

E6 非住宅建築物のための 高度な省エネルギー技術の評価手法構築 に関する検討

＜実施主体者＞

学校法人 東京電機大学

＜共同研究＞

独立研究開発法人 建築研究所

＜管理技術者＞

東京電機大学 未来科学部 建築学科 教授 射場本 忠彦

＜技術担当者＞

- | | | | | | |
|------|--------|-------|------|------|-------|
| (イ) | 東京理科大学 | 理工学部 | 建築学科 | 教授 | 井上 隆 |
| (イ) | 東京理科大学 | 理工学部 | 建築学科 | 助教 | 高瀬 幸造 |
| (□) | 東京電機大学 | 未来科学部 | 建築学科 | 特任教授 | 柳原 隆司 |
| ○(□) | 東京電機大学 | 未来科学部 | 建築学科 | 准教授 | 百田 真史 |
| (ハ) | 東京理科大学 | 理工学部 | 建築学科 | 教授 | 吉澤 望 |

調査の提案概要

＜従前の関連する基整促^{1)~4)}＞

背景：一次エネルギー消費量を指標とする評価法の整備の必要性

成果：広範な網掛けを目的に「**定石的な技術を対象**」とした、
一次エネルギー消費量の「**算定ロジックの枠組み**」、
及び基準値算定に係る「**技術の評価ロジック**」を策定

1)平成21年度(2009)・平成22年度(2010)実施「業務用建築物のためのエネルギー消費量評価手法に関する基礎的調査」

2)平成23年度(2011)「空調・給湯システムの制御に関する分類整理と省エネルギー効果の実測」

3)平成24年度(2012)「空調・給湯システムの制御に関する運転データの取得とエネルギー消費量予測のための評価値の作成」

4)平成25年度(2013)「平成26年度(2014)「昼光利用による照明エネルギー消費量削減効果評価の高度化に関する調査」

＜本事業に期待される成果＞

課題：現在評価対象となっていない

先導的技術への対応が課題

⇒「**評価対象技術の拡充**」が必要

成果：**評価手法構築に資する実証データの整備**

調査の実施概要

省エネルギー化の「**中長期的な推進力**」の策定を主眼とし、
「先導的技術対応」と「評価対象技術拡充」にあたり、
評価手法の構築に資する情報を整備

(イ) 建築外皮に関連する課題

- 一般的な窓仕様との比較にて、開口部の日射遮蔽・断熱性能向上の効果を示す
⇒従前の計算方法が想定する状況に対して、放射・対流成分を詳細に分析・評価
- ダブルスキン、エアフロー型窓システム
⇒性能は諸条件によって変わるため、計測/評価手法の整備が必要

先導的技術対応
+ 対象技術拡充

(ロ) 熱源・空調システムに関連する課題

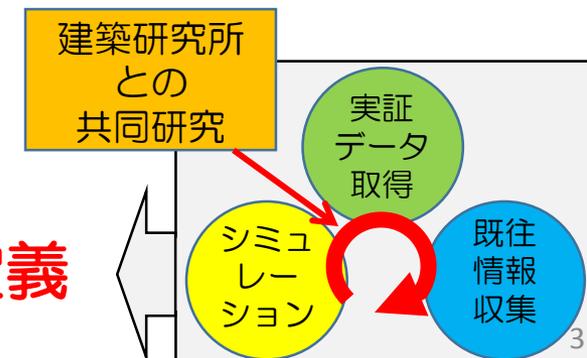
- 放射空調とタスクアンビエント空調
⇒環境形成プロセスと効用との紐付けが不可欠
- 自然通風・夜間換気・換気量デマンド制御
⇒諸条件によって変化する性能特性に対しての、計測/評価手法の整備が必要
- 最適容量設計
⇒不適合な容量が招くシステム効率低下に対しての、計測/評価手法の整備が必要

(ハ) 照明制御システムに関連する課題

- 装飾目的主体の照明設備
⇒作業照明以外の実態の整理が必要

対象技術拡充

評価手法の構築に資する情報(各種技術の定義
や評価における留意事項など)を整備



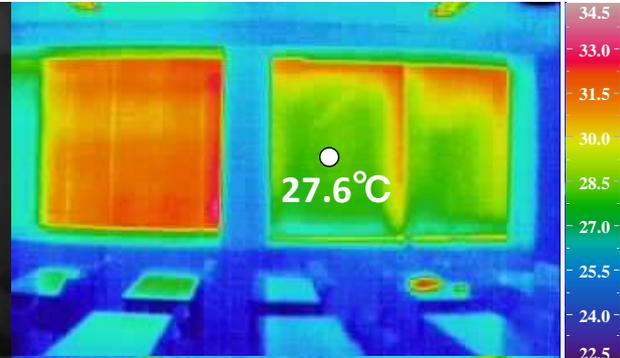
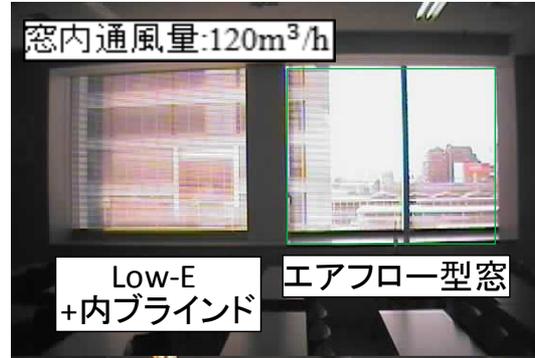
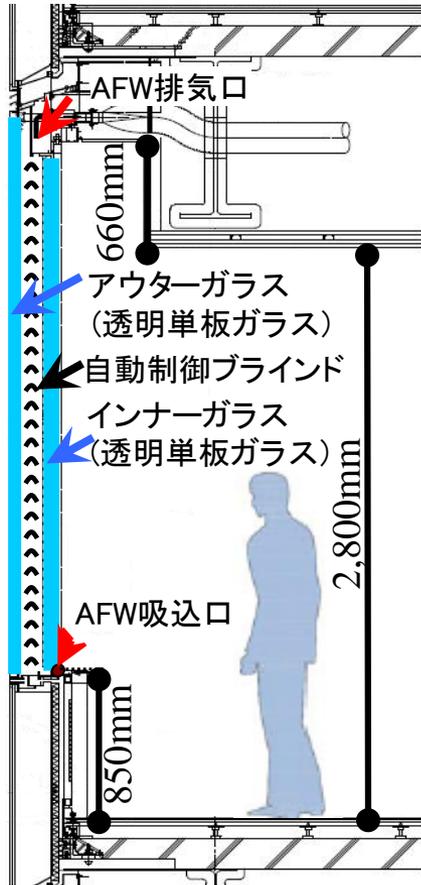
H27-29年度 調査工程計画と調査事項

主テーマ	サブテーマ	検討対象	H27年度		H28年度		H29年度		実証データ取得予定サイト
			上期	下期	上期	下期	上期	下期	
非住宅建築物のための高度な省エネルギー技術の評価手法構築に関する調査	(イ) 建築外皮に関する実証データの取得及び評価手法の構築	高断熱高日射遮蔽性外皮	既往研究調査		シミュレーション検討		とりまとめ		東京電機大学 東京千住キャンパス 千葉ニュータウンキャンパス 東京理科大学 野田キャンパス
		ダブルスキン エアフロー窓		実験計画					
		外ブラインド 内ブラインド 各種窓仕様 (フィルム含む)		実証試験装置構築		実証試験	Feedback	Feedback	
	(ロ) 熱源・空調システムに関する実証データの取得及び評価手法の構築	放射空調 タスクアンビエント	既往研究調査		実証試験準備		新技術調査	とりまとめ	東京電機大学 千葉ニュータウンキャンパス
					実証データ取得	Feedback	Feedback		
		自然通風(外気冷房) 夜間換気 換気量デマンド制御	既往研究調査		シミュレーション検討		とりまとめ		某既存 オフィスビル 東京電機大学 東京千住キャンパス
					実証試験準備				
					実証データ取得		Feedback		
		最適容量設計	既往研究調査		シミュレーション検討		新技術調査	とりまとめ	某実証サイト
	中央熱源システム全般 変風量/変流量制御 蓄熱システム			実証試験準備					
				実証データ取得		Feedback	Feedback		
(ハ) 照明制御システムに関する実証データの取得及び評価手法の構築	装飾目的主体の照明設備	既往研究調査				最新動向調査	とりまとめ	実フィールド	
							実証データ取得(現地調査+実測調査)		

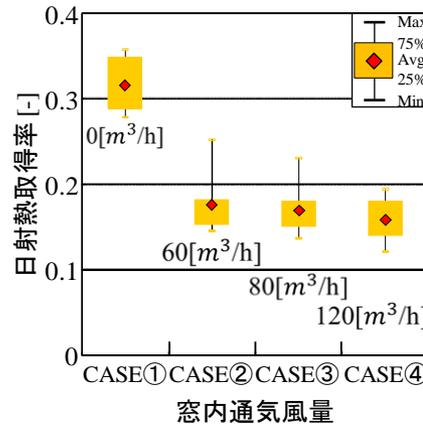
(イ) 建築外皮 H27年度 成果概要①

①エアフロー型窓・ダブルスキン窓の採用事例に関する文献調査

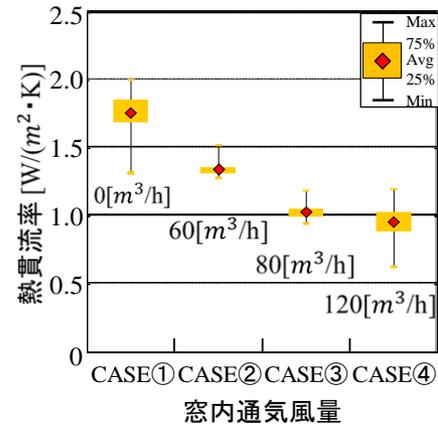
- 建物情報（名称/用途/所在地/規模/設計者/施工者・・・等）
- 窓システム情報（AFW・DSの区別/ガラス種類/開口面積・方位・・・等）
- 窓性能の評価内容、文献の出典、建物の受賞歴・・・等



日射熱取得率



熱貫流率



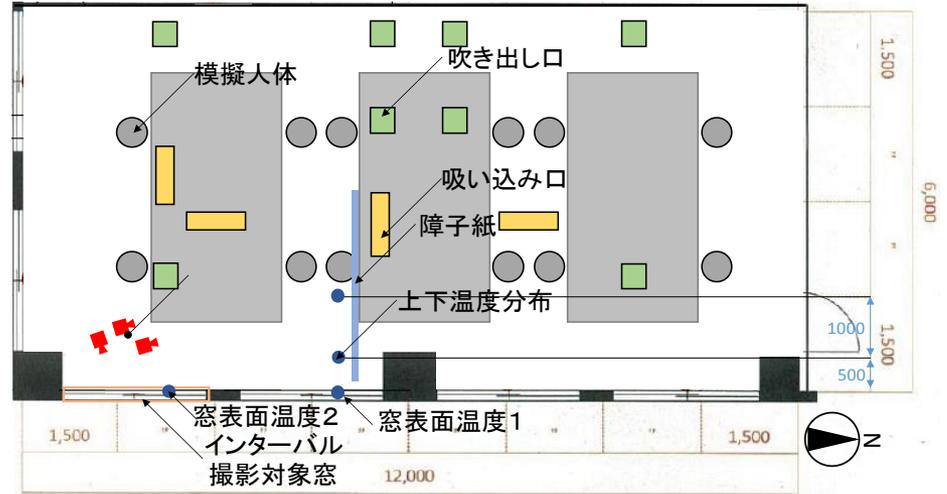
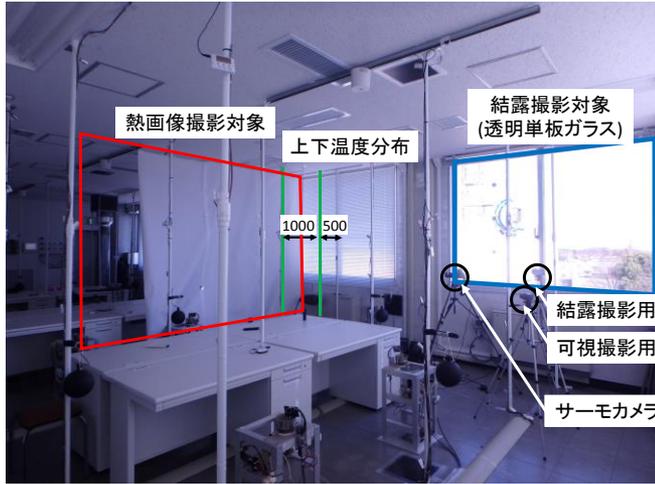
* 東京理科大学井上研究室でのTDUビルエアフロー型窓の実測事例

対象全33件、現行省エネ基準において

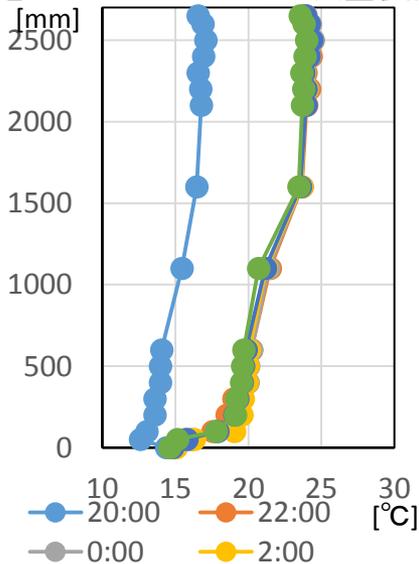
評価対象としているAFWやDSの定義との一致・不一致を整理

(イ) 建築外皮 H27年度 成果概要②

② 建築研究所・模擬オフィスにて 無断熱壁+単板ガラス・アルミサッシ時の温熱環境把握を開始



窓から500mm上下温度分布



窓際の断面・表面温度分布



朝の結露の様子

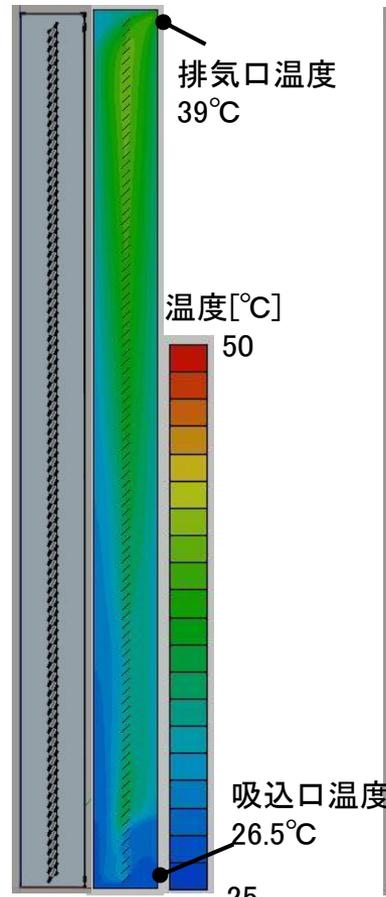
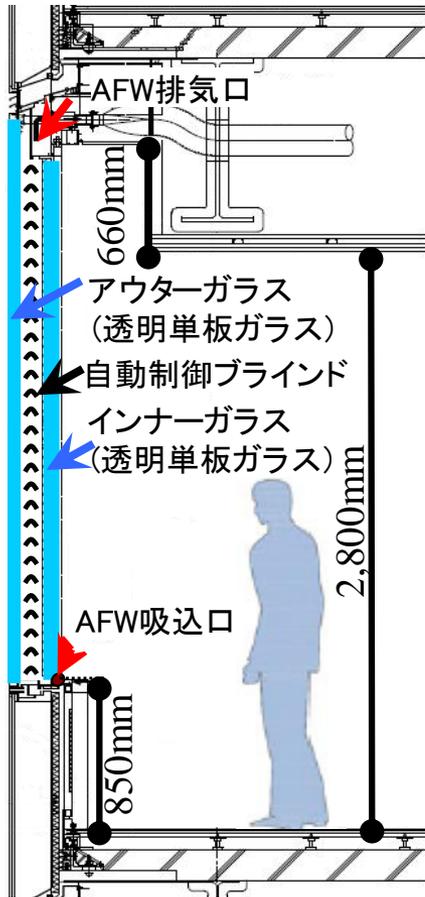


冬期夜間に室温24℃・湿度45%程度を維持、室内温熱環境を計測
一般的な窓仕様と比較するための実証データを取得

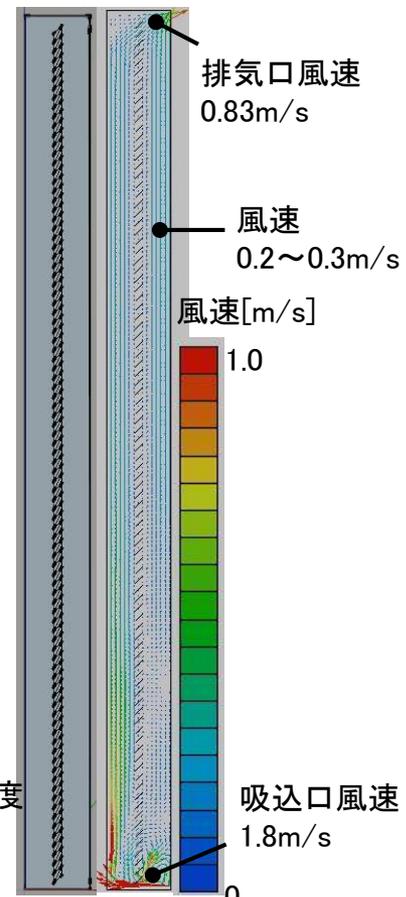
(イ) 建築外皮 H27年度 成果概要③

③エアフロー型窓の数値流体解析による性能評価

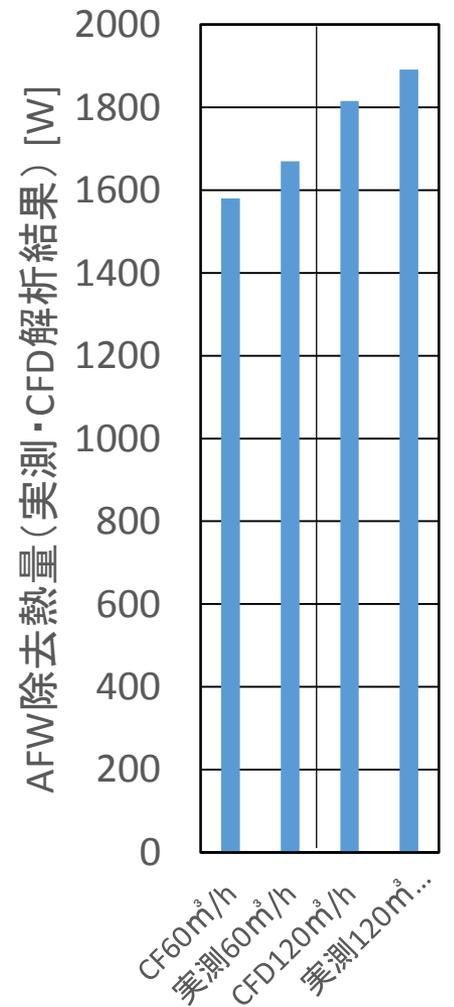
汎用CFDソフトSCRYU/Tetra(非構造格子によるモデル化で複雑な形状の計算が可能)を用い、対流・放射連成解析



断面温度分布



断面風速分布



TDUビル実測結果(文献調査より引用)に基づき、CFDによる再現精度を検証 7

(ロ) 熱源・空調システム 実施概要

現状の省エネルギー基準における【未評価の先導的技術】が対象
→設計時の効果算定が困難で【普及が阻害】されている
⇒効果を設計時に見込むための【評価手法の提案】が必要

1. タスク・アンビエント空調
2. 放射空調（冷房）
3. 外気冷房
4. 夜間換気(ナイトパーシ)
5. 換気量制御
6. 中央熱源方式の機器容量

非均質な室内の
温熱環境評価

外気導入制御の
導入効果評価

適切な容量設計
に対する評価

(ロ) 1.タスクアンビエント空調 成果概要①

①タスク・アンビエント空調に関する文献調査

アンビエント域 吹出口 設置場所	天井			床		
タスク域 吹出口 設置場所	机	天井	床	机	天井	床
件数	11	17	6	19	0	3

アンビエント域 吹出温度	27[°C]	28[°C]					30[°C]
タスク域 吹出温度	19[°C] (吹出)	20[°C] (吹出)	—	—	—	—	28[°C] (吹出)
件数	2	4	—	—	—	—	1

アンビエント域 設定温度	27[°C]	28[°C]					30[°C]
タスク域 設定温度	—	—)	24[°C] (設定)	25[°C] (設定)	26[°C] (設定)	28[°C] (設定)	—
件数	—	—	1	2	3	1	—

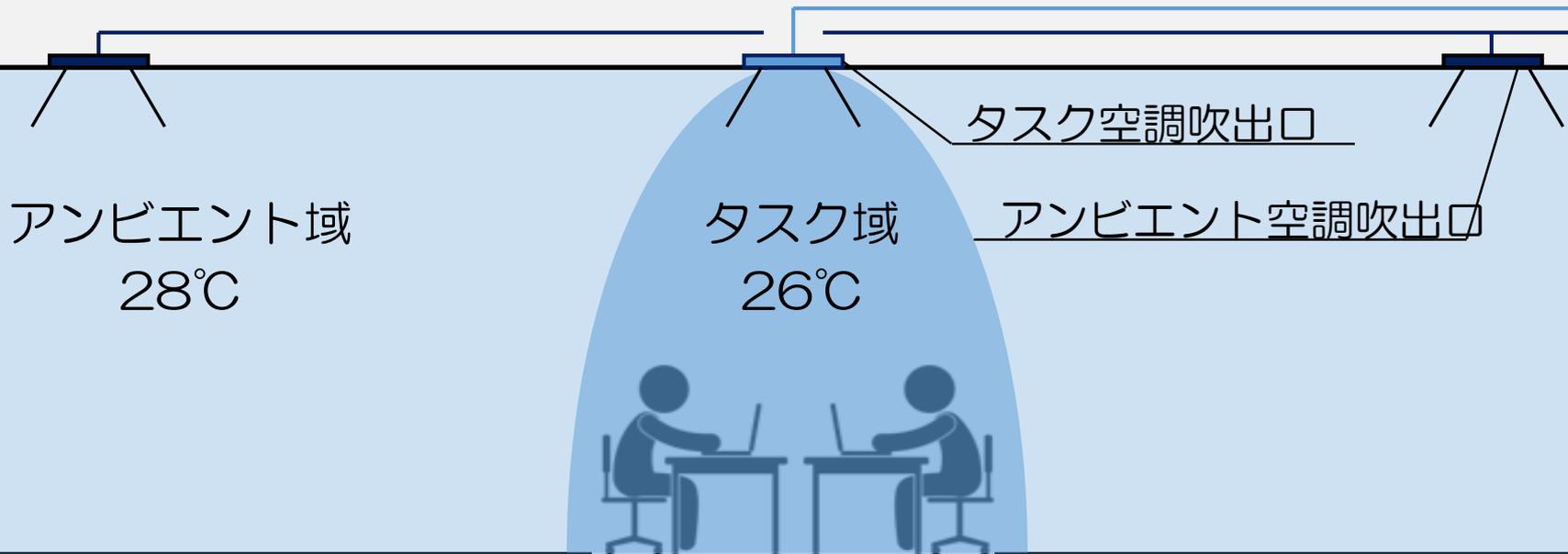
本調査による類型化を基に、評価対象とする方式の定義が必要

(ロ) 1.タスクアンビエント空調 成果概要②

②文献調査に基づく概念の整理

- ・タスク域の形成による快適性の担保
- ・室温緩和による省エネルギー効果

両立

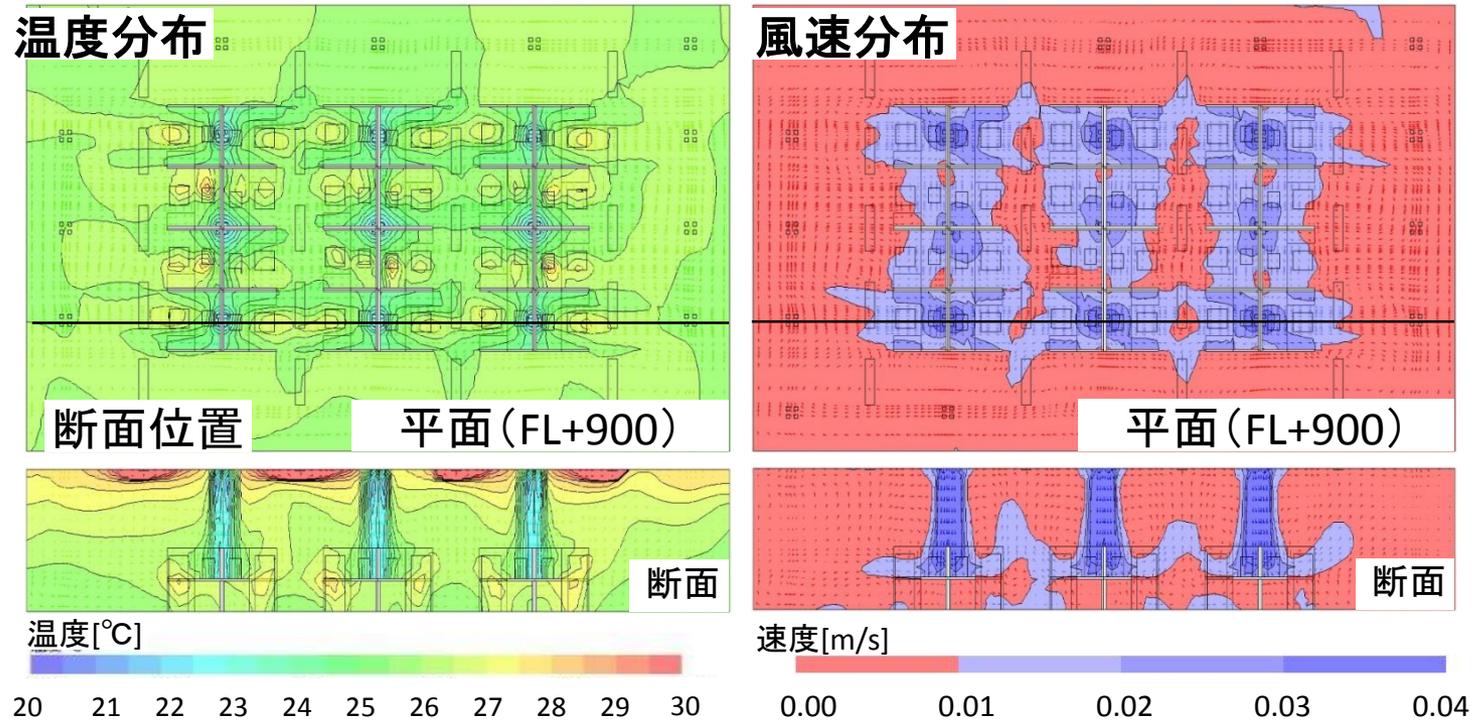


ただし、タスク域とアンビエント域の境界について
明確な定義や実例がない

⇒設計時に導入効果を見込む方法が不明確

(ロ) 1.タスクアンビエント空調 成果概要③

③CFDによるタスク域形成条件の模索（予備検討）



概念図のような平面方向の温度分布を作るのは困難

風速分布を作るのは比較的容易

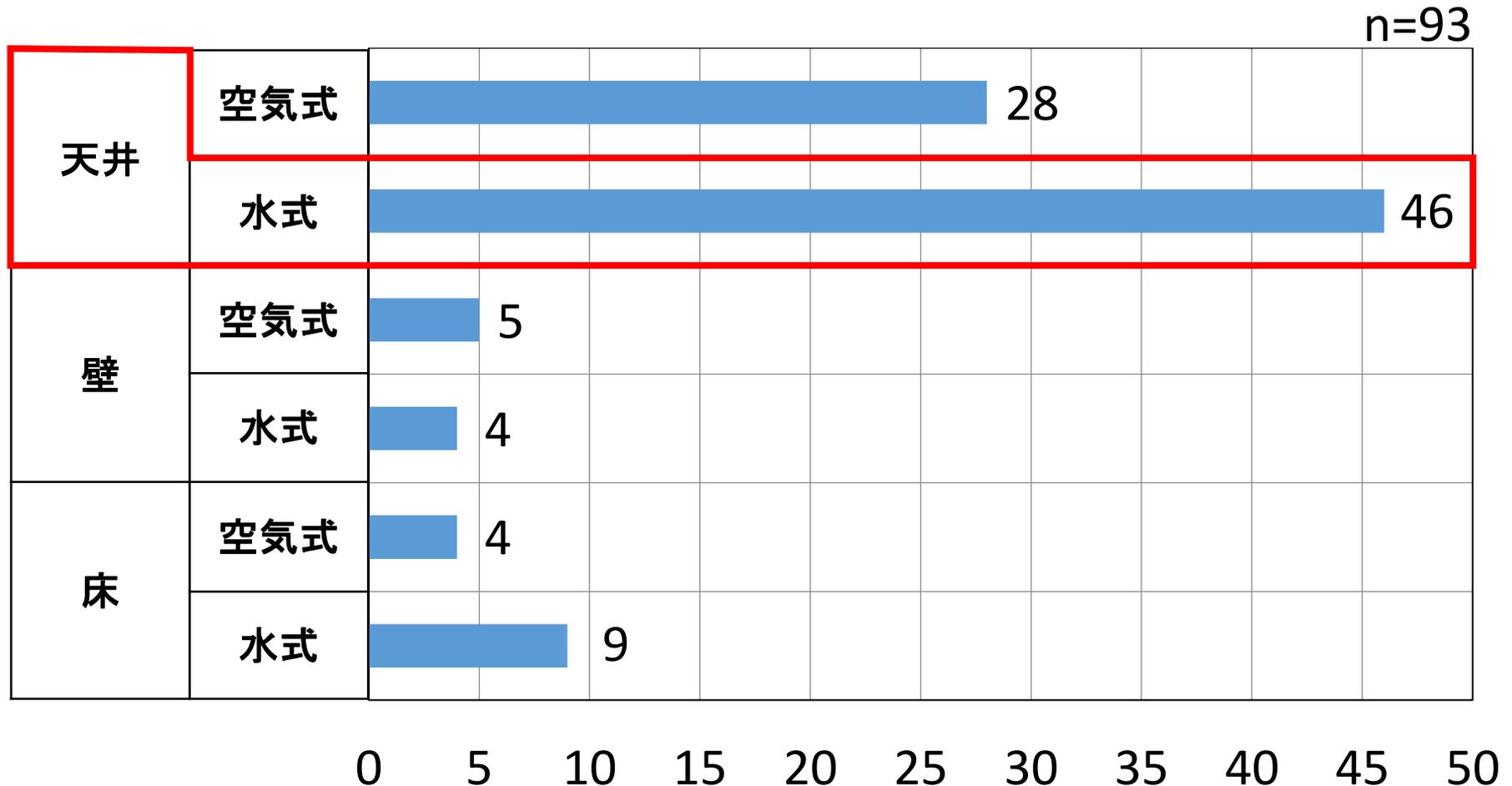
⇒実態として、気流感を付加することで冷涼感を得て
温度緩和を可能としているのではないか

アンビエント域28°Cでも居住性を担保する設計が前提

⇒設計上の留意点をまとめるのが今後の課題

(□) 2.放射空調(冷房) 成果概要①

①放射空調に関する文献調査：検討対象の絞り込み



パネルは天井設置かつ水式の事例が多い
対流成分/放射成分の切り分けがない

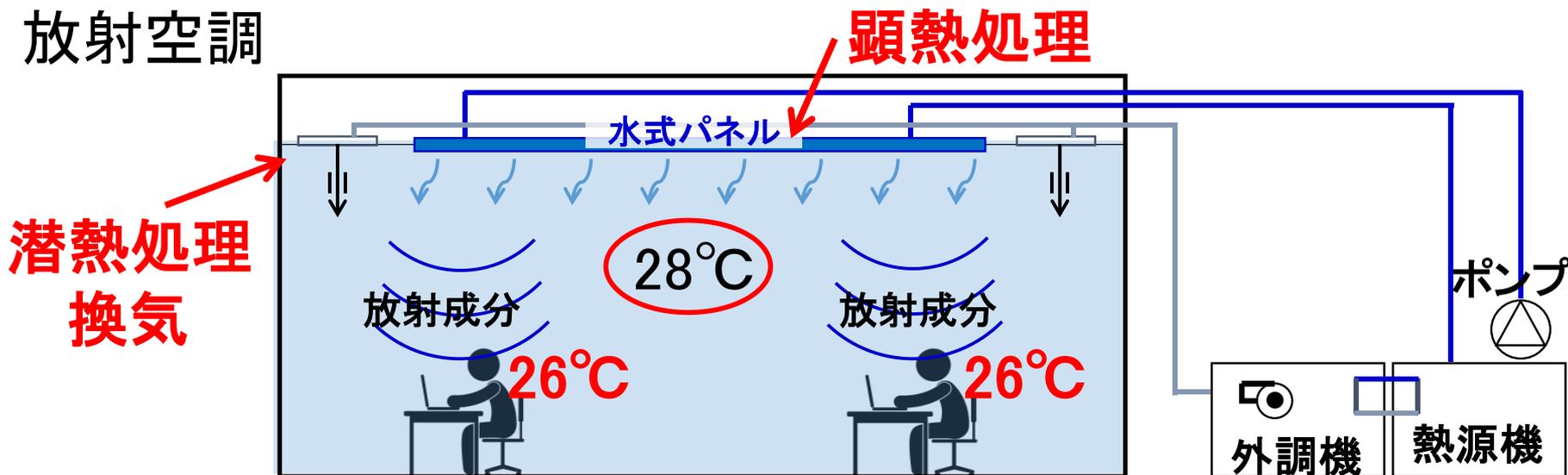
(□) 2.放射空調(冷房)

成果概要②

②文献調査に基づく概念の整理

- ・タスク域の形成による快適性の担保
- ・室温緩和による省エネルギー効果

両立



放射の影響を付加

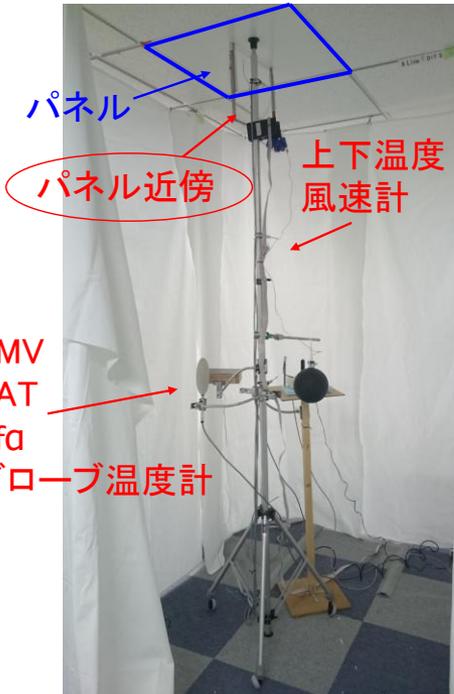
⇒室内設定温度の緩和を効果とする

(ファン動力減や中温水利用の熱源効率向上は別途考える必要あり)

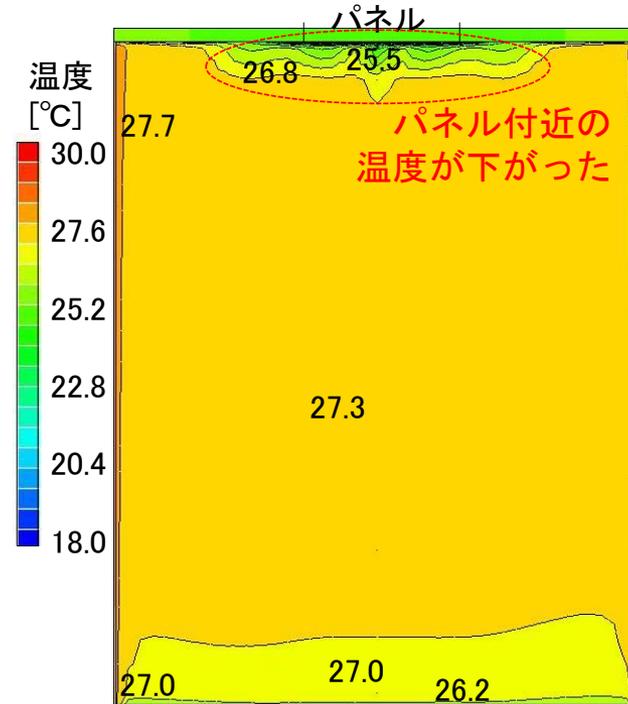
(□) 2.放射空調(冷房) 成果概要③

③放射に関する予備実験とシミュレーション(CFD)

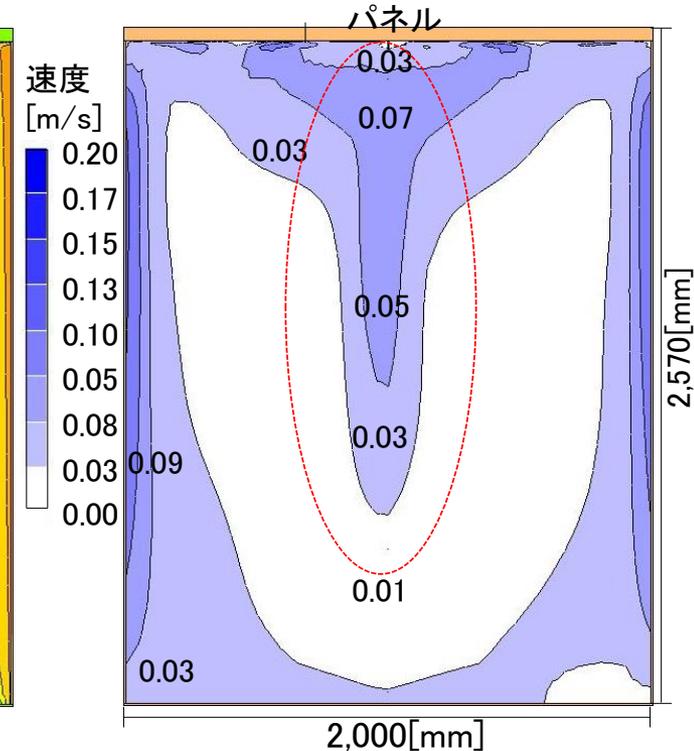
実験の様子



温度分布(CFD)



風速分布(CFD)



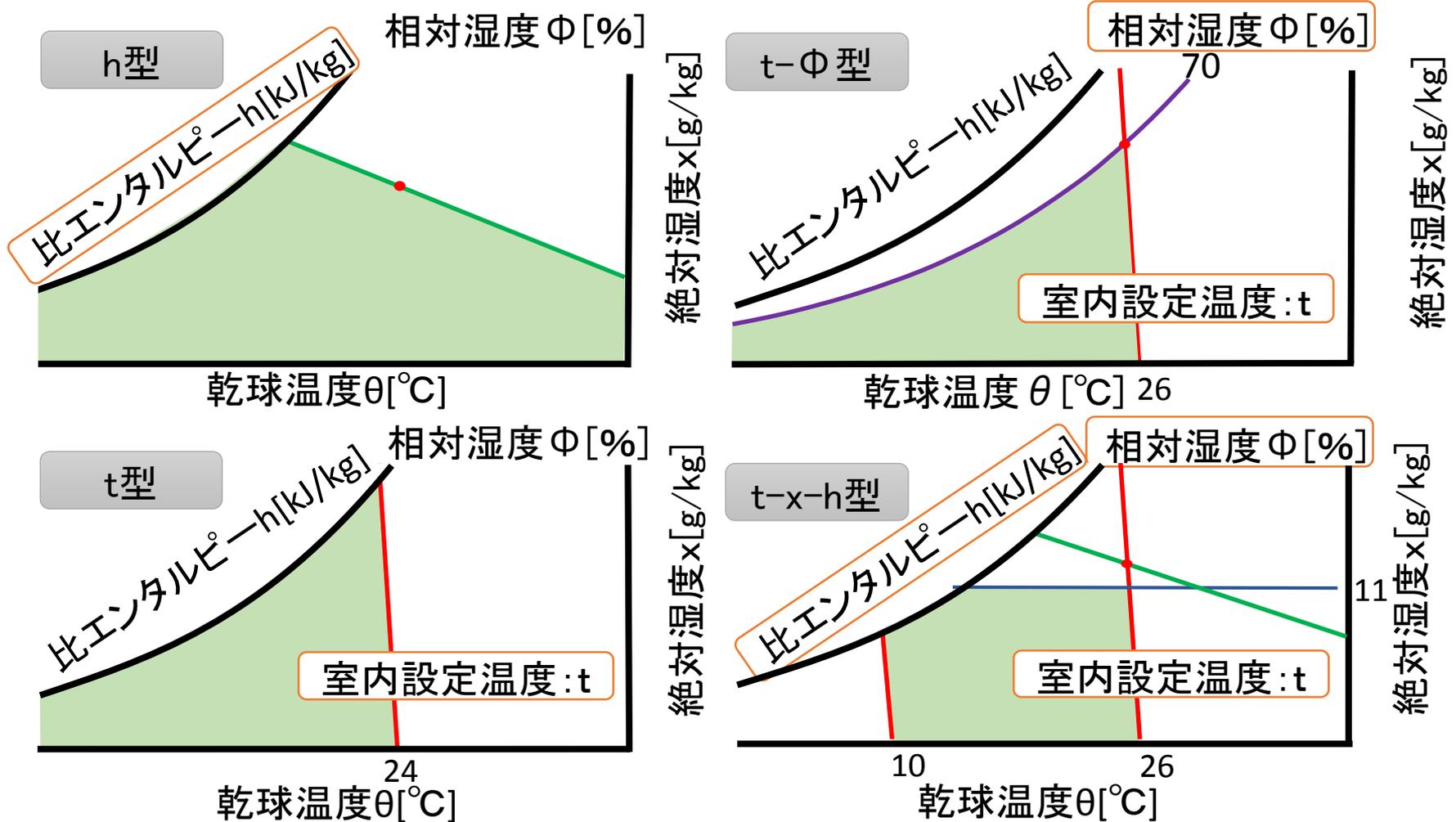
放射空調における対流の影響を確認した

⇒温度緩和条件でも人体近傍環境を担保する設計が前提となる

⇒設計上の留意点をまとめるのが今後の課題

(□) 3.外気冷房 成果概要①

①放射空調に関する文献調査：検討対象の類型化



制御パラメータ別の外気冷房の方式を類型化

(□) 3.外気冷房 成果概要②

②文献調査に基づく外気冷房と混在する要素の整理

夜間外気取り入れ

夜間 31件	件数
含む	5
含まない	19
記載なし	7

必要換気量

換気 31件	件数
含む	1
含まない	10
記載なし	20

蓄冷効果

蓄冷 31件	件数
含む	0
含まない	31

算定方法

外気冷房による負荷削減量[MJ/日]

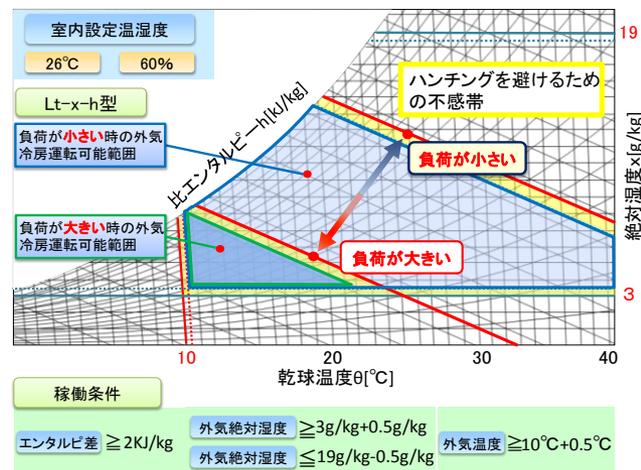
$$= 3,600 \times \Delta \text{外冷時の給気風量} [\text{kg/s}] \times (\text{室内空気エンタルピー} [\text{kJ/kg}] - \text{外気エンタルピー} [\text{kJ/kg}]) \times \text{冷房運転時間} [\text{h}] \times 10^{-3}$$

$$\Delta \text{外冷時の給気風量} = \text{外気量} - \text{必要換気量}$$

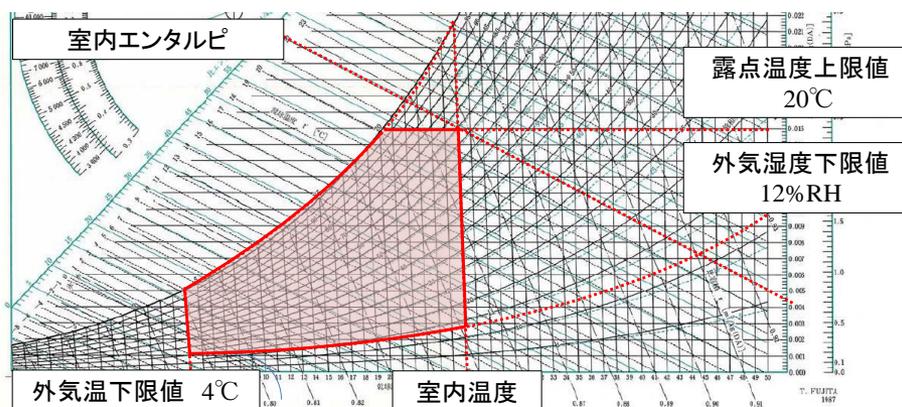
外気冷房の省エネルギー効果算定に関する調査を実施

(□) 3.外気冷房 成果概要③

③実事例における実証データの取得と解析



外気冷房条件		AC-5-1	AC-5-2
①	外気湿度下限値 < 外気湿度	外気湿度下限値: 12%RH	12%RH
②	外気エンタルピー < 室内エンタルピー		
③	外気露点温度 < 外気露点温度上限値	外気露点温度上限値: 20°CDBP	20°CDBP
④	外気下限温度 < 外気温度 < 室内温度	外気下限温度: 5°CDB	4°CDB



外気冷房の制御方法詳細と実証データを取得

(□) 4. ナイトページ 成果概要①

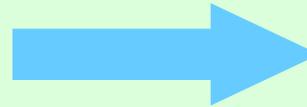
① ナイトページに関する文献調査結果

定義について

躯体を冷やすこと

室内温度を下げること

触れてない

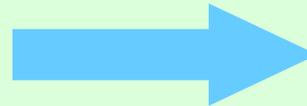


論文によって異なる

制御方式

何を基準に制御している？

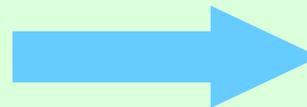
ファンは作動している？



論文によって異なる

評価方法

どのように評価している？

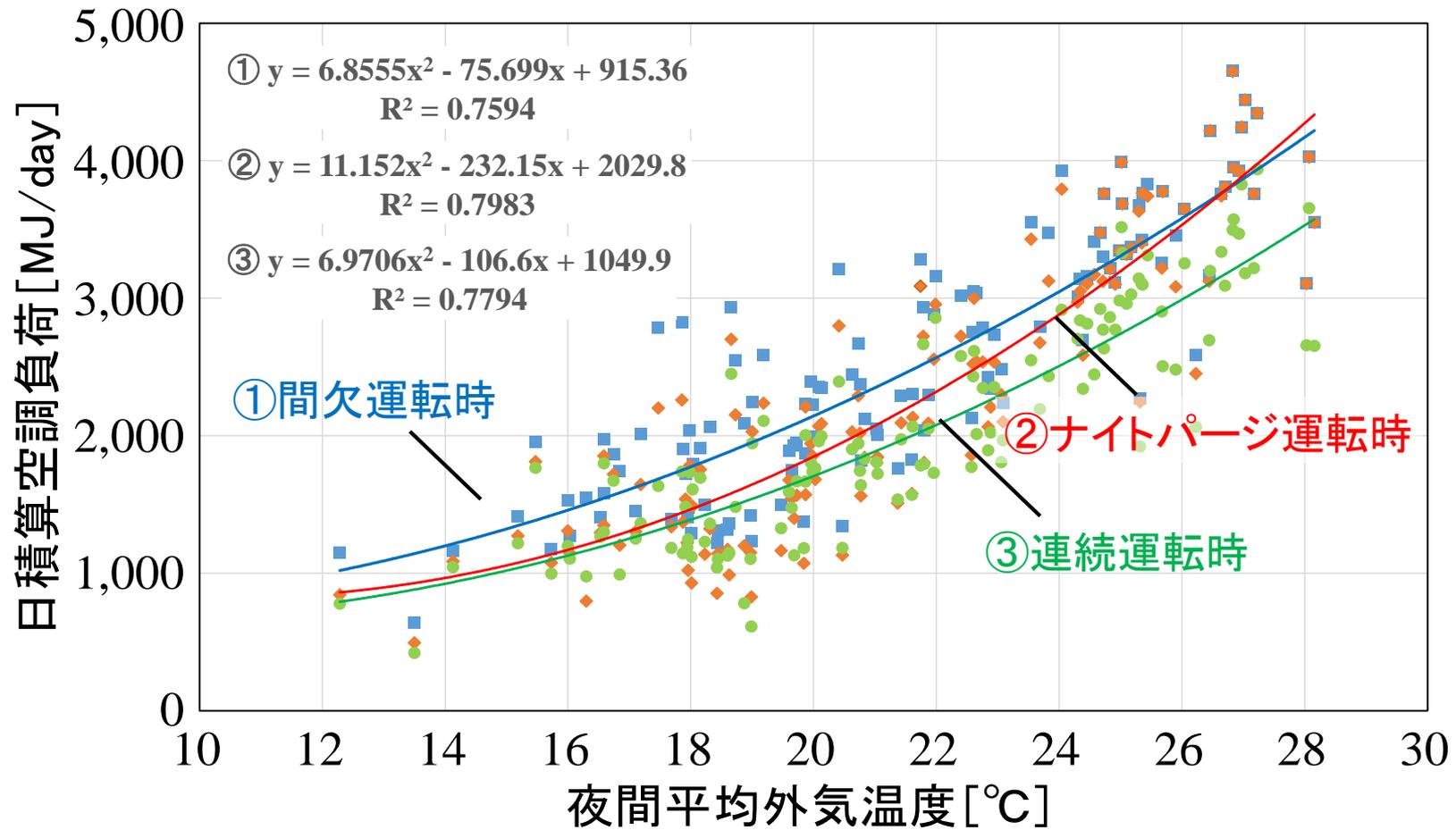


概ね室温評価
が中心となっている

室内環境評価が主体で省エネルギー効果の評価は不明瞭

(□) 4. ナイトページ 成果概要②

② 実物件対象の省エネルギー効果シミュレーション



夜間平均外気温度が低下すると除去熱量の最大値である連続運転に近づく
⇒夜間平均外気温度が18°C以下で大きな効果が得られる傾向

(□) 5.換気量制御 成果概要①

①換気量制御に関する文献調査結果

制御方式

何を基準に制御している？

CO2濃度？

在館者数？

ほぼ全てCO2濃度で制御

測定項目

何をどこで測定している？

CO2濃度

温度

湿度

机上面

天井

ダクト内

文献により異なる

評価方法

どのように評価している？

文献により異なる

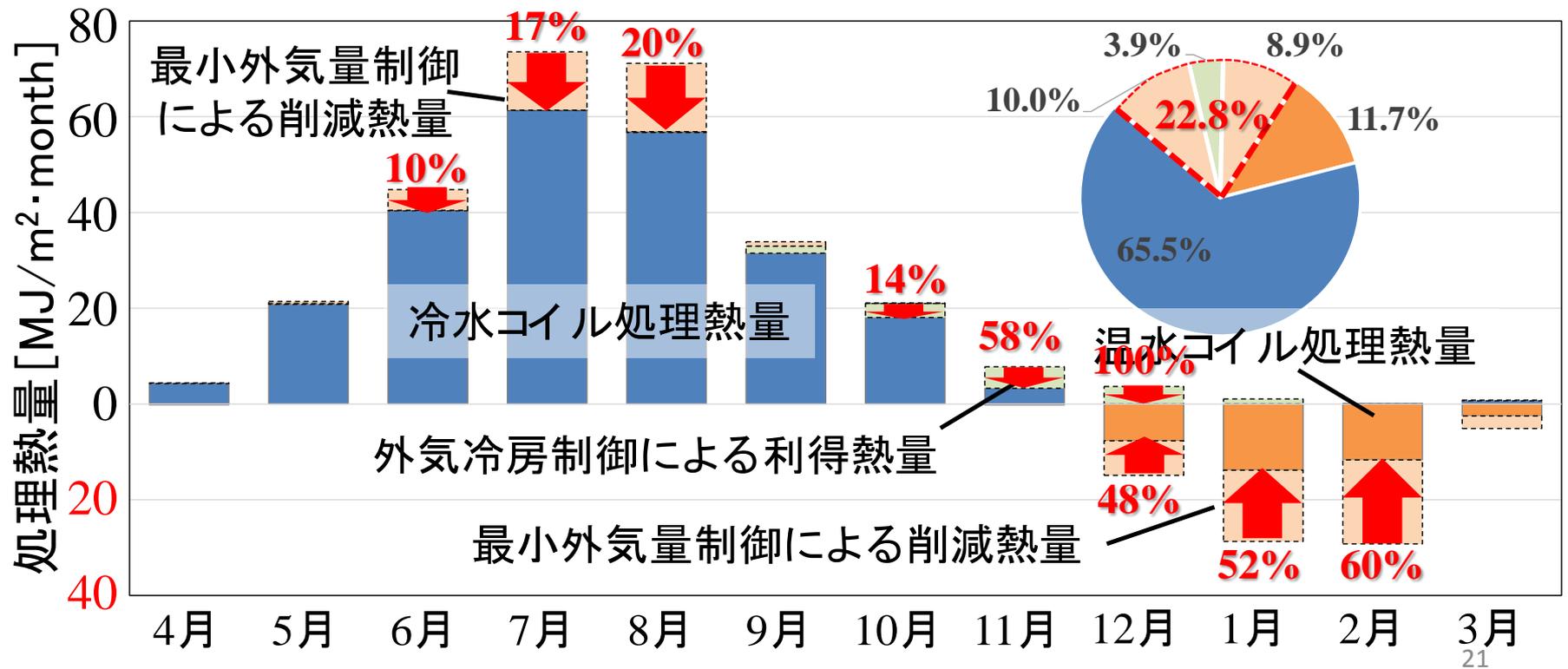
省エネルギー効果の評価が不明瞭

(□) 5.換気量制御 成果概要②

②換気量制御に関する実証データ取得・解析

外気制御を行わなかった場合（この場合還気ファンは定格風量）をベースに

最小外気量制御による削減熱量と外気冷房制御による利得熱量を算出



最小外気量制御は負荷ピーク月で20%程度の負荷削減効果
外気冷房と合わせて年間で約23%の負荷を削減したことを確認

(□) 6.中央熱源方式の機器容量 成果概要①

①機器容量に関する文献調査結果

- 全てのユーザーの要求を満たす
⇒クレームを避けるため過剰設備となる
- コミッショニングと説明責任
⇒ユーザーの負担増加とオーナーの説明
幾重にも安全率がかかる要因がある
- 不確定な要素の実態を把握し整備する必要
⇒気象条件等の要素の再検討
- 空調機側で往還温度差が確保できない事例が多い
⇒総合的設計の必要性がある。

実機でのパラメータ変更に基づく実績比較はない
⇒実証試験装置の構築と実験

(口) 6.中央熱源方式の機器容量 成果概要②

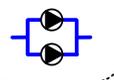
②実証試験装置の構築

【凡例】

- Ⓣ 温度
- Ⓜ 湿度
- Ⓟ 圧力
- Ⓥ 風量
- Ⓧ 流量
- INV インバータ周波数
- CT 電力量

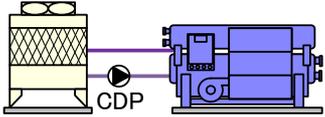
将来対応

※台数分割制御対応

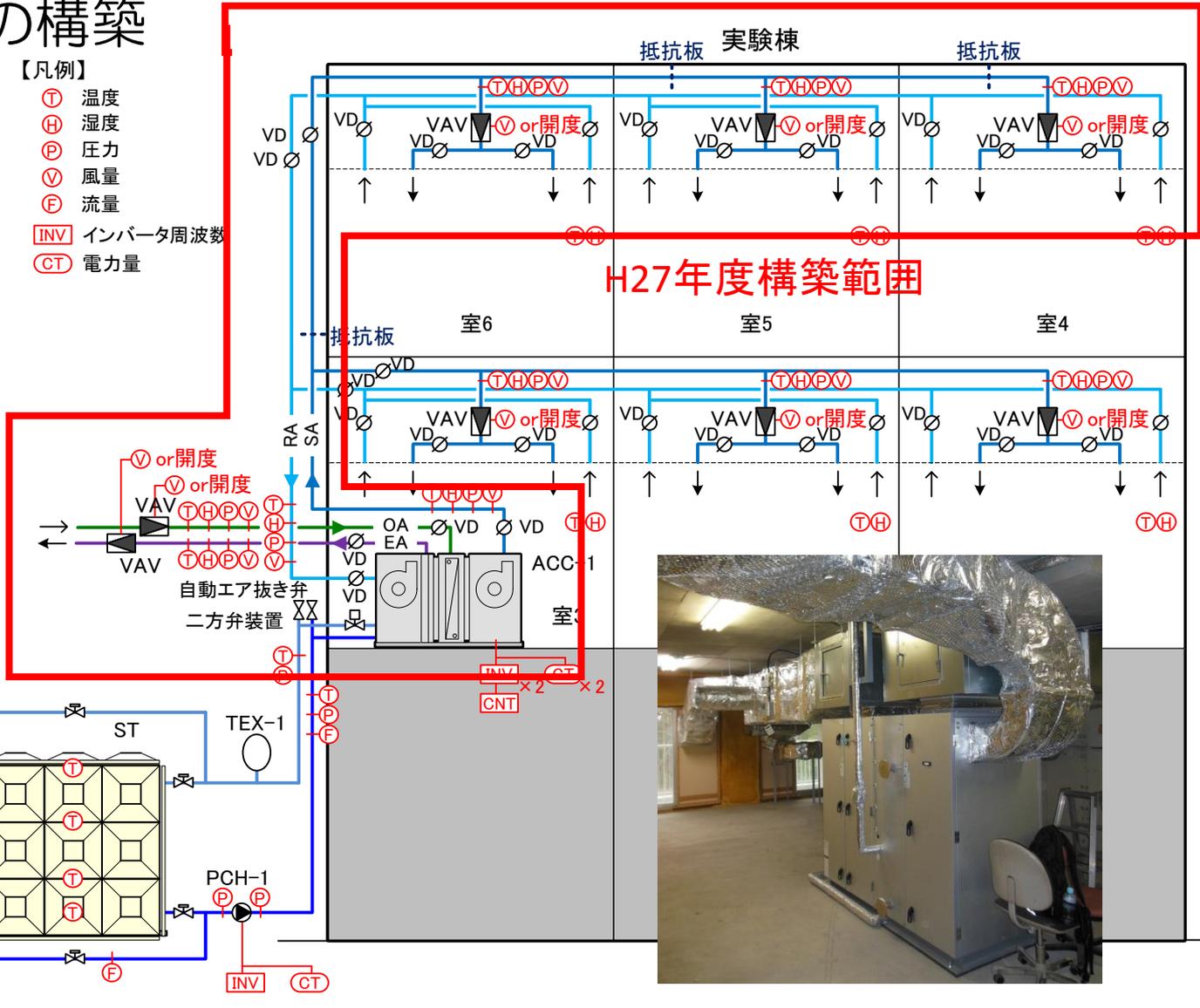
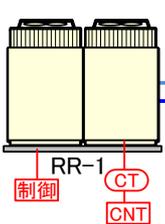


PCH-2-1,2

将来対応



優先設置

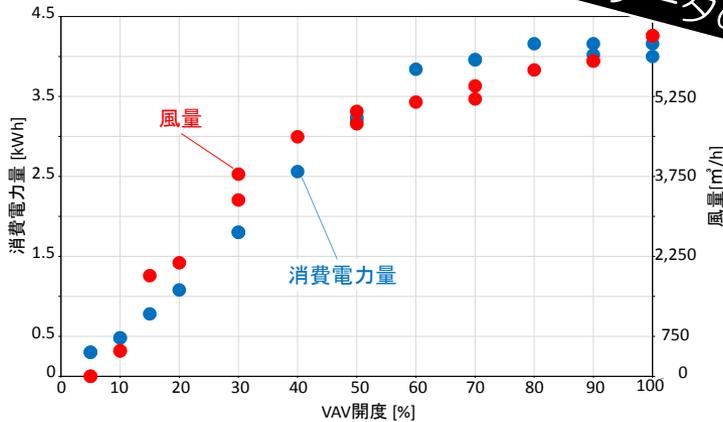
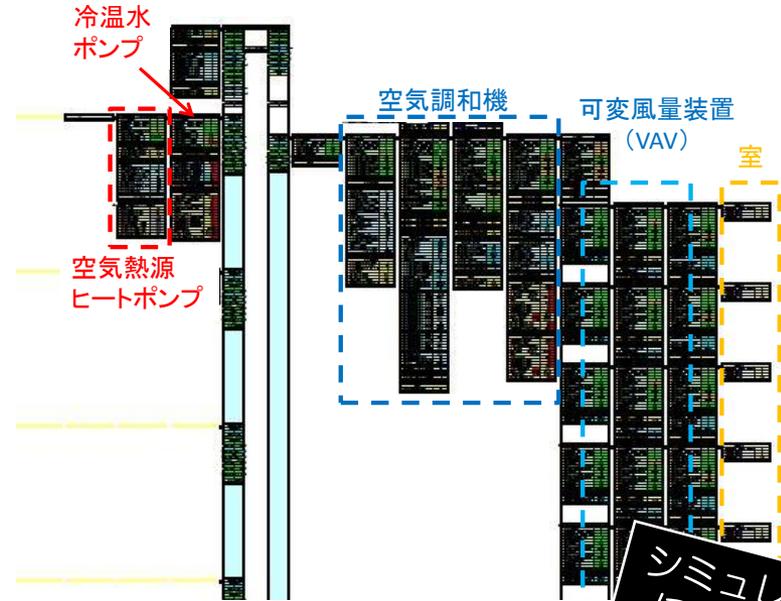
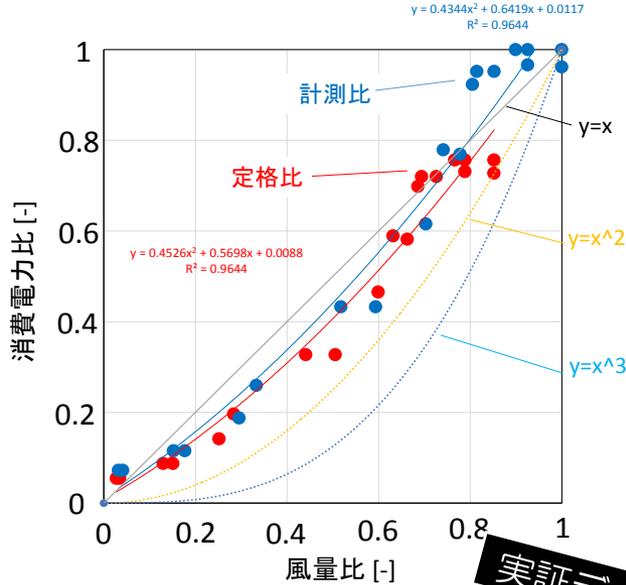


※熱源増設に伴う接続用ヘッダー

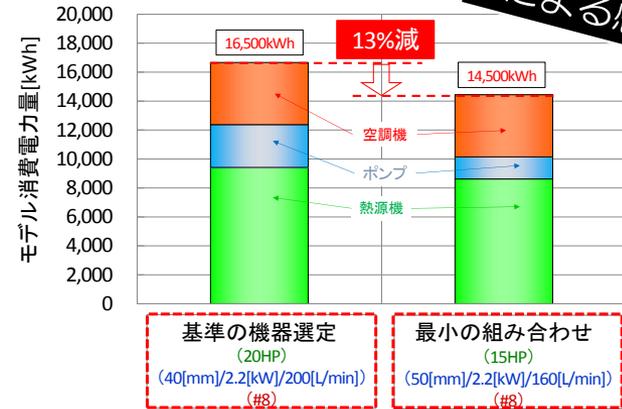
文献調査結果を反映した、実物大シミュレータを構築

(□) 6.中央熱源方式の機器容量 成果概要③

③実証試験装置によるデータ収集とシミュレーション環境整備



実証データの解析



シミュレーションによる感度解析

実証データをシミュレーションに反映
⇒適切な機器容量選定の効果を順次定量化

(口) 熱源・空調システム 実施結果概要

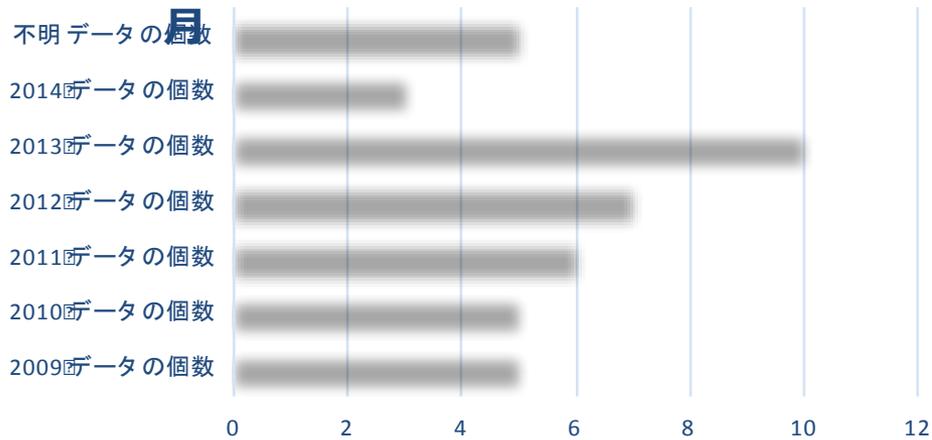
1. タスク・アンビエント空調に関する調査
⇒文献調査で方式を整理した
⇒実験によりタスク域は気流で生成されている可能性を示唆した
省エネ効果も含めて今後、実験を通して確認していく
2. 放射空調（冷房）に関する調査
⇒文献調査で方式を整理した
⇒放射性分ではなく気流成分が主である可能性を示唆した
省エネ効果も含めて今後、実験を通して確認していく
3. 外気冷房に関する調査
⇒文献調査に基づいて方式を分類・整理し、
実物件における実証データを取得・整理した
⇒効果の算定方法について今後検討をすすめる
4. 夜間換気(ナイトパーズ)に関する調査
⇒文献調査により蓄熱負荷の算定が課題であることを確認
⇒シミュレーションでの効果算定を試行
5. 換気量制御に関する調査
⇒文献調査により必要換気量の算定が課題であることを確認
⇒実物件における実証データを取得・整理した
6. 中央熱源方式の機器容量に着目した調査
⇒文献調査により実証データの必要性を確認
⇒実証試験構築と実証データの取得を開始
⇒シミュレーションにより機器容量変更のエネルギー消費量の変動傾向を把握

(ハ) 照明制御システム ①成果概要

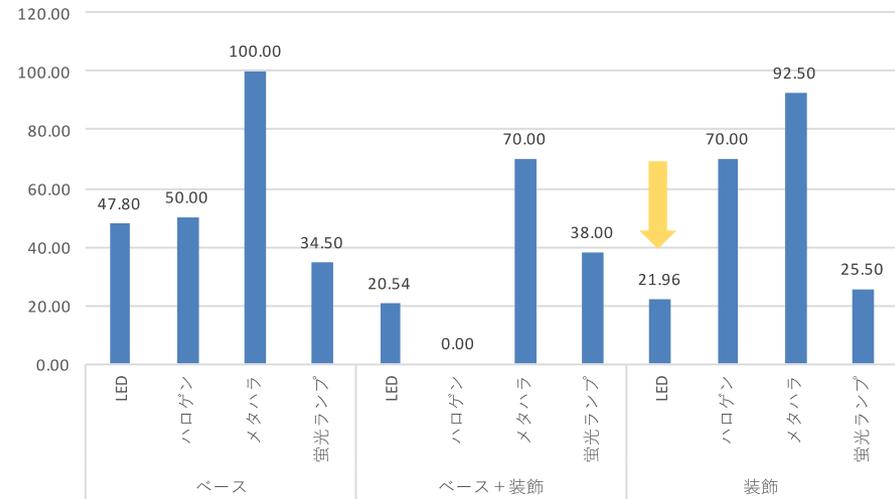
①商業用施設などの装飾目的主体の照明設備の文献調査結果

照明学会誌から商業施設等の照明器具数・1台あたりの消費電力の情報を抽出
 ⇒東日本大震災後(2011年)以降にLED照明の置き換えが加速
 ⇒2011年以降の、百貨店・スーパーマーケット・ホテルなどのデータが対象

竣工年月と件数



機能別・光源別消費電力



- ・装飾照明においては照明器具1灯あたりの消費電力が従来のハロゲンランプやメタルハライドランプに較べると減少
- ・LED照明器具の平均の消費電力は1台あたり20W強

(ハ) 照明制御システム ②成果概要

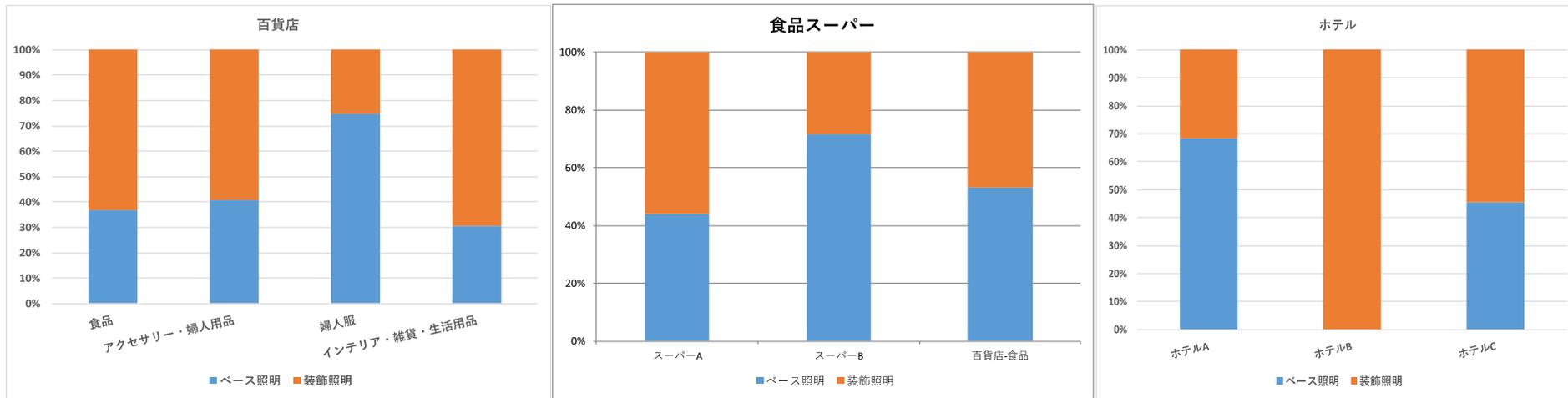
②実証データの取得と解析

調査対象：実物件（百貨店・スーパー・ホテル）

調査項目：照明器具数・消費電力・設定照度等

調査方法：目視調査および照度測定

推計方法：目視調査の結果と事例情報（照明の消費電力）をもとに、
フロアごとの単位面積あたりの消費電力・平均照度を推計



平均照度レベル

⇒百貨店(800-1300lx) > スーパー(300-800lx) > ホテルロビー(50-100lx)

各建物用途別のベース照明と装飾照明の消費電力比率

⇒装飾照明の割合はかなり高い

今後実証データを拡充していく

平成27年度 基整促E6 調査結果まとめ

省エネルギー化の「**中長期的な推進力**」の策定を主眼とし、「先導的技術対応」と「評価対象技術拡充」にあたって「手法の考え方・方針」を整備

(イ) 建築外皮に関連する課題

- ・ 現行省エネ基準において評価対象としているAFWやDSの定義との一致・不一致を整理
- ・ 一般的な窓仕様と比較するための実証データを取得
- ・ 実測結果(文献調査より引用)に基づき、CFDによる再現精度を検証

(ロ) 熱源・空調システムに関連する課題

- ・ 放射空調とタスクアンビエント空調
⇒ 人体近傍環境を設計する必要性を示唆
- ・ 自然通風・夜間換気・換気量デマンド制御
⇒ 効果の算定方法に関する課題を整理
- ・ 最適容量設計
⇒ 実証試験装置の構築と実証データ取得、シミュレーションによる整合性を確認

(ハ) 照明制御システムに関連する課題

- ・ 装飾目的主体の照明設備
⇒ 商業施設における装飾照明の割合が高いことを確認

継続的に実証データ取得・情報収集・シミュレーションを駆使し
「評価手法の考え方・方針を整備(明確化)」していく

ご清聴ありがとうございました