

# 観測環境が厳しい遠隔地における二酸化炭素観測システム

野尻幸宏<sup>1</sup>、向井人史<sup>1</sup>、須永温子<sup>1</sup>、木下勝元<sup>2</sup>、江頭毅<sup>2</sup>、紀本英志<sup>2</sup>

1. 独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター、2. 紀本電子工業

## 1. はじめに

二酸化炭素の地球規模循環解明において、地上観測点での大気観測として人為排出源影響の少ないバックグラウンド地域の観測がまず必要であり、この分野の研究の発端となったハワイ・マウナロア山頂、南極（南極点、昭和基地）などでの観測がそれにあたる。一方、大気観測網の展開が進み、インバースモデルを用いた地域レベルの吸収排出量解析には、バックグラウンド観測のみならず、排出・吸収源の影響を受ける地域にある観測点の重要性も認識されてきた。このような地域観測点とはいえ、近傍の人為排出源の直接影響は避ける必要があり、観測点周辺広域の濃度が反映される地点を選ぶべきである。高山の観測点では地表観測点より広域の平均的大気濃度が反映されること、離島の観測点では近傍の人為発生源の影響を避けられること、両者とも地上植生の影響も避けやすいことなどがわかっていて、大気観測点展開に適したロケーションであるが、逆に設置の困難さが伴い、現実的な選択肢としては岬に立地する観測点が多いという現状もある。

国立環境研究所では、現在、波照間島と落石岬という2つの観測点において温室効果ガスの継続観測を行っている。この2つの観測点は、季節によってバックグラウンド観測点的性格と地域観測点的性格のそれぞれに変化することがわかってきた。ただし、観測舎建設から始める観測点展開には大きな予算がかかるので、今後、地域排出量解析に役立つ観測点補強には、いままでもより簡易な大気二酸化炭素観測システムの必要性が生じてきた。

先に述べたように、高山の山頂付近や離島では大気観測所立地条件が実現しやすい反面、観測施設の設備（面積・電源・空調など）では適切な条件が得られないことが多い。現在の富士山測候所の状況は、近傍の人為排出源の直接影響を受けないという点では、夏の観光シーズンを除くと最適であるが、夏場を除くと電源供給がない、冬場には庁舎内気温が著しく低下するという困難な条件になる。そこで、困難な設置環境でも運転が可能な装置の開発を行い、その実証試験を富士山頂観測所で実施することにした。今回の開発では、1) 極低温、2) 長期にアクセス不能、3) 自立電源が必要、という困難な設置条件対応を解決することになるので、装置の実証に成功すれば高山や高緯度域において簡易な施設で大気二酸化炭素観測を行うことに道を開く。また、合わせてより温暖で日射量も確保できる低緯度域向けには、太陽光発電等による自立電源型の開発も必要である。

## 2. 方法

2004年に富士山測候所の有人気象観測が廃止されて以後、測候所の利用は夏期の7月から8

月に限られており、系統電源接続もこの期間に限られるため、通年観測には自立電源の確保が必要になる。また、空調設備も運転されないため、冬期間の庁舎内気温は外気に近い低温になると考えられる。そこで、装置にはマイナス 30 度の低温に耐える仕様が要求される。一方、自立電源確保の点では、太陽光、風力とも強風下で設置できる容量には制限があるし、積雪と日射量低下のために冬季に確保できる電力量が減少することも考えられる。また、9 月から翌年 6 月までの間の無人期間にはメンテナンス訪問が困難であるので、長期にメンテナンスフリーであることが必要であるし、通信によって装置の運転状況把握ができることが最低限必要となる。

そこで、電源確保の具体的対策として、発電する方法ではなく夏のうちに通年観測に必要な容量の電池を持ち込むこととし、低温特性に最も優れたシール型鉛蓄電池を用いることとして装置開発を開始した。もちろん、必要な電力量を最小とすべく装置の省電力化を進めている。今回の二酸化炭素計測装置開発は、昨年までに行った海洋表層二酸化炭素分圧測定ブイの開発の経験を基にしたものである。その際に開発した省電力化と通信機能の技術が役立っている。

#### 1) 二酸化炭素測定装置部

非分散型赤外分光光度計 (LOCOR840 型) と試料空気・標準ガスなどの切換え部、除湿部などを備えた二酸化炭素分析計主要部は、気密性のある断熱容器に収納することにし、計測時には容器内温度が 0 度以上になるようヒーター加熱することとした。また、赤外分光光度計内部は 50 度の温調下で運転する仕様となっているので、そのことが最大の電力を消費する懸念があったため、分光光度計の温調回路を遮断した場合の測定精度への影響を検討した。その結果、ヒーター遮断状態では必要な測定精度確保が困難なことが明らかになった。したがって、相当の電力が赤外分光光度計の温度確保に使われることとなったが、その熱をできるだけ逃がさず断熱容器内保温に使うことで開発を進めることとした。

また、測定回数は、自立電源運転時には 1 日 1 回 1.5 時間程度を標準とすることとした。連続測定では、赤外分光光度計の温度維持に大きな電力が必要であり現実的ではないためである。運転時には赤外分光光度計やポンプなど二酸化炭素を計測するために本質的に必要な部品の熱で装置内温度が維持され、スリープ時に次第に温度低下する。次の計測開始前に容器内温度が 0 度以下の場合はヒーターで温度を上昇させてから計測を始める。また、通信に必要な回路は常時極小電流 (1.2W) を通電する必要があるため、これも温度維持に貢献させることとし、ヒーター回路へ通電することをできる限り避ける設計である。

#### 2) 試料前処理と標準ガス

大気二酸化炭素計測では、試料大気中の水分除去が必要であるが、電気冷却など大きな電力消費を伴う方法を取ることができない。そこで、パーマピュアドライヤー 1 段だけとしたが、今後の試験運転で水分影響の検討が特に必要であると考えている。一方、冬季に限っては、低温下で絶対湿度が下がり除湿の必要がなくなり問題にならない可能性もある。1 日 1 回の測定

ならば標準ガスは 10L 容器でも 10 ヶ月の観測が可能である。3 濃度を使うこととし、低温特性が保証された圧力調整器を使用する。

### 3) 装置制御

測定シーケンスは、予備運転時間に赤外分光光度計の昇温を待ち、その後、標準ガスと大気の計測繰り返しを 4 回行うと想定している。計測時間などのプログラムには自由度があるので、試験により適当な条件を定める。また、制御用のマイクロ P C の電力消費を抑えるために、常時通電する通信基盤がシステムの起動・スリープ制御をすることとした。

### 4) 通信

冬季間も利用可能な通信手段でかつ双方向性を確保するために、オーブコム衛星を利用することとした。オーブコムは G P S 利用を前提とした衛星通信技術なので、毎日 1 回の起動時に G P S 受信を確認、時刻合わせを行ってから、制御システムを立ち上げ、二酸化炭素の計測データを受け取った後、衛星経由でデータ通信し、終了後に他の測定装置部分をスリープさせるような一連の機能を、通信制御装置が受け持つ設計である。オーブコムには双方向性があるので、地上からの指令により、設定条件を変更することも可能である。

### 5) 電源

必要な電源量は、低温下で試験運転を行って初めて明らかになるので、まだ明確ではない。単体で 40Ah の容量を持つ重量 13kg のシール型鉛蓄電池を必要な個数並列接続で使う設計である。従って、富士山測候所のように資材運搬の手段があつて重量・サイズの制約が比較的少ない条件を意図した開発であるといえる。

## 3. 今後の進め方

今年度末には、低温試験機で性能確認した開発装置が完成する予定である。2008 年夏には、有人の期間だけ富士山測候所庁舎に設置して性能確認運転を行う。気圧が低い場所固有の不具合があるかもしれないので、問題があれば解決する。

冬季の低温試験として、2008 年度後半に北海道の寒冷地で長期運転試験を行う。部品類の耐低温特性の確認を行うとともに、実際の電力消費量の推定が可能となる。

これらの実験を踏まえて、2009 年夏には自立電源とともに富士山測候所に設置し、1 年間を目指した連続運転試験を行うことを想定している。

また、省電力化と遠隔通信機能の開発は、低緯度の離島や僻地で観測所条件の整っていない地点で大気二酸化炭素を観測するために、そのまま応用できる技術である。富士山測候所施設を活用して大気二酸化炭素観測装置を開発する本課題の成果は、わが国内外を含めた大気二酸化炭素観測網の強化に活用されるべきものと考えている。