

びわ湖湖流の観測(第2報)

国司 秀明・佐藤 英夫

OBSERVATION OF WATER CIRCULATION IN LAKE BIWA-KO (II)

By *Hideaki* KUNISHI and *Hideo* SATO

Synopsis

In the first report of the same title, we discussed the flow pattern in Lake Biwa-ko derived from the dynamical calculation assuming 30 m-layer to be a zero surface. But the results were not necessarily reasonable. In this paper we have determined the depth of zero surface at each section from the point of view that the net volume transport across any vertical cross section in Lake Biwa-ko must be zero. The depths of zero surface are proved to be 19 m at all sections except Section-VI and VII. The existence of the vertical circulation which we have referred to in the first report seems to get more reality.

1. ま え が き

著者らは前に同じ表題¹⁾で、1966年8月末に行ったびわ湖の北湖全域にわたる水温場の B. T. 観測と、それを地衡流の概念によって解析した結果とについて報告したが、さらにその結果から上層では南から北へ向い、下層では北から南へ向う全体的な鉛直対流が存在するのではないかという推測をも併せ述べておいた。

本報は同じ表題の第2報として、前報の解析をさらに進め、主として上記の推測について述べたものである。

2. 流量プロフィールと無流面

前報では、水深 30 m を無流面と見做して力学計算をし、各測線に沿う鉛直断面を通過する流量の深さに関する分布を Fig. 7²⁾ に示した。それによると測線—Iを除くすべての断面で全流量は北を向いていて、測線—IIIの断面ではそれが 13,000 ton/sec という大きな値にも達するというを示し、このことの成立の無理を述べ、びわ湖のようにほとんど閉じた湖では、任意の鉛直断面を通過する全流量が零であるという見地から、無流面の深さを決めるほうがよいということを述べた。

そこで基準面の深さをいろいろ変えて流量の分布曲線を書いてみた。ここで注意すべきことは、びわ湖のように周囲がだんだん浅くなっている湖においては、海洋の一般的な場合と異なり、基準面の深さを変えることによって、流量曲線の形そのものが変形するということである*。

Fig. 1 に測線—IIIの場合を例として示した。横軸の正の側は北向き、負の側は南向きの流量を表わす。(a)は2 m 層を基準面としたものであるが、明らかに南流過剰である。(b)は10 m で、これも南流過剰。

* 前報 324頁(別刷 8 頁)第14および15行に記載したこの無流面の深さの値は、流量分布の計算の仕方が誤っていたので、誤りである。

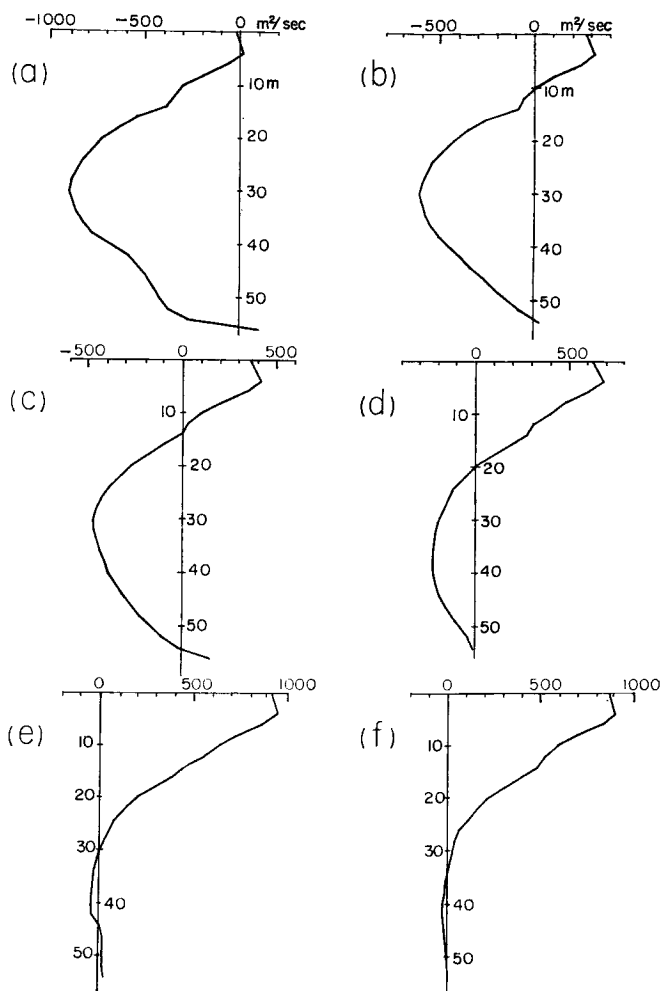


Fig. 1 The various profiles of the volume transport across Section-III, based on the reference surfaces of various depths. The depths of the reference surface in (a), (b), (c), (d), (e) and (f) are 2, 10, 14, 20, 30 and 50 m respectively. (positive : northward)

(c)は14 mで、この深さはほぼ $\partial^2\theta/\partial z^2=0$ (θ : 水温) となる深さであるが、これも南流過剰である。(d)は20 mで、大体南流北流の釣合が取れており、無流面はこの深さ辺りにあると思われる。(e)は30 m、(f)は60 mを無流の基準面とした場合で、ともに北流過剰である。

なお測線の端の方では水深が浅くて、普通の力学計算ができない場合がある。そのような場合には Mohn (1885), Helland-Hansen (1934) 等によって用いられた手法を援用して計算を行なった。

3. びわ湖の鉛直循環

以上の方法、すなわち鉛直断面での全流量が零となる場合を採用する方法で、各測線について無流面の深さを求めた結果、測線ⅠからⅤまでは19 m、測線Ⅵで17 m、測線Ⅶで22.5 mになった。これを図示したのが Fig. 2 である。これで見ると、北湖全体として、約20 m層を境とした上層で北向き、下層

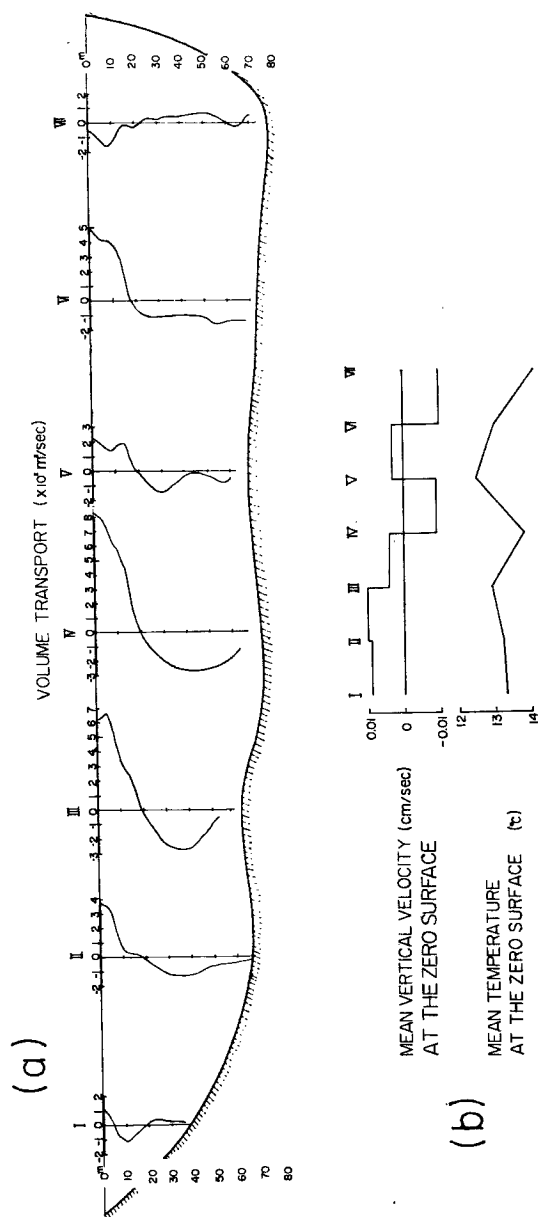


Fig. 2 (a) : Profiles of the volume transport across the seven sections.
 (b) upper : Distribution of mean vertical velocity at the zero surface.
 (c) lower : Distribution of mean temperature at the zero surface.

では南向きの対流的な鉛直循環流の存在が考えられる。

さらに質量保存の関係を考慮に入れると、各断面間での平均的な鉛直流の流速が計算できるが、Fig. 2の下図にそのようにして計算された20 m層付近での鉛直流の値が示してある。たとえば、測線I～II間で上昇流、測線VI～VII間で下降流、それぞれ0.01 cm/sec程度の流速である。さらにFig. 2の下図には、そのような上昇流または下降流が存在することの一つの証拠になるものとして、同じ層での平均温度が対応して示してある。みられるように、上昇流と計算されたところでは、平均温度は低く、下降流と計算されたところでは、反対に高くなっていることがわかるであろう。このことは、上昇流の存在するところで

は下層の冷たい水が上ってきていることを、また下降流の存在するところではその逆のことが起こっていることを意味しており、このような各観測断面での正味流量を零として無流面を定めることの妥当性を支持しているように思われるのである。

なお Fig. 3 に新しい無流面の決定から計算した表層 (2 m 層) の等高度線図 (流線図とみなせる) を示したが、前報に示したものの (前報 Fig. 6³⁾) と大きな差は現われなかった。

4. む す び

これまで述べてきたように、びわ湖の北湖に大規模な鉛直循環が存在することはかなり確かなことのように思われる。前報に述べたように、各観測断面での平均水温が南から北に低くなっているところからみて、その原因はおそらく北湖の南部と北部で形成される湖水の密度差にあるものと思われるが、Fig. 2 に示した上昇流、下降流の分布の状況からみると、それはあるいは北湖全域で考えられる単一の循環流ではなく、いくつかの鉛直循環流にわかれているのかもしれない。また Fig.

3 でみるのはあまり適当ではないかもしれないが、そのような鉛直循環流の水平的な分布も必ずしもそう単純ではないようにみえる。それらは要するにこのような鉛直循環の三次元的な構造を明らかにする問題であって、なお今後の研究にまづかはない。

なお最後に、このような対流的な循環を研究することは、湖に与えられたさまざまな物質がどのように分布していくかの問題にとって基本的に重要なもので、たとえばそれらの物質の垂直積算値の水平分布を問題にするような時には、思いもかけないほど大きな水平拡散の効果として現われることを指摘したい。

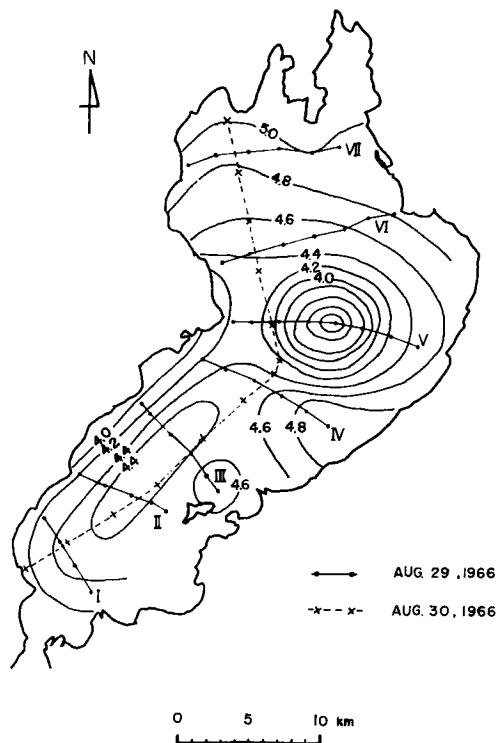


Fig. 3 Dynamic topography of the 2-m layer relative to the 20-m layer. (unit : cm)

参 考 文 献

- 1) 国司秀明・岡本巖・佐藤英夫：びわ湖湖流の観測，京都大学防災研究所年報，昭和42，第10号B，pp. 321~329.
- 2) 同上，p. 328 (別刷，p. 8).
- 3) 同上，p. 327 (別刷，p. 7).
- 4) Fomin, L. M.: The Dynamic Method in Oceanography, 1964, pp. 149~151.