

短報

びわ湖における近年の水温上昇について

遠藤修一・山下修平・川上委子・奥村康昭

摘 要

過去約 30 年間のびわ湖における水温記録を調べた結果、特に最近の 10 年間で水温上昇が顕著であることが判明した。このような水温上昇は地球温暖化の影響であろうが、特に底層水温は約 2°C 上昇しており、冬季における冷却が弱まっていることを反映している。びわ湖のような 1 回循環湖においては、冬季の冷却による鉛直循環によって年間の最低水温が生成され、これがその後の成層期における底層水温として保存される。通常なら冬季に全層一様となる水温分布が、最近の暖冬の影響で 2 月や 3 月においても弱い成層が残る傾向にあることは、いわゆる「びわ湖の深呼吸」を妨げていることになり、びわ湖の物質循環や生態系に悪影響を及ぼすものとして危惧される。

キーワード：びわ湖，水温，地球温暖化

はじめに

地球温暖化の実態やその影響に関しては、すでに数多くの報告がなされているが（たとえば、HANSEN and LEBEDEFF, 1987）、湖沼の水温への影響についてはほとんど触れられていない。本小論は、近年のびわ湖の水温が上昇している事実を速報として報じるものである。

解析に用いた資料は、NOAA（アメリカ大気海洋局）の気象データベース、彦根地方気象台の気象観測データ、滋賀県水産試験場の水温データ、および滋賀大学教育学部の水温観測データである。

解析の方法と結果

はじめに、わが国における温暖化の実態を捉えるために、NOAA の気象データベースから、インターネット経由で気温データをダウンロードした (<ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/v2/>)。このデータから、わが国の 114 地点における 1940~1990 年の年平均気温の変化を回帰直線として求め、50 年間での気温の上昇・下降を地図上にプロットした (Fig. 1)。これを見ると、わが国の大部分の地点で明らかな気温上昇が認められ、東京、大阪、名古屋、札幌などの大都市では、ヒートアイランドの影響もあってこの 50 年間に 1°C 以上の気温上昇が観測されている。また、九州の長崎、大分、鹿児島などでも 1°C 以上の気温上昇がみられる。一方、オホーツク海や太平洋の沿岸、および瀬戸内海ではわずかに気温が下降しているという結果が得られた。

次に、びわ湖の集水域における温暖化の実態を明らかにするために、彦根における過去

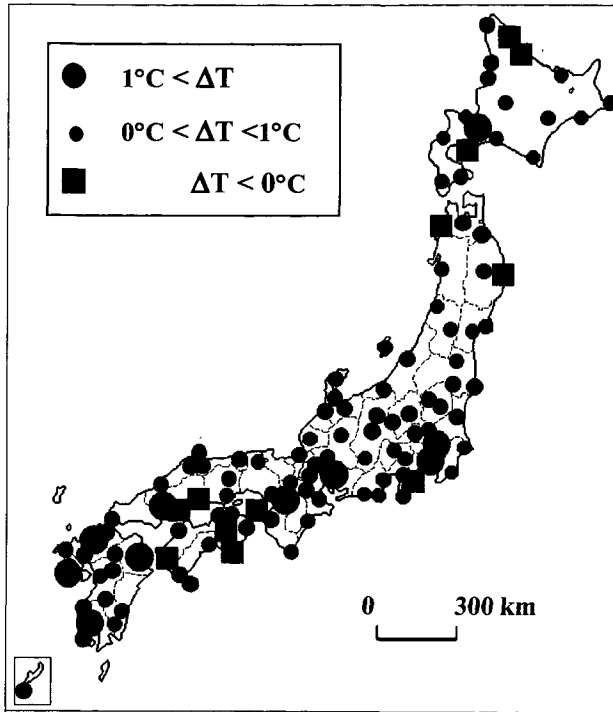


Fig. 1. Atmospheric temperature changes for 114 cities in Japan between 1940 and 1990.

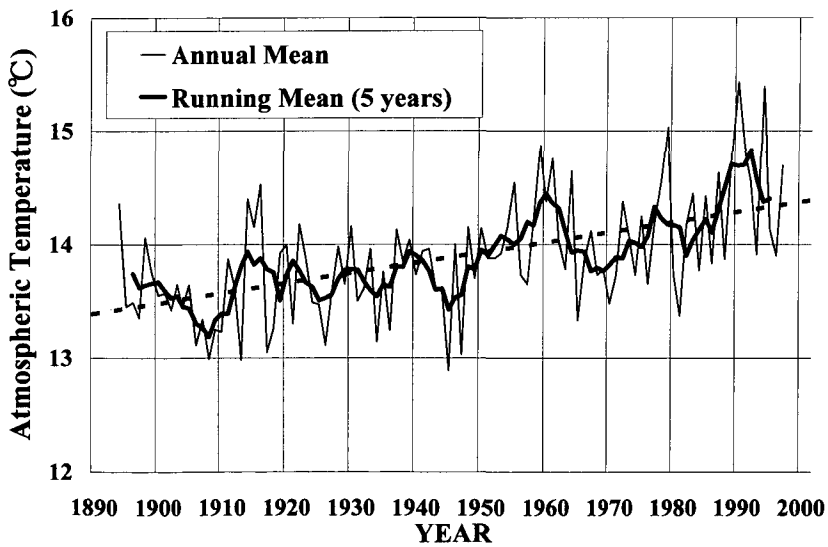


Fig. 2. History of annual mean atmospheric temperatures at Hikone since 1894. Thick line represents a 5-year running mean, and dashed line indicates a linear regression.

約 100 年間の気象データを統計的に解析した。用いた資料は、「滋賀県の気象」(彦根地方気象台, 1993) および「気象年報」(彦根地方気象台, 1993-1997) による。

Figure 2 は、彦根における年平均気温の経年変化を示したもので、100 年間に約 1°C の気温上昇が見られる。これは、主に最低気温の上昇が著しいためで、夏日や熱帯夜の増加に反映されている。図には示していないが、降水量は約 100 mm 減少し、気温上昇と負の相関をもつ。そのほかでは、日照時間や相対湿度などに明らかな減少が見られた。これらの気象要素の変化には特に卓越する周期性は見いだせなかった。

次に、びわ湖の水温の経年変化を見るために、滋賀県水産試験場による毎月一回の定期観測データから、最も深い地点である測点Ⅳ(水深約 77 m) における水温データと、筆者らが過去約 10 年にわたって実施した TCT プロファイラ(奥村ら, 1993) による水温データを解析した。

Figure 3 は、1965 年から 1997 年までの年平均水温の変化を深さ 10 m ごとに示したものである。これを見ると、どの深さにおいても水温が上昇しているのがわかるが、特に 1984 年以降の上昇が顕著である。1984 (昭和 59) 年は、いわゆる 59 豪雪と呼ばれた寒冷な年であったが、それ以降の温暖な年の連続が、このような水温上昇を生み出したものと考えられる。

Figure 4 は、深さ 75 m における各月の水温を時系列として示したものである。びわ湖北湖は 1 回循環湖(亜熱帯湖)であり、年間の最低水温は 4°C 以上に保たれている。したがって、冬季の冷却がもたらす鉛直混合によって形成された最低水温は、その後の成層期における深層水温として保存される。Figure 4 をみると、1965 年から 1984 年までは、 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ の範囲で推移していて、寒冷な年には 6°C 以下の水温が出現している。注目すべきは、1984 年以降の急速な温暖化であり、1991 年や 1994 年には底層水温が 9°C 付近にまで上昇している。

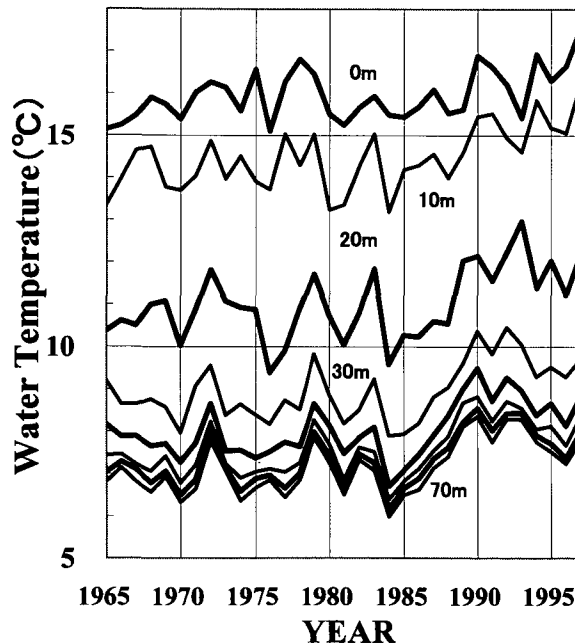


Fig. 3. History of annual mean water temperatures at 10 m depth intervals in Lake Biwa from 1965 to 1997.

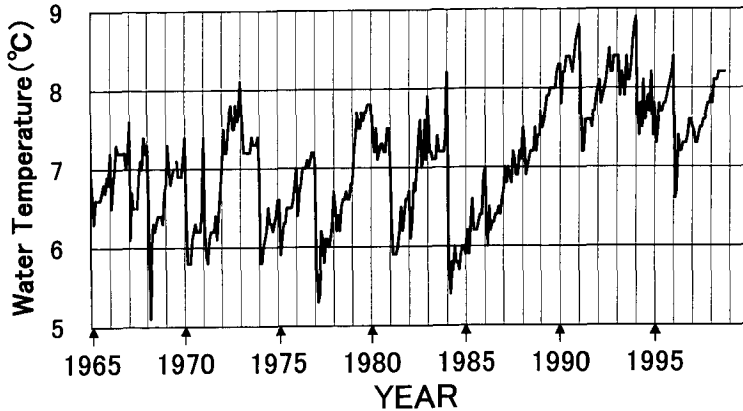


Fig. 4. Monthly change in water temperatures at a depth of 75 m in Lake Biwa from 1965 to 1998.

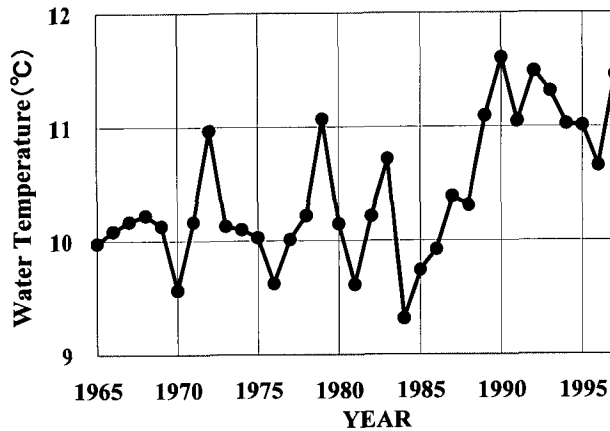


Fig. 5. Annual change in volume-averaged water temperatures in Lake Biwa from 1965 to 1997.

つぎに深さ 5 m 毎の年平均水温を求め、これを深さ 5 m ごとの容積と掛け合わせて、びわ湖全体の平均水温(貯熱量)変化を見積もった。深さ 5 m 毎の容積は、伊藤・岡本(1974)を参考にし、最近の埋め立てなどによる湖面積を若干補正して作成した。その結果を示したのが Figure 5 である。これをみると、Figure 3 や Figure 4 と同様に、1965 年から 1984 年までは年によって多少の変動はあるが、びわ湖全体の平均水温は 10°C 付近で安定していた。一方、1985 年から 1990 年にかけて、主として底層水温の上昇に伴い、湖平均水温は約 1°C の上昇を示している。10°C の湖平均水温が 1°C 上昇することは、びわ湖の容積 275 億 m³ と比熱および密度を用いて計算される総熱エネルギーが約 2.7×10^{13} Kcal 増加したことになり、これは日本全体で 1 年間に消費される一次エネルギーの約 0.6% に相当する。すなわち、滋賀県民が 1 年間に消費するエネルギーに匹敵する熱エネルギーがびわ湖に蓄積されたことを意味する。

Figure 6 は、彦根における年平均気温とびわ湖全体での年平均水温との関係を調べたものである。両者には弱い正の相関が認められるが、びわ湖の水温は単にその年の気温のみ

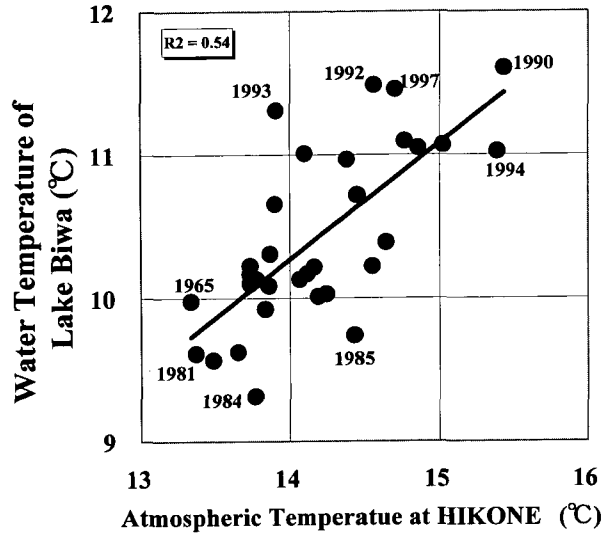


Fig. 6. Relationship of annual mean values between atmospheric temperature at Hikone and volume-averaged water temperature in Lake Biwa.

によって支配されるのではなく、それまでの年に蓄えられた水の貯熱量にも依存するので、Figure 6はある程度予想された結果とみることができよう。

このように、近年のびわ湖水の温暖化は顕著であり、湖内での物質循環や生態系に与える影響が心配される。特に懸念されることは、通常なら冬季に全層一様となる水温分布が、最近の暖冬の影響で2月や3月においても弱い成層が残る傾向にあることで、これはいわゆる「びわ湖の深呼吸」を妨げていることになり、融雪水の減少と並んで、びわ湖の水環境に悪影響を及ぼすものとして危惧される。

謝 辞

貴重な観測データを提供された彦根地方气象台と滋賀県水産試験場に対して深謝の意を表明する。また、観測に協力された滋賀大学教育学部と大阪電気通信大学の学生諸氏に感謝する。

文 献

- HANSEN, J. and S. LEBEDEFF (1987): Global trends of measured surface air temperature. *J. Geophys. Res.*, 92-D11: 13345-13372.
- 彦根地方气象台(1993): 滋賀県の気象, 大蔵省印刷局.
- 彦根地方气象台: 滋賀県気象年報, 1993-1997.
- 伊藤克己・岡本 巖(1974): びわ湖における水温の変動(VIII)一熱収支と南北両湖の交流. *陸水雑*, 35: 127-135.
- 奥村康昭・遠藤修一・角尾慶子・鷺見和也(1993): TCTプロファイラを用いたびわ湖の水温・電気伝導度・濁度の観測. *陸水雑*, 54: 269-280.
- 滋賀県水産試験場: びわ湖定期観測(昭和40年度~59年度), 滋賀県水産試験場研究報告, No. 20

滋賀県水産試験場：琵琶湖定点定期観測（昭和60年度～平成8年度），滋賀県水産試験場研究報告，No. 42-47.

遠藤修一：滋賀大学教育学部，〒520-0862 大津市平津 2-5-1 (Shuichi ENDOH : Faculty of Education, Shiga University, 2-5-1 Hiratsu, Otsu 520-0862)

山下修平：滋賀大学教育学部，〒520-0862 大津市平津 2-5-1 (Shuhei YAMASHITA : Faculty of Education, Shiga University, 2-5-1 Hiratsu, Otsu 520-0862)

川上委子：滋賀大学教育学部，〒520-0862 大津市平津 2-5-1 (Motoko KAWAKAMI : Faculty of Education, Shiga University, 2-5-1 Hiratsu, Otsu 520-0862)

奥村康昭：大阪電気通信大学工学部，〒575-0063 四條畷市清滝 1130-70 (Yasuaki OKUMURA : Faculty of Engineering, Osaka Electro-Communication University, 1130-70 Kiyotaki, Shijonawate, Osaka 575-0063)

(受付：1998年11月16日；受理：1998年12月25日)

Recent Warming of Lake Biwa Water

Shuichi ENDOH, Shuhei YAMASHITA, Motoko KAWAKAMI and
Yasuaki OKUMURA

ABSTRACT

Water temperature has increased rapidly over the last decade in Lake Biwa, undoubtedly due to global warming. Deep water has warmed significantly following a succession of mild winters in recent years. The minimum temperature is formed by the overturn in winter and is conserved in the deep water throughout the stratification period in monomictic lakes such as Lake Biwa. This warming of the lake water and the weakening of the overturn in winter should seriously affect the metabolism and ecosystem in the lake.