

BOD試験に関する研究 (オ2報) ——反応速度論的考察—— (討 議)

大阪大学 橋本 獎

BODの迅速測定とその自動化は極めて今日的な課題であり、その実現には従来の視点をかえたBOD反応の動力学的解明が極めて大切である。今回の市川、横山氏のBOD反応の動力学的考察は極めて時宜を得た報告と思われる。以下には討論者が多年にわたって実際の下水処理場での実際経験と研究を通じて得た活性汚泥の浄化反応理論を通してみた発表論文への若干の討事項を列記してみたい。

1. BOD試験における細菌活性について : 発表者は、BOD試験で希釈直後孔径0.45μのミリポアフィルターで濾過を行って、SSとVSSを測定し、そのSS中のVSS%が81~95.2%で、極めて高く、殆ど細菌、生物であるように思われる。フラスコ内のBOD反応は低濃度基質と低濃度微生物の希薄濃度条件下で進められるので、細菌は界面現象を通じて微小粒子の固液界面に濃縮されて増殖するので細菌はかなりのクラump状になっていると考えられる。又、原生動物は単一の耐久テストが操作時や試験前の瓶内に附着して、フラスコ時に増殖している可能性があるもので、原生動物が呼吸に関与しない理由は極めて薄弱である。又、菌数測定には菌の細胞分散を考慮して同一試料についてかなり多数のplate countをとり、その統計値を用いて、速度論的考察を行うべきである。細菌の対数増殖の式は、 $\log B_t/B_0 = k(t-t_0)$ 但し、 B_t : t 日の細菌数 B_0 : t_0 日の細菌数 $t-t_0=1$ 日とみると、 $k = \log B_t/B_0$ と成る。ここで、 k の値 即ちTable 2のRateの値を用いて、 B_t/B_0 、即ち1日当りの増殖倍率を求めてみるとオ1表のようになる。又、細菌は分裂増殖するので、 n を分裂回数とすると $2^n = B_t/B_0$, $n = \log B_t/B_0 / \log 2 = k / \log 2$, 1日当りの分裂回数が算出され、その逆数はgeneration timeとなり、これを計算してオ1表に示した。表示したように、フラスコ内の細菌増殖世代時間は極めて大きく、最低が2.4時間、最高が144.5時間になっているので、おそらく増殖速度の極めて遅い、土壌性の特殊細菌がBOD反応に関与しているのかもしれない。

細菌細胞1個当りの1日当りの呼吸量 Q_1 (対数増殖期の場合)、 Q_2 (増殖の緩徐な場合)を求める式(1)、式(2)で前者では対数平均を、又、後者では算術平均を用いているが、表3は(1)式による値が

何れかに統一して、考察でき得るように明確にすべきで、(1)式の計算式の意味が理解しづらい。

稀釈倍率が小さくなると酸素減少量が少くなることと述べているが、酸素減少量の言葉は呼吸量の意味だろうか。そうならば酸素減少量が大きくなるはずである。

2. Michaelis - Model の検討 : これまでの討議者の検討では、活性汚泥の増殖速度、BOD除去速度、酸素呼吸速度に及ぼすBOD基質濃度の影響は次のモデル式で示され、オ1図、

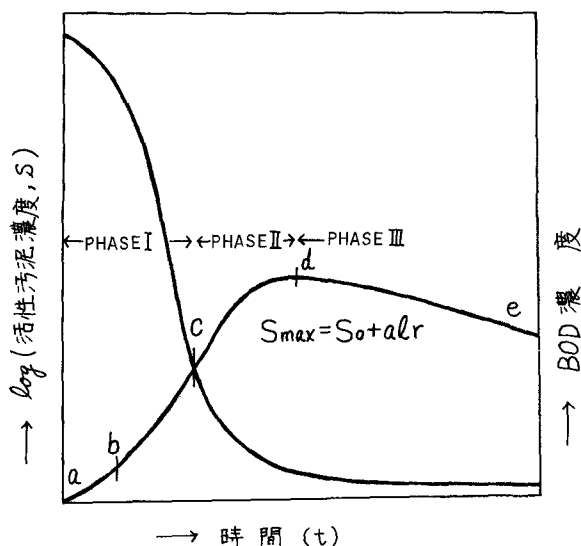
オ2図に示される。 $V = V_{max} \frac{le^n}{K_m + le^n}$, $K_m = aS_0^b$ (a, b は定数)

但し V : 増殖速度、BOD除去速度、酸素呼吸速度, V_{max} : 最大増殖速度, 最大BOD除去速度, 最大酸素利用速度, S_0 : 活性汚泥濃度, le : BOD基質平衡濃度、但し V, V_{max} は S_0 と le が略一定の場合の増殖量と基質濃度の減少が無視される微小時間の範囲の条件で、その値 V_{max} は一定値を示す。又、 K_m はMichaelis 恒数である。上式で基質濃度の著しく稀薄な条件、即ち $le^n \ll K_m$ の場合には、 $V = V_{max}/K_m \cdot le^n$, $V = K \cdot le^n$ と成る。今、 V を各稀釈段階のBOD瓶内のDO減少曲線上の

初期の直線部分をDO減少速度(O_2 ppm/日)で示せば: $dO_2/dt = KLe^n$ と表す。

オ1表 BOD反応における細菌の増殖速度と1日当りの増殖倍率、分裂回数と世代時間

SERIES	SAMPLE	DILLUTION	RATE(%)	1日当りの増殖倍率	1日当りの分裂回数	世代時間 (1回分裂に要する時間)
II	SE	2.5	0.322	2.10	1.07	22.4
		5	0.196	1.57	0.65	36.9
III	SE	3.3	0.05	1.12	0.116	144.6
		6.7	0.996	9.91	3.31	7.25
IV	SE	4	0.053	1.13	0.176	136.4
		8	0.09	1.23	0.299	80.3
VIII	P	n	0.860	7.25	2.86	8.4
		2	3.017	1040	10.02	2.4
		3	0.904	8.02	3.00	8.0
		+Dex	1.944	87.9	6.46	3.7
IX	P	2	0.583	3.83	1.94	12.4
		3	0.616	4.13	2.05	11.7
		4	1.126	13.37	3.74	6.4
X	P	2	0.36	2.30	1.20	20.0
		+Dex	1.252	17.87	4.16	5.8
XI	A.R	no	0.602	4.00	2.00	12.0
		+Dex	0.509	3.23	1.69	14.2
Activated Sludge (10~30°C)		——	——	——	——	2.31~8.69
Nitrifying Bacteria (20°C)		——	——	——	——	31
Pseudomonas fluorescence		——	——	——	——	0.73~0.87
Aerobacter aerogenes		——	——	——	——	0.29



オ1図 活性汚泥の増殖とBOD除去曲線 (バッチ式)

a-b : 遅延期

b-c : 対数増殖期

c-d : 減衰増殖期

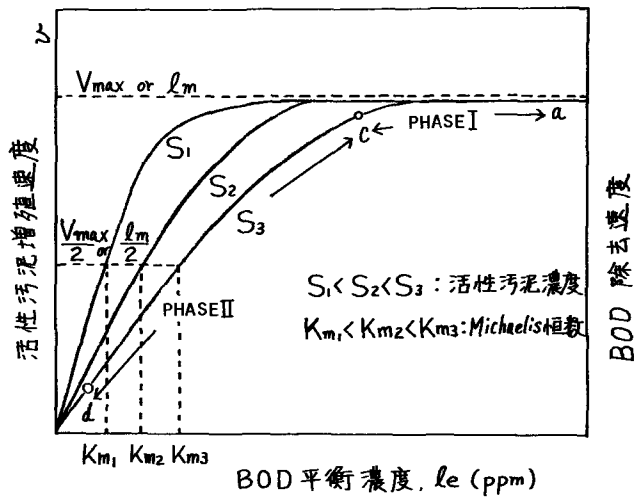
d-e : 体内呼吸期

PHASE I : $\frac{dS}{dt} = K_1 \cdot S$

$\ln(1 + \frac{a \cdot l \cdot r}{S_0}) = K_1 \cdot t$

PHASE II : $\frac{dl}{dt} = -K_2 \cdot l$

PHASE III : $\frac{dS}{dt} = -K_3 \cdot S$



※2図 活性汚泥の増殖とBOD除去に及ぼす
基質濃度の影響

$$V = V_{\max} \frac{l_e^n}{K_m + l_e^n} \quad K_m = a S_0^b$$

(a, b は定数)

活性汚泥や微生物では、 S_0 一定の場合 K は一定 $n=1$ である。BOD試験でも、稀釈換水の初期の微生物濃度は略一定であるから、 $n=1$ として $dO_2/dt = k l_e$ とするはずである。従って、稀釈換水の中の生物分解可能有機質濃度 l_e は、酸素利用速度に比例するはずで、 dO_2/dt を測定することにより、容易にBOD濃度を測定できるはずである。発表者は Fig 2-a, Fig 2-b, Fig 2-c, Fig 3-a作図にあたり、 V (反応速度) の値を細菌の増殖速度で計算しているが、この細菌増殖の速度は、孵卵時間 0~1日、1~2日、2~3日で異なり、又、瓶内の基質濃度も、0~1日、1~2日、2~3日でそれぞれ異なっている。何れの場合も各点の分散が著しく、Michaelis-Model に合致しないのは当然である。このような分散の著しい図の各点を直線で強いて図示することは、極めて危険である。むしろ、各稀釈率のBOD瓶内の初期DO減少速度 (dO_2/dt) を V として、BOD反応の動力学を解析すれば、すっきりとしたのではなかろうか。又、極めて微量の溶存酸素を測定法で測定するためBOD瓶内の液内の物理的、化学的、生物学的条件が僅かでも変動すれば、鋭敏に影響するので、同一系列、同一条件の測定を同時に数回行い、データの統計的な分散、変動を考慮して、BOD反応の動力学的解析を行うべきである。

発表者の今後の研究の発展と成果を期待したい。