

熊本地域における地下水増強のための人工涵養について

九州東海大学大学院 学生会員 北島佳房 正会員 市川勉

1. はじめに

熊本市は人口の 96%, 約 61 万人の上水道を地下水で賄っており, 地下水を水源とする上水道の規模では日本最大の地域である¹⁾. しかし湧水量の減少や水質の悪化が見られるようになり, その対策として熊本市では宅地 420 軒の各雨樋に 1485 個の浸透マスを設置してきたが設置によって涵養される量的な評価は行われていない. 本研究では既製の浸透マスではなく直径 0.5m, 深さ 1.0m の穴に砂利を充填した, より安価な施設を設置し, その浸透能力を求め, 熊本市の住宅約 10 万戸に浸透マスを 1 個ずつ設置したときの涵養量について検討したものである.

2. 浸透実験

実験は熊本市の北東から南東への地下水流動を考慮して熊本市東部の 10 箇所で行った(図-4 参照). 図-1 のような経路を経て水は充填した砂利の中に溜まり, 土壌と接触して土中に浸透していく. これを 5 分間隔で貯留タンクからの供給量, 浸透マス内水位を観測する. 以下に示す式で浸透能力の評価を行う. 貯留される水量 Q_w , 浸透流量 Q_s を式(2.1), (2.2)から求める.

$$Q_w = \frac{\pi D^2}{4dt} n(H_{t+dt} - H_t) \quad (2.1) \quad Q_s = Q_o - Q_w \quad (2.2)$$

ここに, Q_w : 浸透施設内に貯留される水量, D : 浸透施設断面の直径, dt : 観測間隔, n : 砂利の空隙率, H_t : 流入開始から時間 t における浸透施設内の水深, H_{t+dt} : 流入開始から時間 $t + dt$ における浸透施設内の水深, Q_s : 浸透流量, Q_o : 浸透施設への供給量である.

単位面積当たりの浸透流量(浸透能) a (mm/hr.) を式(2.3) から求める. 浸透能力係数 a_2 (hr.⁻¹) は浸透施設の単位湛水深, 単位面積あたりの浸透量で, 式(2.4)のように浸透能を湛水深で割って求める.

$$a = \frac{Q_s}{\frac{\pi}{4} D^2 + \frac{\pi}{2} D h_t} \quad (2.3) \quad a_2 = \frac{Q_s}{\frac{\pi}{4} D^2 h_t + \frac{\pi}{2} D h_t^2} \quad (2.4)$$

3. 実験結果

浸透実験は図-4 に示した 10 地点で行った. このうちの 1 点(熊本市渡鹿)での実験結果を示す. 式(2.3)より浸透能を計算したのが図-2 である. この結果から渡鹿地点における浸透能は約 400mm/hr. であることが分かる. 次に式(2.4)より浸透能力係数を計算した結果を図-3 に示す. この結果から浸透力係数は 0.5hr.⁻¹ 程度となった. なお実験は施設の設置直後に行ったものであり, 目詰まりもしていないことから, 浸透量は最大値を示すものと思われる. 実験を行った測点の浸透能力係数を地図上にプロットしたのが図-5 である. 図-5 から傾斜地が多い東側の浸透性は低く, 比較的平坦な南側で高い傾向が見られる. 実験を行った水前寺・江津湖から東側は西(有明海側)に向かって緩く傾斜している平野部で, 地表面は, 透水性の良い黒ボク及び赤ボクが分布している. この平野部の中央を白川が流れており, 白川による河岸段丘が形成されている. また熊本市東部の東側には戸島山, 小山山など小規模な山が存在し, 山地傾斜部に

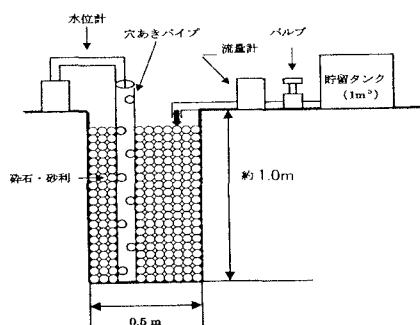


図-1 実験装置

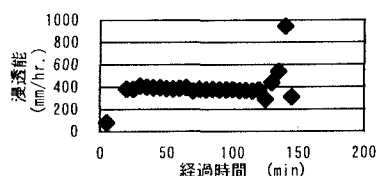


図-2 浸透能の経時変化

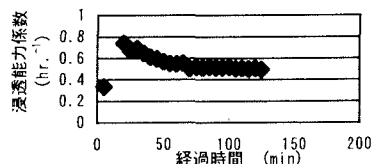


図-3 浸透能力係数の経時変化

において火山灰土である黒ボク及び赤ボクは降雨によって流出し透水性の低い土壌が表土として分布している。以上のような土壌の違いが浸透能力の分布の要因と考えられる。

4. 浸透施設設置効果の検討

今回の検討では屋根への降雨が一つの浸透マスに流入するものとする。熊本市の資料から設置範囲の戸数を 97,000 戸(面積 7.0km^2)、各戸の平均の屋根面積を 72m^2 (約 22 坪)として計算した。熊本地域の 50 年確率降雨から求めた 17mm/hr の雨が 10 分間屋根に降った時、浸透施設には $0.204\text{m}^3/10\text{min}$ だけの降雨が供給されることになる。浸透施設が満水の時($h_1=1.0\text{m}$)浸透施設の 10 分あたりの浸透量は 10 箇所の浸透能力係数の平均値 0.56hr^{-1} と式(2.3)から $0.09\text{m}^3/10\text{min}$ であるから、流出してくる降雨流出水 $0.204\text{m}^3/10\text{min}$ の 44% は地下へ浸透可能となり、これを時間雨量に換算すると約 7.5mm/hr の降雨が浸透可能となる。この浸透施設を図-4 の範囲に 97,000 個設置すると地下への涵養量は $52,380\text{m}^3/\text{hr}$ と比較的大きな量になる。また、図-6 から 7.5mm/hr 以下の降雨強度が全体の 91.2% あり、この降雨による浸透量は 1400mm となった。 7.5mm/hr 以上の降雨のうち 7.5mm を浸透可能量とすれば 489mm 浸透できるので熊本の年間降雨量 2007mm (1989 年から 1998 年までの 10 年間の平均値)のうち 1889mm の雨量を浸透させることが出来る。この合計量で年間 $1,300\text{万 m}^3$ の地下水涵養が見込まれる。

5. まとめ

本研究では熊本市東部の 10 地点において、浸透マスによる涵養実験を行った。その結果以下の様な知見を得た。

- 1) 今回用いた浸透マス(深さ 1m, 直径 0.5m)の平均的な浸透能力は、湛水深 1m(満水状態)で 7.5mm/hr であった。
- 2) 熊本市の浸透施設を設置する住宅数を 97,000 戸、各住宅の平均的屋根面積を 72m^2 としたとき、地下へ涵養できる可能浸透量は約 $52,000\text{m}^3/\text{hr}$ となった。
- 3) 熊本市内における過去 10 年間の時間雨量の頻度から年間 1889mm の雨を地下へ浸透させることが可能であることが分かった。
- 4) 今回著者等の調査検討を行った浸透マスによる涵養量は全体の涵養量の約 2% 程度(年間 1300万 m^3)であるが、地下水減少の懸念が増加しつつある現状を考えると各住宅における浸透マス設置は重要な意味を持つものと思われる。

今回行った実験は施設設置直後に行ったものであり、2 月から 3 月と年間でも比較的土壌が乾燥している時期であるので可能浸透量は大きめの値が出ている可能性も考えられる。また、対象領域の住宅戸数、総屋根面積は若干小さめとも思われる。これらの点については年間を通じた浸透試験や住宅のより正確な調査などを行う必要がある。

参考文献

- 1) 東 軍三：熊本市の地下水保全対策、雨水技術資料 第 17 号、(1995)、p.127。
- 2) 熊本県・熊本市：熊本地域における地下水かん養 (1995)
- 3) 建設省土木研究所河川部総合治水研究室：浸透型流出抑制施設の浸透能力把握手法に関する調査報告書 (1984)。

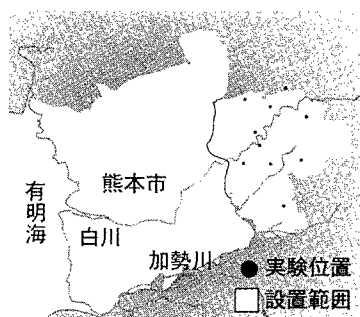


図-4 浸透実験位置と設置範囲

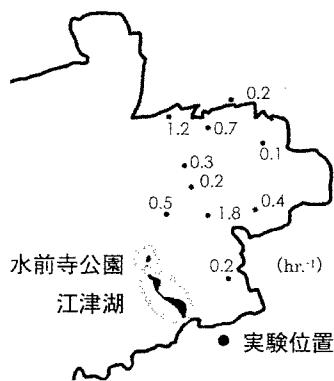


図-5 浸透能力係数の分布

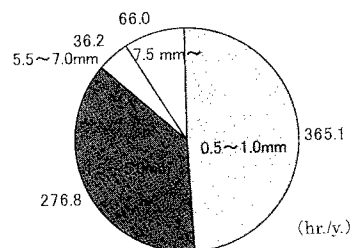


図-6 熊本地方気象台時間雨量の頻度 (1979 年から 1988 年の 10 年間の平均)