

模型実験によるキャンバス式とオッター式の中層トロール網 の力学的特性の比較

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	胡, 夫祥 松田, 皎 小池, 篤
巻/号	55巻5号
掲載ページ	p. 785-790
発行年月	1989年5月

模型実験によるキャンバス式とオッター式の 中層トロール網の力学的特性の比較^{*1}

胡 夫祥, 松田 皎, 小池 篤

(1988年12月7日受付)

Comparison of Mechanical Characteristics Between Canvas Type and Otter Type Midwater Trawl Net in a Flume Experiment

Hu Fuxiang,^{*2} Ko Matsuda,^{*2} and Atsushi Koike^{*2}

In order to clarify the performance of the midwater trawl net using a new net-mouth opening device made of canvas, their static and dynamic characteristics were compared to those of the otter type in a flume experiment. It was observed that the canvas type midwater trawl net was suited to low-speed towing because its relative mouth opening area to the total drag of gear was high at low-speed. On the other hand the otter type midwater trawl was suited to high-speed towing. Comparing both types of midwater trawl in the control performance of working depth by changing the current speed, the time required to control the working depth by the same floating or sinking distance for the canvas type was shorter than that for the otter type.

前報¹⁾で著者らは、オッターボードの代わりに両袖網の外側にキャンバス製拡網装置を取付けた中層トロール網を設計し、模型実験によりそのシステムの静的特性を明かにした。しかし、新たに開発した中層トロールシステムは、従来のオッターボードを用いたものとは方式を全く異にするため、このシステムを実用化するには、両方式の特徴を比較する必要がある。

ここでは、同一の模型網を用いて、キャンバス製拡網装置を用いた場合(キャンバス式)とオッターボードを用いた場合(オッター式)における静的特性並びに動的特性について、両方式の比較を試みた。

方 法

模型網 前報¹⁾で模型実験の原型とした全長 19.5 m の中層トロール網を実物網として、その 25 分の 1 の模型網を Tauti²⁾ の比較則に基いて作成した。模型網の全長は 0.78 m で、網地はすべてナイロン 210 d/2 本、目合 16 mm を用いた。ネットペンダントは前報¹⁾と同様 3 本にし、長さを 0.36 m とした。両タイプに使用したワーブの長さは 2.4 m である。またキャンバス式はネットペンダントとワーブの連結部に網を沈下させるため 22 gw のフロントウェイトを取付けた。静的特性を比較するためのオッター式のハンドロープの長さは 2.0 m とし

た。

キャンバス式の拡網装置に用いたキャンバス地は、ナイロン帆布(厚さ 0.16 mm)で、大きさは、前報¹⁾の結果より、模型網のサイズに適した値として面積 36 cm²(縦横比 2.0)とした。キャンバスの袖網への取付け方法などは前報¹⁾の Fig. 2 と同様にした。

オッター式のボードは、縦横比 2.0 の Süberkrüb 型のものを選んだ。模型のサイズは、流速 50 cm/s のとき網口面積が最大になるように決定された。その計算方法は Fig. 3(a) を参考に、網口幅 $B=0.24$ m (仕立て上がりの網口直径)とすると、幾何学的関係より、ワーブおよびハンドロープの流れとのなす角はそれぞれ $\theta_1=8.1^\circ$, $\theta_2=8.2^\circ$ となる。またオッターボードの抗力係数 C_D と揚力係数 C_L を文献³⁾より $C_D=0.25$, $C_L=1.5$ とした。さらに袋網の抵抗を前報¹⁾より $R_n=222$ gw と推定すると

$$L = \frac{R_n(\tan \theta_1 + \tan \theta_2)}{2(1 - C_D/C_L \times \tan \theta_1)} \quad (1)$$

より必要な揚力は $L=34$ gw となる。したがって計算によるオッターボードの面積はほぼ 17 cm² となった。しかし、オッターボードの水中重量をキャンバス式のフロントウェイトと等しくするため、オッターボードの厚みを計算値より多少厚くしたことによる揚力係数の低下、

*1 本論文の要旨は昭和 63 年度日産水産学会年会(東京)において報告した。

*2 東京水産大学(Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108, Japan)。

その他を考慮して、模型のオッターボードの面積を $S=18\text{ cm}^2$ (高さ 6 cm, 幅 3 cm) とした。

網抵抗と網口形状の計測 キャンバス式とオッター式の静的特性を比較するため、網抵抗と網口高さおよび網口幅を計測した。網抵抗の計測について、小型ロードセル (直径 6 mm, 長さ 40 mm, 水中重量 3.5 gw) を用い、オッター式では、それぞれ全抵抗と袋網の抵抗を計測し、キャンバス式では、袋網とキャンバスとが一体化しているため、全抵抗のみを計った。また網口高さと網口幅の計測には特別に設計された網口高さ計を用いた。ここでは網口高さは浮子網と沈子網の中心の鉛直距離を、網口幅は両袖先のワイヤーとネットペンダントとの結び目の水平距離を意味する。

網深さの計測 キャンバス式とオッター式の流れの加速または減速による網位置制御特性の違いを明らかにする目的から、網位置の時間的変化を計る必要がある。今回の実験では、小型圧力センサー (センサー直径 8 mm, 長さ 6.1 mm, 水中重量 0.9 gw) を水深計として用いた。これらをそれぞれ左右のネットペンダントの先端に取付け、XY レコーダーで連続記録するシステムを採用した。圧力センサーの流速又は設置水深に関する検定結果は Fig. 1 に示す通りである。このセンサーによる計測誤差は、流速 80 cm/s までは 5% 以内であるが、それ以上では、多少大きくなる可能性がある。また圧力計を取付けたことによる抵抗および網深さへの影響についても確かめたところ、いずれの流速においても、ほとんど無視できる程度であった。

実験は東京水産大学の回流水槽 (観測部長さ 7 m, 水路幅 1.45 m, 常用水深 1.2 m) で行った。流速の計測は

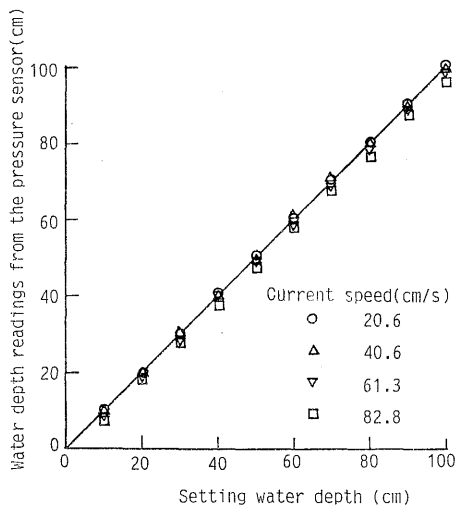


Fig. 1. Calibration line of the pressure sensor used as a depth meter.

プロペラ式小型流速計を用い、静的特性の実験では、流速範囲は 30-100 cm/s で、また動的特性の実験では 45-90 cm/s の範囲で実施した。流速の加速または減速の方法は、初期流速を 45.5, 56.5, 66.5, 77.5 cm/s の 4 段階とし、それぞれの初期流速から加速または減速の幅を 8-11 cm/s とした。この場合、同じ初期流速におけるキャンバス式とオッター式の網深さの変化量が等しくなるように、流れの加速または減速幅を調節した。一方、同じ初期流速における加速幅の違いによる網深さの変化も調べた。この場合、初期流速は 45.5 cm/s のみとし、加速幅を 5-25 cm/s とした。流れの加減速によって、流速が安定するまでに要する時間は、実験範囲内で、加減速幅によらずほぼ一定であった。

結果および考察

網抵抗の比較 網抵抗はキャンバス式とオッター式の両方とも流速とともに増加する。Fig. 2 はキャンバス式とオッター式の網抵抗の流速に対する変化を示す。キャンバス式的全抵抗はオッター式のほぼ 10% 程度上回っている。これは使用したキャンバスの面積がオッターボードの 2 倍であることがその主要な原因と考えられる。

つぎに、オッター式における袋網の抵抗測定値を基に、最小自乗法で求めると、袋網の抵抗 R_n は

$$R_n = 0.336 V^{1.64} \quad (2)$$

で表すことができる (相関係数 $r=0.978$)。また、キャン

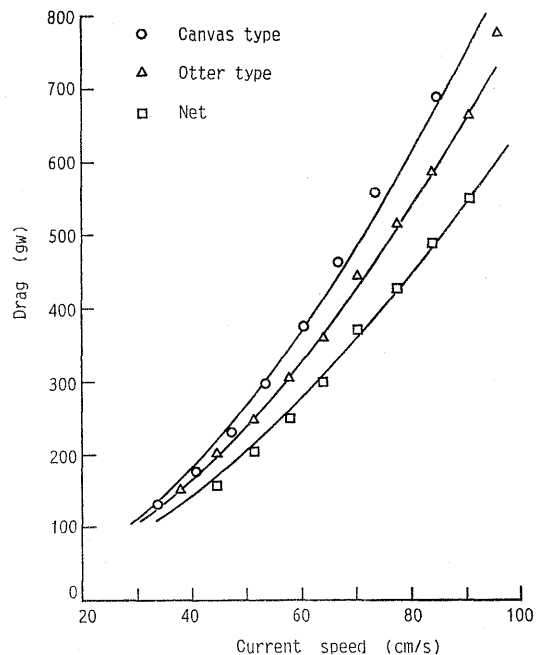


Fig. 2. Changes of drag of two types of gears and the net against current speed.

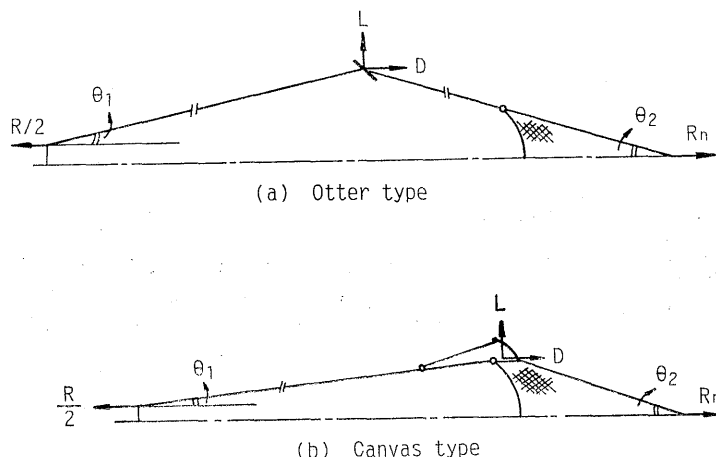


Fig. 3. Schematic diagrams showing the equilibrium of horizontal forces acting on the otter type and the canvas type midwater trawl. R and R_n are the total drag of gear and the drag of net, θ_1 and θ_2 are the attack angle to current of the warp and the lacing line, L and D are the lift and drag of the otter board (a) or the canvas mouth opening device (b), respectively.

バスおよびオッターボードの揚力係数は模型実験で得られた網の抵抗測定値より、キャンバスまたはオッターボードの力学的釣合い関係から推定した。Fig. 3(a) および (b) はそれぞれオッター式とキャンバス式の平面的な力の釣合を示す図である。ここで R および R_n はそれぞれキャンバス式またはオッター式の全抵抗および袋網の抵抗、 L および D はそれぞれキャンバスまたはオッターボードの揚力および抗力、 θ_1 はワープの流れとのなす角、 θ_2 は網の筋網の流れとのなす角である。同図より、キャンバスまたはオッターボードの揚力は

$$L = \frac{R}{2} \tan \theta_1 + \frac{R_n}{2} \tan \theta_2 \quad (3)$$

で表せる。ここで角 θ_1 および θ_2 は模型実験の条件から、またキャンバス式の袋網の抵抗 (R_n) は (2) 式を用いると、キャンバスまたはオッターボードの揚力係数 C_L は (3) 式を用いて

$$C_L = \frac{L}{(1/2)\rho V^2 S} \quad (4)$$

から求められる。このようにして求めたキャンバスおよびオッターボードの揚力係数 C_L を Fig. 4 に示す。オッターボードの揚力係数は流速とともに 0.98 から 1.44 まで増加している。このように揚力係数が流速とともに増加するのはオッターボードの迎角が流速とともに増大するのではないかと推測される。

一方、キャンバスの揚力係数は流速によらずほぼ一定値を示したが、その値は 0.43 とかなり低い値となった。このことは今回の実験に用いたキャンバスはごく単純な平布型のもので、流れにあたるとキャンバス製拡網装置は縦方向に湾曲しやすく、また網に取付けたときの設定

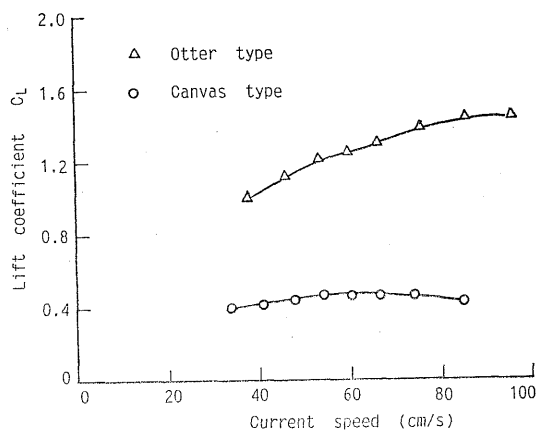


Fig. 4. Values of lift coefficient of the otter board and the canvas mouth opening device.

迎角も必ずしも最適とは言えない。今後キャンバス拡網装置の構造および取付け方法を引き続き改良する必要がある。

網口形状の比較 キャンバス式およびオッター式の網口高さおよび網口幅と流速との関係を Fig. 5 に示す。網口高さは、両タイプとも流速の増加とともに急激に低下するが、キャンバス式の網口高さはオッター式のそれより全体的に低い値を示している。一方、網口幅は、キャンバス式では、流速 70 cm/s 付近までは急激に増大するが、それ以上では変化が少ない。これに対して、オッター式では、流速 90 cm/s 付近までは流速とともに急激に増大した。同図より、キャンバス式の網口幅はオッター式のそれよりかなり大きく、また網口の最大面積もキャンバス式の方はオッター式を上回っているが、網口面

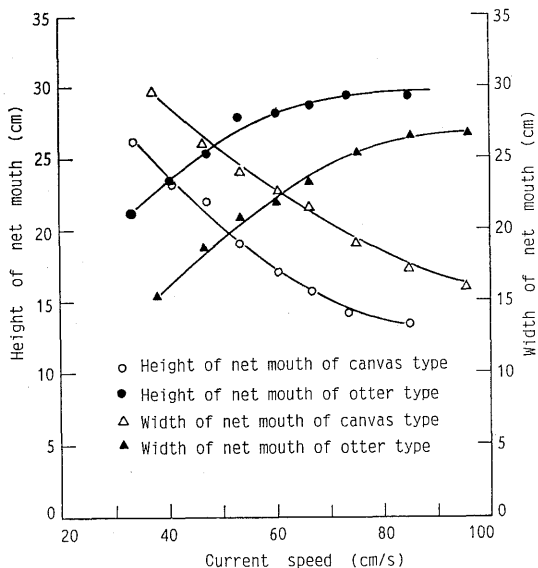


Fig. 5. Comparison of the net height and the wing-end width of two types of gears.

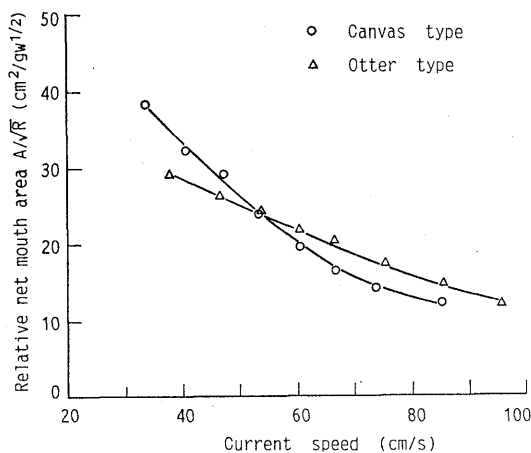


Fig. 6. Comparison of the relative values of the net mouth area to the square root of gear drag of two types of gears.

積が最大になる流速はキャンバス式の方が低い。

つぎに、両方式の相対性能を比較する目的から、前報¹⁾ にならって、網口面積を網抵抗 R の平方根で除した値を相対網口面積と定義した。キャンバス式およびオッター式の相対網口面積と流速の関係を Fig. 6 に示す。相対網口面積は両タイプとも流速とともに減少するが、曲線の勾配はキャンバス式の方が急である。この結果から、前報¹⁾ でも述べたように、オッター式に比べ、キャンバス拵網装置を用いた中層トロール網は低速曳網法に適することを示唆している。

網位置制御特性の比較 中層トロールシステムでは、

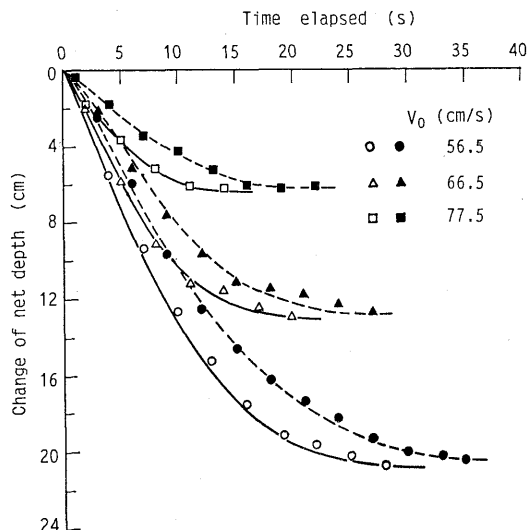


Fig. 7. Changes of net depth in floating process by the acceleration of current speed. V_0 is the initial speed of current. The real and broken lines indicate the canvas type and the otter type, respectively.

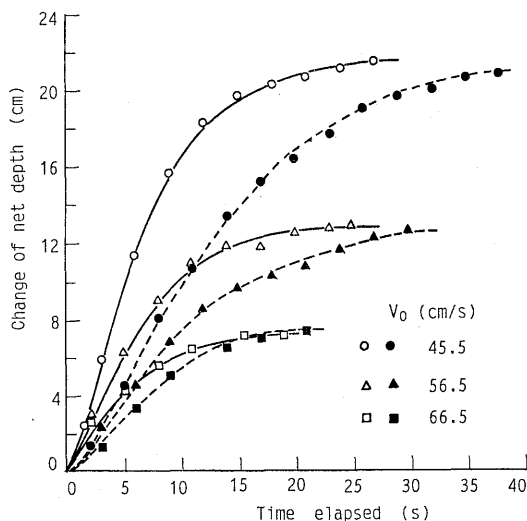


Fig. 8. Changes of net depth in sinking process by the reduction of current speed. The real and broken lines indicate the canvas type and the otter type, respectively.

網位置制御特性は漁獲に密接な関係をもつ重要な特性である。中層トロールでは、魚群を探知してから、網位置を効果的に魚群の遊泳水深に制御する必要がある。

網深さを制御するには、曳網速度を変化させる方法と、ワーブの長さを変える方法がある。ここでは、実験装置の関係で、前者の方法により、回流水槽の流速を変化させる方法によって、網位置を制御した。Fig. 7 は、

Table 1. Comparison of control characteristics of net depth of canvas type and otter type midwater trawl due to changes of current speed

	Length of hand rope (m)	Initial current speed V_0 (cm/s)	Acceleration experiment			Reduction experiment		
			Increment of speed ΔV (cm/s)	Change of net depth ΔZ (cm)	Elapsed time T_∞ (s)	Decrement of speed ΔV (cm/s)	Change of net depth ΔZ (cm)	Elapsed time T_∞ (s)
Canvas type		45.5	11.0	20.7	29.7			
		56.5	10.5	13.1	27.5	11.0	21.0	38.7
		66.5	11.0	7.6	23.4	11.0	13.8	31.0
		77.5	10.0	5.0	15.8	10.5	6.4	21.4
1.5		45.5	10.0	22.6	39.1			
		56.5	9.8	13.6	36.2			
		66.5	10.0	7.3	26.3			
Otter type		45.5	7.3	22.0	57.0			
	2.0	56.5	7.5	13.8	49.7	7.5	21.3	52.1
		66.5	7.2	7.1	33.6	7.0	12.4	40.2
		77.5	7.8	4.7	21.9	7.0	6.5	31.6
2.5	45.5	6.8	22.0	61.0				
	56.5	6.6	14.3	55.2	7.0	20.0	51.4	
	66.5	7.0	7.7	42.7	6.0	15.0	48.4	
	77.5	7.0	4.9	28.8	5.5	6.1	35.5	

定常状態から流速を一定値だけ加速した場合（加速実験）で、初期流速 V_0 をパラメータとしたときの網の浮上距離 ΔZ の時間的变化を示す。実線はキャンバス式、破線はオッター式である。同図より明らかに、いずれの初期流速においても、網位置を同じ浮上距離に制御するには、キャンバス式の方がオッター式より網位置の安定するまでに要する時間は短いことがわかる。Fig. 8 は、定常状態から流速を一定値だけ減速した場合（減速実験）を示す。Fig. 7 と同様に、同じ距離だけ沈下させるために要する時間は、キャンバス式はオッター式より短い。キャンバス式とオッター式の網位置制御におけるこのような時間差が生じたのは、主としてオッター式中層トロール網のハンドロープの長さ起因と考え、オッター式のハンドロープの長さを 1.5 m、2.0 m、2.5 m の 3 段階に変化させて実験した。その結果を Table 1 にまとめた。 ΔZ は網深さの変化量で、加速実験の場合では $\Delta Z = Z_0 - Z_\infty$ 、減速の場合では $\Delta Z = Z_\infty - Z_0$ とした。 Z_0 は流れを変化させる前の網深さで、 Z_∞ は流れを変化させた後の網位置の平衡深度で、定差図法より求めた値である。また網が平衡深度 Z_0 の 99% まで浮上または沈下するに要する時間を制御時間 T_∞ とした。制御時間 T_∞ は、加速または減速のいずれの場合でも、キャンバス式からオッター式のハンドロープの長い順に増加する。それはハンドロープを介したオッター式中層トロール網では網位置の制御が間接になり、ハンドロープが長いほど制御特性が悪くなることを示唆している。Table 1 より、同じタイプの場合、いずれの初期流速でも、加減速

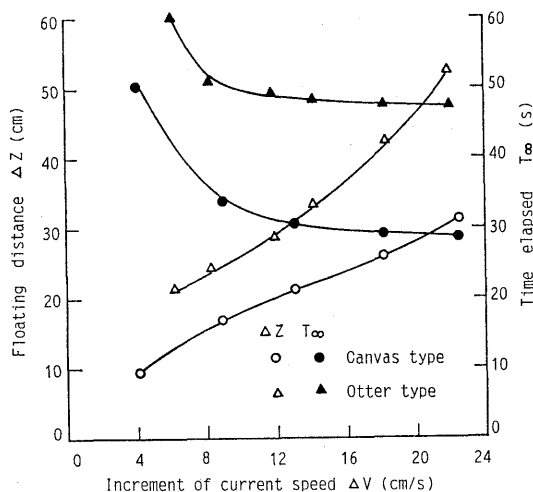


Fig. 9. Variations of the floating distance of net and the time elapsed against the increment of current speed.

幅はほぼ同じにしたので、初期流速が増すと網位置の変化量が小さくなり、 T_∞ も減少する傾向にあり、初期流速が大きいほど、減衰も大きいことを示している。

次に、キャンバス式とオッター式の初期流速 $V_0 = 45.5$ cm/s における加速幅 ΔV に対する網の浮上距離 ΔZ と制御時間 T_∞ の関係を Fig. 9 に示す。浮上距離は両タイプとも加速幅とともに増大する。その増大傾向はキャンバス式は直線的であるが、オッター式は加速幅とともに浮上量が増大する傾向を示した。しかし、制御時間 T_∞

は、全体的にはキャンバス式はオッター式に比べて短い
が、加速幅が小さいときはいずれの場合も加速幅の増加
とともに急激に減少し、加速幅が一定値を超すと減少の
割合は極めて小さくなる。

要 約

同一の模型網を用いたキャンバス式とオッター式の中
層トロール網の静的、動的特性を水槽実験で調べて比較
した。それらの結果を要約すると次の通りである。

(1) 網抵抗は、キャンバス式とオッター式の両方とも
流速とともに増加するが、実験流速範囲における網の
全抵抗はキャンバス式の方がオッター式をほぼ 10% 程
度上回っている。網抵抗の測定値から推定されたキャン
バスの揚力係数はオッターボードのそれよりかなり低い
値を示した。

(2) 網口高さは、キャンバス式の方がオッター式よ
り全体的に低い値を示したが、キャンバス式の網口幅は
オッター式のそれよりかなり大きく、キャンバスの拡網

効果は十分認められた。また相対網口面積は低速ほどオ
ッター式よりキャンバス式の方が大きい値を示した。

(3) 回流水槽の流速を加減速させて、両方式の網深
さ制御特性を比較した。いずれの初期流速においても、
網位置を同じ浮上(沈下)距離に制御するには、キャン
バス式の方がオッター式より網位置の安定するまでに要
する時間がかかり短いことは明らかになった。また同一
方式の場合、同じ初期流速においては、加速幅の増大に
従って網位置の浮上距離が少なくなり、網位置の安定す
るまでに要する時間も短くなることがわかった。

文 献

- 1) 松田 俊, 胡夫祥, 小池 篤: 日水誌, **54**, 17-
83-1788 (1988).
- 2) M. Tauti: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **3**, 171-
177 (1934).
- 3) FAO: Otter board design and performance,
FAO, Rome, 1964, pp. 1-79.