

3 - 7 砂ろ過（固定床型・移床型）施設の機能向上技術の開発

計画調整部技術開発課
石井 実 森田 健史

1. はじめに

近年、処理水質向上を目的として、急速砂ろ過設備が既設処理設備の後段に付加する形で導入されつつある。この急速ろ過設備は、浮遊物質（SS）・有機物（BOD）の除去設備として位置づけられているが、これに改良を加えることで下水処理水中に残存する硝酸性窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）を中心とした窒素成分が低減可能となれば、現有施設を活用した効率的かつ即効性のある SS・窒素同時除去システムの構築が達成できる。

本研究は、平成 14 年度から 3 ヶ年の予定で、公募型共同研究として開始した。2 タイプ（上向流固定床型砂ろ過池、上向流移床型砂ろ過池）の急速ろ過設備に対して、脱窒炭素源としてメタノール（MeOH）を注入して、窒素除去実験を行ったものである。

SS・BOD・窒素の同時除去性能について、本研究における処理水の目標水質を表-1 に示す。全窒素（T-N）濃度については 5 mg/L 以下、SS・BOD については急速砂ろ過と同等を目標とし、低コストで達成することを目指した。

表-1 処理水の目標水質

項目	目標値
T-N	5 mg/L 以下
SS	急速砂ろ過と同等
BOD	急速砂ろ過と同等

注：SS、BOD はろ過速度により異なる

2. 調査期間・場所

調査期間：平成 14 年 6 月～平成 17 年 3 月

調査場所

上向流固定床型：落合水再生センター 急速ろ過施設地下 2 階
（栗田工業㈱、㈱荏原製作所、日本碍子㈱）J V との共同研究）
上向流移床型：中野水再生センター 水処理施設地下 3 階
（㈱タクマとの共同研究）

3. 上向流固定床型砂ろ過池の調査結果

3.1 実験装置の概要

上向流固定床型砂ろ過池の実験装置の概要を図-1 に示す。実験装置は、調圧塔・砂ろ過塔・MeOH 注入設備から構成されている。ろ過層は支持床とろ材に大別される。

ろ過装置の原水（二次処理水）に MeOH を注入し、下部の支持床にて原水の持ち込み DO を消費するとともに、ろ材下部の無酸素ゾーンにて脱窒を行う。過剰な有機物が残存する場合には、ろ材上部で中間散気を行って有機物を除去し、処理水の BOD 上昇を抑える構成としている。

ろ層構成は、落合水再生センターの既設砂ろ過池と同条件（下端の大きい支持礫（50mm）から順次小さい砂となり、上端の微細ろ過砂（0.8mm）という層構成）とし、ろ過塔は、壁面の影響を少なくし洗浄を均一に行うため直径を 500 mm とした。

また実験系列は 3 系列とし、1 系は既設を模擬する対照系、2,3 系は窒素除去を行う MeOH 注入系として調査を行った。

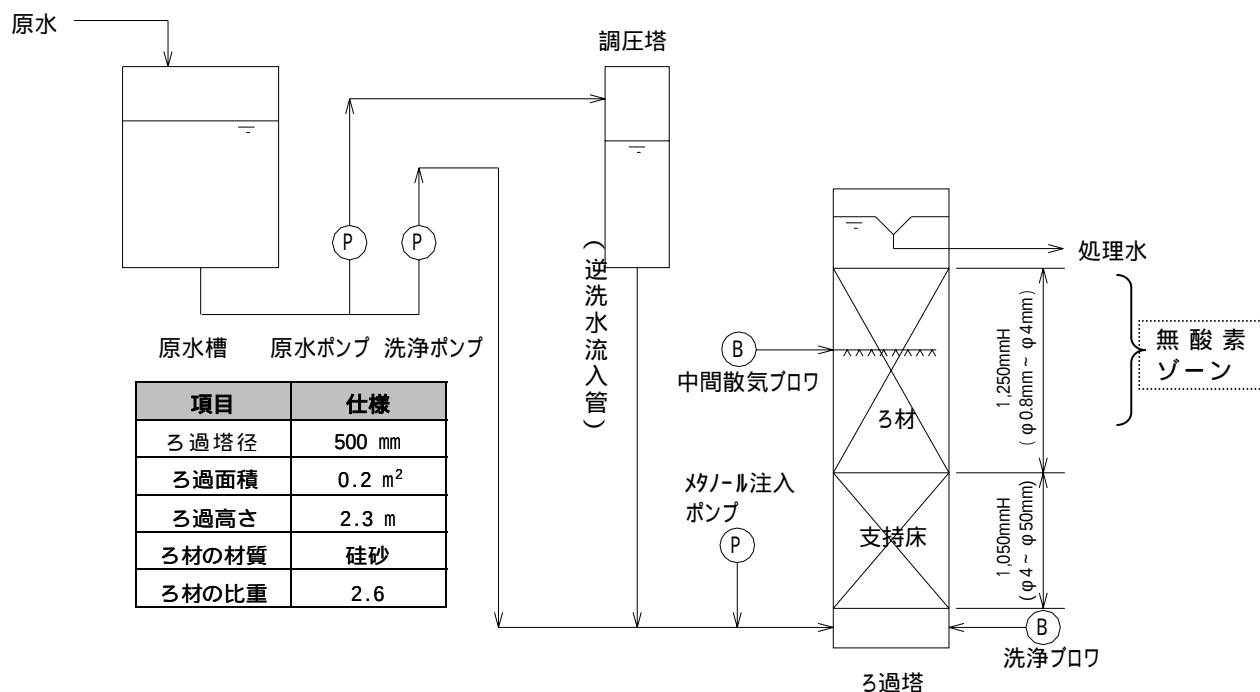


図-1 上向流固定床型砂ろ過池の実験装置の概要

3.2 調査結果

3.2.1 平成 14 年度調査結果

上向流固定床型砂ろ過池において、窒素除去及び既設砂ろ過と同等の SS・BOD 処理を安定して行うには、ろ層洗浄工程の改善、適正ろ過速度の把握、MeOH 注入方法の検討が必要であることが分かった。

調査結果の概要を下記に示す。

MeOH 注入系では、処理水の NO₃-N は 0.3mg/L 以下に除去され、T-N は 2mg/L 以下となった。一方、対照系では、窒素除去は見られなかった。

MeOH 注入系の BOD 及び SS は、生物由来の SS の増加、及び残留 MeOH により、対照系に比べて処理水質が低下した。

MeOH 注入系では、生物付着によるろ層の閉塞などにより、洗浄時に偏流やろ層構成に乱れが生じ、ろ層洗浄工程の改良が必要であることが分かった。

3.2.2 平成 15 年度調査結果

（１）ろ層洗浄工程の検討

MeOH 注入系における改良前後の洗浄工程を表-2 に、改良前後のろ過抵抗（ろ抗）の変化を図-2 示す。なお、逆洗水流入管に、気水洗浄時に配管中に溜まった空気を抜くための空気弁を設けた。

改良の結果、改良した洗浄工程を 2 回/1 日行うことにより、低いろ抗で安定して運転できる

ようになった。しかし 1 日あたりの洗浄時間は改良前 47 分に対して 69 分となるため、水回収率は約 4% 低下し、90% となった。

表-2 改良前後の洗浄工程

	改良前(落合既設と同様)		改 良 後		備 考
工 程	洗浄時間 (分)	洗浄流量 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{分}$)	洗浄時間 (分)	洗浄流量 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{分}$)	
洗浄回数	1 回 / 日		2 回 / 日		洗浄回数増加
水抜き(1)	7	-	7	-	
気水洗浄(1)	7	0.18	10	0.17	時間延長
水押し出し	-	-	1	0.17	工程追加
水洗浄(1)	5.5	0.88	10	0.78	時間変更
水抜き(2)	7	-	-	-	工程削除
気水洗浄(2)	7	0.18	-	-	工程削除
水洗浄(2)	7	0.88	-	-	工程削除
砂締め	0.5	-	0.5	-	
捨水	6	原水流量	6	原水流量	原水流量はろ過速度により異なる
1 日の洗浄時間	47 分		69 分 (34.5 × 2 回)		
1 日のろ過時間	1,393 分		1,371 分		
水回収率 (%)	94		90		

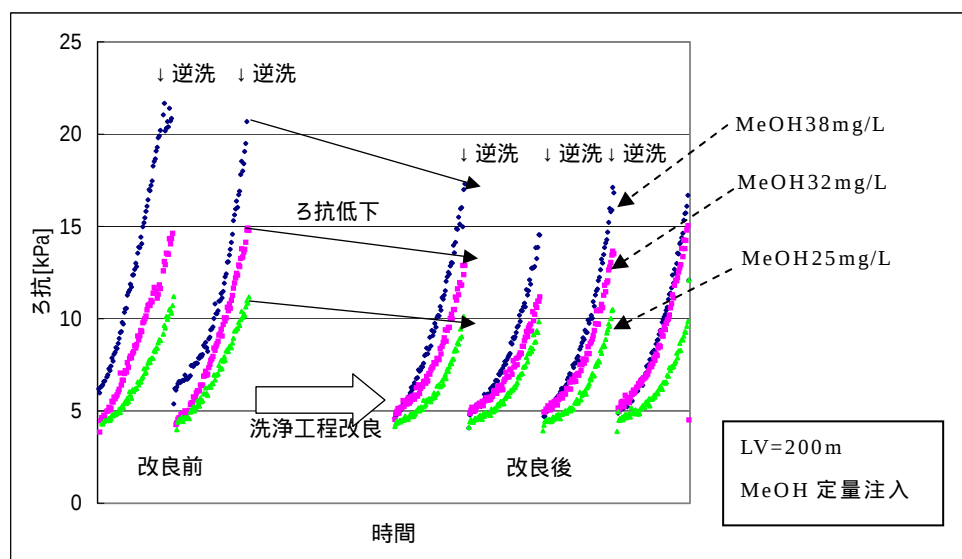


図-2 改良前後のろ抗の変化

(2) ろ過速度がろ抗に及ぼす影響

ろ過速度 (LV) を 200m/日から 300m/日に変更したときのろ抗の変化を図-3 に示す。

ろ過速度 300m/日では 200m/日に比べてろ抗が約 5kPa 上昇し、MeOH を注入しない場合で最大 12 kPa、MeOH を制御注入した場合で最大 24 kPa 程度となった。

ろ過速度 300m/日で MeOH を注入した場合、生物膜の増加によるろ抗の上昇が著しいため、安定した脱窒運転のためには洗浄の頻度、方式等を改善する必要があることが分かった。

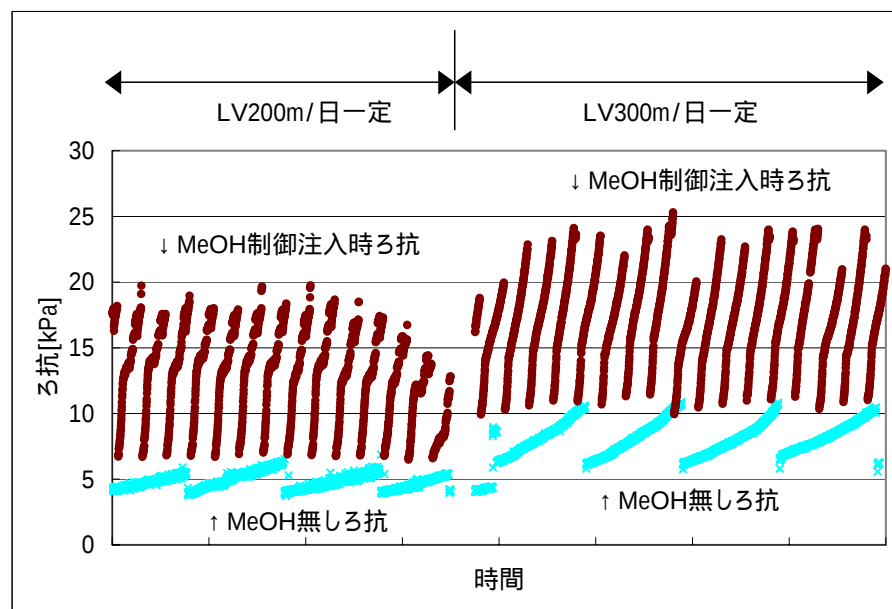


図-3 ろ過速度 (200m/日,300m/日) とろ抗の関係

(3) メタノール注入方法の検討

定量注入運転

MeOH 注入量を一定とした場合の処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化の例を図-4 示す。原水 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の時間変動によって、注入不足 (処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ が残る) や注入過多 (処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ がゼロとなり、残存 BOD が検出される) になり、安定した処理が困難であることが分かった。

なお、定期的に $\text{NO}_3\text{-N}$ が 4 ~ 5mg/L と高くなっている部分は逆洗中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度である。

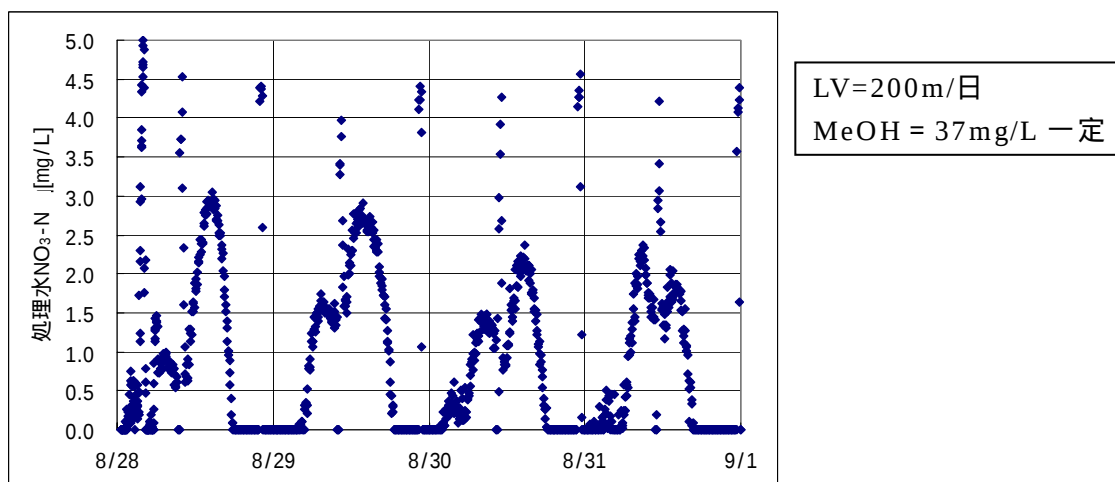


図-4 MeOH 定量注入時の処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化

MeOH 制御運転

窒素除去の安定化、処理水 BOD 上昇防止及び薬品費の低減を図るため、MeOH の注入量を適切に制御する方法を検討した。

理論的な MeOH の必要注入率は、除去した $\text{NO}_3\text{-N}$ と DO の関数となり、次式で表される。

$$\begin{aligned} \text{MeOH 必要注入率}[\text{mg/L}] = & (\text{原水 } \text{NO}_3\text{-N}[\text{mg/L}] - \text{処理水 } \text{NO}_3\text{-N}[\text{mg/L}]) \times 2.86 \\ & + \text{原水 DO}[\text{mg/L}] \times 1.0 \end{aligned}$$

本実験装置では操作点（薬品の注入点）と制御目標値の観測点（処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ の測定点）が離れている。このため、MeOH の注入量を変動させた影響は、ろ過速度 200m/日の場合で約 15 分の遅れ時間の後に、処理水質として検出される。

通常、応答の遅い系についてはフィードフォワード制御が用いられるが、制御に必要な測定項目が多く煩雑であること、測定誤差の影響を受けるという短所がある。

一方で、フィードバック制御は、遅れ時間が長い場合には急激な変動に追従できないという短所はあるが、測定項目が少なく制御が簡単であるという長所がある。

原水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度及び流量の変動がゆるやかであることから、本調査ではフィードバック制御を採用した。

MeOH 制御運転時における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、窒素倍率（理論上脱窒に要する MeOH 量（窒素の 2.86 倍）に対する倍率）の経時変化を図-5 に示す。

原水 $\text{NO}_3\text{-N}$ が 14 ~ 20mg/L の範囲で周期的に変動するのに対して、処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ は概ね 0.5 ~ 1.5 mg/L の範囲に制御することができた（制御目標値 1.0mg/L）。また、窒素倍率は 1.0 程度であり、ほぼ理論値通りに脱窒が行われていた。

定期的に制御値から外れている点は、MeOH が注入されていないろ過塔洗浄工程及び MeOH 注入制御が追従するまでに流出したろ過水によるものである。処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$ は洗浄終了後に徐々に低下し、処理水質が安定するのに要する時間は 30 分程度であった。実施設では多数のろ過施設があり、洗浄工程が順番に行われるため、総合処理水質では影響が小さいものと考えられる。

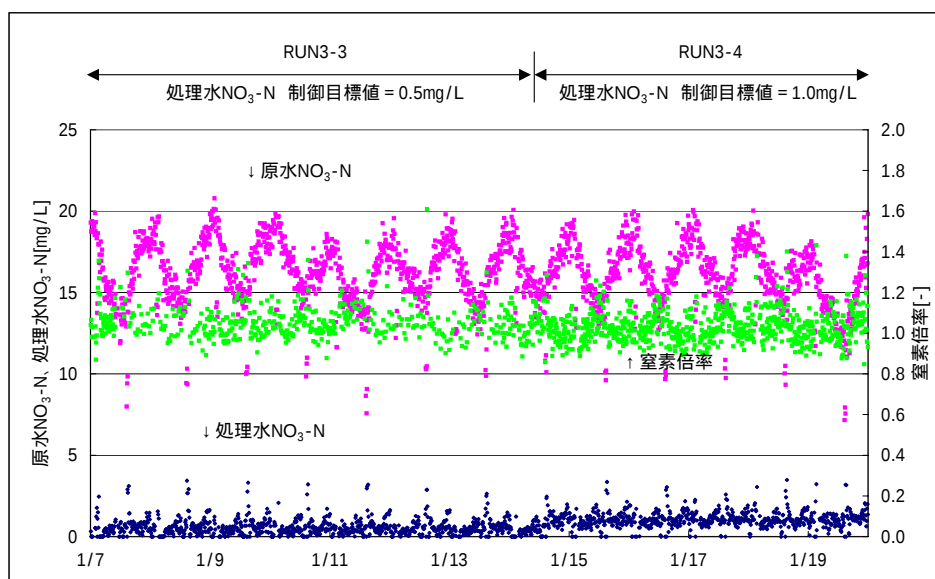


図-5 MeOH 制御運転時における $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度、窒素倍率の経時変化

(4) 水質分析結果

各種条件で実験を行ったが、主な RUN における水質状況（平均値，最小値，最大値，除去率）を表-3 に示す。

原水の水質は、以下のとおりであった。

T-N は、14～20mg/L 程度であり、ほとんどが NO₃-N であった。

SS 及び BOD は、平均で 3～5mg/L 程度であった。

DO は、水再生センター第二沈殿池内においては 1mg/L 程度であるが、その後の堰や導水渠等において酸素が溶解し、ろ過流入部においては 8～9mg/L となっていた。

水温は、雨天時にやや下がるものの、低温時においても 18 程度であった。

これらの原水に対し、MeOH をフィードバック制御注入することで、良好な処理水質が得られ、窒素除去運転が可能であった。

ろ過速度 200m/日、MeOH 制御目標値 0.5mg/L では、処理水の T-N が 0.6～3.4mg/L となり、T-N 除去率では 68%～93%であった。

ろ過速度 300m/日、MeOH 制御目標値 1.0mg/L では、処理水の T-N が 2.2～4.7mg/L となり、T-N 除去率では 61%～83%であった。

これに対して MeOH を注入していない対照系では、窒素は除去されなかった。

また、ろ層内が無酸素状態となっているため処理水 DO は常にゼロであり、SS、BOD、COD に関しては対照系と比べ若干の悪化が見られるものの、ほぼ同等の処理が行えていた。

表-3 主な RUN における水質状況（固定床）

ろ過速度	200m/日				300m/日			
MeOH	制御目標値 0.5mg/L			-	制御目標値 1.0mg/L			-
水温 ()	22.1 (15.7/27.8)				18.0 (17.3/18.8)			
	原水	処理水		MeOH 注入系 除去率 (%)	原水	処理水		MeOH 注入系 除去率 (%)
		MeOH 注入系	対照系			MeOH 注入系	対照系	
T-N (mg/L)	10.6 7.5/13.6	1.6 0.6/3.4	10.3 7.2/12.4	85 68/93	12.3 11.7/12.9	3.0 2.2/4.7	11.6 11.3/12.1	76 61/83
NO ₃ -N (mg/L)	9.3 6.4/12.4	0.7 0.0/2.3	9.5 6.5/11.4	92 75/100	10.8 10.2/11.8	1.8 1.2/3.4	10.8 10.4/11.3	83 67/88
SS (mg/L)	3.1 2.0/5.0	0.7 0.5/1.0	0.6 0.1/1.0	76 65/85	4.8 4.0/5.0	1.9 1.0/3.0	1.1 1.0/1.4	61 40/80
BOD (mg/L)	3.3 0.9/7.4	2.5 0.5/5.7	2.3 0.4/5.9	24 - /100	4.8 1.0/11.0	3.4 1.1/6.0	3.4 0.0/5.9	29 - /78
COD (mg/L)	7.5 5.3/10.0	6.9 4.6/9.5	6.8 4.3/11.2	8 0/100	10.0 8.7/13.0	8.6 7.4/9.4	7.5 6.2/8.2	14 - /34
DO (mg/L)	8.5 7.8/9.3	0 0/0	4.3 3.6/4.8	100 100/100	8.8 8.6/9.0	0 0/0	4.5 3.8/5.2	100 100/100

注：表の上段は平均値、下段は最小値 / 最大値である

3.3 平成 15 年度の成果と今後の課題

平成 15 年度の成果

- ・ ろ過速度 200m/日において、MeOH 注入時でも、ろ層の乱れが少なく安定したろ過が可能な洗浄方法を見出せた。
- ・ ろ過速度 200m/日、流量一定の条件下において、MeOH 注入量をフィードバック制御することにより、処理水 T-N が 5mg/L 以下、SS、BOD を砂ろ過と同等とすることができた。
- ・ 除去 NO₃-N に対する MeOH 消費量は、ほぼ理論値（2.86 倍）であることが確認できた。

平成 16 年度の課題

- ・ 原水流量一定条件におけるフィードバック MeOH 注入の制御性が確認されたが、原水流量を変動させた場合の制御性の確認も必要である。
- ・ ろ過速度 200m/日における洗浄工程の見直しにより、MeOH 注入時でもろ層が乱れず、安定な運転が可能となった。しかし、ろ過速度 300m/日とした時には、ろ抗の上昇が早いため実運転は困難であると考えられることから、より効果の高い洗浄方式の検討が必要である。
- ・ 脱窒に必要な微生物保持量の把握と、その維持に最適な洗浄方法の検討が必要である。

4．上向流移床型砂ろ過池の調査結果

4.1 実験装置の概要

上向流移床型砂ろ過池の実験装置の概要を図-6 に、砂ろ過塔の概要を図-7 に示す。

砂ろ過塔は、鋼板製円筒型の上向流移床型砂ろ過器を使用し、系列は 1 系列とした。

ろ材は、通常の砂ろ過高度処理で使用されている珪砂としたが、粒径は 1～2mm とやや大きいものを用いた。

ろ過器は、ろ層高さの検討が行えるように、最大 3m まで砂を積層できる構造とした。ろ層内の生物量維持および DO 濃度の低減により脱窒反応を促進させるために、洗浄排水の一部を原水と循環混合させた。

原水には洗浄排水を混合した後、MeOH をライン注入した。

ろ層の洗浄工程は二段階から成っている。一次洗浄は、エアリフト管内で水とろ過砂及び吹き込まれた空気とが激しく攪拌されながら上昇することで、ろ過砂の表面に付着した汚濁物質が剥離洗浄される。

二次洗浄は、ラビリンス構造のサンドウォッシャー内を沈降させる過程で洗浄する。

洗浄工程とろ過工程が常時並行して行われるため、連続ろ過システムとなっている。

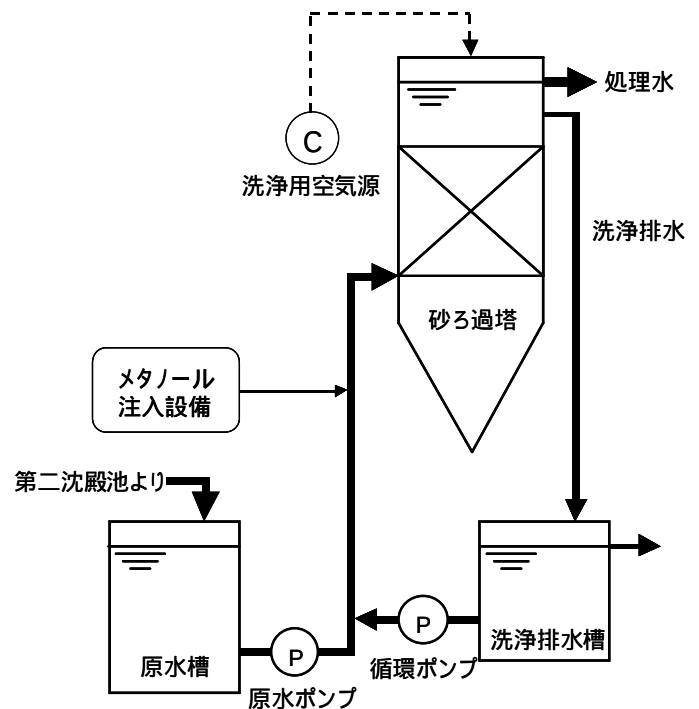


図-6 上向流移床型砂ろ過池の実験装置の概要

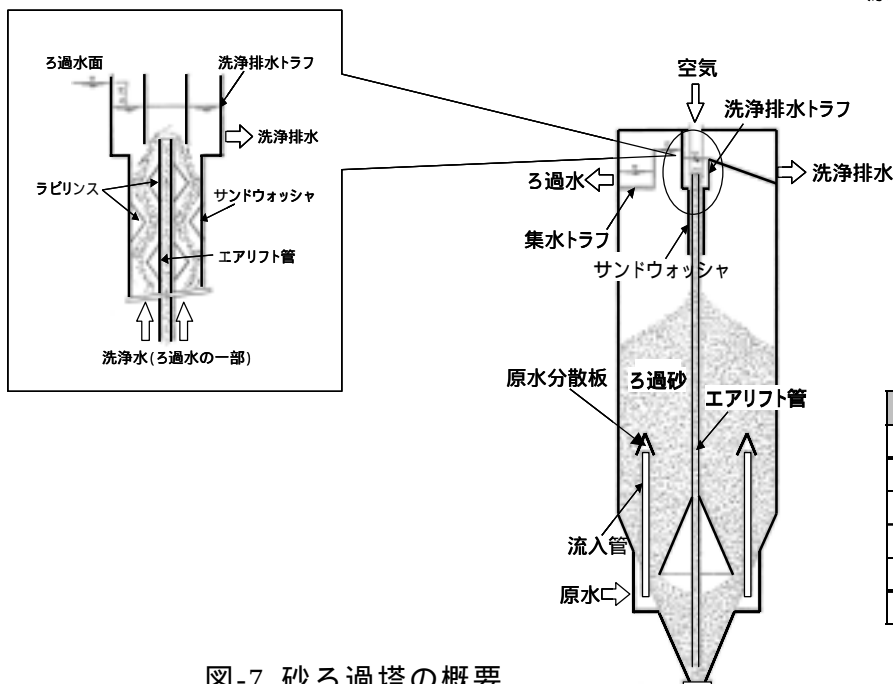


図-7 砂ろ過塔の概要

項目	仕様
ろ過径	800 mm
ろ過面積	0.5 m ²
ろ過高さ	1.0 m
ろ材の材質	珪砂
ろ材の粒径	約 1～2 mm
ろ材の比重	2.6

4.2 調査結果

4.2.1 平成 14 年度調査結果

ろ層高さ 1.0m の条件で、ろ過速度 100m/日と 200m/日での低水温期における窒素除去性能の調査を行った結果から、窒素除去及び SS・BOD 処理を安定に行うには、ろ層高さの改善、適正ろ過速度の把握、MeOH 注入方法の検討が必要であることが分かった。

調査の概要を下記に示す。

ろ過速度 100m/日、系外排水比約 5%、排水循環比約 14%、MeOH 定量注入 (18～24mg/L) では、T-N 除去率は 66%であった。また、処理水 BOD は残存 MeOH のため原水 2.1mg/L に対して 2.5mg/L に上昇し、処理水 SS は原水と同等の 1.6mg/L であった。

ろ過速度 200m/日、系外排水比 2～7%、排水循環比 7～14%、MeOH 定量注入 (24～30mg/L) では、T-N 除去率は 51%に低下した。また、処理水 BOD は原水 2.2mg/L に対して 5.6mg/L となり、処理水 SS は原水 1.5mg/L に対して 3.0mg/L であった。

4.2.2 平成 15 年度調査結果

ろ層高さ、ろ過速度、MeOH 注入方法等の各種実験条件を組み合わせ、RUN3～RUN11 の調査を行った。

(1) ろ層高さの検討

窒素除去に必要なろ層接触時間の確保と SS 除去性能向上のため、砂ろ過の標準高さである 1m、及び 1.5m、2m の 3 段階でろ層高さの検討を行った。また、ろ過速度は、原水 (二次処理水) を基準に 150～300m/日の条件で行った。

ろ層高さとしろ層損失の経時変化を図-8 に示す。

ろ層損失は、ろ層高さ、ろ過速度、流入 SS 濃度によって異なった。ろ過速度が 150～250m/日の場合には、ろ層高さが 1～1.5m でも窒素除去に大きな問題がなかったが、ろ過速度 300m/日ではろ層高さが 2m 必要であることが分かった。

ろ過速度 300m/日の条件におけるろ層損失は、ろ層高さ 1.0m で約 400mmAq、ろ層高さ 1.5m で約 400～600mmAq、ろ層高さ 2.0m で 500～900mmAq であった。ろ過速度 300m/日でも、ろ層損失が運転条件範囲であったのは、ろ材を連続洗浄しているという移床型の特性であると考えられる。

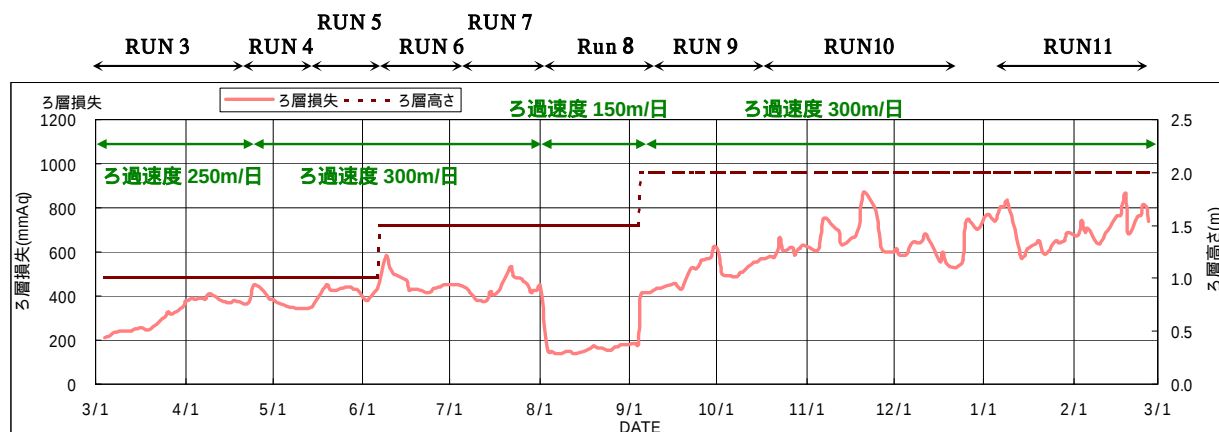


図-8 ろ層損失としろ層高さの経時変化

(2) MeOH 注入方法の検討

定量注入運転

原水 NO₃-N 濃度を 10mg/L と仮定して、やや過剰添加の条件である MeOH 濃度(30 mg/L)で定量注入した。

実際の原水 NO₃-N 濃度には時間及び日変動があるため、原水 NO₃-N 濃度が 10mg/L 以上だと MeOH が不足して脱窒が不完全となった。一方、10mg/L 未満だと MeOH が過剰となり、処理水 BOD 値を上昇させた。

処理水 BOD 濃度の上昇は、RUN3 で 2.7mg/L (平均値)、RUN4 では 6.6mg/L (平均値) であった。

MeOH 制御運転

MeOH 制御運転は、原水の NO₃-N 濃度と DO 濃度に応じたきめ細かい制御のできるフィードフォワード制御により行った。実験式である Mc Carty 式により NO₃-N 除去に必要な MeOH 濃度を計算し、「制御比 (γ)」により修正したものを MeOH 必要注入率とした。「制御比 (γ)」は、硝酸センサー測定値の誤差の補正や、MeOH の過不足を調整するため、0.8 ~ 1.2 の範囲で調整した。MeOH 必要注入率は、原水 NO₃-N 濃度の約 3 倍となる。

$$\begin{aligned}\text{MeOH 必要注入率 (mg/L)} &= \text{制御比 (} \gamma \text{)} \times \text{必要 MeOH 濃度} \\ &= (0.8 \sim 1.2) \times \left[2.47 \text{ NO}_3\text{-N (mg/L)} + 0.87 \text{ DO (mg/L)} \right]\end{aligned}$$

Mc Carty 式 (実験式)

MeOH 制御運転を行うことで、原水 NO₃-N 濃度の時間的な変動に MeOH 必要注入率が追従し、処理水 BOD 濃度の増加量が安定的に約 1mg/L 程度となった。

脱窒反応が MeOH 律速又は過剰にならずに、注入した MeOH を有効に利用するには、フィードフォワード制御が有効であることが分かった。

(3) ろ層内水質分布試験

ろ層内における処理状況を把握するために、RUN10 のろ層内水質分布試験を行った結果を図-9 ~ 11 に示す。

窒素除去は、DO 濃度が低下したろ層 (0.5m) から始まり、ほぼ直線的に除去が進行していた。ろ層 (1.0m) の DO が 0.39mg/L ORP が -38mV であり、脱窒反応に適した状態であったことが分かった。

MeOH 濃度は、混合水とろ層 (0.5m) の間で急速に消費されて半減している。これは、原水の持ち込み DO の消費に優先的に利用されたことを示唆している。また、その後は、NO₃-N 濃度の減少とほぼ一致していることから、MeOH が脱窒炭素源として利用されていると考えられる。

溶解性 BOD (S-BOD) は、混合水では MeOH 濃度とほぼ同様であるが、ろ層 (0.5m) では MeOH が半減しているにもかかわらず、大きな変化がなかった。これは、ろ過器流入水には排水循環が含まれているため、SS 成分が一部可溶化して BOD 源となっているものと考えられる。

水温が窒素除去へ与える影響については、水温 16.9 ~ 24.7 の範囲では NO₃-N 除去速度が大きく変化しなかったことから、確認できなかった。

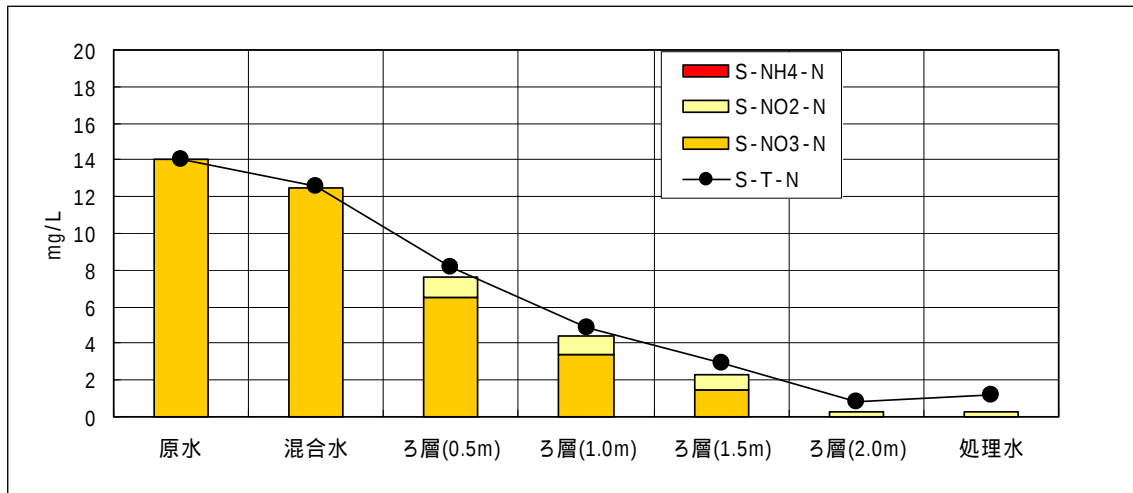


図-9 窒素成分のろ層内水質分布試験結果

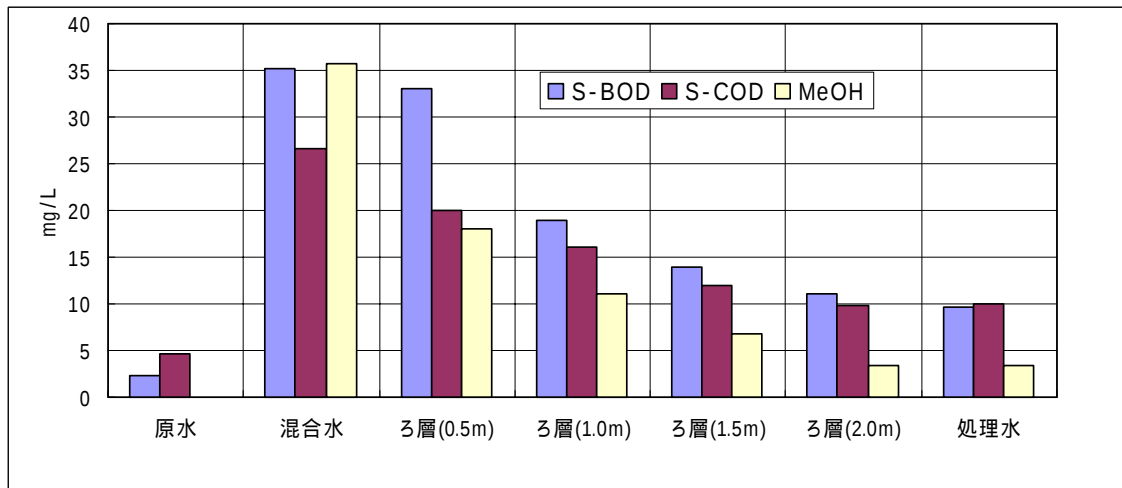


図-10 有機物のろ層内水質分布試験結果

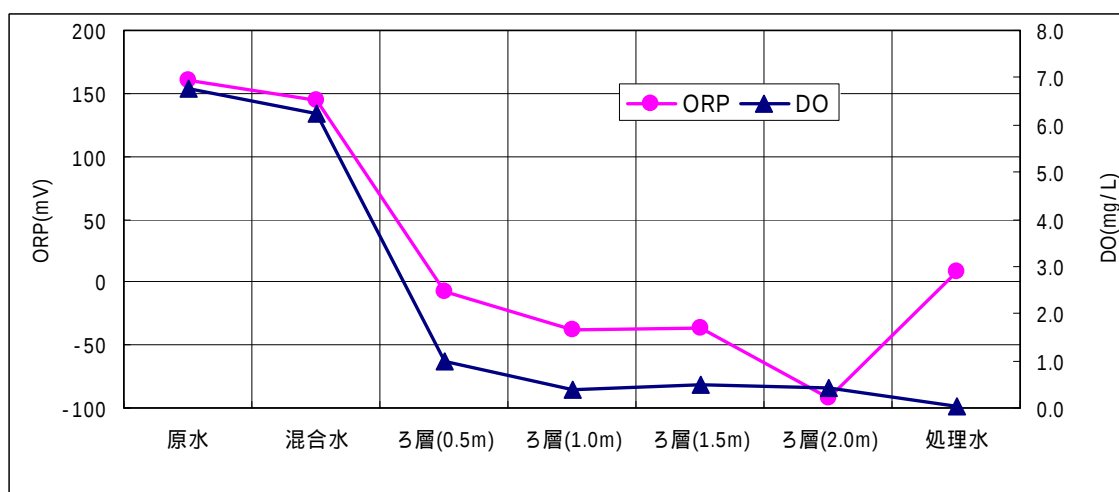


図-11 O R P、D O濃度のろ層内水質分布試験結果

注) 混合水は原水と排水循環の混合液である。

(4) 排水循環の検討

生物学的な脱窒反応は還元反応であるため、反応条件として DO 濃度が低い状態であることが必要であり、ろ層内の DO 濃度が高いゾーンは脱窒ゾーンとして有効に使われていない可能性がある。

そこで、原水に有機物を含むろ過器洗浄排水を循環混合させ、ろ層下部の DO 濃度の低減と脱窒細菌の供給を目指した。排水循環 SS 量の制御は、SS 濃度と流量を設定して行った。

ろ層内の溶存酸素濃度

原水の DO 濃度は 5～7mg/L と高い値であり、低水温期や降雨時に上昇する傾向がみられた。ろ層下部（0.5m 位置）の DO 濃度は、原水の影響を受けて、最大 4.5mg/L（雨天時）まで上昇した。

ろ層高を 1.0m、1.5m、2.0m の 3 条件において排水循環量を変更した結果、ろ層高が高いほど、また排水濃度が高いほど DO の低減効果があった。

排水 SS 濃度

原水と排水循環を合計したろ過器流入 SS 濃度と NO₃-N 除去率の関係を図-12 に示す。

NO₃-N 除去率は、ろ過器流入 SS 濃度と高い相関がみられ、排水循環によりろ過器流入 SS 濃度を 15mg/L 以上に調整することで NO₃-N 除去率が約 80%以上となった。

ろ過器流入 SS 濃度を 20mg/L 以上とした場合には、NO₃-N 除去率が 90%～100%と上限に達し、排水濃度が高いときに NO₂-N の発生や処理水 SS の悪化が見られた。

このため、最適な流入 SS 濃度は、15～20mg/L 程度と考えられる。

これらの結果から、排水循環比は約 11～14%、系外排水比は約 1～6%程度が適当であることが分かった。また、原水 DO 濃度の影響を緩和でき、窒素除去のための脱窒ゾーンを十分とるには、ろ層高を 2.0m とすることが適当であることが再確認された。

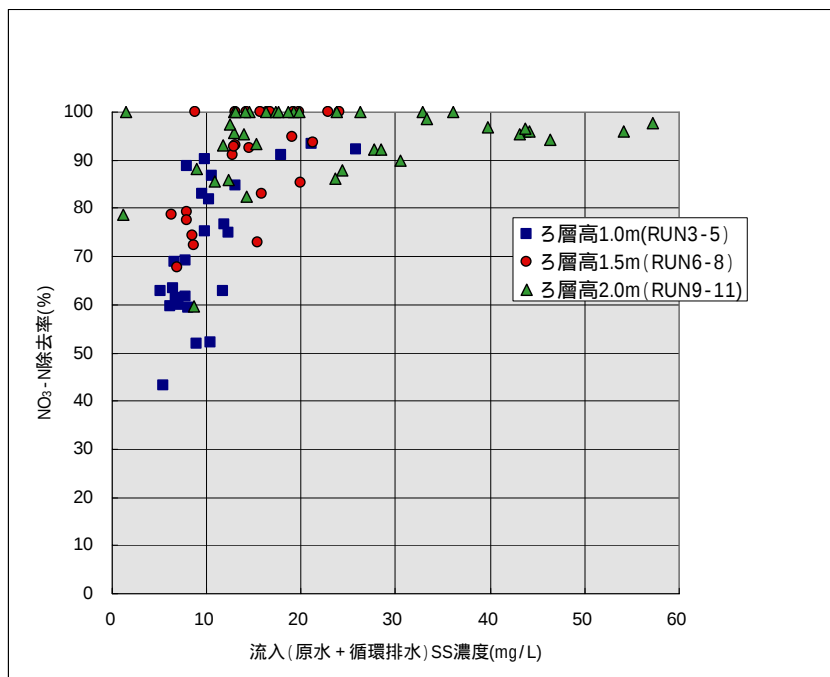


図-12 ろ過器流入 SS 濃度と NO₃-N 除去率の関係

(5) 水質分析結果

主な RUN での水質状況（平均値，最小値，最大値，除去率）を表-4 に示す。

原水の水質は、以下のとおりであった。

T-N は、4.6～17mg/L 程度で、ほとんどが NO₃-N であった。

BOD は、1.2～5.8mg/L 程度、SS は 1～3.7mg/L 程度であった。

DO は、ろ過流入部においては 6～8mg/L となっていた。

水温は雨天時にやや下がるものの、低温時においても 18 程度であった。

これらの原水に対し、ろ過速度 300m/日で MeOH を定量注入及びフィードフォワード制御注入した結果、以下のとおりであった。

MeOH を定量で注入した RUN4 では、処理水の T-N 濃度が 4.3～5.3mg/L、T-N 除去率が 47%～50%であった。処理水質が目標に達しなかった原因は、MeOH が不足した場合に窒素除去が不十分となったこと、及びろ層高が 1m と低いためであると考えられる。

MeOH をフィードフォワード制御注入した RUN10 では、処理水の T-N 濃度が 0.6～2.3mg/L、T-N 除去率が 80%～94%であり、良好な処理水質となった。ろ層高さが 2m であれば、安定したろ過と窒素除去と SS・BOD 処理の運転が可能であることが示された。

表-4 主な RUN での水質状況（移床型）

ろ層高	1m			2m		
ろ過速度	300 m/日					
MeOH 注入方法	定量注入（ 24mg/L ）			自動制御注入		
水温（ ）	21.8（ 21/22.6 ）			21.0（ 16.4/24.1 ）		
	原水	処理水	除去率	原水	処理水	除去率
T-N (mg/L)	9.1 8.6/10	4.7 4.3/5.3	48 47/50	10.8 7.3/16.0	1.2 0.6/2.3	89 80/94
NO ₃ -N (mg/L)	8.6 8.0/9.2	3.4 3.1/3.7	61 59/62	10.3 6.0/16.0	0.2 0.0/1.2	98 88/100
SS (mg/L)	2.2 1.5/3.0	3.8 2.0/5.7	-	1.2 1.0/1.7	1.7 1.0/3.3	-
BOD (mg/L)	3.0 2.6/3.4	9.6 8.7/10	-	2.2 1.3/3.1	3.2 1.8/6.6	-
COD (mg/L)	8.4 7.7/8.8	13.8 13/15	-	6.0 4.4/7.3	7.0 5.5/9.3	-
DO (mg/L)	5.2 4.8/5.7	0.4 0.4/0.6	-	6.1 4.8/8.3	0.5 0.3/1.1	-
ORP (mv)	238 209/289	49 -6/76	-	424 379/473	-35 -115/51	-

注：表の上段は平均値、下段は最小値 / 最大値である

4.3 平成 15 年度の成果と今後の課題

平成 15 年度の成果

- ・ろ層高さを 2.0m、MeOH 注入をフィードフォワード制御とすることで硝酸性窒素除去の性能向上及び SS・BOD 処理の安定化を確認し、ろ過速度 300m/日の条件で完全脱窒を達成できた。
- ・MeOH 注入制御を行うことで、処理水 BOD 上昇は平均 0.5mg/L（最小：0～最大：1.5mg/L）となり、原水とほぼ同じであった。
- ・ろ過速度 300m/日、ろ層高さを 2.0m とし、ろ過器流入 SS 濃度が 15～20mg/L 程度になるような排水循環と MeOH 注入制御を行うことで、平均処理水質は、T-N が 1.2mg/L、BOD が 3.2mg/L、SS が 1.7mg/L となり、NO₃-N 除去率 98.1%（平均値）、T-N 除去率 89.3%（平均値）とすることができた。

平成 16 年度の課題

- ・平成 15 年度は水量一定条件で実験を行ったが、平成 16 年度では最適条件である RUN10 の条件において、水量負荷変動による除去性能の安定性を調査する。
- ・平成 15 年度では完全脱窒を目標に行ったが、平成 16 年度では目標水質を維持するのに必要最小限の MeOH を添加する経済的な運転についても調査を行う。
- ・設計手法を確立するために脱窒速度、排水循環等について整理検討を行う。さらに実施設を想定した設計検討を行うことでシステムの評価と実用化検討を行う。