

那須研修所における自然エネルギー利用 - 省エネルギー効果の実測 -

小座野 貴弘*
吉川 淳一郎*

要 旨

近年、地球環境問題がクローズアップされ、各分野で省エネルギー技術が開発・実用化されている。当社的那須研修所においても、環境との共生をめざし、自然エネルギー利用の技術を導入し、通産省の補助事業「先導的高効率エネルギー利用型建築物モデル事業」の認定を受け、導入された技術について省エネルギー効果の検証を行っている。研修所内に設置した計測装置の連続計測のデータと短期計測のデータから、年間の省エネルギー効果を算定することができた。

本報告では、導入した技術の省エネルギー効果を評価するための検証方法、実測値をもとに算出した省エネルギー率等について述べることにする。

1. まえがき

那須研修所は、栃木県那須郡の日光国立公園内の標高850mに位置し、気候は寒冷地に区分されている。利用者が自然と触れ合いながら快適に過ごすことができる研修所及び保養所として開設された。

本施設を計画するにあたり、建築と環境の調和を図るため「自然環境の保全」¹⁾、「自然エネルギーの利用」をキーワードとして環境との共生を目指した。

ここでは、自然エネルギーの利用を目的に本施設に導入された技術について紹介する。また、本施設は、通産省より先導的高効率エネルギー利用型建築物モデル事業費等補助金交付を受けている。そのため、この施設を運用した場合の年間の省エネルギー効果について3年間の

報告が義務づけられている。

竣工から1年半が経過し、年間を通じた省エネルギー率の算定が可能となったことから、その検証方法と結果について報告する。

2. 建築の概要

既存の自然環境を保全した上で、さらに、自然環境と接点の多い建築空間を創出するため、小さな単位の建物群として、図-1に示す「光・風・土」をコンセプトとするコテージ12棟とレセプション、レストランなどのパブリック施設、および管理人棟を森の中に配置した(写真-1)。建築の構造種別は、木造の管理人棟・茶室・工房を除き、全てRC造とした。

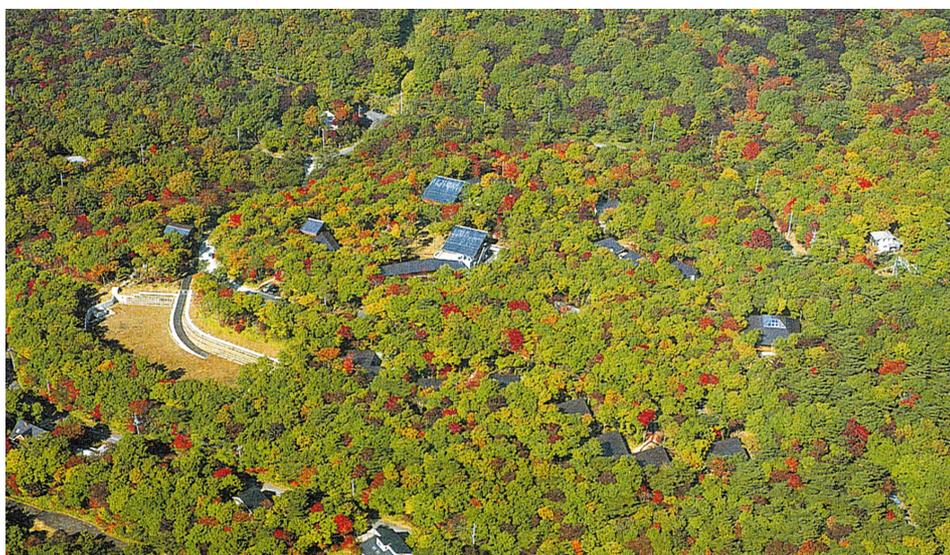


写真 - 1 那須研修所全景

*技術研究所

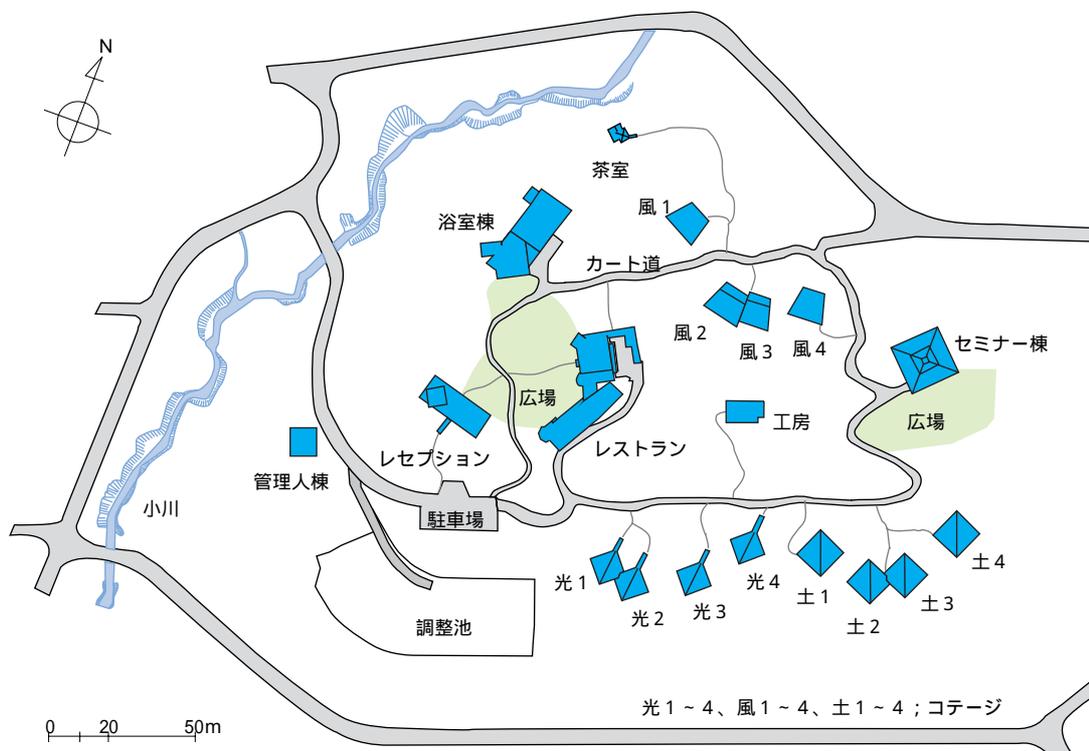


図 - 1 那須研修所の配置図

3. 導入技術

導入された技術は基本的に三つに分かれる。一つは太陽から発せられる光を電気に変える太陽電池や、また、太陽熱を集めて熱源として利用するソーラーシステムなどのエネルギー発生技術。二つめは工法や材料を工夫して熱負荷を抑えるエネルギー制御技術。三つめは太陽の光を部屋の照明としてそのまま利用するなどのエネルギー利用技術である。

3.1 エネルギー発生技術

3.1.1 太陽光発電

レセプション棟の屋根に設置した太陽電池モジュール

からの電力を本体のシステムに組み込み、研修所で使用される電力の一部に利用している(図 - 2)。

3.1.2 太陽熱集熱器システム

管理人棟、レストラン棟、浴室棟に設置した集熱屋根(写真 - 2)で暖めた空気を給湯用熱交換器を通して温水を取り出し給湯に利用している。また、管理人棟については熱交換器を通過した空気が蓄熱槽の砕石を暖めている。そして、冬季の夜間に蓄熱槽を通った温風で居室の補助暖房として利用している(図 - 3)。

3.1.3 排気全熱交換

換気によって室内から排出される空気を全熱交換器を

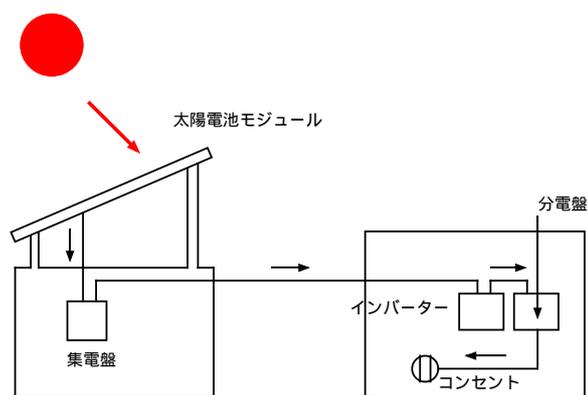


図 - 2 太陽光発電の模式図



写真 - 2 各棟の集熱屋根・太陽電池モジュール

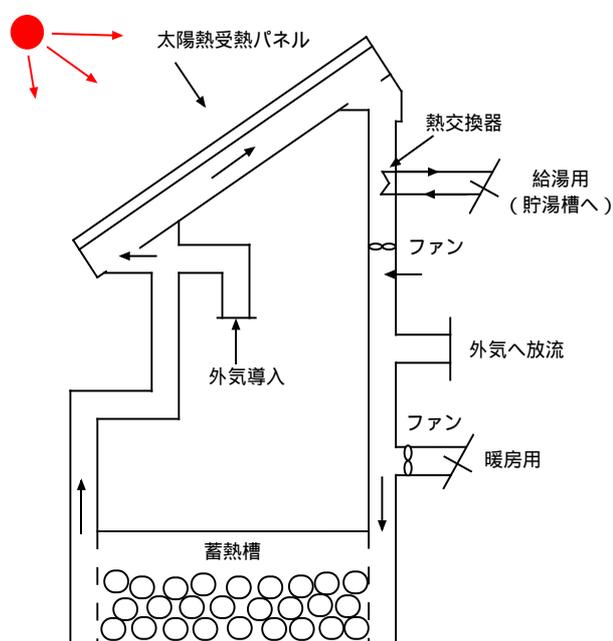


図 - 3 ソーラーシステムの模式図

通すことで、排出空気が持っていた熱エネルギーの回収を行っている。

3.2 エネルギー制御技術

3.2.1 外断熱工法

外断熱工法は、全室を比較的連続して冷暖房運轉を行う棟で採用し、建物の熱損失を抑制することにより冷暖房負荷の低減を図っている。

3.2.2 Low-Eペアガラス

窓ガラスにLow-Eペアガラス（室内側ガラスの空気層側に特殊金属膜を蒸着し、空気層にアルゴンガスを封入したもの）を使用することにより窓面の断熱性能を向上させ、暖房エネルギー低減を図っている。

3.2.3 ダイレクトゲイン

光のコテージ、及び、レストラン棟のダイニングでは、建物の断熱性能を維持しつつ、窓を大きくすることで、昼間の日射によるエネルギーを室内に取り入れ、室内を暖めると同時に蓄熱している。夜間、外部に逃げていく熱を抑えることで、蓄熱体からの放熱による熱を補助暖房として利用し、暖房エネルギー低減を図っている（図-4）。

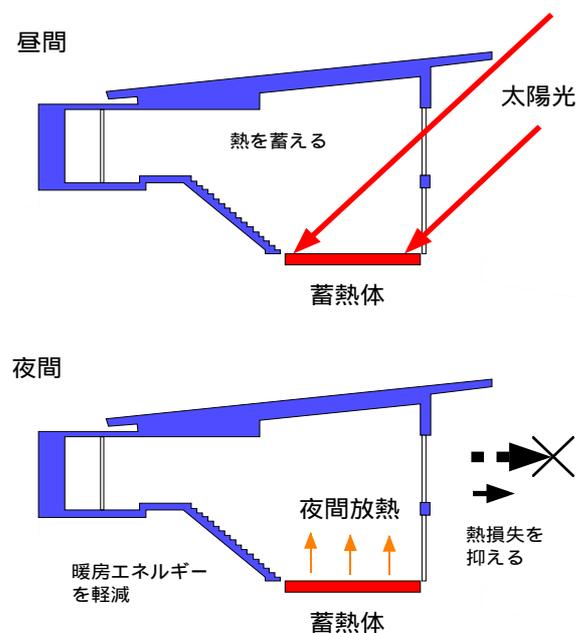


図 - 4 ダイレクトゲインの模式図

3.3 エネルギー利用技術

3.3.1 昼光照明

セミナー棟上部に設けたトップライト（写真-4）により、太陽光を取り入れ、曇りの日でも500lx以上の照度を確保し、照明エネルギーの低減を図っている。



写真 - 3 光のコテージ室内



写真 - 4 セミナー棟のトップライト

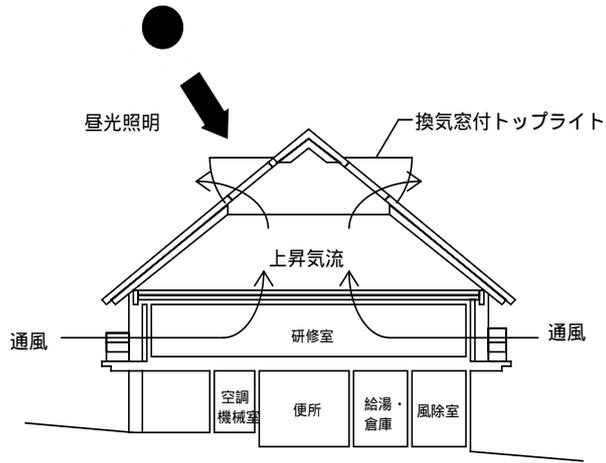


図 - 5 セミナー棟

3.3.2 自然換気

セミナー棟のトップライトと外壁窓を開放することにより、室内の滞在者からの発熱による上昇気流を利用し、トップライトからその発生熱を排出することで、冷房負荷の低減を図っている(図-5)。

4. 省エネルギー効果の算定

4.1 検証方法

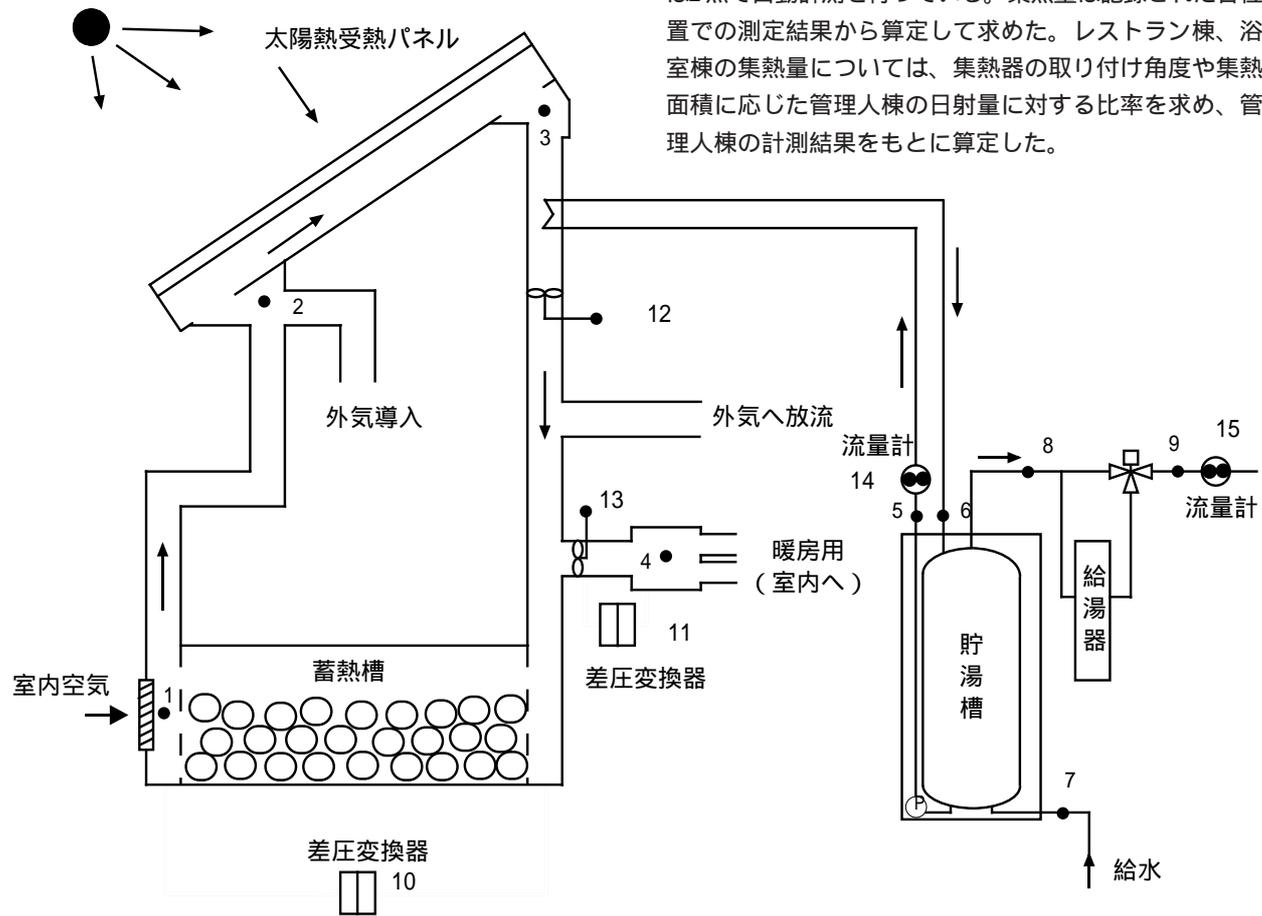
4.1.1 エネルギー発生技術

(1) 太陽光発電装置

太陽電池パネルによる発電量のインバータ変換後の電力量を自動計測している。その電力量をエネルギー換算して太陽光発電による獲得エネルギー量を求めた。

(2) 太陽熱集熱器

管理人棟の集熱装置について計測装置を設置している(図-6)。温度は9点、圧力は2点、風量は2点、流量は2点で自動計測を行っている。集熱量は記録された各位置での測定結果から算定して求めた。レストラン棟、浴室棟の集熱量については、集熱器の取り付け角度や集熱面積に応じた管理人棟の日射量に対する比率を求め、管理人棟の計測結果をもとに算定した。



1 ~ 9 : 温度計測位置 10、11 : 差圧計測位置
 12、13 : 風量計測位置 14、15 : 流量計測位置

図 - 6 太陽熱集熱器の検証方法 (管理人棟)

(3) 排気全熱交換器

換気風量について定期的な計測を行い、施設を利用した日時の室内外の温度差と効率から獲得エネルギー量を求めた。

4.1.2 エネルギー制御技術(外断熱・ペアガラス・ダイレクトゲイン)

図-7はエネルギー制御技術の検証方法である。検証は光のコテージ2、3と管理人棟で自動計測を行った。

自動計測結果と光のコテージ3での短期詳細計測により計算による予測手法の検討を行った。検討結果をもとに熱負荷計算プログラムSMASH²⁾を用いて外断熱・ペアガラスによる断熱効果やダイレクトゲインによる効果をそれを施していない建物(以下通常建物)との熱負荷の差異や節約できるエネルギー量を求めた。

自動計測を行っていない施設、各コテージの熱負荷は、同一コテージがまとめて配置されているためコテ

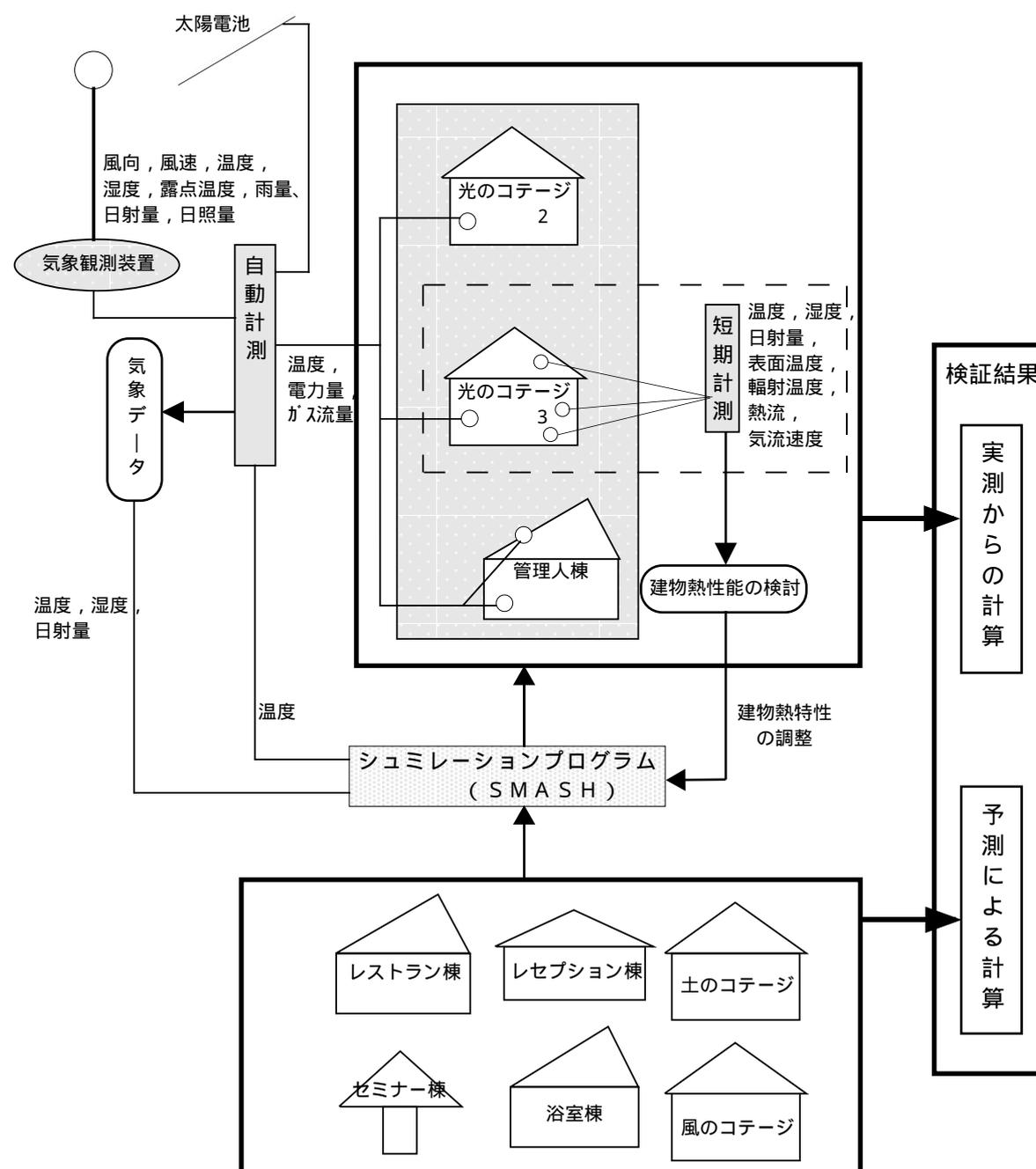


図-7 エネルギー制御技術の検証方法

ー毎の熱負荷特性に違いがないとみなし、実測との検討結果を参考に、熱負荷計算プログラムSMAASHにより算出した。負荷計算では、那須研修所内に設置されている気象観測装置の実測データを使用した。

4.1.3 エネルギー利用技術（昼光照明）

昼光照明により節約できるエネルギーは、研修利用時のセミナー棟の机上面の必要照度が500lx以上であった時間分の照明消費エネルギーとした。机上面の照度はセミナー棟の昼光率とセミナー棟利用時の全天空照度から算出した。その際、昼光率は実測により求め、全天空照度は気象観測装置の日射量から求めている。

4.2 検証結果

4.2.1 寄与率の推移

これまで紹介した各要素技術によって各施設での使用時の獲得エネルギー、利用するエネルギー、または、節約できたエネルギーを総計した量の、その技術を採用しない場合の各施設での消費エネルギー量に対する割合を省エネルギーの寄与率とし、各月毎にまとめた。図-8に結果を示す。

暖房期間中（10月～5月）の寄与率は、平均で37.9%、他の期間の寄与率は33.0%であった。6月、9月は中間期であるので、エネルギー制御技術による省エネルギー効果が少ない分、寄与率も低い。特に、9月は悪天候の影響でエネルギー発生技術による獲得エネルギー量が少なかったため、低い値になっている。ただし、他の月の寄与率は月によって大きな変化はなく、全体として、定常的にエネルギーを利用できている。

4.2.2 太陽光発電

図-9は、1月の発電量とそのときの全天空日射量との関係を示したものである。研修所周辺は、天候の移り変わりが激しく曇天の日も多いが、発電量と日射量には正の相関がとれており、パネル面積が約40㎡であるのでこれからシステムの変換効率を求めてみると、約15%であった。図-10は各月の発電量の推移である。晴天の日が多かった春頃は発電量も多いことがわかる。

4.2.3 太陽熱集熱器

管理人棟の太陽熱の利用状況について述べる。各月の獲得エネルギー量を図-11に示す。

太陽光発電同様、晴天の日が多かった春頃は、獲得エネルギー量も増えており、給湯に必要なエネルギーを上回っている月がほとんどであった。

その太陽熱の利用は、冬季では、全体の2～3割を暖房で利用し、暖かくなるにつれて、給湯で使われる割合が増えている。

一方、給湯に必要なエネルギーに対する太陽熱利用の比率をみると、修理点検中であった12月を除くと、高い

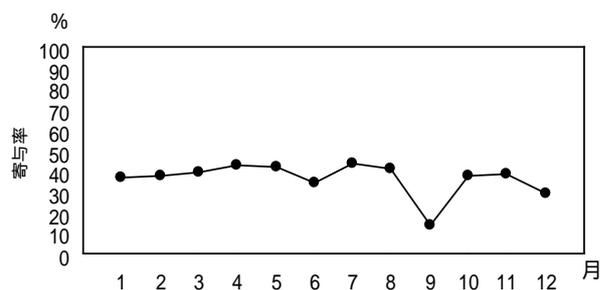


図-8 省エネルギーの寄与率

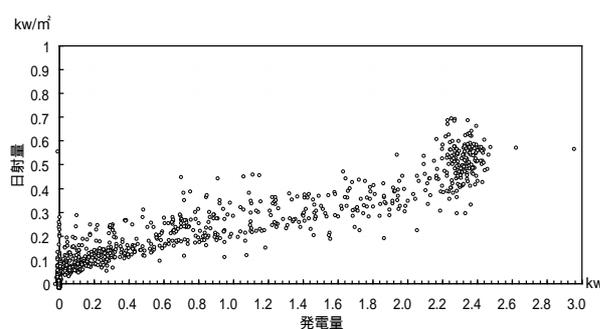


図-9 発電量と日射量の関係

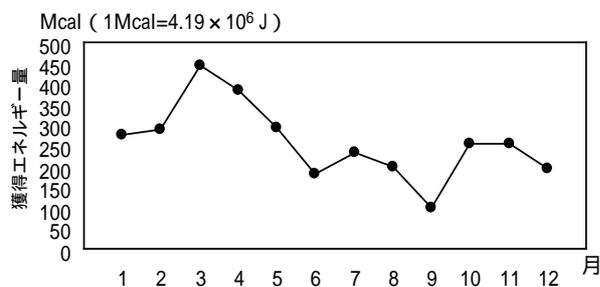


図-10 太陽光発電による獲得エネルギー量

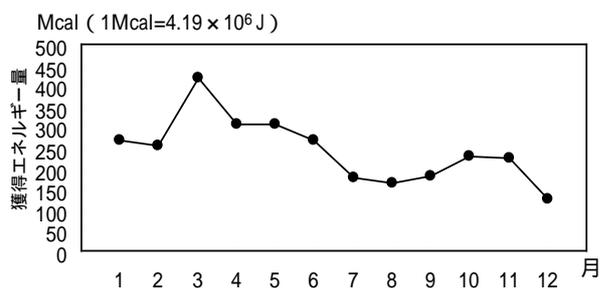


図-11 太陽熱集熱器による獲得エネルギー量

ところで、84%、低いところでは41%であった(図-12)。実際獲得している熱量はほとんどの月で必要エネルギー量を上回っているものの、集熱量の多い昼間に比べ、朝夕に使用される割合が多いうえ、貯湯タンクから出湯口に至るまでの熱損失や天候の影響などにより、出湯の段階で給湯機で再度沸かしていることが多い。つまり、獲得した熱量のうち給湯熱として使われたのは、最大で70%程度、平均で64%であった(図-13)。

4.2.4 エネルギー制御技術

高断熱工法などのエネルギー制御技術による省エネルギー率を図-14に示す。図より、最大で36.7%、最小で25.4%であった。省エネルギー率に影響する要因としては、外気温度と、コテージ等の利用率によるところが大きい。省エネルギー率が最小であった12月や1月はコテージやレストラン棟などの利用率が低く、レセプション棟や管理人棟を除いて負荷は発生していない。一方、室内と外気の温度差が比較的小さい4月、5月でもコテージ等の利用者が多かったため、暖房負荷が発生しており、この制御による節約エネルギー量が多かったといえる。

光のコテージの居間において測定した温度の分布を図-15に示す。測定日の天候は晴天であった。居間は約6mの吹き抜けとなっているが、上下の温度差は少ない。

表-1に、各建物の外皮面積に対する窓面積の割合と暖房負荷の軽減率の関係を示す。各棟の省エネルギー率はその棟の利用用途や大きさ、利用率等の要因によって異なっているが、エネルギー制御技術として導入しているペアガラスの効果を表に示す関係からみると、窓比率の高い建物では負荷軽減率も高い傾向にある。このことは、冬季の暖房熱は窓面からの損失が大きく、また、窓面積の大きいところにはLow-Eペアガラスを使用することで暖房負荷の軽減に大きな効果が期待できる。ただし、窓比率の高い建物は、必要エネルギー量も多くなる傾向にあるため軽減率のみで省エネルギー効果を判断することはできない。

表-1 各棟の外皮面積と暖房負荷軽減率

	窓面積/外皮面積 (%)	暖房負荷軽減率 (%)
光のコテージ	14.9	45.4
土のコテージ	7.2	32.2
風のコテージ	9.7	39.7
浴室棟	6.4	15.5
セミナー棟	23.1	60.3
ダイニング	19.0	53.2
レセプション棟	6.7	21.8
管理人棟	6.2	25.0

$$\text{暖房負荷軽減率} = \frac{\text{Low-Eガラス仕様による負荷軽減量}}{\text{シングルガラス仕様時の暖房負荷}} \times 100 (\%)$$

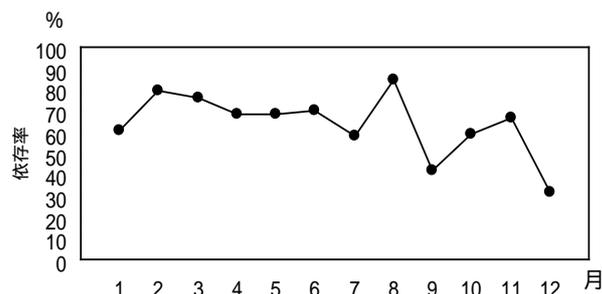


図-12 給湯必要エネルギーに対する実際に利用した太陽熱エネルギーの割合

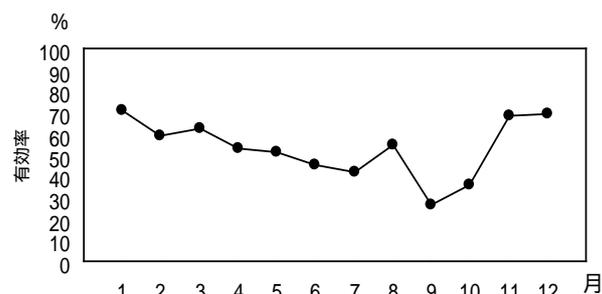


図-13 獲得エネルギーに対する実際に利用した太陽熱エネルギーの割合

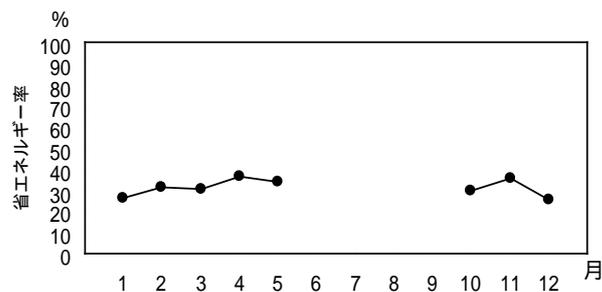


図-14 制御技術による省エネルギー率

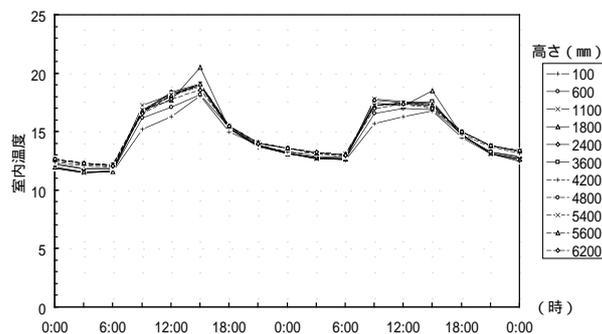


図-15 光のコテージの4/13~4/15の温度変化

4.2.5 昼光照明

セミナー棟の昼光照明による省エネルギー率を図-16に示す。省エネルギー率は平均53%で、セミナー棟を利用した日の多くが昼間、人工照明を必要としない照度を維持していた。

4.2.6 自然換気

夏季のセミナー棟の利用日数が少なく、この効果の定量的な検討はできなかった。研修所内の気温を図-17に示す。研修所周辺の平均気温は昼間でも21℃程度と涼しく、窓を開けて自然換気を図ることで十分涼風を得ることができた。

5.まとめ

年間を通してのエネルギーの寄与率を算出した結果、当初予定していた寄与率が確保されており、全体として有効な省エネルギー効果があると考えられる。ただし、個々の技術も使い方によっては効果を十分に発揮できない場合もあるので利用方法を含めた検討が計画の段階から必要である。

今回の測定の結果から自然エネルギーの利用にあたって注意する点をまとめると、次のことが挙げられる。

- 1) 自然エネルギーの利用はあくまでも補助として考え、獲得エネルギーと消費エネルギーとのバランスを考慮した計画とする。
- 2) エネルギー制御技術では、節約できるエネルギーと同時に、損失する部分についても検討しておく必要がある。
- 3) 個々の要素技術と同時に建物全体、周辺環境も含めた複合的な計画が重要である。

本報告は3年間の省エネルギー効果の検証途中であり、各要素技術の省エネルギー効果について統計はとれないため、今後、検証を進めていく上で、これらを明らかにしていきたい。

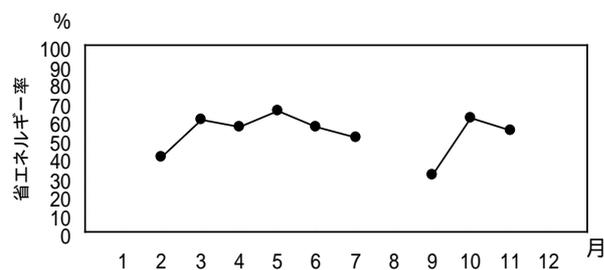


図-16 昼光照明による省エネルギー率

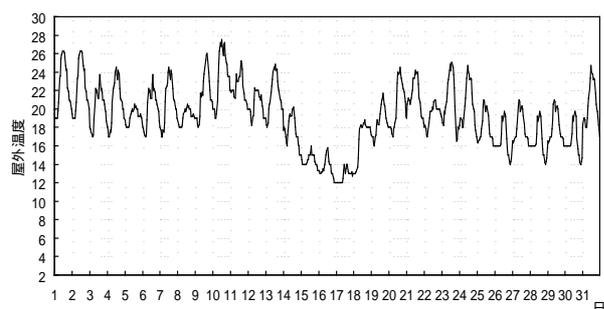


図-17 8月の屋外の温度変化

謝辞

今回の検証にあたり、武蔵工業大学工学部宿谷昌則教授、千葉工業大学工学部小峯裕己教授から御指導・御助言を頂いた。ここに記して感謝を表す。

参考文献

- 1) 田中裕一：那須研修所建設における環境保全への取り組み、五洋建設技術年報、Vol.27、pp.131～136、1997
- 2) 坂本雄三：I B E C、No.49、pp.25～29、1988