

塩害に関する基礎的研究（第5報）

——海岸近くにおける強風時の海塩粒子の分布——

田 中 正 昭

BASIC STUDY ON SALT DAMAGE (V)

——Distribution of Sea-Salt Particles near the Coast in the Strong Wind Conditions——

By Masaaki TANAKA

Synopsis

Observations of the horizontal distribution of the number concentration of giant sea-salt particles near the ground surface were carried out in the strong wind conditions at several stations located from the coast to the inland near Ogata, Niigata Prefecture, on Jan. 24, Dec. 13, and Dec. 14, 1970.

The wind from the sea ranged from 10 to 18 m/sec in speed in the lowest several hundred meters layer. The observation showed that the particle number concentration near the ground decreased with distance from the coast, as expected from our theory.

The impaction-sedimentation ratio, γ , estimated from our present observation, is about 10 for the wind of 10 m/sec, and about 13 for 16 m/sec.

However, the impaction factor, λ , obtained from our observation, is rather smaller than but nearly the same order with that written in the previous report on the observations of the horizontal and vertical distributions for the weak wind.

The particle number concentration observed at the coast is compared with data observed by Toba et al. at the sea surface. The concentration at the coast for the variable wind speed is also discussed.

1. ま え が き

塩害という現象は、海面で風と波の作用によって生成された海塩の微粒子が、風と乱流拡散によって陸上に輸送され、地上物体に付着することによって発生するものである。われわれは、この観点から、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の問題をとりあげてきた。陸上での海塩粒子個数濃度 θ は、海面で海塩粒子を生成し内陸に運んでくる風の強さ u 、微粒子の落下速度 W 、大気の鉛直渦拡散係数 D 、および海岸からの距離 x 、高度 z にももちろん支配されているが、その他に、空気が地表物体の間を通り抜けるさい、地表物体による粒子捕捉作用により影響を受ける。

地表物体に捕捉された量は、見かたを変えれば物体への付着量であり、この量が、どのような条件で決まるか知ることは塩害の立場から重要な問題である。われわれは、この地面での捕捉作用の大きさを、海塩粒子の地面シンクにおける捕捉落下比、 $\gamma = \frac{\lambda u}{W}$ 、(λ は捕捉係数) という無次元パラメータで表わした¹⁾²⁾。

この γ 比は、内陸での海塩粒子の濃度分布から推定することができる。われわれは、京都において海塩粒子の鉛直濃度分布観測、新潟県大潟町にある、京都大学防災研究所大潟波浪観測所周辺において、水平濃度分布観測を行ない、その結果から風速 6 m/sec 以下の弱風時に対しては、捕捉係数 λ として 3×10^{-2} の値を得た³⁾⁴⁾。

今回、同様な考え方によって風速 10 m/sec 以上の強風時に対して、 λ の値がどのくらいになるか調べるために、1970 年 1 月と 12 月の 2 回、大潟波浪観測所周辺で、地上海塩粒子の水平分布を観測した。その結果、今までに得られた値に近いやや小さい値を得た。

さらに、今回の観測結果から、気象条件が時々刻々に変化し、海岸での風速が変動するとき、海岸での海塩粒子個数濃度がどのように変動するかという問題についてもふれる。

2. 観測の方法と観測時の気象状況

2.1 1970 年 1 月 24 日

大潟波浪観測所から、500 m, 900 m, 1300 m の 3 地点の海塩粒子個数濃度を、移動しながら、手動インパクト⁵⁾を用いて測定した。1 循の観測の所要時間は約 40 分である。観測所は Fig. 1 の st. 1 で示したが、日本海に面しており、海岸からの水平距離は約 125 m, 海拔は約 50 m である。海岸線は、北東から南西に位置し、北ないし西の風が海風であり、南ないし東の風は陸風である。海岸から観測所までは砂地と背の低い松林となっていて、途中海からの風をさえぎるものはない。観測所から内陸部の様子は、松林と人家が約 200 m, その先約 500 m が畑地、さらに松林となっている。移動して観測している間、観測所では、手動インパクトを用いて海塩粒子個数濃度、およびパイロットバルーンによる風の観測を行なった。

24 日午前 6 時の地上天気図を Fig. 2 に示す。黄海西部に高気圧、千島方面に低気圧があって冬型の気圧配置である。大潟観測所周辺の天気は、24 日の観測期間中、曇り、時々小雪であった。観測所の 10 m 高度の風の様子は、23 日の昼頃から、西よりの海風が強くなり、観測期間中西の風約 11 m/sec であった。

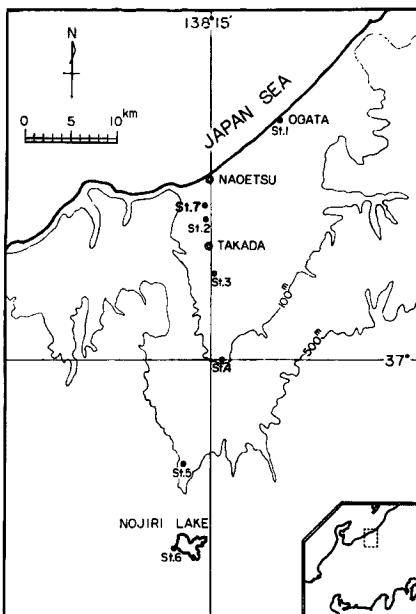


Fig. 1 Location of the stations for observation.

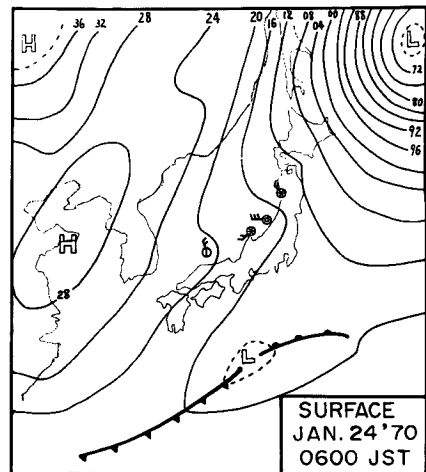


Fig. 2 Synoptic weather map of Jan. 24, 1970.

2.2 1970 年 12 月 13・14 日

海岸から内陸 40 km 地点までの 7 か所で海塩粒子個数濃度を、第 4 報⁴⁾と同様に自動車で移動しながら、手動インパクトを用いて測定した。内陸の観測地点は Fig. 1 に示したように、4 報⁴⁾で測定点とした海岸から 5 km, 10 km, 20 km, 30 km, 40 km の st. 2 から st. 6 の 5 地点に、新たに 2.5 km 地点の st. 7 を加え

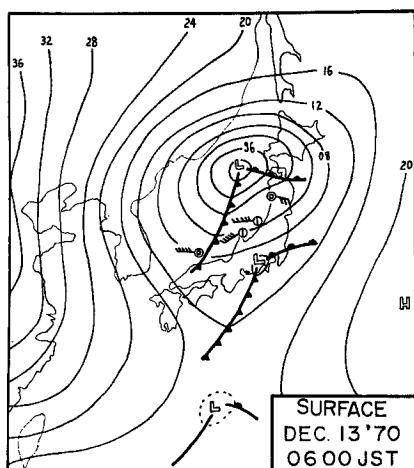


Fig. 3 Synoptic weather map of Dec. 13, 1970.

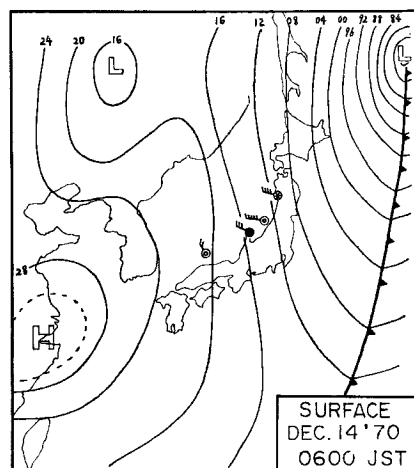


Fig. 4 Synoptic weather map of Dec. 14, 1970.

た。観測所 st. 1 では、内陸で濃度を測定している間、海塩粒子個数濃度を、1 時間ないし 30 分間隔で、手動インパクターを用いて測定した。また上空の風の様子を知るためパイロットバルーンによって、風向、風速を測定した。

13日、14日両日の午前6時の地上天気図を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。前日まで、本州全体が高気圧におおわれ、全国的に、おだやかな良い天気であった。13日、発達した低気圧が日本海を東北東に進み、その後面から、大陸の高気圧が発達してきた。14日、低気圧は、千島方面に移動し、華中方面から高気圧が西日本に張り出してきた。観測所付近の天気の様子は、Fig. 5 に示された、パイロットバルーンによって観測された上空の風、大湊観測所の 10 m 高度における風向、風速、内陸 15 km 地点にある高田測候所の 10 m 高度における風向、風速および降水量から、詳しく検討することができる。12日、大湊、高田とも南の陸風で、天気は晴れであった。13日、大湊では午前6時すぎから、高田では9時すぎから強い西風となった、午前の天気は曇り、午後は、一時しゅう雨性の降水があった。14日、風は、前日より弱まり、風向は北西ないし北北西に変わり、14時以後は、風は急激に弱まり、風向は南の陸風となった。午後、しゅう雨性降水があり、特に、海岸より 20 km 以上内陸に入った山間部では降雪があり、そのため自動車の移動による観測は不可能になった。

3. 観測の結果

海塩粒子個数濃度は、すべて手動インパクターを用いて捕集した。このインパクターを用いて測定した場合、粒子保留係数（吸引空気体積に対する捕捉個数の関係）を求め、測定値は補正をせねばならない⁵⁾。

今回の観測の全資料から求めた保留係数を Table 1 に示す。この値をもちいて測定値は、すべて 100 cc 中の粒子個数に換算した。

Table 1 Obtained retention factor.

Sampled volume (l)	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2	4
Retention factor	0.88	0.79	0.65	0.43	0.30	0.24	0.20

3.1 大湊波浪観測所における海塩粒子個数濃度と風向、風速との関係

Fig. 5 には、大湊観測所の風向、風速とともに、12月13・14日の観測所での海塩粒子個数濃度の変動、

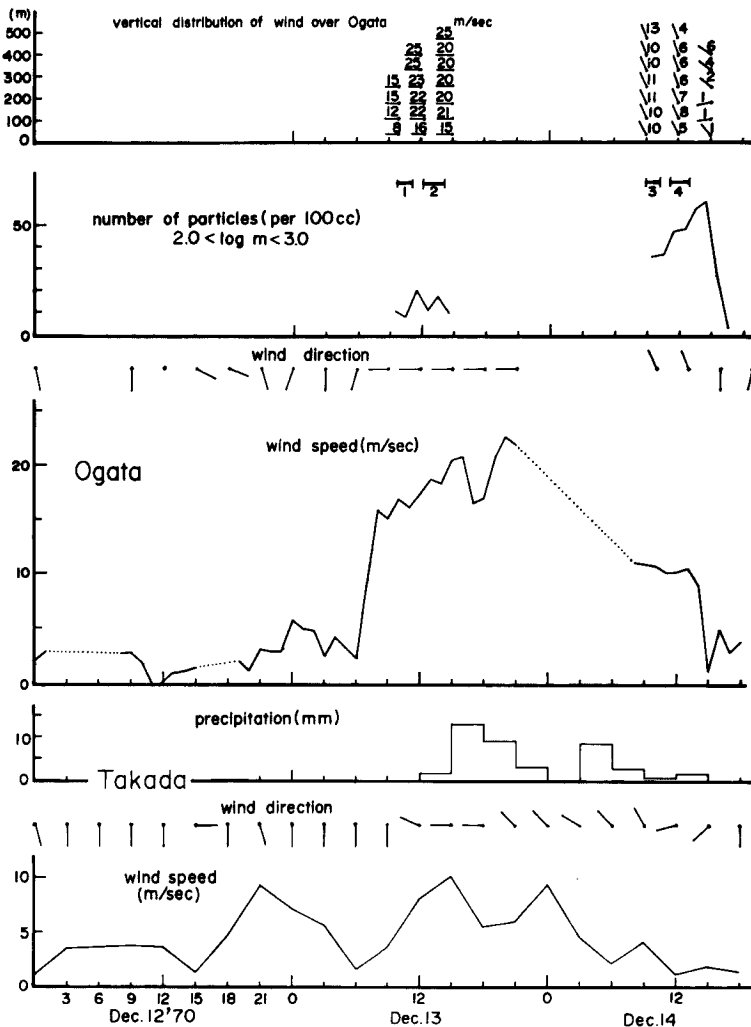


Fig. 5 Diurnal variation of observed vertical distribution of wind over Ogata, number concentration of giant sea-salt particles observed at Ogata, amount of precipitation at Takada Met. Obs., wind speed and wind direction at Ogata and Takada.

および内陸の水平分布観測を行なった時間を記入した。海からの風は、13日6時すぎから吹きだし、8時には、16 m/sec、15時には 20 m/sec に達した。海塩粒子個数濃度は、観測を開始した9時半には、すでに高濃度に達している。その後、風速は増加しているが、粒子濃度は、はっきりした増加の傾向は見られない。14日は、13日より風速は小さかったにもかかわらず、13日より海塩粒子個数は3倍程も多くなっている。そして、14時30分風向が北西から南の陸風に変わるとともに急激に減少している。

これらの結果は、海岸での粒子個数濃度は、その場の風向が海風か陸風かに大きな影響を受けるということ、海風の場合、その場の風速の大きさにだけ支配されているのではないことを示している。海岸での粒子濃度を支配するものについて次節で検討する。

3.2 海塩粒子個数濃度の水平分布観測結果

1970年1月24日の海岸から内陸1.3 km 地点、12月13日の40 km 地点、14日の20 km 地点までの海塩

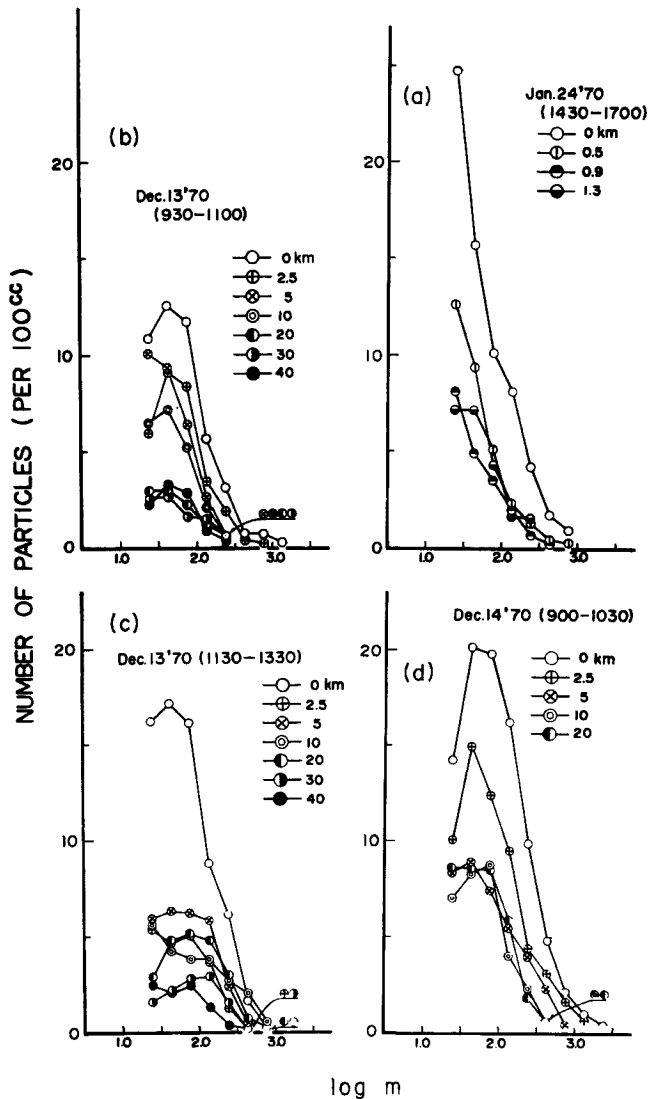


Fig. 6 Salt-mass distributions of the particles for various distances from the coast, on Jan. 24, Dec. 13 and Dec. 14, 1970.

粒子水平分布観測の結果を、核質量別個数濃度曲線としてFig. 6 (a), (b), (c), (d) に示す。1月24日の濃度曲線をのぞくと、他の3つのケースとも、 $10^{-10.25}$ gm $\sim 10^{-10.75}$ gm の間に個数濃度のピークが現われている、がこれは有意とは考えられない。今回の観測値は濃度が高く、したがって捕集された粒子数が多いため、読みとりのさい、小さな粒子が落とされた可能性があるからである。海岸から内陸に入るにしたがい、粒子個数は、どのクラスも減少している。 $10^{-8.5}$ gm より大きな粒子は10 km 以上の奥地では、ほとんど無い。13日の11時30分から13時30分の場合、粒子個数の内陸に入るにしたがって減少する傾向が他の場合と比べてはっきりしない、特に2.5 km から10 km までの個数濃度は複雑になっている。この観測時はFig. 5 に示されているように、かなりの降水があり、その降水が個数濃度に影響を与えたと考えられる。さらに、

降水が濃度に与える影響について一つの観測事実がある。14日の水平濃度分布の観測中、20 km 地点の測定を終了して 30 km 地点に向かう途中で、雪が急激に降り始め、しばらくして自動車の通行が困難になる程であった。参考のため、30 km 地点の手前で降雪中、吸引量 2 l の測定を行なったが、粒子は一つも捕集されなかった。雪が降りだしてから約 20 分、いわゆるぼたん雪で、この間の積雪量は 10 cm 程であった。

海岸からの距離の増加に対して、粒子個数濃度の減少の割合を詳しくみるため、1月24日と12月13・14日の水平濃度分布を核質量別に分けて Figs. 7, 8 および 9 に示した。13日 (1130-1330) の観測は、前述したように降水の影響を受けているので除いた。全体として、海岸からの距離が増すにしたがい個数濃度が減少している傾向は、はっきり現われている。その減少の割合は海岸に近いところが大きく内陸に入るにしたがい小さい。これらの結果は第4報⁴⁾で得られた結果と一致する。

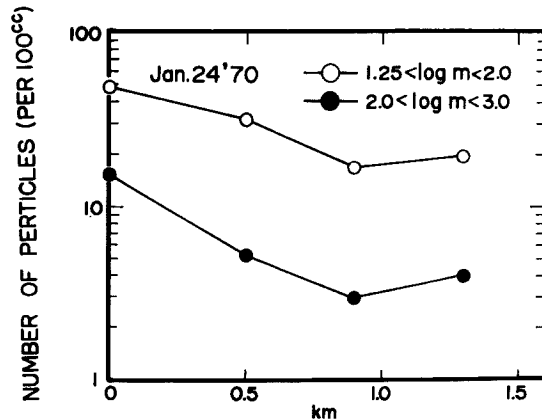


Fig. 7 Horizontal distribution of the number concentration of sea-salt particles, on Jan. 24, 1970. Abscissa is the distance from the coast.

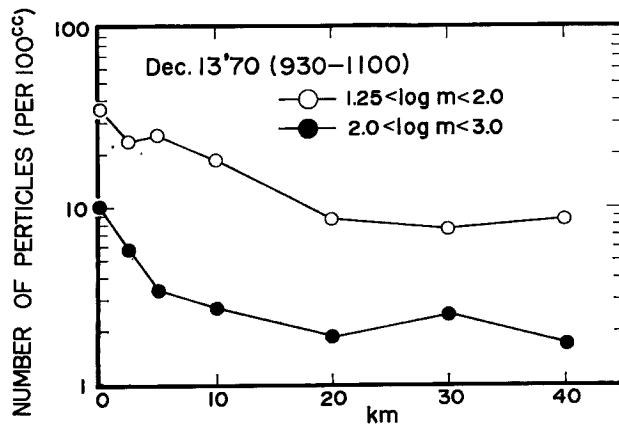


Fig. 8 Same as Fig. 7, but on Dec. 13.

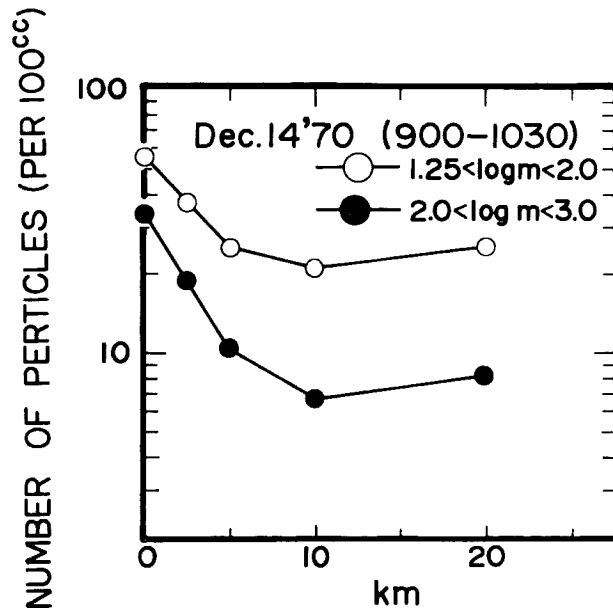


Fig. 9 Same as Fig. 7, but on Dec. 14.

4. 海岸での海塩粒子個数濃度を支配するもの

12月13・14日の両日は、気象条件からみて、非常に興味ある期間であった。すなわち、この期間に日本海上を発達した低気圧が通過し、Fig. 5 からわかるように大渦は12日、2 m/sec 程度の風であったが、13日、西風が吹き出し、18時間でピーク風速 23 m/sec に達し、それから徐々に弱まり15時間で、弱い南風のもとの状態にもどった。

この時の観測の目的は、強風時の内陸での地上水平濃度分布を測定することにあつたため、海岸での海塩粒子濃度の変動を全期間を通して測定しなかった。しかし、得られたいくつかの事実は、断片的であるが、海岸での海塩粒子個数濃度を支配するものを考えるさい重要な点を含んでいると思われる。今後の研究のため、ここに記述する。(1): 11日は12日と同様 2 m/sec 以下の南の陸風であった。9時30分から15時30分まで2時間毎に観測所で海塩粒子濃度を測定したが、12時30分と14時30分にごく少量の粒子が捕集されただけで、他の測定では、500 ccの吸引量に対して一つの粒子も捕集されなかった。(2): 13日の朝6時から海風が吹きはじめた。観測を開始したのは、3時間のちの9時であったが、すでに、後で述べる様に、海塩粒子濃度は、海上において、そこを吹く風で平衡状態に達したときに予想される量になっていた。(3): 14日の風速は13日の風速の半分程度であった。これに対して粒子濃度は約3倍になっている。この間、風向はずっと西ないし北西の海風であった。(4): 14日の高濃度は、風向が陸風になるとともに急激に減少した。

海上での定常状態における海塩粒子の生成率と個数濃度鉛直分布は鳥羽らのグループによって研究されている⁶⁾。Fig. 10 に13・14日に観測所で実測された海塩粒子の核質量別個数濃度曲線と、その時の観測所の風速を用いて海上での鳥羽の記載した生成率の関係から求めた個数濃度曲線 θ_0 を示した。海岸から 125 m 離れ、海拔 50 mある観測所で観測値が海上のどの高度のものをとるのが妥当かは、いまだ確立されていないが、海面直上での鉛直勾配は大きいからここでは一応、比較のため海上 10 m 高度の濃度曲線 θ_{10} をも鳥羽の理論から求めて記入した⁷⁾。ここで、海上で吹く風と観測所の風との関係が問題になるが、観測所が海の近くにあることから、あまり差がないとすると、Fig. 10 から13日に観測された核質量別濃度曲線

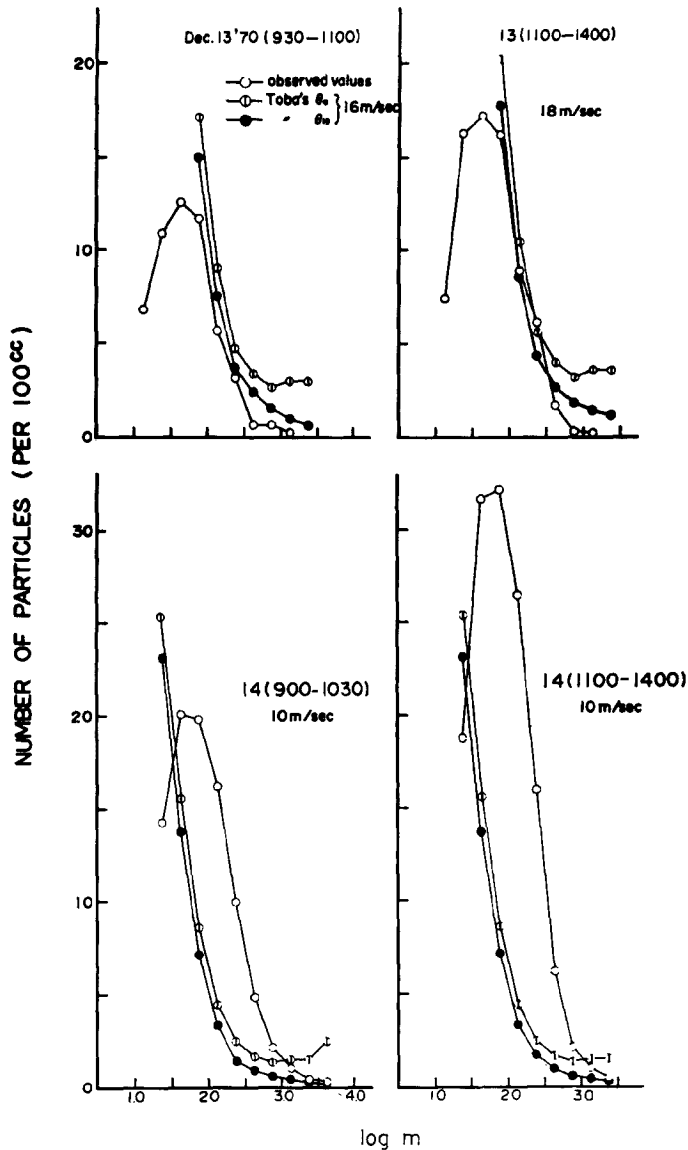


Fig. 10 Comparison between observed salt-mass distributions at the Ogata Coast with calculated distributions from Toba's production rate at the sea.

は $10^{-10.25}$ gm より大きい粒子については、鳥羽の生成率から求めた曲線とよく一致している。しかし14日の観測値はこのときの風速から求めた鳥羽の値より5倍ないし10倍多くなっている。

これらの結果から、海岸で、風の吹きだしとともに高濃度となったのは、すでに日本海海上を十分な時間、十分な吹送距離を通った風が海岸に到達したためであり、海岸で風が弱まっても、すぐ濃度が減少しないのは、日本海海上のどこかの強風域で生成された高濃度の粒子を含んだ大気が、風で運ばれてきたからであると考えられる。

気象条件が時々刻々と変化する非定常状態の場合、海岸での粒子個数濃度を当然のことながら、その時、その場所での風速だけから決めることはできない。

5. 強風時における捕捉落下比 γ の推定

前述の海塩粒子地上濃度の水平分布のうち、降雨や、降雪の影響を受けなかった1月24日、12月13・14日の3つの場合に、われわれの海塩粒子輸送モデルを適用して、第4報⁴⁾と同様に、捕捉落下比 γ を推定してみる。

われわれの海塩粒子輸送モデルから、内陸のある地点における地上個数濃度は次式で表わされる。

$\gamma \neq 0$ のとき、すなわち地上物体の捕捉作用のある場合、

$$\theta_0 = \left(1 + \frac{1}{\gamma}\right) \exp \{4\gamma(1+\gamma)\xi\} \operatorname{erfc} \{(1+2\gamma)\sqrt{\xi}\} - \frac{1}{2\gamma} \operatorname{erfc}(\sqrt{\xi}) \quad (1)$$

$\gamma = 0$ のとき、すなわち地上物体の捕捉作用のない場合、

$$\theta_0 = (1+2\xi) \operatorname{erfc}(\sqrt{\xi}) - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\xi} \exp(-\xi) \quad (2)$$

ここで、 γ は捕捉落下比、 θ_0 、 ξ はそれぞれ、無次元化された地上付近の粒子個数濃度、海岸からの距離であり、

$$\gamma = \frac{\lambda u}{W} \quad (3)$$

$$\theta_0 = \frac{\theta_0}{\theta_{00}} \quad (4)$$

$$\xi = \frac{W^2 x}{4Du} \quad (5)$$

で定義される。ここで θ_0 は地上付近の粒子個数濃度、 θ_{00} は、海岸 ($x=0$) での地上濃度、 x 、 D 、 W 、 λ はそれぞれ、海岸からの距離、鉛直渦拡散係数、粒子の落下速度、捕捉係数である。このうち鉛直渦拡散係数、粒子の落下速度は直接測定されていない、また気象要素から正確な値を推定することも不可能である。ここでは第4報と同じ手順で、 W/D を決め⁵⁾ D の適当な値を与えると W^2/D が決まり、それに観測時の海岸からの距離 x 、風速 u を与えると、(5) 式から ξ が定まる、そして水平濃度分布観測から粒子のクラス別に $\theta_0 = \frac{\theta_0}{\theta_{00}}$ を計算すれば、 ξ と θ_0 の関係が得られる。この θ_0 と ξ の値を、(1) および (2) 式から計算される γ をパラメーターとした θ_0 と ξ との関係に合わせれば、 γ の値が推定できる。

Table 2 にもちいた W/D を示し、この W/D から $D=10^5 \text{ cm}^2/\text{sec}$ として求まる W 、 W^2/D を二つの粒子クラスについて示した。さらに 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。

Table 2 Values of W/D , W and D used in the calculation for Tables 3 and 4. (cgs units)

log m	W/D	W for $D=10^5$ (for $5 \times 10^4 \sim 2 \times 10^5$)	W^2/D
1.25	10^{-5}	1 (0.5~2.0)	10^{-5} (0.5~2.0) $\times 10^{-5}$
2.0	1.4×10^{-5}	1.4 (0.7~2.8)	2×10^{-5} (1.0~2.0) $\times 10^{-5}$
3.0			

Table 3 (a) (b) (c) に、**Figs. 7, 8** および **9** の1月24日12月13・14日の水平濃度分布から粒子のクラス別に $\theta_0 = \frac{\theta_0}{\theta_{00}}$ と $\xi = \frac{W^2 x}{4Du}$ を計算して示した。そのさい W^2/D の値は **Table 2** の値を、風速 u は大潟観測所の値、すなわち1月24日11 m/sec、12月13日16 m/sec、14日10 m/sec をもちいた。**Fig. 11** に、(1)

Table 3 Values of ξ , θ_0 calculated from the observed horizontal distribution of the particle number concentration. (cgs units)(a) Jan. 24, 1970 ($u=11\text{m/sec}$)

x (m)	ξ		θ_0	
	1.25	$\log m=2.0$ 3.0	1.25	$\log m=2.0$ 3.0
500	1.14 (0.57~2.3) $\times 10^{-4}$	2.28 (1.14~5.7) $\times 10^{-4}$	0.52 ₂	0.29 ₅
900	2.05 (1.02~4.1) $\times 10^{-4}$	4.1 (2.0~8.2) $\times 10^{-4}$	0.32 ₇	0.19 ₃
1300	2.95 (1.48~5.9) $\times 10^{-4}$	5.9 (2.95~11.8) $\times 10^{-4}$	0.38 ₇	0.26 ₃

(b) Dec. 13, 1970 ($u=16\text{ m/sec}$)

x (km)	ξ		θ_0	
	1.25	$\log m=2.0$ 3.0	1.25	$\log m=2.0$ 3.0
2.5	3.9 (1.95~7.8) $\times 10^{-4}$	7.8 (3.9~15.6) $\times 10^{-4}$	0.66 ₆	0.57 ₁
5	7.8 (3.9~15.6) $\times 10^{-4}$	1.56 (0.78~3.12) $\times 10^{-3}$	0.73 ₀	0.32 ₉
10	1.56 (0.78~3.12) $\times 10^{-3}$	3.13 (1.56~6.25) $\times 10^{-3}$	0.53 ₅	0.26 ₂
20	3.13 (1.56~6.25) $\times 10^{-3}$	6.25 (3.13~12.5) $\times 10^{-3}$	0.23 ₂	0.18 ₅
30	4.69 (2.35~9.4) $\times 10^{-3}$	9.38 (4.69~18.8) $\times 10^{-3}$	0.21 ₀	0.24 ₂
40	6.25 (3.13~12.5) $\times 10^{-3}$	1.25 (0.625~2.5) $\times 10^{-2}$	0.24 ₄	0.16 ₈

(c) Dec. 14, 1970 ($u=10\text{ m/sec}$)

x (km)	ξ		θ_0	
	1.25	$\log m=2.0$ 3.0	1.25	$\log m=2.0$ 3.0
2.5	6.25 (3.18~12.5) $\times 10^{-4}$	1.25 (0.625~2.5) $\times 10^{-3}$	0.69 ₃	0.56 ₃
5	1.25 (0.625~2.5) $\times 10^{-3}$	2.5 (1.25~5.0) $\times 10^{-3}$	0.45 ₇	0.30 ₅
10	2.5 (1.25~5.0) $\times 10^{-3}$	5.0 (2.5~10.0) $\times 10^{-3}$	0.44 ₅	0.20 ₀
20	5.0 (2.5~10.0) $\times 10^{-3}$	1.0 (0.5~2.0) $\times 10^{-2}$	0.48 ₂	0.24 ₃

および(2)式から求めた γ をパラメーターとした θ_0 と ξ の関係を曲線で示し、その上に Table 3 の θ_0 と ξ の値 ($D=10^5\text{ cm}^2/\text{sec}$ に対応するもの) を記入した。このさい 12 月 13 日の核質量が $10^{-10.75}\text{ gm}$ ($\log m$ で 1.25 に対応) $\sim 10^{-10}\text{ gm}$ のものは線で結び番号 1 を $10^{-10}\text{ gm} \sim 10^{-9}\text{ gm}$ のものは 2 を、14 日の $10^{-10.75}\text{ gm} \sim 10^{-10}\text{ gm}$ のものは 3, $10^{-10} \sim 10^{-9}\text{ gm}$ のものは 4, 1 月 24 日の $10^{-10.75}\text{ gm} \sim 10^{-10}\text{ gm}$ のものは 5, $10^{-10} \sim$

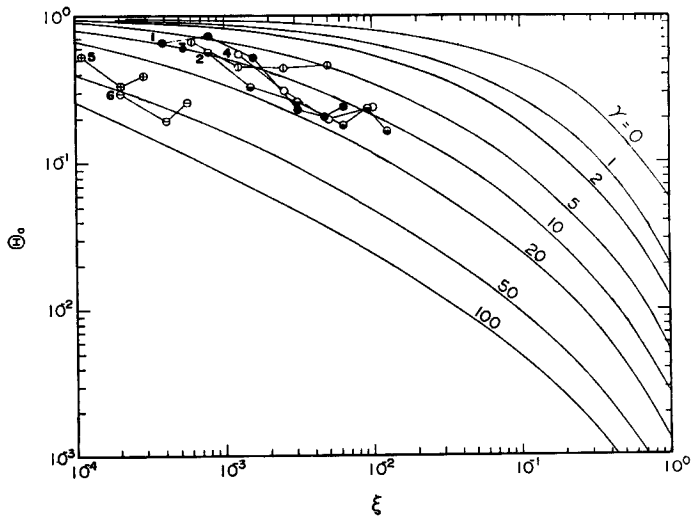


Fig. 11 Observed normalized horizontal distribution of the number concentration of sea-salt particles. Curves are drawn using Eqs. (1) and (2).

- Dec. 13, '70 (930-1100) 1—●—1.25 < Log m < 2.0
 2—●—2.0 < Log m < 3.0
 Dec. 14, '70 (900-1030) 3—○—1.25 < Log m < 2.0
 4—○—2.0 < Log m < 3.0
 Jan. 24, '70 (1430-1700) 5—⊕—1.25 < Log m < 2.0
 6—⊖—2.0 < Log m < 3.0

Table 4 Values of γ estimated from the present observation. (Fig. 11)

Case No. in Fig. 11	u (m/sec)	W (cm/sec)	γ (from Fig. 11)	$\lambda = W\gamma/u$	γ (range corresponding to Table 3)
1	16	1.0	12 (5-19)	7.5×10^{-3}	2~25
2	16	1.4	14 (9-19)	1.2×10^{-2}	5~30
3	10	1.0	9 (5-13)	9.0×10^{-3}	3~20
4	10	1.4	13 (8-18)	1.8×10^{-3}	5~25
5	11	1.0	39 (30-48)	3.9×10^{-2}	20~60
6	11	1.4	55 (40-70)	7.7×10^{-2}	30~100

10^{-9} gm のものは6をつけて区別した。Table 4 に、Fig. 11 から読み取った γ の値の中央値を、かつこ内には変化巾を、条件の異なる1, 2, 3, 4, 5, 6, に分けて、もちいた W , u とともに示し、さらにそれから求めた捕捉係数 λ , Table 3 でかつこ内に示した ξ の変化範囲から求まる γ の値をも記入した。

今回の観測から得た、強風時の捕捉落下比, γ を、第4報の弱風時のそれと比較すると、1月の値は大きく、12月の値は小さい。12月13, 14日の気象の状態は先述したように、かなり変化していた。このため、

特に上空での海塩粒子の分布は定常状態に達していなかったと考えられるから、この観測値を使って、定常モデルの γ (すなわち λ) を求めることは不適当であったかもしれない。これが 12 月の観測値から求めた γ の値を小さくした主たる原因であろう。これらは、今後へのこされた問題である。

λ の値としては、今までの観測結果を総合して $(1\sim3)\times 10^{-2}$ 程度であると思われる。このことは u m/sec の風が吹けば、地表面は $(1\sim3)\times u$ cm/sec の下向きの速度を生じせしめるように作用していることを意味する。

謝 辞

この研究を遂行するにあたり、有益な助言とご激励をいただいた中島暢太郎教授、また研究の途上、常に討論に参加して、助言、ご指導をいただいた東北大学理学部鳥羽良明教授に感謝の意を表する。観測には、本研究室、枝川尚資助手、北川吉男技官、多河英雄技官、本学大学院理学研究科学生佐藤和秀氏および宇治川水理実験所所屬、野村新技能員にご協力いただいた。深く謝意を表する。また、大渦波浪観測所を利用するにあたり種々の便宜をはかっていただいた海岸災害研究部門の方々および大渦波浪観測所白井亨助手に感謝する。

参 考 文 献

- 1) Tanaka, M: On the Transport and Distribution of Giant Sea-Salt Particles over Land [1], Theoretical model, Special Contr. Geoph. Inst., Kyoto Univ., No. 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, 京都大学防災研究所年報, 第 10 号 B, 昭 42. 3, pp. 331-342.
- 3) 田中正昭・鳥羽良明: 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, 京都大学防災研究所年報, 第 12 号 B, 昭 44. 3, pp. 201-212.
- 4) 田中正昭: 塩害に関する基礎的研究 (第 4 報), 海岸近くにおける海塩粒子の分布, 京都大学防災研究所年報, 第 13 号 B, 昭 45. 3, pp. 445-456.
- 5) 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.
- 6) 鳥羽良明: 海洋科学基礎講座 1, 海洋物理 I, 東海大学出版会, p. 221.
- 7) Toba, Y: On the Giant Sea-Salt Particles in the Atmosphere II, Theory of the Vertical Distribution in the 10-m Layer over the Ocean, Tellus, 17, 1965, pp. 365-382.
- 8) Toba, Y: On the Giant Sea-Salt Particles in the Atmosphere I, General Features of the Distribution, Tellus, 17, 1965, pp. 131-145.