

水滴散布による霧消しに関する一つの数値実験

安永真理子¹・塩月善晴²

¹学生会員 山口大学工学部 社会建設工学専攻 (〒755-0097 山口県宇部市常盤台二丁目 16 番 1 号)

(現, 宇部市役所都市計画課)

²正会員 山口大学工学部 社会建設工学科 (〒755-0097 山口県宇部市常盤台二丁目 16 番 1 号)

暖域での、氷晶過程を伴わない水霧については水滴散布による消霧が一つの方法と考えられている。適当な霧モデルを設定し、一定の粒径分布をもつ散布水滴群の含水量をいろいろと変え、消霧効果を数値実験で調べた。水滴散布による霧の水滴粒径分布の変化の確率を表現するためにストカスティックモデルを用いた。数値実験の結果、水滴散布により気象学上で定義される霧は消滅することがわかった。また霧の濃さにより散布する水滴に適正な量があるようで、10.0g/m³程度までは量が多いほどよいが、それ以上だと効果の増加が少ないことがわかった。

Key Words: artificial fog dispersion, numerical experiment, stochastic model.

1. はじめに

高速道路における霧発生による交通障害、瀬戸内海の特に春先の霧による航路障害、空港閉鎖などはいまだに克服できない問題である。暖域での、氷晶過程を伴わない水霧については水滴散布による消霧が一つの方法として考えられている¹⁾。これまでの研究によると氷晶過程を伴わないいわゆる暖い雨の形成過程に関する室内実験²⁾や数値実験による吟味³⁾はあるが、暖かい雨に外部から水滴補給を行うことにより、霧粒を併合落下させて霧粒濃度を薄くさせる実験はあまりなされていない。

本研究では、適当な霧を設定し、適当な粒径分布をもつ散布水の水量をいろいろ変えて消霧の効果を数値実験で調べる。

2. ストカスティックモデル

雨粒や霧粒の水滴粒径分布(N_D 分布)は様々な形を取る。変化の要因となる物理過程として水滴がくっつきあってより大きな水滴に成長する併合過程と、大きくなりすぎた水滴が落下中空気抵抗のため不安定となって分裂し、小水滴を再生産する分裂過程が主な役割を演ずると考えられる。本研究では直径0.2mm未満の霧粒に対し自然降雨に近いより大きな水滴群を持つ散布水を投入し、併合分裂過程によって霧の水滴群が除去される様子を N_D 分布でみる。併合分裂の能率を評価するための一般的な方法としてストカスティック法が用いられる。なおKogan, Y. L.⁴⁾の最近の研究では、3次元雲モデルにより凝結、蒸発、併合、分裂、落下輸送、移流の過程を組み込んだ詳しい雲物理過程の数値実験を行っている。本研究ではまず大まかな様子を把握したいことから、併合、分裂、落下輸送のみを組み込んだ、

N_D 分布を直接表現する代わりに、時刻 t における質量 x の雨粒の空間濃度を $f(x, t)$ とすると次のような微積分方程式が成り立つ。

$$\begin{aligned} & (\partial / \partial t) f(x, t) \\ &= \int_{x_0}^{x/2} f(y, t) f(x-y, t) K(y, x-y) dy \\ & \quad - f(x, t) \int_{x_0}^{x_{\max}} f(y, t) K(x, y) dy - f(x, t) p(x) \\ & \quad + \int_x^{x_{\max}} f(y, t) Q(y, x) p(y) dy \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 y : ダミイ変数、 x_{\max} : 計算で許された水滴最大径 D_{\max} の質量、 $D_{\max} = 8\text{mm}$ 、 x_0 : 計算で許された水滴最小径 D_{\min} の質量、 $D_{\min} = 0.02\text{mm}$ 、 $K(x, y)$; x, y についての捕捉核、 $p(x)$: 単位時間に質量 x の雨粒が分裂する確率、 $Q(y, x)$: 質量 y の水滴1個の分裂によって生成される質量 x の水滴の数、 $p(y) Q(y, x)$; 質量 y の水滴が質量 x の水滴になる確率、なお

$$K(x, y) = \pi(r_1 + r_2)^2 |V_1 - V_2| \quad (2)$$

$$p(x) = 2.94 \times 10^{-7} \exp(34r_1) \quad (3)$$

$$Q(y, x) = ab / (3x)(r_1 / r_2) \exp(-br_1 / r_2) \quad (4)$$

$a = 62.3$, $b = 7$, ここで r_1, V_1 は質量 x の雨粒の半径、落下速度を示す。添字2は質量 y の雨粒についてのものである。式(2)は図-2-1のように幾何学的捕引を表わし、併合は2つの水滴の中心間距離が $r_1 + r_2$ 以内の時に併合過程を生じることになっている。式(3)はKomabayashi, M., et al⁵⁾の実験結果である。式(4)はSrivastava, R. C.⁶⁾がKomabayashi, M., et alの実験記録を再整理して得たものである。

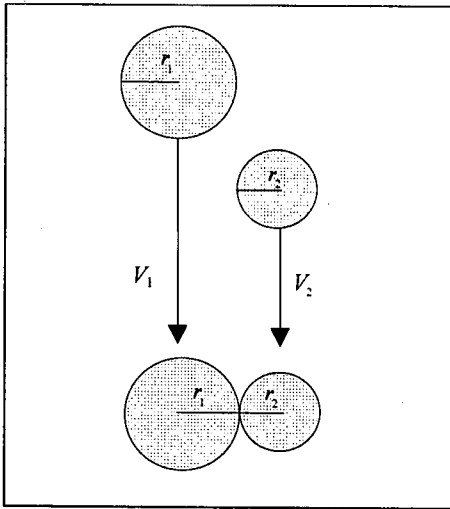


図-2-1 併合確率モデル

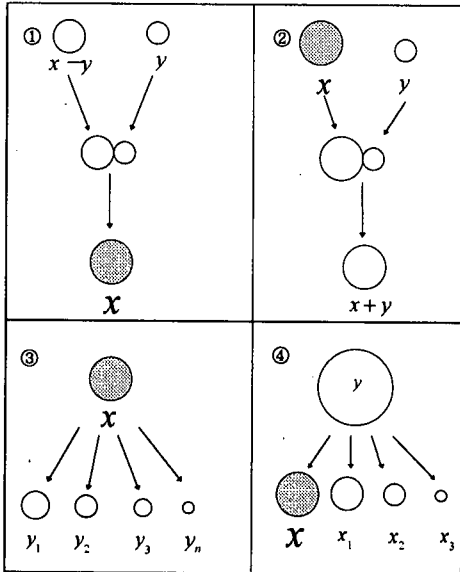


図-2-2 水滴の併合、分裂過程

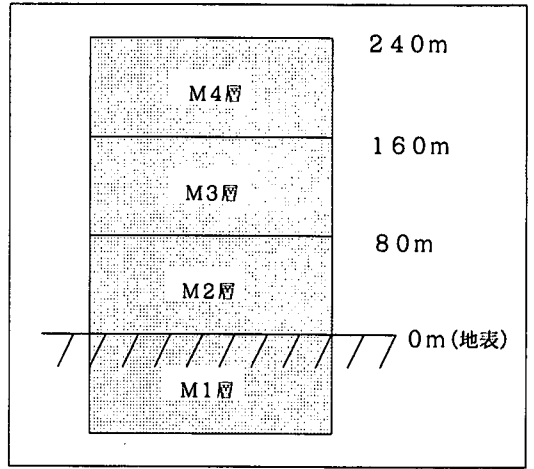


図-3-1 霧モデル

直径が5mm以上だと分裂過程が発生する。これら併合、分裂の過程をモデルで表すと図-2-2 のようになる。図-2-2 における番号①、②、③、④は、それぞれ式(1)の右辺の第1項目、2項目、3項目、4項目に対応している。今、質量が x (g) の水滴に着目して、式をおってゆくと、第1項目は、質量が $x-y$ (g) と y (g) の水滴が併合することにより、 x (g) の水滴を生産している。よって、第1項目の符号は正となる。第2項目は、質量 x (g) と y (g) の水滴が併合することにより、質量 $x+y$ (g) の水滴を作る。この時、質量 x (g) の水滴は減少するので、第2項目の符号は負となる。第3項目は、質量 x (g) の水滴が分裂することにより、 x (g) 以外の小水滴群を再生産するもので、この場合も質量 x (g) の水滴は減少するので、第3項目の符号も負となる。第4項目は質量 x (g) よりも大きな水滴が分裂することにより、質量 x (g) の水滴を生産するもので、この場合、質量 x (g) の水滴は増加するので、符号は正である。

3. 解析手順と解析結果例

(1) 解析手順

a) 霧モデルの設定

今回の数値実験は水滴散布により併合過程で霧粒をどの程度落下除去できるかを見るのが主目的であるので、対象とする霧は風による移流で新たな霧の補給のない静止霧とした。また、凝結による霧補給、蒸発による霧粒減少も考えない。さらに簡単のため、落下雨滴集団によって生じる下降流の影響、雨滴が地表面において衝突の際生じる再分裂、再飛散も考えないこととした。図-3-1に示すように、この霧は盆地の放射霧の形でよく

さらに上式の右辺に 垂直輸送項 $(\partial/\partial z) \{ (U-V(x)) \cdot f(x,t) \}$ をつけ加えると、水滴群の落下輸送による $f(x,t)$ の変化を見ることができる。 U は垂直上昇気流速度、 $V(x)$ は質量 x の水滴の落下速度である。この過程は Shiotzuki⁷⁾ によった。

いま時刻 t における質量 x の雨粒の空間濃度を $f(x,t)$ とすると式(1)のような微積分方程式で表せられるのであるが、この式の右辺の各項について説明すると、第一項目と第二項目は併合過程を表し、第三項目と第四項目は分裂過程を表している。一般的に降水粒子の

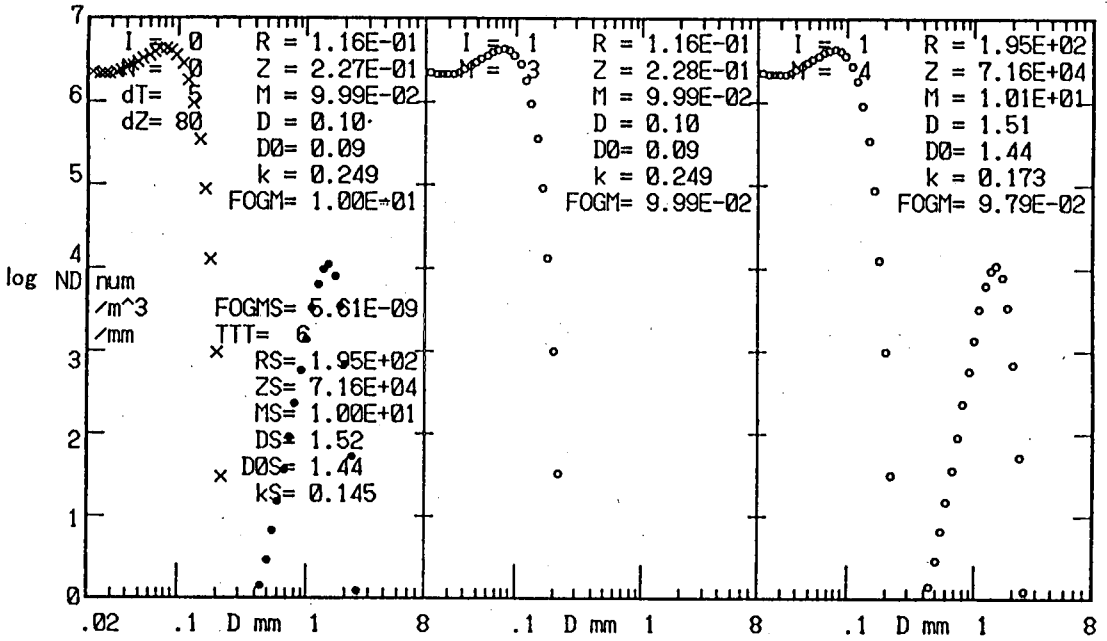


図-3-2 表3-1の緒元にもとづく実験結果 (t=5 sec)

表3-1 霧と散布水の N_D 分布

N_D 分布特性	霧	散布水
M : 含水量 (g/m^3)	0.1 (視程 300m)	10.0
\bar{D} : 平均直径 (mm)	0.1	1.52
$k = \sigma / \bar{D}$	0.249	0.145

見られるのと同じく一層の厚さ Δz を 80m とし、計算間隔 Δt を 5sec と設定した。計算安定条件のため、考える水滴群の平均落下速度から考えて霧の全体の厚さは 240m とし、M2層(地表-80m)、M3層(80-160m)、M4層(160-240m)の3層に分けて変化を見た。ここで、散布水はM4層の上面に与えることとした。さらに、地表面下にM1層を貯留槽として設け全体の水分の保存状況を見ることとした。水滴の落下速度は、Gunn, R. and G. G. Kinzer⁹⁾ の式で与えた。なお解析結果には霧の刻々のレーダ反射因子 Z (mm^6/m^3) も参考のために計算して図に示したが、今回はこれについては議論しない。

b) 散布水と霧の粒径分布

実際の数値実験では霧の濃さと散布水の量をさまざまに変化させた。しかし、ここでは、説明の為に表3-1に示したような N_D 分布をもつ霧と散布水を用いて行った数値実験の結果例をとり上げた。なお散布水の投与時間は $TTT = 6 \times \Delta t = 30$ sec で、図において書かれている時間は、散布水が投与されてからの経過時間である。

表3-1に示す含水量 M 、平均直径 \bar{D} 、変動係数 k (σ : 標準偏差)をもつ霧、および散布水の粒径分布 N_D 、個数 $/m^3/mm$ 、は Shiotaki⁹⁾ により式(5)で与えられる。

$$N_D = \frac{6000 M}{\rho \pi} D^{-3} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(D-\bar{D})^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

(2) 結果例

図3-2は、表3-1にもとづく解析結果である。図の左から、M2層、M3層、M4層を表しており、M2層の上方に空間にある全水滴の N_D 分布、下方に散布水の N_D 分布の初期値が描かれ、それぞれの降水パラメータ R ; 雨量強度 mm/hr 、 Z ; レーダ反射因子 mm^6/m^3 、 D (= \bar{D}) ; 平均直径 mm 、 D_0 ; 体積中央直径 mm 、 k ; 変動係数 σ/\bar{D} 、 σ ; \bar{D} のまわりの標準偏差 mm を示している。 Δt 間に霧層に与えられる散布水のパラメーターには添え字にSがある。

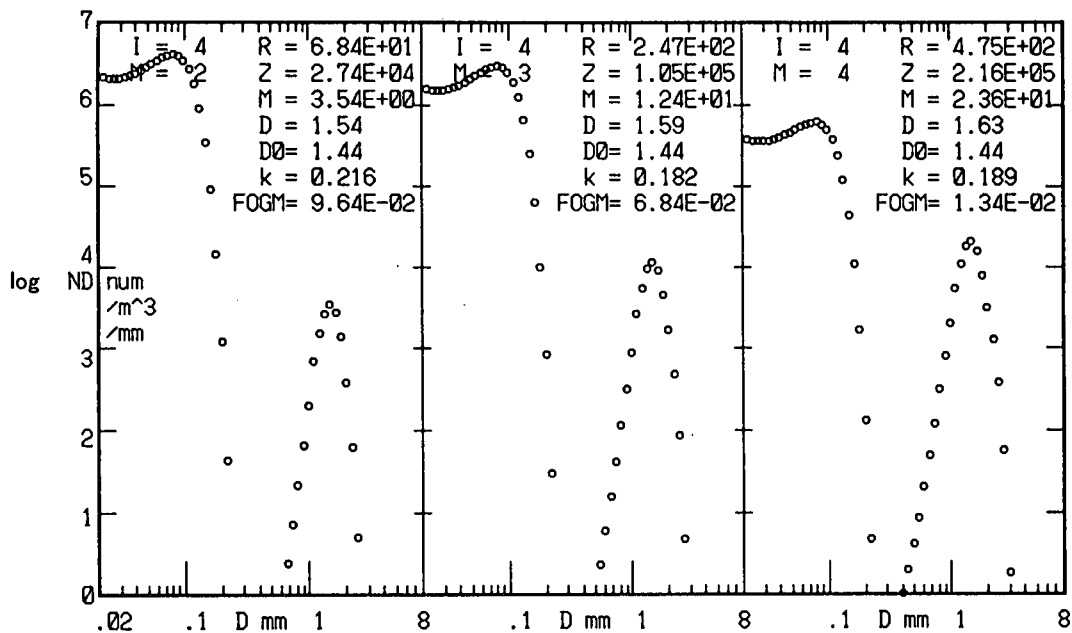


図-3-3 表-3-1の緒元にもとづく実験結果 ($t=20$ sec)

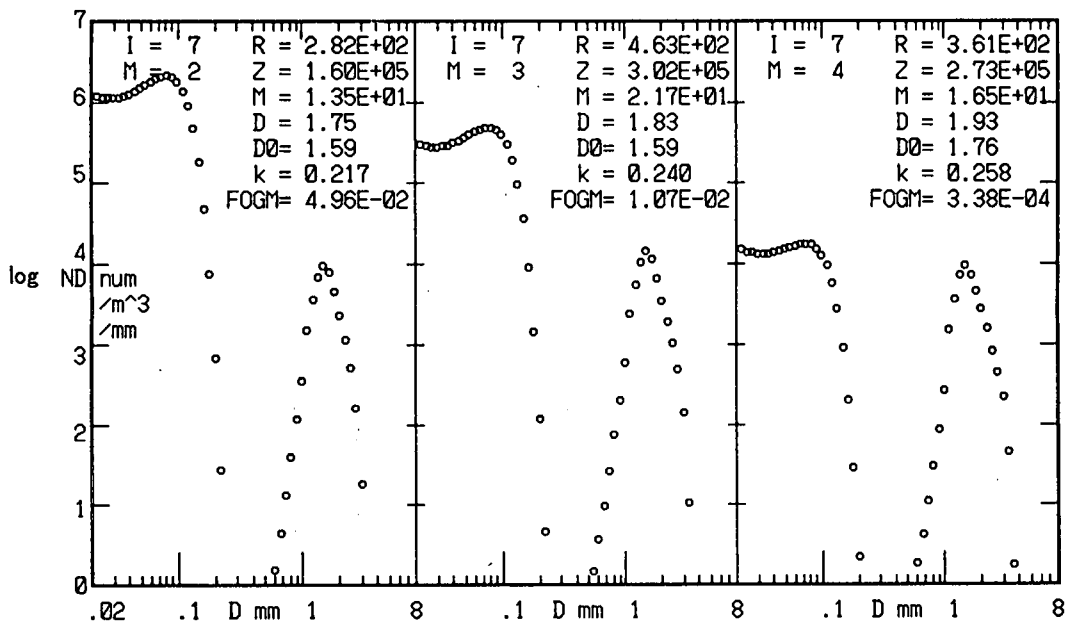


図-3-4 表-3-1の緒元にもとづく実験結果 ($t=35$ sec)

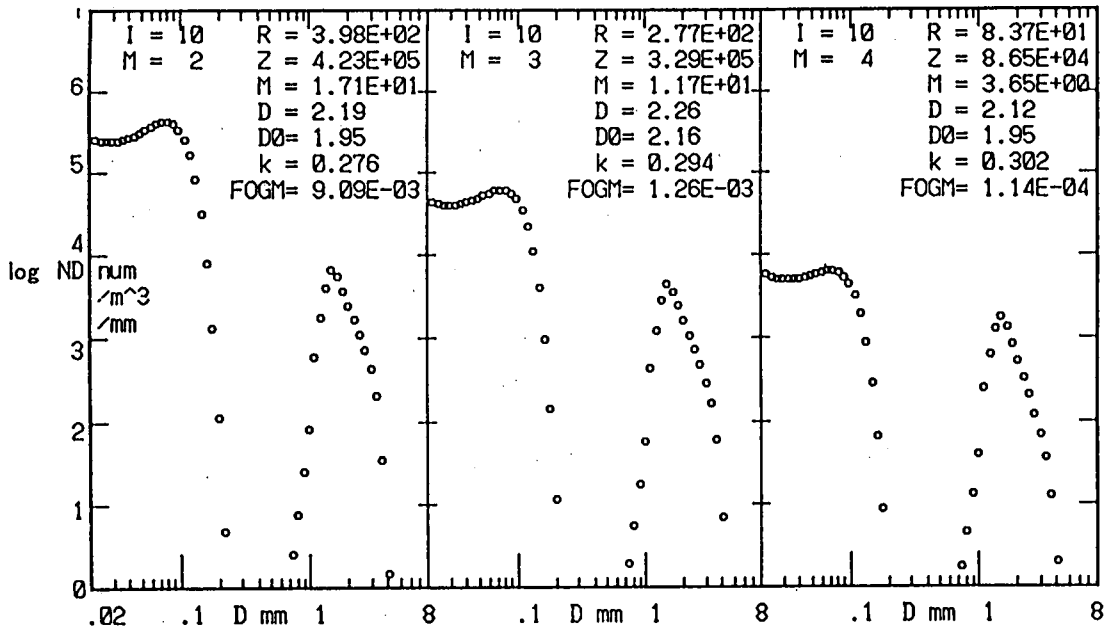


図-3-5 表 3-1 の緒元にもとづく実験結果 ($t=50$ sec)

雲物理学では降水粒子の直径が 0.2mm 未満のものは霧粒と定義されている。 N_D 分布の $D=0.2$ mm までの霧粒の持つ含水量を FOGM (g/m^3) で示す。 気象学上の定義では視程 1 km 未満のとき霧とされる。 霧の含水量 FOGM と視程のあいだには良好な関係があり¹⁰⁾、 FOGM から視程を推定することができる。 これによると FOGM=0.015 g/m^3 のとき視程は 1km なので、 FOGM < 0.015 g/m^3 となったとき、霧は消滅したと考えられる。 以下、結果を見てみると、図-3-3 の 20 秒後 ($I=4$) には FOGM=0.0134 であるので M4 層の霧は消滅したと考えられる。 同様に、図-3-4 の 35 秒後 ($I=7$) には FOGM=0.0107 であるので M3 層の霧は消滅したと考えられる。 図-3-5 の 50 秒後 ($I=10$) には FOGM=0.00909 であるので M2 層の霧は消滅したと考えられる。

これらの関係をより明確にするために、図-3-6 に各層における霧の含水量と水滴散布開始からの経過時間の関係のグラフを示す。

図-3-6 において、水滴の散布開始からの経過時間が 30 秒の所の縦線は、水滴の散布終了時点を示している。 また、含水量 0.015 g/m^3 の所の横線は、霧が消滅すると考えられる境界線である。

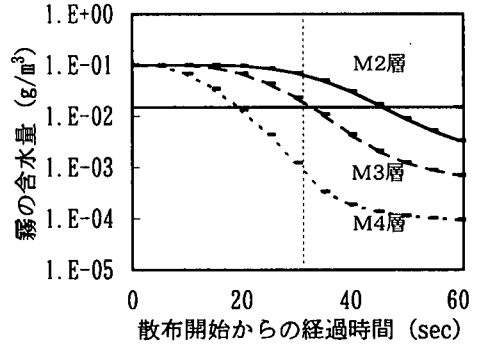


図-3-6 霧の含水量と時間変化 ($M_{SPR}=10.0g/m^3$)

設定を行った霧の全層が消滅する時間は、M2層の霧の含水量が境界値のラインを下回った時といえる。

上記の実験では散布水の雨量強度 RS は 195mm/hr である。 散布時間 30sec で $1m^2$ あたりの散布水量は $195mm / 3600sec \times 1m^2 \times 30sec = 1.625$ (litre) となることが分かった。 霧と散布水の条件をいろいろ変えて行った数値実験の結果を次章に示す。

表-4-1 散布水の N_d 分布と散布時間 (30 秒) 内での
散布水量 (1m²当たり)

散布水の含水量 M_{SPR} (g/m ³)	雨量強度 (mm/hr)	散布水量 (litre)
6.7	130	1.083
8.4	162	1.35
10.0	195	1.625
11.7	227	1.892
13.4	259	2.158
15.0	292	2.433
16.7	324	2.7

表-4-2 実験に使用された6種類の霧

霧の含水量 M_{FOG} (g/m ³)	視程 (m)	\bar{D} , 平均直径 (mm)	$k = \sigma / \bar{D}$
0.1	300	0.1	0.249
0.2	158.5	0.1	0.249
0.3	125	0.1	0.249
0.4	97.5	0.1	0.249
0.5	85	0.1	0.249
1	55	0.1	0.249

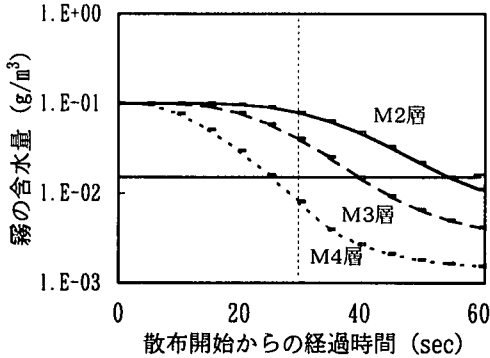


図-4-1 霧の含水量と時間変化 ($M_{SPR}=6.7\text{g/m}^3$)

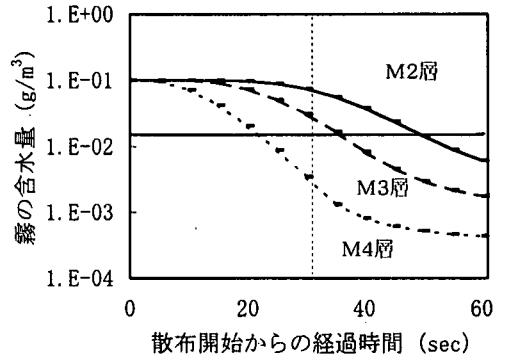


図-4-2 霧の含水量と時間変化 ($M_{SPR}=8.4\text{g/m}^3$)

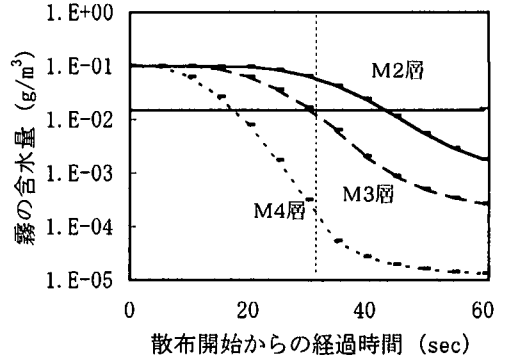


図-4-3 霧の含水量と時間変化 ($M_{SPR}=11.7\text{g/m}^3$)

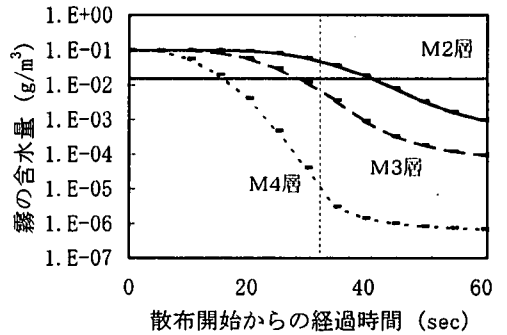


図-4-4 霧の含水量と時間変化 ($M_{SPR}=13.4\text{g/m}^3$)

4. 霧の濃さと散布水量を変えた場合 の実験結果

(1) 霧の含水量が 0.1g/m³ の場合

霧の含水量を 0.1g/m³ に固定し、散布水の含水量を表-4-1に示すように変えて、同様の数値実験を行った結果を図 4-1,2,3,4,5,6 に示す。

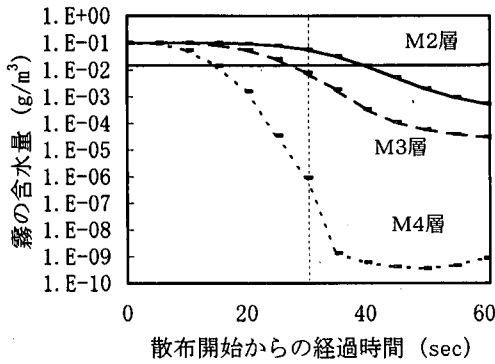


図-4-5 霧の含水量と時間変化 ($M_{SPR} = 15.0 \text{ g/m}^3$)

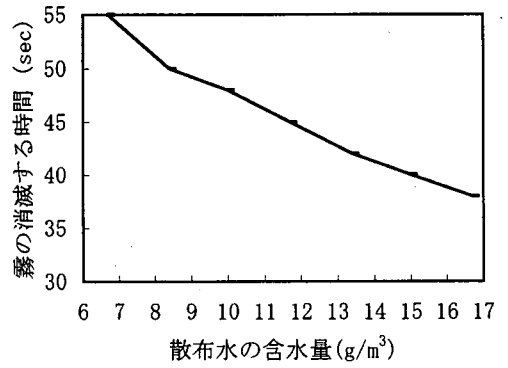


図-4-7 霧の消滅する時間と散布水量の関係 ($M_{FOG} = 0.1 \text{ g/m}^3$)

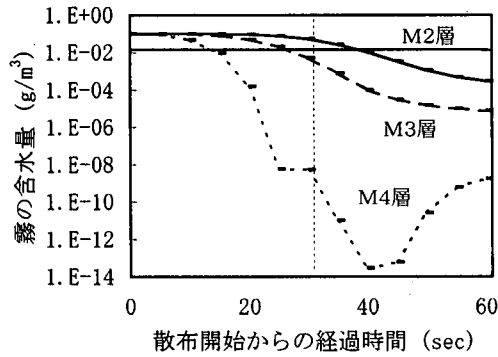


図-4-6 霧の含水量と時間変化 ($M_{SPR} = 16.7 \text{ g/m}^3$)

図-4-7より含水量が 0.1 g/m^3 の霧においては散布水の含水量を 6.7 g/m^3 から 10.0 g/m^3 へと 3.3 g/m^3 増加させた場合、霧が消滅する時間は55秒から48秒へと7秒間速くなっている。また、 10.0 g/m^3 から 13.4 g/m^3 へと 3.4 g/m^3 増加させた場合も同様に48秒から42秒へと6秒間速くなっており、霧が消滅する時間は、散布水の含水量が大きい程短くなると考えられる。

別の異なる含水量をもつ霧についても、同様に霧が消滅する時間は散布水の含水量が大きくなると短くなるかどうかを検証するために、含水量が 0.5 g/m^3 と 1 g/m^3 の霧について図-4-8,9に同様のグラフを示す。

(2) 霧の含水量が $0.5, 1 \text{ g/m}^3$ の場合

図-4-8より、含水量が 0.5 g/m^3 の霧においては、散布水の含水量を 6.7 g/m^3 から 10.0 g/m^3 へと増加させた場合、霧が消滅するのに要する時間は、150秒から61秒へと89秒間短縮されるのに対して、同様に、散布水を 10.0 g/m^3 から 13.4 g/m^3 へと増加させた場合は61秒から52秒へと、9秒間しか短縮されておらず、散布水の含水量を 10.0 g/m^3 より増加させても霧の消滅時間はあまり短縮されない。

また、図-4-9についても、この場合は含水量が 1 g/m^3 の霧であるが、散布水の含水量を 6.7 g/m^3 から 10.0 g/m^3 へと増加させた場合、霧が消滅するのに要する時間は、200秒から78秒へと122秒間短縮されるのに対して、散布水の含水量を 10.0 g/m^3 から 13.4 g/m^3 へと増加させた場合には、時間は78秒から55秒へと、23秒間しか短縮されず、含水量が 0.5 g/m^3 の霧と同様に、散布水の含水量を 10.0 g/m^3 より増加させても霧の消滅時間はそれほど短縮されない。

なお、図-4-5,6のM4層の霧の含水量が図-4-5では経過時間が50秒のあたりで、図-4-6では40秒のあたりで再び増加しているのは、計算スキームの関係上、M2, M3, M4層とも常時、含水量 10^{-8} g/m^3 の霧を与えているためである。この与えた霧は、微少値なので計算結果に影響を与えない。霧の含水量が 10^{-8} g/m^3 以下になるのはM4層で残存している大粒の水滴による併合効果を示している。また図-4-6の25~30秒時点で霧の含水量が平坦となっているのは、この時間帯で併合、分裂、落下輸送の各過程がわりあって一定常状態になったものと推定される。

図-3-6, 図-4-1,2,3,4,5,6において霧モデルの全層で霧が消滅するのに要する時間をプロットすると図-4-7に示すようになる。プロットがきれいな曲線ではなく折れ線になったのは計算が時間刻み($\Delta t = 5 \text{ sec}$)であるために、霧の含水量が 0.015 g/m^3 の時点前後の値により内挿推定したためである。

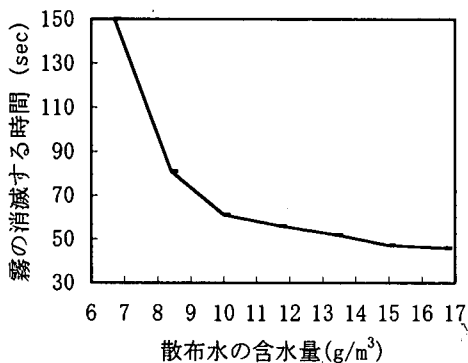


図-4-8 霧の消滅する時間と散布水の量の関係
($M_{FOG} = 0.5 \text{ g/m}^3$)

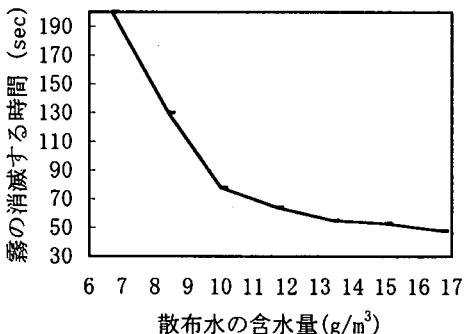


図-4-9 霧の消滅する時間と散布水の量の関係
($M_{FOG} = 1 \text{ g/m}^3$)

以上のように、図-4-8,9より、含水量が 0.5 g/m^3 と 1 g/m^3 の霧については、散布水の含水量を増加させると霧が消滅するのに要する時間は短縮されるが、散布水の含水量がある程度大きくなると、それ以上に増加させても消滅時間はあまり短縮されないことがわかった。そこで、今度は、霧の含水量を 0.1 g/m^3 から 0.5 g/m^3 までの間で 0.1 g/m^3 きざみで変化させて、同じように霧が消滅する時間と散布水の関係を調べた。その結果を図-4-10に示す。

(3) 霧の含水量が $0.2, 0.3, 0.4 \text{ g/m}^3$ の場合

図-4-10より、グラフの形を見ると霧の含水量が 0.2 g/m^3 の時は散布水の含水量が増えると消滅時間は一定の割合で短くなっているように思われるが、 $0.3, 0.4$

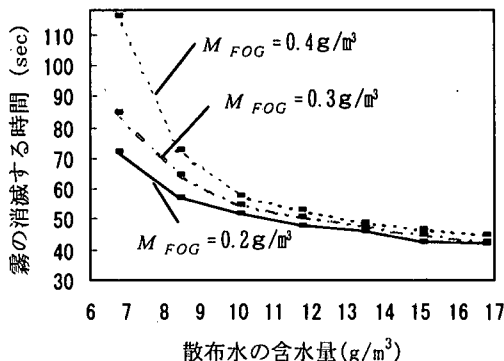


図-4-10 霧の消滅する時間と散布水の量の関係
($M_{FOG} = 0.2, 0.3, 0.4 \text{ g/m}^3$)

g/m^3 についてはそのようになっているとは言えない。実際に、含水量 0.2 g/m^3 と 0.3 g/m^3 のグラフを数値の上で比較してみると、散布水を 6.7 g/m^3 から 10.0 g/m^3 に増加させた時、含水量が 0.2 g/m^3 の時は、霧の消滅する時間は 72 秒から 52 秒へと 20 秒速くなるのに対して、含水量 0.3 g/m^3 のときは 85 秒から 55 秒へと 30 秒速くなっている。一方、散布水を 10.0 g/m^3 から 13.4 g/m^3 へと増加させた場合、含水量 0.2 g/m^3 では、 52 秒から 46 秒へと、含水量 0.3 g/m^3 では 55 秒から 48 秒へと、それぞれ 6 秒、 7 秒ほどしか短縮されておらず、散布水の増加に対して霧の消滅する時間の差がなくなるのがわかる。

5. 考察

静止霧という仮定で、数値実験により、水滴散布によりどれ位早く併合落下過程により霧を薄くできるか見てきたが、経済的には必要最小限の散布量の見積もりが必要である。また、現実には、さまざまな要因により新たな霧発生、霧供給が行われるはずなので、今回の静止霧での霧消滅に要する時間はできるかぎり短い方がいい。

数値実験により、含水量と散布水の双方を量的に変化させて霧が消滅するまでの時間を調べた。散布水の含水量を 10.0 g/m^3 に固定し、霧が消滅する時間をプロットしたものが図-5-1である。この図において実線で描かれている線は、霧がM2層で、つまり全層（地上から 240 m の間）にわたって消滅する時間を表しており、点線は、M4層のみ、つまり図-3-1の最上層の $160 \sim 240 \text{ m}$ の間の霧が晴れる時間を表している。この図からわかるように、含水量が少ない霧ほど水滴散布により消滅するのに要する時間が短いことがわかった。

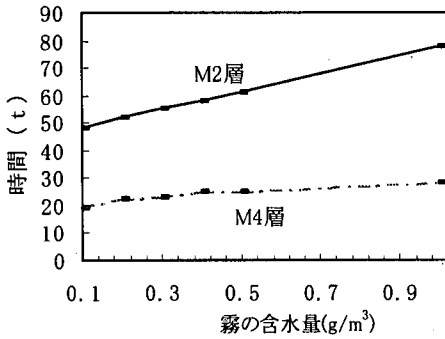


図-5-1 霧の濃度と消滅するまでの時間の関係
(散布水の含水量 = 10.0 g/m³)

空港などでの霧対策を考える場合は、高度が240mぐらいいまで霧を消すことが必要と考えられるが、自動車の交通を考えると一般の道路を想定した場合、高度数十mぐらいいまでの霧が消えればよいと考えられる。図-3-1では最上層のM4層の霧の消え方を考えればよい。そこで、点線のグラフを見ると含水量1g/m³までの霧はすべて30秒以内で消滅していることが分かる。

図-4-7,10より含水量が0.1g/m³や0.2g/m³の霧では、散布水の含水量の増加に伴い霧の消滅する時間は短くなる。

一方、図-4-10を見る限り、含水量が0.3g/m³以上の霧では、散布水の含水量を増加させても10.0g/m³以上では、霧が消滅する時間は散布水の含水量を増加させてもそれ程短縮されない。

6. まとめ

今回設定を行った含水量の霧消しにおいては散布する水の含水量は多くとも13.4g/m³が妥当な量であると考えられる。経済面を考慮すると、散布水の含水量は、10.0g/m³ほどが適量と思われる。仮に飛行場において飛行機の離発着を可能にするために、滑走路において水滴散布で霧消しを行った際にかかる水道料金を積算する。簡単のため、長さ1000m、幅100mの面積を考えると、散布水の含水量30g/m³を例にとると、1m²あたりの散布量は、1.625 litreであるので、100000 m²では、162500 litre=162.5 m³必要で宇都市の水道料金で約32,000円である。これは十分に実用可能な金額と思われる。

実際の散布水供給方法としては、安価な方法として空港では放水高度の高い消防ポンプ送水機、道路ではスプリンクラーなどが考えられる。今後は、詳しい数値実験の続行とともに、これら現場での具体的手法について検討したい。

謝辞: 本論文の作成にあたり、査読委員の諸先生方から貴重な示唆と助言をいただきました。深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中村 勉:ヘリコプターによる散水滴の分布について、*天気*, NO.10, pp.1-4, 1963.
- 2) 山田正, 日々野忠夫, 深和岳人, 松浦正典, 藤吉康志, 播磨屋敏生, 稲毛正昭, 中津川誠:実スケールの雲物理実験と降雨モデルによる雲の微物理過程の考察, *土木学会論文集*, NO.509/II-30, pp.1-13, 1995.
- 3) Pruppacher, H.R. and Klett, J.D.: *Microphysics of Clouds and Precipitation*, *Reidel*, pp.714, 1978.
- 4) Kogan, Y.L.: Drop size separation in numerically simulated convective clouds and its effect on warm rain formation, *J.Atmos.Sci.*, 50, pp.1238-1253, 1993
- 5) Komabayashi, M., Gonda, T. and Isono, K.: Life time of water drops before breaking and size distribution of fragment drops, *J.Meteor.Soc.Japan*, Vol.42, pp.330-340, 1964.
- 6) Srivastava, R.C.: Size distribution of rain drops generated by their breakup and coalescence, *J.Atmos.Sci.* Vol.28, pp.410-415, 1971.
- 7) Shiotsuki, Y.: On the flat size distribution of drops from convective rain clouds, *Jour.Met.Soc.Japan*, Vol 52, pp.42-60, 1974.
- 8) Gunn, R. and Kinzer, G.G.: The terminal velocity of fall for water droplets in stagnant air, *J.Meteor.*, Vol 6, pp.243-248, 1949.
- 9) Shiotsuki, Y.: An equation for size distribution of precipitation elements based on the normal distribution of liquid water content, *J.Meteor.Soc.Japan*, Vol 53, pp.75-86, 1975.
- 10) Petterssen, S.: *Weather Analysis and Forecasting*, *McGraw-Hill*, Vol.II, p266, New York, 1956.

(1998.3.16 受付)

A NUMERICAL EXPERIMENT ON FOG DISPERSION BY SPRAYING WATER DROPS

Mariko YASUNAGA and Yoshiharu SHIOTSUKI

An artificial dispersion method by spraying water drops has been considered for warm fog without any ice phase process. This method is based on the fallout of tiny fog droplets being collected by the bigger spraying drops. The processes of collection, breakup and sedimentation are considered in the present stochastic model for seeing the spray effect on the stagnant fog. Fog visibility is improved higher than 1000m, meteorological definition of fog, by spraying drops with the economical water supply. It is found all the 240m deep fogs, of which LWC (water liquid content) less than $1\text{g}/\text{m}^3$ (55m~300m visibility), will be dispersed within 30 seconds by spraying drops which has $10\text{g}/\text{m}^3$ LWC, corresponding to 1.625litre water per square meter.