

城ヶ島沖浮魚礁ブイの流向流速の長期観測の解析

Analysis of sea surface current by the mooring buoy off Jogashima in Sagami bay.

樋田史郎

Shiro TOIDA*

緒 言

定置網漁業に大きな被害をもたらす急潮は、相模湾を反時計回りに伝播することが多い。そのため、城ヶ島沖浮魚礁ブイ(以降浮魚礁ブイと呼ぶ)をキーポイントとして、そこで観測される流速を監視することによって相模湾奥から西部海域の急潮発生の予測が可能となった^{1,2,3)}。

現在の急潮予測は、浮魚礁ブイにおける流速を主要な予測基準(例えば急潮注意報では50cm/s以上)として実施されている。しかし、この予測基準の妥当性の定量的な評価はなされていない。また、2001年1月の事例⁴⁾ならびに2003年10月23日及び28日の事例のように、この予測基準に基づいては定置網被害の発生を予測できなかった例もあり、海洋学的な現象理解とあわせて統計的な予測が望まれる。

浮魚礁ブイにおける観測結果の解析は、設置当初に約1.5年間(1995年4月から1996年9月)のデータについて行なわれているが¹⁾、長期観測の解析が必要な季節変動等の知見は得られていない。本報は、設置してから9年目になる浮魚礁ブイの蓄積された観測結果から、データベース解析を行なうことで、海域の流れについて統計的特長を抽出する。そして、海洋学的な急潮現象の理解に留まらず、定置網被害の発生の予測について、浮魚礁ブイにおける流速を指標とした予測について論じる。浮魚礁ブイの流れと急潮発生の関連を定量的に評価するためには、定置網付近の流向流速データを検証すべきであるが、現時点では利用できるデータが未整備である。また、定置網被害は、海域の流速値以外にも要因がある可能性がある。そこで、浮魚礁ブイで観測された流速ベクトルから統計的に抽出されるいくつかの変数について、定置網被害の発生に先立って特徴的な変化を示すか否かを検討した。

方 法

データベースの作成

浮魚礁ブイで観測された流向、流速は、テレメータシステムを経てコンピュータで取り扱える書式のデータとして保存される。このデータを集積・整理し、数値データを加工しない1次のデータベースを構築した。データベース構築に際しては、10分単位の観測結果を1レコードとし、欠測値のあるレコードを除外した。データの収録範囲は、1995年4月3日(浮魚礁ブイの設置当初)から2003年10月31日までとした(レコード数は430,170件)。それに基づいて流れのベクトルの南北成分及び東西成分のデータベースを作成した。

卓越成分の抽出

卓越成分は、南北成分及び東西成分を主成分分析(バリマックス法)により抽出した。なお、ここでの主成分分析では、因子の回転に主眼を置いているので、因子数は減らさない。

回転によって得られた変数はデータベースに登録した。このデータは、標準化(平均=0, 標準偏差=1)されており、単位はない。

長周期変動の検討

潮汐等による日周期変動ならびに、沖合水の流入等の外的要因及び環流等による変動に着目し、海域の流れの長周期変動の検討を行なった。これらの変動は、海洋学的現象を直接的に説明するものではないが、統計的な因子抽出により現象を定量化した。前者の因子は、回転後のデータベースから卓越方向及び交差方向の成分について、それぞれ暦日で1日間における日間変動幅(1暦日中の最大値と最小値の差)をして取り扱った。後者は、同様に2方向の成分について、それぞれ暦日で1日間における日間平均値をして取り扱った。

また、これらの変動因子に対して主成分分析(バリマックス法による回転を含む)を行ない、統計的に変動因子を整理した。実海域における、潮汐に起因する変動ならび

に沖合水の流入等の外的要因及び環流等による変動が定置網被害とどのような関係があるかを、これらの主成分分析により整理した変動因子を介して検討した。

結果及び考察

データの概要

全レコードを集計すると、南北成分は最小値-154.36cm/s、最大値136.96cm/s、平均値5.79cm/s 及び標準偏差は14.80cm/s であった。東西成分は同様にそれぞれ、-125.11cm/s、119.35cm/s、-1.11cm/s 及び14.46cm/s であった。両成分の平均値は、流向349°、流速5.90cm/s であった。

卓越成分の抽出

南北成分及び東西成分の主成分分析によるバリマックス回転の前後における日間平均値の散布図を図1-a 及び図1-b に示した。これによって、観測値は、東西南北の2次元座標ではなく、卓越成分とそれに直交する成分からなる2次元座標に変換された。図で示したとおり、変換前は北北西から北西にかけての偏りが見られていたが、変換後の座標系では平均化されている。

回転後の成分行列を表1に示した。第1成分は2次元の流速ベクトルをより平均的に説明し、第2成分は変動の成分を多く含んでいる。第1成分は東西成分によって、第2成分は南北成分によって説明される情報量が多い。これらのことから、第2成分が海況現象における卓越成分であると考えられる。また、実海域の現象に関しては、第1成分は三浦半島沿岸に影響を及ぼす東京湾系水由来の変動を説明すると考えられ、第2成分は沖合からの黒潮系水由来の変動を説明すると考えられる。そこで、本報では、第1成分を湾口成分、第2成分(卓越成分)を沖合成分と呼ぶ。

長周期変動の検討(日間変動幅)

日間変動幅は、実海域における潮汐等による日周期変動の情報を多く含んでいる。

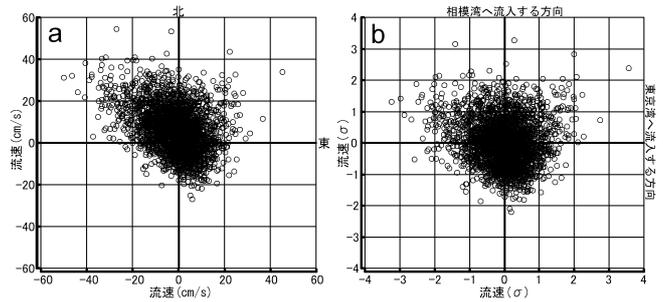


図 1 南北成分及び東西成分の回転
(a) 回転前 (b) バリマックス回転後
(b)は、縦軸を第2成分(沖合成分)、横軸を第1成分(湾口成分)とした。

表 1 東西・南北成分の回転後の成分行列

	第1成分 (湾口成分)	第2成分 (沖合成分)
南北成分	-0.129	0.992
東西成分	0.992	-0.129

沖合成分及び湾口成分の日間変動幅は、単位の無い標準化したデータの日間変動幅であり、同様に単位を持たない指標である。沖合成分における、全レコードの平均及び標準偏差は、それぞれ、3.03 及び 1.14であった。同様に、湾口成分におけるそれらは、3.12 及び 1.29 であった。

沖合成分と湾口成分のそれぞれについて、日間変動幅の月別階級別構成を図2-a 及び図2-b に示した。沖合成分では9月に、湾口成分では8月に変動幅が大きい日が多く、それらをピークとして、両者ともに1月に変動幅が小さい

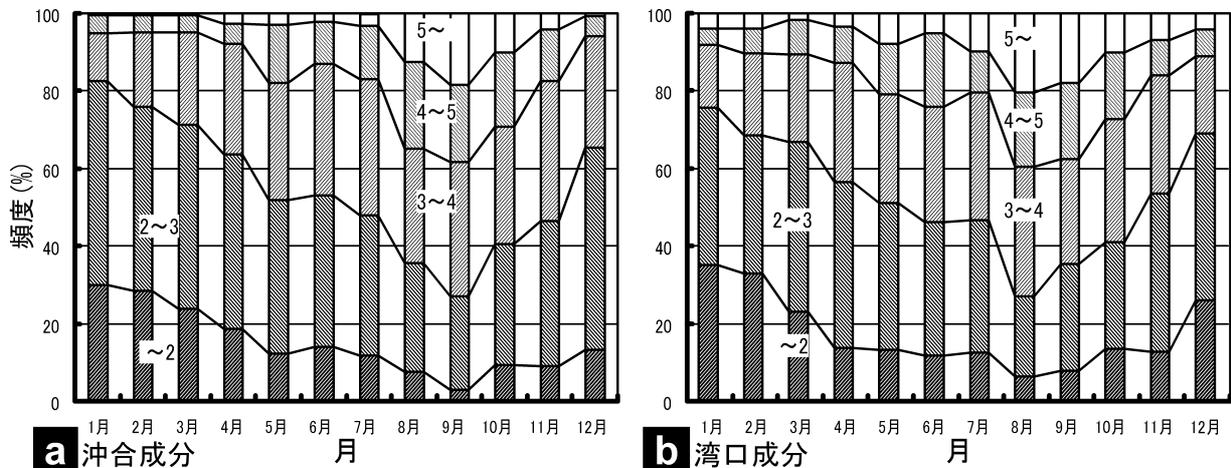


図 2 日間変動幅の月別階級別構成

日間変動幅は、潮汐等の日周期変動の情報を多く含んでいる。
沖合成分(a)、湾口成分(b)ともに夏に変動幅が大きい日が多かった。

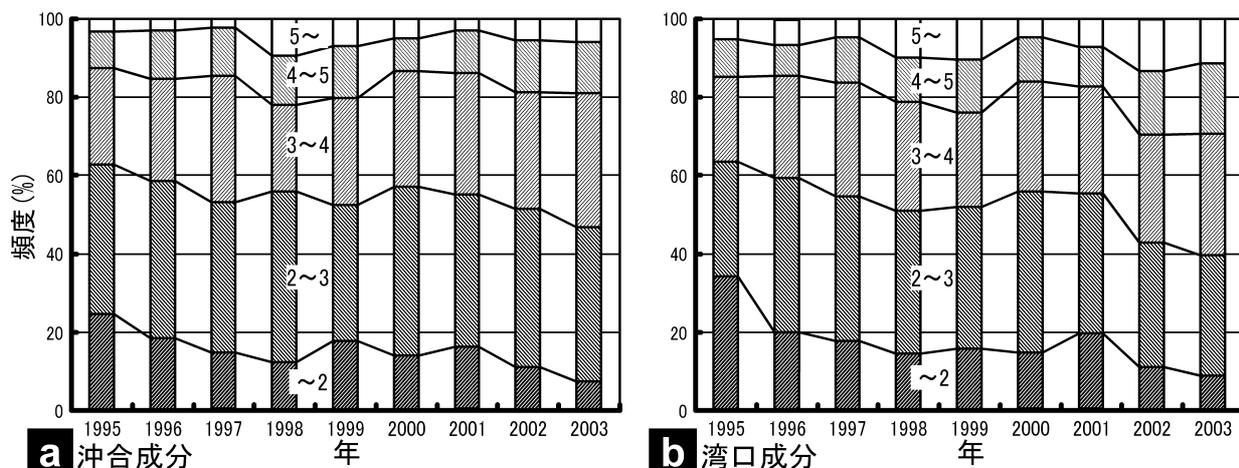


図3 日間変動幅の年別階級別構成

潮汐等の日周変動は、沖合成分(a)、湾口成分(b)ともに概ね同じ傾向であり、年別の変動は明白ではなかった。

日が多かった。変動が大きい日が多い月が8月及び9月と一致しなかったものの、両者ともほぼ同様の分布形態を持つ季節変動が顕著であった。

沖合成分と湾口成分のそれぞれについて、日間変動幅の年別階級別構成を図3-a及び図3-bに示した。沖合成分と湾口成分は概ね同じ傾向で変動している。また、いずれも年別の変動は明白ではない。特長を挙げると、いずれにおいても1995年に変動が小さい日が多く、湾口成分において2003年に変動が大きい日が多かった。

長周期変動の検討(変位)

沖合水の流入等の外的要因及び環流等による変動を説明する指標として、日間平均値についての検討結果を示す。

沖合成分及び湾口成分は、全レコードについて標準化

(平均=0, 標準偏差=1)されている。全レコードの平均とは、長期的変動の平均を意味している。両成分の日間平均値は、長期変動の平均値からの偏差を意味している(以降、海況現象の説明性から変位と呼ぶ)。

沖合成分と湾口成分のそれぞれについて、変位の月別階級別構成を図4-a及び図4-bに示した。沖合成分においては、6月から9月にかけて正の偏差となる日が多く、10月から3月にかけて負の偏差になる日が多かった。沖合成分の正の偏差は沖合からの流入を意味している。このことは、夏季は成層しているために、沖合からの暖水波及が活発に発生していると考えられる。湾口成分においては、2峰の年間変動があり、9月に負偏差の第1のピークがあり、4月に第2のピークがあった。これらのピーク(4月、9月、10月及び11月)以外は正の偏差になる日が多かった。

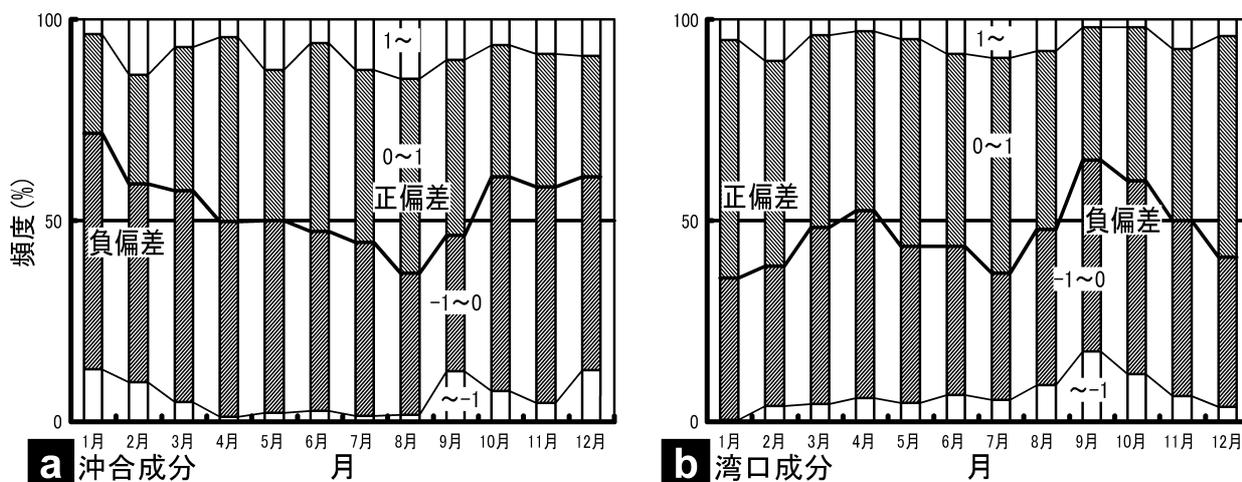


図4 日間変位の月別階級別構成

日間変位は、沖合水の流入等の外的変動の情報を多く含んでいる。

沖合成分(a)は夏に正偏差(相模湾への沖合からの流入)が多く、湾口成分(b)は春と秋に負偏差(東京湾口からの流出)が多かった。

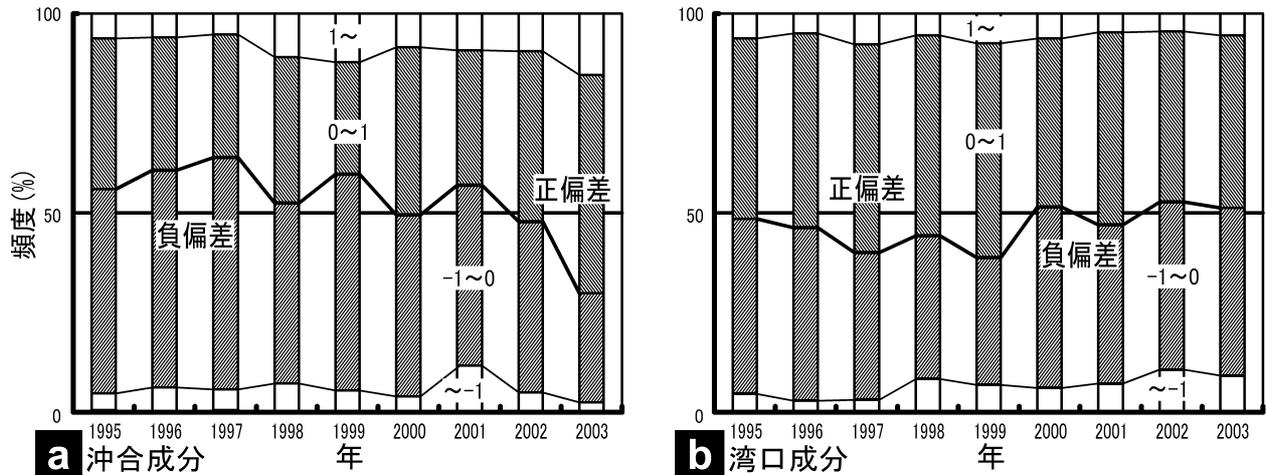


図 5 日間変位の年別階級別構成

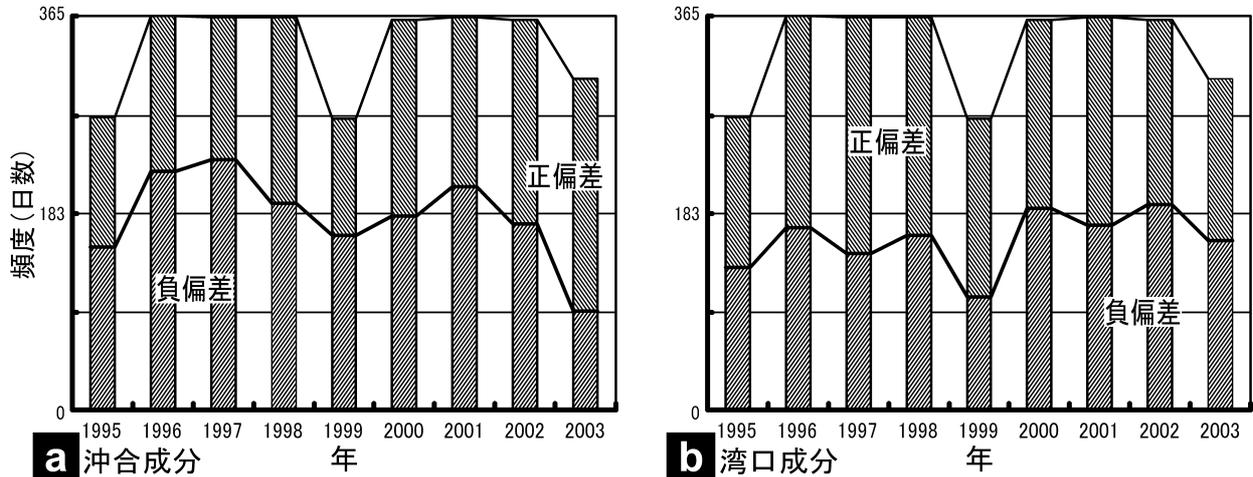


図 6 日間変位の正偏差及び負偏差の年別合計日数

沖合成分(a)において、暖水波及を示す正偏差は2003年に多かった。

湾口成分の負の偏差は、東京湾口からの流出を意味している。このことは、春と秋に東京内湾の海水の大交換があるためと考えられる。

沖合成分と湾口成分のそれぞれについて、変位の年別階級別構成を図5-a及び図5-bに示した。2003年に沖合成分は著しく正の偏差が多く、暖水波及が多い様に見られる。しかし、上述のとおり季節変化を含んでいる。1995年1月から3月及び2003年11月から12月(観測開始年及び集計対象以後)、ならびに1999年9月から11月(機器破損による連続欠測)はデータが皆無あるいは著しく少なく、季節変化の影響を考慮すると無視できない。そこで、変位の年別変化については、比率ではなく、正偏差及び負偏差の年別の合計日数を示した(図6-a及び図6-b)。沖合成分においては、変位が負偏差となる日は、1997年、1996年、2001年及び1998年の順に多く、暖水波及を示す正偏差となる日は2003年に多かった。湾口成分において

は、正偏差が1997年、1998年及び1996年の順に多く、負偏差は2002年に若干多かったが、これらの傾向は沖合成分より不明瞭であった。

長周期変動の検討(変動因子)

沖合成分及び湾口成分のそれぞれにおける日間変動幅及び日間変位について主成分分析を行なった結果、第1成分から第4成分までの寄与率は、それぞれ50.0%、23.7%、18.9%及び7.3%であった。主成分分析では、多変量の一般的特性をよく表現する寄与率の大きい成分に着目するのが普通であるが、本報では例外的な事象を検討するため、寄与率の小さい成分についても着目した。

各成分の寄与率を表2に、回転後の成分行列を表3に示した。この結果から、第1成分は沖からの暖水流入の影響、第2成分は潮汐による沖合成分の影響、第3成分は沖からの暖水流入の特異的な形態、及び第4成分は潮汐の影響をそれぞれよく反映していると考えられる。

表 2 変動因子の寄与率

沖合成分及び湾口成分のそれぞれにおける日間変動幅及び日間変位についての主成分分析の結果

	寄与率%	累積寄与率%
第1成分	50.0	50.0
第2成分	23.7	73.7
第3成分	18.9	92.7

表 3 変動因子の回転後の成分行

沖合成分及び湾口成分のそれぞれにおける日間変動幅及び日間変位についての主成分分析の結果

		第1成分	第2成分	第3成分	第4成分
沖合成分	変動幅	0.129	0.924	-0.079	0.352
	変位	0.978	0.116	-0.053	0.165
湾口成分	変動幅	0.201	0.377	-0.048	0.903
	変位	-0.051	-0.065	0.996	-0.040

浮魚礁ブイを設置してから、黒潮の流入に起因する急潮被害は1998年6月1日、1998年11月7日、1999年1月20日、1999年8月6日、2001年1月24日、2003年10月23日及び2003年10月28日の合計7件である。急潮発生の予測可能性を議論するため、発生の前日における各変数の値及び全レコード中に位置する順位を表4に示した。なお、これらの

「値」は標準偏差の倍数である。1999年8月5日においてはほとんどの変数が特異的な値を示していた。1998年5月31日においては沖合成分と湾口成分の変動幅が特異的な値を示していた。しかし、それ以外の日においては、いずれの変数も顕著に特異的な値を示すことはなかった。従来の急潮予測の流速基準からは発生を予測することができなかった2001年1月24日、2003年10月23日及び2003年10月28日については、いずれも前日に確実に予測する変数は見当たらなかった。主成分分析の第3成分は2003年10月22日に-1.67と若干目立っているものの、全ての事例をよく説明するには至っていない。

ま と め

浮魚礁ブイで観測された流向、流速をデータベース化し(1995年4月3日から2003年10月31日まで、430,170レコード)、統計的に海域の流れの特徴を検討した。

沖合成分及び湾口成分の日間変動幅は、潮汐変動を説明する因子と考えられる。これらは、8月または9月に変動が大きく、1月に変動が小さい季節変動が見られた。

沖合成分の日間平均値は、沖合暖水の流入等の外的要因及び環流等による変動を説明する因子と考えられ、1日間の平均流を示している。これは、6月から9月にかけて北北西に流れる傾向があり、10月から3月にかけて南南東に流れる傾向が見られた。また、1日間に北北西に流れる傾向がある日は、2003年に多かった。南南東に流れる

表 4-a 急潮被害発生時における各変数の値(標準偏差の倍数)

日付	沖合成分		湾口成分		主成分分析			
	変動幅	変位	変動幅	変位	第1成分	第2成分	第3成分	第4成分
1998年5月31日	0.84	1.03	1.21	0.82	1.00	1.00	1.45	2.63
1998年11月6日	0.31	-0.23	-0.50	-0.44	-0.41	1.42	-0.62	-0.77
1999年1月19日	-1.53	-0.56	-1.06	0.42	-0.51	-1.59	0.48	-0.58
1999年8月5日	0.63	1.88	2.08	-2.51	1.82	-0.65	-3.52	4.63
2001年1月23日	-0.72	0.52	-0.29	-0.45	0.76	-0.87	-0.68	0.33
2003年10月22日	0.03	-0.40	-0.69	-1.11	-0.63	0.98	-1.67	-0.98
2003年10月27日	0.24	0.08	-0.37	0.55	0.09	1.26	0.89	-0.48

表 4-b 急潮被害発生時における各変数の位置する順位(3067件中)

日付	沖合成分		湾口成分		主成分分析			
	変動幅	変位	変動幅	変位	第1成分	第2成分	第3成分	第4成分
1998年5月31日	130	265	45	250	483	410	189	64
1998年11月6日	390	1,880	1,619	2,401	2,017	239	2,384	2,420
1999年1月19日	3,052	2,410	2,894	722	2,116	3,021	884	2,152
1999年8月5日	194	23	6	3,061	141	2,277	3,060	6
2001年1月23日	2,111	687	1,146	2,417	652	2,566	2,434	952
2003年10月22日	717	2,159	2,121	2,898	2,251	418	2,903	2,654
2003年10月27日	465	1,309	1,323	511	1,349	294	457	2,013

傾向のある日は、1997年、1996年、2001年及び1998年の順に多かった。

浮魚礁ブイで観測される流れの変動成分をいくつか抽出したが、これらの中にいくつかの定置網被害を説明する指標は見られたが、全ての定置網被害を説明する指標は得られなかった。

謝 辞

浮魚礁ブイを設置し、維持管理に尽力されている水産課漁業調整・資源管理班の皆様、海洋情報部の皆様にお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 岩田静夫・渡部勲・石戸谷博範・清水顕太郎 (1997): 城ヶ島沖ブイにおける表層流の特長. 神水研研報, **2**, 7-12.
- 2) 岩田静夫・石戸谷博範・渡部勲・松山優治 (1998): 定置網の被害の実態と発生要因, 急潮予報について. 水産海洋研究, **62**, 385-392.
- 3) 石戸谷博範(2000): 相模湾における定置網を急潮から守るマニュアル. ていち, **97**, 1-23.
- 4) 樋田史郎・中田尚宏 (2002): 2001年1月23日に急潮をひきおこした相模灘における黒潮系暖水流入の特徴, 神水研研報, **7**, 109-115