

養殖場における低コスト水温監視システムの開発

小田原 幸生* · 景平 真明**

*生産技術部 · **大分県海洋水産研究センター 内水面研究所

Development of Low Cost Water Temperature Monitor System for Nurseries

Yukio ODAWARA · Masaaki KAGEHIRA*

Production Engineering Division · *Freshwater Laboratory, Oita Institute of Marine and Fishery Science

要旨

ドジョウ養殖池は水田を利用しているため水深が浅く、夏場に急激な温度上昇が起こり易いが、養殖池の水温を適正に保つことにより種苗の良好な生育が得られる。そこで、429MHz帯特定小電力無線通信を用い、養殖家の自宅から離れた場所にある養殖池の水温を監視できる安価なシステムを開発するとともに、無線通信のSN比を向上させることにより通信距離の拡大を図る研究を行った。

1. はじめに

養殖業において、最近では海外生産地との競争のため、生産コストの低減と品質の向上が求められている。養殖に携わる人達にとって養殖池の見回りは大切な仕事であるが、養殖池が居住地から離れている場合、負担になっており、省力化が求められている。そこで、水温管理の有効性を検証し、429MHz帯特定小電力無線通信を用いた遠隔水温監視システムの開発を行った。また、特定小電力無線通信において、受信アンパやビーム・アンテナの使用により通信のSN比を向上させ、無線通信の距離の拡大を図ったシステムの概略を Fig.1 に示す。

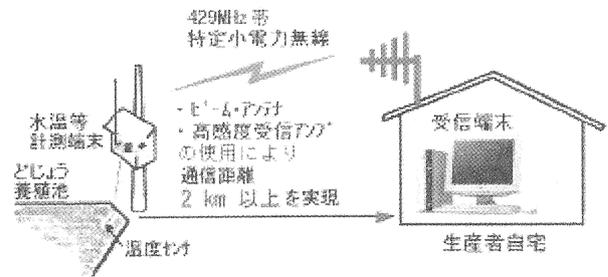


Fig.1 システムの概略図

2. ドジョウの養殖と水温監視の必要性について

2.1 ドジョウ養殖の背景

ドジョウはかつて身近な里の魚として食されていたが、稲作の近代化とともに資源が減少し、現在では希少な食材になった。しかし、国産の養殖ドジョウは食味が良く、ドジョウ養殖は休耕田の有効利用対策として注目されている。内水面研究所では、平成9年度から養殖用の種苗を供給し、養殖技術の開発及び普及を行っている。

養殖は水田を利用して行われ、水田は日当たりがよい場所にあるので止水状態で水温上昇は避けられない。このため、生産者は養殖池面に寒冷紗を張り、地下水や河川水を注水するなどの対策を講じている。

Fig.2 にドジョウ養殖池の例を示す。

2.2 ドジョウ養殖における水温と成長の関係の調査

これまで生産者の水温管理の対応はまちまちであったため、ドジョウの水温別成長量の調査を内水面研究所で実施した。試験は、水温を22℃から36℃まで2℃刻みで設定した試験水槽(60 cmガラス水槽、水深 約 30 cm)を用意

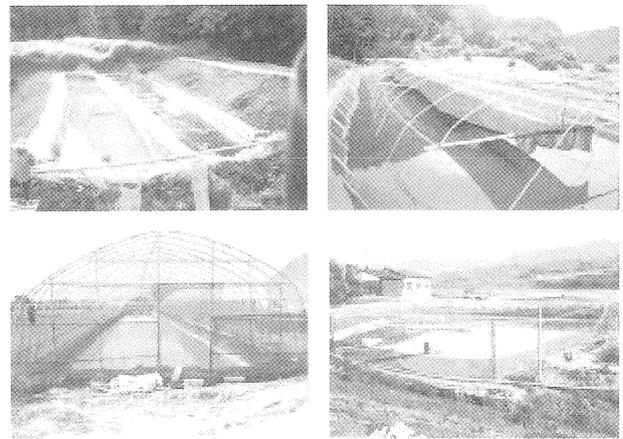


Fig.2 ドジョウ養殖池の例

し、それぞれの水槽に平均体重0.68gのドジョウを90尾ずつ収容し、10日間飽食給餌し、その間の摂餌量と成長量を求めた。試験結果を Table 1 に示す。摂餌量が最大となったのは32℃区であるが、増重倍率をみると、最大の増重倍率を示したのは22℃区で、飼育水温が高いほど低下する傾向がみられた。このため、飼料効率は22℃区を最大に飼育水温が上がるほど顕著に低下した。今回の試験結果から、ドジョウの摂餌が活発になる水温と養殖適正

Table 1 ドジョウ水温別成長量の測定結果

試験区	22℃	24℃	26℃	28℃	30℃	32℃	34℃	36℃
開始時個体数(尾)	90	90	90	90	90	90	90	90
開始時総体重(g) -①	60.9	60.1	62.2	61.4	61.4	61.5	61.7	59.8
終了時個体数(尾)	90	90	90	89	90	90	90	71
終了時総体重(g) -②	65.2	64.0	65.6	63.7	60.2	62.7	63.4	37.9
増重倍率 (②/①)	1.07	1.06	1.05	1.04	0.98	1.02	1.03	0.63
総摂餌量(g) -③	10.5	17.5	17.7	23.1	22.8	36.9	34.5	19.8
飼料効率(%)	40.8	22.2	19.2	13.0	-5.3	3.3	4.9	-26.3

※飼料効率 = {(終了時総体重 - ①) + 斃死個体重量} / ③ × 100

水温とは大きく異なっていることが分かった。つまり、ドジョウ養殖においては水温を高く上げないことが飼料効率の点で有利であることが明らかになった。

3. 特定小電力無線を用いた水温監視システムの開発

今日、データ通信に携帯電話が手軽に利用できるようになったが、山間部では携帯電話の通話エリア外の地域が多いので、本システムでは免許を必要とせず、かつ、使用料が発生しない特定小電力無線を用いた。併せて、特定小電力無線データ通信において受信感度を上げ、また、通信SN比を向上させて通信エリアの拡大を図る研究も行った。

3.1 試作した水温監視システムについて

水温監視システムの計測端末には、429 MHz 帯無線モデム(アルインコ株 XH4001, Fig.6)を用い、温度計測及び送信制御にマイクロプロセッサ(株日立製作所 H8/3664)を用いた。受信端末の受信機(Fig.9)には無線ユニット(アルインコ株 XE708, Fig.6)と、マイクロプロセッサ KL5C80A16(川崎製鉄株)を用いた。受信機は受信データ4桁を表示し、受信データをパソコンに送る。また、アンテナ入力(dBμ)を示すシグナル・メータを有する。現在、当センターと内水面研究所において改良と試験運転を実施している。(Fig.3~Fig.5)

3.2 受信アンプの試作について

特定小電力無線は電波法により送信電波出力が 10mW に制限されているので、通信距離は郊外で 1~2km 程度とされる。一方、農・水産関係者からこれ以上の通信距離を

Table 2 429MHz 帯特定小電力無線の近傍の電波利用

周波数(MHz)	区分	用途
420~429 未満	特定小電力無線	業務用トランシーバ レジャー用トランシーバ テレコントロール 医療用テレメータ その他
429~430 未満		テレメータ,テレコントロール他 データ通信用
430.0~431.4 未満	アマチュア無線	電信, データ通信
431.4~434.0 未満		FM トランシーバ
434.0~440.0 未満		その他の利用

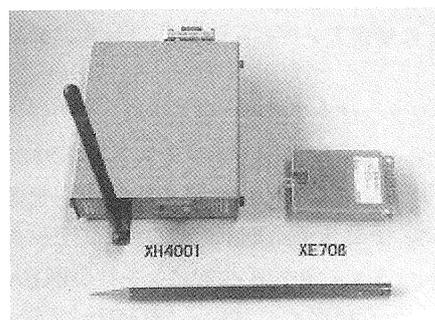


Fig.6 無線モデム(XH4001)と無線ユニット(XE708)

望む声がある。そこで、アンプ(Panasonic製ガリウム砒素集積回路 GN1021)により受信感度を高めて通信距離の拡大を図ることにした。また、近接する電波帯(Table 2)は混信の可能性があり、特に出力の大きいアマチュア無線の影響は広範囲に及ぶ。そこで、SAW フィルタ(キンセキ株製 LSF19-429)を用い不要電波受信によるノイズの抑制を

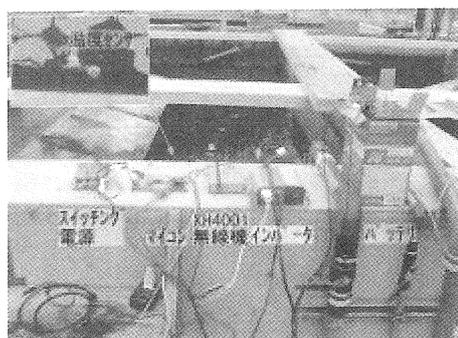


Fig.3 養殖場の温度計測端末



Fig.4 養殖棟から見た本館の写真



Fig.5 事務室のモニター

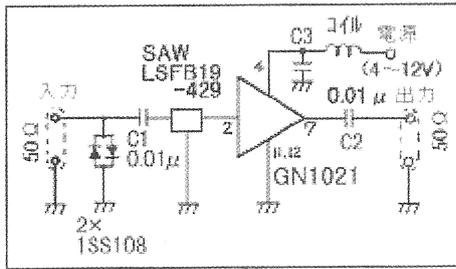


Fig.7 受信アンプ回路図

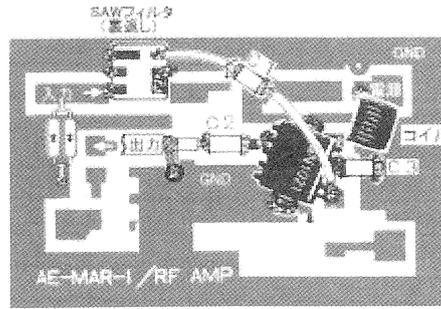


Fig.8 基板上の部品の実装

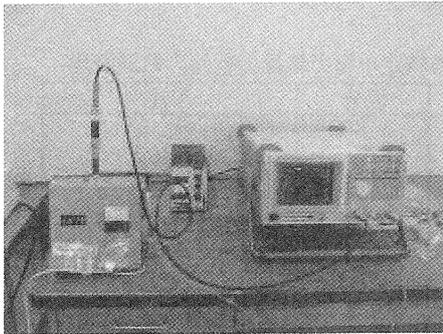


Fig.9 受信機に組み込んだ受信アンプの周波数・ゲイン特性の測定

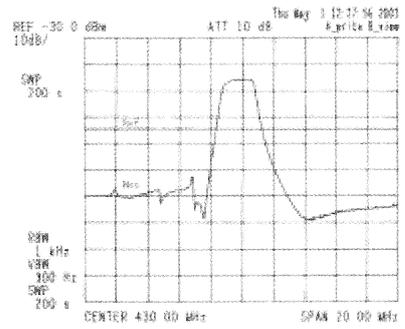
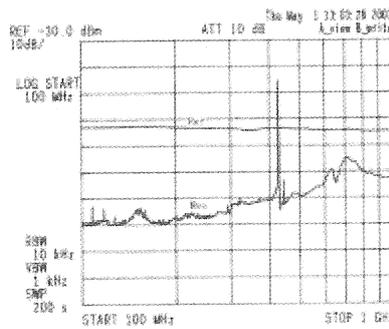


Fig.10 試作した受信アンプの周波数・ゲイン特性

図った。Fig.7 に受信アンプの回路図を、Fig.8 に部品実装図を示す。

試作した受信アンプを受信機に組み込み、この特性をスペクトラム・アナライザ(株)アドバンテスト製 R3365A)により測定した時の様子を Fig.9 に、その結果(参照信号とアンプ出力)を Fig.10 に示す。受信アンプは 429MHz 特定小電力無線帯域で 17.5~18.7dB のゲインを持つが、SAW フィルタのマーゼンに相当する 430~431MHz でアマチュア無線電波帯の一部と重なる問題がある。しかし、利用の中心である FM トランシーバ(431.4~434.0MHz)の影響は抑えることができる。

当センターのシールド・ルーム(減衰量 65dB(10GHz)、室内:幅 6.2m 奥 5.6m 高 2.7m)において、受信アンプの効果を確認した。試験では、室外の壁面より 1m の位置から無線モデムにより送信を行い、対向する室内(壁面より 1m の位置)で試作受信機または別の無線モデムで受信し、パソコンに受信データを表示した。送信データは"UUU...1~4桁の数値データ CR"で、同期データに続き 1~4桁の数値データを送り、終了コードを付加した。通信速度は 2400 ビット/s、送信は 2s に 1 回とした。この結果、受信アンプを用いた受信レベルはシグナル・メータから受信時約 -50dBm、待機時約 -97dBm と読み取れ、稀に受信データの誤りが発生した。受信感度は受信ユニット(XE708)の仕様書から -99dB であるため、ノイズ・レベルが受信感度を上回るが、待機時の不要な受信は同期データにより判別し取り除いている。一方、無線モデムで受信した場合は数回に

1 回の頻度で受信誤りを生じた。これはモニタに使ったパソコンのノイズが影響したと思われる。

3.3 安心院町における無線データ通信試験とビーム・アンテナ適用の効果について

安心院町にある内水面研究所 (Fig.13 試験地の地図、Fig.14 地形図では①の位置)の本館 2 階の窓から無線モデムにより送信を行い、受信位置を変え、試作した受信機によりデータ受信を試みた。受信機には前記 GN1021 を用いた受信アンプを装着したが、SAW フィルタは用いていない。参考のため、別の無線モデムを用いた受信と、指向性を有する持つ八木アンテナ (第一電波工業(株)製)による受信も試した。試験結果は次のとおりである。

受信地① 通信距離 0.8km、送信地点を見通すことができる。試作受信機、無線モデム共に受信可能。

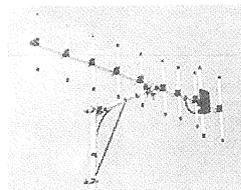


Fig.10 八木アンテナ

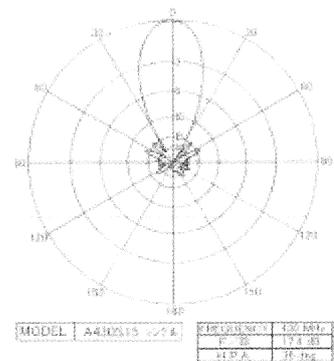


Fig.11 八木アンテナの指向特性

受信地② 通信距離 1.3km, 送信地は木立ちの影になる。人が影になると通信エラーが発生するが, 試作受信機, 無線モデム共に受信可能。

受信地③ 通信距離 1.6km, 送信地を目で確認することはできない。試作受信機の受信状態は悪く, 常時, 通信エラーが発生する。一方, 無線モデムは受信が可能。そこで, 試作受信機に15素子の八木アンテナを使用し, 受信時-75dBm, 待機時-95dBmで受信可能となった。八木アンテナを使用しない時は受信時-86dBm, 待機時-92dBmであり, 八木アンテナの使用により受信レベルとSN比が向上した。

受信地④ 通信距離 3.0km, 展望台からの受信。送信地は小さく見える。送信地との標高差は110m位。試作受信機, 無線モデムの受信状態は受信地②~③よりも良かった。受信レベルは受信時-66dBm, 待機時-92dBmであり, 八木アンテナを使用することにより受信時-55dBm, 待機時-92dBmになり, SN比が向上した。

本試験から, 試作受信機は無線モデムと同じ無線ユニット(XE708)を用いているにも係らず, 通信距離の点で劣る結果となった。受信アンプはノイズまで増幅し逆効果であったので, この後, 受信アンプにSAWフィルタを使用し, 目的外の電波を除去する対策を行った。

4. まとめ

- (1) どじょう養殖では水温を高く上げないことが必要であることを検証した。
- (2) 標題のどじょう養殖池における低コスト水温監視システムの基本システムを完成させた。
- (3) 特定小電力無線データ通信においてSAWフィルタを用いた受信アンプを試作し, 目的外の電波による妨害(ノイズ)を抑え, かつ, 受信感度を上げることができた。
- (4) 特定小電力無線データ通信において, 安心院町における試験で, 八木アンテナを用いることにより, 目的方向以外から来る電波を排除し, また, アンテナ自身のゲインにより受信感度を高めることができた。

5. おわりに

受信アンプと八木アンテナにより, ノイズを抑えながら受信感度を10~30dB上げることができていることが分かった。障害物のない空間では距離が10倍になると理論的に受信レベルが20dB低下するが, 実際は障害物により電波が遮られ, 受信レベルの低下が大きいので, 今後, 障害物の高さ, 位置と受信レベルの低下の関係を解析的に求め, 検証したい。また, どじょう養殖池における水温監視システムの実用化と改良を行い, 普及を図りたい。

謝辞

本研究の過程で, 大分高専電気電子工学科 兼田 護 教授よりアマチュア無線の影響について, また, アルインコ(株) 神下 氏より受信アンプの製作について助言をいただきました。この場で感謝の意を表します。

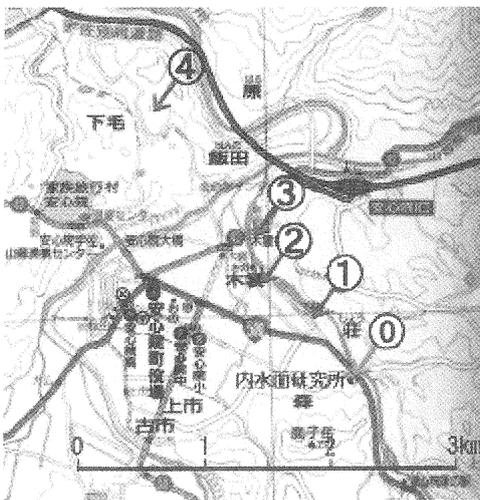


Fig.13 試験地の地図

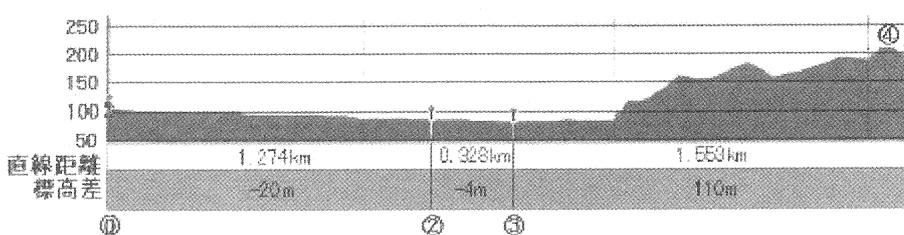


Fig.14 試験地の断面表示 (3D地図表示ソフト, カシミールによる)