

# 緑のダムの水文学的評価について

## Hydrological Evaluation of Green Dams

田中丸 治哉  
Haruya Tanakamaru

1. まえがき 森林の持つ洪水緩和機能や渇水緩和機能のことが「緑のダム」の機能と呼ばれている。この用語そのものは新しいものではないが、民主党諮問委員会の「緑のダム構想」(2000年)や長野県知事の「脱ダム宣言」(2001年)を契機として、最近、一般に広く注目されるようになった。緑のダム機能については、かねてから様々な評価があるが、この問題に関する最近の議論は、科学的というよりも政治的な議論になっており、このことが問題を複雑化している。緑のダム機能の評価は、古くから森林水文学の分野で検討されてきたが、農業土木分野においても1980年以降に山林における農地造成が流出・水収支に与える影響に関する研究が精力的に行われ、これらの研究も森林の持つ機能を論ずる上で重要な知見を提供しており、森林水文学の文献でもしばしば引用されている。本研究では、これまで著者が参画してきた農地造成の影響評価に関する研究や関連文献を検討材料として、緑のダム機能の水文学的評価を試みる。

2. 流域試験による緑のダム機能の評価 森林の洪水緩和機能や渇水緩和機能(緑のダム機能)については、森林試験流域における水文観測に基づいて様々な検討がなされ、世界各国から多数の研究結果が報告されており、各国での流域試験に関するレビューも行われている(蔵治, 2003)。流域試験の多くは、流域特性がほぼ同じで近接した2流域のうち1流域のみで森林伐採等の操作を実施し、操作を施した流域の流出量と操作を施していない流域の流出量を比較する対照流域法によって行われている。森林伐採や伐採後の植林といった操作にとどまる場合は、有機質に富み多孔質で浸入能が高い森林土壌がほぼ維持されるが、土地利用変更を伴う場合は、重機で表層土が攪乱・転圧され、従前の森林土壌は維持されない。このため、流域試験の結果は表層土の改変の有無によって様相が異なると考えられる。農地造成の影響評価は、森林伐採に表層土の改変を伴う場合に相当する。奈良県五條吉野地区と石川県輪島柳田地区では、対象流域法によって農地造成が流出量に与える影響が検討されてきたが(小林ら, 1984, 瀧本ら, 1994, 田中丸ら, 1994)両地区の試験結果はTable 1のように整理できる。これらの成果と森林水文学での成果を総合すれば森林伐採等が流出量に与える影響は、次のようにまとめられる。

(1)森林の変化が年流出量に与える影響 森林が皆伐ないし部分的に伐採された流域の年流出量は、対照流域に比べて例外なく増加するが、伐採後に新しい植生が侵入・成長すると対照流域との流出量の差は徐々に小さくなる。年流出量が増加するのは、森林を伐採すると樹木の蒸散や樹冠遮断が無くなる一方、地表面蒸発量と下草の蒸散量が増加するが、結果的に蒸発散量はほぼ確実に減少するためである。水資源賦存量の面から見れば、蒸発散によって水を消費する森林は、マイナスの効果を有しているといえる。

(2)森林の変化が洪水流出量に与える影響 森林伐採が洪水流出量に与える影響につい

Table 1 農地造成が流出・水収支に与える影響の評価事例

地区名	奈良県五條吉野地区		石川県輪島柳田地区	
	流域 A(農地造成)	流域 B(未造成)	流域 A(農地造成)	流域 B(未造成)
植生	果樹(柿)	松主体の混合林	果樹(栗)	杉・松の人工林
流域面積 (ha)	11.8	12.8	11.0	14.7
森林面積率 (%)	22	90	7	96
平均斜面勾配	0.214	0.447	0.087	0.635
流路密度 (m/ha)	332	101	214	84
60分積算浸入量 (mm)	183	718	377	368
ピーク流出係数最大値	0.85	0.5	0.75	0.65
角屋・福島式の C 値	328	78	339	143
年間降水量 (mm)	1045~1707	1079~1826	1999~3145	2013~3174
年間流出率	0.51~0.68	0.28~0.55	0.68~0.85	0.66~0.83
農地造成に伴う年流出量の変化	年流出率はどの年も農地造成流域の方が未造成流域よりも大きい。		年流出率はどの年も農地造成流域の方が未造成流域よりもやや大きい。	
農地造成に伴う洪水流出量の変化	洪水ピーク流量は農地造成流域の方が未造成流域よりもかなり大きい。		洪水ピーク流量は農地造成流域の方が未造成流域よりも大きい。	
農地造成に伴う渇水時流出量の変化	約 0.5mm/d 以下の渇水時においては農地造成流域の方が未造成流域よりも流出量が多い。		約 2mm/d 以下の渇水時においては未造成流域の方が農地造成流域よりも流出量が多い。	
解析対象期間	1980~1991年(12年間)		1981~1988年(8年間) ただし通年観測は後半の4年間のみ	
出典	小林ら(1984), 瀧本ら(1994)		田中丸・角屋(1994)	

ては、農地造成等のように伐採後、表層土を改変する場合と、伐採後に表層土を破壊しない場合とで影響の度合いが異なる。農地造成やゴルフ場造成では、排水路の整備や地表起伏の平坦化によって雨水の流下速度が大きくなる(洪水到達時間が短くなる)と同時に、表層土の攪乱・転圧に伴う浸入能の低下によって直接流出量が増加するため、ほぼ例外なくピーク流出量が増加する。森林伐採のみの場合でも直接流出量、ピーク流出量は増加することが多いが、有意な増加が認められない場合もある。森林土壌の高い浸入能と雨水保留量が維持されれば、洪水流出量の変化は小さいと考えられる。これらのことから、森林には洪水緩和機能があって、森林土壌が特にその機能の発揮に貢献しているといえる。

(3) 森林の変化が渇水時の流出量に与える影響 森林伐採のみの場合、渇水時の流出量は増加する場合と変化が見られない場合があり(蔵治, 2003)、松枯れが生じた流域で渇水時の流出量が増加した事例も報告されている(阿部・谷, 1985)。伐採や松枯れに伴う渇水時の流出量の増加は、伐採に伴う年流出量の増加と同様、蒸発散量の減少にあると考えられる。農地造成、ゴルフ場造成においては、渇水時の流出量が増加する場合(瀧本ら, 1994)と減少する場合(田中丸ら, 1994, 福寫ら, 1988)の両方が報告されている。森林伐採に伴う蒸発散量の減少は、渇水時を含めた年間を通しての流出量を増加させる効果を持つが、表層土の攪乱・転圧は、速い流出成分の割合を増加させ、遅い流出成分の割合を減少させる効果を持つことから、両者の効果は相反している。よって、いずれの効果が強いかによって、渇水時の流出量が増加する場合と減少する場合とが生じるものと解釈できる。すなわち、森林には、その大きな蒸発散量が渇水時の流出量を低下させるマイナスの機能と、森林土壌が雨水の浸入・保留を促進し、流出波形を平準化して渇水を緩和するプラスの機能があり、森林に渇水緩和機能があるか否かの結論づけは難しい。

引用文献 阿部・谷：日林誌 67(7), 1985；福寫ら：新砂防 40(5), 1988；小林ら：農土論集 113, 1984；蔵治：森林の緑のダム機能(水源涵養機能)とその強化に向けて, (社)日本治山治水協会, 2003；瀧本ら：農土論集 170, 1994；田中丸・角屋：農土論集 170, 1994