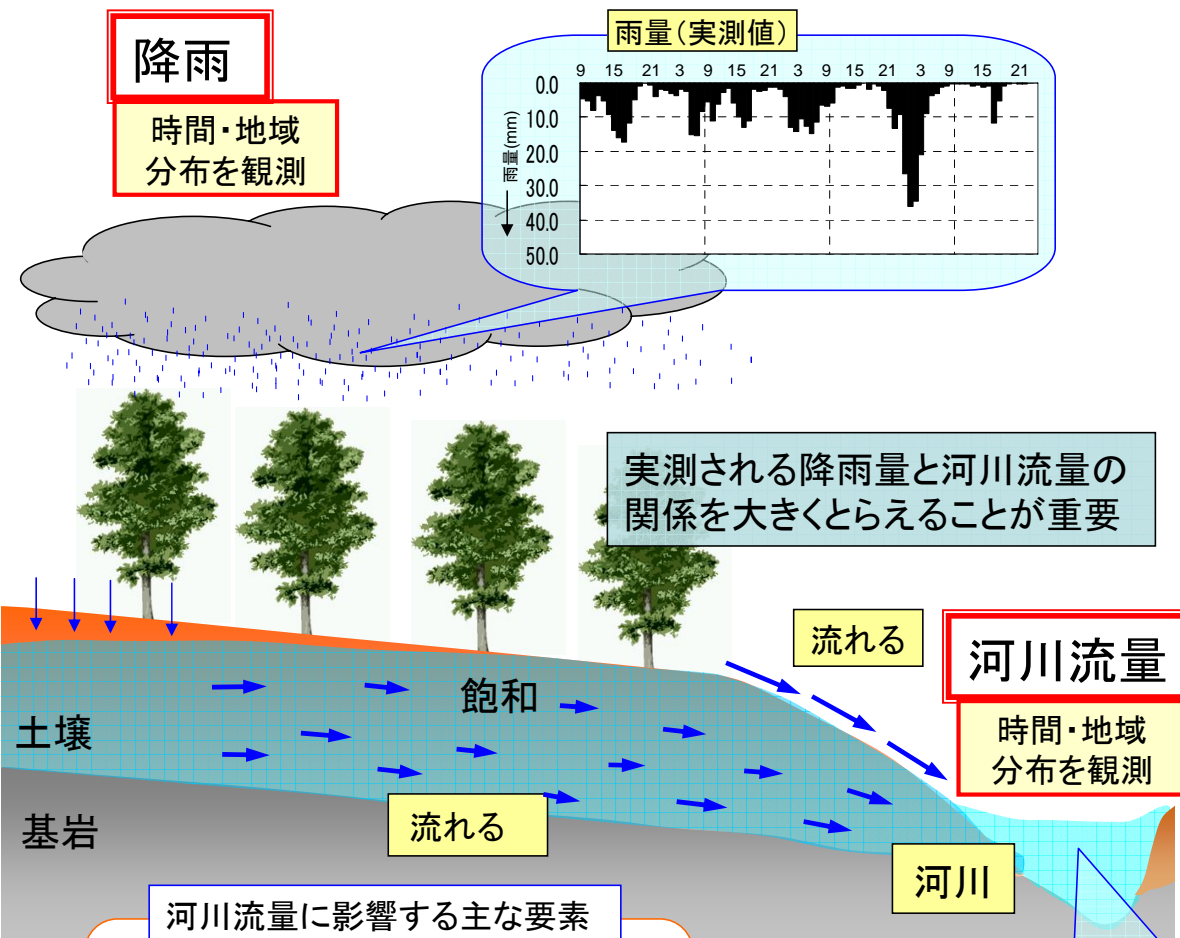
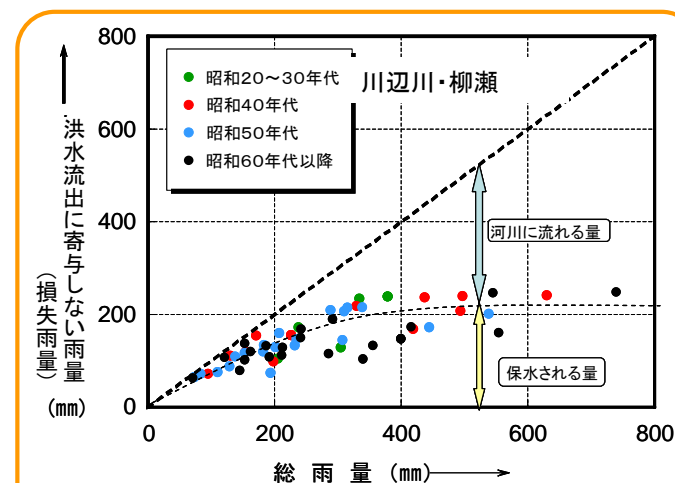
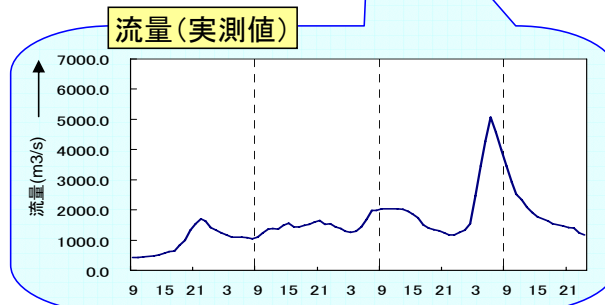


- ・治水計画を立案するためには、洪水の流量を様々な区間で算出・設定することが必要。
- ・降雨が河川に流出し洪水流量を形成する過程は複雑であり、これを評価、解明して算出するのは困難。
- ・このため、実測された降雨と実測された河川流量から、流域単位でその関係性をモデル化することが重要。



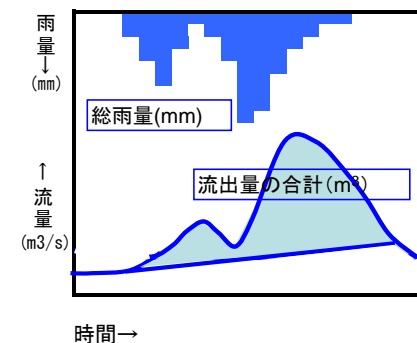
河川流量に影響する主要要素

- ・降雨量(時間分布・地域分布)
- ・地形(流域の大きさ、勾配、斜面長)
- ・森林(土壌の厚さ、土壌の状態)
- ・基岩(風化度合い)
- ・土地利用(被覆状態)
- ・河川(長さ、勾配、河床の状態) 等



土壌の保水能力には限界があり、その傾向は経年的に変化していない。

洪水流出に寄与しない雨量(損失雨量) = 総雨量(mm) - 総流出量(mm)



森林の保水力の共同検証について

球磨川水系

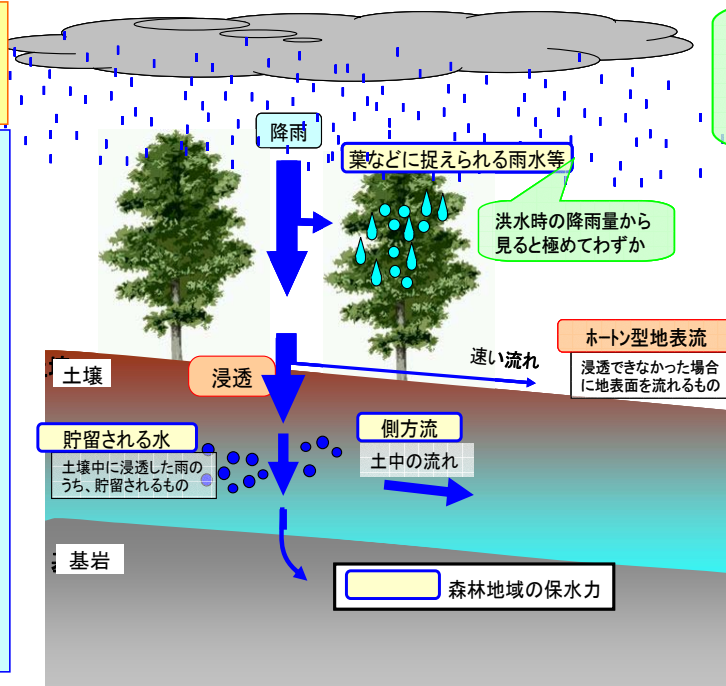
樹種や樹齢等の違いが「土壌に浸透できない降雨の量（ホートン型地表流）」に影響を与えるかどうかが主な論点。このため、実際の降雨による地表流観測試験を実施

浸透能の違いを調べるために、以下の3つの試験方法が提案された。

- ①冠水型円筒浸透能により、斜面の地点ごとに測定
- ②散水により人工的に降雨を再現し、広い範囲の斜面で地表流（浸透できない量）を測定
- ③自然降雨のもとで広い範囲の斜面で地表流（浸透できない量）を観測

①は実際の浸透能を測定できないこと、②は実施の際に災害の危険を伴うことから、①②は継続協議とされていたが、③は合意に至り試験を実施。

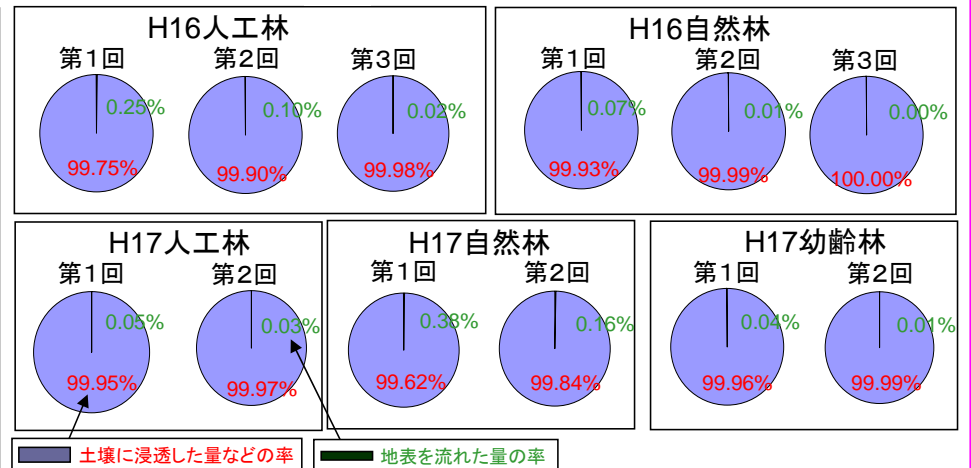
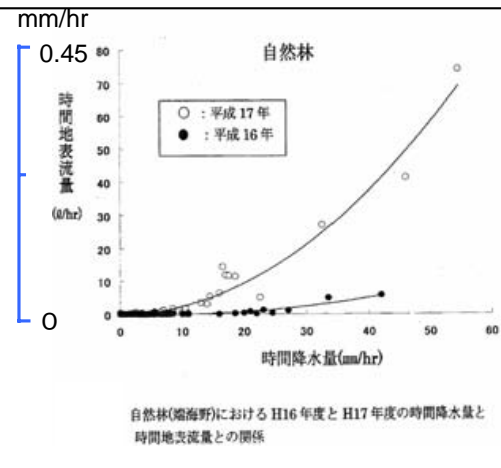
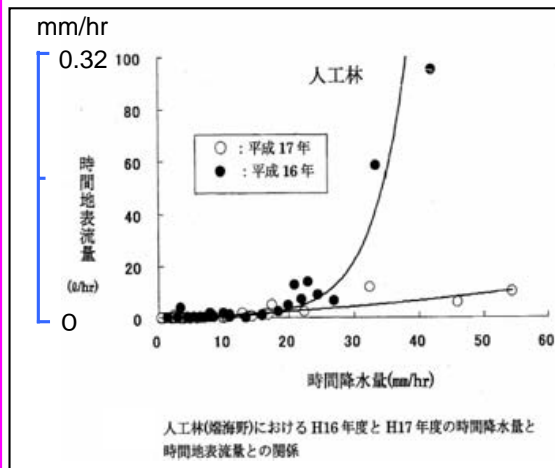
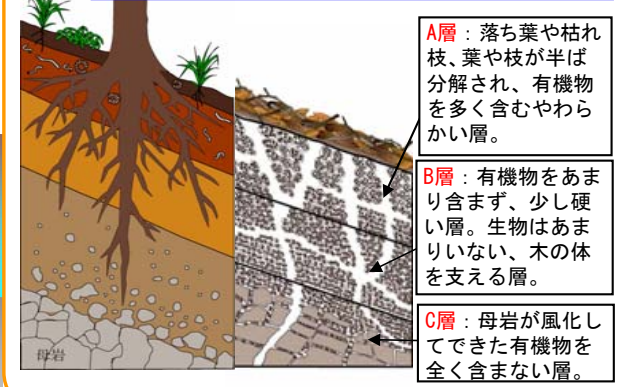
試験の結果、樹種・林例の違いにより、治水計画上対象とする降雨強度でも洪水のピーク流量に大きな影響を与えるほどのホートン型地表流が発生せず、基本高水ピーク流量との関係という観点から浸透能試験等の必要性がなくなったため、国土交通省から共同検証の終了を提案し、ダム反対側もこれに同意した。



(委員意見要旨)
 ・土壌は100年単位で形成される
 ・2m程度ある森林の地下の状況はファクターが多く洪水緩和効果を把握するのは困難
 ・花崗岩のマサ地帯は一旦森林を伐採すると腐植土が流れハゲ山となりやすいが、日本の他の地域では伐採しても植生は回復する

森林土壌の構造

森林土壌には様々な大きさの隙間(孔隙)があり、表層に近いところほど孔隙は大きい。



(結果の評価)

ダム反対側

すべての観測でホートン型地表流が発生。手入れの悪い人工林では、地表流の発生が頻繁。(H16実験の地表流観測量)人工林 > 自然林

H17人工林試験で、カメラの解像度の劣化、雨水樋による地表流捕捉システムの運用欠陥があり、得られた値は全く信憑性がない。

国土交通省

樹種・樹齢にかかわらず地表流は1%未満。仮に、川辺川ダム流域の人工林の全てで一斉に地表の流れが発生しても、ピーク流量の増分は1%未満。

H17第1回人工林の試験において、フィルターが目詰まりを確認したため、雨量と傾向が概ね一致する期間のデータのみを採用。

(委員意見要旨)

・地表を流れた量は雨量の1%以下で洪水に効くとは考えられない。
 ・小さい場所の実験結果等を流域全体に広げて考えた場合には、実験結果とは異なる結果となることがある。

○森林水文学専門家のコメント

(ダム反対側、国土交通省合意のもと意見を伺った)

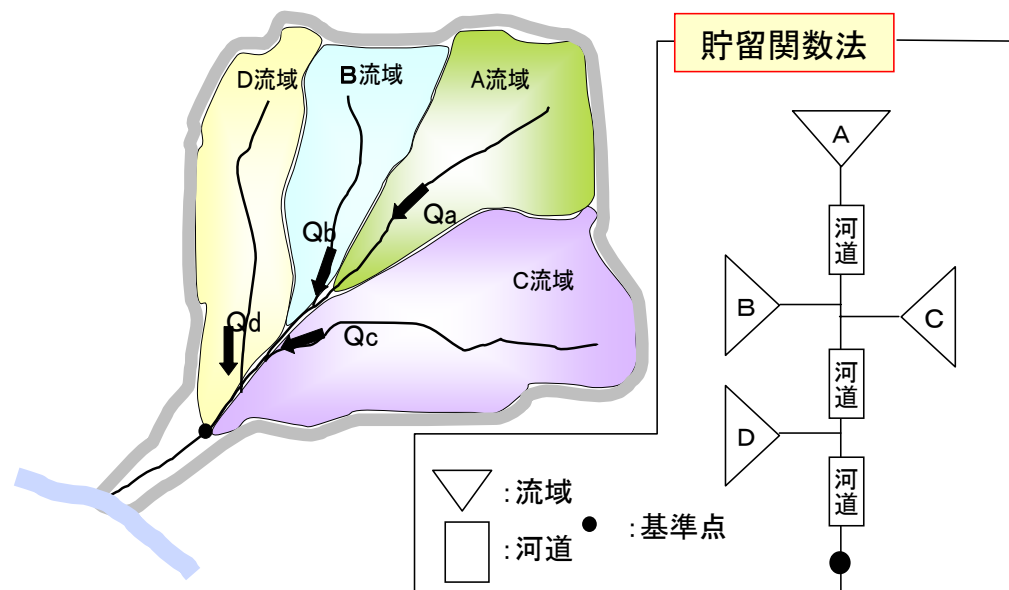
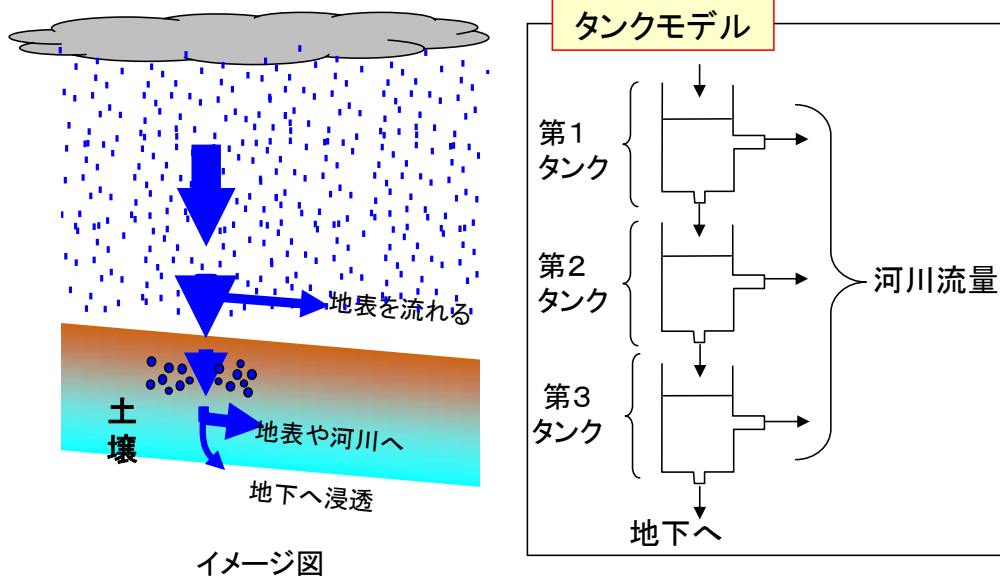
【森林水文学専門家のコメント抜粋】(小川滋・九州大学名誉教授)

・森林地では、ハゲ山裸地斜面のような場所を除いて、ホートン型地表流は起こらないと考えられている。

- タンクモデル及び貯留関数法は、観測データのある降雨と河川流量の関係を流域単位でモデル化する手法。
- これらのモデルは、複数の定数により、実際の降雨と流量の関係を求めることから、定数の設定が重要。

- 流域をいくつかの流出孔を持つ容器の組み合わせに置き換えて計算する手法
- 側面の孔からは流出、底面の孔からは浸透を表すもの

- 降った雨のうち、短時間に洪水として流出する成分と保水等により長時間かけて流出する成分に分離
- 洪水流出する成分について、流域での貯留(遅れ)を表現したモデル



$r = \text{雨}$

$h = \text{水位}$

$q = ah$ 流出

$$\frac{dh}{dt} = r - q$$

$$= r - ah$$

(タンクモデルイメージ)

モデルの特徴

- 降雨量をタンクの上からインプット
- 通常3~4のタンクを直列に配置
- 定数は、穴の大きさ、穴の位置(高さ)として設定

球磨川でのタンクモデルは11の定数を設定(複数の洪水で検証しないと定数が定まらない。例: 白川では、14洪水で検証)(定数設定が重要)

- 低水解析に多く用いられる

q : 流出量 (mm/hr) r : 降雨量 (mm/hr)

t : 時間 (hr) h : 深さ (mm)

a_n : モデル定数

(流出口の大きさと側方の流出口の高さの数だけ設定)

降雨

川に出てくる分の雨

貯留高 S

$$\frac{dS}{dt} = f_1 r - q$$

(貯留関数法イメージ)

モデルの特徴

- 降り始めからの雨量がある値(Rsa: 飽和雨量)に達するまでは一定割合(1-f1)が損失(保水等を考慮)
- 流域と河道に分割化して計算
- モデル定数k,pと流出率f1は流域毎に設定する必要がある(検証が重要)
- 洪水解析に用いられる

q : 流出量 (mm/h) f1 : 流出率 r : 降雨量 (mm/h)

t : 時間 (hr) S : 貯留高 (mm) Rsa : 飽和雨量 (mm/h)

k, p : モデル定数 (流域毎に決まる値)

タンクモデル

(ダム反対側による設定方法)

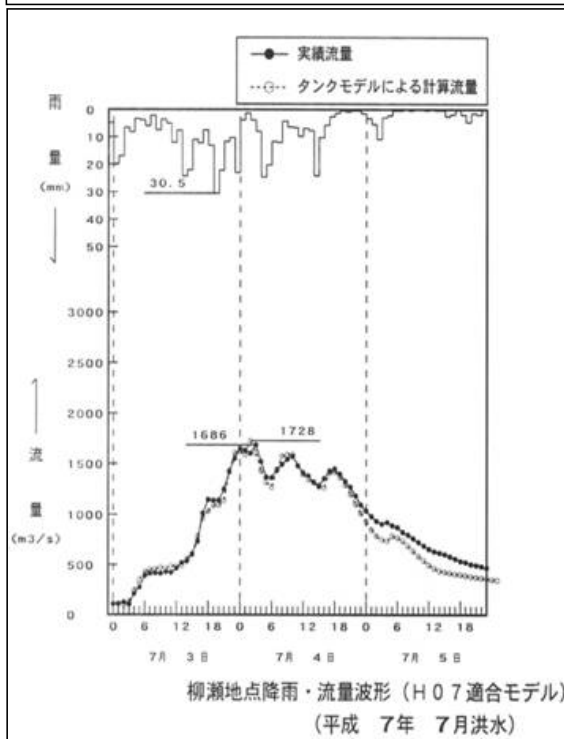
- 各年代(1950,1960,1970,1990年代)ごとにタンクモデルを作成
- それぞれのタンクモデルについて、当該年代に発生した1つの洪水で定数を設定
- 川辺川下流の柳瀬地点で評価

貯留関数法

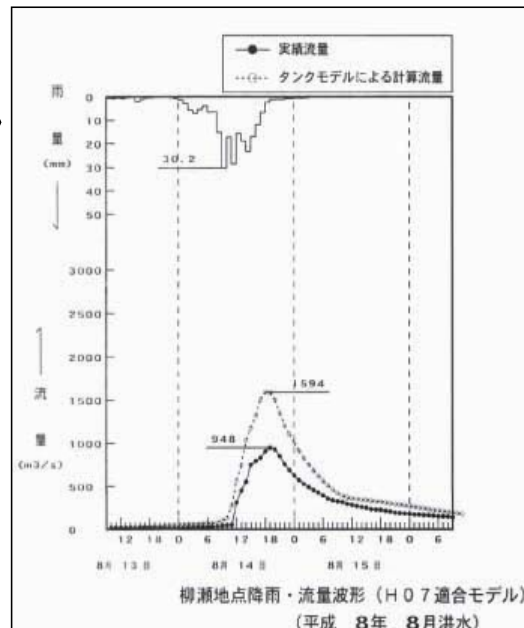
(国土交通省による設定方法)

- 全ての年代を通じて共通のモデルを作成
- 8洪水で定数を設定し、同一の定数のもとで再現性を確認
- 基準地点となる人吉、横石等6地点で評価

1995年7月洪水適合モデル検証結果

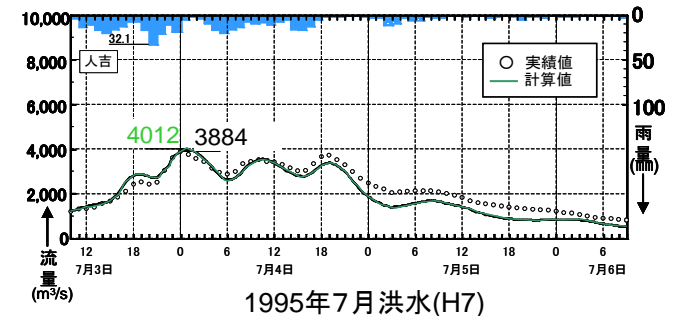
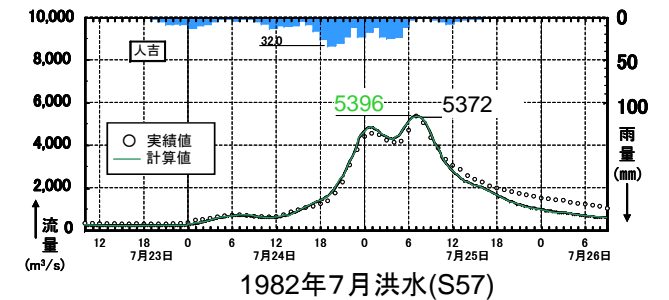
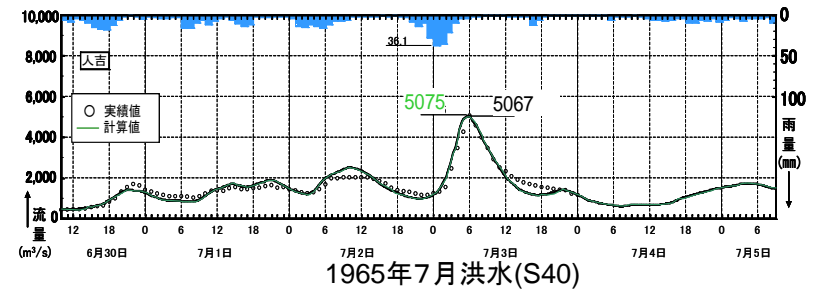


左のモデルを用いて流域の状況が変わっていない1996年8月の洪水を再現した場合、適合性はよくない



(第9回討論集会資料のモデルを用いて国土交通省算出)

人吉地点における主な洪水再現検証結果



委員意見要旨等

・タンクモデルは定数が多く、定数を1つの洪水のみで決定したモデルでは、その流域の特徴を表現しているとは言えない。

「タンクモデルの同定には少なくとも10個の洪水データが必要」出典:「流出解析法」 国立防災科学技術センター所長・理学博士 菅原正巳著(タンクモデルの開発者)

・ここでの貯留関数法は、同じパラメータで全ての時期の洪水を再現していることから、全ての時期で降雨の流出状況(洪水流量)を捉えられていると考えられる。

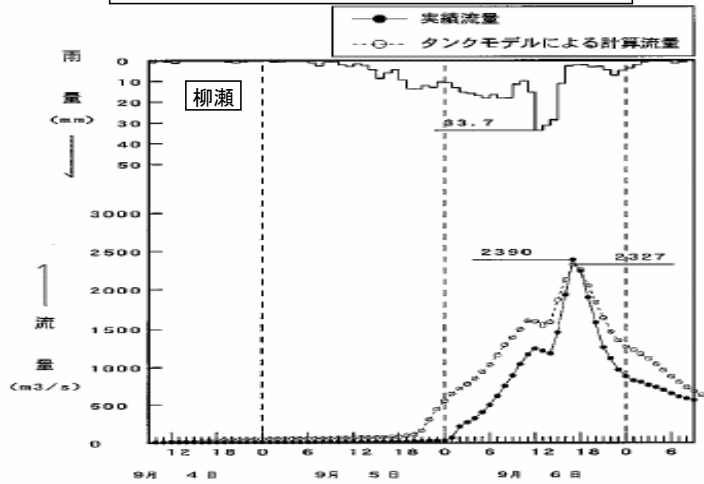
モデルの適合性を確認するため、モデル定数の設定に用いていない2005年9月(H17)洪水により適合性を検証

タンクモデル (ダム反対側使用モデルにより、国土交通省で再現)

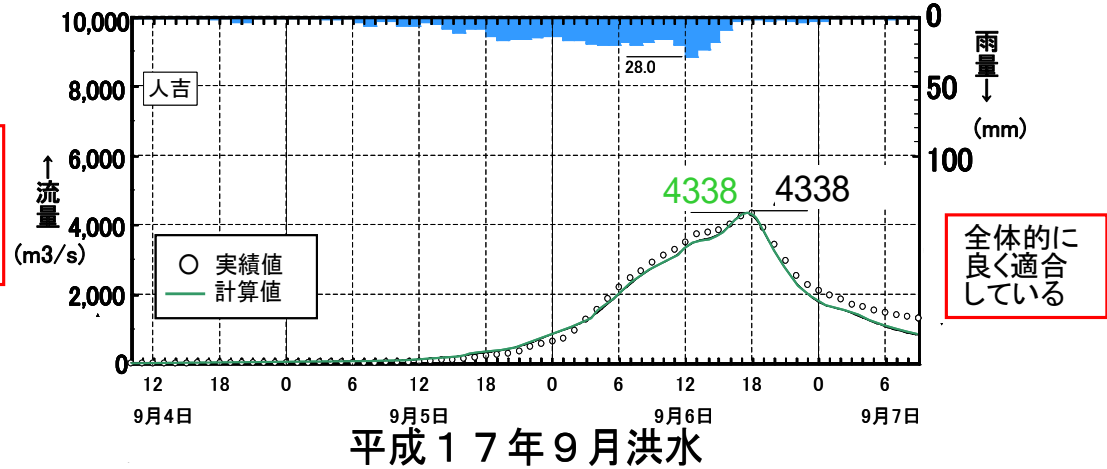
貯留関数法 (国土交通省使用モデル)

(1990年代(1995年)モデルを用いて、2005年9月洪水)

(8洪水により設定したモデルを用いて2005年9月(H17)洪水を再現)



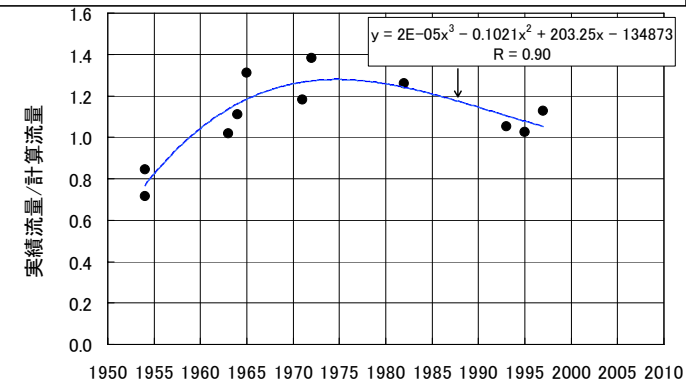
ピーク流量はあっているが洪水の立ち上がりと減衰部で適合性が良くない



全体的に良く適合している

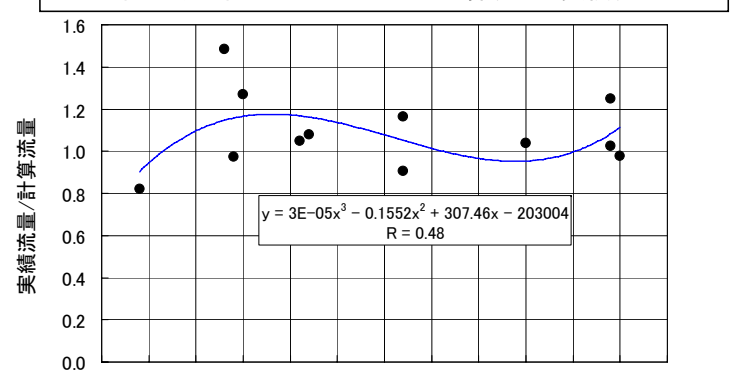
タンクモデルの計算による洪水緩和機能の経年変化について、近年の洪水を追加して検証
(なお、よりの確かな比較ができるよう1997年以前については、一定規模以上の洪水で計算することにより統一性を確保)

1995年(平成7年)適合モデルによる計算流量と実績流量の比



同じタンクモデルを用いて、近年の洪水を考慮した上で一定規模以上の洪水について再計算(国土交通省)

1995年(平成7年)適合モデルによる計算流量と実績流量の比



1995年適合するモデルを用いて、1995年7月を含め、11洪水の毎時の洪水流量を計算し、時間流量の上位1~3位により実績流量と計算流量の比を計算(実績流量の上位1~3位の平均) / (計算流量の上位1~3位の平均)

・1997年以前を含め、川辺川柳瀬地点1500m³/s(現在の警戒水位程度)以上の洪水で整理

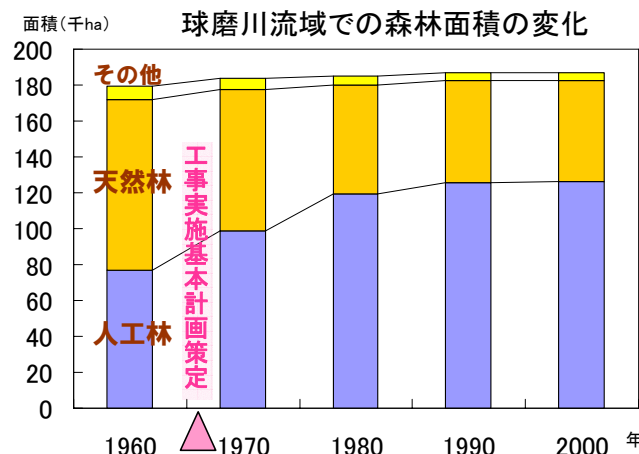
相関係数は低く、経年的な洪水流出特性の変化に定まった傾向は見られない

- 一般に森林は宅地や農地と比べ保水機能が高く、森林を保全していくことは治水上也重要。
- 球磨川では森林面積が流域面積の約8割を占めているが、これ以上の森林面積の増加は見込めない。
- 森林の効果については、様々な意見があるが、広く学会等で認知されているものを用いる。
- 日本学術会議の答申にもあるように、森林は中小洪水に対しては洪水緩和機能を発揮するが、治水計画で対象とするような大洪水に対しては顕著な効果は期待できない。
- なお、治水計画に用いている流出計算モデルでは、流域に降った実際の降雨と下流河道での観測流量により再現性を確認しており、森林を含む流域の流出特性を反映している。

球磨川における森林の保水機能について

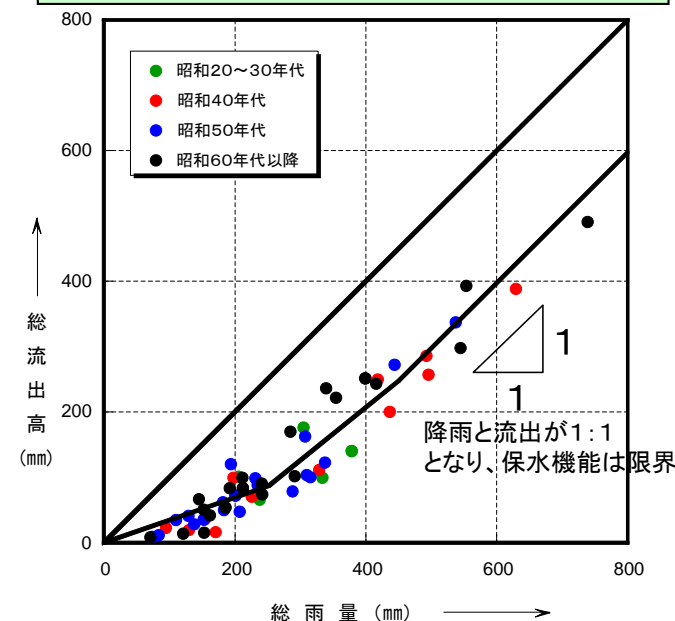


森林面積は流域の約8割を占め大きく変化していない



出典:世界農業センサス熊本県統計書(林業編) / 「球磨川流域」は田浦町(熊本県)、大口市(鹿児島県)、えびの市(宮崎県)を除いた流域内市町村の合計とした。

球磨川における森林の保水機能について



球磨川流域の森林の保水機能(水を貯め込む能力)は200mm~400mmで限界

日本学術会議答申

- ・治水問題となる大雨のときには、洪水のピークを迎える以前に流域は流出に関して飽和状態となり、降った雨のほとんどが河川に流出するような状況となることから、降雨量が大きくなると、低減する効果は大きくは期待できない。このように、森林は中小洪水においては洪水緩和機能を発揮するが、大洪水においては顕著な効果は期待できない。
- ・あくまで森林の存在を前提にした上で治水・利水計画は策定されており、森林とダムの両方の機能が相まってはじめて目標とする治水・利水安全度が確保されることになる。 「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について」(平成13年11月)より抜粋