

オフィスビルディング研究所「研究・提言レポート」2015 ②
Symposium Report

「ワーカー絶賛！ 輻射空調」出版記念シンポジウム

輻射空調で差をつける！

快適・省エネ・健康オフィスビルへ

【日時・会場】

2015年5月13 日（水）イイノホール（500席）



【主催】

株式会社オフィスビルディング研究所

【後援】

一般社団法人日本ビルヂング協会連合会

公益社団法人日本ファシリティマネジメント協会

一般社団法人ニューオフィス推進協会

【協賛】

株式会社トヨックス

【もくじ】

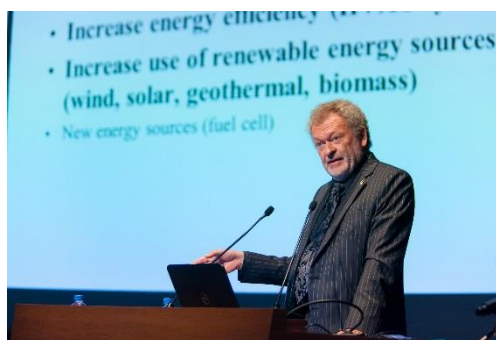
主催者挨拶・・・・・・・・・・・・・・・・・・03P
株式会社オフィスビルディング研究所 代表取締役 本田広昭

基調講演・・・・・・・・・・・・・・・・・・07P

「進化するヨーロッパの輻射空調」

ビアネ・オレセン氏

デンマーク工科大学土木工学部教授、国際室内環境・エネルギー研究所所長
ASHRAE（米国暖房冷凍空調学会）副会長



パネルディスカッション・・・・・・・・・・25P

「輻射空調という選択肢～導入事例」

司会進行：

太田三津子氏 不動産ジャーナリスト（「ワーカー絶賛！輻射空調」著者）

パネリスト：

谷澤 淳一氏 三菱地所株式会社・取締役常務執行役員

長谷川 巖氏 株式会社日建設計・エンジニアリング部門・設備設計部長

佐々木邦治氏 株式会社三菱地所設計・機械設備設計部長

葛岡 典雄氏 株式会社アルモ設計・技術顧問（前鹿島設備設計部長）

本田 広昭 株式会社オフィスビルディング研究所・代表取締役

主催者挨拶

本田 広昭

(株式会社オフィスビルディング研究所・代表取締役)

本日はお忙しいところ、大勢のみなさまにお集まりいただき、誠にありがとうございます。不動産ジャーナリストである太田三津子さんの著書『ワーカー絶賛！ 輻射空調 快適、健康&省エネを実現』の出版を記念いたしまして、シンポジウムを開催させていただきます。

今回のシンポジウムは、一般社団法人日本ビルディング協会 連合会様、公益社団法人日本ファシリティマネジメント協会様、一般社団法人ニューオフィス推進協会様のご後援をいただいております。さらに株式会社トヨックス様の協賛をいただいております。ご出席のみなさまのお手元にある本はトヨックス様からのご提供でございますので、ぜひ、お持ち帰りください。

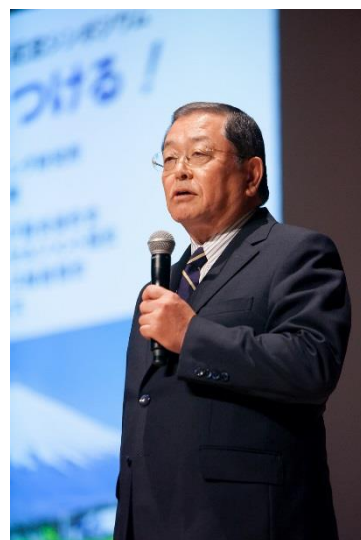
さて、私のライフワーク「日本のオフィスを豊かな空間に」という活動をおおよそ 1/4 世紀にわたって続けておりますが、未だに日本のオフィスは“豊かな空間”になっていません。

なぜ豊かではないのかと申しますと、豊かさとは選択肢の多さであるべきなのに、現実には標準化したお決まりのオフィスがほとんどです。働き方は百人百様でさまざまなのに、それに合わせたオフィスづくりがなかなかできにくいですね。

そんな現状をなんとかしようと、これまで何度か、本の出版というかたちで提言を行ってまいりました。今回は、オフィス空間の快適性に大きな影響を持つ懸案の“空調問題”を解決可能な「輻射空調」を取り上げています。理想の空調システムとして、15 年ほど前からウオッチし続けてきた集大成といえます。

最初に取り上げましたのは、2000 年 5 月に出版しました『次世代ビルの条件』では、日本の輻射空調の生みの親といわれますテーテンス事務所の葉山成三さんに直接、取材をして、輻射空調の可能性についてコラムで紹介しております。この段階では、まだ完成した技術ではありませんでしたが、私たちは「必ずブレイクする」という確信をもったので、以降、普及に向けて協力していこうと考えたのです。

そして 6 年後に『新・次世代ビル



の条件』を出版したときには、すでにトヨックス社が活躍されており、日本でも相当の数の導入例があったことから、第7章「その先のオフィス～自然と人との親和空間へ～」のなかで理想の空調システムとして正式に紹介しました。

輻射空調の一番のポイントは身体と地球にやさしい空調だということで、私はこの点について、トヨックス社の当時社長であった宮村正司氏（現会長）からもお話をうかがい、たしかにその通りだと確信したものですから、その後、応援団のようなかたちで「輻射空調は素晴らしい」と言い続けてきました。


昨年には『オフィスビル 2030～近未来 - オフィスビルは必要か?』という本を出版させていただくにあたり、近未来のオフィスビルに必要な技術のひとつとして進化した輻射空調システムとして紹介しています。ちなみにこれまでの3冊の本に関しましては、「オフィスビルにおける『あるべき姿の提言』出版活動」であるとして JFMA（日本ファシリティマネジメント協会）様から「功績賞」という栄誉をいただき、出版に携わった共著者のみんなで、大変、喜んでおります。

そして今回ついに輻射空調のみの本を出すことができ、うれしさも倍増です。

未だに、オフィスビルの空調はさまざまな問題を抱えています。場所ごとに温度差が生じたり、コンピュータの増加で益々強くなり続けた冷風による“冷房病”で健康を害したり、人によって寒かったり暑かったり、といった問題ですね。これらに対して、輻射空調というのは、空気を媒体としない空調システムで唯一、それらの課題を解決してくれる方法なのです。

「20世紀の技術は、その全てが“効率を上げる”ためのもの」で、人間がそれに合わせるといふ発想だったのですが、これからは、人間が中心の時代であるはずです。ある学者が「21世紀の技術は、すべからく人に向かう」と言っておりましたが、まさにその通りだと思いますね。

なぜこのような発想の転換が必要なのかといいますと、これからは人の知恵こそが企業の利益の源泉になってくるからです。だからこそ、オフィス空間も快適なものにし、知的生産性を高めていかなければなりません。そう考えると輻射空調は非常に効果的であり、導入することは企業の未来に投資するのと同じなのです。



オフィスビルの空調イノベーション<革新>

- **21世紀の技術はすべからく『人』に向かう**
「人の知恵」が企業利益の源泉・オフィス環境の改善はワーカーと未来への投資
- **外界との接点を取り戻し、自然エネルギーを活用する**
全てをエネルギーで賄う宇宙船ビルから、建築と設備が一体となった省エネルギーへ
- **今、必要なのは、次の一步を踏み出す勇氣**
長く解決困難といわれた「空調問題」を、輻射空調が見事に解決

地球が与えてくれる貴重なエネルギーを次の世代に受け継ぎ、
シンプルで快適な室内環境を実現するための**知恵**や**知識**、
技術はすでに私たちの手元にあります。

後は次の一步を踏み出す**勇氣**と**決断**だけなのではないでしょうか。
オフィス環境の改善が進めば進むほど、輻射導入コストは…

20世紀後半、オフィスビルはどんどん高層化していきました。すると、窓なども開けられなくなってきますから、内部空間は外界と隔絶したものになっていくのですね。そうなる

と、オフィスは一種の宇宙船のような存在になってきます。大量のエネルギーを使わないと人が活動できる空間を維持できないのです。しかしここに来て、地球温暖化の問題や、東日本大震災に端を発する電力不足などが起き、私たちも真剣にエネルギーについて考えるようになりました。その結果、オフィスビルにおいてももっと自然の力を活用すべきだという方向になってきたのです。ただし、これはオフィスビルのあり方を大きく変えるものですから簡単ではありません。実現するには建築と設備が一緒になって取り組みが必要でしょう。長い年月活用され続ける建築は地球環境へのやさしさは絶対に必要なのですから、みんなで考えていかなければなりません。

輻射空調は人体にやさしいだけでなく、省エネという点において優れていますから、これからオフィスを変えていくうえで、非常に重要な役目を果たすはずです。しかもすでに技術は確立しており、すぐにでも導入は可能です。

それでは、なぜ、まだ多くのオフィスは旧態依然として空気を媒体とする空調を使っているのかというと、「空調とはこういうものだ」という思い込みが邪魔しているのかもしれない。しかし、一歩踏み出す勇気をみなさんがもてば、世の中は変えられるのです。

本日、こんなにたくさんの人、会場が満員になるほどの方々が輻射空調について話を聞きたいと集まっていただけですから関心は高まっているのでしょうし、会社にお帰りになったら今日の話をできるだけ多くの人に伝えていただければ幸いです。

地球のエネルギー資源は無限にはありません。だからこそ、私たちはそれを使い切ってしまうのではなく、少しでも多く後の世代に残していくべきだし、さらにエネルギーを上手に使って快適に暮らす技術についてもボタンタッチしていかなければなりません。特にオフィスビルのような大きな施設は大量のエネルギーを消費するのですから、そこに少しでも省エネの工夫を導入していくことは絶対に必要でしょう。



そして輻射空調に代表されるように、そのための知恵も知識も技術もすでにあるのです。私たちの手元に用意されています。ただ、それを上手に使っていないだけなのですから、一歩踏み出す勇気で新しいことに挑戦してほしいのです。

輻射空調システムは既存の空調に比べて導入コスト問題があるといわれていて、それをマイナス要因だと捉える人がいますが、実はこれも数の問題で、普及により快適な空間が増えながら価格は下がっていきます。そうになると、多くの企業が関心をもち市場が拡大していき、もっと安くなる。実はヨーロッパではすでにそういう段階にありまして、輻射空調は特別なものではなくなっています。だからこそ、日本でも間もなくそういう時代が来ると信じているのです。

本日は基調講演として、輻射空調の世界的な権威でもありますピアネ・オレセン先生をお迎えし、お話しをうかがいます。また後半では本の執筆者である太田三津子さんとビルの専門家であるパネリストの皆さんとのディスカッションを予定しております。必ず役に立つ話になると思いますので、ぜひ、最後までお楽しみください。

本日はご来場まことにありがとうございます。



基調講演

「進化するヨーロッパの輻射空調」

司会進行 松原裕美

本日の基調講演の講師、ピアネ・オレセン様をご紹介します。みなさまどうぞ、大きな拍手でお迎えください。

ピアネ・オレセン様はデンマーク工科大学土木工学部教授、国際室内環境・エネルギー研究所所長、また ASHRAE（米国暖房冷凍空調学会）の副会長としてご活躍でいらっしゃいます。

ご略歴を紹介いたしますと、1975 年、デンマーク工科大学暖房・空調研究所の博士号を取得後、同研究所や企業、バージニア工科大学などを経て現在に至っていらっしゃいます。輻射空調の第一人者として 40 年以上にわたって国際的に活躍し、350 以上の論文を発表、受賞歴、著書も多数ございます。日本においては空気調和・衛生工学会名誉会員であり、東京大学客員教授を 2 期勤められました。

本日は「進化するヨーロッパの輻射空調」と題してお話しを伺います。それでは、よろしくをお願いします。



ピアネ・オレセン氏

ありがとうございます。こんにちは（日本語で…）。

日本語はこれだけしかできませんので、ここからは英語でお話しさせていただきます。日本語に翻訳されたスライドを用意しましたし、本日は通訳の方もいますので、ご理解いただけたと思います。

ただ、ひとつだけ問題なのは、今日はあまり喉の調子がよくないことでして、がんばってお話しさせていただきますが、もし声が涸れまして、そのあとは通訳の方がひとりで喋り続けることになるかもしれませんが、それでお許しください（笑）。



さて、本日は輻射冷暖房パネルによる空調システムについて、これまでのヨーロッパでの経験も踏まえてお話しさせていただきたいと思います。

ビルの中の冷暖房および換気システムは、エネルギー利用および建物の屋内環境品質の向上に重要な役割を果たします。ただ、ビルをつくる目的というのは、エネルギーを節約するためではなく、その中で働く活動する居住者にとって快適で、健全で、生産性の高い屋内環境を提供するということです。そして、この「快適で、健全で、生産性の高い屋内環境」という目標を達成するにあたり、エネルギー消費量を可能な限り低減していく必要があるわけです。



ここで、ビルの関連費用について説明します。典型的なオフィスではコストの内訳は表のようになっており、一番多いのはビルの中で働く従業員に対するものです。給料であったり、保険料であったり、そういった人関係のコストですね。そしてこれを 100 と考えた場合、それ以外のコスト、たとえば保守管理や資金調達関連はそれぞれ 10 ぐらい、そしてエネルギーは 1 に過ぎません。

私たちは当然、ビルの中でエネルギーの利用を工夫し、コストを下げたいこうとするわけですが、ただ、そこにフォーカスするあまり、ビルの中で働く人々の快適性や生産性を犠牲にするのは本末転倒だといえます。たとえば、エネルギーを節約するために室温が高くなってしまったり、換気の量を減らして空気が澱んでしまえば従業員の生産性は落ちてしまうでしょう。それがたった 1% だったとしても、人に関するコストはエネルギーの 100 倍あるわけですから、省エネによるメリットは吹き飛んでしまうのです。

ここで、ビルがどのくらいのエネルギーを消費しているか考えてみましょう。先進国においては消費されているエネルギーの 42% は建築物で使用されています。そしてこのエネルギーは、暖房・冷房・換気・給湯・家電製品など快適な環境をつくるための使われているのです。つまりエネルギーはビル内部の環境をつくるのに重要な役目を果たしているということです。

ビルのエネルギー使用を減らしていくときに、3つの視点から考えていく必要があります。

す。それはビルのエネルギー負荷、エネルギー効率、エネルギー源の3つです。

現在、エネルギー源として主に使われているのは化石燃料ですが、その資源量には限りがあります。また、原子力利用には日本のみなさまが特に感じているように安全面の問題が伴っています。このため、日本だけでなくさまざまな国において原子力の利用をどうしていくべきかといったことを考えなければいけない状況になってきました。

そのようななかで、建物のエネルギー負荷を低減するといったニーズは世界中で高まってきています。そしてこのエネルギー負荷の低減は非常に大変なことです。それでも新しいエネルギー源を開発したり、増やしたりするのに比べれば効率性と持続可能性に勝っているのです。

そして、この「エネルギー負荷を低減させる」ということは、新築のビルについて考えるだけでなく、既存の建物においても考えなければなりません。では、それを行うためにどんな対策があるのでしょうか。

ビル全体のエネルギー負荷を低下させるには、建物の設計段階で対応することが有効です。たとえば窓やファサード、ソーラーシェーディングなどのデザインを工夫することによってエネルギー負荷を減らせます。

その他に考える対策としてはエネルギー効率の向上があり、これはビルの中で使われているさまざまな設備、特に本日のトピックでもある空調システムなどを通じて実現することができます。また、エネルギー効率のいい空調システムを導入することで、風力、太陽光、地熱、バイオマスといった再生可能エネルギーの利用を拡大していくこともできるのです。



ここまで申し上げたようなことをビルの中で実現していくためには、インテグレートデザイン、つまり統合された設計が必要になります。建築物の設計であるアーキテクトの方と設備やシステムの設計をするエンジニアの方が別々に仕事をするのではなく、ビル建設の初期段階から協力しあうことが大切でしょう。そうすることでコスト削減になるだけでなく、ビル内で使われるエネルギーを大幅に減らすことができます。

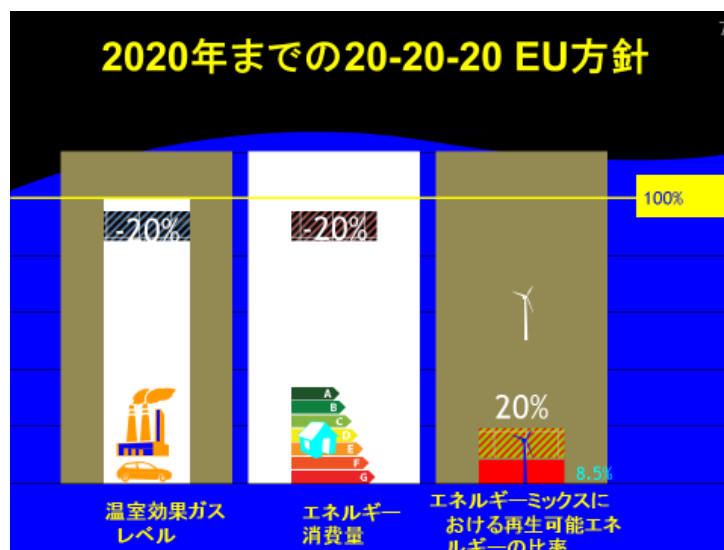
ここでヨーロッパの状況について、少し紹介していきたいと思います。

ビルのエネルギー負荷の低減やエネルギー効率の向上への努力はヨーロッパでも行われていますが、それは必ずしもビルの関係者による自主的な取り組みだけではありません。大きな原動力になっているのが法律の制定や規制の策定、要件の設定といったルール作りであり、これらを守ることによってエネルギー負荷の低減が進んできたといっているのです。

数年前になりますが、EUではビルのエネルギーに関する方針を決めました。それによると2020年までに温室効果ガスレベルを20%削減、エネルギー消費量も20%削減、そしてエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの比率を20%高めていこうという計画です。

現在、EUのすべての国において、新築ビルを対象とした「許容できるエネルギー利用の限度」を定めなければいけないと決められています。つまり、一定の認証が必要になるわけで、そのことがビル業界の人

間にプレッシャーを与え、結果としてエネルギー負荷の低減やエネルギー効率の向上につながっているのです。



ここではヨーロッパ内のさまざまな国の計画や規制を図に示してみました。ひとつの例としてデンマークをとりあげますと、過去、1㎡あたり350キロワットだったエネルギー消費量の限度を、現在では40～50となり、さらに2020年にはこれをゼロにしていこうとしているのです。

ビル関連の法規制によってビルのエネルギー消費量を規制する以外に、デンマークでは再生可能エネルギー源の利用を促進する政策も行われています。2009年にはすべてのエネルギー消費のうち風力は19%、バイオマスは10%しかなく、残りの約70%は化石燃料でした。しかし2020年には風力を42%、バイオマスも20%にまで高め、化石燃料を38%に抑える計画です。そして最終的には、2050年を目処に化石燃料をいっさい使わなくていいような社会にしていこうとしています。

このようなエネルギーに関する目標を達成していくためには、ビルにおけるエネルギー効率を高めていくことが大きな柱となります。そしてそれを実現する鍵のひとつが、ここに書いてあります「低温暖房—高温冷房」なのです。

「低温暖房—高温冷房」とは、暖房や冷房をできるだけ室温に近い温度で行ってほしいという考え方になります。それによりエネルギー効率が高まるとともに、再生可能エネルギーも利用しやすくなるのです。

室温に近い温度で暖房や冷房を行うシステムを実現するには、部屋の床や壁、天井といっ

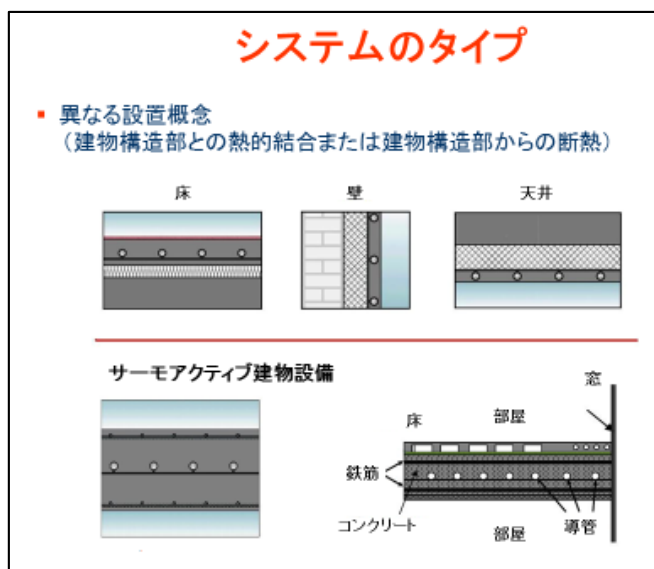
た大きな表面積のものを利用し、熱交換をしなければなりません。それにはいくつかの方法がありますが、代表的なのが輻射冷暖房システムなのです。

輻射冷暖房システムとは輻射によって最低 50%の熱交換を行うものを指し、タイプとしては「暖房／冷房パネル」「表面実装システム」「組み込みシステム（埋め込み式）」の3つがあります。

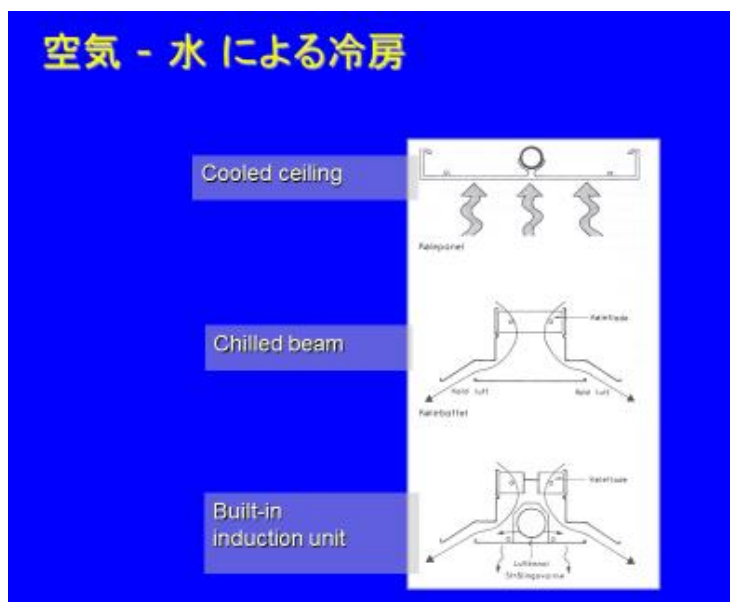
ここではいくつかのタイプについて紹介しましょう。図で示したのは水をベースとしたシステムで、パイプの中に温水や冷水を通して室温の調整をしていきます。上の図は床暖房などで知られているものと同じで、仕上げるところで導管を設置し、構造体との間には断熱材を入れるのです。床暖房はアジアでは3000 年前からあったといわれていますが、輻射冷暖房では壁や天井も利用することで、より効率的に暖房や冷房を行います。

一方、下の図は、最近、ヨーロッパなどで増えているもので、パイプをコンクリートスラブに埋め込んでいます。それにより、スラブの蓄熱能力を利用し、冷房が必要な時間と機械を動かす時間とのあいだに時差を生じさせて電力利用のピークを外すといえるのです。

本日、少し細かくお話をさせていただくのがこの写真のタイプのシステムで、こちらの冷房パネル、もちろん暖房にも使えますので正確には輻射パネルと呼ぶべきですが、これを天井から吊す方式です。パネルの裏側には導管が張り巡らされていて、その中に水を通します。天井の全部あるいは一部を覆うだけでも大きな表面積で熱交換ができますから、「低温暖房－高温冷房」というわけです。



誤解されないように補足しておきますと、輻射冷暖房は一番上の図のようにクールドシーリング（冷却された天井）による輻射を利用するもので、真ん中の図のチルドビームとはまったく別のものです。チルドビームはアクティブなものであれパッシブなものであれ、ほとんどの熱交換は空気の対流によって行われるので、輻射方式と異なります。共通しているのは、どちらも $16\sim 18^{\circ}\text{C}$ という、比較的、高い温度の冷水を使って冷房をするという点でしょう。



次に輻射冷暖房システムが快適性に及ぼす影響についてお話ししましょう。

室内における熱的快適性には2つあり、ひとつめは全面的な熱的快適性です。これを測るには作用温度や PMV と PPD という指標があります。

もうひとつ、実際に室内にいる人が感じ局部的な熱的不快適性についても考えなければなりません。それには、ここに挙げたような項目に注意する必要があります。



輻射温度の非対称性というのは、その人の右と左の壁や天井と床で輻射効果が大きく異なっているといったことです。また通風（ドラフト）の状況によっても不快を感じることがありますし、その他、垂直方向の空気の温度差や床面温度も、ある程度の範囲内に納めなければなりません。

輻射の空調システムを考える際に頭に置いておかなければいけないパラメーターのひとつに平均放射（輻射）温度があります。室内にいる人は部屋の中の空気の温度と、平均放射温度の2つから熱的な影響を受けるのです。平均放射温度とは輻射パネルだけでなく室内のあらゆるものから放射される温度の平均であることに注意してください。

もちろん、室内の人物は空気温度と平均放射温度を別々に感じるのではなく、一緒のものとして受けとりますから、これを作用温度と呼びます。計算上は平均放射温度と空気温度の平均を概算値としています。

そしてここで大事なのは、人が感じる作用温度の目標は、どんな空調システムを使っても達成しなければならないということです。作用温度は空調システムの種類によって左右されるものではありません。

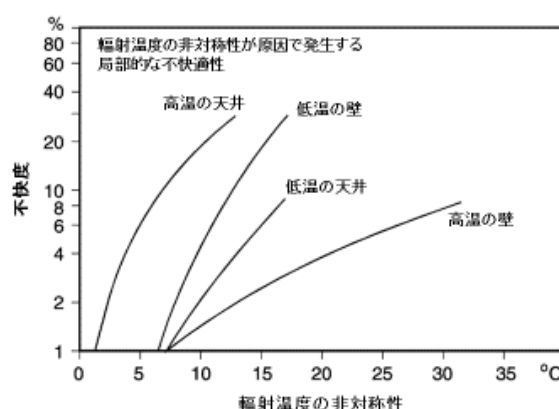
一応、作用温度の細かい求め方についても触れておきます。正確には気流の速度もパラメーターとして用いられるのですが、室内の場合、気流はほぼないものとして考えますので、先ほど説明させていただいたように作用温度は平均放射温度と空気温度の平均値だと考えて構わないのです。

ここで2つの空調システム、輻射方式とオールエア方式（対流式）の比較を行ってみましょう。まず夏ですが、輻射方式の場合は天井の広い面積を使って冷房をしますので、効率がよくなります。一方、オールエアでは空気温度そのものが作用温度になりますから、どうしても効率は悪くなるのです。

次に、輻射空調にとって輻射温度の非対称性が生じた場合の快適性への影響についてもお話ししておきましょう。グラフの横軸が輻射温度の非対称性、つまり温度のばらつきを示しておりまして、縦軸が不快度となっており、上に行くほど深い度合いが高まっています。

グラフの中の4本の曲線のうち、一番左と三番目の天井に関するものを見ていただきたいのですが、注意したいのは、暖房の場合ほどわずかな温度差で不快を感じやすいという点です。これに対して冷房の場合は許容度が大きくなります。したがって、天井から暖房する場合には温度差に注意しなければなりません。

輻射温度の非対称性



天井冷房の場合はそこまで神経質にならないでもいいものの、もうひとつ、結露という問題への対応が必要であり、それを起こさないためのコントロールを心掛けなければならないのです。

輻射空調は大きな表面を利用して効率的に熱交換を行うため、給水温度は暖房が 25～40℃、冷房は 16～23℃と、「低温暖房—高温冷房」が可能です。

ここで「低温暖房—高温冷房」のメリットについて整理しておきましょう。

第一はボイラーと冷却機の効率性が上がるという点です。

第二は分配による損失を低減できるという点でしょう。これはどういうことかといいますと、パイプの中の水の温度が室温に近いので、運ばれているあいだに失われる熱が少ないのです。

第三が再生可能エネルギー源の利用が改善されるということです。例としてはエバポレーティブクーリング（蒸発冷却）があります。あるいは地熱交換器を使う、または、プロセスからの廃熱を利用するといったことも可能になります。

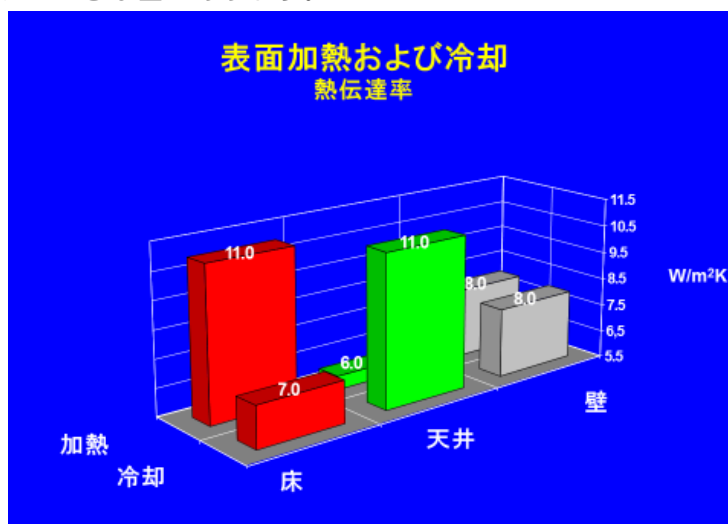
第四に、このような空調システムではエネルギーの循環を搬送効率のいい水で行いますから、その循環に必要なエネルギーも少なくすることができます。



次のグラフは熱伝達率あるいは熱交換の係数を示したものです。輻射パネルの表面を加熱あるいは冷却したときに、どのくらいの熱が空間に対して伝えられるかがわかります。

まず緑色の天井のバーを見てください。冷房の場合が $1\text{ m}^2 1^\circ\text{C}$ あたり 11 ワットであるのに対して暖房の場合は6ワットと大きな差があります。

なお、注意してほしいのは、輻射による熱伝達は天井からのものでも、床からのものでも違いはなく、5.5 ワットほどです。したがって、この差は対流による熱伝達の違いから生じるものだということになります。つまり冷房の 11 ワットという数字は、輻射分が 5.5、対流分が 5.5 という計算になるのです。

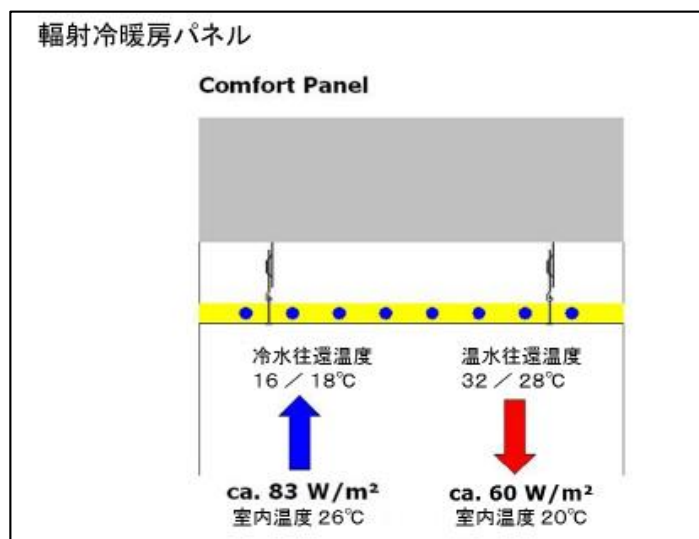


当然ですが、天井を冷却したときにはそこで冷えた空気は下に降りていくので対流が起きやすくなりますし、加熱したときには対流は起きにくくなります。この差が熱伝達率の違いとなって現れているのです。したがって床の場合は暖房のほうが有利ですし、壁であれば差はありません。

輻射パネルの冷暖房能力の試験方法については、すでに ISO でも規格を策定しており、その一部を紹介しますと、テストルームをどのようにしてつくるのかといったことまで細かく定められています。テストルームでは内部負荷を人工的に再現するために、そこに人が

いるのと同じ条件を用意して、パネルの水温と冷却容量の関係を調べたりするのです。

このようなテストを通じて得られるデータのひとつを次の図に示しました。左の冷房の場合、16℃の水を流して 18℃で回収し、熱伝達率が m^2 あたり 83 ワットであれば室温 26℃を達成できます。暖房のときは 32／28℃の温水で 60 ワットの熱伝達率があれば室温 20℃を達成できます。



ここで、輻射空調システムの制御についてもお話ししておきます。

制御のポイントとして重要なもののひとつが、結露をどうやって防ぐかということです。この結露の問題はかなり重要で、輻射冷房を導入するときには必ずといっていいほど議論になります。特に夏の東京のような高温多湿のところでは、誰もが気になるところでしょう。

もっともよくあるのは、給水温度を露点温度以上に保つという方法です。そのためには部屋の中に温度と湿度のセンサーを置き、そこから得られたデータをもとに中央からの制御を行います。ビルの中でも湿度にはばらつきが出るので、一番高くなるゾーンに合わせて露点温度を算出し、それ以下にならないようにするのです。

ただし、この方法だと、非常に湿度の高い環境では水温をあまり下げられず、冷房能力が低下するといった問題が生じます。したがってそれを避けるには、別に除湿システムを設けることも考えなければいけません。

ただしこれは輻射方式だけではなく、他の冷房方式でも問題になることから、対策の必要性は同じだと思います。



それでは、ここからは、輻射冷暖房システムの導入事例についてみていきましょう。

ひとつめはフランクフルトにあるドイツ銀行のビルです。1984 年に建設され、そのころはオールエア方式の空調システムだったのですが、2006 年に約2億ユーロかけて改築を行ったとき、輻射システムを導入しました、その他にも、このビルではさまざまなエネルギー関連のリノベーションを行っています。たとえば照明の多くを LED ライトに変えるなどして大きな省エネ効果をあげたのです。

さらにこの改築では、省エネ効果に加えて、各フロアの天井高を上げることができました。これは、オールエア方式に比べて天井のダクトを小さくできるからで、これも輻射空調を導入することのメリットのひとつといえるのではないのでしょうか。

ドイツ銀行(フランクフルト)の改築

27



1984年に建築
2006年に2億ユーロの費用で改築
輻射天井パネル
年間で100kWh/m²
LEED-PlatinおよびDGNB-Gold
省エネルギーの成果:
•暖房67 %
•電気55 %
•給湯74 %

輻射方式とオールエア方式は、エネルギー効率などの点で比較されることが多いのですが、実際には導入する時期やビルの条件はさまざまなので、完全に比較するのは難しいといえます。ところが、このインドのケースはめずらしく、同じ敷地に建つ2棟のビルをそれぞれ、従来式の VAV 方式（可変風量方式）と輻射方式の空調システムによって使い分けたものです。

まず内部を見ていただければわかるように、輻射方式と VAV とでは天井の高さが違います。輻射方式のほうが広々とした感じがしますね。

ちなみに外観はどちらも同じで、窓に庇（ひさし）とソーラーシェーディングが付いていて、強い太陽光を遮ると共に、ソーラーシェーディングの一部で日光を反射させて室内の補助照明として使うという工夫もされているのですが、輻射冷房を導入したビルのほうが、ダクトが

VAV冷房と輻射冷房の世界最大の対照比較



輻射冷房



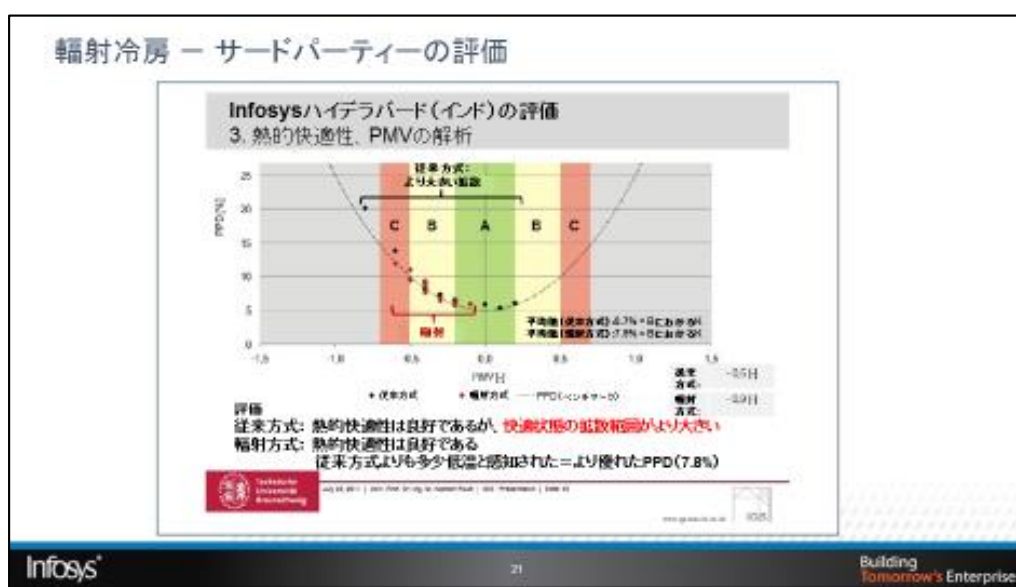
VAV



小さく天井高が高いため、部屋の奥にまで光が差し込むという効果もあったようです。

このビルについてはドイツの研究所が1年間にわたって綿密な調査を行い、エネルギー消費から中で働いている人の熱的快適性に至るまで、詳細なデータを出しています。その結果、エネルギー消費については、輻射方式を導入したビルのほうがVAVの従来式に比べて35%少なかったそうです。

もうひとつの熱的快適性については、PMVのインデックスを使って評価したところ、このグラフのような結果が出ています。少しわかりにくいのですが、黒い点が従来式の冷房、赤い点が輻射式によるもので、真ん中がちょうどいい温度、左に行くほど寒く、右が暑いと感じた場合です。



まず比較してわかるのは、黒い従来方式のほうが左右に広がっており、これは部屋ごとのばらつきが大きいことを示しています。この点、輻射方式のほうが平均しているだけでなく、注目すべきは赤い点が真ん中より左側に集中しているところでしょう。これはつまり、輻射方式の場合、従来方式よりも、多少、涼しいと感じられるわけで、そういう意味では、空調の設定温度を少し上げたとしても快適性は保たれるのですから、その分、エネルギー消費を減らすこともできるのです。

ここで輻射冷房の利点をまとめておきましょう。

輻射冷房用の空気システムは従来型空調設備の約5分の1のサイズであり、そのため、ダクトが小型化されて、ファンの消費電力が低減されます。また、空気に比べて熱容量の大きい水が熱伝達の主要媒体として利用されるため、ファンエネルギーと比較してポンプエネルギーが大幅に小さいというメリットがあります。

輻射配管の冷却水温度が15~18℃であるため冷凍機が高い効率で作動するほか、感知される熱的快適性が従来型空調設備の建物と比較して高いというのもメリットです。

次に話をアメリカに移しますと、アメリカでは私の所属しているASHRAE（米国暖房冷凍空調学会）などでも、空調システムのエネルギー消費を減らし、効率を高めるための研究を続けております。

ここに示したのは2002年にアメリカのエネルギー省が発表した資料で、そこでは、今後、どんな技術が省エネ効果に対して将来性があるかリストアップしています。その中でも、赤枠で囲ってあります「輻射天井冷房／チルドビーム」が0.6と非常に高い可能性を示していることがわかるはずです。ここで輻射方式とチルドビームが同じくくりになっているのは、使用する水の温度がほぼ同じだからだと思います。

それに続きますのが青で囲ってある専用外気処理空調機で、アメリカではDOAS（dedicated outdoor air system）と呼ばれているものですが、こちらも省エネ技術としてかなり高く評価されています。

同じ技術を別の視点で比較したのが次のチャートで、ここでは省エネの技術的な可能性を縦軸に、投資の償却年数、つまりシステム導入のメリットがどのくらいで得られるかを横軸に示してあります。これをみても、「輻射天井冷房／チルドビーム」と専用外気処理空調機はすぐれていることがわかり、導入後、すぐにメリットが享受でき、大きな追加投資を必要としません。

また輻射方式のような省エネ型の空調システムをビルに導入した場合、従来型に比べてチラー（冷凍機）などのサイズを小さくできますし、ダクトも小さくできますから、その分、ビル内のスペースを有効利用できるのです。投資償却年数が短くて済む理由には、そんな点も考慮されています。

米国エネルギー省

表4-1: 15のオプションに関する省エネルギーの可能性の要約

技術オプション	技術の現状	技術的省エネルギーの可能性(コスト)
Adaptive/Fuzzy Logic Controls	New	0.22
専用外気処理空調機	現行	0.45
Displacement Ventilation	Current	0.20
Electronically Commutated Permanent Magnet Motors	Current	0.15
Enthalpy/Energy Recovery Heat Exchangers for Ventilation	Current	0.55
Heat Pumps for Cold Climates (Zero-Degree Heat Pump)	Advanced	0.1
Improved Duct Sealing	Current/New	0.23
Liquid Desiccant Air Conditioners	Advanced	0.2 / 0.06 ¹²
Microenvironments / Occupancy-Based Control	Current	0.07
Microchannel Heat Exchanger	New	0.11
Noval Cool Storage	Current	0.2 / 0.09 ¹³
輻射天井冷房／チルドビーム	現行	0.6
Smaller Centrifugal Compressors	Advanced	0.15
System/Component Diagnostics	New	0.45
Variable Refrigerant Volume/Flow	Current	0.3

42

米国エネルギー省

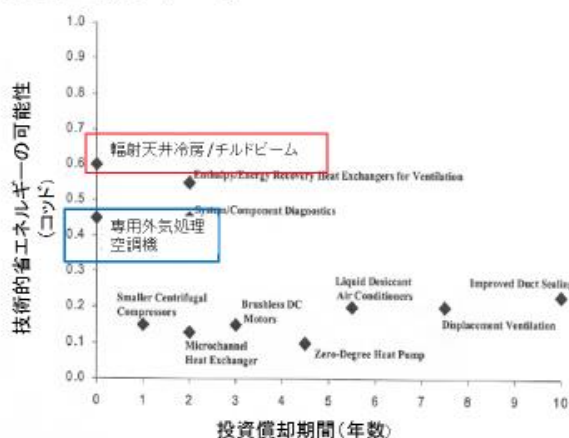


図5-2: 15のオプションに関して予測される省エネルギーの可能性及び、投資償却期間

次はニューヨークのクーパーユニオン大学の事例ですが、ここでは設計段階で導入する空調のタイプの違いによるイニシャルコストの試算を行いました。上の数字は全館を従来方式の空調にした場合で、ラボなどは従来式であるものの、教室やオフィスは輻射式にした場合です。その結果、輻射式は 10.5%イニシャルコストが低く、年間 22 万ドルも光熱費が減らせるとわかったのです。

この結果に基づき輻射方式を導入した結果、クーパーユニオン大学は LEED Platinum の格付けを得ることができました。ちなみに従来方式に比べて約 34%のエネルギーコスト削減となったのですが、この数字は先ほどのインドのケースにも近く、輻射方式における平均的なコストダウンの成果といえるかもしれません。

LEED ポイントの獲得性

- 省エネルギー：DOAS+輻射パネル方式は、HCFCでない冷凍機で、25～35%削減
- 材料：輻射パネルは100%再利用可能であり、容易に再利用材料を含めることができる
- IEQ：換気効率、熱的快適性、システムの制御性の向上
- 革新技術の高い信頼度：顕熱負荷と潜熱負荷の分離
- 解放窓の使用を可能にする湿度検知の即答性

再び世界の事例に話を戻しましょう。

これはドイツのデュッセルドルフ空港の管理棟で、ここでも輻射式の冷房パネルが導入されています。ケルン大学にも少しタイプは違うものの輻射式のパネルが入っています。ポルトガルのリスボンにあるオフィスビルも同様です。

オランダ銀行の本社ビルでも天井の輻射パネルが使われています。サウジアラビアのような暑い国でも有効です。



最後に、もう一度、「低温暖房／高温冷房」である輻射空調システムの導入メリットを整理しておきます。

主要なポイントは水を利用するシステムだということで、空気方式に比べて高い熱伝達を実現します。なぜなら、水は空気よりも熱容量が大きいからです。

このため、水を運ぶダクトは空気用のものより直径が大幅に小さくなり、循環ポンプの電気消費量も空気用のファンより大幅に低いのです。

また、水を使ったシステムではオールエア方式のように大量の空気を動かさないで済むため、騒音なども起きません。そしてダクトのスペースを減らせるので天井の高さを上げたり、あるいは建物全体の低層化が可能です。

ボイラーやチラーといったエネルギープラントの効率性が向上し、そして最後の点になりますが、室温に近い水で冷暖房ができることから再生可能エネルギー源の利用の増大につながるということも忘れないでください。

以上、ご静聴いただき、ありがとうございます。



質疑応答

司会進行 松原裕美

オレセン様、ありがとうございました。

ここで、残りの時間を使わせていただき、代表質問をさせていただきたいと思います。質問いただくのは『ワーカー絶賛！ 輻射空調』の著者であり、不動産ジャーナリストとしてご活躍されている太田三津子様と、株式会社アルモ設計技術顧問の葛岡典雄様です。葛岡様は、以前、鹿島建設株式会社の設備設計部長でいらっしゃいました。

それではお二方、お願いいたします。



葛岡典雄氏

私は今回の本の制作にあたり、英語の翻訳を手伝った関係で、僭越ながら代表質問をさせていただくことになりました。最初に、現在、輻射空調が、一番、普及しているのはドイツやスイス、デンマークなどのヨーロッパだと思いますが、なぜこれらの国では急激に普及が進んだのでしょうか？

ピアネ・オレセン氏

ヨーロッパでもそれほど急激に普及したというわけではありません。もともと暖房では使われていましたが、冷房にまで使われるようになったのは1990年代以降です。このころから冷房の需要が高まり、それに伴って輻射式も少しずつ数を増やしていったのです。

もうひとつの背景として、冷房需要の急激な高まりにより、スイスやドイツのハンブルグなど、一部の地域では電力不足が懸念されたことから、冷房に使う電力を制限するような規制が生まれました。たとえば1㎡あたり何ワットまでというかたちですね。それに対応するためエンジニアたちは省エネにつながる新たな方式を模索し、そこで水による輻射冷房に注目が集まったのです。

葛岡典雄氏

先ほどの話にありました「再生可能エネルギーを積極的に使っていこう」という動きも、同じような法的規制によるものが大きいのでしょうか？

ピアネ・オレセン氏

その通りだと思います。規制がきっかけとなって省エネへの取り組みが勢いづくというのはよくあることです。新しいシステムの普及は業界の努力だけ進めるのは難しく、なんらかの規制が出発点になることは多いのではないのでしょうか。

ただ、規制に対応してだけでなく、先進的な考えをもつエンジニアやイノベーターなビルオーナーによるよりよいビルをつくるという努力も必要であり、これらの組み合わせによって新しい技術やシステムは普及するのだと思います。

デンマークの例を申し上げますと、2015 年に新しいビル省エネ法ができましたが、ここでは現段階で満たさなければならない要件が定められているとともに、2020 年には次の段階に進まなければいけないといった将来的な目標も示されました。こういう指標を明確にすることで、エンジニアやビルオーナーの努力が促されるのではないのでしょうか。



葛岡典雄氏

アメリカにおける輻射空調の普及は急速なのではないでしょうか、それとも徐々になのではないでしょうか。

ピアネ・オレセン氏

アメリカではヨーロッパに比べると普及の速度は遅いと感じています。理由として考えられるのは、アメリカでは暖房でも冷房でも空気を使う空調システムに慣れていると考えられるからです。これは使う人だけでなく施工側も同じで、水ベースのシステムを知らないため、なかなか切り替えが進まないのではないのでしょうか。

したがって、今後は設置する人へ適切なスキルを伝えるとともに、水ベースの空調システムとはどういうものなのか、正しい理解を促すことが大切になると思います。

そうは言いましても、アメリカではゼロから立ちあげ、今では毎年、徐々に普及が進んでいます。そういう意味では期待していいでしょう。

先ほどの「空気式に慣れている」というのは輻射方式の普及にとってけっこう大きな障害で、アメリカ人の場合、暖房でも冷房でも風を感じられないと「空調が効いている」と思わないのです。逆に風の音は騒音ではなく空調が効いていることも証明だと歓迎される。輻射式はあまりにも静かすぎて評価されにくいという部分があるのですが、そういうところ



から変えていくのも、今後の普及にとっては重要だと思っています。

葛岡典雄氏

ありがとうございました。

太田三津子氏

私からの質問です。日本で輻射空調を導入する場合、コストの問題がネックになってくるのですが、ヨーロッパではそういう問題は起きないのでしょうか？

ピアネ・オレセン氏

ヨーロッパでももちろんコストの問題は最初にあリましたし、今後、アメリカで普及を進めていくときにも大きな課題になってくると思います。

ただ、コストについて語るときには、それをどう計算するかも大事で、たとえばシステムのハードウェアだけの値段を比べた場合、輻射方式は VAV 方式に比べて高いかもしれませんが、ビル全体においてシステムが使うスペースを比べると輻射方式のほうが少なくて済むのですから、オフィスビルにおいては賃貸に回せる面積を増やせるわけです。そういった点まで考えると、コストに対する見方は変わってくるのではないのでしょうか。

もうひとつ、これは非常に重要なことですが、製品の価格というのは市場のサイズによって大きく変わっていきます。したがって輻射空調の普及が進めば安くなっていくわけです。ですから日本でも、まずみなさんが先頭になって導入を始め、市場を拡大していったほしいと願っています。



葛岡典雄氏

もう一点、コストに関してですが、最近は日本でもオフィスにおける知的生産性や健康性といったものが注目されるようになり、この点でも輻射空調は効果が高いのではないかと考えています。このような環境性能の高い、いわゆるグリーンビルへの評価は資産価値に直結してくるのですが、そのあたりと輻射空調の関係性はどうか考えればいいのでしょうか？

ピアネ・オレセン氏

実際に輻射方式に変えた場合に生産性がどうなるかとい



ったことを、直接、調べたデータはありません。空調システムによる影響についての研究はありましたが、それはあくまで室温や換気量と生産性との関連性をみたものであって、どんな空調システムを使ったかは比較されていなかったからです。

ただ、ここではっきり言えるのは、生産性を上げるには快適性を上げないといけないということです。たとえばオフィスの中の騒音といった快適性を下げる要素を減らせば生産性は上がるはずです。したがって、ドラフトやノイズの少ない輻射空調は有利といえるでしょう。

生産性の問題はたしかに重要で、先ほどもビルの中のコストで一番大きいのは人件費であり、それに比べるとエネルギーコストは小さいというお話しをしました。したがって、もし空調の工夫によって生産性が高くなれば人件費を有効に使えるのですから、経営上のメリットは大きいのです。

太田三津子氏

先生、どうもありがとうございました。本当は、まだあと10個くらい質問したいことはあるのですが、時間が来てしまいました。残念です。

司会進行 松原裕美

まだまだお話しを聞かせていただきたいところですが、第一部の基調講演、ここで終わらせていただきます。改めましてオレセン教授に大きな拍手をお願いします。



パネルディスカッション

輻射空調という選択肢～導入事例

司会進行：太田三津子氏（不動産ジャーナリスト）

パネリスト：谷澤 淳一氏（三菱地所株式会社・取締役常務執行役員）

長谷川 巖氏（株式会社日建設計・エンジニアリング部門・設備設計部長）

佐々木邦治氏（株式会社三菱地所設計・機械設備設計部長）

葛岡 典雄氏（株式会社アルモ設計・技術顧問）※前鹿島設備設計部長

本田 広昭（株式会社オフィスビルディング研究所・代表取締役）



太田三津子氏

みなさまこんにちは。パネルディスカッションに入る前に、筆者として一言だけごあいさつさせていただきます。

私はどちらかといえば不動産市場やビルマーケットを中心に取材してきたため、この本を出しましたときに、「どうしたの?」と不思議がられました。実際、設備設計に疎い私が、なぜ、このような本を書くにことになったのか、その理由を少しかだけ説明いたします。

執筆に至った一番の原動力は、私自身の体感によるものです。取材をしておりますとひとつの建物の中にけっこう長い時間いますので、暑かったり寒かったりすることはよくあります。ところがあるとき、3時間ぐらい経ってもまったく空調の問題を感じない快適な空間

に遭遇したのです。不思議に思って上を見ましたが、空調の吹出し口がない。

後から取材したときの様子を電子レコーダで再生したら、音が鮮明で驚きました。普通は空調の風による雑音が混じるのに、それがいっさいないのですね。あとからそれが輻射方式だったと知り、すごい空調があるのだと感心しました。



そして次に思ったのは、こんなにいい空調システムがあるのに、なぜ日本ではあまり普及していないのか、ということです。疑問に思っているいろんな人に話を聞いたところ、返ってくるのは「天井に水を流すなんてとんでもない。水漏れしたらどうするんだ」といった答えでした。ヨーロッパみたいな寒冷な土地ならともかく、日本のような高温多湿の気候では無理だと言うのです。だいたい、10人のうち9人は輻射空調に反対または懐疑的でしたね。

それを聞き、私は逆に「これはおもしろい」と思いました。なぜかと言いますと、職業柄、さまざまなブレイクしたものを取材してきましたが、そういうものには5つの法則があるのです。

一番目は作り手、供給者側が「そんなことできっこないよ」「無理だ」と言ったものです。

二番目は、使い手側がすごく不満をもっていること。解決のやり方はわからないけれど、「どうにかならないかあ」と思っている分野では何かきっかけがあれば大きく変わります。

三番目は社会をよくすることです。ひとつの企業だけが大きくするのではなく、それが普及することで社会にとって利益のあるものほどブレイクしやすいのです。

そして四番目は、これは偏見かもしれませんが、女性の支持があることです。人類の半分は女性だし、男性も家に帰れば奥さんに従うことは多いはず。それほど女の意見は強いのです。

最後の五番目は、絶対あきらめない人がいることです。

これらが5つ揃ったとき、そのものはブレイクする可能性があります。それでは輻射空調はどうなのでしょう？

まず供給者側は最初から否定的です。しかし使い手側は今の空調にさまざまな不満をもっています。ビルにおける最大の不満といってもいいでしょう。輻射空調は省エネシステムなので地球の環境問題に貢献できますから社会的な意義があります。女性にとっても非常にありがたい空調システムです。そして最後の「絶対あきらめない人」に私は何人も会いました。つまり、ブレイク寸前のものがもつ5つの条件をすべてもっているのです。

実際、輻射空調を導入しているオフィスに何うと、非常にすばらしいものであることがわかります。それまでの冷房では女性は膝掛けとマスクが欠かせなかったのに、まったくいなくなりました。また総務の方は「男性からもクレームが来なくなった」と驚いています。それまで冷房を28℃に設定したらクレームの嵐だったそうですが、まったくそういうこと

はなくなったそうです。

また輻射空調が導入されていることを知らずに入居したテナント企業の方が、すっかり気に入り、「次に他のビルを借りるときには、絶対、輻射空調のところにする」と話しているのを聞いたこともあります。賃料よりそっちのほうが重要だそうです。

このように体感した方は必ず支持しますから、数が増えれば確実に人気が高まり、一気に普及していくでしょう。今はその一手手前。スポイトで一滴ずつコップに入れた水がこぼれそうになりながら、まだこぼれない。しかし、もう一滴で流れ出すかもしれない。そんな状態ではないかと感じています。そして私たちは今、そんな貴重な瞬間を目撃しているのです。

そんなわけですから、これから、輻射空調のよさを信じて、絶対にあきらめない人たちを集め、パネルディスカッションを行います。最初の登壇者は、テナントビルにまで輻射空調を導入していこうとしている三菱地所の谷澤さんです。

私の感覚だと、三菱地所という会社はオフェンスよりディフェンスだというイメージなのですが、こうした挑戦をしているということがおもしろいと思いますね。

それでは、よろしくお願いします。

谷澤淳一氏

三菱地所の谷澤です。今のお話を聞き、私が、なぜここにいるのか、ようやくわかりました。要するに、あきらめない人間のひとりだということですね（笑）。トップバッターでもありますので、輻射空調との出会いからお話しさせていただきたいと思います。詳しくは、今日、お配りした本の中にも書いてありますので、かいつまんでお話しします。



2007 年くらいだったと思いますが、本田さんが主催されている勉強会に私も参加しておりまして、そのとき、たまたま隣の席にいたトヨックスの当時の社長である宮村さんと知り合ったのがきっかけでございます。もちろん輻射空調というものの技術については、多少、知っておりましたが、より詳しい話を聞き、おもしろそうだと興味をもったのです。もともと新しもの好きなので、惹かれたのだと思います。

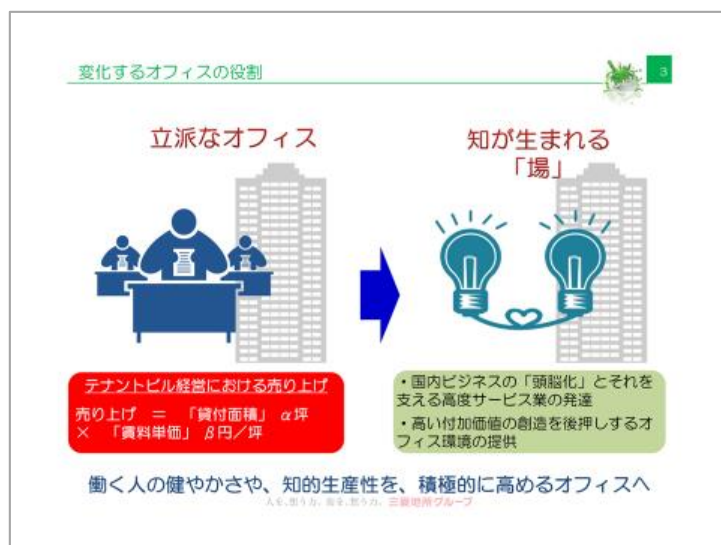
当時、私は都市計画事業室というところで開発の担当をサポートする仕事に就いておりました。いうまでもなくテナントビル経営における売り上げというのは「貸付面積×賃料単価」で決まってしまうんです。ですから、少子高齢化や国際化が進む現在、私どもの会社の売り上げも先細りになるのはあきらかで、いろいろ危機感を強めていたのは事実です。

さらに ICT の進歩も、オフィス需要の低下につながるのではないかとわれていましたので、何か新しい対策が求められていたのです。

そこで、これからの時代のオフィスに何が必要なのかと考えていくと、知的生産性の向上や省エネといった方向が求められるのは間違いないということになります。そういうオフィスをつくっていかないと私たちも生き残っていけないのです。

このスライドは時代ごとのオフィスの役割をまとめたもので、20 世紀型の工業社会から 21 世紀型の情報化社会、知識社会に移行するなかで、オフィスにもそれなりの変化が生じてきます。簡単に言えば、今までの「効率的に働けばいい」というオフィスから、「快適性の追求」「多様性への対応」ができるオフィスが求められている訳です。

こういった状況でしたから、さっそく富山にあるトヨックスのラボをお尋ねし、最新式の



輻射空調について体験させてもらいました。たまたま梅雨時だったので、それほどの効果は感じなかったのですが、いろいろ説明を聞かせていただくなかで、先ほども話に出ていた水漏れの問題についてはまったく心配いらないということがわかったのです。水が流れるホースを無理矢理曲げたり、トンカチで叩いたりしても傷ひとつつかない。「これならいけるんじゃないか」と考えたのです。

その後もいろいろ勉強を続けていったところ、トヨックスさんのほうから「ヨーロッパの現状もご覧になったらいかがですか？」と提案をいただいたので、ドイツとスイスを回ってきたこともあります。その中で「これはやってみたい」と思うきっかけになったケースが2つあります。

ひとつはスイスの UBS で、新築だけでなくリニューアルした古いビルについても、すべてのオフィスを輻射空調にしていました。金融機関が店舗も含めてそこまでしていることに驚くとともに、「これはいけるんじゃないか」と思った覚えがあります。

もうひとつはフランクフルトに行ったときに、オペラタワーという高層ビルが工事中だったのですが、現場の人に話を伺ったところ、最初は普通の空調システムを入れる予定だったのに、途中で設計変更し、全館輻射にしたそうです。なんでそんな面倒なことをするのか尋ねたところ、一応、知的生産性がどうのといった話も出たものの、最終的に「これからのオフィスビルは輻射空調じゃないとテナントさんが集まらない」ときっぱり言われ、これはちゃんと考えなければいけないと思いました。

そのころ三菱地所では新丸ビルのエコツェリアという情報発信基地のような施設でいろいろ実験をしておりました、私はそこを所管する責任者だったものですから、「じゃあ、ここでやっちゃおう」と改修し、輻射空調を試してみたのです。

こういうと簡単なように思えますが、新丸ビルもできたばかりの時期で、その新しい空調をいったん取り外して輻射式に変えようとした訳ですから、いろいろ反対もありました。

「水漏れでもしたらどうするんだ」という声は当然ありましたし、それ以上に多かったのが「デベロッパーにR&Dが必要なのか？」という意見でした。デベロッパーというのはいろんな人が研究した結果を集めて装備するのが仕事なのであって、自らお金を出して実験するのはおかしいと言う訳です。

幸い、当時の役員がそういうことに理解があり、「やってみろ」とゴーサインを出してくれたので、2009年に初めて輻射空調を導入しました。いろいろ実験した結果はなかなかいいものだったのですが、ただ、エコツェリアは実験オフィスであり、そこで働いているメンバーは相当に環境意識が高いものですから、輻射空調の評価が高くなることは、ある意味、当然だったのです。そこで次に、一般のワーカーが働くオフィスで試してみたいと考えました。

そこで対象にしたのが大手町ビルの本社オフィスです。このビルは昭和33年竣工という古いものでしたが、当時のビル営業部長の協力もあり、ビル営業部のスペースを改修し、ハイブリッド型の輻射空調を導入したのです。ここは男性も女性も含めていろんなメンバーがいるオフィスでしたが、結果はかなりよく、そこで次は一般の貸ビルである茅場町グリーンビルでテナントさんに体験をしてもらうことにしました。つまり、こうやって少しずつ範囲を広げながら、導入を進めていったのですね。



次のグラフは、それぞれのビルにおける実験結果です。まず空調の搬送動力ですが、エコツェリアでは46%の削減ができました。またビル営業部の一般社員にアンケートを行ったところ、輻射空調の快適性について「悪い」と答えた人はひとりもなく、ほとんどが快適だと感じたそうで、汗っかきで、少しでも暑いと文句を言うような人でも快適に過ごせたそうです。室内の静粛性についても、かなり高評価でした。

茅場町のケースについても、まだ実験中ですが、省エネ性や快適性への評判はよく、逆にクレームはいっさいなく、基本的に問題はまったくありません。

となると、こんなにいい空調システムが、なぜ普及しないんだというところに戻ってくるわけです。たしかにイニシャルコストは従来型の空調に比べれば大きくなりますが、ビルのライフサイクルコスト全体ではイニシャルコストが3割、ランニングコストが7割といわれております。ランニングコストについては下がるのですからトータルでみれば変わらないと思います。

さらに大手町ビルの改修では天井を 20 センチ上げることができました。つまりそれだけ省スペースなのですから、新築段階で輻射空調を導入すればカーテンウォールや鉄骨を減らすことができます。そういった部分でコストダウンが図れるのですから、イニシャルコストの違いだけみて「輻射空調はよくない」と考えるのはおかしいと思います。

それでも普及がなかなか進まないのは、単に意識の問題だと思っています。デベロッパーの立場からいえば、「輻射空調を入れて、もしテナントさんからクレームがあったらどうしよう」と考えがちです。横並びのビルであればクレームがあっても「他もそうですから」と責任逃れができますが、それができない。そういう恐れが新しい挑戦を阻んでいるのだと思います。リスクを避けてしまうのですね。

多少、意欲的で、新しい設備に興味をもったとしても、「もし何かあったら元に戻せるように」と逃げ道を残して二重に投資をしてしまうケースがあり、これだと輻射空調によるメリットを生かし切れません。

一方、オフィスを借りる側の企業にしても、入居するビルを決めるのはユーザーではなく、ファシリティマネジャーや総務の担当役員です。したがって「他にあまり例のない輻射空調の入ったビルを選んで、もし何かあったら」という意識が強くなってしまうと冒険はできなくなってしまいます。つまり、貸す側借りる側両方の意識改革が必要なのです。

だからこそ、今日、ここにお集まりいただいた人に正しい情報を伝えていただき、できるだけ多くの人意識を変えていければ、普及も進むのではないかと期待しております。このシンポジウムがいいきっかけになればうれしいです。

最近ビルの照明もどんどんLEDに変わり、発熱量も抑えられるようになってきました。環境不動産という言葉もずいぶん定着してきております。建築物における省エネ法も2年以内に施行される見込みであり、輻射空調を普及させていくにはいい条件が揃ってきたように思います。それだけに意識を変えていければ、世の中も大きく変わってくるのではないのでしょうか。



太田三津子氏

ありがとうございました。ひとつだけ質問なのですが、次のプロジェクトは何ですか？

谷澤淳一氏

私も今、開発から離れておりますので即答できないのですが、茅場町グリーンビルの結果がなかなかいいので、次はもっと大きなビルに輻射空調を入れていきたいと考えています。

本田広昭

ひとつだけ付け加えさせていただきますと、日本で輻射空調を普及させていくという課題において、ホースのトップメーカーであるトヨックスさんの努力を評価し、伝えていくべきだと思います。トヨックス社のコア技術が活かされているからこそ水漏れの心配がないわけで、その他、細かい技術も含めて非常に完成度の高い製品になっています。だから三菱地所さまのような大企業が導入に踏み切ったということではないでしょうか。



谷澤淳一氏

たしかにその通りだと思います。製品は工事方法も含めて非常によくできており、私でも施工できるのではないかと思えるほどです（笑）。

太田三津子氏

それでは、谷澤さんが始められたプロジェクトで設計側の人間にどんな苦労があったのかということも含め、三菱地所設計の佐々木さんにお話を伺いましょう。

佐々木邦治氏

大きな話の流れとしましては、エコツェリアから茅場町グリーンビルディングにかけて、どのような技術課題をクリアしていったかという説明をさせていただきます。

まずエコツェリアで最初に行ったのは外装の高性能化としての、エアフローウィンドウ化ですね。やはり輻射空調を入れるには外装の性能をよくしておかなければなりません。

それと合わせて考えたのは、天井面に結露をさせてはいけないということです。先ほどオレセン先生がお話しいただいたように室内露点温度より高い温度で送水をする、そして、もし露点温度が上がったら、水温をそれ以上にすることです。さらに、万が一、結露したときには送水を止めるという装置を加えることで、この問題をクリアしていきました。

またテスト的に一部で結露してしまったとしても、その水が室内に滴下しないということも確認しております。

輻射空調の省エネ性能については、先ほど説明があったように、まず搬送動力を削減できたことが確認されました。搬送効率是一般的な空気式空調の4～10に比べて30くらいとなり、非常に効率のいい空調システムであることがわかりました。

続いて大手町ビルについてですが、ここでは既存の躯体で輻射空調の導入で天井を上げています。このときに取り組んだのが躯体蓄熱によるハイブリッド輻射空調の実現で、夜間に空調を働かせて躯体を冷やすことにより、昼間の冷房の補助と電力消費の平準化を図っています。

もう一点、フリークーリングという技術も導入しているのですが、これはなかなか理解しにくい技術なので、わかりやすく絵にしてみました。たとえば外の空気が冷えている冬の場合、部屋を冷やす水を屋上の冷却塔に送り、そこに水を撒くことで冷凍機を使わずに冷水をつくります。大手町ビルではこのシステムを導入し、どのくらい使えるものか検証してみました。その結果は、想定はしていましたがかなり驚きだったのです。

フリークーリングというシステム自体は昔からあったものの、だいたい冬の3カ月ぐらいしか使えないものでした。ところが、高温冷水を用いる輻射空調では10月中旬から5月末まで、かなり長い時期、利用できることがわかったのです。もうひとつ、今回のハイブリッド方式では夜間に躯体を冷却するため、冷凍機を使うにしても夜間は外気温度が日中より低くなっていますから、より効率的に運転ができることを確認できたのも大きな発見でしたね。

茅場町グリーンビルディングは全部のオフィスを輻射空調にしたので、熱源の最適化ができました。輻射空調用の高温冷水、除湿用の低温冷水という二種類の給水に対応した2つの熱源をもつことで省エネ化を図ったのです。また外機処理システムについては、セントラルのデシカント（乾燥剤、除湿剤）と外調



機をパララン（並行運転）させることにより、バランスのいい外気処理を実現しました。

このビルでもうひとつ新しい取り組みとなったのは天井のシステムモジュールです。そろそろ大型物件にも投入しても耐えられるシステムを完成させようという考えから、モジュールの検討を行いました。その結果がこれです。写真を見ていただければわかるように非常にフラットで、スマートな天井になったと自負しております。

仕組みとしては、3.6メートルのモジュールに水輻射パネルと照明、空気輻射パネルを組み込みました。配置や数は、通常のオフィスの負荷の条件と人体に対する換気の要求の両方に対応できることを確認しております。

それから経済性を考え、600ミリ単位のグリッド型天井に対応しながらも、より大きい600×1200ミリのパネルを標準としました。そういったかたちでモジュールプランニングに対応できるかたちに進化しているのです。その結果、非常にフラットでシンプルな天井が実現しました。

実際にこのパネルを見ていただきますと、見た目は水パネルも空気パネルも同じなのですが、それぞれ中に水が流れるパイプと空気を送り込むダクトが通っているのがわかります。こういったかたちでシステム天井に耐えられる輻射空調用パネルが完成したのです。

このように、各物件において段階的に技術をクリアしていった結果、現在、輻射空調システムはかなり完成度の高い製品になっています。制御に関しても、当初はメーカー側もあまり理解していませんでしたが、今は大丈夫です。

エコツェリアから数えるとだいたい6年でここまで技術は成熟してきており、これからは多くのビルに導入していけるのではないのでしょうか。

太田三津子氏

佐々木さん、技術的に「これはすごいよ」と自慢したいところはどこですか？

佐々木邦治氏

自慢じゃないですが、実際にやってみてわかったのは、フリークーリングがあんなに長



いいいだ使えるということでしょうね。都心で半年近く冷凍機だけに頼らないでいいというのは驚きで、これは輻射空調の大きなメリットでしょう。

また躯体蓄熱はあまり省エネにならないといわれていたのですが、そんなことはなく、深夜に熱源を動かすメリットは大きいんですね。それは夜間電力を利用できるというだけでなく、昼間にはフリークーリングを使えない季節であっても夜は気温が下がって使えたりと、実施してみるとメリットはたくさんあったのです。

本田広昭

テナントビルでは時間外に空調を動かすものすごく高くなりますよね。その点からも躯体蓄熱には非常に興味をもっております。こういう仕組みがあれば、おそらく、昼間だけでなく、夜の8時や9時ごろまで追加空調をしなくても大丈夫なのではないかと思うからです。実際、大手町ビルの設備担当の方にインタビューしますと、躯体蓄熱の効果は夜どころか翌朝まで続いているそうで、大変、感動いたしました。

このように新しい技術の導入は予想以上のメリットをもたらすことがあるのですから、もっと積極的にチャレンジしてってもらいたいですね。

昨年、出版しました『オフィスビル 2030』では欧米の新しいオフィスビル事情についても紹介しているのですが、そのなかで、先進的な企業は外との接点をもつためにアフターファイブを外部の人に貸し出すことがあるそうなのですね。そうすると夜10時や11時まで使うことになるわけで、今のように追加空調に高いお金をとられるようなビルでは絶対に無理なのです。

オフィスという資産を有効活用するためには長時間利用できることも重要なわけで、輻射空調の導入がきっかけとなって新しい可能性が広がっていったのですから、大変うれしいし、これからの展開を期待したいですね。



太田三津子氏

次は長谷川さんですが、自然エネルギーを採り入れた輻射空調の導入事例についてお話しただけははずです。

長谷川巖氏

日建設計の長谷川です。

今、紹介いただいたのは電算新本社ビルのことで、「熱と光の放射を活用したオフィス」

を目指したもので、長野県長野市にある、延床で1㎡ほどの建物になります。

電算さんは長野では非常に有名な企業で、若い人がどんどん入社されております。したがってこの本社ビルも、最初は600人規模だったものが将来的には1000人を超える可能性があり、そういった方々の働き方に対応したオフィスにしていく必要があったのです。



建築コンセプトとしてまとめた3つのポイントはお客さまから言われたもので、こういうオフィスにしてほしいという要望でした。

一番目の「Face to Faceのコミュニケーション」は、本社ビルの建設にあたってよくいわれることですが、フロアごとに分かれてしまうのではなく、全社的なコミュニケーションを生み出す回遊性の高い建物であってほしいということです。

そして二番目と三番目は今回のテーマに関係してくることで、「自然に溶け込み地球環境を守る」とは、長野がもつ自然のポテンシャルを活かしたオフィスにしたいということです。たとえば日射時間が長いとか、井戸水が使えるとか、そういった強みを活かした環境づくりをしていこうという話です。

そして次の「人を大切にするオフィス」は、よく本田さんがおっしゃっていることと同じで、在席率が高いオフィスにおいては人の体感を重要視した環境づくりをするべきだということです。そこで、これまでのような対流式の空調ではなく、全面放射冷暖房を導入しようという話になってくるのです。また熱だけでなく光も放射を活用したという点が、新しい試みになったのではないのでしょうか。

建築平面プランを見ていただければわかるように、約80メートルという長い居室になっております。真ん中にコアとアトリウムがあり、両側のオフィス部分に、全面、放射冷暖房パネルを取り付けました。

ここで注目してほしいのは自然換気を大胆に採り入れたという点です。普通、輻射空調を入れるとなると、結露の心配からできるだけ窓を開けないようにします。しかし、自然

建築概要



- ・長野を拠点
- ・情報処理、通信サービス等、IT系企業

場所：長野県長野市
延床面積：9,851m²
敷地面積：4,939m²
地上5階建
2013年3月竣工



2

と一体となったオフィスを目指す以上、それはおかしいのではないかと思います、制御や運用を工夫することで自然換気と輻射空調の両立を目指したのです。

自然換気は各フロアの給気口から外気を採り入れ、ボイドを通じて屋上の排気口に抜けます。これに輻射空調を組み合わせることで理想の温度条件を実現することに成功しております。



室内空間の写真、これはまだ家具などが入っていないもののですが、左側に窓があり、右側がアトリウム、そしてボイドになります。この天井に井戸水を利用した輻射パネルが入り、また垂れ壁のように見えるのがLEDのスクリーンライトで、鉛直面を利用した照明器具となっています。

新鮮な外気は床から入り、染み出されています。つまり室内においては3面が放射環境になっているというわけです。

天井の輻射パネルを使うのは夏だけで、15℃の井戸水で十分な冷房効果が得られます。ただし、そのためには断熱性能を上げるとか、日射遮蔽をするといった工夫が必要です。このため、窓面には庇・ブラインド制御やエアバリアファンといった設備を組み込んでいますし、冬にはLow-e 発熱ガラスで暖房効果を高めています。

次は窓側からの天井の写真ですが、照明用のスクリーンライトは厚さが10ミリほどで、非常に薄いことがわかります。こうすることで天井面をできるだけ有効活用できるようにし、輻射パネルの敷設率は約80%にまで高くすることができました。このため冷房効率は40ワット／平米を超えるレベルになっています。

執務時の風景をみていただくとわかるように、非常に人員密度の高いオフィスで、いちばん高いところでは0.2人／㎡という状況です。しかもパソコンが1人あたり1～2台あるので、発熱量も25ワット／㎡とかなり高くなっています。

このように活気のある会社



だけに、前の本社オフィスでは冬でも室内がかなり暑かったそうで、今回の新オフィスでは照明の発熱はほとんど抑えられましたから、人とパソコンからの熱を輻射パネルで取るといった仕組みになっています。

天井裏の構造を見ていただくと、もう少し詳しくおわかりになるのではないのでしょうか。下の部分にトヨックスさんの

輻射パネルがあり、スクリーンライトは光源をパネルの上に設置することで、そこからの熱が室内に行かないように工夫しています。

その効果を示したのが次の図で、従来型冷房だった旧本社では夏における天井表面の温度が平均 28℃、蛍光灯照明の部分が 37℃もあり、これらを冷やすために吹出口から 21℃の冷気が出ていました。しかし今は天井表面が 22℃、照明のところも 25℃と、かなり低くなっています。

このような新しい空調システムを導入するにあたり、ひとつ悩んだのが、室内環境のコントロールをどうするかという点でした。オレセン先生もおっしゃっていましたが、作用温度というものをどう設定すればいいのか、前例がないだけに判断しかねたのです。

そこで新しいビルでは温度表示をせずに、ゾーンごとに今の温度より暖かくするか、涼しくするかといった調整をできるようにしました。この情報をもとに裏側で PMV や室内空気温度を調整していくのです。

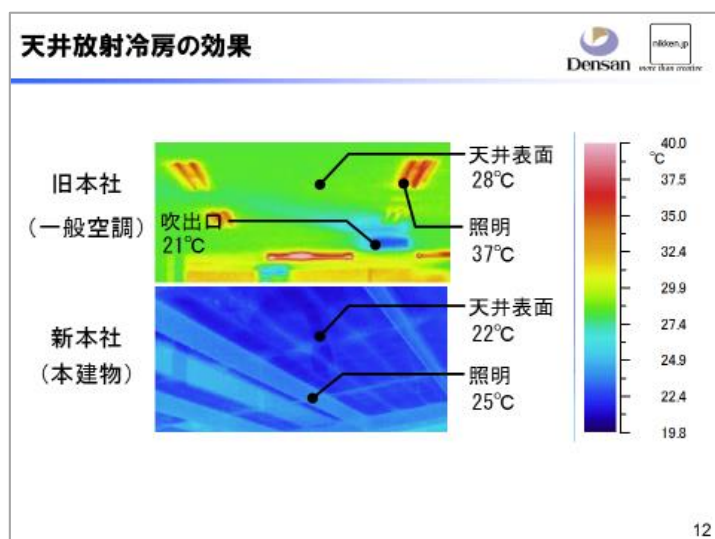
このあたりは、まだまだ検討中の部分で、快適性をどういう言葉で表現すべきか、もっと考えていく必要があるのではないのでしょうか。

太田三津子氏

ありがとうございました。

先ほど、私が「輻射空調にしたことで女性社員にマスクと膝掛けがいらなくなった」と紹介したのが、実はこの電算さんのオフィスです。

室内環境のコントロールをどうするか悩んだという話でしたが、実際に管理部門の方にお話を聞いてみると、やはり、最適に調整できるようになるまで1年近くかかったということでしたね。



長谷川巖氏

おっしゃる通りです（笑）。なかなか難しい。



太田三津子氏

でも2年目になったら、「このシーズンは外気だけで冷房できる」といったようなことがわかるようになり、エネルギー効率はどんどんよくなっているそうです。これで、写真に映っていたような古いパソコンを変えれば、もっと変わるかも（笑）。

本田広昭

ひとつ質問していいですか？

私は知的照明についても関わっていたので今回の新しい照明装置に興味をもったのですが、あの方式で机上の照度はどのくらい出るのですか？

長谷川巖氏

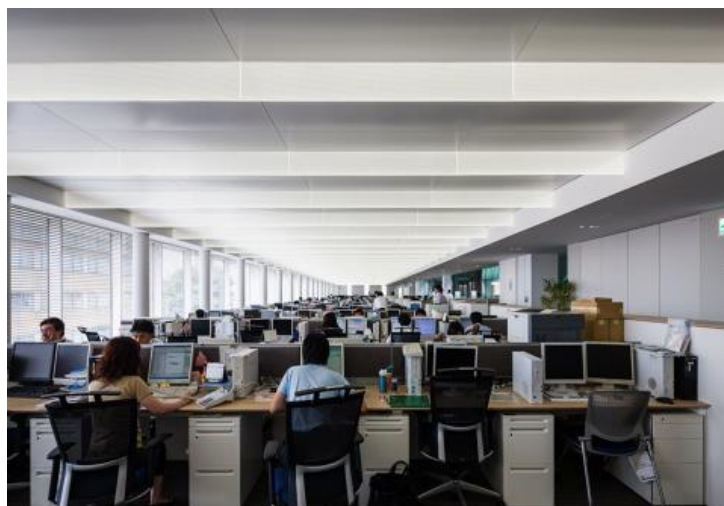
机上面は300ルクスです。

本田広昭

充分ですね。

長谷川巖氏

照明用の電力消費は平均で4.7ワット/㎡で、蛍光灯のときは16ワットほどでしたから、3分の1以下になっています。



本田広昭

外光を上手に採り入れた明るさ感の演出も見事ですね。それによって机上が暗いと感じることもなくなるわけで、非常に感動しました。

太田三津子氏

それでは、ここでちょっとしたミニセッションを行いたいと思います。お題は、「今、なぜ輻射空調が注目されているのか？」で、これまでいろいろ話は出ていますが、一度、ちゃ

んと整理できればと考えています。

佐々木さん、いかがですか？

佐々木邦治氏

これは講演などでも言っていることなのですが、低炭素化や ZEB（ゼロエネルギービル）化に向けてオフィスにおいてさらなる省エネを進めるには、もう一段も二段も進んだ取り組みが必要になるということ

ことです。もちろん、従来型の空気式の空調システムもがんばっているのですが、輻射空調にはこれまでにはできないいろいろな省エネ技術があり、そこに大きな可能性があるように感じます。現実には、大きな省エネ効果があるといった数字も出ており、一種の切り札になっているのではないのでしょうか。

もうひとつ、オフィスにおける快適性の追求も重要です。少ない気流であったり、湿度が安定しているとか、温度分布にばらつきがないとか、輻射式は空調としての基本性能にすぐれており、この点も注目される理由のひとつになっていると思いますね。

さらに社会的背景として、これまで高温多湿の日本では輻射空調の導入は難しいといわれてきましたが、デシカントの技術の進歩によって、あまりエネルギーを使うことなく除湿ができるようになってきたことも大きいですね。

健康増進法によって分煙化が進み、オフィスの中で実質的に喫煙できなくなりました。多くの人が煙草を吸っていた時代、1時間に6回換気しないといけないといった状況でしたが、今はミニマム OA といわれる2回換気ぐらいの外気量で粉塵を基準値以内に抑えられるようになりました。

付け加えるなら、先ほどお話ししましたエアフローウィンドウやLow-e ガラス、ダブルスキンといった高機能の外装が徐々に標準的になり、さらに照明のLED化やOA機器の発熱量の低下によって冷房能力がそれほど求められなくなってきました。それによって選択肢が広がってきました。

このようにいろんな環境整い始めたことで、輻射空調への注目が高まってきたのではないのでしょうか。

太田三津子氏

長谷川さん、何か付け加えることは？

長谷川巖氏

施工技術の面でいえば、配管の進歩によって水漏れの心配がまったくなくなったこ



とは、安心して輻射空調を導入できる環境が整ったわけで、非常に大きいと思います。

それから、東日本大震災以降、ピーク電力を抑えるといったことにみなさん非常に関心をもつようになりまして、全体的な省エネだけでなく、真夏の昼間に大量の電力を消費するようなことは避けたいと考える人が増えてきたのです。この点、輻射空調は、常にちょろちょろ少ない動力で動かし続けるようなシステムですから、今の時代に相性がいいのかもしれませんが、つまり、消費するエネルギーの総量も、ピークも抑えられ、なおかつ快適な空間が実現できるので、注目が集まるのもよくわかります。

太田三津子氏

私もひとつ付け加えさせていただきますと、アベノミクスでは女性を輝かせ、要するに資源としてもっと働かせようとしています（笑）。その戦略において女性のワーカーを増やしていこうとするなら、彼女たちにとって大敵で不満の多い空調をそのままにしておくことはできず、なんらかの改善が必要になってくるのはあたりまえです。輻射空調については、まだ経験した人が少ないので、導入の要望はまだ多いわけではありませんが、アベノミクスが普及の後押しにはなっていくと思いますね。



ちなみに、最近のオフィスでトイレがきれいになったのは、女性たちが声をあげたからで、設備において女性のニーズに応えることはけっこう重要です。

葛岡典雄氏

私からもひとつ。

おそらく、今回の出席者の中では最年長の設計者だと思うのですが、45年ほどこの仕事をしており、この間、本田さんとは次世代オフィスへの提言を3シリーズ手伝わさせていただきました。その最初の本では、設備設計者の告白として「オフィスの空調は2分の1で済む」という内容の記事を書いたのですが、それから10年も経たずに空調システムの技術は進歩し、実際にそうになりました。



そして現在、輻射空調のようなさらに新しいシステムが登場してきたことで、時代は次のステージに移ったような気がしますね。そういう意味でも、今回の本に協力させていただいたのは、設備の歴史を知る私にとって、非常に楽しく、有意義だったと思っています。

本田広昭

よく「輻射空調はまだ小学性の段階だ」「いや、もう中学生にはなっている」といった議論がされるのですが、最近の導入事例などを見ると、すでに 20 歳ぐらいの実力はあるように思いますね。これに対して空気を媒体とした空調はもう 65 歳ぐらいの初老で、申し訳ないがあまり先が期待できるシステムではありません（笑）。なぜなら、搬送動力でも快適性でも輻射式には勝てないのですから。

そして輻射空調は、まだ若いだけに、いろいろ発展性があります。たとえば紹介された地下水の利用は新たな可能性を示していますし、「天井に輻射パネルを敷き詰めたらレイアウト変更がしにくい」といった批判に対しても、チルドビームなどのかたちで解決策を示しています。だからこそ、可能性をもって広げていくことで、若さを示してほしいですね。

太田三津子氏

ありがとうございました。

いいことばかりではいけないので、今後、普及していくうえでの課題についてもお話しただけですか？

谷澤さんはコストの問題と、それ以上に意識の問題があるとおっしゃっていましたが、他には？

谷澤淳一氏

技術的な課題というのはほぼクリアできてきたので、普及に向けては、やはり意識の問題に尽きるのではないのでしょうか。

普通に考えると、今までの空調というのは冷たい空気を無理矢理送って室内を冷やすというやり方でした。しかし輻射空調はパネルとのあいだで熱を移動させるだけですから、まったく違う感覚のものなのです。

人というのは快適と感じる室温が違い、20℃の人がいれば 25℃の人もある。だからあいだをとって空調を 23℃に設定すると、どちらからでも不満で出るわけです。

この点、輻射空調は「暑い」と感じる分の熱を移動させるので、設定温度に関係なく快適さを感じさせるという画期的なシステムなのですから、ぜひ多くの方に体験いただき、そのすばらしさを知ってほしいですね。



太田三津子氏

他には誰か……。

長谷川巖氏

デベロッパーさんでは、これまで内部発熱の最大値に対応するために㎡あたり 60 ワットの冷房能力といった高い数字を示すことでテナントビルの価値につながるといった考え方がありました。このため、天井だけで冷房をしようとすると能力が足りなく、最初から輻射空調が候補に入らなくなってしまったのです。



しかしオフィスの使い方や建物の構造などが変わり、そこまで冷房能力が高なくてもよくなってきているのですから、実情に合わせて基準値を下げていくべきではないでしょうか。

ただし、電算ビルに話を戻しますと、ここでは本社でサーバーなども置く可能性があったことから、冷房能力はかなり高くしてあります。このため天井からだけでなく床からの空気でも冷やすサンドイッチ方式にしたのです。

しかし、一般的なテナントビルではそこまで必要ないでしょうし、用途や条件に合わせた正しい設定が求められているように思います。

谷澤淳一氏

デベロッパーの代表として一言だけ（笑）。

たしかにこの業界ではカタログ戦争のようなものがあります。天高は 2.8 メートルから 2.9 メートルへとだんだん上がってきたり、OA フロアが 100 ミリから最大で 300 ミリになったりしたのはそのせいです。



ただ、最近になってようやく、こういう風潮を見直す動きが出てきたように思います。たとえば照明はこれまで机上で 750 ルクス以上が絶対でしたが、今は 500 ルクスもあれば充分で、足りないところには、タスクライトを足せばいいというふうになってきたのです。

要するにこれも意識の問題なのですね。だから空調についても少しずつ変わっていくと思います。

太田三津子氏

デベロッパーさんがカタログ競争を繰り広げてきたことに対し、テナント側はずっと冷

ややかな目で見えてきましたからね。ファシリティマネジャーの多くが「あんなスペックいら
ないよ」「それよりコストのほうに関心がある」と話していたくらい。ですから、早く実状
にあったオフィスを供給するようにしてほしいと思っております。

ところで、輻射空調の普及においてコストの問題が一番関心のあるところだと思います。
本の中ではその点についても説明しておりますが、今回、新しいデータも加えて葛岡さんに
シミュレーションをしていただいたので、発表をお願いします。

葛岡典雄氏

せっかくの機会でしたので、ケーススタ
ディとして現実的なコスト比較をしてみまし
た。内容は、ここに示したようなビルを想定
し、VAV 方式と輻射方式の場合の LCC を
算出してあります。

設計条件として室内負荷についてですが、
ここでは $63.8\text{W}/\text{m}^2$ という、かなり現実離れ
した発熱量を設定してみました。実際にはこれの 60~70% で充分なのですが、先ほどの
話にあったように、デベロッパーは、まだこういう高い数値を要求してくるものですから、
それに応えられる設備で比較してみました。

外気量についても 5m^3 あたり 1 人として計算し、 $6\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{時}$ としました。これはヨーロ
ッパの平均的なオフィスよりかなり大きいですが、日本ではこういうケースもあるだろう
という前提で計算しております。

またパネルはトヨックスさんの輻射パネルを使ったという想定です。



VAV 方式による設計ではオールダクトで 10 回換気的能力をもち、空調機はインテリア
のものを 4 台、ペリメーター
を 3 方向に 2 台ずつ、トータ
ルで 10 台というシステムに
なります。輻射方式の場合は、
風量は 5 分の 1 でいいのでダ
クトはかなり少なくなりまし
て、外気処理機も 2 台で済ん
でいるので機械のスペースは
小さくなっています。ペリメ
ーターはチルドビームを使っ
て制御しています。配管はペ

ケーススタディの内容	
1. 建築条件	
2. 設計条件	
3. 空調計画	
	4. 検討結果
	5. 経済的評価
Copyright (C) Institute for Future Generation Office. All right Reserved. 輻射空調で差をつける! 1	

リメーターの部分のみ冷水・温水の4パイプの併用、インテリアは冷温水の2パイプ方式のみです。

輻射空調による省エネ化の取り組みとしては、水による搬送エネルギーの最小化、空調風量の大幅削減、中温冷水と低温温水の利用による高効率冷凍機運転、フリークーリング、設備定格容量の低減、高性能の外気処理デシカント空調機の採用などを行いました。それから再生可能エネルギーについてですが、今回は採用していません。

LCCの低減のためには、ロングライフ化とメンテナンスフリーの輻射パネル、アクティブチルドビーム、SUS/PP管などの導入をしました。

また、輻射空調によって、VAVのときよりも階高を縮小したらどのくらいのコスト削減効果があるのかといったことも試算してみました。その結果、階高を200ミリ下げると、今回のようなビルであれば、建設費の1%程度建設コストを減らせることがわかったのです。ただし、このあたりは今後の課題ではあるので、今回のLCCの比較にはこの数字は反映させていません。実際にはコストの圧縮だけでなく、同じ高さのビルで階数を増やすことができれば賃貸スペースを大幅に増やせるので、そういう検討もこれからは必要になってくるでしょう。

海外の、たとえばASHRAE（米国暖房冷凍空調学会）などのスタディでは、貸付面積のアップの計算もしていますので、興味のある方は調べてみてください。

以上の条件で50年間のLCCを比較した結果、たしかに輻射空調は初期のインシャルコストがVAV方式に比べて高いものの、ランニングコストはかなり抑えられるので、むしろ低いことがわかります。このグラフは20年ごとにリニューアルという設定によるものですが、19.2年目にトータルのコストがほぼ同じになっているのです。リニューアルを先延ばしにしたとしても27年目には追いつきます。

この9.2年というのは、輻射空調では機械室が約1.83%減らせるので、それを貸付面積に加えた場合のシミュレーションです。

最後に輻射冷暖房の経済的効果向上についてですが、先ほどの1.83%の分を貸付面積に加えますと、その分の賃

4-① 検討結果 設備の省エネルギー 他
> 水による輻射方式で 搬送エネルギーの最小化
> 空調風量の大幅削減 10AC/H~2AC/H (全外気)
> 中温冷水 (16℃) ・ 低温温水 (34℃) 利用による 高効率冷凍機運転
> 中間期に冷却塔による フリークーリング
> 設備定格容量の低減 (空調機、冷凍機、ポンプ等)
> 高性能外気処理デシカント空調機の採用
> 中温冷水と低温温水利用による 再生エネルギー利用
> LCCの低減 : ロングライフ化と メンテナンスフリー 輻射パネル、アクティブチルドビーム、SUS/PP管
Copyright (C) Institute for Future Generation Office. All right Reserved. 輻射空調で差をつける! 12

料収入が増額となります。ですから、10年早くコストの交差点を迎えられるのです。

また環境不動産という点に目を向けますと、疾病率の低い高度環境や生産性向上につながる環境をもつ、いわゆるグリーンビルの評価は、アンケートによりますと坪あたり1000円高い賃料につながりますから、これをトータルすると年間で約2.5億円となり、この効果もけっこう大きいのです。

ちなみにUCEI (University of California Energy Institute) のセミナーによりますと、事業の継続性に効果のあるグリーンビルの不動産評価価値は一般ビルに比べて約2%向上し、実効賃料比は約6%高くなるそうです。それも加味すれば、2~3年後にはコスト面でも追いつく可能性があるわけです。

また輻射空調への評価によってレンタル稼働率が上がれば、その効果も発揮されます。

こういう話をしていくと、なんだか「良いところ取り」という感じもいたしますが、決して不可能ではないので、検討の価値はあるのではないのでしょうか。

太田三津子氏

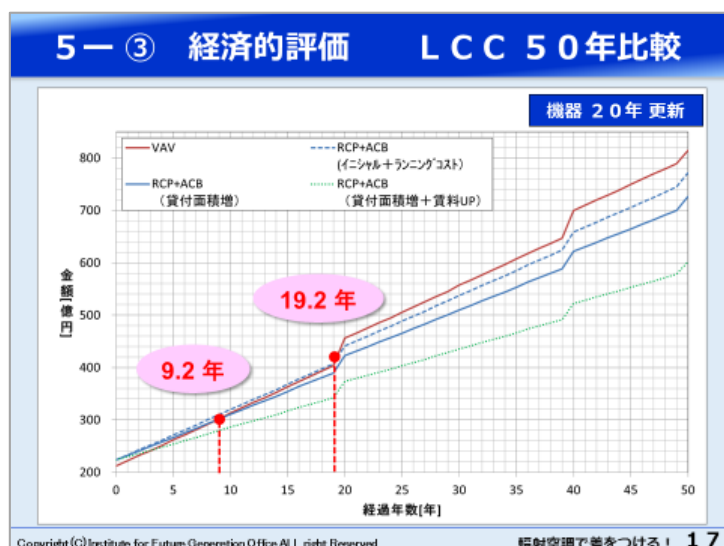
ありがとうございました。

これから都心部ではオフィスビルの大規模な供給があり、当然、Aクラスの大競争が繰り広げられます。そのとき、輻射空調が選ばれるポイントのひとつになる可能性はあり、そういう点でも期待したいですね。

葛岡典雄氏

今回、設計をしているといろいろ大変なことがあり、技術的にも解決していない部分があるので、もう少し検討が必要だとは思いますが。

コスト的なことでもうひとつ言えば、これはあくまで設計段階の予算であって、実際に購買の仕切り値まではわかりません。



太田三津子氏

最後に本田さん。

本田広昭

輻射空調の発展性に関して、私が一番に感じたのは、北陸で建設中のビルに採用されたトヨックスさんの地下水熱交換コイルです。図ではわかりにくいのですが、建物の中で冷房に使われた水を地下に送り、地下水とのあいだで熱交換を行うという画期的なシステムになっています。

先ほどの電算さんのビルは井戸水を使っていますが、このシステムは井戸水の温度だけを利用するので、取水制限などに引っかかることはありません。したがって、非常に発展性のある自然エネルギー利用システムなのです。

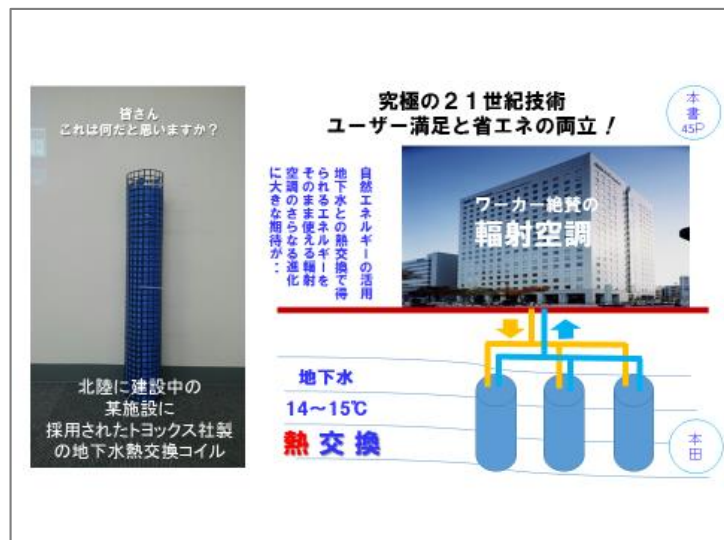
もちろん、すべて電気に頼るよりも大幅に省エネが可能でコスト削減になりますし、それでいて地球環境にもやさしいのですから実にすばらしく、それが輻射空調なら可能だということをもっと多くの人に知っていただきたいですね。

ヨーロッパでは地中の熱を利用したシステムができていますが、日本は豊富に地下水がある国なので、もっと効率的なシステムがつくれるのではないのでしょうか。

大事なのは、ローコスト・ローエネルギーであることに加え、輻射空調というやさしい冷暖房によってワーカーの満足度も上がるという点です。そんな魔法のようなシステムが可能なので、ぜひ関心を持ち、普及に力を貸していただきたいと願っております。

長谷川巖氏

電算ビルでは地下水を汲みあげて利用していますが、実はそのための動力のコストというのもそれなりにかかるので、こういった地中で熱交換するシステムというのはおもしろいと思います。こういうものが普及してくると、地下水があるところほどローコストのビルが建てられるわけで、立地条件も変わってくるかもしれません。(笑)



本田広昭

東京は実は地下水が豊富で、しかし汲みあげられないものだから東京駅が浮かんできたという話すらあります。ですから、その地下水を地中で利用するのであれば問題ないと思います。

佐々木邦治氏

地下水に限らず、輻射空調が面白いのは、今まで冷房に使えなかった熱源を活用できるところにあると思います。もしかして他のエネルギーも利用できるかもしれないわけで、そういう点が輻射空調の大きな魅力なのでしょう。



本田広昭

地下水の温度は平均して 14～15℃だそうです、このくらいの温度だと空気式の空調では熱源としてそのまま使えなかったのですね。しかし輻射空調はそれを利用できるという点において画期的だし、これからどんどん成長していく可能性があるのだから、新しい技術の開発に期待したいものです。

太田三津子氏

そろそろお時間となってしまいましたが、みなさまに、できればあと5分ほどいただければと思っています。このパネルディスカッションの様子をオレセン先生がずっと聞いてくださっていますので、ぜひ感想を伺いたいのですが、どうでしょうか？

ご声援ありがとうございます。それではオレセン先生、お願いできますか。

ピアネ・オレセン氏

みなさんがこの新しい空調システムをどう使っているかと努力されている話は、他の国でも同様に聞かれるものであり、非常に共通点があると思いました。特に意識を変えていかなければだめだという話は、その通りだと思います。ただし、説得材料のひとつになるかもしれない知的生産性の向上



への効果については、なかなかデータを取りにくい分野なので、いろいろ難しいと感じています。

輻射空調システムを普及させていくのにもうひとつ必要なのは、メーカー間の協力です。まだ市場が小さい段階からパイを取り合うと、せっかく大きな可能性をもったこのシステムを潰しかねません。それよりもお互い協力しあい、同じ基準で製品のテストをして比較をしやすいとしたり、製品を説明するにも共通した用語を使うとか、そういう工夫をすることで普及を加速していけるのではないのでしょうか。

市場が広がればコストが下がり、さらに大きな市場が得られます。また設置する人のスキルも上がり、ユーザーも満足を得られるのです。だから今は競争よりも協力を優先してください。



もうひとつ、政府に規制など決めてもらうのも大事です。エネルギーの消費を抑えるための規制が行われれば、自然に省エネが進むでしょう。世の中には、まだまだ安く手に入るエネルギーがあるので、ある程度の行政的な支援は必要です。

個人的にはあまり好きではありませんが、デンマークでは電力に税金をかけることで消費を減らそうとしてきました。「エネルギーを効率よく使わなければいけない」という意識をもってもらうためには、こういう政策も必要なときがあるのです。

また、導入の際の初期コストが高いという問題については、そこだけがビル経営のポイント

トではないことを知るべきです。輻射空調の導入によって再生可能エネルギーの利用が拡大するとか、ゼロエネルギービルへの進化が進むとか、社会全体のエネルギー効率が高くなるとか、そういう視点ももってビルの設備を考えていくべきです。

コストについてはチラーなどのメーカーの努力も必要です。高い温度で効率的に処理できる製品を開発していけば、もっと価格は下げられます。

最後に言いたいのは、ひとつのシステムだけですべてのケースに対し、パーフェクトな働きができるわけではないという点です。求められる条件によって最適なシステムがあり、どれがいいのか選択したり、場合によっては複数のシステムを組み合わせることで解決を図る方法があります。

だからこそ、もっとも重要なのはインテグレートドなのです。建築設計と設備設計の担当者が早い段階からコミュニケーションを取りながら、エネルギーの最適化を実現する唯一の方法なのですが、実際にはヨーロッパでも両者の協力関係を築くのはなかなか難しく、私たちも苦労してきました。日本でも同じだと思いますので、この点を、ぜひ考えていってほしいですね。

本日のシンポジウムに参加させていただき、私からも主催者や協賛の会社の人々に対しお礼を言いたいと思います。そして500名を超える方々がお集まりいただいたそうですが、お肩書きをみるとビルのオーナーであったり、設計関連であったり、いろいろな背景をもった方々がこのようなテーマに関心をもち、話を聞いてくださったことは非常に有益だったと思っております。

ぜひ日本でもこれをきっかけにしてビルの省エネ化の動きが加速していければいいのではないのでしょうか。

どうもありがとうございました。



