

厳しい環境条件下での自動気象観測装置の現状と課題 ～信州大学SUMIDAの運用実績から見た一考察～

星川 和 俊
信州大学農学部

Performance and Problem of an Automated Weather Station under the Severe Natural Conditions
～A Consideration from Practical Use of Shinshu University Meteorological Information Data Acquisition System～

Kazutoshi Hoshikawa
Faculty of Agriculture, Shinshu University

Key words: Automated Weather Station, Performance, Problem, Severe Natural Conditions
自動気象観測装置, 性能, 課題, 厳しい環境条件

はじめに

筆者らは長野県中央部山岳域を対象として、8局の自動気象観測装置 (Automated Weather Station: AWSと略す。) からなる山岳気象観測システムSUMIDA (Shinshu University Meteorological Information Data Acquisition System)を設置し、1989年6月から本格的な運用を始め、約9年の年月が経過した¹⁾。

気象観測では世界的に有数の観測網を誇るわが国ではあるが、国土の70%が山岳域であるにもかかわらず、山岳域での観測網が不十分なことが、山岳域を含む種々の基礎研究への妨げとなっていた。この問題を解決し、山岳域での気象データを中心とした基礎データの収集・蓄積を試みたのが、SUMIDAであった。

SUMIDAのAWS設置に当たっては、当初から設置環境が劣悪であることが予想され、AWSの仕様、設置方法等について、多くの検討を重ねた。しかし、運用初期においては、いくつかの予期せぬ問題に遭遇、これらの対応を迫られた。現在、AWSは、後述する衛星通信機能を除き、ほぼ順調に稼働中である。しかし、このようなシステムの一層の充実・発展には、検討すべき課題も多い。

ところで、最近では地球規模の大気環境から、都市や農村等を対象とする局地気象まで、大きな関心が寄せられるようになってきた。このような状況において、AWSによる気象観測の充実が期待されている。たとえば、地球環境関連の学際的研究プロジェクトとして、現在進行中のGAME (GEWEX Asian Monsoon Experiment)の略称で、GEWEX: Global Energy

and Water Cycle Experimentと呼ばれる気候変動国際共同研究計画の中で進行中のプロジェクトである)においては、チベット高原やシベリアなどの厳しい環境条件下でのAWS観測網 (AAN: Asian AWS Network)が計画されている²⁾。また、国内各地の農村では、AWSとCATVを連携した局地気象観測網などが、急速に整備されつつある。

これらのプロジェクトでは、人々の生活の場である大気下層での大気現象を正確に理解するために、多様な気候や地表面における放射・熱・水収支等の長期間観測を行うことが、主な目的となっている。さらに、種々の大気センサーを搭載した衛星観測の開始に伴う地上検証データの取得、気象・環境大気モデルの精度向上や検証のためには、地上気象観測網の充実が不可欠な課題でもある。

以上の状況において、SUMIDAの運用経験から得たいくつかの効果、問題点と解決法、ならびに最近の技術進歩を踏まえて、AWSの現状と今後の課題について検討することも必要と考え、本報告をとりまとめる。

なお、気象衛星回線による自動気象観測局について、気象庁ではDCP (Data Collection Platform)と呼ぶが、ここでは一般的な自動気象観測局を広義にとらえ、AWSという用語を用いる。

SUMIDA: AWSの特徴

SUMIDAシステムを図1に示す。この山岳気象観測システムは、長野県塩尻市を中心とする半径30km以内の山岳から平地に、8地点の観測点(AWS)を展開し、各種気象要素の自動観測とデータ収集・蓄積を行うものである。観測データはAWSによって無線送

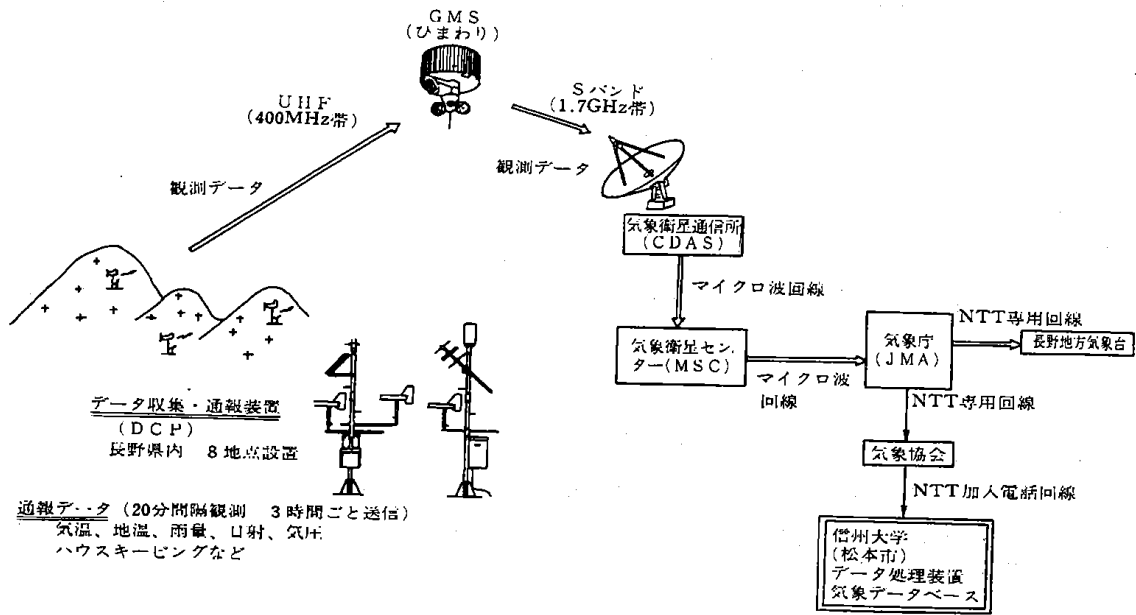


図1 SUMIDAシステムの概要

信され、静止気象衛星”ひまわり (Geostationary Meteorological Satellite, 以下GMSと略す。)”のデータ通信を経由後、ほぼリアルタイムにデータ受信が可能である。

本システムの観測網の特徴は、表1の各AWSの設置点、設置標高で示すように、観測範囲が比較的狭く、しかも山岳等の高標高地点を対象としたこと、ならびに衛星回線の利用によって、自動的かつ準リアルタイムにデータ取得ができるようになったことである。

以上の特徴から、AWSの設置場所として山岳部が多く、厳しい気象条件であること、ならびに設置後の保守・管理等が容易でないことが、十分に予想された。したがって、当初には表2に示すような、厳しいAWSの仕様を想定した。この結果、次のようないくつかの性能を有するAWSとなっている。

- a) 商用電源が得られない局では、太陽電池と蓄電池による電源供給方式を採用したこと、
 - b) 広範囲な温度環境に対応できるように、動作や精度の保証条件を設定したこと、
 - c) 可能な限り省電力型で、保守を伴わない高精度のセンサーを選定したこと、
 - d) 衛星へのデータ伝送として、AWSの内部時計による定時無線通信方式を採用したので時計誤差を厳しい基準にしたこと、
 - e) データのバックアップとしてメモリーカード方式を採用したこと
- などである。

運用経過とAWSによる効果

すべてのAWSは1989年6月までに設置され、本格的

表1 SUMIDAシステムの観測局

DCP番号	呼称局名	標高(m)	所在地	観測項目 (数値は観測点数)
1	農学部局	760	上伊那郡 信大農学部内	温度(2)、地温、雨量、全天日射量、風向・風速、露点温度
2	長尾根局	1,900	伊那市 信大西駒演習林内	温度(4)、地温、雨量(積雪期撤去)、全天日射量
3	将基頭山局	2,672	伊那市 信大西駒演習林内	温度(2)、地温、雨量(積雪期撤去)、全天日射量、風向・風速、気圧
4	臨湖実験所局	760	諏訪市 信大臨湖実験所内	温度(2)、地温、雨量、全天日射量、風向・風速、露点温度
5	霧ヶ峰局	1,670	諏訪市上諏訪角間沢	温度(4)、地温、雨量(積雪期撤去)、全天日射量
6	穂高町局	521	南安曇郡穂高町	温度(2)、地温、雨量、全天日射量、風向・風速、露点温度
7	山形村局	1,490	東筑摩郡山形村	温度(4)、地温、雨量(積雪期撤去)、全天日射量
8	美ヶ原局	2,031	松本市入山辺美ヶ原	温度(3)、地温、雨量(積雪期撤去)、全天日射量、気圧

表2 自動気象観測装置(AWS)の仕様

機能項目	仕様
共通仕様	処理部 自動データ収集・送信機能、データ送信間隔：3時間毎 データ記憶：メモリーカードによるデータバックアップ データサンプリング間隔(10、20、60分毎) 記憶量 256 / 512 KB
	電源部 時計精度 20秒以内 / 6ヵ月 DCPⅠ型：AC100V DCPⅡ及びⅢ型：外部電源(太陽電池及び蓄電池)
	環境条件 精度保証範囲 -30℃～+50℃、動作保証範囲 -40℃～+60℃
	設置条件 耐候性(耐風、耐雷) 移設が容易、分解組立方式
センサー 及び 変換器等	一般性能 気象庁検定合格品(センサー及び変換器等) 防水型4線式白金測温抵抗体、精度：JIS 0.15級 気温：シエルター部(強制通風、自然通風方式) 地温：完全防水、耐土圧用保護管付
	日射計 雨量計 露点温度計 風向・風速 熱電対式、分解能0.1%/℃以内 転倒樹式、分能0.5mm、ただしDCPⅠ型：上下ヒータ付 塩化リチウム塗布式
	風車型風向・風速計 風向：シンクロ式、風速：交流発電式
	気圧計 振動式：測定範囲500～1050mb

な運用を始めた。その後、いくつかの装置上の問題点に遭遇した。その多くは設置後1年以内に発生し、技術的な対応策をとることができた。現在では、後述する2局を除き、ほぼ順調に気象観測を続行中である。しかし、残念ながら、衛星回線によるリアルタイムなデータ送信は、1997年12月から停止している。これは、送信機の電波法に関する運用手続(免許更新、電波検査など)とこの維持経費に関連した理由から、停波を余儀なくされたからである。したがって、AWSの送信機の技術上の問題が、直接的な原因ではない。

これまでの約9年間のAWSの運用から、気象データの取得に対して、多くの効果が得られた。中でも、AWSの機能として、次の3点が著しく効果的であった。

a)SUMIDAにはデータ通信機能があり、ほぼリアルタイムに観測情報が得られる。この結果、時々刻々と変化する気象情報の取得が可能となった。しかも、リアルタイムな観測値やAWSの保守情報が得られることは、センサーやAWSの不具合の状況を瞬時に判断可能とした。この結果、厳しい条件にある僻地の観測に対して、その信頼性と安定性を飛躍的に向上させた。

とくに、設置当初の1年間は、多くのAWSの問題と不具合が発生したが、解決策や対応後の動作確認が迅速になされた。このような装置の保守・管理へのデータ通信の効果は多大である。

b)メモリーカードによるデータバックアップは、各種センサーやデータ通信系のトラブル時の観測情報を得ると共に、データ解析に対して、著しく簡便で有効な方法を提供した。

このことは、本AWSと同様なメモリーカードによる

バックアップが、気象庁のAMeDASの観測網において採用されたことから立証されている。なお、現在SUMIDAでは、衛星通信を停止中であるが、メモリーカードによる運用を行っている。

c)もちろん、従来得ることが困難であった山岳気象の種々の観測データがリアルタイムに取得できることによって、多くの気象現象の理解を助けるようになったことは、言うまでもない。

AWSの問題点と対応

SUMIDAのAWS運用を行ってきた中で、これらの問題点を導入初期のもの、基本的なものに区別し、整理すると表3のとおりとなる。AWSの今後の改良・運用において、これらはいずれも重要な課題であり、問題点と対応法について検討する。

1. 設置当初の問題点と対応

1) 部品の性能

設置当初に表れた問題点は、一部部品の不具合によるもの、厳しい設置条件に対応できない部品性能に起因するものがほとんどであった。つまり、各種部品のカタログ上の仕様と、実際の厳しい環境条件下での動作の相違によるものと考えられる。現地での大きな気温較差、気温低下、過湿、落雷等の悪条件は、電子部品に大きな影響を与え、装置に正常な動作を保証するとは限らない。

AWSでは多量の部品が利用されており、一部のコンデンサーや抵抗等の温度特性の変化さえが、予想外の影響を与える。とくに問題となったものは、送信周波数を決める水晶発振子の温度特性、温度変換基板での

表3 SUMIDA:AWSで発生した主な問題点と対応

	問題点	対応法
運用	電源部リレー回路不調	部品交換
	温度変換基板不調	部品取付法改良 防湿処理強化
初期	送信機不調	水晶発振器交換
	液晶ディスプレイ劣化	携帯型に改造
	蓄電池破損	型式変更の上交換
	誤操作	ソフトウェア修正
基本課題	センサーの氷結	水抜構造付加
	ネジの緩み	2重ネジ, 2重ロックの採用
	AWSの倒壊	2重ステイでの固定 固定金具の改良等
基本課題	蓄電池の劣化	交換
	落雷	センサー、ケーブル 取付け法改良
	保守・管理法 部品の経年変化	? ?

過湿による部品劣化、低温下での液晶の劣化などであった。

2)コントロール用ソフトウェア

AWSは、種々な電子回路をもつハードウェアであり、これを正常に動作させるには、コントロール用のソフトウェアが書かれたPROMが必要である。設置当初においては、このソフトウェアにおいて、単純なバグや誤動作につながるソフトウェアのミスもあり、PROMの修正が必要となった。AWSのシステムが複雑であることから、ある程度のソフトウェア修正は避け難い。

逆に、数カ月の運用後に、ソフトウェアの修正が必要となることもあった。当初、このシステムでは、AWS機能の充実のため、現地で直接AWSを操作することによって、データサンプリング間隔の設定変更などができるようにした。しかし、運用後、AWSの直接的な現地での操作は、思わぬ操作ミスにつながる危険もあることが判明した。高所でのマニュアルによる機器操作は、意外な操作ミスを引き起こしかねない。とくに、強風や極寒時の場合は、注意が必要であった。このため、操作情報は予めデータバックアップ用のメモリーカードに書き込みを行った上で現地に持参し、このカード交換によって、正常な動作ができるようにソフトウェアを改善した。この結果、AWSの直接的な操作は、正確な時刻修正だけですむように、単純なものとなっている。

3)AWSの設置

AWSの設置に際しては、装置本体やセンサーの取付けが必要となる。しかし、設置環境は劣悪で、気温低

下、強紫外線、強風による振動等が、当初想定した以上の影響を与えた。これらのセンサーや本体の取付け方法によっては、ネジの緩み、センサー部の氷結、あるいは凍上と融雪が原因となり、AWSの倒壊にもつながったこともあった。とくに山岳という厳しい条件下では、現地で二重三重の安全な設置方法の検討が必要となった。

2. 基本的な課題

1)電源

商用電源が利用できないAWSでは、太陽電池と蓄電池を組み合わせた電源を利用している。ここで、問題となるのは、低温環境下での電圧低下と蓄電池の寿命である。自然環境という不安定な条件下でのサイクル充電の場合、電圧低下も大きく、蓄電池の寿命はほぼ2、3年程度である。さらに、低温下で動作が保証されている高性能な大容量蓄電池は高価であり、交換を頻繁に行うことは難しい。

一般的に蓄電池の電圧低下や寿命には、その時の周囲温度が影響することが知られている。SUMIDAのAWSにおいても、蓄電池の保護と保温のために、内部に断熱材(5mm厚)を張った防滴構造の金属箱に、蓄電池を収納している。しかし、図2に示した箱内外での温度差の観測結果に見るように、その効果は少ない。最近ではセンサーの省電力化が可能となっているが、長期的なAWS運用や、応用目的にそくした種々のセンサー利用のためには、耐候性に優れ、安定した電源システム全体の検討がなにより重要である。

2)落雷

山岳局での落雷対策も困難である。当初、落雷に備えて耐雷トランス等を装備したが、同一のAWS局で3度も被害に遭遇した。被害の程度は各々異なるが、その都度、種々な電子回路対策、あるいはセンサーの設置方法での対策を施した。それにも関わらず、1994年夏には直雷を受け、AWSへの致命的な被害を受ける結果となった。

落雷は不可抗力であり、避雷針の設置が最も効果的な対策である。しかし、山岳では避雷針設置が難しく、またその用を足さないことも多い。つまり、山岳では、雷雲がAWSを包むような状態で、もしくはAWSよりも低い標高で発生するので、四方八方から落雷の可能性があるのである。現状では、少しでも落雷の可能性が少ない設置場所の選定が最善の方法と考えている。

3)通信系の問題

SUMIDAのデータ通信は、AWSからの衛星回線(無線)へ情報のアップリンクを行った後、気象庁の特定

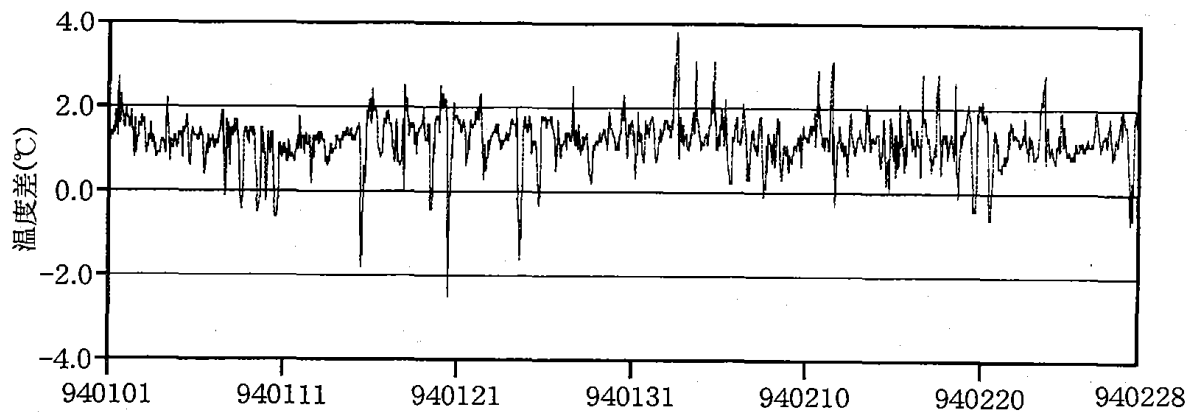


図2 気温と観測装置内部の温度差（美ヶ原94.1-2月，単位°C）

回線網ならびに気象協会による気象情報回線を経て、一般公衆回線によるデータ受信を行う。開発当時としては、電波法や気象業務法などの関連から、このようなやや複雑なデータ通信システムが必要であった。このため、各々のデータ通信網間でのインターフェイス（ハードウェアならびにソフトウェアを含めて）に細心の注意が必要であった。

利用した複数のデータ通信網は、各々気象業務などに使われ、安定して信頼できるものである。しかし、個々の通信網の機器の微妙な調整、インターフェイス間のマッチングなどには、データ通信網全体の技術的な理解と熟練したノウハウを必要とする。SUMIDAの場合は、気象庁や気象協会の通信技術部門からの全面的な支援が得られ、問題発生時の対応が速やかに行われた。この結果、かなり安定して信頼できるデータ通信網となっている。

なお、最近の気象データ通信は海外にまで拡張されつつある。また、通信技術も急速に発展しており、しかもデータ通信に関連する法規制の緩和が進んでいる中で、気象データ通信網の改良・発展の可能性はますます高まりつつある。しかし、同時に新たな通信系の固有な問題が発生してきていることも確かである。

4) 経年変化

AWS運用後、約9年を経過しており、AWS部品の経年変化による劣化の影響がどのように表れるかが、これからの課題であろう。表4に示したように、当初懸念していた内部時計の誤差は、設置当初から比べて格段に小さくなり、安定した観測やデータ送信につながっている。今後、個々の部品はもちろん、装置全体の経年変化にも注目しなければならない。

5) 保守・管理体制

AWSを設置した環境は厳しい。時として、厳しい条件時に機器の保守・管理を必要とする場合もある。たとえば、3,000mに近い冬山での機器の不調が、送信

されてくるデータから判明することもあった。このような場合、人力のみで装置の保守・管理に赴くことは困難であり、ヘリコプター利用などを考えることも必要となる。

また、現地に行かなくともAWSの保守・管理などができるものもある。たとえば、AWSの時計の調整、センサーからの出力値のモニター、バックアップデータの吸い上げなどである。これらは、AWSのリモートコントロールができれば、保守・管理も容易となり、双方向通信機能を考慮した体制が必要である。

表4 AWS内部時計の誤差の経年変化(月差:sec)

AWS	設置当初('89年)	設置5年後('94年)
1	-1	0.3
2	-1.5~1.7	-1.2~1.5
3	-4	-2.0
4	-0.5	0.5
5	-2.0~ -3.0	0.8~ 2.8
6	-5.7~ -3.5	-0.8~ 1.8
7	-1.5~ 1.2	-0.5~ 1.5
8	-1.3~ -1.5	-1.0~ 1.5

今後のAWS改良の可能性

10数年前に、筆者らは耐環境型データロガーを開発した³⁾。この経験を通して、ここに述べたSUMIDA:AWSの開発を行った。最近では、このようなAWSと同様な機能をもつAWSやデータロガーが製作され、市販されている。しかし、これらの装置を厳しい環境条件下で利用しようとした場合、SUMIDAのAWSでも述べたような、いくつかの基本的課題の検討が重要となり、AWS装置の改善が必要と考えられる。

よって、ここではAWSの最近の動向について触れ、そこでの問題点と課題について、考察を行う。なお、ここでは最近急速に普及しつつある簡易型の気象用データロガーも含めて検討する。

1. 最近のAWS

GAMEプロジェクトでは、筑波大学 安成哲三教授を中心とした日本の研究グループと米国のNCAR (National Center for Atmospheric Research) との共同で、AWSを開発中である。このAWSはPAM III (Portable Automated Mesonet III) と呼ばれ、データ収集・収録ならびに衛星によるデータ通信機能は、SUMIDA:AWSとほぼ同様なものである。しかし、研究目的に沿って各種の放射フラックス用センサー、ならびに土壌水分センサーなどの利用が検討されている。また、シベリア等の厳しい設置条件下 (例えば、最低気温 -40°C) での設置、観測等の検討も進みつつある。1998年に予定されている集中観測に向けて、製作、設置、運用が急速に進行中であり、順調な観測データの取得を期待したい。

最近、太陽電池と蓄電池による衛星電話 (衛星移動通信網) を通信手段に用いた衛星通信計測装置がS社によって開発され、1996年の冬季から南アルプス山麓 (1,000~1,600m) で運用中である。運用結果によれば、冬季山地域においてもかなり信頼度の高いデータ収集が確認された。しかし、データ通信が100%達成されず、緊急度の高い情報や人命に関わるデータ通信には、検討が必要であるとの報告がなされている⁴⁾。

このシステムの場合、携帯電話と同様に、任意点からのデータ通信が可能であり、電波利用の資格も不要である。しかも比較的安価な経費で設置・運用ができるので、厳しい環境条件下での有効な通信手段に発展するものと考えられる。

ところで、この数年、耐候型のデータロガーが、いくつかのメーカーから製作・市販されている。この中には、本格的な電池駆動による長期測定用の耐候・汎用型データロガーも含まれる。モデムと一般公衆回線によるデータ通信機能をもつものもあり、観測データのリアルタイムな取得、データロガーの動作制御が容易な装置となっている。

逆に、たとえば30分毎の温度が、約3カ月間記憶できるような、特定の目的に限定した廉価な簡易型データロガーも、この2、3年の間に登場するようになり、ますます気象観測装置の充実が期待される。

現在、筆者は南アルプスの農村 (標高1,100m) での気象調査を兼ねて、H社の耐候型の汎用データロガー (リチウム電池駆動) とT社の温度計測用の簡易型データロガーを野外に設置し、これらの性能検討を実施している。ほぼ1年余りの短い検討期間ではあるが、有効なデータ収集のためには、SUMIDA:AWSの基本的

な課題で述べたような、いくつかの課題も残されている。

2. 電源の問題

設置環境が厳しい条件下では、いつも電源問題を伴う。商用電源が得られる場所でさえ、バックアップ用の外部電源の検討が必要である。商用電源が得られないような設置環境ではなおさらであり、基本的には太陽電池と蓄電池による電源供給に頼らざるを得ない。AWSやデータロガーにとって、電源は最も基本的なものであり、しかも後述するように種々のセンサーの改良にとっても最優先すべき課題である。

とくに、寒冷地では、蓄電池の温度特性や充電効率が問題となる。すでに、前章で述べたように、大容量のシールド電池は、2~3年程度の寿命しか期待できない。この原因には、天候が不順となる山岳や寒冷地において、著しい気温低下による劣化があったり、日照不足による極めて不規則なサイクル充電しか期待できないことがあげられる。

このような電源問題の対策としては、適正かつ容量的に安全な太陽電池と蓄電池システムの検討が基本であろう。さらに、補助的な第2の外部電源の使用も有効である。たとえばプロパンガス発電機を組み合わせ、充電効率をあげるなどの検討も必要と考えている。

同時に、データバックアップ用の外部電源の検討も重要である。T社の簡易型データロガーの場合、アルカリ電池が利用されており、いつも電池の寿命切れによるデータ消失の不安を抱きながらの観測となる。最近ではデータバックアップ用電源として、リチウム電池が使用されているが、電池メーカーによっては電圧に対する温度係数が大きなものもあり、その選定に注意しなければならない。

3. センサーの改良・開発

地球環境問題をはじめ、農村での局地気象の問題まで、多様な応用気象学的なAWS利用が、今後の課題となっている。このような場合、一般気象観測はもちろん、さらに多くの応用的な観測、すなわち種々な観測センサーの改良、開発が必要となる。

GAMEのPAM IIIでは、各種放射フラックスのセンサーや土壌水分センサーの利用と検討が試みられており、大いなる成果が期待される。各種放射センサーの場合、フィルターや防護膜等において頻繁に部品交換が必要なものもあり、今後センサー自体の改良やセンサー素材の開発が急務である。

新しいタイプのセンサーの開発・利用等の可能性も大きい。たとえば、GPS (Global Pointing System) センサーを用いた可降水量の研究進展によっては、AWSによって高密度な大気水蒸気量と降水量の把握も容易となる⁵⁾。さらに、従来のAWSにおいては、パッシブ型センサーがほとんどであったが、アクティブ型センサーの利用も考慮すべきである。たとえば、ドップラー、レーダー、ライダーの利用は、記憶装置や通信機器の飛躍的な発展で技術的な可能性が大きい。これらのアクティブ型センサーの利用により、接地層付近のみならず大気高層での面的・立体的な大気のセンシングを検討する必要もあろう。

これらのセンサーの改良、開発に際しては、もちろん省電力で、しかも耐候性があり、保守・管理が容易であることが一層重要となる。

4. データ通信系の改良

前述したPAMIIIは、SUMIDAと同様に主にGMS回線を、衛星通信計測装置は、商用の衛星回線を利用するものである。このように、複数の通信系の経由は、不可避な通信上のトラブルに遭遇することもある。前者では日米での気象衛星回線利用に伴う技術的な仕様の相違が、後者では衛星回線サービスに内在するネゴシエーション不良が課題となっている。

したがって、可能な限り単純で、大容量データを高速・安全に伝送できる通信系の利用と選定が必要である。理想的には、複数のデータ回線を利用するような、フェールセーフ技術を利用することが望ましい。

さらに、AWSの動作状況を、現地に赴かないで任意にモニターしたり、保守・管理操作がリモートコントロールできるような双方向通信によって、自由度の大きいデータ収集システムに改良することも必要である。

現在、無線、一般公衆回線網、CATV等の有線、これらの併用によるデータネットワーク(データ通信)の構築が進行しているが、ネットワーク間の相互接続には法的な限界がある。このため、電波法などの規制緩和と、技術進歩やデータ通信の利用目的に応じた法体系の整備・検討がなにより急務である。

5. AWSシステム全体の改良

電源問題、センサーの改良、データ通信系の改良について、個々に課題を述べてきた。しかし、AWSが、その機能を十分に発揮し、安定かつ高精度な観測システムに高めていくためには、個々の部品、製作素材の品質、ならびに設置方法やその資材の品質まで含めた

システム全体としての性能の検討も重要な課題である。

たとえば、筆者らが現在利用しているH社の汎用データロガーの場合、月差20-25秒程度の内蔵時計の誤差がある。この原因として、内蔵クロック固有の誤差のみならず、電池の実装方法、電池の電圧低下、電圧安定化の方法、あるいは関連部品の周辺温度等に起因する誤差などが含まれていると予想される。このように、内蔵時計一つを考えても、この誤差には種々な原因が関連しており、さらにこれらはデータ通信の際に、大きな障害を引き起こしかねない。以上から、AWSシステム全体としての総合的な安定性、信頼性の検討が必要となる。

あとがき

AWSの装置上の問題を検討してきたが、最後に野外での観測に伴う重要な課題をさらに一つあげておく。それは、ヒトや人間社会に関わる要因である。SUMIDAは24時間自動運転を行っているが、予期せぬ不慮の長時間停電や工事等に伴う電源復旧のミス(もちろん、バックアップ電源をもっているが、それを越える電源トラブル。)に悩ませられることもある。時として、野外に設置したAWS装置へのイタズラ、あるいは一部装置の人的破損も、それ程多くはないが発生した。

ほぼ一年前(1997年春、このような人的な要因が偶然にもいくつか重なり、1つのAWSは回復不能な状況にまで陥った。残念なことではあるが、このような人的要因を回避することは難しい。

本報告は、日本気象学会中部支部研究会において発表⁶⁾した内容にもとづき、その後の機器の問題、最近の状況等を含めて、加筆したものである。なお、GAME関連の情報は、GAME:AANの関係各位からご教示を受けた。

引用文献

- 1) 星川和俊：「静止気象衛星”ひまわり”の通信機能を用いた山岳気象観測システム—SUMIDA—」計測と制御、Vol.29,NO.5,pp.75-81,1990
- 2) WCRP専門委員会・GAME小委員会他編：GEWEX Asian Monsoon Experiment -GAME-研究集会報告書、NO.1およびNO.2,1995,1996
- 3) 星川和俊、高橋保彦、宮崎敏孝：気温観測データ収録装置の開発とその実用化、農業土木学会誌、第54巻8号,pp.17-24,1986
- 4) 木村象二郎、遠目塚良一：衛星電話サービスを用いた「衛星通信計測装置」の冬季運用実験、レイ

ディック社技術報告.pp.1-7,1997
5)内藤勲夫：水蒸気を測る：GPS気象学のねらい,
水文・水資源学会誌,Vol.9,No.pp.570-578,1996
6)星川和俊：自動気象観測ステーション(AWS)の運用

と課題-信州大学SUMIDA:AWSの運用実績から-, 日
本気象学会中部支部研究会講演要旨集,pp.19-
20,1995