

流出解析における損失雨量に関する考察

(河川上流域について)

豊 国 永 次 (農業工学研究室)

Eiji, TOYOKUNI

Stadies on the basin recharge used to the runoff analysis (on the head-waters basin)

I 序

流出解析にあたり流域における損失雨量 (Basin Recharge) を把握する事は重要な問題であり, Unit-graph method とか characteristic Equation Method 等の有効雨量の推定に際して当面する問題である。

損失雨量はその生ずる流域についてみると、雨水の流出機構上、まず大きく分けて、地面流出の場としての地表域と河道特性の現れる場としての河道域とが考えられる。即ち地表域における損失は Interception, Depression storage, Infiltration, 及び Detention storage にもとづくものであり、これらは自然にあらわれる山地域、畑地域及び水田地域において夫々共通した特性をもつであろう。

又河道域では主として河道貯溜による損失で、単位時間を短かくとる場合、遅滞効果としてあらわれるものである。したがって、一般に山地域に源を発し流下して支川を合流し 沼濫域や湖沼のある河川の中下流においては河道貯溜の効果は当然考えられる。然し水源に近い河川勾配の急な上流部では河道貯溜の効果はそれ自身小さく地表域での流出遅滞効果にくらべて無視して差支えないものと考えられる。

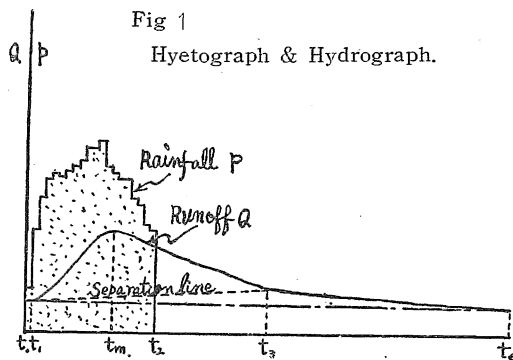
本文では山地表域をもつ河川上流部の損失雨量 (Basin Recharge) について Infiltration, Retention (滞溜) 及び Overland flow に関する概念を組合せた Infiltration theory (滲透論) の立場より Basin Recharge を把握しようとし、モデル流域として鳥取県美敷水源池流域をとり、観測された降雨、流出の資料を用いて考察したものである。

II 山地表域からなる河川上流域の損失雨量

河川上流域で河道貯溜効果の無視できる場合、観測点での Hydrograph は近似的に山地表域から河川に注ぐ Hydrograph と考えられるので、この様な場合の損失雨量は地表域の損失雨量とも見做されよう。

水文学で云う 滲透論は Infiltration, Retention 及び Overland flow についての概念を組合せたもので、全降雨量は全表面流出量と全滲透量の和に等しいと云う事実に基礎をおくものであるが、出水現象を取扱う場合豪雨期間中は湿度が高いため、蒸発による損失は無視出来るものとする。R. E. Horton に始まり、D. Johnstone 及び W. Cross 等の考えた一般概念を要約すると次のようになる。

- i) 土壤は滲透能と呼ぶ水分吸収の最大の割合をもっている。
- ii) 地表面流出は降雨強度がこの滲透能を越えなければ起らない。
- iii) 降雨強度がこの滲透能を越えると、降雨余剰はまず Depression storage を満し、Detention Depth (滞溜水深) をつくつて地表面流として河川に注ぎ始まる。
- iv) 降雨により地表面流を形成するには、それに対応する水深が必要であり、これを Detention depth とよび、これに基く貯溜効果を Detention storage (滞溜量) と云う。Detention storage を流域に亘る平均水深で表わしたとき、表面流出量はその水深の函数であるとする。



以上の考え方を取り入れて、Fig-1 に示す一般のHyetograph とその Hydrograph について考察する。この場合初期損失をみる期間 ($t_0 < t < t_1$)、流出の始まりから降雨の終る期間 ($t_1 < t < t_2$)、降雨終止後流出のみの時間 ($t_2 < t < t_3$) の3つに分けて取扱う。

a) 降雨開始時刻から出水開始時刻までの初期損失期間
この期間では次の関係が成立する。

$$L = (SSt_1 - SSt_0) + (SGt_1 - SGt_0) + (SDt_1 - SDt_0) + (St_1 - St_0) + t_0 W_{t_1}$$

ここに用いる記号をのべると、

L : 流域における損失量。

SS : 流域において土壌水分として貯溜されている水量

SG : 流域において地下水として貯溜されている水量。

SD : 流域において地表面上に生ずる Depression storage の水量。

W : 流域において蒸発する水量。

上の各記号に付けられた suffix t_0, t_1 等はそれらの時刻を表すものとする。

まず上式は仮定により $t_0 W_{t_1} = 0$ 、土壌水分の増加並びに地下水貯溜増加量となるものは流域内での降雨の滲透に他はならぬから、流域滲透能を f とすると、

$$L = \int_{t_0}^{t_1} f(t) dt + (St_1 - St_0) + (SDt_1 - SDt_0) \dots (I)$$

Interception は地被物の種類に応じて、水膜としてあるいは水滴として保留効果を持ち、その Capacity は 地被物上の水分について重力と表面張力との平衡点にある訳であるが、風の影響が大きくひびき一般にこの点より小さいものである。この Interception は初期損失期間に殆んど満されるものと考えられる。次に $(SDt_1 - SDt_0)$ は流域内の窪地あるいは流下水阻害等における貯溜能力によりきまる Depression storage であり、

$\int_{t_0}^{t_1} f dt$ は流域における初期の滲透損失量である。自然

流域に対するこれらの値を別個に追求する事は今後の問題として (I) 式右辺の各損失要素の総和された損失量が、Fig-1 の Hyetograph と Hydrograph において Hydrograph の立上り時間までの降雨量に相当すると見做して取扱ひ、これを初期損失量とする。

b) 流出開始時刻から降雨終止時刻までの期間

この期間は流域の初期損失量が満され、更に継続する降雨により流出が生ずる期間である。時間 t_1 を起点として任意の時間 t にて成立する損失量の関係は次の如くあらはしうる。

$$L = \int_{t_1}^t f dt + (SDt - SDt_1) + (St - St_0) + Dt + t_1 W_t$$

降雨期間中は湿度大なるから $t_1 W_t = 0$ 、又 Interception は無視しうるものとして $(St - St_0) = 0$ 、とすると、

$$L = \int_{t_1}^t f dt + (SDt - SDt_1) + Dt \dots (II)$$

(II) 式で分るように流域損失量が滲透量に等しくなるのは Depression storage 及び Detention storage が定常状態になつたときのみにつき云えるもので、このことはすでに D. Johnstone 及び W. Cross ものべている事である。説明を加えると、

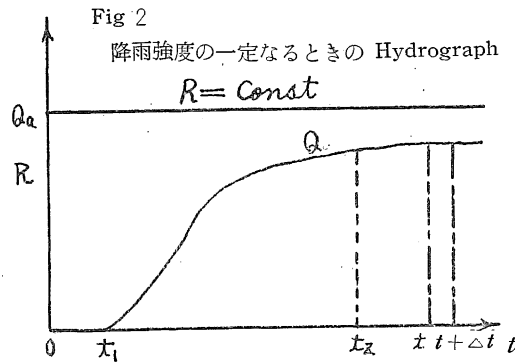


Fig-2 は Experimental plot で降雨強度が一定なるとき、表面流出曲線を示すものであるが、 t_2 をすぎると流出量 Q は略々一定に近づく、この $t_2 < t$ の範囲では定常状態となるから、 $(SD_{t+\Delta t} - SD_t) = 0$ 、 $D_{t+\Delta t} = D_t$ となり、したがつて

$$L \equiv L_{t+\Delta t} - L_t = \int_{t_1}^{t+\Delta t} f dt + (SD_{t+\Delta t} - SD_{t_1}) + D_{t+\Delta t} - \left[\int_{t_1}^t f dt + (SD_t - SD_{t_1}) - D_t \right] = \int_{t_1}^{t+\Delta t} f dt - \int_{t_1}^t f dt + D_{t+\Delta t} - D_t$$

($t_2 < t$)

となり、定常状態が継続すれば流域損失は滲透損失を表すことを示す。

しかし乍ら自然流域に連続降雨がある場合、降雨強度は時間と共に複雑に変化するもので流域損失量が滲透量に等しくなる定常状態は殆んど考えられないものと思われる。それゆえ一般に Depression Storage 及び Detention storage の効果が Basin Recharge に当然影響してくる事が考えられるのである。ところでこの Depression storage, Detention storage について、Detention Depth をつくる給源として降雨の時間的分布が問題となつてくる。特に単位時間の損失を考える場合、"表面流出量は Detention Depth の函数である" とする滲透論の立場よりみて降雨強度は重要な要素である。また今一つの理由として、急峻な山地域では平坦な地域に較べて Depression storage 及び Detention storage の各

貯溜効果が減るので、流出は降雨条件とくにその降雨強度の影響が大きくなる事が推測される。

従来 R. E. Horton, W. Horner, C. Izzard 及び R. Linsley 等による Overland-flow を求める取扱いが研究されてきたがいまだ緒についたばかりで、あるものは試験地における基本的考察であるとか、あるものはその取扱いに用いた仮定によつて直接自然流域に適用できる段階にたち至っていない現状である。これらに共通する欠陥は先に指摘した降雨の時間的変化について考慮されていないことである。そこで強度の変化する連続降雨と Depression, Detention storage 及び Infiltration に基づく流域特有の Basin Recharge との関係をモデル流域につき検討し、降雨強度をパラメーターとして Basin Recharge の時間的変化を Graphical に表示することを試みた。

c) 降雨終止後の期間

この降雨終止後の期間 (Fig-1における $t_2 < t < t_3$) においては、降雨によつて地表域に生じた Detention storage にもとづく残溜流出 (Residual Runoff) がある。この期間では

$$\int_t^{t+dt} Q_{adt} = (S_{Dt} - S_{Dt+dt}) - tW_{t+dt} - \int_t^{t+dt} f dt \dots (III)$$

が成立する。この期間でも未だ湿度が高いので W を無視できるものと仮定して (III) 式は次のように表わされる。

$$\int_t^{t+dt} Q_{adt} = (D_t - D_{t+dt}) - \int_t^{t+dt} f dt \dots (III)'$$

(III)式右辺の各項の量的な関係は Experimental plot ではともかく、実際自然流域では測定できぬので正確には規定しがたいが、しかし工学上実用の見地では、(III)'式を用い降雨及び流出観測資料より Hydrograph 解析の結果を用いて合理的な近似的取扱いができると思われる。

III 美歎水源池流域における損失雨量の解析と結果の考察

まず流域について概括すると、鳥取県千代川支川袋川に注ぐ第一次支流 (R. E. Horton が提案し、米国で用いられている表現で、第一次支流とは支流をもたぬ水源に近い細流を呼ぶ) で水源から、1,915m 下流の地点に雨量及び流量観測所があり、地表域についてみると、地質的には第三紀層の埴土であり、地被物は松林、灌木林が主要部分を占め、流域下端には約 3ha の水田が拓けている。流路延長 1,915m, 流域平均巾 (A/L) = 1,322m, 流域平均高度 $E = \frac{1}{A} \sum (a \frac{h_1 + h_2}{2}) = 245m$, 流域平均勾配 $Sg = \frac{1}{A} \sum (a \cdot D/d) = 1/35$, 流域面積 $A = 255ha$, 河川の平均縦断勾配は 1/13.6, 下流端の河川巾 6.06m である。ここに L は河川の流路延長, A は流域面積, a は各等高線間の

Fig 3 (a)
Hyetograph & Hydrograph
(S. 29.6.19日~21日)

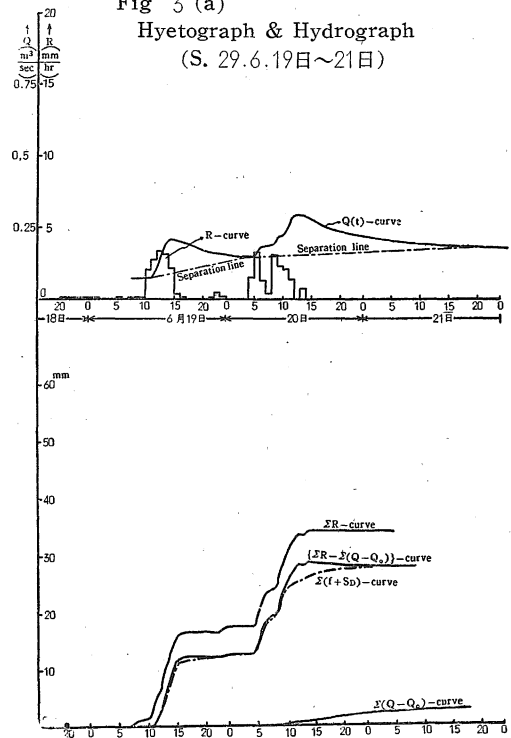
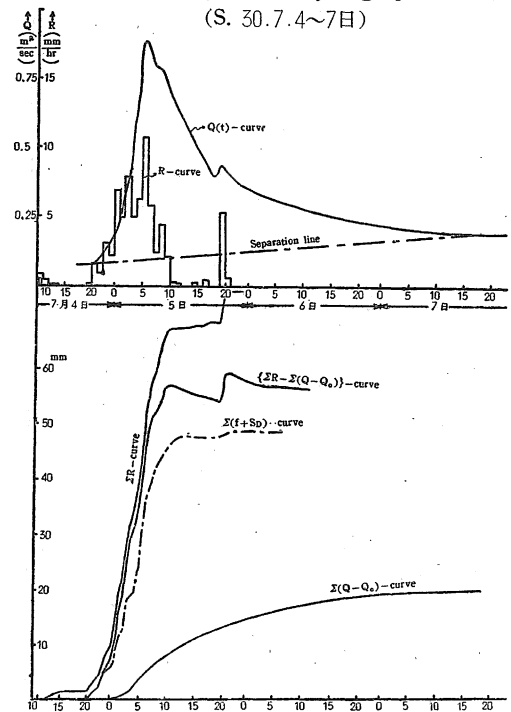


Fig 3 (a)
Hyetograph & Hydrograph
(S. 30.7.4~7日)

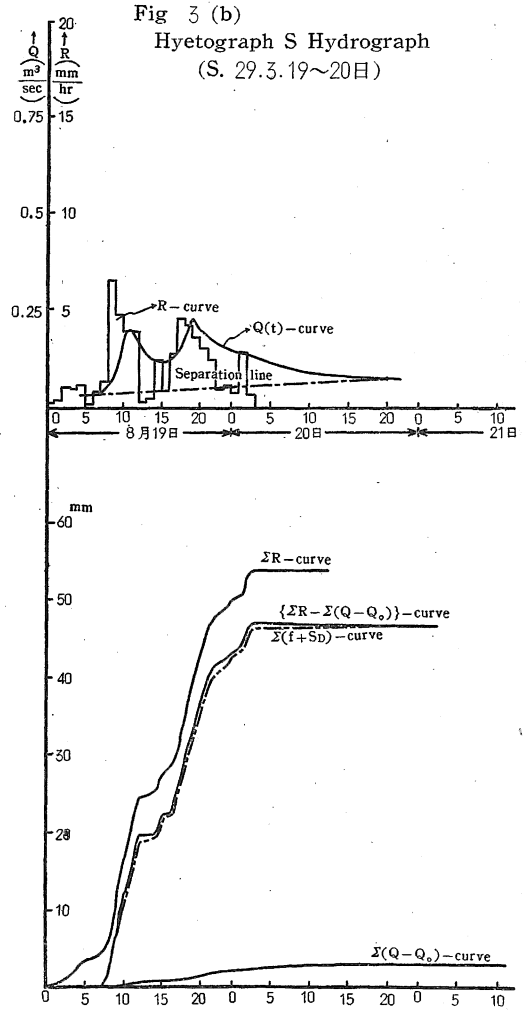
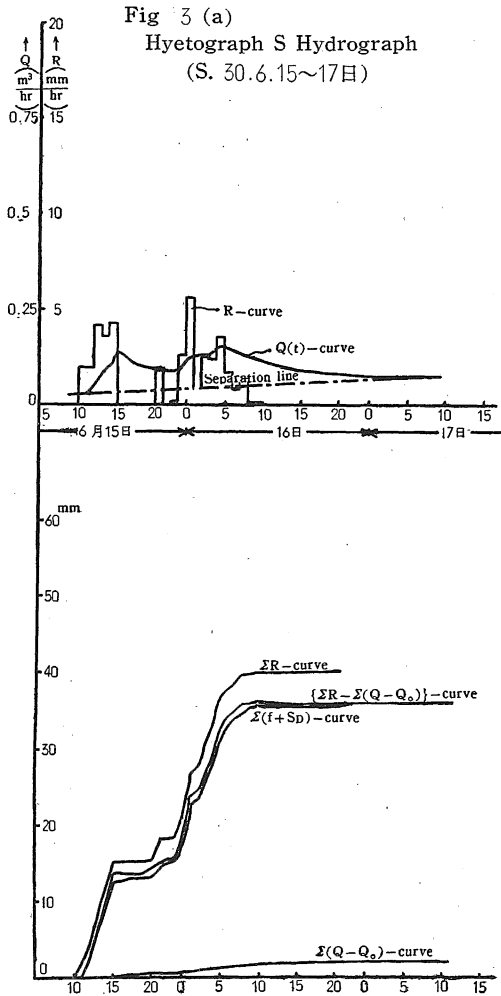


帯状面積、 D は等高線間の高度差、 d は相隣る等高線間の平均距離、 h_1 、 h_2 は両端の等高線の高度である。上記諸量よりみて河道貯溜を無視しうる河川上流域の特質をもつものと考えられる。

初期損失雨量が満された t_1 時間 (Fig-1) を起点として累加降雨曲線 (ΣR -Curve) 並びに累加表面流出量曲線 ($\Sigma(Q-Q_0)$ -Curve) を描き、これら2つの曲線の縦距

差を示すものとして $\Sigma\{R-(Q-Q_0)\}$ -Curve を求めると、これは累加損失曲線を表示するものである。

観測資料についてまず気象条件 (特に降雨特性)、流域の地被状態及び土湿状態を考慮して、梅雨期、台風期に分けて、 ΣR -Curve、 $\Sigma(Q-Q_0)$ -Curve、及び $\Sigma\{R-(Q-Q_0)\}$ -Curve を求めたものが Fig-3(a)、Fig-3(b) である。



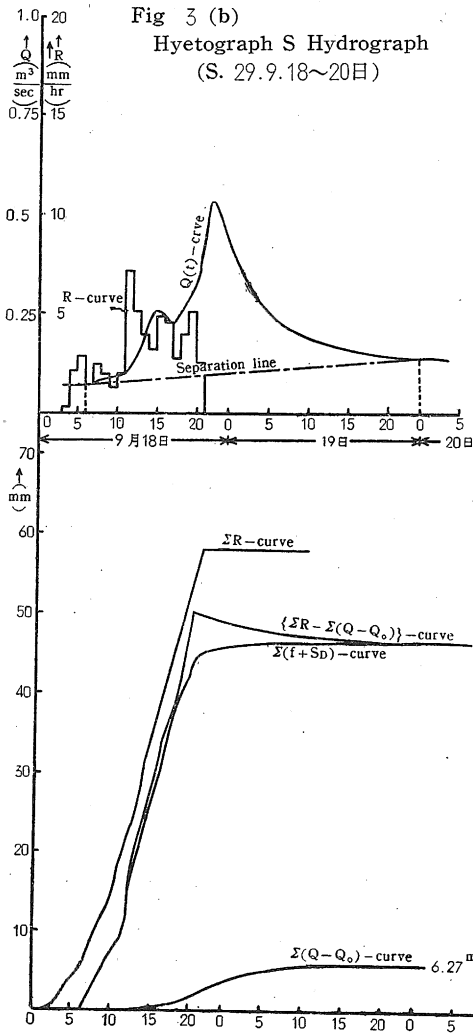
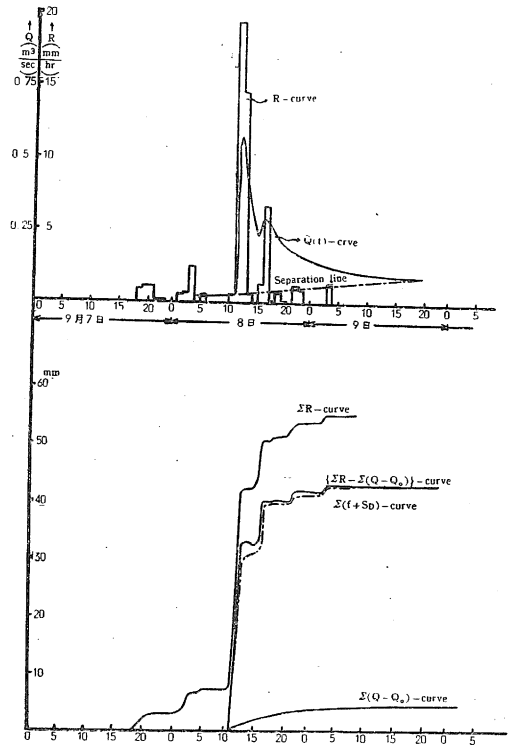
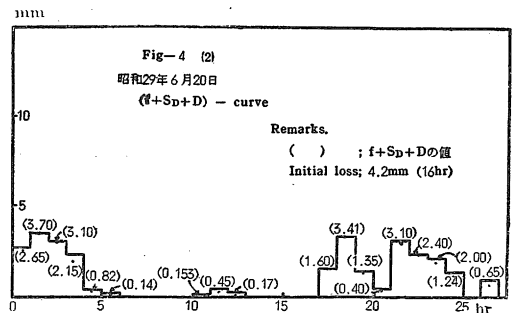
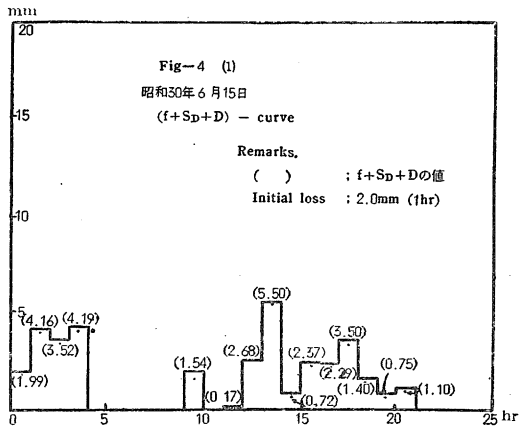


Fig 3 (b)
Hyetograph Hydrograph(S.
29.9.8~9日)



期に分けて Fig-3(a)及び Fig(b)を基にして連続降雨の単位時間毎の損失雨量を求め、これと対応する単位時間の降雨を図に表わしたものが Fig-4及び Fig-5である。

これより単位時間 Δt における損失雨量(ℓ)を求めるには、累加損失量 $\Sigma\{R - (Q - Q_0)\}$ -Curve の単位時間に対する増加量により容易に得られる。即ち梅雨期、台風



これをみると、単位時間の損失雨量はその降雨強度及び経過時間と密接な関係がある事が分る。そこで観測された各連続降雨について求めた単位時間に対する損失量(損失能)を、縦軸に損失量、横軸に経過時間をとつたグラフ上に plot し、降雨強度を Parameter として損失能を表示すると、Fig-6及び Fig-7の曲線が得られる。これらの曲線群は降雨強度別に流域の平均損失能曲線を表示したものに他ならない。したがって強度が時間的

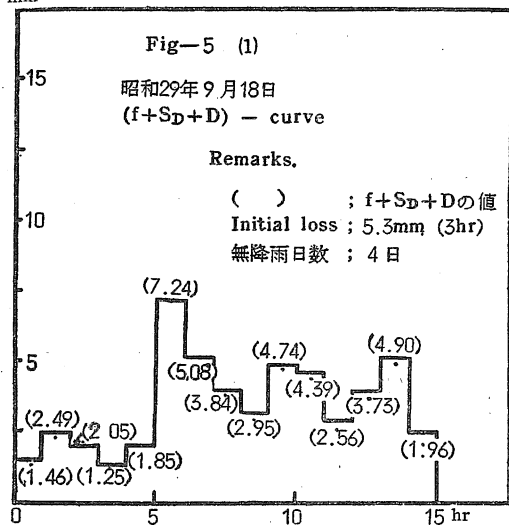
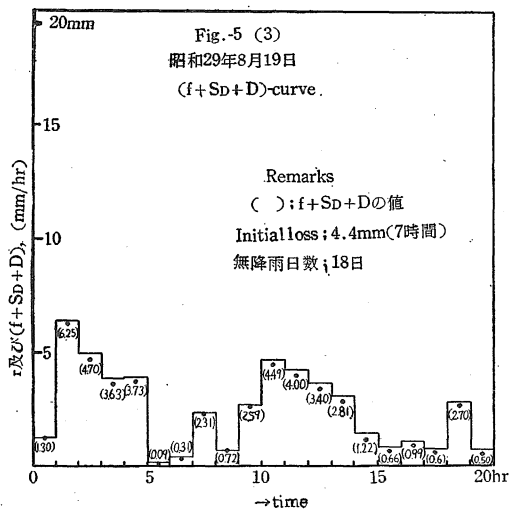
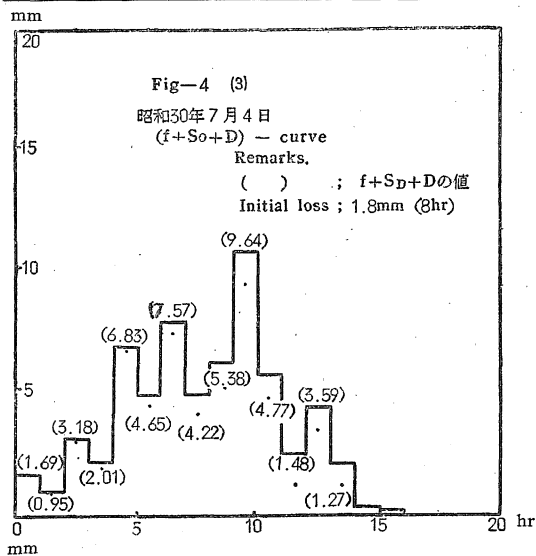


Fig 6 平均損失能曲線
 Rainfall period (台風期)
 Remarks. () Rainfall mm/hr.
 data. S. 29. 9. 18 ▲
 S. 29. 9. 8 ⊙
 S. 29. 8. 19 ⊙

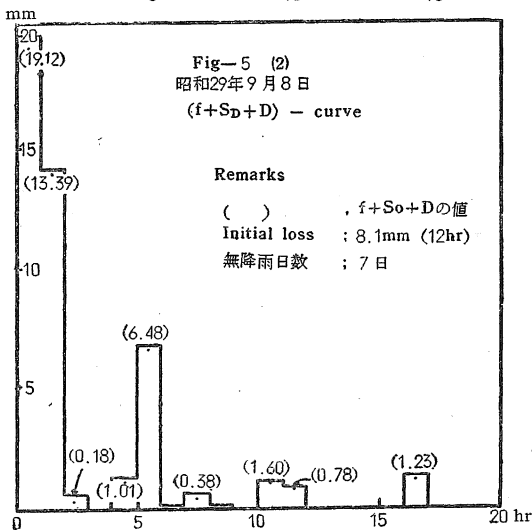
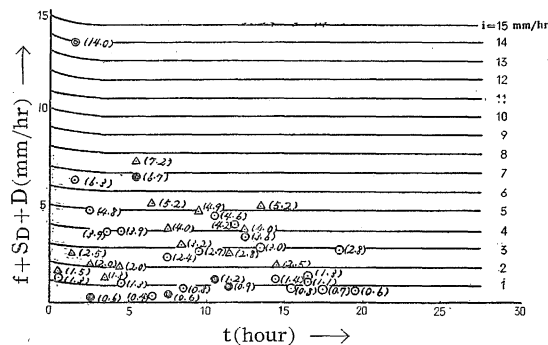
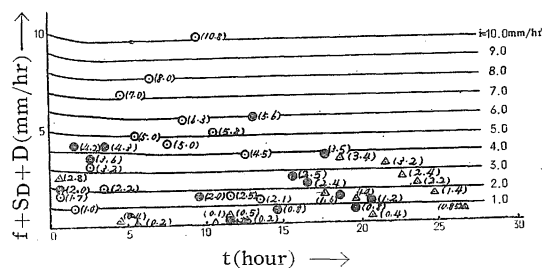


Fig 7 平均損失能曲線
 Rainfall Period (梅雨期)
 Remarks. () Rainfall mm/hr.
 data. S. 30. 7. 4 ⊙
 S. 30. 6. 15 ⊙
 S. 29. 6. 20 ▲



に変動する一般の連続降雨の単位時間毎の損失雨量 (l) を知るには、考察の対象とする単位時間々隔の降雨強度、流出の始まる t_1 時間を起点とした対象とする単位時間々隔までの時間、及び降雨期の函数と考えて、Fig-6あるいは Fig-7 のグラフ上から決める事が出来る訳である。

今 Fig-6 及び Fig-7 で表示される流域の平均損失能曲線についてその性格を考察しよう。

- 1) 損失能曲線群をみると、最大値をとる初期損失能の点 ($t=0$) より逓減する曲線を描き、ある時間に達するとそれ以後は略々直線となる。この逓減曲線と直線部との接続点は、降雨強度 i によつて異なり、 i が大きい程逓減部は短かく、 $i=10\text{mm/hr}$ のときは $t=3\text{hr}$ 、 $i=8\text{mm/hr}$ のときは $t=5\text{hr}$ 、 $i=5.0\text{mm/hr}$ のときは $t=7\text{hr}$ 、…と、 i が小さくなるにつれて殆んど直線に近い曲線となる。これは降雨強度が大きくなると Detention Depth も大きくなり、流域全体に亘り時間的に速やかに土壌が飽水されるからと考えられる。
- 2) 平均損失能曲線を梅雨期と台風期のものについてみると、殆んど類似した結果を示すが梅雨期のもは多少とも曲線群が下まわり損失能曲線の初期における曲線の勾配が小さい様である。これは梅雨期では夏秋に当る台風期に比して流域土湿が平均的に幾分大きい事による影響であろう。
- 3) 損失能曲線が直線部分となる一定値について検討すると、

表一

降雨強度 i (mm/hr)	極限損失能 l_e (mm/hr)	損失比 l_e/i (%)
0.5	0.40~0.45	80~90
1.0	0.88~0.90	88~90
2.0	1.75~1.82	88~91
3.0	2.70~2.80	90~93
4.0	3.65~3.75	91~94
5.0	4.60~4.75	92~95
6.0	5.60~5.70	93~95
7.0	6.60~6.70	94~96
8.0	7.60~7.70	95~96
9.0	8.60~8.65	95~96
10.0	9.75~9.61	96

表一により明らかな如く、極限損失能に達したのち、降雨強度別の損失能の降雨強度に対する割合は $i=1.0\sim 10\text{mm/hr}$ でせいぜい6%程度の変化がみられる位であるが、一般に降雨強度の増大につれて損失比 ($l_e/i \times 100$) はほんのわずかではあるが増加する傾向がある。この傾向は降雨強度が大きくなると当然 Detention Depth も増加するが、これによる Detention storage の効果が

地被物とも関聯して漸増するためであろう。特に短い単位時間々隔においてはこの Detention storage の効果は当然考えられるものである。それゆえ降雨強度を parameter とする損失能曲線の間隔はほんの僅かずつ増加してゆくが、 $i=7\text{mm/hr}$ 以上では略々一定に近いものとなる。

これらの降雨強度別に描かれる損失能曲線群は、この流域に対しては降雨強度 $i=1\text{mm/hr}$ おきに平均曲線を引く事ができたが、これ以上の細分化は Hydrograph Analysis, 単位時間の採り方、観測資料等の精度に関連して意味を失うおそれがあり、実用上からみて $i=1\text{mm/hr}$ 間隔にとつた平均損失能曲線で充分と考えられる。

以上考察の結果、流出開始時刻より降雨期間中における単位時間内での流域平均損失能を知るには、求めんとする単位時間降雨の強度、経過時間、降雨期を調べ、まず降雨期別に Fig-6 あるいは Fig-7 をとり、次に流域の平均損失能を示す曲線群から降雨強度に対応する曲線を選び、経過時間をこの曲線上にとれば、この点が求むる単位時間降雨に対する損失能を与えることになる。

次に降雨終止期間について検討しよう。この期間では (III)' 式の関係が成立する。Residual Runoff $\int_t^{t+dt} Q_{adt}$ は Hydrograph 下の面積として容易に求めることができる。観測資料につき、Residual Runoff 期間内の任意時刻 t の流量 (Q_a) とこの時刻以後の $\int_t^{t_0} Q_{adt}$ で表される滲透能を差引いた Detention storage (D') との関係を検討すると対数紙上に直線に近い一つの関係曲線が得られ、この関係曲線は流域特有のものである。この降雨終止後の残溜流出は降雨期間中単位時間において損失の形で示される Detention storage によりおこるので、Residual Runoff. $R_r = \int_{t_0}^{t_0} Q_{adt} = D'$ と損失量及び降雨との関係を検討する。 R_r と累加損失雨量 $L_t R_r$ と初期損失雨量を除いた累加損失量 L_{ts} 、及び R_r と連続降雨において降雨終止時間から逆に降雨時間分布の谷までの時間 t_r 内の損失量 L_{tr} との関係、又 R_r と累加降雨量 $\sum R_r$ 、 R_r と初期損失雨量を除いた累加雨量 $\sum R_0$ 、 R_r と連続降雨において降雨終止時間から逆に $t=5\text{hr}$ 、 $t=8\text{hr}$ 、 $t=10\text{hr}$ の間の累加雨量 $\sum_{t=1}^5 R_r$ 、 $\sum_{t=1}^8 R_r$ 、 $\sum_{t=1}^{10} R_r$ と連続降雨において降雨終止時間から逆に降雨時間分布の谷までの時間を t_r 内の降雨量 R_{tr} との関係等を各資料について求め、これをグラフにプロットした結果、 $R_r \sim \sum R_r$ 、 $R_r \sim \sum R_0$ 、 $R_r \sim \sum_{t=1}^5 R_r$ 、 $R_r \sim \sum_{t=1}^8 R_r$ 、 $R_r \sim \sum_{t=1}^{10} R_r$ の関係は点がバラつき相互の関係は殆んど見出しえない。又 $R_r \sim L_t$ 、 $R_r \sim L_{ts}$ との関係についても同様である。これに反し、 $R_r \sim R_{tr}$ 及び $R_r \sim L_{tr}$ では一つの曲線上にのり、相互の関係に指針を与えるよ

うである。これは一般に流出は時間的に近く起つた降雨の影響が大きい事を考えれば、Residual Runoffについても云えることで、特に Detention storage は降雨時間分布の谷によりその消長がみられる点から $R_r \sim R_{tr}$ 及び $R_r \sim L_{tr}$ の関係が考えられるのである。これらの詳細な関係については更に大きい連続雨量をとる場合とも合せて充分な資料より検討すべきで今後の問題とし、こゝではこの流域における連続降雨量 $\Sigma R = 70 \sim 80 \text{mm}$ 程度迄の観測範囲内で一体 Residual Runoff はどの程度あるかをみよう。

降雨終止期間に対する(Ⅲ')式右辺各項の総和された結果の Residual Runoff 全量 $\int_{t_2}^{t_3} Q_{adt}$ を各資料について降雨期別に図示したものが Fig-8(a)(b) である。

Fig 8 (a) 台風期

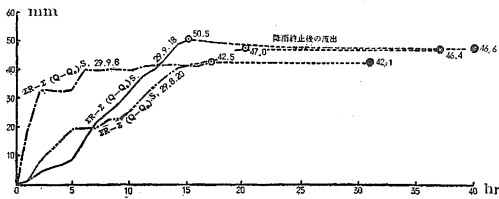
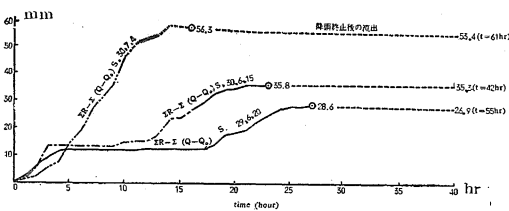


Fig 8 (b) 梅雨期



この図において後半の点線で示される部分が Residual Runoff による累加損失量の減少を示し、Residual Runoff の全量は降雨終止時に現れる累加曲線の最大値と Residual Runoff の終る時間の値との差として表示できる訳で、

昭和29年9月18日	$\Sigma R = 58.2 \text{mm}$	$R_r = 3.9 \text{mm}$
〃 8月20日	$\Sigma R = 53.8 \text{mm}$	$R_r = 0.6 \text{mm}$
〃 9月 8日	$\Sigma R = 54.4 \text{mm}$	$R_r = 0.4 \text{mm}$
〃 6月20日	$\Sigma R = 34.2 \text{mm}$	$R_r = 1.7 \text{mm}$
昭和30年7月 4日	$\Sigma R = 74.2 \text{mm}$	$R_r = 2.9 \text{mm}$
〃 6月15日	$\Sigma R = 39.2 \text{mm}$	$R_r = 0.5 \text{mm}$

Residual Runoff の全量は最大 9mm までである。これは地形急峻な河川上流の山地域では Detention storage は平地に比して少なく、且つ速やかに流下し、Residual Runoff となる部分は僅かなものとなる事を示す。したがって Interception, Depression storage を含めた初期損失量の規定における精度を考慮すると、 $\Sigma R = 70$

$\sim 80 \text{mm}$ 程度迄の降雨に対しては 略々無視して取扱つてよい事が許容されるであろう。この事は単位時間の降雨はそれによる有効雨量の主要部分はその時間に流出すると云う仮定を含むもので、このためには河道に至るまでの地表面は勾配がきつ、その流路は長くはならない。したがって流域の余り大きくない河川上流域がその対象となるであろう。猶ほ連続雨量が 80mm 以上となると勿論資料について実証的の検討が必要である。

Ⅳ) むすび

流出機構上、流域は地表面流出の場としての地表域と河道特性のあらわれる場としての河道域に分けて考えられる。本文では山地表域からなる河川上流部の損失雨量について Infiltration theory の立場より把握せんとし、モデル流域として鳥取美敷水源池流域をとり、観測された降雨、流出の資料をもとに考察した。

損失期間を (i) 降雨開始時刻から出水開始時刻迄の損失期間、(ii) 流出開始時刻から降雨終止時刻までの降雨期間、(iii) 降雨終止後の残留流出期間に分けて検討した結果、降雨期間について従来看過されていた降雨強度による損失雨量の変動を指摘し、単位時間降雨量と流域平均損失量との関係を降雨強度を parameter として実測資料を基に流域平均損失能曲線を得た。

残留流出期間については、河川上流域で地形急峻なため流下が速やかで残留流出となる降雨終止時の Detention storage は少く、観測範囲の連続雨量 70~80mm 迄の資料については最大 3.9mm 程度にすぎず、この範囲内では無視しても大過ない事が分つた。したがってこの様な山地上流域に中程度までの降雨がある場合、降雨強度を加味した流域平均損失能曲線より連続降雨の各単位時間に対する損失雨量を推定することができるであろう。連続雨量が大となり 80mm 以上の場合については、更に資料による裏付けをまつて次に検討を加えたい。

本稿を終るにあたり、御指導を賜つた京都大学高月教授、並びに観測及び資料収集に御尽力を頂いた鳥取大学講師柘植一氏に深謝の意を表する。

文 献

1. D. Johnstone & W Cross. Element of Hydrology. 1949.
2. R. Linsley & Others. Applied Hydrology. 1949.
3. R. E. Horton. Headwaters Control & use. 1932.
4. S. S. Butler. Engineering Hydrology. 1957.
5. H. Rouse. Engineering Hydraulics. 1950.

Résumé

In this paper, author has considered the basin recharge on the headwaters basin from a standpoint of infiltration theory and has considered observed rainfall and runoff data on the Mitani reservoir basin in Tottri prefecture as a model basin.

Author divided the basin recharge period into the three period; (i) initial basin recharge period, (ii) basin recharge period during rainfall, (iii) residual runoff period. On these periods, author has treated the basin recharge on the model basin.

As the result, the basin recharge was varied by rainfall intensities, and then average basin recharge capacity curve on the model basin, as a parameter rainfall intensity, was drawn. The following is characteristics of average basin recharge capacity curve;

(a) These curves are depletion curve which approaches final values, these final values has different values by rainfall intensity; when rainfall intensity is large, final value become proportionally large,

then a part of depletion curve is short in inverse proportion to rainfall intensity.

(b) These curves has a little different curves between the rainy season and a typhoon period. I suppose that this difference is the variation of seasonable soil moisture and intercepted leaves.

In residual runoff period, the shape on the headwaters basin is so steep that residual runoff is a little, In model basin, it was max. 3.9mm to the extent of continuous rainfall 70~80mm

Therefore, in the case which precipitation to the extent of middle degree (~80mm) falls in the headwaters basin, as residual runoff are negligible, the basin recharge in each unit time may deduce from the average basin recharge capacity curve, as a parameter rainfall intensities.

In the next step, from observed rainfall and runoff datum, author intends to make a study of the basin recharge in large precipitation