

論文要旨

学位論文題目 浄水処理における藻類の抑制・除去への光照射の適用

氏名 守屋 良美

「水道水源として利用される我が国の湖沼において、富栄養化による藻類の異常増殖が問題となっているが、湖沼規模で改善することは難しい。浄水処理のうち緩速ろ過法においては、滞留時間が長くなるろ過池において藻類の増殖がみられる場合も多く、浄水障害につながりやすい一方、急速ろ過法においても原水への藻類の混入は凝集阻害要因の一つとなり得る。藻類への対策としては、一般的には塩素投入による殺藻処理や凝集剤による凝集沈澱除去にて対応するが、副生成物生成等の問題がある。そこで処理プロセスに大きな設備的な変更を行う事なく、藻類を抑制する技術として、紫外光から可視光まで様々な光照射を利用する処理について検討した。

紫外線処理とは、生物の持つDNA又はRNAに吸収されやすい波長（254 nm）を照射することで、対象微生物の遺伝子複製能力を不活化する方法である。藻類に対する効果は、これまでに Alam ら(1988)や酒井ら(2006)によって、実験室での培養単離藍藻に対し、増殖抑制効果があることが示されているが、回分的に実験室レベルで行われたものがほとんどである。そこで、2010年から卒業・修士研究として、浄水原水を使用した模擬装置を用いて紫外線照射実験を行うことで、現場の藻類の状況を反映したデータの取得を試みた。結果、模擬沈殿池・ろ過池での上澄水中の夏季藻類増殖について、紫外線照射有り（約 160 mJ/cm² 照射）無しで有意な差が見られ、紫外線照射は増殖能力を不活化するだけでなく、照射後徐々に細胞数が減少する現象も確認された。

本研究では、現場での紫外線照射実験において特に照射後に細胞数が著しく減少した鞭毛藻類の *Cryptomonas* 及び、谷ヶ原浄水場にて浄水処理障害の主な原因となった珪藻類の *Cyclotella*、過去に大発生し問題となった緑藻類の *Dictyosphaerium* を対象藻類とし、増殖抑制の機構を検討した。各藻類に対して紫外線照射し、増殖抑制率を比較した結果、200 mJ/cm² 照射した場合には14日後でも初期濃度の100分の1程度に藻類濃度を抑制できた。藻類間での抑制効果を比較すると、*Dictyosphaerium* においては50 mJ/cm² では抑制率が顕著に低くなっていることが分かった。また、紫外線照射を同一照射量で複数回に分けた場合、若干増殖抑制効果が向上した。更に藻類に対して紫外線を400 mJ/cm² 以上の高照射した結果、珪藻類の *Cyclotella* を除き、照射直後の細胞数の減少及び細胞形態の変化が確認され、染色による損傷程度の検討では、200 mJ/cm² 程度の照射から染色が見られたことから、紫外線照射によって、細胞内の損傷が生じた可能性が示唆された。浄水工程においては、紫外線照射により細胞を破壊させずに増殖抑制が出来れば、発泡障害や凝集阻害を引き起こす原因物質であ

る藻類内容物の放出を防ぐことができる。以上より、今回対象として用いた原水、及び各藻類に関しては、紫外線照射量によって損傷メカニズムが変化し、50~400 mJ/cm²程度の照射域では遺伝子損傷だけでなく、照射後の培養期間における細胞数の低下に繋がる損傷を引き起こし、特に400 mJ/cm²以上の高照射では、照射直後に生じる細胞の破壊によって細胞数の低下に繋がると考えられた。

次に、紫外線ではなく可視光を利用した藻類除去法について検討した。既存研究として斎藤ら(1989)によると、緑藻類 *Dictyosphaerium* の大発生時に、可視光照射によって藻類の凝集塊への補足率が高まり除去率が格段に向上した。この結果より、紫外線照射実験と同様に3種の生態の異なる藻類を対象とし、可視光照射による藻類の凝集効率の変化について検討した。

凝集剤としてPAC(ポリ塩化アルミニウム)を用いた凝集沈澱実験の結果、可視光照射系において、3種の藻類全てにおいて、若干の凝集効率の向上が見られたが、初期濁度を調整して常にpHも一定の値とした *Dictyosphaerium* での凝集沈澱実験においては、可視光照射の有無における除去率に有意な差は見られなかった。既報(上平ら(2013))では浄水場原水に含まれる多種の混合藻類系に対し、凝集沈澱処理を行い、かつろ紙を用いたろ過処理を行って比較して、可視光照射による除去率の向上が確認された。この既報では小型のピコプランクトンも対象となっており、可視光照射有りでは効率的に凝集され、ろ過にて除去されたのに対し、可視光照射無しでは、凝集効率が悪く、ろ紙に除去されずに除去率が悪くなったことから、その差が顕著に表れたと考えられる。今回対象とした培養藻類は $\phi 10\text{-}20\ \mu\text{m}$ であり、凝集無しでもろ紙にて除去されるため、ろ過処理を含めた凝集効果の違いは検証していない。そのためpH調整下での条件では、可視光照射によって凝集効率は上がるものの、沈澱効率の向上にはつながらないような効果に留まったためではないかと考えられる。

結論として、

(1) 細胞内容物の流出を抑えながら、紫外線照射による増殖抑制が可能な紫外線照射量は100~400 mJ/cm²程度が妥当であり、照射回数を複数回に分割するとより効果的な抑制が可能であると推測された。

(2) 可視光照射により藻類の凝集効率向上の効果はあるものの、条件によっては凝集沈澱効果の促進には至らず、ろ過処理を加えることで効果が現れる可能性がある。またその効果はピコプランクトンなど小型藻類が多い場合に、有意な差が生じやすいと考えられる。」