

## 飛砂量におよぼす丘砂の粒度の影響

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	中島, 勇喜 末勝, 海
巻/号	60巻12号
掲載ページ	p. 450-455
発行年月	1978年12月

## 論 文

## 飛砂量におよぼす丘砂の粒度の影響\*

中島 勇喜\*\*・末 勝海\*\*\*

中島勇喜・末 勝海：飛砂量におよぼす丘砂の粒度の影響 日林誌 60: 450~455, 1978  
 飛砂量と丘砂の粒度との関係について風洞実験を行ない、BAGNOLD 式および河村式を中心に従来の飛砂量式を検討した。その結果、BAGNOLD 式は小粒径の範囲 ( $D_{50} < 0.05$  cm) でのみ適合し、わが国の海岸砂丘で見られるような大粒径の丘砂に対しては過大な飛砂量を与えることが指摘された。次に、BAGNOLD 式と河村式とを補正する意味から次元解析によって実験式を求め、その適合性を既往のデータによって確かめた。

NAKASHIMA, Yuhki & SUE, Katsumi: The effects of distribution of the dune sand grain size on the sand movement J. Jap. For. Soc. 60: 450~455, 1978  
 The effects of distribution of the dune sand grain size on sand movement were investigated in connection with BAGNOLD's and KAWAMURA's formulas by using wind tunnel. The following results were obtained. (1) BAGNOLD's formula is suitable for  $D_{50} < 0.05$  cm, and gives surplus value for such large particles seen generally at the coastal sand dune in Japan. (2) For the purpose of correcting both formulas, the experimental equation was obtained by the method of dimensional analysis. (3) This equation shows a tendency to agree well with other results.

## I はじめに

飛砂害の防止にあたっては、まず飛砂現象とそれに影響をおよぼす諸因子との関連、具体的には飛砂限界や飛砂量と風速や砂の粒度等との関係が問題となり、これが明示されなければ合理的な飛砂制御手段は計画しがたい。ことに飛砂量式は飛砂防止諸工事の構造や規模を決定するために不可欠なものである。

この飛砂量式としては BAGNOLD (1) と河村 (6) の式が著名であり、後述するようにその他の諸式もこれら 2 式のいずれかと大同小異である。したがって、それらによる計算結果は対象とする砂の粒度や風速の特定の範囲において近似の値を示す。しかし、ここで問題とする砂の粒度が著しく相違するさいの値は、わが国に多い比較的大粒径で粒径分布範囲の広い砂の場合、とくに防災上重要な強風時に大差を生じるにもかかわらず、この点について検討した例が見られない。

ここでは、飛砂風洞による実験結果に基づいて、BAGNOLD、河村の両式を中心に飛砂量におよぼす砂の粒度の影響について検討し、これら両式を補正した実験式を提案する。

## II 従来の飛砂量式における砂の粒度

砂の粒度はその砂を代表する粒径と粒径分布範囲とによって表わされるので、この代表粒径および分布範囲と飛砂量との関係について検討する。

河村は、砂面上に風に直交して垂直に立てた単位幅の面を通して単位時間に流れる飛砂の質量を飛砂量 ( $Q$ ) とし、これは砂の落下量と砂粒子の平均飛距離との積によって表わされるとし、次式を導いている。

$$Q = K \cdot \frac{\rho}{g} (V_* - V_{*t})(V_* + V_{*t})^2 \quad (1)$$

式中、 $\rho$  は空気密度、 $g$  は重力の加速度、 $V_*$  はまさつ速度、 $V_{*t}$  は限界まさつ速度である。 $V_{*t}$  は  $\sigma$  を砂の密度、 $D$  を砂の粒径とすると次式で示される。

$$V_{*t} = K_1 \cdot \sqrt{g \cdot D \cdot \frac{\sigma - \rho}{\rho}} \quad (2)$$

また、風洞実験と現地観測とから、 $K = 2.78$  である。一方、BAGNOLD も同様な理論から飛砂量式を求め、実験によって  $Q$  は  $D^{1/2}$  に比例するとして次式を与えている。

$$Q = C \cdot \sqrt{\frac{D}{D'}} \cdot \frac{\rho}{g} V_*^3 \quad (3)$$

\* 本研究の一部は第 89 回日本林学会大会で発表した。

\*\* 九州大学農学部 (現勤務先: 山形大学農学部) Fac. of Agr., Kyushu Univ., Fukuoka 812 (Present address: Fac. of Agr., Yamagata Univ., Tsuruoka 997)

\*\*\* 九州大学農学部 Fac. of Agr., Kyushu Univ., Fukuoka 812

式中、 $D'$  は標準粒径で 0.025 cm,  $C$  は砂の分布範囲によってことなり, 均一な砂で 1.5, 砂丘にみられるような自然にふるい分けられた砂の場合 1.8, 分布が非常に広い場合 2.8 をとる。

CHEPIL(3) は耕地における風食の研究から

$$Q = C_1 \cdot \frac{\rho}{g} \cdot V_*^3$$

とし, 土砂によって  $C_1 = 1.0 \sim 3.1$  としているが, これは基本的には BAGNOLD 式と一致している。

椿(8) は飛砂量を  $q = N \cdot (\pi/6) D^3$  とし,

$$q = K \cdot \frac{\rho}{\sigma} \cdot \frac{1}{g} V_* (V_*^2 - V_{*c}^2)$$

としている。ここで,  $N$  は砂面の単位幅断面を単位時間内に通過した砂粒個数であり,  $K$  としては河村の 2.78 をとっており, 式自体も河村式とほぼ一致している。

以上の式中, それらの基礎となっており, 使用度の高い BAGNOLD 式と河村式を中心に, まず砂の粒径について検討する。

河村と椿との式では, 砂の粒径が飛砂量におよぼす影響は(2)に見られるように限界まざつ速度の変化として表わされる。

河村式では,  $D = V_*^2 / 9 K_1^2 \cdot g \cdot (\sigma - \rho) / \rho$  において  $Q$  は極大値 (極大飛砂量とよぶ)

$$Q_{max} = K \cdot \frac{32}{27} \cdot \frac{\rho}{g} V_*^3 \quad ( )$$

をとり,  $D$  が 0 に近づくにつれ  $Q$  は  $K \cdot (\rho/g) V_*^3$  に近づく。また, (1), (2) より,  $V_*$  が一定であれば, 極大値をとった後,  $D$  が増大するにつれ,  $Q$  は 0 に近づくこととなる。同様に, (2) により椿の式では  $q$  は  $-D$  に比例することになり, 一定まざつ速度では, 粒径が大となるにつれ  $q$  は減少する。

一方, BAGNOLD 式では,  $Q$  は 0 から出発し,  $D^{1/2}$  に比例して単調に増加するため極大飛砂量をとらない。

このように, これらの飛砂量式では, 砂の粒径に着目した場合, 著しく異なった傾向を示すことが指摘される。

つぎに砂の分布範囲の影響についてみると, 河村および椿の式では砂を均一粒径としてとり扱っており, 分布範囲の影響については検討されていない。BAGNOLD 式では, その影響はいちおう  $C$  の変化として表わされているが,  $C$  の値の詳細な決定方法が不明確である。

以上のように, 飛砂量と砂の粒度との関係には検討すべき, また補うべき余地が残されている。

### III 研究方法

まず, 粒径によって従来の飛砂量式の傾向がことなる

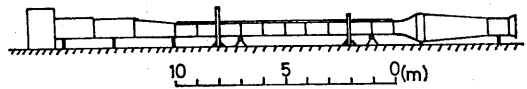


図-1. 飛砂実験用風洞  
Wind tunnel for sand movement experiments

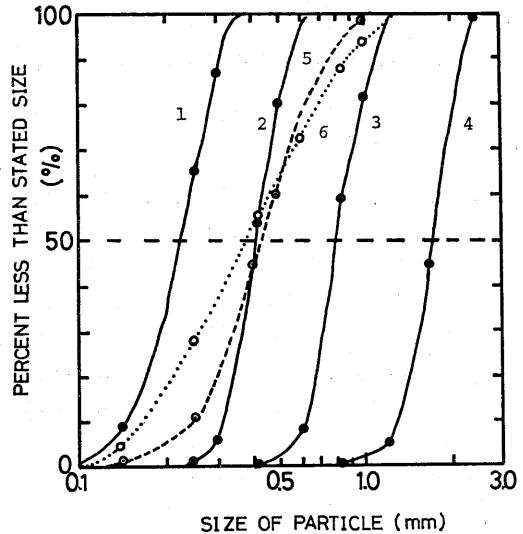


図-2. 試料砂の粒度分布  
Experimental sand grain distribution

ことについて検証して, 飛砂量と粒径との関係を明らかにするため, 分布範囲がほぼ等しく粒径のことなる 4 試料砂を用いて風洞実験を行なった。ついで, 次元解析によって飛砂量に影響する諸物理量を整理し, 無次元式を求め, 先の検証を考慮して実験式を決定した。分布範囲の影響はその実験式における係数の変化としてとらえ, そのため粒径がほぼ等しく分布範囲のことなる 3 試料砂を実験に用い, 分布範囲と係数との関係を明らかにし, 砂の粒径と分布範囲とをとり入れた飛砂量式を求める。

実験に用いた飛砂風洞の概略を図-1 に示す。測定部の幅は 25 cm, 高さは 50 cm である。測定部長は 10 m であるが, この長さは飛砂の飽和が満足されるのに十分であると考えられる(4)。

飛砂が生じている場合の風速分布については, ZINGG(9) によると次式が成り立つ。

$$V_z = 6.13 V_* \log_{10} \frac{z}{z'} + V_{z' \cdot t} \quad (4)$$

式中,  $V_z$  は砂面上  $z$  の高さにおける風速,  $z'$  はいわゆる focal point で,  $V_{z' \cdot t}$  は砂面上の高さ  $z'$  における限界風速である。本実験では(4)式を用いて  $V_*$  を求めている。

砂の代表粒径と分布範囲とを明示するために, 中央粒

径 ( $D_{50}$ ) と標準偏差 ( $s = \sqrt{D_{84}/D_{16}}$ ) とを採用した。ここで、 $D_{50}$  は粒径加積曲線において 50% を示す粒径、 $D_{84}$ 、 $D_{16}$  はそれぞれ 84%、16% とに対応する粒径である。

砂の粒径の影響に関する実験に用いた試料砂の粒度分布は図-2 中の 1~4 で、分布範囲の影響を調べるのに用いた砂は 2, 5, 6 である。これらの試料砂を気乾状態のまま、平坦に測定部に敷きならし、実験を行なった。

IV 実験結果と考察

1. 飛砂量におよぼす砂粒径の影響

ほぼ同一の分布範囲をもつ 4 試料砂についての飛砂量とまさつ速度との実験結果を示すと図-3 のようになる。中央粒径が大きいものほど急激に飛砂量が増加し、しかも  $V_* > 120$  cm/s では、飛砂量も多くなっている。それ以下の範囲では飛砂量は粒径に対し変動している。これをさらに詳しくみるため、図-3 をもとに、任意のまさつ速度ごとの  $D_{50}$  と  $Q$  との関係を読みとったのが図-4 である。BAGNOLD、河村両式における計算値も併記している。BAGNOLD 式における  $C$  の値は本実験値になるべく適合するよう 2.8 を採用した。

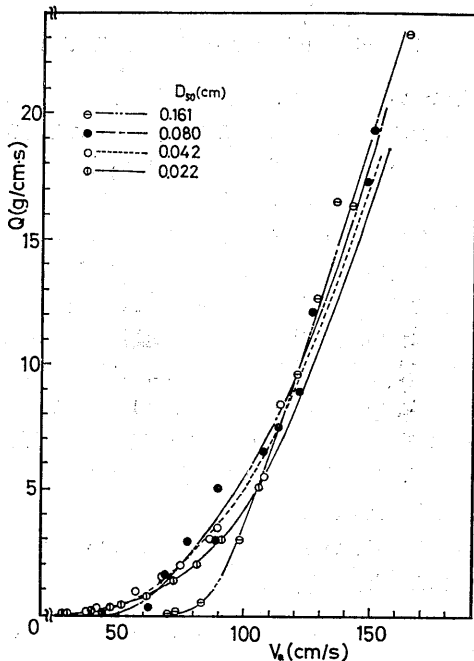


図-3. マサツ速度と飛砂量との関係 (標準偏差一定)

Relation between  $Q$  and  $V_*$  as  $S$  is constant  
 $V_*$ : shear velocity,  $Q$ : sand movement per unit time and unit bed width,  $S$ : standard deviation of experimental sand  $= [D_{84}/D_{16}]^{1/2}$

図-4 において、本実験値は任意のまさつ速度ごとに飛砂量が極大値をとっており、極大飛砂量となる粒径(飛砂量極大粒径とよぶ)が存在しており、その粒径はまさつ速度とともに増大する傾向を示していることが注目される。

BAGNOLD 式による計算値は、 $V_* < 80$  cm/s で、 $D_{50} < 0.05$  cm の範囲では本実験結果とよく一致しているが、前述したように、この式では極大飛砂量および飛砂量極大粒径は存在しないから、これらの範囲以上では、 $D_{50}$ 、 $V_*$  が大となるにつれ本実験値と著しい差異を示し、過大な飛砂量を与えている。このように、BAGNOLD 式における飛砂量と中央粒径との関係は明らかに本実験結果の示す傾向と矛盾している。これは、BAGNOLD の場合、研究対象が内陸砂丘であり、砂の粒径はわが国の海岸砂丘砂より小粒径の範囲のものが多いことに起因していると考えられる。

河村式による計算値は極大飛砂量、飛砂量極大粒径、ともに  $V_*$  にもなって変化しており、傾向としては本実験値とよく近似しているが、本実験値とくらべた場合、飛砂量の変化度合が小さいようである。また、この式では、粒径が 0 に近づくとつれ、飛砂量は  $V_*^3$  に比例した値に近づき 0 に近づかないため、まさつ速度が小さい場合、小粒径になるほど過大値を与えている。このように、河村式では、傾向は本実験値と近似であるが、BAGNOLD 式とは逆に小粒径の範囲において過大な値を示すことになる。

ところで、根本(7)は  $D_{50} = 0.025$  cm の丘砂における現地観測の結果、河村式がそのまま適用できるとしているが、これは河村が  $K = 2.78$  と決定する実験に用い

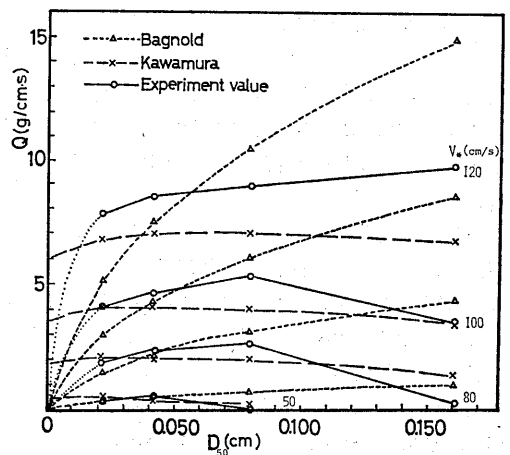


図-4. 中央粒径と飛砂量との関係

Relation between  $Q$  and  $D_{50}$

$D$ : median diameter of experimental sand

表-1. 飛砂量に関する量と次元  
Physical quantity and dimension as to sand movement

量	記号	次元
飛砂量	$Q$	$ML^{-1}T^{-1}$
まさつ速度	$V_*$	$LT^{-1}$
砂の粒径	$D$	$L$
重力の加速度	$g$	$LT^{-2}$
砂の密度	$\sigma$	$ML^{-3}$
空気の密度	$\rho$	$ML^{-3}$

た砂の粒径とこの場合の粒径とが一致しているためだと考えられる。

これらのことから、BAGNOLD と河村の両式の適用度を高めるためには、BAGNOLD 式では、 $V_*^3$  の代わりに  $V_* = V_{*t}$  のときに  $Q=0$  となるような項、極大飛砂量、飛砂量極大粒径が存在するような項が必要である。河村式では、飛砂量の変化割合を大きくする必要があること、粒径が 0 に近づくにつれ飛砂量も 0 に近づくような項が必要であることが指摘される。

2. 飛砂量に関する次元解析

飛砂量に影響をおよぼすと考えられる物理量の次元について示すと表-1 のようになる。この場合、分布範囲は一定として考える。

$Q$  が  $V_*, g, D, \rho, \sigma$  の関数であるとすれば、次元解析より

$$f_1(Q/D \cdot V_* \cdot \sigma, g \cdot D/V_*^2, \sigma/\rho) = 0$$

が得られる。したがって、

$$Q/D \cdot V_* \cdot \sigma = f_2(V_*^2/g \cdot D \cdot \sigma/\rho)$$

と書ける。この式の右辺はフルード数と相対密度であるが、これらを組み合わせた、いわゆる密度フルード数を用いれば、

$$Q/D \cdot V_* \cdot \sigma = f_3(V_*^2/g \cdot D \cdot \sigma/\rho)$$

となる。

関数  $f_3$  の形は不明であるが、BAGNOLD, 河村両式に対する先の検討を考慮すれば、

$$Q/D \cdot V_* \cdot \sigma = N_1 (V_*^2/g \cdot D \cdot \sigma/\rho)^\alpha - N_2$$

とおけよう。

図-5 は  $Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma$  と  $(V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho)^{0.8}$  との関係を実験値について示した結果であるが、ほぼ直線関係と見なされる。したがって、

$$Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma = N_1 (V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho)^{0.8} - N_2 \quad (5)$$

と表わされる。

飛砂限界まさつ速度を (5) 式において、 $Q=0$  となるときのまさつ速度とする、と操作的に定義すれば、

$$\left( V_{*t}^2/g \cdot D_{50} \cdot \frac{\sigma}{\rho} \right)^{0.8} = \frac{N_2}{N_1} \quad (6)$$

となり、これから

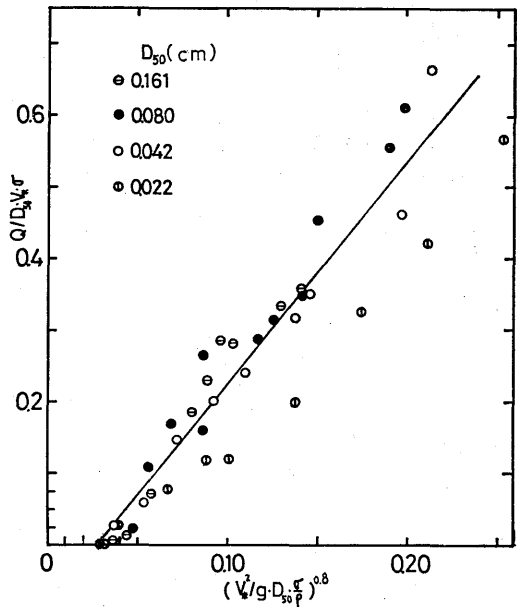


図-5.  $Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma$  と  $(V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho)^{0.8}$  との関係  
Relation between  $Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma$  and  $(V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho)^{0.8}$

$$V_{*t} = \sqrt{\left( \frac{N_2}{N_1} \right)^{2.5/2} \cdot g \cdot D_{50} \cdot \frac{\sigma}{\rho}}$$

が得られるが、これは (2) 式と一致している。

(5) 式と (6) 式とから

$$Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma = N_1 \left\{ \left( \frac{V_*^2}{g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho} \right)^{0.8} - \left( \frac{V_{*t}^2}{g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho} \right)^{0.8} \right\}$$

となる。

図-5 において、 $N_2/N_1$  は各粒径の砂ともほぼ 0.03 に集中している。 $N_1$  については粒径ごとに若干の差はあるが、粒径が約 8 倍の変化幅があるのに対し、 $N_1$  の変化幅は非常に小さく、ほぼ一定と見なしてさしつかえなからう。したがって標準偏差がほぼ 1.25 のこれらの試料砂については

$$Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma = 3.25 \left\{ \left( \frac{V_*^2}{g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho} \right)^{0.8} - 0.03 \right\} \quad (7)$$

が成り立つと見なされる。

(7) 式から、飛砂量極大粒径が  $V_*^2$  に比例し、極大飛砂量が  $V_*^3$  に比例することがわかるが、これは河村式の場合の傾向と一致している。また、この式は粒径が 0 に近づくにつれ、飛砂量も 0 に近づく傾向を示し、さらに  $V_* = V_{*t}$  において飛砂量は 0 となる。

このように (7) 式は BAGNOLD と河村の両式を総合した形となっており、前述の両式における難点を補正し

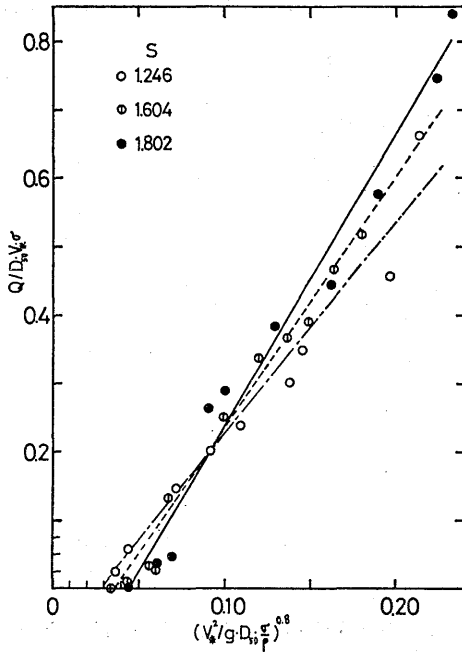


図-6.  $(V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho)^{0.8}$  と  $Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma$  との関係 (中央粒径一定)  
Relation between  $Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma$  and  $(V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho)^{0.8}$  as  $D_{50}$  is constant

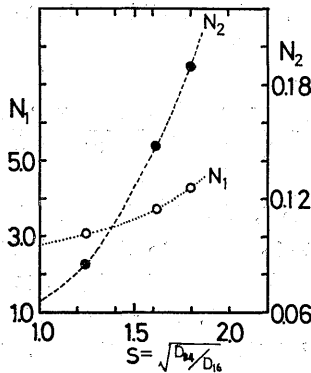


図-7.  $N_1$ ,  $N_2$  と標準偏差との関係  
Effect of  $s$  on  $N_1$  and  $N_2$

ていると考えられる。

3. 飛砂量におよぼす砂の分布範囲の影響

図-6 は中央粒径がほぼ等しく、標準偏差のことなる3試料についての飛砂量とまきつ速度との関係を無次元化して示したものである。標準偏差の変化割合が1.4と小さいにもかかわらず、 $N_1$ ,  $N_2$  の変化が大きくなっている。このように、標準偏差の影響は(5)式における  $N_1$ ,  $N_2$  の変化として表わされる。

図-6 において、各試料砂ごとに(5)式を適用し、 $N_1$ ,

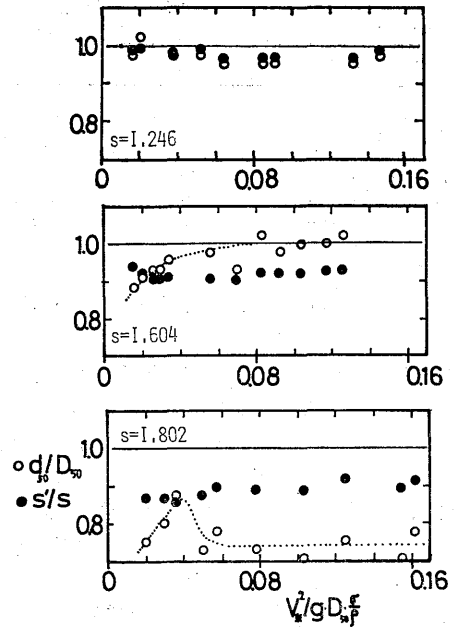


図-8.  $d_{50}/D_{50}$ ,  $s'/s$  と  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho$  との関係  
Relation between  $d_{50}/D_{50}$  or  $s'/s$  and  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho$   
 $d_{50}$ , median diameter of blown sand;  $s'$ , standard deviation of blown sand

$N_2$  と標準偏差との関係を示したのが図-7で、この図によって  $N_1$ ,  $N_2$  が求められる。

ちなみに、 $N_1$ ,  $N_2$  が標準偏差によって変化する原因について検討するため、飛砂した砂の粒度分析を行った。飛砂の中央粒径を  $d_{50}$ 、標準偏差を  $s'$  とする。

図-8 は試料砂別の  $d_{50}/D_{50}$ ,  $s'/s$  と  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho$  との関係を示したものである。 $s=1.246$  では  $d_{50}/D_{50}$ ,  $s'/s$  とほぼ1.0であるが、試料砂の標準偏差が大きくなるにしたがって  $d_{50}/D_{50}$ ,  $s'/s$  とともに小さな値をとるようになり1.0から大きくはずれてくる。しかも  $s=1.604$ ,  $1.802$  ではその値が  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho$  によって変化している。 $s=1.604$  では  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho > 0.04$  において  $d_{50}/D_{50} \approx 1.0$  であるが、それ以下の範囲では  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho$  が大きくなるにつれ  $d_{50}/D_{50}$  も大きくなっている。したがって、この範囲では風による砂のふるい分け現象が生じていると考えられる。

$s=1.802$  の試料砂では全実験範囲において、ふるい分けが活発であるが、 $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho > 0.05$  においては  $d_{50}/D_{50} \approx 0.75$  と一定値であるのに対し、それ以下の範囲では  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma/\rho$  にもなって  $d_{50}/D_{50}$  も変化している。

$s'/s$  については、 $s=1.604$ ,  $1.802$  の試料砂ごとに  $V_*^2$

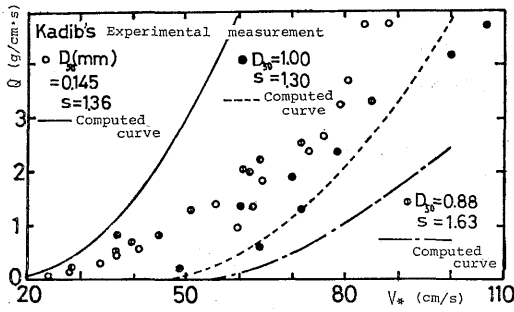


図-9. 実験式による計算値と KADIB の測定値との比較  
Comparison between computed curve and KADIB's measurement

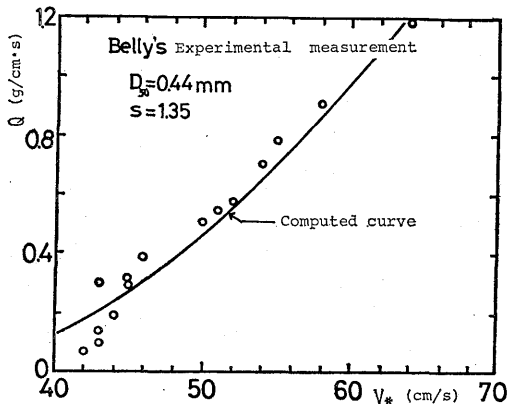
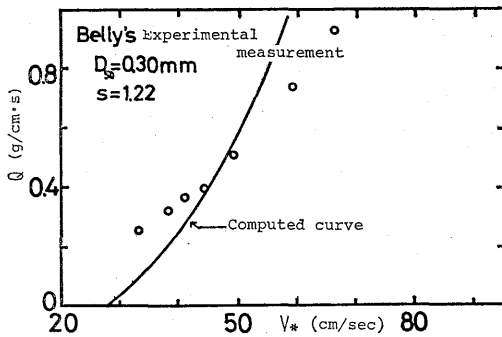


図-10. 実験式による計算値と BELLEY の測定値との比較  
Comparison between computed curve by experimental equation and BELLEY's measurement

$1/g \cdot D \cdot \sigma / \rho$  によってそれほど顕著な変化はみられない。  
再び図-6 をみると、 $s=1.604$  の試料砂では  $(V_*^2/g \cdot D \cdot \sigma / \rho)^{0.8} < 0.07$ 、 $s=1.802$  では  $(V_*^2/g \cdot D \cdot \sigma / \rho)^{0.8} < 0.09$  で急激に  $Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma$  が減少しているが、この

急激に減少する  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma / \rho$  と前述の  $d_{50}/D_{50}$  が一定値となる  $V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma / \rho$  とが一致しているのがわかる。したがって、 $d_{50}/D_{50}$  が一定値をとる範囲においては、標準偏差別に  $N_1$ 、 $N_2$  に著しい傾向のちがいはみられないが、それ以下では、次元解析によって得た無次元式は粒径を一定として処理せねばならず、そのため、粒径が変動している範囲では  $Q/D_{50} \cdot V_* \cdot \sigma$  と  $(V_*^2/g \cdot D_{50} \cdot \sigma / \rho)^{0.8}$  との関係が急変するものと考えられる。このように、粒径を一定として(5)式を適用し、 $N_1$ 、 $N_2$  を求めるため、 $s$  によって  $N_1$ 、 $N_2$  が変化するよう表現されることになる。

ともあれ、図-7 と(5)式とによって砂の粒度と飛砂量との関係が表わされる。

4. 本実験式と既往の実験値との対比

(5)式と図-7とによって求めた飛砂量とまきつ速度との関係と、対象砂の中央粒径および標準偏差が明確である KADIB(5) と BELLEY(2) との風洞実験値とを対比したのが図-9, 10 である。

KADIB の実験結果に対して、本式による計算値は  $D_{50} = 0.1 \text{ cm}$  のものにはほぼ一致しているが、 $D_{50} = 0.088 \text{ cm}$  の実験値に対しては過小値を与え、 $D_{50} = 0.0145 \text{ cm}$  のものに対しては過大値を与えている。これは KADIB の実験では砂の供給を行なっており、このような実験上の相違によるものと考えられる。

BELLEY の実験結果に対して本式はよく一致した傾向を示している。

全体的には風洞実験方法のちがいや、それぞれの風洞の特性等を考慮すれば、砂の粒度を包含した本実験式がほぼ適用できると判断される。今後は現地観測値との対比が必要であろう。

引用文献

- (1) BAGNOLD, R. A.: The physics of blown sand and desert dunes. 265 pp, Mathuen & Co. Ltd., London, 1954
- (2) BELLEY, P. Y.: Sand movement by wind. Tech. Memo. 1, 37 pp, U. S. Army Coastal Engg. Res. Center, 1964.
- (3) CHEPIL, W. S.: Dynamics of wind erosion (III). Soil Sci. 60: 475~480, 1945
- (4) 石原藤次郎: 応用水理学 I. 273 pp, 丸善, 東京, 1958
- (5) KADIB, A. W.: A function of sand movement by wind. 91 pp, Hyd. Engg. Lab., Univ. of California, 1965
- (6) 河村龍馬: 飛砂の研究. 東大理工研報 5: 95~112, 1951
- (7) 根本 茂: 砂粒が跳躍し始める時の摩擦速度. 気象研報 20: 365~383, 1969
- (8) 椿東一郎: 水理学 II. 272 pp, 森北出版, 東京, 1974
- (9) ZINGG, A. W.: Wind tunnel studies of the movement of sedimentary material. Proc. of the Fifth Hyd. Con., 111~135, 1950

(1978年6月2日受理)