

湖盆の地殻変形の問題

堀江正治

ON THE PROBLEM OF THE CRUSTAL DEFORMATION IN LAKE BASIN

By *Shoji* HORIE

Synopsis

In this paper the writer dealt with the minor crustal deformation which took place during historic and pre-historic time. The basis of this study is the paleolimnological data, particularly geochemical one, in the core sample of Lake Yogo-ko. The writer used Phosphorus (inorganic) content and residue content as an indicator of the precipitation and Nitrogen content as a marker of the trophic stage, i. e. oligotrophy and eutrophy corresponding to the precipitation in this closed lake, and Carbon content as an indicator of the amount of allochthonous organic material. After examining the climatic influence, the writer picked up two low N/C horizons which do not correspond to the climatic events; he regards them as the result of the minor crustal deformation in this tectonic lake of Yogo.

まえがき

地表上に分布する湖のなかでは、構造的起源のものが少ない。特に第三紀時代にその端を発する ancient lake は、何れもが構造起源であり、特異な地体構造を有する湖盆の周辺には、顕著な地震活動や重力の異常が認められ、不安定な地殻構造を如実に反映している。従ってそこでは、地殻変形が反覆継続し、たとえば著しい地震活動とそれに併う地表の変形の事実は、人口によく膾炙されている。その事例は、ソウイェトのバイカル湖、カスピ海、バルカン半島のオフリッド湖、プレスパ湖、東アフリカのタンガニカ湖、米国のタホー湖(ネバダ州とカルフォルニア州との境界に位置)、南アメリカのペルーとボリビアとの国境上のチチカカ湖等に見ることが出来よう。同様の現象は日本でも、琵琶湖、余呉湖、木崎湖、野尻湖等で認められ、また諏訪湖では 400 m に達する深いボーリングによっても、なお基盤岩石に達しない事実から、その地下の構造の特異性が、うかがわれる¹⁾²⁾。

筆者は湖底堆積物を層位学的に分析することによって、過去の事変を知り、湖の由来、変遷を解き明かすことに力を注いでいるが、過去の特に微小な地殻変形の推定につき、地質学、地形学、地球物理学、陸水化学、陸水生物学等の資料に基づき、総合的な考察を加えることを試みたので、ここに記して御教示を得たい。

地殻変形と湖

現在、我々は過去の地殻変形を扱う場合、構造地質学的、構造地形学的な時間の単元から見る場合(たとえば造陸運動的地殻変形、造構造運動的地殻変形に基づく大陸、島弧、地向斜の形成、海洋底や大陸棚の構造、火山の分布、山地形、谷地形、海岸地形を論ずる場合)、或いは地震断層や海岸・河岸・湖岸段丘地形など第四紀以降の時間的単元で扱う場合、或いは近年の運動として、三角点、水準点の改測結果を扱うような10年～

数10年の時間的単元による場合、更にまた、地震計や傾斜計による継続観測などのような極めて短かい時間的単元に立脚して考察する場合の四つの時間的単元の上に立つことが出来るであろう。そして、これらの異なる時間的単元における資料のうち、相互に同傾向を示すケースもあれば、異傾向を示すケースもあることが知られている。しかしこれらの解釈に当っては熟考する必要がある。同傾向を示すにせよ、異傾向を示すにせよ、長時間にわたる一つの大きな地殻変形の進行している過程上で、極めて短かい時間の間の微小な波を扱っている可能性があるからである。

ところで、現在進行しつつある微小な地殻変形を知る為の三角点、水準点の改測をとり上げてみると、これらは地質学的には極く最近の時代の観測であって、日本における資料は明治以降のものである。恐らくこうした微変形は、古来から反覆継続して起っていたのに違いないが、我々にとっては、これら過去の微変形を知る手懸りは、今日迄、与えられていなかったといつてよいのではあるまいか。それは、短かい時間に弱い力で地殻に働いた変形は、何等の地形学的な、或いは地質学的（従来の層位学的な意味で——たとえば海岸段丘構成層の層位など——）な証拠を残さないからである。又、一時的な証拠が形成されたとしても、後成的諸作用によって、それら、陸上、水辺の痕跡は容易く破壊されてしまうと思われる。

筆者はこれ迄に、日本の幾つかの湖で、旧汀線高度を用いて湖盆の地殻変形を地形学的に調べてきたが³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾、そうした汀線を形成するには至らないような微小な運動を知る手懸りをつかむことが出来なかった。また、水中に没してしまっている証拠においても、地殻変形の様相の正確な推定は困難である。そこで筆者は、湖盆の地殻変形の結果、湖水容積に変化を来すならば、湖の理化学的、生物学的性状に変化を生じ、しかもその証拠は湖底堆積物として温存され、後成的侵蝕風化作用を蒙る場合の少いことに着目して、湖底のボーリングサンプルにつき細かく層位を区切って古陸水学的に研究してみることを考えた。地殻運動により、水圏、生物圏、地圏に変化を来す同様な実例は、海洋堆積物にも見出されそうであるが、海は湖と異って、周囲が区割されていない為、僅かの地殻変形の結果、各圏に変化が及び堆積物中に証拠を残すことは期待されないといえよう。

しかし、湖水面をこうした見地から地殻運動のインディケーターとしてみる場合、なお亦、湖水面を上下させる他の一大要素を考慮の外におくことは出来ない。それは、第四紀中に反覆して生じた気候変化である。一般に湖水面の昇降によって湖水容積に変化を生ずるのは、熔岩流や山崩れなどによる後成的堰塞の為に排水河が堰き止められたり、河川の争奪によって流入水量に変化を生ずるといったような場合（その痕跡は多くの場合、湖周に保存される）を別とすれば、気温、降水量、蒸発量などの変化、すなわち気候変化か、或いは地殻運動（湖底が沈下したり上昇したりすることに基く湖盆の深化又は浅化）か、或いは両者の組み合わせによると考えられる。殊に日本のような地殻の不安定地帯では、この両者の組み合わせによって生じた現象から、一者を分離することは、海岸段丘におけるグレンシャル・ユースタシーの研究にその例を見る如く、難かしい問題といつてよい。

そこで筆者は、湖においてこれを解きほぐす手段として、湖底コア・サンプルについての地球学的分析と化石花粉の分析とを行った。その意図するところを要約するならば、次のようである。すなわち、気候変化なり、地殻変形なりによって、湖水容積が増大するならば、貧栄養の湖沼型形成を導き、逆に容積が減少するならば、富栄養の湖沼型形成を招来し、かかる湖の生産力の変化は、湖水の化学や、湖中の生物相の変化を生ずるから、逆にコア・サンプル各層準の地球化学的分析結果によるならば、湖面昇降の事実が明らかになることが期待される。そして後に詳しく述べるように、Cを外来的影響の大きいものと考え、湖の栄養度の一指標たるNとの比から、気候変化によるCの増減と、Nの増減とが、どのように対応するかを考察し、気候変化の影響の少い時代の湖盆容積の変化は、むしろ、地殻運動の影響に基くものと考えてみたのである。更にこれを確かめる為、湖周の植物から湖面、湖底へと落下する花粉の各時代における相互の比から、古気候を正しく把握することを努めている。しかしこの花粉分析資料については、尚、目下、分析続行中であるので、後に詳しく述べることにして、今回は差控たい。

しかしながら、この見地に立って湖史を扱う場合、最も望ましい湖盆形態は、排水河川を有しない閉塞湖

(closed lake) であることである。それは湖中で生じた諸変化の証拠が湖外に流出することなく、総て湖底に堆積されるということと、また、湖水容積の増減の結果が、敏感に湖面高度に反映されることとの理由による。排水河川を有する湖にあっては、湖面高度の上昇は排水量の増加を招き、湖面上昇の証拠を湖底に残すことが乏しくなることは容易に考えられよう、この点次に述べる余呉湖は、この問題にとって正に好個のフィールドであるといつてよい。

余呉湖盆の地学的特異性

余呉湖 (Fig. 1) は琵琶湖盆の北端に位し、Table 1⁷⁾ に示すような湖盆形態を有する小湖である (Fig.

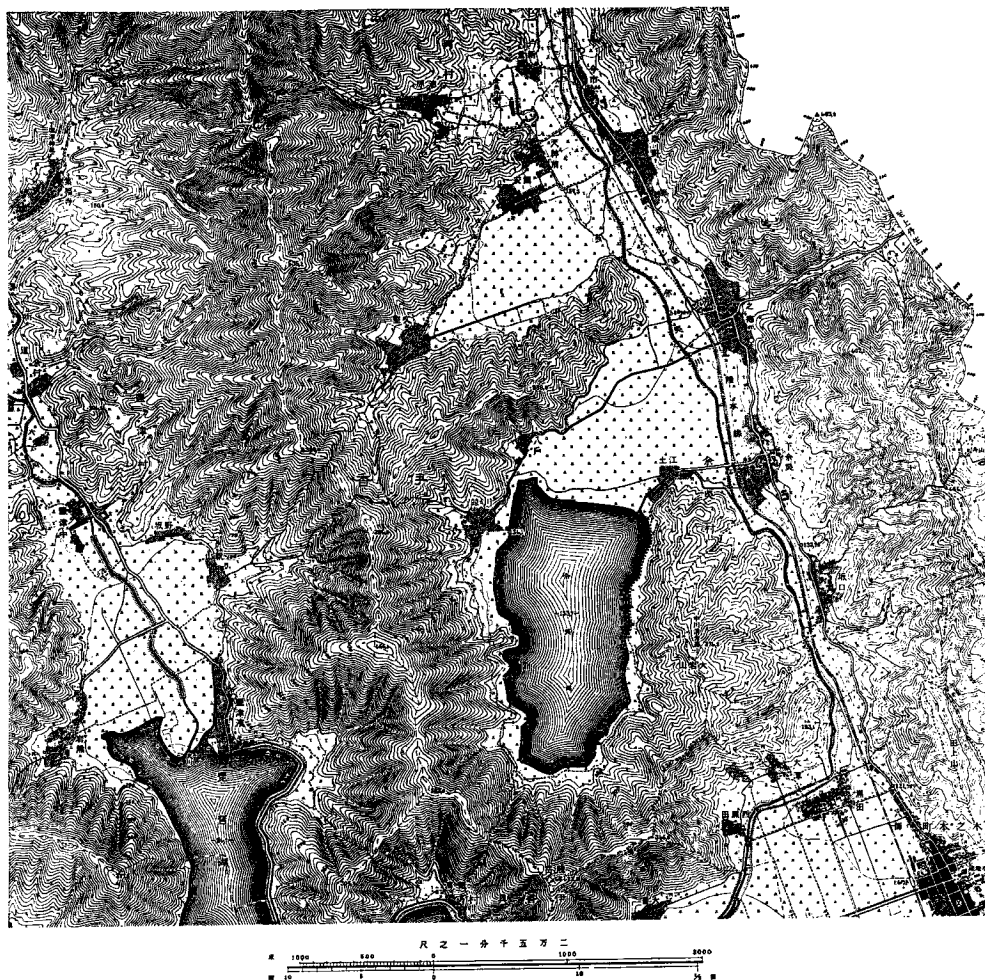


Fig. 1 Map showing the geomorphology around Lake Yogo-ko (1/25,000)

Table 1 Morphometric Features of Lake Yogo-ko

緯度 (N)	経度 (E)	高度 m	長軸 km	最大巾 km	湖岸線 km	面積 km ²	肢節量	最大深度 m	平均深度 m	容積 km ³
35°31'	136°12'	134	2.3	1.2	6.0	1.63	1.32	14.5	7.4	0.012

2)⁹⁾ Fig. 1 の水田の東側を劃する急崖は、枋の木峠、椿坂峠を経て伊吹山西麓に至る柳ヶ瀬断層と呼ばれる断層崖の一部であって、本州島地峽部を洞切りにする顕著な構造線を成している。この柳ヶ瀬断層に関しては既に多くの論文が発表されているが、そのうち特にこの余呉湖の盆地について述べられたものを見ると、先づ山崎直方、多田文男⁹⁾の記述が挙げられる。山崎、多田は中の郷東方の風谷の存在を注意し、柳ヶ瀬断層により切断された川の上流部は断層崖に堰かれ、山間盆地をつくったとし、また高時川に沿う20mの段丘は余呉川には認められず、柳ヶ瀬断層は段丘生成後にも断層運動を繰返したと考えた。

一方、辻村太郎¹⁰⁾はこの盆地を断層角盆地とし、旧横谷は断層崖の成長につれて断層崖下を流れるようになったと述べている。

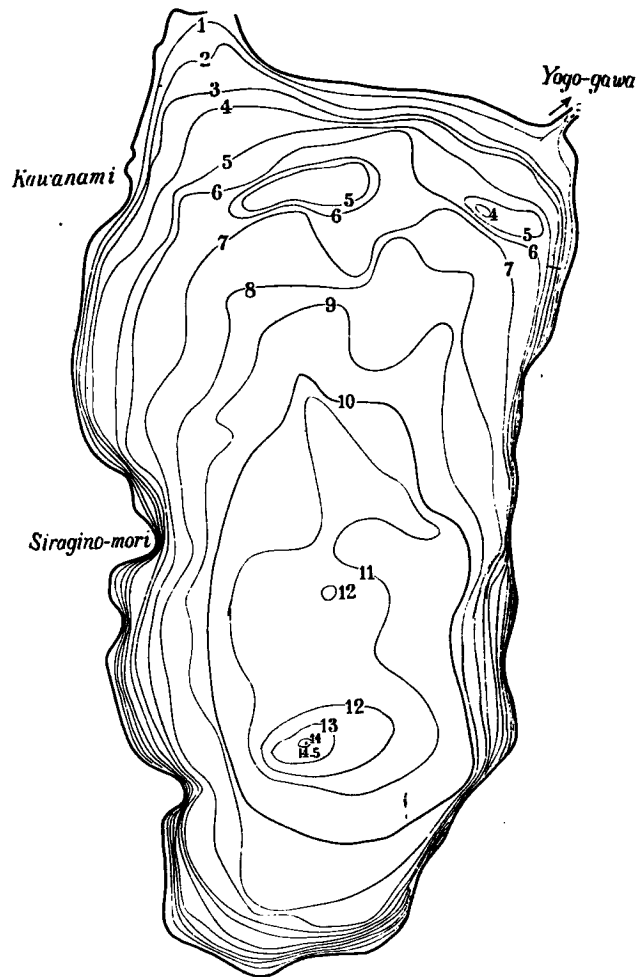


Fig. 2 Bathymetric map of Lake Yogo-ko (After A. Tanaka)

その後、岡山俊雄¹¹⁾はこの谷中分水界付近における横谷の谷底は旧谷を埋積した扇状地堆積物の表面であって旧谷の谷底そのものではなく、断層崖西側の山地に入江状に湾入する平野及び余呉湖によって埋没ないし水没している旧谷底（東方山地を貫く上記の横谷の上流部）は、その谷壁に相当する入江状平野及び余呉

湖の両側斜面を下方に延長してみると、平野面ないし湖面の下方、少くとも 150m の位置にあり、絶対的な沈下が起ったと考えなければならず、この断層角盆地の生成の主因は西側山地の沈下であり、下流部が隆起して上流部がせき止められたというよりも、むしろ上流部が切り落されて下流部にせかれた形となったとした。

他方、松下進¹²⁾は、古生層の走向は木之本、中之郷、柳ヶ瀬、椿坂峠、枋木峠を通る北北西方向の道路を境にして東側では南北で、西側では東西であるので、上記の道路は断層に沿うものではないかと考えられ、この推定断層は地形学の方では柳ヶ瀬断層と称されるものであって、明瞭な断層地形が発達していると述べ、注意を喚起した。

更に筆者¹³⁾は、琵琶湖盆全域にわたる旧汀線高度の調査結果に基づき、本湖盆は造盆地運動を行っていることを指摘した。その資料によると、琵琶湖盆北部では段丘堆積物が貧弱であるので、旧汀線高度をまばらにしか利用出来ない憾みがあるとはいえ、余呉湖をめぐる一帯では北より南へ傾下する地殻運動様式を認めることが出来るのである。

以上より考えてみるならば、余呉湖は小湖であるとはいえ、柳ヶ瀬断層に接して西側が沈下する運動と、北方より南方へ傾下する運動との両者の合成によって形成されたものと見做され、岡山俊雄のいうように 150m もの厚さの湖成堆積物を有するとの推定も成り立ち得る訳である。ただその場合でも、湖面の水平的遷移によって、古い堆積物程、現湖の北側ないし東北側にあり、新しい堆積物程、湖盆南側ないし西南側の基盤岩石上の上のっていると思われる。

なお本湖は現在、余呉川利水計画によって人工的に湖面が調節されているが、曾ての流出河川である余呉川は、歴史時代に掘鑿されたものと考えられ、天然状態に於ては排水河川も流入河川も無い閉塞湖で、湖水は地下水、泉によって涵養されていたものと思われることを特に強調しておきたい。

余呉湖堆積物の地球化学的分析結果より推定される過去の微小地殻変形

上に述べたような考察の結果、筆者は川並沖にボーリング機械を設置し、長さ 10m に及ぶコア・サンプルを採取して余呉湖史の研究に着手した。そして現在まで各種の分析を続行してきたが、これ迄の分析結果から、*trophic stage* と *climatic change* とがよく対応することは、既に報告した通りである¹⁴⁾。ここでは、その後、更に C と P の分析を進めた結果について少し詳しく述べてみよう (Fig. 3)。

先づ、これ迄の分析全資料を検討して最初に気付くことは、C と N のカーヴが全体として非常によく似た傾向を示すことである。これは低水位時の富栄養化は、外来性の有機物供給と相伴うものであることを暗示しているといってもよいであろう。更に N/C 比をみてみると、カーヴ全体の様相から、C の分解は N より遅いことが察せられよう。湖水内に於ては生物が死滅すると、先づ P が水中に溶出することについては既に述べたが¹⁵⁾、このサンプルに於ては、P のカーヴは略々 *residue* のカーヴに平行して N カーヴと不一致であることは、珪酸塩などの無機態の P の存在を示すと考えられる。

一方、本湖周辺の段丘中、T-5、T-6 と筆者が呼んだものは、余呉湖自身の湖面変化によって生じたものであり、T-5 は 3,180±180 年 B.P. の低水期後の湖面上昇により生じ、その後 T-6 を形成するような湖面低下が生じたと考えられる。この湖面の振動の原因は P や *residue* のカーヴよりしても、気候変化 (多雨化) に伴い生じた疑が濃い。

さきくに述べたように、天然の余呉湖は閉塞湖であったと考えられるから、湖面の昇降は気候変化に対して鋭敏であったとみなされる。しかるに N、C、P のカーヴを仔細に点検すると、N と C のカーヴの不一致の個所が幾つか認められる。今、ここで問題にする C は、上述のように主として、外来性物質によりもたらされるものとみなされる。例えば後氷期の気候暖化により、C が湖中で急増する事実は、英、米の湖において既に指摘されている¹⁶⁾¹⁷⁾。湖成堆積物の形成には、多くの複雑な要因がからみ合っているのであるが、今、N と C が互に逆の傾向を示すケースを考えてみよう。温暖多雨気候が卓越する場合には、湖周の樹木草本の繁茂が促進され、湖面上に落ちる有機物は増加する反面、湖中に於ける N の増加過程、たとえば酸化還

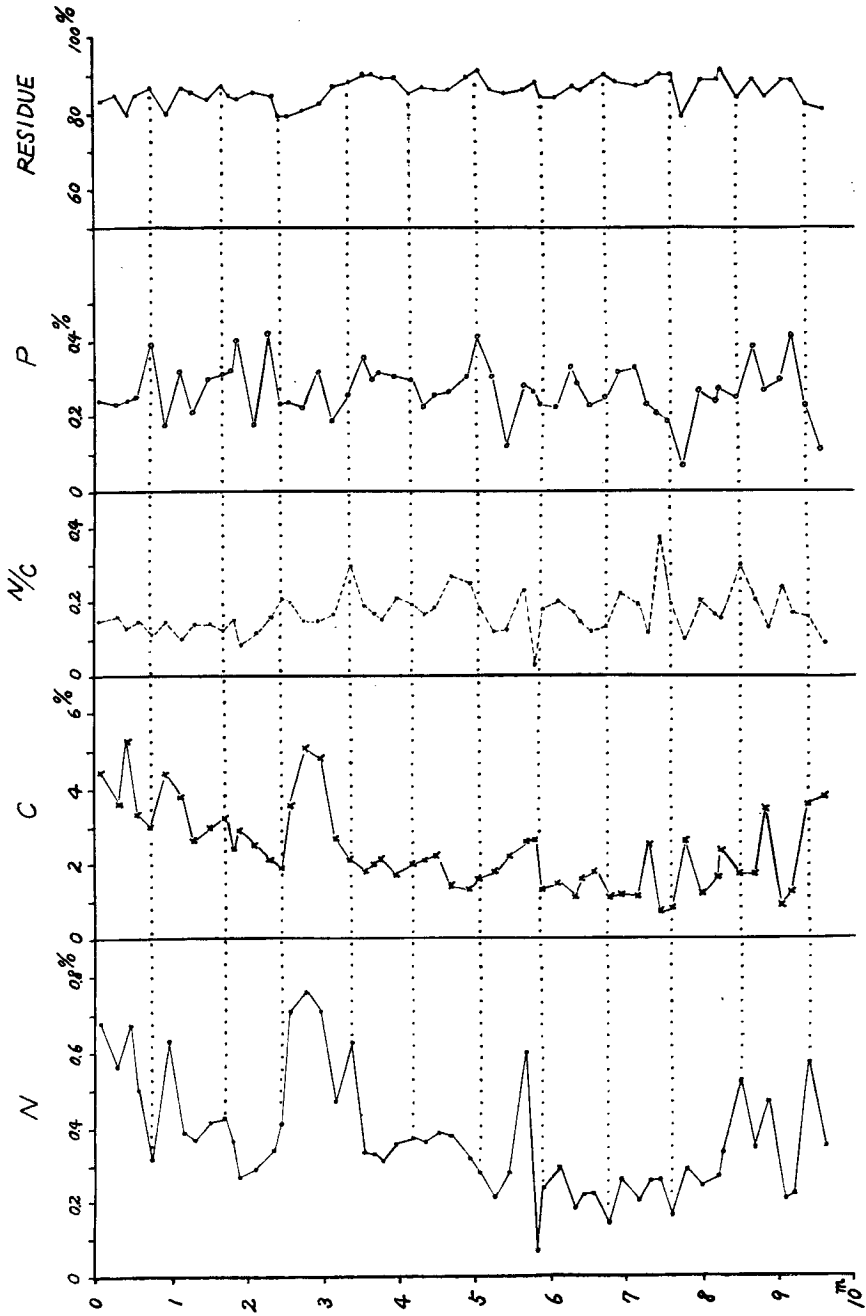


Fig. 3 Diagram showing the fluctuation of chemical elements in the core sample of Lake Yogo-ko

元電位の低下により、湖底泥より水中へ栄養塩の流出する機構は伴わないと考えられる。従って、この時には「酸化還元電位の低下を生ずるような、溶存酸素の減少」が起らない湖沼型、すなわち湖水容積の比較的大きい貧栄養的傾向であったといえよう。かかる酸化還元電位の上下は、たとえば琵琶湖のような大湖では生じ難いが、余呉湖のように平均深度 7.4m という小湖では容易く生ずるとみなされ、別紙に論ずるように筆者の調査結果によっても、今日、成層末期の余呉湖深水層では、溶存酸素は激減し、硫化水素や 2 価の鉄のかかりの量の発生が認められている。

他方、寒冷乾燥気候の卓越する場合には、外来性の C の供給の減少、湖面低下に伴う湖水容積の減少→富栄養的傾向→底泥からの栄養塩の溶出が生じ、N の増加が考えられる。^(注)

そこで、こうした見地から N/C 比を考察してみると、サンプル番号の No. 15→12 は N の減少にかかわらず C が増加し、No. 35→34 では C の増加に反して N は減少し No. 47→46 は N の増加よりも C の増加の方が著しい。従って N/C 比で、No. 12, 34, 46 の high C, low N のピークを示すことになる。他方 No. 21→20 の N の急増は C の増加よりも著しく、No. 45→44 の N の増加は逆に C の減少を示し、No. 51→50 の N の増加に対して C は増加しない。従って No. 20, 44, 50 の high N, low C のピークを示す。ところが P や residue のカーブから考えてみると、No. 15→12 では、No. 14→13 が無機物の減少から寡雨化を暗示し No. 47→46 も同傾向であるのに反して N の増加の著しくないことは、気候的要素よりもむしろ貧栄養化を生ずるような、すなわち湖水容積増加をつくり出す湖の深化を招く、地殻運動の要素の強いことを暗示しているものように見える。また No. 35→34 では、地殻運動よりも温暖多雨化の要素が大である為に、No. 34 のピークをつくったのであろう。一方、No. 20 のピークは、寒冷乾燥気候の為に湖面は低下する反面、C の増加は僅かであり、No. 44 のピークは No. 20 と同様で、又、No. 50 のピークも略々同じ理由によるとみなしてよからう。なお、ここにいう温暖多雨、寒冷乾燥という気候の表現は、あく迄も相対的な意味においてでしかない。

従って、余呉湖に於ては、No. 14→13, No. 47→46 には湖の深化を生ずるような微小な地殻運動の存在したことが推定され、その時代は C¹⁴ 資料¹⁴⁾よりすると、2,100年 B.P. 7,800年 B.P. 位であったと考えられる。

こうした微小な地殻変形を推定するには、琵琶湖のような堆積速度の遅い湖では、地殻変形の影響が堆積速度を下廻る為に、余呉湖にみるような証拠は保存されないとみなされる。その点、余呉湖はそのサイズ、構造起源、閉塞湖といった幾つかの好条件に恵まれて、水収支の歴史を知る上に、大きな幸を与えているといつてよい。

注) 第 3 図では 5 サンプル毎に点線で区切ってある。

あ と が き

以上、筆者は先史時代、歴史時代における微小な地殻変形を、湖底堆積物の柱状資料分析結果より推定してみた。しかし、ここに述べた研究は未だに初期の段階であり、今後の考察の進め方について大方の御批判を得たいと願っている。最後に、C の分析方法、分析結果について種々、御教え下さった小山忠四郎博士に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 松山基範：諏訪盆地の重力偏差分布に就て 日本学術協会報告 第 4 巻 1928, 326~331.
- 2) 本島公司, 牧野登喜男, 牧 真一：長野県諏訪湖北岸天然ガス調査報告 地質調査所月報 第 6 巻, 1955, 291~300.
- 3) 堀江正治：赤城カルデラ中の沖積層を切る断層 地質学雑誌第 62 巻, 1956, 332~333.
- 4) 堀江正治：箱根カルデラ内の湖成堆積物と沖積世の地殻運動 地質学雑誌 第 62 巻 1956, 636~644.
- 5) Horie, S.: A Topographic Study of Lacustrine Terraces and Crustal Movements around

- Lake Kutcharo, Hokkaido. *Jap. Jour. Geol. Geogr.* Vol.28, 1957, 1—10.
- 6) Horie, S.: Paleolimnological Problems of Lake Biwa-ko. *Mem. Coll. Sci. Univ. Kyoto, Ser. B.* Vol.28, 1961, 53—71.
 - 7) Horie, S.: Morphometric Features and the Classification of all the Lakes in Japan. *Ibid.* Vol.29, 1962, 191—262.
 - 8) Miyadi, D. & N. Hazama: Quantitative Investigation of the Bottom Fauna of Lake Yogo. *Jap. Jour. Zool.*, Vol.4, 1932, 151—196.
 - 9) 山崎直方, 多田文男: 琵琶湖附近ノ地形ト其ノ地体構造ニ就テ, 地震研究所彙報 第2号, 1927, 85—108.
 - 10) 辻村太郎: 日本地形誌 第3版, 1929, 211—212.
 - 11) 岡山俊雄: 柳ノ瀬断層と敦賀湾伊勢湾線 駿台史学, 第7号 1956, 75—101.
 - 12) 松下 進: 日本地方地質誌 第3版増補版 1962, 25,
 - 13) Horie, S.: On the Significance of the Crustal Movements in the History of Lake Biwa-ko, an Ancient Lake in Japan. *Ann. Acad. Sci. Fennicae., Ser. A, III, Geol. Geogr.* 90, 1966, 143—151.
 - 14) Horie, S.: Late Pleistocene Climatic Changes inferred from the Stratigraphic Sequence of the Japanese Lake Sediments. VIIth Internat. Quaternary Congr., (Boulder, 1965), Rept., (Unpublished).
 - 15) Toyoda, Y., S. Horie, & Y. Saijo: Studies on the Sedimentation in Lake Biwa from the Viewpoint of Lake Metabolism. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, (Unpublished).
 - 16) Vallentyne, J.R. & Y.S. Swabey: A Reinvestigation of the History of Lower Linsley Pond, Connecticut. *Amer. Jour. Sci.*, Vol.253, 1955, 313—340.
 - 17) Mackereth, F.J.H.: Some Chemical Observations on Post-glacial Lake Sediments. *Phil. Trans. Royal Soc. London, Ser. B., No.765, Vol.250, 1966, 165—213.*