

3. 4 紫外線処理による返送水・排水への
クリプトスポリジウム等対策に関する研究

紫外線処理による返送水・排水への クリプトスポリジウム等対策に関する研究（委託研究）

神子 直之（立命館大学 理工学部 教授）

1. はじめに

紫外線処理を、地表水を原水とし急速ろ過を採用している施設や膜ろ過洗浄排水等へ適用することで、より確実性の高いクリプトスポリジウム等の処理ができる。しかし、地表水や膜ろ過洗浄排水等は、紫外線照射を阻害する物質の濃度も高いと想定され、紫外線処理の適用性について十分に検討することが必要である。

2. 研究の目的

紫外線照射を阻害する物質は、溶存態の紫外線吸収物質および懸濁物質に大別される。まず、紫外線吸収物質の紫外線処理に対する影響であるが、これは被照射水中の紫外線強度を減少させて反応速度を小さくすることである。そこで、その反応の速度が紫外線強度に比例するものであれば、紫外線強度の水深方向の減少が指数関数的であることが知られているため、被照射水の紫外線吸光度を測定することで反応速度の算定が可能である。一方、懸濁物質の影響は、①透過光を減じることによる反応速度の減少（吸光度で評価できる）、②反射光による反応速度の増大、③濁質が反応対象物（例えば消毒における微生物）を囲むことによる遮蔽効果による反応速度の減少、が考えられる。それらの影響は果たして紫外線照射の効率を高くするのがあるいは低くするのか、既往の研究において見解は一致していない。

そこで今回の研究では、標準的な濁質成分を添加して紫外線吸光度を測定することに加え、それらの系においてウイルスを紫外線で不活化する実験を行い、不活化の反応速度の変化を調べることを目的とした。

3. 実験方法

3. 1 実験に用いたモデル濁質

モデル濁質として、二種の物質を用いた。ひと

つは、濁度の標準成分である標準カオリンを、上水試験法の記述通りの方法でカオリン（試薬）より調製したものを用いた。さらに、粘土鉱物の代表的なものとして、試薬グレードのベントナイトを用いた。

また、濁質を投入した試料の波長 254nm における吸光度を分光光度計で、濁度を濁度計により測定した。

3. 2 指標微生物

病原性微生物の代表的なものとして、大腸菌ファージ MS2 を用いた。MS2 は、遺伝子として RNA を持つ小型のウイルスで、紫外線照射量に応じて一次反動的に不活化が進行すること、細菌と異なり培養条件等による紫外線感受性の変化が無いこと、解析が比較的容易となる長所がある。

MS2 の濃度測定は、宿主となる大腸菌株を用いた重層寒天法で行った。

3. 3 紫外線照射

光源としては低圧紫外線ランプを用いた。設定した実験条件に調製した被照射水を水深 1.5cm、内径 4.2cm のペトリ皿に入れ、攪拌子を入れて空気が入らないように石英ガラス板で封をした。ペトリ皿上部より約 0.3mW/cm² の紫外線強度で紫外線を照射し、照射時間を変化させることで紫外線照射量を変化させた。完全混合を仮定するために、紫外線照射の間攪拌子で連続的に攪拌した。

4. 結果及び考察

4. 1 濁質添加による吸光度および濁度の変化

濁質を添加した試料の濁度および波長 254nm における吸光度を測定した結果を表 1 および表 2 に示す。濁質の添加濃度増大に応じて 254nm 吸光度および濁度が増大した。しかし、標準カオリンの濃度と濁度の測定値が必ずしも一致して

表1 モデル濁質の濁度測定値

濃度 (mg/L)	標準カオリン (度)	ベントナイト (度)
2	0.556	0.786
10	8.56	3.24
50	45.6	28.6
100	81.8	41.5

表2 モデル濁質の254nm 吸光度

濃度 (mg/L)	標準カオリン (cm ⁻¹)	ベントナイト (cm ⁻¹)
2	0.015	0.014
10	0.020	0.025
50	0.185	0.176
100	0.193	0.237

おらず、また線形性も限られていた。ベントナイトの濁度は、同じ濃度の標準カオリンよりも小さく、粒子の体積や表面積および表面における紫外線反射率等の性質が標準カオリンと異なることが示唆された。さらに、254nm 吸光度の場合には標準カオリンとベントナイトの差は濁度ほど大きくなく、透過光の減少は両者でほぼ等しいことがわかった。また、濁度の水道水質基準値およびクリプトスポリジウム等対策指針において紫外線照射を適用できる濁度の上限值(2度)における254nm 吸光度は、標準カオリンで0.020以下、ベントナイトでも0.025以下と考えられ、それぞれの場合の紫外線透過率は95.5%、94.4%となる。したがって、濁度条件だけで透過光が非常に小さくなるとは考えにくく、濁度成分と微生物の相互作用を今後検討する必要があると考えられた。

4. 2 濁質を含む試料におけるMS2の不活化

図1に濁質として標準カオリンを用いた結果、図2に濁質としてベントナイトを用いた結果をそれぞれ示す。横軸は照射時間(分)、縦軸は生残率の対数(-)、凡例の数字は標準カオリンまたはベントナイトの濃度(mg/L)である。

どちらのグラフにおいても、照射時間の増大に応じて、片対数で直線的に濃度が減少した。カオリンの場合には10mg/Lの結果が欠測であるが、ベントナイトの場合には、濁質の濃度が2mg/L

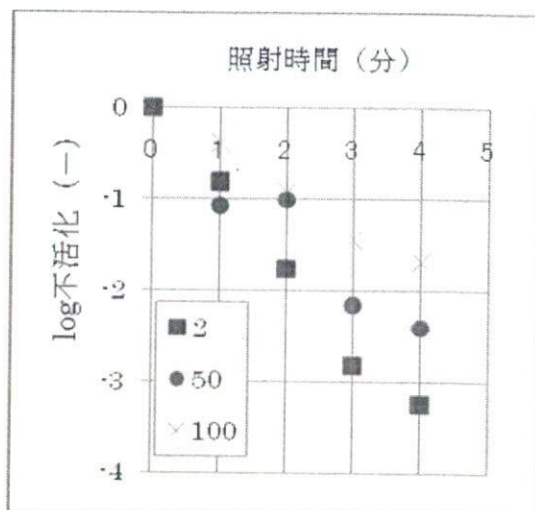


図1 様々なSS濃度(mg/L)の標準カオリンを添加した系におけるMS2の紫外線による不活化(照射時間表示)

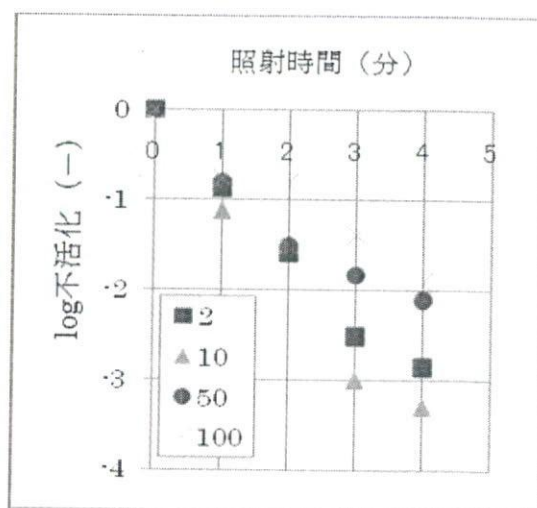


図2 様々なSS濃度(mg/L)のベントナイトを添加した系におけるMS2の紫外線による不活化(照射時間表示)

および10mg/Lの場合には不活化速度の顕著な差は見られなかった。濁質濃度が50および100mg/Lの場合には、2mg/Lのときと比べて不活化速度は小さくなった。

濁質濃度50および100mg/Lの結果が、透過光の紫外線量によって説明できるかどうか調べるために、それぞれの場合の254nm 吸光度を用いて透過光の紫外線強度を算定し、透過光の紫外線量に対して生残率をプロットした。結果を図3および図4に示す。

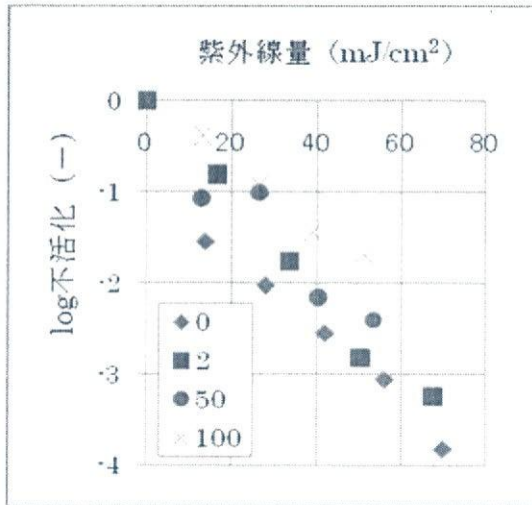


図3 様々なSS濃度 (mg/L) の標準カオリンを添加した系におけるMS2の紫外線による不活化(紫外線量表示)

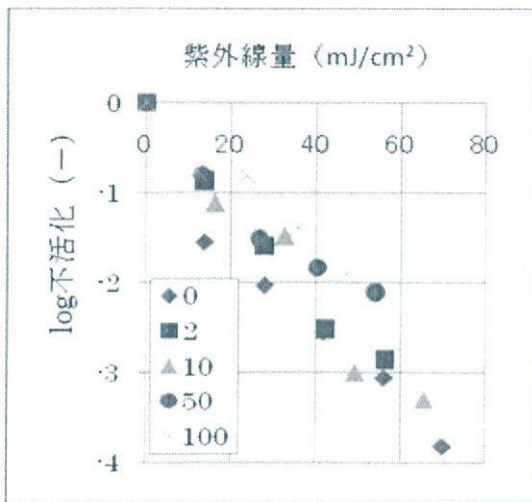


図4 様々なSS濃度 (mg/L) のベントナイトを添加した系におけるMS2の紫外線による不活化(紫外線量表示)

その結果、照射時間に対してlog不活化をプロットした図1および図2よりもプロットの範囲が狭まる傾向にあった。ただし、濁質添加の系における不活化が透過光による紫外線量だけで決まっている場合には、図3および図4はプロットがすべて同じ曲線上に重なるはずである。そうならなかったここでの結果は、濁質濃度が大きい場合に不活化速度を小さくする何らかの理由が存在することを示唆している。

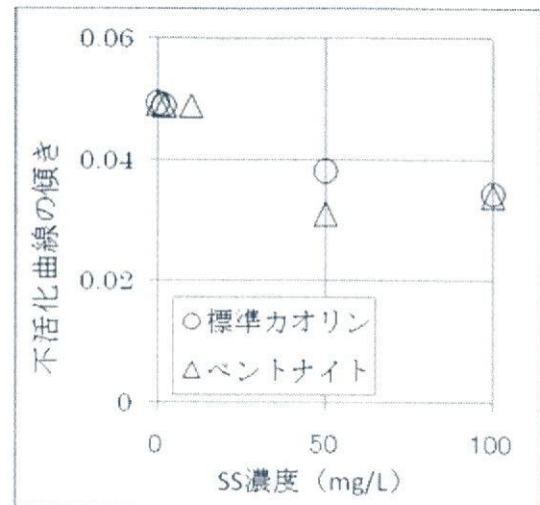


図5 濁質添加濃度に対する不活化曲線の傾き

4. 3 不活化速度への濁質添加濃度の影響

濁質濃度増加による不活化速度の減少を定量的に表すために図5を作成した。これは、図3および図4のSS濃度毎のプロットが線形であると仮定して原点を除くプロットで最小自乗法を行い、それぞれの不活化曲線の傾きを標準カオリンおよびベントナイトのSS濃度に対してプロットしたものである。ただし、SS濃度0mg/Lの場合には原点をひとつのデータとして採用している。不活化曲線の傾きすなわち不活化速度は、標準カオリンとベントナイトのどちらにおいても、SS濃度0~10mg/Lのときほぼ同じ値を示した。SS濃度が50mg/Lより大きい場合、試料の吸光度を考慮した透過光紫外線量による不活化速度は、濁質濃度が10mg/L以下の場合より小さくなった。図3および図4の結果が計算上も裏付けられたことになる。SS濃度が50mg/L以上の場合の不活化速度は、濁質の種類によらず濁質が無い場合の60~80%であった。

この結果によれば、比較的低濃度の濁質が共存する場合でも、微生物の透過光紫外線量あたりの不活化速度は大きな影響を受けず、紫外線照射は有効な消毒手法であることがわかる。しかし、濁質が無い場合よりも透過光紫外線強度が減少するため、その分照射時間を増大させる必要があると考えられた。

4. 4 濁度を含む水への紫外線照射

返送水・排水等濁度を含む水への紫外線照射の適用に関しては、モデル濁質を用いた場合、透過光のみを仮定した透過光紫外線量で消毒効果を表現することができた。そのため、行った実験の条件の範囲内では散乱光の微生物不活化への寄与は小さいものと考えられた。また、濁質による微生物への防護効果についても、実験を行った 3 log 不活化までの範囲では確認できなかった。このことより、モデル濁質と同様の性質を持つ濁度成分の場合には、その濃度の増大とともに紫外線吸光度が増大し、透過光紫外線強度を減少させることで消毒速度を小さくするが、それは紫外線吸光度から概ね予測可能であることがわかった。実河川水における濁質成分が同様に働くのか、あるいは 3 log を越える不活化を行った場合に防護効果が生じるかどうかについては今後の課題である。

5. まとめ

モデル濁質を添加した試料中における紫外線による MS2 フェージの不活化実験の結果からは、濁質が紫外線の到達量を低下させ消毒速度を減少させるものの、その程度を紫外線吸光度から算定することが可能であった。クリプトスポリジウム等の不活化においても同様に、透過光紫外線量からその効果を予測することが可能であると考えられる。

6. 研究発表

5. 1 論文発表

安井宣仁、神子直之、「新たな紫外線強度分布推定法による紫外線照射槽の消毒効果予測への影響」、2008年、pp671-677、環境技術、37巻9号

5. 2 学会発表

安井宣仁、神子直之、「紫外線照射における亜硝酸性窒素生成機構のモデル化に関する検討」、2009年、p365、第43回日本水環境学会年会

余川雄一、神子直之、「塩素と紫外線を組み合わせた消毒におけるトリハロメタン生成量の検

討」、2009年、p364、第43回日本水環境学会年会

小寺翼、神子直之、安井宣仁、「多波長光源におけるクリプトスポリジウム換算紫外線量の算定に関する検討」、2009年、p291、第43回日本水環境学会年会

3. 5 紫外線処理による塩素代替消毒法
及びマルチバリア消毒法に関する研究

紫外線処理による塩素代替消毒法および マルチバリア消毒法に関する研究（委託研究）

大瀧 雅寛（お茶の水女子大学大学院人間創成科学研究科 准教授）

1. はじめに

現在、上水において紫外線照射装置はクリプトスポリジウムに代表される病原原虫対応に限られているが、欧米諸国で導入されているように、その他の病原微生物を不活化させるための一般的な消毒処理としての利用も、今後考えていかねばならない。その場合、現在使用が義務づけられている塩素注入法との併用、もしくは塩素の代替法として用いる場合に、どのような効果および影響があるのかについて事前に把握しておく必要がある。本研究は、文献調査および実験研究を通じて、紫外線処理を実際に導入する際の問題点、技術的な解決法などについて検討するものである。

2. 目的

塩素との併用を考えた時、塩素注入によって生じる副生成物に対し、紫外線照射がどのような影響を与えるのかを把握することが第一の目的である。このため文献調査を行った。

また紫外線照射装置を塩素の代替法として導入する際、その不活化効果が常時保証されているかどうかのモニタリング手法が重要になる。本研究では、処理対象水に含まれる有機物を化学線量計の対象物質として利用することを試みた。これが可能であれば、処理前後の浄水を採水することによって、十分な紫外線線量が与えられていることが日常的に測定可能となる。今回は、低濃度有機物を蛍光分析法によって高感度に測定する方法を試みた。

次に日常的な測定は不可能であっても、流通装置の線量測定に微生物に変わる線量計として、有機物+光触媒粉末を添加することによって、化学線量計として利用する方法を試みた。

3. 方法

3. 1 塩素処理の副生成物に対する紫外線照射

の影響について（文献調査）

塩素注入によって生じる副生成物は主に有機ハロゲン化合物である。この化合物に対して、低圧UVランプおよび中圧UVランプの照射が、どの様に影響するのか、文献収集を行い、知見をまとめた。特に両ランプによる光分解効率の違いおよび反応生成物に関する情報を収集した。

3. 2 低濃度有機物を用いたUV装置の線量測定法の検討

対象水として以下の試料を選んだ。

- 地下水（千葉県館山市，中野区（浅井戸，深井戸）；地下水を水源とする浄水を想定
- 湖沼水（中野区），河川水（利根川中流域）；有機物濃度が相対的に高い表流水を想定
- 水道水（お茶の水女子大学，千葉県千葉市）；浄水の有機物濃度を想定
- 0.5 mg/L フミン酸溶液（和光純薬製）；一定の低濃度有機物含有水を想定

これらの試料水を図1に示す装置を用いて紫外光を照射した。ランプは低圧UVランプを用い、容器は石英製のものをを用意した。KI/KIO₃化学線量計を用いて、反応容器への入射光を測定した。容器内の平均紫外線量率は、入射光強度から溶液の吸光度を用いてLambert-Beer則によって算定し、平均紫外線量は、算定した平均線量率に照射時間を乗じて求めた。

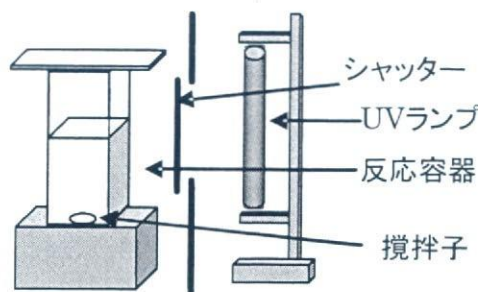


図1. 実験装置概要

反応時間後の試料を 0.45 μm メンブランフィルターでろ過し、蛍光分析を行った。励起波長は 345 nm、蛍光波長 425 nm を用いて蛍光強度を測定した。その際、硫酸キニーネ (50 $\mu\text{g/L}$) の 0.1N 硫酸溶液の同励起・蛍光波長の蛍光強度を測定し、その蛍光強度との相対値である相対強度値 (RI) を用いて評価した。蛍光分析は(株)島津製作所の分光蛍光光度計 RF-540 を用いた。

3. 3 光触媒添加による反応促進実験

対象試料に対し、UV 照射のみでは蛍光強度の変化は非常に小さかった。そこで反応を促進させるために、光触媒剤の投入を試みた。投入した光触媒剤は以下のとおり

- ・ 二酸化チタン粉末 (和光純薬製) 粒径 5 μm
- ・ 触媒担体二酸化チタン MC-50, 90, 150 (石原産業製) 粒径はそれぞれ 5, 18, 24 nm
- ・ 触媒酸化チタン ST-01, 31, 41 (石原産業製) 粒径はそれぞれ 7, 7, 200 nm

実験に用いた装置は図 1 に示すとおりであり、有機物変化の分析は 3. 2 に示した蛍光分析法と同様とした。

3. 結果及び考察

以下に文献調査および実験研究によって得られた結果および考察を述べる。

3. 1 塩素処理の副生成物に対する紫外線照射の影響について (文献調査)

塩素注入により生成する副生成物の UV による分解、および UV 照射後の水へ塩素を注入することによる副生成物生成への影響に関して文献調査を行った結果、以下のような情報が得られた。

UV 照射による塩素副生成物への影響に関しては、中圧ランプと低圧ランプにおいて RED 値を基準とした比較した研究があり、炭素間二重結合および臭素を含むものは中圧ランプにおける分解率が高いとされていた。ただしその分解率は、いずれも数%域であること、や反応生成物としては塩化物イオンが主なものとして考えられるといった情報が得られた。

これらの結果から、低圧 UV ランプの場合では、

浄水の消毒に用いられるレベルの線量では、数%の分解影響しかないこと、および副生成物の生成もあまり大きな影響はないと考えられた。

一方中圧 UV ランプの場合では、分解率が 10% を超えるものも見られたが、低圧 UV ランプが持たない 230 nm 以下の波長光が分解に大きく寄与しているようであった。従って実際の処理水では、この波長の透過率などを考慮すると、低いレベルの分解率に留まると考えられた。

3. 2. 低濃度有機物を用いた UV 装置の線量測定法の検討

図 2 に地下水の蛍光分析結果を示す。それぞれ TOC 測定では、測定限界に近いレベルであったが、蛍光分析法では、十分正確に測定できるレベルであった。しかし図 2 に見られるように、地下水に対しては照射線量を増やしても、蛍光強度の変化は見られなかった。

また湖沼水、河川水といった表流水およびフミン酸溶液にても同様に蛍光強度の変化は見られなかった。

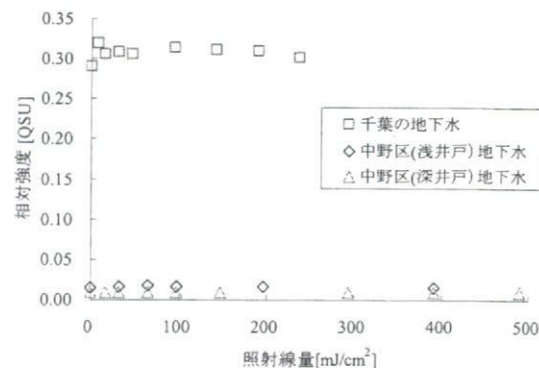


図 2 地下水での UV 照射による蛍光強度変化

図 3 に水道水を用いた場合の結果を示す。これも TOC 測定では、分析誤差が大きいようなレベルであったが、蛍光分析では問題のないレベルであった。図 3 に見られる傾向は、蛍光強度が増加するというものであった残留塩素の影響も考えられたので、脱塩素処理をしたものも同様に実験に供してみたが、結果は蛍光強度が増加するというで同じであった。

大学の水道水および千葉県千葉市の水道水の両方にて、この傾向が見られたが、その変化量は

大きく異なっており、また水道水の採水時によっても若干の変化が生じた。従って、蛍光強度によって変化が見られたものの、安定した変化量とはならないことから、線量計としての利用は難しいと考えられた。

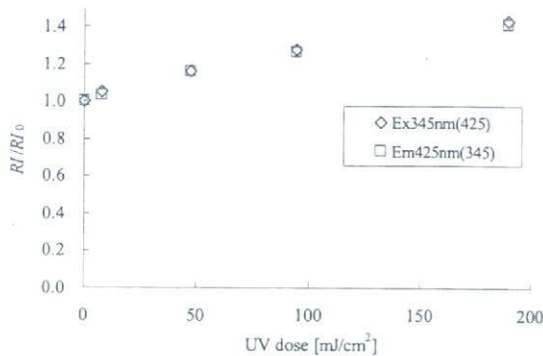


図3 水道水でのUV照射による蛍光強度変化

3. 3 光触媒添加による反応促進実験

3. 2で示したように、無添加の試料に対しては大きな蛍光強度変化が見られなかった。そこで光触媒を添加することによって光化学反応を促進させ、有機物変化量を増大させる方法を試みた。

図4は湖沼水に対し、二酸化チタン粉末（和光純薬製）を投入した場合の実験結果である。

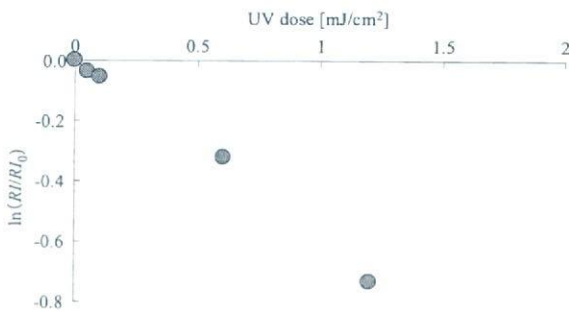


図4 光触媒2.2 g/Lを共存させた時のUV照射による相対蛍光強度(RI)の変化

この図に示されるように、反応時間に比例して蛍光強度が顕著に減少し、促進効果が確認された。ただしこの条件ではチタンの添加濃度が高く、溶液透過率が低すぎて、現実の線量計としては用いることは出来ない。

そこで0.5 mg/L フミン酸溶液を対象水とし、溶液の紫外光透過率を余り低くせず（70%以上、望むらくは95%以上）に、反応率も高くするための、

触媒剤の選択と、投入濃度条件の選定を行った。

図5は、二酸化チタン粉末（和光純薬製）を様々な濃度で投入した場合の蛍光強度変化を示したものである。当然ではあるが、投入濃度が高い方が、反応率も高くなることがわかった。その他の光触媒剤を用いた結果も同様であった。

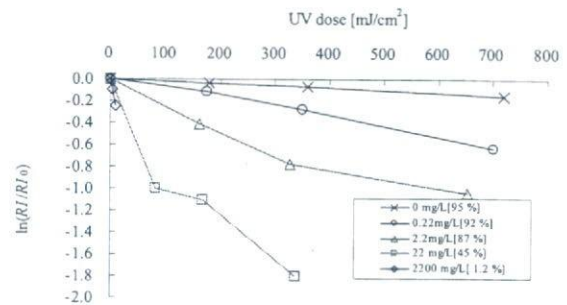


図5 異なる投入濃度での触媒共存下におけるフミン酸溶液の蛍光強度の変化

次に透過率を70%以上の濃度となる22 mg/Lとした時に、異なる触媒剤を用いての反応効率を比較した。図6に結果を示す。

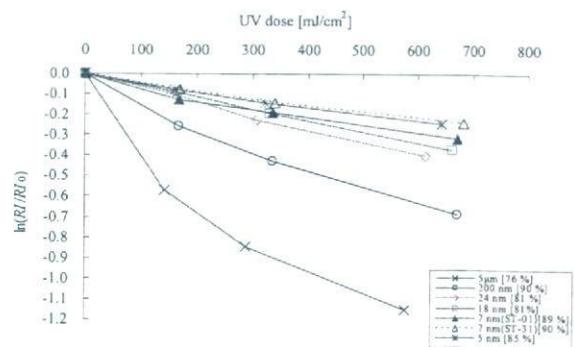


図6 異なる触媒剤（濃度22 mg/L）共存下におけるフミン酸溶液の蛍光強度の変化

図に示されるとおり、最も効果の低い触媒は粒径の小さな触媒剤（7 nm～24 nm）であり、効果が高い触媒は、粒径の大きなもの（5 μm）であった。粒径が小さいということは比表面積が大きくなるために、表面反応が支配する光触媒反応では効率が高くなることが予測されたが、今回の実験結果では、全く逆の結果となった。

この理由としては、光触媒の反応には電解分離層の生成が必要であるが、このためには触媒粒子にある程度のサイズが要求されるためではない

かと考えられるが、この仮定が正しければ、ある程度の大きさ以上であれば、その範囲で粒径の小さなものが反応効率が最大のものであることになる筈である。

即ち、さらに効率の高い触媒粒径の条件があることが示唆される。

今後は、触媒の組成などに関しても検討を進めることによって、投入濃度が低くても十分測定が可能な蛍光強度変化を生じるような実験条件を探っていく必要があると考えられる。

4. まとめ

文献調査から、低圧、中圧ランプいずれの場合も消毒レベルの線量においては副生成物分解の影響は数%レベルに留まると考えられ、分解によって生成する副生成物の影響も少ないと考えられた。

紫外線照射による対象水中の低濃度有機物の変化を蛍光分析によって測定し、線量計として適用できるかどうか検討したところ、蛍光強度の変化は検出されなかった。

しかし二酸化チタン粉末を共存させたところ、蛍光強度に明らかな変化が生じ、線量計としての可能性が高まった。今後対象水の透過率 95%を保持しつつ、蛍光強度の変化が見られるためには、比較的粒径の大きな、高感度触媒材料を用いる必要があると考えられた。

5. 研究発表

5. 1 論文発表

大瀧雅寛「低圧および中圧 UV ランプの紫外線照射による有機ハロゲン化合物の分解」、2009、水環境学会誌、32(3)、126-129。

5. 2 学会発表

大瀧雅寛、高梨悦子、海賀信好「蛍光検出と光触媒を用いた紫外線装置の線量測定法の開発」、2009、第43回日本水環境学会年会要旨集、p293

4. 研究体制

厚生労働科学研究費補助金による
「健康リスク低減のための新たな浄水プロセスに関する研究」

膜処理ワーキンググループ名簿

(平成 21 年 3 月現在)

研究代表者	藤原 正弘	(水道技術研究センター)
研究分担者	安藤 茂	(水道技術研究センター)
	鈴木 泰博	(水道技術研究センター)
研究協力者	石橋 良信	(東北学院大学)
	伊藤 雅喜	(国立保健医療科学院)
	木村 克輝	(北海道大学)
	松山 秀人	(神戸大学)
	菅野 隆	(神奈川県企業庁)
	木下 雅行	(東京都)
	大槻 訓宏	(福知山市)
	新谷 一馬	(三次市)
	小川 高史	(旭化成ケミカルズ株式会社)
	白土 雅孝	(オルガノ株式会社)
	堤 行彦	(株式会社クボタ)
	西尾 弘伸	(株式会社神鋼環境ソリューション)
	惣名 史一	(水道機工株式会社)
	環 省二郎	(株式会社東芝)
	森川 則三	(株式会社西原環境テクノロジー)
	館 隆広	(株式会社日立製作所)
	川口 昌己	(前澤工業株式会社)
	青木 伸浩	(メタウォーター株式会社)
	高嶋 渉	(水道技術研究センター)
	勝山 信春	(水道技術研究センター)
	桐ヶ谷 富夫	(水道技術研究センター)
	稲田 吉一	(水道技術研究センター)
	渡部 英	(水道技術研究センター)

紫外線処理ワーキンググループ名簿

(平成 21 年 3 月現在)

研究代表者	藤原 正弘	(水道技術研究センター)
研究分担者	安藤 茂	(水道技術研究センター)
	鈴木 泰博	(水道技術研究センター)
研究協力者	浅見 真理	(国立保健医療科学院)
	大瀧 雅寛	(お茶の水女子大学)
	神子 直之	(立命館大学)
	川崎 勇次	(八戸圏域水道企業団)
	小林 紀人	(神奈川県企業庁)
	藤岡 一人	(熊本市水道局)
	岩崎 達行	(日本紫外線水処理技術協会)
	府中 裕一	(日本紫外線水処理技術協会)
	山越 裕司	(日本紫外線水処理技術協会)
	高嶋 渉	(水道技術研究センター)
	三井 康弘	(水道技術研究センター)
原 敬一	(水道技術研究センター)	

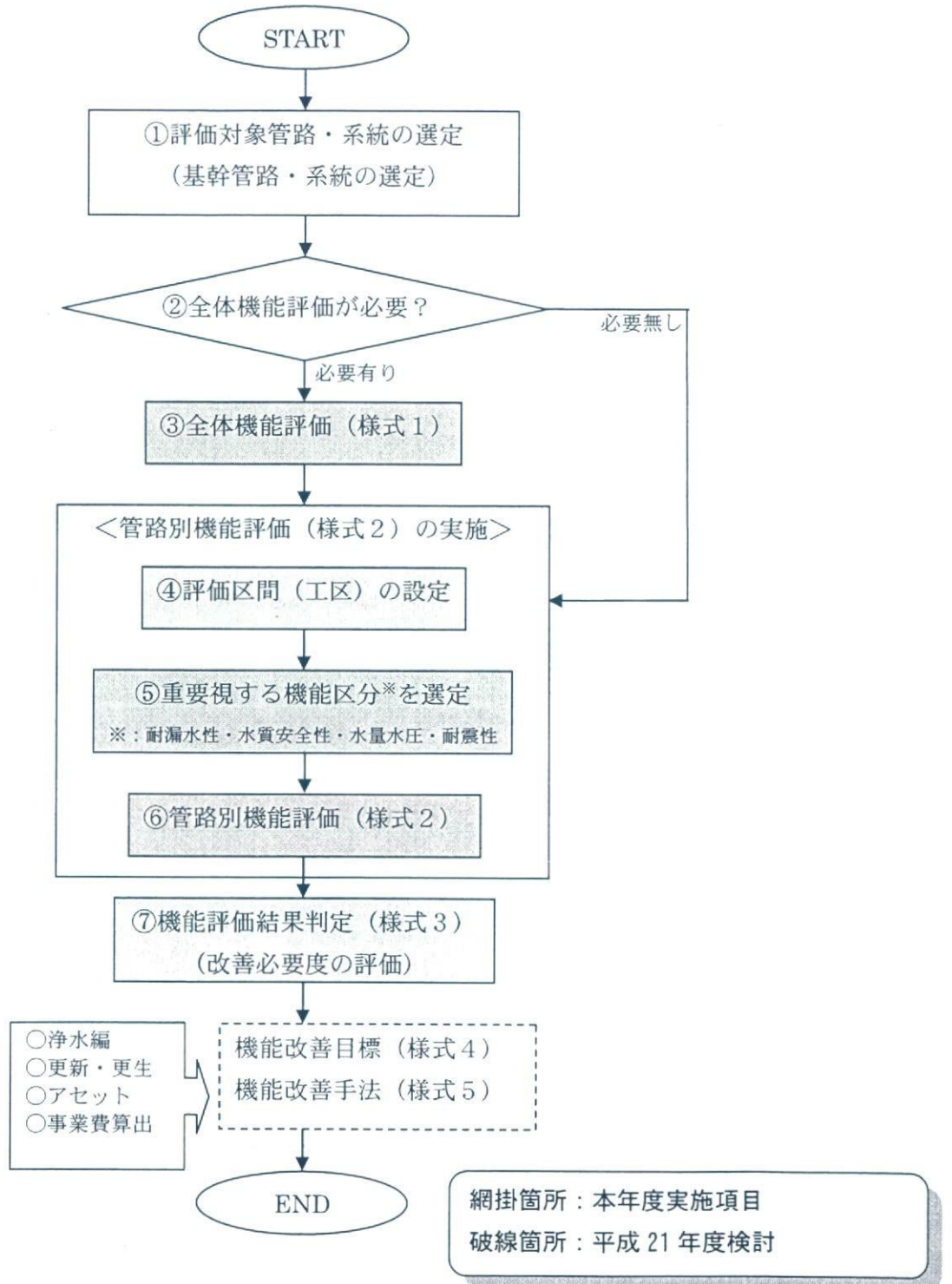
5. 1 管路の機能診断マニュアル
(原案)

管路の機能診断マニュアル原案

(中間報告書)

1. 管路の機能診断マニュアル（原案）

管路の機能診断マニュアルの実施フローを下図にまとめる。本年度は主にフロー図の網掛箇所について検討を行った。波線箇所については次年度以降の検討課題である。



①評価対象管路・系統の選定

機能評価を行う対象をここで設定する。対象管路については、対象を区分して評価する場合と全体で総合的に評価する場合があります。水道事業体の状況により適宜判断する。対象を限定する場合は、導・送・配水管ごと、配水本管・支管ごとあるいは口径で区分する方法が考えられる。

同様に、系統についても対象を水源・浄水場・配水池系統等で区分して評価する場合と全系統で総合的に評価する場合がある。

評価対象は水道事業体で自由に設定できるため、評価目的や水道事業体規模に応じて適宜設定することが望ましい。特に大規模都市においては、対象管路が膨大となること、管路の規模・種類によって予算形態が異なる場合があるため、対象区分を明確にしておくことが望ましい。

なお、石綿管や耐震管についても評価対象とすることができる。

<対象管路>

- ・導水管／送水管／配水管／全体
- ・配水本管／配水支管／全体
- ・口径〇〇以上／口径〇〇以下／全体
- ・その他特定の管路

<系統>

- ・A水源系統／B水源系統／…／全体
- ・A浄水場系統／B浄水場系統／…／全体
- ・A配水系統／B配水系統／…／全体

<設定例>

- ・給水区域内の基幹管路（導水管・送水管・配水本管）すべて
- ・B配水池系統の口径 300 以上
- ・給水区域内の布設されてから 40 年以上の管路

②「全体機能評価」の必要性の判断

全体機能評価は、ブロックや系統ごとの面的な評価が可能となる。したがって、評価範囲を限定したい場合、系統間の比較を行いたい場合、管路システムとしての評価を行いたい場合は全体機能評価が必要となる。基本的には、まず「全体機能評価」を実施し、系統ごとの大まかな弱点を明確にしたうえで、後述する「管路別機能評価」を行うことが有効である。一方、管路の弱点が系統ごとにある程度明確な場合、ただちに「管路別機能評価」を実施したい場合については省略しても問題ない。

③全体機能評価（様式1）

全体機能評価は基本的に従来の「機能診断の手引き」の管路関連箇所を引用し面的評価（評価指標を用いて）を系統別に行う。様式1を次頁に示す。なお、下記の課題については平成21年度において引き続き検討を行う。

- ・評価指標の区分整理
- ・PIの有効利用方法
- ・様式2への関連付け
- ・追加項目の検討

導水施設の全体機能診断評価シート(様式1)

系統名		評価指標		算出方法(注)
機能分類				
基本性能	輸送機能	1)導水最大稼働率	(%)	$(2) \div (1) \times 100$
		2)導水施設負荷率	(%)	$(3) \div (2) \times 100$
	耐震性	3)導水管耐震化率	(%)	$(7) \div (5) \times 100$
		4)導水施設耐震性	(-)	算出方法(A)
構造	冗長性	5)導水予備力保有率	(%)	$[(4)-(2)] \div (2) \times 100$
	信頼性	6)原水運用可能率	(%)	$(8) \div (1) \times 100$
運転操作	信頼性	7)導水老朽管構成割合	(%)	$(6) \div (5) \times 100$
	信頼性	8)導水施設老朽度	(-)	算出方法(B)
保全管理	確実性	9)導水事故・故障リスク	(-)	算出方法(C)
	確実性	10)導水管理充実度	(-)	算出方法(D)
得点合計値				
系統評価点		得点合計を30点(=10項目×3点)で除して、100点満点での点数を求める		

送水施設の全体機能診断評価シート(様式1)

系統名		評価指標		算出方法(注)
機能分類				
基本性能	輸送機能	1)送水最大稼働率	(%)	$(2) \div (1) \times 100$
		2)送水施設負荷率	(%)	$(3) \div (2) \times 100$
	耐震性	3)送水管耐震化率	(%)	$(7) \div (5) \times 100$
		4)送水施設耐震性	(-)	算出方法(A)
構造	冗長性	5)送水予備力保有率	(%)	$[(4)-(1)] \div (1) \times 100$
	信頼性	6)送水運用可能率	(%)	$(8) \div (1) \times 100$
運転操作	信頼性	7)送水老朽管構成割合	(%)	$(6) \div (5) \times 100$
	信頼性	8)送水施設老朽度	(-)	算出方法(B)
保全管理	確実性	9)送水事故・故障リスク	(-)	算出方法(C)
	確実性	10)送水管理充実度	(-)	算出方法(D)
得点合計値				
系統評価点		得点合計を30点(=10項目×3点)で除して、100点満点での点数を求める		

配水施設の全体機能診断評価シート(様式1)

系統名		評価指標		算出方法(注)
機能分類				
基本性能	水理的機能	1)適正動水圧確保率	(%)	$(3) - (20) - (21) \div (3) \times 100$ 又は $(2) - (20) - (21) \div (2) \times 100$
		2)適正静水圧確保率	(%)	$(13) - (22) \div (3) \times 100$ 又は $(2) - (22) \div (2) \times 100$
	水質的機能	3)配水池貯留時間	(hr)	$(16) \div (8) \times 24$
		4)総配水貯留時間	(hr)	$(19) \div (7) \times 24$
構造	耐震性	5)水質保持率(I)	(%)	$[(26)-(24)] \div (24) \times 100$
	耐震性	6)水質保持率(II)	(%)	$[(25)-(27)] \div (25) \times 100$
冗長性	信頼性	7)最適残留塩素割合	(%)	$(29) \div (28) \times 100$
	信頼性	8)配水施設耐震性	(-)	算出方法(A)
信頼性	信頼性	9)緊急時利用可能容量	(L)	$[(17)+(18)] \div (1) \times 1000$
	信頼性	合	(%)	$(33) \div (15) \times 100$
信頼性	信頼性	11)配水管耐震化率	(%)	$(12) \div (9) \times 100$
	信頼性	12)緊急時配水対応度	(-)	算出方法(B)
信頼性	信頼性	13)配管形態合理性	(-)	算出方法(C)
	信頼性	14)着色障害発生割合	(%)	$(43) \div (2) \times 1000$
信頼性	信頼性	15)苦情発生件数割合	(%)	$(44) \div (2) \times 1000$
	信頼性	16)直結給水率	(%)	$(23) \div (7) \times 100$ 又は $(23) \div (2) \times 100$
信頼性	信頼性	合	(%)	$(11) \div (9) \times 100$
	信頼性	18)配水施設老朽度	(-)	算出方法(D)
信頼性	信頼性	率	(%)	$(41) \div (2) \times 100$
	信頼性	合	(件/100km)	$(40) \div (9) \times 100,000$
信頼性	信頼性	21)断水発生件数率	(%)	$(42) \div (2) \times 100$
	信頼性	22)漏水率	(%)	$(6) \div (7) \times 100$
信頼性	信頼性	度	(-)	算出方法(E)
	信頼性	24)図面管理充実度	(-)	算出方法(F)
信頼性	信頼性	25)管理省力度	(-)	算出方法(G)
	信頼性	26)保全管理充実度	(-)	算出方法(H)
得点合計値				
系統評価点		得点合計を30点(=10項目×3点)で除して、100点満点での点数を求める		

● 次年度検討

- ・給水拠点密度
- ・配水管延長密度
- ・石綿管率、普通鋼鉄管率
- ・網掛け箇所の再検討
- ・給管率
- ・水質管理充実度

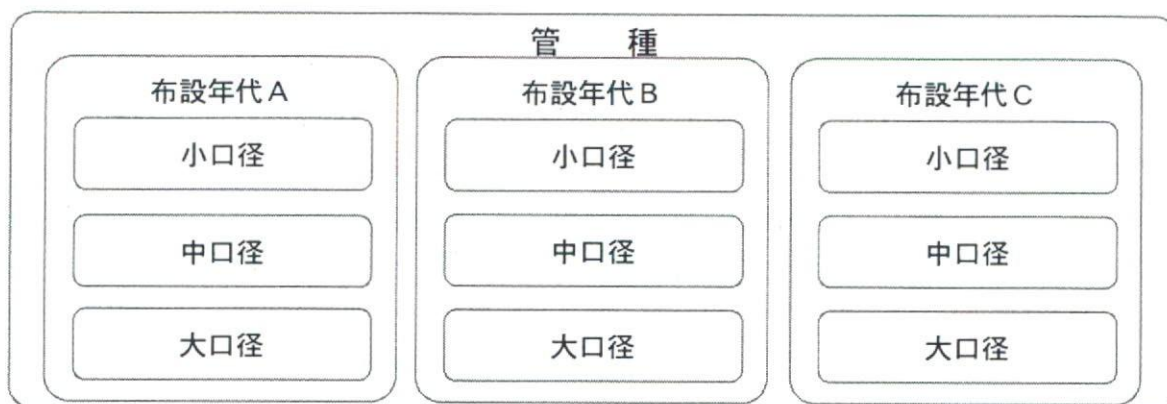
④評価区間の設定

評価区間については、new-epoch における「診断区間」の定義を引用することとする。

○評価区間

管路の更新優先順位の診断・評価を行う一つの単位であり、管仕様や管口径など類似の属性を持ち、平面的に近接して埋設されている管路の区間

- ・手順1 : 管種別に分類する。
- ・手順2 : 各管種で管路データを布設年度で並び替え、布設年代により同一仕様の管種に分類する。
- ・手順3 : 管種・仕様で分類されたデータをさらに口径により分類する。



なお、各区間の延長については、本マニュアルを使用する各事業者が、通年実施する管路更新事業の管路延長単位や発注施工業者ごとの管路延長単位とする。

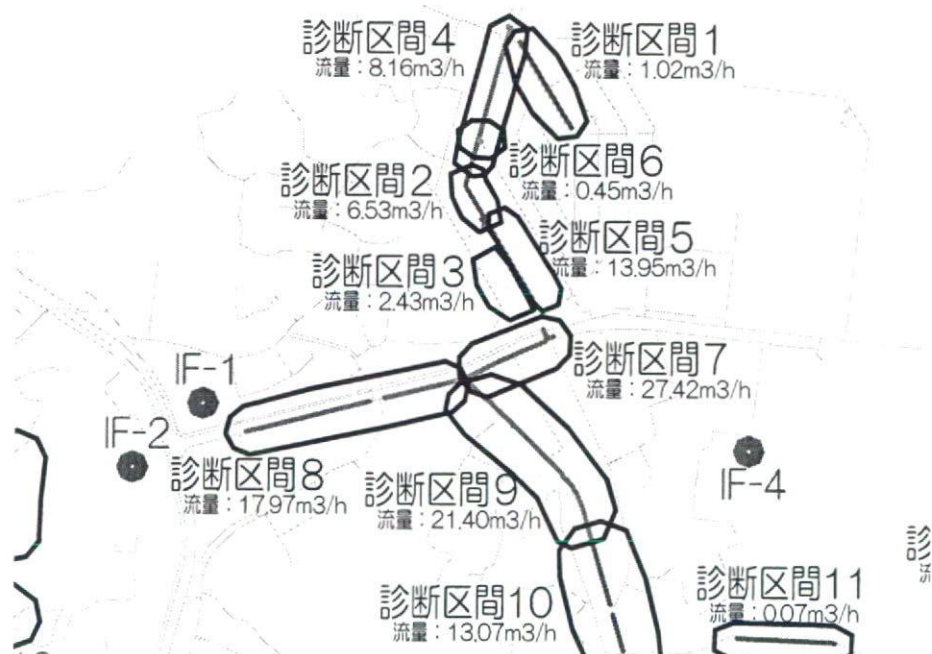


図 評価区間の例

⑤重要視する機能区分の選定

「管路別機能評価」では管路が有する機能として必要な項目を「耐漏水性」「水質安全性」「水量・水圧」「耐震性」「維持管理性」とし、それぞれの評価が可能となる。これらのうち、管路更新構想に直接影響する「耐漏水性」「水質安全性」「水量・水圧」「耐震性」の4項目の内、特に重要視する項目について、選定できるものとする。選定項目は複数でもよい。

⑥管路別機能評価（様式2）

次頁に様式2の原案を示す。ここでは、各設問に回答していただき、機能分類ごと（「耐漏水性」「水質安全性」「水量・水圧」「耐震性」「維持管理性」）の評価点（100点満点）が算出できる。これらの評価点が50点以下となった場合、機能上の課題管路として様式3へリストアップされる。主な特徴は下記のとおりである。

- ・ 情報量が不足する場合でも、点数付けが可能である。
- ・ 各水道事業体独自の評価したい項目がある場合、設問を増やすことができる。
- ・ 評価結果をレーダーチャートや棒グラフで図示可能である。
- ・ 評価点は絶対値ではないが、機能区分ごとの比較（機能改善前／後、A系統／B系統）は可能である。
- ・ 客観性を持たせるため複数の維持管理者が回答することが望ましい。

⑦機能評価結果判定（様式3）

ここでは、様式2において機能上の課題があった（機能区分1つでも50点以下の評価点となった）評価区分について「改善必要度」をそれぞれ算出し、改善対策の優先順位付けを行う。次頁に様式3を示す。

改善必要度の算出に当たっては、様式2の結果に加えて「重要度」「影響量」「影響リスク」の観点から算出される。主な特徴は下記のとおりである。

- ・ 事前に設定した重要視する機能区分について重み付けが可能である。
- ・ 重要度は評価区間が受け持つ重要施設数（医療施設、避難所等）である。
- ・ 影響量は評価区間の管路口径で表現する。
- ・ 影響リスクは new-epoch 成果である「老朽度レベル」を用いる。