

中層トロールシステムの静的特性に関する海上実験

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	松田, 皎 佐藤, 要 胡, 夫祥
巻/号	57巻4号
掲載ページ	p. 655-660
発行年月	1991年4月

中層トロールシステムの静的特性に関する海上実験^{*1}

松田 駿, 胡 夫祥, 佐藤 要,
五月女雄二郎, 春日 功

(1990年1月7日受付)

Field Experiment on Static Characteristics of Midwater Trawl System

Ko Matuda,^{*2} Hu Fuxiang,^{*2} Kaname Satoh^{*2}
Yujiro Saotome,^{*2} and Isao Kasuga^{*2}

A field experiment was conducted by FRV "Shinyo-maru" belonging to Tokyo University of Fisheries in order to make detailed measurements on operational characteristics of a mid-water trawl system. Time series data describing the net geometry and the towing loads occurring during hauls were measured by SCANMAR system (acoustic spreadmeter and netsonde) and self recording solid state memory load cell and depth meter at the towing speed ranging 2.5 to 4.5 kt with changing the warp length from 100 m to 500 m. It was shown that the spread of wingend increased with increase of towing speed and with increase of warp length. Especially, the change in warp length affects largely the wingend spread.

中層トロール漁法は、近年の厳しい資源環境を背景に、ますます重要な位置づけとされつつある。しかし、その開発研究が非常に遅れたため、漁具の特性、特にシステムの制御特性などに関する知見は、葉室ら、¹⁾ Fridman、²⁾ 西山ら^{3,4)} などの研究以外には、ほとんど見当たらない。そこで、本研究は東京水産大学の練習船・神鷹丸(649トン、2100馬力)において、実際の操業に準じた海上実験を実施し、中層トロールシステムの制御特性を明らかにすることを目的とした。

これまでのトロールの研究に、大規模な網を用いた実験は数多く行われていたが、実システムに対応できる計測方法はまだ確立されていなかったため、実験から得られた情報は断片的なものが多い。今回の実験では、中層トロールシステムの制御特性に関連した情報を同時に多数得る目的から、新しく開発された水中深度・張力計⁵⁾を用いたほか、これまで研究報告としては発表されたこのないスキューマータッチコントロールシステム(以下ではスキューマータと略記する)を導入した。これらにより、曳網速度、ワーブ長、ワーブ張力、網の水深、網口高さのほかに、オッターボードの水深、ハンドロープの張力および袖網間隔も同時に計測できるようになった。

中層トロールシステムの操作入力となるパラメータとしては、ワーブ長と曳網速度を選定した。西山ら³⁾ は曳網速度の代わりにプロペラ・ピッチ角を用いているが、

これは網の抵抗などとの直接的な因果関係を物理的な概念から解釈しにくくするため、これを採用しなかった。

本論文では、このように実施された一連の実験結果から、今後中層トロールシステムの制御特性を解析するために必要な基礎的データとして、その静的特性を解析した。

実験方法

実験は、1989年9月1~3日の3日間、日本海若狭湾のN36°00'~36°30', E134°40'~135°40'の海域で実施した。現場の水深は約1000mで、潮流は表面がやや速く、水深100m以下では大体0.3ノット以下であった。実験に用いた網は、神鷹丸に装備したポリエチレン製の10枚構成網で、全長61.1m、最大胴周64.8mである。網ブライドルは長さ100m、直径φ18mmのワイヤロープを3本使用した。Fig. 1に網の展開図を、Fig. 2に漁具の構成を示す。また、実験に使用したオッターボードは縦横比1.67、高さ2.71m、水中重量935kgwの縦湾曲V型⁶⁾のものである。

今回の実験では、従来模型実験または船尾のワーブ傾角からの近似計算法でしか得られなかった袖網間隔の計測も取り入れるため、ノルウェーのメーカーSIMRAD社の開発した水中超音波式計測器・スキューマータを使用した。天井網の深さ、網口高さおよび袖網間隔はそれぞれ深度センサ、網口高さセンサおよび袖網間隔センサによ

^{*1} 本論文の要約は平成2年度日本水産学会年会(東京)において報告した。

^{*2} 東京水産大学(Tokyo University of Fisheries, Konan, Ninato, Tokyo 108, Japan).

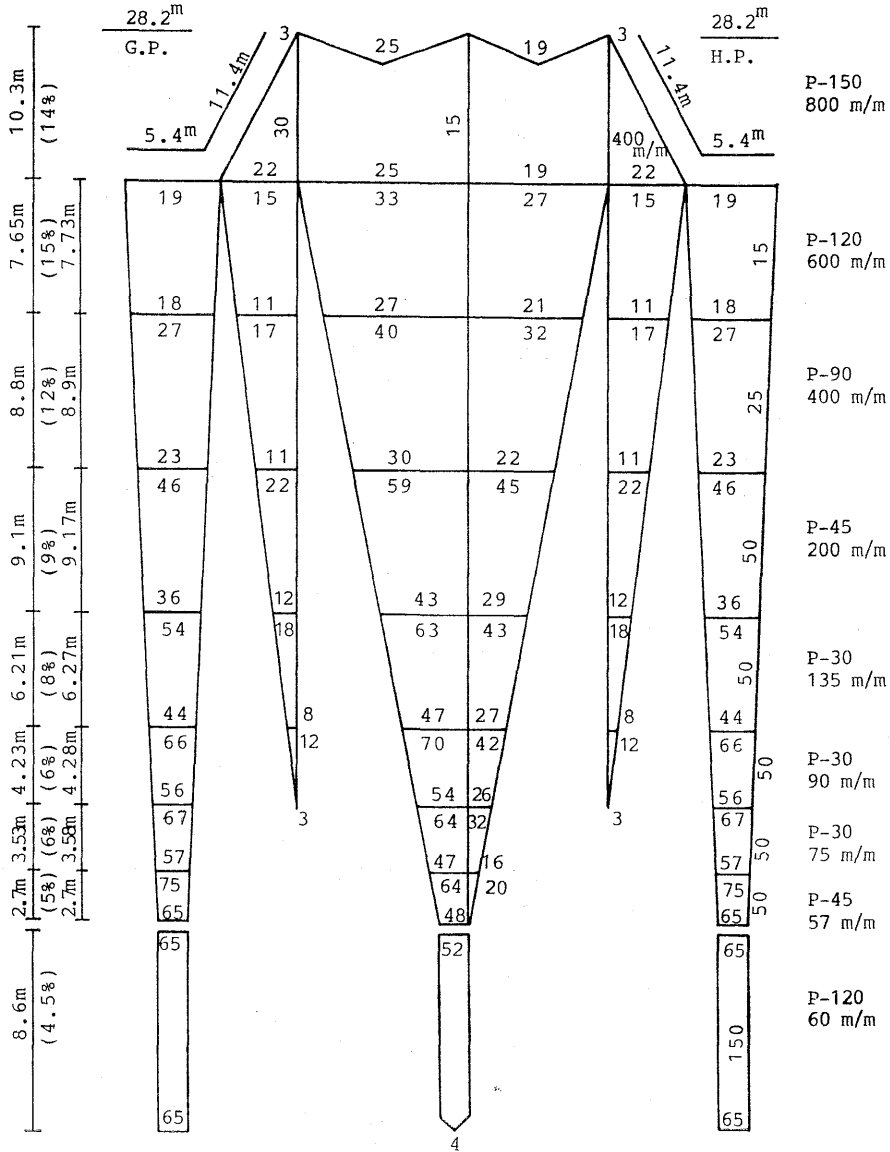


Fig. 1. Net plan of midwater trawl used in this experiment.

り検出し船尾に付けたマイクロホンにより受信した。それらの情報はすべてディスプレイキャビネットを通して直接パソコンに表示すると共に、フロッピーディスクに記録した。水中深度・張力計は、取付ける位置の深度および張力が連続的に計測できるもので、深度の計測範囲は 0~400 m, 精度 ±2.5 m, 分解能 0.125 m で、張力の計測範囲は 0~5000 kgw, 精度 ±50 kgw, 分解能 2.5 kgw である。また記憶容量は 15,360 データで、サンプリング間隔は 1 秒から、0.5 秒間隔に任意設定できる。スキャマおよび水中深度・張力計の取付け位置を Fig. 3 に示す。その他、曳網速度および潮流の計測は、CH-20-H 130 kHz (古野電気) 超音波式潮流計を用い、

特に曳網速度は送受波器面直下の 15 m にある水層に対する相対速度を計測した。ワープの張力およびその長さの計測は、それぞれ船上のトップローラに付けてあるロードセル (最大張力 30 ton, 精度 ±0.5 ton) および線長計を用いた。それらのデータは船上のブリッジにおいて、設定時間ごとに磁気テープに記録した。

実験条件は、ワープの長さを 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m の 5 種類に変え、各ワープ長においては、曳網速度を 2.5~4.5 ノット (主機関回転数 179~181 rpm) に変化させた。なお、実験が長時間にわたる関係上、すべてのデータサンプリング間隔を 20 秒に設定した。また実験当時の水温は水深 100 m で、ほぼ 10°C 前

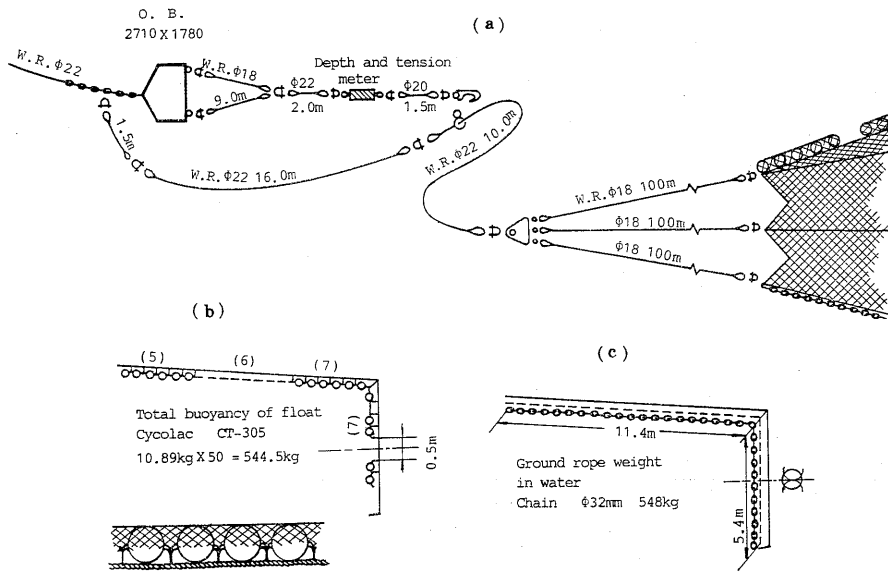


Fig. 2. Diagram of midwater trawl showing the arrangement of the wing part (a), head rope (b) and ground rope (c).

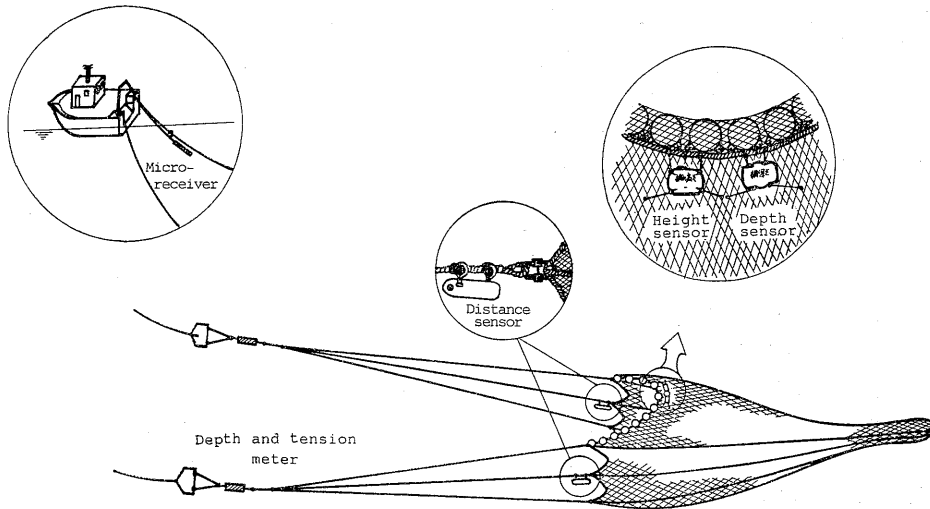


Fig. 3. Diagram showing the attachments of Scanmar catch control system.

後であった。

実験結果および考察

計測されたそれぞれのデータはコンピュータを用いて、一つのデータファイルに編集し、グラフ解析により網の水深（天井網の深さに網口高さの半分を加えたものとした）を含むすべての要素が安定してからのデータの平均値を求めた。それらの値をワープの長さ順に Table 1 に示す。

まず、Table 1 より、オッターボードの後のハンドロ

ープの張力および船尾におけるワープの張力と曳網速度との関係を Fig. 4 に示す。黒く塗りつぶした印はハンドロープの張力、白抜き印はワープの張力である。両方とも曳網速度と共に指数的に増加する。ワープの長さによる張力の変化については、ワープが長いほどワープ張力はある程度大きくなる傾向が見られる。これは、主としてオッターボードまでの漁具抵抗に、ワープが長くなった分の流体力が加えられた結果と考えられる。一方、ハンドロープの張力は、ワープ長による影響はほとんど見られなかった。従って、ハンドロープ張力 $R(\text{kgw})$ と

Table 1. Recorded values of midwater trawl net test in the SHINYO-MARU

Ship's speed (kt)	R.P.M. of engine	Depth of net (m)	Width of net mouth (m)	Height of net mouth (m)	Depth of otter board (m)		Tension of hand rope (kgw)		Tension of warp (ton)		Warp length (m)
					starboard	port	starboard	port	starboard	port	
2.35	179	86.4	9.3	19.6	69.9	68.8	1252.7	1215.8	2.20	1.97	100
2.43	179	86.4	9.9	21.5	68.8	67.4	1235.2	1202.6	2.20	1.97	100
2.51	179	88.1	9.0	21.1	70.5	69.2	1224.8	1217.3	2.17	1.97	100
2.97	181	81.5	11.5	18.7	67.8	70.8	1287.8	1143.8	2.31	2.03	100
3.34	180	70.5	12.5	18.2	59.8	63.2	1594.1	1374.7	2.61	2.21	100
3.51	180	57.1	12.7	17.9	46.4	44.4	2018.8	2114.0	2.96	3.10	100
3.88	180	44.3	16.1	15.9	36.3	33.6	2602.5	2445.3	3.59	3.43	100
3.93	181	—	—	—	33.5	35.8	3473.6	2763.4	4.36	3.56	100
4.00	179	35.9	15.8	15.4	25.9	23.4	3630.9	3153.9	4.80	4.21	100
3.11	180	139.7	13.7	20.5	124.6	130.7	1428.2	1225.7	2.52	2.20	200
3.34	181	123.2	15.9	19.3	110.2	115.8	1617.1	1413.8	2.69	2.22	200
3.91	181	—	—	—	68.3	73.2	3353.6	2602.2	4.48	3.58	200
2.16	180	216.7	10.4	24.6	213.3	221.4	1006.8	—	2.31	2.04	300
2.27	180	206.4	12.6	23.3	195.7	204.0	1093.6	—	2.26	1.98	300
2.61	179	193.2	16.9	21.1	175.3	186.2	1497.2	1144.5	2.59	2.04	300
3.04	180	181.3	17.0	21.2	176.7	184.5	1549.2	1323.7	2.60	2.36	300
3.43	180	151.5	19.3	19.9	139.0	145.7	2171.3	1749.8	3.30	2.78	300
3.86	181	129.2	22.8	18.3	108.8	114.9	3248.9	2548.3	4.33	3.60	300
4.04	180	106.9	—	17.1	90.1	102.7	4564.3	—	5.88	5.54	300
2.48	180	268.2	16.8	21.3	246.7	257.7	1318.9	1055.3	2.55	2.11	400
2.92	180	247.6	18.5	20.3	229.0	238.9	1533.2	1255.9	2.84	2.47	400
3.20	180	198.5	20.6	19.1	185.5	193.1	2221.3	1764.2	3.28	2.77	400
3.89	181	166.4	23.7	17.5	147.4	156.1	3180.0	2484.7	4.31	3.66	400
2.51	179	307.8	17.6	21.0	311.8	323.1	1225.6	987.3	2.61	2.23	500
2.85	179	283.8	19.1	20.1	278.2	290.1	1634.4	1288.3	3.02	2.52	500
3.24	180	246.8	21.4	18.7	229.5	240.4	2180.1	1651.2	3.32	2.81	500
3.85	181	208.4	24.2	17.3	189.3	199.8	3255.2	2355.0	4.44	3.56	500
4.03	180	182.5	26.5	14.6	161.1	166.1	4095.0	2541.6	5.12	3.77	500

曳網速度 V (m/s) との関係を図5の回帰曲線で表すと

$$R=1457 V^{0.85}$$

となる (相関係数 $r=0.9176$)。ハンドローブを含むローブ類の抵抗が網の抵抗より十分小さいものと考えられるので、計測された左右のハンドローブの張力の合計はほぼ網の流体抵抗と見なしても差し支えない。上式で曳網速度のベキが2より小さいことは、4ノット以下の低速度において、網地の流体抵抗係数はレイノルズ数の関数であると考えてよい。

網およびオッターボードの水深と曳網速度の関係を図5に示す。黒印と実線は網の水深、白抜き印と破線はオッターボードの水深である。ただし、オッターボードの水深は左右でほとんど差が認められなかったため、それらの平均値を用いた。同図より、網およびオッターボードの水深は、ワープの長さおよび曳網速度によって大きく変わることがわかる。いずれもワープ長が長いほど水深は深くなるが、曳網速度が速くなると浅くなる。曳網速度に対する網とオ

ッターボードの水深の変化を比較してみると、ワープ長が長くなるにしたがって、オッターボードの水深の減少する割合がある程度網の水深のそれよりやや急である。しかし、全体を通して網の位置が、ややオッターボードより深いのが、両者の間にはそれほど大きな差は認められなかった。

また、Fig. 5 から網およびオッターボードの水深が、いずれのワープ長でも、曳網速度に対し整然とした関係が得られた。ほぼ同様な傾向は Fig. 4 から認められている。これらのことから、実験時における潮流の影響はほとんど無視できると考えられる。すなわち曳網速度をシステムの入力パラメータとすることが妥当であるものと考えられる。

次に、曳網速度による網口高さの変化を図6に示す。シンボル ●, ▼, ▲, ■, ◆ はそれぞれワープ長 100 m, 200 m, 300 m, 400 m, 500 m における実測値である。Fig. 6 より、網口高さは曳網速度が速くなると著しく減少するが、ワープ長との相関はほとんど認められない。

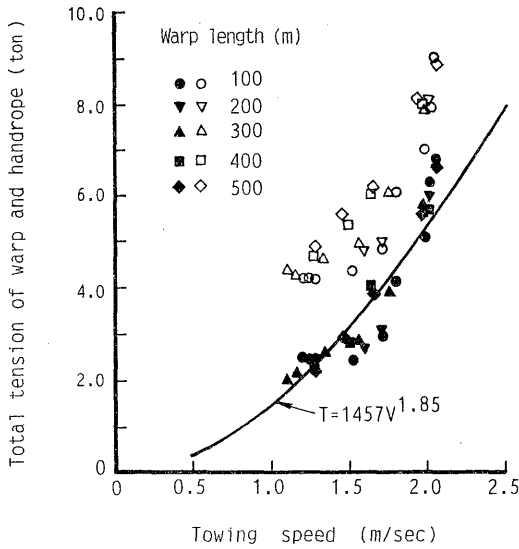


Fig. 4. Relationship between the total tension of warp, handrope and the towing speed. Dark symbols show the handrope tension while light symbols show the warp tension.

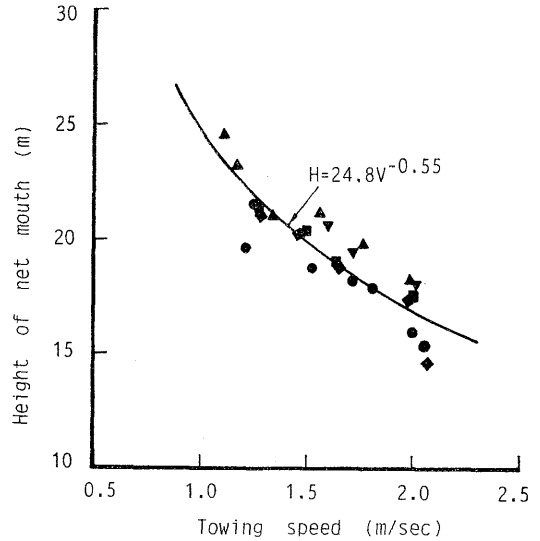


Fig. 6. Relationship between the height of net mouth and the towing speed. Each symbols show the warp length: ● 100 m; ▼ 200 m; ▲ 300 m; ■ 400 m; ◆ 500 m.

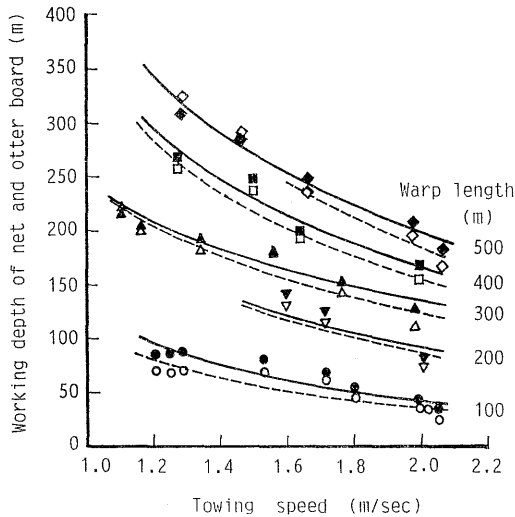


Fig. 5. Relationship between the working depth of net, otter board and the towing speed at different warp lengths.

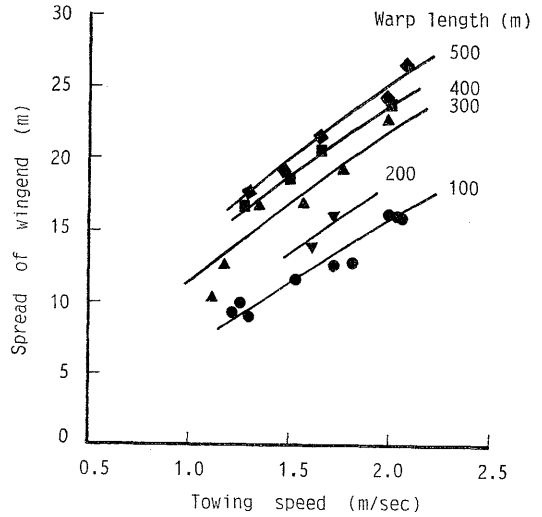


Fig. 7. Relationship between the spread of wing end and the towing speed at different warp lengths.

網口高さがワープ長とほとんど無関係であることは、網プライドルの構成が三本型となっているため、ワープ長の増加によるオッターの広がり網口高さにあまり影響しなかったためと考えられる。

今回の実験では、スキャマーの導入により、袖網間隔を計測することができたので、それと曳網速度の関係をワープ長ごとに Fig. 7 に示す。同図より、袖網間隔は曳網速度が速いほど、またワープ長が長いほど広がる。

これより、ワープ長の増加による袖網の広がり非常に効率的であることがわかる。曳網速度 1.3 m/s の場合、ワープ長 500 m 時の袖網間隔は、ほぼワープ長 100 m 時の倍になった。しかし、同じワープ長の場合、袖網間隔の増加する割合は曳網速度によらず、ほとんど一定であった。このことについては、本実験では船の曳網出力の制限から、曳網速度 2.2 m/s 以上の計測ができなかったため、それ以上に曳網速度を増加したとき、必ずしも

同じ現象が得られるか否かは不明である。

始めに言及した通り, 本実験は主に中層トロールシステムの制御特性に着目して行われたもので, 上にあげたシステムの特徴に関するいずれの要素の時系列データが得られたので, これらの解析結果については, 今後あらためて報告する予定である。

最後に, 本実験の遂行に当り, 御協力を頂いた元東京水産大学大学院院生石沢 聡氏および神鷹丸の二等航海士栗田嘉宥氏をはじめ同船の乗組員の方々に対し, 深く感謝する。

なお, 本研究は文部省科学研究費補助金一般研究01560202の援助のもとで行われた。

文 献

- 1) 葉室親正, 石井謙治: 漁研技報, **14**, 57-206 (1960).
- 2) A. L. Fridman: Theory and design of commercial fishing gear. 2nd edition (1981). (中国語版, 侯 恩准, 高 清廉共訳「漁具理論と設計」, 海洋出版社, 北京, 1988, pp. 287-325.)
- 3) 西山作藏, 三浦汀介, 中村秀男, 清水 晋: 日水誌, **48**, 1095-1100 (1982).
- 4) 西山作藏, 三浦汀介, 中村秀男, 清水 晋: 日水誌, **48**, 1101-1105 (1982).
- 5) 武田誠一, 井上 清, 春日 功, 栗田嘉宥, 宮崎芳夫, 佐藤 要, 酒井久治, 須山 哲: 第8回水産工学研究推進全国会議報告書, 1989, pp. 63-66.
- 6) 松田 駿, 胡 夫祥, 石沢 聡: 日水誌, **56**, 1815-1820 (1990).