

저수량 오차를 목적함수로 한 저수지 일 유입량 모의

Simulation of Daily Reservoir Inflow using Objective Function Based on Storage Error

노 재 경*
Noh, Jae Kyoung

Abstract

The objective function of reservoir storage error was suggested to simulate daily reservoir inflow. DAWAST rainfall-runoff model was adopted, and it was coupled with daily reservoir storage balance model to use objective function of reservoir storage error. Using Visual Basic 6.0, coupled model was configured with calibration module, verification module, and validation module. The Sayeon dam with 124.5km² of watershed area was selected, and 5 parameters of DAWAST model, UMAX, LMAX, FC, CP, CE were calibrated. Daily reservoir inflow was simulated with calibrated parameters and reservoir storage was simulated on a daily basis. The simulated results were compared with the monthly results by Gajiyama equation and ten-day results by Tank rainfall-runoff model through equal value lines and hydrographs. DAWAST model showed the best results compared with Gajiyama equation and Tank model. Especially, DAWAST model showed a good agreement in dry periods. New concept using objective function of storage error was believed to be satisfactory and to be applied in estimating reservoir inflow.

I. 서 론

저수지로 유입되는 물은 댐의 효율적인 계획 및 관리 그리고, 이수·치수에 필수적으로 고려해야 할 내용이다. 저수지 계획 및 운영에서 저수지 유입량은 일반적으로 유역수문 모형에 의하여 모의한 값을 사용하고 있다. 저수지 유입량을 모의하고 평가하기 위해서는 유역에서 저수지로의 유입부나 댐의 근처에 설치한 저수위 자료가 필요하

다. 일반적으로 다목적댐 및 용수전용댐의 유입량은 저수지 수위변화와 방류량 및 용수공급량을 고려하고 저수지 물수지 분석에 의해 역산하는 방법을 사용하고 있다. 한편 관개저수지는 규모가 큰 경우만 저수지 수위자료와 방류량, 취수량 자료등을 기록하고 있으며, 그의 유입량은 계산하지 않고 있다.

저수지 유입량을 모의할 경우, 정확한 유입량을 산정하려면 모형의 매개변수가 중요한 결정인자가

* 한국수자원공사 수자원연구소

키워드 : 저수지 유입량 모의, 목적함수, 저수량 오차, 저수량 변화 모의

된다. 저수지 운영자료로부터 획득한 유입량과 모의에 의한 유입량과의 오차를 최소화하여 모형의 매개변수를 결정하는 것이 일반적이지만, 저수지 수위자료가 존재하는 경우에는 유입량을 계산하지 않고 저수위 변화로부터 저수량의 오차를 줄이는 매개변수 결정방법을 도입할 수 있다. 즉, 목적함수로서 유입량 오차를 대상으로 하지 않고 저수량 오차를 대상으로 하면 우리나라의 저수지 관리실태상 저수지 유입량의 적절한 평가방법으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

따라서, 이 연구의 목적은 유입량 오차가 아닌 저수량 오차를 목적함수로 할 경우 저수지 유입량을 제대로 모의할 수 있는지 확인하여, 저수량 오차 목적함수의 적용가능성을 판단하고자 한다.

II. 모형의 선정 및 구성

1. 유출모형의 선정

현재 실무에서 사용하고 있고 우리 나라 기상과 지형 조건을 고려하여 개발된 DAWAST 모형(노, 1991)을 선정하였다. 이 모형은 유역의 토양층을 상부의 불포화 토양층과 하부의 포화 토양층으로 단순화시키고, 유역의 토양수분상태를 상부 토양층의 물수지에 의해 일별로 계산하고 이를 근거로 유출 모의를 하는 일단위의 확정론적 집중형 연속 유출 모형이다. 또한, 매개변수의 수가 5개로 적고, 모형 구조가 단순하지만 유역의 토양수분상태를 일별로 충분히 고려하기 때문에 모의 결과는 양호하다.

모형의 구조는 Fig. 1과 같다. 일 강우량과 일 증발량을 입력하고 유역증발산 변화와 불포화 토양층, 포화 토양층의 토양수분 변화에 따라 직접 유출과 기저유출로 나타나는 유출이 더하여 수문 곡선으로 나타난다.

DAWAST 모형은 강우시와 무강우시로 구분하여 일 단위의 연속유출량을 모의한다. 강우시에는 직접 유출량과 기저 유출량을, 무강우시에는 기저

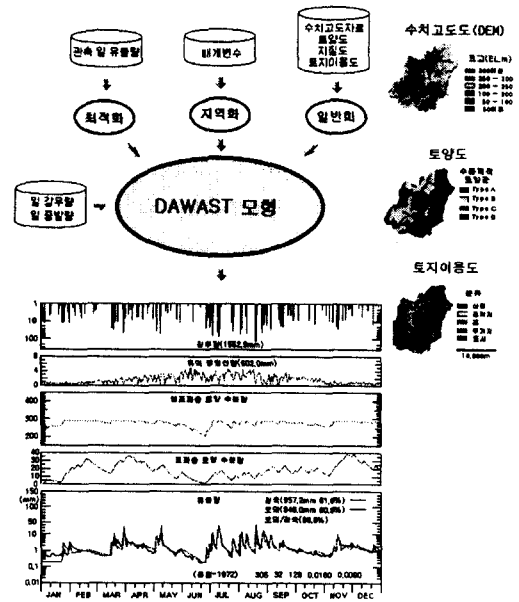


Fig. 1. Configuration of DAWAST model

유출량을 계산하여 총 유출량을 모의 발생 시작일 부터 종료일까지 수십년 동안 연속적으로 계산할 수 있게 구성되어 있다(Fig. 2).

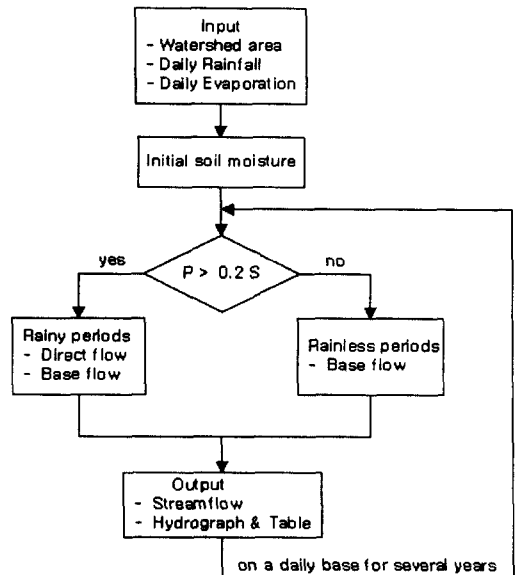


Fig. 2. Flow diagram of DAWAST model

모형의 매개변수는 Table 1과 같이 UMAX, LMAX, FC, CP, CE 등 5개의 물수지 매개변수와 Ui, k1, k2 등 3개의 추적 매개변수로 되어 있다.

매개변수 보정에서 물수지 매개변수는 제약조건 없는 Simplex 기법(Nelder 등, 1965)을, 직접 유출량의 일 배분의 추적 매개변수는 제약조건 있는 Flexible Tolerance 기법(Himmelblau, 1972)을 사용하는 것으로 되어 있다. 여기서는 추적 매개변수는 고정시키고, 물수지 매개변수만 국한하였다.

Table 1. Parameters of DAWAST model

Classification	Name of parameter	Description	Unit
water balance	UMAX	maximum unsaturated soil water storage	mm
	LMAX	maximum of saturated soil water storage	mm
	FC	field capacity	mm
	CP	coefficient of deep percolation	-
	CE	coefficient of watershed evapotranspiration	-
routing	Ui	daily distribution ratio of direct runoff	-
	k1	recession constant in unsaturated soil	-
	k2	recession constant in saturated soil	-

2. 저수지 유입량 모형의 구성

가. 저수량 오차의 목적함수

저수량 오차의 목적함수를 나타내면 식(1), 식(2)와 같으며, 경우에 따라 두 가지 식을 선택하여 사용하도록 하였다.

$$\text{Min } S_e = \Sigma (S_o - S_s) \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Min } S_e = \Sigma (S_o - S_s)^2 \dots\dots\dots(2)$$

여기서, S_e 는 저수량 오차, S_o 는 관측저수량, S_s 는 모의저수량이다.

저수지의 저수량 변화를 나타내면 식(3)과 같으며, 저수량은 사수량과 만수량 사이에서 변화하는 것으로 하였다. 또한, 만수위를 초과하는 저수량은 월류량으로, 사수위 이하의 저수량은 사수량으로 간주하였다. 저수지 유입량은 DAWAST 모형에 의해 모의한 값을 사용하며, 여기서 저수량의 오

차가 최소가 되는 모형의 매개변수를 선택한다.

$$S_s(t+1) = S_s(t) + I(t) - E(t) - D(t) - O(t),$$

사수량<저수량<만수량(3)

여기서, I는 저수지 유입량, E는 저수면증발량, D는 용수공급량, O는 방류량, t는 시간(일)이다.

나. 저수지 유입량 모형의 구성

저수량 오차를 목적함수로 하기 위해서는 식(3)의 저수량 변화를 모의해야 한다. 여기서, 저수량은 표고별 저수량 자료에 관측수위를 적용하여 구하고, 유입량은 DAWAST 모형에 의하고, 저수면 증발량은 표고별 저수면적 자료에 관측수위를 적용하여 구한 저수면적에 계기증발량, 증발계수(0.7)를 곱하여 구하고, 용수공급량, 방류량은 관측값을 사용한다.

저수량 오차를 목적함수로 하여 저수지 유입량 모의를 위한 매개변수를 결정하기 위해 DAWAST 모형과 저수량 변화 모의모형을 병합하였다. 즉, DAWAST 모형의 목적함수에서 모의저수량은 저수량 변화모의에 의해 구하는 것으로 하였다. 이와같이 새롭게 구성한 것을 저수지 유입량 모형이라고 하였다. 그 구성은 보정모듈, 검정모듈, 확인모듈로 이루어졌으며, 각각의 모듈은 모두 비주얼 베이직 V.6.0으로 작성하였고 각각 Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5와 같다.

보정 모듈에서는 원하는 연도별(여러해도 가능)로 매개변수를 결정하고, 결정된 매개변수로 저수지 유입량 모의 및 저수량 변화 모의과정을 보여주고, 전체연도의 모의결과를 보여주고 있다. 검정 모듈에서는 보정 모듈에서 연도별로 다양하게 나타난 매개변수를 종합하여 결정한 매개변수로 전체연도에 대해 모의한 결과를 판별하는 것으로 하였다. 확인모듈에서는 저수량 오차의 목적함수를 사용하여 결정한 매개변수로 모의한 결과를 가지야마 공식과 탱크모형에 의해 모의한 결과와 수문곡선, 등가선 등을 통해 비교, 확인하는 것으로 하였다.

저수량 오차를 목적함수로 한 저수지 일 유입량 모의

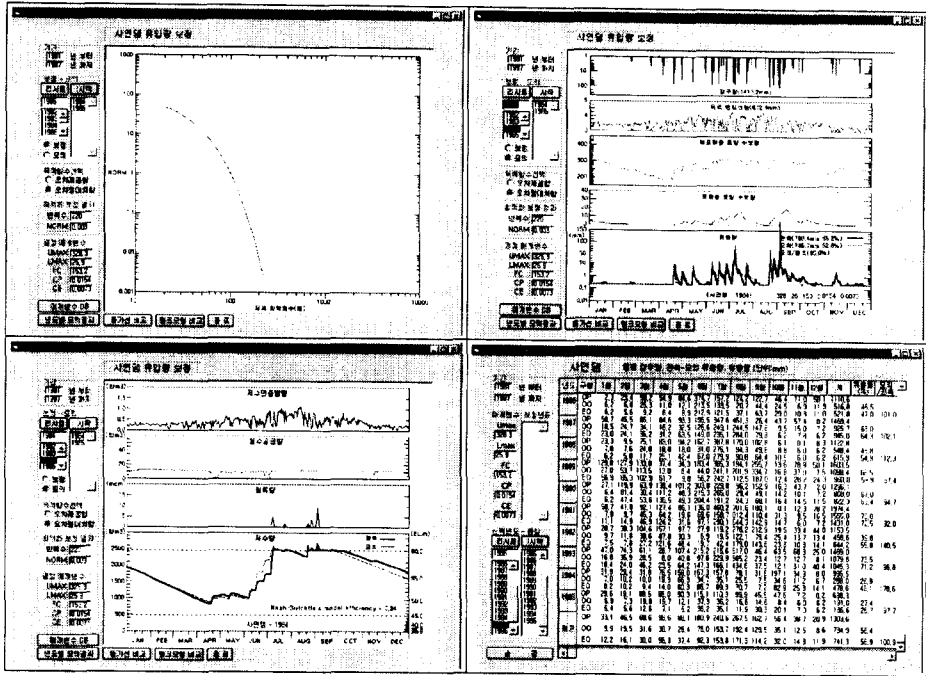


Fig. 3. Calibration module of reservoir inflow model

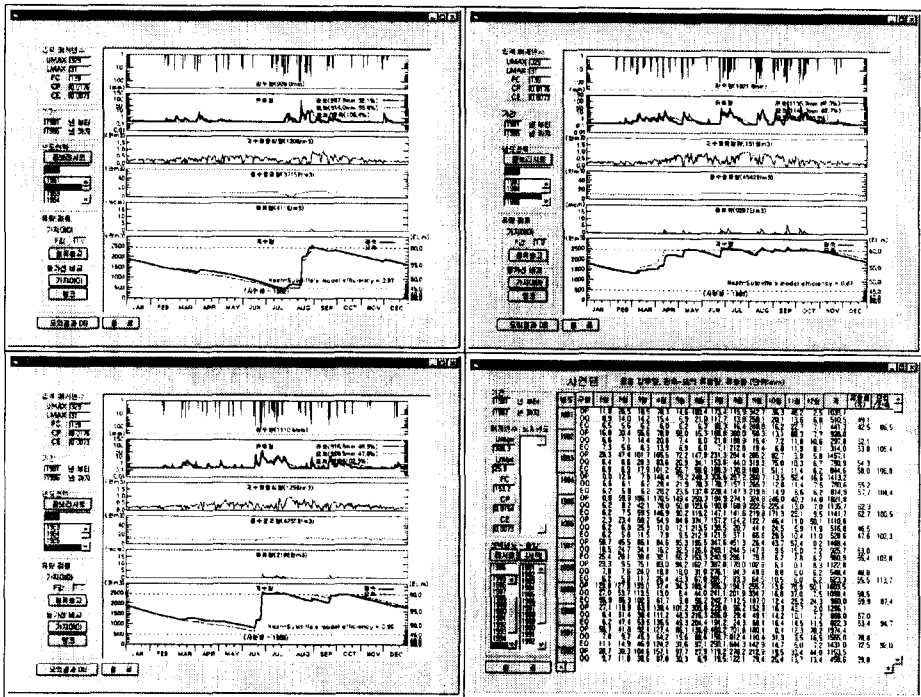


Fig. 4. Verification module of reservoir inflow model

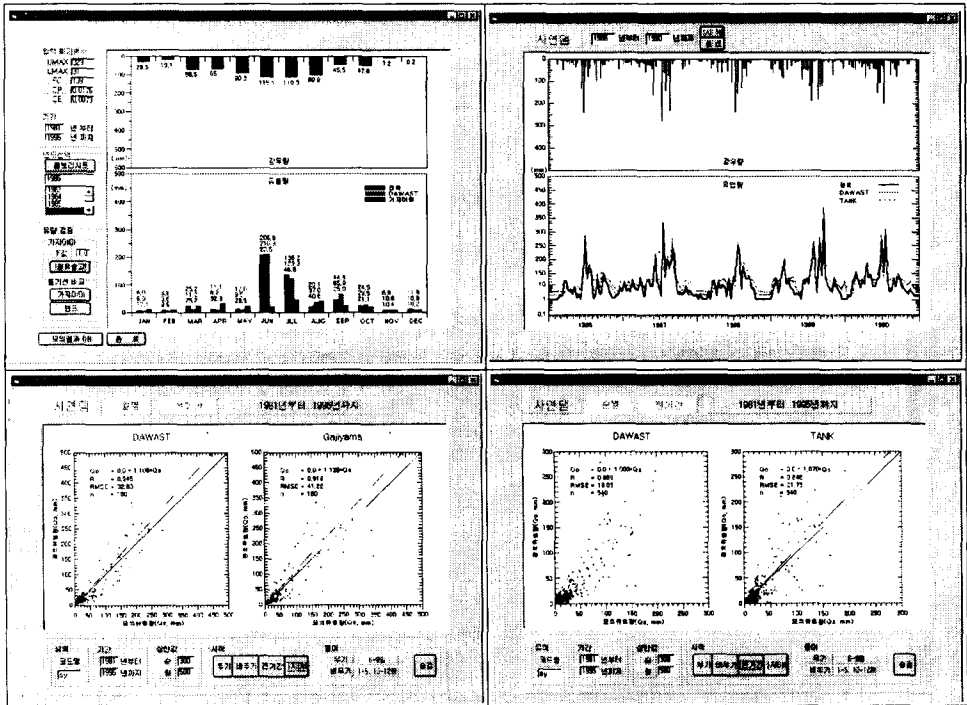


Fig. 5. Validation module of reservoir inflow model

다. 모형의 입·출력

저수량 오차를 목적함수로 하여 저수지 일 유입량 모의를 위한 매개변수 결정하는 입력자료로서 일 강수량, 일 증발량, 일 저수위, 일별 용수공급량 및 방류량, 그리고 표고별 저수면적, 저수량 자료 등이 필요하다. 출력자료는 결정된 매개변수를 비롯하여 저수지 유입량 및 저수량 모의 결과를 그래픽과 텍스트 형태로 다양하게 나타내었다.

Ⅲ. 모형의 적용결과 및 고찰

1. 대상 유역

유역면적 124.5km²인 사연댐에 적용하였다. 여기에 1996년에 완공한 유역면적 7.9km²의 농업용 저수지인 미호지와 현재 건설중인 유역면적 57.6km²의 대곡댐을 나타내면 Fig. 6과 같다.

사연댐은 형산강의 지류인 대곡천에 위치하고 있



Fig. 6. Watershed of Sayeon dam

다. 유역은 고현산(EL.1032.8m), 백운산(EL.880.0m),

천마산(EL.611.3m), 치솔령(EL.765.4m), 국추봉(EL.600.0m) 등 비교적 높은 산으로 둘러싸여 있다. 울산에 농업용수를 공급하기 위해 순수 우리 기술진에 의해 1965년에 준공된 댐으로 만수위 EL.60.0m, 사수위 EL.45.0m, 저수량 2500만³, 유효저수량 2000만³, 용수공급량 110,000³/일이다. 내용적 곡선은 Fig. 7과 같다.

현재 울산에 생활용수 공급을 위해 상류에 대곡댐을 건설하고 있으며, 대곡-사연댐 연계운영에 의한 용수공급능력을 분석하는데 댐 유입량을 정확하게 추정하기 위해 여기서 제시한 저수량 오차의 목적함수를 적용하였다.

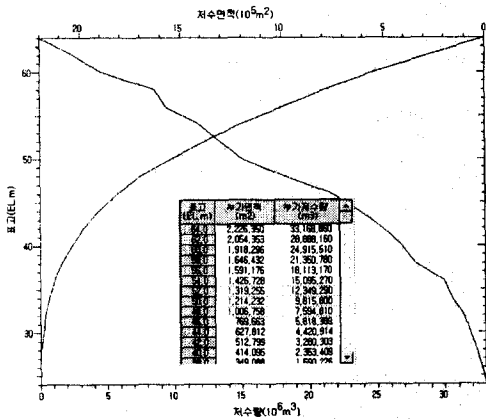


Fig. 7. Elevation to water surface area and storage capacity of Sayeon dam

2. 모형의 보정

사연댐의 저수지 내용적 자료와 저수위, 용수공급량, 방류량, 강우량, 증발량 자료를 이용하여 1981년부터 1997년까지 Simplex 기법에 의해 DAWAST 모형의 매개변수를 보정하였다. Fig. 8은 1985년의 예이며, 매개변수는 UMAX 304mm, LMAX 24mm, FC 140mm, CP 0.0183, CE 0.0068로 각각 결정되었다. 강우량 1821.8mm에 관측유출량 1135.5mm(저수량변화로부터 역산한 것이며, 저수면 증발량을 고려하지 않음), 모의유출량 1059.2mm로서 모의/관측 유출량 비율은 93.3%로

나타났으며, 저수량 변화 모의결과를 식(4)의 Nash-Sutcliffe(Nash and Sutcliffe, 1970)의 모형 효율로 나타내면 0.93으로서 비교적 양호한 결과를 보여주었다.

$$F^2 = \frac{(\sum(\bar{S}_o - S_o)^2 - \sum(S_c - S_o^2)) / (\sum(\bar{S}_o - S_o)^2)}{\dots} \quad (4)$$

여기서, S_o 는 저수량 관측값, \bar{S}_o 는 관측값의 평균, S_c 는 모의값이다. 모의값과 관측값이 완전히 일치하면 F^2 는 1.0이다.

Fig. 8과 같은 방법으로 1981~1997년 전기간에 대해 연도별로 DAWAST 모형의 매개변수를 결

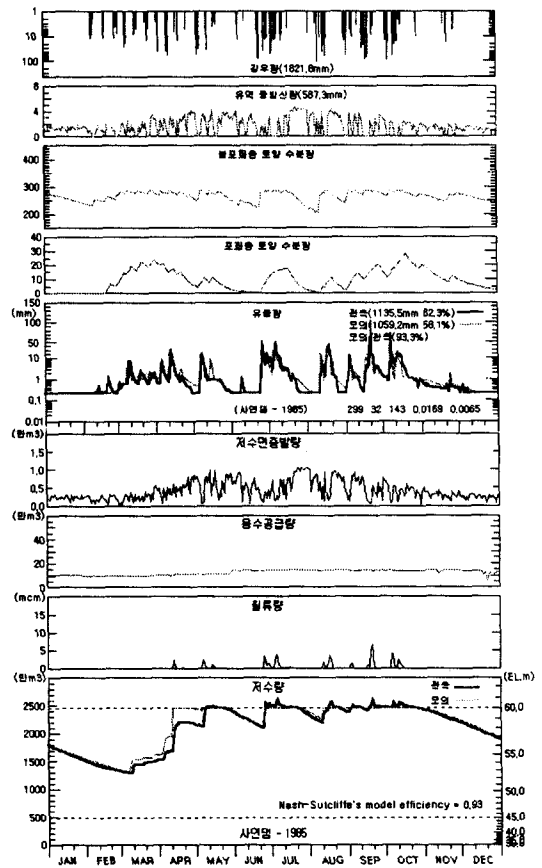


Fig. 8. Example of calibrating DAWAST model

정하고 관측 대 모의 오차가 큰 연도를 삭제하고 나머지 연도의 매개변수를 평균한 것을 매개변수로 정하였다(Fig. 9). 매개변수는 UMAX 329mm, LMAX 31mm, FC 139mm, CP 0.0176, CE 0.0073로 각각 결정되었으며, 이 기간동안 연평균하여 강우량 1322.9mm, 관측 유입량 802.3mm, 모의 유입량 801.6mm으로 관측유출률 60.7%, 모의 유출률 60.6%, 모의/관측 비율 99.9%로 아주 양호하였다.

연도	UMAX	LMAX	FC	CP	CE	강우량 (mm)	관측 유입량 (mm)	모의 유입량 (mm)	관측 유출량 (%)	모의 유출량 (%)	모의/ 관측
1981	370.0	35.0	143.0	0.0191	0.0069	1000.9	502.8	481.6	50.2	48.1	95.8
1982											
1983	296.0	35.0	139.0	0.0178	0.0064	1336.8	782.2	780.3	58.4	58.3	99.7
1984	307.0	24.0	142.0	0.0217	0.0064	1376.8	768.0	752.1	55.8	57.5	103.1
1985	297.0	38.0	125.0	0.0144	0.0074	1733.6	1124.4	1130.2	64.9	65.7	101.3
1986	361.0	34.0	142.0	0.0146	0.0073	1016.0	502.3	483.4	49.4	47.6	96.2
1987	222.0	29.0	122.0	0.0184	0.0066	1306.5	921.1	894.4	70.5	68.5	97.1
1988	311.0	25.0	146.0	0.0199	0.0074	944.3	530.8	504.3	56.2	53.4	95.0
1989	345.0	36.0	137.0	0.0149	0.0073	1690.7	1091.1	1087.4	64.2	64.0	99.7
1990	333.0	25.0	120.0	0.0160	0.0065	1290.3	862.1	876.7	66.8	68.1	101.9
1991	353.0	36.0	127.0	0.0203	0.0081	1943.5	1550.7	1482.8	79.8	76.3	95.6
1992											
1993	307.0	34.0	132.0	0.0197	0.0079	1540.0	1072.1	1127.6	69.9	73.2	104.7
1994											
1995	373.0	16.0	169.0	0.0141	0.0070	682.7	179.2	172.4	26.3	25.3	96.2
1996											
1997	312.0	37.0	165.0	0.0182	0.0079	1325.0	537.6	596.7	40.6	45.0	111.0
1998	329.0	31.4	138.2	0.0176	0.0073	1322.9	802.3	801.6	60.6	60.6	99.9
계						1322.9	802.3	801.6	60.6	60.6	99.9

Fig. 9. Calibrated parameters of DAWAST model

2. 모형의 검증

1986~1995년에 적용하여 저수량 변화를 비교하는 방법으로 저수량 오차를 목적함수로 한 방법의 적합성을 판단하였다. Fig. 10은 저수량 변화를 비교하여 저수량 오차 목적함수의 적합성을 나타내는 일 유입량 점정 모듈이다. 예로서 1986년의 경우이며, 유역에 비가 내려 댐으로 유입되고 저수면 증발이 일어나고 용수공급에 따라 저수량이 변화하는 것을 나타낸 것이다. 1110.6mm의 비가 내려 524.7mm(47.2%)가 사연뎀으로 유입되고, 저수면 증발량 125만³, 용수공급량 4,255만³, 월류량 2,145만³이 발생하였고, 저수량 변화의 Nash-Sutcliffe 모형효율은 0.95로서 관측값과 대체로 잘 일치하였다. 저수량 변화로부터 역산한 유입량(저

수면 증발 미고려)은 516.8mm(46.5%)이었으며, 모의/관측 유출률 값은 101.5%로 나타났다.

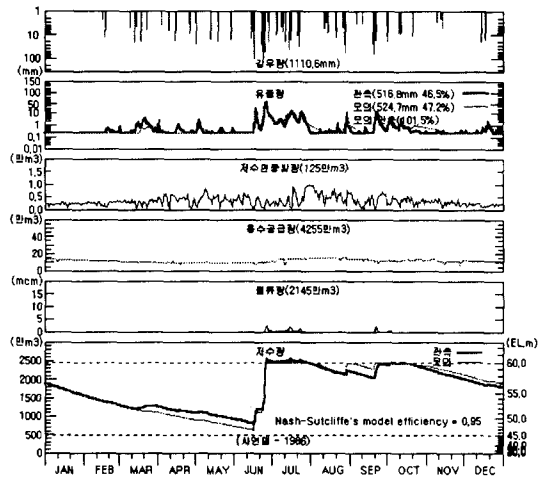


Fig. 10. Example of verifying DAWAST model

연도별로 일 유입량을 모의하여 관측값과 비교하면 평균하여 강우량 1,257.8mm에 732.5mm (58.2%)가 모의되어 관측값 742.4mm(59.0%)와 비슷한 값을 나타내었다.

결정된 매개변수로 전기간에 대해 똑같이 적용하여 모의된 결과를 보고 만족할 만한 수준에 도달했는지 반드시 점검해야 하며, 만족할 수준에 도달할 때 까지 반복 수행하여야 한다.

3. 가지야마 공식과 탱크 모형 결과와의 비교

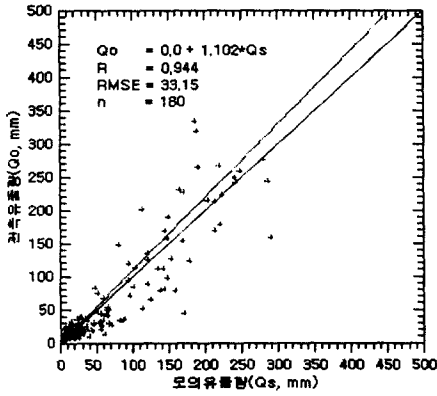
DAWAST 모형에 의한 모의 결과를 가지야마 공식에 의한 결과, 탱크 모형에 의한 결과와 관측-모의 등가선(Fig. 11)과 수문곡선(Fig. 13)을 통해 월별로 비교하였다. 또한 탱크 모형에 의한 결과와 순별로도 비교하였다(Fig. 12, Fig. 14). 1981~1995년 동안 모의 결과를 월별로 수치로 나타내면 Table 2와 같다.

등가선에서 보면 월별이든 순별이든 모두 양호한 결과를 얻었다. 수문곡선에서 보면 가지야마 공식에 의한 결과와 탱크 모형에 의한 결과가 DAWAST 모형에 의한 결과 보다 갈수기에서 관

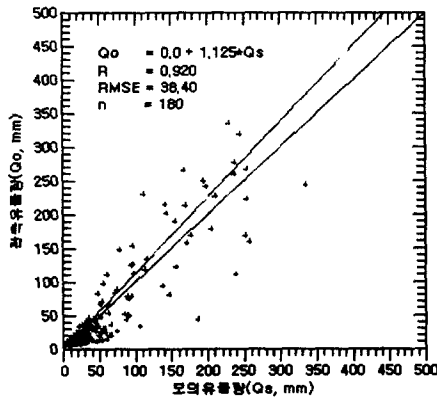
측유량과 차이가 나는 것으로 나타났다. Table 2의 평균값을 보면 강우량 1280.8mm에 관측 유출

량 735.0mm(57.4%), DAWAST 모형에 의한 유출량 748.9mm(58.5%), 가지야마 공식에 의한 유출량 720.1mm(56.2%), 탱크 모형에 의한 유출량 771.3mm(60.2%)를 나타내 탱크 모형에 의한 값이 약간 높게 나타났다.

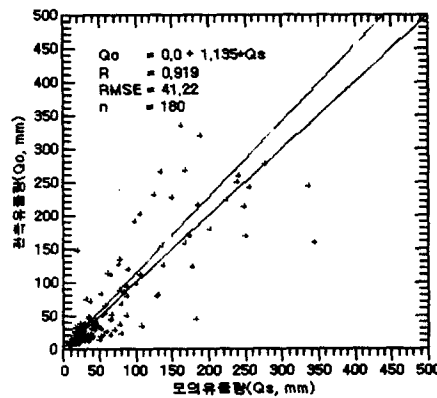
갈수기 유입량이 높다는 의미는 유량이 모두 용수공급 가능량으로 되기 때문에 같은 규모의 댐으로부터 용수공급량이 많거나, 소용 용수공급을 위해 댐 규모를 작게 해도 된다는 뜻이다. 이와같이



(a) Case of DAWAST's

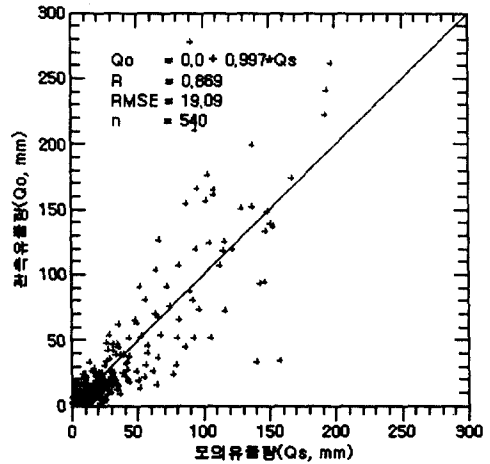


(b) Case of TANK's

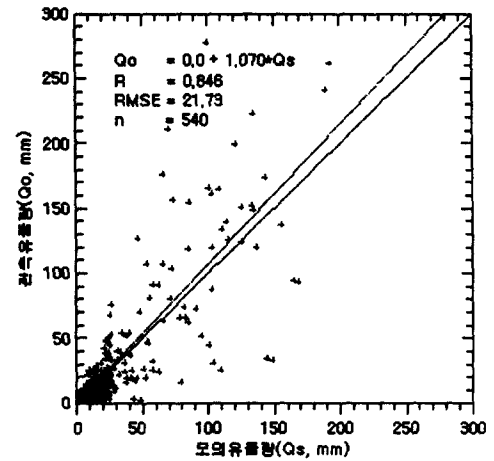


(c) Case of Gajiyama's

Fig. 11. Monthly comparison through equal value line



(a) Case of DAWAST's



(b) Case of TANK's

Fig. 12. Ten-day comparison through equal value line

Table 2. Monthly comparison among three model's results

year	구분	월												계	유출률 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1981	P	29.6	19.1	68.5	65.0	90.3	115.1	110.3	99.9	45.5	47.6	7.2	0.2	698.3	73.1
	OO	8.9	14.0	14.2	15.4	6.9	21.0	117.7	13.8	258.1	20.1	13.6	6.8		
	SQd	6.5	5.6	6.2	6.0	6.2	6.3	93.3	16.4	248.8	16.2	22.7	7.1		
	SQT	9.2	11.5	11.3	36.5	10.9	65.2	89.9	50.0	241.0	18.1	17.2	10.2		
1982	P	16.8	30.4	55.6	70.8	58.0	15.3	160.8	360.0	50.3	13.1	89.3	7.7	928.0	32.1
	OO	6.6	7.1	14.4	20.6	7.4	6.0	21.8	168.9	15.4	7.2	11.8	10.6		
	SQd	7.3	5.6	6.3	13.9	8.9	6.0	7.1	212.8	19.4	6.8	11.9	8.1		
	SQT	9.6	13.3	20.3	36.7	17.5	7.0	80.5	250.9	27.3	16.4	34.9	10.4		
1983	P	29.3	47.4	101.7	165.5	72.2	147.9	231.3	284.4	285.2	82.7	3.9	5.8	1457.1	54.3
	OO	6.4	8.6	28.3	83.6	20.9	34.1	153.6	44.0	319.3	75.0	10.3	6.7		
	SQd	6.9	6.9	17.9	106.2	59.8	55.0	165.3	172.5	190.7	51.4	11.4	6.2		
	SQT	12.0	17.6	41.6	84.0	20.8	45.2	136.4	182.3	189.1	31.6	10.3	10.3		
1984	P	0.0	12.6	7.8	148.4	79.2	248.3	306.6	267.2	260.7	13.5	52.4	16.6	1413.2	55.2
	OO	6.6	6.1	6.2	28.4	21.9	78.3	178.7	157.1	265.7	12.8	11.4	7.5		
	SQd	6.2	5.8	6.2	24.2	43.3	145.6	224.1	150.7	223.6	16.9	6.8	6.2		
	SQT	7.7	9.2	10.4	71.5	23.9	128.9	202.2	167.2	167.5	16.4	19.2	11.1		
1985	P	0.8	59.9	106.1	170.5	149.4	250.3	184.9	274.1	324.8	246.0	40.3	14.8	1821.8	62.3
	OO	6.2	8.2	42.1	78.0	50.8	123.6	190.0	168.9	222.6	225.4	13.0	7.0		
	SQd	6.2	6.9	58.1	134.1	83.3	119.5	147.0	141.3	219.2	169.5	22.7	9.5		
	SQT	8.2	21.8	44.2	87.7	66.3	137.6	98.8	173.3	224.6	148.9	15.6	10.9		
1986	P	2.3	23.4	59.2	54.9	84.6	374.7	157.2	124.2	122.7	46.4	11.0	50.1	1110.6	46.5
	OO	6.2	6.8	25.3	11.0	12.1	213.5	133.5	20.7	44.4	24.5	6.9	11.9		
	SQd	6.2	5.6	9.2	6.4	8.9	212.9	121.5	37.1	63.7	29.0	10.3	11.0		
	SQT	8.2	11.0	21.5	29.0	20.6	249.5	77.8	55.2	65.3	20.8	10.6	18.4		
1987	P	58.7	45.5	65.1	84.6	93.3	195.5	347.6	451.3	26.4	43.7	57.4	0.2	1469.4	63.0
	OO	18.5	24.7	34.1	16.2	32.5	126.6	249.1	244.5	147.8	9.5	15.0	7.2		
	SQd	23.0	24.1	35.2	31.2	63.5	149.0	235.1	284.0	79.8	6.2	7.8	6.2		
	SQT	21.4	17.0	23.8	37.5	25.0	77.1	239.5	336.6	19.7	20.0	20.9	10.2		
1988	P	23.3	9.5	75.1	83.0	94.2	162.7	387.8	170.0	102.8	6.1	0.1	8.3	1122.8	48.8
	OO	7.8	7.6	24.0	18.8	18.0	31.0	276.1	94.3	49.8	8.8	6.0	6.2		
	SQd	6.2	5.8	11.7	25.1	42.4	67.0	279.9	90.8	64.4	10.5	6.0	6.2		
	SQT	11.0	8.5	28.1	36.8	25.5	51.9	276.8	87.3	53.3	16.6	10.2	10.4		
1989	P	9.6	9.3	22.2	30.9	37.7	33.3	237.4	138.6	90.8	21.9	9.5	9.3	1603.5	68.5
	OO	129.8	127.9	133.0	37.4	34.3	183.4	365.3	194.1	255.7	13.6	78.9	50.1		
	SQd	27.0	53.7	113.5	13.0	8.4	44.0	241.1	201.9	334.7	16.8	37.0	7.5		
	SQT	56.9	65.3	102.9	61.7	9.8	56.2	242.7	112.5	187.0	12.4	28.2	24.3		
1990	P	58.8	57.6	60.9	23.3	11.7	67.6	255.9	106.0	163.3	16.4	29.8	18.4	1098.4	59.9
	OO	44.2	62.6	99.4	32.0	10.4	41.3	199.0	144.0	229.5	36.7	47.1	25.5		
	SQd	27.1	119.9	63.9	139.4	101.2	303.8	229.8	96.2	152.9	16.3	43.7	2.0		
	SQT	6.4	81.4	30.4	111.2	48.3	215.3	265.0	29.4	49.1	14.2	10.1	7.2		
1991	P	6.2	47.4	53.6	135.5	49.3	204.4	191.2	24.3	68.1	16.4	14.5	11.5	1296.1	67.0
	OO	11.6	52.5	23.3	65.3	35.4	184.7	135.2	38.6	86.7	16.7	16.5	10.2		
	SQd	18.1	47.7	41.9	61.3	52.3	142.7	167.8	58.3	89.1	38.2	27.8	10.9		
	SQT	58.7	41.8	92.1	127.4	86.1	136.0	460.2	701.6	180.1	0.1	12.3	78.2		
1992	P	11.1	14.9	46.9	124.2	31.6	97.1	290.1	644.3	142.9	14.7	6.0	7.2	1555.0	78.8
	OO	21.4	16.0	36.4	57.3	21.3	37.0	345.0	578.6	107.0	16.5	10.7	29.5		
	SQd	13.7	21.2	34.2	62.4	33.0	52.9	257.3	514.3	239.3	46.0	12.4	24.6		
	SQT	28.7	30.3	104.6	157.1	97.7	27.9	119.2	278.2	212.9	19.5	33.4	44.0		
1993	P	9.7	11.8	38.6	87.8	30.3	6.9	19.5	122.1	79.4	25.4	13.7	13.4	1153.5	39.8
	OO	7.5	7.8	27.2	121.6	46.4	19.7	42.4	179.0	143.8	23.8	10.8	14.1		
	SQd	11.9	13.3	43.3	77.8	27.4	6.8	52.0	176.9	130.2	17.1	13.9	16.6		
	SQT	29.8	16.5	35.9	74.3	55.5	11.4	32.3	157.2	147.9	55.7	28.7	27.0		
1994	P	47.0	74.3	61.1	26.7	107.4	215.2	216.6	517.0	46.4	63.5	68.8	25.0	1469.0	73.5
	OO	16.8	35.9	28.5	8.0	40.8	97.6	229.9	565.2	23.4	12.7	12.7	8.1		
	SQd	18.4	24.0	46.2	23.5	64.2	147.3	166.1	434.6	37.5	12.1	31.0	40.4		
	SQT	17.4	27.7	22.2	20.1	38.9	101.0	124.2	399.4	25.3	25.3	25.3	12.3		
1995	P	26.7	29.6	31.0	10.6	32.5	55.2	112.6	432.2	59.4	31.8	50.6	31.1	903.3	61.5
	OO	31.9	29.4	31.8	78.5	159.0	157.3	157.8	78.1	31.6	197.1	34.9	8.0		
	SQd	7.0	10.2	10.0	19.3	66.3	34.7	35.1	25.5	7.5	34.6	11.2	6.7		
	SQT	8.2	10.2	9.4	14.0	60.3	86.7	89.3	70.7	7.2	82.9	25.8	14.1		
평균	P	13.6	12.1	13.6	40.2	79.2	48.0	78.3	29.4	21.5	108.3	14.2	10.4	1280.8	57.4
	OO	12.8	13.5	13.1	22.0	51.7	47.2	66.7	74.1	25.3	106.5	45.8	18.7		
	SQd	9.9	19.5	31.6	39.7	26.4	76.0	153.7	192.4	129.5	35.1	12.5	8.6		
	SQT	15.6	19.9	28.4	49.1	29.9	82.1	149.3	178.2	103.1	34.0	17.3	13.3		
1995	P	16.6	20.0	29.3	38.7	35.6	63.2	134.0	186.0	142.2	57.7	29.5	18.4	771.3	60.2
	OO	29.6	19.1	68.5	65.0	90.3	115.1	110.3	99.9	45.5	47.6	7.2	0.2		
	SQd	6.9	7.3	19.8	19.7	12.1	37.3	36.2	16.6	14.6	8.4	6.0	6.2		
	SQT	6.4	5.6	12.6	7.1	6.2	38.2	35.1	11.9	30.3	20.1	7.0	6.2		

전체 유출량, 유출률이 잘 일치되더라도 갈수기 유량에 차이가 날 수 있으며, 갈수기 유량은 거의 전체가 용수로 활용되어 설계에 직접 반영되는 것이 때문에 세심한 주의가 필요하다.

저수량 오차를 목적함수로 하여 저수지 일 유입량 모의를 위해 DAWAST 모형의 매개변수를 결정하였다. 모의한 결과를 가지야마 공식과 탱크모형의 결과와 관측-모의 등가선, 수문곡선 등을 통해 비교한 결과 양호하게 나타났다. 따라서, 저

수량 오차의 목적함수를 새롭게 도입한 것은 성공적이었다. 똑같은 개념을 홍수 모형에도 적용할 수 있을 것으로 생각하며, 여기서 제시한 방법을 다른 저수지에도 그대로 적용할 수 있을 것이다.

Table 2에서 P는 강우량, OQ는 관측유출량, SQd는 DAWAST 모형에 의한 모의유출량, SQg는 가지야마 공식에 의한 유출량, SQt는 탱크모형에 의한 유출량으로 설계서에 나타난 값이다. 또한, DAWAST 모형의 매개변수는 UMAX 329mm, LMAX 31mm, FC 139mm, CP 0.0176, CE 0.0073, 가지야마 식의 f 값은 1.0으로 하였다.

IV. 결 론

저수량 유입량 모의를 위한 매개변수 추정에서 목적함수로서 유입량 오차가 아닌 저수량 오차를 처음으로 사용하여 그 적용성을 판단하였다. DAWAST 모형을 선택하였으며, 목적함수로서 저수량 오차를 사용하기 위해 저수량 변화 모의 모형을 DAWAST 모형과 병합하였다. 병합한 모형은 비주얼베이직을 이용하여 보정모들, 검정모들, 확인모들로 새롭게 구성하였다.

유역면적 124.5km²인 사연댐에 대해 적용하였다. 보정모들에서는 연도별로 매개변수를 결정하여 그래피클을 통해 유입량 모의와 저수량 변화 모의 과정을 상세히 살펴보고, 검정모들에서는 보정모들에서 결정한 매개변수로 전체기간에 대해 모의하여 결과를 검정하였고, 확인모들에서는 가지야마 공식과 탱크모형에 의한 결과와 비교, 확인하는 과정을 거쳐 새로운 목적함수의 적용성을 입증하였다.

여기서 제시한 저수지 일 유입량 모의에 저수량 오차의 목적함수를 사용하는 방법은 홍수 모형에도 똑같이 적용할 수 있을 것으로 생각한다. 아울러 다른 저수지에도 그대로 적용할 수 있을 것이며, 대부분의 관개저수지에서 유입량을 계산하여 자료관리를 하지 않고 있는 상황을 고려할 때 여기서 제시한 방법은 적용 가능성이 높다고 생각한다.

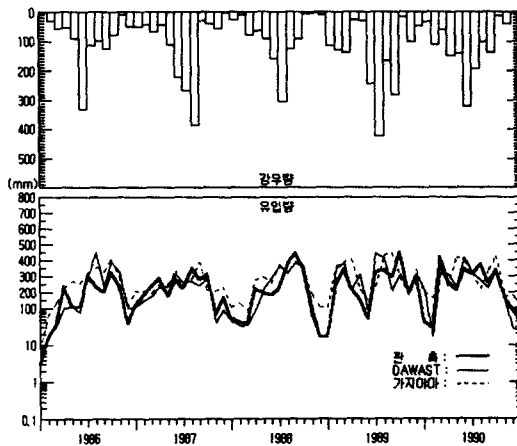


Fig. 13. Monthly comparison of DAWAST model's and Gajiyama's results

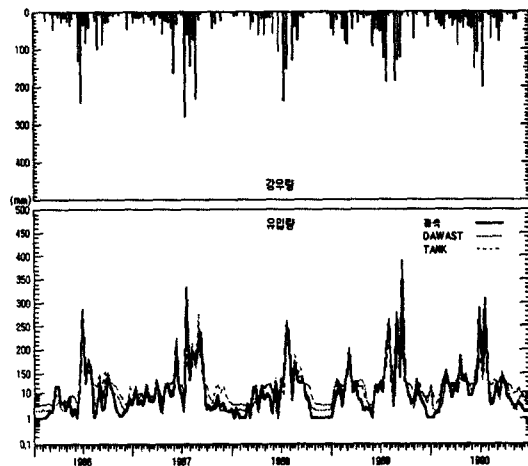


Fig. 14. Ten-day comparison of DAWAST model's and tank model's results

참 고 문 헌

1. 한국수자원공사, 1996, 울산권 광역상수도 사업 타당성조사 및 기본계획보고서.
2. 농수산부·농업진흥공사, 1975, 이수량 공식 보완 시범사업 보고서(종합편).
3. 노재경, 1991, 토양수분저류에 의한 일 유출량 유역 모형, 서울대학교 박사학위논문.
4. 정하우, 박상현, 이남호, 김성준, 최진용, 박기욱, 2000, 관개배수 전산모형, 도서출판 성균사.
5. 菅原正己, 1978, 유출해석법, 共立出版(株).
6. Call, U. and J. Olds, 1987, A parameter estimation model for ungaged streamflows, J. of Hydrology 92, pp. 245-262.
7. Diskin, M. H. and E. Simon, 1977, A procedure for the selection of objective functions for hydrologic simulation models, J. of Hydrology 34, pp. 129-149.
8. Himmelblau, D. M., 1972, Applied nonlinear programming, McGraw-Hill, pp. 148-157.
9. Ibbitt, R. P. and T. O'Donnell, 1971, Fitting methods for conceptual catchment models, J. of the Hyd. Div., Proc. ASCE, 97(HY9), pp. 1331-1342.
10. Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe, 1970, River flow forecasting through conceptual models, I. A discussion of principles, J. of Hydrology 10, pp. 282-290.
11. Nelder, J. A. and R. Mead, 1965, A simplex method for functional minimization, The Computer Journal 9, pp. 308-313.