

# 沃素-131 の沈着速度<sup>1)</sup> について\*

伊 藤 昭 三\*\*

## 1. はしがき

空気中に浮遊する放射性物質のエーロゾルが地物に沈着する現象は、原子炉あるいは核爆発の時に生成される放射性物質による地表面の汚染に関し重要な問題となってきた。このうち特に I-131 が人体障害の立場から特に注目される物質となってきた。この報告は、今迄に測定された実験資料を整理し、気象要素との関係を求め、放射能災害の予測の基礎資料とするためのものである。一般に I-131 は空気中では気体状をしており、他の核分裂生成物と同様に大気中に存在する非常に小さい粒子（たとえば凝結核等）に吸着され易いと云われている。また原子炉の暴発時には同時に放出される鉛や蒼鉛の微粒子 (submicron) に吸着された状態となっている可能性もある。このことは1957年ウインズケールの原子炉事故の後に解析された結果にも報告されている (Chamberlain 1959) このように一般には凝結核や他の微粒子に吸着された状態で浮遊していると考えられるがその粒子の落下速度は無視できるくらい小さく（ただし大きな粒子に吸着された場合は落下速度を考慮する必要あり）分子拡散や静電力等によって地物に沈着する。

すでに Chamberlain (1960) は小風洞の中で実験を行ない、境界層を横切つての分子拡散が沈着現象を支配する重要な要素であることを指摘しているのである。また静電場の効果について彼は観測される沈着速度と同じオーダーになるためには 150V/cm 程度の電場を必要とするが、Kew 観測所での電位傾度の測定によると、平均電場で 3.6V/cm 程度であり、このような電場によっては 0.001cm/sec 以下の沈着速度と推定され、あまり問題にならないと結論している。

一方、沈着速度の野外実験によると、草で被われた地面上の境界層は乱流状態であり、各々草の上のうすい sublayer もまた、葉が乱流によって運動し、それによ

って周囲の気流は乱れ、乱流輸送に関する理論はあっても表面に接する数mm のところを物質が輸送される場合の分子拡散の役割や層の厚みを評価することは困難な状況で、沈着速度に対する理論的開発もかなりおこなわれているようである。また Owen (1960) の研究によると分子拡散では、微粒子の沈着現象は説明できないとする考えもあり、彼はそのため sub-layer の厚みとその中での衝突速度を評価し、沈着現象を説明している。

このような現状で、極めて困難な問題を一般の気象要素と関係づけることは、なお困難な問題である。したがって気象要素との関係を論ずるためにも、ある程度の理論的考察を加えて、実験値を整理するのが適当な方法であろう。まず考えられることは、うすい sub-layer 内に到達する直前、つまり、被沈着面近くに到達する微粒子の運動学的考察を行い、sub-layer 内での沈着の機構に実験定数をとり入れるのが現段階では適当と考えた。

## 2. 微粒子の輸送に関する運動学的考察

まず微粒子が被沈着面に衝突した場合、はねかえらずに付着する条件、つまり衝突すること自体が沈着の充分条件であるためには、Jordan (1954) の研究によると直径  $d$  cm, 密度  $1.5\text{g/cm}^3$  の完全球体粒子について、衝突面への法線速度成分が  $0(10/d)\text{cm/sec}$  以下ならば付着することが実験されている。したがって粒子の速度が問題になってくる。粒子はある大きさを持っているため厳密には流体と同じ速度では動いていない、今粒子が完全に流れに follow する条件を考えてみよう、まわりの流体の速さになる時間  $t_d$  は、Owen (1960) によると  $t_d \sim O\left(10^{-1} \frac{\rho - \rho'}{\rho} \frac{d^2}{\nu}\right)$  である。ただし  $d$  は粒子の大きさ、 $\rho'$  は粒子の密度、 $\rho$ ,  $\nu$  はまわりの流体の密度と動粘性係数である。一方、被沈着面に近接した乱れの変動の最小時間  $t_r$  は  $t_r = O\left(\frac{\nu}{V_*^2}\right)$  であると考えられる。ただし  $V_*$  は摩擦速度である。そこで乱れの変動時間よりも、follow する時間が小さければ、すなわち  $t_d < t_r$  ならば浮遊粒子はいつも流れに quasi-equilibrium になって粒子の運動と空気の運動を区別して考える必要はない。今空気を考えてみると  $\rho'/\rho \sim O(10^3)$  であるから

\* On the Deposition Velocity of Iodine-131.

\*\* Shozo Ito, 気象庁観測部  
—1963年9月20日受理—

1) 沈着速度 =  $\frac{\text{単位面積に単位時間に沈着した量}}{\text{空間濃度}}$

$(10^2 \frac{d^2}{v}) < v/V_*^2$  すなわち  $\frac{d^2 V_*^2}{v^2} < 10^{-2} = (\frac{dV_*}{v}) < 10^{-1}$  となり,  $v_{t=20^\circ\text{C}} = 1.5 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{sec}$ ,  $V_* = 30 \text{cm}/\text{sec}$  とすれば  $d < 5 \times 10^{-4} \text{cm} = 5 \mu$  以下の粒子ならば空気の運動と粒子の運動は被沈着面の近くにおいても区別する必要はない. したがって地表面近くの粒子の運動速度は地表面近くの特徴的な速度のオーダーとみられその速度によって sub-layer の直前まで輸送される. 地表面近くの特徴的な速度は  $O(V_*)$  であると考えてよいから, Jordan の条件  $10/d > V_*$  は微粒子について満足される条件である. sub-layer 内での粒子の被沈着面への法線方向の速度が  $\alpha V_*$  たゞし  $\alpha \ll 1$  で充分小さくても,  $\alpha V_*$  で衝突すれば衝突自身で沈着の可能性はある.

このように運動学的考察をすると被沈着面の近くのうすい sub-layer の直前迄は, 摩擦速度  $V_*$  のオーダーで微粒子は輸送されるから, sub-layer 内の粒子の振舞をしばらく無視していても沈着速度は  $v_g = \beta V_*$  の形が考えられる.  $\beta$  は経験定数で, 被沈着面の性質, 粒子の物理化学的性質, sub-layer 内での法線速度成分を決めるもの等に関係するであろう.

3. 沈着速度の理論式との比較

まず最も理想的な状態として滑らかな表面へ乱流中に浮遊した微粒子の沈着を論じたのは Owen (1960) である. 彼は表面近くの境界層を4層にわけ, 多くの熱輸送の実験等から各層における拡散係数を定め, 質量輸送の式をとき, sub-micron 粒子について

$$v_g/V_* = 4 \times 10^{-3}$$

を求めた. この結果は炭灰地帯の屋根などに沈着した微粒子の沈着量の実測によって確かめられた.

この値は沈着面が滑らかな面であるため, 我々の問題とする粗い面 (地面, 特に草木におゝわれた) への沈着速度よりは小さいと考えてよいであろう. その後同じく Owen (1960) は周洞内の実験の経験から終速度  $v_0$  をもつ粒子の沈着速度を次のようにあらわした.

$$v_g = \frac{(w'^2)^{1/2}}{(2\pi)^{1/2}} + v_0$$

たゞし  $w'$  は鉛直方向の速度変動である. 上の式を今終速度  $v_0$  が充分小さい sub-micron 粒子に適用する. また接地気層内の表面近くでは  $(w'^2)^{1/2} = V_* \dagger$  とおけるから, 上の式は次のようかける

$$v_g/V_* = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} = 4 \times 10^{-1}$$

† 表面近くはいつも中立状態の成層であるからこの式が成立つ (接地層における乱流の問題であるのではくわしい説明は行はない)

Chamberlain (1959) は Sheppard (1958) の蒸発の式を修正し

$$v_g = \frac{kV_*}{\log(kV_*Z_1D^{-1})}$$

を求めた, たゞし  $k$  はカルマン定数,  $Z_1$  空間濃度の測定の高さ,  $D$  は物質の分子拡散係数である. I-131 の分子拡散係数は  $0.08 \text{cm}^2/\text{sec}$   $t=20^\circ\text{C}$  であるから

$$\frac{v_g}{V_*} = \frac{k}{\log(kV_*Z_1D^{-1})} \approx 4 \times 10^{-2}$$

{  $V_*$  20~30cm/sec  
 $Z_1$  50~500cm } の範囲

以上の理論的な結果をまとめてみると

$v_g/V_* = \text{Const}$  の表

	Const	備考
Owen (1960)	$4 \times 11^{-3}$	滑らかな面
Owen (1960)	$4 \times 10^{-1}$	面の性質不明
Chamberlain (1959)	$4 \times 10^{-2}$	地表面 (蒸発の式の修正)

4. 沈着速度の野外実験値の吟味

野外実験として最初に行われたものは Chamberlain & Chadwick (1952) による実験であろう.

彼等はこの結果の結論として空間濃度は 25cm と 50cm で測定したが, 空間濃度の大きな差はなく, 平均すると 50cm の方が空間濃度は 10% 大きいと結論した. したがって, この結果からは沈着速度は 50cm の空間濃度によって求めた方が 25cm にくらべて 10% 程小さくなると云うことであるが, 実験例は 5 例であまりはつきりした差ではない.

まづ沈着実験の結果を表にしてみよう.

I-131 の沈着に関する野外実験結果 (Chamberlain & Chadwick 1952 より)

実験番号	日時	天気	風速		草(地面を含む)への沈着速度の平均 cm/sec	標準偏差
			2 m	1 m		
1	8. 5. 1949 18.20	①	520	420	2.1	0.45
2	8. 8. 1950 17.00	☉	433	372	2.7	0.50
3	3. 7. 1951 13.00	①	515	442	1.8	0.21
4	8. 8. 1951 17.00	①	408	310	4.2	0.26
5	8. 8. 1951 22.00	?	165	138	1.7	0.27

この実験例は 1960 年に再び Chamberlain が整理してのべているが, 実験 1 の沈着速度が前の発表とことな

Summary of results of deposition trials with iodine-131 vapour

No. of trial	1	2	3	4	5	6	7
Date	8. 5. 49	8. 8. 50	3. 7. 51	8. 8. 51	8. 8. 51	2. 6. 59	2. 6. 59
Time (G.M.T.)	1620	1500	1100	1500	2000	1340	1340
Windspeed (cm/sec)							
at Z=200cm	520	433	515	408	165	230	387
at Z=100cm	420	372	442	310	138	164	335
Friction velocity (cm/sec)	48	35	48	38	15	20	26
Roughness parameter (cm)	2.8	1.5	1.2	2.4	2.4	5.0	1.0
Temperature °F	50	65	68	69	61	67	61
Relative humidity (percent)	—	61	75	51	78	51	63
Weather	Sanny	Cloudy	Sunny	Sunny	Dusk	Sunny	Cloudy
Iodine liberated (mg)	<1	<1	<1	<1	<1	50	50
Distance of sampling points from source (cm)	1.5×10 <sup>3</sup>	2×10 <sup>3</sup>	2×10 <sup>3</sup>	2×10 <sup>3</sup>	2×10 <sup>3</sup>	5×10 <sup>3</sup> 10 <sup>4</sup>	5×10 <sup>3</sup> 10 <sup>4</sup>
Vegetation cover (mg/cm <sup>2</sup> )	50	20	26	42	42	108 61	36 42
Velocity of deposition (cm/sec)							
to ground	1.9	2.6	1.8	3.7	1.7	1.7 1.8	1.1 1.1
to leaves	—	—	1.3	0.9	0.5	— —	0.3 0.3
to paper "leaves"	—	—	2.0	1.5	1.0	— —	0.6 0.6
to paper in petri dish	0.6	0.7	0.9	0.6	0.3	— —	— —

(1960 Chamberlain より)

り、時刻も変っている。その他の風速や天気は全部同じであり、実験値としてはいずれが正しいか不明である。(後述の結果を比較)

まづこの実験で、特徴的なことは、

No. 5 の成層状態が安定な時の実験では沈着速度が小さいと云うことである。次に No. 3 の沈着速度が小さいことは干草刈りがおわつた後で、乾いた木や茎が比較的多かつた時のものであることである。これは、後で整理される結果のときに問題となる。

その後1960年に Chamberlain は上記の外 2 回野外実験を行ない全部で 7 回の実験を行なつた。その結果を一括表として示した、実験番号は上記のものと同じで実験 6, 7 が追加された、これを表にあげる。

この表をみると、先の発表と時刻が 2 時間相違し、実験 1 では沈着速度も相違する。このためか、実験 1 については空間濃度を測定した高さや、詳細については発表されていない、あまり信用のあける資料ではない。

現在の所、気象要素と一緒に測定された資料はこれだけしかない。

このうち特に注目すべきことを列記すると

- i) 実験 1 はあまり信用のある資料ではない。
- ii) 実験 3 は地面 (草を含む) については、干草刈り

が終わった後で茎などが多いため、他の実験と比較にはならない。

- iii) 実験 5 は安定な成層条件で沈着速度は小さい。

### 5. 解析結果

問題としてとりあげたものは a) 空間濃度の測定の高さによる沈着速度の相異, b) 沈着面の種類による沈着速度の相異, c) 気層の安定度による沈着速度の相異の 3 つである。

地面 (草を含む) について (G)

実験番号	空間濃度の測定の高さ	沈着速度 cm/sec	分散
2	50cm	2.7	1.2
	12.5cm	2.6	1.1
3	50	1.9	0.3
	25	1.8	0.3
4	50	3.8	0.1
	25	3.9	0.4
5	50	1.8	1.0
	25	1.9	0.5
6	100	1.7	(2 例のみにて分散の計算中止)
	60	1.7	
	30	1.9	
7	100	0.9	(3 例のみにて分散の計算中止)
	60	1.0	
	30	1.1	

a) 空間濃度の測定の高さと面の種類によって整理してみると、

ろ紙 (F)

実験番号	空間濃度の測定の高さ	沈着速度 (cm/sec)	分散
2	50cm	0.7	0.2
	12.5cm	0.7	0.2
3	50	0.9	0.1
	25	1.0	0.1
4	50	0.6	0.2
	25	0.7	0.1
5	50	0.3	0.0
	25	0.4	0.0
6	—	—	—
7	—	—	—

一般的に高さの低い方が、多少小さいが、0.1~0.2 cm/sec であまり有意な差とは考えられない。

この結果も同様である。

草の葉 (L)

実験番号	空間濃度の測定の高さ	沈着速度 (cm/sec)	分散
2	—	—	—
3	50	1.2	0.2
	25	1.3	0.3
4	50	0.9	0.2
	25	1.0	0.2
5	50	0.5	0.2
	25	0.5	0.0
6	—	—	—
7	100	0.7	—
	60	0.5	—
	30	0.5	—

同様に多少空間濃度の測定の高さの低い方が大きい傾向があるが実験7では反対である。

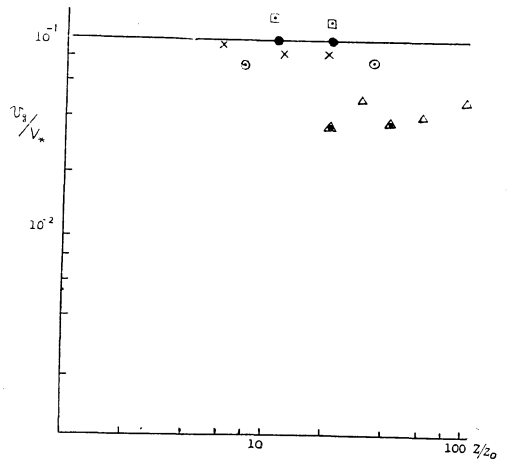
草の葉の型のろ紙 (F, L)

実験番号	空間濃度の測定の高さ	沈着速度 (cm/sec)	分散
2	—	—	—
3	50	2.1	0.1
	25	2.0	0.2
4	50	1.4	0.4
	25	1.4	0.3
5	50	1.1	0.5
	25	1.1	0.3
6	—	—	—
7	100	0.7	—
	60	0.5	—
	30	0.5	—

以上によると、空間濃度の測定の高さによる差は地面から 100cm 内ではないと考えてよい、この結論は Chamberlain (1960) ものべている。

さてこの結果をさらにたしかめるために、2, 3節でのべたように、沈着速度は摩擦速度に関係すると考えられるから、この影響を消して次元のない形にして整理してみよう。

まづ第1図は従軸に  $v_g/V_*$ 、横軸には  $Z/Z_0$  をとり、地面への沈着速度を図にしたものである。たゞし  $Z_0$  は粗度定数である。



第1図 地面 (G) への沈着速度

- trial 2
- ▲ 3
- 4
- 5
- × 6
- △ 7

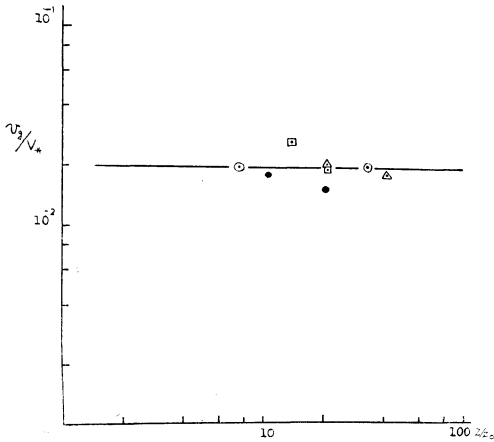
図によると、異常にはづれているのが、実験3と実験7の資料である。このうちすでに実験3についてはのべたように、干草刈りが行われた後で地面には、茎や枯れた雑草のみしかなく、そのために小さいので、地面(草を含む)に対する沈着速度の一般的状态ではないので無視できる。実験7については原因不明であるが、この実験7は、地面だけでなく、後のろ紙、その他全部異常な値である(第2図以下参照)ので無視すれば、まづ沈着速度は濃度の測定の高さに関係なく、

G; 地面(草を含むものについて)に対し

$$v_g/V_* = 1 \times 10^{-1}$$

とあらわされる。

同様に第2図はろ紙への沈着速度を整理したものであ



第2図 ろ紙 (F) への沈着速度  
 ○ trial 2  
 △ 3  
 ● 4  
 □ 5

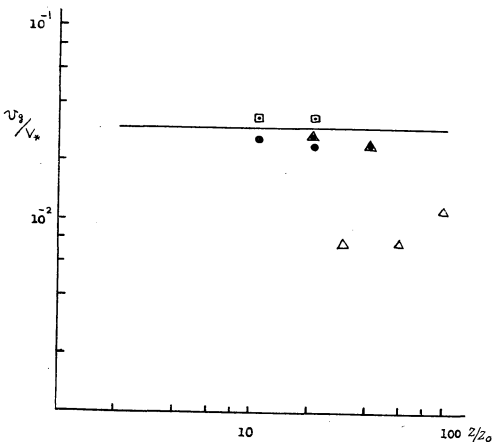
るが、高さによる影響はなく、実験7がないのでうまくのる。

F; ろ紙に対し  $v_g/V_* = 2 \times 10^{-2}$

第3図は同じく、草の葉への沈着速度で、実験7を無視すれば高さに関係なく、

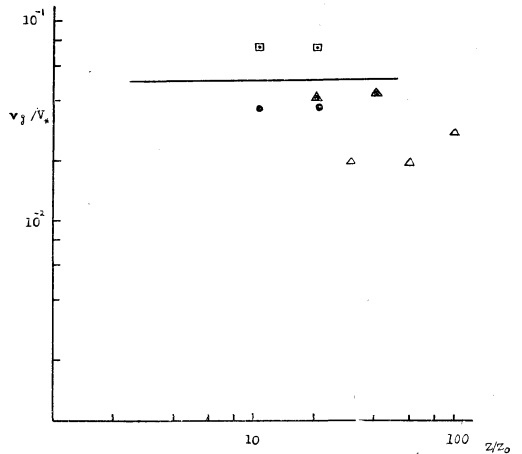
L; 草の葉に対し  $v_g/V_* = 3 \times 10^{-2}$

となる。この場合実験3は草の葉だけをとったので、地面(草を含む)の沈着速度のように影響はない。



第3図 草の葉 (L) への沈着速度  
 △ trial 3  
 ● 4  
 □ 5  
 △ 7

第4図は同じ座標でやはり実験7を無視すれば、F.L; 草の葉の型のろ紙に対し  $v_g/V_* = 5 \times 10^{-2}$  となる。



第4図 草の葉の型のろ紙 (F.L) への沈着速度  
 △ trial 3  
 ● 4  
 □ 5  
 △ 7

以上の結果では、高さに関係なく  $v_g/V_* = \text{const}$  と近似的にあらわされることがわかった。

b) 沈着面の種類による差

- i) G 地面 (草を含む)  $v_g/V_* = 1 \times 10^{-1}$
  - ii) F.L 草の葉の型のろ紙  $v_g/V_* = 5 \times 10^{-1}$
  - iii) L 草の葉  $v_g/V_* = 3 \times 10^{-2}$
  - vi) F, ろ紙  $v_g/V_* = 2 \times 10^{-2}$
- mean  $5 \times 10^{-2}$

と沈着面によってかなり相異がある。これは Chamberlain (1960) にも報告されている。なお地面が一番大きい値であることは地面  $1 \text{ cm}^2$  あたりの草の面積が  $1 \text{ cm}^2$  よりも大きいために、沈着速度が大きくなると Chamberlain は説明しているが、先の表に示したように、実験6と7では同一実験で条件はあまり変わらないもとの、2つの風下距離で沈着速度を測定している。これを特にとり出してみると次表のようになる。

すなわち、摩擦速度、風速、気温など同一条件でも、実

実験	風下距離 cm	沈着速度	草の単位面積当りの重量 (mg/cm <sup>2</sup> )
6	$5 \times 10^3$	1.7	108
	$10^4$	1.8	61
7	$5 \times 10^3$	1.1	36
	$10^4$	1.1	42

験6は特に草の重量が表面積に比例するとすれば、明らかに実験7にくらべて2倍近く相異なるはずであるが、この結果は期待できない、したがって Chamberlain の説明には多少無理があるが、ともかく地面は他の沈着面にくらべて大きい。

さらに、Chamberlain の室内実験によると、 $\frac{v_g(L)}{v_g(F,L)} = 0.5 \sim 0.7$  であるが、この解析結果、野外では  $\frac{v_g(L)}{v_g(F,L)} \sim 0.6$  とよく合っている。また平均  $5 \times 10^{-2}$  で先の理論的結果とあまり差はない。

さて、第1～第4図から明らかのように以後の解析では実験7を無視することにする、まづ、sub-layer 内で

の結果で、これがどのような原因であるのか、明らかでない。さらに実験値が集積されれば、再び議論の対象となる。

今迄、粒子の輸送は  $O(V_*)$  の速さで面に運ばれていると考えたが、もう少し上の方の輸送を支配するものとして風のシャーも関係があると考えられる、そこで、横軸に  $2m \sim 1m$  間の風速のシャーをとり、従軸に  $v_g/V_*$  をとってみると第6図のようになる。

この結果によるとシャーが小さい方が沈着速度は大きくなる傾向がある。

以上を総合すると風のシャー、温度変化を考慮すれば、次のように沈着速度は総括される。

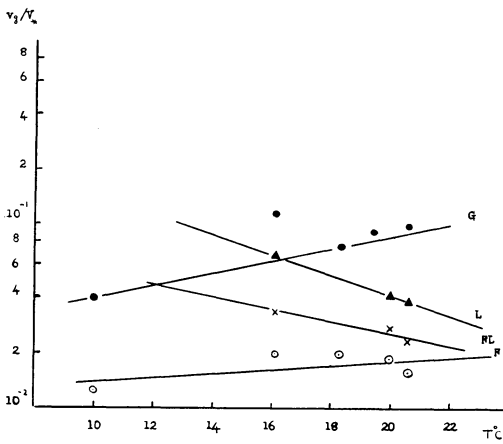
$v_g/V_*$  の総括表

		範 囲
G	$1 \times 10^{-1}$	$1.1 \times 10^{-1} \sim 5.4 \times 10^{-2}$
F, L	$5 \times 10^{-2}$	$6.0 \times 10^{-2} \sim 2.6 \times 10^{-2}$
L	$3 \times 10^{-2}$	$3.4 \times 10^{-2} \sim 1.9 \times 10^{-2}$
F	$2 \times 10^{-2}$	$2.3 \times 10^{-2} \sim 1.4 \times 10^{-2}$

範囲は風のシャー  $0.2 \sim 1.4 \text{ sec}^{-1}$  と温度範囲  $10^\circ \sim 20^\circ$  をとって定めたものである。

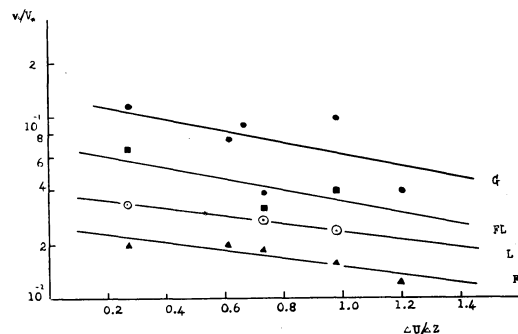
c) 気層の安定度による沈着速度の影響

Chamberlainの実験では、気層の成層状態が安定な場合と考えられる夜間の実験は実験5の1例だけであるが、第1～第4図によると実験5の  $v_g/V_*$  は沈着面の性質に関係なく、一般に大きい。これは摩擦速度  $V_*$  が他の実験にくらべて小さいために  $v_g/V_*$  が大きくなったことにより、一例では気層の安定度による影響は、はっきりしない。Chamberlain (1960) は植物の新陳代謝

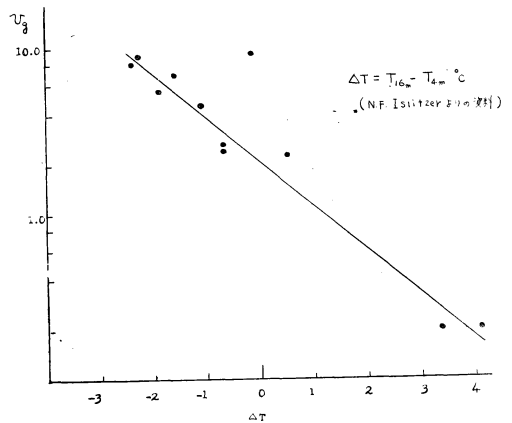


第5図 気温と沈着速度の関係

の影響があらわれるとすれば、分子拡散であると考えられるが、分子拡散係数は温度によって変わるので、多少関係はありそうで温度との関係をみてみよう。第5図は横軸に気温、従軸に  $v_g/V_*$  をとった値である。多少温度に関係しそうな様子であるが、地面とろ紙では気温の高い程大きく、草の葉および、草の葉の型のろ紙では逆



第6図 風のシャーと沈着速度の関係



第7図 温度差と沈着速度の関係

の状態、とくに植物の小孔が開いているか閉じているかにかかなり微粒子の沈着が依存することを暗示しているの  
で、気象要素よりは植物の状態に関係がありそうである。

Islitzer (1962) は、直接沈着速度を測定したものではないが、Chamberlain法による沈着式の質量収支から沈着速度を求めたものがある。これには 16m~4 m の温度差が測定してあるので、これを整理してみた。第7図はこの結果で横軸に温度差、縦軸に  $v_g$  をとったものである。この結果はある程度成層が安定になると沈着速度が小さくなるようであるが、これは拡散式による誤差もかなり入っているのでもこのまゝ信用するわけには行かない。今後気層の安定度による影響を確認する資料の集積を待つより致し方ない段階である。

結 論

沈着速度は、 $v_g = \beta V_*$  と大体かける。安全性の評価にはシャー、温度、その他の影響を考え、平均値として現状では次の値を採用するのがよい、

$$\text{地面に対し } v_g = 5 \times 10^{-2} \cdot V_*$$

したがって気象要素としては摩擦速度を推定する方法が必要である。

謝 言

この草稿の不備な点をご指摘いただき、御一読下された気象協会小平博士、お茶の水大の坂上教授、高層課長大田博士、農業技術研究所井上博士に厚く感謝します、

また測器課竹内技官には多くの意見をいただき、討論していただいたことを特に感謝します。

文 献

- 1) D.V. Booker 1958; Physical measurements of activity in samples from Windscale. A.E. R.E HP/R-2607.
- 2) A.C. Chamberlain 1959; Deposition of iodine-131 in Northern England in October. Q.J.R.M 85.
- 3) A.C. Chamberlain & R.D. Wiffen 1959; Some observations on the behaviour of radioiodine vapour in the atmosphere Geofisica pura e Applicata 42.
- 4) A.C. Chamberlain & R.C. Chadwick 1953; Deposition of radio-iodine vapour in the atmosphere. Nucleonics 11.
- 5) P.R. Owen 1960; Dust deposition from a turbulent airstream: Pergamon Press, Aerodynamic capture of particles.
- 6) A.C. Chamberlain 1960; Aspects of the deposition of radioactive and other gases and particles.
- 7) N.F. Islitzer & R.K. Dumbould. 1962; 平滑な地面上における大気拡散と沈着の研究、原子力気象調査会、調査文献、No. 121.
- 8) E. Inoue 1953; On the Floating conditions of particles in a Turbulent Fluid. Joun. Japan, Soc. Aeronautical Engineering. 1.

国 際 会 議 の お 知 ら せ

大気輻射の会議

IUGG の IAMAP (International Association of Meteorology and Atmospheric Physics) の国際輻射委員会は、1964年7月28日~8月5日にレニングラードで会議を開く予定です。大気輻射の分野での新しい興味ある問題についての依頼原稿、寄稿原稿が広く論ぜられます。

プログラム予定は次のとおり：

- 大気の外線スペクトル
- 惑星大気における輻射理論
- 地球大気のエネギー平衡

- a) 自由大気中の輻射場の実験的研究
- b) 大気力学と大循環とに關聯した輻射の問題

輻射気候学  
地上設備と観測網

問合せ先

Prof. J. London

Dept. of Astrophysics and the Atmospheric Sciences, University of Colorado  
Boulder, Colorado, U.S.A.

Prof. M.I. Budyko

The Main Geophysical Observatory  
M. Spasskoya 7.  
Leningrad K-18 U.S.S.R.

大気オゾン・シンポジウム

IAMAP のオゾン委員会は、1964年8月31日~9月5日にアメリカ合衆国、ニューメキシコ、アルブケルクで国際大気オゾン・シンポジウムを開く予定です。

問合せ先

Prof. V.H. Regener  
Dept. of Physics and Astronomy  
The University of New Mexico  
1929 Lomas Boulevard  
Albuquerque, New Mexico U.S.A.