## 林地土壌の理学的性質を考慮した降雨流出モデルによる流出解析

# <u>1. 背景</u>

森林は、水源涵養、洪水緩和、保険休養等の公益的機能 面を持つ貴重な社会財産である。本研究では、森林の保水 機能に寄与する林地土壌の理学的特性を、衛星データより 得られる植生指標を媒介とするスペクトル指標から推定する と共に、林地土壌の理学的性質を考慮した流出解析モデル を構築する事により、流域の貯水容量を解析した。

#### 2. 研究対象地域

研究対象流域に選定した狩川流域は、箱根外輪山の東 斜面に広がり神奈川県南足柄市に地する。流域状況は、面 積は30.9km<sup>2</sup>, 流路延長は12.9km, 流路勾配は16°である。 2000/5/24 観測 Landsat TMデータから画像解析した土地利 用分類状況はスギ・ヒノキを中心とする針葉樹域が33.6%, クヌギ・コナラを中心とする落葉広葉樹域が29.2%, 伐採群 落は7.6%, 市街地は1.7%, 農耕地は6%であった。(図-1.)

## 3. 現地調査

流域内に現地調査測点を24点設置し,林地土壌の理学 的性質を調べる為に有効土層深と粗孔隙率を測定した。また,森林の生育状況を把握する為,葉の分光反射率を測定 した。

## 3-1. 有効土層深

土壤硬度を測定し、樹木の根系の発育程度を測定した。

## <u>3-2. 粗孔隙率</u>

採取した土壌から,室内実験により測定した。

## <u>3-3.</u>分光反射率

*Landsat TM* データと同じ波長域の分光反射率を測定した。

4. 衛星データからの貯水容量の推定

粗孔隙率・有効土層深に対して分光反射率との多変量解

キーワード:森林の保水機能・衛星データ・流出解析

連絡先:日本大学生産工学部土木工学科 千葉県習志野市泉町1-2-1 TEL 047(474)2423

日本大学	学生会員	朝香 智仁
日本大学	正会員	露木 延夫
日本大学	正会員	近藤 勉
日本大学	正会員	エ藤 勝輝
日本大学	フェロー会員	西川 肇



図-1. 研究対象流域

析を行い,相関性の高い各々のスペクトル指標を算出した。 次にスペクトル指標を衛星データへ変換し,前処理済みの 2000/5/24観測Landsat TMデータに対し四則演算処理を施 す事で有効土層深・粗孔隙率評価画像を作成した。流域貯 水容量は有効土層深と粗孔隙率との積と考えられることより, 両画像を掛け合わせ貯水容量評価画像を作成し,流域貯水 容量を推定した。(表-1.)

表-1. スペクトル指標

針葉樹	有効土層深=2.819RVI+0.792Band2-16.818
	粗孔隙率=0.171RVI+3.690Band5-4.554
広葉樹	有効土層深=2.015RVI-3.389Band2+26.636
	粗孔隙率=0.295RVI-4.094Band2+59.178

#### <u>5. 流出解析</u>

本研究で提案した流出解析モデルは、貯留関数定数 k と Kinematic wave 定数 N(等価粗度), 土壌の保水機能の関係 式及び Kinematic wave 法の斜面流定数 k より貯留関数定数 k を算定し,流出解析モデルを構築した。また,8 時期のピーク流量の高い洪水を対象に流出解析を行った。

<u>5-1. 流出解析モデル</u>

S=Kq<sup>p</sup>:運動の式 r<sub>eav</sub>-q=ds/dt:連続の式

ここに, *S* は降雨の貯留高(mm), *q*は河道への流出高 (mm/h), *K*, *P* は流域固有の定数である。 *r<sub>eav</sub>* は流域平均雨 量(mm/h), *dt* は計算の単位である。この時, *K* は貯留関数定 数 *K* と *Kinematic wave* 定数 *N*(等価粗度)との土壌の理学的 性質の相互関係を利用して, *K* を算出した。

$$K = \left( \frac{D_{ESD}}{k_{S}} \right)^{0.6} \frac{A^{0.24}}{i^{0.3}}$$

ここに、 $D_{ESD}$ は有効土層深、 $\omega$ は有効間隙率、 $K_S$ は飽和透水係数(cm/s)、Aは森林域の面積(km<sup>2</sup>)、iは流路勾配、 $\beta$ は土壌の不飽和領域におけると透水係数の減少を表す無次元パラメータである。さらに、流出の遅滞時間を考慮した流域直接流出量は以下の様である。

$$q(t) = q(t-T_l)$$
  
 $T_l = 1.67 \times 10^3 (L/\sqrt{i})^{0.7}$ 

ここに, *t* は時間(h), *T<sub>i</sub>*は流域の遅滞時間(h), *L* は流路延長(m), *i* は平均流路勾配である。

### 5-2. 洪水追跡計算

貯留関数法によるニュートン・ラフソン法で洪水追跡計算 を行った。ここで、定数には有効土層深評価画像から算定し た有効土層深の平均値を用い、斜面勾配は DEM 画像から 傾斜角画像を作成し求めた。飽和透水係数、有効間隙率は、 現地調査で測定した値の平均値を用いた。(表-2.)

#### 5-3. ハイドロ・ハイエトグラフ

流出解析により針葉樹, 広葉樹別に算出した流出高を足し, 流出高を流量に換算する事で流域の全流出量を算出した。計算流量と実測流量との対比を計る為, ハイドロ・ハイエトグラフを作成した。(図-2.)

## 5-4. 流域保留量曲線

対象洪水期のハイドログラフから直接流出量をバーンズ の成分分離法により成分分離し、総降雨量を縦軸にとり、横 軸に保留量を取り、流域保留量曲線を描いた。

このグラフに衛星画像解析により推定した流域貯水容量 を加え、流出解析による流域保留量との比較を行った。

#### 表-2. 流出解析結果一覧

对象洪水				
全流出量	455.64	720.93	1646.64	1169.76
直接流出量	325.63	372.43	623.14	969.75
流域保留量	129.99	348.5	1023.5	200.01
総降雨量	1524.23	1524.22	2316.04	3582.94
※対象洪水				
全流出量	2784.36	1464.59	634.82	1591.05
直接流出量	1352.16	869.60	474.80	865.66
流域保留量	1432.20	594.99	160.03	725.40
総降雨量	6789.76	3206.83	1979.52	3266.21
				単位:m <sup>3</sup>

※: 対象洪水①:1987/6/29 0:00~19:00 対象洪水②:1995/6/3 18:00~6/5 10:00 対象洪水③:1995/7/8 2:00~7/8 18:00 対象洪水④:1996/7/20 16:00~7/22 17:00 対象洪水⑤:1998/8/29 19:00~9/1 10:00 対象洪水⑥:1999/6/29 16:00~7/2 13:00 対象洪水⑦:2000/8/16 13:00~8/17 8:00 対象洪水⑧:2000/9/23 10:00~8/27 6:00

#### 図-2. 流域保留量曲線



### <u>6.</u>総括

流域保留量曲線が漸減し、一定となった保留量と画像解析により推定した貯水容量がほぼ一致した。この事は、植生活力度を媒介とするスペクトル指標が妥当であったと言える。また、植生活力度と土壌の理学的性質には相関関係があると考えられる。

#### <u>7. 参考文献</u>

场本良則編,森林水文学,文永堂出版,(1992) 高頼記志著,河川水文学,森北出版,(1978)