

ナノバブルによる洗浄効果の利用拡大への検討

森崎 綾

帝京短期大学 専攻科 臨床工学専攻

【抄録】

【問題・目的】 日本では近年産業廃棄水の規制は国際状況も踏まえ厳しくなっている。医療用排水も例外ではない。各医療施設では基準を守るため、施設内に污水处理施設を設置している。そこで、近年注目されているナノバブルを利用することで医療用排水の汚染レベル低下への取り組みを思案した。今回ナノバブルの医療器材洗浄への応用検討および、汚染配管における浸け置き洗浄について検証をおこなったので報告する。

【方法】 超音波洗浄装置（周波数 4.2kHz の超音波振動子を使用）を用い、ナノバブルを発生させる。出来上がったナノバブル水を用い、検証の実験を行った。

【結果】 汚染配管として透析の使用後長期無洗浄回路を利用した浸け置き洗浄において、比較対象として用いた次亜塩素酸ナトリウム（濃度：600ppm）を用いた洗浄の方が顕著に汚れは落ちた。

【考察】 実験結果を元に超音波発生装置に内蔵されている振動子を替える。これによりナノバブルがより有効に発生する。現在は、4.2kHz の周波数を用いて実験中であるが今後は、超音波洗浄で洗浄効果が得られる領域（28kHz～3MHz）まで変更し、ナノバブルによりどの程度の洗浄効果が得られるか引き続き実験を行う。

【キーワード】 環境汚染, 超音波振動子, 塩素濃度, 周波数

I. 問題・目的

近年医療施設から排出される医療排水の処理には、厳しい規制が課せられるようになった¹⁾。現在の医療現場での水処理は殺菌・消毒処理が主流となっている。しかし、殺菌で用いられる塩素は水中の有機物と反応してトリハロメタンなどの消毒副生成物が発生することや、環境汚染、人体への有害性などの問題がある。ビルに入っているような小規模透析施設では排水処理に苦慮している。そこでその効果と共に、環境への有害性がないことでも注目を浴びているナノバブルに注目した。本研究ではナノバブルを利用した洗浄法について検討を行う。

II. 概説

1. ナノバブルとは

通常の気泡（ミリバブル）とは異なる性質を

示す微細気泡のことをマイクロバブルといい、そのなかでも水中での長期残存現象などユニークな特異性を示す超微細気泡をナノバブルという。ナノバブルは長期残存性のほかにブラウン運動を行う。Figure 1 にそれぞれの気泡の特徴を示す²⁾。

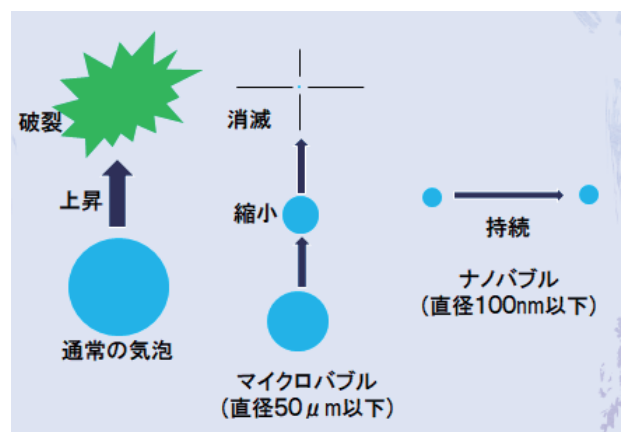


Figure 1. ナノバブルの特徴と比較¹⁾

(2) 改良装置

市販品のもので洗浄水を作成したところ、白濁を確認したため、改良を試みた。超音波振動子を周波数 42kHz の物から 108kHz の物に変更し、周波数とナノバブル発生数の関係性を明らかにする。本実験では共振周波数 108kHz を測定する高周波電力計が入手できなかったため、1kHz の周波数を振動子に印加し、1.7kHz 出力させオシロスコープを用いて測定した。振動子の精度と安定性を確認できたため、振動子から共振周波数 108kHz が出ていると仮定し、実験を進めた。(Figure 3)

(3) 洗浄対象

本実験では最終目的である透析装置の洗浄を想定し、汚染され交換したシリコンホースを利用した。

(4) 洗浄方法

浸漬法を用い、作成したナノバブル液に 24 時間浸け置きし、目視にて汚染の除去状況を確認した。

Ⅲ. 結果

改良したナノバブル発生装置を使用した結果、完全に配管の汚れを落とすことはできなかった。(Figure 4)

作成したナノバブル水は改良前の洗浄水と比較し、白濁がなく、ナノバブルは発生したと想定される。



Figure 4. シリコンホース断面比較

Ⅳ. 考察

振動子を変更したことにより白濁は見られなかったが、無数の微小な気泡を目視で確認できた。本実験ではナノバブルのみでなく、マイクロバブルも同時に発生した可能性が高い。

次亜塩素酸ナトリウム（濃度 600ppm）を用い、24 時間つけ置きしたものと比較を行ったが、次亜塩素酸ナトリウム溶液の洗浄効果には全く及ばないことがわかった。(Figure 5)

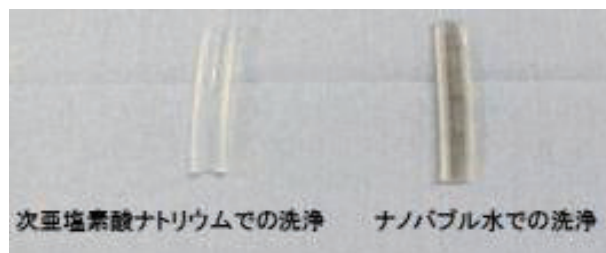


Figure 5. 次亜塩素酸ナトリウム洗浄との効果の比較⁴⁾

これらを考慮すると、ナノバブルを透析装置の洗浄に応用するためには、より周波数を上げてナノバブル水を作成する必要があると想定される。しかしながら大量の洗浄水を使用する透析装置ではその作成には大型のナノバブル発生装置が必要と想定され、コスト的な問題も考慮する必要がある。

また、今回の実験では内腔が大きなシリコンホースを使用しているが、実際の透析装置には中空糸膜なども組み込まれており、細径のチューブ内でのエアロック対策も考えなければならない。これにはナノバブルが帯電している特徴を利用し、磁気による細径部のエアロック防止策装置の同時開発も必要と考える。

今回、環境を考慮した装置洗浄への試みの導入として本研究を行ったが、装置完成には今後更なる研究を行う必要がある。

【付記】

本研究において、利益相反はございません。

【文献】

- 1) https://www.env.go.jp/water/conf/tonegawa_intake/01/mat08.pdf (2022 年 10 月 21 日)
- 2) <https://nanobubble.co.jp/nano-about/> (2022 年 10 月 21 日)

- 3) <https://rinnai.jp/ultrafinebubble/> (2022年12月8日)
- 4) 柘植 秀樹 「マイクロバブル・ナノバブルの基礎」 Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn., 64, pp.4-10 (2010)
- 5) 糸賀聖人・橋佑介・岸田直也・森崎綾 「ナノバブルを活用した洗浄・殺菌方法及び医療の適用」 出雲医療看護専門学校卒業研究集 2016

Examination of Expanding Use of Cleaning Effect of Nano-Bubbles

Aya MORISAKI

Department of Clinical Engineering, Teikyo Junior College

【abstract】

【Purpose】 In recent years, in Japan, regulations on industrial wastewater have become stricter in light of the international situation. Medical wastewater is no exception. In order to comply with the standards, each medical facility has installed a sewage treatment facility on the premises. Therefore, I thought about how to reduce the pollution level of medical wastewater by using nano-bubbles, which have been attracting attention in recent years. This time, examined the application of nano-bubbles to cleaning medical equipment and verified the soaking cleaning of contaminated pipes.

【Methods】 Nano-bubbles are generated using an ultrasonic cleaning device (using an ultrasonic oscillator with a frequency of 4.2 kHz). A verification experiment was conducted using the finished nano-bubble water.

【Results】 In soaking cleaning using a long-term non-cleaning circuit after use of dialysis as a contaminated pipe, cleaning using sodium hypochlorite (concentration: 600 ppm), which was used for comparison, significantly removed dirt.

【Discussion/Conclusion】 Based on the experimental results, replace the transducer built into the ultrasonic generator. As a result, nanobubbles are generated more effectively. Experiments are currently underway using a frequency of 4.2 kHz. In the future, it will be changed to the range (28 kHz to 3 MHz) where the cleaning effect can be obtained with ultrasonic cleaning. Experiments will be conducted to determine how much cleaning effect can be obtained with nanobubbles generated at this frequency.

【Key words】 Environmental pollution, Ultrasonic transducer, Chlorine concentration, Frequency