

## 25 工程前の水洗における適切な洗浄方法の検討

JA 長野厚生連 南長野医療センター 篠ノ井総合病院 臨床工学科<sup>1)</sup> 腎臓内科<sup>2)</sup>  
宮島北斗<sup>1)</sup> 山浦千佳<sup>1)</sup> 山田裕也<sup>1)</sup> 関原宏幸<sup>1)</sup>  
穴山万里子<sup>2)</sup> 牧野靖<sup>2)</sup>

### 【背景】

透析療法は大量の水や電力、多くの廃棄物を伴う資源消費の大きな医療行為の一つ<sup>1)</sup>である。水資源のみに焦点を当てると、1回の治療で約500L<sup>2)</sup>の水が消費されており、環境に大きな負荷を与えている。持続可能な医療体制の構築が課題となる中、腎臓病領域においても環境負荷の低減を目指す「Green Nephrology」の概念が重要視されている。当院では2020年から2024年にかけて治療条件の最適化を図り、2020年比で透析液使用量を約22000L(約13%)削減することに成功した。この取り組みにより、環境負荷の軽減と運用コストの削減という両面において成果を得ている。

### 【目的】

治療中の透析液使用量削減に成功したことを受け、本研究ではさらなる環境負荷低減を目指し、これまで見直しの対象とされていなかった「治療外の水」に着目した。

当院運用において、工程前水洗(後水洗、滞留R0水洗浄)時間30分を1日3回、年間約12万Lもの原水を消費していることに着目し、この「治療外の水」における資源の最適化を図ることとした。本研究は、当院の洗浄工程において消費される原水の削減を目的とし適切な洗浄時間の検討を行った。

### 【対象】

日機装社製個人用多用途透析監視装置 8台  
(DBB-100NX : 3台、DBB-200Si : 5台)

### 【方法】

#### 1. 「治療外の水」の定義と洗浄工程

当院ではウォーターシステム株式会社製逆浸透精製水装置(DROシリーズ)からR0水配管を介してコンソールに直接R0水を供給し、2週間に1回90℃の熱水消毒を実施している。

洗浄工程において、今回の検討対象とした水洗工程は以下の2つである。

- ① 後水洗：残留透析液を洗い流し、塩素ガスの発生や洗浄力低下を防止するための水洗(30分)。
- ② 滞留R0水洗浄：滞留により変性した可能性のあるR0水を洗い流し汚染を防止するための水洗(30分)。

①で使用される水をR0水、②で使用される水を透析用水とそれぞれ定義した。

#### 2. 比較項目と基準値

R0水の基準値を「2016年版透析液水質基準達成のための手順書」、透析用水の基準値を「2016年版透析液水質基準」、および当院DR0定期検査結果を基に以下の基準値を設定した(表1)。

RO 水名称	比較項目	基準値
RO 水	電気伝導率	25 $\mu$ S/cm 以下 <sup>3)</sup>
透析用水	電気伝導率	当院透析用水水質 以下
	生菌数	100CFU/ml 以下 <sup>4)</sup>
	エンドトキシン (以下 ET)	0.050EU/ml 以下 <sup>4)</sup>

表1 RO 水・透析用水基準値

3. 測定方法

[電気伝導率測定]

- ・対象：RO 水 8 台、透析用水 2 台
- ・方法：装置排液部にサンプルポートを装着し採液。MYRO L COMPANY 製 ULTRAMETER II を用いて測定し、25℃の温度補正を実施。

・測定タイミング

開始から 10 分まで 1 分間隔、以降 30 分まで 5 分間隔の経時的計測を行った。

[生物学的汚染評価方法]

- ・対象：透析用水 5 台
- ・サンプルポイント：ETRF 前サンプルポート
- ・生菌数：R2A 培地使用、検体量 50ml (検出感度限界：0.02CFU/ml)、培養期間 7 日間 (21℃)。

・ET：富士フィルム和光純薬株式会社製トキシノメーターを使用し、ET 活性値を測定 (検出感度限界：0.0003526EU/ml)。

・測定タイミング

生菌数は、0, 5, 10, 30 分おきに測定を実施。ET については、開始から 10 分まで 1 分間隔、以降 30 分まで 5 分間隔の経時的計測を行った。

4. 統計解析手法

統計解析には EZR (Easy R) Ver. 1.61 を使用した。各洗浄時間における値の比較には、対応のある t 検定 (Paired t-test) を用い、多重比較によ

る第一の過誤を制御するため Bonferroni 法による補正を行った。また、30 分洗浄値に対する各時間の同等性の評価には TOST (Two One-Sided Test) 法を用い、同等性の許容限界を考慮して評価した。いずれの解析においても有意水準は 5% 未満とした。

【結果】

1. RO 水電気伝導率測定結果

水洗開始時の電気伝導率は 14481  $\mu$ S/cm であったが、水洗時間経過と共に低下し、開始 7 分で 22  $\mu$ S/cm を記録した。これにより、手順書の RO 水基準 (25  $\mu$ S/cm 以下) を目標通り下回ったことが確認された (図 1)。電気伝導率の変化が安定した 15 分以降の結果について統計的解析を行った。t 検定を用いた 30 分時点 (6.79  $\pm$  0.412  $\mu$ S/cm) との比較では、25 分時点 (6.80  $\pm$  0.585  $\mu$ S/cm) において有意差を認めなかったが (P=0.308)、20 分時点 (7.51  $\pm$  0.573  $\mu$ S/cm) では有意差を認めた (P=0.008) (図 2)。一方、TOST 法では 30 分時点の RO 水を基準とした場合、20 分以降 (20 分：7.51  $\pm$  0.573  $\mu$ S/cm、25 分：6.80  $\pm$  0.585  $\mu$ S/cm) において等価であることが示された (図 3)。

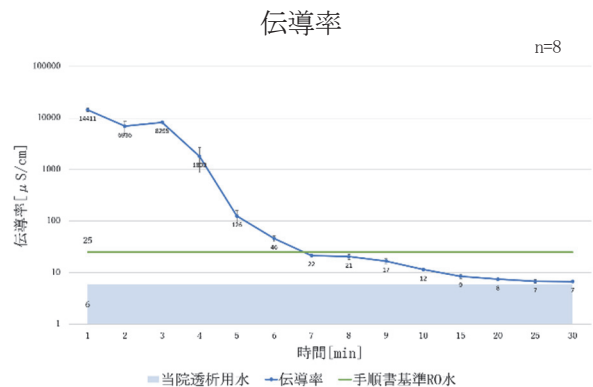


図1 RO 水電気伝導率結果

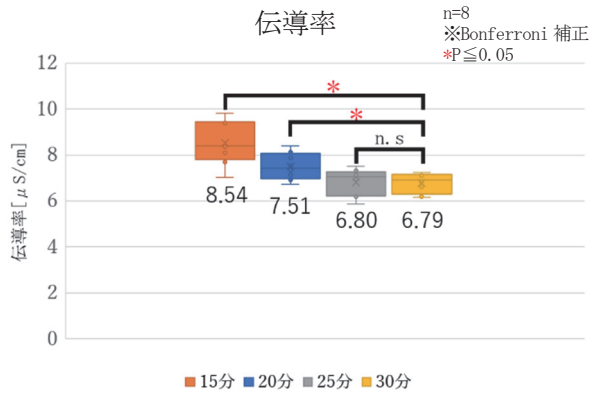


図2 RO水T検定結果

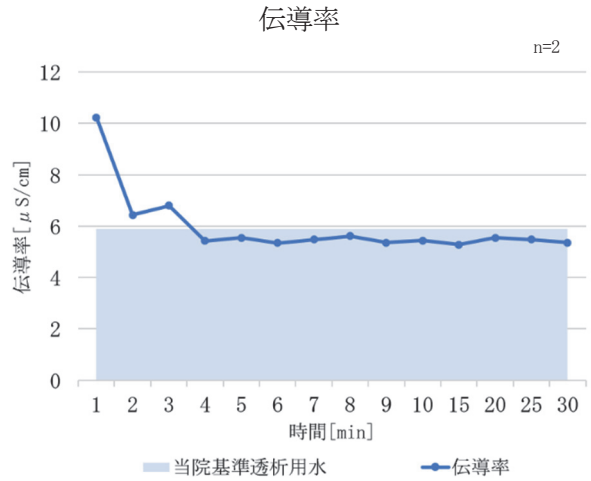


図4 透析用水電気伝導率結果

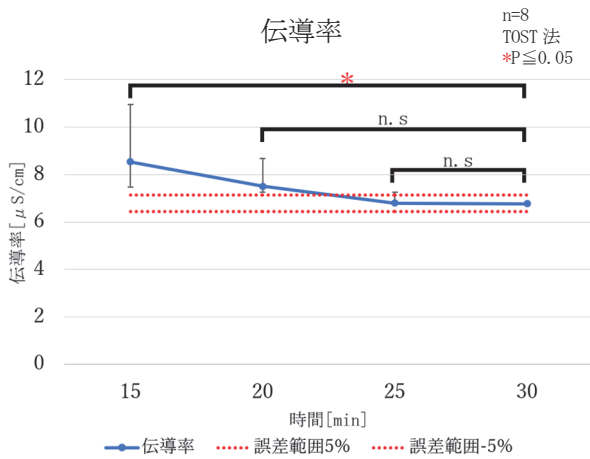


図3 RO水TOST法結果

2. 透析用水測定結果

① 電気伝導率

透析用水の電気伝導率は、洗浄開始直後の10.23 $\mu\text{S}/\text{cm}$ から速やかに低下し、洗浄開始4分で5.44 $\mu\text{S}/\text{cm}$ を記録した。これにより、当院の透析用水基準である5.88 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下を早期に満たされたことが確認された(図4)。その後の推移も安定しており、30分時点では5.26 $\mu\text{S}/\text{cm}$ まで低下した(図4)。

② ET

ETが検出された装置では、洗浄開始直後に0.370EU/mlと高い値を示したが、洗浄時間の経過と共に濃度は急速に低下した。洗浄開始3分で0.018EU/mlとなり、生物学的汚染基準である0.05EU/ml以下を下回った(図5)。さらに、4分以降は0.009EU/ml以下となり、濃度変化が極めて緩やかになったことが確認された(図5)。

一方、ETが検出されなかった装置においては、洗浄開始直後から全過程を通じて検出感度未満(0.0005EU/ml)を維持した(図5)。

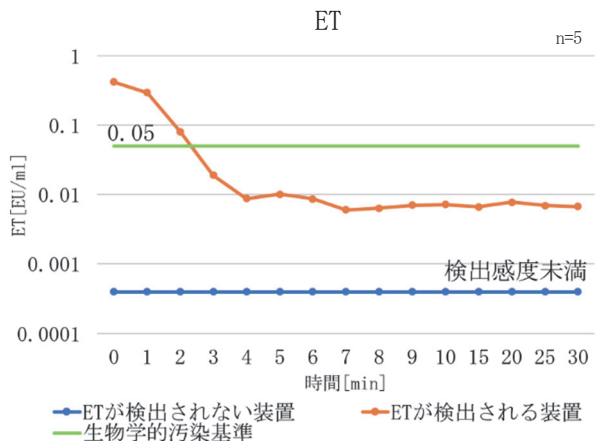


図5 透析用水ET結果

③ 生菌数

生菌数は、装置により検出される時間に差が見られたものの、水洗工程の進行に伴い全装置で検出数は減少した(図6)。洗浄開始直後は一部の装置で最大 63CFU/ml の生菌を認めましたが、平均値は 12.4CFU/ml であり、この時点で生物学汚染基準(100CFU/ml)を満たしていた。その後、洗浄開始 5 分で平均 6.4CFU/ml、10 分で平均 2.4CFU/ml へと減少し、最終的な 30 分時点では全ての装置において検出されなかった(図6)。

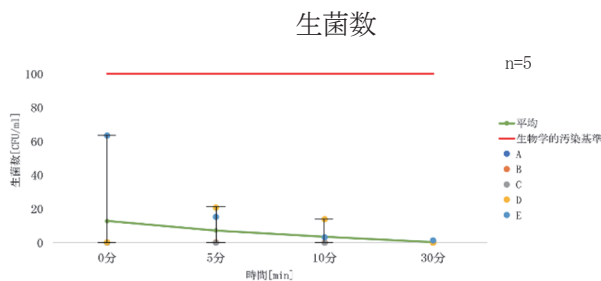


図6 透析用水生菌数結果

【考察】

1. R0 水の水洗時間

R0 水の水質について、30 分洗浄と 20 分洗浄の効果が統計学的に同等であることが TOST 法の結果 (図3) より示された。このため、残留透析液の水洗時間を 30 分から 20 分へ短縮することによる影響は軽微であり、実施可能と考える。これにより、装置 1 台当たり年間約 440L の原水削減が見込まれる。

2. 透析用水の水洗時間

今回、結果から R0 水配管にバイオフィルムが形成され、生菌・ET が透析用水滞留中に放出されているおそれが示唆された。ET が検出された装置の ET は、30 分の洗浄で生

物学的汚染基準(0.05EU/ml)を下回ったが、検出感度未満まで低減できなかった。したがって、現時点では滞留 R0 水洗浄時間の短縮は適切でないと考える。

現在、R0 水配管には熱水消毒のみ実施している状況であるため、今後は薬液消毒などによるバイオフィルム除去が課題になると考える。

【結語】

工程前水洗時間を検討した結果、金銭的なメリット以上に水資源の保護と排水負荷の軽減を実現できたことは「Green Nephrology」の観点から極めて意義深いものとなった。

今後は、今回短縮を見送った滞留 R0 水洗浄工程についても、薬液消毒の検討等を通じてさらなる最適化を目指したい。

【COI なし】

【参考文献】

- 1) 透析医療のカーボンフットプリント研究とその課題. 日本透析学会. 透析会誌 58(8) : 373-379, 2025
- 2) 医療における水供給の課題 —災害時の医療用水確保および人工透析用水の利用を例として—. 国立保健医療科学院. 保健医療科学 61(6) : 542-549, 2012.
- 3) 2016 年版透析液水質基準. 日本透析医学会. 透析会誌 49 : 711, 2016
- 4) 2016 年新版透析液水質基準達成のための手順書 Ver1.01. 日本臨床工学技士会 : 5, 2017