

自然エネルギー棟に設置した 空気式太陽熱集熱システムに おける実証実験



- 安部 剛 (錢高組)
- 半貫 敏夫 (日本大学)
- 田代 達一郎 (LIXIL)
- 永木 毅 (国立極地研究所)

研究背景

昭和基地の主要エネルギー源は、極寒冷地仕様の軽油(JIS特3号)である。

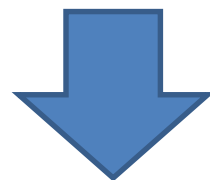
この燃料の重量は、観測隊の全輸送物資量の約60%を占める。



昭和基地沖の海氷状況によっては「しらせ」が接岸出来ないこともあり、観測に必要なエネルギー源の安定的な備蓄・供給のためには、太陽光等の再生可能エネルギーの積極的な導入が求められている。

空気式太陽熱集熱システムの現状

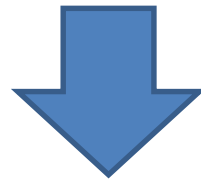
太陽熱を直接的に利用する手法は、一般的に太陽熱集熱効率が40～60%と言われ、太陽光発電のエネルギー変換効率15～20%より高い。



そこで給湯や暖房等にバランス良く利用することで、効率よく省エネ効果を発揮することが可能となる。

空気式太陽熱集熱システムの課題

集熱システムは、液体式と空気式の2種類があり、液体式の場合、配管の劣化等による液体が漏れるといった不具合が発生するリスクが高いと言ったデメリットがある。



空気式の場合は、液体が漏れるといった現象が無くメンテナンス性にも優れている等の利点が多い。



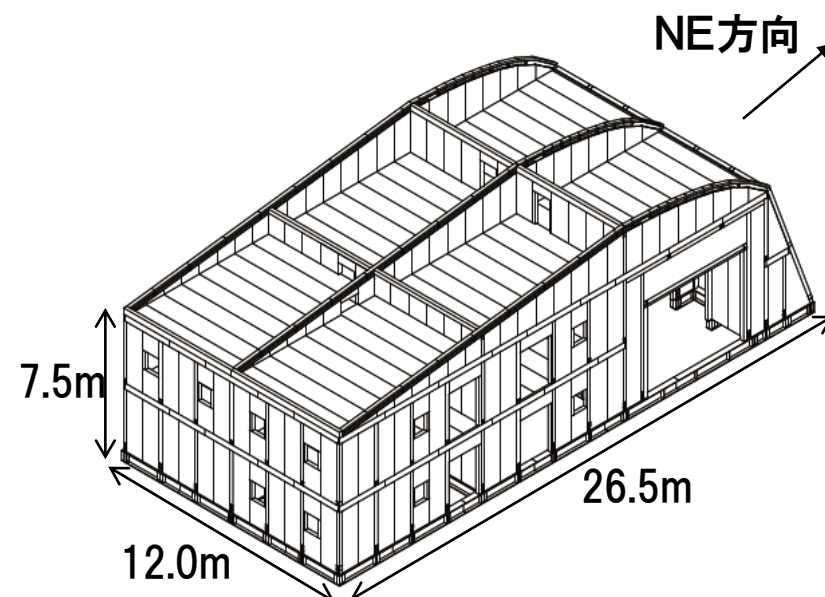
しかしながら、極寒冷地での空気式太陽熱利用システムの使用実績はまだ少なく、集熱システムの性能等の基本的なデータの蓄積が望まれている。

5 研究目的

昭和基地に新たに建設した「自然エネルギー棟」に採用した空気式太陽熱集熱システムの実証実験の概要と、実証実験の結果を報告する。



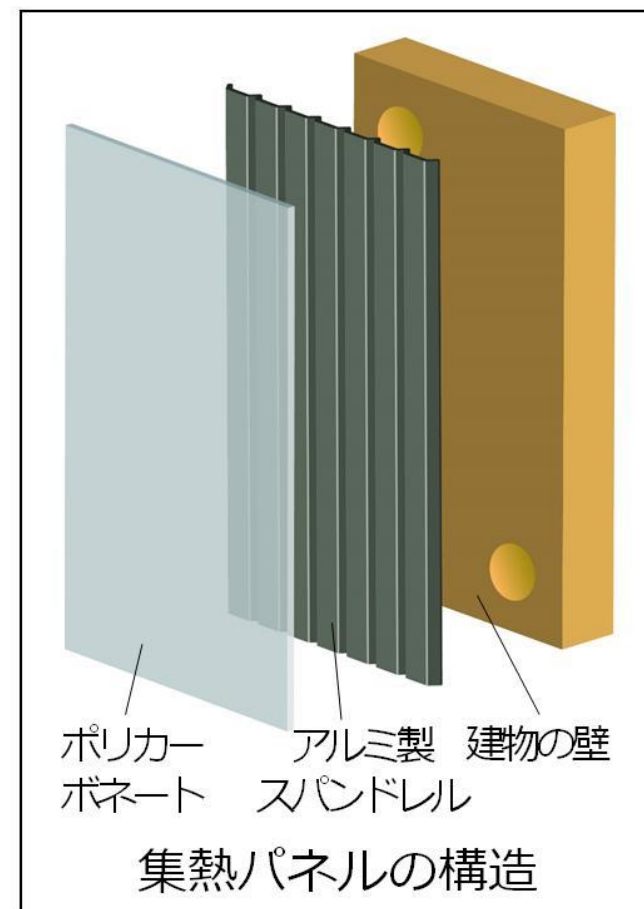
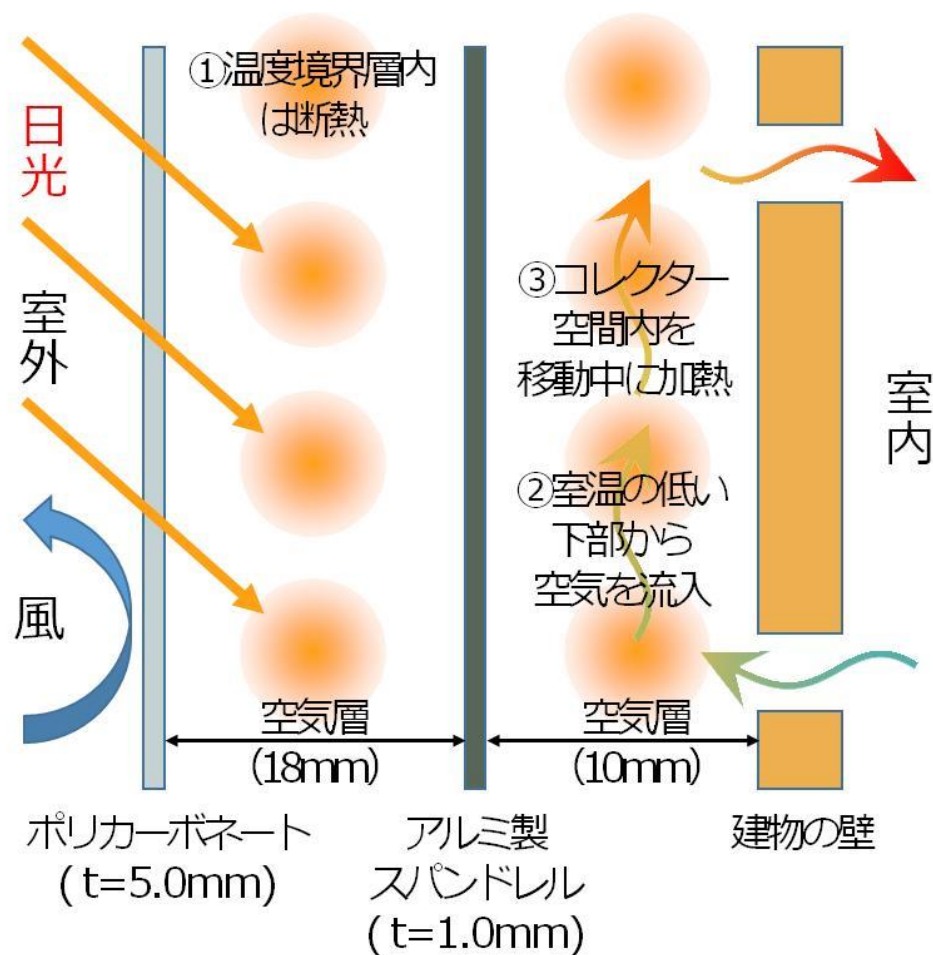
自然エネルギー棟



自然エネルギー棟のアクソメ

自然エネルギー棟で採用した集熱システム①

●空気式太陽熱集熱パネル(北面外壁:24枚,71m²、西面外壁:48枚,136.6m²)を採用。

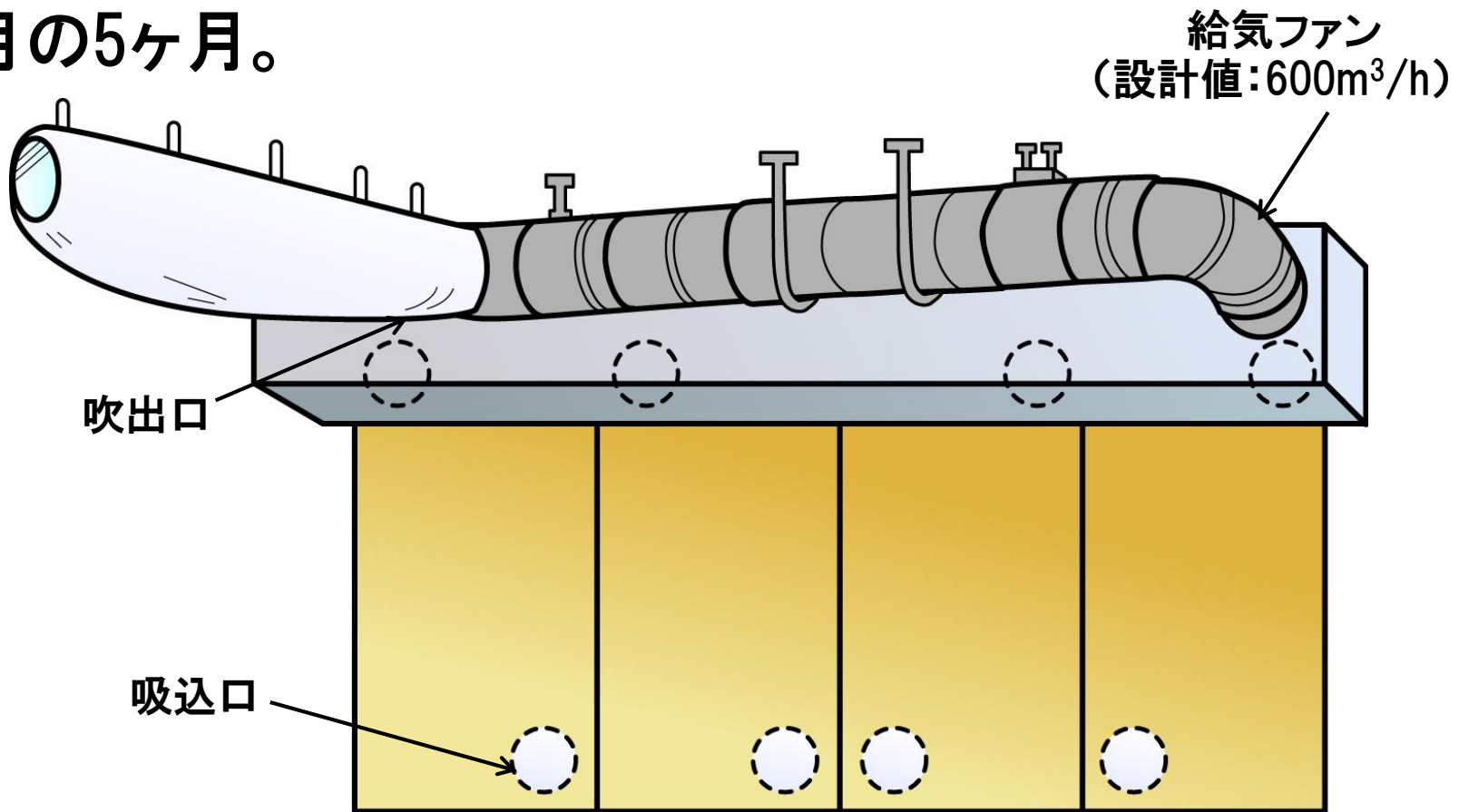


7

自然エネルギー棟で採用した集熱システム②

●4枚のパネルを1ユニットとして、太陽熱で暖まった空気を室内に取り入れている。

●昭和基地で日射が期待できる時期は、10月～2月の5ヶ月。



実証実験の概要

●計測は、2016年2月24日(水)～2017年1月31日(火)までの約1年間実施。

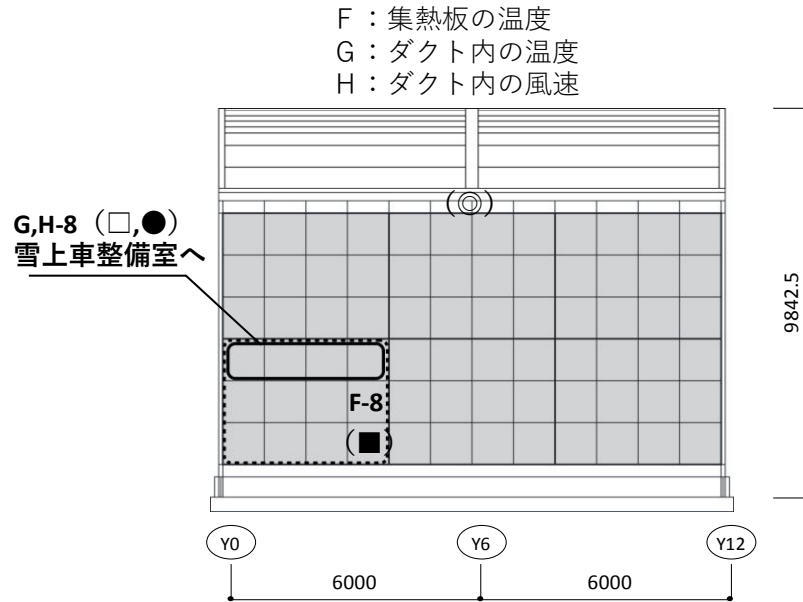
●日射計、室内温・湿度計、集熱板の温度計、ダクト内の温度計、ダクト内の風速計を用いて、日射量、温度・湿度、集熱板の温度、ダクト内の温度、風速を1分間隔で自動計測。

但し、北面に設置した日射計は、2016年6月28日以降、西面の日射計は、2016年10月30日以降、南極特有のブリザードによる影響で故障・欠測。

計測機器の概要

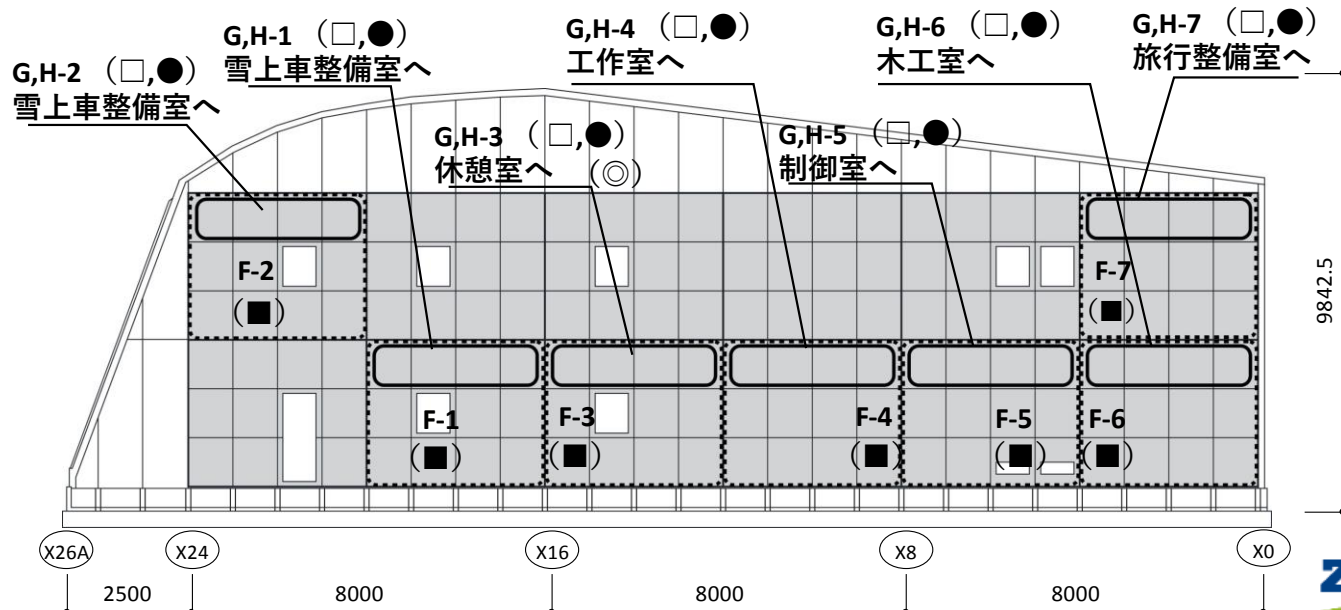
測定項目	測定装置	型番	測定点	マーク	測定方法
日射量	日射計	CMP-3	2	◎	1分間隔
室内温度湿度	温湿度計	HF-433WBD2X1XX	5	▲	1分間隔
集熱板温度	T型熱電対	T-CC	8	■	1分間隔
ダクト内温度	T型熱電対	T-CC	8	□	1分間隔
ダクト内風量	微風速計プローブ	0962-00	8	●	1分間隔

10 計測位置、マーク及び集熱ダクトの配送先



←北立面図

↓西面立面図



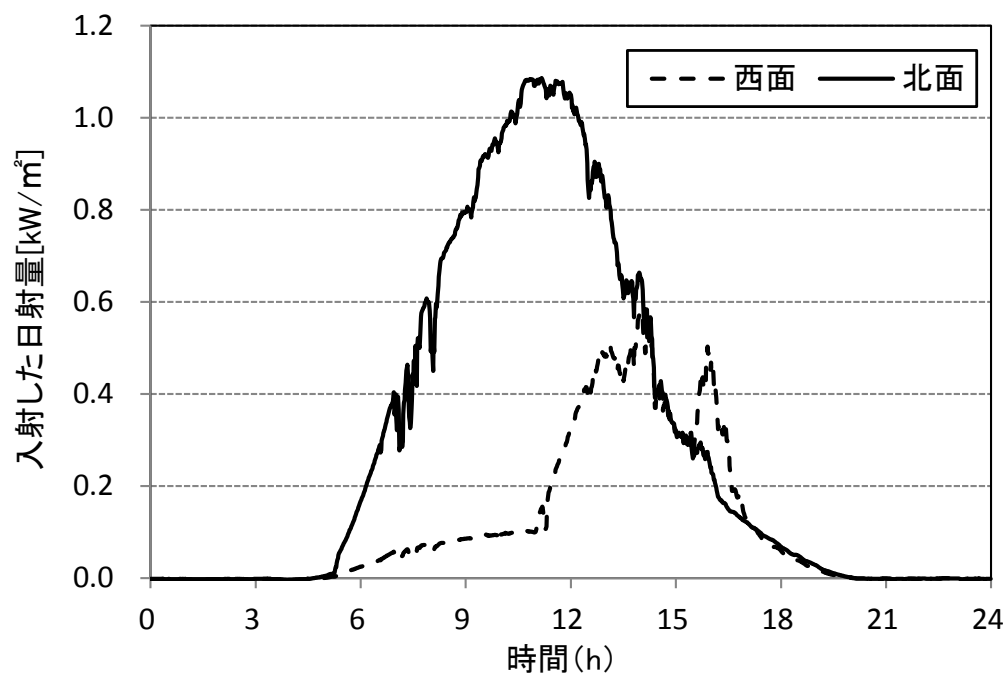
11 実証実験における検証項目

- ①北面・西面に設置した空気式太陽熱集熱システムに入射した日射量、室内温度・湿度、集熱板温度、集熱ダクト内温度の結果及び集熱量を示す。
- ②西面パネルの太陽熱集熱効率(以下、集熱効率と呼ぶ)を検証する。

12 建物北面・西面に入射した日射量

●北面日射量は、最大 $1.1\text{kW}/\text{m}^2$ （11時～12時頃）。

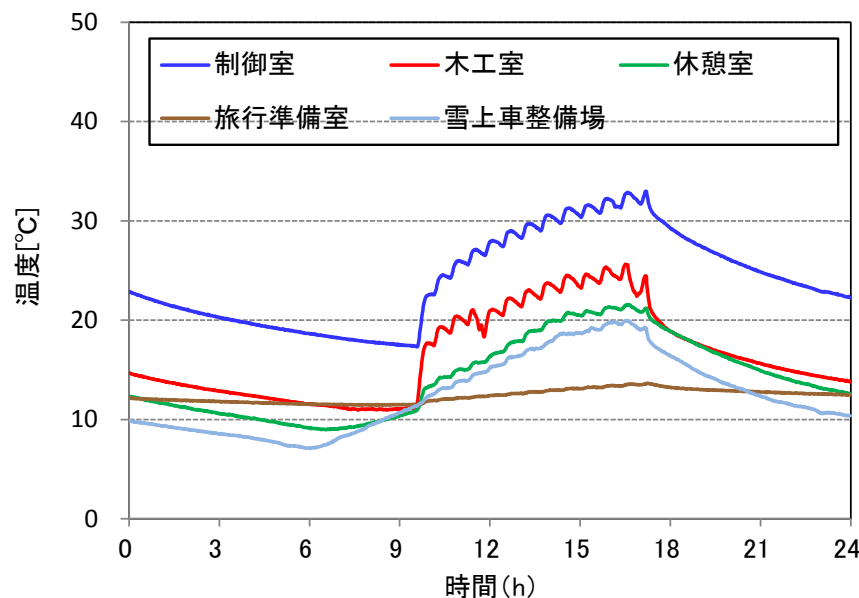
●西面日射量は、最大 $0.6\text{kW}/\text{m}^2$ （14時頃）。



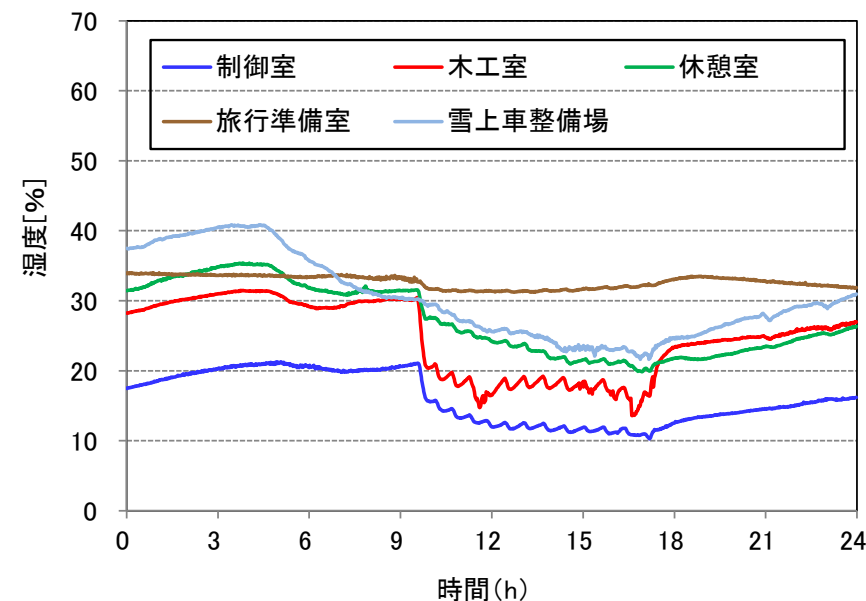
入射した日射量と時間
2016年2月27日(土)

13 各部屋の温・湿度

- 1階制御室等の各部屋で、FCU暖房機が稼働している間は、室内温度が上昇、湿度は低下している。
- 2階の旅行準備室は、FCU暖房がOffだった為、温・湿度の短周期変動が見られない。



温度と時間
2016年2月27日(土)



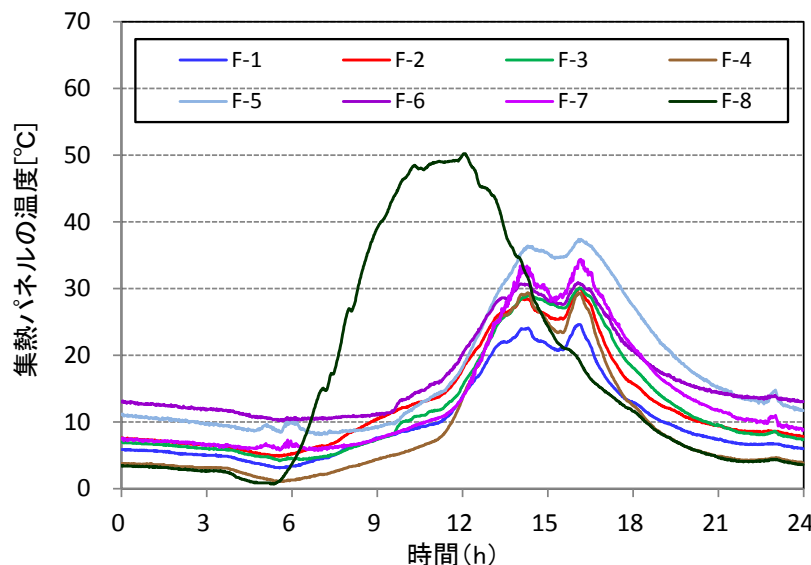
湿度と時間
2016年2月27日(土)

14

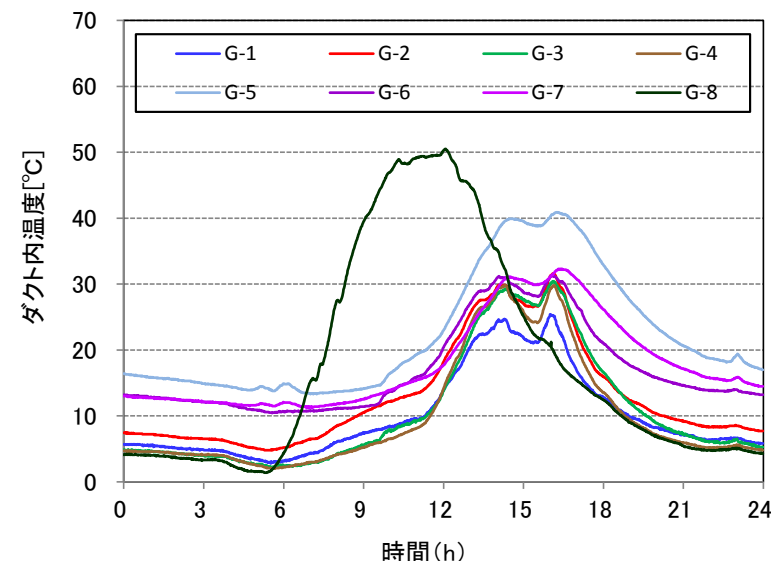
集熱板温度と集熱ダクト内温度

●北面集熱板の温度(F-8)とダクト内の温度(G-8)であり、北面の日射量と比例して高くなっている。集熱板、ダクト内温度は、ほぼ同じである。

●西面集熱板の温度とダクト内の温度であり、西面の日射量と比例関係にあった。



集熱板温度と時間
2016年2月27日(土)



ダクト内温度と時間
2016年2月27日(土)

15 集熱量①

集熱量は式(1)により求めた。

$$Q = A_D \times V_D \times 3600 \times C_p \times \gamma \times (T_D - T_R) \quad \text{式(1)}$$

A_D :ダクト断面積(m^2)

V_D :ダクト内風速(m/s)

Q :集熱量(W)

C_p :空気比熱 $=0.28(\text{W}/(\text{kg}\cdot\text{K}))$

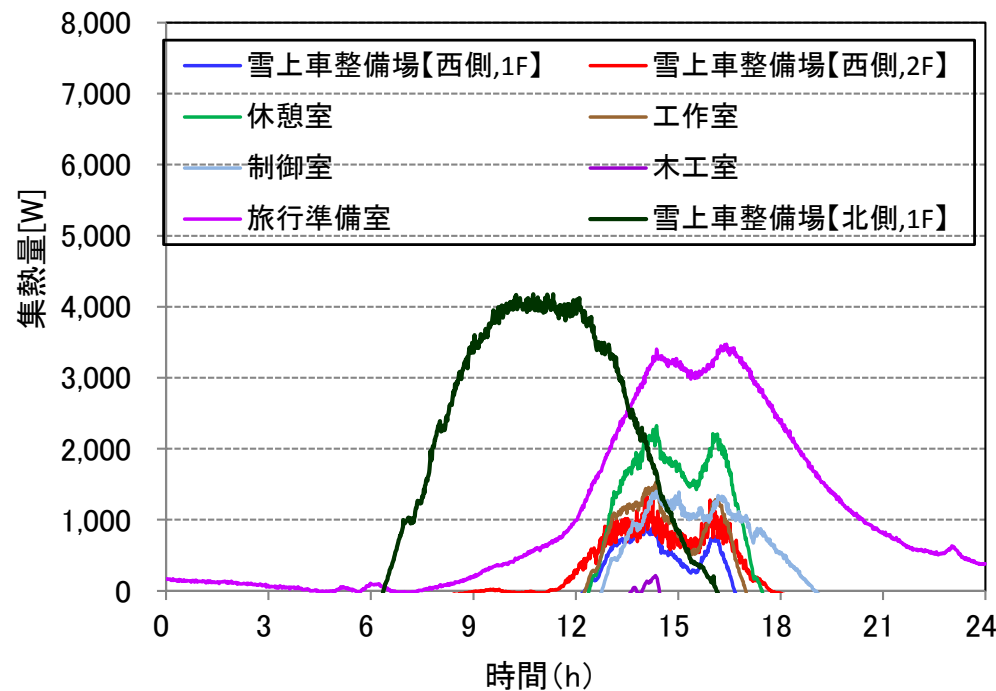
T_D :集熱ダクト内温度($^{\circ}\text{C}$)

T_R :室内温度($^{\circ}\text{C}$)

γ :空気の比重量(kg/m^3) $=341.5/(273+T_D)$

集熱量②

●1階各室は他の暖房装置併用の効果を含む T_R を用いているので、正確な集熱量ではないが、集熱板やダクト内温度は、北・西面集熱パネルの集熱量 Q と比例関係にあった。



集熱量と時間
2016年2月27日(土)

17 集熱効率について

●検証期間については、建物西面に設置したF-7パネルは、日射計が正常に作動した10月29日(土)まで。

●温水床暖房等の他の暖房機器が動いていない日で、集熱効率を検証。但し、1日の内、途中で他の暖房機器をONかOFFにした日は検証から除外。

●集熱効率 η は、式(2)により算出。

$$\eta = Q / (A_p \times I_{SR}) \quad \text{式(2)}$$

η : 集熱効率

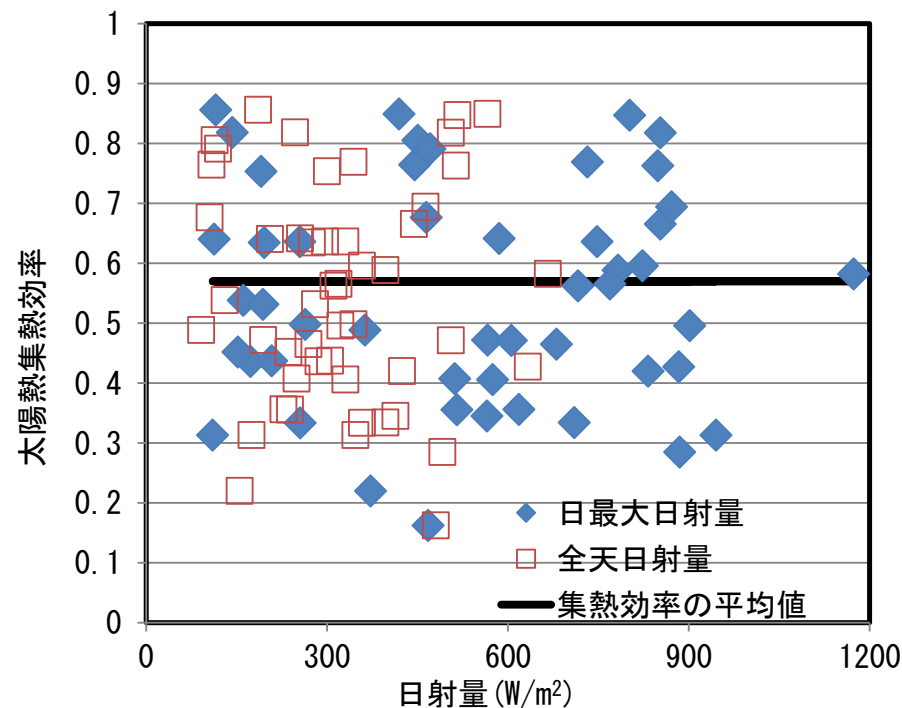
Q : 集熱量(W)

A_p : 1ユニット当たりのパネル面積(m²)

I_{SR} : 建物各面の全天日射量(W/m²)

18 西面(F-7)の集熱効率

- 風量は平均 $572\text{m}^3/\text{h}$ であり、設計風量とほぼ同量。
- 水平面全天日射量と比較すると、2倍近い日最大日射量が取得。
- 平均の集熱効率は0.57で、一般的な集熱システムの集熱効率とほぼ同等な値。



19 まとめ

①自然エネルギー棟で計測した日射量、温度・湿度、集熱板温度、集熱ダクト内温度を示した。また、ダクト内風量(風速)を計測・整理し、集熱パネルの集熱量 Q を求めた。

②2階の旅行準備室へ繋がるF-7パネルは、平均の集熱効率が0.57で、一般的な太陽熱集熱システムの集熱効率と同等であることが確認できた。給気ファン風量(H-7)は、ほぼ設計風量通りであったためと考えられる。

③F-7パネルの日最大日射量は、水平面全天日射量の2倍近くになる場合もあることが確認できた。

20 今後について

壁面に取り付けた集熱パネルの場合、集熱板の種類、給気量、日射吸収率、面積等、様々な条件により集熱性能が変化する。

今回は、日最大日射量、全天日射量と集熱効率の関係を示したが、今後は、風速・風向、日照時間、外気温度、天候、全天日射量等の気象条件で、集熱量がどの程度の影響を受けるかを明確にする必要がある。