

人工環境の普及に伴う日本人の環境適応能の変化に関する研究

Environmental adaptability of Japanese to artificial environments

栃原 裕 (Yutaka Tochihara)

九州大学・大学院芸術工学研究院・教授



研究の概要

高度な科学技術の発達により作り出された人工環境が、人類の健康や環境適応能に及ぼす影響を生理人類学的に明らかにし、さらに、人類の環境適応能を残しつつ、快適に生活しうる人工環境の条件を明らかにした。また、技術の発達により生じた過酷な新しい人工環境の問題点やその許容基準についても検討した。

研究分野：生物系

科研費の分科・細目：人類学・生理人類学

キーワード：環境適応能、人工環境、冷暖房、照明、生体リズム、耐暑性、耐寒性

1. 研究開始当初の背景

約500万年前、アフリカの熱帯地方で生まれたと考えられる人類は、生物学的適応と道具的適応によって、次第に寒冷な気候の土地へその生活圏を拡げていき、遂には地球上のすべての地域に住むようになった。人類は過酷な自然環境を科学技術の力で克服し、除々に生存範囲を拡大し、さらにはより快適な環境を作り出すまでになっている。ところが、このような新しい人工環境に、人類が生理的に適応出来るか否かについての問題が大きく残されている。すなわち、現代人が一日の大半を過ごす人工環境が、快適環境を提供するのではなく、かえって人類の生物的特性に反し、人間の健康を損ねる危険性がある。人類が少なくとも数十万年かけて獲得した自然環境への適応能力を、わずか最近の50年間の人工環境により、劣化させかねないとの危惧があり、こうした観点からの人工環境に関する研究を行う事が急務である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高度な科学技術の発達により作り出された人工環境が、人類の健康や環境適応能に及ぼす影響を生理人類学的に明らかにし、さらに、人類の環境適応能を残しつつ、快適に生活しうる人工環境の条件を明らかにすることである。また、技術の発達により生じた過酷な新しい人工環境の問題点や許容基準についても検討した。

3. 研究の方法

各種人工環境因子（温熱環境、照明環境など）の長時間使用（曝露）の生理学・心理学的影響を明らかにし、さらには複合環境（低

湿度と低圧低酸素、温度と照明環境、温度と低酸素濃度など）の生理影響を検討した。環境適応能の変化に関する縦断的研究を実施するには長い調査期間を要するので、本研究では世界や日本における地域（民族）差、冷暖房の使用頻度等に注目し、温熱環境変動が生理反応に及ぼす影響を、実験と調査により検討した。また、新たに創造出来るようになった人工環境（超音波、全身振動、超低温、高濃度酸素など）の生理影響についても詳細に検討した。

4. 研究の主な成果

暑熱環境下における運動時の生理反応について、熱帯と温暖地住民の違いについて評価した。第二に、熱帯地住民が暑熱環境下で運動を行った際の暑熱順化について検討し、さらには、暑熱順化後の寒冷暴露下での運動が温熱反応に及ぼす影響について評価した。日本人男子学生とマレーシア人男子学生を被験者とし、暑熱環境下における運動時の温熱反応について測定した。被験者は、10分間の安静の後、室温32℃下において、60分間自転車エルゴメータ運動を行った。その後、被験者16名を2つの群に分け、脱順化のための実験を行った。1群は、朝、60分の運動を寒冷環境下（18℃）で行い、午後は、60分間寒冷に暴露されることを14日間続ける群とし、他群は、午前・午後それぞれ60分間寒冷環境に14日間暴露される群である。日本人の脱水率がマレーシア人に比べ有意に大きく、活動汗腺数も、日本人がマレーシア人に比べ有意に多かった。直腸温は、実験中マレーシア人の方が継続して高く、平均皮膚温もマレーシア人が日本人に比べ高いことが示された。日常的な暑熱環境での生活が、深部体温のセットポイントを

高め、乾性放熱が促進されたことが、この違いを生じさせたと考えられた。脱順化に関しては、寒冷暴露下で運動した場合に比べると、寒冷暴露のみの条件の方が暑熱順化を長く維持できるなどの、新しい知見が得られた。

全国 11 地域の 331 住宅の居間、浴室、脱衣室、廊下、寝室、屋外の気温と湯温を夏季と冬季に各 1 週間に渡って測定し、さらに生活様式も調査して、地域の入浴死亡率との関連で検討した。また、浴室やトイレの暖房効果に注目しながら、秋田と大阪で冬季における住宅内の気温差の実態や高齢者の生理・心理反応との関連性を検討した。北国の入浴実態に通じる、入浴の回数が毎日でなく、湯の温度が熱めのときに死亡率が高く、湯船に入っている時間が短いときに死亡率は低いということになった。札幌では部屋間の温度差が小さく、廊下を含めて 15℃以上に保たれていた。その他の地域では、居間は高い室温に保たれていたが、廊下、脱衣室は低い気温であった。脱衣室温が低い地域ほど、入浴死亡率が高いことが統計解析により初めて示され、暖房の重要性が示唆された。

冷房の長時間使用女子学生 (L 群) と短時間使用女子学生 (S 群) を対象とし、午前 8 時から午後 10 時まで、2 時間毎に唾液中の cortisol 濃度を測定した。調査は冷房使用の開始時である 7 月と 2 ヶ月以上の使用後である 9 月において行った。周囲気温は、S 群では 30.8 ± 1.2 °C (7 月)、 28.0 ± 0.8 °C (9 月) であり、L 群の 28.0 ± 1.2 °C (7 月)、 27.3 ± 1.0 °C (9 月) より両月とも有意に高い気温であった。周囲気湿、睡眠時間、起床時刻などには両群間に有意な差異は認められなかった。一方、cortisol は S 群では両月とも同様な日内リズムを示したが、L 群では 7 月では起床後の cortisol 上昇の程度が小さく、9 月ではリズムの乱れが認められた。

夜間の照度条件によるメラトニン分泌抑制の個人差とその深部体温低下抑制との関係性、及び寒冷曝露におけるメラトニン分泌抑制と体温調節反応との関係について検討した。本研究では、光条件を高照度光 (5000 lx) 及び低照度光 (30 lx) とし、温度条件を中立温条件 (27℃) 及び寒冷条件 (15℃) として、唾液中メラトニン、直腸温、皮膚温、酸素摂取量、及び血圧を計測した。その結果、高照度光によりメラトニン分泌が抑制された被験者ほど体温低下が抑制されたことが認められた。これより、夜間高照度光による直腸温の低下抑制には、メラトニン分泌の抑制が大きく寄与していると考えられた。また、中立温曝露よりも寒冷曝露の方がメラトニンが深部体温を低下させる作用が高かった。これは、メラトニンが血管メラトニン受容体に作用し、手背の血管の収縮性を妨げた結果、手

背温の低下の抑制が起きたことが原因であると考えられた。さらに高照度条件は、入眠後の直腸温低下を遅らせ、最低値を示す時間は低照度条件より約 1 時間後退させた。これらの一連の結果は、夜間の照明光がメラトニン分泌の抑制を通して睡眠の快適性に影響することを明らかにしたものである。

5. 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

これまでの熱帯地住民の長期暑熱順化に関する研究の多くは、安静時の比較的軽い暑熱負荷条件に限られており、暑熱下運動時の熱放散特性を温帯地住民と比較した研究はほとんど行われておらず、本研究が最新のものである。また、その後の暑熱順化の脱順化を取り扱った例も極めて稀であった。さらに、全国規模で、地域別に入浴死亡率と室内温熱環境との関連を調査したのは、今回が初めてで、家庭内事故死の死因第 2 位にある入浴死の低減に寄与する成果が得られた。

メラトニンが夜間の深部体温低下に影響する報告のほとんどの先行研究はメラトニンの経口投与や Atenolol などの薬物投与によるものであるが、本研究では日常の光条件で起こりうる生体内のメラトニン分泌の変動が夜間の深部体温低下、さらに快適な睡眠に密接に影響することをはじめて明らかにした。本成果は、夜間の高照度・高色温度照明が人間の生体リズムを乱しかねないという説に、新しい科学的な裏付けを与えるものである。

6. 主な発表論文

○Inhibition of heart rate variability during sleep in humans by 6700K pre-sleep light exposure, Keita Ishibashi, Shingo Kitamura, Tomoaki Kozaki, Akira Yasukouchi, *Journal of Physiological Anthropology*, 26: 39-43, 2007

○Influence of long term exposure to air-conditioned environment on the diurnal cortisol rhythm, Ueno T., Ohnaka T., *J. Physiological Anthropology*, 25(6):357-362, 2006

○Decay of heat acclimation during exercise in cold and exposure to cold environment. Mohamed Saat, Roland Gamini Sirisinghe, Rabindarjeet Singh and Yutaka Tochihara, *Eur. J. Appl Physiol*, 95: 313-320, 2005

○Effects of exercise in the heat on thermoregulation of Japanese and Malaysian males, Mohamed Saat, Yutaka Tochihara, Nobuko Hashiguchi, Roland Gamini Sirisinghe, Mizuho Fujita and Chin Mei Chou, *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 24(4): 267-275, 2005

○冬期における浴室温熱環境の全国調査. 大中忠勝, 高崎裕治, 栃原 裕, 永井由美子, 伊藤宏充, 吉竹史郎, *人間と生活環境*, 14(1):11-16, 2007

ホームページ等

<http://host.id.design.kyushu-u.ac.jp/ninkou/tochihara/index.htm>