

## 魚の流体輸送に関する研究 - I.

現状と将来への提案

米 盛 亨\*

### Studies on the Transportation of Fish Through a Piping-I.

The Present Status and Some Suggestions for New Method

Tōru YONEMORI

#### Abstract

Up to now, some typical volute pump has been used to lift a mass of fish from fish hold to land, or from sea into ship. The author recommend the application of air pressure or vacuum to transfer a mixture of fish and water. It is expected that the pneumatic convey system has a merit to accomplish a bruiseless handling against fish body.

An experiment for fish transfer by means of a babble pump is going on now in our laboratory.

The result shall be reported in the next paper.

#### 1. ま え が き

従来、アジ、サバ、サンマ等の多獲性魚の移送には、たも網が一般に使用されている。しかし、この方式は多くの労力を要し危険を伴う作業である上に、魚体に与える損傷も無視出来ない。

最近、他産業においては、物資の水力輸送又は空気力輸送の方法が非常に能率的なものと確立されて来たが、魚という特殊な物資にこれをそのまま応用することは困難である。

例えば石炭産業における、主としてポンプを用いる塊炭の水力輸送は魚に対してもある程度応用できるが、セメント、穀類の様な粉粒体に適用される空気輸送は、空気の運動エネルギーを利用して固体・気体の完全な二相流として取扱われるものであるから、これをそのまま鮮魚に応用することは困難である。この論文の題目を「流体」輸送とした理由は、吸引又は圧送の手段として水力機械は勿論のこと、空気機械をも利用しようという試みを意味するものであるが、もともと水中に棲む魚を損傷することなく円滑に送るための管内の流れは固・液二相流の形が原則である。過去20年にわたって世界各国で研究された魚の管路輸送はす

\*漁業機械学研究室 (Laboratory of Fishing Machinery, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

べて魚ポンプ（以下FPと略称する）を利用する方式である。勿論FPの究極の目的はいわゆる「網なし漁法」にあるが、これを実用化するのに不可欠の条件である密集魚群の誘致法が確立されるまでは、尨大な動力の浪費と莫大な水量の処理に困惑するのみであろう。しかし集魚の技法も鋭意研究されているので、この漁法が遠からず現実のものになることを期待しているが、現時点ではFPを更に使い易いものにして置く努力が大切である。FP利用の第一段階として漁獲物移送の問題がとりあげられて久しいが、これの普及さえも一向に進展しないのが実情である。

その原因を種々考察してFP及び特にその関連装置の構造や操作法の改善に資すると共に、FPに代る流体輸送方式についても二、三の提案をして、実験を続けたいと考える。尚この一連の報告では主として鮮魚を輸送の対象とすることにした。

## 2. 流体輸送の方式と魚体の特徴

流体輸送	水力輸送	(FP利用)
		吸引式 (真空ポンプ利用)
	空気力輸送	圧送式 (空気圧縮機利用)
吸引・圧送式 (上記二式併用)		

管路輸送には上に大別した様な手段が考えられるが、前節に述べた通り空気力輸送においても魚体は水といっしょに送られるわけで、空気機械はこの混合物を間接的に圧送又は吸引するために使用される。即ちFP利用に際して魚はポンプ中でランナーによる攪拌を受けざるを得ないのに対して、空気機械利用の場合は魚が機械の中を通過する必要がないので、魚にとって生命である鮮度の面で極めて有利と思われる。

管路輸送法を適用される一般の物資に比して、魚体は物理的に数々の適性を具えているが、これらは観点を変えると短所となり得ることも多い。二、三の特徴について考えると、形状：割合に細長いことは曲管部で困るが直管部では有利。

弾性：曲管部通過には好都合だが、管の入口に密栓をすることがある。鮮度による変化が大きいので注意を要する。

比重：鮮魚について実測の結果を Table 1 に示すが、水より僅かに重いので水底に堆積

Table 1. Measurement of Specific Gravity for Various Raw Fishes

Kind of Fish	S. G.
Mackerel	1.06
Horse Mackerel	1.05
Scads Mackerel	1.05
Carp	1.04
Tilapia	1.08

し、輸送密度を高めることも不可能ではない。水との比重差が小さいことは管路途中での沈降による閉塞のおそれが少なく、動力の節約にもなる。

摩擦係数：魚体表面の粘液は潤滑剤の作用をするので有利と思われる。

以上の諸点を総合すると、魚体は概して流体輸送に適した特性を具えていることがわかるが、最大の難点は肉質が軟弱で非常に損傷され易いことである。

### 3. F P を利用する方式

#### 3.1 概要

ポンプで魚群を吸い上げようとの着想はかなり古くて種々の試みがなされているが、まだ主漁具としての用途は一、二の魚種に限られ、むしろ例外的と云えよう。これは前述の様に集魚法が未解決のためで、補助的な漁具、即ち網でしぼられた魚群を吸い上げる道具としては、わが国でも割合に成功している。

第三の用途として魚倉より陸上或いは母船への移送があるが、一見もっとも容易な筈の利用が案外に普及していない理由は後節で考察してみたい。F Pとして現在使用されているのは斜流ブレードレスポンプや二枚羽根のノンクログ型で、いずれも塊状物輸送用の特殊渦巻ポンプである。これらのポンプを用いて安全に送り得る魚の体長はポンプ口径の3倍以内であると報告されている<sup>1)</sup>。従って、サバの輸送には少なくとも150mm程度のF Pを必要とし、原動機の所要馬力も大きくなるので、小型漁船に装備するには無理がある。

F Pの大規模な利用例として廉進丸(15000トン)船団での200mm×4基<sup>2)</sup>があり、外国ではオランダ製の英国巾着網試験船「Selma」号(247トン)の吐出量580m<sup>3</sup>/hr(口径は300mm程度と推定される)の大型ポンプがある<sup>3)</sup>。

廉進丸において成功を収めた理由は対象魚種がイワシ・アジ・サバでポンプ口径に充分の余裕があったため魚体の損傷も少なく、管路の閉塞も起らなかったものと思われる。また同船はミール工船で、受取った魚は間もなく魚粉に加工されるため、損傷や鮮度の低下にそれほど気をつかう必要がなかったとも考えられる。要するに、F Pがその所を得て大活躍をした一つの好例と云えよう。

これに反して、小型船がなるべく小規模な設備で、主として家庭用生鮮向けの魚を高い能力で送ろうとすれば種々の困難に直面することになる。魚体の損傷・管路の閉塞・補給水の問題・ポンプ起動のための充水対策等がそれである。

魚の受ける損傷のうちもっとも激しいのは魚体の切断であるが、充分な寸法のポンプを使用する以外に対策はない。一番理想的な設計と考えられる斜流ブレードレス型においても、機械的衝撃による挫創・擦過傷・ウロコの剝離という外傷を完全に防ぐことは難しい。

このほか、ポンプ通過中に起る圧力の急変によって腹裂け・出血・眼球の突出又は充血等の現象や、外観上わからないが内出血従って全般的な肉質低下が考えられる<sup>4)</sup>。特に運搬船から水揚されるアジ・サバは死後硬直の終わった状態のものが多くので一層被害を受け易い。

#### 3.2 予備実験 (1)

50mm斜流ブレードレスポンプ(回転数1,700rpm)を用いてFig.1, Fig.2に示す二種の吸込揚程のもとで二群の模擬魚体を送り破損状況を調べた。模擬魚体としてコンドームに比重1.05の食塩水(ローダミンBにて着色)を150cc及び50ccづつ封入したものをそれぞれ20個作製した。模擬魚体の寸法はA群：直径45mm×長さ130mm, B群：40mm×75mmとなった。各揚程につき10個づつ試験されたA群はポンプ内において全部破損した。B群のうちで無事

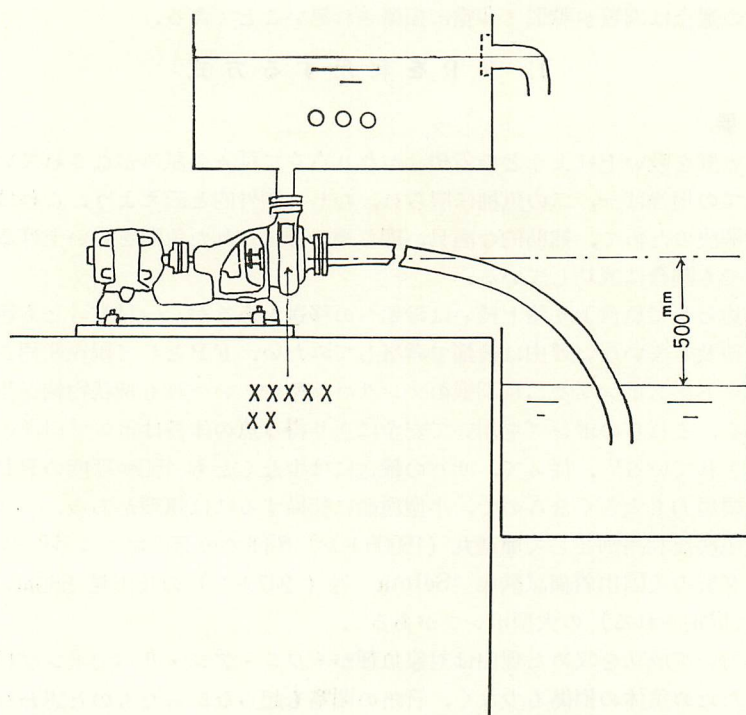


Fig.1. Transfer test by BLS-OV-50 pump on the condition of 500mm suction head.

○ shows number of model fish passed in safety.

× shows number of broken model fish and place of damage.

に通過した数を○印で、破損数と破損地点を×印で両図に記入する。

この貧弱な資料から結論することはさし控えるが、傾向として吸込揚程の大きい程魚に悪い影響があると想像できる。また破損状況を詳細に観察して、A・B群の間に明らかな相違のあることが判定された。即ち、A群はすべて胴体切断による破損であり、B群は8割までがその先端部に円い小破孔を生じた結果であった。このポンプは型式番号こそ同一であるが、魚専用のものでないため（FPとして標準化されているのは各社共口径100mm以上）ランナー入口の形状に問題がある。回転数の高過ぎることもあって体長の長いものはこの突起で先づ胴体を切断され易い。これに反して体長の短いものは入口を無事通過した後、ランナー通路に充満する形になるので、強い真空で先端が局部的に膨張して孔があくのであろう。このことから過度の真空は魚肉の組織に何等かの悪影響を及ぼすと考えられる。尚、この蛇腹入り透明ホースは内面に凹凸があるためか、実吸込揚程3mに対して8mAqの真空計示

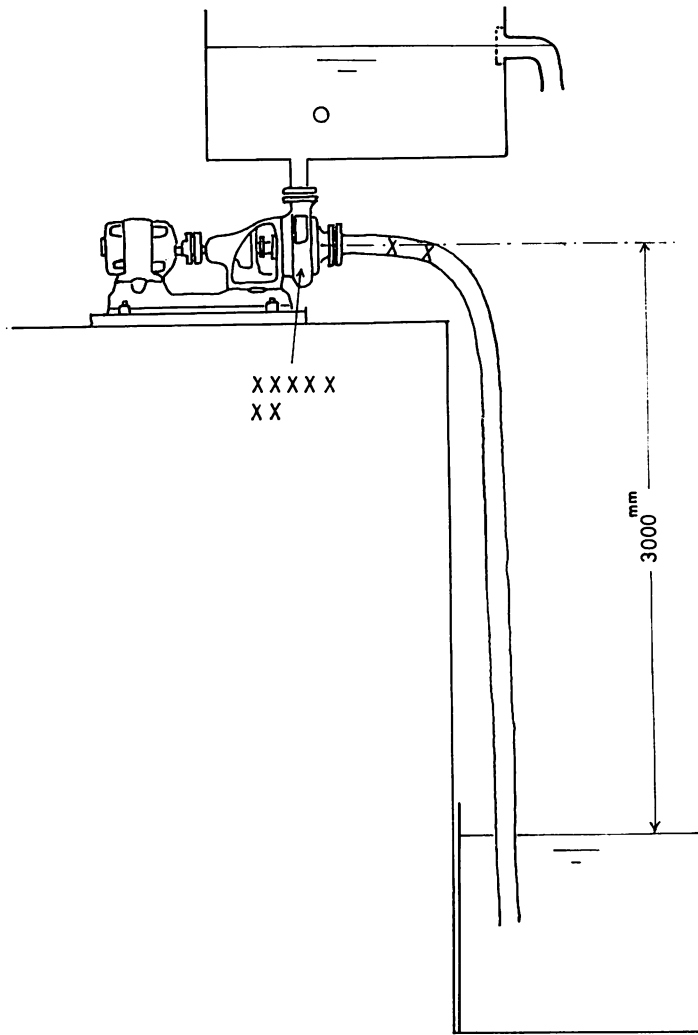


Fig.2. Transfer test by BLS-OV-50 pump on the condition of 3000mm suction head.  
○ shows number of model fish passed in safety.  
× shows number of broken model fish and place of damage.

度を示し（流速約3 m/secで）ホース選定の重要性を強調した。Fig.3に専用ポンプのランナーを、Fig.4にはこの実験に用いたものを示す。

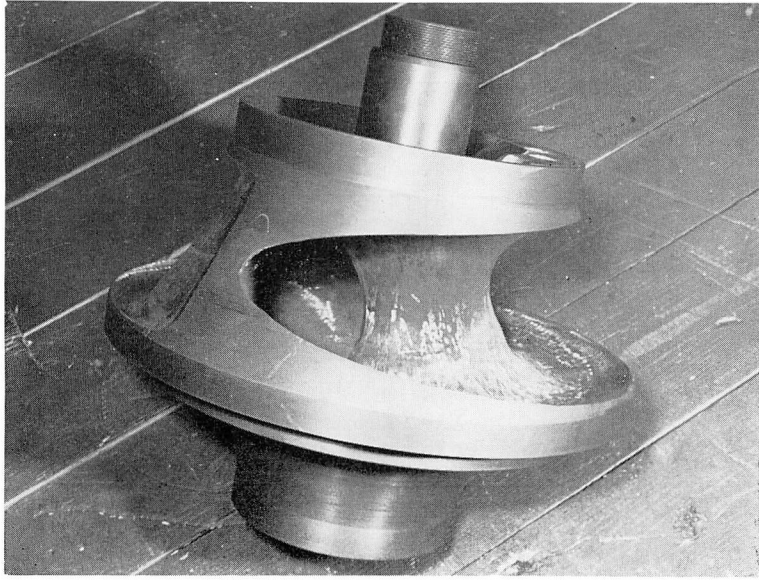


Fig. 3. Runner of BLS-OV-100 Fish pump.

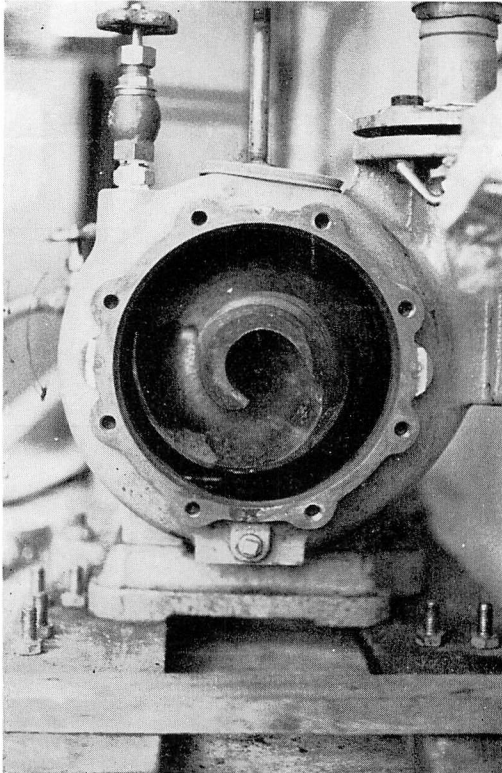


Fig. 4. Runner and casing of BLS-OV-50 pump.

### 3.3 装置の改良

貝の吸上げ等の特殊用にはゴムライニングを施すとか付加的な改造は必要であるが、現在FPとして設計されている斜流ブレードレスポンプは、それ自体ほとんど完成されたものであろう。ただ、駆動方式や充水手段等の関連装置には問題が多い。例えば、単なる輸送用FPには油圧モーター直結水中型が一番望ましい駆動方式と思われる。魚種や鮮度に応じて安全に能率よく輸送するためには、ポンプ回転数の調節が必須の条件であるが、交流電動機の手速度制御は容易でない。またポンプの吸込揚程を大きくすることは魚をいためる上に効率の点でも損である。

水中ポンプにすればこの点有利であり、ホースも吐出側に限られるので選定が楽である。またFP起動時の煩わしい充水操作が不要となる。近年、多くの旋網付運搬船は油圧回路をもっているため、油圧モーター直結水中型にすれば変速・絶縁或いは重量軽減の課題が一挙に解決され、充水用真空ポンプが節約される。

## 4. 空気機械を利用する方式

### 4.1 概要

この方式に利用される空気機械は圧縮機又は真空ポンプであるが構造上根本的な相違はなく、付属設備をつけることによっていづれにも転用できる。形式はルーツ式等、回転容積型のものが適当と考えられる。この型は最近では機種も豊富に規格化されて、価格・据付面積・保守の面でも有利である。船に装備するときは機関室内でよい。ただ、真空ポンプとして用いる際は、水分・ウロコ等を吸込むおそれがあるので、水分離器や漉器を設ける必要がある。

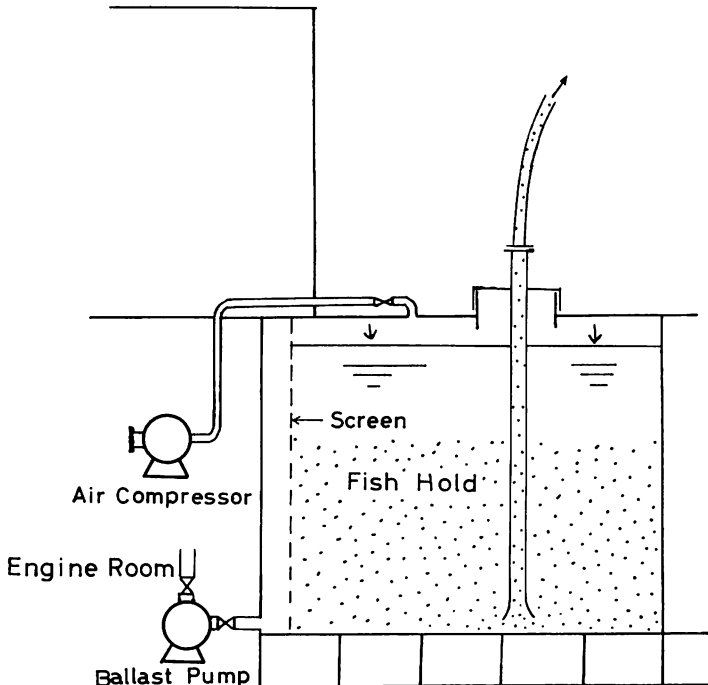


Fig. 5. Pressure type transfer system.

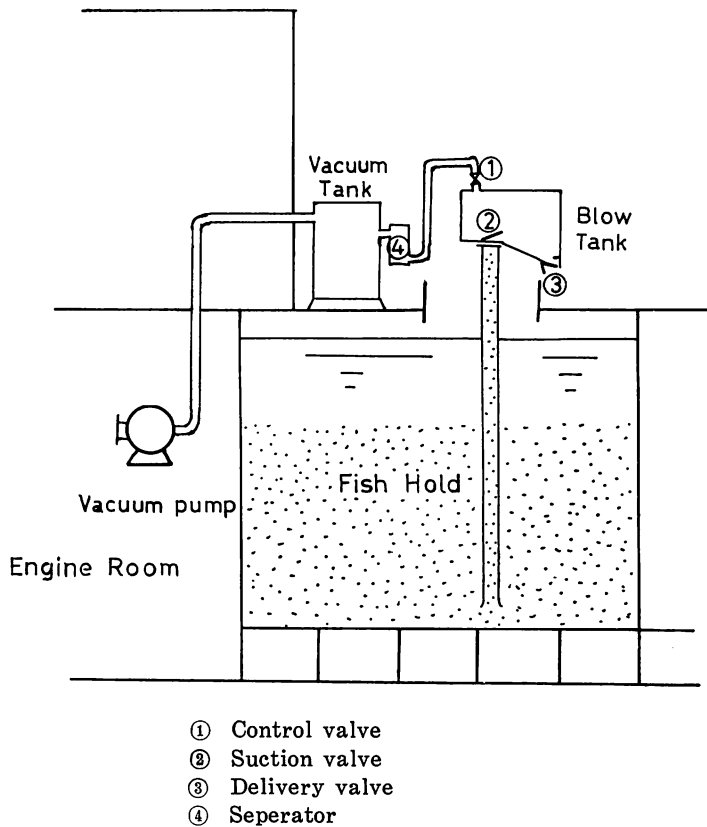


Fig. 6. Vacuum type transfer system.

る。ナッシュ式はこの点安全だが効率や価格の面で難点がある。Fig. 5, Fig. 6に圧送式及び吸引式の略図を示すがいずれも密閉容器を必要とする。

即ち、圧送式では魚倉全体を圧力容器と考えるが、吸引式においては魚倉は開放され、ほかに小型のブロータンクを設ける。またブロータンクに真空と圧力を交互に加える吸引圧送式も考えられるが、粉粒体における様な円滑な流れが期待し難いので、採用に当っては慎重な考慮が必要となろう。Fig. 7のように魚倉をホッパー型に造り底部より輸送管を出すことは合理的に見えるが魚体の架橋現象による閉塞を防ぐための配慮を要する。

#### 4.2 圧送式輸送法

密閉した魚倉上部より圧縮空気を供給すると、魚水混合液は輸送管内に押し込まれて水揚場へ送られるという簡単な原理であるが魚倉を与圧構造とする必要がある。魚倉底部と水揚場との落差は通常5m程度であり、損失水頭を考慮しても $1 \text{ kg/cm}^2$ 以下の耐圧構造でよくそれほど困難ではないが問題は作業性との関係である。密閉式のため倉口は可能な限り小さく造らねばならないので水の撒布が困難となろう。近年普及しつつある冷海水式冷蔵法によって水の使用をおさえる配慮が望ましい。

実施について最大の障害となる管口閉塞の対策については後述する。次に漁場において網



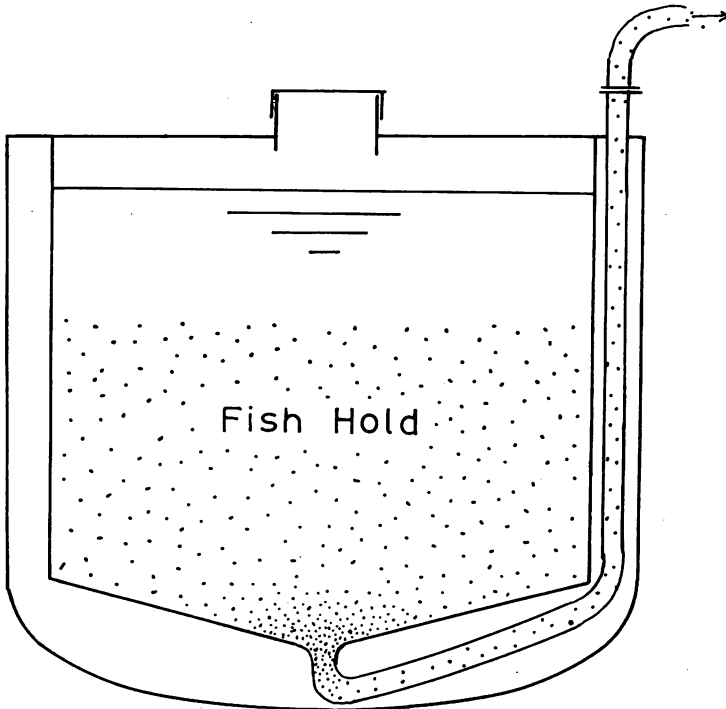


Fig.7. Hopper type fish hold.

より魚を収納する手順について述べる。

Fig. 5において(1)圧縮機を逆に真空ポンプとして使用し、倉内を真空にして魚を吸込む。魚と共に多量の海水を吸入するからポンプで排水する。この目的にはFPは必要でなく、普通の例えばバラストポンプが利用できる。(2)上述の排水ポンプの運転だけで、魚倉の真空を保ち連続的に魚を収納することも可能である。つまり魚倉を巨大な吸入濾器と考えるわけである。いづれにしてもこのポンプには相当な容量のものを使用し、倉内には充分な通過面積をもつ漉網を取りつけねばならない。また、密閉式魚倉には管路閉塞の対策として圧力計・真空計及び安全弁の装備が絶対に必要である。

#### 4.3 吸引式輸送法

本式では魚倉構造や冷蔵法は自由であるが、真空ポンプと移動式密閉容器（ブロータンク）が必要である。前二者の連続輸送と異なり、この方式では作動が間歇的になるので、作業能率を高めるために真空タンクを別に設けて、かなり高度の真空を設定せねばならない。

Fig. 6において弁①を一定時間開くと、吸入管を通して魚水混合物が吸い上げられる。ブロータンク内の一定レベルに達すると、例えばフロート弁によって大気圧に開放され、吸入弁②は自動的に閉じて混合体を吸込管内に保持する一方、タンク内容物は排出弁③を重力で押し開いて落下する。以上で一回の動作を完結する。ブロータンクの容量は種々の要素を勘案して慎重に決定すべきであるが、一船の漁獲物の収納・水場には数百乃至千回以上の操

作を要するため、真空弁の開閉等はすべてプログラムに従った自動化が要求される。この装置を用いて網中の魚を吸上げる方法は説明するまでもない。吸引式で揚魚の可能な落差は理論的には約10mであるが、種々の損失及び高真空が魚体に与える障害を考えると、5m程度に止めるのが無難と思われる。

#### 4.4 予備実験 (2)

下口試料ビンと内径10mmの透明ホースを用いた装置で、圧送式と吸引式について実験を行なったがいづれも結果は悲観的であった。その原因は被輸送物として採用した長さ15~20mmのシラス乾製品が、長時間水でもどしても曲りがとれず、管の入口でからみ合って閉塞を起したからである。半実用的な規模で鮮魚を使用すれば幾分よい成績が得られようが、この問題はFPを含むすべての実用装置でも起り得ることである。特に圧送式ではその都度魚倉圧力を開放せねばならず致命的な支障となることも予想される。

### 5. 流体輸送の問題点

固体混合液輸送法の得失については寺田<sup>5)</sup>が詳しく述べているので、ここでは魚についての問題点だけをとりあげる。

#### 5.1 管路の閉塞

魚と水との比重差は極めて小さいので管路途中での沈降による閉塞は起り難い反面、魚倉に沈澱する鮮魚群に輸送管を近づけると、忽ち管口に向って浮揚密集して入口を塞ぎ易い。

活魚は水流に逆らう姿勢をとる。即ち管に向って整判すると云われている<sup>6)</sup>上に普通は魚の密度も低いのでこの様な閉塞は起らないと思われる。現にFPを持つ僅かな運搬船のうち、沖では使うが市場では使わない。との実例が多いのは鮮度や補給水の問題もさることながらこの様な理由が存在することも考えられる。

空気式では管径を大きくすることが容易なので、魚の体長に近い管径の採用が対策の一つになるが、FPの場合には簡単でない。粉粒体輸送における供給機に類するものは、魚に適用できないので、筆者は流体の二次的な供給法を考えている。即ち、圧送式では輸送管下端に特殊なノズルを取りつけて魚を導入すると同時に、周囲から二次空気を吹き込む。空気は気泡となってクッション作用により魚を整列させ、適度の脈動流を生じて閉塞防止効果を及ぼす。その上、気泡は管内を上昇する際に気泡ポンプの働きをする。更に都合のよいことには輸送に必要な水の割合を減らすことにも役立つ。

以上はまだ推論の段階であるがこの固・気・液三相流については現在実験を進めつつあり、有望な見通しを得ている。FP使用の場合及び吸引式では真空を害するので、空気の供給は不可で圧力水を利用することになる。ブロータンク式では一動作毎に多少の逆流を生じるため、閉塞は比較的に起り難いであろうと期待している。

#### 5.2 補給水の問題

魚を高い密度で送れば、余分な水の処理に苦しむこともなく、系の全体的な効率を高めることになる。しかしこの要求には限度があって、FP実用上の魚水比は約1対3(容量比≒重量比)といわれる。然るに通常運搬船入港時の倉内魚水(又は氷)比は6対4以上である。従って、輸送に適した混合比にするには多量の補給水を要する。水氷漬の時はよいが、圧送式で冷海水漬の場合は冷凍機を全力運転しても低温維持が困難である。この対策として予め増し氷をするが、根本的には極力高い魚水比で管路輸送を行なう技術の開発が先決である。

そして、この技術は空気吸入による運転の中断が致命的となりがちなFPについては困難であるが、空気式においては比較的容易である。

### 5.3 魚体の損傷並びに肉質の低下

FPが魚体に与える機械的損傷については前述したが、空気式を用いると外傷は防げると期待している。魚は元来、海中深く棲息し外圧には割合に強いと思われるので、 $1 \text{ kg/cm}^2$ 程度の圧送式では肉質の低下も起らないであろうが、吸引式で余りに揚程を高く要求される場合には多少の懸念が持たれる。

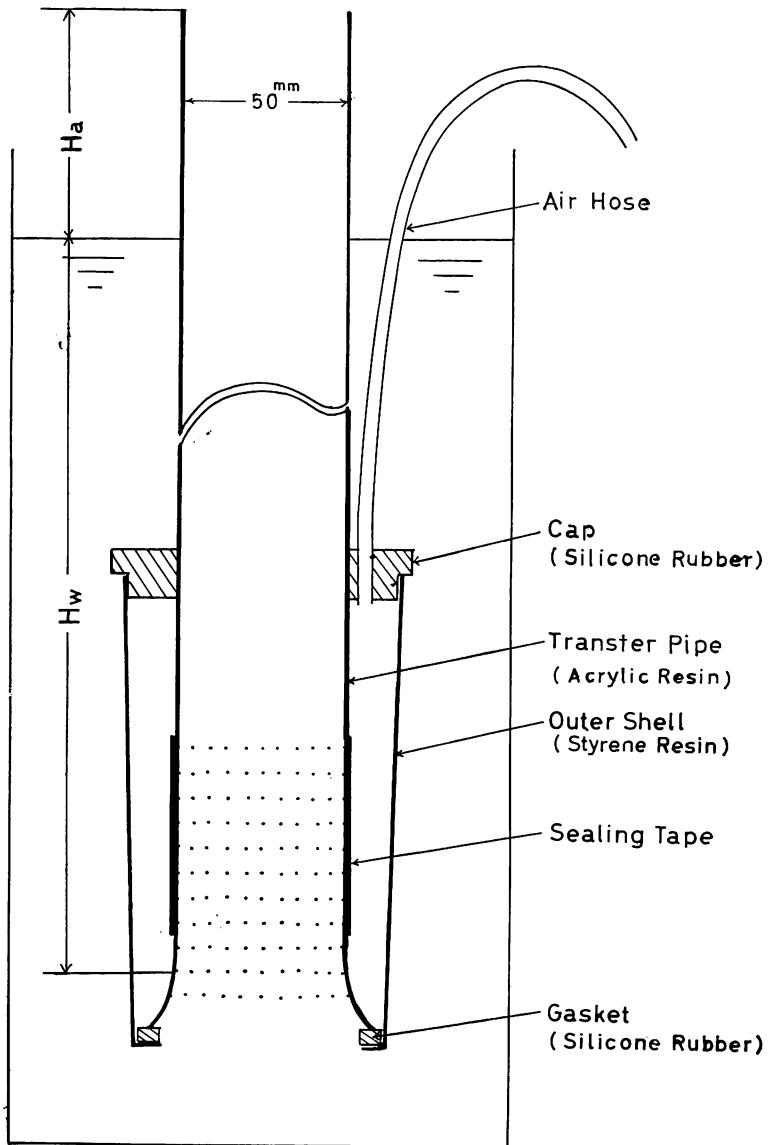


Fig. 8. Detail of a babble pump for fish lifter.

魚肉が真空又は加圧の雰囲気によっていかなる影響を受けるかについてはまだ結論を得ていないので今後広く文献の探索及び実験によって確認したいと考えている。

#### 5.4 その他

これらの揚魚装置の能力に対する規模や価格が明らかになれば、これを陸上に用意するか船上に備えるかが決定されるが、出来れば船に設備して沖でも活用したいものである。

またこれらの装置が大きな威力を発揮した場合に、陸上の作業能力が果して追いつけるかの判断も大事である。現用のトロ箱単位ではどうにもならないので、専用コンテナの開発等流通機構の改革も推進されねばならない。

#### 5.5 予備実験 (3)

5.1で述べた閉塞問題の対策を更に展開させて Fig. 8 に示す気泡ポンプ式揚魚装置を試作した。材料はすべて透明プラスチックを用いて観察を便利にした。ノズル部には0.8mm径の空気供給孔 250個をあけたがスチロール樹脂製の外管が取外し可能に作られているので空気孔の使用数や位置は内管に透明テープを巻くことによって適宜に選択できる。

被輸送物として、色つきの小楕円風船に食塩水を封入して長さ約90mm、直径約25mm、比重1.08の模擬魚体500個を用いた。実験の結果は非常に良好で閉塞や魚体の損傷は皆無である。

但し、円滑で効率のよい輸送を行なうためにはHaとHwの比に制限があるので、あらゆる条件でも能率のよい水揚を行なうためには、密閉魚倉を用いて空気圧の助けを借りHwを大にする必要がある。空気消費量と揚水量・揚魚量との関係等は目下測定中であるから、効率その他の性能については次報に述べる予定である。

### 6. む す び

大きな期待をよせられながら普及の停滞している魚の管路輸送について、従来試みられているFP利用の問題点を考察すると共に、全く新しい方法である空気機械の利用を提案した。

(1) 魚体損傷防止の見地から、FPは大型化への道を進むほかなく、そのことによって揚水量、即ち揚魚能力を高めて、将来主漁具としての用途を期待すべきである。また単なる移送用には油圧モーター直結水中ポンプが有利である。

(2) 空気式輸送法には圧送式と吸引式\*が考えられ、魚をいためない点でFPに遙かにまさると思われる。固・気・液三相流の形で送れば動力費が大巾に軽減され、補給水の問題も解決されるので理想的である。

(3) 安全な管路輸送法を確立するためには、魚体の生理についての基礎研究が大切である。

(4) 管路輸送の目的は魚を安全に且つ短時間に処理し、しかも省力化を果すことにある。

従って陸上の受入れ体勢の合理化が是非とも必要になる。

この研究はまだアイデアの段階で、実験も予備的なものに過ぎない。今後はせめて半実用的な規模で実験し、理論的な解析も進めて行きたいと望んでいる。諸賢の御教示をお願いしたい。

\* 投稿直前に得た資料(エハラ・フィッシュリフター)によると、筆者の云う吸引式と同じ原理による揚魚装置が株式会社荏原製作所で完成された。能力は60ton/hrで魚体損傷も少ない由。補給水量の極度に少ない点の特徴である。

## 文 献

- 1) 川田三郎 (1961) : ポンプ利用の新しい漁法について. 機械学会誌, **64**(510), 1064-1066.
- 2) 寺田進 (1962) : “ハイドロリックコンベヤ” 254 (日刊工業新聞社, 東京, 日本).
- 3) **Holland Shipbuilding** (1967) : **Purse Seiner 'Selma'**. **16**(7), 42-44.
- 4) 吉牟田長生・田原陽三・三次信輔・矢島信一・川田三郎・添田秀男・吉野鎮夫 (1964) : フィッシュポンプの利用に関する研究-V. 日水誌, **30**(12), 951-954.
- 5) 寺田進 (1962) : “ハイドロリックコンベヤ”, 2-6 (日刊工業新聞社, 東京, 日本).
- 6) 矢島信一・吉牟田長生・三次信輔・田原陽三・川田三郎 (1963) : フィッシュポンプの利用に関する研究-I. 日水誌, **29**(9), 837-839.