

○青山 智夫¹ 若月 泰孝¹¹筑波大学アイソトープ環境動態研究センター(〒355-0006 つくば市天王台 1-1-1)

aoyama.tomoo@gmail.com

【緒言】大気中の Suspended Particulate Matter (SPM)は物質を輸送する。福島第一原発事故の放射性物質も主に SPM 形態で拡散した。SPM 大気塊の幾何的形狀を Gaussian と仮定(Gaussian puff)し、放射性 SPM の流形(Plume)の各 Monitoring Post (MP)到達時刻を計算する。原発周辺の MP の消失記録の一部は修復された。両者を比較して3月12日の事故初期の状況を推測する。

【方法】

(1) MP 計測の空間線量率から放射性 plume の半値幅を決定する。

(2) 移流方程式: $\partial E/\partial t=u(x,y,z,t)/\cos(N)$, $\partial N/\partial t=v(x,y,z,t)$, $\partial z/\partial t=w(x,y,z,t)$, $\text{unit}\{E,N,z,t\}=\{\text{rad,rad,m,s}\}$ から Gaussian の跡 $G(E,N,z,t)$, $dt=20\text{s}$ を計算する。{u,v,w}は Weather Research and Forecasting model (WRF)の風速である。本論文の mesh は longitude (E), latitude (N), time (t)について幅 0.009deg, 300s である。垂直方向の mesh は 10,..120,210, ...8km である。時刻は 2011 年 3 月 12 日 0:00~23:59, JST である。Mesh 間は 4D 線形補間する。移流方程式は離散化し前進方向に 2nd order の Runge-Kutta 法で解いた。

(3) 乱流タイプ D を仮定し、第一原発からの距離から希釈係数を推測する。希釈係数表は International Atomic Energy Agency (IAEA)が公表している。その表を初等関数化した。

$x=\text{Log}_{10}(\text{distance})$, $1 \leq \text{distance} [\text{km}] \leq 15$ として,

$y_0=0.0595*\exp(-1.514*x)$, $x < 0.477121$; $y_1=0.0553*\exp(-1.267*x)$, $0.30103 < x$;

{y0, y1}の重複部は値を比例配分する。R²=0.98 である。Gaussian の有効体積を full width at half maximum (FWHM)から計算する。Gaussian の中心(時刻と値)を peak とする。

以上、大気中の SPM 塊の運動を移流と乱流拡散から計算する。

(4) SPM 塊の初期条件を次のように推測する。

原発から北で最近接の 20s 間隔の data が修復された MP は(Futaba-)Koriyama (3.08km, 345deg)である。20s 間隔の(ambient) dose rate 値(精度 0.1nGy/h)のピークの形は鋭く Gaussian ではない。7min 間の移動平均をとり、自然対数変換(Ln)すると Gaussian 類似となる。本論文ではその 2 変換後の FWHM を計算した。放射性物質は降雨がなくとも沈着する(dry deposition)。そのとき plume 通過後の dose rate が大きく(非対称形状)になる。その場合は plume 接近時の前半の時刻を 1/4 値とした。Koriyama MP には風速計(per 20s)がある。FWHM から Plume の直径を計算する。

Table 1 から Koriyama の plume-1 の継続時間は 3600s, その期間の平均風速 0.40m/s である。Plume-1 は 3 puff から構成されているので 1 puff 径は 500m である。3km の大気 D 状態の希釈係数は 2.3×10^{-5} である。1 方向では 0.028。ゆえに発生源での puff 径は 14m である。WRF の x,y 方向の風のデータ mesh 間隔 (1km) と比較すると過小である。有意な simulation のために x,y 方向の精度を落として 50m (WRF の 1/20), z 方向を 12.5m (同 1/7), t 方向を 20s (同 1/15)とした。

[Results]

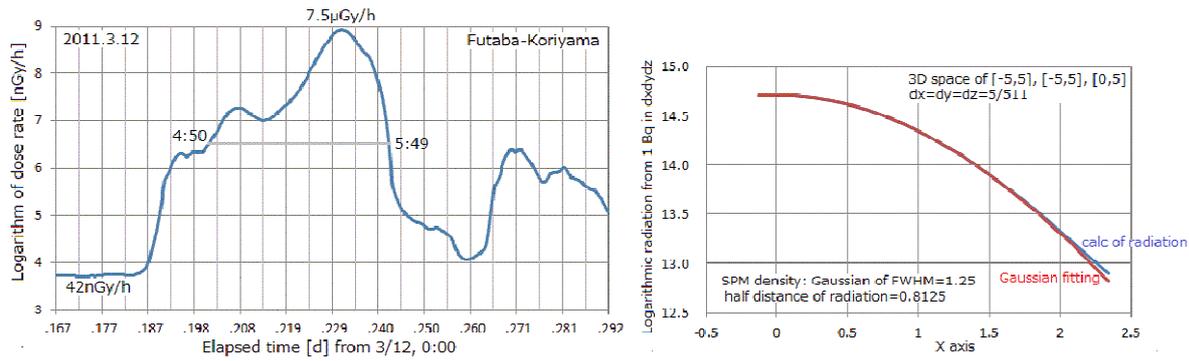


Figure 1. Logarithmic and rounded dose rate of 1st, 2nd plumes at Futaba-Koriyama MP (141.02437E, 37.44806N). Fukushima 1st nuclear power plant is (141.0336E, 37.4214N), where is between 1st and 2nd reactors. The point is origin. Koriyama-MP is located in distance, 3.08km, and the orientation angle is 345deg. Right figure is a curve of logarithmic radiation intensity from SPM.

Table 1. Timing data of plumes observed at 3 MPs for north direction

MP plume #	Start**	Peak (μGy/h)	Term**	Width of plumes
Koriyama, plume 1	4:35*, 4:50	4:41(563),4:59(1441), 5:33(7491)	5:49	3600-3660s 3 puff continuous structure
Koriyama, plume 2	6:22	6:31	7:00	2260s, 2 puff
Koriyama, plume 3	8:17	8:25	8:37	1200s, 1 puff
Shinzan, plume 1	4:19	4:34(550)	4:53	There is no digital data; we read SPM continuation timing from paper charts. The scale of the charts is logarithmic, and the precision is about 5 min. FWHM is estimated in logarithm.
Sinzan, plume 2	5:30	5:40(92)	5:50	
Kiyobashi, plume 1	4:50	5:15(>10 ³)	5:40	
Kiyobashi, plume 2	5:45	6:00(75)	6:20	
Namie, plume 1	4:50	5:05(210)	5:20	

* 1/4 value, ** FWHM, Date is March 12, 2011, JST.

Table 2. Characters of simulated 1st plume, which are emitted in 4:15-20, JST

	Calc.	Calc.*	Obs.	Attribution	SPM diam	Obs. Dose	emission	
MP name	emit T	nearest T	detect T	distance	at MP	μGy/h	Height m	(dX,dY) m
Koriyama	4:18	4:41	4:41~59	32 m	0.47 km	563~1441	65	(-50,-150)
Shinzan	4:20	4:44	4:34	778 m	0.54	550	106	(-100,-150)
KamiHadori	4:20	4:49	None	3.2 km	0.59	disable	112	(-100,-150)
Kiyobashi	4:20	5:16	5:15	55 m	0.84	>10 ³	77	(0,-100)
Namie	4:20	5:07	5:05	1.7 km	0.81	210	93	(-100,-150)

* Nearest time of 1st plume. Emissions of 4:19~20 move to north direction; the radiation is detected by 4 MPs, whose times are calculated reasonably. Long distance puff gives weak detection.