

大阪ガス北部事業所での行動観察を生かした低炭素化改修工事

Renovation of Osaka Gas Hokubu Office to low carbon building using Behavior Observation Method

大阪ガス株式会社 エンジニアリング部
Engineering Dept. Osaka Gas CO., LTD.

植田 浩文
Hirobumi Ueda

キーワード ; 行動観察(behavior Observation)、改修工事(office renovation)、BEMS、
空調制御(air-conditioning control)、クーリングルーム (cooling room)

1. はじめに

近年、ネット・ゼロエネルギービルが注目されはじめている。その実現のためにはこれまでの建築、設備側からのアプローチだけではなく、人間の省エネ行動（ワークスタイル・ライフスタイルの見直し）を取り入れた対策も必要となる。これについては、住宅における実験では入居者の省エネ行動によるエネルギー削減は、機器の効率化の進歩よりも大きな効果を得るものであるとの研究報告*1 もあり、今後注目される省エネルギー対策となりうると考えられる。

一方、大阪ガスでは過去より「グリーンガスビル活動」として自社ビルをフィールドにその新築や改修を機会にさまざまな省エネルギー対策に取り組んできている。この中で、大阪府高槻市にある大阪ガス北部事業所（写真1）は築30年を経過し、大規模な設備改修を予定していた。そこで今回はグリーンガスビル活動の一環として、北部事業所において省エネ行動を利用した改修を計画することとした。本稿では、北部事業所の改修計画とそのプロセスについて説明する。



写真-1. 大阪ガス北部事業

2. 北部事業所および改修計画の概要

北部事業所（1979年竣工）は大阪府高槻市にある、延床面積約6,000㎡5階建ての自社オフィスビルであり、経年による大規模な設備改修を計画していた。当建物の竣工当時のエネルギーシステムは、ガス吸収式冷温水機を中心としたものだったが約10年前にガスコージェネレーションシステム（CGS）およびその排熱を利用する温水投入型吸収式冷凍機を増設している。

これに対して改修計画は、既存のCGSを活かしながら再生可能エネルギー利用機器、および先進機器の導入を基本とし太陽光発電設備、太陽熱集熱器（ソーラークーリング）などを計画した。また窓ガラスの高性能化や照明の高効率化、空調外気取り入れ量制御に加え、後述する省エネ行動観察により導かれた「IP電話の在室検知機能を用いた省エネ制御」、「コミュニケーションできるBEMS」、「クーリングルーム」などを採用した。

改修工事は平成24年6月の完了を予定しており、これにより28%のCO2削減を目標としている。なお、この事業は国土交通省平成22年度（第2回）住宅・建築物

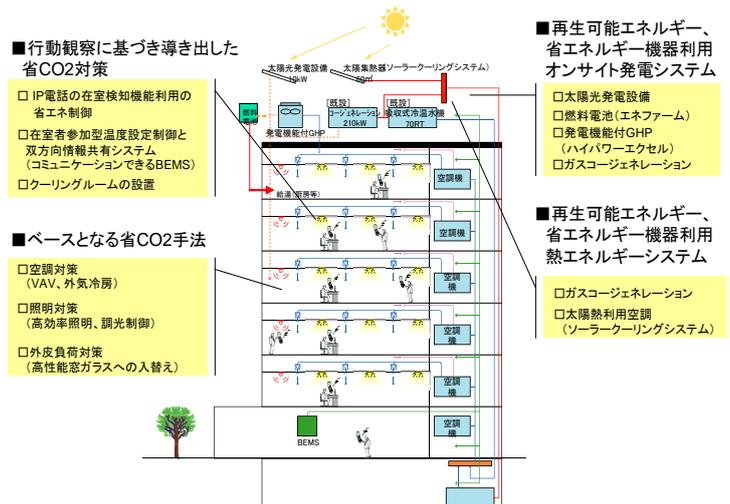


図-1. 全体改修概要

省 CO2 先導事業に採択されている。

3. 行動観察と省エネ改修計画

本事業では行動科学の観点からのオフィスビルの省エネ対策を導き出し、それを活かした省エネ改修を計画している。具体的には、オフィスのエネルギー使用に関する入居者の行動を観察し、彼らの省エネ行動を阻害する要因を浮かび上がらせ、設備としてその解決策を盛り込むことを行っている。

3.1 行動観察とは

優れた省エネルギー性能をもつ建築・設備システムや高効率機器はそれだけでも効果を得ることができるが、入居者の行動が織り込まれたシステムであればより大きな効果を得ることができる。またオフィスの室内環境の程度は入居組織の文化や集団心理によるところが大きく、ここを掘り起こせば効果的な改修ができると思われる。そこで、入居者が関わる省エネルギー対策をさらに効果的にするには人間の行動や社会学の観点からのアプローチも必要であると考え、今回はオフィスビルの改修計画に行動観察という手法を用いた。

行動観察は、サービスに関係する人間の潜在意識をその行動から読み取りサービスの改善につなげるというもので、これまで「商品開発」や「店舗・ショールームの生産性向上」などに成果をあげてきているマーケティングの手法である。本事業では省エネ行動に応じた省エネ改修を計画するために、当社内の組織である「行動観察研究所」に依頼した。

4. 省エネ行動観察の実行

今回は空調環境（室内温度）に反応する入居者の行動を中心に観察した。そして以下の手順で省エネ省 CO2 対策を導出した。

①行動観察の実行

入居者行動の観察（インタビュー、アンケート）を通して空調環境の実態を把握する。

②入居者の省エネ行動を阻害する要因（課題の本質）の抽出

観察された入居者行動の実態に対して、課題の本質を抽出する。

③課題に対する解決策の方向性の導出

④省エネ省 CO2 対策手法の提案

具体的には、設定温度の緩和（28℃空調）というのがワークスタイル側の省エネ対策の代表のひとつであるが、空調に関する人間の反応行動をより顕著にするために盛夏日に空調設定温度を普段より高めに設定し、終日運用した。そしてその間（9：00-20：00）、行動観察研究所員により入居者の行動を観察した。

4-1 観察結果概要

当日観察された実態（ファクト）およびインタビュー・アンケートの結果について特徴的な部分を記す。

①オフィス内行動観察結果

- ・朝夕には在館者が多く、昼間は少なくなるなど時間帯によりフロア内人数が変化する。
- ・外勤者の帰社時間帯に小型扇風機稼働率が上昇する。一方で昼間の女性は冷えており、ブランケットをかける方もいた。
- ・個人で管理できるPC電源や小型扇風機など離席時でも電源を切らない方がいた。
- ・ごみの分別などはポスターなどで明確に説明されており、行動も徹底されていた。

②インタビュー結果

- ・ビル管理者は入居者の状況が直接分からず、空調設定温度は安全側に偏ってしまう。
- ・それに対するフィードバックを受ける機会が

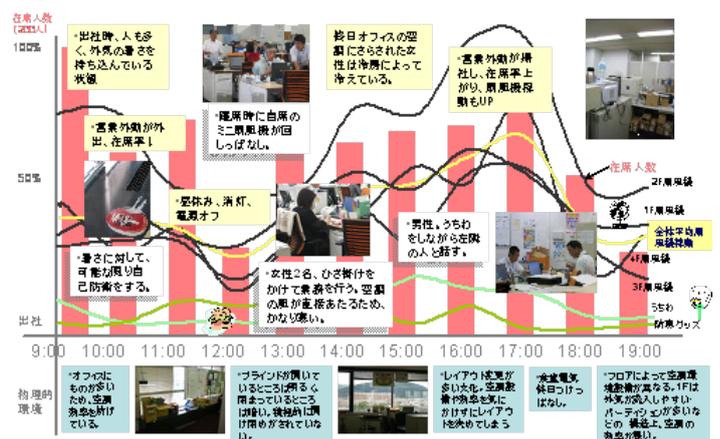


図-2. 行動観察実施状況

なく判断に困ることがある。

- ・内勤者、外勤者とも互いの温冷感に気遣っている。
- ・入居者は、自分はやってもいいと思っているが他人への気遣いやきっかけが無いことから省エネ行動に移せていない場合がある。

これらの実態から課題の本質が、個人の温冷感に違いがあるもののビル設備管理者も室内の実態をつかめず、特定の属性の者に空調環境が合わせられていることがわかった。また、入居者は省エネへの意識はあるが、行動に移すにはきっかけが必要であることがわかった。

4-2 行動観察に基づき導入したシステム

省エネ行動観察により課題の本質や解決の方向性について明らかになった。これに基づき本改修工事で全てが対応できたとはいえないが、以下のとおり特徴的なものについての導入は計画できた。

a) IP 電話の在室検知機能を用いた空調制御

在室者が携帯している IP(Internet Protocol)電話のアドレスを室内各所のアンテナで取得し、連動するデータベース(年代・性別など)を用いてエリアごとの空調温度設定制御に反映させる。どのような属性の人がどのエリアにいるかがわかるため、過度な換気や空調温度設定とならず省 CO2 効果が期待できる。

文献*2によれば、青年・壮年×男・女の4つの属性ごとに近似式が示されている(図-3)。これらを参考に傾向を想定し、在室者の属性別の人数構成によって設定温度を変更する簡易な制御を想定した。設定温度を算出する式を表-1.に示す。

属性別の人数構成は、当建物で既に導入されている IP 電話の持つ機能によってサンプリングする。この機能は無線アンテナの有効範囲にどの個人が属しているかを特定できるもので、VAV 制御単位をこの IP 電話検知単位とリンクさせておおむね 70 m²の制御ゾーンニング内に年齢・性別カテゴリーごとの人数を算出し、ゾーンニングごとに空調設定温度を変更する仕組みとした。図-4 にゾーンニング例を示す。制御の上では在室者数が設定値以下となった場合に VAV を停止する無駄使い防止機能を加えている。全体としての制御フローを図-5 に示す。

現時点での計画では比較的単純な制御としたが、トライアル的な位置づけでもあり、竣工後の検証により、カテゴリー、温度特性などを考慮してあらたな手法を提案することを予定している。

b) コミュニケーションできる BEMS

「BICS(Building Interactive Communication System)」

これまでの見える化システムでは、室内外の温熱環境や消費エネルギー・温暖化ガス発生量、目標値と現在値などのエネルギー情報の表示が行われ、竣工当初は利用されていても、時間がたつにつれ飽きられて導入後十分に生かし

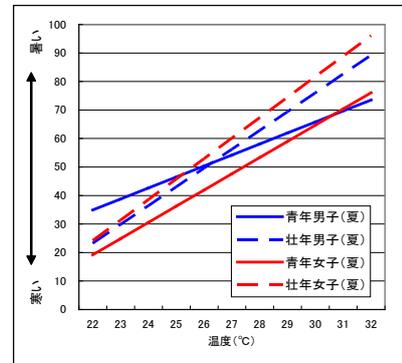


図-3. 年齢性別による温冷感の違い

表-1. 在室検知による設定値制御

$$s(i) = Ts(i-1) + \sum \alpha(j) \times N(j) \div \sum N(j)$$

Ts(i) : i 時の設定温度

αj : 感度 (図中の傾きに相当)

Nj : 人数

i : 時間 j : 属性 [年齢×性別 (a~d)]

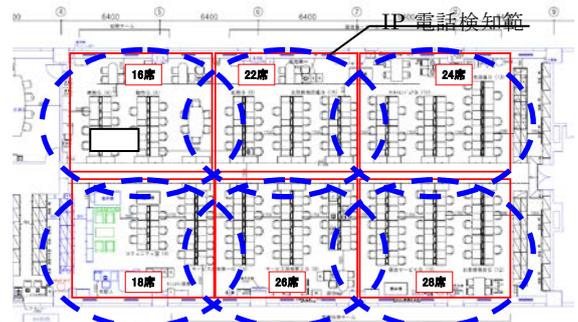


図-4. VAV ゾーンニングと IP 電話エリアの概念

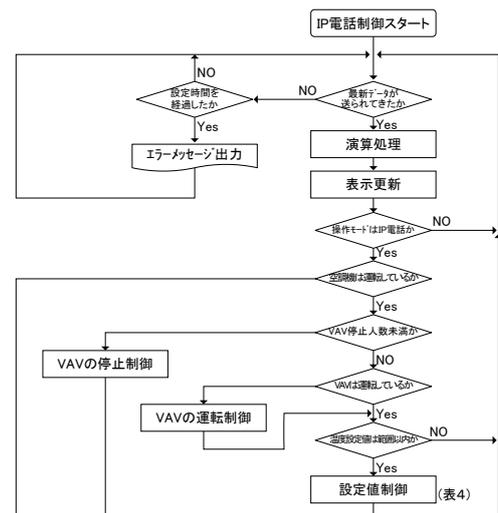


図-5. 在室検知による制御フロー

きれないケースも見受けられている。本施設では当社が持つクラウド型 BEMS の拡張機能として各執務者の持つパソコンからシステムにログインし、エネルギー情報等表示のほか、

- 1) 在室者からの温冷感申告やその結果を表示するとともに温度設定変更を利用する。
- 2) 一般的なエネルギー情報表示だけでなくビル指数やウォーキング指数など“柔らかな”情報を提供する。
- 3) 継続的な機能の更新、管理側と利用者側の双方向でコミュニケーションできる場を提供する。

など、継続して利用されることを目指したシステムを開発している。本システムは双方向の情報共有ができるという意味で BICS (Building Interactive Management system) と名付けた。

ビル管理者は在室者参加型温度設定制御により入居者が申告する温冷感を確認し、過度な空調を避けることができる。またオフィス入居者はビル管理者からエネルギー、CO2 排出量に関するデータや目標達成状況、目標達成に向けた改善策の提案を受けることにより、省エネに対する関心を高め、実践を容易にすることができる。

・温冷感申告に基づく設定温度制御

本システムでは、居住者からの温冷感などを申告できる機能を持ち、その集計値(申告値)を提示することで納得感を持ちながら温度設定(緩和)を行う「在室者参加型温度設定制御」システムを構築した(図-6)。

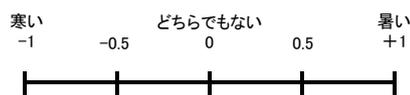
申告スケールは、中立をゼロとした5段階で表し、冷房・暖房にかかわらず「寒い～暑い」を「-1～1」とした。これらを先述の青年・壮年×男・女のカテゴリ別に積算平均し、前の時間に対して補正することとした。算出式を表-2に示す。

式中のカテゴリ別の重みづけは、いわばカテゴリ別に温度に対する感度を示すものであるが、制御システム導入当初は1として経過を観察して変更する予定にしている。なお、計算＝設定温度変更は30分に一回の割合で行っている。温冷感申告の制御フローを図-7示す。



図-6. 温冷感申告結果画面 (イメージ)

表-2. 温冷感申告による設定値制御



$$Ts(i) = Ts(i-1) + \beta(j) \times \sum R(j) \div N(j)$$

$Ts(i)$: i 時の設定温度
 $\beta(j)$: カテゴリ別の重みづけ
 $R(j)$: 申告
 $N(j)$: 人数
 i : 時間 j : 属性 [当初設定 : 年齢×性別 (a~d)]

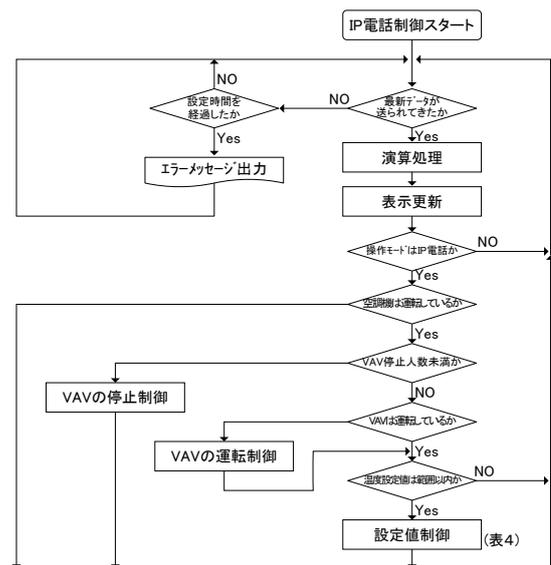


図-7. 温冷感申告による制御フロー

c) クーリングルーム

外勤者の多い本事業所においては、帰社時間となる夕方には代謝量の上がった状態の在室者が増え、扇風機の利用や設定温度の変更など、エネルギー消費量が増えると考えられる行動が確認された。このことから、帰社時に代謝量を抑える“涼み処(クーリングルーム)”を計画した。

リフレッシュルームに扇風機、赤外線モニター等を設けたもので、外勤者は帰社時に必ずクーリングルー

ムに立ち寄り、一定時間経過の上、執務室に戻るルールとする。

本施設の運用については事前に被験者実験を行い、理想的な運用条件を探す予定である。

5. 省エネ行動観察と省エネ設計

今回は省エネ行動を設計に反映させるために、そのプロセスの中で行動観察を用いた初めてのトライアルである。行動観察は、通常は商品開発や生産性、サービスの向上に用いられる手法であるため、設備改修に用いることについては手探りの部分も多く、実態の分析や課題の本質の抽出、解決策の導出などブレインストーミングに多くの時間を使った。その中で我々が潜在的に考えていたオフィスビル省エネ対策における問題点や課題と解決の方向性が論理的に明確になり、省エネ策をつき合わせて結び付けていくことにより解決策が生まれた。行動観察を実施していなければ、改修の内容は再生可能エネルギーや先進機器の導入などハード的な先進性のみとどまったと思われる。

北部事業所で観察されたことは、いくつかのオフィスで当てはまることであろうし、また異なる組織文化のオフィスでは異なった種類の課題と解決策と対策手法が創出されるであろう。今後、省エネ行動観察がより洗練されれば、設計プロセスのほかに、意思決定ツールとしても使えるものになると期待できる。

謝辞

本事業の設計にあたっては、株式会社日建設計殿に多大なるご協力をいただきました。また運用開始後に予定している検証計画の作成には、日建設計殿ならびに立命館大学近本教授にもご指導を賜っております。ここに感謝の意を記します。

参考文献

- 1) 竹之下忠英、伊香賀俊治ほか、省エネ行動がもたらす住宅の CO2 削減効果の将来推計、(日本建築学会講演梗概 2008 pp.1095~1096)
- 2) 温熱生理学 図 7.30 中山昭雄編 理工学社 より
- 3) 上野剛、中野幸夫、オフィスビルでの省エネルギー行動に関すること web アンケート調査、(日本建築学会講演梗概 2008 pp.425~426)