

森林の影響を考慮した流出モデル開発のための基礎的検討

長岡工業高等専門学校 非会員 田邊延弥, 正会員 山本隆広, 正会員 込山晃市

1. はじめに

日本の国土面積の 68 %程度を森林が占めている。湯川ら¹⁾によると樹木の成長に応じて一部の樹木を間伐や択伐等の立木密度の調整が行われていない状態では、樹冠が閉鎖し林内照度が低下するために下層植物が減少し、浸透能が低下する事例が報告されている。今後、日本国内において人口減少に伴う林業従事者不足により、森林の適切な管理が行われずに荒廃化することが懸念される。そこで本研究では今後森林が荒廃化していくと仮定し、下層植物が持つ浸透能の影響を数値計算モデルに適用した時に流出過程や河川流量にどの程度影響が出てくるか感度分析を行った。

2. 対象流域と使用データ

対象流域は新潟県魚沼地方の魚野川流域（堀之内地点の上流域、1408 km²）とし、星野ら²⁾の分布型水文モデルを用いて河川流量の計算を行う。計算に用いた気象データは、気象庁の地域気象観測システム（Automatic Meteorological Data Acquisition System, これ以降 AMeDAS という）の降水、気温および日照時間であり、データ期間は 1980 年から 2010 年の 31 年間で、1 時間ごとのデータを用いた。分布型水文モデルの計算格子を約 250m とした。

魚野川流域 250m メッシュのどこが森林かを当てはめるために国土交通省が提供する国土数値情報から魚野川流域（堀之内上流）の土地利用データ 3 次メッシュデータ（平成 28 年度）を取得した。土地利用データは森林、田畑などに分類されており 3 次メッシュコードごとに土地利用面積のデータを有している。その中で、占有割合の大きい分類をその場所の土地利用とした。魚野川流域は森林が 88 %、田が 11 %、建物用地が 1 %であった。

3. 解析手法

表面流出は土壌が飽和して発生する場合と地表面の浸透能よりも降雨が多い場合の 2 種類に分けられる。本研究で用いた分布型水文モデルにおいて新安江モデルによって流出量が計算されるが、前者の表面流出のみが考慮されていると考えられる。本研究では森林メッシュに対して田中・時岡³⁾が提案した降雨強度 P_r (mm) によって浸透能 I_s (mm/h) が決まる次式を新安江モデルに組み込んだ。

$$I_s = \alpha \tanh\left(\frac{P_r}{\alpha}\right)$$

ここで、 α (mm/h) は降雨強度を十分に大きくした場合の安定浸透能であり、この値には五味ら⁴⁾らによるヒノキの人工林試験地による地表面の被覆割合に応じた浸透能の値を用いた。そして、 I_s が P_r を上回った場合に地表面浸透によって Horton 流が発生すると考え、表面流出量を $R_{s,i}$ とした。一方で、一般的な流出 3 成分を考慮した新安江モデルによって計算される表面流出量 $R_{s,s}$ に対して $R_{s,i}$ を足し合わせることで最終的な表面流出量 R_s を推定した。

本研究では従来の星野ら²⁾のモデルパラメータを用いて行った流出計算結果を BASE01、林床植生による地表面の被覆の割合が 100 % ($\alpha = 196.6$ mm) である場合を CASE01 とし、2 % ($\alpha = 25.1$ mm) より低い場合を CASE02 とした感度分析を行った。CASE01 は地表面浸透が十分に発生するケースであり、CASE02 は森林が荒廃化した場合の地表面浸透能が低下したケースを想定している。

4. 結果と考察

ピーク流量が $1000\text{m}^3/\text{s}$ を超える洪水イベントは 31 年間で、10 回発生した。その中で、変化が判定しやすい 1981 年 8 月の河川流量を図 1 に示す。図 1 では、BASE01 と CASE01 は同じような結果になった。これは BASE01 が浸透能を考慮しない状態で、CASE01 は浸透能が大きく設定されているからである。そして CASE02 はピーク流量が増え、その生起時間も早くなる結果となった。これは、浸透能を小さくした状態では表面流出が増えるからである。

表面流出量が本当に増えているかを確認するため、全期間の BASE01 を基準とした CASE01, 02 の表面流出量の関係を図 2 に示した。図 2 から CASE02 の方が表面流出量が少し多いことがわかった。これは、地表面の浸透能が減少するとそれによる表面流出が大きくなるが、従来の新安江モデルでは浸透能を考慮して表面流出を増やしたところで飽和により表面流出が減るので合計の表面流出は大きな変化がないのだと考えられる。図中の表面流出が高いところで BASE01 に対して CASE02 の表面流出量が著しく高くなっているところは上述の 1981 年 8 月の洪水の場合である。また、表面流出が小さい場合に CASE02 の表面流出が大きくなる傾向がある。

表面流出の差が河川流量に与える影響を調べるため、河川流量が $1000\text{m}^3/\text{s}$ 以上となった時の河川流量それぞれのケースにおける流量比を抽出して図 3 に示した。図 3 からは CASE01 に対して CASE02 の方が平均 1.5 % ほど河川流量が多くなることが分かった。

5. まとめ

今回は、五味ら⁴⁾のヒノキ人工林という仮定であったが、実際の魚野川流域は広葉樹が多いなどの森林の影響についてさらに検討していく必要があることや、新安江モデルの 2 つの表面流出の発生機構が適切かどうかを検討していくことが今後の課題である。

6. 参考文献

- 1) 湯川ら (1995) 日林誌 77 : 224-231.
- 2) 星野ら (2015) , 水文学論文集, Vol.59, pp.1489-1494.
- 3) 田中ら (2007), 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集, 2-003, pp.5-6.
- 4) 五味ら (2013), 日本森林学会誌, 95 巻, 1 号, p.23-31.

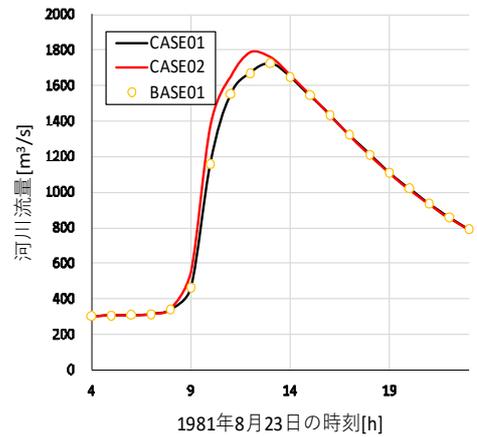


図 1 CASE01, 02 の河川流量の関係

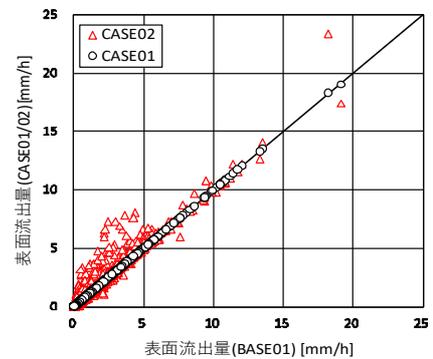


図 2 BASE01 を基準とした CASE01, 02 の河川流量の関係

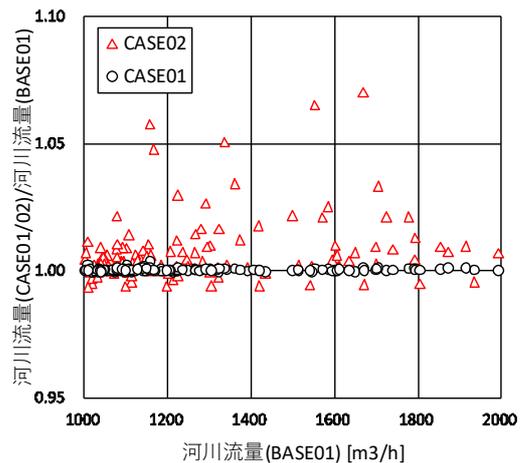


図 3 BASE01 を基準とした CASE01, 02 の河川流量の関係