

温湿度環境による皮膚含水率変化のメカニズムに関する検討

その 1：温湿度環境の短期的・長期的影響に関する被験者実験

温湿度環境	皮膚含水率	経皮水分損失量	正会員	○小林 春斗*1	同	高橋 旺大*1
被験者実験	短期的影響	長期的影響	同	松橋 佳菜未*2	同	高木 理恵*3
			同	後藤 伴延*4		

1 はじめに

従来、皮膚乾燥防止等を目的として温湿度環境と皮膚含水率との関係について研究が行われてきたが、そのメカニズムについては未だ十分解明されていない。我々の過去の実験¹⁾では、①皮膚含水率は夏から冬に向かって有意に低下し、経皮水分損失量が有意に上昇すること、②皮膚含水率は室内絶対湿度が高い条件ほど、室内温度が高い条件ほど有意に上昇することを示した。①は日常的・継続的に曝露される温湿度環境の長期的（累積的）影響によって角層の含水特性および水分伝導率が季節変化したもの、②は一時的に曝露される温湿度環境の短期的影響であり、絶対湿度の変化に伴う不飽和水分ポテンシャルの変化と、皮膚温度変化に伴う角層内水分の拡散係数の変化（アレニウスの法則）によって生じたものと推定された。一方で、被験者の温熱生理状態が実験条件間で異なっていた疑いも残るため、本報では、より厳密に条件を統制した被験者実験を実施した。加えて、風速と皮膚含水率の関係を観察する実験も新たに実施した。

2 実験方法

被験者実験の条件を表 1 に示す。皮膚含水率の短期的変化に関する実験として、皮膚表面の風速（湿気伝達率）の影響を観察する実験 1、皮膚温度の影響を観察する実験 2A、室内水蒸気分圧の影響を観察する実験 2B を実施した。加えて、皮膚含水率の長期的変化に関する実験として、季節による違いを観察する実験 3 を実施した。本実験では、実験条件間の温熱生理状態の違いを極限まで排除するため、全ての Case で室温 23℃、静穏気流の環境条件で固定し、測定部の気流速度や皮膚温度のみを小型の送風装置やペルチェ素子を用いて調節した。一方、水蒸気分圧は実験室全体で調節した。

本実験は、図 1 の人間・環境系建築実験棟の恒温室内で実施した。実施期間は、実験 1、2 は 2021 年 9 月 7 日～17 日、実験 3 は 2021 年 9 月 11 日～14 日、10 月 20 日～23 日、11 月 30 日～12 月 3 日であった。被験者は 20 代の健康な男性とし、実験 1、2 では各 4 名、実験 3 では 2 名であった。被験者の身長・体重を表 2 に示す。図 2 のように、全ての実験で被験者は同一の着衣（下着・長袖 T シャツ・長袖シャツ・長ズボン・靴下・靴）を使用し、熱的中立を得られるようにした。

実験手順の概要を図 3 に、測定項目と測定器を表 3 に示す。実験 1～3 はそれぞれ 3 つの Case から成るが、それら

表 1 実験条件

	実験 1			実験 2			実験 3		
	1-1	1-2	1-3	2A-1	2A-2	2A-3	2B-1	2B-2	2B-3
室温[℃]	23			23			23		
水蒸気分圧[Pa] (相対湿度[%])	1300 (46)			1300 (46)			950 (34)	1300 (46)	1850 (66)
皮膚温度[℃]	32			30	33	36	33		
気流速度[m/s]	0	0.5	1.5	0			0		
測定部位	左前腕			右頬			右頬		

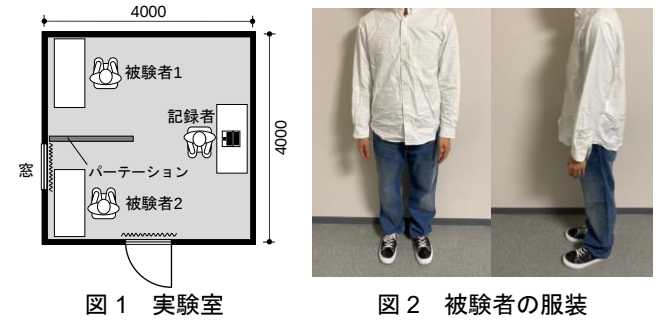


表 2 被験者の身長・体重

	人数 [人]	平均身長 [cm] (標準偏差)	平均体重 [kg] (標準偏差)
実験 1	4	172.5 (5.3)	66.5 (8.3)
実験 2	4	175.0 (6.8)	67.5 (4.7)
実験 3	2	172.5 (1.5)	61.5 (6.5)

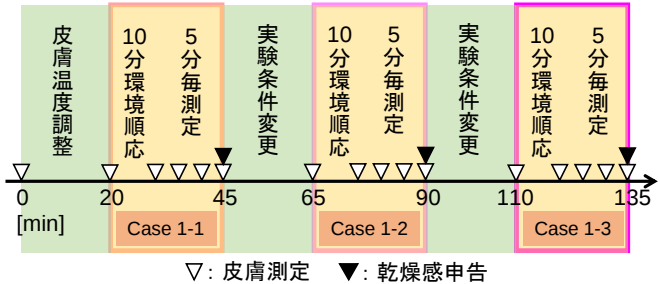


表 3 測定項目と測定器

測定項目	測定器
皮膚含水率	Corneometer (CM825)
経皮水分損失量	Tewameter (TM Hex)
皮膚温度	T 型熱電対
気流風速	CLIMOMASTER (Model 6501)
室内温度	T 型熱電対, 温湿度センサ(2119A)
室内相対湿度	温湿度センサ(2119A), 温湿度変換器(THT-B121)

を1回の実験で実施した。各 Case の前には 20 分間の実験条件を調整または変更するための時間を設けた。その調整・変更の直後に 1 回測定を行い、さらに 10 分間の環境順応後に 5 分間隔で 4 回測定を行った。また、皮膚含水率変化の履歴現象を考慮し、Case を昇順に変化させる Session 1 と降順に変化させる Session 2 を実施した。なお、各被験者の実験前の曝露環境の違いを排除するため、Session 開始前に 5 分間の踏み台昇降運動と、洗顔用石鹸を用いた測定部の洗浄を被験者に行わせた。

実験 1 の測定状況を図 4 に示す。測定部の気流速度と皮膚温度を調節するために、図のような送風装置とペルチェ素子を用いた。実験 2 と実験 3 の測定状況を図 5 に示す。ペルチェ素子を測定部から 10 cm 離れた位置に固定し、皮膚温度を調節した。

本実験は、東北大学大学院工学研究科 人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認 (21A-5) を得て実施した。

3 実験結果

実験 1 の結果を図 6 に示す。図中の値は、各 Case で測定された環境順応後 4 回の測定値の平均であり、エラーバーは被験者間の測定値の標準偏差を表している。この図から分かるように、風速による皮膚含水率の測定値の差異はみられなかった。これは、皮膚表面の対流による湿気伝達抵抗が角層中の水分移動抵抗 (湿気抵抗) に比べて十分小さいことが原因だと考えられる。

実験 2 の結果を図 7, 8 に示す。実験 2A の結果より、皮膚温度が上昇するほど皮膚含水率と経皮水分損失量が有意に上昇することが確認された。また、実験 2B の結果より、水蒸気分圧が上昇するほど皮膚含水率が有意に上昇し、経皮水分損失量が有意に低下することが確認された。これらの結果は、我々の過去の実験結果と一致する。

実験 3 の結果を図 9 に示す。この図から分かるように、夏から冬にかけて、皮膚含水率は有意に低下し、経皮水分損失量は有意に上昇することが確認された。この結果も、我々の過去の実験結果と一致している。

4 まとめ

より厳密に測定条件を統制した被験者実験を実施し、①皮膚含水率は夏から冬に向かって有意に低下し、経皮水分損失量が有意に上昇すること、②皮膚含水率は室内絶対湿度が高い条件ほど、室内温度が高い条件ほど有意に上昇することを改めて確認した。加えて、風速によって皮膚含水率が変化しないことも明らかになった。

【参考文献】

- 1) 我孫子 他：室内温湿度および季節変化が皮膚乾燥に及ぼす影響に関する被験者実験，日本建築学会大会学術梗概集，pp.39-40，2019

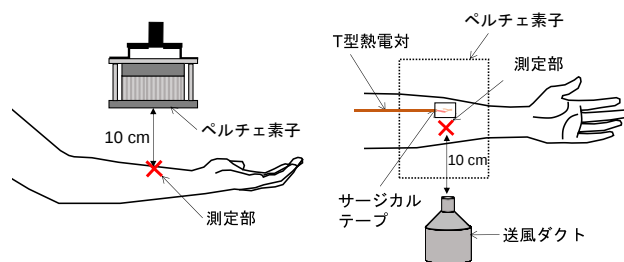


図 4 実験 1 の測定状況
(左：横から見た図，右：上から見た図)

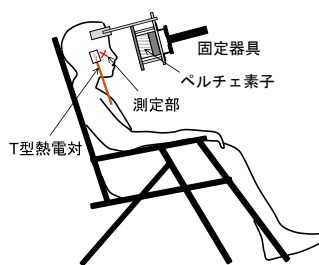


図 5 実験 2・3 の測定状況

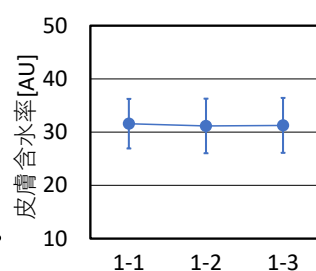


図 6 実験 1 の結果

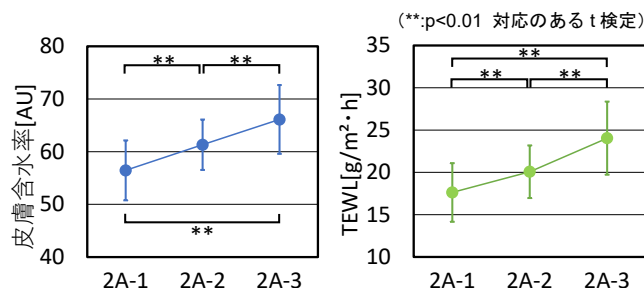


図 7 実験 2A の結果

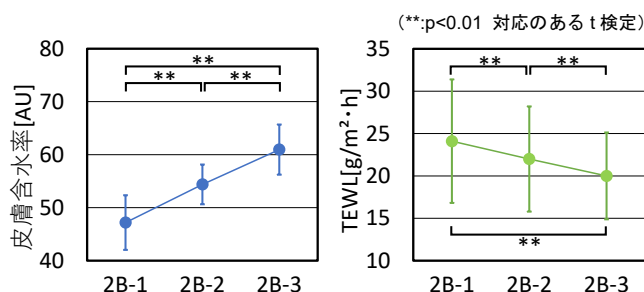


図 8 実験 2B の結果

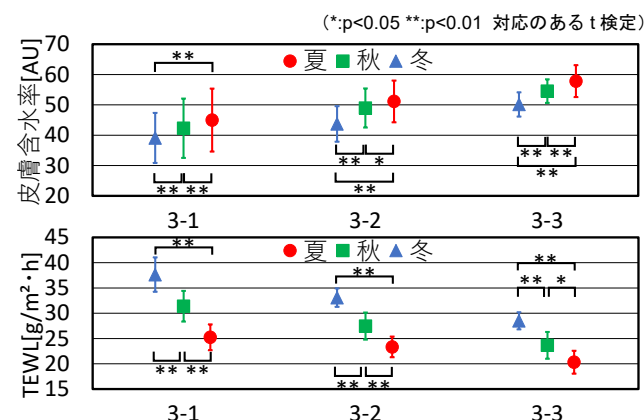


図 9 実験 3 の結果

*1 東北大学大学院工学研究科 大学院生

*2 株式会社大林組 (研究当時，東北大学大学院生)

*3 東北工業大学ライフデザイン学部 准教授・博 (工)

*4 東北大学大学院工学研究科 准教授・博 (工)

*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.

*2 Obayashi Corporation (Former Graduate Student, Tohoku Univ.), M.Eng.

*3 Assoc.Prof., Tohoku Institute of Tech., Dr.Eng.

*4 Assoc.Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr.Eng.