

昔ながらの工夫による効果的な暖房と省エネ効果について（報告）

1 はじめに

古くから普及しており、国内において最も親しまれている採暖器具の1つである炬燵や半纏について、その暖房効果を再評価する。今回は、エアコンを単独で使用する場合との比較により、炬燵や半纏を使用する場合の快適性や省エネ性を検証し、その結果を発信する。

【発信したい内容】

- ・半纏による厚着や炬燵を併用する場合の快適な条件とは？
- ・厚着のみによる快適性や省エネ効果
- ・厚着で炬燵を使用する場合の快適性や省エネ効果

2 事前検討

(1) 目的

- ・サーマルマネキン^{※1}を用いて、ヒトの人体各部位からの放熱量を模擬的に計測し、厚着や炬燵を使用する場合の放熱量が、エアコン単独で快適となる場合の放熱量より少なくなるエアコン設定温度や採暖器具の使用条件を把握する。

※1：サーマルマネキンとは、人体型のマネキン（図1）であり、マネキンの各部位の表面温度が一定となるように、内部の電熱線で放熱量を調整することで、ヒトの人体各部位の放熱量を模擬的に計測できる。本実験では、各部位の表面温度が33℃となるように調整した。



図1. サーマルマネキンの裸体（左図）とスウェット着用時（中央図）
および半纏で炬燵使用时（右図）の外観

(2) 実験方法

- ・ 実験ハウス内の広さ 19.1 畳の洋室 LDK にて、室内の温湿度が安定した状態でサーマルマネキンの各部位の放熱量が安定するまで測定した。試験条件を表 1 に示す。
- ・ 着衣は「半袖下着+短パン+スウェット上下+靴下」を基準（部屋着）とし、半纏を着用させた。
- ・ 使用したエアコン、採暖器具（半纏、炬燵）、カーペットの仕様は表 2 の通りである。

表 1. 試験条件

条件	内容	条件	内容
A	設定温度 23°C・炬燵無し	E	設定温度 19°C・半纏・炬燵 OFF
B	設定温度 23°C・半纏・炬燵無し	F	設定温度 19°C・半纏・炬燵弱中
C	設定温度 21°C・半纏・炬燵無し	G	設定温度 17°C・半纏・炬燵弱中
D	設定温度 21°C・半纏・炬燵 OFF	H	設定温度 17°C・半纏・炬燵中

表 2. 使用機器の主な仕様

使用機器	仕様
エアコン	型式:MSZ-FZV5621S-W、定格暖房能力:6.7 kW、定格消費電力:1.58 kW
炬燵	品番:GEX-F120H4N(DB)-FSET、寸法:80×120×41 cm、定格消費電力:510 W、掛布団材質:ポリエステル
半纏	サイズ:M-L、素材:ポリエステル
カーペット	寸法:190×190 cm、素材:ポリエステル

(3) 検討結果

- ・ エアコン単独で快適性が得られる条件（A）を基準とし、厚着や炬燵を使用した状態（B～H）における人体各部位からの放熱量を図 2 に示す。
- ・ 基準に対してすべての条件において放熱量が小さくなり、厚着や炬燵利用の効果が得られた。
- ・ A～C を見ると着衣により上半身の放熱量が抑えられ、半纏を羽織ることで放熱量が半分程度と分かる。
- ・ C,D を見ると炬燵を使用することで、電源を入れなくても下半身の放熱量を 26%程度抑えられることが分かる。
- ・ エアコンの設定温度ごと（A,B・C,D・E,F・G,H）に比較すると、室内空気に暴露されている頭部や手先は、エアコン設定温度を下げるほど放熱量が増加する。
- ・ 以上をまとめると、厚着をすることでエアコン設定温度を 23°Cから 21°Cに、炬燵を併用すれば最大 17°Cに抑えられることが期待できる。

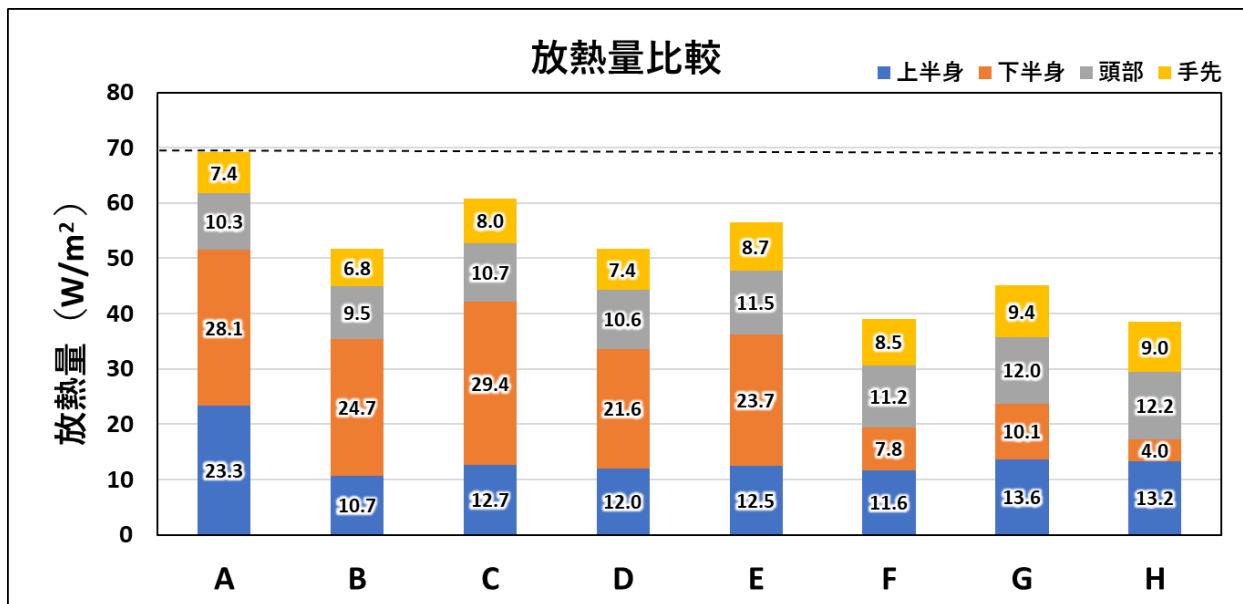


図2. 人体各部位の放熱量

3 本実験

(1) 半纏を羽織ることによる暖房効果について

ア 目的

- ・半纏を羽織りエアコンの設定温度を下げた際の、
 - ① 室内温熱環境（室内温度、PMV^{※2}、心理反応）
 - ② エアコンの消費電力量

を測定し、エアコンのみを運転した場合と快適性や省エネ性を比較する。

※2 PMV とは、快適さを表す指標の 1 つで、温熱環境に関する 6 要素（空気温度、放射温度、気流、湿度、着衣量、代謝量）から求めることができる。PMV は、-3 から +3 の数値によって表され、 ± 0.5 以内が快適な条件とされている。

イ 実験方法

- ・外気の温度条件を $7^{\circ}\text{C} \cdot 50\%RH$ とし、窓とドアを閉めた 19.1 畳の洋室 LDK でエアコンの設定温度 23°C および 21°C の条件のもと、図 3 のような配置で被験者試験を行った。
- ・被験者の着衣は「半袖下着+短パン+スウェット上下+靴下」を基準（部屋着）とし、6 畳の寝室で約 30 分間椅座安静ののちに洋室にて 20 分間投げ足座位をさせた。
- ・被験者試験は各条件 4 名とし、試験終了のたびに表 3 のアンケートを記入させた。

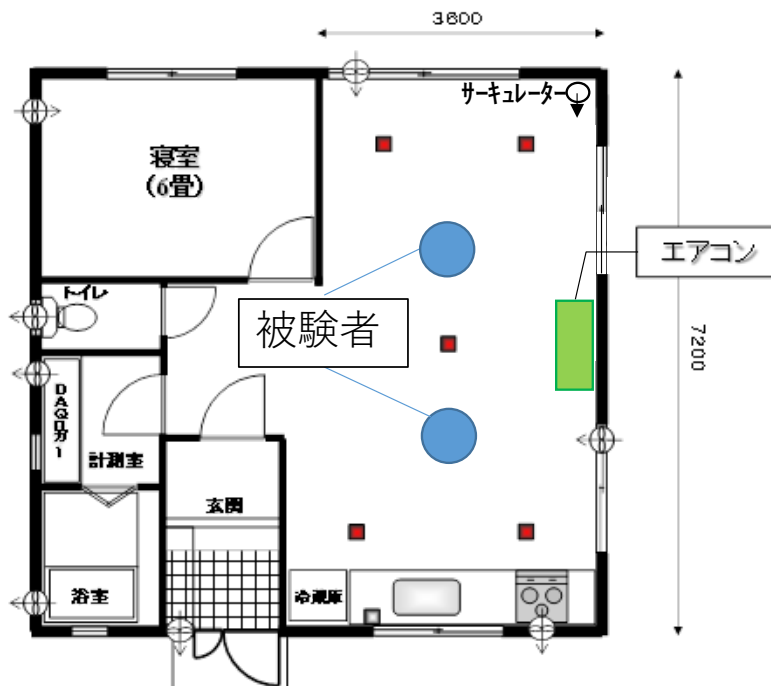


図 3. 被験者および炬燵、エアコンの配置図

表 3. 被験者試験におけるアンケートの書式

		-3	-2	-1	0	1	2	3
温冷感	全身	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い
	上半身	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い
	下半身	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い
	手先	寒い	涼しい	やや涼しい	どちらでもない	やや暖かい	暖かい	暑い
快適感		非常に不快	不快	やや不快	どちらでもない	やや快適	快適	非常に快適
満足感		非常に不満	不満	やや不満	どちらでもない	やや満足	満足	非常に満足
その他		気になる点がございましたら記載して下さい。						

ウ 実験結果

部屋着の場合と半纏を羽織った場合における被験者試験のアンケート結果を図 4 に示す。なお、アンケート結果は被験者 4 人の平均値でプロットしている。また、室温安定後のエアコンの消費電力量と各被験者試験における PMV の平均値を表 4 に示す。

- ・基準である A (部屋着) と比較すると、快適感、満足感とも約 0.5 ポイント低下するが、すべての条件で数値が 0 以上となり、快適側および満足側となった。また、PMV を見ても、すべての条件で±0.5 以内で快適な状態となった。
- ・A はエアコン単独で快適な条件であり、厚着により温冷感 (全身、上半身) が暑い側に上昇することで、快適感や満足感が低下したと推測される。
- ・一方で下半身や手先の温冷感には、大きな差は見られなかった。
- ・半纏を羽織ることでエアコン設定温度を 23℃から 21℃に抑えることが可能となり、1 時間あたりの消費電力量は 0.03kWh (8.3%) の削減となった。

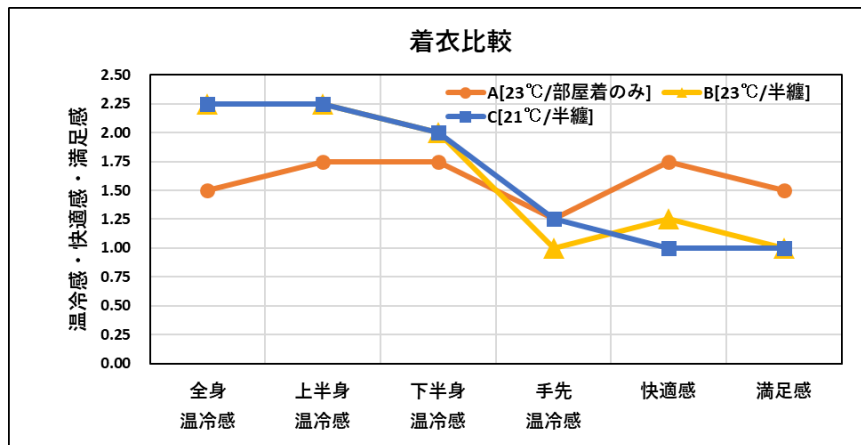


図 4. 被験者試験におけるアンケート結果

表 4. 各条件における 1 時間あたりのエアコンの消費電力量と PMV

条件	1 時間あたり消費電力量 (kWh)	PMV
A	0.36	-0.4
B	0.36	0.5
C	0.33	0.2

(2) 炬燵を使用することによる暖房効果および省エネ効果について

ア 目的

- ・炬燵を使用して下半身を採暖または保温する代わりにエアコンの設定温度を下げた際の

①室内温熱環境 (室内温度、心理反応)

②エアコンと炬燵の消費電力量

を測定し、エアコンのみを運転した場合と快適性や省エネ性を比較する。

イ 実験方法

- ・外気の温度条件を 7°C・50%RH とし、窓とドアを閉めた約 19 畳の洋室 LDK でエアコンの設定温度 21°C、19°C、17°C の条件のもと、図 3 のような配置で被験者試験を行った。
- ・被験者の着衣は「半袖下着+短パン+スウェット上下+靴下」を基準 (部屋着) とし、6 畳の寝室で約 30 分間椅座安静ののちに洋室にて 20 分間投げ足座位をさせた。
- ・被験者試験は各条件 4 名とし、試験のたびに表 3 のアンケートを記入させた。

ウ 実験結果

(ア) 炬燵の設定を OFF にしたときの暖房効果について (炬燵を下半身の保温として利用する場合)

半纏を羽織り、炬燵の設定を OFF (電源を入れない状態) にした場合の被験者試験のアンケート結果を図 5 に示す。また、室温安定後のエアコンの消費電力量と各被験者試験における PMV の平均値を表 5 に示す。

- ・基準である A (部屋着) と比較すると、快適感、満足感とも約 0.5~1.0 ポイント低下するが、すべての条件で数値が 0 以上となり、快適側および満足側となった。
- ・A はエアコン単独で快適な条件であり、厚着により温冷感 (全身、上半身、下半身) が暑い側に上昇することで、快適感や満足感が低下したと推測される。
- ・一方で手先の温冷感には、大きな差は見られなかった。
- ・また「C: 設定温度 21°C 半纏」と「D: 21°C 半纏 炬燵 OFF」を比較すると、後者の方が温冷感が 0.25 ポイント暑い側に上昇するため、炬燵による保温の効果が得られていると思われる。
- ・E (半纏を羽織り、炬燵 OFF でエアコンの設定温度を 4°C 下げること) で 1 時間あたりの消費電力量は、基準の A に比べて 0.08kWh (22.2%) の削減となった。

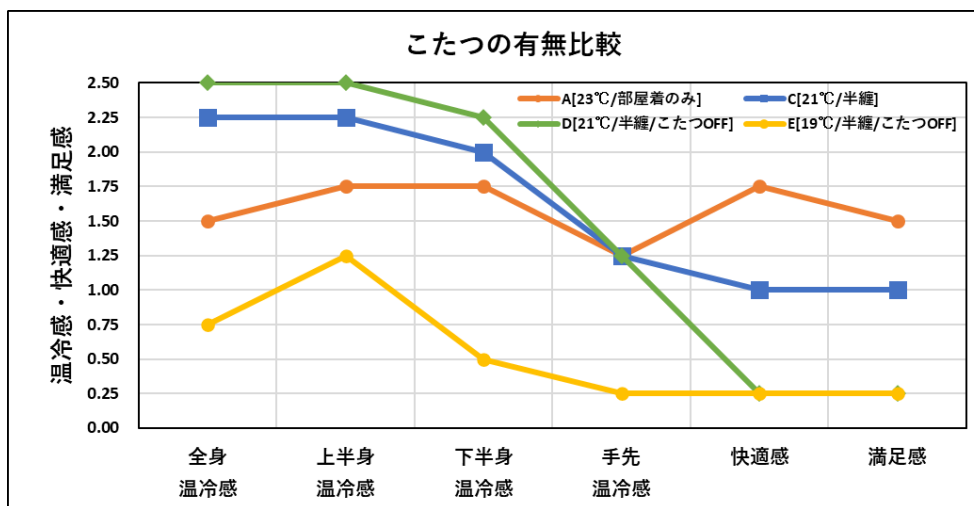


図 5. 被験者試験におけるアンケート結果

表 5. 各条件における 1 時間当たりの消費電力量と PMV

条件	1 時間あたり消費電力量 (kWh)	PMV
A	0.36	-0.4
C	0.33	0.1
D	0.33	0.5
E	0.28	0.3

(イ) 炬燵の設定を弱中および中にしたときの暖房効果について

半纏を羽織り、さらに炬燵の設定を弱中（調節つまみ 4 分の 1）と中（調節つまみ 2 分の 1）にした場合の被験者試験のアンケート結果を図 6 に示す。また、各被験者試験条件におけるエアコンの消費電力量を図 7 に示す。

- ・基準である A（部屋着）と比較すると、快適感、満足感とも約 0.5～1.0 ポイント低下するが、すべての条件で数値が 0 以上となり、快適側および満足側となった。
- ・H は下半身の温冷感が上半身より暑い側となり、上半身と下半身の温冷感の違いにより、快適感や満足感が低下したと推測される。
- ・設定温度 17°C では、手先の温冷感が 0 以下となり寒い側となった。
- ・F のように、設定温度 19°C で炬燵に電源を投入して採暖すると、消費電力量の総計は基準 A と同程度となるが、設定温度 17°C では、G（炬燵を弱中で採暖する場合）は 1 時間あたり 0.08kWh（22.2%）、H（炬燵を中で採暖する場合）は 1 時間あたり 0.03kWh（8.3%）の消費電力量の削減となった。

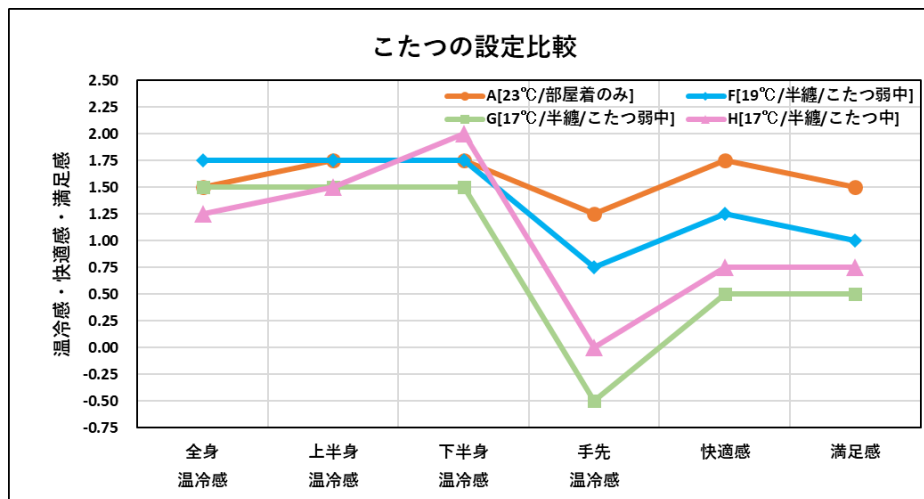


図 6. 被験者試験におけるアンケート結果

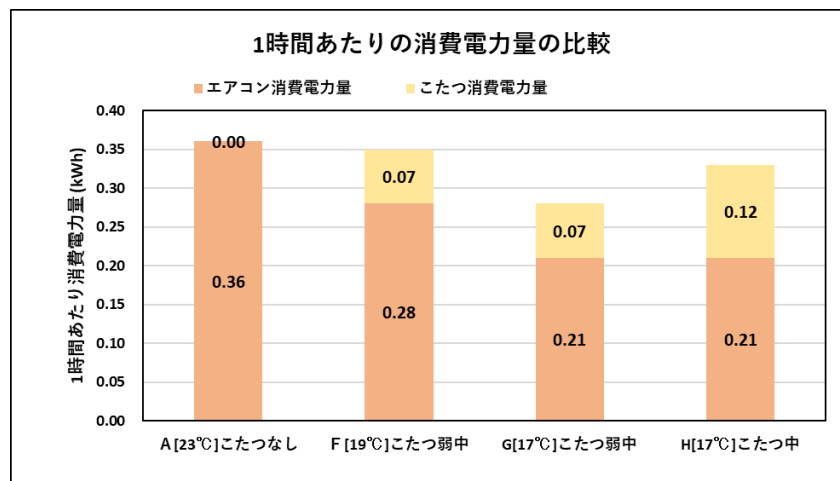


図 7. エアコンと炬燵それぞれの 1 時間当たりの消費電力量

4 まとめ

本実験では、19.1 畳の洋室 LDK にて、エアコンを単独で運転させた場合と、半纏による厚着および炬燵による採暖を併用した場合の快適性や省エネ性について以下の知見を得た。

(1) 厚着による暖房効果および省エネ効果について

- ・ 半纏を羽織ることで、エアコンの設定温度を 2°C 下げても快適となり、エアコンの消費電力量は 1 時間あたり約 0.03kWh (約 8.3%) の削減となる。

(2) 炬燵を使用することによる暖房効果および省エネ効果について

ア 炬燵の設定を OFF にした場合

- ・ 半纏を羽織り炬燵の設定を OFF にすると、炬燵無しに比べて温冷感が 0.25 ポイント暑い側に増加することから、炬燵の保温効果が表れていると推測される。
- ・ エアコンの設定温度を 4°C 下げても、快適となり、エアコンの消費電力量は 1 時間あたり約 0.08kWh (約 22.2%) の削減となる。

イ 炬燵の設定を弱中および中にした場合

- ・ 設定温度を 4°C 下げて炬燵の設定を弱中にした場合、消費電力はエアコン単独時と同程度であるが、設定温度を 6°C 下げて炬燵の設定を弱中にする事で、消費電力量の総計は 1 時間あたり約 0.08kWh（約 22.2%）の削減となる。

定量的な結果については、外気の温度や湿度、エアコンと炬燵の容量や性能、部屋の広さ等の条件で変わってくる。今回の結果は、当社実験設備の条件設定で試行した一例である。

また、部屋の温度を寒いと感じるまで下げた状態で炬燵を長時間使用すると、体を動かす機会も減り、活動量が落ちてしまうので、炬燵の依存にはご注意ください。

謝辞 本報告書の執筆にあたり、サーマルマネキンの計測や試験計画など、摂南大学 理工学部 建築学科 教授 宮本征一博士（工学）に感謝申し上げます。