

のり養殖に資するための水温予測手法の開発()

中川憲一(仙台管区気象台)

1. はじめに

仙台管区気象台では、海洋の地域ニーズに合わせたプロダクトの提供に向けて、宮城県水産技術総合センター(以下、宮城水技センター)と共同で沿岸水温予測技術の開発に取り組んでいる。平成27~28年度は、松島湾周辺におけるのり養殖業への利用を目的として、松島湾内にある桂島(塩竈市)の水温予測を、気象庁が現業運用している海洋大循環モデル(MOVE/MRI.COM-WNP)(以下、MOVE)に基づく予測値と週間予報の気温予測を利用した予測値、及び両者の平均値(ともに5日先まで1日毎)を9~12月の期間中、宮城水技センターに試験的に提供した(中村ほか 2015、中川ほか 2016)。平成29年度は、桂島以外の地点でもMOVEと週間の予測手法が有用か否か調べるため、外海にある江ノ島(女川町)について調査し、内湾にある桂島との精度の比較を行った。また、MOVE、週間予報に加え、気候値予報(平年値を予測値とする手法)についてもRMSE(2乗平均平方根誤差)を計算し予測精度の比較を行った。江ノ島と桂島の位置を図1に示す。



図1 江ノ島と桂島の位置

(地図出典:国土地理院地図データを加工)

2. のり養殖と海水温の関係

のり養殖では、海面水温が23℃以上ではのりの生長が順調に進みにくく、10℃以下ではのりに被害をもたらすアカグサレ病菌が不活発になることが分かっている。このため、海面水温が安定して23℃以下になる時期(9月頃)と10℃以下になる時期(11~12月頃)を把握できれば、水温変化によるのりの病気等の被害を軽減できるほか、作業が計画的に進められ、生産量の向上が見込まれる(中村ほか 2015)。

3. 水温予測手法の開発

仙台管区気象台は平成27~28年度にかけて、宮城水技センターと共同で、MOVEや仙台の週間予報を用いた1週間先までの桂島の水温予測手法を開発している。平成29年度は江ノ島についても桂島との比較のため、同様の予測手法で予測値を求めている。次節でMOVEと週間予報を用いた予測手法の説明を行う。なお、江ノ島と桂島の水温観測データは、ともに10時の観測値(水温測定深については、桂島は1m、江ノ島は0.5mともに宮城水技センター提供)を使用している。

3.1 MOVEを用いた水温予測手法

MOVEは、水平方向には0.1度の格子点間隔(日本近海)で、毎日の水温予測値がある。江ノ島と桂島におけるMOVEの予測値として、それぞれ最も近い格子点の、最も浅い層(0.5m)の値を使用している(図2)。

ただ、このMOVEの予測値がそのまま使用可能か見極めるため、観測値と比較すると、9~12月において両者の間にバイアスが見られ、そのまま利用はできないことがわかる。このため、

予測日当日のMOVEの予測値と水温観測値の差によってバイアスを求め、予測期間中のMOVEの予測値にそのバイアスを補正した値を利用している(図3)。

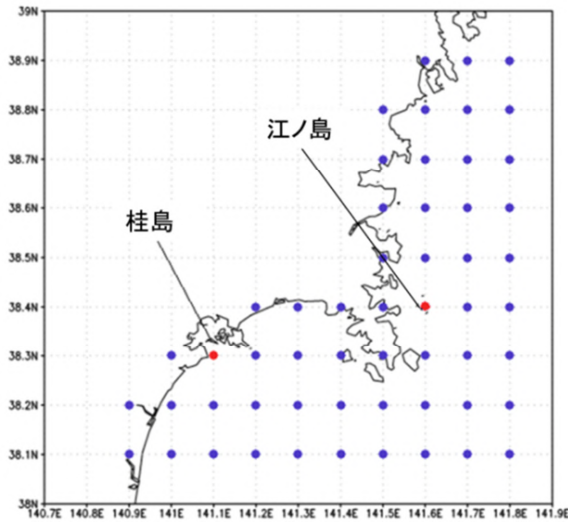


図2 江ノ島と桂島で使用しているMOVE格子点 (赤点部分)

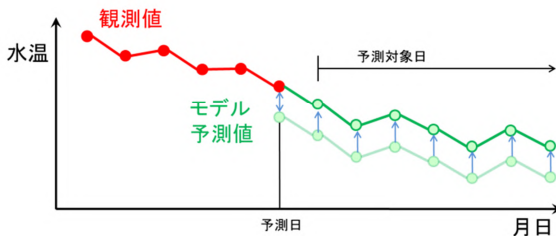


図3 MOVE予測値の補正イメージ(MOVEの予測値(薄緑線)、桂島観測値(赤線)、MOVEの予測値(補正済み:濃緑線))

3.2 週間予報を用いた水温予測手法

江ノ島や桂島における水温観測値をみると、数日単位の短周期の変動が多くみられる。このような変動は気温の変化によるところが大きいと推測し、週間予報で気温予測を行っている最寄りの仙台の日平均気温(本稿では、日最高、日最低気温の平均を日平均気温とする)と水温観測値(ここでは桂島)の時系列(図4)をみる

と、この短周期の変動は概ね日平均気温の変動と対応していることがわかる。このため、仙台の週間予報の予測気温を用いて江ノ島と桂島の水温予測式を作成する。具体的には、過去10年程度の仙台の日平均気温観測値と、予測当日から予測日前日までの10時の水温観測値を説明変数、予測する日の水温観測値を目的変数として重回帰分析を行い、予測式を作成している。ここで*n*日先の水温予測値*T*(*n*)は式(1)のように表される。

$$T(n) = a(n)T_0 + \sum_{i=1}^n b_i(n)X(i) + C(n) \quad (1)$$

ただし、予測日当日の水温観測値は*T*₀、*i*日先の日平均気温予測値は*X*(*i*) (*i* = 1, 2, ..., *n*)、求める係数は*a*(*n*)、*b*_{*i*}(*n*)、*C*(*n*) (*i* = 1, 2, ..., *n*)である。

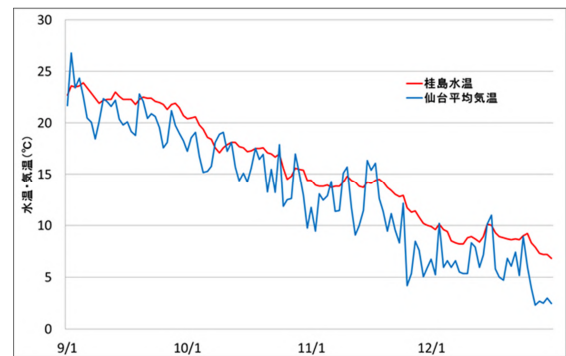


図4 仙台日平均気温と桂島水温観測値(2015年9~12月)

4. 各予測手法の精度検証

ここでは、3章で示したMOVEと週間予報に加え、気候値予報による予測値について2乗平均平方根誤差(RMSE)を江ノ島と桂島において算出し、精度検証を行う。まず、全体的な予測誤差をみるために、2015~2016年9~12月の期間を通したRMSEを求める。

表1 江ノ島と桂島でのRMSE（4日後
2015-2016年9-12月）

RMSE	週間予報	MOVE	気候値予報
江ノ島	0.4	0.6	0.7
桂島	0.7	0.9	1.3

4日後の予測値を表1に示すが、江ノ島と桂島ともに週間予報の精度が一番良く、次にMOVEが続き、いずれも気候値予報の精度を上回っていることがわかる。また、年月毎のRMSEも算出し、4日後の予測値で3者を比較したものを図5（江ノ島）と図6（桂島）に示すが、年月により精度のばらつきはあるものの、全体的な傾向と同様、週間予報の精度が一番良く、次にMOVEが続き、いずれも気候値予報の精度を上回っていることがわかる。また、江ノ島と桂島で精度を比較すると、全体的な精度では江ノ島の方が良いことがわかる（表1）。また図5、図6のように年月毎でも江ノ島の方が良い傾向にあることがわかる。

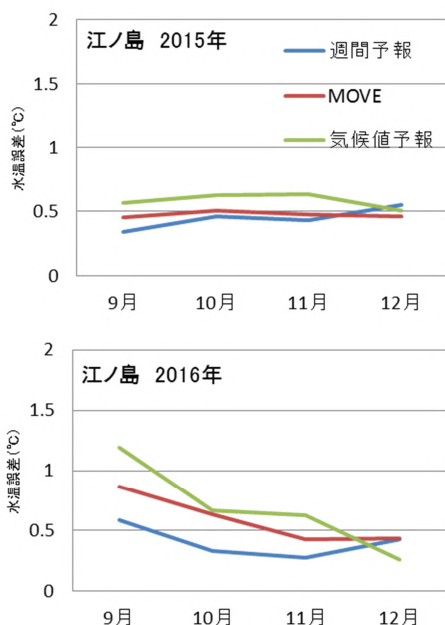


図5 江ノ島における各予測値の年月別RMSE（2015年は上段、2016年は下段、青線は週間、赤線はMOVE、緑線は気候値予報を示す）

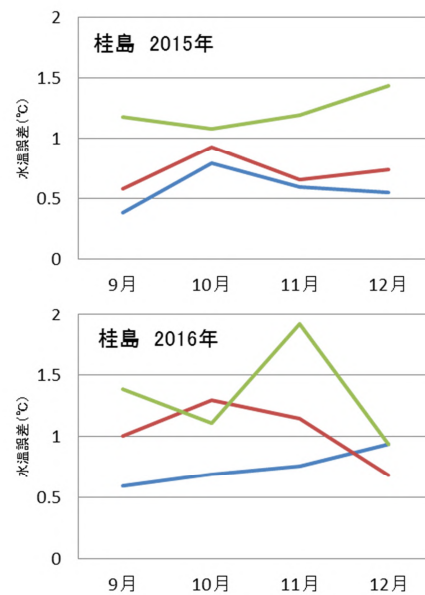


図6 図5に同じ（但し桂島）

5. MOVE予測事例（2016年9月 江ノ島）

4章では、全体的な予測精度についてみてきたが、ここでは、個々の予測事例についてみていく。江ノ島の予測誤差（図5）をみると、MOVEの4日後の誤差が概ね0.5程度であるのに対し、2016年9月では0.9程度で、精度が良くないことがわかる。そこで、9～12月の水温観測値とMOVEの予測値の推移（図7）をみると、9月の観測値は下降傾向であるのに対し、予測は上昇傾向で大きく外れていることがわかる。また、1～7日後のMOVEの予測誤差（図8）をみると、9月の7日後の予測誤差は1.4程度と他の月と比較して高いことがわかる。

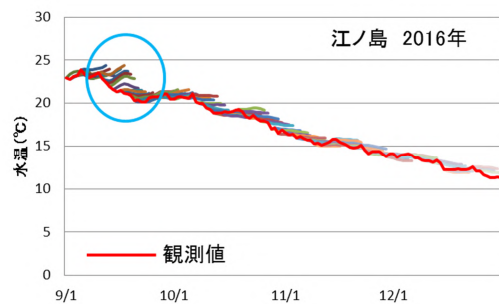


図7 江ノ島の水温観測値とMOVE予測値（2016年）

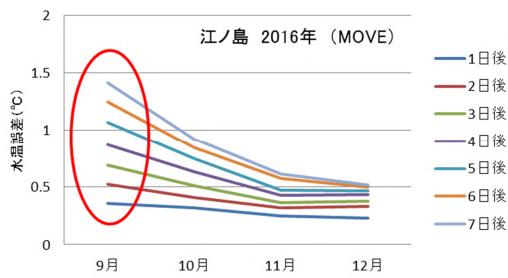


図8 江ノ島におけるMOVE予測値の年月別RMSE (2016年)

この大外しについては、三陸沖の暖水渦のMOVEの予測精度が要因の一つとして考えられる。2016年9月の海面水温実況図(図9)と、MOVEによる海面水温予測図(図10)をみると、実況では三陸沖に暖水渦が留まっているが(図9)、予測では沿岸に近づく予測となっている(図10)。このため、MOVEの水温予測が過大となり、実況との差が大きくなっていると考えられる。今後は、このような事例を含め、MOVEの予測特性を調査することで、予測精度の改善に繋がることが期待される。

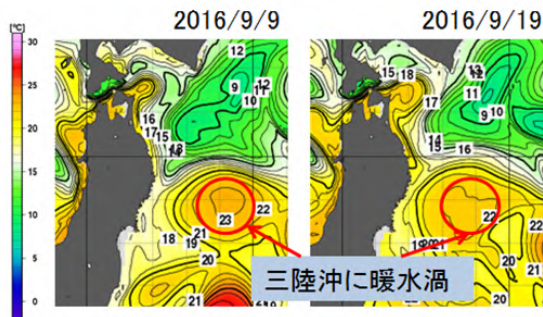


図9 50m深水温図(左が9/9 右が9/19)

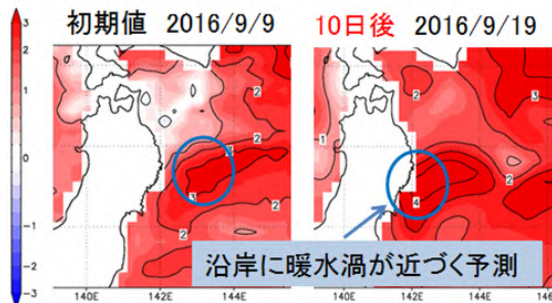


図10 MOVE海面水温偏差予測図(左が9/9 右が9/19)

6. まとめと考察

外海にある江ノ島と、内湾にある桂島における、MOVE、週間予報、気候値予報による水温予測の精度検証を行った。その結果、週間予報、MOVEの順で精度がよく、いずれも気候値予報の精度を上回っていることがわかった。また、江ノ島と桂島の比較を行い、江ノ島の方が、週間予報やMOVEの精度が良いことがわかった。内湾より水温の変動幅が外海より小さいことが、予測精度が良かった要因の一つとして考えられる。

今後の課題としては、これまで開発してきた水温予測手法の一般化に向けて、引き続き他の地点や季節の調査を行うことが挙げられる。

参考文献

中川憲一・福田義和・斉藤和幸・中村辰男(2016): 水産関係機関と連携した沿岸水温予測技術の開発(その2). 平成28年度仙台管区調査研究会資料

中村辰男・金子秀毅・斉藤和幸・中村寛(2015): 水産関係機関と連携した沿岸水温予測技術の開発. 平成27年度仙台管区調査研究会資料