

紫外線照射槽の設計手法ならびに副次効果の定量的予測に関する研究

安井 宣仁

平成19年厚生労働省令第54号により「水道水のクリプトスポリジウム等対策指針」として、表流水でない水源のうち、指標菌が検出された水源を対象に、上水道に紫外線照射槽の導入が認められるようになった。しかしながら、紫外線照射槽における消毒効果の予測は、槽内の滞留時間分布および紫外線照度分布のため、非常に困難である。さらに塩素同様に紫外線消毒も消毒副生成物を生成する可能性があるが、その生成量を定量的に評価した研究が非常に少ない。

そこで、本研究では紫外線照射槽の設計の核を担う照射槽内の消毒効果の予測手法を構築することと、紫外線照射における副次効果により生じる副生成物の生成量を予測することを目的とした。

実規模紫外線照射槽を用い、槽内の消毒効果の実測ならびに滞留時間分布の推定を行い、消毒効果の予測を行った。その結果、消毒効果は単純に紫外線ランプ出力と流量からでは決定することが出来ないことが分かった。また、混合拡散モデルで槽内の滞留時間分布を表現することが出来た。紫外線照射槽の消毒効果予測は滞留時間分布関数と平均紫外線照度を用いれば、概算的に予測することが可能であると考えられた。従来用いられてきた簡便な半径光モデルによる紫外線照度分布よりも、本研究で新たに考案した修正半径光モデルによる予測の方が実測値をより適切に表していた。

紫外線照射による副次効果の定量的予測は、副生成物として生成する可能性のある亜硝酸性窒素に着目し、回分式にて実験を行い生成量の予測を試みた。その結果、亜硝酸性窒素の生成機構は、硝酸への紫外線の吸収と溶存有機物に紫外線が吸収されラジカル反応による生成、透過した紫外線の一部が吸収されラジカル生成を促進し生成すると考えられ、生成速度は初期硝酸濃度と紫外線量の積で表すことができた。具体的に低圧水銀ランプ使用時、初期硝酸性窒素濃度が水道水質基準の10 mg/Lの場合、亜硝酸性窒素の指針値である0.05 mg/Lを超えるには、クリプトスポリジウム対策における10 mJ/cm²の約180倍の1800 mJ/cm²以上の紫外線量が必要となる。中圧水銀ランプ使用時は、硝酸濃度に依らず生成速度が一定であった。総紫外線量を10 mJ/cm²の場合では、生成量は最大でも0.0033 mg/Lと予測された。

本研究で構築した予測手法を用いれば、紫外線消毒の副次効果として生じる亜硝酸性窒素は初期硝酸濃度あるいは紫外線量が明らかとなれば予測可能である。