

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	キーワード
5-1	Alternative Disinfection Technologies for Small Drinking Water System	Larry D. DeMers, Robert C. Renner	AWWA Research Foundation, 1992	「小規模浄水場(人口3300人以下対象(EPA定義))向け代替消毒技術」 ・小規模浄水場に、代替消毒技術を導入する際の解説書であり、消毒技術の概要、代替消毒法として、オゾン、二酸化塩素、紫外線の説明がなされている。紫外線の章では、紫外線の説明、照射量(CT値)のEPA基準(地下水対象)や、適用に当たっての水質と透過率の考え方が示されている。また、紫外線殺菌装置のランプなどの装置説明や運転方法から装置材質、維持管理の予算までかなりの広範囲にわたって網羅されており、本WGには、かなり手本となる文献である。ただし、ジャルジアといった原虫類には効果が限られるとして、本解説書は対象原水を地下水としている。	1.1 紫外線とは 1.2 紫外線消毒の特徴
4-12	第25回水道セミナー講演録巻頭講演「消毒技術に関する最近の動向」	大垣眞一郎	水道公論 第28巻、第3号、 p.71-p.78	過去200年間の水道における消毒技術の変遷から代替消毒技術、ウイルスの指標としてのバクテリオファージ、オゾン消毒、紫外線消毒、について総説を述べている。特に代替消毒としての紫外線消毒については多くのスペースを割いている。	1.2 紫外線消毒の特徴 1.3.1 殺菌のメカニズム 1.3.2 回復現象
1-14	Comparative effectiveness of UV wavelengths for the inactivation of <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts in water (水中のクリプトスポリジウムオオシスト不活化に対する紫外線波長による効果の比較)	K.G.Linden, G.Shin, M.D.Sobsey	Water Science and Technology vol.43 No.12 pp171-174 IWA publishing 2001	水中のクリプトスポリジウムオオシスト不活化に対する紫外線波長による効果の比較 中圧ランプによるUV照射によるオオシストの感染性不活化を、細胞培養分析と最確数を用いて測定した場合に、2mJ/cmの低照射量において2Logの不活化率を得た。中圧ランプからの多波長光には、低圧水銀ランプのように特異的な波長の光を唯一照射するものと異なり、低圧水銀ランプでは除かれる同じような殺菌作用を示す殺菌線近縁の光、オオシストの感染性を不活化させる250-275nm間の波長の光が同時に多く照射されるためである。(平田先生の低圧式試験結果は更に低照射量で効果が報告されている。)	1.3.1
4-11	DISINFECTION BY FREE RADICALS AND UV-RADIATION	C.von Sonntag	Wat. Supply, Vol.4 Mulhouse, pp.11-18, 1986	細菌、ウイルスのDNAへのフリーラジカルの作用について、OHラジカルがDNA鎖を破壊するという機序について論じている。OHラジカルが細胞膜を傷つけることが主な作用であり、DNAそのものの損傷はさ程役割を果たしていないことが示された。一方、UV照射による不活化についてはDNAのピリミジン残基の二量体化が主な作用である。	1.3.1 殺菌のメカニズム
4-6	MICROBIAL AND CHEMICAL IMPLICATIONS OF USING ULTRAVIOLET IRRADIATION FOR TREATMENT OF BIOLOGICAL FILTER EFFLUENT	Mic H. Stewart, Cordelia J Hwang, Patric A. Hacker, Richard S, Yates, Roy L, Wolf	不明	浄水処理としての生物ろ過後の消毒方法としては、パイロット実験の結果から、AOCの増加、変異原性物質の生成、副生成物の生成がないことからUV消毒が最適であるとしている。26-66mW/cm ² の照射線量で従属栄養細菌の不活化率は4log以上であった。しかし、可視光線と暗状態での光回復は著しく、この範囲の線量では光回復を抑制するには不十分と思われた。コホト川水の場合AOCの増加は僅かであり、州配水の場合かなり増加した。9種類の副生成物の増加は見られなかった。病原性原虫類については触れられていない。	1.3.2 回復現象

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	ガイドライン
4-10	ASSESSMENT OF PHOTOREACTIVATION FOLLOWING ULTRAVIOLET LIGHT DISINFECTION	Koji Kashimada, Naoyuki Kamiko, Kazuo Yamamoto and Shiinohiro Ohgaki	<i>Wat. Sci/Tech. Vol.33, No.10-11, pp261-269</i>	下水の消毒にUVを適用する場合の細菌の光回復速度、回復率について検討した。生下水中の指標細菌については蛍光灯による明らかな回復が認められたが、 <i>E.coli/B</i> と <i>E.coli K12 A/λ (F+)</i> については認められなかった。太陽光による光回復過程では同時に兼性細菌の不活化が認められた。太陽光および蛍光灯の双方で光回復が起こる場合、可視光として波長360nmの線量が光回復速度と最大回復率の良い指標になることが示された。	1.3.2 回復現象
5-3	Photobiological effects of polychromatic medium pressure UV lamps	Ben F. Kalisvaart	<i>Water Science and Technology Vol 43 No4 pp191-197, 2001</i>	「多色光中圧ランプによる光生物学的影響」 ・紫外線消毒は、塩素に代わる消毒方法として、飲料水やプロセス用水、廃水に用いられている。紫外線照射後の微生物の回復を阻害するために、微生物には、可能な限り、多くの部位に損傷を与える必要がある。殺菌効率の高いランプは、幅広い波長を持ち、特定の波長にて高出力を持つよう改良されたランプである。同線量において、従来の低圧ランプに比べ多色中圧ランプの方が、消毒副生成物を生成することなしに、より高い不活化が、可能であった。	1.3.2 回復現象
5-6	Comparative inactivation of <i>Cryptosporidium parvum</i> Oocysts and Coliphage MS2 by Monochromatic UV radiation	Gwy-Am Shin Karl Linden Mark D. Sobsey	<i>Water Environment Federation, 2000</i>	「単一波長の紫外線照射によるクリプトスポリジウムと大腸菌ファージの不活化」 単一波長低圧紫外線ランプの照射量を変えていき、照射量とクリプトスポリジウム及び大腸菌ファージの不活化の関係を求めた実験結果に関する論文。(低圧水銀ランプを使用していることから、廃水処理での使用が前提にある。)また、クリプトスポリジウムの光回復、暗回復の可能性についても調査されている。	1.3.2 回復現象
3-25	Inactivation of bacteria, virus and <i>Cryptosporidium</i> by a point-of-use device using pulsed broad white light	Debra E.Huffman, Theresa R.Slifko, Joan B.Rose	<i>Water Research, Vol. 34, No. 9, pp.2491-2498, 2000</i>	白色パルス光を用いた紫外線殺菌装置“Pure Bright”を用いて、 <i>Klebsiella terrigena</i> , <i>polio virus type 1</i> (Lsc2ab株)、 <i>simian rotavirus SA11</i> 、 <i>Cryptosporidium parvum</i> の不活化試験を行った。初期濃度はそれぞれ、105CFU/mL、104PFU/mL、104PFU/mL、104オースト/ mLであった。15.4L/分にて照射実験を行い、それぞれ、 $>7\log$ 、 $>4\log$ 、 $>4\log$ の不活化率を達成した。また、活性の指標として、細胞培養感染法及び動物感染法の両方にて行い、同様の結果が得られた。	2.1.1 クレブシエラ 2.1.2 ポリオウイルス 2.1.3 クリプトスポリジウム
4-15	下水道における病原微生物への対応	金子光美	第7回WEF/JSWA合同下水道セミナー講演集(訳文) 平成10年7月	1996年に埼玉県越生町で起きたクリプトスポリジウム集団感染、1996-1997年に全国的に発生した <i>E.coli</i> O157感染を機に関係する行政機関及び研究機関では、原虫対策、実態調査、処理方法の検討が行われ、公共用水域に関しては微生物基準の見直しも行われるようになった。最近の水中微生物対策に対する行政的動きと実態調査、下水を中心とした監視や制御に関する考えを述べている。下水における指標微生物として大腸菌群数から大腸菌そのものへの転換を提議するとともに、必要な費用に見合った便益に相当するリスクとして10 ³ /年、下水処理水については10 ³ /回でよいとする考えを示している。	2.1.1 細菌 2.1.2 ウィルス 2.1.3 原虫

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	カテゴリ
4-18	Disinfection of <i>Cryptosporidium parvum</i> WITH polychromatic UV light	ALEXANDER A. MOFODI, HELENE BARIBEAU, PAUL A. ROCHELLE, RICARD O DE LEON, BRADLEY M. COFFEY, AND JAMES F. DREEN	JOURNAL AWWA JUNE 2001 p.95-P.109	クリプトオーストの不活化のための照射線量をベンチスケールの広帯域UV装置で評価した。ランプは連続照射とパルス照射のものを用いた。評価はヒト細胞による。16mJ/cm ² 以上の照射線量で2log以上の不活化率が得られた。これ以下の線量範囲で照射線量-不活化率の関係曲線を求めた。中圧ランプの場合、連続照射とパルス照射を比較した場合、不活化率に差異は認められなかった。大腸菌E-coliはクリプトオーストの不活化の指標となることが示された。	2.1.1 細菌 2.1.3 原虫
3-18	Efficacy of pulsed white light to inactivate Microorganisms	Debra E. Huffman, Theresa R. Sifko, Joan B. Rose	AWWA, Water Quality Technology Conference, 1998	白色パルス光によるバクテリア、ウイルス、原生動物の不活化実験を行った。また、 <i>Cryptosporidium</i> の不活化評価はDAPI/PI法、脱糞法、細胞培養感染法、動物感染法にて行った。実験結果より、EPAが定めたバクテリア、ウイルス、原生動物の不活化基準を白色パルス光装置によって、満たすことが確認された。	2.1.1 細菌 2.1.2 ウイルス 2.1.5 原生動物
3-4	Disinfection of <i>Cryptosporidium parvum</i> with polychromatic UV light	Alexander A. Mofidi, Helene Baribeau, Paul A. Rochelle, Ricardo De Leon, Bradley M. Coffey, James F. Green	Journal AWWA, Vol. 93, No. 6, pp.95-109, 2001	多色のUV装置を使って <i>Cryptosporidium parvum</i> オーストの不活化実験を行った。UV装置は中圧で連続型とパルス型の二種類を用い、ヒト細胞培養感染法を使って評価した。パルス型では照射線量16mJ/cm ² で2log以上の不活化が達成された。パルス型と中圧型の双方共、7.5mJ/cm ² 、11mJ/cm ² で不活化率はそれぞれ、1log、2logとなった。また、従属栄養細菌の線量に対する不活化率の応答はC.parvumと異なっていたが、E.coli の場合は違いが認められなかった。このこととは、E.coli がC.parvum 不活化の代替指標となる可能性があることを示唆するものであると考えられた。	2.1.1 従属栄養細菌, 大腸菌 2.1.3 クリプトスポリジウム
3-21	Determination of Pyrimidine Dimers in <i>Escherichia coli</i> and <i>Cryptosporidium parvum</i> during UV Light Inactivation, Photoreactivation, and Dark Repair	Kumiko Oguma, Hiroyuki Katayama, Hiroshi Mitani, Shigemitsu Morita, Tsuyoshi Hirata, Shinichiro Ohgaki	APPLIDE AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Vol. 67, No. 10, pp.4630-4637, 2001	大腸菌とクリプトスポリジウムの紫外線不活化、光回復、暗修復は核内感受性部位(ESS)の試験により研究し、ピリミジン二量体を測定することができた。大腸菌は、紫外線照射により99.9%が不活化された後に光回復したが、暗修復はしなかった。クリプトスポリジウムの感受性は、染色体DNAのピリミジン二量体の修復後でさえも、光再活性化または暗回復のいずれによっても回復しなかった。	2.1.1 大腸菌 2.1.3 クリプトスポリジウム
3-16	Sensitivity of microorganisms to different wavelengths of UV light: implications on modeling of medium pressure UV systems	Nicole Ginsec, Jeannie Darby	Water Research, Vol. 34, No. 16, pp.4007-4013, 2000	大腸菌群 (<i>Citrobacter diversus</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>)、バクテリアアファージの254nm、289nm、301nmにおける紫外線への感度を測定した。280nmにおける不活化効率は大きな差がなかった。301nmにおける不活化効率は種類によってばらつきがあったが、不活化効率としては大きくない。本研究より、1種類のバクテリアや細菌の不活化効率より、他の種の不活化効率を予想可能になる可能性を示唆している。	2.1.1 大腸菌群 2.1.2 バクテリアアファージ
1-5	Inactivation of MS2 virus in drinking water (浄水のMS2ウイルスの不活化)	Trojan Technologies Inc. NSF international	NSF02/03/EPADWCTR May 2000	1-6-1、1-6-2に示すEPAのETV装置認定書が入っている。	2.1.2

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ(UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	カテゴリ
1-6	ETV joint verification statement~medium pressure ultraviolet radiation technology used in drinking water treatment (ETV装置認定書:浄水処理への中圧式UV照射技術の利用)	TROJAN TECHNOLOGIES INCORPORATED	02/03/EPADWCTR May 2002	上水への中圧式UV照射技術の利用として、トロージャンテクノロジージャのUVSwift4L12システム(ランプ出力可変)について、クリプトスポリジウムやジアリジムの代替指標菌としてMS2を用いて装置性能評価を行った。本文中には、試験概要、水質分析結果が明記されている。本実験によりMS2ウイルス2Logの不活化には42.8mJ/cm2が必要であった。	2.1.2
1-7	ETV joint verification statement~low pressure ultraviolet radiation technology used in drinking water treatment (ETV装置認定書:浄水処理への低圧式UV照射技術の利用)	ATLANTIC ULTRAVIOLET CORPORATION	02/04/EPADWCTR May 2002	上水へのUV照射技術の利用として、低圧式アトランティックUVメガトロNM250システムについて、クリプトスポリジウムやジアリジムの代替指標菌としてMS2を用いて装置性能評価を行った。本文中には、試験概要、水質分析結果が明記されている。本実験により35.5~45.5mJ/cm2でMS2ウイルス不活化率1.7~2.1Logだった。	2.1.2
4-13	UV照射により不活化されたRNA フェージのRT-PCR法による定量	片山浩之、大瀧雅寛、大垣真一郎	環境工学研究論文 集・第34巻・1997、 p.84-p.91	培養することなく、ウイルスをモニタリングする方法の一つに、遺伝子工学的な方法としてのPCR法が有望視されているが、この方法には定量性の欠如と不活化ウイルスを誤ってPCR法で判定する欠点が指摘されている。本報告は、PCR法における定量性および不活化されたウイルスに対する検出の感度の問題を扱った研究の成果である。手法の開発のため、取扱いが容易で情報が豊富であり、さらに活性のあるウイルス粒子数を容易に測定できるという利点を備えたファージQβを用いた。定量法としてlongRT-shortPCR法を開発した。ウイルス不活化方法は低圧水銀ランプによる紫外線照射による。	2.1.2 ウィルス
3-6	Comparing Cryptosporidium and MS2 bioassays implication for UV reactor validation	Erin D. Mackey, Thomas M.Hargy, Harold B.Wright, James P.Malley Jr, Robert S.Cushing	Journal AWWA, Vol. 94, No. 2, pp.62-69, 2002	大腸菌ファージMS2について、Cryptosporidium parvum の代替生物指標としての有用性を確認するための実験を行った。低圧ランプで出力の大きいUV装置を、処理水量757L/minで実験した結果、MS2の結果から推定される線量45mJ/cm2において、C.parvum で4.7log以上の不活化が達成された。UV線量に対する応答性の良い生物を用いることによって、より高いレベルで不活化が確認できることが解った。	2.1.2 大腸菌 ファージ 2.1.3 クリアスポ リンウム
3-10	Comparison of monochromatic and polychromatic UV light for disinfection efficacy	Karl G. Linden, Gwy-Am.shin, Mark D. Sobsey	不明	多色型UVランプにおいて、フィルターを用いることにより各波長によるC.parvumの不活化率を測定した。250~270nmの波長がC.parvumの不活化に対して最も高い効果が見られた。感染に対しては2mj/cm2の線量で約2logの減少であった。同様に大腸菌ファージMS-2に対する結果も30mJ/cm2の照射で、同様の傾向を得た。	2.1.2 大腸菌 ファージ 2.1.3 クリアスポ リンウム
3-14	Low pressure UV inactivation of Cryptosporidium parvum based on cell culture infectivity.	Gwy-Am Shin, Karl G.Linden, Thomas Handzei, Mark D.Sobsey	AWWA,Water Quality Technology Conference Proceedings, Vol. 2, 1999	Cryptosporidium parvum オージスト及び大腸菌ファージを単色の中圧紫外線により不活化する実験を行った。オージストの感染性は細胞培養感染法を用いた。C.parvum では3mJ/dm2の照射で3logが不活化された。大腸菌ファージMS2は30mJ/cm2の照射で2logが不活化された。	2.1.2 大腸菌 ファージ 2.1.3 クリアスポ リンウム

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ(UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概 要	ガイドライン
1-2	ETV joint verification statement~ultraviolet radiation used in packaged drinking water treatment systems (ETV装置認定書:一連の浄水処理システムへのUV照射の適用)	CALGON CARBON CORPORATION OXIDATION TECHNOLOGIES	EPA/600/R-98/160VS May 1999	EPAサインなし装置認定書&EPAサイン入りETV装置認定書 EPA(環境保護局)とNSF(国立科学財団)は、EPAの環境技術検証プログラムに従って中圧式SentinelITMの性能評価を行った。本文中には、試験概要、水質分析結果が明記されている。本実験によりSentinelITMは、流速約215ガロン/分の処理水に対し、UV照射20mJ/cm2時に、動物感染性実験によって3.9Logの <i>Cryptosporidium parvum</i> の不活化効果を有する装置として評価を得た。ただし、UVセンサー、自動洗浄装置、については改善するように指導があった。	2.1.3
1-3	The discovery and subsequent research of <i>Cryptosporidium</i> Inactivation (クリプトスポリジウム不活化の発見および後の研究)	Charles E. Fluharty and Bill La Voice Calgon Carbon Corporation	不明	浄水への適用について、カルゴン・カーボン社は、実験室内での新しい実験及び独自の実証試験により、経済的で実用可能なレベルでの紫外線の照射量での実証に成功し、市場に対してプロセスの特許を取得した。本論文は発起から特許取得、ドイツDVGWの装置性能証明の取得等の経緯について述べられている。	2.1.3
1-8	Comparison of In Vitro Cell Culture and a Mouse Assay for Measuring Infectivity of <i>Cryptosporidium parvum</i> (培養細胞とマウスの感染性指標におけるクリプトスポリジウム感染性測定の比較)	Paul A.Rochelle, Marilyn M.Marshall,Jan R.Mead, Anne M.Johnson,Dick G.Korich,Jeffrey S.Rosen, Ricardo De Leon	Applied and Environmental Microbiology Aug.2002,p3809-3817	培養細胞試験とマウス感染試験による、クリプトスポリジウム感染性測定の比較を行った。本実験により、培養細胞試験はクリプトスポリジウム感染性評価法としてマウスの感染試験と同等であり、オアシストの感染性及び不活化の評価法として実用的で的確な代替法であることが明らかとなった。しかしながら、感染性や消費値を表現する実験、分析の高いレベルで変動性表現することには限界があり、比較的大きな違いを論じる場合に限られる。	2.1.3
1-12	The discovery and subsequent research of <i>Cryptosporidium</i> Inactivation (1-3とほぼ同じ)	Charles E. Fluharty and Bill La Voice	不明	1-3と同様の内容	2.1.3
3-1	Medium-pressure UV for oocyst inactivation	Zia Bukhari, Thomas M. Hargy, James R. Bolton, Bertrand Dussert, and Jennifer L. Clancy	Journal AWWA, Vol. 91, No. 3, pp.86-94, 1999	中圧UV照射量19mJ/cm2において、マウス感染試験による不活化率3.9logが得られた。ただし、in vitro試験による測定では同じ照射量でDAPI-P法においても、脱糞試験においてもオアシスト生存率の低下は得られなかった。UVによるオアシストの不活化測定はin vitro試験ではなく、マウス感染試験で行うべきである。	2.1.3 クリプトスポリジウム
3-2	Using UV to inactivate <i>Cryptosporidium</i>	Jennifer L. Clancy, Zia Bukhari, Thomas M.Hargy, James R.Bolton, Bertrand W.Dussert, and Marilyn M.Marshall	Journal AWWA, Vol. 92, No. 9, pp.97-104, 2000	ベンチスケールで中圧と低圧のUVランプをオアシストに照射し、効果を比較した。UVは3~33J/cm2の範囲で照射し、評価はマウス感染法に拠った。結果より、3mJ/cm2では、中圧ランプの場合、3.4logの不活化が達成され、低圧ランプの場合、3.0logの不活化が達成された。不活化効果について、両者の有意差は見られなかった。	2.1.3 クリプトスポリジウム

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概	要	ガイドライン
3-5	Low-pressure UV inactivation and DNA repair potential of <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts	Gwy-Am Shin, Karl G.Linden, Michael J.Arrowood, Mark D.Sobsey	Applied and Environmental Microbiology, Vol. 67, No. 7, pp.3029-3032, 2001	低圧水銀ランプの <i>Cryptosporidium parvum</i> に対する不活化効果と、DNA修復能を調べた。洗浄したオーシストをリン酸緩衝塩 (pH7.3, 25°C) に懸濁させ、低圧紫外線を照射した。実験の結果、細胞培養法による評価で $3\text{mJ}/\text{cm}^2$ で $3\log$ の不活化が達成された。また、 $1.2\text{mJ}/\text{cm}^2$ と $3\text{mJ}/\text{cm}^2$ 照射したオーシストについて、暗回復も明回復も確認されなかった。	2.1.3 クリプトスポリジウム	
3-7	Inactivation of <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts using medium- and low-pressure ultraviolet radiation	Stephen A. Craik, Daniela Weldon, Gordon R.Finch, James R.Bolton, Miodrag Belosevic	Water Research, Vol. 35, No. 6, pp.1387-1398, 2001	<i>Cryptosporidium parvum</i> オーシストに対する低圧及び中圧の水銀アークランプによるUV照射の効果について、コロメイトビーム装置を用いて調べた。オーシストの不活化は CD-1 新生マウスを用いて感染の減少として測定した。オーシストの不活化率は $10\text{mJ}/\text{cm}^2$ と $25\text{mJ}/\text{cm}^2$ とでそれぞれ $2\log$ 、 $3\log$ であった。高いレベルの照射線量において紫外線不活化曲線が水平になったり、テールリングを起こす原因については不明である。オーシスト不活化の最大測定値は $3.4 \sim 4.9\log$ であり、寄生生物の違いに依存していた。水のタイプや水温、懸濁しているオーシストの濃度やUV照射等はオーシストの不活化に対して大きな影響を与えなかった。	2.1.3 クリプトスポリジウム	
3-17	Relative efficacy of UV wavelengths for the inactivation of <i>Cryptosporidium</i>	Karl G.Linden, Gwy-Am Shin, Mark D.Sobsey	Water Environment Federation, 2000	本研究は $225 \sim 295\text{nm}$ の波長においてクリプトスポリジウムの不活化実験を行った。 $250 \sim 275\text{nm}$ の波長においては、高い不活化効率を得られたが、それ以外の波長においては、不活化効率が低いという結果を得られた。ゆえに、多色光の中圧ランプは、 254nm の単色光の低圧ランプに比べ、それほど大きなメリットがあるとは言えない可能性がある。	2.1.3 クリプトスポリジウム	
3-20	Inactivation of <i>Cryptosporidium parvum</i> with polychromatic UV systems	Alexander A. Moffidi, Helene Baribeau, James F. Green	AWWA Water Quality Technology Conference Proceedings, Vol. 2, 1999	パルスUVの実験では、 $16\text{mJ}/\text{cm}^2$ 又はそれ以上のUV線量で、 <i>C.parvum</i> を完全に不活化した ($3\log$ 以上)。中圧UVとパルスUVシステムの組み合わせによる実験では、 7.6 と $11\text{mJ}/\text{cm}^2$ のUV線量により、それぞれ <i>C.parvum</i> を $1\log$ と $2\log$ 不活化した。オーシストの不活化は、ヒト細胞培養試験法を用いた感染性減少により測定した。	2.1.3 クリプトスポリジウム	
3-22	Efficacy of UV irradiation Inactivating <i>Cryptosporidium parvum</i> Oocysts	Shigematsu Morita, Atushi Namikoshi, Tsuyosi Hirata, Kumiko Oguma, Hiroyuki Katayama, Shinichiro Ohgaki, Nobuyuki Oguma, Masahiro Fujiwara	APPLIDE AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Vol. 68, No. 11, 2002	感染性の $2\log$ の減少 (99% 不活化) に要する線量は、 20°C で約 $1.0\text{mWs}/\text{cm}^2$ であった。脱曇性に対しては、 $2\log$ 減少させるのに $230\text{mWs}/\text{cm}^2$ という極端に高い照射線量が必要であった。水温が 10°C 低下することにより、感染性が $2\log$ 減少するのに必要なUV照射線量の増加は 7% であった。UV照射後引き続き蛍光線照射や暗所で貯蔵を行っても感染性の回復は認められなかった。	2.1.3 クリプトスポリジウム	

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	ガイドライン
3-24	UV light inactivation of <i>Cryptosporidium</i> oocysts Animal infectivity studies demonstrate the efficacy of pulsed and advanced UV in inactivating <i>Cryptosporidium</i> oocysts.	Jennifer L. Clancy, Thomas M. Hargy, Marilyn M. Marshall, John E. Dyksen	Journal AWWA, Vol. 90, No. 9, pp.92-102, 1998	本研究では、 <i>C.parvum</i> を不活化できる、従来にはない紫外線照射装置に関する最初の研究であり、3種類のシステム(低圧UV、パルスUV、薄膜型UV)に関して実験を行い、不活化率を脱糞法、DAPI/PI法、動物感染試験法等を用いて評価を行った。	2.1.3 クリアトスホ リジウム
3-26	<i>Cryptosporidium</i> inactivation by low-pressure UV in a water disinfection device	A.C.Drescher, D.M.Greene, A.J.Gadgil	Journal of Environmental Health, October, pp.31-35, 2001	動物感染試験法を用いて、クリアトスホリジウムの不活化能力の試験を行った。脱糞した水道水を4gpm(15L/分)で通水し、120mJ/cm ² の照射線量でクリアトスホリジウムを不活化できることが確認された。	2.1.3 クリアトスホ リジウム
3-27	Assessing UV reactor performance for treatment of finished water	Z.Bukhari	Water Science Technology, Vol.47, No.3, pp.179-184, 2003	粒状活性炭でろ過後、直径30cmのUVリアクタに1kwの中圧ランプ4本で照射するパイロットプラント実験を実施した。処理水の流量は2,700L/minであった。12ヶ月にわたって観察し、照射を施すことによるインパクトを明確にするために、科学的測定(THM、HAA、HAA、UV254、DOC、TOC、金属、硝酸塩、亜硝酸塩)および物理的測定(ランプ電圧、流量、センサー計測数値)がモニターされた。本研究のデータを踏まえ、試験管感染分析評価は少量の紫外線照射(5mJ/cm ² -10mJ/cm ²)で、>3logsのクリアトスホリジウムの不活化を証明した。	2.1.3 クリアトスホ リジウム
3-3	Studies on the resistance/reactivation of <i>Giardia muris</i> cysts and <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts exposed to medium-pressure ultraviolet radiation	Miodrag Belosevic, Stephen A.Craik, James L.Stafford, Norman F.Neumann, Joop Kruithof, Daniel W.Smith	FEMS Microbiology Letters, Vol. 204, pp.197-203, 2001	異なる照射線量の中圧紫外線で、 <i>Giardia muris</i> と <i>Cryptosporidium parvum</i> オーストの回復について、感染評価によって生体外と生体内で調べた。UV処理後直ちに、室温、暗条件にて <i>G.muris</i> は1~4日、 <i>C.parvum</i> は1~17日保存した結果、生体外の実験では感染性の回復は起こらなかったが、生体内の実験では低い照射線量の場合(<25mJ/cm ²)、 <i>G.muris</i> はそれぞれ7回の照射のうち、3回は感染性の回復が見られた。60J/cm ² またはそれ以上の照射量では、 <i>G.muris</i> シスト、 <i>C.parvum</i> オースト共に抵抗性または回復性はみられなかった。これらの結果から、十分な線量を照射すれば不活化が確保できることが示された。	2.1.3 クリアトスホ リジウム, シアルジア
3-12	Low pressure UV inactivation of <i>Cryptosporidium</i> and <i>Giardia lamblia</i> based on infectivity assays and DNA repair of UV-irradiated <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts.	Gwy-Am Shin, Karl G.Linden, Gaetan Faubert, Mark D.Sobsey	AWWA, Water Quality Technology Conference Proceedings, Vol. 2, 2000	MDCK細胞培養に対する <i>C.parvum</i> oocyst 感染と、モンゴリアンアムレチネズミに対して <i>G.lambli</i> a cyst 感染の不活化の速度と範囲を様々な線量による低圧のUV照射により試験した。 <i>C.parvum</i> の感染率は3mJ/cm ² の照射線量以内で感染試験の検出限界である3logの不活化率に達した。 <i>G.lambli</i> a cyst の感染率は1mJ/cm ² 以内で4logの不活化率(検出限界)に達した。 <i>C.parvum</i> oocyst のUV照射により引き起こされたDNA損傷については、明・暗いずれの修復も認められなかった。	2.1.3 クリアトスホ リジウム, シアルジア

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概 要	ガイドライン
4-8	INACTIVATION OF <i>Cryptosporidium parvum</i> OOCYST IN WATER USING ADVANCED ULTRAVIOLET IRRADIATION	J.L.Clancy, M.M.Marshall, J.E.Dyksen	不明	実験でのUV照射によるクリプトオオシストの不活化を <i>in vitro</i> の脱嚢試験と動物細胞への感染性試験とで比較した。低圧ランプからの波長253.7nmのUVを照射しその線量としては14.58mW/cm ² であった。オオシストを添加した3回の実験から脱嚢試験による不活化率は2-Logであったのに対して、動物細胞への感染性試験では4-Log以上の不活化率が得られた。大量の試水からオオシストを捕捉し、回収する上で、実験上の工夫が必要であった。	2.1.3 原虫
4-9	INACTIVATION OF OOCYSTS OF <i>CRYPTOSPORIDIUM PARVUM</i> BY ULTRAVIOLET IRRADIATION	A.T.CAMPBELL, L.J.ROBERTSON, M.R.SNOWBALL and H.V.SMITH	不明	UV照射によるクリプトオオシストの不活化について、生活性染料アッセイと <i>in vitro</i> の脱嚢試験で評価した。消毒装置は2つのフィルターに捕捉されたオオシストに対して最大8748mWs/cm ² の線量のUVを照射できるように設計されている。その結果、2-Log以上の不活化率が得られ、それが示された。しかしながら得られた結果は1種類のオオシストに対するものであり、実用への適用にはさらなる検討が必要である。	2.1.3 原虫
4-14	「解説読み物」クリプトスポリジウム汚染と水道	平田強、橋本温、保坂三郎	水道協会雑誌、第54巻、第12号、平成7.12、p.2-p.10	平塚市の雑居ビルにおいて水道を介して461人の感染者が出たことから病原性原虫クリプトスポリジウムに関心が高まり執筆された総説的な解説。河川下流域において下水処理水などで高度に汚染された原水を利用する水道では、水道が感染症をばらまく機関になりかねないことを警告するとともに、早急に取り組むべき具体的課題を5項目挙げている。	2.1.3 原虫
5-5	Inter-laboratory Comparison of the CD-1 Neonatal Mouse Logistic Dose-Response Model for <i>Cryptosporidium parvum</i> Oocysts	D.G.Korich, M.M.Marshall <i>et al</i>	<i>JEU KARYOT. MICROBIOL.</i> ,4(3) 2000 pp.294-298	「クリプトスポリジウムオオシストに対するCD-1マウスの用量反応モデル？」オオシストを評価する方法としてマウスを用いた用量反応モデルを使用し、一般的脱嚢試験や活性染色試験、培養細胞実験との比較を行っている。	2.1.3 原虫
5-6	Comparative inactivation of <i>Cryptosporidium parvum</i> Oocysts and Coliphage MS2 by Monochromatic UV radiation	Gwy-Am Shin Karl Linden Mark D. Sobsey	<i>Water Environment Federation, 2000</i>	「単一波長の紫外線照射によるクリプトスポリジウムと大腸菌ファージの不活化」単一波長低圧紫外線ランプの照射量を変えていき、照射量とクリプトスポリジウム及び大腸菌ファージの不活化の関係を求めた実験結果に関する論文。(低圧水銀ランプを使用していることから、廃水処理での使用が前提にある。)また、クリプトスポリジウムの光回復、暗回復の可能性についても調査されている。	2.1.3 原虫
3-8	The effect of UV light on the inactivatoin of <i>Giardia lamblia</i> and <i>Giardia muris</i> cysts as determined by animal ineffectivity assay	Alexander A. Mofidi, Ernest A.Meyer, Peter M.Wallis, Connie I.Chou, Barbara P.Meyer, Shivaji Ramalingam, Bradley M Coffey	<i>Water Research, Vol. 36, pp.2098-2108, 2002</i>	この研究では、モンゴリアンアムレチネズミとCD-1マウスの感染性により、 <i>Giardia lamblia</i> と <i>Giardia muris</i> cysts の不活化に対するUV光線の効果を測定した。UV照射によるシストの感染能の減少は最確数法(MPN法)によって定量化した。実験はベンチスケールで、コリメートビームを低圧UVランプから照射した。 <i>G.lamblia</i> と <i>G.muris</i> シストはUV光線に対していずれも同様の感受性を示した。3mJ/cm ² では2log(99%)の不活化が観測された。飲料水のUV消毒は、UV照射の10倍以上を要求するウイルスを測定することによってコントロールすることができると考えられる。	2.1.3 ジアルシア

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概 要	カイトライン
3-9	The effect of UV irradiation on human-derived <i>Giardia lamblia</i> cysts	Andrew T. Campbell, Peter Wallis	Water Research, Vol. 36, pp.963-969, 2002	ヒト由来の <i>G.lambli</i> a シスト(アレチネズミを使って単離、培養した)に対するUV照射の効果。254nmの光線のプロトコルを用いて評価した。約10mJ/cm ² (9.3~11.7mJ/cm ²)のUV照射により2log(99%)以上の不活化が観察された。より高いUV照射(20~40mJ/cm ²)では、シストの3log(99.9%)以上が不活化した。到達したUV照射量を確認は、Rahn の臭化カリウム光量計を用いた化学的光量測定法により行った。PI/DAPI染色による生存試験と感染試験の間には相関は認められなかった。	2.1.3 ジアルジア
3-23	Inactivation of <i>Giardia muris</i> cysts using medium-pressure ultraviolet radiation in filtered drinking water	Stephen A. Craik, Gordon R. Finch, James R. Bolton, Miodrag Belosevic	Water Research, Vol. 34, No. 18, pp.4325-4332, 2000	Ontario 州のGrand 川の表流水を用いて、 <i>Giardia muris</i> に中紫外線を用いて照射試験を行った。C3h/HeN マウスを用いた感染性試験では、紫外線照射線量5~83mJ/cm ² にて、2log~3logの不活化が得られた。動物感染試験法に比べ、脱糞法や核酸染色法での不活化率はかなり低く評価された。	2.1.3 ジアルジア
4-16	文献抄録「ミクロスポルジア(微胞子虫)の低圧及び中圧紫外線による不活化	抄訳者 猪又 明子	水道協会雑誌、第7 2巻、第6号、平成 15.6、p.41-p.42	環境に耐性をもつ感染性芽胞を形成する真性細胞内寄生虫であるミクロスポルジアの不活化について低圧及び中圧紫外線照射により評価した。不活化の評価はウサギ腎臓による感染性で行った。低圧または中圧紫外線を6mJ/cm ² または9mJ/cm ² 照射した場合の不活化率は3.9Log以上、3mJ/cm ² 照射の場合の不活化率は1.6~2.0Logであった。	2.1.5 その他の微生物
1-9	UV disinfection for drinking water: candidate for available technology (有用な技術候補である浄水のUV消毒)	TROJAN	Trojan Technical Bulletin #52	総論/浄水のUV消毒の有用性PRとして、UV消毒技術の特徴紹介(消毒効果等)	2.1の参考
1-10	disinfection solutions (消毒対策)	TROJAN	TROJAN(インターネット)	総論/UV消毒技術の背景と技術的特徴紹介概要(歴史的背景、消毒効果等)	2.1の参考
3-29	Impact of UV disinfection on microbially available phosphorus, organic carbon, and microbial growth in drinking water	Markku J. Lehtola	Water Research 37, 2003	UV照射は、有機的に結合しているリンをオルトリン酸に変換し、自然の有機物質に分解することが知られている。204mWs/cm ² 以下のUV254照射で実験を行ったが、AOC(同化可能な有機炭素)、DOC、全リンの中身には影響を及ぼさなかった。	2.2 消毒副生成物
4-6	MICROBIAL AND CHEMICAL IMPLICATIONS OF USING ULTRAVIOLET IRRADIATION FOR TREATMENT OF BIOLOGICAL FILTER EFFLUENT	Mic H. Stewart, Cordelia J Hwang, Patric A. Hacker, Richard S. Yates, Roy L, Wolf	不明	浄水処理としての生物ろ過後の消毒方法としては、パイロット実験の結果から、AOCの増加、変異原性物質の生成、副生成物の生成がないことからUV消毒が最適であるとしている。26-66mW-s/cm ² の照射線量で従属栄養細菌の不活化率は4log以上であった。しかし、可視光線と暗状態での光回復は著しく、この範囲の線量では光回復を抑制するには不十分と思われた。コロド川水の場合AOCの増加は僅かであり、州配水の場合かなり増加した。9種類の副生成物の増加は見られなかった。病原性原虫類については触れられていない。	2.2 消毒副生成物

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ(UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	ガイドライン
4-1	Practical experiences with UV disinfection in the Netherland	J.C.Kruihof, R.Chr. Van der Leer and W.A.M.Hijnen	<i>J Water SRT-Aqua</i> Vol.41.No.2,pp.88-94, 1992	オランダでは1980年以來9ヶ処の浄水場にUV消毒が導入されており、後消毒としての有効性が実証されている。UV消毒によれば、生物分解性有機物の生成や変異原性を示すこともない。最小照射線量を120J/m ² とした場合のコストは僅か1US\$/2,000m ³ である。	2.2消毒副生成物6.4フランニングコスト
5-2	Effect of Various Disinfection Methods on the Inactivation of <i>Cryptosporidium</i>	Gordon R. Finch, Miodrag Belosevic	AWWA Research Foundation, 1997	「クリプトスポリジウムの不活化に対する各種消毒法の効果」 ・クリプトスポリジウムに対する各種消毒法の効果に関し、実験を行った結果をまとめたものであり、脱糞試験や感染性面から評価を行っている。また、各種消毒剤ならびにそれらの組み合わせの反応速度モデルの構築を行っている。ただし、紫外線に関する記述は少ない。	2.3.1 原虫
4-2	UV disinfection of drinking water and by-product formation -some basic consideration	C.von Sonntag and H.P.Schuchmann	<i>J Water SRT-Aqua</i> Vol.41.No.2,pp.67-74, 1992	UV照射の影響に関して基礎的な研究を行った。副生成物の生成など光化学的な影響の重要性について述べている。例として硝酸からの亜硝酸の生成について論じている。吸収係数と量子収率を組み入れた基礎式により副生成物量を簡単に予測できることを示した。高圧ランプによる多波長照射の場合ウリジンの漂白がアクティノメーターとして滴しているとしている。	2.3消毒副生成物。
3-11	UV disinfection systems for the inactivation of Cryptosporidium:evaluating practical implementation issues	Erin D. Mackey, Robert S. Cushing, Gil F.Crozes	Proceeding,AWWA Ann.Conf., Denver, 2000	4種類のUV装置を浄水場に設置し、200gpmで40mJ/cm ² 又はそれ以上のUV線量を照射し、2~4ヶ月テストした。低圧-高出力系では200gpmで供給されたユニットごとに不活化に関して最も効果的に実施した。低圧と低圧-高出力ランプ出力に関する温度の影響は、寒い季節に適用して考えなければならぬ。4つの異なる装置の光輝センサーの性能は、大きく変化し、UV線量を監視する上での精度と信頼性に大きな課題を残している。	3.2 紫外線ランプ 3.3.2 紫外線照射量の計測
5-1	Alternative Disinfection Technologies for Small Drinking Water System	Larry D. DeMers, Robert C. Renner	AWWA Research Foundation, 1992	「小規模浄水場(人口3300人以下対象(EPA定義))向け代替消毒技術」 ・小規模浄水場に、代替消毒技術を導入する際の解説書であり、消毒技術の概要、代替消毒法として、オゾン、二酸化塩素、紫外線の説明がなされている。紫外線の項では、紫外線の説明、照射量(GT値)のEPA基準(地下水対象)や、適用に当たっての水質と透過率の考え方が示されている。また、紫外線殺菌装置のランプなどの装置説明や運転方法から装置材質、維持管理の予算までかなり広範囲にわたって網羅されており、本WGIには、かなり手本となる文献である。ただし、アジアといった原虫類には効果が限られるとして、本解説書は対象原水を地下水としている。	3.2 紫外線ランプ 3.3.1 紫外線照射量と殺菌効果 3.4 紫外線装置例

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	カイトライン
2-3	Cost of advanced UV for inactivating crypto	John E. Dyksen, Marilyn M. Marshall, Arun Gera, and Jennifer L. Clancy	Jour. AWWA, Vol. 90, No. 9, pp 103-111, 1998	孔径2μmのフィルターとUVランプを組み込んだクリプト不活化装置 (CID)はUV照射量14.6mW*s/cm ² 、RT5分の条件で不活化率4Logが得られた。クリプトをフィルター表面に捕捉しUV照射するもので、二連となっており定期的に通水方向を逆転させ目詰まりを防止する。不活化率2Log~3Logのオゾンや二酸化塩素に比べ建設費、維持管理費共に高い(オゾンの二倍程度) *松澤所見:2μmフィルターでクリプト捕捉可能であるから、UVはいらないのではないかい?	3.3.1
4-7	NEWTECH Comparative evaluation of new techniques for wastewater disinfection	Cordinator M.Pommepuy	IFREMER, February 1998, p.5-p.19	下水の消毒について、オゾン、UV、過酢酸の効果について、ラボスケールおよびパイロットスケールの実験と比較検討した。糞便性大腸菌、糞便性連鎖球菌、大腸菌群に対しては過酢酸10ppm × 10min、UV照射線量35mWs/cm ² 、オゾン10g/m ³ × 10minで3Logの不活化率が得られた。ウイルスの不活化には過酢酸とUVはより多くのCT値あるいは線量を必要とした。ウイルスの不活化に大してオゾンはより効果的であった。コスト比較も行った。	3.3.1 紫外線照射量と殺菌効果
2-4	UV light inactivation of Cryptosporidium oocysts	Jennifer L. Clancy, Thomas M.Hargy, Marilyn M.Marshall, and John E. Dyksen	Jour. AWWA, Vol. 90, No. 9, pp 92-102, 1998	孔径2μmのフィルターとUVランプを組み込んだクリプト不活化装置 (CID)はUV照射量14.6mW*s/cm ² 、RT5分の条件で不活化率4Logが得られた(マウス感染試験)。また、パルス式UV照射装置(キセノンランプ、1~30Hzパルス発光、光源から2cm離れた光強度75mW/cm ²)では平均2.4Logの不活化率が得られた(in-vitro試験による)。一方、従来のUV殺菌装置(180mWS/cm ² LPランプ)ではクリプトの不活化は見られなかった(in-vitro試験による)	3.3.1, 3.3.2
1-2	ETV joint verification statement~ultraviolet radiation used in packaged drinking water treatment systems (ETV装置認定書:一連の浄水処理システムへのUV照射の適用)	CALGON CARBON CORPORATION OXIDATION TECHNOLOGIES	EPA/600/R-98/160VS May 1999	EPAサインなし装置認定書&EPAサイン入りETV装置認定書 EPA(環境保護局)とNSF(国立科学財団)は、EPAの環境技術検証プログラムに従って中圧式SentinelITMの性能評価を行った。本文中には、試験概要、水質分析結果が明記されている。本実験によりSentinelITMは、流速約215ガロン/分の処理水に対し、UV照射20mJ/cm ² 時に、動物感染性実験によつて3.9LogのCryptosporidium parvumの不活化効果を有する装置として評価を得た。ただし、UVセンサー、自動洗浄装置、については改善するように指導があった。	3.3.2
5-7	An assessment of the bioassay concept for UV reactor validation	Harold B Wright, Yuri A.Lawryshyn	Water Environment Federation, 2000	「紫外線装置の検証の際のバイオアッセイによる評価」近年、計算流体力学が、紫外線装置線量の分布を予測できる、最善かつ唯一の方法と言われている。本研究では、様々な装置における紫外線照射線量分布を予測し、不活化が一次反応であると仮定し、文献により得た不活化定数を用いてCryptosporidium, E.Coli, rotavirus MS2バクテリアファージ、の不活化率の推定を行った。また、2相性の紫外線の用量一応答曲線を用いて、廃水中の糞便性大腸菌群の不活化の推定を行った。バイオアッセイ法を用いて、装置を評価する場合、評価を行う微生物と実験で用いた微生物が同じような不活化機構を有するかどうかに注意を払わねば、必要紫外線照射量を見誤る可能性があることが確認され、修正したバイオアッセイ手法を適用する必要がある。	3.3.2 紫外線照射量の計測

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	ガイドライン
3-19	Status Of UV Disinfection of Municipal Drinking Water Systems In North America	Thomas Hargy	Water Conditioning & Purification, June, 2002	北アメリカにおける浄水場へのUV消毒施設の導入は14カ所及び、設計水量は2~1840mgdである。	3.4 紫外線装置例
4-17	HOW particles affect UV light IN THE UV DISINFECTION OF UNFILTERED DRINKING WATER	JASON CHRISTENSEN AND KARL G. LINDEN	JOURNAL AWWA APRIL 2003 p.179-P.189	濁度10ntuまでの未ろ過水に紫外線照射する場合の懸濁粒子の光透過と吸収に及ぼす影響について考察した。UV反応槽へ流入する濁度が変動するとUVエネルギーの有効な伝達が阻害される。UV光は水中の懸濁粒子によって散乱されるので吸収の測定法により結果は異なってくる。直接法での測定値に基づいて反応槽を設計するとは積分形式での測定値に基づいた場合より過大となる	4.2.1 前塩素処理代替としての適用
3-13	Factors Influencing Ultraviolet Disinfection Performance Part 1:Light Penetration to Wastewater Particles	Frank J. Loge, Robert W. Emerick, Donald E. Thompson, Douglas C.Nelson, Jeannie L. Darby	Water Environment Research, Vol. 71, No. 3, pp.377-381, 1999	廃水固形物のUV吸収や内部分散特性の測定技術について調査した。固形物の吸光度は3,300~569,000cm ⁻¹ のレンジ幅である。観察された極端に高い吸光度は、UV光線は固形物を通しての伝達ではなく、多孔性の粒子の場合にのみ粒子を透過することができることを示唆している。また照射されたUV光線を完全にブロックする粒子もある。より長い波長のUV光線は、短波長のUV光線よりも粒子の透過性がよいことが観察された。	4.3 SSSの影響
3-28	Removal of microbes from municipal wastewater effluent by rapid sand filtration and subsequent UV irradiation	R.L.Rajala	Water Science Technology, Vol.47, No.3, pp.157-162, 2003	フィンランドの4カ所の下水処理場にてパイロットプラントによる実験結果、PACによる前処理と砂ろ過を組み合わせたことにより、UV照射の効率が高まり、その効率を最大20%まで改善することができた。UV照射強度140mWs/cm ² にて、99.9%以上のMS2除去が可能であった。なお、砂ろ過およびUV照射による処理は、いずれの場合も全ての微生物物を減じることが可能で、場合によっては分析の限界まで生物除去が可能であった。	4.4 プロセス設計上の留意点 (PACと砂ろ過での前処理の影響[下水])
3-11	UV disinfection systems for the inactivation of Cryptosporidium:evaluating practical implementation issues	Erin D. Mackey, Robert S. Cushing, Gil F.Grozes	Proceeding,AWWA,Ann.Conf., Denver, 2000	4種類のUV装置を浄水場に設置し、200gpmで40mJ/cm ² 又はそれ以上のUV線量を照射し、2~4ヶ月テストした。低圧-高出力系では200gpmで供給されたユニットごとに不活化に関して最も効果的に実施した。低圧と低圧-高出力ランプ出力に関する温度の影響は、寒い季節に適用して考えなければならぬ。4つの異なる装置の光センサーの性能は、大きく変化し、UV線量を監視する上での精度と信頼性に大きな課題を残している。	4.5 装置設計上の留意点
3-30	UV reactor conceptualization and performance optimization with computational modeling	Marc-Olivier Buffle	Water Environment Federation, 2000	紫外線照射装置内における照射量は照射強度と照射時間の積により求められる。しかし、実際には、短絡流等の影響があるので、理論値よりは、少ない値しか得られない。実際に有効な紫外線量を求めるには、詳細な装置内の流動を把握する必要がある。紫外線の消毒数値解析モデル(CoDIM)により、様々なタイプの紫外線照射装置を検討し、パイオアッセイの結果と比較した結果、高い相関性が得られた。	4.5 装置設計上の留意点 (消毒数値解析モデル)

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概	要	ガイドライン
4-5	UV technology for water supply treatment	William L. Cairns	Water Supply, Vol.13, Nos 3/4, Osaka, pp.211-214, 1995	UV消毒は塩素のような化学的な消毒と異なり、問題のある副生成物を生じない消毒方法である。本報では化学的消毒方法との比較を行っている。照射線量20mW.s/cm ² における細菌、ウイルスの不活化率は示されていないが病原性原虫類のナニタはない。実施への適用にあたって考慮すべき因子が挙げられている。	4.5プロセス設計上の留意点	
3-15	UV disinfection costs for inactivating <i>Cryptosporidium</i>	Christine A. Cotton, Douglas M. Owen, Gary C. Gline, Timothy P. Brodeur	Journal AWWA, June, pp.82-94, 2001	本報では、既存の浄水処理施設において、浄水池の前段で急速ろ過水をUV消毒するように改造した場合の、建設費、運転管理費、年間総経費の試算結果について述べる。ここでは、これまでの研究結果を踏まえ、クリプトスポリジウム不活化率2logを得るためには紫外線照射強度として40mJ/cm ² を要するとして、対象ろ過水水质と処理水量に応じたコスト試算を行った。	5.1 イニシヤルコスト 5.2 ランニングコスト	
2-1	Practical Aspects of UV Disinfection	Erin D. Mackey, Robert S. Cushing and Gil. F. Crozes	AWWA Research Foundation and American Water Works Association, 2001	各章に分かれた一冊のUVに関する成書。主な内容は4種のUV照射システムの長期性能比較。クリプト、ジアルジアを2Log以上不活化するUV照射量として40mW・s/cm ² を選定しコスト比較した。造水コストは膜処理に比べおよそ1/7程度と見込める。(松溪所見:もう少し詳しく読んで内容をまとめます)	5.1, 5.2, 5.3	
2-3	Cost of advanced UV for inactivating crypto	John E. Dyksen, Marilyn M. Marshall, Arun Gera, and Jennifer L. Clancy	Jour. AWWA, Vol. 90, No. 9, pp 103-111, 1998	孔径2μmのフィルターとUVランプを組み込んだクリプト不活化装置 (CID) はUV照射量14.6mW*s/cm ² , RT5分の条件で不活化率4Logが得られた。クリプトをフィルター表面に捕捉しUV照射するもので、二連となっており定期的に通水方向を逆転させ目詰まりを防止する。不活化率2Log~3Logのオゾンや二酸化塩素に比べ建設費、維持管理費共に高い(オゾンの二倍程度) *松溪所見:2μmフィルターでクリプト捕捉可能であるから、UVはいらないのではないか?	5.1, 5.2, 5.3	
2-5	UV disinfection of small groundwater supplies	Marc J. Parrotta and Faysal Bekdash	Jour. AWWA, Vol. 90, No. 2, pp 71-81, 1998	UV殺菌装置は小規模浄水場においてコスト競争力がある。例えばUV照射量40mW・s/cm ² の場合、処理量90m ³ /d規模ではオゾン1mg/lに比べ1/8程度の造水コストである。UV照射量140mW・s/cm ² , 7000m ³ /dでオゾン1mg/l処理と同等になる。クリプト不活化については1996年のSafe Water Solutions の資料を基にUV照射量8000mW・S/cm ² 以上で3Log以上が得られるとされている。	5.2, 5.3	
1-11	UV treatment technology description (UV処理技術概要)	不明	1-Apr-01	総論/UV処理技術概要(装置特徴、維持管理等)	5.2の参考	

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概 要	ガイドライン
5-1	Alternative Disinfection Technologies for Small Drinking Water System	Larry D. DeMers, Robert C. Renner	AWWA Research Foundation, 1992	「小規模浄水場(人口3300人以下対象(EPA定義))向け代替消毒技術」・小規模浄水場に、代替消毒技術を導入する際の解説書であり、消毒技術の概要、代替消毒法として、オゾン、二酸化塩素、紫外線の説明がなされている。紫外線の章では、紫外線の説明、照射量(CT値)のEPA基準(地下水対象)や、適用に当たったの水質と透過率の考え方が示されている。また、紫外線殺菌装置のランプなどの装置説明や運転方法から装置材質、維持管理の予算までかなり広範囲にわたって網羅されており、本WGには、かなり手本となる文献である。ただし、リアルシアといった原虫類には効果に限られるとして、本解説書は対象原水を地下水としている。	5.コスト
4-4	INACTIVATION OF HEALTH-RELATED MICROORGANISMS IN WATER BY DISINFECTION PROCESSES	Mark. D. Sobsey	Wat.Sci.Tech.Vol.21, No.3,pp.179-195,1989	水系病原性微生物の消毒に関するこの時点で文献レビュー。微生物種、生育環境、水質、水温、消毒剤・消毒方法、攪拌その他の条件に項目を分けて論じている。消毒全般については良い資料であるが、病原性原虫についてはデータ不十分で参考にならない。	6.塩素消毒との比較
4-5	UV technology for water supply treatment	William L.Cairns	Water Supply, Vol.13, Nos 3/4, Osaka, pp.211-214, 1995	UV消毒は塩素のような化学的な消毒と異なり、問題のある副生成物を生じない消毒方法である。本報では化学的消毒方法との比較を行っている。照射線量20mW.s/cm2における細菌、ウイルスの不活化率は示されているが病原性原虫類のデータはない。実施への適用にあたって考慮すべき因子が挙げられている。	6.塩素消毒との比較
2-2	Effects of UV irradiation on organic matter	Jeffrey P. Shaw, James P.Malley Jr., and Susan A. Willoughby	Jour. AWWA, Vol. 92, No. 4, pp 157-167, 2000	表流水及び地下水に130 mW-s/cm2 のUV照射したが、水中の30日BDOC、5日AOCを増加させることは無かった。特殊な樹脂吸着剤を用いて原水成分を親水性、疎水性に分離した場合も結果は同様であった。	6.2
1-1	Inactivation of <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts in drinking water Calgon Carbon Corporation's Sentinel™ Ultraviolet Reactor (Sentinel™ による浄水中のクリプトスポリジウムオオシストの不活化)	(編著) C.Bruce Bartley, Carol A.Becker, NSF international	EPA/600/R-98/160 May 1999	認定報告書/浄水中のクリプトスポリジウムオオシストの不活化について、Sentinel™ システムを用いて実験を行った。本文献では、背景、実験概要、試験要領、実験・分析・評価方法、維持管理等が詳細に述べられている。本実験より、照射量20mW-s/cm2において、不活化率3.9Log(動物感染性試験で評価)という評価を得た。COA及びNSFはこのシステムについて一部改善措置を取り、別途改善部分について装置の認定テスト実施を求めることになる。	(参考)
1-4	K-Series disinfection systems for municipal drinking water systems (浄水用WEDECO社大規模用低圧式紫外線消毒装置Kシリーズカタログ、浄水用カルゴン・カーボン社 Sentinel™ Ultraviolet Reactor ちらし)	WEDECO Ideal Horizon	不明 不明 journal AWWA 2002 2月	WEDECO社大規模用低圧式紫外線消毒装置Kシリーズカタログ(浄水用)及びjournal AWWA 2002 2月号の宣伝 カルゴン・カーボン社 Sentinel™ Ultraviolet Reactor ちらし(浄水向け)	(参考)

UV消毒関連文献リスト e-Water 第2研究グループ 第3ワーキンググループ (UV消毒)

No	タイトル	著者名	出典	概要	コメント
1-13	An assay combining cell culture with Reverse Transcriptase PCR to detect and determine the infectivity of waterborne <i>Cryptosporidium parvum</i> (逆転写酵素PCR試験を用いた培養細胞分析による水系クリプトスポリジウムの感染性測定)	Paul A.Rochelle, Donna M. Ferguson, Troy J. Handojo, Ricardo De Leon, Mic H. Stewart, Roy L.Wolfe	Applied and Environmental Microbiology May.1997,p.2029-2037	逆転写酵素PCR試験を用いた培養細胞分析による水系クリプトスポリジウムの感染性測定 水系クリプトスポリジウムの感染性測定培養細胞株 (CaCo-2株)の単相細胞層にオースト接種し、顕微鏡のスライド上で培養後、mRNAから抽出し、競走型クワンパク質70 (hsp70)遺伝子をプライマーとしてクリプトスポリジウムに特異的な転写酵素PCRを用い、感染性評価を調査した。PCRの実用性について確認し、培養細胞法による分析の可能性を示した。	(参考)
1-15	A most probable number assay of enumeration of infections <i>Cryptosporidium parvum</i> (感染性クリプトスポリジウムオーションス計数のための最確数分析)	Theresa R.Slifko, Debra E.Huffman, Joan B.Rose	Applied and Environmental Microbiology Sep.1999,p.3936-3941	細胞感染法による感染性オーションスの評価に付け加えて、スポロイド嚢生体や集落といった生オーションスの定量を追加したFDM-MPN法分析と動物感染性試験において、両者ともに不活化率4Logを得た。よって浄水システムや多くの他の水質検査機構は日常的な研究にFDM-MPN分析を利用することができる。	(参考)
1-16	UV rises to the <i>Cryptosporidium</i> challenge (紫外線によるクリプトスポリジウム対策)	Jennifer L Clancy, Ph.D.	WATER21 october 2000	アメリカで進む、浄水のクリプトスポリジウムの不活化技術である紫外線を認定する動きについて	(参考)
1-17	Disinfection developments (消毒の進歩)	(インタビュー記事)	WATER21 april 2002	最近の消毒技術の発展について(インタビュー記事)	(参考)
1-18	Practical Consideration in the Use of UV light for drinking Water Disinfection (浄水消毒に対する紫外線光使用の実用面での検証)	Sam Jeyanagam, Ph.D., P.E., EE	CASE/ASCE joint conference an international perspective on environmental engineering	総論 / 浄水に対する紫外線消毒の基本事項 消毒機構、装置特徴、維持管理等の概要	(参考)
4-3	Process Selection for Potable Reuse Health Effects Studies	William .Lauer, Stephen E., Rogers, Anthony M., LaChance, and Myron K. Nealey	JOURNAL AWWA NOVEMBER 1991 p.52-P.63	米コロラド州デンバー市では過去20年間にわたって、下水処理水を直接飲料水として再生する研究を行ってきた。10年間以上パイロット実験を行い、その後1mgd規模の実規模施設を建設し評価を行ってきた。再生処理プロセスには微生物に対する多重のバリアとしてRO膜処理とともにUV消毒が組み込まれている。	UV消毒に関するデータなく不採用
5-4	The effect of UV Transmission, suspended solids and photoreactivation on microorganisms in wastewater treated with UV light	G.E.Whitby G.Palmateer	Water Science and Technology Vol 27 No3-4 pp379-386,1993	「紫外線を用いた廃水処理に与える紫外線透過率、懸濁物質、光回復の影響」 ・二次処理水中の大腸菌群を対象とした紫外線殺菌の実験結果をまとめたもの。 あくまで廃水を対象とした結果であるため、そのまま引用はできない。	特になし

WG 3 - 2 EPA 紫外線消毒ガイダンスマニュアル
(本文翻訳)

20031366

以降 P435-P580は下記をご参照下さい。

「環境影響低減化浄水技術開発研究(e-water)」
第2研究グループ委員会
第3部会(UV 消毒ワーキンググループ)資料

EPA UV 消毒ガイダンスマニュアル

2004年3月

原典： EPA Ultraviolet Disinfection Guidance Manual

EPA 815-D-03-007, June 2003, Draft

注)本資料はe-Waterプロジェクトでのワーキンググループ研究活動の一環として、EPAのUV消毒ガイダンスマニュアルの本文部分を翻訳したものであり、EPAより正式な翻訳の許可をもらっているわけではないので、本資料の取り扱いについては原則として社内資料とすること。

IV 第4部会（機能改善・改善事例調査WG）

目 次

1. はじめに-----	581
2. 研究概要 -----	581
2.1 研究テーマ -----	581
2.2 研究実施体制 -----	581
2.3 活動内容 -----	581
2.4 活動報告 -----	582
3. 平成 15 年度の研究報告 -----	583
3.1 ACT21 第 6 研究グループ成果のレビュー -----	583
3.1.1 各年度報告書レビュー -----	583
3.1.2 機能改善・改造事例調査WGにおける機能改善の考え方 -----	594
3.2 文献調査 -----	594
3.2.1 文献検索方法 -----	594
3.2.2 文献検索結果 -----	595
3.2.3 文献抄録 -----	595
3.3 アンケート調査 -----	604
3.3.1 調査目的 -----	604
3.3.2 アンケート方法 -----	604
3.3.3 アンケート結果 -----	606
3.3.4 まとめ -----	613
4. 平成 16 年度の研究計画 -----	615
添付資料 -----	617
・添付資料－① 配布アンケート-----	619
・添付資料－② アンケート結果一覧-----	627

1. はじめに

近年では、高度成長期に多く建設された浄水場が老朽化による更新時期にかかっており、各浄水場とも更新・改良工事の必要性が増えてきている。一方、浄水施設の更新事業を取り巻く状況は、水需要動向の変化、原水水質の変化、新しい水道施設基準の制定、水道水質基準の改訂、経済情勢の変化など様々な面で大きく変化してきている。浄水施設の更新・改良事業はこれらの状況を十分考慮した上で必要とされる処理機能を十分に満たし、かつ経済的な更新計画とすることが求められている。さらに、最近では地球温暖化問題を始めとする様々な環境問題への対応の重要性が増してきており、全国の電力の 0.8% を消費している水道事業としても、環境影響負荷低減へ向けた積極的施策が求められてきている。

このような背景のもと、第 4 部会（機能改善・改造事例調査WG）においては、「浄水施設における機能改善や改造事例についての事例調査」をテーマとして掲げ、文献調査およびアンケート調査等を実施して、環境影響負荷低減に係わる更新、改造、改良の事例を収集するものとした。得られた事例調査結果については、事例の傾向分析、効果分析（特に環境影響低減面について、第 2 部会（評価手法WG）にて検討されている評価手法等を活用することも検討）などを行い、課題の抽出・整理をすることで、事業体における今後の施設更新に関する何らかの提言ができればと考えている。

平成 15 年度は、主に文献調査およびアンケート調査による事例収集を行ったので、その結果について報告する。

2. 研究概要

2. 1 研究テーマ

浄水施設における機能改善夜会造次例についての事例調査

2. 2 研究実施体制

学識経験者	京都大学大学院	津野教授
担当企業委員	ウェルシイ（無類井）、クボタ（布）、月島機械（山根）、東京設計事務所（水船）、東芝（金子）、ダ'イセン・インフレーション・システムズ（阿瀬）、ワセダ技研（北田） 以上 7 社	

2. 3 活動内容

機能改善や改造を実施している事業体へのアンケート調査やヒアリング及び文献調査などにより事例調査を行い、得られた情報の整理と解析・評価を行う。