新年特集

人工気象室とその衣料開発への応用

荒谷 善夫・安部 章三*

1. ま え が き

衣料の将来を展望するにあたっては、衣料が人間に対して果すべき役割の多様性を考察してみることが一つの鍵と考えられる。服飾的な面では独創的なデザインや情緒的な価値がますます重視されると思われるが、一方では、着心地の良さ・健康への寄与・機能的な良さもいっそう重視されると考えられる。そして、これからの生活の高度化・多様化に伴って、衣料への要求もますます高度化・多様化すると予想される。

とくに、後者の研究開発を進展させるためには、環境と衣料と人間の関係を科学的・実証的に把握することが重要である。そのために、最近、T社では本格的な人工気象室と生理学的な評価システム(名称:“テクノラマ”)を設置し、科学の眼によって高度かつ多様な衣服のニーズに応えていくプロジェクトが開始された。

本稿では、“テクノラマ”の概要と衣料開発への活用の考え方およびその一例を紹介する。新しい衣料の研究開発にとって少しなりとも参考になれば幸甚である。

2. “テクノラマ”の概要

2.1 気象室の仕様

気象室の内部を図1に示す。面積は24 m²で高さは5 mである。壁面はステンレスで輻射の影響を除く工夫が必要である。温湿度調節は天井全面から、雨と雪は天井および風洞口から、風は一方の壁から、日射は天井に取り付けたスライド式の装置からそれぞれ与えることができる。

気象条件のコントロール範囲はつぎのとおりである。

温度: -50℃～+60℃

図1 人工気象室“テクノラマ”の内部

湿度: 20%～80% RH(温度20℃以上で)

風速: 0～30 m/sec(気流温度を調節可能)

降雨: 0～200 mm/hr(水温調節可能。雨径は3種類にコントロール可能)

降雪: 1 m/day

日射: 照度0～10万Lux, 日射量0～1000 kcal/m²・hr(ナトリウムランプおよび陽光ランプのミックス)

これらを組み合わせて、さまざまな気象状況をつくることができ、また継続的に変化させることができる。図2はコントロールルームを示す。

2.2 付帯設備

つぎのような機器を備えている。

図2 人工気象室“テクノラマ”のコントロール室

Artificial Weather Room and Its Application of Developments of Clothings

YOSHIO ARATANI and SHOZO ABE*

TORAY INDUSTRIES, INC.

Textiles Designing Section

Textile Development Center

東レ(株)テキスタイル開発センター 商品設計室長

* 同主任部員

- a. 運動負荷装置：エルゴメータ，トレッドミル
- b. 評価機器：衣服内温湿度計測器，赤外温度計，高速VTR，呼吸ガス分析器，深部体温測定器，ベットバランス，衣服圧計測器，サーマルマネキン
- c. 特殊環境設備：低温水槽

3. 衣料開発への応用

3.1 共通的な課題

高度で多様なニーズに対応する衣料を開発するには、人間を中心に据えて、衣料の使用環境に対して衣料がどのように適応できるか、適応性の高度な衣料はどうあるべきかを探ることが大切と考えられる。そのためには、本格的な人工気象室が必要であるということは、56年頃に検討された「革新的機能繊維に関するテクノロジーアセスメント」調査委員会でも議論され、その報告書にも述べられている¹⁾。それによれば、複合機能プラス快適性が将来の衣料の最重要ニーズであり、環境－衣服－人間の系の中でとくに特殊環境下での快適性の研究が波及効果が大いだとされている。これが、人工気象室と衣料開発を結びつける基本的な考え方である。ここでは、少し具体的な形で人工気象室応用の方法論的課題をいくつか掲げてみる。

(1) 衣料用途別必要環境モードの設定

例えば、自動車の燃料効率を示す“10モード値”のように、衣料の実際的な使用環境のモードを設定する必要がある。例えば、スキー服では、一日の行動における気

温・風・雪・日射などの変化する複合環境を設定する必要がある。

(2) 衣料用途別の人間の行動負荷量の設定

衣料の快適感は、外部負荷によって大幅に異なるので、共通の議論をするには、負荷量を設定する必要がある。

(3) 生理的な特性の計測技術の確立

皮膚温や衣服内湿度の計測すらいろいろ問題は多いが可能な限りの精度アップが必要。また、快・不快等の感覚の客観評価法の確立が必要。

(4) 現行衣料の問題点の分析

人工気象室は、丁度顕微鏡のように、その中で着ている衣料の問題点をクローズアップできる。これを徹底的に分析整理する必要がある。とくに、トータルウェアリングの状態の問題点を分析できる点は有益である。

(5) パネラーの訓練

とくに、感覚の表現の統一化によって、感覚データの客観性を高める必要がある。

以上のような要素技術が向上すれば、人工気象室を用いての新しい衣料開発は大いに期待でき、またこの分野の研究の深化にも役立つと信じている。

3.2 衣料開発例の紹介

つぎに、“テクノラマ”を使用して筆者が関係した実験例のいくつかを部分的に紹介する。

(1) 透湿防水布の衣服内湿度

透湿防水布と非透湿防水布の衣服内湿度にはたして差が出るか確かめた。

表1 透湿防水布と非透湿防水布の汗の移動量

環 境 条 件	運動量(W)	外衣種類	発汗量(g)	蒸発量(g)	ウェア残留量(g)
5℃, 50% RH	50	エントラスト	180	201	-21
		ゴム引き	220	157	63
5℃, 降雨 (50mm/hr)	50	エントラスト	175	110	65
		ゴム引き	145	-49	194

図3 透湿防水布と非透湿防水布レインウェアの衣服内湿度

A. サンプル(レインウェア上衣) :

区 分	サンプル名	厚 み (mm)	透 湿 度 ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ hr}$)	保温度 (clo)
透 湿	エントラント	0.23	5000	0.86
非透湿	ゴム引き布	0.25	100	0.88

(注) エントラント：透湿防水加工布

B. ウェアリング(上衣) :

木綿肌着 / アクリル・ウールセータ / サンプル(レインウェア)。

C. 環境条件と運動負荷条件 :

(a) 5℃, 50% RH。

安静 30 分 → 運動 50 W 30 分 → 休息 10 分。

(b) 5℃, 降雨(50mm/hr)。同上。

D. 測定項目 :

(a) 衣服内湿度(皮膚と肌着の間。セータとレインウェアの間。いずれも背部)。

(b) 発汗量と外部への蒸発量。

E. 実験結果 :

表 1 および図 3 に示す。透湿防水布の効果がはっきり出ており、降雨時にも衣服内湿度を減少させる能力を持っている。

(2) 透水性と吸湿性ニットの衣服内温湿度

ポリエステル 100% の特殊な透水性ニット(裏側から表側に水分が急速に移動できるように二重構造にしたニット)と木綿・ポリエステルの吸湿性ニット(裏側木綿で吸湿性を与え、表側ポリエステルで乾燥性を与えたニット)をそれぞれテニスウェアとして、高温多発汗状況での衣服内温湿度を比較した(図 4 実験風景)。その結果を図 5, 図 6 に示す。高温(25℃), 多発汗(120 W 負荷)の状況では、非吸湿で透水性の高いニットの方が皮膚が低

図 4 テニスシャツの衣服内湿度実験

図 5 テニスシャツの透水性・吸湿性と皮膚温度の関係

図 6 テニスシャツの透水性・吸湿性と衣服内湿度の関係

くかつ衣服内湿度が低いことが示されている。実際に着用感でも透水性ニットの方が「ムレ感」が低くかつ体にひっつかなくて運動し易いと感じられた。

(3) 撓水性の良否と衣服内湿度の関係

スキーパンツの撓水性の良否が「撓雪性」を左右するかどうかを観察し、同時に低温下(−20℃)での衣服内湿度に与える影響をしらべた。

A. サンプル(スキーパンツ)：

2種類の透湿防水布で、一方は高撓水性、他は低撓水性。

B. ウエアリング(下衣)：

木綿下着 / アクリルタイツ / サンプル(スキーパンツ)。

C. 環境条件と運動負荷条件：

−20℃で降雪状態。安静 30分 → 運動 50 W 30分 → 休息 7分 → 風 10 m/sec 7分 → 休息 15分。

図7 スキーウェアの撓雪効果実験

図8 スキーウェアの撓水性良否と衣服内湿度の関係

D. 測定項目：

雪の付着状態。大腿部の皮膚・タイツ間湿度とタイツ・スキーパンツ間の相対湿度。

E. 実験結果：(図7は実験風景)

結果を図8に示す。この実験から、高撓水性の生地には雪が付着せず、したがって透湿性を阻害しないために衣服内の湿度が低いことが判明した。なお、この実験では、アウターに近い方が相対湿度が高くなっているが、これは温度が低いためで、絶対湿度ではインナーの方が高湿度である。

(4) 保温性・防水性の高いライダースーツの開発

低温・高速走行時のライダースーツの防寒性・防水性の高いライダースーツの開発実験の一部をつぎに紹介する。

A. サンプル(ワンピース型ライダースーツ)：

(a) 開発品：“エントラントα”にストレッチ“サンステート(極細ポリエステル製)”を中入れ綿としたもの。

(b) 比較品：市販の天然皮革製品で中入れ綿なし裏地つき。

B. ウエアリング：

(a) 上衣：木綿・ポリエステルの防寒肌着 / ウールセータ / サンプル(ワンピース型ライダースーツ)。

(b) 下衣：上衣からウールセータを除いた組み合わせ。

C. 環境条件と運動負荷

気温 10℃ 安静 15分 → 風 22 m/sec 30分 → 気温降下 15分 → 5℃ 風 22 m/sec 35分 → 気温降下 15分 → 0℃ 風 22 m/sec 20分。

別途、風速 22 m/sec、降雨 100 mm/hr の実験。

D. 測定：

胸部・大腿部の皮膚温度。雨の浸入状況。

図9 高速風雨中でのライダーウェアの実験

図10 時速80 km/hrの風速下でのライダーウェアの保温性能と皮膚温度の関係

図11 時速80 km/hr・降雨100 mm/hrに相当する風雨の中でのライダーウェアへの雨の浸入状況

E. 結果：(図9は実験風景)

皮膚温の変化を図10に示す。開発品の防寒効果は発揮されている。図11には雨の浸入状態を示した。これによって縫製面での工夫のポイントが判明した。

(5) スキー着衣の保温性の動態分析(図12は実験風景)

スキーにおける各種の着衣(ウェアリング)を実験水準に選り、そのそれぞれの部位別保温度(CLO値)とトータル着衣保温度のウェアリングが、どのような寒さの環境にまで快適に着れるかをスキーの運動負荷を間欠的に

図12 スキーウェアの保温性の動態分析の実験

加えながら実験した。結果は膨大になるので、本稿では皮膚温と感覚の関係の一部のみ表2に示す。これは、気温0℃～-20℃で風(5 m/sec)を間欠的に加え、また運動負荷はエルゴメータ及び踏み台昇降で100 W及び50 Wを間欠的に加えたときの結果である。胸部では33℃付近、大腿部では28℃程度でも快適な暖かさとなっている。

表2 スキーウェアリングにおける皮膚温と保温快適感の関係

感 覚	胸部皮膚温(℃)	大腿部皮膚温(℃)
汗ばむ暖かさ	33.5 以上	
適度な暖かさ	32.0～33.4	28.0 以上
やや寒い	31.0～31.9	26.0～27.9
寒 い	30.0～30.9	24.0～25.9
ふるえる寒さ	29.9 以下	23.9 以下

(6) その他の実験結果の一例

紙面の都合でデータは省略するが、基礎的な点でつぎのような結果が得られている。

A. 実験中のパネラーの酸素消費量が衣服の保温力を反映しうること。

B. 「ムレ感」は環境と衣服内の絶対湿度差に関係があるらしいこと。

そのほか、図13のように0℃の水中での耐寒防水救命衣のデータや、衣料ではないが、図14, 15, 16のようにシュラフ、布団、自動車内装材などのデータが得られている。

4. おわりに

以上、筆者の使っている人工気象室と衣料開発への実験例を一部ご紹介して本稿とさせて頂いた。従来の標準条件での素材評価では分らない点がいいろいろ解明できつ

図 13 0℃の水槽での耐寒防水救命衣の実験

図 14 雪上でのシュラフの保温性実験

つあり、今後の高機能な衣料開発や着心地と素材特性との関係解明などに大いに役立つと思っている。従来から行なわれている着用テストと補完させればさらに有効と思われる。今後、この種の装置は各種の分野で設置されるところと考えられるので、実験方法論について統一と精度アップを計っていくことが必要である。とくに本稿 3.1 で述べた課題についての基準的な考え方の整理が必要と考

図 15 布団の保温性・透湿性の実験

図 16 高熱日射下での自動車内装材の温度上昇性の実験

える。

これからの 21 世紀に向けて、衣料の役割の拡大を計って行こうと考えるとき、今後、人工気象室の寄与は大きいと思われる。この種の研究開発に本稿の拙文が少しでもお役に立てば幸いである。

引用文献

- 1) 「革新的機能繊維に関するテクノロジーアセスメント」報告書(57年3月)

(昭和 59 年 11 月 10 日受理)