

## (12) 滞水池を含む処理システムの効果と制御

～雨天時流出汚濁負荷の制御に関する研究(3)～

関西大学工学部 和田 安彦

〃 〇橋本 重一

### 1. 緒 言

公共用水域の保全すなわち、水資源の保全と開発においては、工場排水、家庭排水以外の都市活動系の中で面的に発生した大気中の浮遊物・降下物、自動車等により発生する汚濁物、路面負荷、都市の中小水路の河床堆積物、下水道雨水管きょ底堆積物等の非点源汚濁物の流入を防止する必要がある。そのための施設には、現在雨水放流制御を考慮した合流式下水道システム以外にみあたらないのが実情である。

非点源汚濁負荷である現存する雨天時合流式下水道から流出する負荷量は非常に大きく、公共用水域への直接放流を防止するためには何らかの制御施設が必要である。従来の下水道施設はできる限り単純化されており、流入負荷の変動をコントロールするための調整池すら設けられていなかったのが実情である。これらの問題に対処するため、最近調整池や雨水滞水池を設けて流出負荷量を制御しようとしてされつつある<sup>2),3)</sup>。

しかし、流量を中心としたもので負荷量は2の次になっているきらいがある。あくまでも下水道施設は放流負荷量を中心とした評価をも十分に検討する必要がある。

ここでは滞水池を設けた場合、その容量や集集容量、処理レベルが変化した場合にどのような規模の施設が効果的なのかについて検討するものである。

### 2. 滞水池を含めた汚濁分析の研究

Oddvar Georg Lindholm<sup>1)</sup> は合流式下水道の改善方法として滞水池を設け放流負荷量をいったん貯留し、2 (DWF) の流量を処理施設に流入させた場合の最終沈殿池から流出する負荷量と、雨水を沈殿処理して放流させた方が良い場合とを貯留容量を変えることによって公共用水域に流出する負荷量がどのように変化するかを検討している。対象区域はオスロの260haで、人口密度100人/ha、人口26,000人、水使用量400ℓ/人日の小都市のものであるが、年間BOD発生量は219t/Km<sup>2</sup>である。

検討結果の一部を示すと図-1のようになる。図中の(7)は一次処理放流水、(11)は二次処理放流水を表わしている。滞水池を設けて最初沈殿池も含めた容量を大きくすると一次処理放流負荷量は小さくなり、その分だけ二次処理放流負荷量は増大する。(7)と(11)を合わせた全放流負荷量は、貯留容量が大きくなるとしゃ集容量が小さいほど小さくなり、滞水池はしゃ集容量の制御にも大きな役割を果しているといえる。

Oddvarの研究成果を要約すると次のようになる。

- 1) 合流式下水道システムによる公共用水域へのBOD放流負荷量は、降雨流出による汚濁負荷の大部分をしめている。
- 2) 滞留池は合流式下水道システムからの汚濁物の総放流量を減ずることが可能である。
- 3) 放流倍率の設定と最終沈殿池の大きさは、滞留池の効果に大きく影響する。
- 4) 放流倍率の最適設定は重要なものであるが、これは、最終沈殿池と滞留池の滞留時間によって影響される。
- 5) 雨水放流水のBOD濃度が比較的低く、現在の処理システムで放流水中のかなりのBOD負荷が除

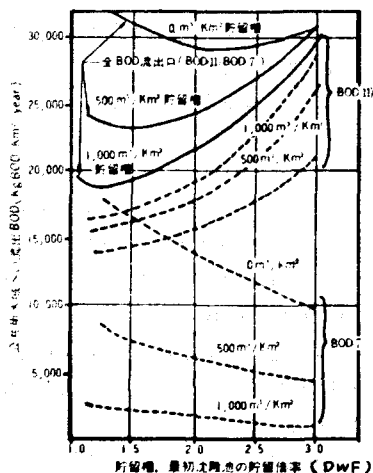


図-1 貯留倍率の効果



(3) 滞水池を考慮したときの年間の流量収支

しゃ集雨水量は一

般に次のようにして求められる。

- 1) 雨水流出量が  $q$  より小さい場合にはすべてしゃ集する。

- 2)  $q$  より大きいものはハイドログラフにより  $q$  に対応する部分の水量だけをしゃ集する。

このようにして求めたものが年度別しゃ集量(表-3)である。

図-3は昭和49年度の1年間の降雨をもとにして、しゃ集量を変化させた場合の水量収支を表わしたものである。晴天時汚水は降雨期間中に年間580mm存在し、実降雨量1,376mm、流出降雨量は980mmで、1,560mmが年間の降雨時にポンプ場に流出してくる下水流量である。下水量をしゃ集容量2.5qで処理場に輸送するため、その量は降雨期間中の晴天時汚水580mmとししゃ集量780mmの計1,360mmである(しゃ集量が $q$ の

表-2 単位下水放流負荷量

| 年度 | 総降雨量<br>(mm) | 総流出量<br>(mm) | 雨天時<br>汚水量<br>(mm) | 未処理<br>放流量<br>(mm) | 単位下水放流負荷量(kg/mm) |       |                 |                    |                    |
|----|--------------|--------------|--------------------|--------------------|------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|
|    |              |              |                    |                    | BOD              | SS    | Cl <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> -N | PO <sub>4</sub> -P |
| 49 | 1309.5       | 980          | 580                | 400                | 124.4            | 358.2 | 40.3            | 4.3                | 3.15               |
| 50 | 1520.5       | 1140         | 600                | 540                | 90.1             | 204.8 | 28.7            | 4.04               | 7.1                |

表-3 年度別遮集量

| 年 度 | 雨水遮集量 (mm) |       |     | 全遮集量 (mm) |       |       |
|-----|------------|-------|-----|-----------|-------|-------|
|     | 2 q        | 2.5 q | 3 q | 2 q       | 2.5 q | 3 q   |
| 49  | 580        | 780   | 860 | 1,160     | 1,360 | 1,440 |
| 50  | 600        | 800   | 930 | 1,200     | 1,400 | 1,530 |

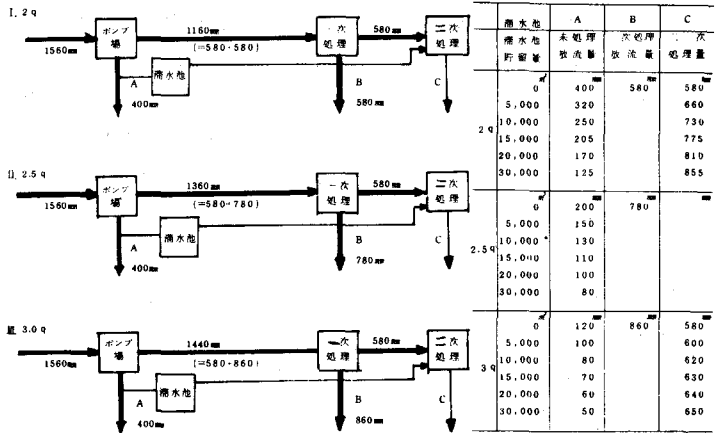


図-3 雨天時の処理システムの流量収支(昭和49年)

2.5倍とならないのはそれだけの水量のなかった場合も存在することによる)。この水量が一次処理施設へ輸送されるからその差(1,560 - 1,360)は滞水池に貯留されることになる。一次処理施設に流入した雨天時における下水は二次処理されるが、その容量は晴天時汚水 $q$ の分だけであり、その差(1,360 - 580)は一次処理後公共用水域に放流される。一方、滞水池に貯留された水量は二次処理されるから雨天時における二次処理放流量は(580+200=780mm)になる。

図-3の右欄に表わしている未処理放流量は、滞水池の容量が仮に1,000 $m^3$ とすると、遮集量を2 $q$ としてもその容量を越えて公共用水域に越流する水量を1降雨つつ求め、それを合計したものである。滞水池容量が2倍になっても未処理放流量が $\frac{1}{2}$ にならないのは種々の降雨によるためである。二次処理放流量は雨天時に直接処理を行なっているものと、滞水池に貯留した水量が二次処理施設に送られ、その合計値とである。従って、滞水池貯留量が大きくなればそれだけ二次処理水量が増加する。一次処理放流量は水量収支から、2 $q$ の場合は580mm、2.5 $q$ の場合は780mm、3.0 $q$ の場合は850mmとなる。

4. 処理システムからの放流量と滞水池の効果

(1) BOD 放流負荷量

滞水池を導入したシステムでは、年間の降雨時における未処理施設から放流される負荷量をBODを、指標として表わしてみよう。まず、しゃ集量を2.0 $q$ 、2.5 $q$ 、3.0 $q$ とした場合の滞水池容量別における未処

理放流負荷量、一次処理放流、二次処理放流負荷量を求める。一次処理の除去率は0、10、20、30%の4つを考慮し、二次処理放流負荷量は放流水質を15ppmとし、その単位放流負荷量は30kg/mmとする。これらの条件のもとに放流負荷量を求めたのが表-4である。図-4、図-5は公共用水域へのBOD放流負荷量を遮集容量をパラメータとして、滞水池の容量別に表わしたものである。未処理放流BOD負荷量は、遮集量の小さい場合には大きく、滞水池を設けない場合には年間BOD

表-4 貯留と遮集におけるBOD放流負荷量(昭和49年度)

| 遮集量<br>(mm) | 滞水池容量<br>(mm) | 未処理放流<br>負荷量<br>BOD kg | 一次処理<br>負荷量<br>BOD kg | 10%                      |                          |                          |                          | 20%                      |                          |                          |                          | 30%                      |                          |                          |                          | 二次<br>処理<br>負荷量     |                     |                     |                     | 備 考                 |
|-------------|---------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|             |               |                        |                       | B <sub>1</sub><br>BOD kg | B <sub>2</sub><br>BOD kg | B <sub>3</sub><br>BOD kg | B <sub>4</sub><br>BOD kg | B <sub>1</sub><br>BOD kg | B <sub>2</sub><br>BOD kg | B <sub>3</sub><br>BOD kg | B <sub>4</sub><br>BOD kg | B <sub>1</sub><br>BOD kg | B <sub>2</sub><br>BOD kg | B <sub>3</sub><br>BOD kg | B <sub>4</sub><br>BOD kg | (1)<br>A+B+C<br>BOD | (2)<br>A+B+C<br>BOD | (3)<br>A+B+C<br>BOD | (4)<br>A+B+C<br>BOD |                     |
| 2 q         | 0             | 48,000                 | 69,600                | 62,640                   | 55,480                   | 48,720                   |                          | 17,400                   | 135,000                  | 128,040                  | 121,080                  | 114,120                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | 水質 単位負荷             |
|             | 5,000         | 38,400                 |                       |                          |                          |                          |                          | 19,800                   | 127,800                  | 120,840                  | 113,880                  | 106,920                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | ppm kg/mm           |
|             | 10,000        | 30,000                 |                       |                          |                          |                          |                          | 21,900                   | 121,500                  | 114,540                  | 107,580                  | 100,620                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | A 60                |
|             | 15,000        | 24,600                 |                       |                          |                          |                          |                          | 23,250                   | 117,450                  | 110,490                  | 103,530                  | 96,570                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B 42                |
|             | 20,000        | 20,400                 |                       |                          |                          |                          |                          | 24,300                   | 114,300                  | 107,340                  | 100,380                  | 93,420                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | C 15                |
|             | 30,000        | 15,000                 |                       |                          |                          |                          |                          | 25,500                   | 110,250                  | 103,290                  | 96,330                   | 89,370                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B <sub>1</sub> 54   |
| 2.5 q       | 0             |                        | 24,000                | 33,600                   | 84,240                   | 74,880                   | 65,520                   | 17,400                   | 135,000                  | 125,640                  | 116,280                  | 106,920                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B <sub>2</sub> 48   |
|             | 5,000         | 18,000                 |                       |                          |                          |                          |                          | 16,900                   | 130,500                  | 121,140                  | 111,780                  | 102,420                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B <sub>3</sub> 42   |
|             | 10,000        | 15,000                 |                       |                          |                          |                          |                          | 19,500                   | 126,700                  | 119,340                  | 109,980                  | 100,620                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | C 15                |
|             | 15,000        | 13,200                 |                       |                          |                          |                          |                          | 20,100                   | 126,900                  | 117,540                  | 108,180                  | 98,820                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | A 未処理放流             |
|             | 20,000        | 12,000                 |                       |                          |                          |                          |                          | 20,400                   | 126,000                  | 116,640                  | 107,280                  | 97,920                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B <sub>4</sub> 一次処理 |
|             | 30,000        | 9,600                  |                       |                          |                          |                          |                          | 21,000                   | 124,200                  | 114,840                  | 105,480                  | 96,120                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | C 二次処理              |
| 3 q         | 0             | 14,400                 | 103,200               | 92,880                   | 82,560                   | 72,240                   |                          | 17,400                   | 135,000                  | 124,680                  | 114,360                  | 104,040                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | 地理効率                |
|             | 5,000         | 12,000                 |                       |                          |                          |                          |                          | 18,000                   | 133,200                  | 122,880                  | 112,560                  | 102,240                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B 0%                |
|             | 10,000        | 9,600                  |                       |                          |                          |                          |                          | 18,600                   | 131,400                  | 121,040                  | 110,760                  | 100,440                  |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B <sub>1</sub> 10   |
|             | 15,000        | 8,400                  |                       |                          |                          |                          |                          | 18,900                   | 130,500                  | 120,180                  | 109,860                  | 99,540                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B <sub>2</sub> 20   |
|             | 20,000        | 7,200                  |                       |                          |                          |                          |                          | 19,200                   | 129,600                  | 119,280                  | 108,960                  | 98,640                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     | B <sub>3</sub> 30   |
|             | 30,000        | 6,000                  |                       |                          |                          |                          |                          | 19,500                   | 128,700                  | 118,380                  | 108,060                  | 97,740                   |                          |                          |                          |                     |                     |                     |                     |                     |

大きく、滞水池を設けない場合には年間BOD負荷は48tにも及ぶ。遮集量が小さくなっている場合には、滞水池を設けると負荷軽減効果は大きく、10,000mm<sup>3</sup>(5.0mm)のもので、BOD30tに減少している。遮集容量が大きなところでは、滞水池の負荷軽減効果の勾配は比較的小さくなる。公共用水域への放流負荷量の規制のある場合には、滞水池を設けると効果がある。

放流負荷量の最も大きいのは一次処理施設である。この量の大小が雨天時放流負荷量の大きさを決定するものといえる。従って、一次処理の除去率の大小が、放流負荷量の大小をも決定し、例えば、一次処理の除去率が20%とすると、滞水池容量が5,000mm<sup>3</sup>以下の小さい場合には、遮集量の小さい場合の放流負荷量は大きい、滞水池の容量を大きくすることによってむしろ遮集量の小さい方が一次処理放流負荷量を小さくしうる。これは滞水池が遮集量と同じ効果をもち、かつ、十分管理がなされていると放流負荷量が小さくなるからである。一次処理率が高くなれば高くなるほど、放流負荷量の同一点が滞水池容量の大きい方に移行する。これは、滞水池の容量が大きくなればそれだけ、遮集量の大小の効果が逆になることが滞水池容量の大きいところで生じるということになる。

図-6は未処理放流負荷量、一次処理放流負荷量、二次処理放流負荷量の総和を遮集量別に滞水池容量の関数として表わしたものである。図中の番号は一次処理レベル(①0%、②10%、③20%、④30%)の順に付している。一次処理率がまったくみこめない場合には、遮集量を少なくする方が滞水池の容量を大きくすると総放流負荷量は小さくなる。すなわち、一次処理が十分行ない得ない場

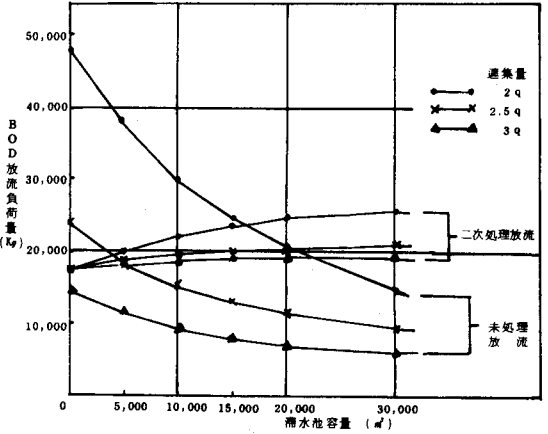


図-4 遮集量別滞水池容量におけるBOD放流負荷量

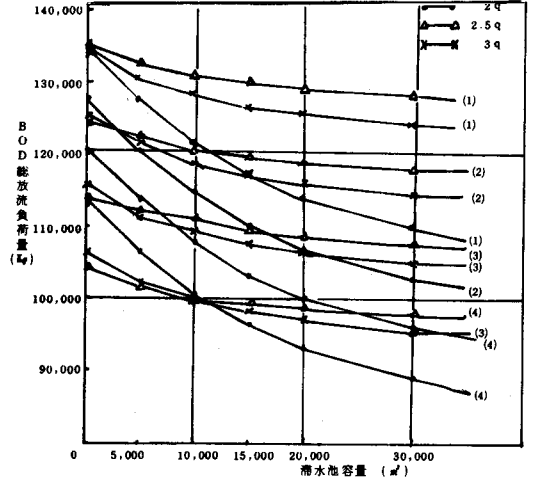


図-5 遮集量別滞水池容量におけるBOD放流負荷量

合にはできるだけ滞水池でプールするのが総放流負荷量を最も小さくできる。除去率が大きくなるに従って放流負荷量は小さくなる。今、年間の降雨時のみの負荷量を110 tに抑えたいとすると次のようなケースがあげられる。

- 1) 遮集量を余り大きくせず2 qにしておき、一次処理率を最大限(30%)大きくする。
- 2) 遮集量は2~3 qで任意としておき、一次処理率は20%程度の滞水池を設ける。
- 3) 遮集量は小さく(2 q)し、一次処理率は10%であるが15,000 m<sup>3</sup>程度の滞水池を設ける。
- 4) 一次処理はまったくみこめない場合で除去率が0%のとき、遮集負荷量が2 qで小さいときには30,000 m<sup>3</sup>程度の滞水池を設ける。

いずれのケースも総放流負荷量を110 tにはしうるが、いろいろのオルタナティブがあげられることを表わしている。

## (2) SS放流負荷量

BODと同様の方法によってSSの放流負荷量について検討を行なった。一次処理の除去率は0、30、50、70%とし、二次処理放流水質は18 ppmとし、単位放流負荷量は36 kg/mmである。

図-7は公共用水域へのSS放流負荷量を遮集容量をパラメータとして、滞水池の容量別に表わしたものである。BOD放流負荷量の場合と良く類似しており、未処理放流SS負荷量は遮集量の小さい場合には大きく、滞水池を設けない場合には年間SS145 tにも及ぶ。滞水池を設けると急激に放流負荷量の減少していることがわかる。二次処理放流量は滞水池を設けても十分処理を行なうため、さほど増加しない。

図-8は一次処理放流負荷量を表わしている。滞水池を設けなければ、一次処理を10%とすると放流量はSS350 tにも達する。除去率を上げると放流負荷量は減少するが、50%にしても、滞水池を設けなければ、その量はSS220 t~270 tに達する。滞水池を設けるとその放流負荷量は遮集量の小さい場合に急に減少する。

図-9は昭和49年度のSSについての未処理放流負荷量、一次処理放流負荷量、二次処理放流負荷量の総和を遮集量別に滞水池容量の関数として表わしたものである。BOD負荷の場合と類似した傾向を示し、一次処理の除去率が余り良くない場合には、遮集量を少なくして滞水池の容量を大きくし、晴天時に十分処理する方が全体としての総放流負荷量は小さくなる。遮集量をある程度大きくしていると、一次処理の処理レベルが良くなければ、総放流負荷量は非常に大きくなり、一次処理の除去率が重要な役割りを果たしていることがわかる。雨天時には、下水処理場において、

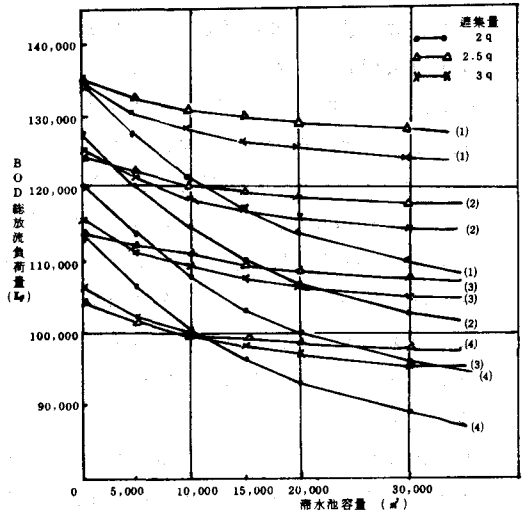


図-6 遮集量別滞水池容量における全BOD放流負荷量

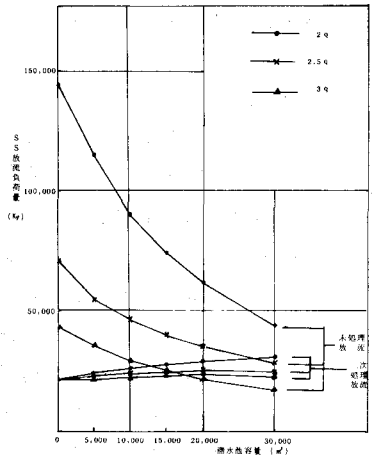


図-7 遮集量別滞水池容量におけるSS放流負荷量

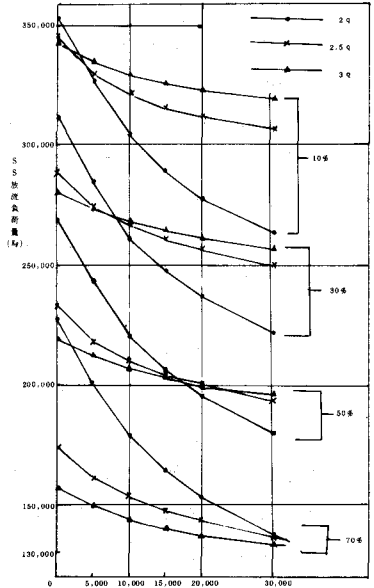


図-8 遮集量別滞水池容量における放流負荷量

一次処理の除去率が予想以上に悪いことがしばしばあり、晴天時下水を処理しながら雨水の一次処理をするとき、最初沈殿池に沈殿した汚泥の浮上などもしばしばある。

一次処理率をあげれば総放流負荷量が一段と低下することがわかり、現在の下水道システムでは、一次処理の除去率の大小が雨天時放流負荷量の大小に大きな影響を与えていることがわかる。いずれの場合も、滯水池が最も効果的なのは、遮集負荷量が比較的小さい場合である。

滯水池のない現状においては、年間の降雨量のみのSS放流負荷量は350tとなっており、これを

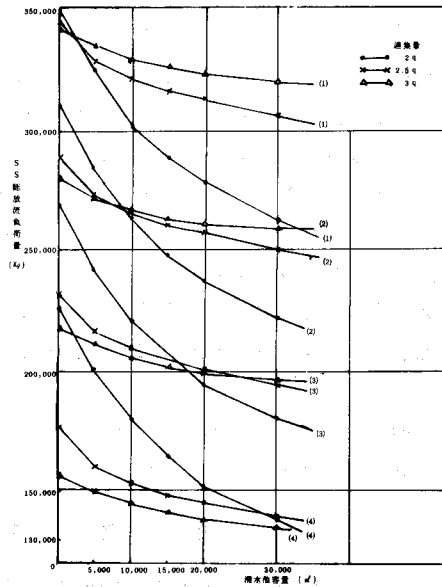


図-9 遮集量別滯水池容量における全SS放流負荷量

200tに抑えようとするとき次のような場合が考えられる。

- 1) 一次処理の除去率を30%にあげ、かつ滯水池容量を15,000 $m^3$ とする。
- 2) 遮集量を少なくし、一次処理の除去率を70%まで上げる。

いずれにしても、膨大な放流負荷量を小さくするためには、現在の下水道システムでは一次処理の向上しかなく、滯水池そのものは放流負荷量を軽減するのには効果があるが、大巾な放流負荷量のカットには限界がある。

各年度によって降雨量に変化し、雨天時下水のインプット量に変化が表われる。50年、51年についても検討を行なってみた。それらをふまえて以下に検討してきた結果をまとめると次のようになる。

- 1) 下水量の増大等により設計時より遮集容量の小さくなっているところでは、滯水池を設けるとその容量が小さくても負荷軽減効果は大きい。遮集容量が大きくなると滯水池の容量当たりの負荷軽減効果は小さくなる。
- 2) 公共用水域に放流する負荷量の最も大きいのは当該処理システムでは一次処理放流負荷であり、この量を減少させるためには、除去率をあげることが重要であるが、現状においては遮集容量を小さくして、滯水池容量を大きくする方が効果的である。
- 3) 一次処理が十分みこめない場合や、その機能を十分に果さない場合においては、遮集量を多くするよりもむしろ、滯水池の容量を大きくして負荷量をカットの方が下水道システムから公共用水域へ放流する総放流負荷量は少ない。
- 4) 一次処理の機能が十分でない場合においては、できるだけ滯水池でカットの方が公共用水域に放流する全負荷量は小さくなる。
- 5) 一次処理の除去率が放流負荷量を決定する基本的な要因となり、一次処理の除去率の良くない場合には、遮集量を少なくし、滯水池容量を大きくする方が総放流負荷量は小さくなる。
- 6) 年間の雨天時に放流される負荷量は、SSでは350tにも達し、これを200tに抑える方法は、一次処理の除去率をあげることであり、滯水池や遮集容量を増大させること等では限界がある。比較的クリティカルなところでの放流負荷量の軽減効果に大きな影響をもつものである。
- 7) 滯水池の設けられていない場合には、総放流負荷量は遮集量の大きい方が小さく効果があるが、滯

水池を設けてゆくと、遮集量は小さくても十分に処理をする方が得策という結果を得る。

## 5. ま と め

非点源汚濁制御施設としての合流式下水道からの雨天時放流負荷量の軽減のために、滞水池がどのような効果をもつものであり、そのためにはどのようなパラメータを検討することによってトータルとしての放流負荷量を減少できるかについて考察した。その結果、滞水池の効果が定量化できるとともに、滞水池等の貯留施設の効果は、しゃ集量、一次処理率、二次処理率によって大きく変化し、これらの状態が現状でどのようになっているかについて変わってくることが明らかになった。従って、貯留施設は現状の処理システムの状態によってその効果が変わり、水質保全のクリティカルなところにおいては非常に大きな効果があるといえる。今後、さらに水資源保全、水資源開発が重要視されてくる現在、合流式下水道の雨天時放流負荷の制御はもちろん、非点源汚濁負荷の公共用水域への流入防止も含めた水域水質管理が必要となつてこよう。

紙面の関係上、検討したものの一部しか述べられなかったが、降雨の降り方を確率統計的にとり扱い、公共用水域への放流負荷量を最小にするモデルについても検討している。別の機会に発表したい。

## 参 考 文 献

- 1) Oddvar Georg Lindholm : Pollutational Analysis of Combined Sewer System, *Journal of the Environmental Engineering Division*, April 1976 pp. 301~312
- 2) 中村栄一；雨天時合流式下水道対策の検討、第14回下水道研究発表会講演集，昭和52年10月
- 3) 稲場紀久雄；雨天時下水の水量水質制御に関する研究，京都大学学位論文，昭和52年2月