

塩害に関する基礎的研究（第三報）

海塩粒子の三次元分布の解析

田中正昭・鳥羽良明

BASIC STUDY ON SALT DAMAGE (III) ANALYSIS OF THREE DIMENSIONAL DISTRIBUTION OF SEA-SALT PARTICLES

By *Masaaki* TANAKA and *Yoshiaki* TOBA

Synopsis

Observations of the three-dimensional distribution of giant sea-salt particles were carried out from an airplane, and at stations distributed on the ground, over the central and northern parts of Kinki district, Japan, on August 10, 1967. The observations were made in the morning and in the afternoon. The meteorological conditions in the afternoon were suitable for the application of our theoretical model to the analysis of the data. The afternoon observation showed that the particle concentration had a maximum value at about 300 m level over Kyoto, and the particle concentration decreased rapidly with decreasing height down to one order smaller values near the ground surface, as expected from our theoretical model. The impaction-sedimentation ratio, γ , estimated from the observed vertical distribution, was about 10 to 30.

1. ま え が き

われわれは、海塩粒子による塩害の基礎的研究として、海塩粒子の海から陸上への輸送に関する一般的方法を確立するための研究を行ってきた。

海上での海塩粒子の個数濃度は高さとともに指数関数的に減少する分布であるが、それが陸上に運び込まれると、少し内陸部では、平均的にみて地上数 100 m から 2 km あたりに個数濃度の最大があり、それから下に向って急な濃度の減少のある分布となる。そこでは、地上濃度は最大濃度より 1 けた、あるいは、2 けたも小さい。このようないくつかの観測事実から、われわれは、地面での粒子のシンクを特に考慮した理論モデルを作った^{1),2)}。すなわち、地面での粒子のシンクとして、粒子の重力による落下のシンク $w\theta_0$ (w は粒子の落下速度、 θ_0 は地面付近での粒子個数濃度) の他に、空気が地表近くの樹木や、建物等の間を通り抜けていく際に、粒子が地表物体に捕捉されることによって生ずるシンク $\lambda u\theta_0$ (λ は捕捉係数、 u は風速) を加え、この両者の比 $\gamma = \frac{\lambda u}{w}$ (捕捉落下比) によって、定量的に地表の境界条件を規定した。

γ 比は、内陸では海塩粒子濃度分布に大きな役割を演じており、同時に、物体にどれ程の塩分が付着するかの問題につながっているので、塩害の基礎的研究の立場からは、 γ 比を決定することはきわめて重要な研究課題である。

この捕捉落下比 γ の値について、Byers³⁾ らのアメリカ中部での海塩粒子鉛直分布の観測や、われわれが京都および、近畿一円で行なった海塩粒子の重力落下の観測結果⁴⁾ から、われわれは、すでに、それが 10

から 100 の間の値であると推定してきた^{1),2)}。

今回、より正確な γ 比の値を決定するために、1967年 8 月、近畿中北部で、飛行機と、同時に地上数地点に分布した測点において、海塩粒子の 3 次元分布の観測を行なった。以下その結果と解析を報告する。

2. 観測の方法と観測時の気象状況

1967年 8 月10日、午前と午後の 2 回、近畿中北部上空 200 m から 1500 m までの海塩粒子の観測を、飛行機にセットした海塩粒子連続サンプラー⁵⁾と、飛行機より 1 mm フィルム・リボンを直接露出する方法⁶⁾とによって行なった。一方、地上でも、9日17時から10日17時までの一昼夜、比叡山(標高約 500 m の地点)、夜間を除いて、京都タワー(京都駅前)の地上、40 m、100 m の 3 高度、および、日本海海岸に面した舞鶴海洋気象台において、2 時間間隔で奇数時に、海塩粒子用手動インパクト⁶⁾を用いて、地表付近の海塩粒子個数濃度を測定した。また、風の 3 次元的な様子を詳しく知るため、京都市伏見区にある京都大学防災研究所宇治川水理実験所および、舞鶴海洋気象台で、偶数時に、パイロット・バルーンによって風向、風速の鉛直分布を観測した。

この日、西日本は本州の南に中心を持った太平洋高気圧の配下において全般的に晴れていた。8月10日午前 9 時の、地上と 850 mb 面の天気図を Fig. 1 に示す。地上での風はやや複雑な風向であるが、850 mb 面では西南西約 8 m/sec の風が近畿一円を一樣に吹いていたとみられる。3 次元的な風の様子は Fig. 2 に示された京都と舞鶴での風の鉛直分布から検討することができる。京都上空、朝 8 時、10 時の鉛直分布は、ほとんど変わらず、地上から 350 m までは、ごく地面近くを除き、毎秒 3 m の南風、約 400 m から上空は、西南西の風となり風速は高度とともに増し、1000 m 付近では、毎秒 6~7 m になっている。12 時から風向は、地上付近まで西南西となり、風速も地上から 1000 m 付近まで毎秒 5~6 m 程度の一様な風となり 16 時まで続いている。舞鶴上空は、午前 6 時の地上から約 300 m までは南よりの風であるが 8 時以後の風向はどの高度も西南西となっている。

機内に備わっている外気温度計から読み取った結果から、京都上空の気温鉛直分布を Fig. 3 に示す。この図から午前は、300 m を境として上層と下層とで、はっきり温度勾配が異なっており、大気の状態は 300 m より下層では不安定、上層では安定となっている。このことと午前 8 時、10 時の風の状態と考え合わせると、このとき上層と下層とは異なった起源の大気であったかもしれない。午後の鉛直温度勾配は、ほぼ乾燥断熱減率と一致しており、大気はほとんど中立に近い状態であったと思われる。以上の気象条件から午前は風の

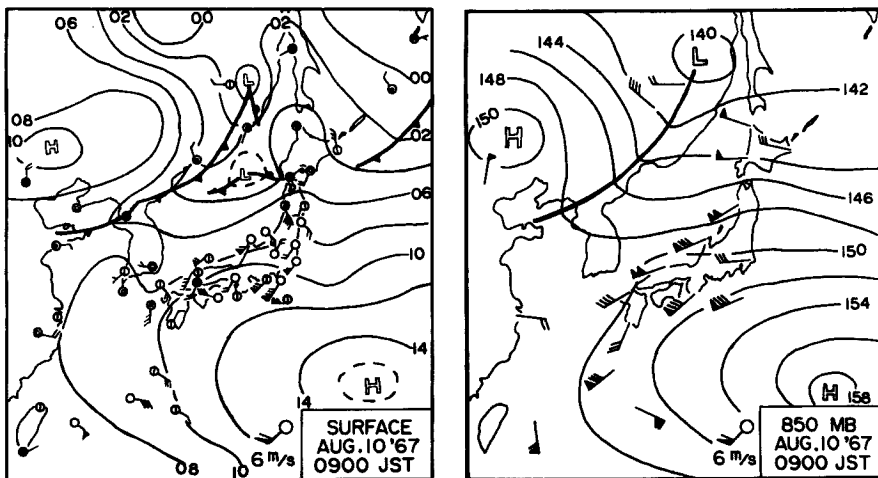


Fig. 1 Synoptic weather maps of Aug. 10, 1967.

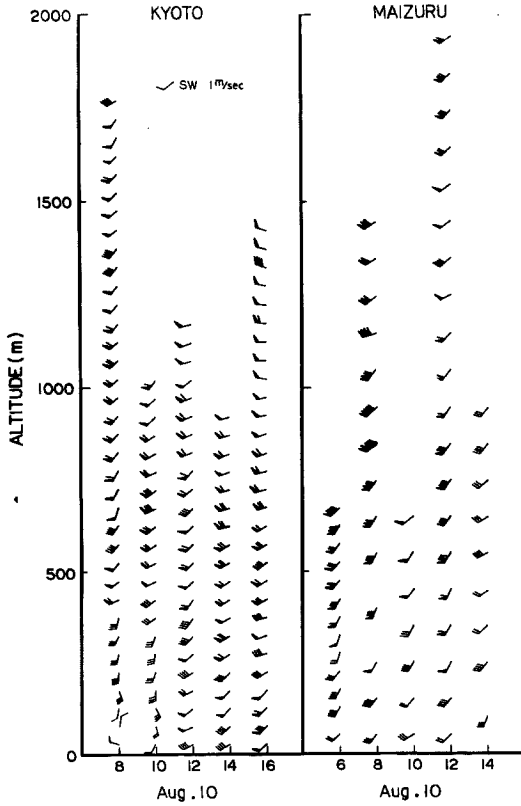


Fig. 2 Observed vertical distribution of wind over Kyoto from 8:00 to 16:00, and over Maizuru from 6:00 to 14:00, Aug. 10, 1967.

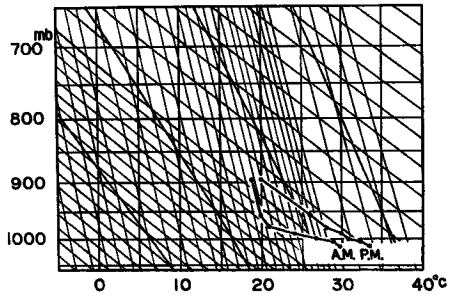


Fig. 3 Vertical temperature profile over Kyoto, in the morning (A. M.) and in the afternoon (P. M.), Aug. 10, 1967.

状態が一樣でなく、われわれの海塩粒子輸送モデルをすぐ適用することはできないが、午後は西南西（大阪湾方面）からの一樣な風（毎秒 6 m）として、モデルがほぼ適用されうると考えられる。

3. 観測結果の解析と捕捉落下比 γ の推定

3.1 3次元分布観測の結果（午前の部）

午前の飛行機による観測は、京都上空の海塩粒子濃度の鉛直分布と、海から内陸に入るにしたがい海塩粒子個数濃度がどのように変化していくかを測定することを目的とした。

海塩粒子サンプラーをセットしたセスナ機は、大阪八尾空港を 8 時 13 分に発って、Fig. 4 に示された飛行経路を矢印の順序で大阪—京都—舞鶴間を約 2 時間 40 分で往復した。Fig. 4 には、1 mm フィルム・リボンを機外に露出する方法での測定も行なった地点、および地上観測点の地名を記入した。なお地上付近の観測と飛行機観測とを接続させるため、京都タワー上空、200 m、300 m、500 m、1000 m の 4 高度と、舞鶴 600 m では、直径約 3 km の円を巡回した。Fig. 5 に、観測地点名を Fig. 4 と同番号で、観測された海塩粒子個数濃度 (10^{-3} 個/cc)、飛行機の高度 (m)、大阪湾からの距離 (km)、および連続サンプラーの空気吸引量をチェックするための飛行機の速度によって生ずる動圧を示す水柱を、総合して示した。飛行機の進行速度は、平均毎時 95 マイルで、それから推定される動圧と一致して、測定された動圧は、図に示されるように約 13 cm であった。これから連続サンプラーの空気流量は毎分 1.8 l となる。

核質量が $\log m$ で 1.5 以上 (m は 10^{-12} gm 単位) の粒子個数濃度を、連続サンプラーによって得られた資料の 30 秒の読取値を 2.5 分で移動平均したものを点で、また 1 mm フィルムリボン法で測定したものを横の実線で、Fig. 5 の a に示した。これから次のことがわかる。(1) 京都上空の海塩粒子濃度は 1000 m

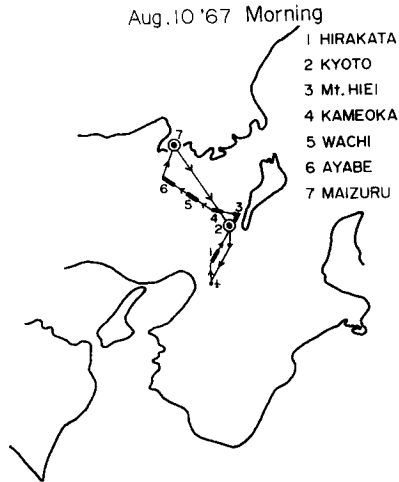


Fig. 4 Course of the airplane and location of the ground stations for the morning observation.

付近が高く 500 m, 300 m, 200 m と高度が下るにつれて減少している。(2) 京都北部から舞鶴までが極端に低濃度になっている。これは、Fig. 5 の b と c に示したように観測飛行高度が 1500 m 付近にまで上昇したこと、海岸からの距離が遠く内陸に入ったこと、またこの地域にはうすい雲(粒子のシンク)があったのでその影響を受けたことなどが考えられる。(3) 舞鶴上空(高度 600 m)は周囲に比べて高濃度である。飛行機は、海陸両方の上空を巡回したから、日本海で生成された粒子の影響を受けていたと考えられる。しかしこの時間に行なわれた舞鶴海洋気象台での地上観測の結果はあまり高くない。これは風が南よりで陸からの風であったためと考えられる。(4) 連続サンプラーと 1 mm フィルムリボン法による測定値は、その変動の傾向は、ほぼ一致しているが、ほとんどの場合、連続サンプラーの測定値の方が低くなっている。京都 300 m 高度での両法による観測結果から核質量別個数濃度分布を求めると Fig. 6 になり、 $\log m = 2$ 以上の核質量をもつ粒子は、測定法による差が表われ、 $\log m = 2.5$ 近くの粒子は数分の 1 になってい

る。この差については第二報で述べたから省略するが、連続サンプラーの大きな粒子の捕捉率の悪い結果が Fig. 5 の a の値に表われていると思われる。

飛行機から測定した高度 200 m から 1500 m までの資料、京都タワーにおける地上、40 m, 100 m, 比叡山、舞鶴での地上付近の資料を総合して、核質量が $\log m$ で 1.5~2.5 のより小さな粒子を白丸で、2

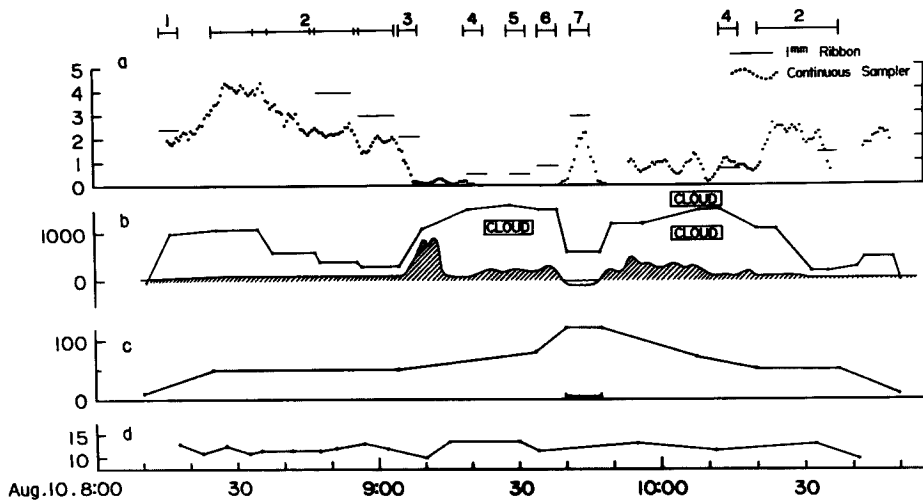


Fig. 5 (a) Number concentration of sea-salt particles provided by the continuous sampler and by 1-mm film-ribbon-exposure method. (Morning observation.)

(b) Altitude of the sampling (m).

(c) Distance inland from Osaka Bay (km).

(d) Pressure difference applied to the continuous sampler by the airplane speed.

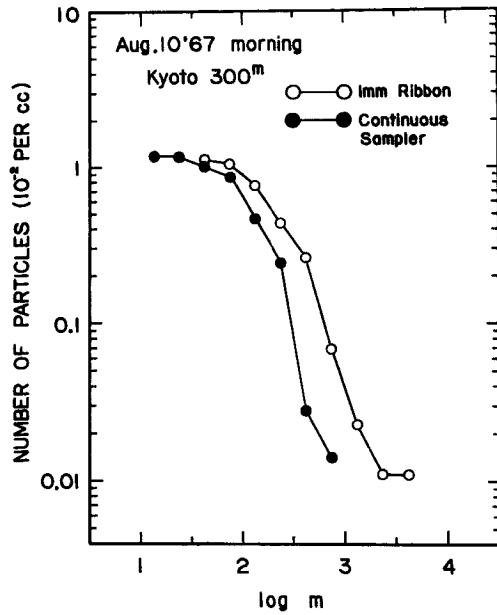


Fig. 6 A comparison of the number concentration provided by the continuous sampler and that by 1-mm film-ribbon-exposure method.

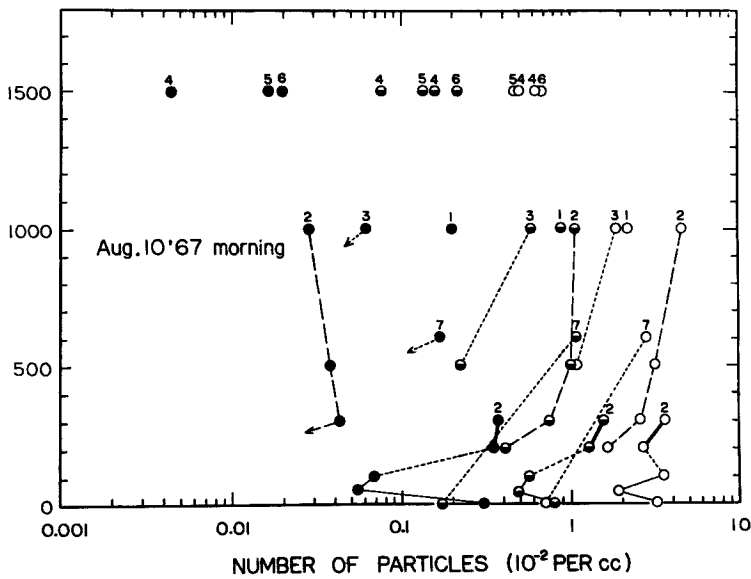


Fig. 7 Vertical distribution of the number concentration of sea-salt particles obtained over the central and northern parts of Kinki district on the morning of Aug. 10, 1967.

～3 の中程度の粒子を半黒丸で、2.5～3.5 のより大きな粒子を黒丸で、3つのクラス別に、個数濃度鉛直分布を、Fig. 7 に示した。同地点の観測 (たとえば京都の地上、40 m, 100 m, 200 m, 500 m, 1000 m) は、1 mm フィルムリボンによる測定値を太い実線で、連続サンプラーによる測定値を破線で、手動インパクターによる測定値を細い実線で結んで区別し、1 mm フィルムリボンと手動インパクターとは捕捉率が近いので点線で結んだ。地点名は丸の上に、Fig. 4 と同じ番号で記入した。

京都における午前の海塩粒子鉛直分布は、大きな粒子を除いて、1000 m が一番高い濃度になっている。濃度の最大となる高度は、これからはわからないが、京都北部の 1500 m の値などからみて 1 km 付近にあったと推定される。京都タワーでの地上と 40 m では、地上の方が高濃度になっている。この傾向は、9 日、10 日の観測期間中、9 日 21 時を除いて、同様であった。このことは地上観測地点が京都駅前広場の植込みの中であったから、自動車や人通りのため、一度地面に降下した粒子が、地表付近にたどっていったためとも想像される。

さきに述べたように、午前の京都付近の風は、高さ方向に一樣でなかった。したがってわれわれの定常モデルをこの結果に適用することは無理であろう。しかし 300 m 付近から下方に向かって濃度の減少が著しいのは地表物体の捕捉効果が大きいことを示していると考えられる。

3.2 3次元分布観測の結果 (午後部)

午後の飛行機観測は、海岸での境界条件となる海上での鉛直分布と、陸上での鉛直分布との関係を検討するため、大阪湾上空と京都上空の海塩粒子濃度の鉛直分布の測定を主目的とした。Fig. 8 に飛行経路図と、

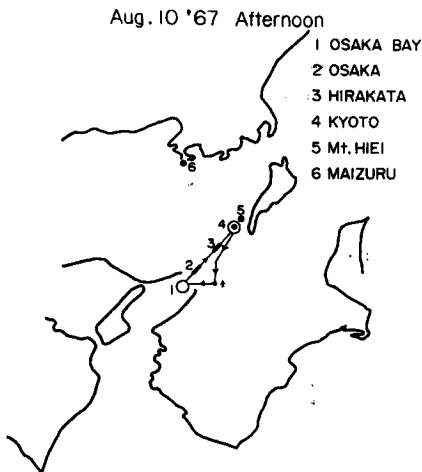


Fig. 8 Course of the airplane and location of the ground stations for the afternoon observation.

地表濃度観測点、1 mm フィルムリボン観測点を Fig. 4 と同じ形式で示した。また Fig. 9 には、観測地点名を番号で、海塩粒子個数濃度 (10^{-2} 個/cc)、飛行高度 (m)、大阪湾からの距離 (km)、動圧 (cm water)、が Fig. 5 と同じ形式で示してある。Fig. 9 から次のことがいえる。(1) 大阪湾上空の海塩粒子個数濃度は、海上 200～300 m 付近が高濃度でそれより上空では、高度とともに減少している。(2) 京都上空の濃度は、午前の観測では 1000 m 高度付近が一番高濃度であったのが、午後は、500 m 付近の方が高くなっている。

大阪湾上空と京都上空の海塩粒子観測結果のうちから、1 mm フィルムリボンによる測定値と手動インパクターによる測定値の核質量別個数濃度曲線を Fig. 10 と Fig. 11 に示した。午前の Fig. 7 に対応して午後の観測による個数濃度の鉛直分布を Fig. 12 に示した。京都上空のものは、地上および、40 m 高度の濃度が上空のものに比べて1けた程小さく、このことは地上物体の捕捉効果を明らかに示していると考えられる。先述のように、午後は風が一樣に近く、われ

われの理論モデルが適用できると考えられるので、次節にこの分布から捕捉落下比 γ の値を推定する。

3.3 午後の鉛直分布からの γ 比の推定

Fig. 12 を総合的に見ると、京都では 200 m～500 m 付近に濃度の最大値があり、そこから下方に向かって濃度の減少は著しい。午後の京都付近における気象条件は 2 章で述べたように、気象はほぼ中立状態、風は地上から千数百 m まではほぼ一樣に西南西約 6 m/sec であった。この気象条件は、われわれのモデルを適用するのに好適である。われわれの海塩粒子輸送モデルによると、内陸のある地点における粒子個数濃度は次式

$$\theta = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\xi} - \frac{\zeta}{2\sqrt{\xi}} \right) \exp(-2\zeta) - \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right) \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\xi} + \frac{\zeta}{2\sqrt{\xi}} \right)$$

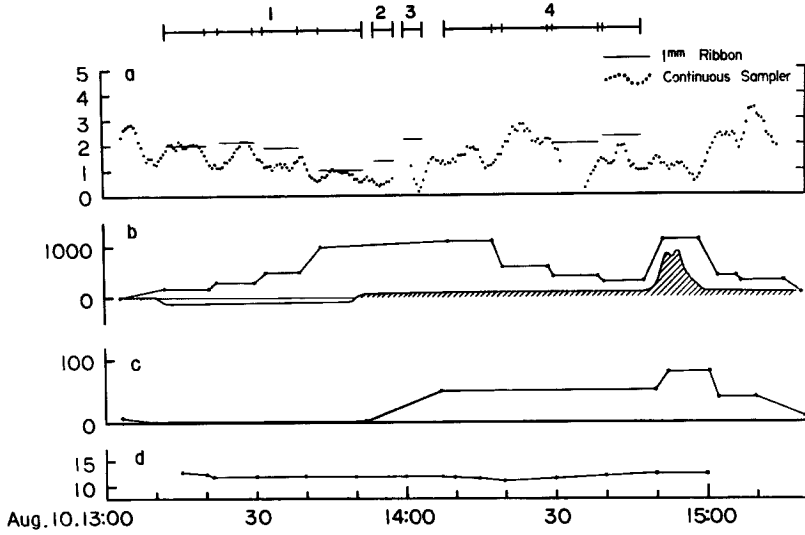


Fig. 9 (a) Number concentration of sea-salt particles provided by the continuous sampler and by the 1-mm film-ribbon-exposure method. (Afternoon observation.)

- (b) Altitudes of the sampling (m).
- (c) Distance inland from Osaka Bay (km).
- (d) Pressure difference applied to the continuous sampler by the airplane speed.

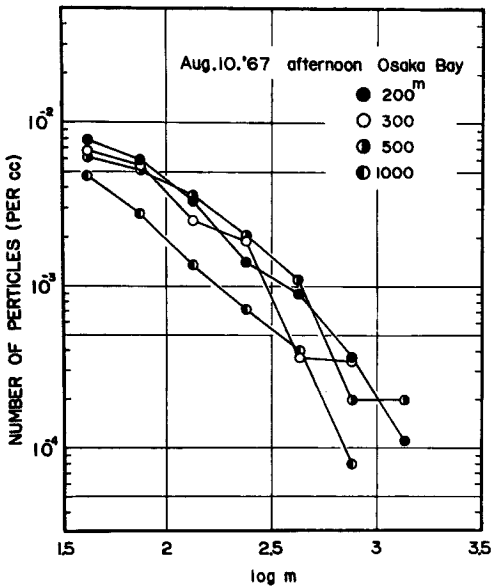


Fig. 10 Salt-mass distribution of the particles for various heights over Osaka Bay on the afternoon of Aug. 10, 1967.

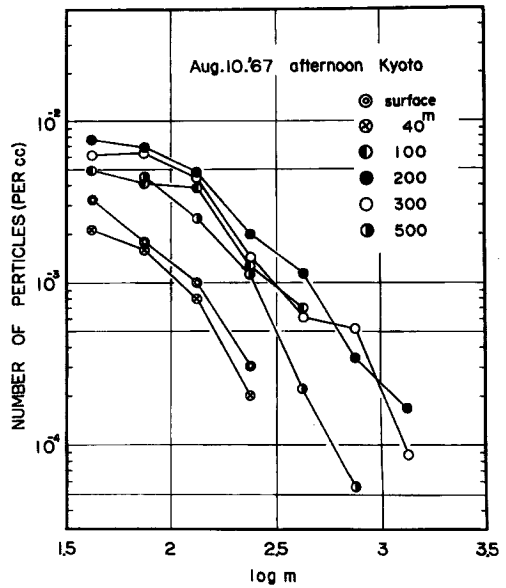


Fig. 11 Salt-mass distribution of the particles for various heights over Kyoto on the afternoon of Aug. 10, 1967.

$$+ \left(1 + \frac{1}{2\gamma}\right) \exp [2\gamma(\zeta + 2(1+\gamma)\xi)] \operatorname{erfc} \left\{ (1+2\gamma)\sqrt{\xi} + \frac{\zeta}{2\sqrt{\xi}} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

で表わされる。ここに γ は先述の捕捉落下比, θ , ξ , ζ はそれぞれ無次元化された粒子個数濃度, 海岸からの距離, 高さであり

$$\theta = \frac{\theta}{\theta_{00}} \dots\dots\dots(2), \quad \xi = \frac{w^2 x}{4Du} \dots\dots\dots(3), \quad \zeta = \frac{wz}{2D} \dots\dots\dots(4)$$

で定義される。ここで θ は粒子個数濃度, θ_{00} は海岸 ($x=0, z=0$) での濃度, x, z, D, w はそれぞれ, 海岸からの距離, 高さ, 鉛直渦拡散係数, 粒子の落下速度である。この式から導びかれる諸々の関係を上記 Fig. 12 の観測値にもちいて捕捉落下比 γ を推定する。

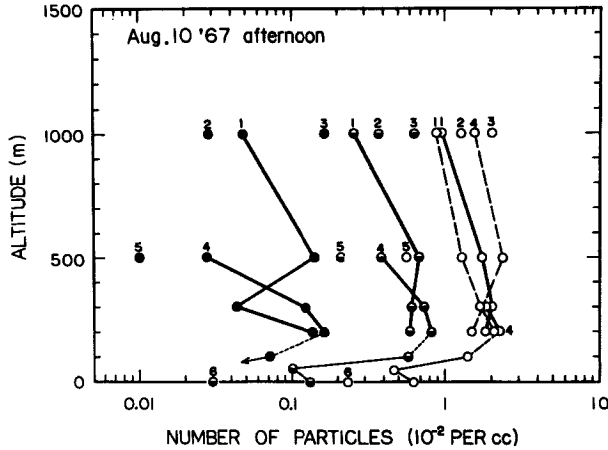


Fig. 12 Vertical distribution of the number concentration of sea-salt particles obtained over Osaka and Kyoto, on the afternoon of Aug. 10, 1967.

濃度式から導かれる関係としては、まず (1) 海上でのあるいは陸上のかなり上空での θ の鉛直方向の勾配から $w/D (= \alpha)^{\gamma}$ がきまり、それに海岸からの距離 x と、風速 u が与えられると、 w または D の合理的な値を用いて (3) 式より ξ が定まる。次に (2) γ 比をパラメーターとして個数濃度が最大となる高度 ζ_m と海岸からの距離 ξ との関係、ならびに、(3) γ 比をパラメーターとして最大濃度 θ_m と地上濃度 θ_0 との比 θ_m/θ_0 と ξ との関係が得られる。(2) の ζ_m と ξ の関係は以下に示す数値からわかるように、実際 γ の変化によってはあまり変わらない。一方 (3) の θ_m/θ_0 と ξ の関係は γ のわずかな変化に対して ξ は大きく変化する。すなわち (3) の関係を θ_m/θ_0 をパラメーターとした ξ と γ との関係としてみると、 ξ のかなりの変化に対しても γ はあまり変化しない。

したがって γ を求める手順として、まず、観測された Fig. 12 の鉛直分布曲線から、次の3つの特徴的な諸量を、3つのクラス別に読みとる。すなわち (i) 最大濃度の現われる高度より上空、言い換えれば海岸から内陸まであまり濃度が変わらない高度での濃度の鉛直勾配、(ii) 最大濃度 θ_m の現われる高度 z_m 、(iii) 最大濃度 θ_m と地上濃度 θ_0 との比 θ_m/θ_0 である。Table 1 の (a) に、上記 (1) の関係によって (i) の勾配の値から求めた、 $w/D, w, \xi$ を示した。ここで $u=6$ m/sec, $x=50$ km を用いた。 w および、 ξ の値については $D=10^5$ cm²/sec の場合を示し、 D の可能な変化範囲としての $D=5 \times 10^4 \sim 2 \times 10^5$ に対する値をカッコ内に示した。(b) に (2) の関係によって (ii) の数値から求めた ξ を γ の予想される値すなわち $\gamma=10, 50$ に対して示した。ここでも z_m の可能な変化範囲に対応する値をカッコ内に示した。(c) に (3) の関係によって (iii) の数値より求めた ξ の値を、同じく $\gamma=10$ および 50 に対して示した。カッコの意味は上記と同様、変化巾を示す。ただし $\log m=3$ に対する値は仮の推定である。(a) と (b)

Table 1 Characteristic values representing the observed three-dimensional distribution of the particles (cgs. units)

(a)

$\log m$	w/D	w	$\xi \left(\begin{matrix} D=10^5 \\ 5 \times 10^4 \sim 2 \times 10^5 \end{matrix} \right)$
2	10^{-5}	1 (0.5 ~ 2)	0.02 (0.01 ~ 0.04)
2.5	2×10^{-5}	2 (1 ~ 4)	0.08 (0.04 ~ 0.16)
3	2.5×10^{-5}	2.5 (1.25 ~ 5)	0.13 (0.07 ~ 0.26)

(b)

$\log m$	z_m	ζ_m	ξ	
			$\gamma=10$	$\gamma=50$
2	$3(\pm 1) \times 10^4$	0.15 ± 0.05	0.0064 (0.0025 ~ 0.013)	0.0040 (0.0012 ~ 0.0086)
2.5	$3(\pm 1) \times 10^4$	0.30 ± 0.10	0.038 (0.022 ~ 0.058)	0.025 (0.015 ~ 0.041)
3	$3(\pm 1) \times 10^4$	0.38 ± 0.13	0.070 (0.058 ~ 0.13)	0.051 (0.025 ~ 0.098)

(c)

$\log m$	$\theta_m/\theta_0 (= \theta_m/\theta_0)$	ξ		
		$\gamma=10$	$\gamma=25$	$\gamma=50$
2	$4(\pm 1)$	0.040 (0.015 ~ 0.11)	0.022 (0.00090 ~ 0.0049)	0.00056 (0.00025 ~ 0.0010)
2.5	$7(\pm 1)$	0.75 (0.28 ~ [2])	0.016 (0.010 ~ 0.025)	0.0025 (0.0016 ~ 0.0036)
3	[12]	[6]	[0.090]	[0.011]

Table 2 Values of γ estimated from the present observation

$\log m$	estimated from $\bar{\gamma}$ Table 1 (b) & (c)	estimated from $\bar{\gamma}$ Table 1 (a) & (c)
2	20 (19 ~ 22)	13 (10 ~ 16)
2.5	21 (17 ~ 23)	17 (14 ~ 20)
3	[28] (27 ~ 29)	[23] (19 ~ 27)

における ξ の値は必ずしも一致していないが、変化巾をみると、それ程ちがってはいない。それよりむしろ、(b) の ξ の値が γ によってごくわずかしちがって変っていないことに注意すべきである。一方 (c) における ξ の値は γ によって極めて大きく変化している。そこで (b) から求めた ξ の値を (c) の関係に用いて γ の値をよりくわしく求めることができるわけである。(b) では γ が 10~50 の場合をとったが (b) の ξ の値を (c) にあてはめてみると γ の値は 10 と 50 の中間にあり、その値を更に (b) に用いて再び ξ を決め、こうして逐次近似によって γ の値を決定することができるであろう。このようにして求まる γ の値は、およそ、Table 2 に示す値となる。Table 2 には (a) の ξ を (c) に入れて求まる γ の値をも示してある。これからみると γ の値は始めの予想のようにすべて 10 から 50 の間に入るが、中央値としては (a) と (c) からは 13~23, (b) と (c) からは 20~28 という値が得られる。したがって γ としては、おそらく 10~30 程度が最も確かな値ではないかと思われる。

Fig. 13 に便宜上小さい粒子クラスには $\xi=0.01$ 、中程度の粒子には $\xi=0.04$ 、大きな粒子には $\xi=0.16$ として $\gamma=10$ および 50 の場合の鉛直分布を (1) 式より計算して Fig. 12 の観測値の上に記入したものを示す。

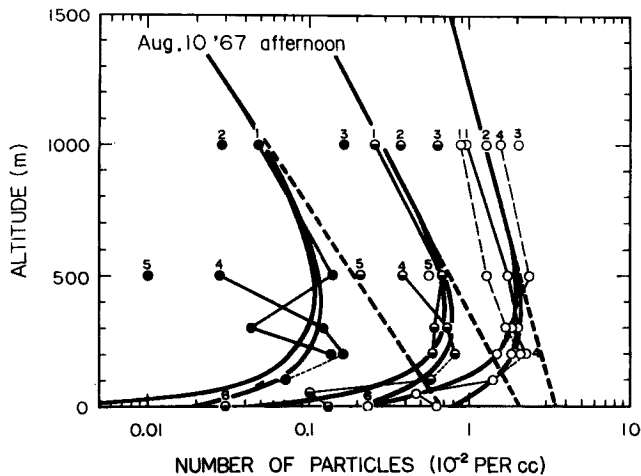


Fig. 13 Same as Fig. 12, but with calculated curves by eq. (1) for $\gamma=10$ and 50, and $\xi=0.01, 0.04$ and 0.16.

3.4 地面付近の海塩粒子個数濃度の日変化

Fig. 14 に、地上に分布した先述の3地点での核質量が $\log m$ で 1.5 以上 (m は 10^{-12} gm 単位) の海塩粒子個数濃度、相対湿度、宇治川水理実験所に常備されている 10 m 高度における風向風速の観測値を示した。比叡山、舞鶴の海塩核個数濃度は Fig. 14 からわかるように低く、しかもあまり変動していない。比叡山の濃度は 500 m 高度のものではあるけれども、山腹にそう地表物体 (木) による捕捉効果によって、飛行機観測値より小さい値を示していると考えられる。京都タワーでの海塩粒子個数濃度の変動はかなり大きい。詳細にみると変動は地上が一番大きく 40 m, 100 m と上空に行く程小さくなっていることがわかる。そして比叡山の値は24時間の間ほとんど変化していない。その理由には地上付近の相対湿度の変動による粒子の落下速度の変化⁹⁾あるいは鉛直渦拡散係数 D の日変化による影響などが考えられる。この日変化の問題はさらに探求する必要がある。

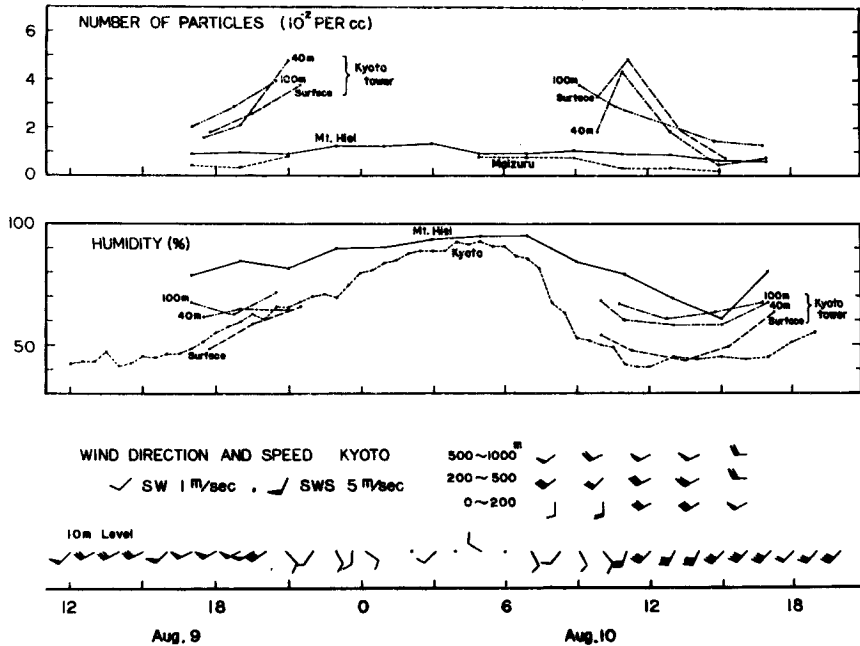


Fig. 14 Diurnal variation of the number concentration of the particles, relative humidity and wind speed and direction, at Kyoto, Mt. Hiei and Maizuru, on Aug. 9 through 10, 1967.

謝 辞

この研究を遂行するにあたって、有益な助言と御激励をいただいた中島暢太郎教授に感謝の意を表す。また観測には、中島暢太郎教授、本研究室の後町幸雄助手、北川吉男技官、多河英雄事務官、本学大学院理学研究科地球物理学専攻の杉本隆成、荻本洋、河合三四郎の諸氏に御協力いただいた。深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) Tanaka, M.: On the transport and distribution of giant sea-salt particles over land [I], Theoretical model, Special Contr. Geoph. Inst. Kyoto Univ., 6, 1966, pp.47-57.
- 2) 鳥羽良明, 田中正昭: 塩害に関する基礎的研究(第一報) 海塩粒子の生成と陸上への輸送モデル, 京大防災研究所年報第10号B, 昭42.3, pp.331-342.
- 3) Byers, H.R., J.R. Sievers and B.J. Tufts: Distribution in the atmosphere of certain particles capable of serving as condensation nuclei, Artificial Stimulation of Rain, Pergamon Press, 1957, pp.47-72.
- 4) Toba, Y. and M. Tanaka: Study on dry fall out and its distribution of giant sea-salt nuclei in Japan, Jour. Met. Soc. Japan, Ser. II, 41, 1963, pp.135-144.
- 5) 中島暢太郎, 鳥羽良明, 田中正昭: 塩害に関する基礎的研究(第二報) 巨大海塩粒子連続サンプラーの試作と測定例, 京大防災研究所年報第11号B, 昭43.3, pp.19-28.
- 6) Toba, Y. and M. Tanaka: Simple technique for the measurement of giant sea-salt particles by use of a hand-operated impactor and a chloride reagent film, Special Contr. Geoph.

- Inst. Kyoto Univ., No.7, 1967, pp.111—118.
- 7) Toba, Y.: On the giant sea-salt particles in the atmosphere. I. General features of the distribution, *Tellus* 17, 1965. pp.131—145.
 - 8) Toba, Y. and M. Tanaka: Dry fall out of sea-salt particles and its seasonal and diurnal variation, *Special Contr. Geoph. Inst. Kyoto Univ.*, 5, 1965, pp.81—92.