

水生生物への残留塩素の影響とその対策方法に関する検討 Effects of residual chlorine on aquatic life and its countermeasures

○山下みずき*, 伊藤健吾**, 乃田啓吾**, 千家正照**

YAMASHITA Mizuki, ITO Kengo, NODA Keigo, SENGE Masateru

1. はじめに

塩素は、その高い酸化力や比較的低いコスト、使いやすさといった利点から消毒剤として広く用いられている。上下水処理の消毒過程では塩素による消毒が一般的である。水質汚濁防止法では、排水基準が「大腸菌群数 3000 個/cm³ 以下」と定められている。これを安定的に満たすには、アンモニア性窒素が存在する通常の下水二次処理水の場合、塩素を 2~4mg/L 程度注入する必要がある（日本下水道事業団技術評価委員会, 1997）。また、建築物内で発生した排水や雨水、地下水、下水処理水等を雑用水として利用する場合、建築物における衛生的環境の確保に関する法律に基づいて、衛生上必要な措置として、「給水栓において遊離残留塩素 0.1mg/L 以上、結合残留塩素の場合には 0.4mg/L 以上に保持すること」が定められている。これにより、残留塩素を含む水が全国各地の自然水域へ放流されている。また、工場や排水処理施設では修景用水として処理水によるビオトープの造成が試みられている。しかし、上記のような排水に含まれる残留塩素は水生生物への毒性が懸念される。そこで本研究では、実際に塩素処理水が混入する河川及び塩素処理水を利用したビオトープにおいて、残留塩素が水生生物に及ぼす影響について検討した。また、その対策方法として、希釈と紫外線分解による塩素低減効果について検討した。

2. 調査概要

農業集落排水処理施設から塩素処理水を受容する河川で調査を行い、残留塩素の影響と希釈の効果について検討した。処理水の放流口と調査河川本線の流量より放流される処理水の希釈率の算出を行った。調査地点を処理水合流点（St.b）と合流点を挟んで上流側（St.a）と下流側（St.c）の計 3 地点とし、水質測定と生物調査を行った（Fig. 1）。

塩素処理水を利用したビオトープにおいて、水質測定と生物調査を行い、塩素の影響のない周辺水域と比較した。また、紫外線分解による塩素低減効果を調べるために、塩素処理水に紫外線照射を行い、残留塩素の濃度変化を調べた。対照実験として、ポンプ循環のみ（紫外線照射なし）と汲み置き条件を設定した。そして、紫外線による塩素分解を上述のビオトープに適用した場合の実用性について検討した。

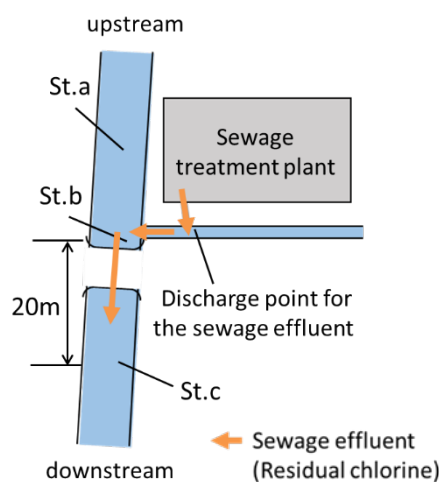


Fig. 1. Map of investigation points in the river receiving the sewage effluent from sewage treatment plant

*岐阜大学大学院自然科学技術研究科 Graduate School of Natural Science and Technology, Gifu Univ.

**岐阜大学応用生物科学部 Faculty of Applied Biological Science, Gifu Univ.

キーワード：残留塩素，集落排水，生態系，水環境

3. 結果及び考察

本調査を行った農業集落排水処理水の受容河川では、処理水合流点 (St.b) の残留塩素濃度は 0.72mg/L であり、ほとんどの魚類が死亡する濃度を示した。一方、河川水との混合により塩素処理水は約 21 倍に希釈され、残留塩素濃度も合流点下流 20m 地点 (St.c) では 0.06mg/L と、残留塩素に弱い一部の魚類を除いて毒性は低いとされる濃度まで減少した。しかし、合流点上流 (St.a) と比較して St.b だけでなく St.c においても、採捕された魚類の種数と個体数は少なかった。また、処理水流入により下流 100m 以上にわたってオオカナダモの繁茂抑制が見られた。水生植物の減少により魚類の生息空間は消失するため、処理水の流入が間接的に魚類の分布に影響を与えることが分かった。すなわち、塩素処理水が河川水と混合され希釈されることにより残留塩素濃度が低濃度となる下流域であっても、広範囲にわたって水生生物へ影響が及ぶことが明らかとなった。また、残留塩素を含む区間では、その上流域と下流域との間で残留塩素が目に見えない障壁のように生物の移動阻害となる可能性が考えられる。

塩素処理水を利用したビオトープでは、確認された水生生物は数種の水生昆虫と有肺類の巻貝のみであり、周辺水域と比較して種数、生息数ともに少なかった。付着藻類には残留塩素や貧栄養による増殖制限や特定の種の優占化が生じていた。すなわち、本調査地は生物の多様性が低く、残留塩素がその原因の一つであることが明らかとなった。

紫外線照射実験では、紫外線照射により水中の残留塩素は急激に減少し、実験開始数分以内に残留塩素濃度計の測定範囲 ($0.05\sim 6.0\text{mg/L}$) を下回り、紫外線分解による塩素低減効果が認められた (Fig. 2)。紫外線照射前の全残留塩素濃度が 0.3mg/L の場合、残留塩素を全て分解するには、約 781mJ/cm^2 以上の紫外線照射を必要とすることが分かった。これより、浸水式のタンク用殺菌装置 120W クラスの紫外線ランプを用いてビオトープの塩素処理水 (残留塩素濃度 0.2mg/L , 流量 $0.005\text{m}^3/\text{s}$) を分解する場合、年間の消費電力量は約 3784kWh となることが試算された。これは 3kW の太陽光発電システムによる年間発電量に相当し、面積 1.2m^2 , 最大出力 200W のソーラーパネルを約 15 枚必要とする。すなわち、紫外線による塩素分解には大きなコストが想定されることが明らかとなった。

以上より、残留塩素は広範囲にかつ水圏生態系の最下層にまで影響を及ぼすこと、また、希釈と紫外線分解による塩素低減効果にはいずれも問題点があることが明らかとなった。すなわち、生態系へ影響を考慮した場合、塩素による消毒以外の方法を検討していく必要があると考えられる。

[引用文献]

日本下水道事業団技術評価委員会. (1997). 最近の消毒技術の評価に関する報告書

青井透. (1998). 淡水魚に対する残留塩素の連続通水による毒性試験. 第 6 回衛生工学シンポジウム論文集, p.71-76

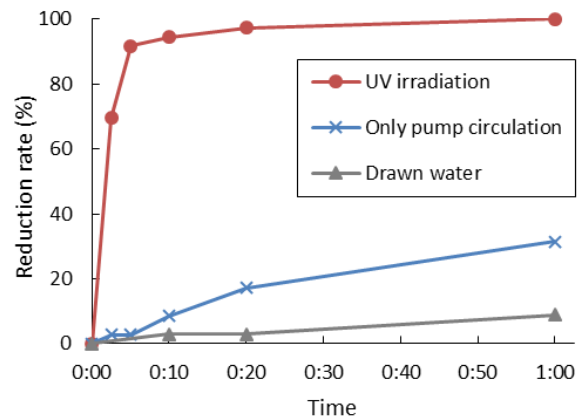


Fig. 2. Reduction rate of total residual chlorine in the ultraviolet irradiation experiments (%) (Nominal residual chlorine concentration: 0.3mg/L , Water temperature: $20\text{ }^\circ\text{C}$)