

# 河口湖における過去約100年間の 降水量と湖水位変動

## Precipitation and Water Level Fluctuations in Lake Kawaguchi Over the Past 100 Years

山本 真也 内山 高

YAMAMOTO Shinya, UCHIYAMA Takashi

### 〈抄録〉

河口湖における長期的な水位変動の傾向とその要因を明らかにするために、1911（明治44）年7月から2017（平成29）年3月までの水位データをまとめ、降水量との比較を行った。その結果、最高水位が量水標零点+2 m以上となる大規模な水位上昇が、明治40-43年の大増水等の影響がほぼ収束する1930年以降で計3回発生していた。これら水位上昇は、いずれも月降水量が750 mmを超える月に起こっており、台風等による降水イベントの影響が示唆された。一方、最低水位が量水標零点-3 m以下となる大規模な水位低下は、同じく大増水等の影響が収束する1930年以降で計15回起こっていた。このうち2006年までの大規模な水位低下は、人為的影響を除けば、いずれも年降水量が1300 mmを下回る年に発生しており、水位上昇期の降水量の減少が大規模な水位低下の要因となっていた可能性がある。一方、2007年4月から2017年3月の10年間では、1961年から2006年と比較して年降水量に違いが見られないにも関わらず計6回の大規模な水位低下が発生しており、その発生頻度は増加していた。ただし、過去30年間の河口湖における年間水位上昇量と水位低下量には、少なくとも10年規模では有意差が見られず、近年の水位低下がより短期的（<10年）な水収支の変化を反映している可能性がある。

キーワード：河口湖、水位上昇、水位低下、降水量

### 1. はじめに

富士山北麓には、山中湖、河口湖、西湖、精進湖、本栖湖からなる「富士五湖」と呼ばれる火山性堰止湖が弧状に点在している（図1）。このうち最も北に位置する河口湖は、湖水面積5.70 km<sup>2</sup>、最大水深14.6 m、湖岸線長20.94 kmに及ぶ東西に長細い形をした内陸湖で、その湖面標高は海拔830.5 mと富士五湖の中では最も低い（山梨県, 2017a; 図1）。河口湖の東・北及び西側には標高1400 mから1700 mの御坂山地の山々が聳え、南岸の一部は標高1200 mから1300 mの足和田山地に接するものの、湖岸線の大半は標高840 mほどで湖畔沿いには富士山の溶岩が露出している。流入する自然河川としては、御坂山系を

源流とする寺川と奥川がある他は降水時を除き涸れ沢となっており、流入水は伏流水あるいは湧水として集水域から流入している (吉澤・望月, 2005; 山本ほか, 2017a)。

南岸を富士山の溶岩に堰き止められた河口湖では、天然の流出口がなく、周囲の村落は古くから増水による浸水被害に悩まされてきた (河口湖町教育委員会, 1984)。特に、1907 (明治40) 年から1910 (明治43) 年には数百年に一度の大増水 (田中, 1927) により、付近の村落の大部分が浸水し、水に浸かった湖畔の松の大半が枯死した (宮崎, 1934; 吉村, 1941; 植野, 1949)。山梨県ではこの大増水を契機として、1908 (明治41) 年7月に河口湖通水事業に着手、1913 (大正2) 年6月に排水トンネル (県庁隧道) が完成した。また1917 (大正6) 年には、桂川電力 (現・東京電力) によって放水路が建設されたものの (萱沼, 1966)、1935 (昭和10) 年と1938 (昭和13) 年には量水標零点+2 mを超える大増水に再び見舞われ、更に、1982 (昭和57) 年、1983 (昭和58) 年には豪雨により、湖岸道路や湖畔の公園が冠水、湖岸近くのホテル・民家などに浸水被害が出た。そのため山梨県では、1984 (昭和59) 年、新放水路の建設工事に着手、1993 (平成5) 年に嘯 (うそぶき) 治水トンネルが通水となった。一方、増水に比べると影響は小さいものの、水位の異常低下もしばしば報告されており (例えば、昭和9年や昭和62, 63年; 宮崎, 1934; 北條, 1988)、最近では2013年に、1997年以来16年ぶりとなる低水位となり (図2)、メディアにも大きく取り上げられた (例えば2013年7月3日山梨日日新聞朝刊)。

河口湖の水位変化に関しては、これまで多くの研究が行われており、その多くが降水量との関係を指摘している (田中, 1927; 吉村, 1941; 植野, 1949; 山梨県, 1966; 田中ほか, 1982; 山梨県, 1995; 吉田ほか, 1998)。例えば、植野 (1949) は、1938年から1943年の水位データから、水位上昇期 (6月下旬から11月上旬) における水位上昇量と降水量が直線関係にあり、両者が約15日の位相差で一致することを報告している。また、吉田ほか (1998) は1989年から1996年までの水位データを検討し、河口湖における月降水量と3ヶ月後の月平均水位に有意な相関があることを明らかにしている。また菅野ほか (1986) は、降水量と地下水位との関係から、河口湖の水位上昇は、河口湖から南に流下する地下水と富士山側から流下する地下水が河口湖の南部でダムアップされ、桂川方向へ排出しきれなかった時に起こると推定している。ただし、これら研究は長くても10年程度の変動を対象としており、より長期的 (数十年~百年) な変動についてその傾向や要因を解析した例はない。そこで本研究では、河口湖における長期的な水位変動の傾向とその要因を明らかにするために、河口湖で水位観測が始まった1911 (明治44) 年から2017 (平成29) 年3月までの水位データをまとめ、降水量との比較を行った。なお本研究では、既存の水位データや水害記録の多くが和暦を使用していることから、これらを引用するには西暦・和暦を併記した。

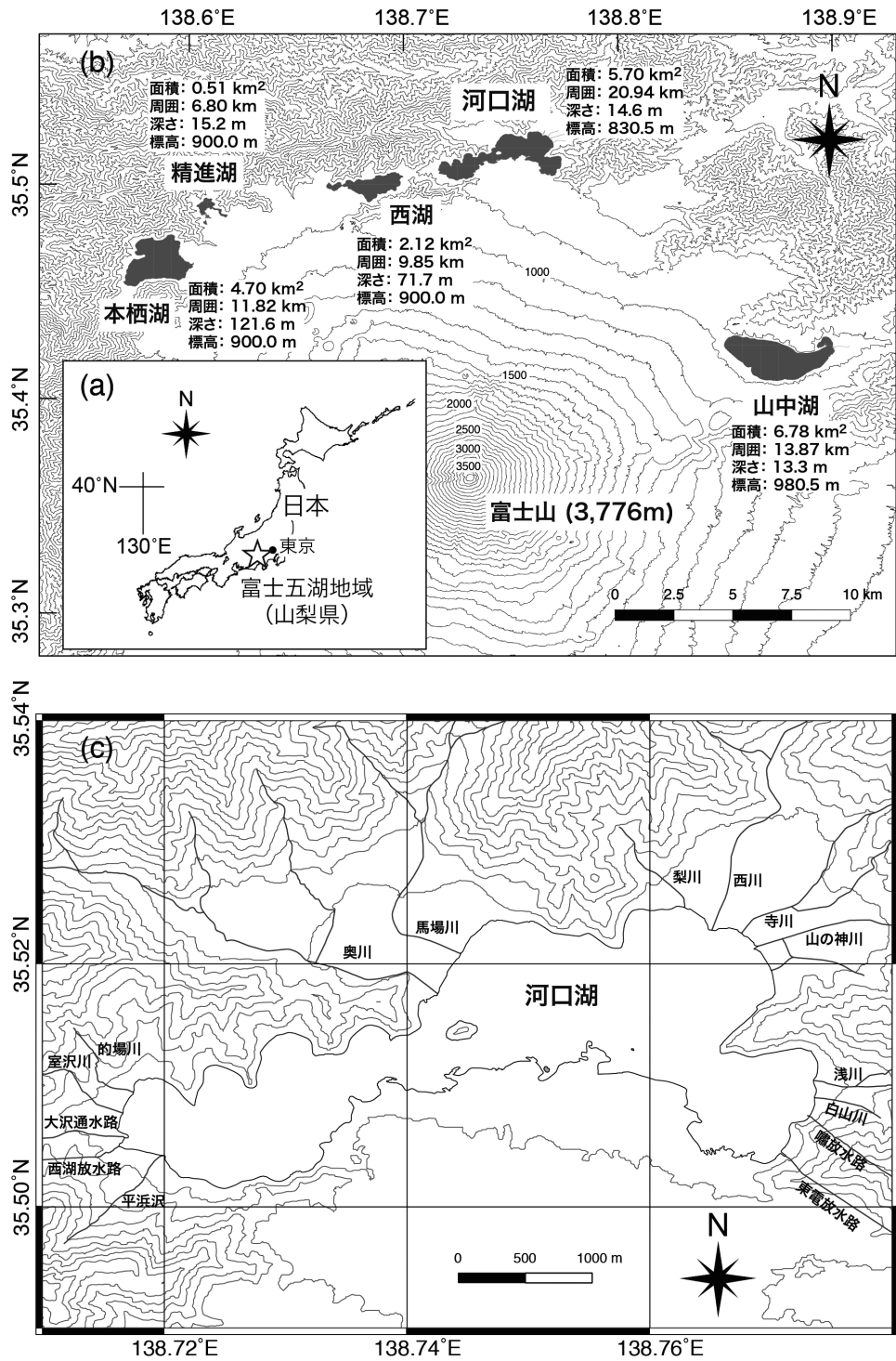


図1 (a) 富士五湖地域の位置図と (b) 富士五湖の分布・各湖の概要、(c) 河口湖の概要と流入河川及び放水路の位置図。



図 2 16年ぶりの大規模な水位低下 (-3.65 m) により湖底の一部が露出した河口湖。2013年 8 月31日天上山より撮影 (SY)。

## 2. 調査方法

本研究で用いた資料は、神原 (1929) 及び山梨県 (1963) で公表されているそれぞれ 1911 (明治44) 年 7 月から 1928 (昭和 3) 年 12 月、1929 (昭和 4) 年 1 月から 1933 (昭和 8) 年 3 月の河口湖の水位及び降水量データ (ただし 1911 年から 1928 年の降水量は吉田観測所での観測)、山梨県 (1963, 1970) 及び山梨県がウェブサイト上 (山梨県, 2017b) でそれぞれ公表している 1933 (昭和 8) 年 4 月から 1971 (昭和 46) 年 3 月及び 1998 (平成 10) 年 4 月から 2017 (平成 29) 年 3 月の河口湖の水位データである。なお、量水標零点の標高値に関して文献により違いが見られたが、量水標零点が変更された旨の記載はなく、また標高値が異なる文献間で重複する期間の水位データを比較したところ違いが見られなかったことから連続するデータとして扱った。

また 1933 年 4 月以降の降水量に関しては、気象庁の HP (<http://www.jma.go.jp>) で公開されている降水量データ (河口湖測候所) を用いた。なお、公表データのない 1971 (昭和 46) 年 4 月から 1998 (平成 10) 年 3 月までの河口湖の水位データについては山梨県保有の資料を参照した。

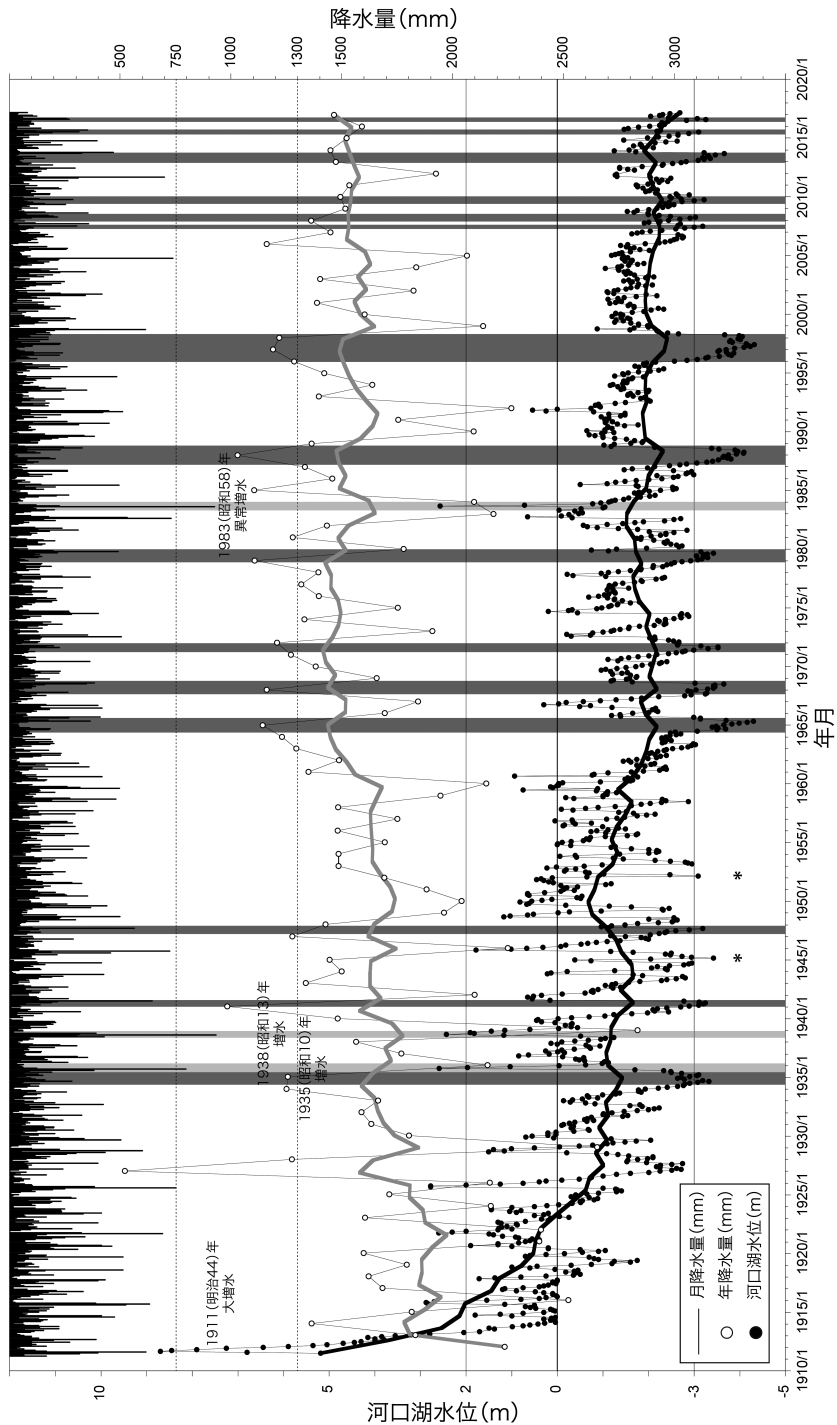


図3 1911 (明治44) 年7月から2017 (平成29) 年3月の毎月1日に観測された河口湖の湖水位 (黒丸の折れ線グラフ) と年降水量 (白丸の折れ線グラフ)、月降水量 (図上の黒い棒グラフ) の推移。図中の太線は Stineman 関数により平滑化された湖水位 (黒) と年降水量 (グレー) の変動。1930年以降に発生した大規模な水位上昇 (量水標零点 + 2 m 以上) と水位低下 (量水標零点 - 3 m 以下) にそれぞれ明暗の陰影をつけて示した。

### 3. 結果と考察

#### 1) 河口湖における湖水位の長期的な変動傾向

図3には、1911(明治44)年7月から2017(平成29)年3月までの毎月1日に観測された河口湖の湖水位と月降水量、年降水量の推移を示した。湖水位は、1907(明治40)年から続いた豪雨の影響で1911(明治44)年には最高水位(量水標零点+8.7m)に達したが、その後は徐々に低下し、1930(昭和5)年ごろまでには水位は概ね+2mから-3mの範囲で推移するようになる(図3)。水位の低下傾向はその後も続き、1961年頃には一時的な増水時を除き0m以下で変動するようになり、この傾向は現在まで続いている。平滑化された湖水位の長期的な変動傾向(図3の黒い太線)は、明治40-43年の豪雨の影響が見られた1911年から1930年頃までの期間を除いて、年降水量の変動と概ね一致しており(図3のグレーの太線)、水位変化が年降水量の変化と連動するとして既往の研究(例えば、山梨県(1966))と調和的である。なお1910年代から1920年代に見られる急激な湖水位の低下の要因として、1913(大正2)年と1917(大正6)年に完成した放水路の影響が指摘されている(山梨県, 1995; 吉田ほか, 1998)。また1993年以降、水位の上限が約-1mでほぼ一定となっているが、これは同年より運用が開始された嘯治水トンネルの影響によるものと考えられる(河口湖では増水期(6月から10月)は量水標零点-1.5m、渇水期(11月から5月)は同-1m以下になるように水門操作を行うこととなっている; 山梨県, 1995)。

#### 2) 河口湖における大規模な水位上昇・水位低下の発生頻度と降水量の関係

図3には、明治40-43年の大増水とその後の人為的放水の影響がほぼ収束した1930年以降に河口湖で発生した大規模な水位上昇(量水標零点+2m以上)と水位低下(量水標零点-3m以下)にそれぞれ明暗の陰影をつけて示した。河口湖では従来短期間に多量の降水があった際、急激な水位上昇が起こることが知られているが(吉田ほか, 1998)、1930年以降に発生した3回の大規模な水位上昇(図3の明灰色の帯)は、いずれも月降水量で750mmを超えるような降水イベントに対応しており(図3)、台風等による短期的な降水がこれら急激な水位上昇の主要因であることを示唆している。

一方、湖水位が量水標零点-3m以下に低下する大規模な水位低下は、同じく大増水等の影響がほぼ収束する1930年以降で計15回(図3の暗灰色の帯)あり、このうち1930年から2006年までに起こった9回の水位低下については、1945年と1952年(図3の星印)を除き年降水量が概ね1300mm以下だった翌年の4月から10月に発生していた(図3)。これは、河口湖では年降水量の約8割を4月から10月の降水が占めており(過去100年間の平均)、この時期に降水量が少ない場合、例年水位が上昇する春から秋に水位が十分上昇しないまま冬の減水期に入り、翌年春以降に再び水位が上昇するまで水位低下が継続するためと考えられる。

なお、河口湖の水利使用規則によれば、東京電力は量水標零点以上に水位がある場合に、必要量を引水して発電に利用することができる。また零点-10尺(約-3m)までは同日中に西湖より引入れた水量内において引水して利用できるとされている(山梨県, 1995)。

湖水位が降水量と連動しなかった1945年1-2月と1952年1月下旬-3月（図3の星印）には、河口湖の水位が量水標零点以下にあったにも関わらず、河口湖の放流量が西湖からの放流量を上回っており（例えば、1945年1-2月の河口湖の放流量は $361.821 \text{ m}^3/\text{sec}$ に対して西湖の放流量は $130.45 \text{ m}^3/\text{sec}$ ; 山梨県, 1963）、人為的影響が示唆される。前述の大増水と人為的放水の影響がほぼ収束した1930年以降、一時的な増水時を除き水位が0 m以下となる1960年までの30年間の大規模な水位低下（人為的影響は除く）の発生頻度は、0.1回/年であったのに対し、1961年から2006年では0.13回/年とわずかながら増加傾向が見られた。河口湖の1961-2006年における年降水量の平均値（ $1517 \pm 329 \text{ mm}$ ）は、1930-1960年（ $1663 \pm 399 \text{ mm}$ ）と比較して約9%少なくなっており、春から秋にかけての降水量の減少により、河口湖では1961年以降、概して水位低下が起りやすい傾向にあったことが示唆される。

一方、2007年から2016年までの10年間では、計6回の大規模な水位低下が発生していた。しかし、これら水位低下は2006年以前とは異なりいずれも年降水量が1300 mm以上の年に発生しており（図3）、更なるその発生頻度は0.6回/年と1911年から2006年までの期間に比べ著しく増加傾向にあった。ただし、2007年から2016年の10年間における河口湖の降水量の年平均値は $1534 \pm 151 \text{ mm}$ と前述の1961年から2006年（ $1517 \pm 329 \text{ mm}$ ）と比較しても大差なく、近年の大規模な水位低下の発生頻度の増加が、年降水量の減少によるものではないことが示唆される。

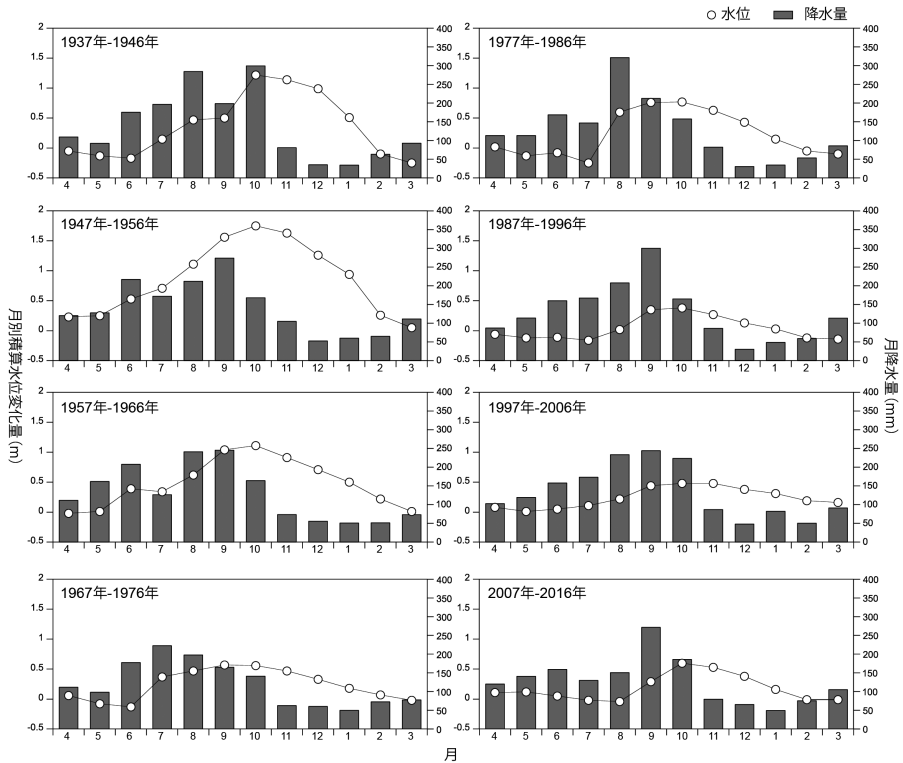


図4 1937年から2016年までの10年毎の月別積算水位変化量（4月1日から翌年3月31日までの水位変化量の月別積算値）と月降水量の平均値の比較。なお水位上昇期と水位低下期の変動量が比較しやすいよう4月から翌年3月を1年として変動を示した。

### 3) 河口湖における月別水位変動パターンの長期的変化

近年の水位低下発生頻度の増加の要因を探るため、図4には、河口湖測候所での降水量データが揃っている過去80年間の月別積算水位変化量(4月1日から翌年3月31日までの水位変化量の月別積算値)と月降水量の10年毎の平均値の比較を示した。河口湖の水位変動パターンについては、植野(1949)が1938年から1943年までの水位データの解析から(1)4月上旬から6月下旬の水位停滞期、(2)6月下旬から11月上旬の水位上昇期、(3)11月上旬から4月下旬の水位下降期の3期に分類しているが、最近の解析では(1)の停滞期がほとんど認められず、更に(2)の水位上昇期が短期間になっていることが報告されている(堀内ほか, 1992; 吉田ほか, 1998)。本研究の解析でも、1937年から1976年の40年間では、いずれも6月ないし7月からの水位上昇が確認された(図4)。一方、1977年から2016年の40年間では7月に若干(0.06 m)の水位上昇が見られた1997年-2006年を除き、水位上昇の開始時期がいずれも8月以降となっており、特に2007年から2016年の10年間では、水位上昇期の始まりが9月以降と過去80年間で最も遅くなっていた(図4)。また水位上昇期における1ヶ月間の水位変化量は概して月降水量の多い月に大きくなる傾向が見られ(図4)、春から秋の降水パターンの変化が水位上昇の開始時期に影響を及ぼしていることが示唆される。

一方、河口湖の水位はいずれも11月から3月にかけて低下傾向を示した(図4)。これは、河口湖南部では、富士山の火山噴出物を通じた定常的な湖水の地下流出が起こっており(薄・田場, 1994; 林・坪井, 2005; 尾形・小林, 2015; 山本ほか, 2017b)、また放水路を通じた人為的な取水等の影響により、降水量の減少する11月から3月に、湖からの流出量が流入量を上回るためだと考えられる。一般に、表面流出のない湖で地下浸透量を求めるのは難しいが、堀内ほか(1992)は、1970年から1983年までの水収支を求め、11月から3月には地下流出量が相対的に増加することを明らかにしている。

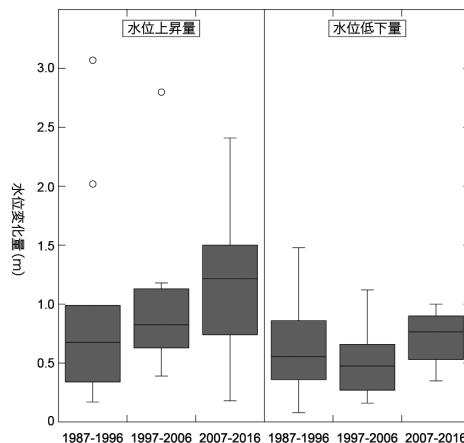


図5 過去30年間(1987-2016年)の年間水位上昇量及び水位低下量の10年毎の比較。

前述の水位低下頻度の増加が見られた2007年から2016年の水位上昇期の平均水位上昇量(=水位上昇期の最高水位 - 同最低水位; 図4, 5)は $1.18 \pm 0.63$  mであり、1987年から1996年( $0.96 \pm 0.91$  m)や、1997年から2006年( $1.00 \pm 0.69$  m)と比較して、有意差は見られなかった(図5;  $p = 0.78$ )。また、2007年から2016年の冬の水位低下量(=



水位低下期の最高水位 - 同最低水位; 図4, 5) は  $0.73 \pm 0.24$  m であり、1987年から1996年 ( $0.66 \pm 0.47$  m) や、1997年から2006年 ( $0.55 \pm 0.31$  m) と比較してやや高い値を示すものの、統計的に有意な差は認められなかった (図5;  $p = 0.51$ )。

一方、2007年から2016年に観測された6回の大規模な水位低下の内、水位低下が16ヶ月にも及んだ2012年6月から2013年10月を除けば、いずれの水位低下も春から秋(4月から10月)の数ヶ月間に限定される短期的な現象であった。前述のように、河口湖の月別水位変動パターンは、従来6・7月-10月だった水位上昇期が近年縮小傾向にあることを示しており、これら水位低下が初夏以降の降水パターンの変化に伴う短期的(<10年)な水収支の変化に起因するのかもしれない。今後、過去10年間で起こった個々の水位低下に関して、詳細な水文学的解析を行い、その要因を明らかにしていく必要がある。

#### 4. まとめ

本研究では、河口湖の長期的な水位変動の傾向とその要因を明らかにするために、1911(明治44)年7月から2017(平成29)年3月の水位データをまとめ、降水量との比較を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

1. 明治40-43年の大増水等の影響がほぼ収束する1930年以降、最高水位が量水標零点+2 mを超える大規模な水位上昇が計3回発生していた。これら水位上昇は、いずれも月降水量が概ね750 mmを超える降雨イベントに一致しており、台風等による短期間の降水量の増加の影響が示唆された。
2. 最低水位が量水標零点-3 mを下回る大規模な水位低下は、同じく大増水等の影響がほぼ収束する1930年以降で計15回起こっていたが、人為的影響を除けば、2006年までの水位低下はいずれも年降水量が1300 mm以下の年に発生していた。またその発生頻度は、年降水量の減少に伴い1961年以降増加傾向にあり、水位上昇期の降水量の減少が大規模な水位低下の一因となっていた可能性がある。
3. 2007年以降、年降水量が1300 mmを超える年でも大規模な水位低下が発生するようになり、また1961-2006年と比較して年降水量にほとんど差がないにもかかわらずその発生頻度は増加していた。ただし、過去30年間の河口湖における水位上昇量と水位低下量には少なくとも10年規模では有意差が認められず、近年の水位低下が、より短期的(<10年)な水収支の変化を反映している可能性がある。

#### 5. 謝辞

山梨県県土整備部治水課には河口湖の水位データを提供していただいた。また2名の匿名査読者には本稿を改善する上で大変有意義なコメントをいただいた。記して御礼申し上げます。

## 6. 引用文献

- 林武司・坪井哲也「富士山北麓における山体地下水と山麓湖の交流」『地下水技術』47 (11), 2005, 3-14.
- 堀内清司・李庸圭・渡辺真木・藤田恵美「富士の陸水学的特性」『日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要』27, 1992, 45-56.
- 北條浩『河口湖水利権史』, 河口湖治水組合, 1988, 446p.
- 神原信一郎『富士山の地質と水理』, 博進館, 1929, 481p.
- 菅野敏夫・石井武政・黒田和男「水文地質構造から見た富士山北麓地域の地下水流動と河口湖の水位変動機構に関する一考察」『日本地下水学会会誌』28 (1), 1986, 25-32.
- 河口湖町教育委員会『河口湖町水災の今昔』, 河口湖町教育委員会, 1984, 43p.
- 萱沼英雄 (編)『河口湖町史』, 河口湖町, 1966, 701p.
- 宮崎正義「河口湖の湧水」『天気と気候』1 (1), 1934, 30-33.
- 尾形正岐・小林浩「河口湖の水位変動と河口湖南東部の地下水位変動」『山梨県総合理工学研究機構研究報告書』第10号, 2015, 91-94
- 薄栄幸・田場穰「富士五湖とその周辺地下水の関係について」『日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要』29, 1994, 43-60.
- 田中阿歌麿『趣味と伝説 湖沼巡礼』, 國本社 (東京), 1927, 322p.
- 田中正二郎・笠井和平・堤充紀・笹本順・長田照子「1982年富士五湖異常増水時の水質調査結果および水収支について」『山梨県衛公研年報』26, 1982, 22-28.
- 植野隆壽「富士五湖の水位に就いて」『海と空』27 (2), 1949, 17-22.
- 山梨県『水シリーズ VII 水資源と用水対策 (富士北麓・ハヶ岳山麓)』, 1966, 14-33.
- 吉田雅彦・平林公男・吉澤一家「河口湖における水位の変動と降水量との関係」『山梨県立女子短大紀要』31, 1998, 79-84.
- 山本真也・中村高志・内山高「富士山北麓・河口湖で新たに見つかった湖底湧水」『日本水文科学会誌』47, 2017a, 49-59.
- 山本真也・中村高志・小石川浩・内山高「富士山北麓・河口湖南岸の浅層地下水とその水質特性」『富士山研究』11, 2017b, 1-9.
- 山梨県『富士山北麓の利水調査とその資料解析 (別表) 富士五湖水位・放流量・雨量表 昭和2年～昭和36年』, 1963.
- 山梨県『富士五湖 水位・放流量・雨量・観測表』, 1970, 53p.
- 山梨県『河口湖嘯放水路工事誌』, 山梨県土木部都留土木事務所, 1995, 186p.
- 山梨県『やまなし県のあらまし2017』, 山梨県広聴広報課, 2017a, 38p.
- 山梨県『富士五湖の過去の水位 河川管理 河川・砂防・治山 まちづくり・環境 (www.pref.yamanashi.jp/chisui/113\_006.html)』, 2017b.
- 吉村信吉「富士五湖の水位と風景」『風景』8 (12), 1941, 590-594.
- 吉澤一家・望月映希「夏季の河口湖湖底直上水の水質」『山梨県衛生公害研究所年報』49, 2005, 54-59.

Received : May, 7, 2018

Revision received : June, 25, 2018

Accepted : July, 9, 2018