

〈論文〉

近赤外分光分析による微生物生成代謝物の推定に関する基礎的検討

本多典広¹⁾, 長塩尚之²⁾, 吉岡雅也¹⁾, 粟津邦男¹⁾¹⁾大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻
(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1-A14 E-mail: awazu@see.eng.osaka-u.ac.jp)²⁾日新電機(株) 材料研究所
(〒615-8686 京都府京都市右京区梅津高畝町47 E-mail: Nagashio_Naoyuki@nissin.co.jp)

概要

廃水処理プロセスの実時間モニタリングを目的として、非接触・連続計測法として近年注目されている近赤外分光法(1~2 μm の波長範囲)の適応可能性につき検討した。廃水処理プロセスモデルとして既知の基質を微生物が資化・代謝する系を用い、反応水中の動的変化の把握を近赤外分光計測および独自に開発した散乱計測法にて行った。結果、波長1200 nmの換算散乱係数を用いて濁度を計測できた。培養時間の増加に伴う波長約2260 nmの吸収の増加を観測した。本法により近赤外分光分析を用いた廃水処理プロセスのモニタリングの可能性が見出された。

キーワード: 廃水処理, 生物学的処理, 近赤外分光分析, 活性汚泥法

原稿受付 2011.4.30 原稿受理 2011.6.24

EICA: 16(2・3) 38-44

1. はじめに

廃水処理に於いて、処理がどの時点でどの程度進んでいるかを知る事は、処理の最適化にとって重要である。廃水処理施設における合理的な運転とは、最小限の運転コストで、要求される処理水質を安定的に維持することである。これを実現するためには、処理すべき有機性の汚濁負荷を的確に把握し必要となる動力や薬剤を必要最小限に制御する方法や、処理結果である処理水質を監視することにより要求される水質を維持できなかった場合に動力や薬剤の投入量を増加させる処理制御技術が有効である。しかし、廃水処理施設において処理を強化することは、一般的には運転コストの増大に繋がるために、運転管理の合理化が望まれる。

適切な解析結果に基づいて、環境条件の適切な制御を行うことで、ほとんどの有機廃水は生物学的に処理することができる。生物学的処理の一般的な方法である活性汚泥法による好氣的処理は、有機性の汚水中で微生物を連続的に培養し、汚水中の浮遊物や溶解性物質を吸着・酸化・同化させるものである。活性汚泥の能力は経験的に微生物の代謝過程に基づいて変化することが知られている¹⁾。

これまで主に「処理性能」に着目し、活性汚泥法等の生物学的処理に於いて、有機物・窒素・リン等の挙動把握・解析が行われている。しかしながら、微生物の代謝過程により生じた物質にはあまり注目されていない。多段の反応層等の場合、資化・代謝された物質の挙動を知る事は、「処理性能」および「省エネ」の

観点から重要であると考えられる。また、汚泥濃度を正確かつ連続的に測定し、その値を指標として、薬品注入や、脱水、焼却など汚泥処理プロセスの効率を高めることが重要である。これまで、透過光測定法、散乱光測定法などを利用し濁度計を用いて濁度が測定されてきたが、試料の着色により、正確に計測できない場合がある。試料の着色や濁度などの光学的特徴は、それぞれ、光の吸収のしやすさを表す吸収係数 μ_a [mm^{-1}]、散乱のしやすさを表す換算散乱係数 μ_s' [mm^{-1}]等の光学特性値で記述する事ができる。だが、これまで光学特性値に着目し、汚泥の μ_a 、 μ_s' を計測し濁度を計測した例はない。

そこで本研究では、活性汚泥中の微生物や微生物の資化・代謝により生じる物質の挙動を動的に把握することが簡便にできる分析手法の確立を目的として、近赤外波長において独自に開発した光学特性算出装置を用いた光学特性値の計測および、近赤外吸収分光分析手法を検討した。本稿では、大腸菌と模擬廃水を用いた生物処理系を用いて、光学特性値算出法を活用した大腸菌液中の菌濃度の定量的評価および、近赤外吸収分光分析法を活用した反応水中の有機物の動的変化の把握を試みたので報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

(1) 前培養・種菌

普通ブイヨン(ダイゴ製)培地100 mLを50 mLず

つ、2つの坂口フラスコに入れ、蒸気滅菌(121℃, 15分)し、冷却後、事前に培養しておいた、大腸菌(*Escherichia coli*, NBRC3301)を1白金耳、植菌し、30℃で20時間振盪培養を行った。

(2) 集菌・種菌

遠心分離(10000 r.p.m. 15分)を2回繰り返し集菌した。菌ペレットを滅菌したリン酸緩衝液(0.01 M, pH7.0)で懸濁し、全体で約50 mLに調整した液を大腸菌液とした。大腸菌液の光学特性値を算出する為に、遠心分離(4000 r.p.m. 15分)を行い、上記濃度より12倍に濃縮し、その後、段階希釈により6.3倍の濃度に調整した。

(3) 植 菌

予め、蒸気滅菌(121℃, 15分)を行ったBOD標準液(グルコース 3410 mgとグルタミン酸 3410 mgを1Lの純水に溶解させたものを5000 mg/Lとした、以下GGと略記)3 mLと14100 mg/Lのスキムミルク溶液3 mLに種菌液を1 mLずつ添加した混合液を遠沈管にいれ、22℃で振盪培養を行った。

(4) 前培養・種菌

植菌した培養液を24時間後までサンプリングし吸光度計測用の試料とした。

2.2 分析方法

(1) 光学特性値の算出

スライドガラス(S1112, 松浪硝子工業(株))間に厚み0.2 mmのスペーサーを挟み、作成したサンプルホルダーに培養液をいれたものを測定試料とした。大腸菌液の光学特性値は双積分球光学系とinverse Monte Carlo法を組み合わせた光学特性算出装置²⁾を用いて算出した。光源にはハロゲンランプ(LS-H150IR-FBC, (株)住田光学ガラス)を用いた。光源からの光をレンズを用いて集光し、二つの積分球(CSTM-3P-GPS-033-SL, Labsphere)の間に設置した試料に照射し拡散反射率 R_d と透過率 T_t を計測した。 R_d および T_t は、コア直径1000 μm のマルチモードファイバー(CUSTOM-PATCH-2243142, Ocean Optics)を用いて導光され、ファイバーを通過後、受光器まで導光した。受光器には近赤外分光器(NIR256-2.5, Ocean Optics)を用いた。測定条件は、波長840~2632 nm, 波長分解能約7.5~25.0 nm, 積算回数200回にて測定を行った。測定した R_d および T_t から、Wangら³⁾により作成されたMonte Carloシミュレーションを用いて独自に開発したinverse Monte Carlo法により、光学特性値 μ_a および μ_s' を算出した。

(2) 近赤外吸光度計測

スライドガラス間に厚み1 mmのスペーサーを挟み作成したサンプルホルダーに培養液をいれたものを測定試料とした。近赤外波長1000~2500 nmにおいて

試料の吸光度を計測する為に、光源としてハロゲンランプ(HL-2000-HP, Ocean Optics)を使用した。光源の光は、コア直径1000 μm のマルチモードファイバー(CUSTOM-PATCH-2243142, Ocean Optics)を用いて導光し、ファイバーを通過後、コリメータレンズで擬似平行化した後、試料に照射した。試料を透過した光はレンズで集光され、マルチモードファイバーを用いて受光器まで導光した。受光器には近赤外分光器(NIR256-2.5, Ocean Optics)を用いた。測定条件は、透過法、測定面積4.4 mm ϕ , 波長分解能約7.5~25.0 nm, 積算回数100回にて測定を行った。

3. 実験結果

3.1 光学特性値算出結果

Fig. 1に大腸菌濃度毎の μ_a スペクトルを示す。波長1200 nm帯にはCH基の吸収が存在する^{4,5)}。そこで、波長1000~1300 nmに着目し、各試料の大腸菌の濃度と μ_a との相関を検討した。菌濃度と μ_a には、線形近似で正の相関(相関係数 $R \geq 0.9$)が認められた。波長1000~1300 nmにおいて、培養液中の試料のばらつき、および測定の際のばらつきを含め、 μ_a の標準偏差は0.04程度であった。また、Fig. 2に大腸菌濃度毎の μ_s' スペクトルを示す。波長1000~1400 nmにおいて、大腸菌の濃度の増加とともに μ_s' は増加し

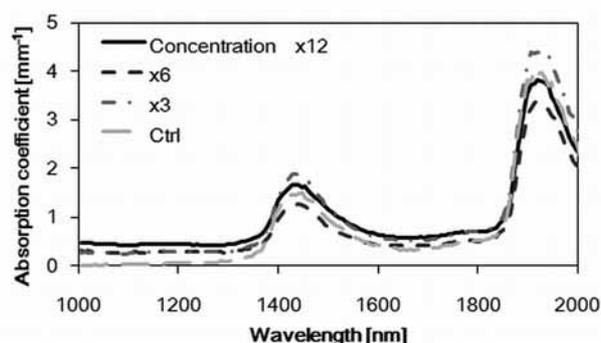


Fig. 1 The absorption coefficient μ_a spectra of the *E. coli* solution

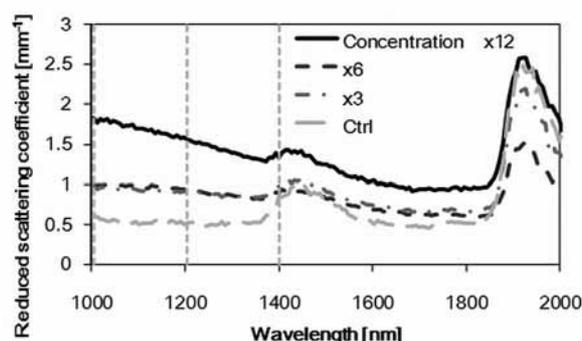


Fig. 2 The reduced scattering coefficient μ_s' spectra of the *E. coli* solution

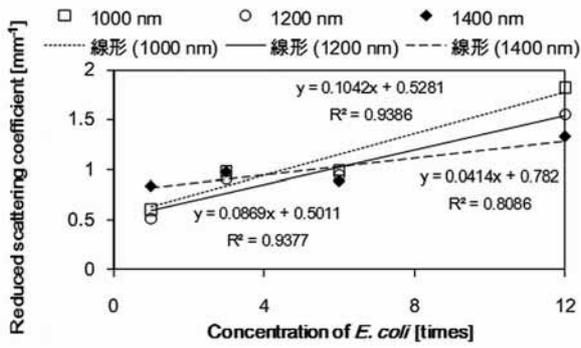


Fig. 3 The calibration curve of the reduced scattering coefficient μ_s' of the *E. coli* solution versus *E. coli* concentration

た。そこで、Fig. 3に、横軸に大腸菌の濃度を、縦軸に波長 1000, 1200 および 1400 nm における大腸菌の μ_s' をとり作成した図を示す。結果、大腸菌液の μ_s' と大腸菌の濃度には線形近似で良い相関が得られた ($R \geq 0.899$)。波長 1000~1300 nm において、 μ_s' の標準偏差は 0.07 程度であった。

3.2 近赤外分光分析結果

Fig. 4(a)に GG を添加培養した培養液の近赤外吸収スペクトルを示す。波長 1000~2500 nm において、吸光度の標準偏差は 0.02 程度であった。近赤外分光法では、吸光度のピーク位置を検出するための手法として 2 次微分を取ることが一般的である。2 次微分を取る事により急峻なピークとして現れ、尚且つ重なりあったピークの位置の検出も可能になる。本研究では、波長 2250 nm 付近および波長 1680 nm 付近にて、培養時間の増加とともに、吸光度の 2 次微分値のピークの増大が確認された。特に波長 2250 nm 付近のピークの増大は顕著であった。顕著なピークが観察された波長 2250 nm 付近において、Fig. 4(a) の 2 次微分スペクトルを Fig. 4(b) に示す。Fig. 4(b) に示すように波長約 2250 nm 付近において 2 次微分吸光度は大きく異なる。GG 添加 0.5 時間後以降、試料の 2 次微分吸光度のピークの大きさは、経過時間とともに増加した。波長 2218~2283 nm において、標準偏差は 0.002 程度であった。波長 2250 nm 付近の GG 添加後の吸光度の増加分を計算する為に、波長 2218~2283 nm にて、GG 添加後 0.5 時間から 24 時間の培養液の各吸光度値から、添加 0 時間後の吸光度値を差し引いた。得られた GG 添加後の培養液の吸収スペクトルを Fig. 4(c) に示す。

Fig. 4(c) に示すように、GG を添加後の経過時間とともに波長 2255 nm を中心とする吸収帯の値が増加した。経過時間の増加による波長 2255 nm 付近の吸光度の増加は再現性が得られている。

また、Fig. 5(a) にスキムミルクを添加培養した培養液の近赤外吸収スペクトルを示す。波長 1000~

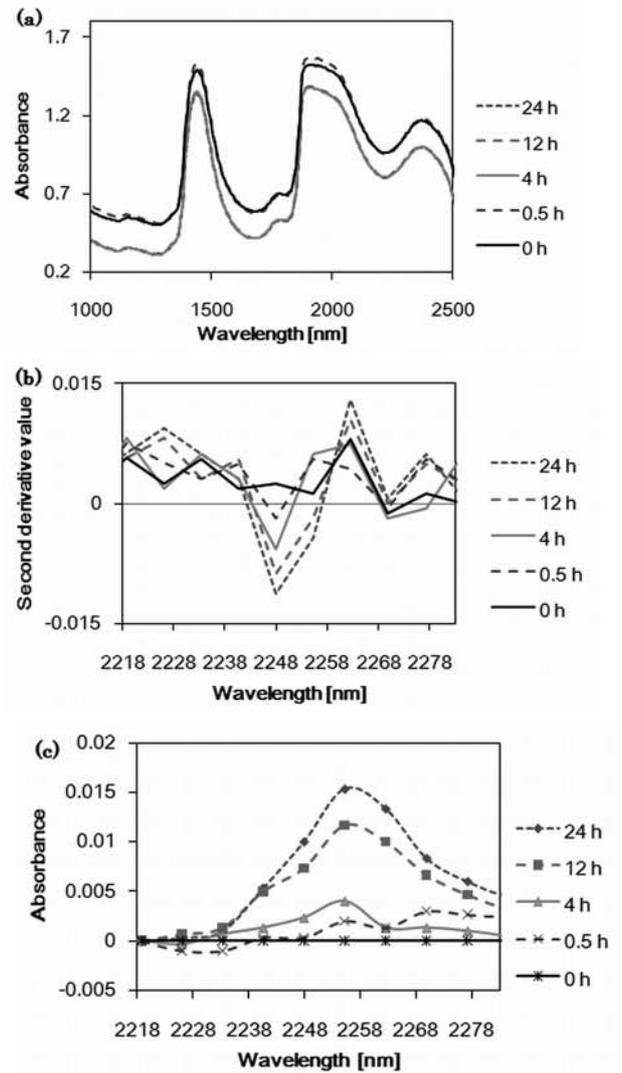


Fig. 4 (a) The near infrared absorption spectra of bacterial culture medium with GG for up to 24 hours. (b) The second derivative spectra of absorption spectra of bacterial culture medium with GG. (c) The revised absorption spectra of the bacterial culture medium with GG

2500 nm において、吸光度の標準偏差は 0.01 程度であった。Fig. 5(b) にスキムミルクを添加した試料の 2 次微分吸光度を示す。スキムミルクを添加した試料の 2 次微分吸光度のピークの大きさは、添加 4 時間後以降から 12 時間後まで、経過時間とともに増加した。波長 2218~2283 nm において、標準偏差は 0.0002 程度であった。波長 2250 nm 付近のスキムミルク添加後の吸光度の増加分を計算する為に、Fig. 5(c) に波長 2218~2283 nm にて、スキムミルク添加後 0.5 時間から 24 時間の培養液の各吸光度値から、添加 0 時間後の吸光度値を差し引いた。得られたスキムミルク添加後の培養液の吸収スペクトルを Fig. 5(c) に示す。Fig. 5(c) に示すように、スキムミルクを添加後の経過時間とともに波長 2255 nm を中心とする吸収帯の値が増加した。経過時間の増加による、波長 2255 nm 付近の吸光度の増加は再現性が得られている。

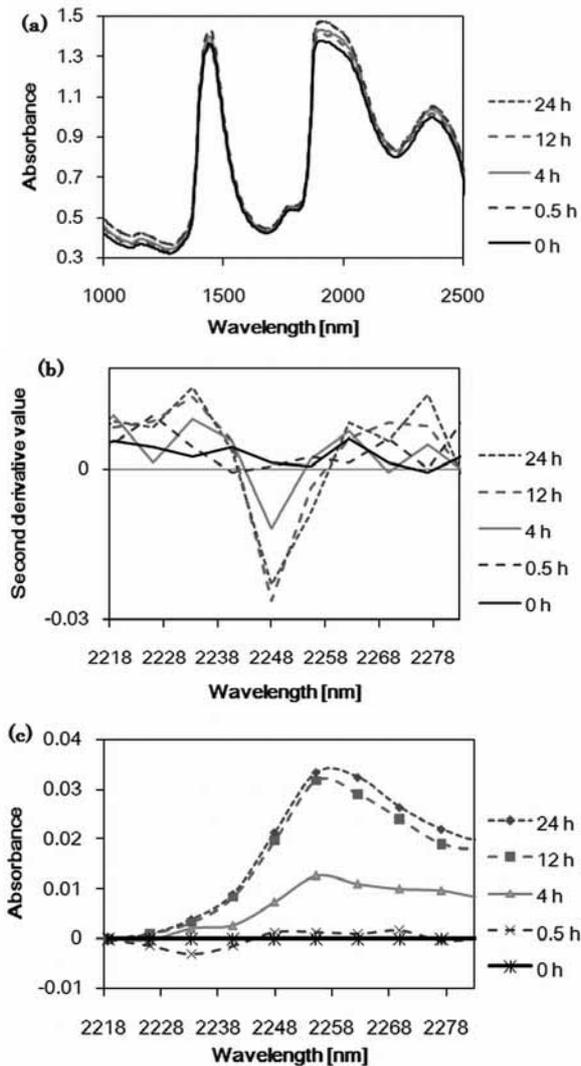


Fig. 5 (a) The near infrared absorption spectra of bacterial culture medium with skimmilk for up to 24 hours. (b) The second derivative spectra of absorption spectra of bacterial culture medium with skimmilk. (c) The revised absorption spectra of the bacterial culture medium with skimmilk

4. 考 察

4.1 大腸菌液の換算散乱係数 μ_s'

波長 1000~1400 nm にて、大腸菌液内の菌濃度と大腸菌液の換算散乱係数 μ_s' には高い相関 ($R \geq 0.899$) が得られた。一般的に光は、光の波長と散乱体の大きさが一致する際、よく散乱される⁶⁾。また、大腸菌の大きさは、およそ 1000 nm 程度である⁷⁾。以上より、大腸菌液の μ_s' が大腸菌液の菌濃度と相関が得られた理由として、測定波長域 1000~1400 nm と大腸菌の大きさがほぼ等しかった為に、光が大腸菌に散乱された結果、大腸菌液内の菌濃度と大腸菌液の μ_s' に相関が得られたと考えられた。この結果は、計測対象とする物質の粒子径が近赤外域における波長と近い場合、近赤外波長を用いることで、物質の濁度を定量的に計測できる可能性を示唆している。散乱体を含む測定対

象の μ_s' の大きさは散乱体の大きさやその濃度に依存することが知られている⁶⁾。Alince ら⁸⁾や Burger ら⁹⁾により、粒子径の異なる散乱媒体の μ_s' を算出した結果、 μ_s' スペクトルの値やスペクトルパターンは粒子径により異なるということが報告されている。活性汚泥中には、大腸菌等の浮遊細菌、酵母等の浮遊真菌や、菌類の集合体であるフロックなどが存在する。酵母等の大きさはおよそ 5000~10000 nm である¹⁰⁾。また、フロックは、菌類の集合体であることから大腸菌や酵母よりもさらに大きな粒子径の散乱体となる。その為、活性汚泥の μ_s' スペクトルを算出することにより、活性汚泥中の菌の構成比などを概算できる可能性がある。今後は、活性汚泥等の μ_s' を算出し、実際に活性汚泥の濁度を定量できるかどうか検討する必要がある。

4.2 波長 2255 nm 付近における近赤外吸収分光分析

波長 2255 nm 付近にて、GG およびスキムミルクを混合後、時間経過に伴う吸収帯の増加が認められた。嫌気状態において、大腸菌がグルコースを資化することで、酢酸塩が生じることが報告されている¹¹⁾。Hall ら¹²⁾は、大腸菌を用いた実験にて、波長 2260 nm の吸収帯が酢酸塩由来であることを報告している。今回の実験では、植菌後、振盪培養を行っていた際、遠沈管の蓋を閉めていたために、遠沈管内が嫌気状態になった可能性がある。以上より、本研究で観測された反応時間に伴う波長 2255 nm 付近の吸収帯の増加は、大腸菌がグルコース等を資化することにより生じる酢酸塩由来であると考えられた。また、スキムミルク添加 24 時間後、波長 2255 nm 付近の吸光度の増加が飽和している様子が観察された。一般的に、大腸菌の成長速度は、培養液中の代謝産物の蓄積により抑制される^{13,14)}。その結果、活性は著しく低下する。よって、波長 2255 nm にて吸光度の増加が飽和した現象は、培養液中の代謝産物の蓄積によるものと考えられた。栗津らは、全有機炭素 (TOC) の経時的減少に伴い糖類等の赤外吸収が消長することを報告している¹⁵⁾。そこで、本研究で得られた波長 2255 nm の吸光度と、過去に TOC 濃度と相関が得られた赤外波長 9.7 μm の吸光度の関連性を検討した。赤外波長 9.7 μm のデータは過去に報告した値¹⁵⁾を参考にした。但し、参考にした実験データは本実験と試料濃度の条件が異なることを特記する。試料濃度は本実験と異なるものの、大腸菌が資化・代謝することによる TOC 濃度の変化は同様の傾向があるため、実験データを参考資料として用いた。

GG およびスキムミルクを添加した後の波長 2255 nm と波長 9.7 μm における吸光度の経時変化をそれぞれ Fig. 6 および Fig. 7 に示す。Fig. 6 に示すように、GG を添加後、時間経過とともに TOC と相関のある

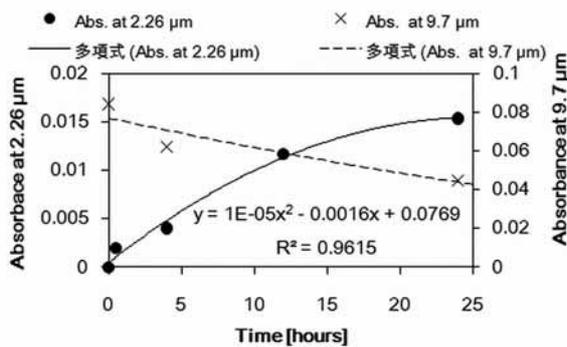


Fig. 6 The relationship between absorbance (Abs.) of the bacterial culture medium with GG and culture time at wavelengths of 2.26 and 9.7 μm

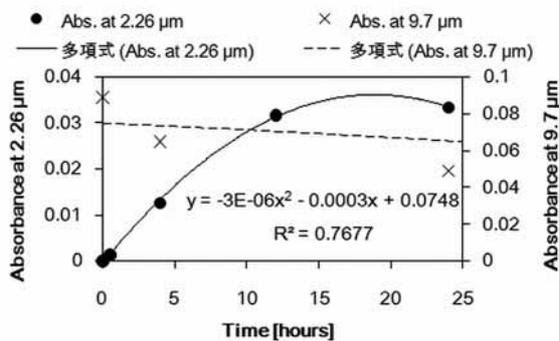


Fig. 7 The relationship between absorbance (Abs.) of the bacterial culture medium with skimmilk and culture time at wavelengths of 2.26 and 9.7 μm

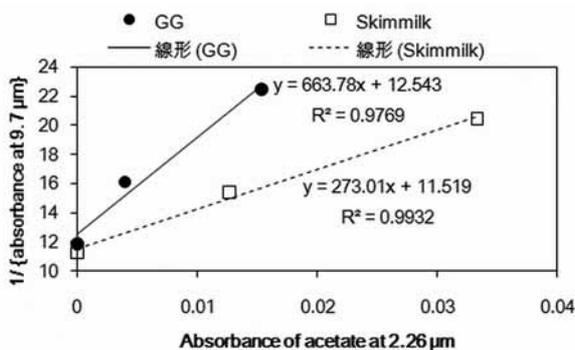


Fig. 8 The calibration curve of absorbance at the wavelength of 2.26 μm versus reference values at the wavelength of 9.7 μm

波長 9.7 μm の吸収は減少し¹⁵⁾、一方、酢酸塩由来と考えられる波長 2255 nm の吸収は増加する傾向が得られた。また、Fig. 7 に示すようにスキムミルクを添加後、時間経化とともに、波長 9.7 μm の吸収は減少し、波長 2255 nm の吸収は増加する傾向が得られ、この変化は GG を添加した際と同様の傾向であった。ここで、波長 9.7 μm の吸光度の変化と波長 2255 nm の変化に相関があるかどうか検討した。Fig. 8 に、波長 9.7 μm の吸光度の逆数を縦軸に、波長 2255 nm の

吸光度を横軸にとり作成した図を示す。Fig. 8 に示すように、TOC 濃度の減少に相関のある吸光度と、微生物が資化し生じた酢酸塩由来と考えられる吸光度の増加には相関が得られた。高橋ら¹⁶⁾は、活性汚泥のバルキングが酢酸塩などの有機塩と関係していると報告しており、本手法で計測可能であった酢酸塩由来の吸収をモニタリングすることで、活性汚泥のバルキングを防ぐためのツールになる可能性が得られた。今後は、好気条件下で活性汚泥より資化・代謝され生じる物質が近赤外波長域で検出可能かどうかを検討する必要がある。

これまで、廃水中の浮遊性固形汚濁物質を、レイリー散乱光を測定することによりモニタリングすることができることは、宗宮ら¹⁷⁾により報告されている。また、宮田ら¹⁸⁾は蛍光分析法が廃水処理プラント運用のためのモニタリング技術として活用できることを報告している。栗津ら¹⁵⁾は、赤外分光分析が生物過程処理によるモニタリングにおいて有効であると報告した。赤外分光分析法を用いる場合、測定前に前処理として、試料を乾燥させる必要がある。しかし、今回用いた近赤外波長は、赤外波長に比して、水の吸収が弱い波長域であり、試料への光の侵達度が数 mm オーダーである。そのため、近赤外分光分析法は、前処理を必要とせずに測定対象を迅速に計測できる簡便な方法である。また、本実験結果より、近赤外分光分析法は、資化・代謝された物質の同定が可能であることが示唆された。

今後、活性汚泥などから廃水処理過程で生じた物質を測定し、近赤外波長域がモニタリング技術として有力な手法であるか検討する。本手法で用いられている近赤外波長は、紫外・可視光よりも光の散乱による検出光へのノイズの影響が小さく、シグナルの検出が妨害されにくいと考えられる。活性汚泥を測定する際に、濁度の増加に伴うシグナルの鈍化がどの程度計測結果に影響するかを検討する必要があると考えられる。

5. まとめと今後の展望

本研究では廃水処理に於いて処理がどの時点でどの程度進んでいるか知る為に、光学特性値算出装置や近赤外分光分析法により、大腸菌の濃度の定量、および、微生物が資化・代謝し生じた物質のモニタリングに着目し研究を行った。波長 1000 nm 付近の短波長側の分光分析を行うことにより、大腸菌液の換算散乱係数を用いて大腸菌液内の大腸菌の濃度を測定可能であることがわかった。また、波長 2260 nm 付近の長波長側の分光分析を行うことにより、GG およびスキムミルク添加後の培養時間の増加に伴い、資化・代謝された酢酸塩の増加を観測することができた。以上より、

本概念は、近赤外分光分析を活用し、廃水処理中の資化・代謝により生じた物質を観測することで廃水処理の過程をモニタリングするための技術となることが期待できる。

今後、活性汚泥等を用いて廃水処理場に近い条件で資化・代謝される物質の詳細な経時変化を追い、近赤外分光分析により廃水処理の過程のモニタリングが可能かどうか検討を行う。

参考文献

- 1) 社日本下水道協会, エアレーションタンクの微生物——検鏡と培養の手引き——, pp.1-21 (1990)
- 2) 本多典広, 寺田隆哉, 南條卓也, 石井克典, 栗津邦男: Inverse Monte Carlo 法による光線力学療法前後の腫瘍組織の光学特性の算出, 日本レーザー医学会誌, Vol.31, No.2, pp.115-121 (2010)
- 3) L.-H. Wang, S. L. Jacques and L.-Q. Zheng: MCML- Monte Carlo modeling of light transport in multi-layered tissues. Computer Methods and Programs in Biomedicine, Vol. 47, pp. 131-146 (1995)
- 4) 尾崎幸洋, 河田 聡: 近赤外分光法, 学会出版センター, pp.216-217 (1996)
- 5) J. Rantanen, E. Räsänen, J. Tenhunen, M. Känkäkoski, J.-P. Mannermaa and J. Yliruusi: In-line moisture measurement during granulation with a four-wavelength near infrared sensor: an evaluation of particle size and binder effects, Vol. 50, No. 2, pp. 271-276 (2000)
- 6) V. V. Tuchin: Tissue Optics, SPIE Press, pp.132-142 (2007)
- 7) F. J. Trueba and C. L. Woldringh: Changes in cell diameter during the division cycle of *Escherichia coli*, Journal of Bacteriology, Vol. 142, No. 3, pp. 869-878 (1980)
- 8) B. Alinec and P. Lepoutre: Light-scattering of coatings formed from polystyrene pigment particles, Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 76, No. 1, pp. 182-187 (1980)
- 9) T. Burger, J. Kuhn, R. Caps and J. Fricke: Quantitative determination of the scattering and absorption coefficients from diffuse reflectance and transmittance measurements: Application to Pharmaceutical Powders, Applied Spectroscopy, Vol. 51, No. 3, pp. 309-317 (1997)
- 10) T. Srinorakutara: Determination of yeast cell wall thickness and cell diameter using new methods, Journal of Fermentation and Bioengineering, Vol. 86, No. 3, pp. 253-260 (1998)
- 11) J.-N. Phue, S. B. Noronha, R. Hattacharyya, A. J. Wolfe and J. Shiloach: Glucose metabolism at high density growth of *E. coli* B and *E. coli* K: differences in metabolic pathways are responsible for efficient glucose utilization in *E. coli* B as determined by microarrays and Northern blot analyses, Biotechnology and Bioengineering, Vol. 90, pp. 805-820 (2005)
- 12) J. W. Hall, B. McNeil, M. J. Rollins, I. Draper, B. G. Thompson and G. Macaloney: Near-infrared spectroscopic determination of acetate, ammonium, biomass, and glycerol in an industrial *Escherichia coli* fermentation, Applied Spectroscopy, Vol. 50, No. 1, pp. 102-108 (1996)
- 13) K. Han and O. Levenspiel: Extended monod kinetics for substrate, product, and cell inhibition. Biotechnology and Bioengineering, Vol. 32, No. 4, pp. 430-437 (1988)
- 14) J. Lefebvre, G.-A. Junter and J.-C. Vincent: Graphics-associated modeling of batch cultures of *Escherichia coli* fermenting glucose. Enzyme and Microbial Technology, Vol. 16, No. 2, pp. 163-169 (1994)
- 15) 栗津邦男, 長塩尚之, 石井克典: 赤外分光分析による微生物中間生成代謝物の推定に関する基礎検討, 環境システム計測制御学会誌, Vol. 15, No. 2・3, pp. 5-7 (2010)
- 16) 高橋力也, 小山幸治, 安村和晃, 川北省一, 鈴木昌治, 米山平: バルキング活性汚泥による乳酸, 酢酸, プロピオン酸および酪酸の生成, 醗酵工学会誌, Vol. 68, No. 1, pp. 17-23 (1990)
- 17) 宗宮功, 岸本直之, 小野芳朗, 西方聡: 散乱スペクトル分析による水質の連続分析, 水環境学会誌, Vol. 19, No. 1, pp. 47-55 (1996)
- 18) 宮田純, 中原啓介: 廃水処理プラントにおけるオンサイト水質モニタリング技術, JFE 技報, No. 13, pp. 59-64 (2006)

Evaluation of Bacterial Metabolite Products by Near Infrared Spectroscopic Analysis

Norihiro Honda¹⁾, Naoyuki Nagashio²⁾, Masaya Yoshioka¹⁾ and Kunio Awazu^{1)†}

¹⁾ Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering,
Graduate School of Engineering, Osaka University

²⁾ Material R&D Laboratories, Nissin Electric Co., Ltd.

† Correspondence should be addressed to Kunio Awazu :

(Division of Sustainable Energy and Environmental Engineering,

Graduate School of Engineering, Osaka University

E-mail : awazu@see.eng.osaka-u.ac.jp)

Abstract

The monitoring technology of wastewater treatment process as one of operation management technologies is important technique. The objective of this study is to investigate the potential of near-infrared (NIR) spectroscopy for wastewater treatment monitoring in the wavelength range between 1000 nm and 2500 nm. *Escherichia coli* (*E. coli*), the glucose and glutamine mixed (GG) and skimmilk solutions were used as a simulated wastewater. For quantitative analysis, the optical properties of the *E. coli* solution were evaluated with the developed optical properties measurement system. NIR absorption spectra of the *E. coli* cultured with GG or skimmilk solutions were measured. The linear range of the calibration curves obtained a correlation curve above 0.9. The absorption peaks related to acetate increased with the culture time increment around the wavelength of 2260 nm. These results show that potential of NIR spectroscopy for the wastewater treatment process monitoring.

Key words : wastewater treatment, biological treatment, near-infrared spectroscopy, activated sludge process