

— 報告 —  
Report

南極野外調査における太陽光発電システムの活用  
— 第 50 次日本南極地域観測隊 セール・ロンダーネ山地地学調査隊の例 —

亀井淳志<sup>1\*</sup>・阿部幹雄<sup>2</sup>・志村俊昭<sup>3</sup>・柚原雅樹<sup>4</sup>・大和田正明<sup>5</sup>・  
東田和弘<sup>6</sup>・外田智千<sup>2</sup>・木下雅章<sup>7</sup>

Practical use of solar system on Antarctic field survey  
— An example of the Sør Rondane Mountains field research party, JARE-50 —

Atsushi Kamei<sup>1\*</sup>, Mikio Abe<sup>2</sup>, Toshiaki Shimura<sup>3</sup>, Masaki Yuhara<sup>4</sup>, Masaaki Owada<sup>5</sup>,  
Kazuhiro Tsukada<sup>6</sup>, Tomokazu Hokada<sup>2</sup> and Masaaki Kinoshita<sup>7</sup>

(2009 年 8 月 10 日受付 ; 2009 年 9 月 17 日受理)

**Abstract:** The field party in the Sør Rondane Mountains, a part of the summer party of the 50th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-50), performed as outdoor survey using a solar-electric system for field camping over a period of 67 days. The total amount of power generation (output: ca 12V) varied from 67 to 24 Ah/day. We obtained three important conclusions: 1) Electric power is sufficiently supplied from the solar-electric system in the field camp. 2) The solar panel (maximum output 2.3 A) used by JARE-50 generates 9–10Ah/day. 3) The solar panel did not produce electric power during the midnight sun (0000–0500 LT; the time for Showa Station area) in the Antarctic summer season.

<sup>1</sup> 島根大学総合理工学部地球資源環境学科. Department of Geoscience, Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue, Shimane 690-8504.

<sup>2</sup> 情報・システム研究機構国立極地研究所. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

<sup>3</sup> 新潟大学理学部地質科学科. Department of Geology, Niigata University, 2-8050 Ikarashi, Nishi-ku, Niigata 950-2181.

<sup>4</sup> 福岡大学理学部地球圏科学科. Department of Earth System Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180.

<sup>5</sup> 山口大学大学院理工学研究科地球科学講座. Department of Earth Science, Yamaguchi University, 1677-1 Yoshida, Yamaguchi-shi, Yamaguchi 753-8512.

<sup>6</sup> 名古屋大学博物館. Nagoya University Museum, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601.

<sup>7</sup> 株式会社パワーバンクシステム. Power Bank System, Co., Ltd., 17-1527 Rokuban-wari, Uchida, Kagami-machi, Yatsushiro, Kumamoto 869-4202.

\* Corresponding author. E-mail: kamei-a@riko.shimane-u.ac.jp

**要旨:** 第 50 次日本南極地域観測隊 (第 50 次隊) 夏隊のセール・ロンダーネ山  
地学調査隊は 67 日間におよぶ野外調査を行い、その間に必要な電力を太陽光発  
電で賄った。今回使用した太陽光発電システム (出力電圧約 12 V) の 1 日あたり  
の発電量は 67-24 Ah であった。そして、この調査によって以下の 3 つの重要なこ  
とが明らかとなった。1) 南極での野外調査生活に必要な電力は太陽光発電システ  
ムにより得ることが可能である。2) 最大出力電流 2.3 A の太陽パネルは 1 日あた  
り 9-10 Ah を発電する。3) 夏季の南極は白夜のために日照が途絶える事はないが、  
当山地では 0000 LT から 0500 LT (昭和基地時刻) の間に太陽光発電ができない。

## 1. はじめに

人類は豊かな暮らしと社会の発展を主な目的として、化石燃料を大量消費しつつエネル  
ギーを獲得してきた。しかし、化石燃料は有限であり、将来的なエネルギー不足が懸念され  
ている。さらに、化石燃料の消費はオゾン層の破壊や酸性雨の発生、地球温暖化など、様々  
な気候環境変動の引き金ともなっている。一方、原子力の利用は大気を汚染することなく強  
力なエネルギーを獲得できる手段として、我が国で主力化されてきた。ところが、ここで発  
生する核廃棄物の処分には高い技術力と多額の資金が必要とされる。このような背景の中  
で、太陽光、風力、地熱、そして水力などの自然の力を利用したクリーンエネルギーの獲得  
がますます注目されてきている。

今回、第 50 次日本南極地域観測隊 (第 50 次隊) のセール・ロンダーネ山地学調査隊は、  
野外における調査およびテント生活に必要な電力を太陽光発電で獲得することを試みた。そ  
の目的は地球環境に配慮した南極調査の実施と、野外調査におけるより簡便的な電力獲得手  
段の確立にある。ただし、この試みは、第 49 次セール・ロンダーネ山地学調査隊 (小山  
内康人隊長) が太陽パネルを現地に持ち込み、エンジン式発電機と併用しつつ十分な電力確  
保に成功したという大きな実績の上に重ねられていることを記さねばならない。結果的に  
は、第 50 次隊による当山地での野外調査中の全ての電力を太陽光発電で賄うことができた。  
ここでは調査隊が用いた太陽光発電システムの内容と、調査期間中に得た発電データの記録  
をまとめて報告する。

## 2. セール・ロンダーネ山地の位置と行動概要

セール・ロンダーネ山地は南緯 71.5-72.5 度・東経 22-28 度に位置している (図 1)。第 50  
次隊の地学調査隊は日本から航空機を利用して現地入りした。今回の調査目的は、当山地の  
西方部分の地質調査および岩石試料採取である。調査中はテントを用いたキャンプ生活を行  
い、移動手段にはスノーモービルを使用した。野外における調査期間は 67 日間 (2008 年 11  
月 29 日～2009 年 2 月 3 日) であり、この間にキャンプを BC (11 月 29 日～12 月 18 日)、  
C1 (12 月 18 日～12 月 30 日)、BC (12 月 30 日～1 月 4 日)、C3 (1 月 4 日～1 月 18 日)、  
BC (1 月 18 日～2 月 3 日) と移動させた (図 1)。太陽光発電はこの調査期間中に各キャン

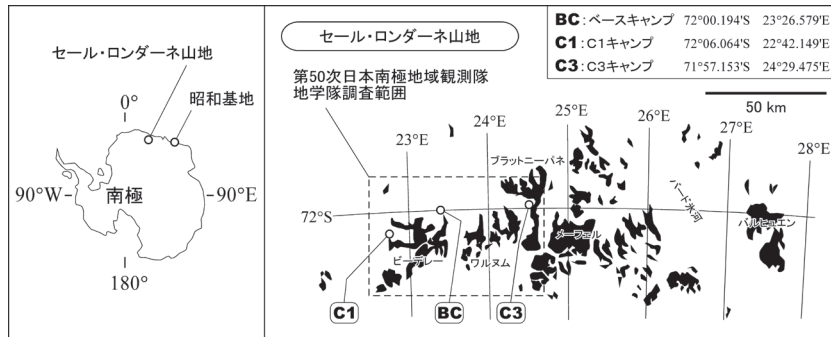


図 1 セール・ロンダーネ山地における第 50 次日本南極地域観測隊（地学隊）のキャンプ地。  
Fig. 1. Camp sites of the geological field party of JARE-50 in the Sør Rondane Mountains.

ブサイトで実施した。

### 3. 太陽光発電のメリットとデメリット

南極にてテント生活を送りながら円滑な野外調査を継続しなければならない状況では、文明社会が機能している環境とはやや異なる太陽光発電のメリット・デメリットが想定される。

メリット：1) 南極生活での生命線である燃料の消費を抑えることができる。2) 蓄電池を用いることで何時でも迅速かつ簡便的に電力を使用できる。3) 太陽光発電システムはメンテナンスフリーの装置である。4) 騒音や排出ガスがないので隊員に精神面・健康面での負担を与えない。

デメリット：①電力確保のための主力システムとして持ち込んだ場合、もし故障が発生すれば通信機等の使用が不可能となって隊の重大な危機となる可能性がある。②発電が気象に左右される。すなわち悪天時には十分な発電ができない。③蓄電池は 12V・100 Ah 程度のもので重量が約 30 kg と大きく、人力による運搬・設置に危険が伴う。④キャンプの移動をスノーモービルのみで行う調査計画では、運搬時に機材がかさむ。⑤インバーターやチャージコントローラーは電子部品を多用した精密機器であるために振動やほこりに弱い。

これらの中でデメリット（①から⑤）については、次のように対処した。①従来の野外調査で実績のあるエンジン式発電機を 2 台持参してバックアップとする。更なる緊急時にはスノーモービルから電力確保できる準備をしておく。②第 49 次隊で使用した蓄電池を予備として持参し、蓄電容量を増やせる準備をしておく。③機材の運搬作業等は複数人の隊員で協力しつつ、ゆっくり行う。④1 台のスノーモービルで 2 台のそりを牽引可能とし、十分な物資運搬能力を確保する。⑤精密機器を設置したメステントが暴風で倒壊する恐れのあるときには、機器を隊員の居住テントに収容する。このようにして、想定されたデメリットは事前

準備と現地での協力体制で補うこととした。

#### 4. 電力の使用目的

電力の主な使用目的は、① HF 通信機を使用した昭和基地との定時交信、② 野外調査で使用する各個人所有の VHF 無線機の充電、③ 調査用・取材用機材の充電（カメラや GPS）、④ 調査データを処理するためのノートパソコン使用（2台）の、以上4つである。また、これらのほかに、電気ポットによる熱湯保温と湯沸し、そして珈琲メーカーの作動について試行することとした。

HF 無線機、野外調査機器およびノートパソコンの充電に必要な総電力は約 300 W と見積もり、電源の取出しは交流 100 V で行う。そして、この約 300 W におよぶ様々な機器を 1 日に 2 時間使用するとしてシステムを設計した。

#### 5. 発電システム

今回のシステムでは、太陽パネルをフレキシブルタイプ（ロール状に巻いて持ち運べる軽量パネル）にするとして検討を開始した。板状のソリッドタイプでは重量と面積が大きくなり、スノーモービルでの運搬に不適と判断したことによる。最終的に選定されたパネルは、株式会社パワーバンクシステムの PBS-002 である。このパネルは最大出力電流が 2.3 A と大きく、また重量が約 1 kg と軽量で運搬時に長さ 1 m 程度のロール巻きにすることができる。

上述のように、毎日に必要な電力量は 300 W × 2 時間である。この使用電力量と太陽パネルの最大出力電流（2.3 A）をもとに、必要な蓄電池の電池容量（Ah）とパネルの枚数を計算する。太陽光発電の場合、電気を直流で蓄電池に溜め込むため、アンペアに変換しつつ計算を行う。使用機器は交流 100 V の製品となるが、計算では交流と直流の違いは考慮しない。

まず初めに蓄電池の最低電池容量を計算する。1 日の消費電力量は 300W × 2 時間なので、

$$300 \text{ (W)} \times 2 \text{ (h/day)} = 600 \text{ Wh/day} \quad (1)$$

である。蓄電池は直流 12V を使用するの、必要な発電量は、

$$600 \text{ (Wh/day)} \div 12 \text{ (V)} = 50 \text{ Ah/day} \quad (2)$$

となる。ただし、直流-交流インバーターの変換効率を 80% とし、インバーターの稼動に必要な発電量を 0.1 A × 2 h/day、そして太陽パネルから蓄電池への充電を制御するチャージコントローラーの稼動に必要な発電量を 0.03 A × 24 h/day と仮定すると、1 日に必要な総発電量は、

$$(50 \div 0.8) + (0.1 \times 2) + (0.03 \times 24) = 63.42 \text{ Ah/day} \quad (3)$$

となる。これに加えて、最低電池容量の計算には電池寿命も考慮しなければならない。蓄電池は基本的に今回の野外調査のみで十分耐えることとし、調査後のリサイクル使用は想定しないものとした。したがって、電池寿命は調査日数の3倍以上の安全を見積って“調査日数  $\times 3 + \alpha$  日 (約 300 日)”とし、ここから蓄電池の放電深度を 70% に設定した。一般的なディープサイクル型蓄電池の解説では、300 回程度の繰り返し充放電の場合、この放電深度は十分に想定可能である。ここで、調査に必要な電流量が 63.42 Ah/day、蓄電池の放電深度が 70%、調査で使用した電流量の回復日数を 1 日 (1 day) とすると、蓄電池に必要な最低電池容量は、

$$63.42 \text{ (Ah/day)} \div 0.7 \times 1 \text{ (day)} = 90.6 \text{ Ah} \quad (4)$$

となる。

ところが、南極では天候不順による悪天日が続く場合がある。このとき、発電は行われないうが、安否確認のための定時交信は毎日必要である。そこで、上記の蓄電池で定時交信がどの程度続けられるのかを考えた。昭和基地との HF 定時交信を約 2 時間行うとするならば、HF 無線機の使用電力 (11 W) から消費電力量は 22 Wh/day となる。このことは、容量 90.6 Ah の 12 V 蓄電池が悪天日前日の日照で満タンにされているとき、悪天候が 1 週間持続しても蓄電池には約 77.8 Ah の電流量が残ることを意味する。したがって、悪天日があけた翌日にも調査に必要な電力を得ることが可能と言える。

もし、悪天日にも 300 W  $\times$  2 時間でパソコン作業をするならば、次のようになる。例えば悪天が 2 日間継続するとき、2 日 + 調査日 (すなわち 3 日分) の電池容量が必要であり、最低電池容量は上記 (90.6 Ah) の 3 倍の 271.8 Ah と算出される。物資運搬能力に乏しい隊の場合、12 V 蓄電池の重量 (100 Ah 程度で約 30 kg) を考慮すると、大型蓄電池の導入を諦めて節電対策でしのぐことが無難と言える。一方、例えば 100 Ah の蓄電池を 3 台並列結合して 300 Ah の蓄電容量を得る場合は、蓄電池どうしが互いに充電しあう効果によって、それぞれの電池寿命が短くなることを念頭に置いておく必要がある。

次に太陽パネルの必要枚数を計算する。1 日で必要な発電量は 63.42 Ah/day であり、パネルの最大出力電流は 2.3 A である。ここで、天候に左右されるパネルの発電率 (= 実際の出力電流 / 最大出力電流) と、その発電時間を設定する。夏季 (白夜) の南極において太陽パネルが 1 日に何時間発電するのかの情報が不足したため、1 日に 12 時間 (h/day) 発電すると予想した。パネルの発電率は安全をみて最大出力の 65% とした。さらに、チャージコントローラーの蓄電効率を 90% として、パネルの必要枚数を求めると、

$$63.42 \div (2.3 \times 12 \times 0.65 \times 0.9) = 3.92 \quad (5)$$

となる。

以上の根拠から、必要な蓄電池は電池容量が90.6 Ah以上のもの、パネルは4枚とした。また、インバーターは変換効率が80%以上であり、チャージコントローラーは蓄電効率が90%以上のものが望ましい。一方、配線コードによる電力消費は考慮しなかった。以上のデータをもとにして選定した機材を表1に示す。

表1 第50次隊の太陽光発電システムの機材。  
Table 1. Equipment for the solar-electric system of JARE-50.

機材	仕様	備考
太陽パネル: 株式会社パワーバンクシステム フジパワーレスキュー PBS-002	素子 アモルファスシリコン 最大出力電流 2.3 A 最大出力36 W 最大出力電圧(約)15 V 開放電圧23.5 V サイズ 1120×700 mm 重量 1 kg	長さ1 m程度のロール状に巻き上げることが可能
チャージコントローラー: (株)未来舎 ソーラ・コントローラ PV-1212D1Ar	使用電池電圧 12 V 最大太陽電池開放電圧 26 V 連続負荷/充電電流 12 A 動作電流(負荷なし) 30 mA 動作温度 -20~+50°C サイズ 150×85×48 mm 重量 0.47 kg	充電中の瞬間発電量、一日の総発電量、蓄電池の瞬間電圧などを表示できる
蓄電池: コンコルド社 密閉型ディープサイクル型 PVX1080T	定格電圧 12 V 容量(25°C) 4時間率 88 Ah 8時間率 97 Ah 24時間率 108 Ah 48時間率 118 Ah 使用温度範囲 -40~+72°C サイズ 328×172×228 mm 重量 31.8 kg	太陽光発電システムに適したディープサイクル型で、空輸が可能な密閉型
インバーター: (株)未来舎 サイン波インバーター FI-S1500GRS 12 V	システム電圧 12 VDC 連続出力 1500 W 直流入力 10-15 VDC 出力電圧 AC100 V / 110 V / 120 V / 200 V / 230 V 周波数 50 Hz or 60 Hz ±1% 変換効率 88% 出力波形 正弦波 待機電力 1 W以下(0.1 A以下) 出力端子 電灯線コンセント、2出力 動作温度出力端子-10~+50°C (40°C以上低減特性) サイズ 390×275×105 mm 重量 7 kg	直流電流をサイン波(正弦波)の交流に変換し、最大1500 Wまでの機器を動かせる
ケーブル: 住電日立ケーブル CV-3.5sq×2芯 600 V 架橋ポリエチレン	許容電流 約30 A 重量 11 kg (50 m)	屋外用に適し、地中に埋める事も可能

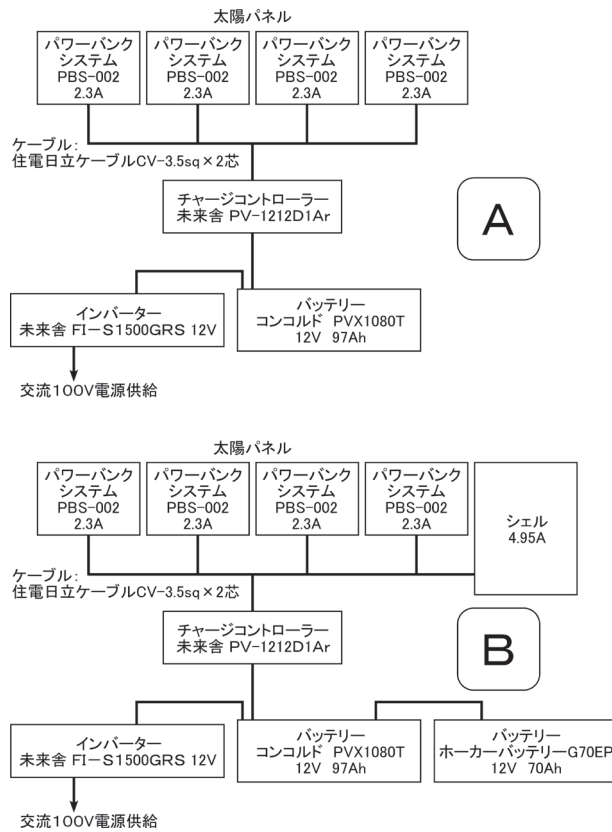


図 2 第 50 次隊の太陽光発電システムの配線概略図。

A: 11 月 29 日から 12 月 31 日の間に使用した最初のシステム。

B: 12 月 31 日から 2 月 3 日の間に使用した改良システム。

Fig. 2. Schematic wiring diagram of the solar-electric system of JARE-50.

A: the first version during Nov. 29 to Dec. 31. B: the second version during Dec. 31 to Feb. 3.



図 3 セール・ロンダーネ山地における第 50 次隊の太陽光発電パネル。

Fig. 3. Solar-electric panels for JARE-50 used in the Sør Rondane Mountains.

これらを接続したシステム概要図を図 2A に示す。ただし後述するが、12 月 31 日から第 49 次隊の太陽パネル（シェル社製 最大出力電流 4.95 A）と蓄電池（ホーカーバッテリー社 G70EP：70 Ah）を加えて発電量および蓄電容量を補強した。最終的なシステムの概要図を図 2B に示す。また、テントの外に設置した太陽パネルの様子を図 3 に示す。太陽パネルは飛散しないようにナンセンそりにくくりつけて設置した。パネルの設置角度は、地面に対して水平であることが多かった。太陽の向きにパネルを合わせると発電効果が上がると予想されたが、日中は隊員が全員調査に出かけており、この作業を行なうことは不可能である。ただし、C1 キャンプではテント南側に雪鳥とりでの山が隣接したため、パネルを北側に傾けて設置した（図 3）。

出発前の段階では、夏季の南極が白夜にあることから 24 時間にわたり快晴の状態が持続することも想定した。そこで、電気ポットによる熱湯の保温（20 W × 120 分）や湯沸し（905 W × 20 分）、珈琲メーカー（1200 W × 10 分）の作動に関しても電力シミュレーションを行って検討した。その結果、快晴時の発電が 24 時間得られ、かつ通信機やパソコンの使用電力量を 165 W × 2 時間程度に抑えるならば、これらが運用可能と概算された。しかし、後述するように、南極では夏季であっても発電に必要な快晴時の日照を 12 時間すら得ることができなかった。したがって、これらの機器は使用できないことが現地で判明した。一方、たとえ快晴時の日照が 24 時間得られたとしても、このような大型機器を動かすことは難しいかもしれない。なぜなら、大電力を消費すると蓄電池の時間率容量に変化が生じてシミュレーションとの mismatch が大きくなり、小電力消費時にはさほど問題としなかった極低温域での蓄電池の放電特性の影響も疑われるからである。最後に、南極という環境を考慮するならば、たとえ大電力を発生するシステムを構築できたとしても、大電力消費によって 12 V 蓄電池の電圧を 11 V 以下にしてしまうと、電池寿命が大きく減少すると考えていたほうが運用上安全であろう。

## 6. 発電データ

### 6.1. 調査期間中の発電量推移

太陽光発電システムは野外調査を実施した 67 日間（11 月 29 日～2 月 3 日）で使用した。チャージコントローラーには太陽光発電で蓄電した電流量（Ah）が常に表示されるため、毎朝 9 時に 24 時間でどの程度の発電量（Ah/day）があったのかを記録した。この記録は 12 月 3 日～2 月 2 日の 62 日間行った。結果を付表 1 に示す。発電量（Ah/day）では理解しにくい部分があるかもしれないので、この数値に 12 V を乗じて得た利用可能電力量（Wh/day）と、この電力量を 300 W で除して得られる 300 W 機器の稼働時間（h）も参考のために計算した。稼働時間に関しては、さらに 60 で除して「分」として算出した。これらの結果も付表 1 に示す。ただし、これら利用可能電力量（Wh/day）と 300 W 機器の稼働時間（分）は



目安として理解されたい。なぜなら、日中の蓄電圧は 10–13 V の間で常に変動しており、直流–交流変換による電力ロスも発生するからである。これらの結果をもとにして、横軸に日付、縦軸に発電量 (Ah/day)、利用可能電力量 (Wh/day)、および 300 W 機器の稼働時間 (分) をとったグラフを図 4 に示す。この図では、調査期間中の発電量の推移を灰色の帯で示した。この帯には移動日や工事日、そして吹雪の日の発電量は考慮されていない。

発電量 (Ah/day) の推移を見ると、12 月 3 日～12 月 12 日の天候が曇りから小雪という状況で第 50 次隊のパネル 4 枚は 1 日に 40–45 Ah/day を発電したことが分かる (図 4)。ただし、雪や吹雪の中にあっては発電量が 24 Ah/day 程度まで低下する。その後、12 月 13 日からパネルが不調となり、曇りから小雪での発電量が 25 Ah/day 程度まで降下した (図 4)。この原因は帰国後に判明した。すなわち、強風に伴うパネルのバタつきや打撃などの外的ショックで、パネル内に故障部位が発生していたのである。南極の内陸部では、常に 10 m/s 程度の風が吹いており、フレキシブルタイプパネルの軽量さが災いした結果であった。この対策としては、発電素子のみを軽量の透明樹脂ボードに埋め込んで強度を増すのがよいかもしれない。その場合、パネルの巻き上げは不可能になるが、小分けにして枚数を増やせば、すべてダンボール箱に収まる。12 月 20 日以降はセール・ロンダーネ山地の西方に穏やかな夏の天候がおとずれたため、パネルの不調が続いたものの発電量は徐々に上昇した (図 4)。しかし、当初見込んでいた発電量には及ばない状況で、パソコンによるデータ処理作業に不便であった。そこで、第 49 次隊のソリッドタイプの太陽パネル 1 枚 (最大出力電流 4.95 A) を 12 月 31 日に追加した。その結果、1 月 2 日～1 月 7 日の快晴から晴れの日には発電量が 67 Ah/day にまで達し (図 4)、不便は解消された。その後は夏の天候の終了と同調しながら発電量が単調に減少していった。

次に、将来の参考として、第 50 次隊のパネル 1 枚 (最大出力電流 2.3 A) を夏季の南極に

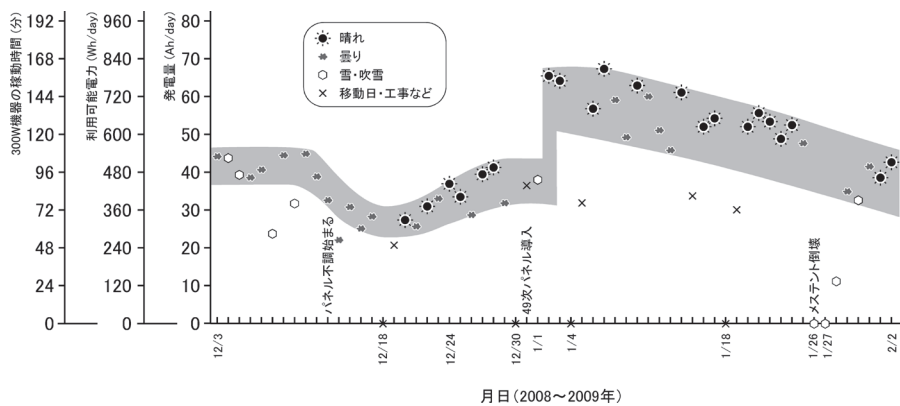


図 4 キャンプ生活中における実測発電量の推移。

Fig. 4. Change of a measured power generation during the field camping.

て使用した場合、どの程度の発電が見込めるのかを検討する。ここでは今回の取得データを用い、太陽パネルが故障していないものとして、発電量 (Ah/day) の推移を概算した。

調査中の 12 月 3 日～12 月 12 日の期間では、第 50 次隊のパネル 4 枚で発電を行い、順調に電力を獲得できた。したがって、この期間におけるパネル 1 枚の 1 日の発電量 (Ah/day) は、

$$1 \text{ 日の総発電量}^* \div 4 \quad (6)$$

となる。(※付表 1 を参照)

また、12 月 13 日より太陽パネルが不調となり、総発電量が約 66% まで落ち込んだ。したがって、12 月 13 日～1 月 1 日のパネル 1 枚の総発電量 (Ah/day) は、

$$1 \text{ 日の総発電量} \div 0.66 \div 4 \quad (7)$$

とした。

さらに、12 月 31 日からは第 49 次隊のパネル (最大出力電流 4.95 A) を 1 枚追加した。したがって、総発電量のデータから正常に機能する第 50 次隊パネル 1 枚の発電量を見積もるならば、総発電量から第 50 次隊の 4 枚のパネル (故障部分を含む) の発電量を算出し、これを式(7)と同様に 0.66 で除して、さらに 4 で除すことになる。計算過程は以下の通りである。

第 50 次隊パネル 4 枚 (故障部分を含む) の発電量は既述のように 66% まで落ち込んでいるので、これらの最大出力電流 (A) も同様に落ち込んでいるとして計算すると、

$$2.3 \text{ (A)} \times 4 \times 0.66 = 6.072 \text{ A} \quad (8)$$

である。第 49 次隊のパネルの最大出力電流が 4.95 A なので、1 日の総発電量のうちの第 50 次隊のパネル 4 枚 (故障部分を含む) の発電量は、

$$1 \text{ 日の総発電量} \times (6.072 \div (6.072 + 4.95)) \quad (9)$$

である。このことから、1 月 2 日～2 月 2 日の間の第 50 次隊パネル 1 枚 (正常に機能している) の発電量 (Ah/day) は、

$$1 \text{ 日の総発電量} \times (6.072 \div (6.072 + 4.95)) \div 0.66 \div 4 \quad (10)$$

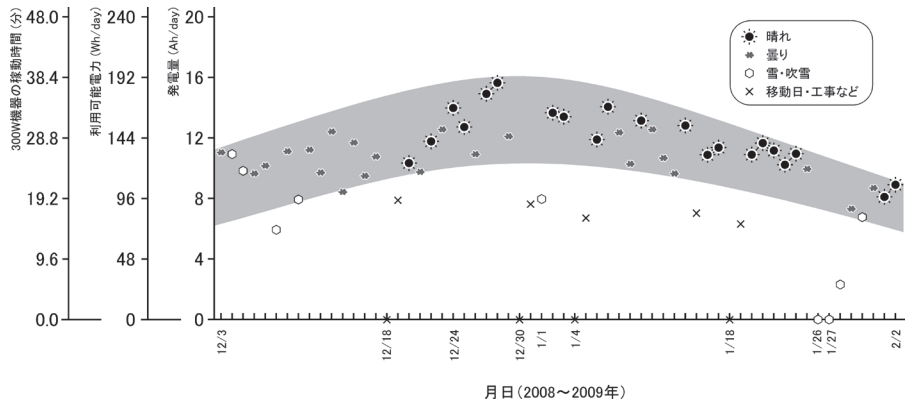


図 5 夏季の南極における太陽パネル 1 枚（最大出力電流 2.3A）の見込み発電量の推移。

Fig. 5. Change of estimated power generation by a solar panel (maximum output 2.3A) during the summer season in Antarctica.

とした。

これらの結果を付表 1 に示す。また、この値から利用可能電力量 (Wh/day) および 300 W 機器の稼働時間 (分) も計算して付表 1 に示した。横軸に日付、縦軸に発電量 (Ah/day)、利用可能電力量 (Wh/day)、および 300 W 機器の稼働時間 (分) をとったグラフを図 5 に示す。パネル 1 枚の発電量の推移は灰色の帯で示した。この帯には移動日や工事日、そして激しい吹雪の日の計算結果は含まれていない。図 5 から得られた重要な結果は、夏季の南極において最大出力電流 2.3 A のパネル 1 枚が 1 日に 10 Ah/day 程度を発電することである。もう少し細かく見ると、12 月初旬では 8-12 Ah/day、12 月下旬から 1 月初旬では 10-16 Ah/day、そして 1 月下旬では再び 8-12 Ah/day の発電が見込めることが分かる。この結果は、今後の野外調査で太陽光発電システムを採用する際に有用であろう。

## 6.2. 1 日の発電量推移

調査期間中は、休養日や悪天候による停滞日を利用して、日中から夜間にかけて太陽パネルが発生する瞬間電流 (A) と蓄電池の電圧 (V) も記録した。そこで、将来の参考のために、正常に機能する第 50 次隊のパネル 1 枚 (最大出力電流 2.3 A) を夏季の南極に持ち込んだ場合、日中から夜間にかけてどのような発電が行われるのかを、このデータから検討した。計算方法は前述と同様とし、まずパネル 1 枚の瞬間発生電流 (A) を算出した。さらに、この算出結果にその時の蓄電池の電圧 (V) を乗じて瞬間発生電力 (W) も算出した。現地での記録データおよび計算結果を付表 2 に示す。

計算結果を解析するため、横軸に時刻 (昭和基地時刻)、縦軸に瞬間発生電流 (A) のグラフを図 6A に、また横軸に時刻、縦軸に瞬間発生電力 (W) のグラフを図 6B に示す。両図

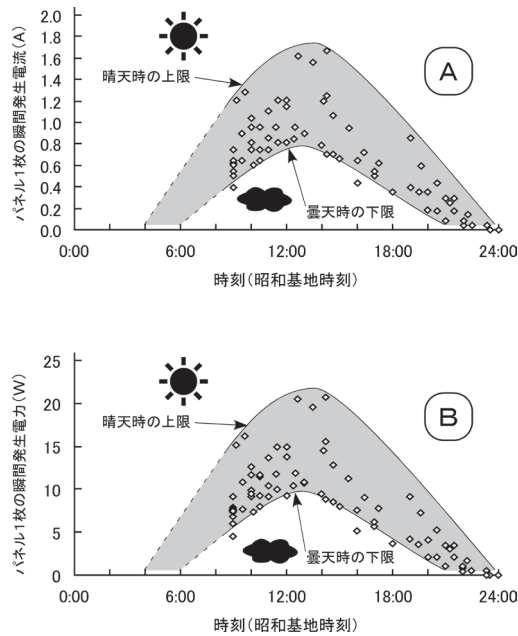


図 6 夏季の南極において太陽パネル 1 枚（最大出力電流 2.3A）が 1 日に発電する見込み電流と電圧の推移。

A はアンペア数の変化であり，B はワット数の変化である。

Fig. 6. Change of estimated power generation in a day by a solar panel (maximum output 2.3A) during the summer season in Antarctica. Figures A and B show changes of amperes and watts, respectively.

とも，1日の発電範囲を灰色の帯で示した。帯の底辺側にプロットが多いのは，取得データに悪天候時のものが多いことによる。

これらの図から，発電は昭和基地時刻の 0500 LT 頃に始まり，正午過ぎにピークを迎えて，2400 LT 頃に停止することがわかる。測定した事実として，南極は夏季の白夜にあっても日中しか発電しない。外気の体感温度は日中よりも夜間で低く，日差しも弱く感じた。これは太陽高度が日中よりも夜間で低いことと関係する。そもそも太陽光の入射角度が小さい極域であることを考えると，夜間の太陽高度の低下は発電の停止につながっている可能性がある。

以上から，南極の夏季における一般的な 1 日の発電推移は，0500 LT 頃に発電を開始して，正午頃に約 1.0–1.4 A（約 12.0–16.8 W に相当）を発生し，2400 LT に停止するということになる（図 6A）。この結果を積分して得られる第 50 次隊パネル 1 枚（最大出力電流 2.3 A）の平均発電量は 9–10 Ah/day と概算でき，図 5 の結果とも調和的である。インバーターの変換効率等の影響はあるものの，1 枚のパネルで 12 V 蓄電池に 10 Ah/day をためることができるとすれば，300 W の機器を約 24 分間使用できることになる。

## 7. 電力の使用状況

今回の太陽光発電システムにより、昭和基地との HF 定時交信、各個人所有の野外調査用 VHF 無線機の充電、GPS やカメラ等の調査用・取材用機材の充電、および調査データ処理のためのノートパソコン使用は、すべて予定通り実施することができた。そして、全調査期間を通して、必要な電力はすべて太陽光発電で賄うことができた。

一方、実際の調査では個人用ノートパソコンを持参した隊員が多く、全部で7台が持ち込まれた。システムの設計段階で見込んでいた1日の発電量（約 63 Ah/day）が現地で得られなかったことも加わって、かなりの不便が生じた。この原因は、事前に隊員の個人所有物を含めた電気使用量を計算していなかったことと、白夜の南極における発電時間の予測が合致しなかったことにある。このような状況から、12月31日より予備として持参した第49次隊の太陽パネルを付け加え、蓄電池も第49次隊のものを加えて補強した。その結果、晴天時には 50 Ah/day 以上の発電量が得られ、大きな不便は解消された。

次に、電気ポットによる温水の保温（20 W）や湯沸し（905 W）、珈琲メーカー（1200 W）の使用について記す。発電量不足から、これらの機器に関して運用することはできなかった。ただし、正月前後の発電量が豊富であった日には、電気ポットに注いだ熱湯を4時間ほど保温することができた。電気ポットには消費電力が約 20 W と記されていた。しかし、実際には保温時に加熱電源が入ると 300 W 程度を消費し、目的温度でスイッチが切れる仕組みになっている。これはインバーターについている消費電力計でも確認できた。これを繰り返すことで1時間あたりの平均消費電力が約 20 W となるようである。このことは蓄電池を選定するための最低電池容量の計算に関係するので注意されたい。一方、電気ポットによる湯沸しは1度も成功しなかった。珈琲メーカーの作動に関しては、インバーターの安全装置の自動 ON/OFF（蓄電池の電圧急低下と回復）が繰り返される形で約 10 分かけて1度成功した。ただし、インバーターの故障や蓄電池の寿命短縮につながる可能性が高いので、このような使用は避けたほうがよい。

太陽光発電に対する隊員のメンタル的な部分に関しては、従来のエンジン式発電機に比較して騒音が無く、排気ガスも出ないということで精神面・健康面で大変良いと感じた。また、レクリエーションも順調であった。携帯音楽プレーヤーの充電や、趣味として用いられる小型デジタルカメラ・ビデオカメラの充電など、消費電力の小さな電気の使用はいつでも実施できた。発電量が多い休養日には、ノートパソコンに外部スピーカーを接続して映画鑑賞をすることも可能であった。重要なこととして、共同生活の中で太陽光発電の恩恵を被ることにより、隊員が節電の気持ちを強く意識したことがあげられる。このことは、太陽光で氷を溶かして飲料水を製造する試みや、空き箱の再利用（小物箱作成やテント内の机の脚の補強）などと合わせて、節約に対する気持ちを向上させる効果につながった。

## 8. まとめ

第50次日本南極地域観測隊のセール・ロンダーネ山地地学調査隊は67日間（11月29日～2月3日）におよぶ野外調査生活の中で必要な電力をすべて太陽光発電で賄うことができた。電力は主に昭和基地とのHF定時交信、各個人所有の野外調査用VHF無線機の充電、GPSやカメラ等の調査用・取材用機材の充電、そして調査データ処理のためのノートパソコンの稼動に使用された。今回用いた太陽光発電システムでは、パネルの故障や第49次隊パネルの導入があるなかで、1日あたり67-24 Ahの発電量があった。

・本報告での太陽光発電に関する重要な結果

- (1) 最大出力電流 2.3 A の太陽パネルは1日あたり 9-10 Ah を発電する。
- (2) セール・ロンダーネ山地における太陽光発電は、0500 LT 頃に開始されて正午頃にピークとなり、2400 LT 頃に停止する。

・一般的な事柄を含めた注意点

- (1) 現地での太陽光発電システムの故障に備えて、電力確保のためのバックアップシステムを準備しておくべきである。
- (2) 発電は気象に左右される。すなわち悪天時には十分な発電ができない。
- (3) 蓄電池は 12 V・100 Ah 程度で約 30 kg の重量があり、人力による運搬や設置には十分に気をつける必要がある。
- (4) 太陽光発電システムの運搬手段がスノーモービルの場合、システムを構築する各機器がかさむことを考慮する必要がある。
- (5) 電子部品を多用した精密機器には振動やほこりの対策が必要である。
- (6) フレキシブルタイプの太陽パネルには強風による故障への対策が必要である。
- (7) 太陽光発電システムの設計時には、隊が使用する電力量について個人所有物を含めて計算しておいた方がよい。
- (8) 蓄電池を並列で結合するときは、互いに充電しあう効果によって、それぞれの電池の寿命が短くなることを念頭に置いておく必要がある。
- (9) 大電力を消費することによって 12 V 蓄電池の電圧を 11 V 以下にしてしまうと、電池寿命が減少すると考えていたほうが運用上安全である。
- (10) 電気ポットや珈琲メーカーは稼動電力 (W) の小さなものを選定しておいた方が使用しやすい。

## 謝 辞

第50次隊のセール・ロンダーネ山地地学調査は国立極地研究所の一般プロジェクト研究(課題番号P-5-1:代表本吉洋一教授)の一環として行われたものである。太陽光発電システムの組み上げや配線作業に関して、第50次越冬隊の福田慎一氏ならびに加藤凡典氏には数多くのご助力をいただき、また有益なアドバイスを多数いただいた。国立極地研究所の石沢賢二氏ならびに勝田豊氏には太陽光発電システムの設計や機器選定で様々なご助言およびご提案をいただいた。第49次隊のセール・ロンダーネ山地地学調査隊の皆様には、現地の様子や生活状況など、太陽光発電に重要な事前情報を多数いただいた。国立極地研究所の白石和行教授にはセール・ロンダーネ山地の気象と現地の様子に関する有益な情報をいただいた。第50次隊の小達恒夫隊長、門倉昭越冬隊長をはじめとする隊員の皆様には、有益なご助言と数多くの激励をいただいた。匿名の査読者には文中の単位や語の使用方法にまで至る有益なコメントを多数頂き、原稿が大きく改善された。編集委員会ならびに編集分科会には本報告に関する適切なご指摘およびご指示を頂いた。以上の方々に深く感謝申し上げます。

付表 1 夏季の南極における第 50 次隊の太陽光発電データ。  
Appendix 1. Data of JARE-50 solar power generation during the summer season in Antarctica.

月日 (2008-9年)	天候	発電量 (Ah/day)	利用可能 電力 (Wh/day)	300W機器 の 稼働時間 (分)	50次パネル1枚で発電を行った場合 の計算値			備考	
					発電量 (Ah/day)	利用可能 電力量 (Wh/day)	300W機器の 稼働時間 (分)		
12月3日	曇り	44.3	531.6	106	11.1	132.9	26.6	BCで太陽光発電に関するデータ記録の開始	
12月4日	雪・吹雪	43.7	524.4	105	10.9	131.1	26.2		
12月5日	雪・吹雪	39.3	471.6	94	9.8	117.9	23.6		
12月6日	曇り	38.6	463.2	93	9.7	115.8	23.2		
12月7日	曇り	40.5	486.0	97	10.1	121.5	24.3		
12月8日	雪・吹雪	23.8	285.6	57	6.0	71.4	14.3		
12月9日	曇り	44.4	532.8	107	11.1	133.2	26.6		
12月10日	雪・吹雪	31.8	381.6	76	8.0	95.4	19.1		
12月11日	曇り	44.9	538.8	108	11.2	134.7	26.9		
12月12日	曇り	38.8	465.6	93	9.7	116.4	23.3		
12月13日	曇り	32.7	392.4	78	12.4	148.6	29.7		パネル不調で総発電量が66%程度まで低下する
12月14日	曇り	22.2	266.4	53	8.4	100.9	20.2		
12月15日	曇り	30.8	369.6	74	11.7	140.0	28.0		
12月16日	曇り	25.0	300.0	60	9.5	113.6	22.7		
12月17日	曇り	28.3	339.6	68	10.7	128.6	25.7	夏らしい天候となる	
12月18日	晴れ	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	C1キャンプへ移動	
12月19日	晴れ	20.8	249.6	50	7.9	94.5	18.9	C1キャンプ設営	
12月20日	晴れ	27.3	327.6	66	10.3	124.1	24.8		
12月21日	曇り	25.7	308.4	62	9.7	116.8	23.4		
12月22日	晴れ	31.1	373.2	75	11.8	141.4	28.3		
12月23日	曇り	33.0	396.0	79	12.5	150.0	30.0		
12月24日	晴れ	36.9	442.8	89	14.0	167.7	33.5		
12月25日	晴れ	33.6	403.2	81	12.7	152.7	30.5		
12月26日	曇り	28.8	345.6	69	10.9	130.9	26.2		
12月27日	晴れ	39.4	472.8	95	14.9	179.1	35.8	太陽パネル2枚の調子がやや回復(ただし不安定)	
12月28日	晴れ	41.2	494.4	99	15.6	187.3	37.5		
12月29日	曇り	32.0	384.0	77	12.1	145.5	29.1		
12月30日	曇り	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	BCキャンプへ移動	
12月31日	晴れ	36.5	438.0	88	7.6	91.4	18.3	BCキャンプ設営 49次隊のパネルを追加接続	
1月1日	雪・吹雪	38.1	457.2	91	8.0	95.4	19.1		
1月2日	晴れ	65.4	784.8	157	13.6	163.8	32.8		
1月3日	晴れ	64.1	769.2	154	13.4	160.5	32.1		
1月4日	晴れ	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	C3キャンプへ移動	
1月5日	曇り	32.0	384.0	77	6.7	80.1	16.0	C3キャンプ設営	
1月6日	晴れ	56.8	681.6	136	11.9	142.2	28.4		
1月7日	晴れ	67.2	806.4	161	14.0	168.3	33.7		
1月8日	曇り	59.0	708.0	142	12.3	147.7	29.5		
1月9日	曇り	49.2	590.4	118	10.3	123.2	24.6		
1月10日	晴れ	62.9	754.8	151	13.1	157.5	31.5		
1月11日	曇り	59.9	718.8	144	12.5	150.0	30.0		
1月12日	曇り	51.0	612.0	122	10.6	127.7	25.5		
1月13日	曇り	45.9	550.8	110	9.6	114.9	23.0		
1月14日	晴れ	61.1	733.2	147	12.7	153.0	30.6		
1月15日	曇り	33.7	404.4	81	7.0	84.4	16.9	チャージコントローラー不調	
1月16日	晴れ	52.0	624.0	125	10.9	130.2	26.0		
1月17日	晴れ	54.2	650.4	130	11.3	135.7	27.1		
1月18日	晴れ	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	BCキャンプへ移動	
1月19日	晴れ	30.0	360.0	72	6.3	75.1	15.0	移動後に電気工事	
1月20日	晴れ	52.1	625.2	125	10.9	130.5	26.1		
1月21日	晴れ	55.7	668.4	134	11.6	139.5	27.9		
1月22日	晴れ	53.3	639.6	128	11.1	133.5	26.7		
1月23日	晴れ	48.9	586.8	117	10.2	122.4	24.5		
1月24日	晴れ	52.4	628.8	126	10.9	131.2	26.2		
1月25日	曇り	47.6	571.2	114	9.9	119.2	23.8		
1月26日	雪・吹雪	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	ブリザードによりメス TENT が倒壊して発電停止	
1月27日	雪・吹雪	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	メス TENT を撤収	
1月28日	雪・吹雪	11.1	133.2	27	2.3	27.8	5.6	メス TENT を再建して発電再開	
1月29日	曇り	35.0	420.0	84	7.3	87.6	17.5		
1月30日	雪・吹雪	32.5	390.0	78	6.8	81.4	16.3		
1月31日	曇り	41.5	498.0	100	8.7	103.9	20.8		
2月1日	晴れ	38.6	463.2	93	8.1	96.7	19.3		
2月2日	晴れ	42.6	511.2	102	8.9	106.7	21.3		



付表 2 夏季の南極における1日の太陽光発電データ。  
Appendix 2. Data of solar power generation in a day during the summer season in Antarctica.

測定日 (2008-9年)	時刻 (昭和基地時刻 LT)	瞬間発生電流 (A) (実測値)	蓄電池の電圧(V) (実測値)	50次パネル1枚で発電を行った 場合の計算値		備考	
				瞬間発生電流 (A)	瞬間発生電力 (W)		
12月2日	1240	6.5	12.6	1.6	20.5		
	1624	2.9	12.4	0.7	9.0		
	1713	2.5	12.5	0.6	7.8		
	1938	2.4	12.1	0.6	7.3	曇り、のち晴れ	
	2030	0.7	12.0	0.2	2.1	BCキャンプ立ち上げ後の停滞日	
	2130	0.7	12.3	0.2	2.2	発電データの予備観測を太行	
	2321	0.0	12.0	0.0	0.0		
12月6日	1225	3.4	12.2	0.9	10.4		
	1406	4.8	12.1	1.2	14.5	曇り時々雪	
	1531	3.8	11.8	1.0	11.2		
12月13日	0910	3.2	12.5	1.2	15.2	晴れ、のち曇り	
	0940	3.4	12.6	1.3	16.2	総発電量は66%程度まで低下	
1月9日	1200	5.5	12.0	1.1	13.8		
	1300	4.3	11.9	0.9	10.7		
	1400	3.8	11.9	0.8	9.4		
	1500	3.2	11.9	0.7	7.9	曇り	
	1600	2.1	11.7	0.4	5.1		
	1700	2.4	11.4	0.5	5.7	この日以降は第49次隊の太陽パ ネルが付け加えられる	
	1800	1.7	10.5	0.4	3.7		
	1930	1.7	10.2	0.4	3.6		
	2200	0.4	10.2	0.1	0.9		
	1月10日	0930	4.3	12.1	0.9	10.9	
		1000	4.6	12.2	1.0	11.7	
1100		5.3	12.3	1.1	13.6		
1130		5.8	12.3	1.2	14.9		
1200		5.8	12.3	1.2	14.9	晴れ	
2030		2.1	11.9	0.4	5.2		
2130		1.4	11.7	0.3	3.4		
2230		0.2	11.4	0.0	0.5		
1月11日	2330	0.0	11.4	0.0	0.0		
	0900	3.0	11.8	0.6	7.4		
	0930	3.1	11.9	0.6	7.7		
	1000	5.0	12.1	1.0	12.6		
	1030	4.6	11.9	1.0	11.4		
	1100	4.1	12.1	0.9	10.4	曇り、のち晴れ	
	1125	4.6	12.3	1.0	11.8		
	2100	1.4	11.9	0.3	3.5		
	2215	0.7	11.7	0.1	1.7		
	2320	0.2	11.7	0.0	0.5		
1月12日	0900	3.6	12.1	0.8	9.1		
	1010	2.9	12.1	0.6	7.3		
	1100	3.6	12.2	0.8	9.2		
	1130	3.9	12.3	0.8	10.0		
	1230	4.6	12.4	1.0	11.9		
	1300	4.3	12.1	0.9	10.9		
	1330	7.5	12.5	1.6	19.6		
	1415	8.0	12.4	1.7	20.7	曇り時々晴れ	
	1415	3.4	12.4	0.7	8.8		
	1415	6.0	12.4	1.3	15.5	厚い雲の切れ間から非常に強い 日差しがさすことがしばしばあ り、快晴時と曇天時の両方の データが効率よくとれた	
	1440	5.1	12.0	1.1	12.8		
	1440	3.4	12.0	0.7	8.5		
	1600	3.1	11.7	0.6	7.6		
	1700	2.6	11.4	0.5	6.2		
	1900	4.1	10.7	0.9	9.2		
	1900	1.9	10.7	0.4	4.2		
	2000	0.9	11.0	0.2	2.1		
2200	0.2	10.1	0.0	0.4			
0000	0.0	10.5	0.0	0.0			
1月13日	0900	3.1	12.1	0.6	7.8		
	1000	3.6	12.2	0.8	9.2		
	1030	3.6	12.3	0.8	9.2	曇り、のち晴れ	
	2100	0.4	12.1	0.1	1.0		
	2320	0.0	11.9	0.0	0.0		
1月14日	0900	2.9	12.1	0.6	7.3		
	1030	4.6	12.2	1.0	11.7	晴れ	
	2200	0.4	12.3	0.1	1.0		
1月15日	0900	2.6	12.5	0.5	6.8	曇り	
	1030	3.1	12.3	0.6	8.0		
1月16日	0900	2.4	11.9	0.5	6.0	晴れ	
	1000	3.6	12.2	0.8	9.2		
1月17日	0900	2.4	12.0	0.5	6.0	晴れ	
	2115	1.2	12.1	0.3	3.0		
1月18日	0900	2.9	12.5	0.6	7.6	晴れ	
1月21日	1000	3.9	12.1	0.8	9.8	晴れ	
1月22日	0900	2.9	12.1	0.6	7.3	晴れ	
1月23日	0900	2.9	12.6	0.6	7.6	晴れ	
1月24日	1000	3.6	12.6	0.8	9.5	晴れ	
1月25日	0900	2.9	12.4	0.6	7.5	晴れ	
1月26日	2000	1.7	11.6	0.4	4.1	雪	
	0900	1.9	11.4	0.4	4.5	雪	
1月30日	1200	3.9	11.4	0.8	9.3		