

PRESENTATION  
27

## Comfort for Office Workers and Development of an Energy-Saving Air-Conditioning System

Kazufumi Nogami\*, Hiroshi Saitou\*, Kazuo Kagawa\*  
Kyoichi Takenaka\*, Hironobu Kajii \*\*  
\* DAIKIN PLANT Co.,LTD.  
\*\* Kinki University

In the search for truly comfortable air conditioning, we investigated the human adaptability to heat and the effect of a variable-temperature environment on mental acuity, with the understanding that, for human beings, temperature is the most important environmental factor.

We discussed the energy savings and controllability of the multi-use heating and cooling system for buildings, which is a high-efficiency complete thermal recovery unit that makes use of waste heat produced during heating. We investigated the effect of changing the comfort and temperature levels in an actual office by experimentally adapting the air-conditioning equipment for air cooling during heating.

Our company's Computer Aided Engineering room was used for the test. The office was divided into rooms A and B, and two desks were placed in each room.

The subjects of the experiment were three male and four female.

They reported their sensations of temperature variation and their thermal comfort levels under two different settings for air-conditioning operation: a setting for constant air temperature and a setting for variable air temperature. To compare the subjects' mental acuity under the differing air-conditioning settings, we tested the male with simple one-digit addition tasks, the female were given word-processing exercises and other technical reports to input.

In the cumulative frequency curve for word-processing input errors, the benefit of varied-temperature operation became apparent after more than 80 percent of the work volume was completed. Moreover, a 12 percent energy saving was achieved by reversing the varied-temperature cycle operation in each room, in other words, by heating one room while cooling the other.

第17回 人間-生活環境系シンポジウム (大阪 平成5年12月)

研究発表27

オフィス作業の快適性と空気調和の省エネルギーシステムの開発

○野上和文, 齋藤 洋, 加川和男, 竹中恭一\*, 梶井宏修\*\*

\*ダイキンプラント株式会社, \*\*近畿大学

1. はじめに

現在において、人は、赤道直下の熱帯地方から極寒の北極大陸に至るまで、地球上では居住できないところはない。このことは人が冷暖房技術を開発してきたことによるものであるが、シェルターとしての空間を暑くも寒くもない状態に保つことであり、不快感をなくすことにより精神的にも快適感を得ることができ、体温調節のためのエネルギー消費は小さくなったと言えよう。しかしながら、一定温度にコントロールされた環境に長時間滞在することは、体温調節能力が衰えて環境温度変化に極めて弱い人間ができあがるのではないかと懸念され<sup>1)</sup>、生理学的にも指摘されており、人間における能動汗腺の数が生後2年半まで住んでいた地域の気候条件で決まることや、厚着をしていると冬に向かって産熱量の増加が薄着の人より少ないことなど、生活の温熱環境条件が体温調節の働きに影響を与える実験結果が報告されている<sup>2)</sup>。

これらのことより、体温調節をあまり必要としない環境にいと、体温調節能力が低下することが予想され、冷房の普及と同時に問題視されてきた障害もこれが原因と解釈される。また、作業を考えると必ずしも快適といわれる一定の温度環境下で能率が上がる方向にあるとは言えず、むしろ、一定条件が人間に無刺激な状態をつくり、眠気さえもようすこともある。

そこで、従来の空調システムを見直し、人に優しい真の快適環境を求めて、人間をとりまく環境の中の最大要素である温度を変化させることにより、人間の熱的適応性及び覚醒レベルを高めることを実験を行ったので報告する。

2. 実験方法

実験場所は当社CAE室でFig.1に平面図を示す。ほぼ等しい気積でA室とB室に分け、各室2席ずつ作業場所を設置した。被験者は男性3名、女性4名の計7名で、プロフィールをTable.1に示している。なお、本実験は一般事務所において作業を行う人を対象に快適感や温冷感申告による空調評価に加え、作業負荷として男性の被験者には

一桁の単純加算作業を、女性にはワープロ検定試験問題等を打鍵してもらい、環境温度変化と作業能率の相関分析を行った。測定期間は平成5年1月25日から2月26日までの約1ヶ月であり、実験は午前と午後の2回行ない、各環境温度変化条件をTable.2に示す。各温度変化で湿度は約40%程度に保った。また、今回の実験用空調装置として、暖房時の廃熱を冷房に有効利用する高効率な完全熱回収型である冷暖フリービルマルを採用し、その制御性と省エネルギー性も併せて検証した。試験設備はFig.2による。室外機

Table 1 profile of subjects

Sub.No	Seat	Sex	Age	Height[cm]	Waite[kg]
1	b	M	31	163	47.8
2	a	M	26	170	61.8
3	k	M	22	178	67.6
4	A	F	24	170	50.0
5	B	F	22	168	50.0
6	C	F	26	168	55.5
7	D	F	29	159	55.5

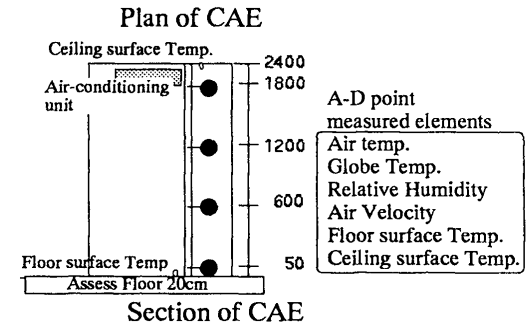
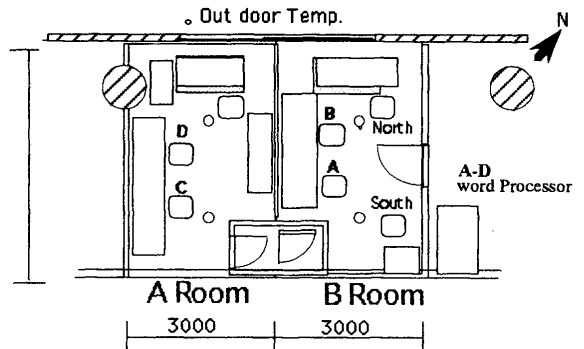


Fig.1 Plan and Section of Test Rooms

第17回 人間-生活環境系シンポジウム (大阪 平成5年12月)

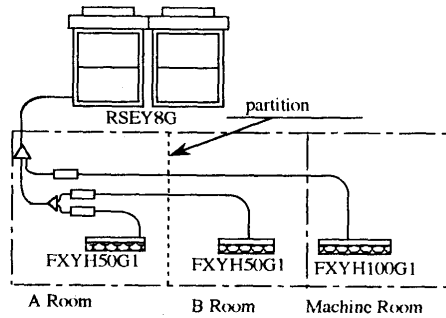


Fig.2 Schematic diagram of test equipment

Table.2 Temperature Amplitude and Change Rate and Cycle

Temperature [°C]	Time (up) [min.]	Change Rate (up) [°C/min.]	Time (down) [min.]	Change Rate (down) [°C/min.]	Cycle [min.]	Temperature [°C]	Time (up) [min.]	Change Rate (up) [°C/min.]	Time (down) [min.]	Change Rate (down) [°C/min.]	Cycle [min.]
18-19	5	0.20	5	-0.20	10	22-24	5	0.40	5	-0.40	10
18-20	5	0.40	5	-0.40	10	22-24	5	0.40	10	-0.20	15
18-20	5	0.40	10	-0.20	15	22-24	5	0.40	15	-0.13	20
18-20	5	0.40	15	-0.13	20	22-24	15	0.13	5	-0.40	20
18-20	15	0.13	5	-0.40	20	23-24	5	0.20	5	-0.20	10
18-22	5	0.80	5	-0.80	10	23-24	5	0.20	10	-0.10	15
18-22	5	0.80	10	-0.40	15	23-24	5	0.20	15	-0.07	20
19-20	5	0.20	5	-0.20	10	23-24	15	0.07	5	-0.20	20
19-20	5	0.20	10	-0.10	15	23-25	5	0.40	5	-0.40	10
20-21	5	0.20	5	-0.20	10	23-25	5	0.40	10	-0.20	15
20-21	5	0.20	5	-0.20	10	23-25	5	0.40	15	-0.13	20
20-21	5	0.20	10	-0.10	15	23-25	15	0.13	5	-0.40	20
20-21	5	0.20	15	-0.07	20	24-26	5	0.40	5	-0.40	10
21-22	15	0.07	5	-0.20	20	24-26	5	0.40	10	-0.20	15
21-22	5	0.20	10	-0.10	15	24-26	5	0.40	15	-0.13	20
22-23	5	0.20	5	-0.20	10	24-28	5	0.80	5	-0.80	10
22-23	5	0.20	5	-0.20	10	24-28	5	0.80	10	-0.40	15
22-23	5	0.20	5	-0.20	10	24-28	5	0.80	15	-0.27	20
22-23	5	0.20	10	-0.10	15	24-28	15	0.27	5	-0.80	20
22-23	5	0.20	10	-0.10	15						
22-23	5	0.20	15	-0.07	20						

は 8 HP であり、機械室は冷房専用の 4 HP の室内機を、そして、実験室 A, B には各々 2 HP を設置し、冷暖房を周期的に切り替えるシステムを採用した。

3. 結果及び考察

Fig.3 に 1 分間の平均温度と単純加算問題の正解数の相関を示したものであるが、各個人毎に回帰分析を行った結果、いずれも勾配が負を示し、有意に温度が上がれば正解が減少する傾向を認めた。

Fig.4 はワープロ作業時における 5 分間の平均気温とエラーの割合をプロットしたものであるが、気温 27°C 以下では一定温度制御下と比較して、温度変化運転の方が僅かであるがエラーの出現率が少ない結果を得た。なお、これらの入力エラーの累積度数曲線 (Fig.5) においては、作業量が 80% 以上で温度変化運転の効果が顕著に現れており、20% 以下のエラーの少ない部分でも温度変化運転の方が優れている結果を得られた。

空調機器の省エネルギー運転結果については、冷房フリービルマルのエネルギー消費に関するもので、Fig.6 にその運転モードを示す。冷房=暖房運転モードが最も省エネルギーとなり、このシステムを実験的に利用することを考えた。

Fig.7 は温度変化運転のフローチャートであり、設定温度を各々 16~31°C で、設定サイクルタイムは 1~9 分まで可変できるように、シーケンサーと 1°C 刻みで設度を変更できる遠隔制御用 P 板とを組み合わせたものである。この

1 ▣ Sub.1 c2  $y = 77.883 - 1.3645x$   $r = 0.217$   $P < 0.1$   
 3 ▣ Sub.3 c1  $y = 88.737 - 1.9158x$   $r = 0.322$   $P < 0.02$   
 2 ▣ Sub.2 c1  $y = 119.89 - 2.9631x$   $r = 0.413$   $P < 0.01$

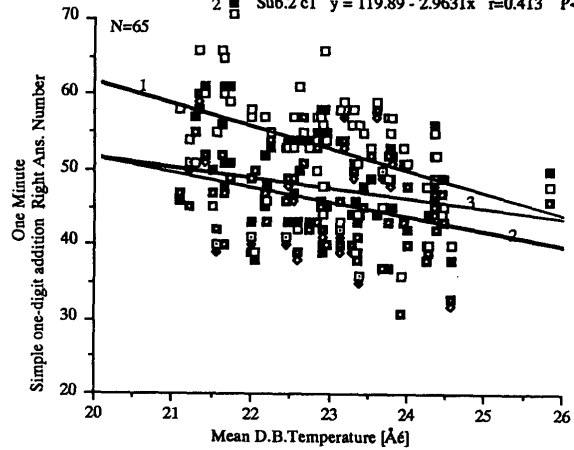


Fig.3 Relation between Temperature and Simple one-digit addition Right Ans. Number

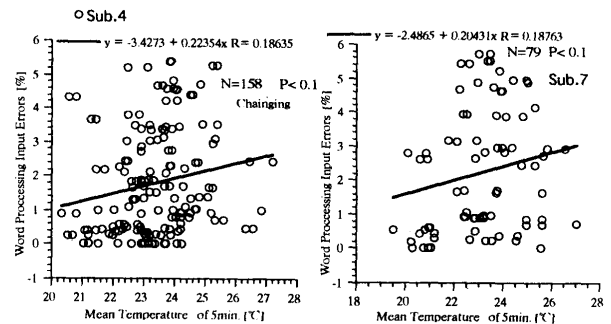


Fig.4 Relation between Mean Temp. and error rate over five minutes

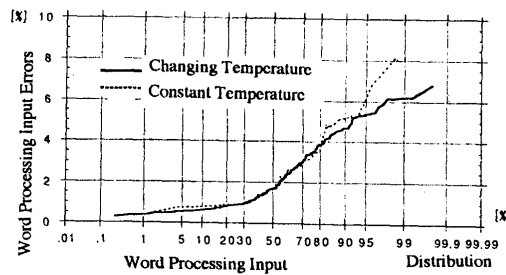


Fig.5 Cumulative frequency curve of word processing input errors

第17回 人間-生活環境系シンポジウム (大阪 平成5年12月)

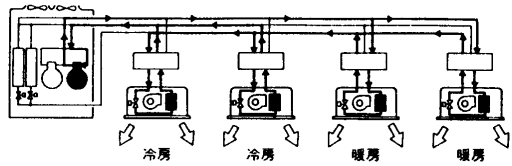


Fig.6 Multi-use heating and cooling system for buildings: Heating and cooling universal thermal recovery operation mode

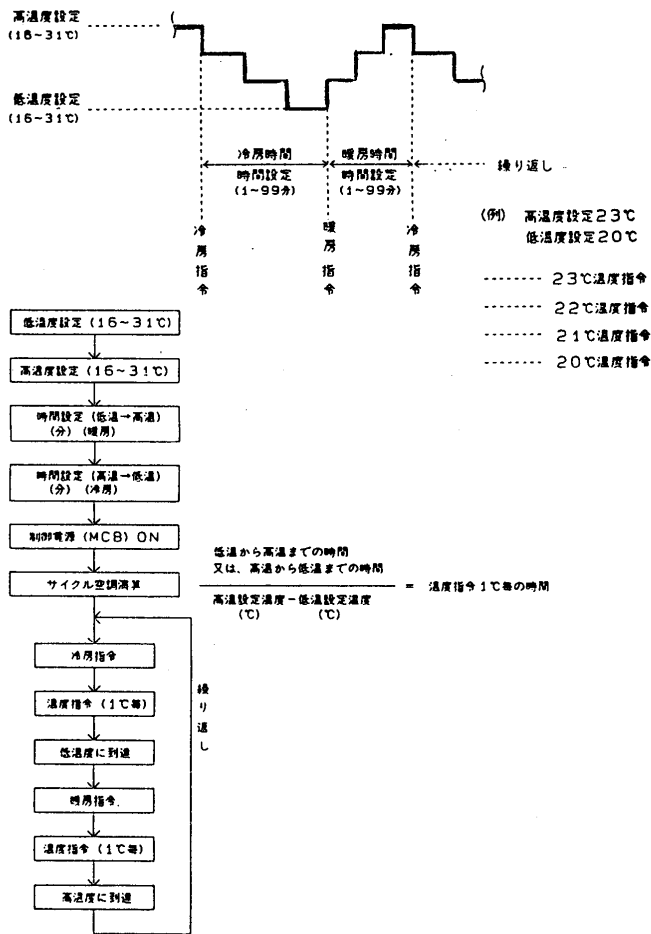


Fig.7 Flowchart of temperature cycle operation

システムの制御性と省エネルギー性を実証するため、2室を各々、同サイクルと逆サイクルで運転した測定は平成4年3月11日に逆サイクル、翌日の3月2日に同サイクルを各々、設定温度20/24°C、設定サイクル上昇5/下降5分で行った。なお、熱負荷変動による乱れを少なくするため、日没後の18:00~20:00で行い、両日とも外気温度は10°C程度であった。

Fig.8に各々の室内変化を示した。サイクル変化の傾向は

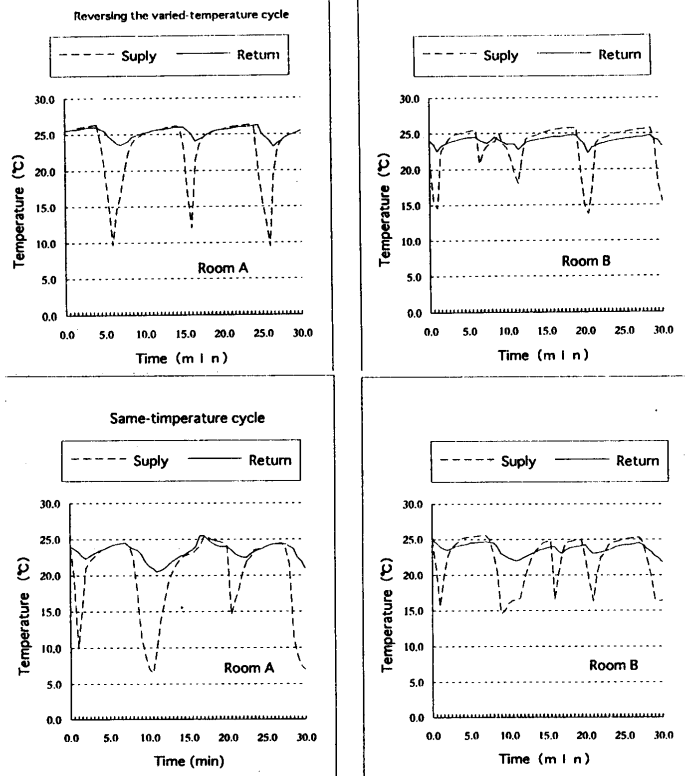


Fig.8 Results of measurement of indoor temperature variation

十分見られるが、制御性には満足できない。しかしながら、約2時間の積算電力量は同サイクルの2.5 kWh に対し、逆サイクルでは2.2kWhであり、逆サイクルにすることにより12%の省エネ効果が得られた。

以上の結果、温度変化運転が人の活性化に有効であることと、本実験システムの省エネ性を実証できたと考えられる。

しかしながら、人には個人差があり、至適温度変化幅及びサイクルも異なり、これらを固定してしまうことは難かしいと考えられる。

また、一般的に空気温度制御では吹出しと吸込み温度差が10°C程度であり、冷房時には吹出しに近い所では寒く、吸い込み近くでは暑く感じられるが、この差を少なくし、より人に優しい空調システムの創造を目指したい。

引用文献

- 1) 梶井宏修, 前田 潔: 室内環境に関する基礎的研究 (その6) - 通常環境生活者と空調室内環境生活者の温冷感の検討 - 空気調和衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, p19~22, 1985
- 2) 吉田 敬一, 田中正敏: 人間の寒さへの適応, 技報堂, p13, 1985