

猛暑時のホタテガイへい死率を低減する養殖生産技術の開発 水温予測技術の開発

清藤 真樹

目 的

猛暑時のホタテガイへい死率を低減させる一助とするために、養殖漁場沖合に設置している陸奥湾海況自動観測システム(通称ブイロボット)とホタテガイ養殖漁場に設置した自動観測ブイの観測結果から、養殖漁場内での水温を統計的に予測する手法を開発する環境を整える。

材料と方法

1 ホタテガイ養殖漁場内の水温モニタリング

2011年度に引き続き青森市奥内、野辺地町、むつ市浜奥内に設置した水温自動観測ブイ(簡易ブイ)で毎時観測を行った。

2 ブイロボットデータの統計的解析

ブイロボットの各層水温データについて統計的解析を行った。水温経験的予測システム(東北水研)を利用し、現在の3基体制(12層)になった1985年以降の各層の半月平均値を用いて主成分分析を行った。また、同システムを利用して水温予測自己回帰モデルの基本形を作成した。

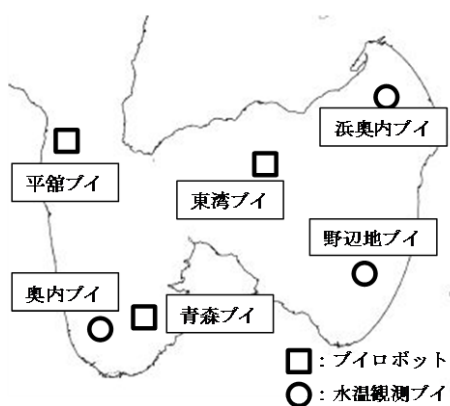


図1 ブイロボ及び簡易ブイの設置位置

結 果

1 ホタテガイ養殖漁場内の水温モニタリング

2012年1月～12月の簡易ブイの各層半月平均値について図2に示した。各ブイの全層での水温変動は、奥内ブイが3.63～27.02℃、野辺地ブイが1.45～26.92℃、浜奥内ブイが0.76～27.32℃であった。2011年と比較して最高水温は奥内で2.14℃、野辺地で2.09℃、浜奥内で2.27℃高かった。いずれのブイも水温上昇期は各層に差が見られるが、水温下降期はほぼ同じ水温となった。

また、ブイロボットと簡易ブイの各層データを相関関係を見たところ表1のとおりとなった。

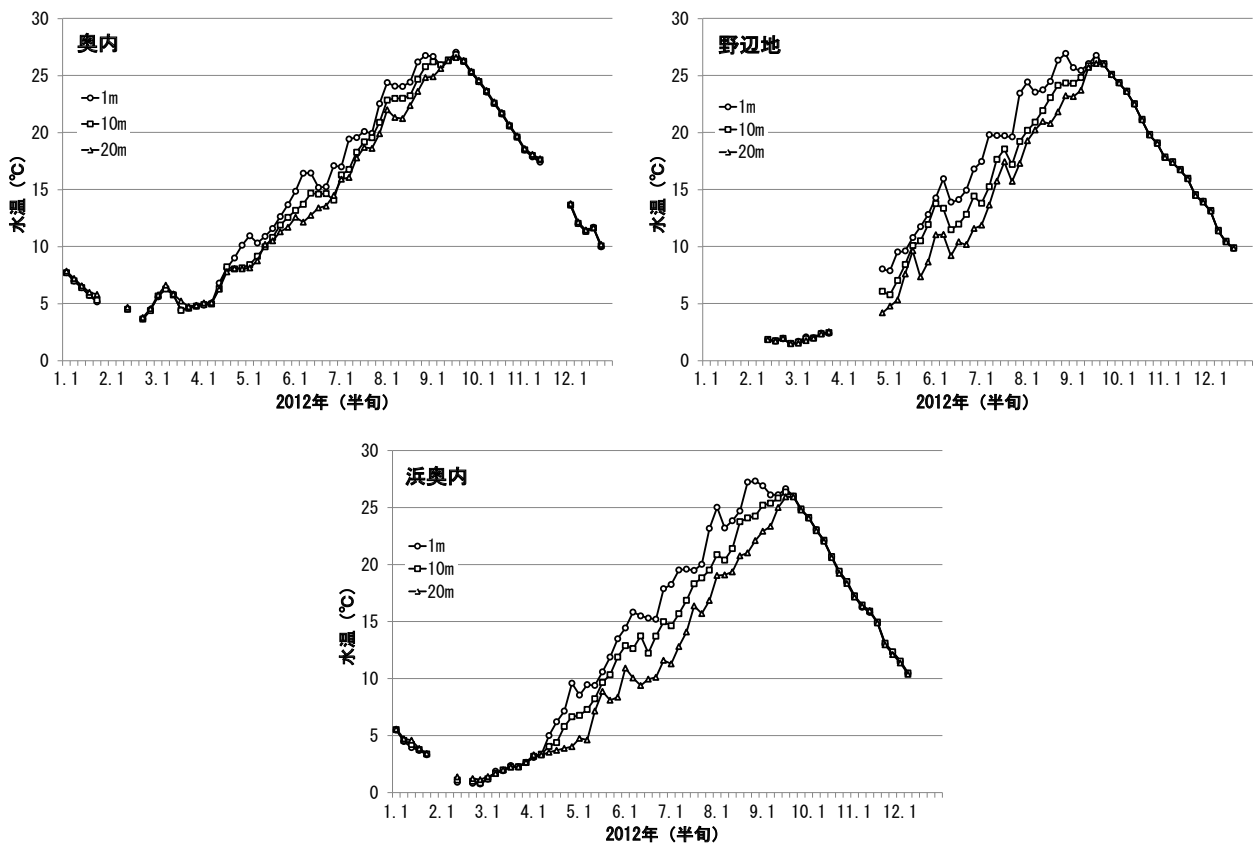


図2 簡易ブイによる各海域の水温

表1 ブイロボットと簡易ブイの相関表 (R^2)

		奥内			野辺地			浜奥内		
		1m	10m	20m	1m	10m	20m	1m	10m	20m
平館	1m	0.9633	0.9727	0.9701	0.9658	0.9717	0.9571	0.9458	0.9700	0.9628
	15m	0.9531	0.9731	0.9771	0.9512	0.9733	0.9711	0.9304	0.9682	0.9747
	30m	0.9229	0.9568	0.9735	0.9097	0.9598	0.9794	0.8906	0.9494	0.9814
青森	1m	0.9982	0.9845	0.9674	0.9942	0.9651	0.9132	0.9902	0.9830	0.9320
	15m	0.9716	0.9945	0.9979	0.9534	0.9903	0.9822	0.9419	0.9873	0.9844
	30m	0.9400	0.9750	0.9915	0.9050	0.9724	0.9889	0.8982	0.9668	0.9901
東湾	1m	0.9938	0.9834	0.9710	0.9980	0.9776	0.9366	0.9916	0.9893	0.9491
	15m	0.9673	0.9860	0.9899	0.9593	0.9913	0.9858	0.9461	0.9861	0.9889
	30m	0.8935	0.9357	0.9581	0.8600	0.9344	0.9719	0.8513	0.9286	0.9765

2 ブイロボットデータの統計的解析

主成分分析は、多くの変量の値をできるだけ情報の損失なしに、1個または少数個の総合的指標で代表させる分析方法であるが、今回の平均水温を説明するに当たっても、計算が複雑になるのを防ぐために、主成分の数を抑える必要がある。

主成分の選択には、各主成分の固有値と寄与率を比較する必要がある。固有値を図3に、寄与率を図4に示した。

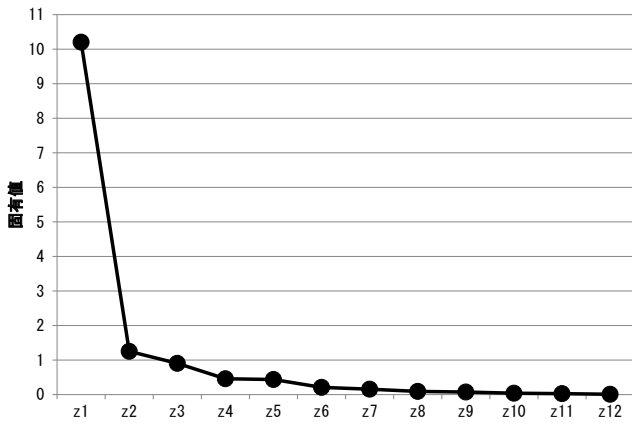


図3 各主成分の固有値

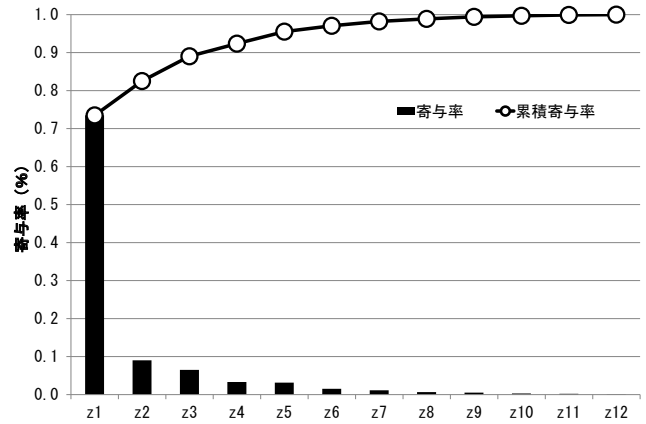


図4 各主成分の寄与率

主成分選択の目安としては、

- ①固有値が1以上であること
- ②直近の寄与率との差が大きいこと
- ③累積寄与率が80%以上であること

があげられる。今回の主成分の中でこれに該当するのは第1主成分(z1)のみであるため、これを採用することとした。

この結果を利用し、第1主成分を使用した水温予測のための自己回帰モデル作成を行った。

自己回帰は、自らの時系列の過去データから、直近将来の予測値を得る方法であり、その式は下記のようにあらわされた。

$$Z_1 = 0.275_{TA1} + 0.263_{TA15} + 0.250_{TA30} + 0.223_{TA b} + 0.317_{A01} + 0.309_{A015} + 0.309_{A030} + 0.270_{A0 b} + 0.334_{T01} + 0.314_{T015} + 0.303_{T030} + 0.278_{T0 b}$$

(※Z1:第1主成分、TA1=平館ブイ1m層水温、TA15=平館ブイ15m層水温、TA30=平館ブイ30m層水温、TA b=平館ブイ底層水温、A01=青森ブイ1m層水温、A015=青森ブイ15m層水温、A030=青森ブイ30m層水温、A0 b=青森ブイ底層水温、T01=東湾ブイ1m層水温、T015=東湾ブイ1m層水温、T030=東湾ブイ30m層水温、T0 b=東湾ブイ底層水温、)

次に赤池情報量基準(AIC=Akaike's Information Criterion)を用いて、モデルの次数を5に決定した。なお、AICはモデルの当てはまりの良さを示す統計量であり、数値が小さいほど良くなる(図5)。

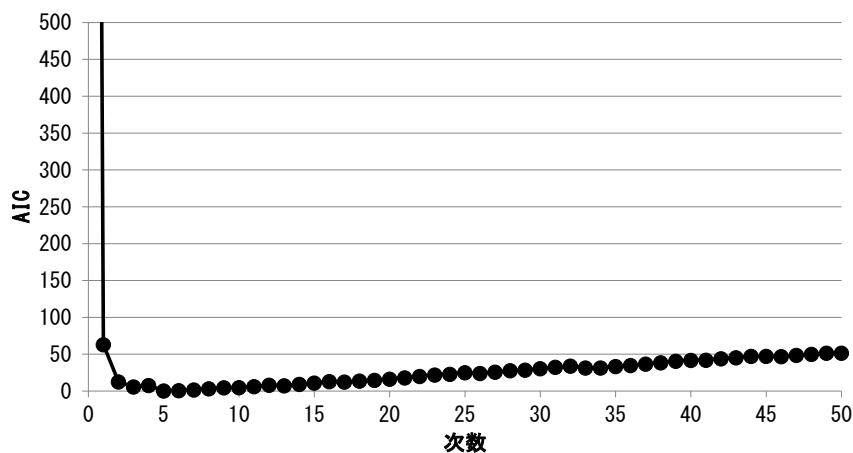


図5 第1主成分自己回帰モデルのAIC分布

AICの結果から、水温予測には5半旬前までの主成分スコアを採用することが適当とされ、水温予測自己回帰モデルは、

$$Z_n = 1.09983 \times Z_{n-1} - 0.24522 \times Z_{n-2} + 0.08854 \times Z_{n-3} - 0.08006 \times Z_{n-4} + 0.07005 \times Z_{n-5}$$

(※ある半旬nの主成分スコア)

となった。

主成分スコアの実測値とモデルによる予測値の比較を図6に示した。

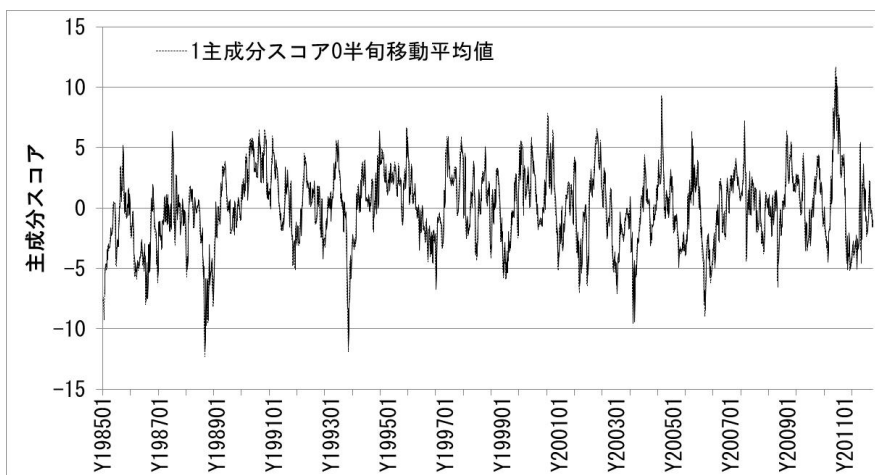


図6 第1主成分スコアと自己回帰予測値

この Z_n に第一主成分で得られた固有ベクトル(表2)を乗することで、予測偏差が得られ、平均値との和が水温の予測値となる(図7)。

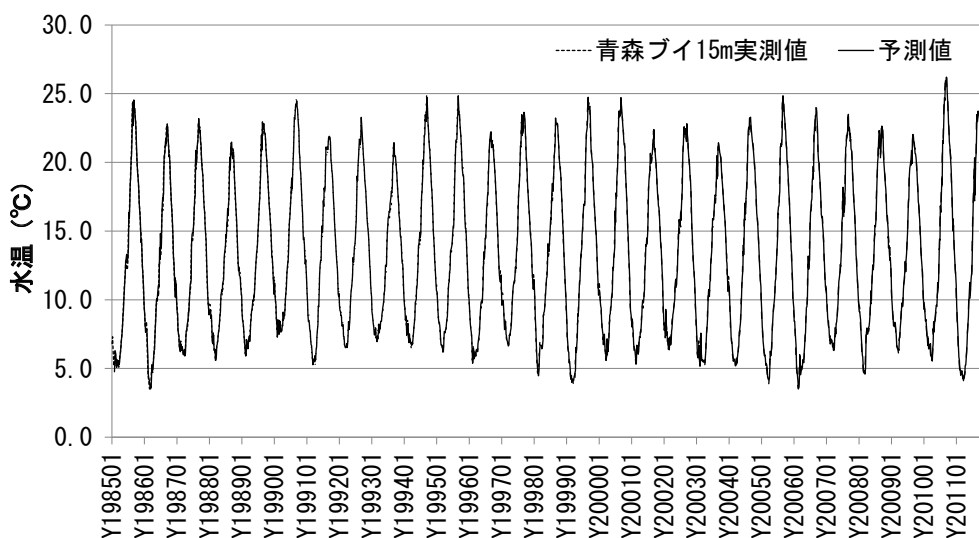


図7 青森ブイ15m層の水温実測値と予測値

表2 各ブイ各層第1主成分の固有ベクトル

	平館ブイ	青森ブイ	東湾ブイ
1m	0.279	0.318	0.342
15m	0.269	0.309	0.324
30m	0.252	0.300	0.305
底層	0.221	0.257	0.262

考 察

1 ホタテガイ養殖漁場内の水温モニタリング

簡易ブイとブイロボは、いずれのブイとも相関係数が高く ($R^2=0.8513\sim0.9982$)、簡易ブイの観測水深の範囲 (1m~20m) の範囲では、陸奥湾の水温の動きは同調しているといえる。

その中で、奥内簡易ブイでは1mは青森ブイ1m、10mと20mは青森ブイ15m、野辺地簡易ブイでは1mは東湾1m、10mと20mは東湾15m、浜奥内簡易ブイでは1mと10mは東湾1m、20mは青森ブイ30mとの相関が最も高かった。

浜奥内簡易ブイの20m層が、青森ブイの30m層との関係が最も高かったことについては、今後データを蓄積して再検討する必要があると考えるが、近隣のブイの相関係数が高いことから、ブイロボの観測水温による予測値を用いて、概ね各養殖海域の水温が予測可能であると考えられた。

2 ブイロボットデータの統計的解析

平成23年度の月平均水温による自己回帰予測モデル (月モデル) の他、今年度は半旬平均水温を用いたモデル (半旬モデル) の基本形が完成した。しかし、月モデルと同様に極端なピーク時に予測値が低くなるのは変わらないため、第一主成分の寄与率が若干低い (0.735) に起因すると考えられる第一主成分スコアと自己回帰予測値の傾き (<1.0) を補正し、全体的に反応を強めに補正する必要があると考えられた。この場合の問題点として、平年並みや平年以下で水温が動く際の予測ピークが高く出てしまうが、このモデル開発の目的である高水温対策を考えれば妥当な選択だと考えられる。

また、現在のモデルはブイロボット3基、計12層のデータセットをそろえて演算することで予測しているが、メンテナンス等の欠測時にも予測を可能とするため、それぞれのブイの水温のみで予測可能なモデルの開発も必要であると考えられる。

更にこのモデルは経験を積み重ねることで精度の向上が期待できるので、2012年の高水温もデータセットに取り込む等、毎年データと係数を更新することで、更に精度が向上するものとする。