

快適性・知的生産性を考慮した 照明・空調の省エネ制御の実証評価

2014年3月13日

パナソニック株式会社
エコソリューションズ社



オフィスの照明、空調等の室内環境設備の運用の最適化を行い、執務者の快適性や知的生産性を損なわず省エネを実現する制御方式を実ビルに適用し、CO₂排出量の削減を図る。また、専門家が計測データに基づいて効率的・継続的に省エネチューニングを行えるクラウド型の分析環境を構築し、実ビルに適用してCO₂排出量の削減を図る。さらに、これらの取組みの効果を検証する。

①照明制御での先駆取組み

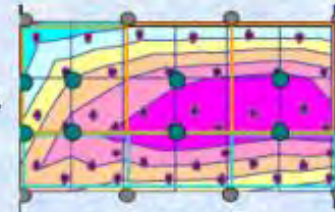
省エネ &
知的生産性向上



タスク&アンビエント

②空調制御での先駆取組み

省エネ &
快適性向上



室温分布

③省エネコンサルのビジネスモデル検証

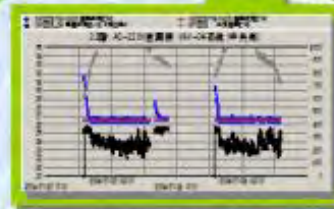
計測データに
基づく運用・
チューニングの
しくみ化



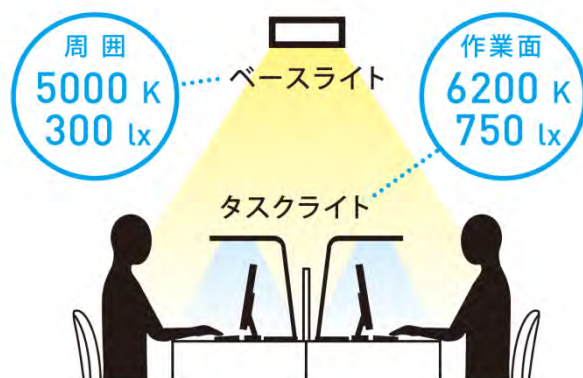
インターネット



<分析者>



知的生産性(集中度)の向上と省エネルギーを図る照明手法の実証



・快適性も集中度もUP

・省エネ30%以上

実施内容

- ① 室内環境評価ガイドラインとしての
執務者の集中度 客観定量評価指標のツール整備
- ② 集中力向上照明の精密評価
- ③ 実オフィスビルにおける集中力向上照明の実証評価

オフィス市場において知的生産性向上は重要な価値となる

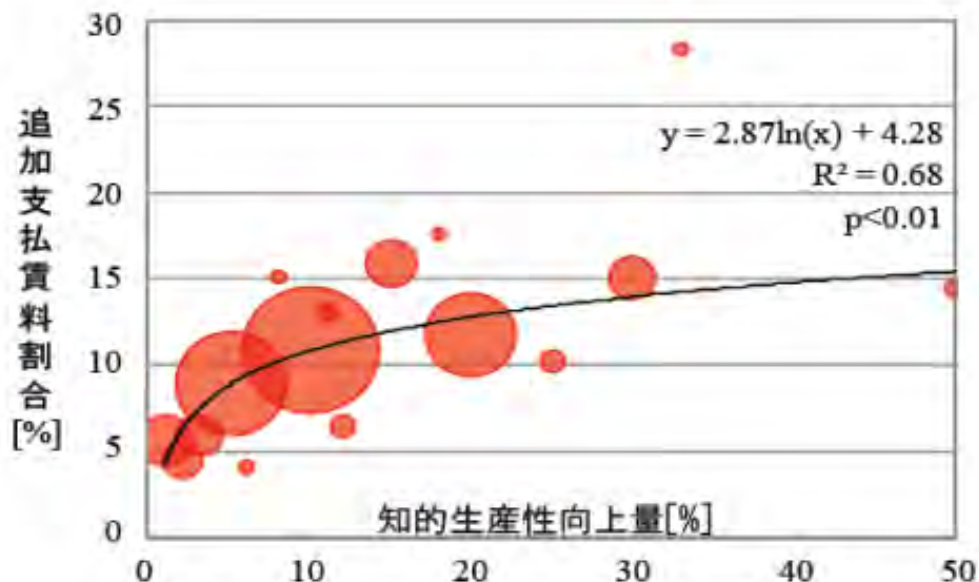
●知的生産性と経済性

5%の知的生産性向上に対し、8.8%ほどの追加賃料支払い意向傾向

経営者にアンケート。

理想のテナントオフィスビルに移転するとして、

期待される知的生産性の向上効果と、支払い可能な追加賃料の関係



1) テナントビル勤務者 / n=282

(国交省 知的生産性研究委員会資料より)

集中度は知的活動の汎用的な指標

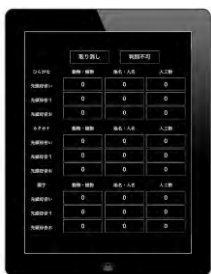
京都大学(下田宏教授)と共同開発

知的作業の計測

● 知的作業時の認知要素



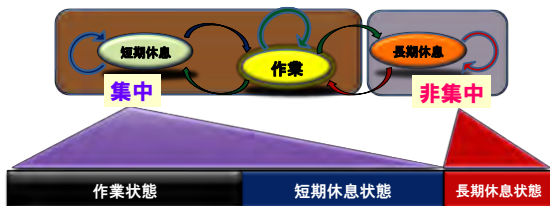
● 計測ツール



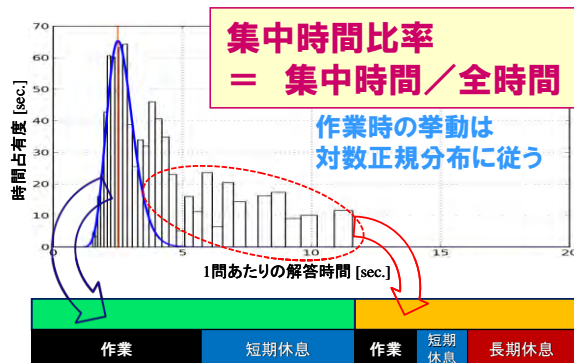
知的作業を反映させた
認知タスク

集中度の評価

● 知的作業時の3状態と集中の定義



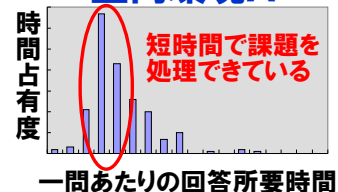
● 集中解析の概念



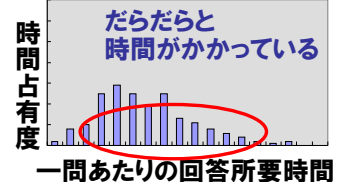
室内環境と集中

● 環境応答性

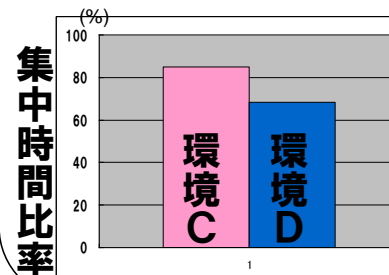
室内環境A



室内環境B



● 室内環境の集中効果評価

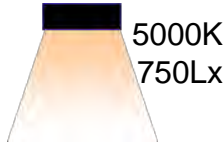
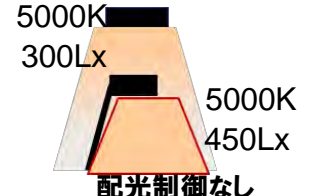
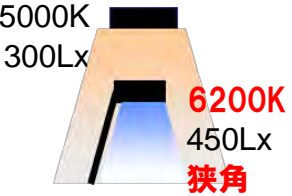


ツール化により
手軽に
評価可能

評価方法

- 実験室実験による精密評価
- 社外人材 24名
- 各照明条件下で知的作業を各1日実施
- 評価検証: 京都大学 下田教授

照明条件 3種

	標準照明	従来タスクアンビエント照明	集中度向上照明
照明手法 (机上面照度 750lxの例)	 5000K 750Lx	 5000K 300Lx 5000K 450Lx 配光制御なし	 5000K 300Lx 6200K 450Lx 狭角

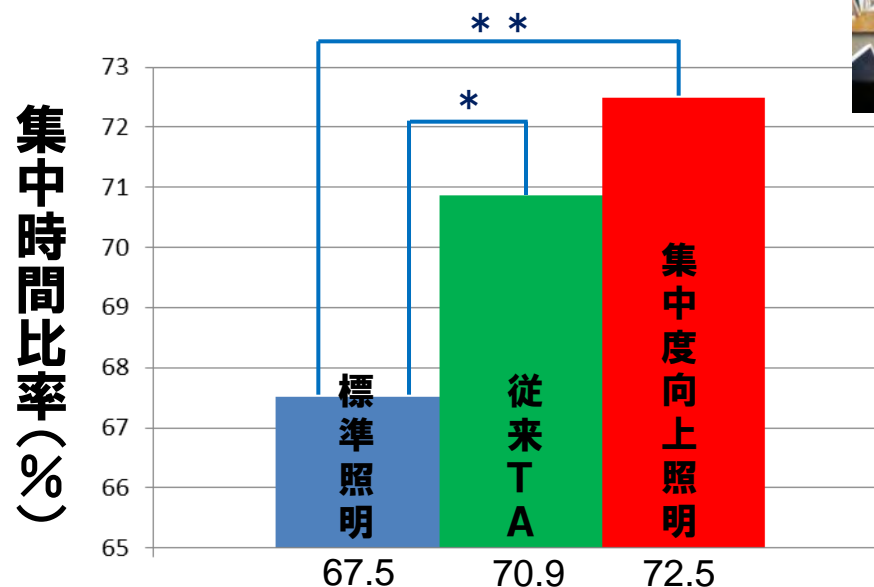
客観評価

向上率7.4%(5%ポイント)の
集中向上効果

統計的有意差あり

** P<0.01
* P<0.05

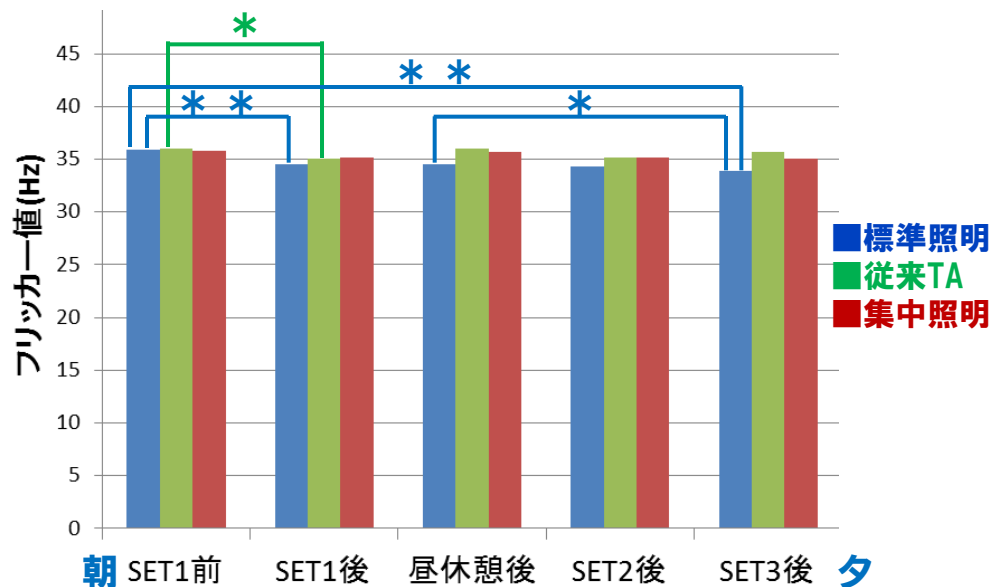
省エネ性: 41%



生理評価

目の疲労評価（フリッカー計測による）

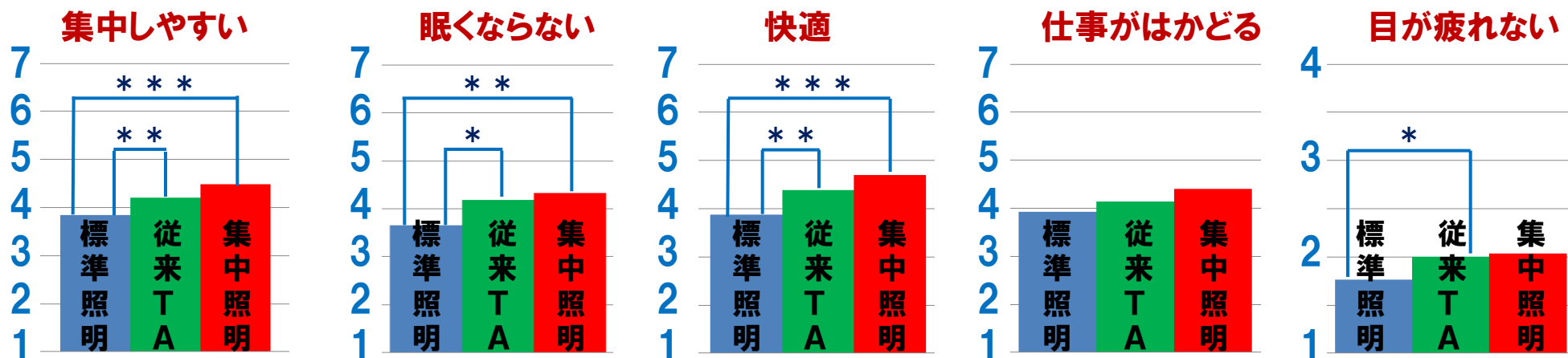
標準照明では、
時間の経過とともに目の疲れが現れてくるが、
集中度向上照明では現れない



主観評価

「日本産業衛生学会 自覚症しらべ」「多面的感情状態尺度評価」などによるアンケート調査

*** P<0.001
** P<0.01
* P<0.05



(4段階評価)

実証評価方法

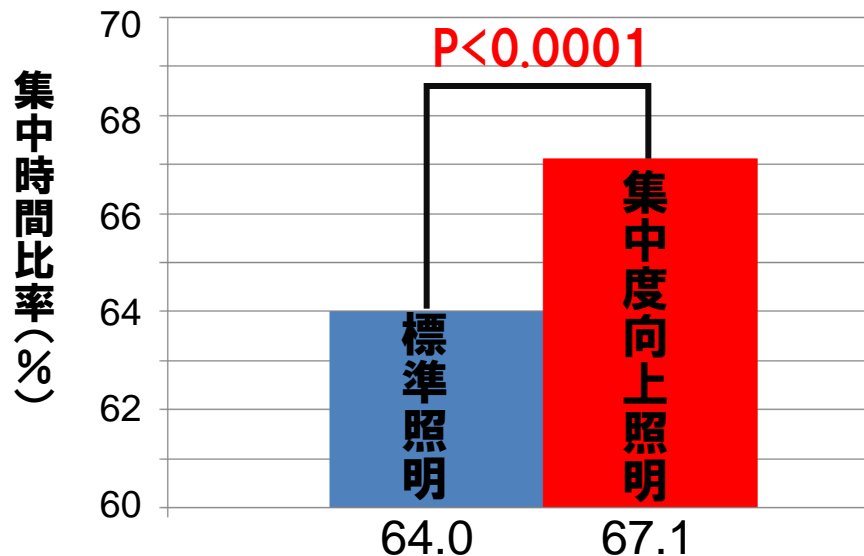
- ・パナソニック門真構内
- ・社外人材 40名
- ・外光照射。南向き一面が窓面(ブラインド閉)
- ・外乱許容:騒音、館内放送など
 温湿度・換気コントロールはラフ
- ・各照明条件下で知的作業を各1日実施
- ・評価検証:京都大学 下田教授



南側窓面

客観評価

約4.9%の集中度向上効果



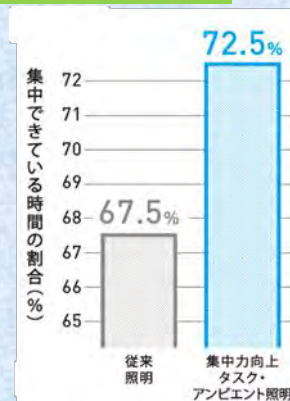
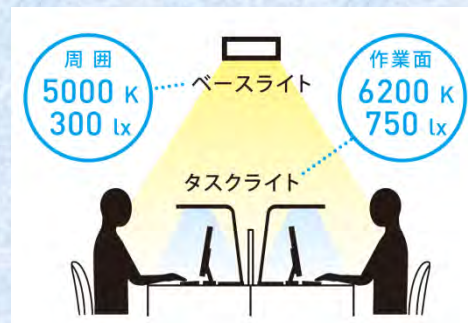
明確な統計的有意差

*ラボ評価では7.4%の向上効果。
今回結果は外光・外乱影響によるものと推察

省エネ性: 37%

■ 得られた成果及び課題

- 手軽に**集中度**を**客観評価**できるツールを整備
- 集中度向上照明を提案。オフィス標準照明に比べて、働く人の**集中度**を**7.4%向上**させる効果を確認。
目の疲れにくさ、快適性なども確認。
- 外光・外乱の入るオフィスでの実証評価においても有効性を確認
- オフィス標準照明に比べて、**省エネ効果30%以上** を実現



■ モデル事業終了後の展開予定

- 集中度向上照明の事業化により普及展開を推進
- さらに知的生産性向上へ、空調等も含めたトータル環境構築の取り組み
- 集中度指標ツールを用いた応用展開を検討。

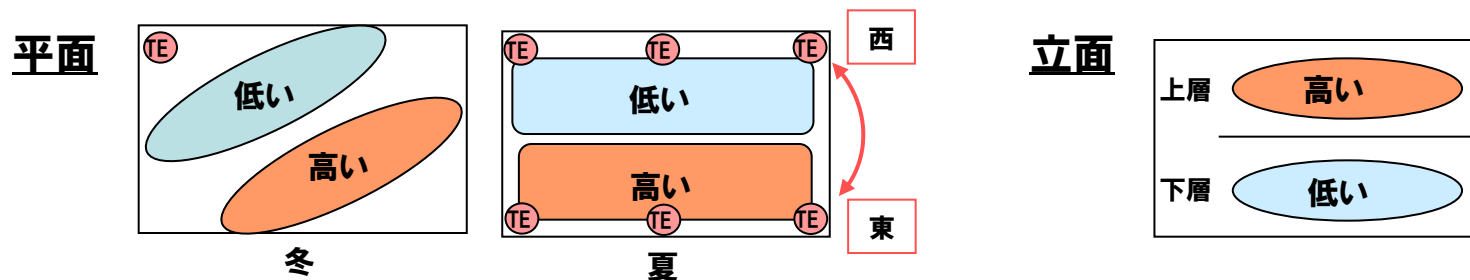
執務・学習空間の設計・評価、執務・学習支援機器の設計・評価など

【予備実験から得られた知見】

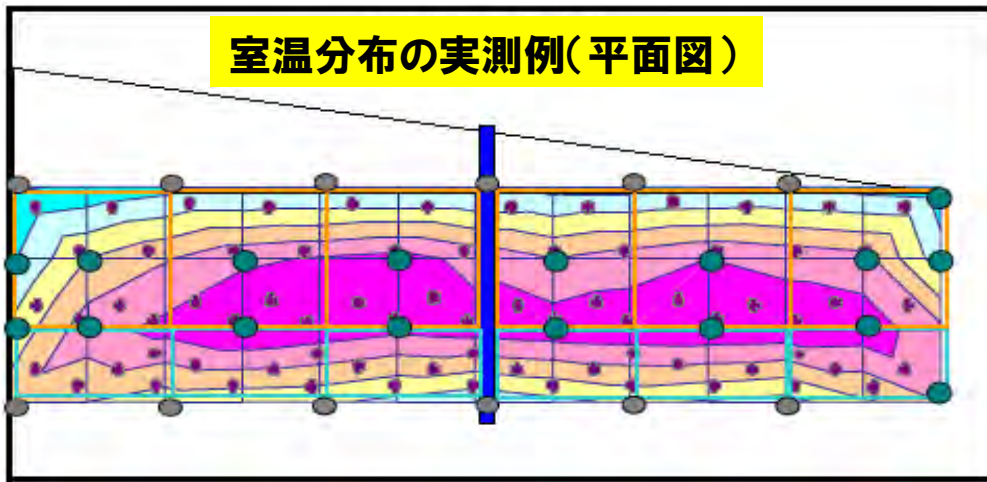
室内の温度分布には2℃程度の**温度ムラ**がある。

適切に空調制御することで、**快適性向上とともに、省エネ効果も見込める。**

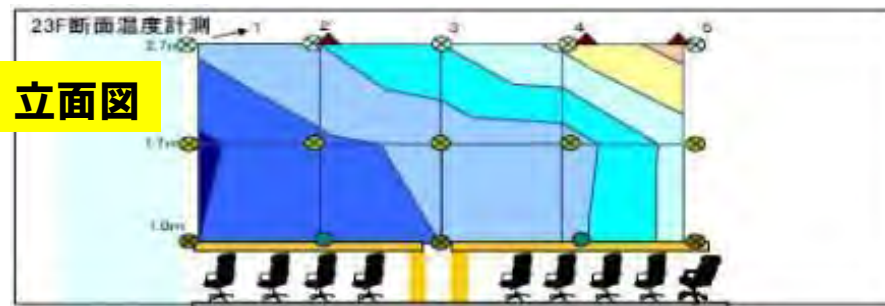
実ビルにおいてこの仮説を実証する。



室温分布の実測例(平面図)



0.5℃刻みで描いた分布図



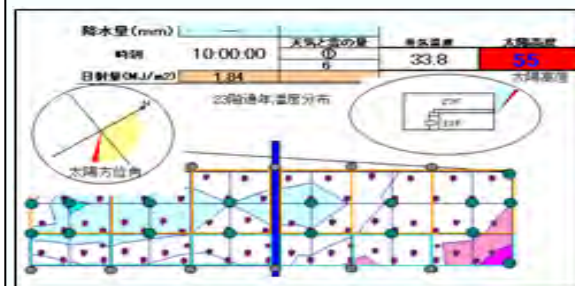
★温度ムラの定義

- ①設定値との差
- ②制御センサと計測センサの差
- ③西側、東側のゾーンの差
- ④フロア単位の差

①～④の差を最小化

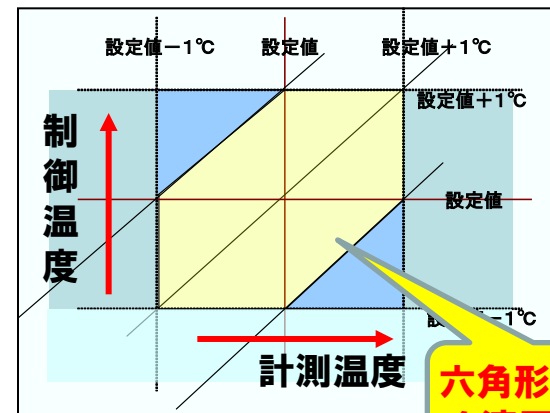
★可視化機能の強化

- ①設定値との差表示
- ②太陽高度／方位、天気追加



時間変化アニメーション表示の実現

★制御適正範囲の設定



六角形の範囲を適正とする



★制御改善策の立案

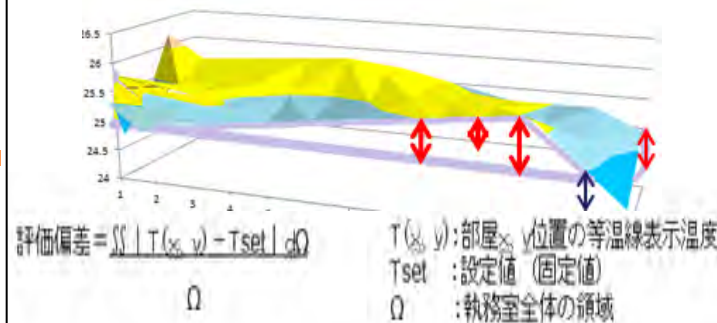
★定量的評価指標の設定

改善策

具体的な説明

- | | |
|------------|---------------------|
| ①立ち上がり運転改善 | 空調開始時間の温度下げ過ぎ傾向改善 |
| ②冷え過ぎ傾向改善 | 給気温度上限値を低く変更し調整 |
| ③日射対策 | 日射の影響による突発的な温度ムラを改善 |
| ④内部発熱対策 | 局所的な内部発熱による温度ムラの改善 |
| ⑤風量適正化 | レイアウト変更に対して最適風量とする |

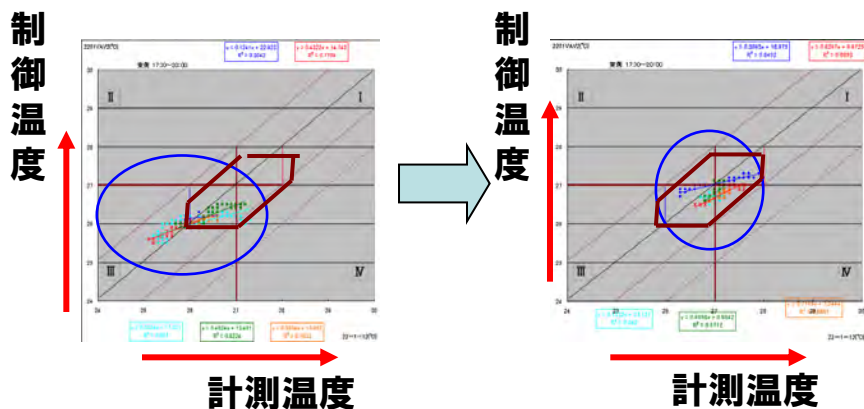
設定値との差を評価偏差で分析



昨年度との比率で評価する

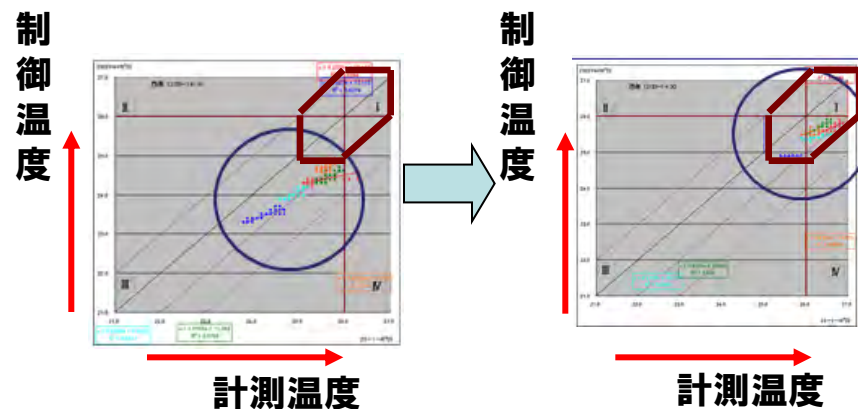
●夏期 温度ムラ改善結果

制御適正範囲内に収まり、冷え過ぎ傾向解消



●中間期 温度ムラ改善結果

制御適正範囲内に収まり、冷え過ぎ傾向解消



評価偏差での評価

8月第1週

23F	22F
0.87	0.83

8月第3週

23F	22F
0.72	0.74

8月第4週

23F	22F
0.73	0.97

評価偏差(対前年度比)減少

削減エネルギーでの評価

①立ち上がり 運転改善	②冷え過ぎ 傾向解消	③日射対策	④内部発 熱対策	小計	⑤その他 (風量変更)	計
14%	5%	6%	4%	29%	18%	47%

29%削減

対前年8月平均との比較
⑤風量適正化分は除く

評価偏差での評価

10月第1週

23F	22F
0.86	0.96

10月第2週

23F	22F
0.92	0.83

10月第3週

23F	22F
0.77	0.74

評価偏差(対前年度比)減少

削減エネルギーでの評価

①立ち上がり 運転改善	②冷え過ぎ 傾向解消	③日射対策	④内部発 熱対策	小計	⑤その他 (風量変更)	計
9%	3%	4%	3%	19%	12%	31%

19%削減

対前年9,10,11月平均と比較
⑤風量適正化分は除く

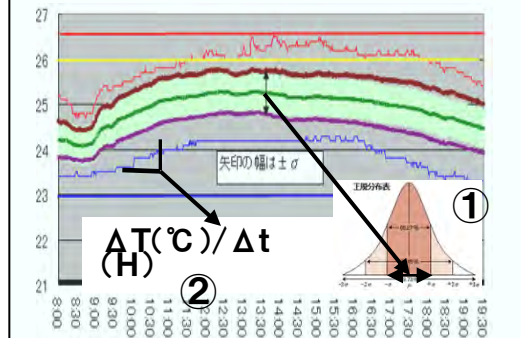
★冬期の傾向分析

- ①空調開始時加熱
- ②外気冷房(加湿)による冷却
- ③時刻とともに設定値より高めの平衡状態で安定

夏期とは異なる
温度ムラ定義が必要

★冬期の温度ムラの定義

- ①平均からの標準偏差最小化
- ②制御変化量最小化



★定量的評価指標の設定

制御変化量を**標準偏差**で分析

$$\text{標準偏差} = \sqrt{(\sum(X_i - AVE)^2) / \text{計測値の個数}}$$

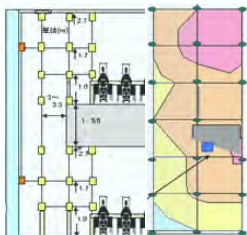
- X_i 計測値
 ・制御センサ
 ・計測センサ
 ・等温線図作成の補間値
- AVE 計測値全体の平均値

昨年度との比率で評価する

2013年	時間帯平均				
	7-9	9-12	12-14:30	14:30-17:30	17:30-19:30
22階σ(平均)	0.61	0.83	0.71	0.71	0.71
22階(室温)平均	21.01	23.82	23.88	23.49	23.31
22階変化量(平均)	1.26	0.24	0.02	0.02	-0.25
外気平均(全体平均)	6.11	8.35	12.44	10.88	9.75

★上下階温度ムラ分析

- ③上下階の差
- 吹抜けの影響で上下階の温度差が発生



★制御改善策の立案

改善策	具体的な説明
①立ち上がり運転改善	空調開始時間の温度上げ過ぎ傾向改善
②暖め過ぎ傾向改善	給気温度上限値を低く変更し調整
③上層階の起動時間調整	上層階の空調機起動時間を1時間シフト
④風量適正化	レイアウト変更に対して最適風量とする

●フロア内 温度ムラ改善結果

22階

	7-9	9-12	12-14:30	14:30-17:30	17:30-19:30
22階σ(平均)	0.56	0.78	0.70	0.73	0.72
2014年に対する2013年の割合	0.93	0.93	0.99	1.02	1.02
22階(室温)平均	21.58	23.56	23.80	23.98	23.95
22階変化量(平均)	0.66	0.28	0.06	0.04	-0.14

評価偏差(対前年度比)減少

23階

	7-9	9-12	12-14:30	14:30-17:30	17:30-19:30
23階σ(平均)	0.56	0.81	0.71	0.77	0.72
2014年に対する2013年の割合	1.00	0.93	0.94	0.94	0.91
23階(室温)平均	22.18	24.20	24.34	24.44	24.35
23階変化量(平均)	0.66	0.27	0.02	0.01	-0.12

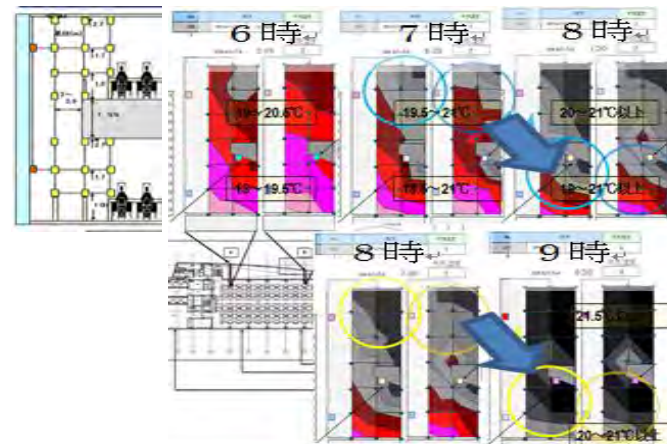
削減エネルギーでの評価

8%削減

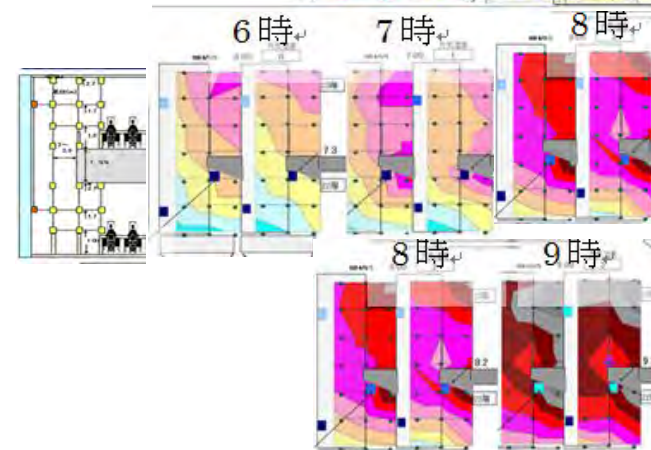
対前年1月下旬との比較

●上下階 温度ムラ改善結果

改善前



改善後



上下階の温度差がほとんど無くなった

電力量6%削減、熱量8%削減

■ 得られた成果

- ・温度ムラの定義を明確化し、定量的評価指標を創出
- ・分析ツール(温度分布の可視化・アニメーション機能)の試作開発
- ・季節ごとに的確な制御改善策を実施し、**温度ムラを解消**
- ・結果として、**夏期29%、中間期19%、冬期8% 年間では23%の省エネ達成**

季節毎の負荷比率による加重平均で算出

■ 実証を通じて分かった課題

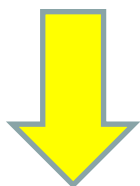
- ・予備計測期間の短縮
- ・季節ごとに1週間程度
- ・天井センサへの拡張
- ・今回の実証では壁付けセンサを対象

■ モデル事業終了後の展開予定

- ・パナソニック東京汐留ビルでの水平展開
22,23階での成果を他のフロアに適用
- ・**省エネチューニングサービスの事業化**
チューニングノウハウの空調制御機器への組み込み

<現状の課題認識>

- ◇ CO₂削減・省エネポテンシャルがある建物は多数存在する
- ◇ 施設管理者は管理業務に忙しく省エネまで手が回らない
- ◇ チューニングによるウラの省エネがしたいが専門知識がない
- ◇ 専門知識をもつ多くの分析員が定年を迎え退職されていく



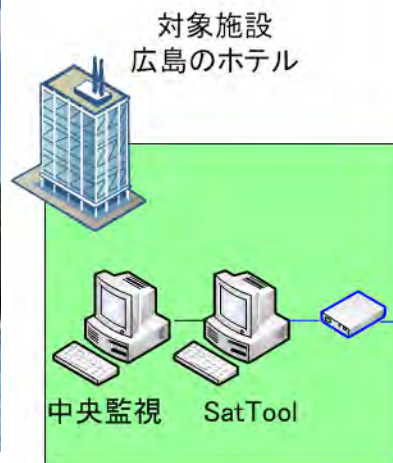
オモテの省エネ：照明消灯や室温設定変更など。執務環境に直接影響する。
ウラの省エネ：専門家による設備運用改善。執務環境に影響を与えない。

クラウドでの分析ツールを活用した遠隔からの省エネコンサルで解消

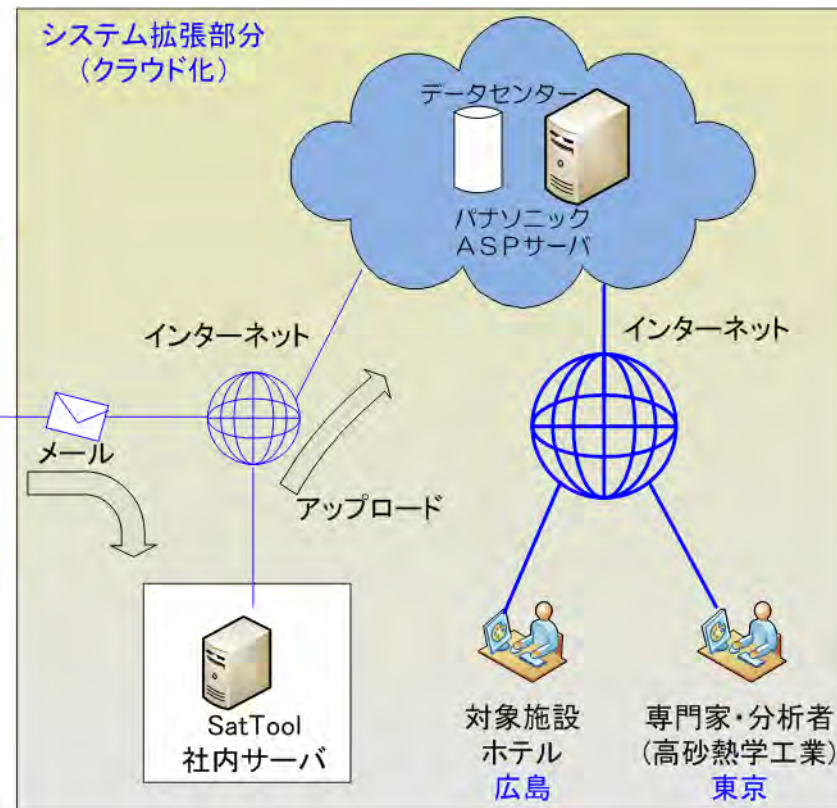


事業実施内容

- 遠隔からのデータ分析環境の構築
- 実施設（ホテル）での実証確認
- ビジネスモデルの有効性の検証と課題の抽出



対象施設: 広島のホテル
 竣工: 1994年 (築20年)
 延床面積: 50,000 m²
 地上階数: 23階 524客室



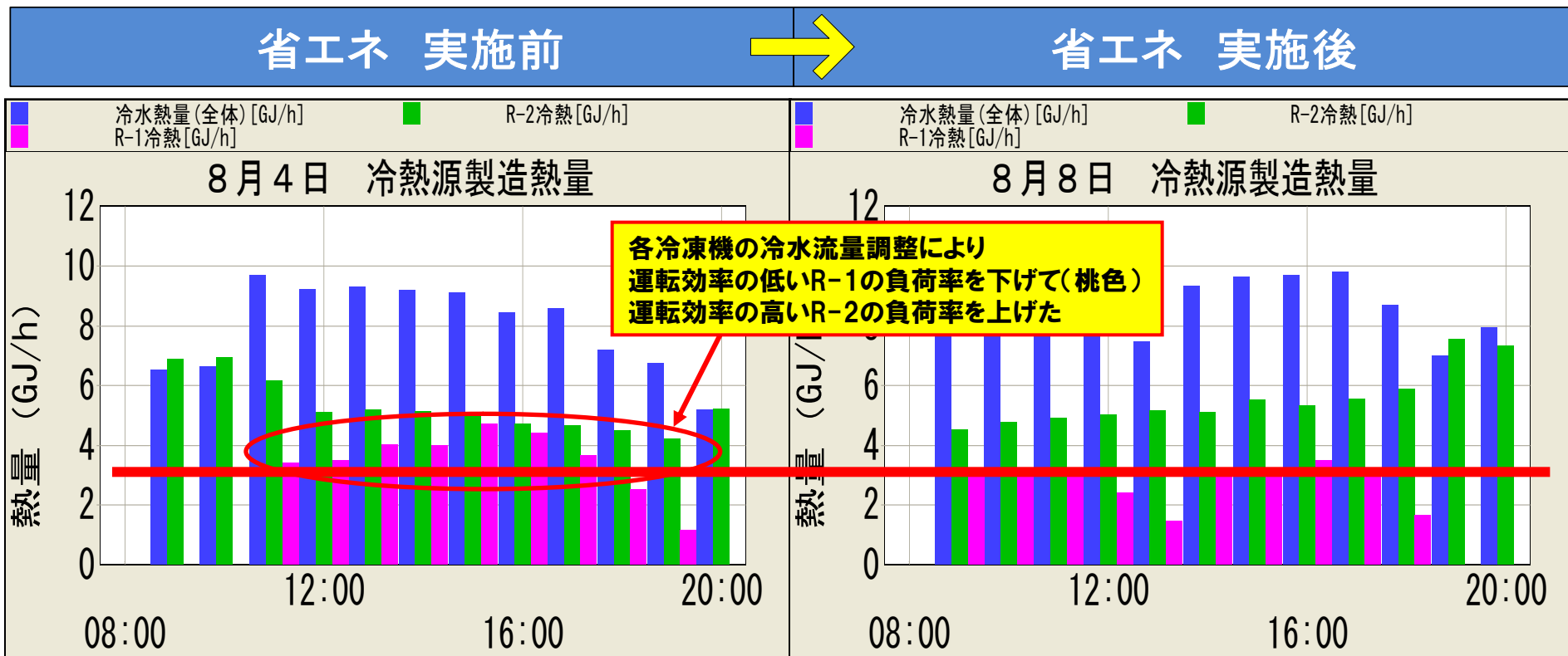
■ 省エネチューニング実施項目と削減結果(試算を含む)

遠く離れた広島施設の施設管理者と東京の専門分析員が同じ目標を持ち、「ウラの省エネ」に一緒に取り組むことで、**10%以上の省エネ効果**を実証

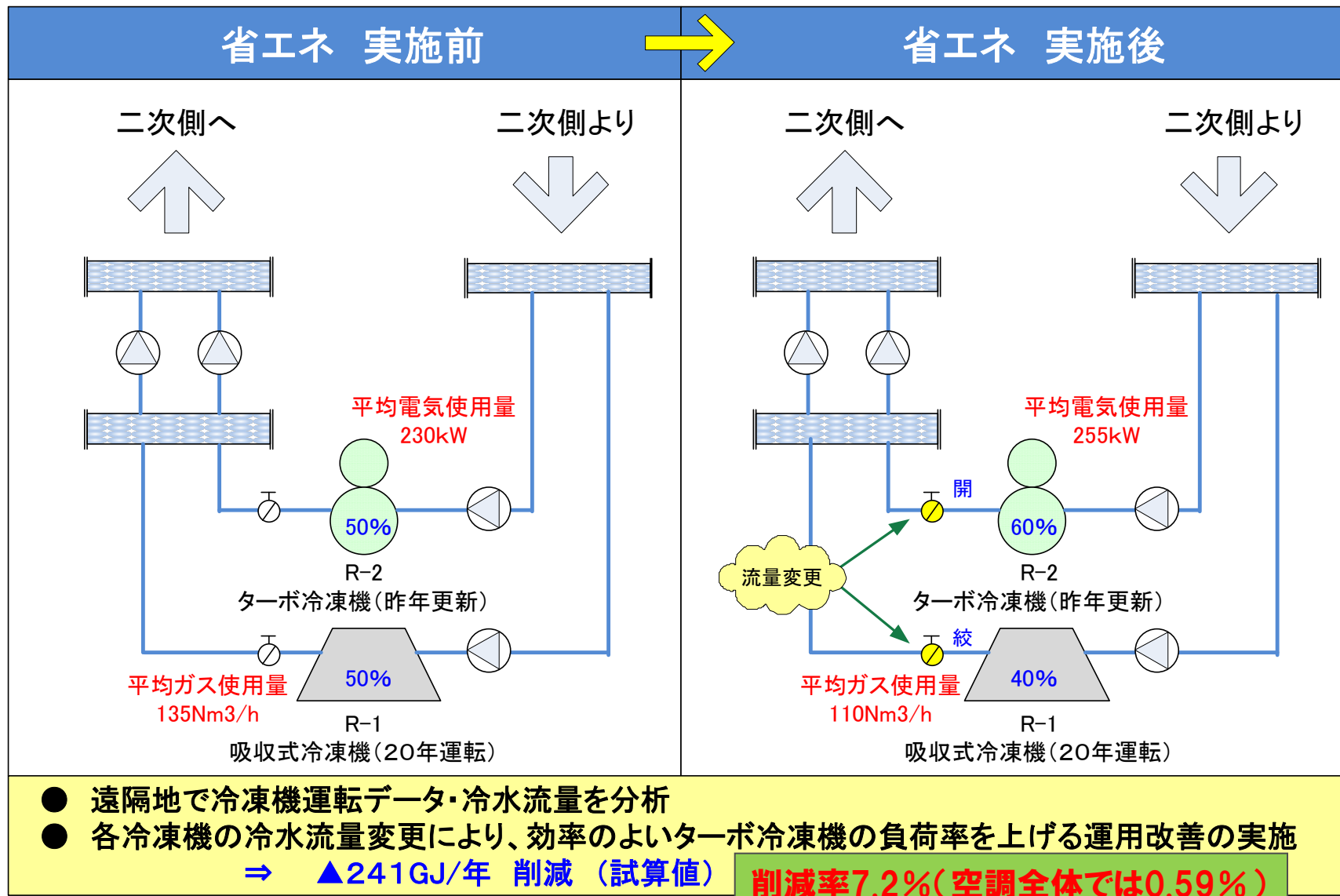
	省エネ実施項目	年間削減量 (GJ/年)	エネルギー 削減比率 (※)
1	冷水ポンプ運転調整	214	0.52%
2	冷凍機運転調整 ⇒次項にて説明	241	0.59%
3	客室系統外調機風量低減	1,755	4.30%
4	ボイラ運用方法変更(連続運転)	576	1.41%
5	方位別客室売り止め	604	1.48%
6	高層レストラン系統外調機風量制御	731	1.79%
7	厨房系統外調機制御	1,121	2.74%
合 計		5,242	12.8%

※年間空調エネルギー 40,859GJ/年に対する削減比率

■ 省エネチューニング実施の流れ



■ 省エネチューニング実施内容



■ 得られた成果

- ・広島のホテルを対象として、遠隔での省エネコンサルを実施し、その効果を実証した。
- ・**現地の施設管理者と同じ目標を持って取組む**ことで、信頼関係を築き、大きな省エネ成果をあげることができた。 **省エネ効果12.8%**

⇒ **ビジネスモデルとして有効であることを実証**

■ 実証を通じて分かった課題

- ・現地施設管理者と専門分析員が良好なコミュニケーションを図るために、**分析ツールの機能アップ**が必要

■ モデル事業終了後の展開予定

- ・課題抽出と改善・改良により、**遠隔省エネコンサルの事業スキームを確立**する
 - 対象施設を拡張し、事業推進上の課題を抽出
 - 分析ツールの機能アップ
 - 専門分析者の有効活用のための**しくみ作り**

Panasonic

END

パナソニック株式会社
エコソリューションズ社