

## 2013年夏季高温下における干潟温度環境

木村聡一郎

### Thermal Environment in the Tidal Flat under High Temperature in 2013 Summer

SOICHIRO KIMURA

大分県農林水産研究指導センター水産研究部浅海・内水面グループ

Shallow/Fresh Water Group, Fisheries Research Division

Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center

キーワード：夏季高温、地温、宇佐市地先

2013年夏季は全国的に記録的な猛暑となった<sup>1)</sup>。大分県農林水産研究指導センター水産研究部浅海・内水面グループ浅海チーム（以下、浅海チームと言う）が所在する大分県豊後高田市(図1.)においても、気象庁の気象統計情報によれば、月平均気温、日最高気温に関して、同年8月は観測史上上位にランクインしている(表1.)。

前報<sup>2)</sup>において、夏季高温とアサリ *Ruditapes philippinarum* への死の関連性について検討し、近年夏季の干潟域におけるアサリの生息環境は非常に厳しい高温条件下にあり、アサリ資源が低位のまま、回復しない一因として、夏季高温化による影響が示唆されるとしたが、この2013年猛暑の干潟温度環境を明らかにすることは、今後のアサリの資源動向や効果的な増養殖手法を検討するうえで、有用な基礎的知見となりうる。

そこで、本報では、2013年夏季の気象と干潟域の地温について、前年(2012年)夏季との対比を中心に取りまとめた。

## 方 法

解析に用いた気象データは、気象庁ホームページの気象統計情報を用いた。

況

地温データは、浅海チーム実施の豊前海アサリ現存量調査<sup>3,4)</sup>の一環で収集したものを用いた。

潮汐データは、浅海チーム発行の潮汐表(豊後高田港換算)を用いた。

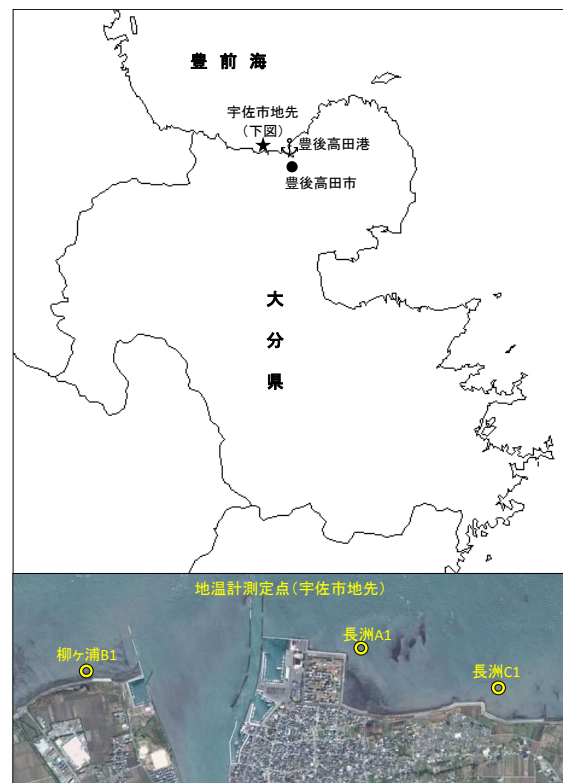


図1. 位置図

表1. 豊後高田市の高気温に関する観測史上上位の状況

要素名/順位	1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位	9位	10位	統計期間
月平均気温	28.6 (2010/8)	28.2 (2013/8)	28.2 (1998/8)	28.2 (1995/8)	28.2 (1994/8)	28.2 (1994/7)	28.1 (2004/7)	27.9 (2006/8)	27.8 (2007/8)	27.8 (1990/8)	1977/2
日最高気温	37.4 (1994/7/17)	36.4 (2013/8/20)	36.2 (2010/8/24)	36.2 (2010/8/19)	36.1 (2013/8/21)	36.1 (2010/8/23)	36.1 (2006/8/9)	36.0 (2010/8/16)	36.0 (2004/7/24)	35.9 (2013/8/17)	~ 2013/12
											上段:気温(°C) 下段:記録年/月/日

**気温の長期変動** 豊後高田市(図1.)における1980～2013年の気温データを整理し、月別平年値、月別平均値、月別偏差、年平均値を求めた。月別偏差には25ヵ月移動平均をかけて、2年以下の時間スケール変動を取り除いた。また、年平均値、8月平均値から、最小二乗法を用いた一次回帰直線により上昇率を算出した。

**2012・2013年8月の気象** 豊後高田市における2012年、2013年8月の気温の毎時データを整理し、毎時平均値、日平均値を求めた。また、降水量、日照時間の各データを整理した。

**2012・2013年8月の地温** 宇佐市地先(図1)に設定されている長洲A1、柳ヶ浦B1、長洲C1の3定点における2012年、2013年8月の地温の毎時データを整理した。

なお、表2.に示したとおり、2012年8月の計測定点は長洲C1のみである。また、計測に用いたデータロガーの設置位置により(図2.)、2013年8月の長洲C1データは底質表面を計測したもの(以下、地表温と言う)、他データは底質下4～5cmの泥中を計測したもの(以下、地中温と言う)となる。

さらに、地温計測した宇佐市地先最寄りの豊後高田港(図1.)における2013年8月の潮汐データも併せて整理し、潮汐・気象と地温変動との関連性や夏季高温が地温に及ぼす影響等について検討した。

## 結 果

**気温の長期変動** 豊後高田市における1980～2013年の気温の月別平年値を図3.に示した。月別平年値は、1月に最低値5.0℃、8月に最高値26.9℃となった。

各年気温の月別平均値の推移を図4.に示した。月別平均値は2.4～28.6℃の範囲で季節変動した。

季節変動成分を取り除いた、各年気温の月別偏差と、その25ヵ月移動平均の推移を図5.に示した。気温の長期変動傾向として、1988年までは負偏差が継続し、1989～1997年は偏差±0付近での上下変動となり、1998年か

ら2009年までの間は正偏差が継続し、2010年以降は負偏差寄りの変動となった。

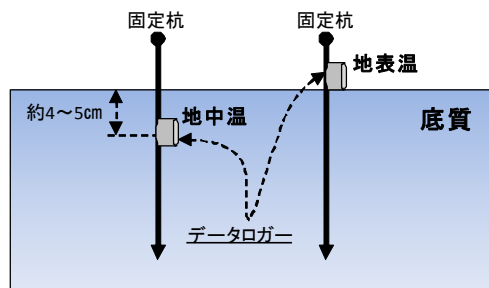


図2. データロガー設置位置の模式図

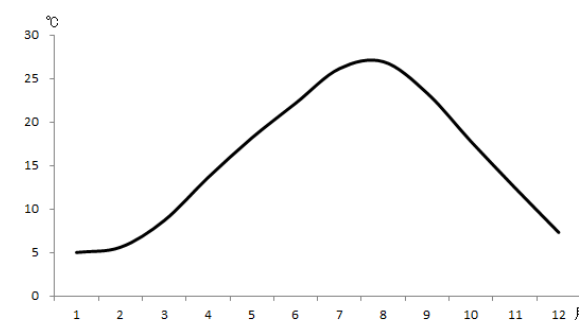


図3. 1980～2013年気温の月別平年値（豊後高田市）

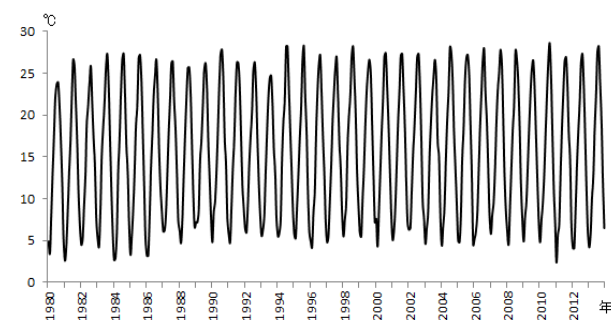


図4. 1980～2013年気温の月別平均値の推移（豊後高田市）

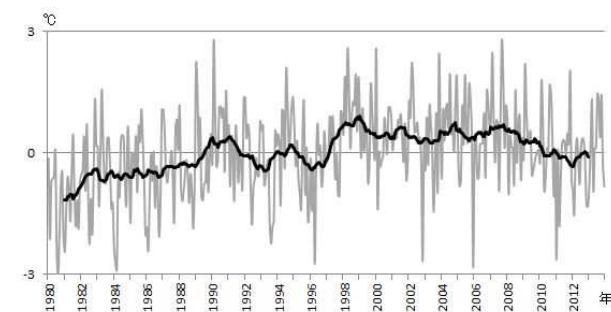


図5. 1980～2013年気温の月別偏差・25ヵ月移動平均の推移（豊後高田市）

表2. 解析に用いた地温データ

定 点	2012年8月	2013年8月
長洲A1	砂原	地中温(長洲A1-13U)
柳ヶ浦B1	砂原	地中温(柳ヶ浦B1-13U)
長洲C1	石原	地中温(長洲C1-12U) 地表温(長洲C1-13S)

( )内はデータ名

各年気温の年平均値，8月平均値の推移を図6に示した。両者ともに長期的な上昇傾向が認められ，単純に一次回帰直線により算出した上昇率は年平均が0.034℃/年，8月平均が0.051℃/年となった。

**2012・2013年8月の気象** 豊後高田市における8月の気温について，2012年は平均値27.3℃，偏差0.37℃，2013年は平均値28.2℃，偏差1.27℃であった(図4.-6.)。

2012年，2013年8月の気温の毎時平均値を図7.に示した。両年ともに6時が最低値となったが，最高は2012年が14時，2013年が15時の値となった。毎時気温はいずれも2012年より2013年の方が高く，特に13～21時の間の温度差が比較的大きかった。

2012年，2013年8月の気温の経時変化(図8.)から，日平均値，日最高値，日最低値をそれぞれ求め，図9.に示した。

2012年の日平均値は26.0～28.9℃，2013年は23.4～30.2℃の範囲となった。2013年は，2012年の日平均で最も高い値28.9℃を上回る日が期間中14日あった。

2012年の日最高値は29.2～34.4℃の範囲となり，30℃以上の真夏日は期間中28日あった。2013年では25.8～36.4℃の範囲となり，真夏日が26日あり，うち35℃を超える猛暑日が11日あった。

2012年の日最低値は20.6～25.1℃，2013年は19.5～26.1℃の範囲となり，両年ともに23～25℃台であることが多かった。

2013年8月の気温は2012年と比較し，月下旬に比較的低温の日はみられたが，上旬から中旬にかけて全般的に高温で推移した(図8.、図9.)。

2012年，2013年8月の降水量の推移を図10.に示した。2012年は期間中12日の降雨があり，月積算降水量は74.5mm，2013年は8日の降雨で，月積算167.5mmであった。2012年の降雨が月上・中・下旬にみられたのに対し，2013年ではほとんどが下旬に集中した。

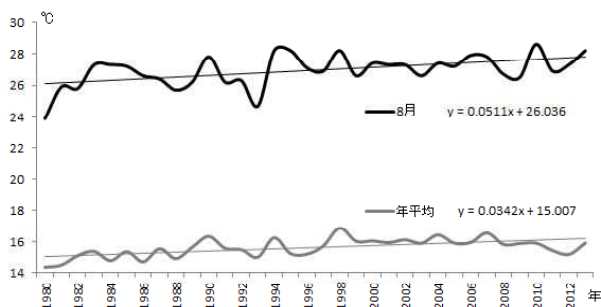


図6. 1980～2013年気温の年平均値，8月平均値の推移(豊後高田市)

2012年，2013年8月の日照時間の推移を図11.に示した。2012年の平均日照時間は6.5h/日，2013年は7.9h/日であった。期間中，日照時間10h/日を超えたのは，2012年が6日，2013年が13日あった。

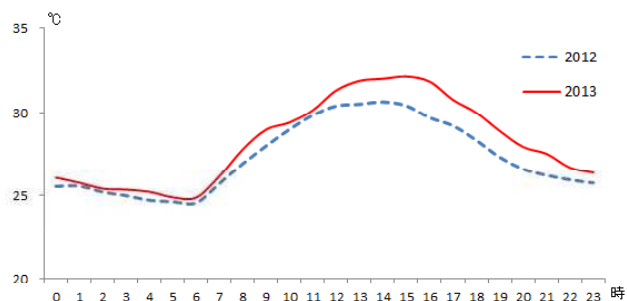


図7. 2012・2013年8月の気温の毎時平均値(豊後高田市)

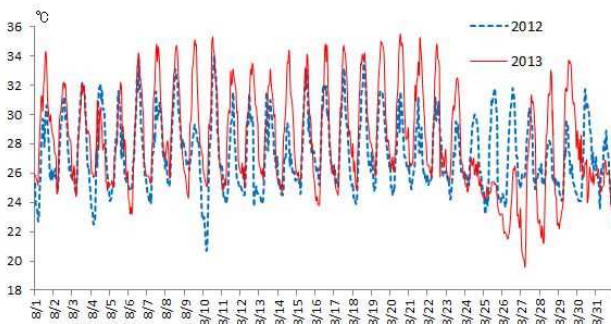


図8. 2012・2013年8月の気温の経時変化(豊後高田市)

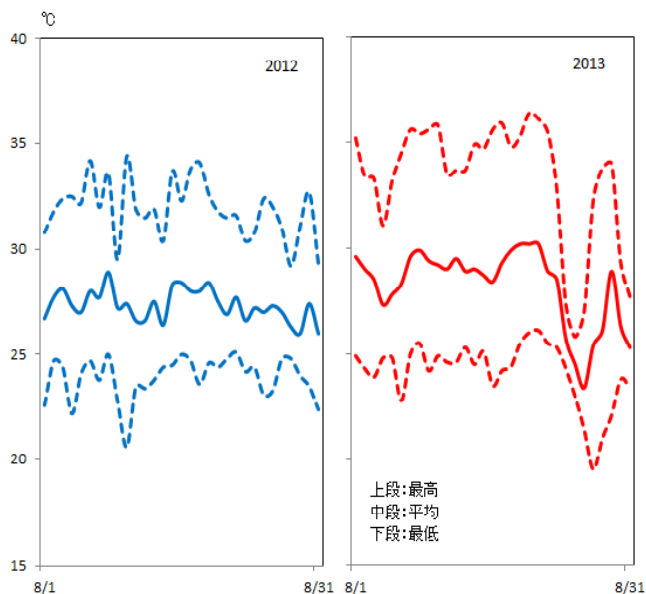


図9. 2012・2013年8月の気温の日平均・最高・最低値(豊後高田市)

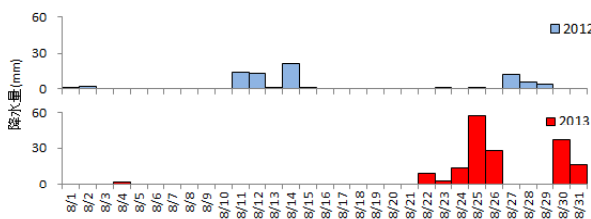


図10. 2012・2013年8月の降水量の推移（豊後高田市）

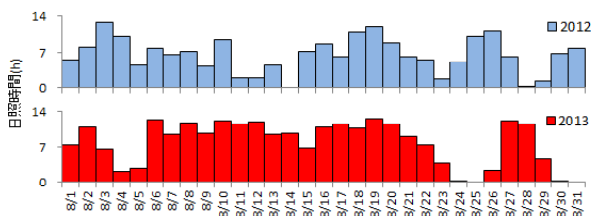


図11. 2012・2013年8月の日照時間の推移（豊後高田市）

**2012年8月の地温** 宇佐市地先の長洲C1における2012年8月の地中温（以下、長洲C1-12Uと言う）の経時変化を図12. に示した。長洲C1-12Uは24.1～32.1℃の範囲となり、26～29℃台であることが多かった。各日30℃を超える時間帯が確認されたのは、月中旬を中心に9日あった。

**2013年8月の地温** 宇佐市地先の長洲A1、柳ヶ浦B1における2013年8月の地中温（以下、それぞれ長洲A1-13U、柳ヶ浦B1-13Uと言う）の経時変化を図13. に示した。長洲A1-13Uは26.2～37.2℃、柳ヶ浦B1-13Uは24.2～39.0℃の範囲となり、各日30℃を超える時間帯が確認されたのは、いずれも27日あり、うち35℃を超えたのは、長洲A1-13Uが4日、柳ヶ浦B1-13Uが17日あった。

長洲C1における2013年8月の地表温（以下、長洲C1-13S）の経時変化を図14. に示した。長洲C1-13Sは21.9～42.1℃の範囲となり、各日30℃を超える時間帯が確認されたのは28日あり、うち35℃を超えたのが20日、さらにそのうち40℃を超えたのが8日あった。

2013年8月の地温は3定点ともに29～31℃台であることが多く、変動傾向も似通ったが、日最高、日最低となる時間帯付近の温度差が比較的大きく、日変動の振幅に開きがみられた。

これに関連し、各定点の地温の日最高値、日最低値の推移を図15. に示した。三者の変動は、概ね長洲C1-13S、柳ヶ浦B1-13U、長洲A1-13Uの順で、日最高値と日最低値の差が大きくなる日が多くみられ、各定点で日較差に開きがみられた。

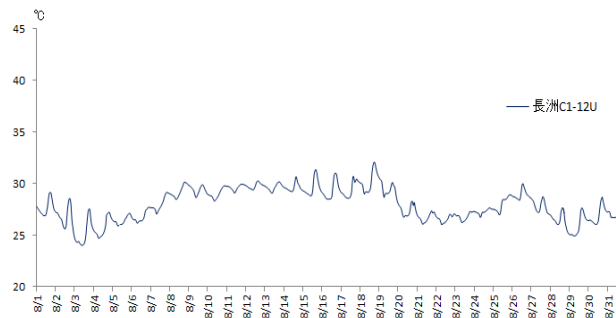


図12. 2012年8月の長洲C1における地中温の経時変化

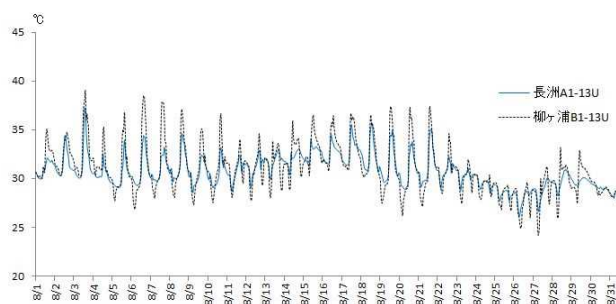


図13. 2013年8月の長洲A1、柳ヶ浦B1における地中温の経時変化

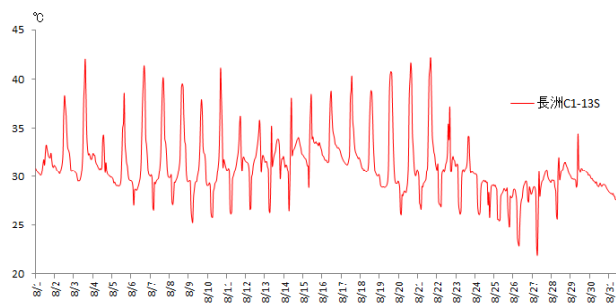


図14. 2013年8月の長洲C1における地表温の経時変化

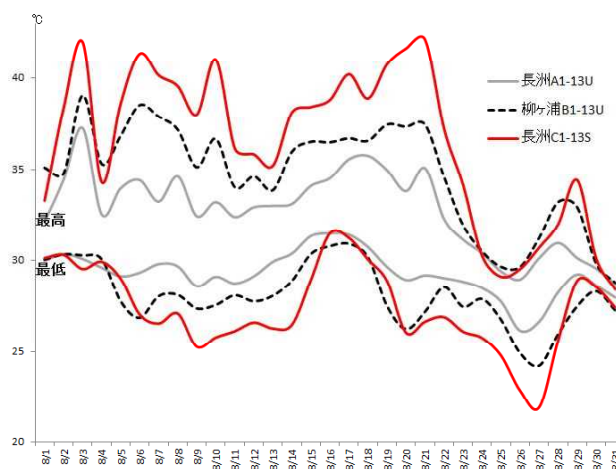


図15. 2013年8月の宇佐市地先各定点における地温の日最高・最低値の推移

## 考 察

豊後高田市における気温の長期変動は明らかな上昇傾向を示し、夏季8月の上昇率も高いことが認められ(図5., 図6.), これらは県下の佐伯市<sup>5)</sup>, 大分市<sup>6)</sup>, 中津市<sup>2)</sup>における状況とほぼ一致している。

豊後高田市において2013年8月は2012年と比較し、高温な気象状況下であり、特に月上旬から中旬にかけては、晴天続きで降雨がほとんどなく、猛暑日も当該期間に集中している(図7.-11.)。

夏季高温が認められる2013年8月の干潟温度環境について、ここでは、地温の日変動の振幅・日較差が大きく(図14., 図15.), 潮汐・気象による影響を最も受けていると考えられる長洲C1-13Sを選定し検討する。

図16. は、長洲C1-13Sにおける地表温の経時変化(図14の時間軸拡大)に、気温、日照時間の経時データを加えたものである。また、表3. に豊後高田港における2013年8月の干潮の時刻・潮位を示す。

これをみると、地表温は干潮付近において急な一峰型、あるいは一谷型の変動を示す日が確認され、当該潮位が概ね130cm以下になるとその変動は顕著となり、逆にそれを超えると変動はないか、緩慢となる。このことから、長洲C1における干出と冠水の境が潮位130cmにあると仮定し、干潟域の干出時における地表温変動と気温、日照との関わりについてみると、以下のとおりであった。

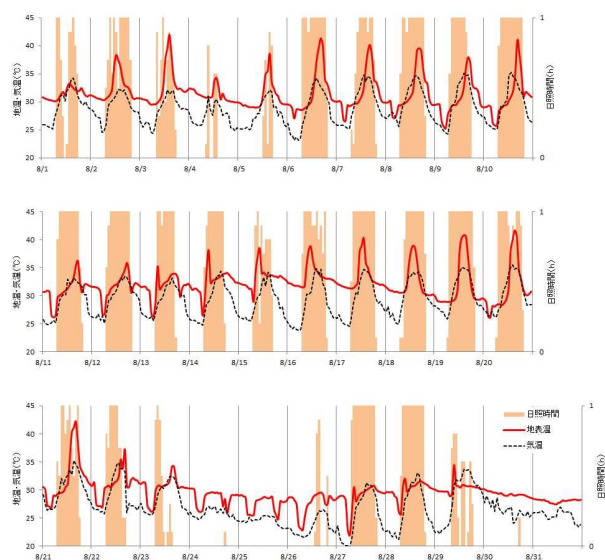


図16. 2013年8月の長洲C1における地表温・気温・日照時間の経時変化

2~6時頃の干潮で干出する場合、地表温は未明から明け方の低気温を反映し一谷型の変動となる。なお、地表温の一谷型の底値が気温の値以下になることはほとんどなかった。

9~18時頃の干潮で干出する場合、地表温は日中の高気温と日照の影響を受け一峰型の変動となるが、日照が少なれば上昇幅は小さくなり、さらに日照のない低気温時では一谷型の変動に変わる。なお、地表温の一峰型のピーク値は気温の値を大きく超えることが多かった。

7~8時頃の干潮で干出する場合、上記2型の合体系、すなわち地表温は明け方の低気温を反映し急降下するものの、その直後に日照等の影響を受け急上昇する変動となる。

なお、地中温(長洲A1-13U, 柳ヶ浦B1-13U)に関しても(図13.), 長洲C1-13Sと同様の変動傾向が認められるが、その上下振幅は地表温に比べて比較的小さい。これら3地点間にみられる地温の日変動の振幅・日較差の開きに関しては、長洲C1-13Sと柳ヶ浦B1-13Uは地表温と地中温の違い、ともに地中温である柳ヶ浦B1-13Uと長洲A1-13Uは地盤高の高低が、主に効いていると推察される。

このように、夏季高温下において干出時の地温は、潮汐・気象の影響を受け、特徴的な変動パターンを示すことが認められ、より高地盤域、より底質上層において、その変動パターンは顕著に現れることが伺える。

表3. 2013年8月の豊後高田港における潮汐表(干潮時)

	干潮		干潮	
	時刻	潮位(cm)	時刻	潮位(cm)
8/1	10:49	123	23:54	189
8/2	-	-	12:02	112
8/3	1:00	175	12:57	95
8/4	1:43	157	13:41	79
8/5	2:17	142	14:19	64
8/6	2:47	127	14:53	53
8/7	3:17	114	15:26	46
8/8	3:47	102	15:58	45
8/9	4:19	93	16:30	50
8/10	4:51	86	17:03	61
8/11	5:25	83	17:37	77
8/12	6:01	83	18:14	99
8/13	6:41	87	18:57	125
8/14	7:29	94	19:52	154
8/15	8:31	102	21:13	175
8/16	9:55	103	23:00	178
8/17	11:26	89	-	-
8/18	0:25	160	12:39	66
8/19	1:25	134	13:38	43
8/20	2:13	109	14:27	26
8/21	2:56	86	15:11	20
8/22	3:35	70	15:52	24
8/23	4:14	60	16:29	40
8/24	4:51	58	17:05	64
8/25	5:27	64	17:40	91
8/26	6:04	74	18:13	121
8/27	6:41	91	18:50	151
8/28	7:25	109	19:36	178
8/29	8:23	127	21:02	198
8/30	9:53	135	23:29	195
8/31	11:26	129	-	-

■ : 潮位130cm未満

次に、2013年8月の長洲C1における干潟温度環境について、対前年比較により検討する。地温データは、2012年が地中温、2013年が地表温であるため、地表温においては、特に干出時に地中温より気温や日照の影響を強く受けることから、その影響を取り除き、出来るだけ両者を同列上に並べるため、以下の処理を行った。長洲C1の地温のうち、干潟が常に冠水状態にある満潮時に最も近いデータを拾い、満潮が2回ある日は当該2データの平均値を、満潮が1日1回の場合は当該1データ値を地温とした。

この方法により求めた長洲C1における2012年、2013年8月の満潮時地温の推移をみると(図17.)、2012年地温が24.9～29.9℃の範囲、平均27.9℃であるのに対し、2013年では28.2～32.7℃の範囲、平均30.3℃と高く、また、2012年は期間中30℃を超えた日がないのに対し、2013年では18日ある。

この長洲C1の満潮時地温と豊後高田市気温の日平均値(図9.)との関係をみると(図18.)、地温30℃を超える日の気温は28℃を超えている場合が多く、月平均気温28.2℃となった2013年8月の地温は2012年と比較し、かなり高温な状況にあったことが認められる。また、2013年においては、気温が26℃を下回るような日でも地温は常時28℃以上あることから、高気温日が継続することで、地温は高止まり傾向を示すことが伺われる。

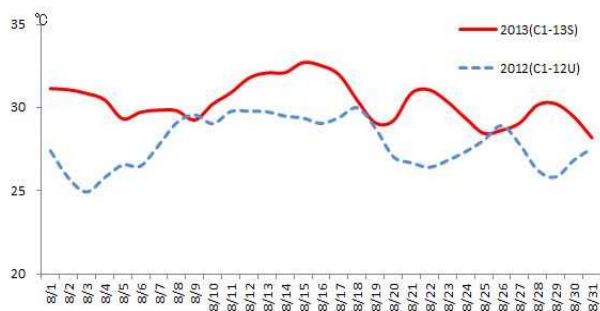


図17. 2012・2013年8月の長洲C1における地温(満潮時)の推移

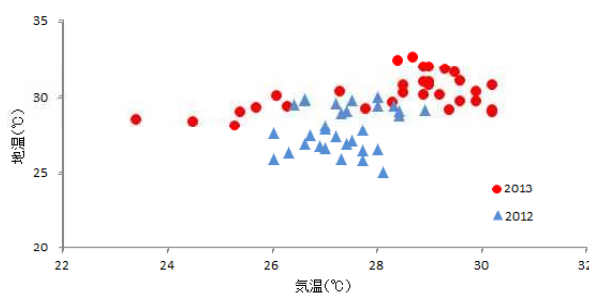


図18. 2012・2013年8月の長洲C1における地温(満潮時)と豊後高田市気温との関係

この満潮・冠水時の地温について、地表温では水温を意味し、地中温においても水温をよく反映していると考えれば、2013年8月の宇佐市地先の海水温は2012年と比較し、かなり高温であったと言い換えることが出来る。

水温と気温との関連性に関する解析事例<sup>5-8)</sup>によると、両者間には高い相関があり、水温は気温の影響を受けながら変動するとされ、また、岩男<sup>9)</sup>は半閉鎖的な周防灘大分県沿岸域の水温は気温の影響を強く受けて変動するとしており、今回、2013年8月猛暑が干潟温度環境に及ぼした影響も大きいと考えられる。

今後は、このような高温の干潟環境が、そこに分布する、幼生から成貝に至る各成長段階のアサリの行動(生理・生態)に対し、どのような影響を与えるか検討を進めながら、アサリの資源回復に向けた取り組みと関連付けしていくことが課題となる。

## 摘要

2013年8月猛暑の気象・海象データを整理し、夏季高温下における干潟温度環境について取りまとめた。

- 1) 豊後高田市における1980～2013年の気温の長期変動は明らかな上昇傾向を示した。
- 2) 豊後高田市において2013年8月は2012年と比較し、高温な気象状況下にあった。
- 3) 2013年8月の宇佐市地先における干出時の地温は、潮汐・気象の影響を受けながら、特徴的な変動パターンを示した。
- 4) 宇佐市地先において2013年8月の地温(海水温)は2012年と比較し、かなり高温な状況にあった。
- 5) 2013年8月猛暑が干潟温度環境に及ぼした影響は大きいと考えられた。

## 引用文献

- 1) 水産庁. 平成25年(2013年)夏の日本の極端な天候について 異常気象分析検討会の分析結果の概要. 報道発表資料2013.
- 2) 木村聡一郎. 夏季高温下におけるアサリのへい死. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編)2014;4:1-8.

- 3) 木村聡一郎. 豊前海におけるアサリ資源回復に関する調査研究-2 豊前海アサリ現存量調査. 平成24年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告2013; 204-206.
- 4) 木村聡一郎. 地域重要魚介類の資源動向及び回復施策に関する研究-7. 豊前海アサリ現存量調査. 平成25年度大分県農林水産研究指導センター水産研究部事業報告2015;174-176.
- 5) 行平真也. 1977年～2012年における大分県佐伯湾奥の表層水温の長期変動. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編)2013;3:1-5.
- 6) 野田誠, 行平真也. 別府湾における表層水温と塩分の長期変動. 大分県農林水産研究指導センター研究報告(水産研究部編)2013;3:7-11.
- 7) 和西昭仁. 山口県周防灘海域における最近30年間の水温変動. 山口県水産研究センター研究報告2004;2:1-6.
- 8) 和西昭仁. 山口県秋穂湾における水温の長期変動と気温の影響. 山口県水産研究センター研究報告2008; 6: 11-18.
- 9) 岩男昂. 周防灘大分県沿岸域の水質変動. 大分県海洋水産研究センター調査研究報告2001;3:19-25.