

関東地方の風塵について*

船 津 康 二**

はしがき

関東地方は風で飛揚しやすい土壌が広範囲に存在しているので、本邦でもっとも多く風塵が発生する地域である。強い風塵が発生する時には、空は黄褐色となり昼間でも電燈をつけなければならない程の暗さとなる。また、家の中といわず身体までも砂だらけになるしまつである。この風塵による主な被害は、交通障害、衛生上の有害および農耕地の風食である。

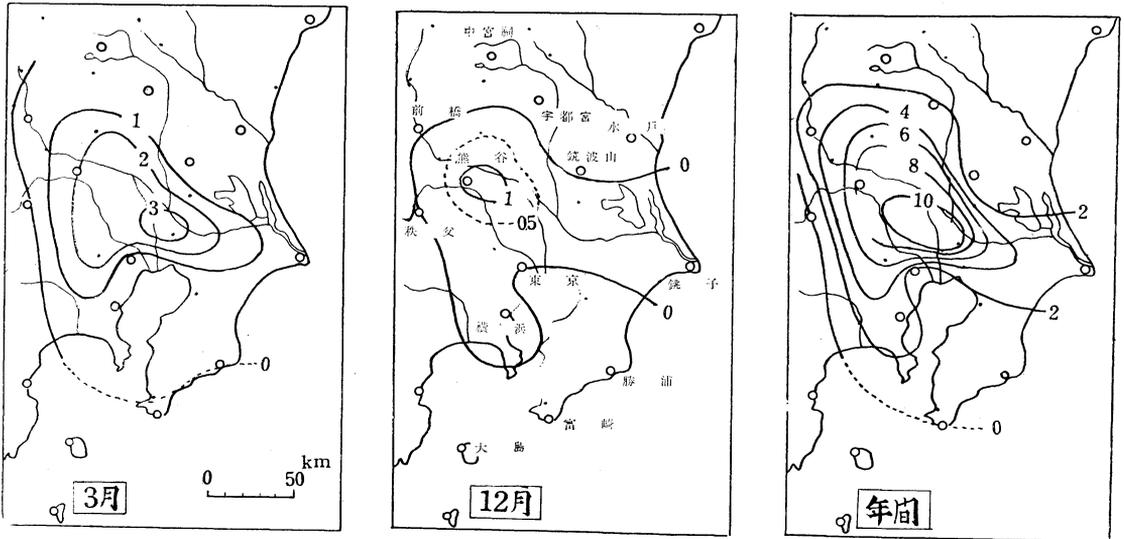
風塵の発生原因、機構および飛砂量などについては、すでに多くの研究がなされているが、ここでは、関東地方に発生した風塵の地理的分布、年変化、気象要素との関係などについて、1949年から1959年の資料を整理した結果を報告する。

1. 発生回数

1-1. 地理的分布

もっとも多く発生する地域は、内陸平野部で、年4日～20日、平均で10日位、もっとも少ない地域は房総半島の太平洋側で、10年に1日～2日位。発生しない地域は関東西部、群馬県北部の各山間部である。なお、伊豆諸島北部の大島、新島でも、飛揚した砂塵が落下する現象や、砂塵で黒く着色した雨が観測されることもある。

発生回数は、土壌の種類、地表面の被覆状況などの要素と、雨、風、湿度などの気象状況によって決定づけられる。なお、東京で少ないのは、東京では常時空気がよごれて視程の悪いことが多く、したがって弱い風塵の場合には観測が困難なためであろう。



第1図 風塵日数の分布 (1949～1959)

* On Dust Storms in Kanto-district

** Yasuji Funatsu, 東京管区気象台—1960年11月24日—

第1表 地点別・月別風塵発生回数

(1949~1959)

地点	月												年	備考
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
中宮祠	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	統計年数 1956~59 同上
宇都宮	0.2	0.5	0.4	0.4	0.4	—	0.1	0.2	—	—	—	—	2.1	
前橋	0.4	0.9	0.7	0.9	0.2	—	—	—	—	—	0.1	—	3.2	
桐生*	1.0	1.0	2.0	1.8	0.3	—	—	0.3	—	0.5	0.5	0.3	7.5	
沼田*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
熊谷	1.3	1.5	2.0	1.9	0.7	—	—	0.1	0.2	0.2	0.8	0.8	9.5	
秩父	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
水戸	—	0.3	0.3	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	1.2	
筑波山	0.1	0.4	0.4	0.3	0.1	—	—	—	—	—	—	—	1.2	
東京	0.3	0.1	0.4	0.1	—	—	—	—	0.1	—	0.1	—	1.0	
大和田**	1.0	2.5	2.2	0.8	0.4	—	0.2	—	—	—	—	0.2	7.3	
横浜	0.4	0.5	0.6	0.6	0.2	0.1	—	0.1	—	—	—	0.1	2.5	
銚子	0.4	0.5	0.5	0.1	0.2	—	0.1	0.2	0.1	—	0.2	0.2	2.4	
勝浦	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.1	
富崎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
柏**	1.0	2.0	3.3	1.5	1.3	0.1	0.3	0.1	—	0.3	0.1	0.1	10.1	1960年の2,3月に各1日あり 統計年数1948~51

(注) 1. *, ***) は参考資料.
2. 統計年数は今後とくに附記しない限り, 第1表と同じ.

1-2. 年変化

2月~4月にかけてもっとも多く発生している。発生日数は内陸平野部で月2日位, 多い年には5日~8日。東・南部海岸地域では月1日位, 多い年には3日位である。

1, 5, 11, 12の各月は, 内陸平野部で月1日, 多い年には3日~4日位ある。6月~10月は非常に少なく, ことに一般に悪天の多い6月にはほとんど発生していない。

なお, 発生日数は年による変動が大きい。これは主として1月~4月の異常乾燥日の多少によるようである。

第2表 風塵発生日数の年による変動の例

年	地点			
	熊谷	銚子	横浜	全域
1949	21日	3日	6日	28日
50	6	—	3	15
51	11	2	4	15
52	5	—	1	5
53	14	4	8	23
54	14	1	—	18
55	8	7	1	16
56	8	4	1	13
57	9	5	3	14
58	4	—	1	10
59	4	—	—	6

1-3. 広範囲および強風塵の発生日数

(1) 広範囲に発生する時期は1月~5月で, 2月・3月がもっとも多い。(2) 強風塵は1月~3月に発生する。発生日数は非常に少ない。

第3表 広範囲(3測候所以上)および強風塵(強度1以上の月別発生日数)

種別	月												年	発生日数の百分率 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
広範囲に発生した日数(計)	2	7	6	2	1	—	—	1	—	—	—	—	19	12
強風塵日数(計)	1	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	4

(注) 強風塵日数は最小視程と風塵の記事の資料が少ないので, やゝ不正確。(実際はこの日数より多いと思われる)。

1-4. 発生原因

関東地方に風塵が発生しやすい原因や年変化があらわれる原因は次のとおりと考えられる。

- (1) 風で飛揚しやすい土壌が広範囲に分布している。
- (2) 11月末から4月にかけては, 植物の生育期間でなため裸地が多くなり, 表土の飛揚に好都合な地面状態となる。
- (3) 冬季から春季にかけては, 内陸平野部ではことに雨量は少なく, また異常乾燥の日が多いので地面の乾燥はいちじるしくなり, 表土が移動しやすくなる。

(4) 表土の移動をとくにさまたげる積雪は、北部山岳地帯を除いてはほとんどない。

(5) 地形の影響でとくに冬季から春季にかけては、季節風の吹き出し、寒冷前線および日本海を発達した低気圧の通過などのさい、降雨を伴わないで強風が吹く。この時は大気的不安定度がいちじるしいので砂塵を押し上げる短周期の垂直運動が起る。なお、大気成層が安定の時でも地形の影響で移流による上昇も起りやすい。

(6) 6月～10月にかけて発生が少ない理由は次のとおり考えられる。

(i) 植物の生育の最盛期にあたるため、表土の移動が困難である。

(ii) 降水量が多くなり土壌は湿潤となる。寒候期にくらべ乾燥した強風の吹くことは少ない、強風が吹く時は雨を伴うことが多い。

(7) 広範囲に風塵が発生するときは、強い北西の季節風の吹き出し、顕著な寒冷前線の通過および強い低気圧が日本海を北東進する場合である。

2. 発生・終了時刻と継続時間

2-1. 発生・終了時刻

(1) 発生時刻は9時～15時の間がほとんどで、やむ時刻は15時～21時である。9時前または15時以後に発生することもあるが非常に少ない。9時～15時の間にやむこともかなりあるが、この場合は、継続時間は短かく弱い。

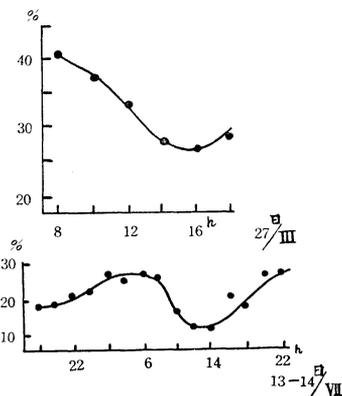
第4表 発生・終了時刻頻度

時刻	21-3	3-9	9-15	15-21
発生	2 (1%)	24 (10%)	193 (81%)	20 (8%)
終了	2 (1%)	5 (2%)	80 (34%)	152 (64%)

(2) 9時～15時にかけて発生しやすいのは、気温が上昇して地面近くが不安定となって、交換現象がさかんと

なる時刻であり、また、空気は乾燥し、地表面も一日のうちでもっとも乾燥する頃になるからだと考えられる。しかし、寒冷前線が通る場合などには、夜半や早朝であっても発生することがある。

(3) 15時～21時にかけてやむことが多い理由は、交換現象が弱まり、地表面も次第に湿ってくるからである



第2図 地表面の土壌水分の日変化 (大和田, 1947)

う。(2) なお、月没後は視程観測が困難になることも観測回数にいくぶん影響しているであろう。

(4) 発生時刻の地域性は、第5表の例からわかるように、一般に風下の地域に行く程おそくなる。

2-2. 継続時間

3～6時間継続することが多い。12時間以上のことは非常に少なく、まる1日間継続することはなかった。一般に、季節風の吹き出しの場合は長時間継続するが、寒冷前線や低気圧が日本海を進む場合はわりあい短い。しかし、寒冷前線通過後の寒気の吹き出しが、強い場合や、日本海を進む低気圧がおそい場合は例外で長時間続く。10m/s以上の風速の継続時間が短いときや、最大風速が比較的弱い場合(10m/s前後)には、1時間以下のことがしばしばある。

第5表 発生時刻の地域的变化の例

地点	熊谷	宇都宮	筑波山	水戸	銚子	横浜	期日
卓越風向 北西風	8h 25m (WNW 15.5m/s)		11h 05m (WNW 16.9m/s)		11h 40m (WNW 20.2m/s)		28 II 1949
発生時刻 (最大風速)	8.50 (NW 15.1)		10.50 (W 18.2)	12h 30m (NW 13.9)			3 III 1949
	7.40 (N 16.1)			10.30 (NW 19.5)		8. h 35m (NW 21.4)	24 III 1960
南西風	12.40 (S 9.4)	14h 50m (SSW 11.8)	12.50 (SW 9.8)	14.15 (SW 13.5)		11.25 (SW 18.0)	10 IV 1949

第6表 継続時間別頻度

(1949~1952)

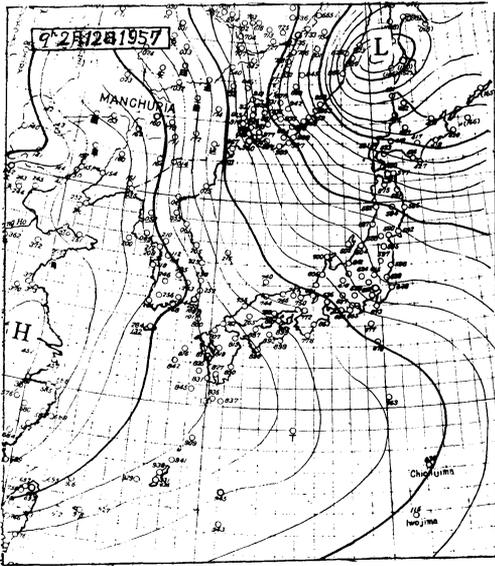
地域	継続時間						備考
	<1	1-3	3-6	6-12	12-24	24≥	
全 域	15	35	42	17	1	—	
内陸平野部	11	26	24	11	1	—	熊谷, 宇都宮, 前橋を統計
海岸地域	—	3	3	3	—	—	銚子, 水戸 //
大都市	2	1	9	2	—	—	東京, 横浜 //

3. 気圧配置型と風塵の発生

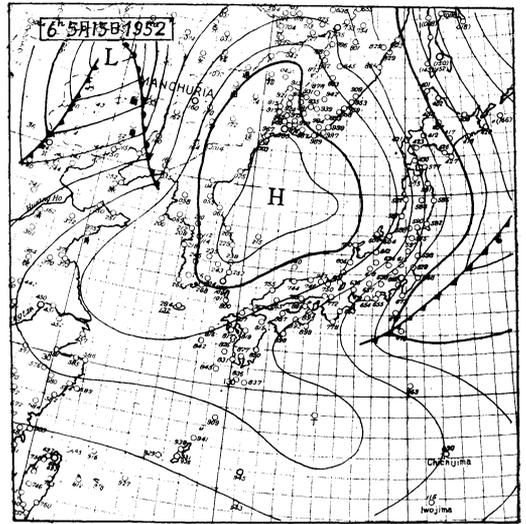
風塵発生日の気圧配置は、わりあいはっきりとしていて、次の4型に分類できる。

(1) 北西強風型 冬の季節風が吹き出す場合と、春季と秋季に、低気圧が三陸沖で発達する場合や、顕著な気圧の谷が房総沖に停滞する場合に、関東地方に強い北西風が吹いて風塵が発生する型である。この型のとき風塵はもっとも多く発生する。なお、季節風の吹き出しが強い場合は、風塵は関東一帯に拡がり、強度の大きいことが多い。しかし、3月~5月に三陸沖で低気圧が発達したときの北西風の場合は、内陸平野部に発生するのみで、強度も弱い。

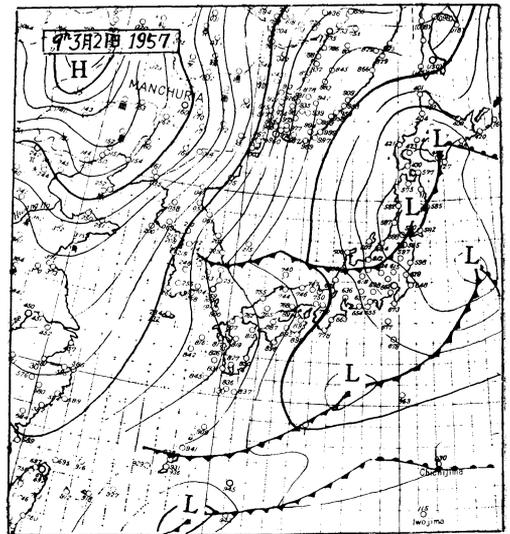
と複合して発生することも多い。このときの風塵は広範囲に発生する。



第3図1 風塵の発生しやすい気圧配置 北西強風型

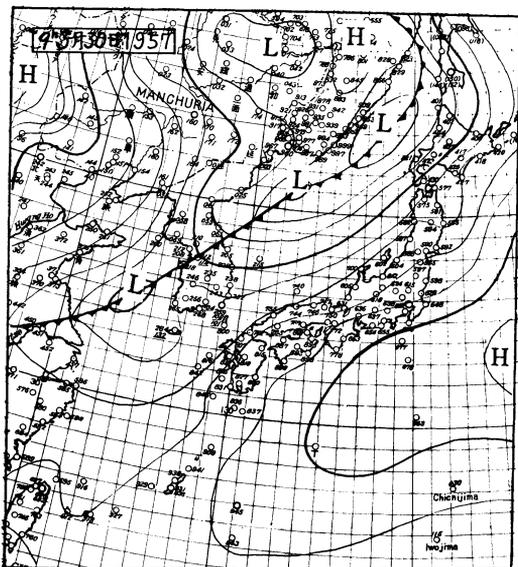


第3図2 北西強風型

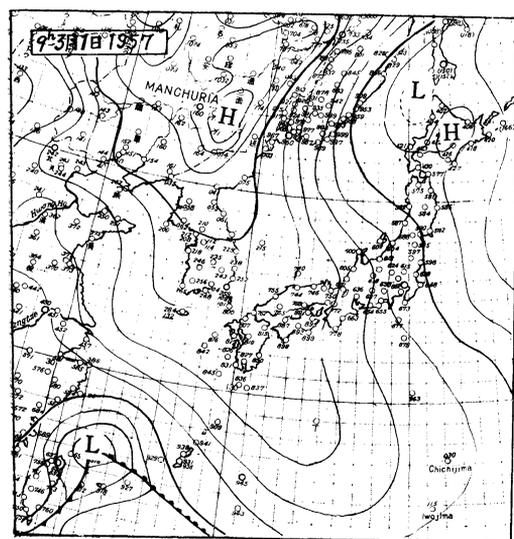


第3図3 寒冷前線型

(2) 寒冷前線型 寒冷前線がほとんど降雨を伴わないうで通過する場合(カチフロントのことが多い)で、北西強風型について多発する。3・4月に多い。これらの時期に関東地方を通過する寒冷前線の総数の10~20%は風塵を発生させている。また、北西強風型や南西強風型



第3図4 南西強風型



第3図5 高気圧型

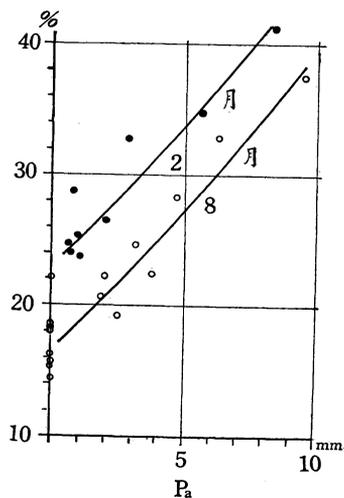
(3) 南西強風型 日本海を強い低気圧（または台風）が通る場合と、顕著な気圧の谷が日本海または西日本にあって、関東地方一帯には雨がほとんどなく、S~SWの強風が吹く場合に発生する。2月~11月が発生期で、3・4月がもっとも多い。

(4) 高気圧型 本邦が高気圧におおわれている時に発生する型で、発生回数をもっとも少ない。北高南低型の気圧配置のときが多い。この型のときは内陸平野部で日中の最大風速は8~12m/sで、発生範囲はせまく、継続時間は短い。しかし、南海上を台風等がゆっくり北上する場合には、長時間継続した例があったが、強度は弱かった。

4. 風塵と気象要素

4-1. 雨量

風塵が発生するには、まず土壤が乾燥して、ある程度の風力によって、表土が移動できるようになることが必要である。関東地方では表土の含水量が10%だと風速5~6m/sで移動を開始する。30%だと10m/sでもなかなか移動しにくい。(3) 地表面の土壤水分は雨量、風速、湿



第4図 地表面の土壤水分と既往降水指数

大和田, (2月 1948)
(3月 1947)

表7表 気圧配置型別の風塵発生回数

型	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年	発生回数 の百分率
北西強風		1.5	1.5	1.6	1.1	0.3	—	—	—	—	—	0.5	0.9	7.4	50%
寒冷前線		0.2	0.5	1.4	1.3	0.5	0.1	—	0.3	0.1	0.1	0.1	—	4.4	29
南西強風		—	0.1	0.6	0.5	0.3	—	0.3	0.1	0.2	—	0.2	—	2.2	15
高気圧		0.2	—	0.1	0.3	0.1	—	—	—	—	0.1	0.1	0.1	0.9	6

度、気温などの影響を受けるが、主として雨量によって決まる。それも前何日間かの雨量に密接な関係がある。そこで大和田での土壌水分の観測値⁽⁴⁾と既往降水指数 P_a の関係を求めてみると第4図のとおりで、地表面の乾湿の度合は既往降水指数

$$(P_a = b_1 P_1 + b_2 P_2 + \dots + b_t P_t, \quad b_t = \frac{1}{t})$$

を媒介変数としてあらわすことができ、 $t=10$ 日とすればよい。

(1) P_a と風塵回数の関係から次のことがわかる。風塵は P_a が5mm以下の日に発生することが多く、10mm以上の日に発生することは非常に少ない、

第8表 既往降水指数 P_a と風塵回数

P_a	0-5	5-10	10-15	15-20	20mm \geq
$t=10$ 日	197 (87%)	22 (10%)	7 (3%)	—	—
$t=30$ 日	152 (67%)	51 (23%)	20 (9%)	2 (1%)	1 (0%)

(2) 無降水継続日数が長い方が当然発生しやすいが、これは季節によって異なる。冬季は10日以上継続すれば発生しやすくなるが、春季には5日位でもかなり発生する。なお、海岸地域では5日以内に10mm以上の雨量があるようなときはほとんど発生しない。

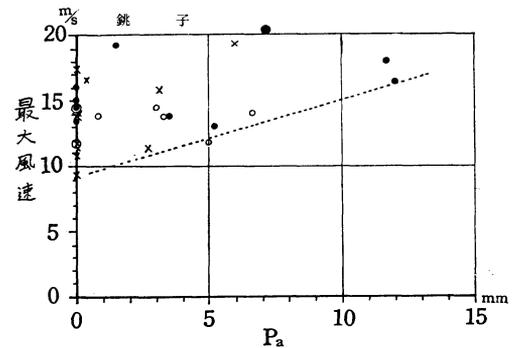
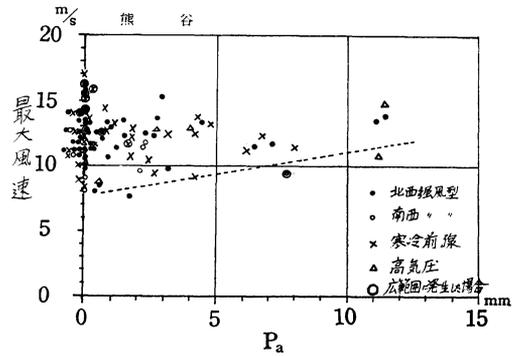
(3) 季節風によって風塵が発生するときは、内陸平野部での P_a は、ほとんど2mm以下である。しかし海岸地域では10~15mmで地表面が多少湿めていても観測されていることがある。これは内陸平野部に発生した風塵が強い北西風のために海岸地域へ流されてくるからであろう。

(4) P_a が5~10mmで地表面の乾燥がいちじるしくなくても、寒冷前線が通るときには発生することがある。これは前線による上昇気流が強いため砂塵が巻き上げられるからである。

4-2. 風速

砂粒が飛び上がるのは風圧に比例する⁽⁶⁾。また、飛砂量は風速の3乗に比例することも理論的に計算されている⁽⁶⁾。以上から弱い風が長時間吹くよりも、短時間でも強い風が吹いた方が土壌粒子の移動には有効なことを示している。関東地方における風塵の発生と風速との関係は、定性的ではあるが大体的なとおりである。

(1) 風塵発生日の最大風速は、概して平均で10m/s、瞬間では15m/s以上となっている。所によってはこれより弱くても発生することもあるが、その回数は少ない。



第5図 P_a 最大風速と風塵の発生との関係

(2) 内陸平野部では、 P_a が2mm以下のときは、最大風速が8m/s位、 P_a が2~10mmのときは10m/s位で発生する。海岸地域では、 P_a が2mm以下のときは、最大風速は10m/s、 P_a が2~10mmのときは12, 3m/s、 P_a が10mm以上では、15m/s以上で発生する。このように、 P_a が増加すれば最大風速も強くなると風塵は発生しない。

(3) 寒冷前線が通るときは、一般に最大風速がさほど強くなくても発生する。

(4) 風塵発生前後の風速の状況を、前橋、東京、銚子の14例の資料によって調べると次のとおりで、大体の傾向はわかると思う。

(i) 内陸平野部で P_a が2mm位の場合は、7m/s位の風速が3~4時間続き、その直後10m/sをこすようになると風塵が発生しはじめる。また、3~4m/sの風速であっても20m/s位の突風が吹くと発生する。

(ii) 海岸地域で P_a が6~8mmの場合は、9m/s位の風速が3~4時間続き、その直後11, 2m/sをこえる風速になると発生しはじめる。強い突風のある場合は(i)と同様である。

(5) 風の息が大きくなっても風塵は発生する。熊谷の1950~52年の23回資料によると、gustのあった日は総数の約1/3の9日、ない場合は14日となっている。資料が少ないのではっきりとはいえないが、風の息が大きいたときは、風塵は広範囲にまた強度も強くなる傾向がある。

むすび (予想について)

以上の調査を要約すると次のとおりで、これによりある程度風塵の発生や規模などについての予想もできるであろう。

(1) 風塵は12月~5月の冬季と春季に発生するとみてよい。2月~4月がもっとも多く発生する。

(2) 土壌の乾燥度の目安は $t=10$ 日についての既往降水指数 P_a であらわすことができる。

(3) 風塵の発生しやすい気圧配置は、はっきりしていても4型に分類できる。

(4) 気圧配置が風塵発生型になり、 P_a が10mm以下の場合、最大風速が内陸平野部で8~10m/s、海岸地域で10~12m/sとなり、3時間以上継続すれば、少なくとも関東地方の内陸平野部では発生すると考えてよい。

(5) 発生時刻は交換現象が盛になる8時~12時と、寒冷前線の通過によるものは、その通過時刻が目安となり、風下の地域になるほどおそい。なお、夕刻にはほとんどやむ。

(6) 風塵の継続時間は3~6時間のことが多い。

(7) 広範囲で強い風塵は、強い季節風の吹き出し、顕著な寒冷前線の通過および発達した低気圧が日本海を通

るときに発生する。そして、土壌の乾燥がいちじるしく (P_a が2mm以下)、最大風速が平均で、15m/s、瞬間で20m/sをこす場合に起る。

(8) 寒冷前線型と4,5月に発生する北西強風型のとときは、 P_a が10~20mm程度で地表面の乾燥がいちじるしくなくても、風速が12~13m/sに達すると発生する。

(9) 北西強風型と南西強風型は、しばしば寒冷前線型と複合してあらわれる。この場合は広範囲にひろがりやすい。

今後は、本部全般についてと、風塵の伝播状況および飛揚高度等について調査をすすめたい。

御指導を頂いた正務調査課長と課員の方々に厚く感謝いたします。(以上)

参 考 文 献

- 1) 丸山栄三, 井芹俊作 (1954): 風塵について 産業気象調査報告 17, 2: 96-99.
- 2) 日下部正雄 (1948): 土壌水分の観測法及び2, 3の観測例について 産業気象調査報告 12, 2: 21.
- 3) 田中貞雄他 (1954): 風蝕防止に関する研究 (1) 土壌含水量と移動開始風速, 農業気象 10, 57-59.
- 4) 山中昭利 (1950): 畑地の土壌乾燥型態 農業気象 6, 1: 18.
- 5) 河村竜馬 (1948): 風による砂の運動, 科学 11, 500.
- 6) 山下一郎 (1941): 砂粒の運動と風速 気象集誌 II, 19, 5: 195.

気 象 の 英 語 (33)

35. street, road, way など

村, 町, 都市の通り, とくに両側に家の並んでいる道を street という。street のうちでもせまい通り, とくに裏通りは, alley といい, 広い立派な通り, 両側に立派なビルディングが並んでいたり, 両側に街路樹のある通りは, avenue と云われる。またとくに立派な街路樹の並んだ美しい通りは boulevard と呼ばれる。しかし, 都市によっては street と avenue を横座標, 縦座標の通りに使って, たとえば南北に走る通りを street, 東西に走る通りを avenue として表わす。

以上の語に対して, road の方は, 離れた地点の間の道, つまり町や村をつなぐ道を指す。同じ道でも, ただ「通り」として見る時は, street といい, 「町と町をつなぐ通り」として見るときは road というのである。だ

から, 「この町の通りはきれいだ」という時の「通り」は street で, 「上野に行く通り」の通りは road である。

これらに対して, way は a path or course leading from one place to another である。つまりかなり抽象的で, 若し島の中を通って行きたければ, それも一つの way である (way には仕方, やり方という意味もあることはご承知のとおり)。竹やぶを突っ切って行くのも一つの way である。したがって, going my way の way の代りに road や street は使えない。また making one's way to は切り開いて進むことで, building a road to は道路を建設することである。

(有住直介)