

6.1. 調査目的

諏訪湖流入河川の水量等を把握することにより、水質保全対策のための基礎資料を作成することを目的とする。今回は、諏訪湖へ流入する物質収支の推測を試みた。

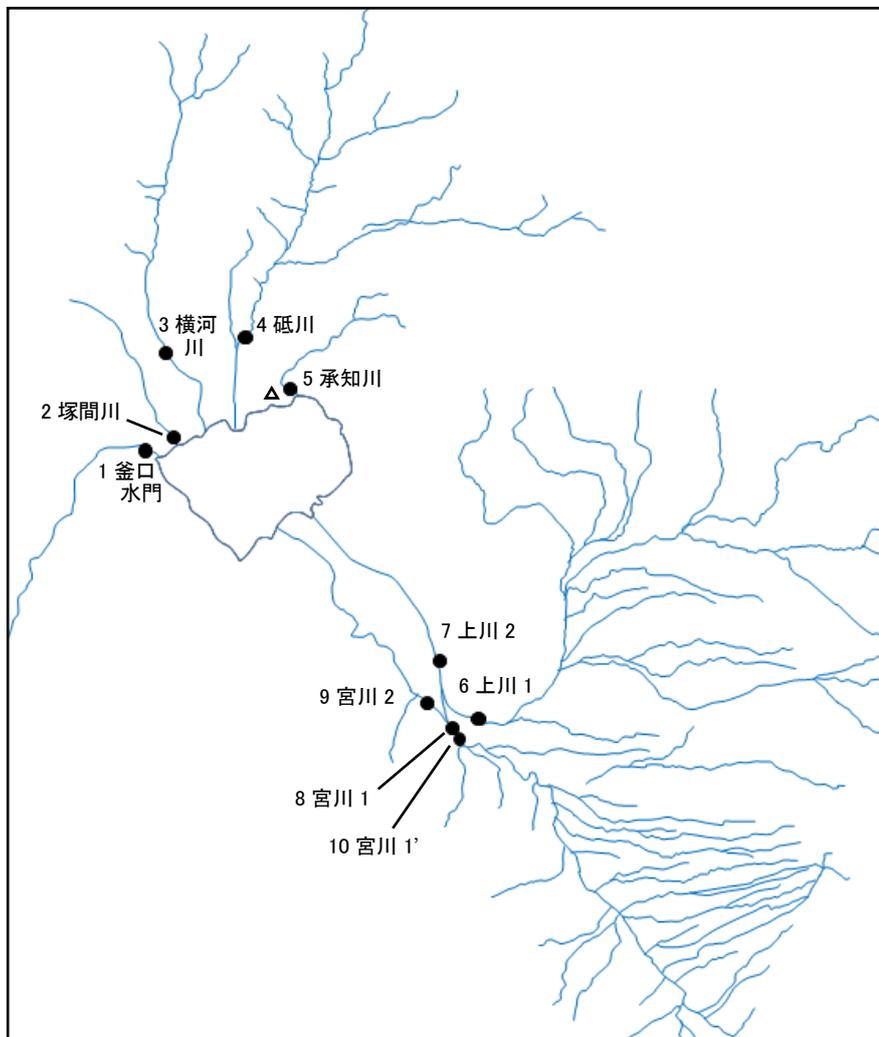
6.2. 調査方法

6.2.1. 調査地点

諏訪湖北側に流入する2河川（塚間川・承知川）に水位計を設置し各種測定を行った。また、1地点（水産試験場諏訪支場）において大気圧を測定し、この2河川の水圧の補正に用いた。

さらに、諏訪建設事務所で設置した水位計近傍で各種測定を行った。

測定点の位置を、図6.2.1に示す（測定点の詳細については、資料1）。



● 測定地点 △ 大気圧測定（補正用）

※ 地図は、カシミール3Dで作成

図6.2.1 調査地点

6.2.2. 測定期間

流量、水質測定等の現地での作業は、令和3年(2021年)4月2日～令和4年(2022年)12月2日に実施した。

水位計のデータは、2021/1/1～2022/12/31までの1時間ごとのデータを使用した。水位データに欠測がある部分は、欠測が生じる直前のデータを使用した。

6.2.3. 測定項目及び測定方法

各地点において、水位、流量の測定と採水を実施した。なお、水位計付近に接近しにくい場合には近傍の橋で測定した。

6.2.3.1. 水質

現地で採水した試料について、次の項目を測定した。

測定項目	測定方法		
COD	JIS K0102 17.	100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD _m)	
TOC	JIS K0102 22.1 備考2	紫外線酸化-ガス透過膜式電気伝導率測定法	
全窒素 (T-N)	JIS K0102 45.2	紫外線吸光光度法	
全リン (T-P)	JIS K0102 46.3.1	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法	
SS	昭和46年12月28日環境庁告示第59号付表9	浮遊物質 (SS)の測定方法	
透視度	JIS K0102 9.	透視度	(現場測定)
電気伝導率	JIS K0102 13.	電気伝導率	(現場測定)
pH	JIS K0102 12.1	ガラス電極法	(現場測定)
気温		サーミスタ温度計	(現場測定)
水温	JIS K0102 7.2	水温	(現場測定)
流量 (流速・水深・川幅)	昭和46年9月30日環水管第30号 環境省水質保全局通達 水質調査方法 四(1)カ	流速計、浮木測定	(現場測定)

6.2.3.2. 水位

水位の測定のために、塚間川と承知川に圧力式の水位計(ONSET社製 HOB0 U-20-001-04)を設置し、絶対圧と水温を60分ごとに測定した。大気圧の補正のために、水産試験場諏訪支場の敷地内で同型の水位計により大気圧を測定した。

横河川、砥川、上川、宮川の水位データは、諏訪建設事務所からいただいたデータを使用した。

6.2.3.3. 流量

各地点において、検尺、巻尺、水準器を用いて、水位計設置場所の河川断面形状を測定した。

現地での測深または水位計のデータから測定時刻での水位を計算し、河川断面形状と現地での流速測定のと合わせて採水日当日の流量を計算した。

6.2.3.4. 水深と流量の関係

水位と流量を、次の相関式(H-Q式)¹⁾で近似できるように係数を求めた。

$$Q = a(H + b)^2 \quad \therefore \sqrt{Q} = \sqrt{a}H + \sqrt{ab}$$

Q : 流量(m³/s)、H : 水位(m)、a, b : 回帰計算から求まる係数

6.2.3.5. 負荷量

流量と濃度から、測定点を通過する各物質の負荷量を求めた。さらに、流量と負荷量を次の相関式(L-Q式)¹⁾で近似できるように係数を求めた。

$$L = aQ^b \quad L : \text{負荷量(kg/s)}、Q : \text{流量(m}^3\text{/s)}、a, b : \text{回帰計算から求まる係数}$$

6.2.3.6. 釜口水門からの流量と負荷量

釜口水門からの毎時の流量は、諏訪建設事務所からいただいたデータを用いた。2021年の公共用水域常時監視業務の毎月の諏訪湖湖心表層午前の水質濃度を用いて一カ月間を同濃度と仮定して、負荷量を計算した。なお、公共用水域常時監視業務では釜口水門における TOC を測定していないが COD は測定しているため、環境保全研究所が釜口水門において測定した TOC/COD 比と COD の積によって TOC を求めた。

6.2.3.7. 諏訪流域下水道からの流量と負荷量

諏訪湖流域下水道からの排水の日平均流量と水質濃度は、諏訪湖流域下水道事務所からいただいたデータを用いた。流量は毎日のデータが存在するが、水質濃度は毎日のデータは存在していなかった。そこで、水質濃度測定を次に実施するまでは前回の濃度値が続いていると仮定して、負荷量を計算した。なお、諏訪湖流域下水道事務所では排水の TOC を測定していないが COD は測定しているため、環境保全研究所が釜口水門において測定した TOC/COD 比を利用して、COD の積によって TOC を求めた。

6.3. 調査結果

6.3.1. 各河川の状況

6.2により求めた各河川の流量と負荷量を示す（表 6.3.1.1、表 6.3.1.2）。

水位計に異常があった河川や長期間にわたって河床工事を行っていて河川断面を把握できなかった等の諸事情のあった河川については、表から除外した。

表 6.3.1.1 各河川の流量、負荷量(2021年)

	流量	負荷量				
		COD	有機炭素	全窒素	全リン	SS
		m ³ /年	kg/年	kg/年	kg/年	kg/年
1 釜口水門	642,000,000	2,280,000	1,150,000	816,000	35,800	3,950,000
2 塚間川	8,960,000	10,900	6,070	12,900	167	11,200
7 上川2	381,000,000	945,000	464,000	396,000	25,800	11,900,000
9 宮川2	106,000,000	227,000	108,000	195,000	4,990	587,000
10 宮川1'	155,000,000	548,000	313,000	417,000	17,500	9,120,000
下水道放流	38,200,000	176,000	93,100	294,000	12,300	20,400

表 6.3.1.2 各河川の流量、負荷量(2022年)

	流量	負荷量				
		COD	有機炭素	全窒素	全リン	SS
		m ³ /年	kg/年	kg/年	kg/年	kg/年
1 釜口水門	515,000,000	1,930,000	976,000	781,000	32,700	3,470,000
2 塚間川	7,920,000	10,500	5,870	10,300	156	9,920
3 横河川	11,600,000	12,300	5,850	6,010	220	38,100
7 上川2	368,000,000	573,000	252,000	259,000	13,900	1,180,000
9 宮川2	113,000,000	242,000	115,000	208,000	5,280	604,000
10 宮川1'	76,400,000	178,000	88,700	145,000	3,620	515,000
下水道放流	37,400,000	175,000	88,800	283,000	10,700	19,200

6.3.2. 過去の文献における物質収支

諏訪湖に関する1年間の物質収支を示した過去の文献のデータを用いて、本報告の形式に改変して掲載する。

本報告の中の「諏訪湖」の枠内には、諏訪湖の湖水・底泥・水草・魚介類等を含むものとする。

なお、文献ごとに参照している元データや計算方法や注目する項目が異なっている部分があることに注意が必要である。リンは大気との交換がほぼ存在しないので、大気との授受の項目を削除した。CODは単一物質ではないが生物分解されやすい有機炭素の目安として扱われているため、物質収支の形で掲載した。

6.3.2.1. 1970年代の物質収支

1970年代の状況を示した資料²⁾³⁾から作成した窒素、リン、COD、炭素の物質収支を示す(図6.3.2.1.1～図6.3.2.1.4)。本資料は、実測値を基にした推算値を掲載している。

図中に示す養魚とは、網いけすによる養殖事業を指す。

炭素の物質収支図においては、流入・流出量に無機態炭素が含まれている。

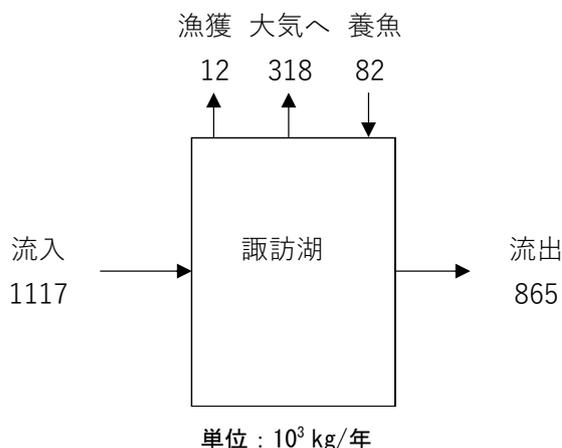


図 6.3.2.1.1 窒素の物質収支(1977年)²⁾

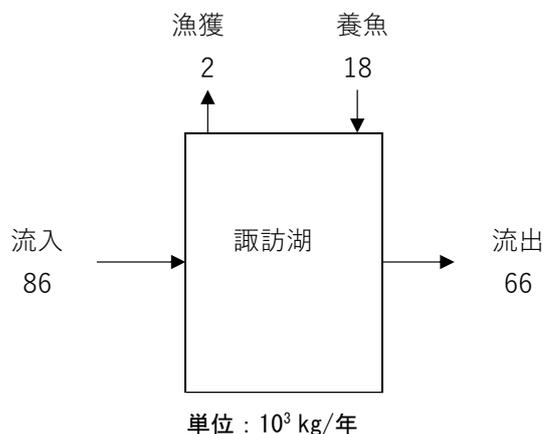


図 6.3.2.1.2 リンの物質収支(1977年)²⁾

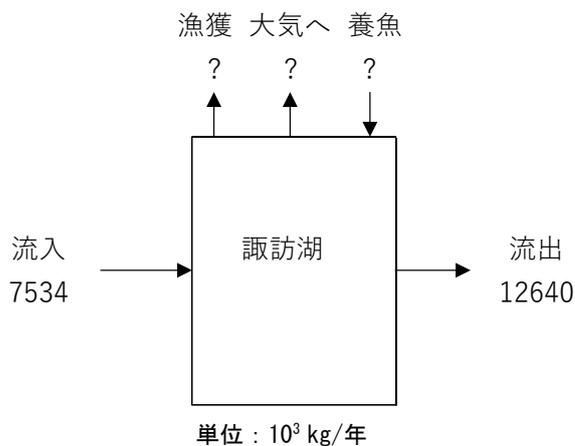


図 6.3.2.1.3 CODの物質収支
(1977年と1978年のデータ)³⁾

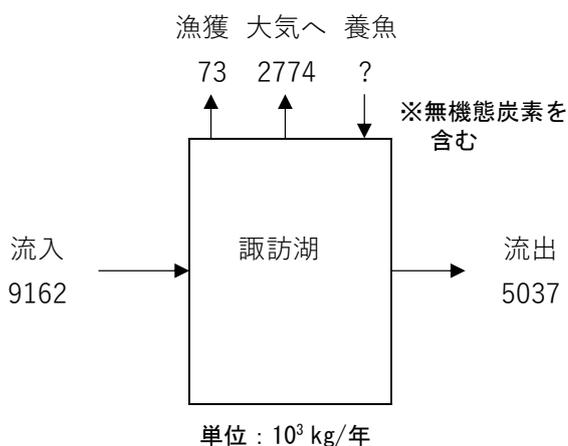


図 6.3.2.1.4 炭素の物質収支
(1973年のデータ)³⁾

6.3.2.2. 1995年の物質収支

1995年の状況を示した資料⁴⁾から作成した窒素、リン物質収支を示す(図6.3.2.2.1～図6.3.2.2.2)。本資料は、シミュレーションによる値を掲載している。

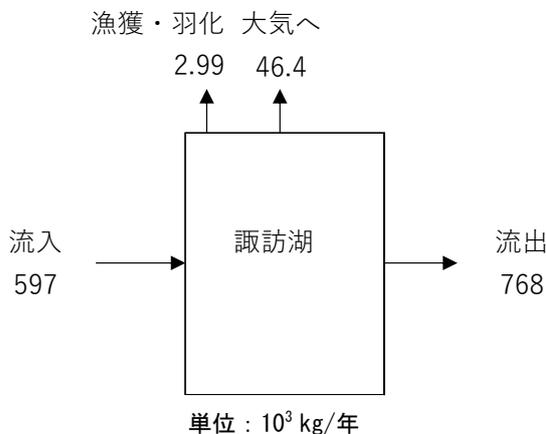


図 6.3.2.2.1 窒素の物質収支(1995年)⁴⁾

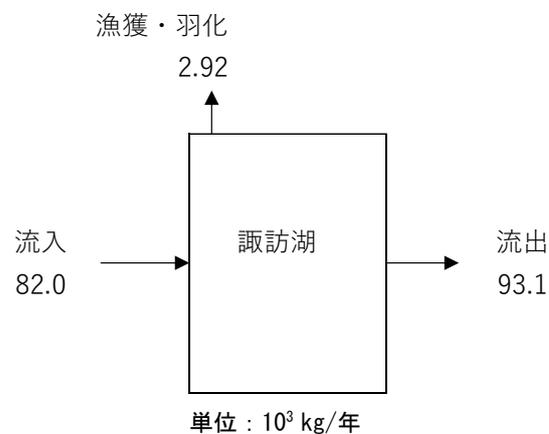


図 6.3.2.2.2 リンの物質収支(1995年)⁴⁾

6.3.3. 諏訪湖の物質収支の推定

2009年に環境保全研究所が作成した報告⁵⁾によると、上川・宮川流域が諏訪湖流域に占める面積割合は76.2%としている。また、同報告によると、原単位法を用いて流出負荷量を推測したところ、上川・宮川流域からの排出負荷量は諏訪湖流域全体の8割を占めると推定している。

この傾向が現在も続いていると仮定して、比較的河口に近い上川江川橋局(地点7)と宮川中州局(地点9)の流量・負荷量の合計が諏訪湖へ流入する負荷量の80%とみなし、諏訪湖への流入負荷量を計算した。

諏訪湖流域下水道からの流入水は、諏訪湖への流入に無関係である。また、諏訪湖流域下水道からの放流水は釜口水門付近で放流されているため、全量が湖内にとどまらずに釜口水門から排出されるとみなした。そのため、諏訪湖からの流出量を次のように想定した。

$$(\text{流出量}) = (\text{釜口水門からの流出量}) - (\text{諏訪湖流域下水道の放流量})$$

CODは単一物質ではないが生物分解されやすい有機炭素の目安として扱われているため、物質収支の形で掲載した。

流出入の項目は、1970年代の過去の文献とそろえた。なお、現在では養殖事業はほとんど行われていないため、負荷量計算においては無視してよいと仮定した。

「諏訪湖」の枠内には、諏訪湖の湖水・底泥・水草・魚介類等を含むものとする。

リンは大気との交換がほぼ存在しないので、大気との授受の項目を削除した。

6.3.3.1. 令和3年(2021年)の物質収支の推定

令和3年(2021年)1年間の窒素、リン、COD、有機態炭素の物質収支を6.3.2.と同様の項目で図示した(図6.3.3.1.1~図6.3.3.1.4)。

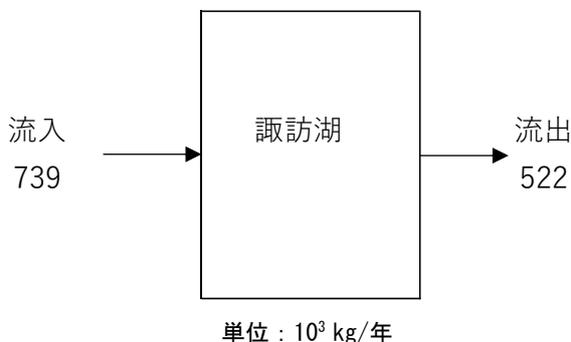


図 6.3.3.1.1 窒素の物質収支(2021年)

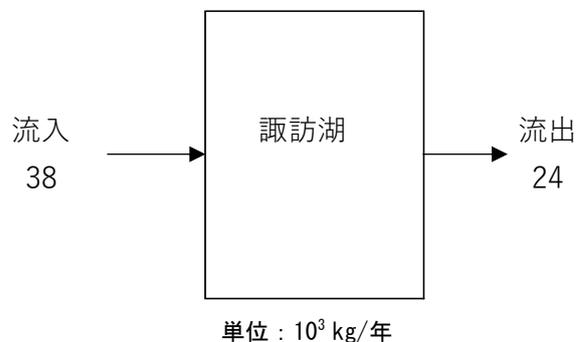


図 6.3.3.1.2 リンの物質収支(2021年)

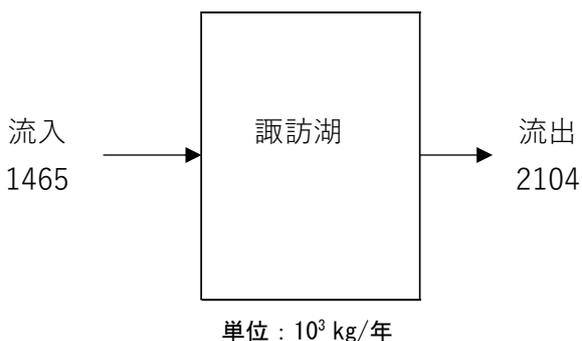


図 6.3.3.1.3 CODの物質収支(2021年)

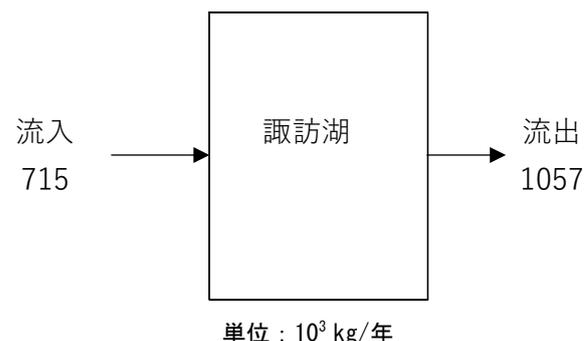


図 6.3.3.1.4 有機態炭素の物質収支(2021年)

6.3.3.2. 令和4年(2022年)の物質収支の推定

令和4年(2022年)1年間の物質収支を窒素、リン、COD、有機態炭素の6.3.2.と同様の項目で図示した(図6.3.3.2.1~図6.3.3.2.4)。

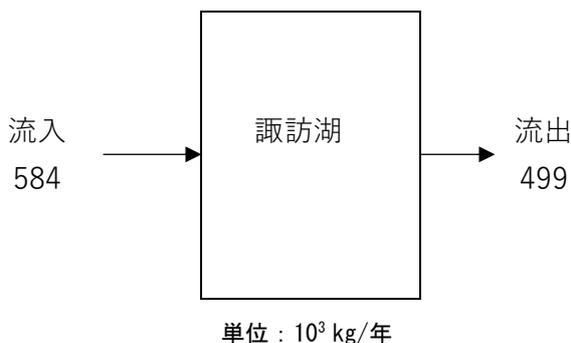


図 6.3.3.2.1 窒素の物質収支(2022年)

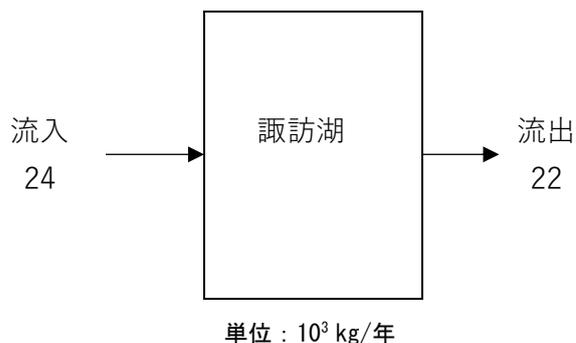


図 6.3.3.2.2 リンの物質収支(2022年)

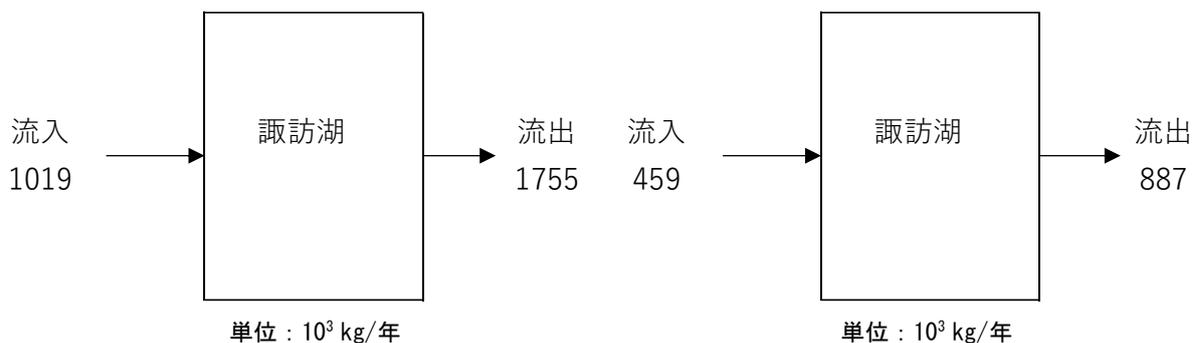


図 6.3.3.2.3 COD の物質収支 (2022 年)

図 6.3.3.2.4 有機態炭素の物質収支 (2022 年)

6.3.4. 過去の文献と今回の調査の比較

計算方法や項目が各資料ごとに異なるため、単純に数値を比較することは難しいが、各資料はおおよその傾向を表していると考え、過去の文献と今回の調査を比較してみたところ以下のような状況であった。

- ・窒素は流入・流出が減少していると思われる。なお、大気との授受が推測できないため、蓄積量については不明である。
- ・リンは、流入・流出が減少していると思われる。1975 年よりも現在の漁獲は減少しているため、漁獲による流出は、未算定であるが減少していると思われる。
- ・COD は、流入・流出が減っていると思われる。大気との授受が推測できていないため、蓄積状況は不明である。流入よりも流出が多いのは、湖内での内部生産（植物プランクトンの発生等）による増加分が流出しているためと考えられる。
- ・炭素や有機態炭素の流出入に関しては、過去と現在とで集計項目が異なるためはっきりしなかった。有機炭素について、流入よりも流出が多いのは、湖内での内部生産（植物プランクトンの発生等）による増加分が流出しているためと考えられる。

また、各資料のデータの取り扱いの違いや不足しているデータの存在もあるため、蓄積量の変化についてははっきりした傾向が分からなかった。

6.3.4. 令和 3 年 (2021 年) と令和 4 年 (2022 年) の調査の比較

令和 3 年 (2021 年) と令和 4 年 (2022 年) の物質収支を比較してみると、各項目の負荷量のばらつきが大きかった。原因としては、河川水量のばらつきが想定される。そのため、単年度の結果のみで物質収支の傾向を判断することは難しいと思われる。

6.4. まとめ

各河川の水位データをもとに流量と流入負荷量を求め、さらに釜口水門と下水道のデータから流出負荷量を求めた。さらに、年間の物質収支の推定を試み、文献に示された 1970 年代と 1995 年の物質収支と比較してみたところ、以下のような状況であった。

- ・窒素は流入・流出が減少していると思われる。
- ・リンは、流入・流出が減少していると思われる。
- ・COD は、流入・流出が減っていると思われる。
- ・炭素の流出入に関しては、過去と現在とで集計項目が異なるためはつきりしなかった。

また、各資料のデータの取り扱いの違いや不足しているデータの存在もあるため、蓄積量の変化についてははっきりした傾向が分からなかった。

令和 3 年(2021 年)と令和 4 年(2022 年)の物質収支を比較してみると、各項目の負荷量のばらつきが大きかった。原因としては、河川水量のばらつきが想定される。そのため、単年度の結果のみで物質収支の傾向を判断することは難しいと思われる。

流入負荷量、流出負荷量、物質収支は直接測定して検証することが難しいため、多くのデータや資料が必要である。特に、降水により河川の流量が増加した際の流量測定と採水作業を増やすことが今後の課題である。

現在の諏訪湖の水質は長期的に改善傾向であることから、諏訪湖の物質収支も徐々に変化していくと思われる。また、物質収支の算出には仮定やばらつきが多く正確な値の算出も難しい。そのため、今後も引き続き現地調査や各種文献の探索等を行い、より正確な現状の把握にむけて作業を続ける予定である。

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局水環境課、非特定汚染源対策の推進に係るガイドライン(第二版)、平成 26 年 12 月、p41、 p47
- 2) 沖野外輝夫、諏訪湖集水域生態系研究、信州大学環境科学論集 第 5 号、1983 p137-p144
- 3) 沖野外輝夫、自然史双書 諏訪湖 ミクロコスモスの生物、1990 年 4 月 25 日初版第 1 冊発行、p162
- 4) 沖野外輝夫ほか、湖沼沿岸域の浄化容量、環境科学年報-信州大学-、第 18 巻、1996、p57-p67
- 5) 吉田富美雄ほか、諏訪湖流入河川汚濁負荷実態調査、全国環境研会誌、Vol. 34 No. 2(2009)