

### 3 基底流減衰特性の存在とその応用

岡山県電気局 正負 酒井一郎

#### 1. 基底流減衰曲線

河川流出の構成を考えると、一旦地下水となつて後緩漫に浸出流下する基底流（以下BFと略記する）と、地下に浸透し得ないで地表面に沿うて直接流出する表面流とに分割することは、従来から行なわれているところである。

このうちBFについては、地下水を包蔵すべき容器の容積および性質が、ほぼ一定であることから、その時間経過に伴う減衰が、ほぼ一定減衰曲線をたどるべきであるという推定のもとに、岡山県旭川に関し、その表面流が終了し、BFのみの流れであると考えられる部分の流出について、精密な観察をくりかえした結果、毎年5月から10月までの期間については、まことに明確なたゞ1本のBF減衰曲線をたどっていることが判明した。

この事実は水文学上重大な意義を有するもので、このこと自体が河川流出の基本法則であるとともに、広範囲かつ重要な応用面を有する。

図-1は旭川（第一ダムサイト）における流出の一例であり、図-2は同じ地奥の基底流減衰曲線である。この例で見ても、流出は降雨によつて一時的に表面流を伴うが、やがてはBFのみとなり、BFのみとなればその減衰が図-2のBF曲線に律せられている状況が観察される。

#### 2. 流域模型

河川の流出構成を理解する助けとして、河川流域を図-3のように模型化して考える。すなわち流域の地下水容器を上・下二つに分割し、上部は蒸発する水分を保持する部分であると同時に、降雨が下部に浸透補給される通路になるものとする。この上部層を蒸発槽（以下V槽と略記する）と名づける。

下部層はV槽を浸透通過した水を受け入れ、浸透によつてBFを放出する。この下部層をBF槽と名づける。

降雨はまずV槽に与えられ、一部分はV槽に保持されて次の降雨までの蒸発水分の源泉となる。降雨中の他の部分は浸透によつてV槽を通過し、BF槽に供給される。

BF槽はV槽を浸透通過した水を受け入れ、緩漫に浸出して河川にBFを供給する。

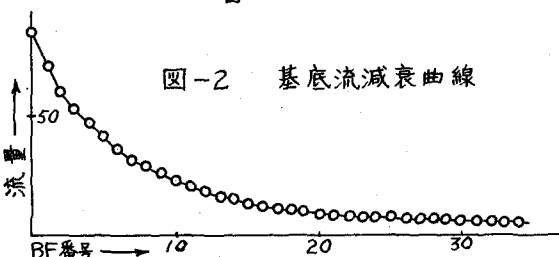
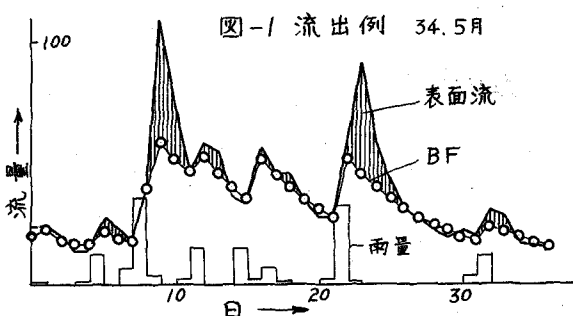
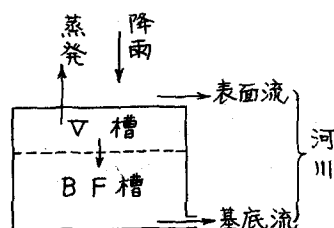
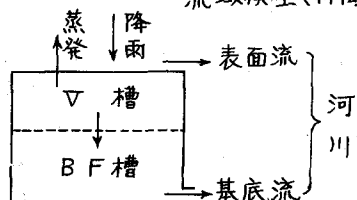


図-3 流域模型



▽槽表面の浸透速度を上廻る降雨は当然表面流となり  
ただちに河川に供給される。このような状態は雨量強度が  
特に大きい場合、もしくは雨量強度は小さくとも連続降雨  
量が大きく、両槽を完全に飽和させたうえ、さらに降雨が  
継続するとき発生する。

流域模型(再掲)



この模型による降雨、蒸発、流出の解釈は、すべて考察  
泉に到着する水量に関するものとする。たとえばBFは流域全般の随所が発生する眞の  
BF浸出量から、考察泉到着までに当然生じる蒸発などによる減量の平均値をさし引いた  
見かけのBFである。

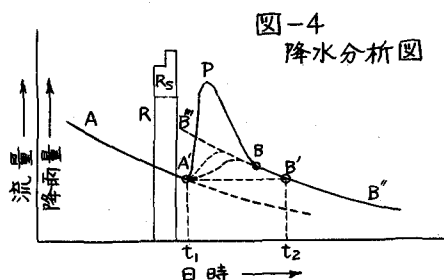
この模型について考えると、BF槽の容積が一定であるから保有しうる水量にも限度が  
あること、飽和状態からの浸出(BFの最大)は一定量であること、さらにBF槽の保有  
水量とBFとの間に1対1の対応が存在すべきこと、したがってBFが減衰する様相は常  
に一定曲線で表わされるべきであることなどが推定される。

旭川における流出の実態は、上記模型により推定されるこれら諸要素を如実に現出して  
おり、各河川、各地泉について個有のBF曲線が存在すべきことを示唆している。

### 3. 降水分析

BF曲線が確認されるならば、これを規矩として次のように降雨と流出との関係を明ら  
かにすることができる。図-4の降雨流出記録にお

いて、流出のうちA'A'がBF曲線に乗ること、また  
降雨による流出の乱れが終った後の流出B'B'が、  
再び安定したBF曲線に乗ることは、BF曲線を定  
規として記録に当てて見ると明らかに読みとること  
ができる。図の場合A'=B'となるようなB'をとれば  
面積 $t_1 A' P B' t_2$ は降雨Rのうち流出したもの全量  
を表わす。この場合B'泉は、後に降雨が生じて表面



に表われなくとも、BF曲線を延長すれば簡単に得られる(短期間流下率はこのように定  
義すべきである)。つぎに、この流出A'P B'のうち、B'B'を逆に延長して作るBF曲線  
B''Bを超過する部分は明らかに表面流であること、および表面流の始まるの時期において、

B''B以下にも若干の表面流を含むであろうことが推察される。BF増加の経過は過去に  
おける表面流を含まなかったBF増加記録を参考とし、また表面流およびBFの連続性を  
考慮に入れると、かなりの正確さをもつて画くことができるのでBFと表面流とは、相  
当の正確さをもつて区分し得る。

また、BF、表面流の区分如何にかかわらず、降雨量から流出量( $t_1 A' P B' t_2$ )をさし  
引いたものが、この降雨のうち流下しなかつた量すなわち▽槽に供給された量として与え  
られる。

この分析は毎降雨について実施することが可能であり、降雨と流出との関係を降雨ごと  
に判然とさせることができる。降水分析はBF曲線応用の効果の最も重要なものであつて

洪水についても同様に前記の方法で分析し得るから、繰返し分析を実施し、その性質を追跡、研究することによつて、洪水予知もまた可能となつてくる。

#### 4. 降雨と流出とのバランスシート

前項で述べた河川流出分析の継続がバランスシートである。旭川については過去5年来日々バランスシートを作成し日々のBF番号を決定している。その一例を表-1に示す。

この作業によつて毎日降水

表-1 バランスシート

昭和34.5月

分析の経験を積み、その統計資料を得、降雨と流出との関係を充分納得できる。

したがつて、降雨から将来の流出の予想も適確にできるので、利水、治水面の関係者に是非実施して欲しいと念願するところである。

また、バランスシートの毎月合計の5年間平均値を表-2に、降水分析の集計から得た降雨の配分率を表-3に示した。この降雨配分率は、少くともその内容の一雨ごとについて、降雨記録および流出実績によつて裏付けられているものであり、今後のバランスシート作成に役立つものである。

またバランスシート作成作業は、溯つてBF曲線自体の正確さをたしかめることにもなるものである。

#### 5. 浸透能

降水分析の項において、BF曲線を定規として分析を行なつたが、その一部分

として流域における浸透能を析出することも可能である。すなわち実績から1降雨による表面流を分離し、それに対応する部分を降雨中のピークから求める(図-4の $R_s$ )と、それ未満の部分が浸透能の範囲として得られる。この英を多くの降雨について求めBF番号に対応してプロットすればBF番号に対応した浸透能曲線が得られる。なお実用上の便宜

| 日付 | 流入量    | 降雨量   | BF   |     | BF槽貯水 |     | 雨量配分 |      |       | 誤差    |      | 記 事   |                                                |
|----|--------|-------|------|-----|-------|-----|------|------|-------|-------|------|-------|------------------------------------------------|
|    | 個日     | mm    | 個日   | No. | 個日    | 0時  | 24時  | BF槽  | 表面流   | V槽    | 当日   |       | 累計                                             |
| 1  | 24.6   | 1.1   | 15   | 10  | 23    | 280 | 300  | 43   | 16    | 204   | —    | 0     | 前日から50個日受<br><br>雨量mm.以外の<br>単位は個日とする          |
| 2  | 20.9   |       |      | 11  | 20    | 300 | 280  |      |       |       | +0.9 | +0.9  |                                                |
| 3  | 14.1   |       |      | 12  | 18    | 280 | 262  |      |       |       | -3.9 | -3.0  |                                                |
| 4  | 15.2   | 0.5   | 7    | 13  | 17    | 262 | 245  | —    | —     |       | -1.8 | -4.8  |                                                |
| 5  | 28.6   | 13.0  | 172  | 10  | 23    | 245 | 300  | 78   | 56    | 903   | —    | —     |                                                |
| 6  | 25.1   |       |      | 11  | 20    | 300 | 280  | —    | 5.1↑  |       | —    | —     | 降雨番号 143<br>R=643 BF 424<br>SF 77.7<br>V 141.3 |
| 7  | 18.1   | 7.3   | 96   | 12  | 18    | 280 | 262  | —    | —     |       | +0.1 | -4.7  |                                                |
| 8  | 46.0   | 36.8  | 486  | 5   | 4     | 262 | 444  | 223  | 5.0   | 141.3 | —    | —     |                                                |
| 9  | 11.0   | 4.6   | 61   | 2   | 60    | 444 | 585  | 201  | 51.0  |       | —    | —     |                                                |
| 10 | 74.7   |       |      | 3   | 53    | 585 | 532  |      | 21.7↑ |       | —    | —     |                                                |
| 11 | 47.2   | 24    | 32   | 4   | 47    | 532 | 485  | —    | —     | 123.1 | +0.2 | -4.5  | 降雨番号 144<br>R=239 BF 100<br>SF 159<br>V 123.1  |
| 12 | 59.8   | 15.7  | 207  | 3   | 53    | 485 | 532  | 100  | 68    |       | —    | —     |                                                |
| 13 | 56.1   |       |      | 4   | 47    | 582 | 485  |      | 9.1↑  |       | —    | —     |                                                |
| 14 | 37.2   |       |      | 5   | 41    | 485 | 444  |      | —     |       | -3.8 | -8.3  |                                                |
| 15 | 34.1   | 15.8  | 209  | 6   | 36    | 444 | 408  | —    | —     |       | -1.9 | -10.2 |                                                |
| 16 | 57.4   | 2.7   | 36   | 3   | 53    | 408 | 532  | 177  | 44    | 192.6 | —    | —     |                                                |
| 17 | 46.8   | 7.9   | 104  | 4   | 47    | 532 | 485  | —    | —     |       | -0.2 | -10.4 |                                                |
| 18 | 49.1   | 1.9   | 25   | 5   | 41    | 485 | 444  | —    | —     |       | +8.1 | -2.3  |                                                |
| 19 | 36.2   |       |      | 6   | 36    | 444 | 408  |      | —     |       | +0.2 | -2.1  |                                                |
| 20 | 28.7   |       |      | 7   | 32    | 408 | 376  |      | —     |       | -3.3 | -5.4  |                                                |
| 21 | 28.5   | 2.9   | 38   | 8   | 28    | 376 | 348  | —    | —     |       | +0.5 | -4.9  | 降雨番号 146<br>R=502 BF 237<br>SF 74.4<br>V 190.6 |
| 22 | 60.8   | 33.8  | 446  | 3   | 53    | 348 | 532  | 237  | 78    | 190.6 | —    | —     |                                                |
| 23 | 93.1   | 14    | 18   | 4   | 47    | 532 | 485  | —    | 46.1  |       | —    | —     |                                                |
| 24 | 61.5   |       |      | 5   | 41    | 485 | 444  |      | 20.5↑ |       | —    | —     |                                                |
| 25 | 42.0   |       |      | 6   | 36    | 444 | 408  |      | —     |       | +6.0 | +1.1  |                                                |
| 26 | 32.3   |       |      | 7   | 32    | 408 | 376  |      |       |       | +0.3 | +1.4  | 53個日は次月分                                       |
| 27 | 28.4   |       |      | 8   | 28    | 376 | 348  |      |       |       | +0.4 | +1.8  |                                                |
| 28 | 23.8   |       |      | 9   | 25    | 348 | 323  |      |       |       | -1.2 | +0.6  |                                                |
| 29 | 21.0   |       |      | 10  | 23    | 323 | 300  |      |       |       | -2.0 | -1.4  |                                                |
| 30 | 23.3   |       |      | 11  | 20    | 300 | 280  |      |       |       | +3.3 | +1.9  |                                                |
| 31 | 19.6   | 4.0   | 53   | 12  | 18    | 280 | 262  |      |       |       | +1.6 | +3.5  |                                                |
| 計  | 1265.2 | 151.8 | 2005 |     | 1077  |     |      | 1059 | 184.7 | 758.3 | +3.5 |       |                                                |

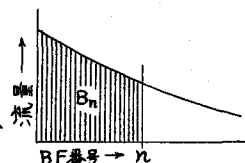
表-2 バランスシート集計表(雨量換算)

表-3 降雨配分率

| 月  | 降雨量<br>(mm) | BF槽<br>供給<br>(mm) | 表面流<br>供給<br>(mm) | V槽<br>供給<br>(mm) | 降 雨 区 分                         | 降 雨 配 分 率 (%) |      |      |
|----|-------------|-------------------|-------------------|------------------|---------------------------------|---------------|------|------|
|    |             |                   |                   |                  |                                 | BF槽           | 表面流  | V槽   |
| 5  | 126         | 61                | 12                | 53               | 流域が乾燥しているとき<br>(BF10番以上に終始した降雨) | 36.4          | 6.4  | 57.2 |
| 6  | 201         | 84                | 32                | 85               | 流域が普通の状態のとき<br>(BF4~9番に終了した降雨)  | 47.9          | 6.8  | 45.3 |
| 7  | 253         | 95                | 79                | 79               | 流域が飽和に近いとき<br>(BF3番以内に達した降雨)    | 53.6          | 17.4 | 29.0 |
| 8  | 159         | 69                | 20                | 70               | 洪水の原因になった降雨                     | 38.7          | 35.3 | 26.0 |
| 9  | 190         | 81                | 31                | 78               |                                 |               |      |      |
| 10 | 108         | 54                | 9                 | 45               |                                 |               |      |      |
| 計  | 1037        | 444               | 183               | 410              |                                 |               |      |      |

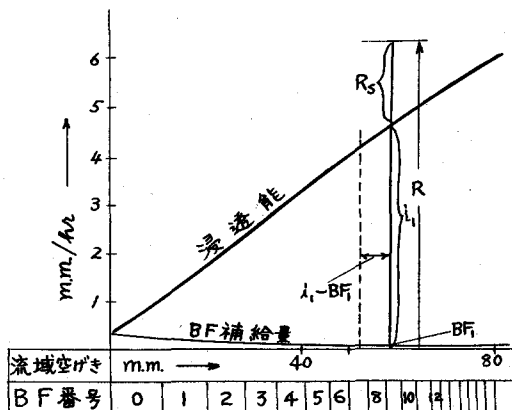
から、この横軸目盛に流域の標準空げきを用いているので若干の説明を加えると次のとおりである。BF曲線は実にキレイな曲線であつてその番号が凡番のとき、BF槽の空げきは明らかに面積 $B_n$ で表わされる（図-5）。

流域の空げきはもちろんBF槽の空げきとV槽のそれとの和であるが、



この後者についてはBF槽のように明確なものは得がたい。しかし蒸発に使用される水量は、降水分析によつて降雨ごとに確かめられており、したがつてその配分から両槽空げきの比率についても大体の推定は可能である。旭川の場合過去5年間の累計については、BF槽に供給された総水量の92%がV槽に供給されている。たゞし降水はV槽に優先配給されるのであつて、微量の降水は全量がV槽に供給されることが明らかであるから、両槽空げきの比率はこの数値よりも小であることは明らかである。一方実例は少ないが、両槽がほとんど空虚の状態

（BF番号大）から大雨によつて一気に両槽が満水の状態になった実績があり、そのときの上記比率は68.5%となつている。これらのことを総合して、旭川については標準的にはV槽の空げきはBF槽のその70%であるとしている。かくしてこの標準空げきを横軸とつて、流域の浸透能曲線を描き、これを洪水原因雨量分離の基準線としている。



#### 浸透能曲線の使用法

図-6に浸透能曲線およびその使用方法を示す。BF凡番のとき降雨が始まり、1時間目の降雨量が $R$ であれば、図から $i_1$ がこのときの浸透能であり、したがつて超過分 $R_s$ は表面流となる雨量である（曲線を求めた手順の逆）。次の時間の浸透能は $i_1 - BF_i$ だけ空げきが充填された状態の位置にずらせて考えればよい。以後同様に、降雨は流域の空げきを埋めていき、浸透能を超過する部分が表面流（洪水）の原因雨量となるものである。

洪水計算はこの雨量を用いて実施すれば、全く機械的に行なうことができる。

#### 6. むすび

BF曲線は実績から抽出したものであり、また実績によつて裏付けられているものである。日々の変動は気象条件などによる二次的影響や、人工採作の影響などによるものであるから、それらのために本質的な重要特性を見逃してはならない。

BF曲線を応用することによつて、流域内の水のありかたは、手にとるごとく明確に把握されるのみならず、洪水計算をも全く機械的に実施しうる。

河川はその規模に応じて個有の流出特性をもっているものである。BF曲線はその基幹となるものであるから、これを決定し、バランスシートを作成して日々の流域の状況を把握しておくならば、一旦出水の場合にも迅速に流出波形を予想し得、治水の万全を期しうると信ずる。