

(昭和 30 年 5 月 造船協会春季講演会に於て講演)

船舶通風の流体力学的研究 (第 2 報)

正員 工学士 内 田 勇*

Abstract.

A Hydrodynamic Study on the Ventilation of Ships (The 2nd Report).

By Isamu Uchida, Kogakushi, Member.

In the first report, observation was made on the two dimensional flow, where it was proved that stream lines and stream velocities are identical with the result of hydrodynamical calculation. In this 2nd report, the author intends to proceed into three dimensional flow. This time, however, experimental method was mainly substituted for hydrodynamical calculation, since the calculation is hardly possible in the field of three dimensional flow. To begin with, some fundamental experiments were made to clarify the scale effect among model experiments in water current, that in air current and the facts in actual ships. The result finally reached is that efficiency of ventilation in actual ship can be measured by performing model experiments in water current.

I. 緒 言

さきに、第 1 報に於ては、貨物が貨物艙に満載された際に出来る上部空間の通風状態に就いて研究した。その結果此の場合は二次元流であり、流線流速は流体力学的計算により算出することが出来るとの結論を得た。

本第 2 報に於ては、更に貨物艙に貨物が満載されず、従つて上部空間が相当に大きな場合及び船室、機械室等の通風状態、即ち三次元流と考えられる場合を研究発表することにした。流体力学的計算の困難な三次元流の取扱いを、空気流及び水流実験により船艙内並びに、室内の通風状態を検討し、通風の最も効果的な、Source, Sink の配置、換気回数等を決定する資料を得ることを目的とした。尚本第 2 報に於ては基礎的実験即ち Scale effect の研究を主として行い、第 3 報に於て応用実験並びに、実船の艙内及び室内の通風状態を実測して、模型実験との比較研究を試み度いと思う。

II. 実験装置及び方法

1. 三次元空気流実験

A 実験装置 (東京都港区麻布三河台町自動車車庫内に設置)

第 1 図の通り、幅 2M360、長さ 4M225、高さ 1M510 の模型船艙を木材を以て作り、之を三次元空気流実験の船艙模型とした。

各測定点は、取付金具に依り上下両端を緊締された取付台で位置を定めた。

一対の Source, Sink の実験の場合は

空気取入口を A

空気排出口を A'

二対の Source, Sink の実験の場合は

空気取入口を B

空気排出口を B'

として、後者の場合は、縦隔壁 aa を新たに設け、流体力学的に対称として、四隅に two sources, two sinks を置いた場合と概ね同様の、流線、流速を生ずるものと見做して実験を行つた。

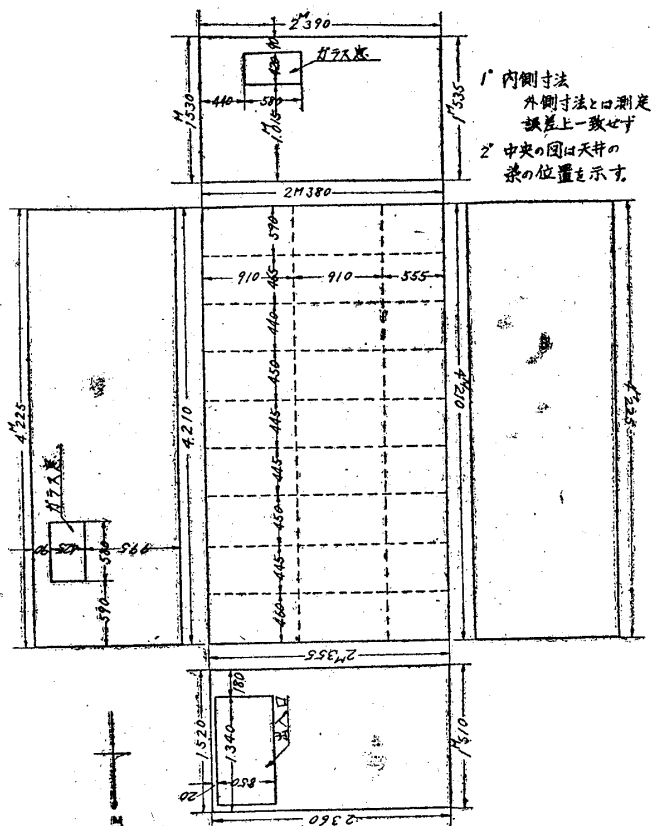
B 実験方法

イ) 風量の調節は、送風機の回転速度を変化して、測定を行つた。

* 三井船舶株式会社

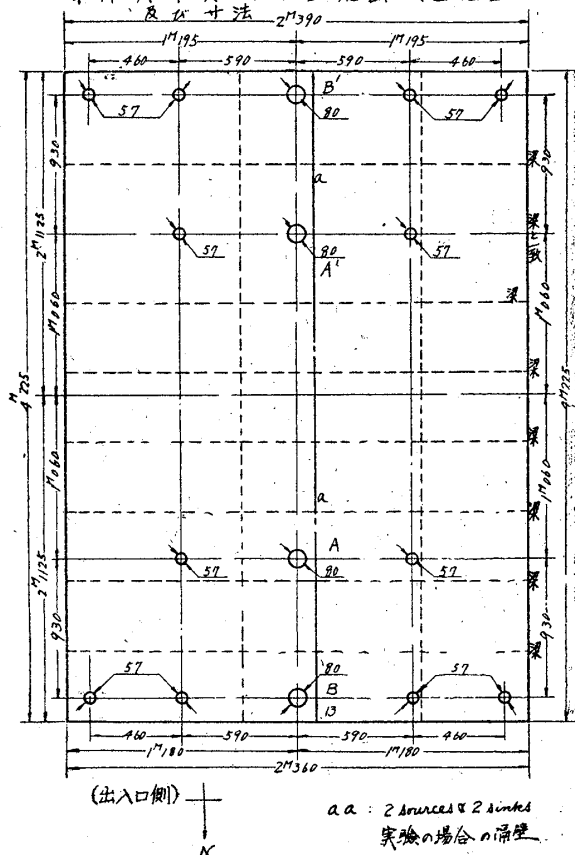
空気実験用車庫寸法

自動車々庫改造内法寸法



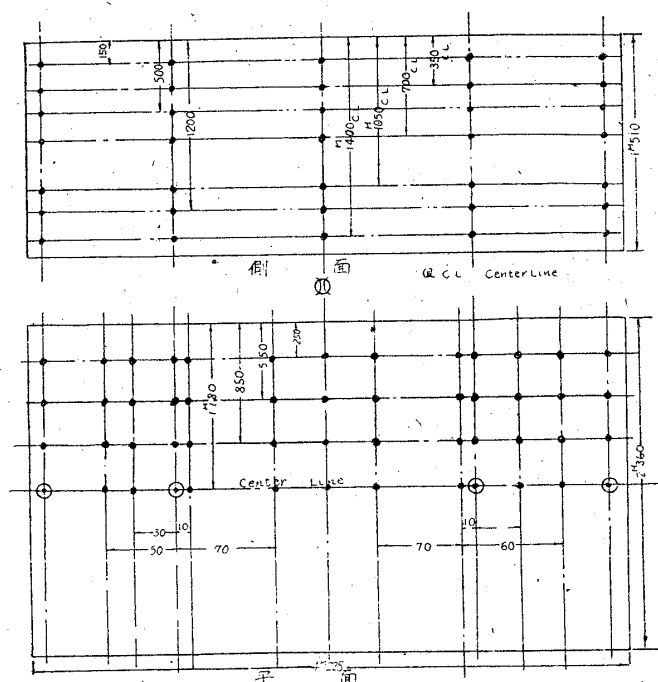
(1)

車庫天井実験用空気出入口位置

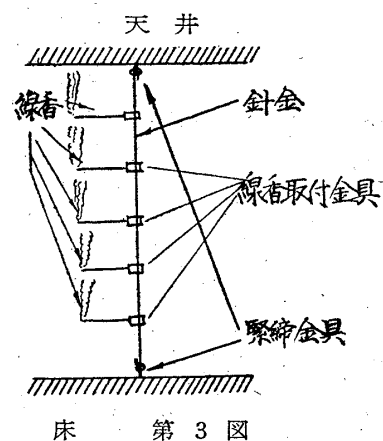


(2)

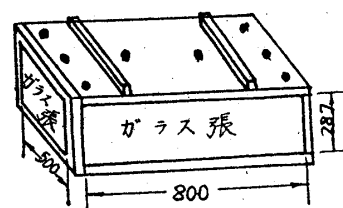
第 1 図



第 2 図 天井の中心線に sink source の場合の測定位置



第 3 図



単位 1/4 第 4 図

熱線は第2図の通り各定位置に固定し四点宛同時に測定した。

ロ) 風向は、上記の測定点に就て、図示(第3図)の様に、天井と床の間に、取付金具で両端緊締の針金を張り、各点の位置に線香を床に平行に固着し、之に火を付け、煙の流れを撮影し風向を測定した。送風機の回転速度を数段に変化し夫々風向を写真撮影し流線を描いた。

ハ) 風速は前項により得た流線に直角になる様に各測定点の熱線を設置し送風機の各段階(notch)の回転速度に於ける各位置の風速を熱線風速計により測定した。

2. ミルクによる三次元水流実験

A 実験装置

第4図に示す通り深さ 287mm, 幅 500mm, 長さ 800mm の三次元船艙模型を作製した。287mm×500mm 及び 287mm×800mm の各一側面をガラス張りとし、視窓とした。

B 実験方法

水頭を一定に保ち、定常流状態に置き、然る後市販のミルクを模型艙内に流入管から吸い込ませ模型艙内に導入し、管内流入時より一定時間々隔に写真撮影を行つた。

ミルク流入時から、ミルクが殆んど流出し切つて管内の水が再び透明になる迄の時間も測定した。

3. 通風効果測定の基本実験

A 実験装置

(イ) 模型船艙

前記2(第4図参照)ミルクに依る三次元水流実験の場合の装置をその儘使用した。

(ロ) 濃度測定装置

比色法を採用し、濃度 0.1%~0.0001%に到る染料(オレンジ 1-5

G) 溶液を試験管に入れ、標準濃度とした。

(ハ) 艙内抵抗損失測定装置

第5図に示す通りの装置を作製、

- i) Source, sink の大きさ
- ii) " " の数
- iii) " " 配置
- iv) 流入速度

等の変化に伴う艙内抵抗損失を測定し得る如く設置した。

B 実験方法

イ) 比色法に依る濃度測定実験

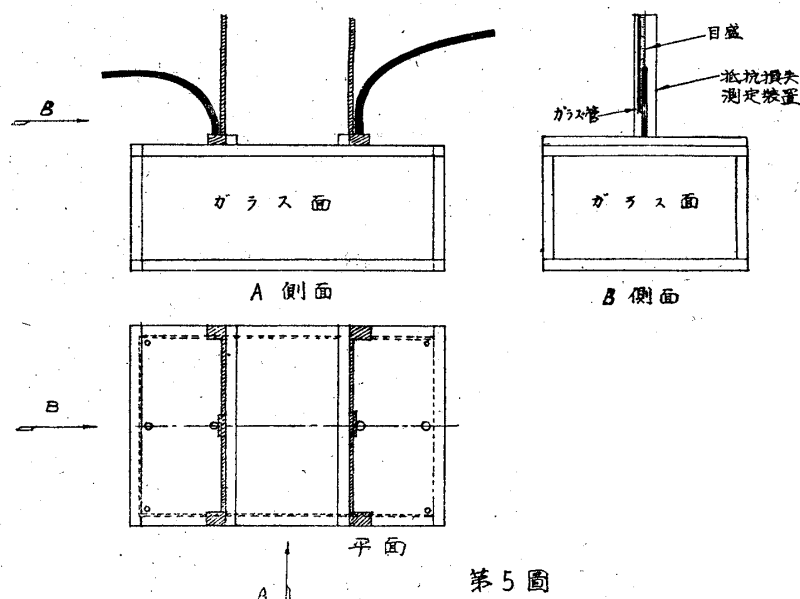
染料には、オレンジ 1-5 G を使用した。

予め 115 gr の染料を水溶液として置き、之を模型艙内に入れ、良く攪拌し、艙内の染料濃度を均一ならしめ、然る後に、head 一定の水槽からサイフォンに依つて艙内に水を導き Sink 側から排出される溶液の濃度 ρ 並びにその刻々の時間(流出始めからの時間) t を測定した。

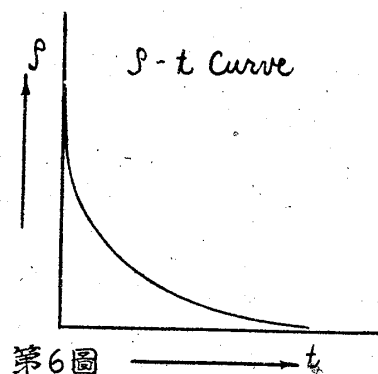
この結果から

$\rho-t$ Curve を画いた。(第6図参照) 本曲線を基礎として、

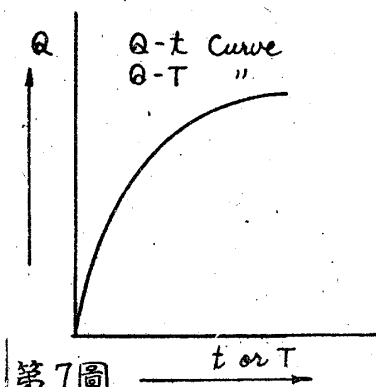
$Q-t$, $Q-T$ Curve を画いた。(第7図参照) 但 T: 換水回数



第5図



第6図



第7図

ここに $Q = \int_0^t \rho(t) \frac{dq}{dt} dt$ である。

Q : 流出染料の合計量 gr

ρ : 時刻 t に於ける流出液濃度

$\frac{dq}{dt}$: 単位時間に於ける流出液量 cm^3/sec

ロ) 抵抗損失の測定

第5図に示す装置により、流出量を数段に変化させ各時に於ける艙内の抵抗損失を測定し、流出量と損失水頭の関係を示す Curve を作成し、通風効果の判定に便利にした。

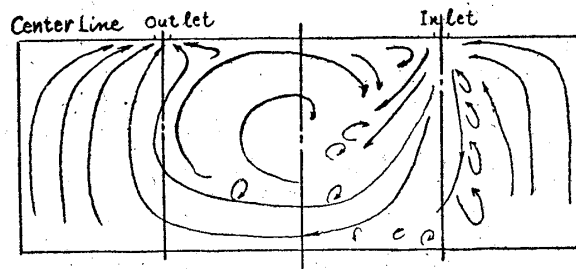
測定位置附近の抵抗損失の較正も行い、通風効果検討の対象を飽迄も艙内とするのに万全を期した。

III. 実験結果

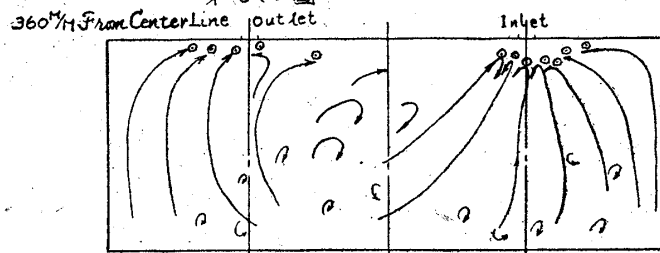
1. 三次元空気流実験結果

A 中心線に one sink 及び one source を置いた場合

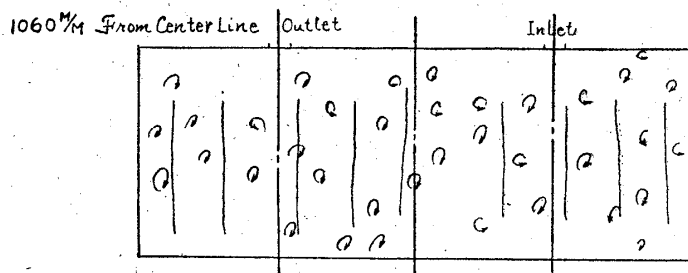
(イ) Notch 0.



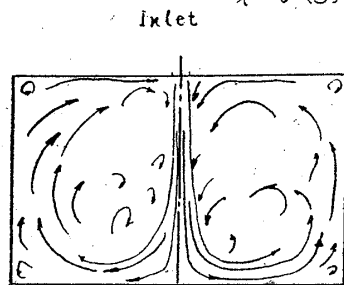
第8(1)圖



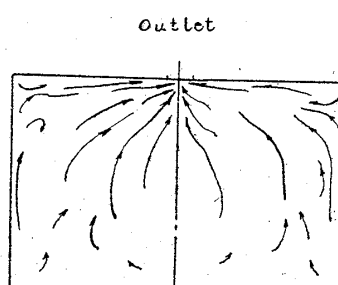
第8(2)圖



第8(3)圖

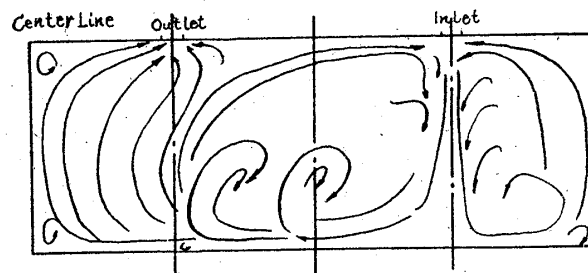


第8(4)圖

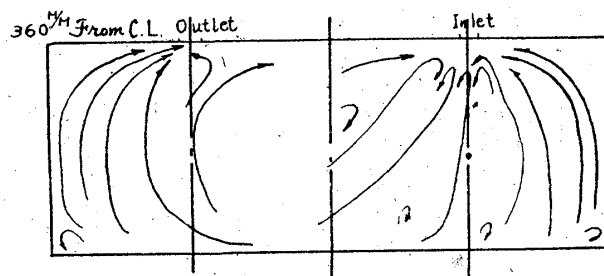


第8(5)圖

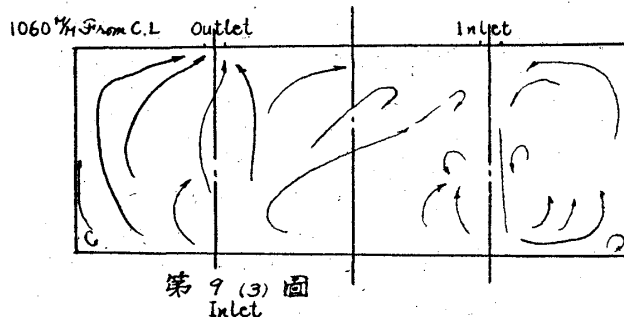
(ロ) Notch 6.



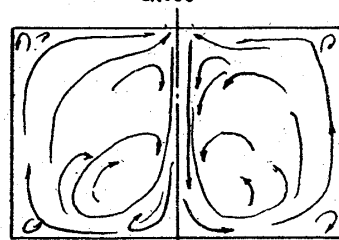
第9(1)圖



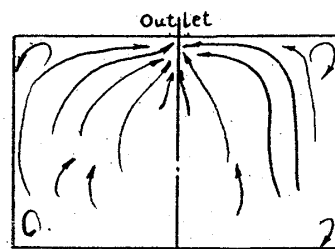
第9(2)圖



第9(3)圖

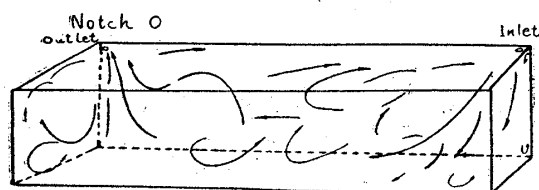


第9(4)圖

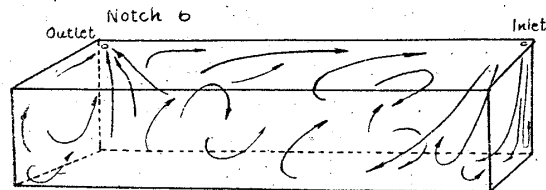


第9(5)圖

B 四隅に 2 sinks 及び 2 sources を置いた場合,



第10圖

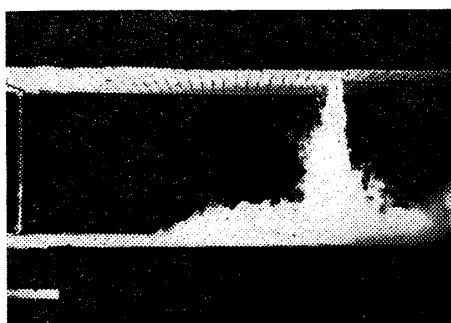


第11圖

2. ミルクに依る三次元水流実験結果

A 中心線に 1 sink 及び 1 source を置く場合.

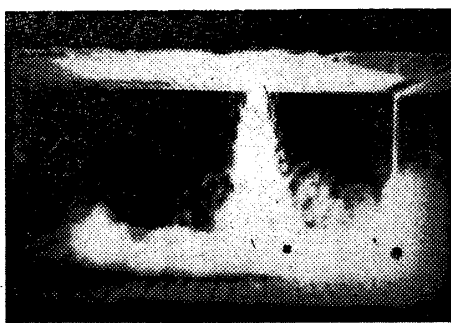
(イ) 21/9.85 秒



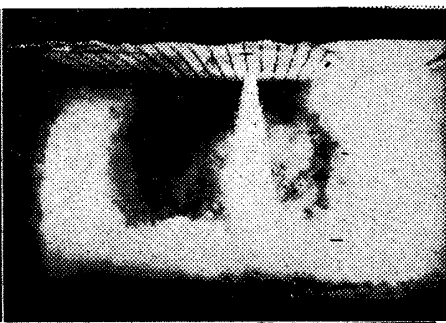
第 12 (1) 図 A 面



第 12 (2) 図 A 面

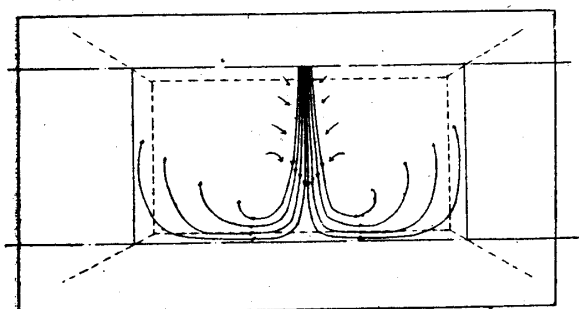


第 13 (1) 図 B 面



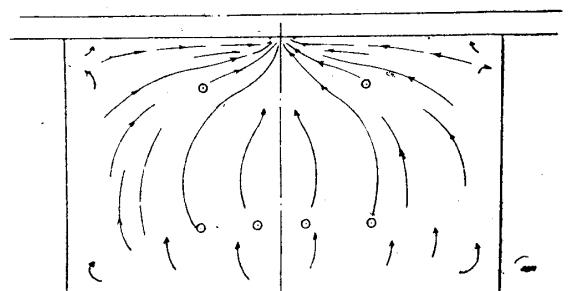
第 13 (2) 図 B 面

ND 1 Sink & 1 Source
Inlet



第 14 (1) 図 B 面

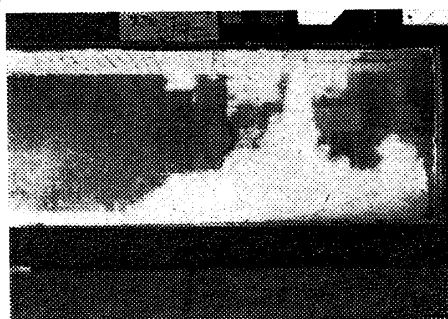
ND 1 Sink & 1 Source
Outlet



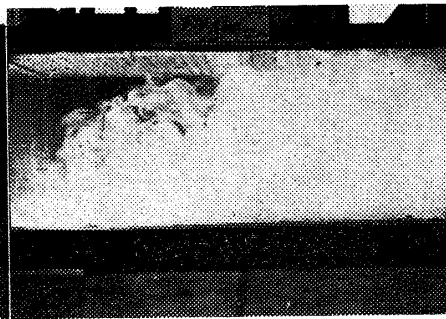
第 14 (2) 図 B 面

Inlet, Outlet = $2l/9.85$ 秒

(ρ) $2l/18$ 秒

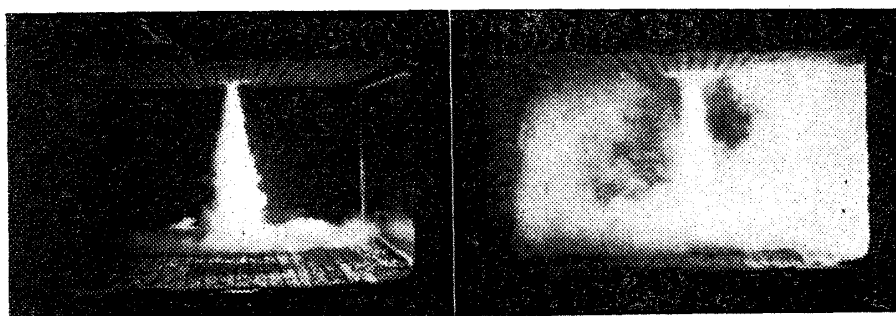


第 15 (1) 図* A 面



第 15 (2) 図 A 面

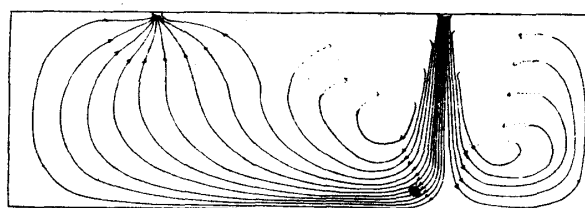
* (註) ミルクによる三次元水流実験装置の、ガラス面以外の周壁、天井等に等間隔に無数の小突起が写真に見られるが、之は真鍮釘を植えたもので、ハイドロキノン、デジアセテートによる二次元流実験装置の天井、底を使用したものである。周壁にも釘を植えたのは、他日ハイドロキノン、デジアセテートによる三次元流実験する場合を予め考慮した為で、写真でも釘を植えたのが見受けられる。



第 16 (1) 図 B 面

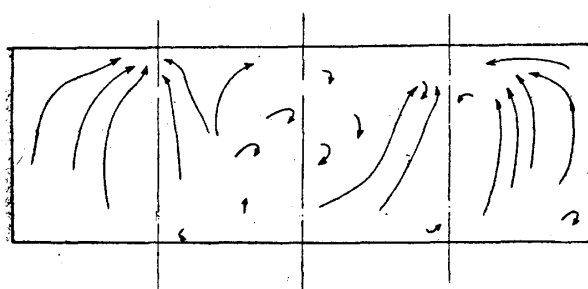
第 16 (2) 図* B 面

第 17 (1) 図 A 面



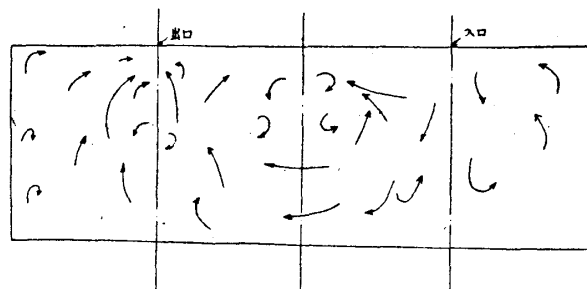
7.5 cm From Center Line

22.5 cm From Center Line



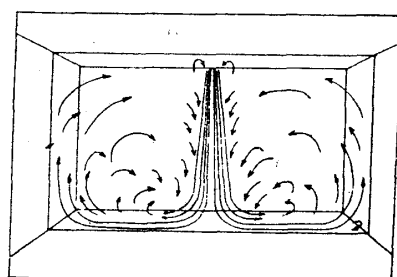
第 17 (2) 図

*ND 1 Sink & 1 Source
Inlet 18 sec*

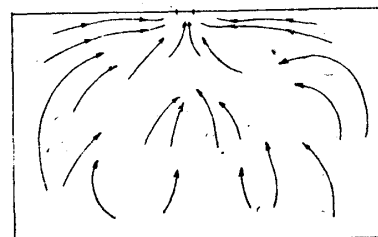


第 17 (3) 図

*ND 1 Sink & 1 Source
Outlet 18 sec*



第 18 (1) 図 Inlet, Outlet=21/18秒



第 18 (2) 図

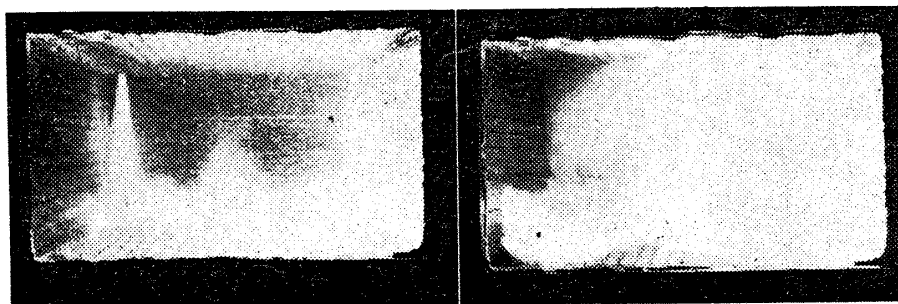
B. 天井の四隅に 2 sinks, 2 sources を置く場合

(イ) 21/9.85 秒



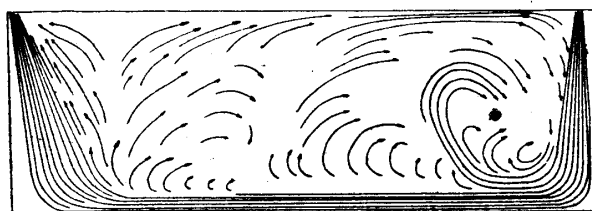
第 19 (1) 図 A 面

第 19 (2) 図 A 面

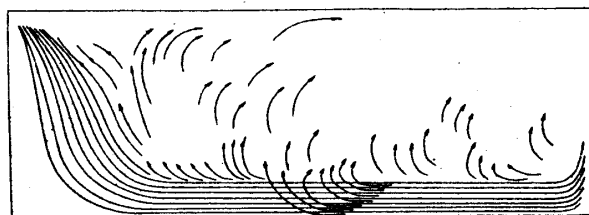


第 20 (1) 図 B 面

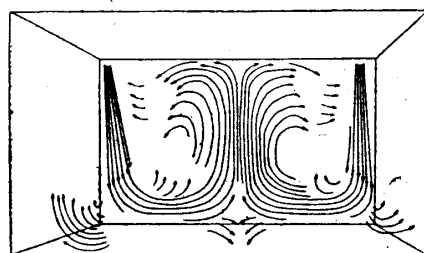
第 20 (2) 図 B 面



第 21 (1) 図 A 面

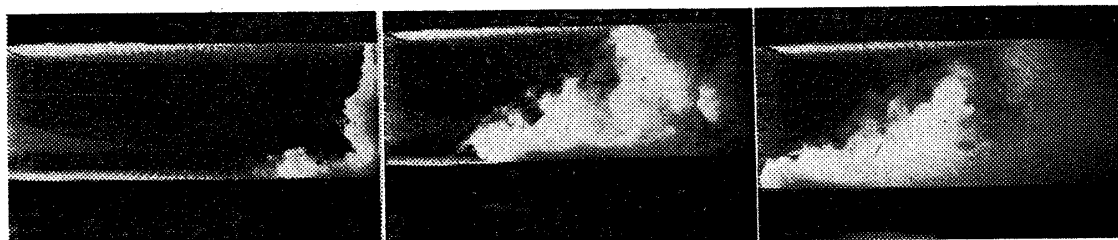


第 21 (2) 図 C 面



第 22 図 B 面

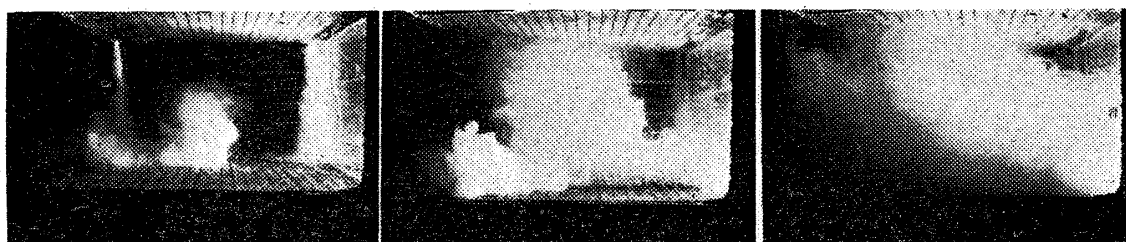
(ロ) 21/18 秒



第 23 (1) 図 A 面

第 23 (2) 図 A 面

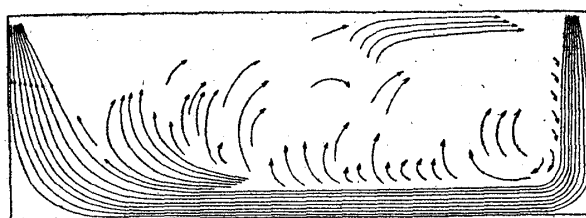
第 23 (3) 図 A 面



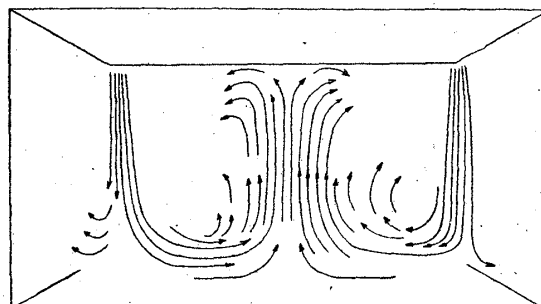
第 24 (1) 図 B 面

第 24 (2) 図 B 面

第 24 (3) 図 B 面



第25図 A面



第26図 B面

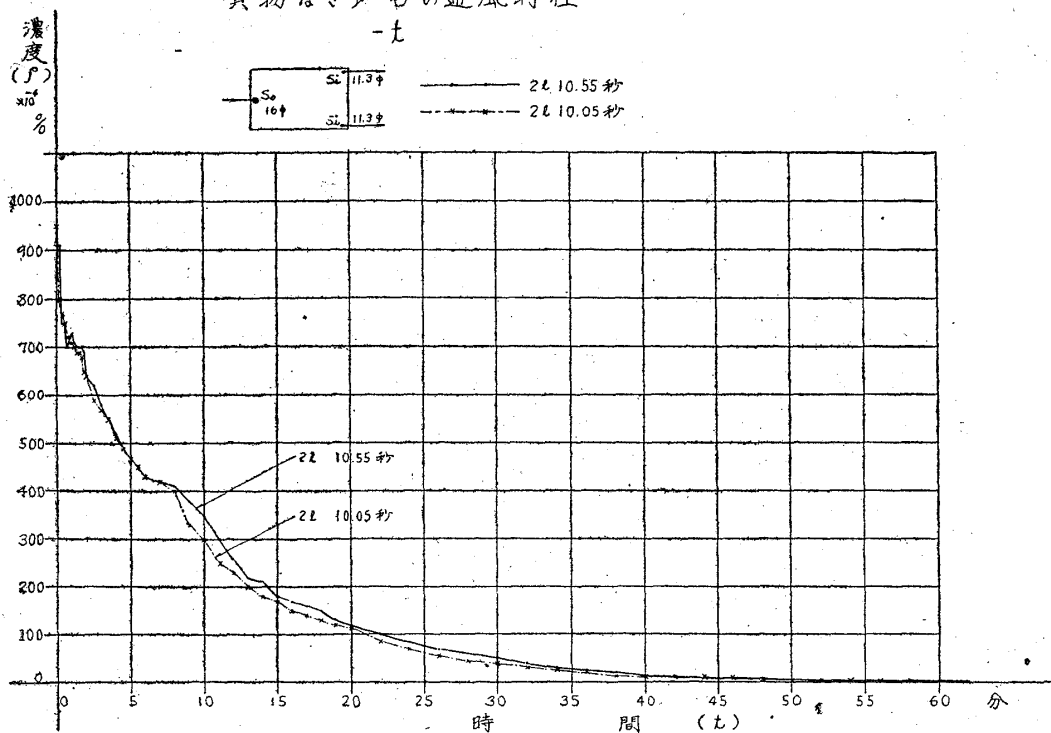
3. 通風効果測定の基本実験結果

A. 天井の中心線の一端に 1 source 及び他の二隅に 2 sinks ある場合 $\rho-t$ Curve

模 型 実 験

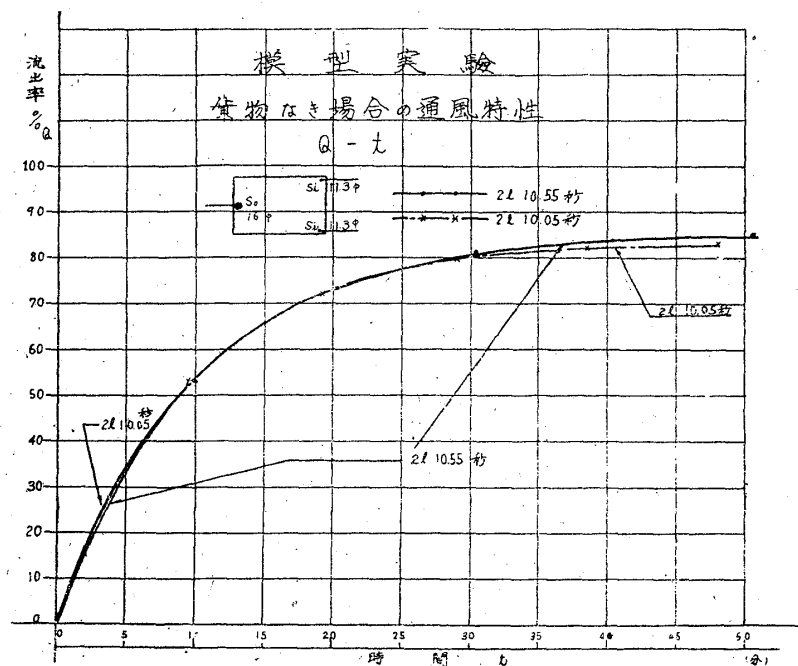
貨物なき場合の通風特性

-t



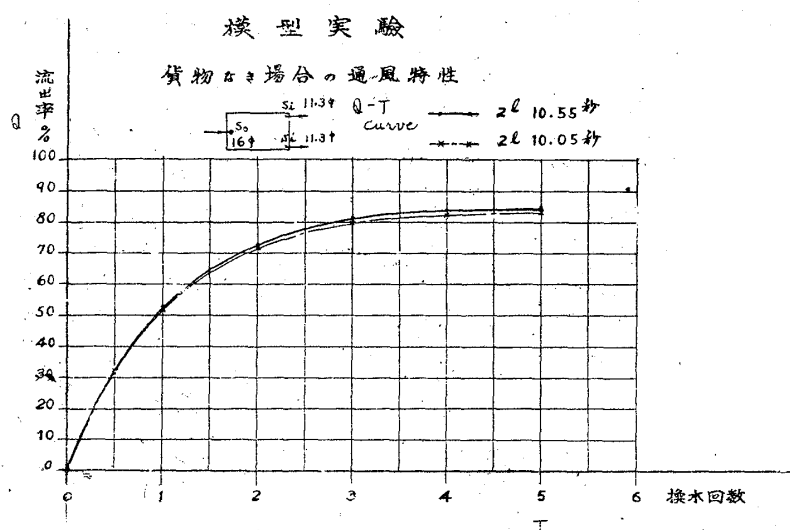
第27図

B. 天井の中心線的一端に 1 Source 及び他の二隅に 2 sinks ある場合 $Q-t$ Curve



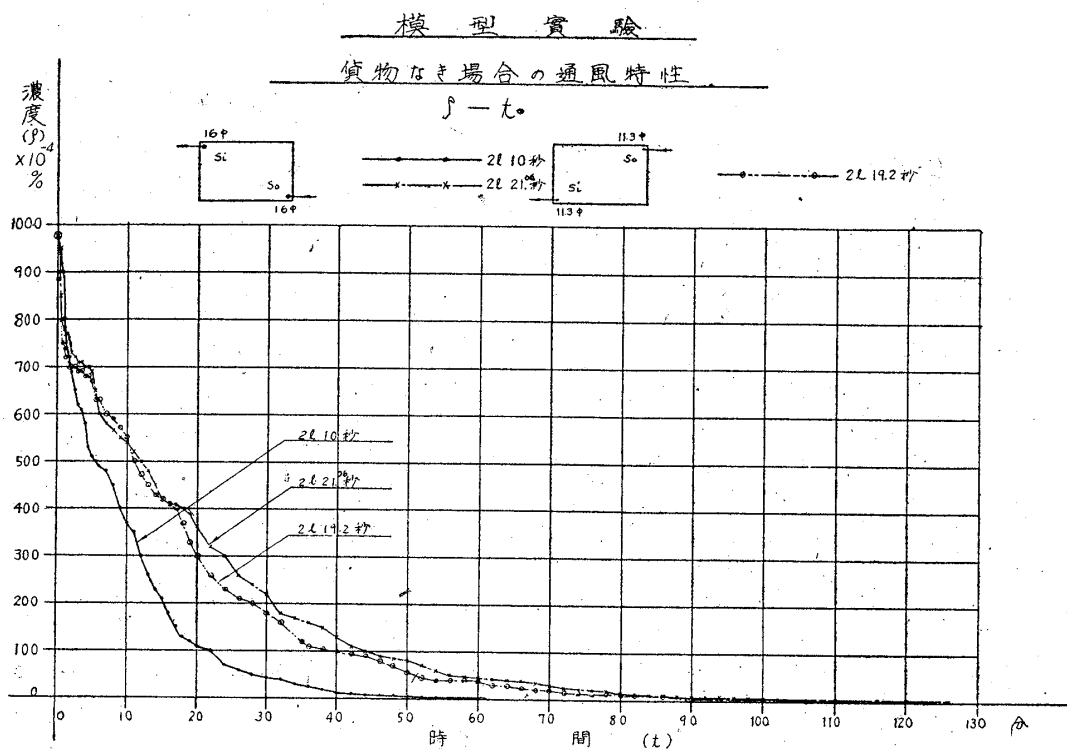
第 28 図

C. 天井の中心線的一端に 1 source 及び他の二隅に 2 sinks ある場合の accuracy



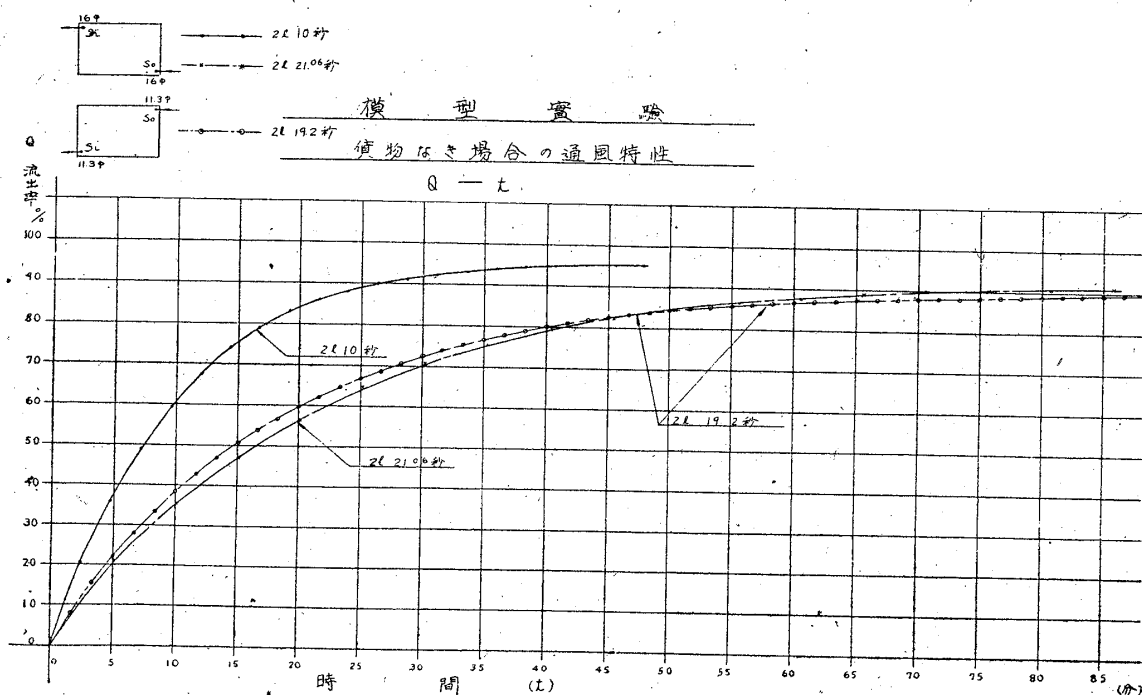
第 29 図

D 天井の一隅に 1 source 及びその対角線に 1 sink ある場合 $\rho-t$ Curve



第 30 図

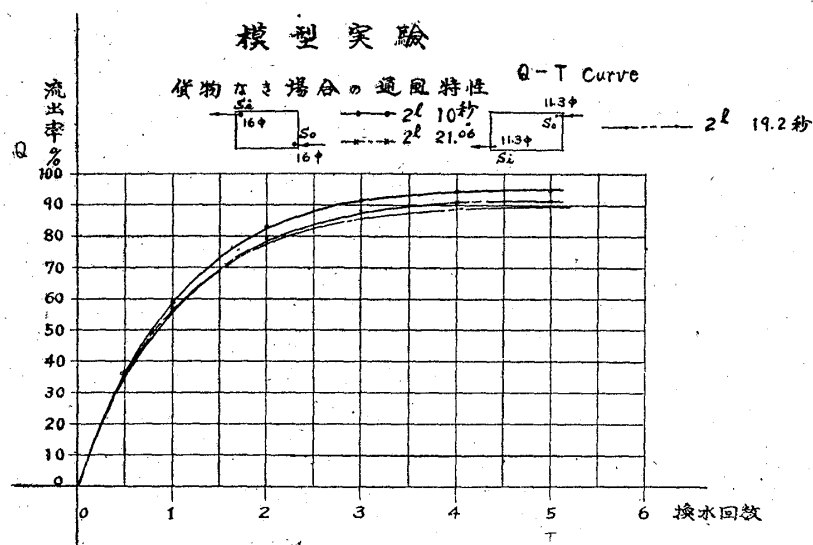
E 天井の一隅に 1 source 及びその対角線に 1 sink ある場合に就て, 流速変更の影響 $Q-t$ Curve



第 31 図

IV. 実験結果の考察

1. 三次元空気流実験の場合流入風速を変更しても別に著しい流線の変化は認められない。(第8図～第11図参照)



第 32 図

Curve を引き換えて見ると殆んど同一 Curve になることが認められる。(第30～32図参照)

但しここに Q : 流出染料の量 gr (又は最初の染料全量に対する流出染料の%)

t : 流出開始からの時間

T : 流出開始からの換水回数

V. 結 言

前述の事実から空気流と水流で流線の違いも少く且つ Velocity を変えても流線の変化は殆んどなく Scale effect はないと見ても實際上差支ないと思われる。従つて水流実験を以て実船に於ける通風効果の検討を行うことが出来る。

以上の実験では

水の場合、流入口の流速 0.55m/sec～1.01m/sec

空気の場合、入口の流速 2.43m/sec～4.13m/sec

の範囲で行つた。之を Reynolds' number で表わすと、

水の場合 $3.9 \times 10^5 \sim 7.09 \times 10^5$

空気の場合 $7.09 \times 10^5 \sim 12.03 \times 10^5$

の範囲内である。

実船の場合、自然通風とすると、(流入口 525φ 程度) 4.064m/sec の流速となるから、Reynolds' number は約 $3.65 \sim 6.27 \times 10^6$ となるが、水と空気で行つた実験の流線の類似性から見て、実船の場合の艙内通風も殆んど同様な流線の傾向を示すものと考えられる。

通風効果の測定法としては、本論文に於て採用した方法、即ち船室或いは船艙内の空気中の含有物が通風換気により、一定条件の下に、一定の時間後或いは一定の換気回数後に何%排出されるかを以て判定することは適当な方法であると思う。此の場合換気通風中の艙内の抵抗をも併せ考える必要がある。

第3報に於ては、水流実験により模型船艙の各種通風の通風効果を本方法により測定し、最良の通風換気法に關して究明し、更に之を実船の場合と比較検討しようと思う。

第2報を終えるに當り、御指導を賜つた東京大学工学部船舶工学科山県教授、乾助教授並びに同船型試験水槽の関係各位に深く感謝の意を表すとともに、本実験装置の作製、計測に御援助下された平田 清氏及び吉本利典氏の御苦労に対して再び御礼申上げる次第であります。