

陸奥湾の水温変動 - II

(周波数領域における水温変動特性)

仲村 俊毅

はじめに

前報(陸奥湾の水温変動-I)⁽¹⁾では、時間領域での各ブイ間の相互関係を検討した。これは実水温の相関をみることを主体とした解析であった。一方、実水温に着目するのではなく、その変動特性に着目した解析法がある。

本報告は水温変動を周波数成分に分解し、周波数領域における水温変動特性を記述したものである。本文に入るに先だち、統計計算にあたって御助力いただいた青森県総務部電子計算課の諸氏にお礼申しあげる。

資 料

図1に各ブイの位置を示した。資料は昭和50年1月から12月までの毎時観測資料を用いた。但し欠測等の場合、昭和49年または51年度の資料を用いたが、これについては年次変動を問題にしない場合にのみ用いた。表1に計算期間と、その期間における原始データの平均、母標準偏差を示した。

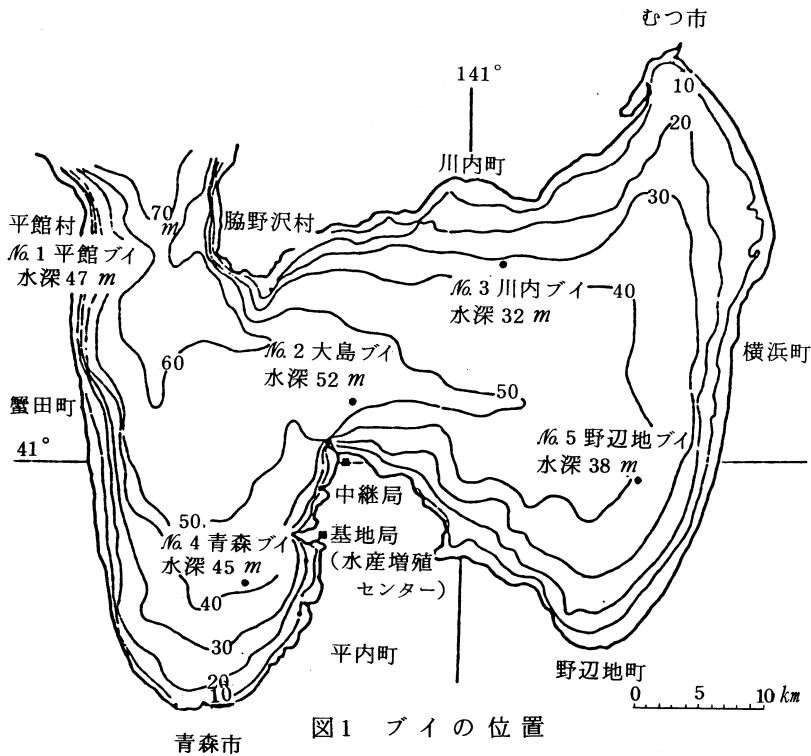


図1 ブイの位置

表1 計算期間と平均、母標準偏差

| 年 度 | 49年 | 49年 | 50年 | 50年 | 50年 | 50年 | 50年 | 51年 |
|-----|--------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| 期 間 | 8月1日～ 30日 | 10月1日～ 30日 | 2月1日～ 3月2日 | 4月15日～ 5月14日 | 6月19日～ 7月18日 | 8月1日～ 30日 | 10月1日～ 30日 | 2月7日～ 3月7日 |
| ブイ | | | | | | | | |
| 水深 | | | | | | | | |
| 1 | 1 m | | 8.63 ± 0.33 | 10.19 ± 0.82 | | 24.21 ± 0.86 | 20.72 ± 1.23 | |
| | 15 m | | 8.73 ± 0.32 | 9.64 ± 0.72 | | 23.34 ± 0.81 | 20.56 ± 1.23 | |
| | 42 m | | 8.77 ± 0.37 | 9.12 ± 0.77 | | 19.02 ± 2.75 | 19.50 ± 1.48 | |
| 2 | 1 m | 22.90 ± 0.71 | 18.76 ± 1.09 | | 10.20 ± 1.21 | 15.94 ± 1.55 | | 20.10 ± 1.19 |
| | 15 m | 21.10 ± 1.14 | 18.74 ± 1.09 | | | | | 5.53 ± 0.66 |
| | 30 m | 19.26 ± 1.14 | 18.89 ± 1.08 | | 8.14 ± 0.69 | 12.81 ± 1.17 | | 20.28 ± 1.18 |
| | 50 m | 16.15 ± 1.33 | 18.35 ± 0.87 | | 7.45 ± 0.58 | 10.55 ± 0.62 | | 18.73 ± 0.85 |
| 3 | 1 m | 22.94 ± 0.86 | 18.51 ± 1.15 | 3.98 ± 0.90 | 9.70 ± 1.26 | 16.46 ± 1.17 | 24.38 ± 1.12 | 20.03 ± 1.23 |
| | 15 m | 20.75 ± 2.12 | 18.60 ± 1.15 | 4.07 ± 0.80 | 8.60 ± 1.07 | 14.03 ± 1.72 | 22.19 ± 1.23 | |
| | 30 m | 17.74 ± 1.63 | 18.55 ± 1.17 | 3.95 ± 0.60 | 7.59 ± 0.73 | 10.92 ± 1.07 | 19.13 ± 0.58 | 19.78 ± 1.29 |
| 4 | 1 m | | | 7.07 ± 0.46 | 10.50 ± 1.06 | 16.78 ± 1.43 | 24.58 ± 0.87 | 20.52 ± 1.28 |
| | 15 m | | | 6.98 ± 0.45 | 9.09 ± 0.76 | 15.11 ± 0.80 | 23.00 ± 0.63 | 20.45 ± 1.26 |
| | 30 m | | | 6.89 ± 0.45 | 8.39 ± 0.48 | 13.55 ± 1.11 | 20.78 ± 0.88 | 20.49 ± 1.24 |
| | 43 m | | | 6.78 ± 0.43 | 7.94 ± 0.38 | 11.81 ± 0.91 | 16.74 ± 1.58 | 19.49 ± 1.13 |
| 5 | 1 m | | | 5.00 ± 0.48 | 10.06 ± 1.14 | 16.66 ± 1.56 | 24.50 ± 0.95 | 19.88 ± 1.37 |
| | 15 m | | | 5.05 ± 0.46 | 8.82 ± 0.91 | 13.72 ± 1.59 | 22.63 ± 0.57 | |
| | 36 m | | | 5.03 ± 0.46 | 7.24 ± 0.55 | 11.11 ± 1.13 | 17.67 ± 0.77 | 19.63 ± 1.17 |

解 析 方 法

Blackman-Tukey 法によるスペクトル解析を行なった。データ数は720(30日分)、最大ラグは75に統一した。データにはリニアトレンドの除去、プリホワイトニング等の前処理を行い、スペクトルの平滑にはハニングフィルターを用いている。また、スペクトルは片側スペクトルで示した。

なお、本文中に示したスペクトル図は各期間における代表的なもののみを示した。

結 果

(1) 2月から3月へかけての水温変動

図2に代表的なスペクトル図を示した。No.3およびNo.5ブイのデータは昭和50年2月1日から3月2日まで、No.2ブイでは昭和51年2月7日から3月7日のデータを用いている。No.1およびNo.4ブイのスペクトルは、エネルギーレベルが低く、明瞭な特徴もないので省略した。図中の縦軸はエネルギー密度(°C²/cph)、横軸は周波数、Dは日周潮周期、fは慣性振動周期、SDは半日周潮周期である。以下にでてくる図はすべて同様である。

No.2ブイにみられる特徴は日周潮周期及び半日周潮周期でエネルギーレベルにピークがみられることである。また日周潮周期近傍では50m層で、半日周潮周期近傍では1~30m層でピークが明瞭になるなど、層別の特徴が異なる。これらは冬季、東湾と西湾との間に形成される不連続線の

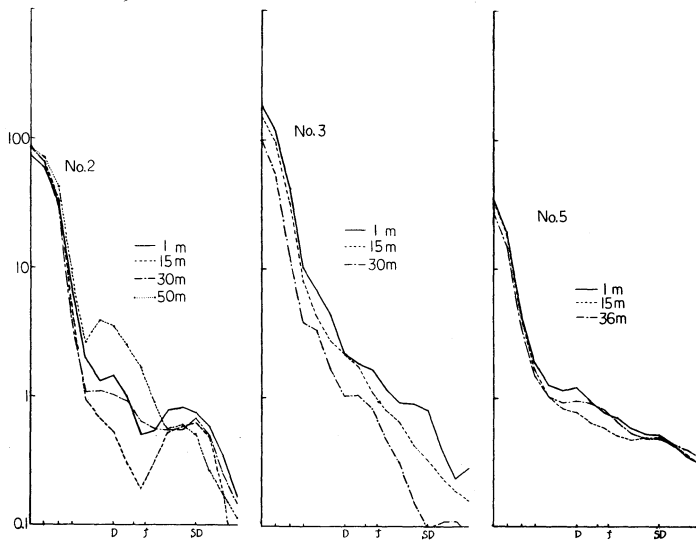


図2 2～3月における水温変動のスペクトル

水平移動によるものとみられるが、50m層では東湾水の影響をより強く受けており、鉛直的、水平的な温度傾斜がその上層に比べて大きいものと思われる。

同じ東湾に位置するNo. 3 ブイとNo. 5 ブイを比較すると、長周期変動はNo. 3 ブイの方が大きい。さらに各層間のエネルギーレベルに差がある。これはNo. 3 ブイの方が気象変化の影響を受け易いためと思われる。一方No. 5 ブイでは各層でのエネルギーレベルにほとんど差がなく、鉛直的に均質な水となっている。1 m層ではわずかに日射の影響によるとみられる日周期の小さなピークがある。

(2) 4月から5月へかけての水温変動

図3に50年4月15日から5月14日までのデータのスペクトルを示した。いずれのブイにおいても1 m層では日周期にピークが現われてきており、これは日射の影響によるものと思われる。しかし、半日周期にも小さいピークがあり、潮汐の影響もあるものと思われる。一方、15 m層以深ではNo. 1、42 m層を除いて、日周期にも半日周期にもピークはない。これは、時期的に加熱初期であるため、表面からの加熱が中層まで達せず、中層以深では鉛直方向、水平方向ともに温度傾斜が小さいためと思われる。また、水深の浅いNo. 3 ブイでは気象変動に対応するとみられる長周期の変動が、水深にかかわらず大きくでている。(気象変動の周期は短くとも数日と考えるのが妥当であろう)

(3) 6月から7月へかけての水温変動

図4に50年6月19日から7月18日までのデータのスペクトルを示した。No. 2 ブイの1 m層では日周期、及び半日周期にピークがあり、これは日射や、潮汐によるものと思われる。30 m層では日周期や半日周期にはピークはなく、慣性振動周期近傍にピークがでている。50 m層では慣性振動周期と半日周期の中間付近に小さいながらもピークがある。東湾のNo. 3、No. 5 ブイの1 m層では日

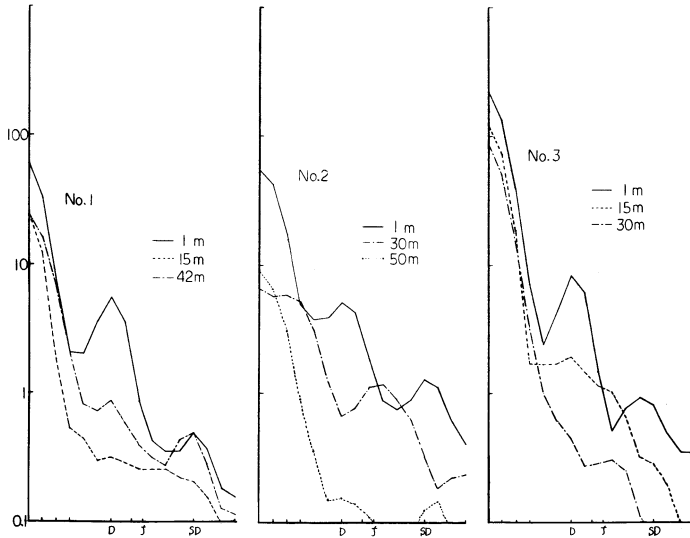


図3 4～5月における水温変動のスペクトル

周期、半日周期には顕著なピークはない。両ブイともに15m層では慣性振動周期付近に明瞭なピークが現われている。冬季における川内沖の30m層の流れには南北成分に慣性振動が現われることが知られている。⁽¹⁾ もし水温の慣性振動周期のピークが有意なものであるとするならば、海水流動と関連があるはずであり、今後、確認を要する。No. 5の36m層では日周期、半日周期、慣性振動周期のいずれにもピークはない。No. 3の30m層では慣性振動周期と半日周期との間にピークがあり、スペクトルの動態はNo. 2、50m層とよく似ている。

(4) 8月における水温変動

図5に8月1日～30日までの水温のスペクトルを示した。この時期の最も顕著な特徴は湾口部

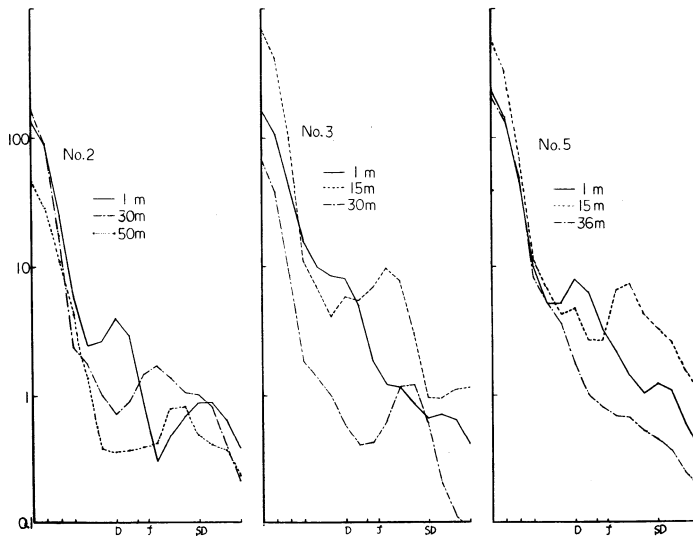


図4 6～7月における水温変動のスペクトル

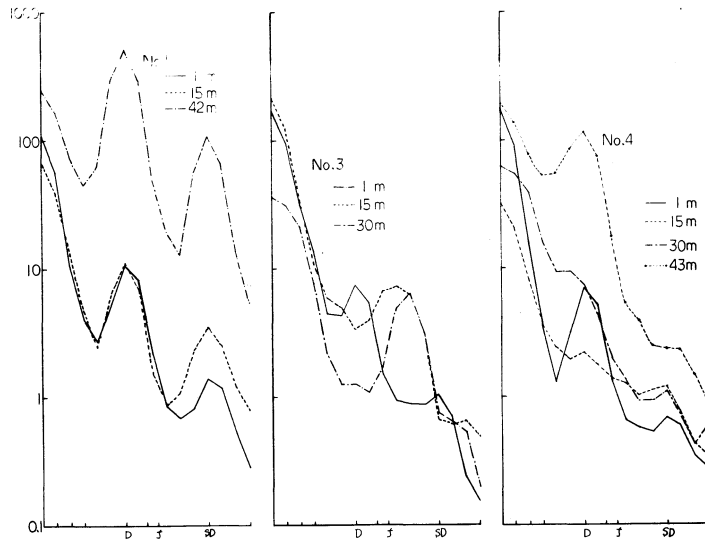


図5 8月における水温変動のスペクトル

No.1 ブイの底層に現われた潮汐周期の大きな水温変動である。日周期及び半日周期に鋭いピークがあり、エネルギーレベルには差があるものの、スペクトルの動態は3層ともによく似ている。これは水温変動を引き起す要因に深さによる違いがない(1m層の日周期変動には日射の影響もあると思われるが)ことを意味するのであろう。エネルギーレベルの差は深さによって水平的な温度傾斜に差があるためと思われる。西湾のNo.4 ブイでは1m層で日周期にピークがあるが、これは日射の影響であろう。43m層では日周期にピークがあり、これは明らかに潮汐によるものである。しかし半日周期にピークがなく、No.1 ブイにみられる特性とは異っている。東湾のNo.3 ブイ1m層では日射の影響により日周期にピークがでている。15m、30m層では慣性振動周期近傍及び慣性振動周期と半日周期の間付近にピークがでている。

(5) 10月における水温変動

図6に10月1日から30日までのデータのスペクトルを示した。いずれのブイにおいても、表層中層では鉛直混合が進行して、鉛直的にも水平的にも温度的に均質化しているため、エネルギーレベルはかなり低くなっている。東湾のNo.5 ブイでは鉛直混合による均質化は底層まで達している。一方、湾口部のNo.1 ブイの底層では潮汐による日周期、半日周期の水温変動が、かなりの高さのエネルギーレベルを保って存在している。No.4 ブイの底層のスペクトルは大きな水温変動のあることを示しているが、周期性は明瞭でなく、No.1 ブイと比較すると潮汐周期がはっきりしない。このような現象は8月の水温変動にもみられたものであり、今後、潮汐が湾内においてどのような振舞いをするかを検討する必要がある。

ま と め

これまで、陸奥湾内にみられる水温変動の特徴について、季節別、ブイ別に述べた。ここでは特に特徴的な点を拾い出してみる。

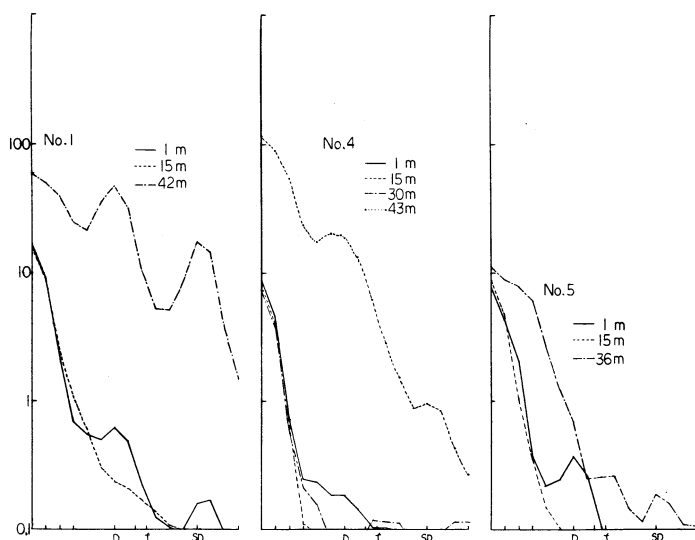


図6 10月における水温変動のスペクトル

(1) 慣性振動周期の水温変動

湾中央のNo. 2 ブイや、東湾のNo. 3、No. 5 ブイの中層以深に慣性振動周期または慣性振動周期と半日周期の中間にスペクトルのピークが現われることがある。水温変動の要因そのものにはこのような周期を持つ要因はないので、これは海水流動に伴うものと考えられる。冬季間の川内沖における底層の流れの南北成分に慣性振動が現われることがあり、⁽²⁾ 今後、流れと水温変動の関係を検討する必要がある。

(2) 潮汐周期の水温変動

潮汐周期の水温変動は、夏季、秋季に湾口部、中・底層で顕著となる。また日周期、半日周期ともに明瞭となる。一方、西湾のNo. 4 ブイの底層では同時期、日周期の水温変動は現われるものの、半日周期は不明瞭である。また、川内沖の冬季間の流れには半日周期に鋭いピークが現われる⁽³⁾にもかかわらず、春季、夏季の水温変動には半日周期にはピークがない。これらが時期的な問題であるのか、湾内各地先で潮汐による海水流動に相違があるのか検討を要する。津軽海峡の流れには日周期が卓越して現われ、半日周期は弱勢であり、その傾向は表層での水温変動も同様であるという指摘⁽⁴⁾がある。また、半日周期の水温変動は日潮不等の小さい時期に現われ、さらにその日潮不等は干潮位の不等であるという指摘⁽⁵⁾があり、半日周期の水温変動については、その実態をさらに明確にする必要がある。

(3) 水温変動の激しさの分布と季節変化について

いうまでもなく、水温は生物にとっての重要な環境要因である。また実水温ばかりではなく、水温変動の激しさということも、ストレスを与えるという点で重要な一側面であろう。水温変動の激しさというと、直観的には数秒、あるいは数分から数日といった周期の変動を指すことになろう。また、海洋では表層ほど気象変動の影響を受け易いため、水温変動が激しいように思いがちである。そこで、水温変動の激しさが、どのような分布、季節変化をするのか、表-2に示し

表2 水温変動の激しさの指標

| 年 度 | 49年 | 49年 | 50年 | 50年 | 50年 | 50年 | 50年 | 51年 |
|-----|--------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| 期 間 | 8月1日～ 30日 | 10月1日～ 30日 | 2月1日～ 3月2日 | 4月15日～ 5月14日 | 6月19日～ 7月18日 | 8月1日～ 30日 | 10月1日～ 30日 | 2月7日～ 3月7日 |
| ブイ | 水深 | | | | | | | |
| 1 | 1 m | | | 10.58 | 60.28 | | 105.07 | 14.95 |
| | 15 m | | | 10.05 | 17.46 | | 93.37 | 14.39 |
| | 42 m | | | 17.01 | 29.98 | | 1,703.50 | 298.28 |
| 2 | 1 m | 94.02 | 12.18 | | 198.64 | 318.52 | | 106.54 |
| | 15 m | 143.69 | 10.77 | | | | 9.70 | 108.21 |
| | 30 m | 235.96 | 12.08 | | 29.84 | 122.13 | 9.23 | 106.71 |
| | 50 m | 382.94 | 105.77 | | 12.29 | 49.41 | 140.50 | 140.53 |
| 3 | 1 m | 141.73 | 18.34 | 190.72 | 213.66 | 202.74 | 166.02 | 13.64 |
| | 15 m | 123.58 | 16.10 | 150.95 | 103.29 | 577.90 | 213.54 | 25.26 |
| | 30 m | 249.55 | 14.10 | 81.48 | 75.61 | 57.58 | 83.00 | 11.55 |
| 4 | 1 m | | | 30.66 | 156.26 | 219.90 | 50.44 | 6.59 |
| | 15 m | | | 27.84 | 46.80 | 25.82 | 46.55 | 5.38 |
| | 30 m | | | 27.98 | 16.69 | 84.77 | 147.90 | 5.43 |
| | 43 m | | | 26.34 | 8.97 | 114.14 | 630.66 | 249.93 |
| 5 | 1 m | | | 33.56 | 114.95 | 234.21 | 176.76 | 7.14 |
| | 15 m | | | 30.42 | 52.47 | 453.00 | 72.30 | |
| | 36 m | | | 26.77 | 52.47 | 208.30 | 133.28 | 28.63 |

た。ここで水温変動の激しさの指標としては、スペクトル解析の結果から周期にして12.5時間以上で周波数0の点を除く12個の離散周波数点におけるパワーの単純合計とした。表2に示されたとおり、ホタテガイの垂下水深である15m層では特に水深の浅い東湾で変動が激しい。最も変動が激しいのは夏季の湾口部底層である。また、冷却末期の2～3月では比較的大きな年次変動があるようである。今後、このような点について、さらに詳細に検討する予定である。

参 考 文 献

- (1) 仲村俊毅(1980) 陸奥湾における水温変動-I 青水増事業概要 第9号 PP213～222
- (2) 仲村俊毅(1981) 川内沖における流れの特性-II 同上 第10号 PP212～216
- (3) 仲村俊毅(1980) 川内沖における流れの特性について 同上 第9号 PP243～248
- (4) 浜野 茂(1976) 津軽海峡の海面水温の短期変化について 海と空 第51巻第2号
- (5) 仲村俊毅(1980) 陸奥西湾における潮汐同期の水温変動について 青水増事業概要 第9号 PP223～230