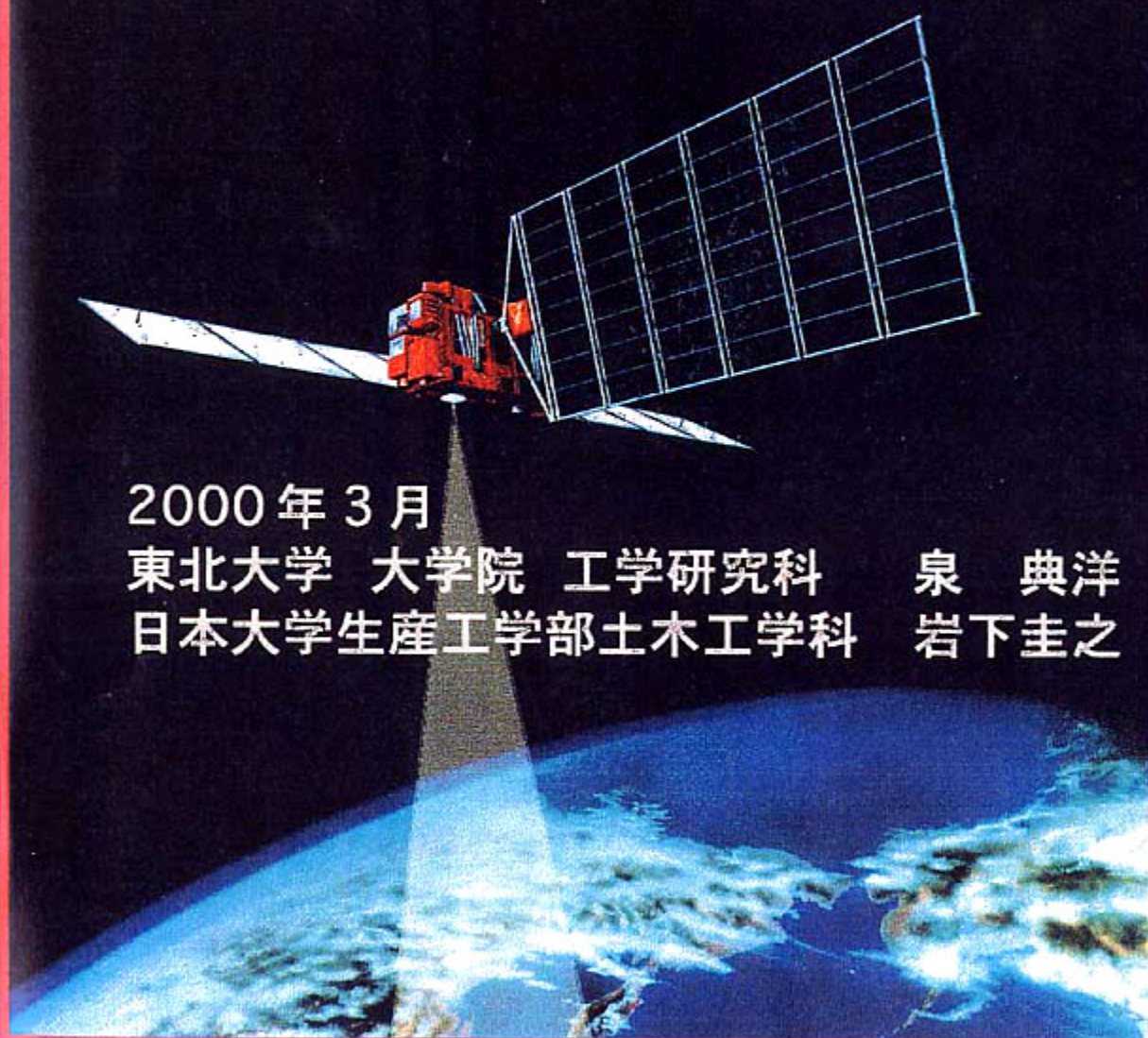


# 『リモートセンシングによる河道調査技術の検討』

平成 11 年度河川懇談会共同研究報告書



2000 年 3 月

東北大学 大学院 工学研究科

泉 典洋

日本大学生産工学部土木工学科

岩下圭之

## 1.はじめに

時代の変遷とともに降雨流出が変化している河川が多く見受けられ、これによる河川災害が社会問題にもなっている。降雨流出の波形および量などで表わされる流出形態の変化は、人口の増加や交通機関の発達、産業形態の変化等による大規模な開発や自動車の排気ガスや工場の排煙等による大気汚染、さらに大気汚染によって引き起こされる酸性雨等などが主に起因していると考えられる。これら流出の状態を左右する要因と流出形態との因果関係を知るためには、流域内の土地利用状況および河川改修を時系列的に、かつ詳細に把握する必要がある。このうち河川流域内における土地利用は、住宅域を含む市街地、農耕地域ならびに森林地域などに大きく分類できるが、これらの土地利用状況の年代の変遷に伴う変化を把握することのできる資料を入手することが困難であるのが現状である。

近年、新しい国土情報の収集手段として地球観測衛星によるリモートセンシング技術が注目され、その進歩は目覚ましい。世界的にも、現在注目されている熱帯雨林の伐採に対する対策や、植生域における砂漠化現象の拡大、極地圏の環境の変化等、地球規模の環境モニタリングに衛星リモートセンシングデータの有効利用が期待されている。この技術は、地表面から反射または放射してくる可視光線、赤外線、マイクロ波を観測し、その分光反射特性を利用して地表面の地形、地質、植生ならびに土地利用状況などの国土情報を周期的に探査でき、しかも人間の目では見えない情報までもを加えて探査できる特長を持っている。

近年では、LANDSAT/MSS、TMデータ、SPOT/HRVデータ、MOS-1/MESSRデータ、JERS-1/OPSデータといった衛星データが手軽に利用できることから、その利用は急速に増加する傾向にある。さらに、この人工衛星リモートセンシングデータは画素単位のデジタルデータであるのでコンピュータによる画像解析が可能であり、画像解析機具の日進月歩の発展とあいまって、今日では最新、且つ、ポピュラーな情報収集手段となりつつある。一方、衛星データの利用形態の中で、地表面の土地被覆状況の特徴を抽出した土地被覆分類図は一般的なものであり、従来から多くの研究成果が蓄積されている。土地被覆分類図は解析そのものはもとより、土地利用現況図作成の支援情報としての利用等、さまざまな方面への応用的な利用が期待できるといった特徴を有している。

その主な利用分野として、

- ①地域計画・都市計画・防災計画等土木計画の支援情報
- ②環境影響評価における現況の土地被覆の把握
- ③土地被覆の時系列変化の把握
- ④河川流域での氾濫情報の把握

等が挙げられる。

本年度は、一昨年来の継続調査として江合河流域（図-1）を対象に、実測値と組合せた複合的な評価として、最新取得の衛星リモートセンシングデータを含め、以下の項目について解析を行った。

- 1) 数回実施した現地調査の結果を『教師』とし、降雨流出に大きく関与する「流域の土地被覆状況変化」ならびに「流域内森林の生育状況の変化」を抽出した。
- 2) 「森林の生育状況評価画像」から『森林土壌の有効土壌深』のマクロ的な相対評価を行った。
- 3) 一提案として、衛星データを利用した『森林域を対象とした流出解析手法の構築』を示した。

以降、これらの解析結果より流出形態に影響を及ぼす要因を評価した結果を報告するものである。

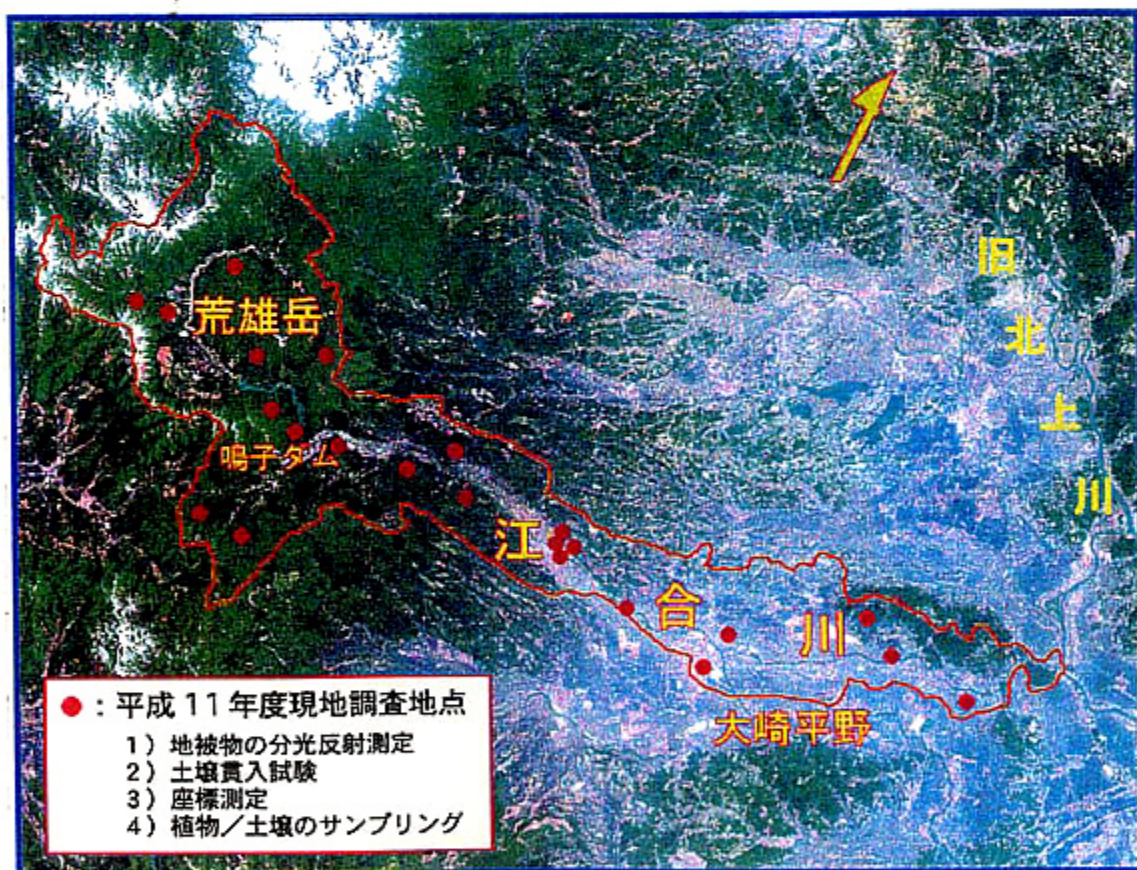


図-1. 調査対象地域（●点は現地調査地点）

## 7. 衛星データによる森林域を対象とした流出解析手法の構築提案

「有効土壌深」までの深さの土壌は降雨流出過程において重要な水文活性の場と考えられ、降雨期間中、河川に流出する雨水を一時的に貯留し、直接流出量を左右するものと考えられる。そこで、一降雨における累加損失雨量（一時的な保水量）の最大量を示す保水能に関して、一つの保水能を持つ土壌が流域全体に占める割合の分布である「保水能分布」および累加雨量と累加損失雨量の関係を示す「雨水保留量曲線」を、衛星データによる有効土壌深を利用した流出解析手法から推定し、実測雨量・流量データを利用した流出解析手法による結果と比較検討を行う。なお、計算に用いる土地利用項目別面積占有率は土地利用分類画像より算定した値を、実測雨量データを用いてThiessen法により算定した流域平均雨量、実測流量データを使用する。なお、解析したデータは衛星観測年を含む1979年から1999年のデータを使用した。

### 7-1 実測雨量と流量データを利用した保水能分布および雨水保留量の推定評価

実測雨量・流量データを利用した保水能分布および雨水保留量曲線の推定は、山田等の手法により算定した。流域のある部分の保水能を $h$ とし、保水能分布を $S(h)$ とすると、累加雨量 $R$ と累加損失雨量 $F(R)$ の間に次のような関係式が成立する。

$$F(R) = R - \int_0^R (R-h) S(h) dh \quad (1)$$

(1)式を積分方程式とみたとて解くと、(2)式を得る。

$$S(R) = -d^2F/dR^2 + (1-dF/dr)_{(R=0)} \cdot \delta(R), \quad \delta(R) = \infty (R=0), \quad \delta(R) = 0 (R \neq 0), \\ \int_0^\infty \delta(R) dR = 1 \quad (2)$$

本研究では $R$ ,  $F(R)$ のデータを(3)式により近似する。

$$F(R) = A \cdot \tanh B \cdot R \quad (3)$$

未定係数 $A, B$ に関しては最小自乗法により求める。このとき $S(h)$ は(4)式により表現される。

$$S(h) = 2AB^2 \times \text{Sinh } Bh / \cosh^3 Bh + (1-AB) \cdot \delta(R) \quad (4)$$

よって、保水能分布は(4)式、雨水保留量曲線は(3)式により示される。

本手法により算定される $A, B$ は流域全体における値であるため、森林域の $A, B$ を算定するためには降雨遮断量、凸地貯留量、他の土地利用項目の保水能等を考慮する必要がある。画像処理結果より、森林域、水田域が流域の大部分を占めていることから、森林域の降雨遮断量、水田域の保水能について考慮することとし、森林域の降雨遮断量を総降雨量の10%、水田域の保水能を角屋等の報告より55mmとすると、 $A=0.156$ ,  $B=7.300$ となり、保水能分布および雨水保留量曲線は図7-1-1および7-1-2となる。

## 7-2 衛星データを用いた保水能分布および雨水保留量の推定評価

衛星データを利用した保水能分布および雨水保留量曲線の推定は、衛星データによる有効土壌深と現地測定のアverage粗孔隙率（針葉樹23%・広葉樹27%）を用いて算定する。粗孔隙率は土壌中の水が重力の作用により移動することが可能であり、降雨を一時的に貯留する間隙である粗孔隙の量を単位体積あたりの百分率で示したものである。写真6-3-5(b)に示したNDVI画像の各画素の濃度値で相対的に推定できる「有効土壌深」に現地測定のアverage粗孔隙率を乗じた新たな濃度値のヒストグラムを(4)式により近似すると $A=0.180, B=0.596$ となり、保水能分布および雨水保留量曲線は図7-2-1および7-2-2を得、実測雨量・流量データによる結果と比較すると、極めて類似した算出波形を確認することができた。

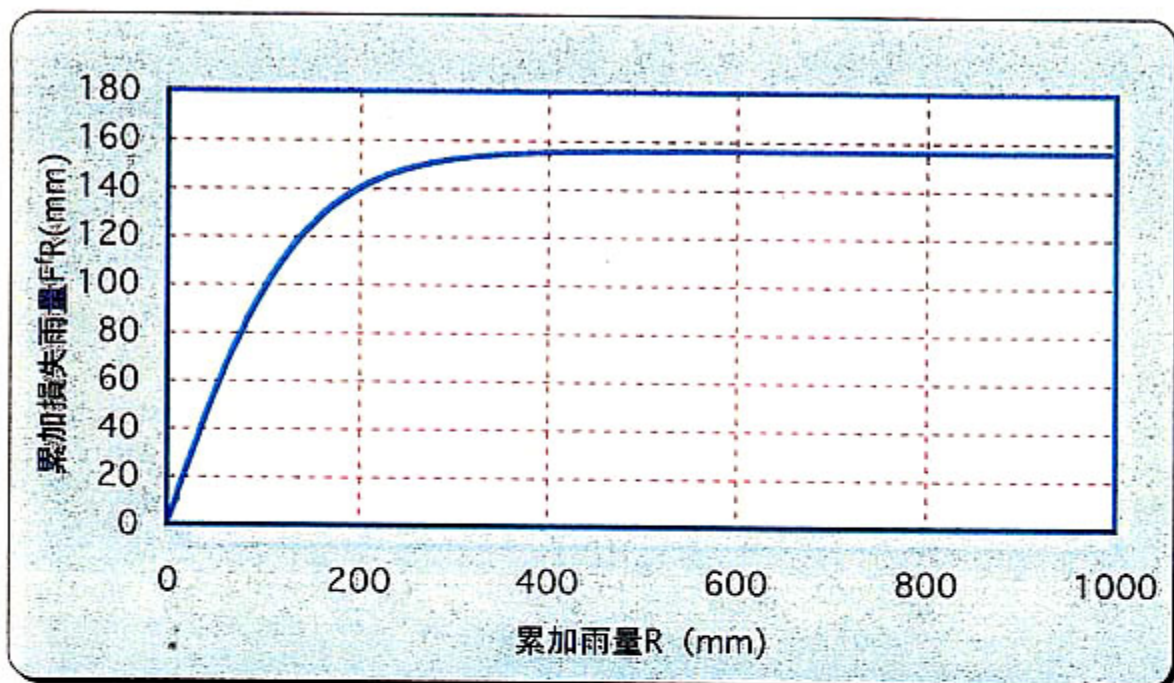


図7-1-1 雨水保留量曲線  
(実測雨量・流量データ)

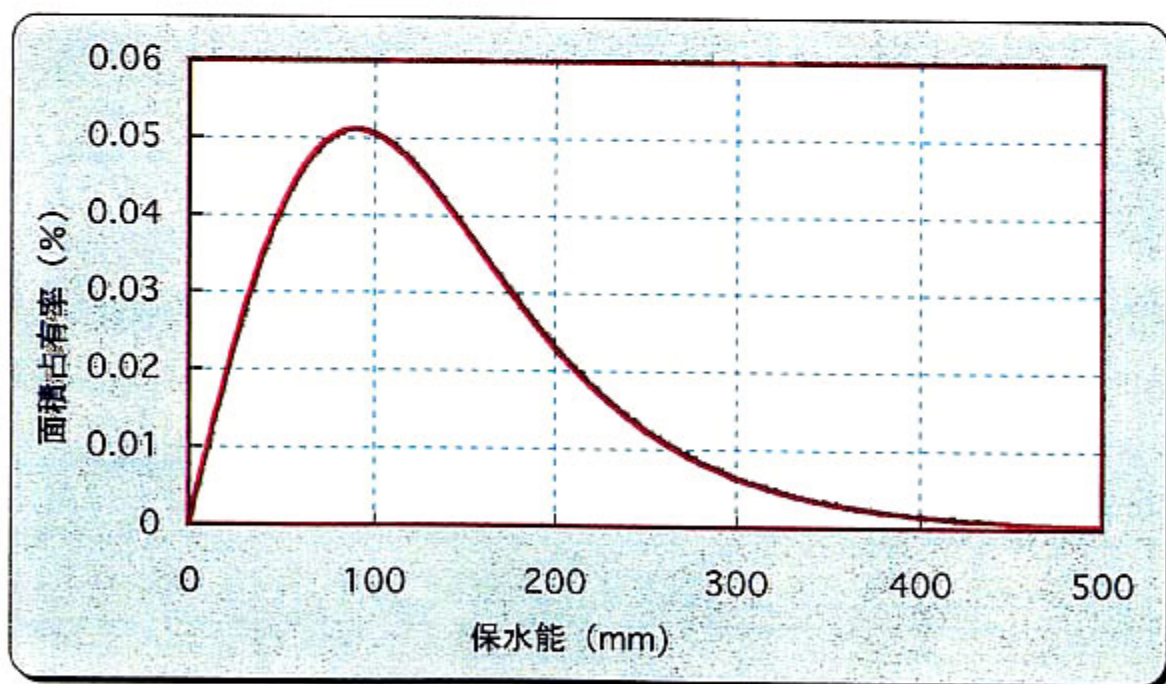


図7-1-2 保水能の地域分布  
(実測雨量・流量データ)

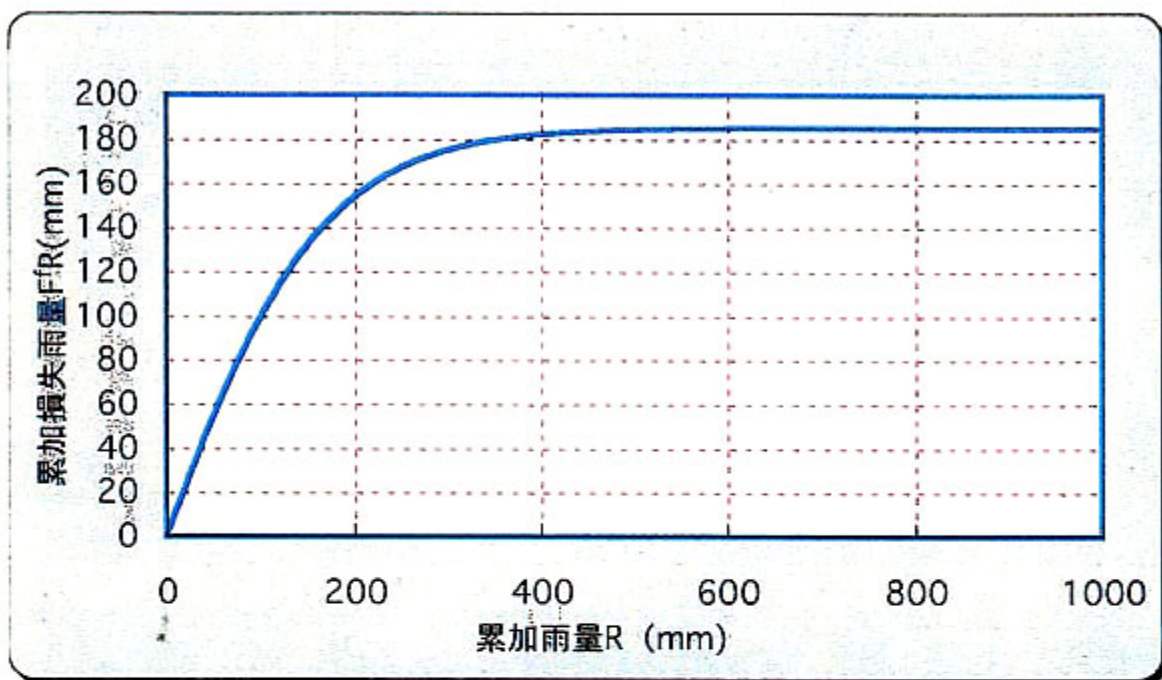


図7-2-1 雨水保留量曲線  
(ランドサットデータより推定)

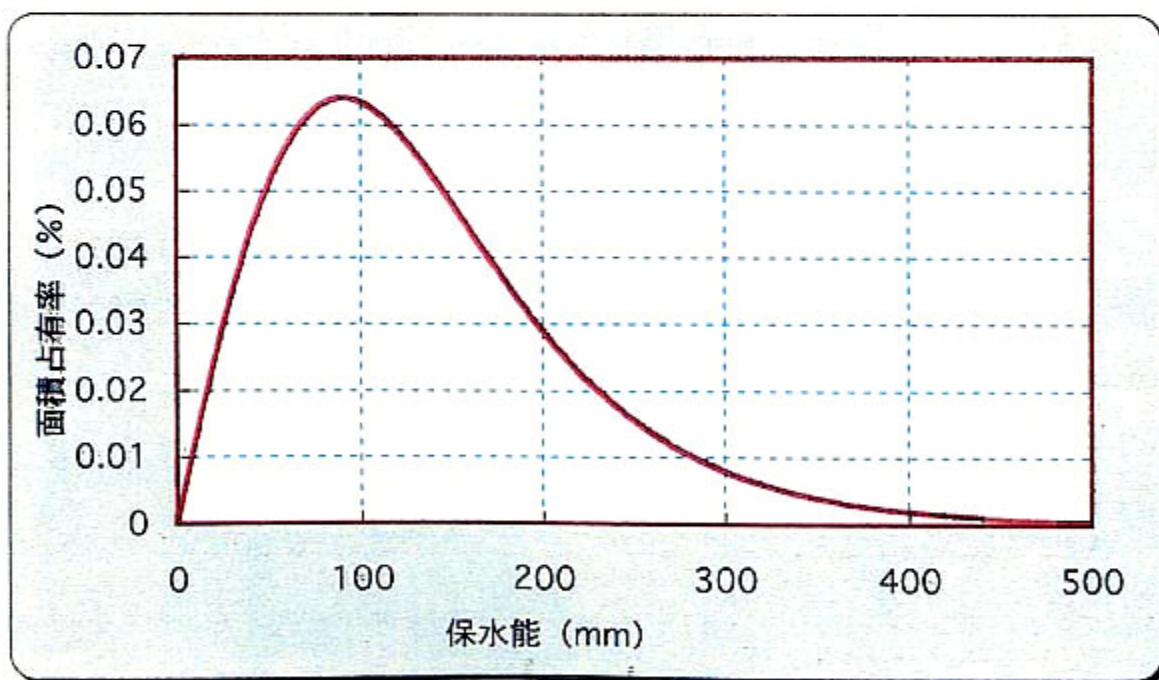


図7-2-2 保水能の地域分布  
(ランドサットデータより推定)

## 8.まとめ

1979年及び1996年の流量データより、初期流出量のほぼ等しいハイドログラフを選定し直接流出率を算出した結果、1979年観測データにおいては12.7%、1996年観測データにおいては24.8%となり直接流出率の増加が確認され、最大流量到達時間の短縮も認められた。

この要因を土地被覆分類画像を用いて解析した結果、直接流出を左右すると考えられる土地利用の変化は市街地の増加および水田の減少が確認されたが、降雨流出形態を変化させる程大きな土地利用変化は確認できなかった。

そこで、もう一つの降雨流出形態に大きく影響すると思われる森林植生の生長活力の変化に着目し解析した。ここで、その値の大小により樹種の細分類または同種であればその植生の活力度の評価が可能とされているNDVIを使用した。

二時期のNDVI評価画像を比較すると森林植生の活力度が高い赤要素の範囲が広域的に減少しており、特に最上流部の荒雄岳周辺で活力の低下が認められ、このことが直接流出促進の主要因の一つと考えられる。

今後の調査課題として、

- 1) 森林の生育状態の劣化の要因抽出のための地植物学的調査(Geobotanical Surveyance)の適的な実施(衛星観測日と同期が望ましい)
- 2) 定点流量データの整備;定期的に一定の地点で流量観測をおこない、平水時/洪水時などの極端な時期における降雨流出形態の把握
- 3) 河川への土砂流入等の影響評価(衛星データでは判読できない範囲)の定期的な調査をおこない、行政的な規制を検討する必要がある。
- 4) 河川流出形態に大きく影響を及ぼす山林植生の保水能力が20年前と比較すると、明らかに低下していることが本調査の解析結果より明らかになったことから、森林保全管理の充実を早急に検討する必要があると考えられる。
- 5) 衛星データから推定した有効土壌深を利用した流出解析手法の妥当性を確認した。また、雨水保留量曲線から有効降雨および飽和雨量を算定することが可能であることから、本解析で設定した流出解析手法を応用することにより貯留関数法的な流出計算モデルの構築が期待される。

なお、本年度、当初予定していたマイクロ波衛星データ(SAR)による解析は、データ取得したものの、そのデータの欠損部分が目立ち必要としている情報を引き出すには適切ではなかったことを付記する。