

## 1 安藤理事長挨拶

本日はお忙しい中、40名余りの方にご参加いただきましてありがとうございます。また、ご多用の中、この研究集会の講師をお引受くださいました長野県地球温暖化防止活動推進センターの青柳事務局長、信州大学山岳科学総合研究所の花里先生、筑波大学大学院生命環境科学研究科の福島先生には厚く御礼申し上げます。

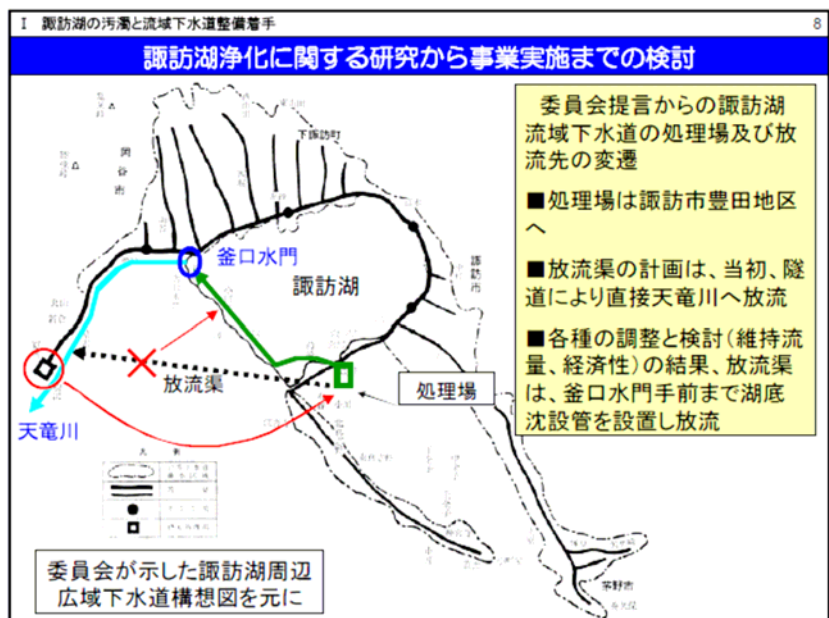
私は昭和47年に発足もない環境庁へ出向し、汚染の進行していた琵琶湖、霞ヶ浦、諏訪湖などの湖沼環境基準の設定に取り組んだことが思い出されます。その湖沼の水質改善には下水道整備が非常に有効であると思っております。

湖沼も氏、素性や育ちによって、汚染の状況やその後の水質改善が大きく異なります。そういう意味では、諏訪湖は水質改善が著しく、その優等生ですが、霞ヶ浦や印旛沼などでははかばかしい改善が見られていません。

今日の研究集会は、諏訪湖を事例として取上げ、下水道整備によって水質や生態系がどのように変化改善してきたかをご報告頂き、他の湖沼での取組みの良い参考になればと思っております。

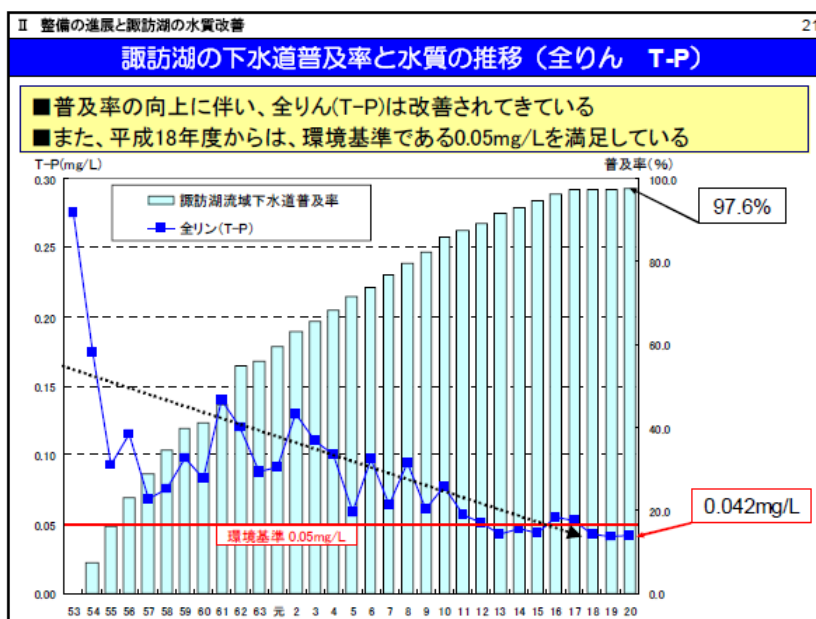
## 2 青柳講師の発表要旨

諏訪湖は湖面積 13.3km<sup>2</sup>、流域面積 532 km<sup>2</sup>、滞留日数 39 日で、利水状況としては漁業、農業、観光である。昭和30年代後半頃から、周辺地域の産業発展、生活水準の向上等によって、湖の富栄養化が急速に進展し、アオコの発生、悪臭、魚類のへい死など不快な現象や被害が発生するようになった。



このため、昭和40年度に諏訪湖浄化対策研究委員会を発足させ、浄化対策や流域下水道整備の提言を取りまとめた。昭和46年度に諏訪湖流域下水道の事業認可を受け、昭和47年度から幹線管まよの工事に着手、昭和50年度には処理場の建設工事に着手し、昭和54年度に供用開始をした。処理水の放流位置については(1)湖へ直接、(2)釜口水門直上、(3)釜口水門直下、(4)天白橋の4案があったが、(2)案を採用した。それを最適位置とした理由

としては、諏訪湖への負荷が生じないこと、河川の維持流量が確保できること、諏訪湖が水位低下とならないことが挙げられた。諏訪湖流域下水道の計画面積は8050ha、計画人口は189,160人である。計画汚水量は日平均120,000m<sup>3</sup>/日、日最大137,700 m<sup>3</sup>/日である。平成20年度現在の下水道人口普及率は97.6%、水洗化率は97.6%と、両者とも極めて高い。



下水道普及率の向上に伴い COD、T-N、T-P は改善されてきており、環境基準であるCOD3.0mg/L、T-N0.6mg/Lは満足されていないが、T-P0.05 mg/Lは満足している。諏訪湖流域下水道では平成9年度から下水の高度処理を導入しており、平成16年度にはそれが完成し、凝集剤併用型循環式硝化脱窒法+急速ろ過法を採用している。放流水のCODは排水基準、高度処理目標を大幅に下回り、諏訪湖のそれより低い。T-NとT-Pも目標値を満足しているが、諏訪湖の水質の約10倍である。

III 流域下水道の拡充・グレードアップ

28

流入水と放流水の水質状況 (平成20年度)

■CODは、排水基準、高度処理目標を大幅に下回り諏訪湖水より低い  
■T-N、T-Pは、目標値を下回っているが、諏訪湖水の約10倍

	平成20年度		H19年度	排水基準	高度処理目標値 放流水
	流入水	放流水	放流水		
pH	7.3 [7.1~7.5]	6.8 [6.6~7.0]	6.8	5.8~8.6	-
COD(mg/l)	72 [30~150]	4.6 [3.6~5.7]	4.8	(20) 30	10
BOD(mg/l)	130 [70~260]	0.9 [<0.5~2.2]	0.9	-	5
SS(mg/l)	110 [32~290]	1 [<1~2]	1	(30) 50	5
大腸菌群数 (個/cm <sup>3</sup> )	-	0 [0~4]	1	(3,000)	-
T-N(mg/l) (全窒素)	27 [18~34]	8.9 [6.4~11]	8.0	(20) 40	10
T-P(mg/l) (全りん)	3.1 [1.8~4.4]	0.43 [0.23~0.66]	0.52	(2) 4	0.5
ダイオキシン類 (pg-TEQ/l)	0.13	0.00025	0.31	10	

諏訪湖流域下水道の今後の取り組みと課題としては、省エネルギー化、施設の更新、ノンポイント対策、リン等の回収、広域処理と管理拠点としての役割などが挙げられる。

流域下水道が諏訪湖の浄化に果たした役割は大きいですが、そのポイントは、湖をバイパスする放流地点の選択とコンパクトで整備しやすい地理的条件によるところが大きいと考えている。

### 3 花里講師の発表要旨

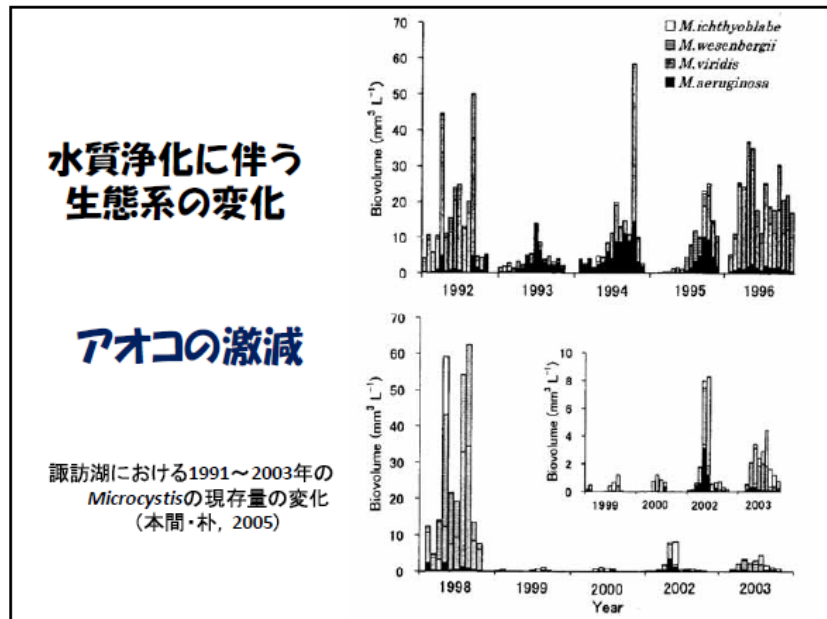
「諏訪湖流域下水道が変えた諏訪湖の生態系」という話題で諏訪湖の例と白樺湖の例を取上げる。

諏訪湖では下水道が供用開始されてからも 20 年間はアオコの発生が収まらず、夏場における透明度も改善しなかった。夏場にはユスリカが大発生し、建物の窓を黒く覆ったり、外に干した洗濯物を汚したりと、大変であった。それが 1999 年に突然アオコの発生が激減し、透明度が著しく改善され、今日に至っている。これは水質が変わることにより生態系構造が大きく変わるレジームシフトという現象が起きたものと理解している。

アオコの種類は

1998 年までが有毒とされるグループが発生していたが、1999 年以降は無毒グループに代わってきている。レジームシフトが起こるまでには、湖の窒素・リン濃度は徐々に改善されてきており、ワカサギの漁獲量減少や小ぶり化などが観察されていた。1999 年それまで 70cm 程度であった透明度は 100cm 以上となり、その結果ヒシ等の沈水植物が水面のかなりの部分を占めることとなった。

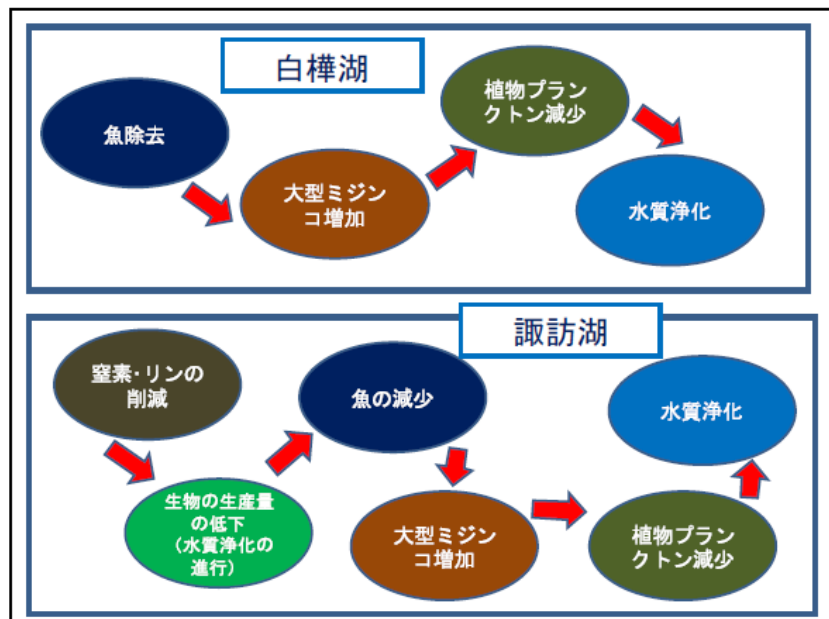
こうした諏訪湖の水質改善は周辺住民や観光客にとっては好ましいことであるが、漁業者にとってはワカサギの漁獲量が減り、ヒシなどの水草の群生は船の妨げになるなど喜べ



る方向ではない。このように富栄養化はワカサギの漁獲量という観点からはむしろそれに貢献していたということになり、水質浄化によってこれに影響が出てくるということを理解しておかなければならない。

貧栄養湖では砂質の水底に沈水植物が繁茂するが、富栄養化が進むとそれが枯れ、底質に有機物が蓄積する。その状態から水質改善が進むと泥質を好むヒシなどが繁茂してくる。このように水質浄化だけでは昔の生態系には戻らず、底質の改善も必要である。

白樺湖では 1999 年まで草食魚のワカサギが上位で小型ミジンコやワムシが優占の生態系であったが、水質改善のためにバイオマニピュレーションを実施することになり、2000 年から魚食魚のニジマスならびに大型ミジンコのカブトミジンコを放流した。草食魚が減少すると大型ミジンコが増加する。大型ミジ



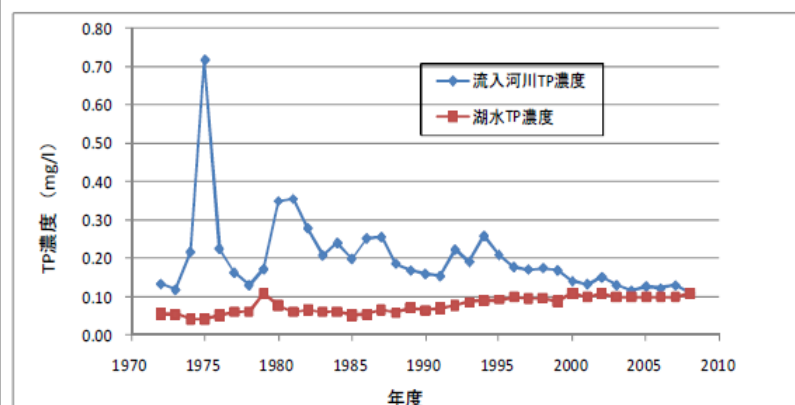
ンコは植物プランクトンを減少させ、水質浄化につながるサイクルになる。こうしたサイクルでの水質浄化を白樺湖で実証することができた。諏訪湖においては、窒素・リンの削減を出発点としてワカサギが減少することにより同様な水質浄化が達成されたと理解することができる。

#### 4 福島講師の発表要旨

青柳さんや花里先生から諏訪湖について詳細な紹介があったが、私は「諏訪湖の実例と他の湖沼との比較」のテーマで発表したい。

2004 年の水環境学会誌で紹介したものであるが、ヨーロッパでは富栄養化した湖沼が貧栄養

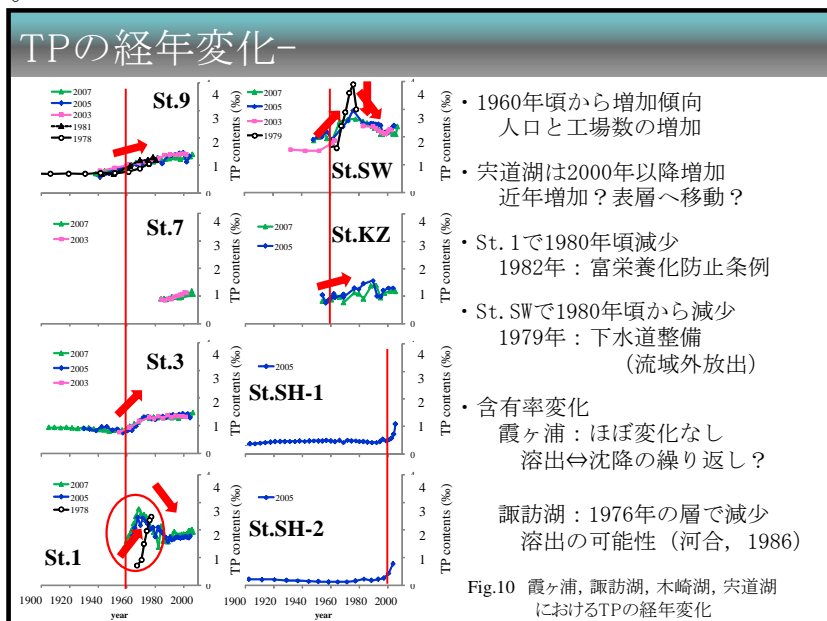
霞ヶ浦の流入河川と湖内でのTP経年変化 (面積: 171 km<sup>2</sup>, 平均水深: 4 m)



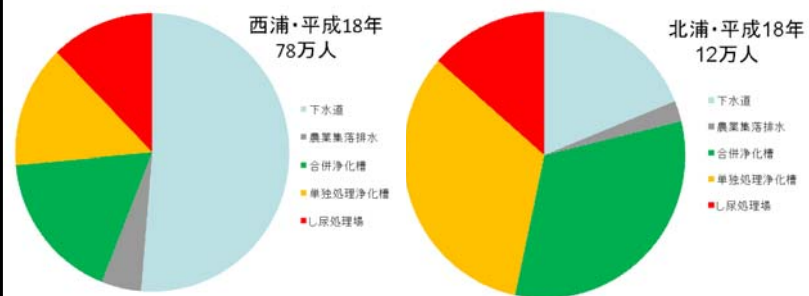
(oligotrophication) に戻った事例がいくつか紹介されている。湖沼を水深 15m より深いか浅いか、面積を 50 km<sup>2</sup> より大きい小さいか、で 4 種類に分け、どのグループが負荷削減対策の効果が出やすいか調べている。これによるとグループ A (面積小、浅い)、グループ B (面積小、深い)、グループ D (面積大、深い) の 3 グループは負荷削減効果が比較的に出やすいが、グループ C (面積大、浅い) は出にくいとされている。面積小のグループ A の場合は、下水道の高度処理や放流先変更 (ダイバージョン) によって流域負荷が数分の 1 まで減少した例が多いが、面積大のグループ C では同様の負荷削減がなかなか難しくなるということにも因っている。

日本の湖では十和田湖、猪苗代湖、琵琶湖はグループ D、池田湖はグループ B に属している。手賀沼や今回取上げている諏訪湖はグループ A に属し、比較的負荷削減効果の出やすい湖とされている。それに対して、私が研究対象としている霞ヶ浦はグループ C に属しており、負荷削減効果が出にくいということになる。優等生の諏訪湖に比べて劣等生の部類に入る霞ヶ浦を紹介するのは心苦しいが、流入河川の TP 濃度は年々下がっているにもかかわらず、湖水のクロロフィル a や COD は改善の傾向が見られない。

図に示したのは底泥のリン濃度の深さ方向の変化を堆積年代に換算したものであるが、(St.9, St.7, St.3, St.1 は



## 霞ヶ浦流域での水処理



霞ヶ浦、St.SW が諏訪湖) 諏訪湖においては一時高濃度で堆積した栄養塩が水中に回帰していった現象が推測できる。しかし、霞ヶ浦では蓄積したリン濃度はそのまま底泥に残存しているようにみえる。

霞ヶ浦周辺の土地利用形態を見ると、森林面積が減少していると同時に都市域が年々拡大している傾向が見られる。また、霞ヶ浦では農産物、畜産物の生産量が諏訪湖に比べて格段に高く、これに由来する流域負荷もかなり大きい。霞ヶ浦流域での下水処理の状況を見ると、西浦では平成 18 年度における公共下水道の普及率が 50%強であるが、北浦では 20%程度で、合併浄化槽、単独浄化槽、し尿処理場の割合が高い。諏訪湖で示された下水道普及率 97%を達成するのは随分と難しい。生活排水の未処理人口約 30 万人に下水道と同程度の対策をすると、4,320 億円もの費用がかかると試算される。霞ヶ浦がきれいになることにより上水代が 100 円/m<sup>3</sup> 安くなるとして、10m<sup>3</sup>/(人・月)→12,000 円/(人・年)、流域人口 100 万人に対して 120 億円の年間効用が計算される。霞ヶ浦に対する今後の流域対策をどうするか議論の一助にしていきたい。