

燧灘東部海域における貧酸素水塊の長期的発生状況

宮川昌志

Long-term variations on hypoxia generation in eastern part of Hiuchi Nada

Masashi MIYAGAWA

It was suggested that the eastern part of Hiuchi Nada area has environmental condition vulnerable in oxygen depletion of bottom water due to surface-bottom layer density difference gradually increasing by the influence of water temperature and salinity from spring to summer. Though, in some years that hypoxic generation would not progress steadily due to meteorological phenomenon such as temperature decrease at the beginning of water temperature decent period in the end of August. We must pay enough attention to that even in years hypoxic would not generated, it was suggested that benthic biota in this sea area would be considerably affected by the low oxygen concentration in bottom sea water.

キーワード：瀬戸内海，燧灘，貧酸素水塊，長期変動

瀬戸内海では、潮流が緩やかな海域を灘と呼び、潮流が速く上下混合が十分に起こっている瀬戸と区別している。この灘部では、水塊が停滞しやすく、特に夏季には表底層水温差によって、表底層密度差が強くなり、成層が発達する特徴がある。このような海況では、上下混合が起こりにくく、底層における酸素消費によって貧酸素水塊が発生しやすいとされている¹⁾。香川県西部の燧灘東部海域（以下、「当該海域」と記す）では、夏季にこのような貧酸素水塊が発生し、底生生物に影響を与えていることが懸念されている。本研究では浅海定線調査結果から、燧灘東部海域における貧酸素水塊発生状況を長期的に整理し、その実態を把握しようとした。

材料および方法

香川県水産試験場で実施している浅海定線調査で月始めに観測している表層と底層の水温、塩分、溶存酸素量（以下、「DO」と記す）から、まず、夏季の底層DOの長期変動を把握した。貧酸素水塊とは柳²⁾によれば、2ml/L (2.86mg/L) 以下とされており、観測データの最低値がこの値を下回った年を、貧酸素水塊発生年（以下、「発生年」と記す）、それ以外の年を貧酸素

水塊非発生年（以下、「非発生年」と記す）とし、貧酸素水塊の発生状況を把握した。次に、表層と底層の密度差を表底層密度差とし、成層の強さの指標とした。ただし、本県では、表層と底層の水温・塩分は測定しているが、密度の測定は行っていない。そのため、海洋観測指針で示された密度の定義式を用いて、水温と塩分の値から密度を得た。本研究では、浅海定線調査のうち燧灘東部の4定点（Fig. 1）における水温、塩分、密度の平均を用いて、成層強度と底層DOの長期変動傾向を評価した。

また、貧酸素形成状況との関連を把握するため、燧灘東部沿岸の水深約15mの地点に設置されている自動観測装置（Fig. 1）によって観測された水深1.5mの9時の水温を、気温、降水量、最大風速は気象庁四国中央観測所の測定値を用いた。

結果および考察

Fig. 2に1985から2017年各月の底層DO最低値と表底層密度差の季節変動を示す。底層DOは2月に最高値を示し、以降9月まで低下し、その後再び2月にかけて上昇する季節変動を示した。一方、表底層密度差は4月から上昇傾向が強まり、8月まで高い値を維持した。

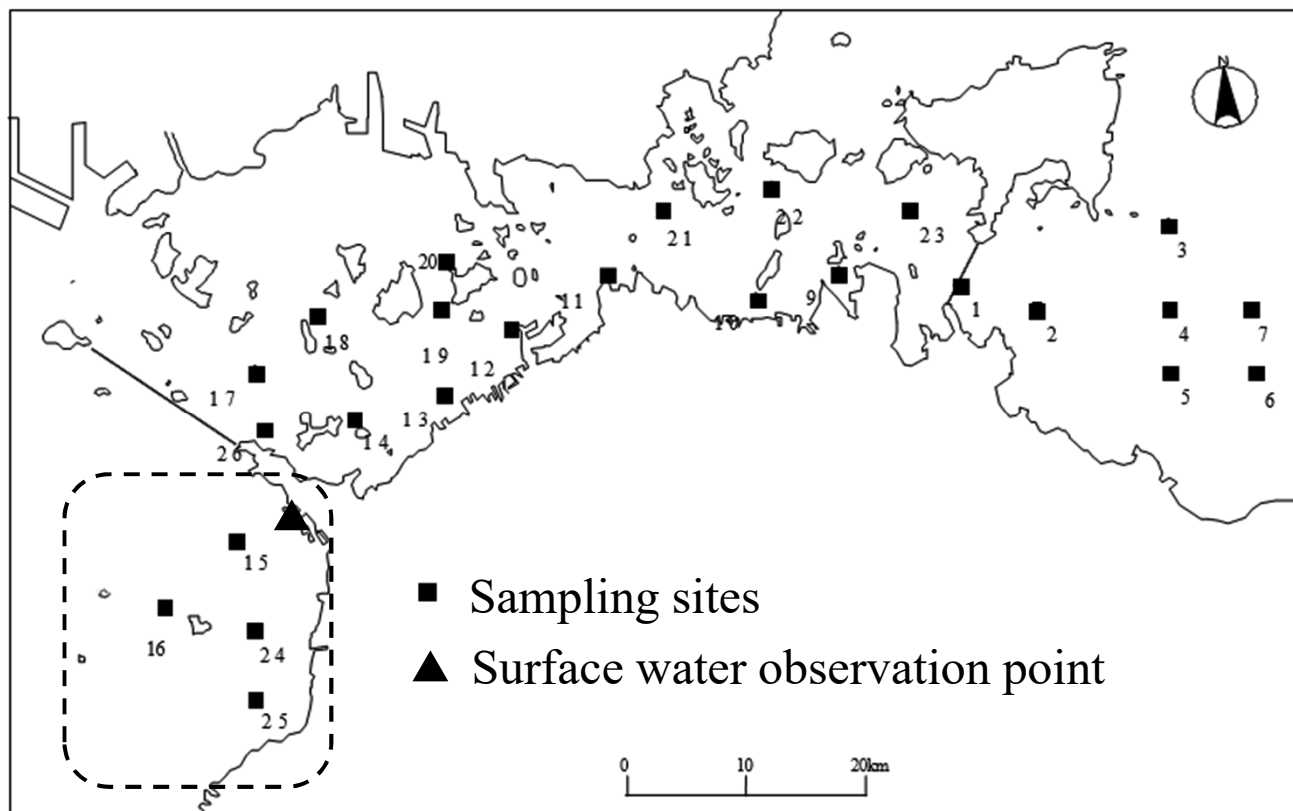


Fig. 1 Location of sampling site
 Evaluation area

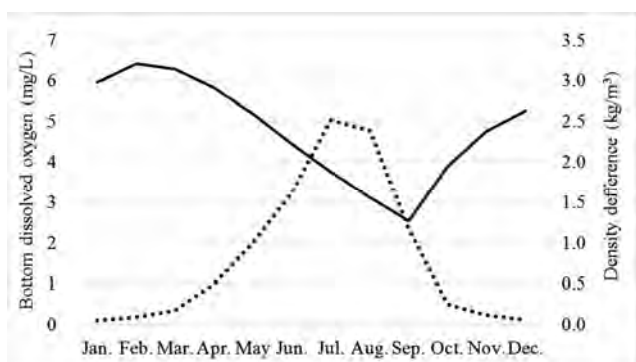


Fig. 2 Seasonal variation in bottom dissolved oxygen and surface bottom density difference. Line shows minimum value in bottom dissolved oxygen at Hiuchi Nada from 1985 to 2017. Dotted line shows average of surface bottom density difference.

このことから表底層密度差の上昇によって成層が強くなり、底層水の貧酸素化が進行していることが考えられた。その後、10月には密度差が僅かとなり底層DOが回復しており、当該海域では、鉛直混合期は10月であると考えられた。なお、9月には表底層密度差の低下にも関わらず底層DOはさらに低下しており、密度

差の変動と底層DOの減少傾向にタイムラグが発生していた。

Table. 1に、1985年から2017年までの各調査年の底層DO観測値（4地点の最低値）を示す。調査した33年のうち発生年22回、非発生年が11回で発生率は67%であった。しかし、1999年までと2000年以降で分けた場合、1999年以前の発生率は73%、2000年以降は61%と、2000年以降の発生率はそれ以前より低下していた。なお、各年の最低値は、8から10月の間に観測されていた。

次に、Fig. 3に8月から10月におけるその年の底層DO最低値の長期変動を示す。図中の破線は境界値2.86mg/Lを示しており、当該海域では発生率が67%であったことに加え、最低値が2mg/Lを下回ることが多く、貧酸素化の程度が強かったことが窺える。また、図中の点線は長期変動傾向（線形1次回帰式）を示しており、2000年以降の発生率はそれ以前より低いものの、発生年における底層DO最低値は低下傾向を示していた。

ここで、Fig. 4にTable. 1に示した全期間のうち貧酸素化進行期の4月から8月のデータを用いた場合の表底層密度差と底層DO最低値の関係について示した。回帰式の相関係数は-0.81で、有意水準1%で負の相関

Table 1 Long-term change in minimum value of bottom dissolved oxygen at Huchi Nada. Bold character in value shows minimum value under 2.86mg/L at Hiuchi Nada. Values with under line shows bottom DO under 3.56 mg/L which cause lethal death to crustacean. Bold characters in calendar year show years hypoxia occurred.

year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1985	6.12	6.60	6.17	5.94	4.87	3.98	<u>3.29</u>	<u>2.31</u>	<u>1.59</u>	4.64	4.64	
1986	5.87	6.68	6.79	5.94	5.73	4.10	4.14	4.66	<u>2.50</u>	4.46	5.13	5.68
1987	6.18	6.83	6.66	6.27	5.73	5.30	<u>3.53</u>	<u>3.48</u>	3.76	5.11	5.55	
1988	5.97	6.44	6.87	6.36	5.52	5.35	3.83	<u>3.45</u>	3.79	4.19	5.30	5.48
1989	5.69	6.54	6.90	6.35	4.68	4.10	3.73	3.82	<u>2.67</u>	<u>2.95</u>	5.06	5.44
1990	6.02	5.47	5.46	6.49	5.12	4.40	4.24		<u>3.13</u>	4.69	4.82	5.42
1991	6.04	6.55	6.56	6.00	5.11	4.52	<u>3.25</u>	<u>3.23</u>	<u>1.96</u>	4.20	5.38	5.56
1992	5.79	6.30	6.75	5.97	4.41	<u>3.42</u>	4.26	3.97	<u>1.48</u>	4.48	5.17	4.70
1993	6.12	7.09	6.17	5.88	5.14	4.43	3.99	2.93	<u>3.22</u>	<u>2.92</u>		4.38
1994	5.85		5.70	5.76	4.84	4.05	<u>2.81</u>	<u>3.07</u>	<u>2.52</u>	3.92	5.25	5.34
1995		6.13	6.49	6.15	5.36	4.40	<u>2.92</u>	<u>1.91</u>	<u>1.70</u>	3.87	5.34	5.48
1996	6.11	6.78	6.26	5.67	5.05	4.47	3.95	<u>3.50</u>	<u>1.37</u>	4.55	4.55	5.21
1997	5.43	6.58	5.89	5.16	5.51	4.96	4.32	<u>2.90</u>	<u>1.76</u>	4.80	4.81	5.11
1998	5.74	6.13	6.11	5.76	4.95	4.12	<u>3.40</u>	<u>2.52</u>	<u>2.67</u>	<u>3.32</u>	4.60	4.87
1999	5.73	5.83	5.92	5.56	4.64	<u>3.51</u>	<u>3.39</u>	<u>2.83</u>	<u>1.68</u>	<u>2.21</u>	5.00	5.38
2000	6.01	6.70	7.14	5.90	5.32	4.80	4.39	<u>3.41</u>	<u>2.71</u>	3.93	4.15	5.15
2001	6.04	6.07	6.10	5.86	4.71	4.65	4.11	3.92	<u>2.58</u>	4.34	4.96	5.24
2002	6.09	6.49	5.80	5.75	4.62	<u>3.13</u>	<u>3.49</u>	<u>2.72</u>	3.61	4.21	5.07	5.76
2003	6.20	6.80	6.61	5.65	5.29	5.54	4.09	<u>2.42</u>	<u>1.16</u>	4.13	4.23	5.13
2004	5.69	5.97	5.85	5.47	4.35	3.72	<u>3.36</u>	<u>2.95</u>	<u>3.21</u>	<u>3.22</u>	3.94	5.27
2005	5.74	6.04	6.66	5.72	5.02	4.61	4.18	3.66	<u>3.37</u>	3.67	4.60	5.00
2006	6.10	6.83	6.45	5.53	5.13	4.93	<u>3.40</u>	<u>2.70</u>	<u>3.00</u>	4.26	4.25	5.14
2007	5.70	6.34	6.00	5.28	4.94	4.45	<u>3.41</u>	4.35	<u>3.23</u>	3.70	4.75	5.27
2008	5.88	6.34	6.33	6.01	5.85	5.25	4.21	3.65	<u>3.25</u>	4.14	4.64	5.47
2009	6.35	6.30	5.79	5.36	5.50	4.98	4.12	4.23	<u>3.35</u>	4.10	4.87	5.43
2010	6.05	6.55	6.28	6.04	5.75	4.96	4.45	<u>2.98</u>	<u>3.06</u>	4.31	4.81	5.38
2011	5.84	6.50	6.39	6.00	5.78	5.03	<u>3.48</u>	3.70	<u>3.42</u>	3.86	4.64	5.43
2012	5.93	6.51	6.51	6.10	5.56	4.43	3.68	<u>1.82</u>	<u>1.10</u>	3.93	4.73	5.34
2013	6.15	6.39	6.27	5.01	4.91	4.43	<u>3.21</u>	<u>2.17</u>	<u>1.26</u>	<u>2.25</u>	3.85	5.27
2014	5.90	6.10	5.81	5.67	5.38	4.26	<u>3.47</u>	<u>2.31</u>	<u>1.00</u>	<u>3.21</u>	4.63	5.16
2015	6.09	6.70	6.46	6.23	5.90	4.88	5.15	<u>1.94</u>	<u>3.16</u>	<u>3.57</u>	4.99	5.15
2016	6.02	6.01	5.70	5.63	5.33	3.85	<u>3.02</u>	<u>1.54</u>	3.94	<u>3.07</u>	4.44	5.24
2017	5.92	6.56	6.34	5.48	4.97	3.71	3.75	4.25	<u>1.35</u>	3.99	4.16	5.30

が認められた。このことから、表底層密度差が大きいほど底層DOは低下しやすいと考えられた。次に、Fig. 5に4月から8月の表底層密度差の平均の長期変動を示す。図中の破線で示した長期変動傾向（線形1次回帰式）での1985年の値を基準とした場合、2017年までの変動率（(2017年の値 - 1985年の値) / 1985年の値 × 100）は+22.9%で、増加傾向であると考えられた。

表底層密度差増大の要因としては、表層水温上昇による表底層水温差の拡大、降雨による表層塩分の低下による表底層塩分差の増大などが要因として挙げら

れる。まず、Fig. 6に4月から8月の表底層水温の平均の長期変動を示す。33年間の変動率は、長期変動傾向（線形1次回帰式）での1985年の値を基準とした場合、表層水温：6.7%、底層水温：2.5%で僅かながら上昇傾向だが、表底層水温差が拡大する傾向にあると考えられた。このときの表底層水温差の長期変動傾向をFig. 7に示す。長期変動傾向（線形1次回帰式）での1985年の値を基準とした場合、33年間の変動率は23.3%で、上昇傾向であると考えられた。

次に、Fig. 8に4月から8月の表底層塩分の平均の長

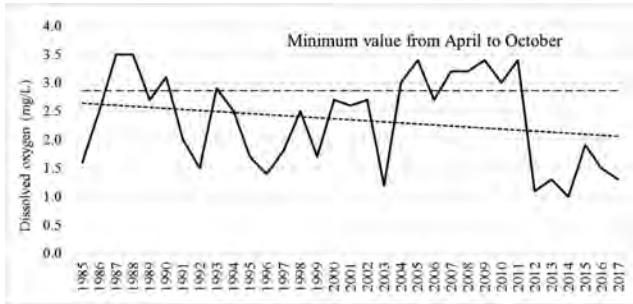


Fig. 3 Long-term change in minimum value of bottom dissolved oxygen in summer. Line shows minimum value of Hiuchi Nada from July to September. Broken line shows 2.86 mg/L under which is defined as dissolved oxygen water mass (hypoxia). Dotted line shows long term trend.

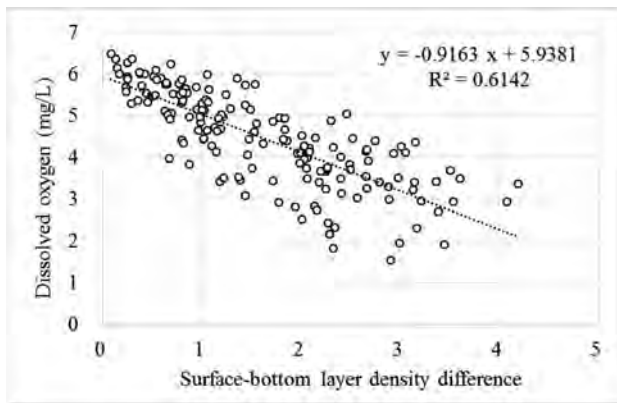


Fig. 4 Relationship between surface-bottom layer density difference and minimum value of bottom layer dissolved oxygen between April and August from 1985 to 2017. Dotted line shows linear approximation curve.

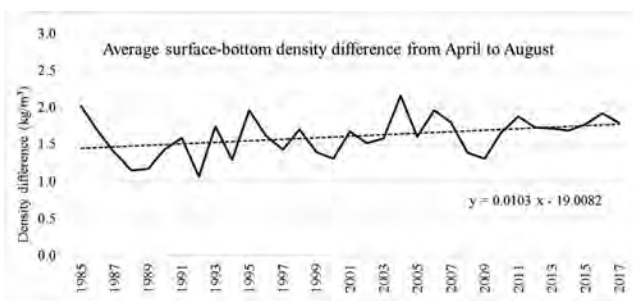


Fig. 5 Long-term change in density difference between surface and bottom in spring and summer. Line shows average of surface-bottom density difference in Hiuchi Nada from April to August. Dotted line shows long term trend.

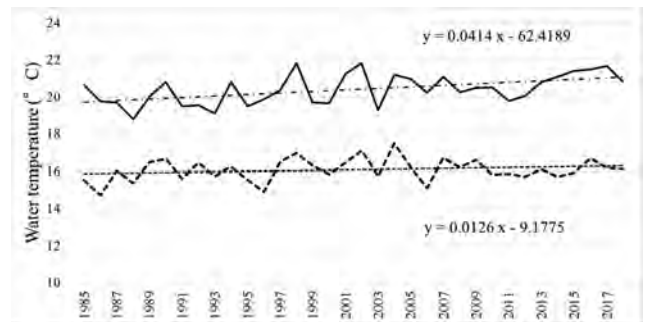


Fig. 6 Long-term change in surface and bottom layer water temperature in spring and summer. Line shows average of surface water temperature through April and August. Dashed and dotted line shows trend of surface water temperature with equation above. Dotted line shows average of bottom water temperature. Dashed line shows trend of bottom water temperature with equation below.

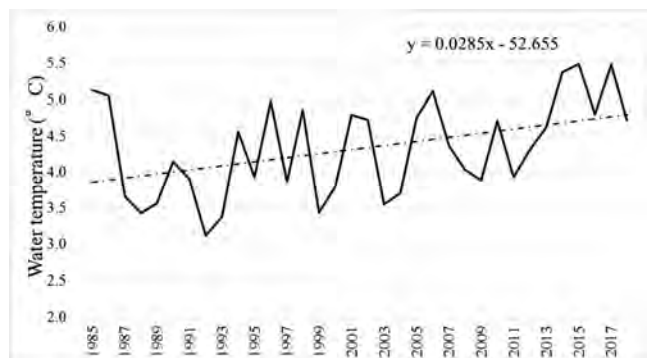


Fig. 7 Long-term change in surface-bottom layer water temperature difference in spring and summer. Line shows average of the surface-bottom temperature difference in the four sampling sites through April to August.

期変動を示す。33年間の変動率は、長期変動傾向（線形1次回帰式）での1985年の値を基準とした場合、表層塩分：-0.5%、底層塩分：-0.7%で、僅かながら下降傾向だが、概ね横ばいであると考えられた。このときの表底層塩分差の長期変動傾向をFig. 9に示す。長期変動傾向（線形1次回帰式）での1985年の値を基準とした場合、33年間の変動率は0.9%でほぼ横ばいであると考えられた。以上の結果から、表底層塩分差の長期変動は横ばいであったが、表底層水温差は長期的に上昇傾向であると考えられた。

また、表底層密度差に対する表底層水温差と表底層

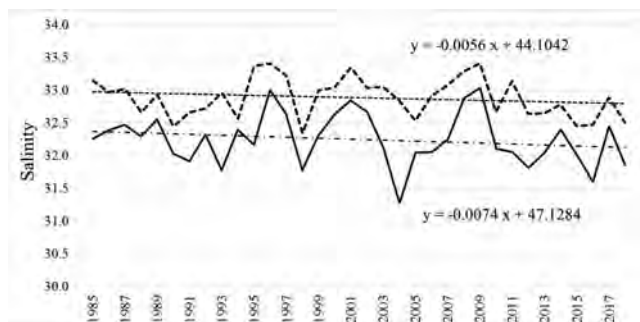


Fig. 8 Long-term change in surface and bottom layer salinity in spring and summer. Line shows average of surface water temperature through April and August. Dashed and dotted line shows trend of surface water temperature with equation above. Dotted line shows average of bottom water temperature. Dashed line shows trend of bottom water temperature with equation below.

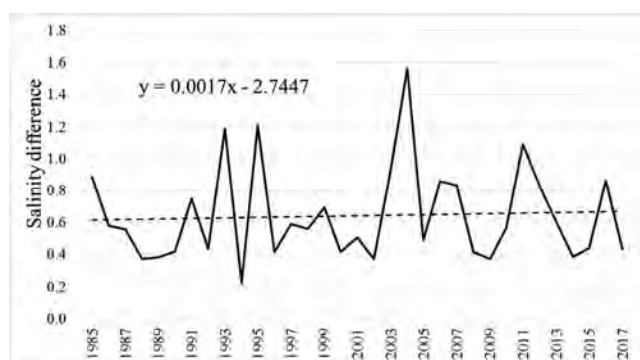


Fig. 9 Long-term change in surface-bottom layer salinity difference in spring and summer. Line shows average of the surface-bottom salinity difference in the four sampling sites through April to August.

塩分差の相関について検討を行った。Fig. 10に4月から8月の各月の表底層水温差と表底層密度差の関係を示す。このときの相関係数は0.88で、有意水準1%で正の相関が認められた。一方、Fig. 11に4月から8月の各月の表底層塩分差と表底層密度差の関係を示す。このときの相関係数は0.76で、有意水準1%で正の相関が認められた。以上の結果から、当該海域では、表底層密度差は、表底層水温差と表底層塩分差のいずれに対しても有意な正の相関を示しており、水温と塩分の両方が密度に影響を与えていることが示唆された。

次に、底層DO最低値と、表底層密度差、表底層水温差、表底層塩分差の実測値の経月変化をそれぞれFig. 12からFig. 14に順に示す。図中の矢印は貧酸素水

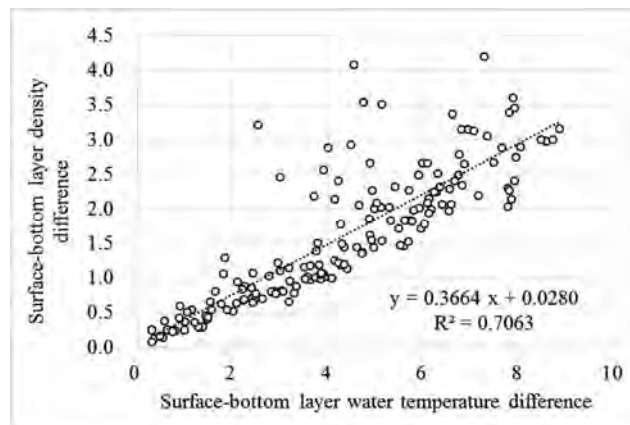


Fig. 10 Relation between surface-bottom layer density difference and surface-bottom layer water temperature difference in spring and summer. Dotted line shows linear approximation curve.

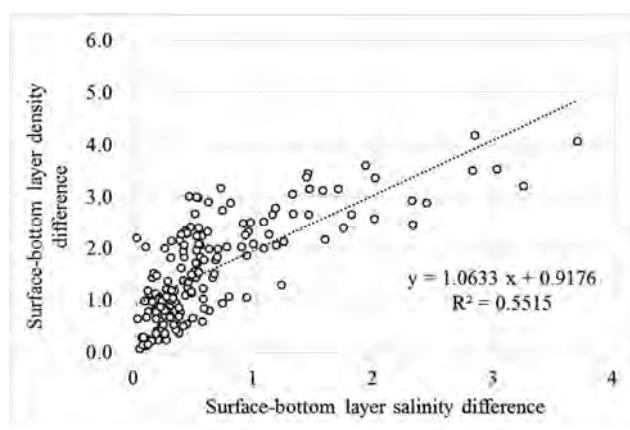


Fig. 11 Relation between surface-bottom layer density difference and surface-bottom layer salinity difference in spring and summer. Dotted line shows linear approximation curve.

塊が発生したことを示している。底層DO最低値が貧酸素水塊の基準となる2.86mg/Lを下回った年には、表底層密度差が2kg/m³を超える場合がほとんどであったが、表底層密度差が2kg/m³を超えていても貧酸素水塊が発生しない場合もあった。同様に、表底層水温差、表底層塩分差においても、貧酸素水塊の発生と表層と底層の水温差、塩分差の高まりが一致しない場合があった。これは、台風（強風、大雨）等の特異な気象現象による水塊の攪乱が原因の一つと考えられるほか、気温、降水量、日照時間などの気象との関係についても検討が必要である。

そこで、発生年のうち最も底層DO最低値が低かつ

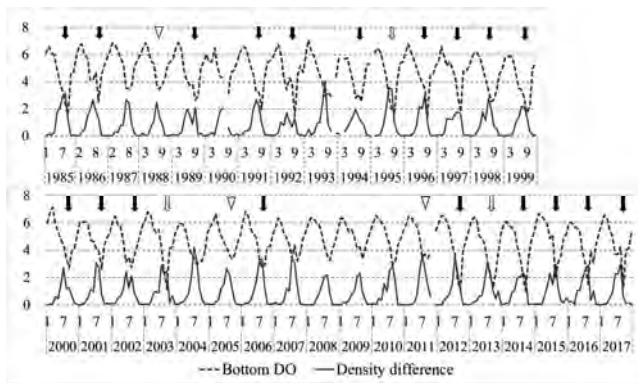


Fig. 12 Long-term change in surface-bottom layer density difference and bottom layer dissolved oxygen. Arrows show occurrence of hypoxia. Open arrows show the worst hypoxia which is selected for further discussion. Open triangle shows one of the years hypoxia have not occurred which is selected for further discussion.

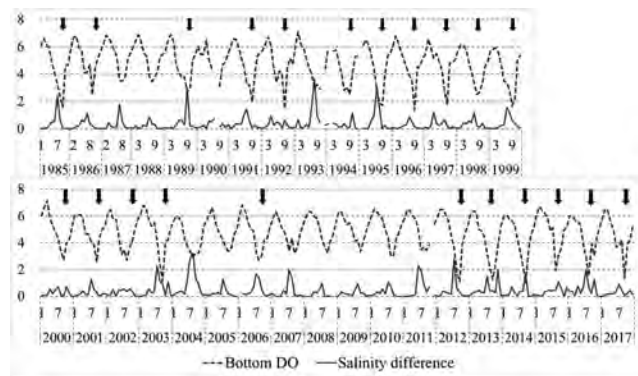


Fig. 14 Long-term change in surface-bottom layer salinity difference and bottom layer dissolved oxygen. Black arrow shows occurrence of oxygen depleted water.

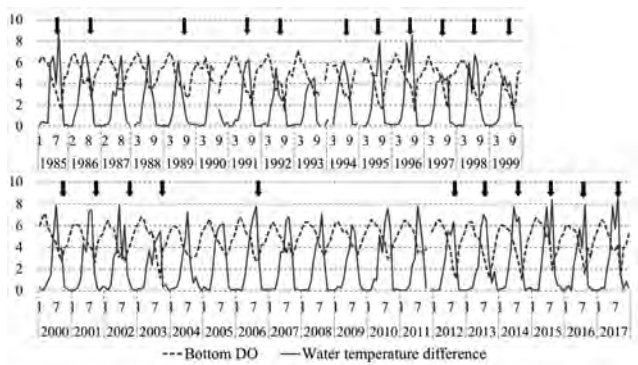


Fig. 13 Long-term change in surface-bottom layer water temperature difference and bottom layer dissolved oxygen. Black arrow shows occurrence of oxygen depleted water

た年のうちの3年（1995，2003，2013の各年）と非発生年のうち，最も底層DO最低値が高かった年のうちの3年（1988，2005，2011の各年）について，底層DO最低値，表底層密度差，表底層水温差，表底層塩分差の季節変化を，発生年についてFig. 15に，非発生年についてFig. 16に示した。その結果，発生年，非発生年のいずれにおいても，表底層密度差最高値は $2\text{kg}/\text{m}^3$ を超えていた。Fig. 12でも示したとおり，表底層密度差が大きい年であっても非発生年である場合も多く，表底層密度差以外の何らかの要因が加わることで，貧酸素化が進行し，発生年となると考えられた。2011年はFig. 16に示すとおり表底層密度差が大きく，発生年の

ような条件であるにもかかわらず，底層DO最低値はあまり減少せず非発生年となった。次に，上記の発生年3年と非発生年3年について，当該海域に面した四国中央市の気温，降水量，最大風速の7，8月の観測結果から経日変化を，発生年についてFig. 17に，また，非発生年についてFig. 18に示した。発生年では，2003年以外は気温が高く，非発生年では2005年以外は気温が低いと考えられた。また，降水量については発生年では，20mm以上の日が非発生年よりも多かった。さらに，最大風速については，8m/sを超える日が，発生年で数回，非発生年で1回と，発生年で多かった。しかし，いずれも発生，非発生年で明確に異なる傾向とは認められなかった。

そこで，気温について，発生年，非発生年のそれぞれの3年平均値の経日変化をFig. 19に示した。図中の実線は発生年（3年平均），点線は非発生年（3年平均），破線は2011年の値を示しており，発生年の8月下旬の値が非発生年より 3°C 程度高かった。水温は気温と密接に関連しながら変動していること³⁾，この時期が当該海域における水温下降開始期にあたること（Fig. 20参照。）などから，通常であれば鉛直混合が開始される時期に，高い気温によって表層水温が高く維持され，表底層水温差が減少せずに貧酸素化が進行している可能性が考えられた。2011年は，8月における表底層密度差が非発生年の中でも高く，貧酸素化が進行しやすい年であったと考えられたが，Fig. 17に示した気温の経日変化では，8月下旬の気温は発生年に比べて低く，そのことが貧酸素化しなかったことの要因ではないかと考えられた。そこで，2011年の気象データをFig. 21に再び示した。この年の気温（日平均気温）は8月18日付近で 5°C 以上の低下を示しており，寒気の影響が窺える。このときの表層水温と気温の推移を

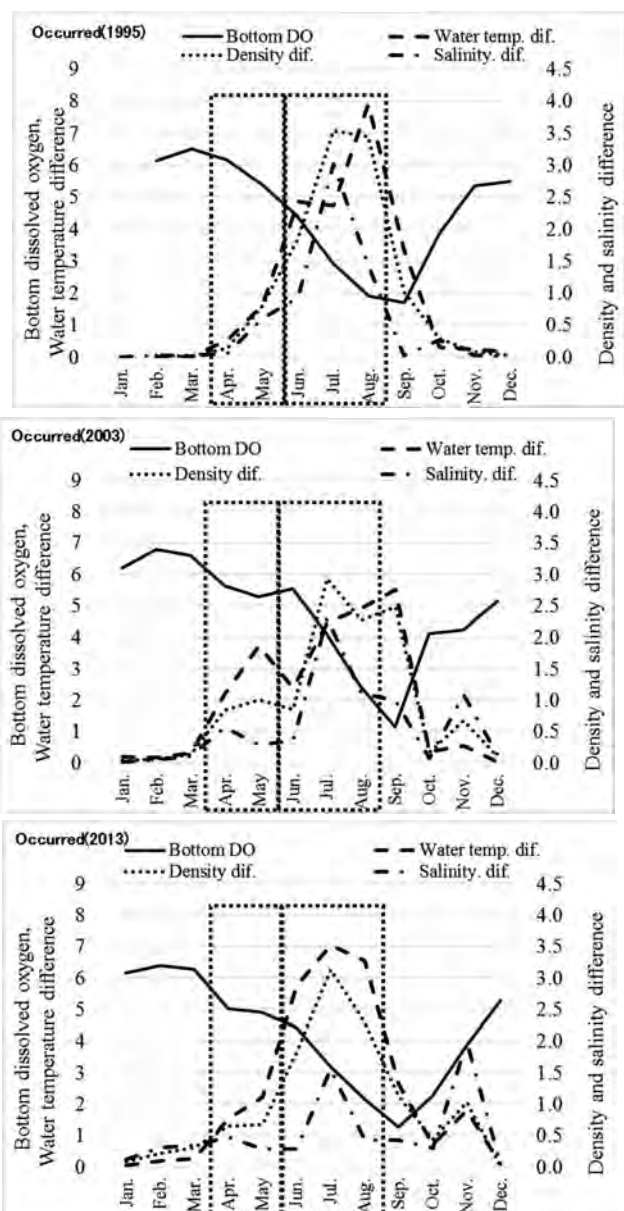


Fig. 15 Seasonal variation on factors related to bottom dissolved oxygen in years hypoxia occurred. Line shows bottom DO. Dotted line shows density difference, broken line shows water temperature difference and dotted broken line shows salinity difference between surface and bottom layer.

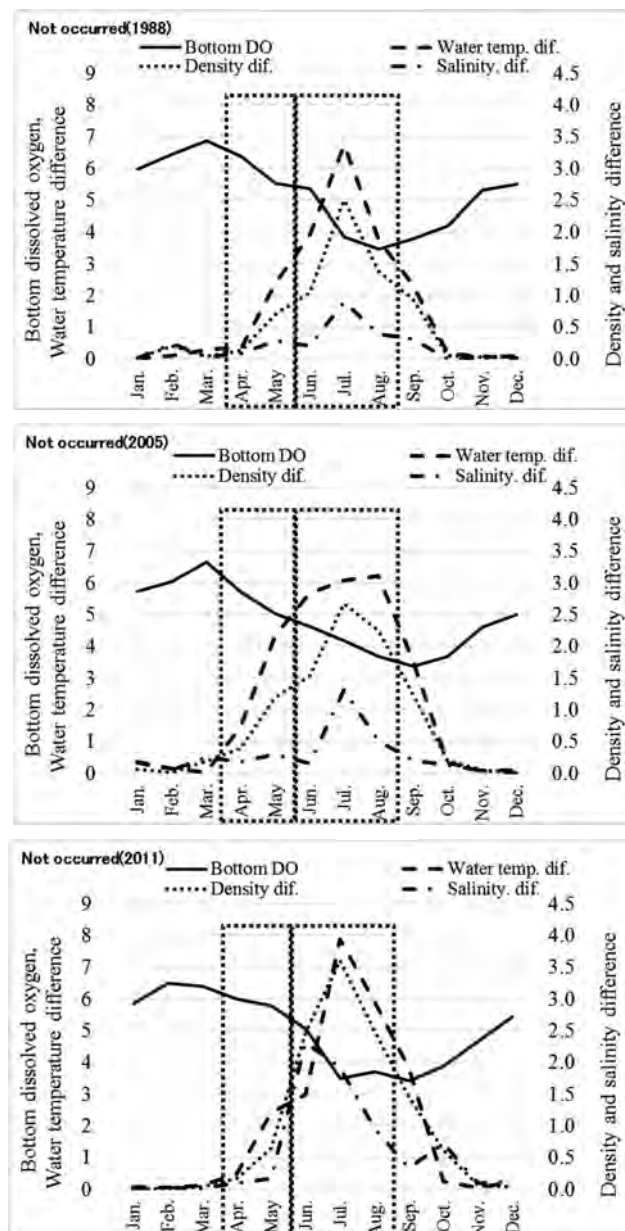


Fig. 16 Seasonal variation on factors related to bottom dissolved oxygen in years hypoxia not occurred. Line shows bottom DO. Dotted line shows density difference, broken line shows water temperature difference and dotted broken line shows salinity difference between surface and bottom layer.

Fig. 22に示す。8月18日付近の気温の急減の際に、表層水温は緩やかに下降し10日間で2.5℃程度低下した。この表層水温の低下は、Fig. 16に示した2011年8月に5℃程度であった表底層水温差を2分の1程度に減少させ、表底層密度差も同様に減少させたと考えられるため、底層における貧酸素化の進行を阻害した可能性が考えられた。

以上の結果から、当該海域は表底層密度差が水温と

塩分の両者の影響によって、春季から夏季にかけて徐々に増大し、そのために底層の貧酸素化が進行しやすい環境であることが明らかとなった。また、表底層密度差が上昇傾向にあることから、今後も貧酸素水塊が発生する可能性があると考えられる。しかし、一方で貧酸素化がそれほど進行しない年もあり、その場合は、8月下旬の水温下降開始期の気温の低下など、気

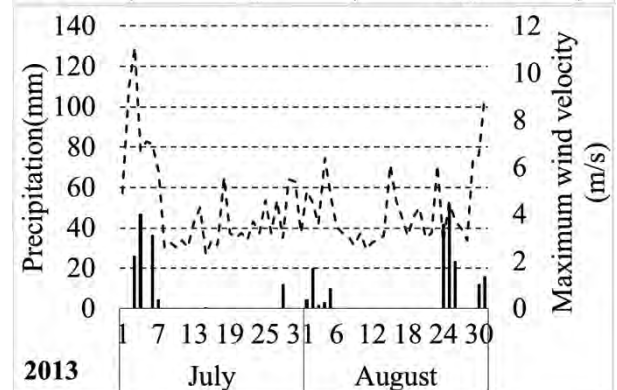
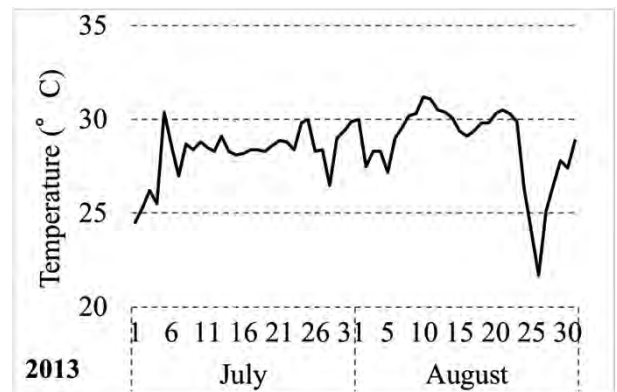
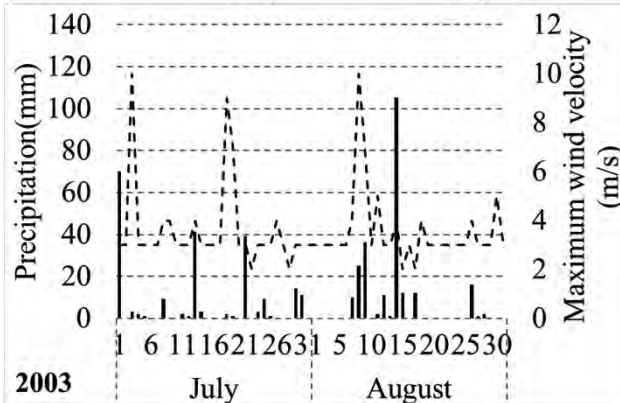
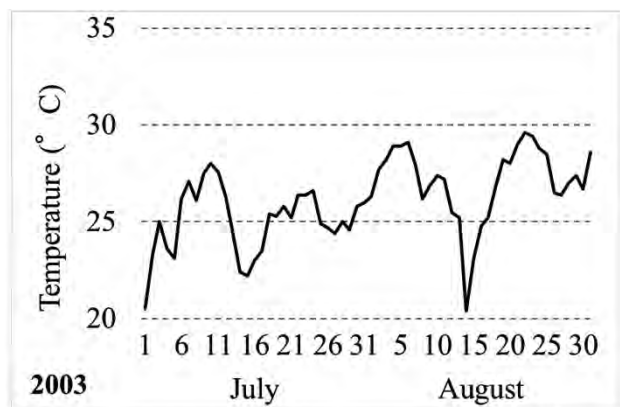
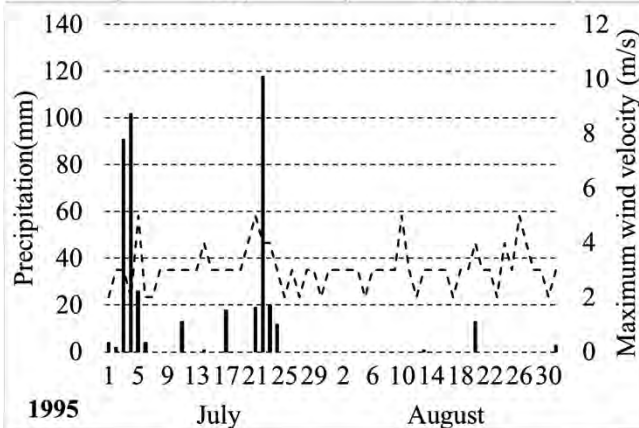
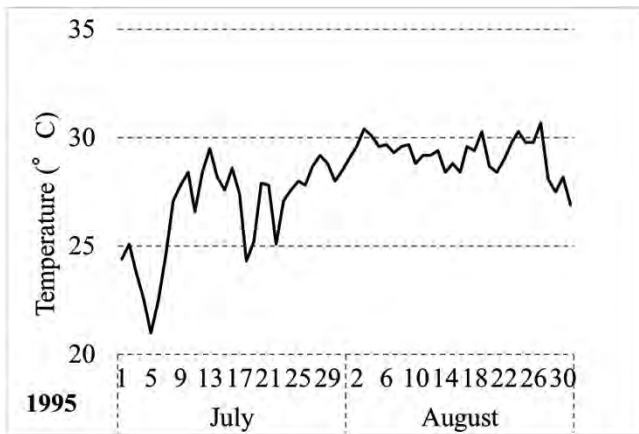


Fig. 17 Daily change in weather information (mean temperature, precipitation and maximum wind velocity) in 3 years hypoxia occurred. Line shows mean temperature. Broken line shows maximum wind velocity. Closed bar shows precipitation.

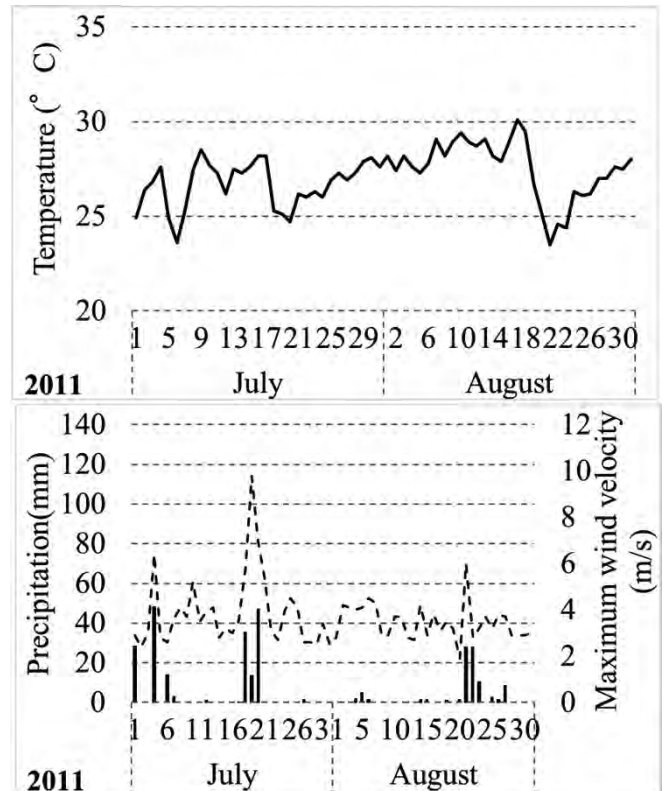
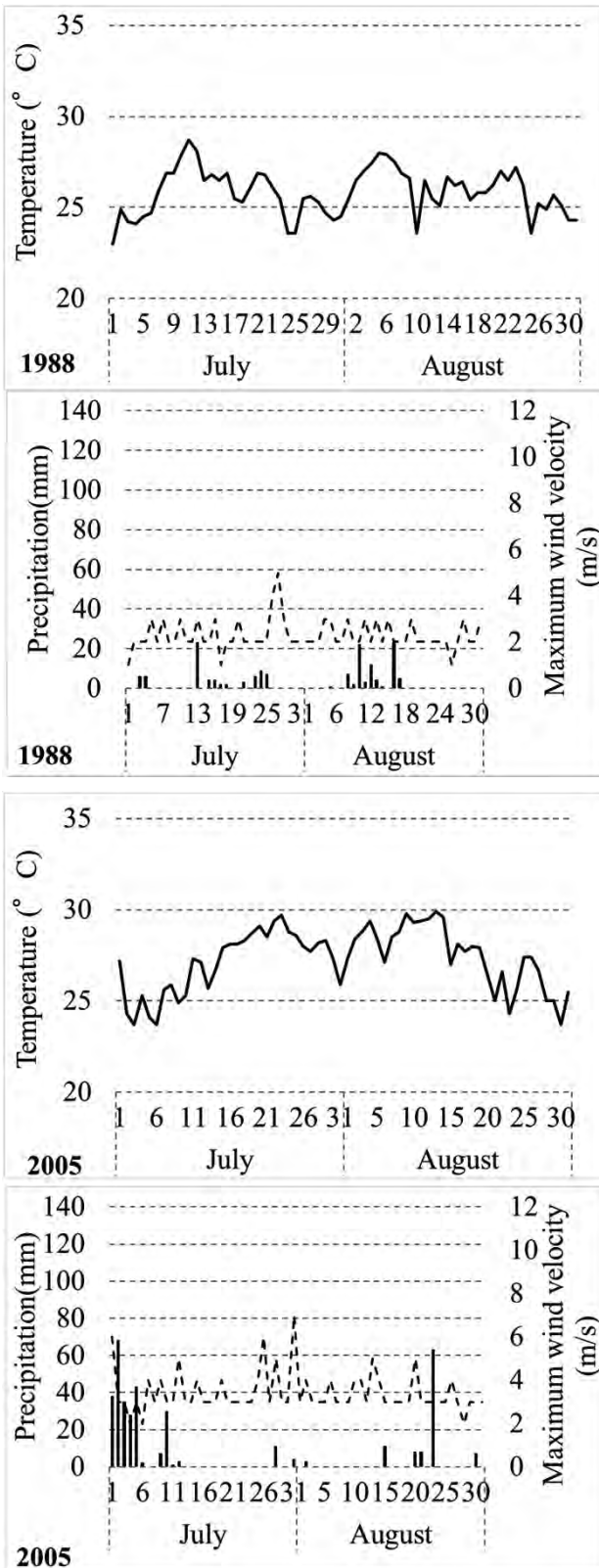


Fig. 18 Daily change in weather information (mean temperature, precipitation and maximum wind velocity) in 3 years hypoxia not occurred. Line shows mean temperature. Broken line shows maximum wind velocity. Closed bar shows precipitation.

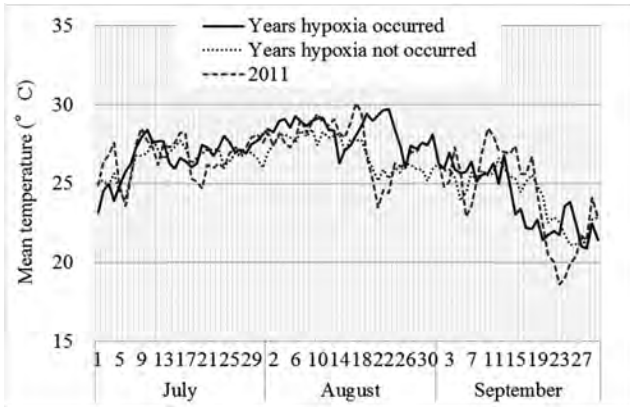


Fig. 19 Seasonal change of mean temperature in years hypoxia occurred or not occurred in summer. Line shows temperature in years hypoxia occurred (1995, 2003, 2013). Dotted line shows temperature in years hypoxia not occurred (1988, 2005, 2011). Broken line shows temperature in 2011.

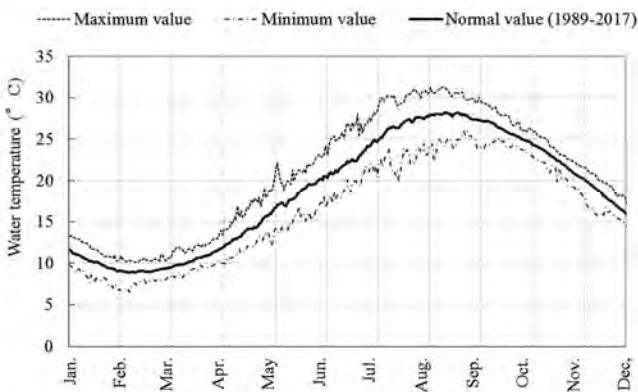


Fig. 20 Daily change of surface water temperature in Hiuchi Nada from 1989 to 2017. Line shows normal value. Dotted line shows maximum value. Broken and dotted line shows minimum value.

象現象が関わっていることが示唆された。今後、気候変動によって気温の上昇が続くと考えられる⁴⁾ことから、貧酸素水塊はますます発生しやすい環境になっていくと考えられるので、注意していく必要がある。

本研究では、貧酸素水塊の発生状況として、底層DO最低値が2.86mg/Lを下回ったケースについて整理したが、この値を上回っていても当該海域における夏季の底層DOは生物に悪影響を及ぼしている可能性が高い。例えば丸茂ら⁵⁾によれば、甲殻類の致死濃度は3.58mg/Lとされており、全ての年で当該海域の夏季の底層DO最低値は甲殻類の致死濃度を下回っていた (Table. 1)。このことは、非発生年であっても、当該海域における底層生物相には、少なからず影響があっ

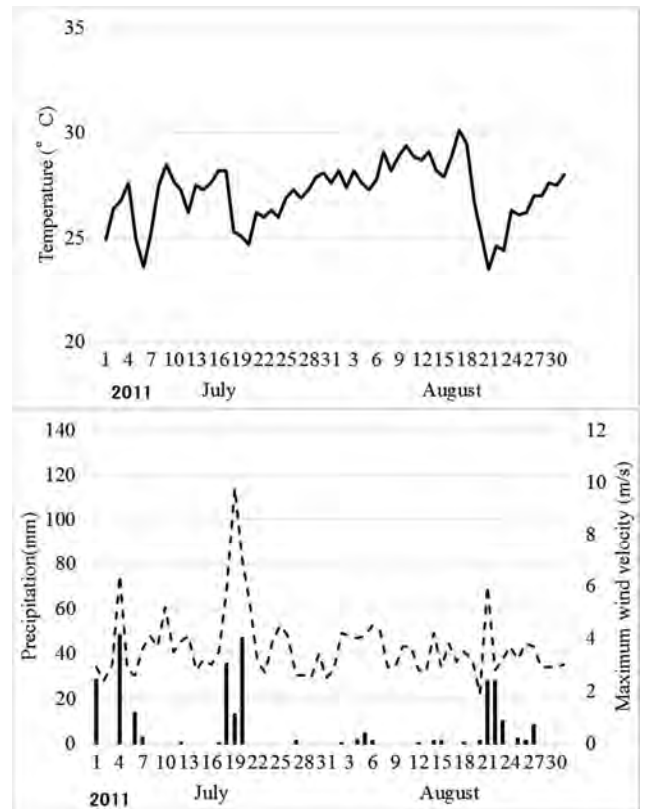


Fig. 21 Daily change of mean temperature in July and August in 2011. Line shows mean temperature. Broken line shows maximum wind velocity. Closed bar shows precipitation.

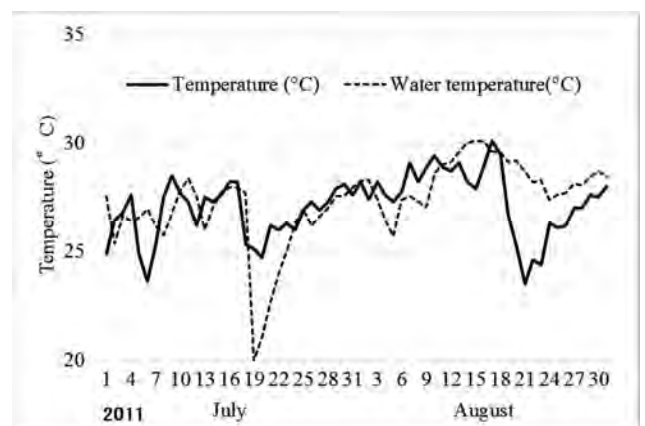


Fig. 22 Daily change of mean temperature and water temperature in July and August in 2011. Line shows mean temperature. Broken line shows water temperature of 1.5m depth at Ohama located at eastern part of Hiuchi Nada.

たことを示唆している。今後、さらに貧酸素化のモニタリングを継続するとともに、生物への影響についても研究を進め、貧酸素水塊の生物に対する影響緩和策

について検討することが求められる。

以上の結果を総合すると、燧灘東部海域は、表底層密度差が水温と塩分両者の影響によって春季から夏季にかけて徐々に増大し、底層の貧酸素化が進行しやすい環境であること、8月下旬の水温下降開始期の気温の低下など気象の変化によって貧酸素化が大きくは進行しない年があること、貧酸素水塊が発生していない年であっても、当該海域における底生生物相には、少なからず影響がある可能性が考えられた。

謝 辞

本研究は、長年にわたる浅海定線調査と水温定置観測業務の成果を活用したものであり、これら調査に携わった全ての関係者に対し心より謝意を表す。また、有益なご助言をいただいた香川大学農学部多田邦尚教授、国立研究開発法人水産研究・教育機構瀬戸内海区水産研究所阿保勝之博士に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 柳哲雄：2004, 貧酸素水塊の生成・維持・消滅機構と化学・生物的影響. 海の研究, **13** (5), 451-460.
- 2) 柳哲雄：2008, 瀬戸内海の海底環境. 1, 株式会社恒星社厚生閣, 東京, 77.
- 3) 和西昭仁：2004, 山口県周防灘海域における最近30年間の水温変動, 山口水研セ, **2**, 1-6.
- 4) 奥野員敏：2016, 気候変動に対応した作物育種. 沙漠研究, **26-1**, 27-34.
- 5) 丸茂恵右・横田端郎：2012, 貧酸素水塊の形成および貧酸素の生物影響に関する文献調査. 海生研研報, **15**, 1-12.

要 旨

燧灘東部海域における貧酸素水塊発生状況を長期的に整理・検討した結果、当該海域では表底層密度差が水温と塩分両者の影響によって春季から夏季にかけて徐々に増大し、底層の貧酸素化が進行しやすい環境であること、8月下旬の水温下降開始期の気温の低下など気象の変化によって貧酸素化が大きくは進行しない年があること、貧酸素水塊が発生していない年であっても、当該海域における底生生物相には少なからず影響がある可能性があることなどが明らかとなった。