

WaterBio-Max + AMX 協同脱窒システム強化剤の技術概要

技術概要

<p>技術の仕様・製品データ</p>	<p>【概要】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●本技術は、生活排水及び染色、食品加工、化学工業、電気電子製造等の産業排水に含まれる高濃度窒素系汚濁物質、具体的には総窒素（TN：30～1,000 mg/L）、アンモニア性窒素（$\text{NH}_4^+\text{-N}$：20～800 mg/L）、硝酸性窒素（$\text{NO}_3^-\text{-N}$：5～300 mg/L）（測定可能な物質）を、最大で 80 %以上除去することで、水域への富栄養化負荷及び公共水域への窒素流入を大幅に低減することを目的とした環境保全技術である。 ●また、本技術は、従来の脱窒処理で必要とされる外部炭素源（メタノール、酢酸等）の使用量を 40～50 %削減できるとともに、追加設備の設置を必要とせず、既存の活性汚泥法処理設備に対して短期間（3～7 日）で適応可能である。 ●これにより、CO₂排出量と運転コストの削減を同時に実現し、低炭素・低負荷型社会の形成に貢献する先進的な脱窒技術である。 <p>【仕様】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●本技術は、異養脱窒菌と自養 Anammox 菌の協同作用を促進するように設計された液体状バイオ活性製剤であり、以下の技術仕様を有する。 ●物理化学的性状 <ul style="list-style-type: none"> ・外観：淡緑色液体、軽微な発酵臭あり ・pH：6.8～7.5（原液） ・比重：1.01～1.05（25℃） ・保存性：製造後 12 ヶ月（冷暗所保存） ●主成分構成 <ul style="list-style-type: none"> ・活性微生物種：好気・嫌気両条件に対応した、3～5 種の機能性微生物（硝酸還元菌、脱窒菌、Anammox 関連菌等） ・酵素活性成分：蛋白質分解酵素、セルラーゼ、リパーゼ等を含む 15 種類以上の有機物分解補助酵素 ・補助機能成分：栄養源（ビタミン、微量金属）、植物抽出物、緩衝剤、保護剤など ・微生物活性：総生物数：$\geq 1 \times 10^6$ CFU/mL、総酵素活性：$\geq 5,000$ U/mL
<p>特徴・長所・セールスポイント・先進性</p>	<p>【特徴・使用の範囲】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●本技術は、以下の条件下で使用可能である。 <ul style="list-style-type: none"> ・対象施設：下水処理場、工場排水処理設備（染色、食品加工、化学製造、電子部品製造、養豚・畜産関連等） ・処理方式：既存の活性汚泥法（A/O 法、A²/O 法、MBBR 法など）にそのまま導入可能 ・適用範囲の窒素濃度：アンモニア性窒素（$\text{NH}_4^+\text{-N}$）：20～800 mg/L、硝酸性窒素（$\text{NO}_3^-\text{-N}$）：30～300 mg/L、総窒素（TN）：30～1,000 mg/L ・運転条件：水温 10℃以上、pH 6.5～8.5、DO 0.3～2.5 mg/L（無酸素・嫌気条件を含む） ・投与方法：反応槽に直接投与（目安：処理水量 10,000 m³/日の施設に対し、1 回 70 L、効果持続 1～2 ヶ月） ●使用上の限界・留意点



- ・超低温条件（5℃以下）では脱窒効率が低下するため、冬季対策や保温措置が必要
- ・高濃度の重金属（ Cr^{6+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} など）や有毒有機化合物（フェノール等）を含む排水では、事前の前処理を推奨
- ・高負荷起動期（初期 3 日間）には曝気制御や DO 管理の精度が要求される。
- ・生物反応系であるため、殺菌剤・酸化剤（次亜塩素酸、過酸化水素等）との同時使用は避ける。

●特許取得の有無

本技術は現在、日本及び中国において特許出願準備中であり、製品の配合構成及び微生物酵素誘導技術に関する独自ノウハウを含む。出願番号または登録状況については今後の更新時に提出予定である。

【新規性・先進性・類似技術による比較】

本技術は、短程反硝化と Anammox 反応の協同効果を応用した微生物酵素誘導型脱窒強化技術であり、従来の脱窒技術と比較して以下の新規性・先進性を有している。

1. 類似技術①：メタノールを用いた従来型異養脱窒法

概要：下水処理や産業排水処理において広く普及している技術。硝酸性窒素を異化的に還元するために外部炭素源（主にメタノール）を必要とする。

課題：炭素源コストの高騰と添加量の管理負担、炭素過剰による COD 負荷の増大、酸素・温度条件に敏感で、低温時の効率低下が顕著

比較における本技術の優位性：外部炭素源の使用量を最大 50%削減し、安定した窒素除去性能を実現。加えて、炭素削減による CO_2 排出量の低減にも寄与

2. 類似技術②：Anammox 単独法（完全自養型）

概要：嫌気的条件下で NH_4^+ と NO_2^- を直接反応させ N_2 に変換する革新的技術。主に専用設備（Anammox 反応槽）にて適用

課題：運転立ち上げに数ヶ月以上必要（菌群定着が遅い）、高 pH・低 DO 等の特殊な制御が必要、導入には既存設備の改造または新設が不可欠

比較における本技術の優位性：3～7 日で Anammox 菌群を活性化でき、既存施設に改造不要で導入可能。また、異養菌と自養菌の協同反応により、広範囲な水質条件・季節変動に対応

3. 類似技術③：市販のバイオ製剤（脱窒促進系微生物製品）

概要：市販されているバイオ添加剤の一部には、硝酸還元菌を主体とした製剤が存在し、一部施設で補助的に使用されている。

課題：成分が不明確、効果の再現性が低い Anammox 反応には対応しておらず、外部炭素依存の傾向が強い、遺伝子レベルでの科学的効果証明に乏しい

比較における本技術の優位性：大学との共同実証により、 HzsA ・ Hzo 等の Anammox 関連遺伝子の発現上昇（最大 49.8 倍）を確認済み。微生物・酵素・補酵素を独自設計し、科学的根拠に基づいた処方での再現性と即効性に優れる。

4. 結論：本技術の新規性と先進性

新規性：従来の異養脱窒と自養 Anammox 反応を 1 つの製剤で融合・誘導するという

	<p>世界的にも類を見ない設計</p> <p>先進性：既存施設への非改造導入が可能であり、短期間で高効率の窒素除去を可能とする実装性の高さ。</p> <p>将来性：低温耐性や酵素誘導効果に優れ、寒冷地域や季節変動下でも効果が持続するため、今後の水処理分野において重要な選択肢となることが期待される。</p>
技術の原理	<p>●本技術は、部分脱窒（Partial Denitrification）と嫌気性アンモニア酸化（Anammox）反応を協同的に促進することで、炭素源依存を低減しつつ高効率な窒素除去を可能とする革新的な微生物酵素製剤である。</p> <p>●本製剤には、硝酸還元菌、Anammox 菌、脱窒菌などの活性を促進する複合酵素・誘導因子・微量栄養素が含まれており、以下の脱窒・Anammox 反応が系内で同時に進行する：</p> <p>部分脱窒：$\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$（有機炭素源を使用）</p> <p>Anammox 反応：$\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$（炭素源を必要としない）</p> <p>●研究室における実証研究では、本技術の投与により以下の科学的根拠が確認された：</p> <p>●HzsA（ヒドラジン合成酵素）及び Hzo（ヒドラジン酸化酵素）の遺伝子発現量が、製品投与後それぞれ最大 49.8 倍及び 5.6 倍に上昇し、Anammox 菌群の活性促進が確認された。</p> <p>●脱窒関連酵素群（NirS, NirK, CnorB, NosZ）の遺伝子発現量が全般的に上昇し、短距離反硝化から最終的な N_2 生成までの酵素活性が向上した。</p> <p>●短期実験において $\text{NH}_4^+\text{-N}$、TN、COD の最大削減率はそれぞれ 49.7 %、74.0 %、80 %以上に達し、システム中の炭素添加なしでも高い除去効率を得られた。</p> <p>●これらの科学的結果は、本技術が従来法に比べ、炭素源使用量を 40～50 %削減しつつ、3～7 日以内に Anammox 菌群を迅速活性化できる高度脱窒技術であることを明確に支持している。</p>
技術の開発状況 ・納入実績	<p>商業化段階の技術である。</p>
環境保全効果	<p>本技術は、窒素汚濁物質の高度除去と外部炭素源の使用量削減を同時に実現し、以下のような複数の環境保全・改善効果をもたらす。</p> <ol style="list-style-type: none"> 富栄養化の防止と公共水域の水質改善 <p>本技術は、総窒素（TN）、アンモニア性窒素（$\text{NH}_4^+\text{-N}$）、硝酸性窒素（$\text{NO}_3^-\text{-N}$）などの高濃度窒素汚濁物質を 80 %以上除去する性能を有しており、特に産業排水や高負荷下水における窒素流出の抑制に顕著な効果を発揮する。これにより、湖沼、河川、沿岸域等における藻類の異常繁殖（アオコ・赤潮）や水質悪化のリスクを低減し、富栄養化対策に貢献する。</p> 外部炭素源使用量の大幅削減と CO_2 排出量低減 <p>従来の脱窒処理では、炭素源（メタノール・酢酸等）を外部添加する必要があったが、本技術では Anammox 反応と短程反硝化の組み合わせにより、炭素源の使用量を最大 50 %削減できる。これにより、炭素添加に伴う CO_2 排出や物流エネルギーを大幅に削減し、温室効果ガス排出削減にも寄与する。</p> 電力・運転コストの削減とエネルギー効率の向上 <p>本技術は、既存の排水処理設備に対し改造を必要とせず、曝気エネルギーや循環負荷の最適化を通じて運転コストと電力量を 20～30 %削減できる。また、短期間（3～7 日）で反応系が立ち上がるため、起動時のエネルギー消費も抑制される。</p>

	<p>4. 低温環境下での安定運転による地方施設への適応性</p> <p>本技術は 10℃以下の低温条件でも脱窒活性を維持できることが確認されており、寒冷地域・冬季条件下でも安定的に窒素除去を継続できる。これは山間部や地方下水道施設などにおける処理性能の季節変動低減に大きく貢献する。</p> <p>5. 脱炭素・資源循環社会への貢献</p> <p>本技術は生物反応を基盤とした低負荷型技術であり、化学薬品への依存を減らしつつ、持続可能な水環境管理を実現する。処理過程において余剰汚泥の発生も抑制され、脱炭素・循環型社会の形成にもつながる。</p>
副次的に発生する環境影響	<p>●本技術は、微生物由来の成分を主体とする液体製剤であり、原材料の調達から製品の使用・廃棄に至るまで、全ライフサイクルにおける環境影響を最小限に抑える設計がなされている。</p> <p>●本技術の導入により、以下のような副次的な環境影響が考えられる。</p> <p><u>1. 良好な副次的環境影響（正の影響）</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 原材料調達段階 <p>主成分には食品残渣・植物抽出物など再生可能資源を用いており、化学合成薬品に比べ環境負荷が小さい。また、製造における水及びエネルギー使用量も比較的少なく、低カーボン原料サプライチェーンを構成している。</p> ・ 製品設計段階 <p>本製剤は無機化学薬品や重金属類を一切含まず、生分解性が高いため、河川や下水道に排出された場合でも生態系への影響は極めて低い。製剤は常温保管が可能で、冷蔵・冷凍保管を必要としない点も環境エネルギー消費の抑制に寄与する。</p> ・ 使用段階 <p>外部炭素源の使用量削減（最大 50%）や曝気電力の低減（20～30%）によって、CO₂排出量削減とエネルギー効率向上という副次効果を実現している。また、薬品の輸送回数・貯蔵量の削減にもつながり、全体的なライフサイクルでの環境負荷を低減する。</p> ・ 廃棄段階 <p>本製品は使用後に有害残渣や難分解性汚泥を生成しない設計であり、反応系内ではほぼ完全に生物分解される。容器についてもリユースまたはリサイクルが可能であり、廃棄時の環境負荷は非常に軽微である。</p> <p><u>2. 潜在的な負の環境影響（課題としての影響）</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 製造段階における発酵エネルギーの使用 <p>一部の微生物酵素成分は発酵工程により製造されるため、製造時には一定のエネルギー（電力・温水等）を必要とする。この点は今後、再生可能エネルギーの導入や製造工程の省エネ化によって改善の余地がある。</p> ・ 輸送・容器由来の環境影響 <p>現時点では液体製剤としてプラスチック容器（PE 缶など）に充填・輸送されており、輸送重量及び容器材料の環境負荷が存在する。今後は濃縮化製品の開発やバルク配送、紙素材容器の導入などを検討し、副次的環境影響のさらなる低減を目指す。</p> <p>総じて、本技術は使用段階及び廃棄段階において非常に優れた環境性能を有しており、副次</p>

	<p>的環境影響に関しても持続可能性の観点から高い評価が可能である。今後は原材料・製造・物流のさらなるグリーン化を進めることで、環境調和型製品としての完成度を高めていく方針である。</p>																						
<p>実証項目（案） 及びコスト概算</p>	<p>本技術は、「<u>既存データを用いた実証</u>」を希望している。</p> <p>※以下に記載の実証方法及び実証項目等は、申請者の希望する方法並びに項目であり、実証機関候補者との調整（マッチング）により、確定する。</p> <p>以下に試験概要、技術的条件、試験期間、試験場所、実証項目及びコスト概算を示す。</p> <p>【試験概要】</p> <p>大学の研究室にて、本技術を実験用排水処理系に添加し、qPCR法を用いて脱窒・Anammox関連遺伝子の発現を分析。短期間での菌群誘導効果及び酵素活性を分子生物学的手法で定量評価</p> <p>【技術的条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ●水温 15～25℃（室温） ●無酸素条件（DO < 0.3 mg/L） ●日量処理水2.5 L、製剤投与量：50 mL/日 × 7 日間 ●試料採取日：D2, D7, D13, D20, D24 ●qPCR 標的遺伝子：HzsA、Hzo、Nxr、16S rRNA 他 <p>【試験期間】</p> <p>前処理2日＋製品処理10日＋後処理5日（計約2週間）</p> <p>【試験場所】</p> <p>実施場所あり（大学の研究所）</p> <p>【実証項目・分析及び測定方法・実証する性能を示す値・試験結果】</p> <p>以下のとおりである。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>実証項目</th><th>分析及び測定方法</th><th>実証する性能を示す値</th><th>試験結果</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>① AMX 菌群の定着・増殖</td><td>リアルタイムPCR法（qPCR）によるHzsA遺伝子の定量</td><td>HzsA遺伝子の発現量が20倍以上増加</td><td>D7時点：49.8倍増加を確認</td></tr> <tr> <td>② AMX 反応酵素の活性</td><td>qPCRによるHzo遺伝子の発現量測定</td><td>Hzo遺伝子発現量が5倍以上</td><td>D7時点：5.6倍に上昇</td></tr> <tr> <td>③ NOB の 活 性抑制</td><td>qPCRによるNxr遺伝子発現量</td><td>Nxr 遺伝子の発現量が0.1 倍以下（対照比）</td><td>D13 時点：0.05 倍に抑制</td></tr> <tr> <td>④脱窒経路の特異性</td><td>qPCR にて Nar、NapA 遺伝子の検出有無を確認</td><td>Nar、Nap 遺伝子が検出されないこと</td><td>非検出（全期間）、従来型脱窒とは異なる反応経路を示唆</td></tr> </tbody> </table>			実証項目	分析及び測定方法	実証する性能を示す値	試験結果	① AMX 菌群の定着・増殖	リアルタイムPCR法（qPCR）によるHzsA遺伝子の定量	HzsA遺伝子の発現量が20倍以上増加	D7時点：49.8倍増加を確認	② AMX 反応酵素の活性	qPCRによるHzo遺伝子の発現量測定	Hzo遺伝子発現量が5倍以上	D7時点：5.6倍に上昇	③ NOB の 活 性抑制	qPCRによるNxr遺伝子発現量	Nxr 遺伝子の発現量が0.1 倍以下（対照比）	D13 時点：0.05 倍に抑制	④脱窒経路の特異性	qPCR にて Nar、NapA 遺伝子の検出有無を確認	Nar、Nap 遺伝子が検出されないこと	非検出（全期間）、従来型脱窒とは異なる反応経路を示唆
実証項目	分析及び測定方法	実証する性能を示す値	試験結果																				
① AMX 菌群の定着・増殖	リアルタイムPCR法（qPCR）によるHzsA遺伝子の定量	HzsA遺伝子の発現量が20倍以上増加	D7時点：49.8倍増加を確認																				
② AMX 反応酵素の活性	qPCRによるHzo遺伝子の発現量測定	Hzo遺伝子発現量が5倍以上	D7時点：5.6倍に上昇																				
③ NOB の 活 性抑制	qPCRによるNxr遺伝子発現量	Nxr 遺伝子の発現量が0.1 倍以下（対照比）	D13 時点：0.05 倍に抑制																				
④脱窒経路の特異性	qPCR にて Nar、NapA 遺伝子の検出有無を確認	Nar、Nap 遺伝子が検出されないこと	非検出（全期間）、従来型脱窒とは異なる反応経路を示唆																				

	⑤Anammox菌群の優占化	16S rRNA メタゲノム解析	Anammox 菌のメタゲノム比率が 7 倍以上	メタゲノム解析により 7.6 倍の優占化を確認
	⑥総窒素 (TN) 除去性能	JIS 準拠の標準比色法 (TN 測定)	TN 除去率が 70 %以上	74.2 %除去率 (対照区 39.5 %、+34.7 %改善)
	⑦有機物 (COD) 除去性能	COD-Mn 法 (JIS K 0102)	COD 除去率が 80 %以上	平均 80 %以上の除去率を確認
	⑧製剤効果の持続性	qPCRによる HzsA、Hzo の処理後発現量 (D24 時点)	D24 時点における HzsA : 2 倍以上、Hzo : 1.3 倍以上の発現維持	qPCR で処理後も高発現状態を確認
<p>【コスト概算】</p> <p>●既存データによる実証を希望しているため、コスト概算の記載なし。</p> <p>●追加試験が必要と判断された場合、試験に係る費用等の負担について承諾済</p>				

自社による試験
方法及びその
結果

自社による試験を実施し、以下の結果が得られた。

【試験 1】

試験方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 静的及び動的プラットフォームを用いた廃水処理試験を実施 ● 動的実証はAOA方式（嫌気・好気・無酸素）3槽システムにて24日間運転 ● 水質改善（$\text{NH}_4^+\text{-N}$、TN、COD）評価に加え、qPCR 法による遺伝子発現解析（HzsA, Hzo, Nxr, NirS/NirK, Nor, NosZ）、及びメタゲノム解析による Anammox 菌優占化比率評価を組み合わせた複合型分子生物学的解析を実施
試験結果	<ul style="list-style-type: none"> ● AMX関連遺伝子発言：HzsA 49.8倍、Hzo 5.6倍（D7時点） ● NOB抑制効果：Nxr 遺伝子発現 0.05倍（D13時点） ● 脱窒経路の特異性：Nar/Nap 遺伝子は実験期間中 検出されず ● Anammox菌の優占化：メタゲノム解析により7.6倍の優占化比率を確認 ● 処理性能（TN/COD）： <ul style="list-style-type: none"> ・ TN：初期40 mg/L → 最小12 mg/L（除去率最大74.2 %） ・ COD：処理安定期において平均50～70 mg/Lに低下、除去率80 % 以上 ・ 効果の持続性：製品添加中止後も D24 時点で HzsA 2.4 倍、Hzo 1.3 倍を維持
運転条件	<ul style="list-style-type: none"> ● 処理方式：AOA型3槽構成（嫌気・好気・無酸素） ● 処理量：毎日 約2.5 Lの廃水を投入 ● 製剤投加量：D3～D13間、毎日50 mLの本技術を添加 ● 水質初期値：$\text{NH}_4^+\text{-N}$ 30～40 mg/L、TN 39～51 mg/L、COD 約90 mg/L ● 温度・pH・DO：室温（20～25℃）、pH 6.8～7.2、DO 0.5～1.0 mg/L
試験実施日	2024年10月16日 ～ 2024年12月24日（実質24日間連続運転）
試験実施場所	大学の実験施設
責任者	申請者及び大学
試験機関名称	大学

【試験 2】

試験方法	<ul style="list-style-type: none"> ● 中華人民共和国にある高濃度染色廃水処理施設において、1か月以上の連続実証試験を実施 ● 本技術を2回に分けて現場投入し、システム安定性・除去率・遺伝子活性を測定 <ul style="list-style-type: none"> ・ 水質：総窒素（TN）、COD、進入濃度1,300–1,600 mg/L ・ 分析：qPCRによるAMX関連遺伝子（hzb、hdh）活性測定 ・ 投加：第1回（4月16–17日）、第2回補充（5月2–3日） ・ サンプルング日：4月28日（第10日）、5月6日（第18日）
試験結果	<p>TN除去率：投加前90 % → 最大93 %（10日目）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 炭素源削減率：最大30 %、安定時20 %削減（高負荷条件） ・ qPCR遺伝子活性：

		<p>第10日目：h_{zs}B=CT 24.94、h_{dh}=CT 27.24（強い活性）</p> <p>第18日目：h_{zs}B=CT 27.43、h_{dh}=CT 28.24（高濃度進水下でも安定活性）</p> <p>・遺伝子解釈：いずれもCT 28未満、高活性帯に属し、AMX菌群の存在と活性が確認された。</p> <p>・二重遺伝子検出法により科学的信頼性を担保</p>
	運転条件	<p>処理能力：日量2,200トン（工場全体）</p> <p>・本技術の投加量：初回・補充合わせて合計10 L以上</p> <p>・水温・pH：記録なし（現地標準条件下）</p> <p>・高負荷期間：進水中のTN最大1,600 mg/L</p> <p>・試験中の攪乱・変動を含む実条件で評価</p>
	試験実施日	<p>第1回投加：2025年4月16日～17日</p> <p>第2回投加：2025年5月2日～3日</p> <p>サンプリング：2025年4月28日（10日目）、5月6日（18日目）</p>
	試験実施場所	中華人民共和国 染色工場内 排水処理システム現場
	責任者	申請者及び中華人民共和国の工場の責任者
	試験機関名称	中華人民共和国の試験機関