

省エネルギーで快適な空調制御 (アクティブスウィング)

新日本空調(株) 技術開発研究所

高木 正尚



目 次

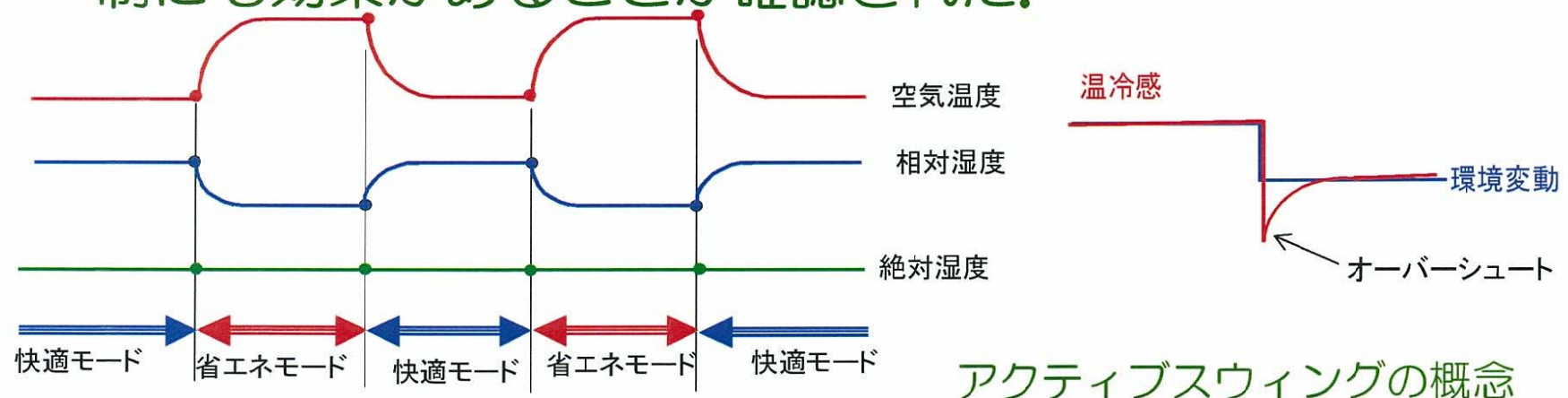
1. 開発の背景と目的
2. アクティブスウィングとは
3. 実証試験の概要
4. 実証試験結果
5. 考 察
6. まとめ

1. 開発の背景と目的

- 2011.3.11の東日本大震災後、大幅な電力不足が生じ、現在も省エネ・節電に努めなければいけない状況が続いている。
- 設備や建物の大幅改修を伴う省エネ・節電対策は、工期やコストの面から負担が大きい。
- 空調設備の運転方法を変更するだけで節電が可能であれば、その手法は広く普及し、電力需給問題の緩和に貢献できる。
- 室内温度を上下に変化させるアクティブスウィング制御を実際のオフィスビルに導入して、省エネ性、温熱快適性、知的生産性を評価し、アクティブスウィングの有効性の実証試験を行った。
- 実証試験は(株)東芝と共同で実施し、温熱快適性・知的生産性評価は早稲田大学創造理工学部建築学科の田辺新一研究室に委託した。

2. アクティブスウィングとは

- 環境温度がステップダウンする際に温冷感がオーバーシュートし，また相対湿度のステップダウンも温冷感に良い影響を与えることが既往の研究より明らかである。
- アクティブスウィングはこの研究成果を利用し，冷房時において絶対湿度を一定にして室温をスウィングさせ，平均温度を通常の温度一定制御より高く設定することにより，快適性を維持しつつ省エネ運転を行う制御方法。
- 実験室実験から，アクティブスウィングは温度一定制御と比較して疲労感の増加率が低く，知的生産性の低下抑制にも効果があることが確認された。



3. 実証試験の概要 (1) 実証試験対象オフィス

Tビル

所在地：東京都内

敷地面積：34,526 m²

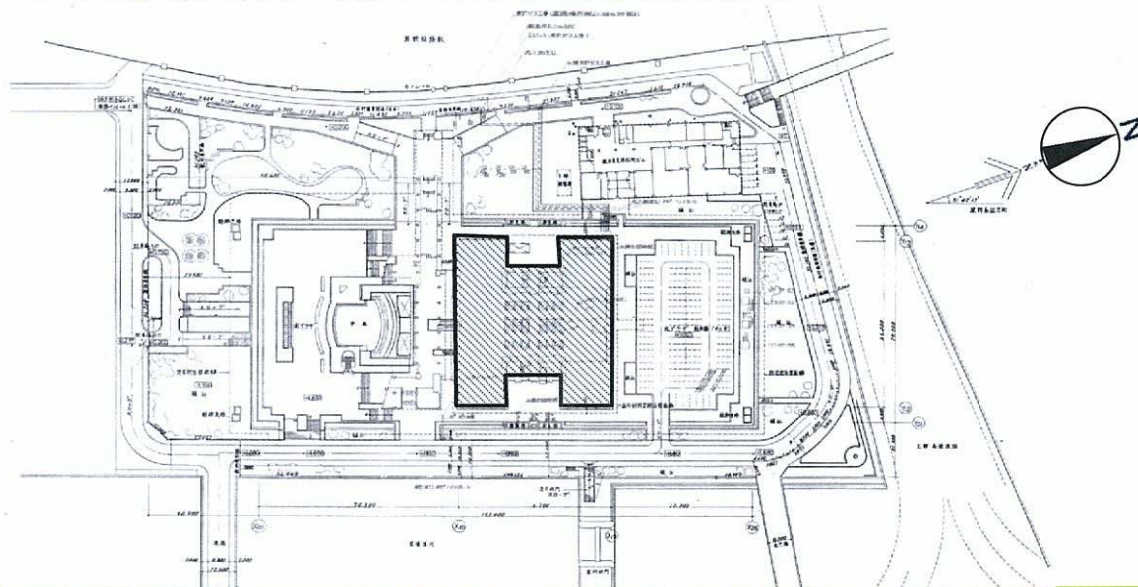
延床面積：165,675 m²

階数：地上40階，地下3階

構造：鉄骨鉄筋コンクリート造

竣工：1984年3月

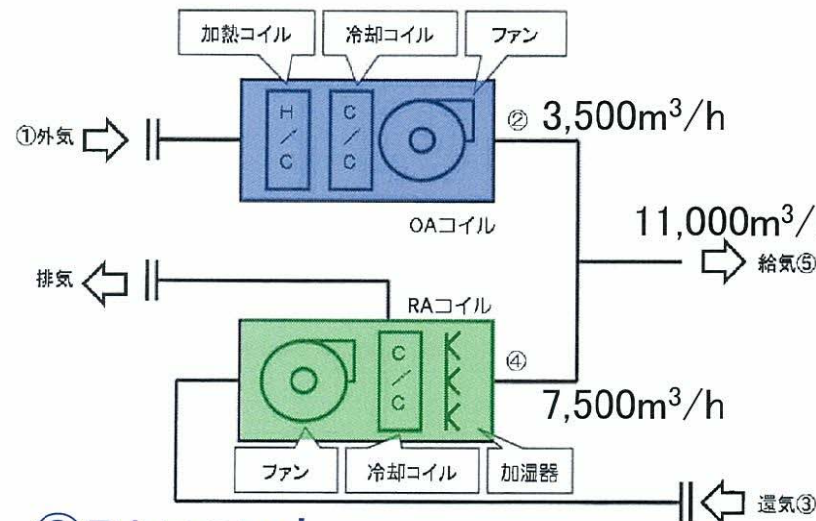
26階北東側 (648m², 1,659m³)



3. 実証試験の概要 (2) 実証試験対象オフィスの空調システム

【インテリア空調機】

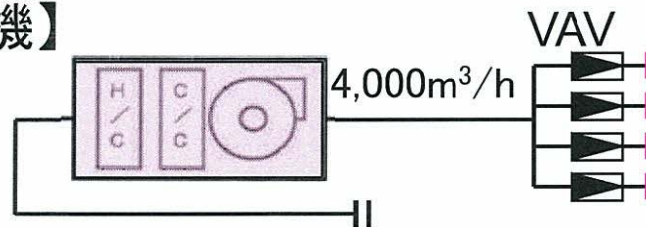
①OAユニット



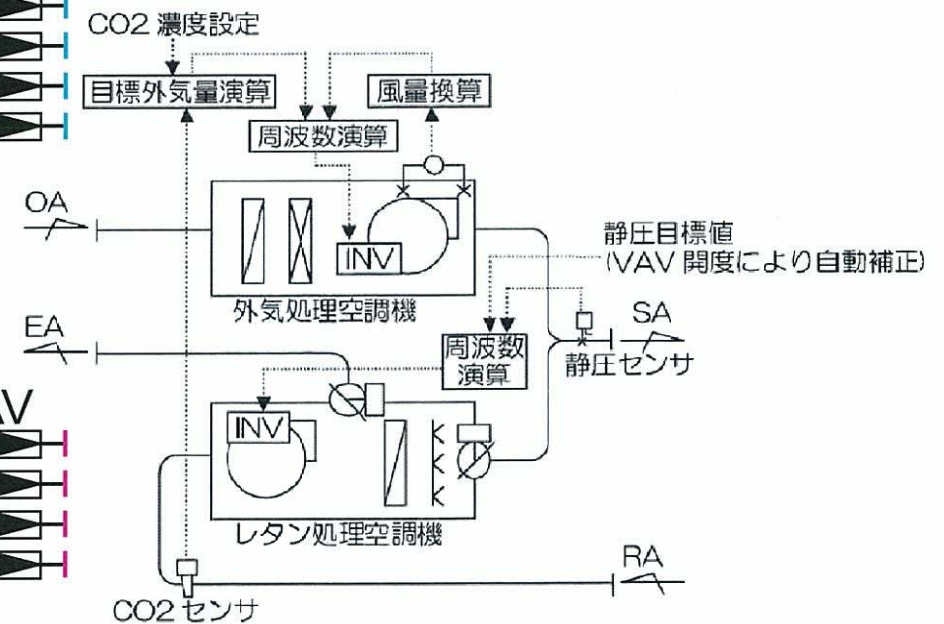
②RAユニット

【ペリメータ空調機】

③PEユニット

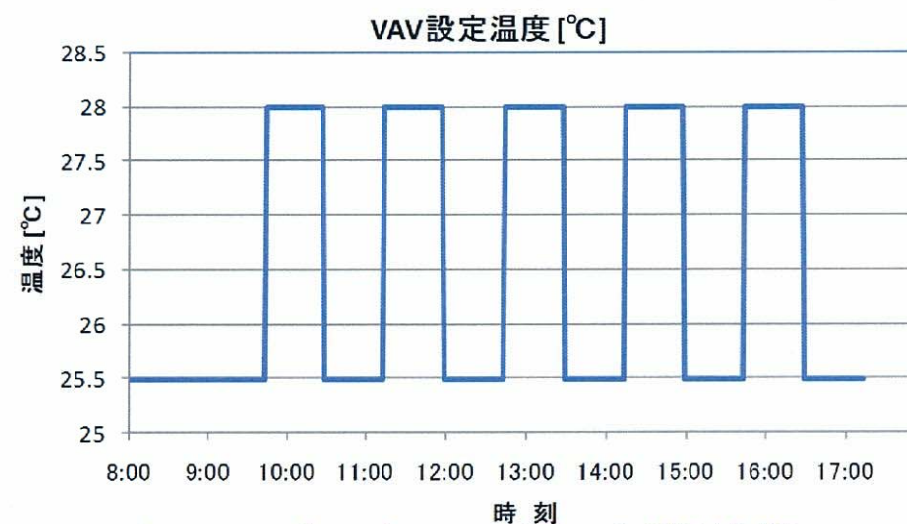
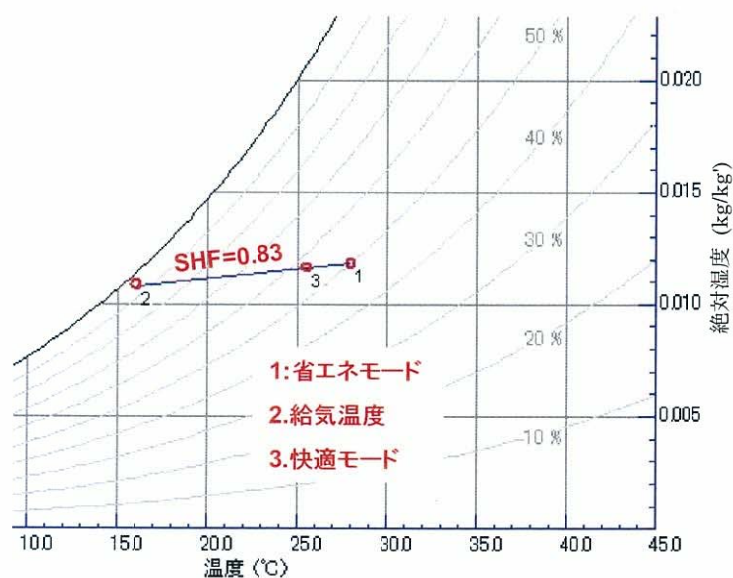


※ 冷温熱源は、地域熱供給施設より冷水及び蒸気を受給



3. 実証試験の概要 (3) 空調運転パターン

No.	項目	概要	設定値			備考
			温度	湿度	CO ₂ 濃度	
1	アクティブスウィング	給気温(湿)度を一定(16℃)に維持しながら、VAV制御により室内温度をスイングさせ、アクティブスウィングに近い状態を得る。	25.5～28.0℃DB	50～57%RH 11.7～11.9 g/kg(DA)	1,000ppm	スウィング周期=90分
2	通常の運転制御	当該ゾーンの通常の運転状態	27℃DB	54%RH	1,000ppm	
3	温湿度一定制御	節電対策を行う前の、一般的な温湿度条件	26℃DB	50%RH	750ppm	



アクティブスウィングの制御状態

3. 実証試験の概要 (4) 試験スケジュール

2012年

日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土
7/22	23	24	25	26	27	28	8/26	27	28	29	30	31	9/1
休 —	設置 作業	No.1	No.1	No.1	休 —	休 —	休 —	No.2	No.2	No.2	No.3	No.3	休 —
29	30	31	8/1	2	3	4	2	3	4	5	6	7	8
休 —	No.2	No.2	No.2	No.3	No.3	休 —	休 —	No.1	No.1	No.1	No.2	No.2	休 —
5	6	7	8	9	10	11	9	10	11	12	13	14	15
休 —	No.1	No.1	No.1	No.2	No.2	休 —	休 —	No.3	No.3	No.3	No.1	No.1	休 —
19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22
休 —	No.3	No.3	No.3	No.1	No.1	休 —	休 —	休 —	No.2	No.2	No.2	撤去 作業	休 —

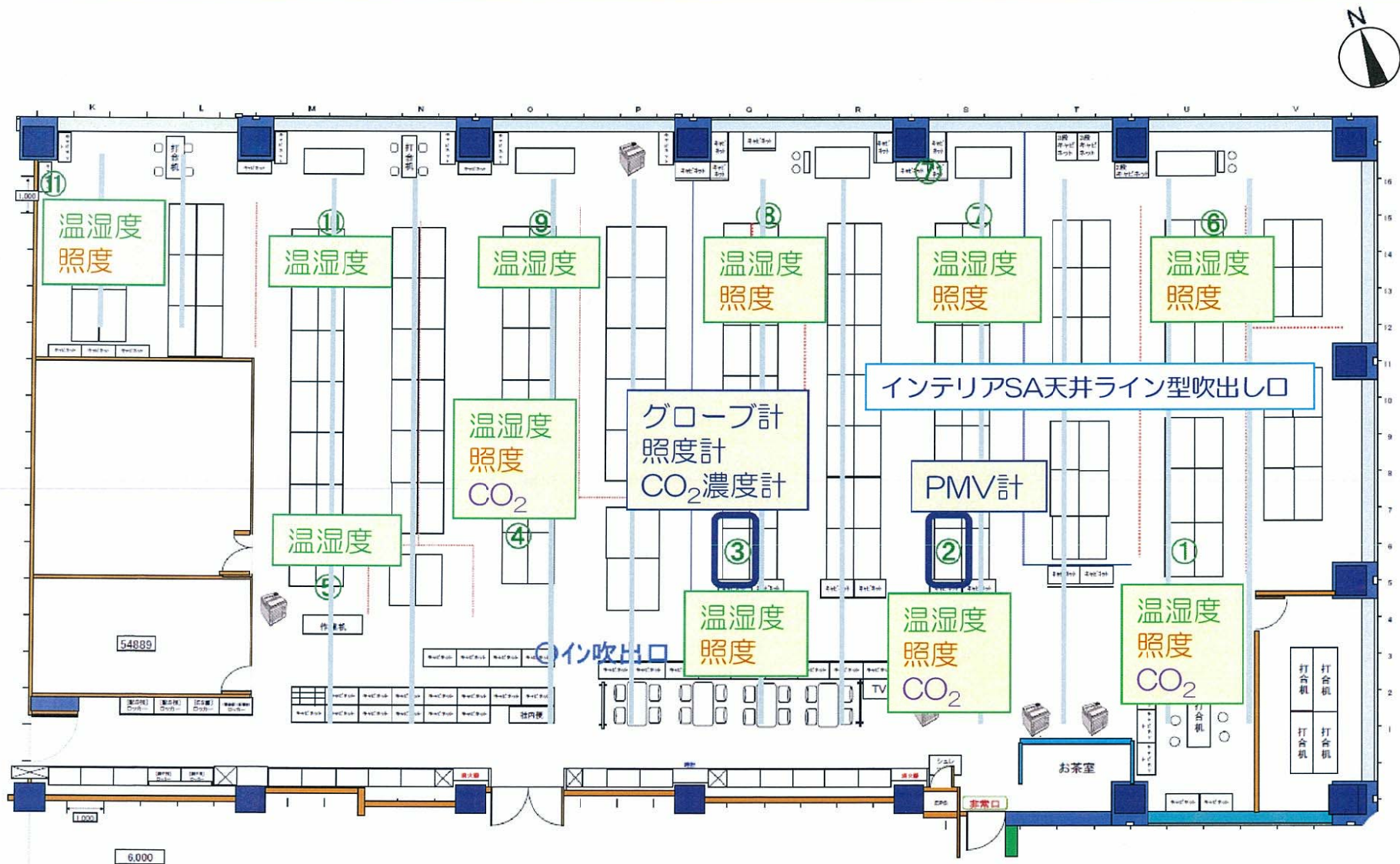
No.1 13日

No.2 13日

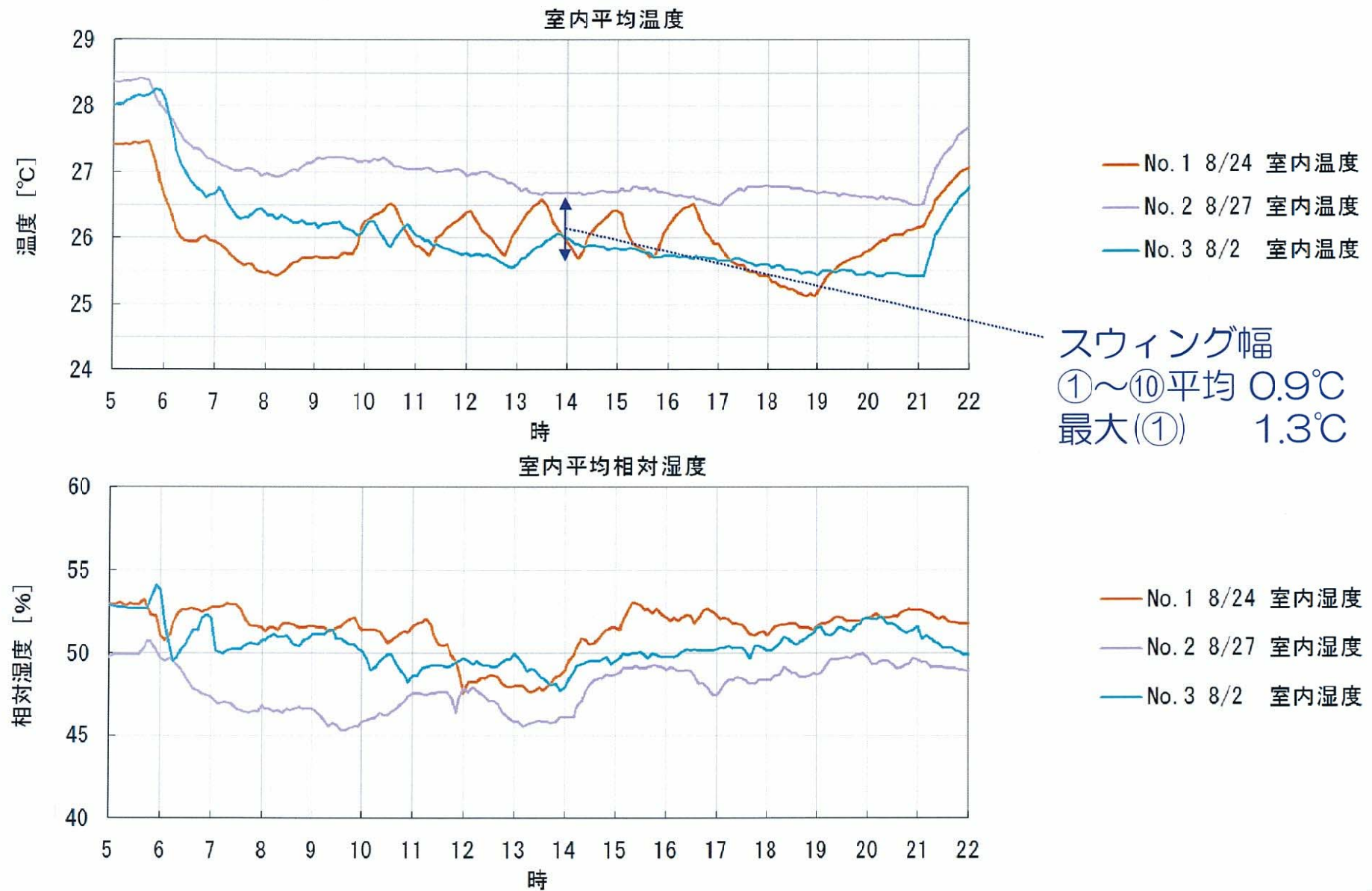
No.3 10日

合計 36日

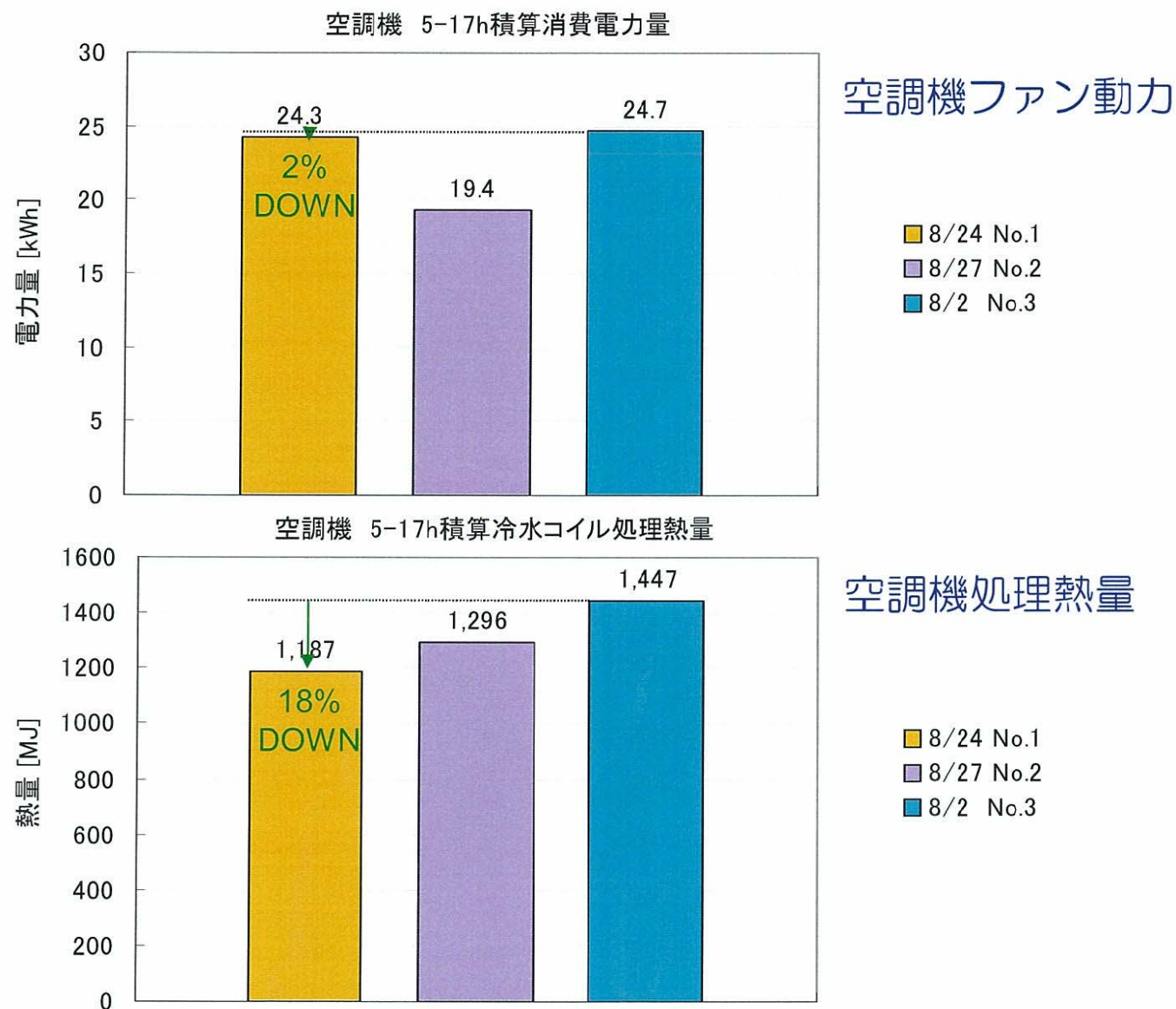
3. 実証試験の概要 (5) 室内環境測定点



4. 実証試験結果 (1) 代表日の室内温湿度

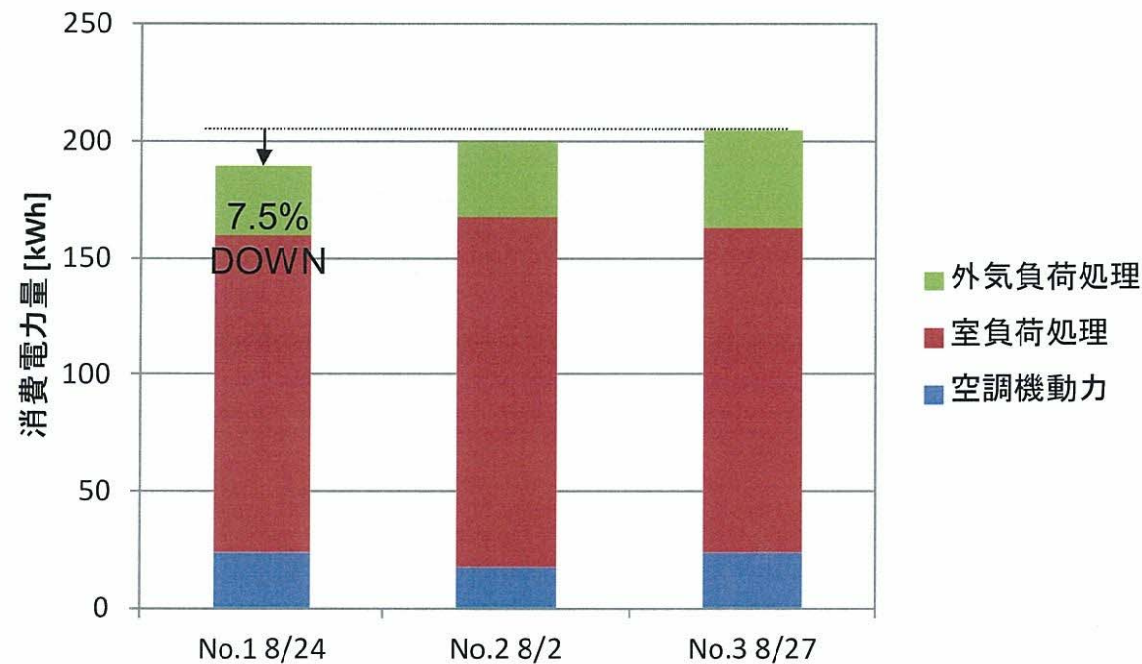


4. 実証試験結果 (2) 空調用消費エネルギー（日積算値）



■ 4. 実証試験結果 (3) 空調用消費エネルギー（電力量換算）

- 空調機処理熱量を、熱源システムのCOPを2.0として電力量に換算。
- No. 3のみCO₂濃度設定値が750ppmであるため、取入れ外気量をNo. 1に合わせて、空調機ファン動力及び空調機処理熱量を補正。
- 26℃・50%RH一定制御（No.3）と比較し、**約7.5%の電力量削減**を達成。



4. 実証試験結果 (4) 執務者へのアンケート調査

回答日：●/●(●) 1/2 枚目

No. (株) 東芝 新日本空調(株) 早稲田大学田辺研究室

*お忙しいところ誠に恐れますが、アンケート調査への協力をお願いいたします。御回答は統計的に処理いたしますので、回答者のお名前やご回答内容が外部に出ることはございません。なお、アンケートは執務時間中(9:00~17:00)にご回答願います。

1. 基本情報

a) 回答日時 2012年 月 日 時間

b) 性別 ☐ 男性 ☐ 女性

c) 年齢 ☐ 20代 ☐ 30代 ☐ 40代 ☐ 50代 ☐ 60代以上

d) 業務内容 ☐ 事務職 ☐ 技術職 ☐ 研究職 ☐ 営業職 ☐ 管理職

e) 現在の体調 ☐ 悪い ☐ やや悪い ☐ 普通 ☐ やや良い ☐ 良い

f) あなたご自身の座席の位置に○印をご記入ください。

例)

g) あなたが今日着ている服の組み合わせを教えてください。着ている物の横のチェックボックスにチェックを入れて下さい。

上半身	長袖	半袖	袖なし	薄	厚	下半身	ズボン	スカート	スリッパ	靴	足袋	小物類
長袖シャツ	☐	☐	☐	☐	☐	ズボン	☐	☐	☐	☐	☐	靴下
その他シャツ	☐	☐	☐	☐	☐	スカート	☐	☐	☐	☐	☐	靴下
ワンピース	☐	☐	☐	☐	☐	スリッパ	☐	☐	☐	☐	☐	靴下
ベスト	☐	☐	☐	☐	☐	靴	☐	☐	☐	☐	☐	足袋
カーディガン	☐	☐	☐	☐	☐	足袋	☐	☐	☐	☐	☐	小物類
ジャケット	☐	☐	☐	☐	☐	足袋	☐	☐	☐	☐	☐	靴下

*上半身と下半身は「丈」と「素材の厚み」の両方をお答えください。

2. 執務室の暖かさ、涼しさなどの温熱環境についてお伺いします。

■執務時間中のオフィス室内の温度はいかがですか？

温度	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い
a) 温度	1	2	3	4	5	6	7

■残業時間中のオフィス室内の温度はいかがですか？

温度	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い
a) 温度	1	2	3	4	5	6	7

■オフィス室内の湿度はいかがですか？

湿度	非常に乾燥している	乾燥している	やや乾燥している	どちらでもない	やや湿っている	湿っている	非常に湿っている
b) 湿度	1	2	3	4	5	6	7

c) 体に気流を感じますか？ ☐ 感じない ☐ やや感じる ☐ 感じる ☐ 非常に感じる

■現状の温熱環境に対する満足度はいかがですか？

満足度	不満	やや不満	どちらともいえない	やや満足	満足
d) 温度	1	2	3	4	5
e) 湿度	1	2	3	4	5
f) 気流	1	2	3	4	5
g) 総合的な温熱環境	1	2	3	4	5

h) 温熱環境の不満の原因に該当するものをお答えください。(複数回答可)

☐ 全体的に暑い ☐ 全体的に寒い ☐ 湿度が高い ☐ 乾燥している

☐ 体全体としての風の当たり ☐ 周囲からの放射熱 ☐ 温度の変動

☐ 上半身と下半身の温度差 ☐ 場所による温度差 ☐ 外部との温度差

☐ 作業時の空調停止 ☐ その他()

i) 現在のオフィスの温熱環境は仕事の効率にどのような影響を与えていますか？

☐ 低下させている ☐ やや低下させている ☐ 影響しない ☐ やや高めてくれる ☐ 高めてくれる

回答日：●/●(●) 2/2 枚目

(株) 東芝 新日本空調(株) 早稲田大学田辺研究室

j) 現在のオフィスの室内は何℃だと思いますか？ _____℃

k) 自宅の空調設定温度は通常何℃ですか？ _____℃

3. 空気のとどみ・においなど、空気環境についてお伺いします。

a) 全般的にみて、現状の空気環境に満足していますか？ ☐ 不満 ☐ やや不満 ☐ どちらともいえない ☐ やや満足 ☐ 満足

b) 空気環境の不満の原因に該当するものをお答えください。(複数回答可)

☐ 空気の汚れ ☐ 気になる臭い ☐ ほこりっぽさ ☐ 空気のとどみ(換気が不十分な感じ)

☐ その他()

c) 現在のオフィスの空気環境は仕事の効率にどのような影響を与えていますか？

☐ 低下させている ☐ やや低下させている ☐ 影響しない ☐ やや高めてくれる ☐ 高めてくれる

4. オフィスの総合的な室内環境についてお伺いします。

■現在のオフィスにおいて、以下の項目のしやすさはいかがですか？あてはまるものに○をつけてください。

	しにくい	ややしにくい	どちらともいえない	ややしやすい	しやすい
a) 作業への集中	1	2	3	4	5
b) リラックス	1	2	3	4	5
c) コミュニケーション	1	2	3	4	5
d) 創造的な活動	1	2	3	4	5

e) 以上のような項目(a~d)を行う上で、現状のオフィスの空間構成に満足していますか？

☐ 不満 ☐ やや不満 ☐ どちらともいえない ☐ やや満足 ☐ 満足

f) オフィス環境を総合的にみて満足していますか？

☐ 不満 ☐ やや不満 ☐ どちらともいえない ☐ やや満足 ☐ 満足

g) オフィスの室内環境は、作業状態や作業のしやすさにどのような影響を与えていると考えられますか？

☐ 低下させている ☐ やや低下させている ☐ 影響しない ☐ やや高めてくれる ☐ 高めてくれる

h) 過去1週間について、これまでお聞きした環境の様々な要因によりロスしたと思われる時間をお答え下さい。

_____時間 (5時間なら「5」、20時間なら「20」とご記入ください)

i) 室内環境があなたにとって最適であるときのあなたの最大限の作業能力を100とすると、現在の室内環境における作業能力はどれくらいになりますか？例のようにスケールバー上に印を入れてください。

0 50 100

記入例

線上に斜線を記入して下さい

j) 不快感(暑い・寒い等)や疲労を感じる部分にチェックを入れ、その理由を()内から選択してください。(複数回答可)

☐ 頭 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 頭 (暑い/寒い/疲労/その他:)
☐ 顔 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 顔 (暑い/寒い/疲労/その他:)
☐ 目 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 目 (暑い/寒い/疲労/その他:)
☐ 手 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 手 (暑い/寒い/疲労/その他:)
☐ 胸 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 胸 (暑い/寒い/疲労/その他:)
☐ 腹 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 腹 (暑い/寒い/疲労/その他:)
☐ 背 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 背 (暑い/寒い/疲労/その他:)
☐ 腰 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 腰 (暑い/寒い/疲労/その他:)
☐ 足 (暑い/寒い/疲労/その他:)	☐ 足 (暑い/寒い/疲労/その他:)

k) 総合的に考えて、現在のオフィスと自宅ではどちらが快適ですか？ ☐ オフィス ☐ 同程度 ☐ 自宅

l) 仕事を行う上で、現在のオフィスと自宅ではどちらが快適ですか？ ☐ オフィス ☐ 同程度 ☐ 自宅

m) 自宅の室内環境に満足していますか？

☐ 不満 ☐ やや不満 ☐ どちらともいえない ☐ やや満足 ☐ 満足

n) 現在のオフィス環境について感じていることを下欄にご自由にお書きください。

記入したアンケートは出入口周辺に設置してある回収BOXに入れてください。アンケート調査にご協力頂きまして、誠にありがとうございました。 2

4. 実証試験結果 (5) 温熱環境満足度

NO1

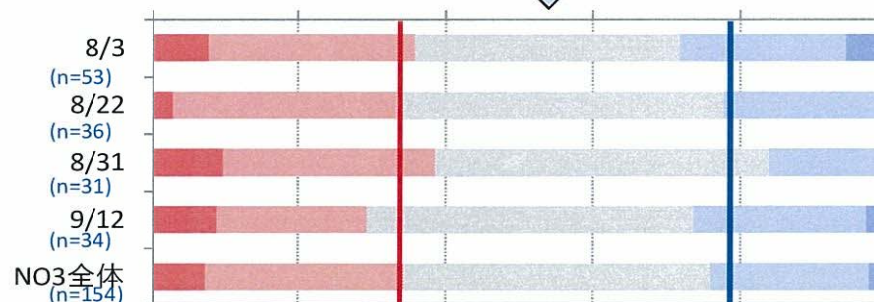
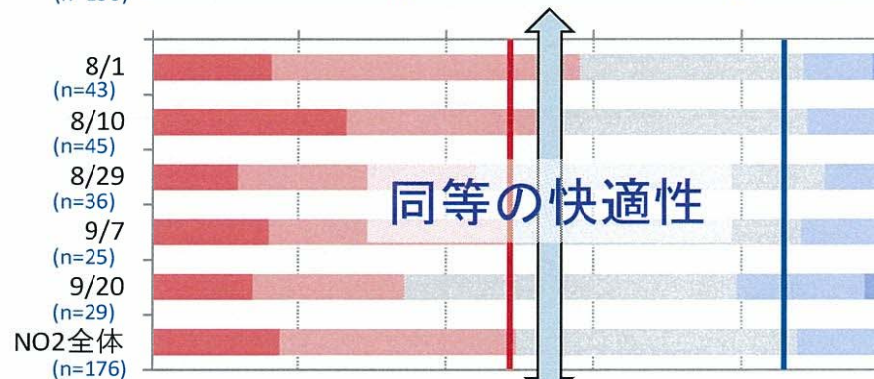
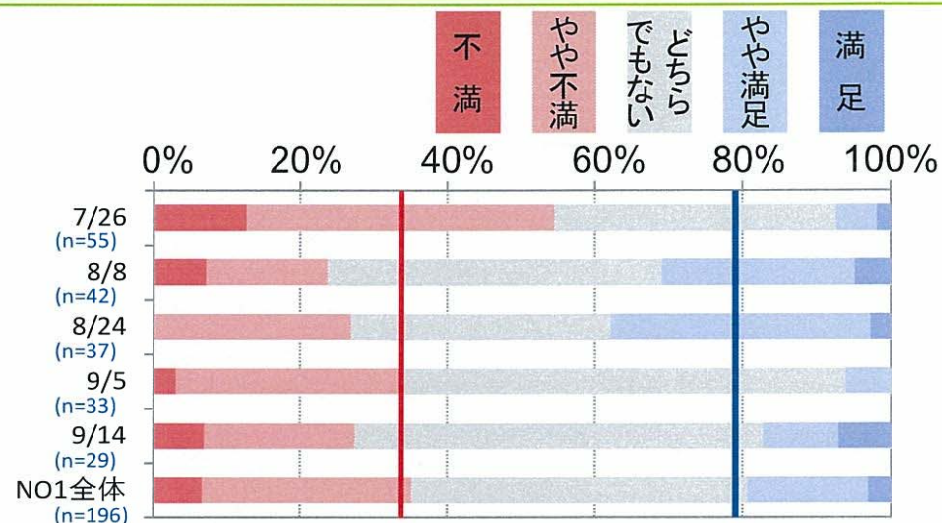
測定項目	アクティブスウィング
設定温度	25.5～28.5℃DB
設定湿度	46～54%RH
平均温度	26℃
平均湿度	53%RH
平均放射温度	25.9℃

NO2

測定項目	現状の運転制御
設定温度	27℃DB
設定湿度	54%RH
平均温度	26.3℃
平均湿度	50%RH
平均放射温度	26.7℃

NO3

測定項目	温湿度一定制御
設定温度	26℃DB
設定湿度	50%RH
平均温度	25.6℃
平均湿度	51%RH
平均放射温度	25.9℃



4. 実証試験結果 (6) 温熱環境の仕事効率への影響

NO1

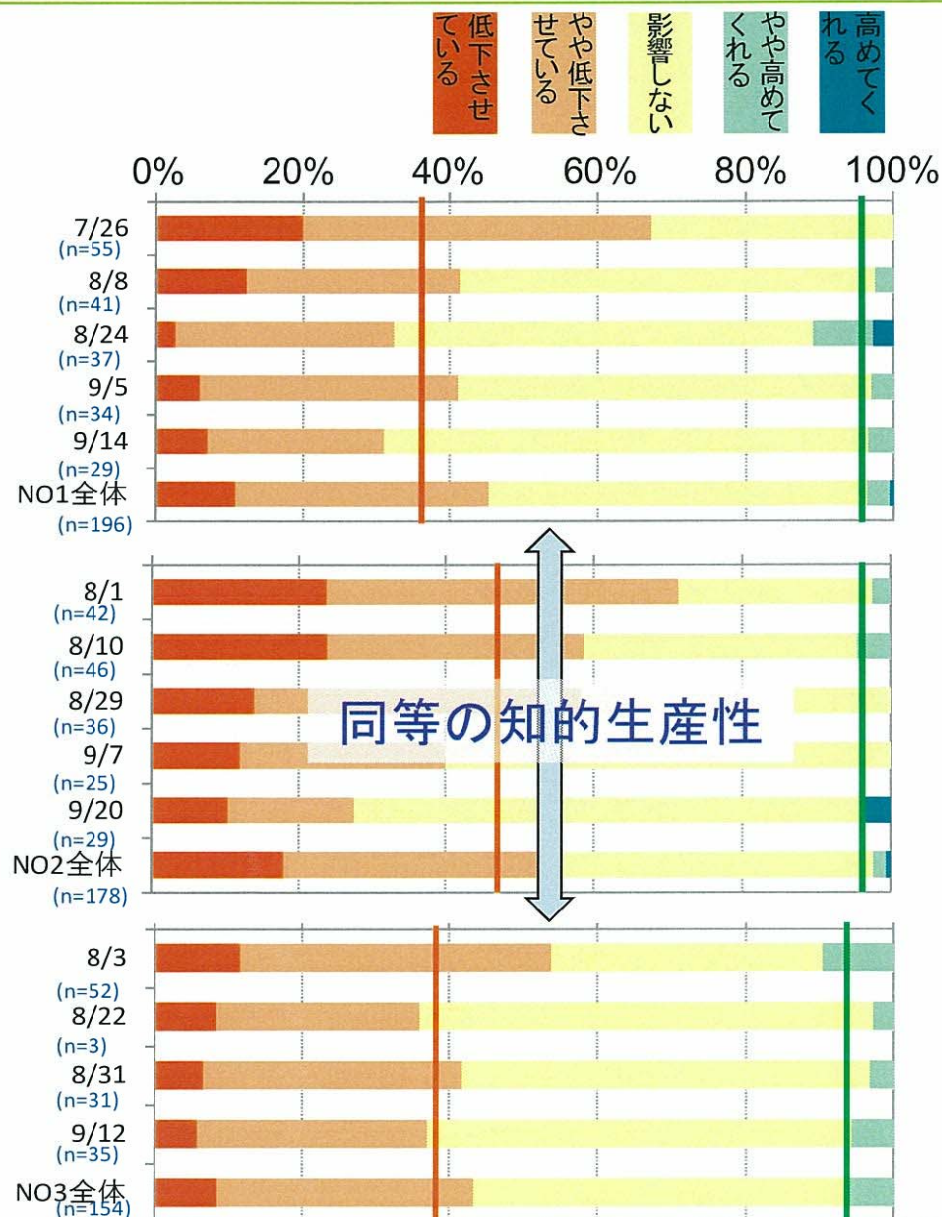
測定項目	アクティブスウィング
設定温度	25.5～28.5℃DB
設定湿度	46～54%RH
平均温度	26℃
平均湿度	53%RH
平均放射温度	25.9℃

NO2

測定項目	現状の運転制御
設定温度	27℃DB
設定湿度	54%RH
平均温度	26.3℃
平均湿度	50%RH
平均放射温度	26.7℃

NO3

測定項目	温湿度一定制御
設定温度	26℃DB
設定湿度	50%RH
平均温度	25.6℃
平均湿度	51%RH
平均放射温度	25.9℃



Ⅴ. 考 察 空調用消費電力量と知的生産性との関係

- アンケート回答日毎の回答結果を数値化した値と、その日の空調用消費電力量の日積算値の関係をグラフ化.
- 26℃・50%RH (No. 3) のCO₂濃度設定値の違いによる取入れ外気量の補正は行わず.
- 26℃・50%RH一定制御と比較し、知的生産性はほぼ同等で、消費電力は少ない.



5. まとめ

- スウィング温度幅約 1.0°C 、90分周期というスウィング条件において、 $26.0^{\circ}\text{C} \cdot 50\%\text{RH}$ 一定制御と比較し、**約7.5%の電力量削減**.
- $26^{\circ}\text{C} \cdot 50\%\text{RH}$ 一定制御と比較して、**同等の快適性**を達成.
- $26^{\circ}\text{C} \cdot 50\%\text{RH}$ 一定制御と比較して、**同等の知的生産性**を達成.