

九州産業大学 正会員 加納正道

九州産業大学 学生員 井田 信

九州産業大学 学生員 伊藤徹夫

1. まえがき

都市下水や産業廃水の処理には活性汚泥法が広く用いられている。これら処理水は種々の物質を含むがここではBODの原因となる有機物のエアレーションによる生物酸化をとりあげる。さらにモデル化の対象を次の2点とする。前者はステップエアレーション法の注入ステップの組合せであり、後者は複数のエアレーション槽をもつ装置での注入順序、接触時間および槽数の最適値を求めるものである。

2. モデル化考え方と方法

i) 考え方 有機物は活性汚泥と接触するとき分解速度が早いもの、分解速度がやや遅いもの、あるいは分解速度がかなり遅いもの、そしてほとんど分解が期待できないものがありそれぞれⅠ型、Ⅱ型、Ⅲ型、Ⅳ型に分類され、BOD—時間曲線で示せば図-1のようになる。⁽¹⁾ この4つの型の混合液を1槽処理すれば、接触時間とBOD除去率が難分解性物質のⅢ型またはⅣ型に大きな影響をうけ効率的でなく、除去率の悪い処理になる。ここではⅠ～Ⅳ型で代表される物質にそれぞれいろいろな接触時間（活性汚泥と混合しエアレーションする時間）を与え、効率（時間、エアレーション動力費、エアレーション槽建設費などを含めた経済性をさす）の面からの評価とBOD除去率の面からの評価とを行って、最適処理法および処理過程を考えようとする。

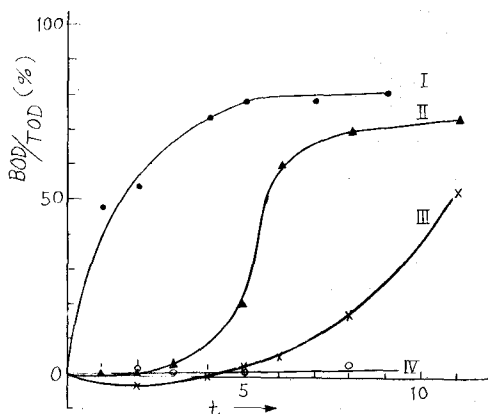


図-1 BOD—時間曲線の型

ii) 方法 LP（線形計画法 Linear Programming）のシンプレックス法（Simplex method）を使用し電子計算機により解析する。LPは1次式で表わされるいくつかの制約条件を満足して、この制約領域内で別の1次式で表わされた利益や経費等の目的関数を最大または最小にするような計画を立てる場合に用いる数学的方法である。⁽²⁾

すなわち

$$\left. \begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ \cdot &\cdot \cdot \cdot \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n &\leq b_n \end{aligned} \right\} \text{ なる条件のもとに}$$

$C_1x_1 + C_2x_2 + \cdots + C_nx_n$ を最大（または最小）にする場合である。

条件式、目的関数がいずれも線形であるということを利用したうまい解法に図解法があり、これをさらに複雑な問題に適用できるよう解析的方法としたものがシンプレックス法である。⁽³⁾ この方法は電子計算機への応用が有利である。図-2にLPのシンプレックス法のフローチャートを示し、同ページにプログラム（データを省略）を示す。このプログラムにより計算した結果を表-1に単1槽の場合の接触時間と除去率との関係を示し、表-2と表-3に2つの槽の場合のおおの流入した流量と除去率を示している。

```

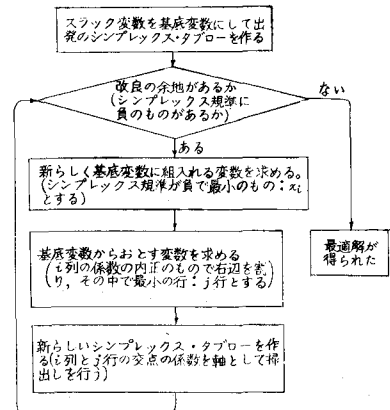
C      KASEIODEI HOU L.P.MODEL
      DIMENSIONRA(101),A(20,4),AM(21,20),AMM(2
+1,43)
      NN=0
358  READ(5,359)((AM(I,J),J=1,20),I=1,21),(RA
+(N),N=1,101)
359  FORMAT(8F10.0)
      NN=NN+1
      DO 736 JA=1,19
      JC=JA+1
      DO 736 JB=JC,20
      IS=1
      DO 400 I=1,21
      DO 400 J=21,43
      AMM(I,J)=0.0
400  CONTINUE
      J=42
      DO 600 I=1,20
      AMM(I,J)=24.0
600  CONTINUE
      DO 510 I=1,21
      J=I+20
      AMM(I,J)=1.0
510  CONTINUE
      DO 727 I=1,21
      DO 727 J=1,20
      AMM(I,J)=AM(I,J)
727  CONTINUE
      DO 737 J=1,20
      DO 737 I=1,21
      IF(J-JB)751,737,751
751  IF(J-JA)753,737,753
753  AMM(I,J)=0.0
737  CONTINUE
      J=43
      DO 50 I=1,21
      AMM(I,J)=10**10
      50  CONTINUE
      W=AMM(21,1)
      I=21
      DO 2001 J=1,40
      V=AMM(I,J)
      IF(W-V)2001,2001,2002
2002  W=V
2001  CONTINUE
      DO 2035 J=1,40
      X=W-AMM(21,J)
      IF(X)2035,2036,2035
2035  CONTINUE
2036  J1=J
      DO 7020 I=1,20
      E=AMM(I,J1)
      IF(E)7020,7020,7010
7010  AMM(I,43)=AMM(I,42)/E
7020  CONTINUE
      W=AMM(1,43)
      J=43
      DO 3006 I=1,20
      V=AMM(I,J)
      IF(W-V)3006,3006,3007
3007  W=V
3006  CONTINUE
      DO 3045 I=1,20
      Y=W-AMM(I,J)
      IF(Y)3045,3046,3045
3045  CONTINUE
      IF(W)8000,538,3046
3046  II=I
      AX=AMM(II,J1)
      IF(AX)538,538,267
538  AMM(21,J1)=0.0
      GO TO 191
267  D=AMM(II,J1)
      DO 6070 JJ=1,42
      AMM(II,JJ)=AMM(II,JJ)/D
6070  CONTINUE
      DO 6080 II=1,21
      IF(II-II)6090,6080,6090
6090  W=AMM(II,J1)
      DO 6095 JJ=1,42
      AMM(II,JJ)=AMM(II,JJ-AMM(II,JJ)*W

```

```

6095  CONTINUE
6080  CONTINUE
      DO 658 J=1,40
      AK=AMM(21,J)
      IF(AK)325,658,658
325  KA=KA+1
658  CONTINUE
191  JJ=1
57  F=AMM(21,JJ)
      IF(F)58,54,54
54  JJ=JJ+1
      IF(JJ-40)57,56,57
56  GO TO 59
58  GO TO 55
59  J=JA
805  DO 801 I=1,20
      AP1=AMM(I,J)
      IF(AP1-1.0)801,802,801
801  CONTINUE
804  RA(IS)=0.0
      IS=IS+1
808  IF(J-JB)803,809,803
803  J=JB
      GO TO 805
802  DO 807 IX=1,20
      IF(I-IX)806,807,806
806  AP2=AMM(IX,J)
      IF(AP2)804,807,804
807  CONTINUE
      RA(IS)=AMM(I,42)
      IS=IS+1
      GO TO 808
809  AMA=AMM(21,42)
      ALS=21-NN
      SL=5.0*ALS
      EA=(AMA*100.0)/(RA(1)+RA(2))*SL
      WRITE(6,638)JA,JB,(RA(IS),IS=1,2),AMA,
+EA
638  FORMAT(1H+,1X,I5,1X,I5,E11.3,3X,E11.3,
+3X,E11.3,3X,E11.3,/)
736  CONTINUE
      IF(NN-6)358,358,8000
8000  STOP
      END

```



例 2 フローチャート

表-1 接触時間と除去率(単1槽)

物質名 除去槽	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	II-1	II-2	II-3	II-4	II-5	II-6	II-7	II-8	III-1	III-2	III-3	IV-1	IV-2	除去率
A	6.0	2.0	6.0	0.0	1.0	2.0	0.0	3.0	3.0	0.0	5.0	0.0	2.0	0.0	1.0	5.0	2.0	0.0	1.0	0.0	21.5(%)
B	5.0	5.0	0.0	0.0	5.0	1.0	3.0	2.0	0.0	2.0	0.0	1.0	6.0	2.0	4.0	5.0	0.0	0.0	7.25	3.0	31.4
C	6.0	5.0	1.0	1.0	3.0	0.0	1.0	3.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	4.0	2.0	9.0	0.0	5.3	1.0	23.4
D	1.0	5.0	0.0	4.0	0.0	3.0	5.0	2.0	0.0	1.0	0.0	4.0	3.0	0.0	0.0	4.0	2.0	4.95	5.3	0.0	20.7
E	4.0	2.0	6.0	3.0	0.0	1.0	1.0	0.0	4.0	2.0	0.0	0.0	3.0	3.0	2.0	0.0	0.0	6.95	0.0	4.0	21.3
F	0.0	3.0	5.0	6.0	0.0	4.0	2.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	5.0	6.0	0.0	3.0	0.0	1.0	29.0
G	6.0	5.0	3.0	2.0	4.0	2.0	0.0	4.0	2.0	1.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	5.0	1.0	1.0	0.0	5.0	25.8
H	2.0	1.0	0.0	5.0	0.0	4.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	1.0	7.0	3.0	0.0	4.3	9.0	14.9
I	0.0	2.0	1.0	1.0	0.0	2.0	0.0	3.0	0.0	0.0	4.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	9.0	5.4
J	2.0	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	3.0	2.0	2.0	2.0	5.1

表-2 2槽の各々の流入量

	A	C	D	E	G	I	F	H	B	J
A		400	266	546	400	266	218	106	140	276
C	0		209	169	249	239	266	184	266	0
D	266	243		165	489	0	239	0	206	0
E	345	245	227		299	327	114	345	345	234
G	0	150	391	200		400	400	381	150	0
I	266	239	266	120	444		226	266	156	175
F	218	265	239	342	666	362		102	124	355
H	266	246	266	113	545	0	255		199	167
B	311	136	179	203	300	331	331	200		0
J	369	480	480	386	480	409	266	446	480	

表-3 2槽の除去率(%)

	A	C	D	E	G	I	F	H	B	J
A		21.5	20.9	21.4	21.5	13.5	25.2	12.3	28.16	11.9
C				28.2	21.8	24.3	14.0	26.1	18.4	26.1
D					20.9	25.2	5.3	24.5	15.0	25.5
E						23.0	16.8	27.0	19.7	25.0
G							23.7	26.3	24.5	29.6
I								19.9	5.3	23.0
F									19.1	30.8
H										23.1
B										
J										

3. 計算結果と考察

表-1 接触時間と除去率(単1槽)においてI, II, III, IV(たとえば物質名中I-7のローマ数字I)は図-1のBOD-時間曲線の型を示し, 1, 2... 8(同上I-7のアラビア数字7)は同型の物質名を表わす。またA, B, C... Jは除去槽の種類を表わす。そして物質名と除去槽と交差した欄に接触時間を記述し, 右端欄に槽全体の除去率を記す。表-2では表-1と同じ接触時間と除去率をもつ槽を2槽直列に用いた場合の流入量を示し, 表-3では同じ場合の除去率を示す。以上3つの表に20個の物質を10個の活性汚泥槽にいろいろ接触時間で処理する場合の除去率や流入量を計算したもの1部をあげたが, まだ統計的論議や定量的諸見を述べるまでにいたっていない。

4. 参考文献

- (1) "工場廃水に含まれる有機薬品の生物酸化の可能性" 左合, 山口, 下水道協会誌 Vol. 2, No. 11, 1965
- (2) "土壌解析法" 松本嘉司 ; 技報堂
- (3) "数学" 大地, 梁谷, 山田 ; 彰国社