

10. 降雨時汚濁荷量の調査研究について

—タンクモデルでの年間雨量の取り扱い方法の検討—

宇都宮高栄 加藤賢二 持田壮一 内田利勝

I 緒 言

富栄養化した湖への汚濁負荷量の流入について、北潟湖の観音川、三方五湖の鱒川等で調査を行い(①)、簡単なタンクモデルによる観音川の流出解析(②)、また、河口部底質の状態について解析を行った(③)。今後、流出解析で用いた3段直列タンクモデルをサブプログラムとして用い、暫定目標値見直しのために北潟湖、および三方五湖の水質濃度シミュレーションを行う予定である。このとき、タンクモデルの中で基本的には時間雨量を用いることとしており、基準年度の濃度再現においては当然、実測時間雨量を用いることとなる。しかし、実測時間雨量は具体的ではあるが、特殊でもあり、例えば多雨または寡雨年の実測値入力による将来予测算出が妥当であるかどうかは、疑問が残る。また、日雨量のみが与えられている場合の取り扱いの検討も必要である。ここでは、確率降雨強度式からの降雨パターンを用いる方法を検討した。

II 降雨パタンの作成

洪水予測においては、確率強度式を用いて降雨パターンを作成している。筆者らもこの方法を用いた。福井気象台測定(大正4年～昭和43年)の降雨強度式には、5年確率から100年確率と種々作成されているが、その大きな違いは雨量強度を示す係数である。ここでは以下の5年確率強度式を用いた。

$$i = 1190.5 / (t^{0.75} + 7.56) \quad i : \text{mm/h}, t : \text{min}$$

式における0から1440分(24時間)までの降雨継続時間と*i*との関係を最前方がピークである前方集中型、最後方がピークである後方集中型、また対称形の中央集中型に分布させて降雨パターンを作成した。この式では降雨継続24時間の総雨量は316mmであった。また、316mmを24時間で一様分布するパターンも作成した。図-1に中央集中型降雨とタンクモデルによるその流量を示す。湖水濃度シミュレーションでは、干潮・満潮に応じて一日2回の濃度計算時に河川流入量を必要とする予定であり、したがって、降雨パタンの妥当性は12時間加算量の比較により行うこととした。日雨量を降雨パタンの分布に比例(規格化)させて時間雨量に交換し、図-2のタンクモデルプログラムにより計算した最大加算流量の比較を表-1に示す。日雨量が3mmでは中央集中型と一様型との差がなく、64mm以上では中央集中型の方が40%大きい。前方集中型と後方集中型は両者の中間である。洪水予測などの一般では中央集中型が用いられており、また雨雲の中央ほど降雨強度が高いことを考えて、以下では中央集中型を用いた。

III タンクモデルによる実測時間雨量と日雨量変換時間雨量との比較

上記方法の妥当性について、1989年6月18日から7月13日までの26日間の雨量(表-2)を用いて検討した。実測時間雨量では図-2のプログラムに雨量を直接入力した。日雨量では中央集中型分布の24時間合計値が日雨量になるように規格化して時間雨量を求め、これをプログラムに入力した。使用したパラメータは北潟湖観音川の指(Y地点)の調査解析により求められたものを用いた(図-3)。26日間の流量とTNの計算例を図-4に示す。7月12日早朝の集中した降雨について見ると、当然ながら、日雨量を変換して使用した場合は鋭いファーストフラッシュが算出されていない。しかし、これの12時間加算値を比較すると(図-5)、ピーク発現の時刻に差が生じるものの、量的にはほぼ一致したので、湖水濃度シミュレーションには使用可能と考える。したがって、一年間にわたる日降雨量の典型的な散布表が与えられれば、妥当性のある将来予測が可能である。

IV 結 語

湖水濃度シミュレーションのための河川流量と河川負荷量のサブプログラムを作成した。プログラムの雨量入力では、時間雨量と日雨量の何れにおいても12時間加算値としては同じ出力量であった。

V 文 献

- ① 宇都宮高栄 他：本報 vol19, 168 (1989)：本報 vol20, (1990)
- ② 宇都宮高栄 他：全国公害研究会誌 vol16, 77 (1991)
- ③ 持田壮一 他：本報 vol19, 146 (1989)：本報 vol20, (1990)

表-1 降雨パタンごとの12時間最大流出量

日 降 雨 量 mm/day	12時間積算最大流出量 ×1000m ³				a / b
	前方集中型	中央集中型 a	後方集中型	一様分布型 b	
0.01×316	11	11	11	11	1.0
0.02×316	13	13	13	12	1.1
0.05×316	25	29	28	23	1.3
0.1×316	59	72	70	59	1.2
0.2×316	150	200	192	142	1.4
0.4×316	464	556	511	400	1.4
0.5×316	624	735	672	527	1.4
0.8×316	1109	1259	1139	905	1.4
1.0×316	1432	1004	1448	1156	1.4

表-2 時間雨量表 mm (熊坂1989年 近畿地方建設局福井工事事務所)

月日	時	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	日雨量
6.	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	7
	19	0	0	1	7	1	4	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2	0	0	8
	24	0	0	0	0	1	1	1	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	5	9
	28	2	0	0	0	0	1	6	1	0	1	0	4	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	18
7.	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	4	3	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	3	2	0	1	3	6	5	4	3	3	0	2	2	39
	10	0	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	12	0	0	0	21	8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	35
	13	0	0	3	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7

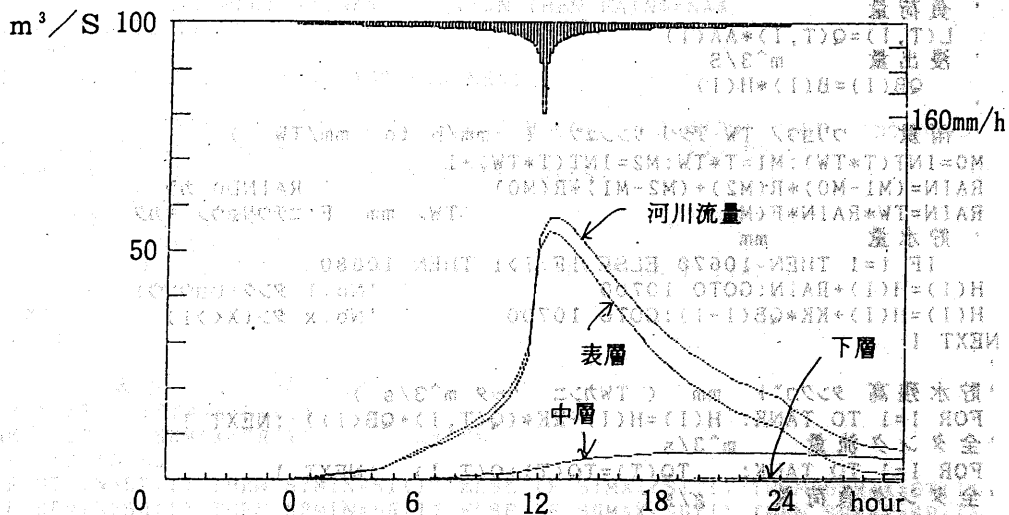


図-1 中央集中型降雨とタンクモデル流量 (316mm/day 最大時間雨量157mm/hour)

図-2-1 湖流入河川の流出プログラム (タンクモデル)

```

10000 CLEAR
10010 '*****
10020 '** 日降雨データから、負荷量を算出します。 **
10030 '** 指テシ YTANKRDL **
10040 '** T.Utsunomiya 1991.8.6 **
10050 '*****
10060 '
10070 GOSUB *DINPUTR '日降雨データと降雨パタン
10090 GOSUB *PJOKEN 'モデル・パラメータ
10110 GOSUB *FP0 '実測プロットのグラフ条件と計算回数の決定
10120 CALD=RX
10150 CLS 3:GOSUB *FP1 '画描・プロット
10180 GOSUB *TRYALL '計算
10200 INPUT "COPY ";YNS:IF YNS="N" OR YNS="n" THEN GOTO 10230
10210 COPY 'プリンター描
10220 '
10230 END
10240 '
10250 '----- SUB 回路 -----
10270 '*****
10280 *PJOKEN 'タンク条件
10290 '*****
10300 TANK=3:P(1)=3:P(2)=2:P(3)=1
10310 PRINT "計算間隔 (Hourタンイ)":INPUT TW
10315 'ハ・ラメータ A:リュウシュウ AH:タカラ H,HI:スイ B:シントウ
10320 DIM A(TANK,5),AH(TANK,5),H(TANK),HI(TANK),B(TANK)
10325 ' Q,QA,TQ:リュウリョウ QB:シントウリョウ L,TL:フカリョウ
10330 DIM Q(1500,TANK),QA(TANK,5),QB(TANK),TQ(1500),L(1500,TANK),TL(1500)
10340 'Yチテン ハ・ラメータ (YUBI)
10350 A(1,1)=.36:A(1,2)=.062:A(1,3)=.051:A(2,1)=.07:A(2,2)=.03:A(3,1)=.011
10360 AH(1,1)=22:AH(1,2)=5.5:AH(1,3)=1:AH(2,1)=10.8:AH(2,2)=6:AH(3,1)=20
10370 B(1)=.247:B(2)=.095:B(3)=.01
10380 H(1)=2:H(2)=5:H(3)=21:HI(1)=H(1):HI(2)=H(2):HI(3)=H(3)'for 6.18 to 7.13
10390 'F:リュウイキメンチ KK:ケイサンリョウ ケイスウ
10400 F=10.1:KK=3600*TW/F/1000
10401 '
10402 INPUT "コウモクNAME=: AA(1)=:AA(2)=:AA(3)=:":CVAL$,AA(1),AA(2),AA(3)
10410 RETURN
10420 '*****
10430 *TRYALL
10440 '*****
10450 '
10460 FOR M=1 TO CALD 'ニチ
10470 '
10490 FOR T=0 TO CAL: TQ(T)=0:TL(T)=0 '24hourヲ TW カンカクデ ケイサン
10500 FOR I=1 TO TANK:Q(T,I)=0: 'タンク
10510 '流出量 m^3/S
10520 FOR J=1 TO P(I)
10530 QA(I,J)=A(I,J)*(H(I)-AH(I,J)):IF QA(I,J)<0 THEN QA(I,J)=0
10540 Q(T,I)=Q(T,I)+QA(I,J)
10550 NEXT J
10551 '負荷量
10552 L(T,I)=Q(T,I)*AA(I)
10560 '浸出量 m^3/S
10570 QB(I)=B(I)*H(I)
10580 '
10610 '雨量 ウリョウノ TW アタリ リンシュツ ( mm/h to mm/TW )
10620 MO=INT(T*TW):M1=T*TW:M2=INT(T*TW)+1
10630 RAIN=(M1-MO)*R(M2)+(M2-M1)*R(MO) 'RAINDO カラ
10640 RAIN=TW*RAIN*F(M) 'TWノ mm F:ニチウリョウノ キカク
10650 '貯水量 mm
10660 IF I=1 THEN 10670 ELSE IF I>1 THEN 10680
10670 H(I)=H(I)+RAIN:GOTO 10700 'No.1 タンク(ヒョウソウ)
10680 H(I)=H(I)+KK*QB(I-1):GOTO 10700 'No.x タン(X<>1)
10700 NEXT I
10705 '
10710 '貯水残高 タンクコト mm ( TWカンニ ヘッタ m^3/s )
10720 FOR I=1 TO TANK: H(I)=H(I)-KK*(Q(T,I)+QB(I)):NEXT I
10732 '全タンク流量 m^3/s
10733 FOR I=1 TO TANK: TQ(T)=TQ(T)+Q(T,I):NEXT I
10740 '全タンク負荷量 g/s
10750 FOR I=1 TO TANK: TL(T)=TL(T)+L(T,I):NEXT I
10780

```

```

10790  '** 計算値 D R A W ( 負荷用 )
10810  IF T=0 AND M=1 GOTO 10820 ELSE GOTO 10830
10820  TL1=TL(T): XT1=0 :GOTO 10900
10830  TL2=TL(T): XT2=TW*T+24*(M-1)
10850  IX=JS*XT1/(RX*24): IY=IS*(TL1-MINY)/RY
10860  PX=IX : PY=IY :GOSUB *MOVE
10870  IX=JS*XT2/(RX*24) :IY=IS*(TL2-MINY)/RY
10880  PX=IX : PY=IY :GOSUB *DRAWL
10890  TL1=TL2: XT1=XT2
10900  NEXT T
10910
10920  NEXT M
10940
10950  CLS      'Try条件表示 ( 負荷用 )
10960  LOCATE 0,1:PRINT "コウモク";CVAR$;
10965  PRINT " program:YTANKRDL ";
10970  PRINT "ア×DF$=";DF$;" コウハ°タン=";RF$;"-";RP;" リュウイキ=";F;"(km^2)"
10980  PRINT "T:";MINX;"-";MAXX;"Day";" ";
10990  PRINT "L:";MINY;"-";MAXY;"g/s";" ";
11000  PRINT "R:";MINR;"-";MAXR;"mm/day"
11010  FOR I=1 TO TANK
11020  PRINT "タンク";I;"ノ";
11030  FOR J=1 TO P(I)
11040  PRINT " A(H)";J;"=";A(I,J);"(";AH(I,J);")";
11050  NEXT J
11055  PRINT "* AA(";I;"")=";AA(I);
11060  PRINT " B=";B(I);
11070  PRINT " Ho=";HI(I)
11080  NEXT I
11090  PRINT "TW=";TW
11110
11120  RETURN
11140
11150  '*****
11160  *FPO      'グラフ用 規格化
11170  '*****
11180  MINX=STMIN: MAXX=STMAX: RX=MAXX-(MINX-1):RDX=24:CAL=RDX/TW      R=チノ24h
11190  INPUT "ヨックシテ SLMAX g/s ";SLMAX: MINY=0:MAXY=SLMAX:RY=MAXY
11200  MINR=0:MAXR=SRMAX:PRINT "DAY RAIN MAX=";SRMAX;:INPUT "0 - MAXR";MAXR:RR=MAXR      ニチウリョウ
11220  PRINT "Xシク=";RX;"ニチ Yシク=";RY;"g/sec RAINシク";RR;"mm/day"
11225  PRINT "等間隔 コンター Xシク Yシク RAINシク ソルソレ";:INPUT XAC,YAC,RAC
11230  RETURN
11250
11260  '*****
11270  *DINPUTR  '流出 Q 用
11280  '*****
11300  INPUT "ニチウリョウDF$ & カラムNo. ";DF$,JN
11310  OPEN DF$ FOR INPUT AS #1
11320  INPUT #1,NS,NV      : DIM ST(NS),SR(NS),F(NS)
11330  FOR I=1 TO NS
11340  FOR J=1 TO NV: INPUT #1,X
11350  IF J=1 THEN ST(I)=X ELSE IF J=JN THEN SR(I)=X
11360  NEXT J
11370  NEXT I
11380  IF EOF(1) THEN 11410
11390  FOR J=1 TO NV:INPUT #1,NA$: IF J=JN THEN RAIN$=NA$
11400  NEXT J:GOTO 11410
11410  CLOSE #1:
11420  FOR I=1 TO NS :F(I)=SR(I)/315.9:NEXT I
11430
11440  RF$="RAINDO" :INPUT "24hコウハ°タン 2:C(F B)ヒ°ク 3:イチョウ ";RP      'コウハ°タン
11450  OPEN RF$ FOR INPUT AS #1      アメノ DF
11460  INPUT #1,RS,RV      : DIM RT(RS),R(RS)
11470  FOR I=1 TO RS
11480  FOR J=1 TO RV
11490  INPUT #1,X
11500  IF J=1 THEN RT(I)=X ELSE IF J=RP THEN R(I)=X
11510  NEXT J
11520  NEXT I
11530  CLOSE #1
11540
11550  ' 最大 最小 レンジ 0ヌキ
11560  STMIN=ST(1):STMAX=ST(1)
11570  SRMIN=SR(1):SRMAX=SR(1)      'ニチウリョウ
11580  FOR I=2 TO NS
11590  IF STMIN>ST(I) THEN STMIN=ST(I) ELSE IF STMAX<ST(I) THEN STMAX=ST(I)
11600  IF SRMIN>SR(I) THEN SRMIN=SR(I) ELSE IF SRMAX<SR(I) THEN SRMAX=SR(I)
11610  NEXT I
11640  RETURN
11650

```

図-2-3

```

11660 *****
11670 *FP1      'グラフの作成 S U B
11680 *****
11690 CLS 3
11700 KO=5 : LO=250: K1=635 : L1=390
11710 PO=-5 : Q0=-5 : P1=404 : Q1=404 '仮想座標系の定義
11720 GOSUB *PSTART 'PLOT.START
11730 IS=399 : JS=399 : LI=5 : LJ=10 'コンターはL, 軸長はI or J
11740
11750 PX=JS: PY=0: GOSUB *MOVE
11760 PX=0: GOSUB *DRAWL
11770 PY=IS: GOSUB *MOVE
11780 PY=0: GOSUB *DRAWL
11790 PX=JS: PY=0: GOSUB *MOVE
11800 PY=IS: GOSUB *DRAWL
11810 PX=0: GOSUB *MOVE
11820 PX=JS: GOSUB *DRAWL
11830
11840 FOR I=1 TO YAC 'Y 軸コンター
11850 PX=LJ: PY=1*JS/YAC : GOSUB *MOVE
11860 PX=0: GOSUB *DRAWL
11870 NEXT I
11880 FOR I=1 TO RAC '雨 軸コンター
11890 PX=IS-LJ: PY=JS*(1-.2/RAC*I) : GOSUB *MOVE
11900 PX=IS: GOSUB *DRAWL
11910 NEXT I
11920
11970 FOR I=1 TO XAC 'X 軸コンター
11980 PX=I*IS/XAC : PY=0: GOSUB *MOVE
11990 PY=L1*5: GOSUB *DRAWL
12000 NEXT I
12030 '雨量
12040 FOR I=1 TO NS
12050 IX=JS*(ST(I)-MINX)/RX 'X
12060 IY=IS*(1-.2*(SR(I)-MINR)/RR) 'Y アメハンデン
12070 PX=IX: PY=IY: PZ=JS/RX 'シンカン、ウリョウ
12080 GOSUB *SAKABO 'MARK リカホウ
12090 NEXT I
12100 RETURN
12110
12200 ***** グラフ S U B *****

```

省 略

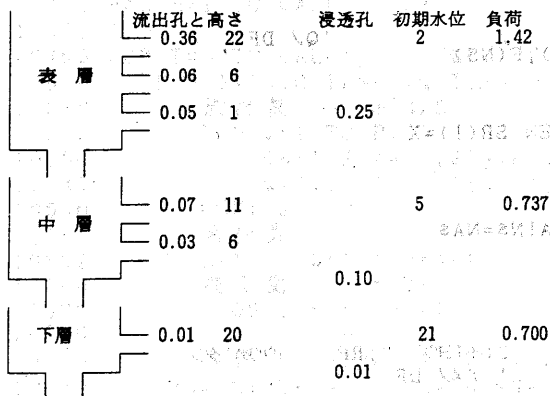


図-3 三段直列タンクモデルのパラメータ

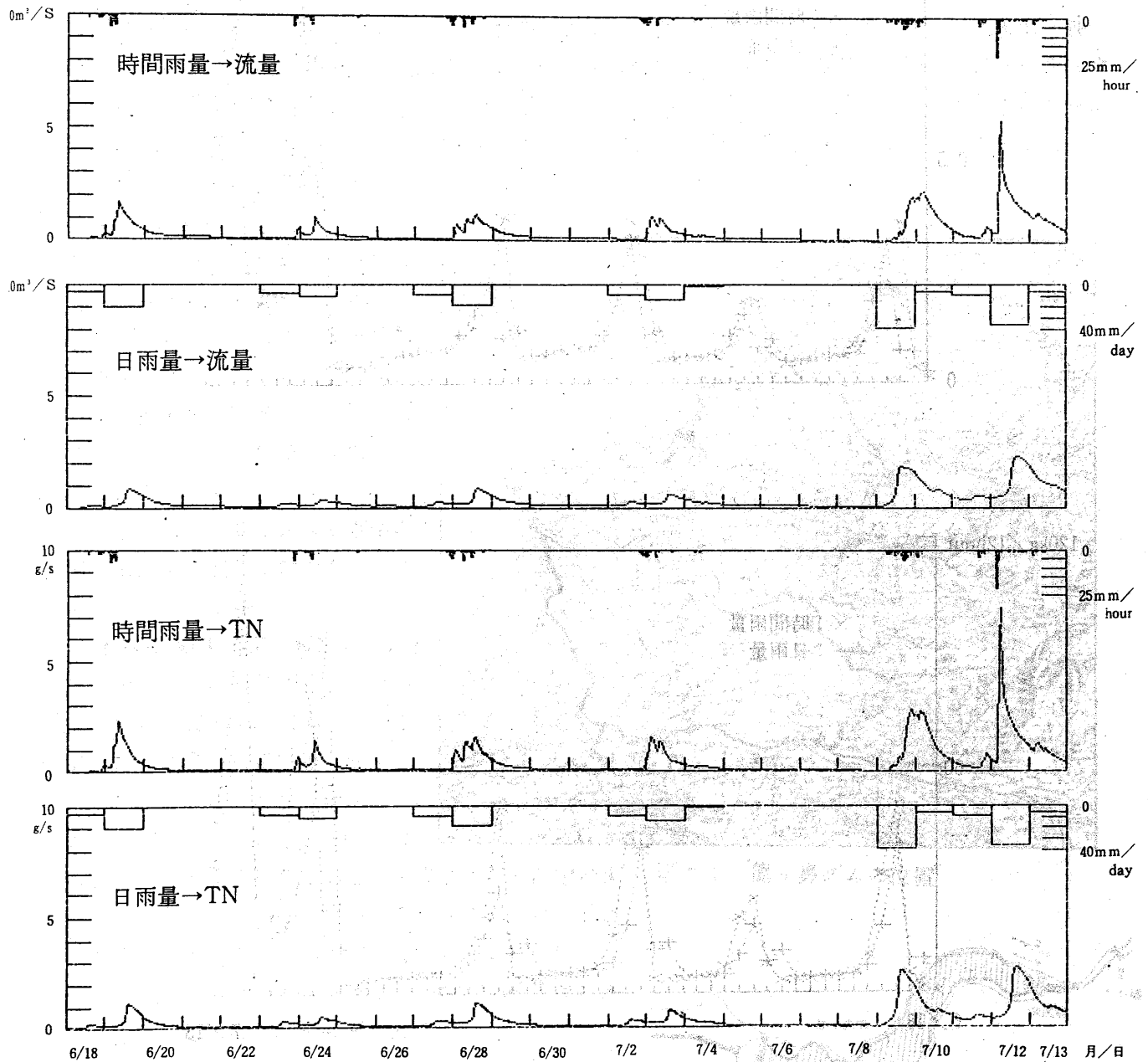
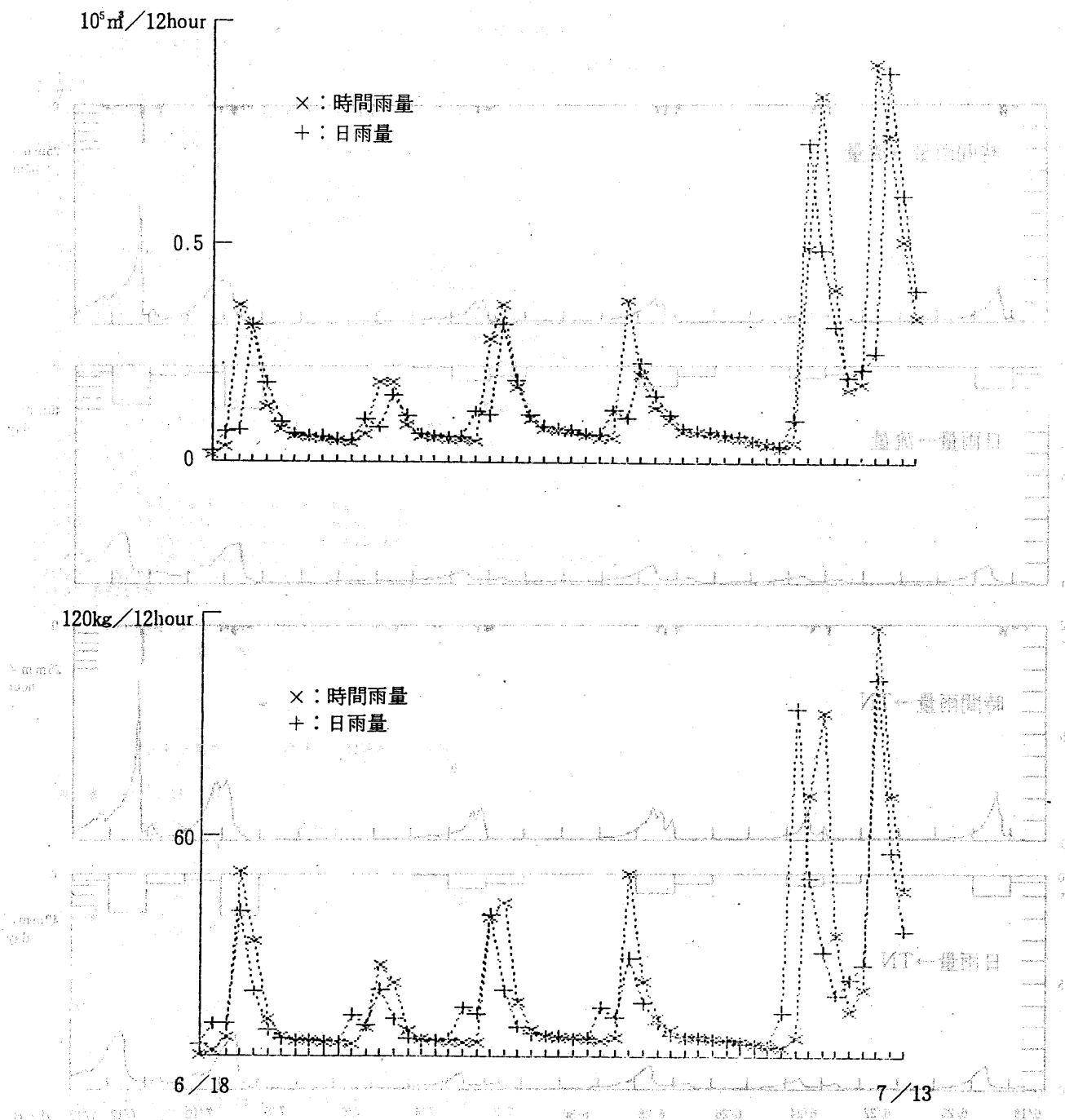


図-4 タンクモデル流出における時間雨量と日雨量との比較
日雨量は中央集中型降雨パターンで時間雨量に変換した。



図ー5 タンクモデル流出（12時間加算値）における時間雨量と日雨量との比較
 図ー4の流出を12時間ごとに加算した値をプロットした。