坐業時における温熱的環境状態と 温熱的快感の関係について

Thermal Environment and Sensation of Comfort in Sedentary Work

群馬大学医学部衛生学教室（主任 沢田利貞教授）

菊 池 正 一・阿 部 チ ョ ノ

Masakazu Kikuchi, Chiyono Abe

Department of Hygiene, School of Medicine, Gunma University.

(Director: Prof. T. Sawada)

I. 緒 言

人間生活のための至適温熱環境条件の決定には、生体に対する負荷の最小な点を求める生理学的観点、作業能率が最高度に発揮される点を求める生産至適温度の観点および人間がもつとも温熱的快感を感じる点を求める主観的至適温度の観点の3つの立場がある¹⁾。住居内の日常生活、坐業時などには、第3の主観的快感はきわめて重要である。温熱的快感を与える環境条件には個人差があるが、しかしその範囲の決定は可能である。この問題に関する研究成果としては、二、三の例をあげれば Yaglou らの Comfort zone の決定²⁾³⁾、American Society of Heating and Ventilating Engineers の Comfort Chart⁴⁾⁵⁾（のちに改訂されて American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers の Comfort Chart⁶⁾ となる）、日本人を対象としたものとしては丹羽の裸体時、着衣時、性別、年齢別、季節別に追究した業績⁷⁾⁸⁾⁹⁾ などがある。

今回著者らは、女子電話交換作業者につき、環境温熱条件と温熱的快感との関係を、1年間にわたって調査する機会をえた。その成績をまとめることにより、1年間を通じて温熱的状态が大きく変動しないよう調節された作業室内において、坐業者がいかなる快感域を示すか、またこの値はこれまで発表されている業績の示す値と異なるものであるか否か、特に日本人についての丹羽の研究から約20年の隔りがあるが、両者の間に差異がみられるか否かの諸点を明らかにしようとした。本研究は対象の性および年齢が偏つてはいるが、すべて成年女子であつて、一応平均的な値はうかがい知ることができると

考える。

II. 調査研究対象ならびに方法

交換作業室は鉄筋コンクリート建局舎の一部で、面積は約 136 坪、有効気積は約 1,140 m³ であり、空気調節装置により気温、比湿は一定範囲内に保たれている。

被検作業者はすべて女子で、総数92名、延 758名であつた。年齢は18～35才にわたっているが、90%は20～27才であり、平均年齢は23.8才である。着衣状態は5月半ばから10月半ばまでビニロン木綿綾織七分袖の作業衣をつけるが、盛夏にはこの下に薄い下着のみ、その他の時期は下着、セーター類で調節しており、10月半ば以後は毛織裏つきの作業衣をつけ、その下は合服あるいは冬服の、上着を脱いだ程度の着衣である。したがって年間を通じ、ほとんど各季節の通常の室内着衣状態と同様である。

環境温熱条件に関する測定項目は、気温、比湿、風速、感覚温度および乾カタ冷却率で、室の3カ所において机上20cmの高さと、床上20cmの高さとの2つずつの測定をおこなつた。

主観的温感覚の調査は、作業途中1名ずつ順次に所定の用紙の該当項目に○印を記入させる方法によつておこなつた。温感覚の段階は5段階、すなわち“暑すぎる”“やや暑い”、“丁度よい”、“やや寒い”、“寒すぎる”に分け、いずれかに○印をつけさせた。その他特に暑い、または寒い体部および自覚症状についても記入させた。

測定と調査は昭和31年5月から翌年4月までの1カ年にわたり、毎月1～6日ずつ、合計44回おこなつた。調

第 1 図

査時刻は午後 1 時から 3 時の間とした。同一日の調査でも作業室内の位置により測定値や主観的温感の著しく異なる場合は別個に取扱つて集計した。集計に当つては、つぎのごとく点数を定めた。

- “暑すぎる” ……+ 2
- “やや暑い” ……+ 1
- “丁度よい” ……0
- “やや寒い” ……- 1
- “寒すぎる” ……- 2

調査日ごとの各段階の百分率を求め、それから当該日の平均点数を算出した。したがつて丁度よいと感ずる者の多いほど点数は 0 に近く、暑く感ずる者の多いほど+ 側に、寒く感ずる者の多いほど- 側にずれる。

III. 成 績

1 年間の環境温熱条件の推移と、在室者の主観的温感の程度をあらわす平均点数とを図示したものが第 1 図である。

調査日の外気温は、33℃から 3℃にわたり、30℃の差を示しているが、室内気温は 28.2℃から 18.8℃の間で、その差は 9.4℃に止つている。比湿の変動が少く、風速

も常に比較的小であるところから、感覚温度は気温とほとんど平行して変動している。比湿はよく調節されていて、大部分 50%前後から 60%程度を示している。

温感覚をあらわす平均点数は、その性質から予想されるとおり、気温の高いときには+側に偏り、低い場合には-側に偏っている。点数が 0 に近い場合、すなわち快適と感ずる者の割合がきわめて多い時期は、夏季冷房時と 3 月とに存在する。しかしながら両者の気温を比較すると、夏季では約 24℃前後であり、冬季では 20°~22℃である。この点からみて、夏季と冬季の快感域に相違のあることがうかがわれる。

気温と温感覚の関係を図示したものが第 2 図である。1 年を 2 期に大別して、4 月から 11 月上旬までを温暖期、11 月中旬から 3 月末までを寒冷期とし、それぞれ円と正方形であらわしてある。温感覚は点数 0 ± 0.25 の範囲を快適とし、それより+側を暑すぎるものとして中に線を入れてあらわし、それより-側を寒すぎるものとして中を黒く塗つてあらわした。第 2 図の縦軸には机上の気温、横軸には床上の気温をとつてある。机上、床上の温度差の著しい場合は少く、したがつて気温の垂直分布いかんによる温感覚の相違は明かでないが、概して温感

第 2 図

覚の程度は床上よりも机上の高さの気温によつてより大きく左右される傾向が認められる。温暖期と寒冷期の快感域は明らかに異なっていることが知られる（白円の分布域と白正方形の分布域）。寒冷期では19.8℃以上22.2℃以下の範囲において、例外なく平均点数が ± 0.25 以内であるのに反し、温暖期では大体24°~25℃のところが快感域とみられるが、この範囲でも例外がかなり認められ、寒冷期の場合ほど判然としていない。

感覚温度との関連は、第3図にみることができる。この図においても、寒冷期の快感域は65°~68°E Tであることが比較的明瞭であるが、温暖期の快感域は明らかでない。しかし 0 ± 0.5 の範囲をとると（図の二重円）、大体69.5°E Tから73°E Tの間に分布する。

第 3 図

次に温感覚の各段階は、いかなる温度範囲に分布するかを検討した。本調査で得られた温度範囲は限られてお

第4図 温感覚各段階の分布範囲

第 1 表

気 温 ℃	“丁度よい” の%	
	温 暖 期	寒 冷 期
28.5—28.0	14.3	—
28.0—27.5	12.4	—
27.5—27.0	0	—
27.0—26.5	37.7	—
26.5—26.0	25.9	—
26.0—25.5	28.9	—
25.5—25.0	37.2	—
25.0—24.5	57.5	—
24.5—24.0	55.4	15.4
24.0—23.5	45.5	0
23.5—23.0	51.0	33.3
23.0—22.5	—	45.6
22.5—22.0	—	57.8
22.0—21.5	—	—
21.5—21.0	—	80.6
21.0—20.5	0	72.5
20.5—20.0	0	—
20.0—19.5	—	60.4
19.5—19.0	—	41.4
19.0—18.5	—	43.8

り、また気温を連続的に自由に变化させて観察しえなかつたので、その結果は不完全であるが、次のごとくであった。“丁度よい”と答えた者は、温暖期、寒冷期とも、最高気温から最低気温にわたつて（温暖期：28.2°~23.2℃，寒冷期：25.9°~18.8℃）存在している。したがつて1名でも“丁度よい”と答える者が出現する可能性のある温度範囲は、上記の範囲よりも広いはずである。さらに“暑すぎる”との答は温暖期では24.6℃以上で、“寒すぎる”との答は25.1℃以下で出現し、寒冷期

ではそれぞれ 21.2°C 以上および 19.8°C 以下で出現した。

“暑すぎる”と“寒すぎる”の出現する温度範囲は、温暖期では重り合っているが、寒冷期では両者のいずれも出現しない温度範囲が、巾は狭いが存在している（第4図）。

温暖期、寒冷期別に、“丁度よい”との答が各気温に占める百分率平均をあらわしたのが第1表である。

温暖期で“丁度よい”との答が50%を越えるのは $23.0^{\circ}\sim 25.0^{\circ}\text{C}$ であり、最高率を示すのは $24.5^{\circ}\sim 25.0^{\circ}\text{C}$ である。しかし最高の値でも57.5%にすぎない。この気温範囲のある場合にはかなりの高率を示すけれども、他の場合には低率を示すというふうに、同一気温に対する“丁度よい”の出現率の動揺が大であるため、この気温のすべての場合を平均すると57.5%となるのである。これに

反し寒冷期では50%以上を示す気温は $19.5^{\circ}\sim 22.5^{\circ}\text{C}$ にわたり、 $20.5^{\circ}\sim 21.5^{\circ}\text{C}$ の範囲では72.5%、80.6%という高率を示している。これは寒冷期では、上記温度の場合ほとんど常に例外なく高い出現率を示すことによる。

気温と温感覚との関係が、季節の変化につれてどのように変動して行くかを明らかにする目的で、第5図を作成した。ある気温と、その環境で得られた平均点数との関係を示す点を、測定日の順序を追って直線で結んだものである。各気温の環境で得られる温感覚の程度が、季節の変化につれて変動する状態を観察することができる。5月始めのA点にはじまり、1年間の変動の軌跡を描いて、翌年4月末のG点で終っている。本図の点群は、その性質上右上方から左下方へ分布しているが、第1に気付くことは、上部に斜に分布する点群、下部に同様の

第 5 図

分布をする点群およびその中間の点群の3部分に分けられることである。出発点のA点は上部点群から離れているが、B点（6月始め）から10月中旬に至るまでは上部の温暖期点群を形成し、10月下旬のC点に至つてはじめて上部点群から離れる。その後11月初旬のD点まで中間期点群を形成し、11月中旬のE点から下部の寒冷期点群に入る。F点（4月始め）に至つて下部点群から脱し、以後中間期に入る。

同一温度範囲、例えば24°C前後の環境状態では、上部点群に属すると見做されるものの平均点数は0ないし一側である、すなわち快適かやや寒い方にずれているに反し、下部点群に属すると見做されるものは+1.0以上、すなわちかなり暑く感ぜられており、中間部点群は+0.5付近である。また同一温感覚、例えば、0～+0.25の平均点数を与える温度は、温暖期では24～25.5°C程度であるのに反し、寒冷期では21～22.2°Cの間である。この点からみても上部点群と下部点群とは別個の集団であることが知られ、気温と温感覚の関係には季節差のあることが明らかである。そこで上部下部の各点群の分布に適合する直線を、最小自乗法によつて求めたところ、IおよびIIの直線をえた。両直線をあらわす式は次のとおりである。

$$I: C = 0.40 \quad t - 9.86 \quad C: \text{平均点数}$$

$$II: C = 0.387 \quad t - 8.05 \quad t: \text{気温}$$

IV. 考 按

温熱的に快適である温度範囲は、第1図によれば、温暖期では23～25°C、寒冷期では20～22°C程度であることがうかがわれる。第2図では、温暖期は例外がかなり認められるが24～25°Cの間であり、寒冷期では19.8～22.2°Cの間である。さらに第1表で、50%以上が“丁度よい”と感ずる温度範囲は、温暖期では23.0～25.0°C、寒冷期では19.5～22.5°Cである。これらのいずれによつても、温暖期、寒冷期の各々の快感域を大体つかむことができ、またこの両者の間にかかなりの差があることも明らかである。

快感域外の気温と温感との関係を考慮に入れて快感温度および快感域を決定すれば次のごとくである。第5図のIおよびIIの直線が、点数0の位置の垂線と交わる点の気温をもつて快感温度とすれば、温暖期では24.6°C、寒冷期では20.8°Cである。またこの両直線から0±0.25の範囲（75%以上が“丁度よい”と感ずる範囲）を決定すると、温暖期では24.0～25.3°C、寒冷期では20.2～21.4°Cとなる。感覚温度によつてあらわすと、第3図に

おいて温暖期では69.5～73.0°E T、寒冷期では65.0～68.0°E Tである。また第5図から得られた値を、温度50～60%として感覚温度に換算すると、快感温度は温暖期71°E T、寒冷期66°E T、快感域はそれぞれ70～72.5°E T、および65～67°E Tとなる。

Yaglou & Drinker³⁾の着衣時の Probable optimum は、夏季では感覚温度70.5°E T、気温24.3°C、冬季ではそれぞれ66.0°E Tおよび21.1°Cであつて、著者らの値ときわめて近い。A. S. H. A. E. Comfort Chart⁶⁾の快感線は、夏季71°E T、冬季68°E Tで、冬季の値がやや高くなつてゐる。歐洲の文献では、Küster u. Meixner¹⁰⁾による Behaglichkeitslinie は、比湿60%、風速25 cm/secの際に21.9°Cとなつており、Bedford¹¹⁾の英國における冬季軽作業時の調査では、快感温度は60.8°E T、18.2°C、70%以上が快感をもつ温度範囲は57～63°E T、または15.6～20.0°Cである。いずれも歐洲の成績は、著者らや米国の値に比してかなり低値である。

丹羽⁹⁾の日本人男女青年の着衣時の成績によれば、快感域は夏季は22±2°C、70±3°E T、冬季は20±2°C、65±3°E Tである。著者らの値と比較すると、いずれも丹羽の値は低値である。特に夏季の快感温度の差が大きく、また感覚温度の快感線は夏、冬とも1°E Tの差があり、さらに既して快感域の下限が著者らの成績より低くなつてゐる。このような差は、20年の年月の間に起つた日本人の身体的変化によるものか、摂取栄養や生活様式の変化などに基くものかは明らかでないが、以前よりもより暖い環境を好むように變つてきていることがうかがわれる。

第2図において、点数0±0.25の場合はさきに述べたとおり、寒冷期では例外なく19.8～22.2°Cの範囲内であるのに反し、温暖期では24～25°Cがその範囲と思われけれども例外がかなり多い。第3図の感覚温度との関連をみても、寒冷期の快感域はきわめて明瞭であるが、温暖期のそれは明瞭でない。第1表においても、寒冷期では20.5～21.5°Cのところで72.5%、80.6%というきわめて高い一致率を示すのに反し、温暖期では最高57.5%程度である。これは気温の上昇、下降に伴う温感覚の変動が、寒冷期では規則的であるのに、温暖期ではさほど規則性が著しくないことを示すものである。すなわち、一定の気温の変化があつた場合、寒冷期ならば大部分の者が一様に同じ温感覚の変動を示すのに、温暖期では人により、時期によつてかなり相違があるのである。このことは第5図において、直線IおよびIIの周囲の、点の分散状態を検するため、推定値標準誤差を

算出したところ、温暖期の直線Ⅰについては $\sigma_c=0.25$ 、寒冷期の直線Ⅱについては $\sigma_c=0.22$ であつて、後者の値が小であることからもうかがいえる。着衣状態を考えれば、温暖期の方が寒冷期に比し、より環気温を直接に感じやすいはずであるのに、このような季節的差異が認められるのは、その原因として生理学的状態の相違を考へるのが妥当であろう。

第5図Ⅰ、Ⅱの直線は、両者の回帰係数からも知られるとおり、ほとんど平行である。すなわち、一定の気温変化に伴う温感覚の変動の程度は、温暖期も寒冷期もほとんど変わらないことがわかる。本調査では、直線Ⅰは6月～10月初旬に適合し、直線Ⅱは11月中旬～3月末に適合しているところからみると、暑さに対する馴化の期間および寒さに対する馴化の期間は、1年間のうちそれぞれかなり長い期間を占めているものと察せられる。そしてこの両期間の中間に当る時期が馴化の状態の移行期であつて、その期間は比較的短く、またこの時期には直線が一方から他方へ、その傾斜は不変のまま移動するのであろう。この間の消息は、本調査が Yaglou, 丹羽らのごとく人工気候室でおこなつた実験と異なり、作業現場において毎回その場に与えられた温熱条件にのみ満足せざるをえず、希望する温度変化の巾、希望する温度範囲を自由に得られなかつたので、十分に明らかにすることができなかつた。

温感覚の段階的表示は、Bedford¹¹⁾ は次の7段階、すなわち much too warm, too warm, comfortably warm, comfortable, comfortably cool, too cool, much too cool に分けており、この7段階区分法はかなり広く用いられている。しかし温感覚を細かく多数の段階に分けることは、被検者が相当熟練している場合でない、個人差が大きく、また測定時により判断の規準が動く可能性があり、必ずしも得られた結果が齊一とならないおそれがある。そこで本調査では、Yaglou らの too warm, comfortably warm, very comfortable, comfortably cool, cold の5段階区分法にならつて区分を試みたが、その結果比較的規則性ある成績を得た。対象の数がかなり大であれば、単純な区分で調査をおこなつた方が、被検者に細かい区分による温感覚の表現をさせるよりも、より正確に温熱条件と温感覚との間の連続的かつ規則的な関係を求めやすいものと考えられる。なお Winslow¹²⁾のごとく very pleasant, pleasant, indifferent, unpleasant, very unpleasant に区分することは、pleasant なる表現に“freshness”の要素も含まれてくるので、純粹に温熱的感覚の程度を表現するには適当でない。

V. 総 括

女子電話交換作業者延 758名について、電話局内交換室における作業時の環境温熱条件と温感覚の関係を調査研究した。

- 1) 75%以上の一致率を示す快適温感域は湿度50～60%において、温暖期24.0°～25.3°C (70°～72.5°E T)、寒冷期20.2°～21.4°C (65°～67°E T)である。この値は丹羽(昭和12年)の日本人快感帯に比して高値である。
- 2) 気温の上下に伴う温感覚の変動は、寒冷期では規則的であるが、温暖期では規則性の程度が低い。
- 3) 気温に対する温感覚平均点数の回帰直線を比較すると、温暖期のものと寒冷期のものとはほとんど平行している。
- 4) 1年間において、暑熱または寒冷に対する馴化の時期は比較的長く、移行期は比較的短いことが想像される。

擧筆に当り、種々御援助を賜つた沢田教授、協力を惜しまれなかつた高崎通信診療所内山所長ならびに高崎電話局関係各位に対し、厚く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 石川知福：環境衛生学，吐鳳堂，昭23。
- 2) Yaglou, C. P.: The comfort zone for men at rest and stripped to the waist. J. Indust. Hyg. 9, 251～263, 1927.
- 3) Yaglou, C. P. & Drinker, P.: The summer comfort zone: Climate and clothing. J. A. S. H. V. E. 35, 1～15, 1929.
- 4) Houghten, F. C. & Yagloglou, C. P.: Determination of comfort zone. J. A. S. H. V. E. 29, 515～536, 1923.
- 5) Yagloglou, C. P. & Miller, W. E.: Effective temperature with clothing. Ibid. 31, 59～70, 1925.
- 6) Heating, Ventilating, Air-Conditioning Guide. Amer. Soc. Heat. & Air-Cond. Engrs. 1956.
- 7) 丹羽孝一：邦人に対する快感帯の測定。I 裸体時を標準として季節別に観察せるもの，国民衛生，14, 487～504, 昭12。
- 8) 丹羽孝一：邦人に対する快感帯の測定。II 裸体時を標準として男女別年齢別に観察せるもの，国民衛生，505～526, 昭12。
- 9) 丹羽孝一：邦人に対する快感帯の測定，III 着服時を標準として観察せるもの。国民衛生，527～556, 昭12。
- 10) Küster, E. u. Meixner, H.: Berechnungen und Tabellen zur Frage des Raumklimas. Arch. Hyg. u. Bakt. 117, 158～178, 1937.

- 11) Bedford, T. : The warmth factor in comfort at work. Med. Res. Council Indust.-Health Res. Board. Rep. No. 76, 1936.
- 12) Winslow, C.-E.A., Herrington, L. P. & Gagge, A. P. : The relative influence of radiation and convection upon the temperature regulation on the clothed body. Amer. J. Physiol. 124, 51~61, 1938.

(受付 : 1958年 6 月28日, 特別掲載)