

養殖魚用ワクチン接種装置の開発

村木 優介¹、青木 伸也²、栗山 敏秀²、土井 誠³、那須 敏朗⁴

要旨

魚の養殖業においては感染症の予防のために養殖稚魚に対するワクチン接種が行われている。このワクチン接種作業は、従来、手動の注射器を用いて行われてきたが、1日当たり数万尾単位の養殖稚魚を対象に行う必要があるため、作業者の負担の軽減や効率向上が求められている。

今回は、作業時間短縮による作業者の負担軽減を目的として、力センサーを用いて注射針が魚に刺さった事を検出し、ワクチンを一定量注入できる固定型接種装置を開発した。この新型接種装置を用いて白浜の水産養殖種苗センターで性能確認の実験を行った結果、1尾当たり40%から50%の作業時間短縮という結果が得られた。

キーワード：水産養殖、ワクチン接種、接種装置、力センサー

1. 緒論

我が国の水産業における養殖魚の割合は全体の20%を超え、タイ、ブリ、フグなどは養殖による生産量が天然を上回っている状態となっており、今後も増加傾向にある。養殖魚は国民の生活に欠かせない存在であるが、養殖業では養殖魚が病気に罹ってしまうと、大量の魚が手の打ちようもなく死んでいくというケースがある。その対策として感染症予防にワクチン接種が行われている⁽¹⁾。

養殖魚へのワクチン接種法は、餌にワクチンを含ませて長期的に接種する経口法、1度に大量の魚をワクチン液に浸す浸漬法、注射器を用いて魚に直接ワクチンを接種する注射法がある。

水産用のワクチンであるイリド、レンサ、ビブリオ混合不活化ワクチン「ビケン」は非常に高価であり(200mL当たり10万円)、経口法、浸漬法は一度に大量のワクチンを消費することや魚の種類によっては使用できないことがあり、ワクチン接種量を確実に調整でき少量で済む注射法が主流となっている。従来のワクチン接種で使われているピストル型注射器では一方の手で魚をつかみ、他方の手でピストル型の注射器を操作しワクチン接種を行う方法が一般的である。しかし、この注射法は1度に1匹ずつしかワクチン接種できず手間が非常に掛り、魚にかかる負荷も大きいなど、様々な問題点が浮かび上がっている。さらに注射法では1日当たり数万尾を対象にワクチン接種する場合、多くの作業者が必要である。また、素早く作業を行うためには作業にある程度習熟しなければいけないので、人手が足りないという状態である。

本研究では、作業効率化とともに、誰が使っても簡単にかつ従来の注射器を使うよりも素早くワクチン接種を可能とする新型のワクチン接種装置の開発を目的とした。

原稿受付 2013年11月21日

1. 近畿大学大学院生物理工学研究科機械制御工学専攻, 〒649-6493 和歌山県紀の川市西三谷 930
2. 近畿大学生物理工学部システム生命科学科, 〒649-6493 和歌山県紀の川市西三谷 930
3. 近畿大学先端技術総合研究所, 〒642-0017 和歌山県海南市南赤坂 14-1
4. 近畿大学水産研究所水産養殖種苗センター, 〒649-2211 和歌山県西牟婁郡白浜町 1-5

2.1 新型ワクチン接種装置の構成

新型ワクチン接種装置は、図1の従来のワクチン接種で使われている圧縮空気を動力とするピストル型注射器をベースに、接種作業を容易にし1尾当たりの作業時間短縮を目的とし製作した。



図1 従来型（ピストル）注射器

新型ワクチン接種装置の注射部を図2に示す。注射針の根元に圧力板付きのロードセルを設置しているため、魚を注射針の根元まで押しつけると身が圧力板に接触することにより、注射針が魚に刺さった事を検出できる構造となっている。

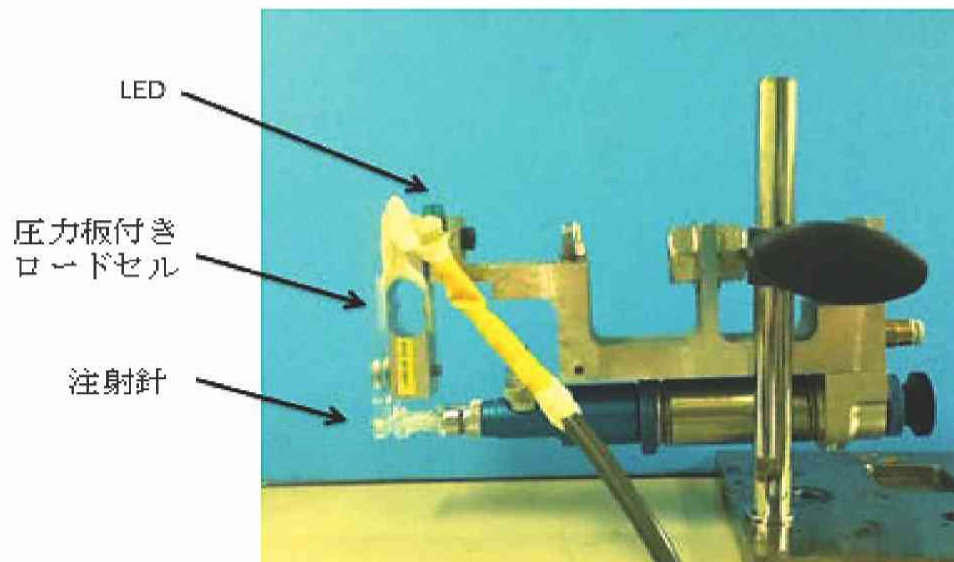


図2 新型ワクチン接種装置の注射部

新型ワクチン接種装置の制御回路部を図3に示す。新型ワクチン接種装置は塩水が飛び交う環境での使用を前提としているので制御回路部は防水ボックス内に設置している。

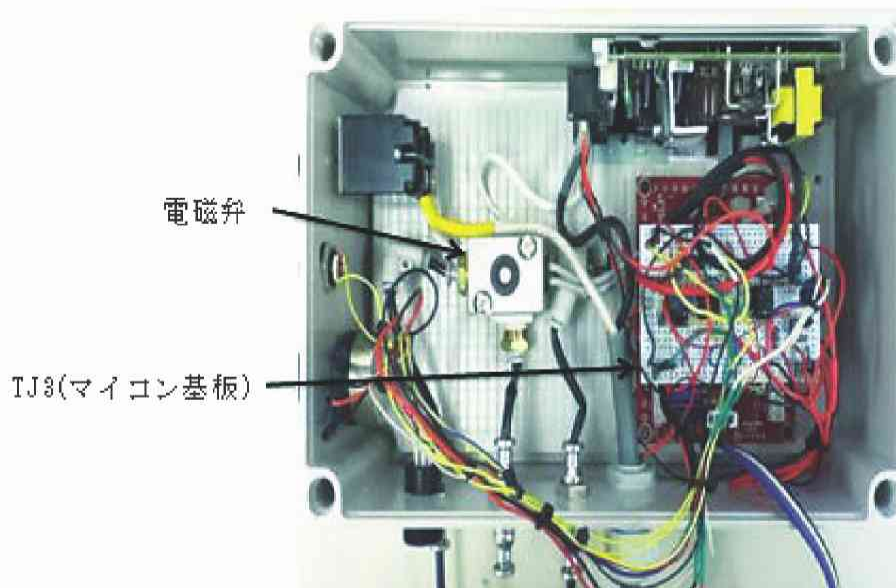


図3 新型ワクチン接種装置の制御回路

新型注射器でのワクチン接種による各構成部分の働き（赤が機械的、緑が電氣的、青が圧縮空気）を図4に示す。新型ワクチン接種装置は魚を注射針に押しつけたときの荷重を力センサーであるロードセルにより測定し、その信号をTJ3(マイコン)で読み取り、荷重によって増幅したロードセル信号が閾値を超えるとLEDが発光し、同時に電磁弁の開閉を制御するプログラミングにより電磁弁を開くことで、コンプレッサからの圧縮空気が注射器に送り込まれてワクチンを発射する構成となっている。可変抵抗での調整によりワクチン接種に必要な荷重の閾値を自由に調整する事が可能である。

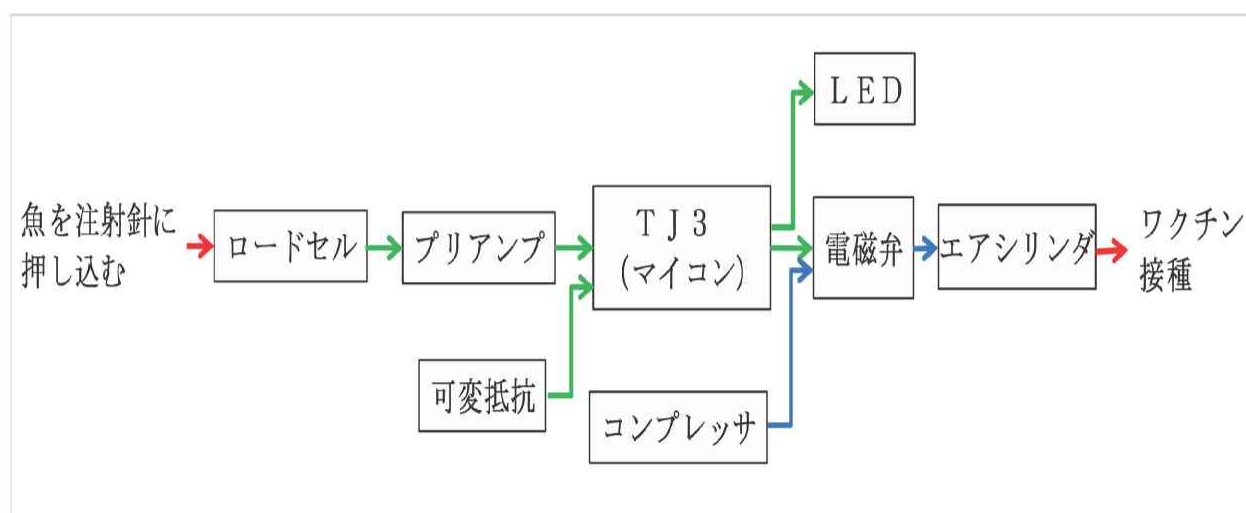


図4 新型ワクチン接種装置のワクチン接種動作ブロック図

養殖魚へのワクチン接種に対応するプログラムのフローチャートを図5に示す。

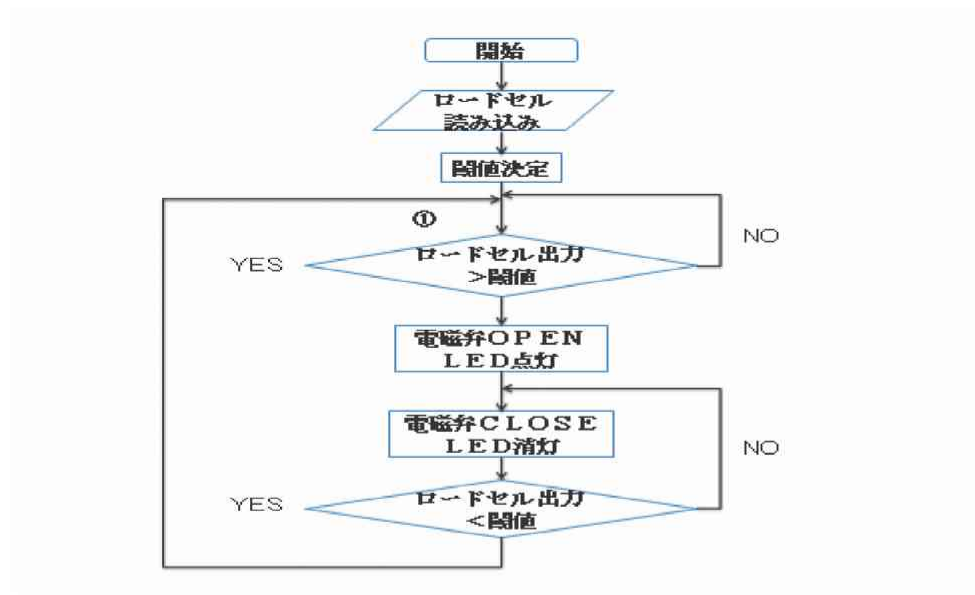


図5 ワクチン接種のフローチャート

図5において、プログラム開始時での「ロードセルの読み込み」では魚を注射針に押し付けず、ロードセルに荷重がかかっていない状態で信号電圧を読み取り、その最大値よりも僅かに高い領域に閾値を設定することで魚を注射針に押しつけた状態でのワクチン接種時における最小荷重を決定する。この動作は使用するロードセルにより感度が異なるので、どのロードセルでも正確にワクチン接種するために必要な動作である。

①からの動作は、魚を注射針に押しつけた状態で圧力板付きのロードセルにかかる荷重による出力の変化をマイコンで読み取り、「ロードセル出力<閾値」ならば、「ロードセル出力>閾値」になるまで待機となり、「ロードセル出力>閾値」ならば電磁弁がOPEN、LEDが点灯して、その秒後に電磁弁がCLOSE、LEDが消灯し、「ロードセル出力<閾値」になるまで判定を繰り返し条件が満たされれば①の状態に飛び以下の動作を繰り返していく。

図6に青を従来型の動作、赤を新型の動作、黒を従来及び新型の共通動作としたワクチン接種作業の工程比較を示す。

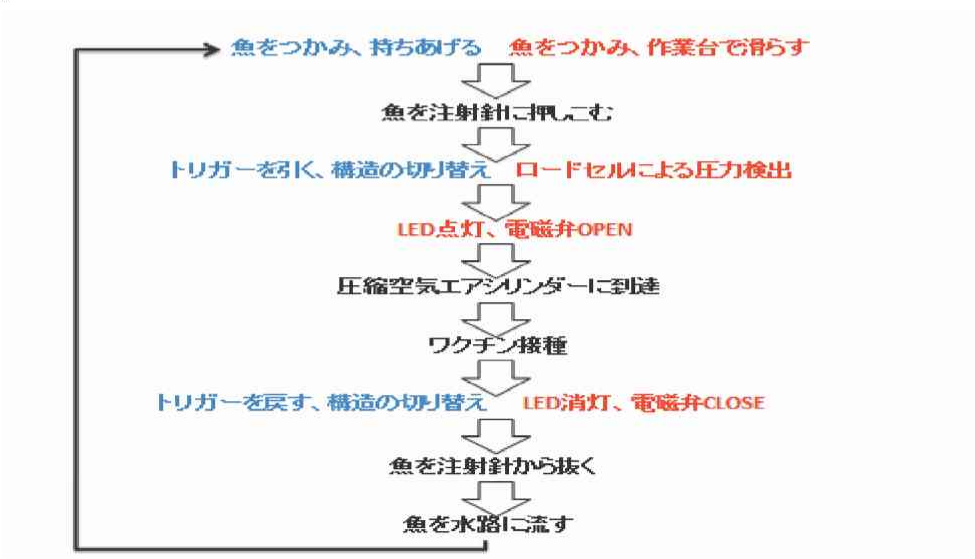


図6 新型及び従来型作業工程

ワクチン接種箇所は魚の腹部分と決まっているので、従来法では利き手と逆の手で魚を持ち上げる必要がある。この方式では利き手と逆の手で暴れる魚をつかむ必要があるため、作業馴れしない作業非熟練者にとっては大きなタイムロスとなってしまう。これに対して、新型装置を使ったワクチン接種作業においては両手を使つての操作に加えて、台の上の魚をスライドさせて注射針に押しこむだけで済むので、素速く正確なワクチン接種ができる。また、両手での操作が可能なので、1度に2匹ずつの魚のワクチン接種や、暴れて片手ではつかみにくい魚には両手での操作など状況に応じて使い分けることができるので作業の効率化が期待できる。

2.2 魚への穿針力計測

魚を注射針に押し込んだときの荷重をロードセルで検知できるかの確認のために作製した実験装置を図7に示す。この装置はロードセル内蔵のキッチンスケール上に魚をのせて注射針を刺し、キッチンスケールの値変化を計測するもので、目盛付移動台の先端に注射針（根元周りにアクリル板製の圧力板）を取り付けておくことで精密な計測をすることができる。

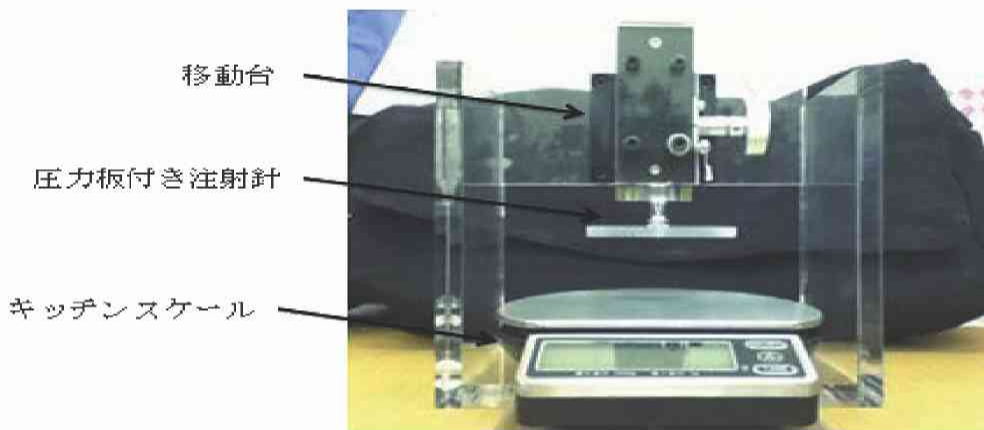


図7 穿針力測定器

この実験では実際のワクチン接種と同様に魚(アジとサンマ)の腹に注射針を1mmずつ押しつけていき、その状態でのキッチンスケールが示す値を記録した。計5回の値をグラフにまとめた結果を図8及び図9に示す。

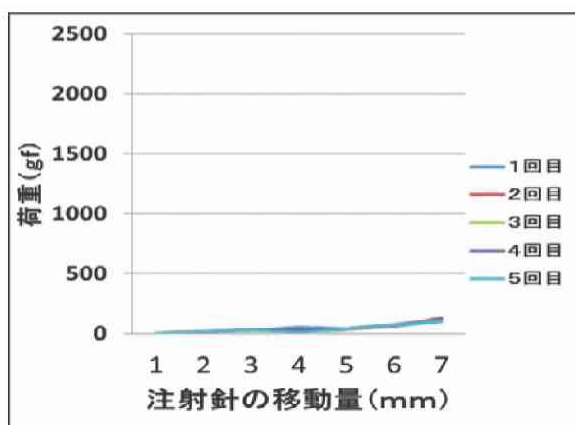


図8 サンマ穿針力計測結果

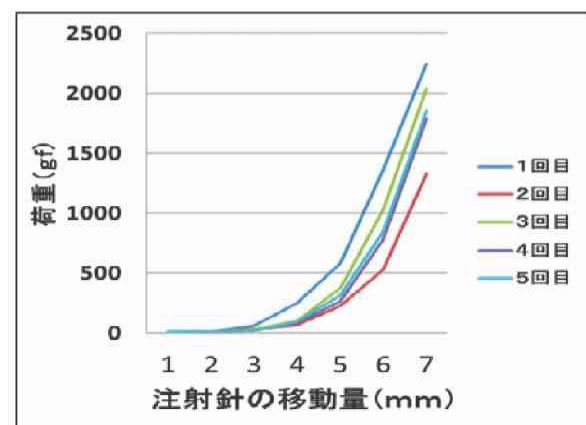


図9 アジ穿針力計測結果

図8及び図9より魚に注射針を押し込んだ状態の穿針力を計測できることが確認できた。サンマ、アジ共に5mmで荷重が上昇を始めるのは注射針の長さは5mmであり、十分に魚の身が針に刺さったためである。例えば、サンマであれば、魚を注射器に押し付けた状態の圧力が230gの荷重であれば、新型注射器でのワクチン発射の条件を満たすことになる。

また、種類に応じて穿針力に差があっても力センサーを用いれば増幅器の増幅率の調整や、マイコンのプログラミングを書き換えることで、どんな種類の魚でも力センサーによる針が刺さった事の検出は可能である。

2.3 新型ワクチン接種装置ワクチン発射速度

新型、従来型注射器のワクチン発射速度について比較を行った。具体的には注射針からワクチンが出始めてから出終わるまでの時間を測定するために、液晶デジタルカメラ EX-FC150 の1000コマ/秒のハイスピード動画撮影機能を利用して、注射針から薬液が出始めてからで終わるまでの発射時間を測定した。従来型、新型ともに圧縮空気による圧力とワクチン発射速度の関係の確認もありコンプレッサの圧力0.2～0.6MPaにそれぞれ調整して撮影を行った。ただし今回はワクチンではなく水道水を使用した。結果を図10に示す。

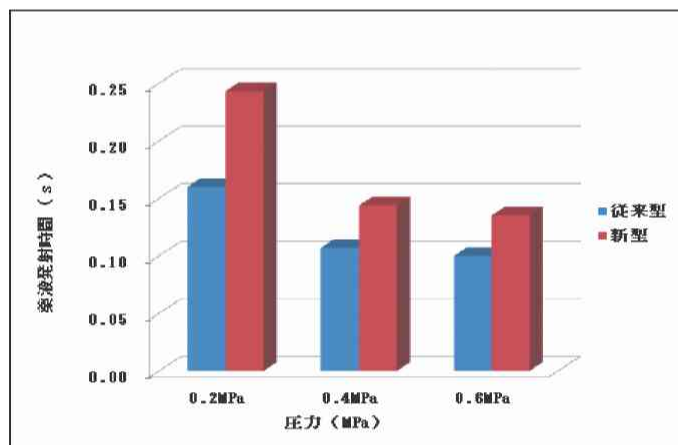


図10 従来型、新型のワクチン発射速度の比較

図10より従来型、新型共に圧縮空気の圧力を強めればワクチン発射時間が短縮されることが確認できた。圧縮空気の圧力0.4MPa以上であればワクチン発射に必要な時間は0.2秒未満であることが示された。従来型の方が新型よりもワクチン発射速度が速いという結果は、注射器から圧縮空気の切り替え箇所までの距離の差であると考えられる。従来型は切り替え箇所と注射器との距離はほんの3cmほどであるが、新型では切り替え箇所である電磁弁と注射器の距離が1m程離れているためである。

今回は水道水を用いて実験を実施したが、今後はワクチンでの実験を行う予定である。

2.4 新型ワクチン接種装置のワクチン接種量

ワクチン接種は魚種や成長時期にもよるが、1尾ごとの接種量は0.1mLと定められている。一度に20回発射した合計値の平均を計20回ごとのワクチン発射量を0.001gまで測定可能である重量計を用いて発射量を測定した。ただし今回はワクチンではなく水道水を使用した。測定した結果を図11に示す。

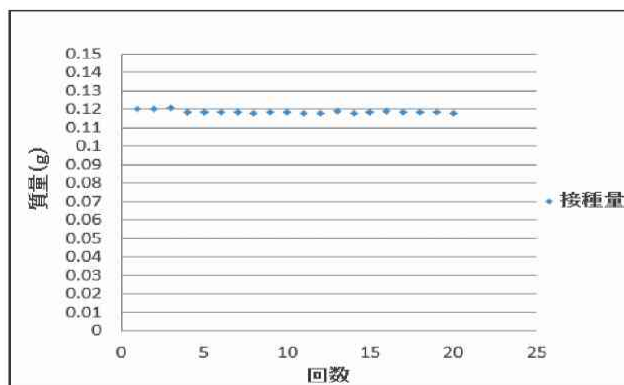


図 11 ワクチン接種量

図 11 より 1 回の接種毎に発射するワクチン量は 20 回毎の平均値 0.12g、標準偏差 0.008 g という結果となった。規定のほぼ 0.1mL あることが確認できた。

3. ワクチン接種時間の比較実験

作業熟練者、非熟練者共に 3 名ずつ 1 人当たり 40 尾のワクチン接種作業を行い、その様子を動画撮影し作業時間を測定した。ただし、本実験では魚に接種するのはワクチンではなく塩水を使用した。図 12 および図 13 に従来型および新型のワクチン接種作業、1 尾あたりの平均作業時間を図 14 に示す。



図 12 従来型ワクチン接種作業



図 13 新型ワクチン接種作業

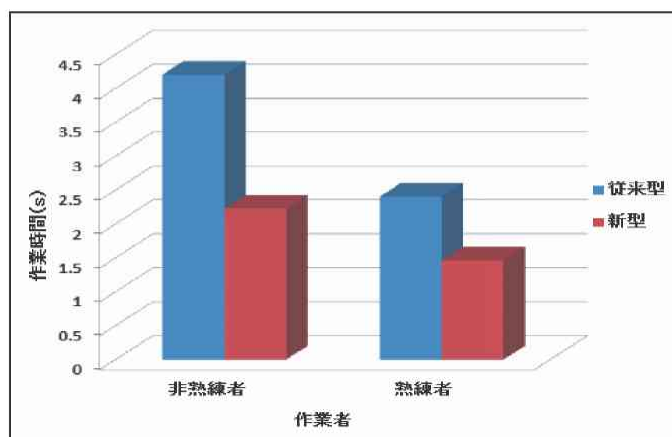


図 14 1 尾当たりのワクチン接種作業時間

図 14 より新型注射器を用いることで、1 尾あたりの作業時間は非熟練者約 50%、熟練者は約 40%短縮することができた。

作業時間の短縮の要因としては大きく分けて 3 つあると考えられる。第 1 に、1 度に 1 匹ずつの魚しか処理していけない従来型注射器と異なり、新型注射器は作業台に固定により両手での操作が可能となり、1 度に 2 匹ずつ処理できる事で作業短縮できたため、2 つ目は、魚を利き手とは逆の手で持ち上げ注射針に押し込むのではなく、作業台の上を滑らせながら利き手や両手での操作ができること、3 つ目は、魚へのワクチン接種完了の LED 点滅による目視化だと考えられる。

4. 結論

力センサーを用いた注射針が魚に刺さった事を検出し連続的にワクチンを一定量注入できる新型注射器を用いる事で、作業非熟練者、熟練者共に養殖稚魚 1 匹当たりのワクチン接種時間を短縮することができた。今後は開発した新型注射器での操作が熟練すれば、さらなる作業時間の短縮が期待できる。

5. 謝辞

本研究において、実験用の養殖稚魚へのワクチン接種作業において協力していただいた水産養殖種苗センターに感謝します。

6. 参考文献

- (1) 杉本 公彦 (2011) 増える養殖魚へのワクチン接種、徳島水研だより、第 76 号 1-2.

英文抄録

Vaccine injection system for cultivated fry

Yusuke Muraki¹, Nobuya Aoki², Toshihide Kuriyama², Makoto Doi³ and Toshiro Nasu⁴,

In the fish aquaculture, vaccination is performed to prevent infections. Although the vaccination has been conventionally performed using a manual injector, improved efficiency and reducing operator's burden need to be addressed.

In order to reduce the operator's burden by shortening time of each injection, we developed the fixed mount type injector that can detect the insertion of the hypodermic needle, and then inject the pre-fixed amount of vaccine. Its performance was tested at the Regional Fisheries Research Laboratories in Sirahama. The results of the experiments showed that working-hours were shortened by 40%–50% when using the automatic injector.

Key words : , Fish culturing implant, Vaccination, Injection equipment, Force sensor.

1. Department of Biotechnological Sciences, Kinki University, Wakayama 649-6493, Japan

2. Department of Computational Systems Biology, Kinki University, Wakayama 649-6493, Japan

3. Institute of Advanced Technology, Kinki University, Wakayama 624-0017, Japan

4. Fish Nursely Center, Kinki University, Shirahama, Wakayama 649-2211, Japan