(昭和 32 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 3 報)

正員 内 田 勇*

A Hydrodynamic Study on the Ventilation of Ships (The 3rd Report)

By Isamu Uchida, *Member*

Abstract

In our third report we studied ventilation with the cargo holds filled with bale cargo.

As a result of the studies covered in our first, second and this third report, we have reached the following conclusions:

- (1) In the event that the holds are filled with grain cargo, the stream lines and stream velocities in the upper air space may be obtained by hydrodynamical calculations.
- (2) In the event that the hold is empty or filled with bale cargo, the inlet current becomes a jet flow. By utilizing this jet flow efficiently the ventilation efficiency is increased.
- (3) By leading the inlet current by ducts into the air spaces between the bale cargo, the ventilation efficiency can be increased.
- (4) By alternating inlets and outlets at regular intervals large changes can be obtained in the stational flow, and as dead space can thereby be eliminated, the ventilation efficiency is increased enormously.
- (5) By experiments with actual ships it has been possible to confirm that the model experiments are useful in determining the characteristic properties of ventilation efficiency.

I. 緒 言

第 1 報に於ては、空気を殆んど通さないと考えられる Grain Cargo が貨物艙に満載された場合に出来る上部空間の通風状態に就いて研究し、その結果、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。

第 2 報に於ては、貨物艙に貨物が満載されない場合、即ち相当大きな空間を有する場合、及び船室、機械室等の通風状態を検討した。

本第 3 報に於ては、主として貨物艙に雑貨或は Bale Cargo が満載された場合、即ち貨物と貨物との間に、幾分空気を通ずる間隙を有する場合の通風状態及び通風効果を実験研究し、貨物艙の通風装置設計に関する重要な資料を得ることを目的とした。

II. 空艙の場合に於ける三次元水流模型実験 (続)

第 2 報に於ては三次元水流模型実験の基礎実験に関し報告したが、本報に於ては Sink, Source の位置、数等を変更した場合の通風効率に対する影響に関し報告することにした。

A 実験装置 (東京大学工学部船舶工学科内に設置)

第 2 報 II. 3. 通風効果測定的基础実験の場合の実験装置をその儘使用した。

B 実験方法

第 2 報 II. 3. 通風効果測定的基础実験の場合の実験方法と同じ方法で行つた。

C 実験結果

原稿受付. 1 月 9 日

* 三井船舶株式会社工務部

(a) X 方向 (Source, Sink を結ぶ方向) に Source(S_0)~Sink(S_i) 間の距離を変更する場合。

S_0 , S_i の管内 (内径 16 ϕ) 平均流速を 1 m/sec とし, S_0 , S_i 間の距離を次の通り変化した場合夫々に示す通風特性曲線を得た。

第 1 図

合, 次に示す通風特性曲線を得た。

但し S_0 , S_i の管内 (内径 11.3 ϕ) 平均流速は 1 m/sec である。

(i) $S_{01} \sim S_{02}$ 間距離 = $1/6 B$ }
 $S_{i1} \sim S_{i2}$ 間距離 = $1/6 B$ }とした場合 (但し

$B=500$ m/m 模型艙の幅) (第 2 図 Ex. 49 参照)

(ii) $S_{01} \sim S_{02}$ 間距離 = $1/3 B$ }
 $S_{i1} \sim S_{i2}$ 間距離 = $1/3 B$ }とした場合

(第 2 図 Ex. 56 参照)

(iii) $S_{01} \sim S_{02}$ 間距離 = $2/3 B$ }
 $S_{i1} \sim S_{i2}$ 間距離 = $2/3 B$ }とした場合

(第 2 図 Ex. 52 参照)

(iv) $S_{01} \sim S_{02}$ 間距離 = $3/3 B$ }
 $S_{i1} \sim S_{i2}$ 間距離 = $3/3 B$ }とした場合

(第 2 図 Ex. 57 参照)

D 実験結果の考察

(a) X 方向, 即ち Sink と Source の距離を大きくする程通風効果はよい。

(b) Y 方向, 即ち Sink~Sink 間の距離並びに Source~Source 間の距離は通風効果には差程影響がない。

(c) 流入速度は空艙の場合は通風効果に差程影響がない。(第 2 報 結言参照)

(d) Source の上下位置の変化は空艙の場合は通風効果に差程影響を与えない。(N 実船実験 1. 菅羽山丸に於ける実験参照)

第 2 図

III. Bale Cargo 満載の場合に於ける三次元水流模型実験

A 実験装置

(a) 模型船艙

空艙の場合に使用した実験装置の中に, 袋物貨物模型として, 郡智石を充填し, 管内上部空間を深さ 1cm あけた。

(b) 模型通風筒

模型通風筒として,

長さ $L_{1/2 D}=155$ m/m 内径=16 ϕ
 長さ $L_{1/2 D}=155.5$ m/m 内径=11.3 ϕ

長さ $L_{2/2} D=250$ m/m内径=16 ϕ 長さ $L_{2/2} D=218.5$ m/m内径=11.3 ϕ

上記四種類を用いた。

(c) 模型貨物

模型実験に使用する模型貨物としては、バンコック米袋物に類似した形状の那智石を選び、特に 4 cm^3 乃至 4.5 cm^3 程度の体積のものを揃えた。

本模型貨物が Bale Cargo 模型として適当である理由を下記に述べる。

(i) 実船船艙

吾妻山丸第2番 Hold

長さ=22.5 m

幅=18.0 m

深=7.6 m

容積=2825.8 m^3 外国米麻袋=0.12 $\text{m}^3 \dots$ (b)内地米俵=0.104 $\text{m}^3 \dots$ (c)(a), (b), (c) の平均 0.108 m^3

(v) 模型貨物：実物貨物 容積比

 $4.41 \text{ cm}^3 / 0.108 \text{ m}^3 = 4.08 \times 10^{-5} \approx 4.1 \times 10^{-5}$

(vi) 実物貨物の長さ

内地米俵=0.85 m $\dots$ (a)外国米麻袋=0.90 m $\dots$ (b)豆 俵=0.71 m $\dots$ (c)

(a), (b), (c) の平均 0.82 m

(vii) 模型船艙：実船船艙 長さ比

 $0.8 \text{ m} / 22.5 \text{ m} = 0.0355 \approx 3.6 \times 10^{-2}$

(viii) 模型貨物：実物貨物 長さ比

 $3.1 \text{ cm} / 82 \text{ cm} = 0.0378 \approx 3.8 \times 10^{-2}$

(ii) 模型船艙

長さ=0.8 m

幅=0.5 m

深=0.2875 m

模型容積=0.115 m^3

(iii) 模型船艙：実船船艙 容積比

 $0.115 \text{ m}^3 / 2825.8 \text{ m}^3 = 4.07 \times 10^{-5} \approx 4.1 \times 10^{-5}$

(iv) 実物貨物容積

ガニバッグ=0.0991 $\text{m}^3 \dots$ (a)

B 実験方法

Source, Sink の内径, 数, 配置を種々に変化し, 第2報 II 3, 通風効果測定的基础実験の場合の実験方法と同じ方法で行った。

C 実験結果

(a) Z 方向 (上下の方向) に Source (So) の位置を変化する場合 (two Sinks, two Sources)

 $So_1 \sim Si_1$ 間距離 = $So_2 \sim Si_2$ 間距離 = $L=750$ m/m $So_1 \sim So_2$ 間距離 = $Si_1 \sim Si_2$ 間距離 = $B/3=167$ m/m

Source 側流速を 1 m/sec に一定とし Source 側に 11.3 ϕ の Duct を設けその長さを変化した処, 次に示す通風特性曲線を得た。

(i) Duct なしの場合

(第3図 E $\times$.225₍₂₎ 参照)

(iii) 2/2 Duct (長さ 218.5 m/m) の場合

(第3図 E $\times$.203₍₂₎ 参照)

(ii) 1/2 Duct (長さ 155.5 m/m) の場合

(第3図 E $\times$.201 参照)

第 3 図

第 4 図

(b) (a)と同じ条件に於て Source 側流速を 0.5m/sec に一定した場合夫々次に示す特性曲線を得た。

- (i) Duct なしの場合, (第4図 E×.226 参照)
- (ii) 1/2 Duct (長さ 155.5 m/m) の場合, (第4図 E×.202 参照)
- (iii) 2/2 Duct (長さ 218.5 m/m) の場合, (第4図 E×204₍₁₎ 参照)

(c). Z 方向 (上下の方向) に Source(So) の位置を変化する場合 (one Sink, one Source) So~Si 間距離 = $L=750$ m/m

Source 側流速を 1m/sec に一定とし source 側に 16φ の Duct を設けその長さを変化した処, 次に示す通風特性曲線を得た。

- (i) Duct なしの場合 (第5図 E×.227 参照)
 - (ii) 1/2 Duct (長さ 155 m/m) の場合, (第5図 E×.209 参照)
 - (iii) 2/2 Duct (長さ 250 m/m) の場合, (第5図 E×.207₍₂₎ 参照)
- (d) (c)と同じ条件に於て, Source 側流速を 0.5 m/sec に一定した場合夫々次に示す特性曲線を得た。

- (i) Duct なしの場合 (第6図 E×.228 参照)
- (ii) 1/2 Duct (長さ 155 m/m) の場合, (第6図 E×.210 参照)
- (iii) 2/2 Duct (長さ 250 m/m) の場合, (第6図 E×.208 参照)

(e) X 方向 (Source, Sink を結ぶ方向) に Source (So)~Sink (Si) 間の距離を変化する場合 (one Sink, one Source) Source 側に内径 16φ 長さ 250 m/m の Duct を設け平均流速を 1 m/sec とし, So, Si 間の距離を変化した場合, 夫々次に示す通風特性曲線を得た。

- (i) 中心線上両端 (距離=750 m/m) に one Sink, one Source を置く場合, (第7図 E×.207₍₂₎ 参照)
- (ii) 中心線上 L/2 (距離=400 m/m) を距てて So,

第 7 図

- (ii) 中心線上 L/2 (距離=400 m/m) を距てて So, Si を置く場合, (第8図 E×.243 参照)
 - (iii) 中心線上 L/4 (距離=200 m/m) を距てて So, Si を置く場合, (第8図 E×.245 参照)
- (g) two Sinks, two Sources の場合 So~Si 間の距離を一定 (距離=750 m/m) とし Sink~Sink間の距離 (Source~Source 間の距離) を変化し, So, Si を Y 方向 (So, Si を結ぶ線と直角方向) に動かす場合

第 5 図

第 6 図

Si を置く場合,

(第7図 E×.242 参照)

- (iii) 中心線上 L/4 (距離=200 m/m) を距てて So, Si を置く場合,

(第7図 E×.244 参照)

- (f) (e)と同じ条件に於て, Source 側流速を 0.5 m/sec にした場合夫々次に示す特性曲線を得た。

- (i) 中心線上両端 (距離=750 m/m) を距てて one Sink, one Source を置く場合, (第8図 E×.208 参照)

第 8 図

第 9 図

次に示す通風特性曲線を得た。但し Source 側に各内径 11.3 φ 長さ 218.5 m/m の Duct を設け平均流速を 1 m/sec に一定した。

- (i) $S_{O1} \sim S_{O2}$ 間距離 = $1/6 B$
 $S_{I1} \sim S_{I2}$ 間距離 = $1/6 B$ } とした場合, (但し $B=500$ m/m 模型艙の幅) (第 9 図 $E \times .241$ 参照)
- (ii) $S_{O1} \sim S_{O2}$ 間距離 = $1/3 B$
 $S_{I1} \sim S_{I2}$ 間距離 = $1/3 B$ } とした場合, (第 9 図 $E \times .203_{(2)}$ 参照)
- (iii) $S_{O1} \sim S_{O2}$ 間距離 = $3/3 B$
 $S_{I1} \sim S_{I2}$ 間距離 = $3/3 B$ } とした場合, (第 9 図 $E \times .215$ 参照)

(h) (g) と同じ条件に於て, Source 側流速を 0.5 m/sec に一定した場合夫々次に示す特性曲線を得た。

- (i) $S_{O1} \sim S_{O2}$ 間距離 = $1/6 B$
 $S_{I1} \sim S_{I2}$ 間距離 = $1/6 B$ } とした場合, (第 10 図 $E \times .242$ 参照)
- (ii) $S_{O1} \sim S_{O2}$ 間距離 = $1/3 B$
 $S_{I1} \sim S_{I2}$ 間距離 = $1/3 B$ } とした場合, (第 10 図 $E \times .204_{(2)}$ 参照)
- (iii) $S_{O1} \sim S_{O2}$ 間距離 = $3/3 B$
 $S_{I1} \sim S_{I2}$ 間距離 = $3/3 B$ } とした場合, (第 10 図 $E \times .216$ 参照)

- (i) 流出速度を変化する場合 (two Sinks, two, Sources)

$S_{O1} \sim S_{I1}$ 間距離 = $S_{O2} \sim S_{I2}$ 間距離 = $L=750$ m/m
 $S_{O1} \sim S_{O2}$ 間距離 = $S_{I1} \sim S_{I2}$ 間距離 = $B/3=167$ m/m
 Source 側 Duct (長さ 155.5 m/m 内径 11.3 φ)
 を一定とし, 流出速度を変化させた場合次に示す特性曲線を得た。

- (i) 管内平均流速 1 m/sec とした場合,
(第 11 図 $E \times .201$ 参照)
- (ii) 管内平均流速 0.759 m/sec とした場合,
(第 11 図 $E \times .202$ (v_3) 参照)
- (iii) 管内平均流速 0.49 m/sec とした場合,
(第 11 図 $E \times .202$ 参照)

- (j) 流出速度を変化する場合 (one Sink, one, source) Source ~ Sink 間距離 ($L=750$ m/m) を一定にし, 何れも中心線上に置き, Source 側に 2/2 Duct (長さ = 250 m/m) を設け, Source 側流速を変化させた場合次に示す特性曲線を得た。
(Duct 内径 16 φ)

- (i) Duct 内平均流速を 0.976 m/sec とした場合,

第 10 図

第 11 図

第 12 図

(第 12 図 EX. 207₍₂₎ 参照)

(ii) Duct 内平均流速を 0.498 m/sec とした場合, (第 12 図 EX. 208 参照)

(iii) Duct 内平均流速を 0.355 m/sec とした場合, (第 12 図 EX. 207₍₃₎ 参照)

(k). (j)と同じ条件の下に Duct 内径を 11.3φ とした場合, 流出速度を変化させ次に示す特性曲線を得た。

(i) Duct 内平均流速 1.515 m/sec とした場合, (第 13 図 EX. 246 参照)

(ii) Duct 内平均流速 0.975 m/sec とした場合, (第 13 図 EX. 247 参照)

(1) Source 側に Internal Duct を設け, 貨物艙下部船底内張上の貨物中に入れ, Internal Duct 表面に明けた噴出口より噴出させると, Internal Duct の本数を変化させた場合次に示す特性曲線を得た。

(i) Internal Duct 3 本配置

模型艙の底中心線上に 16φ の internal Duct を置きこれと平行し 1/4 B (距離=125 m/m) を離して両側に 11.3φ の internal Duct を 2 本置いた場合,

(4) Source 側 Duct 内平均流速 0.5 m/sec の場合, (第 14 図 EX. 237 参照)

(v) Source 側 Duct 内平均流速 0.25 m/sec の場合,

(第 15 図 EX. 238 参照)

(ii) Internal Duct 2 本配置

模型艙の底中心線に平行し 1/3 B (距離=167 m/m) を離して, 16φ Duct を 2 本置いた場合,

(4) Source 側 Duct 内平均流速 0.5 m/sec の場合,

(第 14 図 EX. 220 参照)

(v) Source 側 Duct 内平均流速 0.25 m/sec の場合,

(第 15 図 EX. 219 参照)

(iii) Internal Duct 1 本配置

模型艙の底中心線に 16φ Duct を 1 本置いた場合,

(4) Source 側 Duct 内平均流速 1 m/sec の場合,

(第 14 図 EX. 217 参照)

(v) Source 側 Duct 内平均流速 0.5 m/sec の場合,

(第 15 図 EX. 218 参照)

(m) Sink 側に 2/2 Duct (長さ=218.5 m/m) 内径 11.3 φ を設けた場合, (two Sinks, two Sources) 次に示す特性曲線を得た。

 $So_1 \sim Si_1$ 間距離 = $So_2 \sim Si_2$ 間距離 = $L = 750$ m/m. $So_1 \sim So_2$ 間距離 = $Si_1 \sim Si_2$ 間距離 = $B = 480$ m/m(第 16 図 EX. 238₍₂₎ 参照) $So_1 \sim So_2$ 間距離 = $Si_1 \sim Si_2$ 間距離 = $B/6 = 80$ m/m

(第 17 図 EX. 240 参照)

第 13 図

第 14 図

第 15 図

第 16 図

第 17 図

Duct 内平均流速 = 1 m/sec

(n) Sources, Sinks を第 16 図 ($E \times .215$), $B=480$ m/m, 第 17 図 ($E \times .241$) ($B=80$ m/m), の通りに置く場合次に示す特性曲線を得た。Source 側に 2/2 Duct (長さ = 218.5 m/m 内径 11.3 ϕ) を設け, Duct 内平均流速を 1 m/sec とする。

(第 16 図 $E \times .215$ 参照)

(第 17 図 $E \times .241$ ")

D 実験結果の考察

(a) Bale Cargo の中に Duct を入れることは, Duct のない場合に比し非常に効率がよくなる。

Duct の長さは余り影響がないが, 短い Duct より長い Duct の方が効率がよい。

(b) Sink ~ Source 間の距離 (X 方向の距離) は大きい程通風効率がよくなる。

(c) Source ~ Source 間の距離並びに Sink ~ Sink 間の距離 (Y 方向の距離) は通風効率に殆んど影響しない。

(d) 同径の Source, Sink の場合は流速が大きくなる程通風効率がよくなる。

Source, Sink の径の異なる場合は流量が同じならば通風効率は大体同じである。

(e) (d) で述べたように流速の変化により通風効率は変化するが, 之により数種の通風筒配置を比較する場合の通風効率の良否の順位に変化はない。

IV. 実 船 実 験

1. 音羽山丸に於ける実験

A. 実験の目的及び方法

空艙 (油槽船) に於て, Source 側に Duct のない場合, 及び Source 側に Duct を取付けた場合の空気の流れを測定して, Source の上下位置の変化が通風効果に及ぼす影響を調べた。又第 2 報に於ける模型実験の結果を確認することを目的とした。

方法として, 第 5 センタータンクについて,

(a) Tank 内 pipe の開口部を Deck 裏

(b) " " を Bottom 上 6 m 000

(c) Tank 内 pipe の開口部を Bottom 上 3 m 000 とした場合に付, 空気逃出口を

(i) Ullage Hole 及び Vent Line 開放

(ii) " を閉め " "

(iii) " 開放 " 閉鎖

の三種類の状態に変えて, 各場合共, 送気中に発煙筒に依り発生させた煙を送入し, 艙内放出空気の色及びその流れの状態を観察した。

B 実験結果

逃出口の状態が (i) (ii) (iii) の如く変つても, その間に差異は認められなかつた。

(a) Tank 内 pipe の開口部を Deck 裏とした場合 (第 18 図参照)

第 18 図

第 19 図

第 20 図

(b) Tank 内 pipe の開口部を Bottom 上 6m 000 とした場合

(第 19 図参照)

(c) Tank 内 pipe の開口部を Bottom 上 3m 000 とした場合

(第 20 図参照)

C 実験結果の考察

(a) II. D. (d) に述べた通り、Source 側に取付けた Duct が、通風効果に及ぼす影響は、空艙の場合差程ない。

(b) 本実験結果は、第 2 報に於ける III. 1 並びに III. 2 の実験結果とよく似ている。

従つて、空艙の場合、水流による模型実験の結果を以て、実船実験に代えることが出来ることを確認した。

2. 有馬山丸、明倫山丸に於ける実験

A 実験の目的及び方法

船艙に Bale Cargo を積んでいる場合、貨物上面と甲板下面の空所の空気の流れ、換気状態を調べ、実船の船艙の空気の流れについて、Bale Cargo 満載時の模型水流実験の結果を確認することを目的とした。

(a) 有馬山丸に於ては、比島/ニューヨーク航海中、第六番艙の艙内貨物(比島産袋入原糖)上面と中甲板下の空所内にて、Mechanical Ventilation 中、左舷側貨物上面に 26 の測点を設けて

(i) 各測点の風速を、カタ温度計、熱線風速計、ピラム風速計で測定

(ii) 各測点の温、湿度、自由外気の空気状態等を、アスマン湿度計で計測

して、艙内の空気の流れを調べた。

(b) 明倫山丸では、横浜碇泊中、第五番艙(砂糖袋物積)の貨物上面と、甲板裏との間で、54 の測点を設けて、Mechanical Ventilation 中に、各測点に於ける風向、風速等を測定した。

B 実験結果の考察

貨物上面と甲板下の空間に於ける空気の流れは、概ね二次元流であり、Bale Cargo と Bale Cargo との間隙、及び舷側のサイドスパーリングの部では隙間を通る上昇空気流或は下降空気流があることが確認された。

3. 安土山丸に於ける実験

A 実験の目的及び方法

居室に於て、パンカールーパーによる通風時の換気状態を確認する目的で、居室内に CO₂ ガスを充満させ

て、全室内各部の濃度を測り、Ventilation を開始してから各部の時間的濃度減衰を調べた。

B 実験結果

CO₂ ガスの時間的減衰曲線 (第 21 図参照)

流出効率 曲線 (")

C 実験結果の考察

濃度測定による三次元水流模型実験の流出効率特性と極めて、似ていることを確認したから、通風効果判定に当つて、空気に代えて、染料使用に依る水流模型実験を以て、通風効果の定性的判定に充分役立つものであることを確認した。

第 21 図

V. 結 論

(1) 船舶輸送中に於ける Cargo Damage を防ぐことは極めて重要であるが、之は Sweat Damage を防ぐことによりその目的の大半を果し得る。海上に於ける空気の状態の約 80% は貨物艙内の露発防止に適する状態であるから、貨物艙の通風は空気湿度調節装置を有しない船舶に於いても非常に重要である。従つて湿度調節装置を有する場合は勿論、自然通風或は機械通風の場合も船舶内の流線分布を改善、Dead Space を出来るだけ少くし通風効果を向上させることは大きな意義を有するものである。

(2) 本論文に於ける模型実験と実船実験と比較した処、本論文に記述した実験装置及び方法に依る測定結果は実船通風の流線の傾向及び通風効果の良否の判定を行うには適当なるものであることが確認された。Bale Cargo 満載の場合の通風効果の測定の場合、通風効果は空気の流入速度により変化するが、これも通風効果の相対値の比較を行う場合には或一定の流入速度に於て実験を行うことで充分であることが判つた。

(3) 中型以上の貨物船の貨物艙に甲板梁下約数百名の深さ迄貨物を満載した場合の上部空間の通風状態は二次元流と見て差支えなく、この流線、流速はポテンシアル流としての理想流体の計算により算出されたものと概ね一致するからこの場合最良の通風筒位置は計算により導き出すことが出来る。

(4) 空艙に近い場合、即ち三次元流と見做される場合は勿論、Bale Cargo 満載の場合にも Source 附近は jet の形で入つて来るが、Sink の附近は Potential flow の Sink の附近の流線に似た定常流となる。従つて Dead Space を消すことは非常に困難となつて

第 22 図

来る。これを消すために Source と Sink を或一定時間毎に変換し艙内の流線を大きく変え、又定常流となる迄の過渡状態を引き起させることは Dead Space を消す為非常に有効である。(第 22 図、第 23 図参照) Bale Cargo 満載の場合に於いて、一回 Source, Sink の流れを反対にすることにより Dead Space の約 75~85% を少くすることが出来る。

(5) Bale Cargo を満載した場合、Inlet に Duct を取付け Bale Cargo の間隙に深く導き入れ、間隙内

第 23 図

の直接通風を行うと、全然 Duct を取付けない在来の通風方式に比較し、次に示す通り Dead Space が少くなり通風効果が非常に良好となる。(第3図、乃至第6図参照)

但しこの場合 Duct 付の流入速度は Duct 無しの head loss と等しくする様に流速を低くする。

	So 管内平均流速	Dead Space の量 4 回換水時	Dead Space の量 5 回換水時
one Sink, one Source (Duct 付)	0.68 m/sec	21.2 %	20.5 %
one Sink, one Source (Duct 無)	1 m/sec	37 %	33 %
Duct 付 Dead Space の量/Duct 無 Dead Space の量		0.573	0.62

上記の通り Dead Source の量は Duct 無の場合の約 60 % になる。又通風効率曲線の性質を見るに Duct 付は Duct 無しに比し Max. に達する迄の換水回数が少いから、湿度調節装置を有し乾燥空気を以て艙内を満たす時、空気が節約出来非常に有利である。空気調節装置を有する船は現在に於ても天井に Duct を導いているので、air duct を貨物間隙内に導くことは現在に比し工事費が非常に増加するということもない。

(6) 船舶の通風装置設計に際し、上記事項を採用し、在来の設計に於ては注意を払われて居らなかった通風筒配置特に、Source の Jet 流の利用、送風方向の変更による流線の改善、Duct による貨物間隙の直接通風方式の採用により貨物の完全輸送と艙内に於ける露発防止に依る船体保存に貢献出来るものと信ずる。

第3報を終えるに当り、御指導を賜つた東京大学工学部船舶工学科山県教授、乾助教授並びに同抵抗水槽の関係各位に深く感謝の意を表するとともに、本実験装置の作製、計測に御援助下された東京大学理学部高橋浩氏、三井船舶株式会社吉本利典氏の御苦勞に対し重ねて御礼申上げる次第であります。 以 上