

流出計算法の総合化に関する研究

A method for determination of mountain forest drainage basin runoff in Japan

新潟大学工学部 正員 岡本芳美

1. はじめに

本研究は、建設省土木研究所水文研究室が昭和43年に発表した“美和小試験地水文観測資料”にその端を発している。講演者は、その解析を契機として、山林地流域における降雨の流出現象と流出過程についてそれまで持っていた概念(図-1)に疑問をいだくようになり、この問題を独自の立場で研究すべく、利根川支川赤谷川上流部に“相俣試験地”とよぶ小流出試験地を設定して、研究を開始した。また、それと並行して、日本列島上に展開する建設省所管の多目的ダムを利用して、山林地流域の洪水資料を収集し、解析を加える研究を行った。以上の研究結果を元として、山林地流域における降雨の流出現象と流出過程についての仮説を立て、これにもとづいて降雨の流出過程をあらわす工学的数理モデルを組み立て、これを多くの山林地で発生した雨量と流量の関係のわかっている大洪水(原則として比流量が1以上の洪水)に適用して、講演者の仮説とそれにもとづく流出モデルの妥当性を検証した。この最後の研究過程については、土木学会論文報告集に投稿中であり、未発表である。

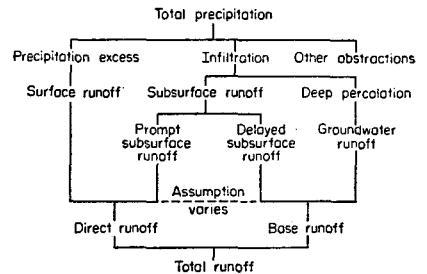


図-1 流出の過程と成分 (VEN TE CHOW Ed. HANDBOOK OF APPLIED HYDROLOGY MCGRAWHILL P. 14-3)

本講演論文は、講演者の山林地流域における降雨の流出現象と流出過程についての考え方とそれにもとづく流出モデルを述べ、このモデルによる山林地流域で発生した大洪水の再現計算結果を示して、モデルの検証を行い、講演者の一連の研究の最終目標とするところのモデル中に含まれるパラメータの総合化が可能であるかという問題について研究した結果の中間報告である。なほ、講演者のいう“総合化”という言葉の意味は、具体的には、“流出モデルの中のパラメータの値が、任意の山林地流域にたいして、雨量と流量の関係のわかっている洪水の再現計算を経ずして決定できる。すなわち、パラメータの値の決定が公式化されており、水文資料のない流域にたいしても本モデルが容易に適用できる。”ということである。

2. 講演者の山林地流域における降雨の流出現象と流出過程についてのこれまでの研究の結論

講演者の山林地流域における流出現象と流出過程についてのこれまでの研究の結論は、つぎの通りである。

- ① 日本列島上の山林地流域は、降雨の流出という観点から見ると、本質的な違いは、なく、同一である。
- ② 山林地流域は、滲透能の値がきわめて高く、現気候条件下では、特別な場所を除き、すなわち露岩地帯やそれに準ずる地帯を除いては、表面流は、発生せず、降雨は、総て地中に滲透する。
- ③ 降雨の損失は、主として土壤中の空の毛管孔隙を滲透して来た雨水が満すことによつて生ずる。
- ④ 土層中に滲透した有効降雨は、基盤岩層に割れ目がない場所、または割れ目から地下水が滲出して来ている場所を除いては、総て基盤岩層の中に、さらに滲透する。
- ⑤ 土層から基盤岩層中に滲透した有効降雨は、基盤岩層底部に向う。
- ⑥ 基盤岩層底部に到達した有効降雨は、そこに帯水層を形成し、滞留した後に、基盤岩層から滲出して、土層中、または露岩部表面を流れて河道に流出する。基盤岩層底部に形成される帯水層は、場所によりその貯留作用に特徴的な差があり、長期間地下水放出帯水層・中期間地下水放出帯水層・短期間地下水放出帯水層の三種類に分類できる。そして、それぞれは、線形貯水池と見なすことができ、それらの貯留係数は、大

洪水のハイドログラフの減退部分をバーンズの方法で解析することにより、原理的には、得られる。

⑦ 基盤岩層から地下水が土層中に滲出して来ている場所、ならびに土層でおおわれた基盤岩層が一枚岩で、割れ目がない場所に降つた有効雨量は、基盤岩層中に滲透せず、土層中を流れて河道に流出する。しかし、このような流出形態は、降雨の流出の工学的数理モデルを組み立てるに当つては、特にとり上げる必要はない。

⑧ 河道網は、線形河道網としてとりあつかつても良い。

以上にもとづく山林地流域における降雨の流出をあらわす工学的数理モデルの概念図は、次頁の図-2の通りである。また、中に含まれるパラメータの種類は、以下の通りである。

〔流域の土地の利用状況をあらわすパラメータ〕

- | | | |
|------------|------------|---|
| 1) 森林地面積率 | $AFO (\%)$ | } 山林地流域は、水田地を除いては、総て森林地としてとりあつかう。河道は、面積のない線とする。
。 $AFO + APA = 100 (\%)$ 。 |
| 1') 水田地面積率 | $APA (\%)$ | |

〔森林地のパラメータ〕

(定数)

- | | | |
|----------------------|------------|---|
| 2) 初期飽和地帯面積率 | $AFS (\%)$ | } $AFS + ASS = 100 (\%)$ 。 |
| 2') 二次飽和地帯面積率 | $ASS (\%)$ | |
| 3) 短期間地下水放出帯水層地帯面積率 | $ASG (\%)$ | } 森林地は、左記三つの地帯により構成されている。
$ASG + AMG + ALG = 100 (\%)$ 。 |
| 3') 中期間地下水放出帯水層地帯面積率 | $AMG (\%)$ | |
| 4) 長期間地下水放出帯水層地帯面積率 | $ALG (\%)$ | |
| 5) 短期間地下水放出帯水層貯留係数 | $KSG (hr)$ | } 左記三つの貯留係数は、線形貯留係数である。上記三つの地帯からの流出を短期・中期・長期地下水流出とよぶ。 |
| 6) 中期間地下水放出帯水層貯留係数 | $KMG (hr)$ | |
| 7) 長期間地下水放出帯水層貯留係数 | $KLK (hr)$ | |

(変数)

- | | | |
|-----------|------------|--|
| 8) 初期飽和雨量 | $FSA (mm)$ | } 初期飽和地帯・二次飽和地帯は、降雨開始よりの累加雨量が $AFS \cdot ASS$ に達つすると飽和するものとし、以降の雨量は、全部有効雨量となる。 |
| 9) 流域飽和雨量 | $SSA (mm)$ | |

〔水田地のパラメータ〕

(定数)

- | | | |
|------------|------------|---------------|
| 10) 田面貯留係数 | $KPA (hr)$ | 田面は、線形貯水池とする。 |
|------------|------------|---------------|

(変数)

- | | | |
|------------|------------|---|
| 11) 田面飽和雨量 | $SFA (mm)$ | 田面から河道に降雨が流出しはじめるまでの累加雨量。田面からの流出を水田流出とよぶ。 |
|------------|------------|---|

〔河道のパラメータ〕

(定数)

- | | | |
|------------|---------------|---|
| 12) 河道集中速度 | $VCH (km/hr)$ | オ-ダが一次以上の河道の河道網に斜面から流出した有効雨量がそこを流域の出口に向け流下して行く速度。 |
|------------|---------------|---|

〔洪水をもたらした降雨の開始時の流域・河川の状態をあらわすパラメータ〕

(変数)

- | | | |
|----------|-----------------|--|
| 13) 初期流量 | $IFL (m^3/sec)$ | 本モデルによる洪水の計算開始時点は、河川流量が長期地下水流出にのみより構成されている状態とする。 |
|----------|-----------------|--|

すなわち、山林地流域における降雨の洪水流出をあらわす本数理モデルは、全部で13ケのパラメータを持ち、内9ケは、流域に関する定数、4ケは、洪水毎に異なる変数である。

以上13ケのパラメータの中で、森林地面積率・水田地面積率・初期流量は、モデルと無関係に決定されるべきものであり、ことさら説明を加える必要はないであろう。残りのパラメータは、その値の決定法から次の種類に分類できる。

- ① 雨量と流量の関係のわかっている既往洪水、すなわち水文資料のある洪水のハイトグラフとハイドログラフの特に上昇部の関係解析からその特性、ならびにとるべき値の範囲がわかり、したがって水文資料のある特定の洪水にたいしてとるべき値は、洪水の再現計算を通して試算で最終的に決定し得るもの。→→→ F S A ・ S S A

- ② 水文資料のある大洪水のハイドログラフの減退部分のパーズメの方法による解析から、おおよその値、ならびに相互間の値の関係の推定がつき、したがって特定流域がとるべき値は、多数の水文資料のある洪水の再現計算を通して試算で最終的に決定しうるもの。→→→ K S G ・ K M G ・ K L G ・ K P A 。
- ③ 降雨開始時のそこの状況を知れば、概略の値の推定がつくもの。→→→ S P A 。
- ④ その値の決定公式があり、実際の値もそれから得られた値と著しく異つたものであるとは、考えられず、多数の流域について試算を行った結果、その公式をそのまま用いても良いという結果が出たもの。→→→ V C H 。
- ⑤ 水文資料のある洪水の再現計算を通してのみ、試算で決定されるもの。→→→ A F S ・ A S S ・ A S G ・ A M G ・ A L G 。

すなわち、本モデルの各パラメータの値は、総て最終的には、水文資料のある洪水の再現計算を通して決定されなければならない。しかし、各パラメータは、総て物理的意味を持つているので、水文資料のある洪水の再現計算と関係なく決定しうるようになる可能性が十分にあると講演者は、考えている。

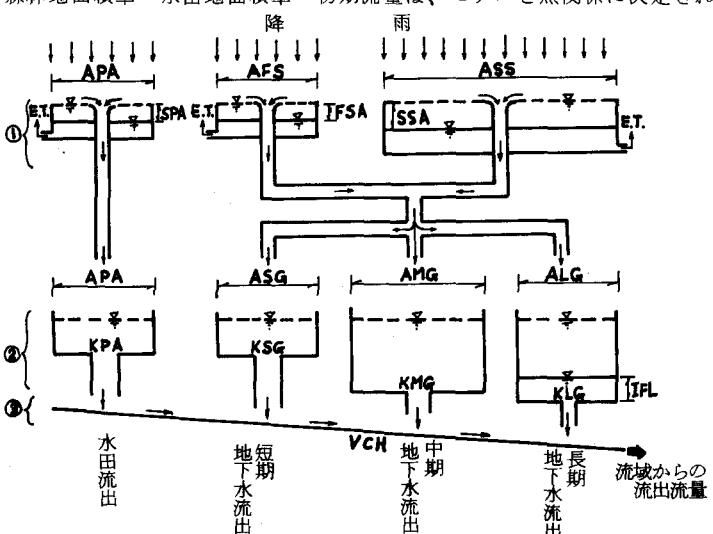


図-2 山林地流域における降雨の流出過程をあらわす工学的数理モデルの概念図(①は、有効雨量モデル、②は、斜面モデル、③は、河道モデルを示す。)

3. 本流出モデルの検証について

以上から、本流出モデルを検証することは、複数の水文資料のある流域多数について、まず第一に、各洪水を再現するパラメータの各値が試算により求まり、複数の洪水にたいして定数たるべきパラメータは、定数と見なせ、変数のパラメータには、流域の状態をあらわす指標値との間に相関性のあることがわかり、第二に、各流域相互間で、各パラメータに普遍的な法則性が存在することを証明す

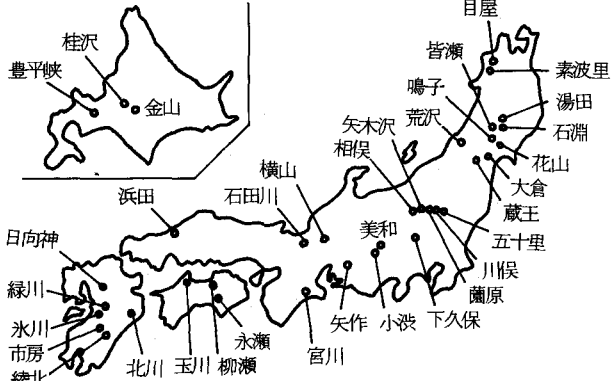


図-3 対象多目的ダム一覧

ることであるといえよう。講演者は、複数の水文資料が得られた全国にわたる35の流域に本モデルを適用して、検証を行った。図-3参照。図-4は、それらの流域についての洪水の再現結果である。

4. 本モデルの検証に用いた洪水資料の問題点について

講演者は、山林地流域の洪水資料を得るために建設省所管の多目的ダムを利用している。その理由は、建設省所管の多目的ダムにおいては、高度の水管理が要求され、そのための基礎資料として時間単位の流域雨量・ダム貯水池流入量の記録が一般に比較的良好に整理・保存されているためである。貯水池流入量について考えてみると、これは、貯水池の水位変化とダム放流量から算定されているので、全般的に見れば、相当精度の良いものである。ただし、低水時においては、水位の測定誤差が大きく影響して、個々の値は、相当バラツキ、処理に苦しむ面がある。流域雨量については、おおむね50km²に一点という割合でテレメータ化された雨量計が配置されているようである。この程度の雨量計配置密度であれば、相当長期間、たとえば一水年間の総雨量については、誤差が±10%程度以内で十分に測定可能であろう。すなわち、流域の気候をとらえるには十分であろう。しかし、洪水の再現計算のための面積雨量は、その誤差が±10%程度以内に常におさまっている必要があり、50km²に一点というような雨量計配置密度で、常にこの条件を満足させることは、無理であると講演者は、考えている。したがって、建設省所管の多目的ダム流域で観測された流域雨量は、たまたま偶然非常に精度が良い場合から、かろうじて流域における雨の降り方の傾向をとらえている場合、極端にはテレメータは、全然降雨を知らせて来ないのに貯水池流入量は、どんどん増えているというような事態もそう珍しくなく起る場合、等々と色々である。すなわち、流量精度については、問題は、あるが、総合的に見れば相当高い（誤差は、±数%程度以内と推定される）のにたいして、雨量精度は、洪水毎に変化し、洪水の再現計算に使用し得ない場合も相当数あるということである。このようなことから、モデルが悪くて洪水がうまく再現できないのか、モデルは、悪くないが、雨量が悪くて駄目なのか、それとも両者が悪いのか、判断のつき難い事態が生ずることにもなる。本論では、多目的ダム流域において発生した洪水の内から最大流量が大きい順に五洪水収集し、これに本モデルを適用して再現計算を行い、再現度の良い方から三例を図-4にかかっている。一洪水しか資料が収集できなかった流域については、ここでは対象としていない。再現例として二洪水かかっているのは、二洪水しか資料を収集できなかったためである。また、観測された流域雨量が、流域における降雨の時間分布の傾向は、十分にとらえ得ていると考えられるが、量については過不足があると判断された場合には、限界降雨強度RLI (mm/hr)以上の時間雨量にたいしてRCO (%)という割り増し、あるいは割り引き補正係数を乗じて、流域雨量を補正している。ただし、RLIについては、作為をできるだけさけるために、0mm/hrとしている。このような補正を加えた前後の計算ハイドログラフを比較すると、両者は、きれいな相似関係を示している。また、この際は、自動的に初期飽和雨量・流域飽和雨量を割り増し、あるいは割り引いている。図-4中の値は、補正前の値である。

5. 本流出モデルによる洪水の再現結果について

次頁以下に本流出モデルによる洪水の再現結果を示す。本モデルによる山林地流域で発生した洪水の再現度は、雨量精度の良いと思われる流域については、非常に良い。ただし、上記の流域でも、流域内の地質分布が極端に複雑な流域では、良い再現度が得られていない。このことは、地質というものが流出に非常に大きく影響しているらしいという解釈が成り立つことを示している事柄であるともいえるかもしれない。本モデルによる洪水の再現精度は、最大流量、ならびに部分的最大流量にたいしては、時間で±1時間以内、流量で流域雨量の精度と同程度を期待できる。ハイドログラフの上昇部分の再現度は、減退部分よりも良いという特性が認められる。このことは、本モデルによる計算法が計画洪水の算定のみならず、洪水予報のための流量予測手法として利用できる可能性があることを示している、といえよう。

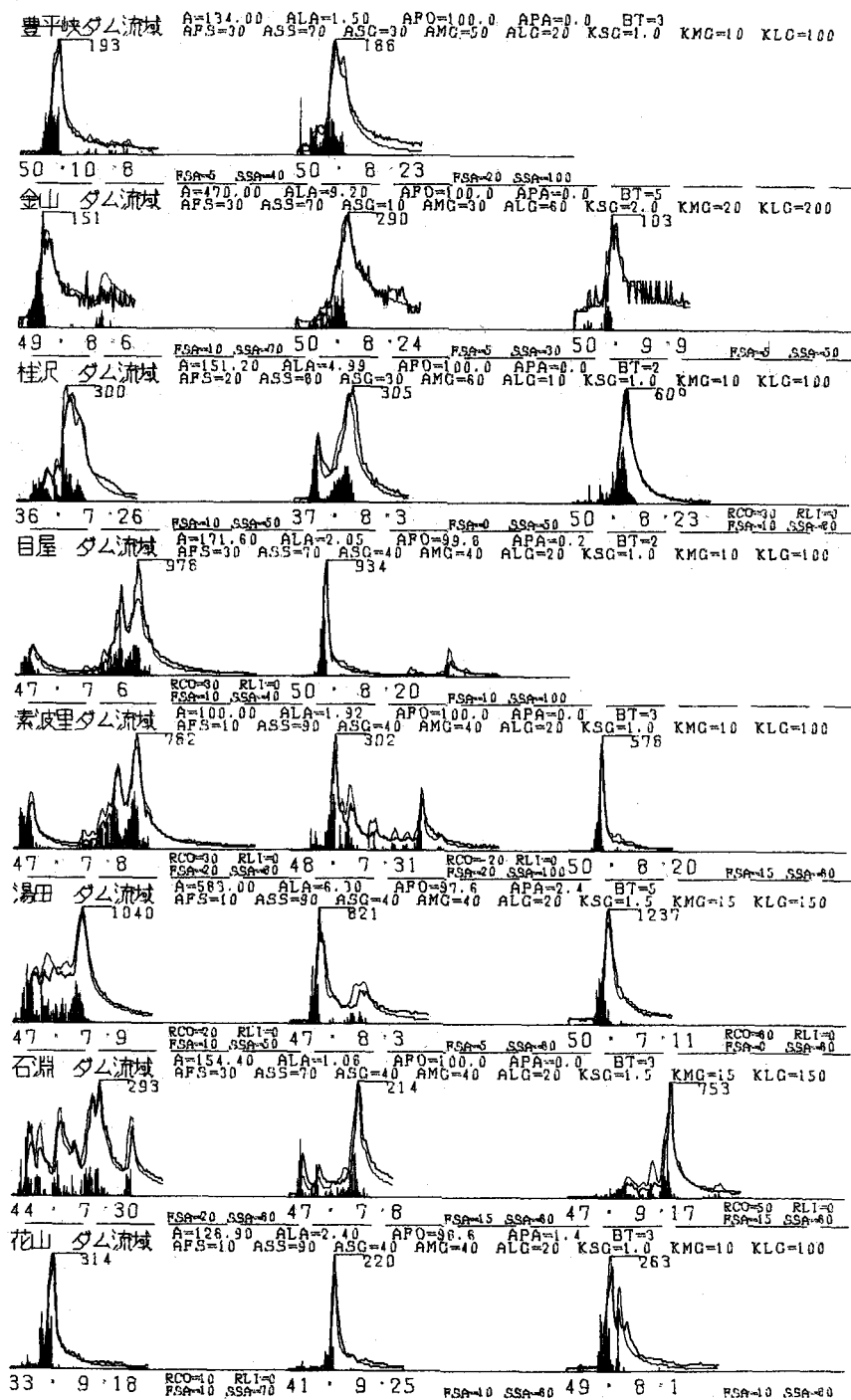


図-4 35ダム流域についての洪水再現結果

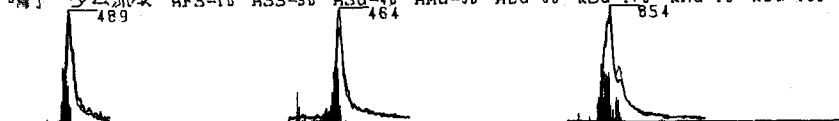
①ハイドログラフの太線は、実測値を、細線は、計算値を示す。

②ハイトグラフとハイドログラフは、共に最大値を100%として描かれている。付記された数値は、ハイドログラフの最大値をあらわす。

皆瀬 ダム流域 A=172.00 ALA=1.50 APO=98.7 APA=1.3 BT=3
AFS=30 ASS=70 ASG=30 AMG=40 ALC=30 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



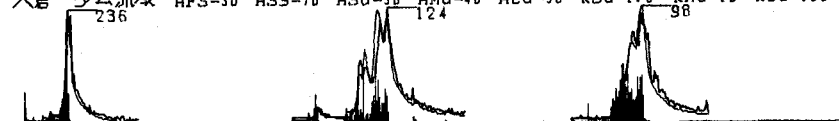
41・6・28 FSA=20 SSA=70 44・7・30 FSA=20 SSA=20 47・9・17 RCO=30 RLI=0
FSA=10 SSA=40
鳴子 ダム流域 A=210.10 ALA=2.10 APO=98.2 APA=1.6 BT=3
AFS=10 ASS=90 ASG=40 AMG=30 ALC=30 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



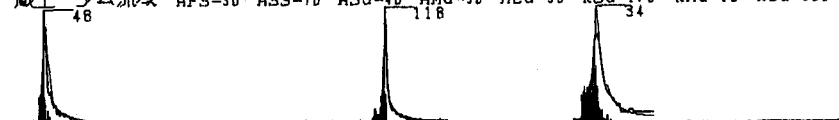
34・9・27 FSA=10 SSA=70 41・6・28 FSA=15 SSA=20 49・8・1 FSA=10 SSA=50
A=162.00 ALA=1.89 APO=98.1 APA=0.6 BT=3
荒沢 ダム流域 AFS=10 ASS=90 ASG=40 AMG=40 ALC=20 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



33・7・28 RCO=20 RLI=0 40・7・15 RCO=30 RLI=0 44・8・7 RCO=30 RLI=0
FSA=5 SSA=25
大倉 ダム流域 A=88.50 ALA=1.60 APO=98.1 APA=1.6 BT=2
AFS=30 ASS=70 ASG=30 AMG=40 ALC=30 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



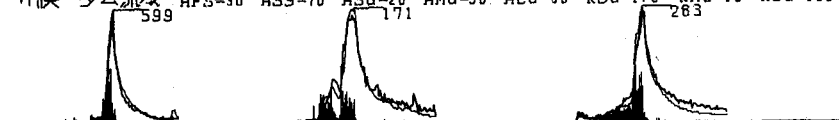
41・6・29 RCO=20 RLI=0 44・8・8 FSA=10 SSA=40 46・8・31 FSA=15 SSA=70
FSA=15 SSA=100
蔵王 ダム流域 A=21.00 ALA=0.24 APO=100.0 APA=0.0 BT=2
AFS=30 ASS=70 ASG=40 AMG=30 ALC=30 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



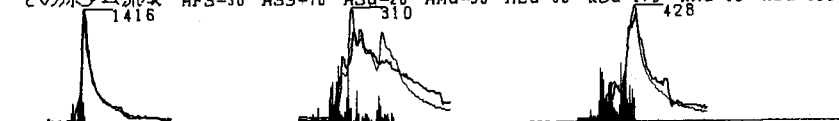
46・7・16 FSA=10 SSA=70 47・9・17 FSA=10 SSA=100 49・9・24 FSA=20 SSA=30
A=274.70 ALA=3.10 APO=100.0 APA=0.0 BT=3
五十里ダム流域 AFS=30 ASS=70 ASG=20 AMG=50 ALC=30 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



33・9・18 FSA=15 SSA=20 34・8・14 FSA=20 SSA=20 47・9・17 RCO=30 RLI=0
FSA=25 SSA=40
川俣 ダム流域 A=179.40 ALA=2.59 APO=100.0 APA=0.0 BT=2
AFS=30 ASS=70 ASG=20 AMG=50 ALC=30 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



47・9・17 FSA=20 SSA=100 49・8・26 FSA=25 SSA=125 49・9・1 FSA=10 SSA=70
A=493.40 ALA=0.31 APO=99.2 APA=0.6 BT=4
その原ダム流域 AFS=30 ASS=70 ASG=20 AMG=50 ALC=30 KSG=1.0 KMG=15 KLG=150

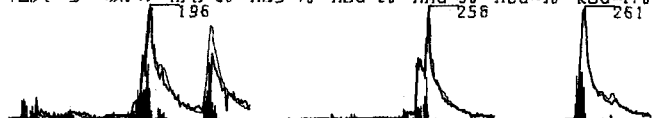


41・9・25 RCO=10 RLI=0 46・9・7 FSA=20 SSA=20 49・8・26 RCO=30 RLI=0
FSA=20 SSA=75 FSA=30 SSA=120
矢沢ダム流域 A=167.40 ALA=5.67 APO=100.0 APA=0.0 BT=2
AFS=30 ASS=70 ASG=40 AMG=30 ALC=30 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



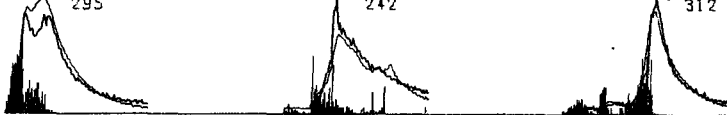
44・7・5 FSA=10 SSA=20 44・8・12 FSA=0 SSA=70 46・11・1 RCO=20 RLI=0
FSA=5 SSA=25

相模 ダム流域 A=110.60 ALA=0.98 APO=99.9 APA=0.1 BT=2
AP3=30 ASS=70 ASG=20 AMG=50 ALC=30 KSG=10 KMG=10 KLG=100



36 · 6 · 27 PSA=10 SSA=10 40 · 9 · 18 PSA=20 SSA=20 47 · 7 · 15 PSA=10 SSA=50

下久保ダム流域 A=328.40 ALA=3.27 APO=100.0 APA=0.0 BT=5
AP3=30 ASS=70 ASG=10 AMG=60 ALC=10 KSG=2.0 KMG=20 KLG=200



46 · 8 · 31 PSA=5 SSA=30 47 · 7 · 23 PSA=10 SSA=50 47 · 9 · 17 PSA=10 SSA=60

美和 ダム流域 A=311.10 ALA=1.79 APO=100.0 APA=0.0 BT=4
AP3=30 ASS=70 ASG=20 AMG=50 ALC=30 KSG=2.0 KMG=20 KLG=200



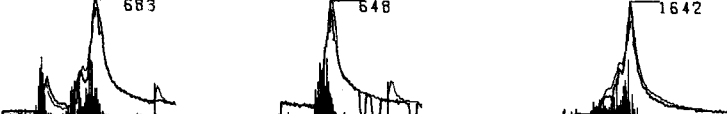
33 · 9 · 18 RCO=30 RLI=0 36 · 6 · 28 RCO=30 RLI=0 45 · 6 · 16 PSA=15 SSA=75

小波 ダム流域 A=288.00 ALA=1.23 APO=99.3 APA=0.7 BT=3
AP3=30 ASS=70 ASG=20 AMG=50 ALC=30 KSG=2.0 KMG=20 KLG=200



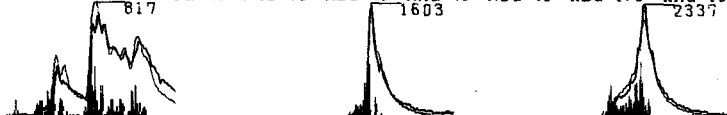
44 · 7 · 5 PSA=20 SSA=20 44 · 8 · 5 PSA=5 SSA=30 45 · 6 · 16 PSA=20 SSA=100

矢作 ダム流域 A=504.50 ALA=2.70 APO=97.2 APA=2.6 BT=4
AP3=30 ASS=70 ASG=30 AMG=40 ALC=30 KSG=2.0 KMG=20 KLG=200



47 · 9 · 17 PSA=10 SSA=20 49 · 7 · 7 PSA=15 SSA=20 50 · 8 · 23 PSA=10 SSA=70

横山 ダム流域 A=471.00 ALA=1.70 APO=99.3 APA=0.7 BT=5
AP3=20 ASS=60 ASG=30 AMG=40 ALC=30 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



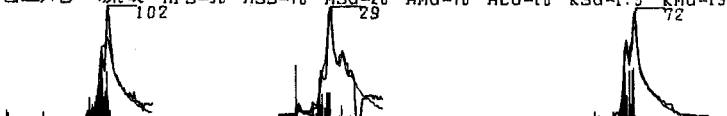
47 · 7 · 12 RCO=20 RLI=0 47 · 9 · 16 PSA=20 SSA=130 50 · 8 · 23 PSA=20 SSA=100

宮川 ダム流域 A=125.60 ALA=2.13 APO=100.0 APA=0.0 BT=2
AP3=10 ASS=90 ASG=40 AMG=50 ALC=10 KSG=1.0 KMG=10 KLG=100



34 · 9 · 26 RCO=100 RLI=0 35 · 8 · 29 RCO=30 RLI=0 37 · 7 · 27 RCO=60 RLI=0

石田川ダム流域 A=23.40 ALA=0.16 APO=100.0 APA=0.0 BT=2
AP3=30 ASS=70 ASG=20 AMG=70 ALC=10 KSG=1.5 KMG=15 KLG=150

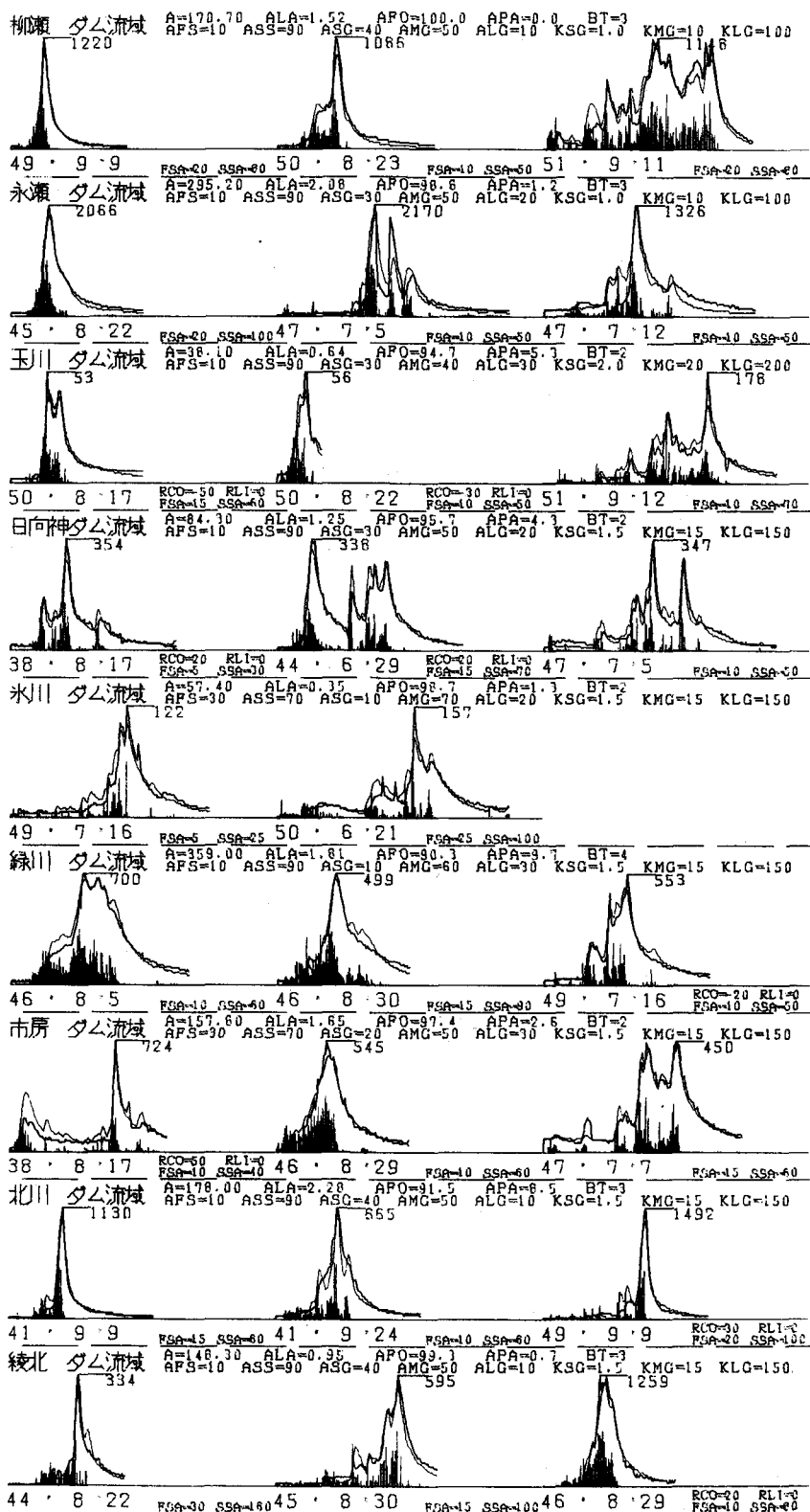


47 · 9 · 17 RCO=20 RLI=0 46 · 7 · 26 PSA=20 SSA=20 50 · 8 · 23 RCO=20 RLI=0

浜田 ダム流域 A=33.80 ALA=0.27 APO=80.1 APA=19.9 BT=2
AP3=30 ASS=70 ASG=40 AMG=50 ALC=10 KSG=2.0 KMG=20 KLG=200



40 · 7 · 22 RCO=10 RLI=0 41 · 9 · 25 PSA=15 SSA=100 47 · 7 · 11 RCO=10 RLI=0



6. 洪水の再現計算の結果得られた本流出モデルの各パラメータの特性について

以上の再現計算の結果より得られた各パラメータの特性について検討を加えれば、次の通りである。

- ① 山林地流域の土地利用状況をパラメータであらわすに当つては、特に水田地だけをとりだし、残りは、森林地として一括してとりあつかうことにたいしては、支障は、生じなかつた。
- ② 初期飽和地帯面積率の値は、10～30%となつた。ハイドログラフが立ち上がったあとも、あまり流量が増加せず、しばらくして突然急激な増加に転ずるような流域では、その値が10%程度となつた。したがつて、このパラメータの値は、ハイドログラフの上昇部分の初期の形態より推定が可能な性質を持つ。
- ③ 短期間地下水放出帯水層地帯面積率は、流域の地形の険しさに強く関係するパラメータのようで、流域地形を概念的に、イ)非常に険しい、ロ)険しい、ハ)普通、ニ)緩やか、と四段階に分けると、非常に険しい流域で40%程度、険しい流域で30%程度、普通の流域で20%程度、緩やかな流域で10%程度の値をとる。このパラメータと流域の土質・地質との関係は、直接的には、あまりないようである。
- ④ 長期間地下水放出帯水層地帯面積率は、流域の地質に非常に強く関係するようである。といつても、地質との関連でこのパラメータをあつかうときの地質の分類は、そう細かなものである必要は、なく、火成岩・堆積岩・変成岩〔変堆積岩・片麻岩・珪岩〕といった程度のもので良さそうである。このパラメータの値は、地質が火成岩と変堆積岩を除いた変成岩の流域では、30%程度の値になる。堆積岩の場合には、10%程度と低い値になる。変堆積岩にたいしては、この講演論文を書いている時点では、まだ結論を得ていない。
- ⑤ 短期間地下水放出帯水層貯留係数の値は、長期間地下水放出帯水層貯留係数の値の1%程度の値を用いられれば、良い結果が得られる。
- ⑥ 中期間地下水放出帯水層貯留係数の値は、長期間地下水放出帯水層貯留係数の値の10%程度の値を用いられれば、良い結果が得られる。
- ⑦ 長期間地下水放出帯水層貯留係数の値は、流域の地質に相当強く関係するようである。このときの地質の分類は、火成岩〔貫入火成岩（深層風化しているか否か）・迸出火成岩（熔岩・火山噴出物）〕・堆積岩〔碎屑岩・火山碎屑岩・有機堆積岩〕・変成岩〔変堆積岩・片麻岩・珪岩〕等といった程度の仕分けは、少なくとも必要のようである。この値は、大洪水のハイドログラフの減退部分をバーンズの方法で図形解析して得られる、いわゆる地下水の逓減係数の逆数と原理的には同じと考えて良い。地質が火成岩の流域では、100hr程度（ただし、深層風化している場合は、200hr程度）の値、堆積岩の場合は、一般に大きな値を示すことが多くて150～200hr程度の値、変成岩では、火成岩と堆積岩の中間的値、をとる傾向がある。このパラメータの感度は、100hrのものを150hrと見積つても、そう大きく影響は、出ないが、これが200hrとなると相当に異つた結果が出てしまうというような程度のもので、このモデルを洪水流出に限定して適用する場合には、100・150・200hrと50hr単位ぐらいに設定すれば、良いようである。
- ⑧ 初期飽和雨量は、降雨開始後ハイドログラフが立ち上がりはじめるまでの累加雨量と同じになる。すなわち、一般に初期損失雨量とよばれる概念による数値と同じになる。流域飽和雨量にたいする比率は、多くの場合、四ないし五分の一程度、数量で10～30mm程度の値となる。
- ⑨ 流域飽和雨量は、貯留関数法における飽和雨量と数値的にはほぼ同値をとるといつて良く、降雨開始時の流域の湿り具合に、初期飽和雨量と共に、強く関係し、地質や土質の種類には関係しない。相当長期間降雨がなくて流域が乾いている状態では、100mm以上の値になることもあり、その平均的な値が、北国では比較的小さく、南国では大きくなる傾向がある。このパラメータの値は、ハイドログラフとハイドログラフの関係を見ることによつて、水文資料のある特定の洪水にたいしては、おおむねその値を推定することが可能であり、洪水の再現計算の試算を通して、最終的に確定される。
- ⑩ 田面貯留係数は、ここでもかかげた35流域の洪水再現計算例では、短期間地下水放出帯水層貯留係数と

同じ値を用いたが、水田地面積率の著しく高い値の流域についても支障が感じられなかつた。オーダ的には、ほぼ同じ値と考えても良いようである。

⑪ 田面飽和雨量は、ここでは初期飽和雨量と同じと仮定したが、田面貯留係数同様に支障は、なかつた。

⑫ 河道集中速度には、いわゆる“ルジハの値”を用いると良い結果が得られることが判明した。

以上のパラメータのハイドログラフ支配の特性を見ると、初期飽和地帯面積率は、降雨開始後ハイドログラフが立ち上がりはじめて、流域の飽和と共にハイドログラフが急激な上昇に転ずるまでの間を支配している。短期間地下水放出帯水層地帯面積率は、河道集中速度と共に、最大流量を支配している。中期間地下水放出帯水層地帯面積率は、ハイドログラフの減退部分の初期から中期にかけての逓減状況を支配している。長期間地下水放出帯水層地帯面積率は、長期間地下水放出帯水層貯留係数と共に、ハイドログラフの洪水終期の部分を支配している。したがって、水文資料のある洪水の再現計算では、上記事項を考慮に入れておけば、容易に作業を進めることができる。ただし、この場合、河道集中速度に関しては、ルジハの値を用いて、最初から固定しておけば良い。

各パラメータの感度は、初期飽和雨量・流域飽和雨量を除いては、そう高くなく、各々が当らずといえども速からずの範囲にその値が入っていれば、相当高い再現度が容易に得られる。ただし、降雨総量が流域飽和雨量をはるかに超えるような大洪水では、感度の高い初期飽和雨量・流域飽和雨量も、ハイドログラフの上昇部分に局部的な影響しか与えない。

7. 本モデルの長期間流出計算への適用について

本モデルは、これまでの段階では、洪水流出計算を目的として開発されて来た。しかし、初期飽和雨量・流域飽和雨量、ならびに田面飽和雨量をあらわす図-2の最上段に位置するタンクの諸元（深さと出口の大きさ）を決めてやれば、本モデルは、そのまま長期間流出を計算するためのモデルに転用できる。

8. 総括

講演者は、山林地流域の洪水流出を計算するための13ケのパラメータを有する新流出モデルを提起し、これを複数の水文資料のある洪水が得られた35の山林地流域に適用して、洪水の再現計算を行い、新流出モデルの工学的妥当性を検証すると共に、得られた各パラメータの値を解析して、各パラメータの特性を明らかにし、それらの総合化の可能性について検討を加えた。講演者は、本流出モデルは、山林地の洪水の再現という点では、工学的に見れば、十分に満足すべきものであると考えている。また、パラメータの値の総合化という点では、十分にその可能性があると判断している。講演者の手元には、未着手の洪水資料が20流域分以上残っているため、それらの解析を早急に終えて、洪水流出に関する部分の研究に結論を出したいと願っている。

9. おわりに

本研究を行うにあたっては、御名前をあげることができない位に、多くの方々の御援助・御協力を得ました。席上を借りまして、ここにつつしんで御礼申し上げます。

参考事項

岡本芳美 日本列島上の山林地流域における降雨の流出現象と流出過程についての総合的研究 土木学会論文報告集に投稿中 昭和52年11月1日提出