



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	風洞による着氷の研究 : Ⅰ. 着氷風洞の構造並に性能について
Author(s)	高野, 玉吉; TAKANO, Tamakichi
Citation	低温科学, 5, 1-7
Issue Date	1950-12-25
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/17467">https://hdl.handle.net/2115/17467</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	5_p1-7.pdf



---

Tamakichi TAKANO 1950 Studies on Ice Formation with a Wind Channel.  
I. Construction and Efficiency of the Wind Channel. *Low Temperature Science*,  
5 (with English résumé p.7)

---

## 風洞による着氷の研究 I.\* 着氷風洞の構造竝に性能について

高野玉吉  
(北海道大學理學部 物理學教室)  
(低溫科學研究所 純正物理學部門)  
(昭和23年5月受理)

### I. 緒言

風洞性能試験の精粗は航空機の性能決定に直接關係するから、今日風洞の性能試験は嚴密且つ入念に行われている。

今回性能試験を行つた風洞は、セコアンヌプリ山頂に設置された着氷風洞である。着氷風洞というのは、着氷条件をもつた即ち雪や霧粒を含んだ大氣をそのまま風洞に吸い込むもので、從來殆んどその例を見ない新型風洞である。

本報告にのせた観測結果は、南方から吹く風を主として取入れる目的で、風洞の吸込口を南側に繋いで實驗したものである。霧の全くない快晴の日に、翼型を用いて Reynold's NO<sub>2</sub> を調べてみると、最大で約  $3.5 \times 10^6$  程度であつた。この種の風洞としては良好な性能のものと思われる。然し實際に霧粒即ち過冷却水滴を含んだ大氣を多量に吸込ませて、風洞内で着氷を起させるときは、この價よりも少し下つて大體平均  $2.0 \times 10^6$  程度となることが知られた。

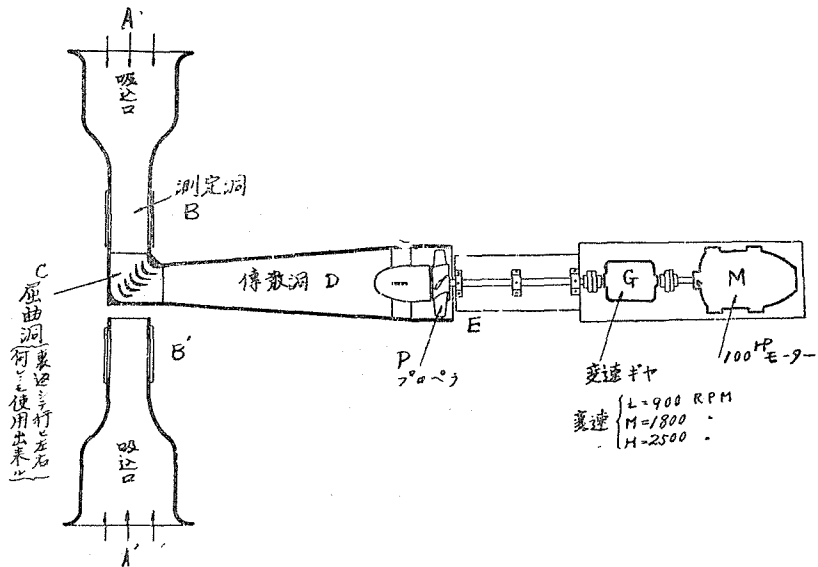
### II. 着氷風洞の概要

本風洞は木製であつて断面は四角になつている。第1図にその平面圖を示す。この圖では外氣は北向きに開いた吸込口 A から吸込まれ、測定洞 B を通つて、屈曲洞 C で直角に東向きに曲げられている。そして傳散洞 D を過ぎてプロペラ P に達し、E で風洞を出る。この圖は風が北から吹いて來るときの使用状態を表わしたもので、南から風が吹くときは屈曲洞を反轉して南向きの吸込口 A' の方に繋いで、B' の測定洞で観測するようになつている。

プロペラ P は變速齒車裝置 G を介して、100馬力の電動機 M で驅動する。變速齒車は三段に切替えられ、上段を使えば 100m/sec, 中段では 70m/sec, 下段では 35m/sec, の風速が出る。この風速は測定洞 B 内での値である。測定洞 B は 45cm 角で、兩側に有機硝子の窓が

---

\* 北海道大學低溫科學研究所業績 第93號



第 1 圖

ついていて、模型翼はこの有機硝子にあげた孔を通して捻子で締めつけて固定する。風洞全體及び變速齒車裝置、電動機は大きな建物の中に入つていて、吸込口と電動機の後方と丈けが、外方に開いている。従つて、觀測者は外氣に曝されずに觀測することが出来る。

### III. 風速變化

この風洞の特徴は、冬季過冷却水滴を含んだ大氣を直接風洞へ吸込んで、風洞内の試験品に着氷を生ぜしめて、それを測定し得ると云う點にある。風洞のプロペラを廻していない時でも、風が吸込口の方向へ開いている時には、吸込口扉を開けて、風洞を外氣へ連絡することにより、風洞内では自然風によつて相當の風速が得られる。この様な場合、風洞のプロペラを廻すとこの自然風が風洞風速に加わることになるが、風洞風速が大なる場合(約50m/sec以上)には、この影響が余り判つきり見られない。外界が無風靜穩の場合に比べて、單に風の息が加わつて風速に多少波狀的變化を生ずる程度である。

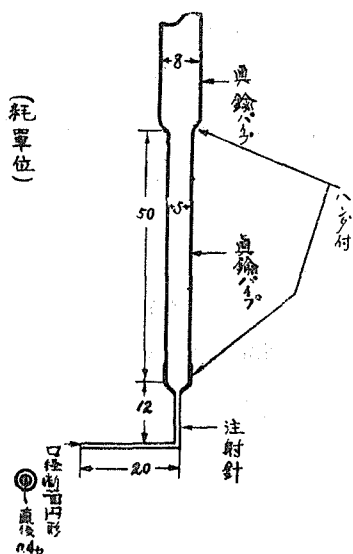
風洞内の風速變化を検べるため pitot 靜壓管(島津製 prandtl 型)を測定洞上面よりさし込み、任意の高さの所で、押ネヂで面定する。別に四鹽化炭素溶液を入れた u 字管を用いて壓力差をよみとる。又靜壓孔により測定する。

最初 pitot 管を風洞中心より約 5cm 下におき、風洞のプロペラを廻して、風速が一定になつてから、測定をはじめめる。

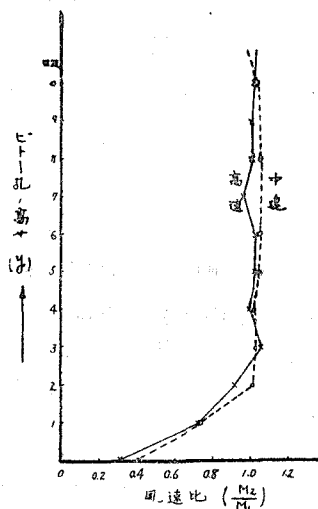
pitot 管を 2cm 毎に上方に引上げて固定し、その點の風速を u 字管でよむ。この時同時に靜壓孔による壓力差もよみとる。

快晴の日で風向  $W$ , 風速  $3 \text{ m/sec}$  の時, 風洞風速を齒車装置により高速と中速との二段に分けて, 測定を実施した。測定洞内に於ける測定は上面より  $20 \text{ mm}$  おきに垂直に下方に pitot 管を移動し, 中心より稍々下方の點迄測定した。この結果より中速の場合は高速の時より風速比 (pitot 管と静壓孔との壓力比) が若干大きい値を示していることが分つた。兩者とも測定洞内に於ける風速分布は略一定で, 多少の波狀的變化をみたがこれは風洞の個性によるものと思われる。

次に翼型を用いた場合の周囲の風速分布がどうなっているかを檢べるために, 一標準翼型を風洞内に迎角零で取付け, 上面より pitot 管を押し込んで, 翼上面にのせて固定した。pitot 管を前縁から  $70 \text{ mm}$  の位置におき, これを上下して, その垂直面内に於て風速分布を檢べてみると, pitot 管の高さの零點は, 翼表面から  $13 \text{ mm}$  の點であるから, 風速變化は境界層をはるかに離れた中間層流部分の速度變化を測つたことになる。pitot 管の位置が翼型の表面に近づくに従つて, 風速比は  $1.0$  に近づく筈である。それでもつと翼表面近くの風速變化を檢べるために, 第 2 圖に示す様な口径  $0.46 \text{ mm}$  の注射針を用いて特殊 pitot 管 (總壓



第 2 圖

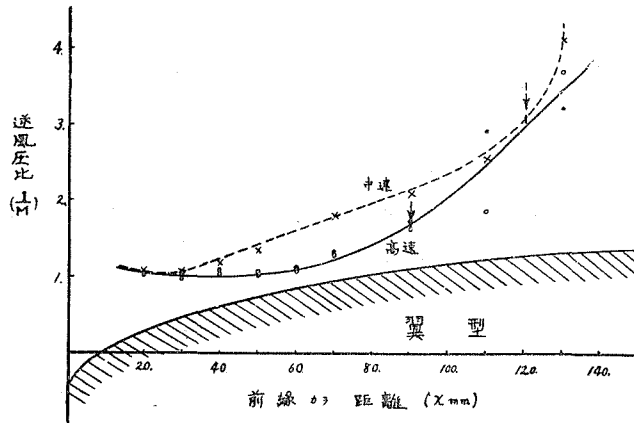


第 3 圖

管) を作り, 翼前縁から  $130 \text{ mm}$  の點で, 前と同じ方法で境界層の速度分布を測つてみた。この場合の pitot 管は比較的柔軟であるから, 翼面の型にピッタリ沿う事が出来たので, pitot 孔の高さ  $y$  の零位置は, 嚴密に云えば注射針の肉厚だけである。境界層内の總壓分布に勾配があるから, その影響として pitot 管の示す總壓は, 管口の位置でないことは勿論である。

第 3 圖は中速, 高速の 2 回に分けて, pitot 管の移動をもつと細かく刻んで測定した結果である。大體  $y=2\sim 3 \text{ mm}$  の點で亂流の境界増がみられた。第 4 圖は特殊 pitot 管を翼表面に

沿うて前縁より後縁の方即ち X 方向へ 1mm づつ移動して、風速分布を検べた結果である。実際に用いた翼型は斜線をもつて下方に書き入れ縦軸に逆風圧比  $\frac{1}{M}$  をとつてみると、中速



第 4 圖

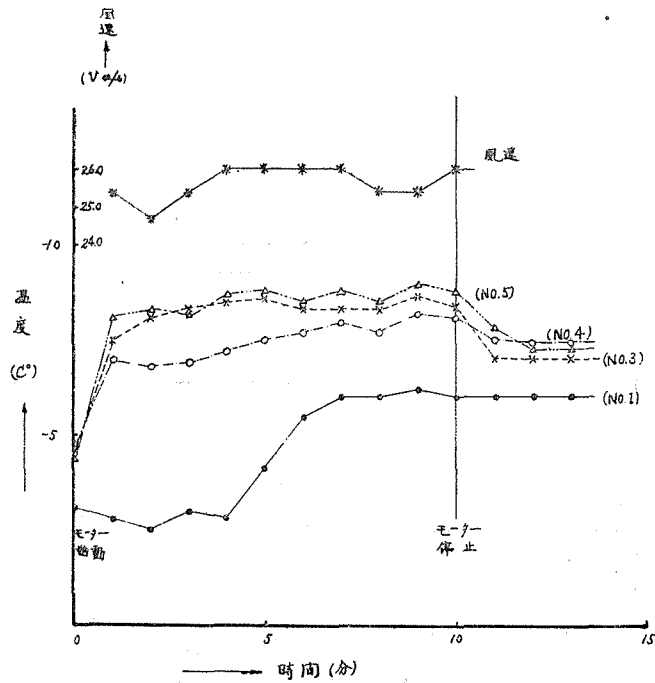
では  $X=120\text{mm}$ 、高速では  $X=90\text{mm}$  附近で境界層の剝離が生じている如く思われる。

翼の岐点部では翼型曲線の勾配が大であるためにこの特殊 pitot 管が翼表面にピッタリ沿はないため、前縁部分 20mm は測定不可能であり、この附近に於ても pitot 孔が翼面より少しく上方に持ち上げるため曲線は高速、中速共に  $\frac{1}{M}$  は少々大きく現われている。

#### IV. 温度変化

風洞のプロペラを廻している場合、測定洞の温度はどうかになっているかを検べるために、金網（太さ 10mm の銅棒で網目 100mm 角に作ったもの）を測定洞の中央に笹めて、これに太さ 5mm のアルコール寒暖計を風向に對して垂直に固定し風洞の中心と内壁附近との温度差をみた。測定は一分毎に金網に固定してある寒暖計を測定洞の外から読みとると共に、吸込口前の寒暖計及風洞室内の温度並に風速の變化も同時に測定した。測定は低速及高速の二回に分けて行つた。低速の場合の結果を第 5 圖に示す。圖に於て時間 0 の所の温度はモーター始動前の價である。低速では寒暖計 No. 3 は No. 4 より低く No. 5 よりも少々高くなつてゐる。即ち吸込口廣場の温度は測定洞内壁よりも低くなり、測定洞中心よりも少々高い ( $0.3^{\circ}\text{C} \sim 0.5^{\circ}\text{C}$ ) 事を示す。高速では測定洞内壁と吸込口とは殆んど同じ温度であり、中心より常に  $1^{\circ}\text{C}$  内外高い價である。即ち風速が  $80\text{m/sec}$  では吸込口と測定洞内壁の温度は略同じ價であるが、風速がそれ以下では内壁の方が高い價となる。

何れの場合でも風洞中心（寒暖計 No. 5）の温度は外気温（寒暖計 No. 3）より低い價を示している。これは寒暖計球部附近で極めて小範圍を考へてみれば、その前側では空氣は斷熱壓縮されて温度は昇るが、後方に於ては斷熱膨脹により温度が降り、又幾分球部が濡つてい



第 5 圖

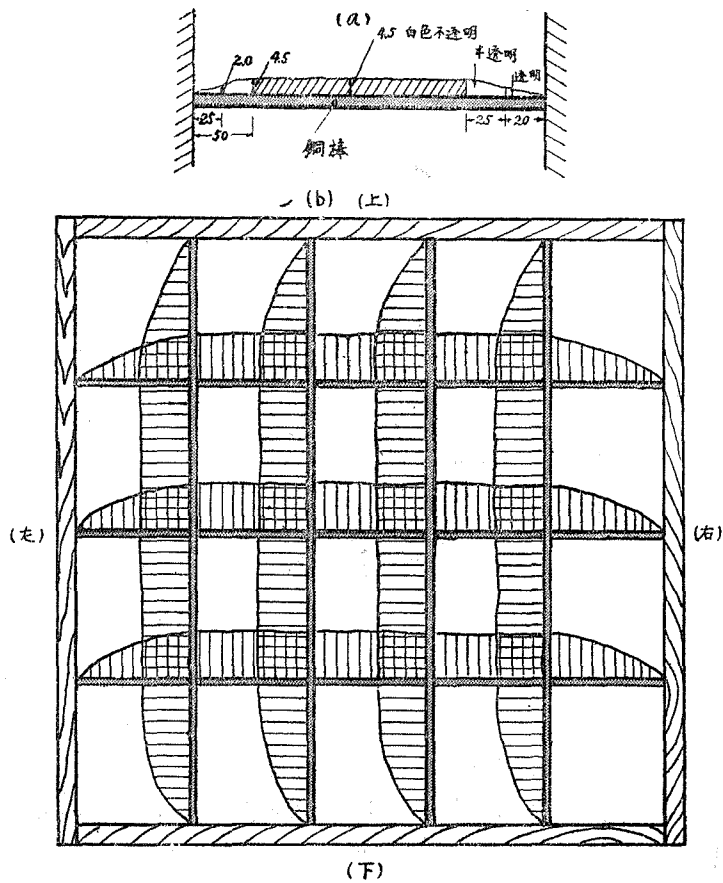
てそれが蒸發するために熱が奪われるから、結果に於ては温度降下をなすものと思われる。然しこのことは内壁附近（寒暖計 No. 4）では余り認められない。低速の場合は内壁附近の気温は却つて吸込口の外気温より高い價を示しているが、これは空氣と壁の摩擦による温度上昇があり、又風洞室の気温が高いためと考えられる。この測定結果より風洞中心部に於ける温度降下は風速 80m/sec で  $1.2^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$  風速 25m/sec で  $0.2^{\circ}\text{C} \sim 0.5^{\circ}\text{C}$  となる。これ等の事は着氷現象を検べるに際し大切な指示を與えるものであつて、外気温が零度以上の場合でも、外氣中に過冷却水滴があれば風洞内では着氷が生ずると云う事が肯定される。

### V. 着氷分布

風洞の測定洞内では各々場所によつて着氷が異なるかも知れないので、それを検べる爲に前に気温を測つた時と同じ金網を測定洞に嵌めて固定し、風洞のプロペラを廻して着氷させてみた。そして各種の時間内に於ける着氷量をこの金網の各部分について檢べた。寫眞 1 は金網を測定洞内に取付け、着氷を起させた 1 例である。5 分間着氷させて、この網についた氷を、網目の一つ一つについて剥がして、調剤天秤でその重量を測り着氷量を檢べた。その時の着氷の様子を第 6 圖に示す。

測定洞断面の着氷は中心部分が側壁より多量である。第 6 圖の (a) は金網中の銅棒 1 本に

ついた氷の断面を示したもので風洞の壁際から中心部に向い着氷は増加し、氷の性質は透明から半透明、及び不透明と変化している。このことは前の温度変化と対照すれば興味ある問題である。同圖 (b) は金網の着氷の様子を判り易く書き表わしたもので、着氷量は斜線を



第 6 圖

もつて示してある。これ等の圖より風洞の内壁の影響が着氷に現われていることが判る。

即ち内壁より約 50mm は中心附近よりも着氷量が少く、且内壁に近づくほど着氷は透明になることが多い。

## VI. 結 論

以上の如く着氷風洞としての性能試験を行つた。風洞内に生ずる着氷現象に關連して、風洞の基礎資料を豫め知つておく必要があつたからである。それで普通の風洞性能試験のような嚴密な意味ではなく、着氷風洞という特殊の悪條件に働く風洞について、その使用目的に

必要な範囲の性能試験を行つた次第である。

この風洞は檜材作りであり製作されてから一年半ほど氣象的に最悪の條件にあるニセコ山頂に置かれてあつたものである。しかし材質の狂いは比較的少なかつた。

本文の結果を列記すれば次の如くである。

- 1) 測定洞に於ける風速變化は著しくない。然れどもこれは島津製 Prandtl 型 pitot 管による測定であり、その精度の範囲内のことである。
- 2) 一標準翼型によるこの風洞の Reynold's No. は條件のよい時で  $3.5 \times 1.0^6$  である。
- 3) 一標準翼型による亂流境界層は前縁から 130mm の點で翼表面から 2~3mm の點にある。
- 4) 一標準翼型による境界層の剝離は風速により異なるが、 $V=60\text{m/sec} \sim 80\text{m/sec}$  で前縁から 120mm~70mm の位置にある。風速大なるほど剝離點は前縁に近づく。
- 5) 風速による溫度降下は測定洞中心附近が内壁附近より大でその範圍は  $0.5^\circ\text{C} \sim 1.0^\circ\text{C}$  内外である。
- 6) 溫度降下と關連して着氷現象も決定される。即ち中心附近は内壁より幾分着氷量が多く、着氷の性質も若干異なる。然し内壁 50mm 以内に於ては殆んど變化ない。

---

### R é s u m é

A new wind channel in which ice formation takes place was constructed at the summit of Mt. Niseko. The atmospheric air containing snow and fog particles is pulled in a L-type channel, the maximum speed being 100 m/sec in the measuring space. The efficiencies are measured and was found to be good enough for the following experiments.