

Measurement of UV dose by chemical actinometer, by Masahiro OTAKI, Yuko HIROTO (Dept. of Human Env. Sci., /Ochanomizu Univ.)

1. はじめに

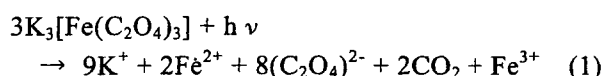
例えば, ある容器中に水溶液があるとして, この水溶液が受ける照射光線量, もしくは線量率を測定したいとしよう. 一般に照度計による測定では正確な測定は難しい. 何故ならば照度計ではセンサー部にあたる光のみの線量率測定であるため, 溶液の照射面における線量率分布, 容器による光の反射など様々な因子を照度計の測定値に加味する必要があるからである. 別の方法として対象水溶液の受けた光エネルギーの全量を一度に測定することは比較的簡単に行える. 線量計とはそのための測定手法であるが, ここではその代表例として化学光量計について紹介する.

2. 化学光量計の原理

光エネルギーを吸収し光化学反応によって別物質へと変化するような物質は多数存在する. 吸収された光子数に対する生成した物質数の割合を量子収率 ϕ という¹⁾. 一般に一定条件の下では, この量子収率は一定である. 従って光照射後に生成した物質数を測定できれば, 吸収された光子数を算定することができる. これが化学光量計の原理である.

3. 紫外線線量測定に用いられる化学光量計

代表的なものとしてシュウ酸鉄カリウム溶液がある²⁾. これは次の反応式 (1)式) に示されるように光照射後に生成する Fe^{2+} を測定し, 量子効率から照射線量を算定するものである.



この光量計は比較的感度が高く (量子収率が高い), 生成 Fe^{2+} 量はフェナントロリン複合体の吸光度によって簡易に測定できるという長所を持ち光量測定にこれまで広く利用されてきた. しかしこの溶液は幅広い波長光 (250 nm ~ 700 nm) に反応してしまうので, 紫外線光を測定したい場合には, 可視光の影響を避けるため, 暗所で行わなければならないという不便さがある.

光量計に用いられるその他の化学物質を以下に列挙する.

1) Reinecke's salt ($\text{KCr}(\text{NH}_3)_2(\text{NCS})_4$)

近紫外光から可視光 (300nm~700nm) の光測定に用いられるが, 熱的に不安定である点や, シュウ酸鉄カリウムと同様に可視光を避けて測定しなければならないという短所を持つ³⁾.

2) uranyl oxalate ($(\text{UO}_2)_2\text{C}_2\text{O}_4$)

反応する光波長が 450nm 以下であり, 紫外光付近のみを対象とできる光量計であるが, 取り扱いの困難さがネックである⁴⁾.

3) ペルオキシ二硫酸カリウム ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$)

感度が非常に高く, 300nm 以下の光にのみ反応するため暗所でなくても利用できる光量計である. 反応により H^+ が生成するため, pH 変化によって簡易に測定できる反面, 溶存酸素が充分保持されていないと量子収率が安定しないという短所もある⁵⁾.

4) ヨウ化カリウム (KI)

ヨウ素酸カリウムを共存させることにより量子収率を上げることが可能である. 300nm 以下の光にのみ反応するため暗所でなくても利用できる. 反応によって生成する三ヨウ化イオン量は, 352nm 吸光度にて簡易に測定できる⁶⁾⁷⁾.

5) ウリジン ($\text{C}_9\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_6$)

核酸の構成要素であるので, 生物への影響という観点から考えると, 消毒用紫外光の測定には都合が良いと考えられるが, 量子収率が低く, 感度が悪いため, 高線量測定でないとは適用は難しい⁸⁾.

上記の他には, クロロ酢酸やマラカイトグリーン化合物, アゾベンゼンなどの溶液も報告されている⁹⁾.

4. 紫外線消毒分野への適用

化学線量計に用いられる化学物質の量子収率は, 照射光波長によって変わる. 従って紫外線消毒分野への適用を考える際には, 測定対象となるランプによって適用性が大きく異なる. 消毒装置として用いられることの多い低圧水銀灯は, その照射光が主に 254 nm に限られる単色光である. 従って化学線量計を用いる場合には 254nm における量子収率のみを考えれば十分である.

一方, 中圧水銀灯のような広波長光のランプを用いる場合には, 「照射される全線量の測定」を行うの

か、「消毒に効果のある線量の測定」を行うのかによって、適用する算定式は異なる。「全照射線量の測定」のためであれば、波長スペクトルと各波長での量子収率の積算値を用いて算定する必要がある。「消毒に効果のある線量の測定」を行う場合は、上記の積算過程に、各波長の消毒効率を組み入れる必要があると考えられる¹⁰⁾。しかしこの算定方法はあくまでも各波長の消毒効率が全対象病原微生物で等しいと仮定した場合にのみ成立するが、生物種によって波長毎の消毒効率は等しくないという報告¹¹⁾もあり、この点は十分な検討を要する。

広波長光の線量測定を、生物への影響という観点から考えると、前述の化学光量計物質の中では、核酸の構成物質であるウリジンが、波長依存性において適しているのではないかと考えられる。実際、太陽光による生物影響関連線量の測定にウラシルの薄膜結晶を用いて測定するという研究報告がある¹²⁾。ウラシルの水溶液を用いる化学光量計について調べたところ、その量子収率は低いが、濃度が高くなるにつれて量子収率も高くなることがわかった。図1はウラシル水溶液の各濃度における量子収率を示したものである。しかし最も高濃度の1g/Lにおいても0.026と低い値に留まっている。

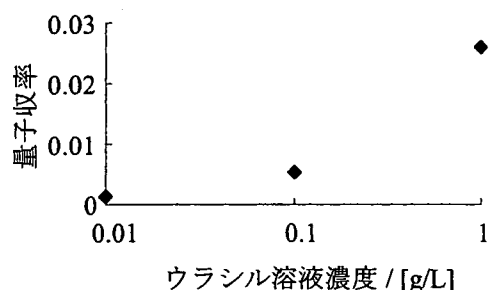


図1 ウラシル溶液の濃度と量子収率

5. 生物線量計との違い

化学物質の代わりに紫外線感受性がわかっている微生物を用いる方法が生物線量計である。表1は両者の特徴を示したものである。

表1 化学線量計と生物線量計の比較

	化学線量計	生物線量計
測定時間	数時間以内	一日以上
線量計の保存性	良い	良くない
測定対象	吸収光	透過光

化学線量計の場合、一般的に紫外光透過率が10%未満の溶液を用いるために、照射光の殆ど全てが溶液に吸収されたとして照射線量を算定するため、測定されるのは吸収光エネルギーである。一方、生物

線量計は、数万～数百万個/mLの生物粒子濃度の溶液なので、紫外光透過率90%以上の溶液を用いることが多い。この場合は、吸収エネルギー量ではなく、透過光エネルギーを求めることに近い。従って化学光量計は測定時間、安定性において優れているもの、紫外線装置内の透過光エネルギーを測定するには適さない。

6. 化学光量計の新たな試み

森田ら(2006)¹³⁾は、紫外光で変色する感光剤を直径数μmのマイクロカプセルに封入し、擬似微生物粒子として光量計に用いる試みを報告している。この様に溶液としてだけでなく、別の形態として用いる工夫をすれば、生物線量計のような長所を持った化学線量計を提案することが可能となるであろう。

7. 参考文献

- 1) 大槻哲夫訳, (1981) 光化学の基礎, 丸善株式会社
- 2) Parker C. A. (1953) A New Sensitive Chemical Actinometer, *Proc. R. Soc. Lond.* A220, 104
- 3) Wegner E. E. (1966) Photochemistry of complex ions. III, *J. of Am. Chem. Soc.*, 88(3), 394
- 4) Leighton W. G. et al. (1930) Precision actinometry with uranyl oxalate, *J. of Am. Chem. Soc.*, 52, 3139
- 5) Mark G. et al. (1990) A chemical actinometer for use in connection with UV treatment in drinking-water processing, *J. Water SRT-Aqua*, 39(5), 309.
- 6) Rahn R. O. (1997) Potassium iodide as a chemical actinometer for 254 nm radiation, *Photochem. Photobio.*, 66(4), 450.
- 7) Rahn R. O. (2000) The iodide/iodate actinometer in UV disinfection, *Proc. of AWWA Wat. Qual. Tech. conf.*
- 8) Gurzadyan et al (1996) Depopulation of highly excited singlet states of DNA model compounds: quantum yields of 193 and 245 nm photoproducts of pyrimidine monomers and dinucleoside monophosphates, *Photochem. Photobio.*, 63(2), 143
- 9) Kuhn H. J. et al (2004) Chemical actinometry (IUPAC technical report), *Pure Appl. Chem.*, 76(12), 2105.
- 10) Meuleman C.C.E. (1987) The basic principles of UV-disinfection of water, *Ozone Sci. Eng.*, 9, 299
- 11) Linden K.G. et al (2000) Comparison of monochromatic and polychromatic UV light for disinfection efficacy, *Proc. of AWWA Wat. Qual. Tech. conf.*
- 12) Horvath R. et al (2001) The effect of UV irradiation on uracil thin layer measured by optical waveguide lightmode spectroscopy, *Biosensors & bioelectronics*, 16, 17.
- 13) 森田ら (2006) 有機発色剤による紫外線照射線量の測定, 第40回日本水環境学会年会講演集, 423.

オゾン処理における大腸菌損傷レベルの評価方法

Methods for estimating injury level on *E. coli* inactivated by ozonation

王 雪丹、大瀧 雅寛

お茶の水女子大学、ライフサイエンス専攻、環境工学研究室

論文要旨

オゾン処理ではpHによって異なる消毒メカニズムが働くために、微生物に対する損傷程度に違いが生じる可能性が考えられる。オゾン処理を施した大腸菌を複数の培地で測定し比較することにより、その損傷レベルの差異を推定する方法を検討した。その結果、低pH域では、残存オゾンによる軽度の損傷のために増殖能力があるにも関わらず、デスオキシコール酸寒天培地では検出されない割合が大きくなり、消毒効果の過大評価になる可能性があるが、高いpH域では、酸化力の強いラジカル反応が主となり、培地測定の差異は小さくなることがわかった。

ozonation used has different disinfection mechanism in a different pH ,and the difference may cause different damage on the microorganism. In this research, it was examined by comparing the results of 3 growth media when *E. coli* bacteria inactivated by ozonation. As a result, in the low pH region, there was significant difference between count by Desoxycholate medium method and TSA .It may result in over estimating of disinfection efficacy. In a high pH region, strong oxidative radical made difference among them smaller.

キーワード：不活化, 微生物, 単独

1. はじめに

浄水処理した水や食品産業において、水の安全性を獲得するために、水質検査を行い水質基準を満たすように管理されている。そのための消毒方法として、アメリカや日本では塩素注入による消毒が一般的であるが、ヨーロッパではオゾンの使用には長い歴史を持つ。消毒効果は大腸菌などを用いて実験されたり、水質管理項目として測定されることで管理しているがもし消毒後の水質検査では問題ないものの、その後生存、回復するような病原細菌が存在する場合には、健康危害を引き起こす可能性が生じる。従って各消毒条件における微生物の損傷程度を把握しておく必要がある。又、その点を考慮しつつ、消毒効果の実験を行う方法論を確立しておく必要がある。

微生物の損傷には、“致命的損傷”や“亜致命的損傷”が考えられる¹⁾。“致命的損傷”とは損傷を受け後、損傷を回復できず、世代交代もできず死に至る損傷とする。“亜致命的損傷”は損傷後に回復し世代交代が可能な損傷である。このような損傷が多いと消毒や殺菌（不活化）をした時点では細菌が検出されないという結果になるが、細菌に致命的損傷を与えていると判断となくなる。そこで、現在多く使われている塩素消毒や今後注目されるオゾンや紫外線消毒方法において細菌に与える損傷の程度を測定方法も含めて把握することが重要である。回復については非制限的な条件で消毒後に1~3時間培養することで選択培地と非選択培地で培養した結果、選択培地で測定できる細菌数が増加し、非選択培地で測定する細菌数と一致したという報告²⁾がされている。

2. 実験方法

損傷の程度を非選択培地と選択培地を用いて推定する方法を試みた。本研究では大腸菌（NBRC3301）を用

いてオゾン処理による影響を調べた。濃度測定の際3種類の培地を用いて結果を比較し、培地測定結果と損傷レベルの関連性を考察した。使用した培地およびその特徴を以下にまとめた。

培地1：Tryptic Soy Agar (TSA 培地)

特徴：蛋白質を代謝し増殖できる大腸菌を検出

培地2：デソキシコール酸寒天培地 (デソ培地)

特徴：乳糖の代謝機能を持ちデソキシコール酸による生育抑制を受けない大腸菌を検出

培地3：ニッスイ製コンパクトドライ EC (C-EC 培地)

特徴：ペプトンとピルピン酸もしくは乳糖の代謝に関れる酵素 (β -グルクロニダーゼ) 生成機能を持つ大腸菌を検出

例えば、選択培地としてデソキシコーレイト寒天培地を用いた場合には、コロニーを形成できない大腸菌は、増殖能力を失活したか、乳糖分解能力を失活したか、デソキシコール酸による生育抑制されたことを示すが、非選択培地の場合には、蛋白質の代謝機能を失って増殖能力を失活したことを示す。従って、その二つの培地測定の結果の差は乳糖分解能力を失活したか、デソキシコール酸によって生育を抑制されたかを示すことになる。コンパクトドライ EC を用いた場合には、コロニーを形成できない大腸菌は、酵素 (β -グルクロニダーゼ) 生成機能を制限されたことを示す。従って、その二つの培地の差は酵素 (β -グルクロニダーゼ) 生成機能を制限されたことを示すことになる。

3. オゾン溶解水による大腸菌の不活化機構

オゾンは、その強い酸化力から不飽和結合を開裂させる力が強く、大腸菌においては細胞壁の脂肪酸の二重結合に作用し膜変性を起こし、溶菌させることにより消毒効果をもたらすといわれる³⁾。オゾン溶解水での反応としては、水中の溶存オゾンが大腸菌と直接反応するか、オゾンから生じるフリーラジカルが大腸菌と反応する間接反応があると考えられる。

4. 実験方面

4.1 実験方法

リン酸緩衝液 (pH=6, 7, 9) 400 mL にオゾンガスを 20 分間以上吹き込み、気液接触させ飽和オゾン水 (0.11 mg/L) を作った。オゾン水を攪拌しながら試料 4 mL を添加し 30、60、90、120 秒オゾン水と接触させた後、上述の 3 つの培地で培養測定し、20 時間後に計数した。

4.2 実験結果

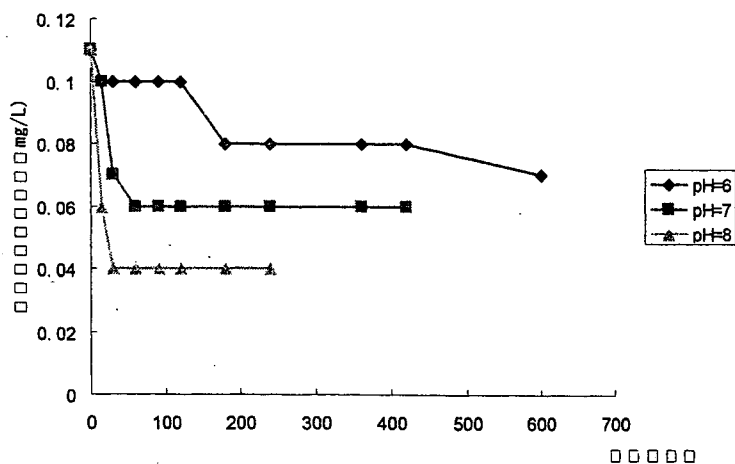


図1 オゾンの残留濃度

図-1 は大腸菌投入後のオゾン溶解水中の溶存オゾン残留濃度を示したものである。pH が高いとオゾン分解が進み、安定性が低下するので、溶存オゾンが消費された量が多くなると考えられる。

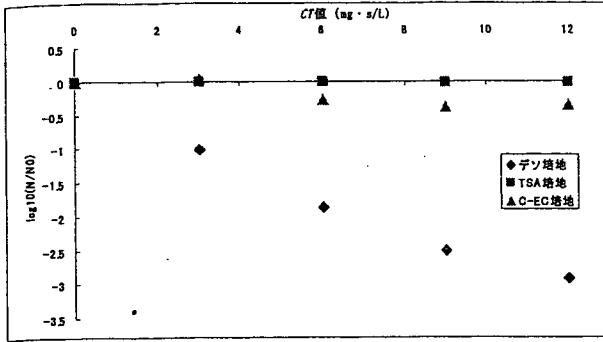


図2 pH=6におけるオゾン処理による大腸菌の濃度変化

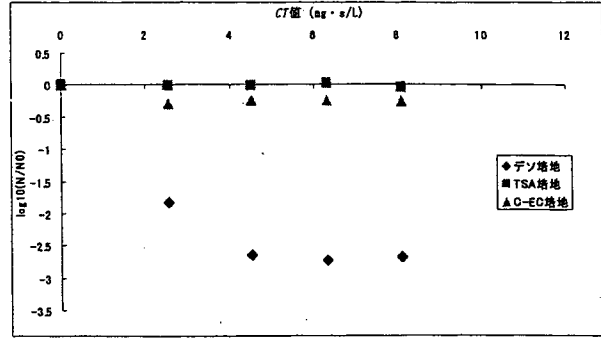


図3 pH=7におけるオゾン処理による大腸菌の濃度変化

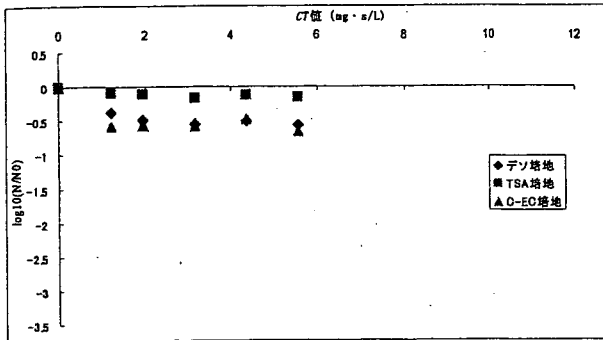


図4 pH=8におけるオゾン処理による大腸菌の濃度変化

図2、3、4にオゾン溶解水による大腸菌の生存率変化を示した。ここでCT値は時間に対する溶存オゾン濃度変化の積算値であり、次式で求められる。 $CT値 = \int_0^T C dt$

C : 溶存オゾン濃度 (mg/l), T : 接触時間 (sec)

図2、3を見ると同じCT値であっても、デソキシコール酸寒天培地とTryptic Soy Agar培地によって測定される生存率に大きな差が生じた。この生存率の差は乳糖分解能力を失活したか、デソキシコール酸によって抑制されるようになる損傷、例えば外膜が損傷されたが増殖は可能であるような亜致死的損傷を示すものと考えられる。コンパクトドライEC培地による結果がTryptic Soy Agar培地に近いので、外膜の損傷といった軽度の損傷ではあるが、乳糖代謝能力は有しており、増殖は可能であるような大腸菌の割合が多いためと考えられる。pHが高くなると、デソキシコール酸寒天培地による不活化率は低くなるものの、他の培地との差が小さくなった。それはオゾンから生じるフリーラジカルが大腸菌に対して、重度の損傷を与えたためと考えられる。従ってpHが高い場合、大腸菌の測定によく使われるデソキシコール酸寒天培地の測定では、消毒効果の過大評価はあまり大きくないが、低pHでは、その可能性が非常に高くなると考えられる。

5. まとめ

pHがオゾンの消毒効率および消毒メカニズムに大きく影響することがわかった。また、中～低pHでは不活化後の大腸菌中に亜致死的な損傷の割合が大きく、デソキシコール酸寒天培地などの選択培地による消毒実験においては効果の過大評価を招く危険性があることがわかった。

参考文献

- 1) Rita R. Colwell, D. Jay Grimes, 培養できない微生物, 学会出版センター
- 2) Mossel, D.A. and P. van Netten. 1984. Harmful effects of selective media on stressed microorganisms: nature and remedies, p.329-371. In M.H.E. Andrew and A.D. Russel (ed), *The Revival of injured microbes*. Academic Press, London, United Kingdom
- 3) Scott and Leshner 1963; Mudd et al. 1969; Hinze et al. 1987; Pryor et al. 1991

Primary Investigation on Rapid Quantification for Heterotrophic Bacteria Based on the Amount of Newly Synthesized DNA, by Yumiko OHKOUCHI (Graduate School of Eng., Kyoto Univ.), Yasuhiro ASADA (Faculty of Eng., Kyoto Univ.), Sadahiko ITOH (Graduate School of Eng., Kyoto Univ.)

1. はじめに

従属栄養細菌数 (以下, HPC) は, 浄水処理過程や消毒過程での細菌の挙動評価, あるいは塩素消失や滞留の結果としての細菌再増殖といった配水系の微生物汚染の状況評価に適することから, 2007年の水道水質基準の改正により水質管理目標設定項目として追加され, データの蓄積が進められている。しかしながら, その測定には7日間を要することから, 給配水時間が短い我が国の水道システムにおいてはHPC測定結果のフィードバックによる水質管理は実現が難しいと考えられる。一方で, 消毒副生成物やカルキ臭の生成抑制を目的として, 残留塩素濃度の低減の検討が進められており, より厳密な微生物リスク管理が求められている。

そこで本研究では, 従属栄養細菌数の迅速測定法を確立するため, DNA合成に着目した検出方法・条件を検討する。具体的には, 微生物増殖に伴うDNA合成時に5-プロモ-2'-デオキシウリジン (BrdU) を用いて標識を行い, その定量的測定を試みる。

2. 実験方法

モデル微生物として, *Pseudomonas fluorescens* P17 (ATCC 49642; P17株) および *Aquaspirillum* sp. NOX (ATCC 49643; NOX株) を使用した。BrdU標識および検出のための前処理操作については, Hamasakiらにより報告されている海洋微生物の増殖速度測定方法¹⁾を参考にして, 多検体同時処理が可能となるよう96穴マイクロプレートを用いた測定方法へと改変した。実験方法の流れを図1に示す。ペルオキシダーゼ (POD) 基質にはABTSを使用し, 基質添加から2時間経過した後に, マイクロプレートリーダーを用いて波長405 nm (対照波長=490 nm) の吸光度を測定した。BrdU溶液, ヌクレアーゼ, POD標識 anti-BrdU抗体, ABTS溶液は, BrdU Labelling & Detection Kit III (ロシュ・ダイアグノスティクス) に同梱された試薬を使用した。本稿では, 以下の条件検討を行った。

- 1) BrdU濃度の影響; 100, 500, 1000 nM
- 2) 培養時間の影響; 5, 7 hr
- 3) ブロッキング操作の有無
- 4) マイクロプレート表面処理の影響

3. 実験結果と考察

R2A平板培地で求めたP17株細胞数と波長405 nmにおける吸光度との関係を図2に示す。この図から, 5時間培養後のBrdU標識DNA量は, R2A平板培地により求めたP17株細胞数の対数値に比例しており, 短時間の培養で検出が可能となることがわかった。また, BrdU濃度の影響を調べたところ, BrdU濃度が高いほど低濃度HPC領域において大きな吸光度の傾きが得られること, また高濃度HPC領域では吸光度が逆に低下してしまうこと, そのためBrdU濃度により定量可能なHPC濃度範囲が変化することが判明した。ここで, 水道水中の微生物濃度を想定すると, 今回検討を行ったBrdU濃度のうち1000 nMが最も適していると考えられ, この時の定量可能HPCの上限は 10^3 cfu/mL付近となった。また, 定量下限は0.5 cfu/mL程度と十分に低いことが示された。

一方, NOX株については培養時間を7時間に延ばした際に,

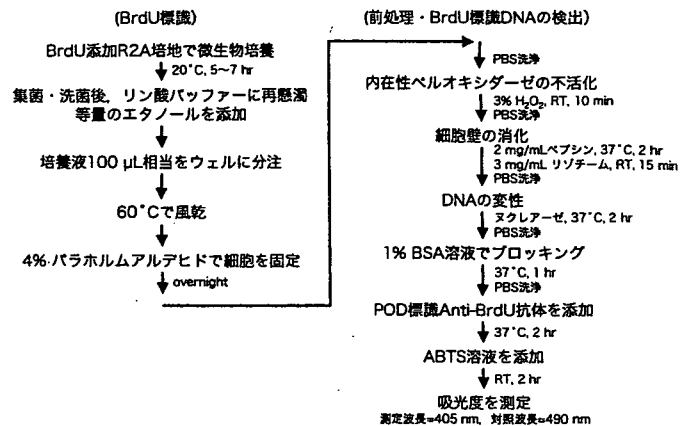


図1 実験方法の流れ

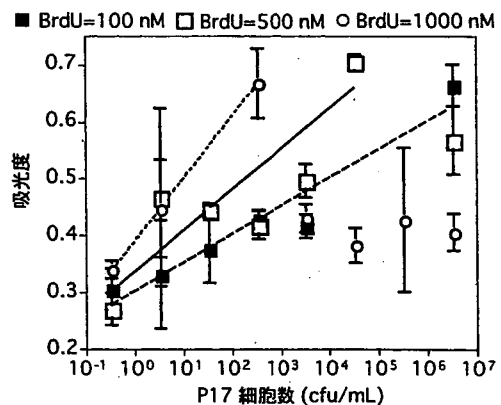


図2 P17株細胞数と吸光度の関係

BrdU標識DNA量が細胞数の対数値に比例して増大した。実際の水道水試料では, 増殖速度の異なる微生物集団が検出対象となるため, 増殖速度の違いを考慮して適切な培養時間を選択することが必要と考えられる。

なお, 同一試料でもウェル間で大きく吸光度が変化するケースがあり, またマイクロプレートウェルの表面処理の有無によっても吸光度値が顕著に変化したことから, BrdU標識したDNAを検出するためにより適したプレート種類や操作手順についても検討を重ねる必要があるだろう。

4. まとめ

本研究では水道水中の従属栄養細菌数の迅速測定を目的として, モデル微生物を用いてBrdU標識条件, ならびにその検出条件の基礎的検討を行った。その結果, 5~7時間の培養により標識BrdUの定量的検出が可能であることを示した。また水道水中の微生物検出には, 1000 nMのBrdU濃度が最適と判断された。また, プレートウェルの表面処理が測定値に大きく影響することもわかった。今後は, 本研究で提案した実験操作および条件が実際の水道水試料に対して適用可能性の検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) Hamasaki, K., Long, R.A. and Azam, F.: Individual cell growth rates of marine bacteria, measured by bromodeoxyuridine incorporation, *Aquatic Microb. Ecol.*, Vol. 35, No., pp. 217-227, 2004.

配水過程における微生物再増殖と細菌種に及ぼす 管材質及び残留塩素の影響

国立保健医療科学院水道工学部 ○岩田 和隆
島崎 大
国包 章一

1. はじめに

水道法では、微生物学的な安全確保の視点から塩素消毒と残留塩素保持が義務づけられているが、その一方で塩素消毒剤由来の異臭味や消毒副生成物等により、過剰注入とならないよう、塩素剤の注入率を低減することも求められている。しかし、残留塩素濃度を下げることによって、消毒効果が弱まり、配水過程における微生物再増殖のポテンシャルは増大する。そのため、残留塩素濃度の低減を図ると同時に、微生物学的に安定した水質の水道水を提供する必要がある。本研究では、異なる管材質における微生物再増殖性の相違について実験的検討を行うとともに、グラム染色法および API キットを用いて生物膜中の細菌種の簡易同定を行った。

2. 実験方法

生物膜モニタリング装置であるアニューラーリアクターを用いて、管路内における微生物の付着及び増殖を疑似的に再現した。試験片の材質は鋳鉄、SUS304、コンクリート被覆ポリカーボネートの3種類とし、順に系統1~3とした。

原水は国立保健医療科学院水道水を使用し、チオ硫酸ナトリウムを添加することにより、各系統の試料水の遊離塩素濃度が 0.0mg/L となるように調整し、36日間連続的にアニューラーリアクターへ通水した(表. 1)。ただし、通水開始28日後は、全系統において一時的に遊離塩素濃度を 0.7mg/L 前後となるように次亜塩素酸ナトリウム(以下、次亜という。)を添加し(表. 2)、形成された生物膜の剥離状況および回復状況を調べた。流入量は 10mL/分に設定し、滞留時間を約 100分(容積約 1L)とした。回転ドラムを 180rpm の速度で回転させ、流速 50cm/秒、内径 200mm に相当する配水管内の状況を再現した。各試料水の水温は 22°C 前後に維持した。流入水、流出水及び試験片表面に付着した微生物を週 2 回の間隔でサンプリングし、各系統の流入水、流出水および試験片表面における一般細菌数と従属栄養細菌数を測定した。

また、菌種を同定するにあたり、試験片表面試料から 1 白金耳を採取し、普通寒天培地に 37°C で 3~4 日間培養後、独立したコロニーを釣菌し、再び普通寒天培地に 37°C で 2~3 日間培養し増菌させた後、増菌させた分離株各々についてパーミー法によるグラム染色を行った。そこでグラム陰性桿菌と判定できた分離株について、グラム陰性桿菌の同定が可能な API20E 及び API20NE (日本ビオメリュー(株))を用いて菌種の簡易同定を行った。

3. 結果と考察

水温以外の水質項目については使用した水道水の水質によるが、AOC 濃度は 240 μ g/L と国内の他の測定例と比べて高く、微生物学的安定性が低い(微生物の再増殖性が高い)水質であったといえる。

系統 2 及び 3 においては、次亜添加後、設定した遊離残留塩素濃度に近い濃度となったが、系統 1 においては、試験片から多量の鉄が溶出するとともに、試験片表面が激しく酸化され、次亜添

表. 1 流入水の水質(平均値)

水温	20.9°C
pH	7.34
TOC	0.78mg/L
AOC	240 μ g/L
NO ₃ -N	1.9mg/L
NO ₂ -N	0.003mg/L
PO ₄	0.13mg/L

配水過程における微生物再増殖と細菌種に及ぼす 管材質及び残留塩素の影響

加後も遊離残留塩素濃度は0.04mg/Lまでしか上昇せず、消毒効果が損なわれていた可能性が高い。

流出水及び試験片表面においては、材質にかかわらず、一般細菌、従属栄養細菌とも15日前後で定常期に達したと考えられる。定常期における試験片表面の一般細菌数、従属栄養細菌数は、いずれも系統1が系統2及び3よりも1log前後大きかった(図1、2)。一方、流出水の一般細菌数、従属栄養細菌数は、いずれも材質の違いによる細菌数の差は小さかった。次亜を添加すると、系統1の試験片表面を除き、流出水及び試験片表面の細菌数は減少した。次亜の添加を停止後、一般細菌数は2日程度で定常期まで回復したが、従属栄養細菌は7日程度要し、一般細菌の方が従属栄養細菌よりも塩素濃度の変動に対する応答が鋭敏であった。

同定された細菌種は、材質の違いにより異なっていた(表3)。また、系統2及び3については、次亜なしの状態でも、同じ系統内では同一の細菌種が同定され、グラム陰性菌の割合が83~100%を占めたが、次亜添加中はグラム陽性菌の割合が90~100%を占めた。

表. 2 各系統の遊離残留塩素濃度 (平均値)

	系統1	系統2	系統3
0~27日後(次亜なし)	0.01	0.00	0.00
27~28日後(次亜あり)	0.04	0.78	0.76
28~35日後(次亜なし)	0.01	0.01	0.00

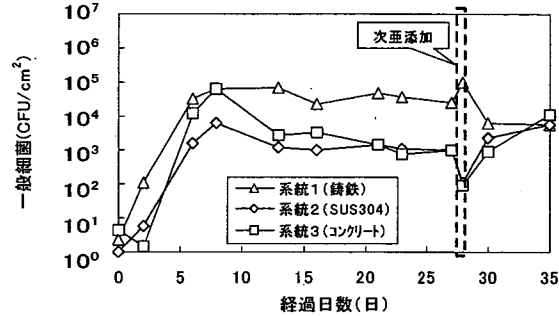


図. 1 一般細菌数経日変化 (試験片表面)

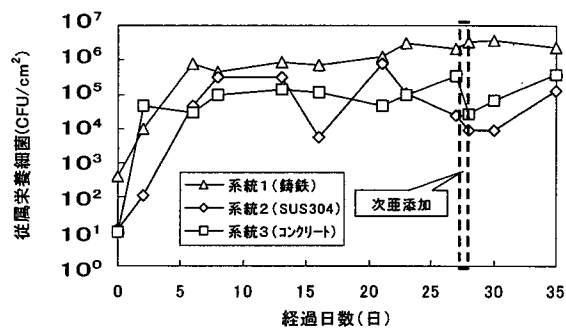


図. 2 従属栄養細菌数経日変化 (試験片表面)

表. 3 試験片表面の細菌種 (API20NE)

	21日後(次亜なし)	27日後(次亜なし)	28日後(次亜あり)	30日後(次亜なし)
系統1	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	<i>Pasteurella spp</i>	<i>Pasteurella spp</i>	<i>Pasteurella spp</i>
系統2	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	グラム陽性菌のため同定不能	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
系統3	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	<i>Sphingomonas paucimobilis</i>

4. まとめ

- 試験片表面上の細菌数は材質が鋳鉄の場合に多く、定常期の細菌数は他の材質よりも1log前後増大した。一方、流出水中の細菌数はいずれの材質も同程度であった。
- 試験片表面上の細菌群は、材質や次亜の添加による影響を受け、グラム陽性菌及び陰性菌の割合や、同定された細菌種について相違が見られた。

【参考文献】高井ら、配水過程における微生物再増殖に及ぼす残留塩素濃度の影響、日本水道協会、第58回全国水道研究発表会講演集、pp.616-617、2007