

十三湖における地形改変と湖水環境変化に関する検討*

東北大学 工学部建築・社会環境工学科 松根 駿太郎

東北大学 大学院工学研究科 梅田 信

東北大学 大学院工学研究科 田中 仁

八戸工業大学 工学部環境建設工学科 佐々木 幹夫

1. はじめに

青森県津軽地方を流下する岩木川は、最下流部である河口域が十三湖という汽水湖となっている。この湖は、ヤマトシジミ(*Corbicula japonica*)の名産地であり、国内の湖沼で第3位の漁獲高を誇る。しかし近年ではシジミの漁獲量の減少が懸念されており、その原因として、塩分や溶存酸素といった湖内の水環境条件の変動が関連していると考えられる。そのため、湖内の水理学的環境の特徴を把握することは、この湖における水産及び河川・湖沼管理上の重要な要素であると言える。

汽水湖におけるシジミと関連づけた水理環境の研究は、十三湖と同じ青森県に位置する小川原湖や、島根県の宍道湖において多くなされている^{1),2)}。一方で、十三湖は湖水の交換速度が大きく、水質悪化の懸念が少ない。そのため、環境水理学的な観点からなされた研究は、高橋ら³⁾や佐々木ら⁴⁾、小西ら⁵⁾がある程度で、あまり多くない。

また、十三湖は常に人の手が加えられてきた湖でもある。大正15年には十三湖の日本海との連絡口である水戸口において導流堤建設が行われた。昭和中期には十三湖の南側の一部において干拓が行われ、食糧増産が図られた。また、岩木川の改修により、十三湖に流入する土砂の量が増加した。このため、これらの事業が十三湖の水循環に与えた影響を理解する必要がある。本研究では、これらの事業が行われる前の測量地図である、明治44、45年測量の岩木川平面図から明治時代の十三湖の地形を再現し、現在の地形と比較を行った。その上で、十三湖の地形改変及び湖水環境変化の原因の考察を行った。

2. 研究対象地域の概要

十三湖は、一級河川岩木川の最下流部に位置し、日本海に面している汽水湖である。湖面積18.6km²、水面標高0m、湖心部の最大水深が約2mの浅い湖である。湖の容積に対して集水面積は2,544km²と大きく、湖水の平均滞留期間が3日程度と非常に短いのが特徴である。湖の平面形状を図1に示す。湖の北西部において十三湖と日本海が接続されており、この地点を水戸口という。かつて水戸口は閉塞と開削を繰り返してきたが、昭和21年に導流堤が竣工したことにより、閉塞することはなくなった。また、河川からの流入は岩木川が全秋水面積の80%を占めており、その他に山田川、鳥谷川、相内川などの流入がある。十三湖で漁獲される魚介類のうち、90%以上がヤマトシジミで占められている。

* Estimation of geomorphic and environmental change in Jusan Lake, by Matsune Shuntaro, Umeda Makoto, Tanaka Hitoshi and Sasaki Mikio

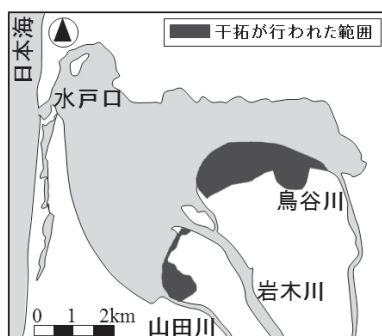


図1 十三湖の平面図

十三湖干拓建設事業は、昭和 23 年に仙台農地事務局十三湖干拓建設事務所の発足とともに着手された。食糧増産の大義のもと、建設は急速に行われたが、技術の未熟さから、干拓完了までには 21 年を要した。囲繞堤と呼ばれる、河口の汀線を大きく囲むような堤防が建設された後に、排水工事が行われ、昭和 44 年に干拓が完了した。

3. 研究の方法

明治時代の測量地図である岩木川平面図は、明治 44、45 年に内務省により測量されたものであり、縮尺は 3000 分の 1 である。保管状況が良くなく不鮮明なものであったが、清野らが岩木川平面図の電子化を行い⁶⁾、明治時代の十三湖の地形を判読しやすくなった。その画像を用いて、デジタル化ソフトウェアにより、等深線情報のデジタル化を行った。デジタル化の方法は、画像の等深線をトレースし、標高の情報を与えるというものである。

次に、そのデータから、格子状に区切ったデータであるグリッドデータを作成した。グリッド作成アルゴリズムは最近傍法を採用した。最近傍法にはノイズが発生しないという利点があるが、等深線が疎らな場所では誤差が大きくなるという欠点がある。このため、等深線が疎らな場所には誤差が小さくなるようにデジタル化の際に標高点を設置し、データを補っている。

グリッドデータ作成後、国土交通省から提供された 2007 年の測量データから作成したグリッドデータと重ね合わせ、地形の比較を行った。また、明治時代と現在の十三湖において、湖の体積の比較を行った。体積の計算方法はグリッドデータを用いて、基準となる標高を定めてそこから低い地点の総面積および総体積をソフトウェアにより計算するものである。計算精度は確認済みではあるが、グリッドデータを用いるために、グリッドデータ作成の際に生じた誤差はそのまま反映されてしまう。このため、明治時代のデータについては、精度が保証できる 0.3m ごとのグリッドデータのみを用いて体積を計算し、その間については 3 次スプライン補完により補完を行っている。

4. 研究の結果

デジタル化した等深線のデータを図 2 に示す。等深線の間隔については、初めは不明であったが、岩木川平面図を解読することにより、1 尺(約 0.303m)ごとであることを突き止めたため、

デジタル化の際には 0.3m ごととした。また、グリッドデータから作成した、現在の十三湖の等深線図を図 3 に示す。図 2 と図 3 を比較すると、岩木川の湖口付近や干拓された地点を除けば、一見すると大きな違いがないように見える。そこで、0.3m ごとに等深線をそれぞれ比較することにした。

図 4 に、明治時代と現在のグリッドデータを重ね合わせ、等深線を 1 本ずつ比較したものを示す。汀線については、干拓により、現在の十三湖の方が面積が小さくなっている様子が分かった。標高-0.3m の等深線については、明治時代は汀線から離れているのに対し、現在では汀線にほぼ重なるようになってきている。このため、現在の方が急勾配となっているといえる。標高-0.6m および-0.9m の等深線については、水戸口付近において、現在の方が等深線が後退していることが分かる。これは、導流堤の竣工により湖内の水循環が変化し、土砂の交換が多くなったためと考えられる。また、十三湖の東側においては、現在の方が等深線が湖心寄りにある。これは土砂が堆積したためであると考えられる。

標高-1.2m より深い地点の等深線については、明治時代と現在であまり大きな変化はないが、十三湖中心部の湖底標高は、明治時代が約-2.1m、現在が約-1.9m となっていて、現在の方が浅くなっている。これは土砂が湖底に堆積したためであると考えられる。

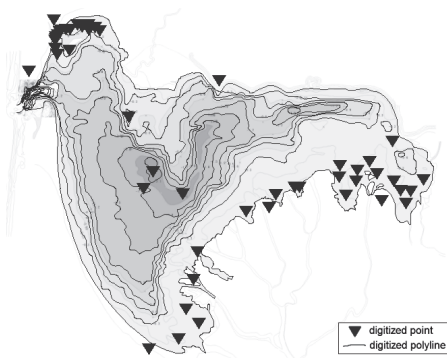


図 2 データ化された岩木川平面図

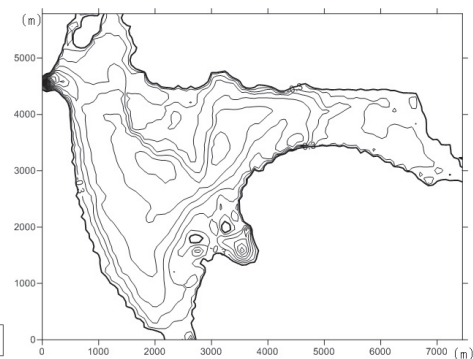


図 3 現在の十三湖の等深線図

湖底からの累計体積の、明治時代と現在の比較を図 5 に示す。標高-1.3m から-1.8m の深度にかけて現在のほうが湖の体積が少なく、これは土砂が堆積したことを示している。また、干拓が行われた湖面付近の体積については現在と明治時代でほとんど差がない。これは干拓が非常に浅い水域でのみ行われたためである。

湖底から基準面までの総面積の、明治時代と現在の比較を図 6 に示す。図 5 と比較すると、湖面付近の干拓の影響が顕著に表れている。明治時代の十三湖は、標高-0.3m までの浅い水域の面積が 6.88km² にのぼり、湖の全面積の 35% を占めていることが分かる。

次に、土砂堆積量の計算を行った。図 6 のグラフを用い、現在の方が明治時代よりも体積の小さい標高-1.5m 付近から標高-2.1m 付近にかけて、数値積分を行った。その結果、土砂堆積量は約 $6.6 \times 10^4 \text{m}^3$ という結果を得た。

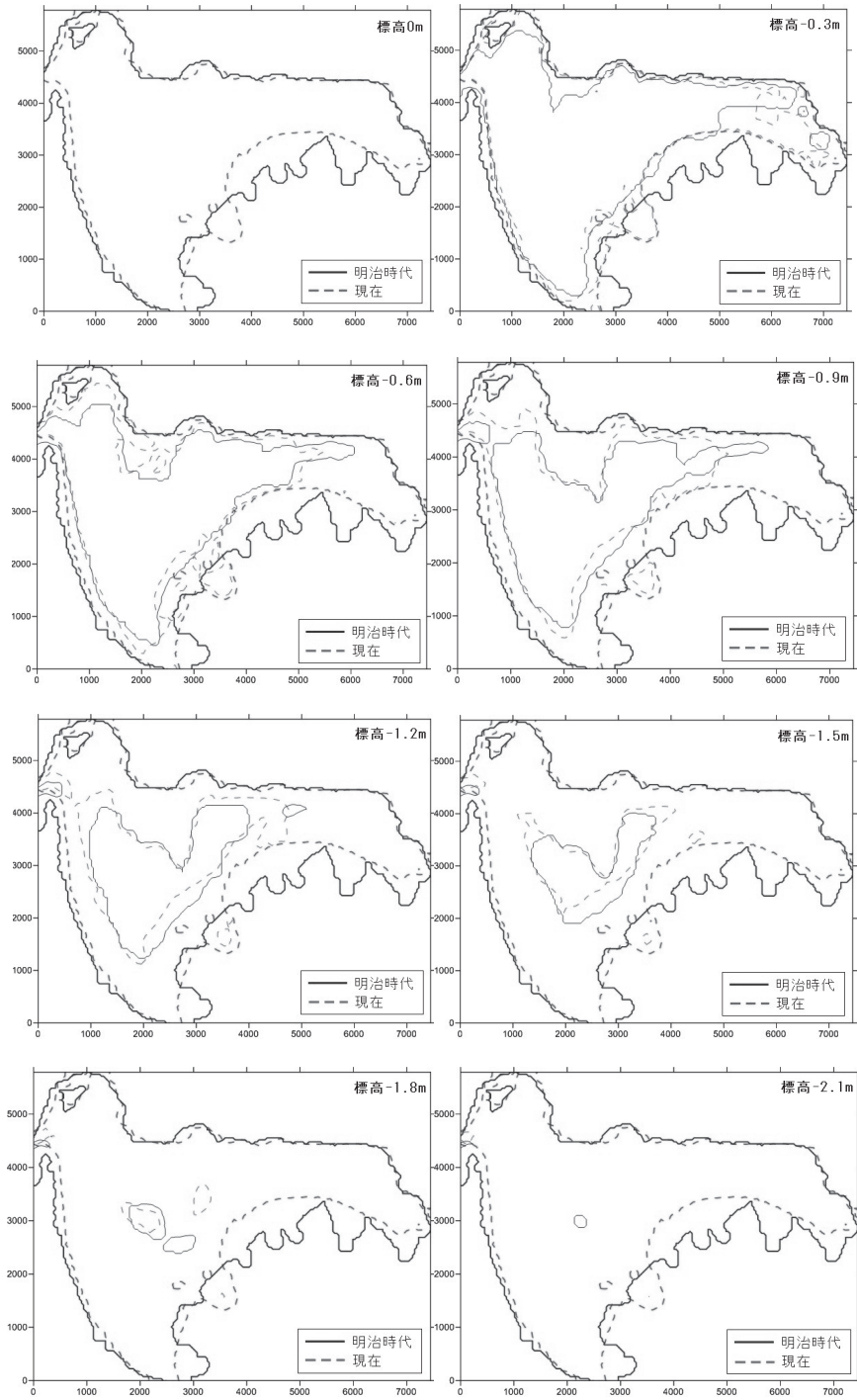


図4 明治時代と現在の十三湖の等深線の比較

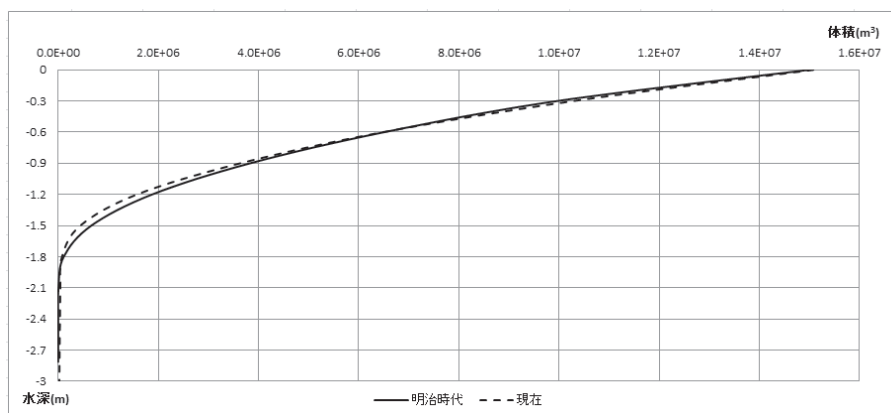


図5 明治時代と現在の十三湖の水深と体積の関係

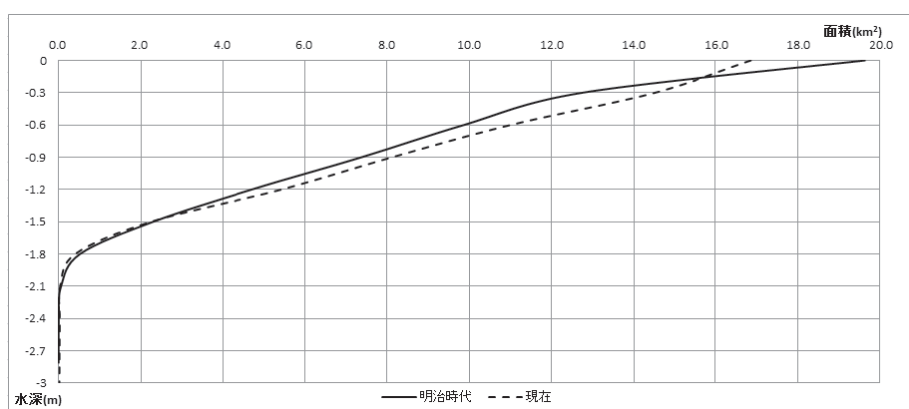


図6 明治時代と現在の十三湖の水深と面積の関係

この値の妥当性を評価するために、望月らにより推定された、岩木川から十三湖への土砂流入量との比較を行った。岩木川から十三湖への土砂流入量は、昭和47年から昭和62年にかけては約 $3000\text{m}^3/\text{year}$ 、昭和63年から平成19年にかけては約 $300\text{m}^3/\text{year}$ と推定されている。昭和63年から土砂流入量が減少した理由は、岩木川下流の河道拡幅により、掃流力が低下し、岩木川の土砂輸送能力が低下したことが挙げられている。また、十三湖に流入した土砂が水戸口から流出せずに十三湖に堆積する割合を示す捕捉率は40%と求められている⁷⁾。明治45年から昭和46年までの土砂流入量を、昭和47年から昭和62年までの流入量と同じと仮定して土砂堆積量の計算を行うと、約 $9.4 \times 10^4\text{m}^3$ という結果を得た。これは数値積分による推定値の約1.4倍である。

誤差要因としては、出水による十三湖への土砂流入量の大きな変動や、捕捉率の変動、グリッドデータ作成時の誤差、明治時代の地形データの補完の際に生じた誤差が挙げられる。昭和47年から昭和62年の土砂流入量が約 $1000 \sim 10000\text{m}^3/\text{year}$ と大きく変動していることを考慮すると、今回の計算結果は国土技術政策総合研究所の計算結果から大きく外れておらず、妥当で

あるといえるが、過大評価と過小評価が打ち消しあったことにより誤差が小さくなった可能性も否定できない。

5. おわりに

明治時代の測量地図から当時の十三湖の地形をデジタル化により再現し、現在の十三湖の地形との比較を行った。その結果、導流堤の建設や、土砂の堆積による地形の変化を確認することができた。明治時代と現在では、湖内の水循環の様子が異なる可能性がある。また、十三湖においては土砂の堆積が地形変化に及ぼす影響は少なく、導流堤建設による地形変化への影響がより大きいものと思われる。

今後は明治時代の十三湖の地形データを適用して、3次元流動計算モデルを用いて湖内の水循環を再現する。それを基に、明治時代の十三湖と現代の十三湖の汽水環境の比較検討を行う。

謝辞：本研究は、岩木川における河川生態学術研究会の総合的な調査研究の一環として実施された。また本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(B)(21360230、代表：田中仁)により実施された。

参考文献

- 1) 久保田光彦, 藤原広和, 長崎勝康, 吉田由孝, 細井崇: 小川原湖における水質・底質環境およびヤマトシジミの生息状況について, 海岸工学論文集, 第 53 巻, pp.1091-1095, 2006
- 2) 中村義治, 寺沢知彦, 中村幹夫, 三村信男: 宍道湖ヤマトシジミ個体群の水質浄化機能の評価解析, 海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.1236-1240, 2001
- 3) 高橋迪夫, 藤田豊, 佐々木幹夫, 池田通政, 川名慶紀: 十三湖における出水後の水質の時・空間変動特性に関する現地観測, 水工学論文集, 第 38 巻, pp.283-288, 1994
- 4) 佐々木幹夫, 田村保憲, 藤田豊: 十三湖遡上塩水の挙動特性, 水工学論文集, 41 巻, pp.501-507, 1997
- 5) 梅田信, 小西絵里子, 田中仁, 佐々木幹夫: 浅い汽水湖における塩分変動解析, 水工学論文集, 第 54 巻, pp.1423-1428, 2010
- 6) 清野聡子ら, 未発表
- 7) 望月貴文, 天野邦彦, 藤田光一: 十三湖におけるシルト・粘土の捕捉に着目した土砂動態の実態把握, 水工学論文集, 第 55 巻, pp.1513-1518, 2011