

ゴルフ場クラブハウスへの太陽熱利用給湯システムの導入と実測調査

佐竹 晃 ・ 久保 俊輔 ・ 関根 章義*¹

Investigation of Solar Hot Water Supply System Introduced into Existing Golf Course Clubhouse

Akira SATAKE, Syunsuke KUBO, Akiyoshi SEKINE



図-1 システム全観

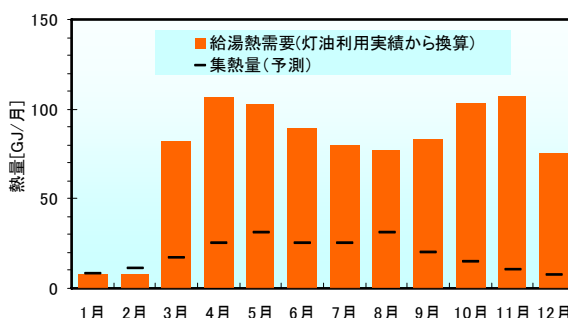


図-2 太陽熱利用システム 効果予測と実績

研究の目的

地球温暖化をはじめとする環境問題やエネルギーの安定供給への対応として、新エネルギー利用技術の普及促進が謳われている。新エネルギー利用技術の中で太陽熱利用は、太陽エネルギー利用効率と経済性に優れた技術である。その普及促進に向けては、新築建物だけでなく、ストック建物への適用（リニューアル）も対象としていく必要がある。今般、長野県のゴルフ場クラブハウスの屋根改修に際して、2つのソーラーシステムの適用を行い（図-1）、その導入効果の長期計測を開始した。また、太陽熱利用システムの導入に際しては、給湯エネルギーの削減以上のメリットを生む方法として、国内クレジットを利用したCO₂排出量取引に着目し、太陽熱利用システムを利用した事業承認として国内で初取得する取組みも行った。本報では、太陽熱利用給湯システムを中心として、同システムの概要や国内クレジット制度の概要と、設置後約5ヶ月間の運転実績について速報として報告する。

技術の説明

屋根のリニューアル計画に際して、同ゴルフ場全体のエネルギー消費分析を行った。その結果、全体の約3割を占める給湯エネルギーの削減対策が効果的と考え、太陽熱利用給湯システム（集熱器面積100㎡）を優先して導入し、あわせて太陽光発電システム（発電容量4kW）の計画を行った。太陽熱利用は半密閉不凍液循環・変流量方式としており集熱循環ポンプの省エネルギーを図ったものである。太陽熱利用による効果は、大浴場での灯油利用の約30%削減（CO₂換算で約20トン/年）を予測している。その効果の検証や国内クレジット化のため、長期計測・モニターシステムも構築し、実績と性能改善課題抽出を目的に計測をスタートしている。

主な結論

本年3月～7月に約108MJ（予測値の91%）の太陽熱利用が行われた。同期間の日射量は標準年の88%でありほぼ予測通りにシステムが運転された（図-2）。今後も長期計測データを蓄積し、さらには自動制御や運用方法の改善を図ることで全体システムの性能向上を図っていく。

なお、システムの構築に際しては、国内クレジットの事業承認や新エネルギーに関わる助成金を活用した。本計画の実施で得た知見、実績を活用して、病院、健康福祉施設や工場等の給湯需要が大きい建物を主対象として、環境配慮に関わる提案・導入サポートを進めていく。

* 1 本店 建築設計第2部 設備設計グループ

ゴルフ場クラブハウスへの 太陽熱利用給湯システムの導入と実測調査

佐 竹 晃 久 保 俊 輔

関 根 章 義^{*1}

要 旨

地球温暖化をはじめとする環境問題やエネルギーの安定供給への対応として、新エネルギー利用技術の普及促進が謳われている。新エネルギー利用技術の中で太陽熱利用は、太陽エネルギー利用効率と経済性に優れた技術である。その普及促進に向けては、新築建物だけでなく、ストック建物への適用も推進することが有効である。当社では、長野県のゴルフ場クラブハウスの屋根改修に際して、太陽熱利用システムを設置し大浴場への給湯に利用すると共に、太陽光発電システムを設置し施設の電力需要の一部をまかなう計画を2010年3月に実施し、その導入効果の長期計測を開始した。システム導入に際しては、給湯エネルギーの削減以上のメリットを生む方法として、国内クレジットを利用したCO₂排出量取引に着目し、同制度の事業承認を太陽熱利用システムを利用した事業として国内で初取得する取組みも行った。

本報では、導入した太陽熱利用給湯システムの概要や国内クレジット制度に対する取組み、運転開始後の約5ヶ月間の実測結果を報告する。現時点での積算集熱量が約110GJであり所定の性能が得られていることや、設計時に用いた集熱量の予測方法が概ね適切であることを確認した。

キーワード 太陽熱利用給湯／太陽光発電／自然エネルギー利用／長期計測／国内クレジット制度

目 次

- | | |
|-------------------|---------|
| 1. はじめに | 3. 実測結果 |
| 2. 太陽熱利用給湯システムの計画 | 4. おわりに |

INVESTIGATION OF SOLAR HOT WATER SUPPLY SYSTEM INTRODUCED INTO EXISTING GOLF COURSE CLUBHOUSE

Akira SATAKE
Akiyoshi SEKINE

Syunsuke KUBO

Synopsis:

Meeting the social demands on conservation of global environment and energy saving, we have researched and developed a solar heat using system positively. And we think that an application to the stock building is important so that the systems spread.

We introduced a solar hot water supply system and photovoltaic system economically in March, 2010, when we repaired the roof of the golf course clubhouse in Nagano. The main purpose is to reduce the hot water supply energy of the public bathhouse in the building. And we had been started measurements for about 5 months since the system had run.

In this paper, firstly, we will report the outline of the system. Secondly we will report the results of the measurements, and show that the method of the prediction was appropriate.

* 1 本店 建築設計第2部 設備設計グループ

1. はじめに

1.1 太陽熱利用の社会背景と当社技術開発状況

地球温暖化をはじめとする環境問題やエネルギーの安定供給への対応として、新エネルギー利用技術の普及促進が謳われている¹⁾²⁾。新エネルギー利用技術の中で太陽熱利用は、太陽エネルギー利用効率と経済性に優れた技術であり、建築分野で更に開発を推進し普及させるべき技術の一つと言える。一方で国内の太陽熱利用は、戸建て住宅用の太陽熱温水器（給湯設備）を中心に導入が進み、その導入量は1990年度のピーク時に原油換算で約126万 t であったものの、2004年度には約69万 t まで大幅に減少してきた³⁾。このような中、「京都議定書目標達成計画、2008年」においては、太陽熱利用について更なる導入促進の措置を講じることが謳われている。また、太陽熱利用の普及には、戸建て住宅以外の公共分野、集合住宅分野および産業分野等への普及を進めることが必要で、当該分野での利用技術の確立が喫緊の課題⁴⁾と言われ、太陽熱を高付加価値で利用できる形態や、新構造のシステムの技術研究開発事業、およびフィールドテスト事業が国策として実施されている（例えば4)5)）。

当社では、給湯熱需要がある福祉、教育等の居住系施設を対象とした太陽熱利用システムに関わる研究開発をかねてより推進してきた。これまでに、水式の太陽集熱装置と、集熱温度が低温（40℃程度）で済み集熱効率向上が図れる床暖房設備^{注1}を組み合わせ、既に実用段階の太陽熱利用給湯・暖房システムに対して、そのシステムで発生する夏の余剰太陽熱をデシカント空調装置の再生熱源に利用して年間の熱利用効率の向上を目指したシステムの研究を、大学およびメーカーと共同で行ってきた⁶⁾⁹⁾。太陽熱を中心とした自然エネルギーを積極的に利用し環境性能を高めると同時に、快適性にも優れる設備システムの早期実現を目指している。

1.2 本計画の背景と概要

築15年ほど経過した本建物では、屋根材の改修が必要であった。本報計画はその工事に合わせて、屋根へ太陽集熱器と太陽電池の設置を行い、建物での利用エネルギー削減に加え、建物外観の刷新を図ったものである。本計画のクラブハウスは、大浴場を有し給湯負荷が大きいことから、太陽熱利用給湯システムを主体とし、併せて比較用に太陽光発電システムを計画した。なお、本建物での太陽熱利用システムは給湯専用システムとしたが、前述の太陽熱利用システムの研究開発で得た知見を利用して、性能、経済性を考慮したシステム計画を行うと共に、国内クレジット制度（CO₂排出削減量取引）や助成制度の活用といった技術面以外の付加価値についての検討を加えながら、システム計画を行ったものである。また、業務用太陽熱利用システムの実際の施設での運転特性、導入効果、効果予測方法等は明確になっていない点が多く、今後の研究開発へのフィードバックや、企画提

案・設計のために、これらを明らかにしていく必要があったので、2010年3月よりその長期計測をスタートした。

本報では、太陽熱利用給湯システムを中心に述べ、同システムの概要や国内クレジット制度の概要と、設置後約5ヶ月間の運転実績について速報として報告する。

2. 太陽熱利用給湯システムの計画

2.1 建物概要

表-1に建物の概要を示す。写真-2に改修後の建物西側全観を示す。西側の傾斜約30°の屋根中央に、集熱器および太陽電池を設置した。

表-1 建物概要

住所	長野県長野市信更町
用途	ゴルフ場クラブハウス
竣工年月	1995年6月（築14年）
構造、規模	RC造、地上2階
延床面積	約2400 m^2



写真-1 建物全観（改修後、西側）

2.2 消費エネルギー実績とシステム計画

施設全体の消費エネルギー実績^{注2}から求めた、年度別のCO₂排出量^{注3}を図-1に示す。クラブハウス大浴場の給湯用ボイラーの灯油利用に伴うCO₂排出量は、ゴルフ場全体の約26%を占め大きい。このように、給湯熱需要が比較的大きい建物であることが確認され、費用対効果^{注4}の面で太陽光発電より有利である太陽熱利用給湯システムを優先して計画することが適切であることが計画時に判断できた。なお、比較のために太陽光発電システムを小規模に計画し、建物の電力需要の一部を賄う計画を行った（写真-1、写真-2、表-2）。

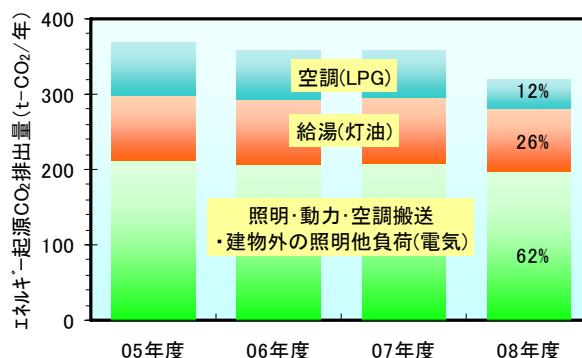


図-1 施設全体の年度別エネルギー起源CO₂排出量



表-2 システム概要

太陽熱利用給湯	
用途	大浴場用ボイラー供給水の加温
システム方式	不凍液変流量・温度成層型蓄熱 ^{注5}
集熱器	平板型，西向き傾斜約 30°
集熱器有効面積	約 105m ² （54 枚，9 列×6 段）
蓄熱槽	6m ³ ，密閉式
太陽光発電	
用途	低圧電灯に系統連携，逆潮流無
発電容量	約 4.3kW（180W/枚×24 枚）
太陽電池	多結晶シリコン，西向き傾斜約 30°
太陽電池面積	約 32m ² （24 枚，2 列×12 段）

2.3 太陽熱利用システムの集熱量予測

月別の灯油利用実績（2006～08 年平均）から換算した給湯熱量^{注6}と、集熱量予測値^{注7}を図-2 に示す。12 月下旬～3 月上旬は積雪による施設閉鎖のため給湯需要が減少する。なお、1, 2 月の灯油利用は燃焼式ストーブによるものと聞く。その他の期間は、100GJ/月 弱の給湯熱需要が安定してある。予測集熱量は、夏に多く冬に少ない。これは、夏には集熱温度と外気温の差が低減することでシステム集熱効率が高くなり、また日照時間増加により集熱面日射量が増加するためである。そして、1 月、2 月を除いて給湯熱量は予測集熱量を上回っており、集熱システムの容量が過大ではないことが分かる。

前述の通り 1, 2 月は給湯熱需要が無く太陽集熱を消費できないので、給湯熱量、集熱量ともに 0 だと想定できる。3~12 月の積算熱量を計算すると、計画した太陽熱利用システムは給湯熱需要の約 27%を賅うと予測された。

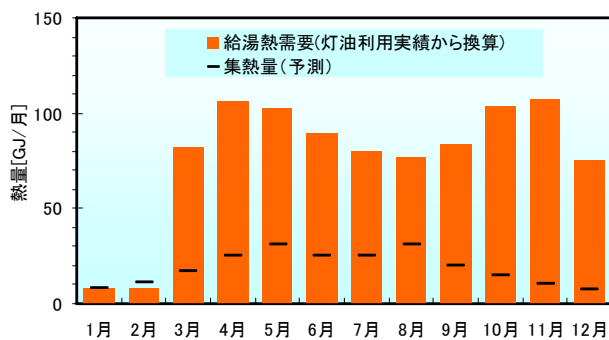


図-2 建物の月別の給湯熱量と予測集熱量

2.4 計測概要

計測記録，現地での表示と，その遠隔監視ができる計測システムを設置し，2010 年 3 月より計測を開始した。計測システム概要を図-3 に，現地の表示装置を写真-3，図-4 に示す。太陽熱利用・太陽光発電システムの効果（集熱量，発電量，CO₂ 排出量削減効果等）を明確にし，ゴルフ場利用客への表示により環境配慮のアピールが行えるシステムを構築した。また，設計の妥当性の確認，性能向上に向けたシステム改良（運転最適化）方法の検討を行い，また後述する国内クレジット化（評価機関にて認定）の報告書作成データとしても活用を予定する。主な計測項目は，集熱面日射量，外気温，積算集熱量，積算給湯熱量であり，10 分間隔で記録を行う。

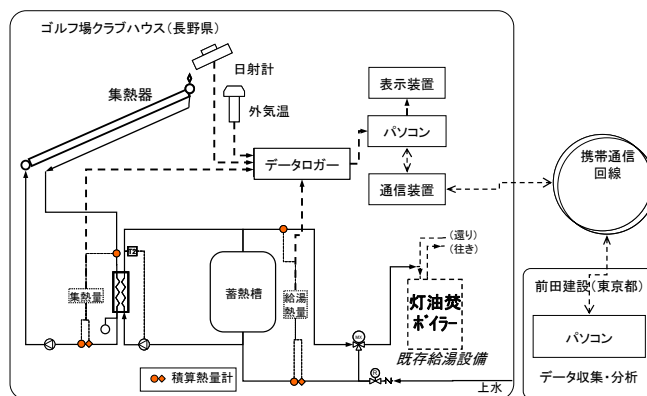


図-3 計測・表示・通信システム

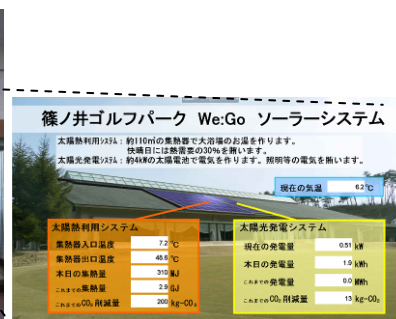


図-4 表示装置の画面

2.5 国内クレジットを利用した CO₂ 排出量取引

「国内クレジット制度」は、京都議定書目標達成計画（平成 20 年 3 月 28 日閣議決定）において規定されている、大企業等の技術・資金等を提供して中小企業等が行った二酸化炭素の排出抑制のための取組みによる排出削減量を認証し、自主行動計画等の目標達成のために活用する仕組みである。中小企業等における排出削減の取組みを活発化、促進することを目的としている（図-5）。「国内クレジット」は、国が認定した CO₂ 排出削減量の事で、この取引には国内クレジット認証委員会から、事前に「排出削減事業の承認」を受け、その後に実績報告書を元にした「国内クレジットの認証」により発行される。

本計画では、この事業承認をゼネコンで初取得した。

また、太陽熱利用システムを利用した事業では国内初の承認となり、先進的な環境への取組みと言える。なお、本計画による CO₂ 排出削減量は図-2 に示した予測結果より約 20t-CO₂/年と試算しており、今後モニタリングした排出削減量についての認証を受け、当社が国内クレジットとして取得する計画である。



図-5 国内クレジット制度スキームと事業承認証

3. 実測結果

3.1 集熱量

月積算集熱量の予測値と2010年3月～7月の実績値を図-6に示す。また、月積算の集熱面日射量について、集熱量予測に利用した標準年値と、その実績値を同図に併せて示す。集熱面日射量は、3～5月に標準年を10～20%下回り、6月、7月は標準年日射量と同等であった。集熱量実績はこれに伴うように推移し、3～5月に予測値を20～30%下回り、6月、7月は10%前後上回る結果が得られた。3～7月の積算集熱量は約108GJであり、予測値約123GJを約10%下回ったものの、同期間の積算日射量も同じく約10%下回っていた。これにより、今回の評価のような5ヶ月間や年間といった、長期間の積算集熱量に対しては、今回用いた予測方法は概ね適切であり、実用上は十分な方法であると、現段階では判断できる。

次に、月別のシステム集熱効率について、集熱量予測に用いた値と実績値を図-7に示す。3月の集熱効率実績が予測より下回った理由には、同月はまだシステムの試運転調整中（自動制御パラメータの調整など）であったことや、全日で大浴場が利用されていなかったことが考えられる。その他に4月、7月のシステム集熱効率にも乖離があることが確認された。今後のさらなるデータ蓄積とその分析を行い、より精度の高い予測方法を導きたいと考える。

3.2 灯油利用量

過去4年半の月別の灯油利用量を図-8に示す。太陽熱利用システムを運転開始した2010年3月以降の灯油利用量が明確に減少していることが確認できた。2010年3～7

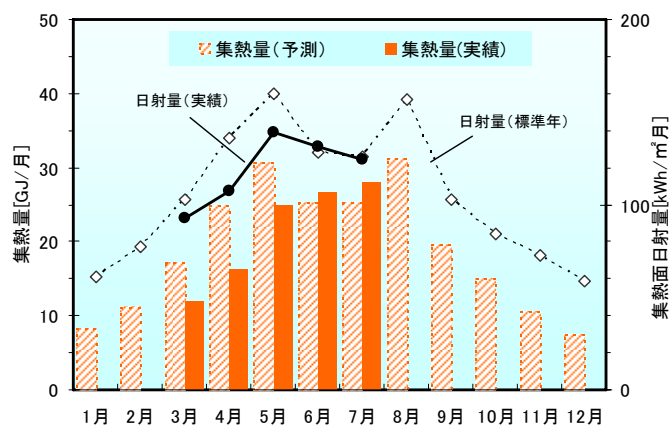


図-6 集熱量、日射量の予測と実績

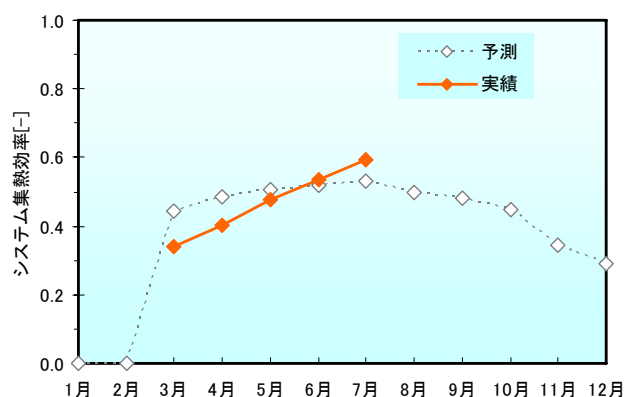


図-7 システム集熱効率の予測と実績

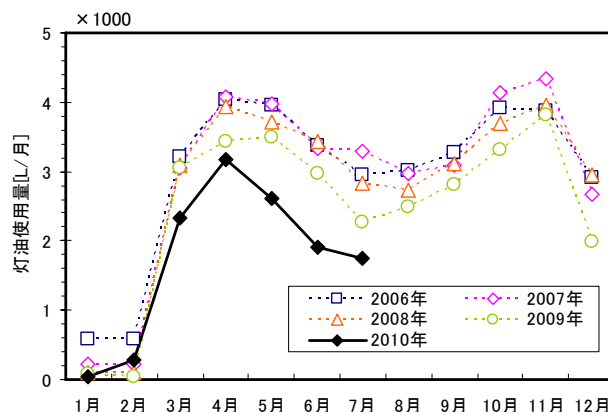


図-8 月別の灯油利用量の実績

月の積算値は、過去4年間の平均に対して約30%減であった。

4. おわりに

既築のゴルフ場クラブハウスの屋根改修に併せて導入した、太陽熱利用給湯システムおよび太陽光発電について、その計画の概要を報告した。また太陽熱利用給湯システムについて運転開始後の2010年3～7月の5ヶ月間の実績データ（導入効果）を速報として記した。現段階の結果をまとめると、以下ようになる。

- ・大浴場の年間の給湯熱量の約26%を太陽熱で賄えると予測された。なお、運転開始後5ヶ月間の実際の灯油利用量は約30%減であり、所定の性能で運転している

と判断できる。

- ・同 5 ヶ月間の積算集熱量の実績は、約 108GJ であった。
- ・同 5 ヶ月間の積算集熱量の実績値は、予測値を約 10% 下回ったものの、積算日射量も同じく約 10% 下回っており、一定の長期間の積算集熱量に対しては、今回用いた予測方法は概ね適切であると、現段階では判断できる。
- ・月別集熱量の計算に用いる月別のシステム集熱効率については、4 月や 7 月の予測値は、実績値を再現できないことが確認され、今後改善の余地がある。

今後もデータ蓄積と分析を推進し、計画・設計技術を高めていく。ゴルフ場施設以外にも、高齢者健康福祉施設や工場等の給湯需要が大きい施設への太陽熱利用の積極提案を進めるとともに、性能向上・コストダウンを進めていく。さらに、太陽熱利用のさらなる価値向上を目指した、太陽熱利用デシカント空調システムの研究を進めるなど、ソーラーエネルギー利用を主体とした環境配慮型技術の開発を進めていく。

謝辞： 本計画における太陽集熱システムの計画や実施にあたっては、NEDO 技術開発機構「太陽エネルギー新利用システム技術研究開発事業、通年利用型ソーラー給湯・空調換気システムの研究開発(平成 17～19 年度)」、および平成 20～22 年度環境省委託事業「地球温暖化対策技術開発事業、太陽熱利用と冷房効率向上を同時に実現する居住系施設向け空調システムの研究開発」で得た知見が活用できた。関係各位に記して謝意を表します。

注 1 床暖房設備で熱利用する場合、集熱温度が 40℃程度の低温で済むため、集熱効率向上、配管熱ロス低減が図れる。

注 2 毎月の検針伝票を集計。電気にはクラブハウス建物以外に、ゴルフ場コースや外構の照明、池用設備などの動力も含まれる。

注 3 CO₂ 排出原単位は、電気:0.46[kg-CO₂/kWh] (中部電力 2005-08 年度平均)、灯油: 2.5[kg-CO₂/L]¹¹⁾、LPG: 6.2[kg-CO₂/m³]¹¹⁾とした。

注 4 本建物でのエネルギー単価やシステム助成制度を考慮した概算結果では、太陽熱利用給湯の費用対効果のほうが太陽光発電システムより約 2.6 倍大きかった。

注 5 現在普及している業務用太陽集熱システムは、①集熱器に直接水を供給し得られた温水を開放式の水蓄熱槽に貯湯する方式か、②集熱器に不凍液を供給して集熱し熱交換器を介して蓄熱槽を全体的に温める方式が主流である。集熱温度を制御量として変流量制御を行い、温度成層型蓄熱を行う本方式は、制御が高度となるが集熱ポンプ電力の削減、蓄熱槽効率の向上が図れる点に優位性がある。

注 6 給湯システム総合効率＝ボイラー定格の効率(0.8)×蓄熱・循環配管ロス(0.9)＝0.72 と想定した。灯油の

単位発熱量は、36.7[MJ/L]¹¹⁾とした。

注 7 以下の独自の方法で、月別の平均システム集熱効率 η [-]を計算した上で、月積算集熱量 Q [GJ/月]を予測計算した。

$$Q=A \cdot I \cdot \eta \cdot \alpha$$

$$\eta=0.664-16.3*((T_c+T_w)/2-T_o)/I_{ave}$$

ここに、

A ; 集熱器面積(105m²)

I : 月積算集熱面日射量[GJ/m²月], AMeDAS 標準気象データ (日本建築学会編, 長野市, 西向き傾斜 30°) の標準年日射量を用いた。

T_c : 集熱器出口水温[℃], 一律 50℃と設定

T_w : 集熱器送水温＝月平均市水温度[℃]

T_o : 日中(8:00～16:00)の平均外気温[℃]

I_{ave} : 月平均の日中の面日射量[kJ/m²]

α : 配管断熱・蓄熱効率, 一律 0.85 と設定

参考文献

- 1) 新エネルギー導入大綱, 1994 年
- 2) 地球温暖化対策推進大綱, 2002 年
- 3) エネルギー白書 2006, 経済産業省, 2006 年 7 月
- 4) 猪股雅雄, わが国における太陽熱普及促進制度の近況, 太陽エネルギー Vol.33(日本太陽エネルギー学会刊行物), pp.31-34, 2007
- 5) 環境省地球温暖化対策技術開発事業, 2005～
- 6) 吉野, 持田, 義江, 佐竹, 桃井, 三田村, 高木, 米倉, EnteriaNapoleon 他, 通年利用型ソーラー給湯・空調換気システムの研究開発 その 1～10, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.621-630(2007) ,pp.460-466(2008) ,pp.477-478(2009)
- 7) 義江龍一郎他, 吸着式デシカント空調システムの数値シミュレーション その 1 デシカントエレメント内の熱水分移動の数値計算, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, pp.1409-1410, 2006.9
- 8) 義江龍一郎, 桃井良尚他, 吸着式デシカント空調システムの数値シミュレーション(その 2)デシカントローターの回転を考慮した熱・水蒸気移動の数値計算, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.351-354, 2006.9
- 9) 吉野, 佐竹, 義江, 星野, 酒井, 米倉他, 太陽熱利用と冷房効率向上を同時に実現する居住系施設向け空調システムの研究開発 その 1～4, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1329-1336(2009)
- 10) 国内クレジット制度 (国内排出削減量認証制度) <http://jcdm.jp/>
- 11) 地球温暖化対策推進に関する法律 施行令