

簡易流速計の試作

浜田篤信・津田 勉

1 はじめに

最近、養殖漁業の「水の動き」が、しばしば問題となつている。水の動きは、養殖漁場の設計や管理の指針となるものである。即ち、養漁場に於ては、放養量を左右し、植物や貝類に対しては、栄養塩や飼料を供給する等の役割を果しており、生産を支配する重要な要因である。ところが、養殖漁場の水の動きは、極く小さく、測定出来ない場合も多い。測定が出来る場合でも、生産との関連に於て水の動きの問題を論じようとする場合には、漁場全体の水の動きを相対的にとらえることが、一層重要であつて、その為には、かなり多くの地点の水の動きを同時に測定する必要がある。したがつて従来の流速計は、このような研究には、必ずしも適しておらず、適当な測器の考案が望まれる。そこで、ここでは、簡単に手製出来、安価で、取扱も比較的容易なもので、しかも湖沼等の極く小さい動きも測定出来る流速計の考案を試みたので報告する。

2 測定原理

向い合つた面上に各々孔口を有し、内部に或る水溶液を含む容器を流れの中に固定すると、一方の孔口より水が流れ込み、他方よりこれと同量の溶液が押し出される。今、流れ込んだ水が内部の溶液とよく混合するものと考え、微小時間 dt の濃度変化は次式で表わされる。

$$\frac{dc}{dt} = -\frac{QC}{V} \quad (1)$$

但し、 C = 溶液の濃度 V = 溶液の容量
 Q = 流入水量 t = 時間

(1)を積分すれば

$$\log C = -\frac{Qt}{V} + \text{const} \quad (2)$$

(2)で、 $t=0$ のとき、 $\text{const} = C_0$ とおけば

$$C = C_0 e^{-\frac{Qt}{V}} \quad (3)$$

が得られる。

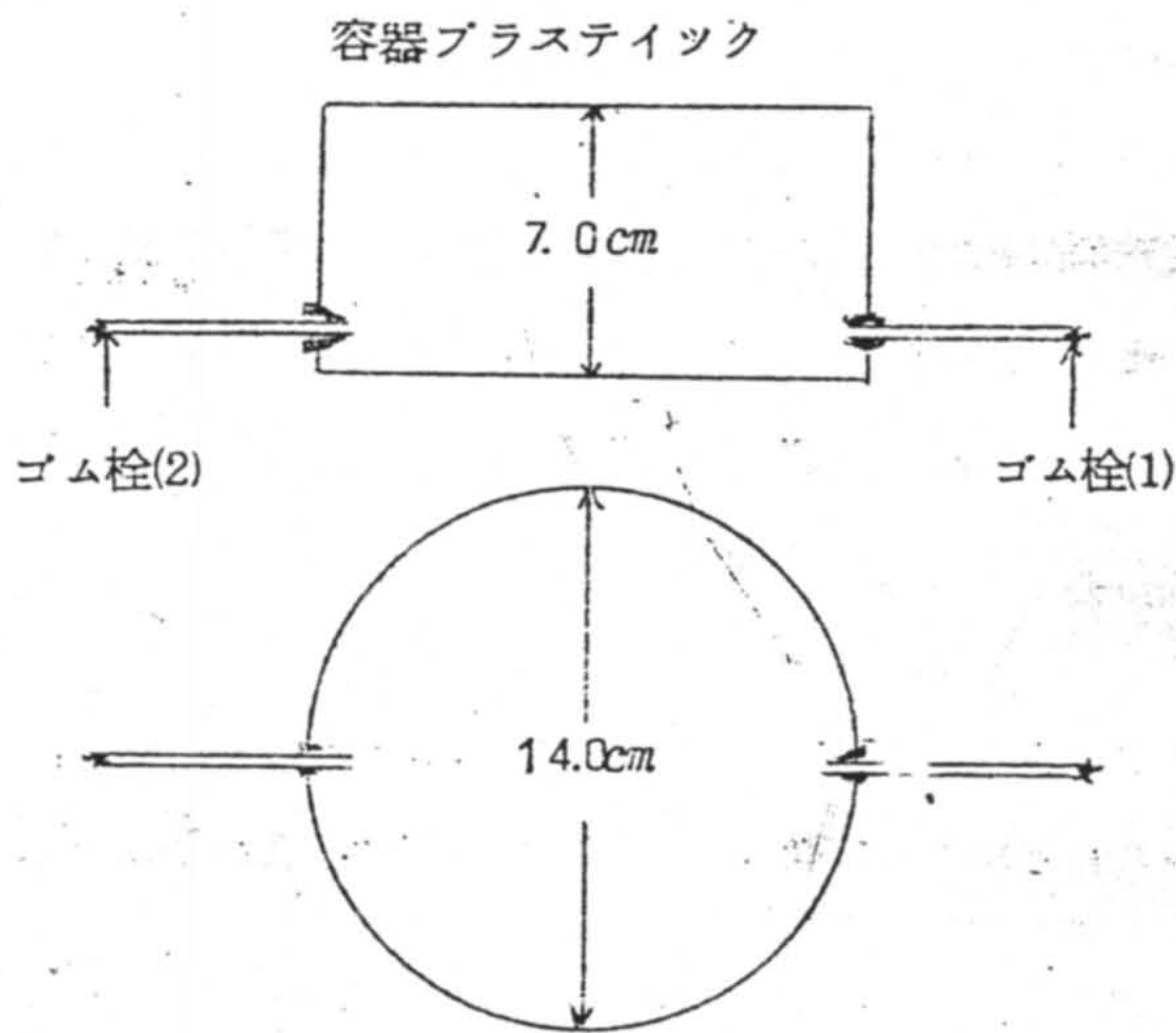
即ち、 C 及び C_0 を測定することによつて Q を知ることが出来る。又孔口を通過して容溶内に入る水量 Q は、流速の関数で表わされるから、あらかじめ実験的に流入水量と流速の関係を求

求めておけば、 C 及び C_0 を測定して濃度の減少を求めることによつて流速を知る事が出来る。

3. 実験の方法

容器は、圧力や温度の影響を受けないものが望ましいが、こゝでは、工作しやすいプラスチック製の直径14cm、高さ7cmの円柱状のもので、キープポットとして市販されているものを使用した。

第1図 簡易流速計(1)



底面より1cmの向い合った個所に4mmの孔口をあけ、又後述するように状況に応じて、直径4.0~5.0mm、長さ5~20cmのガラス管を孔口の個所にゴム栓でとりつけて使用した。(第1図)。内部の水溶液は、比色や滴定その他によつて定量出来る現場の水等によつて変化を受けず、水とよく混り合うものであればよいが、こゝでは、定量の簡易な $1/100$ 規定過マンガン酸カリウム溶液を用いた。ガラス

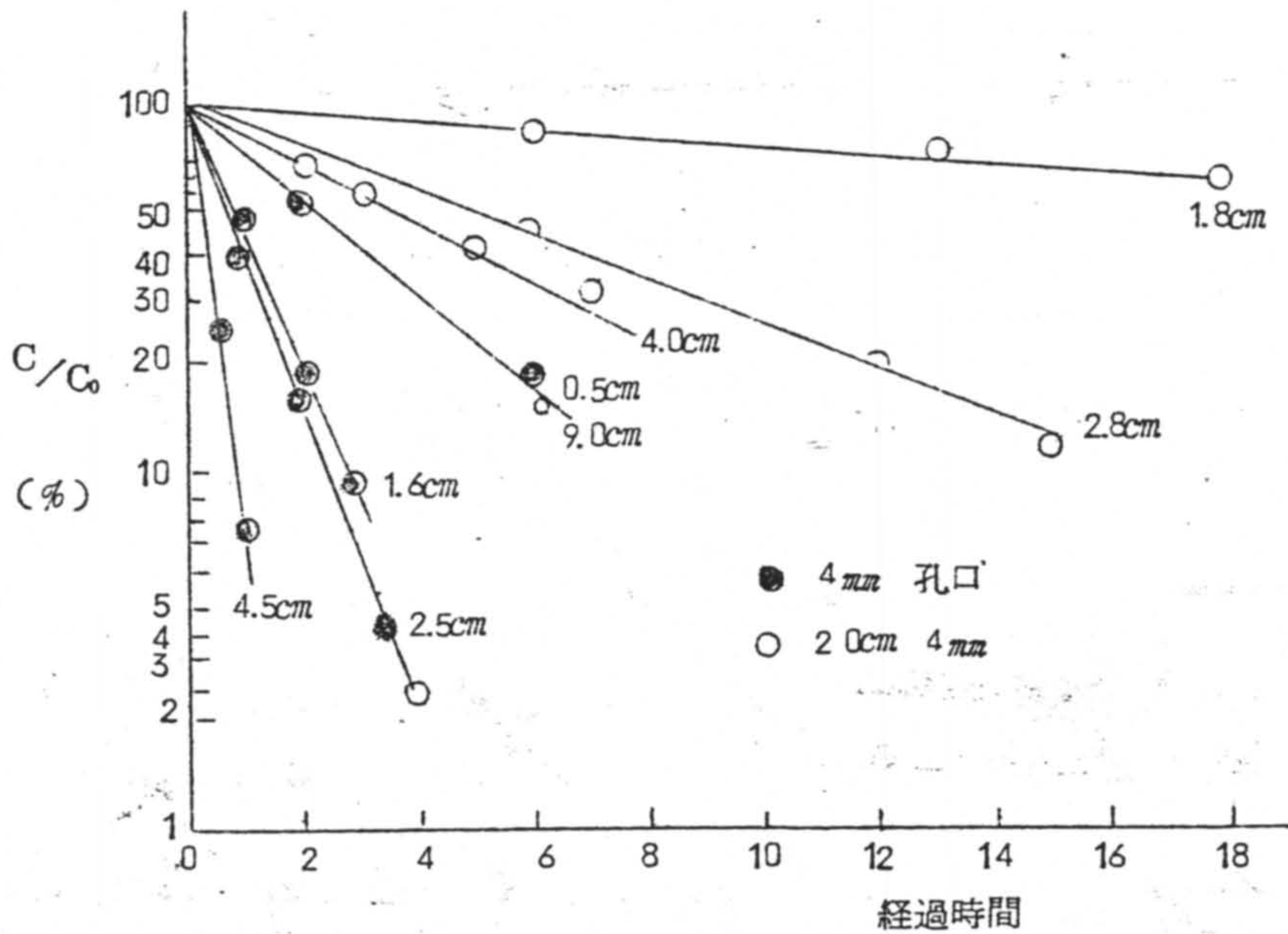
管の先にゴム栓をして、一方のガラス管をとりはずし、 $1/100$ 規定過マンガン酸カリウムを満たしガラス管をとりつける。静かに流れの中に固定した後、ゴム栓をとりはずし、一定時間放置した後とりあげ、容器内の過マンガン酸カリウムをチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定し、 C_0 及び C を求めた。実験は、流速 10 cm/sec 以下は、室内の水槽で 10 cm/sec 以上は、桜川上流で行つた。

4. 実験結果

(A) 時間経過に伴う濃度変化

孔口の直径4mmの容器を使用し、時間経過と濃度減少の関係を実験して、第2図の結果を得た。

第 2 図 時間の経過に伴う濃度変化



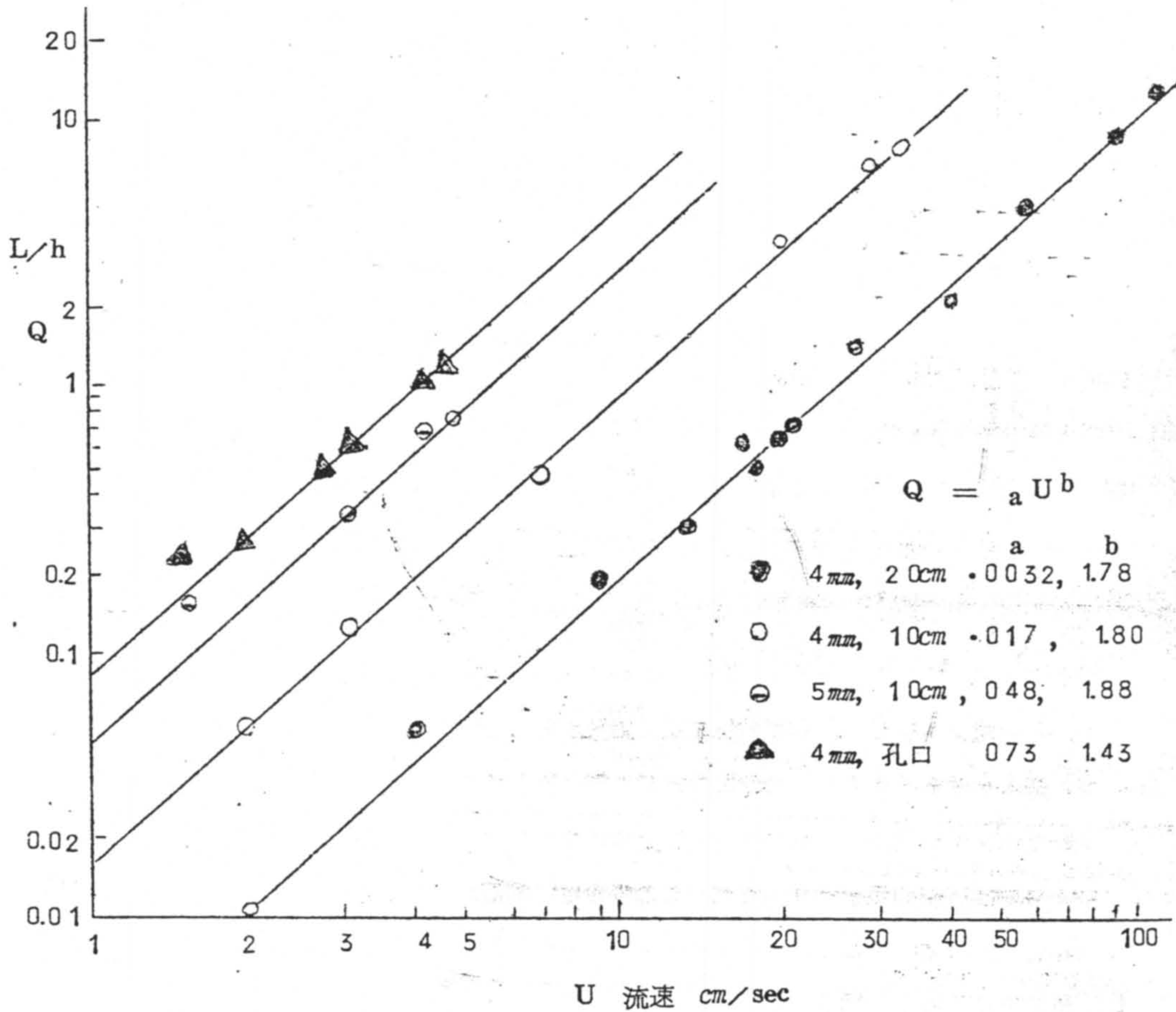
濃度減少は、指数曲線を示し、(3)式に従うことがわかる。しかし、数cmの流速を測る場合でも、濃度減少が著しく、4時間後には、濃度が著しく減少し殆んど測定不可能となる。そこで、流入水量を小さくし、長時間の測定や速い流れの測定が出来るように、孔口の個所にゴム栓で直径4mm長さ20cmのガラス管をつけて同様の実験を行った。この場合にも濃度の対数と時間は直線関係を示す。ただ、この場合は、濃度減少の割合は著しく小さく、24時間単位で数cm/secの流れが測定出来ることが明らかとなった。

(B) 流速と流入水量の関係

4mm孔口、4mm 10cm、4mm 20cm、5mm 10cmのガラス管を使用したものの4種類について、流速Uと流入水量Qの関係を求めた。Qは、C及びC₀を測定し、t、Vを(3)式に代入し求めた値である。結果は、第3図の通りで

$Q = a U^b$ の放物線で表わされる。bは約1.8で、4mm孔口の1.43以外は、いずれの曲線でも殆んど同じ値である。aは、直径の大きいもの程、長さの短いもの程大きく0.0032~0.073の範囲にある。

第 3 図 流速と流入水量との関係



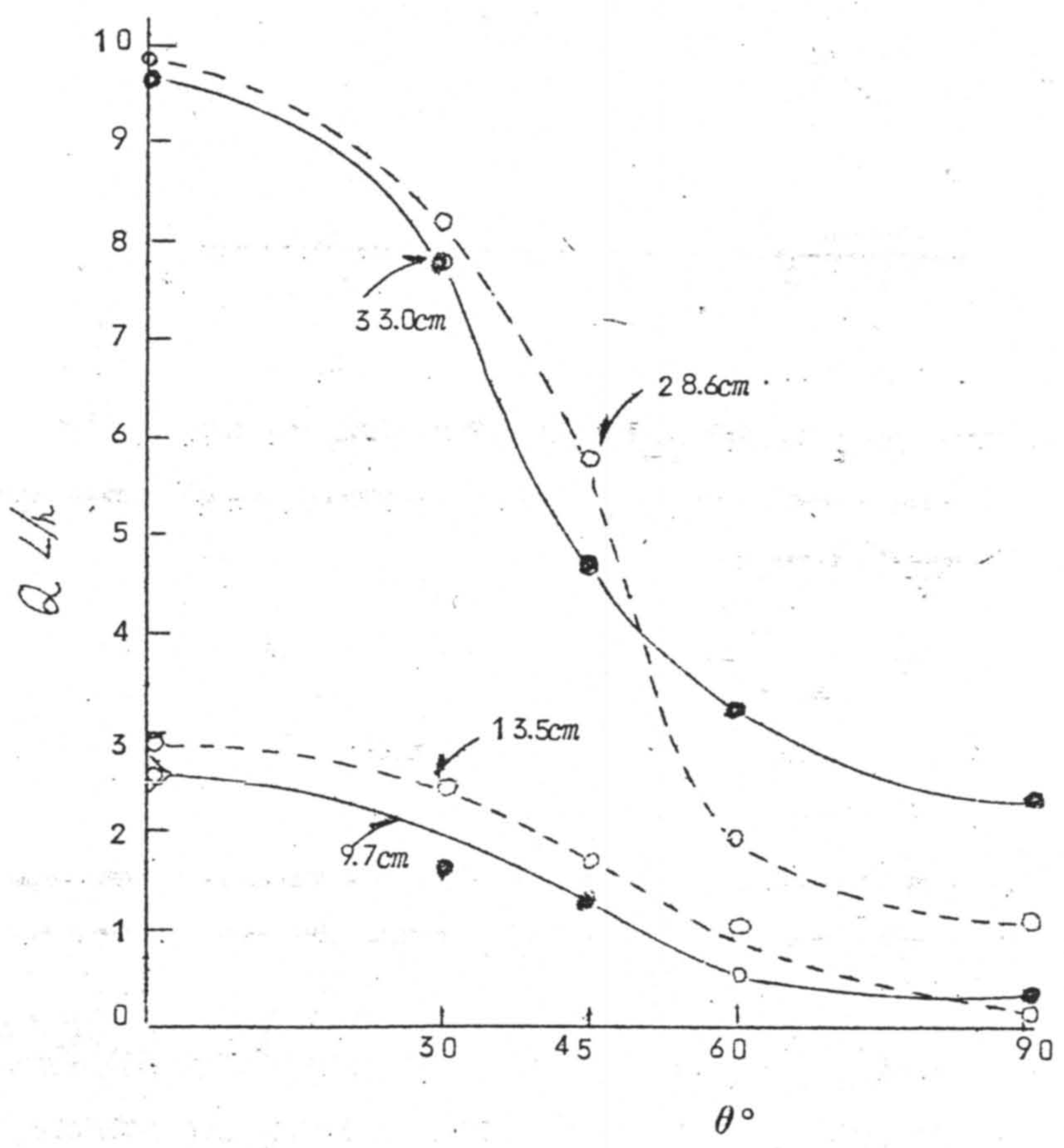
以上の結果から、適当な大きさのガラス管を選べば、可成り正確に、広い範囲の流速を測定することが出来ることがわかる。

③ 流れの方向について

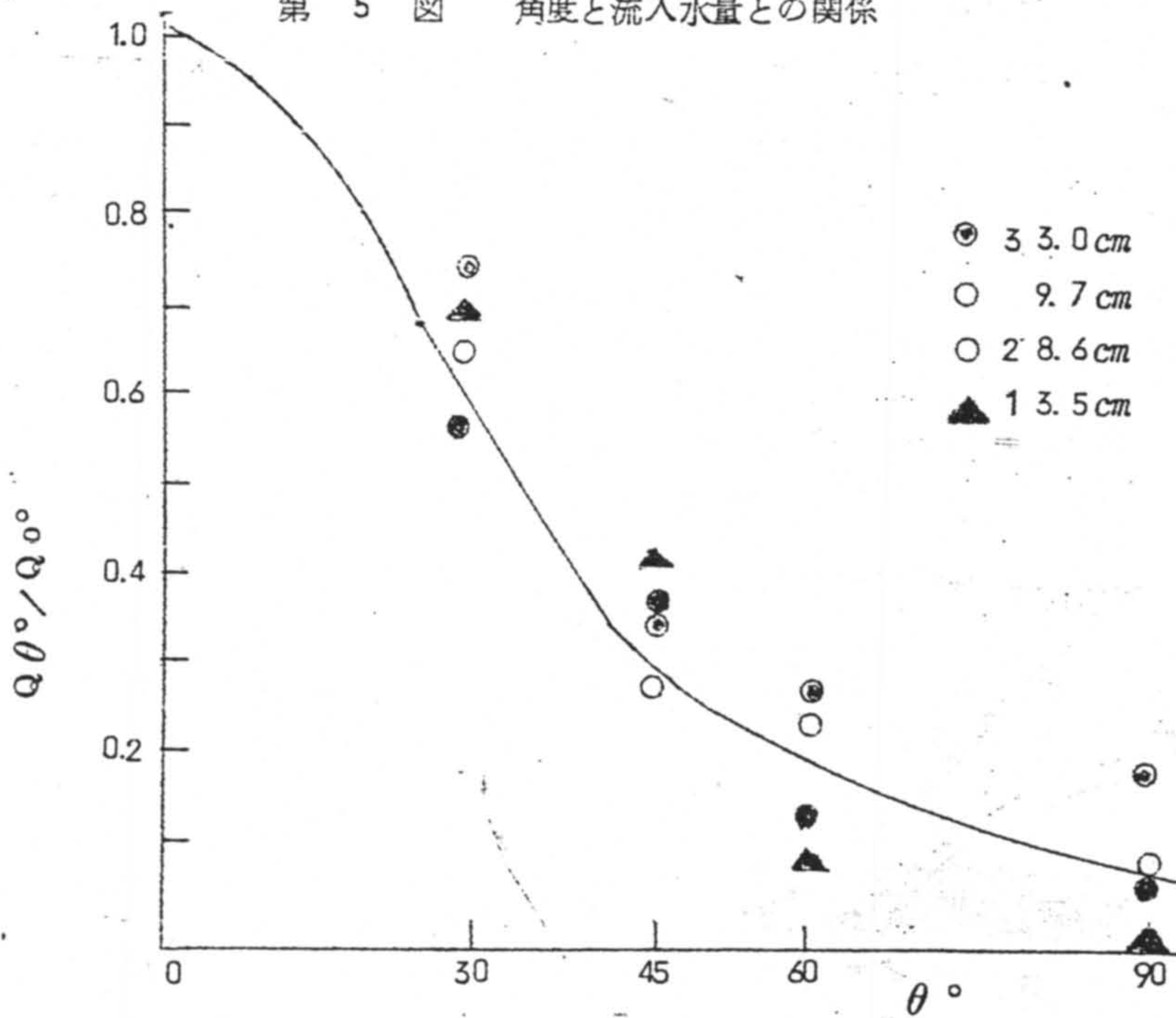
これ迄の実験では、流速及び流向が一定でガラス管と流向が平向であつた。河川等では、流向は、比較的安定しているが、実際には、流向が未知の場合が多く、特に湖沼等では、風によつて変動しやすい。その為、容器を流れの中に固定した場合、ガラス管と流向が一致する場合だけに流入水量Qと流速Uは、第3図の関係を示し、それ以外は、その程度に応じてQの値よりも小さい値を示すことになる。流速だけを知りたい場合には羽根をとりつけてガラス管と流向を一致させる方法もあるが、操作や工作上的の点を考慮し、容器を固定した場

合について考えてみる。ガラス管と流向の為す角度が、 0° から大きくなるにしたがつて、 Q は小さくなつて 90° になると0になるはずである。桜川上流の流速33.0, 28.6, 13.5, 9.7 cm/sec の地点で、流向とガラス管の為す角度が $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の場合について、 $4mm \times 10cm$ のガラス管の容器を使用して Q を求めた。第4図は、これを示すもので、いずれもS字曲線を示している。 0° で最大で、角度の増加に伴つて、徐々に減少し、 30° 附近から急激に減少し、 60° 附近から再びゆるやかになる。今、各々の値を、最大値、即ち 0° の値で割ると第5図の結果を得る。

第 4 図 流向とガラス管のなす角度と流入水量との関係



第 5 図 角度と流入水量との関係



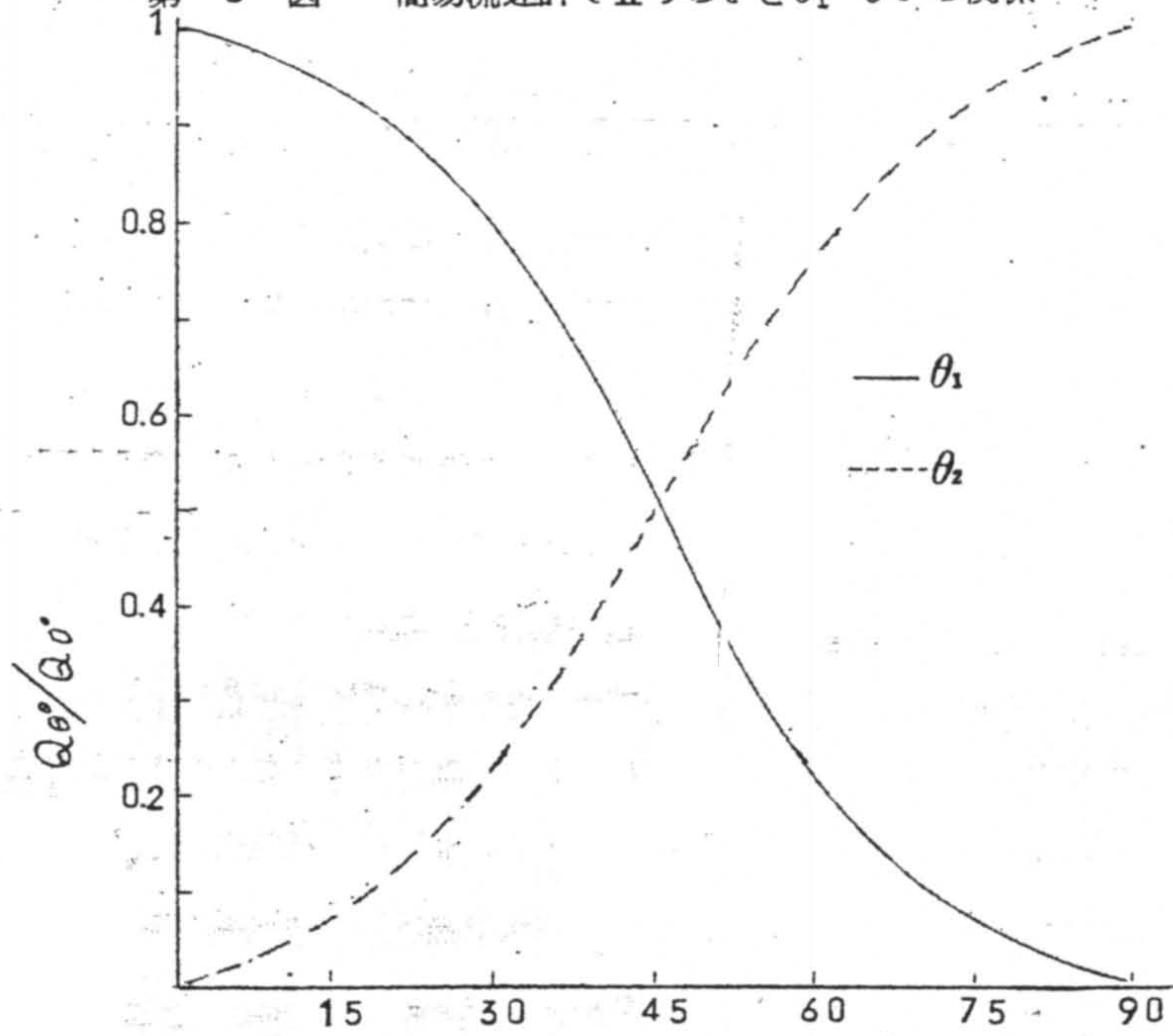
これによれば、 30° で0.8、 45° で0.55、 60° で0.28、 90° で0.1となる。この実験は、桜川で行ったもので、角度を正確に測定出来なかつた。そのため、 90° では0、 45° では0.5の値を示すはずのものが、このような値を示したものと考えられ、流向とガラス管の為す角度 θ と Q の関係は、次式で表わされる。

$$\log \frac{A}{A - Q} = K(45 - \theta) \quad (4)$$

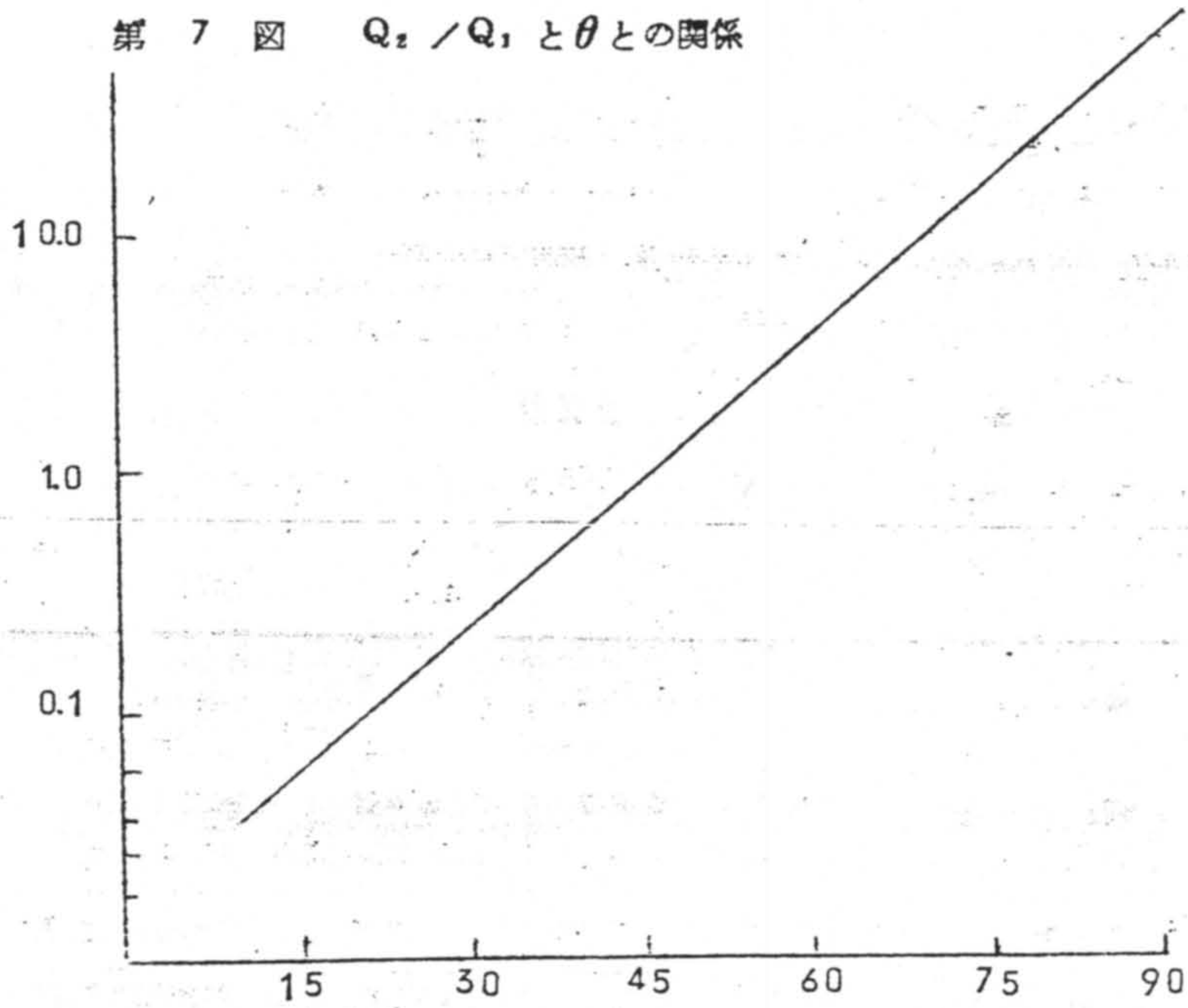
但し $A = 0^\circ$ の値 $K = \text{定数}(0.09)$
 $Q = \text{流入水量}$ $0 \quad \theta \quad 90$

この容器と直角に交じわる。もう一つの容器を考え、前者を容器1、その流入水量を Q_1 、後者を容器2、流入水量を Q_2 とする。 θ と Q_2 の関係は、 0° で0、 30° で0.2、 45° で0.3、 60° で0.8、 90° で1となり、 Q_1 との関係と丁度逆で、(4)式で $K = -K$ を代入したものに等しい。 θ と Q_1 、 Q_2 の関係は、第6図に示す通りで両者を加え合せた値は、一定で 0° の Q_1 又は 90° の Q_2 の値に等しい。又 Q_2 / Q_1 と θ の関係は第7図の流量りで Q_2 / Q を求めることによつて流向を推定することが出来る。

第 6 図 簡易流速計(II)の θ と θ_1 θ_2 の関係

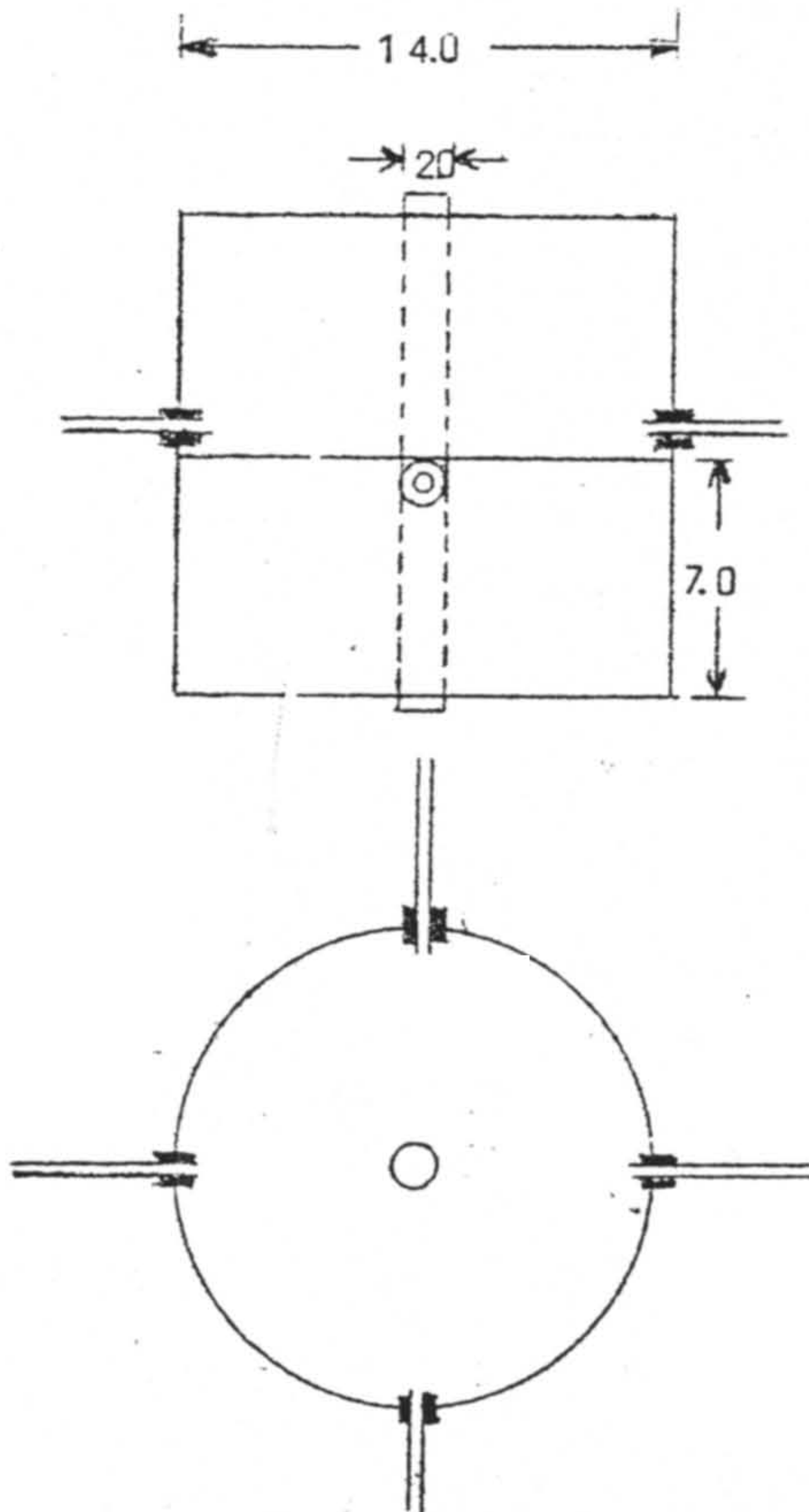


第 7 図 Q_2/Q_1 と θ との関係



以上の結果から、容器を固定して流速を測定しようとする場合、第8図のような構造のものを使用すればよいことが分る。

第 8 図 簡易流速計 (II)



この容器を桜川で使用し、流速及び流向を測定し、測定値を吟味した。第1表はその結果である。ここで θ は Q_2/Q_1 から求めた値である。 Q_1 及び Q_2 は、 θ の変動に伴つて変化するが、 $Q_1 + Q_2$ の値は、常に一定で10.02~11.07 l/h 、流速で32~34 cm/sec の範囲にありエクマンメルツ流速計で求めた33 cm/sec とよく一致する。 θ' と θ もだいたい一致しているが $\theta=0^\circ$ の時 $\theta=23^\circ$ 及び 25° でかなりの差が見られるが、これは、実験操作上、流向とガラス管の為す角 θ を0に出来なかつたためであろう。

第1表 簡易流速計(II)による流速、流向の測定例

流 速 33.0 cm/sec (エクエンメルツ)

4 mm 10 cm ガラス管使用

t = 0.4 V = 0.85

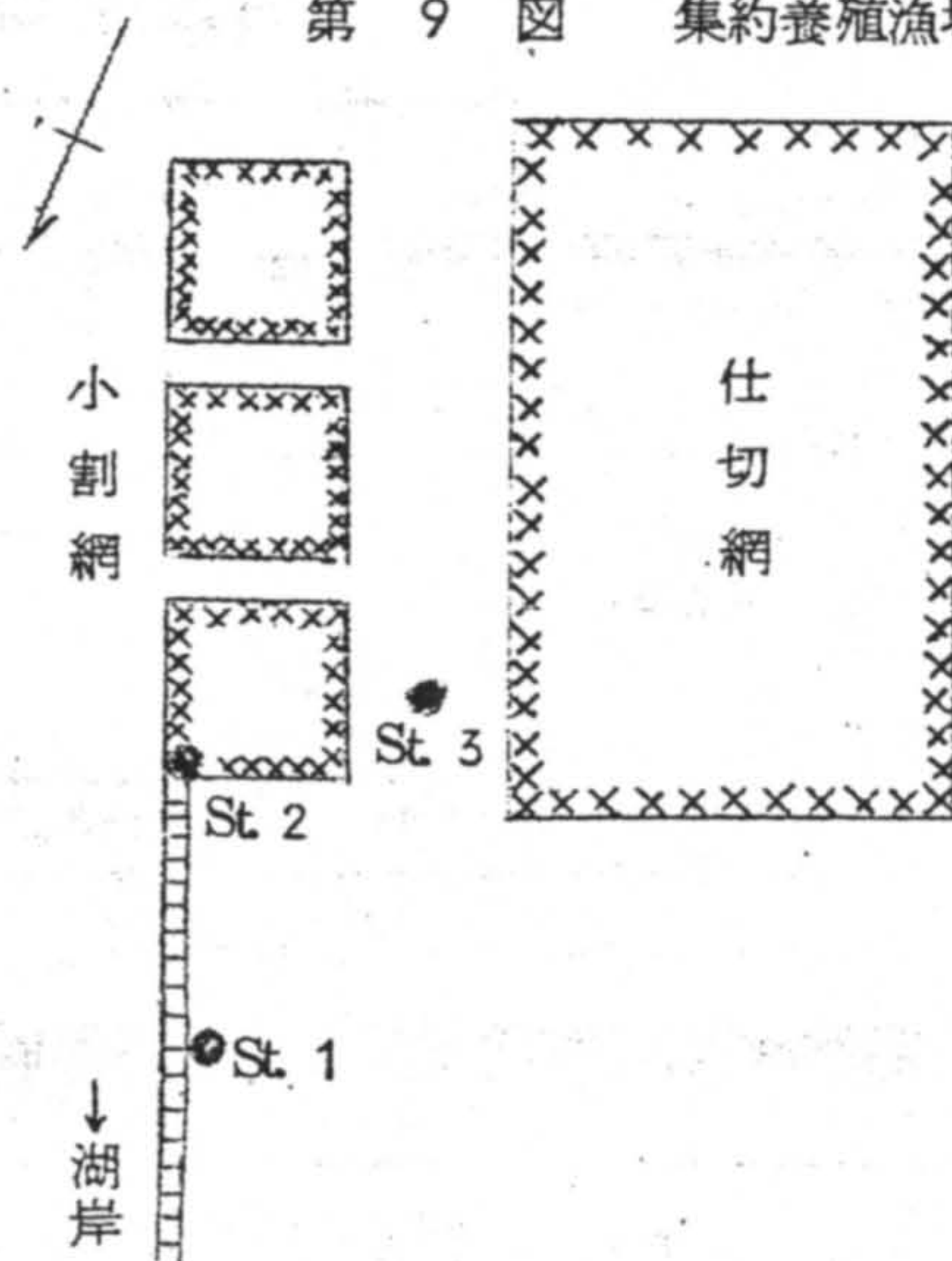
	θ°	0	30	45	平均値	流 速 cm/sec
		90	60	45		
第 一 回	Q_1	9.65	7.85	4.67		33.0
	Q_2	1.23	3.22	5.62		
	$Q_1 + Q_2$	10.88	11.07	10.29	10.74	
	Q_2 / Q_1	0.14	0.41	0.55		
	θ'°	25	32	40		

第 二 回	Q_1	9.72	8.12	5.83		
	Q_2	1.02	1.90	5.10		
	$Q_1 + Q_2$	10.74	10.02	10.93	10.56	32.5
	Q_1 / Q_1	0.11	0.23	0.88		
	θ°	23	28	43		

5. 応用例

第8図の簡易流速計(Ⅱ)を使用し、霞ヶ浦蓮ヶ原の集約養殖漁場の水の動きを測定した(第9図)。St. 1とSt. 3の流速は、4.8及び4.6で、近い値を示しているが、網に近いSt. 2の流速は、3.0で低い値を示している。又第10図はSt. 1の水深と流速の関係を示すものである。測定開始時の風速が3.6 m/sec の日は、表層近くで2.4 cm/sec の流れがあり、水深4.0 cmの点で1.1 cm/sec、80 cmの点で0.4、底で0.2となつている。測定開始時の風速が2.1 m/sec の日は、表層の流速が1.3 cm/sec で、水深の増加に伴つて減少し、40 cmで0.7、80 cmで0.3、底で0.2となる。

第9図 集約養殖漁場の水の動き (1)



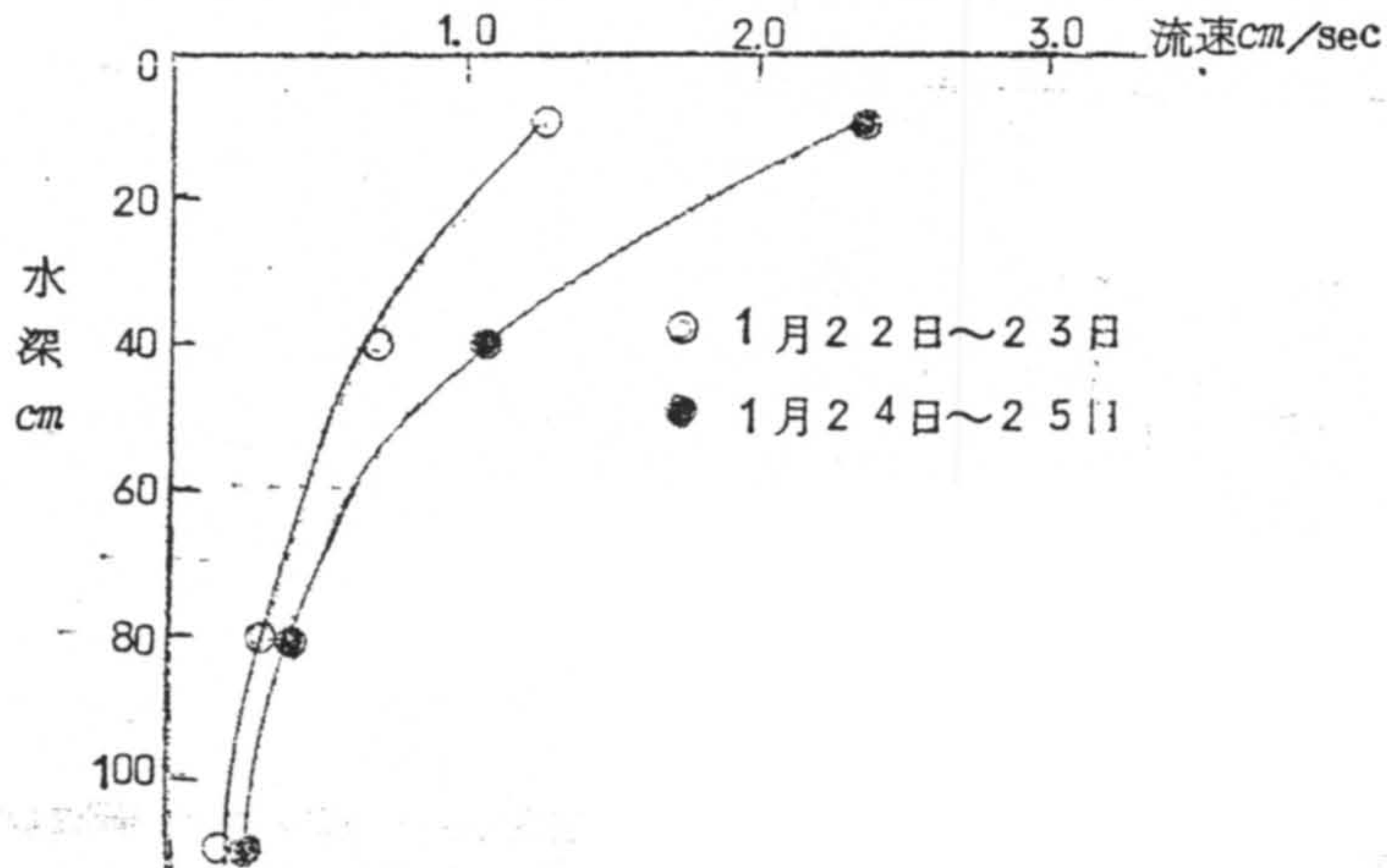
	平均流速cm/sec
St. 1	4.8
2	3.0
3	4.6

測定時間 24時間

4mm, 20cm使用

風力 3

第10図 集約養殖漁場の水の動き (II)



以上、過マンガン酸カリウム溶液の濃度の減少を測定して流入水量を知り流入水量から流速を求める方法を利用した簡易流速計について述べたが、容器内に使用した過マンガン酸カリ溶液は汚染された水域には、使用出来ないから、適当な溶液を選ぶことが必要である。又固定の方法や流向の決定等に多少の問題はあるが、湖沼等の極めて小さい水の動きも測定出来ることがわかった。