

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その 231）

太陽熱を利用した設備システムの検証

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 231)

Basic Analysis of Mechanical Systems using Solar Thermal Energy

正会員 ○久保木 真俊（日建設計）

特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）

技術フェロー 石野 久彌（首都大学東京）

正会員 二宮 博史（日建設計）

Masatoshi KUBOKI*¹ Shuzo MURAKAMI*²

Hisaya ISHINO*³ Hiroshi NINOMIYA *¹

*¹ Nikken Sekkei Ltd *² Institute for Building Environment and Energy Conservation

*³ Tokyo Metropolitan Univ.

We perform basic analysis on the solar thermal system using BEST. We analyze a heat storage system, a heating and cooling, a heat source system with hot water using solar thermal energy. Since the energy conversion efficiency of the solar thermal system is higher than that of a solar photovoltaic system, it is confirmed that it could contribute to the diversification of energy creation methods for achieving zero energy buildings.

1. はじめに

建築物総合エネルギーシミュレーションツールである The BEST Program (Building Energy Simulation Tool, 以下 BEST) では、建築・設備の連成計算が可能、さらに、太陽光発電、太陽熱利用のような再生可能エネルギーを活用した設備システムの導入も可能である。近年注目される ZEB 達成のためには、建築の負荷削減、設備の高効率化に加え、再生可能エネルギーの導入が不可欠である。また、太陽熱利用は太陽光発電に比べ、エネルギー変換効率が高いものの、太陽光発電に比べ普及率は低い。そこで太陽熱の有効な活用方法を見出していくことで、太陽光発電パネルのみに頼らない創エネルギー手法の多様化に貢献できると考える。

以上より、本報では再生可能エネルギーのうち、太陽熱利用に着目し、BEST の特徴を活かした建築・設備の一体検討により、太陽熱システムのモデリングと効果検証を実施することとした。また、実際に太陽熱を導入した建築における実績値とともにその省エネルギー効果検証を行った。検証は、太陽熱給湯、太陽熱利用冷暖房、太陽熱を利用した蓄熱システムについて行った。

2. 太陽熱集熱パネルモデル特性

BEST 専門版や設計版では太陽熱集熱パネルは、真空管式又は、平板式が設定可能である。集熱特性値を図 1 に示す。この図から供給温度が 60℃以上で全天日射量 700W/m²未満では真空管式の方が集熱効率に優れ、供給温度が 25℃以下で全天日射量 300W/m²以上の条件では

平板式の方が集熱効率に優れる。用途に応じた供給温度や建設地の日射強度に応じて適切に集熱パネル種類を選択していく必要がある。

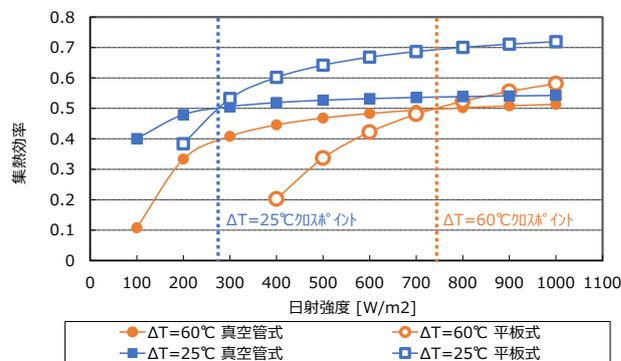


図 1 太陽集熱パネル特性

BEST では拡張アメダス標準年気象データや EnergyPlus Weather Data を取り込みことが可能であり、日本や世界各国の気象条件におけるシミュレーションが可能である。図 2 に 47 都道府県における太陽熱集熱、太陽光発電パネル 1m²あたりの年間集熱、発電量を示す。緯度や地形等の立地条件による日射量の違いが確認できる。加えて、一次エネルギー換算値でのエネルギー変換効率は、太陽光発電パネルよりも集熱パネルの方が高いことが確認できる。図 3 に、東京における太陽熱集熱パネルの傾斜角別の年間集熱量を示す。年間を通してみると傾斜角約 30° が最大となるものの、冬季主体の場合は約 60° が最大となる結果となった。

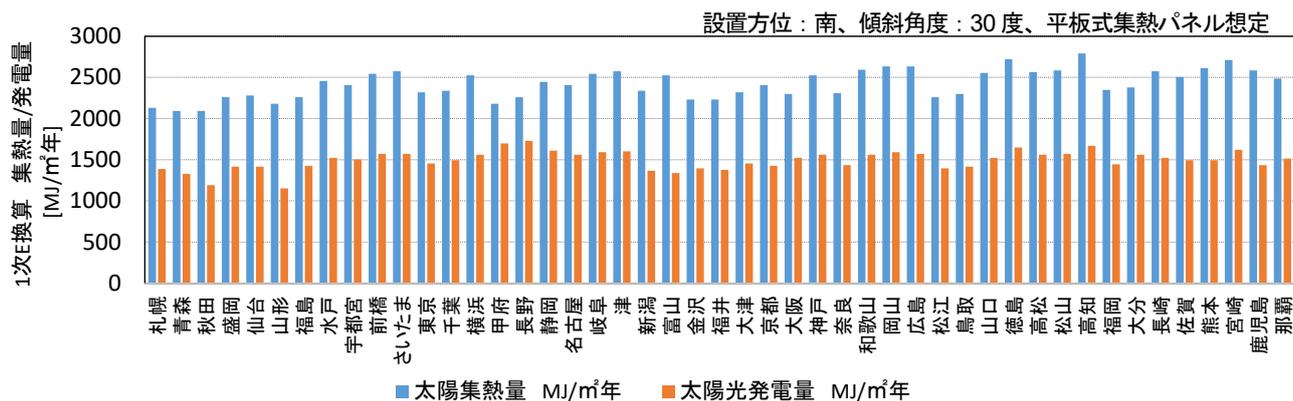


図2 47都道府県における太陽熱集熱量、太陽光発電量

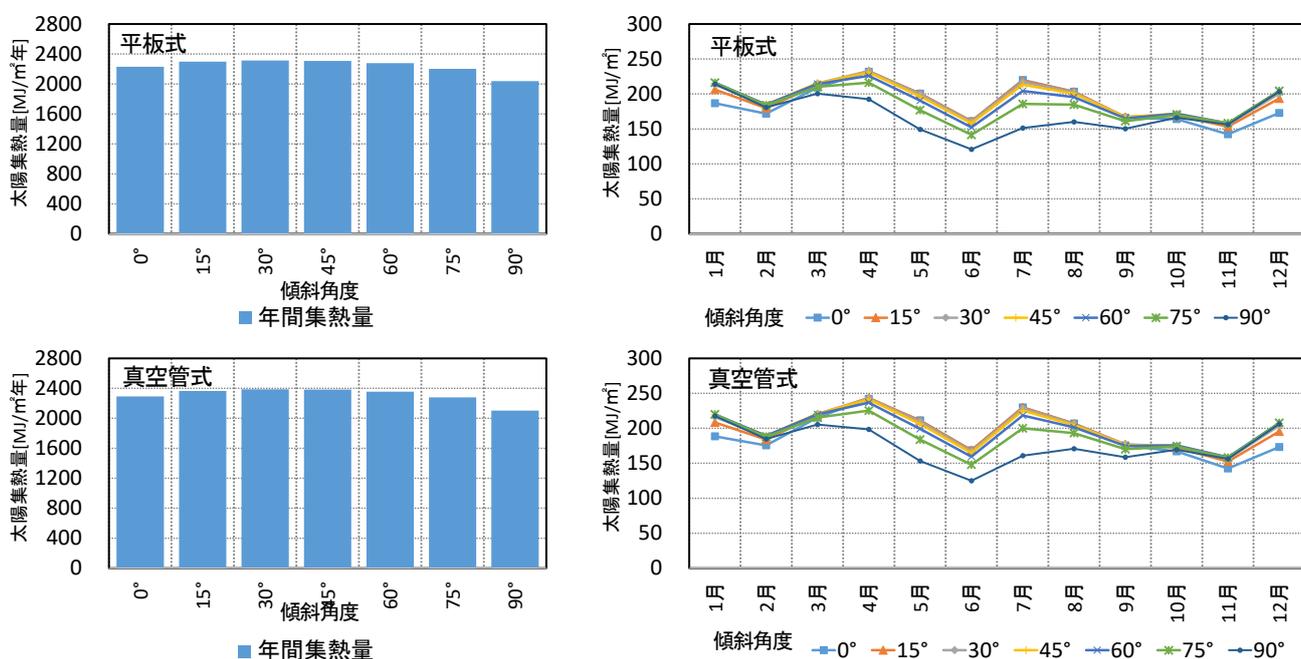


図3 東京における太陽熱年間集熱量

3. 太陽熱の給湯利用検討

太陽熱を給湯利用した場合のエネルギー削減効果を検証した。計算対象建物は延床面積5,000㎡のホテルを想定した。想定建物概要を表1に示す。図4のように給湯設備はボイラー+貯湯槽の構成に太陽熱集熱パネルと予熱槽を追加したシステムを想定した。ホテル用途のため、給湯負荷は年間通して安定して発生するため、パネル傾斜角度は45°、設置方位は南で想定した。

表1 計算モデル概要

| | | |
|------|------|---------|
| 建物概要 | 建物名称 | Aホテル |
| | 建設地 | 東京都 |
| | 建物用途 | ホテル |
| | 建築面積 | 約500㎡ |
| | 延床面積 | 約5,000㎡ |
| | 階数 | 地上10階 |
| | 主構造 | 鉄骨造 |

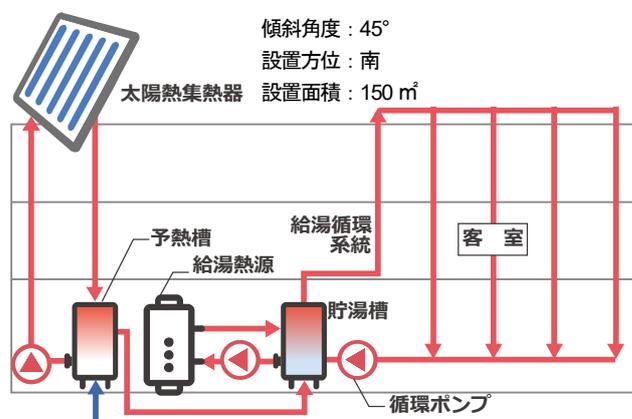


図4 太陽熱の給湯利用システム

図5に太陽熱集熱パネル有無による月別、年間積算給湯エネルギー消費量を示す。日射量の多い夏季の削減効果が大きい傾向にある。太陽集熱による給湯の年間1次エネルギー消費量削減率は平板式で約20%、真空管式で約24%となった。ホテルや共同住宅のような給湯負荷が年間を通して大きい建物用途の場合、太陽集熱によるエネルギー削減効果を高く見込むことが可能である。一方でオフィス等の給湯負荷が小さい建物用途の場合、集熱分を消費しきれず、放熱せざるを得ない状況も想定される。このような給湯負荷の小さい建物には太陽熱を暖房、冷房に活用していくことで、太陽熱利用率を高めることが可能である。

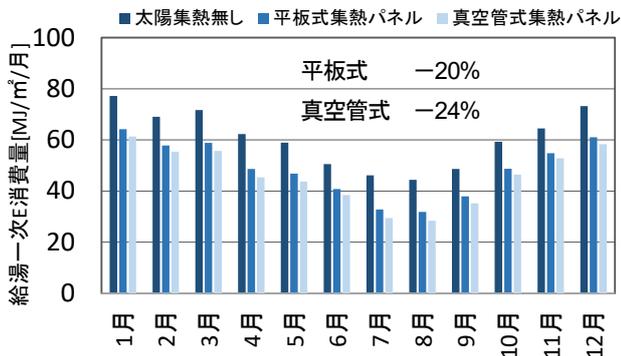


図5 太陽熱利用有無別の給湯エネルギー消費量

4. 太陽熱の暖房、冷房利用検討

太陽熱は暖房熱源として従来利用されてきたが、近年は冷房にも利用される。排熱投入型吸収式冷温水発生機の再生器内の吸収液蒸発のために必要な熱源として太陽熱が活用される。このシステムは、一般的にはコージェネレーション（以下CGS）と併用される。その他、潜熱分離空調に用いられるデシカント空調機のデシカントロータの再生熱源としても活用される事例もある。

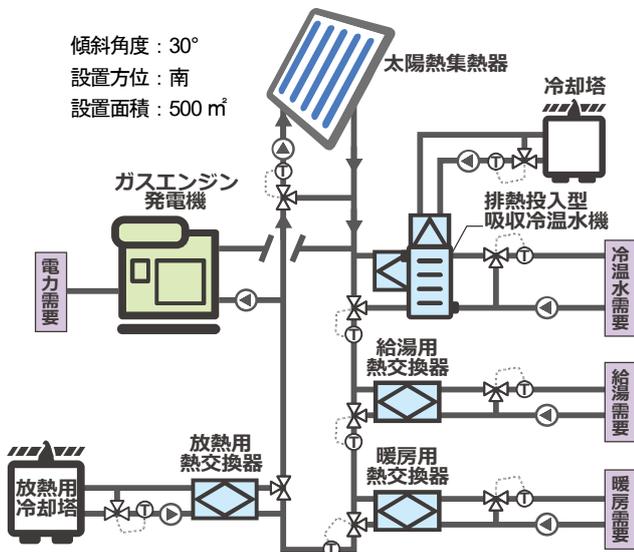


図6 太陽熱の暖房、冷房利用システム

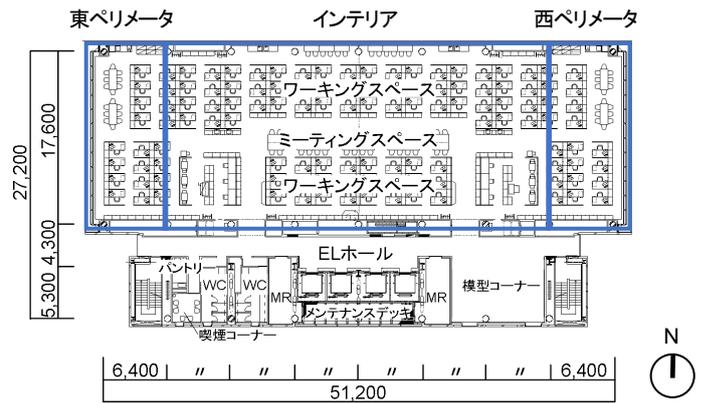


図7 計算モデル

表2 計算モデル概要

| | | |
|------|------|-----------------------|
| 建物概要 | 建物名称 | Aビル |
| | 建設地 | 東京都 |
| | 建物用途 | 事務所 |
| | 建築面積 | 約1,500m ² |
| | 延床面積 | 約20,000m ² |
| | 階数 | 地上14階、地下1階 |
| | 主構造 | 鉄骨造 |

表3 モデル計算条件

| | | |
|------|--------------------|--|
| 室内温湿 | 冷房時 | 26°CDB、50%RH |
| 度条件 | 暖房時 | 22°CDB、40%RH |
| 気象条件 | 東京(拡張アメダス標準年 2010) | |
| 計算間隔 | 5分 | |
| 内部発熱 | 人体 | 平日: 0.10 [W/m ²], 土曜: 0.08 [W/m ²] |
| | 照明 | 平日: 20.0 [W/m ²], 土曜: 5.0 [W/m ²] |
| | 機器 | 平日: 15.0 [W/m ²], 土曜: 5.0 [W/m ²] |
| | 人体 | 平日: 0.10 [W/m ²], 土曜: 0.08 [W/m ²] |
| | 照明 | 平日: 20.0 [W/m ²], 土曜: 5.0 [W/m ²] |
| | 機器 | 平日: 15.0 [W/m ²], 土曜: 5.0 [W/m ²] |

BESTでは排熱投入型吸収冷温水発生機、ガスエンジン発電機、太陽熱のモデルが組み込まれており、今回試算にあたっては図6のようなシステムを想定した。また、計算対象建物は延床面積約20,000m²のオフィスビルとした。図7に計算対象建物モデル平面図、表2に計算モデル概要、表3に計算条件を示す。

図8に計算モデルの電気・ガス別の一次エネルギー消費量、太陽熱利用によるエネルギー削減量を示す。太陽熱集熱によるエネルギー削減率は建物全体エネルギー消費量の約5%となった。一方で発電機排熱・太陽熱と時々刻々と変動する負荷バランスが必ずしも一致しないため、放熱用冷却塔によって放熱したエネルギーも見られた。

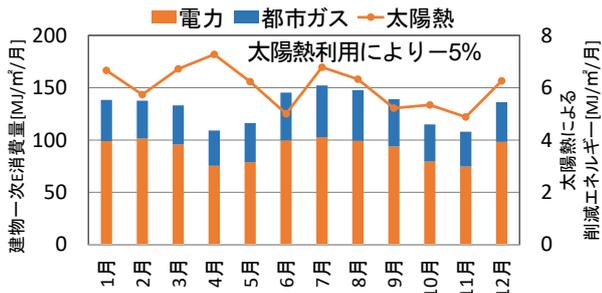


図8 太陽熱利用有無別の建物エネルギー消費量

5. 太陽熱の暖房、冷房利用実例

4章の検証結果で見られたように、太陽熱の供給と建物の熱消費のバランスを取るのには難しく、放熱によるエネルギーロスが発生する場合がある。このエネルギーロスを削減し、エネルギー利用量の増大を図った実例のシステム図を図9に示す。

太陽熱を蓄える蓄熱槽を設け、季節間蓄熱を行い、秋から冬季の集熱分を暖房用熱源水として活用する。これにより図10に示すように水熱源ヒートポンプの効率は定格条件におけるCOP4.5から平均COP6.8に向上する実績となった。また、年間の太陽熱利用量の予測値に対し、実測値は103%となり、計画どおりに太陽熱が活用されたことが確認された。

図11に暖房運転期間の日積算暖房負荷、集熱量と蓄熱槽の平均温度の推移を示す。負荷発生は不定期、断続的で、予測が難しい。一方、集熱量は暖房需要のタイミングに関係なく期間を通じて安定的に推移していた。結果、水槽水温は暖房運転が本格化する12月中旬まで26~27°C程度を維持しており、秋に蓄熱した太陽熱が厳冬季に有効活用されたことが確認できる。

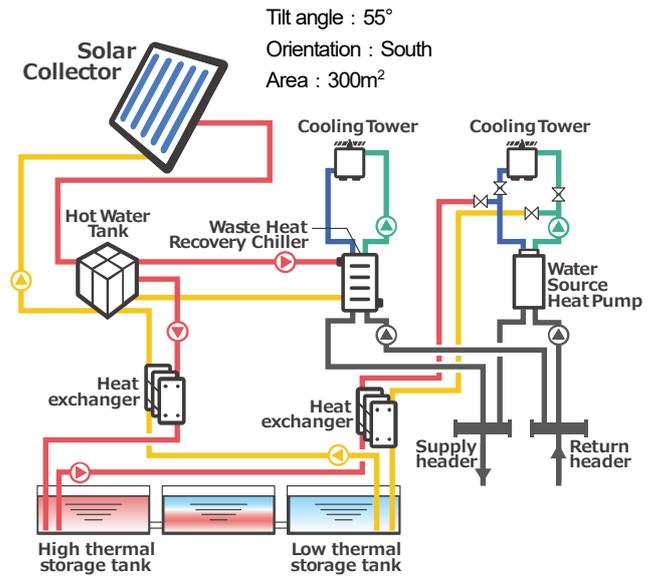


図9 太陽熱を利用した蓄熱システム

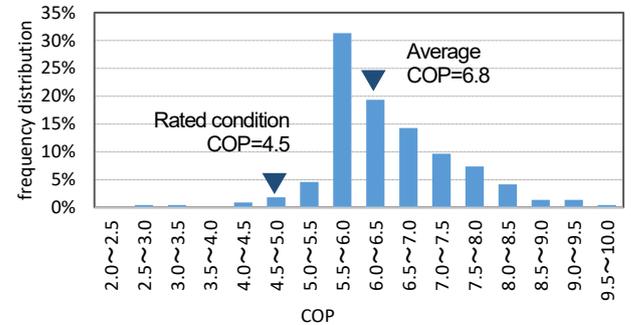


図10 太陽熱利用時の熱源 COP

【謝辞】本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」・プログラム開発委員会(石野久彌委員長)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表すものである。

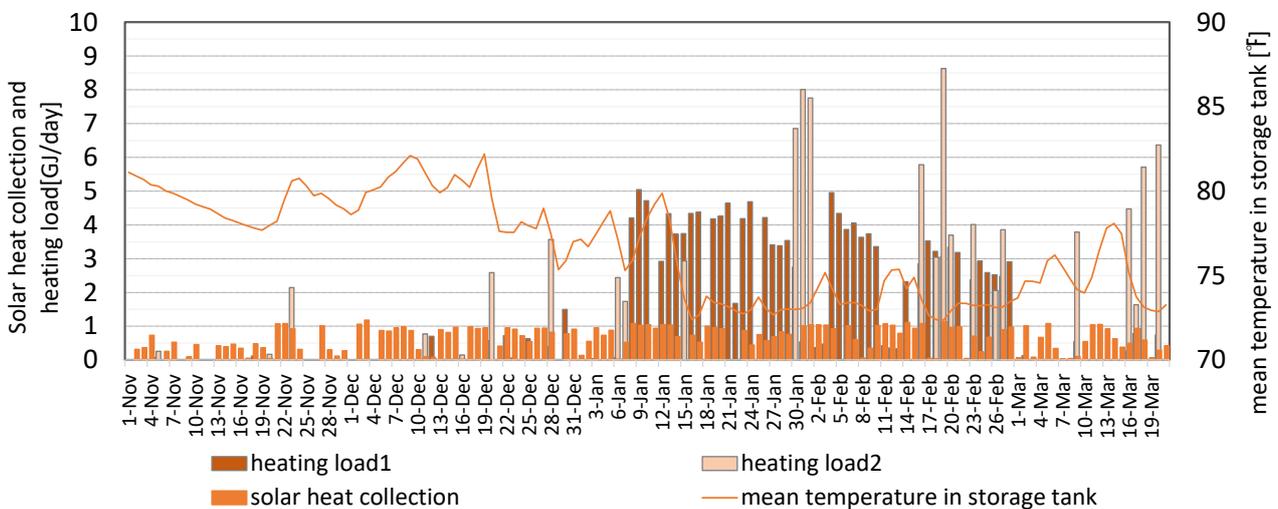


図11 太陽熱蓄熱量、蓄熱槽温度と熱負荷の変動