

<特集>

琵琶湖における下水道高度処理の現状と展望

澤井 源市

滋賀県琵琶湖環境部(大津市京町 4-1-1)

概要

琵琶湖流域における高度処理を中心とした下水道整備状況および琵琶湖水質の長期的動向を概説し、今後の高度処理の方向性について論述した。琵琶湖の水質改善のためには処理レベルの高度化が一つの選択であるが、費用負担問題が課題である。

キーワード: 高度処理, 超高度処理, 費用対効果

1. はじめに

琵琶湖流域下水道は、昭和 57 年の湖南中部処理区の供用開始を皮切りに、昭和 59 年に湖西処理区、平成 3 年に東北部処理区、そして平成 9 年に高島処理区と順次供用開始し、平成 16 年度末における県全体の普及率は、78.2%に到達している。昭和 57 年当時の普及率が 4.8%と、全国の下位に低迷していた時期と比べると、現在は全国第 7 位であり、この間の普及率の伸びは驚異的ともいわれている。この急速な下水道整備には、県民の強い要望とともに、流域下水道整備が琵琶湖の水質保全上、最重要の施策として位置付けられたことが背景にある。

琵琶湖流域下水道における下水の高度処理は、昭和 54 年に富栄養化防止条例が施行されたことを直接的な契機として、当初から窒素、リン同時除去の高度処理を実施している。県では、すでに昭和 49 年度から日本下水道事業団に委託して「三次処理」の技術開発調査を行うとともに、継続して処理の効率化、レベルアップに向けて努力を行ってきており、下水道による汚濁負荷量の削減は、全国に誇れる成果をあげてきたと自負している。しかしながら、下水道整備や高度処理の実施が、琵琶湖の水質環境の改善とストレートに結びついていない面があり、琵琶湖における水質現象の解明と下水道の水質保全効果についての再評価が求められている。

このような現状をふまえて、以下では琵琶湖流域下水道の計画概要、高度処理の現状および展望について論述する。

2. 琵琶湖流域下水道の概要と琵琶湖の水質状況

2.1 下水道計画の概要

Fig. 1 および Table 1 は、本県の下水道計画の概要を示したものである。本県は、ほぼ全域が琵琶湖の流域であり、流域下水道を中心に琵琶湖を取り囲むように整備していることが下水道計画の大きな特徴である。流域下水道中心の整備

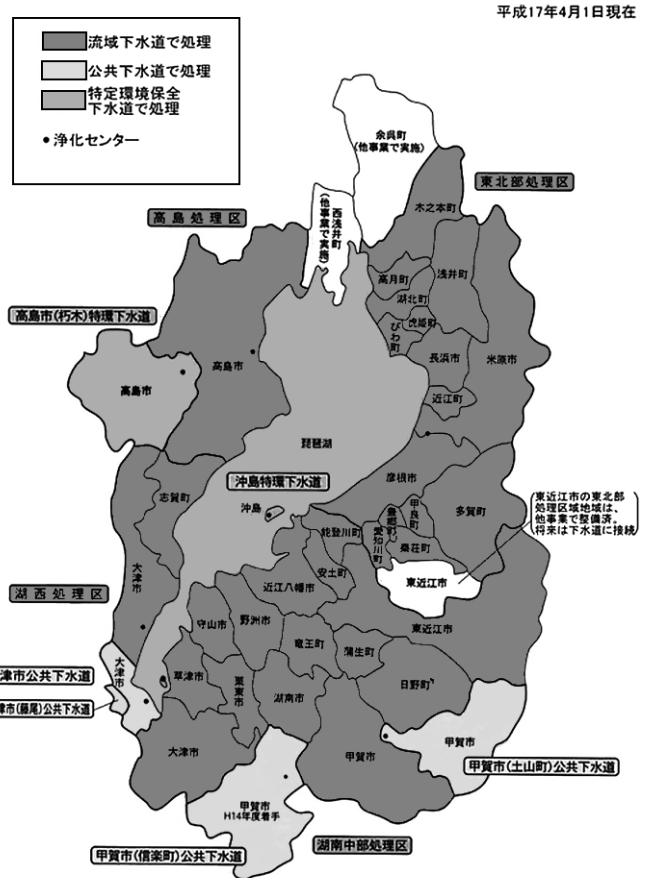


Fig.1 Planning Area of Sewerage System in Shiga Pref.

については、計画段階では賛否両論で様々な議論が展開されてきたが、急速な整備をすすめることができたこと、また、技術進歩の成果を集中的に取り入れることができるという点においては、その利点が発揮されているといえる。

Table 1 Outline of the Sewerage System Planning

区分	琵琶湖流域下水道					公共下水道	流域
	湖南中部	湖西	東北部	高島	6 箇所計		
計画処理面積(ha)	29,227	3,540	13,645	2,440	2,542	95.1%	
計画処理人口(千人)	878	149	396	51	140	91.3%	
計画処理水量(千 m ³ /日)	788	117	371	39	115	92.0%	

2.2 琵琶湖の水質環境の現状²⁾

Fig.2 は、琵琶湖への流入負荷量推定値の経年変化を示したものである。また、Fig.3は琵琶湖北湖、南湖および瀬田川における水質の経年変化を示したものである。

琵琶湖流域においては、過去 25 年間で人口が約 40 万人増加し、製品出荷額が約 4 倍となるなど人間活動が急速に活発化したが、下水道整備をはじめとする各種施策の効果により、流入負荷量は確実に減少している。

琵琶湖の長期的な水質変化の特徴をまとめると以下のとおりである。

- 1) 改善(減少)傾向がみられるのは、北湖では BOD、T-P、SS、南湖では、北湖での改善項目に加えて T-N 濃度も低下してきている。
- 2) 悪化(増加)傾向がみられるのは北湖、南湖ともに塩化物イオン、COD 濃度である。とくに、排水処理では全く除去されない塩素イオンについては顕著な増加が見られ、琵琶湖流域における人間活動の影響がこうした保存性物質に表れているといえる。
- 3) T-N 濃度は、北湖では S58~H8 年の期間は、やや増加傾向にあったが、H11 年以降は減少傾向に転じている。南湖では横ばいからやや減少傾向にあるが、瀬田川では S55~H2 年にかけて増加、その後横ばいに転じている。

このような水質変化には、下水道整備と密接な関係が表れているといえ、琵琶湖の環境基準との関係では COD で代表される有機物対策が一つの課題となっている。

3. 高度処理の現状

3.1 高度処理調査の経緯^{3)・4)}

琵琶湖流域下水道では、その時々課題を設定し、高度処理の効率化、レベルアップをめざした調査が行われており、その調査結果が各浄化センターの実施計画に反映されている。Table 2 は、その経過を整理したものである。

調査内容を大別すると 4 つの段階に分類できる。

まず、第一は、昭和 54 年度までの湖南中部浄化センターに導入する高度処理方式の選択段階である。将来の高度処理導入を想定して、昭和 49 年度から技術開発調査が実施されてきたが、昭和 53 年度から建設が始まった湖南中部浄化センターの初期施設は標準活性汚泥法により設計されていた。しかし、昭和 54 年の富栄養化防止条例の制定により、窒素、リン除去の高度処理の導入が迫られることになり、それまでの調査結果をとりまとめ、循環式硝化脱窒法(以下、循環法という。)、凝集沈殿、急速ろ過が選定された。ただし、凝集沈殿池は、計画されたが、建設はせず、ポリ塩化アルミニウムを生物反応槽に添加する同時凝集法で対応することとし、その後、同法の実績をふまえて計画変更を行った。

第二は、昭和 55 年度からの循環法の維持管理性および生物脱リン等のバリエーションに関する調査の段階である。

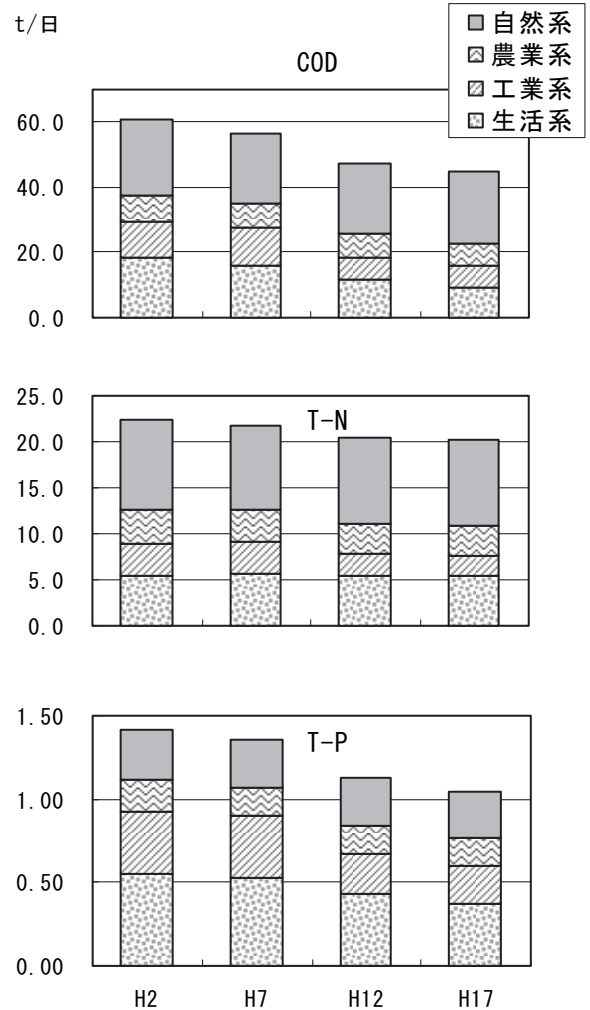


Fig.2 Distribution of Pollution Loads by Sources
(H17の値は第4次琵琶湖水質保全計画の目標値)

実施では、凝集剤添加量の削減をめざして A₂O 法による運転が一部で行われている。

第三は、平成 9 年度からの「超高度処理」に関する調査の段階である。これは、窒素、リン、COD の処理レベルの向上をめざして行われた調査であり、平成 12 年度までの調査結果をふまえて、窒素除去の処理レベル向上をめざしたステップ流入式多段消化脱窒法(以下、多段脱窒法という。)が新規増設や改築更新において導入されている。そして現在は「4. 高度処理の展望」で論述するが、第四段階ともいえる時期であり、COD に関する処理レベル向上に向けてオゾン、生物活性炭の実施設規模での調査を実施している。

3.2 各浄化センターの現行高度処理方式と処理状況

Table 3 は各浄化センターにおける現行高度処理方式と処理能力をまとめたものであり、Table 4 は、湖南中部浄化センターでの処理状況を平成 15 年度と 16 年度の 2 ヶ年間の平均値で示したものである。

多段脱窒法は、循環法と比べて建設費や維持管理費は、同程度以下で、処理レベルを向上させることができるという調査結果を背景に、処理方法を初期の循環法から多段脱窒法への切り替え途上にある。大別すると Table 3 に示すと

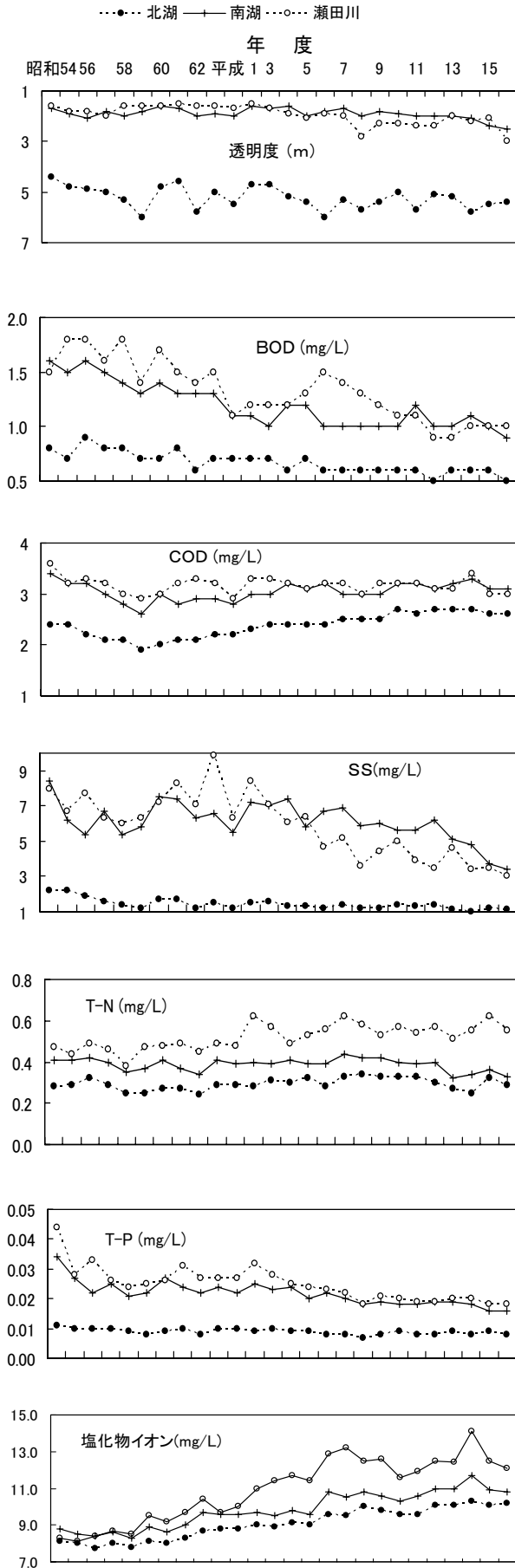


Fig.3 Water Quality of Lake Biwa and Seta River

Table 2 The Progress of Advanced Sewage Treatment Investigation in Shiga Prefecture

期間	調査名	概要	調査結果の適用
S49~53	高度処理技術の開発調査	N,P,SS、有機物に関する高度処理技術についてパイロットプラントにより調査。設計技術資料のとりまとめ	実施可能な高度処理技術の抽出
S53~55	実施設計基本調査	工場排水の質(生分解性)、量に関する調査	循環法等で対応可能なことを確認
S54	琵琶湖流域下水道における三次処理	5年間の調査をとりまとめ琵琶湖流域下水道における高度処理基本方針を策定。	循環法、凝集沈殿、砂ろ過を採用
S55~56	循環式窒素除去プロセスの運転管理に関する技術調査	実施規模による循環法の調査を行い、運転管理上の課題をとりまとめた。	維持管理へ反映
S57~58	高度処理実施設計のための基本調査	生物脱リンと窒素除去を組み合わせたA2O法について、実施規模で調査。設備脱リンを導入計および運転管理上の課題を整理。	現場の運用で生物脱リンを導入
S61	高度処理汚泥プロセスの技術調査	①実際に導入していた同時凝集法を汚泥処理の面から改めて評価。②消化方式の評価。③脱水、焼却溶融プロセスの評価	事業認可計画で凝集沈殿、消化を廃止
S61~H2	高度処理プロセス最適設計に関する調査	エアリフト循環に関する検討	省エネ手法として確認
S62~63	高度処理における汚泥処理返流水に関する技術調査	溶融炉排水の硝化・脱窒への影響検討	溶融の排水は特に支障がないことを確認
H9~12	超高度処理に関する調査	ステップ多段、オゾン、生物活性炭によるN,P,COD目標水質達成可能性を検討	ステップ多段は増設、改築に適用
H12	高度処理施設設計資料再検討のための調査	IWQA 活性汚泥モデルによる下水処理シミュレーションのためのデータ取得	高度処理設計資料検討プロジェクト
H13~16	膜分離活性汚泥法に関する調査	琵琶湖流域下水道への適用性に関する検討	
H16~17	活性汚泥モデル適用調査	運転管理効率化に向けたモデル適用検討	調査継続
H16~17	超高度処理実証調査	実施規模でのオゾン、生物活性炭の維持管理性等について検討	調査継続

Table 3 Treatment Methods and its Capacity in Each District (m³/day)

処理区	現処理能力	A方式	B方式
湖南中部	216,500	190,500	26,000
湖西	52,500	35,000	17,500
東北部	63,000	31,500	31,500
高島	12,000	7,600	4,400
計	344,000	264,600	79,400

A方式:凝集剤添加活性汚泥循環変法+砂ろ過法
B方式:凝集剤添加多段脱窒法+砂ろ過

Table 4 Influent and Effluent Water Quality in Konan-Chubu Treatment Plant (mg/L)

項目	流入水	処理水	
		A方式	B方式
BOD	180	0.9	1.7
COD	99	5.6	5.8
SS	199	0.5	0.5
T-N	29.7	5.8	1.5
T-P	3.22	0.04	0.04

り循環法をベースとしたA方式と多段脱窒を中心としたB方式とがある。処理状況の特徴は以下のとおりである。

- 1) BOD、SSについては、検出限界付近までの処理が行われている。
- 2) CODは、生物処理の限界付近の処理が行われている。
- 3) T-Nは、他の項目に比べて処理効率率は低いが、多段脱窒系列では、約95%の除去率が得られている。
- 4) T-Pについては、単段の凝集剤添加で「超高度処理」の目標に近い値となっている。

3.3 高度処理費用

高度処理の実施にあたっては、建設や維持管理の財源をどうするか、言い換えれば費用を誰が負担するかが大きな課題である。高度処理の建設費は、通常の下水処理施設と同様、国庫補助を得ながら、建設費総額と国庫補助金との差額を県と関係市町で負担している

一方、維持管理費は、汚水処理一般については、使用者負担が原則であるが、高度処理費用に対する使用者の負担は一部にとどめている。Table 5 は、琵琶湖流域下水道各処理区における汚水処理費用が、どのように使用者の負担、つまり下水道使用料の構成要素となっているかを示したものである。高度処理に係る費用は、標準活性汚泥法をベースとして、これを上回る電気料金、薬品費および保守点検に係る費用要素で構成されるが、家庭等の一般排水に対する高度処理費用については、汚水処理の負担原則をそのまま適用するのは適当でないという判断から、県50%、市町40%、使用者10%を負担区分の目安としている。すなわち、高度処理という公共用水域の水質保全という公共性の強い目的達成のためには、公がその大部分を負担すべきという考え方が基本となっている。なお、高度処理に係る維持管理経費等の一定部分については、特別交付税措置され、国の支援が行われているが、琵琶湖という府県を超えた公共性の強い水域の水質保全に対する費用の負担については、その効果に関する評価とともに議論が必要である。

4. 高度処理の展望

以上のように琵琶湖流域下水道では、全国の先進を切っけ窒素、リン除去を同時に除去する高度処理を導入し、処理レベルの向上や効率化に向けた努力を行ってきた。しかし、高度処理でも放流水の水質は、琵琶湖水質と比べるとCODでは約2倍、T-Nでは約20倍、T-Pでは2~5倍というレベルである。このことは、下水処理場自体がなお、琵琶湖に対する負荷源となっている反面、集中的な対策について実施の余地を残しているといえる。

このため、「超高度処理」と銘打って、COD3mg/L、T-N3mg/L、T-P0.02mg/Lという処理水質の目標を設定して処理レベルの向上について調査を実施してきている。検討対象としている処理方式は、窒素除去については、多段脱窒法、リン除去については、凝集剤の2段添加(生物反応槽と砂ろ過前)方式、そしてCOD除去については、オゾン、生物活性炭方式である。

このうち、窒素除去については、前述のとおり多段脱窒法の評価が定まり実施に移されている。また、リン除去については、実際の維持管理のなかで、凝集剤の添加量をコントロ

Table 5 The Unit Price of Advanced Sewage Treatment in Each District (yen/m³)

	排水区分	1.2次 処理費用	高度処理費用				資本費	使用者 負担額
			県	市町	使用者	計		
湖南 中部	一般排水	48	6	4	1	11	8	57
	特定排水	48	0	0	11	11	12	71
湖 西	一般排水	59.7	6.8	5.4	1.3	13.5	9.5	70.5
	特定排水	59.7	0	0	13.5	13.5	14.3	87.5
東北部	一般排水	50.7	4.6	3.7	0.9	9.2	5.3	56.9
	特定排水	50.7	0	0	9.2	9.2	15.8	75.7
高 島	一般排水	101	18	13	4	35	0	105
	特定排水	101	0	0	35	35	21	157

使用者負担額=1.2次処理費用+高度処理のうち使用者+資本費

ールすることにより生物反応槽への添加だけで目標達成のめどがつきつつある。残された検討課題は、オゾン、生物活性炭処理方式によるCOD除去であり、平成16年度から、湖南中部浄化センターにおいて6,500m³/日の実施施設規模の実証プラントによる調査を行っているところである。

実証調査を通じて、この方式により目標水質が達成できることが改めて確認されたとともに、建設費や維持管理費を低減できる見通しもでてきた。さらに、トリハロメタン生成能や環境ホルモンの低減という点で安全な処理水をつくるという観点からもこの処理方式の有効性が確認されている。

最大の課題は、費用に対する効果と負担の問題である。他の施策と横並びで処理レベル向上に関する評価を行うとともに、負担のあり方について、下水道法改正に伴う高度処理共同負担事業等新たな制度を活用しつつ検討を深めていく予定である。

5. おわりに

下水処理レベルの向上は、琵琶湖のような特定水域においては必然的な方向であると考えられるが、費用対効果、費用負担の問題の他、地球温暖化問題も検討課題に加えなければならない。技術開発や負担に関する新たな制度の創出等に向けて一層努力する決意であり、関係者のご協力をお願いしたい。

[参考文献]

- 1) 滋賀県:琵琶湖流域下水道30年の歩み、26~29(2002)
- 2) 大久保卓也・東善広:琵琶湖研究所記念誌、所報22、55~72(2005)
- 3) 滋賀県、日本下水道事業団:琵琶湖流域下水道における超高度処理に関する調査報告書(2000)
- 4) 滋賀県、滋賀県下水道公社:超高度処理実証調査報告書(2005)