

8. 大型装置試運転

創価大学大学院 工学研究科 秋月 真一
三洋テクノマリン(株) 塩谷 剛
創価大学工学部 非常勤講師 丹羽 千明

8-1. メタン発酵後の処理液量と硝化汚泥量の比率の検討

【研究の目的】

大型装置を運転する際に、実験室での結果において懸案事項となっていた硝化汚泥へのメタン発酵液の負荷について実験を行った。この結果によって、硝化汚泥の投入量を定めることができる。

【研究方法】

<基質と種汚泥>

基質には、ムラサキイガイを用いたメタン発酵後の処理液（液中のアンモニア態窒素濃度=573mg-NL⁻¹）を用い、種汚泥には、横浜市第二水再生センターの A₂O 法の硝化汚泥（5000 mg-MLSS）を用いた（表 2-8-1）。

表 2-8-1. ムラサキイガイと各種汚泥の組成

	TS (g L ⁻¹)	VS (g L ⁻¹)	TCOD (g-COD L ⁻¹)	SCOD (mg-COD L ⁻¹)	アンモニア態窒素濃度 (mg-NH ₄ ⁺ -N L ⁻¹)
ムラサキイガイ (貝肉)	155	136.6	247.8	-	-
消化汚泥	25.0	17.1	-	309.5	1,550
硝化汚泥	7.9	-	-	-	40

<装置と運転条件>

実験には、2 L のガラス製三角フラスコを用い、実験は処理場と同じ 28±1℃に維持さ

れた恒温室で実施した。実験系内の硝化汚泥量に対するアンモニア態窒素投入量（窒素負荷量：mg-N mg-MLSS⁻¹）を、0.007、0.014、0.024、0.070 となるように基質と種汚泥を添加し、曝気量は全条件において 4 L min⁻¹ とした。

<測定項目および分析方法>

投入基質および種汚泥は、pH、NO₃⁻、NO₂⁻、NH₄⁺について測定を行った。実験期間中に採取した試料は、pH、DO を測定後、孔径 0.45 μm のガラス繊維濾紙(GC-50Advantec) によるろ過を行い、ろ液については、NO₃⁻、NO₂⁻、NH₄⁺を測定した。

pH、DO の測定は、下水試験法（1997）および Standard method（1998）に準拠して行った。各種イオンは、高速液体クロマトグラフィー（センシユー科学, SSC-660 G SEL, Column：IC YK-421, IC I-524, Shodex）を用いて測定した。

【結果と考察】

全条件において、pH は実験開始直後から低下し始め、実験開始から 24 時間後には 5.5 の低い値を示した（図 2-8-1）。

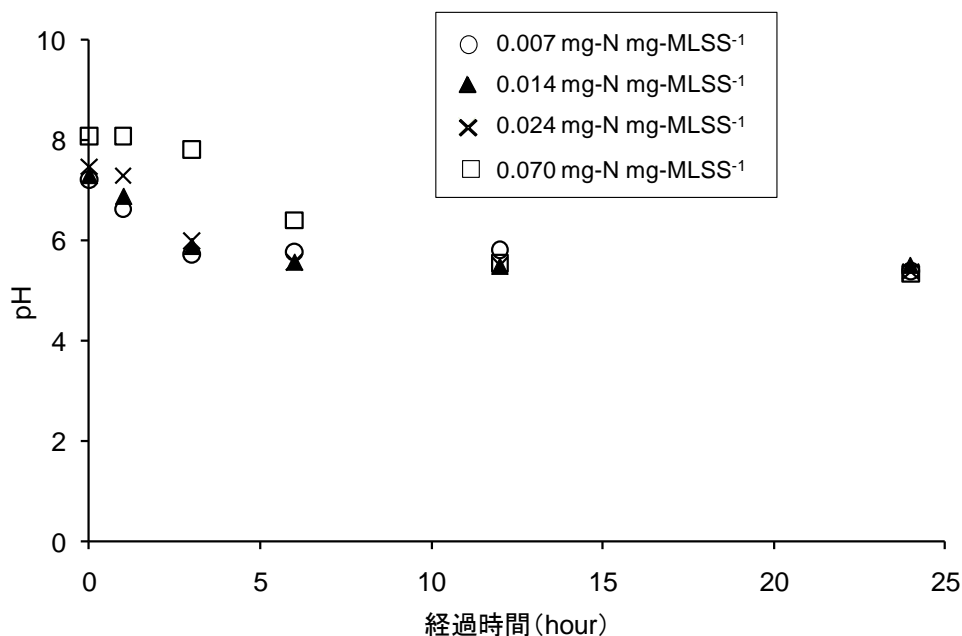


図 2-8-1. 硝化バッチ実験における pH の経時変化

実験期間を通して、全条件において、DOは $3.6\sim 5.3\text{ mg L}^{-1}$ の高い値を示した(図 2-8-2)。

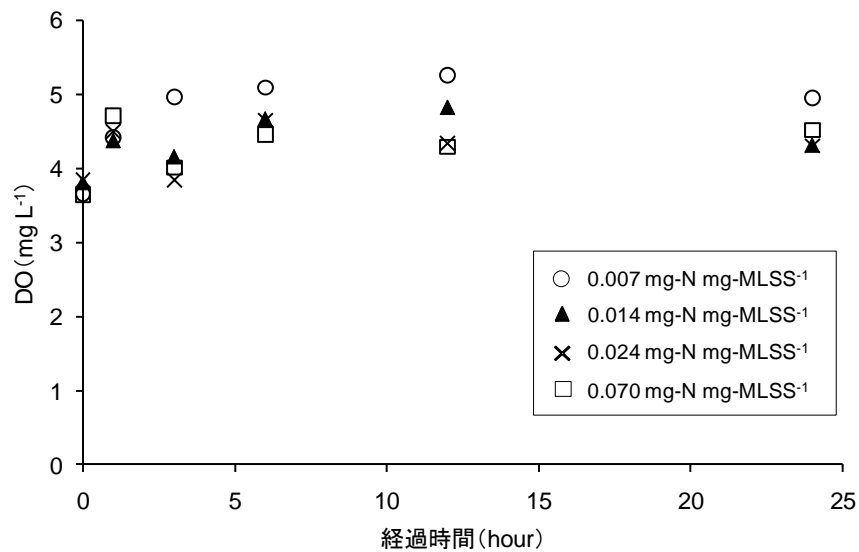


図 2-8-2. 硝化バッチ実験における DO の経時変化

全条件においてアンモニア態窒素から硝酸態窒素への硝化が起こり、投入アンモニア態窒素負荷が $0.07\text{ mg-N mg-MLSS}^{-1}$ 程度であれば、硝化反応は進行することが明らかとなった(図 2-8-3、2-8-4)。この値は、硝化汚泥に対するメタン発酵後の処理液の体積比をおおよそ 3 : 2 とした場合と同程度であった。

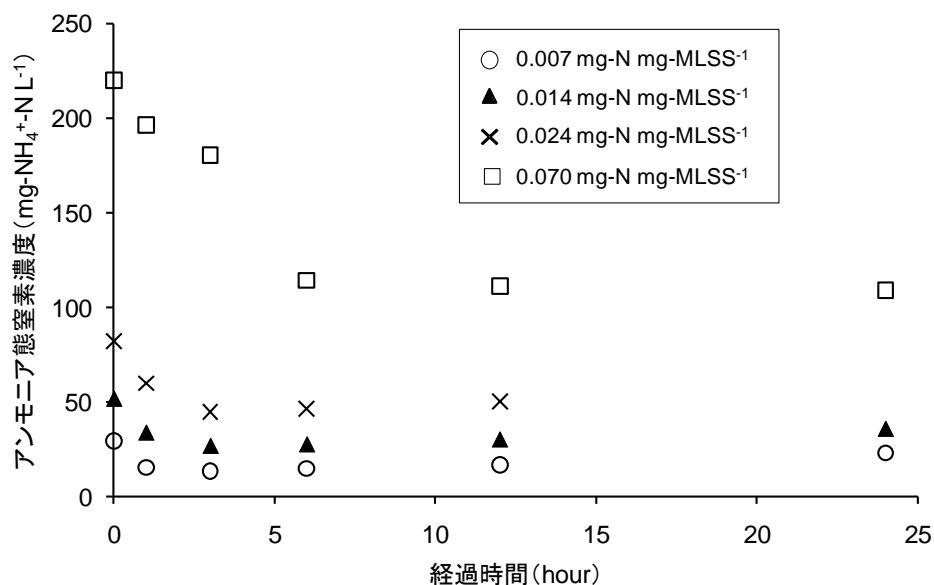


図 2-8-3. 硝化バッチ実験におけるアンモニア態窒素の経時変化

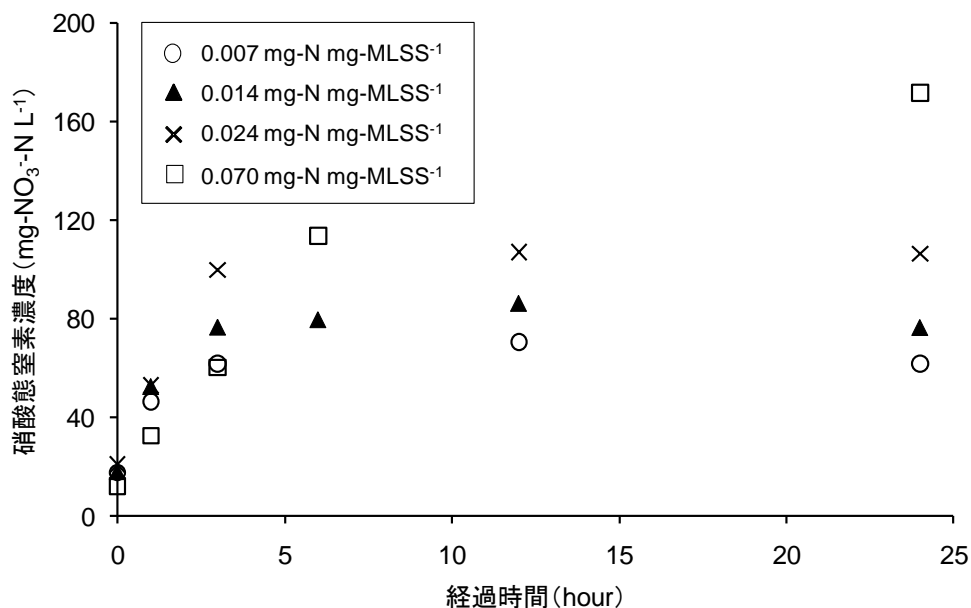


図 2-8-4. 硝化バッチ実験における硝酸態窒素の経時変化

8-2. 大型装置試運転

【研究の目的】

製作した大型装置を用いて、実際に、1槽式反応槽多機能回分プロセスによるムラサキガイの処理実験を実施した。

【研究方法】

<基質と種汚泥>

基質には、ムラサキガイ（貝殻つき）50 kg を用い、種汚泥には、横浜市北部汚泥資源センターの中温嫌気性消化汚泥と、横浜市北部第二水再生センターの A₂O 法の脱窒素汚泥ならびに硝化汚泥を用いた（表 2-8-1）。実験は 37±1℃ に維持された恒温室で、以下のプロセスに従い実施した。

<試運転のプロセス>

(1) ムラサキガイ等の処理対象物は主反応槽に投入された。投入された処理対象物は、

主反応槽において嫌気条件で可溶化された。

- (2) 嫌氣的可溶化が終了した後、種菌貯留槽①から消化汚泥が投入され、メタン発酵プロセスによるバイオガス回収を行った。この時、有機態窒素は、アンモニア態窒素へと変換された。
- (3) バイオガス回収後に、曝気による好気条件に切り替えた。好氣的条件に切り替える前に、メタン発酵プロセスで利用した消化汚泥を種菌貯留槽①に引き抜き、戻した。槽を好氣的条件に切り替え、種菌貯留槽②の硝化菌が含まれる汚泥を主反応槽に添加した。この際、本項 8-1 における実験より推定した、硝化汚泥に対する負荷比率で、メタン発酵後の処理液を添加した。

<測定項目および分析方法>

投入基質および種汚泥は、pH、蒸発残留物 (Total Solid: TS)、強熱減量 (Volatile Solid: VS)、溶解性化学的酸素要求量 (Soluble Chemical Oxygen Demand: SCOD) を測定した。実験期間中に採取した試料は、pH、DO、ORP、COD、NO₃⁻、NO₂⁻、NH₄⁺およびガス生成量と組成 (メタン、二酸化炭素) を測定した。発酵液は pH、DO、OPR を測定後、500℃ で 2 時間加熱した孔径 0.45 μm のガラス繊維濾紙 (GC-50Advantec) を用いたろ過を行った。

pH、TS、VS、SCOD の測定は下水試験法 (1997) および Standard method (1998) に準拠して行った。COD は、重クロム酸カリウム法によって測定した。各種イオンは、高速液体クロマトグラフィー (センシユール科学, SSC-660 G SEL, Column : IC YK-421, IC I-524, Shodex) を用いて測定した。

実験期間中にガスパックに採取されたバイオガスは、水上置換 (温度 25±1℃) することによりその生成量を測定した。メタンと二酸化炭素の含有率は、ガスクロマトグラフィー (GC-2014AT, SHIMAZU, Column: Sincarbon ST, Detector: TCD) を用いて測定した。

【結果と考察】

可溶化工程における pH は、実験開始直後、酸生成に伴い低下し、その後 CO₂ の生成とともに上昇した（図 2-8-5）。可溶化工程における DO と ORP は実験開始直後に低下し、DO は 0.0~0.3 mg L⁻¹、ORP は-340~-440 mV の嫌気状態を示した（図 2-8-6）。

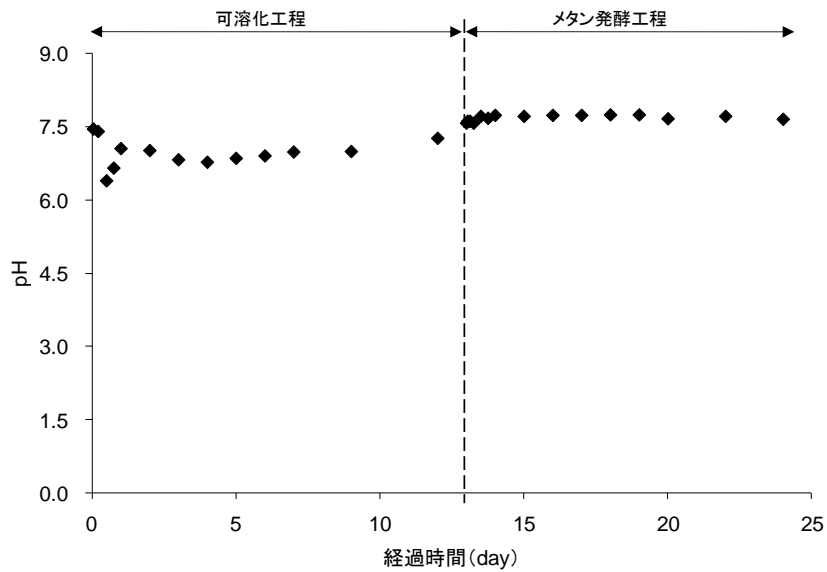


図 2-8-5. 大型装置試運転における pH の経時変化

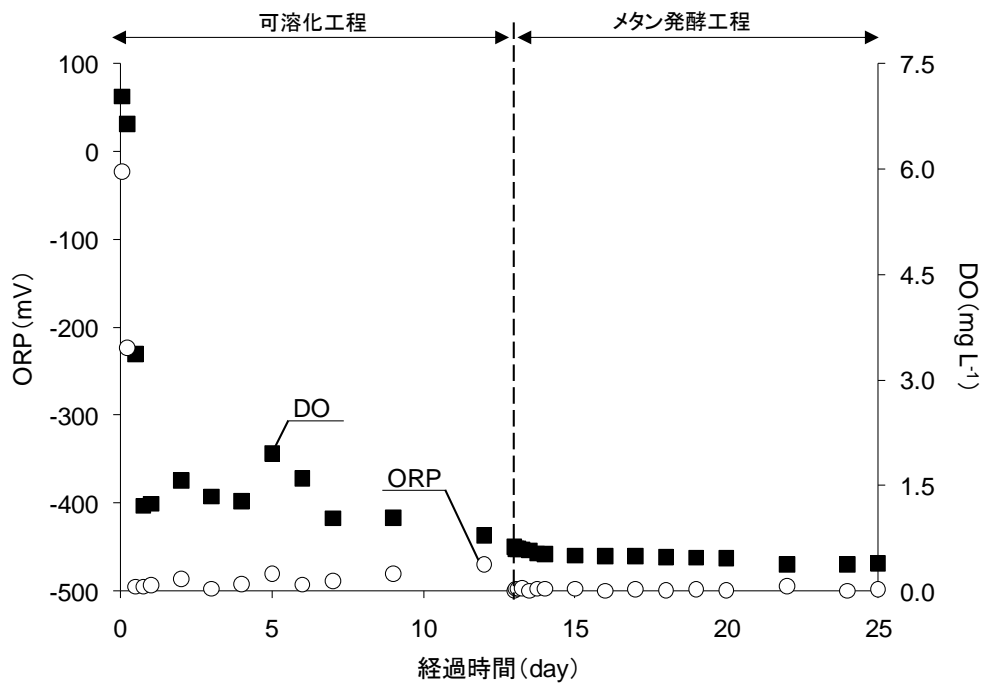


図 2-8-6. 大型装置試運転における DO、ORP の経時変化

SCOD 濃度は実験開始 6 日目ではほぼ定常状態となり (図 2-8-7)、可溶化工程終了時の 12 日目までに、投入したムラサキイガイの約 56% が可溶化された (図 2-8-8)。

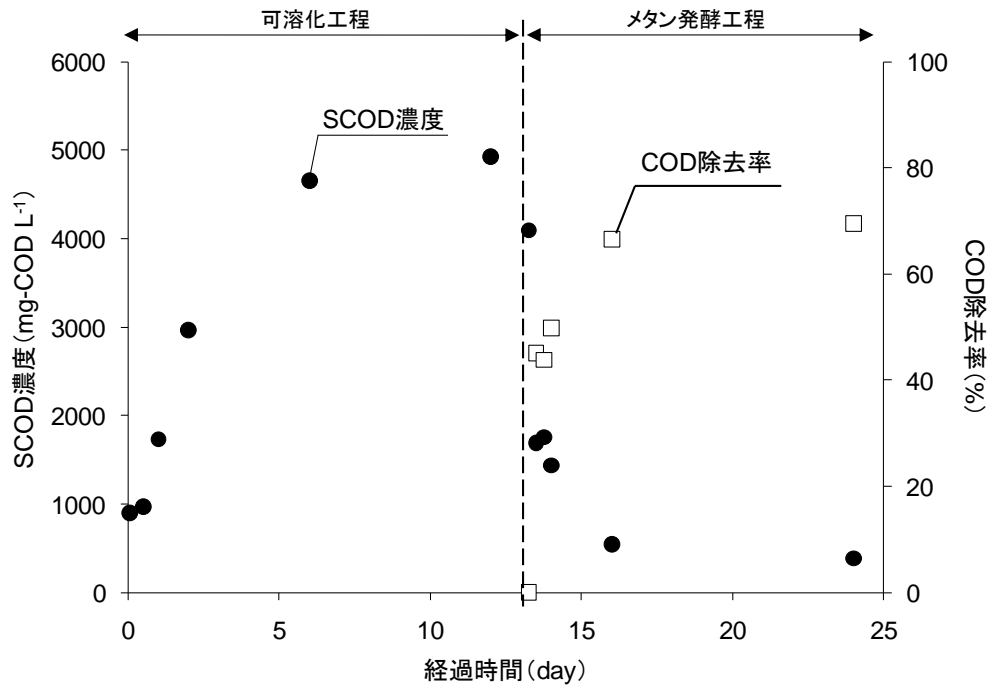


図 2-8-7. 大型装置試運転における SCOD 濃度、COD 除去率の経時変化

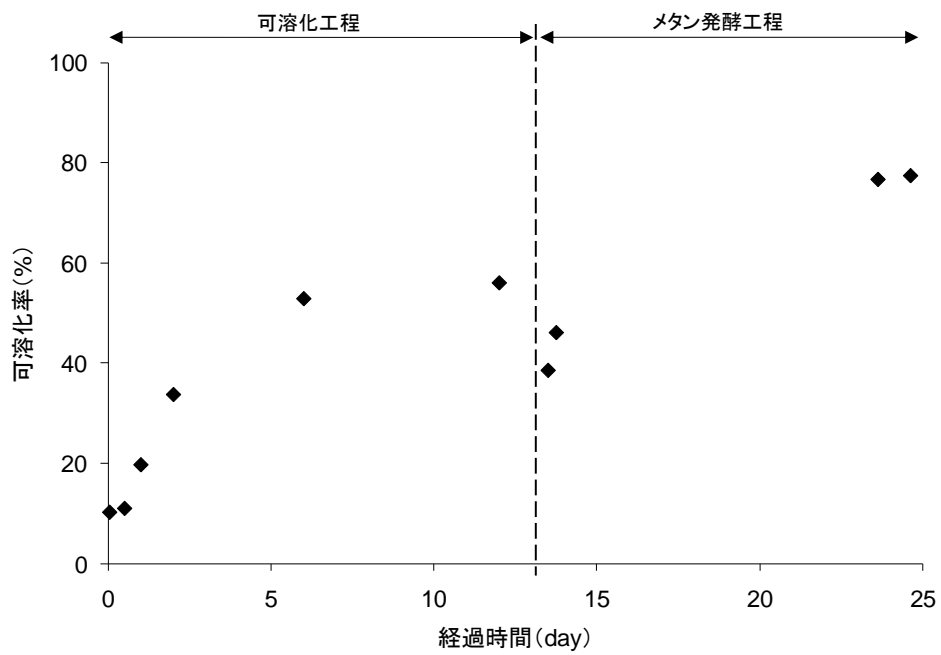


図 2-8-8. 大型装置試運転における可溶化率の経時変化

メタン生成は、メタン発酵工程開始直後から確認され、最終的に約 500 L のメタンガスを回収した。メタン発酵工程において、投入 COD に対して約 70% の COD 除去率を示した (図 2-8-7)。大型装置における分解プロセスは、実験室でのプロセス (図 2-5-3) とは異なり、実験室では、可溶化工程において有機物の大部分が可溶化した一方、大型装置では可溶化がメタン発酵プロセスにおいても引き続き行われていたことがわかる。可溶化工程での可溶化率が低くても、メタン発酵工程で最終的に 77 % まで分解され、可溶化した COD の約 90% が除去された。また、アンモニア態窒素も可溶化率と同様の傾向を示し、メタン発酵工程においても有機態窒素からアンモニア態窒素への溶解が進んだ (図 2-8-9)。

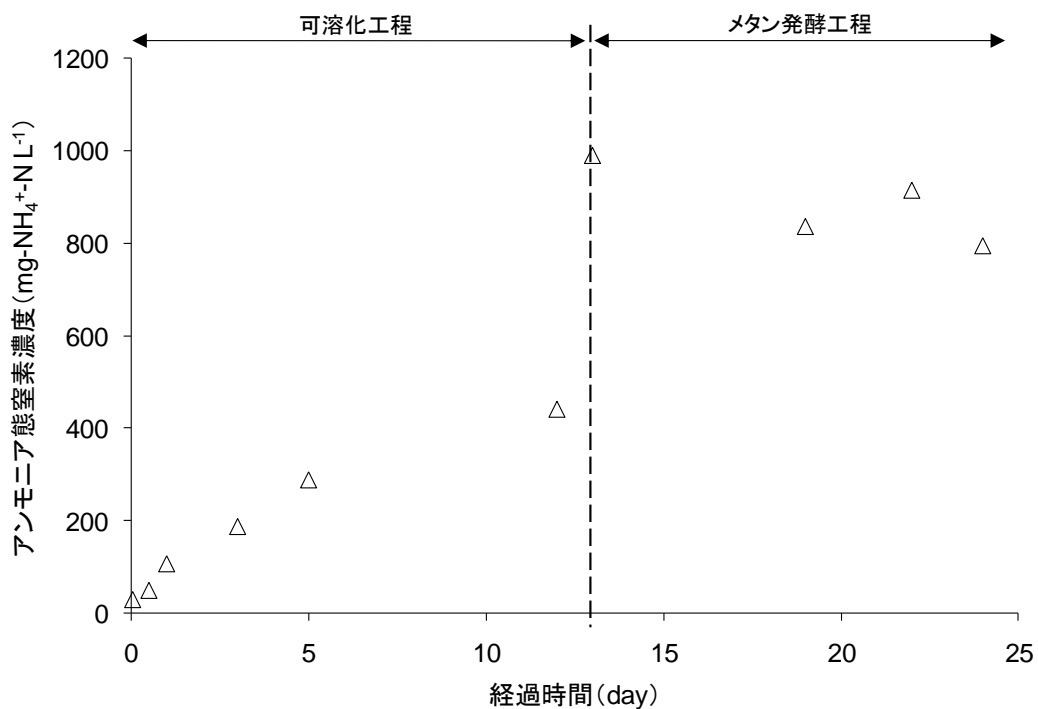


図 2-8-9. 大型装置試運転におけるアンモニア態窒素濃度の経時変化

8-3. 装置の実用化に向けての考察

今回の回分実験では、添加汚泥量を最適化することによって、嫌気プロセス (メタン

発酵プロセス) から好気プロセス (硝化プロセス) への移行を試みたが、主反応槽の構造や汚泥の添加方法を工夫することによっても、嫌気から好気プロセスへの移行が可能であると考えている。

- ① 硝化汚泥に対するメタン発酵後の処理液の体積比が 3:2 であれば、硝化反応が円滑に進行することから、硝化工程における基質量に対して十分な硝化汚泥を添加できる主反応槽と、汚泥を保存できる種菌ストック槽を備えた装置構造とすることで、1 槽式反応槽による処理が可能である。
- ② 硝化汚泥用の種菌ストック槽を、硝化反応槽とすることで、メタン発酵後の処理液をストック槽内で連続的に硝化させることが可能である。この場合の装置構造は、2 槽式反応槽となる。

順次回分処理プロセス (Sequencing Batch Reactor) は、運転方法や装置構造に工夫を加えることによって、装置・運転コストの削減やパフォーマンスを向上させる可能性が残されている。本プロジェクトで製作されたプロトタイプ装置は、装置の構成や接続の変更が、容易に行えるように設計されており、今後も、順次回分処理プロセスの高度化に向けた継続研究を実施する。