

鳥取大学大学院	学生員	斉藤 賢一
鳥取大学工学部	正会員	城戸 由能
鳥取大学工学部	正会員	細井 由彦
日本上下水道（株）	正会員	鬼木 哲

1. はじめに

閉鎖性水域への多量の栄養塩類の流入により、富栄養化現象が深刻な問題となっている。その対策を考えるために、現状では原単位法に基づいて流入負荷量を算定しているが、雨天時の流出負荷は原単位法では降雨特性や流出特性が十分考慮されておらず、より正確な汚濁負荷流入予測のためには、雨天時の流出予測に基づいた算定が必要となる。本研究では、鳥取市の湖山池流入河川を対象とした流出観測に基づいて、各河川における年間汚濁負荷量を算定した。さらに流入負荷量の削減策として浸水防止策を主目的とする貯留施設に着目し、雨天時流出負荷削減として機能させることを試み、浸水制御と汚濁負荷削減の両目的に適した施設計画と制御方法の評価を行った。

2. 雨天時年間汚濁負荷流出予測

雨天時観測結果に基づき、各河川における汚濁負荷の流出を再現するため流送能力型負荷流出モデルを作成し、タンクモデル、晴天時堆積負荷モデルおよび過去 10 年間の時間降雨データを統合した連続シミュレーションにより、各河川における年間汚濁負荷量を算定した¹⁾。図1に湖山池流入4河川の流出負荷量の総計を示す。降雨量が多い88年では各負荷量とも比較的高い値を示しており、降雨量が少ない84年などは低い値となっているが、年間降雨量の大小と流出負荷量が必ずしも一致しておらず、負荷項目によっても異なる傾向を示している。これは雨水や汚濁負荷流出、負荷堆積の特性が反映されているためであり、面積原単位を用いたり年降雨量に比例する形で雨天時の年間汚濁負荷流出を予測する方法では、このような特性を表現することはできない。

3. 市街地流域における汚濁負荷流出現象の特徴

まず湖山池流域において市街地の規模が比較的大きい北岸流域について、先に行った時間単位の雨水および負荷流出シミュレーションの結果得られた雨水流出量、汚濁負荷流出量を独立降雨総降雨量の順位について並べ替えたものを図2に示す。10年間の独立降雨は計1416回であった。総降雨量順位100位までに、総降雨量および雨水流出量の急激な減少が見られるのに比べて負荷流出量では減少が緩やかである。これは汚濁負荷の流出が必ずしも総降雨量に比例せず、比較的降雨量の大きい場合には降雨量、雨水流出量への依存性が弱く、市街地での汚濁負荷の供給が有限であることを示している。一方、順位800位以降（総降雨量約4.0mm以下）の弱い降雨に対しては、雨水に比べて負荷の流出現象にばらつきがある。このような傾向は、山林系の流域よりもファーストフラッシュ現象が顕著に現れる市街地系流域で強く、少量の降雨でも多量の汚濁負荷が流出することを示している。

4. 貯留施設の汚濁負荷削減効果と浸水制御効果の検討

流出初期においては、晴天時に地表面等に堆積した比較的小さい流出しやすい汚濁物が多く流出するため、流出雨水の水質濃度は高い。汚濁負荷削減のためには、流出初期の雨水を積極的に貯留、処理することが効果的である。一方、浸水制御を主目的とする貯留施設の運用は、一定量以上の流出雨水を貯留するピークカット制御が主体となる。そこで図3に示すように貯留施設の容量を初期貯

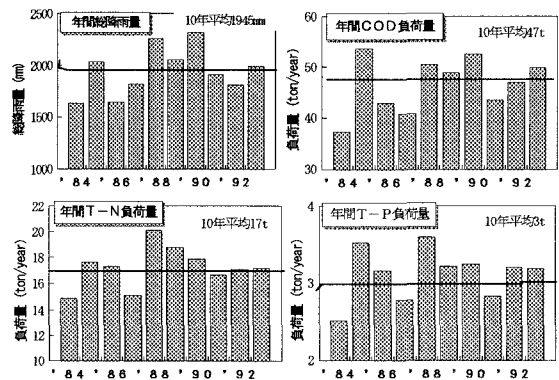


図1 年間総降雨量と年間総負荷量

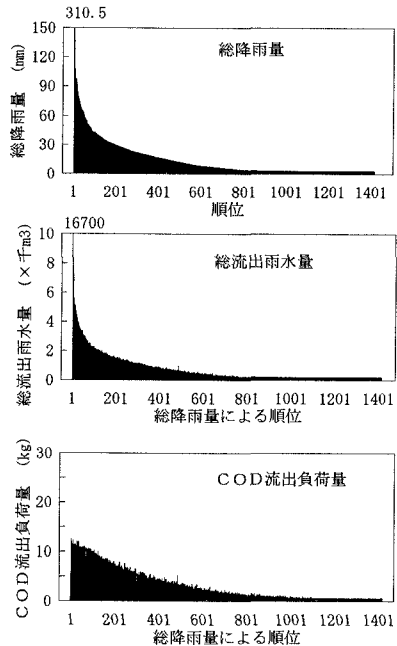


図2 総降雨量で系列化した総流出雨水量およびCOD流出負荷量

留とピークカット
貯留に配分した制
御を行った場合の
負荷削減効果と浸
水制御効果を評価
する。まず10年
確率の降雨モデル
に基づいた流出予
測から、河川の疎

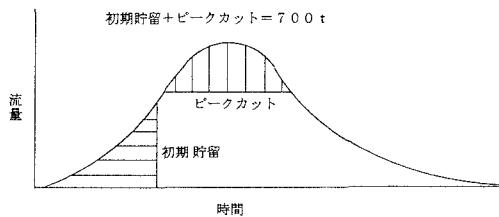


図3 貯留施設による制御の概念図

通能力を越える浸水量を算定し、10年確率の浸水制御目的を達成する貯留施設の容量を決定する（容量：700m³）。この貯留容量について初期貯留：ピークカットの配分比を複数段階設定し、10年間の実降雨データに基づいた連続シミュレーションを行い、10年間の総流出負荷量に対する負荷削減効果と貯留施設を設置しない場合の10年間の総浸水量に対する浸水制御効果を評価した。図4に10年間で最大の独立降雨のあった1987年の各配分比における浸水制御効果と負荷可能削減効果（貯留負荷量／総流出負荷量）を示す。10年確率の浸水制御効果をもつ700m³の設計容量のもとでは、初期貯留あるいはピークカット制御に全容量を配分しても、負荷削減あるいは浸水制御の効果を100%上げることはできず、配分比に従って両目的の達成度はトレードオフの関係を示す。施設容量を±300m³変化させた場合の浸水制御および負荷削減効果の関係は同等であるが、施設容量を増加させた場合（1000m³）、初期貯留に一部の容量を配分しても、浸水制御効果を100%に保ちつつ負荷削減効果を30%程度まで高めることができる。

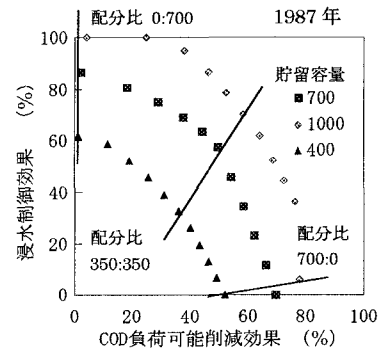


図4 浸水制御効果と負荷可能削減効果

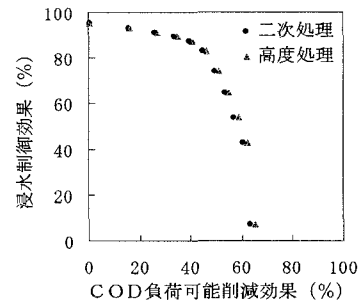
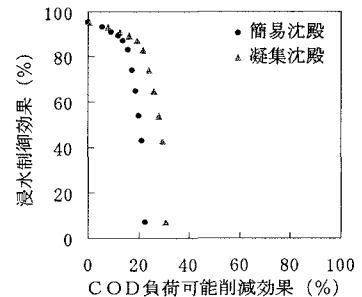


図5 各処理施設による除去効果

5. 貯留施設内の汚濁負荷除去効果

前節で貯留負荷量に基づいて負荷削減効果を示したが、現実的な削減効果は選択する処理方法の除去率によって異なる。そこで、貯留施設で貯留した雨水を現地で簡易沈殿または凝集沈殿処理を実施する場合と、下水処理場へ貯留水を搬送して下水処理（2次処理または高度処理）を行った場合の負荷削減効果について示したものが図5である。沈殿処理による負荷削減効果は最大でも33%～45%程度であり、配分比280:420の場合でも21%～28%となり、初期貯留にこれ以上配分しても負荷削減効果はそれほど高くない。一方、下水処理では最大92%～95%の負荷削減効果が期待できる。

6. 限界効用等価に基づく容量配分比の評価

浸水制御および負荷可能削減効果の最大を1.0、最小を0.0として相対化したものを図6に示す。施設制御によって期待できる浸水制御および負荷削減の最大の効果が等価であると仮定すれば、相対効果の限界効用が等価となる点がひとつの最適制御解を与える。シミュレーション結果をもとに内挿補間すると初期貯留：ピークカットの配分比345:355が最適制御解となった（相対浸水制御効果は0.86、相対COD負荷削減効果は0.7）。この点より初期貯留への配分を増加させた場合、負荷削減効果の増加に比べて浸水制御効果は大きく減少し、逆にピークカットへの配分を増加させると、浸水制御効果の増加に比べて負荷削減効果は大きく減少する。

7. まとめ

雨水・汚濁負荷流出モデルを用いて過去10年間の連続シミュレーションを行い、年間汚濁負荷流出量を算定・評価した。これに基づいて貯留施設を利用した雨天時負荷削減策を提案し、浸水制御および負荷削減効果の両面から評価した。その結果、ファーストフラッシュ現象が顕著に現れる市街地系流域では、初期貯留による汚濁負荷削減が非常に有効であること、また浸水制御と負荷削減のトレードオフの関係から、施設最大効果等価のもとでの最適配分比を算出した。

8. 参考文献

- 1) 城戸由能・坂田浩二：土木学会第50回年次学術講演会、2-B, pp.994-995, 1995
- 2) 城戸由能・鬼木哲：第30回日本水環境学会年会講演集、p.513, 1996

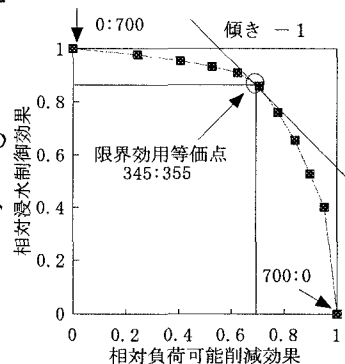


図6 各相対効果による最適配分比