

ヒノキ人工林流域における水・物質循環に関するプロセス研究 Process based research in an artificial forest of *Chamaecyparis obtusa*

大槻恭一*, 東 直子*, 智和正明*, 井手淳一郎*, 丸野亮子*, 脇山義史**, 小松 光*
Otsuki, K., Higashi, N., Chiwa, M., Ide, J., Maruno, R., Wakiyama, Y. and Komatsu, H.

1. はじめに

「緑のダム」という言葉は1970年代に使われ始め、現在では広く一般に使用されている(蔵治ら, 2004)。しかし、森林は植生が多様で、地形や群落構造が複雑であるため、農地と比較すると環境測定が困難であり、「緑のダム」の機能評価は非常に難しい。2000年代に入ると、森林におけるプロセス研究データがモデルと融合できる程度に蓄積され始め、新しい知見が得られつつある(小松ら, 2005)。しかし、水・物質循環のプロセスはまだ断片的にしか解明されていないため、九州大学演習林では、2001年からヒノキ人工林流域において水・物質循環に関する総合的な調査を開始した。

2. 試験地概要

九州大学福岡演習林の御手洗水流域に試験流域を設置した。御手洗水流域の地形特性は、面積9.5ha、流路長265m、流域幅179m、流路勾配0.22、平均勾配0.37である。流域面積の約半分を占める主流路を挟んだ谷部は、樹齢約50年のヒノキ人工林で占められている。中腹から尾根に至る中・高位部は、従来はアカマツが占有していたが、現在は常緑広葉樹・落葉広葉樹、常緑針葉樹が混交する二次林となっている。ヒノキ林の大半は間伐されておらず、下層植生は乏しく、リター層はほとんど形成されていない。一方、中腹・尾根部の常緑・落葉混交二次林の林床は比較的厚いリター層で被われている。

3. 結果

(1) 土壌特性

基岩の大部分は三郡変成岩(緑泥片岩, 蛇紋岩)である。表層土壌は黄褐色森林土壌であり、土性は埴壤土である。粘土鉱物組成は、蛇紋石(65%)、緑泥石(17%)、石英(13%)、タルク(5%)である。土壌の体積含水率およびマトリックポテンシャルの観測結果から求めた中央マトリックポテンシャル ψ_m によれば、斜面下部のヒノキ林の土壌は、中央孔隙径粒が小さく、孔隙径分布幅も狭い。したがって、本流域では斜面下部のヒノキ林土壌では、降雨直後から排水が開始される可能性が示唆された。

(2) 水循環

御手洗水流域の2003~2004年の年降水量は、それぞれ1998mm, 2172mmであり、平年値1790mmより200~300mm多い。流量はそれぞれ1103mm, 11279mmであり。流出率は55%, 52%である。平水流量はそれぞれ0.76 mm/day, 0.65 mm/day, 低水流量は両年0.39mm/dayと少なく、水資源貯留・流量調整能力は小さい。

樹冠通過雨量、樹幹流量の予備調査結果より、ヒノキ林の樹冠遮断率は約20%と推定された。また、また、樹高16mから推定した蒸散率 α (Priestley-Taylor式の係数)は0.5である。これらの比率を用いて計算した結果、2003年, 2004年の遮断蒸発量はそれぞれ400mm, 429mm, 蒸散量は

*九州大学農学部附属演習林, Kyushu University Forest, **筑波大学, Tsukuba University

それぞれ 471mm, 517mm であり, 蒸発散量はそれぞれ 871mm, 946mm であった。この値は, 水収支による損失量 895mm, 1017mm とほぼ一致しており, ほぼ妥当な値であると考えられる。

(3)物質循環

1)窒素の動態 無機態窒素の年間沈着量は, 林外雨で $10.7 \text{ kgN ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$, 林床への沈着量(林内雨+樹幹流)は $14.1 \text{ kgN ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ であった。林外雨による沈着量と比べて林床への沈着量が増加しているのは NO_3^- によるものであった。本流域では, 日中には西風, 夜間には東風が卓越し, 海陸風循環が形成されていた。本流域の西側には福岡都市圏が近接していることから, 日中に都市域から排出された汚染物質が海風によって移流され, ガス状 HNO_3 , エアロゾル状 NO_3^- が本流域に到達し, 乾性沈着している可能性が考えられる。

渓流水中の窒素流出において, 溶存無機態窒素(DIN)は $8.9 \text{ kgN ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ であり, その 98%が NO_3^- であった。DIN流出負荷量は, 林床への沈着量より $5.2 \text{ kgN ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ 減少しているものの, 他流域と比較する高い。また, 渓流水中 NO_3^- 平均濃度は $61.7 \mu\text{mol/L}$ で, 他流域と比較するとかなり高い。渓流水中 NO_3^- 濃度は, 流量の増加に伴い増加する傾向を示した。これは, 流量増加時に地下水位が上昇し, 土壌から渓流水中に NO_3^- が溶脱することによると考えられる。しかし, 低流量時でも NO_3^- 濃度は高く $27 \mu\text{mol/L}$ 以上であった。このことから, 本流域では無機態窒素の沈着量が多いことが, 渓流水中 NO_3^- 濃度が高い原因の一つであると考えられる。

渓流水中の窒素流出において, 有機態窒素(ON)は $7.3 \text{ kgN ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ であった。ONのうち, 溶存有機態窒素(DON)は $6.4 \text{ kgN ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$, 懸濁有機態窒素(PON)は $0.9 \text{ kgN ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ であった。ONに対するDINの比(DIN:ON比)は 1.2 であり, 他流域と比較すると高く, 本流域において無機態窒素の沈着が多いことが示唆された。なお, 流量の増加に伴い, 渓流水中 NO_3^- 濃度は増加するのに対し, 渓流水中および地下水のDON濃度は減少した。この結果から, DONは主に土壌下層に存在し, 土壌表層から渓流水へのDONの溶脱は少ないことが推察された。

2)リンの動態 流域からの流出負荷量を正確に評価するためには, L-Q 式などを用いて流出量を考慮することが不可欠であることを明らかにした。ただし, リンの場合, 流出の大半が出水時の懸濁態リンで占められるため, リン流出負荷量は L-Q 式でも過少評価されること, これを改善するためには流域の乾燥状態を把握する必要があることを明らかにした。

3)フミン物質の動態 分光蛍光光度計を用いて渓流水で検出した 2 つの蛍光強度ピーク波長は, フルボ酸標準試料(褐色森林土壌抽出)の 2 つの蛍光強度ピーク波長に近く, 人為起源のタンパク質類のピーク波長は検出されなかった。渓流水試料 35 サンプルを用いて相対蛍光強度からフミン物質濃度の簡易推定を行った結果, フミン物質はDOC のうち 33~87%, 平均 65%を占めており, どちらのピーク波長を用いて推定しても平均濃度は 0.89 mgL^{-1} であった。渓流水採取時の流出水量(10 分間流出量)とピーク波長の相対蛍光強度との間には高い正の相関が認められ, 流出水量が多い場合に, フミン物質と示唆される蛍光物質の濃度が上昇することが示された。

4. おわりに

御手洗水流域における水・物質循環に関するプロセス研究は緒についたばかりである。現在, 森林動態・内部物質循環の研究を開始するとともに, 各プロセスの関連付けを行い, プロセス研究の総合化を進めている。一流域における総合的な水・物質循環に関するプロセス研究は, 事例研究に留まらず, 本質的に森林の「緑のダム」機能を評価するための一助になることを期待している。

参考文献 蔵治ら(2004): 緑のダム, 築地書館; 小松ら(2005): 水文・水資源学会誌, 18, 613-626