

陸奥湾の水温予測

—予測方式の改良—

仲村 俊毅

はじめに

昭和50年に始まった、ホタテガイの大量斃死と、同年に出現した高水温から、ホタテガイの斃死と高水温との関係が一時取り沙汰されたが、それを契機として水温予測の必要性を生じてきた。翌51年、当所では、陸奥湾海況月報という形で翌月の予測水温等の情報を提供する業務がスタートした。水温予測については技術的な面での検討が不十分であったため、多くの問題点が残されている。⁽¹⁾従来の予測方式の持つ、いくつかの欠陥は昭和59年春季の低水温の際に、いささか現実離れした水温を予測してしまうという形で顕在化した。本報告は、このような事情から、従来の予測方式の持つ欠陥を改め、新たな予測方式を検討した結果である。本報告では、新予測方式作成までの基本的な考え方と、具体的な予測式だけを報告し、予測式の妥当性、予測値的中率等については別途報告する。なお、ここで報告する予測式は、陸奥湾海況月報の昭和59年5月号より、すでに実用化されている。

予測の考え方

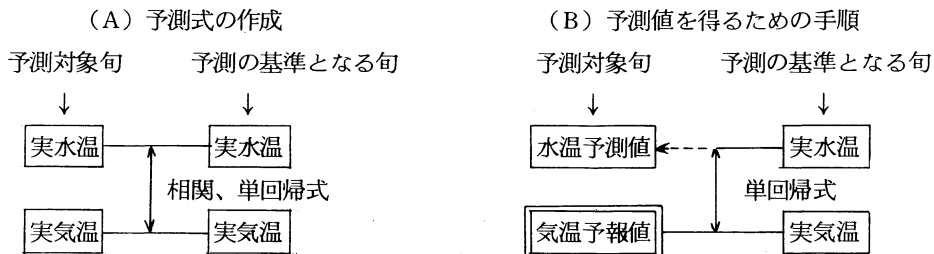
本来予測が必要とされるのは、沖合のそれも中、底層の水温であろう。陸奥湾でいえば、ホタテガイの垂下水深、または地まき放流漁場となろう。幸い昭和49年から、ブイロボットによる水温観測が続けられており、資料の蓄積もある。しかし、中、底層の水温変動は、種々の要因が複雑にからみ合い、変動機構の解明は予測方式を検討する段階まで到達していない。一方、沿岸の表面水温は測定の容易さから、統計的な検討に耐え得る資料の蓄積がある。さらに気温との相関が良いことが知られている。このような事情から、予測方式を改良するに当たっても、従来通り、茂浦の表面水温を予測することとした。

次に問題となるのは予測子として何をを用いるか、という点であるが、水温変動には気温の他に、日射量や、風向、風速等がからんでくる。しかし、これ等は当所では測定しておらず、即時性に欠けるという難点がある。さらに、先行する予測子としては青森地方气象台から毎月発行される天候予報のなかの気温だけである。このような事から、従来通り気温を予測子とし、天候予報の気温予報値をベースとすることとした。以上のような検討結果を制約条件とするなかで、新しい予測方式を考えていくことになる。なお、天候予報での気温予報は、旬単位でなされているので、水温予測も従来通り旬単位とすることとした。

予測方式の改良

従来の予測方式の持つ最大の欠陥は、天候予報のなかの気温予報値に全面的に依在しており、その結果として、予測対象時点の前時点における水温の実況を考慮していないという点である。さらに予測方式を検討する段階では資料の蓄積も少なく、年間をいくつかの期間に分け、同一期間内では一つの

予測式で間に合わせるといった方法を採用した点もまた欠陥のひとつである（詳細については参考文献(1)を参照されたい）。このような事から、新しい予測方式では、(1)旬別に予測式を作成する、(2)天候予報における気温予報値をベースとする、(3)水温の現況を考慮する、の3点を基本方針とすることとした。したがって、水温予測値を得るための手順は次の通りとなる。



図中の気温予報値は青森地方気象台から毎月発行される天候予報のなかの、気温予報値の中央値を採用した。予測式としては、予測の対象となる句と、予測の基準となる句との間の水温差と気温差の単回帰式とした。こうすることにより、単回帰式とはいえ、4つの変数を2つに要約した形となるので、統計的には有利な方法といえよう。

次に予測の基準となる旬の選定であるが、これは次のような制約をもうけたうえで選定した。

- (1) 予測対象句を含む月から3ヶ月以上さかのぼらないこと。これは、あまりに過去までさかのぼった場合、水温の現況を考慮するという基本方針に矛盾するためである。本来、この問題には、水温の持続性等についての検討が必要であるが、今後の課題とする。
- (2) 水温差と気温差の単相関係数が0.8前後以上を基本とし、0.9以上の相関係数を示す旬が2つ以上あれば、予測対象句に近い旬をとり、0.9以下、0.8以上であって、相関係数の差が0.02以内であれば近い方の旬をとり、0.02を越えるようであれば、予測対象句から、より離れた方の旬を採用する。

この結果、年間36旬のうち、31旬までが、この方式での予測が可能になった。残り5旬については、上記の制約を満たさなかったため、単回帰や重回帰等の他の方式で予測式を作成した。水温の予測値は、予測対象句の気温予報値と、予測の基準となる旬の実気温との差から単回帰式により求めた水温差と、予測の基準となる旬の実水温との和として求められる。予測の範囲は回帰推定値の90%信頼区間とした。

$$(\text{予測値の範囲}) = y' + y_0 \pm t \quad (f.e.: 0=10)$$

$$\sqrt{V_e \left\{ \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right\}}$$

ここで、

y' = 予測の基準となる旬の水温

y_0 = 予測対象句と基準となる旬の水温差の予測値

x_0 = 天候予報より得た気温予報の中央値と基準となる旬の気温差

\bar{x} = 予測対象句と基準となる旬の気温差の平均値 (15年)

V_e = 回帰式からの残差の分散

S_{xx} = 気温差の偏差平方和

- n = データ数 (=15)
 fe = 自由度 (=13)
 t = 自由度13、危険率10%の t 値

表1に予測の対象となる旬と基準となる旬間の水温差を予測するための回帰式と諸定数を示した。回帰式に含まれる旬が予測の基準となる旬である。なお、この方式以外の方式による予測については次に示すとおりである。このなかで、重回帰による予測の場合の範囲は、予測誤差の標準偏差とした。

$$\text{〔3月下旬の水温〕} = 0.738 \cdot (\text{1月下旬水温}) + 0.710 \cdot (\text{2月中旬水温}) - 0.384 \cdot (\text{2月下旬水温})$$

$$-0.796 \cdot (\text{3月上旬水温予測値}) + 0.982 \cdot (\text{3月中旬水温予測値})$$

$$-0.309 \cdot (\text{2月中旬気温}) - 0.565 \text{ \{範囲}\pm 0.348、重相関係数0.952\}}$$

$$\text{〔11月上旬の水温〕} = 1.109 \cdot (\text{10月下旬水温}) - 3.533 \text{ \{r=0.848、Ve=0.30、Sxx}\div 8.121、\bar{x}=16.28\}}$$

$$\text{〔11月下旬の水温〕} = -0.984 \cdot (\text{9月下旬水温}) + 1.141 \cdot (\text{10月下旬水温}) + 0.567 \cdot (\text{9月中旬気温})$$

$$+1.220 \text{ \{範囲}\pm 0.638、重相関係数 0.812\}}$$

$$\text{〔12月中旬の水温〕} = 1.046 \cdot (\text{12月上旬の水温予測値}) - 1.643 \text{ \{r=0.915、Ve=0.32}$$

$$S_{xx}=19.321、\bar{x}=9.619\}}$$

$$\text{〔12月下旬の水温〕} = 0.710 \cdot (\text{12月中旬の水温予測値}) + 1.282 \text{ \{r=0.805、Ve=0.52}$$

$$S_{xx}=25.297、\bar{x}=8.419\}}$$

このような統計的な手法による予測方法は、今後のデータの蓄積により、さらに改良を重ね、より確かなものとしていく必要がある。また、いうまでもなく、統計的予測方法は平均的な状態を予測するものであるため、異常高水温、異常低水温等の予測については別途、検討する必要がある。

参 考 文 献

- (1) 仲村俊毅 (1978) 陸奥湾の水温予測について 青水増事業概要 第7号 PP. 217—223

表1 予測対象旬と基準となる旬との水温差を予測する回帰式と諸定数

月 旬	回 帰 式	相関係数	V_e	S_{xx}	\bar{x}
1月上旬	$0.348 \cdot (\text{12月上旬との気温差}) - 2.100$	0.872	0.48	163.733	- 3.94
中旬	$0.437 \cdot (\text{12月中旬との気温差}) - 1.553$	0.850	0.64	113.066	- 3.24
下旬	$0.473 \cdot (\text{12月中旬との気温差}) - 1.949$	0.803	0.71	75.122	- 2.96
2月上旬	$0.397 \cdot (\text{12月上旬との気温差}) - 3.196$	0.898	0.39	135.230	- 4.96
中旬	$0.444 \cdot (\text{12月下旬との気温差}) - 2.396$	0.813	0.88	113.066	- 1.34
下旬	$0.444 \cdot (\text{12月中旬との気温差}) - 2.282$	0.857	0.86	155.605	- 3.01
3月上旬	$0.253 \cdot (\text{2月中旬との気温差}) - 0.151$	0.919	0.15	169.386	1.08
中旬	$0.429 \cdot (\text{1月中旬との気温差}) - 1.893$	0.866	0.59	125.873	2.87
4月上旬	$0.266 \cdot (\text{3月下旬との気温差}) + 0.227$	0.762	0.20	51.495	2.52
中旬	$0.275 \cdot (\text{3月下旬との気温差}) + 0.822$	0.792	0.81	52.196	4.13
下旬	$0.306 \cdot (\text{3月中旬との気温差}) + 1.704$	0.821	0.27	78.173	7.80
5月上旬	$0.318 \cdot (\text{3月中旬との気温差}) + 0.565$	0.892	0.27	135.727	9.45
中旬	$0.457 \cdot (\text{3月下旬との気温差}) + 1.830$	0.880	0.49	104.393	9.60
下旬	$0.544 \cdot (\text{3月下旬との気温差}) + 1.456$	0.870	0.63	86.409	10.46
6月上旬	$0.473 \cdot (\text{5月上旬との気温差}) + 2.012$	0.936	0.38	155.827	4.44
中旬	$0.561 \cdot (\text{5月上旬との気温差}) + 2.667$	0.880	0.60	84.823	5.09
下旬	$0.493 \cdot (\text{5月上旬との気温差}) + 3.588$	0.880	0.53	97.443	6.26
7月上旬	$0.591 \cdot (\text{6月下旬との気温差}) + 0.343$	0.852	0.70	68.966	1.16
中旬	$0.652 \cdot (\text{6月下旬との気温差}) + 0.563$	0.880	0.73	76.373	3.17
下旬	$0.421 \cdot (\text{5月中旬との気温差}) + 5.687$	0.910	0.41	145.697	10.00
8月上旬	$0.841 \cdot (\text{6月中旬との気温差}) + 1.624$	0.958	0.49	106.274	7.30
中旬	$0.546 \cdot (\text{7月下旬との気温差}) + 1.644$	0.905	0.71	138.431	- 0.41
下旬	$0.842 \cdot (\text{7月中旬との気温差}) + 2.087$	0.918	0.55	54.601	1.24
9月上旬	$0.808 \cdot (\text{8月上旬との気温差}) + 1.303$	0.901	0.68	58.450	- 2.85
中旬	$0.879 \cdot (\text{8月上旬との気温差}) + 1.466$	0.913	0.59	50.057	- 3.70
下旬	$0.806 \cdot (\text{7月上旬との気温差}) + 2.956$	0.822	1.30	54.090	- 0.64
10月上旬	$0.607 \cdot (\text{8月中旬との気温差}) + 0.243$	0.890	0.48	64.494	- 6.74
中旬	$0.655 \cdot (\text{8月上旬との気温差}) + 0.615$	0.918	0.68	109.557	- 9.08
下旬	$0.723 \cdot (\text{8月上旬との気温差}) + 1.118$	0.817	1.06	52.647	- 11.09
11月中旬	$0.393 \cdot (\text{10月中旬との気温差}) - 2.455$	0.865	0.36	89.553	- 6.64
12月上旬	$0.390 \cdot (\text{10月下旬との気温差}) - 3.227$	0.838	0.53	107.791	- 8.80