

植生が浸透過程に及ぼす役割について

On the role of vegetation for infiltration process

宇都宮大学工学部 正員 宮崎 勝己 K.Miyazaki

宇都宮大学工学部 正員 長谷部正彦 M.Hasebe

要 旨

本研究は、植生相異による山腹試験区の小流出試験地における水文循環過程での雨水の水分移動を検討するのではなく、雨水の土壌中への鉛直水分移動に与える植生相異の影響を平地での流出実験をもとに明らかにするものである。実験試験区は、宇都宮大学工学部構内に植生の効果を調べるための草地、降雨の遮断効果及び蒸発散作用を調べるための木の根元、そして植生の影響の受けない裸地に測定地点を設置し、その各々の試験地に3点式の自記テンシオメータ(DIK-3003)を深さ50cmに埋設して、各地点の圧力ポテンシャルを測定し、このサクション(土壌水分張力)値から土壌水分率を求めて、雨水の鉛直水分移動を調べ、植生が鉛直浸透過程に及ぼす役割について検討するものである。

1. 研究の目的

水文現象の降雨-流出系の中で表層土壌における雨水の水分移動すなわち雨水の貯留・流出・蒸発散による消失は、降雨(入力)から流出(出力)に変換する場の流出過程に大きな役割をしめ、特に流出の損失機構と密接な関係を持つ。また、根系を含む植生の状態は、それらを支配する重要な因子である。これまでに、山地小流域での水文循環過程あるいはライシメータによる実験により、植生の違いが雨水の浸透過程に及ぼす影響を実験及び理論計算により種々検討されてきた。上記のことを考慮して、本研究の目的を以下に示す。

- (1) 平地での流出試験地を対象とした観測実験により雨水の土壌水分の移動特性を明らかにする。
- (2) 裸地、草地、木の根元という植生の違いが流出過程に及ぼす影響を検討する。

2. 実 験

2. 1 流出試験地

対象とする実験試験区は、起伏のない平坦でかつ他の外的な影響のない場所である。また、土壌構造については図-1に示すが、表層土壌より約10cmから深さ60cm程度の範囲に赤褐色の関東ローム層(上部土壌)があり、さらに60cmより深遠には黒色土層(下部土壌)をもつ異なった二層からなっている。各測定地点の選定にあたって、草地である場所の表面の雑草等を取り除いて裸地(写真-1)とし、植生の効果を調べるため多年草の生育する直径3~4mの範囲を草地(写真-2)、そして遮断効果及び蒸発散作用をもつ木の根元付近(写真-3)の合計3箇所に測定地点すなわち実験区を設けた。

2. 2 降雨観測

自記テンシオメータを用いて、植生相異(裸地・草地・木の根元)における各地点の深さ50cmの圧力(毛管)ポテンシャル、すなわち、 $[pF = \log_{10} | \text{cmH}_2\text{O} \text{で表わした圧力ポテンシャル} |]$ を測定した。これと併行して、転倒ます型自記式雨量計を流出試験区から数十m離れた場所の建物の屋上に設置して、連続的に計測される降雨データに対し、単位時間(1hr)ごとに求めた。観測期間は、62年5月~9月の4ヶ月間であり、植生の生育が著しく活発な時期に相当する。すな

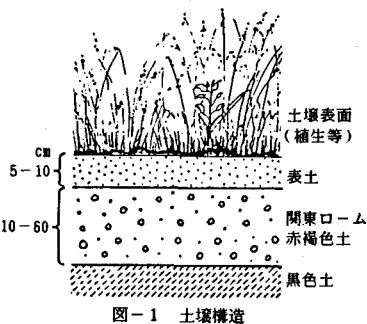


図-1 土壌構造

わち、植生の効果が雨水の鉛直浸透過程に及ぼす影響が大と考えられる季節である。これによって得られた観測データをもとに、植生相異による効果を明らかにするためこの期間中に記録された15回の降雨について、降雨強度の異なると思われる雷雨性及び雷雨を伴わない降雨（低気圧性）及び降雨継続時間の長短の異なる降雨パターンに分類し、これらの降雨とpF値（土壌水分率（Mv）に変換されるが）との関係を調べ、各降雨に伴う雨水の鉛直水分移動が植生の違いによりどのように異なるかを種々検討した。

2.3 pF値と土壌水分率のキャリブレーション

各測定地点の土壌のサンプリングを行い、土壌の物理的特性を知る上でのpF値とMvのキャリブレーションを行った。この結果は図-2及び表-1に示すが、これは乾燥過程により求めた水分曲線であるため、ヒステリシス(Hysteresis)による影響があると考えられるが、一般には水分消費の観点に立てばこのような脱水過程でよいと言われる。このキャリブレーションした結果の図から、換算して得られた各pF値に対応する土壌水分率（Mv）と降雨パターン及び植生との関係を以下に検討する。

3. 実験結果

3.1 透水係数

Dreibelbisの実測によれば、表層土壌の水分移動が顕著であると考えられる深さは20~30cmの範囲である。そこで、雨水の鉛直水分移動すなわち浸透過程に対して大きく寄与すると思われるこの範囲において、土壌特性の指標としての大きなファクターである透水係数を測定した。流出試験地の乱されていない自然状態（つまり、不攪乱土）を代表させる供試体を用いて変水位透水試験を行った。この結果得られた透水係数は1.75 ~ 2.18 $\times 10^{-4}$ (cm/sec)のオーダーであり、比較的透水性の低い土壌（すなわち、シルト粘土混じり）であることが明らかとなった。試験に際して、繰り返し測定する間に透水能力が徐々に低下する傾向が見られたが、これは一般に、地盤が不均質な材料で構成されていること、土壌が不飽和の状態であることなどが主に原因していると考えられる。なお、

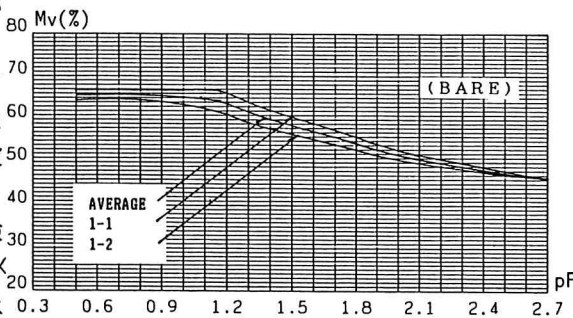
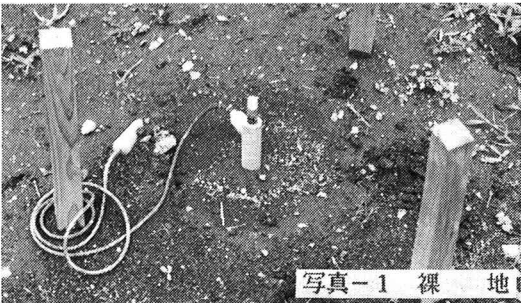


図-2 pF - MOISTURE CURVE (BARE)

表-1 CALIBRATION

サンプル名	土性取時		土柱法キット										加圧板法				乾燥重量	比重
	実容積	重量	pF0.5	pF0.8	pF1.0	pF1.2	pF1.4	pF1.6	pF1.8	pF2.0	pF2.5	pF3.0	pF2.0	pF2.5	pF3.0	pF3.5		
1-50cm	173.46ml	118.4 g	139.0	138.9	138.4	137.1	133.2	130.6	127.8	125.0	123.2	120.8	119.6	119.6	119.6	119.6	73.2g	1.586
Mv		45.2 %	65.8%	65.7%	65.2%	63.9%	60.0%	57.4%	54.0%	51.8%	50.0%	47.6%	46.4%	46.4%	46.4%	46.4%	水分率	
Mm/V $\times 100$			47.32	47.28	47.11	46.89	45.02	43.93	42.73	41.44	40.85	39.28	38.77	38.77	38.77	38.77	含水率	
Mm/V $\times 100$			89.62	89.68	89.06	87.20	81.88	78.33	74.58	70.76	68.23	64.96	63.31	63.31	63.31	63.31	含水比	
2-50cm	183.04ml	128.9 g	140.3	140.3	138.9	137.9	134.8	133.3	131.8	130.3	128.5	126.3	127.7	127.7	127.7	127.7	75.9g	1.537
Mv		53.0 %	64.4%	64.4%	63.0%	62.0%	58.9%	57.4%	56.9%	54.4%	53.0%	52.6%	51.8%	51.8%	51.8%	51.8%	水分率	
Mm/V $\times 100$			45.90	45.88	45.24	44.94	43.67	43.06	42.41	41.73	41.37	40.91	40.56	40.56	40.56	40.56	含水率	
Mm/V $\times 100$			84.90	84.83	82.98	81.69	77.57	75.64	73.63	71.60	70.54	69.24	68.26	68.26	68.26	68.26	含水比	
3-50cm	72.39ml	112.0 g	133.0	131.6	129.4	126.0	122.1	119.7	117.4	115.1	113.8	112.0	111.0	111.0	111.0	111.0	64.7g	1.579
Mv		47.3 %	68.3%	66.9%	64.7%	61.2%	57.4%	55.0%	52.7%	50.4%	49.1%	47.3%	46.3%	46.3%	46.3%	46.3%	水分率	
Mm/V $\times 100$			51.35	50.82	49.98	48.63	46.98	45.93	44.87	43.79	43.12	42.21	41.69	41.69	41.69	41.69	含水率	
Mm/V $\times 100$			110.55	110.21	100.71	95.48	89.44	85.66	82.07	78.58	76.47	73.67	72.10	72.10	72.10	72.10	含水比	

この透水係数の測定を各地点について行う。

3.2 降雨パターンの違いによるpF値及び土壌水分率(Mv)の検討

ここでは、15回の降雨例において、実験により観測された結果の中から特徴的な場合についていくつかの例を示し、各々の降雨パターンとpF値及び土壌水分率(Mv)の関係について考察を行った結果を、雷雨性降雨について以下に述べる。

(1) 図-3、4には、雷雨性の降雨継続時間の短い(1hr以内)すなわち降雨強度の強い場合の例である。図から明らかなように、植生の違いによる鉛直水分移動の変化がわかる。裸地や草地の土壌水分率Mvの変化が大きいのに対し、木の根元では変化は小さい。また、降雨終了後から一定の水分率に達するまでには、約2時間ぐらい要していることがわかる。

(2) 図-5、6も、(1)と同様なピーク雨量の大きい雷雨性降雨の場合である。裸地では、降雨に対してすぐに反応するが、木の根元では、裸地に比べると水分量が増加するまでの応答時間に遅れが生じている。また、草地においては他の地点の土壌水分率よりもやや低い値を示している。この理由としては、草の根による吸収及び葉面からの蒸発散作用が活発であるために、土壌中の水分量が低いためであると考えられる。

(3) 図-7、8も雷雨性降雨を示し、PREINT.(過去の降雨と現降雨までの無降雨時間間隔(hour)を表す)が短い場合である。この場合、初期水分量(つまり、降雨以前に土壌が保持している水分量)が、(2)の場合に比べて全体的に多く水分量を保持しているため、変化は少ない値を示している。このように、土壌の初期水分量と植生の違いによる浸透過程に及ぼす影響には密接な関係があると思われる。

以上のことから、共通して言えることは、降雨と土壌水分率のピークとの時間間隔(応答時間)は、植生により異なる。すなわち、応答時間の早い順には、裸地、草地、木の根元となっている。そして、それぞれに降雨継続時間にほとんど差がないことから、植生の違いによる雨水の浸透過程に影響を及ぼす要因の一つとしては、初期水分量であると考えられる。

つぎに、雷雨の伴わない低気圧性の降雨パターンについて検討を行った。

(4) 図-9、10は、降雨継続時間の長い場合の例である。図から、土壌水分率の変化は、裸地は降雨初期に、草地では降雨継続時間中に、そして木の根元は降雨終了後であることが注目される。応答時間についてもはっきりと植生の違いによって異なった結果を示している。

(5) 図-11、12は、降雨強度が比較的小さい場合であるが、裸地では土壌水分率の変化が大きいのに対し、草地や木の根元ではほとんど変化が見られない。これは、総降雨量としては多くないので、土壌水分量の少ない条件での草地及び木の根元では、浸透過程における初期段階での土壌を湿らす程度にしかすぎないためであると考えられる。

3.3 植生相異と土壌水分率との関係

(1) 図-13は、土壌中の水分量の変化(つまり、乾きやすさの割合を示す)の関係を、横軸に PREINT.(hr) 縦軸には初期土壌水分率(%)で表したものである。ただ

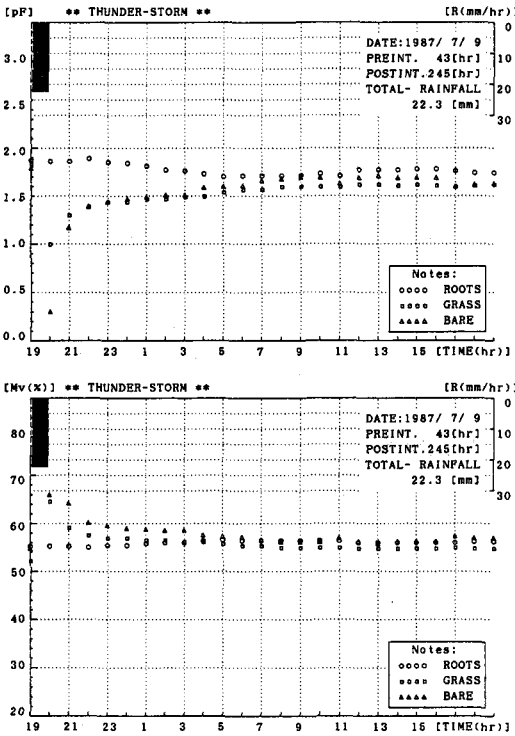


図-3、4 降雨とpF値及びMvとの関係(7/9)

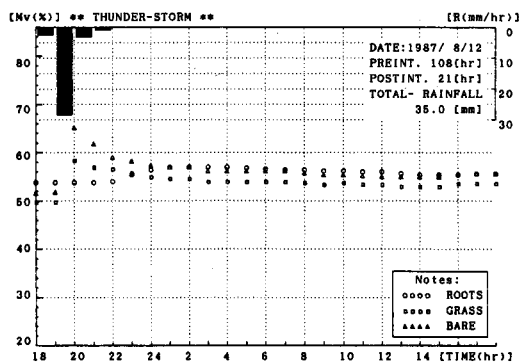
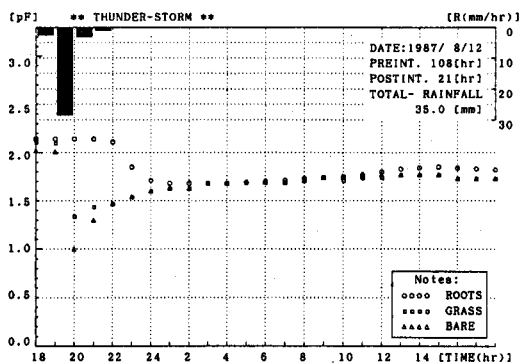


図-5、6 降雨とpF値及びMvとの関係(8/12)

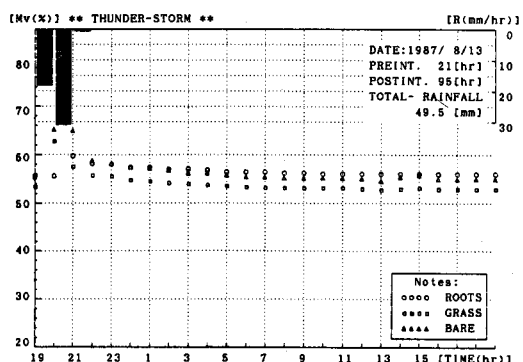
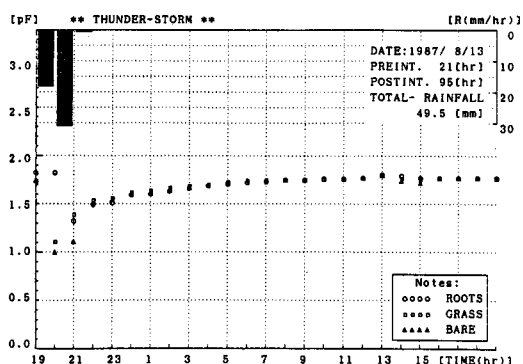


図-7、8 降雨とpF値及びMvとの関係(8/13)

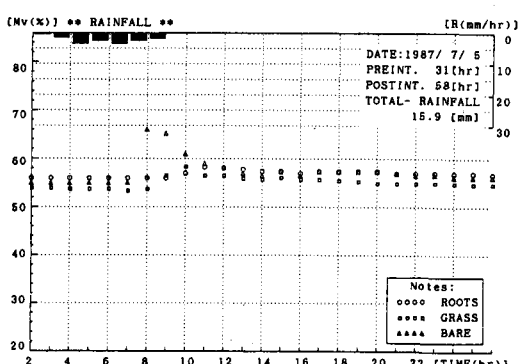
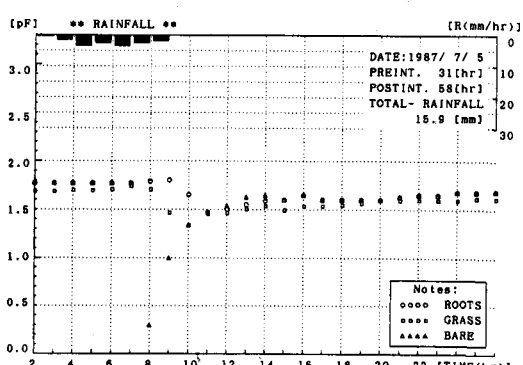
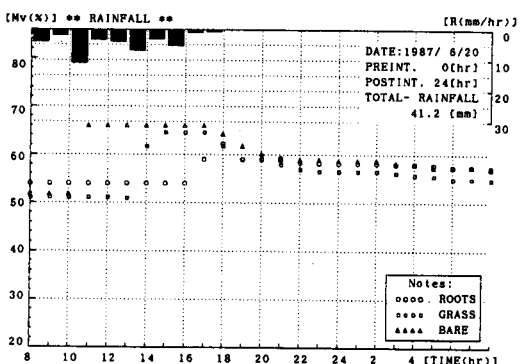
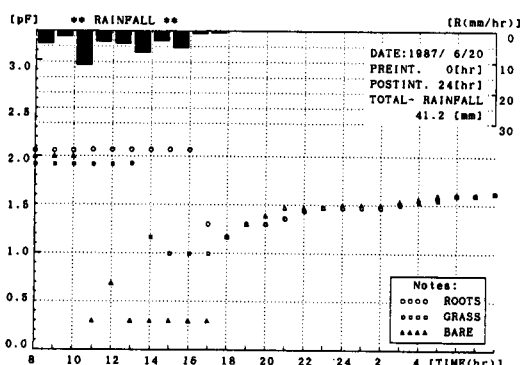


図- 9、10 降雨とpF値及びMvとの関係(6/20) 図-11、12 降雨とpF値及びMvとの関係(7/ 5)

し、ここでの初期
 土壌水分率は、降
 雨の降り初めにお
 ける水分率とした。
 この結果、木の根
 元での水分率がほ
 ぼ一定している傾
 向が見られる。特
 に、草地における
 水分率の割合が他
 に比べて低く、ま
 た低減していく勾
 配がきつく、乾き
 方が速いことが特
 徴的である。この
 理由としては、蒸
 発散量が草地が多
 いためであると思
 えられる。また、
 雷雨性の降雨パタ
 ーンでは、低気圧
 性の降雨に比較し
 て初期の土壌水分
 量は少ない傾向に
 ある。

(2) 図-14に、
 最大土壌水分率と
 最大土壌水分率に
 達するまでの積算
 雨量との関係を示
 してある。この結
 果、裸地が一定の
 浸透能に近づいて

いる。木の根元に関しては、一定の浸透能にはこの例では達してはなく、まだ上昇傾向にある。雷雨性の降雨パターンの中でも特に降雨強度の強い例(図中の記号●印)では、木の根元、裸地に比べて草地の土壌水分量が少ない。すなわち、降雨強度が強い場合に土壌への浸透の状況が草地では異なっている結果が示されている。

(3) 最後に、図-15には最大土壌水分率とピーク降雨量との関係を示すが、図からは顕著な関係は見当たらなかった。このように、植生相異及び雷雨性及び低気圧性の違い、すなわち降雨パターン(降雨強度の強弱)により雨水の水分移動過程に相違があることが、この実験例で明らかとなった。

なお、透水係数については、実験中のため実験地以外での透水係数が先に述べたように得られたが、実験後には各地点での透水係数を求め、比較検討したい。

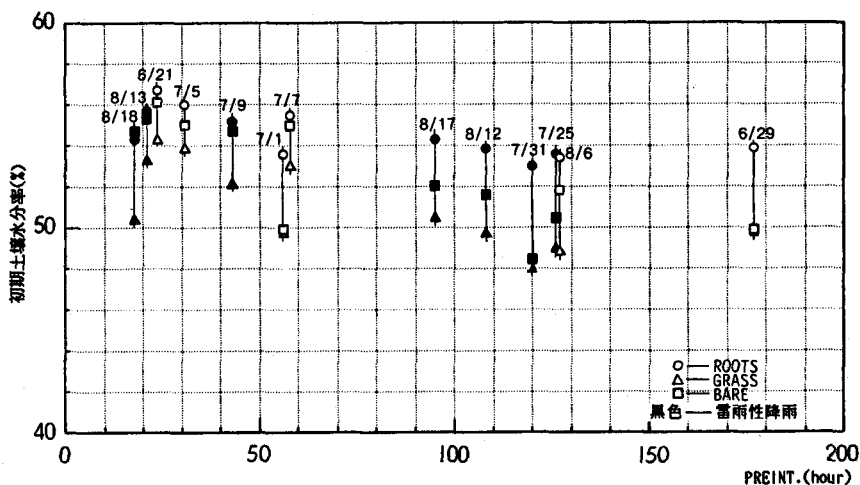


図-13 PREINT.と初期土壌水分率との関係

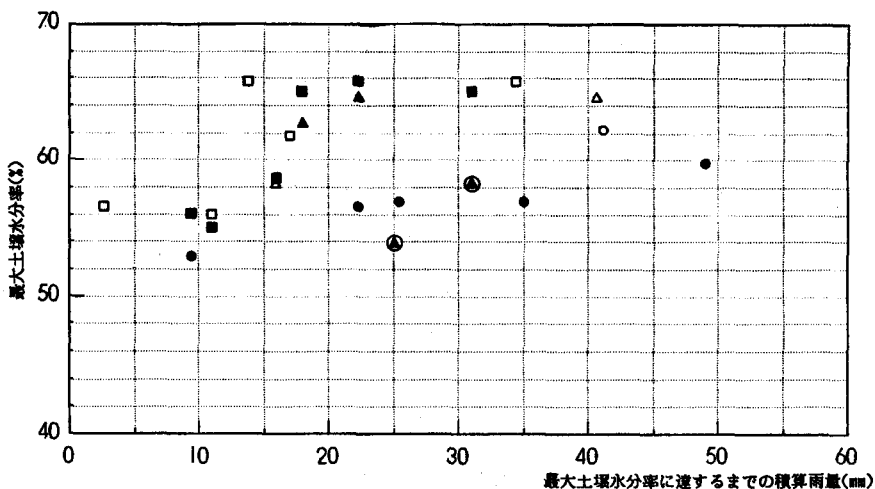


図-14 最大土壌水分率と最大土壌水分率に達するまでの積算雨量との関係

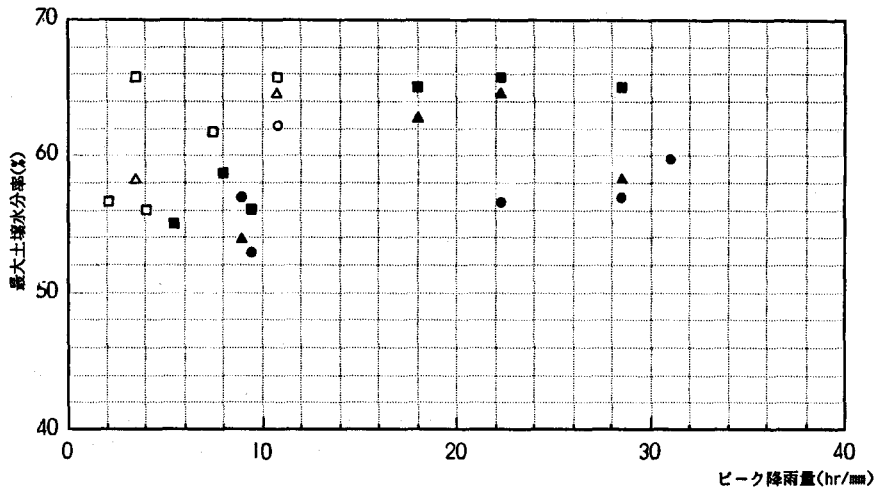


図-15 最大土壌水分率とピーク降雨量との関係

4. 結 論

以上の様に平地での小実験区での結果が得られたが、今後の問題点としては、各々の地点が裸地、草地、木の根元の代表性を表すかどうかは今後実験地域を増やし、また、深さ方向にテンシオメータをさらに埋設して実験を継続していくとともに、理論的にも考察して、植生の相異による浸透過程の影響を検討していきたいと考えている。

最後に、実験及び資料整理等に協力してくれた佐野芳彦君に感謝の意を表し、また本研究は科学研究費（一般研究(C)、『植生が降雨-流出系の流出過程に及ぼす影響とその流出構造について』代表：宇都宮大学工学部 長谷部正彦）の補助により行われた。

【参考文献】

- (1) 藤田光一：降雨流出機構に及ぼす表層土壌と植生の効果、東京工業大学修士論文 1982
- (2) 日野幹雄・長谷部正彦：流出率と湿潤指標としての洪水直前流量、土木学会論文報告集 No.328 1982
- (3) 岡本芳美：技術水文学、日刊工業新聞社 1982