

# 試験結果報告書「ナノバブル水のバイオフィルム除去能について」

平成 28 年 5 月 31 日

一般社団法人新環境技術評議会

主任研究員 田中 正彦

(早稲田大学嘱託研究員)

## 1. 背景

歯科治療の現場では通常の水道水が使われているが、治療装置の維持管理を適切に行われないと、汚染された水で治療が行われる懸念がある。休診期間中（特に高温時の長期休診）に、水道水に含まれるカルキ（次亜塩素酸）が抜け、例えばパイプ・ホース類にバイオフィルムが形成されると、休診明けに多くの細菌に汚染された水で口内の治療が行われてしまうケースが考えられる。日本歯科医学会で平成 26 年にまとめられた指針では、消毒液の注入を勧めているが、次亜塩素酸水は人体への影響や治療装置の金属腐食が懸念され、過酸化水素水は人体への影響を避ける程度に希釈すると、殺菌効果が弱まる問題がある。特にバイオフィルムが形成されてしまった場合、パイプ・ホース類に密着してしまう為、薬品での除去は難しい。

## 2. ナノバブル水と生成装置

ナノバブル水とは、ナノサイズ (nm) の気泡を含んだ水のことであり、水耕栽培・養殖での成長促進、工業分野での洗浄等に使用されている。先行したマイクロバブル ( $\mu\text{m}$ ) と比べると、寿命が長い特徴があり、浸透力の向上、洗浄作用も優れていることが知られている。

ナノバブル水の発生方式には、マイクロバブル圧潰方式、微細孔粉碎方式、キャピテーション方式（スクリーで気泡を粉碎するもの）等があるが、いずれの方式も装置が大きい問題や、多量のナノバブル水を供給することは不可能であった。

他方、当評議会で推奨しているのは、ノズル型のナノバブル生成デバイスである（図 1 参照）。この装置は、水道圧により水道水中の空気気泡をナノバブル化するという画期的なもので、動力が不要の為、小型化でき、歯科チェアユニットの内部にさえ組み込むことが可能と考えられる。



図 1 : ノズル型ナノバブル生成デバイス (参考品)

## 3. 試験目的

本試験の目的は、ナノバブル水によるパイプ・ホース類の除菌効果を確認することである。ナノバブル水によるバイオフィルム除去作用は、①ナノバブル水によるバイオフィルム剥離能と、②ナノバブル水による洗浄能とが考えられるが、歯科治療の現場で使われているパイプ・ホース類は口径が小さく、十分な流量が確保されない可能性が考えられる。そこで、本試験では次の試験計画を作成した。

表 1：ナノバブル水のバイオフィーム除去能確認試験計画

擬似バイオフィーム	比較可能な均一のバイオフィームを複数作成するのは難しいことから、市販納豆パックを用い、納豆菌（ <i>Bacillus subtilis</i> var. natto）の産生するバイオフィームとした。
試料	可視化のため食用赤色を用いて着色した 5g バイオフィームを滅菌済みプラスチック容器に定着させたものを複数用意（図 4）。
試験方法	① 2つの試料を別々にナノバブル水と一般水道流水とに 1 時間浸す。 ② その後 2つの試料を 1L/分の水道水で流水洗浄を行う（試料への打撃がないよう静かに注入する）。 ③ バイオフィームが除去されるまでの時間を計測する。 ④ バイオフィームの剥離作用を色の変化、触感により検証する。
試験日	平成 28 年 6 月 2 日（木）
試験環境	室温 21℃、湿度 26%、無風環境下
試験場所	早稲田大学理工キャンパス 60 号館 101 室

図 1：ナノバブル水のバイオフィーム除去能確認試験の試験環境



納豆に可視化のため食用赤号を用いて着色

アルコール滅菌済みの透明 PET 容器と試料 5g

容器表面に納豆バイオフィームを均一に塗布

一般水道流水

ナノバブル水（ナノバブル生成デバイス付）

浸漬後の洗浄に用いる 1L/分の水道水かなり少ない水量となる（水道水による衝突打撃洗浄を防ぐためである）

#### 4. ナノバブル水によるバイオフィルム剥離除去能試験結果

本試験計画に基づいて次の手順で試験を行った。

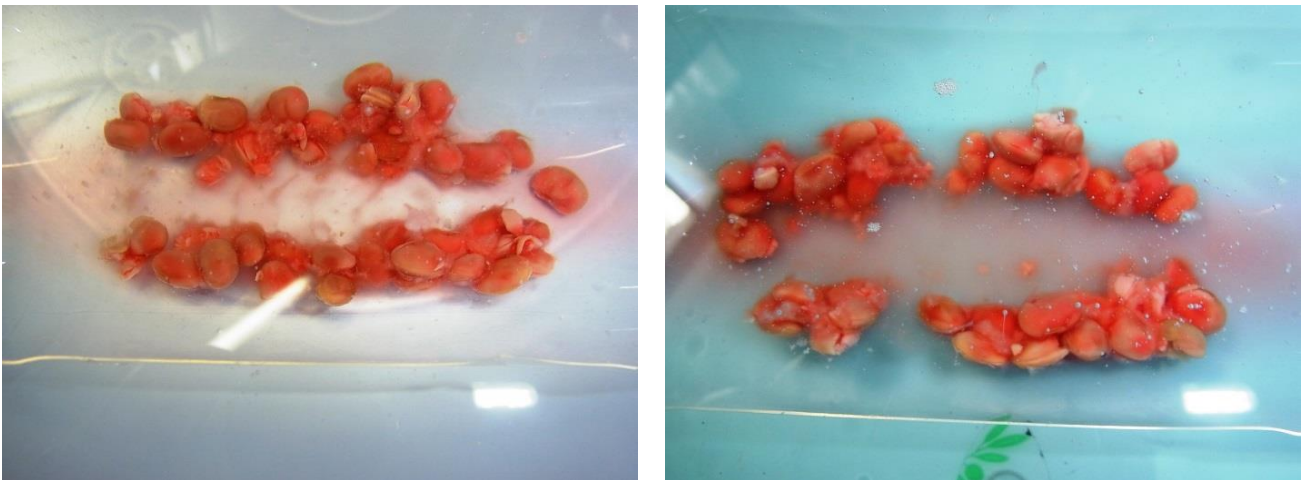
- ① 2つの試料を別々にナノバブル水と一般水道流水とに1時間浸す。
- ② その後2つの試料を1L/分の水道水で流水洗浄を行う。
- ③ バイオフィルムが除去されるまでの時間を計測する。
- ④ バイオフィルムの剥離作用を色の変化、触感により検証する。

試験経過と結果は次の通りである（図2～●）。

図2 2つの試料を別々にナノバブル水と一般水道流水とに1時間浸す（左：ナノバブル）

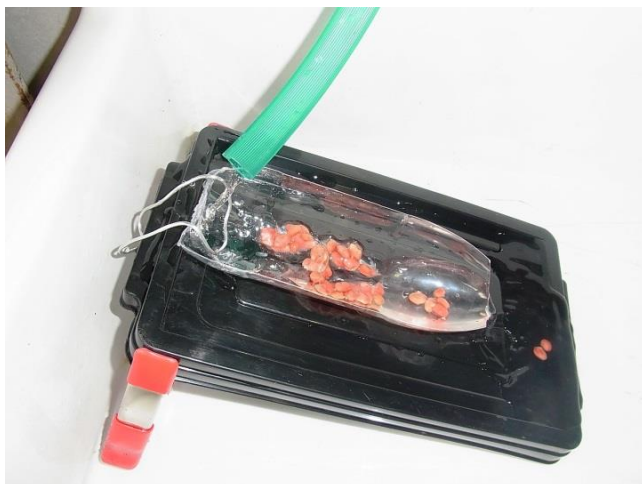


図3 30分浸透経過後（左：ナノバブル）



ナノバブルバイオフィルムの剥離や浮遊が広範囲に見られる

図4 水道水に1時間浸透させた試料で1L/分の水道水で流水洗浄



直接試料に衝突しないよう流水洗浄を開始



流水洗浄3分後

3分間の流水洗浄でも約半分の試料が残存

- 全ての豆質は流出するまで7分37秒

図5 ナノバブル水に1時間浸透させた試料で1L/分の水道水で流水洗浄

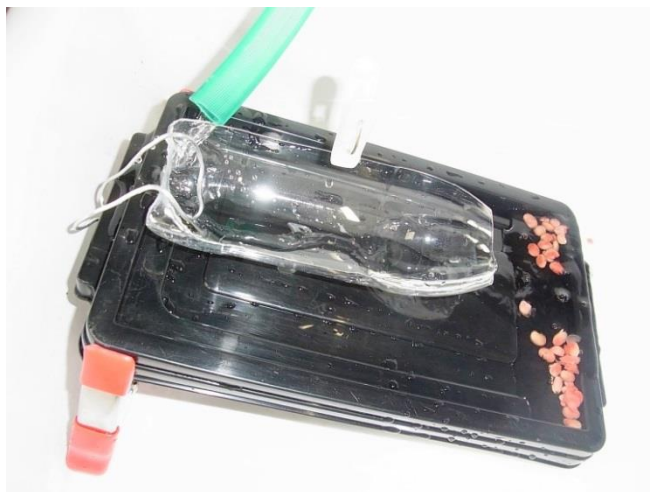


ナノバブル水1時間浸漬後の試料



直接試料に衝突しないよう流水洗浄を開始

- 開始直後から良好な剥離・流出を確認



ナノバブル水浸漬試料はすべて流出

- 2分18秒後試料消失

図6 比較結果

上：ナノバブル水浸透試料、2分18秒流水洗浄後

下：水道水浸透試料、7分37秒流水洗浄後

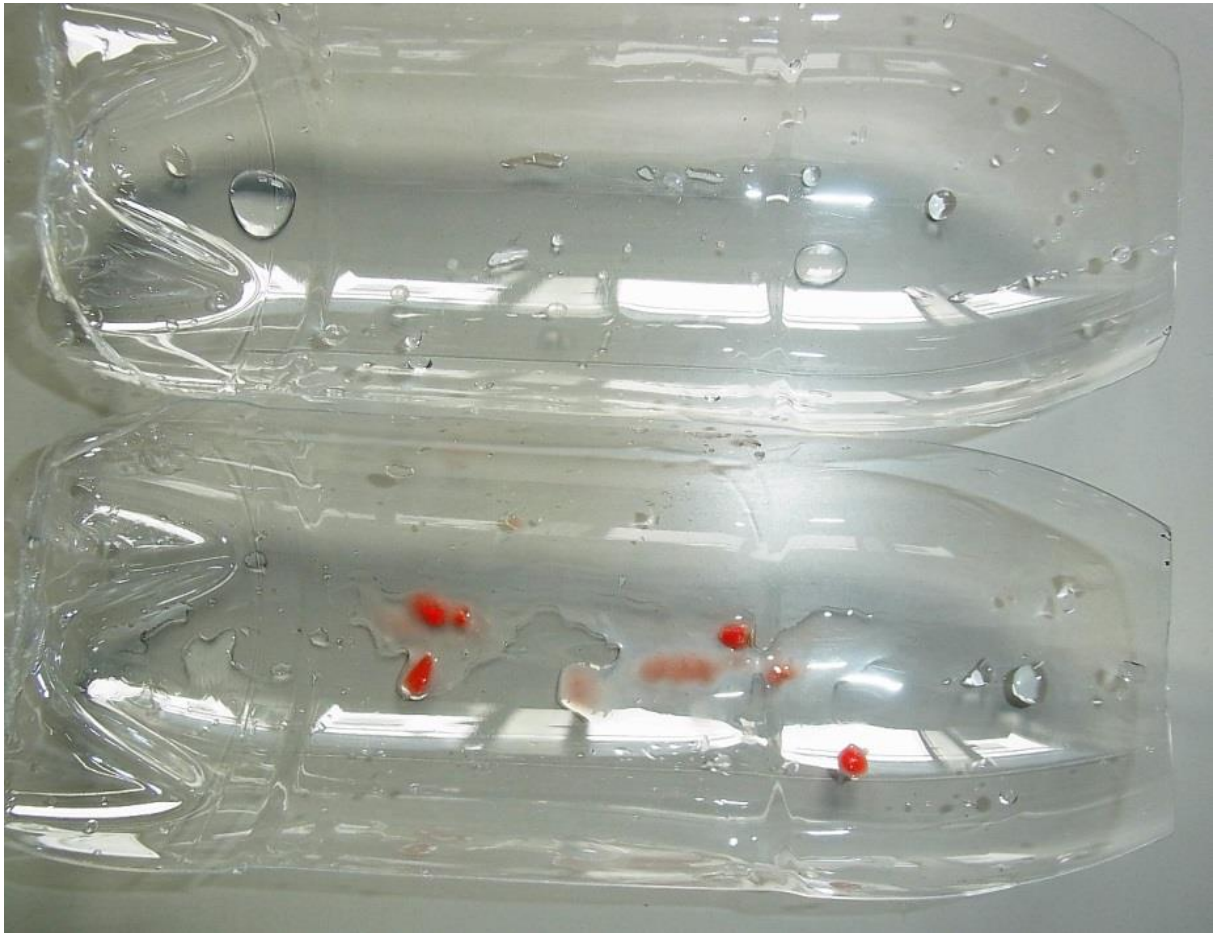


図6の通り、ナノバブル水浸透試料では、短時間の流水洗浄で色彩も透明性を確保し、容器表面の触感で「ぬめり」は無いのに対し、水道水では、3倍以上の流水で洗浄しても、厚みのあるバイオフィルムおよび微細な粘着物が残存し（赤色部分）、触感でもぬめりが残存している。

## 5. 考察

- ・ 本実験から、ナノバブル水は一般水道水と比べて、バイオフィルム除去作用が明らかに優れていることが分かる。
- ・ ナノバブル水によるバイオフィルム除去作用は、洗浄能と剥離能とがあると考えられるが、狭いパイプ・ホース類で少ない流量により洗浄能が期待できない環境でも、強力な剥離能により、バイオフィルム除去を実現できる可能性が高い。
- ・ 歯科治療の現場では、休診期間中にパイプ・ホース類にナノバブル水が溜まっている状態で、バイオフィルムをパイプ・ホース類から剥離することができていれば、診療再開時に少ない流量でもバイオフィルムを簡単に流出させることができ、大変効率的な除菌方法と思われる。
- ・ 人体や治療機器への影響が懸念される薬品による除菌と比べると、一般水道水より生成されるナノバブル水の方がメリットは大きいものと考えられる。

以上