



Title	3. 過熱式人工消霧の予備試験
Author(s)	孫野, 長治; MAGONO, Choji.; 織笠, 桂太郎 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 11, 19-24
Issue Date	1964-02-15
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.11.19
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13858
Type	departmental bulletin paper
File Information	11_p19-24.pdf



3. 加熱式人工消霧の予備試験

孫野長治・織笠桂太郎

菊地勝弘・木村忠志

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和38年6月受理 —

1. ま え が き

— 昨年、千歳・苫小牧附近においてヘリコプターから散水する方法で霧の人工消散試験¹⁾を行なって、ある程度の成功をおさめた。しかしこの方式は霧の消散過程すなわち日中の霧にしか適用できない。そこで何時でも実行できるような加熱式人工消霧試験の必要を感じ、昨年はその予備試験を行なった。

2. ジェットエンジンの排気ガスによる昇温範囲の観測

ジェット機が霧層をつらぬいて飛行する時、その後方の霧が消えたという観測事実がある。この消霧現象はジェットエンジンの排気ガスによる後方の空気の昇温の結果ではないかと考えられるので、このことを験す目的をもって、昭和37年7月に千歳飛行場において地上滑走中のジェット機コンベア880及びターボプロップ式のバイカウント828の後方の気温の温度分布を測ってみた。

2.1 測定方法及び結果

出発前のエンジンの試運転時は航空機が停止しているので昇温分布が測りやすいと予想されたが、排気の方向が風向にさからうのでうまくゆかなかった。そこで出発後、風上に向って2~4 m·sec⁻¹の微速で誘導路上を地上滑走している時の後方の中心線上の気温の時間的変化を、滑走速度を利用して水平分布に換算する方法をとった。気温の測定にはサーミスターを使い、地上3mの高さの温度を測った。この高さは六体垂直分布の代表値と考えられる。

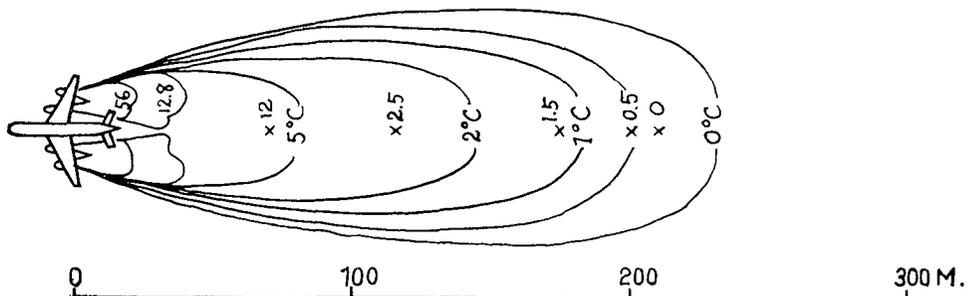
第1図の横軸がコンベア880のジェットエンジンからの距離、×印が実測値(普通気温からの上昇値)でこれから推定される温度分布を等温線で示した。ただし56°C及び12.8°Cの等温線は日本航空株式会社の資料によるものである。当時の気温は20.3°C、風速は航空機の進行方向に平行で約9 m·sec⁻¹、エンジンの消費燃料は40 l·min⁻¹(日航調べ)であった。

第2図は同様の方法で測ったバイカウント828の後方の温度分布を示す。消費燃料は20 l·min⁻¹であった。

第1図と比較して燃料消費量の少ないバイカウントの方が反って昇温範囲が広いようにみ

1) 孫野長治・菊地勝弘；水滴の落下に伴う下降気流による霧の人工消散試験，天気，10 (1963)，9-12.

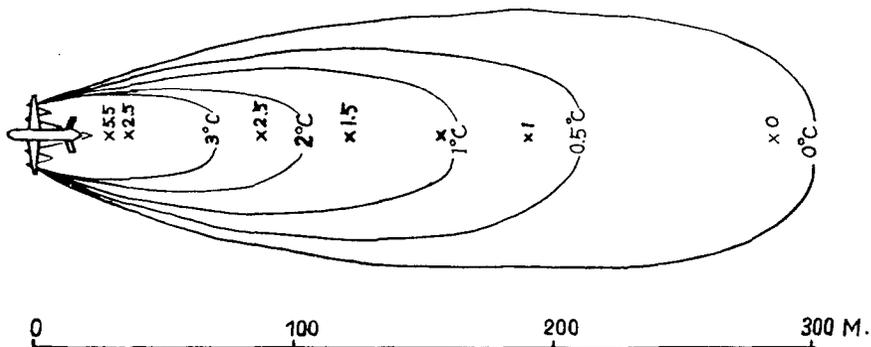
コンベア-880

気温 20.3°C 風速 9m/sec
燃料 40 l/min.

第 1 図 コンベア-880 の排気ガスによる昇温分布

Fig. 1. Horizontal distribution of the rise in air temperature due to gas exhausted from Convair 880 aircraft.

バイカウント-828

気温 20.5°C 風速 7m/sec.
燃料 20 l/min.

第 2 図 バイカウント-828 の排気ガスによる昇温分布

Fig. 2. Horizontal distribution of the rise in air temperature due to gas exhausted from Viscount 828 aircraft.

える。しかし 1°C 以上の昇温範囲ではコンベアの方が広い。詳細な比較は当時の風速にもよるので困難であるが何れにしても対空気速度 $10 \cdot \text{sec}^{-1}$ 前後の場合にこの程度の昇温効果のあることがわかった。後述するように気温 15°C 程度の通常の霧では 1°C くらいの昇温で十分に霧が消えると考えられるので長さ 200 m 程度の消霧域が航空機の後方に生じてもおかしくない。なお 1°C の昇温範囲は目視でかげろうのたつ区域と大体一致する。ジェット機が離陸する時には後方に約 200 m にわたってかげろうがみられる。もちろんこの場合は速度が大きいのでその幅は第 1, 2 図に示すよりも狭いであろうが。

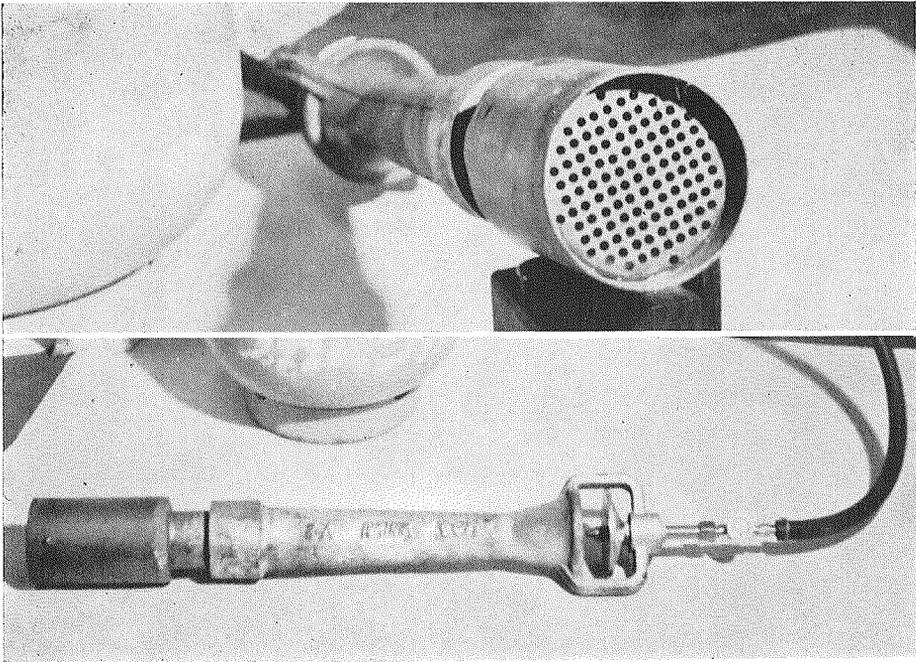


写真 1. 2吋プロパンガスバーナー

Photo. 1. Propane gas burner of diameter 2 inches.



写真 2. プロパンガスバーナー燃焼試験

Photo. 2. Burning experiment of propane gas burners.

3. 人工消霧用プロパンガスバーナーの試作

気温を高めることによって相対湿度を減少させて霧を消すには必ずしも天文学的な燃料を要しないことは内外の研究^{2),3)}によって見当づけられている。ここで問題になることは多量の燃料を短時間に完全燃焼させる技術である。さもないと煙のために反って視程を悪くするからである。近時プロパンガス利用が頓に盛んとなって、その大量使用の可能性が生じたが、プロパンガスの完全燃焼は比較的容易なので、短時間に多量に燃焼させるバーナーの試作にとりかかった。

3.1 プロパンガスバーナーの試作

現在写真1に示すような径2吋(6気圧, $0.2 \text{ kg} \cdot \text{min}^{-1}$)のバーナーにまで到達した。室内実験では理論値に近い発熱量を得ており殆んど無色の炎を出すので完全燃焼していることは確実である。更に径7吋のものを研究開発中で、本試験の場合は径7吋のものが100個使用される予定である。

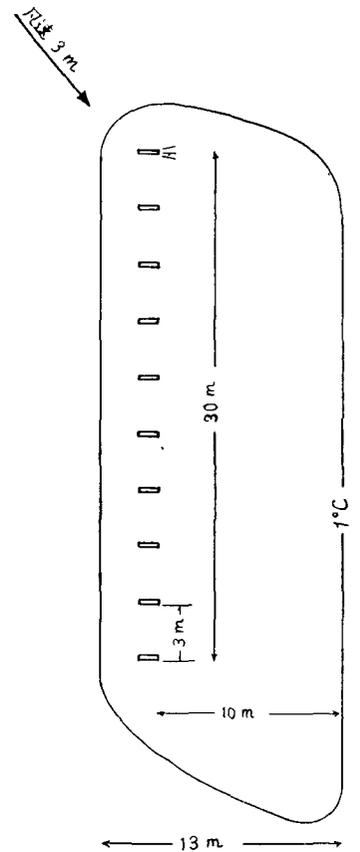
プロパンガスの場合は液体プロパンが自然に蒸発するので気化のために特別な装置を要しない利点があるが、蒸発のすすむに従って蒸発熱のためにポンベの液温が低下して気圧も急激に下る。これを防ぐためにポンベの加温装置が連続使用の場合に必要となる。バーナーの試作は北海道酸素株式会社による。

3.2 点火法の研究

多数のバーナーを短時間に確実に点火することが実際問題として重要である。現在は高压電気火花を順次におこす方法を取り10個程度ならば充分可能となった。これが100個となれば新たな構想が必要となるかも知れない。

3.3 バーナー燃焼の予備試験

手稲山頂において2吋バーナー10個を第3図及び写真2にみられるように配置して附近の空気の昇温分布を測定した。写真にみられる桶はプロパンガスポンベの冷却防止用の湯槽である。図にみられる如く 1°C の昇温範囲は幅10m長さ40m高さは5~10mで容積にして大体 $4 \times 10^3 \text{ m}^3$ で、この値は理論値よりも1桁少ないが、これは試験のスケールが小さいことと山頂のような地形の影響と風に左右されたものと思われる。要するに戸外の実験で



第3図 2吋バーナーによる昇温分布

Fig. 3. Horizontal distribution of the rise in air temperature by means of 10 propane gas burners.

2) 技術院研究動員会議; 千島・北海道の霧の研究, (1945).

3) Major Currie S. Downie and Robert B. Smith; Thermal technique for dissipating fog from aircraft runways, Air Force Surveys in Geophysics, No. 106, (1958).

は予想以上の燃料消費を見込んでおかななくてはならない。

4. 加熱法による人工消霧の理論的考察

北海道とくに千歳附近の霧をプロパンガスによって消す場合の消費量を考えてみよう。加熱法は気温が高いほど理論的に有利である。千歳附近の夏季の霧では、夜間でも地上気温は 15°C ^{4),5)}を下ることはなく、霧時には逆転層がつきものであるから地上100 mの間では上空は更に高温である。風に関しては霧時には南風が卓越し風速は $5\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ を超えることは稀である。 $7\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ という例もあるが、こんな時は霧はあまり濃くない。霧水量は地上100 mの間では $0.2\sim 0.5\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ が普通で $0.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ を超えることはないであろう。道東の霧でも $1\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ を超えた例はないようである。

そこで気温が 15°C 、霧水量が $0.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、風速が $5\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ の時に幅100 m、高さ100 m、長さ1000 mの滑走路の上の霧を完全に消して、しかも相対湿度を90%に保つためのプロパンガスの消費量を計算してみよう。前述したように霧時には下層に必ず気温の逆転層が存在するから空気は温められてもある高度以上には上昇しない。この高さを仮りに100 mとした。またこの高度まで霧が消えれば離着陸には5分間で充分とされている。

霧のある空気は通常飽和しているから、 15°C の時の水蒸気量は $12.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ である。更に $0.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ の霧を消して水蒸気に変えた場合の水蒸気量は合計 $13.6\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ である。この状態が相対湿度90%であるためには気温が 16.6°C でなければならない。従って 1.6°C の昇温が必要となる。

一方滑走路上の空気の体積は $100\times 100\times 1000\text{ m}^3$ すなわち $1\times 10^7\text{ m}^3$ で更に5分間に毎秒5 mの割で流入してくる空気の体積は $100\text{ m}\times 100\text{ m}\times 5\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}\times 300\text{ sec}$ すなわち $1.5\times 10^7\text{ m}^3$ で合計 $2.5\times 10^7\text{ m}^3$ の空気を昇温させる必要がある。従ってこれだけの空気を 1.6°C 昇温させるに必要な熱量は $2.5\times 10^7\text{ m}^3\times 1.6\text{ deg}\times 0.24\text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{deg}^{-1}\times 1.3\times 10^3\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ すなわち $1.3\times 10^{10}\text{ cal}$ である。この他に $0.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ の霧水量を蒸発させるに必要な熱量は $2.5\times 10^7\text{ m}^3\times 0.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}\times 600\text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}$ すなわち $1.2\times 10^{10}\text{ cal}$ となり昇温に要する熱量と同程度である。両者を合計すれば $2.5\times 10^{10}\text{ cal}$ が必要とされる。プロパンガスの発熱量を $1.2\times 10^4\text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}$ とすれば2トンに相当する。

一方でプロパンガスを燃焼したために生じる水蒸気はプロパンガス2トンに対して3トンであるが 1 m^3 になおして 0.1 g に過ぎないから大した量でなく更に 0.1°C 昇温することでカバーできる。

上述の $2.5\times 10^{10}\text{ cal}$ という熱量を従来の理論計算値と比較してみると5分間経続するとし

4) 木村忠志・石崎健二；苫小牧海岸における霧層の気温・湿度の垂直分布について，天気，10 (1963)，5-8.

5) 遠藤辰雄・榎 国夫・田沢誠一；繫留気球による鶴川附近の海霧の観測，本誌.

て高橋⁶⁾は 6×10^9 cal, 吉田等⁷⁾は 6.8×10^9 cal という量を計算しており, 筆者等の値の4分の1にあたる。また英国の FIDO⁸⁾では重油 2700 ガロン, 熱量にして 7.5×10^{10} cal で充分とされているが筆者等の3倍にあたる。これ等の値は目標とする滑走路の規模, 気温, 霧水量によって変わるのは当然であるが, プロパンガスの2トンは金額にして10万円であるから実用化の可能な額で驚くにあたらない。ただ2トンのプロパンガスを5分間という短時間に燃焼するという工学的な技術が残された問題であろう。しかしこれも高圧7吋バーナーで解決の見通しがついた。

5. 謝 辞

観測にあたり千歳空港において日本航空及び全日本空輸から特別の便宜を賜わった。またプロパンガスバーナーの試作にあたり北海酸素株式会社から非常な協力を受けた。記して深く感謝の意を表する。

本研究の費用は日本航空工業会より支弁された。

3. Preliminary Experiments on Artificial Fog Dispersal by Means of Propane Gas

C. MAGONO, K. ORIKASA, K. KIKUCHI and T. KIMURA

Horizontal distributions of the rise of air temperature due to gas exhausted from jet engines were measured to the rear of the aircraft. It was considered that fog would be dissipated by the heat of exhaust gas over a length of about 200 m to the rear of the airplanes.

Two kinds of high pressure burners of diameters 2 and 7 inches were designed in order to burn a great amount of propane gas.

It was estimated theoretically that about 2 tons of propane gas will be required to dissipate the fog on a runway for one departure of aircraft.

6) 高橋浩一郎; 加熱法による霧の消散に就いて, 千島・北海道の霧の研究, (1945), 67-80.

7) 吉田順五・高野玉吉・黒岩大助; 熱式及び電気式霧消散法の予備的研究, 同上, 88-97.

8) Christian E. Junge; Methods of artificial fog dispersal and their evaluation, Air Force Surveys in Geophysics, No. 105 (1958).