

4 . 合流式下水道改善対策の検討

4 . 1 合流式下水道改善対策シミュレーション結果

4 . 1 . 1 全国における簡易シミュレーション

全国の合流式下水道計画区域（192都市、256処理区）を対象に簡易シミュレーションにより平成11年度の年間越流状況及び改善対策の解析を行った。なお、簡易シミュレーションでは、各処理区での遮集雨水量を、雨水吐き室、ポンプ場、処理場における遮集雨水量の平均値を用い、貯留等の効果を勘案せずに解析を行っている。

（1）算出条件

平成11年度下水道統計（（社）日本下水道協会）と各都市へのアンケート調査結果より処理区単位にて推計を行う。

- ・処理区情報.....処理区域面積は、下水道統計の数値を採用する。
- ・降水情報.....平成11年度アメダスデータの10分降水データを使用する。
- ・地形情報.....アンケート調査結果による流出係数及びモデル都市（4.1.2参照）における流出係数と不浸透域率の近似式をもとに、各都市の不浸透域と浸透域面積を算出する（図4-2）。
- ・窪地貯留深...不浸透域2mm、浸透域6mmを採用する（「合流式下水道越流水対策と暫定指針 1982年版（社）日本下水道協会」（以下「暫定指針」）参照）。
- ・浸透能.....浸透能は10mm/hrを採用する（「暫定指針」参照）。
- ・遮集雨水流量...アンケート調査結果を用いる。
- ・水質情報.....高級処理水質は、下水道統計にある各処理場別処理水質を採用する。また、簡易処理放流水質と未処理下水水質、さらに貯留施設を設置した際の未処理下水水質については、モデル都市におけるシミュレーション（図4-3、図4-4）により得られた結果をもとに推定する。

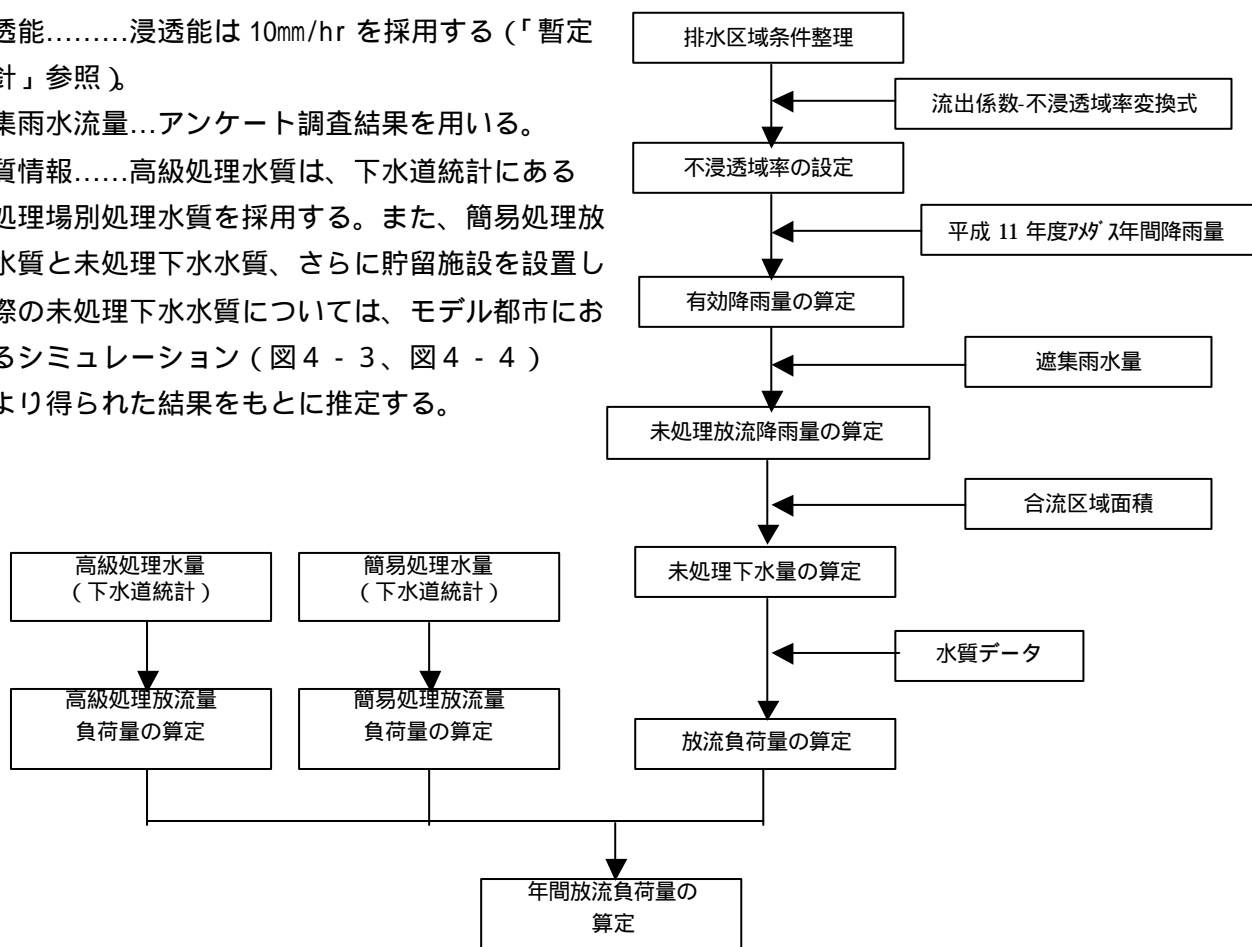


図4-1 簡易シミュレーションのフロー

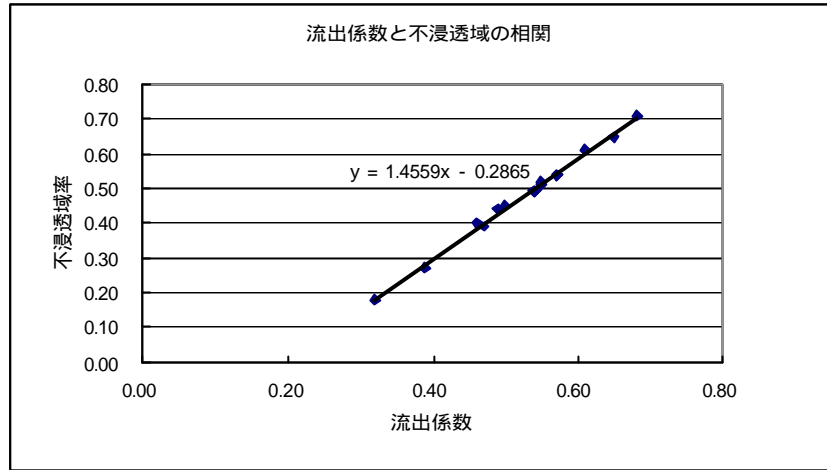


図4 - 2 流出係数と不浸透域率

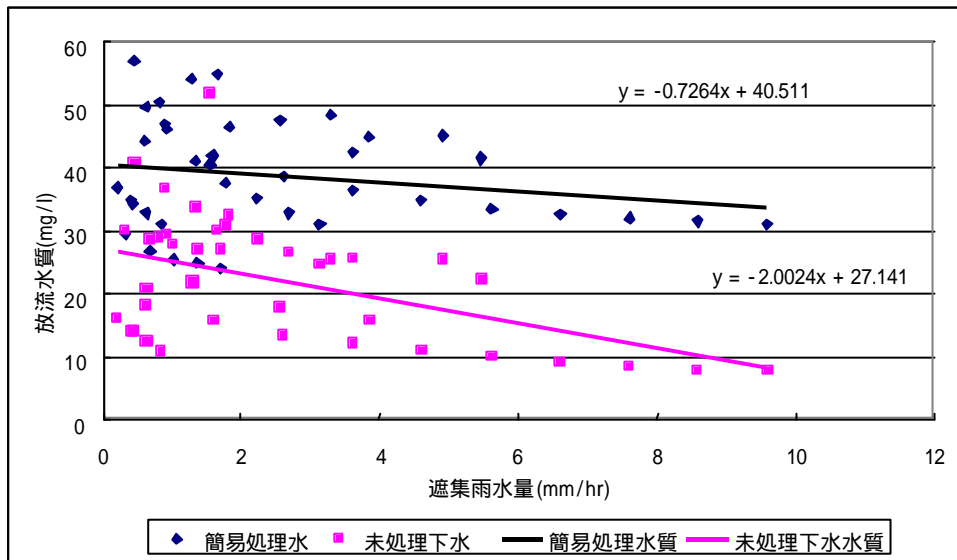


図4 - 3 遮集雨量と放流水質

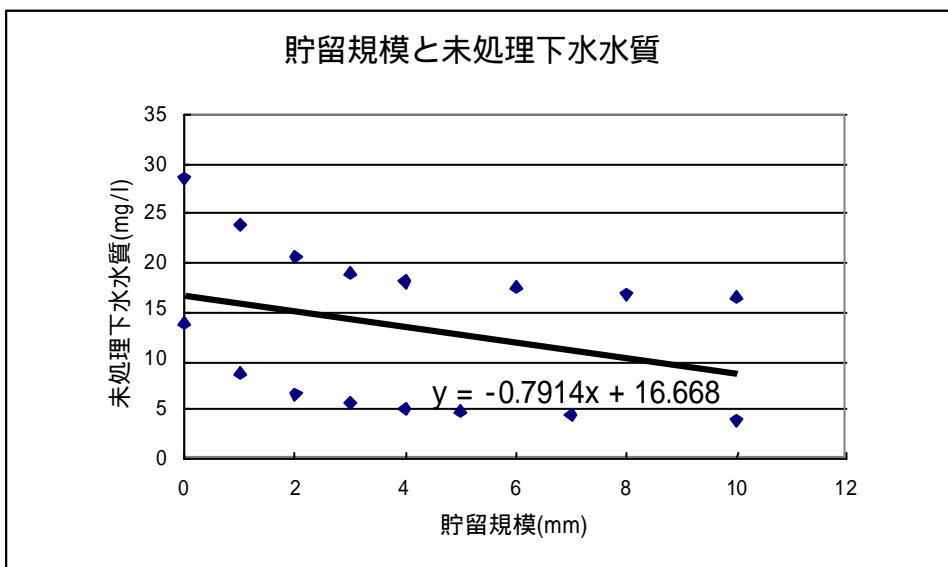


図4 4 貯留規模と未処理地下水水質

(2) 降水特性の把握

合流式下水道の実施都市(192都市)における降水特性は、各地の気象観測所の平成11年度のアメダスデータ(10分降水データ)を基に分析すると、降水特性は各地域によって大きく異なる傾向があり、年間降水量、降水回数等は以下の通りである。なお、平成11年における年間降水量は九州、四国、東北の太平洋側では平年の120%以上となり、一部では130%を超えた所もあった。一方、北海道および西日本の一部で平年を下回り、一部では平年の80%前後となったところもあった(気象庁観測部報道発表資料より)。

表4-1 年間降水の分析

| 項目 | 年間降水量(mm) | 降水回数(回) | 降水時間(hr) | 1降水当たりの降水量(mm) |
|-----------|-----------|---------|----------|----------------|
| 平均 | 1,598 | 139 | 1,356 | 12.36 |
| 中央値(メジアン) | 1511 | 117 | 1,156 | 12.39 |
| 最頻値(モード) | 1381 | 106 | 1,044 | 13.28 |
| 標準偏差 | 476 | 49.9 | 487 | 3.99 |
| 範囲 | 2,924 | 225 | 2,147 | 26.37 |
| 最小 | 697 | 89 | 877 | 2.82 |
| 最大 | 3,620 | 314 | 3,024 | 29.19 |

(注) 降水情報は、平成11年アメダスデータ(10分降水データ)を使用し、「暫定指針」に記述されている無降水期間4時間、降水量0.5mm/回を独立降水として抽出している。

表4-2 各都市の降水状況

| 都市コード | 都市名 | 観測点コード | 降水量 mm | 降水回数 回 | 降水継続時間 hr | 1降水当たりの降水量 mm |
|-------|---------|--------|-----------|-----------|--------------|------------------|
| 1100 | 札幌市 | 14162 | 1123.5 | 229 | 1,903 | 4.91 |
| 1202 | 函館市 | 23232 | 1235.5 | 214 | 1,855 | 5.77 |
| 1204 | 旭川市 | 12441 | 980 | 275 | 2,227 | 3.56 |
| 1205 | 室蘭市 | 21323 | 1316 | 229 | 1,831 | 5.75 |
| 1206 | 釧路市 | 19431 | 1142.3 | 143 | 1,261 | 7.99 |
| 1207 | 帯広市 | 20432 | 916.5 | 147 | 1,262 | 6.23 |
| 1208 | 北見市 | 17521 | 696.5 | 188 | 1,330 | 3.70 |
| 1210 | 岩見沢市 | 15356 | 1134.5 | 244 | 2,145 | 4.65 |
| 1213 | 苫小牧市 | 21187 | 1295 | 156 | 1,393 | 8.30 |
| 1217 | 江別市 | 14171 | 1122.5 | 217 | 1,837 | 5.17 |
| 1219 | 紋別市 | 17211 | 818 | 290 | 1,924 | 2.82 |
| 1220 | 士別市 | 12261 | 1170 | 284 | 2,545 | 4.12 |
| 1221 | 名寄市 | 12181 | 1070.5 | 314 | 2,531 | 3.41 |
| 1224 | 千歳市 | 14286 | 2021.5 | 162 | 1,621 | 12.48 |
| 1231 | 恵庭市 | 14206 | 1142 | 204 | 1,729 | 5.60 |
| 1100 | 石狩市 | 14121 | 843.5 | 193 | 1,485 | 4.37 |
| 1578 | 白老町 | 21261 | 1435 | 119 | 1,230 | 12.06 |
| 1901 | 石狩川 | 15276 | 1746 | 290 | 2,906 | 6.02 |
| 1903 | 函館湾 | 23232 | 1235.5 | 214 | 1,855 | 5.77 |
| 2201 | 青森市 | 31312 | 1580.5 | 222 | 2,181 | 7.12 |
| 2202 | 弘前市 | 31461 | 1476.5 | 216 | 2,115 | 6.84 |
| 2203 | 八戸市 | 31601 | 1196.5 | 154 | 1,359 | 7.77 |
| 3201 | 盛岡市 | 33431 | 1258 | 174 | 1,550 | 7.23 |
| 3211 | 釜石市 | 33751 | 2321.5 | 117 | 1,300 | 19.84 |
| 3901 | 北上川上流 | 33431 | 1258 | 174 | 1,550 | 7.23 |
| 4100 | 仙台市 | 34392 | 1556 | 116 | 1,221 | 13.41 |
| 5201 | 秋田市 | 32402 | 1846.5 | 245 | 2,209 | 7.54 |
| 5202 | 能代市 | 32111 | 1554.5 | 234 | 2,092 | 6.64 |
| 5901 | 秋田湾・雄物川 | 32402 | 1846.5 | 245 | 2,209 | 7.54 |
| 6204 | 酒田市 | 35052 | 2248 | 275 | 2,692 | 8.17 |
| 7201 | 福島市 | 36126 | 1448 | 143 | 1,281 | 10.13 |
| 7203 | 郡山市 | 36476 | 1227 | 121 | 1,156 | 10.14 |
| 7204 | いわき市 | 36781 | 1864.5 | 95 | 1,060 | 19.63 |
| 7206 | 原町市 | 36231 | 1624.5 | 119 | 1,166 | 13.65 |
| 8201 | 水戸市 | 40201 | 1236 | 109 | 1,078 | 11.34 |
| 8221 | ひたちなか市 | 40201 | 1236 | 109 | 1,078 | 11.34 |
| 8901 | 霞ヶ浦湖北 | 40341 | 1010 | 109 | 1,045 | 9.27 |
| 9201 | 宇都宮市 | 41277 | 1372.5 | 117 | 1,083 | 11.73 |
| 9202 | 足利市 | 41356 | 1071 | 99 | 904 | 10.82 |
| 9208 | 小山市 | 41376 | 1245 | 102 | 1,000 | 12.21 |
| 9904 | 渡良瀬川上流 | 41361 | 1205.5 | 117 | 1,065 | 10.30 |
| 10201 | 前橋市 | 42251 | 1449.5 | 117 | 1,045 | 12.39 |
| 10202 | 高崎市 | 42251 | 1449.5 | 117 | 1,045 | 12.39 |
| 10203 | 桐生市 | 42266 | 1249 | 116 | 1,082 | 10.77 |
| 10205 | 太田市 | 42366 | 1077 | 99 | 926 | 10.88 |
| 10343 | 伊香保町 | 42241 | 2511.5 | 148 | 1,550 | 16.97 |
| 11201 | 川越市 | 43241 | 1486 | 93 | 965 | 15.98 |
| 11203 | 川口市 | 43256 | 1422 | 93 | 1,027 | 15.29 |
| 11205 | 大宮市 | 43256 | 1422 | 93 | 1,027 | 15.29 |
| 11207 | 秩父市 | 43156 | 1673 | 101 | 1,011 | 16.56 |
| 11208 | 所沢市 | 43266 | 1590 | 108 | 1,103 | 14.72 |
| 11209 | 飯能市 | 43231 | 1761 | 114 | 1,125 | 15.45 |
| 11212 | 東松山市 | 43171 | 1563 | 115 | 1,082 | 13.59 |
| 11901 | 荒川左岸 | 43241 | 1486 | 93 | 965 | 15.98 |
| 11904 | 古利根川 | 43126 | 1220.5 | 89 | 918 | 13.71 |
| 12100 | 千葉市 | 45212 | 1267.5 | 106 | 985 | 11.96 |
| 12203 | 市川市 | 45212 | 1267.5 | 106 | 985 | 11.96 |
| 12204 | 船橋市 | 45212 | 1267.5 | 106 | 985 | 11.96 |
| 12206 | 木更津市 | 45281 | 1321.5 | 105 | 1,007 | 12.59 |
| 12207 | 松戸市 | 45212 | 1267.5 | 106 | 985 | 11.96 |
| 12209 | 佐原市 | 45086 | 1165.5 | 112 | 1,085 | 10.41 |
| 12210 | 茂原市 | 45261 | 1351.5 | 108 | 1,079 | 12.51 |
| 12216 | 習志野市 | 45212 | 1267.5 | 106 | 985 | 11.96 |
| 12801 | 君津富津組合 | 45326 | 1747.5 | 129 | 1,253 | 13.55 |
| 12902 | 手賀沼 | 45056 | 1295.5 | 102 | 1,048 | 12.70 |
| 13100 | 東京都区部 | 44131 | 1576.5 | 95 | 1,003 | 16.59 |
| 13201 | 八王子市 | 44112 | 1775 | 99 | 1,031 | 17.93 |
| 13202 | 立川市 | 44116 | 1534 | 103 | 1,043 | 14.89 |
| 13204 | 三鷹市 | 44116 | 1534 | 103 | 1,043 | 14.89 |
| 13901 | 多摩川 | 44116 | 1534 | 103 | 1,043 | 14.89 |
| 13902 | 荒川右岸・東京 | 44076 | 1633 | 95 | 1,008 | 17.19 |
| 14100 | 横浜市 | 46106 | 1471.5 | 106 | 1,034 | 13.88 |
| 14130 | 川崎市 | 46061 | 1438.5 | 111 | 1,064 | 12.96 |
| 14201 | 横須賀市 | 46211 | 1446 | 105 | 974 | 13.77 |
| 14205 | 藤沢市 | 46141 | 1348.5 | 103 | 983 | 13.09 |
| 14208 | 逗子市 | 46141 | 1348.5 | 103 | 983 | 13.09 |
| 14213 | 大和市 | 46091 | 1621 | 110 | 1,108 | 14.74 |
| 14901 | 相模川 | 46136 | 1450.5 | 105 | 1,026 | 13.81 |
| 15201 | 新潟市 | 54232 | 1979 | 229 | 2,272 | 8.64 |
| 15202 | 長岡市 | 54501 | 2570.5 | 223 | 2,762 | 11.53 |
| 15211 | 見附市 | 54506 | 2891 | 236 | 3,024 | 12.25 |
| 15213 | 燕市 | 54396 | 2205 | 249 | 2,553 | 8.86 |
| 15901 | 信濃川下流 | 54232 | 1979 | 229 | 2,272 | 8.64 |
| 16201 | 富山市 | 55102 | 2545 | 203 | 2,553 | 12.54 |
| 16202 | 高岡市 | 55091 | 2462 | 210 | 2,558 | 11.72 |
| 17201 | 金沢市 | 56227 | 2512 | 227 | 2,459 | 11.07 |

| 都市コード | 都市名 | 観測点コード | 降水量 mm | 降水回数 回 | 降水継続時間 hr | 1降水当たりの降水量 mm |
|-------|--------|--------|-----------|-----------|--------------|------------------|
| 17203 | 小松市 | 56276 | 2130 | 227 | 2.443 | 9.38 |
| 18201 | 福井市 | 57066 | 2243 | 204 | 2.504 | 11.00 |
| 18203 | 武生市 | 57206 | 2651 | 194 | 2.478 | 13.66 |
| 19201 | 甲府市 | 49142 | 1040.5 | 92 | 877 | 11.31 |
| 20202 | 松本市 | 48361 | 1135.5 | 95 | 897 | 11.95 |
| 21204 | 多治見市 | 52606 | 1585 | 145 | 1.275 | 10.93 |
| 22201 | 静岡市 | 50331 | 2085.5 | 110 | 1.140 | 18.96 |
| 22202 | 浜松市 | 50456 | 1681 | 107 | 1.077 | 15.71 |
| 22203 | 沼津市 | 50206 | 1697.5 | 115 | 1.154 | 14.76 |
| 22204 | 清水市 | 50261 | 2169.5 | 115 | 1.189 | 18.87 |
| 22208 | 伊東市 | 50281 | 2052 | 113 | 1.203 | 18.16 |
| 23100 | 名古屋市長 | 51106 | 1637.5 | 127 | 1.191 | 12.89 |
| 23201 | 豊橋市 | 51336 | 1615.5 | 107 | 1.114 | 15.10 |
| 23202 | 岡崎市 | 51226 | 1575 | 104 | 1.056 | 15.14 |
| 23203 | 一宮市 | 51011 | 1872.5 | 129 | 1.305 | 14.52 |
| 23208 | 津島市 | 51096 | 1564 | 116 | 1.140 | 13.48 |
| 23901 | 矢作川・境川 | 51161 | 1618 | 116 | 1.096 | 13.95 |
| 24201 | 津市 | 53132 | 1574 | 126 | 1.160 | 12.49 |
| 24202 | 四日市市長 | 53061 | 1530.5 | 138 | 1.238 | 11.09 |
| 25201 | 大津市長 | 60216 | 1424 | 130 | 1.187 | 10.95 |
| 26100 | 京都市市長 | 61286 | 1536.5 | 121 | 1.130 | 12.70 |
| 26201 | 福知山市 | 61186 | 1803 | 170 | 1.626 | 10.61 |
| 27100 | 大阪市市長 | 62051 | 1381 | 104 | 981 | 13.28 |
| 27201 | 堺市長 | 62091 | 1382 | 108 | 1.044 | 12.80 |
| 27202 | 岸和田市長 | 62131 | 1375 | 116 | 1.043 | 11.85 |
| 27203 | 豊中市市長 | 62051 | 1381 | 104 | 981 | 13.28 |
| 27204 | 池田市長 | 62051 | 1381 | 104 | 981 | 13.28 |
| 27205 | 吹田市長 | 62051 | 1381 | 104 | 981 | 13.28 |
| 27206 | 泉大津市長 | 62091 | 1382 | 108 | 1.044 | 12.80 |
| 27209 | 守口市市長 | 62081 | 1643.5 | 134 | 1.235 | 12.26 |
| 27801 | 泉北環境組合 | 62091 | 1382 | 108 | 1.044 | 12.80 |
| 27901 | 寝屋川 | 62081 | 1643.5 | 134 | 1.235 | 12.26 |
| 27902 | 安威川 | 62036 | 1800.5 | 126 | 1.108 | 14.29 |
| 27904 | 淀川右岸 | 62046 | 1407 | 116 | 1.043 | 12.13 |
| 27905 | 大和川下流 | 62091 | 1382 | 108 | 1.044 | 12.80 |
| 27907 | 猪名川左岸 | 62051 | 1381 | 104 | 981 | 13.28 |
| 28100 | 神戸市長 | 63506 | 1275.5 | 104 | 918 | 12.26 |
| 28201 | 姫路市長 | 63382 | 1153 | 106 | 985 | 10.88 |
| 28202 | 尼崎市市長 | 63412 | 1615 | 115 | 1.040 | 14.04 |
| 28203 | 明石市長 | 63496 | 1128.5 | 96 | 952 | 11.76 |
| 28204 | 西宮市長 | 63412 | 1615 | 115 | 1.040 | 14.04 |
| 28206 | 芦屋市長 | 63476 | 1513 | 108 | 991 | 14.01 |
| 28216 | 高砂市長 | 63382 | 1153 | 106 | 985 | 10.88 |
| 28902 | 武庫川 | 63412 | 1615 | 115 | 1.040 | 14.04 |
| 28903 | 加古川 | 63496 | 1128.5 | 96 | 952 | 11.76 |
| 28904 | 揖保川 | 63382 | 1153 | 106 | 985 | 10.88 |
| 29901 | 大和川上流 | 64036 | 1308.5 | 114 | 1.040 | 11.48 |
| 30201 | 和歌山市市長 | 65042 | 1409 | 115 | 1.059 | 12.25 |
| 31201 | 鳥取市長 | 69122 | 2026.5 | 202 | 2.121 | 10.03 |
| 31202 | 米子市長 | 69076 | 1766.5 | 191 | 1.864 | 9.25 |
| 33201 | 岡山市市長 | 66408 | 975 | 93 | 924 | 10.48 |
| 33202 | 倉敷市長 | 66446 | 938 | 95 | 940 | 9.87 |
| 34100 | 広島市長 | 67437 | 1757.5 | 116 | 1.184 | 15.15 |
| 34202 | 呉市長 | 67511 | 1688 | 103 | 1.089 | 16.39 |
| 34207 | 福山市市長 | 67401 | 1326.5 | 105 | 1.028 | 12.63 |
| 34211 | 大竹市長 | 67496 | 2042.5 | 123 | 1.297 | 16.61 |
| 35202 | 宇部市長 | 81436 | 1511 | 129 | 1.239 | 11.71 |
| 35205 | 徳山市市長 | 81301 | 2304.5 | 150 | 1.570 | 15.36 |
| 35206 | 防府市長 | 81371 | 1766.5 | 129 | 1.267 | 13.69 |
| 35207 | 下松市長 | 81386 | 1987.5 | 120 | 1.232 | 16.56 |
| 35208 | 岩国市長 | 81321 | 2068 | 118 | 1.253 | 17.53 |
| 35209 | 小野田市長 | 81436 | 1511 | 129 | 1.239 | 11.71 |
| 35211 | 長門市長 | 81116 | 1849.5 | 155 | 1.549 | 11.93 |
| 35402 | 小郡町 | 81286 | 1892.5 | 143 | 1.507 | 13.23 |
| 36201 | 徳島市長 | 71106 | 1515 | 113 | 1.194 | 13.41 |
| 37201 | 高松市長 | 72086 | 1057.5 | 116 | 1.068 | 9.12 |
| 37202 | 丸亀市長 | 72111 | 1043 | 93 | 923 | 11.22 |
| 37205 | 観音寺市長 | 72161 | 1232.5 | 118 | 1.156 | 10.44 |
| 37304 | 津田町 | 72146 | 1204.5 | 120 | 1.097 | 10.04 |
| 38201 | 松山市市長 | 73166 | 1585 | 120 | 1.199 | 13.21 |
| 38202 | 今治市長 | 73076 | 1468 | 107 | 1.044 | 13.72 |
| 38204 | 八幡浜市長 | 73351 | 1867.5 | 130 | 1.305 | 14.37 |
| 38208 | 川之江市市長 | 73151 | 1439.5 | 123 | 1.301 | 11.70 |
| 39201 | 高知市長 | 74181 | 3620 | 124 | 1.534 | 29.19 |
| 40100 | 北九州市市長 | 82056 | 1816.5 | 152 | 1.536 | 11.95 |
| 40130 | 福岡市長 | 82181 | 1709 | 149 | 1.416 | 11.47 |
| 40202 | 大牟田市長 | 82361 | 2257.5 | 130 | 1.346 | 17.37 |
| 40205 | 飯塚市長 | 82136 | 1850 | 143 | 1.467 | 12.94 |
| 40223 | 古賀市長 | 82046 | 1534.5 | 141 | 1.428 | 10.88 |
| 43201 | 熊本市市長 | 86141 | 2001.5 | 120 | 1.294 | 16.68 |
| 43206 | 玉名市長 | 86086 | 2349.5 | 121 | 1.270 | 19.42 |
| 43207 | 本渡市長 | 86316 | 2196.5 | 150 | 1.529 | 14.64 |
| 43208 | 山鹿市長 | 86101 | 2053.5 | 127 | 1.311 | 16.17 |
| 45201 | 宮崎市長 | 87376 | 2947.5 | 128 | 1.579 | 23.03 |
| 45202 | 都城市長 | 87426 | 3185.5 | 133 | 1.559 | 23.95 |
| 45203 | 延岡市長 | 87141 | 2909 | 125 | 1.614 | 23.27 |
| 45204 | 日南市長 | 87491 | 3013 | 145 | 1.589 | 20.78 |

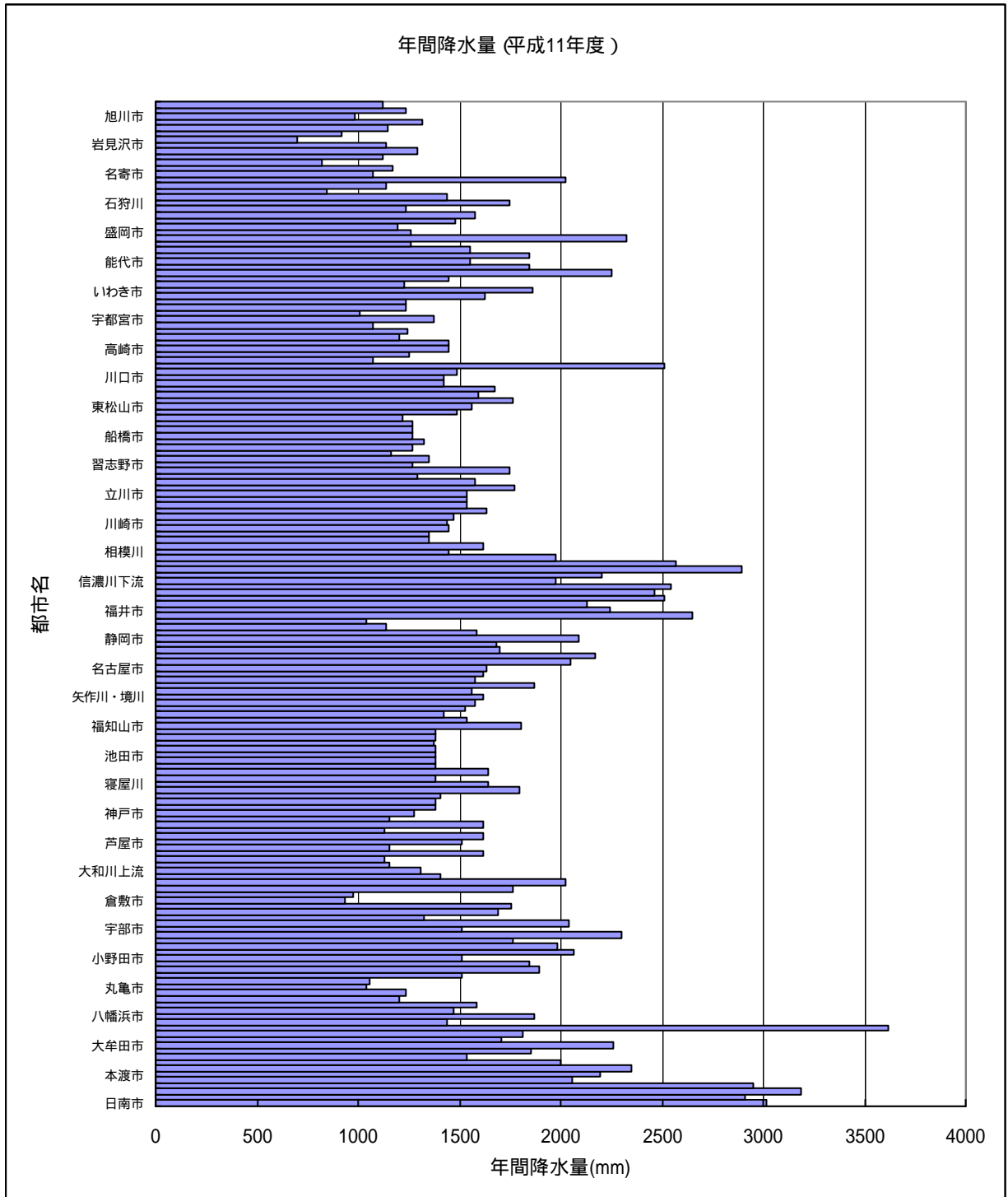


図 4 - 5 各都市の年間降水量 (平成 11 年度)

「出典：気象庁」

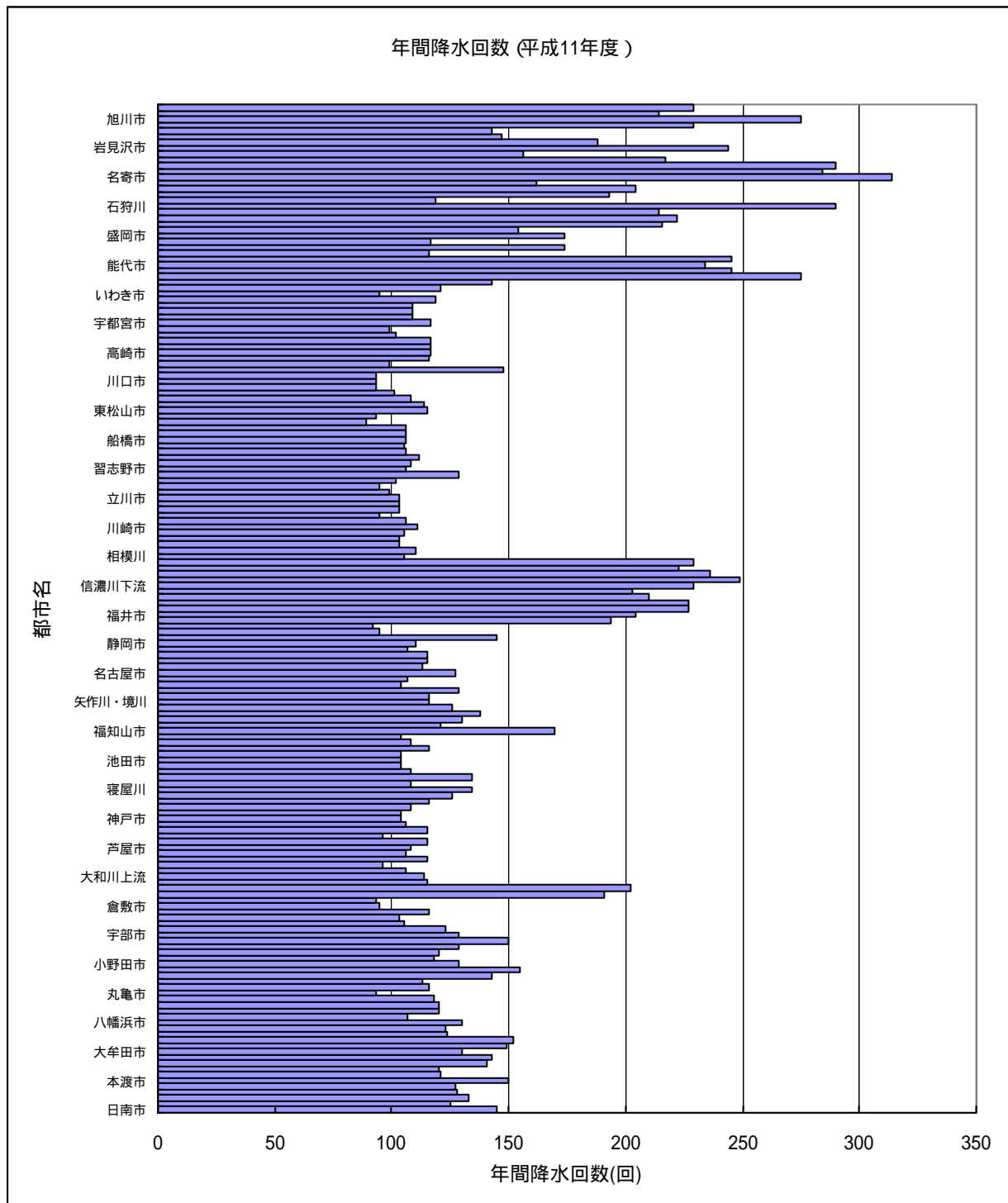


図4 - 6 各都市の年間降水回数 (平成11年度)

「出典：気象庁」

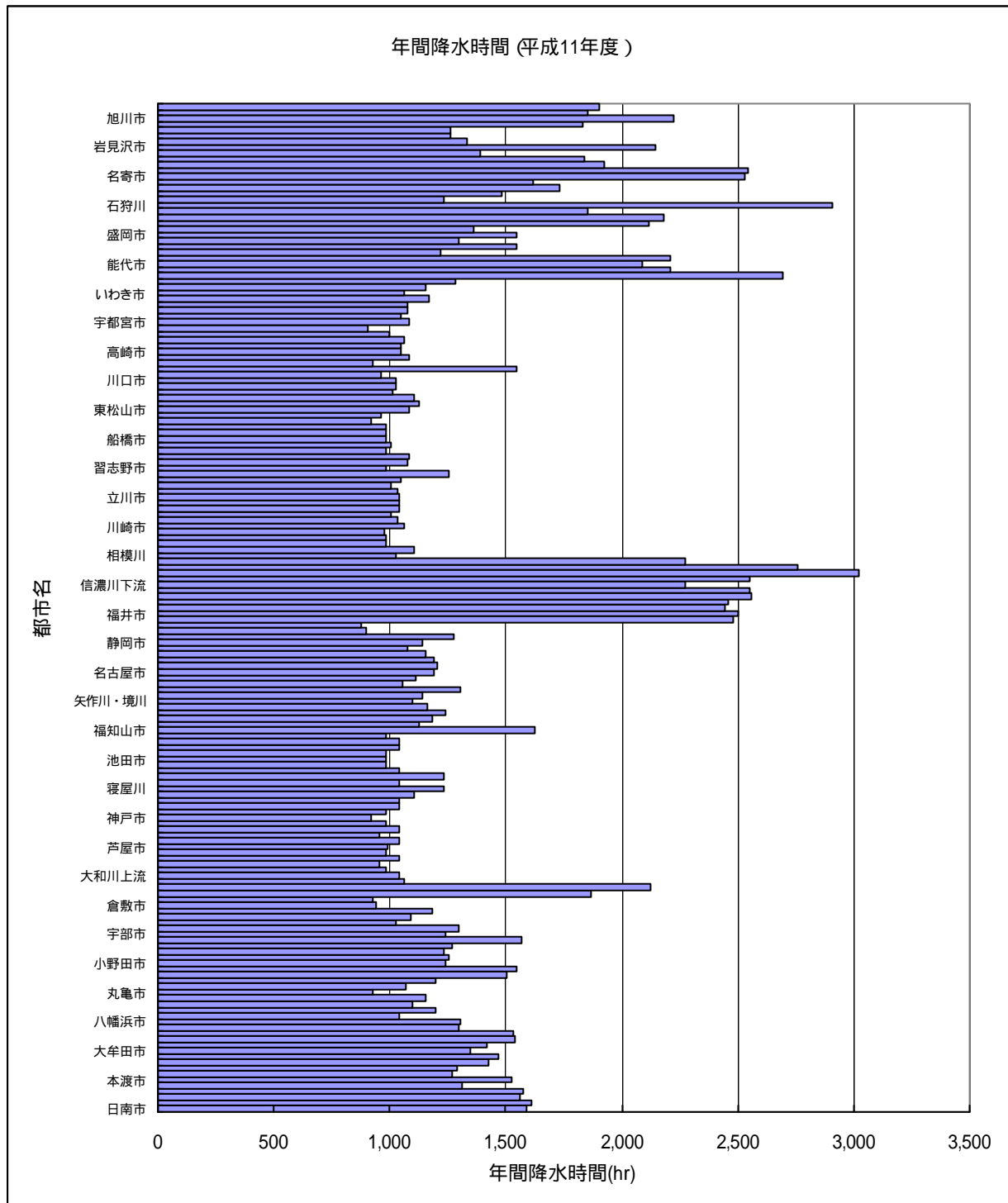


図 4 - 7 各都市の年間降水時間 (平成 11 年度)

「出典：気象庁」

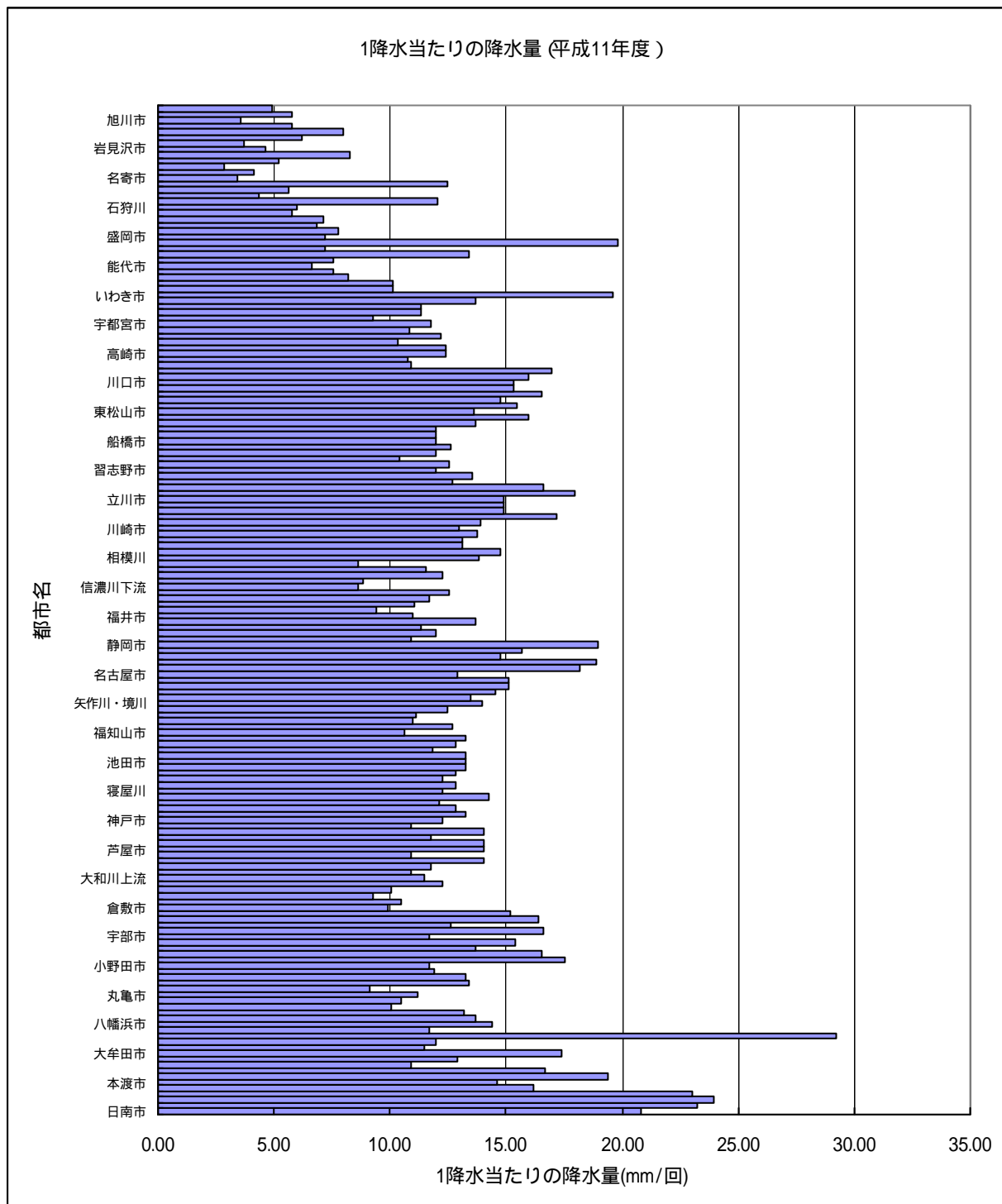


図4 - 8 各都市の1降水当たりの降水量(平成11年度)

「出典：気象庁」

(3) 越流状況

各気象観測所データによる年間降水の簡易シミュレーション結果から、現況の越流状況を整理すると表4-3の通りである。ただし、観測データ(降水量)は積雪を含んでおり、豪雪地帯等による積雪は雨水吐口等からの越流に結びつかないこともあり、本簡易シミュレーションは越流状況を多少過大に評価している可能性がある。

表4-3 年間降水による越流状況の分析結果

| 項目 | 越流量 (mm) | 越流回数 (回) | 越流時間 (hr) |
|-----------|-------------|-------------|--------------|
| 平均 | 693 | 71 | 212.3 |
| 中央値(メジアン) | 664 | 64 | 212.5 |
| 最頻値(モード) | 390 | 62 | 197.5 |
| 標準偏差 | 297 | 21 | 83.7 |
| 範囲 | 1,941 | 123 | 503.5 |
| 最小 | 100 | 32 | 30.5 |
| 最大 | 2,041 | 155 | 534.0 |

越流回数

図4-9の通りであり、遮集雨水量0~1mm/hr、1~2mm/hr、2~3mm/hr、3~4mm/hr、4~mm/hrの範囲でのそれぞれの中央値も示している。全体的には遮集雨水量が大きい区域では、越流回数が小さい傾向にある。ばらつきが見られるが、現状では多くの区域で年間60~100回程度の越流が生じている。なお、本図の通り、積雪量が多いと考えられる北海道、東北及び北陸地方(ここでは積雪地帯と分類している、以下同様)は、その他の地区に比較して、総体的に大きな越流回数となっている。これは、本簡易シミュレーションが気象庁のアメダスデータにおける降水量(積雪を含む)をもとに推定しているため、豪雪地帯等において実際は、雨水吐口からの越流に結びつかない降水(積雪)時も、本シミュレーションでは越流回数にカウントしていると考えられる。

越流量

図4-10の通りであり、遮集雨水量0~1mm/hr、1~2mm/hr、2~3mm/hr、3~4mm/hr、4~mm/hrの範囲でのそれぞれの中央値も示している。全体的には遮集雨水量が大きい区域では、越流量が小さい傾向にある。ばらつきが見られるが、現状では多くの区域で年間500~1000mm程度の越流が生じている。なお、越流量についても、越流回数と同様な簡易シミュレーションに係わる問題点を抱えており、地区により大きく異なる年間降水量の影響を直接受けるため、越流回数以上にばらつきが大きくなっている。なお、越流量が1,800mm以上の箇所は全て年間降水量が3,000mm程度以上である(参照)。

越流時間

図4-11の通りであり、遮集雨水量0~1mm/hr、1~2mm/hr、2~3mm/hr、3~4mm/hr、4~mm/hrの範囲でのそれぞれの中央値も示している。全体的には遮集雨水量が大きい区域では、越流時間が小さい傾向にある。ばらつきが見られるが、現状では多くの区域で年間200~300時間程度の越流が生じている。なお、越流時間についても、越流回数と同様な簡易シミュレーションに係わる問題点を抱えており、地区により大きく異なる年間降水量の影響を直接受けるため、越流回数以上にばらつきが大きくなっている。

年間降水量と越流状況

年間降水量と越流回数、越流量及び越流時間の関係が図4-12～図4-14である。上記と同様な簡易シミュレーション上の問題を抱えているが、同じ遮集雨水量においても、年間降水量が大きいと、越流回数及び越流量が大きい傾向にある。また、図から明らかなように年間降水量は地方により大きな差がある。

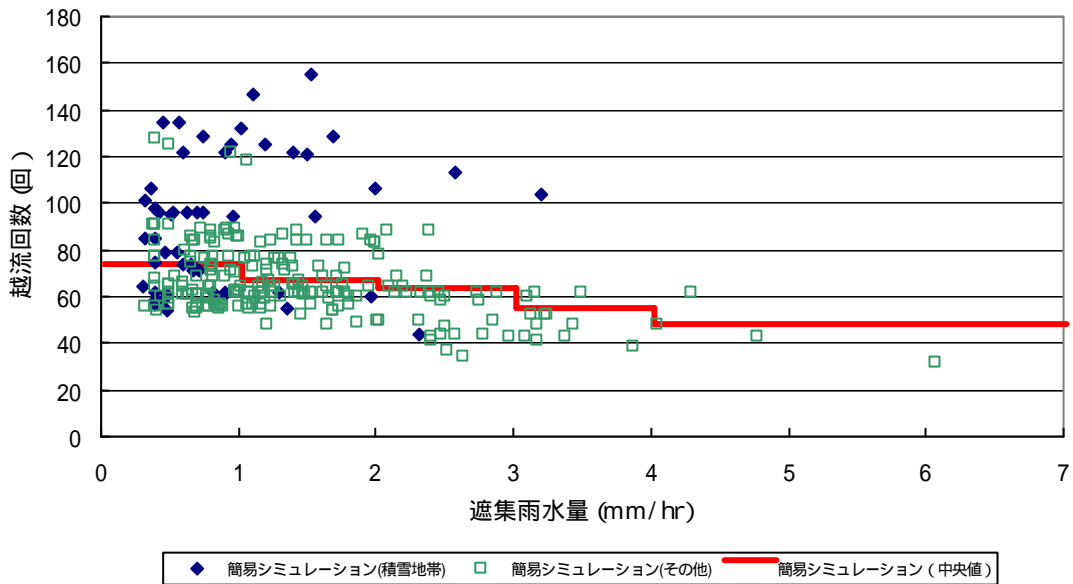


図4-9 遮集雨水量と越流回数

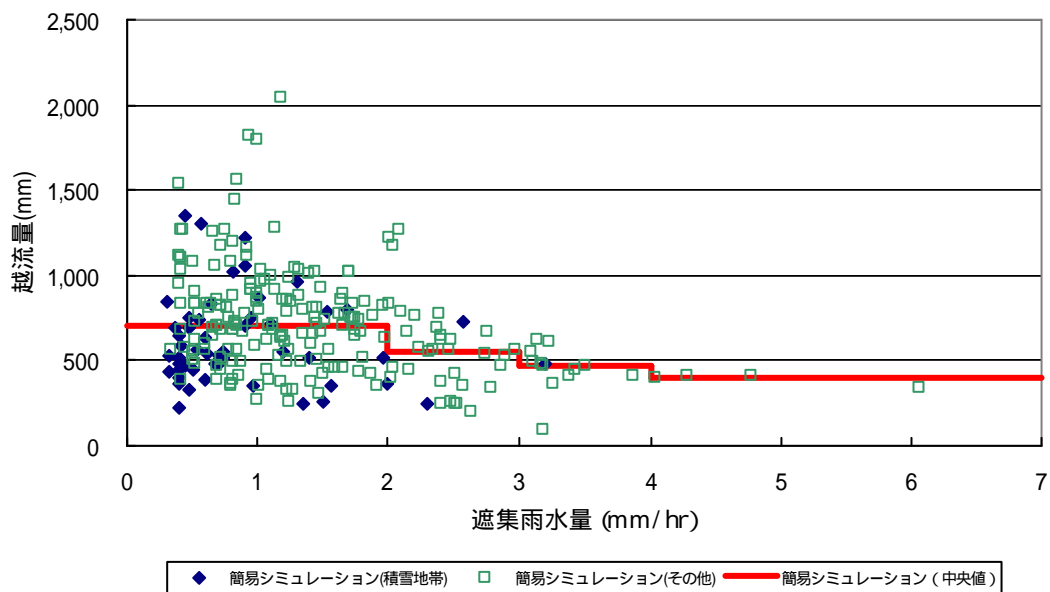


図4-10 遮集雨水量と越流量

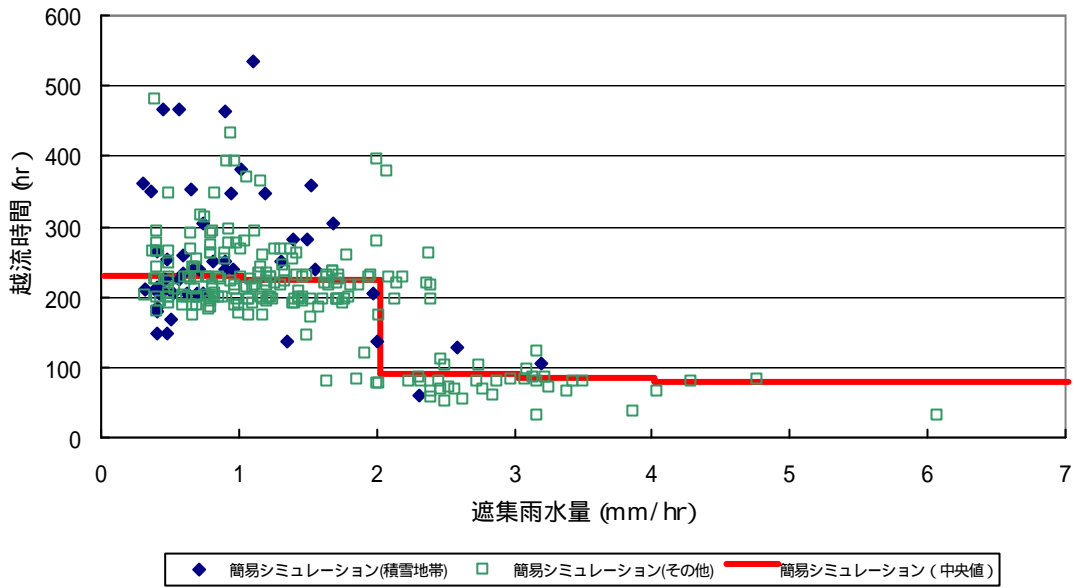


図4 - 1 1 遮集雨水量と越流時間

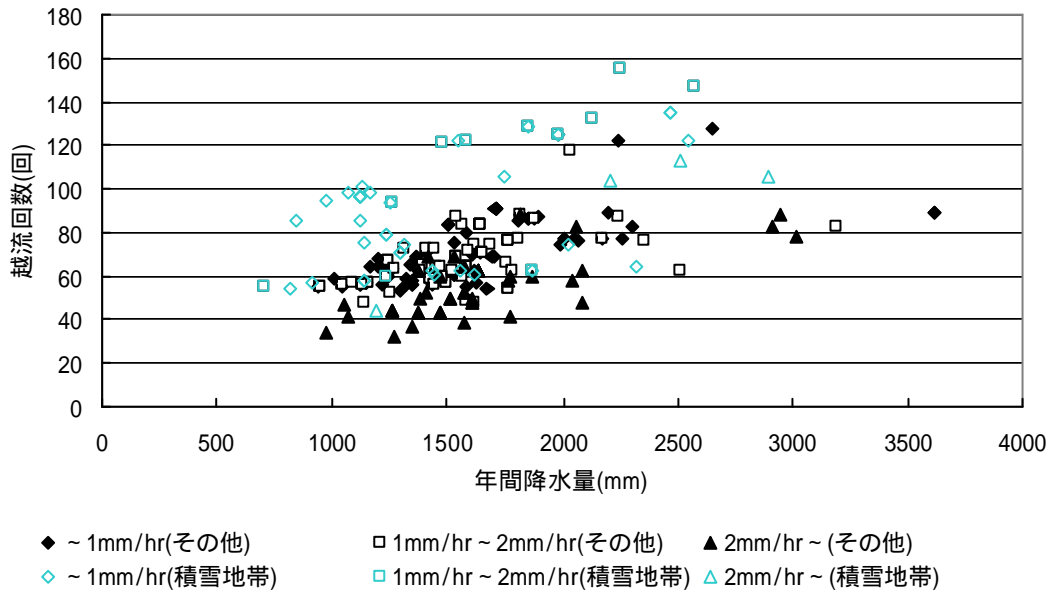


図4 1 2 年間降水量と越流回数

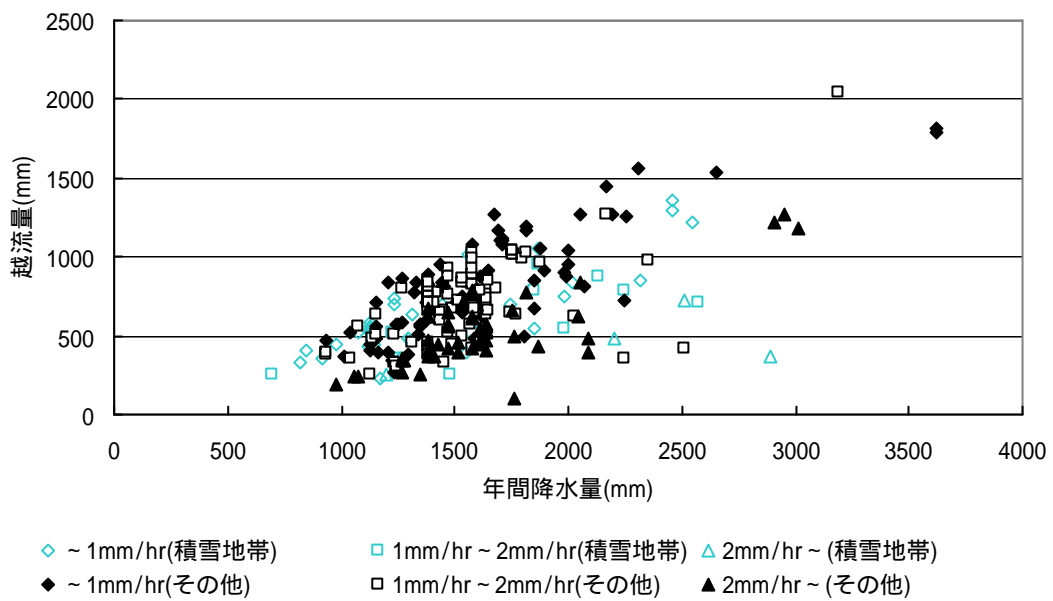


図4 - 1 3 年間降水量と越流量

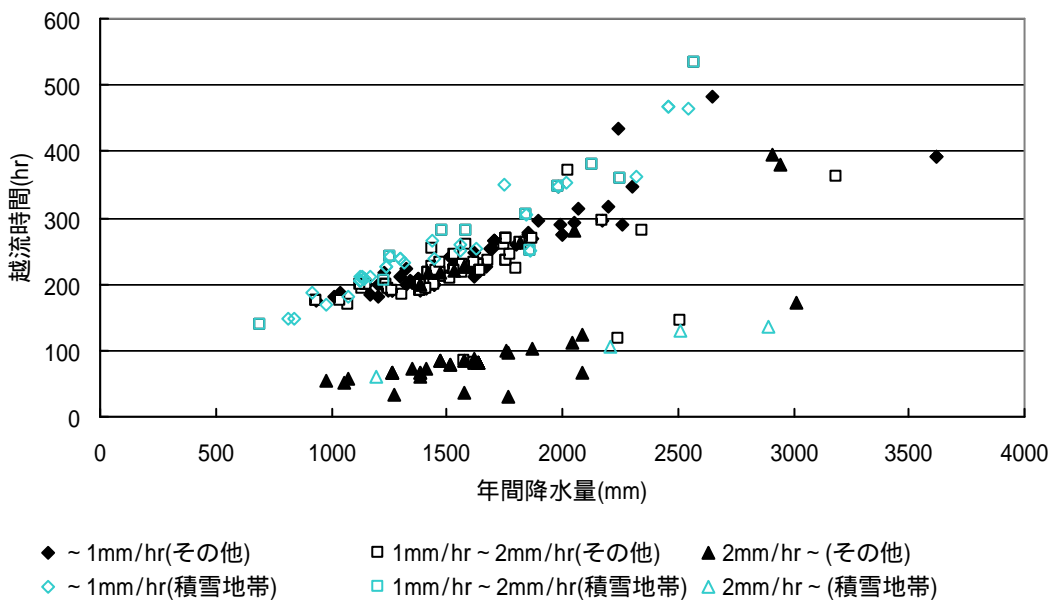


図4 1 4 年間降水量と越流時間

(4) 流出負荷量の推定

簡易シミュレーションによると、晴天や雨天を含めた1年間で一般家庭等の点源や市街地面源から合流式下水道へ流入する全国のBOD総流入負荷量は約809千トン、下水道施設から公共用水域に排出されるBOD総流出負荷量は約95千トン、年間を通した除去率は約88%である。

しかしながら、雨天時に限れば、全国のBOD総流入負荷量は約145千トンにもかかわらず下水道施設から公共用水域に排出されるBOD総流出負荷量は約70千トン、年間を通した除去率は約52%に過ぎない。BOD総流出負荷量は晴天時に比較して約45千トンも多い。

これは、雨天時において、合流式下水道からの未処理下水の放流や簡易処理水の放流に原因があり、放流先の水質汚濁への影響が懸念される。

表4-4 年間BOD総流入負荷量及び流出負荷量

| 項目 | 晴天時 | | 雨天時 | | | 年間 負荷量合計 |
|----|---------|---------|------|-----|-------------|-------------|
| | 晴天時汚水起因 | 雨天時汚水起因 | 雨水起因 | 小計 | 年間 負荷量合計 | |
| 流入 | 664 | 99 | 46 | 145 | 809 | |
| 流出 | 晴天時高級処理 | 雨天時高級処理 | 簡易処理 | 未処理 | 小計 | 負荷量合計 |
| | 25 | 4 | 26 | 40 | 70 | 95 |

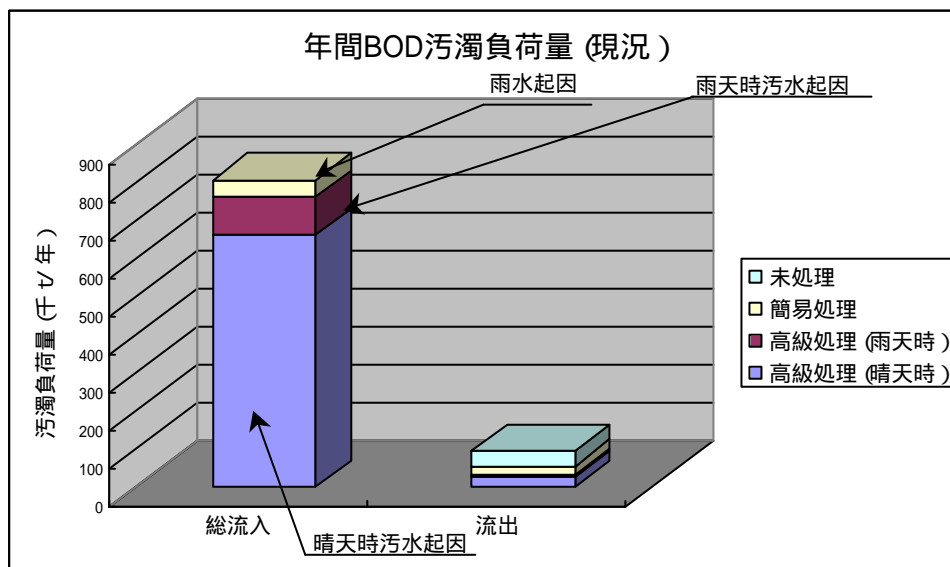


図4-15 年間BOD総流入負荷量及び流出負荷量

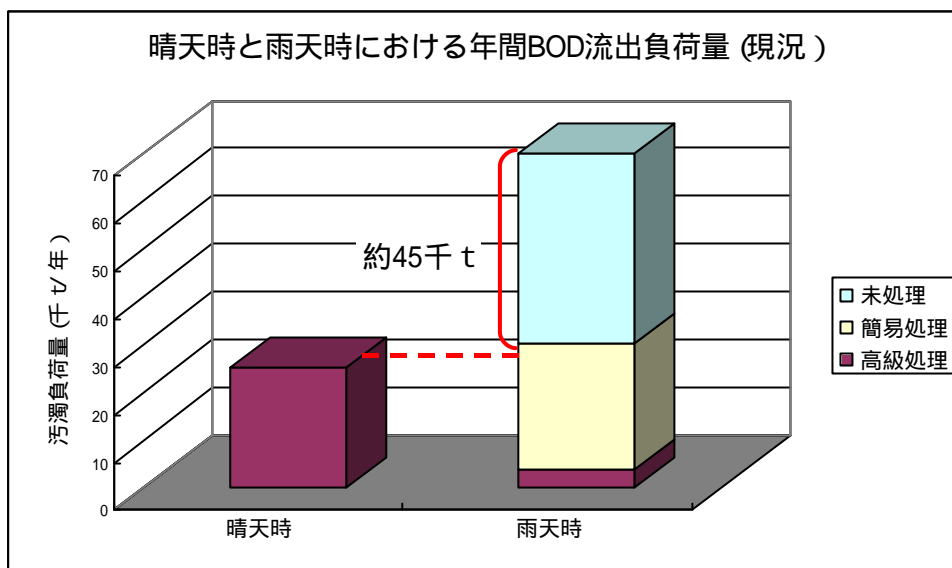


図4 - 16 晴天時と雨天時の流出負荷量の比較

注) 平均晴天日数 : 312.1 日 (85.5%)、平均雨天日数 : 52.9 日 (14.5%)

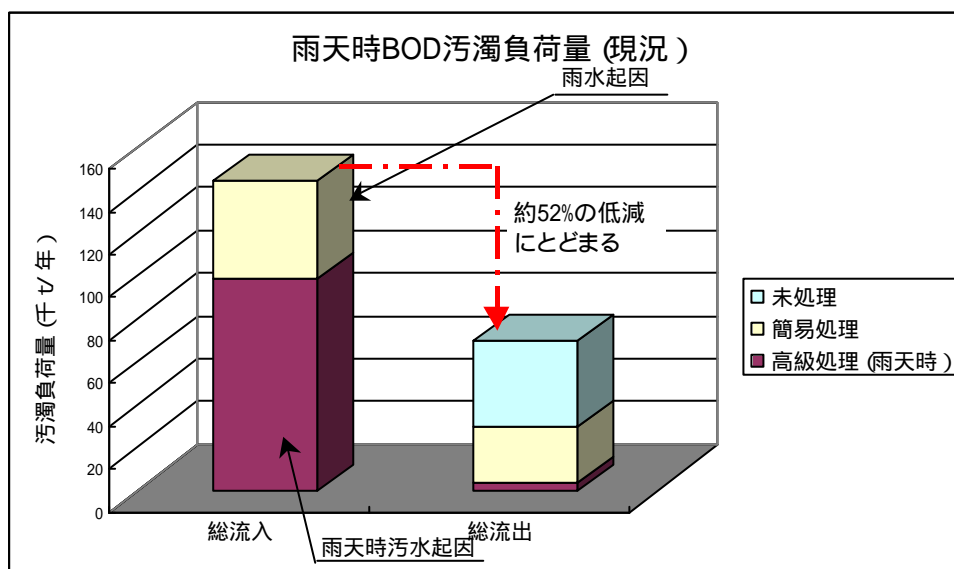


図4 - 17 雨天時のBOD流入負荷量及び流出負荷量

(5) 分流並み対策の推定

現在の合流式下水道の全処理区域を分流式下水道と置き換えた場合に、分流式下水道の雨水水質 (B O D) を約 2 0 mg/l (参考参照) と設定すると、分流式下水道における年間 B O D 削減率は約 9 1 %、雨天時 B O D 削減量は約 6 6 % となる。簡易シミュレーションによると、この分流並みの削減率を達成するには、遮集雨水量 1 mm / h r + 4 mm 貯留程度の対策が必要である。この対策を行うことで、現在の合流式下水道の雨天時流出負荷量について、1 9 千トン削減することが見込まれ、雨天時においても汚濁負荷の観点で合流式下水道が公共用水域の水質保全の機能を最低限果たすこととなる。

注) 年間 B O D 削減率 : (1 - 年間 B O D 総流出負荷量 / 年間 B O D 総流入負荷量) × 1 0 0

雨天時 B O D 削減率 : (1 - 雨天時年間 B O D 総流出負荷量 / 雨天時年間 B O D 総流入負荷量) × 1 0 0

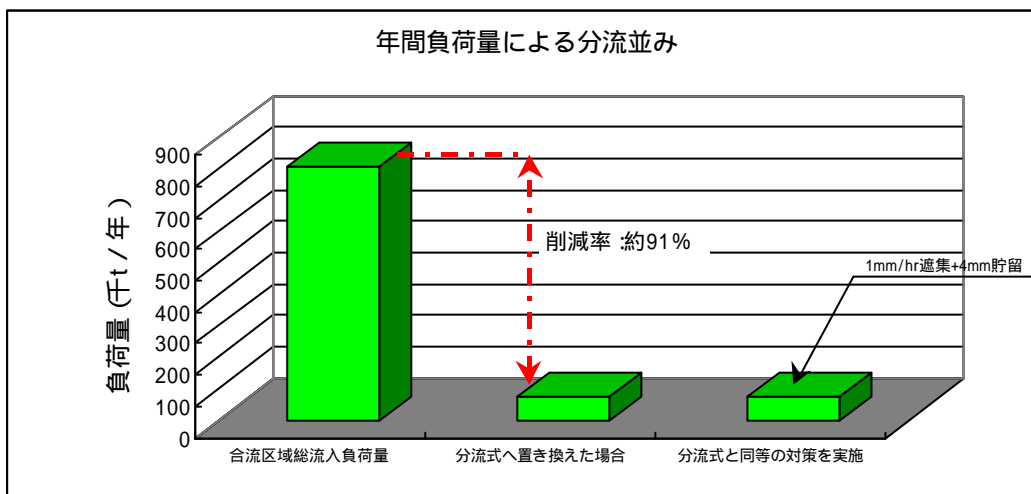


図 4 - 1 8 年間の流入 B O D 負荷量と流出 B O D 負荷量

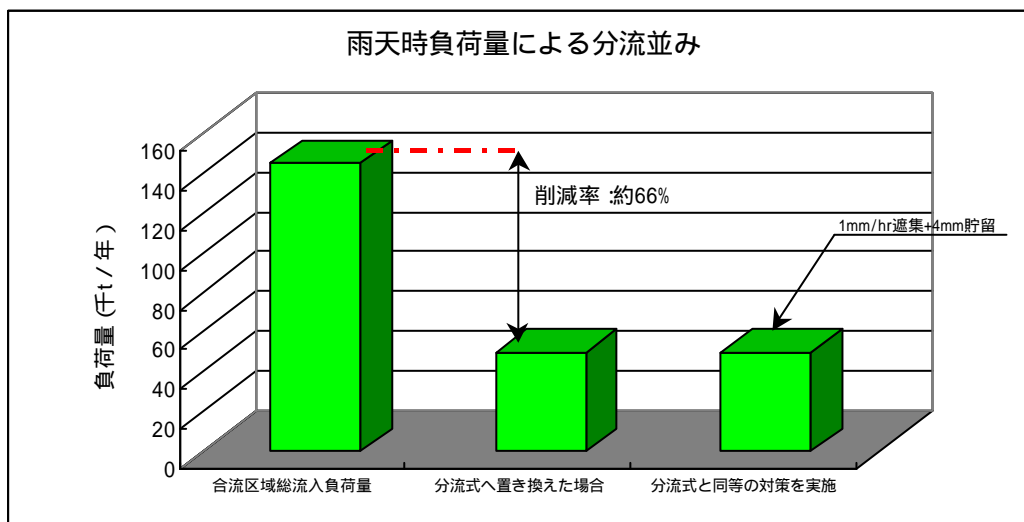


図 4 - 1 9 雨天時の流入 B O D 負荷量と流出 B O D 負荷量

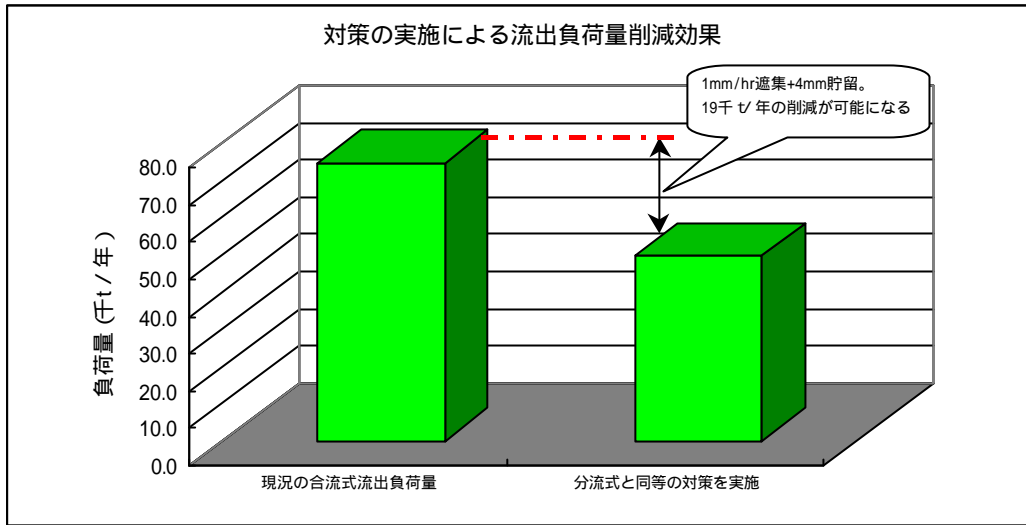


図4 - 20 対策による汚濁負荷量の削減効果（雨天時）

（6）遮集量増大 + 貯留対策による越流回数の推定

現状の遮集雨水量（図4 - 9）のようにばらつきはあるが、全国の中央値は 1.1mm/hr ）に加え、貯留対策を行った場合の、簡易シミュレーションによる越流回数の推定結果は図4 - 21の通りである。分流並みの削減率達成する遮集雨水量 $1\text{mm/hr} + 4\text{mm}$ 貯留程度の対策では約30回程度まで年間越流回数は削減されることとなる。

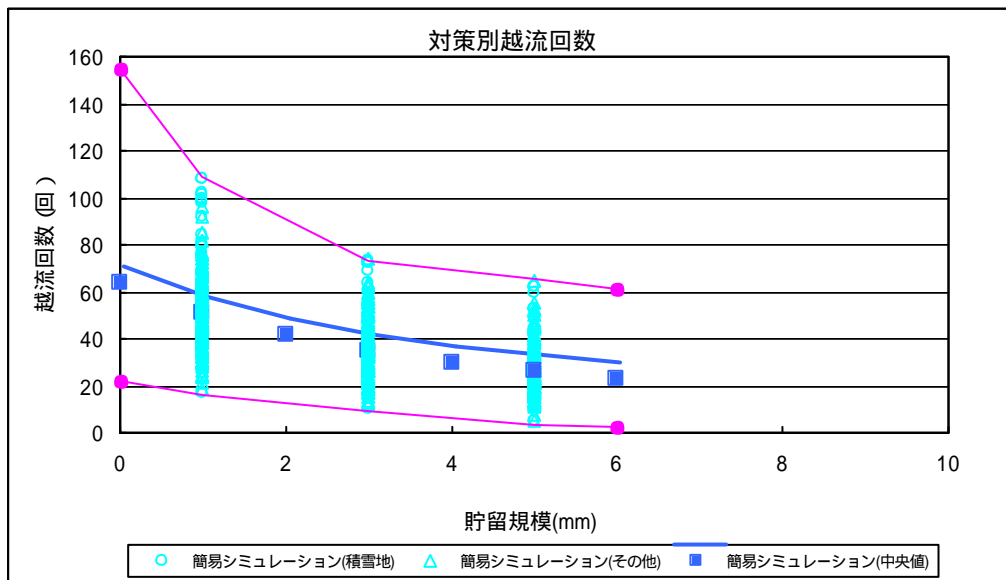


図4 - 21 貯留規模と越流回数

(参考) 分流式下水道の雨水水質(BOD)

過去の各都市における分流式下水道の雨水水質の調査結果は以下の通りであり、都市及び採水日によりばらつきが見られるが、概ね5～60 mg/l の範囲にある。

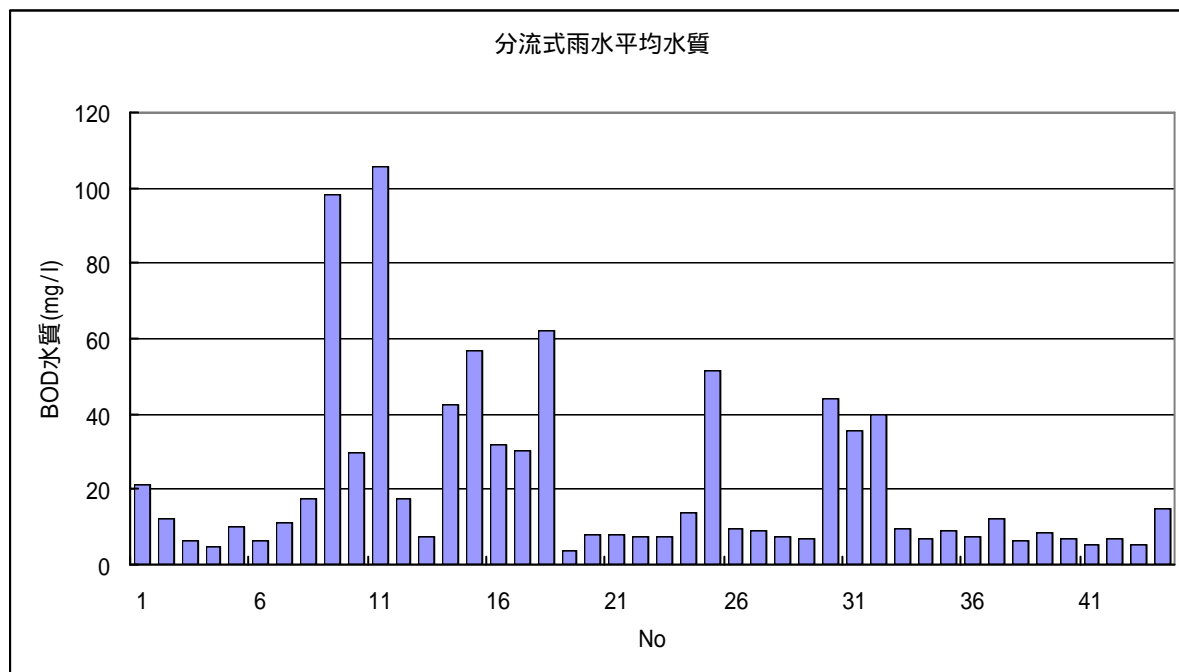


図4 2 2 分流式雨水の水質調査結果

(出典)

No. 1～8 : 「平成9年度 分流式下水道雨水管渠負荷量解析業務報告書：平成10年3月(札幌市)」平成9年度

No. 9～36 : 「分流式下水道からの雨水流出に関するデータベース」土木研究所資料第1549号、昭和55年度

No. 37～38 : 「合流式下水道改善(雨天時汚濁対策)に関する調査(その4)報告書(大阪市)」平成12年度

No. 39 : 「保土ヶ谷ポンプ場雨水滞水池に係わる設計調査業務(その4)報告書：平成3年3月(横浜市)」平成2年度

No. 39 : 「保土ヶ谷ポンプ場雨水滞水池に係わる設計調査業務(その5)報告書：平成4年3月(横浜市)」平成3年度

No. 40～41 : 「中部処理区関内山下地区油脂対策及び分流雨水調査委託報告書：平成4年3月(横浜市)」平成3年度

No. 42～43 : 「分流雨水水質調査委託(その3)報告書：平成5年3月(横浜市)」平成4年度

No. 44 : 「分流雨水水質調査委託(その4)報告書：平成6年3月(横浜市)」平成5年度

4.1.2 モデル都市における改善対策シミュレーション

合流式下水道を採用しているいくつかのモデル都市において修正RRL法+土研モデル又は海外モデルを用いてシミュレーションを実施した。各都市における具体的なシミュレーション条件は以下の表4-5の通りである。

表4-5 モデル都市とシミュレーション条件の概要

| 項目 | | A市 | B市 | C市 | D市 | E市 | F市 | G市 | |
|--------------|--------------------|--------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|-------------------------------|---|
| 解析年度(降雨) | | S56 | S52 | H9 | H7 | H11 | H9 | H8 | |
| 降雨の状況 | (回/年) 降雨回数 | 91 | 74 | 108 | 86 | 97 | 139 | 113 | |
| | (hr/年) 年間降雨時間 | 912 | 747 | 1,270 | 525 | 806 | 1,170 | 698 | |
| | (mm/年) 年間降雨量 | 1,456 | 1,337 | 1,187 | 982 | 1,882 | 1,777 | 1,583 | |
| | 独立降雨の定義 | 0.5mm以上,12hr | 1mm以上,4hr | 0.5mm以上,4hr | 1mm以上,3hr | 0.5mm以上,4hr | 0.5mm以上,4hr | 0.5mm以上,4hr | |
| 対象排水区 の特性 | (ha) 面積 | 456 | 251 | 845 | 178 | 327 | 88 | 155(合流) + 230(分流) *1 | |
| | 吐口 | ポンプ場 | 1 | 1 | - | 2 | 1 | 1 | |
| | | 自然吐口 | 4 | - | 18 | - | - | - | 9 |
| | (mm/hr) 時間最大汚水量 | 0.82 | 0.81 | 0.44 | 0.34 | 0.21 | 0.39 | 0.46(0.45) *2 | |
| 適用モデル | | マウス | マウス | 修正RRL +土研モデル | 修正RRL +土研モデル | スウィム | ハイドロ ワークス | マウス | |
| 備考 | | | | | | | | | |

注. シミュレーション検討は全て1処理区内で実施。

A市及びB市はモデル地区を対象とする。

*1: G市は、合流区域 155ha 及び当該合流地区に流入する分流区域 230ha を対象としたシミュレーション結果を按分比例して、合流区域のみの値を算出。

*2: 0.46 は合流地区の時間最大汚水量、0.45 は分流地区の時間最大汚水量

(1) 遮集量増加対策による負荷量の削減

遮集量増加対策による、雨水吐口（合流式下水道において、通常は放流先への影響が最も大きいと思われる）からの年間BOD総越流負荷量の変化は、図4-23の通りであり、都市により多少の異なりは見られるが、グラフの傾きから、負荷削減効果が大きいのは1～2mm/hr程度までである。また、表4-6は、各都市において合流式下水道を分流式下水道に置き換えた場合に想定される年間BOD削減率（1 - 年間BOD総流出負荷量 / 年間BOD総流入負荷量）及び雨天時BOD削減率（1 - 雨天時年間BOD総流出負荷量 / 雨天時年間BOD総流入量）と図4-23の遮集雨水量2mm/hr対策におけるBOD削減率、並びにそれらの比較である。この表から明らかなように、全体的な傾向としては、遮集量増加のみの対策で分流式並みを達成することは困難である。

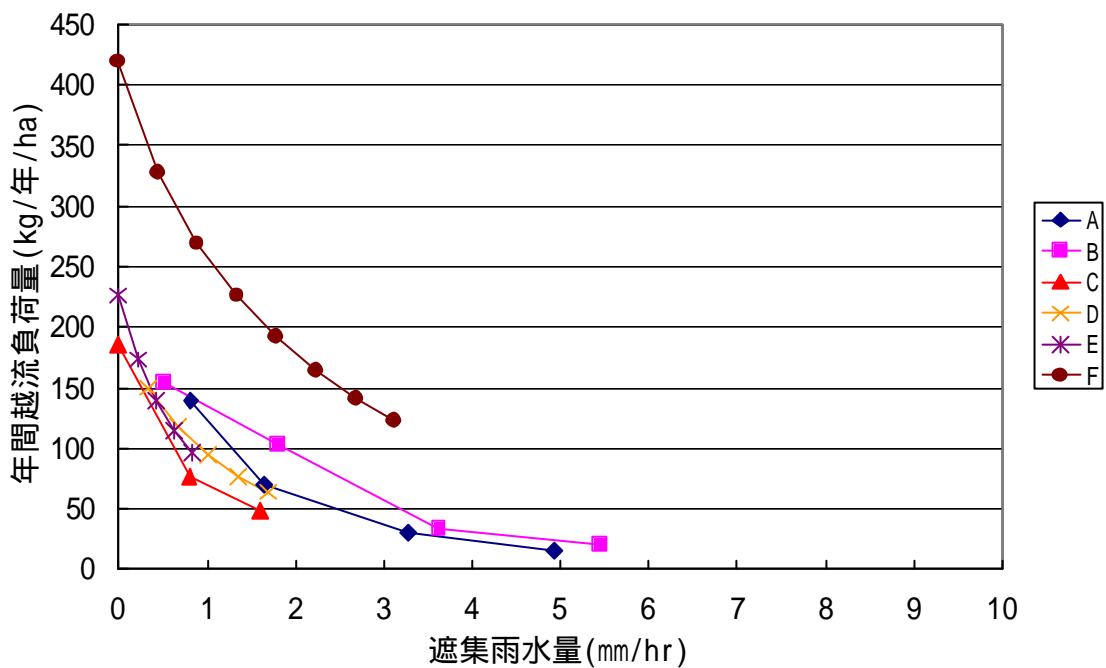


図4-23 遮集雨水量と年間越流負荷量

表4-6 2mm/hr雨水遮集におけるBOD負荷削減状況

| 項目 | (%) 分流並 BOD 削減率 | | 2mm/hr 雨水遮集対策時 BOD 削減率 | | 達成状況 | |
|----|------------------------|-----|---------------------------|-----|------|-----|
| | 年間 | 雨天時 | 年間 | 雨天時 | 年間 | 雨天時 |
| A市 | 8.4 | 7.5 | 8.1 | 6.3 | × | × |
| B市 | 8.7 | 6.7 | 8.6 | 5.8 | × | × |
| C市 | 8.9 | 8.3 | 8.8 | 7.5 | × | × |
| D市 | 9.6 | 7.8 | 9.3 | 5.6 | × | × |
| E市 | 8.4 | 5.3 | - | - | - | - |
| F市 | 8.4 | 6.2 | 8.2 | 5.3 | × | × |

注：D市は高度処理を実施しているため、削減率が高くなっている。

E市は、遮集雨水量2mm/hr時の資料なし。

(2) 遮集量増加 + 貯留対策による負荷量の削減

(1)で説明したように遮集量増加のみの対策では分流並みを達成することは困難であるため、遮集量増加とあわせて現在貯留対策が一部実施されている。遮集雨水量 1 mm / h r 程度に加えて貯留対策を実施した場合、年間BOD総流出負荷量及び雨天時年間BOD総流出負荷量と貯留規模との関係は、図4 - 24、図4 - 25の通りであり、都市により多少異なりは見られるが、グラフの傾きから、負荷削減効果が大いなのは貯留規模が3 ~ 5 mm程度までである。各都市共に、分流式並み(表4 - 6の分流並みBOD削減率)を達成するには、遮集雨水量 1 mm / h r 程度 + 2 ~ 4 mm貯留程度の対策が必要である。

また、図4 - 26、4 - 27(両図共にD市の事例)は、遮集雨水量と貯留量両方を変化させた場合の年間総BOD総流出負荷量及び雨天時BOD総流出負荷量との関係であり、図の通り、遮集雨水量にかかわらず、4 mm貯留程度までは放流負荷量の削減効果が大い。

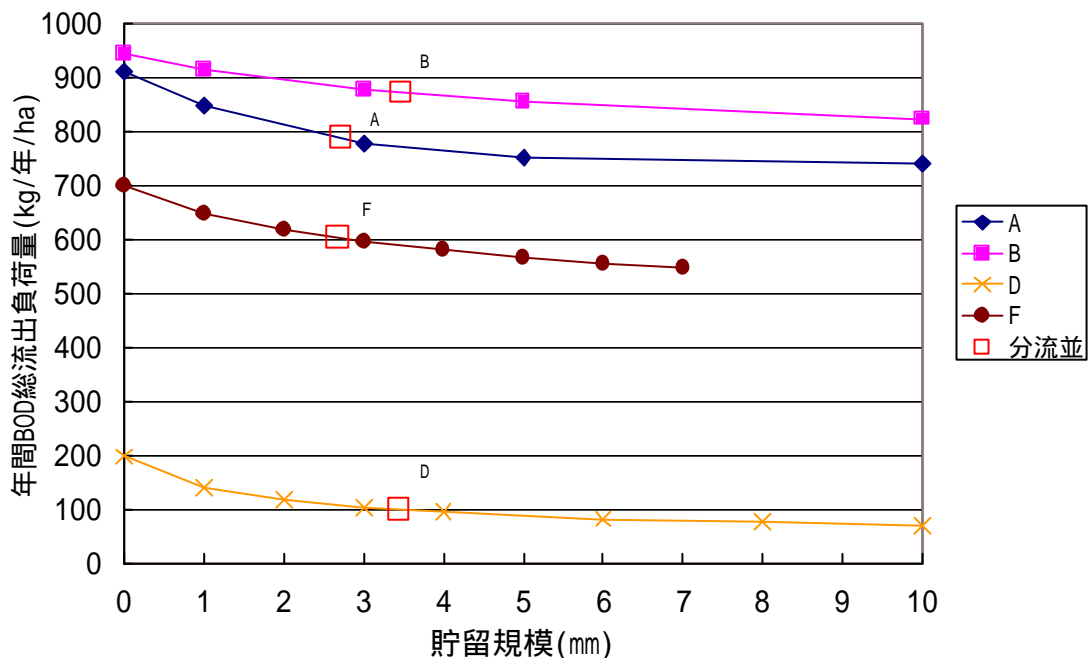


図4 - 24 貯留規模と年間BOD総流出負荷量

(注) D市は高度処理を実施しているため、流出負荷量が小さくなっている。

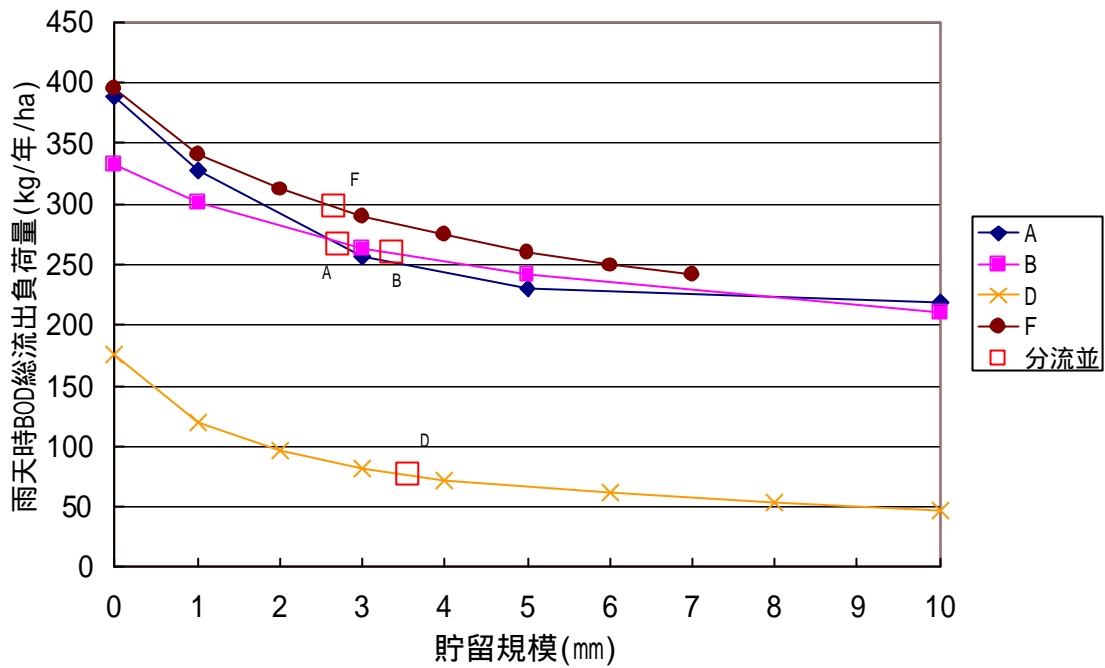


図4 - 25 貯留規模と雨天時BOD総流出負荷量

(注) D市は高度処理を実施しているため、流出負荷量が小さくなっている。

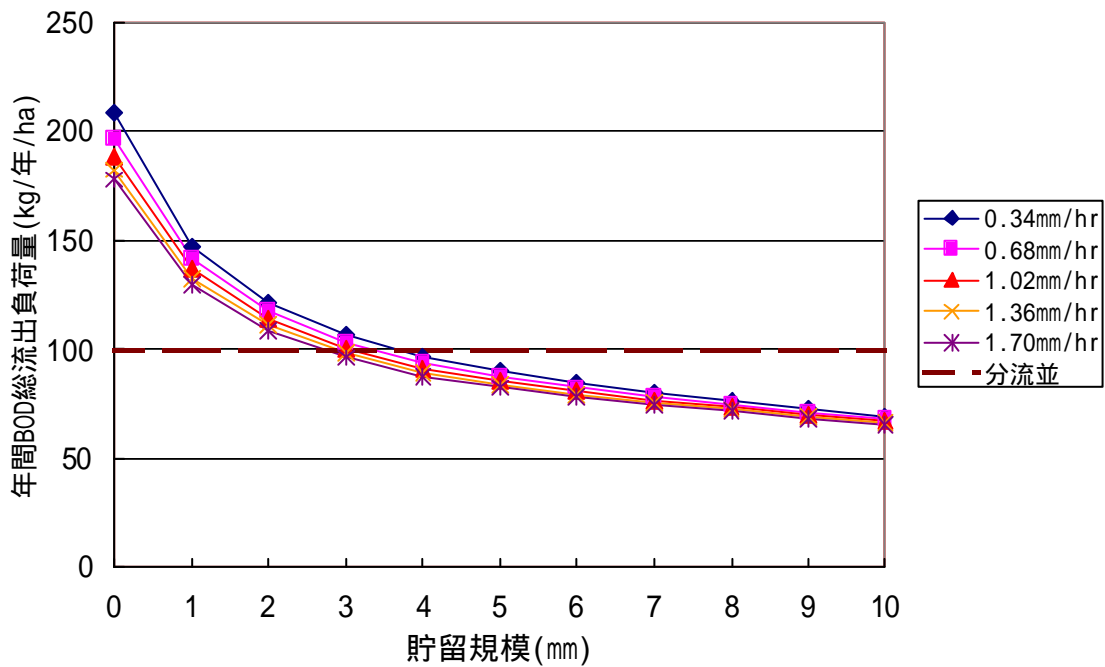


図4 - 26 遮集雨量ごとの貯留規模と年間BOD総流出負荷量

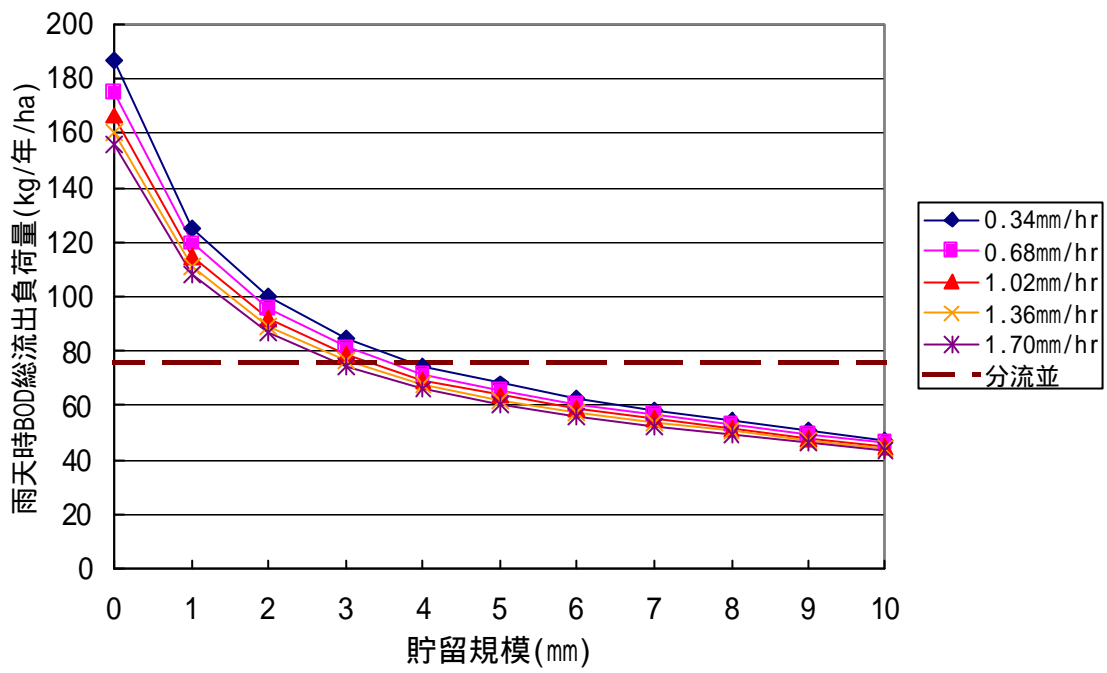


図4 - 27 遮集雨量ごとの貯留規模と雨天時BOD総流出負荷量

(3) 遮集量増加対策による越流回数削減

遮集量増加対策による、年間の越流回数及び年間の越流時間の変化は、図4 - 28及び4 - 29の通りである。図4 - 28の通り、越流回数は、都市により多少の異なりは見られるが、グラフの傾きから、削減効果が大きいのは1 ~ 2 mm / hr程度までである。この場合、年間降雨量又は降雨回数により一概には言えないが、概ね越流回数は40 ~ 60回前後、越流時間は100 ~ 250時間程度となる。

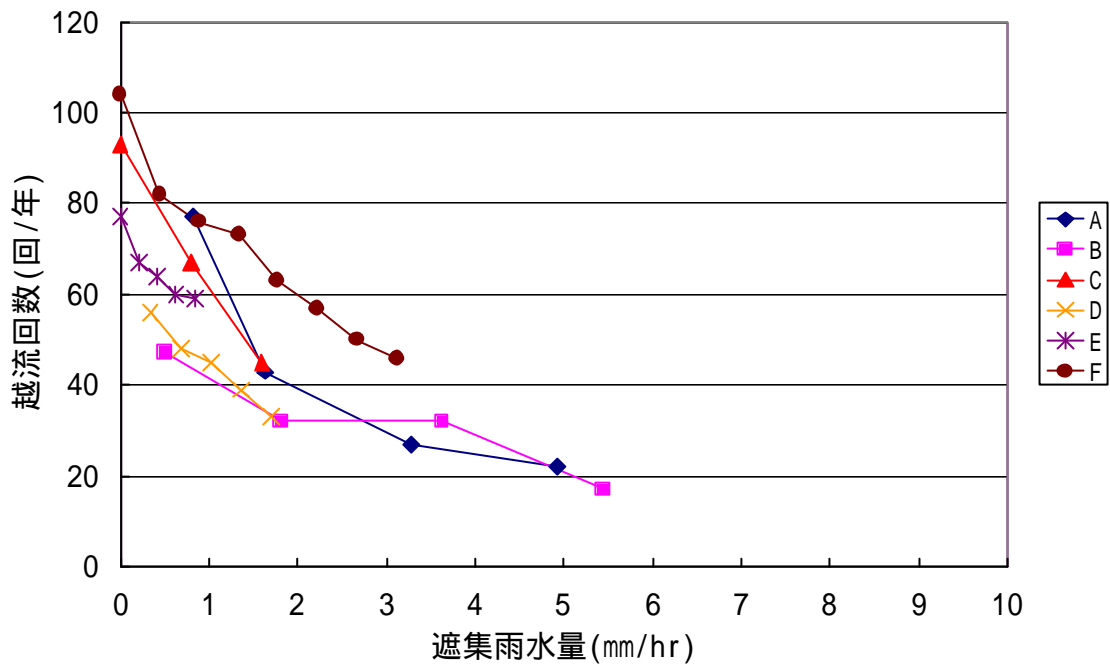


図4 - 28 遮集雨量と越流回数

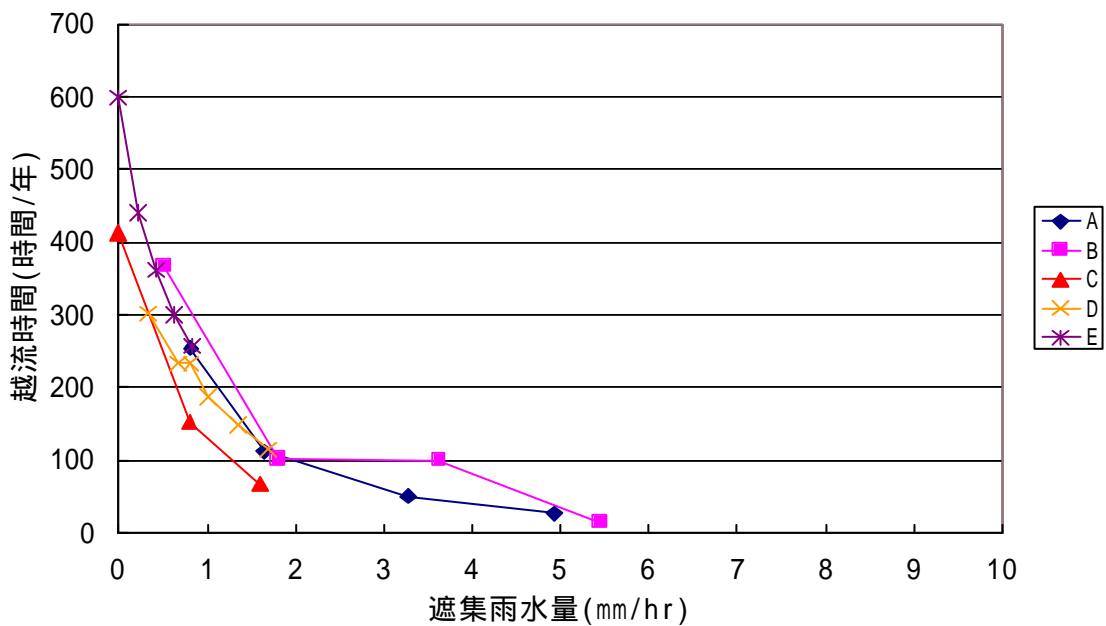


図4 - 29 遮集雨量と越流時間

(4) 遮集量増加 + 貯留対策による越流回数の削減

遮集雨水量 1 mm / h r 程度に加えて貯留対策を実施した場合の年間の越流回数、年間の越流時間、年間の平均越流水質の変化は、図 4 - 3 0 ~ 4 - 3 2 の通りである。図 4 - 3 0 の通り、越流回数は、都市により多少の異なりは見られるが、グラフの傾きから、削減効果が大きいのは 3 ~ 5 mm 貯留程度までである。この場合、年間降雨量又は降雨回数により一概には言えないが、概ね越流回数は 3 0 回前後、越流時間は 8 0 ~ 2 5 0 時間、年間平均水質は概ね 3 0 mg/l 前後となる。

また、図 4 - 3 3 (D 市の事例) は、遮集雨水量及び貯留量両方を変化させた場合の越流回数との関係であり、図の通り、遮集雨水量にかかわらず、4 mm 貯留程度までは放流回数の削減効果が大きい。

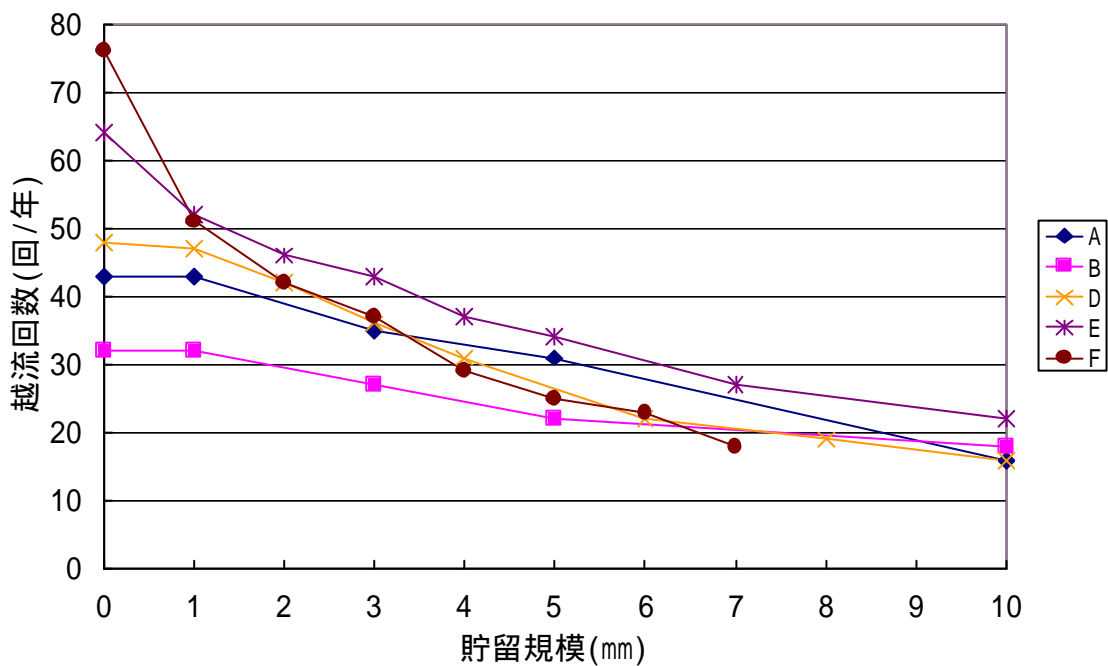


図 4 - 3 0 貯留規模と越流回数

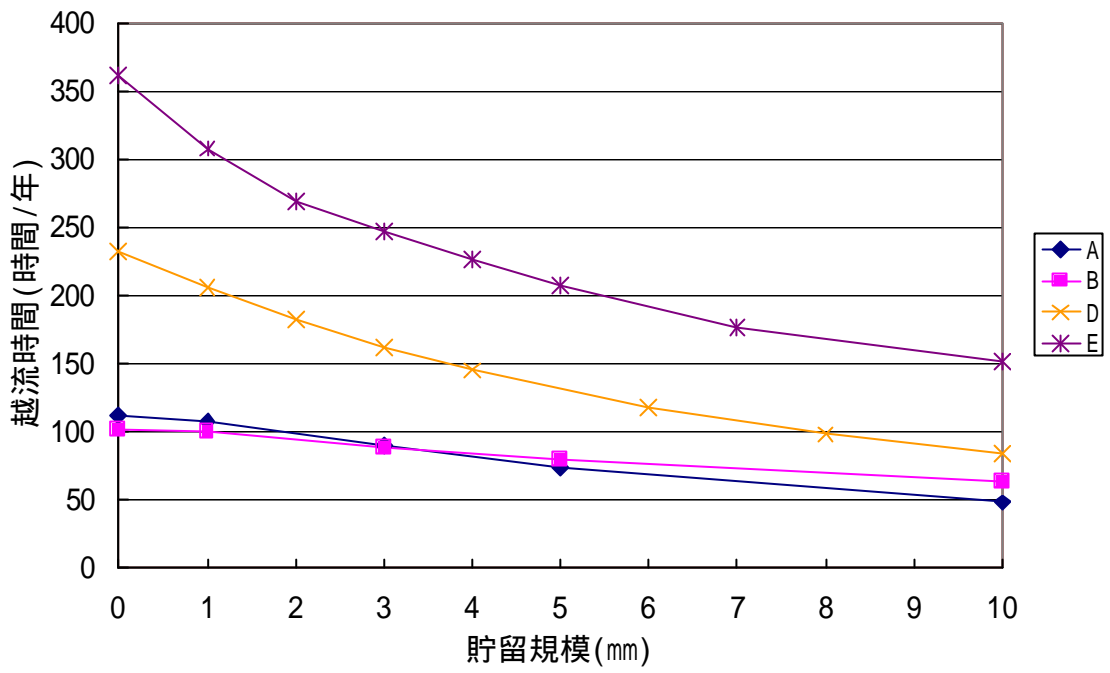


図4 - 3 1 貯留規模と越流時間

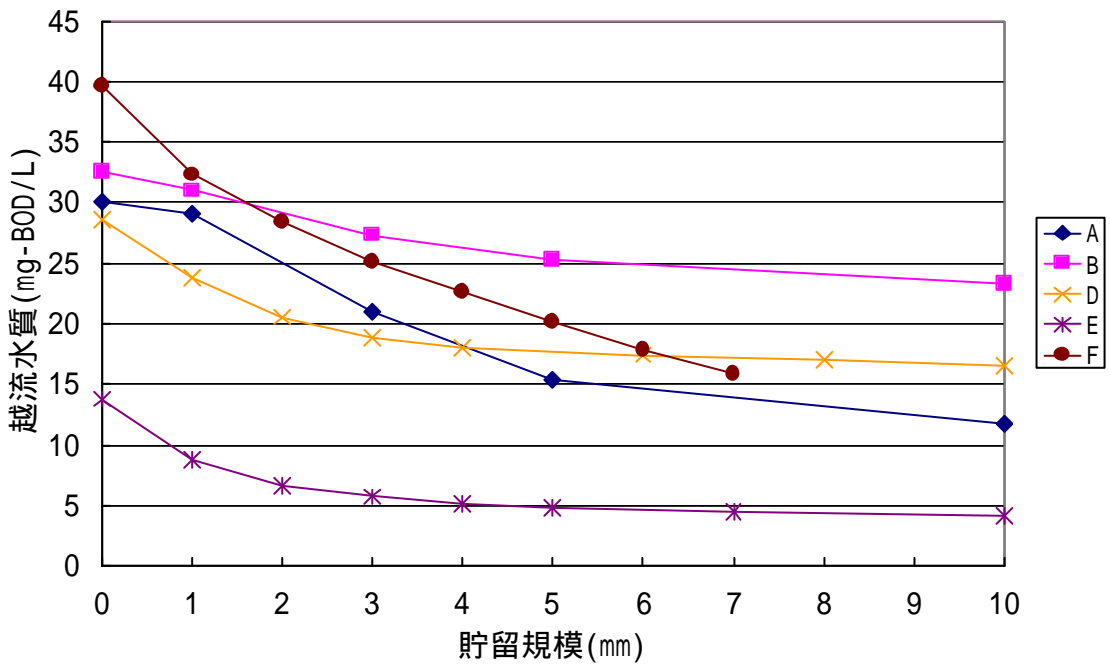


図4 - 3 2 貯留規模と越流水質

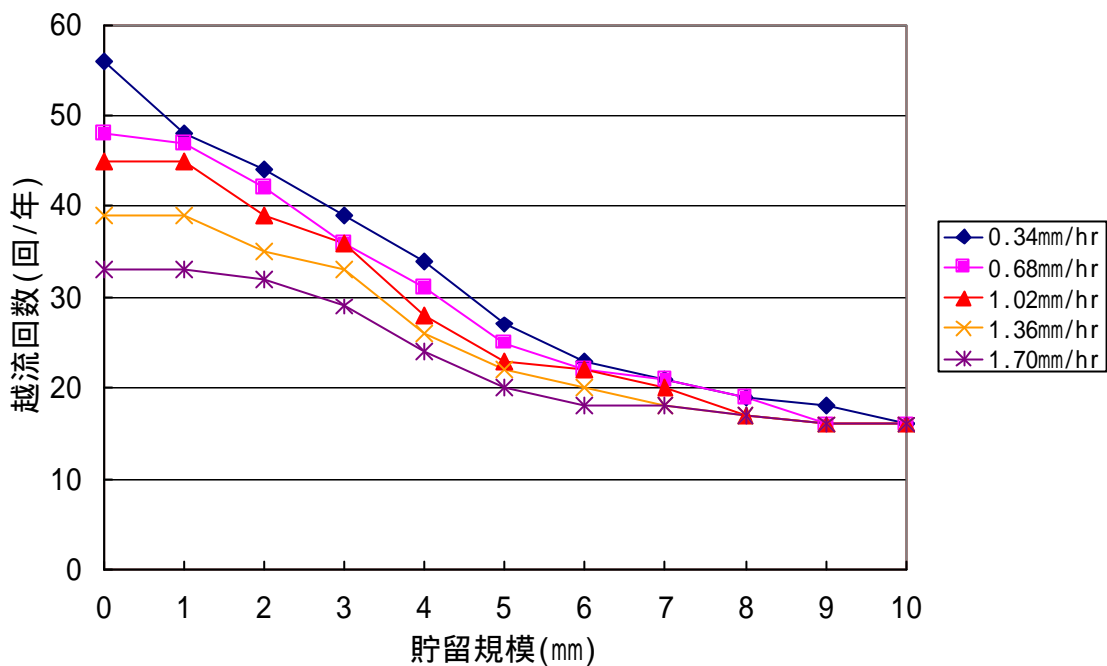


図4 - 3 3 遮集雨量ごとの貯留規模と越流回数

(5) 対策の費用対効果

図4 - 3 4 (D市の事例) は、遮集雨量と貯留量両方を変化させた場合の削減負荷量当たりの事業費との関係である。図の通り、遮集雨量に関わらず1 ~ 5 mm貯留において費用効果が大きくなっている。

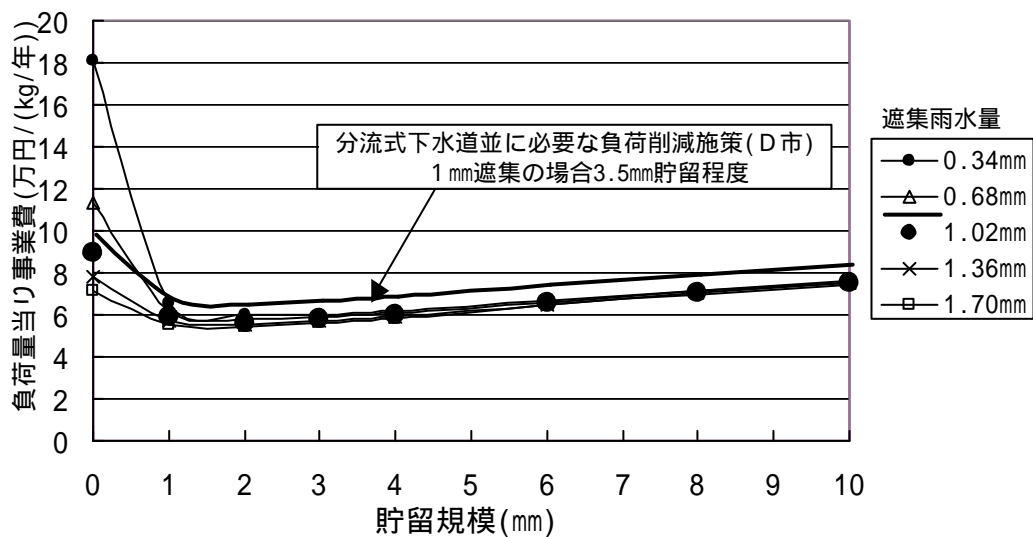


図4 - 3 4 費用対効果

(6) SSに関する削減対策

SSについては、BODとは特性が異なり、路面等ノンポイント起因のものが多く、雨天時において、分流式下水道(雨水管)からもBOD値に比較して大きなSS値を有している雨水が、公共用水域等に流出している

図4-35は遮集雨水量1mm/hr程度に加えて貯留対策を実施した場合、年間SS削減率(1-年間SS総流出負荷量/年間SS総流入負荷量)と貯留規模との関係であり、図中に各都市における合流式下水道を分流式下水道に置き換えた場合の想定される年間SS削減率も示している。本図の通り、両都市においても、BODにおいて分流並みを達成する遮集雨水量1mm程度+貯留量2~4mmの対策を行えば、SSについては分流式下水道並みよりも5~10%増の削減が可能となる。

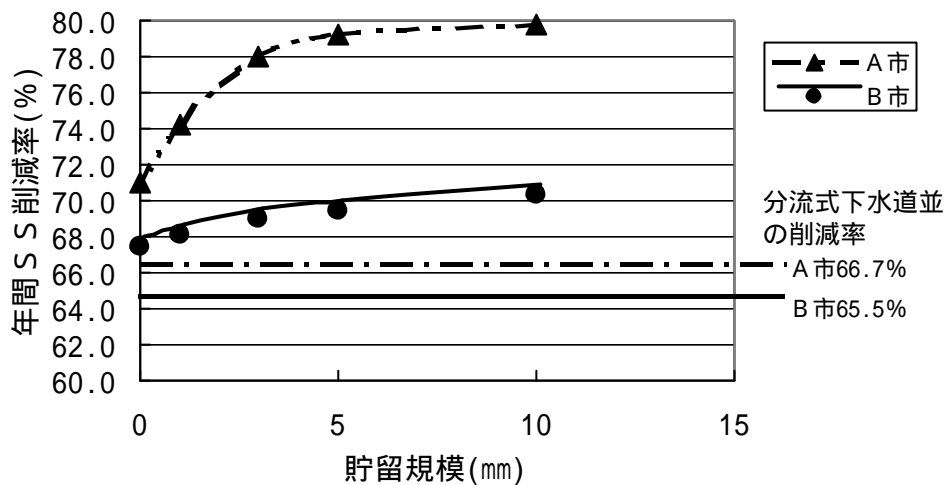


図4-35 貯留規模と年間SS削減率

(7) COD、窒素、磷に関する削減効果

CODに関する削減効果

図4-36は、遮集雨水量1mm/hr程度に加えて貯留対策を実施した場合の年間COD削減率(1-年間COD総流出負荷量/年間COD総流入負荷量)と貯留規模との関係であり、図中に各都市における合流式下水道を分流式下水道に置き換えた場合の想定される年間COD削減率も示している。一般的に、CODは、BODとは下水水質、下水処理場における除去率も異なる。このため、本図の通り、3都市において、BODにおいて分流並みを達成する遮集雨水量1mm程度+貯留量2~4mmの対策を行うと、CODについては分流式下水道並みを達成する場合としない場合がある。しかしながら、いずれの場合も、貯留による合流式下水道改善対策により下水処理場での処理可能水量が増大するため、年間COD削減率は向上する。

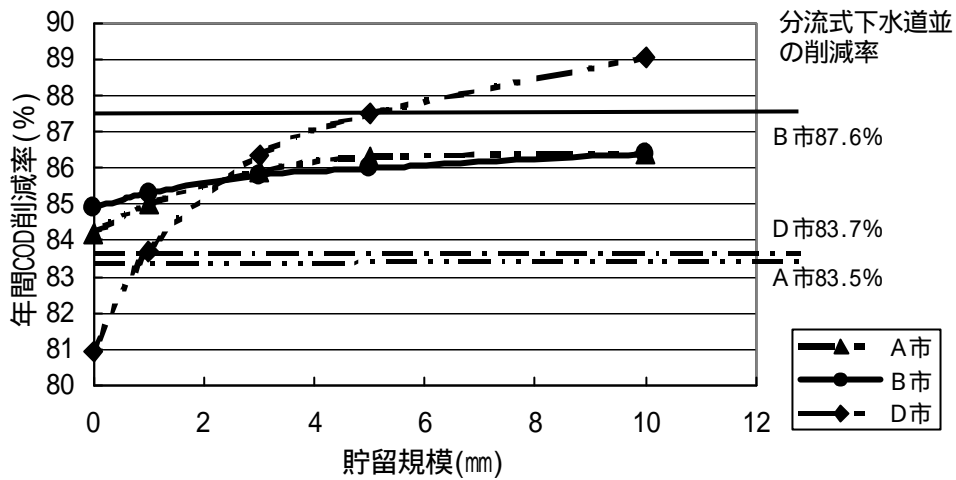


図4 - 3 6 貯留規模と年間C O D削減率

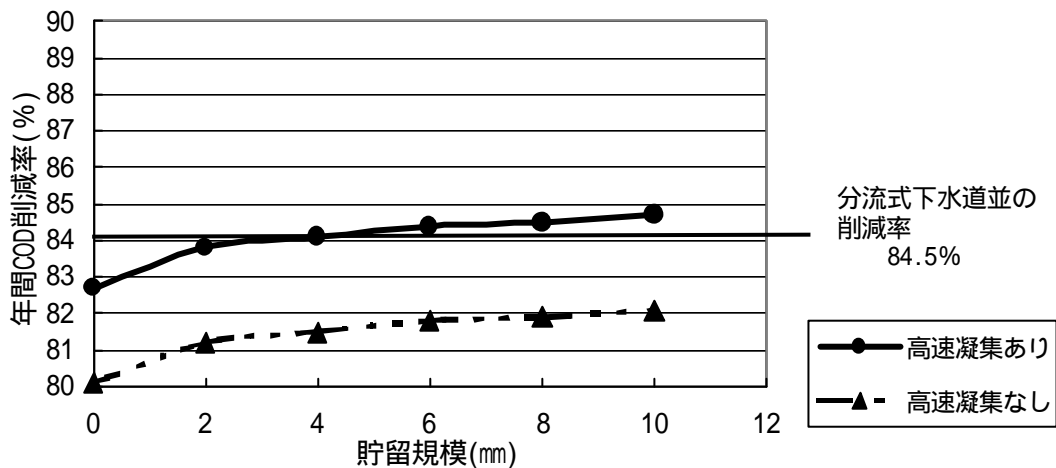


図4 3 7 G市における貯留規模と年間C O D削減率

また、G市において、遮集雨水量 2 mm / h r に加えて貯留対策を実施した場合の年間C O D削減率と貯留規模との関係を示したものが図4 3 7である。本市では、処理場の高級処理法として凝集剤添加活性汚泥法 + 砂ろ過を採用しており、雨天時の簡易処理法として、通常の沈殿処理を採用した場合及び高速凝集処理（技術開発資料参照）を採用した場合の2 ケースにつき試算している。いずれの場合も、貯留による合流式下水道改善対策により下水処理場での処理可能水量が増大するため、年間C O D削減率は向上する。なお、高速凝集処理法とは、現在技術開発中の処理法であり、実施レベルでの採用例は未だない。本図の通り、本処理方法が実用化されたと仮定すると、さらにC O D削減率は向上し、分流並をも達成可能である。

総窒素及び総磷に関する削減効果

図4 38、図4 39は、G市における遮集雨水量2 mm / h rに加えて貯留対策を実施した場合の年間総磷削減率及び年間総窒素削減率と貯留規模との関係であり、図中に合流式下水道を分流式下水道に置き換えた場合の想定される年間削減率も示している。処理場の高級処理法として凝集剤添加活性汚泥法+砂ろ過を採用しており、雨天時の簡易処理法として、通常の沈殿処理を採用した場合及び高速凝集処理(4.5参照)を採用した場合の2ケースにつき試算している。いずれの場合も、貯留による合流式下水道改善対策により下水処理場での処理可能水量が増大するため、年間削減率は向上する。

磷については、高度処理として凝集剤添加を行っていることより、通常の簡易処理方法においても80%以上の削減率であり、更に高速凝集沈殿が実用化されたと仮定すると、分流並までも達成可能である。これは、高速凝集処理は、特に磷に対する削減率が高いためである。窒素については、分流並においても削減率は60%以下であり、通常の簡易処理法又は高速凝集沈殿を採用できたとしても、削減率は50%程度である。

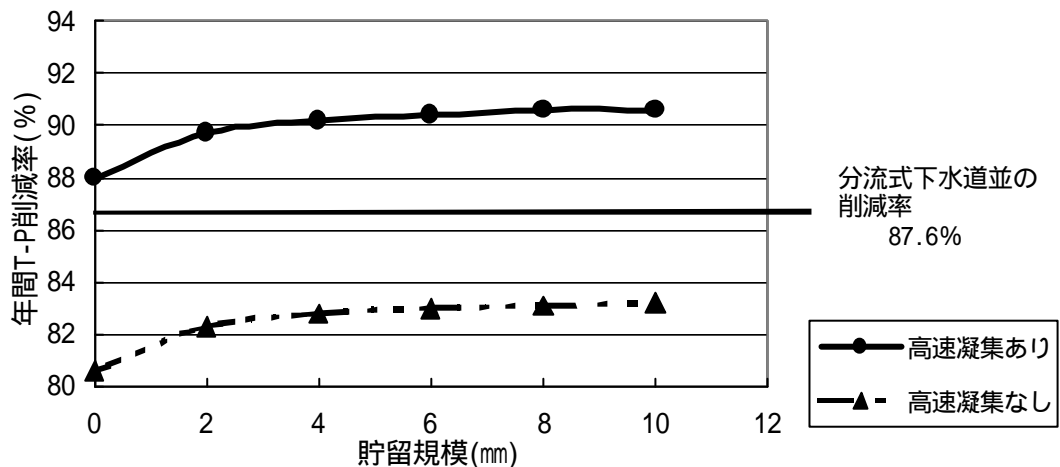


図4 38 G市における貯留規模と年間総磷削減率

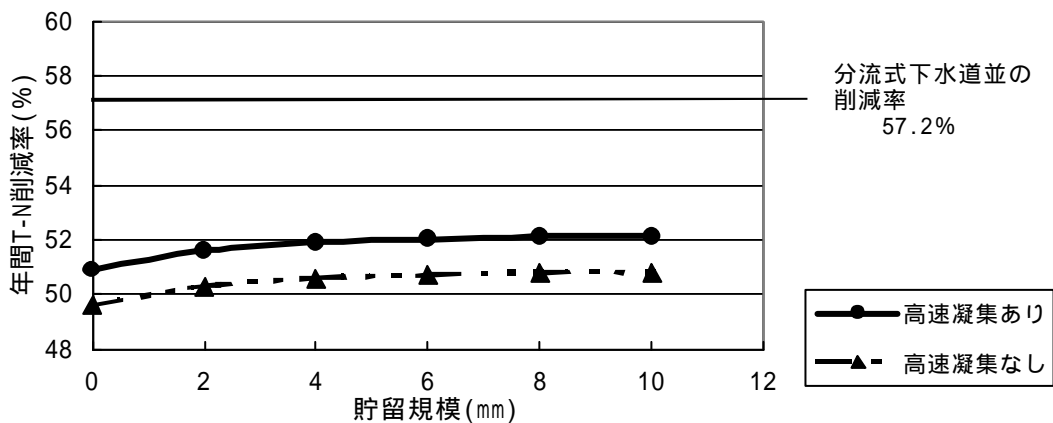


図4 39 G市における貯留規模と年間総窒素削減率

(参考) 流出モデルの概要

(1) 修正RRL法

英国道路研究所で開発された、降雨をもとに雨水排水路の設計に必要な雨水流出ハイドログラフ(雨水流出量の時間的変化)を算出するRRL法を我が国で多少修正したものである。この方法の利点としては、次のことがあげられる。

- ・ 雨水の流出記録がない流域での雨水流出の推定が可能である。
- ・ 雨水の流出現象を比較的良好に把握でき、他流域への適用が容易にできる。
- ・ 都市域の雨水流出の特性を踏まえたモデルである。

なお、計算手順として以下の通りである

有効降雨の算出

対象区域を浸透、不浸透域に分け、それぞれの区域につき窪地貯留のあるなしを考慮し、降雨量から実際に下水管へ流出する有効降雨を算出する。

インフローハイドログラフの算出

対象区域を等到達時間別に分割し、分割された区域ごとに の有効降雨を用いて、単位図の手法によって、雨水の流入量を算出する。

流出ハイドログラフの計算

対象区域における雨水貯留量と雨水流出量との関係式及び流入量()をもとに、水量の連続式により、雨水流出量の計算を行う。

(2) 土研モデル

土木研究所で開発された、雨天時合流式下水量から雨天時流出負荷量を推定するモデルである。通常、修正RRL法と合わせて、合流式下水道の評価に活用されている。一般的な対象水質項目は、BOD、COD、SSであり、下水量をもとに、負荷量の運動式及び連続式を用いて、雨天時流出負荷量を推定する。負荷量としては、路面負荷、汚水負荷、管渠内堆積負荷全てを考慮することが可能となっている。既に幾つかの都市で同モデルを活用し合流式下水道の現況の把握、改善計画が作成されており、モデルの中で使用されている係数等については一般的な数値が設定されている。

(3) 海外モデル

ここ数年さらに進んだ海外モデル(HYDROWORKS、MOUSE、XP-SWMM)を活用し、合流下水道の現状把握、対策の評価が行われ始めている。本モデルの利点としては、次のことがあげられる。

- ・ ループ管等複雑な管渠解析が可能である。
- ・ 任意地点における水量・水質を時系列に解析可能である。
- ・ 解析結果がアニメーション表示可能である。

本モデルは、有効降雨を前提として地表面流出モデル、完全サンブナン式を活用した管内水理モデル、路面負荷、汚水負荷、管渠内堆積を考慮した汚濁負荷モデルで構成されている。

表 4 - 7 流出解析モデルの機能概要

| 名称 | | HydroWorks | MOUSE | XP-SWMM |
|----------|----------------|---|--|--|
| 項目 | | | | |
| 開発者 | | 英国ウォーリング・フォード・水理研究所 (Wallingford Software Ltd.) | デンマーク水理研究所 (Danish Hydraulic Institute) | 米国環境保護庁 (EPA) フロリダ大学 XP-Software Ltd. |
| モデルの開発経緯 | | 1975年 研究開発着手 1987年 流出モデル ~1988年 SPIDA 開発 1993年 汚濁負荷モデル MOSQUITO 開発 1994年 総合モデル HydroWorks 開発, 商品化 1997年 Ver3.3 発表 | 1976年 研究開発に着手 1978年 System 11 Sewer 開発 1986年 MOUSE 1.0 発表 1994年 MOUSE TRAP 発表 1997年 MOUSE 4.0 発表 | 1969年 EPA にて開発 ~1971年 1976年 EXTRAN 開発 1994年 Ver 4.2 発表 1997年 Ver 5.5 発表 |
| 基本事項 | 地表面流出モデル | <ul style="list-style-type: none"> ・ 降雨損失モデル ・ 流出係数モデル ・ 二重線形貯留法 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 降雨損失モデル ・ 時間面積法 ・ 非線形貯留法 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 降雨損失モデル ・ 非線形貯留法 |
| | 管内水理モデルと解法 | <ul style="list-style-type: none"> ・ サンヴナン式 ・ プライスマン 4 点法 ・ 陰解法 | <ul style="list-style-type: none"> ・ サンヴナン式 ・ アボット 6 点法 ・ 陰解法 ・ 拡散波モデル ・ 運動波モデル | <ul style="list-style-type: none"> ・ サンヴナン式 ・ ガウス-ザイデル法 ・ 陰解法 ・ 運動波モデル ・ 非線形貯留法 |
| | 汚濁負荷量モデル | <ul style="list-style-type: none"> ・ 地表面堆積流出モデル ・ 堆積物輸送モデル ・ 水質 5 項目 ・ + ユーザー定義項目 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 地表面堆積流出モデル ・ 堆積物輸送モデル ・ 水質 7 項目 ・ + ユーザー定義項目 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 地表面堆積流出モデル ・ 堆積物輸送モデル ・ 水質 6 項目 ・ + ユーザー定義項目 |
| | リアルタイムコントロール機能 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 有り | <ul style="list-style-type: none"> ・ 有り | <ul style="list-style-type: none"> ・ 有り |
| データ項目 | | <ul style="list-style-type: none"> ・ 流域データ・降雨データ・管渠データ・水理構造物データ・その他の観測データ | | |
| 出力項目 | | <ul style="list-style-type: none"> ・ テキスト報告 結果概要と管渠ごとの詳細結果 ・ グラフ表示 管渠平面, 縦断表示, 水深, 流量, 流速, 水質等の各種グラフ ・ 結果のテキストファイル出力, グラフ等の DXF ファイル出力 | | |
| 適用範囲 | | <ul style="list-style-type: none"> ・ 流量解析および負荷量解析, リアルタイムコントロール機能 | | |
| 支援 | 使い易さ | <ul style="list-style-type: none"> ・ ウィンドウ環境・データ入力時の編集機能・エラーチェック機能有り ・ グラフ機能・時間経緯の表示・アニメーション表示 | | |
| | ヘルプ機能 | <ul style="list-style-type: none"> ・ オンラインヘルプ・教育モジュール | | |

4.1.3 簡易シミュレーション結果と他データとの比較

4.1.1 全国における簡易シミュレーション、4.1.2 モデル都市における改善対策シミュレーションによるポンプ場の実際の越流状況（平成11年度実績）との関係を比較する。

以下の通り、簡易シミュレーションの結果は、ばらつきは見られるが中央値で比較すると、越流回数及び越流量共に、おおむねモデル都市の結果と整合している。一方、ポンプ場における越流日数及び越流量については、アンケート結果が、シミュレーションにおける越流回数及び越流量と同様な定義ではなく、かつ必ずしも合流式下水道としての越流状況を示したデータではないため、上記シミュレーション結果とは整合性を確認することは困難である。

（1）越流回数の推定

越流回数について、4.1.1 全国における簡易シミュレーション、4.1.2 モデル都市における改善対策シミュレーションの比較は図4-40の通りである。なお、簡易シミュレーションにおける遮集雨水量0～1mm/hr、1～2mm/hr、2～3mm/hr、3～4mm/hr、4～mm/hrの範囲でのそれぞれの中央値も示している。4.1.1で述べたように簡易シミュレーションが気象庁のアメダスデータにおける降水量（積雪を含む）をもとに推定しているため、豪雪地帯等において実際は、雨水吐口からの越流に結びつかない降水（積雪）時も、本シミュレーションでは越流回数にカウントしていると考えられる。また、簡易シミュレーションでは、各処理区での遮集雨水量の平均値を用い、貯留等の効果を勘案せずに解析を行っている。これらを勘案すると、簡易シミュレーション結果は、ばらつきは見られるが中央値で比較すると、若干大きいがおおむねモデル都市と整合している。

各公共団体において、実際の越流状況は、自然吐口では把握しておらず、図4-41は、ポンプ場のみ越流日数のデータである。ただし、ポンプ場では滞水池、貯留施設等の設置状況、またポンプの運転基準等により、越流状況が異なる。また、排水区域によっては、区域内に分流式及び合流式が混在している、管渠等への侵出水が多量である、ポンプ場の雨天時における断続運転を含め運転回数のみで正確な越流回数は把握困難である等、本データの一部は必ずしも合流式下水道のみに起因している越流回数を表していないものもある。また、排水区によっては、放流先の河川水位が高い場合のみポンプを使用し、それ以外は自然排水している箇所もあり、本ケースではポンプ場の運転日数が全ての放流日数ではない。

（参考）越流回数の定義

独立降雨を4時間無降雨で0.5mm/回以上の降雨と定義しており、一年間の全ての独立降雨において、越流した場合の累計値である。

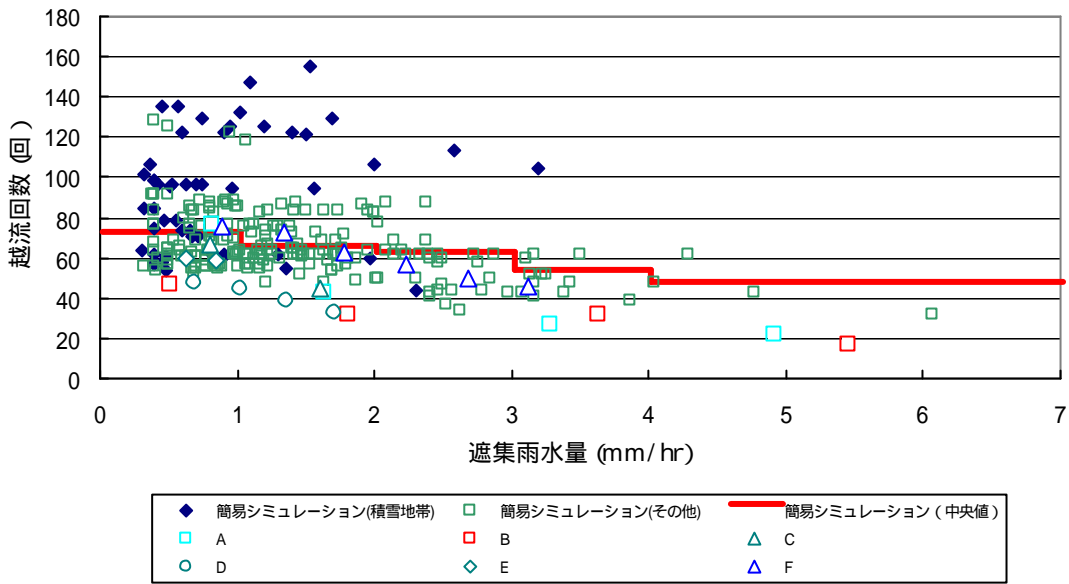


図4 - 40 簡易シミュレーションとモデル地区の比較 (越流回数)

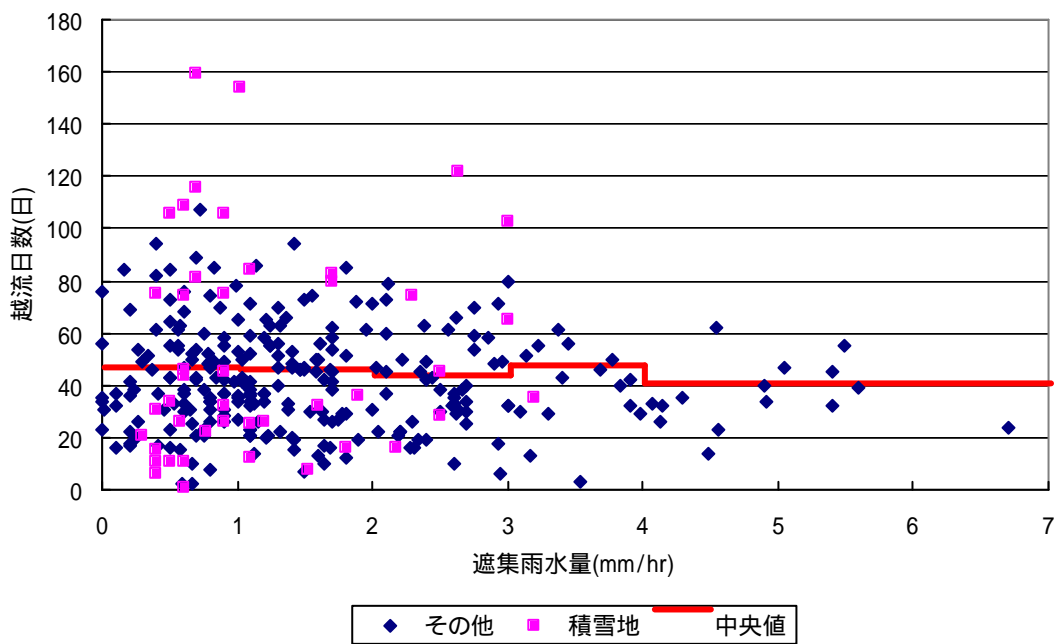


図4 - 41 アンケート調査結果 (ポンプ場の越流日数)

(2) 越流量の推定

越流量について、4.1.1 全国における簡易シミュレーション、4.1.2 モデル都市における改善対策シミュレーションの比較は図4-42の通りである。越流量についても、越流回数と同様な簡易シミュレーションに係わる問題点を抱えており、地区により大きく異なる年間降水量の影響を直接受けるため、越流回数以上にばらつきが大きくなっている。ただし、簡易シミュレーション結果の中央値は、若干大きいがおおむねモデル都市と整合している。図4-43は、ポンプ場のみの越流量のデータである。越流量についても、(1)で説明したような問題を抱えていること、また越流量のデータは、実測をせず、ポンプ能力と運転時間の積から算出しているものもあり、概算値であることが多い。

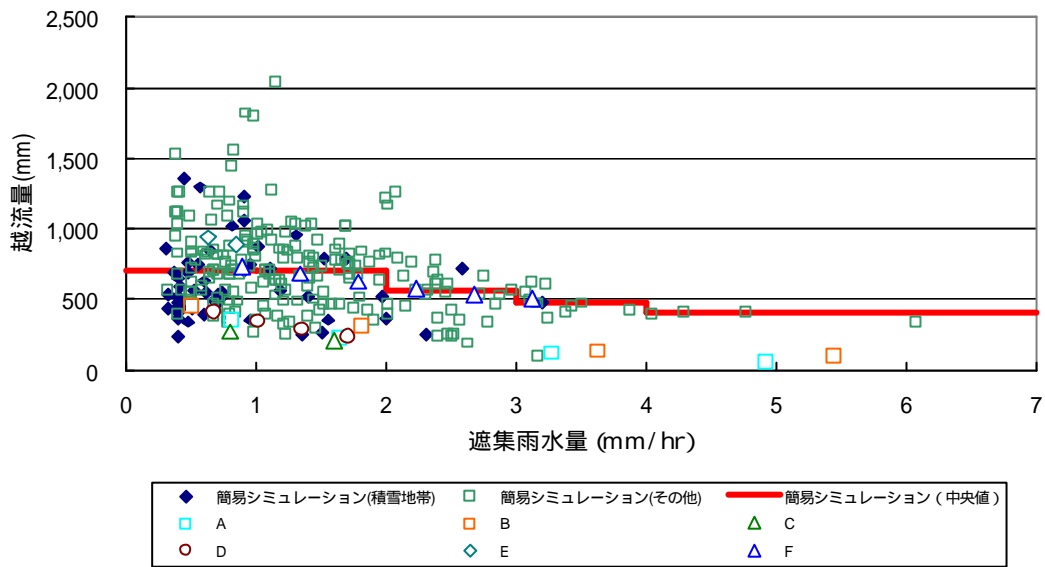


図4-42 簡易シミュレーションとモデル地区の比較(越流量)

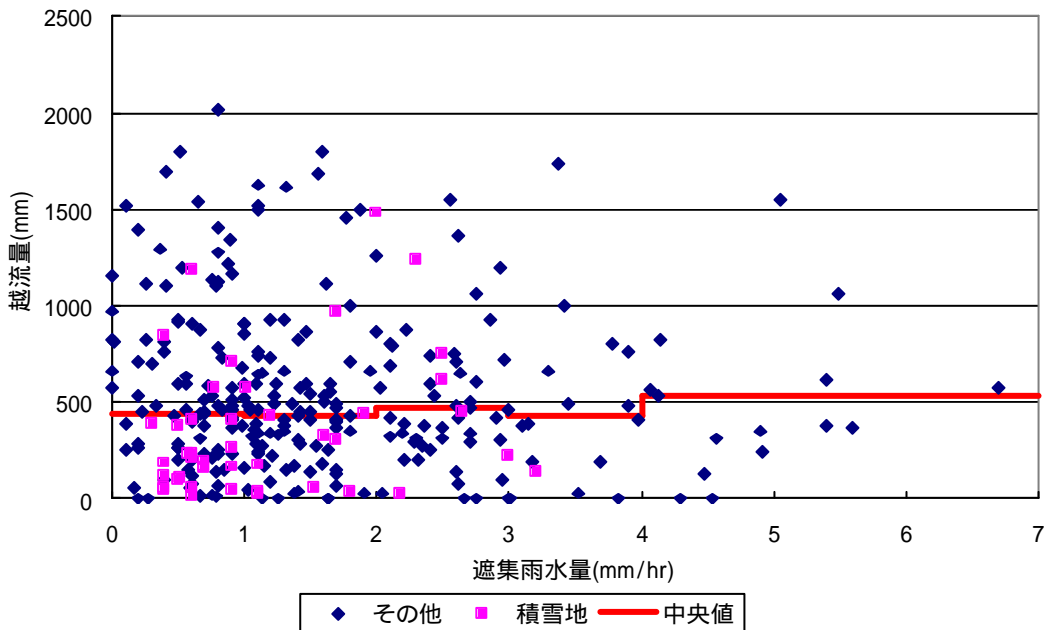


図4-43 アンケート調査結果(ポンプ場の越流量)

(3) 年間降水量と越流状況

図4 40、図4 42で示した簡易シミュレーション・モデル地区による越流回数及び越流量と年間降水量の関係が図4 44、図4 45である。遮集雨量0～1mm/hr、1～2mm/hr、2～mm/hrの範囲でプロットを分類している。(1)で説明したような簡易シミュレーション上の問題を抱えているが、同じ遮集雨量においても、年間降水量が大きいと、越流回数及び越流量が大きい傾向にある。また、図から明らかなように年間降水量は地方により大きな差がある。なお、図中のA～Fはモデル都市名である。

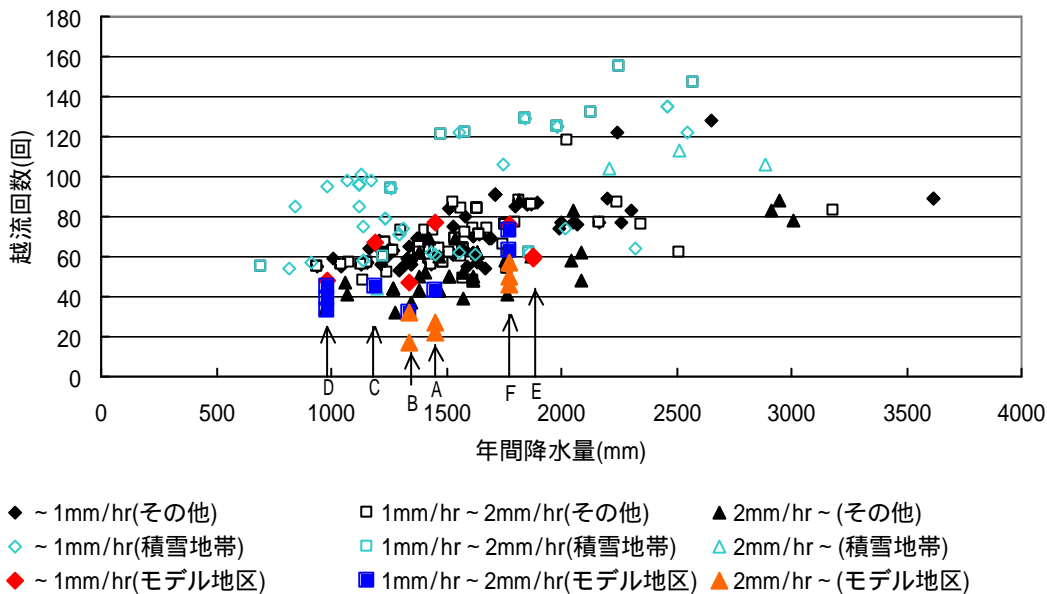


図4 - 44 年間降水量と越流回数

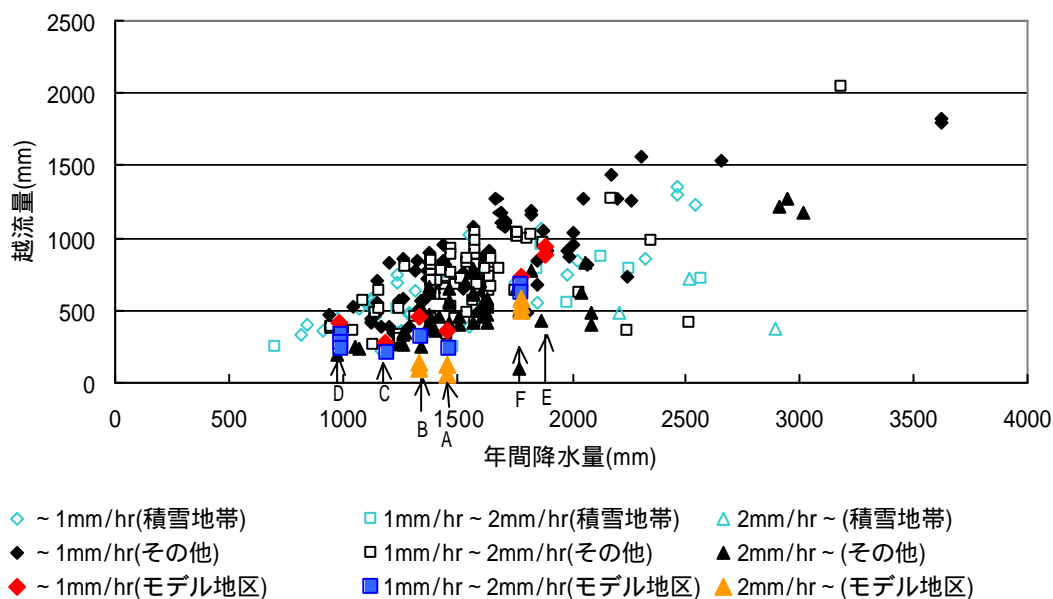


図4 - 45 年間降水量と越流量

(4) 貯留対策による越流状況

現状の遮集雨水量(図4-40のようにばらつきはあるが、全国の中央値は1.1mm/hr)に加え貯留対策を行った場合の簡易シミュレーションによる越流状況及びモデル都市において遮集雨水量1mm/hr程度に加え貯留対策を行った場合の越流状況は図4-46及び図4-47である。なお、簡易シミュレーションにおける貯留規模ごとの越流回数及び量の値は、貯留規模0、2、4、6mmについては、中央値を、1、3、5mmについては中央値及び全ての値をプロットしている。(1)で説明したような簡易シミュレーション上の問題を抱えているが、簡易シミュレーション結果の中央値と比較すると、おおむねモデル都市と整合している。なお、モデル都市におけるE市は、解析年の降雨量(1777mm)が他都市に比較して多いため、越流量で大きい。

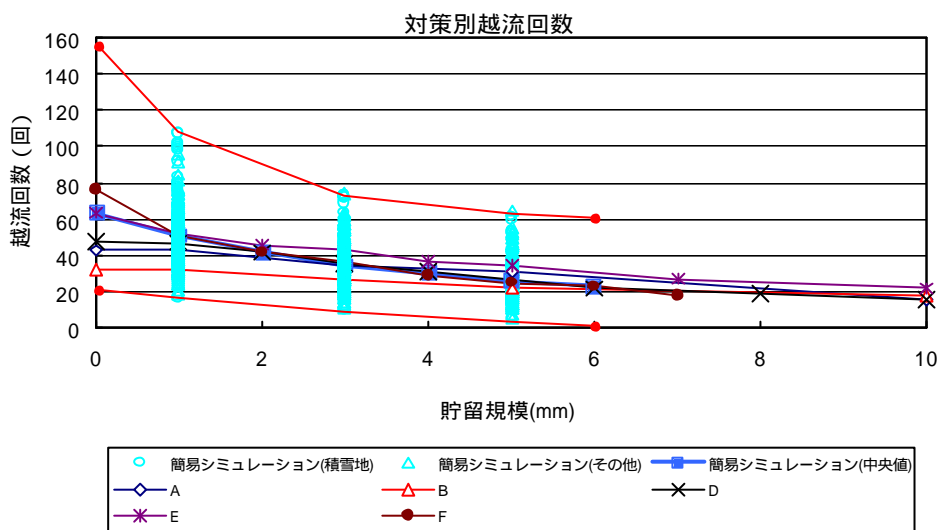


図4-46 貯留規模と越流回数

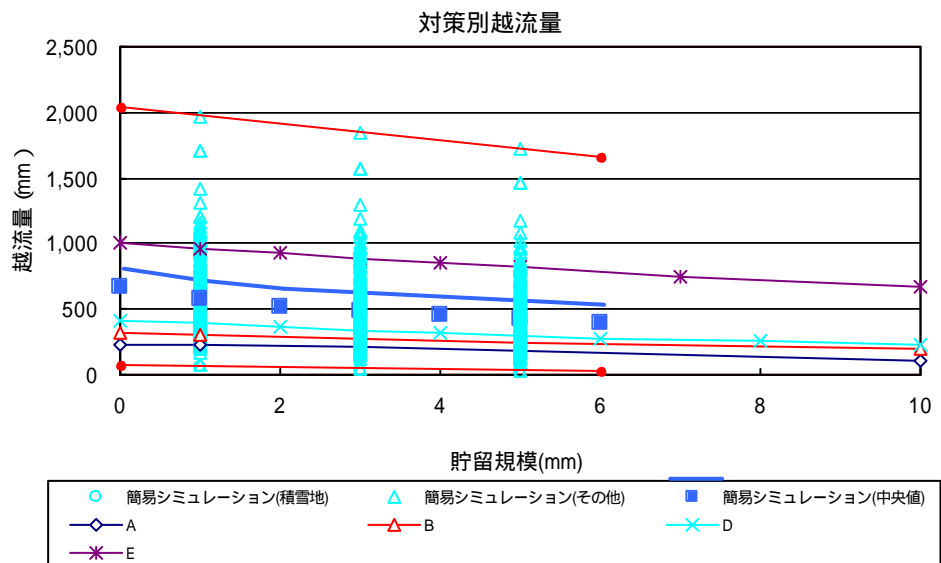


図4-47 貯留規模と越流量

4.1.4 まとめ

(1) 汚濁負荷

全国の合流式下水道区域を有する都市（192都市）における簡易シミュレーション結果及び幾つのモデル都市における詳細なシミュレーション結果をもとに、合流式下水道の排出汚濁負荷を分流式と同程度に制御することを目標とした場合の必要な対策を検討した。この結果、分流式下水道の年間BOD削減率（1 - 年間BOD総流出負荷量 / 年間BOD総流入負荷量）及び雨天時BOD削減率（1 - 雨天時BOD総流出負荷量 / 雨天時BOD総流入負荷量）は、それぞれ、全国の簡易シミュレーションでは91%、66%、モデル都市のシミュレーションでは都市によりばらつきはあるが約85～95%程度、約55～80%程度であった。この削減率を達成するために必要な合流式下水道の改善対策としては、全国の簡易シミュレーションでは遮集雨水量1mm/hr + 4mm貯留程度、モデル都市のシミュレーションでは、遮集雨水量1mm/hr + 2～4mm貯留である。年間及び雨天時の削減率共に必要対策は同様であった。また、モデル都市のシミュレーションでは、流出負荷削減効果の観点からみた場合、遮集雨水量1mm/hr + 3～5mm貯留程度が効率的な対策であることが明らかとなった。

また、BODに関して上記の分流並を達成する対策（遮集雨水量1mm/hr + 2～4mm貯留程度）を実施した場合、モデル都市のシミュレーションによりSS、COD、総窒素、総磷について検討した結果は、各水質項目により下水水質、下水処理場における除去率がBODとは異なるため、それぞれにつき分流並を達成する場合としない場合がある。SSにおいては、分流並以上の有効な除去効果が得られるが、他の水質項目、特に総窒素及び総磷については分流並を達成するのは困難である。しかしながら、いずれの場合も、遮集、貯留による合流式下水道改善対策により下水処理場での処理可能量が増大するため、全ての水質項目につき年間削減率は向上する。

表4-8 簡易シミュレーション、モデル都市におけるBOD分流並に必要な対策

| | | 簡易シミュレーション | A市 | B市 | C市 | D市 | E市 | F市 |
|---------------------|-----------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 分流並 削減率 | 年間 | 91% | 84% | 87% | 89% | 96% | 84% | 84% |
| | 雨天時 | 66% | 75% | 67% | 83% | 78% | 53% | 62% |
| 必要な 貯留対策 (mm) | 年間 雨天時 | 4 | 2.7 | 3.5 | - | 3.4 | - | 2.7 |

(注) 必要な貯留規模は、分流並を達成するための対策であり、遮集雨水量1mm/hr程度に加えて貯留対策を実施した場合の必要規模である。

(2) 越流回数

(1)と同様に全国の合流式下水道区域を有する都市における簡易シミュレーションによると、年間降水量及び降水回数が地域により大きく異なるためにばらつきがあるが、現状では年間の越流回数は概ね60回以上と極めて多いため、当面の対策としては、現状の越流回数の半減（30回程度）を目標とした場合に必要となる対策について検討した。この結果、越流回数30回を達成するための必要な対策は、全国の簡易シミュレーションでは遮集雨水量1mm/hr + 4mm貯留程度、モデル都市のシミュレーションでは遮集雨水量1mm/hr + 3～5mm貯留程度の

対策が必要となった。また、モデル都市のシミュレーションでは、回数削減効果の観点からみても、遮集雨水量 $1\text{ mm/h r} + 3 \sim 5\text{ mm}$ 貯留程度は効率的な対策であることが明らかとなった。

表 4 - 9 簡易シミュレーション、モデル都市における越流回数 30 回に必要な対策

| | 簡易シミュレーション | A市 | B市 | D市 | E市 | F市 |
|---------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 必要な貯留規模 | 4 | 5.3 | 1.8 | 4.2 | 6.1 | 3.9 |

(注) 必要な貯留規模は、越流回数 30 回程度を達成するための対策であり、遮集雨水量 1 mm/h r 程度に加えて貯留対策を実施した場合の必要規模である。

4.2 夾雑物対策に関する考え方

4.2.1 対策レベルの設定

夾雑物対策については、放流先の衛生面、景観面での障害を極力抑制する観点から、各吐き口等から夾雑物の流出を極力防止することを目標として設定する。

その目標設定は、自然吐き口においては、スクリーンあるいは同程度の除去能力を有する設備により、原則として夾雑物の除去を行なう。吐き口の構造上こうした対策が困難な場合であっても、その他の方法により、何らかの対策を行うこととする。

4.2.2 対策技術

(1) 吐き口の統廃合

水浴場や水道水源取水点等の近傍に複数箇所の吐き口がある場合は、対象水域近傍の吐き口を廃止し、対象水域に影響を及ぼさない下流側等に吐き口を集約する。これによって、公衆衛生上重要な水域への汚染防止が可能となる。

また、これによって吐き口管理上の観点や雨天時越流水の水質監視等から見ても有利になる側面もある。

(2) 吐き口の改良

固定式の越流堰を可動式のものに変更し、堰の高さ等を制御することにより、管渠の能力を最大限に利用した管内貯留が可能となり、降雨のファーストフラッシュによる夾雑物の越流防止等の対策を行うものである。

(3) スクリーン（ろ過スクリーン等）

自然吐き口からの夾雑物の流出を防止するもので、越流負荷（ろ過スクリーン設置事例：BOD, SSで10～15%程度除去）の軽減も期待できる。

この自然吐き口のろ過スクリーンについては、従来の固定堰を一部撤去したのち設置するものであるが、従来の越流高さまでスクリーンを通過した雨天時下水が越流しないよう工夫されている。

(4) スワール（渦流分離装置）

主に越流負荷量の軽減を目的とするものであるが、近年、夾雑物の除去が可能となるよう改良されたものがある。

スワールは、円筒状の水槽に接線方向から汚水を流入させることで、水槽内に渦流を発生させ、その渦流効果により極めて短時間で懸濁物の分離を行うもので、分離した懸濁物は水槽底部の開口から下水道管渠に流下させるものである。

(5) オイルフェンス

吐き口近傍の公共用水域等に予め設置しておき、雨天時に排出された浮遊性の夾雑物を捕捉し、その拡散を防止するものである。

吐き口によっては、前述のような対策が物理的に不可能な場合もあり、そのような場所では、安価で比較的容易に設置できる対策である。

(6) ネット

吐き口においてスクリーン等の対策が困難な場合や対策に長期間を要する場合等において、オイルフェンスと同様に吐き口近傍の公共用水域等に予めネットを設置しておき、雨天時に排出されたオイルボール等の粗大な夾雑物を捕捉するものである。

4.2.3 対策技術の留意事項

(1) 吐き口の統廃合

吐き口を廃止した場合において遮集管渠能力が十分でない場合には、その区間の管渠が圧力管の状況となり、その結果、上流側に浸水を招く危険性があるため、増補管渠の設置等について検討する必要がある。

(2) 吐き口の改良

可動式越流堰等による対策については、その制御を誤ると上流側の水位上昇を招く場合や、不必要な越流水を排出する場合は考えられる。

従って、可動式越流堰等を適切に制御するため、詳細な降雨情報とそれに基づく流量予測のためのリアルタイム計測機器等のハードウェア及び制御用ソフトウェアの研究開発が必要である。

(3) スクリーン

ろ過スクリーンを適用するに当たっては、設置による損失水頭の増加、あるいはスクリーンの閉塞による越流水深の上昇が生じ、上流側の水位上昇により浸水を招くおそれがあるため検討が必要である。このろ過スクリーンは、現状の技術では吐き口の越流堰幅が1.5m以下及び堰の形状が円弧の場合には物理的に設置が困難である。

スクリーンの自動掻き取り装置の制御装置等については、屋外に設置する必要があるため、その用地確保が必要になる。

(4) スワール

構造上の制約から幹線管渠の水位高低に余裕のある個所への適用に限定される。

また、吐き口の規模によっては、渦流分離槽の直径が数十mになる場合があり、その用地確保が必要になる。

(5) オイルフェンス

吐き口の対策としては、極めて容易に浮遊性の夾雑物の捕捉が可能となるが、豪雨時には河川流量も増大し、一旦捕捉した夾雑物が流出する恐れがある。

(6) ネット

簡易な方法ではあるが、放流先の流れを阻害するおそれがあるため、他の対策と比較して大きな目幅とする必要があり、結果として粗大な夾雑物の対策に限定される。

4.3 消毒に関する考え方

4.3.1 公衆衛生面の対策等について

(1) 公衆衛生面の目標

合流式下水道の未処理放流等は、公共用水域の病原性微生物等による汚染の原因となる可能性があり、人の健康等への影響が懸念される。このため、各吐き口等からの病原性微生物等を含む未処理下水の越流回数・越流量を抑制することを目標として設定する。当面の目標として、自然吐き口については少なくとも越流回数を半減させるような対策レベルを目標とし、ポンプ場については未消毒越流回数（越流回数のうち、大腸菌群数 3,000 個/ml を超える越流回数）をゼロとすることを目標とする。

但し、高度な水利用が行われている場合には、より高い目標とすることが不可欠である。

(2) 公衆衛生面の対策

対策としては、越流回数そのものを低減する対策、越流箇所の減少（吐き口等の統合）、越流水の消毒などの方法が考えられる。但し、消毒による場合は、残留塩素が放流先の生物に逆に影響を及ぼす場合もあることから、注意を要する。

また、越流水を 100%制御することは実態上不可能であることから、越流時のリスク等について、水を利用する者をはじめとする関係者への周知を図るなどの対策が重要である。

(3) リスク軽減の基本的考え方

自然吐き口については、リスク軽減のため統合を進めることとし、統合が困難な場合においても、越流回数については、現状の年間 60 回～100 回程度発生しているものが、汚濁負荷量の削減を目標とした改善対策により 20～30 回に減少する。これにより、公衆衛生面から人の健康リスクをある程度軽減させることができるものと考えられる。

この対策により年間 20～30 回の越流に減少することとなり、全国の平均で時間降水強度の累積度数分布を見た場合、資料 3 より年間 20 回で約 10.3mm/hr 以上（超過確率約 95%）、30 回で約 8.5 mm/hr 以上（超過確率約 93%）の降水強度となっており、これらの多くの降水に対しては対策が可能となる。

残された、年間数%の豪雨時に対しては、現状では完全な対策を実施することが困難であるが、越流時のリスク等について関係者への周知を図るなどの対策によりリスク軽減に努める。

また、ポンプ場については、越流量が比較的大きく影響が懸念されるため、現状においては接触時間確保の限界等の技術的な課題もあるが、未消毒越流回数をゼロとすることを目標とすることにより、人の健康リスクの軽減にできる限り努めるものとする。

なお、今後、降雨時及び降雨後の放流先における衛生学的安全性の確保等については、必要に応じてモニタリング等を実施し、リスク評価手法や残留塩素の生物影響の検討が必要である。

(4) 放流先の生態系への影響

未処理放流等による放流先への影響については、放流先の水質汚濁だけではなく、底泥への汚濁蓄積、生物への影響等の生態系全体としてのリスク評価が重要であり、当面の対策としては、必要に応じてモニタリング等を実施し、リスク評価手法の検討に取り組む必要がある。

特に、残留塩素による生物影響濃度は、下記に示すように低濃度で影響があることが知られており、放流先の状況によっては、塩素消毒が適当でない場合が考えられるため、塩素消毒以外の処理方式（塩素以外の消毒剤の採用等）について検討する必要がある。

表 4 - 1 0 残留塩素による影響濃度

| 影響濃度 (mgCL ₂ /l) | 備考 |
|-----------------------------|---|
| 0.001 | 水産用水基準値 (淡水域) |
| 0.002 | EPA 全残留塩素の限界 (冷水魚) |
| 0.07 | アユ: 24h-LC50 青井透: 淡水魚に対する残留塩素の連続通水試験, 第6回衛生工学シンポジウム |
| 0.057 | ギンザケ稚魚: 96h-LC50 水産用水基準 |
| 0.08 | カワマス稚魚: 96h-LC50 水産用水基準 |

[ポンプ場における消毒対策事例]

目標水質

未処理下水の大腸菌群数を 3,000 個/ml 以下とすることを目標としている。

消毒方法

ポンプ場からの未処理下水に対して、次亜塩素酸ナトリウムによる塩素消毒（塩素注入濃度 3 ~ 1.0 mg/l）を実施している。

消毒効果

越流開始から塩素注入濃度を三段階に変化させ未処理下水に塩素注入しており、越流水の平均では、ほぼ目標を満足している。

ただし、初期降雨など一時的には目標を満足しない場合がある。

課題

- A) 設計対象降雨、消毒剤選定、注入濃度・接触時間など設計手法の見直し
- B) 残留塩素による放流先への影響（消毒剤の検討等）
- C) 病原性大腸菌 0-157 など病原性微生物への対応
- D) 注入量等のリアルタイム制御手法の開発

4.3.2 諸外国の考え方

公共の水域に放流される排水に対する消毒を如何にすべきかという考え方には、病原性微生物を重視する考え方と残留塩素や消毒副生成物を重視する考え方がある。

諸外国の例を見ると、米国に見られるように、下水由来の病原性微生物が人体に与える影響を重視して消毒のレベルを設定している事例や、一方、欧州に多く見られるように、消毒に使う塩素が放流後に与える影響を重視する事例も存在する。

これらは、下水処理場からの放流水を対象としているものであるが、米国はこの消毒に関する基準を原則として合流式下水道雨天時越流水にも適用している。また、欧州では、水と直接接触する水浴場における水質基準が米国のもものよりも厳しいものとなっている。

このような諸外国の消毒に対する取組みを見ると、合流式下水道の未処理放流等への消毒とあわせて、晴天時における消毒についても検討する必要がある。

4.3.3 消毒に関する検討事項

(1) 下水由来の病原性微生物と疾病発生の関係の明確化

下水道整備の推進が公衆衛生の確保に大きく貢献しているところであるが、近年、都市部における河川や海等の水辺における親水利用が広がりつつあり、雨天時の未処理放流等や下水処理水に起因する病原性微生物による疾病発生のリスクがより高まることが予想される。

大垣、平田らが9箇所の下水処理場を対象に行なった調査では、ジアルジアのシストが流入水中には130~5,500個/l、塩素消毒後には8~36個/l、また、クリプトスポリジウムのオーシストが1箇所の処理場で流入水中に28個/l検出されている。また、クリプトスポリジウムのオーシストについては全国67箇所の下水処理場を対象に行なった調査では、流入下水中に8~50個/l(73検体中7検体)が検出されている。

これらの病原性微生物が塩素消毒をした後でも存在し放流されており、特に未処理放流等には高い濃度で存在している可能性が考えられる。

このようなことから、下水道の未処理放流等の水質管理を行う際に、疾病発生に関係する病原性微生物を消毒レベルの指標とすることは極めて重要である。

現在の基準である「大腸菌群数：3000個/ml以下」については、設定からおよそ40年が経過した現在の状況を踏まえ、下水中の病原性微生物と疾病発生の関係を改めて明確にしたうえで消毒の基準見直しの検討をする必要がある。

：ジアルジア

ジアルジアとはランブル鞭毛虫とも呼ばれる水系感染性原虫のひとつで、十二指腸や小腸上部、時には胆管や胆嚢の粘膜上に寄生し、感染発症時の症状は、下痢、腹痛、腹部膨満、嘔吐、胆嚢炎様症状、肝機能異常値などがある。

栄養型は環境変化に弱く、胃液でほとんど破壊されるが、シストは0の水中で数ヶ月、30の水中で3日間生存し、塩素に対して高い耐性がある。また、ジアルジアは宿主特異性がなく人畜共通に感染すると考えられている。

：クリプトスポリジウム

アピコンプレックス門孢子虫綱に分類される水系感染性原虫で、少数のオーシストの経口摂取で感染が成立する。感染部位は小腸で、オーシストから放出されたスポロゾイドが粘膜上皮細胞の微繊毛に感染し寄生胞を形成する。発症時の症状は、重症の場合では激しい水様下痢や腹痛を起す。治療に有効な薬剤はなく、対症療法を施すことで通常は1~3週間で自然治癒するが、免疫力が低下している人では激しい下痢による脱水症状が続き、死亡することもある。発病時には人で10億個、牛では100億個のオーシストを排泄するといわれている。オーシストは4の水中で数ヶ月間生残するといわれ、消毒剤耐性は著しく高く、ジアルジアよりも90倍から180倍塩素に強いという調査結果がある。

(2) 残留塩素の生物への影響の明確化

現在、下水処理場で行なわれている消毒方法は、大多数が塩素注入である。下水処理水に塩素を注入すると、処理水中のアンモニアとの結合型塩素となり、微生物は不活化されるが、残

留性が高いことから、放流先の公共用水域に生息する生物に対して影響を与えるおそれがある。
したがって、残留塩素の水棲生物に対する毒性について把握しておく必要があると思われる。

(3) 消毒副生成物の影響の明確化

下水処理場の水処理の過程でアンモニアが十分に硝化している場合は、下水処理水に塩素を注入しても結合型塩素は生成せず、遊離型塩素で存在することになる。

遊離型塩素は結合型塩素より殺菌力が高いものの、有機物と反応して発ガン性を有する有機塩素系化合物等の消毒副生成物を生成させるおそれがあり、放流口の下流側に水道水源の取水をしている場所においてその影響を検討する必要がある。

また、海域などにおいても、水棲生物など長期暴露による取り込みにより体内に蓄積され、当該生物の接触により人体への影響もないとは言い切れなく消毒副生成物に関する影響について十分な検討を行う必要がある。

(4) 塩素代替消毒方法

塩素消毒は消毒方法として確実な殺菌を保證するものの、3-2、3-3に示したとおり放流先への影響を与える可能性があり、これらの影響が懸念される場合は代替の消毒方法が選択される場合がある。

代替方法としては、臭素系消毒剤、オゾン、紫外線が挙げられるものの、それらの方法も塩素消毒と同様に課題を有する。例えば、オゾン消毒では発ガン性を有する臭素酸イオンが発生する。

また、これらの代替方法では、塩素消毒に比較して設備費、運転費が高価なものもあり、費用対効果についても十分留意する必要がある。

表4-11 各消毒方法の概略の設備費・維持管理費一覧(例)

| 消毒方法 | 設備費 | 維持管理費 |
|--------|---|---|
| 塩素消毒 | 12～1.32 千円 / m ³ -処理水量 (3,000～100,000m ³ / 日) | 1.1～0.9 円 / m ³ -処理水量 (3,000～100,000m ³ / 日) |
| オゾン消毒 | 19.8～7.44 千円 / m ³ -処理水量 (10,000～100,000m ³ / 日) | (2.2～3.8)～(1.4～2.6)円 / m ³ -処理水量 (10,000～100,000m ³ / 日) |
| 臭素系消毒剤 | 0.108 千円 / m ³ -処理水量 (1,200,000m ³ / 日) | 6.5 円 / m ³ -処理水量 (1,200,000m ³ / 日) |
| 紫外線消毒 | 21.84～9.72 千円 / m ³ -処理水量 (1,000～10,000m ³ / 日) | (1.3～2.3)～(0.9～1.8)円 / m ³ -処理水量 (1,000～10,000m ³ / 日) |

注1) 臭素系消毒剤を除く各消毒方法の設備費・維持管理費は、1997年度 日本下水道事業団技術開発部報「下水処理における消毒技術の評価」に基づいている。

注2) オゾン消毒および紫外線消毒の運転費は、装置の機器費や維持管理費に係る諸条件が製造者により異なるので、同じ設備規模であっても、維持管理費が変る。

注3) 設備費、運転費ともに下水処理場の二次処理水を対象としたものであり、合流式下水道雨天時越流水を対象としたものではない。

注4) 臭素系消毒剤の設備費は日本における下水処理場に適用した例(1箇所)のもので設備費は機械・電気設備だけの費用である。

(5) 放流先における病原性微生物の挙動

公共用水域への放流水に含まれる病原性微生物の挙動は、水温、塩分濃度、風向、風速、河川流量、潮汐、海流の速さ・方向、地形条件等の水域の状況や減衰速度（あるいは増殖速度）を把握し評価をする必要がある。

このような評価を行うため、シミュレーション技術の向上を図ることが必要になる。また、3.1、3.2、3.3に示した消毒に関する課題もあわせて整理し病原性微生物の人体への影響、消毒による水棲生物への影響を予測することで、どのような消毒方法が最適なのか明確になる。

以上示したとおり、消毒に係る検討事項は多岐にわたるとともに、科学的にも複雑なメカニズムを有することから、下水道における消毒全般のあり方については、さらに慎重に検討を行うべきである。そのうえで、現行の放流水質基準の見直しについてもあらためて検討を行うべきである。

しかしながら、合流式下水道越流水の排出により、放流水中に含まれる病原性微生物がその流域における水利用を行う者に対して何らかの悪影響を与えているという面も無視できない。

このため、当面の消毒を行うべき箇所と水準について以下に提示する。

消毒実施箇所

特に病原性微生物等による公衆衛生上の影響への配慮が必要な水域（重要影響水域）におけるポンプ施設については、原則として消毒を行うものとする。但し、この際には、放流先の生態系に十分配慮しつつ、対策手法を検討する。

消毒レベル

消毒を実施する場合は現行の「大腸菌群数：3000個/ml以下」を当面の目標とする。

(6) 消毒に関する文献・基準調査まとめ

病原性微生物の：大腸菌または糞便性大腸菌
指標
病原性微生物の：放流後は概ね減少して行くが河川，湖沼，
放流後の消長 海，の場所や微生物の種類により減少
傾向は異なる。
また、水温、pH、溶存酸素濃度、塩類濃度、
他の微生物との競合，捕食関係等の影響を
受ける。

米国の消毒レベル
消毒のレベルは地域により異なる（以下は事例）
大腸菌群：5～10個/100ml， 10^4 除去，1000個/100ml
糞便性大腸菌群：5～10個/100ml， 10^4 除去，200個/100ml

下水由来の病原性微生物と疾病発生の関係の明確化

排水中に存在する病原性微生物による疾病発生の可能性
を最小限にできる。（外界に放流するまえに処置する）

米国
放流先に残留塩素等の悪影響がある場合に
は、脱塩素処理を実施している例がある。
環境基準のひとつとして残留塩素濃度を規
定している。
EPA 推奨値
淡水域：最大 19mg/l，連続的 11mg/l
海水域：最大 13mg/l，連続的 7.5mg/l

塩素による消毒

塩素耐性が大きい病原性微生物の顕著化
（クリプトスポリジウム等で主に人間または哺
乳動物の糞便に起因する）

日本：水道施設で対処
（濁度 0.1 度以下）

残留塩素の生物への影響の明確化

残留塩素による放流先水域に棲む生物への影響
魚類，貝類，海藻類（成体および成長過程の影響）

消毒副生成物の影響の明確化

消毒副生成物（THM 等）の影響の顕著化
生物および人体に継続的に与える悪影響

欧州の消毒レベル
塩素消毒による負の効果に留意し消毒は行なってい
ない。消毒に関する基準は、3 国のみ。塩素濃度の上限値
を設けている国は 6 カ国。

代替方法
二酸化塩素，紫外線
臭素系，オゾン

代替方法の副生成物の例（オゾン）
排水中の臭化物イオンが臭素酸に変化
臭素酸は発ガン性があるので WHO が基準値を設けた。

水浴場が具備すべき病原性微生物の基準

米国 EPA の新推奨値
(疫学調査により、指標微生物及び数値の見直しを実施。)

- 淡水
 - 30日幾何平均値
 - 腸球菌：33個/100ml，大腸菌：126個/100ml
 - 特定ビーチ
 - 腸球菌：61個/100ml，大腸菌：235個/100ml
 - 中間的接触型レクリエーション
 - 腸球菌：89個/100ml，大腸菌：298個/100ml
 - 貧接触型レクリエーション
 - 腸球菌：108個/100ml，大腸菌：406個/100ml
 - 非接触型レクリエーション
 - 腸球菌：151個/100ml，大腸菌：576個/100ml
- 海水
 - 30日幾何平均値
 - 腸球菌：35個/100ml
 - 特定ビーチ
 - 腸球菌：104個/100ml
 - 中間的接触型レクリエーション
 - 腸球菌：124個/100ml
 - 貧接触型レクリエーション
 - 腸球菌：276個/100ml
 - 非接触型レクリエーション
 - 腸球菌：500個/100ml

米国カリフォルニア州の基準
EPA の新推奨値を採用する方向
米国ミシガン州の基準
30日幾何平均値 大腸菌：130個/100ml
1サンプル最大値 大腸菌：300個/100ml
米国コネチカット州の基準
淡水および海水
30日幾何平均値 腸球菌：33個/100ml
1サンプル最大値 大腸菌：61個/100ml（水浴）

日本の水浴場の基準（糞便性大腸菌群数）
適(水質 AA)：不検出
適(水質 A)：100個/100ml 以下
可(水質 B)：400個/100ml 以下
可(水質 C)：1000個/100ml 以下

EC 諸国の統一的水浴場水質基準
大腸菌群数：目標 500個/100ml 以下
基準 10000個/100ml 以下
糞便性大腸菌群数：目標 100個/100ml 以下
基準 2000個/100ml 以下
糞便性連鎖球菌：目標 100個/100ml 以下
サルモネラ：基準値 0個/1
腸管系ウイルス：基準値 0個/1
その他
大腸菌群数で 1000個/100ml 以下（SI-デン）
が最大で、50個/100ml 以下、または 100個/100ml 以
下の基準を設けている国が多い。

4.4 貯留施設又は浸透施設による合流改善効果

4.4.1 総説

合流改善対策には、一般に既存施設を改善し遮集量を増大させる方法、遮集した下水を処理する方法、管路施設へ流入する雨水を抑制し、雨天時放流量を削減する方法等が考えられる。(第5部 関連資料「3.1 国内における合流式下水道に関する取り組み状況」参照)

合流式下水道は、雨天時下水の一定量を遮集し、処理するものであり、越流量、越流回数を削減するためには、雨水を貯留、浸透させ、下水管渠に流入する雨水流出量そのものを抑制し、減少させることが効果的である。

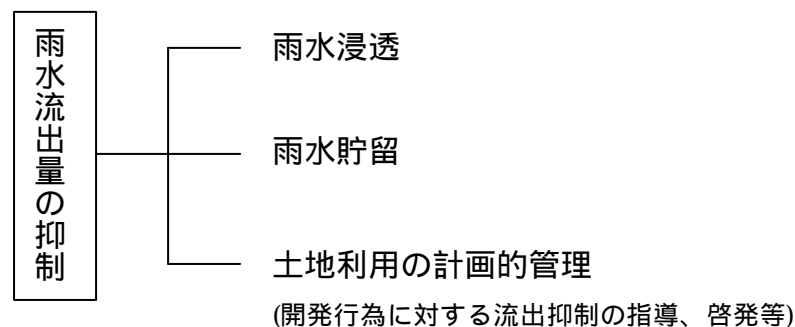
雨水流出量を抑制するには、「雨水の貯留」「雨水の浸透」があり、これらは、それぞれ「公共施設(あるいはオフサイト型)」で対応するものと「各戸、いわゆるオンサイト型」で対応するものがある。

各戸対応(オンサイト型)の施設の場合には、小規模な降雨時に対して、越流回数の低減効果が大きいこと(4.4.2(2)参照)から、遮集能力が十分備わっていない地域においては流出抑制の効果が期待できる。

また、下水道施設による当面对策(遮集量の増大等)と一体となって雨水浸透施設の設置等の流出抑制を積極的に実施することが合流改善には効果的である(4.4.3参照)。

なお、雨水の流出抑制においては、下水道施設のみの改善で得られる効果には限界があり、雨水利用槽や雨水浸透ますを宅地内に設置することでより大きな効果が得られるため、市民及び民間企業等地域ぐるみの協力が非常に大切である。しかし、各戸(オンサイト型)施設の普及促進には時間と経費を要するため、今後様々な機会を通じて市民の理解や協力が得られるように努めることが肝要である。

以下に「各戸」(オンサイト型)の貯留施設又は浸透施設による合流改善効果を紹介する。



出典：「下水道施設計画・設計指針と解説(前編)」(2001年版(社)日本下水道協会)より引用加筆

図4-48 雨水流出量の抑制

4.4.2 貯留施設による合流改善効果

雨水利用（貯留施設）¹は、雨水流出抑制の機能を持ち、合流式下水道からの越流回数、越流水量を低減することができるので、合流式下水道改善対策として負荷量の低減効果が期待される。また、貯留高の小さい雨水利用施設においても、遮集能力が十分に備わっていないような地域において越流抑止の効果が大きいことから、長期的に合流改善対策の一つとして有効な施策である。

なお、合流式下水道を採用している都市で、新たに雨水利用施設を設置する場合には、設置スペースの確保など普及促進を図る適切な対応が必要である。

貯留による合流改善効果については、雨水利用による合流改善効果として、国土技術政策総合研究所において検討された事例がある。²

¹ 雨水利用施設とは、雨を貯めて使う利水槽である。

² 国土技術政策総合研究所資料 第10号 「平成12年度下水道関係調査研究年次報告書集」

(1) 算出条件

都市雨水の有効利用の観点から、全戸に雨水利用施設が設置されているようなモデル地区を想定した。利水槽容量は雨水利用の観点から最適な容量となるように、集水面積当たりの貯留高を40mmと設定した。これは一般的な住宅の屋根面積を70m²とすると約3m³の規模に相当する。表4-12にモデル地区の諸元について示す。

表4-12 検討で用いたモデル地区諸元

| 項目 | モデル地区諸元 |
|--------------|------------|
| 不浸透面積率 | 40 % |
| 集水面積当たり雨水使用量 | 1.55 mm/日 |
| 集水面積当たり最適貯留高 | 40 mm |
| 時間最大汚水量（1Q） | 0.34 mm/hr |

このようなモデル地区において、利水槽を雨水利用の観点のみで運用した場合にどの程度合流改善の効果があるのかを検討した。

モデル地区における汚水量は常に晴天時計画時間最大汚水量（1Q）が流れているものと仮定し、流出雨水量を、あらかじめ定めておいた遮集雨水量と比較することにより、これを下回れば遮集され、上回れば越流すると判断した。遮集雨水量については、暫定指針を参考に、遮集量3Q（遮集雨水量として2Q）および遮集雨水量2mm/hrの2例について検討した。ここで汚水量や遮集雨水量の単位mmは浸透域を含む当該土地利用区分の全体を分母とした場合の流出高である。検討対象降雨は平均的な降雨年のアメダスデータ（1年分）によった。

(2) 合流改善効果

合流改善効果の評価指標を年間の越流回数および越流水量の2項目とした。結果を表4-13、図4-49、50に示す。

遮集雨水量2Qの場合の計算結果から、モデル地区においては水量ベースでの削減量は大きくないものの越流回数の低減効果は大きいこと、特に、有効降雨のピークが5mm/hr未滿の小規模な降雨に対する低減効果が大きいことがわかる。また、遮集雨水量2mm/hrの場合の計算結果からは、遮集雨水量が改善された場合には、雨水利用施設による越流抑止の効果が小さくなることわかる。

表4-13 各評価指標の低減率

| 遮集雨水量 | 2Q (0.68mm/hr) の場合 | 2mm/hr (5.8Q) の場合 |
|-------|--------------------|-------------------|
| 越流回数 | 43%低減 (42回 → 24回) | 25%低減 (20回 → 15回) |
| 越流量 | 18%低減 | 13%低減 |

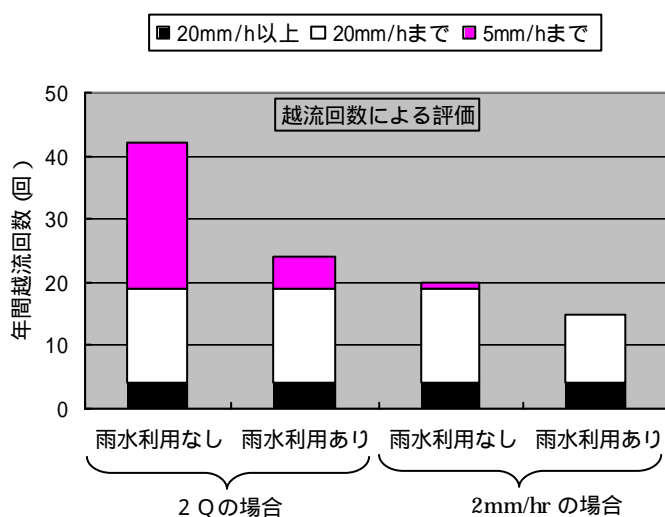


図4-49 合流改善効果 (年間越流回数)

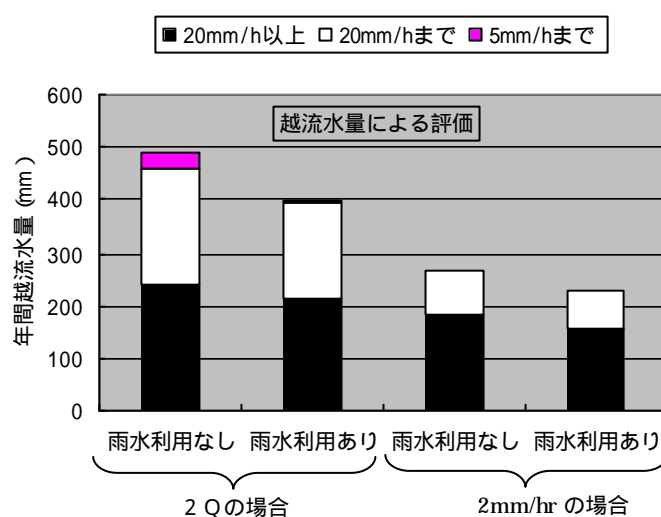


図4-50 合流改善効果 (年間越流量)

越流回数を大幅に削減できるということは、小規模な降雨のみに効果があったとはいえ、合流改善対策として負荷量(水質)ベースで水量ベースでの低減効果以上の効果が期待されるものと考えられる。また、モデル地区のように貯留高の小さい雨水利用施設による合流改善効果については、遮集能力が十分に備わっていないような地域において、越流抑止の効果が大きいといえる。よって、地域要件により遮集能力の増大が緊急に望めないような地域に対し、雨水利用を積極的に導入することは合流改善対策の1つとして有効に機能する可能性があるものと考えられる。

4.4.3 浸透施設による合流改善効果

浸透施設は、有効降雨量の削減に対し効果的な対策の1つであり、合流式下水道改善対策として浸透施設を設置すると、その改善効果は大きく、長期的に越流回数（越流負荷量）を制御・抑制するために有効な施策である。

なお、合流式下水道を採用している都市は既成市街地の場合が多く、新たに浸透施設を設置する際には、宅内排水設備の改造や機能保持などの課題があるため、採用に当たっては適切な検討が必要である。

浸透施設¹は、地域特性により設置規模や流出抑制効果に差が大きいいため、実流域に対し流出解析モデル等で評価を行った4都市の事例を示す。²

1 浸透施設には、浸透トレンチ、浸透ます等の施設がある。

2 (財)下水道新技術推進機構は、実際の合流区域を対象に浸透施設を設置した場合の評価を年間降雨を用いて行っている。

各都市の浸透施設の設置について、主な評価項目での比較を表5-40に示す。

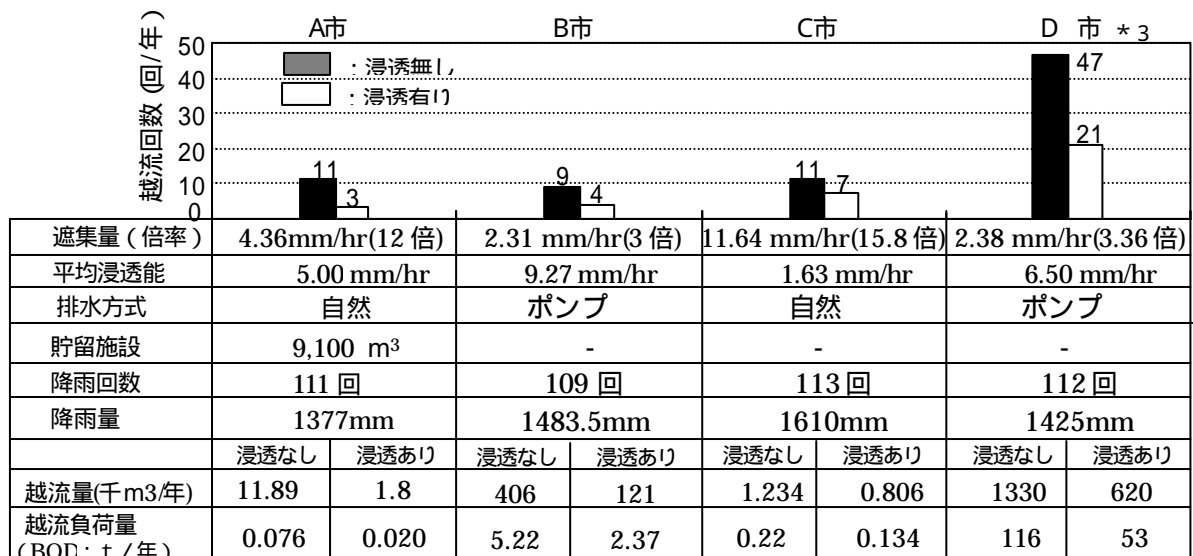
表4-14 各都市の浸透施設の比較

| 評価項目 | A市 | B市 | C市 | D市 |
|---------------|--------|---------|---------|--------|
| 1.浸透適地の比較 | 大(79%) | 大(100%) | 大(100%) | 小(33%) |
| 2.各施設の浸透能 | 中～小 | 大～中 | 小 | 小 |
| 3.各施設の設置個数 | 大 | 大 | 大～小 | 大 |
| 4.施設の内容 | 多 | 多 | 中 | 少 |
| 5.浸透能の低下性 | 小 | 小 | 小 | 小 |
| 6.宅内排水設備の切り替え | 有 | 有 | 有 | 有 |

評価方法は、地域特性を考慮して算定した設置可能量より設定された浸透施設の浸透量を単位面積当たりの浸透能として、降雨から浸透による損失として差し引き、雨水流出に寄与する有効降雨を減少させる方法を用いて流出解析を行い、浸透の効果を算定している。

また、評価項目としては、年間越流回数、越流量、越流負荷量を対象としており、浸透施設設置前と設置後の削減率で示している。ただし、負荷量については、越流量×各降雨毎の平均水質として算定し、BODのみの検討を行っている。

各都市における浸透施設の設置による合流改善効果について、図4-51及び表4-15に示す。越流回数による改善効果を見ると、**36%～73%**と幅があるが、「当面の対策（遮集量の増大や貯留施設の設置）」を実施後に浸透施設を設置することによる効果の大きいことがわかる。



*3 D市のシミュレーションでは総降雨量を指標とし、代表降雨を選定している。

図4-51 浸透施設設置による越流回数の削減率

なお、各都市により改善効果に開きがあるため、その背景を以下に示す。

A市

遮集管が浸水対策を兼ねて設置されており、遮集量が4.36mm/hrと高い上に、既存の貯留施設（合流改善分9,100m³、貯留規模16mm/ha）を有するため、現況施設（浸透施設の設置前）での越流回数は11回と少なくなっている。

B市

この排水区域は、ポンプ排水区で砂質地盤となっている。そのため、平均浸透能が浸透施設設置前でも3.3mm/hrと高く、更にポンプ排水区であることからピーク水量の平準化ができるため、現況施設での越流回数は9回と少なくなっている。（浸透施設設置後の浸透能3.3+9.27=12.57mm/hr）

C市

既設遮集管の遮集能力（改善済み）が11.64mm/hrと大きく、弱い降雨はほとんど遮集される状況にある。そのため、現況施設での越流回数が11回と少なくなっている。

D市

この排水区域は、遮集倍率3.36倍（遮集雨水量2.38mm/hr）と遮集量が比較的大きく、又ポンプ排水区であることからピーク水量の平準化ができるため、浸透施設設置前に47回あった越流を設置後には半減させる効果があった。

[参考]

各都市の諸元及び浸透に対する設定条件は、表4-15のとおりである。

表4-15 解析対象都市の諸元

| 項目 | | A市 | B市 | C市 | D市 | 財団マニュアル | |
|---------------------|----------|------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| 全体面積 | ha | 150.26 | 257.74 | 21.86 | 350 | | |
| 浸透適地面積 | ha | 119.12 | 257.74 | 21.86 | 116 | | |
| 浸透適地の比率 | % | 79 | 100 | 100 | 33 | | |
| 不透透域率 | % | 51 | 44.7 | 56 | 77 | | |
| 用途種別 | 住居系 | 多い | 264.91ha | 12.11ha | - | | |
| | 商業系 | 少ない | 44.83ha | 1.24ha | - | | |
| | 工業系 | - | 47.0ha | 8.51ha | - | | |
| 排水方式 | | 自然 | ポンプ | 自然 | ポンプ | | |
| 貯留施設 | | 有り:9,100m ³ | 無し | 無し | 無し | | |
| 解析対象 降雨 | 年度 | S60 | H10 | H9 | H10 | | |
| | 降雨量 | mm | 1377 | 1483.5 | 1610 | 1425 | |
| | 降雨回数 | 回 | 111 | 109 | 113 | 112 | |
| | 解析降雨数 | 降雨 | 91 | 10 | 10 | 10 | |
| 解析モデル | | 修正RRL+土研モデル | MOUSE | XP-SWMM | HydroWorks | | |
| 浸透能力 ()は平均 値 | 浸透ます | m3/hr/個 0.348 ~ 0.616(0.595) | 0.964 | 0.13 | 0.34 | 1.92(砂礫).0.96(砂質).0.48(シルト) | |
| | 浸透トレンチ | m3/hr/m 0.263 ~ 0.466(0.446) | 1.579 | 0.07 | 0.42 | 2.10(砂礫).1.02(砂質).0.48(シルト) | |
| | 街きよ型浸透ます | m3/hr/個 0.344 ~ 0.609(0.583) | - | 0.14 | - | - | |
| | 浸透型私設ます | m3/hr/個 0.348 ~ 0.616(0.596) | 0.203 | - | - | - | |
| | 宅内トレンチ | m3/hr/m - | 0.829 | - | - | - | |
| 設置数量 | 浸透ます | 個/ha | 25 | 40 | 15 | 52 | 40(新市街地).20(既成市街地) |
| | 浸透トレンチ | m/ha | 121 | 450 | 157 | 520 | 240(新市街地).80(既成市街地) |
| | 街きよ型浸透ます | 個/ha | 30 | - | 24 | - | - |
| | 浸透型私設ます | 個/ha | 103 | 192 | - | - | - |
| | 宅内トレンチ | m/軒 | - | 720 | - | - | - |
| 設置密度 | | 区域全体に対し、浸透ます10%、浸透トレンチ65%、街きよ型65% | 区域全体に対し30%設置する。 | 区域全体に対し100%設置 | 浸透適地全域に対し100%設置 | | |
| 総浸透能力 | m3/hr | 7,568 | 91,755 | 356.32 | 22,840 | 目詰まりや地下水の影響を考慮する。 | |
| 浸透能力 | mm/hr | 5 | 12.57 | 1.63 | 6.5 | | |

浸透施設の計画状況

雨水浸透施策の導入については、1993年度の66都市から1998年度には109都市と増加してきている。但し、分流式下水道を採用する都市を含む数字である。

4.5 合流式下水道改善に関する技術開発

4.5.1 合流式下水道改善対策の現状

(1) 改善対策技術の種類

現在、合流式改善対策として、実用化されているもの、実用化に向けて研究中のもの、あるいは、提案されているものをまとめると、以下のとおりである。

(2) 直接的な改善対策技術

処理に関する技術（夾雑物・固形物除去、簡易処理の高度化、消毒等）

ポンプ施設に関する技術（ファーストフラッシュを排出しないための運転制御方法等）

(3) 長期的な視野に立ったまたは間接的な改善対策技術

貯留・浸透に関する技術（透水性舗装、オンサイト貯留施設等）

管路施設に関する技術（管路清掃、管内貯留制御、分流化等）

(4) 処理に関する技術

合流式下水道の雨天時における汚濁の現状を可及的速やかに改善するには、雨水吐き口からの未処理下水、ポンプ場からの未処理下水や下水処理場における簡易処理放流水を直接処理する技術を適用することである。下表に処理に関する技術の内容に関する概要を除去対象物質の成分と不純物寸法の関係で表したものを示す。

表4-16 処理に関する技術とその除去対象物質の関係

| | 不純物寸法 | 有機物 | | 無機物 |
|-------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| | | 生物易分解性 (BOD、COD _{Mn}) | 生物難分解性 (COD _{Cr} - BOD) | |
| 夾雑物 | 【数mm】 | スクリーン、渦流分離、傾斜板沈殿 | | |
| 固形 (懸濁性) 成分 | 数μm程度 | 大腸菌 | 高速ろ過 | |
| | 【1μm】 | 塩素系・臭素系消毒剤 | 高速凝集分離 | |
| 溶解性 成分 | 数10~ 数100nm | ウイルス | | |
| | 【1nm】 | オゾン酸化 | | T P |

注) 点線は各処理技術が対象とする物質の範囲を示すものであって、この範囲の物質を、

100%除去できることを示すものではない。

スクリーン・渦流分離・傾斜板沈殿

夾雑物を対象とした技術で、いずれも単純でコンパクトな構造で、概ね動力を使わないものが多いが、その除去性能は、除去対象物の物理的性状（形状寸法、比重等）によって決まるものであり、数mm程度の夾雑物を確実に除去できるものもある。ただし、渦流分離は水位的に余裕のある場所に限られる。

これらの夾雑物除去技術は、欧米での実績がかなり多く、これらの中には、国内で技術内容を検証し実績があるもの、あるいは現在検証中のものもある。

高速ろ過

固形物を対象とした技術でろ過ポンプの動力費が必要である。圧力損失が小さくなるように特殊なる材（金属フィルタ、合成樹脂製ラヒシリング、繊維状ろ材等）を使用する。このような特殊なる材を使っているため、大きいろ過速度での運転が可能で大量処理ができるが、阻止できる固形物寸法には限界があるので、除去対象物の範囲を広げるためには、凝集剤の添加が必要であると考えられる。本技術は、国内で1箇所の実績がある。

高速凝集分離

固形物を対象とした技術（主に凝集剤添加）で、付随的に溶解性物質（コロイド成分）を除去できるものであり、動力、薬剤費が必要である。

合流式下水道に適用される高速凝集分離は、設備の省スペース化（特に沈殿池）を図る工夫をしたものであり、国内で過去にその技術内容を検証したもの、あるいは現在検証中のものがある。

塩素系・臭素系消毒技術

消毒技術は原則として病原性微生物の消毒を目的としている。これらの技術のうち、注目すべき技術としては、消毒剤との接触時間の短縮（15分→1分）を可能とする高速溶解技術や、最近、浴場、食品工業等での需要がある臭素系消毒剤などが挙げられる。特に臭素系消毒剤は、塩素系消毒剤に比べ、他の生物への毒性が低いと言われており、保存性も良いが、高価である。なお、この臭素系消毒剤の下水道での実績としては、国内に1箇所ある。

オゾン酸化

オゾン酸化処理は、病原性微生物の不活化と、有機物の分解除去が可能である。しかし、生物難分解性有機物は分解されて低分子化（生物易分解性に変化）するため、オゾン酸化処理水のBOD濃度が低下しない場合、あるいは上昇する場合がある。また、酸化力を高める方法として、過酸化水素水の併用や触媒を使用する方法も提案されている。オゾン処理の建設費及び運転費はやや高価となる。

現在までのところ、下水二次処理水への適用（修景・親水目的の再利用、色度除去等）の実績はあるが、合流改善目的の適用事例や調査事例はなく、溶解性成分の除去効果については不明である。

（5）改善技術の現状

前述した技術のうち、夾雑物除去については、概ね技術的に確立しているものと考えられるが、吐き口への適用に当たっては建設や維持管理を配慮した設置スペース、水理上の落差の確保が可能かどうかなど、今後、吐き口などへ広く適用して行くにはいくつかの課題がある。

固形（懸濁性）成分の除去において、高速ろ過も基本的に適用できると考えられるが、除去対象物質の範囲が狭いので、除去しなければならぬ負荷量によっては、他の技術との併用が必要になると考えられる。

高速凝集分離技術は、固形成分はほぼ確実に除去可能と思われるが、建設費はやや高価であ

り、凝集剤などの薬剤を常用するものなので、実用化に際して経済性を十分に検討する必要がある。さらに、この施設を運用するに当たっての運転制御方法なども今後十分に検討して行く必要があると思われる。

また、この技術の除去対象物は SS と T-P であり、その他の水質項目（BOD、COD、T-N）の除去率は、処理対象水の性状（特に SS との相関の有無）によって異なるので、BOD、COD、T-N について除去能力を検証して、それらの限界を明確にする必要があると考える。

溶解性成分のうちコロイド成分については、高速凝集分離技術である程度の対応が可能であり、一方、T-P を除く溶質分については、現在のところオゾン酸化技術が対応できるのみであるが、その効果についての検証はなされていない。

4.5.2 今後の合流改善技術の課題

(1) 合流改善対応技術

物質と CSO 処理技術の関係

| 対象物質 | | 対応技術の有無 | 対応技術の完成度 |
|-----------|--------|-----------|---|
| 夾雑物 | | 基本技術は有り。 | スペース、水理条件等、適用に当たって制約条件が多い。設置に当たって柔軟性を高める必要がある。処理能力としては数ミリのオーダーで除去可能。国内実績少ない。 |
| 固形（懸濁性）成分 | | 基本技術は有り。 | 実用化に当たって経済性、運転制御等の検討が必要である。処理能力としては特には、SS 分 80% 以上（高速凝集分離技術）除去可能。国内実績は極めて少ない。 |
| 溶解性成分 | コロイド成分 | 基本技術は有り。 | |
| | 溶質 | 適切な技術は無い。 | |
| 病原性微生物 | | 基本技術は有り。 | 実用化に当たって経済性、運転制御等の検討が必要である。また CSO に適用する場合の検証が必要。CSO 国内実績は極めて少ない。 |

越流水量制御システム

降雨レーダー等を活用した RTC システムにより、幹線管渠の貯留能力を最大限生かして越流水量の減少を図るもので、この制御システムは、諸外国における実施例はあるが、国内では研究に着手されたばかりで実施例はない。

この技術は、降雨の移動・降雨量等を高精度・高速予測する手法、浸水対策への切り替えの判断基準の設定、如何なる場合でも越流水量の制御することによる浸水被害を起こさないシステムの確立等の課題があり、今後の研究開発が待たれるところである。

合流改善対応処理技術の課題

現在ある合流改善対応処理技術は適用に当たって検討すべき課題はあるが、溶解性成分中の溶質成分の除去以外の対応技術は、実用化には今後時間がかかると考えられるが、基本的な適性・資質は十分にあると思われる。

溶解性成分中の溶質成分の除去技術としては、現在のところ、オゾン酸化技術が有望であると思われる。

一般に下水処理においては、溶解性成分中の生物易分解性有機物やアンモニア等の無機物（T-N、T-P 等）については、生物処理が担っている。

一方、合流改善の場合、非定常かつ一時的に大量な汚水処理であるので、生物処理は馴染まず、物理化学的処理で、かつ、反応時間が生物処理に比べて短い処理技術が必要となる。

溶解性成分のうちコロイド成分は高速凝集分離による除去が可能であり、T-P も無機凝集剤を添加することで除去可能と思われるが、その他の溶質成分の分解除去に対応できる技術は、オゾン酸化処理であろう。

しかし、オゾン酸化処理技術は、比較的大きい分子量の有機物が、低分子化（生物易分解性有機物化）し、処理水の BOD が上昇する例もある。また、 NH_3^+ は酸化されて NO_3^- 等に変化するが、水中からの分離は不可能である。

したがって、CSO 対策としてこの溶質成分の除去を考えた場合は、「貯留して後日、下水処理場で高級処理をする。」ことが現在のところ最良の方法であろう。

しかし、貯留施設の建設には多大な費用と時間がかかるので、オゾン酸化技術を含め、直接処理においてこの溶質成分を分解除去できる処理技術の研究開発が望まれるところである。

(2) 既設処理場における対応

夾雑物流入量増大の影響

合流改善対策のひとつに吐き口等にスクリーンを設置し、夾雑物を除去するものがある。このような対策をした場合には、下水処理場に流入する夾雑物（ごみ、オイルボール等）の量は、現状よりも確実に増大し、現在の沈砂池、水処理、污泥処理では様々な支障をきたすと思われる。

既存の下水処理場施設において発生すると予想される問題

沈砂池：砂分、浮遊ごみの増大、オイルボールの滞留。（これらの回収をするに当たって現状設備では不十分となる恐れがある。）

水処理：オイルボールの浮上、曝気槽への越流（生物処理が一時的に処理機能低下を起こす恐れがある。）

污泥処理：濃縮機能低下（重力濃縮、遠心濃縮では支障をきたす恐れがある。）

脱水機の機能不全（凝集不良、ベルトプレス脱水洗浄不能、遠心脱水、スクリーンプレス機能低下）

(3) 問題解決の考え方と必要な対応技術

夾雑物を処理場施設内に取り込んでしまうと、前述したような問題が発生するので、「夾雑物を流入した時点で回収し、既存の処理施設とは別個に処理処分する」ことが重要になると思わ

れる。

流入した時点で回収するためには、沈砂池設備で対応する必要がある。現在の沈砂池設備は、沈砂掻揚設備、スクリーン設備、沈砂・し渣の搬送設備・洗浄設備・貯留設備等で構成されている。このうち25mm以下のし渣の回収除去、浮遊物質の回収除去を想定している設備はないので、今後、合流改善対策が推進されてゆくとともに、これらの回収除去技術の開発が望まれてくると考えられる。

(4) 高級処理施設の量的・質的能力増強

遮集量増大に伴う影響

合流改善の方法は、吐き口廃止、遮集倍率の増加、直接処理等があるが、吐き口廃止や遮集倍率の増加をすると、下水処理場への雨天時流入量が増大する。

現在、下水処理場では1Q分を高級処理し、1Qを超える分は、簡易処理等で対処している。

今後、雨天時流入量が増大した場合には、簡易処理の量的・質的能力増強をするとともに、高級処理施設への送水量も増大させ、処理水質を維持しつつ、高級処理の能力増強も必要があると思われる。

「簡易処理の量的・質的能力増強」は、先に述べた「凝集処理技術」の適用により達成の見込みがあるが、「高級処理の量的・質的能力増強」については、現在のところ適用すべき確立された技術はない。

近年、公共用水域の窒素、りん規制に対応し、既存の下水処理場において高度処理化への取組みがなされており、その中で、担体投入法等、既存の生物反応槽容量で窒素、りん除去を可能とする技術があるが、前述した「高級処理の量的・質的能力増強」へ応えるものにはならない。

技術開発の方向

「高級処理の量的・質的能力増強」を考えるに当たって、その雨天時の高級処理量を、仮に3.0Q分程度まで引き上げるとするならば、現行の施設構造そのものを考え直す必要があるのである。すなわち、生物処理を基本技術とするならば、量的増強とともに生物反応槽容量は増大するので、敷地面積の制約から深層化や最初沈殿池や最終沈殿池の多層化、設置スペースの極めて小さい固液分離方法を採用する方法が挙げられるが、これらの方法は、既存施設の再構築を余儀なくされるため、費用と時間の面で現実的な方策とは言えない。

したがって、既存の水槽をそのまま、あるいは改造して活用できる技術が必要となると考えられる。

(5) まとめ

合流改善に関する処理技術は、設置に当たっての制約条件の軽減、経済性の追求、運転制御等実施への適用をするに当たり、検討をして行かなければならない課題がある。

それらの課題のほか、現在のところ対応技術が空白となっている部分については、今後の研究開発によって埋めて行く必要がある。その課題を以下に示す。

表 4 - 1 7 今後の合流改善技術の課題

| 合流改善を推進に当たって発生する課題 | | 研究開発が望まれる技術 |
|--------------------|---|----------------------------------|
| 雨天時越流水の直接処理 | 溶解性成分の分解・除去 | 確実性のある有機物分解除去技術、窒素成分除去技術 |
| | 消毒 | 短時間で確実な消毒効果を発揮し、放流水域への影響を最小限にする。 |
| | 改善技術全般に対して、設置に当たっての柔軟性、経済性の検討、運転制御方法の検討 | 個々の事例毎に検討する必要があると思われる。 |
| 既存下水処理場の対応 | 砂分・し渣・浮遊物量増大 | 沈砂池設備における夾雑物・浮遊物回収技術 |
| | 高級処理施設処理量増大 | 既存の施設を生かした量的・質的能力増強技術 |

合流改善における、改善目標を達成するため、直ちに実施に適用できる処理技術は極めて少ない。これまで合流改善事業は主に下水道普及率が高い大都市に限られていたことによる。大都市においては合流改善と併せて、下水道の大きな役割である浸水防除という問題の解決に主眼が置かれていた傾向があった。

また、大都市の場合には、雨天時における未処理放流等の水量は過大であり、合流改善の対策施設は、貯留管、滞水池、地下放水路等の建設費の高価な土木構造物が主流であったことと、非常で発生するものを処理するという考え方がこれまでの下水道事業のなかで馴染まなかったため、未処理放流等の処理技術の開発への動機が働かなかつたと推察される。

しかし、今回その実態が多少とも明らかにされ、全国的に見ると必ずしも大都市における問題（第一義的に浸水防除を考える）ばかりではなく、汚濁負荷量の削減、公衆衛生上の問題、夾雑物による景観上の問題など、都市毎にその抱える問題は異なる。また、未処理放流等が公共用水域に排出されることによる短期的、長期的な観点で見て何らかの影響があることが認識されたいま、合流式下水道越流水の処理技術体系（貯留、浸透も含め）を見直し、その体系の中で空白となっている部分の技術開発を推進する必要がある。そのためには、これまでの下水処理方式の延長線上にある技術ではなく、全く新しい観点からのアプローチが必要になると考える。

現在、そのような新たな発想で考えられた処理技術があり、これらの処理技術を可及的速やかに実用化して行き、合流式改善対策のメニューを広げることで、様々な都市において適切な合流式下水道越流水の対策が取れるようにする必要があると思われる。

平成 14 年度より始動することとなった産官学一体となった新たな下水道技術開発プロジェクトにて、この合流改善対策技術の開発をひとつのテーマとして取り上げ、その早期実用化を図ることとしている。

4.5.3 新たな下水道技術開発プロジェクト（SPIRIT 21）

（1）背景

下水道は、普及に伴い、都市の水循環及び物質循環系の中で大きな役割を果たすようになっており、その役割は単なる汚水対策、雨水対策の範疇を越えて、水環境・水循環の保全、安全な都市生活の確保、地球環境にも配慮した循環型社会の形成といったことが期待されている。

このように下水道として幅広い役割が期待されているが、現状の技術レベルでは解決困難な課題や多大なコスト負担が想定される課題も多い。厳しい社会経済情勢の中で、社会ニーズを十分踏まえた政策を効率的に達成するために、今後、既存技術の改善、新技術の開発を積極的かつ総合的に行う必要がある。

（2）新たな下水道技術開発プロジェクト（SPIRIT 21）

効果

最重要課題を幾つか選択し、産官学の適切な役割分担のもと、総合的・重点的に技術開発を短期的に進める新たな仕組み「SPIRIT 21(Sewage Project, Integrated and Revolutionary Technology for 21 century)」(以後、「技術開発プロジェクト」という)を実施する。

明確な目標を設定し、開発された技術の早期かつ幅広い実用化を図ることを前提としたプロジェクトとすることにより、民間の技術開発投資意欲の向上、しいては民生活力の導入が行われる。また、下水道分野を含む水分野のグローバル・クライテリア化等の国際的な動きがある中で、開発された技術が諸外国への普及につながり、民間技術の国際競争力の向上等、下水道関連産業の活性化が図られる。

実施スキーム

「技術開発プロジェクト」において、国、地方公共団体、学識経験者、民間、関連法人が参画する委員会を設立し、本委員会において、幅広い関係者の合意のもと、技術課題の選出、開発目標の設定、開発された技術の評価等について、公平性かつ透明性を確保しつつ実施する。

目標を達成したと判断される開発技術については、実際の施設における実用化を前提に、必要に応じてマニュアル等の作成を行い、開発した技術を早期かつ広く普及させる。技術の開発は、基礎的な研究を必要とする場合には大学等の研究室レベルで実施するが、実用化段階では、開発技術の早急な普及拡大を図ることを念頭に、下水処理場等を実験フィールドとして活用する。

技術開発課題

「技術開発プロジェクト」による技術開発課題としては、まず、合流式下水道の改善対策に関わる技術を対象とする予定である。合流式下水道整備区域は、都市部に集中しており、改善対策を浸水対策、再開発等と同時に実施することにより、環境改善等都市の再生化につながるものであるが、一方で、消毒技術、処理技術の高度化など、多くの技術的検討課題がある（参考資料参照）。

また、今後は、さらに他の技術課題についても、本プロジェクトの対象とする予定である。

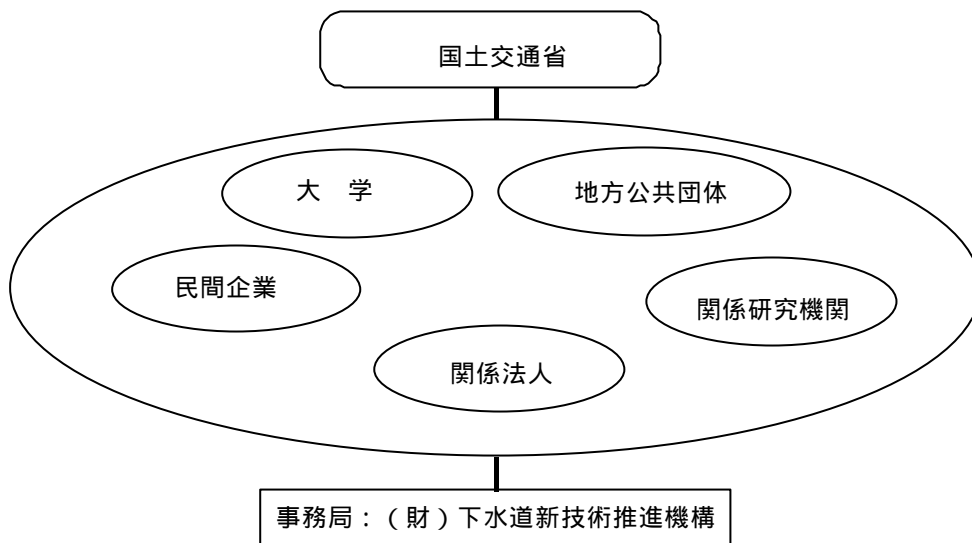


図4 - 5 2 共同研究体制のイメージ図