

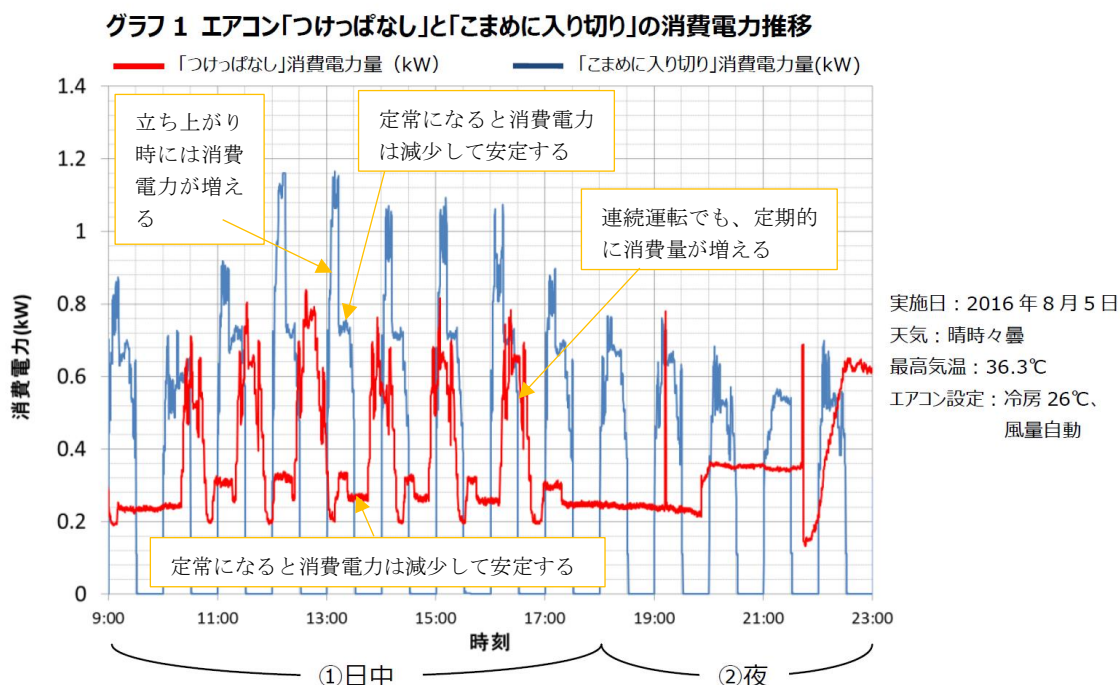
「エアコンは小まめに ON-OFF するよりつけっぱなしにしたほうが電気代が安い」というのが話題になっているようだ（私はごく最近まで知らなかった）。その話を聞いたときには「そりゃ、時と場合によるやろ」と思ったし、それがどう考えても正解なのだが、これはなかなか“いい問題”なので、考察してみたい。なお、私はエアコンをつくっている立場ではないので、正確なところはよくわからないということを事前にご了解いただきたい。ただ、おそらく私のほとんどの推察は合っていると思う。

エアコンの消費電力は「立ち上がり運転時（スイッチを入れたとき）と定常運転時」によって違う。立ち上がり時は「速く暖めたい（冷やしたい）」というニーズがあるから、メーカーもそれに対応して、立ち上がり時には大きな出力で運転するように設定しているのだろう。またその立ち上がり時において、設定温度と室温との差も影響する。これが大きいほど出力は大きくなるようにしているはずだ。

まずはイメージをつかんでもらうために、ダイキンが実際の電力消費量を実測したときのグラフを見てみる。なお、黄色で囲んだコメントは野池が書いたもの。

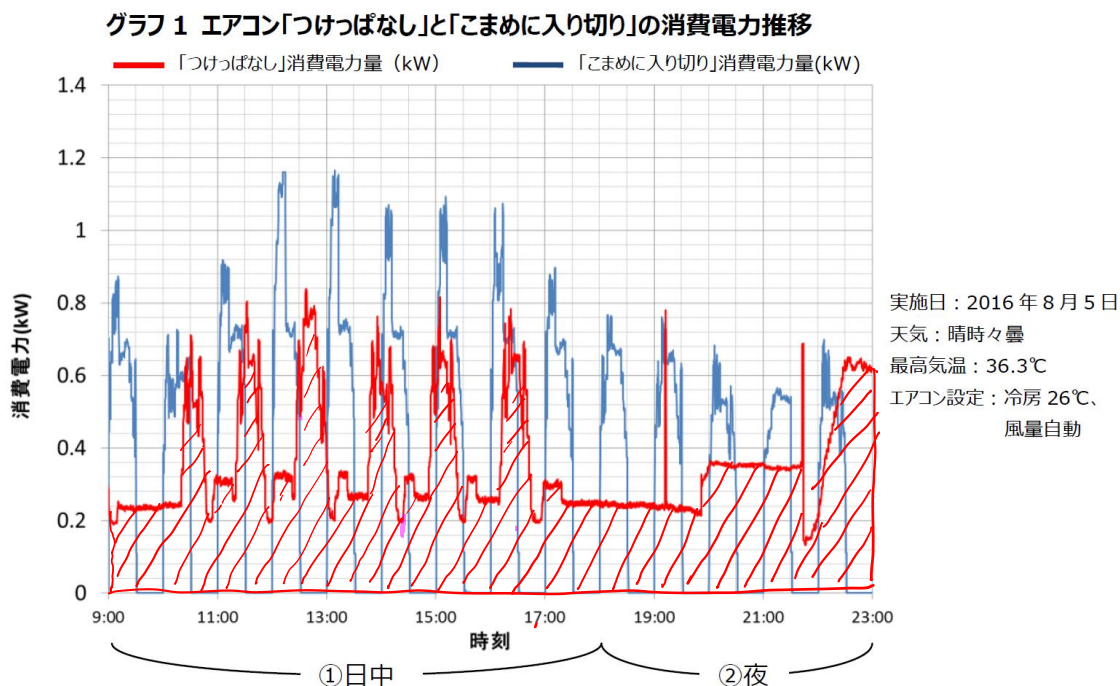
出典：ダイキンホームページ

http://www.daikin.co.jp/press/2016/160812_2/press_20160812_2.pdf



ここで、この日の消費電力の合計は「それぞれのグラフと x 軸（横軸）とで囲まれた面積」になる。下には「つけっぱなし」の場合の消費量合計（面積）に斜線を書き入れた。どっちが消費電力が多くなるかは、

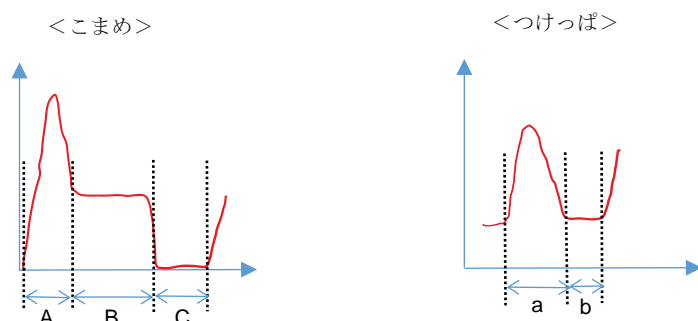
この面積を求めて比較すればいいわけだ。



前ページのグラフに添えたコメントも含め、単純に気が付くことを箇条書きにしてみよう。

- ①「こまめ」のほうは点け始めの15分間ほどで消費電力が多くなっている
- ②「つけっぱなし」のほうも定期的に30分間ほど消費電力が多くなっている（とくに日中）
- ③②よりも①のほうのピーク時の消費電力は多いが、②のほうの時間が長いので、結果的に①と②のどちらが多いかは判断しにくい
- ④定常状態になっているときの消費電力は「つけっぱなし」より「こまめ」のほうが多くなっている
- ⑤夕方以降は「つけっぱなし」のほうの消費電力のほうが多そう

こうしたことを頭に入れながら、もう少し細かく消費電力の様子をしてみる。



ここで、図のそれぞれの状態を次のように呼ぶことにする。

- A：立ち上がり、B：定常、C：運転なし
- a：加冷、b：定常

また、それぞれの状態での消費電力を A、B、C (=0)、a、b と表現する。

そうすると、「こまめ」のほうの 1 日の消費電力は、スイッチを入れる回数を n 回とすれば次のように書ける。

$$(A+B) \times n$$

また「つけっぱ」のほうは、1 日の加冷回数を m 回とすれば次のように書ける。

$$(a+b) \times m$$

ここで、「夕方以降」の消費電力は「こまめ<つけっぱ」となりそうだから、「日中」だけについて議論してみよう。ダイキンの実験結果に従えば次のことが言えそうだ。

①A と a とは同じくらい（どちらが多いかは判断できない）

②B > b

③m は 6 回程度

A=a と仮定すると、日中の消費電力の差は次のように書ける。

$$\{(A+B) \times n\} - \{(a+b) \times m\} = (A \times n - a \times 6) + (B \times n - b \times 6) = A(n-6) + (B \times n - b \times 6)$$

もし n < 6 なら、A(n-6) < 0 となる。

また、(B × n - b × 6) < 0 となるような n を考えれば (B > b なので、必ず n < 6 となる)、

$$\{(A+B) \times n\} - \{(a+b) \times m\} < 0$$

となって、「こまめ」のほうの消費電力は少なくなる。

つまり、条件によっては「こまめ」のほうの消費電力が少なくなる可能性があり、「エアコンはこまめに ON-OFF するよりつけっぱなしにしたほうが電気代が安い」という説はどんな条件でも成り立つとは言えないことが（ほぼ）わかる。

しかし、以上の議論はまだ厳密性に欠ける。

（ここから少しの間の解説はちょっとややこしいので、すっ飛ばしてもらってもいい）

さらに厳密に考えるために、次のような式を考えてみる。

$$A = p \times a$$

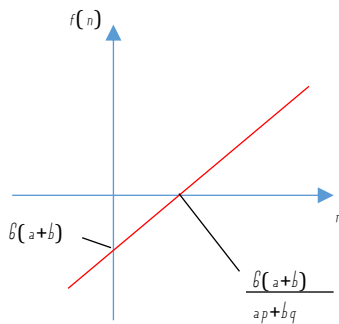
$$B = q \times b$$

つまり、p は「A は a の何倍か?」、q は「B は b の何倍か?」を示す係数だ。

そうすると、先ほどの“差”を考えた式は次のようになる。

$$\begin{aligned} \{(A+B) \times n\} - \{(a+b) \times m\} &= (A \times n - a \times 6) + (B \times n - b \times 6) = (p \times a \times n - 6a) + (q \times b \times n - 6b) \\ &= a(pn - 6) + b(qn - 6) = (ap + bq)n - 6(a+b) \end{aligned}$$

ここで、ap + bq > 0、6(a+b) > 0 なので、消費電力の差を n の 1 次関数として f(n) とすると、このグラフの傾きは必ず正であり、切片は必ず負となり、次のように書ける。



つまり、「こまめ」のほうが消費電力が小さくなる n は ($f(n) < 0$ となる n は)、

$$1 < n < 6(a+b)/(ap+bq)$$

という条件を満たす n ということになる。

ここで問題は $n < 1$ となる場合、つまり $6(a+b)/(ap+bq) < 1$ となる場合だ。もしこの条件になれば、 n は存在しなくなってしまう。

たとえば $a=200\text{kWh}$ 、 $b=150\text{kWh}$ 、 $p=2$ 、 $q=3$ として計算してみると、

$$6(a+b)/(ap+bq) = 6(200+150)/(400+450) = 2100/950 = 2.2$$

だから、相当に p や q が大きくなると、 $n < 1$ にはなりそうもない。ダイキンの実験結果では、 $p \doteq 1$ 、 $q \doteq 2$ くらいに見えるから、 $n < 1$ となるような場合（つまり n が存在しない場合）はまずあり得ないと結論づけてよいように思える。当然、 p や q が小さくなるほど、「こまめ」のほうが消費電力が少なくなる n の上限は大きくなる。またここまでは加冷回数を 6 回としたが、これが増えるほどに $n < 1$ となる可能性は低くなるのも当然のことだ。

さて「すっ飛ばした人」もここで読むのを再開してほしい。

以上の議論で「エアコンはこまめに ON-OFF するよりつけっぱなしにしたほうが電気代が安いという説はどんな条件でも成り立つとは言えない」ということがわかった。

ここからは、「エアコン問題」を考えながら、熱移動の詳しい様子を理解するための勉強をしてみよう。

ここまで見たように、夏にエアコンをかけると、かけ始めには「冷熱」がたくさん必要になって消費電力が増える。このとき、センサが室温を計り、設定温度との差を機械が判断して「冷熱量」を決める。当然室温と設定温度との差が大きいほど冷熱量は増える。

その室温は「こまめ」の場合、「止めている時間」の部屋への日射侵入量によって大きく変化する。日射量が多く、窓周りの日除けが甘く、断熱性が低いほど（つまり実際的な日射遮蔽性能が低いほど）日射侵入量は増えて室温は上昇し、冷熱量（消費電力）は増える。逆の場合は、逆になる。

熱移動の話に戻ろう。

冷熱が部屋の空気に混じると、室温は下がっていくが、壁などの表面温度のほうが室温より高い時間が

生じる。そうすると「壁→室内空気」という熱移動が起きる。ここで壁に蓄熱されていた熱量が多いほど「壁→室内空気」の熱移動時間が長くなる。そうなれば、設定温度に達する時間も長くなり、立ち上がりの冷熱量（消費電力）は増える。つまり、立ち上がりの冷熱量（消費電力）は「空気温度」だけではなく「蓄熱量」にも影響を受ける。

次に、一定に壁の蓄熱分が減った段階で（壁内部の温度が下がるから）、今度は「外→壁」という熱移動が起きてくる。エアコンは動き続けていて、一定の時間が経過すれば（蓄熱分がある程度室内に出てしまえば）「除熱量＝残りの蓄熱が少しずつ出てくる分＋外→壁→室内と移動する熱量」となって、ほぼ定常状態になる。「外→壁→室内の熱移動」の速さは壁の断熱性能にほぼ比例する。つまり、定常状態では断熱性が除熱量（消費電力）を大きく決める。

ここで、「こまめ」のほうの定常状態（A）と「つけっぱ」のほうの定常状態（a）との関係が「 $A > a$ 」となっているのはなぜか？

それは「こまめ」のほうが「残りの蓄熱が少しずつ出てくる分」が大きいからだ（まだ十分に壁の中が冷えてないからだ）。「こまめ」のほうの定常状態が長く続けば、「つけっぱ」の定常状態の消費電力に近づいていく。

またもちろん日射侵入量も関係する。これが大きいと定常状態での消費電力は増える。ただ、「こまめ」も「つけっぱ」も同じ条件であれば、どちらの場合も定常状態での消費電力は増えるので、「どっちが消費電力が少ないか？」という問題には大きな影響を与えないだろう。

「つけっぱ」のほうの“加冷”についても触れておこう。この加冷の頻度は日射量と断熱や暮らし方も含めた日射遮蔽性能に影響を受ける（おそらく加冷時の消費電力はあまり影響を受けない）。日射量が少ないときや日射遮蔽性能が高い場合は、加冷の頻度が小さくなって、「つけっぱ」の消費電力は小さくなる方向に向かう。もちろん逆の場合は逆になる。日射量や日射遮蔽性能は「こまめ」の場合の止めている時間の室温上昇を決めること（立ち上がりの消費電力を決めること）はすでに述べたが、「つけっぱ」の場合は加冷の頻度を決めるという理解が正しいだろう。日射量や日射遮蔽性能が同じ条件の場合、どちらに影響が大きく出るかはわからない。

まだ議論する要素がある。それはエアコンの動作特性だ。エアコンの大きさや古さによって動作特性は変わるはずだから、「こまめ vs つけっぱ」の結果にも影響を与える。あくまでたとえばだが、「古いエアコンは立ち上がり時の消費電力がとくに大きくなる」というような特性があれば結果は変わってくる。このあたりは正確な実験をしてみないとわからない。

Twitter で「エアコンはこまめに ON-OFF するよりつけっぱなしにしたほうが電気代が安い」と言った人の部屋の蓄熱性、断熱性、日射量、エアコンの種類についての詳しい情報はないはずだ。またダイキンの実験レポートにもあまり詳しい情報は載っていない。そういう情報で「どっちがどうか？」を判断するのはかなり乱暴だ。

それから、今回は「冷房」について考えたが、「暖房」も同じような結果になるとは限らない。エアコンの動作特性も熱移動の様子も異なるからだ。

結論（のようなもの）を最後に書いておこう。

- ①通常の生活をしている人であれば（めちゃくちゃ頻繁に on-off をしない人であれば）、「こまめ」のほうが消費電力は少ないと言ってよいだろう。
- ②日射量、日射遮蔽性能（断熱含む）、蓄熱性能、エアコンの種類によって、その違いの様子は変わる。その条件によっては「つけっぱ」のほうが消費電力が少なくなることもあり得るだろう。
- ③夕方以降は「こまめ」が正解らしい。
- ④あくまで以上は「冷房」に限った話であることに注意しよう。

【補足①：蓄熱性能と消費電力】

このエアコン問題では「蓄熱性能」が結構大きな要素になることがわかったので、そのあたりを理解するために「とても蓄熱性能が高い家」では「こまめ vs つけっぱ」がどうなりそうかを考えてみよう。

<「こまめ」の場合の様子>

エアコンを止めているときの日射侵入量が多いと、蓄熱量はとても大きくなる。だから立ち上がりの消費電力はとても大きくなる。定常になれば蓄熱の影響は小さくなるから（断熱のほうが影響が大きい）、勝負は「エアコンを止めているときの日射侵入量」となり、日射量、日射遮蔽性能、止めている時間の長さなどの要素がこれを決める。

エアコンを一定に動かして壁など（以下「壁」と表現）が十分に冷やされると、エアコンを止めていても室内空気の熱が壁に移動することで室温上昇が大きくなり、次にエアコンをかけ始めたとき（立ち上がり）の消費電力は小さくて済む。しかし「壁を冷やすために使われた消費電力」と「立ち上がりの消費電力が減った分」との関係がどうなるかによって、蓄熱性が有利に働くかどうかはわからない。常識的には「同じくらい」になりそうだから“損得なし”と考えるのが妥当だろう。

もし夜などに冷気を十分に導入して壁を冷やすことができれば、次の立ち上がり時の消費電力を小さくできるし、場合によっては2回目、3回目の立ち上がり時の消費電力も小さくできるかもしれない。

<「つけっぱ」の場合の様子>


ずっと壁は十分に冷やされた状態（壁に十分な蓄冷熱がある状態）が続くから、「外→壁」に熱が入ってきたとしても室温は上昇しにくく、加冷の頻度が小さくなるはずだ。ここで断熱性が高いと（窓の日除けも大事だけど）、さらに蓄熱効果による加冷頻度を小さくする効果が高まる。定常状態での消費電力は蓄熱性能にあまり影響されないし（蓄熱性が大きいことで消費電力が増えるという影響は小さい）、加冷時の消費電力は結構大きいから、この「加冷頻度」を小さくする効果はかなり大きな意味がありそうだ。

ということで、蓄熱性能の高い家で「こまめ」で行くなら「冷気導入」が最大のポイントになり、それをしない（できない）なら、「つけっぱ」のほうが消費電力が小さくなる可能性が高くなりそうだ（窓の日除けや断熱性能が高いことが条件）。

【補足②：消費電力の実際とカタログ値】

ダイキンが実験で使ったエアコン(うるるとさらら R シリーズ AN40TRP-W)のスペックを次に挙げる。

	畳数のめやす	能力 (kW)	消費電力(W)
暖房	11~14畳 (18~23㎡)	5.0 (0.5~12.2)	890 (75~3,730)
冷房	11~17畳 (18~28㎡)	4.0 (0.6~5.3)	790 (80~1,330)

(JIS C 9612 : 2013)	(JIS C 9612 : 2005)		
消費電力量 期間合計 (年間)	目標年度 2010年	省エネ基準達成率	通年エネルギー消費効率
1,051kWh		146%	7.2
	寸法規定 低温暖房能力※9.0kW ※低温暖房能力は外気温2℃時、パワフル設定時です。		

冷房定格消費電力は **790W** となっている。この数値は「こまめ」のほうの真昼の定常時の消費電力に近い。しかし「つけっぱ」のほうの定常時 (**300W**) の消費電力とはかなり差がある。ダイキンの実験の「こまめ」はかなり極端な想定なので、実際にエアコンを定常的にかけている状況では「つけっぱ」に近くなり、冷房定格消費電力よりもかなり少ない消費電力で動くことになる。講演などで「定格能力や定格消費電力はあまり参考にならない」とよく言っているが、この実験結果もそれを裏付けている。ましてや、このカタログ値は「無断熱に近い建物」での実測結果なので、断熱性が高い家だとさらに違った結果になる。

【補足③】

Twitter でどんなことが書かれていたか私は知らない。ただ、問題なのは「ひとつの結果や意見だけを信用してしまう人がとても多いこと」。そして「すぐにネット上で正確な反論記事が出ていないこと」も問題だと思う。本来は研究者が反論記事(解説記事)を書くべきだと思うが、こういう話題に乗ってくる研究者はとても少ない。そもそもこうした情報を入手することに積極的じゃなく、中途半端な記事を書くと同業から批判されるし、自分たちの仕事だと思っていないからだろう。まあそのへんを埋めるのが私の仕事なのだろうが、もっと研究者がこういう場所に登場してほしいと強く思う。誤解が社会に与える影響はすごく大きい。

『野池新聞』ではたびたび書いていたが、こうした話題に対して「結果に与える要素(パラメータ)」を想像する力がとても重要だと思う。今回の場合であれば「断熱性によって違うんじゃない?」「エアコンの種類で違って来るんじゃない?」というふうに考えられる力のことだ。もちろん一定の知識や理解は必要だけど、少し集中して考えればある程度の要素は出てくると思う。