

伊勢湾とその周辺海域における海中の光と濁度の分布 : 大型十脚類の生息する海中の光環境について

著者	中村 亨, 守屋 和昭, 森田 雅之, 小池 隆
雑誌名	三重大学生物資源学部紀要 = The bulletin of the Faculty of Bioresources, Mie University
巻	32
ページ	45-59
発行年	2005-03-31
その他のタイトル	Characteristics of spectral irradiance and turbidity in Ise Bay and its neighbouring waters : light environments in the habitats of crustacean decapods
URL	http://hdl.handle.net/10076/2271

伊勢湾とその周辺海域における海中の光と濁度の分布

— 大型十脚類の生息する海中の光環境について —

中村 亨^{*1}・守屋 和昭^{*2}・森田 雅之^{*2}・小池 隆^{*2}

*1 三重大学生物資源学部附属練習船勢水丸 *2 三重大学生物資源学部

Characteristics of spectral irradiance and turbidity in Ise Bay and its neighbouring waters

— light environments in the habitats of crustacean decapods —

Toru NAKAMURA • Kazuaki MORIYA • Masayuki MORITA and Takashi KOIKE

Faculty of Bioresources, Mie University

Abstract

The spectral irradiance and turbidity of water were measured in Ise Bay and its neighboring waters. The light at the wavelength 565 nm penetrated to the deepest in Ise Bay while that was at the wavelength 490 nm in its neighboring waters (the open coastal waters). The ratio of the spectral irradiance (490 nm/565 nm) at 10 m depth increased from the bay water toward the open coastal waters, i.e. 0.5 in within the bay, 0.8 around the bay mouth and 1.6 in the open coastal waters. The surface water with high turbidity was confined to narrow coastal waters from the bay mouth to two to five miles offshore along the Shima Peninsula coast (west of the open coastal waters), and was detected down to 30 m depth at western locations around the bay mouth but the depth became shallower at offshore locations. This high turbidity water may come from the bay mouth along the Shima Peninsula during the ebb tide.

Key Words: spectral irradiance, turbidity, Ise Bay, Kumano-nada

伊勢湾は、南北約 70 km 東西約 40 km で、湾中央部の最大水深は約 35m と浅く、湾口部には多くの島礁が連なり閉鎖性の強い海域である。その海中環境は水深が浅いこともあって、湾奥部の木曾三川からの河川水の影響を受けやすい。また湾口から志摩半島沖合の海域は黒潮とその反流および沿岸や伊勢湾からの水塊が複雑に混ざり合い好漁場を形成している¹⁾。

これらの海域に生息する甲殻十脚類のうちイセエビや

ワタリガニ類は、水産上重要な漁獲対象となっており、イセエビは主に外洋に面した岩礁域に、ワタリガニ類は主に内湾の砂泥域に生息している²⁾。

このような海中動物の分布様式すなわち生息海域の違いを、海中の環境要素より解明しようとする試みは、水温や塩分あるいは海水の流動など物理環境に加え、海水中の栄養塩類や餌生物の豊凶など化学的・生物学的な環境要素を包括した解析が行われている³⁾。ところが海中

2005 年 2 月 25 日受理

〒 514-8507 三重県津市上浜町 1515

* For correspondence (e-mail: koike@bio.mie-u.ac.jp) Tel: 81-59-231-9544 Fax: 81-59-231-9538

の光環境については、これまで関心を持たれながらも具体的に検討されることは非常に少なかった。

そこで本研究は、伊勢湾やその周辺海域および紀伊半島先端の潮岬の沖合に至る海域において、練習船「勢水丸」で海中の分光照度と濁度を観測し、内湾・沿岸域と外洋域の特徴を海中の光環境より明らかにすることを目的とした。

観測方法および観測点

観測点図を図1に示した。観測海域は、1991, 92, 93年には志摩半島周辺を、2000年には伊勢湾内、湾口および潮岬周辺を、2003年には伊勢湾湾口および三河湾で行った。各観測点の観測日を表1に示した。

観測項目は、1991, 92, 93年にはCTDと濁度計を併用し、同時にクロロフィルa量および懸濁物重量の分析をした。93年4月に実施した25時間連続観測ではこれらに流向流速を加えた。2000年以降は勢水丸に新たに装備されたオクトパスCTDシステムにより海中環境の8要素を同時観測した。

観測は、外洋と内湾の光学的特徴の違いを見いだすた

め、波長別の分光照度を測定した。分光照度の計測は、中心波長412, 443, 465, 490, 510, 520, 555, 565, 625, 665および683nmの11波長(半値幅はいずれも約10nm)で実施した。その方法は湾内では水面より海底付近まで湾外では200m深まで連続的に計測し、値は1mごとに読み取った。使用したオクトパスCTDシステムは、水温、塩分、溶存酸素、深度(Sea Bard Ltd. 製)、光量子量、分光照度、濁度、散乱度(Chelsea Instruments Ltd. 製)、それに海面上の光量子量と分光照度を計測できる。海中の分光分布は、水深別の分光照度の計測値をもとに海面上の値に対する相対照度で表した。

また、伊勢湾が外洋と接する湾口域で、水塊の分布とその変動を明らかにするため、海水の濁度を観測した。観測は表層から水深100mまで連続して行い、値は1m毎に読み取った。さらに1993年4月に伊勢湾口西側St. 11近くの水深約40m地点に錨泊し、濁度と流向流速の25時間の連続観測を行った。濁度は表層より海底付近まで、流れは水深5mと水深27mを測定した。濁度計はMartek XMS(中心波長486nm, 光路長1m)、流向流速計はADCP(超音波ドップラー流向流速計, フルノ電機製)である。

表1 観測年月日と観測海域および観測項目

観測年月日	観測点	観測点数	観測器項目	備考	
2003年	M-1, A-1 E-1~E-15 I-1~I-6	22	オクトパス	伊勢湾 三河湾	
	M-1				
	E-1~E-7 I-1~I-8				
6月16日~18日		16	オクトパス	伊勢湾 三河湾	
2000年	6月5日~8日	L-1~L10-3	31	オクトパス	伊勢湾 潮岬周辺
	11月6日~7日	L-1~L5-3	16	オクトパス	伊勢湾
1993年	4月20日~24日	St. 11	25	CTD 濁度計, ADCP	25時間観測
	6月8日~11日	St. 11~St. 55	23	CTD 濁度計	志摩半島周辺
	9月11日~13日	St. 11~St. 55	26	CTD 濁度計	志摩半島周辺
1992年	10月12日~16日	St. 11~St. 55	23	CTD 濁度計	志摩半島周辺
	5月12日~15日	St. 11~St. 35	16	CTD 濁度計	志摩半島周辺
	6月9日~12日	St. 11~St. 55	29	CTD 濁度計	志摩半島周辺
	10月20日~23日	St. 11~St. 55	23	CTD 濁度計	志摩半島周辺
1991年	5月8日~11日	St. 11~St. 55	25	CTD 濁度計	志摩半島周辺

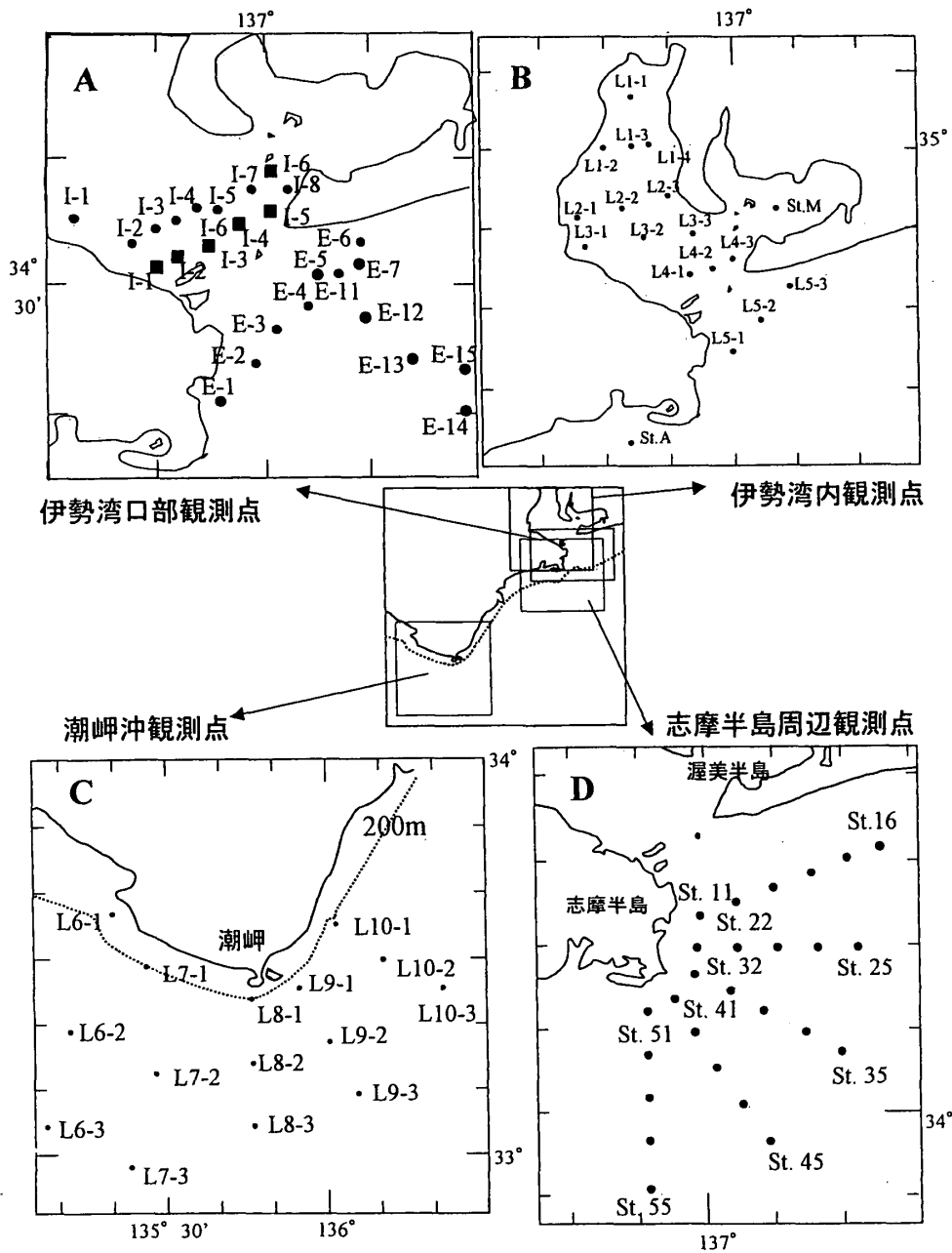


図1. 調査海域と観測点

図A, B, C: オクトパスの観測点。図D: CTDおよび濁度計の観測点。
 図中の黒丸と点線はそれぞれ、観測点と200m等深線を表す。

クロロフィルa量および懸濁物重量は、表層と水深5mあるいは水深30mよりバンドン採水器で20Lの海水を採水し分析した。クロロフィルa量は試水0.09~20.0Lを採水後直ちにガラス繊維ろ紙(Whatman GF/C, 孔径1.0 μ m)で減圧濾過し、実験室へ持ち帰って

95%アセトン溶液で抽出後、分光光度計で吸光度を計測しその値より算出した。懸濁物重量は、試水0.08~10.0Lをあらかじめ乾燥後秤量したガラス繊維ろ紙(Whatman GF/C)を用いて減圧濾過し、等張の蟻酸アンモニウムで洗浄した後冷凍保存し、実験室に持ち帰っ

て60℃で12時間乾燥後に秤量し、試水1リットルあたりの乾燥重量 (mg/L) に換算した。なお、ろ紙は60℃で12時間乾燥した後デシケーターで放熱したものを1週間間隔で2回以上秤量し、誤差の少ないもののみ(0.5mg以下)を使用した。

観測結果

海中の光学的特性

海域による光学的特性の相違

6月における、伊勢湾から潮岬沖合にいたる海域の分光分布を図2-A~Cに示した。これらの図から、伊勢

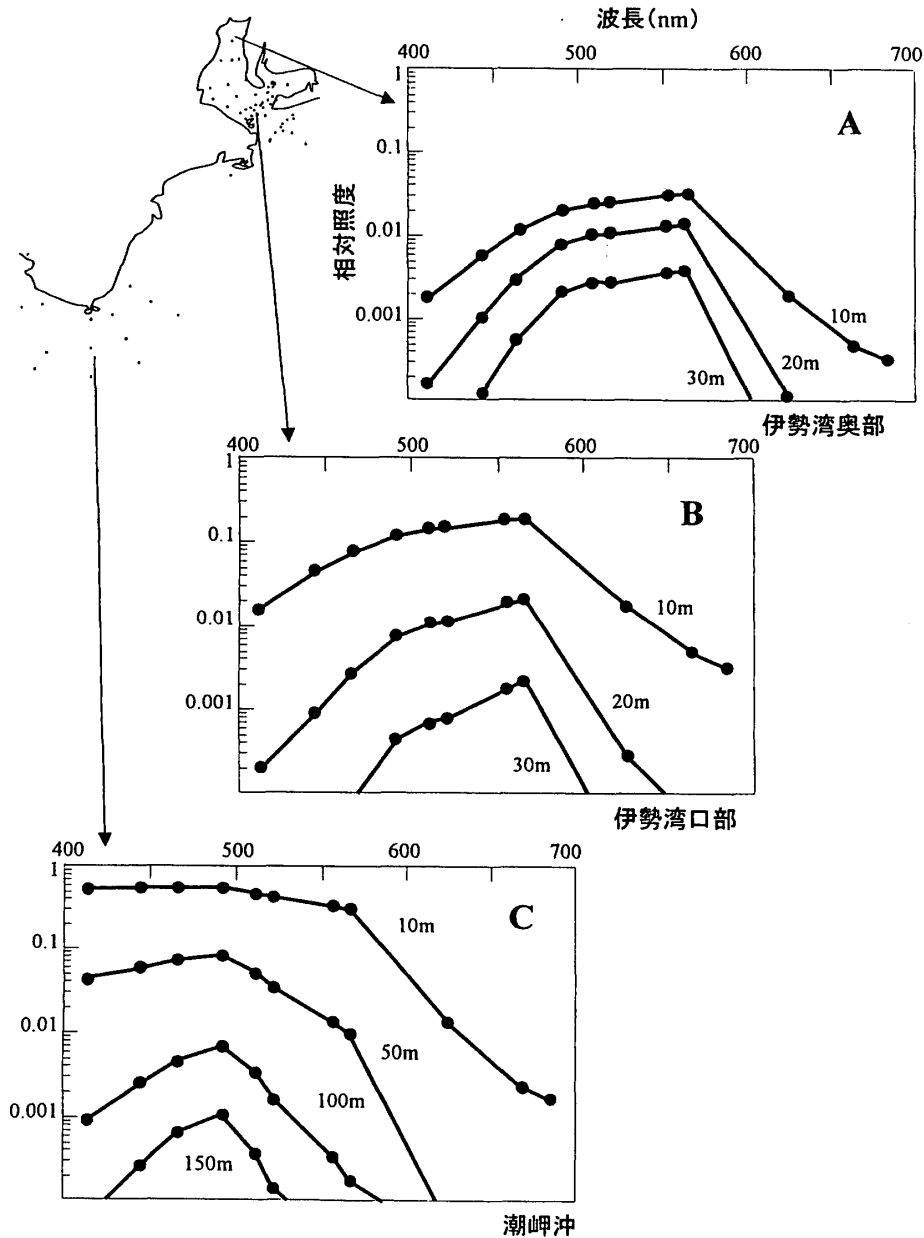


図2. 各海域の分光分布 (2000年6月)

図A: 伊勢湾奥 (St. L1-3)。図B: 伊勢湾口 (St. L4-2)。図C: 潮岬沖 (St. L8-2)。図中の黒丸は測定した波長を、実線は各深度での分光分布を表す。

湾および三河湾で海中へ最も良く透過する光の波長は 565nm であった。また、分光分布は、計測したいずれの波長においても伊勢湾の湾奥 (図 2-A) から湾口部 (図 2-B) へ向かって増加した。さらに英真湾の沖合および潮岬沖合から黒潮流域周辺に至る観測点 (以後は外洋域と記す, 図 2-C) では、短波長の透過量が顕著に増加し、海中へ最も良く透過する波長は 490nm であった。また、同一水深における分光分布を比較すると、外洋域では伊勢湾内と比べ透過量は全波長域で著しく多く、特に 490nm より短波長側で多かった。

海域による下方向照度 (光量子量) の透過率の違いを図 3 に示した。補償深度 (相対値 0.01) を比較すると、伊勢湾内で 10~30m であったのに対し外洋域では 40~80m と 2~3 倍深くなった。

ここで、伊勢湾内と外洋域の観測結果全てについて水深 10m における波長 490nm の値と 565nm の相対照度の比 (490nm/565nm) を求めた。その値は伊勢湾内で約 0.5、湾口部外側で約 0.8、外洋域では約 1.6 となった。

季節による光学的特性の相違 (伊勢湾内)

6月と11月の伊勢湾内同一観測点の水深 10m における分光分布を図 4 に示した。6月、11月ともに、全ての

観測点で最もよく透過する光の波長は 565nm であった。さらに 6月と 11月の透過率の相違は短波長側でより大きい傾向がみられた。

伊勢湾口から志摩半島沿岸域の濁度分布

観測した 7 回の結果より、当海域の表層における濁度の水平分布を図 5 に示した。表層の濁度は、伊勢湾口西端の沖合から渥美半島の南側沖合に至る観測点と、志摩半島に沿った岸から約 5 マイル以内の観測点の表層で、 0.5m^{-1} 以上の高い値が認められた。また、大王崎より南側で岸から沖合へ約 10 マイル以上離れた観測点では、表層の濁度の値が 0.5m^{-1} 以上となることはほとんどなかった。

伊勢湾口付近の東西断面図と伊勢湾口から南側へ約 10 マイル離れた観測点を東西に結ぶ濁度の断面図を、図 6、図 7 に示した。濁度の高い (濁度 0.5m^{-1} 以上) 水塊の広がりを見ると、伊勢湾口付近では表層から水深 20m 以上にわたり東西に広く分布しているが、南側へ 10 マイル以上離れた断面では西側の岸よりの表層付近に限定された。また、水深 50m 以深で濁度は常に 0.3m^{-1} 未満であった。

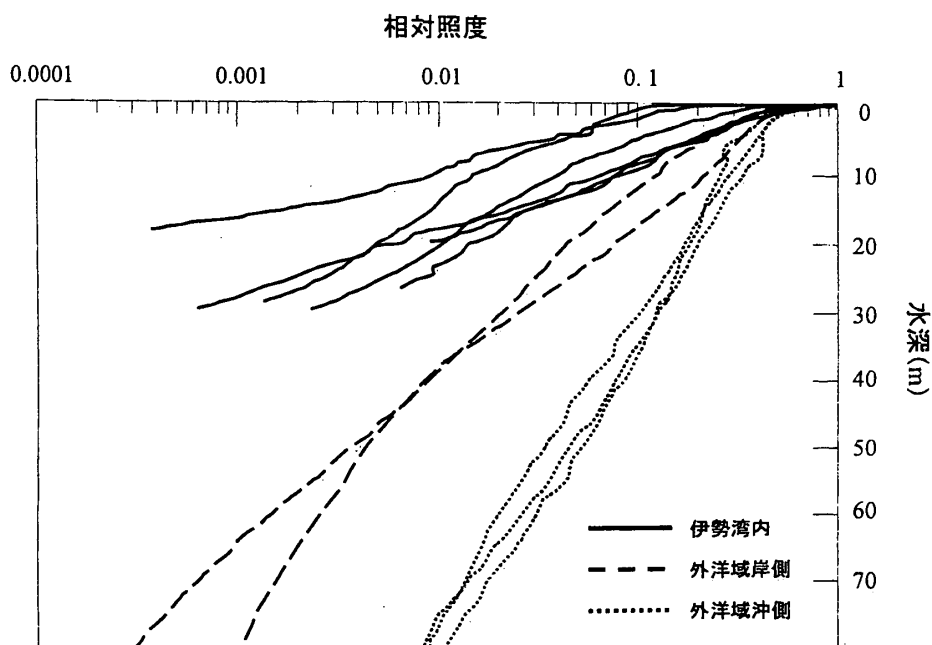


図 3. 各海域の相対照度 (光量子量) の鉛直分布 (2000 年 6 月)

伊勢湾内は各ライン中央の水深 15m 以上の観測点を、外洋域岸側は潮岬沖の沿岸 20 海里以内の観測点を、外洋域沖側は潮岬沖の黒潮付近の観測点を選択した。

1993年6月を例にとり、濁度、水温、および塩分について、それぞれ岸から沖合に向かう5ラインを想定しその断面を図8に示した。伊勢湾口の西側表層では濁度 $0.9\sim 2.0\text{m}^{-1}$ 以上と著しく高い値が測定されたが、濁度の高い(濁度 0.5m^{-1} 以上)水塊の分布は、この湾口部断面と志摩半島沿いの西側に限られた。これより南側の

断面では、濁度の高い水塊の分布域は急激に縮小した。また濁度の高い水塊の分布深度は、伊勢湾口で水深30m以上に及ぶこともあるが、その場合も約2マイル南では水深約10~15mと浅くなり、さらに南下したSt. 31~St. 35では水深約5~10mまで縮小した。この濁度の高い水塊は34.0psu未満の低塩分水塊と一致した。

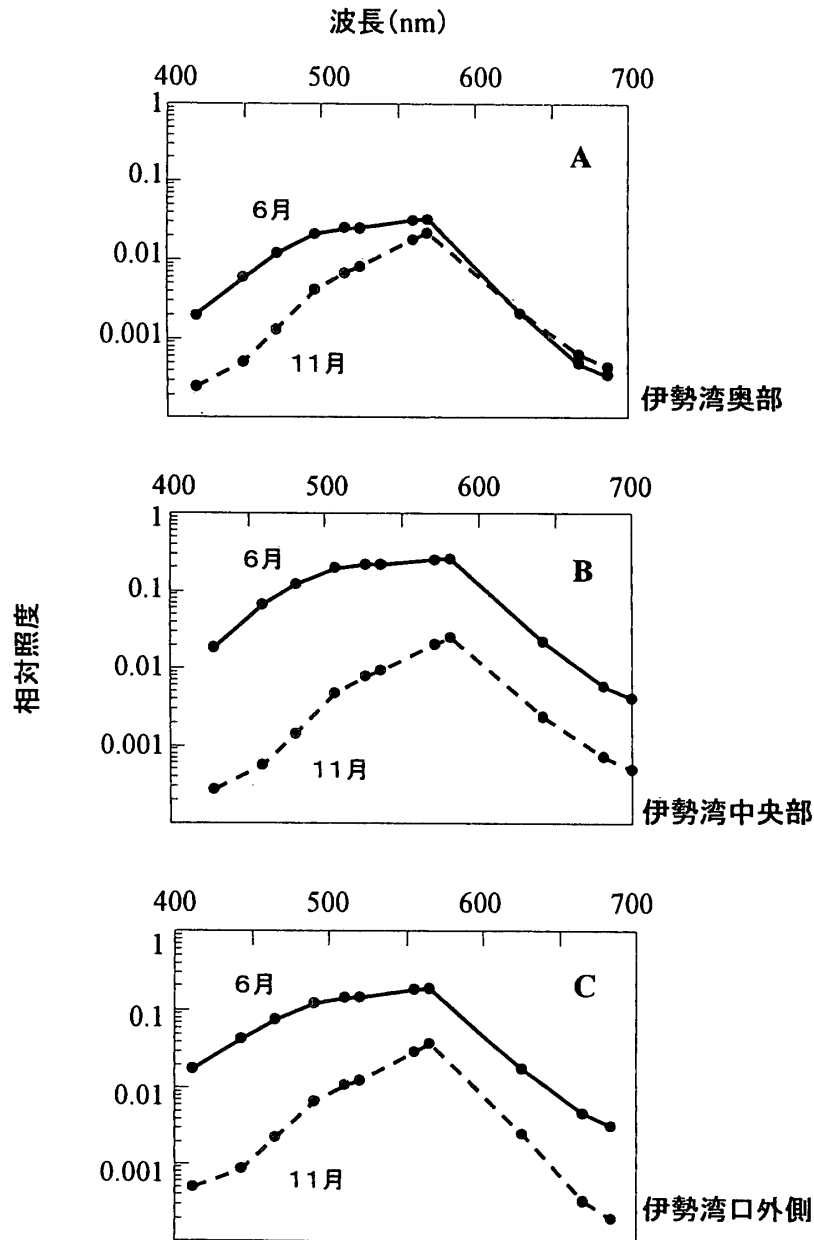


図4. 季節による分光分布の変化 (2000年6月, 2000年11月)

図A: 湾奥部 (St. L1-3)。図B: 湾中央部 (St. L3-2)。図C: 伊勢湾口外側 (St. L5-2)。
図中の黒丸は測定した波長を表す。

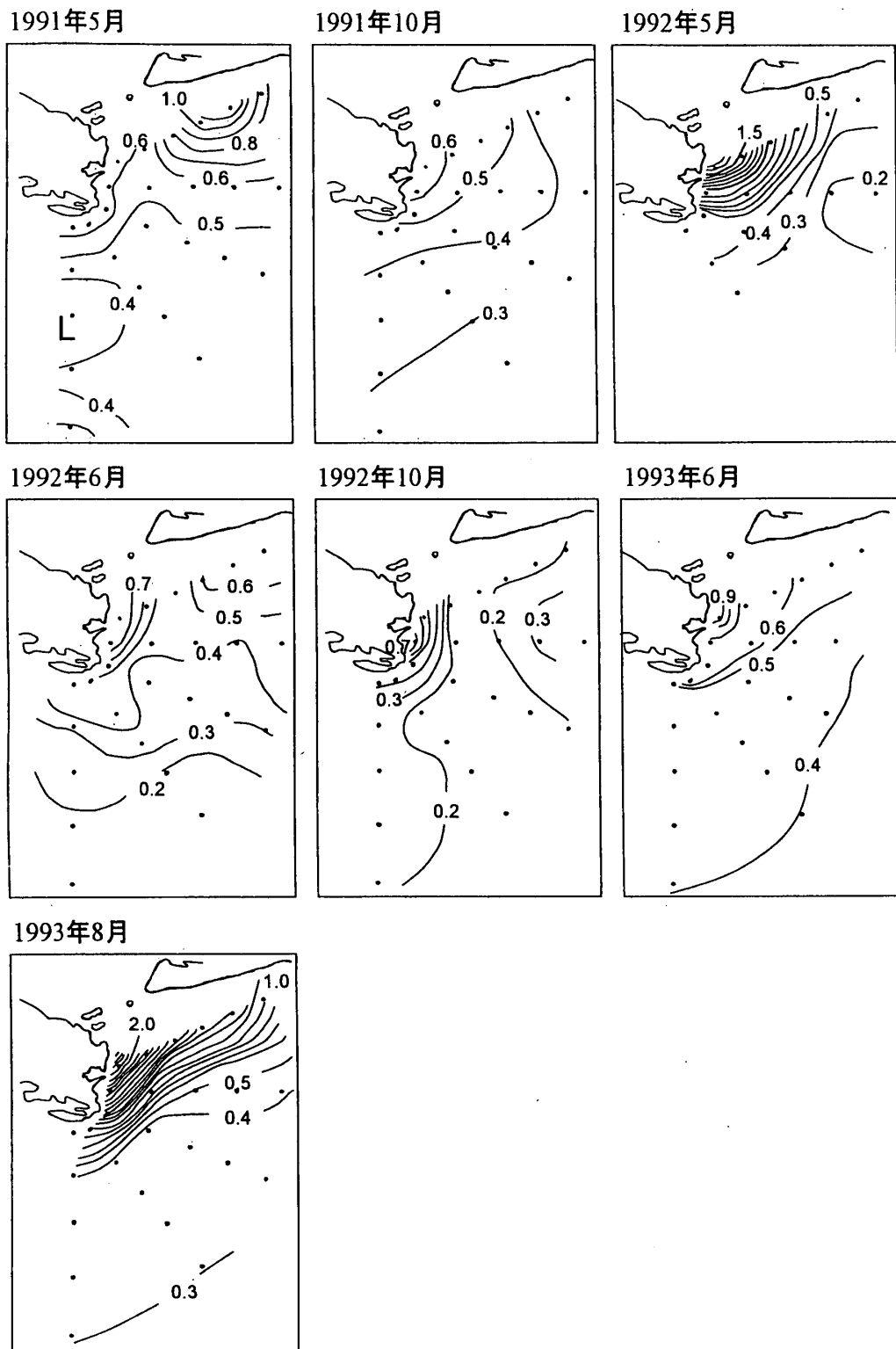


図5. 志摩半島周辺海域における表層の濁度 (α/m) の水平分布図
 図中の数字は濁度を, 黒丸は観測点を, 実線は等値線を表す。

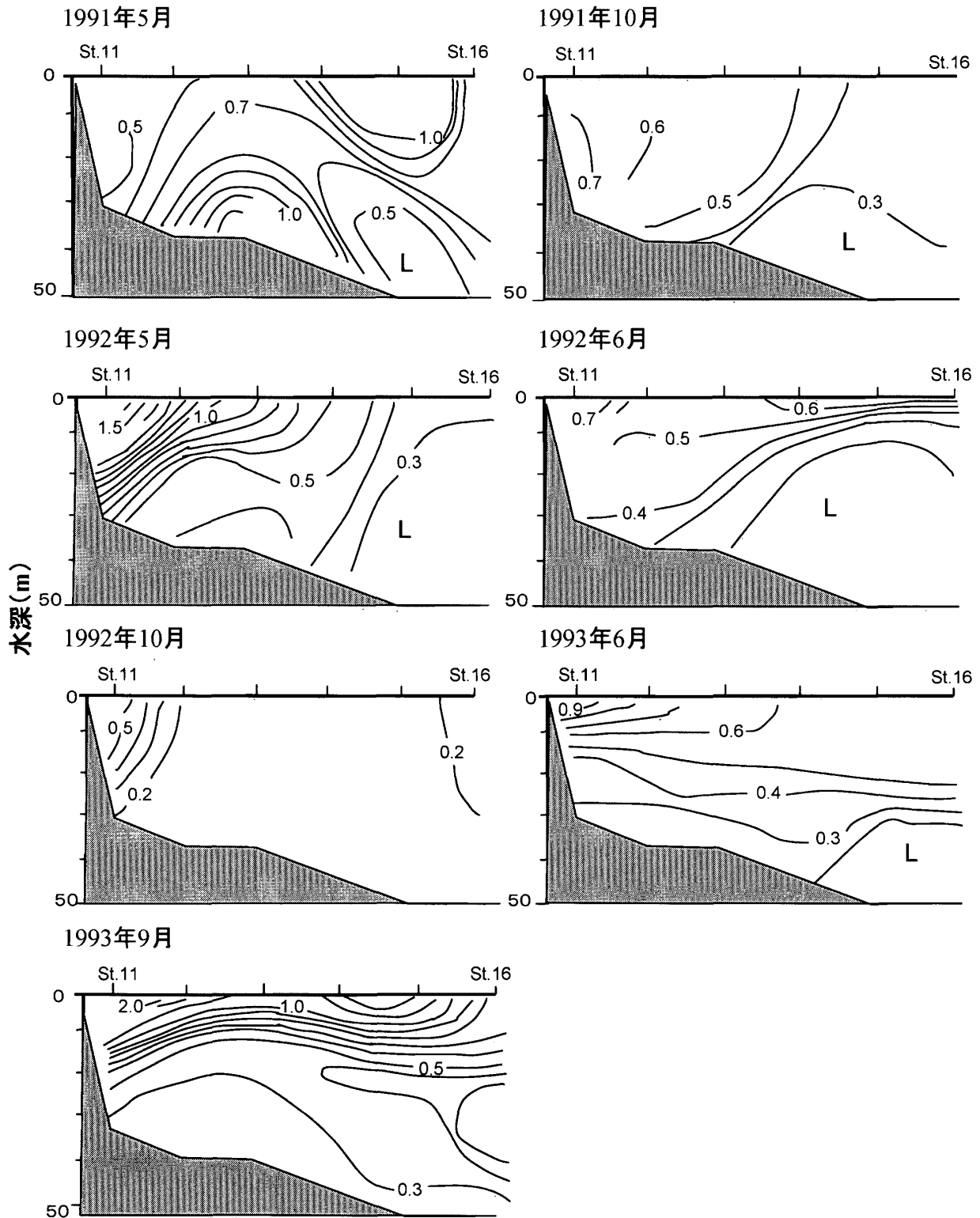


図6. 伊勢湾湾口外側海域における濁度 (α/m) の鉛直断面分布図

図中の数字は濁度を，黒い部分は海底を，Lは低い値を表す。
観測点の St. 11 から St. 16 の位置については図1を参照のこと。

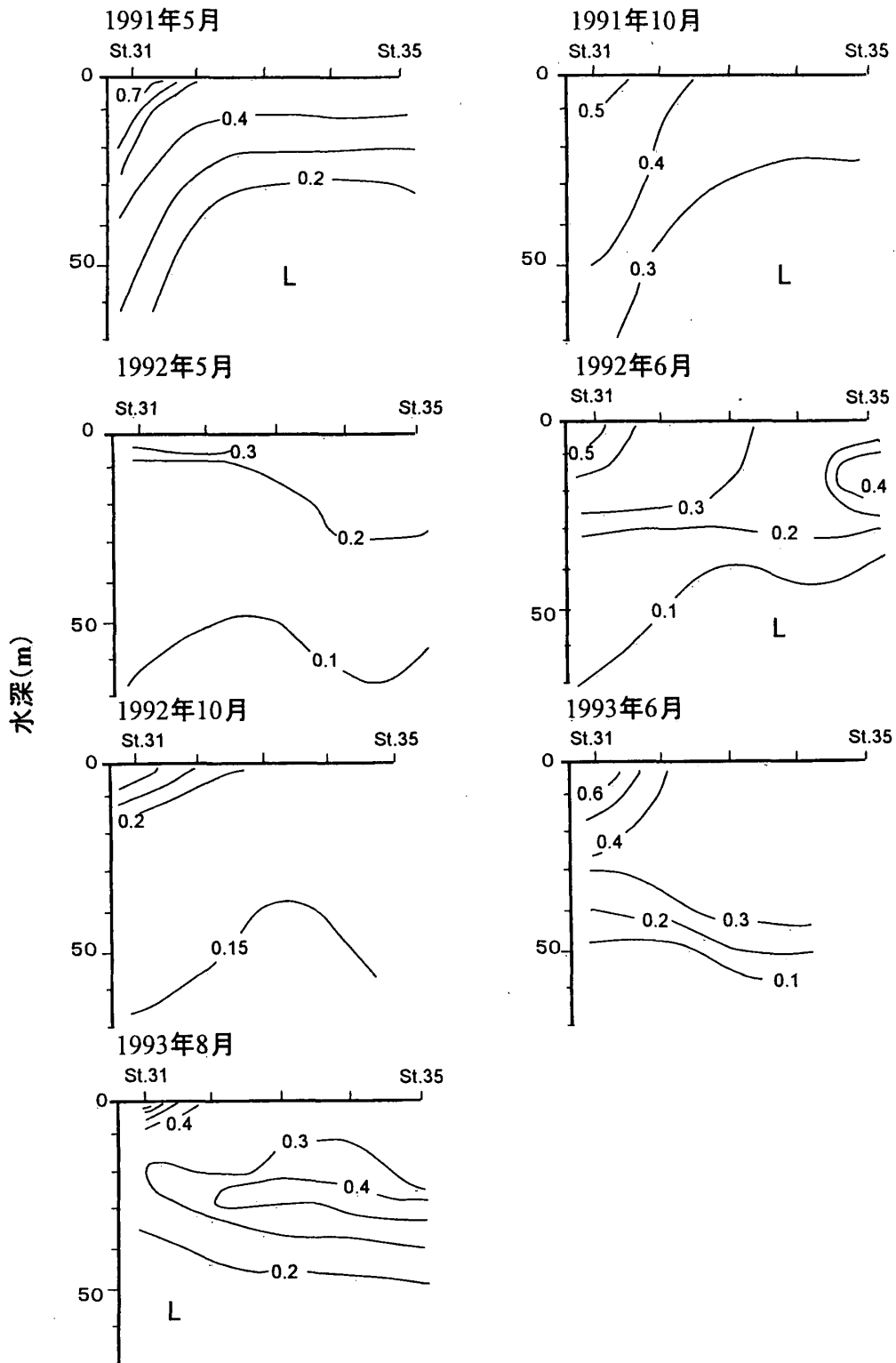


図7. 志摩半島大王崎沖における濁度 (α/m) の鉛直断面分布図

図中の記号は図6と同じ。

観測点の St. 31 から St. 35 の位置については図1を参照のこと。

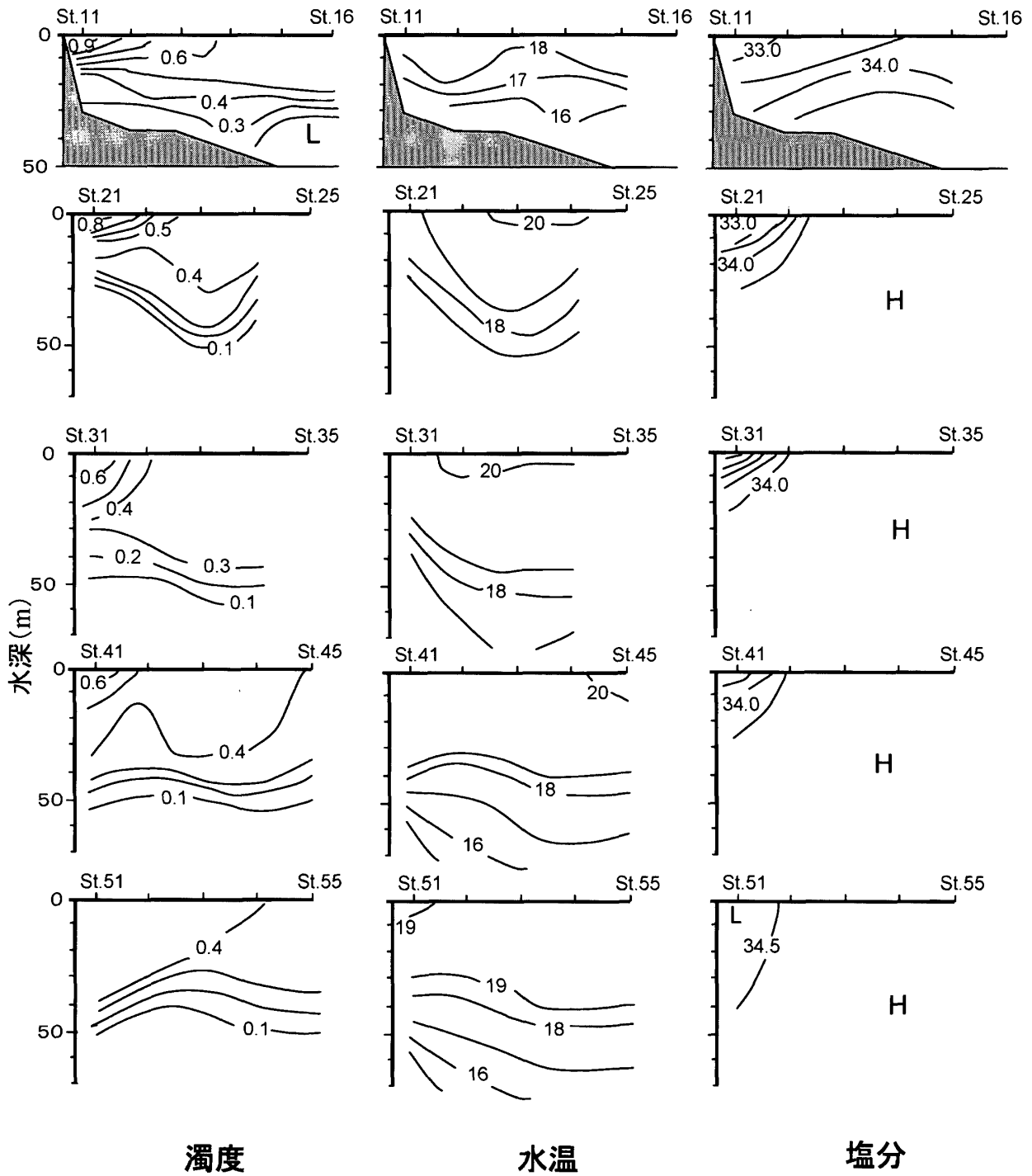


図8. 志摩半島周辺海域における濁度 (α/m)・水温 ($^{\circ}C$)・塩分 (psu) の鉛直断面分布図 (1993年6月)

図中の記号は図6と同じ。

図中の各観測点の位置については図1を参照のこと。

伊勢湾口における濁度の潮汐周期性と海水の流動

伊勢湾口西側における25時間の連続観測結果と鳥羽港における潮位変化(水路部発行潮汐表)を図9に示した。表層と30m以深の底層と比較すると、表層は潮汐周

期にかかわらず高濁度、低水温、低塩分であり、底層は低濁度、高水温、高塩分であった。濁度躍層は、 0.8m^{-1} 以上を示す表層水塊と 0.3m^{-1} 未満の底層水塊に挟まれた水深20~30mに位置し、漲潮時には深く落潮時に浅く

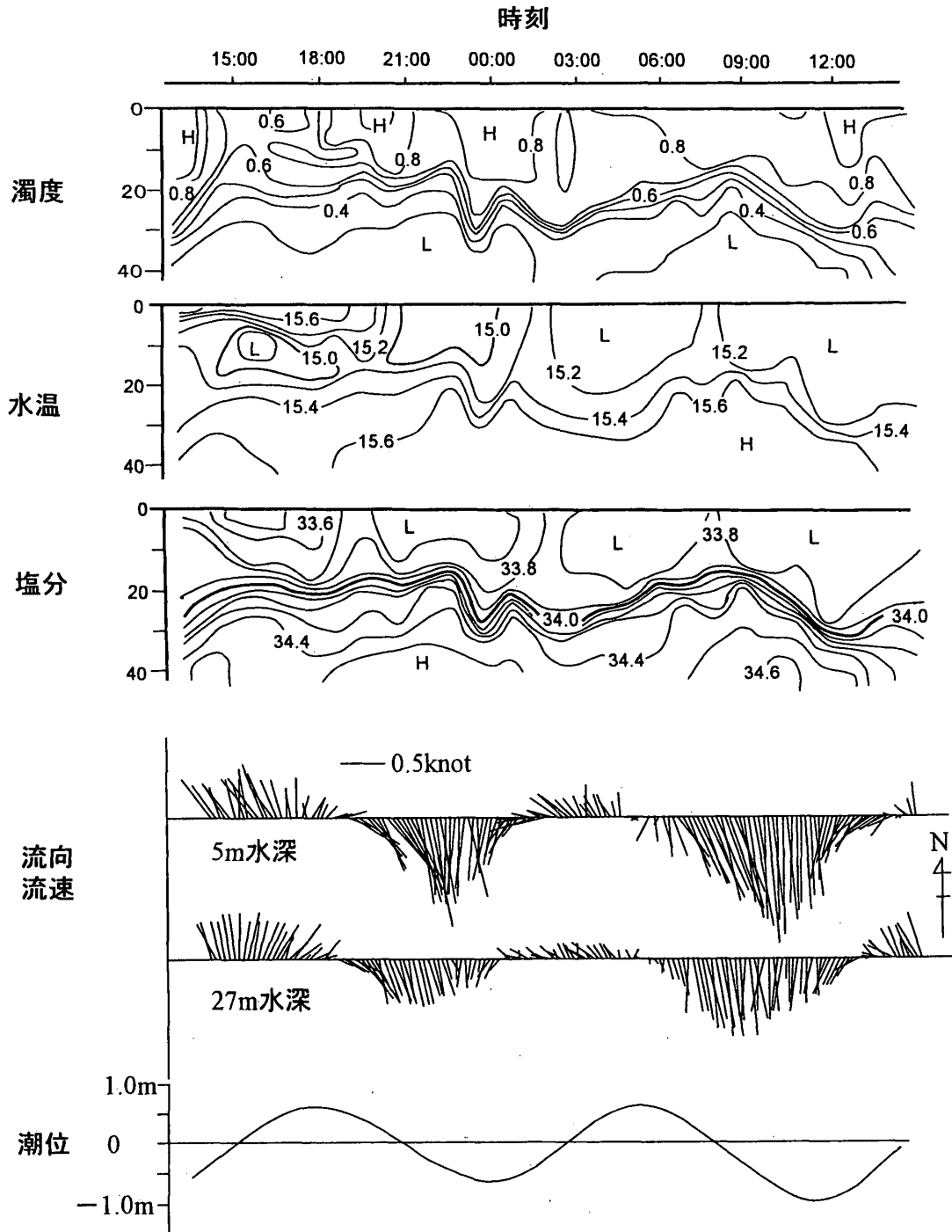


図9. 伊勢湾湾口部外側海域における濁度 (α/m)・水温 ($^{\circ}\text{C}$)・塩分 (psu)・流向流速の連続観測 (1993年4月20日 LMT13:30~21日 LMT14:30)

図中のLとHはそれぞれ低い値と高い値を表す。潮位は伊勢湾湾口部の鳥羽港における値である。

なる傾向が見られた。水温躍層は、20~30m 以浅に分布する水温 15.0~15.4°Cの表層水塊と、15.6~15.7°Cで変化が少ない底層水塊の境界として認められた。塩分躍層は、33.8psu より低塩分の表層水塊と、34.4psu 以上の高塩分の底層水塊の間に位置し、潮汐周期に伴う浅深変動が認められ、その深度や変動のパターンは濁度躍層や水温躍層と一致した。これらの躍層は、漲潮時の前半に水深約 30m と最も深くなり落潮時の後半には水深約 20m と最も浅くなる浅深変動が認められた。さらに、5m 層と 27m 層の流向は、いずれも落潮時は南向きで漲潮時は北向きであり、それぞれの転流時刻には 40~50 分の違

いがあった。この観測期間中に、5m 層の北向きの流れの持続時間は南向きの約 1/2 と短く、最大流速は北向きが 0.7kt 南向きが 1.6kt であった。27m 層では、北向きの最大流速が 0.7kt で南向きが 1.0kt であり、それぞれの持続時間は約 45 対 55 で南向きが長かった。

次に、濁度 (αm^{-1}) と海中の懸濁物量、クロロフィル a 量との関係を図 10 に示した。濁度と懸濁物乾重量 (mg/L) との関係は、 $\alpha = 0.498W + 0.163$ で表された ($n=140, r=0.668$)。また、濁度とクロロフィル a 量 ($\mu g/L$) との関係は、 $\alpha = 0.197A + 0.323$ で表された ($n=107, r=0.800$)。

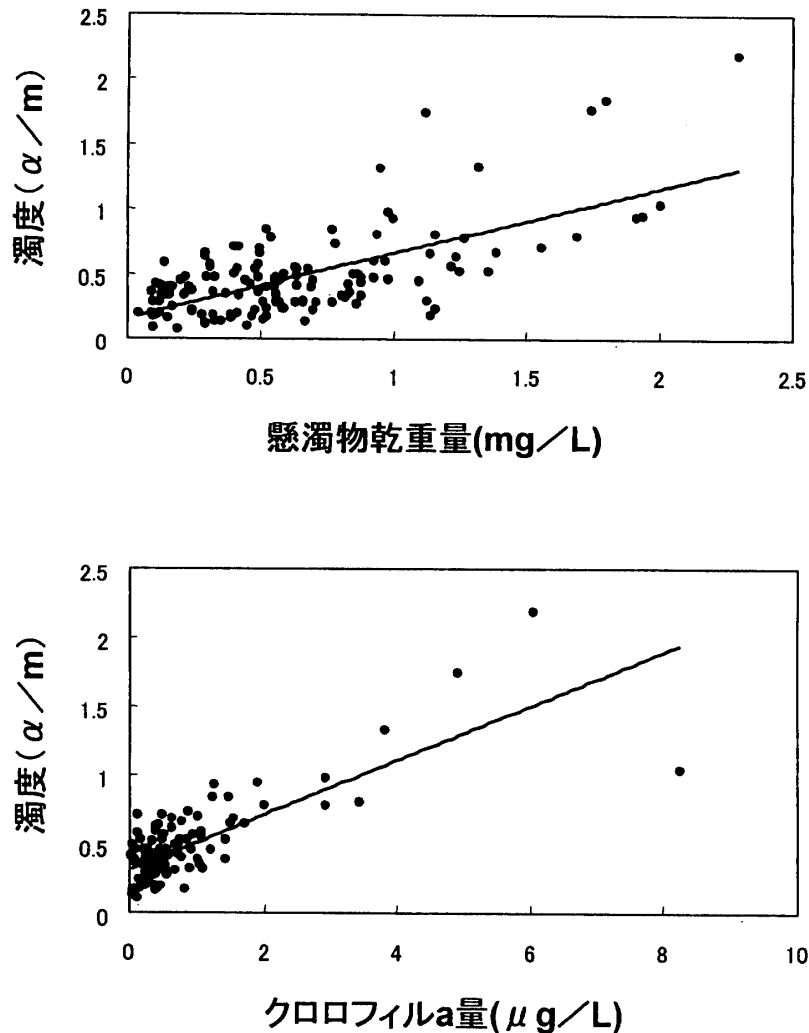


図 10. 志摩半島周辺海域における濁度 (α/m) と懸濁物乾重量 (mg/L) および濁度 (α/m) とクロロフィル a 量 ($\mu g/L$) の関係 (1991 年 5 月, 1992 年 5 月, 6 月, 10 月, 1993 年 4 月, 6 月, 9 月)

図中の黒丸と実線はそれぞれ、各観測点の各深度から得られたデータと回帰直線を表す。観測点 (St. 11~St. 55) の位置については、図 1 参照のこと。

考 察

海中の光の分布は水塊の光学的特性によって外洋や沿岸あるいは内湾により著しく異なる⁴⁾。海中の光量を波長別に測定した報告によれば、志摩半島約 3km 沖の水深 25m では 500nm 付近のエネルギー量が最も多い⁵⁾、日本海の大和礁や日本近海黒潮域では 490nm 付近、東京湾では 500–550nm が多い^{6–8)}、など沿岸から離れた海域では 500nm より短波長側の光の透過が多く、逆に沿岸や内湾では長波長側の透過が多い。今回の観測結果で伊勢湾とその周辺海域の海中の分光分布は、湾内全ての観測点で最も良く透過する光の波長が 565nm であり、外洋域のそれは 490nm であった。さらに、湾内全ての観測点で、観測時期や観測時刻にかかわらず最も良く透過する光の波長は変わらなかった。これらの結果は既往の報告と概略一致した。また、この 2 波長の相対照度の比を求めると、内湾では約 0.5 となり外洋域では約 1.6 となって、比率 1 を境に内湾域と外洋域とが明確に分離され、海中の分光分布の特徴を表す指標としてたいへん有効であることが示された。

海中動物の視覚と生息域に関し、海産甲殻類では電気生理学的あるいは生化学的な手法により、沿岸域に生息する種でその感光色素の最大感度が 510–524nm にあり深海性の種では 500nm より短波長側において生息域の光環境に適応している⁹⁾、行動学的方法によれば珊瑚礁に生息するシャコ (*Odontodactylus scyllarus*) は赤・緑・黄と同じ輝度の灰色を見分けられる¹⁰⁾、魚ではあるが南極海域の種のなかには紫外域の光に感度を持つものもいる¹¹⁾ などと報告された。光感閾値に関する著者らの行動学的方法による報告ではイセエビ (*Panulirus japonicus*) の光感閾値が 2.3×10^{-3} lx 付近でありワタリガニ類のイシガニ (*Charybdis japonica*) のそれは 5.7×10^{-3} lx 付近であって、この相違は両種の生息する外洋と内湾の光学的特性の違いに関連すると推察された^{12–16)}。今回の観測の結果、伊勢湾内と外洋域で補償深度は 2–3 倍以上も異なることや、内湾と外洋で最もよく透過する光の波長はそれぞれ 565nm, 490nm と大きく異なることから、イセエビやイシガニの視覚能力と海中の光学的特性との関連をより詳細に解析するためには、それぞれの眼の波長別感度を検討することが必要と考えられた。

本研究では内湾と外洋域の水塊分布や海水の流動を濁

度の計測結果をもとに解析した。同様な方法で解析された東京湾の例では、湾口部における流入は東側が多く流出は西側であり、表層の濁度の高い水塊が湾外数マイル沖まで続くことが報告された¹⁷⁾。同湾では黒潮水が湾内の中層の等密度層へ流入し、湾内からは表層水と底層水が流出している^{18–20)}。また、伊勢湾の表層では河川流量の変動に伴って濁度変動の主要因となる懸濁態有機物の分布や組成が大きく変化することが示された²¹⁾。さらに、海底からの底泥の巻き上がりや濁度変動との関連を広島湾で観測した報告もある²²⁾。一方、外洋の濁度に関しては、黒潮流軸域の水深 50–60m に濁った水塊が存在し沿岸の濁った等密度の水塊と繋がることが示された²³⁾。伊勢湾およびその湾口部の海況として、湾口のフロントの季節による消長、秋期から低温期にかけての熱塩フロントの発達あるいは湾内の貧差酸素水塊と湾口部の流動構造との関連、成層とエスチュアリー循環などが報告されている^{18, 19, 24–27)}。本報告では、濁度分布の観測を内湾と外洋の接点である伊勢湾口から志摩半島沿岸で実施し、濁度が高く低塩分の水塊が伊勢湾口西側の表層から志摩半島に沿って岸から 2–5 マイル以内の狭い範囲で南下していることが示された。この時の黒潮は水路部発行の海洋速報によれば 1991 年 5 月と 1993 年 9 月を除きほぼ直進型であった²⁸⁾。秋からの低水温期には伊勢湾口に熱塩フロントの存在が報告されている^{18, 19)}。今回の観測結果によれば、5, 6 月あるいは 9–11 月には、湾内の南側の反時計回りの恒流などにより湾内西側に分布していた高濁度、低塩分の水塊が、落潮時の南向きの流れにより湾外へ向かって表層を流出したと推察された。

当海域周辺は黒潮の影響により水温や流況などの海況変動が大きいことが多くの報告に示されている^{30–33)}。これら環境変化と水産動物の行動に関し、熊野灘のブリ定置漁業では黒潮からの暖水塊が沿岸水塊のなかへ侵入すると、その水温差が障壁となって魚群を圧迫し、潮目の到着する前面で大漁が起こりやすい²⁹⁾、また、海水魚は種によって濁水に対する行動反応が異なる³⁴⁾、海水の濁りに対しカタクチシラス (イワシ稚魚) は正の走行性を示す³⁵⁾ などの報告がある。このように多くの水産動物が、外洋や内湾・沿岸域で生息している過程で、水温や塩分とともに海中の分光分布や濁りなどを指標の一つとして行動していることが考えられる。今後、海中の光環境とそこに生息する動物の行動との関連についてさらなる検

討が必要であろうと考える。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、海洋観測で三重大学附属練習船「勢水丸」の内田 誠船長をはじめとする乗組員の皆様に多大なご助力を頂いた。心から御礼申し上げます。また、懇切なるご校閲と貴重なご助言を賜った三重大学生物資源学部紀要の2人の査読者には深甚なる謝意を表します。

要 約

伊勢湾とその周辺海域で分光照度と海水の濁度を計測した。湾内で海中へ最も良く透過する光の波長は565nmであり、外洋域では490nmであった。水深10mにおける565nmと490nmの相対照度の比率(490nm/565nm)を海域ごとに求めると、その比率は、湾内で1.0未満、外洋域で1.0以上となり、湾内から外洋に向けて値は大きくなった。伊勢湾口の外側では、濁度の高い水塊が、湾口部と志摩半島に沿った岸よりの表層に分布していた。その分布範囲は、岸から2~5マイル以内であった。濁度の高い水塊の分布深度は、湾口部西側で30mに達することもあったが、岸から離れると急激に縮小した。この濁度の高い水塊は、落潮時に湾口部西側から志摩半島に沿って表層を南下すると推察された。

引用文献

- 1) 関口秀夫, 野沢 靖. (1985) 伊勢湾・三河湾, 「日本全国沿岸海洋誌」(日本海洋学会編), p546-559.
- 2) 林健一. (1996) 日本産エビ・カニ類の分類と分布「エビ・カニ類の増養殖」(橘高二郎, 隆島史夫, 金澤昭夫編, 恒星社厚生閣), p. 22-33.
- 3) YAMAKAWA, Y., MATSUMIYA, Y., NISHIMURA, M. and OHNISHI, S. (1994) Expanded DeLury's method with variable catchability and its application to catch-effort data from spiny lobster gillnet fishery. *Fish. Sci.* 60: 59-63.
- 4) 松生治. (1982) 海洋の光とその散乱・吸収「海洋環境測定」(黒木敏郎編, 恒星社厚生閣), p. 31-61.
- 5) MAEGAWA, M., KUNIEDA, M. and KIDA, W. (1993) The influence of ultraviolet radiation on the photosynthetic activity of several red algae from different depth. *Jap. Soc. Phycol.* 41: 207-214.
- 6) SASAKI, T., OKAMI, N., KISHINO, M. and OSHIBA, G. (1968) Optical properties of the water in adjacent regions of the Kuroshio. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 24: 45-50.
- 7) OKAMI, N., KISHINO, M., and SUGITA, S. (1978) Measurements of spectral irradiance in the seas around the Japanese Islands. *Tec. Rep. Phys. Oceanogr. Lab. Inst. Phys. Chem. Res.* 2, 130.
- 8) OKAMI, N., KISHINO, M., SUGITA, S. and UNOKI, S. (1981) Measurements of spectral irradiance in Tokyo Bay. *Tec. Rep. Phys. Oceanogr. Lab. Inst. Phys. Chem. Res.* 5, 75.
- 9) JONSON, M. L., GATEN, E. and SHELTON, P. M. J. (2002) Spectral sensitivities of five marine decapod crustaceans and review of spectral sensitivity variation in relation to habitat. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 82: 835-842.
- 10) MARSHALL, N. J., JONES, J. P. and CRONIN, T. W. (1996) Behavioural evidence for colour vision in stomapod crustaceans. *J. Comp. Physiol.* 179: 473-481.
- 11) MIYAZAKI, T., IWAI, T., SOMIYA, H. and MEYER, R. V. B. (2002) Retinal topography of ganglion cells and putative UV-sensitive cones in two Antarctic fishes: *Pagothenia borchgrevinki* and *Trematomus bernacchii* (Nototheniidae). *Zool. Sci.* 19: 1223-1229.
- 12) KOIKE, T., MORIKAWA, Y. and MAEGAWA, M. (1995) Underwater brightness in nighttime and behaviors of Japanese spiny lobsters. *La mer* 33: 37-46.
- 13) KOIKE, T., HAYASHI, K. and NAGATA, Y. (1996) Minimum daytime brightness recognized by Japanese spiny lobsters. *La mer* 34: 57-66.
- 14) KOIKE, T., MAEGAWA, M. and NAGATA, Y. (1997) Automatic recording systems of lobster movements in an experimental tank. *Bull. Marine Sci.* 61: 139-146.
- 15) NAGATA, Y. and KOIKE, T. (1997) Collaps of the diurnal variation pattern of lobster activity and its causes. *Bull. Marine Sci.* 61: 129-138.
- 16) 真鍋美智子, 守屋和昭, 小池 隆. (2005) イシガニ (*Charybdis japonica*) の感知し得る明るさの下限値. 日水誌 (in press)
- 17) MATSUIKE, K., MORINAGA, T. and HIRAOKA, T. (1986) Turbidity distributions in Tokyo Bay and movement of the turbid water. *J. Tokyo Univ. Fish.* 73: 97-

- 114.
- 18) YANAGI, T., Guo, X., SAINO, T., ISHIMARU, T. and NORIKI, S. (1997) Thermohaline front at the mouth of Ise Bay. *J. Oceanogra.*, **53**: 403–409.
- 19) 柳哲雄, 篠原正光. (1997) 伊勢湾口の熱塩フロントの変動, *海の研究*, **6**: 293–297.
- 20) YANAGI, T., OKADA, S., ISHIMARU, T., and SAINO, T. (1991) Behavior of high turbidity water outflow from Tokyo Bay in summer. *La mer* **29**: 45–51.
- 21) 杉本 亮, 笠井亮秀, 山尾 理, 藤原建紀, 木村琢磨. (2004) 伊勢湾における河川流量の変動に伴う懸濁態有機物の変化. *水産海洋研究会報* **68**: 142–150.
- 22) 中田英昭, 平野敏行. (1987) 瀬戸水域における濁度変動. *水産海洋研究会報* **51**: 313–3
- 23) MATSUIKE, K. and MORINAGA, T. (1977) Beam attenuation and particle-size distribution in the Kuroshio area. *La mer*, **15**: 82–93.
- 24) 藤原建紀, 福井真吾, 杉山陽一. (1996) 伊勢湾の成層とエスチュアリー循環の季節変動. *海の研究* **5**: 235–244.
- 25) 笠井亮秀, 川西里佳, 藤原建紀. (2000) 伊勢湾の流動構造と貧酸素水塊. *水産海洋研究* **64**: 235–243.
- 26) 関根義彦. (1999) 伊勢湾内外の沿岸フロントの季節変動観測. *沿岸海洋研究* **37**: 69–76.
- 27) 関根義彦, 川股信一, 佐藤裕一. (1992) 初冬期における伊勢湾の沿岸フロントの観測. *沿岸海洋研究ノート* **29**: 190–196.
- 28) 海洋速報 海上保安庁水路部発行 平成3年第10号–平成5年20号 (1991–1993)
- 29) 竹内淳一 (1989). 熊野灘南部の暖水舌について. *水産海洋研究会報* **242**–254.
- 30) 小林雅人, 杉本隆成, 平野敏行. (1984) GEK 観測資料に基づく黒潮流路タイプ別の熊野灘・遠州灘の流況–I. *水産海洋研究会報* **46**: 18–26.
- 31) 小林雅人, 杉本隆成, 平野敏行. (1986) GEK 観測資料に基づく黒潮流路タイプ別の熊野灘・遠州灘の流況–II. *水産海洋研究会報* **50**: 2–11.
- 32) KIMURA, S. and SUGIMOTO, T. (1987) Short period fluctuations in oceanographic and fishing conditions in the coastal area of Kumano-nada sea. *Nippon Suisan Gakkaishi* **53**: 585–593.
- 33) MAEKAWA, Y., UCHIDA, M., YOSHIDA, S. and NAGATA, Y. (2002) The formation of thick and stable warm eddies inside the large meander of the Kuroshio South of Honshu, Japan. *La mer* **40**: 171–182.
- 34) 森永 勤, 小池 隆, 松生 治. (1988) 濁った水に対する海水魚の行動. *日仏海洋学会誌* **26**: 19–28.
- 35) UOTANI, I., FUKUI, A., KOBAYASHI, H., SAITO, H. and KAWAGUCHI, K. (2000) The intensity of scattered light in turbid seawater is a major factor in the turbiditaxis of Japanese anchovy larvae. *Fisheries Sci.* **66**: 294–298.