琉球大学学術リポジトリ

翼型のキャビテーション特性
第2報:前縁近くから圧力水を噴出させたとき

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 琉球大学理工学部
	公開日: 2012-03-23
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 真栄田, 義才, Maeda, Gisai
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/23947

翼型のキャビテーション特性 †
第2報：前縁近くから圧力水を噴出させたとき

真 栄 田 義 才*

Cavitation Characteristics for Hydrofoil Sections of Infinite Aspect Ratio
(2 nd Report)

Gisai MAEDA

This is the second report concerning with the characteristics of hydro-foils on cavitation. On the first paper, I reported how cavitation changes the characteristics, such as lift and drag, of hydro-foils from non-cavitation.

In this paper, I will discribe how pressure distribution changes, when pressure water issues from upper surface of foil to main flow around it. The pressure water is led from tank to main hole in the foil, and the main hole is connected to several small holes on the surface of foil.

At non-cavitation range, experimental results show that pressure on the upper surface of foil somewhat increases, when pressure water issues out of surface of foil. Therefore, lift of foil decreases, but drag does not change as ever. On the other hand, when cavitation occurs and extends considerably on surface of the foil, the pressure water decreases pressure on the foil. But the lift does not increase compared with none issued water, and yet, the drag increases fairly. Besides, cavitation inception point (the value of cavitation coefficient K_d) is the same as none issued water.

1. まえがき

第1報で翼の型状によるキャビテーション発生時の一般的な特性の違いを報告したが,[1] 今回は，翼の前縁近くの背面に数個の孔をあけ，こゝから圧力水を吹き出させたばあい，翼背面上の圧力分布はどうなるか，これによってキャビテーション発生時における翼の揚力や抗力はどう変化するかについて調べた。

翼面における境界層を制御する目的で，背面に吸込を設けての試験は空気を用いてかなり行われており，それによれば，揚力の最大値の増大及び抗力の減少の効果をもたらしている。[2]

一方，翼背面から圧力水を吸出させてキャビテーションを防止しようという試みは松本等の報告があり,[3] それによると圧力水の導入によってキャビテーションの初生は遅れ，又，揚力，抗力は共に減少している。更に，キャビテーションが著しく成長した段階で，翼下面の高圧水を背面の低圧部へ導入すると，キャビテーションはほとんど消えたと報告している。

本試験では，圧力水を管路の外側から導入して試験したが，導入水量が小さいこと，及び吹き出し孔が前方に寄り過ぎていたきらいがあって，防止としての効果はほとんど得られなかった。こゝでは主として，圧力水の導入によって翼背面の圧力分布がどう変化するかについて報告する。

† 受付1969年10月31日

* 琉球大学理工学部機械工学科

2. 試験装置及び方法

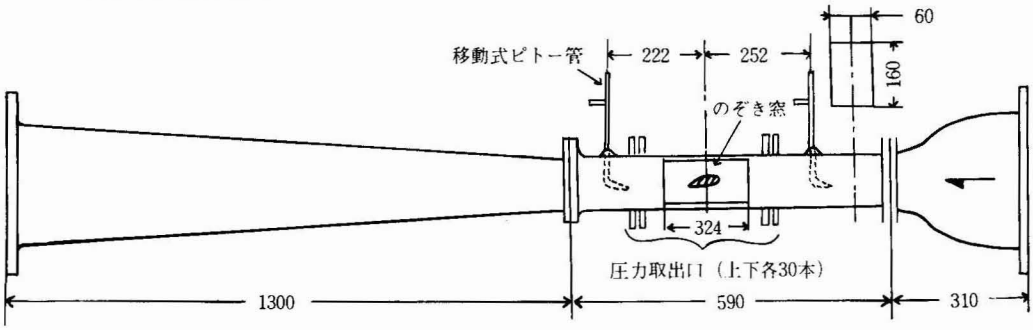

Fig. 1 Observation part of testing equipment

試験装置の全体的なものについては，前報で詳細に述べてあるのでこゝでは省略する。翼型観測部は新しく作り変えてあり，前報で用いられたものと，その寸法が幾分異るので図1にその概略を示しておく。前の装置に較べて，壁面の影響を少くする意味で上下壁面間隔を110 ㎜から160 ㎜に拡げたのが特徴である。また，これによって，翼の受ける真の揚力と本装置の上下壁面における圧力分布測定から得られる揚力の比λは，前のばあい，0,988であったが，今回の装置では0,960と幾分劣る。

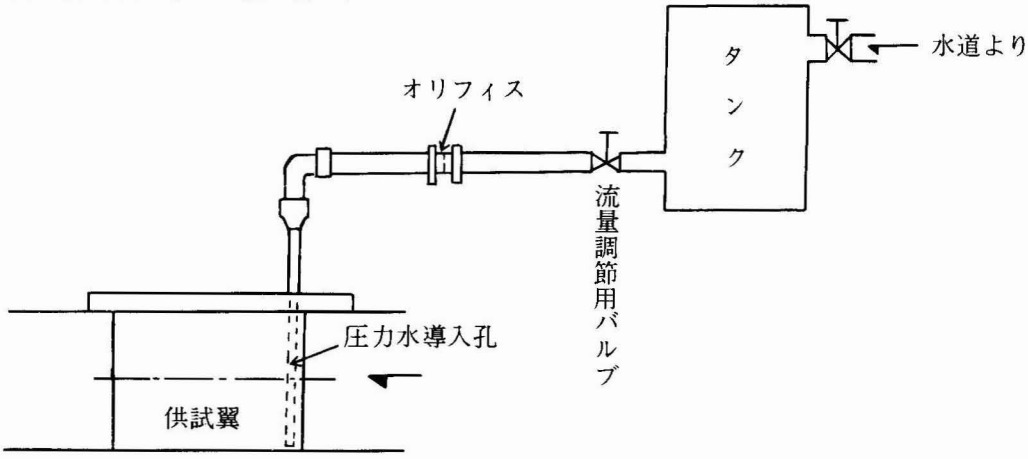

Fig. 2 Equipment of pressure water supply

圧力水の吹出し装置を図2に示す。内径14㎜の塩化ビニールパイプで翼に設けられた径6 ㎜の圧力水導入孔と圧力水タンクを連結している。タンクへの給水は水道より直接行う。吹出流量の測定は，塩化ビニール管の途中に設けたオリフィスにて行った。オリフィスは自家製で，あらかじめ水を用いて検定してある。吹出し流量の調節は，管の途中に設けたバルブにて行った。

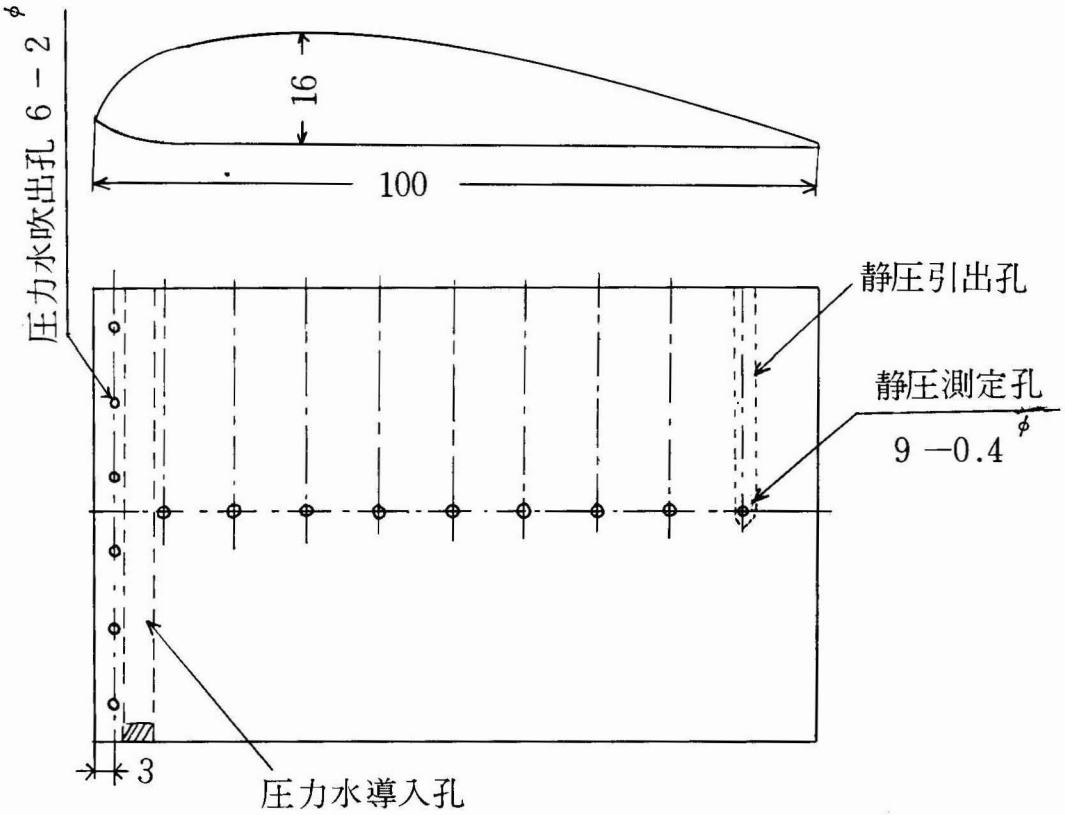

Fig. 3 Test foil

図3は試験に供した翼である。翼の前部には，直径6㎜の圧力水導入孔が翼幅の方向に設けてあり，前縁より3㎜の翼背面上からあけた径2㎜の6個の孔が共に圧力水導入孔に連絡し，圧力水を吹出すようになっている。なお，これら6個の孔はすべて10㎜の等間隔で配置している。また，翼背面上の圧力分布を調べるため，背面には直径0.4㎜の孔が翼弦に沿って9個設けてあり，これは翼の側面よりあけられた各孔を通して測定管路の外側へ導かれ，それぞれ水銀マノメータへ接続される。

試験に際しては，あらかじめ観測部でピトー管を挿入して速度分布を調べ，充分整流されていることを確かめ，かつ，流れの方向の圧力変化がマサツ損失を除いては殆んどないことを確かめた後，供試翼を取付けた。

測定は，先ずキャビテーションの未発生時において，供試翼の一般性能を調べ，キャビテーション発生時における揚力，抗力の変化を前と同じ方法で調べた後，図3に示す圧力水吹出孔を設けた。吹出孔は，最初径1㎜にしていたが，吹出し流量がきわめて少いため2㎜の大きさに拡げた。この吹出孔の存在によって，翼の性能，特に初生のキャビテーション係数が影響を受けないことを確かめた後，圧力水の吹出し試験を行った。

以下に試験の結果を示す。

3. 吹出しがないばあいの供試翼の特性

図4は供試翼のキャビテーション未発生時における性能を，また，図5，図6はキャビテーション発生時における揚力及び抗力の変化の様子を示す。キャビテーション発生時における揚力係数C_a及び抗力係数C_wは，前報で報告した翼と殆んど似たような変化を示している。

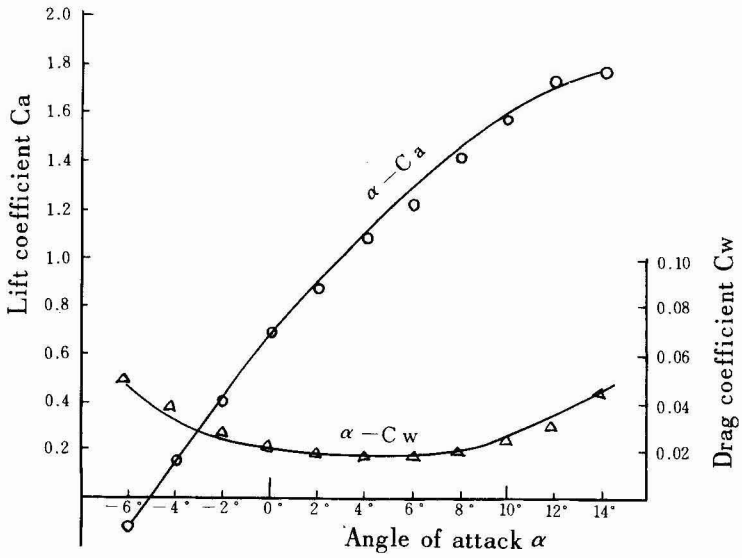

Fig. 4 Diagram of lift coefficient and Drag coefficient

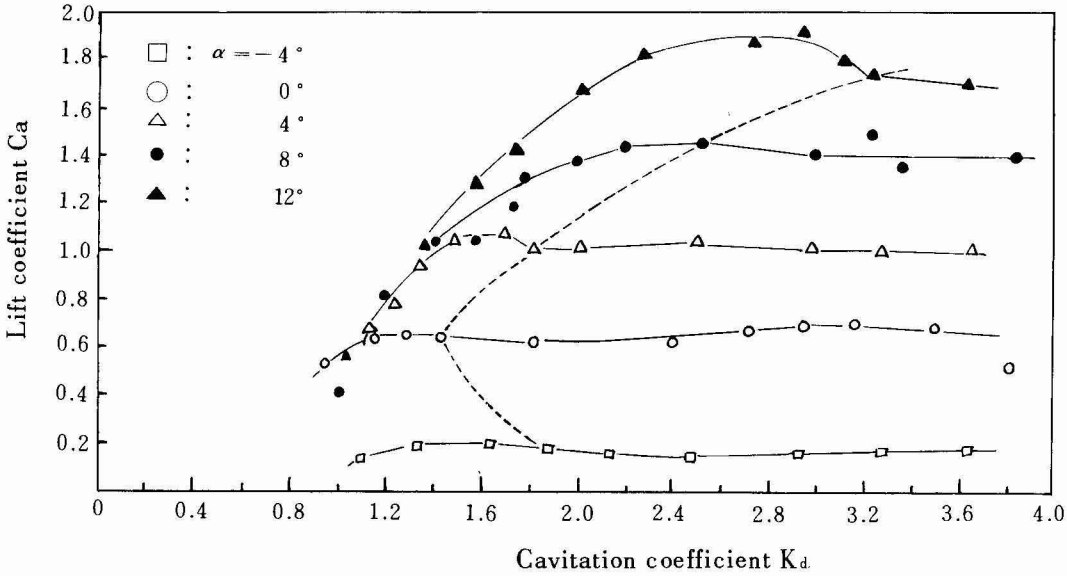

Fig. 5 Relation between lift and cavitation coefficient

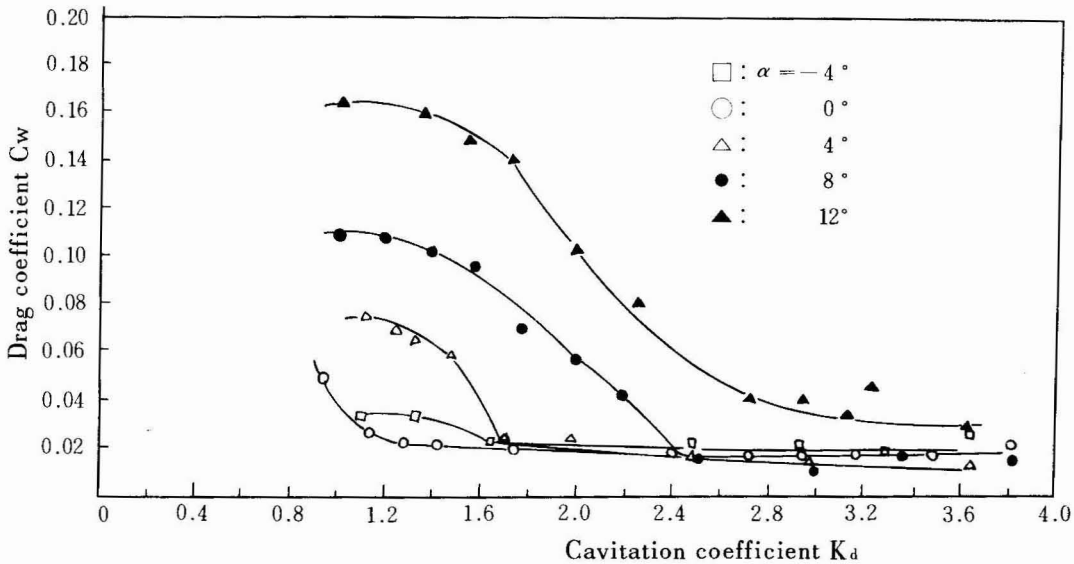

Fig. 6 Relation between drag and cavitation coefficient

なお，流速の変化，即R_e数の差異によって翼の性能はキャビテーションの発生時及び,末発生時において，殆んど変らないことを示したが，しかしキャビテーションの発生時においては幾分かのバラツキがみられたので，その影響を取り除くため，本試験においては流速を一定に保ち，タンクの圧力を変えることによってキャビテーション係数を変化せしめた。図4，5，6はいずれも流速7 m / Sec, において試験した結果である。図5の破線はキャビテーションの初生点を結んだものである。

4. 圧力水の吹出による翼面の圧力変化

以下は圧力水の吹出し試験の結果であるが，この試騒は0°，4°，8°，16°の4種の迎角について行い，流速は0°及び4°のばあいは7m / Sec ,8°及び16°では5m / Sec.である。翼の近くを流れる流体が翼によって運動量の変化を受ける質量は，単位時間当りについてρVFに比例する。[4] こゝで，ρは流体の密度，Vは一様流の速度，Fは翼面積である。一方，吹出しの流量が同じであっても流速が変われば，その効果は変わる。よって，吹出し流量は単位時間当りの吹出しの質量流量と上記の運動量変化を受ける単位時間当りの質量に比例するρVFの比をとり，次のように比較吹出流量を定義する。

$$\lambda = \frac{\rho q}{\rho VF} = \frac{q}{VF}$$

こゝで，λは比較吹出量，qは吹出の体積流量である。本試験では吹、び90cm^3/ Secの2種について行った。よって,比較吹出量は，翼面積Fから，0°，4°の迎角に対しては，

$$\lambda_1 = \frac{40}{700\times60} = 0.952\times10^{-3} \qquad \lambda_2 = \frac{90}{700\times60} = 2.142\times10^{-3}$$

また，8°，16°の迎角に対しては，

$$\lambda_3 = \frac{40}{500\times60} = 1.33\times10^{-3} \qquad \lambda_4 = \frac{90}{500\times60} = 3.00\times10^{-3}$$

となる。なお，6個の吹出孔から出る流量は，それぞれほゞ同量が出ることは，あらかじめ実測して確かめた。

図7～17は翼背面の圧力分布である。横軸は翼弦に沿う前縁からの距離を弦長に対する比で示してある。また，縦軸は翼面上の圧力Pと一様流の圧力P_oの差を動圧に対する比で示してある。なお，同図に記入してあるキャビテーション係数K_dは，$K_d=(P_o-P_s)/\frac{1}{2}\rho V^2$で定義される係数で，こゝで$P_s$はその水の温度に相当する蒸気圧である。図7～9は迎角0度のばあいであるが，図7はキャビテーションの未発生時，図8は初生時，図9はキャビテーションがかなり成長したばあいである。図7において，吹出位置直後の圧力が吹出量の増加につれて幾

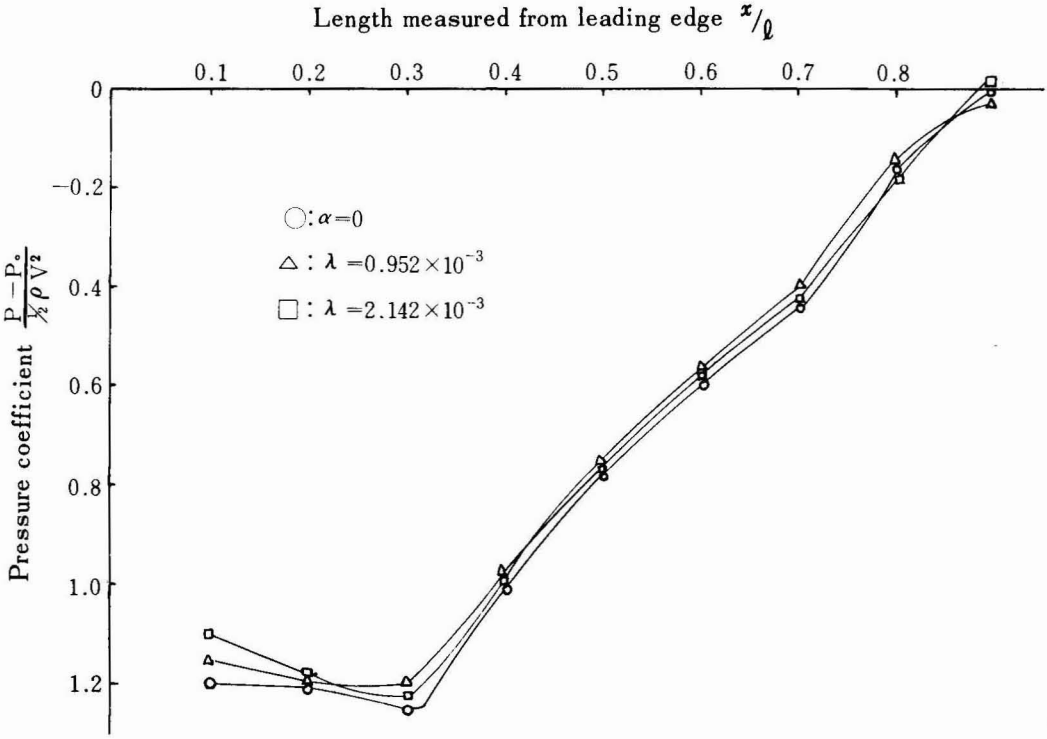

Fig. 7 Pressure distributions (Non-Cavitation)
Angle of attack 0°
Cavitation coefficient $K_d=3.10$

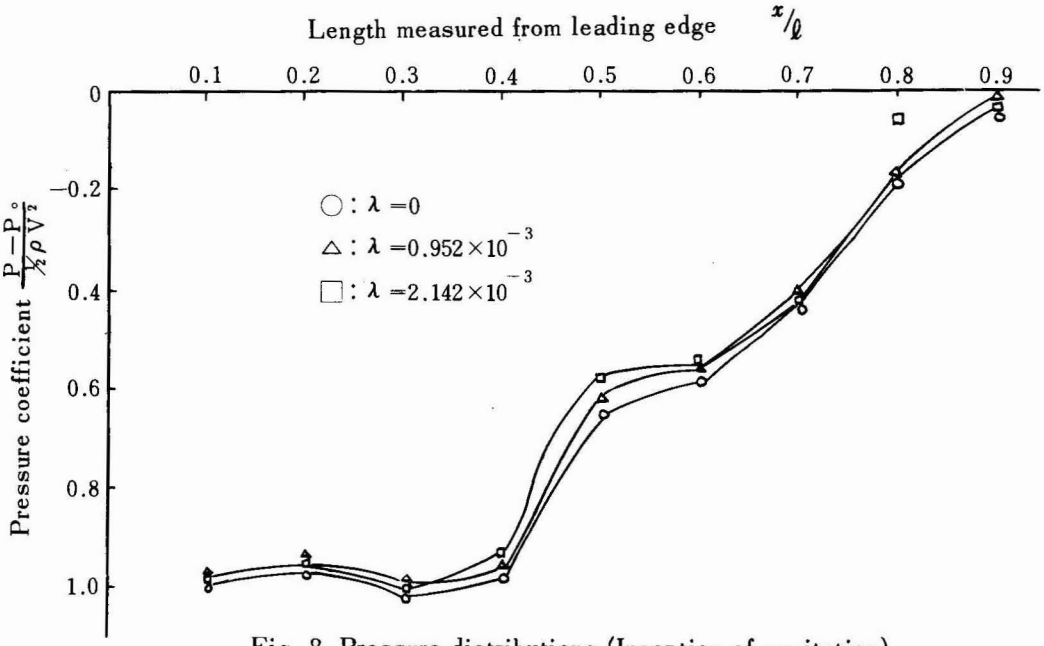

Fig. 8 Pressure distributions (Inception of cavitation)
Angle of attack 0°
Cavitation coefficient K_d =1.45

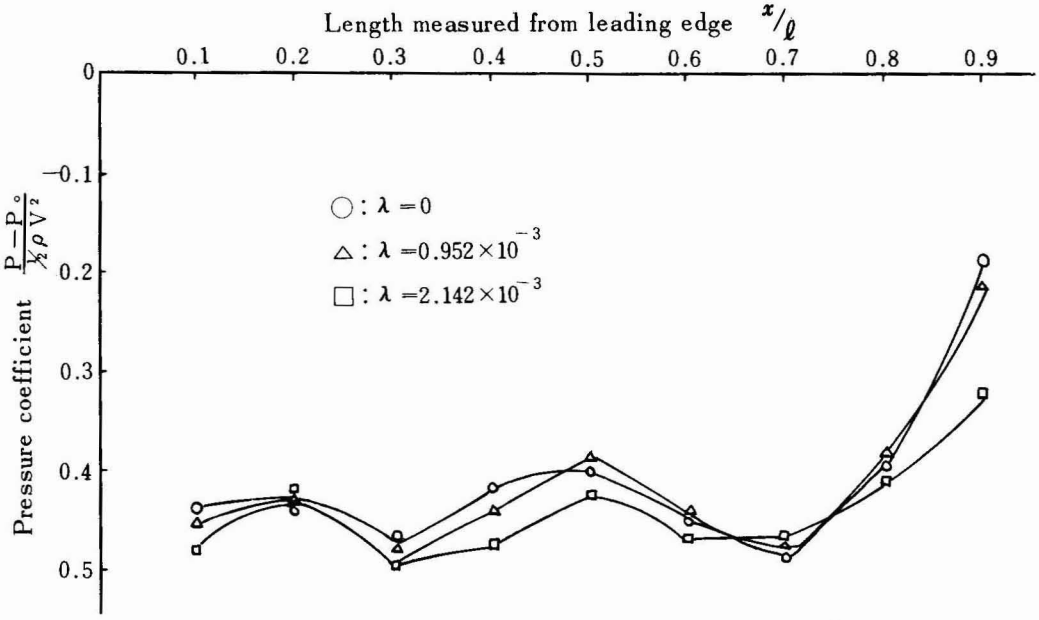

Fig. 9 Pressure distributions (Developed cavitation)
Angle of attack 0°
Cavitation coefficient K_d =0.93

分増大している。しかし，翼背面後半においては吹出の影響はほとんど現れていない。図8の初生時における圧力分布は，吹出点直後においても全く変化がみられず，翼背面全体にわたって吹出の影響は現れていない。キャビテーションが発達すると，図9にみるように吹出位置直後における圧力が，キャビテーション未発生時とは逆の関係になり，吹出量を増すにつれて圧力が下る傾向にある。しかもこのばあいには翼の後縁近くまで吹出の影響が現われているようである。

図10～13は4°の迎角に対する圧力分布曲線である。図10はキャビテーションの未発生時におけるものであるが，0度のときと同じく，吹出量の増加に伴い翼背面の圧力は上昇する。しかも，その増加量は0°のばあいより大きく，約2倍になっているが，増加率を考えれば大体同じである。このばあいも，翼面後半においてはほとんど影響は消える。図11は初生時における圧力分布で翼面前半において幾分かのバラツキはあるが，吹出量による差異はないとみてよい。図12，13はキャビテーションの発生時であるが，図12はキャビテーションが翼背面の約50%まで成長したとき，図13は翼後縁まで成長してきたときである。いずれも未発生時のばあいとは逆に吹出量の増加に伴い圧力は降下する。そして，キャビテーションが発達するにつれて吹出の影響が翼後縁付近まで現れることが，はっきり示されている。

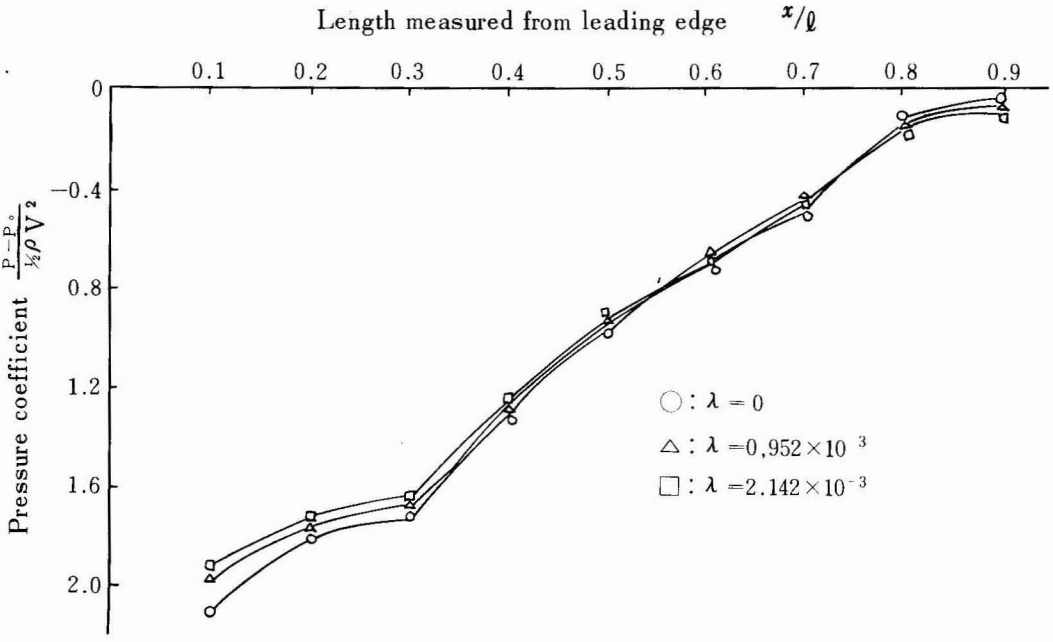

Fig. 10 Pressure distridution (Non-cavitation)
Angle of attack 4°
Cavitation coefficient K_d =3.80

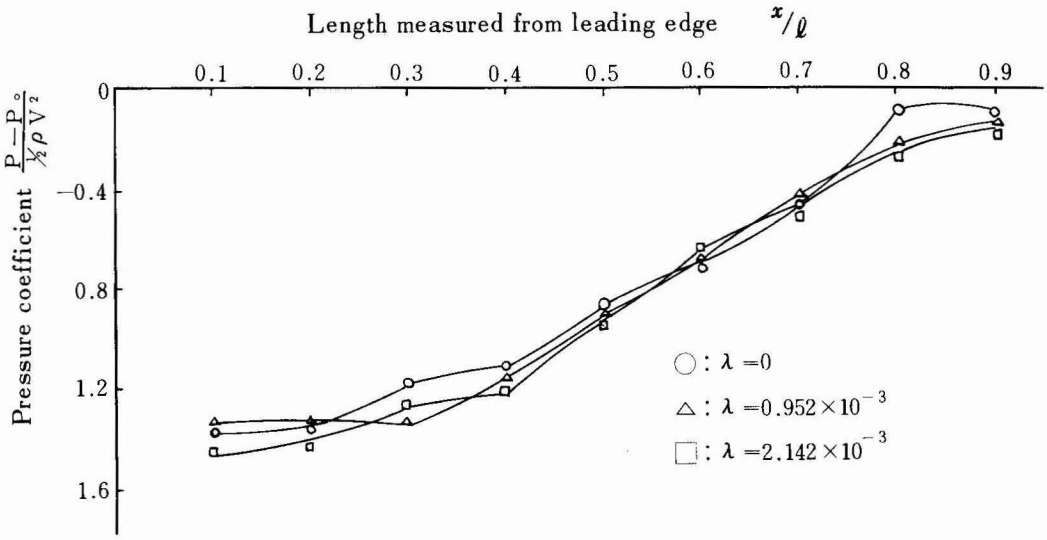

Fig. 11 Pressure distributions (Inception of cavitation)
Angle of attack 4°
Cavitation coefficient K_d =1.90

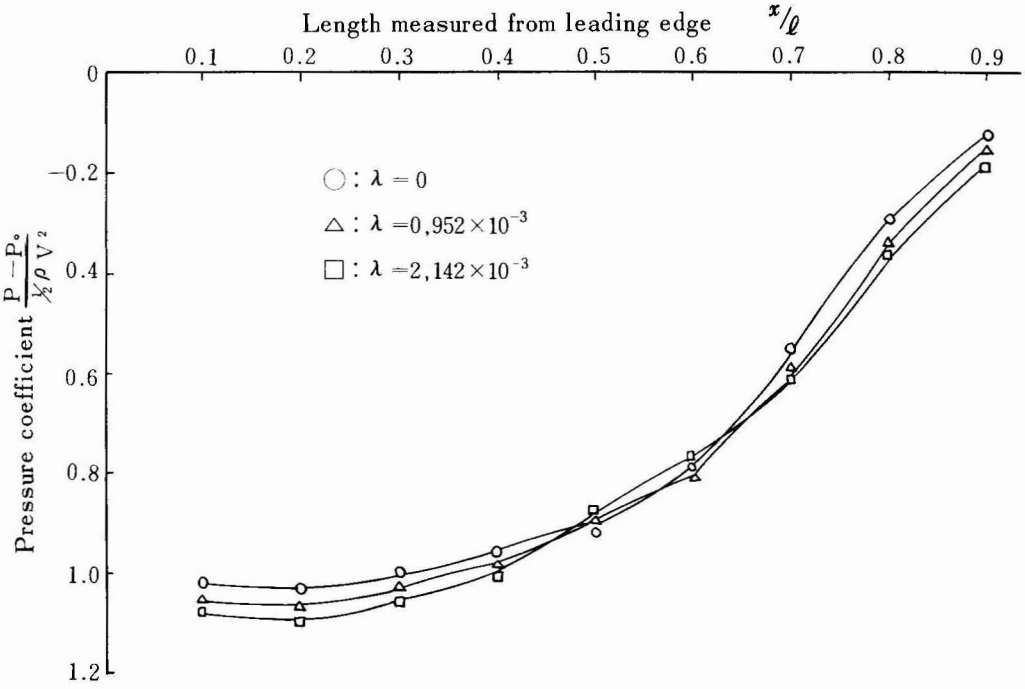

Fig. 12 Pressure distributions (Developed cavitation)
Angle of attack 4°
Cavitation coefficient K_d =1.53

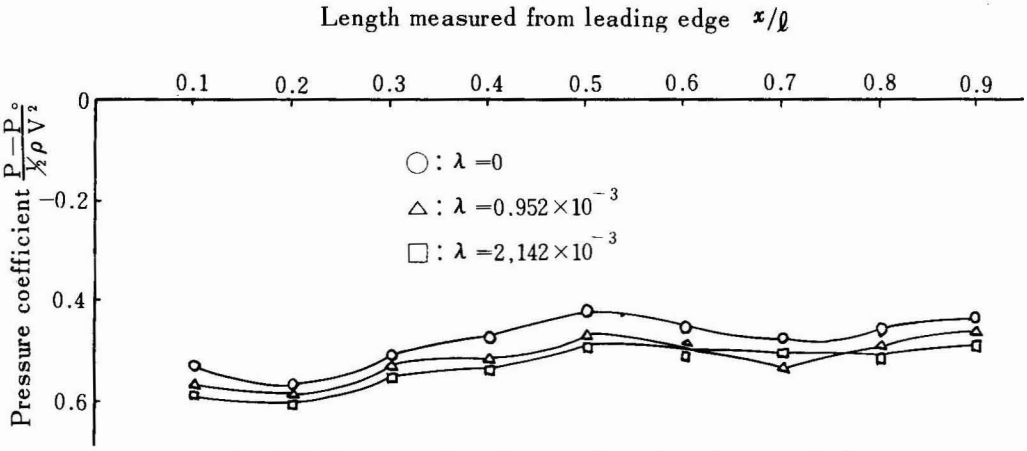

Fig. 13 Pressure distributions (Developed cavitation)
Angle of attack 4°
Cavitation coefficient K_d =1.02

図14～16は8° の迎角に対する圧力分布である。図14はキャビテーションの未発生時であるが，0°，4° のときと同じような傾向を示し,圧力水の吹出によって翼背面の圧力は上昇する。

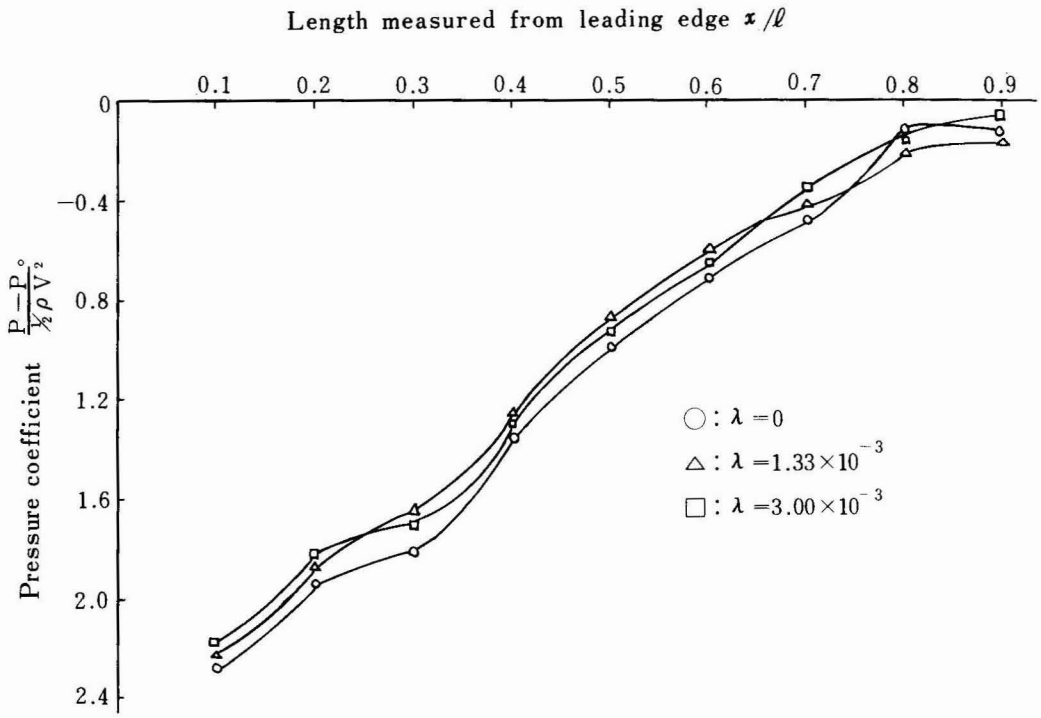

Fig. 14 Pressure distributions (Non-cavitotion)
Angle of attack 8°
Cavitation coefficient K_d =7.2

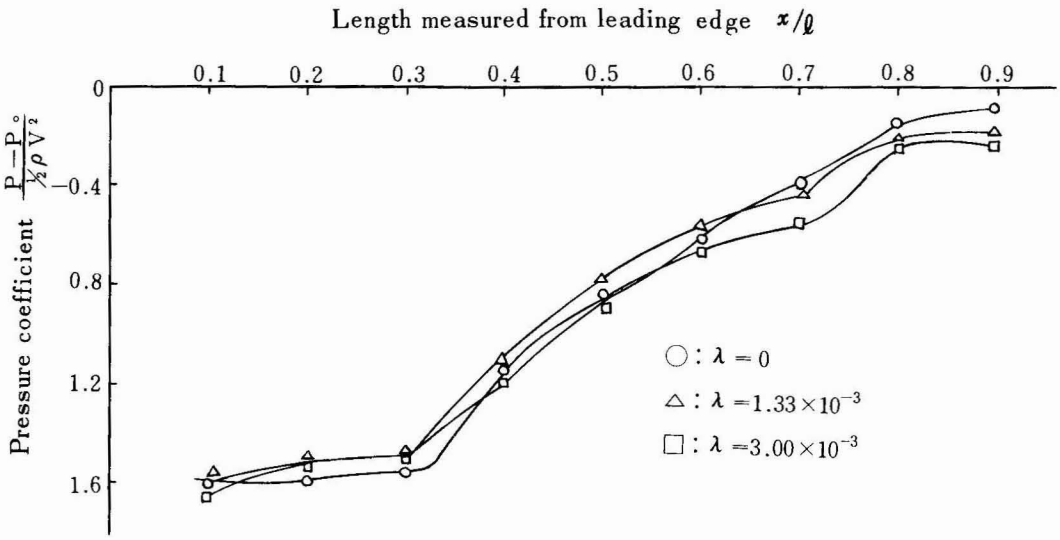

Fig. 15 Pressure distributions (Inception of cavitation)
Angle of attack 8°
Cavitation coefficient K_d =2.6

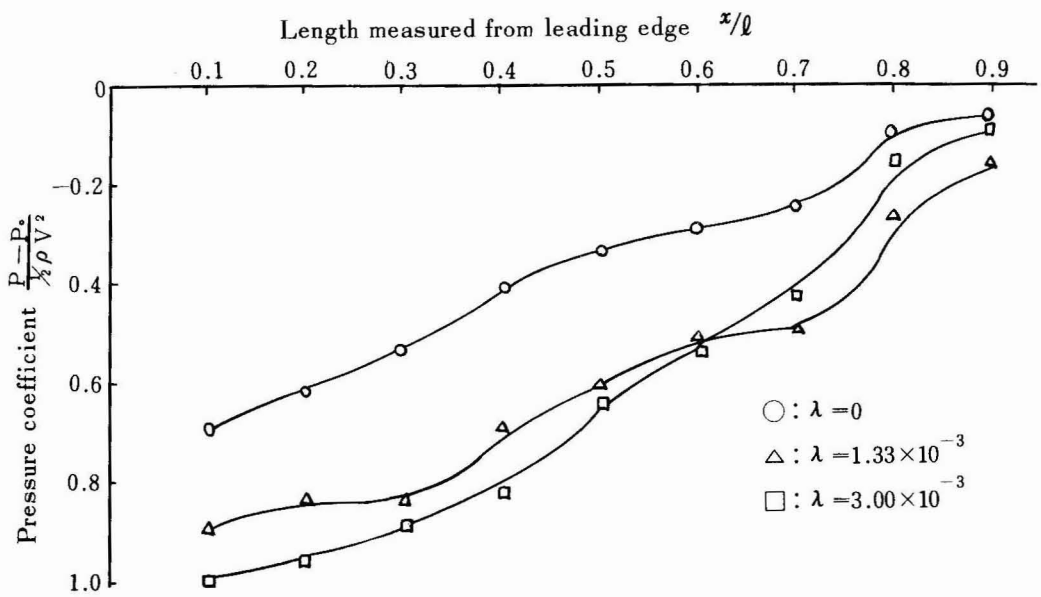

Fig. 16 Pressure distributions (Developed cavitation)
Angle of attack 8° Cavitation coefficient K_d =1.85

しかも，0°，4°では後縁近くでは吹出による変化は現れなかったが，このばあいには，ほとんど翼全体にわたって圧力が上昇している。図15は初生時であるが，キャビテーションの初生位置である前縁近くでは，圧力の差異はほとんどみられない。図16はキャビテーションが約50%程成長したときの圧力分布であるが，吹出の影響が翼面全体に著しく現れている。

以上の翼背面圧力分布より，吹出の影響は迎角を増すにつれて大きくなる。キャビテーションの未発生時においては，圧力水を吹出すことによって翼背面の圧力は上昇し，迎角が小さいときは，吹出点直後の圧力が上昇するのみであるが，迎角を増すと後縁近くまで一様に圧力の上昇をみるようになる。この結果は，当然翼の揚力を減少せしめることが予想される。一方，初生時における圧力分布より，特にキャビテーションの初生位置である吹出点直後の圧力は，吹出量に関係なくほゞ一致していることから，圧力水を吹出しても，初生はほとんど同一のキャビテーション係数で起ることになる。キャビテーションが発達した段階では，吹出によって翼背面の圧力は降下し，その効果はキャビテーションが発達する程著しく，かつ，翼背面全体に現われる。なお，図17は迎角16°におけるキャビテーション未発生時の圧力分布であるが，このばあいの吹出による圧力上昇は，吹出孔直後においてきわめて大きい。$x/\ell=0.4$ 付近から下流では，圧力の回復が殆んどみられず，この付近で流れが翼面からはがれることを示すものであるが，この図より剝離は吹出量に無関係で，ほゞ同一の地点で起き，かつその下流における圧力は吹出に無関係で，殆んど等しくなっている。

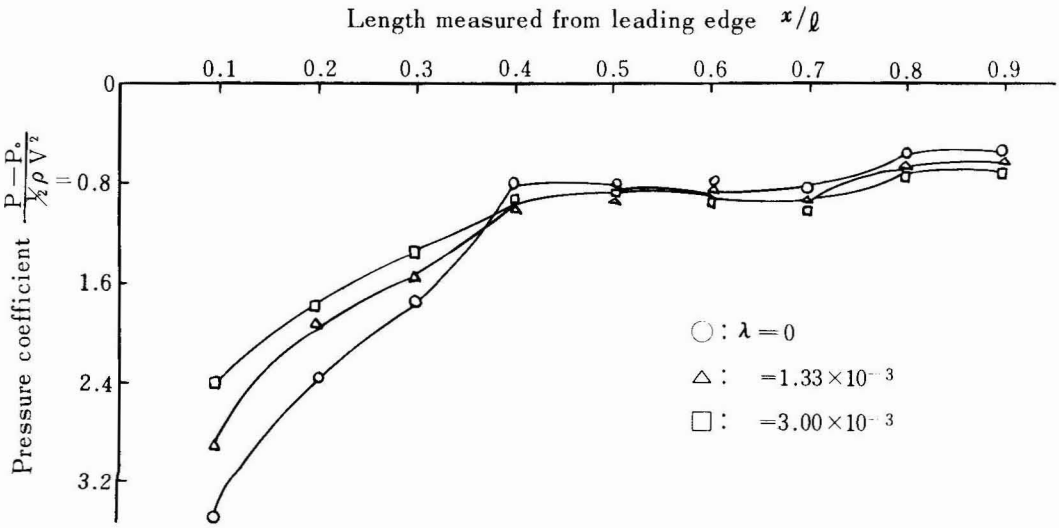

Fig. 17 Pressure distributions (Non-cavitation)
Angle of attack 16° Cavitation coefficient $K_d=8.7$

5. 吹出による揚力，抗力の変化

翼背面の圧力は，吹出によりキャビテーションの未発生領域では一般に上昇し，キャビテーションが発達すると逆に降下することが明らかになったが，このことは翼の揚力や，抗力にも大きな影響を及ぼすものと思われる。図18は迎角8°，及び16°のばあいのキャビテーション係数K_dに対する揚力係数C_aの変化を示す。キャビテーションの未発生領域では，揚力は低下し，

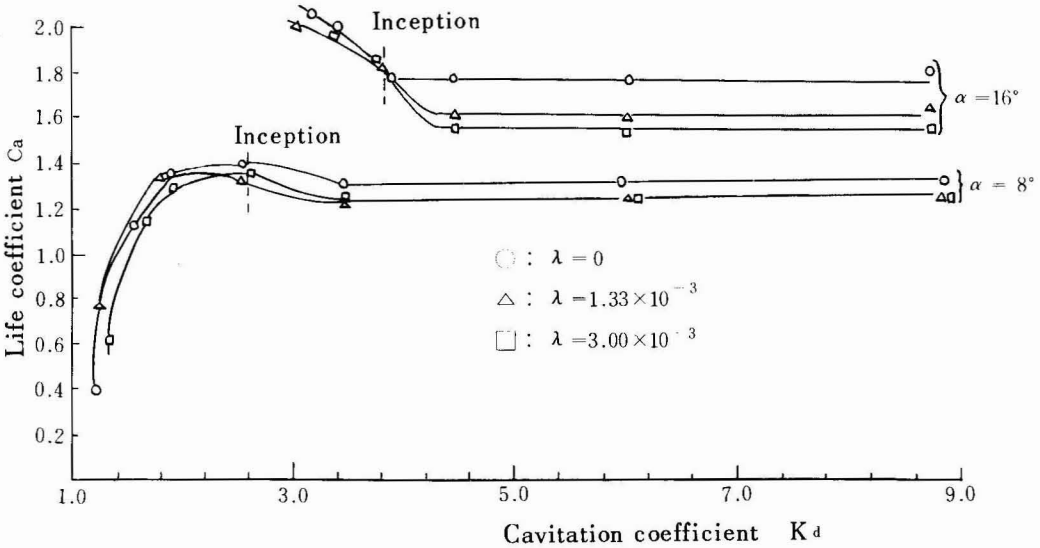

Fig. 18 Influence of pressure water supply

かつ一般流の圧力に関係なく殆んど同量の揚力低下がみられる。この揚力低下は翼背面圧力分布からも，当然予想されたことである。しかし，吹出量がないときと，$\lambda_3=1.33\times10^{-3}$のばあいを較べると揚力低下は大きいが，$\lambda_3$と$\lambda_4=3.0\times10^{-3}$の間には殆んど揚力差は現れていない。従って，揚力低下は吹出量に比例するものではなく，吹出量の増加に伴う降下率は次第に小さくなるものと思われる。初生時には吹出量の影響はなくなり，揚力は各吹出量とも一致する。8°のときは幾分かのバラツキがみられ，吹出によって多少降下しているようであるが，16°では殆んど一致している。キャビテーションが発達した段階では，吹出による揚力の差は顕著でない。なお16°でキャビテーションが著しく発達した段階では，マノメータの都合上測定し得なかった。

図19は迎角8°における抗力係数の変化を示したものである。吹出の影響は揚力係数に現われているのとは逆で，キャビテーションの未発生領域では，吹出による差異はなく，キャビテーションが発生すると，その影響が現われ，吹出量を増すにつれて抗力を増している。

キャビテーション領域における翼背面圧力が，吹出によって降下することから揚力は増すものと予想されたが，測定の結果は吹出のないときと大体同じ大きさである。本試験においては，翼下面の圧力分布は測定していないので，下面の圧力が背面における吹出によって，どう変るかは不明である。しかし背面の圧力が下っても揚力が増していない事実から，下面の圧力も低下するものと思われる。 即，吹出によって背面の抵抗が増し，従って下面においては速度を増し，圧力が下る。背面では速度が落ちるから，キャビテーションの未発生領域では圧力を増すが，キャビテーション領域では吹出がむしろキャビテーションを助長するような形となり，背面における圧力の回復を妨げるものと思われる。

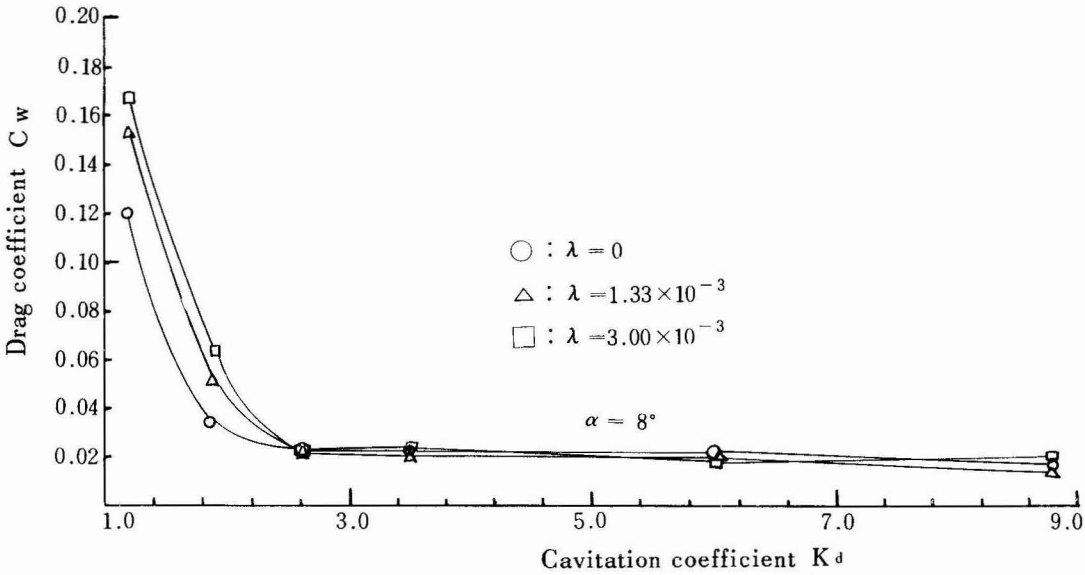

Fig. 19 Influence of pressure water supply

6. あとがき

1. キャビテーションの未発生領域では，圧力水の吹出によって背面の圧力は増すが，キャビテーション領域では逆に降下する。初生時においては，吹出による背面圧力の違いは殆んどなくなり，従って，初生はほゞ同一のキャビテーション係数で起る。

2. 迎角が小さいときは，吹出の影響は吹出位置直後にのみ現れるが，迎角を増すと翼背面全体に現れる。また，キャビテーション発生時の方が未発生時よりも吹出の影響を大きく受ける。

3. 吹出によって，未発生領域では揚力が降下し，抗力は殆んど変化が見られない。一方，キャビテーション領域では揚力の差はなくなり，抗力は吹出によってかなり増している。

本試験においては，吹出によるキャビテーション防止の効果は得られなかったが，未発生領域において圧力が増すことを考えると，吹出孔の方向（本試験では翼面に直角）を変えるか，またはその位置を変えることによって，ある程度防止としての効果が期待できる。

参 考 文 献

1）真栄田義才：翼型のキャビテーション特性（第1報），琉球大学理工学部紀要工学篇第1号，P. 1（1968）

2）H. Schlichting, Boundary Layer Theory, Mcgraw -Hill, P. 266～284（1960）

3）松本容吉，他3名：空所発生防止に関する研究（第4報），日本機械学会誌41巻255号（1938）

4）神元五郎：水力学Ⅱ，共立出版P.321（1964）