

熊本地下水涵養域の林地、畑地における浸透能力について

吉井貴紀*

市川勉**

On the Seepage Capacity in Forest Area and Farmland in KUMAMOTO Groundwater Recharge Area

by

Takanori YOSII, Tsutomu ICHIKAWA

(Received : September 29, 2008, Accepted : February 6, 2009)

Abstract

The KUMAMOTO area with 1 million populations and 1000km² area have much groundwater. The main recharge areas of this basin are located in the middle SHIRA River area. The recharge areas are mainly paddy field, farmland and forest. The seepage capacity and recharge rate in the paddy field are well known in previous research, and, the average recharge height in the middle SHIRA River area is almost 40-45% of rainfall in the forest and farmland. But there are no reports of seepage capacity.

In this paper, the authors do field seepage capacity testing with double ring method and estimate seepage capacity in the forest and farmland. As the results, seepage capacity in the forest is very high for recharge rain water to under ground. But in the farmland, seepage capacity is not so high in comparison with the recharge of all rainfall.

Key Word; Seepage Capacity, Forest area, Farmland

1. まえがき

熊本地域は 100 万人に及ぶ住民の生活用水の 100%を地下水で賄うわが国最大の地下水利用地域である。現在、熊本地域の地下水は生活用水としてだけでなく、半導体やフィルム、飲料水などの工業用水として注目され、使用されている。しかし、地下水の量は継続的な低下傾向が続いている。これまでは生活用水や工業用水の使いすぎが原因だと思われていたが、地下に高い透水性を持つ火山堆積物を有する阿蘇西側の山麓から大津・菊陽地域（白川中流域）にある、広大な水田地域における地下水涵養量が減反や都市化などの影響を受け、減少したことが原因であると考えられるようになった¹⁾。これ

を受けて 2004 年から、熊本市も湛水事業による対策に乗り出した。江津湖・嘉島の湧水量を見る限りではその効果が湧水量の増加として表れていると考えられる²⁾。しかし、この地域の減反率は増え続けているため、湛水田が増加しても涵養量の大幅な改善は見込めていない³⁾。白川中流域には森林や畑地も多く存在するため地下水涵養には降雨による浸透も大きく関わっていると思われる。熊本県・市が三次に渡って行なった準三次元地下水流動解析において評価された浸透性の台地部林地・畑地における地下水涵養高は、第二次調査では、765mm/年、第三次調査では 827mm/年にのぼる。しかし、これは平均的値であり、浸透能力の高い空港周辺の林地や畑地における浸透能調査は行なわれていない⁴⁾、⁵⁾、⁶⁾。

*東海大学大学院産業工学研究科社会開発工学専攻院生

**東海大学工学部環境保全学科教授

本研究では、白川中流域にある高い浸透能力を持つ高遊原台地に林地や畑地が多く存在していることに着目し、その浸透能を調査し、評価を行なった。

2. 調査地点

熊本地域の地下水を生成する白川中流域の中でも浸透能が高い高遊原台地にある阿蘇熊本空港の北と西の林地、北側の畑地で浸透能試験を行なった。

現地を踏査し、調査ポイントを決め、表土の状況を見てその地点の平均的であろうと推定される場所を設定し、浸透能試験を行った。調査地点は Fig.2-1 の No. 1 ~ 9 (林地) と Fig.2-2 の No. 1 ~ 8 (畑地) である。

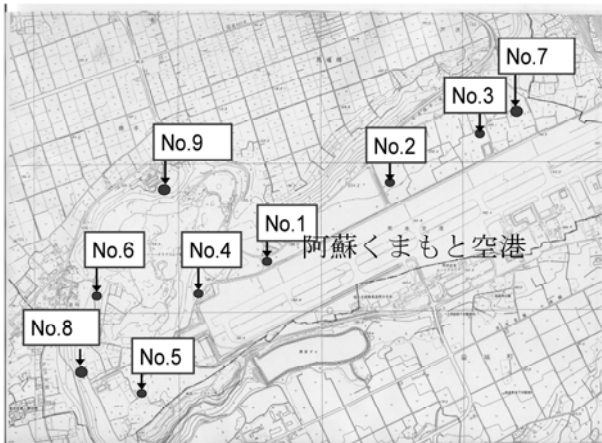


Fig.2-1 白川中流域林地

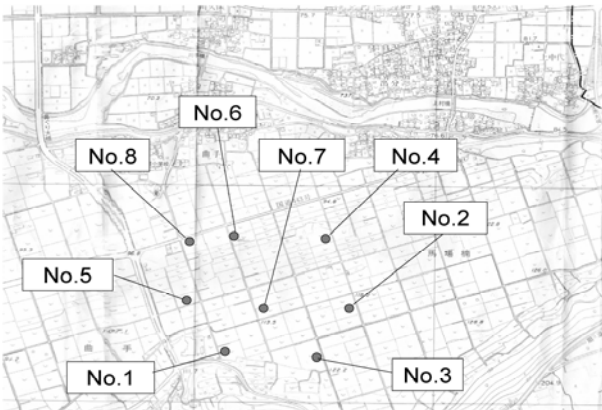


Fig.2-2 白川中流域畑地

3. 浸透能試験方法

地表面の浸透能は、地面に塩ビ管を打ち込み水を入れ、水が地面に浸透する高さの変化を計測することによって求める。これによって単位時間当たりの浸透高さを計測し、浸透能を評価する。測定方法は

側方浸透の影響が少ないダブルリング法

(Fig.3-1) を用いた。浸透能は水位低下曲線で十分時間経過した時点での最終浸透能を求めた。

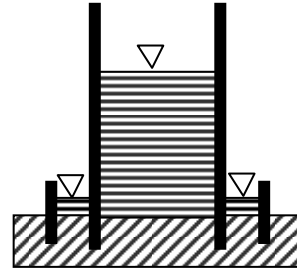


Fig.3-1 浸透能測定法 (ダブルリング)

4. 各地点の浸透能と考察

最終浸透能の結果を Table4-1、4-2 にまとめた。

Table4-1 林地の浸透能実験結果

観測地点	浸透能 (m/day)	浸透能 (mm/hour)	地表状況
No. 1	19.1	797.1	広葉樹
No. 2	14.8	617.1	広葉樹
No. 3	8.6	360.0	針葉樹
No. 4	11.9	495.9	広葉樹
No. 5	10.5	439.2	笹
No. 6	5.6	232.5	針葉樹
No. 7	16.9	705.0	広葉樹
No. 8	15.4	640.0	笹
No. 9	8.6	360.0	開発地

Table4-2 畑地の浸透能力実験結果

観測地点	浸透能 (m/day)	浸透能 (mm/hour)	土色	耕起	作物
No. 1	0.91	38.1	黒	あり	ニンジン
No. 2	4.87	202.9	赤	なし	苗(ビニール)
No. 3	2.79	116.1	黒	あり	作物なし
No. 4	0.43	18.0	黒	なし	苗(ビニール)
No. 5	0.43	18.0	黒	なし	苗(ビニール)
No. 6	0.99	41.2	黒	あり	麦
No. 7	0.17	7.2	黒	なし	茶畑
No. 8	10.22	426.0	赤	あり	とうもろこし

Table4-1 を見るとわかるように、最終浸透能は観測点によって異なる。これは土壌を構成する要素が異なるためである。Table4-1 に示した各調査地点の条件と調査結果から以下のような傾向が考えられる。

浸透能の大きい No. 1、2、4、7 の共通要素は

広葉樹林であり落葉が多く堆積していることである。広葉樹は根が深く側方へも伸びる特性があることから、根をつたって水が浸透しやすくなるため、また、土壌中に間隙が生じやすいため広葉樹林では浸透能が大きくなる。それに加え落葉が多く堆積していくため間隙の大きい腐葉土が多く生成されることも浸透能を大きくする要因になると思われる。

浸透能が比較的小さい No. 3, 6 の共通要素は針葉樹林であった。針葉樹は樹齢も若く根が浅く、落葉も比較的少ないので浸透能が小さいと思われる。

No. 5, 8 は広葉樹ではないが浸透能が大きい。No. 5 は疎らな広葉樹林であり畑に隣接しているため浸透能はさほど大きくないことが予想されたが浸透能は大きくなっている。No. 8 は針葉樹であり、上記から浸透能が低いことが予想されるが浸透能が大きくなっている。考えられる共通要因は林の足元に樹高 50 センチあたりまでの笹が繁茂していたことがあげられる。これは竹の細い根が浅い地中に高い密度で張り巡らされているからである。地中に根があると、浸透した水が根に沿って浸透していくためである。

No. 9 の浸透能が小さくなっている要因は土壤が開発により乾燥し植物が消失したことがあげられる。No. 9 は駐車場に隣接し土壤が切り取られたようになっており、そのため乾燥で枯れた植物が多く見られ、また土壤が硬くなっていたため浸透能が小さくなったと思われる。

Table4-2 は畑地での実験データであるが、林地と同様に土壤の条件が異なっているため浸透能の値は異なっている。畑地も同様に試験地の地表の状況を考慮して考察した。

畑地での条件としてまず土壤が赤ボクか黒ボクかという条件である。浸透能の大きい方から二つを見てみるとそれらは赤ボクであった(Table4-1 . No2, No.8)。それ以外のポイントは黒ボクであるため土の硬さや耕起の度合いなどそれ以外の要素に関わらず赤ボクは浸透能が高い事を示している。赤ボク、黒ボクは、有機質火山灰土で団粒構造が発達し、乱さ

ない自然の状況では砂並みの高い透水性を示す。したがって、赤ボクの畑の状況と黒ボクの畑の状況が異なることが考えられる。

No.1、No.3~7 は黒ボクであるが、そのうち値が大きい3点 (No.1、3、6) では耕起が見られ、値が小さい方の3点 (No.4、5、7) では耕起が見られなかった。このことから耕起が行なわれた点は耕起が行なわれなかった点に比べて水が浸透しやすいことがはっきりとわかる。No.2、4、5 は苗畑で No.7 は茶畑であるため、作物が植えつけてある所では計測できず作物を避けて計測し、作物がないところは土壤が固められていた。

No2、No.8 は赤ボクであるが No.8 は耕起してあり、No.2 は耕起していなかった。ここからも耕起が行なわれた点は耕起が行なわれなかった点に比べて水が浸透しやすいことがわかる。また、畑地は、林地に比べ、相対的に低い浸透能を示すのは、耕作という人の手が入っているためであるから、耕起、作付け、収穫、その後の放棄など、畑の状況によって大幅に浸透能が変化すると考えられるので、年間を通じた観測を行う必要がある。

5. 可能浸透高

これらの土壤の浸透能と、空港のある益城町の降雨データ、それに月平均気温データから Thornthwaite 法⁵⁾による可能蒸発散高を考慮し、林地・畑地それぞれについて涵養量を評価する。Thornthwaite 法による蒸発散量は以下の式から計算される。

$$ET_i = 1.6 \left(\frac{10T_i}{I} \right)^a$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_i}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = 0.000000675 \times I^3 - 0.0000771 \times I^2 + 0.01792 \times I + 0.49236$$

ここに

ET_i : 各月の可能蒸発散量 (cm/month)

T_i : 各月の平均気温 ()

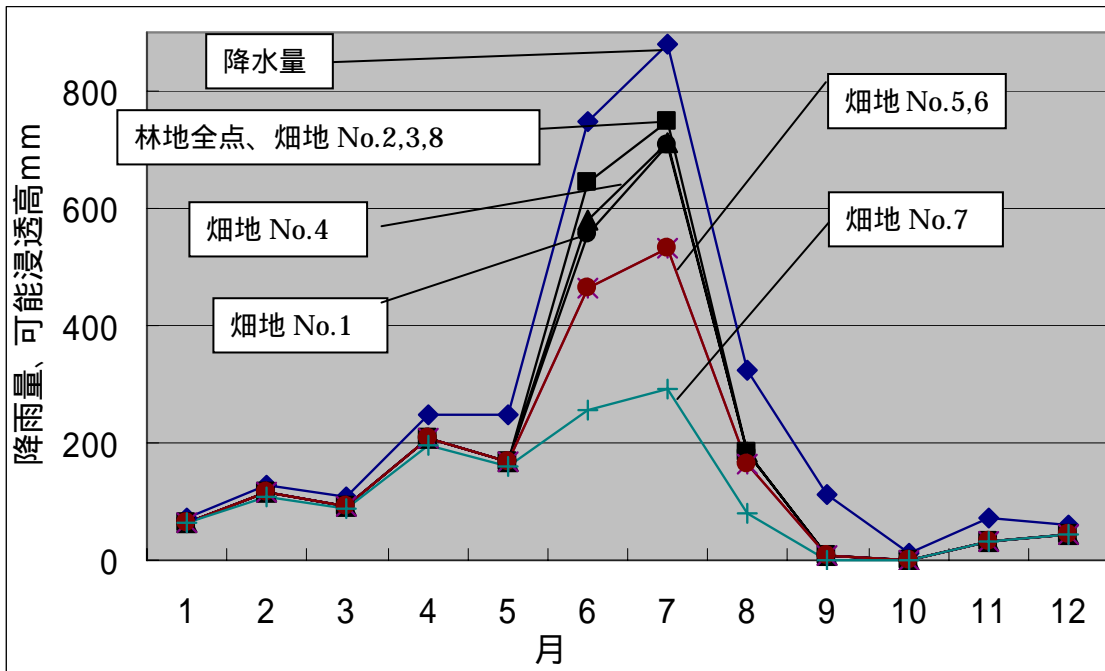


Fig.5-1 降雨と浸透高 (2006年)

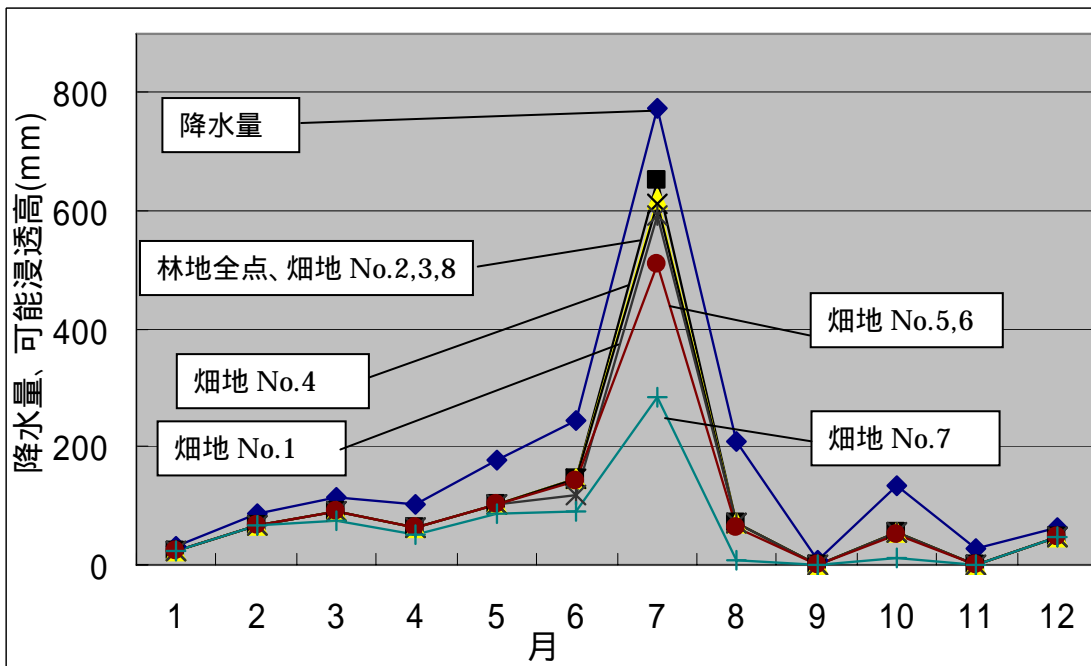


Fig.5-2 降雨と浸透高 (2007年)

I : 熱指数
である。

この Thornthwaite 法による蒸発散量と実験地に隣接した益城のアメダスデータからの時間雨量と各地点の浸透能から各地点の時間当たりの可能浸透高を計算し、一ヶ月の換算をしたものが、Fig. 5-1 と

5-2 である。計算時期は 2006 年と 2007 年とした。2006 年は 3000mm を超える多雨年であり、2007 年は平年値に近い年である。

これらの図を見るとわかるように、降水量が多い時に降水量と可能浸透高の差が大きくなることわかる。2007 年 (Fig.5-2) では降水高が少ないため

蒸発散以外の降雨を浸透させることができる林地の全点と畑地の No.2、3、8 の線と他の各観測地点のグラフの間隔が近くなるが、2006 年は降水量が多いため蒸発散以外の降雨を浸透させることができる林地の全点と畑地の No.2、3、8 のグラフと畑地の No.1、4、5、6、7 のグラフの間隔が離れている。ここからも集中豪雨時に降雨を浸透させることができず、表面流出することが推定される。

次に、観測各地点の一年間の総量を一覧にしたものが Table5-1～5-4 である。

Table5-1～5-4 をみると、畑地の No.2、No.3、No.8 と林地の全てのポイントで可能蒸発散高を除く全ての降雨を地下に浸透させることができ、畑地の No.1、No.4～7 では浸透能が小さいため浸透することができず降雨が表面流出していることがわかる。年間降水高が多かった 2006 年は流出量が多く、特に浸透能が小さい No.7 では約 1/3 もの降雨が浸透されずに表

面流出していることになる。近年は降雨の局所化が起こっており、浸透能の小さいポイントの増加は降雨による涵養の減少が懸念される。しかし、ここまで計測した中で表面流出が多かったポイントである No.4、5、7 は苗畑と茶畑であり、全体的な割合から見ると極一部であるため、また林地の全てのポイントと畑地の No.2、3、7 ではすべての降雨を地中に蓄えることができるため集中豪雨時以外では地下水涵養の役割を十分に果たすことができると考えられる。また、Table4-2 の No.1、6 をみると 50mm/hour を超えるような集中豪雨時において多量に表面流出をしていることになる。No.1、6 の作物はそれぞれニンジン、麦で、これらの作物は高遊原台地で多く栽培される作物であるため、ここから近年の降雨の局所集中化により表面流出が増加し地下水涵養量の減少が懸念される。

Table5-1 畑地における可能浸透高 (2006 年) (単位 mm/年)

調査地点	年間降水高	流出高	可能蒸発散高	可能浸透高
No.1	3013.0	125.1	768.9	2119.1
No.2	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.3	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.4	3013.0	414.5	768.9	1829.7
No.5	3013.0	415.0	768.9	1829.2
No.6	3013.0	101.0	768.9	2143.2
No.7	3013.0	989.2	768.9	1255.0
No.8	3013.0	0.0	768.9	2244.2

Table5-2 林地における可能浸透高 (2006 年) (単位 mm/年)

調査地点	年間降水高	流出高	可能蒸発散高	可能浸透高
No.1	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.2	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.3	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.4	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.5	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.6	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.7	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.8	3013.0	0.0	768.9	2244.2
No.9	3013.0	0.0	768.9	2244.2

Table5-3 畑地における可能浸透高(2007年)(単位mm/年)

調査地点	年間降水高	流出高	可能蒸発散高	可能浸透高
No.1	1977.0	37.8	778.5	1160.7
No.2	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.3	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.4	1977.0	155.6	778.5	1042.9
No.5	1977.0	81.7	778.5	1116.8
No.6	1977.0	31.6	778.5	1166.9
No.7	1977.0	563.9	778.5	634.7
No.8	1977.0	0.0	778.5	1198.5

Table5-4 林地における可能浸透高(2007年)(単位mm/年)

ポイント	年間降水高	流出高	可能蒸発散高	可能浸透高
No.1	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.2	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.3	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.4	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.5	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.6	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.7	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.8	1977.0	0.0	778.5	1198.5
No.9	1977.0	0.0	778.5	1198.5

6. まとめ

熊本地域地下水涵養域である白川中流域浸透性台地部の林地、畑地における現地浸透能試験を実施した結果、以下の結論を得た。

- 1) 林地や多くの畑地では降雨を浸透させることができるが畑地の一部では浸透量が少なく表面流出がおこり、降雨による浸透に差がわかった。
- 2) 調査地である空港周辺の地下構造は火山の噴火による堆積物で林地のデータから見ても浸透能は大きいはずであるが、畑地では保水のために床固めをしており、浸透能は林地より低い値になった。
- 3) 高遊原台地の森林には近年しばしば発生する集中豪雨時の降雨量を上回る浸透能があることがわかった。そのため地下水涵養に関しても大きく貢献していると考えられる。
- 4) 畑地では浸透能の大きいポイントを除いて、浸透能が集中豪雨時の降雨を上回ることでできないポイントが多く存在する。そのため近年の局所集中型の降雨時には、表面流出が発生すると考えられる。

今回実施した浸透能試験は、未だ観測点が少ない。今後さらに多くの地点で実験を行って制度を高めたい。また、畑地については、同じ地点で耕起や作付け、収穫後といった農業の状況が異なる時点での観測をおこなう必要がある。

本研究は、独立行政法人日本学術振興会、「科学研究費補助金、一般研究C、課題番号 18560537；水循環型営農活動による地下水涵養の効果評価」を受けて行なった。

参考文献

- 1) 熊本県・熊本市；熊本地域地下水総合調査報告書（平成6年度）pp.2-11.
- 2) 今辻銀二、市川勉；熊本江津湖における湧水量、地下水位の変化について、九州東海大学紀要工学部、第34号、pp,9-17,2007.
- 3) 武森雄志、市川勉；白川中流域農地における湛水による地下水涵養について、九州東海大学紀要工学部、第34号、pp,1-8,2007.
- 4) 熊本県・熊本市；熊本地域地下水報告書、昭和61年3月
- 5) 熊本県・熊本市；平成6年度熊本地域地下水報告書、平成7年3月、p.59.

6)熊本県・熊本市；熊本地域地下水保全対策調査報告書（平成17年度）,p.39.

5)金丸昭治、高棹琢馬著；朝倉土木工学講座4、水文学、朝倉書店、p98、1975.