

4. 補足データ

(1) 亜硝酸化槽の構造

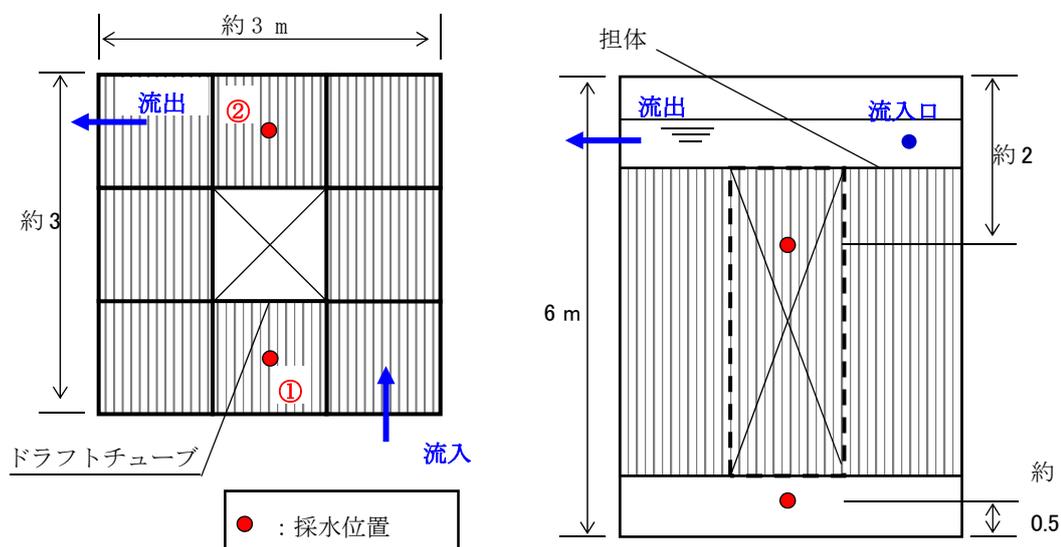
本編第4章 § 30 亜硝酸化施設に記載のとおり、亜硝酸化槽の処理性能を安定に維持するためには、槽内温度やpHを適正範囲に維持する必要がある。槽内の水質を均一化し、ショートパスやデッドスペースが生じないように配慮した構造とする必要がある。このため、実証施設の亜硝酸化槽の内部状況を調査するとともに、スケールアップについて検討した。

1) 実証施設亜硝酸化槽の内部状況の調査

実証施設における亜硝酸化槽は、槽中央にドラフトチューブを設置し、担体充填部は曝気による上向流を、ドラフトチューブ部は下降流を形成し、旋回流を発生させて槽内を混合する構造としている。

槽内の混合状況を確認するために、実証施設の亜硝酸化槽の各所の水質などを調査した。図資4-1に示す位置で採水を行い、各種窒素濃度やpH、D0などの水質を分析した。

表資4-1～2に調査時の運転状況と槽内水質の調査結果を示す。槽内水質はほぼ均一であったことから、ドラフトチューブ構造による旋回流が形成され、槽内はほぼ完全混合状態であると判断された。



図資4-1 亜硝酸化槽の槽内水質測定位置

表資 4-1 槽内水質測定中の運転状況

項目	条件
流入水量	0.75 m ³ /hr
曝気強度	0.19 m ³ /min/m ²
流入 NH ₄ ⁺ -N 濃度	480 mg/L

表資 4-2 槽内水質分布の測定結果

測定位置	NH ₄ ⁺ -N [mg/L]	NO ₂ ⁻ -N [mg/L]	pH [-]	温度 [°C]	DO [mg/L]
① (上部)	52	340	7.70	35.5	2.4
① (下部)	58	348	7.70	35.5	2.0
② (上部)	56	344	7.65	35.5	2.1
② (下部)	61	347	7.65	35.5	2.0

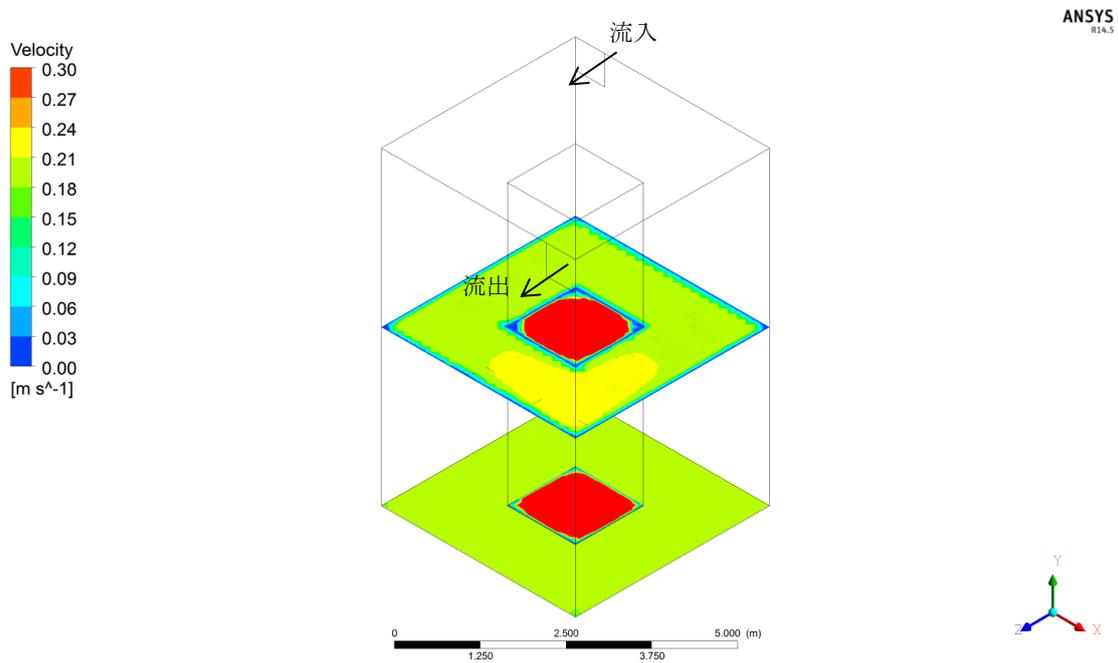
2) 亜硝酸化槽のスケールアップ

実証施設における亜硝酸化槽の槽内混合が良好であったことから、この構造を基に亜硝酸化槽のスケールアップを検討し、同様に完全混合状態が得られるかを確認した。スケールアップの条件は表資 4-3 に示す通りとし、その混合特性について CFD を用いた数値シミュレーションにより解析した。

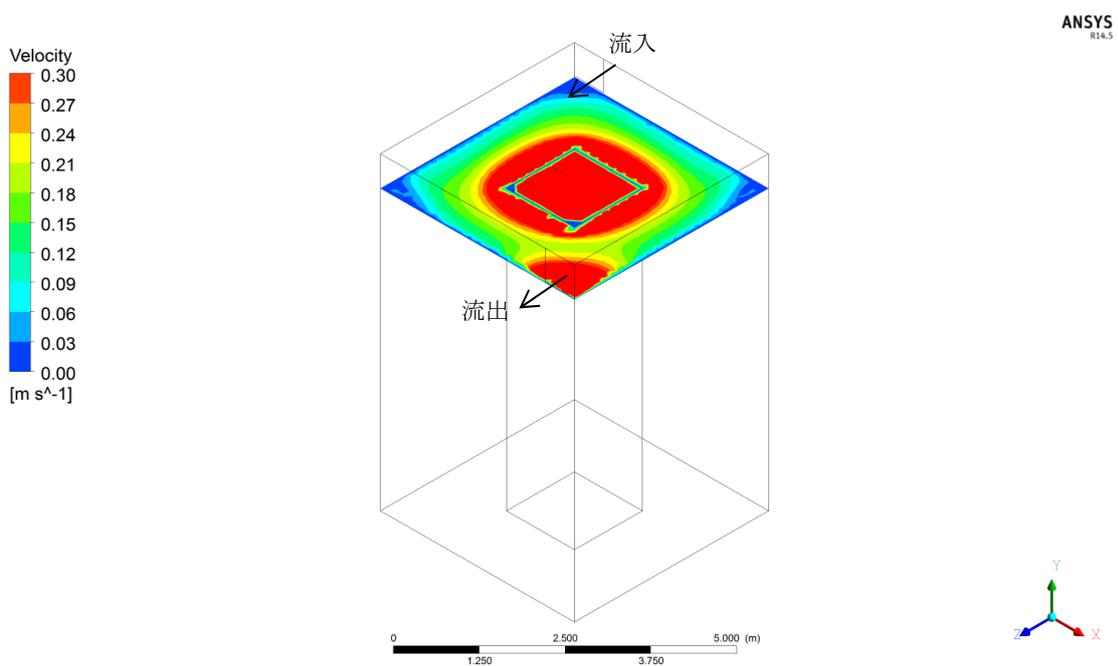
流速シミュレーションによる槽内流速分布を図資 4-2~3 に示す。槽内の流速は槽下部、槽中部では均一で 0.2 m/sec 程度であった。槽上部についてはドラフトチューブ開口と流出口付近で局所的に流速の速い領域があったが、それ以外の領域についても概ね 0.1 m/sec の流速があり、槽全体で流動状態が維持されていた。また、図資 4-4~5 に槽内の流線分布を示す。ドラフトチューブ内で下降流が形成されており、スケールアップした亜硝酸化槽においても実証施設と同様に完全混合状態が得られるものと考えられた。

表資 4-3 流速シミュレーションの実施条件

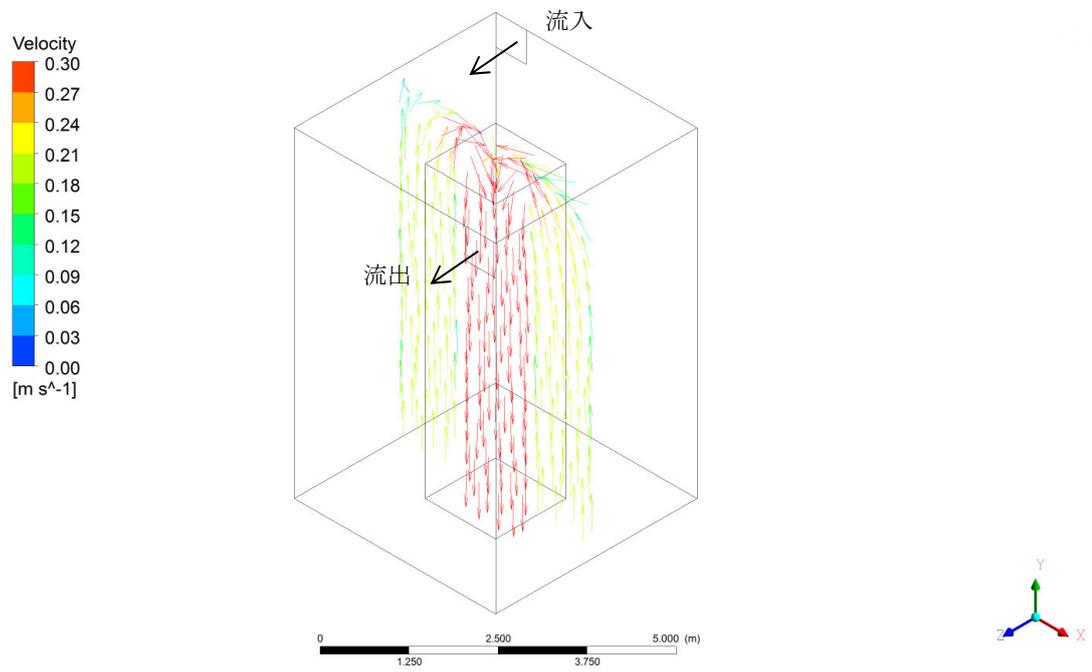
項目	条件	
使用ソフト	汎用流体解析ソフト CFX-5 (ANSYS 社)	
	スケールアップ	実証施設亜硝酸化槽 (参考)
槽寸法	4 m ² ×8 mH	3 m ² ×6 mH
ドラフトチューブ寸法	1.4 m ²	1.0 m ²
想定する亜硝酸化槽の処理水量 (プロセス全体の処理水量)	約 45 m ³ /日 (約 75 m ³ /日)	約 30 m ³ /日 (約 50 m ³ /日)



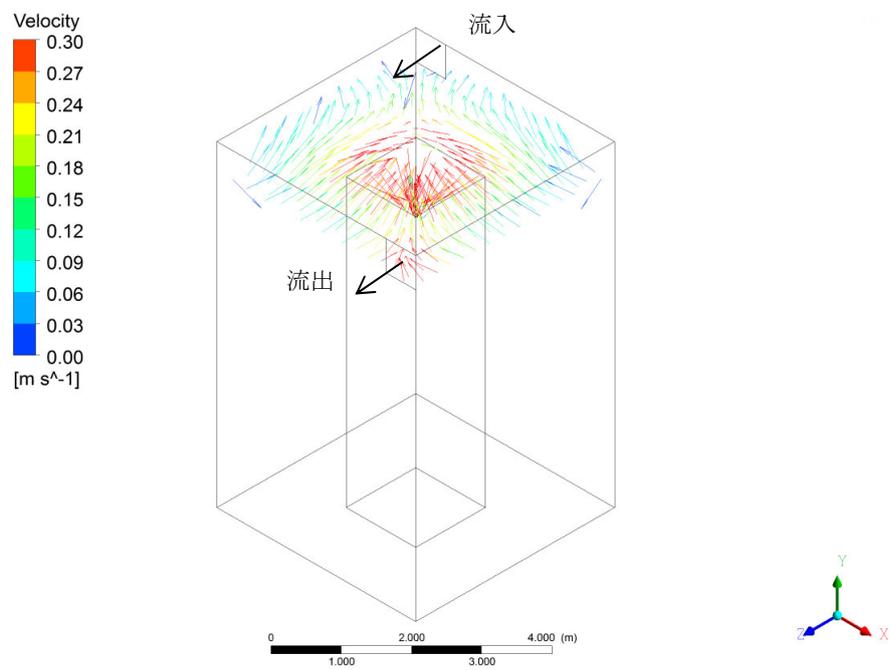
図資 4-2 スケールアップした場合の槽内流速分布（槽下部・中部）



図資 4-3 スケールアップした場合の槽内流速分布（槽上部）



図資 4-4 スケールアップした場合の槽内流線分布（槽縦断面）



図資 4-5 スケールアップした場合の槽内流線分布（槽上部）

(2) ベンチスケール亜硝酸化装置の運転事例

亜硝酸化槽容量のさらなる縮小に向けた検討として、高負荷条件における亜硝酸化処理性能を調査するため、実証施設の亜硝酸化槽と同様の担体を使用したベンチスケール規模の亜硝酸化装置（図資 4-6）を設置して、運転を行った。表資 4-4 にベンチスケール亜硝酸化装置の運転条件を示す。高負荷条件での運転に対応するため、担体充填率を増加させた。実験原水は、実証施設で使用する原水と同様に分配槽からの流出水を使用し、負荷の調整は装置に供給する原水量を変えることで行った。運転条件は実証施設とほぼ同様とした。

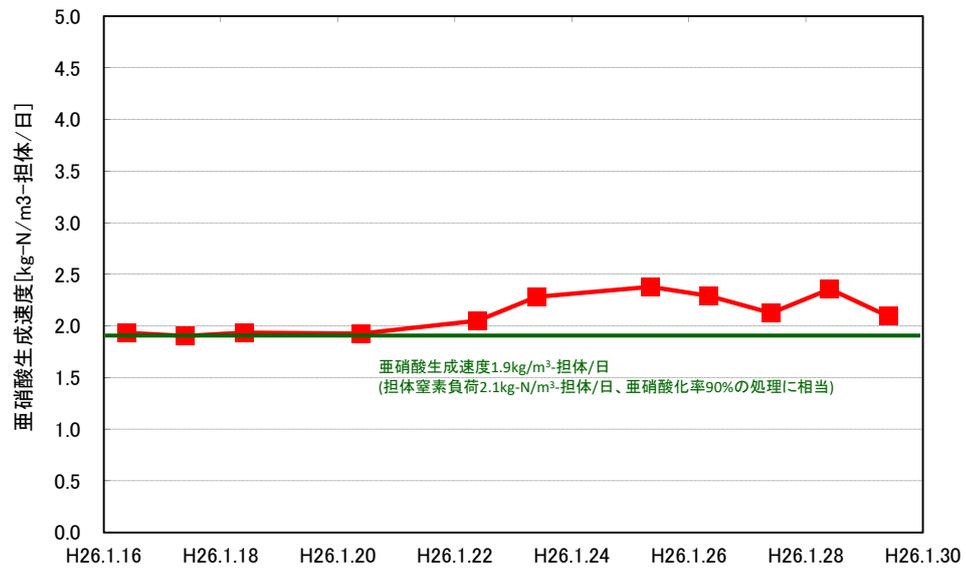
図資 4-7 にベンチスケール亜硝酸化装置の運転結果を示す。運転期間中は $1.9 \text{ kg-N/m}^3\text{-担体/日}$ ($0.8 \text{ kg-N/m}^3\text{-槽/日}$) 以上の亜硝酸生成速度を維持した。これは $2.1 \text{ kg-N/m}^3\text{-担体/日}$ ($0.9 \text{ kg-N/m}^3\text{-槽/日}$) の負荷に対して、亜硝酸化率 90% で処理したときの亜硝酸生成速度に相当し、 $2.1 \text{ kg-N/m}^3\text{-担体/日}$ ($0.9 \text{ kg-N/m}^3\text{-槽/日}$) の高負荷においても十分な亜硝酸化処理性能を有するものと考えられた。



図資 4-6 ベンチスケール亜硝酸化装置の外観

表資 4-4 ベンチスケール亜硝酸化装置の運転条件

項目	条件
槽容量	540 L
担体容量	220 L
担体充填率	約 40%（実証施設は約 20%）
使用原水	実証施設分配槽流出水
水温	35℃
pH	7.8



図資 4-7 ベンチスケール亜硝酸化実験装置の運転性能

(3) ベンチスケールアナモックス装置の運転事例

アナモックス槽容量のさらなる縮小に向けた検討として、高負荷条件における窒素除去性能を調査するため、実証施設のアナモックス槽と同様の担体を使用したベンチスケール規模のアナモックス装置（図資 4-8）を設置して、運転を行った。表資 4-5 にベンチスケールアナモックス装置の運転条件を示す。高負荷条件での運転に対応するため、担体充填率を増加させた。実験原水は、実証施設で使用する原水と同様に調整槽からの流出水を使用し、窒素負荷の調整は装置に供給する原水量を変えることで行った。運転条件は実証施設とほぼ同様とした。

図資 4-9 にベンチスケールアナモックス装置の運転結果を示す。期間中は 4.0 kg-N/m^3 -担体/日（ 2.8 kg-N/m^3 -槽/日）以上の窒素変換速度を維持した。これは 5.0 kg-N/m^3 -担体/日（ 3.5 kg-N/m^3 -槽/日）の負荷に対して、窒素変換率 80%で処理した場合の窒素変換率速度に相当し、 5.0 kg-N/m^3 -担体/日（ 3.5 kg-N/m^3 -槽/日）の高負荷においても十分な窒素除去性能を有するものと考えられた。

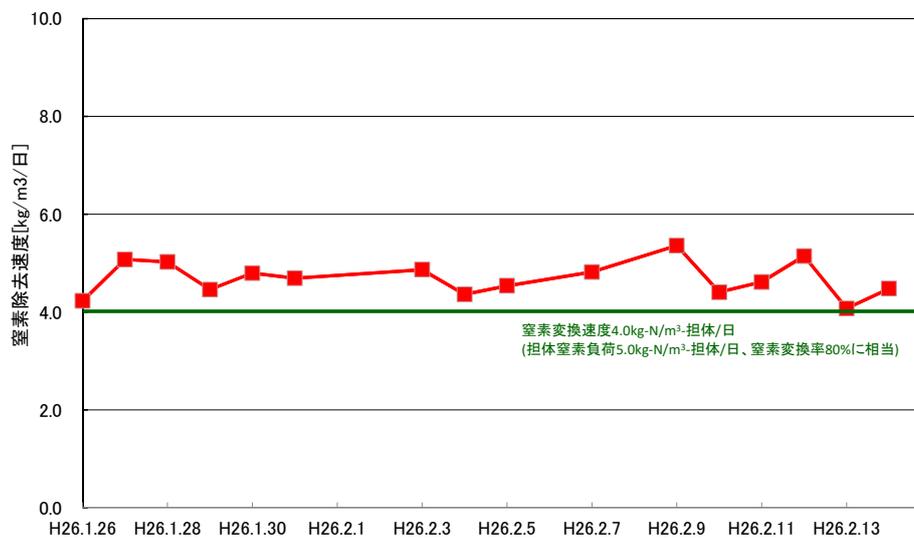
参考に、図資 4-10 にアナモックス細菌の事前培養における窒素除去性能の推移を示す。培養開始前は窒素変換速度 1.0 kg-N/m^3 -担体/日以下であったが、培養開始 80 日程度で、窒素変換速度は 7.0 kg-N/m^3 -担体/日以上、窒素変換率は 85%以上となった。



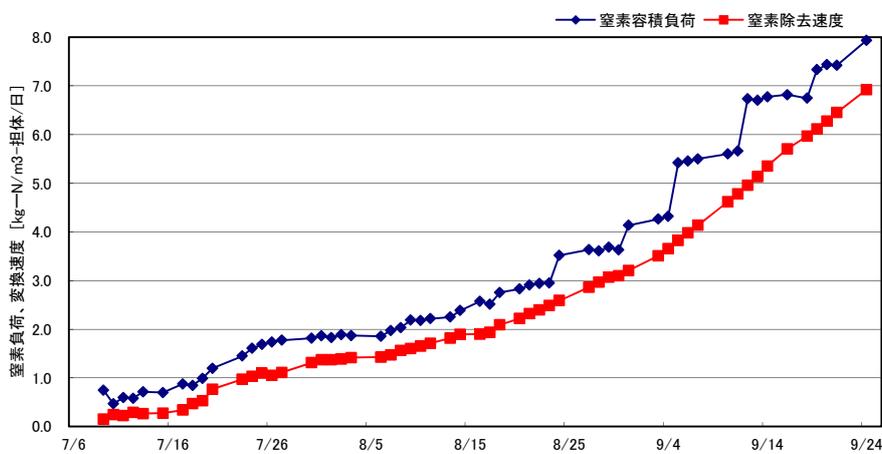
図資 4-8 ベンチスケールアナモックス装置の外観

表資 4-5 ベンチスケールアナモックス装置の運転条件

項目	条件
槽容量	200 L
担体容量	135 L
担体充填率	約 30%（実証施設は約 20%）
使用原水	実証施設調整槽流出水
温度	35℃



図資 4-9 ベンチスケールアナモックス装置の運転性能



図資 4-10 事前培養における窒素除去性能の推移

(4) 汚泥投入によるアナモックス槽の立上げ事例

実証施設におけるアナモックス槽の立上げは、事前に培養したアナモックス細菌が付着した担体を移設して行ったが、担体ごと移設できない場合の立上げ方法を確立するために、種汚泥を直接投入した立上げ試験を実施した。

表資 4-6 に立上げ試験における運転条件を示す。立上げ試験は、3 m³の試験水槽を設置し、これに実証施設のアナモックス槽と同様の担体を取付けて行った(図資 4-11)。種汚泥として、実証施設のアナモックス槽担体から剥離させた汚泥を試験水槽に投入し、立上げ試験を開始した。立上げ試験においては培地として実証施設の調整槽流出水を通水し、加温および pH 調整を行った。また、窒素負荷の調整は試験水槽への通水量を変化させることにより行った。

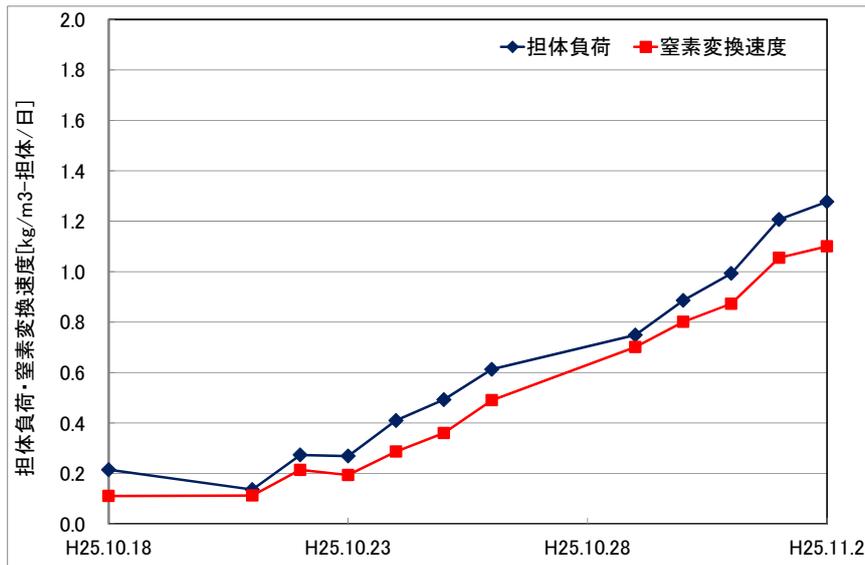
図資 1-12 に試験水槽におけるアナモックス槽の立上げ状況を示す。立上げは担体負荷 0.2 kg-N/m³-担体/日 の負荷から開始した。負荷を徐々に上昇させると、窒素除去速度はそれに追従して増加し、立上げ開始から約2週間で実証施設のアナモックス槽と同等の窒素変換速度 1.0 kg/m³/日を達成した。また、図資 1-13 に示すように立上げ試験後の槽内の充填担体を確認したところアナモックス細菌の増殖が確認された。以上のことより、種汚泥を直接投入した場合においても問題なくアナモックス槽を立上げられることを確認した。

表資 4-6 アナモックス槽立上げ試験における運転条件

項目	条件
槽容量	3 m ³
担体充填率	約 30%
使用原水	実証施設調整槽流出水
温度	35°C



図資 4-11 立上げ試験に使用した担体（アナモックス種汚泥投入前）



図資 4-12 立上げ試験に使用した担体（アナモックス種汚泥投入前）



図資 4-13 立上げ試験終了時のアナモックス槽充填担体

(5) 担体法を適用した高負荷有機物除去装置の運転事例

原水中に有機物が高濃度に含まれる場合の対策として、担体法を適用した高負荷有機物除去装置の運転事例を紹介する。図資 4-14 に装置外観を、表資 4-7 に高負荷有機物除去装置の運転条件を示す。

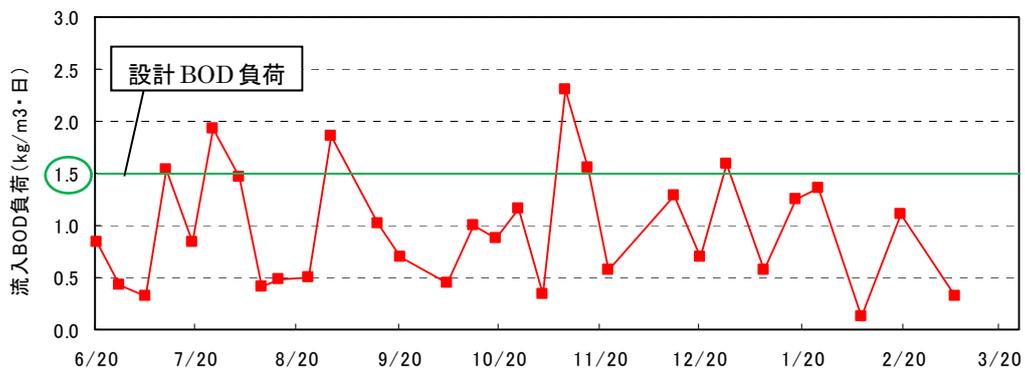
図資 4-15, 16 に高負荷有機物除去装置の運転結果を示す。運転期間中は原水水質変動が大きく、設計負荷の $1.5 \text{ kg-BOD/m}^3\text{-担体/日}$ を超過した負荷が流入することがあったが、処理水 BOD 濃度は概ね 100 mg/L 以下に維持され、本装置は安定した有機物除去性能を有していたと考えられた。



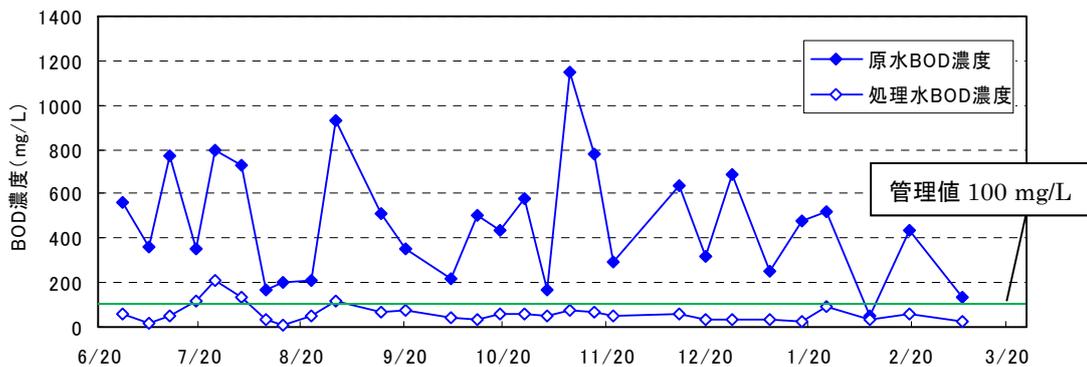
図資 4-14 高負荷有機物除去装置の外観

表資 4-7 高負荷有機物除去装置の運転条件

項目	条件
担体容量	200L
担体仕様	網状合成樹脂繊維製
担体充填率	約 20%
使用原水	高温消化汚泥脱水ろ液
設計負荷	$1.5 \text{ kg-BOD/m}^3\text{-担体/日}$



図資 4-15 高負荷有機物除去装置の BOD 負荷の推移



図資 4-16 高負荷有機物除去装置の有機物除去性能