

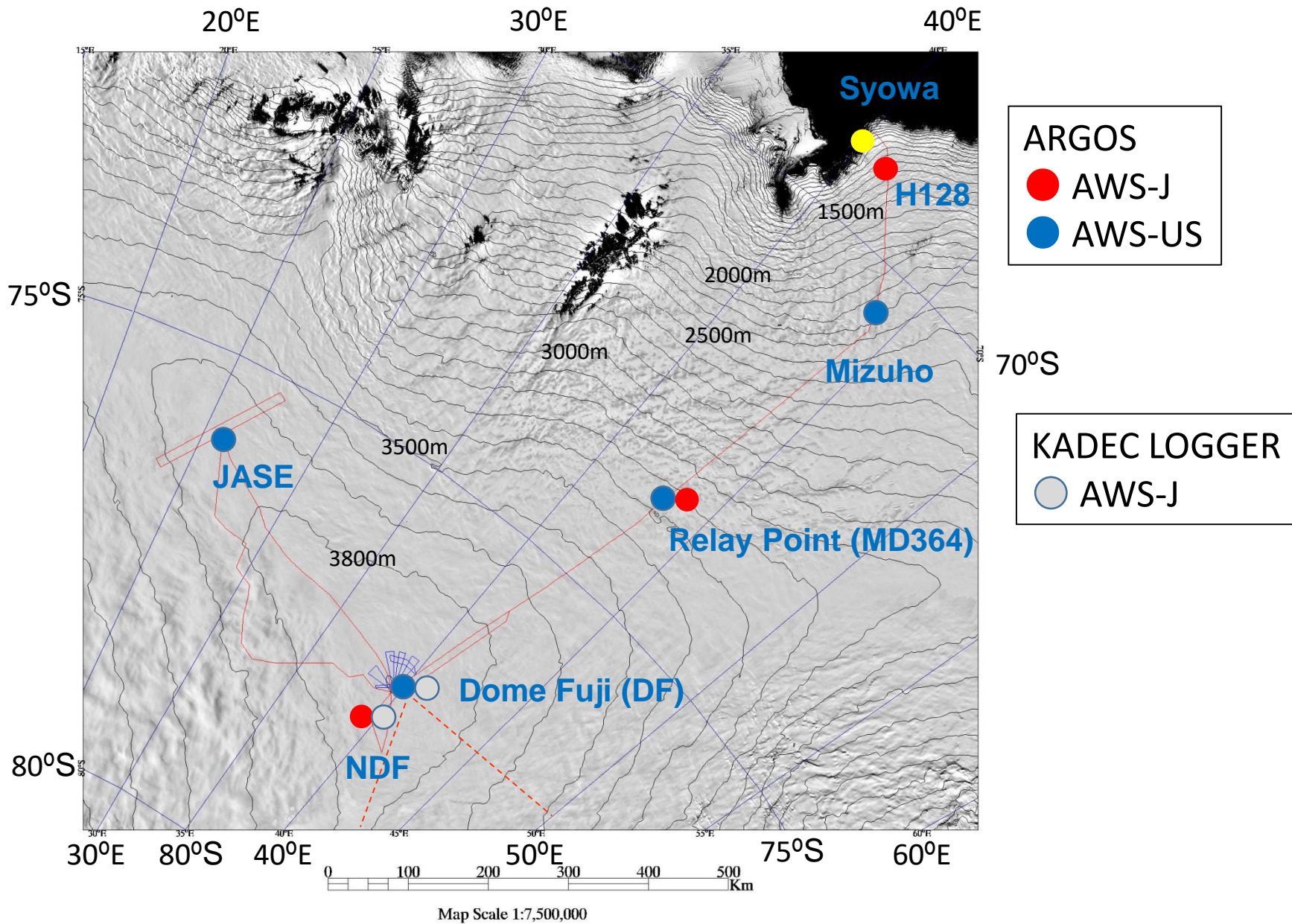
# 南極氷床上への無人気象観測装置AWS展開に伴う 問題点と対応策

本山秀明<sup>1,2</sup>, 佐々木貢<sup>3</sup>, 小林正幸<sup>3</sup>, 弥富秀文<sup>4</sup>, 平沢尚彦<sup>1,2</sup>, 山田恭平<sup>1</sup>,  
川村賢二<sup>1,2</sup>, 杉浦幸之助<sup>5</sup>, 栗田直幸<sup>6</sup>, 亀田貴雄<sup>7</sup>

<sup>1</sup>国立極地研究所, <sup>2</sup>総合研究大学院大学, <sup>3</sup>(株)シーエス特機, <sup>4</sup>(株)キュービック・アイ,  
<sup>5</sup>富山大学, <sup>6</sup>名古屋大学, <sup>7</sup>北見工業大学



# AWS sites



# AWS-J (NDF, MD364 and H128, 2016-2018) + Syowa

10min data → 1hour average → 1 day average → 1 month average

height of sensor

Air temp: NDF 2017.12: 2.2m, H128 2016.1: 3.3 (1.9) m → 2017.11: 2.5 (1.0) m

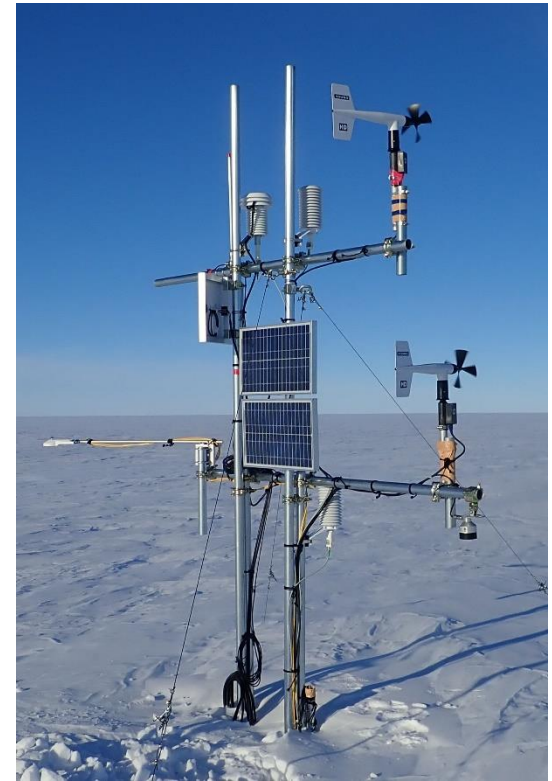
Wind Speed: NDF 2017.12: 4.4m, H128 2016.1: 3.7 (2.5) m → 2017.11: 2.9 (1.7) m



NDF  
2017.12 -



MD364  
2018.11 -



H128  
2016.1 -

# AWS-US (DF, MD364 and Mizuho, 2012-2018) + Syowa

10min data → 1hour average → 1 day average → 1 month average

height of sensor

Air temp: DF 1.5m → 1.0m, MD364 3.0m → 2.7m, Mizuho 1.8m → 1.7m

Wind Speed: DF 2.2m → 1.7m, MD364 3.4m → 3.2m, Mizuho 2.4m → 2.4m



DF  
1995.2 -



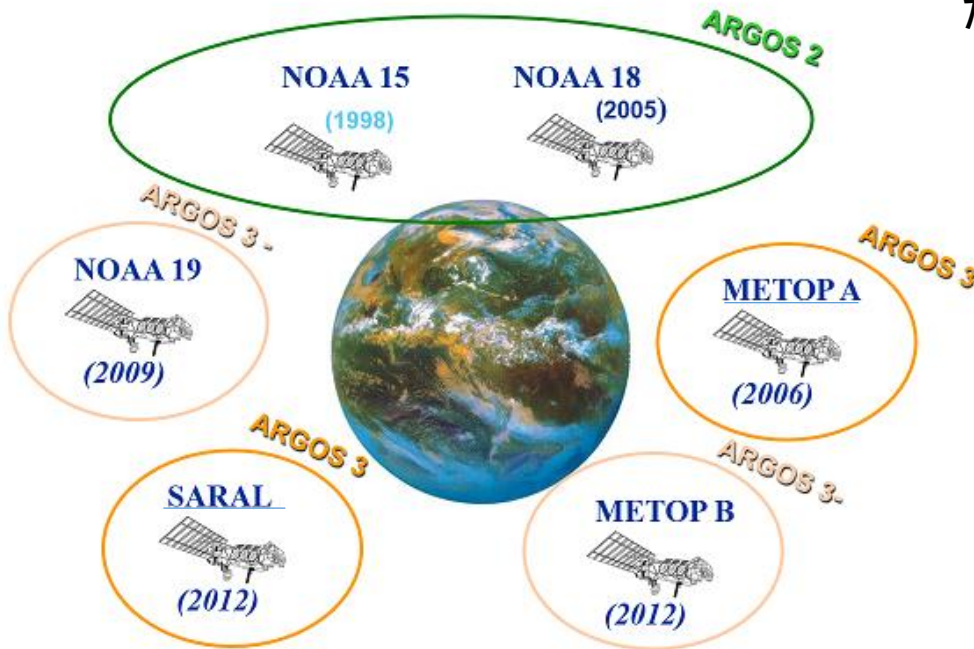
MD364  
1995.2 -



Mizuho  
2001.1 -

# 観測データ→アルゴス衛星へ送信

アルゴス送信機は、センサーデータをのせた「メッセージ」を周期的に送信



## アルゴス衛星

2018年7月の時点では、6機の衛星が運用  
赤道付近では、6基の衛星で1日に20回強のパス、極域では84回のパス、日本の北緯35°あたりで27回前後

## ARGOS-III

高速通信モード 4800bps

ダウンリンクメッセージ機能

2019.1.31 METOP-C



衛星が受信したデータは、地上受信局(アンテナ)に下ろされて、アルゴスデータ処理センターにリレーされる

キュービック・アイのホームページから

## アルゴス利用料金

この料金は、政府系機関・大学・研究所等の非営利組織の場合の料金です（JTA円建て料金。[料金表ダウンロード](#)）

### アルゴス基本サービス

1日毎まとめて送信  
→ 1時間毎に送信（準リアルタイム）  
<http://ds.cubic-i.co.jp/>

基本料金（月額基本料金）： **2,400円/月**

衛星による受信が1回以上あった月に課金されます。

受信が一度もない月には課金されません。

利用料金（利用日1日あたり料金）： **720円/日**（1ヵ月あたりの課金日数は、最大12日）

ある日の24時間内に、1回でも受信があると、その日に対して720円が課金されます。1日内の受信回数が1回でも10回でも、720円の課金となります。1日の区切りは、世界標準時（UTC）の0-24時で、日本時間では午前9時から翌日の午前9時となります。

月のうち、受信があった日が12日を超えたとしても、12日分を課金の上限とします。そのため、アルゴス基本サービスの月あたり料金は、 $2,400円 + 720円 \times 12日 = 11,040円$ を超えることはありません。

### • 料金の計算例

1ヶ月あたり、送信機1台あたりの料金の計算例を紹介します。実際の料金は受信日数に応じて算出されます。

### アルゴス利用料金の計算例

毎日  の頻度で送信し、それらが衛星に受信された場合、

1ヶ月の利用料金は

$$\begin{aligned} & \text{（基本料金）} 2,400円 + \text{（利用料金）} 720円/日 \times \text{（課金の上限）} 12日 \\ & = \mathbf{11,040円 / 月} \end{aligned}$$

となります。（仮に、毎日24時間動作したとしても、課金は12日分になります）

## AWSの詳細

### ◎ARGOS-AWS-JARE: NDF, MD364, H128

**NDF**: 77°47'S, 39°03'E, 3754 m a.s.l. (2017.12 -)

気温・湿度(強制通風、自然)、風向風速、気圧、積雪深、放射(短波、長波)、雪温10点

**Relay Point(MD364)**: (74°00'S, 43°04'E, 3353 m a.s.l.) (2018.11 -)

気温・湿度(強制通風)、風向風速、気圧、積雪深、雪温5点

**H128**: 69°24'S, 41°34'E, 1380 m a.s.l. (2016.1 -)

気温・湿度(強制通風、自然通風)、風向風速、気圧、積雪深、放射(短波、長波)、雪温13点

[https://ads.nipr.ac.jp/vision\\_graph/#/H128](https://ads.nipr.ac.jp/vision_graph/#/H128)

### ◎ ARGOS-AWS-US(日米共同): DF, MD364, Mizuho, JASE(日ス会合点)

**Dome Fuji(DF)**: 77°19'S, 39°42'E, 3810 m a.s.l. (1995.2 -)

気温2点、風向風速、気圧

**Relay Point(MD364)**: 74°00'S, 43°04'E, 3353 m a.s.l. (1995.2 -)

気温・湿度、風向風速、気圧、積雪深(未公開)

**Mizuho**: 70°42'S, 44°17'E, 2260 m a.s.l. (2001.1 -)

気温、風向風速、気圧

**JASE**: 75°53'S, 25°50'E, 3661 m a.s.l. (2007.11 -)

気温、風向風速、気圧

<http://ice.ssec.wisc.edu/>

### ◎現地データ保存タイプ(KADEC DATA LOGGER)

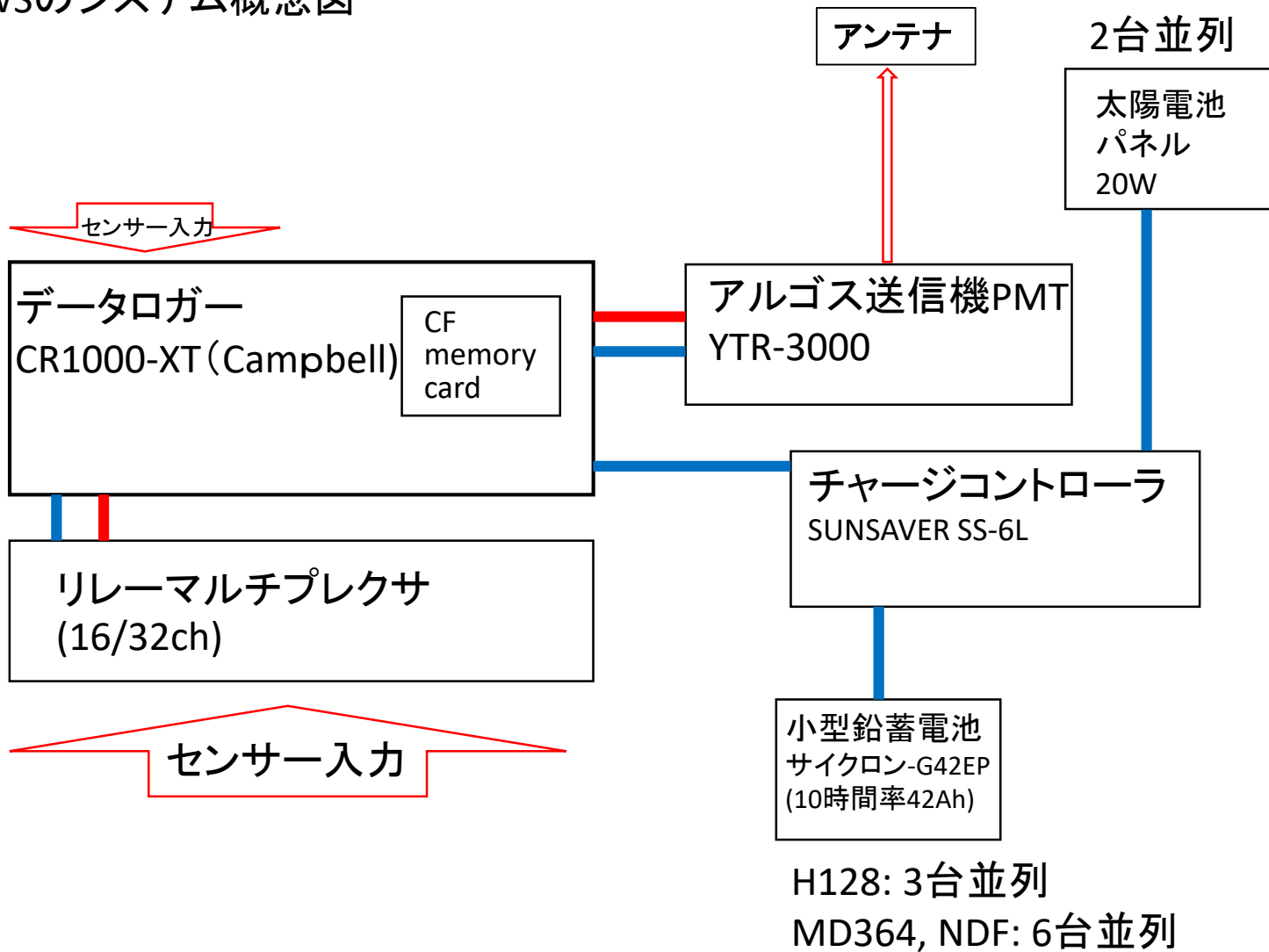
最近の長期はDome Fuji, NDF

### ◎昭和基地 地上気象データ

[https://ads.nipr.ac.jp/vision\\_graph/#/JMA](https://ads.nipr.ac.jp/vision_graph/#/JMA)

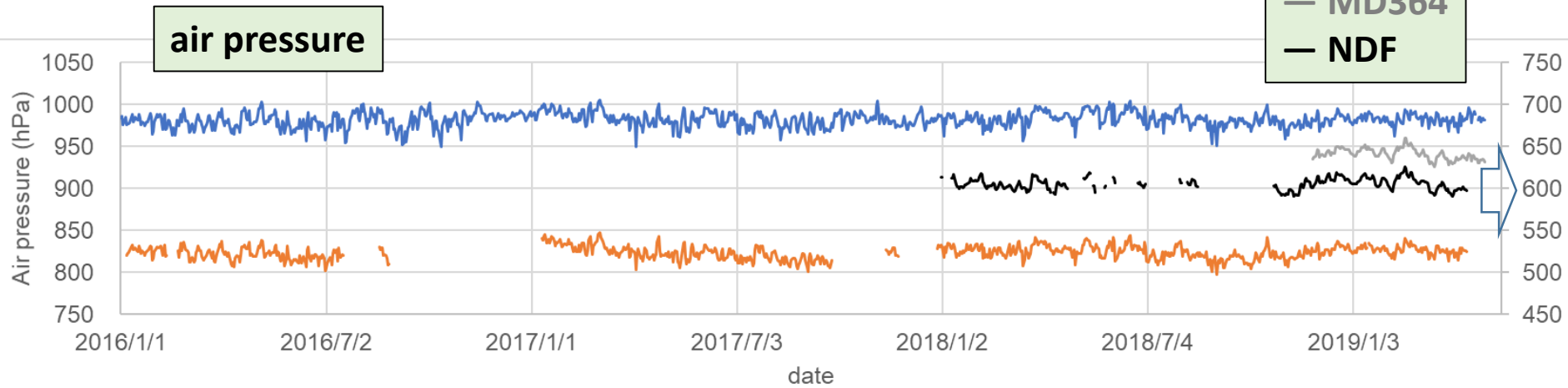
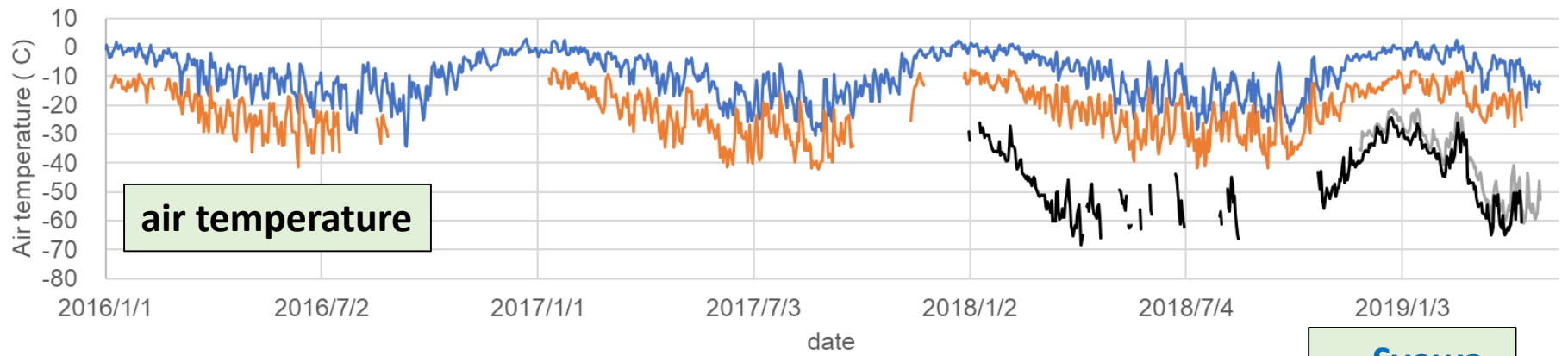


# 南極AWSのシステム概念図





# AWS-J 3地点と昭和基地の気象観測比較: 日平均データ(2016-2019)



## <今までの内陸でのAWS設置の経験から>

- ・バッテリーは定格の3倍以上の容量とする

リチウム電池(以前はイスラエル製が優秀)、鉛蓄電池(以前はGSユアサ、最近はサイクロン)

- ・データロガーなどは同じ製品でも低温性能が異なる。低温テストや南極内陸での稼働実績が重要。

- ・バッテリーやロガー類は極低温や急激な温度変化を防ぐため、50cmから1m以上雪面下に埋める。

## <新たな問題>

- ・チャージコントローラー SUNSAVER SS-6L

カタログでは-40°C~85°Cの運用

「低電圧遮断」: バッテリー電圧が11.5V以下になると負荷を遮断

バッテリー電圧が12.6Vに回復すると自動的に負荷を再接続

(国内テストでは9.9Vで低電圧遮断を確認@-50°C & 常温)

→内陸でのチャージコントローラの交換

(低温性能の良い電菱 BA10。但し切断11.5V、再接続12.8V@-50°C国内テスト)

→配線の変更: バッテリー入出力端子にデータロガー電源を直結

- ・アルゴス送信機PMT

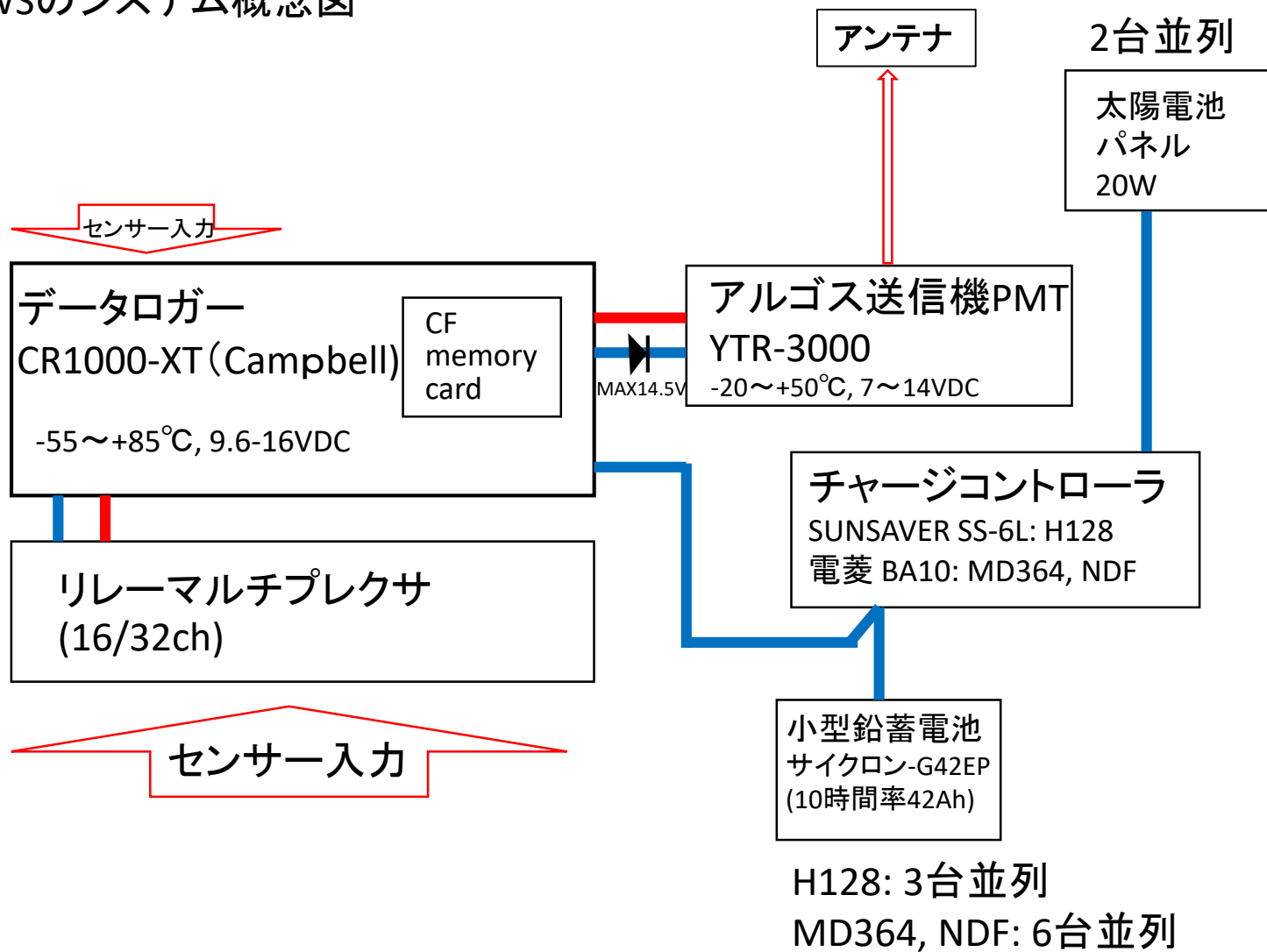
PMTの電源電圧は、取説上は7~14V

設計上は15Vを超えると動作停止し、下がると再開

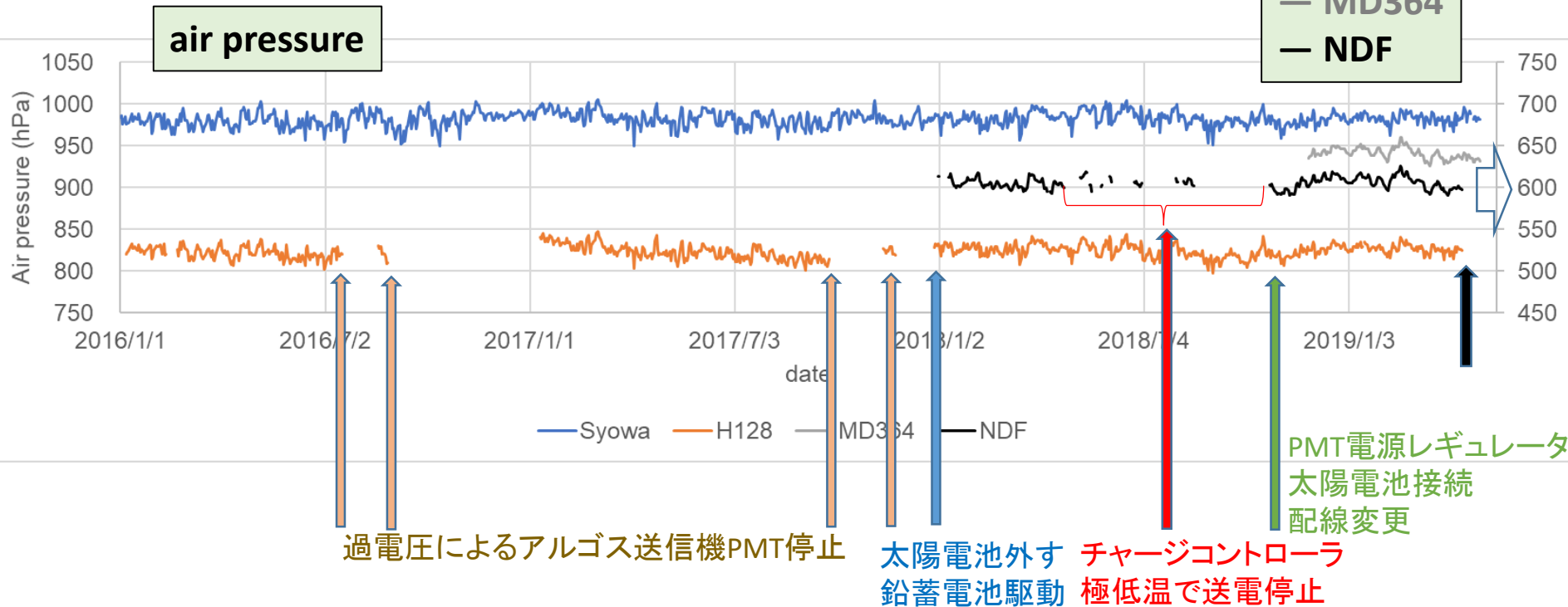
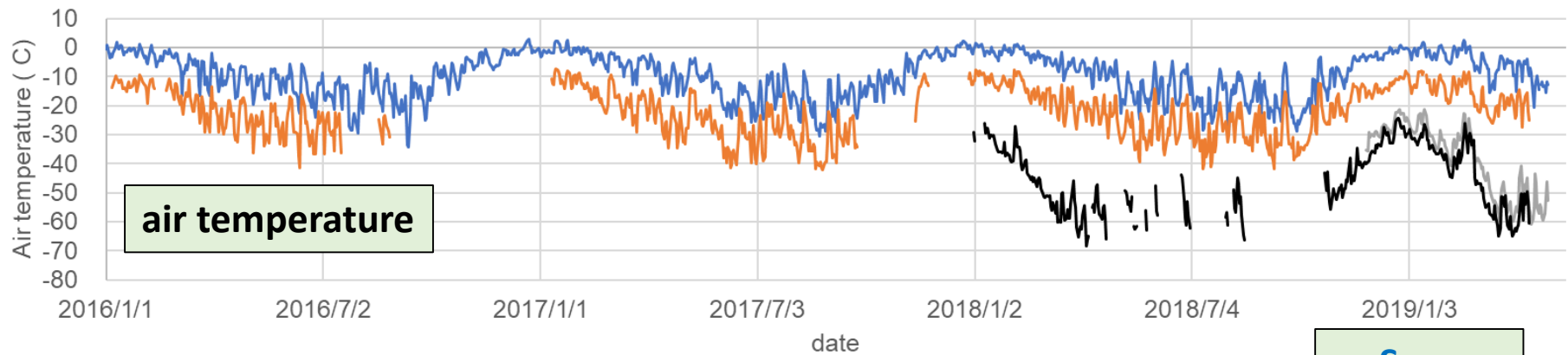
太陽電池からの過電圧

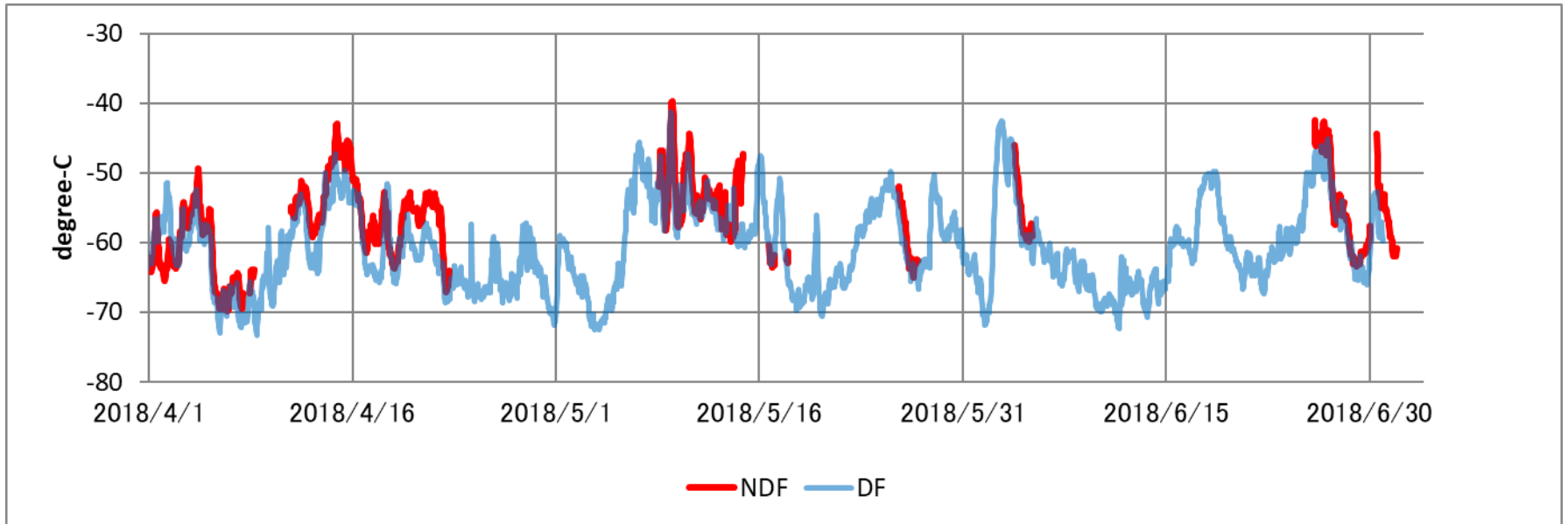
→ 14.5V以下になるようレギュレーターを入れた

# 南極AWSのシステム概念図



# AWS-J 3地点と昭和基地の気象観測比較: 日平均データ(2016-2019)





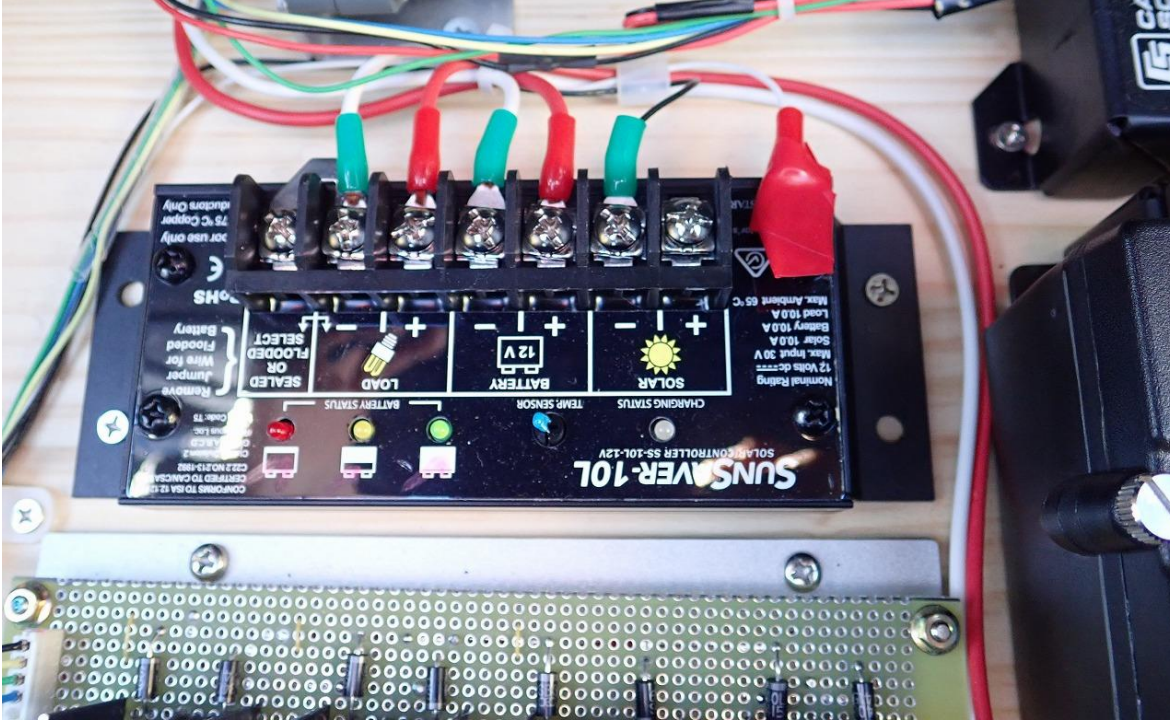
2018年4月1日から6月30日の観測データ

青実線: DF気温(ウイスコンシン大学と共同)

赤実線: NDF気温

・ $-60^{\circ}\text{C}$ から $-65^{\circ}\text{C}$ で送信停止。その後、 $-50^{\circ}\text{C}$ 以上の気温になると、送信が再開しているように見える。

NDF

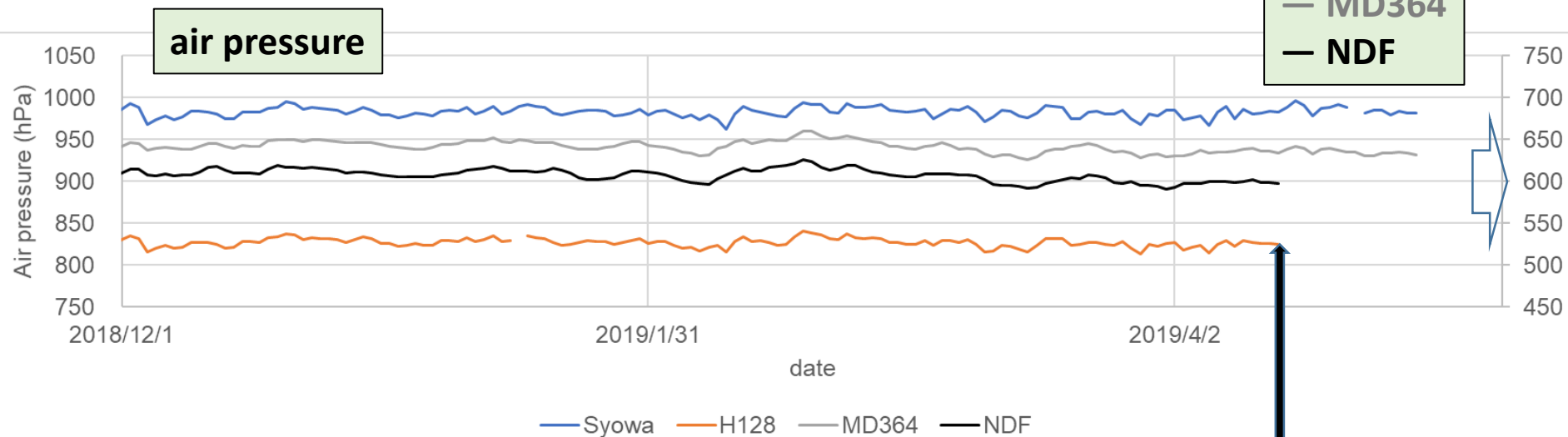
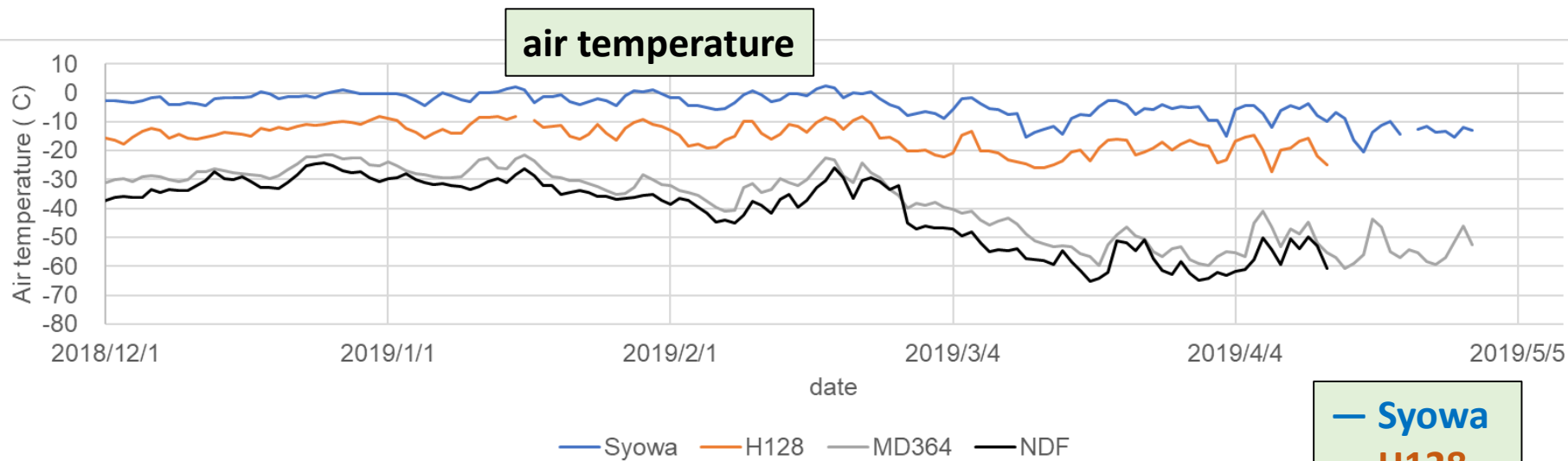


H128





# AWS-J 3地点と昭和基地の気象観測比較: 日平均データ(2018.12-2019.4)



消費電力を減らすため、  
ランダムオフのコマンドを送信

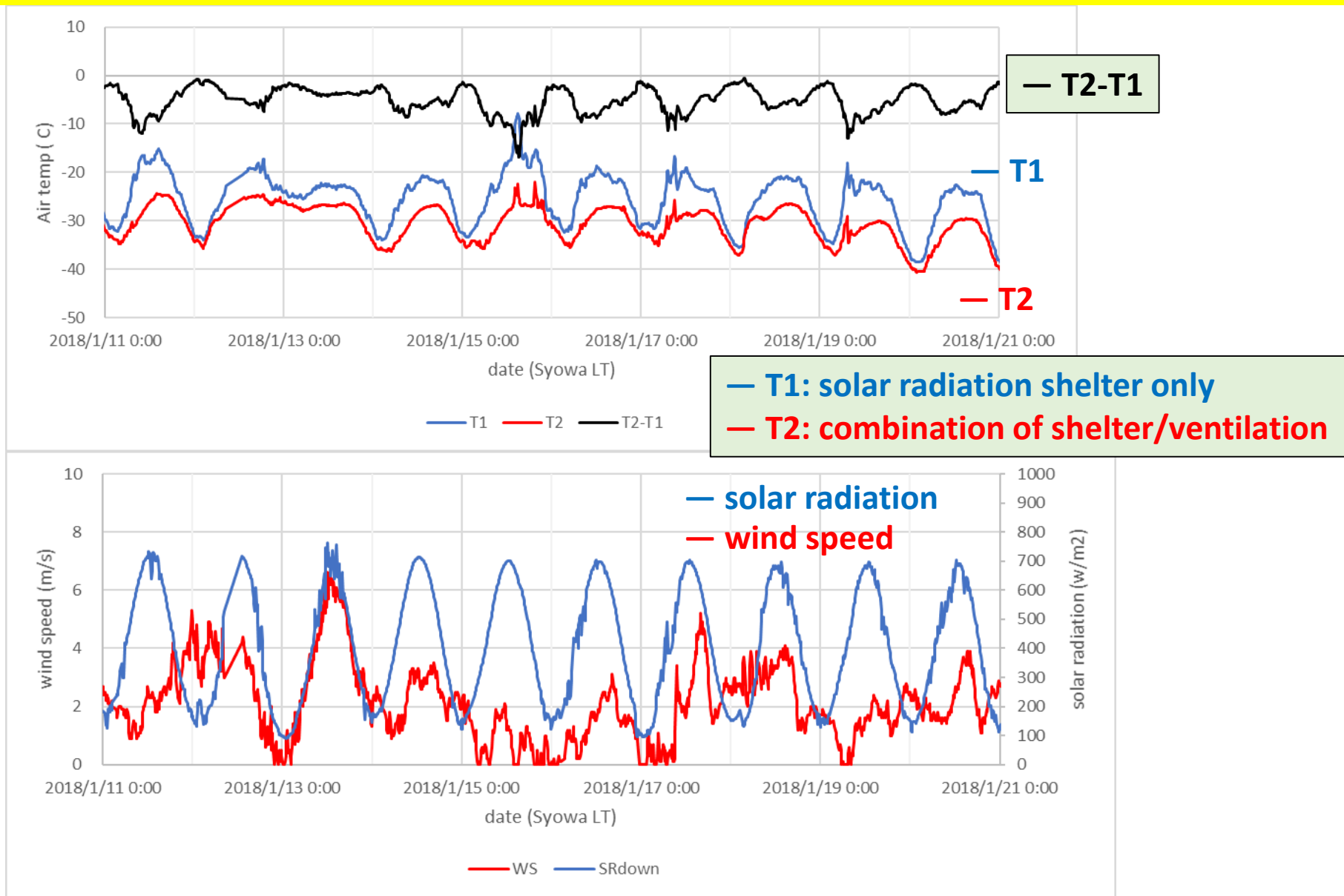
# NDF-AWS

T1: 自然通風

T2: 強制通風



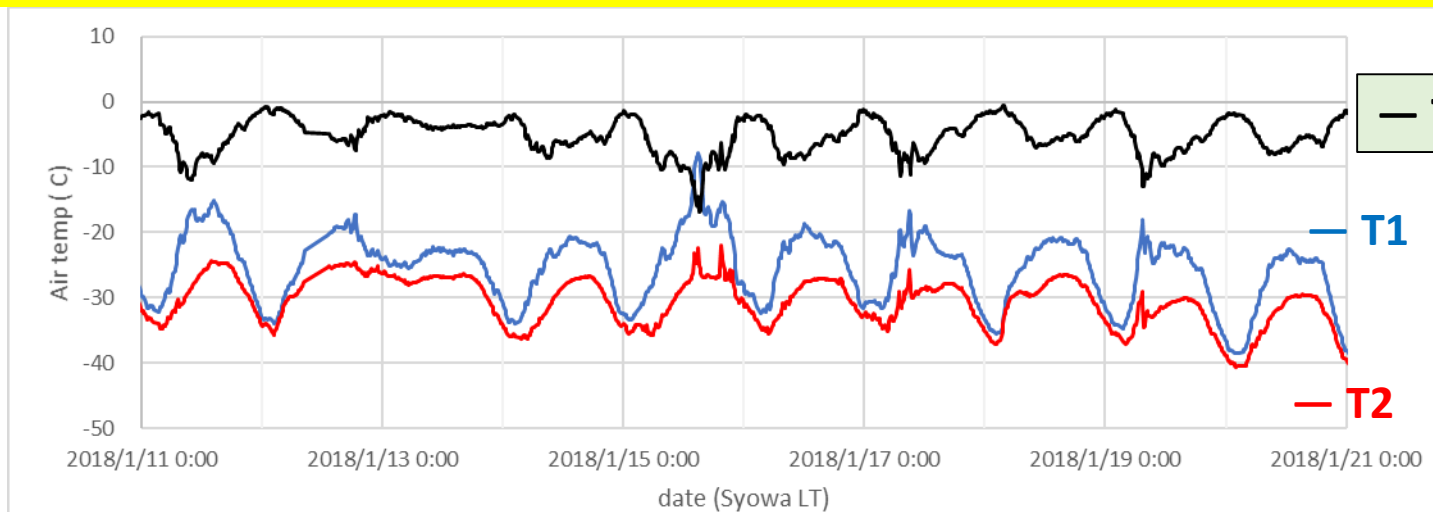
# NDF AWS 10-min data (2018.1.11-20): Significant differences in air temperature measurements-1



上：NDFの強制通風気温T2と自然通風気温T1とその差。差が10°C以上になることもある。

下：風速と日射量。風が弱く日射が強いと温度差が大きい。

# NDF AWS 10-min data (2018.1.11-20): Significant differences in air temperature measurements-2



— T2-T1

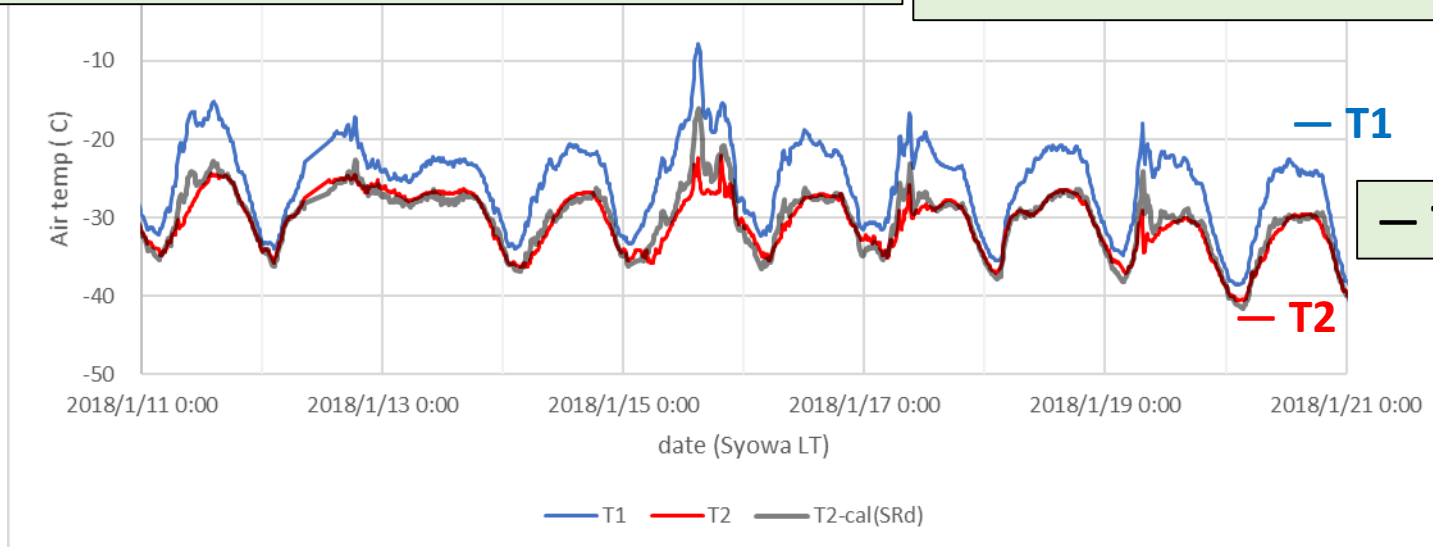
— T1

— T2

— T1 — T2 — T2-T1

$$T2 \text{ (cal)} = T1 - 2.286 - 0.00932 \cdot SR\downarrow + 0.6100 \cdot WS \quad (r2=0.79)$$

— T1: solar radiation shelter only  
— T2: combination of shelter/ventilation



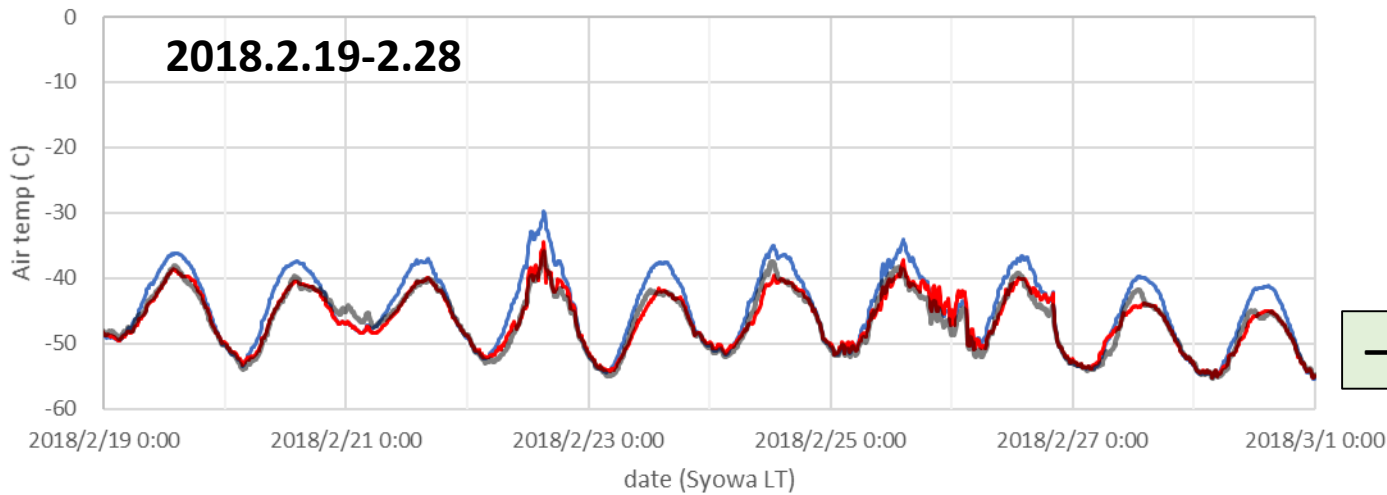
— T2 (cal. from T1)

— T2

— T1 — T2 — T2-cal(SRd)

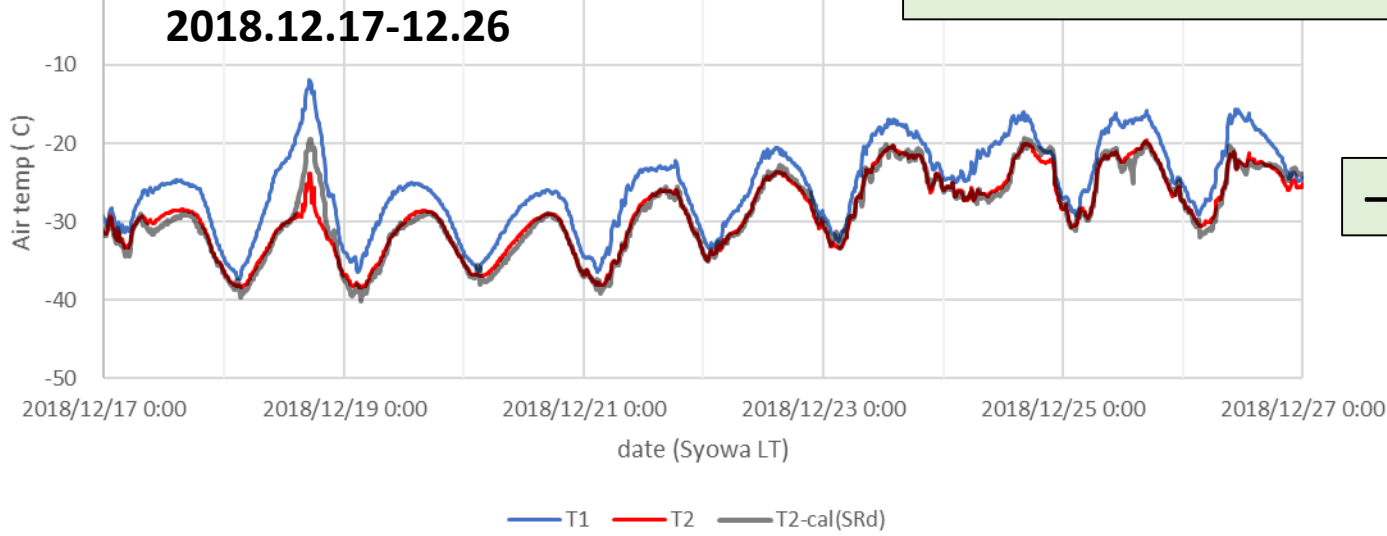
上: NDFの強制通風気温T2と自然通風気温T1とその差  
下: T1データから日射と風速データを使ってT2を推定した。大きなピークを除いて大きな変化は再現。

# NDF AWS 10-min data: Significant differences in air temperature measurements-3



$$T2 \text{ (cal)} = T1 - 2.286 - 0.00932 \cdot SR\downarrow + 0.6100 \cdot WS \quad (r2=0.79)$$

— T1: solar radiation shelter only  
— T2: combination of shelter/ventilation



2期間の気温データで、同じ関係式でT1からT2を再現した結果。  
大きなピークを除いて大きな変化は再現。

NDF 10min data

|              | r2   | 切片dT   | X1 SRdow | X2 WS  | r2   | 切片dT   | X1 SRup  | X2 WS  |
|--------------|------|--------|----------|--------|------|--------|----------|--------|
| JAN'18       | 0.86 | -2.764 | -0.01138 | 1.0620 | 0.86 | -2.827 | -0.01399 | 1.0750 |
| FEB'18       | 0.78 | -1.385 | -0.01079 | 0.4212 | 0.80 | -1.127 | -0.01323 | 0.3868 |
| NOV'18       | 0.80 | -1.987 | -0.00900 | 0.5698 | 0.79 | -1.884 | -0.01127 | 0.5784 |
| DEC'18       | 0.76 | -2.681 | -0.00818 | 0.6105 | 0.78 | -2.447 | -0.01074 | 0.6280 |
| Jan-FEB'18   | 0.82 | -1.874 | -0.01053 | 0.5527 | 0.82 | -1.752 | -0.01306 | 0.5439 |
| Nov-Dec'19   | 0.77 | -2.499 | -0.00837 | 0.5980 | 0.78 | -2.292 | -0.01086 | 0.6124 |
| 1-2,11-12'18 | 0.79 | -2.286 | -0.00932 | 0.6100 | 0.80 | -2.151 | -0.01174 | 0.6130 |

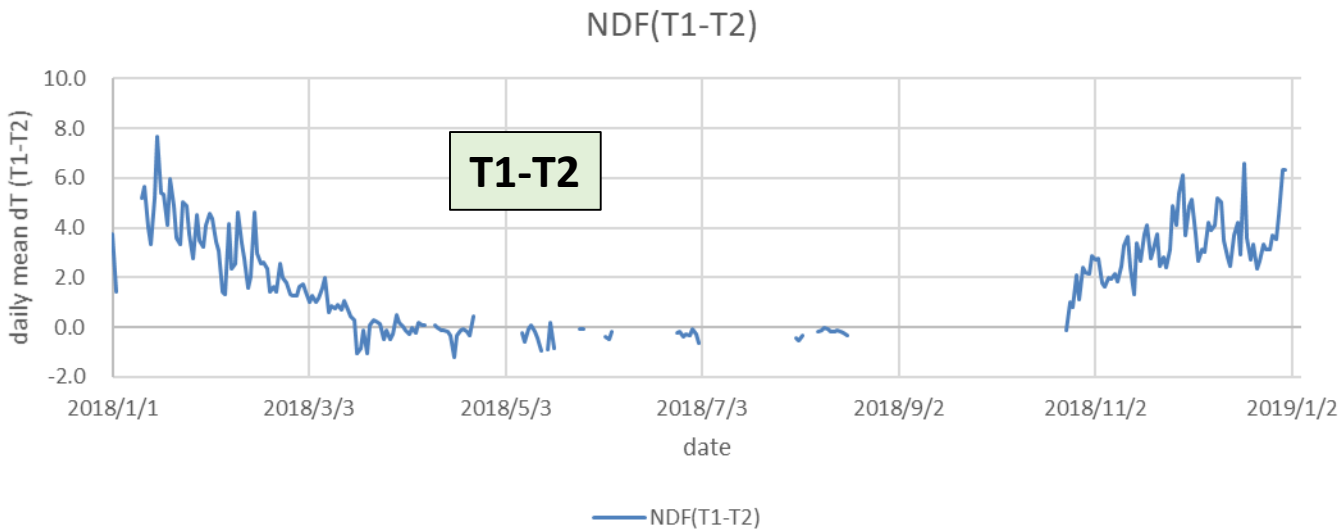
$$T2 \text{ (cal)} = T1 - 2.286 - 0.00932 \cdot \text{SR} \downarrow + 0.6100 \cdot \text{WS} \quad (r2=0.79)$$

$$T2 \text{ (cal)} = T1 - 2.151 - 0.01174 \cdot \text{SR} \uparrow + 0.6130 \cdot \text{WS} \quad (r2=0.80)$$

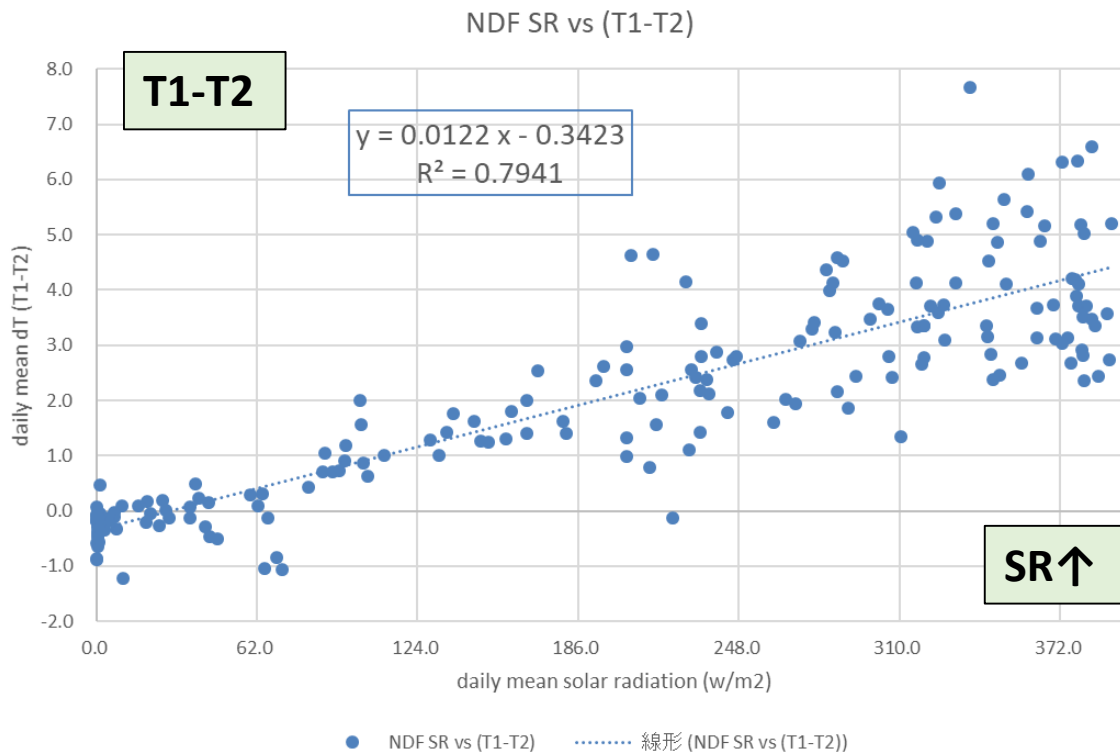
11月から2月という条件

下向き短波放射は観測データにエラーが含まれるので、上向き短波放射の方が相関が高くなった。

# NDF AWS daily mean data (2018.1 – 2018.12): dT (T1-T2) vs SR↑



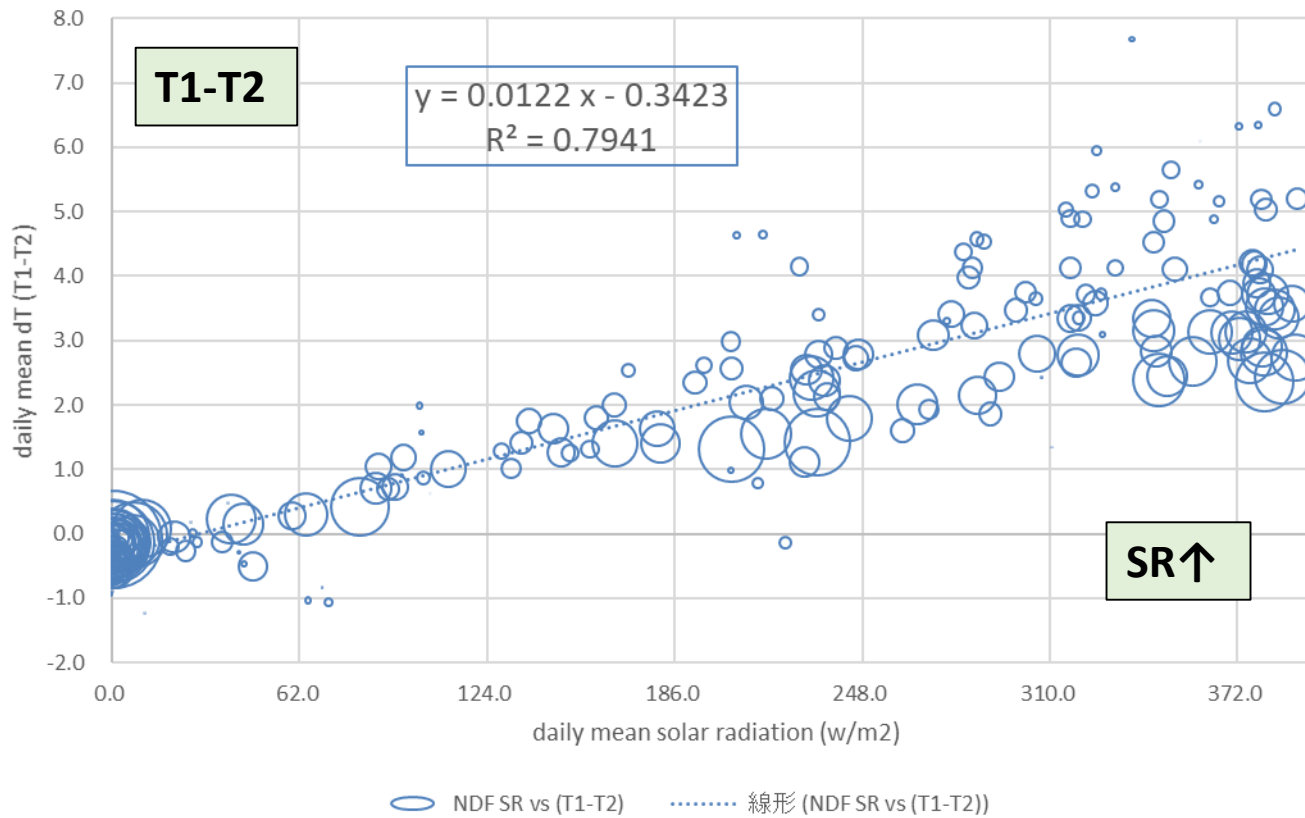
1年間の強制通風気温T2(日射があるときのみ)と自然通風気温T1の温度差。日射がないときはシェルターの違いが反映？



上向き短波放射量と温度差(T1-T2)の関係。強い正の相関  
→ 風速を加味

# NDF AWS daily mean data (2018.1 – 2018.12): dT (T1-T2) vs SR↑

NDF SR vs (T1-T2)



上向き短波放射量と温度差(T1-T2)の関係。  
円の大きさが風速に比例する。  
風が強いと温度差が小さくなる。