

琵琶湖流域別下水道整備総合計画の改定

北川 修¹

¹琵琶湖環境部 下水道課.

滋賀県ではこれまで、人口増加を前提に流域別下水道整備総合計画（以下、「流総計画」という。）を策定してきたが、人口動態が減少局面に転じ、計画フレームを見直す必要性が生じた。また、国において策定されている「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説」が平成27年1月に改定されたことから、これらを踏まえ、流総計画の見直しを行った。

見直しに伴い実施した琵琶湖の将来水質シミュレーションの結果、環境基準の達成には面源系負荷の削減が必要であることが改めて確認された。

キーワード 流総計画, 汚濁解析, 琵琶湖の環境基準, 面源系負荷の削減

1. はじめに

(1) 流総計画とは

流域別下水道整備総合計画（以下、「流総計画」という。）は下水道法第2条の2に基づき策定する下水道事業の最上位計画である。琵琶湖には、環境基本法第16条に基づき「人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準」（水質環境基準）が設定されており、その水域が属する都道府県の知事（滋賀県知事）には同基準の達成に努めるよう定められている。流総計画は、この環境基準を達成するための、下水道の整備に関する総合的な基本計画である。

流総計画で定められている項目としては、下水道により下水を排除・処理すべき区域、下水道施設の配置、構造、能力などがあり、窒素やりん等の削減目標に応じて処理方式が定まる。

(2) 改定の背景

本県の下水道は、湖南中部、湖西、東北部、高島の4つの流域下水処理場と5つの単独公共下水処理場から成り立っている。これらの処理場は、昭和54年10月に制定された「滋賀県琵琶湖の富栄養化の防止に関する条例」による窒素及びリンの規制を受け、全ての処理場において高度処理方式を採用している（図-1）。

昭和46年度に「琵琶湖周辺流域下水道基本計画」を策定し、事業を開始しており。これまで、「琵琶湖流域別下水道整備総合計画」（以下、「琵琶湖流総計画」という。）を平成11年5月に策定、平成22年3月に改定し、琵琶湖の保全を図りつつ整備を行ってきた。

しかし、近年、人口動態が減少局面に転じてきたことから、従来の人口増加を前提とした計画フレームの見直

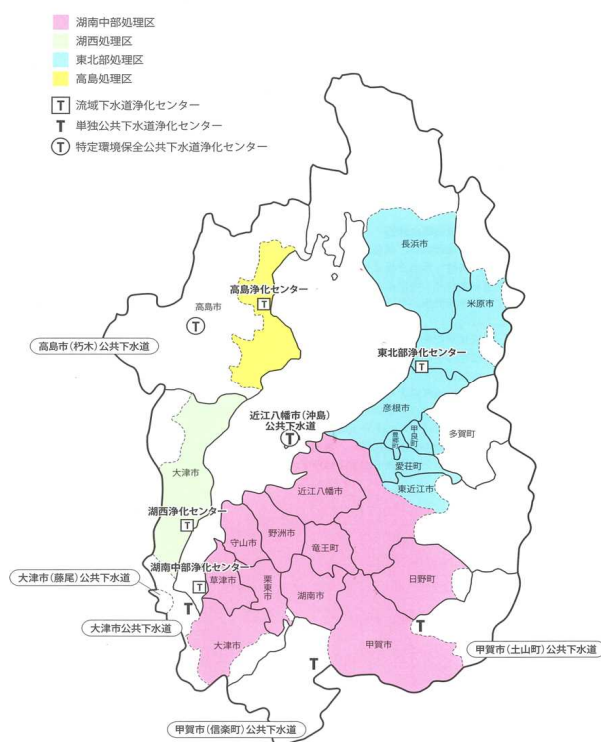


図-1 下水道処理区域図

が必要となった。また、平成27年に流域別下水道整備総合計画調査指針と解説（以下、「流総指針」という。）が改定されたこともあり、今回、改めて琵琶湖流総計画の見直しを行ったものである。

2. 滋賀県の下水道の現状

(1) 下水道の普及状況

滋賀県における下水道の整備は昭和55年頃までは、全国平均と比べかなり遅れていた。しかし、琵琶湖総合開

発計画に下水道事業が位置付けられて以降、下水道は急速に普及し、平成30年度末時点で下水道処理人口普及率は90.2%（全国7位）、浄化槽や農業集落排水施設の整備を含めた汚水処理人口普及率は98.7%（全国3位）と極めて高い水準にあり、汚水処理施設の整備は概成の状態にあるといえる。

(2) 琵琶湖及び河川の現状

下水道の普及は琵琶湖や河川への流入負荷の削減に大きく貢献し、特に河川については水質が大幅に改善されている。

一方、琵琶湖の水質については、BODに改善傾向が見られるものの、CODについては流入負荷が削減されているにもかかわらず悪化している。（図-2）。

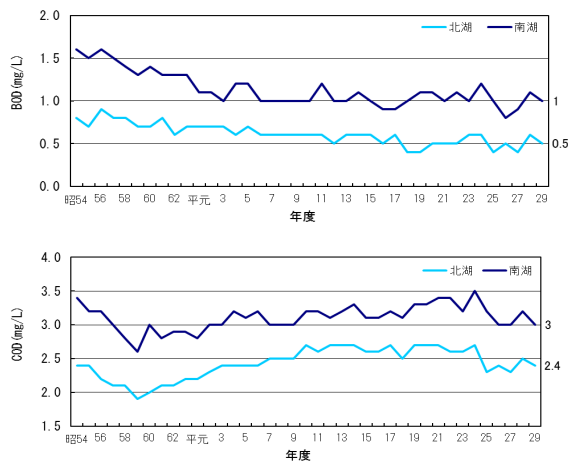


図-2 琵琶湖の水質の経年変化

3. 改定の概要

(1) 改定項目について

流総計画の主な改定項目については次の通りである。

- ・将来の処理人口及び処理水量の推定
- ・汚濁負荷発生源の基礎調査・原単位の設定
- ・シミュレーションモデルの構築
- ・汚濁解析
- ・汚濁解析結果からの目標負荷量設定

次項より各々の項目について説明を行う。

(2) 将来の処理人口及び処理水量の推定

流総計画は概ね20年～30年の長期計画であり、その計画期間は一般的に30年が望ましいとされている。そのため、汚水の発生量の基礎となる人口については、以後30年間の人口増減を踏まえた数値を推測・設定する必要がある。今回の改定では、国立社会保障・人口問題研究所の予測値及び市町が有する人口ビジョンの値を基に各市町の将来人口を推定した。その結果、将来人口は減少傾向との結果が得られたため、今回初めて人口減少を前提とした流総計画の改定となった。

この行政人口の推定値から滋賀県汚水処理施設整備構

想に基づき、処理人口・処理水量を設定した。

(3) 汚濁負荷発生源の基礎調査・原単位の設定

前項により、処理人口・処理水量を設定したが、生活系以外にも汚濁負荷を発生させる要因として、圃場の濁水、道路の路面堆積物等様々ある。琵琶湖の汚濁解析を行うにあたり、こうした生活系以外の汚濁負荷発生源の設定も必要となるため、基礎調査を行うとともに、その負荷発生源が単位当たりどれだけの負荷量を発生させるかを表す「原単位」の設定を行った。

(4) シミュレーションモデルの構築

汚濁解析を実施するにあたり、閉鎖性水域であることや、全層循環といった琵琶湖特有の事象を再現する必要があることから、独自のモデルを構築した。これは、水深の深い北湖における水深方向の成層、鉛直循環を再現するために、鉛直一次元のモデルとしている。また、水深の浅い南湖についても同様のモデルで層数を変更し平均水質の再現を行っている（図-3）。また、実際に観測した平均水質と各観測地点の相関式でもって、シミュレーションによって得られた平均水質から、各観測地点の水質予測を行っている。

また、新たに得られた知見を基に、植物プランクトンの細胞から分泌し再び溶解性有機物へ還元される細胞外分泌の経路を解析モデルに導入した。（図-4）。

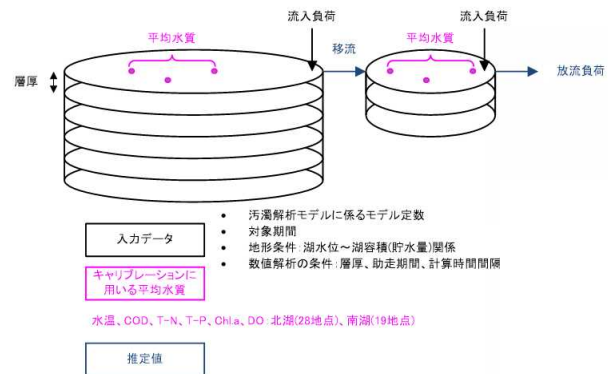


図-3 汚濁解析モデルの概念図

(5) 汚濁解析

a) 検討ケース

以下の7つのシナリオに基づきシミュレーションを行った（表-1）。

- ・ケース①, ②

下水処理場の計画処理水質を高度処理、超高度処理（流域下水道の処理場のみ）とした場合。

- ・ケース③, ④

湖面降雨以外の負荷量を全量削減した場合と、湖面降雨以外の負荷量と溶出負荷を全量削減した場合。

- ・ケース⑤～⑦

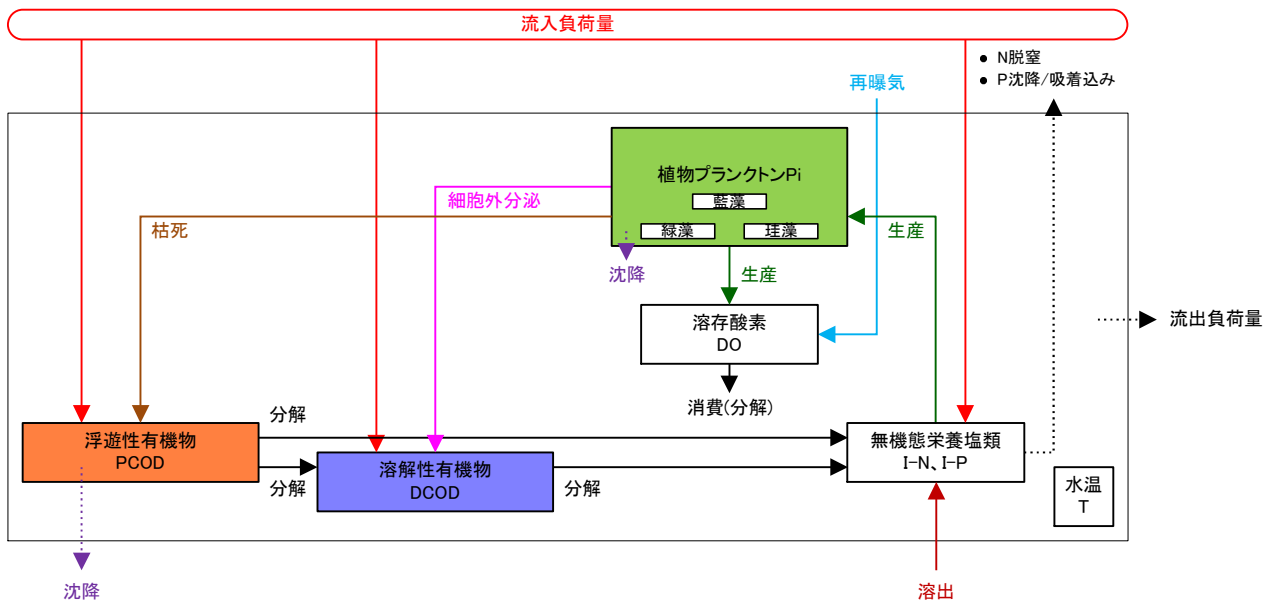


図-4 汚濁解析モデルにおける湖沼生態系モデルの物質循環の概念図

ケース③, ④でCODの環境基準を達成することを確認したため, T-Nの面源系負荷量削減率を調整(90%, 80%, 70%)することで, T-N, T-Pが環境基準を達成する条件を確認した。

b) 解析結果

各検討ケースで将来水質のシミュレーションを行った結果, 以下のとおりとなった(表-2)。

CODについては, ケース③, ④の湖面降雨以外の負荷量を全量削減した場合にのみ環境基準を達成可能との結果であった。

T-Nについては, ケース⑥のT-N面源系負荷量削減率を80%とすることで環境基準を達成可能との結果であった。

T-Pについては, 北湖においては現況の高度処理で

達成が可能, 南湖については, ケース⑦のT-N面源系負荷量削減率70%とすることで環境基準を達成可能との結果であった。

(6) 汚濁解析結果からの目標負荷量設定

前項の解析結果を受け, 今回の改定では, 処理場は高度処理を継続, 面源系は80%削減することとした。

4. 考察

(1) CODについて

下水道の整備が進み, 琵琶湖へ流入する負荷が削減されているにも関わらずCODに改善傾向が見られない要因の一つとして, 「難分解性有機物」の存在が挙げられる。これは, 微生物によって分解されにくいという特徴

表-1 検討ケース一覧

ケース	下水放流水質(各処理場平均) mg/l				生活系以外の負荷削減		総排出負荷量 kg/日		
	COD	T-N	T-P	備考	工場系	面源系	COD	T-N	T-P
現況	5.4	4.1	0.08	実績値	なし	なし	34,943	14,322	611
将来対策なし	5.4	4.2	0.08	実績値	なし	なし	35,600	14,408	594
① 高度処理	6.0	3.6	0.07	全処理場	なし	なし	33,356	13,223	417
② 超高度処理	3.4	2.9	0.05	単独公共は高度	なし	なし	31,825	12,815	406
③ 湖面降雨の負荷量以外全量削減	0.0	0.0	0.00		0	0	7,131	2,524	80
④ 湖面降雨の負荷量以外全量削減 溶出負荷も全量削減	0.0	0.0	0.00		0	0	7,131	2,524	80
⑤ COD: 高度処理 T-N: 高度処理+90%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	6.0	3.6	0.07	全処理場	なし	COD: 削減なし T-N: 90% T-P: 削減なし	33,356	5,483	417
⑥ COD: 高度処理 T-N: 高度処理+80%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	6.0	3.6	0.07	全処理場	なし	COD: 削減なし T-N: 80% T-P: 削減なし	33,356	6,343	417
⑦ COD: 高度処理 T-N: 高度処理+70%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	6.0	3.6	0.07	全処理場	なし	COD: 削減なし T-N: 70% T-P: 削減なし	33,356	7,203	417

注) 上記は湖面降雨分、京都府分の負荷量を含む。

【北湖】

表-2 将来水質の予測結果

検討ケース		COD75%値(mg/L)							T-N年間平均値(mg/L)			T-P年間平均値(mg/L)		
		類型指定	基準値	平均水質	今津沖	長浜沖	北小松沖	愛知川沖	類型指定	基準値	平均水質	類型指定	基準値	平均水質
実績値	COD: 75%値、T-N、T-P: 平均値	AA	1.0	2.68	2.60	2.80	2.70	2.60	II	0.2	0.25	II	0.01	0.008
計算値	現況	AA	1.0	2.57	2.49	2.62	2.46	2.56	II	0.2	0.24	II	0.01	0.006
	将来対策なし	AA	1.0	2.21	2.13	2.25	2.11	2.19	II	0.2	0.23	II	0.01	0.005
	①高度処理	AA	1.0	2.21	2.14	2.25	2.11	2.20	II	0.2	0.27	II	0.01	0.005
	②超高度処理	AA	1.0	2.19	2.12	2.23	2.09	2.18	II	0.2	0.26	II	0.01	0.005
	③湖面降雨の負荷量以外全量削減	AA	1.0	0.98	0.95	1.00	0.94	0.98	II	0.2	0.15	II	0.01	0.002
	④湖面降雨の負荷量以外全量削減(溶出なし)	AA	1.0	0.97	0.94	0.99	0.93	0.97	II	0.2	0.16	II	0.01	0.002
	⑤COD: 高度処理 T-N: 高度処理+90%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	AA	1.0	1.57	1.52	1.60	1.50	1.56	II	0.2	0.14	II	0.01	0.005
	⑥COD: 高度処理 T-N: 高度処理+80%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	AA	1.0	1.61	1.56	1.64	1.54	1.60	II	0.2	0.15	II	0.01	0.005
⑦COD: 高度処理 T-N: 高度処理+70%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	AA	1.0	1.67	1.62	1.70	1.60	1.66	II	0.2	0.16	II	0.01	0.005	

【南湖】

検討ケース		COD75%値(mg/L)							T-N年間平均値(mg/L)			T-P年間平均値(mg/L)		
		類型指定	基準値	平均水質	堅田沖中央	浜大津沖	唐崎沖中央	新杉江港沖	類型指定	基準値	平均水質	類型指定	基準値	平均水質
実績値	COD: 75%値、T-N、T-P: 平均値	AA	1.0	3.30	2.90	3.20	2.80	4.30	II	0.2	0.25	II	0.01	0.012
計算値	現況	AA	1.0	3.24	2.80	3.26	3.00	4.14	II	0.2	0.32	II	0.01	0.014
	将来対策なし	AA	1.0	2.61	2.26	2.63	2.42	3.34	II	0.2	0.30	II	0.01	0.012
	①高度処理	AA	1.0	2.74	2.37	2.76	2.54	3.51	II	0.2	0.32	II	0.01	0.011
	②超高度処理	AA	1.0	2.60	2.25	2.62	2.41	3.32	II	0.2	0.31	II	0.01	0.011
	③湖面降雨の負荷量以外全量削減	AA	1.0	1.01	0.88	1.02	0.94	1.30	II	0.2	0.13	II	0.01	0.006
	④湖面降雨の負荷量以外全量削減(溶出なし)	AA	1.0	0.90	0.78	0.90	0.83	1.15	II	0.2	0.14	II	0.01	0.003
	⑤COD: 高度処理 T-N: 高度処理+90%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	AA	1.0	2.02	1.75	2.03	1.87	2.58	II	0.2	0.19	II	0.01	0.010
	⑥COD: 高度処理 T-N: 高度処理+80%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	AA	1.0	2.04	1.76	2.05	1.89	2.60	II	0.2	0.20	II	0.01	0.010
⑦COD: 高度処理 T-N: 高度処理+70%削減(面源系のみ) T-P: 高度処理	AA	1.0	2.08	1.80	2.09	1.92	2.66	II	0.2	0.21	II	0.01	0.010	

を持っており、研究機関によりこの難分解性有機物が琵琶湖内で内部生産されている可能性があるとの指摘がされている。

今回のシミュレーションでも湖面降雨以外の負荷量を全量削減といった実現不可能な条件でのみ環境基準値を達成することが可能となっており、CODによる評価の限界やTOCのような新たな指標による評価の必要性がうかがえた。

(2) ノンポイント対策の必要性

滋賀県の污水処理施設は概成に近い状況であり、全体の負荷量に対する生活系・処理場系の占める割合は確実に低下してきている。今後、環境基準を達成するためには、市街地系や農地系といった面源(ノンポイント)からの負荷の削減が必須な状況である。今回のシミュレーション結果では、T-Nについては環境基準の達成に面

源で80%の削減が必要なが示されており、土木・農林といった関係機関・部局が連携しつつ対策を進めていく必要があると考えられる。

5. おわりに

今回の流総指針の改定では、従来の「水質」のみの評価軸だけでなく、「時間」、「空間」、「エネルギー」を加えた4軸での評価(四次元流総)が示された。

近年は、水環境対策のあり方について大きな転換期を迎えており、例えば、播磨灘では「季節別運転」という運転管理方法が導入されている。これは、下水道による污水処理の結果、海苔の養殖に必要な窒素・りんが不足したことから海苔の色落ちといった生育不良が発生したため、海苔の養殖期に法令の範囲内で窒素・りんを放流し、休養期には通常通り除去を行うといった取り組みである。これらの取り組みは、四次元流総の「水質環

境基準以外の多様な目標の設定」に合致するものである。

他にも、エネルギーの軸では「資源・エネルギー利用、省エネの推進」が新たに取り入れられており、消化ガスによる発電や、発酵による堆肥化など下水汚泥をを貴重な資源として活用することが求められている。これからは、汚泥という言葉の持つ汚いといった負のイメージからの脱却し、有益な資源であるという発想の転換が必要であり、下水道事業に携わる我々にとっても意識改革が求められている。

本県も、施設整備の概成を迎える中、下水道事業として今後どのようにあるべきかを考える帰路に立たされている。琵琶湖においても、漁獲量の低下や水草の繁茂等課題が山積しており、汚濁物質の除去だけに注視するのではなく、本来の琵琶湖のあるべき姿と、琵琶湖における下水道事業の果たす役割を考えながら、水域の特性に合わせた総合的な水環境対策を実施するよう心掛けていかねばならない。