

# ナノ銀付着ろ材の連続殺菌処理性能に及ぼす

## ろ床の乾燥時間の影響

日本大学 学生会員 ○佐藤 佑太

日本大学 正会員 中野 和典

### 1. 研究背景と目的

一般的な殺菌方法として用いられる塩素消毒は、安価で大量の消毒を簡易に行えるだけでなく、殺菌効果が持続する有効な手法である。しかし、汚水をその場で浄化して循環利用する洗浄水自浄型トイレでは、残留塩素が浄化システムに悪影響を及ぼす可能性がある。

本研究では、残留効果がない殺菌方法としてナノ銀を使用した殺菌処理システムの開発を目指すこととした。前任者は、ナノ銀付着ろ材により、河川水の大腸菌群を対象として連続殺菌処理を行い、殺菌効果の持続性を評価すると共に、接触時間と乾燥時間の時間比率が殺菌に及ぼす影響を明らかにする実験を行った。結果として、100回を超える連続処理において、殺菌率 99%の維持に成功し、接触時間と乾燥時間の時間比率が 1:1 の時、最も高い殺菌性能が得られた。

本研究では、乾燥時間の比率を前任者よりも高い条件に設定し、接触時間と乾燥時間の時間比率が殺菌性能に及ぼす影響を検証するとともに、条件の最適化を図ることを目的とした。

### 2. 実験方法

連続殺菌処理実験は、ナノ銀を付着させた軽石をろ材として充填した円筒カラムに、大腸菌が検出される河川水を流入させて行った。円筒カラム上部の流入口及び底部の排水口に取り付けた電磁弁をタイマー制御することにより、河川水の流入と排水のタイミングをずらすことで、円筒カラム内の水面が潮の満ち引きのように上下に変動するタイダルフローを実現させた。河川水がカラム内に帯水してろ材と接触する接触時間と河川水が排水されるろ材と接触がない乾燥時間との合計を 24 時間とした 24h サイクルと、その合計を 12 時間とした 12h サイクルの 2 つのタイダルフロー条件で連続殺菌処理実験を行った。接触時間と乾燥時間の時間比率は表-1 に示す。円筒カラムから排出された処理水とろ材に接触させず同時間放置した河川水の大腸菌群数を測定し、殺菌性能を評価した。評価に用いた大腸菌群の生残率及び低減レベルは、それぞれ(1)及び(2)式より算出した。

表-1 各Runにおける接触時間と乾燥時間の比率

1サイクル	状態	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4
24h	接触	12h	6h	4h	2h
	乾燥	12h	18h	20h	22h
12h	接触	6h	3h	2h	1h
	乾燥	6h	9h	10h	11h

$$\text{生残率} = \frac{\text{処理水中の生残数}}{\text{河川水中の生残数}} \quad (1)$$

$$\text{大腸菌群低減レベル} = -\text{Log} \left( \frac{\text{処理水中の生残数}}{\text{河川水中の生残数}} \right) \quad (2)$$

### 3. 実験結果

#### 3.1. 24h サイクルにおける殺菌性能の検証

24h サイクルの連続殺菌処理実験で得られた大腸菌群の生残濃度と生残率の推移及び各接触・乾燥時間比率で得られた大腸菌群低減レベルの平均値を、それぞれ図-1 及び表-2 に示す。表-2 に示されるように乾燥 12 時間・接触 12 時間とした Run1 での大腸菌低減レベルは 1.54Log であったが、乾燥時間を長くした Run2 では 1.75Log に上昇し、Run3 では 2.34Log とさらに低減レベルが上昇し、最も乾燥時間が長い Run4 では大腸菌低減レベルが 2.41Log と最も高い結果とな

キーワード: ナノ銀、活性酸素、タイダルフロー、乾燥時間

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部 土木工学科 環境生態工学研究室

った。これらの結果から乾燥時間を長くし接触時間を短くすることで、殺菌性能が向上することが判明した。

積算処理回数は、Run4 の時点で 60 回を超えたが、殺菌性能は低下しなかったことから、軽石に付着させたナノ銀の殺菌性能が 60 回以上の処理において持続することを示すことができた。

### 3.2. 12h サイクルにおける殺菌性能の検証

12h サイクルの連続殺菌処理実験で得られた大腸菌群の生残濃度と生残率の推移及び各接触・乾燥時間比率で得られた大腸菌群低減レベルの平均値を、それぞれ図-2 及び表-2 に示す。Run1 での大腸菌群低減レベルは 1.44Log であったが、乾燥時間を長くした Run2 では 1.73Log、Run3 では 2.06Log、最も乾燥時間が長い Run4 では 2.47Log と大腸菌群低減レベルが向上する結果となった。この結果から 24h サイクルと同様に 12h サイクルにおいても、乾燥時間を長くし接触時間を短くした方が、殺菌性能が向上することが確認された。

積算処理回数は Run4 の時点で 120 回を超えていたが、殺菌性能が低下せず、ナノ銀の殺菌性能が 100 回以上の処理でも持続することが示された。最も殺菌効果が高かった Run4 の 12h サイクルにおける接触時間は 1 時間であったことから、殺菌に必要な水とろ材との接触時間は 1 時間未満であることが考えられた。

### 4. 考察

前任者の実験では、接触時間と乾燥時間の時間比率の条件を 1:1 から接触時間が長くなるように変化させ、時間比率が殺菌に及ぼす影響を検証した。その結果、接触時間を長くすると殺菌性能が低下することが判明し、時間比率

を 1:1 に戻した場合、殺菌性能が回復した。この結果から接触時間を長くするよりも、乾燥時間を長くする方が良好な殺菌性能が得られることが予測された。本研究はそのような予測に基づき行ったものであり、予測のとおり乾燥時間を長くし接触時間を短くすることで、殺菌性能が向上を確認することができた。

接触時間が 1 時間でも高い殺菌性能を発揮できた理由として、ナノ銀と空気が反応して生成される活性酸素の 1 種であるヒドロキシルラジカルが強い酸化力を持ち、細菌と接触した瞬間に殺菌が完了することが考えられる。つまりろ材と接触した瞬間に殺菌が完了していたことが推測され、さらに接触時間を短くできる可能性がある。また、乾燥時間を長くした方が殺菌性能が向上した理由として、活性酸素の発生がろ材の乾燥に依存していたことが考えられ、乾燥時間の確保が重要であることが示された。

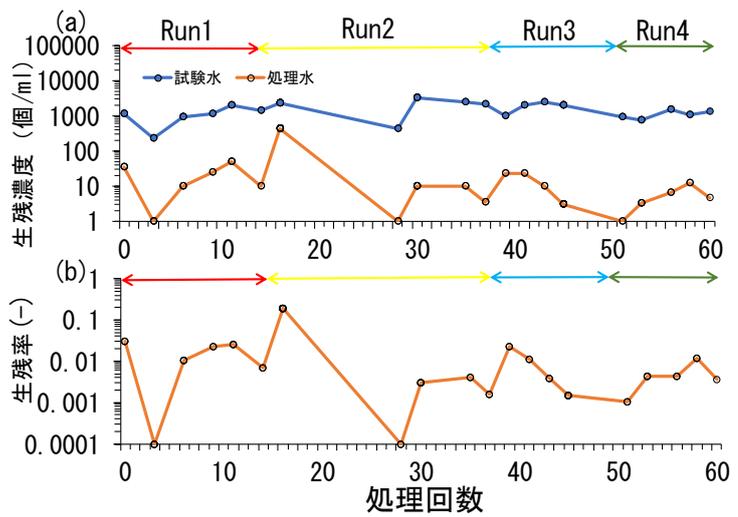


図-1 24hサイクルにおける大腸菌群生残濃度(a)と生残率(b)

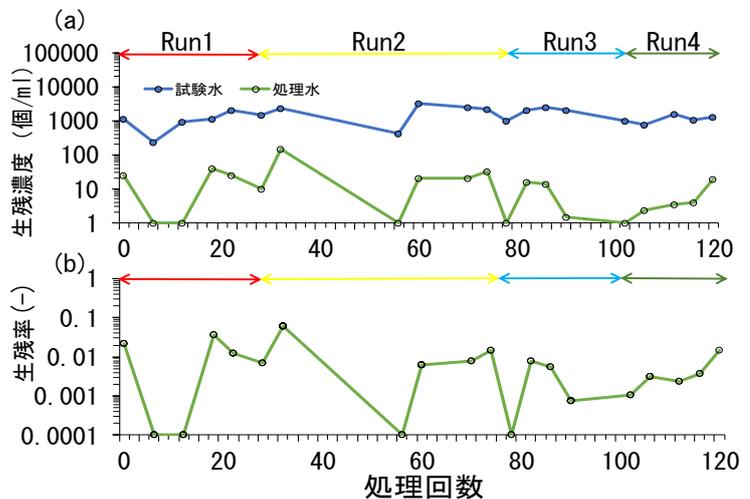


図-2 12hサイクルにおける大腸菌群生残濃度(a)と生残率(b)

表-2 各Runにおける大腸菌群低減レベル

1サイクル	Run1	Run2	Run3	Run4
乾燥時間(h)	12h	18h	20h	22h
24h 低減レベル	1.54log	1.75log	2.32log	2.41log
積算処理回数	14回	36回	50回	64回
乾燥時間(h)	6h	9h	10h	11h
12h 低減レベル	1.44log	1.73log	2.06log	2.47log
積算処理回数	28回	72回	100回	128回