

9.15 気象観測法

9.15.1 はじめに

大気汚染は、大気低層の気象と密接な関係がある。ここでは、気象観測法の中から特に大気汚染の動態解明のために必要なもので、それ程特殊な知識や技術を必要としない観測法を選び解説する。また現在行われている地上並びに高層気象観測モニタリングの概要を示す。

9.15.2 地上気象観測

(1) 建物を利用した気象観測：建物の屋上などを利用して気象観測が行われる事が多い。測風塔の設置にあたっては、建物周辺に障害物がなく建物自体がつくり出す風の乱れの領域を避けて場所を決める事が大切である。また地形的にも地域代表性が確保される場所を選定しなければならない。測定項目としては、風向・風速、気温、湿度、日射量、紫外線強度、気圧を自動測定する事が必要である。

(2) タワーによる気象観測：煙突やタワーによる気象観測はその地域の気象特性を知る方法としてよく用いられる。風向によっては塔体の影響を受けるため、同じ高度に同一の測定システムを2ないし3セット配置し、主風向に応じて塔体の影響を受けない測定器の測定値を利用するのが最も望ましい。気温の垂直分布のデータは接地逆転層の出現頻度を明らかにする上で大変貴重である。タワーによる観測では大気汚染の常時監視装置を併設する事により、その地域の大気汚染生成機構を詳細に把握する事が可能となる。

9.15.3 上層気象観測

(1) パイボール観測：パイボール観測は上空の風向風速を知ることが出来る簡便な方法である。実用性も極めて高いので少し詳しく紹介する。方法はパイロットバルーン (pilot balloon) と呼ばれる一般に自重20gの風船にヘリウムガスを充填し浮力を調整した後に上昇させその動きを測風経緯儀 (ballon theodolite) により追跡し仰角と方位角を一定の時間間隔で読みとり、その数値の変化から上空の風向・風速を求めるものである。

浮力は浮力錘を用いて地上の風の無い所で調整する。上昇速度を150m/分に設定したい時には57.6gの錘を用いる。夜間には水に浸すと電流が流れ発光する注水電池（水を含んだ状態で重さ13.3g）を用いる。この時には74.9gの錘を用いる。上昇速度を200m/分に設定したい時にはそれぞれ136.4gと154.8gの錘を用いる。上昇速度が与えられているので読みとり間隔を20秒とすると上昇速度が150m/分場合には50m毎の層の風の平均風向・風速が求められる。

(2) ノンリフトバルーン観測：一定高度での風の流れや、垂直方向の乱れの程度を把握するために利用する。気球の浮力を気球の重さとバランスさせたノンリフトバルーン (non-lift balloon) の動きを用いる。気球に送信機を取り付けこれを地上で受信し、動きを把握する方法や、ヘリコプターで追跡す

る方法などがとられる。

(3) 低層ゾンデ観測：パイボール観測では空の風向風速しか求められないが、低層用のラジオゾンデ (radiosonde) を用いる事により、2～3 km までの気温、湿度の垂直分布を求める事が出来る。気温の分布は大気の安定度や気温逆転層の高さを知るためには不可欠である。また湿度の垂直分布を知る事により上空の気層の履歴や雲底高度を正確に知る事ができる。

(4) レーウィンゾンデ観測：(rawinsonde) ラジオゾンデの動きを自動追尾型のアンテナで捉え風向・風速も同時に計測出来るシステム。パイボール観測の場合は雲より上空の観測は出来ないがレーウィンゾンデ観測を行う事により雲がある場合や視程が悪い場合にもデータが得られる。

(5) オゾンゾンデ観測：レーウィンゾンデ観測システムにさらにオゾン計測装置を着けて上空 30 km 程度迄のオゾンの垂直分布を観測出来るシステム。オゾンセンサーにはヨウ化カリウムの溶液が用いられる。地上でのセンサーの調整とキャリブレーションが必要である。

(6) 係留気球観測：係留気球 (カイツーン/kytoon) は浮力を持った飛行船のような形をした大型の気球である。地上のウインチを操作、係留索を上昇・下降させる事により目的の高さに係留し、測定を行う。気温、湿度、オゾン測定する小型・軽量のものから風向・風速や乱流成分も計測できるものまで、各種のサイズがある。信号の伝送は無線方式と光ファイバーケーブルを用いた方式がある。大型の係留気球を用いる事により大気サンプリングパイプを持ち上げて上空の空気をサンプリングしながら地上に設置した大気汚染自動測定機器により各種の大気汚染物質の測定を行う事も可能である。測定高度は 1 km 程度までであるが、風の強い時や雨の時は観測が難しい。

(7) 航空機観測：気象と大気汚染の立体分布を把握するためには航空機を用いた観測が最も有効である。航空機としては固定翼の飛行機 (aircraft)、回転翼のヘリコプター (helicopter)、飛行船 (airship) が用いられる。航空法により一般的には 300 m 以下での観測は出来ない。広域的な観測には固定翼の飛行機が、垂直分布中心の観測にはヘリコプターが、また低速での観測には飛行船が威力を発揮する。いずれの場合においても電力の確保が最も大きな問題となる。

9.15.4 上層気象の連続リモートセンシング

(1) レーザレーダ：混合層の時刻変化の状況を実時間で把握する事ができれば大気汚染の監視や予測・予報に役立つ。この目的のためにはミー散乱型レーザレーダが利用出来る。大気中にある粒子状物質による光の散乱をミー散乱と言うが、レーザ光を上空には発射しミー散乱強度を地上の望遠鏡で受信・増幅して上空の粒子状物質の垂直分布を求めるシステムである。小型のワゴン車程度に設置可能なシステムも実用化しており上空 3 km 程度までの連続計測が可能である。

(2) ドプラー音波レーダ：大気汚染の動態解明には上空の風向・風速の情報が最も有用である。特に

垂直方向の風の動きが重要である。ドプラー音波レーダを用いる事により上空の風の構造を実時間で把握する事が出来る。ドプラー音波レーダは上空に音波を発射し、これが大気中の粒子状物質に反射して戻った音の周波数の変化から水平風速や垂直風速を求める事が出来るシステムである。具体的には2100 Hz, 30 W 程度の出力で上空 1,000 m 程度までの観測が出来る。測定精度は高く、水平、垂直方向共に 0.01 m/s 程度の弱風の観測が可能である。出力を上げる事により、より高度の高い測定が可能であるが、近隣への騒音に対する配慮が必要である。また周囲で大きな音が発生するような場所での測定はノイズによる妨害を受ける。

9.15.5 気象ネットワーク

通称アメダス (AMeDAS : Automated meteorological data acquisition system) と呼ばれている地域気象観測システムは日本全国に約 1,300 ヲ所展開されており平均的な格子間隔は、17 km である。このうち約 840 ヲ所は、風向・風速、気温、日照時間、降水量が測定されており、得られたデータは大気汚染の地域分布の解析に有用である。しかし微風の測定は出来ないので広域的な汚染の動態解析に適している。この4気象要素観測点の平均格子間隔は、21 km である。一方、大気汚染常時観測局においても風向・風速、気温、湿度などの気象要素の連続観測が行われている。しかしこれらの測定点は都市地域に集中しており広域的な解析には不十分であるが、弱風時における都市地域での高濃度大気汚染の平面分布の解析には極めて有用である。

日本においては高層気象観測所においてラジオゾンデの観測が毎日2~4回行われている。観測の時間は3時、9時、15時、21時である。高層気象観測の時間はグリニッジ標準時刻の零時と12時が基本となっており、日本では9時と21時がこれにあたる。

(9.1) 参考文献

- 1) S. Butcher and R. Charlson (荒木峻訳) ; 大気汚染の化学 (1975)
- 2) 大気汚染研究協会 (現大気環境学会) 編 ; 改訂大気汚染ハンドブック(1), 測定編 (1975)
- 3) 堀雅宏 ; 有害因子測定法, 安全工学協会編, 安全工学講座4, 健康障害 p.149 (1982)
- 4) 河口広司 ; 検出限界と感度, ぶんせき (1982), No.1, 36-42 (1982)
- 5) 杉前昭好 ; 分析化学, 28, P.559 (1979)

(9.3) 参考文献

環境庁大気保全局編 ; 環境大気常時監視マニュアル (昭和 55 年)

(9.4) 引用文献

- 1) British Standards Institution; Deposit Gauges for Atmospheric Pollution, British Standard 1747 (1951)
- 2) Department of Scientific and Industrial Research; Measurement of Air Pollution, Her Majesty's Stationery Office (1957)
- 3) 寺部本次 ; 空気汚染の化学, 技博堂 (1951)
- 4) Air Pollution Measurements Committes: Recommended Standard Method for Continuring Dust Fall Survey (APM-I. Revision 1), J.Air Poll. Control Assoc., 16 (7), (1966)
- 5) 日本環境測定分析協会 ; 環境測定分析法註解, 第1巻, 丸善 (1984)
- 6) 大気汚染研究全国協議会 ; 改訂大気汚染ハンドブック(1) 測定編, コロナ社 (1975)
- 7) 寺部本次訳, 英国理工学研究局編 : 大気汚染の測定法, 技博堂 (1958)

(9.5) 引用文献

- 1) 原 宏 ; 酸性雨とは? : 定義とその生成機構, 天気, 42, 264-271 (1995)
- 2) 北村守次, 原 宏 ; 酸性雨の測定法 気象研究ノート, 182, 59-79 (1994)
- 3) 玉置元則編 ; 「酸性雨調査法」ぎょうせい (1993)
- 4) EMEP manual for sampling and chemical analysis. EMEP/CCC-Report 1/95, O-7726, Norwegian Institute for Air Research, Norway. (March 1996)
- 5) World Meteorological Organization: Chemical Analysis of Precipitaion for GAW:Laboratory Analytical Methods and Sample Collection Standards. WMO Report Series No.85.
- 6) R.J.Vet;(1991) Wet deposition: measurement techniques. Handbook of Environmental Chemistry Vol.2, Part F, ed. by O. Hutzinger, Springer-Verlag, Berlin, (1991)
- 7) Guidelineds and Technical Manuals for Acid Deposition Monitoring Network in East Asia, Japan Environment Agency. (March 1997)
- 8) Hara, H., Kitamura, M., Mori, A., Noguchi, I., Oizumi, T., Seto, S., Takeuchi, T., Deguchi, T., Precipitation Chemistry in Japan 1989-1993. *Walter, Air and Soil Pollution*, 85, 2307-232. (1995)
- 9) Ishikawa, Y. and Hara, H.. Historical Change in Precipitation pH at Kobe, Japan; 1935-1961. *Atmospheric Environment* 31, 2367-2369 (1997)

(9.6) 引用文献

- 1) 日本環境測定分析協会；環境測定分析法註解，第1巻（大気汚染物質の試料採取方法），同第2巻（大気汚染物質の測定分析方法），丸善（1984）
- 2) 環境庁大気保全局；大気汚染物質測定法指針（1987）
- 3) 環境庁大気保全局大気規制課；有害大気汚染物質測定マニュアル（1997）
- 4) 日本環境衛生センター；浮遊粒子状物質汚染の解析・予測（1987）
- 5) 環境庁委託業務結果報告書「国設大気測定網 浮遊粉じん及び浮遊粒子状物質の分析」昭和50年～平成8年，(財)日本環境衛生センター

(9.7) 引用文献

- 1) 松下秀鶴，塩崎卓哉，加藤幸彦，後藤純雄；高速液体クロマトグラフィーによる大気浮遊粉塵中のベンゾ(a)ピレン簡易分析法，分析化学，Vol.30, 362（1981）
- 2) 環境庁大気保全局大気規制課；有害大気汚染物質測定法マニュアル（1997）

(9.8) 引用文献

- 1) 日本環境測定分析協会；環境測定分析法註解，第2巻（大気汚染物質の測定分析方法），丸善（1984）
- 2) 環境庁大気保全局；大気汚染物質測定法指針（1987）
- 3) 環境庁大気保全局大気規制課；有害大気汚染物質測定方法マニュアル（1997）
- 4) 神奈川県臨海地区大気汚染調査協議会；有機塩素系物質及びフロンの環境濃度調査，神奈川県臨海地区大気汚染調査報告書，4-58（1990）

(9.9) 引用文献

- 1) 環境庁大気保全局大気規制課；有害大気汚染物質測定方法マニュアル（平成9年10月）
- 2) 厚生省生活衛生局水道環境部環境整備課；廃棄物処理におけるダイオキシン類標準測定マニュアル（平成9年2月）
- 3) U.S. EPA: Method 0010, Modified method 5 sampling train（1986）
- 4) U.S. EPA: Method 0023A, Sampling method for polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and polychlorinated dibenzofuran emissions from stationary sources（1996）
- 5) 塩崎；ダイオキシン類の分析，ぶんせき，1997（1），32～38

(9.10) 引用文献

- 1) A.C. Barton and H.G. McAdie；A cumulative survey technique for atmospheric nitrogen dioxide. In : 67th annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Denver, Colorado, June 9-13, pp 1-20（1974）
- 2) 佐藤静雄ら；大気中のNO₂相対濃度測定法について，公害と対策，Vol.13, No.3, 52-57（1997）
- 3) 窒素酸化物簡易測定法研究会；窒素酸化物相対濃度測定法に関する研究，環境庁委託研究報告書（1977）
- 4) 柳沢幸雄，西村肇；生活環境中濃度測定用NO₂パーソナルサンプラー，大気汚染学会誌，8, 316-323（1980）

- 5) 平野耕一郎ら；NO、NO₂の簡易測定法，環境と測定技術，12，32-39 (1985)

(9.11) 引用文献

- 1) 永田好男，竹内教文；3点比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定，大気汚染学会講演要旨集，528 (1988)
- 2) 加藤龍夫；大気汚染のガスクロマトグラフ技術，三洋出版 (1975)
- 3) 加藤龍夫，石黒智彦，重田芳広；悪臭の機器測定，講談社 (1984)
- 4) 長谷川隆，古川修，並木章；悪臭物質の測定方法の改正について，悪臭の研究，24，351-364 (1993)
- 5) 環境庁大気保全局特殊公害課；悪臭物質簡易測定マニュアル (1990)
- 6) 石黒辰吉；臭気対策の基礎と実務，オーム社 (1997)
- 7) 新環境管理設備事典編集委員会；大気汚染防止機器，産業調査会 (1996)
- 8) 山縣登，大多喜敏一；環境汚染分析法 12，大日本図書 (1973)

(9.13) 引用文献

- 1) 戸塚績；植物の生長におよぼす二酸化硫黄の影響，国公研研究報告 No.10. 317-332 (1979)
- 2) 相原敬次，大道章一，矢島巖，篠崎光夫，戸塚績；大気汚染による植物影響評価のための小型オープントップチェンバー (OTC) について，神奈川県公害センター研究報告，10，12-21 (1988)
- 3) 伊豆田猛，滝川正義，堀江勝年，三宅博，戸塚績；ハツカダイコンの生長を指標とした小型オープントップチェンバー (OTC) による大気環境の評価，大気汚染学会誌，23，284-289 (1988)
- 4) 牛島忠広；植物計，昭和 55 年度環境庁委託，大気汚染の植物影響に関する環境影響評価マニュアル (案) 別冊，P.64-70，日本公衆衛生協会 (1981)
- 5) 松中昭一；指標生物，講談社サイエンティフィック，P.182 (1975)

(9.14) 引用文献

- 1) 環境庁大気保全局，1988；大気汚染による金属材料の腐食測定指針

(9.15) 参考文献

- 1) 気象ハンドブック編集委員会；気象ハンドブック 朝倉書店 (1979)