

エコキュート

～CO₂冷媒ヒートポンプ給湯システム～

特許審査第二部 審査調査室

永石 哲也

1. はじめに

エコキュート¹⁾とは、自然冷媒のCO₂(二酸化炭素)を冷媒(加熱媒体)としてヒートポンプを駆動させることで高温のお湯を得る家庭用給湯システムの愛称のことです(図1)。首都圏においては東京電力が、「空気の熱でお湯が沸く、次世代給湯システム『エコキュート』」とのキャッチフレーズで宣伝しており、また、各電力会社・給湯器メーカーも同じ愛称で宣伝していることから、「エコキュート」という言葉を耳にした方も多いのではないかと思います。

エコキュートは、2001年に発売されて以来年成長率130～150%と好調な売れ行きを見せており、今では26社から約450種類の製品が販売されています²⁾。ヒートポンプ・蓄熱センターが「CO₂冷媒ヒートポンプ給湯器(エコキュート)導入支援事業」³⁾を行っており、これが普及拡大の後押しをしています。また、「エコキュート」というネーミングによるイメージ戦略が功を奏しているともいえるでしょう。しかしながら、技術的に見ても好調な売れ行きがうなずける画期的な製品といえます。



図1 エコキュート外観(筆者宅)

1)「エコキュート」……関西電力の登録商標4575216号

2) 2004年9月末時点における導入支援事業の補助金の対象となる製品数、及び、その製品を販売しているメーカー数。

3)「CO₂冷媒ヒートポンプ給湯器(エコキュート)導入支援事業」……ヒートポンプ・蓄熱システムの普及啓発としての補助事業で、補助対象給湯器(いわゆる、エコキュート)と従来型給湯器との差額の1/2以内を補助する制度。平成15年度は2ヶ月余りで約41000台の申し込みがあり1年分の予算枠に達するほどの人気であった。平成16年度はさらに応募が殺到し、たった数日で予算枠に達しているようである。

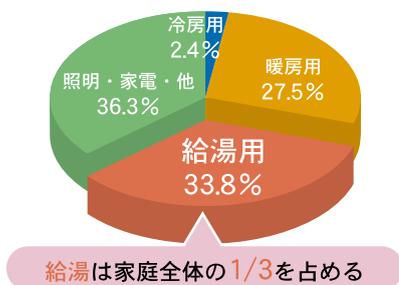


図2 家庭用エネルギーの消費量割合
(出典) 省エネルギーセンターホームページ

エコキュートによってもたらされる効果は、家庭用エネルギー消費量の1/3を占める給湯部門において大幅な省エネを可能にし(図2)、オゾン層破壊の抑制や温暖化ガス排出の抑制ができます。そして、平成13年度第12回省エネ大賞経済産業大臣賞をはじめ多くの省エネ・環境関連の賞を受賞しています。

本稿では、

- ・「エコ」というからには、環境にやさしいの？
- ・空気の熱でどうやってお湯を沸かすの？

といった疑問を技術的な視点から解説したいと思います。

2. 環境にやさしく安全な自然冷媒

流体が液体から気体に変化する現象を気化といいます。この際、気体に変化する流体は周囲から熱を奪います。よって、周囲の物体は熱を奪われるので、冷却されます。逆に、流体が気体から液体に変化する現象の凝縮のときは、液体へ変化する流体は周囲へ放熱します。よって、周囲の物体は熱を与えられるため、加熱されます。この際の気体や液体の流体のことを冷媒(加熱媒体)といいます。

冷媒の歴史を遡れば、20世紀初頭までは、自然界に存在する二酸化炭素、アンモニア、炭化水素類等が主な冷媒として利用されていましたが、1930年頃、米国でフロン⁴⁾が開発されたことを契機に、多くの製品でフロンが使用されるようになりました。ところが、1970年代からフロンがオゾン層を破壊する問題が指摘され、フロンは1987年のモントリオール議定書以降に使用削減へと向かっています。そして、フロンの代替物質としてオゾン層破壊係数(ODP)がゼロである代替フロン⁵⁾が登場しました。ただし、代替フロンも1997年の京都議定書において地球温暖化に影響を与える物質として指定され使用が制限されつつあります(図3)。

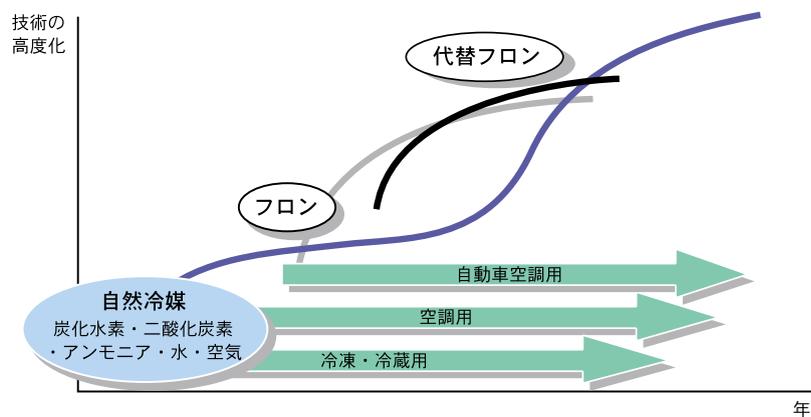


図3 冷媒の歴史

(出典) 平成14年度特許出願技術動向調査分析報告書「自然冷媒を用いた加熱冷却」

- 4) フロン……ここではモントリオール議定書にて削減の対象となっているクロロフルオロカーボン(CFC, 塩素・弗素・炭素からなる化合物の総称)や、ハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC, 塩素・弗素・水素を含有する炭化水素の総称)を指している
- 5) 代替フロン……フロンの代替として利用される冷媒のことで、ここではハイドロフルオロカーボン(HFC, 塩素を含まず、弗素・炭素・水素からなる化合物の総称)を指している。

自然冷媒とは、人工的に開発されたフロンや代替フロンと異なり、冷媒となり得る性質を持つ自然界に存在する化学物質のことで、具体例をあげれば、二酸化炭素、アンモニア、炭化水素類（イソブタン、プロパンなど）、水、空気などがあります。ただし、フロンは冷媒としての性能面で非常に優れた性質をもち、自然冷媒をフロンと比べると、自然冷媒は毒性、可燃性、効率などの点で劣る点が必要です。よって、一種類の自然冷媒が全ての用途に活用されるのではなく、用途に応じて使い分けられることになるでしょう（図4）。

エコキュートに使用されている冷媒の二酸化炭素の特性は、10MPa程度までコンプレッサで圧縮すると、超臨界の状態になることです。気体でも液体でもないこの状態の二酸化炭素は、水などの他の媒体に非常に熱を伝えやすい性質を持ちます。また、二酸化炭素は、オゾン層破壊係数（ODP）はゼロ、地球温暖化係数（GWP）は代替フロンの1/1500～1/1700と地球にやさしく、しかも無毒かつ可燃性のない安全な冷媒です。

3. 二つの環境問題

先に述べたように自然冷媒が着目された背景には、

オゾン層保護と地球温暖化防止の二つの環境問題があります。

ここでは、オゾン層保護と地球温暖化防止についてもう少し触れたいと思います。

(1) オゾン層保護

大気中に存在するオゾンの90%が成層圏に集まっており、オゾン層を形成しています。オゾン層は太陽光に含まれる紫外線の内、生物に有害なB領域紫外線（UV-B）の大部分を吸収しています。地上に到達するUV-Bが増加すると皮膚がんや白内障の増加、免疫抑制など人の健康への影響のみならず、動植物の生育にも影響をおよぼします。そのため、オゾン層の存在は人類はじめ地球生態系にとっても必要不可欠です。

オゾン層を破壊する物質は広範に利用されており、用途によっては大気中に放出することを防ぐことが不可能です。そこで、オゾン層を保護するためには、オゾン層破壊物質の生産、使用に対する国際的な規制が設けられることが好ましく、実際その方向に進んでいます。まず1985年に「オゾン層保護のためのウィーン条約」が採択され、1987年には削減スケジュール等の具体的な規制措置を定めた「オゾン層を破壊する物質のためのモントリオール議定書」が採択されました。その後の規制の内容は、改定によって、対象物質の拡大、対象国の拡大、削減スケジュールの前倒しなどが

図4 主な自然冷媒の特性

	長所	短所	用途
二酸化炭素	<ul style="list-style-type: none"> ・ 毒性、可燃性がなく安価 ・ 圧力損失が小さく、熱伝達が良い ・ 昇温機器に適している 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 冷房用途ではCOPが低い ・ 10Mpa程度の高圧になる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 給湯用ヒートポンプ ・ カーエアコン ・ 寒冷地暖房 ・ 自動販売機
アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> ・ COPがR22と同程度以上 ・ 熱伝達が良い ・ 蒸発潜熱が大きい 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 毒性、可燃性がある ・ 銅系材料が使えない ・ 除害設備が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低温用冷凍機 ・ 産業用、業務用チラー
プロパン イソブタン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 潤滑油として鉱物油が使える ・ COPとR22と同程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 可燃性がある ・ 冷蔵庫以外の安全規格がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 冷蔵庫 ・ 自動販売機
水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 毒性、可燃性がなく安価 ・ COPは高い ・ 真空運転のため資格不要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 圧縮機が大きい ・ 圧縮比が大きい ・ 設備コスト大 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 産業用チラー ・ 産業用製氷システム ・ VRC
空気	<ul style="list-style-type: none"> ・ 毒性、可燃性がなく安価 ・ 圧縮空気の利用 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低温領域以外ではCOPが低い 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 低温倉庫

（出典）平成14年度特許出願技術動向調査分析報告書「自然冷媒を用いた加熱冷却」（自然冷媒の最新動向について/2002.10.29/飛原英治/日本冷凍空調学会）より）

行われています。1995年12月にウィーンで開催されたモントリオール議定書第7回締約国会合では、クロロフルオロカーボン類の代替物質としてのハイドロクロロフルオロカーボン類の先進国における全廃時期を2030年から実質上2020年に前倒しすると同時に、その消費量の上限を一律に下げ、それまで明確でなかった発展途上国におけるCFCs等の規制スケジュール等についても明確化しました。また1997年にモントリオールで開催された第9回締約国会合では、先進国における臭化メチルの生産及び消費の全廃を2010年から2005年に前倒しすることを決定しました。さらに1999年に北京で開催された第11回締約国会合では、ハイドロクロロフルオロカーボン類の生産量規制を導入するなど規制の強化が図られています。

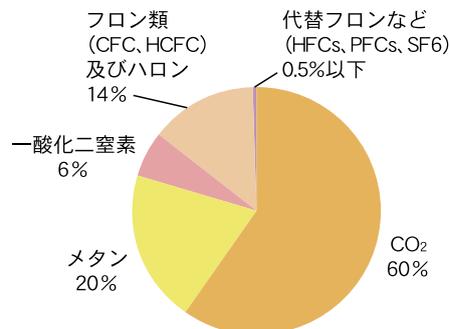


図5 温室効果ガスの地球温暖化への寄与度

(出典) IPCC第3次評価報告書第1作業部会資料

(2) 地球温暖化問題と温室効果ガス

地球表面はそこに降り注ぐ太陽光によって暖められますが、地球表面に大気が存在することによって急激な温度変化が緩和されています。特に大気中の二酸化炭素は、地球表面の平均気温を摂氏15℃程度に保つ重要な役割を果たしています。しかし大気中の二酸化炭素濃度が高まると地球表面の温暖化が進み、海面の上昇による陸地の減少や生態系のかく乱が引き起こされます。そのため、大気中の二酸化炭素濃度を一定に保つことが人類はじめ地球生態系にとっても必要不可欠です。ところが、産業革命以降、人為活動による二酸化炭素の排出量が急激に増加し、それに伴い大気中の二酸化炭素濃度が上昇し続けていることが明らかになっています。二酸化炭素濃度は、産業革命前の1750年の280ppmから1998年の365ppmへと31%も増加しています。

一方、温室効果ガスとして、二酸化炭素以外にメタンや亜酸化窒素、HFC（ハイドロフルオロカーボン）やPFC（パーフルオロカーボン）、六フッ化硫黄等があります。2001年に発表されたPCC（気候変動に関する政府間パネル）第3次評価報告書によると、温室効果ガス別の地球温暖化への寄与は、二酸化炭素60.1%、メタン19.8%、一酸化二窒素6.2%、オゾン層破壊物質でもあるフロン類（CFC、HCFC）とハロン13.5%、その他（HFC、PFC、六フッ化硫黄等）0.4%となっています（図5）。

温室効果ガスの中には、冷媒として利用されてきたフロン類が含まれていますが、さらに代替フロンも含まれています。代替フロンはオゾン層破壊を防止するために開発された画期的な冷媒でしたが、このように温室効果ガスであること踏まえると、地球温暖化防止の面から無制限に利用できる物質ではないということになります。

地球温暖化防止のためには、オゾン層保護と同様に、温室効果ガスの排出に対する国際的な規制が望まれますが、主な温室効果ガスである二酸化炭素は排出量の削減が経済活動に大きな影響を与えるため、各国の利権を背景に合意形成を得るのが難しい状況にあります。そこで、利権が複雑に絡む中、1997年の「地球温暖化防止京都会議（COP3）」では、2000年以降に先進国が排出する温室効果ガスの量や排出削減に対する様々な仕組みが検討され、「京都議定書」が採択されました。具体的には二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、HFC、PFC、六フッ化硫黄の6種類のガスを温室効果ガスとし、2008年から2012年までに1990年（HFC等は1995年）の排出量から先進国全体で少なくとも5%、中でも日本は6%、アメリカは7%、EUは8%削減することが合意されました。その後、2001年に開催されたCOP7において、京都議定書の運用ルールについて最終合意が行われました。

図6 エネルギー起源CO₂排出量

(百万t-CO ₂)	1990年度	2002年度 (1990年度比)	2002年度からの増減	2003年度速報値 (1990年度比)
合計	1,048	1,174 (+12.0%)	+0.8%	1,183 (+12.9%)
工場等	476	468 (-1.7%)	+1.7%	476 (-0.02%)
自動車・船舶等	217	261 (+20.4%)	-0.8%	259 (+19.5%)
オフィスビル等	144	197 (+36.7%)	+0.1%	197 (+36.9%)
家庭	129	166 (+28.8%)	+0.1%	166 (+28.9%)
発電所等	82.2	81.9 (-0.3%)	+3.9%	85.1 (+3.6%)

(出典) 環境省ホームページ

京都議定書の発効要件である「55カ国以上の批准、及び締結した附属書 国（先進国等）の1990年における二酸化炭素の排出量の合計が全附属書 国の1990年の二酸化炭素の総排出量の55%以上を占めること。」との要件を満たせず、長年未発効のままでしたが、2004年11月にロシアが批准したことを受けて、2005年2月16日に発効される運びとなりました。この発効によって、日本は2008～2012年には1990年（基準年）比で6%削減する目標達成が義務付けられます。しかも、2003年度の温室効果ガス総排出量は1990年比で8%増加していることから⁶⁾、目標達成に向けたさまざまな取り組みが急務となってきます。さらに、家庭からのCO₂排出量は、総排出量の13.3%を占めており、基準年比で28.9%も増加しています（図6）。なお、CO₂排出量の算出方法は、直接の排出量ではなく、発電や熱発生に伴うCO₂排出量を最終的に消費される場所で算出するので、消費電力が多いほどCO₂排出量が多くなります。

このような状況から、ともに家庭用エネルギー消費量の1/3ずつを占めており、家庭での消費電力が多い冷暖房部門や給湯部門で使用される機器は、より一層省エネが求められていくでしょう。そして、エコキュートのような家庭での消費電力を大幅に削減する機器は今後さらに注目されていくかもしれません。

4. ヒートポンプ - なぜ空気の熱でお湯が沸くのか -

ヒートポンプとは、その名のとおりに「熱（heat）を汲み上げるポンプ（pump）」です。前述した冷媒の吸熱・放熱反応を使って周囲の熱を汲み上げ、熱を移動させて別の周囲に熱を放出する装置のことで、家庭では冷蔵庫やエアコンで一般的に利用されています。冷蔵庫においては、庫内の空気から熱を奪い、奪った熱を冷蔵庫の背面の放熱板から放熱し、庫内の熱を庫外へ移動させることで、庫内の食品を冷やします。エアコンの冷房も同様に、室内の空気から熱を奪い、奪った熱を室外機から放熱し室内の熱を屋外へ移動させることで、室内を冷やします。また、暖房はその逆の仕組みで作動します。

その熱の移動の仕組みをエコキュートにも採用されている一般的な圧縮式ヒートポンプユニットで解説します。

一般的な圧縮式ヒートポンプユニットは、冷媒液体がガスに蒸発しながら吸熱熱交換する蒸発器（エバポレータ）、低圧の冷媒ガスを高温高压に圧縮する圧縮機（コンプレッサ）、高温高压の冷媒ガスが液体に凝縮しながら放熱熱交換する放熱器（コンデンサ）、そして凝

6) 2004年11月、中央環境審議会地球環境部会 第24回会合、資料2 環境省速報値より

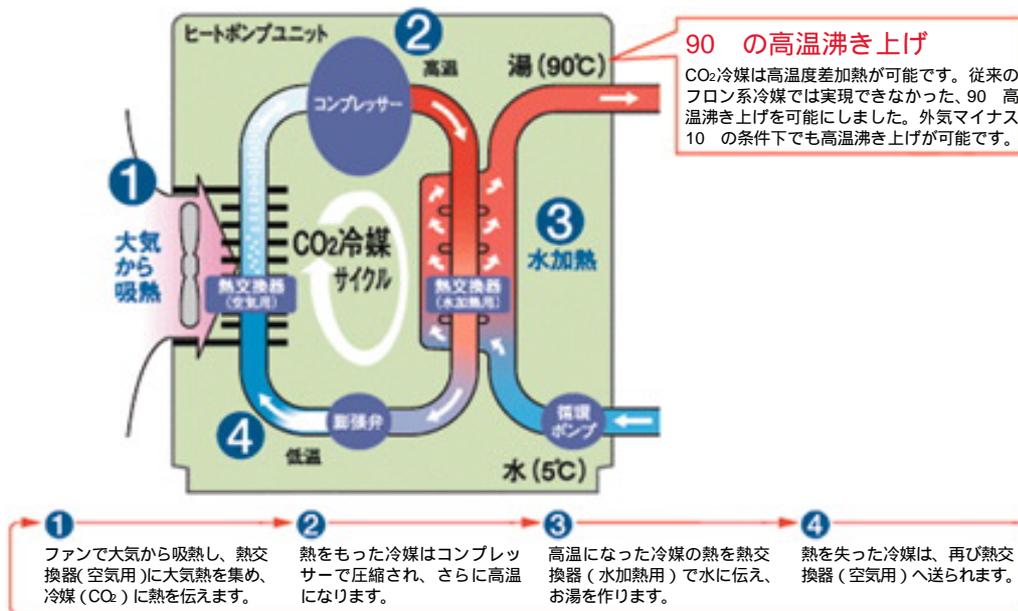


図7 ヒートポンプユニットの構成 (出典)東京電力ホームページ

縮器からの冷媒液体を急激に減圧しながら蒸発器に送る膨張弁の4つの主要部品要素から構成されます。

エコキュートに用いるヒートポンプユニットはその部品要素が、

- ・冷媒.....CO₂(二酸化炭素)
- ・蒸発器.....空気用熱交換器
- ・放熱器.....水加熱用熱交換器

で構成されます(図7)。

ヒートポンプユニットの仕組みとしては、

大気から吸熱し、空気用熱交換器に大気熱を集め、冷媒に熱を伝え、

熱をもった冷媒はコンプレッサーで圧縮され、さらに高温となり、

高温になった冷媒の熱を水加熱用熱交換器で水に伝えることで、お湯を作り、

熱を失った冷媒は、再び空気用熱交換器へ送られる

といったサイクルで、空気の熱を水を加熱するための熱として移動させています。

エコキュートは、この空気の熱で最高約90 の高温に水を加熱するヒートポンプユニットと、加熱された水を貯湯する貯湯ユニットから構成されています⁷⁾(図8)。

貯湯ユニットは従来から製品化されているヒータの熱で水を加熱したお湯をためておく貯湯式電気温水器の貯湯ユニットとほぼ同じです。

よって、エコキュートは、圧縮機を駆動させる電気エネルギーと大気から吸熱する大気熱との両エネルギーが、給湯のための熱エネルギーとして作用することから、成績係数COP⁸⁾が3以上の高い成績効率を上げることが可能となっています。従来のヒータでの電気温水器がCOP=1、化石燃料(ガス、石油など)の燃焼系給湯機がCOP=0.8

7) 正確には、2001年に開発・発売されて以来ほとんどのエコキュートで採用されている貯湯式給湯システムのことで、後に詳述する新たに開発された瞬間式給湯システムは構成を異にする。

8) 成績係数COPとは、与えたエネルギーに対して、どれくらいの仕事を行ったかで表される。ヒートポンプの場合、ヒートポンプの消費電力に対し、どれくらいの加熱または冷却能力を持っているかで算出される。

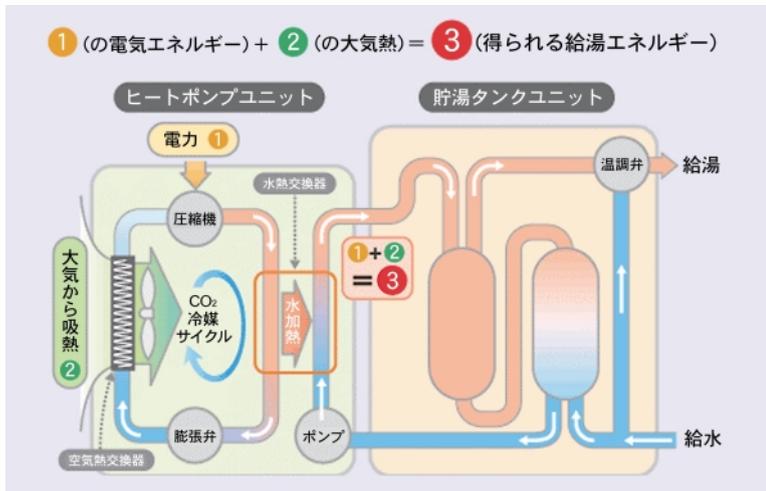


図8 エコキュートの構成 (出典) 東京電力ホームページ

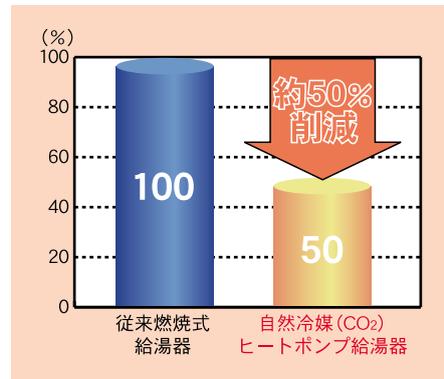


図9 環境安全性 (CO₂排出量)
(出典) 省エネルギーセンターホームページ

程度であることから、その違いは歴然としています。また、この給湯システムの高エネルギー効率化は、給湯に伴うCO₂排出を、従来の燃焼系給湯機の約半分に減少させることが可能です (図9)。

5. エコキュートの開発の歴史

CO₂冷媒の開発の歴史とエコキュートの開発の歴史を特許出願を中心に振り返ります。

CO₂冷媒にかかわる技術の日本における特許の出願件数は欧米を圧倒しており、製品化においても先行していますが、研究開発においてはノルウェーの研究機関であるシンテフエナジーが1980年後半から二酸化炭素の研究開発に着手し、現在でも研究開発の面では世界の中心的な役割を担っています。当時シンテフエナジーが二酸化炭素の用途として着目した製品は、カーエアコンやヒートポンプ、産業用冷凍機器でした。そして、1994年-1997年には、欧州共同体によるRACEプロジェクトへと発展し、欧州の自動車メーカー及び部品メーカーが参加しています。さらに、1996年にはヒートポンプ開発に向けたJULプロジェクトが行われています。このように二酸化炭素の研究開発は欧州が先行しています。出願件数及び製品化という視点でみると日本の独壇場の

ようにみえますが、基礎研究の分野でみると欧州が先行しています。

欧州が研究開発に先行している事実は、日本に出願された特許を出願系統図として分析した場合に明確に表れてきます (図10)。図中のシンベントASが、シンテフエナジーのことです。まず、二酸化炭素に関する圧縮技術をみてみると、シンテフエナジーが出願した特許が国内では最も古く出願されており、また特許として成立しています。2000年9月には、デンソーがこの特許の給湯器への適用についてのライセンスを取得しています。デンソーは二酸化炭素の研究開発と実用化の面でリーディングカンパニーであり、そのデンソーがシンテフエナジーの特許の価値を認めたという事実から、一般には、シンテフエナジーの保有する特許が二酸化炭素の冷凍サイクルにおける基本特許として認められつつあります。

二酸化炭素を用いた家庭用給湯器の開発は、1998年から、電力会社 (東京電力、中部電力、関西電力)、電力中央研究所、メーカー (デンソー、三洋電機、ダイキン工業) らによって行われ、2001年に製品化されています。

二酸化炭素をヒートポンプの冷媒として機能させるためには、従来より高圧に圧縮する必要があり、そのためのキーデバイスである小型コンプレッサは、デンソーが

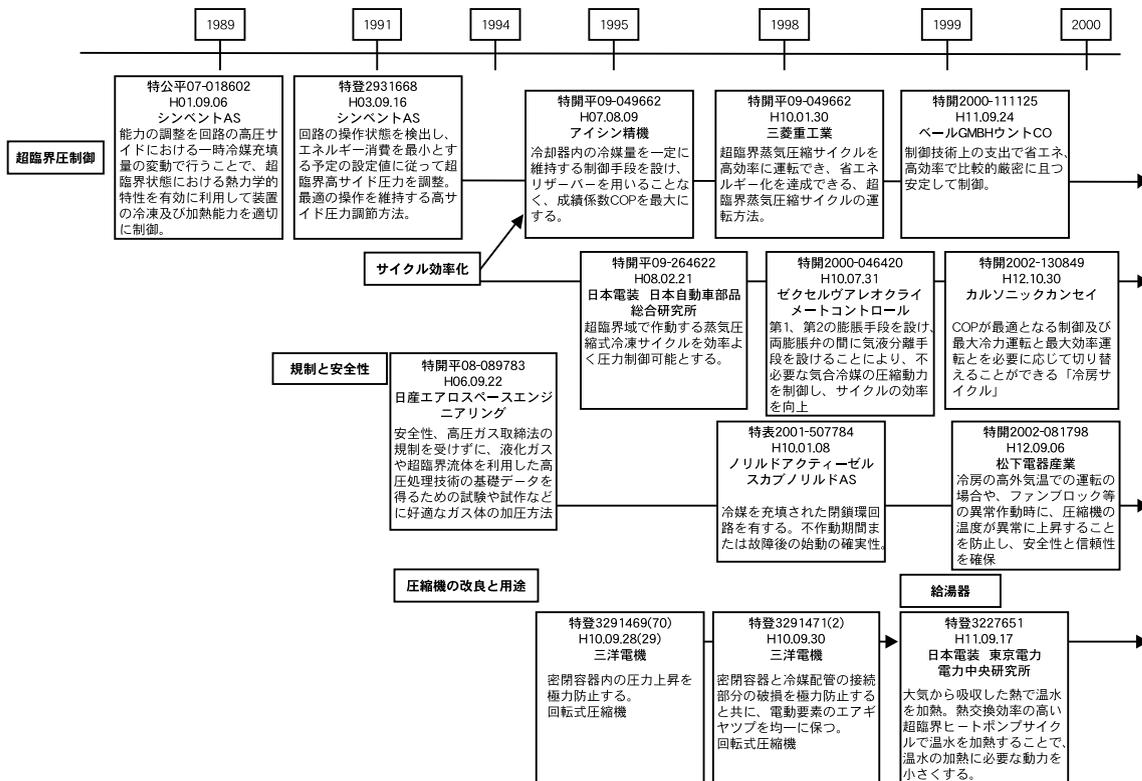


図10 CO₂の圧縮技術に関する代表的な特許出願系統図

(出典) 平成14年度特許出願技術動向調査分析報告書「自然冷媒を用いた加熱冷却」

スクロール式、三洋電機が二段ロータリー式、ダイキン工業がスウィング式の各種方式を用いて開発し、自社販売若しくは他社にOEM供給をしています。

6. 新たな技術開発の動向

はじめに述べたとおり、CO₂冷媒ヒートポンプ給湯システムは2001年に発売されて以来、多数のメーカーが参入するとともに、さまざまな改良技術が製品化されています。技術の改良の方向性としては、基本的性能の向上と多機能化・高機能化を軸として、「温水の多目的利用」、「給湯器の用途拡大」などがあげられます(図11)。

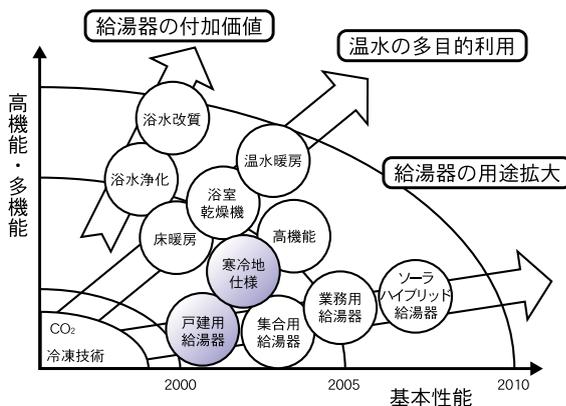


図11 新たな技術開発の動向

(出典) 平成14年度特許出願技術動向調査分析報告書「自然冷媒を用いた加熱冷却」
 (家庭用CO₂冷媒ヒートポンプ給湯器の製品化/エネルギーソリューション蓄熱フェア02/伊藤正彦(デンソー)より)

(1) 基本的性能の向上（高効率化）

ヒートポンプユニットの基本的性能の向上について各社さまざまな開発がなされています。ここではデンソーが開発したヒートポンプユニットの主要部品要素の1つである膨張弁の代わりにエジェクタを減圧装置として使ったエジェクタサイクルと、日立ホーム&ライフソリューションが開発したお湯を使うタイミングに沸かず瞬間式ヒートポンプ給湯システムを紹介します。

・エジェクタサイクル（図12）

デンソーはヒートポンプユニットの膨張弁の代わりにエジェクタを使ったエジェクタサイクルの開発を行い、2003年にコロナなどから製品化されました。

従来のヒートポンプユニットは、蒸発器で冷媒液体がガスに蒸発しながら吸熱熱交換し、圧縮機で低圧の冷媒ガスを高温高圧に圧縮し、凝縮器で高温高圧の冷媒ガスが液体に凝縮しながら放熱熱交換し、膨張弁によって冷媒液体を急激に減圧しながら蒸発器に送るサイクルで構成されています。これに対しエジェクタサイクルでは、減圧装置としてエジェクタを採用し、エジェクタから高圧冷媒を勢よく噴出、膨張させることで、従来の膨張弁で生じていた渦の発生をなくし、エネルギー損失を防いでいます。また、膨張時の冷媒の高速な流れによって生じる負圧を利用して、蒸発器から排出される冷媒の圧力を上昇させることにより、

圧縮機の負荷を低減しています。

この技術（特許第3322263号）は、発明協会から平成16年度全国発明表彰の21世紀発明奨励賞を受賞しています。

・瞬間式ヒートポンプ給湯機

日立ホーム&ライフソリューションは関西電力および中部電力と共同で、自然冷媒（CO₂）を使用したヒートポンプ給湯システム「エコキュート」の『高出力一体形』の研究開発を行っており、今春の製品化を目指しています。

「高出力一体形エコキュート」と称するこのエコキュートは、お湯を使うタイミングで沸かず瞬間式給湯技術をベースに、CO₂ヒートポンプサイクルと小形サポートタンクを一体化した形状とすることで、コンパクト化を図りながら、瞬間的な給湯に対応可能となっています。また、大きな貯湯タンクが不要なため、据付性が向上し、マンションのベランダなど集合住宅にも容易に設置が可能となっています。

瞬間式の「高出力一体形エコキュート」は、従来比約2倍の高出力が可能なCO₂スクロール圧縮機を開発を行い、さらにそのCO₂スクロール圧縮機にPAM（pulse amplitude modulation）制御技術を採用して高効率化を達成したことにより、高出力と省エネの両立を可能としました。

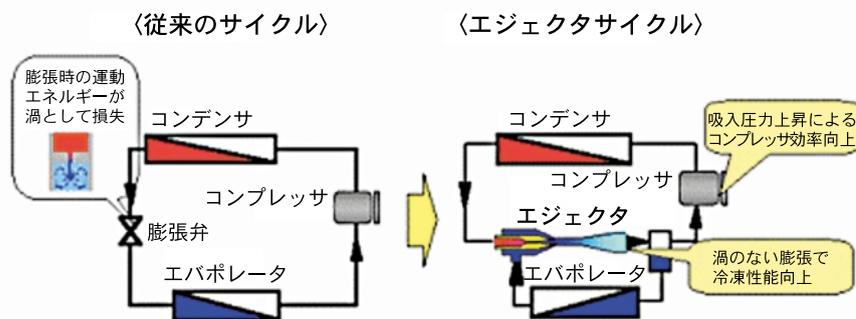


図12 エジェクタサイクル

（出典）デンソーホームページ

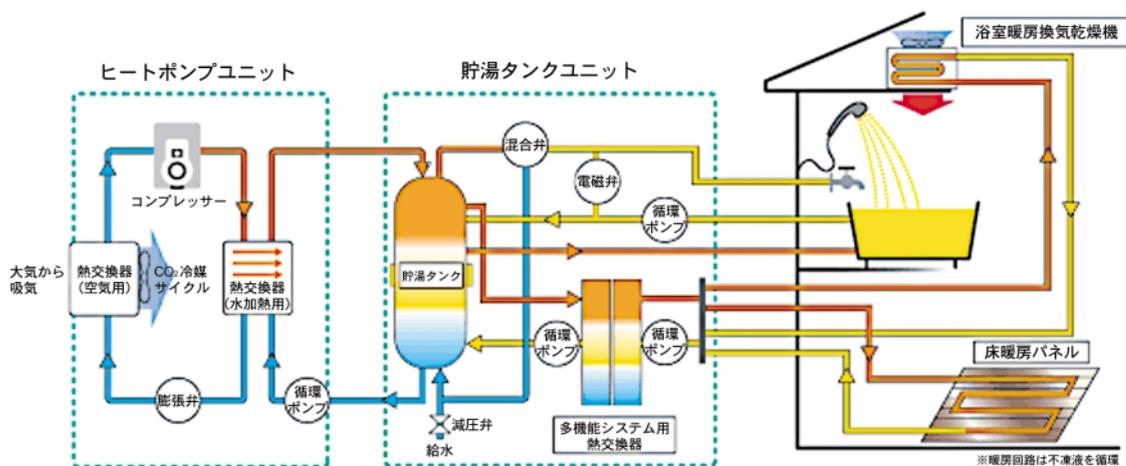


図13 多機能型エコキュート (出典) 東京電力ホームページ

(2) 温水の多目的利用

エコキュートで作られる高温湯は単なる給湯目的だけでなく、床暖房、浴室暖房・乾燥機、温水暖房装置など、さまざまな目的に利用されていくことが考えられています。とくに家庭での暖房部門のエネルギー消費量は家庭用の全消費量の1/3を占めていることから、この暖房部門の省エネ対策は今後の課題であるといえます。2003年2月には、1つのエコキュートで給湯と床暖房・浴室暖房乾燥・お風呂の追い焚きを行うことができる多機能型エコキュートが発売されています(図13)。

(3) 給湯器の用途拡大

発売当初の製品はその貯湯タンクの大きさの問題から、戸建住宅用途が最大の顧客先でした。しかしながら、貯湯タンクユニットを薄型コンパクト化したり、床下収納したりすることで都市型戸建向け用途、集合住宅向け用途にも対応しました。また、今春には給湯能力を高めて病院やホテルなどでの利用を想定した業務用途のCO₂ヒートポンプ給湯システムも市場に投入される予定です。

7. おわりに

本稿では、エコキュートとCO₂冷媒ヒートポンプ給湯システムについて、なぜ環境にやさしいのか、なぜ空気の熱でお湯が沸くのかなど疑問に思う点を技術的な観点からとらえて、エコキュートの一ユーザーから解説しました。

エコキュートの主な技術的特徴をまとめると次の2点があげられます。

(1) ヒートポンプシステムの冷媒としてオゾン層を破壊することで知られているフロン系冷媒ではなく自然界に存在するCO₂を使用するため、オゾン層保護や温室効果ガス排出量削減につながります。また、従来のフロンを用いたヒートポンプ給湯システムでは、給湯温度の限界が約65℃でしたが、CO₂を使用することで約90℃の給湯が可能となります(図14)。

さらに、首都圏において昼間よりも約70%割安な深夜電力を使い、高効率なヒートポンプシステムを駆動させることから、それらの相乗効果でランニングコストが安くなります。

(2) 圧縮機（コンプレッサ）で大気熱を汲み上げて給湯の熱エネルギーをつくるヒートポンプシステムなので、使用する電気エネルギーに対して約3倍の熱エネルギーを得ることができます。これにより、既存の燃焼式給湯機と比較すると約30%のエネルギー消費量削減効果が期待できます（図15）。

最後に、日本においてエコキュートが普及した最大の理由は、電力料金が高く効率の良い技術でないとコストメリットが得られないからで、世界市場への展開は難しくも思えますが、環境問題への関心が高いスウェーデンやノルウェーなどの欧州で販売される見込みとなっています。また、中国や北米への展開も検討しているようで、CO₂ヒートポンプ給湯システムが日本発の製品として全世界に広がりを見せていくかもしれません。環境にやさしく、抜群の省エネ効果が得られるエコキュート（CO₂ヒートポンプ給湯システム）が、日本国内においても全世界においても普及拡大していくことを祈念して終わりにしたいと思います。

本稿は、平成14年度特許出願技術動向調査分析報告書「自然冷媒を用いた加熱冷却」の内容を参考に、その後の新たな技術開発の動向について解説したものです。

Profile

永石 哲也（ながいし てつや）

平成10年4月 特許庁入庁

平成14年4月 審査官昇任

平成16年7月より現職

参考資料

東京電力ホームページ (<http://www.tepcoco.jp/>)

デンソーホームページ (<http://www.denso.co.jp/>)

省エネルギーセンターホームページ
(<http://www.eccj.or.jp/>)

環境省ホームページ (<http://www.env.go.jp/>)

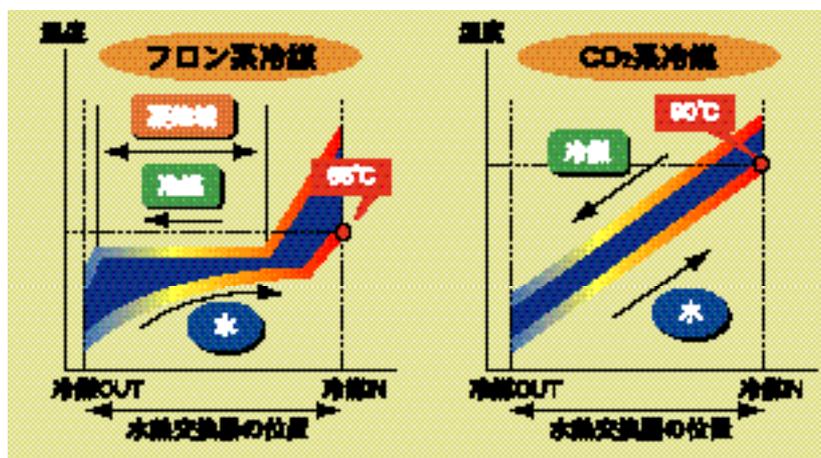


図14 CO₂冷媒の特徴 (出典) 省エネルギーセンターホームページ

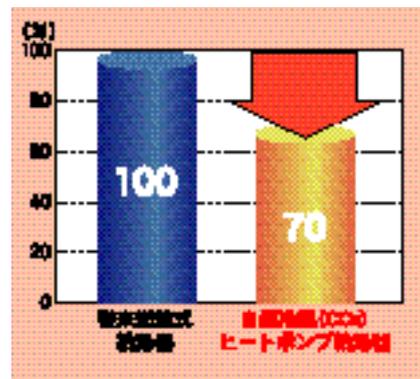


図15 エネルギー消費量の削減 (出典) 省エネルギーセンターホームページ

関連用語集

用語	解説
自然冷媒	自然冷媒は、英語では“Natural Working Fluid”と称される。技術用語としては、英語名を直訳し“自然作動流体”とも呼ばれる。
混合冷媒	複数の化学物質を混合して生成する冷媒のこと。混合冷媒の方が、単一組成の冷媒機能面や環境負荷面での性能が優れることがある。
トップランナー方式	省エネ基準を策定する際に、現在商品化されている製品のうち、省エネルギー性能が最も優れている機器の性能に基づいての目標値を定める方式。日本が世界に先駆けて導入した。電気冷蔵庫・冷凍庫、エアコンディショナー、複写機などが対象になっている。
グリーン購入法	2001年4月施行。正式名称は国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律。グリーン購入とは製品やサービスを購入する際に、環境を考慮して、必要性をよく考え、環境への負荷ができるだけ少ないものを選んで購入することであり、同法はグリーン購入を国等の機関に義務付けている。
ウィーン条約	オゾン層の保護のためのウィーン条約。1985年3月22日にオーストリアのウィーンで調印されたオゾン層保護のために締結された最初の国際条約である。国際的に協調してオゾン層やオゾン層を破壊する物質について研究を進めるための規定、各国が適切と考える対策を行うこと、将来議定書が合意されたら、それに従って各国共通の対策を行うことなどを定めている。
ヒートポンプ	大気や排水、排熱など外部の熱エネルギーを回収し、より高品位のエネルギーを取り出す機器で、熱をくみ上げるポンプの意味。常温以上の暖かい温度を取り出すだけでなく、冷凍・空調など低温サイドで利用する機器にも用いられる。
モントリオール議定書	オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書。ウィーン条約に基づいて1987年9月16日にカナダのモントリオールで調印され、1989年1月1日に発効した。当初は5種類のCFC（CFC-1、12、113、114、115）規制であったが、その後の締約国会合で新たな物質が追加され、全廃の期限などが前倒しされた（内容は本文参照）。
冷媒	冷凍・空調機内を循環する流体で室内機・室外機など熱交換機を通して熱の授受を行う媒体。電気冷蔵庫やエアコンではCFCsやHCFCs、また大型のシステムでは水やアンモニアなどが利用されているものがあり、生体における血液に例えられることもある。
アルファベット順	
CFCs	Chlorofluorocarbons（クロロフルオロカーボン）の略。炭化水素〔炭素（C）と水素（H）からなる化合物〕のHが、完全に塩素（Cl）とフッ素（F）に置き換わった化合物の総称。オゾン層を破壊することから、先進国では1995年末に生産が全廃となった。
GWP	Global Warming Potential（地球温暖化係数）の略。地球の温暖化に寄与する能力を定数化したもので、温室効果ガスの1つであるCO ₂ を1とした時の重量当たりの相対値で示す。
HCFCs	Hydrochlorofluorocarbons（ハイドロクロロフルオロカーボン）の略。水素（H）、塩素（Cl）、フッ素（F）を含有する炭化水素〔炭素（C）と水素（H）からなる化合物〕の総称。2019年末には原則全廃することになっている。
HFCs	Hydrofluorocarbons（ハイドロフルオロカーボン）の略。炭素（C）、水素（H）、およびフッ素（F）の3元素で構成される化合物の総称。塩素（Cl）を含まないので、ODPはゼロである。
HFES	Hydrofluoroethers（ハイドロフルオロエーテル）の略。水素（H）、フッ素（F）を含有するエーテル（アルコール類2分子から水分子が除かれて生じる化合物）で、H、F、O（酸素）およびC（炭素）からなる化合物。塩素（Cl）を含まないので、ODPはゼロである。
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change（気候変動に関する政府間パネル）の略。大気循環の変化が社会に与える影響に関して、国際的な取り組みを検討する政府間会議。
ODP	Ozone Depletion Potential（オゾン破壊係数）の略。ある物質が成層圏でオゾン層を破壊する能力を、CFC-11（CFC13）の能力と比較した相対値。
PFCs	Perfluorocarbons（パーフルオロカーボン）の略。炭化水素〔炭素（C）と水素（H）からなる化合物〕のHが完全にフッ素（F）に置き換わった化合物の総称。大気寿命が極めて長く、GWPも極めて大きい。
TEWI	Total Equivalent Warming Impactの略。地球温暖化に及ぼす総合的影響のことをいう。HFCsなどの温室効果ガス（地球を温暖化するガス）の放出による直接的影響とシステムの運転（または使用）に必要な電力などのエネルギーを得る際に生ずる炭酸ガスの間接的影響の総和として表される。

（出典）平成14年度特許出願技術動向調査分析報告書「自然冷媒を用いた加熱冷却」