

国立群馬工業高等専門学校専攻科 ○磯部典弘・山田真義・青井透

1.はじめに

群馬県は、利根川流域界と県境がほとんど重なる地形で首都圏の重要な水瓶であり、近年では首都圏の水道水源としての重要性が高まっている。首都圏の上水需要の7割以上が利根川上流域のダム群からの水に依存している（利用人口は2,500万人にも達するといわれている）にも関わらず、利根川水系の水質汚濁は進んでいる。これらの主な原因の一つとして、群馬県内の下水道普及率は約30%と低く、特に上流域では下水道などの生活排水処理施設が整っておらず、生活雑排水が直接河川に流入していることがあげられる。利根川上・中流域は、近畿地方の水がめである滋賀県と異なり湖沼法の適用を受けないので、下水終末処理施設では有効な窒素・リンの規制がなく、殆ど除去されていないので河川水の水質汚濁は進行中であることは、例えば渡良瀬貯水池の例でも明白である。

最近では利根川水系では毎年のように渇水が発生しており、水資源として余裕はなく将来の水需要を予測すれば、従来のような一過性の水利用ではなく水の循環利用率を高めることが急務である。

2.本研究の背景及び目的

首都圏の切迫した水問題の解決には、一元的な流域管理の考え方の導入と、循環利用の促進が必要なのは論を待たない。最も理想的な方法の一つは、生活排水を排出されたその場で高度に浄化し、川に戻して河川生態系を保護しながら、下流域での水利用に貢献することである。そこで当研究室では、上流県から高専の生活排水処理施設に膜分離を導入し、膜処理した水を原水とした自然型人工河川を建設し、栄養塩や有機物の除去と、トンボ・ホタルや目だか・たなごなどの在来種の復元をめざした総合的な研究を進めている。本高専の生活排水処理は専用の合併浄化処理槽（1200人槽・接触曝気方式）で行われているが、接触曝気方式の特徴として処理水には若干の濁りがあり、窒素・リンの除去は行われていない。この処理水の高度処理・再利用を目的にして既に2年以上にわたり10m²のサイフォン吸引浸漬平膜型精密ろ過装置が2基、消毒槽に設置され極めて順調に稼働している

（この2年間透過流量の低下はほとんどなく0.3m/d程度のフラックスで稼働しており、その洗浄頻度は空気洗浄を月に2-3回程度）ので、膜分離装置の大規模化（20m²の膜を5基増設）¹⁾をはかり、より大量の処理水を回収するとともにその処理水を原水とする多自然型小川を設置し、昔の小川の生態系の復元と処理水の高度な浄化実験を計画した。膜透過流量約30m³/日を人工河川原水として用いることにした。敷地境界の場所を学校から借り受け、延長100m程度の自然型人工河川（昔の春の小川）及び循環池を設置して、小川の運転を開始している。図1には人工河川の概要図を、また図2には浸漬型精密膜装置の概要を示す。図3には配置断面図を示す。設置場所が敷地境界にあるため、敷地外の地盤とは2mの落差があり地下水位は低く水漏れは必至である。

本研究の目的は、盛土で透水性の高い地盤に天然素材のみを用いて如何に不透水性の水路構造を構築するかであり、材料としては丸太・板材・ベントナイト（200メッシュ以下、群馬県西部が全国一の産地）を用いた。ベントナイトとはモンモリロナイトという物質を主成分とした粘土の一種で、水を吸って膨張する膨潤性と不透水性に近い性質をもち²⁾、最近では廃棄物最終処分場の遮水材としても活用されている。

3.実験方法

水路設置予定地の土壌を素材として、変水位透水試験³⁾を行った。ベントナイト配合比を変化させ、締固め度も二段階に変化させた。次にベントナイト配合比を変化させた供試体カラムを作り、水位の変化を測定した。これ

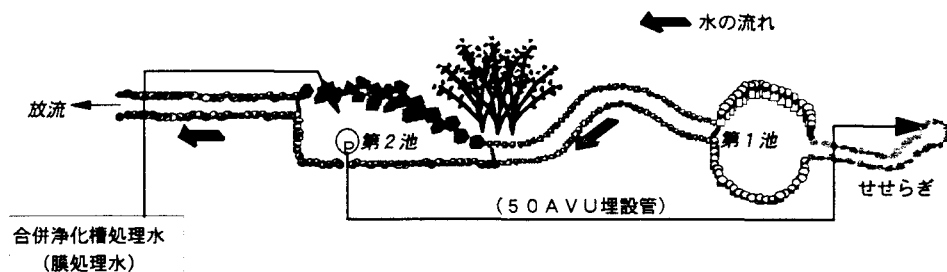


図1 人工河川概要図

らの結果を反映して、実際に水路の建設を行った。

4.実験結果及び考察

4-1 変水位透水試験結果

計画地点の透水係数は $7.8 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ であり、透水性は高い土壌であった。乾燥重量比（ベントナイト/混合土）と透水係数の結果を表1及び図4に示した。締固め強とは、供試体を締固める際に5回に分けて混合土を入れ、その度に重さ2.5 kgのハンマーを高さ30 cmから10回落とし締固めたものである。また、締固め弱は同様な操作を3回に分けて行った結果である。土質工学会基準によると透水係数は 1.0×10^{-7} 以下で実質上不透水性となることから、締固めを十分にしたという条件ではベントナイト-混合土乾燥重量比25-30%であれば止水できると考えられる。

4-2 カラムテストによる水位低下実験

図5にはベントナイト添加率（ベントナイト/乾燥混合土体積比）と水位の低下の関係を示す。直径が10 cmのカラムに高さ10 cmになるように各添加率の試料土を透水試験と同様に締固めながら入れ、水位が20 cmとなるよう水を入れた。添加率が上がると共に水位の低下が緩やかになり、無添加においては60分で水位0になっているのに対して、添加率20%においては120分後でも1 cm足らずであった。

4-3 実際の添加率と結果

上記の実験結果から実際の施工に当たっては、ベントナイトを体積比25%添加し止水することにした。図6には人工河川の標準断面図を示した。本校敷地内に河川ルートを選定し、小型パワーショベルにより幅70 cm、高さ70 cm程度で掘削し、まず木杭を打ち横矢板を配置し、地盤とその間にベントナイトと掘削土を混ぜ合わせたものを埋め戻し締固めた。池部分にも同様の方法を用いて施工した。作業は学生の手で行ったが、作業が不慣れで締固めの必要性を実感していなかったこと等もあり、ベントナイトが均等に配分されなかったことと展圧不十分で、実際には25%のベントナイト添加率では不十分であった。さらに原水が膜分離水で浮遊物質を全く含まないために目止めの効果が期待できず、結果として漏水を防止できなかった。

4-4 漏水防止の追加対策

漏水防止のために、ベントナイトスラリーを仮設ポンプを設置して送り込み、漏水部の目止めとした。これにより池部分の漏水は完全に防止でき

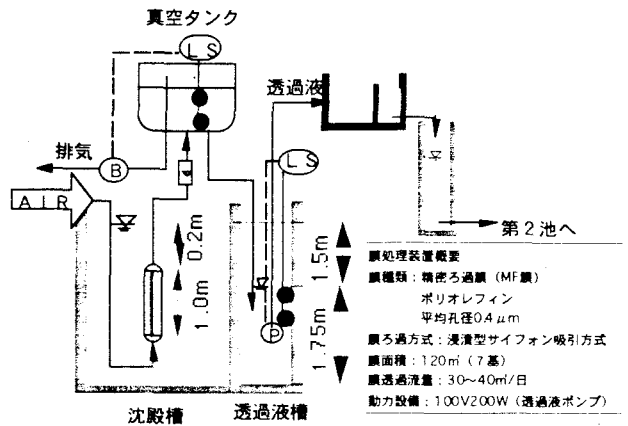


図2 浸漬サイフォン吸引式平膜装置

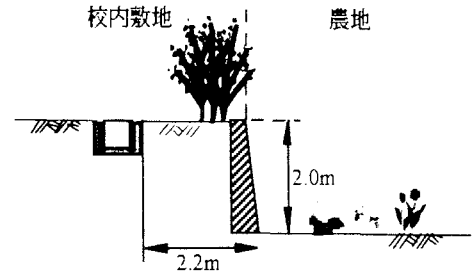


図3 人工河川配置横断面図

表-1 透水係数の測定結果

乾燥重量比	締固め強 cm/s	締固め弱 cm/s
0%	$7.8 \text{E-}05$	$1.0 \text{E-}4$
1%	$5.5 \text{E-}05$	$8.9 \text{E-}05$
6%	$2.4 \text{E-}05$	$7.6 \text{E-}05$
12%	$6.9 \text{E-}06$	$5.3 \text{E-}05$
18%	$7.5 \text{E-}07$	$3.3 \text{E-}05$
35%	$1.5 \text{E-}07$	$2.4 \text{E-}05$
55%	不透水性	$1.6 \text{E-}05$
100%	不透水性	$7.7 \text{E-}06$

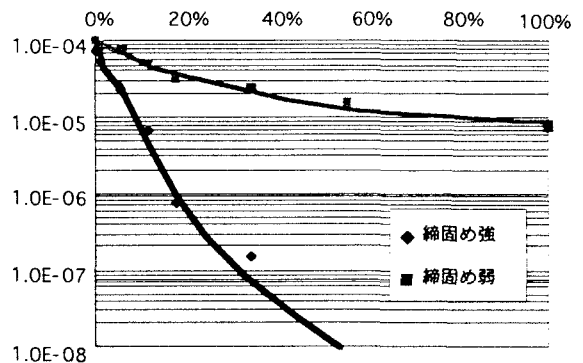


図4 配合及び締固めによる透水係数の変化

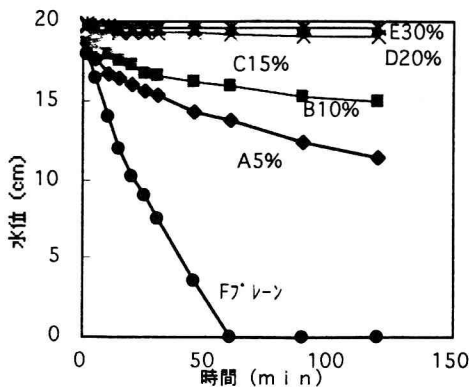


図5 各添加率(体積比・ベントナイト/混合土)による水面低下の関係

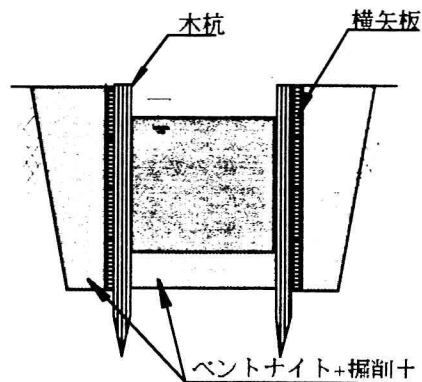


図-6 人工河川断面図

た(図7)が、川部分は不十分であったので、ベントナイト粉末をそのまま水路に散布する(3-5cm厚さ)工法を採用した。中下流部で掘削した余剰土を上流部に運搬し、新たにできた盛土部分に栗石積みを行ってせせらぎ水路を二期工事で施工した。その外観を図8に示す。二期工事は盛土地盤上にさらに軟質の盛土(時間的に圧密していない)を設け、その上に水路を設置するので、十分な漏水対策が必要であった。そこで一期工事の失敗を考慮し、掘削後ベントナイト粉末を直接5-7cm敷設し、その上に栗石を設置してベントナイト混合土で埋め戻す工法を採用した。この工法ではほぼ完全に漏水を防止することができた。

5. まとめ

今年の夏の時点では、第2池以降の部分運転した(春から)が、植生としてアヤメ・カラー・クレソンが根付き、トンボはヤゴから成虫になっている。漏水工事の終了と共に、生態系復元に向けての実験をスタートさせている。実験室のベントナイト配合比と実際に必要とされる配合比(50%程度必要)の乖離に苦労したが、多自然型小川を天然材料だけで設置するという当初の目的は達成された。精密膜で分離された膜処理水は、衛生学的なバリアーとして機能するため、0-157やクリプトスポルディウムのような病原性細菌・微生物が除去されており、子供が水に触れても安全である。

水源県として、排水を放流地点でさらに浄化し、生態系の保護と水質の改善・安定化を同一敷地内で行った後に、河川に放流するというエコノミーな技術は、持続可能な開発と循環型社会の実現に向けて貢献できるものと思われる。

謝辞

大規模分離膜は㈱ユアサコーポレーションの製品を使用した。膜増設工事には三機工業㈱の協力も頂いた。人工河川の設置工事は、専攻科学生、土木工学科5,4年生および2年生の協力によるものである。また止水工法については豊順工業㈱殿のご指導を頂いた。透水試験については当土木工学科、宇津木・阿部教官の協力を頂いた。なかでも二期工事は高専2年生が暑い夏休みに工夫しながら設置したものである。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 青井 透(1997)合併浄化槽処理水を用いた大規模膜分離装置、月刊生活排水、No.193,pp45-48
- 2) 豊順工業(1994)ベントナイト-その特異な性質-、pp15-20
- 3) 土質工学会、土質試験の方法と解説、第6編透水試験・圧密試験、pp272-276



図7 第2池から上流を見る

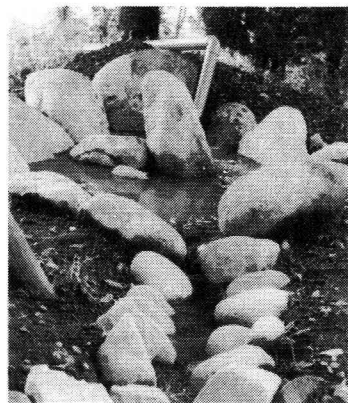


図8 せせらぎ水路上流端