

ISSN 2436-8849

信州大学
理学部附属湖沼高地教育研究センター
諏訪臨湖実験所研究報告
第2号



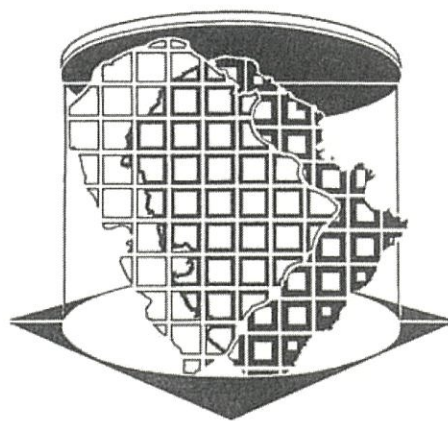
信州大学
理学部附属湖沼高地教育研究センター
諏訪臨湖実験所

Suwa Hydrobiological Station,
Research and Education Center for Inlandwater and Highland Environments,
Shinshu University

March 2023

信州大学
理学部附属湖沼高地教育研究センター
諏訪臨湖実験所研究報告
第 2 号

Research report of the
SUWA HYDROBIOLOGICAL STATION
RESEARCH AND EDUCATION CENTER FOR
INLANDWATER AND HIGHLAND ENVIRONMENTS
SHINSHU UNIVERSITY
No.2



March 2023

はしがき

信州大学理学部附属湖沼高地教育研究センターは 2019 年 4 月に発足しました。同研究センターの諏訪臨湖実験所は、山地水環境教育研究センター（2001 年から）、山岳科学総合研究所山地水域環境保全学部門（2006 年から）、山岳科学研究所大気水環境・水生生態系研究部門（2014 年から）を経て、約 20 年ぶりに理学部の組織・施設となりました。この間、一貫して、在籍する教員と学生が協力し諏訪湖の定期観測を行ってきました。この長期にわたる観測データは、学内外の学生や研究者の教育・研究だけでなく、行政の施策にも活用されています。

本研究報告（第 2 号）は、その諏訪湖の定期観測の成果（2017 年から 2021 年）をまとめたものです。また、2003 年より行っている、諏訪湖の流入河川・流出水の観測結果（2017 年から 2021 年）も併せて掲載しました。

一方、2018 年より諏訪臨湖実験所は、産官学の共同プロジェクトとして諏訪湖のリアルタイムモニタリングにも参画し、2021 年からは 2 台体制で諏訪湖の今を発信しております。以下 HP から諏訪湖の様子をご覧くださいことができます。（<https://sss50.harmonia-cloud.com/>）。こちら本報告に併せ、教育・研究などに活用していただければ幸いです。

2023 年 3 月 30 日

諏訪臨湖実験所長 宮原 裕一

目次

[調査資料]

諏訪湖定期観測（2017～2021）の結果.....	1
はじめに	1
方法.....	1
結果.....	3
湖心の観測値	7
1. 気象・水深	7
2. 透明度.....	11
3. 光量子密度	13
4. 水温	28
5. DO（溶存酸素）	34
6. pH.....	46
7. EC（電気伝導度）	52
8. ORP（酸化還元電位）	58
9. SS（懸濁物濃度）	64
10. IL（強熱減量）	70
11. Chl.a（マーカー法）	74
12. Chl.a（ロレンツェン法）	80
13. Chl.a, b, c（ユネスコ法）	86
14. DOC・TOC（有機炭素）	104
15. 栄養塩（窒素・リン）	116
16. 陽イオン（Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ ）	146
17. 陰イオン（Cl ⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ ）	166
河川の観測値	186
18. 水質（pH、水温、EC、SS、IL、Chl.a）	186
19. DOC等.....	200
20. 栄養塩（窒素・リン）	204
21. 陽イオン（Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ ）	214
22. 陰イオン（Cl ⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ ）	224

諏訪湖定期観測(2017～2021)の結果

宮原裕一・笠原里恵

信州大学理学部附属湖沼高地教育研究センター

諏訪臨湖実験所

〒392-0027 諏訪市湖岸通り5-2-4

The results of the water quality monitoring in Lake Suwa during 2017-2021

Yuichi MIYABARA and Satoe KASAHARA

Suwa Hydrobiological Station, Research and Education Center for Inlandwater and Highland

Environments, Shinshu University

Kogandori 5-2-4, Suwa, Nagano 392-0027, Japan

1.はじめに

信州大学諏訪臨湖実験所では1977年より諏訪湖の定期観測を開始し、40年以上にわたる諏訪湖の水環境の変化を記録し続けている。併せて、諏訪湖流入河川の観測も2004年に開始しており、これらの観測結果は、1997年、2002年、2007年、2013年、2018年と定期的に本施設の研究報告としてまとめられている。

今回は、2017年から2021年までの5年間に諏訪湖および諏訪湖流入河川で行われた観測結果を報告する。

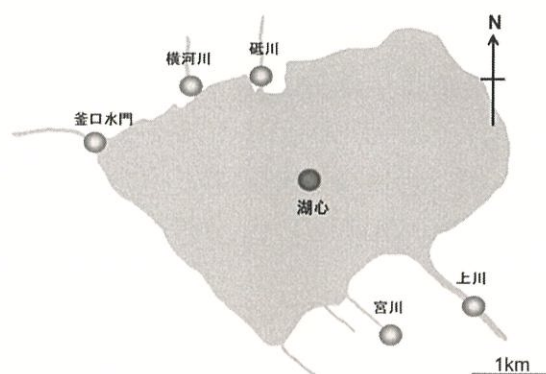


図1 諏訪湖および流入河川

2.方法

2-1. 現場観測・試料採取

2-1-1. 現場観測

諏訪湖湖心(36°02'50"N, 138°05'14"E)において、2017年から2021年の5年間、結氷期の1・2月を除く3～12月に、原則として隔週で観測を行った。

諏訪湖湖心では、測深計により水深を測定した後、白色のセッキ板(直径30cm)を用いて湖水の透明度を測定した。また、水深別の水温と溶存酸素濃度は、方式の異なる2種の溶存酸素計(YSI 550A、HACH HQ30d)で観測を行った。大気中および水深別の水中光量子密度

は、光量子計(LI-COR:LI-190R, LI-250)を用い、大気中と水中の光量子密度を同時に測定した。

水深別のpHおよび酸化還元電位(ORP)は、TOADKK: HM30P/MM42DP、電気伝導度は、TOADKK: CM31Pでそれぞれ測定を行った。

諏訪湖主要な流入河川(横河川(岡谷市)、砥川(下諏訪町)、上川(諏訪市)、宮川(諏訪市))および釜口水門(岡谷市)では、採水時に水温、pH、電気伝導度を測定した。

2-1-2. 試料採取

諏訪湖湖心では、湖面から湖底上約10cmまでの湖水をアクリル樹脂製カラム型採水器(内径5cm、長さ2m)によって、3回に分け採取した

(全層水)。また、水深別の湖水(水深:0m、3m、5m など)を、バンドーン採水器を用いて採取し、ポリエチレン製のボトルに入れ持ち帰った。

さらに、月に1度の頻度で、直径12cmのロートをつけたガラス瓶を水深5mに一昼夜沈め、新生沈殿物を採取した。

諏訪湖の主要な流入河川では、毎月、河口付近の橋(横河川:横河川橋、砥川:砥川河口橋、上川:六斗橋、宮川:宮川橋)の上からロープ付きバケツを用いて、河川水を採取した。また、諏訪湖流出部である釜口水門でも同様に採水を行った。

試料水(湖水および河川水)は、採取後、実験所内で直ちにガラス繊維濾紙(GF/C)で濾過し、得られた濾液は冷蔵し、速やかに、溶存態有機炭素、主要イオン、反応性リン、溶存態ケイ素の分析を行った(2-2-3~7)。また、栄養塩分析用(2-2-8~14)として、別途、濾液と原液を硫酸酸性下で、分析時まで-20℃で冷凍保存した。

2-2. 分析方法

2-2-1. 水中懸濁物質(SS)およびその強熱減量(IL)

試料水を予め秤量したガラス繊維濾紙(GF/C)で吸引濾過し、濾過後のGF/Cを80℃の乾燥機中で24時間乾燥させ、デシケーター中で放冷した。電子天秤でGF/Cを秤量し、その増加重量を懸濁物質(SS)量とし、濾過量で除して、SS濃度を求めた。

さらに、上記GF/Cを電気炉中で450度3時間加熱し、デシケーター中で放冷した。電子天秤でGF/Cを秤量し、その減少重量をSSの強熱減量(IL)とし、濾過量で除して、試料のIL濃度を求めた。このIL濃度は水中懸濁態有機物量の指標として用いられる。

2-2-2. クロロフィル(Chl.a, b, c)

試料水をガラス繊維濾紙(GF/C)で濾過し、水中の懸濁物質をGF/Cとともに10mlのエタノールで一晩抽出した。遠心分離後、抽出液上澄みの吸光度を測定し、Maker法、Lorenzen法、UNESCO法によりクロロフィル濃度を算出した。また、40μmのメッシュのネットを用い、懸濁粒子を分別し、粒形別のクロロフィル濃度(40μm未満、40μm以上)も求めた。これらのクロロフィル濃度は、水中の植物プランクトン量の指標として用いられる。

2-2-3. 有機炭素(TOC・DOC)

試料水原液もしくは濾液を、有機炭素計(島津製作所:TOC-L)で測定した。この際、原液は超音波を照射し、懸濁物を破碎し、分析中はマグネチックスターラーで試料水を攪拌した。

2-2-4. 紫外線吸光度(UV254)

試料水濾液を石英セル(光路長1cm)に入れ、吸光度計で波長254nmの吸光度を測定した。この値は水中の溶存有機物濃度の指標となる。

2-2-5. 陽イオンおよび陰イオン

陽イオン((ナトリウム(Na^+)、アンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)、カリウム(K^+)、マグネシウム(Mg^{2+})、カルシウム(Ca^{2+}))および陰イオン(塩化物イオン(Cl^-)、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)、硫酸イオン(SO_4^{2-}))は、メンブレンフィルター(孔径0.2μm)で濾過して得られた濾液を試料とし、イオンクロマトグラフ(Dionex, ICS1500)を用いて定量した。アンモニア態窒素と硝酸態窒素濃度は、窒素濃度(mg-N/L)として、その他のイオン濃度は重量濃度(mg/L)で示した。なお、手分析に比べ、イオンクロマトグラフの感度は低く、イオンクロマトによるアンモニア態窒素濃度と亜硝酸態窒素濃度は参考値である。

2-2-6. 反応性リン(RP)(リン酸態リン)濃度

冷蔵保存された試料水濾液について、アスコルビン酸還元法(モリブデン青法)で測定を行った。

2-2-7. 溶存態ケイ素(DSi)

冷蔵した試料水濾液について、モリブデン黄法で測定を行った。

2-2-8. 亜硝酸態窒素($\text{NO}_2\text{-N}$) 濃度

冷凍保存された試料水濾液について、BR 法で測定を行った。

2-2-9. アンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)濃度

冷凍保存された試料水濾液について、インドフェノール法で測定を行った。

2-2-10. 溶存態全窒素(DTN)濃度

冷凍保存された試料水濾液をペルオキシニ硫酸カリウムで分解後、紫外線吸光光度法により測定を行った。

2-2-11. 全窒素(TN)濃度

冷凍保存された試料水原液をペルオキシニ硫酸カリウムで分解後、紫外線吸光光度法により測定を行った。

2-2-12. 溶存態全リン(DTP)濃度

冷凍保存された試料水濾液をペルオキシニ硫酸カリウムで分解後、アスコルビン酸還元法(モリブデン青法)で測定を行った。

2-2-13. 全リン(TP)濃度

冷凍保存された試料水原液をペルオキシニ硫酸カリウムで分解後、アスコルビン酸還元法(モリブデン青法)で測定を行った。

2-2-14. 鉄およびマンガン

溶存態鉄(DFe)およびマンガン(DMn)は、冷凍保存された試料水濾液を、全鉄(TFe)は、原液を、それぞれ原子吸光光度計(島津製作所: AA-630-12)を用いて定量した。この際、原液も濾液もペルオキシニ硫酸カリウムを添加し、オートクレーブで 1.5 時間処理し、有機物の分解を行った。

3.結果・考察

1977 年以降、各年に行われた観測値のうち春(3~5 月)、夏(6~8 月)、秋(9~11月)ごとの平均値を求め、季節ごとの経年変動を図1から図5に示した。

透明度では、2017 年以降夏季の透明度の改善傾向が認められた(図1)。一方、懸濁物質濃

度(図2)ではその傾向が認められず、クロロフィル a 濃度(図3)では夏季に減少傾向が見られたことから、夏季の透明度の改善は、植物プランクトン量の減少が直接的な要因と考えられた。諏訪湖では 2017 年以降、初夏に大型のダフニア種が観察されるようになり、その捕食影響と思われる「春の透明期」が観察されるようになったこと、また、夏季に表層水中の無機態窒素が枯渇するようになったことが、夏季に植物プランクトンが減少した原因と考えられた。

栄養塩(全窒素・全リン)を見ると(図4、図5)、窒素・リンとも 2000 年以降ほぼ同程度で推移していた。2019 年と 2021 年の夏季に大きな変動が確認されたが、これは上述の懸濁物質濃度の変動と対応し、クロロフィル濃度とは対応していないため、出水等で湖水に濁水が流れ込んだことが原因かもしれない。

得られたデータの詳しい解析はこれから行う必要があるが、2017 以降、「春の透明期」が明確になってきたことから諏訪湖の生態系に何らかの変化が生じている可能性がある。また、出水による濁水の流入が頻発するのは、地球規模での気候変動の影響かもしれない。今後も注意深く諏訪湖の水質および生態系を観測する必要がある。

4.謝辞

諏訪湖湖心での定期観測は、山地水環境教育研究センターもしくは理学部附属湖沼高地教育研究センター諏訪臨湖実験所に在籍した学生の手によって、現場での観測、試料の分析が行われたものである。以下、年度別に在籍者を記し、感謝申し上げる。

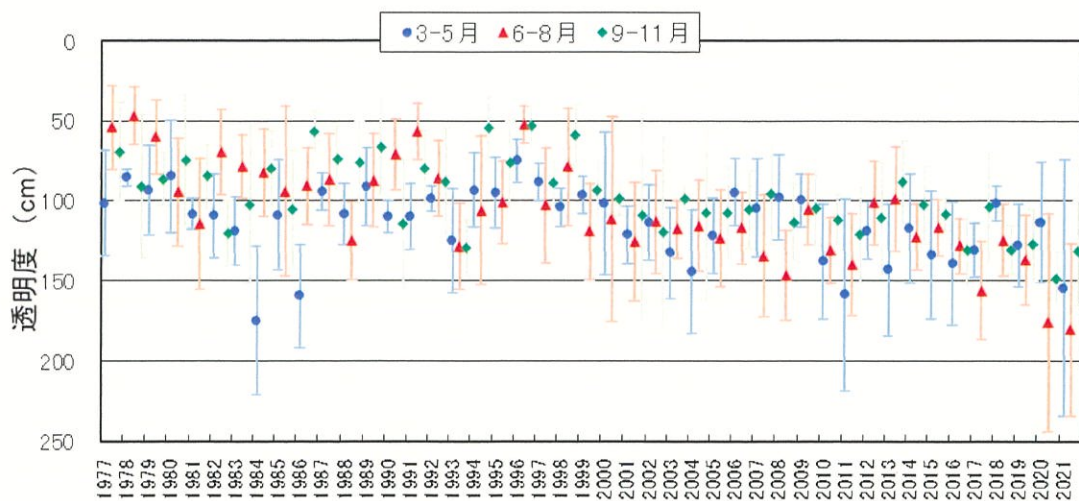


図1 諏訪湖における季節別透明度の経年変化(1977年から2021年)

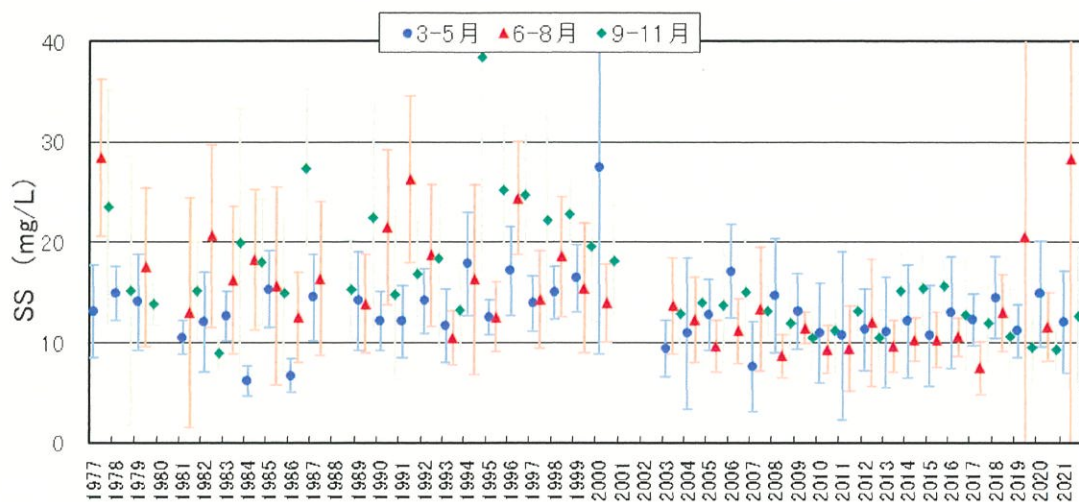


図2 諏訪湖における季節別懸濁物質濃度(全層)の経年変化(1977年から2021年)

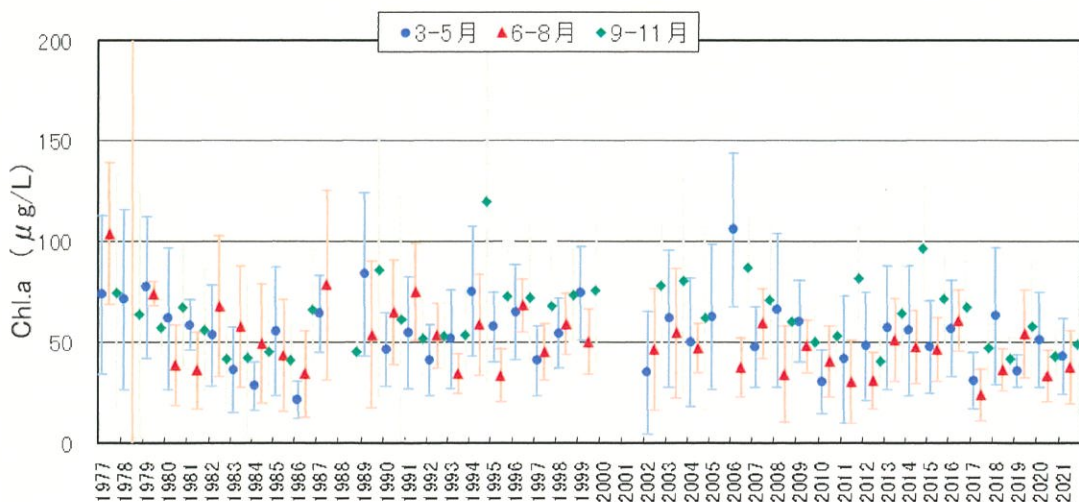


図3 諏訪湖における季節別クロロフィル濃度(全層)の経年変化(1977年から2021年)

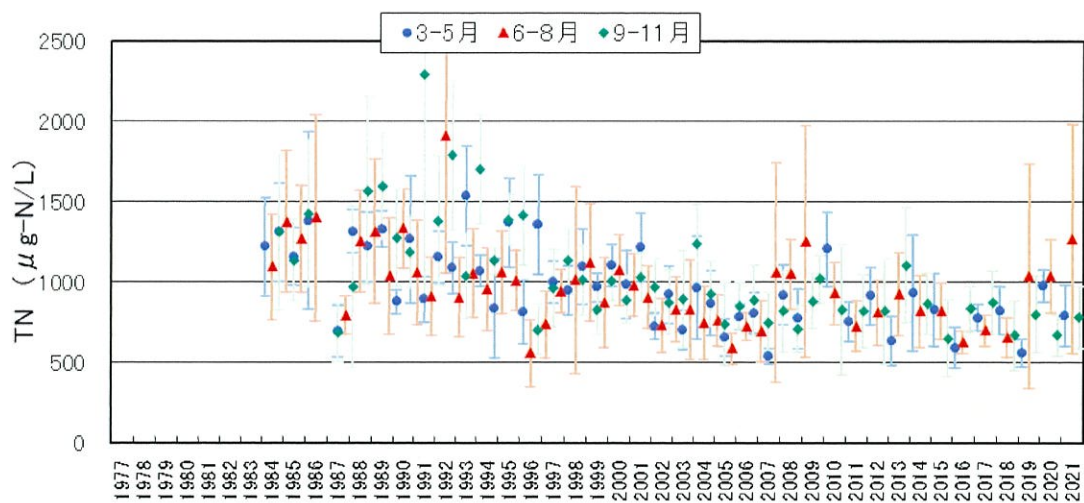


図4 諏訪湖における季節別全窒素濃度(全層)の経年変化(1977年から2021年)

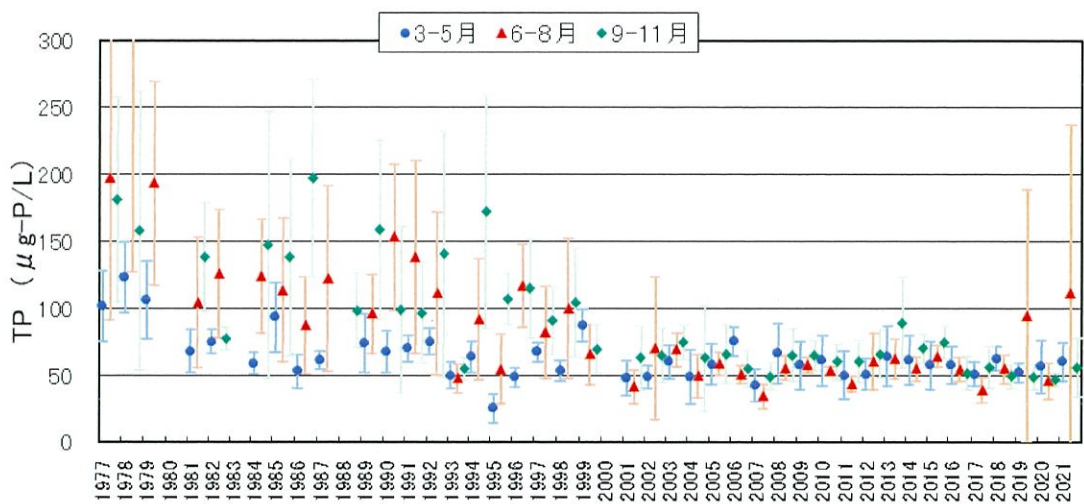


図5 諏訪湖における季節別全リン濃度(全層)の経年変化(1977年から2021年)