

気候変動が児島湖の表層水温に及ぼす影響

野上 祐作

岡山理科大学理学部生物化学科

(2013年9月27日受付、2013年11月5日受理)

1. はじめに

地球温暖化などの近年の気候変動は、水温の上昇、水質・水域の変化など、水環境に様々な影響を引き起こす可能性がある。そして、気候変動が日本の湖沼に及ぼす影響に関する報告も見られる¹⁾。岡山市においても地球温暖化対策実行計画の中で、1980年代からの年平均気温の上昇が指摘されている²⁾。

岡山県には、1962年に県南部に人工的に造られた児島湖がある。児島湖は、岡山県南部に位置する児島湾の奥部を締め切って造られた人造湖であり、水深は締切り堤防付近を除いて2m前後と浅い。そして、灌漑期と非灌漑期で湖面の水位が異なり、前者は後者に比べ30cm高い。しかし、灌漑期には流域河川からの農業用水が導入され、非灌漑期に比べ滞留時間が短い。このような特徴を有する湖沼の表層水温の動向は、自然由来の湖沼のそれとは異なると思われる。

児島湖の湖沼水質保全計画が進行する中で、過去21年間にわたって、毎月1回、児島湖の湖心、笹ヶ瀬川及び倉敷川の両河口部の3地点において湖面の気温及び表層水温のデータの収集を行ってきた。これらのデータを活用して、児島湖への気候変動の影響に関する解析を試みた。

2. 解析方法

児島湖湖心、笹ヶ瀬川河口部、倉敷川河口部の3地点(図1参照)において、1992年から2012年にかけて、毎月1回、午前10時前後に湖面の気温及び表層水温を測定してきた。なお、気温は棒状温度計で湖面から1m上のところで測定された。水温は表層水をポリバケツに採取し、棒状温度計で速やかに測定された。

それらの気温と水温の測定値を用いて、各地点別に21年間の月別平均値及び年別平均値を算出し、それらの動向について解析した。合わせて、気温、水温の最高値と最低値の年変化についても同様の解析を試みた。

気候変動の影響を検証する手順として、まず、児島湖で測定された気温(午前10時頃の測定値)と岡山地方気象台の午前10時の気温³⁾との比較を行なった。そして、児島湖での気温と水温の関係について解析した。

さらに、児島湖は、農業用水の確保を目的として人工的に建造された湖であるため、灌漑期(6月～9月)と非灌漑期(灌漑期以外)を有する。そして、灌漑期には笹ヶ瀬川と倉敷川から農業用水が供給されるため、この2つの時期で滞留時間が異なる。そこで、灌漑期と非灌漑期に分けて水温の平均値、最高値及び最低値の経年変化について検討した。

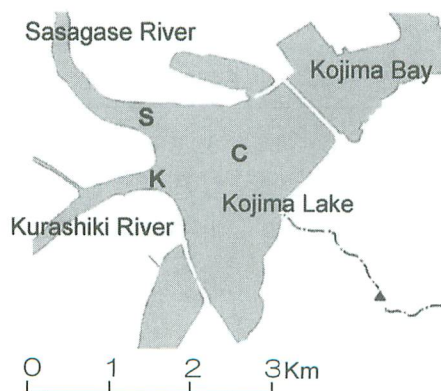


図1 児島湖湖心(C)、笹ヶ瀬川河口(S)及び倉敷川河口(K)の位置図

3. 結果及び考察

3.1. 気温及び水温の月別平均値の変化及び年平均値の推移

【湖心】

午前10時前後に測定された湖心の気温の平均月変化（1992年～2012年）を図2に示した。7月、8月の平均気温は30℃を超え、1月には5℃付近まで低下している。灌漑期（6月～9月）には25℃以上を示した。

同様に、表層水温の平均月変化を図3に示した。変動幅はやや小さいものの気温と極めて類似した変化を示した。このことは、湖心の表層水温は気温に強く依存していることを示唆する。

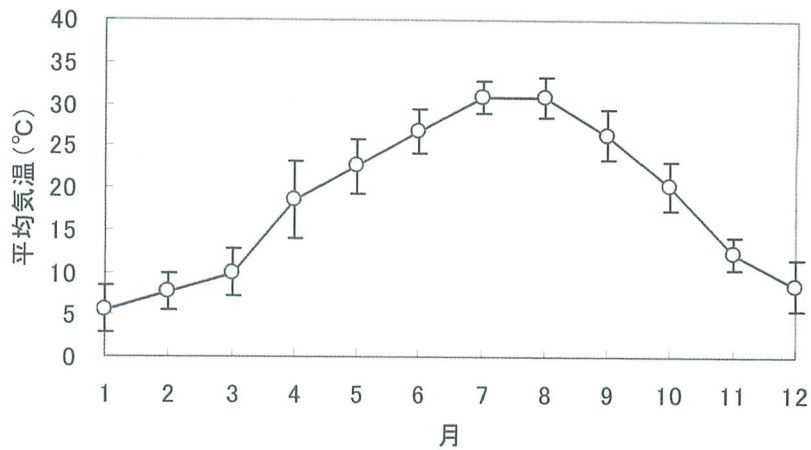


図2 湖心の月別平均気温の変化

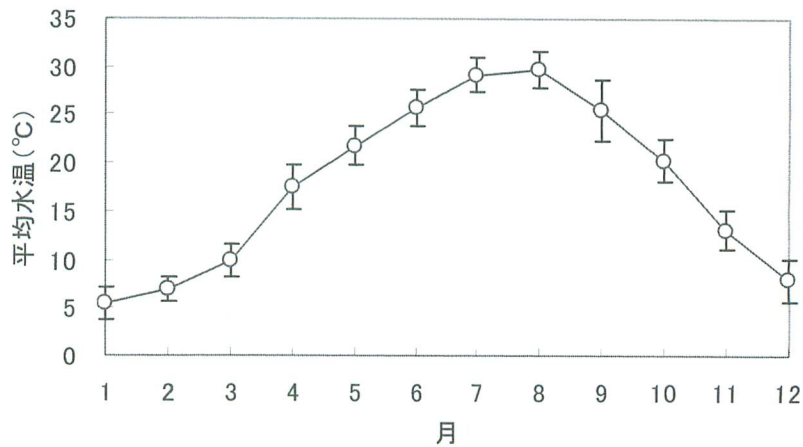


図3 湖心の月別平均水温の変化

次に、1992年～2012年までの21年間の気温の年平均値の推移を図4に示した。午前10時前後の湖面の年平均気温は、18℃付近でほぼ横ばい状態で推移している。

同様に、表層水の年平均水温の推移を図5に示した。その年平均水温は、気温よりやや低く、17.5℃付近で推移していた。しかし、20年間のトレンドでみると、10年間で約0.4℃上昇していた。

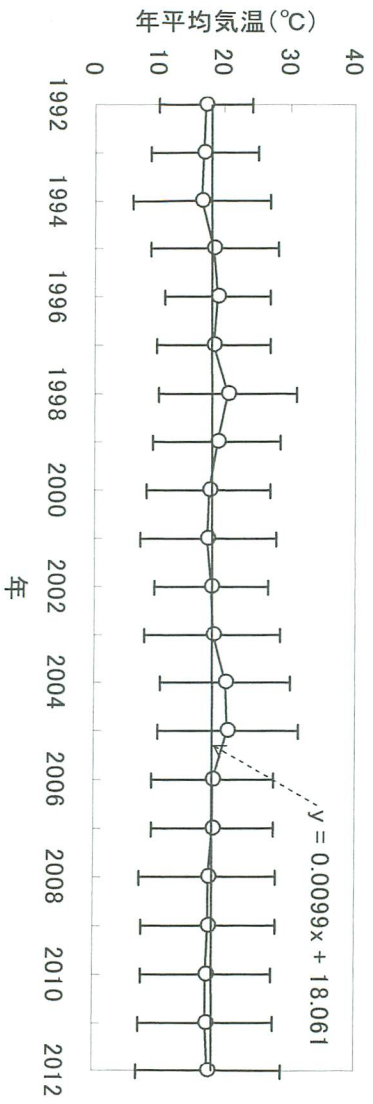


図4 湖心の年別平均気温の変化

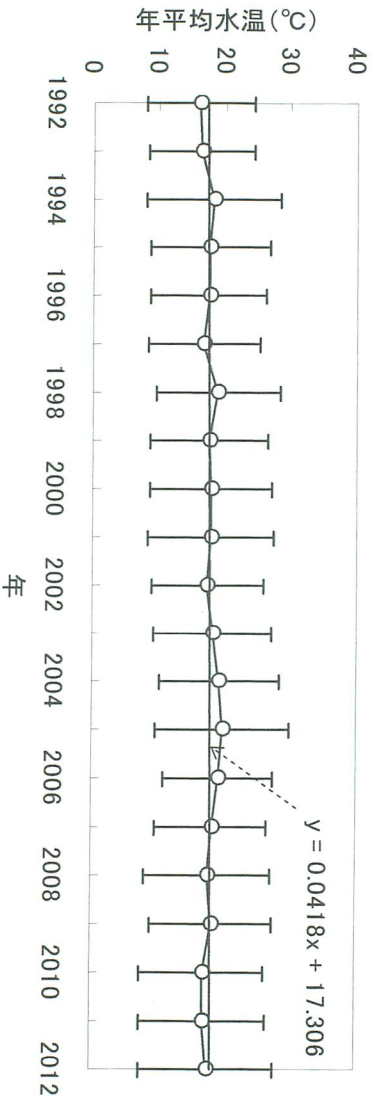


図5 湖心の年別平均水温の変化

【笹ヶ瀬川河口部】

午前10時前後に測定された笹ヶ瀬川河口部の気温の平均月変化（1992年～2012年）を図5に示した。湖心と同様、7月、8月の平均気温は30°Cを超え、1月には5°C付近まで低下している。変化パターンは湖心と極めて類似している。

同様に、表層水温の平均月変化を図6に示した。変動幅はやや小さいものの気温と極めて類似した変化を示していた。

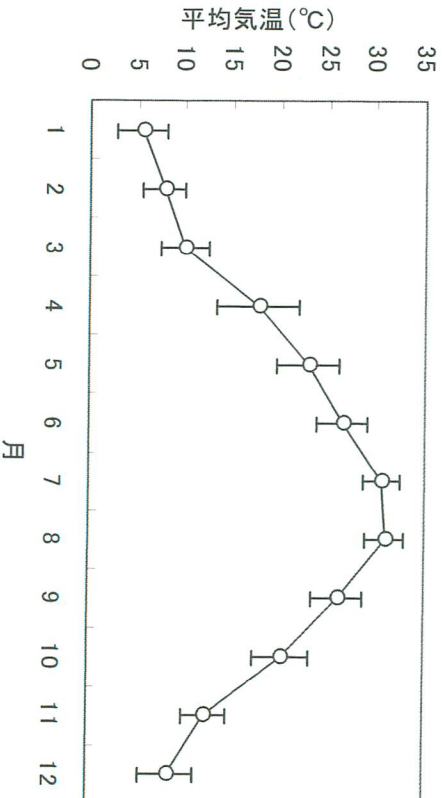


図5 笹ヶ瀬川河口部の月別平均気温の変化

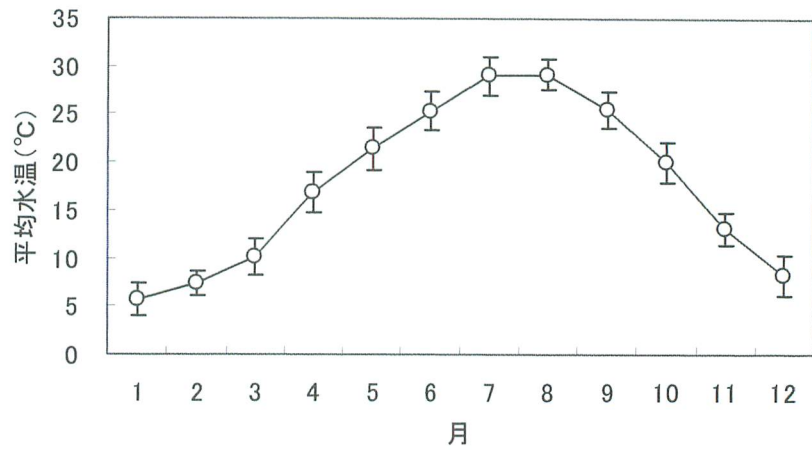


図5 笹ヶ瀬川河口部の月別平均水温の変化

次いで、1992年～2012年までの21年間の午前10時前後の笹ヶ瀬川の気温の年平均値の推移を図6に、表層水温の年平均値の推移を図7に示した。湖面の年平均気温は、湖心の場合と同じく18°C付近でほぼ横ばい状態で推移していた。水温も同様に、湖心と類似した挙動が見られた。

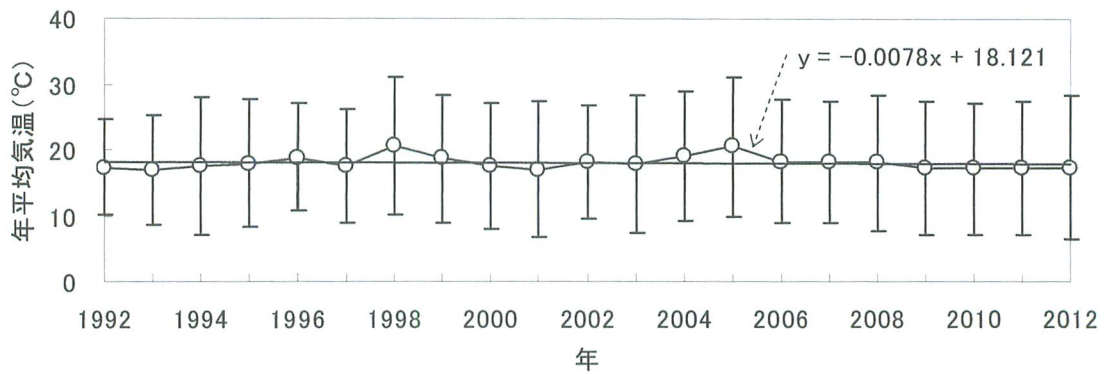


図6 笹ヶ瀬川河口部の年別平均気温の変化

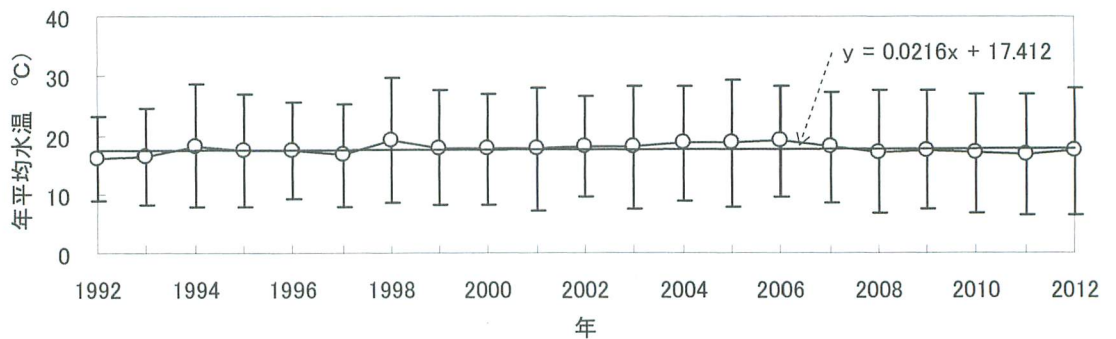


図7 笹ヶ瀬川河口部の年別平均水温の変化

【倉敷川河口部】

倉敷川河口部の気温・水温の月別変化及び年変化とともに湖心、笹ヶ瀬川河口部と極めて類似した挙動を示した（図省略）。

なお、1998年に平均気温が上昇しているが、その理由としては1998年には異常に強いエルニーニョ現象が起り、高い全球気温を記録したことが反映したものと考えられる。つまり、異常に強いエルニーニョ現象によって太平洋に大きな熱交換が生じ、平年以上の水面温度がもたらされたものと思われる。逆に、過去数年、適度なラニーニャ現象が生じたときには冷却効果が生じ、気温の低下を引き起こす。気温の変動がエルニーニョとラニーニャの繰り返しで上下していることが示唆された。

3. 2. 気温及び水温の最高値・最低値の年変化

湖心の10時前後の年最高気温、年最低気温及びその差の年変化を図8に示した。図から最高気温は年々緩やかな上昇傾向にあり、最低気温は逆に減少傾向にあることがわかる。このことから最高気温と最低気温の差は年々拡大しており、21年間のトレンドで見ると、10年間で3.7℃の開きが生じている。このことは気候変動が大きくなっていることを示唆する。

同様に、10時前後の湖心表層の年最高水温、年最低水温及びその差の年変化を図9に示した。図から最高水温は大きな変化は見られないが、最低水温は減少傾向にあることがわかる。このことから最高水温と最低水温の差は年々拡大しており、21年間のトレンドで見ると、10年間で1.3℃の開きが生じている。このことは気候変動の影響が水温に影響していることを示唆する。

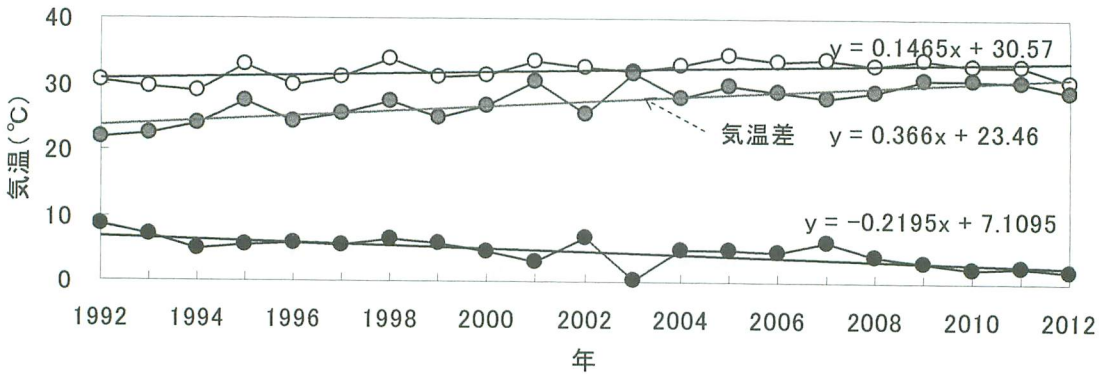


図8 湖心の年最高気温 (○)、年最低気温 (●) 及び気温差の年変化

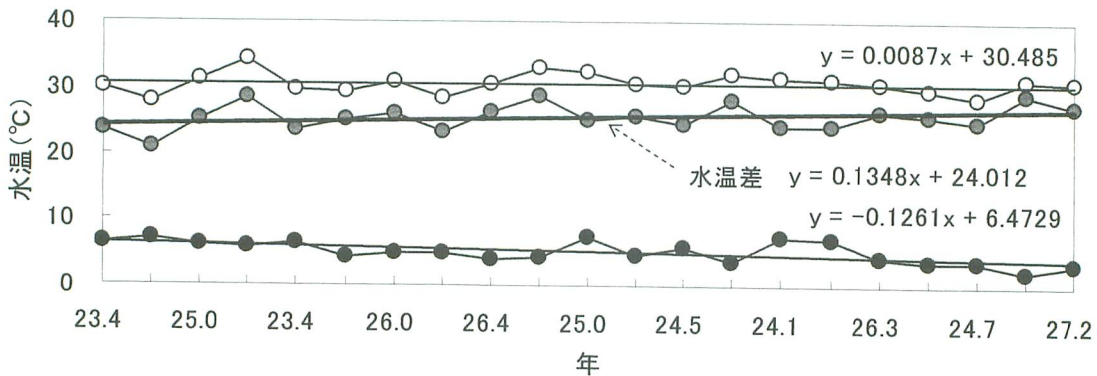


図9 湖心の年最高水温 (○)、年最低水温 (●) 及び水温差の年変化

この傾向は、笹ヶ瀬川及び倉敷川の両河口部においても同様に見られた。最高気温の出現時期は7月、8月であり、最低気温の出現時期は1月、2月であることから、気温の児島湖の水温への影響を検討するには、滞留時間の異なる灌漑期と非灌漑期に分けて検討する必要がある。

3. 3. 灌漑期・非灌漑期別の気温及び水温の最高値・最低値の年変化

灌漑期・非灌漑期別に、最高水温の年変化を図10に、最低水温の年変化を図11に示した。最高水温はどちらも緩やかな上昇傾向にあるが、非灌漑期において上昇率が大きかった。一方、最低水温は灌漑期において上昇傾向を示したのに対し、非灌漑期には減少傾向を示した。

そこで、両者の最高と最低の水温差を図12に示した。滞留時間の長い非灌漑期のほうが気候変動の影響を受け易いことを示唆した。

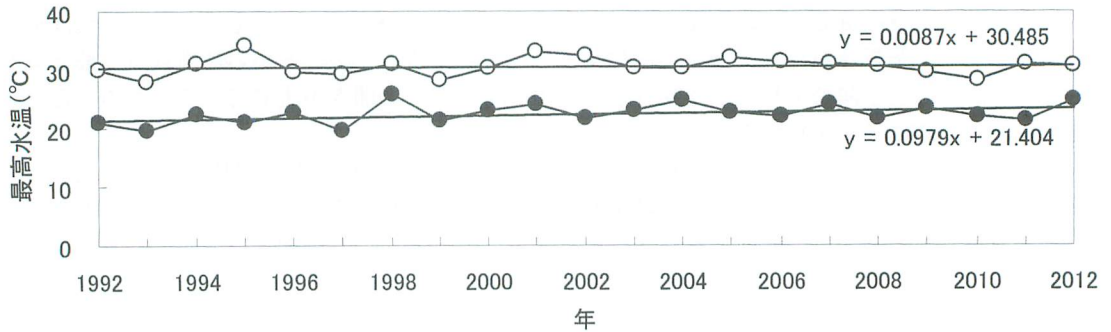


図10 湖心の灌漑期 (○)、非灌漑期 (●) 別最高水温の年変化

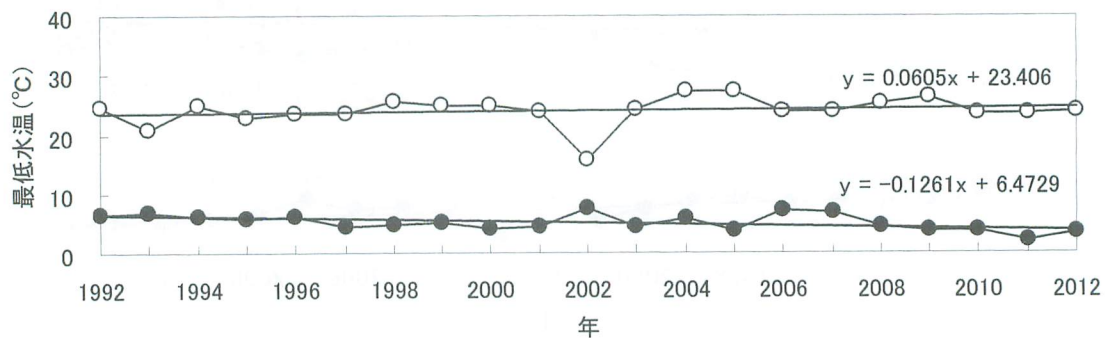


図11 湖心の灌漑期 (○)、非灌漑期 (●) 別最低水温の年変化

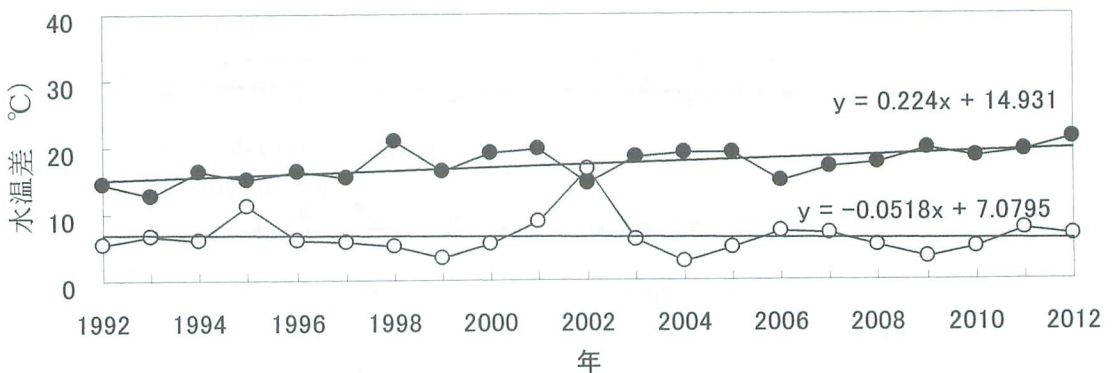


図12 湖心の灌漑期 (○)、非灌漑期 (●) 別水温差の年変化

3. 4. 湖面の気温と岡山地方気象台の気温との関係

解析に用いた湖面の気温は、通常、午前10時前後に測定されていることから、その測定値が岡山地方気象台の気温とどのような関係にあるかについて検討した。まず、1992年から2012年までの測定日を表1に示す。これらの測定日の午前10時の気象台の気温の観測値³⁾を抽出し、児島湖の湖面の気温との比較を試みた。例として、2009年～2012年のデータの比較を図13に示した。

表1 解析に用いた観測データの1992年から2012年までの測定日

1992年	1993年	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年
1月7日	1月12日	1月12日	1月25日	1月16日	1月23日	1月21日
2月4日	2月26日	2月18日	2月21日	2月19日	2月20日	2月19日
3月9日	3月11日	3月29日	3月22日	3月21日	3月17日	3月16日
4月7日	4月20日	4/	4月20日	4月23日	4月24日	4月22日
5月12日	5月19日	5月27日	5月25日	5月21日	5月22日	5月21日
6月9日	6月22日	6月28日	6月21日	6月20日	6月18日	6月18日
7月21日	7月23日	7月20日	7月21日	7月23日	7月16日	7月22日
8月21日	8月25日	8月23日	8月21日	8月20日	8月26日	8月21日
9月8日	9月28日	9月20日	9月26日	9月19日	9月24日	9月21日
10月6日	10月26日	10/	10月23日	10月24日	10月22日	10月26日
11月17日	11月30日	11月15日	11月21日	11月19日	11月19日	11月26日
12月8日	12月15日	12月20日	12月21日	12月18日	12月17日	12月18日

1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
1月21日	1月19日	1月18日	1月18日	1月17日	1月14日	1月19日
2月22日	2月18日	2月15日	2月18日	2月13日	2月12日	2月18日
3月17日	3月15日	3月16日	3月25日	3月14日	3月15日	3月11日
4月21日	4月24日	4月16日	4月19日	4月15日	4月23日	4月18日
5月19日	5月22日	5月17日	5月16日	5月20日	5月25日	5月19日
6月23日	6月19日	6月22日	6月17日	6月17日	6月16日	6月21日
7月22日	7月17日	7月23日	7月24日	7月11日	7月21日	7月21日
8月20日	8月21日	8月20日	8月22日	8月20日	8月27日	8月19日
9月27日	9月22日	9月17日	9月20日	9月16日	9月16日	9月22日
10月20日	10月18日	10月24日	10月16日	10月8日	10月28日	10月12日
11月25日	11月20日	11月14日	11月19日	11月13日	11月16日	11月15日
12月16日	12月21日	12月17日	12月17日	12月10日	12月13日	12月16日

2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
1月11日	1月24日	1月30日	1月14日	1月13日	1月17日	1月26日
2月15日	2月22日	2月21日	2月12日	2月10日	2月17日	2月15日
3月21日	3月13日	3月5日	3月5日	3月11日	3月3日	3月16日
4月26日	4月17日	4月25日	4月15日	4月7日	4月12日	4月12日
5月23日	5月24日	5月15日	5月14日	5月13日	5月17日	5月10日
6月20日	6月14日	6月19日	6月18日	6月9日	6月29日	6月7日
7月12日	7月18日	7月8日	7月14日	7月6日	7月26日	7月18日
8月25日	8月8日	8月7日	8月4日	8月11日	8月22日	8月3日
9月22日	9月19日	9月10日	9月10日	9月16日	9月29日	9月19日
10月18日	10月18日	10月9日	10月7日	10月7日	10月19日	10月11日
11月14日	11月15日	11月12日	11月18日	11月8日	11月16日	11月14日
12月11日	12月12日	12月10日	12月9日	12月9日	12月16日	12月12日

* 1994年の4月及び10月のデータは欠測

両者はほぼ同じ値を示した。そこで、21年間の両者の関係を図14にプロットした。両者の関係はほぼ1:1の対応を示した。次いで、図15に、児島湖の気温と表層水温の関係をプロットした。両者の間に強い相関が認められた。これらの一連の解析から、近年の気候変動が児島湖の表層水温に影響していることが明らかになった。

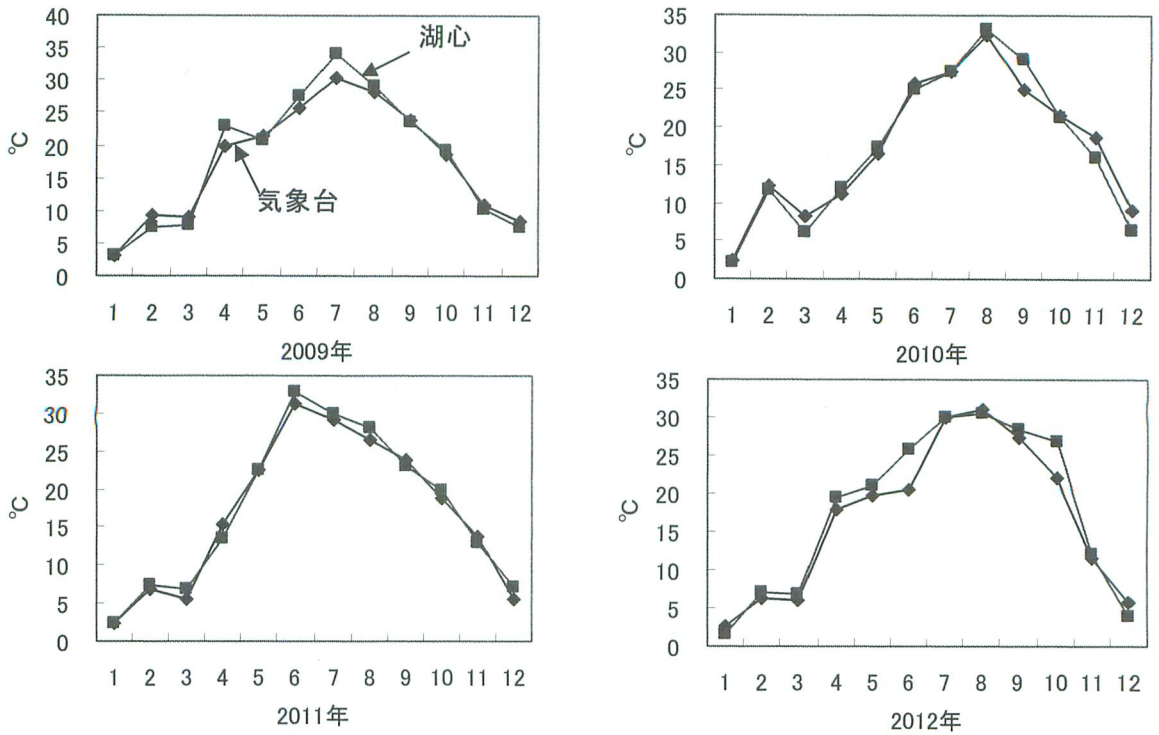


図13 湖心の気温と気象台の気温の比較

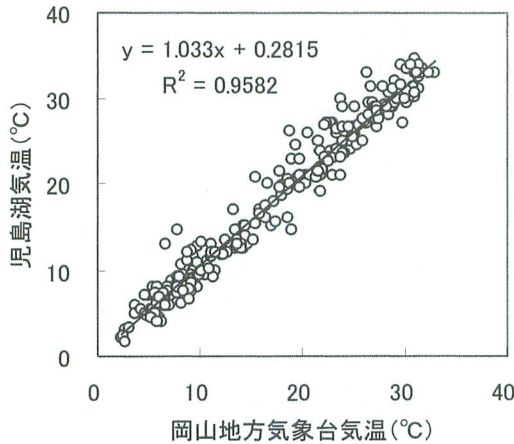


図14 湖面の気温と岡山地方気象台の気温との関係

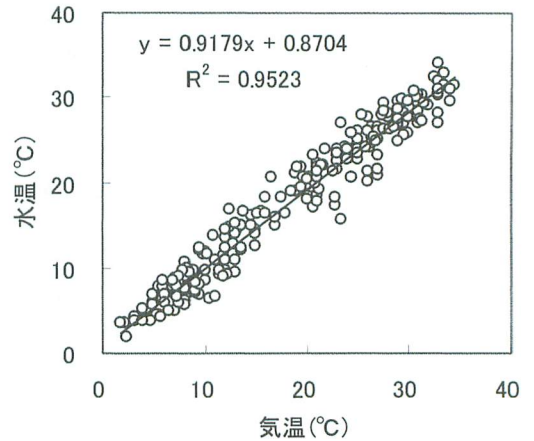


図15 児島湖の表層水温と湖面の気温との関係

4. 結論

過去21年間、毎月1回午前10時前後に測定された児島湖の表層水温及び湖面の気温を用いて気候変動の影響の有無について解析した。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 午前10時前後の表層水温の年平均値は大きな変動を示さなかった。しかし、その最高水温は年々緩やかな上昇傾向にあり、最低水温は逆に下降傾向を示した。そのため、最高最低の差は徐々に広がり、10年間で1.3°Cの開きが見られた。
- 2) この傾向は湖面の気温についても同様であった。ただし、最高最低の気温差は、10年間で3.7°Cの開きを示し、水温よりも顕著であった。

- 3) 湖面の気温と岡山地方気象台の気温はほぼ一致し、極めて類似した変化を示した。表層水の水温と湖面の気温も極めて類似した変化を示した。したがって、岡山の気候変動が児島湖の水温に反映していることが明らかとなった。
- 4) これらの気候変動の影響は、灌漑用水が導入される灌漑期よりも滞留時間が長くなる非灌漑期において顕著であった。

参考文献

- 1) 湯浅岳史, 桐原由佳, 岡田光正, 吉田延雄, 若松崇敏, 大山修: 第46回日本水環境学会年会講演集, p.329 (2012)
- 2) 岡山市: 岡山市地球温暖化対策実行計画【区域施策編】, p.7 (2012)
- 3) 気象庁: 気象統計情報,過去の気象データ検索, <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

Effect of Climate Changes on Surface Water Temperature in Lake Kojima

Yusaku Nogami

*Department of Biochemistry, Faculty of Science
1-1 Ridai-cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan*

(Received September 27, 2013; accepted November 5, 2013)

Atmospheric temperatures and water temperatures measured every month in Lake Kojima were statically analyzed. Annual averages of these values show almost no change during last 21 years. Maximum water temperature in each year has an increasing trend with time, whereas minimum water temperature has a decreasing trend. Therefore, the difference between maximum and minimum value becomes gradually significant up to recent years, as well as in the case atmospheric temperature. These facts imply that the climate change during last 21 years might affect water temperature in Lake Kojima, and more of water temperature in non-irrigation period than in irrigation period due to longer residence time.

Keywords: Lake Kojima; water temperature; atmospheric temperature; climate change.