

壱岐・対馬東水道における2月，8月の水温の長期変動について

神崎 博幸・金丸彦一郎

About long-term fluctuations of the water temperature of February and August that kicks the Tsushima east water service and the Iki water service

Hiroyuki KANZAKI and Hikoichirou KANAMARU

キーワード：海洋観測・水温変動・壱岐水道・対馬東水道

佐賀県玄海水産振興センターでは，壱岐水道は1948年から，対馬東水道は1953年から，調査船による海洋観測を継続して行ってきた。これまで，観測を開始して50数年間のデータが蓄積されているものの，これらのデータに基づく統括的な検討はこれまでほとんど行われていない。一方，対馬東水道の水温長期変動については隣接する海域において三井田¹⁾，渡邊・安藤²⁾が水温の長期変動について検討を行っている。

本報では，漁海況予測のための基礎資料とすることを目的として，これらの得られたデータを用い，冬季の代表月2月と夏季の代表月8月における水温の長期変動について検討を行い，いくつかの知見が得られたので報告する。

本研究をまとめるにあたって，独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所の高柳和史部長には有益なご助言をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。また，本研究の実施にあたって，観測業務に従事されてきた数多くの関係者に対して深く敬意を表します。

材料および方法

海洋観測は，これまで何度か観測地点の変更や，観測月の変更が行われ，一部継続性のないデータがみられる。これら定点の中で対馬東水道，壱岐水道それぞれの中央付近に位置し，観測初期からほとんど変更がない，図1に示した2定点をそれぞれの代表点として設定した。対馬東水道の定点は対馬暖流第一分枝の流軸付近と考えられている場所³⁾，壱岐水道の定点は対馬暖流と沿岸水との混合水域と考えられている場所である。

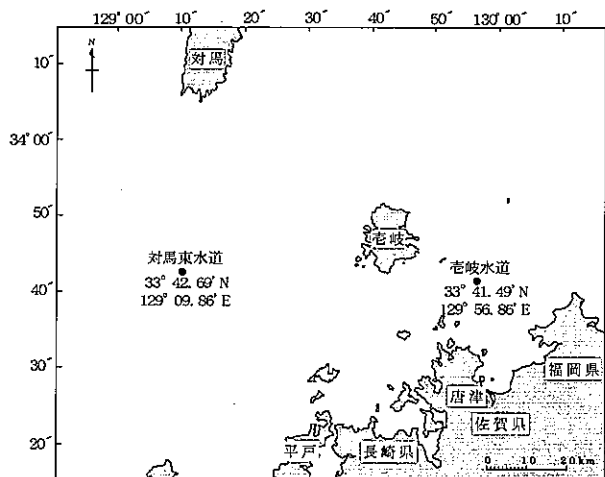


図1 調査点

水温測定は，観測開始から1989年までは転倒式寒暖計（ナンゼン）により行い，1990年からはCSTD（アレック電子製）を用いて行っている。

解析は，両水道における水温の周期性，長期変動と壱岐水道の水温と対馬東水道の水温との関係について行った。

周期性の検討は，両水道の年毎の年平均偏差を1年毎に15年目までずらして自己相関係数を求めることにより行った。

水温の長期変化の検討は，両水道の2月，8月について，水深別（10,50m層）に，年平均偏差〔(実測値-平均値)/標準偏差〕とその移動平均を求めるとともに，直近5年間（2003～2007年）と30年前の5年間（'76～'89年：以下，30年前と略する），50年前の5年間（'56～'60年：以下，50年前と略する）の水温について，分散と平均の差の検定を行い，実施した。なお，30年前の2月は両水道とも

'76~'78年が欠測のため'74~'81年のデータを、50年前の対馬東水道の8月は'57年が欠測のため'55~'60年のデータを使用した。宍岐水道の水温と対馬東水道の水温との関係については、同じ年の両水道の水温を比較することにより検討した。

結果と考察

1. 2月

1) 水温の周期性

周期性の検討結果を図2に示した。データの周期性を表す自己相関係数は1, 2, 5, 6, 8, 9, 12年に大きな値がみられ、8, 9年を除くと正の相関であった。12年は6年の倍数であることから、6年毎の周期性が比較的強いものと考えられた。また、自己相関係数は対馬東水道の50m層が最も高く、次いで対馬東水道の10m層、宍岐水道の50m層、宍岐水道の10m層の順であった。

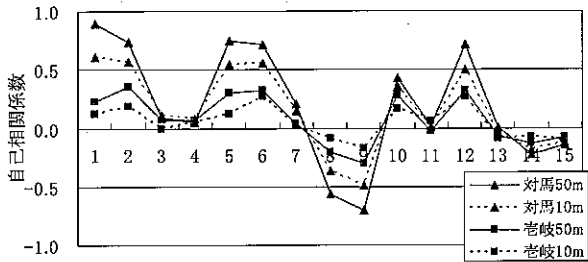


図2 2月の自己相関係数 (横軸は年のずれを表す)

千手ら⁴⁾は、山口県日本海海域における冬季の水温周期は10年スケールの変動と季節風による数年周期の変動とが重なっているとしている。隣接した海域の毎月のデータを用いて、三井田¹⁾は6~8年の周期性を、渡邊・安藤²⁾は6~10年の周期性が強いとしており、6年の周期性が強い点で一致する。6年周期以外に、渡邊・安藤²⁾の10m層の自己相関係数は1, 5年に正の相関が強くなり、9年に負の相関である点も共通しているが、本報の方が正、負の相関ともに絶対値が大きかった。

2) 水温の変化

宍岐水道の10m層と50m層では、それぞれ10.81~14.85℃と10.68~14.90℃の範囲で、平均は13.48℃と13.18℃で、標準偏差は0.77℃と0.83℃であった。対馬東水道の10m層と50m層では、それぞれ13.09~16.20℃と12.60~16.20℃の範囲で、平均は14.99℃と14.96℃で、標準偏差0.72℃と0.77℃であった。

水温の年平均偏差とその6年移動平均を図3に示した。年平均偏差と移動平均の傾向から、2月の水温は大まかに

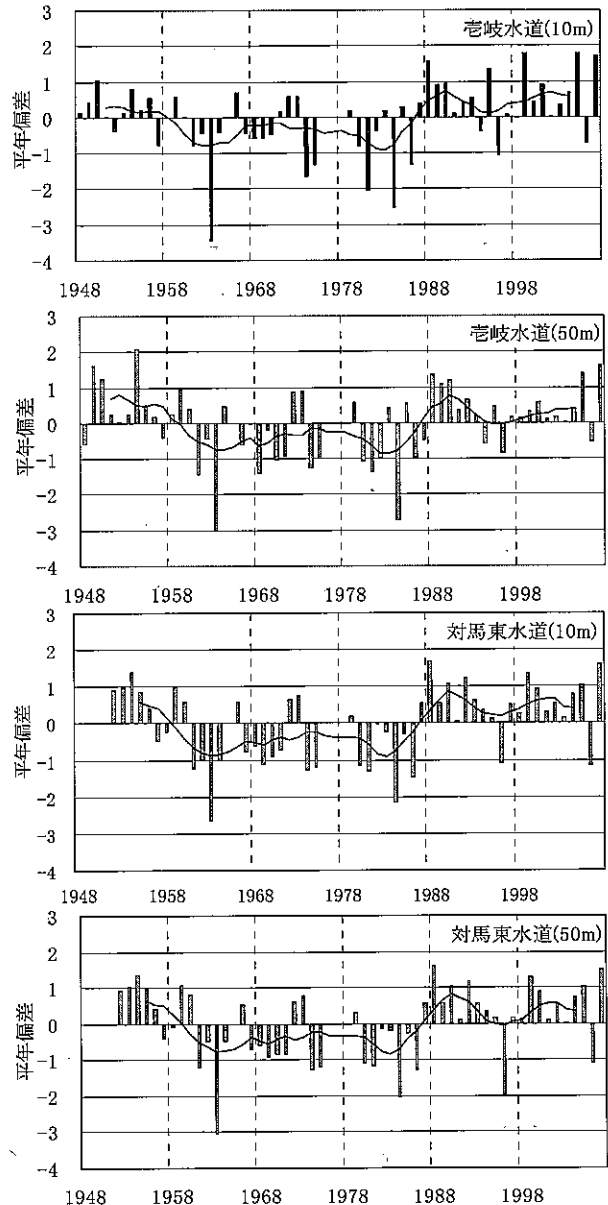


図3 2月の宍岐水道、対馬東水道における10, 50m層の水温年平均偏差

1948~1957年の高温期、1958~1987年の低温期、1988~1995年の高温期、1996~1998年の低温期と1999年以降の高温期に分類された。

直近5年と30年前および直近5年と50年前の、分散と平均値の差の検定結果を表1に示した。2月の結果として、分散にはいずれも差はみられなかったものの、直近5年と30年前の比較では、宍岐水道の10m層が1.46℃、50m層が1.16℃、対馬東水道の10m層が1.04℃、50m層が1.03℃それぞれ高く、50年前との比較でも、それぞれ0.53℃、0.25℃、0.18℃、0.07℃それぞれ高かった。これらを統計的にみると直近5年と30年前との比較では、全て1%水準で有意な差がみられたが、50年前との比較では宍

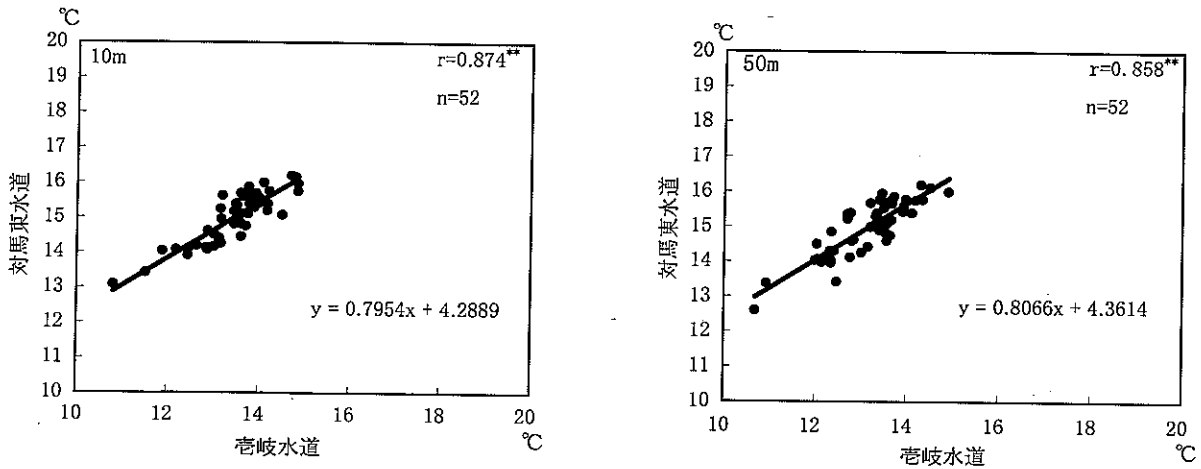


図4 2月の沓岐水道と対馬東水道の水温の関係

岐水道の10m層だけが1%水準で有意な差がみられた。

表1 直近5年間と50年前, 30年前の比較結果

観測月	観測点	水深	30年前との比較		50年前との比較	
			F	t	F	t
2月	沓岐水道	10m	-	**('05>'58)	-	**('05>'58)
		50m	-	**('05>'58)	-	-
	対馬東水道	10m	-	**('05>'58)	-	-
		50m	-	**('05>'58)	-	-
8月	沓岐水道	10m	-	-	-	**('05<'58)
		50m	-	-	-	-
	対馬東水道	10m	-	-	-	-
		50m	-	-	-	**('05<'58)

'58は50年前, '78は30年前を表す。
Fは分散分析, tは平均値の検定。
**: 1%有意水準で差あり, -: 5%水準で差なし。括弧内の不等号で大小を表す。

3) 沓岐水道と対馬東水道との水温の関係

同じ年の沓岐水道の水温と対馬東水道の水温との関係を図4に示した。沓岐水道の10m層の水温が13.0℃の時に、対馬東水道の10m層は14.5℃と約1.5℃高く、50m層は14.8℃と約1.8℃高くなっていた。水深10m, 50m層とも高い正の相関がみられ、沓岐水道の水温は対馬暖流の影響を強く受けているものと考えられる。

2. 8月

1) 水温の周期性

周期性の検討結果を図5に示した。自己相関係数は2月に比べ全体的に低く、明瞭な周期性はみられなかった。

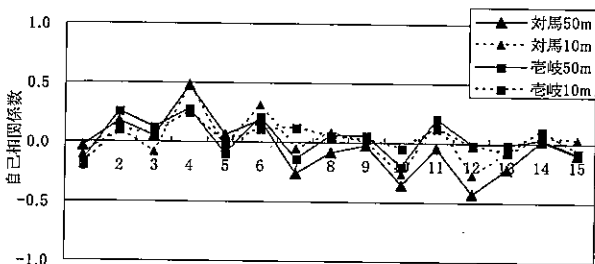


図5 8月の自己相関係数 (横軸は年のずれを表す)

2) 水温の変化

沓岐水道の10m層と50m層では、それぞれ21.46~27.80℃と19.33~25.36℃の範囲で、平均は24.97℃と22.82℃で、標準偏差は1.35℃と1.19℃であった。対馬東水道の10m層と50m層では、それぞれ21.97~29.86℃と16.21~24.87℃の範囲で、平均は27.01℃と21.21℃で、標準偏差は1.67℃と1.76℃であった。

水温の年偏差とその6年移動平均を図6に示した。

年偏差と移動平均の傾向から、8月の水温は年による変動が大きかったものの、沓岐水道と対馬東水道の50m層の水温には1955~1959年の高温期、1965~1971年の低温期、1972~1981年の高温期、1983~1996年の低温期と1997~2004年の高温期が交互にみられ、対馬東水道の50m層については約20年毎に高い年があるようもうかがえる。

表3の8月の結果として、分散は2月と同様いずれも差はみられなかったものの、直近5年と30年前の比較では、沓岐水道の10m層が0.01℃、50m層が0.25℃、対馬東水道の10m層が0.23℃、50m層が0.55℃それぞれ低く、50年前との比較でも、それぞれ1.26℃、0.39℃、0.26℃、1.46℃低かった。これらを統計的にみると直近5年と30年前との比較では有意な差はみられず、50年前との比較では沓岐水道の10m層と対馬東水道の50m層に1%水準で有意な差がみられた。

3) 沓岐水道と対馬東水道との水温の関係

同じ年の沓岐水道と対馬東水道の水温の関係を図7に示した。沓岐水道の10m層の水温が24.0℃の時に、対馬東水道の10m層は26.4℃と約2.4℃高く、50m層は22.1℃と約1.9℃低かった。水深10m, 50m層とも高い正の相関

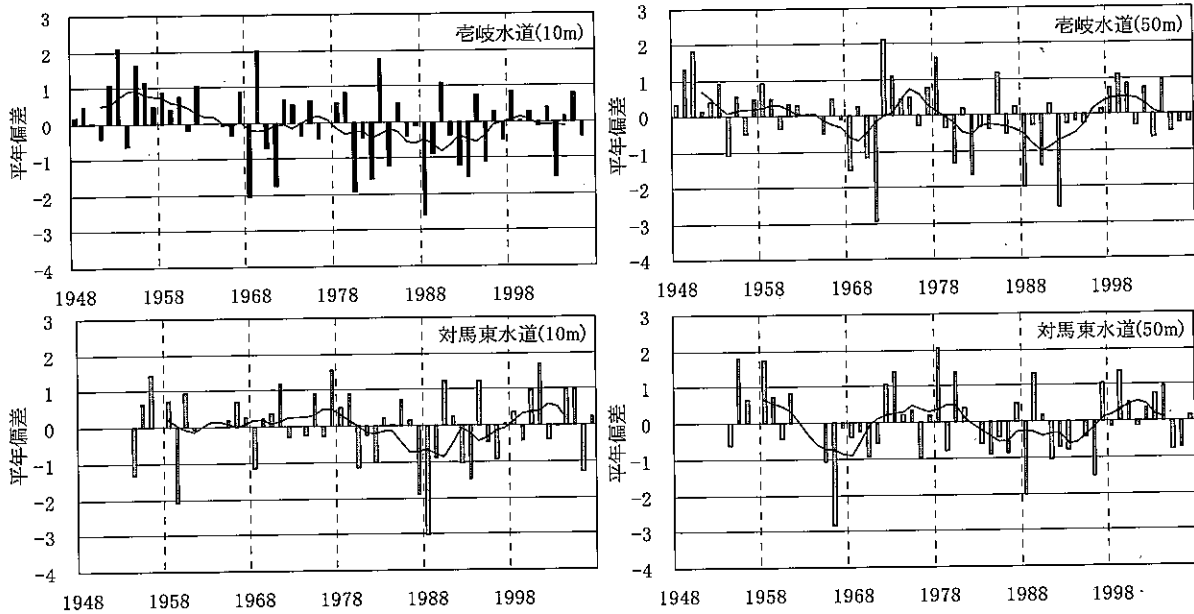


図6 8月の老岐水道, 対馬東水道における10, 50m層の水温平年偏差

がみられたものの, 2月と比べるとデータのばらつきは大きかった。

3. まとめ

本報では, 2月の水温は30年前と比べると, 老岐水道の10m層で1.46℃, 50m層で1.16℃, 対馬東水道の10m層で1.04℃, 50m層で1.03℃それぞれ上昇しているのに対し, 8月の水温は年による変動が大きく, 明瞭な傾向が見られなかった。

三井田¹⁾は隣接する海域の水温の標準偏差が夏季に大きく, 冬季に小さい原因として, 暖流勢力の消長に応じて起こる水温変動が夏季に大きいこと, 海表面からの受熱

量が大きいこと, 渦動伝導率が高いこと等をあげている。千手⁴⁾らは夏季の水温は他の季節に比べ, 気温や日照時間など大気の影響が大きいとしており, 8月の対馬東水道の及び周辺の水温変動は, 年による暖流勢力の消長や気温や日照などの影響を受けて大きくなっていると考えられる。本海域においてもこれらの理由により, 8月の水温変動が大きいものと考えられる。

また, 本海域の2月の水温は, 直近5年が30年前, 50年前よりも高かったが, 長期変化をみると1948~1957年の高温期, 1958~1987年の低温期と1988年以降の高温期とに分類されたことから, 長期的にみると, 年変動を繰り返しながら直線的に右肩上がりに上昇しているのでは

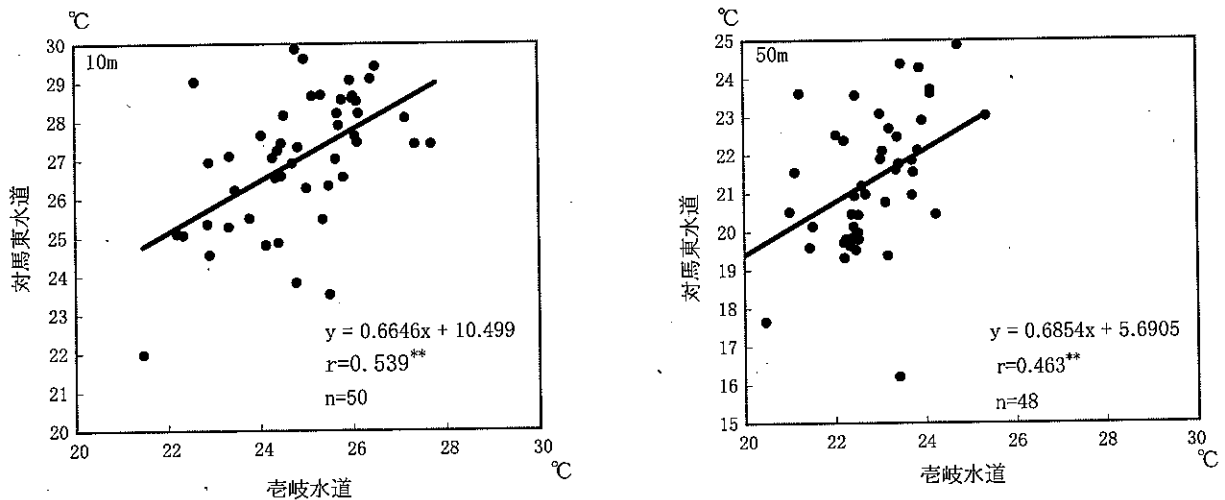


図7 8月の老岐水道と対馬東水道の水温の関係

なく、50年前頃の高水温期や30年前頃の低水温期など、長い周期的での水温変動をともしながら徐々に上昇してきたものと考えられる。

50年前頃の水温については詳細な情報は少ないが、本報の結果は隣接する海域の三井田¹⁾、渡邊・安藤²⁾の報告と同様の傾向がみられている。広島県尾道市向島地先では、50年前頃に南方系ホンダワラの種類であるマジリモクが瀬戸内海に自生していた可能性が高い⁵⁾とされており、瀬戸内海においても、本海域と同じく50年前頃は水温が高かった可能性もある。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第四次報告書第一次作業部会報告書 (自然科学的根拠) によると、気候システムの温暖化により、大気や海洋の全球平均温度の上昇、雪氷の広範囲にわたる融解、世界平均海面水位の上昇が観測されている⁶⁾。また気象庁⁷⁾によると、本海域が含まれる東シナ海北部の水温上昇が100年間で $+1.24 \pm 0.28^\circ\text{C}$ としているが、本海域の50数年間のデータでは、2月の水温は、高水温期と低水温期とを繰り返しながら上昇していたが、8月の水温上昇は明瞭ではなかった。

花輪・安中⁸⁾は過去100年の北半球海面水温にレジームシフトが生じた、あるいはその可能性が高いとする年が7回あると報告している。本報と期間が重なる5回のうち、本海域の2月の水温は、1976/77年は本資料が欠測であることから検討できないことを除き、1956/57年頃に高温期から低温期に、1988/89年頃に低温期から高温期に変化して、その後徐々に水温が低下したのち、再び1998/99年頃に高温期へと変化していた。また1972、73年は低温期の中で特異的に高水温の年となっていることから、データがない1976/77年を除き、1956/57年、1970/1971年、1988/89年と1998/99年の4回については本県調査海域における水温の転換期とレジームシフトの年とが合致した。一方、8月の水温は、1977/78年頃に高水温期から低水温期に、1998/99年頃に低水温期から高水温期に変化していたことから、2回については合致している。

加藤ら⁹⁾によると日本海では1988/89年の冬季に (北部海域では春季にも顕著に) 水温上昇が生じていたのに対し、1997/98年の水温上昇は全季節をとおして認められたとしており、本報の結果と一致する。

水温と生物分布との関係では、本県海岸域では以前は

ほとんどみられなかったガンガゼが増加し、近県では南方系海藻の増加等が報告され、また日本海対馬暖流域では1998年以降水温が高めで推移し、サワラの分布域が北部に拡大し、日本海での漁獲が増加している¹⁰⁾。水温の長期変動と、それが漁況にどのような影響を与えているのかを、今後とも、関係各機関と連携しながら、モニタリングを継続していく必要がある。

文 献

- 1) 三井田恒博 1967: 対馬東水道中央部における水温の周年変化と長期変動について. 福岡県福岡水試研報, (13), 1-8.
- 2) 渡邊大輔・安藤郎彦 2007: 対馬東水道における水温の長期変動について. 福岡県海洋技術センター研究報告, (17), 67-71.
- 3) KATO, O. 1993: Structure of the Tsushima Current in the Southern Japan Sea. *Journal of Oceanography*, 50, 317-318.
- 4) 千手智晴・渡辺俊輝・繁永裕司 2003: 日本海山陰水温にみられる十年スケール変動. 月刊海洋, 35, 59-64.
- 5) 独立行政法人水産研究センター 2007: 特集コラム50年前にも瀬戸内海に生えていた?温暖化の「先兵」マジリモク. FRAニュース, 10, 20.
- 6) 文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省 2007: 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第四次報告書第一次作業部会報告書 (自然科学的根拠) の公表について, 3.
- 7) 気象庁 2007: 日本周辺海域の海面水温の長期変化傾向について
- 8) 花輪雄雄・安中さやか 2003: 過去100年の北半球海面水温場に出現したレジームシフト. 月刊海洋, 35, 80-85.
- 9) 加藤修・中川倫寿・松井繁明・山田東也・渡邊達郎 2006: 沿岸・沖合定線観測データから示される日本海及び対馬海峡における水温の長期変動. 沿岸海洋研究, 44 (1), 19-24
- 10) 水産庁増殖推進部・独立行政法人水産総合研究センター・北海道区水産研究所・東北区水産研究所・中央水産研究所・日本海区水産研究所・遠洋水産研究所・瀬戸内海区水産研究所・西海区水産研究所 2008: 我が国周辺水域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価ダイジェスト (要約) 版), 214

付表 2月、8月の沓岐水道、対馬東水道の水温

年	2月				8月			
	沓岐水道		対馬東水道		沓岐水道		対馬東水道	
	10m	50m	10m	50m	10m	50m	10m	50m
1948	13.60	12.70	-	-	25.20	23.20	-	-
1949	13.80	14.50	-	-	25.60	24.40	-	-
1950	14.30	14.20	-	-	25.00	25.00	-	-
1951	13.50	13.40	-	-	24.40	23.00	-	-
1952	13.20	13.20	15.64	15.67	26.40	23.30	-	-
1953	13.60	13.40	15.70	15.76	27.80	23.90	-	-
1954	14.10	14.90	16.00	16.00	24.13	21.52	24.80	20.14
1955	13.65	13.59	15.61	15.70	27.14	23.49	28.08	24.38
1956	13.89	13.32	15.29	15.29	26.50	22.22	29.41	22.38
1957	12.89	12.84	14.63	14.63	25.58	23.40	-	-
1958	13.46	13.40	14.82	14.90	26.14	23.90	28.20	24.28
1959	13.93	13.97	15.69	15.78	25.50	23.40	23.52	22.48
1960	13.50	13.51	15.40	15.58	26.00	22.38	28.59	20.46
1961	12.88	11.99	14.10	14.03	24.71	23.22	26.91	22.69
1962	13.14	12.80	14.28	14.59	26.38	23.16	-	-
1963	10.81	10.68	13.09	12.60	-	-	-	-
1964	13.17	13.56	14.27	14.60	-	-	-	-
1965	-	-	-	-	24.83	22.21	27.33	19.32
1966	14.00	12.69	15.42	15.36	24.53	23.41	28.15	16.21
1967	13.13	13.15	14.43	14.42	26.11	22.69	27.45	20.98
1968	13.02	12.03	14.54	14.50	22.21	21.01	25.09	20.52
1969	13.02	13.01	14.18	14.26	27.70	23.13	27.40	20.77
1970	13.12	12.32	14.34	14.30	24.04	21.45	27.63	19.59
1971	13.61	12.41	14.46	14.31	22.60	19.33	29.02	20.20
1972	13.92	13.91	15.46	15.43	25.81	25.36	26.55	23.03
1973	13.93	13.92	15.55	15.57	25.64	24.14	27.02	23.71
1974	12.19	12.14	14.09	13.98	24.47	23.37	26.58	21.62
1975	12.47	12.34	14.12	14.04	25.78	23.43	28.55	21.78
1976	-	-	-	-	24.34	22.47	26.54	19.53
1977	-	-	-	-	24.97	23.75	29.61	21.56
1978	-	-	-	-	25.71	24.75	27.89	24.87
1979	13.61	13.66	15.12	15.19	26.10	22.41	28.51	19.85
1980	12.85	12.30	14.15	14.10	22.34	21.24	25.06	23.61
1981	11.89	12.05	14.05	14.06	24.38	23.03	26.62	21.90
1982	13.18	12.35	14.97	14.85	22.87	20.84	25.34	*
1983	13.61	13.54	14.82	14.81	27.35	22.42	27.40	20.13
1984	11.52	10.92	13.43	13.38	23.35	22.34	27.10	19.64
1985	13.71	13.63	14.76	14.75	25.68	24.24	28.20	20.46
1986	12.45	12.34	13.93	13.96	24.39	22.20	27.24	19.72
1987	13.79	12.77	15.38	15.39	24.78	23.07	23.82	22.11
1988	14.70	14.30	16.20	16.20	21.46	20.46	21.97	17.65
1989	14.19	14.10	15.39	15.39	23.78	22.47	25.49	23.56
1990	14.22	14.18	15.76	15.75	26.40	21.13	29.09	21.56
1991	13.55	13.48	15.02	15.02	24.47	23.17	27.43	19.38
1992	13.77	13.71	15.88	15.86	23.33	19.74	25.27	19.98
1993	13.90	13.35	15.43	15.39	22.91	22.53	24.55	19.80
1994	13.16	12.70	15.26	15.22	25.96	22.60	29.05	21.20
1995	14.51	13.56	15.08	15.08	23.47	22.53	26.22	20.44
1996	12.65	12.47	14.21	13.42	25.36	*	25.46	18.57
1997	13.52	13.33	15.36	15.09	24.28	23.02	27.05	23.08
1998	13.46	13.31	15.18	15.07	26.06	23.72	27.62	20.96
1999	14.85	13.45	15.97	15.95	25.01	24.14	26.27	23.61
2000	13.80	13.67	15.66	15.66	25.33	23.85	28.67	22.13
2001	14.18	13.26	15.20	15.02	24.78	22.44	29.86	20.94
2002	13.49	13.34	15.39	15.38	25.49	23.72	26.33	21.87
2003	13.75	13.21	15.10	14.99	22.90	22.04	26.94	22.53
2004	14.01	13.50	15.56	15.53	25.14	23.95	28.65	22.91
2005	14.85	14.33	15.75	15.77	26.02	22.25	28.64	19.81
2006	12.92	12.76	14.15	14.12	24.40	22.52	24.86	19.98
2007	14.80	14.50	16.16	16.12	24.97	22.59	27.39	21.46

-:観測を行っていない。

*:欠測