



家庭用エアコンの省エネ性能と 冷媒の経年変化の調査

SCE・Net 鶴田邦弘

R-59

発行日

2019.02.02.

1. 序論

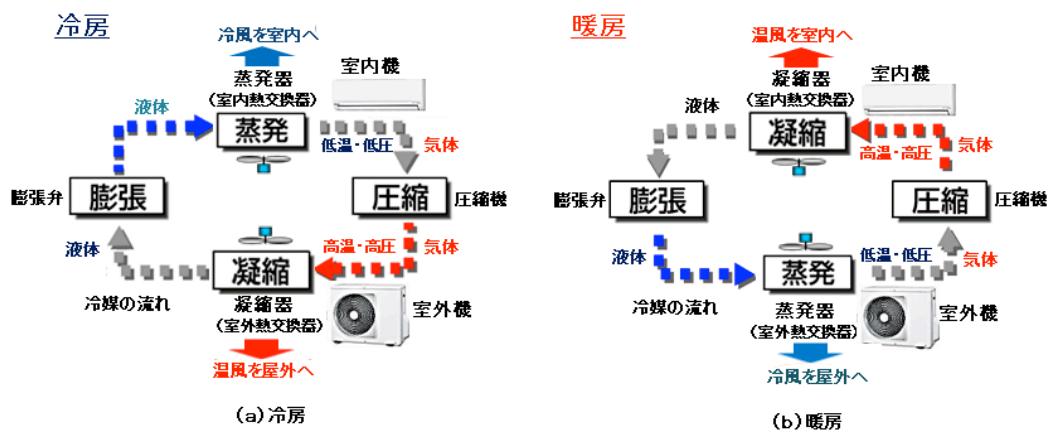
エアコンは、「air conditioner」の略称で、冷媒の熱移動で電気が持つ熱量の数倍の熱を生み出す化学機械であり、蒸し暑い夏や寒い冬に活躍する家電製品でもある。家庭用エアコンは、日本では最近では年間に約 900 万台販売され、数台保有する家庭が多い。「エアコンの電力使用量が家庭電化製品に占める割合は、資源エネルギー庁のデータによると 2009 年度は年間で 7.4% であり、平成 25 年度作成データでは夏の昼が 58% で冬の夕方 が 30%」と非常に大きい（出典は巻末資料の番号 1 と 2）。そのため、エアコンは消費電力の低減が年々図られてきた。また、使用する冷媒も環境に配慮してきた。

本報は、家庭用エアコンの省エネ性能と冷媒の経年変化を、文献やメーカーのカタログ・インターネットなどの公開資料を基にして調査した内容である。

2. エアコンの構成と原理

エアコンは、液体の冷媒が蒸発して気体になる時に蒸発熱で周囲から熱を奪う（冷却）性質と、気体の冷媒が液化して液体になる時に凝縮熱で周囲に熱を放出する（加熱）性質、を利用して温度を調節する空調装置である。その構成は、広く公開されており公開情報を参考にして、構成と冷媒流れの模式図を作画した。

第 1 図は、エアコンの構成と冷媒流れであり、圧縮機、凝縮器（熱交換器）、膨張弁、蒸発器（熱交換器）を、冷房と暖房の用途に応じて冷媒は流れる。



第 1 図. エアコンの構成と冷媒流れ

冷房の場合、低温低圧の気体の冷媒は、圧縮機で圧縮されて高温高圧の気体になり、凝縮器（室外熱交換器）で放熱（併設した送風ファンで室外に温風を送風）して中温中高压の液体に変化し、膨張弁で減圧されて低温中圧の液体になる。この液体冷媒は、室内機へ流

れて蒸発器（室内機交換器）で蒸発しその気化熱で室内の熱を奪い取って（併設した送風ファンで室内に冷風を送風して）低温低圧の気体に戻り、再び室外機の圧縮機に流入する。

暖房の場合、冷房サイクルの逆方向の冷媒流れとなる。低温低圧の気体冷媒は、圧縮機で圧縮されて高温高圧の気体になって室内機へ流れる。暖かい冷媒は、凝縮器（室内熱交換器）で熱を室内に放熱（併設したファンで室内に温風を送風）して中温中高圧の液体に変化し、室外機へ戻って膨張弁で減圧されて低温中圧の液体になる。この液体冷媒は、蒸発器（室外交換器）で蒸発しその気化熱で大気中の熱を奪い取って（併設した送風ファンで室外に冷風を送風して）低温低圧の気体に戻り、再び圧縮機に流入するサイクルを繰り返す。

3. 家庭用エアコンの業界としての取り組みと省エネ性能の評価方法

3. 1 家庭用エアコンの業界として取り組み

1952年に日本で初めて窓設置の冷房専用機が「クーラー」として発売され、1961年には補助ヒータ付き冷暖房機が初めて発売されエアコンに進化した。エアコンは、その後の技術開発により補助ヒータが廃止され年間を通じて使用できる空調製品として普及し始めた。しかしながら、当時のエアコンは、圧縮機が単純に ON/OFF の制御しかできないので、圧縮器はフルパワー運転あるいは停止状態という極端な運転しかできず、室温が設定温度に達した後も、室温を一定に保つことが難しかった。

1982年にはインバータを搭載したエアコンが、家庭用として初めて発売された。このエアコンは、インバータによって圧縮機に印加する電圧周波数を可変してモータの回転速度を自在に制御し、冷暖房能力を必要負荷に追随させるエアコンであり、これ以前のエアコンと比較して商品性が次の様に大きく向上した。(1)運転開始時の冷房・暖房能力が高まり、目標室温までの到達時間が大幅に短縮した。(2)室温が目標温度に近づくと、負荷に見合った必要能力に絞って運転ができるので、小電力・高効率で室温の変動の少ない空調が実現できた。(3)冬期や外気温度の低い時は高回転数で運転できるので、高暖房能力が発揮できこのことで利用地域が拡大した。その結果、この商品の誕生を境にして1980年代半ばになると、これまでの冷房専用のクーラーに代わって、“冷暖房”エアコンが市場の主流となりそのマーケットが急激に拡大した。

1995年を過ぎるとエアコンは、圧縮機とその制御手段、熱交換器や送風ファンを大幅に見直した新技術が開発されてCOPが大きく向上し、省エネが大きく推進した。これは、1999年4月から施行されるトップランナー方式採用の「改正省エネ法（エネルギーの使用の合理化に関する法律）」の基準をクリアーするためである。トップランナー方式は、製品の省エネ基準を、1999年時点の製品のうち「最も省エネ性能が優れている機器（トップランナー）」の性能（効率）以上に設定する内容である。

2000年8月には、お客様の省エネ商品への買い替えを促進するため、「省エネルギーラベリング制度」が導入された。この制度は、量販店や小売店などに対して製品の省エネルギー情報を製品に表示することを義務づける制度であり、省エネ性能を5段階の星で表わす多段階評価や年間の目安電気料金を組み合わせた「統一省エネラベル」の貼付の始まり

になった。エアコンは、これを受け「省エネルギーラベル」として JIS 規格「JIS C 9612 : 1999」に基づき、(1)期間消費電力量、(2)目標年度の 2004 年度に対する省エネ達成率、(3)COP の 3 点を、省エネ性能としてカタログに表示した。

省エネルギーラベリング制度は、省エネ性能の向上を促すための目標基準（トップランナー基準）を達成しているかどうかを、下記の観点で表示することで、製品を選ぶ際の省エネ性能の比較等に役立せるものである。(1)省エネ性マーク…トップランナー基準を達成した省エネ基準達成率 100%以上の製品にはグリーンのマークを表示し、未達成の 100%未満の製品にはオレンジ色のマークを表示する。(2)省エネ基準達成率…その製品がトップランナー制度の目標基準値を、どの程度達成しているかを%で示す。(3)エネルギー消費効率…エネルギー消費効率は、製品ごとに定められた測定方法によって得られた数値であり、製品によって表示語が異なる。エアコンは、効率を COP（法改正で 2006 年 9 月から APF に変更）で表わし、エネルギーの消費量を年間消費電力量で表わしている。(4) 目標年度…目標年度はトップランナー基準を達成すべき年度で、製品や区分ごとに設定される。

2005 年には、JIS のルームエアコンディショナの省エネルギー性能評価方法が、JIS 規格（JIS C 9612 : 2005）に改正され、より精度の高い省エネ性能が表示されるようになった。

2006 年 9 月には、「省エネ法(エネルギーの使用の合理化に関する法律)」が施行され、これまでの定格 COP 評価に代わり、より実態の消費効率に近いとされる通年エネルギー消費効率（APF）が、「JIS B8618」に基づき新たなトップランナーの評価基準となった。

2007 年度からは、2013 年 4 月に改正されるエアコンの省エネ性能評価方法「JIS C 9612 : 2013」の適用を考慮した製品が登場した。また、この法改正でカタログは、(1) 2013 年 4 月に改正された JIS 規格「JIS C 9612 : 2013」に基づく期間消費電力量、(2)目標年度である 2010 年度に対する省エネ達成率、(3) JIS 規格「JIS C 9612 : 2005」に基づく通年エネルギー消費効率（APF）、を表示するようになった。

3. 2 エアコンの省エネ性能の評価

エアコンの省エネ性能は、一般に COP で評価される。COP は、「冷暖房平均エネルギー消費効率」(Coefficient Of Performance、成績係数)の略称であり、使用した電力量の何倍の(暖房・冷房の)仕事ができるかの冷暖房能力に関する値である。例えば COP が 6 のエアコンは、1kW の電力量で 6 kW の冷房・暖房能力を産み出しており、このことは、大気から 5 kW の冷房・暖房能力を回収して 1kW の電力量に加算して合計で 6 kW の冷房・暖房能力を産み出すことを意味する。COP が高いエアコンほど、冷房・暖房を生み出す消費電力が小さく省エネである。

2006 年 9 月には APF が、COP に替わる省エネの基準値として採用された。APF は、「通年エネルギー消費効率」(Annual Performance Factor、略称：APF)で、「JIS C 9612」規格に基づく運転環境で 1 年間エアコンを運転した場合の運転効率を表し、1 年間で必要な冷房暖房能力(kWh)を 1 年間の消費電力量(kWh)で除した値として算出する。APF が高いエアコンほど、冷房・暖房を生み出す消費電力が小さく省エネである。

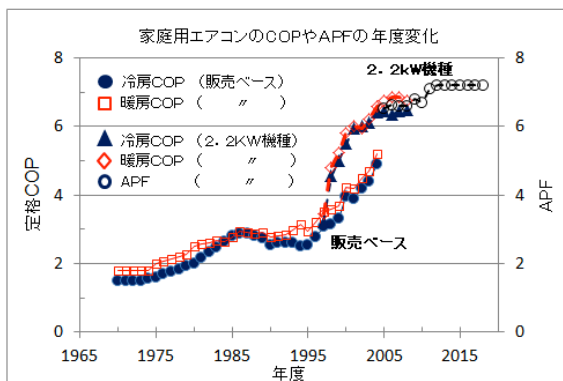
家庭用エアコンの消費電力量は、「JIS C 9612:1999」に基づき 1999 年頃から、期間消費電力量として表示されるようになった。現在使用されている期間消費電力量は、日本工業規格 (JIS) の「JIS C 9612 : 2013」規格に基づいて運転環境と運転条件を定め、その環境下でエアコンを運転した場合に 1 年間で消費した電力量である。その算出基準は、(1) 外気温度：東京がモデル、(2) 設定温度：冷房時 27°C / 暖房時 20°C、(3) 期間：冷房期間 (5 月 23 日～10 月 4 日)、暖房期間 (11 月 8 日～4 月 16 日)、(4) 時間：6 : 00～24 : 00 の 18 時間、(5) 住宅：JIS C9612 による平均的な木造住宅 (南向) (6) 部屋の広さ：機種に見合った部屋の広さ (冷房能力ランクで畳数を規定しており例えば、2.2kW は 6 畳、2.5～2.8kW は 10 畳、3.6～4.5 kW は 14 畳) である。

4. 家庭用エアコンの省エネ性能の経年変化

「エアコンの COP と APF さらに期間消費電力量」を、図書やインターネットから収集し、その値を年度ごとに纏めて解析した [出典は巻末資料の番号 3～8、これら資料を元に著者が手を加えて図や表を作成した]。1 事例で作成した図や表を以下に示す。

第 2 図は、COP や APF の年度変化である。COP は年々向上しているが 1995 年頃から急激に向上し、APF は 2018 年度の値が 7 を超えるレベルまで向上した。

第 3 図は、期間消費電力量の年度変化である。期間消費電力量は、14 畳で主に使用される冷房能力 4.0 kW エアコン、寝室やリビングルームなどの 10 畳で主に使用される冷房能力 2.8 kW エアコン、寝室や子供部屋などの 6 畳で主に使用される冷房能力 2.2 kW エアコンごとに各々の高級機種の値を年度別に纏めた。どの機種も期間消費電力量が、年々減少して大幅に省エネが図られており、2018 年の値は、約 25 年前 (1995～1991 年) の値と比較して約 1 / 3 に低減 (4.0kW 機種の場合) した。



1. ●○のCOPデータ(1970～2004年度の販売ベース)は下記資料より作成

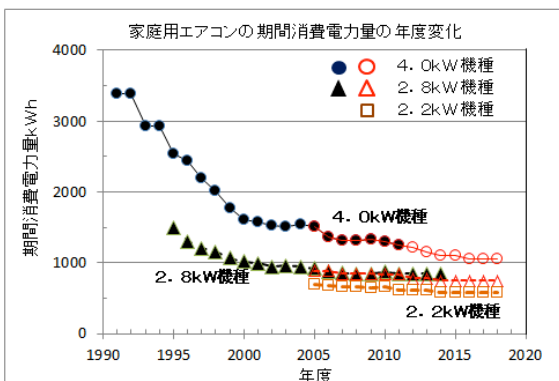
平成19年版環境・循環白書-環境省へようこそ！
www.env.go.jp/policy/hakusyo/h19/html/hj07010304.html
 に記載のインターネットデータ『出所: 勝手環境計画研究所調べ』
 出典: 環境省「省エネルギー家電ファクトリー」

2. ▲◇のCOPデータ(1997～2008年度の2.2kW機種)は下記資料より作成

書籍: トコトやさい ヒートポンプの本 (発行所: 日刊工業新聞社)
 58頁記載のデータ『図1 2.2kWルームエアコン最高COP値推移』
 ※『省エネルギーセンターホームページ「省エネ機器・省エネ性能カタログ」
 および(財)ヒートポンプ・蓄熱センターのデータより作成』の注釈あり

3. ○のAPFデータはメーカーのカタログ(2007～2018年度の高級タイプ)より

第 2 図 COP や APF の年度変化



1. ●のデータ(1991～2011年度4.0kW機種高級タイプ)は下記資料より作成

【そこが知りたい家電の新技术】古いエアコンを...-家電 Watch
[https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/newtech/...](https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/newtech/)
 に記載のインターネットデータ『14畳向けクラス(4.0kW)のダイキン製エアコン
 の期間消費電力量(冷房・暖房期間を合わせた消費電力量)の目安の変遷』

2. ▲のデータ(1995～2014年度2.8kW機種高級タイプ)は下記資料より作成

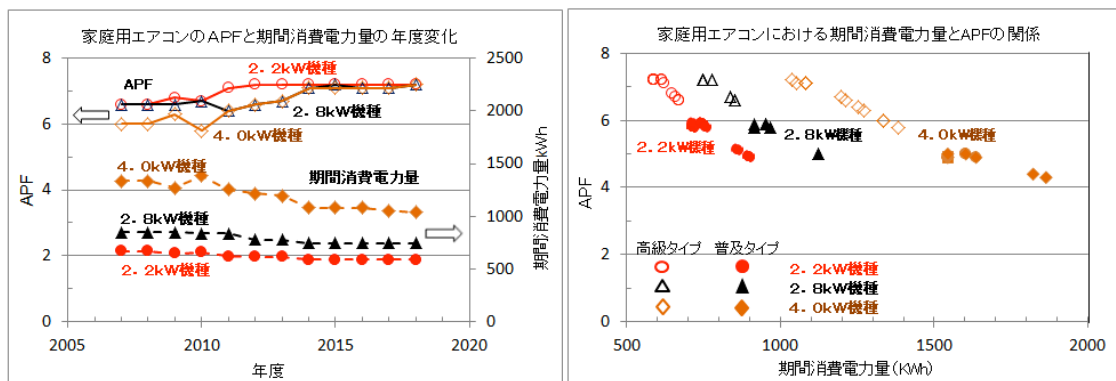
価格.com-エアコン・クーラーの電気代 | 電気料金比較
kakaku.com/energy/aircon/ に記載のインターネットデータ
 『出所:(社)日本冷凍空調工業会、資源エネルギー庁「省エネ性能カタログ
 2012年、2013年、2014年冬版」より作成』の注釈あり

3. ○△□のデータはメーカーのカタログ(2005～2018年度の高級タイプ)より

第 3 図 期間消費電力量の年度変化

第4図は、最近の各機種（高級タイプ）のAPFと期間消費電力量の年度変化である。どの機種も年々、APFは向上し期間消費電力量は減少している。

第5図は、期間消費電力量とAPFを機種ごとに高級タイプと普及タイプに分けて纏めたものである。いずれのタイプの機種も、期間消費電力量が小さくなるとAPFが大きくなっており、APFの値が大きいほどより省エネであった。また、高級タイプは、普及タイプと比較して期間消費電力量が小さいうえにAPFが大きく、省エネであった。これらの値は、2007年度から2018年度のエアコンについて調査した結果であり、各々の特性値の最右下が2007年度機種で、左上に向かって2008、2009、・・・と年代が増し、最左上が2018年度機種となる。いずれのタイプの機種も年々、期間消費電力量が減少してAPFが向上している。



メーカーのカタログデータ(2007～2018年度機種の高級タイプ)より
 ・図の上部記号3種類データは、APFのデータ
 ・図の下部記号3種類データは、期間消費電力量のデータ

メーカーのカタログデータ(2007～2018年度機種)より
 ・各記号の最右下が2007年度データで、左上に向かって年代が新しくなり、最左上が2018年度のデータ
 ・内部塗り記号が普及タイプで、内部非塗り記号が高級タイプ

第4図 APFと期間消費電力量の年度変化 第5図 期間消費電力量とAPFの関係

第1表は、2008年度と2018年度のAPFと期間消費電力量の値とその変化率の1事例である。2018年度の機種は、2008年度機種と比較していずれのタイプの機種も、APFは9～20%向上し、期間消費電力量は12～22%低減している。

第1表 2008年度と2018年度のAPFと期間消費電力量

機種	高級タイプ					
	APF			期間消費電力量(kWh)		
	2008年度	2018年度	変化率	2008年度	2018年度	変化率
2.2KW	6.6	7.2	9%	668	586	-12%
2.8KW	6.6	7.2	9%	850	746	-12%
4.0KW	6.0	7.2	20%	1336	1036	-22%

機種	普及タイプ					
	APF			期間消費電力量(kWh)		
	2008年度	2018年度	変化率	2008年度	2018年度	変化率
2.2KW	4.9	5.8	18%	900	717	-20%
2.8KW	5.0	5.8	16%	1122	913	-19%
4.0KW	4.4	4.9	11%	1822	1544	-15%

※変化率=[(2018年度値/2008年度値)-1]×100

5. 家庭用エアコンの冷媒の経年変化

冷媒として使用されるフルオロカーボンとは、日本ではフロンと呼ばれ化合物の構造により、CFC（クロロフルオロカーボン）、HCFC（ハイドロクロロフルオロカーボン）、HFC（ハイドロフルオロカーボン）などに区別される。CFCやHCFCは、オゾン層破壊をもたらすので、その使用を規制するモントリオール議定書が1987年に採択された。

日本は、議定書の採択を受け1988年に「オゾン層保護法」を制定し、オゾン層破壊係数や地球温暖化係数が高いCFC系冷媒及びHCFC系冷媒の生産および輸入の規制を行った。その結果、カーエアコンなどで使用されていたCFC系冷媒[R12]は、1995年末で生産中止となった。また、家庭用エアコンなどで使用されていたHCFC系冷媒[R22]は、オゾン層破壊作用が僅かに有るので順次削減となり、2015年には2010～2014年の年間生産枠に対し6割削減し、2020年には全廃の方針となった。

1998年1月から家庭用エアコンは、オゾン層破壊係数ゼロのHFC系冷媒[R410A]への代替を開始した。しかしながら、HFC系冷媒[R410A]は、オゾン層を破壊しないが地球温暖化係数がやや高いので温室効果があり、2012年11月から温室効果の少ない新しいHFC系冷媒[R32]への代替が始まった。その結果、現在は殆どの家庭用エアコンがHFC系冷媒[R32]を使用している。公開情報を参考して、冷媒の化学組成やそのオゾン層破壊係数・地球温暖化係数などを纏めて表にした。

第2表は、冷媒の化学組成とそのオゾン層破壊係数・地球温暖化係数などである。現在使用しているHFC系冷媒[R32]は、オゾン層破壊係数がゼロであるうえに、20年以前のHCFC系冷媒[R22]や6～20年前のHFC系冷媒[R410A]と比較して、地球温暖化係数が約1/3に低減し環境負荷が小さくなった。

第2表 冷媒の化学組成とそのオゾン層破壊係数・地球温暖化係数

冷媒名称	冷媒の構成	冷媒系	冷媒の化学組成	オゾン層破壊係数 (ODP)	地球温暖化係数 (GW)	燃焼性
R12	単体	CFC系	CF_2CL_2	1.0	10900	不燃
R22	単体	HCFC系	C_2HF_2CL	0.05	1810	不燃
R410A	混合(R32:R125=1:1)	HFC系	CH_2F_2/C_2HF_3	0	2090	不燃
R32	単体	HFC系	CH_2F_2	0	675	わずかに燃える

CFC …… クロロフルオロカーボン HCFC …… ハイドロ クロロフルオロ カーボン HFC …… ハイドロ フルオロ カーボン

6. 結論

家庭用エアコンの省エネ性能は年々向上しており、2018年度機種の間消費電力量は、一昔前の機種と比較して大きく低減している。例えば、COPは、1970年代前半は1.5～2、1990年代前半は2.5～3であったが、1995年頃から急激に向上して2000年代前半は4～6.5に向上した。また、APFは、2000年代後半は4～6.6だったが、2018年度は7を超えるレベルまで向上した。さらに、2018年度の間消費電力量は、約25年前の値と比較して約1/3に低減し(4.0kW機種の高級タイプ)、10年前の値と比較して概ね12～22%レベル低減した。これら省エネは、圧縮機関連の新技术開発に負うところが大きく、駆動用モータのインバータ制御、ブラシレスDCモータ、高効率な圧縮機、が次々と開発され

エアコンに搭載されてきた。また同時に、新しい構造・構成の熱交換機、新しい送風ファンも開発され省エネに貢献してきた

家庭用エアコンで現在使用しているHFC系冷媒[R32]は、オゾン層破壊係数がゼロであるうえに、20年以前のHCFC系冷媒[R22]や6～20年前のHFC系冷媒[R410A]と比較して、地球温暖化係数が約1/3に低減し環境負荷が小さくなった。

資 料

1) インターネットサイト 表題:家庭のエネルギー消費の実態 | 家庭向け省エネ関連情報 ...

出典URL:

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/actual/

経済産業省 資源エネルギー庁 (検索日:2018年11月7日)

2) インターネットサイト 表題:節電 | 家庭向け省エネ関連情報 | 省エネポータルサイト.

出典URL:

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/save/

経済産業省 資源エネルギー庁 (検索日:2018年11月7日)

3) インターネットサイト 表題:平成19年版 環境/循環白書 - 環境省へようこそ!

出典URL: www.env.go.jp/policy/hakusyo/h19/index.html

第4節 身近にある対策技術 高効率なエアコンディショナー (検索日:2018年11月8日)

4) 射場本 忠彦:トコトンやさしい ヒートポンプの本 発行社:日刊工業新聞社
(2010年7月発行)

5) インターネットサイト 表題:2007年モデル比較 >電気代:2007年ルームエアコン徹底比較 出典URL: <https://www.eakon.jp/model2007/annai/denkidai.html>

エアコンの2005～2017年度のカタログ (検索日:2018年11月18日)

6) インターネットサイト 表題:18年度モデル Xシリーズ | エアコン | Panasonic

出典URL: <https://panasonic.jp/aircon/products/18x.html>

パナソニックのエアコン(Xシリーズ)のカタログ (検索日:2018年11月17日)

7) インターネットサイト 表題:【そこが知りたい家電の新技术】古いエアコンを ... - 家電 Watch

出典URL: <https://kaden.watch.impress.co.jp/docs/column/newtech/466335.html>

作成者:藤山 哲人、作成日:2011年8月12日 (検索日:2018年11月10日)

8) インターネットサイト 表題:価格.com - エアコン・クーラーの電気代 | 電気料金比較、出典URL: <http://kakaku.com/energy/aircon/>

期間消費電力量の推移に関する日本冷凍空調学会のデータ (検索日:2018年11月12日)

以上