

ヘリコプターによる散水滴の分布について*

中 村 勉**

1. ま え が き

人工降雨や人工消霧で航空機より散水する方法がとられており、ある程度の効果が認められているが、その機構を解明するためには、散水された時に出来る水滴の粒度分布及び、その水滴の空間分布が必要であるにもかかわらず、従来の試験ではこの点が閉却視されていた。今回は上の目的で、特に予備実験として、ヘリコプター及びセスナ機より散水された水滴の分布を地上で沓紙法¹⁾によって調べた。

2. 実験方法

実験は札幌市の北東郊外にある丘珠飛行場において、1961年6月19, 21, 22, 23日の4日間に合計8回行なわれた。散水方法は高度100mで飛行中のヘリコプター(ベル)及びセスナ機より、水道水20ℓを2~3秒間にわたって口径4cmのホースから散水した。口絵Iの写真1, 2は夫々散水中のセスナ機及びヘリコプターを示す。水滴の観測方法は、写真3のように50m間隔の200m×500m(のちに150m×500mに変更)の矩形の観測網を作った。その50mごとの格子点(のちに一部は50m四方の中心点)に、Water Blueで処理した一辺60cmの正方形の沓紙(東洋沓紙 No. 2)を地上50cmの木製台上にのせた(写真4参照)。この方法で水滴の直径100 μ まで読みとれた。散水時刻に最も近い時刻の地表の気象要素を第1表に示す。

3. 実験結果

1. 粒度分布 ホースの口から散水された水の粒度分布は第1図の如くである。

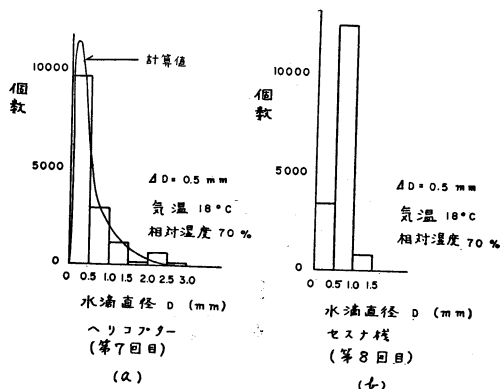
第1-(a)図では粒径は0.1mmから2.6mmの範囲にわたっており、0.5mm以下のものが特に多く、個数

にして全体の約60%である。縦軸の個数は観測点の全沓紙上の合計数について、その粒径巾500 μ の頻度である。直径2mm付近にも最大がみられるが、観測網の粗さのためと思われる。

2. 濃度分布 実験はヘリコプターによるものが7回、セスナ機によるものが1回である。そのうち比較的水滴の捕捉の良かったものの濃度分布を夫々第2図(7

第1表 散水時刻に最も近い時刻の地表の気象要素

実験番号	日	時刻(時分)	風向(16方位)	風速(m/s)	気温(°C)	湿度(%)	備考
1回目	19	1650	SSE	7	25	77	
2回目	21	1545	S	10	18	93	
3回目	21	1645	SSE	7	17	85	
4回目	22	1445	SSW	9	22	62	
5回目	22	1445	SSW	9	22	62	
6回目	23	1115	SSE ~SE	2~3	—	—	風向, 風速は散水時刻の値 この回だけセスナ機
7回目	23	1150	S	3~5	18	73	
8回目	23	1400	SSE	5	—	—	



第1図 粒度分布図

* On the Distribution of Watering droplets by a Helicopter.

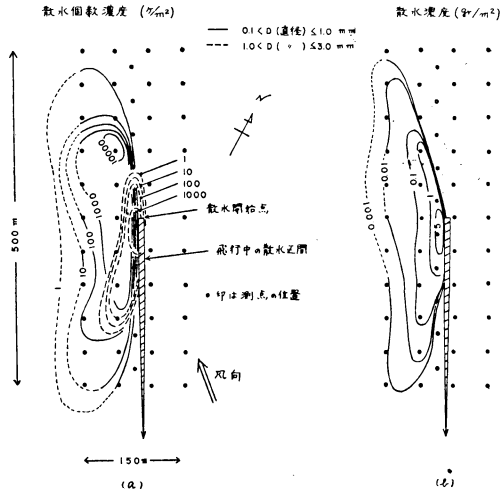
** Tsutomu Nakamura 北海道大学理学部
—1962年7月30日受理—

回目実験, 第3図(6回目実験), 第4図(1回目実験), 第5図(8回目実験)に示す。全図を通じて(a)図は沢紙から計算した全分散地域の水滴個数(ヶ/m²)の等濃度線図を, (b)図は質量(gr/m²)の夫を表わす。飛行中の散水区間(時間にして2~3秒間)は斜線で示す。区間の長短は飛行速度の大小によるもので, 上記実験時では夫々20漉/時(1回目実験), 70漉/時(6回目実験),

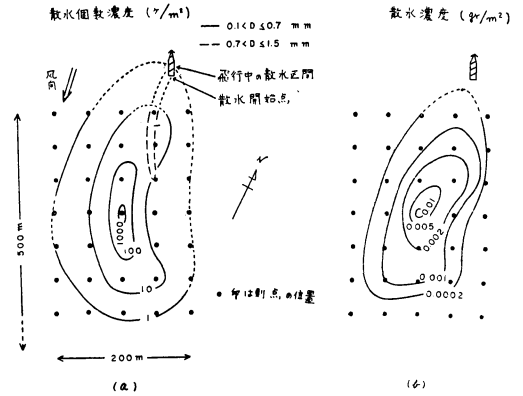
散水全量は 20ℓ 即ち 20kg である。捕捉水量の方は各等濃度線ごとに計算した結果 16kg であり, 4kg の不足である。これは観測網の粗さのためと, 小水滴の蒸発のためと思われるが, 比較的捕捉率は良かったといえる。

4. 考 察

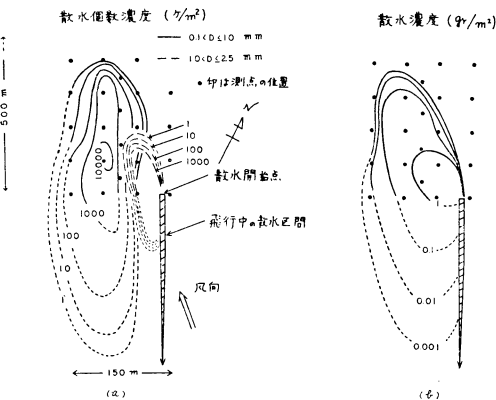
1. 粒度分布 第1-(a)図において, 曲線はホースからの散水が“霧吹き”と同じ原理で水滴となつたと仮定した場合の分布図である。棚沢²⁾によれば霧吹きの水



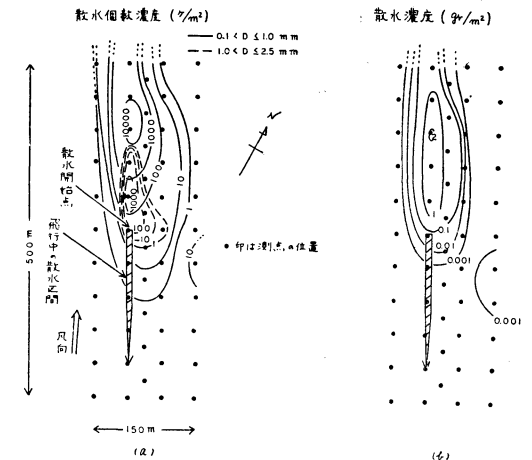
第2図 散水濃度分布図(第7回目)



第4図 散水濃度分布図(第1回目)



第3図 散水濃度分布図(第6回目)



第5図 散水濃度分布図(第8回目セナ機)

80漉/時(7回目実験), 80漉/時(8回目実験)である。地上の最大濃度区域は飛行中の散水区間のほぼ直下であり(b)図参照), 大粒の水滴の広がり巾は約50mで, 小粒の広がり巾(1ヶ/m²の等濃度線)は150m~200mである。小粒程風に運ばれる距離は大である。散水量と捕捉水量との収支を一番捕捉の良かった第7回目実験(第2図参照)について調べてみると次の通りであった。

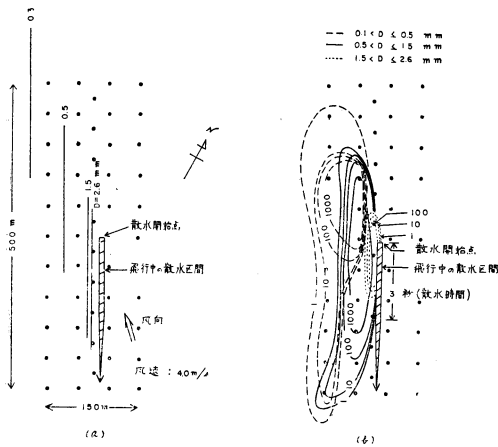
流を同方向に流れる高速気流で吹きちぎった場合の粒度分布の一般式は次式で表わされる。

$$dn = aDP \exp(-bD^q) dD$$

こゝで dn は粒径 D を中心として巾 dD 中に含まれる粒数で, a, b, p, q は実験常数である。第1-(a)図の実験結果にあてはめると曲線のようになり, 実験とよくあう。 a, b, p, q は夫々 0.72, 1.2, 2.0, 1/3 になる。

粒径の単位は μ で巾 dD は 500μ である。他の割合に捕捉の良かった場合にも a, b は多少異なるが, b, q は夫々 2.0, 1/3 でこの値は棚沢の実験の気流の低速の場合の値に一致する。 a, b は合計数や平均粒径だけに関係し, 真の分布の形には関係しない。従つてホースからの散水は“霧吹き”と似た状態と考えられよう。

2. 風の影響 第7回目実験(第2図について, 水滴が風速場において重力落下をするものとして, その落下地点を実験中の風速を 4m/sec とし, 風向を図の如く仮定して計算し, それと実験結果とを比較したものを第6図に示す。(a) 図が計算結果で, (b) 図が実験結果である。(a) 図中の散水方向に平行な実線は各粒径の落下地点を示しており, これらの実線間は(b) 図中の各粒

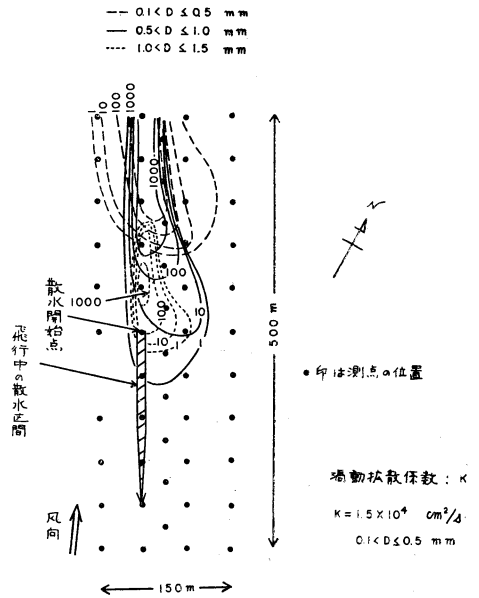


第6図 (a) 風速を考慮して計算した水滴の落下地点
(b) 実験値(第7回目) 数字は散水濃度 ($\text{ヶ}/\text{m}^2$)

径群, 即ち破線, 実線, 点線に相当し, 小粒径をのぞき割合良く一致している事が分る。小粒径の実験結果の方が拡がり小さいが, これは地上で粒径を観測するまでに蒸発を無視したための小粒径の過小評価によるものであろう。実験時の風速は $3\sim 5\text{m/sec}$ であつた。風速測定点は実験場から数百米離れた地上 14m での値であるが, 上の事から比較的大きい水滴の分布は第1近似として, その時の風速場によつて決まるといへよう。各粒径群について, 地上での散らばりの中があるのは粒径を組分けしている事他に渦動拡散の影響が入つているものと思われる。又等濃度線に凹凸のあるのは, 風の息によるものと思われる。又各濃度分布図中で風向を記入してあるが, これは実際に測定したのではなく, 濃度分布

の様相から推定したものである。

3. 拡散中について 散水方向と風向とがほぼ平行な場合についての水滴の拡散中を第7図に示す。図において, 点線は直径 D の範囲が, $1.5\text{mm} \geq D > 1.0\text{mm}$ を, 実線は $1.0\text{mm} \geq D > 0.5\text{mm}$ を, 破線は $0.5\text{mm} \geq D > 0.1\text{mm}$ の粒の分布を示す。粒径が 0.1mm 以上 0.5mm 未満のもの過動拡散係数を濃度分布から Roberts³⁾ の瞬間点源の場合の拡散の式を使つて求めると, $1.5 \times 10^4 \text{cm}^2/\text{sec}$ となり, Richardson⁴⁾ の式によると 3.4×10^3



第7図 散水方向と風向とが一致した場合の拡がり
数字は散水個数濃度 ($\text{ヶ}/\text{m}^2$)

cm^2/sec となる。現象のスケールを考察すればほぼ妥当な渦動拡散係数である。

5. むすび

高度 100m で飛行中のヘリコプターから, ほぼ $10\text{ヶ}/\text{sec}$ の割合で散水し, 50m 間隔の観測網で観測した結果, 次の結論が得られた。ホースからの水は粒径 $0.1\text{mm} \sim 2.6\text{mm}$ に分裂し, 大粒のもの落下地点は風速によりほぼ決まり, 小粒のものは 10^3 乃至 10^4 の order の係数で渦動拡散する。人工消霧の場合の有効な分散巾は 50m 以下と思われるので, 50m 間隔の観測網は粗すぎたようである。実験時の気温は 20°C 前後, 相対湿度は 70% 前後であつたので, 粒径 0.3mm 以下の微水滴は Kinzer-Gunn⁵⁾ の理論からみて, 蒸発のため地上に到達しなかつたと思われる。

謝 辞

この研究は孫野長治教授ご指導の下に行われたものである。実験に際して御協力、ご助言下された樋口敬二助教授、実験にご協力下された織笠桂太郎助手、大学院学生の高橋劭、菊地勝弘、石崎健二、学生の榎国夫、中島尚、里見穂、三浦秀一の諸氏、並びに気象データの提供、ヘリコプター及び飛行場使用の便宜をはかられた陸上自衛隊北部方面航空隊に厚く感謝の意を表わす。

参 考 文 献

1) 丸山晴久, 浜晃一, 1954: 雨滴や雪片の連続観測,

日本気象学会機関紙, 天気, 1, 50~52.

2) 棚沢泰, 抜山四郎, 1939: 液体微粒化の実験 (第3報), 日本機械学会論文集, 5, 18, 63~67.
 3) O.F.T. Roberts, 1923: The Theoretical Scattering of Smoke in a Turbulent Atmosphere, Proc. Roy. Soc., London, A104, 640~654.
 4) L.F. Richardson, 1926: Atmospheric Diffusion shown on a Distance-Neighbour Graph, Proc. Roy. Soc., London, A110, 709~737.
 5) G.D. Kinzer and R. Gunn, 1955: The Evaporation, Temperature and Thermal Relaxation-time of Freely falling Waterdrops, Jour. Met., 8, 71~83.

気象の文献に使われる国語

(Met. Mag. Vol. 91, No. 1082, 1962 から)

国連での公用語は英, フランス, ロシア, スペイン, 中国の5カ国語で, これら公用語については同時通訳が行なわれるということであるが, 世界の気象人の中での知識の交流が, どのような国語を使って行なわれているかを知ることは, 気象学を世界的な視野に立ってみる場合, あるいは日本語の立場を客観的に認識するためにも必要ではなからうか。

G. A. Ball が, 1960年10月から1961年3月までの6カ月間に, イギリス気象局図書館の受け入れた図書および論文(観測結果やその概要だけをのせた年報のようなものは除く)に用いられている国語についてしらべたのが, 第1表である。

これによれば, 英語が最も重要な国語であり, 第2位はロシア語で, ドイツ語, フランス語, 日本語はこれにつぐが, ロシア語には遥かに及ばない。

この調べより以前に, 1950年から1954年までの“Meteorological abstracts and bibliography”にのった24,500の抄録について M. Rigby が調べたものがある(第2表)。

第1表と第2表を比べると, ロシア語の比率の増加が目だが, これはソ連の出版物の増加によるよりも, 近

第1表 国際十進分類法による 551・511 として分類される図書および論文について

国語の種類	図書および論文の数		ページ数	
	数	比率	ページ数	比率
英 語	96	55%	2221	70%
ロ シ ア 語	38	22	561	18
ド イ ツ 語	10	6	121	4
フ ラ ン ス 語	6	4	87	3
日 本 語	8	5	53	2
イ タ リ ア 語	2	1	26	< 1
ブルガリア語	3	2	20	< 1
ハンガリア語	3	2	19	< 1
ス ペ イ ン 語	2	1	19	< 1
中 国 語	3	2	18	< 1
ポ ー ラ ン ド 語	1	< 1	9	< 1
チ エ ッ コ 語	1	< 1	6	< 1
南アフリカ 公用オランダ語	1	< 1	3	< 1

年西方諸国でロシア語の気象に関する文献の入手が容易になったためであろうと G. A. Ball はいっている。

(藤本成男)

第 2 表

国語の種類	英 語	ドイ ツ 語	フ ラ ン ス 語	ロ シ ア 語	ス ペ イ ン 語	イ タ リ ア 語	日 本 語	オ ラ ン ダ 語
比 率	58%	21	7	5	2	2	2	1