

# 南極大陸無人観測における「環境条件」と「適用された技術」の関係について

山岸久雄<sup>1</sup> 門倉 昭<sup>1</sup> 岡田雅樹<sup>1</sup> 小川泰信<sup>1</sup> 田中良昌<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 国立極地研究所・宙空圏研究グループ

## Relationship between environmental conditions and technical solutions adopted in the basic design of unmanned observation system in Antarctica

H. Yamagishi<sup>1</sup>, A. Kadokura<sup>1</sup>, M. Okada<sup>1</sup>, Y. Ogawa<sup>1</sup>, and Y. Tanaka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Space and Upper Atmosphere Science Group, National Institute of Polar Research

Various kinds of unmanned observation systems have been operated in Antarctica. If we classify these systems with environmental conditions (e.g. power consumption and environmental temperature), we can find that similar technical solutions are used in similar environmental conditions. This relationship between conditions and solutions will give a good guide line in the future design of unmanned observation system. We will discuss the relationship based on our experiences in Antarctic unmanned observations.

### 1. はじめに

現在までに南極大陸で実施された無人観測システムは観測目的に応じ、消費電力が 1W 以下のものから 1kW 級のものまで多種多様である。しかし、これらのシステムを消費電力、環境温度などの環境条件で分類してみると、それぞれの条件に適合した技術が使われていることがわかる。この「環境条件」と「適用された技術」の関係が明確になれば、それは今後、新たな無人観測システムを設計する場合に、有効な設計指針となるであろう。極地研の宙空圏研究グループが手がけた幾つかの無人観測システムを中心に、「環境条件」と「適用された技術」の関係を調べてみる。

### 2. 消費電力

南極大陸無人観測における電力マネジメント上、最も重要なことは、数ヶ月にわたり太陽が出ない期間（極夜）が存在することである。燃料補給が難しい南極大陸無人観測では、燃料が不要な自然エネルギー電源がたいへん重要であり、その中でも太陽電池は動作が安定で、最も使いやすいものとなっている。しかし、数ヶ月にわたる極夜では太陽電池が全く発電できないため、(A)多量の蓄電池を用意し、その電池容量の範囲内で観測を続けるか、(B)代替の発電装置を併用するか、のどちらかを選択しなくてはならない。

#### 2. 1 蓄電池による解決

極夜日数を 5 ヶ月 (150 日) とした場合、許容される消費電力と蓄電池重量の間には表 1 のような比例関係がある。野外観測での輸送能力を考慮すると蓄電池重量 120kg が現実的であり、それに対応する消費電力は 1W となる。1 W で観測システムをまかなうには高度の省電力技術と専用の設計が必要になる。英国南極調査所、極地研宙空圏研究グループが開発した小電力無人磁力計は、その 1 例である。

観測システム消費電力	0.1 W	1 W	10 W	100 W
蓄電池重量	12 kg	120 kg	1,200 kg	12,000 kg

表 1 観測システムの蓄電池重量と、許容される消費電力の関係

#### 2. 2 風力発電機による解決

極夜期間に風力発電など、自然エネルギー電源による電力供給が可能ならば、消費電力 1W の制約は不要になり、それに伴う高度の省電力技術や専用設計も必須ではなくなり、汎用品を組み合わせた技術でまかなうことができる。野外観測での輸送能力で運べる風力発電システムは定格 100W クラスであり、その通年平均出力は 10W 程度となる。それ以上の電力を必要とする場合、大型の風力発電システムを導入するよりも、定格 100W クラスを複数台用意した方が、起動特性が良く（弱い風でも発電を開始）、冗長さのある安定したシステムが組めるため、有利と思われる。風速の変動幅が大きい南極大陸の沿岸部では、弱風でも発電し、ブリザードでも破損しない風力発電機が必要とされるが、定常気象部門が 2004 年以来、S16 ロボット気象観測で使用し、宙空圏研究グループが 2008 年以来、西オングル観測拠点で使用している Rutland 社の FM910 は、この要求に応えるものである。

### 2. 3 燃料を消費する発電機による解決

観測目的によっては 100W~1kW の電力を無人環境下で使用したい場合がある（天文観測など）。その場合は、自然エネルギー発電では安定供給が難しく、発電装置の重量や容積も過大になってしまうので、燃料を消費する発電機が使用されることになる。定期的な保守を行うことなく、長期間安定に動作する発電機として、熱電発電機やマイクロタービン発電機が使用されてきた。このような発電システムでは年間、kL 単位の燃料を消費するため、大きな燃料タンクの設置と、毎年の燃料補給旅行が必要になる。そのため、この種のプロジェクトは大型化する。

### 3. 観測機の環境温度と低温対策

無人観測点は南極大陸沿岸部（年平均気温-10℃）、カタバ風帯（高度 1500m, 年平均気温-25℃）、内陸高原部（高度 3500m, 年平均気温-50℃）にかけて設置され、様々な環境温度下で正しく動作することが求められている。それぞれの地域で使用されている観測装置の低温対策について述べる。

#### 3. 1 沿岸部（年平均気温-10℃）

低温設計したシステムはもとより、市販の汎用品をベースに製作した観測システムでも、適切な断熱保温を施すなど、軽度の改良で安定な観測を続けることが可能である。

#### 3. 2 カタバ風帯（年平均気温-25℃）

冬期に-55℃に達することが頻繁に起こる。消費電力 1W クラスの観測システムでは専用の低温設計を行い、MIL Spec などの部品を選んで使用する必要がある。消費電力が 10W 以上の観測システムでは厚さ 10cm 以上の断熱材で覆うことにより、機器の基板部を外気温から 20℃以上高く保てるため、汎用品をベースに製作した観測機でも、1年の大半を安定に動作させることができる。

#### 3. 3 内陸高原部（年平均気温-50℃）

冬期に-70℃に達することが頻繁に起こる。

- 消費電力 1W クラスの観測システムでは専用の低温設計を行ったものでも冬期は動作が不可能になるため、低温に弱い部分を中心に電気ヒーターによる加熱保温を行う必要がある。そのため、冬期の消費電力は 10W 程度に増加させざるを得ず、風力発電等の補助的な電源供給が必要になる。
- 消費電力 10W クラスでは、汎用品をベースに製作した観測機は動作が困難になる。専用の低温設計を行った観測システムにする必要がある。
- 消費電力 1kW クラスの観測システムでは、発電機の廃熱を使用したり、観測機の発熱を保温に使うことで観測シェルター内の温度を観測機が動作可能な温度範囲に保つことができ、汎用品をベースに製作した観測機でも安定な観測が行われる。

### 4. まとめ

上記の議論をもとに、日本、及び外国の無人観測システムを消費電力と環境温度で区分した場合、それぞれに適用されている低温対策技術について、表 2 にまとめた。無人観測システムでの具体的な技術内容については講演で紹介する。

設置場所	年平均気温	最低気温	電源供給		
			太陽電池のみ 消費電力 1 W	太陽電池+風力発電 消費電力 10 W~	燃料を消費する発電機 消費電力 100 W~1 kW
沿岸部	-10℃	-40℃	低温設計	汎用品利用、断熱材	汎用品利用
カタバ風帯	-25℃	-55℃	低温設計、断熱材	汎用品利用、断熱材、加熱	汎用品利用、断熱材
内陸高原部	-50℃	-70℃	動作不可	低温設計、断熱材、加熱	汎用品利用、断熱材

表 2 無人観測システムを消費電力と環境温度で区分した場合、それぞれに適用されている低温対策技術