

# 気泡を利用した稚魚採集ポンプの研究—I

## 実用化方式についての予備試験

江波 澄雄・鬼丸 久徳・中野 徹\*

## Studies on the Air-lift Larva Pump—I

### Preliminary Examination on the Practical Method

Sumio ENAMI, Hisatoku ONIMARU  
and Tōru NAKANO

#### Abstract

In biomass studies, this air-lift larva pump as one type of gear for quantitative larva sampling is an effectual method, which can be permitted continuous sampling.

On the practical method, some preliminary examinations were done by the fair prospect on the method of side trawling type and stern trawling type, during 1~3 knots (towing speed).

#### 1. は し が き

従来、一般に利用されている稚魚・卵の採集法は稚魚網による水平曳きか、傾斜曳きの方法がとられている。これらの方法は、採集の都度、停船・曳網の操作をくりかえすもので、曳網範囲も限られ広い海からみると一種の点的採集であり、しかも操作上、相当の時間と労力を必要とする。また若し、長時間水平曳きしたとしても、揚網するまで採集物の種類や量は判らず、その上、せっかくの資料が著しく損傷されている場合が多い。

本研究でいう稚魚採集ポンプとは、気泡ポンプの原理を利用して、比較的簡便な方法で稚仔魚や卵の生きた資料を連続的に採集しようとするものである。なお、特に気泡ポンプを採用した理由は、他の各種のポンプに比較して揚水効率の点では若干難点があるが、安価で、機械部分が少なく、故障や摩耗も極めて少なく、更に資料の損傷が殆んどなく生きたままの資料を得ることができそうな点にも魅力があり、海で使用する場合、若干の技術的考慮を払えば、相対的により適切なポンプと考えたためである。

今回は、従来の稚魚網のコード部に気泡ポンプをとりつけ、実用化方式として予想されるサイド曳き方法とスターン曳き方式とについて、予備的な試験採集を行い、実用化のための問題の所在を明らかにすることができ、かつ、大方の見透しを得ることができたので、その結果の概要を報告する。

\* 鹿児島大学水産学部資源生物学研究室 (Lab. of Fisheries Resources, Fac. of Fisheries, The Univ. of Kagoshima)

## 2. 試験方法

使用した稚魚網は、曳網速度が1~2ノットの場合、口径1.3m (長さ5m) のものを、曳網速度が3~5ノットの場合、口径50cm (長さ2m) のものを用いた。なお、口径50cmの稚魚網の場合は鉄棒でつくった円筒形の支え枠を使用し、それに網の浮上を押え、網を一定水深に保持するために重量(空中)12.5kgの鉄製の単葉飛行機型潜行板を使用した(Fig. 2)。

稚魚網のコッド部に揚水ホース(経15mm)を結合させ、その部分にコンプレッサー(1/4 sp, 空気圧65 kg/cm<sup>2</sup>)からの送気ホース(経6mm)の先端を送入し、圧縮空気を送って揚水ホースから揚水させた。送気孔(オリフィス)は、とりあえずポリ製洗浄ピンのu字型注水部を利用し、最先端をとじ、先端部に0.3mm 経の穴を8コあけた。揚水した水は、コレクターで水と採集物とに分け、揚水量と採集物の計測を行った。

曳網方法は、サイド曳きとスターン曳き(Fig. 1)で、サイド曳きの場合、船首部から竹のビームを出し、その先端に稚魚網からの曳きづなを結び、表層曳きを行った。スターン曳きの場合、船首から曳きづな10~25m くりだし、その先に稚魚網をつけ表層曳きした。使用した船は海上では本学実習船南星丸(45トン)を、池田湖ではトリマラン型FRP船を用いた。なお船速は毎回、流木試験で計測した。

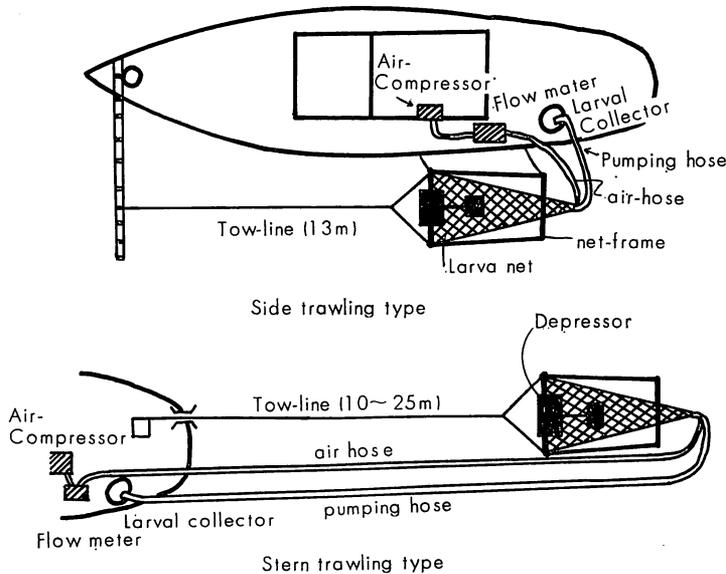


Fig. 1. Diagram showing methods of trawling type.

## 3. 試験結果と考察

### 1) 潜行板の翼仰角と稚魚網の深度

気泡ポンプの揚水性能は、浸水比によって左右されることが知られている<sup>1)4)5)</sup>。従って稚

魚網の深度を任意の深さにしかも一定に保つ必要がある。本試験に使用した潜行板は単葉飛行型で主翼の仰角を $0^{\circ}$ ～ $50^{\circ}$ まで $10^{\circ}$ づつ変えられるようにした (Fig. 2)。

船速に応じた最適の翼仰角を求めるために、船速2.4ノットと4.8ノットの場合について翼仰角を夫々変えて稚魚網の深さの実態をサイド曳き (曳索長 13m) で調査 (Fig. 3) した。

その結果、勿論、船速が早いほど稚魚網の深度は浅くなるが、船速4.5ノットの場合、翼仰角 $20^{\circ}$ ～ $30^{\circ}$ が、船速2.4ノットの場合、翼仰角 $20^{\circ}$ の時が最深度をしめた。何れの場合も、潜行板を水中に入れた時の姿勢を注意しないと安定がよくない、特に船速が早くなると不安定になる傾向があるので充分注意する必要がある。

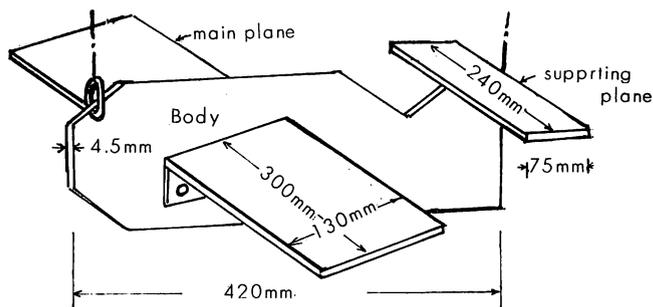


Fig. 2. Sketch-map of the monoplane-type-depressor.

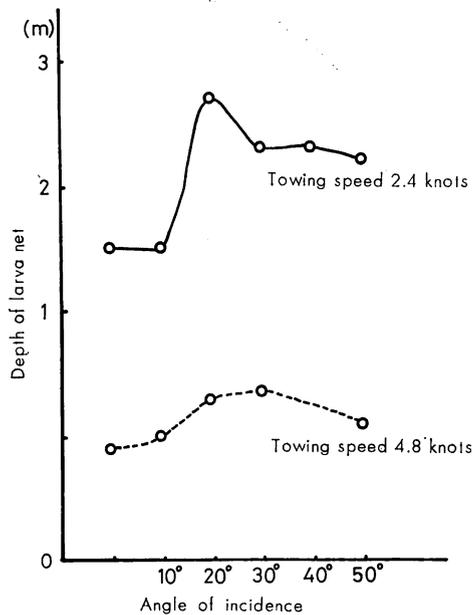


Fig. 3. Relation between angle of incidence and depth of larva net.

## 2) 曳網長と稚魚網深度

稚魚網深度は曳網長によっても変ることは勿論である。その実態を曳網長を 10m から 25

m まで 5m づつ変えた場合の稚魚網深度を船速 2.4 ノットと 4.8 ノットの場合について調べた (Fig. 4).

その結果、船速 2.4 ノットの低速の場合、稚魚網深度は曳き網を伸ばすにつれて略々直線的に増加するが、船速を 4.8 ノットにあげると、その深度増加は緩慢で、曳き網長 20m をこえると深度は殆んど増加しない。勿論、船速がおそいほど稚魚網深度は相対的に深くなる。なお、サイド曳きの場合は船首の、スターン曳きの場合は船尾の造波（波と渦）状況をみて、網の安定に留意して曳網の長さを決定しなければならない。

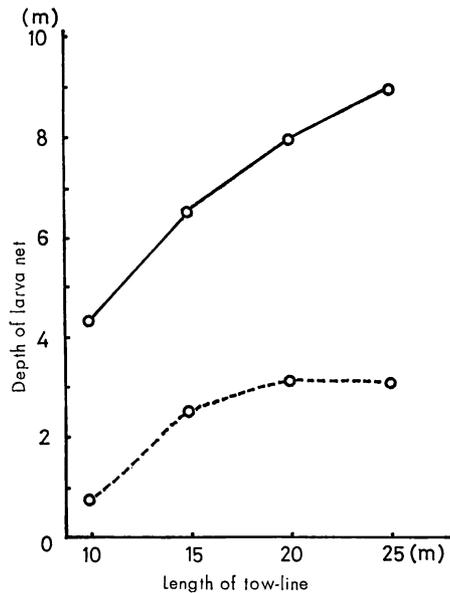


Fig. 4. Relation between length of tow-line and depth of larva net.

### 3) 船速別の空気流量と揚水量

サイド曳きで、曳網長を 13m に設定し、船速 2.8 ノットと 5.2 ノットについて、夫々、空気流量と揚水量との関係を調べた (Fig. 5)。何れの場合もこの程度の空気量では、揚水量は空気量の増加につれて増加する。しかも船速のおそい方が揚水量の増加が著しい。これは船速かおそいと稚魚網深度が 3 倍以上と深くなり、気泡ポンプの性能を左右する浸水比が、低速の方が 0.6、高速の方が 0.35 と倍近くのひらきとなり、これが揚水量に影響するものと考えられる。

### 4) 曳網方式の相違による揚水量の検討

実験の都合で、曳網方式の相違を比較するには十分な条件が整っていない。しかし、一般に曳網長はサイド曳きよりスターン曳きの方を長くしなければならない。これは船尾渦流の影響を出来るだけ少なくするためでやむを得ない。曳網速度 5 ノットの場合、空気流量はほぼ同じであるが、スターン曳きの方が曳網長がサイド曳きより長いので、従って浸水比が大きく、このためサイド曳きより揚水量は多い。

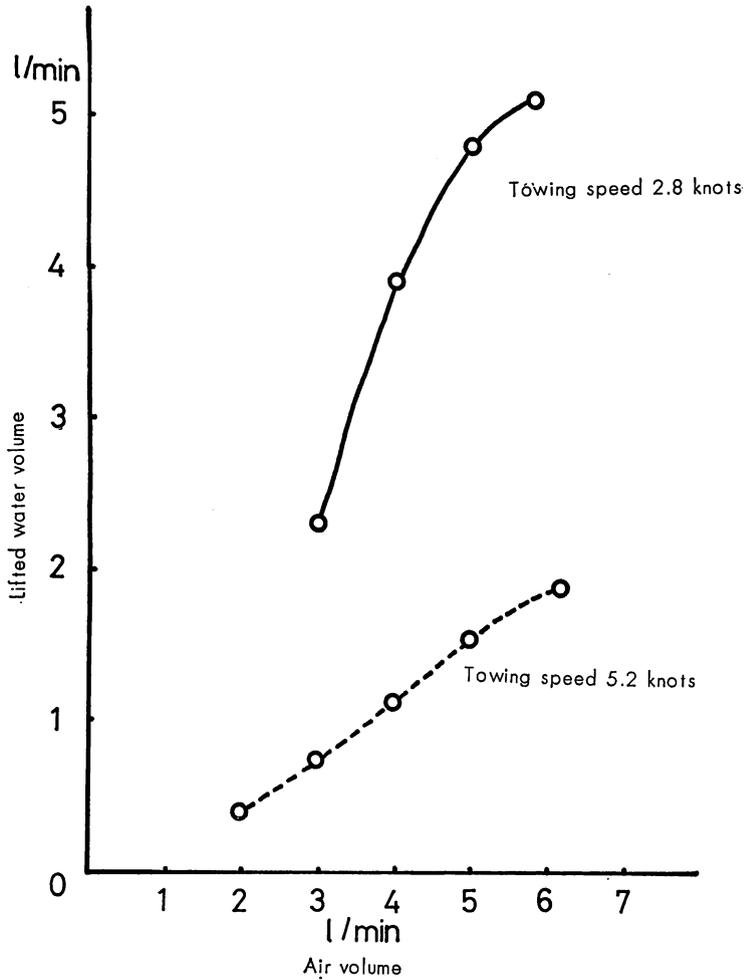


Fig. 5. Relation between air volume and lifted water volume by the difference towing speed.

Table I. Lifted water volume by the difference of trawling method.

Trawling method	towing speed	length of tow-line	pumping hose	submergence rate	air volume	lifted water volume
Side trawling type	(knots) 5	(m) 10	(m) 10	0.35	(l/min) 5.8	(l/min) 1.8
Stern trawling type	5	15	50	0.7	5.5	2.9
Side trawling type	2.8	10	10	0.6	5.8	5

同じサイド曳きの場合、曳網長、空気量および揚水ホース長は同じであっても曳網速度が異ると、浸水比が倍近く違い、従って低速の方が揚水量は多くなる。

## 5) 送気管孔（オリフィス）の相違による空気量と揚水量。

一般に送気管孔は小さい孔を出来るだけ多くあけた方が揚水効率が良いといわれている<sup>1)2)</sup>。本試験の場合、0.3mm 径のものを8コあけたもの（断面積 0.56mm<sup>2</sup>）と3mm 径のものを1コ（断面積 7.7mm<sup>2</sup>）のものを、揚水ホース径 15mm，浸水比0.3，船速1.1~1.5ノットで5分間の揚水量で比較してみた (Fig. 6)。その結果，明らかに前者の方が後者よりも揚水量が多く，空気流量を増すほどその傾向は顕著であった。気泡ポンプの泡は一般に，空気流量の変化に伴い，気泡流，ピストン流，環状流そして噴霧流の経過をへるもので，最大揚水効率をしめす泡の形状は気泡流で，ピストン流に移る直前の状態であるといわれている。本実験の場合，0.3mm 8コのオリフィスの場合は完全な気泡流であり，3mm 径1コの場合は空気量を増加させるとピストン流になり，揚水量が減少してくる。オリフィスの構造，配置はポンプ効率を左右する主要な要因の一つであるから，今後より合理的なオリフィスの設計を企画したい。

## 6) 浸水比別の空気量と揚水量

今迄度々ふれているように，気泡ポンプの性能は浸水比によって左右される，効率的には浸水比が0.7前後が最適とされている<sup>1)4)</sup>。本試験に於ても一応浸水比0.7を基準に計画した。しかし，より高い浸水比を保つ深度調整が船の乾舷の都合でうまくいかず浸水比0.7以上の実験は出来なかった。

浸水比0.7，0.5，0.3 何れの場合も (Fig. 7)，本実験の空気量の範囲では空気量をますと揚水量は増加している。また浸水比が少なくなると極端に揚水量は減少する。この点，表層

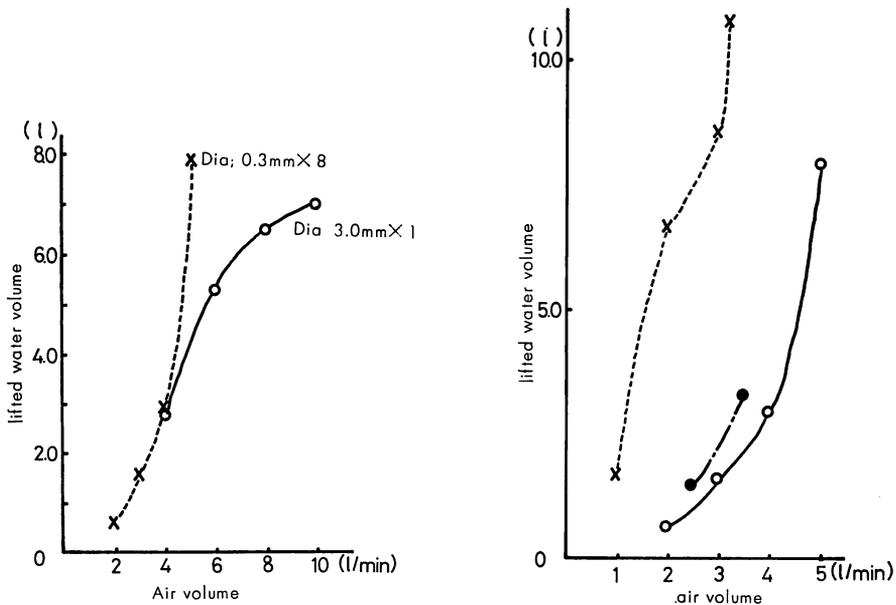


Fig. 6. Relation between air volume and lifted water volume by the difference of orifices.

Fig. 7. Relation between air volume and lifted water volume by the difference of submergence rate.

びきの場合、特に乾舷の大きい船の場合に本装置を利用する時一種の限界が生れ、今後、考慮しなければならない問題点である。

#### 7) 稚魚・卵の採集結果

(イ) 池田湖における試験操業：昭和45年12月28日、池田湖において、トリマラン型FRP船のスターン曳きで第1回目の試験操業を実施した。

17時中浜を出て、距岸約200mの間隔を保ち、和田峰側と尾下り川口まで約3時間半、曳網した。この時の採集条件は、船速1.0～1.3ノット、揚程20cm、浸水比0.8、揚水ホース経15mm、オリフィス0.3mm×8、稚魚網経1.0m(長さ5m)、曳網長8m、空気流量3.5l/min、であり、採集した稚魚は、ユアユ(B.110～23mm)16尾、ゴクラクハゼ(14～23mm)26尾、カワエビ1尾であり、産卵場である尾下り、新永吉を中心にアユ、ゴクラクハゼの分布が多かった。なお資料はすべて健全で生きたまま揚げてきていた。

(ロ) 川内沖における試験操業：昭和46年10月17日、川内沖漁場調査の時、本学実習船南星丸で、サイド方式の採集操業を実施した。この場合、他の観測もあったので、各観測点毎に約1マイル、計8マイル操業した。操業条件は、曳網速力3ノット、揚程1.1m、浸水比0.71、空気流量6l/min、曳網長13m、稚魚網経1.3m、であり、採集結果は稚魚21尾(サバ他)魚卵322個採集された。なお、当日、潮目などの浮遊物の多い水域においては、それらによってポンプの性能が阻害されるので網口に荒目の網を取り付けた。

## 4. む す び (要約と問題点)

一般に利用されている稚魚網のコッド部に揚水ホースを結合させ、その部分に送気ホースをとりつけ、気泡を利用した稚魚採集ポンプとして稚魚や卵の連続採集法の実用化について予備的な採集試験を行った。その結果、

(1) 曳網速度3ノット程度の表層曳きに於ては、サイド曳きでも、スターン曳きでも一応その機能を果すことが出来た。曳網速度4～5ノットの場合は構造上、操作上未だ改善すべき点が少なくない。

(2) 稚魚網の浮上を防ぎ、安定したかたちで一定水深を保つための単葉飛行機型潜行板を試作したが、現在の操業条件で、主翼仰角20°前後が適当である。しかし、今後、より高速の採集をするためには、その改良が是非必要である。

(3) 曳網長、曳網速度および曳網方法などは夫々稚魚ポンプの性能、特に揚水量に関係をもつ、しかし、そのかかわり方の主因は、操作上の問題もあるが、浸水比の設定にある。従って、今後、その実用化方式についてその可能性なり、限界なりを検討する場合、浸水比が主要なポイントとなる。

(4) 揚水効率のよい気泡流を得るためには、より小さく、より多いオリフィスが必要であり、オリフィスの新たな設計、試作も要請される。

(5) 池田湖および川内沖の試験採集では、予想以上の好結果を得ることが出来た。今後上述の改良点を正えて、より高速曳網の実用化方式を検討する予定であるが、さしあたり曳網速度5ノット程度を目安に検討したい。

本研究を行うに当たって採集実験に協力していただいた南星丸の乗組員の方々および実験器

具製作に御尽力いただいた本学機械工場の永田政義氏に深謝する次第である。

#### 参 考 文 献

- 1) 井伊谷綱一 (1952) : 化学機械, 16 (4), 9~15.
- 2) 赤川浩爾 (1965) : 機械の研究, 17 (8), 19~23.
- 3) 赤川浩爾 (1965) : 機械の研究, 17 (12), 64~68.
- 4) 内丸最一郎 (1960) : 唧筒, 技報堂.
- 5) 池谷武雄 (1969) : 水力機械 II, ポンプ編.
- 6) F. C. VIP, J. E. S. VENART and G. W. GOVIER (1970) : The Canadian Journal of Chonical Engineering, 43, 229~235.