

大阪湾奥部の甲子園浜における水質の周年, 日周および垂直変化

阪口 正樹¹⁾・山西 良平²⁾

Annual, diurnal and vertical changes of water qualities at the shoreline of Koshien-hama beach, the innermost area of Osaka Bay, central Japan

Masaki SAKAGUCHI¹⁾ and Ryohei YAMANISHI²⁾

Abstract : Water qualities such as water temperature, salinity and chemical oxygen demand (COD) which may affect the condition of littoral organisms were surveyed in detail at the shoreline of Koshien-hama beach, the innermost area of Osaka Bay, central Japan, by the following methods. 1) Year-round observations from 18th July 2015 to 31st July 2016, every day at noon, at the fixed point with a depth of 0.1m along the beach. 2) Intensive observations at 6 hours' interval for 6 days, repeated three times on December 2015, March 2016 and July 2016, at the same point. 3) Vertical observations at depths of 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0m, monthly from January 2014 to December 2015, below a floating pier installed near the fixed point. As the results, water temperature ranged from 8.9 to 33.5°C, and salinity ranged from 2.14 to 31.3 per mille through the year-round observations. Higher values of COD appeared in the rainy season while lower ones appeared from mid-September to the last of March. Results of intensive observations suggested a diurnal cycle of salinity. Those of vertical observations showed a wider range of fluctuation near the surface both in water temperature and in salinity. The results are discussed in relation to rainfall, influence of river water, and flow of sea water. Comparison with the records of automatic observations of water qualities at specific points in Osaka Bay conducted by the Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is attempted.

はじめに

大阪湾の湾奥にある甲子園浜(図1)は, 大都市に残された自然海岸で, 武庫川の右岸に位置し埋立てを免れた約1kmにもなる砂浜である。1925年, 甲子園浜に海水浴場が開設されたが, 1960年代になると, 浜には油が浮き, 1965年に海水浴場は閉鎖された。1970年代には硫化水素臭もしていたが, 今では匂いもなくなった。

大阪湾の潮間帯では, 多数の地点で生物相調査が行われている(大阪湾生き物一斉調査プログラム実行委員会 2015)。甲子園浜はその調査地点の1つとなつて

おり, 浜甲子園町内会の方々を中心にNPO法人海浜の自然環境を守る会が, 潮間帯の生物相の記録, 学習活動や清掃活動を行って浜を守る活動をしている。日々の生物観察はインターネット(はまん婆の甲子園浜観察日記)で知ることが出来る。

大阪湾潮間帯の環境についての調査例は, 淀川汽水域(山西ほか 1991), 明石海峡の大和島(阪口 2001)そして甲子園浜(阪口 2004)があるが, 連続した長期間のデータはない。

最近, 国土交通省は大阪湾の12ヶ所で連続して水質の測定を行い, インターネットでデータを公表している(大阪湾水質定点自動観測データ配信システム)。調査は岸壁, ブイ, 観測塔など水深6.0mから58mの地点で行っているが, 潮間帯のデータは未だない。

2014年8月10日の台風11号の大雨以降, 甲子園浜潮

1) 〒662-0824 兵庫県西宮市門戸東町1-26
e-mail:warekara@bca.bai.ne.jp

2) 西宮市貝類館
2017年3月24日受理

間帯ではエゾカサネカンザシゴカイが石灰質の棲管を残して虫体がいなくなった。ここは長期間の低塩分に曝されたのであろう。2015年7月17日、台風11号が大雨をもたらしたので、浜に大量のゴミが打ち上り、カエルやトカゲも運んできた（兵庫県生物学会阪神支部 2016）。これを機会に甲子園浜汀線の海水の周年変化を明らかにしようと考えた。筆者らは2015年7月18日から2016年7月31日までの380日間、海水温、塩分、COD値を毎日12時頃に測定した。また6時間ごと6日間の連続測定と近くの浮き棧橋での垂直変化の測定を行い、周年変化を明らかにした。

方法

1. 調査場所

ここで言う甲子園浜は、鳴尾浜公園、西宮市立甲子園浜自然環境センターから浜甲子園1丁目、2丁目、3丁目までの浜を指す。ここは海軍の飛行場、海水浴場、浜甲子園阪神パークそして水族館のあった場所である。浜甲子園に住む人たちはこの浜を甲子園浜と称しているので、そのまま踏襲した。この浜の沖にある人工島を行政では「甲子園浜」というが、ここでは「甲子園浜埋立地」とした。

甲子園浜における水質の周年変化と6時間ごとの連続測定の採水は、西宮市立甲子園浜自然環境センター前の浜にある通称「屏風岩」（図1,2 以後、甲子園浜）の汀線で行った。また、対岸の甲子園浜埋立地にある一文字ヨットクラブの浮き棧橋（図1,2 水深約6m、以後、浮き棧橋）で垂直変化の測定を行った。

2. 調査期間・頻度

1) 周年変化

周年の水質変化を調査するために、甲子園浜で台風11号通過直後の2015年7月18日から2016年7月31日までの380日間、毎日昼12時頃に採水を行った。

2) 6時間ごとの連続測定

2015年12月11日から16日まで、2016年3月14日から19日まで、また7月26日から31日まで6時間ごと6日間の採水を行った。

3) 垂直変化

2014年1月から2015年12月までの期間、浮き棧橋で毎月1回、海面下0.1m、0.5m、1.0m、2.0m、4.0mの各深度の海水を採水した。ただし、2014年2、4月は0.1mと2.0mの深さのみ採水した。

3. 採水方法

周年変化および6時間ごとの連続測定では、甲子園浜汀線の海面下0.1mの海水を600mLのペットボトル容器に採水した。採水の前に容器を3回共洗いをした。

垂直変化では、海面下0.1mの海水は、甲子園浜での採水と同じ方法で行った。海面下0.5m以下の採水は自作した採水器を用いた。重りを付けた容量1000mLのペットボトルをひもにくくって海中に沈める前に、ひも付きのゴム栓をした。目的の深さまで沈めると、ひもを引っ張ってゴム栓を抜き採水した。採水後、直ちに水銀温度計を差し込み、海水温を測定した。その後、この海水で600mLペットボトル容器を3回共洗いをした後に注ぎ入れた。また、採水器内の海水を充分なくした後に次の採水を行った。

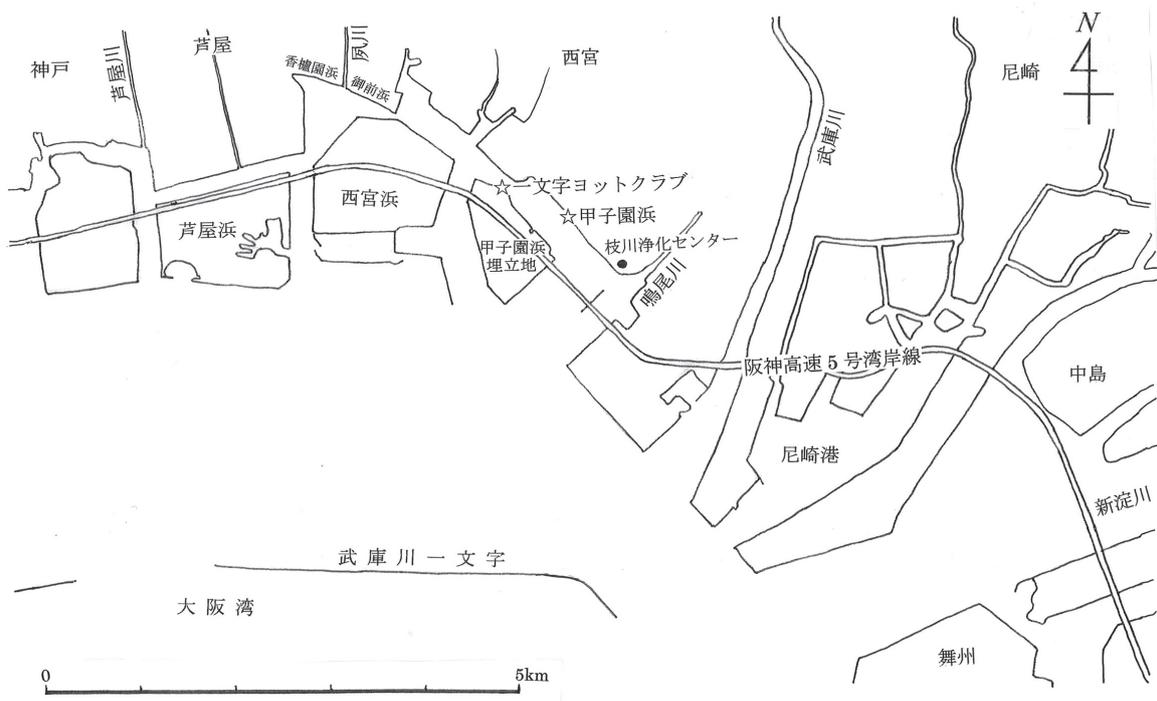


図1 採水地点（☆印：甲子園浜と一文字ヨットクラブ） 武庫川河口の先には武庫川一文字防波堤がある。

表1 採水地点，アメダス観測地点，大阪湾水質定点自動観測地点の位置情報

地点	緯度 (北緯)	経度 (東経)	標高・水深
☆甲子園浜	34° 42' 28" N	135° 21' 28" E	0m
☆一文字ヨットクラブ	34° 42' 39" N	135° 20' 59" E	0m
後川 (しつかわ)	35° 1.5' N	135° 17.6' E	330m
三田 (さんだ)	34° 53.7' N	135° 12.7' E	150m
西宮 (にしのみや)	34° 45.0' N	135° 20.1' E	38m
神戸地方気象台	34° 41.8' N	135° 12.7' E	5m
関空MT局	34° 25' 54" N	135° 11' 52" E	-21.0m
神戸港波浪観測塔	34° 38' 50" N	135° 16' 36" E	-17.0m
淀川河口	34° 39' 41" N	135° 22' 2" E	-11.0m

☆印2地点の採水場所位置情報は実測値。気象台とアメダス3地点は「地域気象観測所一覧」より得た。海上3地点の位置情報は国土交通省「大阪湾水質定点自動観測データ配信システム」より得た。

4. 測定項目

1) 海水温

採水直後にペットボトル容器に水銀製の棒状標準温度計を差し込み0.1℃まで読取った。時には、Tetra Japan株式会社製のデジタル温度計も使用した。デジタル表示を読取った後に値を補正した。

2) 塩分

周年変化および6時間ごとの連続測定では、採水した海水をペットボトル容器に入れて持ち帰り、携帯式デジタル塩分計METTLER TOLEDO Seven GO™ Conductivity meter SG3を使って室内で約2週間分をまとめて測定した。浮き棧橋での垂直変化の調査では赤沼式浮き秤と温度計の値から塩分(‰, パーミル)を求めた。

3) COD値

海水温測定の後、採水場所においてペットボトル容器の海水をパックテストCOD(低濃度:測定範囲は0~8mg/L)(株式会社共立理化学研究所)を使って測定した。試料海水は濾過しなかった。

結果

1. 周年変動

2015年7月18日~2016年7月31日の380日間のデータを得た。

1) 海水温(図3, 表2)

最高値は33.5℃(2015年8月8, 10日), 最低値は8.9℃(2016年1月25日, 2月1日)であった。

2015年7月27日から8月18日の間に30℃以上を19回記録した。その後、徐々に海水温が低下し、10月初めから25℃以下になった。11月中頃に20℃以下に、12月下旬には15℃以下になった。1月中旬から2月中旬が最も海水温が低く、2016年1月14日から2月17日にかけて10℃未満を10回記録した。その後、海水温は上昇し、3月末に15℃以上になり、4月下旬には20℃を超える日があり、5月下旬には25℃を超える日があった。7月上旬には30℃を超える日が現れるようになり、7月28日以降、再び継続的に30℃以上になった。

2015年8月から2016年7月の1年間366日分をまとめると、10℃未満が0.3ヵ月、10℃以上15℃未満が3.7ヵ月、

15℃以上20℃未満が2.5ヵ月、20℃以上25℃未満が2.5ヵ月、25℃以上30℃未満が2.5ヵ月、30℃以上が0.5ヵ月であった。最低海水温を記録した1月と2月の平均海水温は、それぞれ11.9℃、11.4℃であった。12時の海水温の年平均値は20.38℃であった。

2) 塩分(図3, 表2)

今回の測定では、最小値は2.14‰(2015年7月19日), 最大値は31.3‰(2015年11月13, 14日の2回)であった(図3)。

2015年7月17日に台風11号が岡山県を通過し大雨をもたらした。直後の18日から9月中頃にかけて長期にわたり塩分が低かった。直後の18日は5.69‰であったが、その後5‰以下の状態が続いた。少しずつ塩分が高くなり、9月29日に30‰以上となった。これ以降1月末まで30‰を前後しながら推移した。2016年2月は塩分の変動が大きかった。3月は中・下旬に30‰以上が続くようになった。4月以降は、塩分の変動が大きく梅雨の期間は18‰以下が長く続いた。梅雨明け後は、徐々に塩分が高くなり、18‰以上になったが、7月末でも30‰には届かなかった。

降雨後の塩分低下と回復をもう少し詳しく見る。武庫川流域降水量(以後、降水量)は、アメダス観測地点の後川、三田、西宮(表1)で得た日積算降水量(日本気象協会)の平均値とした。2015年7月17日の台風11号が岡山県を通過した。降水量は16日18mm, 17日206mm, 18日22mm, 19日5mmであった。通過直後の18日の塩分が5.69‰, 19日は2.14‰と低かった。7月22日29mm, 23日25mmの後、24日に2.95‰の極小値を示した。29日までは5‰未満を示した。7月30日から8月5日までは5~18‰を示した。7月24日から8月12日まではほとんど降雨を記録しなかった。塩分は徐々に上昇して8月13日は23.0‰にまで回復したが、13日に降水量25mmを記録し、14日は17.7‰に低下した。また、17日33mm, 20日48mm, 21日30mm, 25日34mmの降水量に呼応して、塩分は17日に21.4‰, 22日に7.08‰, 27日に14.34‰の極小値を示した。また、9月1日26mm, 6日24mm, 7日6mm, 8日12mm, 9日17mm, 10日3mm, 17日22mmの降水量に、塩分も4日に10.12‰, 12日に8.01‰, 18日に21.4‰の極小値を示した。その

後は降雨によって塩分の低下を招きながらも徐々に上昇し、9月29日に30.1‰となった。

このように降雨に対応して塩分の低下が見られた。降雨から0～3日後に塩分が極小値を示した。さらにこれ以降、降雨と塩分低下を見ると、同様に降雨後0～3日後に塩分が極小値を示した。ただし、3月2日の塩分の極小値21.5‰の前には2月20日23mm、21日1mm、その後降雨なく29日2mm、3月1日1mmの降水量であった。

塩分による海水の分類は、一般に1958年に国際的に合意されたVenice systemが採用されている。Euhaline (S

≥30‰), Mixohaline (30‰>S≥0.5‰), Freshwater (S<0.5‰)に分類するが、MixohalineはさらにPolyhaline (30‰>S≥18‰), Mesohaline (18‰>S≥5‰), Oligohaline (5‰>S≥0.5‰)に分けられる。ただし、境界となる値は若干の曖昧さを認めている。

月別に見ると、塩分が高い (30‰≤S) のは2015年10月～2016年4月で、塩分の低い (S≤18‰) のは2015年7月～9月と2016年5月～7月であった (表2)。

今回380回の測定では、Freshwaterを観測しなかったものの、降雨によりOligohalineが13回、Mesohaline



図2 甲子園浜と一文字ヨットクラブ 甲子園浜の通称「屏風岩」では毎日、一文字ヨットクラブでは月1回採水した。

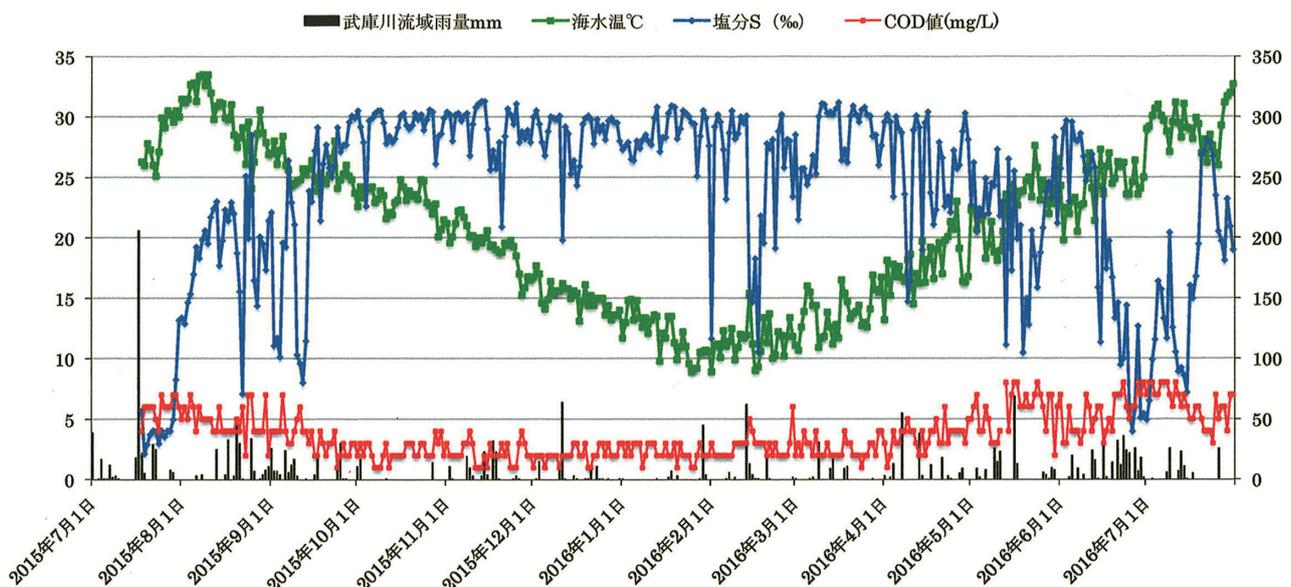


図3 甲子園浜汀線の海水の海水温・塩分・COD値と武庫川流域の降水量の周年変動 2015年7月18日～2016年7月31日の正午に採水。海水温 (°C)・塩分 (‰)・COD値 (mg/L) は左軸の目盛りを、雨量 (mm) は右軸の目盛りを読む。2015年6月3日梅雨入り、7月24日梅雨明け。7月17日に台風11号が岡山県を通過。7月26日に台風12号が長崎県を通過。8月25日に台風15号が熊本県を通過。2016年は6月4日に梅雨入りし、7月18日に梅雨明けとなった。台風は7月まで発生しなかった。

表2 甲子園浜汀線の海水の月ごとの海水温，塩分およびCOD値の測定値と月間雨量

測定回数	海水温(°C)		塩分(‰)					COD値(mg/L)								雨量mm			
	月平均値		S≥30	30~18	18~5	5~0.5	0.5>S	0	1	2	3	4	5	6	7	8	欠測回数	平均値	月間雨量
2015年7月	14	28.2	0	0	3	11	0	0	0	0	2	1	8	3	0		5.9	396	
8月	31	30.1	0	20	11	0	0	0	0	2	0	13	7	5	4	0	4.8	216	
9月	30	25.6	1	22	7	0	0	0	0	1	6	9	11	1	1	0	3.4	179	
10月	31	23.1	10	21	0	0	0	0	0	4	15	10	2	0	0	0	2.3	43	
11月	30	19.4	13	17	0	0	0	0	0	7	12	9	2	0	0	0	2.2	135	
12月	31	15.1	5	26	0	0	0	0	0	5	19	7	0	0	0	0	2.1	119	
2016年1月	31	11.9	8	23	0	0	0	0	0	4	14	12	0	0	0	0	1	2.3	64
2月	29	11.4	5	20	4	0	0	0	0	0	13	13	1	1	0	0	2.8	116	
3月	31	13.7	15	16	0	0	0	0	0	1	17	8	5	0	0	0	2.5	82	
4月	30	17.8	5	23	2	0	0	0	0	1	3	9	13	3	1	0	3.6	162	
5月	31	22.6	0	25	6	0	0	0	0	0	1	3	5	2	8	7	1	5.7	194
6月	30	24.2	0	15	14	1	0	0	0	0	0	4	7	3	7	6	3	5.4	300
7月	31	29.3	0	14	16	1	0	0	0	0	0	1	4	4	7	9	6	6.2	106
合計	366	20.38	62	242	60	2	0	0	23	102	85	65	22	38	30	13	2	3.6	1716

最下段は2015年8月から2016年7月までの1年間366日の値である。この間の年平均の海水温20.38°C，COD値3.6mg/L，塩分は24.32‰であった。月間雨量は，武庫川流域アメダス3地点から得た降水量の月合計値である。年間雨量1716mmは2015年8月から2016年7月までの合計値である。

が63回，Polyhalineが242回，またEuhalineが62回となった。また，2015年8月から2016年7月までの1年間366日の塩分の平均値は24.32‰であった。

3) COD値 (図3, 表2)

最低値1mg/L，最高値8mg/Lであった。測定数は378回，欠測は2回あった。

2015年7月～9月上旬に高い値を示し，9月中旬から2016年3月下旬まで低い値を示した。4月～5月上旬は高い値と低い値をとりながら徐々に高くなり，5月中旬以降から梅雨にかけて高い値を示した。測定値が8mg/Lを示したのは2016年5月に4回，6月に3回，7月に6回，合計13回であった。

2. 6時間ごとの連続測定 (図4, 表3～5)

1) 2015年12月11日～16日の6時間ごとの測定では，降雨後すぐに塩分が低下，その後1日を周期の塩分の高低を認めた (図4A)。塩分の低下は降雨直後の11日12時(19.8‰)に急落，その後18時(26.3‰)，13日18時(23.0‰)，14日18時(23.4‰)であった。18時は大潮の満潮に当たり，24時は潮が大きく引く干潮時刻である。昼の干潮は潮位があまり低下しない (表3)。

海水温の変動は小さく周期性を特に認めないが，気温が夜中に低下したとき(14日02:20, 9.6°C)の朝6時の海水温は12.8°Cにも低下した。また，6時から12時に0.9～2.2°Cの上昇があった (表3)。

2) 2016年3月14日～19日の6時間ごとの測定では，降雨後3日になって塩分の低下があった。その後1日を周期の塩分の高低を認めた (図4B)。16日24時(19.9‰)，17日24時(24.0‰)，18日24時(25.0‰)であった。16日と17日は小潮のため一日1回の干満で，潮位差は小さい時期であった (表4)。15日以降の24時は干潮から潮位が徐々に上がる時間帯であった。18日と19日には一日2回の干満となったが，潮位差は小さい。

海水温の変動は大きく6時から12時にかけて0.6～

4.9°C上昇した。明け方に気温が低いとき(16日04:30の気温4.5°C)の6時の海水温は8.6°Cにまで低下したが，気温が高いとき(18日02:30の気温11.6°C)の6時の海水温は13.6°Cと高かった。また，午前中の日照時間数が長く気温が高い(17日4.6h，12時の気温14.2°C)ときは，6時(11.6°C)から12時(16.5°C)に海水温が大きく上昇した (表4)。

3) 7月26日～31日の6時間ごとの測定では，雨後すぐに塩分の低下を認めたが，周期的な変動は認められなかった (図4C)。

26日6時の海水温(25.9°C)が日射もなく(午前中の日照時間数 0.0h)気温も上がらない(12:00の気温25.6°C)と，12時の海水温(26.0°C)が6時の海水温とほとんど変わらなかった。しかし，この日以外は朝6時の海水温は一日の最低値を示し，12時には上昇した。午前中に日射が少なかったとき(27日0.5h)でも，日中の気温(12:00の気温29.1°C)の影響を受けて海水温が上昇した(27日6:00 25.7°C，12:00 29.3°C)。また，午前中の日射があるとき(31日5.1h)は12時の海水温が6時の海水温より5.0°Cも上昇した(31日6:00 27.7°C，12:00 32.7°C)。気温(31日12:00の気温 30.6°C)よりも上昇した。この時期の海水温は6時から12時にかけて0.1～5.0°C上昇した (表5)。

COD値については，12月，3月，7月ともに周期的な変動を認めなかった (図4)。しかし，12月は2mg/Lを，3月は2または3mg/Lを，7月は5または6mg/Lを示すことが多かった。

3. 垂直変化 (図5, 表6)

1) 2年間の測定結果では海水温は，深さ4.0mでは最低10.5°C，最高27.4°C，平均18.4°Cであった。深さ2.0mでは最低9.3°C，最高29.0°C，平均18.7°Cであった。深さ1.0mでは最低9.3°C，最高30.6°C，平均19.2°Cであった。深さ0.5mでは最低8.3°C，最高30.8°C，平均

表3 甲子園浜での海水温日周変化 (2015年12月)

	12月11日	12月12日	12月13日	12月14日	12月15日	12月16日
甲子園浜の海水温実測値	6:00 -	13.8°C	14.8°C	12.8°C	14.1°C	14.5°C
	12:00 16.2°C	15.8°C	15.8°C	15.0°C	15.6°C	15.4°C
	18:00 15.7°C	14.7°C	14.7°C	14.1°C	15.6°C	-
	24:00 14.8°C	14.6°C	14.3°C	14.3°C	14.8°C	-
神戸地方気象台の公表値	12:00の気温 16.9°C	13.7°C	14.8°C	15.2°C	15.5°C	15.7°C
	日最高気温 22.0°C	14.7°C	16.1°C	15.8°C	17.2°C	15.7°C
	(05:50)	(12:50)	(14:30)	(13:30)	(12:40)	(12:00)
	日最低気温 12.0°C	10.5°C	10.7°C	9.6°C	11.5°C	8.9°C
	(23:50)	(08:30)	(07:10)	(02:20)	(05:30)	(24:00)
	日照時間数 (午前・午後) 0.8h (0.8h・0.0h)	2.0h (1.4h・0.6h)	2.9h (1.6h・1.3h)	6.9h (1.5h・5.4h)	3.5h (2.6h・0.9h)	2.6h (1.3h・1.3h)
気象庁潮位表「神戸」	干潮 00:49 15cm	01:19 7cm	01:54 3cm	02:31 2cm	03:12 7cm	03:57 17cm
	満潮 07:28 139cm	07:58 144cm	08:32 147cm	09:12 146cm	09:56 142cm	10:45 136cm
	干潮 12:39 89cm	13:15 87cm	13:54 87cm	14:39 89cm	15:30 92cm	16:34 94cm
	満潮 18:10 139cm	18:47 142cm	19:27 141cm	20:09 136cm	20:54 126cm	21:46 115cm

12月11日は新月である。この期間は夜の干潮時の潮位が低い、昼の干潮時はそれほど低くない。夕方と明け方に大きく満ちる。夜間の潮の満ち引きは大きい、昼間の満ち引きは小さい。

表4 甲子園浜での海水温日周変化 (2016年3月)

	3月14日	3月15日	3月16日	3月17日	3月18日	3月19日
甲子園浜の海水温実測値	6:00 -	10.0°C	8.6°C	11.6°C	13.6°C	14.1°C
	12:00 11.2°C	12.8°C	11.7°C	16.5°C	15.4°C	14.7°C
	18:00 10.5°C	11.2°C	11.9°C	16.0°C	14.9°C	14.2°C
	24:00 10.5°C	10.2°C	9.9°C	12.5°C	13.7°C	-
神戸地方気象台の公表値	12:00の気温 6.6°C	10.9°C	10.0°C	14.2°C	18.2°C	14.4°C
	日最高気温 8.7°C	12.8°C	14.0°C	18.0°C	18.8°C	16.2°C
	(15:10)	(15:30)	(15:30)	(14:30)	(11:10)	(17:10)
	日最低気温 5.9°C	5.6°C	4.5°C	7.2°C	11.6°C	10.3°C
	(05:20)	(06:10)	(04:30)	(06:30)	(02:30)	(24:00)
	日照時間数 (午前・午後) 0.2h (0.0h・0.2h)	9.2h (3.2h・6.0h)	4.6h (0.4h・4.2h)	11.2h (4.6h・6.7h)	3.9h (3.7h・0.2h)	0.8h (0.0h・0.8h)
気象庁潮位表「神戸」	干潮 04:13 72cm	04:52 92cm				
	満潮 10:08 117cm	10:33 106cm	06:06 106cm	06:04 114cm	06:33 117cm	06:42 116cm
	干潮 17:29 28cm	18:50 33cm	20:19 36cm	21:39 35cm	13:04 85cm	13:19 82cm
	満潮 23:45 102cm				15:33 92cm	16:28 100cm
					22:35 33cm	23:14 31cm

3月16日は上弦の月である。干潮と満潮の潮位の差が小さい時期である。

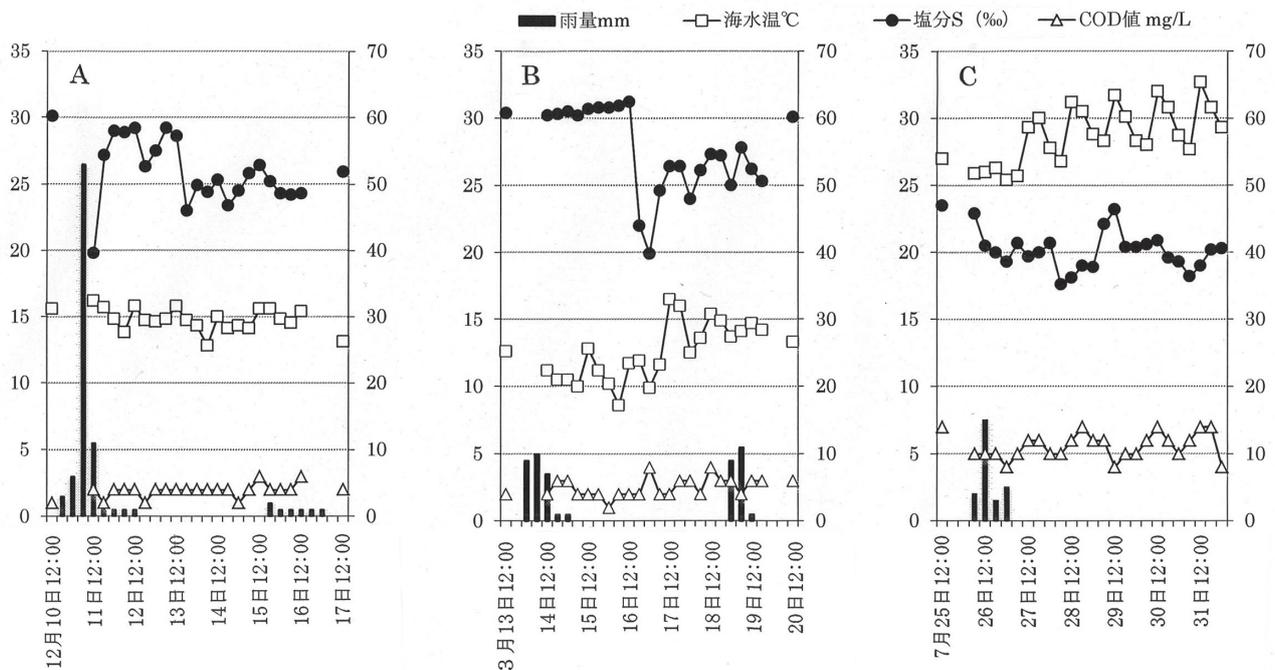


図4 甲子園浜の海水の日周変化 A: 2015年12月11日12時~16日12時の採水。B: 2016年3月14日12時~19日18時の採水。C: 2016年7月26日6時~31日24時の採水。海水温 (°C)・塩分 (‰)・COD値 (mg/L) は左軸の値を、雨量 (mm) は右軸の値を読む。

表5 甲子園浜での海水温日周変化 (2016年7月)

		7月26日	7月27日	7月28日	7月29日	7月30日	7月31日
甲子園浜の海水温実測値	6:00	25.9℃	25.7℃	26.8℃	28.3℃	28.0℃	27.7℃
	12:00	26.0℃	29.3℃	31.2℃	31.7℃	32.0℃	32.7℃
	18:00	26.3℃	30.0℃	30.5℃	30.1℃	30.8℃	30.8℃
	24:00	25.4℃	27.8℃	28.8℃	28.3℃	28.7℃	29.3℃
神戸地方気象台の公表値	12:00の気温	25.6℃	29.1℃	30.6℃	31.0℃	30.5℃	30.6℃
	日最高気温	27.1℃	29.9℃	31.1℃	32.0℃	33.4℃	32.4℃
	(15:10)	(13:50)	(13:30)	(14:20)	(14:30)	(17:00)	
	日最低気温	24.4℃	25.3℃	26.5℃	26.2℃	26.5℃	25.9℃
	(06:30)	(05:50)	(05:30)	(05:50)	(05:30)	(05:10)	
日照時間数		0.2h	7.8h	10.7h	9.7h	11.5h	9.4h
	(午前・午後)	(0.0h・0.2h)	(0.5h・7.3h)	(3.5h・7.2h)	(3.9h・5.8h)	(4.9h・6.6h)	(5.1h・4.3h)
気象庁潮位表「神戸」	満潮	-	00:04 140cm	00:57 136cm	01:57 134cm	03:03 136cm	04:05 141cm
	干潮	06:07 84cm	07:34 76cm	08:47 66cm	09:47 56cm	10:37 45cm	11:22 35cm
	満潮	11:29 125cm	13:05 117cm	17:10 123cm	18:14 134cm	18:39 142cm	18:22 149cm
	干潮	17:37 86cm	18:38 104cm	20:06 117cm	21:49 124cm	22:48 123cm	23:28 119cm

7月27日は下弦の月である。干潮と満潮の潮位の差が小さい時期である。晴れた日(7月27日～31日)では、昼12時の海水温は朝6時の海水温より3.4～5.0℃高い値をとった。

19.2℃であった。また、深さ0.1mでは最低8.0℃、最高30.8℃、平均18.8℃であった。深さ4.0mで海水温の年較差が最も小さく、深さ0.1mで最も大きかった。最高値は2014年7月と8月に、最低値は2014年12月と2015年1月に記録した(図6)。

深さ0.1mと4.0mの海水温が逆転したのは、2014年10月と11月の間、2015年2月と3月の間であった。2014年1月と2月の間でも、深さ0.1mと2.0mの海水温が逆転した。冬の間は深さ0.1mの海水温が低かった。その後、2015年8月まで深さ0.1mの海水温が高かった。そして、10月と11月の間に再度、逆転し、深さ0.1mの海水温が低くなった。

2) 塩分は、深さ0.1mでは最低値2.3‰、最高値30.7‰であった。深さ0.5mでは最低値2.4‰、最高値31.0‰、深さ1.0mでは最低値2.4‰、最高値31.0‰、深さ2.0mでは最低値3.0‰、最高値30.8‰、また深さ4.0mでは最低値18.7‰、最高値31.1‰であった(図5)。採水前

14日間の雨量が多いと塩分が低く、雨量が少ないと高かった。

最低値を測定したのは、台風による大雨の後である。海底に近い海水ほど塩分の変動が少なく値が安定していた。上層から下層まで塩分がほぼ等しいのは2014年4月、5月、9月、2015年10月であった。このとき海水温は上層から下層までほぼ同じであった。それ以外の月は上層が下層よりも塩分が低かった。

3) COD値は深さにかかわらず2～8mg/L、または2～7mg/Lを記録した(図6)。各深さのCOD値の差が1mg/L以内(24回中の15回)の月もあれば、COD値の差が大きい月もあった。2014年1月測定の高さ4.0mの値(7mg/L)が高いが、それを除けば甲子園浜の海水のCOD値の変動とほぼ同じ変動を示した。

4) 浮き桟橋と甲子園浜の海水温を比較すると(表6)、海面下0.1mでは甲子園浜の方が少し高い値を示した。2015年8月22日では、塩分はよく似た値(浮き桟橋6.5

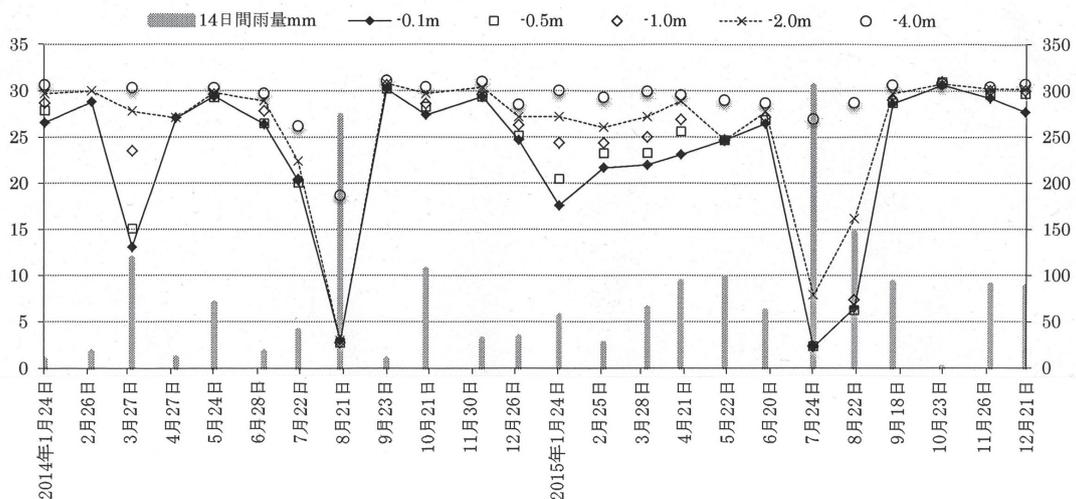


図5 一文字ヨットクラブでの塩分の垂直変化と採水前14日間雨量 それぞれの深さの塩分(‰)の目盛りは左軸を、14日間雨量(mm)は右軸を読む。2014年2月と4月は深さ0.1mと2.0mでのみ採水、これら以外は深さ0.1m、0.5m、1.0m、2.0m、4.0mで採水した。14日間雨量は採水までの14日間の降水量を合計した値である。2014年8月10日台風11号が近畿を通過。10月13日台風19号が日本列島を縦断。2015年7月17日台風11号が岡山に再上陸、8月20日ころ前線が停滞し降雨。

表6 一文字ヨットクラブと甲子園浜の実測値と大阪湾各地点（12：00）公表値の比較

観測場所	深さ	2015年7月24日	8月22日	9月18日	10月23日	11月26日	12月21日
一文字ヨットクラブ実測値	-0.1m	26.5°C, 2.3‰	27.2°C, 6.5‰	23.7°C, 28.6‰	23.4°C, 30.7‰	17.1°C, 29.2‰	13.9°C, 27.7‰
	-0.5m	26.3°C, 2.4‰	27.2°C, 6.3‰	23.6°C, 28.7‰	23.4°C, 31.0‰	17.6°C, 29.6‰	15.4°C, 29.7‰
	-1.0m	26.0°C, 2.4‰	27.2°C, 7.4‰	23.7°C, 29.0‰	23.4°C, 31.0‰	18.1°C, 30.0‰	15.6°C, 30.0‰
	-2.0m	25.2°C, 7.9‰	27.2°C, 16.2‰	24.0°C, 29.7‰	23.0°C, 30.8‰	18.5°C, 30.2‰	15.8°C, 30.2‰
	-4.0m	23.4°C, 27.0‰	24.8°C, 28.7‰	24.3°C, 30.6‰	22.9°C, 30.8‰	18.5°C, 30.4‰	16.1°C, 30.7‰
甲子園浜「屏風岩」実測値	-0.1m	27.1°C, 2.95‰	29.1°C, 7.08‰	25.4°C, 21.4‰	24.8°C, 30.2‰	17.0°C, 27.9‰	15.2°C, 30.0‰
神戸港波浪観測塔公表値	-0.5m	26.75°C, 11.96‰	26.86°C, 26.22‰	23.96°C, 26.25‰	21.75°C, 30.08‰	18.14°C, 30.98‰	13.66°C, 28.1‰
	-1.0m	26.08°C, 13.53‰	26.84°C, 26.22‰	23.69°C, 26.78‰	21.57°C, 30.09‰	18.16°C, 30.98‰	13.73°C, 28.22‰
	-2.0m	25.02°C, 18.78‰	26.79°C, 26.24‰	23.73°C, 28.07‰	21.46°C, 30.1‰	18.18°C, 30.98‰	13.82°C, 28.59‰
	-4.0m	23.47°C, 27.19‰	25.56°C, 29.21‰	23.78°C, 29.53‰	21.25°C, 30.12‰	18.17°C, 30.98‰	13.98°C, 29.57‰
淀川河口公表値	-0.7m	24.19°C, 23.63‰	26.45°C, 23.69‰	24.31°C, 29.94‰	21.95°C, 30.98‰	18.31°C, 30.28‰	15.73°C, 30.76‰
関空MT局公表値	-0.5m	26.59°C, 21.33‰	26.46°C, 30.32‰	23.96°C, 31.77‰	22.38°C, 31.91‰	19.18°C, 27.76‰	14.09°C, 26.27‰

一文字ヨットクラブの塩分Sは赤沼式浮き秤と温度計で求め、甲子園浜の塩分Sはデジタル塩分計で求めた。

神戸港波浪観測塔・淀川河口・関空MT局は公表されたデータを引用した。12:00のデータを使用した。

関空MT局の11月26日は-1mのデータ、また12月21日は14:00、-0.5mのデータを使用した。

7月16日台風11号は高知県室戸市に上陸、17日岡山県倉敷市に再上陸した。6～19日205.5mm、22日28.5mm、23日24.5mmの降雨があった。

8月25日は台風15号が熊本を通過。その影響で19日から21日までに81mmの雨量があった。

‰, 甲子園浜7.08‰)を示したが海水温が1.9°C高かった。10月23日は、浮き桟橋, 甲子園浜, 神戸港とも良く似た塩分の値であったが, 甲子園の海水温が高かった。また, 浮き桟橋と神戸港では, 各深さとも海水温と塩分がほぼ同じ値を示した。11月26日の神戸港は深さ4.0mまで塩分が同じ値を示した。浮き桟橋でも上下の塩分がほぼ同じ値をとった。

考察

大阪湾の潮間帯での観察結果がいくつかある。

山西ほか(1991)は淀川大堰下流側の右岸潮間帯7地点において, 同時採水による水質測定を1988年4月から1989年2月までの間に繰り返し実施した。測定は水温, 溶存酸素, 塩分, COD値, pH, クロロフィルa, フェオ色素, 懸濁物質の7項目に及ぶ。この調査範囲では海から川への遡上に伴う付着生物相の変化が顕著

であるが, 測定した水質7項目の中で, 測定値が漸次変化したのは塩分のみであった。このことから, 生物分布に影響を与えている環境要因は, 塩分である可能性が極めて高いと考察した。

阪口(2001)は, 明石海峡に面した大和島で1996年4月から1998年4月までの2年間, 月1回ないし2回定期的に採水し, 海水温と塩分を測定した。海水温は9.1～26.8°Cであり, 塩分は31.2～32.9‰であった。また, 年4回3時間ごとの1日の変化を調べたところ, 一日の温度較差は季節によって異なるが1.0～1.5°Cで, 塩分較差は0.4～1.1‰であった。海水温も塩分も一日中ほぼ同じ値をとり, 安定していた。また, 阪口・谷(2016)は2014年と2015年の2年間にわたる毎月1回浮き桟橋の計測で, 淡路市浦で28.9～32.1‰, 10.1～27.6°Cを, 淡路市仮屋漁港で30.0～32.1‰, 9.8～27.6°Cを, 洲本市由良漁港で30.1～32.1‰, 10.2～27.4°Cを報告して

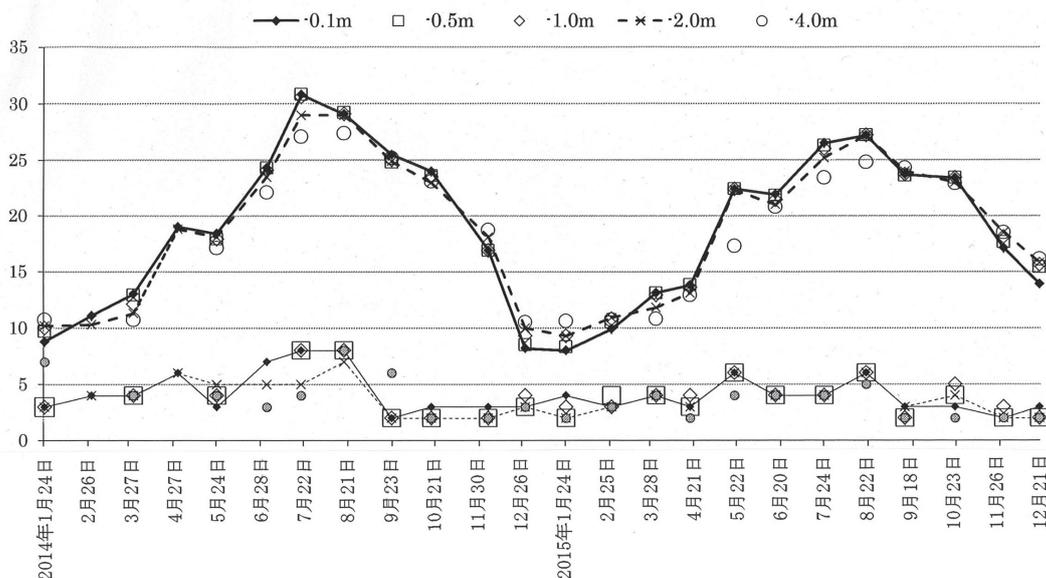


図6 一文字ヨットクラブでの垂直変化：海水温（°C, 上の太い線）とCOD値（mg/L, 下の細い線）それぞれの深さの海水温とCOD値は左軸を読む。COD値の測定範囲は0～8mg/Lである。2014年2月と4月は深さ0.1mと2.0mでのみ採水, これら以外は深さ0.1m, 0.5m, 1.0m, 2.0m, 4.0mで採水した。

いる。大和島の海水とほぼ同じ値であった。塩分の高い紀伊水道の海水が、ほぼそのまま淡路島沿岸に沿って明石海峡を通過して播磨灘との間を行き来していると考えられる。

一方、湾奥の甲子園浜では2001年5月から2002年10月にわたって月2回の定期的な採水で海水温、塩分などの測定結果がある(阪口 2004)。それによると、海水温は8.0~32.1°Cで、塩分は12.3~32.0‰であった。甲子園浜では明石海峡よりも温度較差が大きく、また塩分較差も大きかった。一日の温度較差は0.4~3.9°Cで夏期に3.9°Cであった。朝6時から昼12時にかけて2.2°C、15時にかけて3.9°C上昇した。また、一日の塩分較差は季節により異なるが、0.8~4.8‰であった。甲子園浜には河川水の影響を受けた様々な塩分の水塊が行き交うことを示している。また夏の日中には明石海峡よりも顕著に表層の海水温が上昇していた。

甲子園浜は鳴尾浜埋立地、甲子園浜埋立地・西宮浜・芦屋浜の人工島や武庫川一文字防波堤に囲まれている。また、枝川浄化センターで処理した水が鳴尾川に放流され、武庫川や複数の小河川の甲子園浜への流入もある。そのため海水の動きは複雑で、河川水が沿岸から離れるのにかなりの日数がかかり低塩分が続くと予想される。甲子園浜では赤潮や青潮が観察されるが、プランクトンネットにオタマボヤが入ることがあるので、大阪湾中央の海水も時に甲子園浜を洗うことがわかる。

甲子園浜潮間帯のコンクリート護岸跡には、エゾカサネカンザシゴカイの棲管が塊をつくる。その隙間にイボニシやタマキビ、カニ類、ヤドカリが住み着いている。しかし、年によっては全く棲管を見ない年もあった。2014年7月には棲管の塊があり虫体も観察したが、8月10日の台風11号以降、棲管は空っぽになり虫体を見ない。台風の大雨により低塩分(図5 8月21日浮き棧橋の深さ0.1m, 3.0‰; 深さ2.0m, 3.0‰)が長期間続いたことが原因で、虫体が死んだのであろう。その後、2017年3月まで虫体を見ない。好適な塩分に戻り、幼生が甲子園浜に到達するまでしばらく時間が必要なのだろう。

今回、380日間連続して甲子園浜潮間帯の海水を測定したので、より詳しい周年変化を明らかにすることができた。塩分の高い海水が10月から3月末まで甲子園浜を洗うことが示された。そして、台風や梅雨そして時々的大雨により塩分が低くなることも示された。

1) 海水温について

8月上旬に最高値33.5°Cを、1月下旬と2月上旬に最低値8.9°Cを示した。気温の変動とほぼ同じ変動パターンを示した。海水温は気温などの影響を大きく受けているのであろう。

今回の測定のうち、2015年8月から2016年7月までの1年間366日の測定結果をまとめると、甲子園浜汀線の

海水温は10°C未満が10回(0.3ヵ月)、10°C以上15°C未満が3.7ヵ月、15°C以上20°C未満が2.5ヵ月、20°C以上25°C未満が2.5ヵ月、25°C以上30°C未満が2.5ヵ月、30°C以上が0.5ヵ月であった。最低値を記録した1月と2月の平均海水温は、それぞれ11.9°C、11.4°Cであった。したがって甲子園浜では、10°C以下の月はなく15°C以上が8ヵ月、あるいは10°C以下の月はなく20°C以上が5.5ヵ月であった。海水温の平均値は20.38°Cであったので、Madden *et al.* (2008) の分類では、Warm (20~30°C) に適合するが、以下にもう少し検討する。

2015年12月の6日間の測定では、6時から12時に0.9~2.2°Cの上昇を、2016年3月の測定では0.6~4.9°Cの上昇を、7月の測定では0.1~5.0°Cの上昇を認めた。朝6時に海水温が低く12時に最も高くなった。温度はさらに上昇を続け、日射の弱まりとともに温度を下げて行くものと思われる。阪口(2004)は甲子園浜では海水温が昼12時よりも15時の方が高いことを示した。3月16日6:00の海水温が8.6°Cであった。この値は今回の測定値のなかでは最低値であった。1月下旬と2月上旬に12時の最低値8.9°Cを得たが、その日の早朝の海水温は8.6°Cよりも低いものと思われる。

今回の結果は、12時に測定したものであり6時から12時にかけて0.1~5.0°C上昇したことを考えると、Madden *et al.* (2008) の分類ではTemperate (10~20°C) に当たる。しかし、連続測定による温度変化を考慮し、また、浮き棧橋の深さ0.1mの平均海水温は18.8°Cなので、この値からもTemperateが適当である。

甲子園浜での海水温は、対岸の浮き棧橋と比較して、また神戸港や淀川河口、関空MT局の公表値と比較しても高い(表6)。また、今回の測定値では日較差が最大5.0°Cであった。明石海峡の大和島での海水温の日較差が1.0~1.5°Cであるのと比べて甲子園浜での日較差は大きい。気温と日射が海水温上昇に働くだけでなく、海底地形も海水温上昇に働いているようだ。

甲子園浜は鳴尾村にあったので、昔は鳴尾浜と呼ばれていた。鳴尾浜は武庫川の三角州の浜辺で大阪に近いこともあり、この一帯はリゾート地として開発が進んだ。1907年鳴尾競馬場が竣工し、1924年甲子園球場が、1929年「甲子園娯楽場」が、1935年には水族館も開設された。しかし戦況の影響を受けて1943年、これらは海軍飛行場用地として接収された。戦後、この跡地を貫く形で防潮堤がつくられ、防潮堤の海側は甲子園浜として残された。今では施設跡のコンクリート片が潮間帯に残されている。

阪神電鉄「鳴尾駅」東の水準点(1951年、2.05m→1986年、1.0m)からは1mほどの地盤沈下が認められた(図7)。甲子園浜はそれ以上に地盤沈下したのか防潮堤の外は狭い砂浜と、かつての施設の周りをコンクリート壁の残骸で囲まれた潮間帯となった。また、筆者の一人阪口の経験では1995年1月17日の阪神大震

災前は潮位75cmで潮間帯が現れたが、震災後は潮位50cmでやっと現れるようになった。この地震で25cmほど地盤沈下した。現在の航空写真でもこれらの跡地が広くて浅い潮間帯をつくっているようすが見て取れる。甲子園浜の一部は甲子園浜生物保護地区、国指定浜甲子園鳥獣保護区として渡り鳥たちの給餌・休憩の場所として保護されている。

このように広くて浅い甲子園浜の潮間帯を海水がゆっくりと動くと、冬の夜中には低い気温の影響を受けて海水温が低下し、夏の昼は高い気温と日射によって海水温が上昇する。このような歴史でつくられた海底地形が、大阪湾内でも甲子園浜が夏に特に高い海水温を示すことを説明できる。

2) 塩分について

今回380回の測定で、塩分は最小値が2.14‰、最大値は31.3‰であった。Freshwater (0‰) を観測しなかった。Oligohaline (0.5~5‰) を13回、Mesohaline (5~18‰) を63回、Polyhaline (18~30‰) を242回、Euhaline (30~40‰) を62回観測した。2015年8月から2016年7月までの1年間366回の塩分平均値は24.32‰であった。甲子園浜は塩分がPolyhalineの海であった。

武庫川や西宮市内から流れ込む小河川の影響を受けて塩分が低下するが、時には大阪湾中央の海水が到達することもある。甲子園浜は埋立地、人工島や武庫川一文字の防波堤で囲まれたEstuarine (河口) と言える。

測定結果(図3)を見ると、台風や梅雨の雨あるいは時々的大雨によって甲子園浜の海水の塩分は低くなった。特に2015年、2016年とも梅雨の時期には長期間の低塩分を観測した。

2015年7月17日の台風による大雨の後、塩分は徐々に上昇を続けたが、その間に降雨のたびに塩分が低下した。9月下旬以降3月末まで、塩分は高い状態を続けた。まとまった降雨の後には塩分が低くなり、降雨のない時期には塩分が高くなっている。降雨後0~3日に塩分の極小を観測した。

6日間にわたる6時間ごとの測定による日周変化からも降雨後0~3日に塩分の低下を観測した。低塩分の水塊が沿岸を行き来することで徐々に塩分が高くなっていくのであろう。

対岸にある浮き桟橋では、表層に近い海水ほど塩分の変動が大きく、海底に近い海水ほど小さかった。特に、観測日直前14日間の雨量が多いほど表層の塩分が

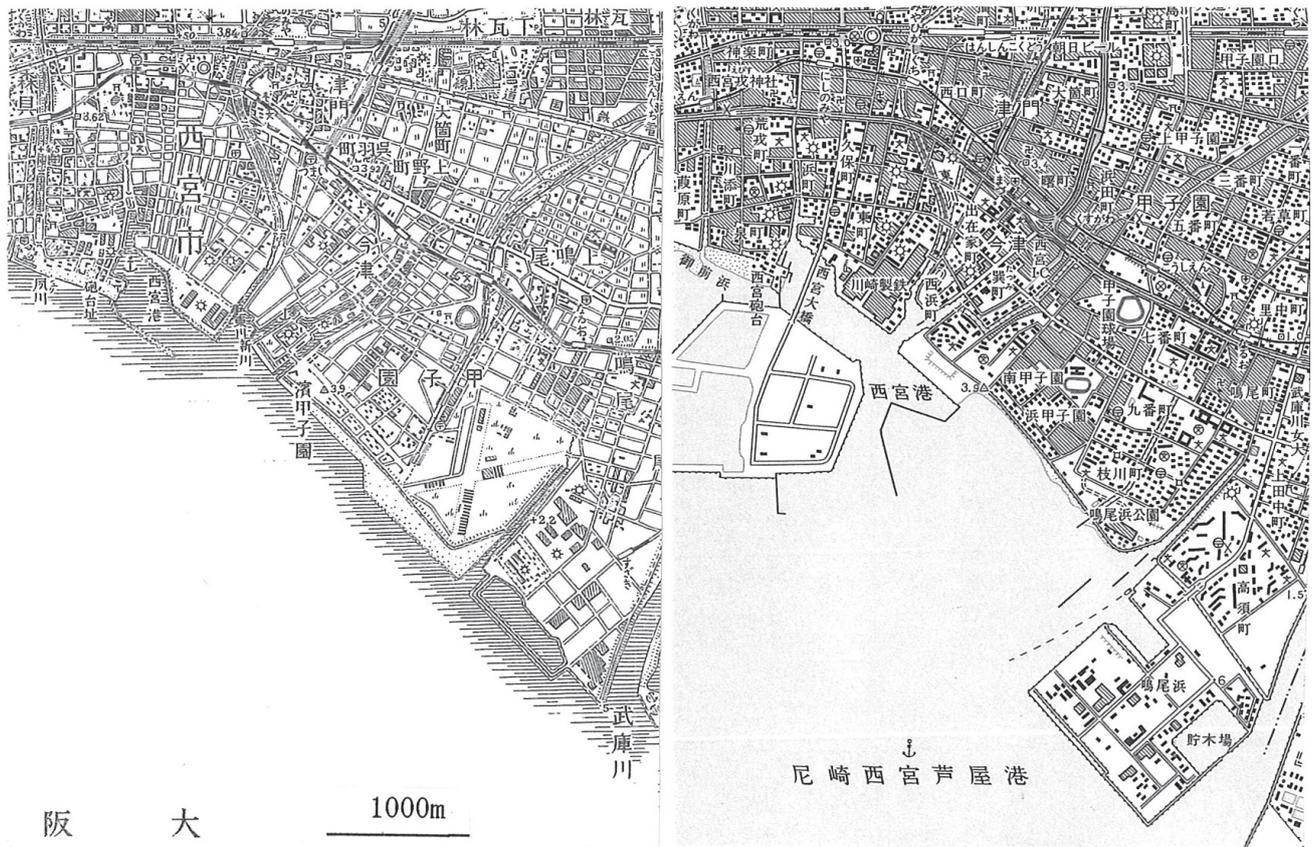


図7 甲子園浜(鳴尾浜)の地形の変遷：左、昭和26年(1951年)応急修正。右、昭和61年(1986年)修正。
 左、戦後すぐの甲子園浜は砂浜が残っていた。
 右、昭和61年には防潮堤の外側の砂浜は大変狭い。甲子園浜埋立地・西宮浜は造成工事中である。
 阪神電鉄「今津駅」東にある水準点と、「鳴尾駅」東にある水準点から地盤沈下が読取れる。
 国土地理院「大阪西北部」五万分の一地形図より。

低下した(図5)。7日間と10日間の雨量とも比べてみたが、14日間の雨量が表層の塩分低下に最も合致した。それは14日間ほども長く河川水が湾奥に留まっていることを示すのだろう。

また、観測の多くで塩分は上層よりも下層で高いが、2014年5月24日、9月23日、2015年10月23日は上層から下層まで塩分がほぼ同じ(図5)であった。同時に、この3回は上層から下層までほぼ同じ海水温であった(図6)。「神戸港」の垂直変化では、10月下旬に海面から海底までほぼ同じ塩分を示した。また、2016年3月下旬も同様であった。それぞれわずか1日か2日の出来事であった。この時期に夜の冷気で海水温が低下すると、上層の海水は密度が大きくなり下層の海水と置き換わることが可能であろう。また、下層の海水温がこのようにして低下して行くのだろう。神戸港周辺と甲子園浜ではこの時期に海水の上下の循環が起きている可能性がある。

海水の上下の入れ替わりは、このような季節的なものだけではない。陸からの風(陸風)も考えられる。甲子園浜では、陸からの風によって上層の海水が沖に運ばれ、それを補う形で海底の貧酸素水が汀線にまで運ばれることがある。青潮である。2016年5月30日にカニたちが汀線に集まり、海中から逃げようとしていた。また、魚が多数死んでいた。東からの風(陸からの風)であった。海水に青白さはなく透明であったので青潮と断定できなかった。

3) COD値について

COD値は、2015年7月から9月上旬に高い値を示し、9月中旬から2016年3月下旬まで低い値を示した。また、5月中旬以降梅雨時にかけて高い値を示した。最高値の8mg/Lを示したのは2016年5月に4回、6月に3回、7月に6回、合計13回であった。これら13回のうち5回については、再度、チューブ内に吸い込む試料の量を規

定の半分にして反応させた。パックテストのチューブ内の有機物量によって色調が変化するので、規定の分量を反応させると理論的には最高値16mg/Lを測定できる。1回は7mg/Lの値(5月24日)を、また4回は8mg/Lの値(5月17日、6月28日、30日、7月3日)をとった。これら5回の値は測定の上限值8mg/Lよりも高いと判断できる。梅雨にはもう少し測定範囲の大きい方法で測ることが必要であった。

試料を濾過しないで測定したので、プランクトンが入っている。また、バクテリアなども入っていることが考えられる。降雨によって陸上の土壌バクテリアや有機物が海に運ばれ、海水のCOD値が高くなった可能性がある。これについては今後の課題である。

4) 湾内各地点との比較

大阪湾内には国土交通省が、大阪湾水質定点自動観測データ配信システムを24時間運用している。そのなかで、淀川河口、神戸港、関空MT局の3地点の毎日正午の海面直下の塩分と甲子園浜を、塩分の変化の激しい時期を選び比較した(図8)。測定の深さが甲子園浜より深いので、塩分は少し高い値をとると思われる。

「淀川河口」(深さ0.7m)の塩分は、「甲子園浜」(深さ0.1m)のように変動しているが、塩分は甲子園浜よりも高い値を示した。

「神戸港」(深さ0.5m)の塩分は、甲子園浜のように変動しているが、一般的に甲子園浜の塩分よりも高い値を示した。ただ、9月中・下旬には「甲子園浜」より低い値が出るが、神戸市街の雨水が関係しているであろう。

「関空MT局」(深さ0.5m)では塩分はほぼ一定で、塩分変化はほとんど認められなかった。甲子園浜を含めた4地点の中では塩分が最も高く、河川水の影響が最も小さかった。

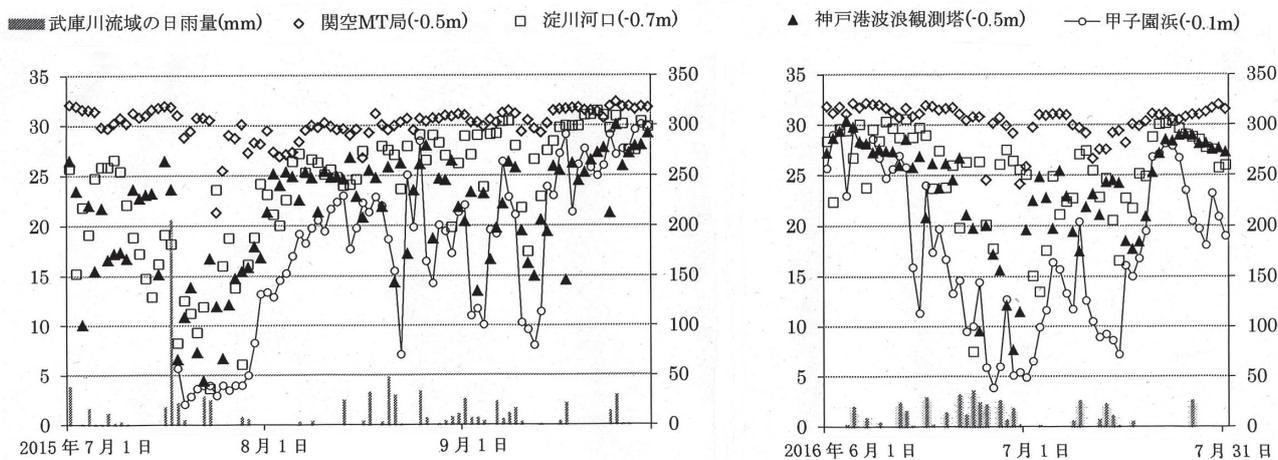


図8 大阪湾内定点観測地点の塩分と甲子園浜汀線の塩分武庫川流域の降水量 2015年7月から9月、および2016年6月と7月の国土交通省所管大阪湾内3地点の表層海水塩分と甲子園浜の塩分(折れ線グラフ)を比較した。各地点の塩分S(‰)は左軸の数値を、降水量(mm)は右軸の数値を読む。甲子園浜の塩分が最も低い値を示し、関空MT局は高い値で安定している。

まとめ

大阪湾奥にある自然海岸の甲子園浜潮間帯の汀線で、海水温、塩分、COD値を2015年7月18日から2016年7月31日まで毎日正午頃に測定した。6時間ごと6日間の測定も行った。また、2014年1月から2015年12月まで毎月1回、近くの浮き桟橋で深さ0.1m, 0.5m, 1.0m, 2.0m, 4.0mの海水も測定した。国土交通省の定点観測点のデータと比較した。

① 甲子園浜汀線では、最高水温は2015年8月8日と10日の33.5℃、最低水温は2016年1月25日と2月1日の8.9℃であった。気温と日射の影響を受けて変動していた。塩分の最大値は31.3‰、最小値2.14‰であった。塩分を下げる要因は、梅雨の雨、台風の雨や時に降る大雨による武庫川からの河川水が大きい。そのため6、7月の梅雨には塩分の低い日が続いた。COD値は特に梅雨に高い値を示し、秋～春の初めに低い値を示した。海水温の高い時期にCOD値が高く、塩分が低かった。

② 一文字ヨットクラブの深さ4.0mの海水温は緩やかに上昇し下降する。表面近くの海水温は気温の影響を受けて、夏は深さ4.0mより高く冬は低くなる。

③ 潮の干満によって同じ水塊が甲子園浜を行き来していることが推定できた。また、朝よりも昼に最高5.0℃高温になるのは、気温や日射の影響を受けて水温が上昇するからである。また、地盤沈下によってできた甲子園浜の潮間帯が浅くて広いことが、さらに海水温上昇に働いた。

④ 甲子園汀線の塩分の年変化を「淀川河口」、「神戸港」そして「関空MT局」と比較した。梅雨の時期は「関空MT局」以外の3地点で塩分が低下した。「神戸港」の塩分変動が甲子園浜により似ていた。「関空MT局」の塩分は少しの変動はあるが、年間を通して高塩分で安定していた。

謝辞

NPO法人海浜の自然環境を守る会の向山裕子様には、甲子園浜での昼12時および6時間ごとの採水と測定を手伝っていただいた。彼女のお陰で1年間余りの観測を続けることが出来た。また、一文字ヨットクラブ所属の岩崎隆様には、浮き桟橋での採水の際にいつも付き添っていただいた。ともにお礼を申しあげる。

引用文献

はまん婆の甲子園浜観察日記。

<http://6519.teacup.com/uchiyamahiroyuki123/bbs>

兵庫県生物学会阪神支部. 2016. 2015年甲子園浜植生調査. 兵庫生物, 15(2):115-120.

気象庁. 潮汐・海面水位のデータ潮位表.

www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tide/suisan/

気象庁. 過去の気象データ検索.

www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php

日本気象協会. 過去天気. www.tenki.jp/past/

Madden, C., K. Goodin, R. Allee, M. Finkbeiner & D. Bamford. 2008. Coastal and Marine Ecological Classification Standard Ver. III. NOAA and NatureServe. 77pp.

大阪湾生き物一斉調査プログラム実行委員会. 2015. 大阪湾生き物一斉調査調査結果（平成20～26年度）. 近畿地方整備局神戸港湾航空技術調査事務所.

大阪湾水質定点自動観測データ配信システム.

<http://222.158.204.199/obweb/observation/observation.html>

阪口正樹. 2001. 明石海峡大和島の海水温と塩分. 兵庫生物, 12(2):71-75.

阪口正樹. 2004. 甲子園浜の海水. 兵庫生物, 12(5):267-276.

阪口正樹・谷 良夫. 2016. 大阪湾沿岸浮き桟橋のワレカラ（甲殻綱）と生息環境. 兵庫生物, 15(2):71-77.

地域気象観測所一覧. 2016.

www.jma.go.jp/jma/kishou/known/amedas/amedas_master.pdf

山西良平・横山寿・有山啓之・鍋島靖信・大谷道夫・石崎英男・野々上良輔・花井孝・伊與田奈美・石井久夫. 1991. 淀川汽水域における潮間帯付着生物の分布, 季節変化および水質. 自然史研究, 2(7):83-96.