

京大工学部 学 山本 正史
京都市水道局 三田村 晃
京大工学部 正 寺島 泰

はじめに 原子力施設周辺の環境放射能の変動特性を把握しておくことは、その変動特性からはずれた観測値が異常なものであるかどうかを判断する基準となるばかりか、平常放出管理の面からも、また国民線量評価の際にバックグラウンド放射能によるものと施設の寄与とを精度良く分離するためにも非常に重要であり、モニタリングの基本的目的となっている。本報告では、環境放射能変動の周期性、気象因子との多重相関性の観点からの検討を行い、それらに基づいた各種の予測方法について比較検討した。

I. 周期性についての検討

空間 α 線、空間 $(\beta+\alpha)$ 線、ダスト β 線の3種類の環境放射能についての時系列観測データから、これらの環境放射能の変動に周期成分が含まれているか否か、含まれているとすればその周期は何時間であるのか、それらを調べるために、時系列データの自己相関係数 $\rho(k)$ および $\rho(k)$ のフーリエ変換で定義されるスペクトル密度関数をそれぞれの場合について計算した。これらの分析によって得られた結果を要約すると、まず空間 α 線の変動は顕著な周期性がみられず、ランダム性が強い、次に空間 $(\beta+\alpha)$ 線は、基本的には空間 α 線と同様であるが、弱い24時間周期の周期変動の傾向を持つ、最後に、ダスト β 線は強い24時間周期性を持ち、他に比較的弱い12時間、6時間の周期も持っている、などである。

II. 多重回帰分析

空間 α 線、空間 $(\beta+\alpha)$ 線については、Iの結果の他にもその変動がランダムでしかも変動中が比較的小さく、気象因子との相関性は小さいと考えられる根拠があり、以下の考察では対象をダスト β 線に限ることにする。

(i) 重回帰モデル

気象因子として、風向(H=11.5m, 45m)、風速(H=11.5m, 45m)、気温、湿度、日射・夜間輻射、雨量の8因子をとり上げ、次式で表される重回帰方程式の偏回帰係数 β_k および誤差項 ϵ_t を最小自乗的に決定した。

$$y = \beta_0 + \sum_{k=1}^8 \beta_k x_k \quad \cdots (1)$$

y : ダスト放射能, x_k : 各気象因子

(1)式のみを目的変数、 x_k を説明変数と呼ぶことにする。一般的に、説明変数の変化が目的変数に影響を与えるのにはある応答時間(遅れ時間)が必要である。したがって、説明変数と目的変数の時間的対応は、同一時刻の変数どうしを組合せるよりも、適当な遅れ時間だけ隔った組合せをとる方が適切である。ここでは、そのような遅れ時間を、各説明変数と目的変数との間の単純相関係数あるいは偏相関係数が最大となるような遅れ時間として、それぞれ単相関と偏相関について各説明変数ごとに求めて、それぞれの遅れ時間だけ隔った変数を対応させた。こうした遅れを伴った重回帰を本報告では仮にラグ重回帰と名付ける。また、(1)の回帰式は、変数間の線型関係を前提としているが、一般に各変数間の関係は線型ではない。この点を改良したのが次に述べる線型化重回帰モデルである。説明変数、目的変数のおのおのに次のような変数変換を施せば、変数間の $y = ax^b$, ($a, b \neq 0$)の関係はすべて線型化される。

$$x \longrightarrow \ln \left\{ \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \right\} \quad \cdots (2)$$

ただし、この変換ではかつ二内がゼロになることがあるので実際に計算を行う過程では0.0/を加えている。ラグ重回帰、線型化重回帰を行うことにより、これらの操作を施さない重回帰に比べて回帰性がかなり向上する。これらの重回帰分析法の比較は、次に述べる自己回帰モデルと合せて次ページの表-1に示す。

(ii) 自己回帰モデル

自己回帰モデルは、基本的には重回帰モデルと同じで、説明変量として目的変量自身の過去の値を用いる。1次から5次までの自己回帰モデルを検討した結果、ダスト放射能は2次の自己回帰モデルに適合することがわかった。すなわち、ダスト放射能は、1ステップ(1時間)前の値と2ステップ前の値の影響を受ける。

表-1 各種の回帰モデルの適合性の比較

		重回帰(線型化していない)			線型化重回帰			2次自己回帰
		(a)*	(b)*	(c)*	(a)*	(b)*	(c)*	
重相関係数	(2月)	0.484	0.817	0.828	0.488	0.767	0.776	0.974
"	(8月)	0.565	0.676	0.659	0.701	0.785	0.787	0.973
平均相対誤差(%)	(2月)	59.3	42.9	46.0	53.7	45.5	44.6	14.5
"	(8月)	44.4	44.3	41.9	37.2	32.6	31.8	12.8

*

(a): lag = 0

(b): 各単相関最大の lag

(c): 各偏相関最大の lag

III. ダスト放射能の予測

回帰分析によって偏回帰係数を決定すれば、それを用いてダスト放射能変動の予測を行うことができる。ここでは、回帰分析による予測に加えて、カルマン・フィルタによる予測を試みた。このカルマン・フィルタの方法は原理的には自己回帰および他の因うとの重回帰とを組合せたものであるが、新たな観測値を得るたびに回帰方程式の偏回帰係数に修正を加えているので、予測精度がより良くなることが期待される。ラグ線型化重回帰(各偏相関最大の lag)、2次自己回帰、カルマン・フィルタの各モデルによる予測の比較を表-2および図-1に示す。なお、回帰モデルでは1週間のデータで β 値を決定し、続く1日を予測している。

表-2 各予測モデルの比較

	ラグ線型化重回帰	2次自己回帰	カルマン・フィルタ
平均相対誤差(%) (2月)	56.7	14.6	14.8
" (8月)	131	23.5	21.7

IV. 結論

ここで得られた結論をまとめると以下のようになる。①空間線量率の変動はランダムである。②ダスト放射能は1日周期の周期変動特性を持つ。③ダスト放射能と気象因子との重回帰は十分有意(危険率1%以下)である。④重回帰分析にラグ、線型化をとり入れると回帰がより良くなる。⑤得られた偏回帰係数を比較すると、夏(8月)と冬(2月)とではかなり値が異なることから、季節によって回帰構造に変化があると推定される。⑥自己回帰型モデルでは、2次の自己回帰型がダスト放射能変動をきわめてよく表している。⑦自己回帰構造には、ここでとりあげた2月・8月のデータに関する限り実質的な差異はない。⑧予測については、2次自己回帰モデルとカルマン・フィルタが良い予測を与える。

なお、計算に使用したデータは、日本原子力研究所東海研究所保健物理安全管理部より提供されたものであることをここに記して謝意を表する。

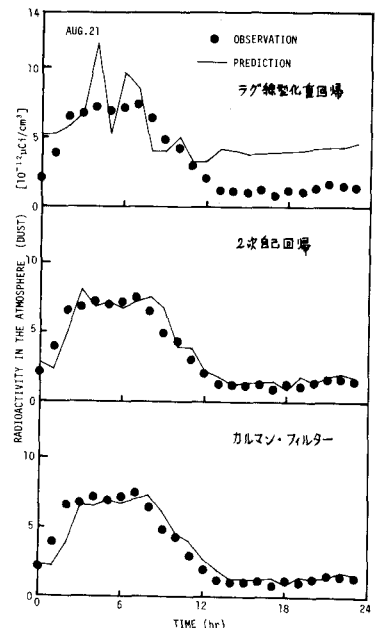


図-1 各予測モデルの比較