

저수량 오차를 목적함수로 한 저수지 유입량 모의

○노재경

1. 연구배경 및 방법

저수지 유입량을 모의하기 위해서는 관측 유입량 자료가 있어야 한다. 저수지 관측 유입량은 저수지 수위변화로부터 거꾸로 계산하고 있으며, 여기서 저수면증발량도 고려하지 않고 있다. 그러나, 저수지 유입량을 계산하지 않고 직접 저수위 변화로부터 저수량의 오차가 가장 작게 나오는 모형의 매개변수를 구하는 방법을 생각하였다. 즉 목적함수를 유입량 오차를 대상으로 하지 않고 저수량 오차를 대상으로 하는 것이며, 이 때 저수량 모의에 저수면 증발량도 고려하였다. 모형은 DAWAST 모형을 사용하였다.

2. 적용 및 결과

유역면적 124.5km²인 사연댐에 적용하였으며, 저수지 수위와 월류량 및 용수공급 자료는 1981년부터 보유하고 있다. 그림1과 그림2는 연속된 것이며, 그림1은 저수량 오차를 목적함수로 하여 DAWAST 모형의 최적 매개변수를 UMAX 304mm, LMAX 24mm, FC 140mm, CP 0.0183, CE 0.0068로 결정하고 그에 의해 모의 발생한 결과를 나타낸 것이다. 그림의 위에서부터 유역에 강우가 내리면 유역증발산이 발생하고 불포화 토양층과 포화 토양층의 수분변화에 따라 유출이 발생하며(그림1), 그것이 댐에 유입되어 저수량이 증가하고 댐의 저수면 증발량과 용수공급에 따라 저수량이 변화하는 것을 나타냈으며, 저수량이 만수위를 넘으면 월류하는 것으로 보았다. 관측 저수량과 모의 저수량이 잘 일치하는 것을 볼 수 있다(그림2). 유입량 그림의 관측 유입량은 매개변수 보정에 사용한 것은 아니고 댐의 저수량 변화로부터 거꾸로 계산하여 관리년보에 기록된 값이며 참고로 나타낸 것이다. 유입량 모의 결과를 이 값과 비교하면 1744.3mm의 강우에 614.4mm의 유역증발산이 발생하고 관측 유입량은 1124.3mm로 유출률 64.5%, 모의 유입량은 1097.0mm로 유출률 62.9%를 보이고 있어 모의/관측 97.0%로 좋은 모의 결과를 보이고 있다.

한국수자원공사 조사기획처 선임연구원

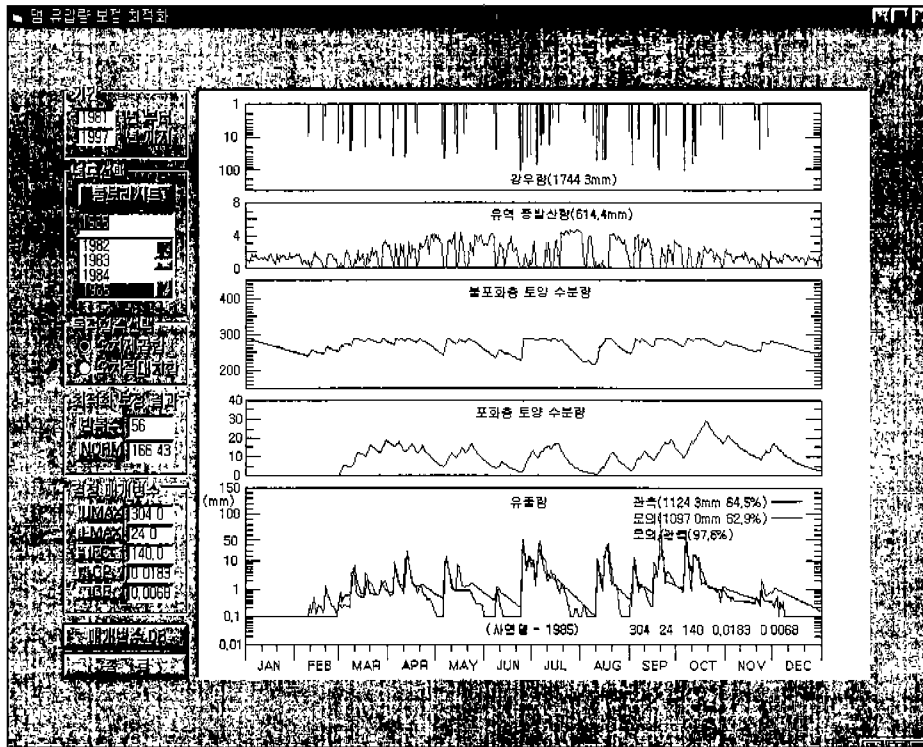


그림 1 저수지 유입량 수문곡선 비교예(보정)

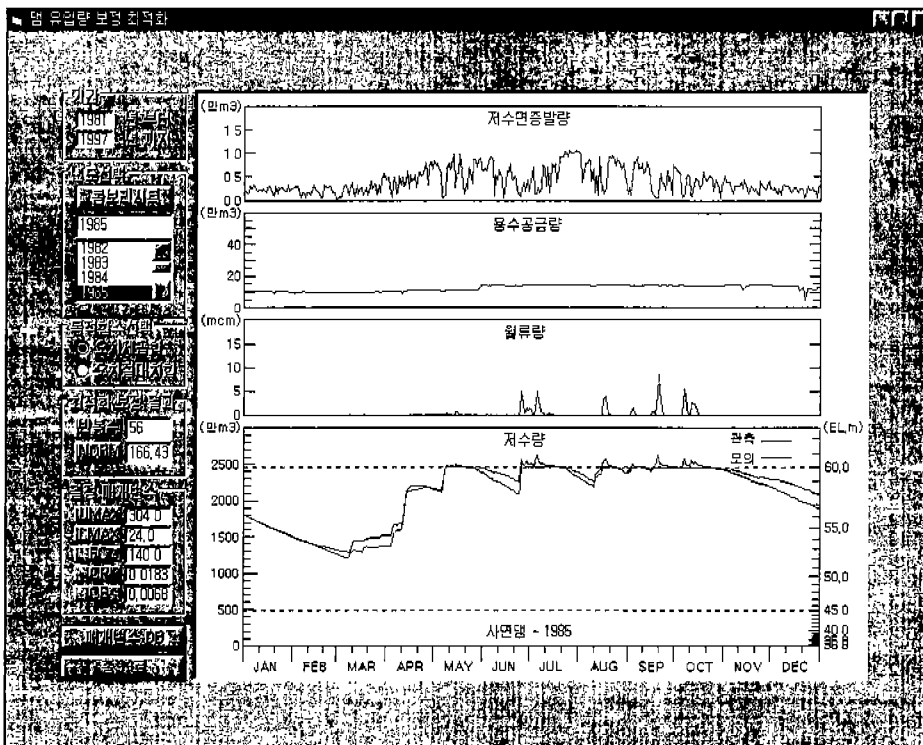


그림 2 저수량 변화 비교 예(보정)

1981-1997년 전기간에 대해 연도별로 그림 1, 2의 보정 방법에 의해 DAWAST 모형의 매개변수를 결정하고 관측 대 모의 오차가 큰 연도를 삭제하고 나머지 연도의 매개변수를 평균한 것을 매개변수로 정하였다.

사연댐의 전기간에 대한 연도별로 매개변수를 결정한 것은 그림 3과 같으며, 이 중에서 모의/관측의 값이 100%에서 크게 벗어난 연도의 매개변수를 삭제한 나머지 연도의 매개변수의 평균값은 그림 4와 같다.

이와같이 결정한 매개변수는 UMAX 329mm, LMAX 31mm, FC 139mm, CP 0.0176, CE 0.0073으로 계산되었으며, 이 기간동안 년평균하여 강우량 1322.9mm, 관측 유입량 802.3mm, 모의 유입량 801.6mm를 보이고 있다. 또한 관측 유출률 60.65%, 모의 유출률 60.59%로 모의/관측 값은 99.9%로 나타나 아주 좋은 결과를 보여주고 있다.

결정된 매개변수로 전기간에 대해 똑같이 적용하여 모의된 결과를 보고 만족할 만한 수준에 도달했는지 반드시 점검하여야 한다. 만약 만족하지 않다면 위의 과정을 반복하여 계속적으로 합리적 수준의 매개변수를 찾아야 될 것이다.

모형의 검정은 1986-1995년에 적용하였다. 검정 방법은 그림5와 같은 댐 유입량 검정 프로그램을 작성하여 연도별로 모의 결과를 확인하고 이를 종합하여 분석한 것을 토대로 하였다.

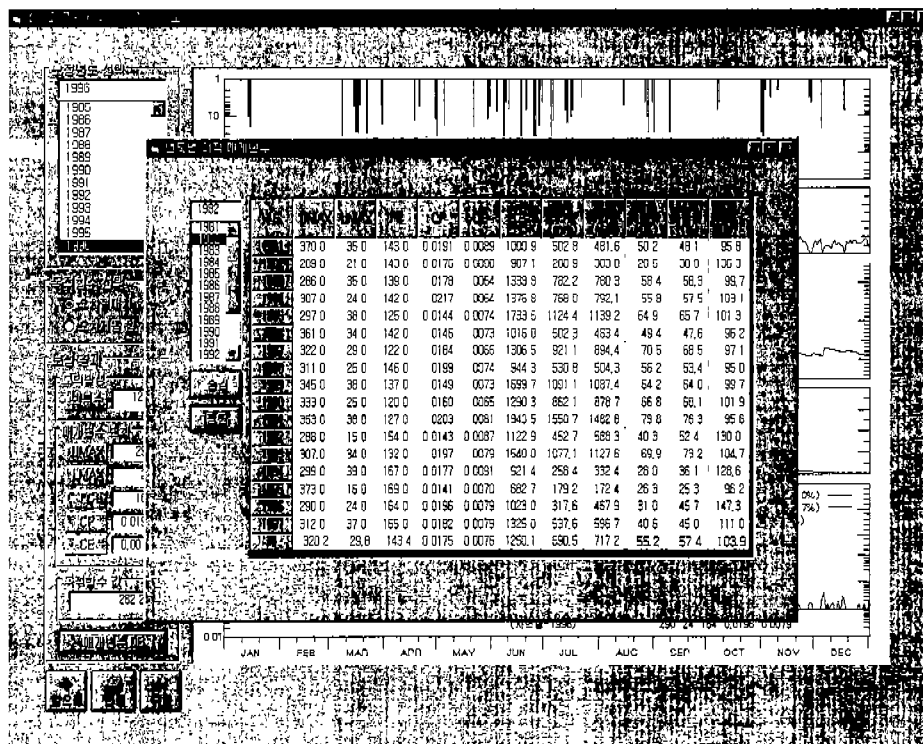


그림 3 사연댐 전기간(1981-1997년)의 연도별 매개변수 보정 결과

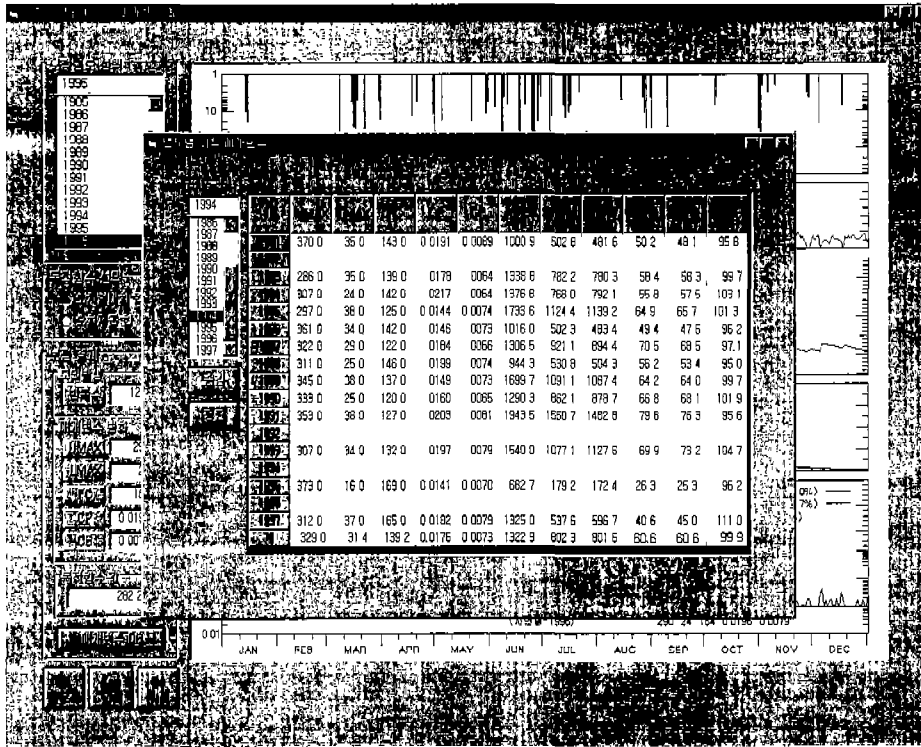


그림 4 사연댐의 모의/관측 오차가 큰 연도를 삭제한 나머지 기간의 매개변수 평균

그림 5는 유역에 비가 내려 유출이 발생하여 댐에 유입되고 저수면 증발이 일어나고 용수공급에 따라 저수량이 변화하는 것을 나타낸 것이다. 이 때 저수량이 만수위를 초과하면 넘쳐서 월류하는 것으로 보았다. 그림에 나타난 결과는 1987년의 경우이며, 1318.3mm의 비가 내려 870.0mm(66.1%)가 사연댐으로 유입되는 것으로 나타났다. 저수면 증발량 128만 m^3 , 용수공급량 4,236만 m^3 , 월류량 6,738만 m^3 이었고 저수량은 관측값과 대체로 일치하는 것으로 나타났다. 한편 저수량 자료에 의해 역으로 추정된 유입량은 921.1mm(69.9%)이었으며, 모의/관측 유출량 값은 94.5%를 보여주고 있다.

또한 가지야마 공식에 의한 월 유출량을 계산하여, DAWAST 모형과 가지야마 공식에 의한 월 유출량 결과를 관측-모의 등가선을 통해 비교하였다(그림6).

이와같이 연도별로 일 유입량을 모의하여 월 단위로 관측값과 비교하였다. 평균하여 비교하면 강우량 1,257.8mm에 732.5mm(58.2%)가 모의되어 관측값 742.4mm(59.0%)와 비슷한 값을 보이고 있다.

결론적으로 유입량 오차를 목적함수로 하지않고 저수량 오차를 목적함수로 시도한 것은 성공적이었다. 저수면증발량도 고려하지 못하면서 구태여 유입량을 계산할 필요없이 직접 모의에 의해 유입량을 계산하는 방법도 시도할 만하다. 더구나 저수지 수위로부터 거꾸로 계산한 유입량 자료는 Oscillation이 심하게 발생되고 있다.

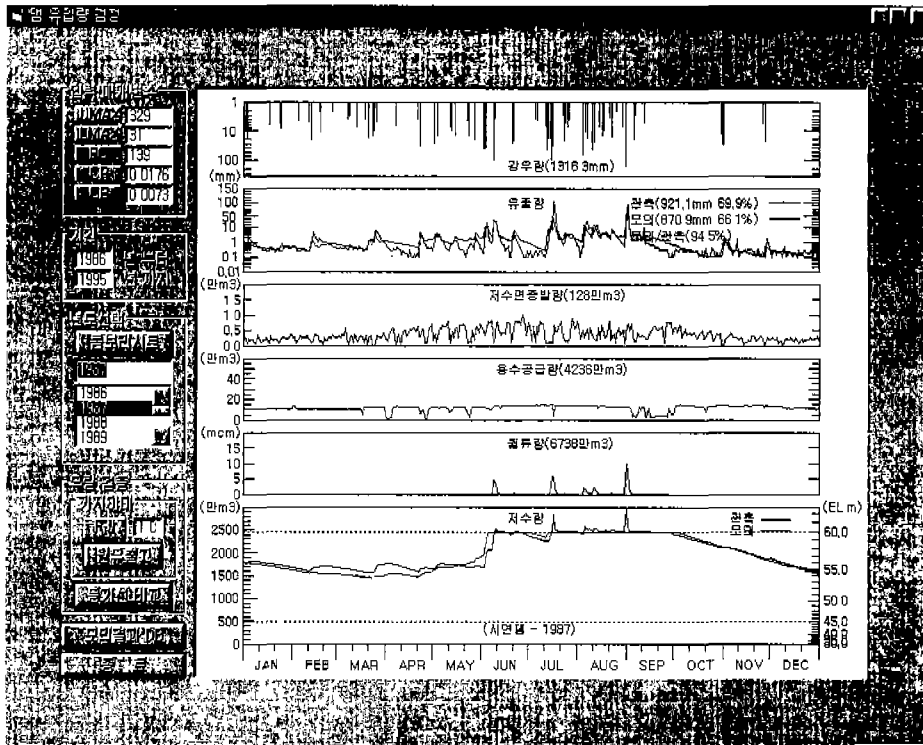


그림 5 저수량 변화 비교 예(검정)

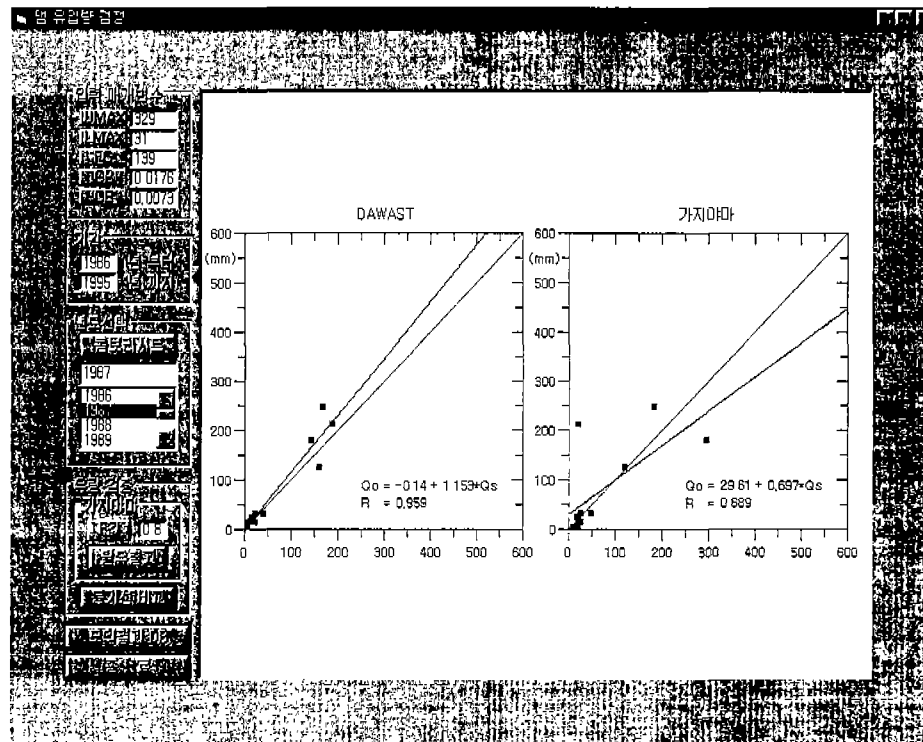


그림 6 가지야마 공식과 등가선 비교(검정)

표 1 DAWAST 일 유출 모형과 가지야마식에 의한 사연댐의 월 유출량 비교

| 년도 | 월 구분 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 계 | 유출률 (%) | Qo-A+B×Qs | | |
|------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------|------------|-----------|-------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | A | B | R |
| 1986 | P | 0.0 | 28.9 | 56.6 | 52.8 | 88.9 | 330.3 | 112.7 | 98.5 | 124.4 | 76.4 | 9.3 | 48.6 | 1027.4 | | | | |
| | OQ | 3.0 | 5.0 | 24.5 | 10.2 | 10.4 | 207.5 | 138.2 | 18.8 | 44.0 | 24.3 | 5.2 | 11.1 | 502.2 | 48.9 | | | |
| | SQd | 3.0 | 4.6 | 10.0 | 10.3 | 8.3 | 189.8 | 97.9 | 24.5 | 69.1 | 44.1 | 9.9 | 10.2 | 481.7 | 46.9 | -2.88 | 1.113 | 0.969 |
| | SQg | 7.7 | 12.6 | 22.8 | 30.2 | 27.3 | 225.9 | 54.5 | 45.2 | 73.7 | 33.3 | 10.6 | 19.6 | 563.4 | 54.8 | -2.94 | 0.954 | 0.888 |
| 1987 | P | 49.0 | 44.7 | 65.8 | 44.2 | 111.6 | 222.4 | 267.3 | 387.3 | 28.0 | 40.2 | 57.8 | 0.0 | 1318.3 | | | | |
| | OQ | 17.9 | 24.9 | 33.7 | 16.1 | 32.4 | 126.2 | 248.0 | 179.8 | 212.7 | 7.3 | 15.4 | 6.5 | 920.9 | 69.9 | | | |
| | SQd | 13.9 | 16.3 | 23.3 | 24.0 | 39.6 | 161.6 | 168.6 | 143.6 | 189.1 | 5.4 | 9.1 | 5.7 | 800.2 | 60.7 | -0.14 | 1.153 | 0.959 |
| | SQg | 19.7 | 18.2 | 26.9 | 26.5 | 47.8 | 120.3 | 182.6 | 294.9 | 20.6 | 20.2 | 23.3 | 10.2 | 811.2 | 61.5 | 29.61 | 0.697 | 0.689 |
| 1988 | P | 26.6 | 9.7 | 77.4 | 63.3 | 89.6 | 160.1 | 303.5 | 123.7 | 91.0 | 4.2 | 0.0 | 7.5 | 956.6 | | | | |
| | OQ | 5.6 | 5.4 | 22.8 | 18.2 | 16.9 | 22.2 | 279.2 | 96.6 | 50.1 | 7.6 | 3.0 | 3.1 | 530.7 | 55.5 | | | |
| | SQd | 4.6 | 4.8 | 8.6 | 21.8 | 34.6 | 55.3 | 224.4 | 63.8 | 58.3 | 10.3 | 3.0 | 3.1 | 494.6 | 51.7 | -6.60 | 1.233 | 0.976 |
| | SQg | 12.1 | 8.6 | 32.8 | 34.7 | 27.7 | 59.8 | 215.9 | 62.2 | 50.6 | 16.6 | 10.2 | 10.4 | 541.6 | 56.6 | -16.52 | 1.346 | 0.977 |
| 1989 | P | 114.2 | 129.1 | 139.8 | 25.2 | 28.8 | 242.3 | 422.7 | 165.4 | 281.6 | 16.5 | 100.5 | 46.7 | 1712.8 | | | | |
| | OQ | 26.0 | 49.2 | 116.5 | 13.5 | 6.2 | 42.8 | 233.2 | 192.6 | 350.4 | 17.7 | 37.1 | 5.6 | 1090.8 | 63.7 | | | |
| | SQd | 49.1 | 66.8 | 110.2 | 40.9 | 8.5 | 95.8 | 310.6 | 107.2 | 209.3 | 19.2 | 40.2 | 22.5 | 1080.3 | 63.1 | -4.70 | 1.062 | 0.850 |
| | SQg | 55.6 | 66.1 | 74.1 | 20.3 | 13.6 | 138.0 | 328.8 | 94.1 | 201.6 | 16.9 | 46.5 | 18.9 | 1074.5 | 62.7 | 8.13 | 0.925 | 0.781 |
| 1990 | P | 33.2 | 110.2 | 61.5 | 147.1 | 140.3 | 323.1 | 191.8 | 101.2 | 139.2 | 11.4 | 40.3 | 0.0 | 1299.3 | | | | |
| | OQ | 4.3 | 79.2 | 29.9 | 113.1 | 48.6 | 208.6 | 271.7 | 28.1 | 48.2 | 15.1 | 9.5 | 5.7 | 862.0 | 66.3 | | | |
| | SQd | 3.0 | 42.4 | 40.7 | 138.8 | 82.2 | 219.3 | 171.5 | 22.2 | 45.2 | 13.3 | 4.3 | 3.6 | 786.5 | 60.5 | 0.64 | 1.086 | 0.919 |
| | SQg | 14.7 | 52.8 | 24.9 | 79.6 | 68.4 | 219.2 | 115.9 | 46.9 | 84.6 | 16.3 | 16.7 | 10.2 | 750.2 | 57.7 | -2.32 | 1.186 | 0.824 |
| 1991 | P | 37.6 | 36.2 | 94.5 | 119.7 | 107.9 | 157.3 | 455.7 | 660.1 | 196.7 | 0.0 | 10.0 | 86.3 | 1962.0 | | | | |
| | OQ | 5.8 | 9.3 | 44.4 | 64.4 | 18.5 | 68.9 | 157.0 | 981.6 | 138.7 | 36.2 | 9.4 | 16.2 | 1550.4 | 79.0 | | | |
| | SQd | 5.7 | 5.5 | 30.8 | 91.2 | 43.8 | 107.7 | 247.2 | 645.7 | 145.6 | 13.9 | 3.4 | 4.9 | 1345.4 | 68.6 | -32.36 | 1.441 | 0.970 |
| | SQg | 15.9 | 15.5 | 42.7 | 59.4 | 45.3 | 57.6 | 360.6 | 560.2 | 132.1 | 17.2 | 10.6 | 37.8 | 1354.9 | 69.1 | -33.05 | 1.437 | 0.900 |
| 1992 | P | 33.9 | 46.3 | 83.4 | 187.8 | 91.2 | 26.1 | 100.5 | 270.8 | 228.0 | 28.3 | 26.5 | 7.2 | 1130.0 | | | | |
| | OQ | 8.9 | 11.4 | 38.2 | 87.5 | 30.7 | 5.5 | 17.7 | 120.4 | 77.0 | 28.0 | 13.6 | 13.5 | 452.4 | 40.0 | | | |
| | SQd | 12.8 | 24.1 | 34.2 | 150.7 | 56.5 | 20.0 | 31.6 | 160.3 | 155.9 | 32.1 | 12.1 | 5.2 | 695.5 | 61.5 | 3.76 | 0.586 | 0.954 |
| | SQg | 14.9 | 18.8 | 36.1 | 112.6 | 28.7 | 7.0 | 46.5 | 185.8 | 156.3 | 18.4 | 13.1 | 10.4 | 648.6 | 57.4 | 6.78 | 0.573 | 0.955 |
| 1993 | P | 42.0 | 76.2 | 57.0 | 19.8 | 121.3 | 220.1 | 274.3 | 537.9 | 34.8 | 64.3 | 79.4 | 22.1 | 1549.2 | | | | |
| | OQ | 16.4 | 35.3 | 28.7 | 7.4 | 40.8 | 84.5 | 233.7 | 573.2 | 24.2 | 12.2 | 12.7 | 7.7 | 1076.8 | 69.5 | | | |
| | SQd | 20.6 | 29.2 | 42.5 | 20.8 | 55.3 | 109.7 | 219.6 | 472.4 | 31.9 | 13.5 | 21.1 | 46.0 | 1082.6 | 69.9 | -21.06 | 1.228 | 0.995 |
| | SQg | 17.3 | 32.2 | 22.9 | 17.8 | 54.5 | 118.3 | 189.0 | 440.5 | 23.1 | 28.3 | 33.9 | 12.2 | 990.0 | 63.9 | -18.90 | 1.317 | 0.993 |
| 1994 | P | 28.2 | 33.4 | 31.8 | 82.4 | 159.3 | 141.4 | 133.4 | 34.1 | 46.9 | 190.7 | 42.2 | 6.5 | 930.3 | | | | |
| | OQ | 5.5 | 10.3 | 9.3 | 18.1 | 65.5 | 31.8 | 36.6 | 25.3 | 5.8 | 33.9 | 10.6 | 5.5 | 258.2 | 27.8 | | | |
| | SQd | 7.4 | 14.9 | 16.3 | 25.9 | 69.2 | 58.0 | 82.0 | 22.9 | 3.0 | 51.6 | 20.2 | 5.7 | 377.1 | 40.5 | 2.90 | 0.593 | 0.877 |
| | SQg | 12.4 | 14.7 | 14.3 | 40.6 | 89.2 | 49.3 | 69.3 | 14.9 | 27.0 | 115.0 | 17.3 | 10.4 | 474.4 | 51.0 | 5.13 | 0.415 | 0.796 |
| 1995 | P | 24.7 | 16.0 | 69.4 | 71.9 | 84.0 | 106.4 | 139.3 | 97.9 | 54.3 | 27.0 | 1.0 | 0.0 | 691.9 | | | | |
| | OQ | 5.8 | 7.3 | 19.5 | 19.1 | 11.4 | 37.1 | 35.8 | 12.7 | 16.6 | 7.2 | 3.6 | 3.2 | 179.3 | 25.9 | | | |
| | SQd | 4.6 | 5.1 | 9.4 | 6.8 | 3.1 | 24.9 | 59.7 | 11.7 | 27.3 | 18.9 | 6.0 | 3.1 | 180.6 | 26.1 | 7.03 | 0.525 | 0.747 |
| | SQg | 11.7 | 9.8 | 28.7 | 40.4 | 24.5 | 24.3 | 73.7 | 44.8 | 30.6 | 18.1 | 10.2 | 10.2 | 327.0 | 47.3 | 3.15 | 0.433 | 0.707 |
| 평균 | P | 38.9 | 53.1 | 73.7 | 81.4 | 102.3 | 192.9 | 240.1 | 247.7 | 122.5 | 45.9 | 36.7 | 22.5 | 1257.8 | | | | |
| | OQ | 9.9 | 23.7 | 36.8 | 36.8 | 28.1 | 83.5 | 165.1 | 222.9 | 96.8 | 18.9 | 12.0 | 7.8 | 742.4 | 59.0 | | | |
| | SQd | 12.5 | 21.4 | 32.6 | 53.1 | 40.1 | 104.2 | 161.3 | 167.6 | 93.5 | 22.2 | 12.9 | 11.0 | 732.5 | 58.2 | -5.34 | 1.002 | 0.922 |
| | SQg | 18.2 | 24.9 | 32.6 | 46.2 | 42.7 | 102.0 | 163.7 | 179.0 | 80.0 | 30.0 | 19.2 | 15.0 | 753.6 | 59.9 | -2.09 | 0.928 | 0.851 |

주: P(강우량), OQ(관측유출량), SQd(DAWAST), SQg(가지야마), Qo(관측), Qs(모의)

DAWAST 모형: UMAX=329, LMAX= 31, FC=139, CP=0.0176, CE=0.0073

가지야마식 : F=0.8

A, B : 등가선 회귀식 계수, R : 상관계수