

## 熱物性グループ

### 【はじめに】

人類の活動は、とどまることを知らず拡大し続け、今や人類のみならず、すべての生態系の生存基盤である地球そのものにまでも影響を及ぼすほどになっている。このまま私たちが地球上の資源や環境を浪費する形で大量生産・大量廃棄を繰り返せば、地球環境のバランスが崩れ、私たちの子孫の暮らす環境が台無しになってしまうことは明らかである。地球上の生きとして生けるものを保護し、青く輝く生命の星、地球を守ることは、いわば、私たち人類しか成しえない崇高な使命であると言える。

### 【熱物性とは】

熱物性は物質・性質を表す最も基本的な指標の一つである。熱物性は、基礎科学の研究分野としても興味ある対象であるが、一方、熱物性の値は、実際上の問題に密接な関連を持つものの一つであって、実用上つまりエネルギー変換機器を開発・利用するには、流体の正確な熱物性の値が必要となり、非常に重要な情報となっている。

産業界が完成された技術を外国から導入している間は、熱物性値の必要性は余り目立たなかった。しかし、独自の立場で自主的に新技術開発に立ち向かう場合には、在来の材料でも従来の使用範囲を超えた温度や圧力で使用されるようになり、また次々と開発される新素材や新作動流体などが使われるようになり、その評価の一環として熱物性を速やかに計測して、フィードバックすることが求められている。

### 【フロン系冷媒の背景】

私達は、普段から冷凍・空調機器に大きく依存した生活を送っている。これらの機器は、冷媒を媒介にして周囲環境との間で熱交換を行う。その機器の効率などは冷媒により大きく左右されるため、用いる冷媒の選定は機器の効率や設計の上で大変重要になる。これまでは冷媒として、その優れた安定性および安全性からハロゲン化炭化水素、いわゆるフロンが多く用いられていた。このフロンがオゾン層破壊や地球温暖化に大きく関与していることが明らかになり、冷凍・空調システムに用いられる冷媒の規制が厳しくなっている。

オゾン層を保護するために、「オゾン層の保護を目的としたウィーン条約(1985)」、さらにフロンを規制するための「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(1987)」の締約により、クロロフルオロカーボン(CFC)の先進国における生産・消費の全廃は1995年末に完了している。

また、同議定書の締約国会議で、オゾン破壊係数(ODP)が無視できないハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC)について、先進国における生産量を2004年以降は1989年レベルに凍結、消費も2020年に全廃することが1997年に合意されている。このため、HCFC系冷媒の中でも最も生産量が多く、特に空調機用冷媒として広範囲に使用されてきたR22や商業用低温冷凍機器用のR502の代替物質の開発が、先進国において急速になされた。現在、ODPが0の代替フロンと呼ばれるハイドロフルオロカーボン(HFC)を用いた機器が実用化・商品化されている。

ところが、HFC系冷媒は、オゾン層は破壊しな

いが、大気に放出されたときの大気寿命が大きい  
ため、地球温暖化に大きく関与する。そのような  
HFC のもつ問題点が国際的に活発に論議され、  
1997年の気候変動枠組み条約の第3回締約国会議  
(COP3)で採択された京都議定書により、HFC  
も温室効果ガスとして規制の対象と認定された。

### 【代替冷媒の動向】

表1に主要なCFC、HCFC、およびHFC系冷媒、  
HFC系混合冷媒、さらに代表的な自然冷媒に関す  
る環境負荷特性を示す。HFC系混合冷媒を作動流  
体とする冷凍・空調機器は、現在実用化されてお  
り、徐々に社会に普及してきている。ところが、  
HFC系混合冷媒の地球温暖化係数(GWP)は  
1600~3800であり、R22とほぼ同じか、それ以上  
に大きい。その点が、現在、HFCの懸念材料とな  
っている。

一方、自然冷媒に関する研究も進んでいる。CO<sub>2</sub>  
は、カークーラーやヒートポンプなどの作動流体  
として応用され、プロパンやブタンなどのHC系  
自然冷媒も家庭用冷蔵庫、ヒートポンプなどに実  
用化されている。また、古くから冷媒として使わ  
れているアンモニアも再び注目を集めている、し  
かし、こうした自然冷媒の冷凍空調機器への応用  
を考えた場合、課題は多い。具体的には、機器性  
能の向上、冷媒の回収・処理を行うためのシステ  
ムの構築、経済性、安全性などが考えられる。

現行のHFC系混合冷媒の使用が容認される限  
りは、HFC系混合冷媒の使用が当面続くと予想さ  
れているが、自然冷媒についてもその長所を十二  
分に活用できる用途やシステムに限定して、次第  
に普及していくものと考えられる。その意味で、  
今後もHFC系冷媒、自然冷媒の両方について研  
究を進めていく必要があると考える。

表1 主要冷媒の環境負荷特性

分類	冷媒名称	ODP	GWP	備考	
化学冷媒	CFC	R-11	1.0	4000	特定フロン 1995年全廃
		R-12	0.9	8500	
	HCFC	R-123	0.020	93	推定フロン 2020年全廃
		R-22	0.055	1700	
HFC	R-134a	0.0	1300	代替フロン 2004年削減対象	
自然冷媒	HC系	R-290	0.0	3	
		R-600a			
	NH <sub>3</sub>	アンモニア	0.0	<1	
	CO <sub>2</sub>	二酸化炭素	0.0	1	

ODP:R-11を1とした係数。分子中のCl(塩素)量や大気  
中の寿命により決まる。

GWP:CO<sub>2</sub>を1とした時の温暖化影響度係数で、物質が  
大気に放出されて100年間の期間積分値。

### 【本研究グループの取り組み】

このような背景から、本研究グループでは、冷  
凍・空調機器などのエネルギー利用機器の構築の  
ために必要な冷媒の熱物性値の高精度な測定を  
行っている。冷媒の正確な熱物性値を測定し、そ  
れを世界に向けて発信することは、単なる学術的  
意義にとどまらず、冷媒の適切な選定、冷凍空調  
システムの性能向上のため、産業界へ向けた情報  
提供という工業的意義をもつ。冷媒の適切な選定、  
冷凍空調システムの性能向上とは、つまり冷凍・  
空調分野における省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出量削減  
などの環境負荷軽減を意味する。従って、本研  
究グループの研究成果は、環境・エネルギー問題の  
解決に大きく貢献すると言える。

具体的に、本研究グループでは、冷媒の熱物性  
値であるPVT性質、液体の定圧比熱、気体の音速、  
臨界点を世界最高レベルの精度で測定し、得られ  
た測定値をもとに冷媒の性質を表す状態方程式  
の作成を行っている。また、こうした熱物性情報  
のデータベース化も進め、社会にその成果を還元  
している。

## 自然エネルギー利用班

### 【はじめに】

人類をはじめとする生物が生命を維持するためには、水が欠かせない。また文明社会の発展のためにも水は不可欠であり、その需要は生活水準の向上と共に急速に増大している。

数多くの生命を育ててきた地球は、「水の惑星」ともいわれるが、実際にそのまま利用できる淡水資源はごく僅かである。

2002 年夏に開催された持続可能な開発に関する世界首脳会議(ヨハネスブルグ・サミット)の報告によると、地球上の人口はこの 50 年間に 60 億人を超え、そのうち 10 億人以上の人々が安全な飲料水を確保できない生活環境におかれている。

淡水資源の確保のため、1970 年代から海水淡水化の技術開発と普及が進み、様々な海水淡水化プラントが開発されてきた。海水淡水化プラントは大規模でエネルギーを大量消費するため、化石燃料や交換部品を安定輸送できる交通手段が乏しい開発途上国などでは、自立運転可能な自然エネルギー利用の小型プラントの開発普及が急務となる。

そこで本研究グループでは、自然エネルギーの一つである太陽熱エネルギーを利用し、減圧沸騰型ソーラーパネルを用いた蒸留器を開発している。

### 【減圧沸騰型ソーラーパネル】

#### 1. 原理

図 1 に本研究で用いる減圧沸騰型ソーラーパネルの原理図を示す。減圧沸騰型ソーラーパネルは蒸発部、凝縮部、吸熱部から成る。パネル全体を密封・減圧することにより、パネル内に封入

された水の沸点は下がり、環境温度付近で沸騰が可能となる。そのため、この状況下では日射熱の大半が水の沸騰に使われ、蒸気は装置内の比較的低温・低圧である凝縮部へと移動し、吸熱部で熱を放出する。

このように、顕熱損失を抑え、高効率熱輸送を輸送が可能となる。

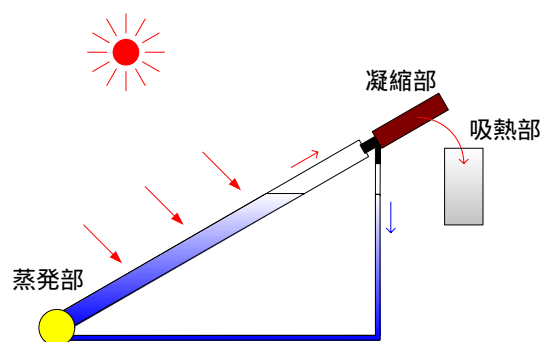


図 1 減圧沸騰型ソーラーパネル原理図

#### 2. 特徴

以下に減圧沸騰型ソーラーパネルの特徴を示す。

#### 利点

- ・潜熱輸送による顕熱損失が抑えられるため、高効率熱輸送が可能である。
- ・パネル裏面の温度上昇を抑えられるため、住宅の屋根材として用いれば夏季の冷房負荷を低減できる。

#### 欠点

- ・負圧に耐えられる凝縮器が必要で製作コストが従来よりも高くなる。
- ・得られるお湯が低温のため、給湯・暖房利用に関しては補助熱源が必要となる。

## 【多重効用型蒸留器】

### 1. 原理

図2に多重効用型蒸留器の原理図を示す。装置全体を減圧することで、水の沸点は環境温度付近まで下がり沸騰する。蒸気は熱交換器へ移動し、蒸気を凝縮する際に放出される熱は、次段の原水の蒸発に再利用される。この方式を多重効用方式という。多重効用方式を用いることで、エネルギー密度としては希薄な太陽エネルギーを最大限に活かすことができる。

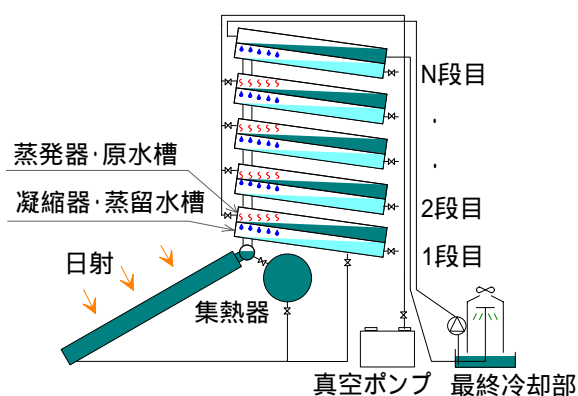


図2 多重効用型蒸留器の原理図

### 2. 3段式蒸留器

3段式蒸留器は、本研究グループで去年製作されたものである。伝熱面をダンボール構造にして伝熱面積を大きくするとともに、負圧に対しても強い構造となっている。また、各段を同じ構造にすることで、需要規模によって段数を変えることができる。20kgの蒸留収量を見込んだが、1.8kgの蒸留収量しか得られなかった。

## 【住宅型実験装置】

図4は今後製作する住宅型実験装置の概略図である。この図は、屋根材に減圧沸騰型ソーラーパネルを用いた小屋で、ソーラーパネル、凝縮器、蓄熱槽、冷却塔、給水タンクから成る。給水タンクは冬期におけるパネル内部の水の凍結を防

ぐために設置し、タンクの水位を変えることで、パネルの封入率を変えることができる。蓄熱槽は冷却水の供給と熱回収のために設置する。蓄熱された熱は、夏季は必要に応じて冷却塔を使用して放熱し、冬季は補助熱源と併用して暖房、給湯補助に利用する。

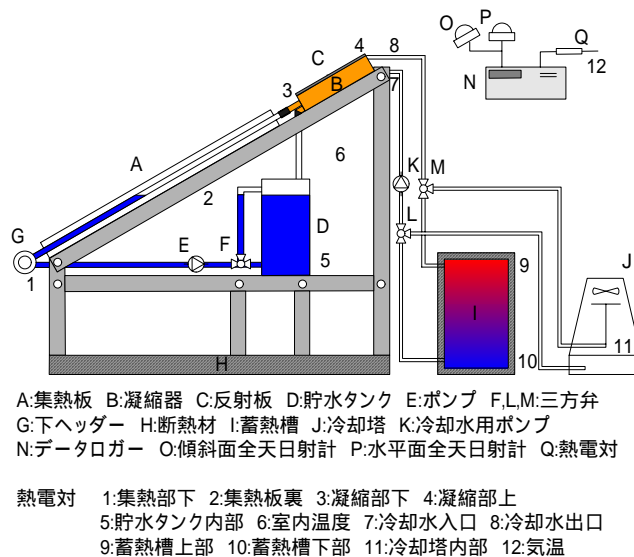


図4 住宅型実験装置の概略図

## 【本研究グループの取り組み】

- ・さらなる高効率・低コスト化を目指した蒸留器の研究を行っていくとともに、実用化できるものを開発していく。
- ・住居型試験装置を製作し、実験を行う。
- ・ソーラーパネルの熱輸送特性に与える減圧沸騰挙動を解明する。

## 民生エネルギー利用システムデザイングループ

### 【はじめに】

エネルギー資源の枯渇および地球温暖化が深刻となっている現在、環境問題への意識の高まりからエネルギー消費量の抑制および環境負荷の低減が求められるようになった。しかしながら、IT 機器の普及や生活水準が向上したことにより、民生部門でのエネルギー消費量ならびに二酸化炭素排出量は増加の一途をたどっている。

その対策として、本研究グループは、設備機器あるいは需要家を単体としてではなく複合的に組み合わせることで、全体としての効率的なエネルギー利用システムが構築できると考えている。住宅および都市におけるエネルギー利用の最適化を行っており、以下にその詳細を示す。

### 【エネルギー利用システムのモデリング】

本研究では、複合的なシステムの最適化を行うためにオブジェクト指向によるモデリングを行った。オブジェクト指向とは、対象とする概念をオブジェクトとして捉え、そのオブジェクト同士のやり取りによって目的とするシステムを構築するものである。また、複雑なシステムの構造表現や動的な変化を従来のような単一フローチャートでは表現することができない。そこで、本エネルギー利用システムを表現するために、オブジェクト指向の統一表現技法である UML(Unified Modeling Language)を用いた。UML では複数のダイアグラムが定義されており、様々な視点からシステムを表現することができる。なおプログラミング言語には UML と相性の良い JAVA を用いており、気象データや機器特性等の情報は ACCESS を用いてデータベース化している。

### 【家庭におけるエネルギー需要モデル】

従来のエネルギー需要モデルでは、年間のエネルギー消費量といったデータを基に算出された配賦率を用いて作成されたもので、平均的なエネルギー需要を求めることは可能である。しかし、多種多様な需要家の実際の負荷変動を表現しているとは考えられない。実際のエネルギー需要は、需要家の構成員のライフスタイルに大きく左右されるものである。そこで本研究では、人間の行動パターンに基づいた解析を行うことでリアルタイムに変化する家庭用エネルギー需要モデルを作成した。

### 【集合住宅におけるエネルギー需要モデル】

集合住宅では個別住宅の特徴である顕著な給湯需要のピークが相殺されており、需要家を複数軒で管理することで相互排熱利用を含めたエネルギーの有効利用ができると考えている。そこで、NHK 生活基本調査を始めとする行動調査のデータを反映し、平準化された給湯需要を表現する集合住宅のエネルギー需要モデル作成を試みた。

### 【住宅における太陽熱を利用した空調・給湯システム】

家庭においては暖房および給湯といった熱需要が多いことから、太陽熱を利用した空調・給湯システムを構築した。

太陽熱の利用に関してエネルギー密度が低いという問題点があるが、減圧したソーラーパネルを用いて、作動流体である水の沸点を降下させることで、集熱効率の向上を図る。低温度で集熱した熱の利用に関しては、住宅で利用され

る熱エネルギーは比較的低温度であるために、有効に利用できると考えている。図1に本研究の目的とするシステムの概略図を示す。

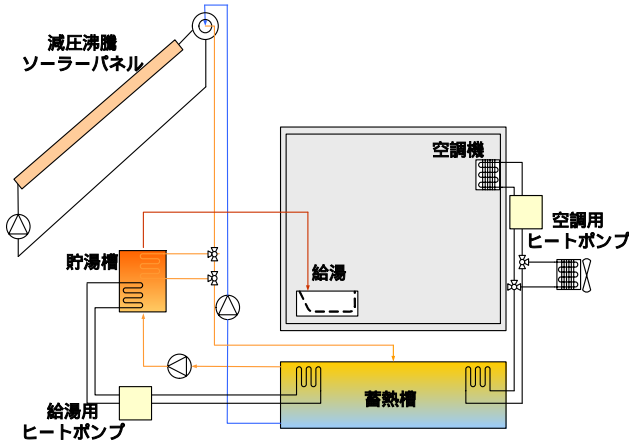


図1 システムの概略図

図1にあるようにソーラーパネルで回収した低温度の熱を蓄熱槽に蓄え、蓄熱槽の水を空調および給湯用ヒートポンプの熱源としている。このように熱源を共有することで設備を複合化しており、空調および給湯の一次エネルギー消費量・二酸化炭素排出量・運用コスト削減を図っている。

### 【都市におけるエネルギー利用システム】

単体の機器やシステムの効率向上には限界があると考え、複数の機器を熱および電力エネルギー需要や設備の稼働状況などを判断しながら最適運転できる複合システムが必要であると考えた。都市を構成するそれぞれの特性を持った需要家が自らの設備稼働状況だけでなく、他の需要家の情報も参照することで、排熱利用や分散化電源による発電を最適な条件で組み合わせて利用するシステムを構築した。図2の本システムのクラス図によりシステムの概要を表現する。

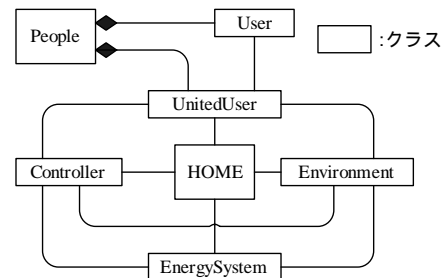


図2 エネルギー利用システムの基礎クラス図

表1 クラスの概念および役割

クラス名	概念および役割
User	個人の設定やライフスタイルなどの情報をもつ。UnitedUserに所属する。
UnitedUser	複数のUserが所属する集合体としての需要家でありその特性を定義する。所属するUser毎に空調温度設定などのエネルギー供給システムの運転決定を行う。
People	User, UnitedUserを管理するクラス。
HOME	UnitedUserが所属する建物に関するクラス。建物の構造や部屋、各種断熱性などの情報を持つ。
Controller	HOME, Environment, UnitedUser等の各情報からEnergySystemの制御を行うクラス。
EnergySystem	各エネルギー供給機器の保持および機器間の関連付けをするクラス。Controllerに従ってエネルギー供給運転を行う。
Environment	需要家周囲の気象情報や、エネルギー供給システムからの環境負荷情報を管理するクラス

図2のように各クラスが複数のクラスと相互に連携を取りながらエネルギー利用の最適化を図っており、図2に示すクラス概念および役割を表1に示す。条件の異なった各モデル地域におけるシミュレーション計算を行うことで、最適な設備導入への指針を示すプログラムとなっている。