

B-17 GISを用いた水収支モデルによる雨水貯留施設の導入可能性の検討

○ 東京大学大学院工学系研究科 杉本 留三
 東京大学大学院工学系研究科 荒巻 俊也
 東京大学大学院工学系研究科 松尾 友矩

1. はじめに

日本の主な大都市は河川の下流部に位置しているが、その水資源は河川上流部における降雨に依存しており、都市に降った雨は大部分が都市の水資源として利用されることなく、逆に浸水しないように下水道により速やかに排除されている。このように都市に降った雨は、地下水の滋養や河川維持用水の補給という水循環の機能を果たさずに流下してしまうことになる。また、さらに積極的な役割としては渇水時に都市に降る雨は水資源として貴重な価値を持つことになる。

各建物で集水貯留するオンサイトの雨水貯留施設の導入は、都市における水資源確保のみならず、流出量の減少及び流出の遅延化による都市型洪水の防止にも大きな効果を持つと考えられる。現在、大都市においては、貯留した雨水はトイレの洗浄水や散水用水などの雑用水として利用されているが、雨水貯留の導入を進めるためには都市内の地域毎、及び都市全体における効果をより詳細に評価する必要がある。

本研究では、GISを用いて都市における水の空間分布、時間分布を詳細に記述したモデルから、地域毎の潜在的な雨水貯留可能量を定量化、また雨水貯留施設の導入することによる水循環への影響を定量化することにより、雨水貯留施設の導入可能性を検討する。

2. 評価手法

2.1. モデルの概要

本研究における水循環モデルは、対象地域を $250\text{m} \times 250\text{m}$ の格子状に分割し、その1区分（以下メッシュと呼ぶ）ごとにおける水の動きを数値モデル化し、メッシュにおける水収支を取ることで、対象地域全体における水の空間分布の時間変化をモデル化したものである。対象地域を東京都23区とし、13020個のメッシュに分割する。

東京都都市計画局のデータより、各メッシュ毎の土地利用用途別の敷地面積、庭等を除いた建物用途別の建物面積、建物用途別の延べ床面積を作成する。土地利用用途、建物用途は同じ分類を用いており、図2の右側に示した29区分に分けられる。

対象年度は、平年並の降雨量の1993年と東京において渇水のあった1994年とした。降雨量は、東京都土木技術研究所の降雨データのうち、23区内5ヶ所を用いる。観測所の位置から23区をティーセン分割して、それぞれの地域に含まれるメッシュの降雨量を観測所の降雨量で代表する。

2.2. 水需要

水需要量の算出は、建物用途別に延べ床面積当たりの原単位を用いた原単位法を用いる。尾島等の原単位¹⁾から、建物用途に合致するものを採用する。今回は図2の右側にある建物用途の表における官公庁施設から集合住宅までの建物用途に原単位を持たせ、その他の工場などにおける水需要を考慮していない。また、トイレ用水、散水用水を雑用水とし、全水利用用途量に対する雑用水利用量の割合を雑用水利用率とした。建物用途別の雑用水利用率は空気調和衛生工学便覧²⁾から推定した。各メッシュにおける水需要量の算定には以下の式を用いた。

2.3. 雨水貯留シナリオ

本研究では、対象建物の建物面積が建物の屋根面積を表していると考え、建物面積を集水面積とする。既存の施設及びシミュレーション結果³⁾から、60mmの降雨を貯留できる貯留槽を設置する。よって、各メッ

シュゴとの貯留槽の大きさは対象建物の建物面積×60mm となる。

導入の可能性から考え、対象建物を、官公庁施設、教育文化施設、厚生医療施設、事務所建築物、専用商業施設等、住商併用建物、宿泊・遊興施設、スポーツ・興業施設とした場合（ケース1）とケース1の建物に専用独立住宅と集合住宅を加えた場合（ケース2）とし、雨水の需要量は対象建物の雑用水需要量として、できるだけ雨水を使うようにシミュレーションを行った。

1日のシミュレーションは以下のように行う。

- ① 雨水貯留量に対象建物に降った降雨量を加える。
- ② もし、雨水貯留量が貯留槽の大きさを上回ったら雨水貯留量を貯留槽の大きさとする。
- ③ 雨水貯留量から雨水需要量を引く。
- ④ もし、雨水貯留量が0以下になったら、雨水貯留量を0とする。

雨水利用量とは上記のシミュレーションを1年間行ったときに、1年間で利用できた雨水量の年平均の日用利用量を、メッシュ面積で割った値である。（mm/日）

供給率＝雨水利用量÷総水需要量

上水代替率＝雨水利用量÷対象建物の雑用水需要量

供給率は、それぞれのメッシュの水需要に対するインパクトを、雑用水代替率は導入した建物での効果をはかる指標とする。

表 1 23区全体での雨水利用量（千m³/日）

	総水需要量	対象建物の 雑用水需要量	雨水利用量	
			1993	1994
ケース1	4249.4	462.6	163.9	125.4
ケース2	4249.4	936.9	460.5	366.9

3. 結果と考察

3.1. 雨水利用量

雨水貯留をした場合、東京都 23 区全体での雨水利用量は 表 1 のようになる。総水需要量はメッシュ内の全需要量を全メッシュで合計した水量を表し、雑用水需要量は、ケース毎の対象建物の雑用水需要量を全メッシュで合計した水量を表す。渇水年である 1994 年は 1993 年と比較して、ケース1で 76%、ケース2で 80%の利用量となっている。23 区全体では、ケース1の場合で総水需要量の 3%、雨水貯留を導入した建物の雑用水の 3 割程度であるのに対し、ケース2の場合、総水需要量の 1 割程度、また雨水貯留を導入した建物の雑用水のうち 4 割以上が雨水で供給できる。

図 2 はケース1での雨水利用量の分布状態を表したものである。ケース1

では、1993、1994 年共に、千代田区、中央区を中心に雨水利用量が多く、雨水利用量が 1 mm/日以上メッシュがほとんどを占めているが、その他の地域では 0.5 mm/日未満のメッシュが多くなっている。一方、ケース2では、1993 年は、大部分の地域で 0.5 mm/日以上メッシュが多くなっており、新宿区、中野区、

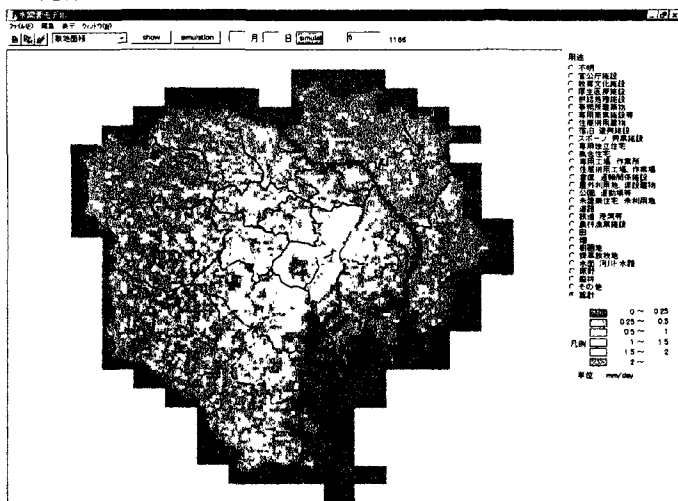


図 2 1994 年、ケース1での雨水利用量

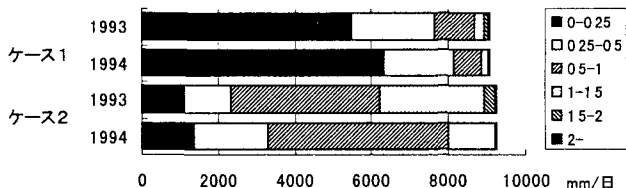


図 1 雨水利用量別のメッシュ数

台東区では 1 mm/日以上 of メッシュが大部分を占めている。図 1 は雨水利用量で分類したメッシュ数の積み上げグラフであり、区分けは凡例の通りにした。横軸はメッシュ数を表す。ケース 1 では 0.5 mm/日未満のメッシュは総メッシュ数の 60% 以上を占める。1994 年は 1993 年と比べると利用量の大きいメッシュが少なく、1993 年では 1 mm/日以上 of メッシュが 30% 以上あるのに対し、1994 年では 15% 以下しかない。

3.2. 雨水供給率

図 3 は雨水供給率別のメッシュ数の積み上げグラフである。ケース 2 において雨水貯留導入により上水使用量の 10% 以上が代替できる地域は、1993 年では 75% 以上、渇水年においてもケース 2 では 40% 以上の地域である。

3.3. 雑用水代替率

図 4 は上水代替率別のメッシュ数の積み上げグラフである。雑用水の 50% 以上を雨水で供給できる地域は、1993 年ではケース 1 では 40% 以上のメッシュ数の地域で、ケース 2 では 70% 近くの地域である。一方、1994 年ではケース 1 では約 15%、ケース 2 では 40% 強のメッシュ数となっている。

雨水貯留を導入した建物からすると、渇水年においても、40% の地域で雑用水の 50% 以上を雨水で供給できると言える。

3.4. 渇水期間中の雨水の利用量

図 5 はケース 2 での 1994 年の渇水期間前後の雨水利用量と降雨量を表したものである。利根川の取水制限期間である 7 月 22 日から 9 月 19 日の間に利用できる雨水は、日利用量にすると 434 百万 m³/日であり、取水制限期間においても、総水需要量の 10%、ケース 2 での雑用水需要量の 46% を雨水で利用できることになる。このことは、都市の取水河川の集水域と都市の降雨状況の違いにより、集水域の渇水期間中においても都市の雨水利用は通常年の効果を持つ場合があることを示している。

4. まとめ

雨水貯留を導入した場合、通常年では、75% 以上の地域で全体の上水使用量の 10% 以上が代替でき、導入した建物の 70% 近くは雑用水の 50% 以上を雨水で代替できる。渇水年においても 40% 以上の地域で上水使用量の 10% 以上を代替できる効果が現れる。また、本来雨水貯留は長期的な効果で判断する必要があるが、取水制限期間中においても、総水需要量の 10% を供給できる効果がある場合もある。今後、下水処理水の再利用も含めた雑用水システムの評価をする予定である。

5. 謝辞

本研究では東京都下水道局の協力の下に進めている。ここに記して謝意を表したい。

- 参考文献 1) 尾島俊雄研究室：建築の光熱水原単位，早稲田大学出版部
2) 空気調和・衛生工学会編：空気調和・衛生工学便覧Ⅲ（改訂第 11 版）
3) （社）空気調和・衛生工学会：雨水利用システム設計と実務，pp.51-55

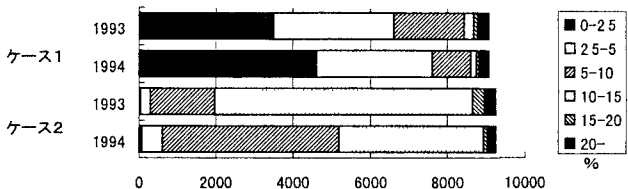


図 3 雨水供給率別のメッシュ数

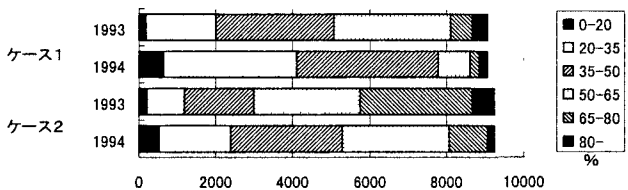


図 4 上水代替率別のメッシュ数

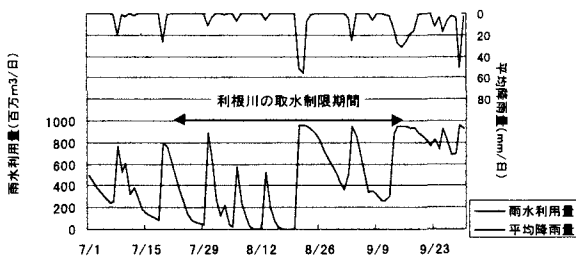


図 5 ケース 2 での渇水期間前後の降雨量及び雨水利用量