

A hygienic study of the garments for outdoor activity clothing

前田, 亜紀子

<https://doi.org/10.15017/459583>

出版情報 : 九州大学, 2006, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

第 1 章

序 論

1.1. 本論文の構成

自然科学系におけるヒトをめぐる環境要素は、人体内部から、人体表面、皮膚と被服の間隙、被服、室内環境、住居、地球環境、そして宇宙へと至る。本論文は、これらの系において、特に野外での被服着用時における快適性に焦点を絞り、被服衛生的見地より論じるものである。

思考は自ずと物事の起源へ向かう。我々はなぜ被服を着用するのか。被服はなぜかくのごとくあるのか。そもそも人類はなぜこの地球上に存在し、明らかに他の生物とは異なる身体形状および生理的特性を有しているのか。

本論文は、被服の温熱的快適性について論じるものであるが、被服を着用するものが人類である以上、その進化について言及せざるを得ない。もとより筆者は古人類学を専門とする者ではなく、そこで文献を渉猟し、500 万年とも 600 万年ともいわれる人類の歴史を眺め、被服との関係について把握したいと思う。

本論文「野外活動のための被服類に関する被服衛生的研究」は、全 5 章より構成される。

第 1 章では、次節 1.2 「人類と被服」において、人類の進化と被服、被服の歴史、被服の役割について論じる。1.3 節「被服と快適性」では、被服内気候、快適性について、また 1.4 節「雨衣について」では透湿性防水素材、雨衣に関する研究について論じる。

第 2 章では、登山時における被服類および装備品に関する調査結果について述べる。先ず、回答者の特徴について明らかにし、次に、初心者とベテラン、男女といった観点から、装備品および被服類について解析した。

第 3 章では、雨衣の着用実験について述べる。これは、透湿性の異なる 3 種素材について比較したものである。本研究の特色は、人工気候室内にて作業を行わせ、実際に散水したことである。透湿性による効果もさることながら、雨衣による直接的な冷却効果が存在することについて指摘した。

第 4 章では、濡れた被服の人体影響に関する実験について述べる。これは室温、衣服、濡れ度、代謝レベルについて各種条件を設定し、生理的・心理的評価を行ったものである。濡れた被服を着用するとき、いかなる条件で、いかなるストレスが生じるのかについて、明らかにした。

第5章は、本論文の総括であり、本研究で得られた研究結果を基に、野外活動のための被服類について被服衛生学的観点からまとめた。

なお、第3章の内容は、日本生気象学会誌 36 巻1号 (1999) に掲載された「透湿性及び非透湿性外衣の衣服内気候に及ぼす効果」ならびに、日本生気象学会誌 36 巻2号 (1999) に掲載された「雨天想定下における作業時の衣服内気候について」を基に再構成したものである。

第4章の内容は、日本生気象学会誌 43 巻2号 (2006) に掲載された「濡れた衣服の体温調節反応への影響」に基づいている。

1.2. 人類と被服

1.2.1. 人類の進化と被服

グールド (1989) は『ワンダフル・ライフ』において、カンブリア紀における爆発的進化について述べている。今から 5 億 4300 万年前から 5 億 3800 万年前という地質学的には極めて短い期間に、現生の全ての動物門が現れた。そして脊索動物であるピカイアが、偶然ともいえる幸運によって生きのびたことにより、霊長類そして人類が生まれることとなった。パーカー (2006) は、この爆発的進化の鍵は眼にあるとし、視覚に関わる要素が大きな進化圧をもたらしたと説く。幾多もの種の大絶滅が繰り返され、そのつど、幸運な一部の種だけが生きのび進化を遂げてきた (ラウプ, 1991)。

約 2 億 4500 万年前から 6500 万年前までの中生代は、温暖な時代であった (阿部, 2002)。ジュラ紀には恐竜が繁栄し、哺乳類型爬虫類から哺乳類が枝分かれした (川上, 2000)。この時代の哺乳類は被毛と高い代謝速度をもち、体温 35~40°C の内温性動物であったと推定されている (永井, 2005)。

6500 万年前、哺乳類から霊長類が分岐した。彼らは樹上生活を行い、枝から枝へと渡るために立体視が、また果実の熟れ具合や毒の有無を知るために優れた色覚が必要とされ、かくして人類は視覚的動物となる素地を得たと考えられている。

人類を他の哺乳類と比較したとき、一見してわかる生物学的特徴は、直立二足歩行を行うこと、および、毛皮を身につけていないことである (菊池と関, 1987)。直立二足歩行の起源に関しては、胴体と後肢を垂直にする姿勢となる枝渡りの習慣が促したとするブラキエーション・セオリーが有名である (佐藤, 1987, スタンフォード, 2004)。

古い人骨化石には直立二足歩行を行った証拠が認められる。このことを示す有名な化石が、エチオピアのハダール遺跡で発見された、約 320 万年前の「ルーシー」である。さらに足跡そのものの化石も発見された (リーキー, 1996)。直立二足歩行は人類の身体構造を決定し、ひいては被服のデザインもこれに従うこととなった。

モリス (1969) はヒトを「裸のサル」と呼んだ。実際には全く無毛であるのではなく、手掌、足の裏などを除けば、ほとんどは体毛で覆われている。しかし、それは薄く、直接皮膚を見ることができる。このような皮膚の状態は、他の哺乳類では水中生活のジュゴンや、ある種の地下生活性のネズミ類などに限られている (大泰司, 1998)。

体毛が退縮して痕跡的である理由について、モリス（1969）は、熱帯草原に進出した人間の祖先が狩猟採集生活を営むとき、長時間狩猟時の高代謝が高温ストレスをもたらすために、毛皮を脱いで裸になったと推察した。しかし、佐藤（1987）は、現存する総ての人種で例外なく体毛が痕跡的であることから、毛皮がなくても寒くなく、輻射熱の防御の必要がない熱帯森林時代に、すでに人間は毛皮を失っていたのではないかと述べている。

人類が直立二足歩行をはじめた頃のアフリカでは乾燥化によって森林が縮小し、サバンナが広がり始めた。草原での長時間の狩猟を可能にするために、体温調節機能の獲得が必須であった。高い輻射温度に対抗する毛皮以外の対抗手段は、体表面を水の薄い膜で覆い、その気化熱を利用して放熱することである。

熱帯の草原へ進出した人間は、紫外線の脅威にさらされることとなった。そこで皮膚を黒くすることによって対処した（佐藤, 1987）。毛皮を捨て黒い裸を曝した人類は、しだいに生活圏を広げ始めた。かくして原人の化石はアフリカからヨーロッパ、アジアにわたる広範囲で出土している（三井, 2005）。

約 30 万年前から、ヨーロッパでは旧人すなわちネアンデルタール人が暮らしていた。ストリンガー（2001）によれば、彼らの前頭前野は未発達であったことに加え、咽頭の位置が高く、はっきりとした言語を操るまでに至っていなかったらしい。一方、ミズン（2006）は、狩や子守唄などのために、サバンナに歌声を響かせていたと推察している。

約 20 万年前、アフリカの地に新人類が誕生し、世界各地へ放散を開始した。ネアンデルタール人は次第に脆弱化し、約 3 万年前に絶滅した。それ以来、我々人類はひとつの種として、この地球上に暮らしている。

南アフリカにあるブロンボス洞窟で、約 7 万 5 千年前の地層から世界最古の模様と貝殻のビーズが発見された（Henshilwood, 2002, 2004）。ビーズは数珠繋ぎにされていた痕があり、ネックレスとして利用されていたと解釈された。約 20 万年前とされる新人類の誕生から長い停滞期間を経て、芸術が出現したのである。

かくして被服は自己表現のために用いられることとなり、被服にまつわる文化が形成されていった。以来、被服には視覚的記号としての役割が与えられ、社会性および文化的要素を強く帯びるようになり、自己表現の手段となり、今日に至っている。

ホイジンガ（1973）は、人間の様々な活動の中には遊びの精神が深く根付いていることから、人類を「ホモ・ルーデンス（遊ぶヒト）」と呼んだ。確かに、被服も遊びに通じる一面を有するようである。

1.1.2. 被服の歴史

被服と衣服は異なる。小川は『服飾原論』（1966）の中で次のように述べている。「被服（clothing）とは、人体の生存を助け、人間の内容を表示し、個人および集団の生活を効果あらしめる目的で、人体を包みおおい、あるいはその一部にまといつけているものの総称で、人体躯幹部はもとより、頭部・手足を被覆するものから、その着装に要する付属品、それを構成する装飾品にいたるすべてを包含している。すなわち、全身の着装物（Wearing apparel）の意味に解釈する」。「衣服（Clothes, Garments）と称するのは、狭義において、人体躯幹部の被覆物を指す言葉として取り扱われる。したがって、この意味では、衣服の中には、かぶりもの・はきものなどは含まれないことになる」。

樹上に枝や葉を組み合わせてベッドをこしらえ、大きな葉を雨傘として利用する類人猿たちは、被服を用いていることになる（ファッキーニ, 1993）。服を着せられたイヌやサルもいるが、自らの意志で衣服を身にまとおうのは人類だけである（前田, 2005b）。

今日の被服の形態および着装には、世界各地の気候条件や風土に適合するよう発展してきたものが多い（栢原, 1987）。なお被服の発展には文化の影響も大きい。小川（1981）が論じる『民族服変遷の原則』の中のひとつに「優性支配」がある。これは文化的に高い側の着衣習慣は、それが低い側に優るという意味であり、文化的浸透圧でもって着衣が広まることになる。かくして世界各地の民族服は、風土に適した基本形態を有しつつ、流入する文化の影響を受けて今日に至っている。

被服の歴史と発展には、世界各地への人類の適応放散が関わっている。新しい気候条件の土地へ分布範囲を拡大することは、新しい食糧資源および被服材料の発見と獲得につながる。被服材料としての毛皮は、人類にとって大きな位置を占めている（小川, 1970）。狩猟で得た獲物の毛皮は、保温や雨除けの目的で身にまとった最初の被服であると考えられている（西村, 2003）。

被服をまよえば、皮膚と被服との間にマイクロな気象環境すなわち被服内気候が形成される。この微小な空気層は、外気の働きを緩衝する重要な役割を果たす。外環境の変化に対して、ほぼ一定に近い温度と湿度を維持することを可能にする。このことは、裸の動物である人類にとって大きな意味を持つ。被服を防寒具として用いることにより、従来は困難であった寒冷地や高地への進出が可能となった。

第4氷河期の寒冷な気候に、人類は毛皮類でもって対処したらしい。氷期では海水面が低下する。そうして出現したベーリング陸橋を経由して、人類は新大陸へ進出したのであ

るが、被服がなければ成し得ないことであった。

約1万年前頃から、一部で農耕牧畜が開始された（ヘンリ, 1986）。定住生活と村落の形成は文化の発展をうながし、植物性および動物性繊維の衣料への利用が盛んになった。エジプトにて出土した紀元前5000年頃の亜麻布が最古の布として知られる。絹の起源は紀元前4000年、中国山西省と推定され、その織物はシルクロードを通じて交易された。

被服の遺物は、石器や骨器、木製器具や穀物粒に比べ、腐敗しやすく出土の可能性は低い。遺跡から得られる絵画や物品により、古代の被服材料について知ることができる。とりわけ1991年にアルプス山中で発見された冷凍ミイラは、紀元前3300年頃の人物とされ、考古学世界の宝となっている。彼の被服は動物性および植物性の繊維で作られていた（ゲッツ, 1998, シュピンドラー, 1998）。

木綿はインドにおいて、紀元前2000年頃には栽培されていた。我が国では江戸時代以降、従来の麻に代わって庶民に定着するようになった。かつては貴重品であったが、現代人の多くは特に意識することなく日々着用し、そして廃棄している。

人類が自らの手により初めて製造した本格的な繊維素材、いわゆる人造繊維は、19世紀末に発明されたビスコース・レーヨンであった。再生可能な植物由来の生分解繊維であるが、その製造工程で大量の石油エネルギーを必要とし、同時に多くの有害廃棄物を排出する（望月, 2003）。

20世紀前半、デュポン社のカローザスによって発明されたナイロン繊維は、化石資源である石炭から誘導されるはじめての合成繊維として脚光を浴び、その後、安価な石油資源を原料とする様々な合成繊維が開発され、大量生産されてきた。

産業革命以降の科学技術の発展は、人類の暮らしを大いに豊かにした。そうした生活は人類の歴史からみれば一瞬ともいえるのであるが、この極めて短い期間における環境汚染は著しい。繊維製品の製造、使用、廃棄に至る、ライフサイクル全体を俯瞰した省エネルギーと環境負荷の極小化を測ることが求められている（近藤, 1999）。

1.2.3. 被服の役割

被服の役割は被服を着用する目的と同義として考えられる（表 1-1）。対自然環境と対社会環境に大別される。前者は生理面を重視し、健康で快適な生活を維持することを目的とする。後者は心理および社会面を重視し、外観を整え装飾することを目的とする。

表 1-1 被服の着用目的

対自然環境	保健衛生上	耐侯性、防護性、防傷性 防寒服、防暑服、防塵服、防雨服
	生活活動上	活動、休養、運動 作業服、運動服、休養着、病衣、寝衣
対社会環境	道德儀礼上	社交親和、品格、礼節 訪問着、儀礼服、社交服
	標識類別上	秩序維持、職種、階級、所属 制服、職業服
	装飾審美上	個性表現、対人表示、美観、扮装 タウンウェア、リゾートウェア、仮装服

中橋, 2002 を参考に作成

先ず、対自然環境における研究例について概括しておきたい。保健衛生上の目的として耐侯性と護身性が挙げられる。これに関する研究例としては、防寒服（金ら, 2004, 尾崎ら, 1997, Ozaki et al, 2001）、防暑服（澤田ら, 2005, 筒井ら, 2005, Malchaire et al. 2002）、防火服（平林ら, 2002, 周ら, 2004, Selkirk et al. 2004）、防塵服（牧, 1995）、防雨服（清水と酒井, 1996b, 前田ら, 1999b）などがある。

生活活動上の目的に関する研究例としては、作業服（中橋ら, 1996, 清水と酒井, 1996a, 清水ら, 1996）、運動服（田村, 2005, 平林, 2000）、休養着（斉藤, 2004）、病衣（船瀬と岡本, 2001, 2002, 2003）、寝衣（西澤, 2001）などがある。

対自然環境としての研究に関し、近年、地球温暖化に関連し、適切な被服類の着装を推進することが省エネルギーの一助となるとして注目されている（平田, 2004, 輿水ら, 2006）。また、大量生産、大量消費がもたらす環境破壊の観点から、天然繊維が見直されるとともに、自然還元型繊維の開発が盛んである（森, 2000, Maeda and Hayashi, 2004）。

日本でも都市部では深刻なヒートアイランド現象が見られる。2003年ニューヨークの真夏で発生した大停電は、電力供給に一存している現代人の生活の弱点をまざまざと感じさせた（安倍, 2003）。建物内外の環境の温熱的快適性が、被服着装の提案によって多少なりとも環境と着心地にプラスの方向へ働くよう、対自然、地球という視野で被服衛生学を中心とした学際領域の研究、教育、啓蒙活動が重要な意味を持つであろう。

被服の対社会環境に関する目的は、社会、文化、心理等に深く関わるものであり、日常生活において支配的である。我々は、おしゃれ、仕事、冠婚葬祭などの目的に応じ、さらには老若男女、各民族、各宗教において、適切とされる衣服を選択しなければならない。

道德儀礼上、人々が社会において集団生活を営むためには、それぞれの場に適した衣服の着装が要求される。

被服は社会的規範に支配されており、生活の中で習慣化された一種の強制力をもって着装される儀礼服、社交服、訪問服が該当する。また一定秩序を守ることで、社会が円滑に維持されていくため、倫理的、社会的性格を有する（小池, 1990）。

標識類別を目的とする衣服は、人間社会における、性別、年齢、職業、地位、階層、国籍、民族、宗教、所属団体、権威、経済力などの秩序維持のために、人間同士を区別するマークの役割として、服飾の形状の同一と差異を表している（リュリー, 1987）。

人は、毎日の暮らしを営む時間や空間さえ「晴と褻」として区別し、それぞれに被服を変えて対処する（柳田, 1967）。

社会的役割や立場は、一生の内に変遷する。成長過程における節目において、また社会的立場や役割が変わるとき、服飾、髪型、被り物、化粧法などが変更され、時に身体変工が施される。つまり、被服は社会性を備えており（ダンカン, 1983）、そのため、古い形式を保持し、服飾への理解を深める上で有益な手がかりを与えてくれる民族もある（横川ら, 1992）。

裸体には自然裸体と脱衣裸態の二種がある。前者は生まれたままの姿で成長し社会を営んでいる裸族の状態を指す。男女とも羞恥をもち生活しているという（小川, 1966）。ただし、全く何も身に付けないでいることはなく、腰に紐が巻いてあったり、何らかのアクセサリーが付属したりすることが普通である。後者は被服を取り去った状態を指す。口唇拡大を施した婦人に唇栓をはずすよう依頼したところ、そんな恥ずかしいことはできないと強く拒否されたという記録がある（和田, 1994）。学者の前で唇栓をはずすことは、我々が人前で裸になることに相当するのであろう。いわゆる文明人は、常時被服で人体を隠しているため羞恥心が生じ、裸を非礼であると考え（小川, 1966）。

装飾審美を目的とする場合、自分の趣向を満足させ、個性と美観を表現することができることを大切にしている（例えばルドフスキー, 1979, 多田, 1980, Horn, 1983など）。これの特長は、流行の対象となり、短期間に著しく変遷することである。

身体変工の歴史は古く、石器時代に始まるとされる。呪術、戦闘、装飾といった様々な目的があったことであろう。現代におけるピアス、刺青、インプラント（宝石やビーズ、金属などの埋め込み）、美容整形などもこの類である。身体変工は苦痛を伴い、不便な面もあるが、人々はそれらを上回る意義を見出していることになる。

新人類は十数万年をかけて世界各地へ放散した。酷寒、酷暑、日射、風雨、氷雪といった様々な気候風土において繁栄するには、被服が備える各種の機能が必要とされた。そして同時に、各土地における文化が被服を展開させて行ったのである。

1.3. 被服内気候と快適性

1.3.1. 被服内気候

被服着用により、人体と被服の間の微小空間に気候が形成される。これを被服内気候とよぶ。これは人間に最も近接し、不可分のポータブルな環境でもある（田村, 2004）。

我が国における最初の被服内気候の研究は旧満州で行われた。そして鈴木による5篇の報告がある（1932a～e）。鈴木（1932a）は「我々は常に衣服によって身体皮膚表面の約80%を被覆しており、皮膚面と衣服との間に特有の被服内気候を構成している。この占める容積は狭小ながらも、気温、気湿、気流の変化と共に、体内の産熱量の変化と密接に関係していることから、これを構成する要素の変化を捉えることが、衣服衛生学的研究に必須である」と述べている。この研究は、23歳の男子4名について、5、10、15、20、25、30℃の各気温下、40、60、80、95%の各相対湿度における被服内気候を測定するものであった。その結果、被験者が快適と感じている時、身体体幹部（胸、背、腹、腋）の最内空気層は、温度 32 ± 1 ℃、湿度 $50 \pm 10\%$ であった。

以後、これらの値が快適被服内気候の標準として多くの教科書や参考書に紹介されることとなった。小川（1987）は、この快適域は、人類が進化の過程で体毛を喪失し、汗腺を発達させた時代の気候、すなわち乾燥した亜熱帯気候に相当するものと指摘している。つまり人類は、外界の気候変化に対し、着衣を調節することにより、皮膚表面にかつてのサバンナ気候を形成していることになる。

戦後、日本では疾病の予防を研究する衛生学の分野の一つとして被服衛生学研究が発展した。これに新素材開発が伴い、被服内気候に関する研究が隆盛となった。被服内気候と体温調節反応および主観申告等を複合させて評価した近年における研究報告には、防護服（Faerevik and Reinertsen, 2003, Muir et al., 2001, Kwon et al., 1998）、林業用作業衣（清水ら, 1996, 清水と酒井, 1996a, 1996b）、農業用衣（寺内と村上, 1995）、手術衣（Cho et al., 1997）、ジャンパー（Li, 2005）、透湿性防水素材外衣（前田ら, 1999a, 1999b）、下着（Choi et al., 2003, Ha et al., 1998）、パンティストッキング（諸岡ら, 1996）、和服（数金と笹本, 2005）、アオザイ（Nguyen and Tokura, 2000）、寝具（山崎ら, 1998, Okamoto-Mizuno et al., 2005）、マスク（Hayashi and Tokura, 2004）、手袋（Vo, 2003）、生理用ナプキンおよびパンティライナー（佐藤ら, 2006, Runeman et al., 2005）などがある。

通常、被服内気候の測定は人体に対して行われ、温度と湿度によって評価される。近年では、サーマルマネキンを用いた被服内気流や換気量の測定 (Bouskill, 2002, 山田, 2005, 上田, 2004, 山田と久次米, 2003a, 2003b)、レーザーによる被服下空気層の3次元計測 (Lee, 2006) が行われている。

外界の温度情報は皮膚面にはりめぐらされた温受容器と冷受容器によって得られる。皮膚面における感覚要素には、他に湿潤感、気流感、接触圧感などがある。これらが深部温と統合され、着衣時における快適性を形成している。

生体と気温との関係について概括しておく。過度の高温および低温は、各々高体温症および低体温症をもたらす、やがて熱中死および凍死に至る。生存可能な領域は、物理的調節域と化学的調節域に大別される。物理的調節域は湿性調節域と乾性調節域に二分される。前者は発汗がもたらす冷却効果に依存し、後者は血流量の調節による。化学的調節域では代謝によって産熱量を高めている。

人体が快適で熱平衡を保ち得る外気温は、裸体の場合 29~31℃であり、その範囲は極めて狭い (彼末, 2002)。よって、我々は被服を着用することにより、快適域を拡大しているのである。

人体皮膚表面は絶えず水分を放出しているが、気温の上昇に伴い発汗および熱放散が増大する。着衣時において汗がたどるルートは様々であり、人体—水分—被服系として捉えられている (山崎, 1994)。

汗が皮膚表面で蒸発する時、1gにつき約 0.58kcal の気化熱が奪われる。衣服表面から蒸発する場合の冷却力はより劣る (三枝, 2005)。透湿性のない衣服は蒸発による熱放散を妨げる。そして発汗による皮膚面および衣類の濡れは不快感に大きく影響することになる。

永田 (1968) は汗の冷却効率について、次のようにまとめている。裸体時の汗の冷却効率は約 95% であり、裸体時、着衣時いずれにおいても発汗が一定量を超えると、汗の冷却効率は発汗量に反比例して小さくなる。これは外気湿度の影響による。そして、外気が高湿度ほど冷却効率は小さく、風によって大となる。また、衣服表面で汗が蒸発する場合、冷却効率は着用衣服の保温力に反比例する。

低温における被服の役割は、人体からの放熱を抑制することにある。したがって被服材料の熱的特性、被服のデザインや様式、そして着用形態などが大きく関与している。また、外部からの熱輻射の影響、被服内空気層の換気なども重要な要素である。さらに、寒冷下にあっても皮膚面からは絶えず水分蒸散があり、身体活動レベルに応じて発汗も生じる。したがって、適

切な被服着用をもって、被服内気候を調節する必要がある。

人類は恒温動物であるから深部温はほぼ一定に保たれているが、月経周期、日内リズム、外気温、身体活動レベルその他によりわずかに変動している。身体表面部は体熱放散を調節するための装置であり、その温度は変動しやすい。水梨ら(1971)は、婦人服の被服内温度について年間を通じて観察したところ、体幹部では恒常性が保たれるが、四肢部では変化が大きく、気温5℃以下では着衣による適応は困難であることを指摘した。庄司ら(1953)もまた、体幹部での被服内気候は恒常的であるものの、四肢部では環境条件による影響が大きいことを報告している。田村ら(1984)によれば、皮膚温変動は、頭部、体幹部、腕脚部、手足部の4つに分類され得る。手足は体温調節において重要であり、時に最も冷たく、また最も熱くなる。

これらが相まって快適性を形成するため、被服内気候については、全身のおよび局所の見地から、人体のどの部分にどのように対処すれば快適で健康を保持できるのかといった見地から研究を行う必要がある。例えば、寒冷環境下では、体幹部皮膚温が快適範囲にあったとしても下肢部の皮膚温は低下しやすく、快適性が損なわれる。この現象について、Vokacら(1971)はスカンジナビア・スキーウェアの保温性に関し、体幹部と四肢部の着装量を変化させて検討している。

被服内気候と快適性に関する研究では、多くの場合、被服内温度および皮膚温が測定される。菊次ら(1975)によれば、運動時の衣服内気候は、必ずしも他の人間工学的指標との間に相関を示さないことから、被服内気候に加えて深部温のような生理反応の測定が必要であると指摘している。また、横山と松浦(1986)は、被服内温湿度と快適感の関係は、暑く不快な環境および作業条件では、被服内相対湿度より被服内水蒸気圧との相関が高いという結果を得て、スキーウェアの研究に応用した。同様に筆者も被服内湿度の重要性について、絶対湿度に基づき論じた(前田ら, 1999a, 1999b)。

快適性をもたらす指標としての数値について幾つか例を掲げることができる。例えば、裸体における外気温は29~31℃であり、平均皮膚温は33℃前後であり(Gagge et al., 1967)、身体体幹部の最内空気層は、温度 32 ± 1 ℃、湿度 $50 \pm 10\%$ である。

Cortiliら(1996)は被服内の1点の温度をもって防護服着用時における生体ストレスの評価を試み、これがよい指標になると述べているが、被服内気候には部位差があることから、少数箇所による評価は誤差をもたらす恐れがある。つまり、快適性については、全身の見地から被服内気候を捉える必要がある。そこで筆者らは「平均被服内気候」の概念を提唱し、これの測定方法に関わる基礎的研究を行い(前田ら, 1999c)、これを経て、平均被服内気候の算出式を

提案した（前田ら, 1999d, 2003）。

1.3.2. 快適性

Keith (1977) は快適性について「人間と環境との間が、生理的、心理的さらには物理的にも心地よい調和状態にあること」と述べている。快適性の定義は多様であり、言葉で表現することは困難であるとしても、我々は感覚そのものについては容易に感じ取ることができる。

快適性に関する語句は、安楽、快、痛快、amenity、cozy、agreeable、comfortable、pleasantなどと多様である（山崎, 2005）。欧米において comfort および pleasant は、各々女性および男性の名前として用いられることから想像され得るように、前者は、穏やか、不快ではない、ニュートラルといったイメージであり、漢字をあてるとなれば「適」であろう。これに対し後者は「快」であり、暑いところから冷房の効いた室内に入った時のような状態に相当する。前者は持続的であり、後者は刹那的である。

衣服における生理的快適性は主に comfort であり、これは「着ていて心地いいこと」である。気に入ったファッションを着用することは「文化的快適性」であり、pleasant の範疇に入る。飯塚（2002）はこれを「心地よさを高め、自己表現の喜びを得ること」と表現している。

ここ数年来、我が国における被服科学の分野では快適性に関する議論が活発である。その背景には、経済の高度成長以後、日本人の繊維製品保有率が高まって消費者の要求水準が向上したことに加え、繊維産業が構造不況の時代に入り、新興工業国の追い上げの中で、高付加価値繊維製品の開発にその活路を見いだす必要があった。衣服の快適性研究は、この繊維製品への高付加価値という側面をもって活発化したといえよう（田村, 1988）。

衣服の快適性に関する研究は、評価法、測定対象、環境条件など多岐にわたる。例を挙げると、脳波（遠藤ら, 2001, 松平ら, 2001, 杉田ら, 2002）、心電図（長山, 1995）、血流量（潮田, 2000）、内分泌機能系（登倉, 1990, 小澤ら, 2000）、季節変化（都築, 2001）、着衣習慣（間瀬ら, 2003）、性周期（Kim and Tokura, 1995, 山本と田村, 1998）、日内リズム（山崎ら, 2006）、照度（Tokura and Kim 2005, 西村ら, 2000）、日常の活動レベル等と温冷感の関係（嶋田と加藤, 2000, 井上ら, 1994）、酷寒（永井ら, 1998）、酷暑（平林ら, 2002）、作業者の健康や安全（井口, 2003, 田中, 2003）などがある。

温熱生理学的観点から comfort と pleasant について比較すると、前者は、温熱ストレスのない状態といえる。深部温が支配的であり、皮膚表面から外気へと向かう熱勾配が適切である。後者は、皮膚温が支配的であり、熱流の方向および勾配が大きく関与する（入来, 2003）。

通常、我々は comfort や pleasant を欲するが、生理的には常に望ましいものであるとはいえない。刺激が乏しい快適な環境に長らく居続けると免疫力が低下すること (Li and Tokura, 1996, 小澤と御手洗, 2000)、そして局所的な冷却や加温によって快適を得たとしても、循環器系にストレスが生じる恐れのあることについては容易に想像できる。したがって、被服における快適性研究もこうした見地から実施するべきである。

温熱生理学において、温度分布を深部と皮膚表面に分けて捉えるように、被服そのものの快適性評価に関し、被服内部から外部への熱流として捉える見方がある。それが 1941 年に Gagge らが提唱したクロー値である。1 クローとは、21°C、相対湿度 50%以下、気流 0.1m / 秒以下において「暑くも寒くもなく丁度よい」と感じる服の保温性として定義される。なお、基準人体における衣服内外には 33°C から 21°C への温度勾配があり、衣服の熱抵抗により、面積 1 m² あたり 1 時間あたり 1 kcal の熱移動に対し、0.18°C の温度差がもたらされる。詳細については吉田 (1990) に譲る。

温熱暴露実験において主観申告値を得るとき、温冷感については全身と局所に分けて問うことが広く行われているが、快不快感については、ひとつの欄に記入させることが一般的である。局所的に不快であるとき、快適感を得ることは困難であるからこれは当然の処置といえよう。しかしながら、このことは、局所的な気候要素を無視できるということではない。

1.4. 雨衣について

1.4.1. 透湿性防水素材

モンスーン地帯に位置するわが国の雨量は、年平均 1500mm であり、ヨーロッパ各国の約 2～3 倍、アメリカの約 1.5 倍に相当する。相対湿度は、冬季は太平洋側で 65%、日本海側で 80%以上となり、夏季は太平洋側では 90%以上に達する（安田, 1984）。

雨の多い日本ではあるが、都会では車や地下鉄などの発達によって、レインコートに対する関心は薄れてしまったようにみえる。しかしながら、野外で活動する者にとって、雨衣は依然として必要である。

近年、消費生活の向上とともに、ニーズが快適性側に移行し、衣料品の透湿性は重要な機能のひとつとなっている。これは、ひとえに透湿性防水素材の登場による。

透湿性防水布の開発は 1960 年代に始まった。森岡（1985）によれば、1965 年頃、樹脂に塩化カルシウムの微粉末を粘りこみ、これを布にコーティング加工した「ブレステックス」という商標があった。その後、この種の研究開発は途絶えていたが、1973 年、R. W. Gore は「ゴアテックス」を発明した。これは、水蒸気は通すが水は通さない微小な孔を多数備えたフィルムである。これを積層した布の販売は 1976 年より開始され、スキーウェアや登山用雨具の市場に急速に浸透した（斉藤, 1985）。

1979 年には、東レがポリウレタン樹脂による湿式凝固技術でポリウレタンの微多孔皮膜を織物にコーティングした「エントラント」を開発し、風合い面で優れた透湿性防水素材として市場化した。これを契機に、帝人、鐘紡、ユニチカといった合繊・紡績メーカー、小松精練、セーレンなどの染色加工会社や日東電気工業などが参入し始め、市場はいつきに過熱化した（内田, 1995）。表 1-2 に各社の製品の名称および販売開始時期について示す（吉村, 1982）

表 1-2 各社の製品と加工方法及び販売時期

加工の種類	メーカー	名称	国内での販売時期
ラミネート型	潤工社	ゴアテックス	1977
	日東電工	マイクロテックス	1982
	東レ	エントラント	1979
	帝人	ポーラス	1979
コーティング型	旭化成	レポラ	1981
	鐘紡	ラボック	1980
	ユニチカ	スプラッシュ	1981
	小松精練	ドリアン	1981

吉村 (1982) より引用

透湿性防水加工素材に共通した構造は、雨滴の直径 (100~3000 μm) よりも小さく、かつ水蒸気の直径 (0.0004 μm) よりも大きい、0.1~数 μ 程度の孔を無数に皮膜に有していることである。

問題点もあった。汚染と洗濯性能である。つまり、汗に含まれる体脂や整髪料の付着によって透湿性及び防水性が著しく低下した。また、洗剤中の界面活性剤が微多孔膜内に侵入し、これにより防水性が低下することが明らかになった。ドライクリーニングを行った場合も同様の現象が認められた (上野, 1982)。横山ら (1984) は、素材を屋外に暴露し、揉み・摩擦・打撃のダメージ、防水性、耐水性、撥水性について、傷による性能の低下について報告している。

しかしながら、問題点は徐々に改善され用途は拡大しつつある。今日ではタウン用および野外用衣類のみならず、消火活動用消防衣類 (日本機械工業, 2006)、農薬散布用防護衣服 (林ら, 1989, 1990, 今林と中村, 1997, 三木ら, 1997, 潮田, 1996)、寝具、おむつ、医療用人工血管 (下田, 1982)、濾過膜 (笹本, 1988)、サニタリー商品、電気部品、建築用シートなど、その応用は多岐にわたっている。

1.4.2. 雨衣に関する研究

身体あるいは衣類の濡れの原因には、降雨や発汗がある。トライアスロン競技者に対する浴道での応援のごとく、人体への散水が大いに歓迎されることがある。しかしながら、通常、我々は濡れることを嫌う。衣服がいったん濡れると、乾燥するまでに時間を要するため、身体は冷え、不快感が募る。そこで人類は古来より雨対策としてさまざまな工夫を

行ってきた。

蓑は、今日では博物館に陳列されるものとなってしまったが、透湿性を備えた優れた雨具とみることができる。そして現代においては、前節にて述べた通り、透湿性防水素材による雨衣が全盛となっている。

雨衣をはじめ、CBR 防護衣、薬剤散布服、防塵服などの着用は、しばしば生体に発汗および温熱ストレスをもたらす。そのため、これらは被服衛生学領域における普遍的研究テーマとなっている。以下に研究例を掲げる。

衣類と湿潤感の関係については、皮膚温と水分率との関係 (伊佐治, 1989, 長山, 1986)、べたつき感と被服素材の表面特性 (山川, 1984)、織物の力学特性と濡れ感 (土田ら, 1986)、織物への皮膚接触での温度低下 (Li, 1995)、熱伝導率の異なる繊維と接触感 (高野倉, 1985)、內衣素材の吸水性と保温力 (中橋ら, 1990)、皮膚の濡れ感と温度および熱流量変化 (小柴, 1995, 田村, 1995)、繊維の吸水速度 (潮田, 1994)、繊維の違いと皮膚摩擦 (潮田と中島, 1995)、濡れた衣服の肌への密着度 (中橋と村山, 1996) などがある。

濡れた被服を着用した際の人体の体温調節反応に関するものとしては、高温下における濡れ衣の冷却効果 (永田と米田, 1966)、寒冷下における濡れた肌着と保温性 (Bakkevig and Nielsen, 1994, 1995)、內衣素材の吸水性の違いと熱伝導率 (緑川, 1995)、野外およびこれを模した数日間に及ぶ暴露実験 (Castellani, et al., 2001, Marrao, et al., 2005)、作業強度の違いがもたらす生理学的影響 (Pugh, 1967, Thompson, et al., 1996, Tikuisus, et al., 1999, Weller, et al., 1997)、登山あるいは軍事演習における装備と寒冷傷害の関係 (Harirchi, et al., 2005, McCullough and Arora, 2004, Rav-Acha, et al., 2004)、雨具着用時の衣服内気候 (Kaufman, et al., 1987; Li, 2005; 前田ら, 1999b) などがある。

1.5. 本論文の目的

野外活動に際して被服類は重要な位置を占めている。野外活動では気象条件、作業強度、個人の経験、体力など様々な要素が関係する。被服類には、そうした諸条件において、効率的な作業の遂行あるいは快適性の維持の役目があり、さらには事故や遭難の防止、生命の維持といった重い役割を担っている。

本論文の目的は、こうした被服の役割に着目し、ヒトー被服ー環境系において、特に野外での被服着用時における快適性に焦点を当て、登山における被服類の使用状況、透湿性防水素材の有効性、濡れた衣服の影響について、被服衛生学的見地より明らかにすることである。