

活性汚泥の Activity に関する一考察

京都大学工学部 (正員) 高松 武一郎 内藤 正明
(学生員) 池田 有光

はじめに

活性汚泥による基質除去の機構は非常に複雑で、それが十分解明されるにはまだ相当の時間を要するものと思はれる。しかし現実には活性汚泥のプロセスが広く実用化されている現状、これを合理的に設計操作する為の定量的指針の要求されるのは当然で、この為には現象の数理的表現がどうしても必要となる。ところで現在生物化学反応についてはその最も基本的な BOD 除去の速度式から種々の異なる表示が提示されており、そのいづれもが一長一短である。その不十分である点を列挙すると、

① BOD 減少状態を反応初期から長時間と亘り忠実に表現し得ぬこと、② 長時間曝気ないしは雨曝気による汚泥の反応力回復上昇を表現し得ぬこと、③ 代謝による酸素消費過程を説明し得ぬこと、④ 基質除去速度の変化の様子を説明し得ぬこと。等々であり、この為従来の諸式を実際のプロセスの解析、設計に適用するに種々の問題があり、制約がある。そこで我々は新たに活性汚泥の特性を表わすために Activity という変数を導入し、上記諸現象をうまくかつ簡単に表現しうる数式モデルを提示し、これを⑤の 実験データで裏付けたい。

2. 活性度の定式化

ここで、活性度とは次の様に定義した。即ち基本的には活性汚泥による基質除去過程を、⑥ 基質の汚泥表面への吸着と⑦ これに引続いて起る消化の、二段階過程と考え、このとき汚泥の吸着可能な部分を Active site とみて λS で表わす。そしてこの吸着の割合は汚泥 S 上の活性 site (SA) と基質濃度 L に比例し、一方吸着された基質の消滅速度は吸着している site の割合に比例するものとする。そうすると Activity は以下の二過程の dynamic balance から決定され、次式で与えられる。

$$\frac{d(1-\lambda)S}{dt} = -K(1-\lambda)S + m \lambda S L \quad (1)$$

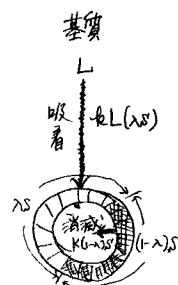
ここで L : 基質濃度 [BOD ppm], S : 汚泥濃度 [SS ppm], λ : 単位汚泥上の全 site に対する active site の割合 [-], m : 附着除去速度係数 [$1/\text{hr} \cdot \text{ppm}$], K : 吸着した基質の消化速度 [$1/\text{hr}$], m : 単位 BOD における activity 1 の汚泥量 [$\text{ppm}/\text{BOD ppm}$]

⑧ 式に対応して基質と汚泥の変化は従来の式型を利用して

$$\frac{dL}{dt} = -k(\lambda S)L + \beta b S \quad (2)$$

$$\frac{dS}{dt} = a k(\lambda S)L - b S \quad (3)$$

となり、この3つの基礎式を連立させて解けば L, S, λ の時間的变化の様子が知れる。尤もこれらは非線型で解析時には解けな。しかし微分方程式の解の存在や挙動はよく知られ、しかも計算手段の発達で数値計算の容易な今日、強いて解析解を得ることは必然性はない。



からう。

3. 活性度仮説のデータによる裏付け

(1)式で与えた微分方程式の妥当性をみるため生化学反応機構に深く立ち入って解明することは難しく、我々の当分の目的でもないので、ここではもう少し Macro な data より類推してその妥当性をしらべる。先づ(1)~(3)式から計算した基質-時間曲線が実験データにうまく適合しうることを示す。

Fig.1に人工下水を用いた基質除去の典型的なデータの一例を示すが、従来のBOD減少曲線とも同様=水からも合符通り=水を一次反応(点線)でfitするには無理がある。図中の実線は(1)~(3)式によるものでこれがよく適合している。この計算での活性度と吸着、酸化速度の変化と図2に示す。すなわち、活性度は初期に急激に低下し、曝気と共に次第に回復しており、実際操作で定性的に推測されることと一致する。なお図中には中西²⁾の測定による基質除去活性度と代謝活性度の一例をplotしてあるが、傾向の一致がみられる。

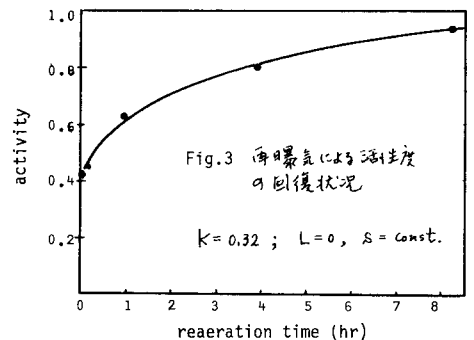
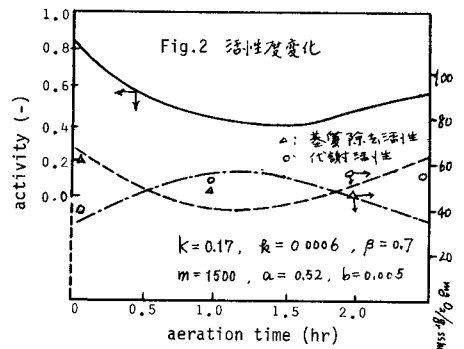
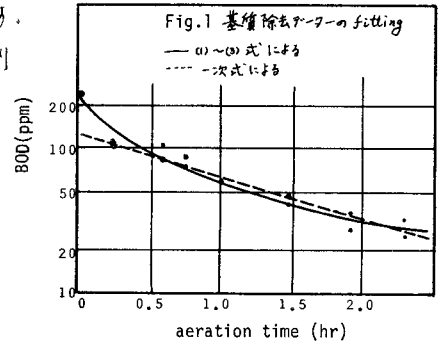
次に再曝気による活性度回復は(1)式で $L=0$, $S=const$ とみなして解くことにより次式で与えられる。

$$\lambda = 1 - (1 - \lambda_0) e^{-kt} \quad (4)$$

これについて Eckenfelder³⁾の contact-stabilization に関するデータをもち、その O_2 uptake rate が(1)式右辺第一項に比例するものとし、且つ24時間再曝気汚泥の activity を0.9と仮定して他を換算したもので検討する。(Fig.3) この Data は指数関数に適合しており、(4)式のパラメータを $\lambda_0 = 0.42$, $k = 0.32$ とおいて描いた実線とよく一致しており、活性度回復過程に対する仮定を或程度裏付けていると考えよう。

4. 結論

こゝで定義した活性度とその微分方程式(1)とは決して現象的な裏付けが得ていないし、複雑な機構を十分表現しているとは言えないが、①初期吸着現象を含むBOD減少過程をうまく説明しうること、②曝気、再曝気の過程が統一して表現されること、③BOD除去と代謝の時間的変動を色々と推定しうること等であり、したがって各種変法を含むあらゆる活性汚泥プロセスの設計操作の存の数式モデルとして有用であると考えよう。



- 参考文献 1) 昭42年学会年次講演要旨集 (昭和社)
2) 中西34: 博士論文
3) Eckenfelder, O'Connor: Biological Waste Treatment
4) 高松, 内藤 編著: 衛生学入門 (Gakko)