

なる親水性画分が不可逆的膜ファウリングの主な原因成分であることが明らかとなった。

F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1. 論文発表

Yamamura, H., Okimoto, K., Kimura, K., Watanabe, Y. , Influence of calcium on microfiltration membrane fouling caused by hydrophilic fraction of natural organic matter、2009、Submitted to Water Research

2. 学会発表

Kimura, K., Yamamura, H., Watanabe, Y., Evolution of physically irreversible fouling in an MF membrane filtering river water: a two-step fouling mechanisms、2009、The Fifth Conference of Aseanian Membrane Society

Matsuno, H., Yamamura, H., Kimura, K., Watanabe, Y. , Measurements of adhesion force between proteins and membranes by using atomic force microscopy (AFM)、2009、The Fifth Conference of Aseanian Membrane Society

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

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

研究分担者 神子 直之 立命館大学 教授

研究要旨

紫外線処理を、膜ろ過洗浄の返送水・排水、あるいは地表水を原水として急速濾過を採用している施設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可能となるが、その場合には水に含まれる様々な共存物質の影響が不可避となる。本研究では、大腸菌ファージ MS2 をモデルウイルスとして用い、紫外線処理の効果に及ぼす濁質の影響を調べ、そのモデル化を試みた。本研究で行った範囲では、濁質は紫外線を反射することで処理効率を高める効果を示した。浄水場逆洗水に含まれる濁質も同様の効果を示した。モデル化においては、一次反射光のみを考慮することで、概ね良好な関係式が得られたが、より一般的な表現にするためにはさらに実験が必要である。また、トリハロメタンの紫外線による分解性を調べ、トリハロメタン成分では臭素数が多いものほど紫外線吸収が大きく、分解速度が大きいことが明らかになった。

A. 研究目的

紫外線処理を、膜ろ過洗浄の返送水・排水、あるいは地表水を原水とし急速ろ過を採用している施設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、膜ろ過洗浄排水や地表水等は、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。

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（濁度で定性的には把握できる）、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か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。

そこで本研究では、①紫外線照射の効果に、濁度成分がどのように影響するか、モデルウイルスとして大腸菌ファージ MS2 を用いて回分式および流水式の紫外線照射装置で調べることに加えモデル構築を行うこと、②紫外線照射との併用が避けられない塩素消毒による副生成物のひとつトリハロメタンの紫外線による分解性を調べること、以上2点を目的とした。

B. 研究方法

1. 回分式紫外線照射における濁質成分の影響

LP(AY-1 35W, 日本フォトサイエンス)を用いて、MS2 ファージに対する不活化実験を行った。濁質としてカオリンを選び、滅菌蒸留水に濁質とファージ液を投入したものを試験水とした。濁質を投入すると濁質の量によって試験水の吸光度がそれぞれ異なるので、濁質の影響のみを抽出するため、同一 Run で試験水の吸光度を液体培地でほぼ同じ値になるように調整した。実験

条件を Table 1 に示す。ガラスシャーレ(内径 4.1cm)を試験水で満たし、空気が入らないように石英ガラスで蓋をした。実験は回分式で行い、ランプとの距離を調整し、UV 照度が安定したことを確認して実験を行った。実験時の LP の表面 UV 照度は、ガラスシャーレ表面での値とし、UV 照度計(UVX Radiometer, UVP LLC)で測定した。試験水の吸光度は分光光度計(UV-1600, 島津製作所)を用い、254nm 吸光度を測定した。濁度は濁度計(2100N, HACH)を用いて測定した。ファージ濃度は、重層寒天法で測定した。

Table 1 実験条件

Run No.	設定濁度 (mg/L)	水深 (cm)	照射時間 (sec)	表面UV照度* (mW/cm ²)	吸光度 (cm ⁻¹)
a	0	1.7	0, 40, 80, 120	0.455	0.304
	50				0.327
	100				0.314
b	0	3.3	0, 70, 140, 210	0.398	0.321
	50				0.323
	100				0.327
c	0	6.8	0, 140, 280, 420	0.524	0.364
	50				0.368
	100				0.388

*石英ガラス有・無での照度を平均したものをを用いた

さらに、実浄水場における逆洗排水を用いて、同様の検討を行った。

2.流水式紫外線照射における濁質成分の影響

15W の低圧紫外線ランプを装備した容積 400mL の二重円筒管の紫外線照射槽を用い、さまざまな流量で 1. の回分式と同じ条件の試料を流入させ、その消毒効率を調べた。

3.トリハロメタン成分の紫外線による分解性

市販のトリハロメタン標準液 (1mg/mL in メタノール) を 1000 倍に希釈し、石英ガラスで密封して回分式で低圧ランプを光源とする 254nm の紫外線を照射した。紫外線量は 1000~10000mJ/cm² とした。

(倫理面への配慮)

なお、本研究において扱った試料および手法には倫理面での配慮をようするものが

無いため、特段の配慮を行うことはせずに実験を行った。

C. 研究結果

1.回分式紫外線照射における濁質成分の影響

一例として、Fig.1 に Run a における不活化速度を示す。Fig.1 より、カオリンの設定濁度が大きくなると不活化速度が大きくなり、設定濁度 100mg/L において最も大きくなった。照射された UV のエネルギーがカオリンにより反射されたためだと考えられる。

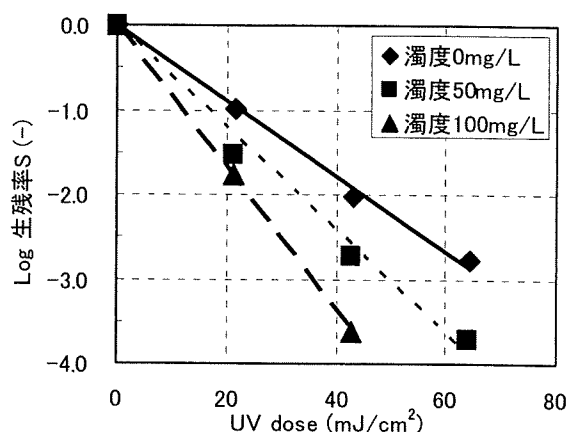


Fig.1 Run a における紫外線照射の結果

水深による影響を把握・比較するため、試料の吸光度から計算した透過光のみの平均紫外線照度($I_{t\ avg}$)と実験結果から求めることができる平均紫外線照度(I_{avg})を比較した。Run a, b, c の諸条件・実験結果から実験値を求め、実験値と計算値の比(照度比= $I_{avg}/I_{t\ avg}$)を求めた。計算に用いる MS2 ファージの 1Log 不活化線量 D_{10} は、各水深における設定濁度 0mg/L の値を用いた。結果を Fig.2 に示す。Fig.2 より、水深が大きくなるにつれ、同じ濁度に対する照度比も大きくなる傾向があった。

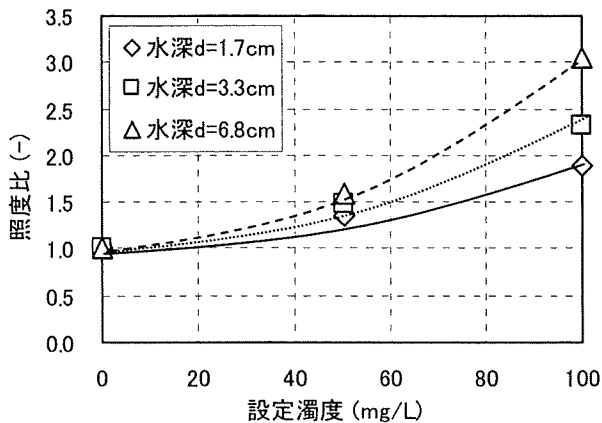


Fig.2 各水深における照度比

また、浄水場逆洗水に対してMS2 フェージを添加して紫外線照射を行い、照度比を求めた結果を Fig.3 に示す。図中のプロットが、浄水場逆洗水において得られた不活化速度から求められた結果で、図中の破線がカオリンを用いた結果の例である。その結果、カオリンと同様に照度比が増大し、紫外線を反射する効果があることがわかった。

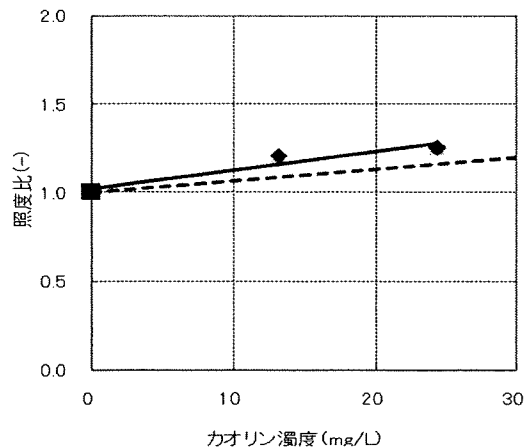


Fig.3 浄水場逆洗水における照度比

2. 流水式紫外線照射における濁質成分の影響

Fig.4 に、平均滞留時間に対してMS2の log 生残率をプロットしたグラフを示す。回分式で紫外線量が一定であれば、平均滞留時間は照射時間と等しくなり、MS2 の場合には原点を通る直線となるはずである。しかし、流水式の場合には、流量が小さく、

滞留時間が大きくなるにつれて、平均紫外線照度が小さくなる傾向になり、上に凸の曲線となった。また、濁質の影響については、濁度が大きいほど曲線は下側、すなわち不活化速度が大きくなる傾向になった。この結果からも、濁質による紫外線の反射が、消毒効果増大に寄与する可能性があることが明らかになった。

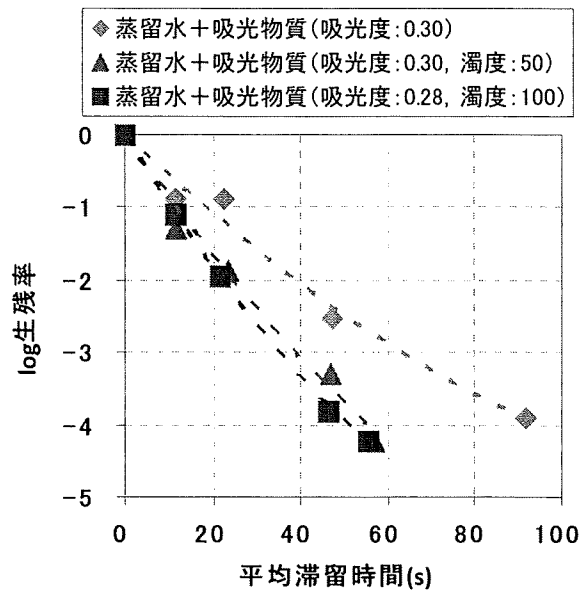


Fig.4 流水式における平均滞留時間と log 生残率の関係

3. トリハロメタン成分の紫外線による分解性

トリハロメタン成分毎の変化速度定数（一次反応を仮定した反応速度定数）を Fig.5 に示す。クロロホルムについては増大

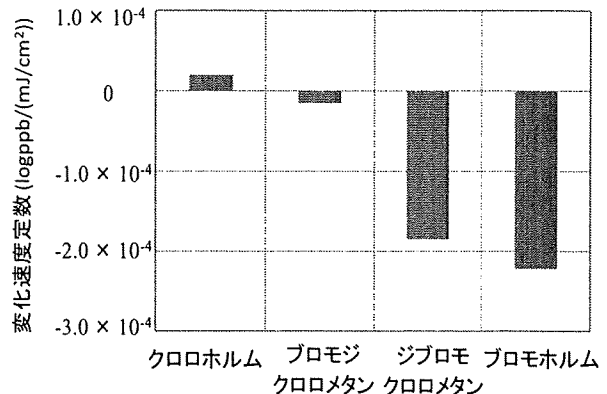


Fig.5 トリハロメタン成分毎の変化速度定数

しているが、測定誤差と思われる。この結果より、同じ紫外線量における減少速度は、プロモホルムが最大で、ジプロモクロロメタンがそれに次ぎ、プロモジクロロメタン、クロロホルムの順に小さくなっている。すなわち、臭素の置換数が大きいほど、減少する速度が大きいことがわかった。この原因を調べるために、トリハロメタン成分毎の濃度当たりの254nm吸光度を調べた。結果を Fig.6 に示す。

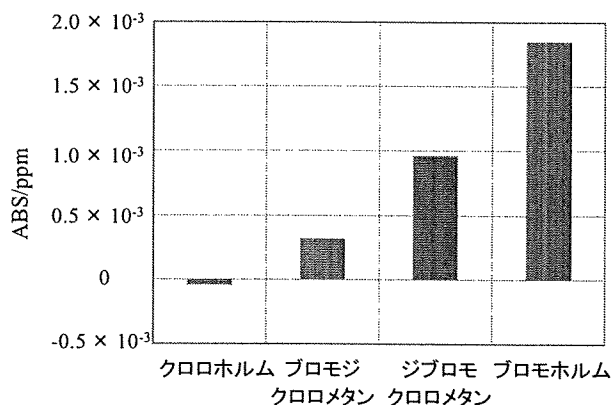


Fig.6 濃度当たりのトリハロメタン成分の吸光度

濃度当たりの吸光度は、臭素の置換数が大きければ大きいほど大きくなった。このことより、紫外線の吸収がトリハロメタン成分の分解に繋がっていることが示唆された。

D. 考察

濁質成分の影響を定量的に調べるために、照射場における一次反射光（濁質で一度反射したものだけ不活化に有効であるとする。）モデルを開発し、回分試験の結果からパラメータの算出を試みた。その結果、懸濁物表面における紫外線反射率を k_r 、反射後の代表的な光路長を L とおくと、実験から求めることができる実験平均紫外線照度 I_{avg} は、一次反射光平均紫外線照度 $I_{r,avg}$ と試験水の透過光平均紫外線照度 $I_{t,avg}$ の和で表すことができると考えられる。試料の総吸光度 (254nm) を A 、懸濁体起因の 254nm 吸光度を A_s とすると、次の式になる。

$$I_{avg} = I_{r,avg} + I_{t,avg}$$

$$I_{r,avg} = I_{t,avg} \cdot \frac{A_s}{A} \cdot k_r \{1 - \exp(-2.3AL)\}$$

上式において、反射率 k_r と代表長 L は未知数である。前者は懸濁物質の持つ固有の値であり、代表長 L は濁度の関数であると考えられる。そこで、水深の違う同濁度における不活化実験の結果から $I_{r,avg}$ を求め、 $I_{t,avg}$ と A_s の積に対してプロットした。結果を Fig.7 に示す。

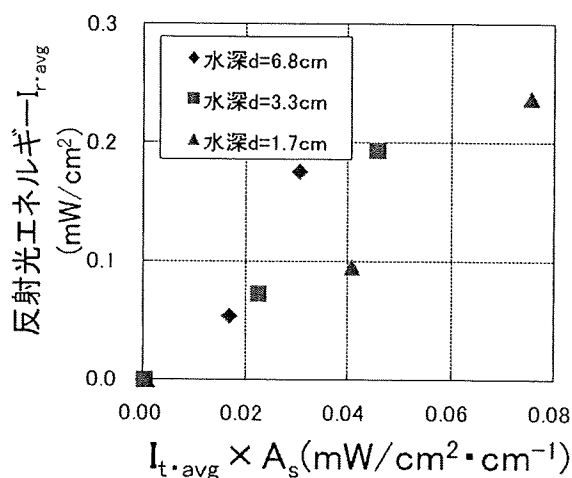


Fig.7 $I_{t,avg}A_s$ と $I_{r,avg}$ の関係

この結果より、一次反射光のみを考慮した本モデルにおいても、概ね濁質による反射を評価できることが明らかになった。ただし、Fig.7 における直線的な関係は、試料の総吸光度が同じものに対してのみ有効であるため、同じ総吸光度の試料を同じ代表長さ L の反応槽で照射実験を行う必要がある。また、流水式における一次反射光はさらに複雑なモデルを要することになり、実験的な検討をさらに行う必要がある。

E. 結論

濁質の代表としてカオリンを共存させた系における紫外線照射を行った。消毒効果の測定には大腸菌ファージ MS2 を用いた。その結果、実験を行った範囲では、濁度成

分の紫外線反射による消毒効率増大が観察された。浄水場逆洗水を用いた場合も、同様の結果が得られた。流水式の実験においても、濁質を投入した系でも、濁質を投入した場合には無い場合よりも消毒効率が増大した。

研究例が少ない、懸濁体を含む光照射場の反応速度を、一次反射光のみを考慮するモデルによって説明することを試み、概ね実験結果と一致したが、限界も見られ、さらに実験結果を蓄積する必要がある。

ただし、濁質の紫外線照射への効果は、本研究で検討した紫外線の反射以外にも微生物への遮蔽効果が考えられるため、さらに検討することが必要である。

塩素消毒によって生じるトリハロメタン成分の紫外線による分解について、成分毎に紫外線を照射して分解性を調べた。その結果、クロロホルム以外のトリハロメタン成分は紫外線により徐々に分解され、その速度は臭素数が多いトリハロメタン成分ほど大きかった。トリハロメタン成分の濃度当たりの254nm吸光度を調べたところ、臭素数が多いほど吸光度が大きく、分解速度の大きさと符合していた。紫外線によるトリハロメタン成分の分解は、紫外線の吸収によるものであることが強く示唆された。

F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

①小寺翼、神子直之、安井宣仁「紫外線消毒における水中共存物質の不活化速度への影響に関する検討」第44回日本水環境学会年会講演集、ページ未定、2010年3月

②余川雄一、神子直之、安井宣仁「塩素・紫外線処理の消毒効果当たりのトリハロメタン生成量の検討」第44回日本水環境学会年会講演集、ページ未定、2010年3月

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
分担研究報告書

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

研究分担者 大瀧 雅寛 お茶の水女子大学 准教授

研究要旨

現在、上水において紫外線照射装置は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の不活化も目的とした消毒処理としての適用も、今後考えていく必要がある。本年度は文献調査および実験研究を通じて、中圧紫外線ランプの導入の際の対象水質による消毒効果への影響を、生物種毎の波長依存性と対象水の吸光スペクトルを考慮しつつ、検討した。結果として細菌、ウイルスは原虫と異なり、210nm付近に高感受性域を持つことがわかった。また複数の浄水場の浄水について吸光スペクトルを定期的に測定した結果と合わせたところ、通常の実験条件に比べると浄水の220nm以下の吸光度が高いことによって、細菌・ウイルスの不活化率は十数%低くなってしまふことが予想された。また各浄水場内での4~5ヶ月間の吸光スペクトル変動を調べると数%以内に収まることがわかった。

A. 研究目的

紫外線照射による消毒をクリプトスポリジウム以外の病原微生物に適用する場合、様々な問題点を解決する必要がある。その一つが病原微生物の紫外線感度の波長依存性である。紫外線光源として用いるランプが、水銀低圧ランプの場合、ほぼ単波長光（254nm）での不活化のみを考慮すれば良いが、水銀中圧ランプなどでは、照射光域が200~400 nmと広く、この波長域全体を考慮する必要がある。近年、世界的にも水銀中圧ランプの適用例が多く見られており、また水道技術研究センターにおける紫外線装置の認証試験の対象としても中圧紫外線ランプが加えられたことから、我が国においても、このランプの特性を考慮した消毒効果を考える必要があると言える。

本研究は、文献調査や実験を通して、様々な病原微生物の紫外線感受性について、波長依存性を把握することによって中圧ランプのような広波長域の光源を用いた場合の消毒効果を推定することを目的とした。特に処理対象浄水の紫外吸光スペクトルについても調査を行い、吸光スペクトル特性が、各微生物の消毒効果に与える影響を推定した。

B. 研究方法

1) 各種微生物の紫外線による不活化の波長依存性について（文献調査）

北米では、既に紫外線照射をクリプトスポリジウム以外の病原微生物を対象とする消毒処理として導入を進めている。また中圧紫外線ランプの導入例も多い。従って、導入ガイドラインにおいても微生物の波長依存性が問題とされている。ここでは、主にUSEPAのガイドライン1)を参照し、また引用元の文献等を当てることによって、波長依存性が把握されている微生物の種をまず把握することにした。

2) 各種微生物の紫外線による不活化の波長依存性について（実験）

文献調査の結果を受けて、実験によって確かめる微生物の種を絞った。今回の研究では、主に病原ウイルスの代替微生物として4種の大腸菌ファージを用いた。また病原細菌の代替微生物として大腸菌を用いた。用いた種は以下のとおりである。

2-1) 実験に供した大腸菌ファージ

病原ウイルスとしては核酸がRNAのものDNAのものが存在する。ここでは、それを考慮して、RNAファージ2種（MS2, Qβ）とDNAファージ2種（T4, λ）を選定した。また大腸菌はE.coli（NBRC 13965）を用いた。

2-2) 紫外線光源とバンドパスフィルタ
 紫外線光源は紫外域においてブロードな照射光を持つパルス Xe ランプ (岩崎電気製) を用いた。ランプと照射試料水の間にはバンドパスフィルタを設置し、照射される波長光を選択した。用いたバンドパスフィルタは、212, 231, 267, 271, 280, 290 nm にて透過率ピークを持つ6種類を供した。いずれも透過率の半値幅は10 nm であった。

2-3) 照射量分布の把握

既存の報告において、パルス Xe ランプより照射される相対照射量分布 $I_{(\lambda)}$ が把握されている。ここで $I_{(\lambda)}$ は波長 λ nm における照射量 [mJ/cm^2] のことである。従って、バンドパスフィルタ i を透過させた後の、試料に照射される照射量分布は以下の式にて表現される。

$$T_{i(\lambda)} \times \alpha \times I_{(\lambda)} \quad (1)$$

ここに、 $T_{i(\lambda)}$: ピーク波長 i nm のバンドパスフィルタの λ nm における透過率分布、 α : 比例定数

バンドパスフィルタ (ピーク波長 267 nm) の透過率分布 $T_{267(\lambda)}$ を (1) 式に代入し、200~400 nm における積分値を計算する ((2) 式参照)。

$$\int_{200}^{400} T_{i(\lambda)} \alpha I_{(\lambda)} d\lambda \quad (2)$$

この値が、試料に照射される全照射量となる。この値を化学線量計 (iodide/iodate 溶液) を用いて測定した。ピーク波長 267 nm のバンドパスフィルタを透過する光に関しては、化学線量計の量子収率が 254 nm の場合の値とほぼ等しいと仮定して算定した。

化学線量計による実測値と (2) 式の値を比較すると、この実験条件における α 値が算定される。従って、他のバンドパスフィルタを透過させた時の全照射量は、この求めた α 値を用いて (2) 式により、求めることができる。

2-4) 微生物の不活化実験

大腸菌ファージ (QB, MS2, λ , T4) および E.coli K12 (NBRC 13965) の溶液 10 mL

をそれぞれ円筒型反応容器 (ϕ 2.4 cm, 高さ 2.3 cm) に入れ、6つのバンドパスフィルタをそれぞれランプと反応容器の間に設置し、パルス Xe ランプ照射を行った。この時、ランプから試料の距離や試料内の攪拌速度、ランプの出力は 3. 2. 3) の条件と同じとした。照射する回数は、各微生物において、254 nm のエネルギー量で 90~98 % 不活化する線量になるように設定した。また 254 nm のみの照射光を持つ低圧 UV ランプ (東芝製, GL-20) での照射実験も別に行った。照射後の試料 1 mL を採取し、生残微生物の濃度を重層寒天法により測定した。

2-5) 容器内照射強度の算定

円筒型容器内は常に攪拌しているため、試料溶液は一樣に容器内平均照射量に暴露されるとした。吸光度 $A(\lambda)$ の液中での光の減衰は、Lambert-Beer 則に従う。したがって容器内の平均照射強度値は (3) 式と定義される。

$$I_{average(\lambda)} = \frac{I_0(\lambda)}{A(\lambda) \times \ln 10 \times L} (1 - e^{-A(\lambda) \cdot L \cdot \ln 10}) \quad (3)$$

ここに I_0 : 照射一回当たりの入射線量 (mJ/cm^2), x : 溶液表面からの距離 (cm), λ : 波長 (nm), A : 対象溶液の吸光度, L : 透過距離 (2.3 cm)

2-6) 国内の浄水についての吸光スペクトル調査

国内数ヶ所の水道浄水の吸光スペクトルを定期的に測定し、これらのデータから UV ランプの消毒効果の変動を推定した。2009年9月から毎月、国内5ヶ所の浄水場浄水の紫外吸光スペクトル (200~400 nm) を測定した。

(倫理面への配慮)
 特になし。

C. 研究結果

1) 文献調査結果

USEPA ガイドライン¹⁾中において、様々な微生物における波長依存性が示されている。図1にそれを示す。

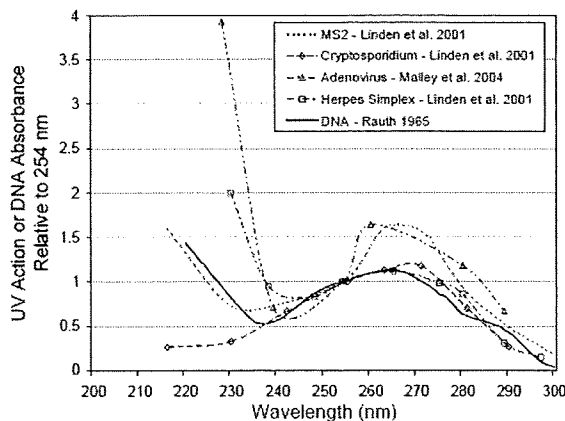


図1 各種微生物における紫外線不活化感受性の波長依存性¹⁾

図1からクリプトスポリジウムのみ短い波長における感受性が低くなっているのに対し、他の微生物種の感受性は、220 nm付近において高くなっていることがわかる。

図に併せて示されているDNAの吸収スペクトルはクリプトスポリジウムの感受性よりもむしろその他の生物種の感受性スペクトルに近いことがわかる。そこで本研究では、その他のウイルス種（大腸菌ファージ4種）と細菌種（大腸菌）の感受性スペクトルを実験的に求めることを試みた。

2) パルス Xe ランプの照射線量評価

iodide/iodate 溶液を用いた化学線量計実験によって照射線量を測定し、(2)式の値と比較した結果、 $\alpha \approx 0.148$ であることがわかった。これによってフィルターを透過させない場合のパルスXeランプの照射分布 $\alpha \times I_{(\lambda)}$ を求めることができた。これを図2に示した。

この値は、各バンドパスフィルタを透過する直前の値を示すことになり、この分布値に各フィルターの透過率 $T_{(\lambda)}$ を乗ずれば、各フィルター透過後の照射量分布となるとした。

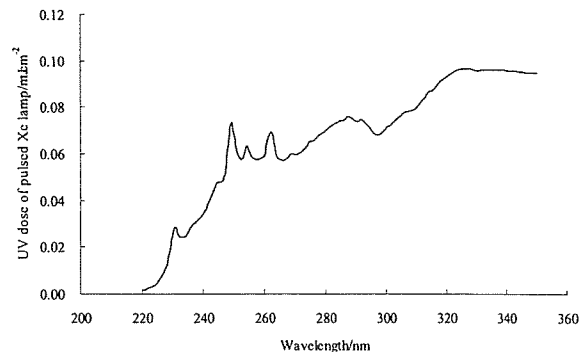


図2 パルスキセノンランプの照射量分布

3) 微生物の不活化実験

各種微生物の不活化実験を2回ずつ行い、バンドパスフィルタ透過光別の不活化率の平均値を求めた。ここでいう不活化率とは生残率の対数値の負の値とした。なお生残率とは、 $\{\text{紫外線照射後微生物濃度}(N)\} / \{\text{照射前微生物濃度}(N_0)\}$ で定義される値である。

これらの不活化率から、254 nmでの不活化率を1とした相対不活化率を算出し、図3に示した。既存の研究²⁾で示されているクリプトスポリジウムの不活化率も併せて示す。

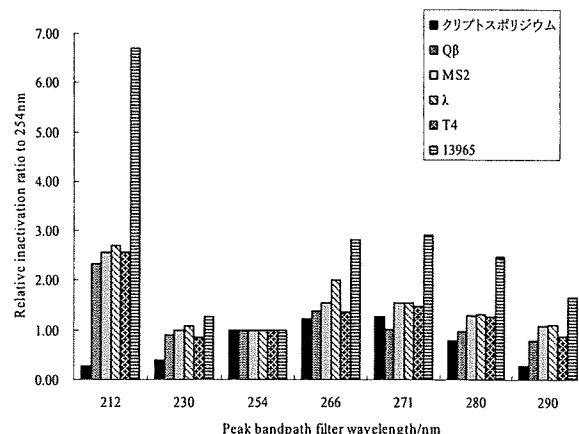


図3 *Cryptosporidium parvum*, MS2, Q β , λ , T4, および大腸菌(NBRC 13965)の各バンドパスフィルタ透過光における相対不活化率分布 (*C. parvum* の値のみ文献²⁾ 参照)

4) 浄水の吸光スペクトルを考慮した消毒効率の算定

吸光度が全域にわかってほぼ 0 cm^{-1} のときの不活化効果を100%として、各浄水の波

長スペクトルデータを基に推定した相対不活化効果の低減率を表1に示す。ここでは簡単のため、紫外線照射は平行光のみであり、水中の光路長は10 cmであると仮定した。なお吸光度がほぼ 0 cm^{-1} という条件は、実験室にて、各微生物の紫外線感受性の計測を行う場合の条件であり、いわゆる文献値に当たると考えた。

また表1内には、254 nmの吸光度のみで効果を推定した場合の値も示した。これは紫外線消毒の効果低減を推定する方法として一般的に用いられる指標として示した。

さらに表1には、各浄水場において調査期間中最も吸光スペクトルが小さかった月を消毒効果100%と仮定した場合の、他の月の低減割合を括弧内で示した。

表1 各サンプルの相対不活化効果の低減率(%)
(括弧内は、各浄水場の最小スペクトルの試料との相対効果)

浄水場名	月	A_{254} からの推定	200~400 nmの吸光スペクトルからの推定			
			クリプト	T4	MS2	<i>E.coli</i>
A	9	-16(-8)	-18(-7)	-26(-6)	-19(-6)	-31(-6)
	10	-13(-5)	-16(-5)	-24(-4)	-18(-4)	-29(-5)
	11	-11(-3)	-13(-1)	-22(-1)	-15(-1)	-27(-1)
	12	-8(-)	-11(-)	-21(-)	-14(-)	-26(-)
B	9	-8(-1)	-11(0)	-20(+1)	-14(0)	-25(+1)
	10	-12(-5)	-14(-4)	-24(-4)	-17(-3)	-29(-4)
	11	-9(-3)	-13(-2)	-22(-2)	-16(-2)	-27(-2)
	12	-7(-)	-10(-)	-21(-)	-14(-)	-26(-)
C	9	-3(-1)	-8(-1)	-19(0)	-13(0)	-25(-1)
	10	-4(-2)	-9(-2)	-20(-1)	-14(-1)	-26(0)
	11	-2(-)	-7(-)	-19(-)	-13(-)	-25(-)
	12	-2(-1)	-8(-1)	-19(0)	-13(0)	-25(0)
D	10	-3(-)	-10(-)	-22(-)	-15(-)	-27(-)
	11	-4(0)	-10(0)	-22(0)	-15(0)	-27(0)
	12	-3(0)	-10(0)	-22(0)	-15(0)	-27(0)
E	11	-17(-2)	-20(-1)	-28(-1)	-21(-1)	-33(-1)
	12	-15(-)	-18(-)	-27(-)	-20(-)	-32(-)

D. 考察

1) 文献調査結果

図1からクリプトスポリジウムのみ短い波長における感受性が低くなっているのに対し、他の微生物種の感受性は、220 nm付近において高くなっていることがわかる。

図に併せて示されているDNAの吸収スペクトルはクリプトスポリジウムの感受性よりもむしろその他の生物種の感受性スペクトルに近いことがわかる。そこで本研究

では、その他のウイルス種(大腸菌ファージ4種)と細菌種(大腸菌)の感受性スペクトルを実験的に求めることを試みた。

2) 微生物の不活化実験

図3には、MS2について、既存報告値と今回の実験値の両方を掲載しているが、両分布の間に著しい違いは見られなかった。従って、今回の実験結果は別の研究室で行った結果との相同性が確認できたことから、信頼性の高い値であると判断できる。

また図3より、クリプトスポリジウムにおいては、212 nm付近での相対不活化率が低く、267 nm付近のみで高くなるという傾向を示すのに対し、今回実験したRNAウイルスに属するQ β とMS2、およびDNAウイルスに属する λ とT4は、いずれも212 nm付近の波長による相対的な不活化率が高かった。また細菌である*E.coli* K12(NBRC 13965)も、ウイルスと同じ波長依存性を示していた。

いずれも原虫であるクリプトスポリジウムとは異なる特性であり、ウイルスおよび細菌と原虫の構造の違いがこの特性の差異につながった可能性が考えられる。図1に示されるDNAの吸光スペクトルが、クリプトよりも、ウイルス、細菌の感受性スペクトルに近いことを考えると、クリプトスポリジウムのオーシスト内の感染体(スポロゾイト)自身の感受性スペクトルはウイルス、細菌に近いが、オーシストの透過スペクトルにおいて、短い波長光の部分が高くなっていると、この光の不活化感受性が低くなってしまふ。つまりこのような構造的な違いが、この差違に繋がったのではないかと考察される。

3) 浄水の吸光スペクトルを考慮した消毒効率の算定

表1をみると254 nm吸光度での消毒効果の低減予測値は、当然低圧紫外線ランプの場合では有効ではあるが、中圧紫外線ランプに適用するには、その有効性は判断が難しいことがわかる。例えば、クリプトスポリジウムの消毒効率の低減効果に関しては、254 nm吸光度だけを用いた場合と、200~400 nmの吸光スペクトルを用いた場合では、大きな差が見られず、この場合では、254 nm

吸光度のみでも、ほぼ正確に消毒効果の低減を推定することができ、ファージT4 や *E.coli* といった、その他のウイルス・細菌種においては、その差が著しくなっていた。即ち 254 nm の吸光度の把握だけではウイルス・細菌の消毒効果低減の推定には不十分であると考えられた。

各浄水場毎の変動（最も吸光スペクトルの低かった月データとの比較）については、今回の調査期間においては、いずれの生物種の場合でも、採水月の違いによる相対不活化効果の変動の差が、ほとんど見られなかった（多くても数%以内であった）。従って、一旦消毒効果が確認された場合、その消毒効果は浄水水質の変動によっては、大きく変わらないことが予測された。

E. 結論

・広波長域の紫外光照射不活化実験においてウイルスと細菌は、210 nm 付近光の効果が高いという傾向が見られ、原虫の傾向とは違っていた。

・広波長域 UV ランプで消毒処理する場合は、クリプトスポリジウムの場合は、254nm 吸光度でほぼ十分であるが、その他の生物種の消毒効果に対しては、対象水の吸光スペクトルを計測して評価する必要がある。

G. 研究発表

1. 論文発表

無し

2. 学会発表

- 1) 大瀧雅寛，流通式 UV 装置内の照射量分布の測定手法，第 12 回日本水環境シンポジウム講演集，p.21，東京，2009
- 2) 色川聡子，大瀧雅寛，廣畑歩美「紫外吸光スペクトルの中圧 UV ランプ消毒処理への影響」、2010，第 44 回日本水環境学会年会にて発表予定

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

無し。

紫外吸光スペクトルの中圧 UV ランプ消毒処理への影響

お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科 ○色川聡子、大瀧雅寛
お茶の水女子大学生生活科学部 廣畑歩美

The influence of absorption spectrum on disinfection by medium pressure UV lamp, by Satoko IROKAWA, Masahiro OTAKI, Ayumi HIROHATA (Ochanomizu Univ.)

1. はじめに

中圧 UV ランプのような広い波長光をもつ照射装置の消毒効果は、対象となる病原微生物の波長依存性と処理対象水の吸光スペクトルを考慮して評価する必要がある。そこで、数種の微生物について波長毎の不活化速度定数を文献調査および実験的に求め、国内数ヶ所の水道浄水の吸光スペクトルを定期的に測定し、これらのデータから UV ランプの消毒効果の変動を推定した。

2. 実験方法

T4, MS2, *E.coli*(NBRC13965)を対象とし、光源としてパルス Xe ランプを用いて、バンドパスフィルタで波長を絞り込むことによって波長毎の不活化速度定数を求めた。併せて低圧 UV ランプでの照射実験も行った。さらに、2009年9月から毎月、国内5ヶ所の浄水場浄水の紫外吸光スペクトル(200~400 nm)を測定した。

3. 実験結果と考察

254 nm の不活化速度定数を 1 とした相対不活化速度定数を図 1 に示す。既存の研究¹⁾で示されているクリプトスポリジウムのデータも併せて示した。T4, MS2 および *E.coli* は 212 nm 付近の効果が他よりも高くなるという波長依存性を示したが、クリプトスポリジウムは効果が小さくなるという異なる特性を示した。

各浄水における消毒効果の変動を推定した。そのためには 1 nm 毎の相対不活化速度定数値が必要となるので、データ間を直線近似し 1 nm 毎の相対不活化速度定数 k を求めた。

推定には、中圧 UV ランプ (UVR100, ユーブイ製) の波長スペクトルデータを元に、水中の光路長 L を 10 cm と仮定して Lambert-Beer 式 ((1)式) にて、波長毎の平均線量率 I_{avg} を求めた。

$$I_{avg} = \frac{I_0 (1 - e^{-2.3AL})}{2.3AL} \quad \dots(1) \quad A: \text{各水道浄水の吸光度 (cm}^{-1}\text{)}$$

波長毎に I_{avg} と k 値の積を取り、それを合算することによって 254 nm 換算線量率が求められる。試料毎の不活化効果はこの比で評価できる。

$A=0 \text{ cm}^{-1}$ のときの不活化効果を 100% とし、各浄水の波長スペクトルを基に推定した相対不活化効果の低減率を表 1 に示す。表内には、254 nm の吸光度のみで効果を推定した場合の値も示した。また各浄水場において、調査期間中最も吸光スペクトルが小さかった月を 100% とした場合の他の月の割合を括弧内で示した。

クリプトスポリジウムの相対不活化効果の低減率は 254 nm の吸光度のみと吸光スペクトルにて推定した場合とで、違いはほとんど見られない。従って、254 nm 吸光度から消毒効果の低減をほぼ推定できると考えられた。一方、T4 および *E.coli* は差異が大きいため、254 nm の吸光度の把握だけではウイルス・細菌の消

毒効果の低減の推定には不十分であると考えられた。また調査期間においては、採水月の違いによる相対不活化効果の変動の差は、ほとんど見られなかった。

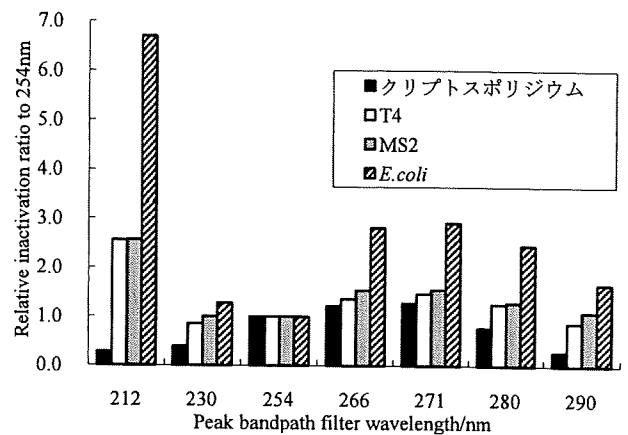


図 1 波長毎の相対不活化速度定数

表 1 各サンプルの相対不活化効果の低減率 (%)

(括弧内は、各浄水場の最小スペクトルの試料との相対効果)

浄水場名	月	A_{254} からの推定	200~400 nm の吸光スペクトルからの推定			
			クリプト	T4	MS2	<i>E.coli</i>
A	9	-16 (-8)	-18 (-7)	-26 (-6)	-19 (-6)	-31 (-6)
	10	-13 (-5)	-16 (-5)	-24 (-4)	-18 (-4)	-29 (-5)
	11	-11 (-3)	-13 (-1)	-22 (-1)	-15 (-1)	-27 (-1)
	12	-8 (-)	-11 (-)	-21 (-)	-14 (-)	-26 (-)
B	9	-8 (-1)	-11 (0)	-20 (+1)	-14 (0)	-25 (+1)
	10	-12 (-5)	-14 (-4)	-24 (-4)	-17 (-3)	-29 (-4)
	11	-9 (-3)	-13 (-2)	-22 (-2)	-16 (-2)	-27 (-2)
	12	-7 (-)	-10 (-)	-21 (-)	-14 (-)	-26 (-)
C	9	-3 (-1)	-8 (-1)	-19 (0)	-13 (0)	-25 (-1)
	10	-4 (-2)	-9 (-2)	-20 (-1)	-14 (-1)	-26 (0)
	11	-2 (-)	-7 (-)	-19 (-)	-13 (-)	-25 (-)
	12	-2 (-1)	-8 (-1)	-19 (0)	-13 (0)	-25 (0)
D	10	-3 (-)	-10 (-)	-22 (-)	-15 (-)	-27 (-)
	11	-4 (0)	-10 (0)	-22 (0)	-15 (0)	-27 (0)
	12	-3 (0)	-10 (0)	-22 (0)	-15 (0)	-27 (0)
E	11	-17 (-2)	-20 (-1)	-28 (-1)	-21 (-1)	-33 (-1)
	12	-15 (-)	-18 (-)	-27 (-)	-20 (-)	-32 (-)

参考文献

- 1) K.G.Linden, et al. (2001) "Comparative effectiveness of UV wavelengths for the inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water", W.S.T., 43 (12), 171-174.

地震による管路被害の予測等に関する研究

研究分担者 宮島 昌克 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 教授

研究要旨

水道事業体の的確な地震対策を実施可能とする新たな被害予測手法を開発するために、近年の地震（新潟県中越・能登半島・新潟県中越沖地震）による管路被害データに兵庫県南部地震のデータを加え、データベースを構築し解析を行った。平成7年兵庫県南部地震における神戸市、芦屋市、西宮市、平成16年新潟県中越地震における旧長岡市、小千谷市、平成19年能登半島地震における輪島市、七尾市、新潟県中越沖地震における柏崎市、刈羽村の管路被害データを収集し、被害地点をGIGデータベースとして構築するとともに、管路属性も整備した。また、最大速度や微地形分類などについてもデータベースとして構築した。微地形分類の影響を精度よく反映させるために250mメッシュのメッシュデータに変換してデータベースを構築したところ、1メッシュ内の管種、口径、微地形分類ごとの管路布設延長が短くなり、1km当たりの被害箇所数である被害率（箇所/km）という指標で解析する上での問題点が明らかとなった。この影響を分離するために、延長距離自身も多変量解析における一つの要因として解析を行った。その結果、多変量解析を行うことにより、被害予測式における各要因の補正係数を算出できることが明らかになった。なお、この場合でも1メッシュ内の布設延長が0.1km未満のサンプルは採用できなかった。この点については次年度以降も検討を継続する必要がある。

A. 研究目的

平成7年兵庫県南部地震における水道施設の甚大な被害を契機に、水道施設における地震対策の重要性が注目されることとなった。同地震以後も、新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震等、各地で地震が頻発しており、その重要性はますます高まっている。水道施設の内、管路に対する地震被害に着目すると、継手の抜けや管体破損による断水、漏水が発生しており、兵庫県南部地震の管路被害実績をもとに、管路の地震被害予測手法が開発されてきた。

このような背景のもと、現状では以下に挙げるような課題が顕在化してきている。

- ・ 近年の地震被害は兵庫県南部地震における都市部の過密管路被害ではなく、中小規模都市、山間部の非過密地域における管路被害が多発している。
- ・ 前述の背景により、大規模水道事業体だけでなく、中小規模事業体においても地震による管路被害を予測し、適切な対策を講じることが求められている。
- ・ 従来の地震による管路被害予測手法は、管種別にその被害率が算出されるもので

あるが、近年の地震被害実績の解析により、管種だけではなく、継手構造にも大きく影響されることが明らかになっており、これらへの対応が求められている。

本研究では、上述の課題を解決すべく、水道事業体から被害予測手法のニーズをアンケート等により収集し、その対応策を検討するとともに、近年の地震（新潟県中越・能登半島・新潟県中越沖地震）による管路被害を解析し、水道事業体の的確な地震対策を実施可能とする新たな被害予測手法を開発することを目的とする。

B. 研究方法

1. 管路被害データベースの構築

管路の被害予測式を構築するために、昨年度は平成16年新潟県中越地震、平成19年能登半島地震、新潟県中越沖地震の水道管路被害データを収集し、分析したが、いわゆる小口径管の布設延長が大きく、被害数も小口径管の被害が多いことから、大口径管の被害予測にはこれらのデータだけでは十分でないことが明らかとなった。したがって、今年度は平成7年兵庫県南部地震における神戸市、芦屋市、西宮市の被害デ

ータを改めて精査し、データベースに追加した。それらを GIS 上の管路図に被害地点としてプロットするとともに、管路属性である管種、口径、継手種類などを入力し、一方ではメッシュごとの微地形分類、地震動強さを入力し、データベースを構築した。

2. クロス集計による被害分析

GIS 上の管路図に被害地点をプロットすることにより、1km 当たりの被害箇所数である被害率 (箇所/km) が管種、口径、継手種類ごとに算出される。また、微地形分類図を重ねることにより、微地形分類ごとの被害率も算出することができる。クロス集計により、微地形分類、管路属性である管種、口径、継手種類の各要因が被害率 (km/箇所) にどのように関係しているのかを分析した。

3. 多変量解析による被害予測式の構築

管路の被害予測式においては被害率 (箇所/km) が目的変数となるが、被害率には微地形分類、地震動強さ、管路属性である管種、口径、継手種類の各要因が複雑に影響しあっているため、それぞれの要因がどの程度、被害率に影響を与えているのかを多変量解析を行って定量的に分析する必要がある。本解析では目的変数である被害率が量的変数であるため、数量化理論第 1 類を用いた多変量解析を行った。

C. 研究結果

1. 管路被害データベースの構築

平成 7 年兵庫県南部地震における神戸市、芦屋市、西宮市、平成 16 年新潟県中越地震における旧長岡市、小千谷市、平成 19 年能登半島地震における輪島市、七尾市、新潟県中越沖地震における柏崎市、刈羽村の管路被害データを収集し、被害地点を GIG データベースとして構築するとともに、管路属性も整備した。また、最大速度や微地形分類などについてもデータベースとして構築した。この GIS データベースにより、分析に用いる 250m メッシュごとのメッシュデータを作成した。表 1～4 にデータベースを構築した地震ごとの管路被害件数を管種、口径別にまとめた。地震ごとのサンプル数は、兵庫県南部地震 2,170、新潟県中越地震 277、新潟県中越沖地震 491、能登半島地震 100 の合計 3,038 サンプルである。

クロス集計と多変量解析の両方に用いる兵庫県南部地震における神戸市、芦屋市、西宮市、新潟県中越地震、新潟県中越沖地震における旧長岡市、小千谷市、新潟県中越沖地震における柏崎市、刈羽村のデータを兵庫県、新潟県、合計として区分して、それぞれ図 1 に管種別の布設延長距離、図 2 に口径別の布設延長距離を示す。

なお、兵庫県南部地震における宝塚市と能登半島地震のデータは被害予測式の精度を検証するために用いる予定である。

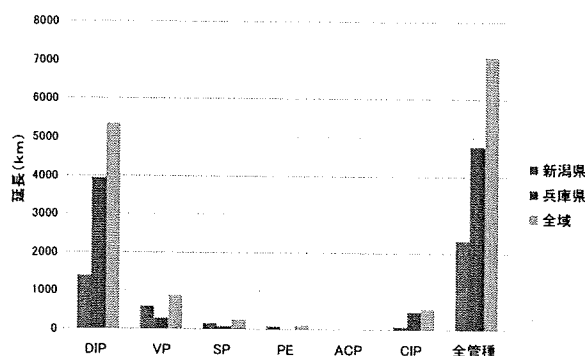


図 1 管種別の布設延長距離

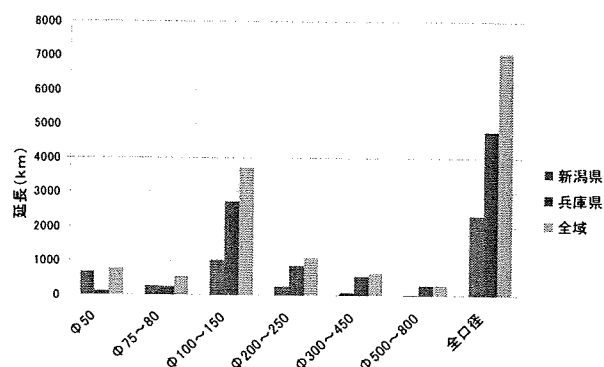


図 2 口径別の布設延長距離

2. クロス集計による被害分析

1km 当たりの被害箇所数である被害率 (箇所/km) を微地形分類、管種、口径、継手種類ごとに算出し、それぞれの要因がどのように被害に関与しているのかを分析した。

図 3 に微地形分類と被害率の関係を、図 4 に管種と被害率の関係、図 5 に口径と被害率の関係、図 6 に継手種類と被害との関

係をそれぞれまとめた。

3. 多変量解析による被害予測式の構築

被害予測式の構築に当たっては、従来の被害予測式と同様に、標準被害率に各要因の補正係数を掛けることによって被害率を算出することを考えている。標準被害率は従来から最大加速度あるいは最大速度の関数で算定されており、次年度この算出を行うこととし、今年度は、被害予測式における補正係数の検討をまず行うこととした。そこで、微地形、口径、管種、継手種類を要因として数量化理論第1類を用いた多変量解析を行った。

250mメッシュ内の管種、口径、微地形分類ごとの1km当たりの被害箇所数である被害率(箇所/km)を目的変数として解析を行うので、メッシュ内に布設延長距離が1km未満であると、被害が1箇所生じても被害率は大きな値となってしまう。このことを確認するために、本データベースの被害率を1メッシュ内における布設延長距離との関係でまとめた(図7)。

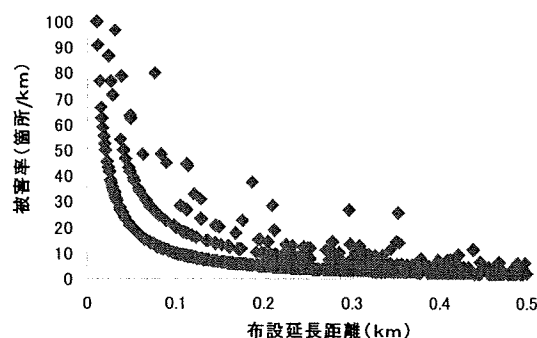


図7 1メッシュ内の布設延長距離と被害率(箇所/km)との関係

同図によれば、布設延長距離が短いと1箇所被害が発生しただけで被害率が10(箇所/km)を超える場合も数多くあることがわかる。被害率と布設延長距離とは力学的には無関係であるが、本研究で用いる被害率の定義とメッシュ分析という分析手法に起因して強い相関が生じていることがわかる。

そこで、この影響を分離するために、本来は無関係であるはずの1メッシュ当たり

の布設延長距離も被害率を説明する変数として多変量解析で考慮することにした。表5に要因を管種、口径、微地形、布設延長としたときの多変量解析の結果を示す。それぞれの要因が被害率に寄与している程度の大きさを偏相関係数が表しているが、表5によれば、延長距離が最も大きく、管種、微地形が続いている。表5の C_i の値が、被害予測式の補正係数に相当する値であり、比較の欄の数字は基準となるものを1.0として基準化したときの補正係数の値である。したがって、表5の結果によれば、他の条件が同じであれば、VP(塩化ビニル管)の被害はDIP(ダクタイル鉄管)の約2倍であり、CIP(铸铁管)のそれはDIPの約3倍であることを示している。PE(ポリエチレン管)とACP(石綿管)が空欄となっているが、これはサンプル数が1つしかなく解析できなかったことによる。なお、この解析は1メッシュ当たりの延長距離が0.1km以上のサンプルに対して行ったものである。図7によれば1メッシュ当たりの延長距離が短くなるほど被害率のばらつきが大きくなり、解析に適さないからである。表5の延長距離0.1~0.2kmの欄が*****となっているのは、このばらつきの大きさの影響で C_i が非常に大きくなっていることを示している。

表6には管種の継手種別を考慮した多変量解析の結果を示す。表6においても、SP(鋼管)とPEの溶接継手、ACPはサンプル数不足のため空欄となっている。また、延長距離0.1~0.2kmの欄が*****となっているのは、表5と同じ理由である。

D. 考察

クロス集計結果によると、図3に示すように三角州・海岸低地や扇状地、砂礫質台地の被害率が大きいことを示している。また、口径別では小口径管の被害率が高くなっている。管種ではACPの被害率が極めて高くなっており、CIPが次いでいる。しかし、ACPの布設延長は極めて短いので、その影響により1km当たりの被害箇所数である被害率(箇所/km)を大きくなっている可能性も考えられる。また、微地形分類による被害率の大きさも、管路がすべての微地形に一樣に布設されているわけでは

ないので、クロス集計の結果を被害予測式に直接用いることはできない。

そこで、GIS機能を活用して250mメッシュごとのサンプルを作成し、多変量解析を行うことにしたが、本研究で用いる被害率の定義とメッシュ分析という分析手法に起因して、図7に示したような傾向が現れることが明らかとなった。すなわち、1メッシュ内の布設延長距離が短いと、非常に大きな被害率を含むばらつきの大きなサンプルになってしまうということである。したがって、この影響を分離するために、延長距離自身も多変量解析における一つの要因として解析を行ったが、1メッシュ内の布設延長が0.1km未満のサンプルは採用できなかった。この点については次年度以降も検討を継続する必要がある。

このような課題が残されているが、多変量解析を行うことにより、被害予測式における各要因の補正係数を算出できることが明らかになった。表5によればDIPの補正係数を1.0とするとVPのそれは2.0、CIPは3.0となる。しかし、PEとACPはサンプル数から評価できていないので、さらに解析に改善が必要である。表6における継手種別ごとにも補正係数は算出されるものの、サンプル数から評価できないものもあるので、これらの点について改良を加えていかなければならない。

E. 結論

本研究は、水道事業体の的確な地震対策を実施可能とする新たな被害予測手法を開発するために、近年の地震（新潟県中越・能登半島・新潟県中越沖地震）による管路被害データに兵庫県南部地震のデータを加え、データベースを作成し解析を行ったものである。

地盤特性を微地形分類で取り込んでいるが、その影響を精度よく反映させるために250mメッシュのメッシュデータに変換してデータベースを構築したところ、1メッシュ内の管種、口径、地盤種別ごとに管路の布設延長が短くなり、1km当たりの被害箇所数である被害率（箇所/km）という指標で解析する上での問題点が明らかとなった。

今年度の分析によって、予測式構築に至るまでの課題が明確化されたことが本年度

の大きな成果である。次年度は、この課題を克服して精度のよい予測式を開発するとともに、兵庫県南部地震における宝塚市と能登半島地震のデータなどを用いて精度の検証を行う予定である。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

特になし。

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

未定

表1 兵庫県南部地震による管路被害集計結果(神戸市・西宮市・芦屋市)

管種	継手	口径																		総計
		50	65	75	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900		
ACP	(空白)																			
ACP 集計				26	10		4	2												
CIP 集計				60	140	8	178	122	16	49	4	20	3	3	1	1		5	610	
DIP	*不明			1	8		11	3		12		3		1				2	1	
	A			74	158	4	207	106	20	80	3	3	3						658	
	K									16				1			2	3	28	
	T			2	67		177	82											328	
DIP 集計				77	233	4	395	191	20	108	3	12	3	2		2	5	1	1056	
SP	溶接以外	3	1	2															6	
	溶接			1	1		1	2	1							2			8	
SP 集計		3	1	3	1		1	2	1						2				14	
VP	TS	129		122	76	1	6												334	
VP 集計		129		122	76	1	6												334	
不明 集計				3	20		49	10		17		2		2	3	1		6	113	
総計		132	1	291	480	13	633	327	37	175	7	34	6	7	6	4	5	12	2170	

図2 新潟県中越地震による管路被害集計結果(旧長岡市・小千谷市)

管種	継手	口径							総計
		50	75	100	150	200	250	300	
CIP 集計			3	5	5	1		3	17
DIP	A		11	19	22	8	1		61
	K		12	19	8	1			40
	不明		1	1	1				3
DIP 集計			24	39	31	9	1		104
SP	溶接以外	54		1		1		21	77
SP 集計		54		1		1		21	77
VP	RR	7							7
	TS	62		1					63
	不明			1	4				5
VP 集計		69	1	5					75
不明 集計		1	1		1	1			4
総計		124	29	50	37	12	1	24	277

表3 新潟県中越沖地震による管路被害集計結果(柏崎市・刈羽村)

管種	継手	口径															総計		
		50	75	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700		不明	
CIP 集計					6		2	1			1								10
DIP	A		6		17		32	14	1	17	2			1					90
	K		27		33		28	13	3	1	1	1	1	2	6	2			118
	T		3		6		11	9	9										38
	不明		1				2						1						4
DIP 集計			37		56		73	36	13	18	3	1	1	4	6	2			250
PE	融着以外	1																	1
	不明	1																	1
PE 集計		2																	2
SP	溶接以外	22	8	4	4		6												44
SP 集計		22	8	4	4		6												44
VP	RR	13	5		2	1		1											22
	TS	146	8		6														161
	不明	2																	2
VP 集計		161	13		8	1		1											185
総計		185	58	4	74	1	81	38	13	18	4	1	1	4	6	2	1		491

表4 能登半島地震による管路被害集計結果(旧輪島市・旧門前町・七尾市)

管種	継手	50	65	75	100	150	200	250	300	総計
ACP	集計			10	8	2	2			22
CIP	集計			1	4					6
DIP	K			5	3	4		1		16
	T							2	2	2
	不明						1	2		1
DIP	集計			5	3	4	1	4	2	19
SP	溶接以外	2	2	1	1					6
	不明	4	1			1				6
SP	集計	6	3	1	1	1				12
VP	RR	13		8	2	1				24
	TS	7		2	3	3				15
	不明	2								2
VP	集計	22		10	5	4				41
総計		28	3	27	21	11	3	5	2	100

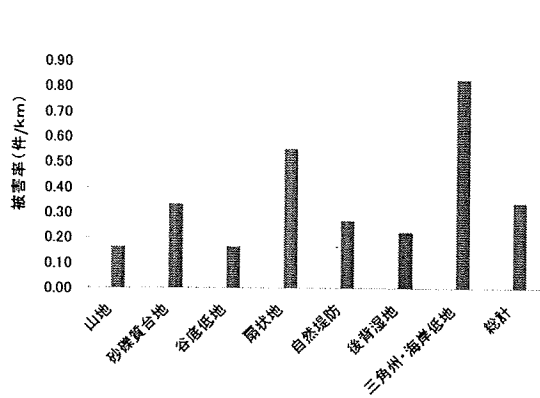


図3 微地形分類と被害率の関係

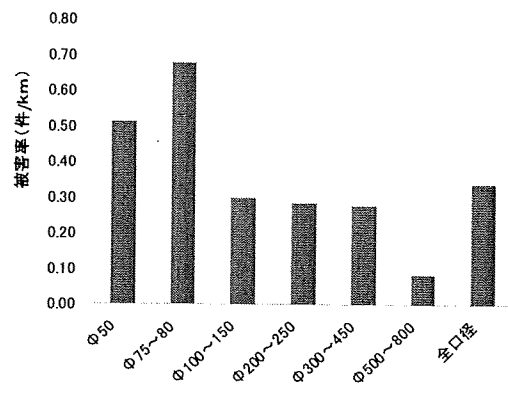


図5 口径と被害率の関係

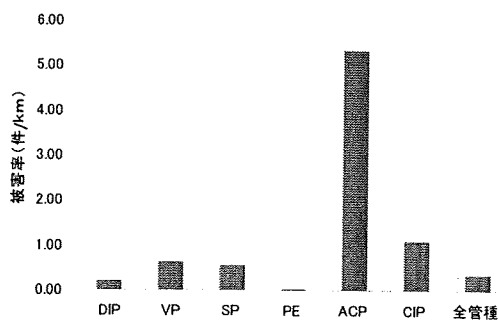


図4 管種と被害率の関係

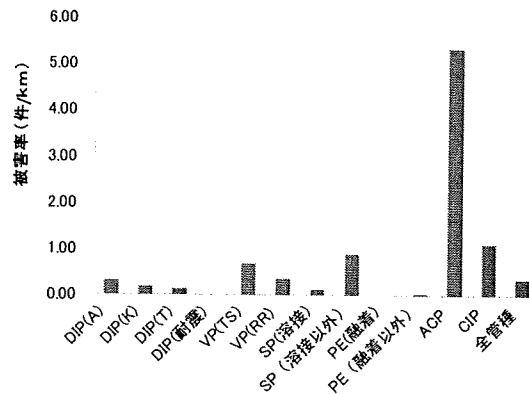


図6 継手種類と被害との関係

表5 多変量解析の結果 (管種、口径、微地形、布設延長)

			カテゴリスコア	サンプル数	偏相関係数	Ci	比較
管種	DIP	1	-0.19	468	0.13	0.65	1.00
	VP	2	0.10	232		1.27	1.96
	SP	3	-0.28	27		0.52	0.80
	PE	4	-2.01	1			
	ACP	5	14.49	1			
	CIP	6	0.31	194		2.02	3.12
口径	Φ50	1	0.16	161	0.06	1.44	1.11
	Φ75~80	2	-0.28	112		0.53	0.41
	Φ100~150	3	0.11	436		1.30	1.00
	Φ200~250	4	-0.14	128		0.73	0.56
	Φ300~450	5	-0.13	75		0.74	0.57
	Φ500~900	6	-1.52	11		0.03	0.02
微地形	砂礫質台地	1	-0.52	231	0.11	0.30	0.16
	谷底低地	2	-0.75	68		0.18	0.10
	扇状地	3	0.27	336		1.85	1.00
	自然堤防	4	0.84	41		6.86	3.70
	後背湿地	5	-0.03	70		0.94	0.51
	三角州・海岸低地	6	0.28	177		1.88	1.02
延長距離	0.1~0.2	1	4.30	221	0.56	*****	*****
	0.2~0.3	2	0.30	209		2.00	1324.2553
	0.3~0.4	3	-0.76	136		0.18	115.70208
	0.4~0.5	4	-1.77	91		0.02	11.290086
	0.5以上	5	-2.82	266		0.00	1

重相関係数 = 0.59

表6 多変量解析の結果 (管種の継手種別、口径、微地形、布設延長)

			カテゴリスコア	サンプル数	偏相関係数	Ci	比較
管種継手	DIP(A)	1	-0.25	271	0.14	0.57	1.16
	DIP(K)	2	-0.31	67		0.49	1.00
	DIP(T)	3	0.14	105		1.39	2.86
	VP(TS)	4	0.14	215		1.39	2.84
	VP(RR)	5	-1.12	10		0.08	0.16
	SP(溶接)	6	-2.86	4			
	SP	7	0.18	24		1.50	3.08
	PE(溶接)	8					
	ACP	9	14.38	1			
	CIP	10	0.24	194		1.72	3.52
口径	Φ50	1	0.06	155	0.06	1.15	0.70
	Φ75~80	2	-0.27	112		0.53	0.33
	Φ100~150	3	0.21	423		1.63	1.00
	Φ200~250	4	-0.23	122		0.59	0.36
	Φ300~450	5	-0.39	69		0.41	0.25
	Φ500~900	6	-1.30	10		0.05	0.03
微地形	砂礫質台地	1	-0.50	223	0.11	0.32	0.18
	谷底低地	2	-0.85	65		0.14	0.08
	扇状地	3	0.26	333		1.80	1.00
	自然堤防	4	0.92	40		8.33	4.63
	後背湿地	5	-0.33	60		0.47	0.26
	三角州・海岸低地	6	0.38	170		2.38	1.32
延長距離	0.1~0.2	1	4.13	230	0.55	*****	*****
	0.2~0.3	2	0.11	221		1.28	1705.66
	0.3~0.4	3	-0.93	140		0.12	157.45
	0.4~0.5	4	-2.03	87		0.01	12.57
	0.5以上	5	-3.13	213		0.00	1.00

重相関係数 = 0.57

健康リスク低減のための新たな浄水プロセス
及び管路更新手法の開発に関する研究

平成21年度 総括研究報告書

添付資料