

外出時に家庭用エアコンを運転・停止した場合の電力消費量に関する研究

成田 みのり 指導教員 赤林 伸一 教授

1 研究目的

一般に家電や照明等の小まめな停止は省エネルギーの手法として推奨されている^{文1)}。しかし、家庭用エアコンは運転開始時に相対的に多くの電力が消費されることや、成績係数 (COP) が暖冷房出力によって大きく変化することから、短時間での運転停止・稼働は連続運転と比較して積算された電力消費量が増加する可能性がある^{と指摘されている。}

本研究では居住者が外出する際にエアコンを停止させる場合 (間欠運転) と、停止させない場合 (連続運転) の電力消費シミュレーションを行う。家庭用エアコンの機器特性 (COP マトリクス) と実測した種々の条件での運転開始時の電力消費量から、エアコンの特性、外気温、住宅の断熱性能、停止時間を変化させた場合の積算電力消費量を算出し、エアコンの効果的な使用方法を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析概要: 表 1 に解析条件、表 2 に解析対象エアコンの概要、図 1 に解析対象住宅を示す。解析対象住宅は日本建築学会標準住宅モデルとし、LDK を対象とする。解析には熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS ver.15 を使用し、5 分間隔で解析を行う。連続運転しているエアコンと、1 日 1 回停止し再度運転するエアコンの積算電力消費量の比較を行う。停止時刻は午前 8 時とし、次の運転開始までの時間を 10 分後から 10 分刻みで 10 時間後まで設定する。消費電力を算出する際は、既往の研究^{文2)} で測定した COP マトリクスを参考に、表 2 に示す冷房定格出力が 2.8、4.0、6.3[kW] のエアコンを対象とし、最大 COP を 4、6、8 としてモデル化した COP マトリクスを作成する。

図 2 にモデル化した COP マトリクス^{※1)} を示す。マトリクス①及び②は定格出力の 0.4 倍 (暖房時)、0.6 倍 (冷房時) の時に最大 COP とする。マトリクス②は定格出力に対して暖房出力が 1.5 倍、冷房出力が 1.8 倍の時に 2 つ

目の COP のピークが生じるモデルとする。

2.2 実験概要: 既往の研究^{文2)} で作成した簡易カロリーメータを用いて、運転開始時に消費電力が定常状態となるまでの電力消費量の測定を行う。外気温、室内温度を変化させた場合の運転開始時の出力及び電力消費量を測定する。出力は家庭用エアコン COP 簡易測定法^{文3)} により測定する。

3 研究結果

3.1 実験結果: 図 3 に運転開始時のエアコンの電力消費量、表 3 に各外気温、室内温度における運転開始時の電力消費量を示す。消費電力は暖房はエアコン運転開始からおよそ 5 分後に約 1.5[kW]、冷房はおよそ 6 分後に約 1.0[kW] で定常状態となる。運転開始時の平均電力消費量は暖房は運転開始 5 分間で約 83[Wh]、冷房は運転開始 6 分間で約 22[Wh] となる。

3.2 解析結果: 図 4 に case2-1、case5-4 における室内温度、暖冷房負荷の計算結果を示す。case2-1 (暖房、外気温 -5[°C]) では室内温度は停止後 10 分で約 15[°C] まで急激に低下し、10 時間後には外気温と同様の約 -5[°C] となる。運転開始後は 5 分で能力範囲の最大値である出力 5.4[kW] に達し、約 6 時間後には連続運転時と同等の出力 3.5[kW] 程度で安定する。case5-4 (冷房、外気温 35[°C]) では室内温度は停止後 10 分で約 30[°C] まで上昇し、10 時間後に外気温と同様の約 35[°C] となる。運転開始後は 5 分で出力約 3.5[kW] に達するが、能力範囲の最大値である出力 5.0[kW] に達することはなく約 3 時間後に連続運転時と同等の出力約 1.0[kW] となる。

図 5 に case2、case5 (U_A 値: 1.2[W/(m²・K)]) においてエアコン A とした場合の停止時間別の日積算電力消費量^{※2)} を示す。暖房で外気温が -5[°C] の場合、停止時間 160 分を超えると連続運転 (停止

表 1 解析条件

解析条件	エアコン運転方法	U _A 値 [W/(m ² ・K)]	外気温 [°C]	解析条件	エアコン運転方法	U _A 値 [W/(m ² ・K)]	外気温 [°C]
case1-1	連続運転	0.6	-5	case4-1	連続運転	0.6	28
case1-2			0	case4-2			30
case1-3			5	case4-3			33
case1-4			10	case4-4			35
case1-5			15	case4-5			28
case2-1	暖房 (エアコン設定温度 20[°C])	1.2	-5	case5-1	冷房 (エアコン設定温度 27[°C])	1.2	30
case2-2			0	case5-2			33
case2-3			5	case5-3			35
case2-4			10	case5-4			28
case2-5			15	case5-5			30
case3-1	連続運転	3.6	-5	case6-1	連続運転	3.6	33
case3-2			0	case6-2			30
case3-3			5	case6-3			33
case3-4			10	case6-4			35
case3-5			15	case6-5			28

表 2 解析対象エアコンの概要

解析条件	エアコン運転方法	U _A 値 [W/(m ² ・K)]	外気温 [°C]	エアコンの COP マトリクス	冷房定格出力 [kW]	最大 COP
case1-1	連続運転	0.6	-5	エアコン A	2.8	4
case1-2			0	エアコン B	4.0	6
case1-3			5	エアコン C	6.3	8
case1-4			10	エアコン D	2.8	6
case1-5			15	エアコン E	4.0	8
case2-1	暖房 (エアコン設定温度 20[°C])	1.2	-5	エアコン F	6.3	6
case2-2			0	エアコン G	2.8	4
case2-3			5	エアコン H	4.0	6
case2-4			10	エアコン I	6.3	8
case2-5			15	エアコン J	2.8	6
case3-1	連続運転	3.6	-5	エアコン K	4.0	6
case3-2			0	エアコン L	6.3	8
case3-3			5	エアコン M	2.8	4
case3-4			10	エアコン N	4.0	6
case3-5			15	エアコン O	6.3	8

・U_A 値 0.6、1.2[W/(m²・K)] ではエアコンの冷房定格出力 2.8、4.0、6.3[kW] を対象に解析を行い、U_A 値 3.6[W/(m²・K)] ではエアコンの冷房定格出力 4.0、6.3[kW] を対象に解析を行う。
・換気回数は 0.5[回/h] とし、日射・内部発熱負荷は無視する。



図 1 解析対象住宅

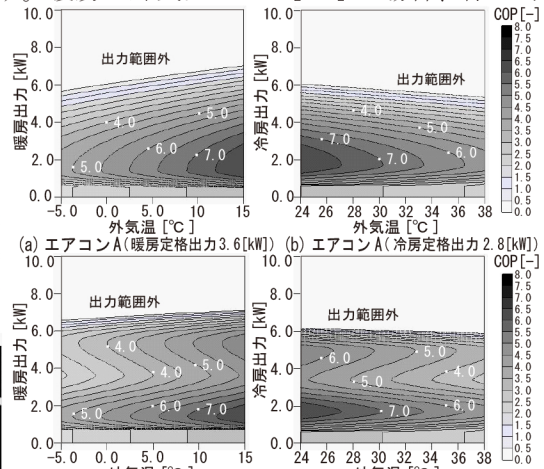


図 2 モデル化した COP マトリクス^{※1)} (最大 COP: 8 [-])

時間0分)と比較して日積算電力消費量は少なくなる。これは間欠運転では運転開始時に能力範囲の最大出力5.4[kW]に達し、COPが2.0程度となるのに加えて運転開始時の電力消費量が生じることに對し、連続運転では出力約3.4[kW]でCOPが4.0程度になり、日積算電力消費量が相対的に少なくなるためと考えられる。冷房ではどの外気温、停止時間でも間欠運転の日積算電力消費量が連続運転より増加する場合は見られない。これは間欠運転では運転開始時に出力約3.0[kW]でCOPが6.0程度となり、ON-OFF運転する連続運転時よりもCOPが高くなることに加え、運転開始時の電力消費量が暖房と比較し少ないことから、エアコンの再起動による日積算電力消費量の大幅な増加がないためと考えられる。

図6に日積算電力消費量が連続運転より多くなる停止時間を示す。冷房時ではどの外気温、断熱性能、どのエアコンでも間欠運転の方が電力消費量が少なくなる。外出

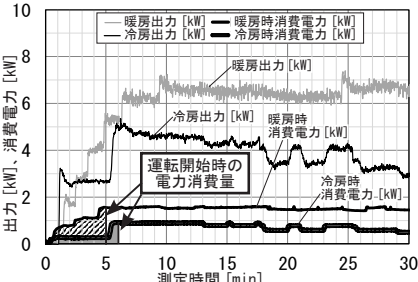


図3 運転開始時のエアコンの電力消費量 (暖房: 外気温0℃、室内温度0℃) (冷房: 外気温35℃、室内温度35℃)

表3 各外気温、室内温度における運転開始時の電力消費量 (単位: [Wh])

外気温 (℃)	室内温度(℃)			
	0	5	10	15
0	73.7	78.2	87.7	89.5
5	-	79.4	78.4	89.5
10	-	-	87.9	83.8
15	-	-	-	55.3

外気温 (℃)	室内温度(℃)			
	28	30	33	35
28	16.6	17.6	24.6	-
30	18.8	19.1	24.7	25.9
33	19.9	23.5	30.2	29.7
35	23.5	27.5	32.4	31.5

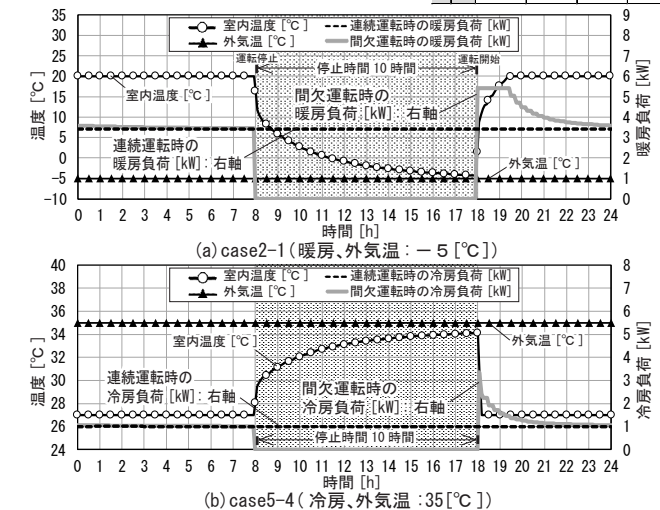


図4 case2-1、case5-4における室内温度、暖冷房負荷の計算結果 (U_a値: 1.2[W/(m²・K)]、エアコン停止時間: 10時間)

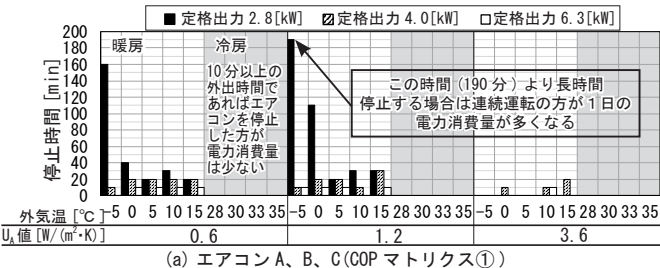


図6 日積算電力消費量が連続運転より多くなる停止時間 (定格出力: 2.8、4.0、6.3[kW]、最大COP: 8[-])

時にエアコンを10分以上停止すれば、連続運転より省エネルギーとなる可能性がある。暖房時は、外気温が低くなると間欠運転の運転再開時の熱負荷が大きくなり、連続運転より電力消費量が多くなるため、連続運転の方が電力消費量が少なくなる最大のエアコン停止時間が長くなる傾向がある。断熱性能を変化させると、断熱性能が高い場合では間欠運転の運転再開時の熱負荷が比較的少なく、電力消費量が少なくなるが、相対的に運転開始時の電力消費量の影響が大きくなるため、断熱性能の向上によって単純に最大停止時間は増加しない。暖房時では、外気温、住宅の断熱性能、定格出力、COPマトリクスの形態によって最大停止時間は約10分～280分と大きく変化し、外出時のエアコン停止は必ずしも省エネルギーとならない可能性があるが、実際に居住者が条件に応じて最適な運転方法を選択することは困難であると考えられる。

4 まとめ

- ①運転開始時のエアコンの電力消費量は室内温度、外気温による差は少なく、暖房時は平均83[Wh]、冷房時は平均22[Wh]程度となる。
- ②冷房時に10分以上外出する場合、エアコンを連続運転するより、停止した方が電力消費量は少なくなる。
- ③暖房時では外出時のエアコン停止は電力消費量の削減にならない場合が多いが、実際に居住者が最適な運転方法を選択することは困難であると考えられる。

注釈
※1 COPマトリクスのモデル化は既往の実験結果をもとに作成する。なお外気温によるCOPの変化は、外気温15℃(暖房)及び24℃(冷房)の最大COPに対して2[%/℃]としている。また定格出力の2割以下では、最大COPの0.5倍でON-OFF運転するものとしている。
※2 間欠運転時の電力消費量は、暖冷房負荷と外気温、COPマトリクスから算出した電力消費量に実験で測定した運転開始時の電力消費量を加算して算出する。

参考文献
文1) 経済産業省資源エネルギー庁「家庭の省エネ徹底ガイド」、2017年
文2) 文「家庭用エアコンを対象とした実使用時のCOPに着目した最適運転方法に関する研究」新潟大学大学院自然科学研究科環境科学専攻社会基盤・建築コース(建築系)博士論文、2017年
文3) 赤林・坂口・佐藤・浅間「家庭用エアコンCOP簡易測定法の開発研究」日本建築学会技術報告集 第22号、2005年

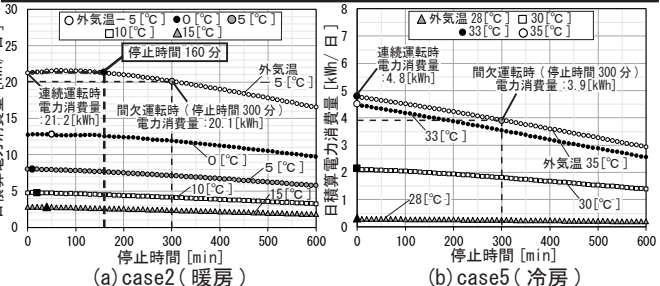
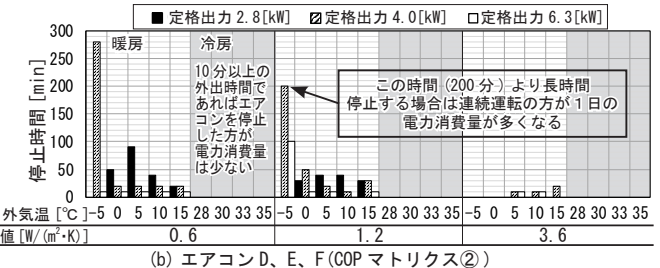


図5 case2、case5においてエアコンAとした場合の停止時間別の日積算電力消費量※2 (U_a値: 1.2[W/(m²・K)]、COPマトリクス①、最大COP: 8[-]) (冷房定格出力: 2.8[kW]、暖房定格出力: 3.6[kW])



(b) エアコンD、E、F(COPマトリクス②)