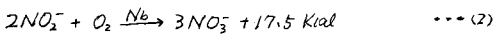
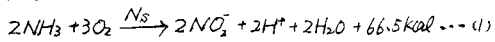


宮崎大学工学部 正 石黒政儀 正 増田純雄
宮崎大学工学部 学〇一九 務 学 江田 隆

1. はしがき 水質汚濁防止の観点から、昨今都市下水や各種有機産業廃水の二次処理施設の建設が急がれ、さらに三次処理、高度処理の研究開発や実施施設の設置が急がれている。ところで有機性産業廃水の水質項目としてBODが有力な指標として用いられているが、生物学的処理を行った処理水では、真のBOD(第1段階)としての有機物の酸化からさらに進んで、硝化作用により亜硝酸・硝酸が生成され第1段階BODよりも相当高い値が示される。これは特に硝化・脱窒を主目的とする三次処理においては重要な問題となり、下水の処理効率判定としてこのようなBODを用いることは各種の誤解を招く原因となるので、本研究では硝化段階での亜硝酸・硝酸などを含有する処理水について表題のもとに理論的・実験的な結果に考察を加えたものである。

2. NOD(窒素系酸素要求量) a)硝化作用とBOD試験 BOD試験を標準試験法で行った場合の硝化作用に関する因子として次のようなものがある。①DO: DOが2ppm以下になると硝化作用は行われぬ。②無機炭素源: 硝化細菌は偏性自力栄養菌(炭素源として無機炭素が存在せねば増殖不可能な細菌)である。③初期硝化細菌量: 硝化作用に重要な因子は初期の硝化細菌量であり、その細菌量は硝化作用より生成した $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ を定量することにより推定できる。④ $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度: 硝化細菌にとって増殖に必要なエネルギー源および窒素源である。⑤pH: 稀釈後のpHは約7.0〜7.5である。⑥水温: 恒温槽中で20℃一定。⑦BOD濃度: 稀釈率の相違により硝化作用は影響を受ける。 b)硝化反応とNOD 一般に生物学的硝化反応は2段階に分けられ

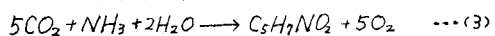
第1段階はNitrosomonasが $\text{NH}_3\text{-N}$ を $\text{NO}_2\text{-N}$ に、第2段階はNitrobacterが $\text{NO}_2\text{-N}$ を $\text{NO}_3\text{-N}$ に酸化する。



上記の反応が完全に行われれば $3.43\text{O}_2/\text{g}(\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_3)$

および $1.48\text{O}_2/\text{g}(\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3)$ の酸素が必要である。

しかし変遷した窒素イオンの一部は2酸化炭素固定反応により細胞物質に同化され、次式で示される。



故に正確なNODの計算式として次式が示される。

$$\text{NOD} = 3.22(\text{NH}_3\text{-N} \rightarrow \text{NO}_2\text{-N}) + 1.11(\text{NO}_2\text{-N} \rightarrow \text{NO}_3\text{-N}) \dots (4)$$

よってBOD試験において当日と5日後の各窒素イ

オンの変遷量より容易にNODが求められる。そこで本実験に基く当日と5日後の各窒素イオン、一般法BOD(BOD_g)、硝化作用防止BOD(BOD_c)、実測NOD(NOD_s = BOD_g - BOD_c)および計算NOD(NOD_c)の関係を表-1に示す。表よりNOD_sとNOD_cとはあまり一致せず、各窒素イオン値も硝化作用だけからは説明できない部分が多く、特に丁養液廃水の場合は顕著である。これは有機性窒素の $\text{NH}_3\text{-N}$ への変遷とクロロラなどによる硝化・脱窒作用の影響と思われる。またNOD_s/BOD_gはH・T両試料水においてそれぞれ0.1〜0.6、0.45〜0.75であり、BOD測定においては硝化作用防止操作またはNODによるBODの修正が必要である。

3. 実験方法 試料水は本学会の「回転円板法による下水三次処理に関する研究」の第5報及び第9報で述べた回転円板実験装置の好気性槽内水および流入水を使用し植種液としては原水を使用した。試料水の水質はDO 0〜8ppm、pH: 7.0〜7.6、水温: 9〜12℃の範囲内であり、他の水質は表-2に示す。5日後窒素イオン

表-1 BODとNOD

		BOD _N	BOD _C	initial			terminal			NOD _C		NOD _S
				NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	(A)	(B)	
団地 地下水	(A)	22	19.5	29.5	0.03	0.15	32.5	0.64	0.20	1.94	—	2.5
	(B)	15	12.0	26.6	0.34	3.70	25.8	0.67	4.20	2.55	3.10	3.0
	(N)	9	6.6	—	—	—	26.8	0.28	3.90	—	—	—
養鰐場 廃水	(A)	70	14.0	0.66	0.16	9.60	0.18	0.65	9.80	3.36	1.53	2.4
	(B)	43	18.0	—	—	—	0.52	0.28	9.30	—	—	—
	(N)	—	—	63.0	0.84	64.0	55.0	9.74	35	—	—	56
	(A)	—	—	60.0	0.82	61.0	77.0	1.28	48	—	—	—
	(B)	—	—	105	2.22	19.2	90.0	1.60	21.6	—	—	—
	(N)	—	—	107	2.27	16.8	122.0	2.19	12.6	—	—	25

$$\text{(A)}: \text{NOD}_c = \Delta \text{NO}_2^- \times 4.33 + \Delta \text{NO}_3^- \times 3.22$$

※上段: 非減菌

△は5日後の減菌と非減菌の窒素濃度の差

下段: 減菌

$$\text{(B)}: \text{NOD}_c = (i-x)\text{NH}_3 \times 4.33 + (i-x)\text{NO}_2^- \times 1.11$$

有機性窒素があるときはこれを $\text{NH}_3\text{-N}$ に含む。

i: 当日濃度, x: 5日後濃度

はBOD測定と全く同条件にし、他の試験項目は、下水試験法によった。また硝化作用防止法には①低温減菌法、②酸添加法、③メチレンブルー法、④704酸塩法、⑤TCMP法などがあるが、本実験では最も一般的な低温減菌法によった。

4. 第1段階BODの算定法 a) NODの実験による考察

H団地下水のBODとNODの関係を図-1に示す。ここで $R(NH_3-N/NO_3-N)$ によりNODをLR($R=0\sim0.5$)、PR($R=0.5\sim1.5$)、HR($R>1.5$)の3つの領域に分けて考察する。LRの領域は硝化作用の最終段階であり硝化細菌(NO_3-N)が多量に存在し、NODは NH_3-N 濃度によって影響を受ける。またPRの領域は硝化作用の中期段階であり NH_3-N と NO_3-N がかなり存在し、 $R=1$ の近傍でNODは最大となる。そしてHRの領域は硝化作用の初期段階であり、 NH_3-N がほとんどで NO_3-N がNOD算定の大きな要素となる。ところで NO_3-N はわすかであったが、LRとHRの領域においてその存在量は無視できない。すなわちその量をLRでは被硝化物量、HRでは硝化細菌量とみなすことである。さらに丁養豚廃水の場合、図-1(c)に示すように $R=4$ の近傍においてNODは最大となる。以上の結果よりNODは NH_3-N 、 NO_2-N 、 NO_3-N とは相互に関係し、変化することが判る。b) 共軸相関法による算定 BOD_QとBOD_Rの間には2~3で述べた各因子が相互に関係し、変数間数値の代数化するのは困難である。そこでBOD_Qに最も支配的な因子であるBOD_Q、 NH_3-N 、 NO_2-N 、 NO_3-N より4元の共軸相関図を作製しBOD_Qを算定する。着者の実験データをもとに作製した共軸図を図-2に示す。ここで第1象限においてHRのとき($NO_3-N < 10\text{ppm}$ の範囲)Rの代わりに NH_3-N を用いた。また作図法については省略するが、本法の特質により数回の修正により算定NODと実測NODはかなりの一致が見られる。故に当日の窒素イオンとBOD_QによりBOD_Qは容易に算定できる。さらに因子数を増せばかなり正確といえる。

5. おわりに 本文では硝化段階でのBODについて考察を行ったものであるが、本実験では団地下水及び養豚廃水のNODはかなり高く、一般法BODは補正が必要である。ところで補正の方法として、NOD表による方法があるが前述のように一致しない場合がある。そこで算定法として共軸相関法を用いたところ実験結果とかなりの一致が見られた。ところで二の共軸相関図は処理方法により異なると思われ、各々について相関図を作成すべきである。今後さらに全ての因子を含んだ共軸相関図までを解明していきたい。参考文献: 1) Houskolekian, H. The Influence of Nitrifying Flora Oxygen Ammonia Supply on the Nitrification of Sewage, S.W.T. 14, 964 (1962)

- 2) 有馬啓, 浅野浩司: 硝化細菌について。水質調査誌, Vol. 20, No. 7, P. 403 (1962)
3) 石黒, 増田, 松田: 固態有機物媒体における生物硝化, 工学会西部支部研究発表会 1976, 2.
4) JAMES C. Young: Chemical methods for nitrification control, Journal, WPCF, Vol. 45, No. 4 April 1973, 637~646

表-2 水質表

項目	BOD _Q	BOD _R	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	I.C
平和 横浜	入	10~30	8~28	20~40	0~0.5	0~2
	1	10~25	5~20	10~30	0~1	3~15
	2	10~20	5~20	0~15	0~1	5~30
	3	5~15	25~10	0~10	0~1	10~40
高岡	入	35~65	25~55	100~150	0~2	0~5
	1	40~90	15~40	70~120	1~6	15~40
	2	25~70	10~30	40~90	1~6	20~70
	4	25~70	5~15	30~80	1~6	30~90

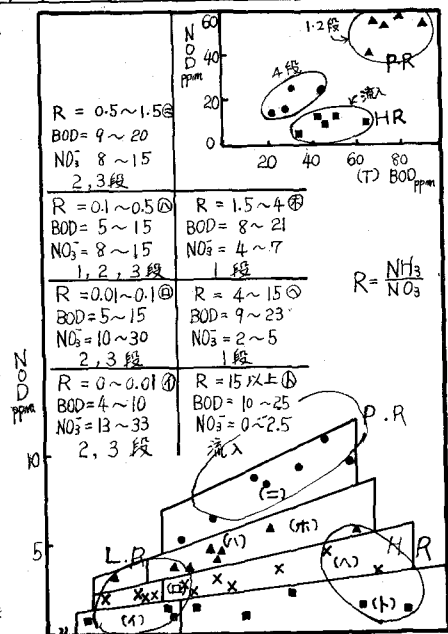


図-1 BODとNODの相関図(H) BOD ppm

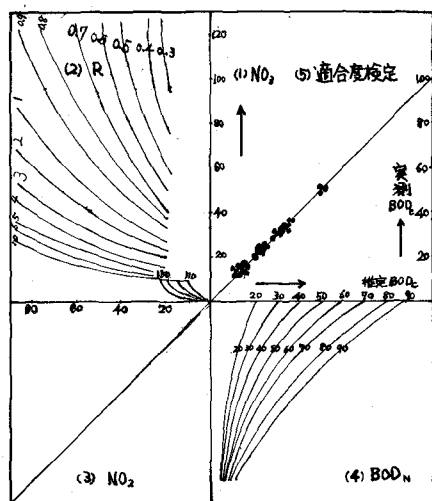


図-2 BOD修正用共軸相関図 (丁養豚廃水)