

歯科用ユニット給水系の細菌汚染の実態及びその対策の有効性および経年的経過に関する研究

矢島孝浩 米山武義¹⁾

やじま歯科医院 1)米山歯科クリニック

概要

歯科用ユニット給水系；(Dental Unit Water Lines, DUWL)の細菌汚染問題が近年報道されているが¹⁾、本研究ではその実態を解明するとともに有効な対策を探ることを目的とした。2009年から2015年まで79歯科施設、173台のユニットの3wayシリンジおよびうがい用給水口より治療水を採取し、1ml中の細菌数を調査した。汚染対策としてエピオス社製残留塩素補正消毒システム(エコシステム)を設置した後の治療水の細菌数を調査した。また経年的変化についても追跡した。水道法に適合する1ml中の細菌数が100個/ml以下のユニットは34台、そのうち細菌数が0個/mlのユニットはわずか16台にすぎなかった。細菌数は0～ 2.1×10^6 個/mlまでばらつきがあり、平均値は69291個/mlであった。エコシステム使用後の全173台のユニットの細菌数は0個/mlであった。経年的変化について追跡した施設は23施設であるが、2013年より1年ごとに細菌数を計測したがいずれの施設においても細菌数は0個/mlであった。本システムはRO水(逆浸透膜処理され、不純物を除去した水): reverse osmosis(RO) membrane water とローブロム塩(低臭素塩)、ごく微量の希塩酸を電気分解し、水道水に自動的に添加することで有効残留塩素濃度を高め(日常診療においては有効残留塩素濃度20ppmにて使用する)、飲用可能で殺菌力を有する治療水を院内に供給できる。その際に全配管、バルブ類を耐薬品性のものに交換する。

このことで DUWL 中の細菌の発生を抑えることが可能となる。以上の結果本システムは DUWL の細菌汚染対策に極めて効果的であることが示唆された。

索引用語；DUWL 問題．歯科ユニット汚染．残留塩素補正消毒システム．有効残留塩素

緒言

近年歯科用ユニット給水系（Dental Unit Water Lines；DUWL）の細菌汚染が問題（DUWL 問題）となっている¹⁾．アメリカ合衆国歯科医師会（American Dental Association，ADA）において DUWL 問題はきちんと認識され，国民および会員に情報が伝達されており対策も伝達されている．本邦においては今里らがデンタルユニット給水系の汚染とその防止としてポリウレタン系チューブ配管の場合の給水系の細菌数と柔軟フッ素コートチューブ配管の細菌数の比較検討を発表したが，柔軟フッ素コートチューブ配管に交換しても非常に多数の細菌が含まれているという結論であった²⁾．DUWL の細菌汚染に言及することは日本では未だにタブー視されているように思われる．DUWL の細菌汚染は歯科治療時および口腔ケア時において治療水からの感染，患者相互感染，菌血症，飛沫感染等の危険性が懸念される．そこで我々は DUWL における 3 way シリンジおよびうがい用給水口より排出される水を採取し，その中の細菌数を調査し，汚染対策としてエピオス社製残留塩素補正消毒システム（エコシステム）を使用した後の治療水の細菌数，そしてその経年的変化について調査した．

方法

本研究は歯科診療所におけるユニット給水中の細菌量を残留塩素補正消毒システム導入前後で比較した，前後比較研究である．

給水採取方法及び細菌数検査方法

1) 残留塩素補正消毒システム設置前

残留塩素濃度補正システム導入予定の日本国内の一般歯科医院で，本研究に関する説明を受けて協力した歯科医院において 2009 年から 2015 年まで 79 施設，173 台の歯科用ユニット給水系より排出される水（以下治療水）を採取した．治療水を 3 way シリンジおよびうがい用給水口より 120 ml 採取し，図 1 に示す容器に封入し，図 2 に示す手順にてクール宅配便にて検査機関に送付して 1 ml 当たりの一般細菌数を調査した．協力した歯科医院の都道府県別の内訳を表 1 に示す．細菌検査は(株)ビー・エム・エル（厚生労働大臣登録機関第 184 号；さいたま市）が水質基準に関する省令に基づき，厚生労働大臣が定める方法に基づいて行った（平成 15 年 7 月 22 日厚生労働省告示第 261 号）．治療水の採取は診療時間内に行い，日常診療における治療水使用条件下での一般細菌数を計測した．

図（1）

図（2）

表（1）

2) 残留塩素補正消毒システム設置後

治療水汚染対策としてエピオス社製残留塩素補正消毒システム（エコシステム）を導入した後の治療水の細菌数を同様の方法にて検査し，導入以前のものと比較検討した．

なお治療水の採取は本システムの中で最も配管距離が長いユニットより行った。この時に有効残留塩素濃度のチェックはヨウ化カリウムでん粉紙にて行い、有効残留塩素濃度 20ppm を有することを確認している。

3) 経年的変化

治療水中の細菌数の経年的変化についても同様の調査方法にて一年ごとに調査した。

結果

1) 残留塩素補正消毒システム設置前

2009 年から 2015 年まで 79 施設, 173 台のユニットより治療水を採取した。そのうち細菌数が 0 個/ml のユニットは表 2 と図 3 に示すようにわずか 16 台にすぎなかった。0～ 10^2 個/ml が 18 台, 10^1 ～ 10^3 個/ml が 19 台, 10^3 ～ 10^4 個/ml が 58 台, 10^4 ～ 10^5 個/ml は 45 台, 10^5 個/ml 以上は 22 台であった。細菌数は 0～ 21×10^6 個/ml までばらつきがあり、平均値は 69291 個/ml であった。よって水道法の基準を満たしているものは 34 台であった。医療機関として使用可能な細菌を含まない治療水は表 3 と図 4 に示すようにわずか 9% であった。

表 (2)

図 (3)

表 (3)

図 (4)

2) 残留塩素補正消毒システム設置後

残留塩素濃度補正システム設置後の治療水の細菌数はすべての医院において「0」個/mlであった。

3) 経年的変化

経年的変化については79施設中23施設で追跡調査を行った。本システムより最も配管距離が長いユニットの治療水を採取し、2013年より1年ごとに一般細菌数を計測した。2010～2015年度導入医院まで1年ごとに計測し、いずれの施設においても2017年度まで一般細菌数は「0個/ml」であった。またNPO法人POIC研究会では2013年より歯科治療水安全施設を認定しているが、その基準は歯科治療水において一般細菌数が0個/ml、有効残留塩素を10ppm以上有することと定め、年一回以上細菌検査を義務付けている。2014年より認定を開始し、2017年9月末現在認定施設数235施設において歯科用ユニットより排出される一般細菌数が0個/mlであることが確認され、更新されている。全施設有効残留塩素濃度補正消毒システムを有しており、1年ごとの細菌検査及び有効残留塩素濃度測定を行い、同時に末端での有効残留塩素濃度を20ppm有していることを確認している。更新されたすべての施設において細菌数が0個/mlであった。内訳は2014年37件2回更新、2015年99件1回更新(2件未更新)、2016年147件(6件未更新)、2017年202件(8件未更新)であった。すなわち2017年9月末時点において3年間以上37件、2年間以上97件、1年間以上194件それぞれすべての施設において無菌状態および末端での有効残留塩素濃度が維持されている。

考 察

日本国内の歯科用ユニットより排出される歯科用治療水は予想以上に細菌に汚染されていることが示唆された。またこれはユニット配管をポリウレタン系チューブから柔軟フッ素コートチューブに交換しただけでは細菌汚染を解決できないことが明らかである²⁾。さらにポリウレタン系チューブではポリオール・アミン類などの発がん物質の発生も問題となる。DUWL中の細菌繁殖および排出の原因としてはサックバック現象による細菌の逆流、逆流防止弁が設置はされているが、エアータービン等切削器具類、ユニットマウントタイプの超音波スケーラーなどへの血液や唾液の付着および停滞、それによるDUWL内部への細菌流入、歯科用ユニットの複雑な配管形態など構造上水流が停滞しやすいこと³⁾、フィルターによる残留塩素濃度の低下、夜間の水流停止による汚染の可能性^{4,5)}、DUWL配管内部の汚れ、DUWL内部に付着したバイオフィルムの存在⁶⁾などが考えられる。さらにフィルターによる殺菌効果は無いと報告されている⁴⁾。本システムはRO水とローブロム塩、ごく微量の希塩酸を電気分解し、水道水に自動的に添加することで有効残留塩素濃度を高め（診療時通常 20ppm）、飲用可能で殺菌力を有する治療水を院内に供給できる。さらに全配管、バルブ類を耐薬品性のものに交換する。このことで末端まで有効残留塩素濃度が低下せずに補正濃度を維持して20ppmにて供給でき、継続的にDUWL中の細菌の発生を抑えることが可能となる。また高橋の報告⁷⁾によると配管を交換しない場合には最終的に有効残留塩素の低下が起こる（有効残留塩素濃度を15ppmに補正して流した場合で配管最終点では2～10ppmに低下している）ため、効果の低下が考えられる。本システム設置後の治療水の細菌数はすべての施設において0個/mlであった。さらに

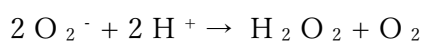
本システムにおいては経年的にも効果が維持でき、細菌数が 0 個 / ml であった。また、歯科治療水中の有効残留塩素濃度も経年的にも 20 ppm で維持されていた。

残留塩素補正消毒システム設置(エコシステム)

残留塩素濃度補正消毒システムは RO 水とローブロン塩、ごく微量の塩酸(原液中濃度 0.05%)を電気分解し、水道水に自動的に添加することで有効残留塩素濃度を高め、殺菌力を有する治療水を院内に供給できる。残留塩素濃度は 10, 20, 40 ppm にそれぞれ調節できるが、通常診療時には 20 ppm にて使用し、飲用可能な治療水となっている。なお本邦においては水道法施行規則(昭和 32 年 12 月 14 日厚生省令第 45 号)により給水栓における水道水が有効残留塩素濃度を 0.1 ppm 以上保持するように定められている⁸⁾。さらに本システム設置工事時において本システムより診療室内に供給される治療水の供給配管をすべてクリーンパイプ(内部を鏡面仕上げした塩ビ管)に交換し、補正された治療水が図 5 に示すように歯科用ユニットをはじめ手洗い水道栓、技工室などに供給されるように改善し、ユニット内も本システム導入以前に付着した全てのバイオフィルムを除去するため、全ての配管を耐薬品性チューブに、バルブ、パッキン類も耐薬品性のものに交換することで配管内での新たなバイオフィルムの発生を抑え、有効残留塩素濃度を維持し、システムにて補正された有効残留塩素濃度の治療水を全ユニットに濃度が落ちることなく均等に供給でき(バイオフィルムの付着があるとそこで有効残留塩素が消費されてしまう)、経年変化も抑えることが出来る。なお本システムによって生成された治療水の殺菌成分は次亜塩素酸が主体であり、次亜塩素酸ナトリウムではない。次亜塩素酸は生体免疫機構の中で重要な役割を有し、すなわち好中球に

よる細菌など異物の貪食時の主要殺菌因子が次亜塩素酸である。好中球は以下のメカニズムで次亜塩素酸を生成する⁹⁾。

活性化した好中球は NADPH オキシダーゼにより酸素を還元してスーパーオキシド (O_2^-) を生成し、続いてスーパーオキシドジスムターゼ (SOD) により O_2^- を過酸化水素 (H_2O_2) に変換する¹⁰⁾。



さらにミエロペルオキシターゼ (MPO) により、 H_2O_2 と Cl^- から次亜塩素酸を生成する¹¹⁾。

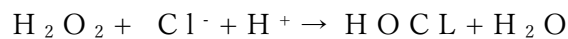


図 (5)

結論

多くの歯科医院において DUWL から多数の細菌が検出され、水道法に適合する医院は 19% であった。さらに細菌数 0 個 / ml の医院はわずか 9% にすぎなかった。平均細菌数は 69291 個 / ml であった。医療に使用するすべての「水」は細菌が含まれないことが必須であるため、多くの歯科医院にて治療水の細菌汚染対策が取られる必要がある。本システムを使用することで細菌数は 0 個 / ml となることが確認された。さらに経年的にも効果が継続していることが実証された。このことより本システムは DUWL の細菌汚染対策に極めて効果的であることが示唆された。さらに有効残留塩素濃度を 20 ppm 有することで、術野の連続的な除菌効果が期待でき、治療成績の向上、菌血症の防止、患者相互の細菌感染の防止が可能である。さらに飛沫感染の予防にも寄与でき、歯科医療従事者の感染防止対策にも有効なシステムであるといえる。

- 参考文献； 1)読売新聞夕刊；2015年8月27日第9面
- 2)今里 聡, 藪根 敏晃, 恵比須 繁之, デンタルユニット給水系の汚染とその防止, 日本歯科医師会雑誌 Vol.61 No.9 2008
- 3)玉沢 かおる, 八木 一枝, 堀内 博：歯科用ユニット給水系の部位別にみた汚染状況．日歯保存誌 28：243-248, 1985
- 4)高尾 八重子, 豊田 政子, 祐井 智美, 内野 富美子, 才野原 照子：タービンより供給される水の汚染原因の調査, フィルター通過前後の水の塩素濃度の変化. 広歯誌 29:120-123, 1997
- 5)Hirata, T., Tosa, K., Kawamura, K., Nakajima, J., Kaneko, M., Taguchi, K., Heterotrophic bacteria in chlorinated drinking water distribution systems : Detection and identification. Water Science Technol. 27 : 155-158, 1993
- 6)Mayo, J.A., Oertling, K.M., Andrieu, S.C. : Bacterial biofilm : A source of contamination in dental airwater syringes. Clin.Prevent.Dent.12 : 13-20, 1990
- 7)高橋 進：歯科治療水の水質調査と水質向上に対する対策．口腔衛生会誌 J. Dent. Hlth. 51：29-36, 2001
- 8)厚生省；衛生行政六法，新日本法規出版，1119-1159頁，東京，1992，
- 9)次亜塩素酸の科学－基礎と応用－，福崎智司，米田出版，2012

- 10) Jesaitis, A., and Dratz, E. A. : In The Molecular Basis of Oxidative Damage by Leukocytes, CRE Press Inc., Boca Raton, Florida (1992)
- 11) Anger, K.,. : In Structure and function of oxidation-reduction enzymes (Akeson, A., and Ehrenberg, A.), pp. 329-335, Pergamon Press Inc., Oxford (1972)

著者への連絡先：矢島孝浩 〒400-0117 山梨県甲斐市
西八幡 2296-1 やじま歯科医院
電話 055-279-1996 FAX055-279-1996
E-mail rarmen@mx3.nns.ne.jp

**The actual condition of the bacterial pollution of DUWL
and the research about the efficacy of the methods and
the follow up survey on this pollution**

YAJIMA Takahiro, TAKEYOSHI Yoneyama¹⁾

Yajima Dental Clinic, Yamanashi

¹⁾Yoneyama Dental Clinic, Shizuoka

Abstract : Recently the problem of polluted Dental Unit

Water Lines has been reported. We have been aiming to make clear the actual condition of water and to find the effective measure for this problem in our research. From 2009 to 2015, we took water from the 3way syringes and water supply pipes of 173 units in 79 dental offices and calculated about the number of bacteria in a milliliter of this water. We also calculated about the number of bacteria in water after the 'Eco System' was set up as a countermeasure against the polluted water. And we continued to calculate the change in the number of bacteria over the years, too. There were 34 units that had less than 100CFU/ml bacteria in a milliliter of water (this satisfies the Waterworks Law.) and there were 16 units that had no bacteria at all in a milliliter of water. The number of bacteria varied from 0 to 2.1×10^6 CFU/ml and the average value was 69291CFU/ml on the first testing. The number of bacteria of 173 units after using the Eco System became 0CFU/ml. There were 23 dental offices that we followed to calculate the change in the number of bacteria and at every dental office we checked every other year after 2013, we couldn't find any bacteria in water from these dental offices. This system can supply sterilized potable water to the dental office by electrolyzing reverse osmosis(RO) membrane water, low bromine sodium chloride and a tiny amount of diluted hydrochloric acid by raising the density of effective residual chlorine (normally 20ppm) through adding electrolyzed material to water automatically. When the Eco System is implemented we change all the pipes and valves into chemical resistant ones. This can make it possible to curb the amount of bacteria

produced in DUWL.As a result, it can be said this system is quite effective in preventing the bacterial pollution of DUWL.

Key words : The problem of DUWL, The pollution of dental units, Residual chlorine sterilizing compensating system, Effective residual chlorine.

図 1 治療水は基準の方法で採取され、専用ボトルに封入してクール宅配送で検査機関に送付される。



図 2 治療水採取方法

実施方法			
1	2	3	
			
施設内消毒システムの準備を確認した後、ユニットのコップ給水・シリンジ・タービン等の吐水の残留塩素濃度を各所すべて確認します。 ※よう化カリウムでんぶん紙が 紫色 に変わることを確認します。(検査紙比色表を参照し、残留塩素濃度を確認)	採水する前に必ず手を良く洗ってください。 菌検専用ボトルの袋を開封します。	コップ給水またはシリンジよりボトルに注水し、ほぼ満水になった時点で一度水を捨ててください。	
4	5	6	7
			
再度、コップ給水・シリンジ・タービン等からボトルに注水し、満水にします。(取水箇所は審査会より指示いたします)	素早く蓋を閉め、水漏れがないようしっかり締めます。	採水日・ユニット番号・施設名を油性マジックでボトルに記入します。 (ラベルをご用意します)	* 採取後冷蔵し、その日の内にくール便>で(株)BML に送付。 * 同封の伝票を使用 * ボトルは専用袋に入れ一本ずつ発送 * 平日必着で送付 <送付するもの> ・菌検ボトル ・検査依頼書

NPO 法人 POIC 研究会「施設用水質検査実施方法」
より転載(転載許可済み)

表 1 都道府県別治療水採取施設件数

県名	北海道	青森県	岩手県	福島県	茨城県	群馬県
件数	6	4	5	2	9	3
県名	栃木県	神奈川県	埼玉県	千葉県	東京都	山梨県
件数	1	25	15	10	38	2
県名	静岡県	愛知県	岐阜県	三重県	滋賀県	大阪府
件数	4	6	4	2	3	9
県名	徳島県	広島県	山口県	熊本県	沖縄県	合計
件数	7	5	4	8	1	173

表 2 残留塩素補正消毒システム設置前の治療水 1ml 中の一般細菌数

ユニット数		178	台
細菌の数	0	16	台
	1～100	18	台
	101～1000	19	台
	1001～10000	58	台
	10001～100000	45	台
	100001～	22	台

図 3 残留塩素補正消毒システム設置前のユニット給水からの一般細菌検出状況

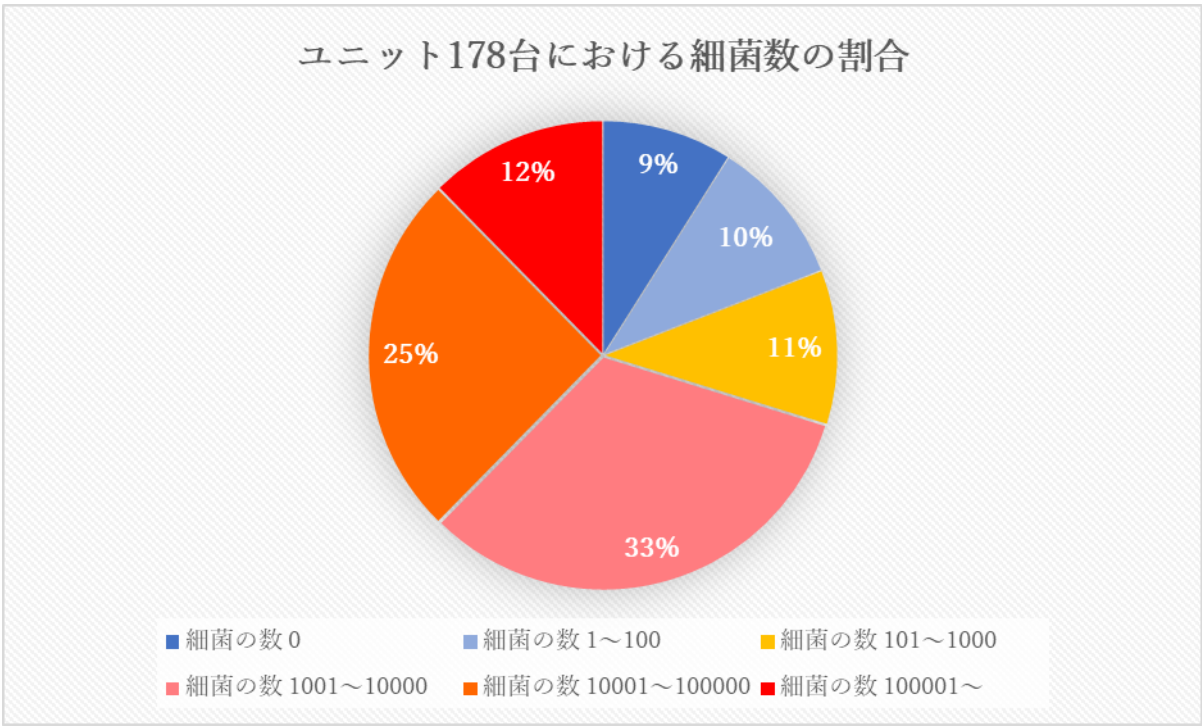


表 3 残留塩素補正消毒システム設置前の一般細菌数が 0 個 / ml であったユニット数

細菌の数	0	16	台
	1～	162	台

図 4 残留塩素補正消毒システム設置前のユニット給水からの一般細菌検出状況における一般細菌数が 0 個 / ml の状況

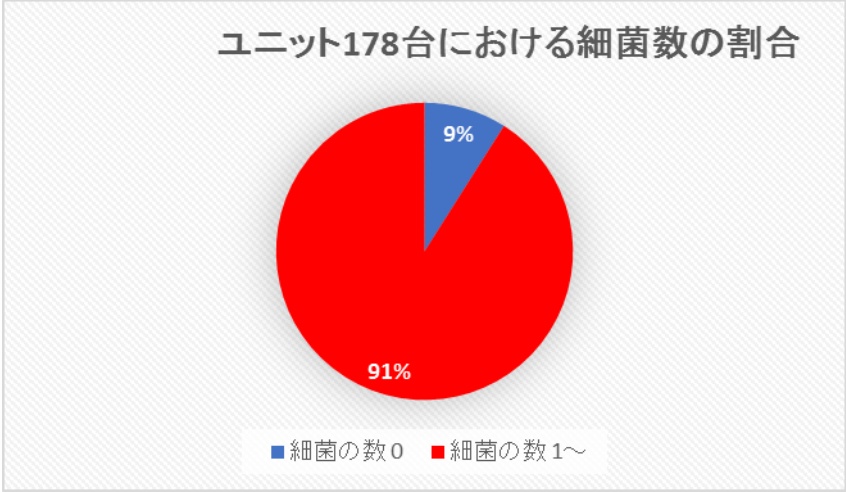
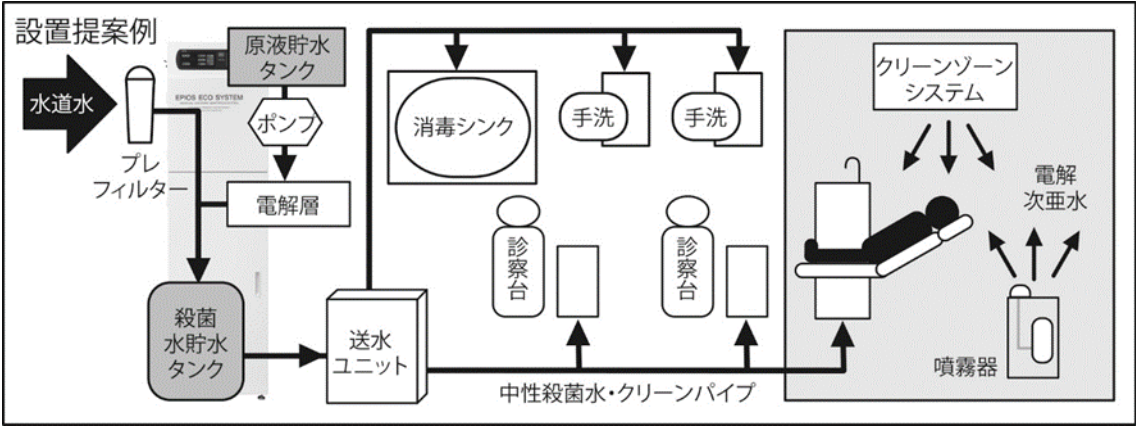


図 5 残留塩素濃度補正消毒システム配管例



(株) エピオス「エピオスエコシステム設置提案図」より
転載（転載許可済み）