

千葉県勝浦市沿岸岩礁域の海水温 —温度ロガーによる 2010～2020 年の記録

川瀬裕司

千葉県立中央博物館分館海の博物館
〒299-5242 千葉県勝浦市吉尾123
E-mail: kawase@chiba-muse.or.jp

要 旨 長期的な海水温の上昇と生物相の変化を解明するため、2010年から千葉県勝浦市沿岸の志村海岸沖（水深9 m）と千葉県立中央博物館分館海の博物館前（水深2 m）の2か所の岩礁に温度ロガーを設置して海水温を記録している。2020年までの記録によると、両地点の月別平均水温はそれぞれ15.1～24.5℃、14.7～24.7℃、年平均水温の平均値はそれぞれ19.1℃、19.2℃であった。日平均水温が15℃未満になる年間日数は両地点でそれぞれ6～64日、21～75日、26℃以上になる日はそれぞれ2～12日、3～24日見られ、いずれも年により大きな変動が見られた。この冬期の低水温と夏期の高水温の継続日数が、温帯域へ進出してきた熱帯性魚類や在来の温帯性魚類に与える影響について論議した。

キーワード：房総半島，太平洋，地球温暖化，生物相，無効分散，越冬，繁殖

千葉県立中央博物館分館海の博物館（以下、海の博物館）は1999年に千葉県勝浦市の海岸近くに設置された。海の博物館周辺の沿岸は岩礁が優占し、博物館前には干潮時に岸から200 m以上沖まで続く広い潮間帯の平磯が広がっている。海の博物館では、このような立地条件を活かした海洋生物の調査研究、資料収集、展示、教育普及活動が行われている。例えば著者の場合、磯に生息する魚類の定期的なモニタリング調査や採集した魚類の資料登録を行っている。それにより得られた知見を基にして、海の博物館周辺で見られる魚類の展示や、目前の平磯における魚類の観察会の開催、印刷物による磯で見られる魚類の解説（例：川瀬，2010）などを行っている。

これらの活動において、海の博物館前の海水温は環境指標の1つとして最も基本的なデータである。その海水温の計測方法には様々な方法が考えられるが、最も単純な方法として、現場でバケツに海水を汲みあげて、その水温を水温計で計測することが挙げられる。しかし、継続的な計測には毎日欠かさず現場に出ることが必要で職員の負担になり、また1日のうちに継続的に複数回計測するには不向きである。水温センサーを海底に設置して、ケーブルまたは電波で水温データをリアルタイムで受け取り記録する方法は非常に有効であるが、初期投資費用や定期的なメンテナンス費用を考慮すると容易には導入することができない。このため海の博物館の日常的な活動には、近くにある海中展望塔の水深約7 mの位置で（財）千葉県勝浦海中公園センターの職員が毎日計測して

いる海水温（菊地ほか，2011を参照）を連絡していただき、館内での日常的な活動に利用している。

海の博物館周辺の潮間帯や潮下帯の岩礁では資料収集活動の一環として定期的に海洋生物の収集が行われており、登録された標本は分類学的な研究や生物相を解明するための研究に活用されている（例：菊地，2011；立川，2011）。近年、地球温暖化に伴う海水温の上昇が海洋生物に与える影響について様々な分野で議論されているが、今後海の博物館周辺の海洋生物相の長期的な変遷について議論する際には、この地域における標本資料と共に継続的な海水温データの収集が不可欠である。そこで、2010年から海の博物館周辺の岩礁に温度ロガーを設置して、継続的な海水温データを収集している（Kawase，2021）。

Kawase（2021）は海の博物館周辺の海水温、海から取水ポンプでくみ上げた海水の掛け流し水槽の水温、博物館の外気温の計測を温度ロガーで行い、その結果を電子データで公開している。本報告では、それらのデータのうち千葉県勝浦市志村海岸沖（水深9 m）と海の博物館前（水深2 m）の2か所の岩礁に設置された温度ロガーの記録から、1日、1カ月、1年の最高・最低・平均水温を計算して約10年間の海水温の変動をグラフ化し、2地点間の海水温変動の共通点と相違点について論議した。また、日平均水温が26℃以上または15℃未満となる月間・年間日数を計算して、海水温上昇に伴う生物相の変化について論議した。

Table 1. Abbreviation, name, and definition of temperatures.

Abbreviation	Name	Definition	名称	定義
OWT	Original water temperature	Original water temperature recorded at intervals of 15–30 minutes using a data logger	定時水温	温度ロガーに15~30分間隔で定時に記録された水温
DMWT	Daily mean water temperature	Mean value of OWT recorded in a day	日平均水温	ある日の定時水温の平均値
D-Max OWT	Daily maximum water temperature	Maximum value of OWT recorded in a day	日最高水温	ある日の定時水温の最高値
D-Min OWT	Daily minimum water temperature	Minimum value of OWT recorded in a day	日最低水温	ある日の定時水温の最低値
MMWT	Monthly mean water temperature	Mean value of DMWT recorded in a month	月平均水温	ある月の日平均水温の平均値
M-Max DMWT	Monthly maximum water temperature	Maximum value of DMWT recorded in a month	月最高水温	ある月の日平均水温の最高値
M-Min DMWT	Monthly minimum water temperature	Minimum value of DMWT recorded in a month	月最低水温	ある月の日平均水温の最低値
M-Max OWT	Monthly maximum value of OWT	Maximum value of OWT recorded in a month	定時水温の月最高値	ある月の定時水温の最高値
M-Min OWT	Monthly minimum value of OWT	Minimum value of OWT recorded in a month	定時水温の月最低値	ある月の定時水温の最低値
Mean MMWT	Same month mean water temperature	Mean value of MMWT recorded in the same month over the years	月別平均水温	同じ月の月平均水温の平均値
Max MMWT	Same month maximum value of MMWT	Maximum value of MMWT recorded in the same month over the years	月別平均水温の最高値	同じ月の月平均水温の最高値
Min MMWT	Same month minimum value of MMWT	Minimum value of MMWT recorded in the same month over the years	月別平均水温の最低値	同じ月の月平均水温の最低値
SM-Max DMWT	Same month maximum water temperature	Maximum value of DMWT recorded in the same month over the years	月別最高水温	同じ月の日平均水温の最高値
SM-Min DMWT	Same month minimum water temperature	Minimum value of DMWT recorded in the same month over the years	月別最低水温	同じ月の日平均水温の最低値
AMWT	Annual mean water temperature	Mean value of MMWT recorded in a year	年平均水温	ある年の月平均水温の平均値
Y-Max MMWT	Annual maximum value of MMWT	Maximum value of MMWT recorded in a year	月平均水温の年最高値	ある年の月平均水温の最高値
Y-Min MMWT	Annual minimum value of MMWT	Minimum value of MMWT recorded in a year	月平均水温の年最低値	ある年の月平均水温の最低値
Y-Max DMWT	Annual maximum water temperature	Maximum value of DMWT recorded in a year	年最高水温	ある年の日平均水温の最高値
Y-Min DMWT	Annual minimum water temperature	Minimum value of DMWT recorded in a year	年最低水温	ある年の日平均水温の最低値

海水温の計測方法と水温データの集計

海の博物館周辺の海水温を長期的に計測するために、千葉県勝浦市志村海岸沖（35.13255 °N, 140.28210 °E）の水深9 mの岩礁と海の博物館前（35.13385 °N, 140.28399 °E）の水深2 mの岩礁に温度ロガーを設置した。両地点の直線距離は225 mである。設置した温度ロガーはHOBO

Water Temp Pro v2, または HOBO Pendant Temperature Data Logger UA-001-64 (Onset Computer 社製) で、15分または30分間隔で海水温が温度ロガーに記録されるように設定して、2010年以降およそ1年ごとに温度ロガーを交換して水温データを回収した。なお、計測場所や計測方法などの詳細については Kawase (2021) に記載されている。温度ロガーに15分または30分間隔で記録された定時

千葉県勝浦の海水温

Table 2. Monthly seawater temperatures of the rocky reefs off Shimura Beach and off the Coastal Branch of Natural History Museum and Institute, Chiba (henceforth referred as Museum) in Katsuura, Japan from 2010–2020.

Year	Month	Rocky reefs off Shimura Beach (9 m water depth)							Rocky reefs off the Museum (2 m water depth)						
		MMWT	M-Max DMWT	M-Min DMWT	M-Max OWT	M-Min OWT	Days of DMWT ≥ 26 °C	Days of DMWT < 15 °C	MMWT	M-Max DMWT	M-Min DMWT	M-Max OWT	M-Min OWT	Days of DMWT ≥ 26 °C	Days of DMWT < 15 °C
2010	Jul								19.4 *1	20.7 *1	17.2 *1	23.7 *1	16.3 *1	0 *1	0 *1
	Aug								24.7	26.5	18.9	29.1	16.6	5	0
	Sep								25.3	27.9	22.7	29.0	21.4	7	0
	Oct								23.1	24.9	21.1	25.5	20.3	0	0
	Nov								21.2	23.2	19.2	23.8	18.3	0	0
	Dec								17.3	19.7	14.0	20.4	13.2	0	4
2011	Jan								16.0	17.4	14.6	18.5	13.1	0	4
	Feb								15.0	16.5	13.9	17.5	12.4	0	14
	Mar								15.8	17.1	14.7	18.5	13.3	0	1
	Apr								16.2	18.5	14.9	19.5	13.9	0	1
	May	18.2 *2	20.6 *2	15.2 *2	20.8 *2	13.7 *2	0 *2	0 *2	17.4	20.7	15.4	21.2	15.1	0	0
	Jun	18.7	20.8	16.3	21.4	15.5	0	0	19.5	21.5	17.1	23.4	16.2	0	0
	Jul	20.7	25.9	16.0	26.2	15.2	0	0	21.8	25.8	17.4	26.1	15.8	0	0
	Aug	23.6	25.3	20.1	26.6	18.5	0	0	24.1	26.1	21.9	26.3	21.4	1	0
	Sep	24.1	25.9	22.3	26.9	18.7	0	0	24.3	26.1	21.7	26.6	21.3	2	0
	Oct	21.3	24.4	17.8	24.6	16.4	0	0	21.2	23.9	18.4	24.4	18.0	0	0
	Nov	20.1	21.6	18.5	22.6	18.1	0	0	19.8	21.7	18.2	22.2	17.9	0	0
	Dec	18.1	20.5	15.7	21.3	14.9	0	0	17.7	20.4	14.6	21.0	14.0	0	1
2012	Jan	15.6	17.0	14.3	17.1	13.9	0	7	16.1 *3	16.6 *3	15.5 *3	17.0 *3	15.4 *3	0 *3	0 *3
	Feb	15.4	17.4	14.1	17.6	13.3	0	10	14.7 *4	15.6 *4	13.7 *4	16.3 *4	11.9 *4	0 *4	8 *4
	Mar	15.9	17.7	14.3	18.0	13.4	0	10	15.9	17.6	14.1	18.4	13.7	0	8
	Apr	15.4	18.7	11.9	19.4	11.6	0	11	15.6	19.3	12.2	21.1	11.1	0	10
	May	18.6	20.1	15.7	20.2	14.3	0	0	19.2	20.2	17.8	21.7	16.7	0	0
	Jun	19.0	21.2	16.1	22.3	14.9	0	0	19.7	21.8	17.0	22.7	15.5	0	0
	Jul	19.7	22.3	17.1	23.8	15.9	0	0	21.3	23.9	18.8	25.1	17.0	0	0
	Aug	24.1	27.0	19.8	28.0	17.6	10	0	25.3	27.4	21.7	28.9	18.4	16	0
	Sep	24.4	25.7	23.1	27.3	19.8	0	0	25.0	26.2	23.4	27.9	23.0	4	0
	Oct	23.1	24.0	21.3	24.1	20.6	0	0	23.1	24.0	21.2	24.9	19.9	0	0
	Nov	19.6	21.2	18.5	21.6	18.3	0	0	19.4	21.0	18.2	21.7	16.8	0	0
	Dec	16.9	19.4	14.7	20.0	14.1	0	4	16.6	19.3	13.8	19.7	12.7	0	7
2013	Jan	15.1	17.3	13.6	17.6	13.3	0	15	14.7	16.8	13.1	17.8	12.3	0	20
	Feb	14.3	16.0	13.2	16.3	12.6	0	23	13.9	15.6	12.5	16.4	10.7	0	24
	Mar	15.0	16.9	12.6	17.7	12.3	0	18	15.0	16.6	12.2	17.7	11.0	0	16
	Apr	16.4	18.9	14.3	19.6	13.4	0	4	16.5	19.2	14.9	20.0	13.9	0	3
	May	17.1	21.2	13.6	21.5	12.7	0	4	17.7	21.5	13.9	23.1	13.1	0	3
	Jun	20.8	22.3	18.5	22.8	17.7	0	0	21.3	22.8	18.6	24.5	18.3	0	0
	Jul	22.6	23.7	21.5	24.5	19.1	0	0	23.2	24.4	21.8	26.1	20.8	0	0
	Aug	23.3	24.9	22.1	26.7	19.4	0	0	24.6	26.7	23.6	28.0	22.0	2	0
	Sep	24.8	27.4	22.8	27.7	20.4	5	0	25.0	27.4	23.2	28.1	21.7	5	0
	Oct	23.1	25.5	20.4	25.9	20.3	0	0	23.0	25.5	20.3	26.4	19.9	0	0
	Nov	19.2	22.4	16.2	22.8	15.8	0	0	18.9	22.1	15.8	22.6	15.2	0	0
	Dec	17.4	19.0	16.0	19.3	15.9	0	0	17.1	18.8	15.7	19.1	15.1	0	0
2014	Jan	15.1	16.7	13.6	17.0	13.1	0	13	14.7	16.4	13.1	17.1	12.5	0	23
	Feb	14.9	16.1	14.0	16.6	12.1	0	18	14.5	16.1	13.5	16.7	11.2	0	22
	Mar	13.8	16.2	12.3	16.5	11.9	0	24	13.8	16.2	12.1	17.6	11.6	0	24
	Apr	16.5	18.1	14.8	18.7	14.4	0	2	16.6	18.1	14.8	19.4	14.1	0	2
	May	17.9	19.4	15.3	20.1	13.4	0	0	18.4	20.3	16.1	22.6	14.6	0	0
	Jun	18.9	20.8	16.5	21.9	14.8	0	0	20.1	21.6	17.9	24.1	16.6	0	0
	Jul	20.8	23.3	18.3	25.2	15.2	0	0	22.2	25.3	20.2	27.3	17.2	0	0
	Aug	21.6	24.9	17.5	25.4	16.8	0	0	22.5	25.2	18.2	26.7	17.3	0	0
	Sep	24.6	26.8	21.8	27.2	21.5	2	0	24.6	26.8	21.9	27.4	21.6	3	0
	Oct	22.3	24.4	20.8	24.9	18.8	0	0	22.2	24.2	20.6	24.8	18.8	0	0
	Nov	20.1	22.5	17.8	22.8	17.4	0	0	19.8	22.3	17.4	23.0	16.5	0	0
	Dec	16.5	18.9	14.6	19.3	13.7	0	2	15.9	18.6	13.8	19.0	12.6	0	4
2015	Jan	16.4	17.3	15.4	17.9	14.7	0	0	15.8	16.8	14.7	17.4	13.3	0	5
	Feb	14.5	15.6	13.6	16.6	13.2	0	24	13.9	15.1	12.9	16.0	11.8	0	26
	Mar	14.5	16.5	12.6	16.7	12.4	0	18	14.1	16.3	12.1	18.1	11.2	0	20
	Apr	15.8	18.4	13.9	18.9	13.5	0	9	15.7	18.8	13.6	21.3	12.8	0	11
	May	17.8	21.8	15.4	22.0	14.6	0	0	18.4	21.6	15.5	22.8	14.5	0	0
	Jun	19.1	21.7	16.4	22.6	15.4	0	0	19.9	22.4	16.7	24.0	15.9	0	0
	Jul	19.0	22.0	16.5	23.2	15.7	0	0	19.5	22.6	17.0	24.9	15.7	0	0
	Aug	23.6	27.2	18.5	27.6	17.0	8	0	23.9	26.9	19.6	27.9	18.4	8	0
	Sep	24.7	26.4	23.0	26.8	21.4	3	0	24.5	26.2	22.8	27.3	21.8	1	0
	Oct	21.6	23.2	20.2	23.4	19.7	0	0	21.3	22.8	19.6	23.5	18.7	0	0
	Nov	19.7	21.6	18.5	22.0	18.1	0	0	19.2	20.9	18.0	21.5	16.9	0	0
	Dec	19.5	20.6	17.5	20.8	17.1	0	0	18.8	20.0	17.0	20.7	16.3	0	0
2016	Jan	16.8	19.3	14.8	19.7	14.4	0	1	16.1	18.7	13.9	19.3	13.1	0	7
	Feb	15.9	18.8	14.5	19.0	13.8	0	4	15.3	18.5	13.8	19.1	12.2	0	14
	Mar	16.1	17.3	15.0	17.8	14.5	0	1	15.7	16.7	14.5	18.6	13.3	0	5
	Apr	17.7	19.5	15.6	19.8	15.5	0	0	17.6	19.3	15.3	21.4	14.9	0	0
	May	18.1	20.5	15.2	21.0	14.3	0	0	18.5	21.1	15.6	23.1	14.3	0	0
	Jun	19.2	20.8	17.2	21.3	15.7	0	0	20.2	21.7	17.6	23.6	16.5	0	0
	Jul	21.6	23.9	17.6	24.8	16.4	0	0	23.2	25.1	19.7	26.3	18.1	0	0
	Aug	25.4	27.0	23.5	27.6	20.6	10	0	26.0	27.4	23.8	28.3	22.3	16	0
	Sep	24.9	26.1	23.3	26.7	21.7	2	0	25.2	26.6	23.4	28.2	23.1	7	0
	Oct	23.6	25.2	21.3	25.5	20.8	0	0	23.5	25.2	20.9	25.8	20.1	0	0
	Nov	21.4	23.0	18.7	23.3	18.3	0	0	21.1	22.9	18.2	23.3	16.9	0	0
	Dec	17.9	19.5	15.1	19.7	14.6	0	0	17.6	19.2	14.7	19.9	13.6	0	1

Table 2. (continued)

Year	Month	Rocky reefs off Shimura Beach (9 m water depth)						Rocky reefs off the Museum (2 m water depth)							
		MMWT	M-Max DMWT	M-Min DMWT	M-Max OWT	M-Min OWT	Days of DMWT ≥ 26 °C	Days of DMWT < 15 °C	MMWT	M-Max DMWT	M-Min DMWT	M-Max OWT	M-Min OWT	Days of DMWT ≥ 26 °C	Days of DMWT < 15 °C
2017	Jan	16.1	18.5	14.4	18.8	13.9	0	5	15.9	18.3	14.0	19.3	12.8	0	7
	Feb	15.5	16.8	14.7	17.1	14.2	0	8	15.3	16.5	14.3	17.3	13.2	0	10
	Mar	15.2	16.5	13.7	16.7	13.1	0	12	15.2	16.1	13.6	17.5	13.0	0	12
	Apr	15.4	16.5	13.9	17.0	13.5	0	10	15.7	16.7	14.2	19.2	13.7	0	7
	May	16.3	18.9	14.6	20.4	13.7	0	5	17.4	20.5	15.1	22.9	14.6	0	0
	Jun	18.9	21.2	15.9	22.0	14.1	0	0	19.8	22.0	17.2	23.8	16.3	0	0
	Jul	21.6	24.3	18.6	25.4	17.2	0	0	23.4	25.8	19.5	28.2	17.8	0	0
	Aug	24.9	26.6	22.3	27.6	19.3	5	0	25.8	27.7	23.0	29.1	22.6	14	0
	Sep	23.7	25.4	22.7	25.7	18.9	0	0	23.9	25.3	22.8	25.9	21.7	0	0
	Oct	22.0	25.1	19.8	25.3	19.5	0	0	21.7	25.0	19.5	25.7	18.6	0	0
	Nov	20.0	21.5	17.6	21.7	17.4	0	0	19.5	21.2	16.9	21.9	16.4	0	0
	Dec	17.6	19.2	16.5	19.5	16.1	0	0	17.0	18.8	15.9	19.6	15.0	0	0
2018	Jan	15.3	17.4	13.5	17.6	13.1	0	14	14.8	17.0	12.7	17.7	11.3	0	16
	Feb	14.9	16.3	13.3	16.6	12.9	0	15	14.5	16.0	12.9	16.9	11.4	0	20
	Mar	15.3	17.5	13.3	18.2	12.6	0	15	15.2	17.5	13.1	18.4	12.2	0	18
	Apr	16.1	17.5	14.4	18.0	14.2	0	2	16.3	17.9	14.6	19.6	14.0	0	2
	May	18.5	21.7	16.2	22.0	14.7	0	0	18.9	21.8	16.4	23.1	15.6	0	0
	Jun	19.6	21.4	16.0	22.3	14.9	0	0	20.5	22.5	17.6	24.7	16.4	0	0
	Jul	21.4	25.2	17.6	25.7	15.7	0	0	22.8	25.6	18.0	27.4	17.3	0	0
	Aug	24.6	25.7	22.7	27.2	18.7	0	0	25.3	26.7	23.9	28.4	21.9	4	0
	Sep	24.4	26.8	21.5	27.1	18.4	3	0	24.5	26.6	21.9	27.4	20.8	2	0
	Oct	22.9	25.1	21.3	25.6	19.1	0	0	22.7	25.1	20.9	26.0	20.4	0	0
	Nov	21.4	23.1	20.0	23.3	19.8	0	0	20.9	22.9	19.5	23.4	18.6	0	0
	Dec	18.4	20.1	16.4	20.4	16.2	0	0	17.8	19.9	16.0	20.4	15.1	0	0
2019	Jan	16.1	18.0	14.3	18.2	13.6	0	6	15.5	17.3	13.6	18.0	12.3	0	10
	Feb	15.5	17.4	14.2	17.9	13.5	0	9	14.9	17.2	13.4	17.8	12.4	0	14
	Mar	15.6	17.2	14.2	17.9	13.7	0	6	15.3	17.1	14.1	18.8	13.1	0	15
	Apr	15.9	17.2	14.5	17.5	13.3	0	6	15.9	17.4	14.5	18.9	13.9	0	8
	May	16.2	18.4	14.4	19.9	13.3	0	2	16.9	19.4	14.6	21.7	13.7	0	1
	Jun	17.8	19.7	15.7	21.9	13.7	0	0	18.6	21.3	16.5	23.6	14.7	0	0
	Jul	20.4	24.2	17.1	25.3	15.7	0	0	21.2	24.8	17.7	25.7	16.0	0	0
	Aug	23.0	26.3	18.7	27.3	16.2	2	0	23.8	26.6	19.8	27.9	17.9	5	0
	Sep	24.4	27.3	20.7	27.6	19.5	2	0	24.7	27.3	21.7	28.0	20.5	4	0
	Oct	22.9	25.2	20.6	25.8	18.3	0	0	22.9	25.1	21.5	26.0	20.8	0	0
	Nov	20.4	22.2	19.3	22.9	18.8	0	0	20.1	22.0	18.8	22.9	17.1	0	0
	Dec	18.6	20.6	16.9	20.7	16.3	0	0	18.2	20.4	16.3	20.7	15.0	0	0
2020	Jan	17.5	18.9	15.5	19.1	15.0	0	0	17.1	18.6	15.1	19.3	14.1	0	0
	Feb	15.3	17.0	13.8	17.2	13.0	0	11	14.8 * ⁵	16.3 * ⁵	13.2 * ⁵	17.0 * ⁵	11.2 * ⁵	0 * ⁵	12 * ⁵
	Mar	15.3	16.8	13.8	17.8	13.2	0	11							
	Apr	16.0	17.4	14.7	17.9	13.4	0	6							
	May	16.9	19.3	15.5	19.9	14.6	0	0							
	Jun	17.9	20.2	16.1	21.5	13.8	0	0							
	Jul	18.6	23.6	15.4	24.4	14.5	0	0							
	Aug	22.2	25.9	19.1	27.3	16.5	0	0							
	Sep	24.8	27.3	22.7	27.6	21.0	6	0							
	Oct	21.8	23.3	20.5	23.6	19.9	0	0							

The monthly seawater temperature was calculated from the daily temperature data published by Kawase (2021). Table 1 lists the abbreviations of each temperature. *¹: calculated from the data from 14–31 July. *²: calculated from the data from 21–31 May. *³: calculated from the data from 1–4 January. *⁴: calculated from the data from 16–29 February. *⁵: calculated from the data from 1–19 February.

水温 (OWT) と、定時水温から計算された日平均水温 (DMWT), 日最高水温 (D-Max OWT), 日最低水温 (D-Min OWT) は Kawase (2021) で電子データが公開されている。なお、各水温の名称, 略号, 定義は Table 1 を参照されたい。

日平均水温から月平均水温 (MMWT), 月最高水温 (M-Max DMWT), 月最低水温 (M-Min DMWT) を計算するとともに、定時水温の月最高値 (M-Max OWT) と月最低値 (M-Min OWT) を求めた。また、日平均水温が 26 °C 以上 (Days of DMWT ≥ 26 °C), 15 °C 未満 (Days of DMWT < 15 °C) である月間日数を計算した (Table 2)。

この Table 2 の月間データをもとにして、2010 年から 2020 年の月別平均水温 (Mean MMWT), 月別平均水温の最高値 (Max MMWT), 月別平均水温最低値 (Min MMWT), 月別最高水温 (SM-Max DMWT) と月別最低水温 (SM-Min DMWT) を計算した。また、日平均水温

が 26 °C 以上, または 15 °C 未満になるひと月あたりの日数の平均値を計算した (Table 3)。但し, 以上の値を計算をする際には, 欠測のある月のデータ (Table 2 の *¹~*⁵ が付された数値) は除外した。

また, Table 2 の月間データをもとにして, 年間のデータが揃っている 2012 年から 2019 年 (志村海岸沖) および 2011 年から 2019 年 (海の博物館前) の年平均水温 (AMWT), 月平均水温の年最高値 (Y-Max MMWT), 月平均水温の年最低値 (Y-Min MMWT), 年最高水温 (Y-Max DMWT) と年最低水温 (Y-Min DMWT) を計算した。また, 1 日の平均水温が 26 °C 以上, または 15 °C 未満になる年間日数を計算した (Table 4)。但し, 2012 年 1 月と 2 月の海の博物館前のデータには欠測があるため, その年の数値は参考値とした。

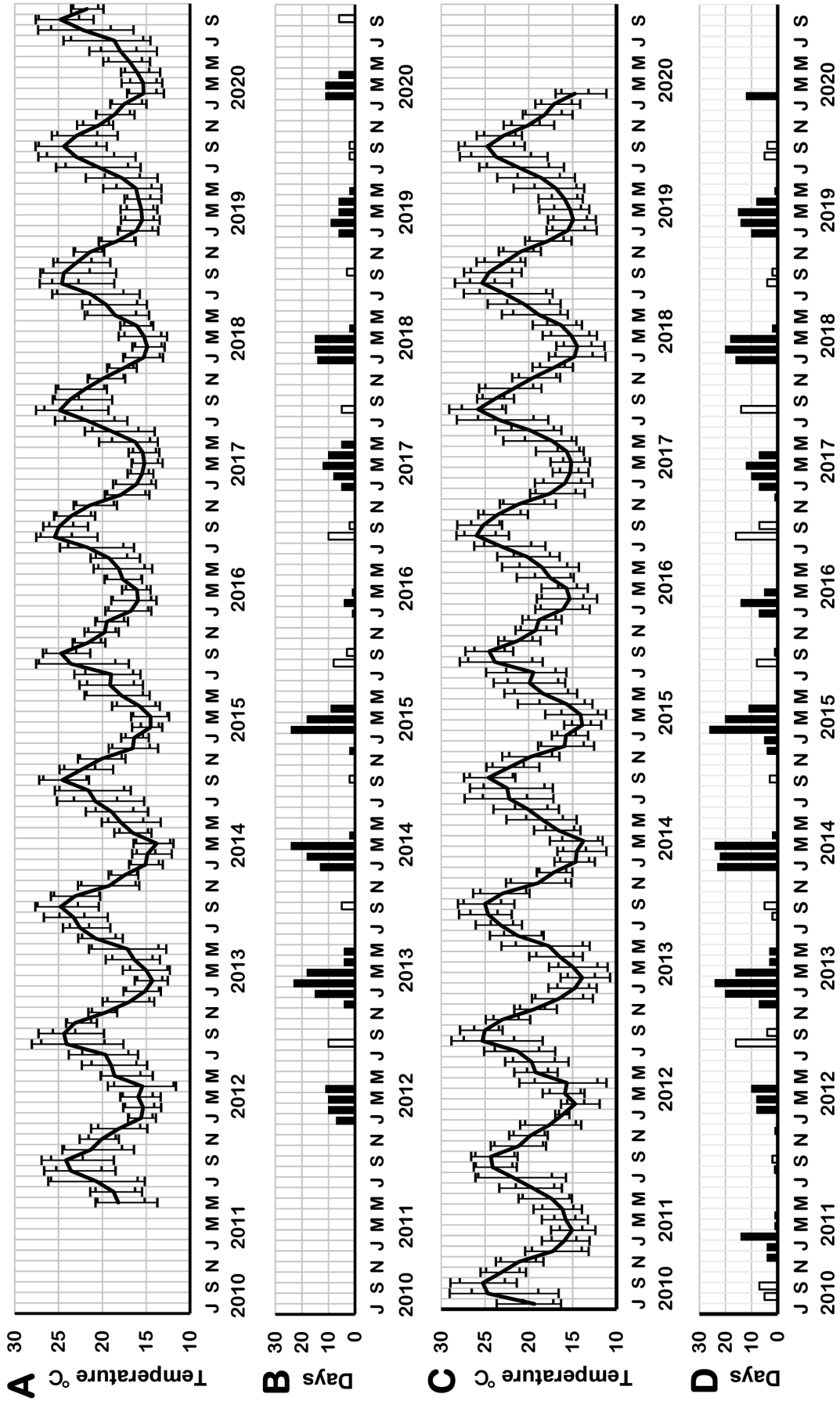
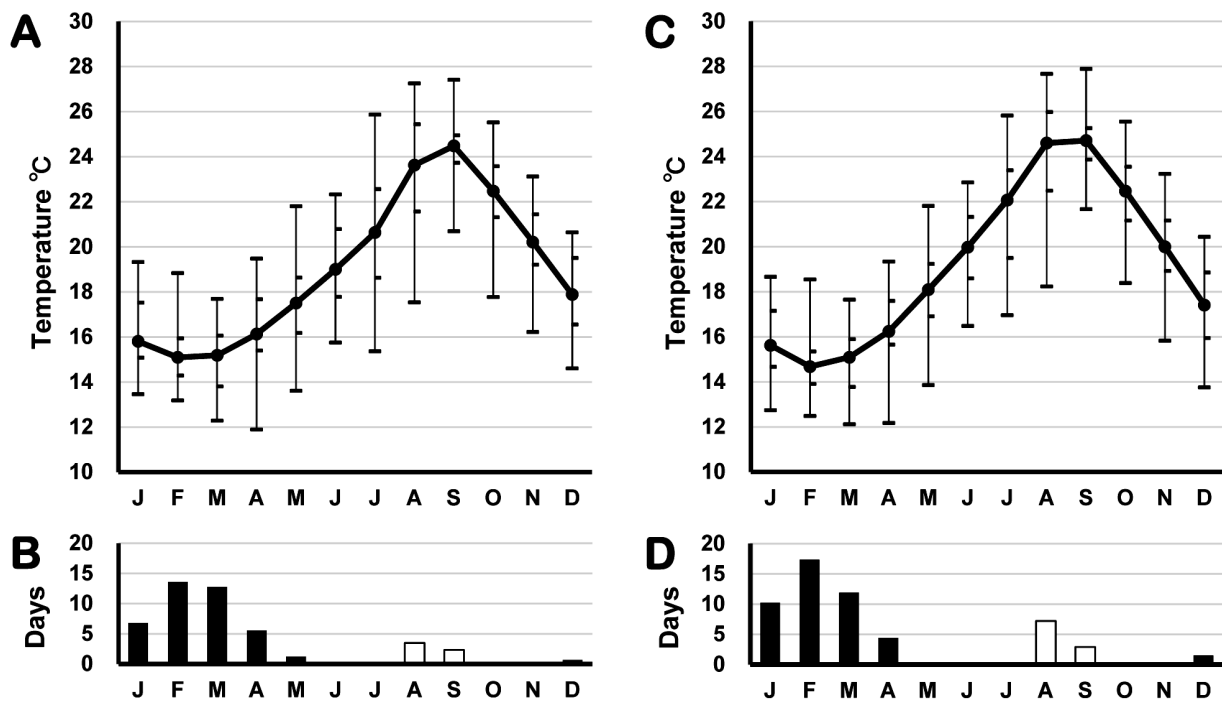


Fig. 1. Monthly seawater temperature of the rocky reefs off Shimura Beach (A and B) and off the Museum (C and D) in Katsuura, Japan from 2010–2020. The thick lines, upper and lower horizontal half bars, and upper and lower horizontal bars (A and C) indicate the MMax DMWT, M-Min DMWT, M-Max DMWT, and M-Min DMWT, respectively. The black and white columns (B and D) indicate days of DMWT less than 15°C and 26°C or higher, respectively. Table 1 lists the abbreviations. See Table 2 for the original data.

Table 3. Monthly aggregated seawater temperatures of the rocky reefs off Shimura Beach and off the Museum in Katsuura, Japan from 2010–2020.

Month	Rocky reefs off Shimura Beach (9 m water depth)							Rocky reefs off the Museum (2 m water depth)						
	Mean	Max	Min	SM-Max	SM-Min	Days of	Days of	Mean	Max	Min	SM-Max	SM-Min	Days of	Days of
	MMWT	MMWT	MMWT	DMWT	DMWT	DMWT	DMWT	MMWT	MMWT	MMWT	DMWT	DMWT	DMWT	DMWT
Jan	15.8	17.5	15.1	19.3	13.5	0.0	6.8	15.6	17.1	14.7	18.7	12.7	0.0	10.2
Feb	15.1	15.9	14.3	18.8	13.2	0.0	13.6	14.7	15.3	13.9	18.5	12.5	0.0	17.3
Mar	15.2	16.1	13.8	17.7	12.3	0.0	12.8	15.1	15.9	13.8	17.6	12.1	0.0	11.9
Apr	16.1	17.7	15.4	19.5	11.9	0.0	5.6	16.2	17.6	15.6	19.3	12.2	0.0	4.4
May	17.5	18.6	16.2	21.8	13.6	0.0	1.2	18.1	19.2	16.9	21.8	13.9	0.0	0.4
Jun	19.0	20.8	17.8	22.3	15.7	0.0	0.0	20.0	21.3	18.6	22.8	16.5	0.0	0.0
Jul	20.6	22.6	18.6	25.9	15.4	0.0	0.0	22.1	23.4	19.5	25.8	17.0	0.0	0.0
Aug	23.6	25.4	21.6	27.2	17.5	3.5	0.0	24.6	26.0	22.5	27.7	18.2	7.2	0.0
Sep	24.5	24.9	23.7	27.4	20.7	2.3	0.0	24.7	25.3	23.9	27.9	21.7	2.9	0.0
Oct	22.5	23.6	21.3	25.5	17.8	0.0	0.0	22.5	23.5	21.2	25.5	18.4	0.0	0.0
Nov	20.2	21.4	19.2	23.1	16.2	0.0	0.0	20.0	21.2	18.9	23.2	15.8	0.0	0.0
Dec	17.9	19.5	16.5	20.6	14.6	0.0	0.7	17.4	18.8	15.9	20.4	13.8	0.0	1.5

The monthly aggregated seawater temperature was calculated from the monthly data shown in Table 2. Table 1 lists the abbreviations of each temperature. The data marked with * in Table 2 were excluded from the calculation.

**Fig. 2.** Monthly aggregated seawater temperature of the rocky reefs off Shimura Beach (A and B) and off the Museum (C and D) in Katsuura, Japan from 2010–2020.

The thick lines, upper and lower horizontal half bars, and upper and lower horizontal bars (A and C) indicate the Mean MMWT, Max MMWT, Min MMWT, SM-Max DMWT, and SM-Min DMWT, respectively. The black and white columns (B and D) indicate the monthly mean days of DMWT less than 15 °C and 26 °C or higher, respectively. Table 1 lists the abbreviations. See Table 3 for the original data.

結果

1. 平均・最高・最低水温

2010年から2020年まで約10年間の月平均水温は、志村海岸沖の岩礁（水深9 m）、海の博物館前の岩礁（水深2 m）の両地点で毎年2月または3月に15 °C前後で最低となり、8月または9月に25 °C前後で最高となった（Table 2, Fig. 1A, C）。日平均水温と定時水温の経年最高値（Table 2のM-Max DMWTとM-Max OWTの最高値）は、志村海岸沖でそれぞれ27.4 °C（2013年9月）、28.0 °C（2012年8月）、海の博物館前で27.9 °C（2010年9月）、29.1 °C

（2017年8月）、日平均水温と定時水温の経年最低値（Table 2のM-Min DMWTとM-Min OWTの最低値）は、志村海岸沖で11.9 °C（2012年4月）、11.6 °C（2012年4月）、海の博物館前で12.1 °C（2014年3月、2015年3月）、10.7 °C（2013年2月）であった（Table 2, Fig. 1A, C）。

月別平均水温は、志村海岸沖、海の博物館前とも9月に最高となり、それぞれ平均値と範囲は24.5（23.7～24.9）°C、24.7（23.9～25.3）°Cを記録したが、月別平均水温の最高値は8月にそれぞれ25.4 °C、26.0 °Cを記録した（Table 3, Fig. 2A, C）。一方、月別平均水温は両地点とも2月に最低となり、それぞれ15.1（14.3～15.9）°C、14.7（13.9～15.3）°C

Table 4. Annual seawater temperatures of the rocky reefs off Shimura Beach and off the Museum in Katsuura, Japan from 2011–2019.

Year	Rocky reefs off Shimura Beach (9 m water depth)							Rocky reefs off the Museum (2 m water depth)						
	AMWT	Y-Max MMWT	Y-Min MMWT	Y-Max DMWT	Y-Min DMWT	Days of DMWT ≥ 26 °C	Days of DMWT < 15 °C	AMWT	Y-Max MMWT	Y-Min MMWT	Y-Max DMWT	Y-Min DMWT	Days of DMWT ≥ 26 °C	Days of DMWT < 15 °C
2011								19.1	24.3	15.0	26.1	13.9	3	21
2012	19.0	24.4	15.4	27.0	11.9	10	42	19.8 *	25.3 *	14.7 *	27.4 *	12.2 *	20 *	33 *
2013	19.1	24.8	14.3	27.4	12.6	5	64	19.3	25.0	13.9	27.4	12.2	7	66
2014	18.6	24.6	13.8	26.8	12.3	2	59	18.8	24.6	13.8	26.8	12.1	3	75
2015	18.9	24.7	14.5	27.2	12.6	11	51	18.8	24.5	13.9	26.9	12.1	9	62
2016	19.9	25.4	15.9	27.0	14.5	12	6	20.0	26.0	15.3	27.4	13.8	23	27
2017	18.9	24.9	15.2	26.6	13.7	5	40	19.2	25.8	15.2	27.7	13.6	14	36
2018	19.4	24.6	14.9	26.8	13.3	3	46	19.6	25.3	14.5	26.7	12.7	6	56
2019	18.9	24.4	15.5	27.3	14.2	4	29	19.0	24.7	14.9	27.3	13.4	9	48

The annual seawater temperature was calculated from the monthly data shown in Table 2. Table 1 lists the abbreviations of each temperature. *: the annual data were calculated from the incomplete monthly data. See Table 2 of *³ and *⁴.

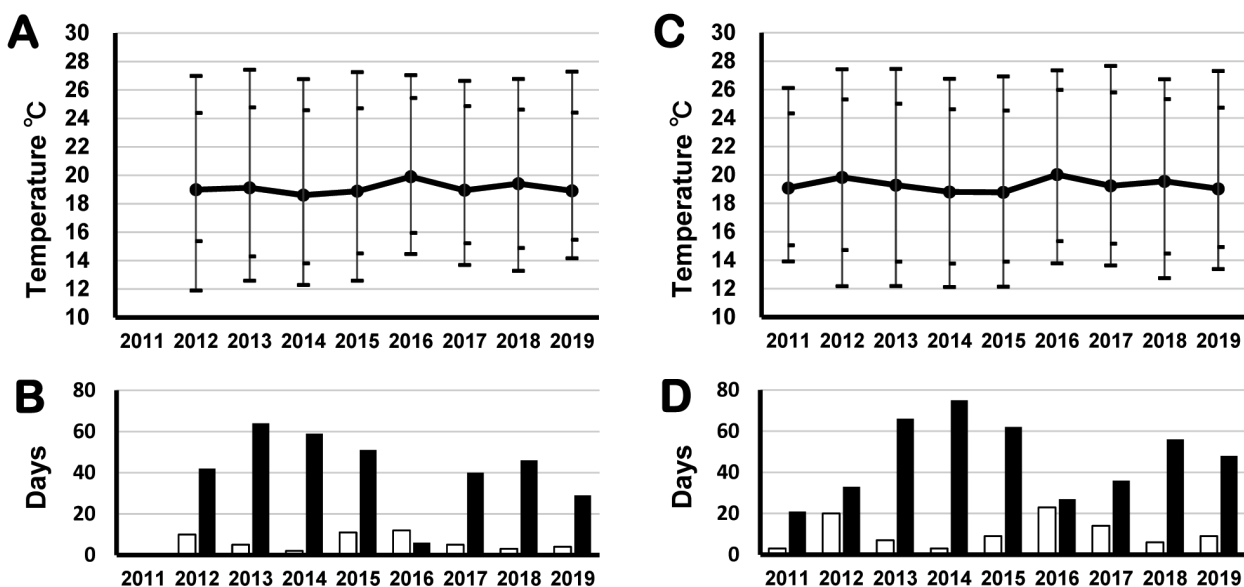


Fig. 3. Annual seawater temperature of the rocky reefs off Shimura Beach (A and B) and off the Museum (C and D) in Katsuura, Japan from 2011–2019. The thick lines, upper and lower horizontal half bars, and upper and lower horizontal bars (A and C) indicate the AMWT, Y-Max MMWT, Y-Min MMWT, Y-Max DMWT, and Y-Min DMWT, respectively. The black and white columns (B and D) indicate the annual days of DMWT less than 15 °C and 26 °C or higher, respectively. Table 1 lists the abbreviations. See Table 4 for the original data.

を記録したが、月別平均気温の最低値は両地点でいずれも3月に13.8 °Cを記録した (Table 3, Fig. 2A, C).

年平均水温の平均値と範囲は、志村海岸沖 (2012–2019年) で19.1 (18.6–19.9) °C、海の博物館前 (2011–2019年、欠測のある2012年を除く) で19.2 (18.8–20.0) °Cであった (Table 4, Fig. 3A, C).

2. 日平均水温が26 °C以上または15 °C未満の日数

志村海岸沖と海の博物館前の岩礁で、日平均水温が26 °C以上になる日は8–9月に、15 °C未満になる日は12–5月に出現した (Table 2, Fig. 1B, D)。日平均水温が26 °C以上になる日が最も多い月は両地点とも8月で、それぞれ平均3.5日、7.2日出現し、15 °C未満になる日が最も多い月は両地点とも2月で、それぞれ平均13.6日、17.3日出現した (Table 3, Fig. 2B, D)。また、日平均水温が26 °C以上になる年間日数は志村海岸沖 (2012–2019年) で2–12日、海の博物館前 (2011–2019年) で3–24日、15 °C

未満になる年間日数はそれぞれ6–64日、21–75日となり、いずれの日数も年により大きな変動が見られた (Table 4, Fig. 3B, D)。

考察

温度ロガーを設置した志村海岸沖と海の博物館前で計測した月平均水温や年平均水温、年間の水温変動パターンはよく類似していた。しかしながら、日平均水温の最高値や最低値、定時水温の最高値や最低値を記録した日には差異が見られた。このような日レベルの水温に差異が見られた要因の1つとして、水深と地形的な要素が関連していることが考えられる。すなわち、海の博物館前の観測地点は水深が2 mと浅く、周辺には広い潮間帯の岩礁が広がっていることから、その日の天候や潮汐によって潮間帯で加熱・冷却された海水が観測地点の水温に影響している可能性がある。これに対して志村海岸沖の観

測地点は水深が9 mあるため、海の博物館前の観測地点ほど潮間帯の海水の影響は受けにくいと考えられる。

千葉県勝浦海中公園センターの海中展望塔（水深7 m）での計測によると、1982～2009年（1986年と1992～1998年を除く）の月別平均水温は9月が23.5℃で最高、3月が14.6℃で最低となり、月平均水温の最高値は2001年9月に25.7℃、最低値は1985年2月に12.4℃を記録している（菊地ほか、2011）。これに対して、海中展望塔から直線距離で135 m離れた志村海岸沖での今回の計測では、月別平均水温は9月が24.5℃で最高、2月が15.1℃で最低となり、月平均水温の最高値は2016年8月に25.4℃、最低値は2014年3月に13.8℃を記録した。また、海中展望塔における1982～1991年（1986年を除く）と1999～2009年の年平均海水温はそれぞれ18.6℃、19.0℃と報告されている（菊地ほか、2011）のに対して、2012～2019年の志村海岸沖では19.1℃であった。両地点では、海水温の計測場所や計測方法、集計期間や集計方法が異なることから、これらの数値を単純に比較することはできないが、今後両地点の値を比較するには、本報告と同時期に行われた海中展望塔の海水温により補正するなどの必要がある。

近年、地球温暖化に伴う海水温の上昇による海洋生物相の変化について、様々な分類群の生物で議論されるようになってきた（例：須之部ほか、2014）。水温環境による生物相の変化は単に平均水温の上昇傾向によるのではなく、低水温や高水温の継続期間などが影響を与えている可能性があるとする著者は考えている。例えば、魚類で熱帯種が温帯域への分布拡大していく際には、浮遊生活をおくる仔魚期に分散して温帯域に到達し、その地域で着底した稚魚が冬季の低水温環境に耐えて翌春まで生存することができるかが第1段階の鍵となる。また第2段階の鍵は、温帯域に着底した熱帯種がその水温環境で繁殖して次世代を生産することができるかである。第1段階の目安としては、水温15℃未満となる冬季の日数やその継続日数が挙げられる。温度耐性試験によると、千葉県勝浦市沿岸にも出現する熱帯性魚類であるトゲチョウチョウウオ *Chaetodon auriga* の最終致死水温は13.5℃、ナンヨウツバメウオ *Platax orbicularis* では14.8℃と報告されている（土田ほか、2018）。すなわち、これらの魚は水温15℃未満となる期間が短い年にはこの地域で越冬する可能性があるが、低水温期が長く続く年にはそれぞれで越冬して成長した個体を含めて生存が厳しいことを示唆している。このような点から見ると、現在観測を行っている勝浦市沿岸では、日平均水温が15℃未満となる日数は年により大きな変動があることから、少ない年には熱帯性魚類が越冬して翌年以降も成長する可能性はあるが、多い年には全滅してしまう可能性があると考えられる。但し、低水温環境にさらされた熱帯性魚類の生存可能性については、比較的短期の致死的な低水温だけでなく、生存可能な低水温での長期的なダメージなどを考慮するとともに、実際にフィールドで個体追跡して検証する必要がある。

一方、日平均水温が熱帯海域の平均的な海水温の28℃以上になる日は志村海岸沖、海の博物館前のいずれにおいても全く見られず、26℃以上になる日は7～8月にかけて限定的に出現する程度であった。勝浦市沿岸でふつうに見られる温帯性魚類であるイサキ *Parapristipoma trilineatum* やヒラメ *Paralichthys olivaceus* の高温側100%生残温度はそれぞれ33℃、31℃で（土田ほか、2018）、現況では在来の温帯種が高水温による直接的な致死に至るような温度環境ではないと考えられる。但し、生存可能な水温であったとしても、高水温により繁殖を休止する例もあり（Lee et al., 1984）、生物相への影響は慎重に判断していく必要があると思われる。

本稿では、2010年から約10年間の千葉県勝浦市沿岸で記録された水温データを分析して、年間の水温変動の特徴や、高水温・低水温になる日数の年変動などについて紹介してきた。この地域の海水温上昇傾向の有無も気になる点であるが、トレンド分析を行うにはまだ十分な期間の水温データが得られていない。温度ロガーによる水温計測は今後も継続していく予定であり、将来十分な水温データが揃った段階でこの地域の海水温上昇傾向について議論したいと考えている。

謝 辞

温度ロガーの設置に当たり、勝浦ダイビングサービスの宮崎崇氏をはじめ、スタッフの方々に様々な便宜を図って頂いたことに対して謝意を表する。

引用文献

- Lee T. Y., Hanyu I. and Furukawa K. 1984. Effects of photoperiod and temperature on the gonadal activity in small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc 17: 523-528.
- 川瀬裕司. 2010. 磯の魚を観察しよう 海の生きもの観察ノート 9. 30 p. 千葉中央博分館海の博物館, 勝浦市.
- Kawase, H. 2021. Data on the Seawater and atmospheric temperature recorded by data logger in Katsuura, Pacific coast of Japan. J. Nat. Hist. Mus. Inst., Chiba Special Issue (11): 95-99.
- 菊地則雄. 2011. 千葉県勝浦市沿岸の海産植物相. 千葉中央博自然誌研究報告特別号 (9): 11-23.
- 菊地則雄・宮田昌彦・(財)千葉県海中公園センター. 2011. 1982～2009年における千葉県勝浦市吉尾の気温・海水温の変化. 千葉中央博自然誌研究報告特別号 (9): 119-121.
- 須之部友基・川瀬裕司・坂井陽一・清水則雄・望岡典隆・田和篤史・竹垣毅・中村洋平・羽根慎一. 2014. 地球温暖化と南日本各地における魚類相の比較. 千葉県生物多様性センター研究報告 (7): 3-13.
- 立川浩之. 2011. 千葉県勝浦市で採集された有藻性イシサンゴ類（刺胞動物門：花虫綱）. 千葉中央博自然誌研究報告特別号 (9): 37-43.
- 土田修二・三浦正治・瀬戸熊卓見・渡邊裕介・吉野幸恵. 2018. 沿岸性魚類14種の温度耐性. 海生研報 (23): 69-73.
- (2021年1月18日受理)

**Seawater Temperature of Rocky Reefs
Recorded by Data Logger from 2010–2020
in Katsuura, Pacific Coast of Japan**

Hiroshi Kawase

Coastal Branch of Natural History Museum and Institute,
Chiba
123 Yoshio, Katsuura 299-5242, Japan
E-mail: kawase@chiba-muse.or.jp

The seawater temperature of the rocky reefs off Shimura Beach (9 m water depth) and off the Museum (2 m) in the Pacific coast of Japan have been recorded by data loggers since 2010 in order to elucidate the relationships between the long-term rise in the seawater temperature and the changes in the biological fauna in the area. According to the records until 2020, the monthly mean water temperatures at both sites ranged from 14.7–24.7 °C and 15.1–24.5 °C, and the annual mean water temperatures were 19.1 °C and 19.2 °C. The annual number of days when the daily mean water temperature was less than 15 °C ranged from 6–64 days and 21–75 days, 26 °C or higher ranged from 2–12 days and 3–24 days; the large fluctuations of days were observed from year to year at both sites. I discussed the effects of the low water temperature in winter and the high water temperature in summer on the tropical fish that have advanced to the temperate zone and native temperate fish.