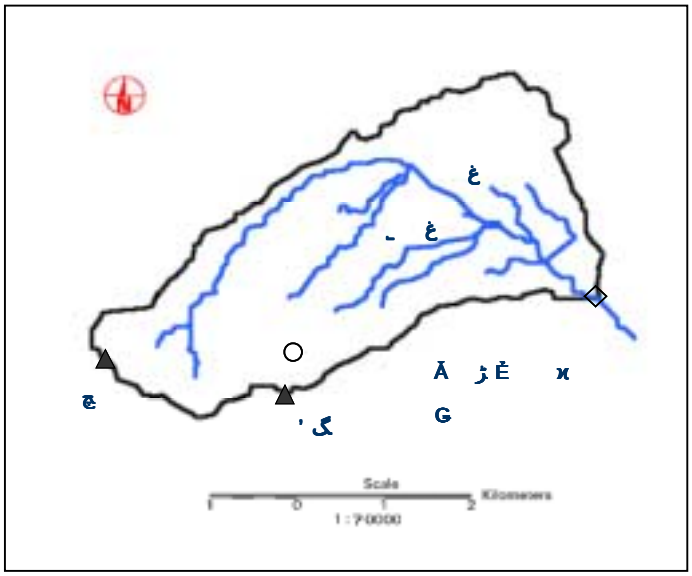
衛星データを利用した森林の密度管理と降雨流出特性に関する評価

○　日本大学　学生会員　川上　将史
日本大学　正会員　藤井　寿生
日本大学　正会員　露木　延夫
木更津高専　正会員　大木　正喜

1．研究の背景

森林は、雨水の多くを林地土壌に蓄えながら徐々に河川等に放出する保水能力によって洪水軽減や水資源確保に大きく寄与している。洪水軽減や水資源確保を目指す「緑のダム構想」が日本各地で浮上する中、我が国の森林面積の大部分を占めるスギ・ヒノキ人工林は、林業経営の衰退と共に密度管理の不良による洪水軽減機能や水資源涵養機能の低下が懸念される。神奈川県は平成 9 年より「水源の森づくり」事業を行っている。この事業は、現在は、単層林主体のスギ・ヒノキ人工林を巨木林、複層林、混交林づくりへ誘導していくとともに適切な手入れを行い多彩で活力のある森林に変えてゆく計画である。



図‐1　研究対象地域の概況

そこで本研究は、水源涵養保安林に指定された神奈川県南足柄市内の狩川流域を対象地域に選定し、間引き等で代表される林分密度管理が森林水文特性に与える影響について、衛星データを利用して評価した。

2．研究対象地域の概要

研究対象地域は、流末に水位観測所が設けられている石原橋から流路延長約 17km の狩川流域を設定した。南足柄市は、神奈川県西部、箱根外輪山の属する明神岳（標高 1,169m）、金時山（1,212m）と足柄平野の一部に当たる酒匂川の右岸氾濫原に位置する。民有林・保安林などの森林により占められ、山頂部や稜線付近はブナ林、斜面山麓部はスギ、ヒノキ人工林、広葉樹林が覆っている。昭和 46 年に森林法に基づく水資源涵養保安林に指定され県西部地域の貴重な水源となっている。流域面積は約 48km^2、平均勾配は 4%であった。（**図‐1**）

3．現地調査

衛星データを利用する評価を行う場合、現地調査結果と比較、検証を行うことで、衛星データの解析結果の妥当性が得られる。以下の項目について現地調査を行った。

3‐1．現地調査項目

・保水土壌深

長谷川式土壌貫入計により、土壌中の根茎の発達に影響を与える境界値である土壌硬度 1.5cm／drop までの土層を定義した。

・孔隙量

表層土壌から採取した土壌を採土円筒内で十分に飽和させた後、吸収板に 24 時間静置し、土壌水のうち移動可能な水分を吸収させた時の水分量の差で定義し孔隙量を測定した。

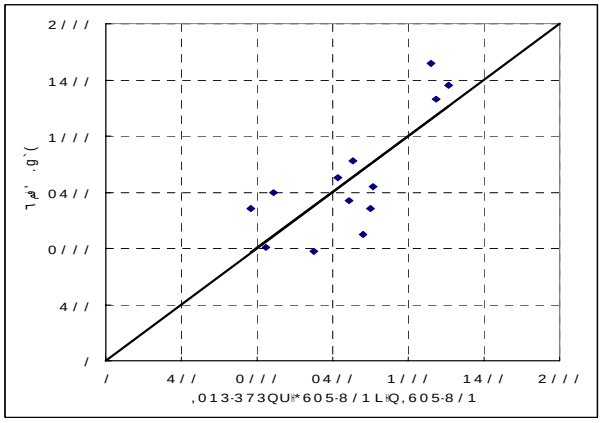
キーワード：林分密度・衛星データ・流出解析
連絡先：日本大学生産工学部土木工学科　千葉県習志野市泉町 1-2-1　TEL　047(474)2424

・分光反射率

オプトリサーチ社製 FPR‐2000 を使用し、*Landsat TM*、*ETM+* データと同じ観測波長帯の分光反射率を採取した葉から測定した。

・コドラート

30m×30m のコドラートを設定し立木密度、胸高直径、生長錐を測定した。



図‐2　衛星画像反射率と立木密度の関係

3−2．立木密度と分光反射率の関係

密度効果は、単位空間当りの生物個体数（立木密度）に応じて固体の発育や増殖、形態や生理などが影響される現象である。本研究では、立木密度と分光反射率の関係から植生指標値（*RVI*）測定を多変量解析を行い、森林の生育密度評価を行なった。解析より以下の回帰式が導かれた。（**図‐2**）

立木密度＝-71.8463*RVI*-56.1766*MIR*＋3836.397　R＝0.7446

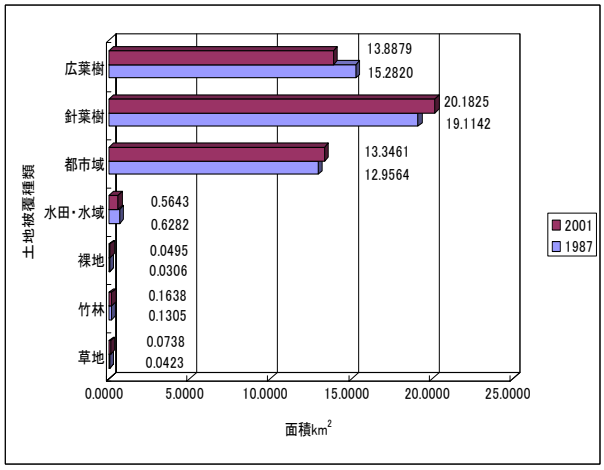
（現地分光反射率と立木密度の回帰式）

立木密度＝-124.484*RVI*-71.902*MIR*＋716.902　R＝0.7806

（衛星画像と立木密度の回帰式）

4．植生活性度と土地被覆分類の評価（図‐3）

間伐や枝打ちなどの森林密度が適切に保たれた林分は、生育活力が高く根系の発達も良好であり、且つ保水機能の高い土壌を醸成することは森林水文学的にも知られている。狩川流域を観測した時系列衛星データ経由から森林の生育状況を媒介として推定して、林分図（*GIS Data*）を利用した南足柄市林班番号区分別植生活性度の経年変化及び *Landsat* 画像を利用した土地被覆分類図の経年面積推移変化から評価した。



図‐3　衛星画像から判別した経年面積変化

5．降雨流出解析

地表に降った雨水が地中に浸透して地下水となり、河道に流出したものを地下水流出成分といい、流域の地表面に流下して河道に流出したものを表面流出成分という。さらに雨水が地上に表面近くにある多孔隙の土層に浸透し、その中を流れて地表または河道に流出する中間流出成分がある。洪水流出成分の抽出法には、バーンズが提唱した降雨流出ハイドログラフの逓減部が示す 2 つの変曲点を用いて図形的に表面（直接）流出量、中間流出量、基底（地下水）流出量を抽出する手法である。本手法により、狩川流域で観測された年度の異なる降雨流出ハイドログラフから中間流出量を推定し経年変化による評価を行なった。表‐1 に 1987 年及び 2001 年観測の洪水期ハイドロ・ハイエトグラフから算定した流出成分を示した。流出量の下の数値は、総流出量に対する割合である。

表‐1　実測ハイドログラフから求めた流出量

年号	1987	2001
総降雨量	85(mm)	103(mm)
総流出量	373.72(m^2)	596.6(m^2)
直接流出量	181.89(m^3) (48.67%)	305.84(m^3) (51.26%)
中間流出量	97.52(m^3) (26.09%)	164.94(m^3) (28.15%)
基底流出量	191.83(m^3) (51.32%)	290.76(m^3) (48.73%)

6．総括

本研究の知見より、立木密度と分光反射率の関係から森林の生育が低下し、植生活性度の経年変化から森林の活力が低下していると分かった。また、本研究で求めた流出量から中間流出量が増加していた。このことから都市域の増加による短期流出量の増加ではなく、土地被覆分類の面積変化から針葉樹林の増加による短期流出量の増加であるといえる。その一方で広葉樹林が減少し、単層林主体のスギ・ヒノキ人工林だけの密度管理を行うより、混交林づくりへ誘導して、適切な密度管理を行い多彩で活力のある森林に変えて行くことが、密度効果の向上に有効な方法と考えられる。