

環境科学技術研究所における気象観測

川端一史、高久雄一、久松俊一（(財)環境研）

1. はじめに

青森県六ヶ所村では、原子力発電所で使用済みとなった燃料を再処理するために、日本初の商業用大型再処理施設の建設が進められており、現在試運転の最終段階にあたるアクティブ試験が行われている。当該施設の運転に伴い、微量の放射性核種が大気及び海洋に計画放出される。

(財)環境研では、大型再処理施設から排出される放射性核種による地域住民の現実的かつ中長期的線量を評価するモデルを構築し、更に高度化を行っている。そのため、野外調査及び室内実験により放射性核種の挙動を明らかにし、高度化に必要なパラメータの取得及びモデルの検証を進めている。モデルには大気拡散過程が含まれており、現地の気象データを必要としているため、当所構内において気象観測を行っている。得られたデータは、室内実験に用いる各種気象条件の設定にも使用している。ここでは、当所において実施している気象観測の状況と実測したデータの活用状況を紹介する。

2. 気象観測

地上気象観測指針に基づき気温、露点温度、日射量、放射収支量、気圧、降水量、風向及び風速を定常的に観測している。この他に、雨滴の粒径分布、雲底高度、視程、上空約 300 m までの風向及び風速も定常的に観測を行っている。

更に、後述するウェザリング過程の室内実験条件設定のため、霧粒の粒径分布と地上付近の風速を観測している。霧粒の粒径分布は、青森県六ヶ所村を含む北海道から北東北太平洋沿岸に特有な気象現象である、いわゆる「ヤマセ」時に測定しており、地上風速は、青森県六ヶ所村で作物栽培が行われている5月から11月にかけて観測している。以下、観測項目毎に記載する。

2.1 気温、露点温度、日射量、放射収支量、気圧、降水量、風向及び風速

地上での気温、露点温度等の測定は、図 1 に示す横河電子機器（株）製の総合気象観測装置 Fis-100 型を使用して、当所構内の圃場で行っている。風向、風速及び日射量は地上高 10 m で、温度及び露点温度は地上高 1.5 m で、放射収支量は地上高 1.8 m で、降水量は地上高 1.7 m の高さで各々測定している。近年、青森県内に設置されているアメダスの測器更新に伴い、降水量計に風除けが付けられようになったが、これと同様に当所の降水量計にも風除けを設置してある。



図 1 総合気象観測装置

2.2 高度別風向及び風速

高度別風向及び風速の測定は、図 2 に示すエンクロージャー内に設置した Scintec 社製のフラットアレイソーダー SFAS64 (図 3) を使用して、当所建屋の屋上で行っている。本装置は、一つのアンテナで送受信を行うフェーズド・アレイ方式を採用してい

る。海拔高度 375 m までの 14 層 (65, 75, 85, 95, 115, 135, 155, 180, 205, 230, 255, 285, 325, 及び 375 m) の風向・風速を 10 分間隔で観測し、10 分間平均値を記録する。

観測高度の一つである海拔高度 205 m の観測層は、大型再処理施設から大気へ放射性核種が放出されるメインスタックの高さである。



図 2 エンクロージャー



図 3 フラットアレイソナー

2.3 雲底高度

雲底高度の測定には、図 4 に示した Vaisala 社製シーロメーターCT-25K を使用している。測定は 15 秒間隔で、最大 7.5 km の高さまで測定することができる。本装置は、波長 905 nm の半導体レーザーを使用し、同時に、最大 3 個の雲層を検出ことができ、霧、雨、雪及びもやの中でも雲底を検出できる。雲底が検出できない場合は、鉛直方向の視程を出力する。

2.4 雨滴の粒径分布

雨滴の粒径分布測定は、図 5 に示した Scintec 社製の光学式降雨降雪検知システム Parsivel-M300 を使用して行っている。本装

置は、波長 780 nm のシート状レーザービーム (幅 30 mm×厚さ 1 mm×長さ 160 mm) を用い、ビームを通過する雨、雪、あられ、みぞれの遮断率とその遮断時間から、粒径及び落下速度を計測している。



図 4 シーロメーター



図 5 光学式降雨降雪検知システム

2.5 視程

視程の測定は、図 6 に示した Aanderaa 社製の視程センサーMIRA を使用して、2 分間隔で行っている。

本センサーでは、赤外光 (波長 880 nm) を発し、その前方散乱光を検出して、視程に換算している。



図 6 視程センサー

2.6 霧粒の粒径分布

霧粒の粒径分布測定は、図 7 に示す Droplet Measurement Technologies 社製の Fog Monitor を使用して、10 秒間隔で行っている。

本装置は、レーザー光の前方散乱光を検出して電算処理を行い、 $2\ \mu\text{m}$ から $50\ \mu\text{m}$ の範囲を 40 の粒径画分に分類した粒径分布を出力する。



図 7 フォグモニター

2.7 地上付近の風速

地上付近の風速の測定は、Vaisala 社製のウエザートランスミッター WXT510 (図 8) 又は超音波風向風速センサー WMT50 (図 9) を使用して、地上高 30~35 cm の高さで行っている。10 分間平均値をパーソナルコンピュータに 10 分間隔で記録している。



図 8 ウエザートランスミッター



図 9 超音波風向風速センサー

ウエザートランスミッター、超音波風向風速センサーともに、微弱な風の測定に適している超音波式のセンサーを採用している。

3. 観測データの活用

3.1 モデル計算及びモデルの検証

前述の線量評価モデルでは、大気拡散部分に Atmospheric Release Advisory Capability-2 (ARAC-2) を採用している。計算用データとして、地上 10 m と高層の風向・風速の実測値を供給し、モデルの検証に用いている。

大気中に放出された放射性核種は地表面等へ沈着し、地表面の放射線源となり、更に農作物等へ取り込まれて内部被ばく源となる。このため、地表面等への沈着は被ばく線量評価上重要な過程である。地表面等への沈着過程には、乾性沈着と湿性沈着がある。また、湿性沈着には、雨滴または雪片が大気中を降下する際に取り込む過程 (Washout) と雲内で雨滴や雪片が生成、成長する段階に取り込む過程 (Rainout) の 2 つがある。

ARAC-2 では Rainout による沈着量を計算するために必要な雲生成過程を取り扱っていないため、2 つある湿性沈着過程の内、Washout しか計算していない。そこで、モデル精密化のため、雲生成過程も評価できるメソスケール気象モデルの MM5 の導入を進めている。MM5 の導入により Rainout と Washout を分けて取り扱うことができ、両過程の検証に雲底高度が使用される。

3.2 洗浄係数の見積り

前述の Washout による地表への沈着フラックス (F) は、

$$F = \Lambda \cdot C \cdot H$$

で示される。ここで、 Λ は雲底下での洗浄係数、 C は雲底下の平均濃度、 H は雲底高度である。

洗浄係数は降水強度の関数として与えられている。しかし、洗浄係数と降水強度との関係は、対象とする物質により異なることが予想される。そこで、現在、再処理施設から放出される放射性核種であるトリチウム (^3H) を対象に、地表への沈着フラックスと大気中濃度を実測し、気象観測で得られた雲底高度から、 ^3H の洗浄係数を求める調査を進めている。

3.3 室内実験の条件設定

大気中に放出された放射性核種は作物葉面にも沈着し、その一部は風や雨等の気象現象により葉面から除去される（ウェザリング）。ウェザリングは被ばく線量に与える影響が大きく、地域特性を反映した現実的な推定が求められる。そこで、当所の降雨、霧等を模擬できる人工気象設備を使用して、風、降雨及び霧によるウェザリングの室内実験を行っている。

風によるウェザリングに影響を及ぼす気象要因には、風速がある。一般的に風速が測定されているのは、地上高 10 m であるが、作物は地上から 1 m 程度のところで栽培されている。地上近くの風速は、地上の摩擦等の影響を受け、地上 10 m での風速より弱くなる。そこで、地上付近で実測した風速データから、室内実験で再現する風速を決定した。

雨によるウェザリングに影響を及ぼす気象要因には、雨滴の粒径、降雨強度及び降雨時間がある。

当所の降雨装置で再現した雨滴の粒径分布は、概ね野外での実測値と一致した。降雨強度及び降雨時間の決定には、1 分毎に実測した雨滴の粒径分布を用いた。まず、1 分毎のデータから、雨の降り始め及び降り終わりの日時を判断し、ひと雨の降雨時間を集計した。次に、ひと雨の間の粒径分布から、雨滴が球形であると仮定し、ひと雨の降水量を計算した。計算した降水量を降雨時間で除すことにより、ひと雨の平均降

雨強度を得た。得られた降雨時間及び平均降雨強度を室内実験の条件設定に活用している。

霧によるウェザリングに影響を及ぼす気象要因には、霧粒の粒径、霧水量及び霧のばく露時間がある。

室内実験で模擬する霧粒の粒径は、実測した霧粒の粒径分布から計算した平均粒径に調整する。また、霧水量については、実測した粒径分布から霧粒が球形であると仮定し、計算して得られた結果を実験条件設定に活用する。更に、霧のばく露時間については、実測した視程が 1 km 未満で降雨の無い場合を霧が発生していたとして、その時間を集計し、条件設定に活用する。