東京大学の新船用プロペラキャビテーション

タネルの設計思想と特徴

——特に水の空気含有量の基準について——

正員 加藤 洋 治* 正員 渡 辺 弥 幸*
正員 小 村 隆 士* 前 田 正 二*
宮 永 大*

New Marine Propeller Cavitation Tunnel at The University of Tokyo,
Its Design Concept and Special Features
——On the criterion of air content in water——

by Hiroharu Kato, *Member* Yayuki Watanabe, *Member*
Takashi Komura, *Member* Masatsugu Maeda
Masaru Miyanaga

Summary

This paper gives a general description of the Marine Propeller Cavitation Tunnel which was built at the Department of Naval Architecture, the University of Tokyo in March, 1980. First the basic design concept on a cavitation tunnel is stated with emphasis on the importance to keep air content of water adequately.

The tunnel has two interchangeable test sections. The propeller test section has a square cross section of 0.45m×0.45m. Maximum water velocity in this section is 11.2m/s. Another test section, the foil test section has a rectangular cross section of 0.60m×0.15m. Its maximum water velocity is 19.5m/s. Minimum and maximum absolute pressures in both sections are 0.1 and 3.0 bar, respectively.

A series of cavitation test on a model propeller was made at various revolutions, static pressure and air content to demonstrate the importance of air content control. The measurement of tiny air bubbles, which act as cavitation nuclei, was also performed by a scattered light counting instrument.

記 号

A_c : 1 翼当りのキャビティ発生面積
 A_p : プロペラ 1 翼面積
 K_T : スラスト係数
 n : プロペラ回転数
 f : 頻度
 p_∞ : テストセクション静圧
 $V_{\max}$: フォトマルチプライヤー出力電圧最大値
 $(H_{sv})_a$: 有効 NPSH
 $(H_{sv})_r$: 必要 NPSH
 V_0 : 単位体積
 V_B : 空気泡体積

α/α_s : 1 気圧に対する空気含有量

$(\alpha/\alpha_s)_{TS}$: テストセクション静圧に対する空気含有量

κ : 標準偏差

ε : 歪み度 $\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3 / N / \kappa^3$

σ_n : キャビテーション数 $(p_\infty - e) / 1/2 \rho (nD)^2$

1 緒 言

東京大学船舶工学科には、最大流速 80m/s が可能なキャビテーションタンネル（正式名称：特殊空洞水槽）と水中の気泡核を制御できる TE 型キャビテーションタンネルがあるが、いずれも試験部の寸法が小さく、翼型や軸対称体のキャビテーション試験に使用されている。かねてより模型プロペラの試験ができるタンネルの必要

* 東京大学工学部

性を痛感し、設置を希望していたが、さいわい 54, 55 年度の 2 か年計画で、文部省より特殊装置として、その建設が認められた。

プロペラ用タンネルのメーカーとしては西独の Kempf & Remmers 社が有名であり現在のわが国のタンネルはすべてその設計になったものである。しかしながらキャビテーションに関するわれわれの知見は最近急速に増えつつあり、Kempf & Remmers 社のタンネル設計の思想の内にも、必ずしも賛成しがたい箇所もある。また、大学に設置されるタンネルはプロペラのみの試験を主目的としたものとは、おのずからその研究の対象や目的が異なるはずであり、その意味からも独自に設計するのが望ましい。

以上の理由により本タンネルは基本的な設計を東京大学で、詳細設計を製作するメーカーで行うこととした。以下、その基本的な設計思想、設計の際注意を払った事柄、試験結果などについて述べる。特にタンネルの上下管路の距離を決定するのに重要なファクタであった試験水の空気含有量の基準について述べ、その基準が適当であることをプロペラのキャビテーション試験によりたしかめている。さらに、光散乱法による水中の微小空気泡の計測例について述べる。

2 基本的な設計思想

大学における研究は基本的なものが多く、その対象は多様なものが考えられる。そこで、若干精度を落しても装置にフレキシビリティのあることが要求される。本タンネルで対象となるものはプロペラの他に翼型（二次元、三次元）、軸対称体などが考えられ、計測もキャビテーション観察の他、翼型やプロペラ翼面上の圧力分布、船体上の変動圧力、騒音、エロージョンなどの計測、キャビティ形状や変動の計測、流場の計測など多様である。そこで次のような基本方針を決めた。

(1) プロペラ用試験部と翼型用試験部を作り両者を交換して使用できるようにする。プロペラ用試験部ではプロペラの他に有限幅の翼や、軸対称体の試験を行う。このため試験部の上流側にはボスやステイのような流速分布を乱すものは置かない。そこでプロペラ動力計は試験部の上に設置する形式にする。

(2) 伴流分布は二次元および三次元のものが可能なようにする。また三次元の実船相当伴流分布も作れるようにする。このため、メッシュとダミーモデルを入れることができ、別々にあるいは両者を同時に使用して伴流が作れるようにする。

(3) 試験水の空気含有量、気泡核をコントロールできるようにする。またそれぞれの計測ができるようにする。一般に試験水の空気含有量をどれほどにするかにつ

いては、定まった考えがないようである。単に「観察した時、気泡が見えないように」といった理由で決めていることが多い。本タンネルでは試験部で空気含有量がほぼ飽和状態になるように制御することにした。例えば、試験部静圧が 0.3 bar であれば $\alpha/\alpha_s=0.3$ ($\alpha_s: 1 \text{ bar}$ における飽和含有量) とする訳である。実海面では、それぞれの水深で飽和状態になっていると考えるのが、最も自然であるから、上述の状態は実際にシミュレートしているといえよう。

(4) タンネルの上下 2 つの水平管路の垂直距離は、一般に出来るだけ大きくとることが良いとされている。これは試験部で圧力を低下させても、駆動ポンプではキャビテーションが発生せず、また試験部で発生した空気泡を再溶解させるためである。しかしながら (3) で述べたような実験条件を選ぶ時、管路の垂直距離は従来のタンネルに比べ、ずっと小さくして良いことになる。そこで本タンネルでは水平管路の垂直距離を必要最小限度の大きさにすることにした。これについては後でさらに議論する。

次に本タンネルで試験する供試体について述べる。

(1) で述べたように本タンネルは次の 3 つの異った供試体のキャビテーション試験が可能でなくてはならない。また常用の試験範囲を付記する。

- (i) 模型プロペラ 直径：150~250 mm, 回転数：20~40 Hz
- (ii) 翼型 コード長さ：100~150 mm, 流速：10~17 m/s
- (iii) 軸対称体 直径：30~120 mm, 流速：8~10 m/s

予想されるこれらの供試体の試験範囲を Fig. 1 に示

Fig. 1 Test ranges at Marine Propeller Cavitation Tunnel

Table 1 Particulars of Marine Propeller Cavitation Tunnel

<u>Main Loop</u>	
Length between Centers	9000 mm
Height between Centers	2700 mm
Cross Section Size of Main Pipe	900 mm x 900 mm
<u>Propeller Test Section</u>	
Total Length	5000 mm
Working Section Size	450 mm x 450 mm
Working Section Length	2200 mm
Velocity Range	1 - 11.2 m/s
Pressure Range	0.1 - 3.0 bar (abs)
<u>Foil Test Section</u>	
Total Length	5000 mm
Working Section Size	600 mm x 150 mm
Working Section Length	1000 mm
Velocity Range	2 - 19.5 m/s
Pressure Range	0.1 - 3.0 bar (abs)
<u>Pump</u>	
Type	Horizontal Mixed Flow Type
Driving Electric Motor	4 pole, 415 v, 75 Kw
Control System	Thyristor Leonard System
<u>Material</u>	
	Stainless steel

す。明らかにこれら三者の試験範囲は異っており、タンネルの設計に際しては、これらをうまく満足させることが必要である。

3 タンネルの概要

3.1 基本仕様

前述の基本設計思想より仕様を Table 1 に示すキャビテーションタンネルを設計した。概略図を Fig. 2 に示す。その特徴を以下に列挙する。

(1) プロペラ用試験部の断面寸法を 450 mm×450 mm の角型とし、隅にまるみをつけた。プロペラのみを考えれば、丸型がよいが、将来観測窓を交換したり、窓にアタッチメントを取りつける際に丸型は不便である。またプロペラの最大径 250 mm を考えると、450 mm 角は若干小さめであるが、軸対称体の試験の際の最大流速が確実に 10 m/s を超えることが必要であると考えたためである。これに対し試運転時に得られた最大流速は 11.22 m/s でひかえ目だった目標を上まわっている。また試験部断面の流速分布をウェークレックで測定した結果を Fig. 3 に示す。絞り比が 1 : 4 と小さいにもかかわらず流れの均一度は非常に良く中央部での流速分布は、 $\pm 0.3\%$ 以内におさまっている。これは上流部に流れを乱すものを置かなかったことが大きな原因の一つである。

(2) 翼型用試験部の断面寸法を 600 mm×150 mm とした。供試翼のコード長さは 100~150 mm であり、それから考えると断面の幅は 100 mm 程度の方がよい。幅（スパン）が増せば、供試翼の根本にかかる応力が増し、最大流速が制限されるから、アスペクト比は流れの二次元性が保たれ試験に支障がないかぎり小さいことが望ましい。しかしながら 600 mm×100 mm の流路断面では、回流ポンプの揚程曲線 (Fig. 4) が逆傾斜となる点に作動点に来てしまい、是非さなければならない。そこでやむなく上述の寸法とした。このようにすると、2 つの試験部での作動点は、最高効率点の左右適当な所になり、両者いずれの試験部でも 77~78% の高い効率を得られ、この点からも好都合である。

(3) 試験部は長さ 5,000 mm の間を交換する。この時クレーン容量を考え、重量が 2.8 トン以内になるよう

Fig. 2 General arrangements

Fig. 3 Velocity distribution at propeller test section

Fig. 4 Characteristic curves of main pump

にした。また両断面を 600 mm 角とし、将来さらに大きな試験部が必要になった時、600 mm 角の試験部までは、困難なく取り付けられるようにした。

(4) 縮流は 2 段しぼりとし、その間に長さ 500 mm の直管部を設けた。この部分に水の電気分解を利用した気泡核発生器を取り付けて、水中の気泡核量を制御することができる。この部分は試験部の上流部にアタッチメント（例えば乱れ格子）をつけたり、流れやダミーモデルの様子を観察するのに使われる。

(5) 上下の水平管路間の距離は 2,700 mm と類似のトンネルに比べずっと小さくなっている。基本思想の(3),(4)項で述べたように、まず回流ポンプでキャビテーションが発生しないという条件を満たす必要がある。Fig. 4 に見られるように回流ポンプの必要吸込ヘッド $(H_{sv})_r$ は、3m 程度であるのに対し有効吸込ヘッド $(H_{sv})_a$ はプロペラ用試験部で 2 倍程度、翼型用試験部では 5 倍もあり、回流ポンプのキャビテーションについてはまったく心配がない。

第 2 の遊離気泡の再溶解については次のように考えられる。試験部において水の空気含有量が飽和になるように試験状態を設定すれば、その他の部分では試験部より静圧が高いから、気泡が溶解する方向になる。Fig. 5 の計算に示されるように、単に静水圧を大きくし不飽和度を増しても溶解にはある時間を必要とする。例えば $C_\infty/C_w=0$ の曲線は静水圧無限大に相当するが、気泡半径 0.1 mm の時、溶解には約 100 sec かかる。したがって空気泡を完全に再溶解するためには、トンネル内を

Fig. 5 Dissolution time of small air bubbles

水が一周する時間を長くするための特別の工夫が必要である。カリフォルニア工科大学や東北大学高速流体力学研究所のトンネルは途中に大きなセッティングタンクを設けその目的をはたしている¹⁾。

以上のような考察から本トンネルでは単に水平管路間の高さを若干増しても、大きなメリットはないと思われるので、既設建屋との取り合い、下部機械室の天井高さなども考慮して上述の寸法とした。

実測した試験可能範囲を Fig. 1 の中に図示している。いずれも極端な低圧では主流中に空気泡が混入し観測が困難になってくる。この試験可能範囲は上下管路間距離の大きな他のトンネルとはほぼ同等であり、先にのべた考え方が適切であったものと考えられる。

3.2 伴 流

プロペラのキャビテーション試験を行うとき伴流をどのように発生させ、その分布をどうするかはきわめて重要な問題である。本トンネルでは将来にそなえ種々の発生法が使えるようにした。本トンネルでの伴流の発生は次の 3 種の方法による。

(i) ワイヤメッシュ

Fig. 6 (a) に示すように、プロペラ前方約 680 mm の位置にある伴流発生用の金属枠にワイヤメッシュをさし込むことの他、必要に応じてプロペラの直前に T 字型のステイを置きそれにメッシュをつけることもできる。

(ii) ダミーモデル

本トンネルでは Fig. 6 (b) に示すように、長さ約 1.3 m のダミーモデルを設置できる。また Fig. 6 (d) のようにプロペラ動力計を逆に取り付け、それに 2 分割したモデルを取り付けることも可能なよう考慮してある。

Fig.6 Possible arrangements of dummy model and wire mesh

(iii) ダミーモデル+ワイヤメッシュ

ワイヤメッシュのみでは剥離渦などの三次元伴流を再現できないし、ダミーモデルのみでは所要の伴流分布を作るのはなかなかむずかしい。そこでダミーモデルはもっぱら三次元流を実現させるために使い、主流方向の流速分布はワイヤメッシュで合わせるようにするのが、一つの方法である。このようにすると一つのダミーモデルを使ってワイヤメッシュを変えることにより模型船伴流と実船伴流の両方を再現することも可能となり好都合である。

この時、メッシュ取り付けの便を考えると、Fig.6(c)のようにダミーモデルの上下を逆にすることが考えられる。もちろん、静水圧差分については、実際と逆になるからそれだけ誤差となるが、一般の試験ではむしろレイノルズ数を上げるため、フルードの相似則より流速、回転数を上げていることが多く、その場合誤差は相対的に小さくなる。

さらにダミーモデルもワイヤメッシュもプロペラ面での伴流を再現するために挿入するものであるという考え方に徹すれば、ダミーモデルも元のラインズにとらわれないことなく、タンネルのブロックエッジの影響やメッシュの作りやすさを考慮して、適当に変形してかまわないことになる。さらにフィンやボルテックスジェネレータを取り付けて剥離渦を作り出すことも考えられる。

要はプロペラ面での伴流が再現できれば良いのであるから、プロペラ断面で“一樣流”がなくてもかまわない。すなわち伴流分布がプロペラ直径に比べ広い時に、試験

部断面全体が伴流中に入っているとして、適当に流速を下げ、それで不足の部分をメッシュで調整することも考えられる。

4 キャビテーションに対する空気含有量の影響

2章で述べた「試験部で空気含有量が飽和になるように制御する。」ことの是非について、一つの模型プロペラを実験し検討してみた。模型プロペラはSR 174 部会で使用した大直径プロペラで、その要目をTable 2に示

Table 2 Particulars of propeller

Diameter	0.2457 m
Pitch Ratio	0.894
Boss Ratio	0.1512
Expanded Area Ratio	0.4573
Mean Blade Width Ratio	0.1693
Blade Thickness Ratio	0.0429
Angle of Rake	5°
Number of Blades	5
Blade Section	MAU

Table 3 Test condition

n (Hz)	20	25	30
p_{∞} (bar)	0.391	0.598	0.852
α/α_s	$(\alpha/\alpha_s)_{TS}$		
0.37	0.95	0.62	0.43
0.58	1.48	0.97	0.68
0.74	1.89	1.24	0.87

Fig.7 Cavitation pattern

す。このプロペラの MCR, Ballast 状態でのキャビテーションの様子を観察した。その際、回転数を3種類($n=20, 25, 30$ Hz) 変え、またそれに応じて空気含有量を3種類変えて Table 3 に示すような9種類の状態について調べた。この時 K_T と σ_n は一定にしているから回転数に応じて試験部の静圧が変化する。表には試験部での静圧を基準にした空気含有量 $(\alpha/\alpha_s)_{TS}$ を示してある。

空気含有量の測定は主として溶存酸素計 (DO メータ) で行い、必要に応じてバンスライク式測定装置で校正している。Table 3 で右下りの対角線上の状態の時、ほぼ $(\alpha/\alpha_s)_{TS}=1.0$ を満たし、それより左下では、過飽和、 $(\alpha/\alpha_s)_{TS}>1.0$ であり、右上では非飽和、 $(\alpha/\alpha_s)_{TS}<1.0$ となっている。キャビティパターンのスケッチを Fig. 7 に示す。これは $n=25$ Hz, $\alpha/\alpha_s=0.58$ の状態のものである。 $\theta=-15^\circ$ ではキャビティは不安定で翼面上にキャビティがまったく生じないことも多い。Table

3 のそれぞれの状態におけるキャビティの様子、主流中の気泡の様子を Fig. 8 に示す。この時翼角度は $\theta=0^\circ$ である。またこの状態でキャビティの写真を50枚ずつ撮影し、キャビティの大きさ(面積)を測定しヒストグラムに示したのが Fig. 9 である。 $n=20$ Hz, $\alpha/\alpha_s=0.58$ の状態では写真を10枚しか撮影しなかったため、破線で示してある。

$(\alpha/\alpha_s)_{TS}\gg 1$ の場合には主流中に多量の空気泡が流れ、写真うつりが悪いため、普通このような条件下では実験しない。事実、 $n=20$ Hz, $\alpha/\alpha_s=0.74$ では空気泡のためプロペラ翼面すらほとんど見えなくなっている。一方 $(\alpha/\alpha_s)_{TS}<1$ の場合には主流中には空気泡が少なく、観察しやすいので、実験条件として採用しがちである。しかしながら、このような状態での実験は適当であるうか。Fig. 9 のヒストグラムからキャビティ面積の平均値 $\bar{A}_c/A_p$ 、その標準偏差 κ 、歪み度 ε を計算したの

Fig. 8 Cavitation observation at various revolution and air content

Fig.9 Cavity extent at various revolution and air content

が Fig. 10 である。空気含有量を増し $(\alpha/\alpha_s)_{TS} > 1$ の状態にしてもキャビティの大きさの変動はあまり減少せず、むしろ、平均値が増加する。一方 $(\alpha/\alpha_s)_{TS} < 1$ では平均値は急激に減少し、さらに歪み度 ϵ が急激に増加する。これは $(\alpha/\alpha_s)_{TS} < 1$ のときに翼面上にキャビティがまったくない状態が増えるためである。このように

$(\alpha/\alpha_s)_{TS}$ を 1 より大幅に増すことも少なくすることも実験条件として適当でない。すなわち $(\alpha/\alpha_s)_{TS} \gg 1$ では、観察に支障をきたし、 $(\alpha/\alpha_s)_{TS} \ll 1$ では、キャビティの発生が不安定になり平均のキャビティ量をずっと小さめに測定してしまうことになる。このような状態でプロペラキャビテーションによる変動圧力の測定が不安定になることはすでにいくつかの文献に述べられている^{2), 3)}。

5 光散乱法による水中の微小空気泡の測定

水中の $10 \sim 100 \mu\text{m}$ 程度の微小な空気泡はキャビテーション発生核として働き、その測定の重要なことは多くの研究者によって指摘されている⁴⁾。著者らは西ドイツより Dr. A. Keller が開発したレーザー光散乱法による気泡核測定装置⁵⁾を購入し、気泡核の分布の測定をこころみている。ここでは装置の概要、キャリブレーションの方法、測定した気泡核分布の例、 α/α_s の値との関連などについて述べる。

気泡核測定装置 (Scattered light counting instrument) の概要を Fig. 11 に示す。15mW の He-Ne レーザーから発生した光は鏡、レンズ、フィルタ、スリット

Fig. 10 Cavity extent on a propeller blade
— Effect of air content

Fig. 11 Scattered light counting instrument

Fig. 12 Calibration of scattered light counting instrument

などの光学系により、その光路断面の大きさと照度を調整され平行光となって、トンネル下方の窓から鉛直に試験部に入る。本実験では光路断面は 0.76 mm の正方形にしている。気泡核がこのレーザー光路を横切ると、その大きさに応じた散乱光を生じ、その光量をフォトマルチプライヤで測定する。その際フォトマルチプライヤの直前のスリットを調節することにより検査体積の上下方向の長さが決められる。したがって、単位時間に検査される水の体積はこの長さ、レーザー光の幅、およびその点での水の流速によって与えられる。

キャリブレーションは電気分解による水素気泡により行う。まずトンネル直下の鏡をかたむけ、さらに水中にもう1個の鏡をおいてレーザー光を水平にし、その下方で水素気泡を発生させる。その際気泡の上昇速度を測り、ストークスの式から直径を計算し⁶⁾、フォトマルチプラ

イヤの出力電圧 $V_{\max}$ を検定する。Fig. 12 はそのようにして求めた検定曲線である。文献(5)によれば気泡核が光の波長に比べ十分大きい時は散乱光の出力は散乱面積すなわち気泡径の2乗に比例するが、フォトマルチプライヤの出力は気泡径のほぼ3乗に比例する結果が得られた。またフォトマルチプライヤの印加電圧によっても出力電圧は大幅に変化するので、印加電圧を変えるこ

Fig. 13 Output of photomultiplier

Fig. 14 Nuclei distribution measured by scattered light counting instrument

とにより、計測の感度を変えることができる。

フォトマルチプライヤの光学系の焦点の位置に豆電球を置き、印加電圧を変えて出力電圧を測定した例を Fig. 13 に示す。図中の Brightness of lamp 1~3 は豆電球の明るさを3種類変化させて測定したものである。この結果から Fig. 12 の印加電圧を 1.3 kV から 2.0 kV まで変化させた時の検定曲線を求めた。直径の小さな気泡を測ろうとする時には印加電圧を増してやれば精度よく測れる。

Fig. 14 は前章で述べた SR 174 プロペラのキャビテーション実験の際に計測した気泡核分布の例である。 $(\alpha/\alpha_s)_{TS}$ が 0.87 の場合までは印加電圧を 1.3 kV にしているが $(\alpha/\alpha_s)_{TS}=0.43$ の場合には大きな気泡が少ないこともあって、印加電圧を 1.8 kV に増している。データはすべてある気泡径で個数分布密度が最大となるように変化しているが、×印のデータとあわせて考えるとむしろ左下りの部分は計測器の感度によりこのように減少したと考える方がよく、気泡個数分布密度がある気泡径で極大値を持つと速断することはできない。むしろ×印のデータのように気泡核径の減少とともに個数が急激に増大すると考えた方がよいと思われる。

Fig. 14 の図中には他の測定結果⁷⁾もあわせて示している。図中の網目のゾーンは他の測定結果が多く集っている部分である。本実験の結果はちょうど他の測定結果の大半をカバーしている。また分布曲線の傾斜もほぼ一致している。ここに示したものはほんの数例の測定結果であり、計測精度など必ずしも十分ではないが、今後、データを積みかさねれば、分布曲線の一般的傾向、 $(\alpha/\alpha_s)_{TS}$ との関係、さらにはキャビテーション実験に望ましい分布などが知れるであろう。

Fig. 14 の結果から水中の気泡体積比 V_B/V_0 を求め、これを $(\alpha/\alpha_s)_{TS}$ と比較すると Fig. 15 のようになる。図に見られるように気泡体積比は全体として $(\alpha/\alpha_s)_{TS}$ の増加とともに増加している。特に $(\alpha/\alpha_s)_{TS}>1$ では増加率は大きい。一方 $(\alpha/\alpha_s)_{TS}<1$ では測定値はかなりばらついている。また Fig. 14 に示したように $(\alpha/\alpha_s)_{TS}<1$ のデータは○印のデータを除いて小さい気泡が測れていない可能性があり、 V_B/V_0 は小さめになっていることも考えられる。いずれにしても水中の空気泡の量は $(\alpha/\alpha_s)_{TS}$ の値によって大きく変化し、実験に際しては適切な値になるように制御が必要である。

また、空気泡として存在する量はふつう水中の全空気量に比べずっと少なく、全空気量に対し 10^{-4} のオーダーである。

以上の空気泡の計測結果は速報的な意味で述べたが、これで本方法による計測法が確立されたわけではなく、キャリブレーションの問題、空気泡と固体粒子との識別

Fig. 15 Air bubble volume ratio V_B/V_0 vs. $(\alpha/\alpha_s)_{TS}$

の問題、データの再現性や修正法の問題等、問題は山積している。

6 結 論

東京大学船舶工学科に新たに設置された船用プロペラキャビテーショントンネルにつき、その概要を述べ、その設計思想、特徴などを述べた。

また従来考え方が必ずしもはっきりしなかった試験水の空気含有量について「試験状態の静圧に対して飽和になるように制御すべきである」(すなわち $(\alpha/\alpha_s)_{TS}=1$) という簡明な基準を提案した。そして一つの模型プロペラのキャビテーション試験を空気含有量を変えて行い、 $(\alpha/\alpha_s)_{TS} \gg 1$ のときは水中に多量の空気泡が生じ観察しにくくなること、 $(\alpha/\alpha_s)_{TS} \ll 1$ のときはキャビテーションが発生しにくくなり、いずれも実験条件として適当でないことを示した。

さらに、光散乱法による水中の微小空気泡の測定について述べ、空気泡の量が試験水中の空气の飽和度により大幅に変化することを示した。

謝 辞

本トンネルの実現に御理解と御尽力いただいた東京大学の歴代の工学部長先生(近藤次郎先生、梅村 魁先生、藤井澄二先生、久松敬弘先生)と文部省ならびに東京大学事務局の皆様へ深甚な謝意を表します。また東京大学名誉教授 田宮 真先生と乾 崇夫先生には計画の当初から御指導いただきました。深く感謝いたします。本トンネルの建設を担当された次の各社の方々にも厚くお礼申し上げます。

キャビテーショントンネル本体

及び付属設備： 三菱重工業（株）

プロペラ動力計： 電子工業（株）

プロペラ寸法計測装置： （株）東京精密

参 考 文 献

- 1) R. T. Knapp et al.: Cavitation, McGraw-Hill Book Co., (1970).
- 2) K. Albrecht and O. Bjorheden: Cavitation testing of propellers in a free surface tunnel utilizing micro air bubble control, J. Fluids Eng., ASME, (1975), pp.523~532.
- 3) L. Noordzij: Some experiments on cavitation inception with propellers in the NSMB de-

pressurized towing tank, Int. Shipbuilding Progress, Vol.23 (1976), pp.300~306.

- 4) 加藤洋治：キャビテーション，槇書店，(1979).
- 5) A. Keller: The influence of the cavitation nucleus spectrum on cavitation inception investigated with a scattered light counting method, J. Basic Eng., ASME, (1972), pp. 917~925.
- 6) 浅沼 強：流れの可視化ハンドブック，朝倉書店，pp. 275~276.
- 7) E. M. Gates and A. J. Acosta: Some effects of several freestream factors on cavitation inception of axisymmetric bodies, 12th Naval Hydrodynamics (1979), pp.86~108.