

6 SC5 Ergonomics of the physical environment 物理的環境の人間工学

35 件

6 - 1 SC5 / WG1 Thermal environments 温熱環境

1) 国際規格(IS, International Standard)

- (1) ISO 7243:1999 Hot environments - Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)

暑熱環境 - WBGT (湿球黒球温度) 指数に基づく作業者の熱ストレス評価

【規格内容概要】本規格は、労働環境において作業者が受ける暑熱環境による熱ストレスの評価を簡便に行うことができ、また速やかな判断を可能にする方法を与える。この方法は、作業者が活動している一定時間における平均的な熱の影響を評価する場合には適用できるが、短時間に受けた熱ストレスの評価や、快適域に近い熱ストレスの評価には適用できない。WBGT 指標は、自然湿球温度 (t_{nw}) と黒球温度 (t_g) の 2 つのパラメータの測定をし、そして乾球温度 (t_a) の測定も行なう。WBGT は次式により求められる。屋内もしくは屋外で太陽照射のない場合： $WBGT=0.7t_{nw}+0.3t_g$ 、屋外で太陽照射のある場合： $WBGT=0.7t_{nw}+0.2t_g+0.1t_a$ 。基準値は、直腸温が 38 以上にならないように配慮して作成されたものである。作業強度は安静から極高代謝率までの 4 段階に区分され、各々に基準値が示され、さらに暑熱環境に順化した作業者と未順化の作業者に分けて基準値がある。本国際規格はほぼ忠実に和訳され JIS Z8504(1999)として発行された。

栃原 記

- (2) ISO 7726:1998 Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities

温熱環境の人間工学 - 熱環境物理量測定のための機器と方法

【規格内容概要】温熱環境の評価には正確な温度、湿度、放射熱、気流の測定が不可欠である。本規格は 70 頁にも渡る長文で、各々の測定法の原理、さらには測定機器の正しい使用法等について詳細に記述してある。具体的には、気温、平均放射温度、放射温度、気流、湿度の測定方法を、その精度、応答時間、測定範囲とともに示している。さらに、測定の精度、範囲はクラス別 (快適温域とストレス温域) に分けられている。投票では全てのメンバー国が賛成票を投じて制定された。現在、JIS 規格化を念頭に JENC では本規格を和訳する委員会を設け 2001 年度には和訳書を完成する予定である。ただし、本規格の内容は他の JIS との不一致な点が多くあり問題がある。可能であれば、建築学会等の関連学会との調整討議により問題点を整理したい。

栃原 記

- (3) ISO 7730:1994 Moderate thermal environment - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort

中等度温熱環境 - PMV と PPD 指標の算出と快適温熱環境の仕様

【規格内容概要】温熱環境の 6 要素 (気温、湿度、気流、放射温度、着衣量、代謝量) の複合効果をどのように評価するかについて、デンマーク工科大学の Fanger 教授が提案したものである。

この基準は主としてオフィスや住宅に適用され、活動量が比較的低く (1.2met 程度) 通

常の衣服（0.5～1.0 clo 程度）で極端でない温熱環境下で使用可能である。従って、汗が多量に出るような作業環境下では用いてはいけない。中等度温熱環境に曝された人々の不快の程度（PPD）と、温冷感段階（PMV：+3 暑い～-3 寒いまでの7段階）を予測する方法を提示し、また、快適な温熱環境の条件が明確に述べられている。すなわち、温熱環境の6要素を代入すると、その条件で暖かいと感じるか、寒いと感じるかを数字として表現してくれる。

PMV=0 では、95%の人が快適であり、 $-0.5 < PMV < +0.5$ の範囲では、90%の人が快適となることが、1300 人に及ぶ被験者実験から確められている。アメリカの ASHRAE では、新有効温度（ET*）が使用されることが多いので、今後、調整が必要となろう。（16）項参照。

栃原 記

- (4) ISO 7933:2000 Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of the predicted heat strain
暑熱環境 - 暑熱負担予測指標の計算による暑熱ストレスの解析

【規格内容概要】暑熱環境評価の簡易法は ISO 7243 の WBGT によるものであるが、正確な評価には 1981 年にフランスの Vogt が開発した本規格の使用が求められる。必要蒸発率(E_{req})は身体貯熱量が 0 となるように体熱平衡式から算出される。必要蒸発率が予測蒸発率と等しく予測発汗率が 1 時間当たりの最大水分損失量よりも小さい場合には、労働時間に制限を設ける必要がない。この両条件が同時に満たされない場合には、最大身体貯熱量から求めた許容時間と最大水分損失量から求めた許容時間を計算し、短い方を許容時間とする。後者の基準で作業を中止した場合には同日中の作業の再開は不可としている。

提案されている許容値は暑熱に順化した作業者と未順化の作業者に分けさらに注意レベルと危険レベルの両水準で示す。最大ぬれ面積率は順化の者が 1、未順化の者を 0.85 としている。（17）項参照。

栃原 記

- (5) ISO 8996:1990 Ergonomics - Determination of metabolic heat production
人間工学 - 代謝熱産生量の算定法

【規格内容概要】産熱量の推定（測定）法が3段階に渡り詳細に記述されている。産熱量は IREQ、PMV 等の多くの国際規格に影響を与えるので重要な項目である。第1段階は観察による方法で、作業の種類や作業姿勢により産熱量を推定する。誤差は大きい容易に推定できる利点がある。第2段階は心拍数の測定による方法である。心拍数 120 拍/分以上では心拍数と産熱量との間には直線関係があることを使い、産熱量を推定する。推定誤差は $\pm 15\%$ 程度とされる。第3段階は作業時及び回復時の酸素摂取量の測定により産熱量の実測である。測定に大変な手間がかかるが測定誤差は $\pm 5\%$ 程度とされる。作業強度は以下の5段階に分けられる。安静が $65W/m^2$ 、軽作業が $100W/m^2$ 、中等度作業 $165W/m^2$ 、重作業 $230W/m^2$ 、極重作業 $290W/m^2$ 。さらに、付表には産業別、歩行・走行速度別、スポーツの種目別、作業頻度別等の産熱量が詳細に記されている。（18）項参照。

栃原 記

- (6) ISO 9886:1992 Evaluation of thermal strain by physiological measurements
生理的測定に基づく温熱負荷の評価

【規格内容概要】主として、暑熱や寒冷環境下における個人が受ける生体負担を評価するための4種の生理測定（核心部体温、皮膚温、心拍数、体重減少量）の方法を記述している。具体的には、核心部体温では、食道温、直腸温、胃内温、口腔温、鼓膜温、耳内温、尿温の測定法と、各々の測定値の意義が詳細に記述されている。さらに、皮膚温の測定法と平均皮膚温の算出法、心拍数および体重減少量の測定法が示されている。体重減少量では、当然のことながら、飲水量、排尿量、衣服に付着した水分量を考慮しなければならない。各々の測定項目について、機器の複雑さ、測定の容易さ、連続測定の可否、作業の邪魔になるか否か、被験者が不快となるか否か、測定の危険性、費用について解説が加えられている。さらに、暑熱、寒冷及び中等度の温域では、これらの測定項目の内どの項目を測定すべきかの紹介が

ある。なお、鼓膜温の測定については、赤外線鼓膜温度計についても記述が追加される。(15) 項参照。

栃原 記

(7) ISO 9920:1995 Ergonomics of the thermal environments

- Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble

温熱環境の人間工学 - 着衣の断熱性と透湿抵抗の評価

【規格内容概要】衣服の温熱特性にかかわる要素としては、多くの項目があるが、熱抵抗(クロ値)と透湿抵抗によりかなりの情報が得られる。

クロ値は1941年にGaggeらにより定義された値で、1クロとは気温21℃、相対湿度50%以下、気流10m/s以下の環境下で安静椅座の成人男子が暑くも寒くもなくちょうど良いと感じる衣服の熱抵抗と定義される。1クロの衣服の熱抵抗は、0.155m²/Wに相当する。

本規格はこれらの数値の算出法と立位のサ - マルマネキンで測定された多くの被服(パンツ、肌シャツ、シャツ、ズボン、スカ - ト、セ - タ、ジャケット、コ - ト、靴下、手袋等)のクロ値、ならびにこれらを組み合わせた衣服(日常衣服、作業服、防寒服等)のクロ値が詳細に示されている。一方、透湿抵抗は空気層の透湿抵抗と衣服層の透湿抵抗の和として定義されるが、十分な資料がないのが実状である。

今回の5年毎見直しの時期にあたり英国のHavenithが問題点を整理している。すなわち、クロ値や透湿抵抗値を追加すること、サ - マルマネキンの記述を追加すること、特殊環境下(高低圧等)でのクロ値等である。我国でも衣服の断熱力の研究者は多いので、現在本規格の問題点を明らかにすべく、委員会を組織しているところである。

栃原 記

(8) ISO 10551:1995 Assessment of the thermal environment using subjective judgement scales

主観尺度による温熱環境評価

【規格内容概要】TC159/SC5/WG1では、温熱環境を評価する際に、有効な幾つもの指数を提案してきた(IREQ, PMV, WBGT等)。しかしながら、作業者や被験者の主観的な評価は、温熱環境の正確で的確な評価を行うためには不可欠である。本規格では、温冷感等の具体的な言語尺度が例示されている。温冷感では、+3:hot ~ -3:coldの7段階、温熱的快適感では、0: comfortable ~ 3: very uncomfortableの4段階、温熱的な好みでは、+3: much warmer ~ -3: much coolerの7段階、温熱環境を容認するかどうかは、rather acceptable than unacceptable、yes、noの二者選択、温熱環境に耐えられるかどうかについて、0: tolerable ~ 3: very difficult to tolerableの4段階である。さらに、解析の実際についても記述している。しかも、温冷感申告の言語尺度では、英語型(暖かい・涼しいの語彙がある)と仏語型(それが無い)の二通りが紹介されているなどの工夫が成されている。ただ、我が国で実際に使用する際には当然和訳が必要であり、十分な論議を待ちたい。

栃原 記

(9) ISO 11079:1993 Evaluation of cold environments

- Determination of required clothing insulation (IREQ)

寒冷環境の評価 - 必要衣服熱抵抗(IREQ)の算出

【規格内容概要】寒冷環境評価のためにスウェ - デンのHolmér教授が開発した指標がIREQであり寒冷環境で体熱平衡が維持されると仮定し、その際に必要とされる衣服の熱抵抗を算出する。

IREQ neutralは防寒服により快適な温熱条件が得られる状態で、IREQ minは平均皮膚温が30℃となるような許容限界を表す。これらの値は気温と気流の実測および活動量の測定もしくは推定と体熱平衡式から決定される。これを実際に着用している防寒服のクロ値と比較しIREQ minよりも着衣量が少ないときには寒冷によるストレスを受けることになる。また、着用している防寒服と活動量からIREQ minに至るまでの滞在可能時間の推定も可能となる。な

お、手足や顔面の凍傷の予防には従来の WCI（ウィンドチルインデックス）を用いることが定められている。本規格は IREQ 自体が新たに開発された指数であり十分に世界に知れ渡っていないため TS として公表されている。(19)項参照。

栃原 記

- (10) ISO 11399:1995 Ergonomics of the thermal environments - Principal and application of international standards
温熱環境の人間工学 - 国際規格の思想と適用原理

【規格内容概要】各種温熱環境の評価をするときの思想と、適用すべき国際規格が詳細に記述されている。暑熱環境では、簡便法として ISO 7243 (WBGT) 詳しい解析には体熱方程式に基づく ISO 7933 (SWreq) 中庸温域では、オフィス等の室内温熱環境評価に ISO 7730 (PMV, PPD) 「暖かい」や「涼しい」等の主観評価には ISO 10551 が使える。寒冷環境では、必要な衣服量により寒さを評価する ISO/TR 11079 (IREQ)、顔や手足の凍傷には WCI が用いられる。さらには、これらの環境下における個々の被験者の生理的負担測定には、ISO 9886 を用いる。全てに関連する国際規格には、産熱量を推定もしくは測定する方法を示した ISO 8996 (Met) 衣服の熱抵抗や透湿抵抗の測定法と個々の測定値を示した ISO 9920 (Clo) 温度、湿度、気流および放射熱の測定法を詳細に記述した ISO 7726、用語の定義、省略形、単位を示した ISO 13731、事前の健康診断法の ISO 12894 がある。ただし、最近になり、接触温冷感などの新たな国際規格の提案が多くなされている。

栃原 記

2) TS (Technical Specification) 技術仕様

- (11) ISO/TS 13732-2:2001 Method for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 2 Human contact with surfaces at moderate temperature
表面接触時の人体反応の評価法 - 第 2 部 中庸温域表面への人体接触

【規格内容概要】本規格は人体の一部（手や足、さらには椅子や床に座ったとき）が中庸温域（10～40）の固体表面に接したときの、接触温冷感と不快感を予測する方法を示す。接触温冷感に影響を与える要因は以下のものが挙げられる。皮膚温と環境温度、接触する人体部位と物質、接触時間と接触圧、熱源の有無、接触係数と熱伝播率。表面温度と手の接触温冷感との関係が、物質別（木、プラスチック、鉄、アルミ）に示されており、鉄やアルミでは表面温度がそれほど低くなくても冷たく感じる。さらに、通常の靴を着用したときの床表面温度と不快感との関係や床表面温度と皮膚温との関係が示されている。投票結果は全てのメンバー国が賛成した。Olesen 主査と松井委員は 3 か国のコメントに基づき専門家委員会に改訂案を提出、SC5 に提出され TS (Technical Specification) となった。本規格は日本の松井委員が提案してきた。但し、本規格では我が国や韓国では普通に行われている床面に座ったり寝転んだりすることを前提としていない。こうした点を考慮に入れた検討が既に多くの国内研究機関で行われているので我が国から更なる改訂案を提出すべきであろう。我が国の成果をまとめるために人間-生活環境系会議において、シンポジウム「不均一温熱環境の国際標準-特に床暖房について-」を開催した。

栃原 記

- (12) ISO/TS 14415:2000 Ergonomics of the thermal environment - Application of international standards for people with special requirements
温熱環境の人間工学 - 特別な配慮を必要とする人々に対する国際規格の適用

【規格内容概要】TC159/SC5/WG1 は多くの規格を制定し大変活発な WG である。寒冷、暑熱、中庸温域の基準、快適性評価、さらには衣服の熱遮断性など多岐な基準がある。しかし、人口高齢化に伴い、種々の温熱環境に高齢者や障害者が曝されているにもかかわらず、これらの基準を彼らに適用する際の注意点については何の指針もなかった。本基準はこの問題点を

解決するため開発されたものである。例えば、一般に高齢者は寒さに対する感受性の遅れがあり曝露当初はあまり寒さの自覚がない、しかし、寒冷曝露時の皮膚血流量の減少が少ないため深部体温の低下は大きく、しかも血圧の上昇は著しい。温熱環境の設定にあたっては、若年者とは異なる配慮が必要であろう。障害者、病気の人も同様である。

熱環境の評価において、特別な配慮を必要とする要因として以下のものを挙げている。受容器の損傷と麻痺、身体形の違い、発汗能の障害、血管運動制御の障害、産熱量の相違。さらに、付表には体温調節機能の障害をもたらす疾患（脳性麻痺、急性灰白髄炎、脳血管疾患）や傷害（脊髄損傷）の例が示されている。

以前に提案された各部屋（居間、浴室等）季節、対象群（高齢者・障害者）毎の推奨温度の表は日本の現状からみた推奨表であり、しかも今もなお検討中なので原案には入れないことになった。記述を寒冷（ISO/TR 11079）中庸温域（PMV/PPD）暑熱（ISO 7243,7933）にわけて行うこととなった。SC5に提出され、TS(Technical Specification)となった。

本規格は我が国（吉田委員）からISO/TC159/SC5へ初めて提案したものである。Pメンバ16カ国のうち、11カ国が賛成票（内4カ国がコメント付）を投じてDISとなり、TSとして広く公表された。

栃原 記

3) FDIS (Final Draft of IS) 規格原案

(13) ISO/FDIS 12894 Ergonomics of the thermal environments

- Medical supervision of individuals exposed to hot and cold environment

温熱環境の人間工学 - 著しい暑熱・寒冷環境に曝される者への事前健康審査

【規格内容概要】本規格は各種の温熱環境人間工学規格とともに、被験者や作業者の安全や健康を守るために提案された。すなわち、環境人間工学の分野では著しい寒冷や暑熱に被験者を曝しその時の生理的負担や心理反応の変化を調べる事が多いが、被験者の健康を損なわないように、事前健康審査やモニタリングの必要性が詳細に述べられている。また、産業現場での作業者の労働負担を計測するときの注意点が記述されており、健康診断や被験者承諾書の具体例を示す附属書も含んでいる。本規格の基準値には、主として深部体温が用いられる。寒冷環境では36 以上、暑熱環境では、実験室において38.5 以下、産業現場では、早急な対応が不可能なので、38 以下にすべきとしている。また、寒冷、暑熱環境別の、事前の問診の質問項目が挙げられている。さらに、暑熱環境下では、以下のような人々に対し、特別な配慮が必要であることを喚起している。肥満の者、体力の劣る者、中高年者（60歳以上）女性、熱中症の既往者、アルコールや薬物乱用者、重大な既往症がある者。寒冷環境下では、心臓病、高血圧、末梢血管疾患、呼吸器疾患、糖尿病、腎臓病等の疾患を有する者、更には妊婦には特別な注意が必要であるとしている。

【審議経過概要】全体として問題が多い。イギリスの提案は実験室と現場を分けて考えた。産業現場では、特に暑熱環境下の労働（例えば、ドイツの炭坑労働）では、深部体温が39 になることは珍しくなく、しかも、医師が5分以内に駆けつけることは、事実上不可能だとしている。現在では、産業現場の方が問題が多く、実験室では倫理委員会の発想が必要とされる。次年度の委員会で再度検討が進められる。

【日本の対応】本案はすでに賛成投票をしたDIS案に字句の修正、場所移動程度の変更を施したものである。同じく賛成投票とした。本案については、当初より、我が国は基本的には賛成の投票を行ってきた。

栃原 記

(14) ISO/FDIS 13731 Ergonomics of thermal environment – Vocabulary and symbols

温熱環境の人間工学 - 用語と諸量

【規格内容概要】熱環境の人間工学の分野で頻繁に用いられる用語の省略形と単位を約150語について示す。例えば、BMR-basal metabolic rate-W/m²、tcl-Clothing surface

temperature- 、 Δ HRN-Increase in heart rate due to mental load-beats $\cdot$ min $^{-1}$ の様に記述している。

さらに、同様に頻繁に用いられる用語の定義（省略形や単位も）を約 250 語について示したものである。例えば、Body mass loss, respiratory (?mres): The body mass loss due to evaporation in respiratory tract, (kg), Mass of dry air (Ma): the mass of dry air in a given sample of humid air. (kg), Radiative heat exchange R: the radiative heat exchange between the clothing surface, including uncovered skin, and the environment. (W $\cdot$ m $^{-2}$) の様に記述されている。

定義は、主に Pflugers Archiv. (1987)410: 567-587. “Glossary of terms for thermal physiology” によったものである。これにより各種規格を定めることが容易になり、本や論文を書くときに共通の理解が得やすいとしている。単位については、原則として SI 単位が使われている。

【審議経過概要】改訂版とするために、幾つかの論議が行われた。例えば、蒸発熱抵抗のシンボルとして R_e を用いること、暴露時間については、min. を使用することが決まった。Olesen/Alfano が改訂版をまとめて、SC5 親委員会に、FDIS として提出することとなった。

【日本の対応】我が国としては、特に体表面積を A_{Du} と定義した事について A_{Du} は、DuBois が提案した体表面積で我が国ではほとんど使用してない事を CD の段階で指摘した。その結果、体表面積は A_D と表現することとなり、数が多すぎるとの意見があったが基本的には賛成の投票を行った。

栃原 記

4) DIS (Draft of IS) 規格原案

(15) ISO/DIS 9886 (rev):1992 Evaluation of thermal strain by physiological measurements 生理的測定に基づく温熱負荷の評価（改訂版）

【規格内容概要】(6)項参照。暑熱や寒冷環境下で個人の受ける生体負担を評価する 4 種の生理測定（核心部体温、皮膚温、心拍数、体重減少量）方法の規格。核心部体温：食道温、直腸温、胃内温、口腔温、鼓膜温、耳内温、尿温の測定法と測定値の意義を記述。皮膚温：測定法と平均皮膚温の算出法、体重減少量：飲水量、排尿量、衣服に付着した水分量を考慮。各測定項目に解説追加：機器の複雑さ、測定の容易さ、連続測定の可否、作業の邪魔になるか否か、被験者が不快となるか否か、測定の危険性、費用。さらに、暑熱、寒冷及び中等度の温域でどの測定項目を採用すべきかの紹介がある。なお、赤外線鼓膜温度計について追加記述がある。

【審議経過概要】5 年毎の見直しの時期にあたり、ベルギーの Malchaire 博士により WD が提出され CD 化さらに DIS となった。各国からのコメントに関して検討がなされた。鼓膜温測定に、温熱平衡方式を追加する、との英国の提案は採用されなかった。倫理委員会の承認、インフォ - ムドコンセプトが必要であることを書くこと。局所皮膚温の限界を 4 から 15 に変更する。最大発汗率は、1L/時間とする。

【日本の対応】我が国は基本的に賛成の態度である。ただし、鼓膜温測定の詳細についての疑義や連続測定が可能な鼓膜温度計が我が国で試作されていることを紹介した。平均皮膚温の算出式に 7、12 点法を追加することを提案したが採用されなかった。我が国では本規格原案を和訳して JIS 化することが検討されている。

栃原 記

5) CD(Committee Draft)規格原案

- (16) ISO/CD 7730 (rev.):1994 Moderate thermal environment ? Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort
中等度温熱環境 - PMV と PPD 指標の算出と快適温熱環境の仕様 (改訂版)

【規格内容概要】(3)項参照。温熱環境 6 要素 (気温、湿度、気流、放射温度、着衣量、代謝量) の複合効果の評価基準である。オフィスや住宅での低い活動量 (1.2met 程度) 通常の衣服 (0.5~1.0 clo 程度) 極端でない温熱環境下に適応されるが、多汗作業環境は対象外である。中等度温熱環境下の不快程度 (PPD) と温冷感段階 (PMV: +3 暑い ~ -3 寒いまでの 7 段階) の予測法と快適温熱環境条件を提示する。すなわち、温熱環境の 6 要素を代入するとその条件で感じる暖かさと寒さを数字で表現する。PMV=0 では 95% の人が快適であり、 $-0.5 < PMV < +0.5$ の範囲では、90% の人が快適となる。

【審議経過概要】5 年毎の見直しの時期にあたり、現在、Olesen 博士により大幅な改訂が試みられている。気流によるドラフトの扱い、省エネのための長時間にわたる空調時の取り扱い、グレードを 3 水準に分けたときの基準値等について検討がなされている。さらには、アメリカの ASHRAE では、新有効温度 (ET*) が使用されることが多いので、今後、調整が必要となろう。新しいタイトルは、effects を除き、Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort とする。7933 の改定で得られた衣服のポンプ作用による蒸発や対流熱損失の知見を加える。ドラフトの方向性の違いを考慮した、新しいドイツの提案についても考える。文献の量を減らすこととなった Olesen は、コメントに従って修正した文書 (7933) を主査 Olesen に送る。主査は、ウィーン協定に基づき CD 投票にかけるために SC5 事務局に送る。

【日本の対応】経済産業省が主管する「新規産業支援型国際標準開発事業」のなかで「快適な生活空間の創造のための動的温熱環境の標準化」のプロジェクト (栃原委員長) が、平成 11 年度から 3 年計画で行われている。これは、不均一・非定常の温熱環境を評価する技術や基準を、我が国から提案しようとするものである。さらに、人間-生活環境系会議の委員会でも、問題点の整理を計画している。

栃原 記

- (17) ISO/CD 7933 (rev.):1989 Hot environments - Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of the predicted heat strain
暑熱環境 - 暑熱負担予測指標の計算による暑熱ストレスの解析 (改訂版)

【規格内容概要】(4)項参照。暑熱環境の評価の簡易法は ISO7243 の WBGT さらに最近では ISO/CD 15265 が提案されているが、詳細な定量的評価には、1981 年にフランスの Vogt 博士が開発した本規格の使用が求められる。欧州連合 EU の援助を受けた BIOMED II "HEAT STRESS" 研究プロジェクトの研究成果にもとづいて、現在ベルギーの Malchaire 教授が改訂版を作成中であり、前規格タイトルにみられた必要発汗率 (required sweat rate) という表現が、暑熱負担予測指標 (predicted heat strain) に改められた。本法によれば、環境温熱条件 (気温、水蒸気分圧、平均放射温、気流) と代謝熱産生量 (作業強度) 衣服の保温力を求めることにより、最新の身体熱平衡理論にもとづいて、暑熱環境下での深部体温の上昇、体水分喪失量、最大許容曝露時間などを暑熱順化群と未順化群に分けて算出できる。本法の適用範囲は、気温 15 ~ 50、水蒸気分圧 0~4.5kPa、平均放射温と気温の差 0~60、気流 0~3m/s、代謝量 100~450W、衣服の保温力 0.1~1.0clo であるが、化学防護服などの特殊な保護衣を着用した場合は適用外となっている。

【審議経過概要】1999 年 6 月のバルセロナ会議以後、同年 11 月の Malchaire 提案に対して委員から何のコメントもなかった。2000 年 5 月のコペンハーゲン会議で、指標計算のためのコンピュータプログラムに若干の訂正を加えて、CD とすることになった。また、タイトルを、Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain と変更した。2000 年 12 月のロンドン会議で、シンボルは ISO/DIS 13731 を使うこと、本文の一部を付属書 E に入れること、付属書の定義は、付属書 A,D,E を標準、B,C

を参考とすることになった。Malchaire は、コメントにしたがって修正した文書を主査 Olesen に送り、主査はウィーン協定に基づき CD 投票にかけするために SC5 事務局に送ることが決議された。

【日本の対応】審議内容に対して、特に強い異論は唱えなかった。

澤田 記

(18) ISO/CD 8996(rev.):1990 Ergonomics - Determination of metabolic heat production
人間工学 - 代謝熱産生量の算定法 (改訂版)

【規格内容概要】(5)項参照。本規格は IREQ、PMV 等多くの温熱環境に関する国際規格に影響を与える重要な項目であり現在改訂作業が進行中である。従来の規格では、(1)作業の種類や作業姿勢の観察による推定、(2)心拍数の測定による推定、(3)作業時および回復時の酸素消費量、二酸化炭素排出量の実測による方法が記載されていたが、改訂版では新たに日記式生活行動記録と二重標識水 (doubly labeled water method) を用いて 1 日当たりの代謝熱産生総量を推定・定量する方法が追加された。二重標識水法による測定は、酸素と水素の安定同位体である ^{18}O と 2H (重水素) で二重にラベルした水を被験者に経口投与した後、尿中の酸素と水素の同位体比を経時的に測定することで CO_2 産生量を推定する間接カロリーメトリーである。測定のために受ける被験者の制約は、毎日定時に採尿すること以外は全くなく、1 日当たりの代謝熱産生総量の推定には精度が高く非常にすぐれた方法と考えられる。

【審議経過概要】1999 年 6 月のバルセロナ会議でのディスカッションの内容をもとに、Gebhardt 博士が修正版を作成し (2000 年 6 月)、それを各委員に配布してコメントを受けた後 (2000 年 8 月 1 日)、Olesen 議長に送付し、DIS レベルの手続きをとる予定となっていたが、修正版作成が大幅に遅れており、2000 年 12 月のロンドン会議の結果、場合によっては Malchaire 博士が担当することになった。

【日本の対応】二重標識水法は時間分解能が低いので長期間の代謝熱産生の総量を定量するには適するが、短期の作業負荷による代謝動態などを測定するのは不適當と思われる。また ^{18}O による標識水は高価であり、わが国ではほとんど導入されていない高精度の質量分析システムも必要であるなどの問題点もあるので、国際規格として広く利用されるには時期尚早と思われる。従って informative の付属書という形で記載されることに賛成の投票を行ってきている。修正版作成が遅れているので、目下何の対応もできない状況にある。

澤田 記

(19) ISO/CD 11079(rev.):1993 Evaluation of cold environments - Determination of required clothing insulation (IREQ)

寒冷環境の評価 - 必要衣服熱抵抗 (IREQ) の算出 (改訂版)

【規格内容概要】(9) 項参照。IREQ は寒冷環境評価用指標であり、寒冷環境で必要とされる衣服の熱抵抗を算出する。IREQ neutral は防寒服による快適温熱状態で、IREQ min は平均皮膚温が 30°C となる許容限界を表す。これらの値は気温と気流の実測および活動量の測定もしくは推定と体熱平衡式から決定する。これを実際に着用している防寒服のクロ - 値と比較し IREQ min よりも着衣量が少ないときは寒冷によるストレスを受ける。また、着用している防寒服と活動量から IREQ min に至るまでの滞在可能時間の推定も可能となる。なお、手足や顔面の凍傷の予防には従来の WCI (ウィンドチルインデックス) を用いることが定められている。本規格は IREQ が新規に開発された指数で世界に知れ渡っていないため TS として公表された。

【審議経過概要】5 年毎の見直しの時期にあたり、提案者 Holmér 教授により現在一部の改訂が試みられている。すなわち、局所冷却項目の追加、それに伴うタイトルの変更などである。Analytical determination and interpretation of cold stress calculation of the required clothing insulation (IREQ) and local cooling と改訂する。7933 と同様にシンボルを追加する。付属書にプログラム、追加文献を入れる。気道、眼球に対する寒冷影響をまとめる。クロ値で Collected と Resultant の違いを明らかにする。

【日本の対応】我が国は当初より賛成の投票を行ってきた。ただし、NP15743 (Working

practices for cold environments)との関連をどうするか。また、TSがさらにISとなるためには、本指標の普及のために、更なる啓蒙が必要となろう。

栃原 記

- (20) ISO/CD 15265 Ergonomics of the thermal environment: risk assessment strategy for the prevention of stress or discomfort in thermal working conditions
温熱環境の人間工学 - 作業温熱条件におけるストレス・不快感のリスクアセスメント

【規格内容概要】ISO/CD 7933 と同様、BIOMED II “HEAT STRESS” 研究プロジェクトの研究成果にもとづいて、ベルギーの Malchaire 教授を中心に作成された規格原案である。すでに提案されている暑熱・寒冷環境の ISO(7243、7933、TR11079)は定量的に作業温熱条件のリスク評価を行う手法を記載しているが、実際に数多く存在する多様な職場の温熱の問題に対してはそれほど詳細な分析をしなくても解決できる場合も多い。そこで本規格は、多岐にわたる作業温熱条件で発生する生理的・心理的負担のリスクを判定して、それらを予防あるいは軽減除去するための3段階からなる戦略的方策を提案している。

第1段階(観察)は問題所在の発見と定性的観察からなり、温熱環境条件(気温、湿度、放射熱、気流) 作業強度、衣服量、労働者の意見をカテゴリー尺度により評定する。尺度得点は1点きざみで-3~+3点の範囲内で構成され、0点を至適条件とし、+得点が大なほど暑熱リスクが、-得点が大なほど寒冷リスクが増大すると評定する。これらの評定結果にもとづいて実施可能なリスクの軽減除去対策を考える。それでも問題が解決しない場合には第2段階(分析)と第3段階(専門的分析)に進んで温熱環境条件の物理的計測をしたり、PMV/PPD、WBGT、PHSなどの温熱指数を算出するなど、より詳細にリスク評価する手順が記載されている。

【審議経過概要】当初は暑熱環境を対象として準備されたが1999年6月のバルセロナ会議審議の結果、寒冷環境も含めることになった。ただし、寒冷環境についてはフィンランドの Hassi 教授らが現在作成中の ISO/NP 15743(Working practice for cold environments)と調整する必要があり、Malchaire 教授と協議することになった(2000年5月のコペンハーゲン会議)。

【日本の対応】わが国の高温職場の産業医からも、簡便かつ実用的な高温環境に関する国際規格の提案が期待されている。また、IREQによる寒冷作業環境の評価法も定量的ですぐれた手法であるが、防寒服の保温性能などの情報を入力する必要があるため、現場で簡単に使用しづらい問題点もあり、より实际的で簡便なリスク評価も必要である。本規格原案は基本的にはそのようなわが国の暑熱・寒冷作業現場のニーズにも合致すると考えられ、その提案のねらいと大枠について現時点では賛成の投票を行ってきている。

澤田 記

6) WD(Working Draft)規格原案

- (21) ISO/WD 13732-1 Method for the assessment of human responses to contact with surfaces
- Part 1: Human contact with surfaces at hot temperature
表面接触時の人体反応の評価法 - 第1部 高温域表面への人体接触

【規格内容概要】主として火傷の問題を記述する規格である。EN563 をもとにイギリスの Parsons 教授が原案を提出する予定である。CENと同じ番号となる予定。低温火傷の日本の資料を澤田が提出する事、液体への接触は含まないこととした。CEN/TC122/WG3 が検討を重ねている。

【審議経過概要】1999年末迄に原案を各委員に配布し2001年3月をめどにCD化の予定。

【日本の対応】提出される原案を基に審議の予定である。

栃原 記

(22) ISO/WD 13732-3 Method for the assessment of human responses to contact with surfaces
- Part 3: Human contact with surfaces at cold temperature

表面接触時の人体反応の評価法 - 第3部 低温域表面への人体接触

【規格内容概要】主として凍傷の問題を記述するものである。現在欧州5カ国で実験を終了した。CEN/TC122/WG3が2000年9月に詳細に検討した文書である。ISOにしていくには、国によっては、規制が厳しすぎる。子供には適用できない事を明示すること。タッチとグリップの違いを説明すべきであること。

【審議経過概要】第2部と同様に、2001年3月をめどにCD化の予定である。

【日本の対応】提出される原案を基に審議の予定である。

栃原 記

(23) ISO/WD 14505 Evaluation of the thermal environments in vehicles

車両の室内温熱環境評価

【規格内容概要】ISO/NP 14505は従来までの暑熱環境(ISO 7243、ISO 7933)、寒冷環境(ISO/TR 11079)、快適環境(ISO 7730)に関する評価法のような不特定の空間の評価と違い、対象を車内空間と限定している。また、温熱環境を Equivalent Temperature(ET)という指標であらわす点が特徴的である。そして、もう一つ特徴が温熱環境の評価に被験者の代わりにサーマルマネキンを使うところである。被験者実験も加え4分割することになった。

Part1:既存の規格を用いての総論

Part2:等価温度(マネキン)の定義と測定法

Part3:等価温度の解釈(快適範囲)

Part4:被験者実験法

スウェーデンのHolmér教授が次回までにPart1,2改訂案、CD化を目指す。Part4は、英国が原案作成を行なう。ISO/WD 14505では、暑熱環境や寒冷環境では従来のIS(7243、7933、TR11079)を使用し、中等度の環境でも、均一な環境では従来のIS(7730)を使用することを定義している。しかしながら、車両内では、このような均一な温熱環境は希である。例えば、車両のエアコンは空調機として強力であるために送風口の位置や、向きによって身体部分により影響の程度が異なる。また、太陽による放射の影響や、窓の開放による風などの自然の影響もあり、車両内の温熱環境が不均一になることの方が多い。

【審議経過概要】本WGは欧州の代表的車メーカ6社と共同研究を実施し、車両とマネキンを使った実測が行われており、スペインで夏季のデータ、スウェーデンで冬季のデータを得ている。本規格作成の中心的役割を担っているのが、スウェーデン国立労働生活研究所のHolmér教授で、マネキンの必要な仕様等の概要案を提出した。

【日本の対応】本規格がISとして正式に発表されるまでは2年程度を要すると思われるが、一旦、ISとして制定されると特に欧州の市場では、全ての車両にこの評価法の適用が義務づけられるものと思われる。そこで、我が国でもWDからISになるまでの期間に自動車技術会(車室内環境技術専門委員会)が問題点を整理する予定である。

栃原 記

(24) ISO/WD 15743 Working practices for cold environments

寒冷環境下の作業

【規格内容概要】フィンランドのHassi教授の原案が提出されたが、あまりにも長文でISOの書式にも合っていないので改訂後、委員に送付する。2001年5月には、寒冷障害に関する報告書も提出される(栃原、澤田参加)。15265(寒冷障害)との関連についても論議された。Risk AssessmentとWorking management(Work Practice)の両方を含み、さらに寒冷と暑熱を一緒にしてはとの論議があった。BS 8800(1989)を参照する事。タイトルはStrategy for risk assessment, management and work practice in cold environmentと変更する。

【審議経過概要】寒冷下作業と健康問題については、Holmer教授を中心に、世界的な文献調査が行われており、本項目はその成果の一部である。

【日本の対応】上記の文献調査には、我が国からも栃原が参加し 2000 年 5 月にフィンランドで開催された委員会には、澤田とともに出席した。

栃原 記

7) NP (New Proposal) 新業務項目

- (25) ISO/NP11399 (rev.):1995 Ergonomics of the thermal environments
- Principal and application of international standards
温熱環境の人間工学 - 国際規格の思想と適用原理 (改訂版)

【規格内容概要】(10)項参照。各種温熱環境評価の思想と、適用すべき国際規格が詳細に記述されている。暑熱環境では、簡便法として ISO 7243 (WBGT) 詳しい解析には体熱方程式に基づく ISO 7933 (SWreq) 中庸温域では、オフィス等の室内温熱環境評価に ISO 7730 (PMV, PPD) 「暖かい」や「涼しい」等の主観評価には ISO 10551 が使える。寒冷環境では、必要な衣服量により寒さを評価する ISO/TR 11079 (IREQ) 顔や手足の凍傷には WCI が用いられる。さらには、これらの環境下における個々の被験者の生理的負担測定には、ISO 9886 を用いる。全てに関連する国際規格には、産熱量を推定もしくは測定する方法を示した ISO 8996 (Met) 衣服の熱抵抗や透湿抵抗の測定法と個々の測定値を示した ISO 9920 (Clo) 温度、湿度、気流および放射熱の測定法を詳細に記述した ISO 7726、用語の定義、省略形、単位を示した ISO 13731、事前の健康診断法の ISO 12894 がある。ただし、最近になり、接触温冷感などの新たな国際規格の提案が多くなされている。

栃原 記

- (26) ISO/NP 15742 Determination at the combined effect of the thermal environment, air pollution, acoustics and illumination on humans
温熱環境、空気汚染、音環境および照明環境の人体への複合影響

【規格内容概要】複合環境は SC5 の大きな問題である。例えば、低温だと空気質の悪さを感じないとの報告がある。なお、この NP については韓国からの関心が高い。ASHRAE でも同様なことを行なっているので、Parsons へ資料を集める事となった。複合影響の学術誌もある (J of Combined Effects)。

【審議経過概要】具体的な資料は、まだ全く提出されていない。

【日本の対応】日本でも、各種物理環境因子の複合影響が、生理学、心理学、人間工学等の分野で行われてきたが、国際標準となるような報告はない。今後の問題であろう。

栃原 記

6 - 2 SC5 / WG2 Lighting environments 照 明

1) 国際規格(IS, International Standard)

- (27) ISO 8995:1985 Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems
視環境の人間工学 - 屋内作業場の照明基準
(28)項参照。

- (28) ISO/CD 8995(rev.) Principles of visual ergonomics - The lighting of indoor work systems
視環境の人間工学 - 屋内作業場の照明基準 (改訂版)

【規格内容概要】ISO 8995(1989)の改訂版の CD である。適用範囲は作業者の安全性、健康、心

地よさを保ち、屋内で行われる全ての作業区域で照明要件を定めたものである。

内容は、照明計画の基準と作業別の照明要件一覧表とに大別され、主な構成要素は照明計画の基準(輝度環境、輝度の分布、照度、グレア、光の方向性、色、昼光、保守、エネルギー消費)、特に考慮すべき事項(VDU 作業のための照明、非常用照明)、及び照明要件一覧表及び正しいことの確認方法である。

【審議経過概要】本規格は CIE TC 3.21 で作成されたもので、ISO 8995-1989 及び CIE Pub.29/2 に置き換わるものである。1997 年 4 月の ISO/CD 投票は、日本の照明委員会で意見を頂き反対投票を行った。投票の結果、CD 案は否決($9/14 = 64.3\% < 66.6\%$)された。CIE で再度審議され 2001 年 4 月 12 日締め切りで最終投票が行われている。成立すれば ISO/CIE のロゴをつけて ISO/CIE 8995 として採択されることになる。

中野 記

6 - 3 SC5/WG3 Danger signals and communication in noisy environments 危険信号と騒音環境下での通信伝達

1) 国際規格(IS, International Standard)

(29) ISO 7731:1986 Danger signals for workplaces - Auditory danger signals

職場の危険信号 - 聴覚危険信号

【規格内容概要】本規格は公共空間と職場における信号受信で聴覚危険信号の安全基準と関連テスト方法と聴覚信号の設計ガイドラインを述べる。他の類似状況にも応用できる。

(33)項参照。

堀野 記

(30) ISO 9921-1:1996 Ergonomic assessment of speech communication

- Part 1:Speech interference level and communication distance for persons with normal hearing capacity in direct communication (SIL method)

音声伝達の人間工学的評価 - 第 1 部 健常者が行なう機器を介さない会話での会話妨害度と伝達距離 (SIL 法)

【規格内容概要】普通の聴力を持った人同志がイヤホン、拡声器などを用いずに直接生の声で会話を行う場合において、周囲騒音がある中でどの程度明瞭に会話を理解できるか騒音環境を評価する指標として会話妨害度(SIL)がある。本規格では中心周波数 500,1000,2000,4000 Hz の 4 帯域の騒音音圧レベル(A 特性)の算術平均値を SIL 値とする。又、オクターブ帯域の音圧レベル測定が出来ない場合に会話を聞き取る側での音圧レベル値から 8db を引いて近似できるとしている。更に、話す側の努力度合い(リラックス、普通、大声、叫び声など)を 7 段階に分け明瞭な会話に必要な伝達距離の簡便算出式と図が周囲騒音毎に示され、現場利用を考慮した実用的な騒音評価規格である。

尚、本規格は 3 部構成で第 2 部ではより正確な予測を目的とする MAI 法、第 3 部では音響通信機器を用いた間接的な会話を行う場合の安全条件を扱っている。(34)項参照。

堀野 記

(31) ISO 11428:1996 Ergonomics - Visual danger signals-General requirements, design and testing

人間工学 - 視覚的な危険信号 - 一般的な必要条件、設計及び検査

【規格内容概要】本規格は欧州規格 EN842「機械の安全 - 視覚による危険信号、その一般要求条件と設計・点検」の国際版である。文や図に頼らない視覚信号で受け手側にその用意が

ある場合の知覚基準について取り決めた規格である。視覚信号の授受に関する物理学的条件と心理学的条件を対応させて信号設計に反映する手引としている。

堀野 記

(32) ISO 11429:1996 Ergonomics - System of auditory and visual danger and information signals

人間工学 - 音及び光を用いた危険及び安全信号のシステム

【規格内容概要】本規格は欧州規格 EN981「機械の安全 - 聴覚・視覚による危険信号情報」の国際版である。緊急事態のメディアとして使われる聴覚・視覚信号が想起し得るあらゆる環境条件下で最も効果を発揮するための表示方法について取り決めた規格である。困難な状況下でも信号に曖昧性がないこと、鮮明に認知できることが第1条件でその他鮮明さを確保する条件、視覚・聴覚信号の質的特性が記述されている。

両信号システムの設計要求条件は4つの表に集約されている。表1は緊急度を危険、警告、命令、通報、解除の5段階に分類し、それぞれを鮮明に表示する視覚信号、聴覚信号システムが時間・強度・色の組み合わせで設計するように、きめ細かく整理している。表2は公共用の緊急事態の視覚・聴覚信号表示システムで緊急度を避難、危険通報に2分類した上でそれぞれを表す視覚・聴覚信号の組み合わせが簡潔に整理されている。表3は聴覚信号の表示法として周波数を時間と共に増加又は減少させるスイープ音、間欠的爆発音、断続的ピッチの階段状音、短音、連鎖音、長音などに分類、表4は視覚信号で赤色、黄色、青色、緑色の4色に分類、それぞれの表示法及び持つ意味を整理している。

堀野 記

2) CD(Committee Draft)規格原案

(33) ISO/CD 7731(rev.) Danger signals for public and work areas - Auditory danger signals

公共の場と職場の危険信号 - 聴覚危険信号 (改訂版)

【規格内容概要】(29)項参照。本規格は公共空間と職場における信号受信で聴覚危険信号の安全基準と関連テスト方法と聴覚信号の設計ガイドラインを述べる。他の類似状況にも応用できる。

【審議経過概要】1999年のイギリス・ラフバラウ大学で開催された TC159 総会以来 SC5/WG3 は活性化し 1999年2回、2000年2回、2001年1回と合計5回会議を開催した。CD案が投票に付され(2000-10-30)、メンバー国中、賛成9/16、反対1で採択され DISへ進むことになった。

【日本の対応】SC5/WG3は国際活動の活性度が低い為、JENCでISO/TC159/SC5/WG3(危険信号)の分科会は未組織で国際エキスパートも登録しないまま今日に至っている。従って動向把握が不十分である。国内的には従来、スポット的にDIS段階で識者の意見を参考に審議投票を行っていた。今後は、本格活動待機中(1998～)であったSC5/WG3分科会(難波精一郎主査)を活性組織化し国際活動を開始する事にする。

堀野 記

(34) ISO/CD 9921(rev.) Ergonomic assessment of speech communication

音声伝達の人間工学的評価 (改訂版)

【規格内容概要】(30)項参照。本規格は音声による警報や危険信号、情報メッセージ、一般的な会話など音声伝達の人間工学的要求条件を取り決めている。実際の応用場面での音声伝達の効果予測や評価の方法について実例を紹介しながら述べている。

ISO/TC159/SC5総会(1998-12-8/9)でISO 9921-1も吸収する形で1つの規格に統合する提案が出されて審議した。その結果4部構成をやめてISO 9921「騒音環境下における音声伝達の人間工学的評価」1部とし、評価基準、予測評価を扱うこととした。

【審議経過概要】1999年のイギリス・ラフバラウ大学で開催された TC159 総会以来 SC5/WG3

は活性化し 1999 年 2 回、2000 年 2 回、2001 年 1 回と合計 5 回会議を開催した。CD 案が投票に付され(2000-10-30)、メンバー国中、賛成 9/16、反対 1 で採択された。WG3 でコメントを審議し反映した後 DIS へ進むことになった。

【日本の対応】ISO 9921 が登録された当初、国際活動の活性度が低いこともあり JENC で ISO/TC159/SC5/WG3 (危険信号)の分科会は未組織で国際エキスパートも登録しないまま今日まで来た。従って動向把握が不十分である。国内的には従来、スポット的に DIS 段階で識者の意見を参考に審議していた。詳細検討は出来ないが特に不具合となる部分は見出せなかった。なので賛成投票を行っていた。今後は、本格活動待機中(1998～)であった SC5/WG3 分科会(難波精一郎主査)を活性組織化し国際活動を開始する事にする。

堀野 記

3) NP (New Proposal) 新業務項目

- (35) ISO/NP 19358 Ergonomics - Construction and application of tests for speech technology systems Danger signals for public and work areas-Auditory danger signals
人間工学 - 音声技術システムの構築と応用

【規格内容概要】"Eagle-group"と称する EU 域内のプロジェクトではこの新規格用のハンドブックを用意している。第 1 章が本規格の技術レポートの基礎部分を構成すると見ている。

【審議経過概要】現在、準備段階であるが 2001-7 に CD レベルを目指している。

【日本の対応】本格活動待機中(1998～)であった SC5/WG3 分科会(難波精一郎主査)を活性組織化し急ぎ国際活動を開始する。先ずエキスパート登録をして公式情報を系統的に入手する事から始めたい。

堀野 記