

京都府沿岸海域への魚群添加機構に関する研究一II

水位変動と短期海況変動について

原 哲之・河岸 賢・宗清 正廣
和田 洋蔵・飯塚 覚

**Studies on Supply Systems of Commercially Important Fish Schools
into Coastal Fishing Ground of Kyoto Prefecture-II**

**On Variations of Sea Level and Short-period Fluctuations
of Oceanographic Conditions**

Noriyuki HARA*, Masaru KAWAGISHI, Masahiro MUNEKIYO,
YOZO WADA and Satoshi IIZUKA

Synopsis

This paper treated of some short-period fluctuations of oceanographic conditions on the continental shelves off Kyoto Prefecture. It was seen that the fluctuations were closely related to variations of coastal sea level. Off Cape Washizaki, the observations suggested two patterns of strong currents of more than 30 cm/s as follows; 1) A northward strong current develops with an fall of sea level at Maizuru. 2) A southward strong current develops as sea level rises at Maizuru. In addition, there frequently occurred rapid elevations of water temperature off Cape Niizaki. These phenomena correlated probably to intrusions of the Tsushima Warm Current Water into the western part of the Wakasa Bay, called Tango Sea. It was considered, namely, that the intrusion of the warmer water was caused by the Ekman transport induced by a western wind. Moreover, it was suggested that changes of water temperature near the bottom and currents off Cape Kyogamisaki were related to variations of coastal sea level.

京都府沿岸の陸棚域（以下、陸棚域と略称する）は定置網漁業や沿岸釣漁業の好漁場となっている。定置網漁業では時化の直後にしばしば急激に漁況が変わることが経験的に知られている。漁況の変化は多様で、漁業者に利益を与えることもあれば、大きな損害をもたらすこともある。たとえば、時化を境に漁獲魚種の組成が変化し、マグロなどの暖流系の回遊魚が入網するようになることは利益となる。しかし、荒天直後に時として沿岸を襲う急潮は漁具の破壊に至り大きな打撃を与える。

他海域の沿岸漁場でも急潮や漁獲魚種の変化などの急激な漁海況変動は珍しくない（石野ほか、1967）。そして、このような短期漁海況変動の多くが沿岸の水位変化

と何らかの関連をもつことが明らかにされている（松山・岩田、1977；大塚、1972）。

一方、京都府沿岸域を含む日本海西部沿岸海域では気象擾乱により5～7日周期で沿岸の水位が昇降しており（Endo, 1968；柳ほか、1984）、この水位変動に対応して日本海南西部の陸棚上の流れや水塊構造が変化することが明らかになった（松山ほか、1986；小田巻、1987）。

これらのことから、京都府沿岸漁場における短期漁海況変動も、沿岸の水位変動と関連している可能性がある。そこで著者らは、1977年以降実施した固定点における係留観測の結果を用いて、陸棚域における短期海況変動と沿岸水位の変動との関連について検討した。著者らは前報（河岸ほか、1989）において、陸棚域における底層水温の変動と沿岸水位の変動との関連を明らかにし

* 京都大学農学部（Faculty of Agriculture, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto, 606）

た。これ以外にも沿岸水位の変動と関連をもつ若狭湾西部海域（以下、丹後海と呼ぶ）の表層の流動変動ならびに昇温現象が見出されたのでここに報告する。また、文献による知見もあわせて、沿岸水位の変動と関連した陸棚域の短期海況変動を整理する。

報告に先立ち、校閲の労をとっていただいた京都大学農学部水産学科、川合英夫教授、解析の指導と校閲をいただいた京都大学農学部附属水産実験所の上野正博技官に厚くお礼申し上げる。また、快く資料を提供していただいた舞鶴海洋気象台の海洋課、測候課の各位にもお礼申し上げる。

資料と方法

1. 丹後海の流動変動

1987年5月から8月にかけて、Fig. 1の定点C（鷲崎と冠島の中間点；底深70m）、D（野原サキヤマ漁場；底深60m）、E（伊根 割礁漁場；底深60m）に設置した係留式自記流速計（MTCM5A、同4型；鶴見精機製）による測流結果を用いた。定点Cでは係留系を新たに設置し、定点D、Eでは定置網の絞灯ブイを利用し、それぞれ上述の流速計を垂下した（なお、定点Cは前報（河岸ほか、1989）における定点Bに相当する）。いずれの定点も測流水深は海面から15mで、測定時間間隔は10分であった。測器の故障等により、有効な測流データが得られたのは定点Cでは1987年6月2日～29日と7月1日～31日、定点Dでは6月4日～7月12日、定点Eでは6月1日～13日と6月19日～30日および7月22日～8月6日の期間であった。

2. 丹後海の昇温現象

丹後海の50m以浅の水温変動の資料として、1977年4月から新井崎定置網漁場に設置されている水温計の観測結果を用いた（Fig. 1の定点B）。定点Bにおける水温計は水深10、25mの各層に設置され、測定時間間隔は15分であった。この資料から10m深、25m深での日平均値を求め、解析に用いた。

本報では対馬暖流系の暖水（以下、沖合暖水と呼ぶ）が丹後海に流水するために生じる昇温現象について検討する。毎年夏季において定点Bでは、沖合暖水の流入を示唆する特徴的な昇温現象が観測される。そこで、定点Bの日平均水温の変動の資料から、1979年の7月、1980年～1983年の5月～7月および1984年の5月、6月について沖合暖水の流入を示す可能性の高い昇温現象を選択した。選択したおのおの昇温例について沿岸水位の変動との関連を検討した。

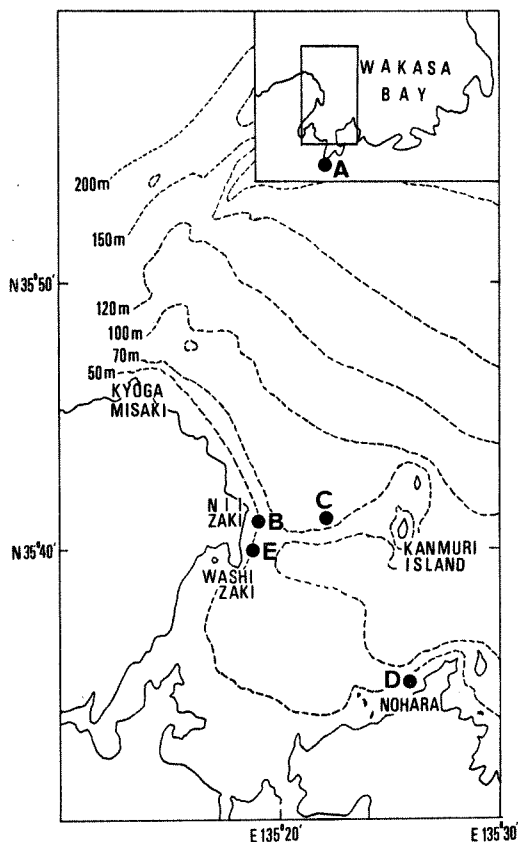


Fig. 1. Map of the western part of the Wakasa Bay. Numerals on bottom contours show depth in meters. A; Location of tidal station at Maizuru Bay. B; Location of water temperature measurements. C, D, E; Locations of the moored current measurements.

3. 沿岸水位

舞鶴海洋気象台舞鶴検潮所（Fig. 1の定点A）の潮汐偏差計算表を沿岸水位の資料とした。また、同気象台の舞鶴港の日平均海面気圧の資料を用いて、日平均潮位偏差を必要に応じ気圧補正した（1,013 mbを基準とし、1 mbの気圧変動が1 cmの水位の昇降を起すものとした）。なお、潮位偏差は3時間間隔で測定されている。

結果

1. 丹後海の流動変動

1987年6月における舞鶴港の潮位偏差ならびに各流速計の流速の6時間移動平均値をFig. 2に示した。定点Cについては、流速の絶対値に着目し、流速および各日

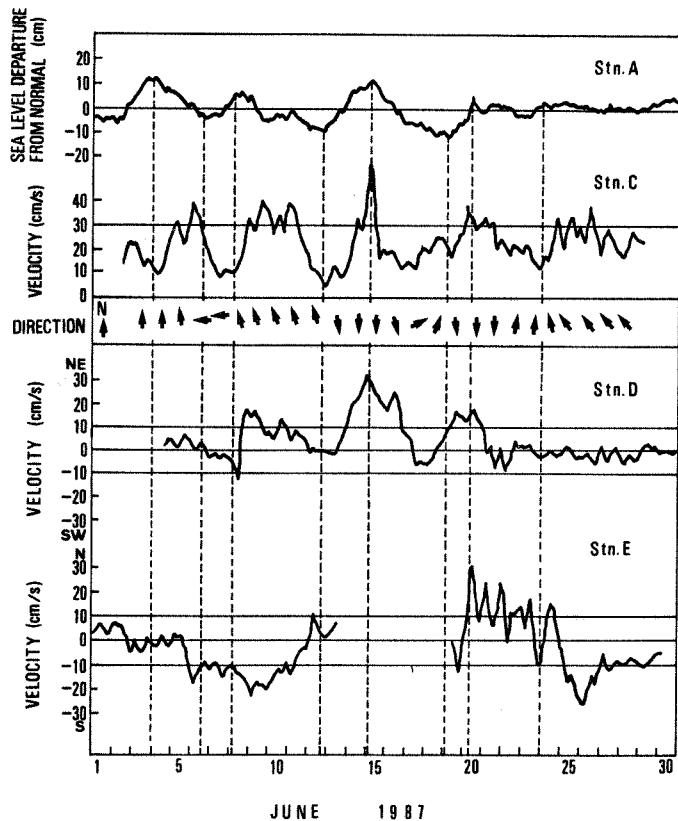


Fig. 2. From the top to the bottom, time series of sea level departure from normal at Maizuru (Stn. A), time series of 4-h running averaged current velocity and daily mean current direction at 15 m depth at Stn. C, time series of 6-h running averaged NW-component of current velocity at 15 m depth at Stn. D, and time series of 6-h running averaged N-component of current velocity at 15 m depth at Stn. E.

の平均的な流向(矢印)に示した。一方、陸岸に近い定点D、Eについては陸岸に平行な流速成分を示した(正の値が丹後海から流れ出る流れとなる)。定点Dでは南西～北東方向を、定点Eでは南北方向を陸岸の走行方向とした。なお、1987年7月、8月の観測結果も同様な傾向にあったので、同年6月のそれだけで代表させた。

まず、定点Cの変動と沿岸水位の変動との関連について検討する。定点Cの流速が30 cm/sを超える流れを「強流」と定義すると、Fig. 2から「強流」の発生と沿岸水位の変動との間に、以下の2つのパターンの関連がみられた。すなわち、(1) 沿岸水位が高水位のピークから低水位へ下降するとともに、北向きの流れが強くな

り、強流となる(例えば6月8日～10日)。(2) 沿岸水位が低水位のピークから高水位へ上昇するとともに、南向きの流れが強くなり、強流が発生する(例えば6月13日～15日)。

一方、定点D、Eは陸岸に近く、さらにFig. 2に示した流速は成分に分離した値であるから、定点Cに比べてその流速が小さい。そこで定点D、Eについては10 cm/sを超えると「強流」とする。Fig. 2からわかるように、両点で強流が観測されるほとんどの場合で定点Cでも強流が観測された。

すなわち、1987年6月を例にみると、定点Dでは6月8日、9日、14日～16日、19日、20日に北東の強流が観

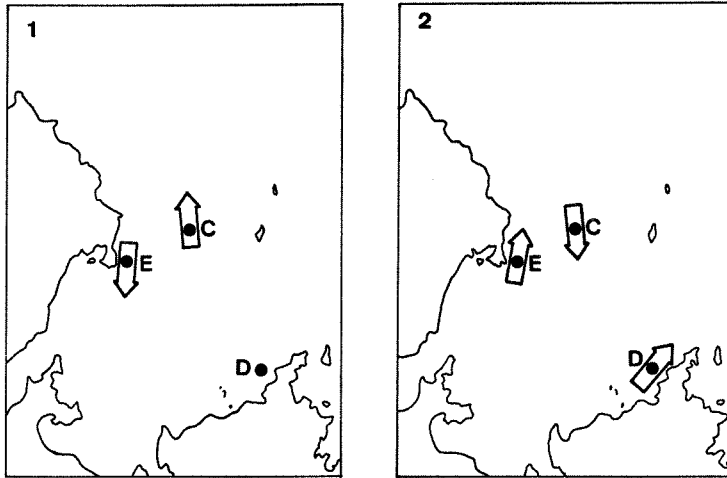


Fig. 3. Two characteristic patterns (1, 2) of strong currents at 15 m depth in Tango Sea. 1; As sea level falls at Maizuru, a northward current develops over 30 cm/s at Stn. C. Such a current is followed by a strong southward current at Stn. E. 2; As sea level rises at Maizuru, a southward current develops over 30 cm/s at Stn. C. Such a current is followed by a strong northward current at Stn. E and a strong northeastward current at Stn. D. Arrows show strong currents and their directions.

測された。一方、定点Cでは6月8日、9日は北向きの強流、6月14日～16日、19日、20日では南向きの強流が観測された。このように、定点Cで丹後海に流れ込む強流が観測されるときには、定点Dでは丹後海から流れ出る強流になることがわかる。これに対し、定点Eでは6月6日、8日～10日、20日、21日、25日、26日に強流が観測された。そのうち6月6日、8日～10日、25日、26日は南向き、20日、21日は北向きの強流であった。一方、定点Cでは6月5日、8日～10日、25日、26日は北向きの強流、6月20日、21日は南向きの強流が観測された。このように定点Cで強流が発生すると、定点Eではその補流と考えることのできる逆向きの強流が発生することがわかる。

以上に述べたように、丹後海の流動と沿岸水位の変動とは直接的に関連していることが明らかとなり、これらの関係を整理して Fig. 3 に示した。

2. 丹後海の昇温現象

今回検討の対象とした夏季（5～8月）には、日射の影響で水温が上昇する時期にあたるが、定点Bではこれによる緩やかな昇温の他に急激な昇温現象（25 m 層で $0.5^{\circ}\text{C}/\text{day}$ 以上）が観測される。このような急昇温が

生じる原因として、(1)水平的な暖水の流入、(2)この時期に発達する季節水温躍層の鉛直変位が考えられる。(1)に起因する昇温は沖合暖水の流入によるものであろう。したがって、ここでは沖合暖水の流入について検討するのであるから、定点Bで発生する急昇温現象のうち、(2)に起因する昇温現象を除外する必要がある。定点Bの10 m 層と25 m 層の水温差は7月後半から、大きくなる年が多い。すなわち、5月から形成され始めた季節水温躍層は、7月後半になると著しく発達し、25 m 深にまで影響する。このため、8月の水温記録は5～7月に比べ、25 m 層の水温変動が著しく激しくなる。このことから、8月の観測結果を選択の対象から除外した。さらに、5～7月における観測結果から、次の3条件を満たす昇温現象を選択した。①長期傾向のなたらかな昇温に比べ、単位時間当りの水温上昇率が著しく大きい。②上昇した水温は2日以上持続する。③10 m、25 m 両層で昇温し、特に25 m 層の方で昇温率が大きく、両層の水温差が減少する。5～7月は水温躍層が浅く、その影響で10 m 層のみ水温が大きく変動する可能性がある。このような場合を除くために③の条件を設けた。上述の3条件を満たす昇温現象が全て沖合暖水の丹後海への流入を

示すものとは限らない。しかし、この3条件を満たす昇温現象の発生機構を検討することにより、沖合暖水が流

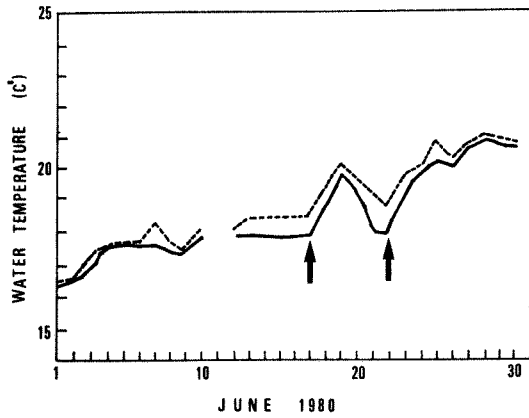


Fig. 4. Time series of daily mean water temperature at 10 m depth and 25 m depth at Stn. B. Dashed line; Daily mean water temperature at 10 m depth. Solid line; Daily mean water temperature at 25 m depth. Arrows show the beginning days of rapid elevation of water temperature.

入するための必要条件を探ることは可能である。

選択の対象とした水温観測結果の中で、上述の3条件を満たす昇温現象は14例認められ、Fig. 4にその1例を示した。なお、Fig. 4に矢印で示した日を昇温開始日と呼ぶこととし、14例のそれぞれの昇温開始日をTable 1に示した。昇温開始日における舞鶴港の水位は14例中13例で正偏差かあるいはその前日より高い値であった(Table 1)。さらに、この13例中9例では気圧補正を施しても水位は正偏差かあるいは前日より高い値であった。したがって、沖合暖水が流入するときに沿岸の水位が上昇する可能性が高いと考えられる。

考 察

沿岸の水位変動に関連する陸棚域における一連の海況変動を、(1)沿岸水位の変化を引起こす水の輸送過程 (2) 水位変動につながる水の輸送とは直接関係しないが、水位変動に対する海洋の応答として現われる過程の2つに分けて検討する。

1. 沿岸の水位変動を引起こす水の輸送

結果で述べたように、沖合暖水が流入するときに沿岸の水位が上昇する可能性が高い。経ヶ岬沖を通過する暖

Table 1. Sea level at Maizuru and difference of atmospheric pressure between Maizuru and Yamatotai at the beginning days of rapid elevation of water temperature at Stn. B. Open circles indicate that daily mean sea level departure from normal at Maizuru at the beginning day of rapid elevation of water temperature was higher than 0 cm or higher than the preceding day.

Dates	Sea level at Maizuru	Adjusted sea level	Difference of atmospheric pressure between Maizuru and Yamatotai at 9 o'clock	
			the preceding day	
26 May 1980	○	○	3.5	4.6
17 June 1980	○	○	2.7	—
22 June 1980	○	○	-0.7	1.1
2 July 1980	○	○	1.1	-0.6
27 July 1980			—	0.7
7 June 1982	○	○	-0.3	0.8
24 June 1982	○	○	—	-0.7
11 July 1982	○	○	1.7	2.4
17 July 1982	○	○	—	—
28 May 1983	○	○	1.6	—
9 June 1983	○	○	0.7	2.1
20 June 1983	○	○	0.2	-0.1
20 July 1983	○	○	—	—
13 May 1984	○	○	2.3	0.2

水が丹後海へ流入するには岸に向う水の輸送が必要である。小川・森脇(1986)は、山陰沖合の対馬暖流域において陸岸に平行な西よりの風が岸に向う流れの成分を発生させることを示唆した。エクマンの理論によれば、西よりの成分をもつ風は南向きの成分をもつ流れを発生させる。そこで、西よりの成分をもつ風が沖合暖水の丹後海への流入に関係しているのか検討する。

まず、経ヶ岬沖の風向、風速を推定する方法について述べる。ある2点間を結ぶ線に直交する方向の地衡風は気圧の高い方を右にみる方向に吹き、その風速はこの2点間の気圧傾度に比例する。したがって、ある2地点間の気圧差は、それらの地点を結ぶ線に直交する方向の地衡風の成分の指標として用いられている(松山ほか, 1974)。以下で行う検討に必要なのは経ヶ岬沖合の風の変動であり、詳細な気圧配置図を作り、経ヶ岬沖合の風向、風速を推定することが望ましい。しかし、著者らが入手し得る限りではそのような検討が可能な資料はない。そこで、本報でも上述した方法を採用することとし、地衡風の東西方向の成分の指標として舞鶴港と大和堆との間の海面気圧の差を用いる。この2点はほぼ南北に位置しており、舞鶴港の方が気圧が高いときには地衡風は2点間の平均として西よりの成分をもつことになる。なお、ここでは毎日9時に測定されている舞鶴港と大和堆の気圧の差を用いる。

沖合暖水の流入を示唆するとして選択した14例の昇温現象について、昇温開始日およびその前日の気圧差をTable 1に示した。昇温開始前日には気圧差の資料が得られた10例中8例で舞鶴港の方が気圧が高かった。昇温開始日でも10例中7例で舞鶴港の方が気圧が高かった。すなわち、舞鶴港と大和堆の間の気圧差と昇温開始日とは密接に関連している。このことは、定点Bにおける14例の急昇温現象が沖合暖水の流入により発生し、そ

の流入がエクマン輸送によるものとした先の仮説を支持している。一方、今回定点Bにおける水温変動を検討した全ての日について舞鶴港と大和堆との気圧差を求めた。その結果、Table 1に示した昇温開始日およびその前日を除くと、気圧差の資料が得られた全日数(272日)のうち約58%の日数で舞鶴港の方が気圧が高かった。したがって、舞鶴港の方が気圧が高い、すなわち経ヶ岬沖合の地衡風が西よりの成分をもつからといっても必ずしも昇温が生じるわけではない。

以上に行った検討については今後、①経ヶ岬沖合を定点Bの水温を上昇させるだけの高温な水塊が実際に通過しているか、②舞鶴港と大和堆の気圧差と、経ヶ岬沖合の風の変動が対応しているか、③経ヶ岬沖合で西よりの成分をもつ風が吹くと、どの程度の深度まで南向きの流れが発生するか、④発生した南向きの流れによってどの程度まで沿岸水位が上昇するのか、⑤上昇した沿岸水位がどのような機構で下降するのか5点について検討する必要がある。先述したように、1987年の観測による丹後海では沿岸水位の変動と直接的に関連して2つのパターンで強流が発生することが明らかになった(Fig. 3)。したがって、上述した5点の検討課題を究明することにより、丹後海内への流動変動をある程度予測することが可能になるであろう。

2. 水位変動に対する海洋の応答

小田巻(1987)は舞鶴港の水位と経ヶ岬沖の流れの南向きの成分の大きさが正の相関にあることを示した。これは、沖合より沿岸の方が水位が高くなることに對して地衡流のバランスをとろうとする流れの応答である。また、沿岸水位の上昇に対する流速増加率は水深20m層の方が150m層より大きい(小田巻, 1987)。すなわち、沿岸水位が上昇すると流れの鉛直シアも増大する。

Table 2. Characteristic fluctuations of oceanographic conditions which relate to variations of sea level at Maizuru in the coastal area of Kyoto Prefecture

Sea level at Maizuru		rises	peak	falls
Fluctuations which contribute to changes of sea level	The Tsushima Warm Current Water	intrudes into Tango Sea		
	Currents in Tango Sea	Strong currents develop in 2 ways		
Fluctuations as responses to changes of sea level	Currents off Cape Kyogamisaki	East component of current velocity increases		
	Thermoclines on continental shelves	move downward	move upward	

一方、陸棚上に存在する水温躍層も、沿岸水位の変動に対するパロクリックな応答として鉛直的に変化する。このために陸棚上の固定点では水位変動に対応した水温変動がしばしば現われるが、水温変動様式は低塩分水の流入や成層の影響を受け、季節的に変動する（河岸はか、1989）。

以上のように、1980年代になって当陸棚域で実施されるようになった、2週間以上にわたる係留系観測によって、沿岸水位の変動に対する陸棚域の海洋の応答として、①経ヶ岬沖の流れの変化、②丹後海内の流れの変化、③水温躍層の鉛直的な変位による底層水温の変動の3点が明らかになった。

最後に、陸棚域で発生する沿岸水位の変動に対応する一連の短期海況変動を整理した（Table 2）。Table 2に示したように、本報および前報で指摘した一連の現象は沿岸水位の変動に対応して複合的に発生する。これらの現象は漁業に対する影響も大きいと考えられるが、その個々の過程を明らかにすることは困難である。しかし、沿岸水位の変動を引起すもの、あるいは水位変動に対する応答として海況変動を整理し、漁況の変化も水位変動に応じて分類することにより、海況変動と漁況変動との関連を理解することは可能と考えられる。

要 約

固定点における係留系観測の結果を解析し、京都府沿岸の陸棚域における短期海況変動について調査した。その結果、当海域の短期海況変動の多くは沿岸水位の変動に関連していることが明らかになった。

1. 1987年に実施した測流観測により、丹後海の表層（15 m 深）の流動について次のことが明らかになった。舞鶴港の水位変化に対応して鷲崎と冠島の間（定点C）では 30 cm/s を超える強い流れが2つのパターンで発生する。陸岸近くでは定点Cでの強流発達にとまない、補流と考えられる強い流れが発生する。

2. 新井崎定置網漁場に設置された水温計の観測結果

を用いて、丹後海への沖合暖水の流入機構を検討した。1979年—1984年の5月～7月において観測された水温上昇現象から、沖合暖水の流入を示唆する事例を選択した。選択したほとんどの事例で昇温開始日に沿岸水位が上昇していた。また、昇温開始日およびその前日には沖合で西風が吹いている可能性が高く、暖水の流入機構としてエクマン輸送が示唆された。

3. 他の文献による知見も含めて、当陸棚域で観測された沿岸水位の変動に対応する短期海況変動を整理した。

文 献

- ENDO, H. 1968. Spectral analysis of daily mean sea records along the coast of Japan. *Report of Hydrographic Researches*, 4: 5-19.
- 石野 誠・大塚一志・瀬戸口明宏・本橋敬之助. 1967. 日本近海海流系に関する水産海洋学的研究 I. 黒潮分枝流の接岸流入とそれに伴う漁業災害の一例. *Lamer*, 5: 244-250.
- 河岸 賢・原 哲之・宗清正廣・和田洋蔵・飯塚 覚. 1989. 京都府沿岸海域への魚群添加機構に関する研究—I. 沖合および沿岸海域底層水温の変動現象について. *京都海洋センター研報*, 12: 31-35.
- 松山優治・岩田静夫. 1977. 相模湾の急潮. *水産海洋研究会報*, 30: 1-7.
- 松山優治・名角辰郎・高畑哲男. 1986. 但馬沿岸の流れの場の特性. *沿岸海洋研究ノート*, 23: 129-138.
- 松山優治・寺本俊彦・前田明夫. 1974. 相模湾沿岸における異常高潮位と湾の温度場及び塩分場との関係. *Lamer*, 12(2): 28-36.
- 小田 卷 実. 1987. 海洋生物資源の生産能力と海洋資源に関する研究（第Ⅱ期）成果報告書. 59-87. 科学技術庁研究開発局.
- 小川喜彦・森脇晋平. 1986. “底部冷水”の変動機構. *東北水研研報*, 48: 97-114.
- 大塚一志. 1972. 日平均水面の変動からみた相模灘への黒潮分枝流の流入について. *水産海洋研究会報*, 20: 1-12.
- 柳 哲雄・磯田 豊・児玉善彦. 1984. 山陰沿岸の長周期波. *京大防災研年報*, 27 (13-2): 1-10.