

魚の流体輸送に関する研究—II.

汎用ポンプによる活魚の吸揚げ

米 盛 亨*

Studies on the Transportation of Fish Through a Piping—II. Method of Lifting Live Fish with a Standard Water Pump

Tōru YONEMORI*

Abstract

In a previous paper, the author advanced a proposal on the method of fish transportation through a piping without using any fish pump.

In this system based on these suggestions, a fish hold is closed and suppose it to be a large suction strainer box.

When a pump draw up fishes together with water, the fishes can be intercepted by a screen plate, and only water will be discharged from the fish hold through the pump.

Therefore, the pump need not passing any fish, and so, every type of pump can be useful for this purpose.

The experiments performed with model or living fishes, shows that the fish body is not damaged at all, and the pump handling is quite simple.

Generally, a mass produced pump has merits of low cost, small size and high efficiency.

This method is now practicable to lift mackerel from a purse net into the fish hold.

And, a further application of this method, will enable to establish a technique of netless fishing.

ま え が き

前報¹⁾にて魚体の管路輸送に応用可能な種々の方法を提案した。そのうち、圧送式輸送法の項で簡単に示唆した密閉魚倉と普通型ポンプによる網から船内への収納法について、初步的な実験を行なって有望な見通しを得たので報告する。この方式では魚倉全体を一つの大きな吸入漕器と考えて魚群を水と共に吸引し、魚を魚倉内に残して水だけがポンプを通るので、魚体損傷のおそれは全くないわけである。当面は網でしぼられた魚群の吸揚げを目的とするが、将来網なし漁法が実用化される時点においてはFPは極端な巨大化を要求されることになるので、汎用ポンプの優位性は高まる一方であろう。ここに汎用ポンプと称するのは、一般産業に用いられる標準型ポンプの意味であって、FPのような専用ポンプに対応するものである。従って渦巻式、往復式またはロータリー式等どんな型式のものでよいが、必要な流量、揚程、効率の点より渦巻ポンプや斜流ポンプが最適であると思われる。揚魚ポンプは

* 鹿児島大学水産学部漁業機械学研究室 (Laboratory of Fishing Machinery, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

後述するように大容量を必要とするから、船内に装備される他のポンプを利用することはできない。従って、このポンプを特殊な目的例えば活魚輸送用給水ポンプ、応急用ビルヂポンプもしくはサイドスラスタや微速ジェット推進用ポンプ等に積極的に活用するための配慮も望ましい。

実験の方法及び装置

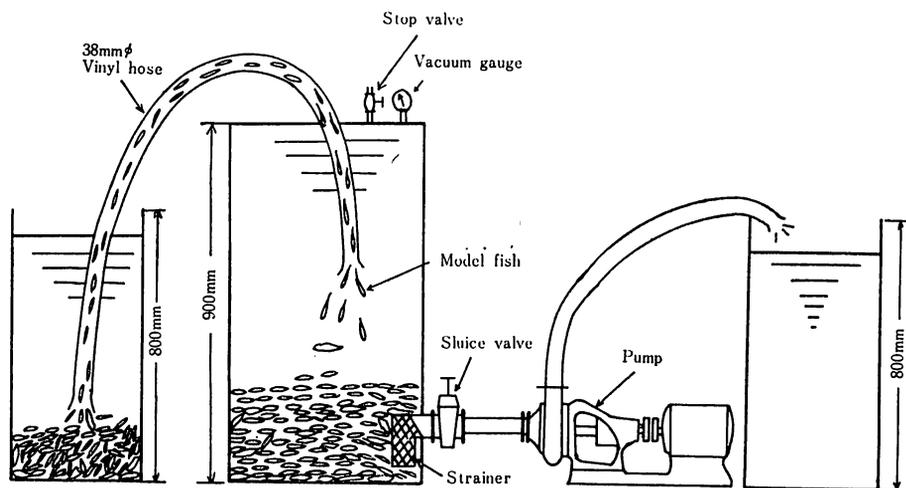


Fig. 1. Principle of Laboratory equipment for the fish lifter which combined a usual water pump.

1. 装置の概要及び使用魚体

(1) 密閉容器

魚倉に見立てたもので 200 l 入りの蓋つきドラム缶に観察窓 2 個、真空計、水位計、照明灯、透明ホース及び濾器等をとりつけた。

(2) 排水ポンプ

手持ちしていた次の 2 台を使用した。

A: 荏原製	25 RSQM 型	1750 RPM	0.4 KW
B: 日立製	BLS-CH 50型	1750 RPM	1.5 KW

(3) ノズル

魚体を吸込ホースに円滑に導くためのもので端面積を一定にして、円錐頂角 30°, 45°, 60° 及び 90° のもの合計 4 個を用意した。

(4) 使用魚体

a: 模擬魚体 (Fig. 2)

鮮魚に見立てたもので、ゴム風船に食塩水を封入して全長 90~100 mm, 最大部直径 20 mm で、全体の比重を鮮魚と同じく 1.05~1.08 に調整したもの 5,000 個を使用した。これは変質のおそれがないので反復使用が可能である。

b: 活魚 (Fig. 3)

全長 80~120 mm のヒブナ 500 尾を使用した。

2. 実験の方法



Fig. 2. Model fishes, made of rubber balloons inflated with salt water.

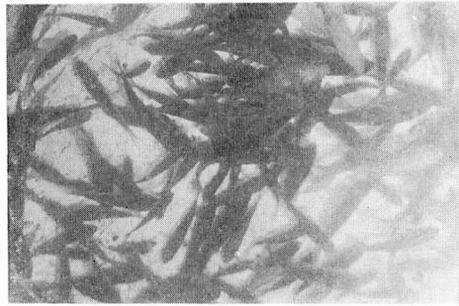


Fig. 3. Living fishes, *Carassius carassius* with length 8~12 cm.

2.1 操 作

先ず、ドラム缶に満水して蓋を密閉する。次に被輸送物容器中に吸込ホースを挿入してポンプを起動する。

2.2 流量の調節及び流速の測定

水だけを吸引し排水を別の容器に受けて吸水量排水量の両方から流量を計算した。Bポンプ使用の際はドラム缶出口の仕切り弁をしばって流量を 72 l/min に調節した。そして、模擬魚体を1個ずつ吸込ませて吸入管の3 m間隔を通過する時間から平均流速を求めた。

2.3 模擬魚体の吸揚げ

80 l入りの容器に20 lの魚体と60 lの水を満たし、最初は水だけを吸わせ残量が60 lになった時吸込口を底部の魚体に近づけて1分間（Bポンプでは30秒）吸込みを行なわせ、容器内残量の魚水比より吸引物の魚水比を求めた。この実験をポンプ別、ノズル別に繰り返した。次に模擬魚体全部を大型水槽に入れて連続吸揚げを行なった。

2.4 活魚の吸揚げ

Bポンプを運転し種々の寸法のヒブナを1尾ずつ吸込口に近づけて、管口におけるひっかかりの模様を検討した。この際各種ノズルの性能も調べた。次に20尾ずつのグループを小型網に収容し、ノズル端を上、横、下の三方向から、10 cmの距離に近づけて5分間の吸込試験を行なった。また、吸込ホース内のヒブナの体長別後退速度を測定して実験式を求めた。最後に大型水槽の一部を網で仕切って500尾の魚を入れ、Bポンプの全力運転で連続吸込みを実験した。

実験結果及び考察

1. 操作に関して

本方式ではポンプの操作が非常に簡単である。ポンプは常に魚倉水面より下にあるから、起動に際して何等の充水操作も不要である。また、船体の動揺等によってノズルより空気を吸引しても、魚倉の水位が低下するのみでFP方式のように致命的でなく、充水再起動という最も煩雑な作業を必要としない。従って魚体密度の極端に高い吸揚げも可能である。

2. 流量、流速の測定及び模擬魚体の吸揚げ

吸込管内平均流速 $V_A=59\text{ cm/sec}$ より計算して理論流量 $Q_A=\pi d^2 V_A/4=40.09\text{ l/min}$ は実測値 40 l/min とよく一致する。

同様にBポンプにおける 110 cm/sec と 72 l/min の関係も妥当である。このことより単体の模擬魚体は水流に乗って非常に円滑に送られていることがわかる。次に 20 l というまとまった魚体の吸込実験結果を Table 1, 2 に示すが、魚水の合計は水だけの流量と大差がない。

Table 1. Volume of the model fish lifted by pump A and B without any suction nozzle

Pump (Velocity)		Test number										Total l/min	$\frac{F}{F+W}$ %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A (59cm/sec)	Fish	11	10	11	10	10	10	11	10	11	10	104	25.9
	Water	29	30	29	30	30	30	29	30	29	30		
B (110cm/sec)	Fish	26	28	26	26	26	24	26	28	26	26	262	35.7
	Water	46	44	46	46	46	46	46	44	46	46		

Table 2. Volume of the model fish lifted by pump B (110cm/sec) with some typical suction nozzle

Nozzle type		Test number										Total l/min	$\frac{F}{F+W}$ %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
90°	Fish	28	28	26	28	28	28	28	28	26	26	274	37.5
	Water	46	44	48	44	46	46	46	44	46	46		
60°	Fish	28	28	28	28	28	28	26	28	28	26	276	38.1
	Water	46	46	44	44	44	44	46	44	44	46		
45°	Fish	26	28	28	28	28	30	28	30	28	28	282	39.3
	Water	46	42	44	44	44	42	44	42	44	44		
30°	Fish	30	30	28	30	30	28	28	28	30	30	292	40.6
	Water	42	42	44	42	42	44	44	44	42	42		

このことは混相流の輸送でも流量が殆んど減少しないことを示す。その理由は、魚体密度がある限度に達するまでは摩擦損失がそれほど増加しないか、たとえ損失水頭が多少増えてもポンプの特性上、流量が余り変化しないからであろう。今回の実験ではポンプ駆動々力の計測が行なわれていないし、ドラム缶に取付けた真空計も適当でなかったためこの点を判断

する資料を得ていない。まことに貧弱な資料であるが、計測器の不備による精度の低さをカバーする意味で実験回数だけは極力多くした。

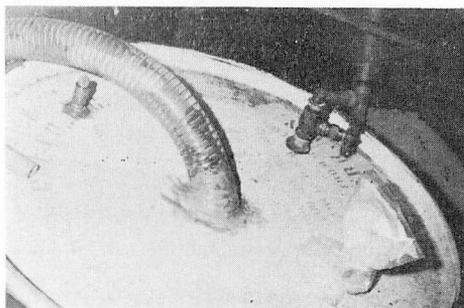


Fig. 4. Model fishes are in transit through a suction hose.

この幼稚な実験の結果から更に推論するならば次の3点も予測し得る。(1)使用した漉器の孔合計面積は 41 cm^2 でホース断面積にほぼ等しいにも拘らず、魚体とそのまわりに堆積した状態で閉塞の傾向を示さなかった。実用に際して魚体にも悪影響のない大型スクリーンを設けることが可能と思われる。(2)粗雑な密閉方法にも拘らずパッキン部から空気を吸込まないので、連続実験中もドラム缶の水位低下が見られない。実船の水位の関係から見てもそれほど高い真空にはならないので、魚倉の設計に極度の配慮を要しない。(3) Table 1 より魚体吸揚率は流速が大となるほど向上するが、同一管路については流量は流速に比例するから、魚体みの吸揚量は流速比 V_B/V_A と吸揚率比 S_B/S_A の積の割合で増える。一方、摩擦抵抗損失は $(V_B/V_A)^2$ に比例し、 S_B/S_A が大となることは多少とも抵抗増加につながる筈である。従って鮮魚輸送に際して流速を過大に設計することは得策でないことがわかる。むしろホースの口径 d を大きくして、流量 (d^2 に比例) に対する摩擦抵抗 (d に比例) の割合の減少をはかる方針をとるべきである。

3. 活魚の吸揚げについて

この吸揚方式は主として活魚を対象とするものだけに、種々の項目を設定して検討したが、多くは矢島²⁾ らが行なった実験結果と定性的に一致した。また吸込ノズルの性能や魚の習性に関する知見が多く、これらは FP 使用の場合にも共通することで本方式独特のものでないから、なるべく省略して他日まとめて報告したい。ただ特徴的なことを列記する。

(1) A ポンプでは吸込困難で無理に吸込ませても途中から逃げ帰るものがあった。B ポンプの流速 110 cm/sec では全部の魚が吸込まれたが能率が悪かった。活魚は頭から吸込まれることがまれで、一般には水流に逆らって尾部から吸込まれる。従って活魚輸送においては (流速 - 遊泳速度) の値によって性能がきまるといっても過言でない。対象魚種の遊泳力を正しく設定することが大切であり、設計流速のわずかな増加で吸込能力は飛躍的に向上する。従って、場合によっては吸込側ホースの口径を標準より小さくすることも必要で、前述の鮮魚輸送の設計方針とは対照的である。

(2) 適当なノズルを使用した場合、 38 mm のホース内径に対して安全に輸送される体高の限度は、頭部から吸込まれるものと尾部からのものでそれぞれ 45 mm , 40 mm であった。この差はヒレのひっかかりによるものであるが、いずれにしても活魚の通路に羽根車のよう

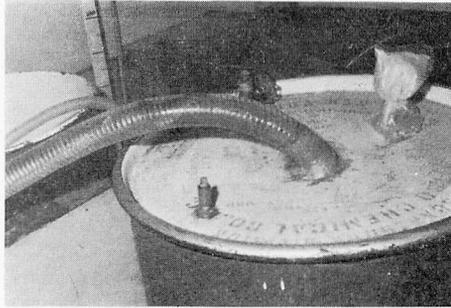


Fig. 5. A living fish swimming upstream, but it is carried down into the can.

な危険物がなく、弾力のあるホースだけで構成されているためであろう。

(3) ドラム缶内に吸込まれた魚の遊泳状態は予想以上に楽で、約4時間の連続運転でも濾器に吸付けられるものはなく、そのために死亡する魚はなかった。また、剥離したウロコによる閉塞も起らず、実用化に際しては十分な安全設計が可能である見通しを得た。(Fig. 6)



Fig. 6. Living fishes, swimming in the closed can with pump in motion.

(4) 魚体の損傷は、トタン製ノズルによる擦過傷(ウロコの剥離)だけであった。500尾の吸揚げ終了後、ドラム管水位を1/10に減らし、魚水比1対5で水の補給を続けて飼育したが、吸込実験、飼育実験を通じて4日間の死亡率は0.8%であった。ノズルを合成樹脂製とし断端をベルマウス状に仕上げたもので同様実験を行なった時の死亡率は0であった。損傷が少なかったので現在に至るまで病気も発生していない。

(5) 流速2 m/sec (流量130 l/min)で約250尾の連続吸揚げに約25秒を要した。このヒブナ250尾は容積にして僅かに2.2 l程度のものである。鮮魚の2.2 lならばTable 2より $2.2 \times 60 / 130 \times 0.4 \approx 2.5$ 秒で吸揚げられる筈であるが事實は10倍の時間を要している。活魚の遊泳力がいかに影響しているかが推察できる。また、残りの250尾を全部吸揚げのには更に5分を要した。

このことは活魚の場合、その魚群集約がどんなに大切であることを示す。魚群密度が小さくなると当然に被輸送物の魚水比が低下することのほか、魚の運動が自由になるために、ノズルで捕捉することが困難になる。従って、活魚吸揚の成績は揚魚装置の性能にもよるが、特にホースや網の操作技術に左右される。さらに、網なし漁法においては集魚灯や電載装置等魚群集約、運動拘束の最新技術を駆使せねばならない。

そ の 他

1. ノズルの性能

4種のノズルの成績は Table 2 に示す限りにおいては頂角 30° のものが最も良好であった。水力学的には $5\sim 6.5^\circ$ のものが抵抗損失は最小といわれるが、魚体吸込に際してノズル頂角を決定する要素は魚体寸法（特に体長）とホース内径との関係であって、小口径のホースに体長の大きな硬骨魚を導くためにはノズル端径を大きくする必要上、ノズル長を制限すれば当然に頂角は大となる。また、活魚に対しては頂角は幾分小さい方がよい筈である。ノズルを用いない時は吸込率も低く、横腹を吸付けられて負傷し易い。Table 2 より結論することは不可能であるが感じとして $15\sim 30^\circ$ の間が活魚には適当と思われる。

2. 漁獲後の処理

この方法で収納した漁獲物は倉内を一定の密度で遊泳しているわけで、ポンプ運転のまま吸込ホース端を空中にあげると水は簡単に排出され、魚体だけの堆積を生ずる。従って魚と水を交互に積み重ねる水氷式冷蔵法は適用できないので、直ちに冷水を注ぐ冷海水式冷蔵法が適当であろう。全魚倉を冷水式にすることは冷凍機能力より見て大変なので、一部の魚を魚倉内で生かしたまま持ち帰る方法も検討中である。活魚輸送は非常に難しい技術であり、魚種もそれに値するものでないかも知れないが、魚が無傷であること、輸送日数の短いことと吸揚げ用の大容量ポンプの活用による大量給水の可能な点をたのみとして、経済的な収容密度を求めたいと考えている。

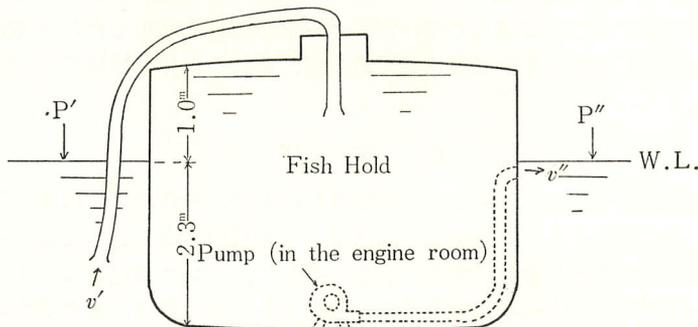


Fig. 7. An example applied a usual water pump to a 200 ton class fish carrier (purse seiner).

3. 実船に適用の基本的考え方

Fig. 7 にて本方式を 200 トン型旋網付属運搬船に適用する場合の考え方を説明する。

機関室底部に据付けられたポンプは、魚倉水面はもとより海面に対しても常に下位にある。従ってポンプ内は吸入弁を開くことにより自動的に充水されるので、起動操作が簡単である。ポンプに要求される全揚程は、

$$H = \frac{P'' - P'}{\gamma} + Ha + h + \frac{V''^2 - V'^2}{2g}$$
 で表わされるが P', P'' は共に同一大気圧であり、流速 V', V'' も等しいと見なすことができる。また吸水面、吐出面は同じ海面であるから実揚程 $Ha = 0$ である。従ってポンプの全揚程は管系の全損失水頭 h に等しく、 $h = h_1 + h_2 + h_3 + \dots$
 $\dots = f_1 \frac{V_1^2}{2g} + f_2 \frac{V_2^2}{2g} + f_3 \frac{V_3^2}{2g} + \dots$ となる。これらの個々の損失水頭を大きい順にならべると、

(1) 吸水ホースの摩擦抵抗 h_1

この部分は魚水二相流となるから f_1 の値は大きく、活魚吸込では魚の遊泳速度を考慮するためにホース内流速 V_1 も大となるから設計上の最重点である。 f_1, V_1 の値は鮮魚と活魚とで異なり、魚体輸送に特有のものであるから、精密な実験結果に俟たねばならない。一定能力のポンプで大きな値の V_1 を得るためには、吸込ホースの内径をポンプ口径より小さく選定する。

(2) 管路の急拡、急縮による損失水頭 h_2

ホースが魚倉内で開口するところ及びポンプの吸込口で管路は急激に拡大、縮小される。この場合 $D/d=\infty$ と考えて f_2 を定める。(D : 魚倉内法, d : 吸込管径)

(3) ポンプ吸入弁、吐出弁及び濾器の損失水頭 h_3

弁の型式や個数等によって f_3 はきまる。ポンプを多目的に活用しようとするれば弁の数も増えるので h_3 は大きくなる。

(4) 吐出管の損失水頭 h_4

この部は水だけ流れるので管径を大きく設計すると f_4 は小さく、 V_4 も標準値以下となる。

以上主なものだけあげたが、管の仕上げ、材質、曲率や長さ等設計、施工の可否で大きく変化する。

いま、サバを対象として吸込ホース内径 200 mm, 吸込流速 4.0 m と仮定した場合 260 mm の標準ポンプを用いて、揚水量 450 ton/hr, 駆動々力 12 ps という概算値を得た。

h_2 以下の計算はすべて信頼度の高い資料³⁾に基づいて行なったが、 h_1 については仮定が多く、この数字を公表することは適当でないが、今後早い機会に修正したいと考える。450 トン×活魚の吸込率が1時間当りの実揚魚量であるが、これこそ今の段階で軽々しく推断すべきものではない。

む す び

本方式の最大の目標であった魚体を全く傷つけない点と、操作がFPに比して簡単であることは実験によって確認された。同時に、汎用ポンプを利用することは安価で重量容積が小という利点につながることも容易に想像できる。そして、ポンプの配置より考えて、動力費が大巾に節約され網なし漁法に好適の方式であることも強調し得る。また前報の予備実験で危惧された吸込口における閉塞事故は⁴⁾、今回程度の実験規模になると発生しなかった。この方式の小型移動式の装置はその魚体に対する安全性を評価すれば、養魚場における小型魚移送に応用し得る。

以上、種々の利点をあげたが、この方式を実船に適用するに際しては魚倉構造、冷蔵法その他の面において難点があることも認めざるを得ない。今回の実験はその方法が極めて原始的で、余りに浅く広く行なわれたために、推論のみ多くて定量的な結論が得られなかった。今後、設備を充実して実験を追加の上完全を期したい。

文 献

- 1) 米盛亨 (1968): 魚の流体輸送に関する研究-I. 鹿大水産学部紀要, 17, 73-85.
- 2) 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.
- 3) ポンプ設計・計画データ集編集委員会 (1966): “ポンプ設計・計画データ集”, 93-134 (日刊工業新聞社, 東京, 日本).
- 4) 米盛亨 (1968): 魚の流体輸送に関する研究-I. 鹿大水産学部紀要, 17, 82.