

# BOD試験における有機物濃度と生物化学 反応の関係

成富 武治, 中山 和好, 吉田 豊

## Relationship between the Concentration of Organic Material and the Biochemical Reaction on Determining the BOD

Takeharu NARITOMI, Kazuyoshi NAKAYAMA and Yutaka YOSHIDA

### I はじめに

BOD(生物化学的酸素消費量)試験法では微生物が関与するため,その測定方法は微生物との関連で決まった部分が多い。JIS K0102<sup>1)</sup>では,希釈水または植種希釈水の溶存酸素消費量(DO消費量,以下20°Cで5日間培養した場合をさす)を補正に用いることはできない,「試料の正常なBOD値」を得るための希釈試料のDO消費量は3.5~6.2mg/l以内であるとされているが,これは主として有機物濃度による生物化学反応の変化のためと考えられている。<sup>2)</sup>

ところが久下<sup>3)</sup>や矢島<sup>4)</sup>は,植種を行った場合JISの方法より植種希釈水のDO消費量を補正に用いた方が正確なBOD値を得ることができたと報告している。

そこで,希釈試料中の試料量によるDO消費量の変化について検討を行った結果,有機物濃度によって生物化学反応が変化することはないことがわかった。この結果より,正確なBOD値の計算方法およびその簡易法を導くことができたので報告する。

### II 実験方法

#### 1. 希釈水と植種希釈水の調製

希釈水A:蒸留水または蒸留-イオン交換水をもとにして,JIS法に従って調製した。曝気に用いた空気の洗浄は行わなかった。

希釈水B:活性炭-イオン交換-二段蒸留水をもとにして,JIS法に従って調製した。曝気は行わず,放置によってDOを飽和させた。

植種希釈水:希釈水Aに浄化槽放流水を添加して調製した。

#### 2. 試料

各種規模の浄化槽・下水処理場の流入水と放流水,し尿処理場の1~3次処理水,ごみ焼却場のピット汚水と2次処理水,ごみ焼却灰埋立地の浸出水と3次処理水,汚濁の進んだ都市河川水,グルコース・グルタミン酸混合標準液,当研究所の重金属等を含まない実験廃水と処理水,実験器具の洗浄に用いた洗浄剤の廃液の合計34種類をBOD測定のための試料とした。

#### 3. DOの測定

DOの測定は,JIS法に従って,ウインクラージ化ナトリウム変法で行った。100mlの溶存酸素測定びん(培養びん)を用い,ホールピペットで分取したよう素の遊離液50mlについて,N/40チオ硫酸ナトリウム溶液を用いて滴定を行った。

#### 4. BODの測定

BODの測定はJIS法に従って行った。ただし,希釈試料中の試料量によるDO消費量の変化をみるため,希釈段階を細分化した。なお,希釈水Aおよび植種希釈水を試料とみなしたBODの測定も行ったが,この場合の希釈水としては希釈水Bを用いた。

### III 実験結果と考察

JISでは,微生物の「生物化学反応は,含まれている有機物の濃度や微生物の種類によって異なる」とされているが,生物化学反応の変化がないと仮定した場合,希釈試料中の試料量によるDO消費量の変化は模式図(図1)に示した直線ABで表わすことができる。希釈試料中の希釈水によるDO消費量の変化は直線BCとなる。また,希釈試料中の試料量0mlにおけるDO消費量(点B)は希釈水のBOD値,希釈試料中の試料量300ml(希釈水量0ml)におけるDO消費量(点A)は試料のBOD値を示す。試料量Dmlにおける希釈試料のDO消費量(FD)は,試料によるDO消費量(FE)と希釈水によ

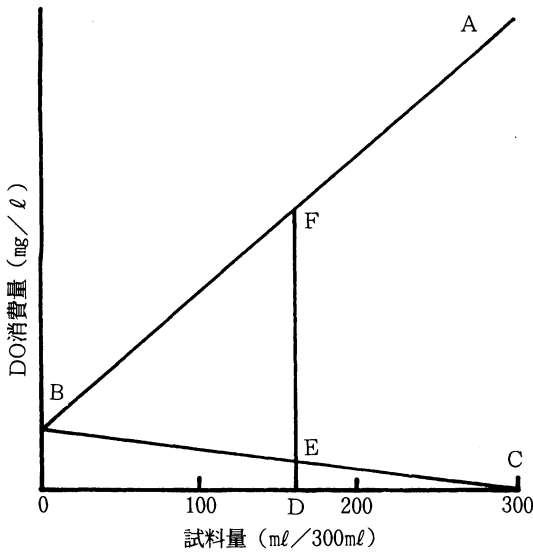
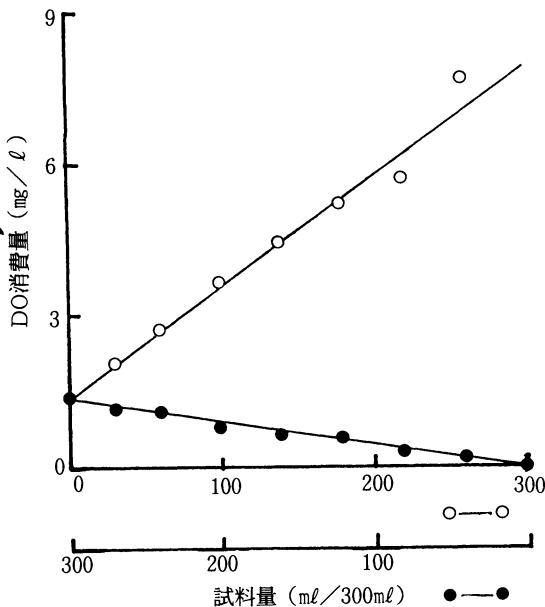


図1 BOD模式図

るDO消費量 (DE) の合計である。

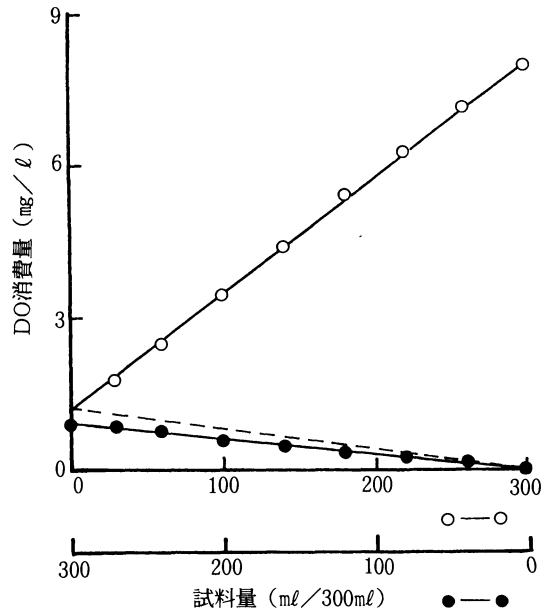
図1の直線ABは、有機物濃度による生物化学反応の変化のため、実際にはS字型カーブになると考えられている。<sup>4)5)</sup>

グルコース・グルタミン酸混合標準液の25倍希釈液と浄化槽放流水についての実験結果を図2, 3に示したが、いずれの場合も希釈試料中の試料量に比例してDO消費量は増加し、両者の間に直線関係が成立した。図にはこ



○—○ : グルコース・グルタミン酸混合標準液の25倍希釈液  
●—● : 植種希釈水

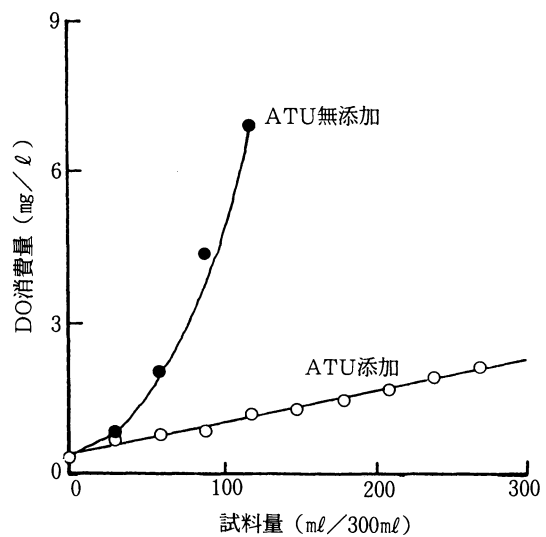
図2 試料量とDO消費量の関係 (植種した場合)



○—○ : 浄化槽放流水  
●—● : 希釈水A

図3 試料量とDO消費量の関係 (植種しない場合)

の時用いた植種希釈水、希釈水Aを試料とした場合の結果も示したが、直線関係が成立した。また、これ以外の試料について行った実験でも直線関係が成立した。試料量とDO消費量の相関係数は、すべての実験において0.970~0.999であった。以上のことから、有機物濃度による生物化学反応の変化はないと考えられる。



し尿処理場3次処理水

図4 試料量とDO消費量の関係 (硝化が起きた場合)

なお図4に示したように、直線関係の成立しないケースが3例あったが、いずれも硝化抑制剤であるアリルチオ尿素(ATU)を0.5mg/ℓ添加することによって、直線関係が成立した。また図5に示したように、培養後の希釈試料のDOが0.3mg/ℓ程度以下のごく狭い範囲で、直線からはずれるケースが5例あった。これは、培養びん中のDOの極度の減少に伴う微生物活性の低下によるものと推測される。

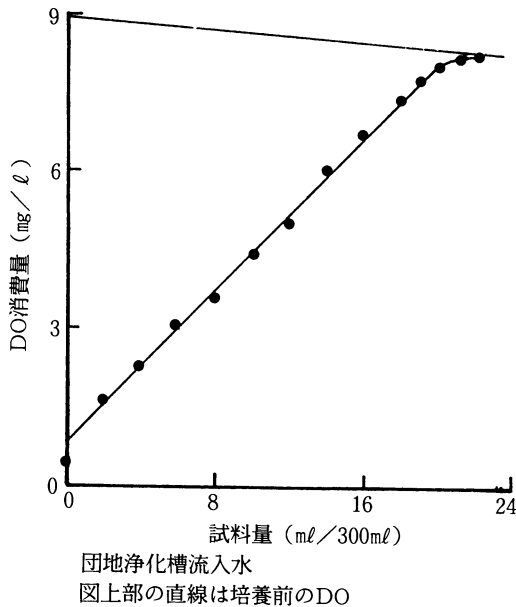


図5 試料量とDO消費量の関係  
(直線からはずれる部分)

希釈試料中の希釈水または植種希釈水によるDO消費量についてみると、植種を行った場合(図2)は模式図と同じ結果になったが、植種しない場合(図3)は異なる結果となった。これは図3の2本の直線に関与している微生物の種類(生物化学反応)が異なるためと考えられる。すなわち、浄化槽放流水を試料とする直線では浄化槽放流水と希釈水Aに含まれる微生物、希釈水Aを試料とする直線では希釈水Aに含まれる微生物が関与しているが、浄化槽放流水と希釈水Aの微生物の種類が同じであるとは考えにくい。したがって、希釈試料中の希釈水AによるDO消費量は、希釈水Aを試料とした場合の直線ではなく、図3に示した点線になると考えられる。

以上のことから、図1に示したBODの模式図が実際に成立すると考えられる。したがって、試料のBOD値は希釈試料中の試料量とDO消費量の関係を表す直線から求めることができる。この場合の直線は、基本的に、回帰直線となる。この方法を作図法と呼ぶことにする。

植種しない場合、JIS法では、希釈水のDO消費量を補正に用いることはできず、これによって生じるBOD値の誤差を小さくするため希釈水のDO消費量をあらかじめ小さくしておくことになっている。作図法を用いれば、希釈水のDO消費量の大小にかかわらずBOD値を求めることができる。

植種を行った場合、JIS法では植種液のBOD値を別に測定して補正に用いることになっているが、図2で明らかとなり、補正を行う場合は植種希釈水のDO消費量を用いるべきである。JIS法では植種希釈試料中の希釈水によるDO消費量は補正されないから、BOD値の誤差原因となる。

作図法は、正確なBOD値を得るために多くの希釈段階を必要とする場合が多く、日常の検査には適さないと考えられる。そこで、正確さは低下するが次のような簡易法が考えられる。

植種を行った場合、植種希釈水のDO消費量を補正に用いる。計算式は次のようになる。

$$\text{BOD}(\text{mg}/\ell) = \left\{ (D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \times \frac{300 - V}{300} \right\} \times \frac{300}{V}$$

ここで

$D_1$ : 希釈試料の培養前のDO (mg/ℓ)

$D_2$ : 希釈試料の培養後のDO (mg/ℓ)

$B_1$ : 植種希釈水の培養前のDO (mg/ℓ)

$B_2$ : 植種希釈水の培養後のDO (mg/ℓ)

$V$ : 希釈試料300ml中の試料量 (ml)

植種しない場合、JISの方法で測定した希釈水のDO消費量は不正確であり、これを補正に用いることはできない。正確な希釈水のDO消費量を求めるには作図法が必要である。そこで、試料量のごく少ない希釈試料を補

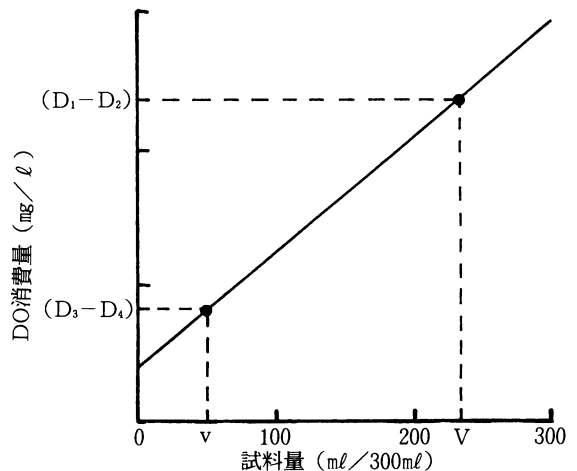


図6 BOD計算式のための模式図

正用に調製することが考えられる。図6の模式図より、次のようにして計算式を求める。

$$\begin{aligned} \text{BOD}(\text{mg}/\ell) &= \text{直線の傾き} \times (300 - v) + (D_3 - D_4) \\ &= \frac{(D_1 - D_2) - (D_3 - D_4)}{V - v} \times (300 - v) + (D_3 - D_4) \\ &= (D_1 - D_2) \times \left( \frac{300 - v}{V - v} \right) - (D_3 - D_4) \times \left( \frac{300 - v}{V - v} - 1 \right) \end{aligned}$$

ここで

$v$  : 補正用の希釈試料300ml中の試料量 (ml)

$D_3$  : 補正用の希釈試料の培養前のDO (mg/ℓ)

$D_4$  : 補正用の希釈試料の培養後のDO (mg/ℓ)

BOD試験では希釈段階を4～5とすることが多く、希釈試料のDO消費量を数種類得ることがある。このような場合、JIS法ではDO消費量が3.5～6.2mg/ℓ以内のものだけを採用することになっているが、簡易法ではすべて採用することができる。すなわち、先に示した簡易法は2つのプロットを用いた作図法と考えることができるが、作図法ではプロット数が多いほどBOD値は正確になる。したがって、BOD値は3つ以上のプロットを用いた回帰直線より求めることになる。

#### IV まとめ

- 1 34種類の試料について、希釈試料中の試料量によ

るDO消費量の変化を調べたところ、DO消費量は試料量に比例して増加し、両者は直線関係を示した。このことより、有機物濃度による生物化学反応の変化はないと考えられた。

2 試料量とDO消費量の間を表わす直線を外挿して希釈試料中の試料割合が1、すなわち希釈水量0mlの時のDO消費量を求めれば、この値が試料のBOD値となることがわかった。

#### V 引用文献

- 1) 日本工業標準調査会審議 (1985) : 工場排水試験方法JIS K0102, 日本規格協会 (東京) pp238.
- 2) 並木博 (1986) : 詳解工場排水試験方法, 日本規格協会 (東京) pp518.
- 3) 久下芳生 (1978) : BOD計算における問題点, 水処理技術, 19(6)23-27.
- 4) 矢島久美子, 長井綾子, 原善彦, 狩野和男, 氏家淳雄 (1984) : BOD計算方法の検討, 用水と廃水, 26(9)50-59.
- 5) 福永勲 (1980) : BODに関する問題点と最近の研究動向 (その2), 用水と廃水, 22(2)3-13.