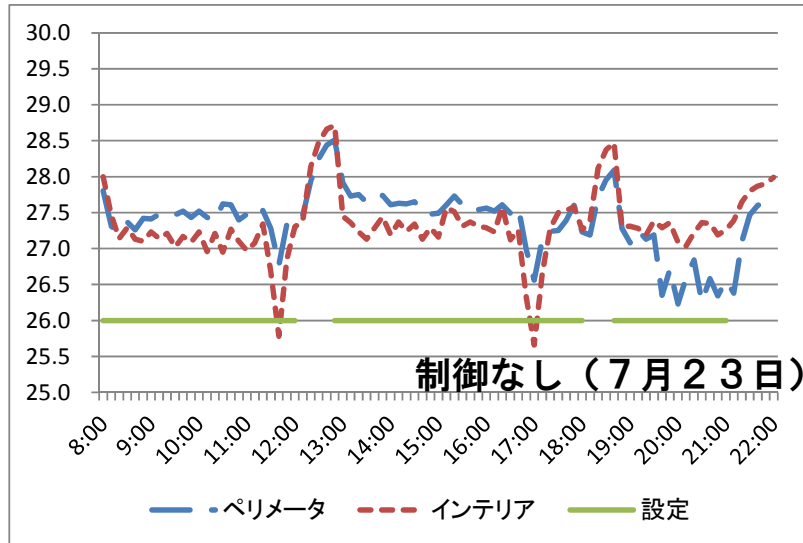
- **制御が働いた後は、室温を下げるために空調が稼働し、電力量が多くなる傾向にある**

3.2.4.各制御と室内外温度の関係



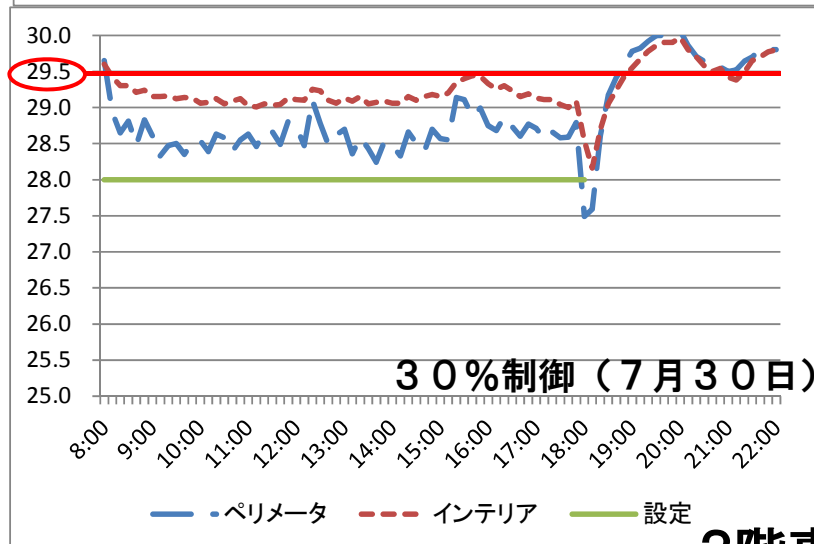
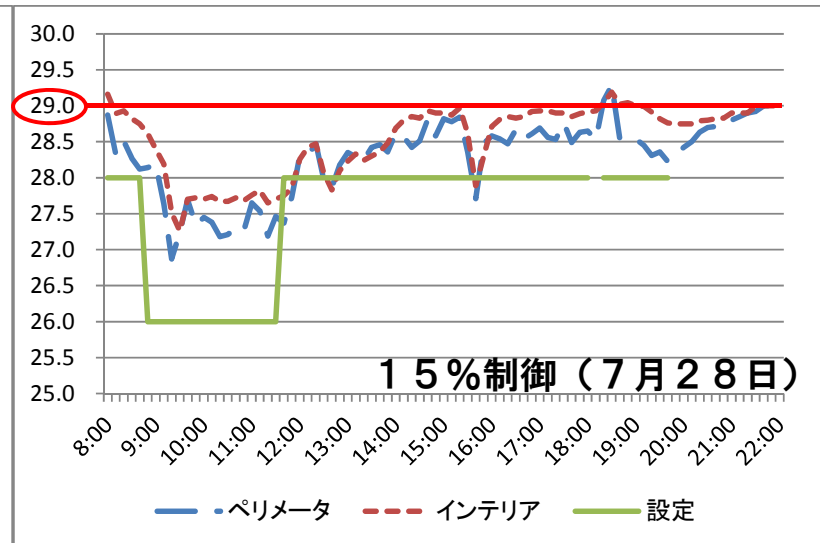
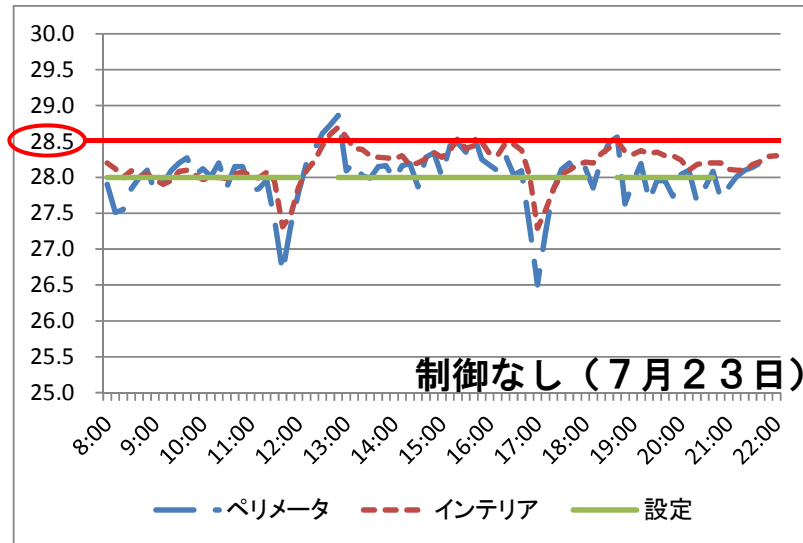
- 「30%制御」時の室温は、他の2制御に比べて外気温の影響を大きく受けている
- 「15%制御」の室温は外気温に関わらず約28°Cであり、「制御なし」に比べてやや高い室温を維持している

3.2.5.室温計測値の変動（ゾーン2）



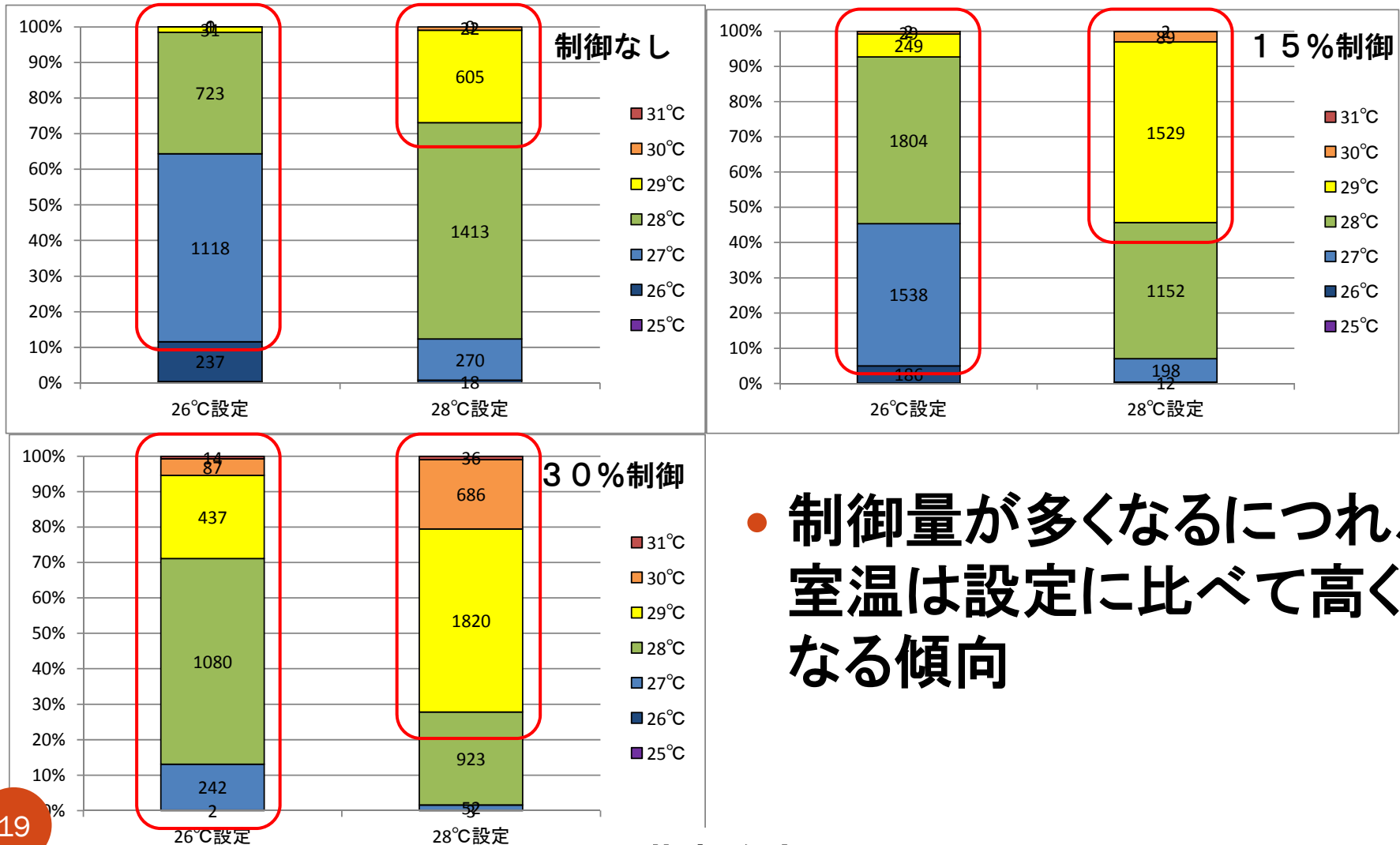
- 「15%制御」では設定温度の変化に室温が追隨している
- 「30%制御」では設定温度の変化に室温が追隨できていない

3.2.5.室温計測値の変動（ゾーン5）



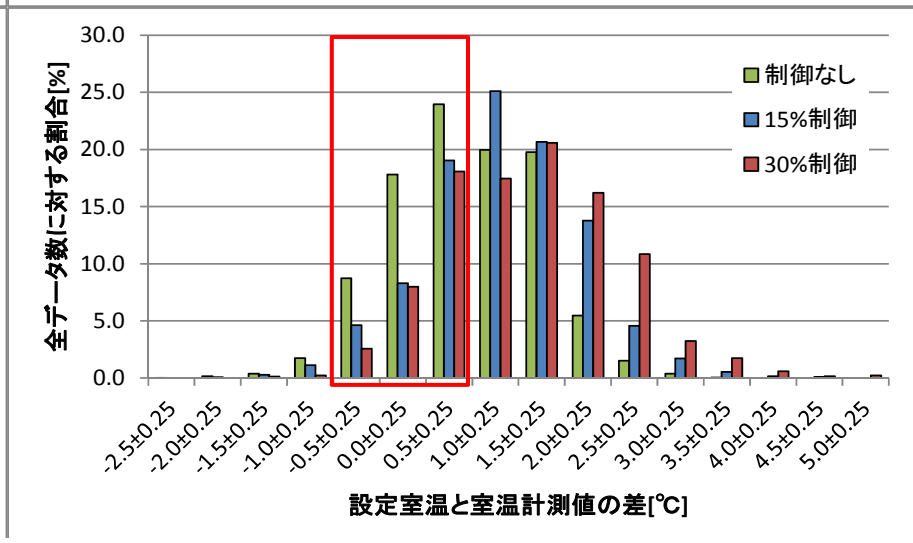
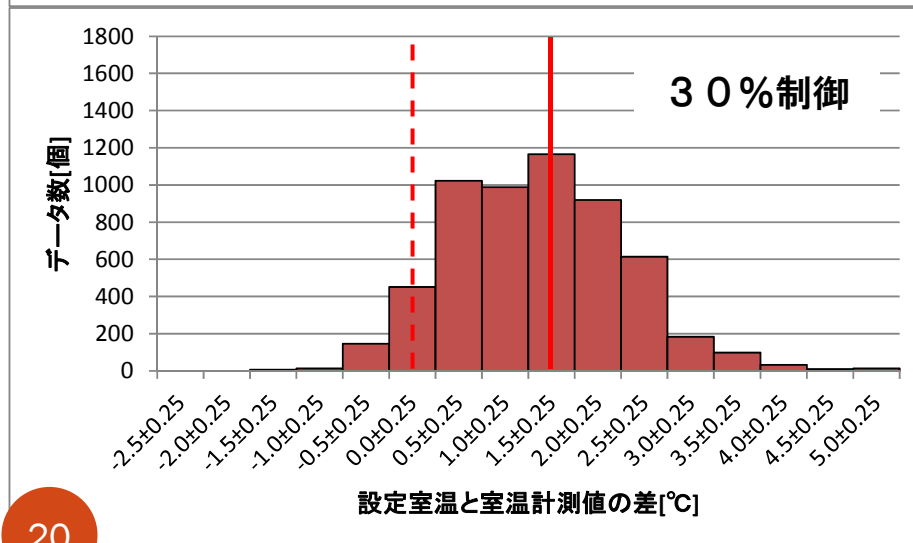
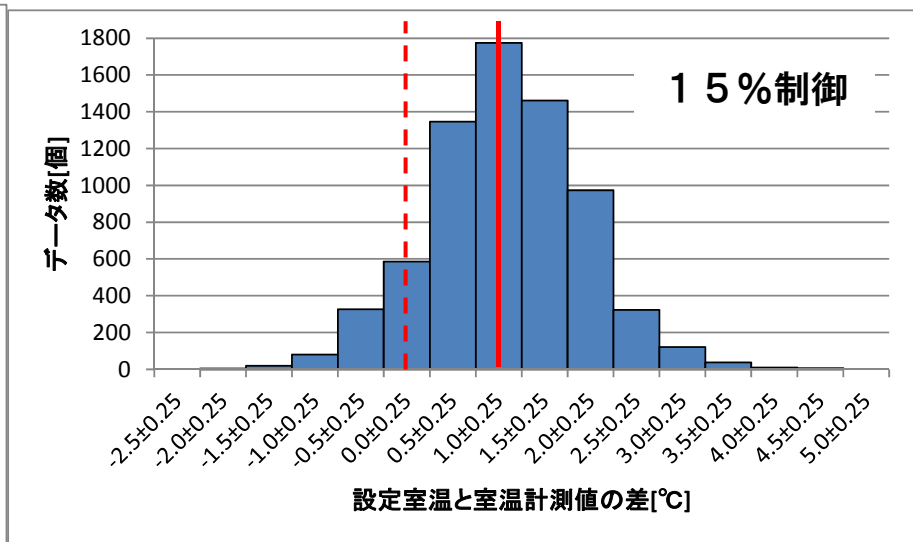
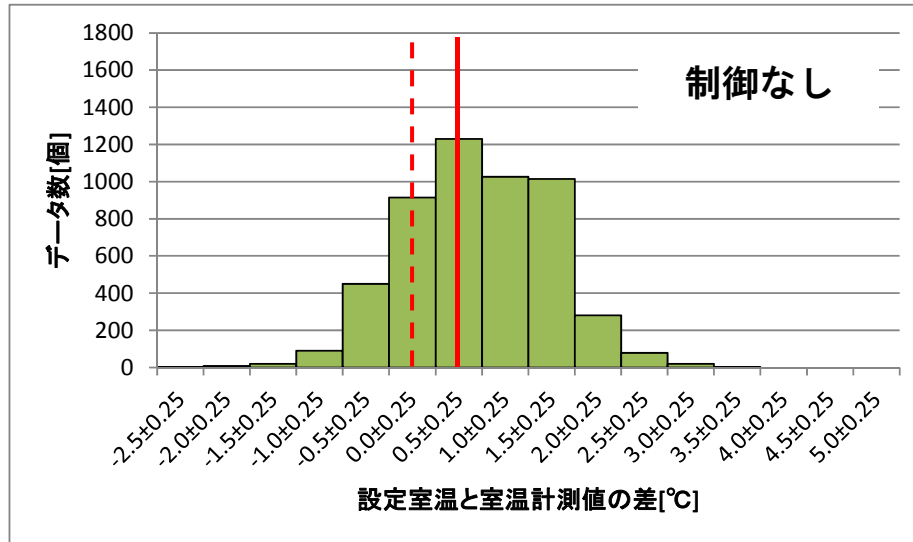
- 「制御なし」は28.5℃、
「15%制御」は29.0℃、
「30%制御」は29.5℃以下の
室温を維持し、制御量
が多くなるにつれて室温
も高い傾向

3.2.6.設定温度と室温計測値の割合

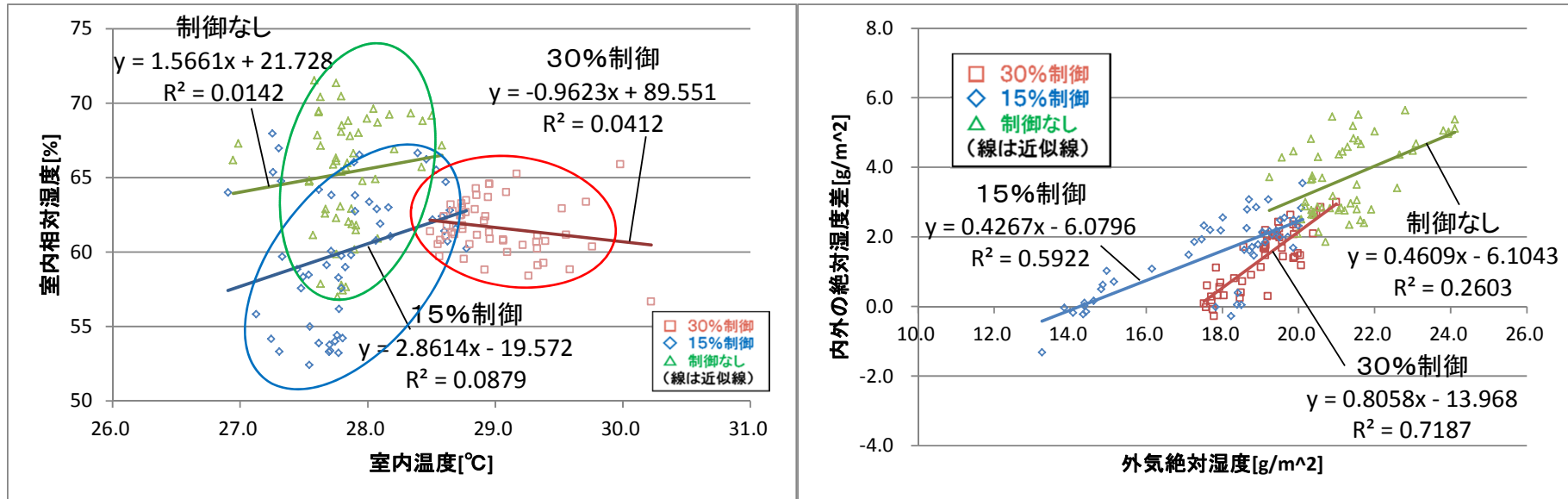


- 制御量が多くなるにつれ、室温は設定に比べて高くなる傾向

3.2.7.設定温度と室温計測値の温度差



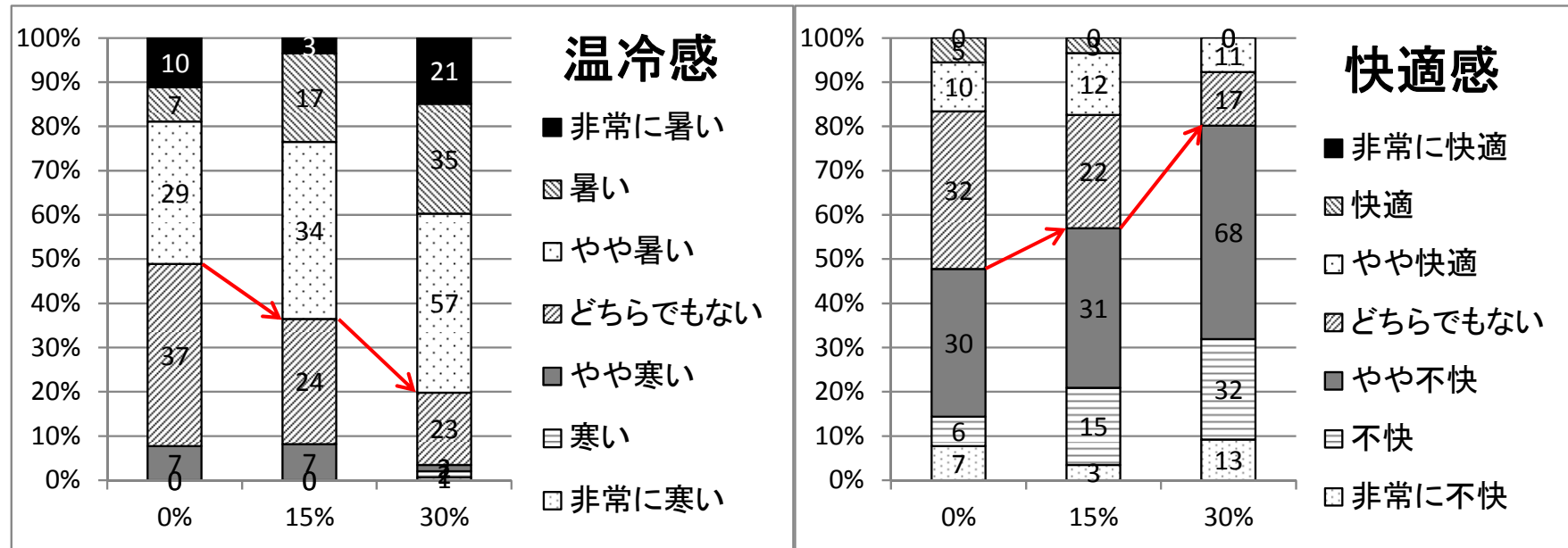
3.2.8.室内湿度計測値の分布



※絶対湿度差=外気の絶対湿度－室内の絶対湿度

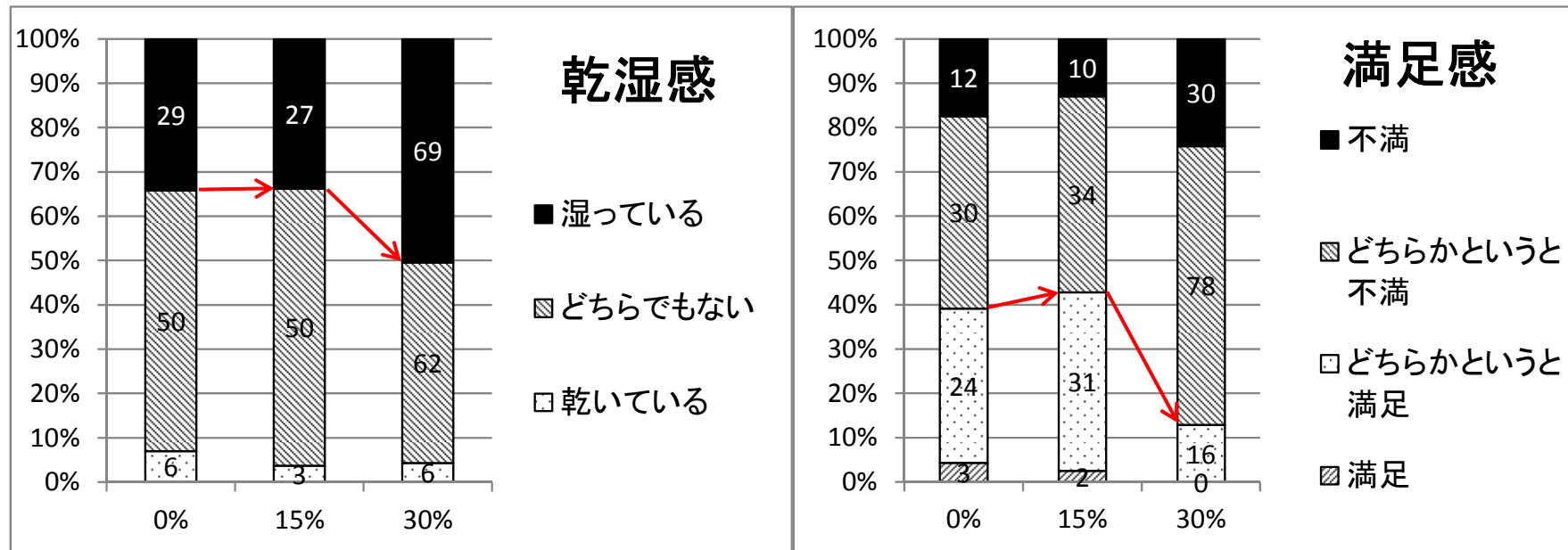
- 事務室内の相対湿度は、
 - 天気の良い日が多かった「15%制御」では低く、
 - 雨や曇りの日が多かった「制御なし」では高い
- 制御量が多いほど室内の絶対湿度は高く、室内外湿度差は小さくなり、除湿性能が低くなっている

3.2.9.心理申告



- 温冷感の暑い側、快適感の不快側の申告は、制御量が多くなるにつれて多くなっている

3.2.9.心理申告



- 乾湿感の「湿っている」と満足感の不満側申告
 - 「制御なし」と「15%制御」の間に大きな差はない
 - 「30%制御」は他の2制御に比べて「湿っている」や不満側が多い

4.まとめ

	消費電力	室温	湿度	心理申告
冬期計測	「15%」では7℃、 「30%」では9℃で 「なし」とほぼ 差がなくなる	日中では、 「なし」よりも 「15%」「30%」は 寒い傾向	X	寒い、不快は なし<30%<15% 快適は なし≒15%>30%
夏期計測	29℃以上では 「15%」「30%」とも 電力削減が可能	「30%」では 外気温によって 室温に影響	絶対湿度は なし<15%<30%	暑い、不快は なし<15%<30% 湿っている、不満は なし≒15%<30%

- 冬期：外気温が低いときに用いれば効果が期待できる
- 夏期：制御を行うとしても「15%制御」を用いるべき
- 当システムは、事務室のように一日を通して負荷がある場にクールビズ・ウォームビズと組み合わせることで、電力削減の手段として有効である

ご清聴、ありがとうございました。

名古屋大学エネルギーマネジメント研究・検討会
平成27年度 エネルギーに関する文理融合研究合同成果報告会
第11回 名大発－省エネ推進と地球温暖化防止

個別分散空調の更なる省エネ運用対策への試み

個別分散空調の新制御による 省エネルギー効果の検証

2016年3月16日

名古屋大学

澤村 茂貴

田中 英紀

奥宮 正哉

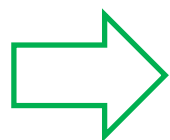
- ・ 近年、個別分散空調（ビル用マルチ）システムの採用が増加

メリット：室利用者が個別に発停・室温設定が可能(ユーザーの自由度の高さ)

→空調の使い方によっては無駄なエネルギー消費が発生する可能性

- ・ 大学施設には幅広い建物利用形態が存在

- ・ 用途（講義室・事務室・実験室など）
- ・ 空調使用時間帯（24時間利用、平日のみ利用など）



**大学施設における省エネルギー対策は
社会全体に適用可能**

個別分散空調の省エネルギーに関する取り組み（現状）

- ・ 高効率機器の採用
- ・ 機器の容量設計法の見直し
- ・ 中央制御による設定温度管理・消し忘れ防止機能

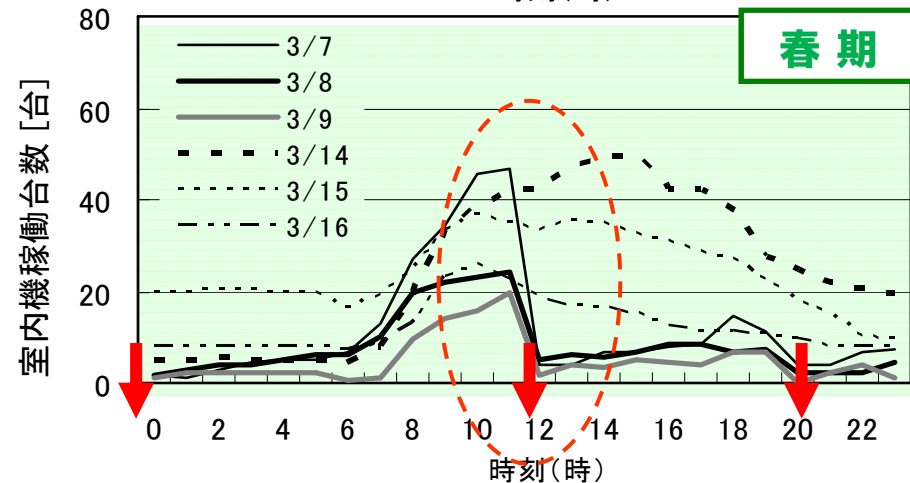
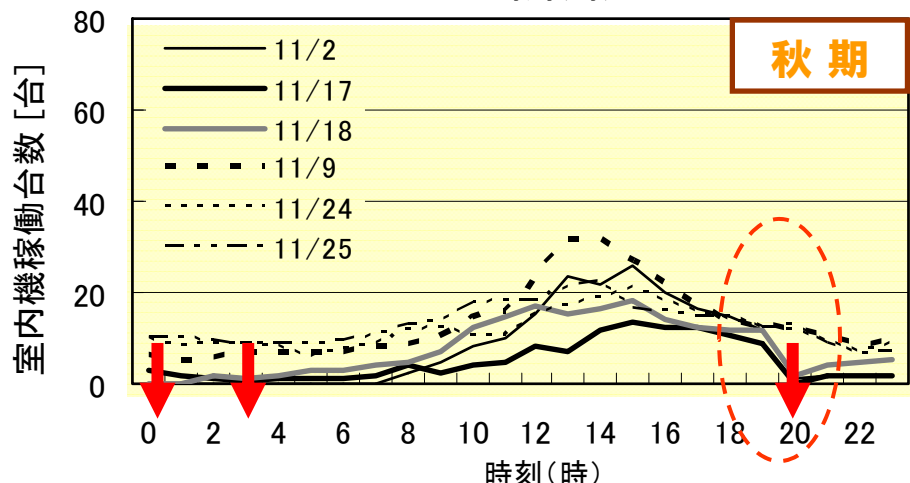
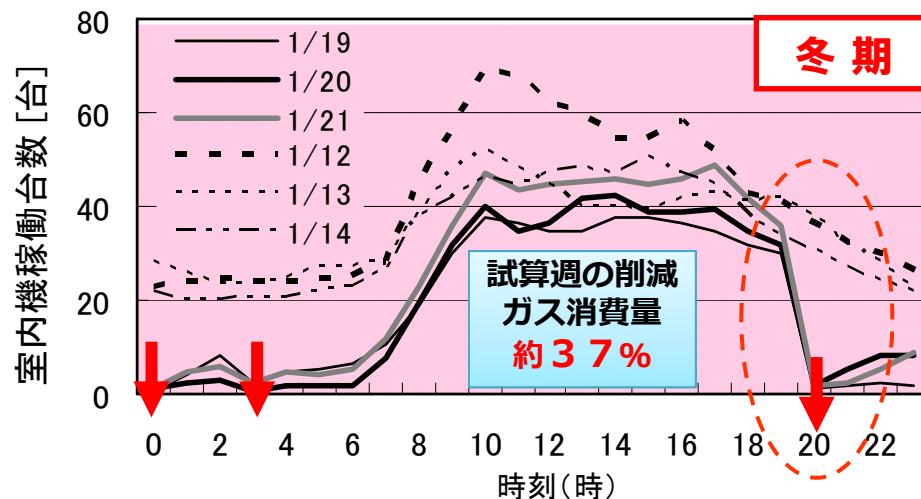
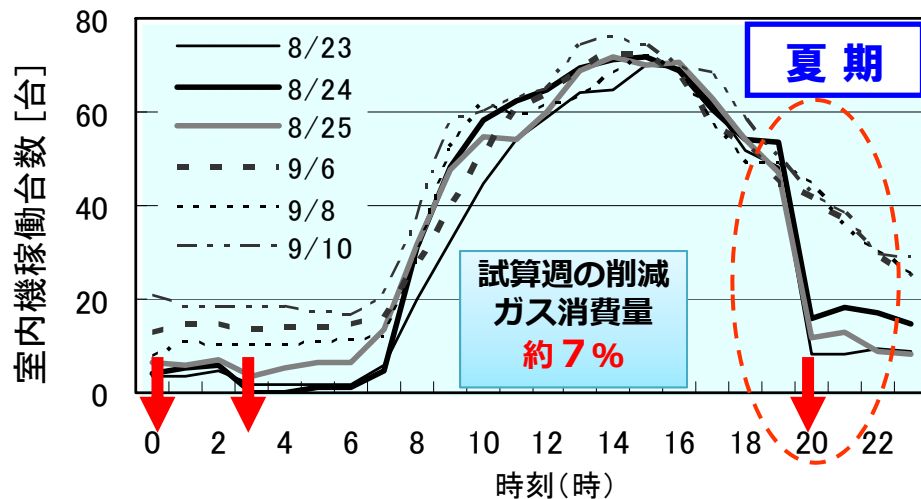
 **名古屋大学 東山キャンパス全体にて既に展開**

個別分散空調の省エネ対策 (例：消し忘れ防止機能)

工学系研究棟での実証結果をもとに、
2010年より東山キャンパス全体に展開

<一斉停止制御時間>

夏・秋・冬期 → 0時, 3時, 20時
春期 → 0時, 12時, 20時



(出典)H17年度エネルギー・マネジメント研究・検討会 成果報告会書 より

個別分散空調の省エネルギーに関する取り組み（現状）

- ・ 高効率機器の採用
- ・ 機器の容量設計法の見直し
- ・ 中央制御による設定温度管理・消し忘れ防止機能

➡ **名古屋大学 東山キャンパス全体にて既に展開**

+

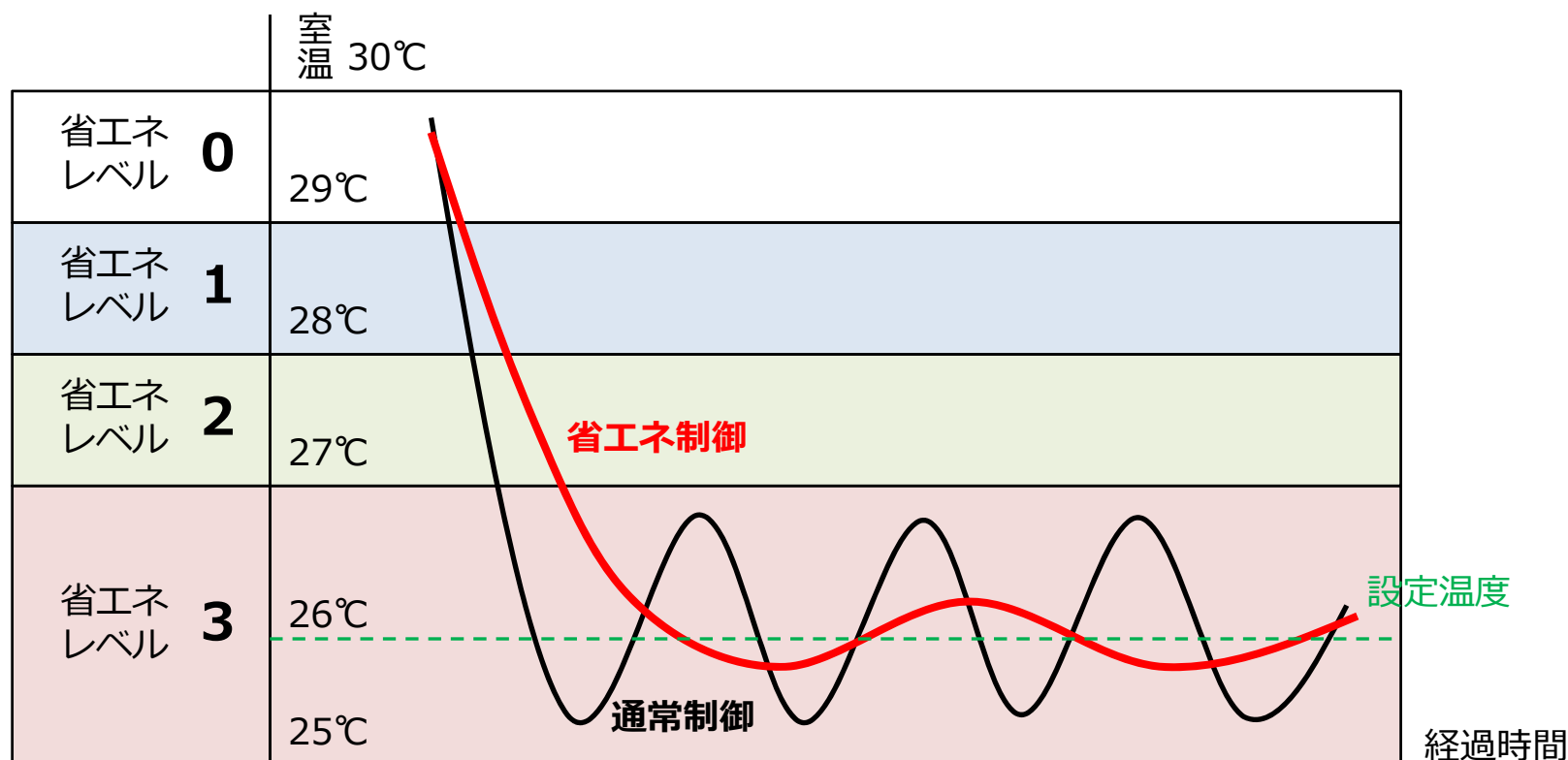
次なる個別分散空調の省エネ対策
→ **新省エネ制御オプション**

- ・ **新省エネ制御**：室温に応じて機器の運転レベルを制限しながら運転

通常制御：室内を急速に冷やした後、ON/OFF運転

新省エネ制御：コンプレッサー能力抑制、蒸発・凝縮温度抑制などを行いながら運転

→名古屋大学内の3用途の建物を対象に、制御の有無による効果検証



空調運転開始後の室温変動イメージ図（冷房時）

- ・新省エネ制御設定：「弱」「強」の2パターン

制御「強」

制御「弱」

制御「強」		制御「弱」			
室温	通常運転	室温	通常運転	冷房時	
30℃	省エネレベル：低				
29℃	省エネレベル：中	28℃	省エネレベル：低		
28℃	省エネレベル：高	27℃	省エネレベル：中		
⋮		26℃	省エネレベル：高		
⋮		⋮			
⋮	省エネレベル：高	22℃	省エネレベル：高	暖房時	
20℃		省エネレベル：中	21℃		省エネレベル：低
19℃		省エネレベル：低	20℃		通常運転
18℃		通常運転			

制御弱・強で機器の運転抑制開始温度が異なる

新省エネ制御オプション：**将来的に全学展開**

➡ 展開前に3用途の建物の全GHPを対象に導入し、効果検証
(東邦ガスとの共同研究)



教育系建物



建築面積：559m² 延床面積：1676m²

対象 室外機	定格 冷房能力	定格 暖房能力	定格時 冷房COP	定格時 暖房COP	接続 室内機台数
3系統 (A社製)	56.0kW	63.0kW	1.43	1.48	12台
	56.0kW	63.0kW	1.43	1.48	13台
	71.0kW	80.0kW	1.18	1.50	12台

事務系建物



建築面積：612m² 延床面積：1306m²

対象 室外機	定格 冷房能力	定格 暖房能力	定格時 冷房COP	定格時 暖房COP	接続 室内機台数
1系統 (A社製)	45.0kW	50.0kW	1.52	1.53	12台
	45.0kW	50.0kW	1.52	1.53	

※連結型マルチ室外機

研究系建物



建築面積：2113m² 延床面積：8629m²

対象 室外機	定格 冷房能力	定格 暖房能力	定格時 冷房COP	定格時 暖房COP	接続 室内機台数
1系統 (B社製)	71.0kW	80.0kW	1.18	1.38	19台
	71.0kW	80.0kW	1.18	1.38	

※連結型マルチ室外機

空調運用状態を揃えてのGHP運転実験（2015年度） 10

夏期・冬期における省エネ制御の基本挙動を明らかにするため、全学教育棟において、**人がいない状態で全室空調運転**を行い、GHPの省エネ制御有無による効果を比較した

空調運転実験条件

対象期間：2015年度夏期（6日間）

2015年度冬期（7日間）

空調運転時間：9：00～17：00

設定室温湿度：冷房時 室温 26℃

暖房時 室温 20℃

内機設定風量：強風

設定換気モード：全熱換気

測定項目（15分平均データ）

- ・ 室外機ガス消費量
- ・ 吸込温度（室内機・室外機）
- ・ 室内機吹出温度
- ・ 設定温度
- ・ サーモON時間
- ・ リモコンON時間
- ・ 設定温度
- ・ エンジン発停回数
- ・ 室温（一部の室）

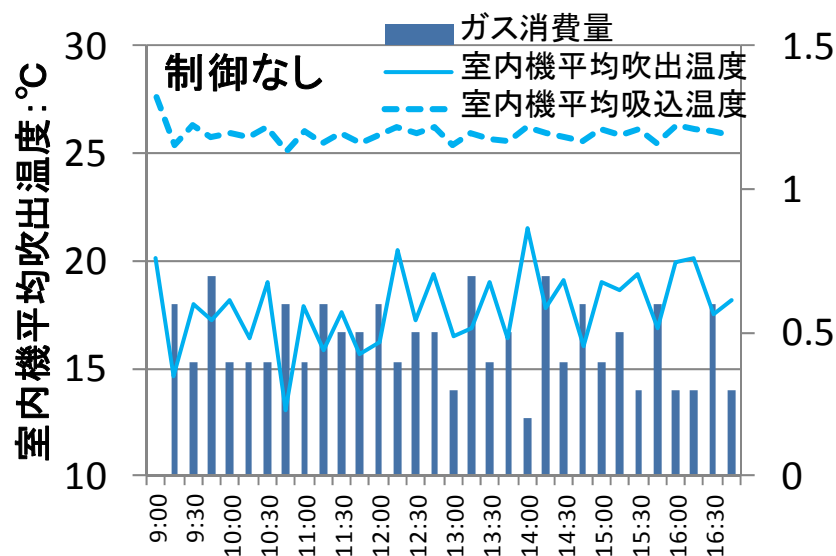
対象期間中に制御の「あり」「なし」の切替を行い、
外気条件類似日同士で比較

空調運用状態を揃えてのGHP運転実験（2015年度） 11

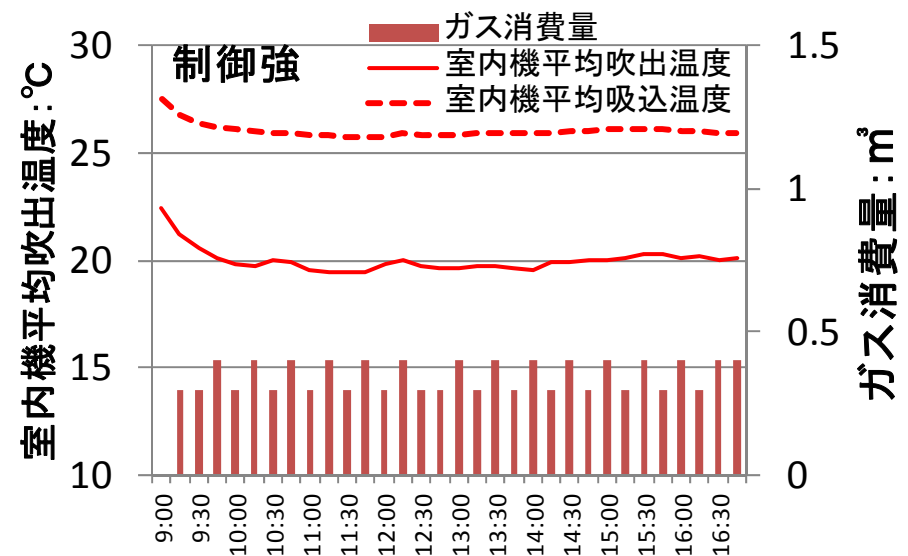
・ 2015年度夏期結果（「制御なし8/19」と「制御あり8/18」）

2015年度夏期 各制御代表日の運転データまとめ（教育系建物 1階系統）

制御	ガス消費量	負荷率	定格COP比	室外機吸込温度	エンジン発停回数	室内機吸込温度	室内機吹出温度	室温	
								A14	A15
なし	14.6m ³	65%	86%	40.6℃	16回	25.9℃	17.8℃	25.2℃	25.0℃
あり	10.8m³	53%	129%	41.4℃	0回	26.0℃	20.0℃	24.8℃	24.8℃



時刻別ガス消費量と室内機挙動（制御なし）



時刻別ガス消費量と室内機挙動（制御強）

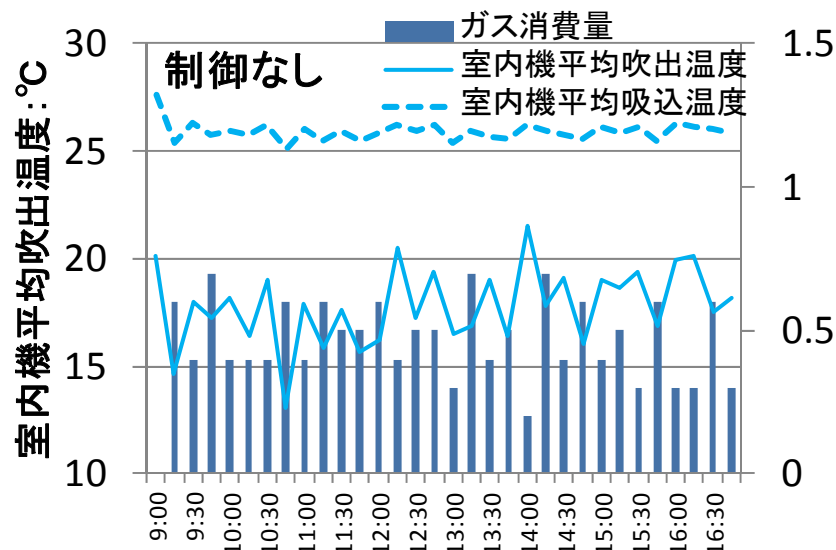
- 2015年度夏期結果（「制御なし8/19」と「制御あり8/18」）

制御あり：冷房運転時

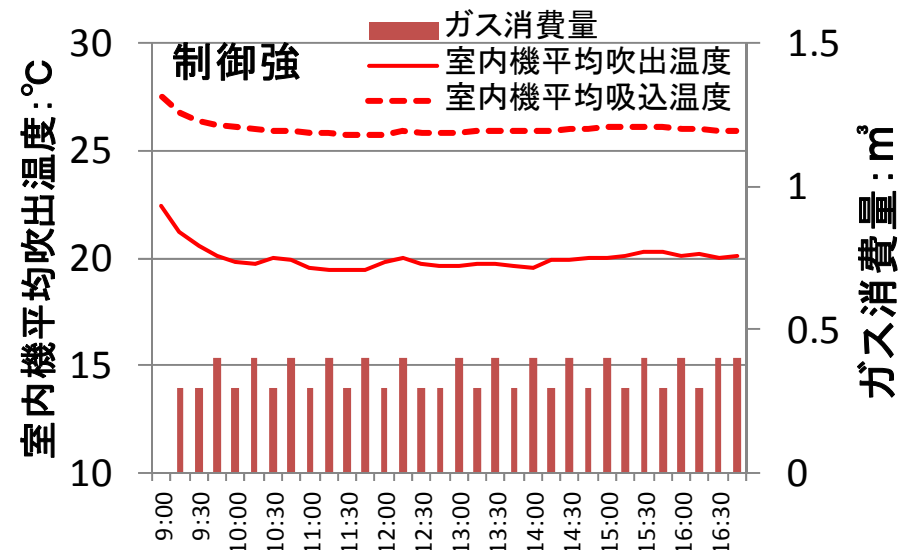
ガス消費量**26%**削減

通常制御時と同等レベルの室温を維持

- 室内機吹出温度レベルの緩和
- 室内機サーモON状態の維持によるエンジン発停の抑制
- 急激な冷媒冷却時のガス消費抑制



時刻別ガス消費量と室内機挙動（制御なし）

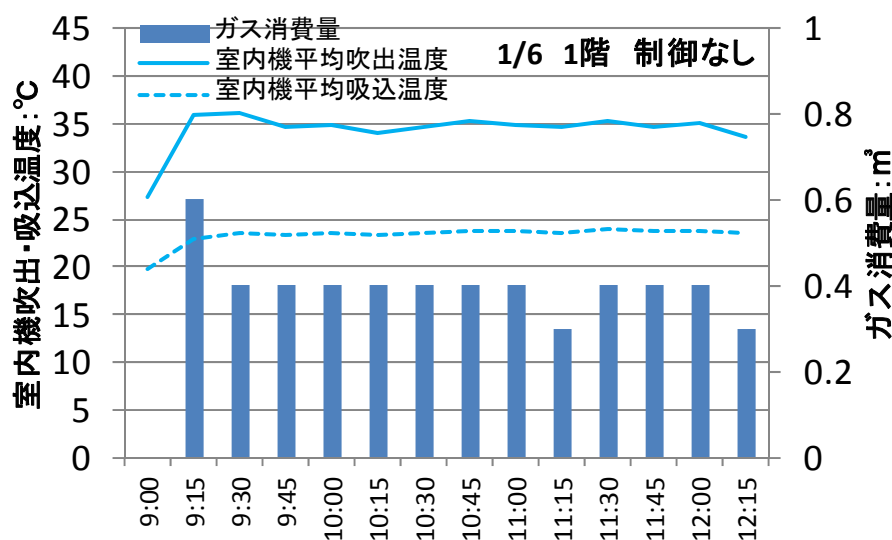


時刻別ガス消費量と室内機挙動（制御強）

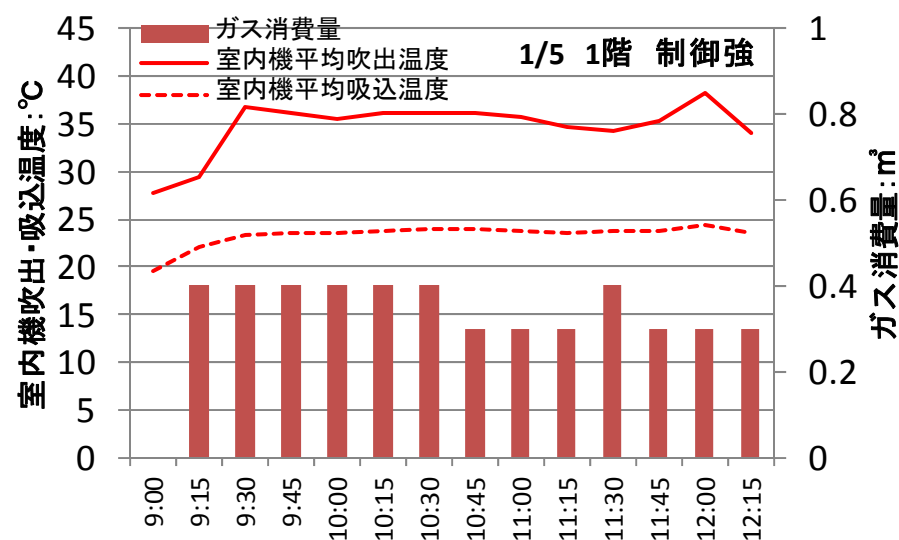
・ 2015年度冬期結果（「制御なし1/6」と「制御あり1/5」）

2015年度冬期 各制御代表日の運転データまとめ（教育系建物 1階系統）

制御	ガス消費量	負荷率	定格COP比	室外機吸込温度	エンジン発停回数	室内機吸込温度	室内機吹出温度	室温	
								A14	A15
なし	5.2m ³	59%	77%	10.8℃	13回	23.3℃	34.3℃	18.8℃	19.7℃
あり	4.6m ³	51%	79%	10.9℃	12回	23.3℃	34.7℃	18.5℃	19.6℃



時刻別ガス消費量と室内機挙動（制御なし）



時刻別ガス消費量と室内機挙動（制御あり）

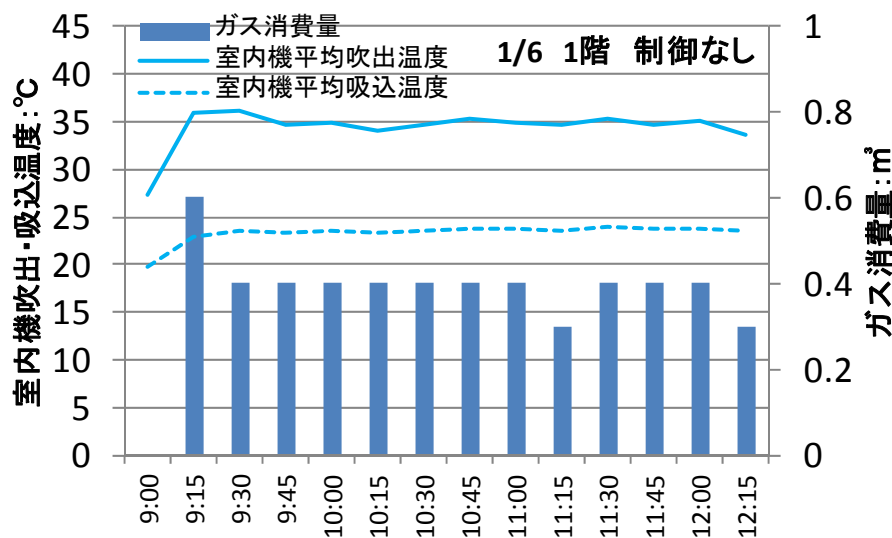
- 2015年度冬期結果（「制御なし1/6」と「制御あり1/5」）

制御あり：暖房運転時

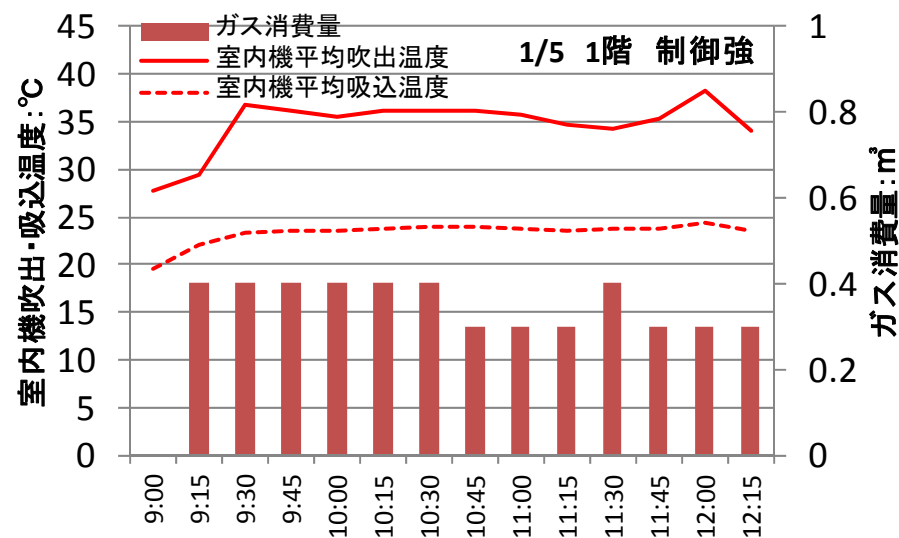
ガス消費量13%削減

通常制御時と同等レベルの室温を維持

- 空調運転開始時の圧縮機能力抑制によるガス消費抑制
- 室温安定時の能力抑制によるガス消費抑制



時刻別ガス消費量と室内機挙動（制御なし）



時刻別ガス消費量と室内機挙動（制御あり）

・ 条件類似日同士の比較（2014年度～2015年度）

実証期間のうち、制御設定「なし・弱・強」各制御日について

- ① 建物の内部状態
 - ② 外気温度の推移
- } が比較的類似した日を選定

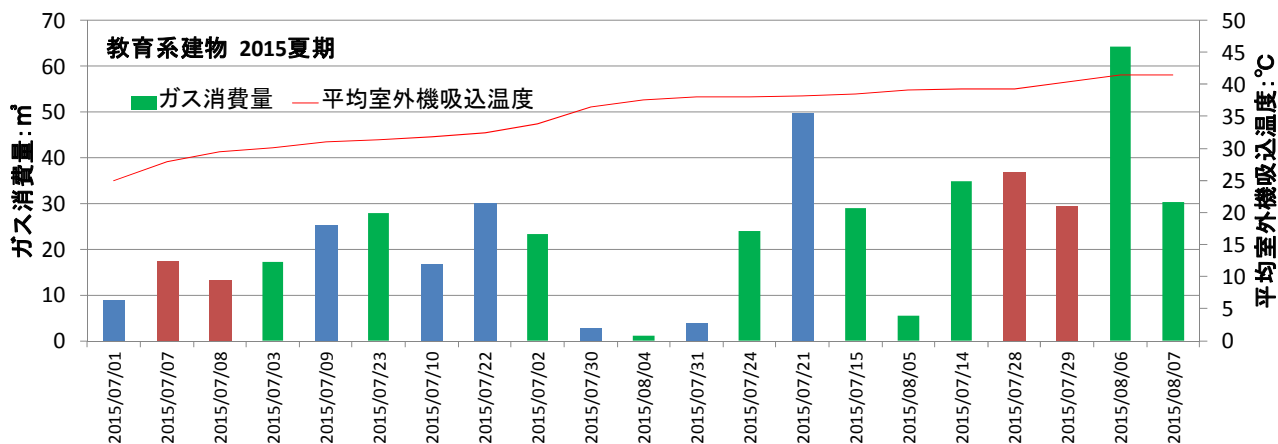
教育系建物	授業時間割が同一である 同じ曜日 で比較
事務系建物	運用状態は同じであると考え 平日同士（月曜日を除く） で比較
研究系建物	平日同士（月曜日を除く） で比較

※休日とその翌日である土・日・月は比較しない

・ ガス消費量 教育系建物（2015年度 夏期・冬期）

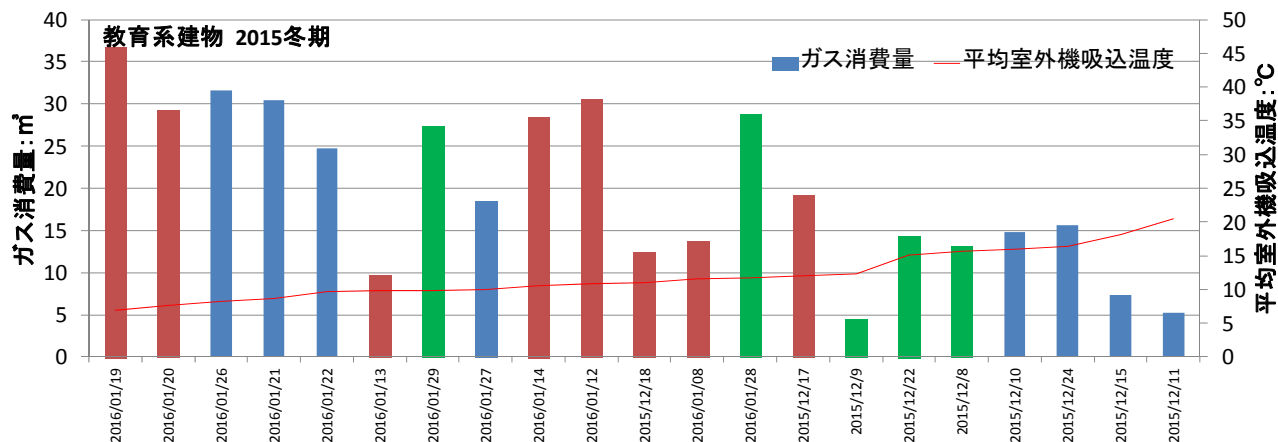
夏期

制御「なし」 7/21 (火)	49.6m³
制御「弱」 7/14 (火)	34.9m³
制御「強」 7/28 (火)	36.8m³



冬期

制御「なし」 1/27 (水)	18.4m³
制御「強」 1/13 (水)	9.7m³



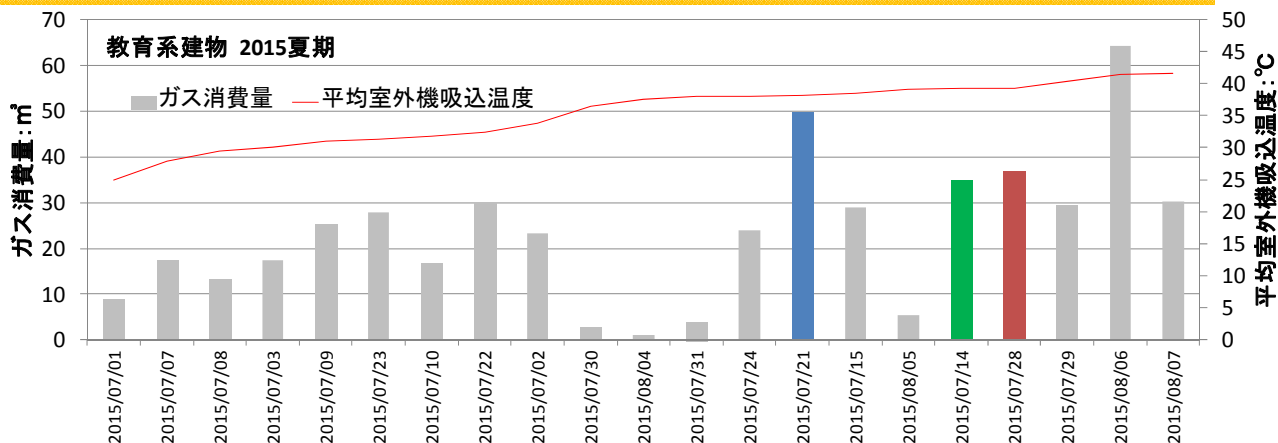
・ ガス消費量 教育系建物 （2015年度 夏期・冬期）

代表日におけるガス消費削減率

夏期：最大30% 冬期：最大47%

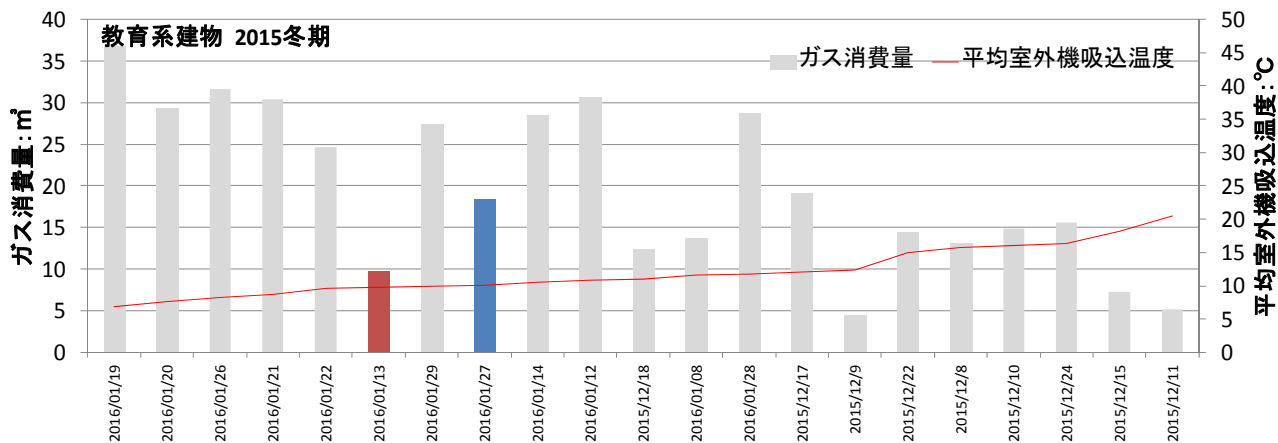
夏期

制御「なし」 7/21 (火)	49.6m³
制御「弱」 7/14 (火)	34.9m³
制御「強」 7/28 (火)	36.8m³



冬期

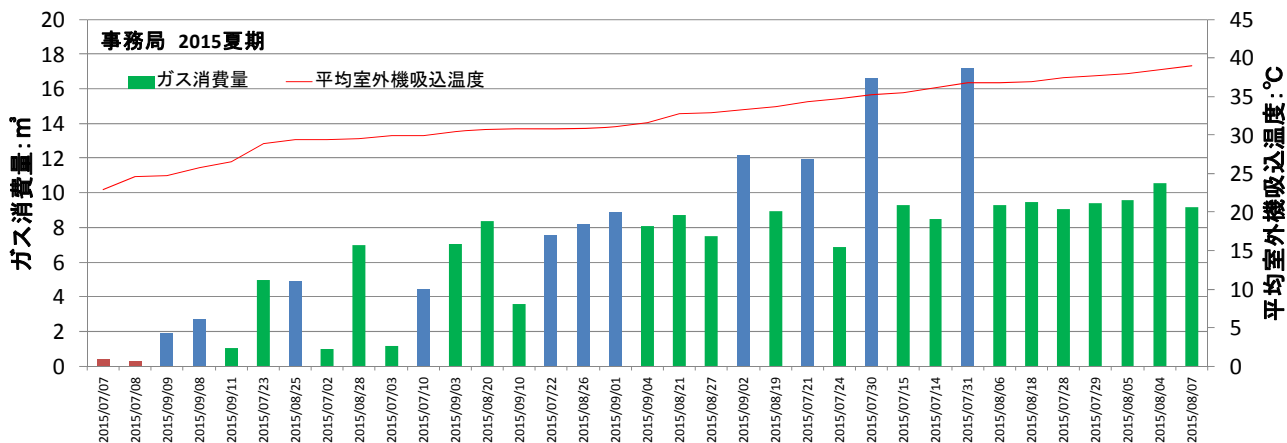
制御「なし」 1/27 (水)	18.4m³
制御「強」 1/13 (水)	9.7m³



・ ガス消費量 事務系建物（2015年度夏期・2014年度冬期）

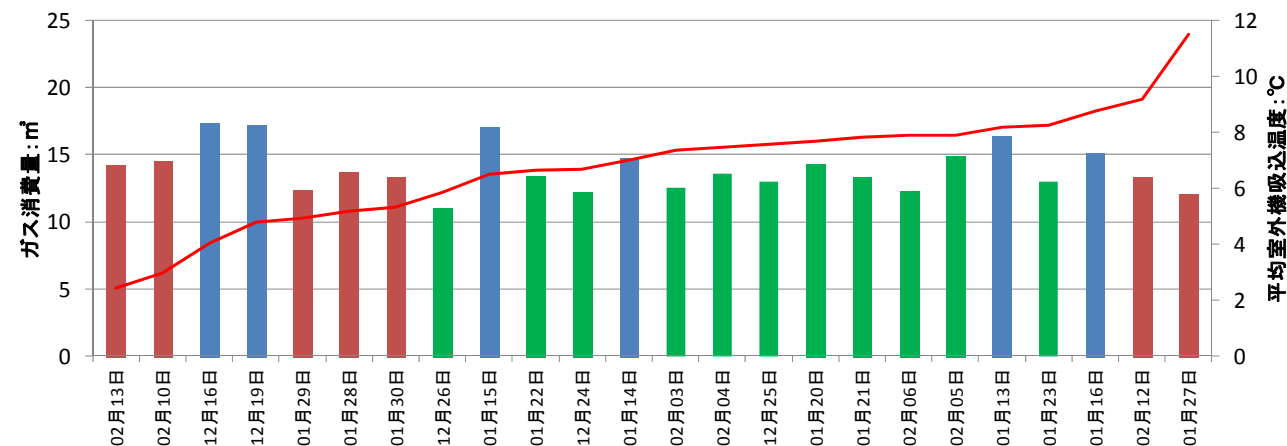
夏期

制御「なし」 7/31（金）	■	17.2m³
制御「弱」 7/28（火）	■	9.1m³



冬期

制御「なし」 1/15（木）	■	17.1m³
制御「弱」 1/26（木）	■	11.1m³
制御「強」 1/30（水）	■	13.3m³



・ ガス消費量 事務系建物（2015年度夏期・2014年度冬期）

代表日におけるガス消費削減率

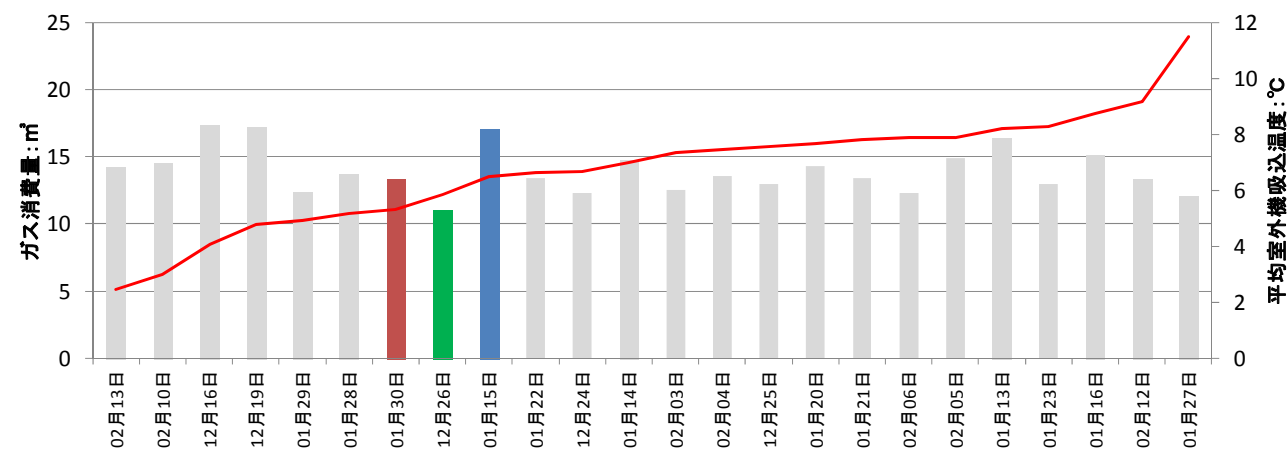
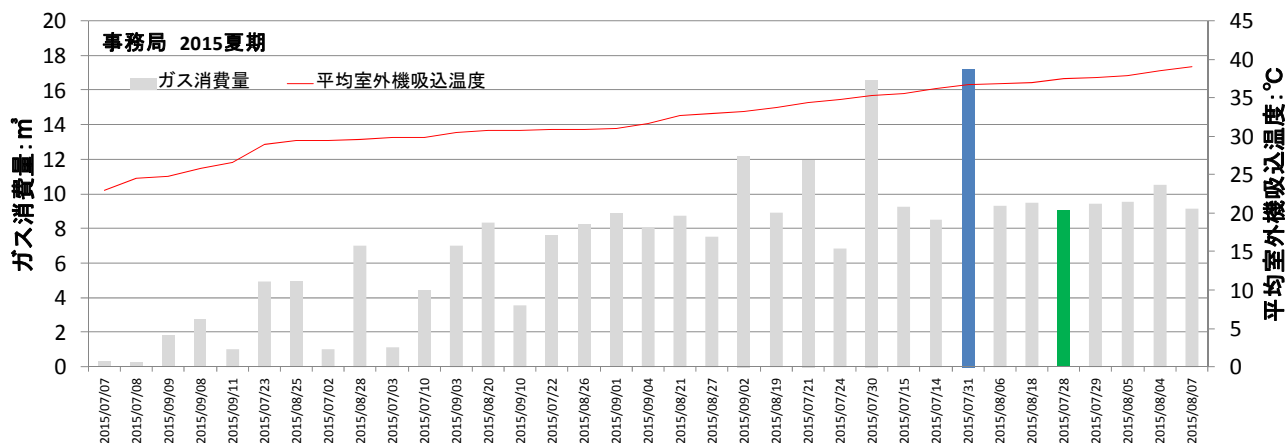
夏期：最大47% 冬期：最大36%

夏期

制御「なし」 7/31（金）	17.2m³
制御「弱」 7/28（火）	9.1m³

冬期

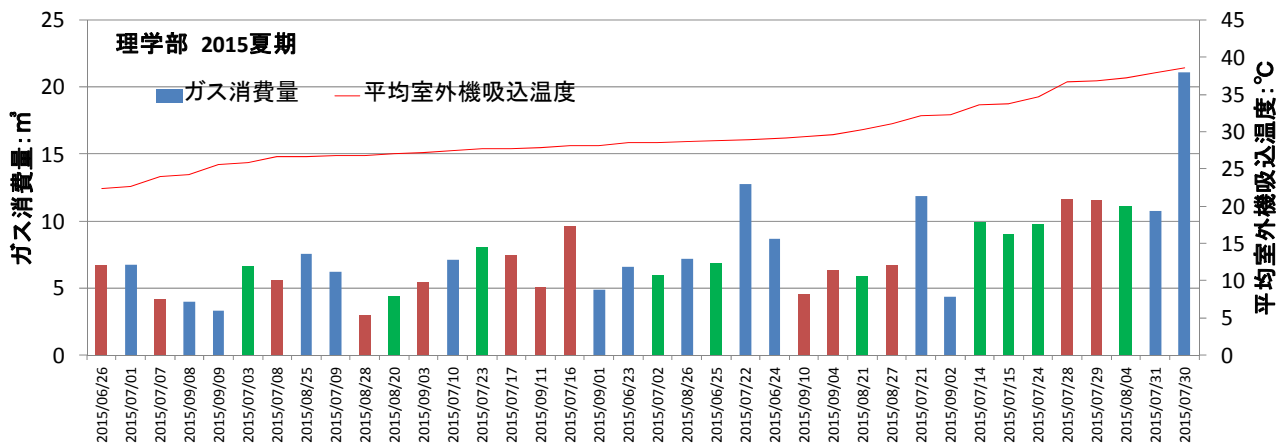
制御「なし」 1/15（木）	17.1m³
制御「弱」 1/26（木）	11.1m³
制御「強」 1/30（水）	13.3m³



・ ガス消費量 研究系建物 (2015年度 夏期・冬期)

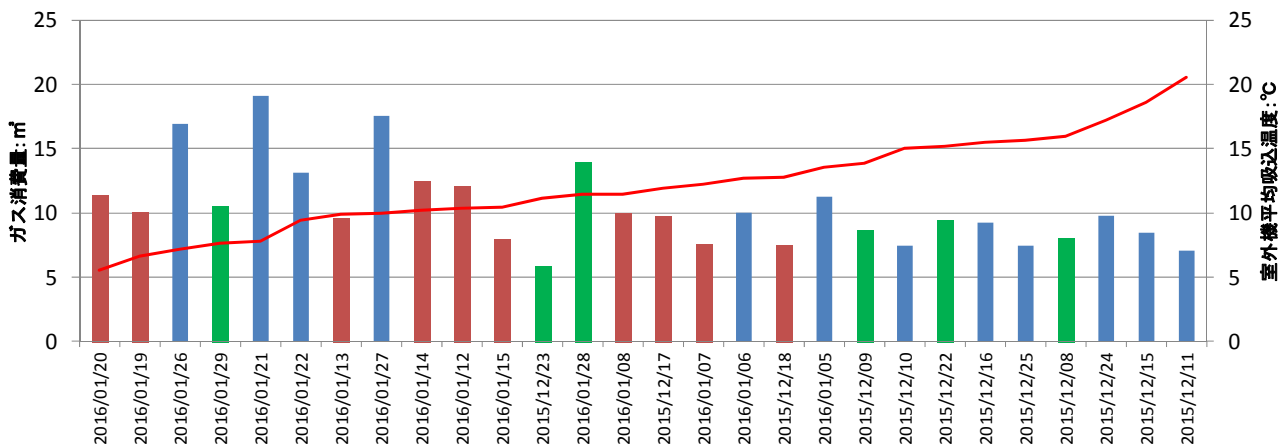
夏期

制御「なし」 7/21 (火)	11.8m³
制御「弱」 7/14 (火)	9.9m³
制御「強」 7/28 (火)	11.6m³



冬期

制御「なし」 1/22 (金)	13.1m³
制御「弱」 1/29 (金)	10.6m³
制御「強」 1/20 (水)	11.4m³



・ ガス消費量 研究系建物 (2015年度 夏期・冬期)

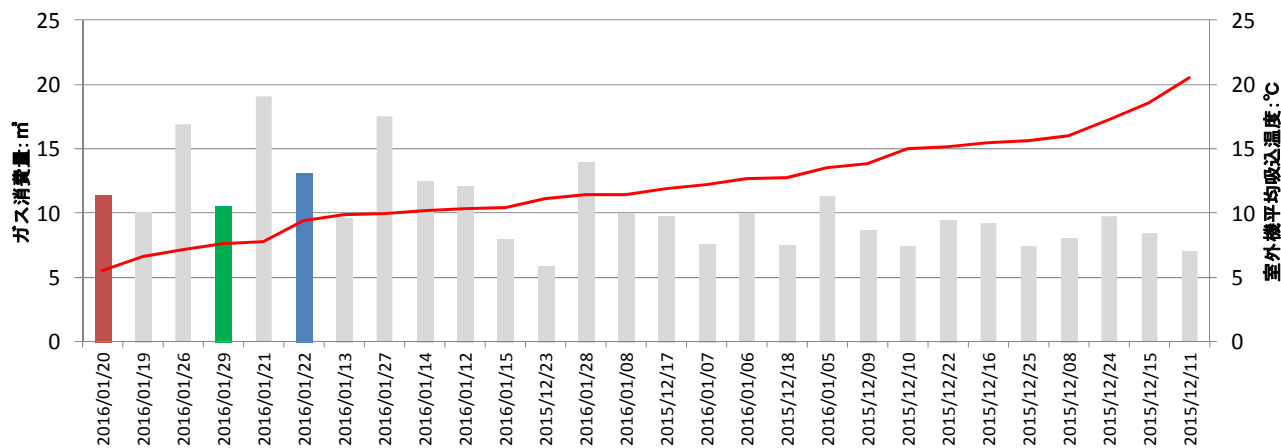
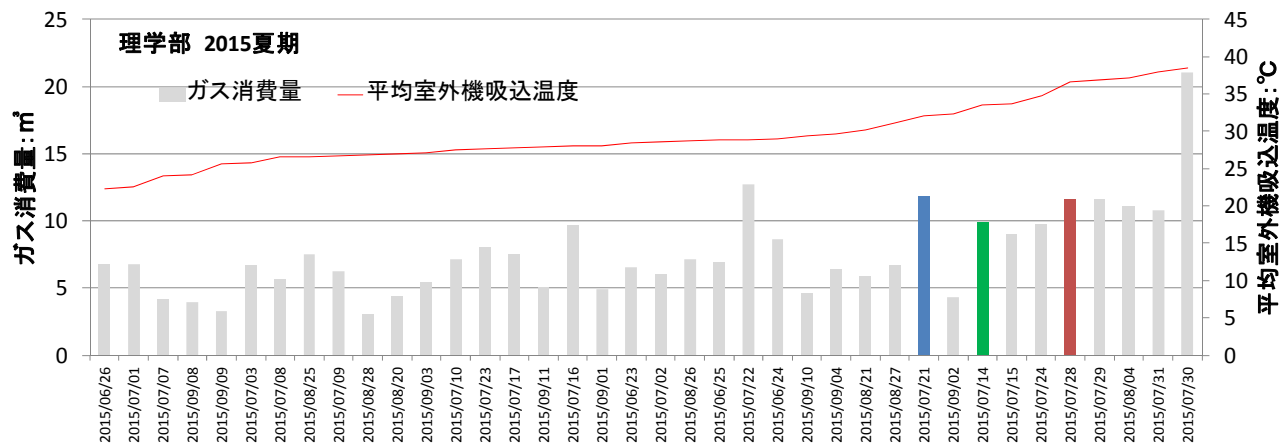
代表日におけるガス消費削減率
夏期：最大19% **冬期：最大36%**

夏期

制御「なし」 7/21 (火)	11.8m³
制御「弱」 7/14 (火)	9.9m³
制御「強」 7/28 (火)	11.6m³

冬期

制御「なし」 1/22 (金)	13.1m³
制御「弱」 1/29 (金)	10.6m³
制御「強」 1/20 (水)	11.4m³



**夏期・冬期ともに制御ごとの室温はほぼ同等であり、
快適性を維持している**

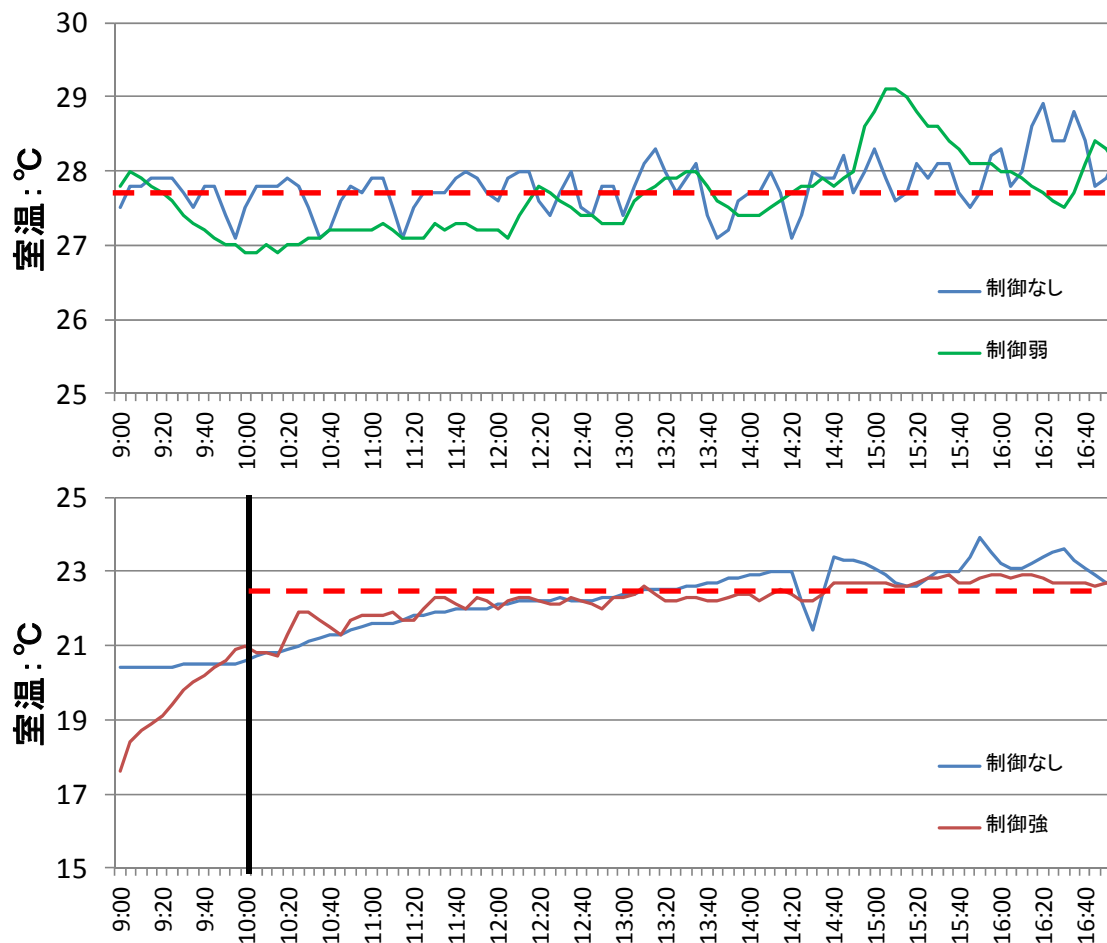
例：事務局本部棟 平均室温

夏期

制御「なし」 7/31（金）	■	27.8°C
制御「弱」 7/28（火）	■	27.6°C

冬期

制御「なし」 1/15（木）	■	22.4°C
制御「強」 1/30（水）	■	22.3°C



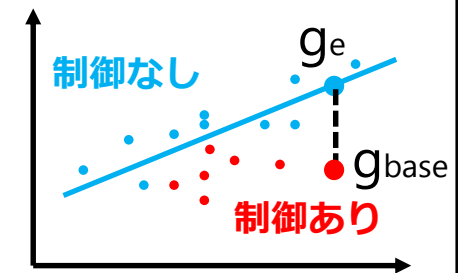
実運用期間における省エネ制御の性能評価（2015年度）

・ 空調実運用期間における省エネ制御の性能評価（2015年度）

3用途の建物について、夏期と冬期の特定期間中に省エネ制御の有無の切替を行い、実空調運転時における省エネルギー効果の算出を行った。

省エネ効果の算出方法

- 1) 室外機吸込温度とガス消費量の散布図を作成
- 2) 「制御なし」時のデータから回帰直線を作成（「制御なし」ベースライン）
- 3) 「制御あり」時のガス消費量と、「制御なし」ベースラインのガス消費量との比から省エネ率を算出



$$\text{省エネ率} = \frac{(g_{\text{base}} - g_e)}{g_{\text{base}}}$$

g_{base} : 「制御なし」ベースラインから算出したガス消費量
 g_e : 「制御あり」1プロットのガス消費量

評価期間

2014年度冬期（2014年12月～2015年2月）
 2015年度夏期（2015年6月～9月）

期間中の制御設定は3パターン
 「制御なし」 「制御弱」 「制御強」

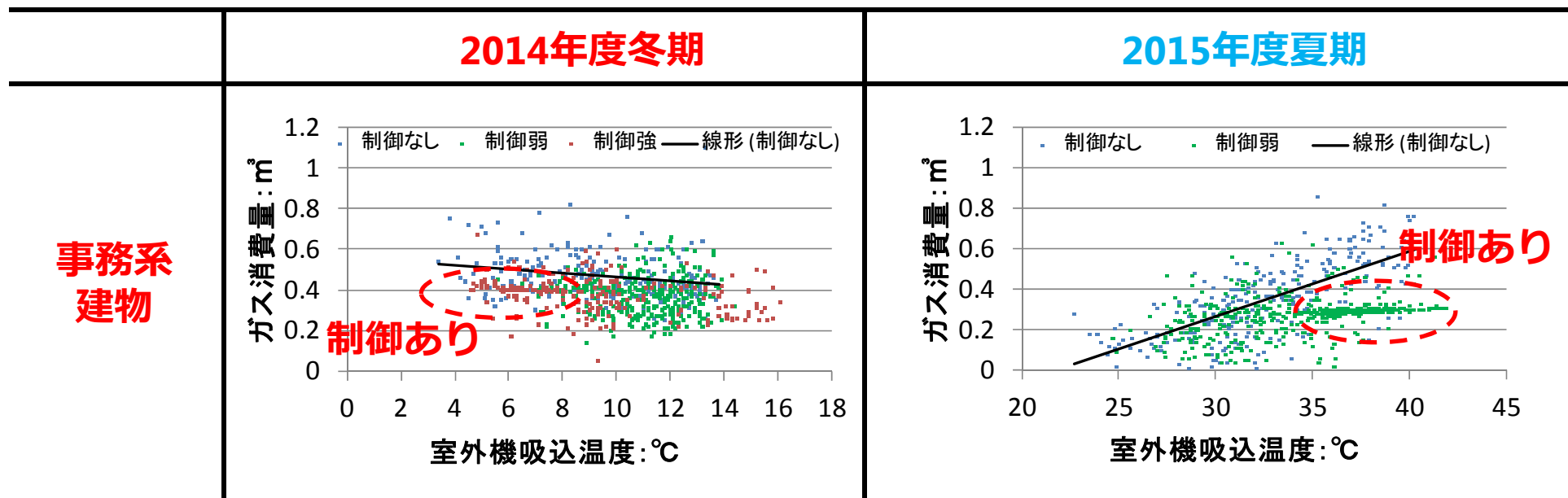
実運用期間における省エネ制御の性能評価（2015年度）

・ 空調実運用時における省エネ制御の性能評価結果（一部）

	2014年度冬期	2015年度夏期
事務系 建物	<p>ガス消費量: m³</p> <p>室外機吸込温度: °C</p> <p>制御弱 : 21% 制御強 : 21%</p>	<p>ガス消費量: m³</p> <p>室外機吸込温度: °C</p> <p>制御弱 : 28%</p>
研究系 建物	<p>ガス消費量: m³</p> <p>室外機吸込温度: °C</p> <p>制御弱 : 20% 制御強 : 13%</p>	<p>ガス消費量: m³</p> <p>室外機吸込温度: °C</p> <p>制御弱 : 17% 制御強 : 14%</p>

実運用期間における省エネ制御の性能評価（2015年度）

・ 空調実運用時における省エネ制御の性能評価結果（一部）



事務系建物

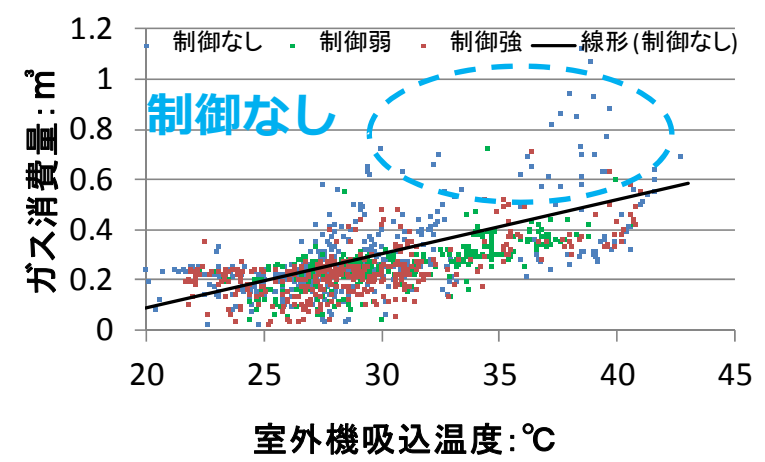
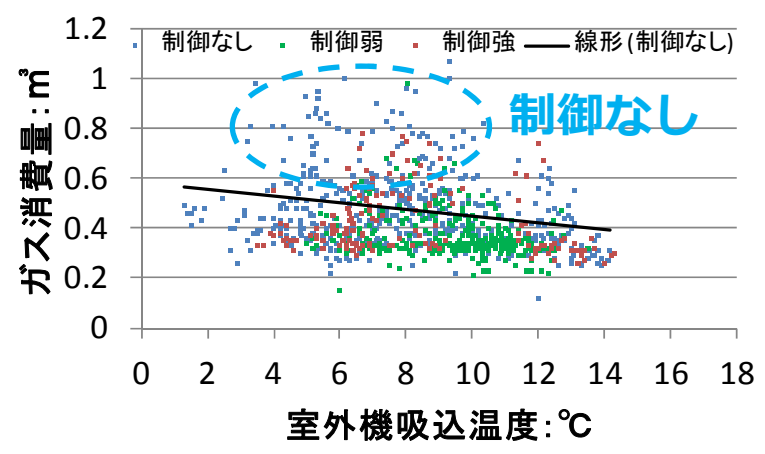
長時間利用の室が多く、一日の空調運転時間帯が安定している
 → 省エネ制御作動時のガス消費抑制挙動が明確

実運用期間における省エネ制御の性能評価（2015年度）

・ 空調実運用時における省エネ制御の性能評価結果（一部）

	2014年度冬期	2015年度夏期
<p style="color: green; font-size: 1.2em;">研究系建物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 短時間利用の室が多く、空調ON時の立ち上がり負荷が大きい ・ ドラフトチャンバー等の使用時に外気負荷が発生 → 突発的に発生するガス消費を抑制 		

研究系
建物



まとめ

ビル用マルチ（GHP）における新省エネ制御の効果検証

個別分散空調システムの新たな運用支援ツールである省エネ制御を、大学の異なる3用途の建物を対象に導入し、制御の有無によるガス消費量や運転挙動について比較を行った。

①空調運用状態を揃えてのGHP運転実験（2015年度）

- ・ガス消費量削減率が夏期26%、冬期13%
- ・夏期は「吹出温度レベルの緩和」「エンジン発停の抑制」「急激な冷媒冷却時のガス消費抑制」の運転挙動を確認した。
- ・冬期は「圧縮能力抑制」によるガス消費抑制効果が大きいことを確認した。

②条件類似日同士の比較（2014～2015年度）

- ・夏期・冬期ガス消費削減効果を確認し、比較日同士の最大削減率は以下の通り
全学教育棟A館：夏期最大30%、冬期最大47%
事務局本部棟：夏期最大47%、冬期最大36%
理学部A館：夏期最大19%、冬期最大36%

③実運用期間における省エネ制御の性能評価（2015年度）

- ・実運用期間中で10～30%程度の省エネルギー効果を確認した。