Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

バイオメカニズム学会誌, Vol. 9, No. 2 (1985)

解 説

生 体 と 温 度

田 中 正 敏*

1. はじめに

赤血球や脳組織などは、42℃への温度暴露により障害をうける。一般に動物の組織は、42～45℃の温度に2時間も暴露されると機能を失い、破壊される。逆に、厳しい寒冷に曝らされると組織は凍結し、機能を失う。組織内で氷の結晶が形成され、組織を作っている細胞は障害をうけ、さらに細胞内の水分は氷結し、細胞は死滅する。[1),2)]

しかし、実際には生体はより高温下であっても、低温下にあっても生存し、生体機能をうまく働かせ、合目的な働きをなししかも活動的でさえある。ある場合には、凍傷や火傷のように局所を犠牲にしながらも、生体としては、個としての生命を保持している。

勿論、生体機能には温度環境に関して、その働きに限度がある。身をこがす高温に、凍てつく寒さに無防備でいつまでも耐え得ることは出来ない。恒温動物の放熱は、皮膚血管の活動や発汗作用も加わり、基本的には高から低への熱の流れにみられる物理的な作用である。生体の体温調節が放熱機構のみにより制御されると仮定すると、体温を一定に維持できる温度域は高温側に向って拡がるが、その範囲は狭い。これに産熱量を制御する化学的調節が加わると、その範囲は低温側へも拡張され、生体が体温調節の出来る範囲は広くなる。人間の場合は、これらの生体側からの調節機能に加え、科学技術と社会的手段をうまくとり入れることにより、生命，生活活動の出来る温熱環境の範囲に格段な拡がりを与えている。

労働やスポーツ時の筋肉運動による能動的な作用または、入浴や輻射熱浴などの受動的な作用によって、体温が39～40℃にも上昇することは珍しいことではない。逆に、寒冷に薄着で暴露されたり、海難事故などにより冷水に浸漬されると、体温は異常な低下を示す。これらの場合の体温の異常は、一時的に体熱収支の均衡が破綻し、身体の蓄熱量が増減することにより生ずるもので、生体機能が大きな損傷を受けないうちに、それらの原因が取除かれると、蓄熱状態は均衡を保ち、やがて体温は正常のレベルにもどる。

しかし、温度条件や暴露時間との関係からも、暑熱および寒冷の程度が身体の耐えうる限界を越えた場合には、生体諸機能の低下や障害、特に中枢機能に器質的，機能的な変化を起こし、又、それに伴う調節不全により、諸々の損傷さらには致命的な高体温症あるいは低体温症を示すことにもなる。

2. 暑さによる人体機能への影響

人体への暑熱負荷の程度をあらわす生理的な指標として、体温，汗量，汗中塩分濃度，心拍数などがある。これらの内でも、直腸温などの中核温はしばしば用いられる。

暑熱環境において、体温は主として熱伝導と発汗の2つの経路により調節される。これらの経路が効果的に働く範囲をBenzingerらは、[3)] 中核温が37～38℃の間であり、38.5℃以上となると、発汗と熱伝導による体温調節過程は飽和に達すると述べている。

高温環境下の運動時には、外部環境からの熱負荷に加えて、運動による体内での産熱量の増加が加わり、運動の程度によっては、産熱量は安静時の数10倍ともなる。運動時の産熱量のうち、効率よく運動自体に使われる割合は少なく、多くは熱の形となる。生体は体温を恒常化し身体機能の維持をはかるため、これら余剰の熱をうまく処理しなければならない。この為には体温調節機能とともに、循環機能が重要な働きをする。運動による余剰の熱の発生と、放熱の障害は、高体温となり、熱中症への素地を作ることになる。

昭和60年2月1日受付

* 昭和大学医学部衛生学教室
〒142 東京都品川区旗の台1－5－8

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

1) 循環機能

高温暴露により皮膚血管は拡張し、それに伴ない皮膚血流が多くなり、皮膚温は上昇する。皮膚温の上昇により輻射，対流を含め伝導による皮膚からの放熱は増加するが、その一方、末梢血管の拡張のため、血圧は低下傾向をつよめる。これに対し生体では、心拍数や血液水分を増加し、循環血液量の確保をはかり血圧の低下に対処する。又、皮膚血流量の増加は、心拍数の増加による心拍出量の増加、および脾臓，腎臓，筋肉などへの血流量を減少させ、皮膚への血流を増加させる、いわゆる血液の再分配により代償される。Rowellは、[4] こうした場合、人間における皮膚血流の増加の80～85％は、心拍出量による増加であり、15％は他の部位からの血液の再分配によるとしている。

運動時には、運動に要する筋肉への血液と、放熱の為の皮膚への血流増加が必要となり、安静時に比し体内の血流分布は更に複雑となる。循環機能の障害は、全身の血流の再分配に大きな影響を及ぼす。

皮膚血流は交感神経性の血管収縮の減少、又は積極的に血管の拡張性を増すことにより増加がみられる。動・静脈吻合は、四肢の末梢部の皮膚に多く分布しており、血流の毛細血管床への流入をバイパスする機構である。皮膚血流の増加を必要とする際には、重要な働きをする。Halesらは高温暴露時に、動・静脈吻合を通って流れる血液流量は10倍にも増加することを示している。[5]

2) 放熱機構

生体への熱負荷が増加するに伴って、伝導による放熱の割合が減じ、蒸発による割合が増加してくる。人間は犬や馬のように、あえぎ、パンテングによる放熱がみられないので、気道からの蒸発放熱は小さく、蒸発放熱の多くは、皮膚を通じておこなわれる。汗の蒸発の際にうばわれる熱は、心臓から皮膚への血流によってもたらされる。皮膚から心臓へもどってくる血液の温度は低くなっているので、中核温が恒温化するのに助けとなる。皮膚への血流が減少すると、蒸発による放熱の効果を減ずることになる。

発汗の程度が進んでくると、皮膚は汗でおおわれるようになる。蒸発にも、皮膚に付着する汗の量にも限度があり、限度以上の汗は皮膚から流れおちてしまう。蒸発する汗のみが放熱に役立ち、蒸発しない汗の冷却力は0である。

多くの哺乳動物は体内からの水分の損失を比較的早く補充することが出来る。しかし、人間の場合には、水分平衡を保つ機能が比較的悪く、失なわれた水分を完全に補充するのにかなりの時間を必要とする。

Pittsらによると高温環境下の運動で、水分を摂らないグループでは、直腸温の上昇が著しく、短時間で疲労困憊する。これに対し随時、水分の摂取をさせたグループの場合は、直腸温の上昇はさほどではなく、運動能力の低下もみられない。さらに、失われた水分と等しい水分量を摂取させた場合には、直腸温の上昇は小さく、運動能力もよく保たれている。[5]

発汗により体内から、水分が大量に失われると、血液からの血漿量の減少により、循環機能に障害をきたし、体温調節機能や運動能力に低下をきたす。水分が体重の5％失われた状態では運動能力の低下がみられ、最大酸素摂取量も低下してくる。実験的には6.3～7.4％の水分損失により疲労困憊の状態がみられるので、水分損失量の限度を約6％としている。[6]

運動時における循環機能と体温調節機能との関係から、心拍数と中核温との間に直線的な関係がみられる。図1に運動時の心拍数と直腸温との関係を示した。[7] Kamonらによる回帰直線は、高温下において30％$\dot{V}O_2$ maxの負荷強度の運動をおこなった場合であり、他の場合は気温33℃においてトレッドミル歩行時のものである。普通の衣服を着用したコントロール時の関係は、Kamonらの結果と類似している。しかし、化学防護衣を着用し、外部環境への放熱がきわめて悪い状態の場合には、心拍数と直腸温との関係はコントロールの状態と異なり、低い直腸温においても、高い心拍数を示している。コントロール時には心拍数，直腸温とも定常状態がみられるが、防護衣着用時には、30分間の運動中において、運動強度が低いにもかかわらず、心拍数，直腸温とも定常状態がみられず、

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

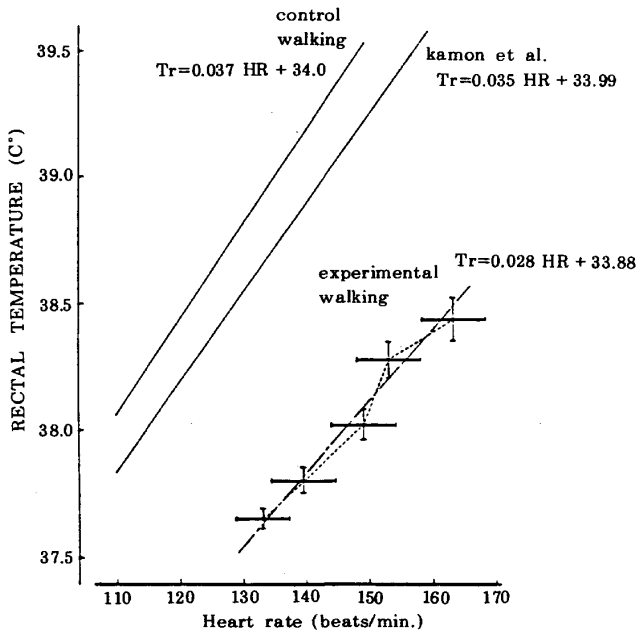


図 1 Relationship (mean ± SE) between heart rate and rectal temperature after ten minutes of experimental walking; also, regression line of control walking and the one reported by Kamon et al.

生体への負荷の大きいことを示している。

3. 暑熱下における作業能

高温においても低温においても作業能力は低下する。特に重筋作業においては、夏期に作業能率の低下が著しい。一般の作業においては、感覚的に快適な温熱環境では、むしろ作業能の低下を示す。これは快適よりもやゝ不利な環境が生体に刺激を与え、覚醒レベルが高まり、作業能の向上を示すのである。しかし、この外部条件にも限度があり、より低温，より高温になると作業能は急激な低下を示す(図2)。[8]

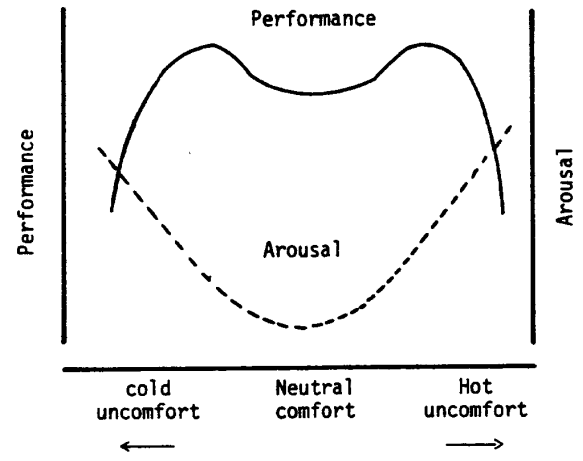


図 2 Performance and arousal reached under changing ambient temperature

一般の作業能力は、大雑把にいって、生体が生理的に耐えられる限界域の75%付近の負荷になると悪化が始まるとされる。激しい暑熱負荷状態となり、体温調節系が非代償的な反応をおこすような領域では、作業能や耐容性は、暴露時間に対して指数函数的に低下する。

コントロール時にみられた35.5℃の平均体温から、38.1℃に上昇した高体温の状態では、同じ強度のトレッドミル運動をおこなわせた場合の疲憊にいたるまでの時間は、高体温時においてコントロール時の70%近くに低下し、最大酸素摂取量で50%、酸素負債で10%の減少を示している。[9]

精神作業も暑熱条件により低下がみられる。三浦ら[10]は各気温条件下で一位加算作業を3時間おこなわせた場合、練習効果もみられるが一般に作業量は時間経過に伴って、次第に低下がみられ、各気温時の最高作業量と最低作業量との差をみると、気温20,25℃では、その差が20%未満であるのに対し、気温30℃では作業量の低下が著しく、その差は30%近くになることを示している。

外部環境が感覚温度で32.2℃以上の暑熱条件になると、多くの精神作業において、作業能が有意に低下する場合が多い。しかし、衝突の予知とか、記号の比較などの作業の場合には、まださほどの低下を示さず、作業の種類により差異がみられる。[9]

職場に冷暖房が導入されていなかった時代には、季節的な温熱環境の変化と、製品の生産高との間に密接な関係がみられた。気候の温和な地域においては、生産高の季節による差は小さいが、暑熱地域においては、夏期における生産高の低下が著しく、生産高の多い冬期に比し、10%位の差を示している。

高温下作業の許容限界は、労働者の暑さに対する耐性や、作業への動機などによっても異ってくる。Wyndhamら[11]は暑熱に適応した人々を被験者とし、湿球温35.5℃の高温環境下の作業により直腸温は39～40℃に達し、脱水症などの熱障害の発症をみるが、熱中症はみられなかったとしている。彼らは高温下の作業環境基準について、伝導と発汗により放熱効果が有効に発揮される直腸温38.1℃をこの範囲の上限とし、直腸温が39.4℃に

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

なると、人体からの放熱効果が、飽和に達し、危険な状態としている。即ち、直腸温38℃をもって高温作業の許容限界とみなし、直腸温39.2℃以上は、生体に対する過度の温熱負荷状態としている。

日本産業衛生学会では、高温作業の許容基準について、表－1の如く作業強度別に温度条件を定めている。[12]これらの値は高温環境に適応し、作業にも習熟した健康な成人男子労働者についてのものである。衣服は夏期の普通の作業衣を着用し、

表1　高温の許容基準

作業の強さ	代謝エネルギー (kcal／h)	許容温度条件 WBGT (°C)
RMR～1 (極軽作業)	～130	32.5
RMR～2 (軽作業)	～190	30.5
RMR～3 (中等度作業)	～250	29.0
RMR～4 (中等度作業)	～310	27.5
RMR～5 (重作業)	～370	26.5

適度の水分，塩分を補給し、作業時間は継続1時間作業および断続2時間作業を基本としている。この基準には熱中症などの健康障害をおこさず、安全で、作業能率の低下をみないよう、又、温熱ストレスによる好ましくない生理反応の生じないことを前提としている。

4. 寒さによる生体機能への影響

1) 産熱量の増加

身体が寒冷に暴露されると、初めに表在血管の収縮、それに伴う皮膚温の低下による中核温との温度差、即ち、温度勾配を増し、放熱を防ぐなど、主として血管運動によって身体の熱収支は調節されている。

皮膚温の低下は末梢部位で著しく、体幹部皮膚温との差は大となる。寒冷の程度が進むと身体末梢部位では皮膚表面のみでなく、体深部までも温度の低下がみられるようになる。放熱に抗し体内では産熱機構が働く。エネルギー代謝は増加を示し、やがて戦慄を伴ってくると産熱量の増加は著しく、普通の状態の数倍にも達する。

図3に防寒衣を着用し、気温0，−10，−15 ℃暴露時の産熱量の変化を示した。[13] 寒冷暴露によって産熱量は一過性に上昇し、それらのピーク値は気温が低いほど高い値を示している。一旦減じた産熱量は身体が冷却されるに伴って再び上昇を示す。気温の低い場合には時間的に早く、気温の比較的高い0℃の場合は産熱量の増加は遅い。この場合厚い防寒衣を着用しているので、顔面や気道への急激な寒冷刺激が、早期における一過性の産熱量の増加を起したものと考えられる。

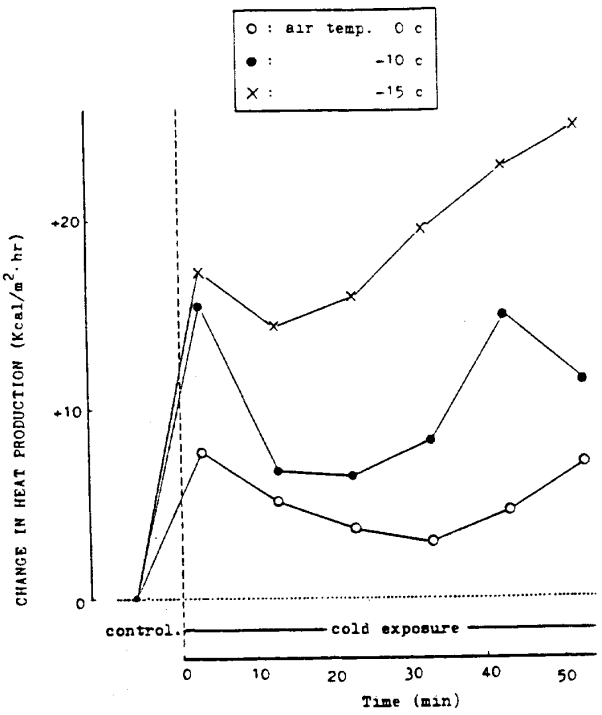


図3　Representation of average heat production difference change as compared to the value at 5°C Ta (control value). △H= H measured at time t − control value of H measured at 5°C Ta

2) 低体温化

産熱が寒冷による体熱の放熱に追いつかなくなると、体温は次第に低下してくる。低体温化が進行すると、身体の諸機能に障害をおこし、凍傷や、ついには凍死へと進む。

凍傷や凍死には、気温や風速などの物理的温熱条件，暴露時間，衣服などの外的因子および、生体側の内的因子とが影響する。疲労や空腹，睡眠不足，疾病などは産熱能や放熱抑制の作用を弱める内的因子であり、その他、性差，年令，人種，寒さへの経験，体力，体格など、諸々の個人的な内的因子のちがいによって寒冷に対する反応状態に差が生ずる。

皮下脂肪は断熱性にすぐれ、耐寒性や寒さに対

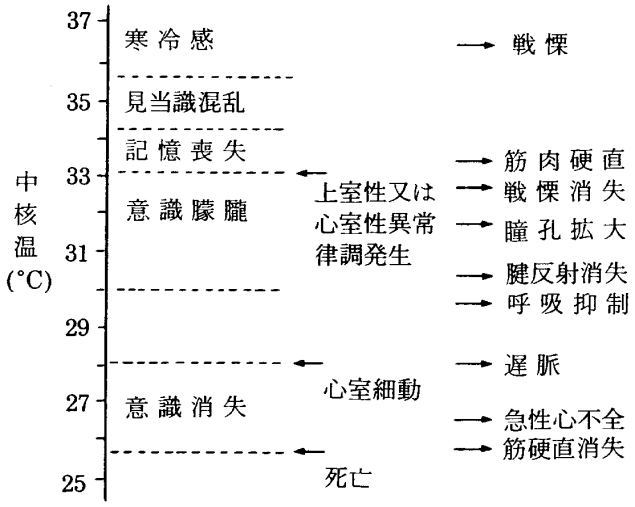
NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

する反応に影響を及ぼす重要な内的因子である。Pugh & Edholomは16°Cの水中で静止時、皮下脂肪の少ない人の直腸温は、皮下脂肪の多い人よりも早く低下し、より低い値になることを示している。同じ水温中で水泳をした場合には、やせた人の直腸温は急激に低下し、その低下の度合は静止時よりも大きい。これに反し、肥った人の直腸温は上昇を示し、静止時よりもかなり高い値を示している。この直腸温の上昇は、皮膚末梢部位における血管収縮による皮下組織の熱コンダクタンスの急激な低下と、厚い皮下脂肪厚とによる放熱の抑制、そして、寒さによる戦慄と水泳運動に伴う産熱量の増大とによる。即ち、運動により活動筋の温度は、中核部の体温より高くなり、厚い皮下脂肪により外部への放出の少ない熱は、筋肉と中核部との血液循環によって中核部の体温を上昇させることとなる。非常にエネルギー消費の高い遠泳時においては、皮下組織の1.0㎜増の厚さは、水温1.5℃の上昇した場合と等しいとされる。[2)]

表－2に全身を冷水に浸漬した場合の体温の低下に伴う一般的な症状を示した。[2)]中核温が35～32.2℃の範囲では、皮膚血管の収縮や戦慄などにより、生体は身体諸機能を挙げて低体温化に抗するように働く。中核温32.2～24℃になると、組織における代謝は急速に低下する。血管収縮は依然として強いが、戦慄は普通なくなる。中核温24℃以下では、熱を蓄える為の生理的な機能は不活発となり、熱は受動的に外部へと失われる。

表2　全身冷水浸漬による中核温の変化にともなう、いろいろの症状



熱蓄積の為の生理的反応がおこり、熱産生の働きがまだ認められる安全域と、これらの働きが、ほとんどみられなくなる危険域との移行帯は体温33～30℃とされる。

体内の化学的反応は、中核温が10℃低下すると2,3倍の低下をきたす。代謝反応と調律的反応はほゞ3分の1となり、収縮的な反応の場合は2分の1に抑えられる。しかし、拡散反応には温度による変化がみられない。即ち、低体温化が進んでくると、代謝や収縮反応は、いろいろの新陳代謝物質の拡散作用に較べ、2～3倍も抑制されることになる。

薬物によって戦慄をおさえるとエネルギー代謝量は、体温の低下するに伴って指数函数的に減少する。人間の場合には、中核温が32℃では正常時の25%の低下を、28℃では50%となり、中核温10℃となると正常の体温レベル時の10%以下に低下する。

筋肉では体温の低下に伴って、初め戦慄が強くみられ、やがて戦慄はみられなくなり、筋肉の硬直が始まり、次第に筋の硬縮は強くなり、四肢をひらくのさえも困難な状態となる。

5. 寒さによる作業能の障害

1) 諸々の作業能

前項に述べた如く、寒さにより身体は全身的にあるいは局所的に諸々の影響をうける。それらの結果、作業能や運動能にもいろいろに影響をうける。体温が低下するに伴ない、一般に作業能の低下がみられる。これには中核温の絶対値の低下のみでなく、中核温と皮膚温との体内における温度勾配も関係してくる。

寒冷中で一定の作業をおこなうと、寒さの程度によって作業達成時間の延長がみられる。寒さの外的な条件の表示として、風速と気温から算定される風冷指数(Windchill index)がしばしばもちいられる。皮膚温は寒さが厳しく、風冷指数が大となるに伴って低下がみられ、作業能の低下をみる。

風冷指数を軸とし触覚，反応速度，巧緻性について比較すると、[9)]これらのうち、触覚の減退が著

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

しく、2つの平行な縁の上に指をおいて、弁別できる間隔を測定するVテスト法で測定した間隔弁別閾値をみると、風冷指数が大となるに伴って、弁別出来る間隔巾は広くなり、触覚能の減退を示す。寒冷暴露を終えて回復状態をみても、鈍麻した触覚の回復にはかなりの時間を要する。このようなことは、2つの点を弁別する触二点弁別法により測定された触覚と皮膚温との関係についても同様の結果が示される。皮膚温30℃では、2㎜の間隔を識別出来たものが、皮膚温10℃になると、2倍の4㎜近くでないと2つの点として識別出来ないようになり、皮膚温がさらに低下し、0℃に近づくに伴って触覚能は指数函数的な低下を示す。

反応速度，即ち視覚に与えられた単純なシグナルに対する反応時間も風冷指数の増大に伴ない漸次低下を示す。このような眼と手との協調動作を要する動作においては、関係する機能が寒冷によって影響をうけ、相対的に能力低下をおこすものと考えられる。

2) 手指の作業能

手指の巧緻性は、日常生活で主となる人間の作業能に直接的な影響を与える。冷却されると筋肉は、その緊張度と粘性を増し指の屈伸能力が減少してくる。Coppinら[14]は10℃の冷水に前腕部を30分間浸漬すると、指関節はこわばりを増し、握力が低下することを示している。冷水のような極端な条件ではなく、実際の寒冷職場の条件に類似させた実験においても、手指の作業能や筋力の低下がみられる。倉田は寒冷中で腕関節以下を露出し、指の巧緻性を測定し、手背皮膚温が23℃位から手指の巧緻性の低下を、又、肝付らはcooling boxをもちいて前腕部以下を冷却し、タッピング運動をおこなわせ、前腕皮膚温24℃でタッピング回数の減少することを示している。

実際の寒冷労働職場は、いろいろの分野にその拡がりをみせている。冷蔵倉庫業では保管貨物によっては、−50℃台の設定温度の倉庫もみられる。こうした寒冷労働職場において、防寒衣の着用はかかすことの出来ないことではあるが、防寒衣の着用によって作業動作に支障をきたす場合もみられ、身体に与える負荷も大きい。作業時間経過や寒冷の程度によっては、身体が冷え、特に身体末梢部位における皮膚温の低下がみられる。

身体に防寒衣、手には軍手に防寒手袋を重ね着用した状態で、−5,−20,−30℃の気温に60分間暴露した実験結果からは、[15]握力はコントロールとした前室値にくらべ、ほとんど変化はみられないが、拇指対向力（ピンチ力）は寒冷暴露により減少しコントロール値に比し、50%の値を示す場合もみられる。手指の作業能テストにもちいたうち、手部全体を使用するボルト入れと、指部のみを使用しカウント計によるカウンテングとでは、ボルト入れが寒冷暴露により、ほとんど影響を受けないのに対し、カウンテングにおいては、−30℃の寒冷暴露時に有意な減少を示している。このような寒冷による部位差や作業による差は、動作に関与する筋肉や関節などが異なることによるものである。

手指部の作業能は、局所の皮膚温の影響も大であるが、Lockhartらは全身の温熱状態を重視し、平均皮膚温も作業能に影響することを示している。全身の温熱状態は、しばしば平均皮膚温や平均体温で示される。図4に暴露時間経過により変化した平均体温の値を用いて算出した身体蓄熱指数とカウント比との関係を示した。[15]相関係数は−0.88と高く、全身の冷えの状態が手指等の末梢身体部位の作業能に関係することを示している。

6. おわりに

厳しい寒暑環境と生体機能との関係について、作業能と身体機能を中心に述べた。作業能は寒くも暑くも、その作業種目により、程度の差こそあれ、全般的に低下を示す。寒暑がきびしければ、身体機能の変調から、ついには熱中症、低体温症により死亡に到る。これらの状態は、性，年令，人種など生体の変異により反応に異なりを呈する。これまでの多くの資料は健康で若い人々を被験者とした実験、調査からのものである。高温作業の許容基準にしても、成人男子を対象にしたものである。最近では、中高年者の雇傭の促進、女子の職場への進出も著しい。壮健な男子労働者を対象とした基準のみでなく、性，年令などを考慮した基準が必要とされよう。寒冷作業についての許容基準的

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

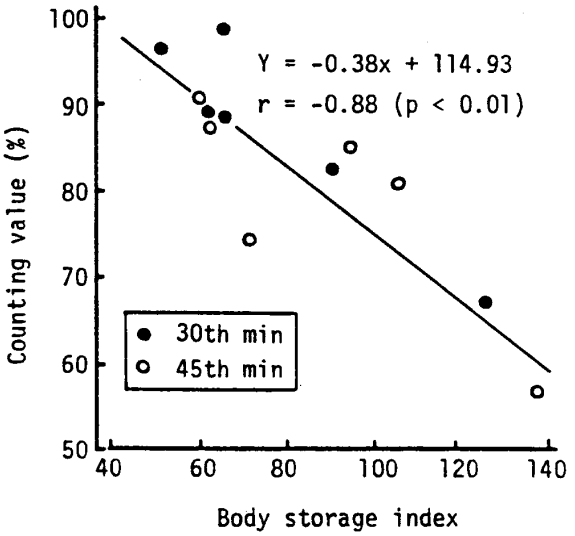


図 4 Relationship between counting value and body storage index, calculated from the change of mean body temperature, at 30th and 40th min during cold exposure to −30°C *Ta*.

なものは不備であり、これらについての検討も必要である。

文　献

1) Folk, G.E., Jr: Textbook of Environmental Physiology, Lea & Febigen, 1974.
2) Maclean, D. & Emslie-Smith, D.: Accidental Hypothermia, Blackwell Scientific Publications, 1977.
3) Benzinger, T. H.: On physical heat regulation and the sense of temperature in man, Proc. Nat. Acad. Sci., 45, 645–659 (1959)
4) Rowell, L.B.: Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress, Physiol. Rev., 54, 75–159 (1974)
5) Khogali, K. & Hales, J. R. S.: Heat Stroke and Temperature Regulation, Academic Press, 1983.
6) 石河利寛, 松井秀治: スポーツ医学, 杏林書院, 1978.
7) Tanaka, M., Brisson, G. R. & Volle, M. A.: Body temperatures in relation to heart rate for workers wearing impermeable clothing in a hot environment, Am. Ind. Hyg. Asso. J., 39, 885–890 (1978)
8) Kamon, E.: Ergonomics of heat and cold, Texas Reports on Biology & Medicine, 33, 145–182 (1975)
9) 人間—環境系編集委員会編: 人間—環境系, 上巻, 人間と技術社, 1972.
10) 三浦豊彦: 最適温度環境に関する研究, 人間工学, 6, 219–225 (1970)
11) Wyndham, C.H., Strydom, N.B., Morrison, J. F., Williams, C.G., Bredell, G.A.G., Maritz, J.S. & Munro, A.: Criteria for physiological limits for work in heat, J. Appl. Physiol., 20, 37–45 (1965)
12) 日本産業衛生学会: 許容濃度等の勧告, 産業医学, 24, 528–553 (1982)
13) Tanaka, M.: Metabolic and thermal responses of men wearing cold-protective clothing to various degrees of cold stress, Eur, J. Appl. Physiol. 39, 137–144 (1978)
14) Coppin, E.G., Livingstone S.D. & Kuehn, L.A.: Effects on handgrip strength due to arm immersion in a 10°C water bath, Aviat. Space Environ. Med., 50, 1322–1326 (1978)
15) 田中正敏, 松井住仁, 栃原　裕, 大中忠勝, 山崎信也, 吉田敬一, 八上享司: 防寒衣服着用時における寒冷の手指機能に及ぼす影響, 産業医学, 23, 72–78 (1981)

田中正敏　昭和39年新潟大学医学部卒, 同41年明治大学建築学科卒, 同47年東京医科歯科大学大学院修了, 医学博士, 一級建築士. 同50～52年ケベック大学(カナダ)勤務, 昭和52年昭和大学医学部助教授, 現在に至る. この間同56年より1年間, ノッティンガム大(英国)留学. 温熱環境, 体力医学, 建築衛生に関する研究に従事. 衛生学会, 産業衛生学会, 人類学会, 体力医学会, 生気象学会, 空気調和衛生工学会の会員.

NII-Electronic Library Service