

水溶液中に含まれる硝酸イオンの竹材による分解に関する基礎研究

佐野洋一^{*†}, 永石俊幸^{*}, 林田賀津利^{**}, 林田和正^{**}, 西原清三^{**}

^{*}九州産業大学工学部 〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1
TEL : 092-673-5662 FAX : 092-673-5092

[†]Corresponding address : youichi@ip.kyusan-u.ac.jp

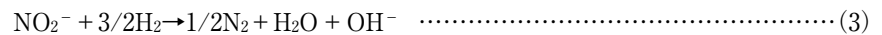
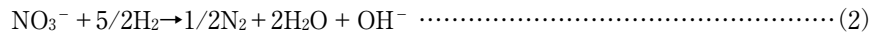
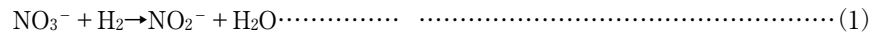
^{**}株式会社 林田産業 〒811-3217 福岡県福津市中央 5 丁目 12 番 1 号

2009 年 4 月 8 日 受付 2009 年 11 月 10 日 受理

要旨

閉鎖性水域等の水質汚濁問題の原因の一つとなっている硝酸イオンの分解処理について検討した。硝酸イオンを含む水溶液の処理方法として竹材を用いた生物処理について研究を行った。

硝酸イオンは反応過程で亜硝酸イオンを生成して最終的に窒素ガスに分解された。亜硝酸イオン濃度の最大生成量は、最初の硝酸イオン濃度の約 50% であった。Lineweaver-Burk プロットは良い直線性を示し、分解反応は Michaelis-Menten の式 ($v_0 = (d[P]/dt)_0 = k_2[ES]$) に従って進化した。分解は硝酸還元酵素触媒による反応であり、脱窒菌により硝酸イオンを含んだ水溶液は竹材によって窒素ガスまで分解処理できると推定した。この反応は以下(1), (2), (3)の反応式による。



トリニトロフェノールを含んだ廃液の酸化処理後の処理水に竹材を用いた生物処理を応用したところ、処理水中の硝酸イオンは亜硝酸イオンに約 50% 還元された。その後、残存する硝酸イオンおよび生成した亜硝酸イオンともに窒素ガスまで分解処理できることが判った。

1. 緒言

1960 年代からの高度成長とともに、生活が豊かになった一方で公害問題が大きな課題となり、工場などからの有害な廃液が川や海に排出されることで人体への影響がしばしば問題となった。これを期に工場排水の規制に関する法律ならびに公共水域の水質保全に関する法律が制定された¹⁾。また、重金属廃液などは魚や植物による濃縮作用によって人体へ経口蓄積し、健康を害することを背景に水質汚濁防止法と環境基本法などの法律が制定された²⁾。このため各大学研究機関や企業は処理技術の研究に取り組み、現在では公共水域の水質汚濁 26 の健康項目については 99% 以上の環境基準達成率と生活環境項目である BOD または COD の達成率は約 84% になっている。しかし、閉鎖性水域ではいまだ富栄養化による赤潮や青潮の発生が断続的に発生し、達成率は十分であるとは言えない。同様に地下水についても、硝酸性窒素と亜硝酸性窒素の環境基準超過率が 6% 台となっている (2007 年現在の報告)³⁾。

下水処理場などでの窒素酸化物の除去は主に脱窒菌によ

る処理にて行われている。脱窒菌は硝酸や亜硝酸を窒素まで還元する作用によって分解除去させるが、その反応中に水素が不足すると活性が落ちるため、市販のメタノールや酢酸を水素供与体として添加している。最近の文献ではメタノールや酢酸の代わりに木材を水素供与体として利用しているものもある⁴⁾。また、環境問題の新たな課題として近年、里山などの荒廃が注目されている。少子高齢化により山の管理ができずに荒れ果てた状態が問題視されており、特に竹の浸食による被害が顕著となっている。竹などの植物廃材は一般産業廃棄物に指定されておりその処理と管理に国や県は頭を悩ませているところである。

これまでに我々は火薬類としてニトロ基を含んだ化合物 (トリニトロトルエンやトリニトロフェノール) の化学的な湿式酸化処理 (電気分解法, 光触媒法およびフェントン法) を行い、酸化分解処理できることを報告してきた⁵⁾。しかし、廃液中に含まれる有機炭素は二酸化炭素や水まで酸化分解できるもののニトロ基は酸化分解時に脱離し、硝酸イオンとして廃液中に残存する。一方、TNT 廃液の生

物的処理についての研究が報告⁶⁾されているが、残存する硝酸イオンの処理については明確な報告がない。本研究では、トリニトロフェノール（以下、TNPと略記）の酸化分解後の処理水に残存する硝酸イオンの分解を産業廃棄物である竹材による生物学的処理について検討した。

2. 実験

2.1 試料

TNP廃液は（株）和光純薬の試薬特級品 0.100 gを超純水 1000 dm³ に希釈し用いた。硝酸イオンを含む廃液として硝酸ナトリウムを任意の濃度に調製し、モデル廃液として使用した。植物廃材として竹材を使用した。伐採した竹材を粉碎機に通し、粉末状にして使用した。

2.2 硝酸イオン、亜硝酸イオンおよび脱窒菌の定性・定量

任意の濃度に調製した硝酸イオンを 0.3 dm³ の三角フラスコに入れ、反応温度を 28°C一定とし竹材を一定量添加し分解を行った。同時に反応溶液中の水素イオン濃度を測定した。

TNP廃液は光フェントン法により酸化分解処理し、酸化処理後の試料を 0.2 mol/dm³ 水酸化ナトリウム水溶液（以下、0.2 mol/dm³-NaOHaqと略記）により pH7.8 に調整した後、0.3 dm³ の三角フラスコに入れ、任意の温度に調製した恒温槽に入れ、竹材を 0.5 g添加し分解を行った。いずれの場合も三角フラスコにはゴム栓で蓋をし、任意の時間で分解後の試料（以下、処理水と略記）を適量採取した。採取した処理水はメンブレンフィルター（ADVANTECのCellulose Acetate 0.45 μm）でろ過した後分析を行った。

脱窒菌の確認は、竹材をイオン交換水で攪拌抽出し、抽出液中の脱窒菌の存在を以下のMPN法（most probable number method）により確認した。すなわちMPN法は試験管に培地となる溶液を入れ、これにガスの確認を行うために培地となる溶液を入れた試験管に投入できる小さな試験管（以下、ダーラム管と略記）を入れる。培地となる溶液には指示薬としてBTB溶液を入れているので最初、培地となる溶液の色は黄色（中性）を呈している。脱窒反応が行われると、ダーラム管中へのガス発生の確認と反応管中の培地となる溶液の色が青色（塩基性）を呈することにより脱窒菌の存在確認を行った。

2.3 TNP廃液の湿式酸化処理

TNP廃液は光フェントン法を用いて酸化分解処理することにより調製した⁵⁾。酸化処理後の試料の分析は日本分光（株）可紫外分光光度計Ubest V 560 UV/Vis spectrophotometer（以下、UVと略記）および（株）アナテック・ヤナコの全有機炭素測定装置TOC-800 Total Organic Carbon Analyzer、精度±2%により行った。

2.4 硝酸イオンと亜硝酸イオンの分析

水溶液中の硝酸イオンの竹材による分解実験は次の方法で行った。

任意の濃度に調製した硝酸イオンと亜硝酸イオンを 0.3

dm³ の三角フラスコに入れ、反応温度を 28°C一定とし竹材を一定量添加し、これに任意の濃度に調製した硝酸イオンと亜硝酸イオンを 0.2 dm³ 入れ、温度 28°Cに調製した恒温槽に入れ、竹材を一定量添加し分解を行った。

TNP分解過程で生じる硝酸イオンの竹材による分解実験は以下の方法で行った。

TNP廃液の酸化処理後の試料を 0.2 mol/dm³-NaOHaqにより中性付近に調整した後、0.3 dm³ の三角フラスコに入れ、任意の温度に調製した恒温槽に入れ、竹材を 0.5 g添加し分解を行った。

いずれの場合も三角フラスコにはゴム栓で蓋をし、任意の時間で処理水を適量採取した。採取した処理水はメンブレンフィルター（ADVANTECのCellulose Acetate 0.45 μm）でろ過した後分析を行った。

処理水中の硝酸イオンと亜硝酸イオンを日本ダイオネクス（株）製のIon Chromatograph IC25（column Ion Pac AS 14A 4 × 250mm Analytical）で分析した。

3. 結果および考察

3.1 硝酸ナトリウム水溶液をモデル廃液とした時の硝酸イオンの分解

Fig. 1に、竹材を用いた 1.2 mmol/dm³-硝酸ナトリウムモデル廃液中の硝酸イオンの分解処理を示す。硝酸イオンの分解は竹材を添加して 10 時間後頃から始まり、同時に亜硝酸イオンの生成が認められた。16 時間後には硝酸イオンは 100% 分解され、その後に亜硝酸イオンも分解され、40 時間後には 100% 分解された。ここで、硝酸イオンが 100% 分解されたのに対し、生成した亜硝酸イオンは約 50% であった。よって硝酸イオンは亜硝酸イオンに約 50% が還元処理され、残りの 50% の硝酸イオンは亜硝酸イオンを経ることなく窒素ガスへと還元処理されたものと考えられる。竹材を添加してから分解処理までの立ち上が

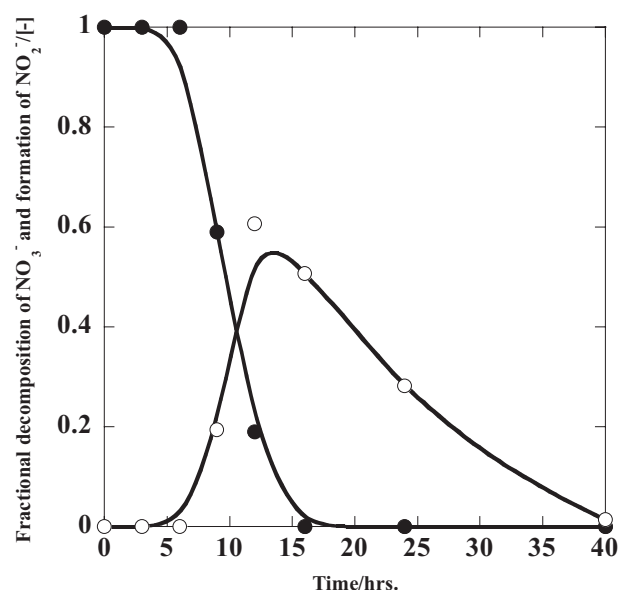


Fig. 1 Decomposition of aqueous NO₃⁻ and formation of NO₂⁻ by bamboo chips. (NO₃⁻ initial concentration: 1.2×10⁻³ mol/dm³, 28°C, pH7.3, ○NO₂⁻, ●NO₃⁻)

りが約 10 時間後であることから、ここでの硝酸イオンの分解処理は化学的処理または物理的処理ではなく、生物的処理の可能性が示唆される。

Fig. 1 の結果での竹材による硝酸イオンの分解が生物処理の結果であることは、一般に硝酸イオンの生物的処理は土壤中などに存在する脱窒菌の作用によると考えられる。そこで、竹材を水で抽出した溶液中に脱窒菌が存在するかを確認する実験を行った。MPN法による脱窒菌の確認では、竹材に脱窒菌が存在する場合は最初黄色に定色した溶液が青に変化することと、試験管に入れたダーラム管にガスが生成することで確認される⁷⁾。脱窒菌培地 (Giltay の培地)⁸⁾に竹材から取り出した溶液を適量入れた初日の状態の培地となる溶液の色は黄色を呈しているが、10 日後では培地となる溶液の色は黄色から青色へと変化した。これは、脱窒菌が硝酸イオンの酸素を利用し窒素ガスへと還元する時にH⁺を必要としたためであり、そのために溶液中の水素イオン濃度が減少し、中性から塩基性へと変わったためである。一方、ダーラム管の中にはガスの存在が確認された。ダーラム管に生成したガスはガスクロマトグラフの定性分析結果から硝酸イオンが脱窒菌により分解されて生成した窒素ガスであることが判った。

Fig. 2 に、竹材による硝酸イオン分解における反応溶液中のpH変化を示す。pHの測定に当たっては反応管である三角フラスコをゴム栓で密閉しているため、大気中の二酸化炭素の影響は無い。硝酸ナトリウム溶液中に竹材を添加した初期pHは7.3と中性であった。その後、pHは徐々に下がり16時間の反応でpH6.3となった。これは竹材に含まれる有機物、特に有機酸系物質が溶液中に溶出されたためと考えられる。その後、硝酸イオンもしくは生成した亜硝酸イオンの分解とともにpHは徐々に上昇し、40時間後でpH6.6となった。脱窒菌が試料中の水素イオンを供与体として利用し、硝酸イオンまたは亜硝酸イオンを分解処理したためと考えられる。ここで水素イオン濃度の供給は

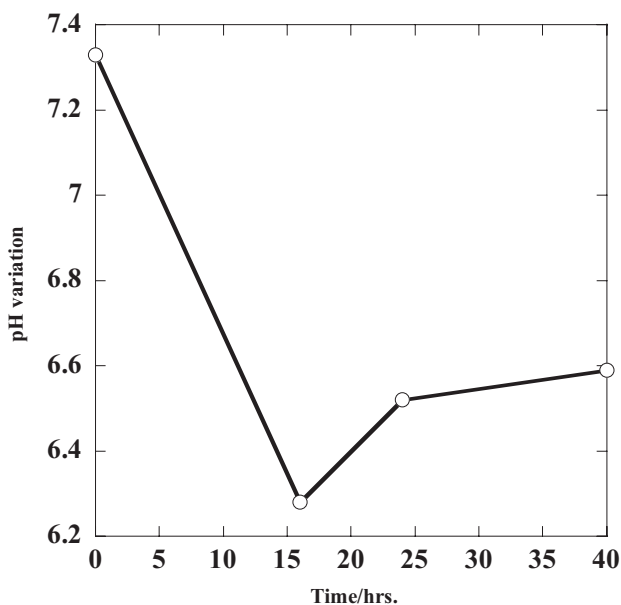


Fig. 2 pH variation for the decomposition of aqueous NO₃⁻ by bamboo chips. (NO₃⁻ initial concentration 1.2×10⁻³ mol/dm³)

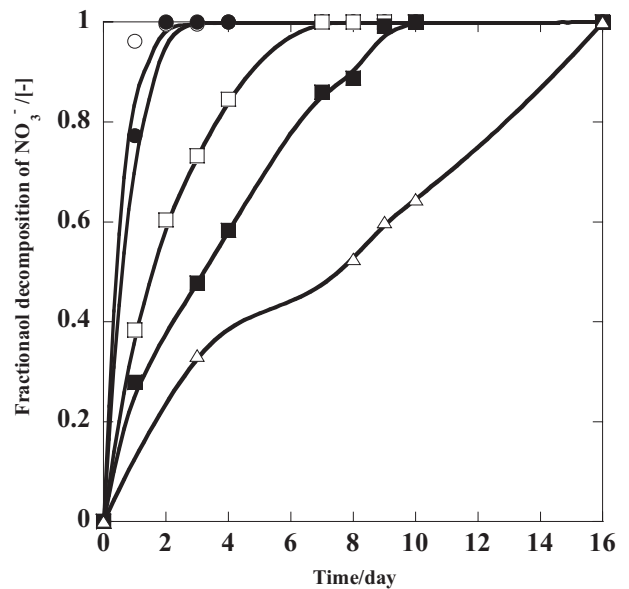


Fig. 3 Effect of NO₃⁻ concentration on the decomposition of aqueous NO₃⁻ by bamboo chips.

(Temperature ; 28°C, pH ; 7.3, amount of bamboo chips ; 5g, NO₃⁻ initial concentration ; ○ (0.6×10⁻³mol/dm³), ● (1.2×10⁻³mol/dm³), □ (3.0×10⁻³mol/dm³), ■ (6.0×10⁻³mol/dm³), △(12×10⁻³mol/dm³)

竹材に含まれる有機物が溶液に溶解したものであると考えられる。MPN法によるダーラム管へのガス発生の確認と反応試料中のpHがアルカリ性と移行することから、竹材中に脱窒菌が存在していることが確認された。

Fig. 3 に、種々の濃度の硝酸ナトリウムの硝酸イオン溶液の竹材による分解の結果を示す。0.6 mmol/dm³と1.2 mmol/dm³の試料においては約 24 時間で 100% 分解した。3.0 mmol/dm³の試料では約 7 日間で、6.0 mmol/dm³の試料では約 10 日間でそれぞれ 100% 分解をした。また、12 mmol/dm³の試料は 2 週間以上で 100% 分解した。硝酸イオンの濃度が高くなるにつれて分解速度が遅くなることが判った。

脱窒菌による硝酸態窒素が窒素ガスとして大気中に放出される反応を脱窒反応と言う。脱窒反応は硝酸イオン(NO₃⁻)→亜硝酸イオン(NO₂⁻)→一酸化窒素(NO)→亜酸化窒素(N₂O)→窒素ガス(N₂)となっていく反応であり、それぞれ硝酸還元酵素-(NAR), 亜硝酸還元酵素 (NIR), 一酸化窒素還元酵素 (NOR) および亜酸化窒素還元酵素 (窒素ガスOR) により触媒的に分解される⁹⁾。微生物由来の酵素反応を速度論的に議論する場合、Fig. 3 に示したような異なった濃度における反応速度を測定し、酵素-基質反応を証明する方法としてMichaelis-Mentenの式を用いて行うのが一般的である¹⁰⁾。Fig. 3 の結果から、初速度法を用いて初期反応の反応速度(v)を求めた。Fig. 4 に、基質濃度である硝酸イオン(s)と速度(v)との関係を示す。Fig. 4 より、直角双曲線の形が得られ、広い基質濃度範囲に対する酵素活性特有の結果が得られた。Fig. 3 の結果から低い基質濃度では速度vは基質濃度sとともに直線的に増大した。ここでは見かけ上は一次反応に従っていることが判る。一方、高い基質濃度ではvはsに対して変化が少なく、見かけ上は零次反応に従うことが判った。このことから

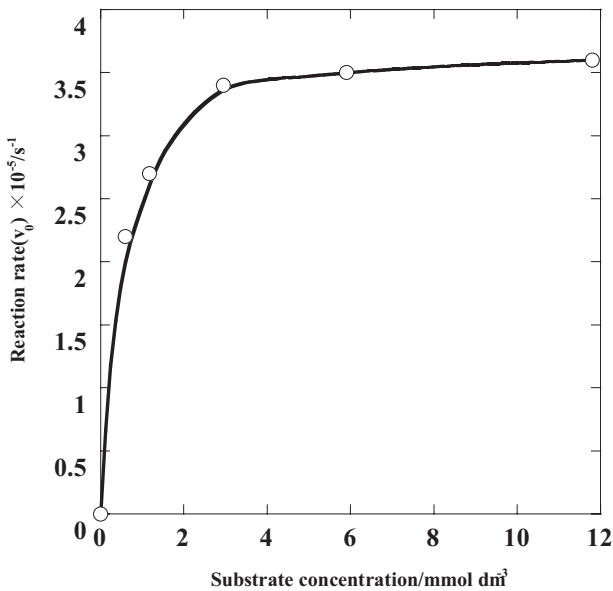
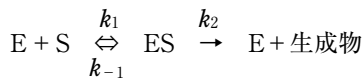


Fig. 4 Relationship between the reaction rate(v_0) and substrate concentration, for Michaelis-Menten plot($v_0=(d[P]/dt)_0=k_2[ES]$).

Michaelis-Mentenの式を満足し、竹材による硝酸イオンの分解は硝酸還元酵素の活性によるものであると言える。もともと植物は種類によって土壤中に存在する無機態窒素を主な窒素源として利用しており、硝酸態窒素を根または葉において同化する力を持っている¹¹⁾。竹材にはこのような還元酵素が多く含まれているために溶液中の硝酸イオンが速やかに分解されていくものと考えられる。

硝酸イオンの分解は酵素触媒により、以下の反応式によって行われると仮定される。



ここでEは酵素、Sは基質、ESは酵素-基質複合体である¹²⁾。また、酵素の高い基質特異性は酵素の立体構造による基質との結合に関係しており、酵素と基質の反応は鍵と鍵穴仮説または誘導適合仮説によって説明されている¹³⁾。生成物形成の初速度は(1)式で示される。

$$v_0 = (d[P]/dt)_0 = k_2[ES] \dots\dots\dots(1)$$

竹材による硝酸イオンの分解は(1)式に示すようにMichaelis-Mentenの式に適合することから、反応力学定数KmとVmaxを求めることができる。

Kmは酵素の活性部位の半分が基質分子によって満たされているような基質濃度を表す。よって、Kmが大きいと酵素-基質複合体の結合は弱く、逆に小さいと酵素-基質複合体の結合が強いことが考察される¹⁴⁾。KmはFig. 4を用いても求めるが、(2)式に示すLineweaver-Burkプロットを用いて、基質濃度(s)を反応速度(v)で除した値と基質濃度(s)の関係をプロットして求める。しかし後者の方から求めるほうが信頼性が高いと言われる¹⁵⁾。

$$1/v_0 = K_m/V_{max} [S] + 1/V_{max} \dots\dots\dots(2)$$

Fig. 5に、基質濃度を反応速度で除したものと基質濃度

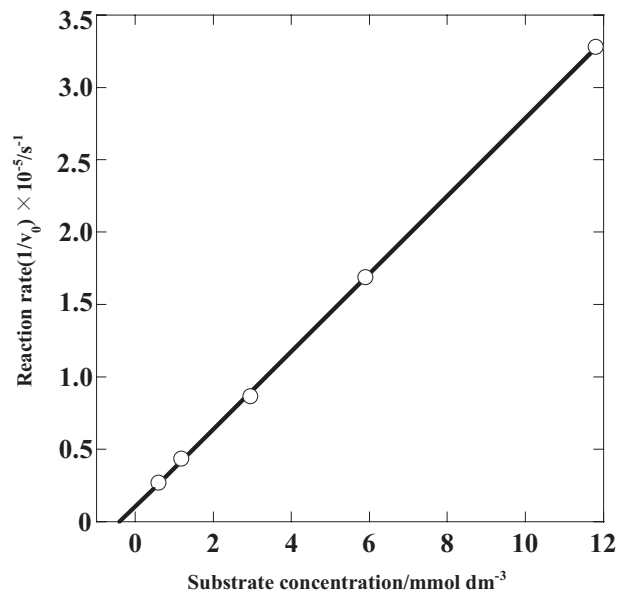


Fig. 5 Relationship between the reaction rate($1/v_0$) and substrate concentration for Lineweaver-Burk plot($1/v_0=K_m/V_{max}[S]+1/V_{max}$).

との関係を示す。Fig. 5より、このプロットは良好な直線性が得られ、この直線の傾きVmaxとX軸との切片からKmを求めた。Vmaxは3.7×10⁻⁵s⁻¹となり、Kmは5×10⁻⁴molが得られた。山根の著書¹⁰⁾によるとKmの値はおおむね10⁻⁵~10⁻³molの範囲にある。例えば、過酸化水素水の分解に用いられる酵素(カタラーゼ)はKm=2.5×10⁻²molとなっている¹⁶⁾。本実験の結果から、Kmは5×10⁻⁴molで比較的小さな値であり、脱窒菌による硝酸イオンの脱窒反応における酵素-基質複合体の結合は強いものと考えられる。

下水処理などでの脱窒では、反応槽での水素供与体が必要である。水素供与体として有機炭素源が水溶液中に存在していなければならない。ただし、反応によっては水素供与体が不足する場合がある。この水素供与体としてコストが安いメタノールや酢酸を添加して反応を安定させている¹⁷⁾。脱窒菌は通性嫌気性菌であり、水溶液中に分子状酸素があるときは、この酸素を呼吸に利用して有機物を分解している。しかし、酸素が無い嫌気状態では水溶液中の硝酸イオンの酸素を呼吸に利用して有機物を分解する。一方で、(3)式に示す反応式から脱窒菌は水溶液中で有機物を分解するときに生成するH⁺により脱窒反応が開始される。



このメタノールや酢酸に変わる水素供与体として木材を利用した硝酸性窒素除去の研究が行われており、木材としては桜や杉のチップが用いられ、これを通した溶液を脱窒槽に流入させ硝酸性窒素の水素供与体として利用できることが得られている⁴⁾。本研究の場合、モデル廃液として硝酸ナトリウムのみを溶解させた水溶液を使用しているため、有機物は竹材からしか供給できない。竹材には有機成分として多糖類やリグニンなどの有機成分を含んでいる¹⁸⁾。この有機成分が硝酸イオンを含んだ試料溶液に溶け出し、水素供与体として以下に示すような反応式において

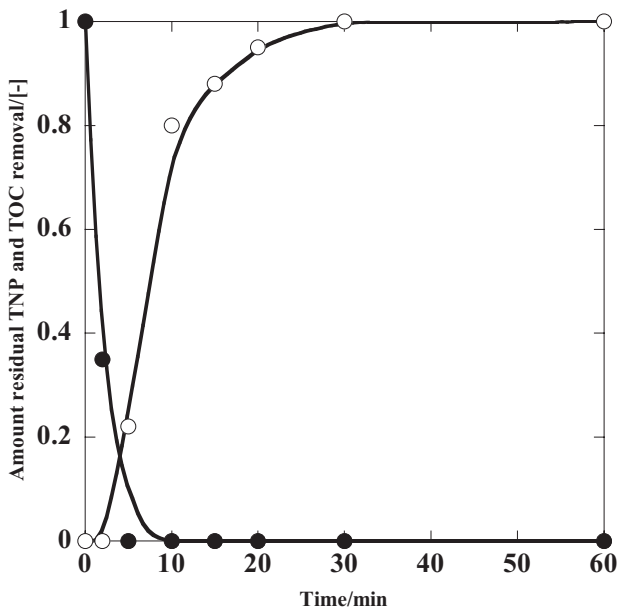
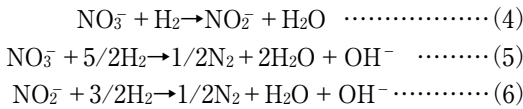


Fig. 6 Time history of TNP residual and TOC removal for the decomposition aqueous TNP by Photo-Fenton reaction.
(○TNP residual, ●TOC removal, TNP initial concentration : $0.44 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$)

進行し、硝酸イオンや亜硝酸イオンを還元し窒素ガスまで分解できることが判った。



3.2 竹材を用いたTNP廃液処理水中の硝酸イオンの分解

Fig. 6に、TNP廃液の光フェントン酸化法による分解率とTOCの除去率を示す。Fig. 7に、亜硝酸イオンと硝酸イオンの生成曲線を示す。亜硝酸イオンの生成と分解が非常に速いためFig. 7-aに反応初期状態、Fig. 7-bに反応後期を分けて図に示した。

Fig. 6では、TNPの分解方法は光フェントン反応により行い、TNP廃液の最大吸収波長である354.7nmの吸光度が反応時間ごとに減少するところをTNPの分解とした。Fig. 6よりTNPは分解され、TOCも除去されることが判った。また、黄色に呈色しているTNP廃液は光フェントン反応によって処理することで、廃液の色は無色透明となった。この時の処理水中のpHは約2.8であった。

Fig. 7-aよりTNP分解と同時に最初は亜硝酸イオンが生成し、すぐに減少した。Fig. 7-bより硝酸イオンもTNP分解と同時に亜硝酸イオンの生成から少し遅れて生成し、60分後には約80ppm (1.3 mmol/dm^3)の生成が認められた。TNPに置換しているNO₂が酸化とともに脱離し⁵⁾、処理水中に硝酸イオンとして存在するものと考えられる。

Fig. 8に、TNP処理水の竹材を用いた場合の分解曲線を示す。脱窒菌の活動しやすいpHが中性付近であるので処理水中のpHを0.2mol/dm³-NaOHaqで約7.8にして分解を行った。Fig. 6の結果から、TNP廃液の酸化分解後の試

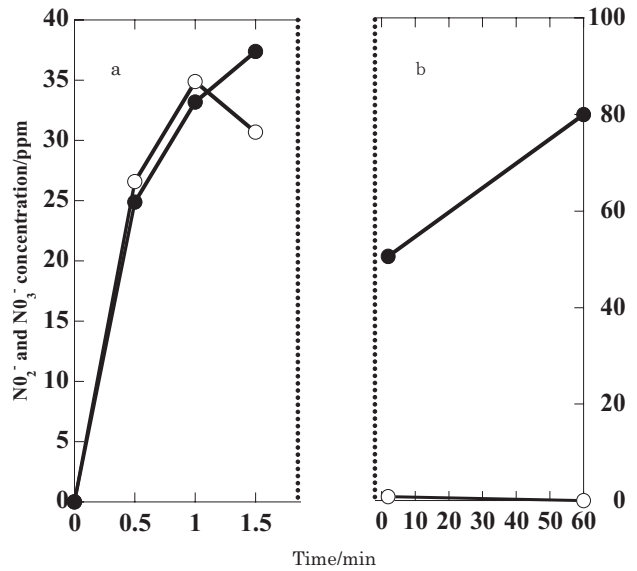


Fig. 7 Time history of nitrite and nitrate ions for the decomposition of aqueous TNP by photo-Fenton reaction.
(TNP initial concentration ; $0.44 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, photo Fenton reaction (Fe^{2+} ; 1 mmol/dm^3 , 30% H_2O_2 ; 5 mmol/dm^3), ○ NO_2^- , ● NO_3^-)

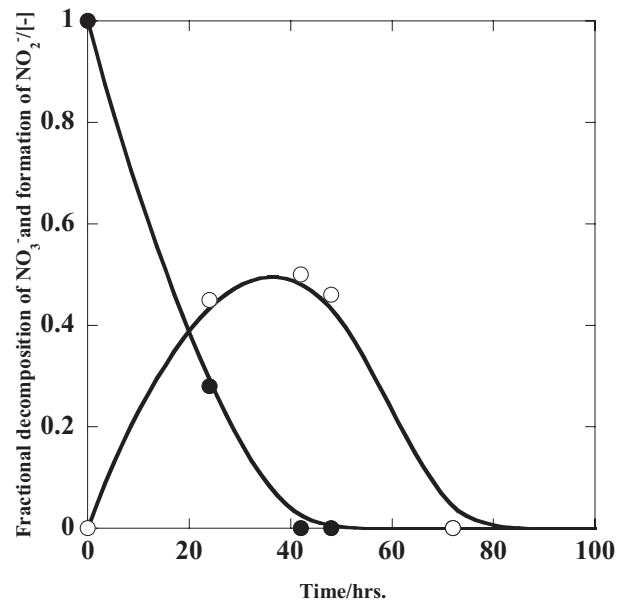


Fig. 8 Decomposition of NO_3^- and NO_2^- for the decomposition of aqueous TNP by bamboo chips.
(Temperature ; 28°C , pH ; 7.8, amount of bamboo chips ; 5g, NO_3^- initial concentration ; $1.3 \times 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$, ○ NO_2^- , ● NO_3^-)

料には硝酸イオンのみが残存していることが判る。Fig. 7より、硝酸イオンは24時間の処理で約75%の分解した。同時に亜硝酸イオンが生成し、40時間の処理で亜硝酸イオンが約50%生成した。Fig. 1の結果と同様に硝酸イオンの分解に対し亜硝酸イオンが2 : 1の割合で生成することが判った。その後硝酸イオンは50時間で100%の分解した。一方、硝酸イオンの還元によって生成した亜硝酸イオンは40時間の処理までに約50%生成したが、78時間後に100%分解した。このことから、TNP処理水中に含まれる硝酸イオンは竹材を用いて分解処理できることが判った。

4. 結論

竹材を用いた窒素酸化物を含んだ廃液の処理について以下の結論を得た。

- ①竹材により試料中に含まれる硝酸イオンは亜硝酸イオンに還元された後、さらに窒素ガスまで還元される。
- ②竹材による硝酸イオンの分解反応はMichaelis–Mentenの式およびLineweaver–Burkプロットによく適合した。従って、この反応は、窒素酸化物類を還元する酵素触媒による分解反応である。
- ③Lineweaver–Burkのプロットから V_{max} は $3.7 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 、 K_m は $5 \times 10^{-4} \text{ mol}$ が得られ、硝酸イオンの脱窒反応は酵素–基質複合体の高い親和力が働いていることが判った。
- ④トリニトロフェノール廃液処理後に処理水中に残存する硝酸イオンは竹材を用いることで、脱窒菌により窒素ガスまで分解処理できる。

5. 引用文献

- 1) Industrial environmental protection society, “Technology and regulations of pollution control”, –Chapter of water quality–, p. 92 (1996), Maruzen Co., Ltd
- 2) H.Katou, “Environment and ethics”, p. 28 (1999), Yukikaku Co., Ltd
- 3) Industrial environmental protection society, “New technology and regulations of pollution control”, –Chapter of water quality–, p. 50 (2007), Maruzen Co., Ltd
- 4) T.Yoshioka, T.Mizoguchi, “Waste water treatment technology collection”, p. 662 (2007), NTS Co., Ltd
- 5) T.Kitayama, Y.Sano, T.Nagaishi, Kayaku Gakkaishi (Sci. Tech. Engrgetic Materials), 68, 1 (2007)
- 6) T.Maeda, K.Kadokami, H.Ogawa, Kayaku Gakkaishi (Sci. Tech. Engrgetic Materials), 65, 94 (2004)
- 7) R.Sudo, “Environmental microorganism experiment method”, p. 117 (1999), Koudansha, Co., Ltd
- 8) R.Sudo, “Environmental microorganism experiment method”, p. 265 (1999), Koudansha, Co., Ltd
- 9) H.Arai, Japan Society for Bioscience, Biotechnology, and Agrochemistry, 75, p. 863 (2001)
- 10) T.Yamane, “Biological response engineering”, p. 42 (2002), Sangyo Tosho, Co., Ltd
- 11) R.Koyama, Global environment, 9, 1, p. 11 (2004)
- 12) E.Shima, “The enzyme is alive”, p. 117 (1995), Shokabo, Co., Ltd
- 13) K.Ishihara, T.Asao, M.Dan, M.Yamaguchi, “Looking biology”, P. 46 (2001), Baifukan, Co., Ltd
- 14) Raymond Chang, “Physical chemistry for the biosciences”, p. 219 (2006), Tokyo Kagaku Doujin, Co., Ltd
- 15) D.T.Plummer, “An introduction to practical biochemistry”, p. 277 (2005), Kagakudoujin, Co., Ltd
- 16) Donald Voet, Judith G.Voet, “Biochemistry (the above volume)”, p. 302 (1996), Tokyo Kagaku Doujin, Co., Ltd
- 17) K.Nakamura, “Environment and microorganism”, p. 63 (2000), Sangyo Tosho, Co., Ltd
- 18) E.Uchimura, “Charm and use of bamboo”, p. 43 (2001), Souseisya, CO., LTD

Decomposition of aqueous nitrate ion by bamboo chips

Youichi Sano^{*†}, Toshiyuki Nagaishi^{*}, Katsutoshi Hayashida^{**}, Kazumasa Hayashida^{**}, and Kiyomi Nishihara^{**}

Nitrate ion is the one of the cause of water pollution in enclosed bodies of water. In this report, the investigation on the denitration of nitrate ion containing aqueous solution was carried out with biological treatment using bamboo chips. The obtained results are as follows.

Finally, aqueous nitrate ion which formed nitrite ion intermediately in the course of the reaction, was completely degraded to nitrogen gas by catalytic reaction of bamboo chips. The maximum amount of nitrite ion formation reached approximately to the amount of 50% of initial nitrate ion. Lineweaver–Burk plots showed a straight line for this reduction, and it was well described by Michaelis–Menten model. From these results, it is concluded that aqueous nitrate ion can be decomposed to nitrogen gas by denitrifying bacteria in bamboo chips based on the following reaction.



Waste water which obtained from catalytic decomposition of trinitrophenol contains nitrate ion. This nitrate ion was also finally denitrified to nitrogen gas, and the amount of producing nitrite ion was 50% of that of initial nitrate.

Keywords : bamboo, nitrate ion, enzyme, trinitrophenol, denitrifying bacteria

*Faculty of Engineering Kyushu Sangyo University, Matsukadai 2, 3–1, Higashi–ku, Fukuoka 813–8503 JAPAN
TEL : +81–92–673–5662 FAX : +81–92–673–5092

†Corresponding address : youichi@ip.kyusan–u.ac.jp

**Hayashida industry Ltd. Chuou, 5–12–1, Fukutsu–shi, Fukuoka 811–3217, JAPAN