

# 太陽熱利用空調システムについて

(一財)建築コスト管理システム研究所・新技術調査検討会

## 1 はじめに

再生可能エネルギーは、環境負荷が小さく、その多くが国内で調達可能なエネルギーであり、エネルギー源の多様化や新たな市場・雇用機会の創出といった効果も期待できることから、積極的な利用拡大を図る方針となっている。また、業務用分野でのエネルギー消費に着目すると、その約30%を占める冷房、暖房といった空調用途のエネルギー削減は急務である。

2011年春号の新技術調査レポートにおいて「地中熱を利用した空調システムの実証実験」を紹介した。今回は、太陽エネルギーを高い捕集効率で得ることが期待される「太陽熱利用空調システム」の実証試験及び導入事例について報告する。

## 2 太陽熱利用空調システムの概要

太陽熱利用空調システムの基本フローを図1に示す。本システムの主な構成要素は、太陽熱集熱器（以下「集熱器」）、ソーラー吸収冷温水機（以下「SNC」）、暖房熱交換器となっている。本システムにおいては、80℃以上の温水が必要になる条件が発生するため、高温条件でも高い集熱効率を有する真空ガラス管形集熱器を採用している。冷房時には集熱器からの50～90℃の温水をSNCに投入して冷熱に変換し、暖房時には集熱器からの50～60℃の温水を暖房熱交換器を介して温熱として利用している。

太陽熱を冷熱に変換する熱源機としては、太陽熱利用のために専用設計されたSNCが既に商品

化されている。

SNCの構造例を図2に示す。従来の一重二重併用型では、冷却水は吸収器から凝縮器へ流されていたが、SNCでは、集熱量の増加を目的として、太陽熱温水が投入されるソーラー再生器と、ソーラー再生器で得られる冷媒蒸気を凝縮させるためのソーラー凝縮器を備えている。冷却水は、まずソーラー凝縮器へ流れることにより、従来と比べて凝縮器の飽和温度が低下し、それに伴い再生に必要な温水の温度も低下している。一方、集熱器は温水の温度が低温であるほど効率が良いため、SNCを用いることにより、集熱量を従来よりも増加させることが可能となっている。

さらに、SNCは、冷水を設定温度に保つために太陽熱温水の受入用三方弁開度とガスバーナ燃焼量を制御し、図3に示すように空調負荷に対して太陽熱温水を優先的に利用することとしている。

これらの構成要素を組み合わせることにより、年間を通しての太陽熱利用が可能となり、業務用空調システムの省エネルギー性向上やCO<sub>2</sub>削減が可能となっている。

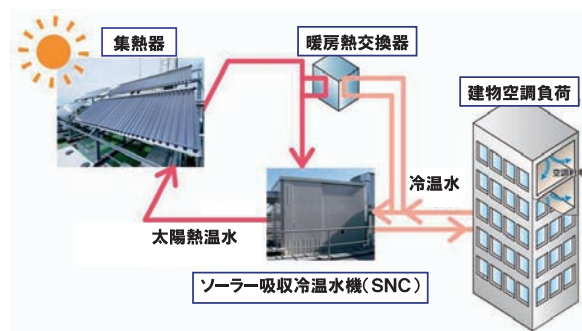


図1 太陽熱利用空調システムの基本フロー

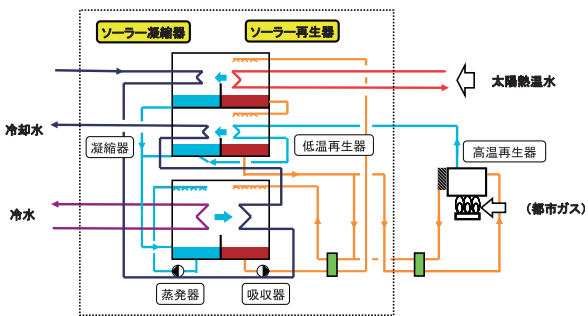


図2 SNCの構造例

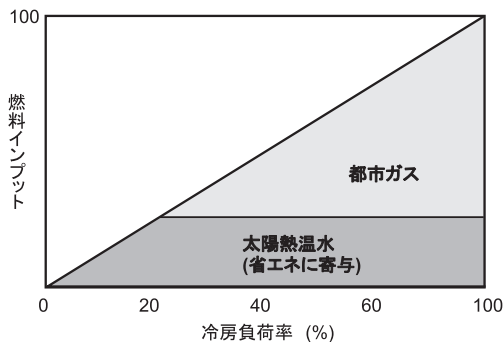


図3 冷房負荷に対する燃料制御

### 3 導入事例及び実証試験結果

本報告書では、太陽熱利用空調システムのデモプラントを構築し、実証試験を実施したNビルの事例について紹介する。

#### 3.1 建物概要

太陽熱利用空調システムを構築したNビルの建物概要を表1に示す。

表1 建物概要

|          |            |
|----------|------------|
| 建物       | Nビル        |
| 所在地      | 神奈川県川崎市    |
| 建物構造     | RC造        |
| 延床面積     | 3,878㎡     |
| 建物用途     | 事務所・ショールーム |
| 建物竣工年    | 1966年      |
| システム稼働時期 | 2009年9月    |

#### 3.2 主要構成機器及びシステムフロー

Nビルに構築した太陽熱利用空調システムの主要構成機器を表2に示す。

表2 主要構成機器

| 構成機器   | 主な仕様                                                                                                              |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 集熱器    | 真空ガラス管形集熱器<br>総面積 204㎡<br>ピーク時集熱量108kW<br>Aタイプ：集光式、15度、109㎡、中国製<br>Bタイプ：非集光式、15度、56㎡、中国製<br>Cタイプ：集光式、35度、39㎡、ドイツ製 |
| SNC    | 開発試作機<br>冷房能力 422kW<br>暖房能力 337kW                                                                                 |
| 暖房熱交換器 | 100kW相当                                                                                                           |

集熱器は、集熱器の評価の目的でAタイプ、Bタイプ、Cタイプ3種類を設置した。集熱器（集光式）の構造を図4示す。反射板が無いものを非集光式という。

デモプラント外観及びシステムフローを図5、図6にそれぞれ示す。

従来の太陽熱利用空調システムにおいては、太陽熱温水は蓄熱タンクを介して利用されていた。これに対して、デモプラントにおいてはシステムコストダウンに加えて下記の理由により蓄熱タンクを設けないシステムとした。

- (1) 蓄熱タンク設置による放熱ロスの低減  
蓄熱タンクは熱容量が大きく、太陽熱利用冷凍

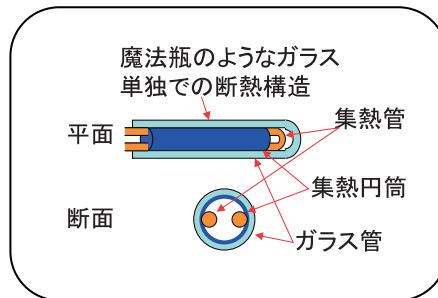
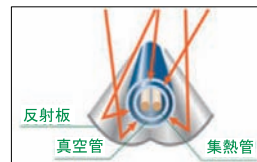


図4 集熱器（集光式）の構造

機に太陽熱温水を投入するためには、その熱容量分を太陽熱で昇温する必要があり、例えば、曇時々晴のような天候の日の場合、太陽熱は主に蓄熱タンク加熱に使われ、蓄熱された太陽熱は夜間に大気へ放熱され、空調には利用できない。

(2) 空調負荷と日射の出現時間帯の同時性

給湯の負荷パターンとは異なり、空調負荷と日射は出現時間帯が同一かつ比較的安定しているため、蓄熱の必要性が小さい。

(3) 冷水温度安定性の確認

SNCは、バックアップ用ガスバーナが冷水温度を一定にするよう制御されるため、急激な太陽熱温水温度の変動に対応することができる。また、SNC内部の冷水による熱容量が太陽熱温水温度の変動に対するバッファーとなり得る。

なお、2010年度の実績を基に2011年度末には更なるイニシャルコスト及びランニングコストの低減を目指して、次の改良を行った新システムで運転データを取得中とのこと。

- ①集熱管を水平設置することによる架台質量の低減
- ②集熱管を集光式から非集光式に変更
- ③配管のヘッダー方式の採用
- ④補機類のパッケージ化

3.3 実証試験結果

ここでは紙面の関係から先行してデモプラントを構築し評価を実施したNビルの2010年度の稼動評価結果を報告する。

3.3.1 集熱効率

2010年度における年間の日射量、集熱量、集熱効率の推移を図7に示す。大半の集熱器の設置傾斜角度15度にした影響もあり、日射量は5月から8月が大きくなっている。また、集熱効率は、各月40%前後で推移しており、年間の平均集熱効率は39.8%となった。



図5 デモプラント外観

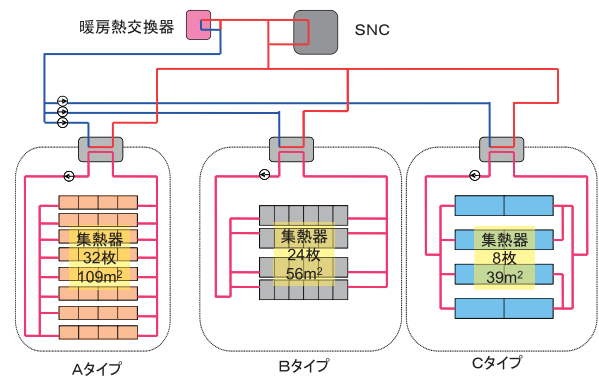


図6 デモプラントシステムフロー

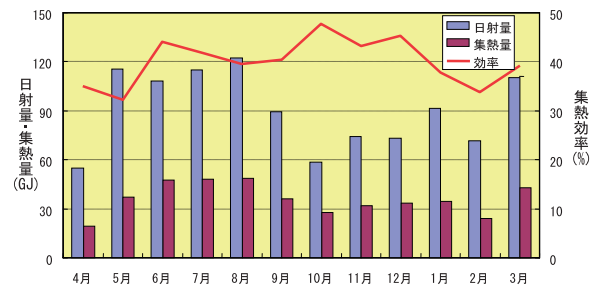


図7 日射量、集熱量、集熱効率の推移

### 3.3.2 SNCの運転状況

SNCは、太陽熱温水を優先的に利用するだけでなく、冷房負荷が小さい中間期等においては太陽熱だけで運転して冷水を製造・供給できる能力を有している。図8は冷房負荷が小さい中間期等における太陽熱単独での冷房運転の状態を示したものである。図8において横線矢印で示した10:15から11:30、及び11:45から13:00頃の間帯においては、ガスインプットが全くなく、太陽熱のみでも冷房運転を行えることが確認できた。この代表日における冷房負荷への太陽熱によるガスの削減率は約45%となった。

図9に代表日におけるSNCの入出力（燃料インプット・太陽熱温水インプット及び冷水製造熱量）を、図10に太陽熱温水入口温度、冷水出口温度、日射強度を示す。空調負荷（SNCの冷水製造熱量）は比較的安定して推移しており、太陽熱温水は集熱直後にSNCで回収されている。また、日射強度の変動に伴い、太陽熱温水入口温度も変動しているが、バックアップ用ガスバーナの制御により、蓄熱タンクを設けなくても冷水出口温度を極めて安定させられることが確認できた。

### 3.3.3 年間の評価結果

図11に、2010年度における本システム導入前のシステム（COP1.0の吸収冷温水機）と比べてのCO<sub>2</sub>削減効果の月毎のトレンドを示す。

年間CO<sub>2</sub>削減量は2,625kg-CO<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub>削減率は約17%であった。ここで、4月及び5月は試験のため制御パラメータの調整を行っており、その結果として削減量が小さい値にとどまっている。なお、CO<sub>2</sub>削減効果の計算は以下の条件にて行った。

- ・都市ガスCO<sub>2</sub>排出原単位：2.29 [kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> N]
- ・電力CO<sub>2</sub>排出原単位：0.69 [kg-CO<sub>2</sub>/kWh]
- ・ポンプ（集熱ポンプ、冷水ポンプ、冷却水ポンプ）、冷却塔ファン、吸収冷温水機の電力消費量も含む

冷暖房の一次エネルギー消費量及びCO<sub>2</sub>排出量

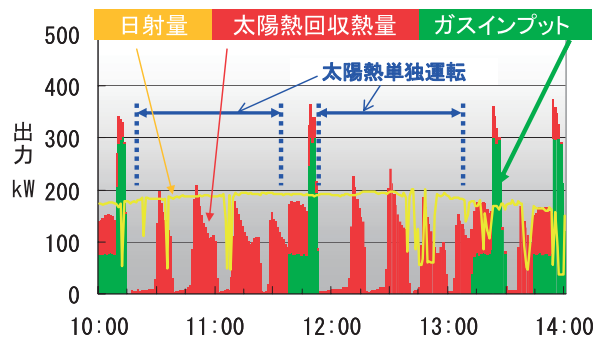
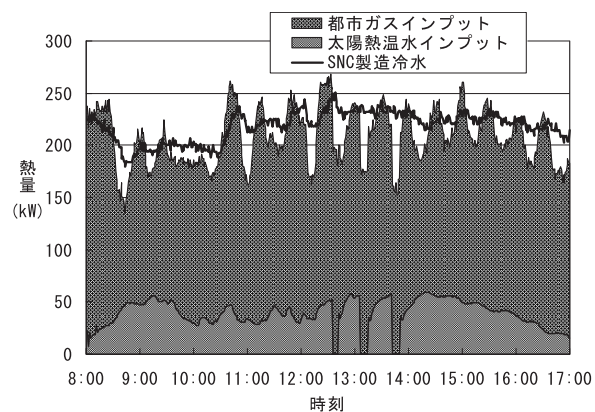
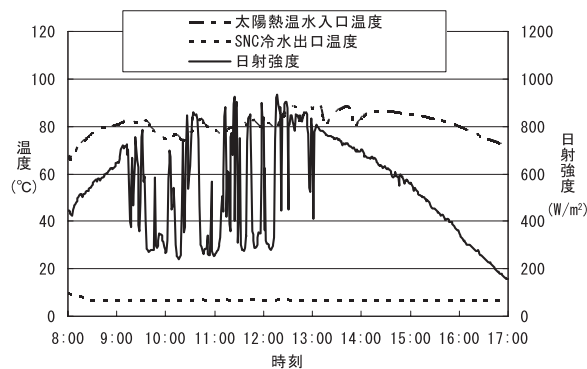


図8 中間期におけるSNCの太陽熱単独運転例



(8月27日の計測データ)

図9 SNCの入出力の変化



(8月27日の計測データ)

図10 日射強度と冷水出口温度の変化



の削減効果の評価結果を表3に示す。

2010年度は、猛暑、厳冬の影響で空調に必要なエネルギー量が増加したため、多少試算値より実績値が下回ったが、ほぼ計画通りの結果であった。

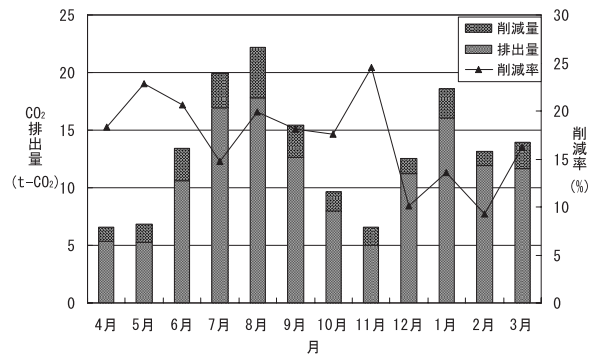
#### 4 おわりに

太陽熱利用空調システムの実証試験により、省エネルギー性の向上及びCO<sub>2</sub>削減効果を定量的に把握できた。

しかし、今回の施設はデモプラントとしての採用であり、イニシャルコストの低減は重視されなかったこともあり、イニシャルコストの償却年数は67年になっている。一般の設置にあたっては、機器の性能を抑える、『再生可能エネルギー熱利用加速化支援対策事業』等の補助金の申請等により減価償却年数を圧縮することが求められる。

一般に太陽光発電のエネルギー変換効率が10～20%に対し集熱器は40～50%と変換効率が高く、集熱器の部分的な劣化（真空度の低下等）がシステム全体を停止することに至らない等のメリットがある。一方、システムの普及拡大には機器費・施工費のコストダウンが重要となってくることから、引き続きシステムのコストダウンの推進、給湯需要の多い施設への展開が期待される。

最後に、本報告書をまとめるにあたって、東京ガス株式会社殿に施設のご紹介及び資料提供等のご協力を頂きましたことに関し改めて謝意を表します。



(削減量は2007～2009年の平均値に対する2010年の実績値の差を示す)

図11 CO<sub>2</sub>削減効果 (2010年度)

表3 年間稼働評価結果

|        | 一次エネルギー削減率 |       | CO <sub>2</sub> 削減率 |       |
|--------|------------|-------|---------------------|-------|
|        | 試算値        | 実績値   | 試算値                 | 実績値   |
| 2010年度 | 21.7%      | 19.7% | 18.01%              | 16.5% |

#### 文 献

- 1) World ENergy Outlook 2009 : IEA
- 2) 本間立：“東京ガスのソーラークーリングシステム”、太陽熱利用空調・給湯システム、日本工業出版
- 3) 梶山啓輔他：“業務用太陽熱空調システムの開発と実証”、日本冷凍空調学会年次大会講演論文集、(2011.9)