

## 〈研究発表〉

# 琵琶湖流域下水道におけるオゾンおよび生物活性炭の 下水処理への適用に関する調査

瓜生 昌弘<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 滋賀県琵琶湖環境部下水道課 (〒520-8577 大津市京町 4-1-1, E-mail:uriu-masahiro@pref.shiga.lg.jp)

### 概要

マザーレイク 21 計画の改訂の動向と平成 16 年度から 6 年間にわたり琵琶湖流域下水道湖南中部浄化センター高度処理水を対象にして行ったオゾン、生物活性炭処理の処理特性、効果、経済性等について報告する。

キーワード： 琵琶湖総合保全整備計画（マザーレイク 21 計画）、高度処理、超高度処理、オゾン、生物活性炭（BAC）

## 1.はじめに

滋賀県では琵琶湖の総合保全整備計画として平成 12 年度に策定されたマザーレイク 21 計画（以下、ML21 計画）を第 1 期の最終年度である今年度改訂する予定である。昨年度は、学識者で構成される「琵琶湖総合保全学術委員会」で第 1 期の評価と平成 23 年度から始まる第 2 期の方向性について議論が行われ、本年 3 月に「提言」として取りまとめられた。

第 1 期の評価については、第 1 期計画の 3 本の柱である「水質保全」「水源かん養」「自然的環境・景観保全」の面から行われており、この中で「水質保全」の評価は、下水道整備をはじめ各種汚濁負荷削減対策の効果が現れ、湖への流入負荷量は第 1 期の目標である「昭和 40 年代前半レベル」に近づきつつあるとされている。しかしその一方で、湖の栄養塩バランスの変化、深水層の溶存酸素濃度低下とともに難分解性有機物といった新たな問題が顕在化してきていることが指摘されている。

本稿では、琵琶湖における難分解性有機物の現状と課題、ML21 計画の第 1 期計画でかかげた下水道における負荷削減対策としてのオゾン・生物活性炭（BAC）処理の実証調査の概要等について報告する。

## 2. 琵琶湖における難分解性 COD

### 2.1 琵琶湖への流入負荷量

Fig. 1 は COD の琵琶湖への流入負荷量の推移を示したものである。この 20 数年来、下水道の整備をはじめ各種負荷削減対策を実施してきた成果が現れ、流入負荷量は着実に減少してきたと言える。

### 2.2 琵琶湖の水質動向

これに対して Fig. 2 は、琵琶湖北湖における COD、BOD、TOC の経年変化を示したものである。1985 年以降の水質的な動向は、流入負荷量が減少していることに対応して BOD 濃度は、着実に低下しているの

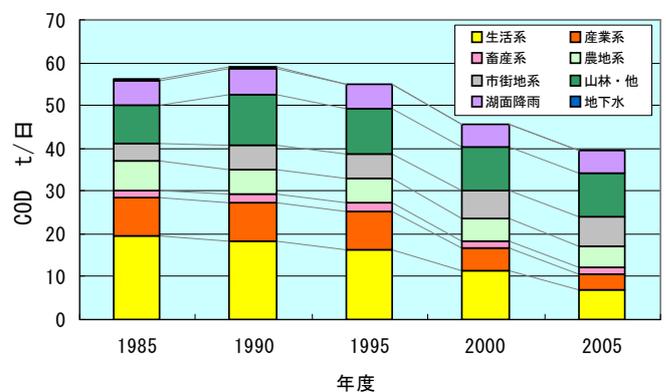


Fig. 1 Annual trend of COD loading on Lake Biwa

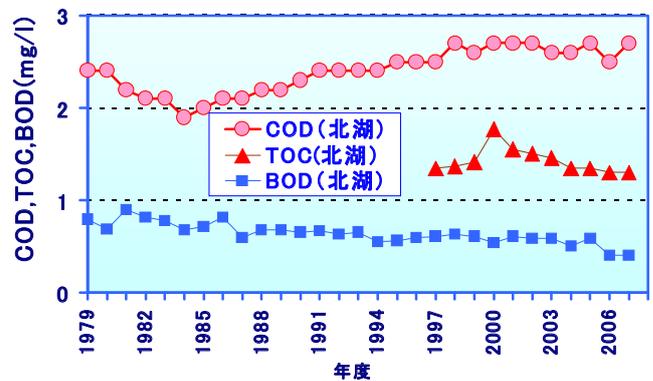


Fig. 2 Annual trend of COD, BOD, TOC in northern Lake

に対して、COD 濃度は漸増ないしは横ばいであり、「COD と BOD の乖離現象」が琵琶湖の現状を表す言葉として定着している。

### 2.3 琵琶湖水質メカニズム解明調査

現在、滋賀県では「COD と BOD の乖離現象」等琵琶湖の水質汚濁メカニズムの解明のために調査研究を進めている。現在までの解析結果を要約すると次のとおりである。

①琵琶湖内に存在する有機物(全有機炭素 TOC)中、



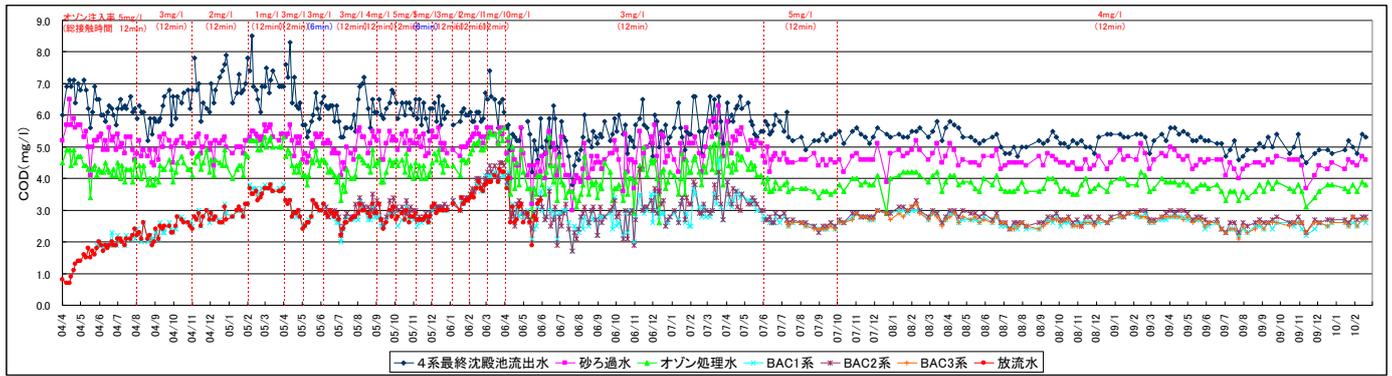


Fig.4 Time course of COD concentration.

2007年6月から注入率を5mg/Lに増加させたところ、処理水質は各系列とも3mg/L以下となった。ただし、砂ろ過水質が向上したことも処理水質が改善された要因の一つと考えられる。5mg/Lの注入率で安定して目標水質が維持できたため、2007年10月より注入率を4mg/Lに低下させたところ、注入率が5mg/Lのときと比べて若干ではあるが生物活性炭処理水質は上昇したが、依然として処理水質は目標値を満足していた。その後は2009年3月まで、オゾン注入率4mg/Lのままで運転をしたが、目標値を超過することなく良好な処理が継続できた。6年間のCOD処理に関する特徴をまとめると次のとおりである。

- ①オゾン及びBAC処理水COD濃度は原水である砂ろ過水の水質変動とともに変化する。
- ②活性炭が新しい期間は、オゾン注入率を低く抑えることが可能である。
- ③砂ろ過水のCOD濃度が5mg/L前後であれば、注入率5mg/LまでのコントロールによりCODの目標値は達成できる。

(2) オゾン注入率と有機物除去性能の関係

オゾン注入率が、オゾン処理とBAC処理それぞれの処理過程でCOD除去性能に及ぼす影響について、以下に整理した。

①オゾン処理

オゾン注入率とCOD除去率の関係をFig.5に示す。オゾン注入率が高いほど、オゾン処理におけるCOD除去率は高くなった。また、接触時間6分と12分で除去率を比較すると、6分の除去率がやや低いが、12分のときのデータのばらつきの範囲内であり、両条件で顕著な差異はないと判断した。

オゾン注入率とBOD増加濃度の関係をFig.6に示す。オゾン処理水BODが低濃度であるため、分析誤差等の影響でプロットがばらついているが、全体の傾向として、オゾン注入率が高くなるとBOD増加濃度も高くなっている。

②生物活性炭処理

オゾン注入率と活性炭処理におけるCOD除去率の

関係をFig.7に示す。オゾン注入率に応じてオゾン処理プロセスでのBOD(生分解性有機物)の生成状況が異なるため、有機物処理状況も変化し、オゾン注入率が高くなるとCOD除去率は増加した。ただし、オゾン注入率が3mg/Lを超えると、COD除去率の増加状況が逡減傾向を示していることから、生物活性炭での有機物除去率には上限がある可能性がある。

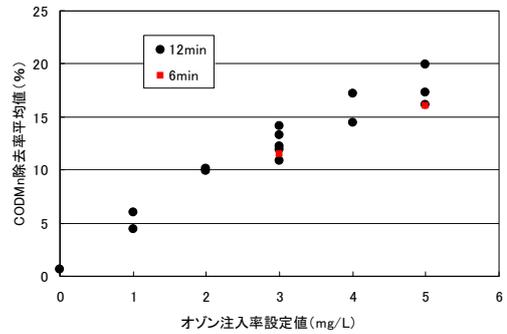


Fig.5 Relationship between ozone dosage and removal of COD

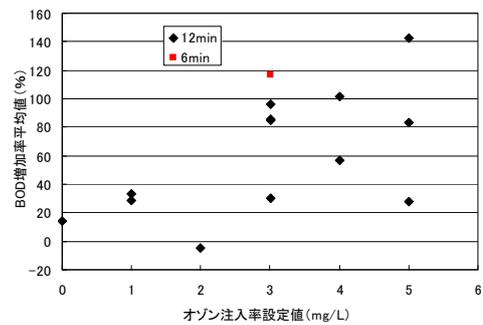


Fig.6 Relationship between ozone dosage and increase in BOD

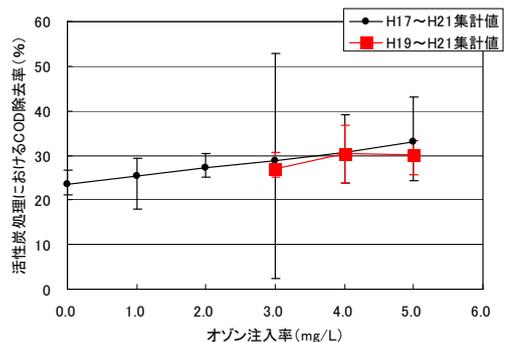


Fig.7 Relationship between ozone dosage and removal of COD in BAC

### (3) BAC の COD 除去性能の変化

実験開始からのBACによるCOD除去率の変化をヨウ素吸着能残存率の変化とともに Fig.8 に示す。実験開始当初のCOD除去率は80%程度以上であったが約1年で30%程度まで急激に低下し、それ以降は20~40%の範囲で安定している。これに対してヨウ素吸着能残存率は、徐々に低下しているが、減少率がゆるやかになりつつある。活性炭におけるCOD除去は、物理化学的吸着と生物化学的分解の二つの機能が考えられるが、通水当初から1年近くは、物理化学的吸着能が卓越していたが、その後は物理化学吸着と生物学的分解の両方の機能で一定の除去率が維持されていると考えられる。また、当初は2年程度での活性炭の交換を想定していたが、6年経過した現在も1度も交換は行っていない。

### (4) オゾン・BAC 処理水の安全性の評価

処理水質について、水道水質基準と比較すると、一般細菌、臭素酸を除き基準を満足するという結果であった。

このうち臭素酸は、オゾン処理において生成することが確認されている代表的な有害副生成物の一つであるが、Fig.9 に示すとおり、注入率5mg/L程度以下で基準以下にコントロール可能であった。

またオゾン・BAC処理を行うと、前段の砂ろ過までの処理ではどうしても残存する下水臭をほぼ完全に除去できるとともに、Fig.10 に示すとおりトリハロメタン (THM) 生成能についても、オゾン・BAC処理水では、原水(砂ろ過水)の50%程度まで低減することができ、注入率をあげることでさらに低減する傾向がみられた。

### (5) 経済性および費用対効果

オゾン・BACに関する経済性および費用対効果に関する検討を行った。検討は、湖南中部浄化センター1~3系列190,500m<sup>3</sup>/日を対象にしたケーススタディである。

まず、経済性については建設費が約220億円、維持管理費が約3円/m<sup>3</sup>と試算された。調査開始前の推定値と比較すると建設費では、約60%、維持管理費では約40%にまで低減することとなった。これは、本調査を通じてオゾンの接触時間、最大注入率、活性炭の設計LV、活性炭の交換頻度等を見直した結果によるものである。

次に、費用対効果について、すでに実施している高度処理と相対的な比較を行った。比較方法は、単位COD除去量あたりの建設費と維持管理費の年価による。なお、窒素、リンの除去量についても、それぞれ1.47、24.31という変換係数を用いてCODに換算

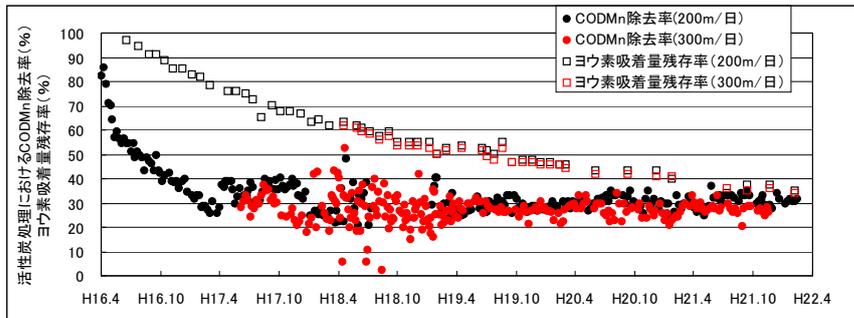


Fig.8 Time course of COD removal ratio and iodine absorption ability

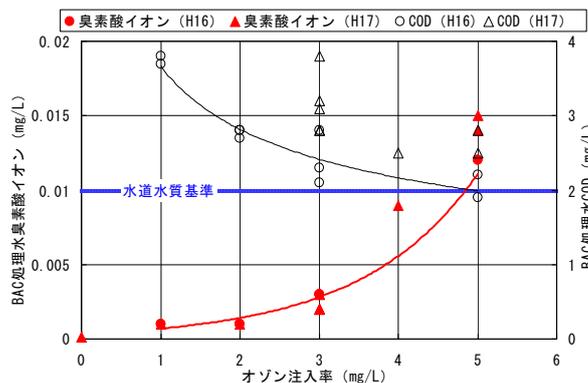


Fig.9 Bromate concentration

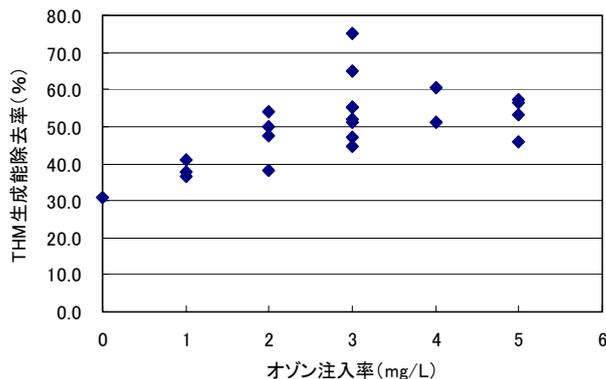


Fig.10 THM formation potential

した。その結果、オゾン・BAC処理における単位COD除去量あたりの費用は既存高度処理の約15倍を要するという結果が得られた。

## 4. まとめ

6年間におよぶオゾン・BAC処理に関する調査により、琵琶湖流域下水道にオゾン・BAC処理を適用する場合の設計および操作因子等を明らかにするとともに経済性に関する評価をまとめることができた。本調査はML21計画の第1期計画における実施課題となっていたため行ってきたものであるが、ML21計画の改訂においては処理の高度化という方向は必ずしも明確ではない。その背景には費用対効果とともに負担の問題が横たわっている。