

養豚排水におけるBODの簡易推定法の検討（短報）

長谷川輝明

Study on the Easy Estimation Method of Biochemical Oxygen Demand in Swine Wastewater (NOTE)

HASEGAWA Teruaki

目 的

肥育豚から排せつされる尿量は1頭当たり3.8 kg/日であり、ふん量のおよそ1.8倍に相当する。また豚舎からは尿だけでなく、多量の洗浄水も排出されることから、養豚農場において污水处理の必要性は高い。污水处理の方法では、一般的に活性汚泥法が適用されており、汚水中の汚濁物質（有機物）を栄養源とする好気性微生物（以降、活性汚泥と称す）を利用することで、污水から有機物を除去する。この有機物量を表す指標として生物化学的酸素要求量（以降、BODと称す）が用いられている。BODとは有機物を除去するために活性汚泥が必要とする酸素量で示される。污水处理施設は主に污水槽、曝気槽、沈殿槽で構成され、沈殿槽を経て処理水が排出される。このため、活性汚泥法では曝気槽内にブローで空気を送り込み（以降、曝気と称す）、活性汚泥の処理能力が十分に発揮されるよう常に好气的状態を維持して運転管理を行う。

活性汚泥法で得られた処理水を公共用水域に放流する場合、水質汚濁防止法に基づく排水基準が適用される。BODの排水基準は160 mg/L（海域および湖沼以外の公共用水域への排水）が適用されており、処理過程で確実にクリアする必要がある。しかしながら、BODの測定には公定法で5日間を必要とすることから、日常的に污水濃度が変動する畜産現場において、水質性状を適確に把握しながら管理することは困難である。

そこで、BODを現場で簡易に把握することを目的に、一般的な水質測定項目で安価なポケット型メーターが販売されている水素イオン濃度（pH）、電気伝導率（EC）、酸化還元電位（ORP）、塩分の測定値から、BODを推定する手法を検討した。

材料および方法

1 実施場所

県内養豚農場保有で膜分離式活性汚泥法を採用している污水处理施設で実施した。

2 試験方法

污水处理施設から污水、曝気槽水、処理水を週1回程度の頻度で採取して、各採水においてpH、EC、ORP、塩分を測定して、BODとの関係を解析した。

3 水質測定

BODは圧力センサ式BOD自動測定器（BOD Trak II、HACH）、pHはポータブルpH計（HM-31P、東亜DKK）、ECはデジタルSDカードデータロガーマルチ水質測定器（CD-4307SD、マザーツール）、ORPはデータロガーインテリジェントウォーターチェッカー（IWC-6SD、カスタム）、塩分はポケット型塩分計（SaltTestr11、ニッコー・ハンセン）で測定した。

4 実施期間

試験は2022年4月7日から2022年11月9日にかけて実施した。

結 果

すべての採水（污水、曝気槽水、処理水）におけるBODとpHの関係を図1、BODとECの関係を図2、BODとORPの関係を図3、BODと塩分の関係を図4に示した。pH以外の水質測定項目では、いずれもBODとの間に高い相関が示された。一方、污水处理施設の管理の基準となる処理水のBODに関して、pHとの関係を図5、ECとの関係を図6、ORPとの関係を図7、塩分との関係を図8に示したが、いずれの項目もBODとの相関は示されなかった。

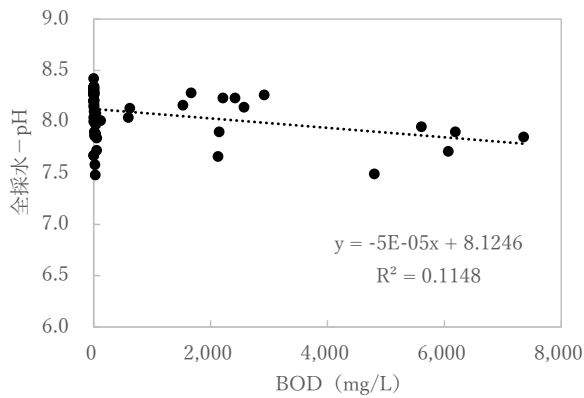


図1 全採水におけるBODとpHの関係

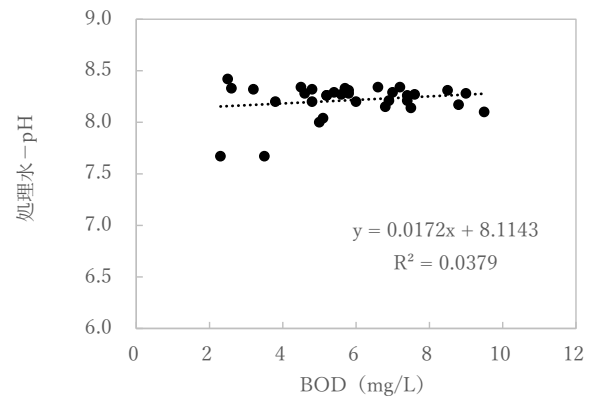


図5 処理水におけるBODとpHの関係

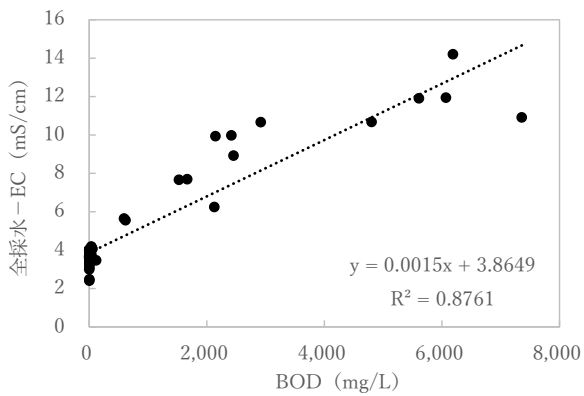


図2 全採水におけるBODとECの関係

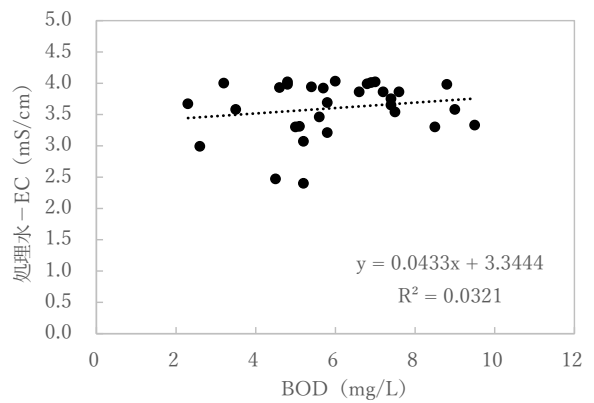


図6 処理水におけるBODとECの関係

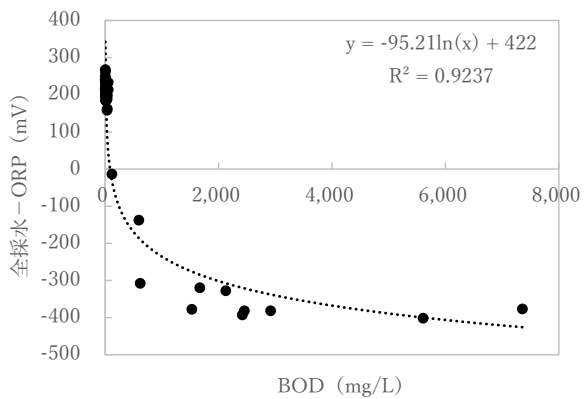


図3 全採水におけるBODとORPの関係

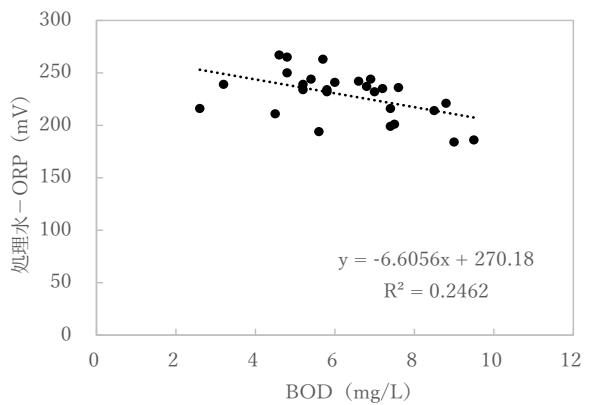


図7 処理水におけるBODとORPの関係

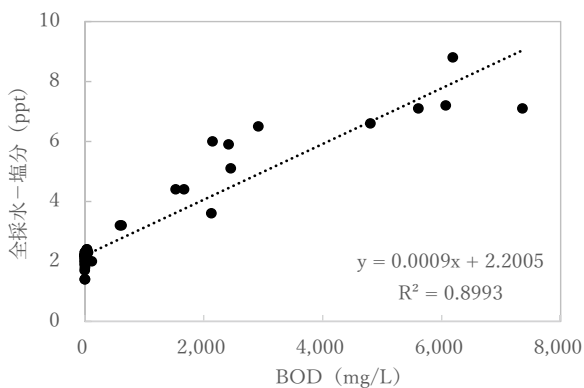


図4 全採水におけるBODと塩分の関係

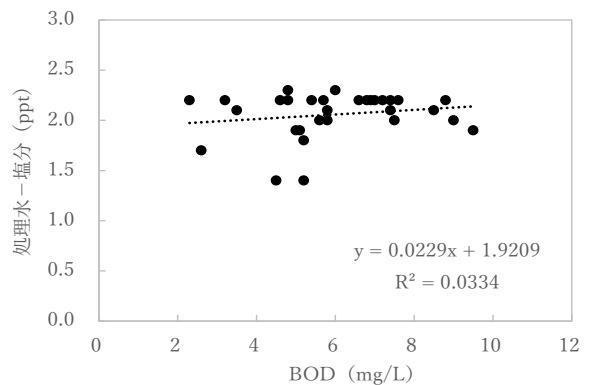


図8 処理水におけるBODと塩分の関係

今回BODを推定するために検討したpH、EC、ORP、塩分について、水質汚濁防止法の排水基準の管理に利用することはできないが、BOD容積負荷を算定する目安には利用できる可能性が示唆された。そこで、図2～4の結果からBODと高い相関が得られた塩分に着目した。塩分の測定に用いたポケット型塩分計SaltTestr11（図9）は安価で校正不要、また瞬時に数値が表示されるため現場では使いやすいことが想定される。なお、最も相関が高かったORPは、排水中の溶存酸素濃度に影響されやすいことから污水处理施設の各槽の管理、いわゆる攪拌や曝気状況の有無に左右されやすいといえる。特に、試験を実施した膜分離式活性汚泥法は沈殿槽の代わりに膜分離槽が導入されており、処理水は膜分離槽に浸漬した中空糸膜を通して排出されるが、膜分離槽では中空糸膜が活性汚泥などで目詰まりしないように内部を常に曝気しているため、処理水の溶存酸素濃度は高い状態となる。一方、連続式もしくは回分式活性汚泥法では、処理水は沈殿槽を経て排出されるため溶存酸素濃度が低いと考えられる。以上のことから、ORPは処理方式の異なる農場において一律での適用が難しいと判断した。



図9 ポケット型塩分計SaltTestr11（測定の様子）

BODと塩分の解析内容は以下のとおりである。

BODについて、150 mg/L以下を低濃度、150～500 mg/Lを中濃度、500 mg/L以上を高濃度とした場合、BOD（低濃度～高濃度）と塩分の関係は図4のとおり高い相関が示されたが、低濃度域ではバラつきが大きい傾向にあった。そこで、BOD（低濃度）と塩分の関係について図8のとおり検討したところ、濃度を推定できるまでの精度は得られなかったが、すべての分布が塩分値2.5 ppt以下であった。次に、BOD（高濃度）と塩分の関係を図10のとおり検討したところ、良好な相関が示され、その検量線から塩分値3.5 ppt以上の場合、BODを推定できる可能性が示唆された。このことから、塩分値

を説明変数とし、BODの実測値を目的変数とする回帰式は式1のように算定された（ $R^2=0.7673$ ）。得られた回帰式による推定値と実測値の関係は図11のようになり、概ね良好な関係が示された。

$$\text{BOD} = 1143.4 \times \text{塩分} - 3136.8 \dots \text{式1}$$

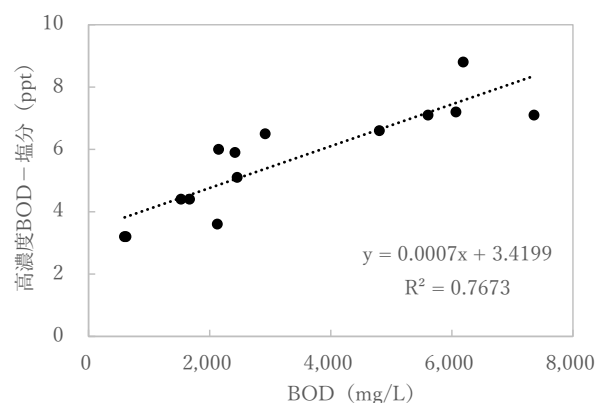


図10 BOD（高濃度）と塩分の関係

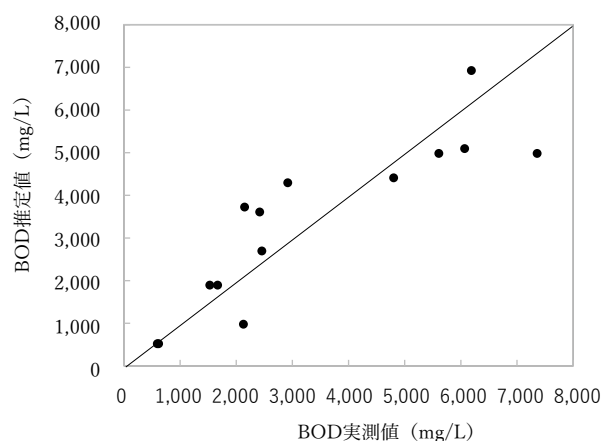


図11 BODの実測値と推定値の関係

上記の解析と実測値をもとにBOD簡易推定表を作成した（表1）。推定範囲にかなり幅があるものの、ポケット型塩分計を利用することで高濃度域のBODを推定できる可能性が示唆された。

表1 ポケット型塩分計を利用した養豚排水のBOD簡易推定表

塩分値 (ppt)	BOD推定値 (mg/L)
<2.5	0～150
<3.5	0～500
3.5～4.0	1,000～2,500
4.1～5.0	1,500～3,000
5.1～6.0	2,000～4,000
6.1～7.0	3,000～5,000
7.1～8.0	5,000～6,500
8.1～9.0	6,000～7,500

ポケット型塩分計を利用することで、現場で簡易にBODを推定できる可能性がある。ただし、推定可能なBODは高濃度域に限られるとともに、推定幅も大きいことから現時点で精度は高くない。そのため、水質汚濁防止法の排水基準の管理には利用できないが、污水处理施設の管理に重要なBOD容積負荷の算定には利用できる可能性がある。BOD容積負荷とは曝気槽の容積 1 m^3 あたりが1日に処理するBOD量を示す。一般的に、BOD容積負荷は $0.4\text{ kg/m}^3 \cdot \text{日}$ 以下が管理の目安とされているが、污水处理施設の設置当時に比べて、増頭などにより汚水の増量やBODの高濃度化が生じ、BOD容積負荷が高くなっているケースも少なくない。また経年に伴う機器類の消耗などにより、十分な処理効果が発揮できていない場合もあるため、施設管理においてBOD容積負荷を把握することは重要である。

留意点として、今回作成したBOD簡易推定表は1施設のみの測定結果を反映したものである。塩分は飼料の種類、畜舎構造（ふん尿分離など）、給水方法、畜舎洗浄頻度などに影響されることから、実際に利用するにはさらに多くの農場からデータを集積する必要がある。