

**ESP와 RDAPS 수치예보를 이용한 장기유량예측****Long-term Streamflow Prediction Using ESP and RDAPS Model**

이 상 진\* / 정 창 삼\*\* / 김 주 철\*\*\* / 황 만 하\*\*\*\*

Lee, Sang Jin / Jeong, Chang Sam / Kim, Joo Cheol / Hwang, Man Ha

**Abstract**

Based on daily time series from RDAPS numerical weather forecast, Streamflow prediction was simulated and the result of ESP analysis was implemented considering quantitative mid- and long-term forecast to compare the results and review applicability. The result of ESP, ESP considering quantitative weather forecast, and flow forecast from RDAPS numerical weather forecast were compared and analyzed with average observed streamflow in Guem River Basin. Through this process, the improvement effect per method was estimated. The result of ESP considering weather information was satisfactory relatively based on long-term flow forecast simulation result. Discrepancy ratio analysis for estimating accuracy of probability forecast had similar result. It is expected to simulate more accurate flow forecast for RDAPS numerical weather forecast with improved daily scenario including time resolution, which is able to accumulate 3 hours rainfall or continuous simulation estimation.

**Keywords** : RDAPS, precipitation outlook, ESP, long-term streamflow prediction

**요 지**

RDAPS 수치예보로부터 생산된 일단위 강우시계열을 바탕으로 유량 예측을 모의하고, 정성적인 중장기 예보를 고려한 ESP 분석을 수행하여 결과를 비교하고 적용성을 검토하였다. 금강유역을 대상으로 ESP, 정성적 기상예보를 고려한 ESP, RDAPS 기상수치예보에 의한 유량예측 결과를 평균유출량과 비교 분석을 통해 각 기법별 결과의 개선효과를 평가하였다. 예측 모의 결과 기상정보를 고려한 ESP 방법의 결과가 상대적으로 양호한 것으로 분석되었다. 확률예측의 정확도를 평가하기 위한 불일치율 (Discrepancy Ratio) 분석 결과에서도 같은 결과를 얻었다. RDAPS 수치예보의 경우 3시간 단위의 누적강수량이라는 특성이 감안된 시간분해능을 갖는 일단위 시나리오로 개선되거나 장기간 동안 지속적인 모의 평가가 이루어진다면 더욱 정밀한 유량예측을 모의 할 수 있을 것으로 예상된다.

**핵심용어** : RDAPS, 강수전망, ESP, 장기유량예측

\* K-water연구원 수자원연구소 책임연구원, 공학박사 (e-mail: sjlee@kwater.or.kr)

Principal Researcher, K-water Institute, Water Resources Research Center, Daejeon 305-730, Korea

\*\* 인덕대학 토목환경설계과 조교수, 공학박사 (e-mail: csjeong@induk.ac.kr)

Assistant Professor, Dept. of Civil and Environment Design, Induk Univ., Seoul 139-749, Korea

\*\*\* 교신저자, K-water연구원 수자원연구소 위촉연구원·공학박사 (e-mail: kjoocheol@kwater.or.kr)

Corresponding Author, Researcher, K-water Institute, Water Resources Research Center, Daejeon 305-730, Korea

\*\*\*\* K-water연구원 수자원연구소 수석연구원·공학박사 (e-mail: hwangmh@kwater.or.kr)

Head Researcher, K-water Institute, Water Resources Research Center, Daejeon 305-730, Korea

## 1. 서론

최근 들어 국내에는 국지 게릴라성 호우에 의한 홍수가 자주 발생하면서 유역 수자원의 안정적인 관리방안에 대한 관심이 어느 때보다 높다. 이는 지구 온난화에 따른 글로벌 기상변동과 무관하지 않을 것으로 짐작되며, 그 발생빈도와 규모는 줄어들지 않을 것으로 예상된다. 이미 근래 강수일수가 소폭 줄어드는 경향에도 불구하고 강수량과 집중호우는 오히려 증가추세를 보이고 있다고 보고(기상연구소, 2004)된 바 있으며, 또한 전지구적으로 기후 변화 때문에 지난 100년간 평균기온이 약 0.74℃ 상승하였고, 그 경향이 1990년 이후 더욱 두드러지고 있다고 보고하였다(IPCC, 2007).

유역의 수자원을 지속적으로 확보하고 합리적으로 관리하기 위해서는 유역의 강우-유출 현상을 정확하게 분석하는 일이 가장 기본적이며, 이를 토대로 주요지점에 정도 높은 유량 정보를 예측하여 제공하는 모의기술이 지원되어야 한다. 유량예보는 강우예보와 마찬가지로 크게 단기예보와 중장기예보로 구분할 수 있다. 기상청(KMA, Korea Meteorological Administration)에서는 단기 예보를 위해 수치모델을 활용하여 정량적인 강우 예보자료를 생산하고 있는데, 이를 위해 전지구 모형인 GDAPS(Global Data Assimilation and Prediction System)과 지역모델인 RDAPS(Regional Data Assimilation and Prediction System)를 사용한다. 또한 중장기 예보를 위해서 평년보다 많고 적음을 예측하여 정성적인 범주형 확률예보를 기상청 사이트를 통해 전국 87개 지점별로 월 및 순단위로 제공하고 있다. 중장기 유량예보를 위한 다양한 수문학적 기법 중에서 확정론적인 모형과 확률론적 분석이 결합된 ESP(Ensemble Streamflow Prediction)을 이용한 방법이

채택되어 실무에 활용되고 있다. 이는 장기 강우-유출모형에 미래에 일어날 가능성이 있는 모든 과거 강우 시나리오를 입력하여 그 결과물로 다수의 유량 시나리오를 생성시켜 통계분석하여 확률적으로 예측을 실시하는 기법이다.

본 연구에서는 기상청에서 제공하는 강우수치예보자료와 중장기 정성 예보와 연계한 ESP 분석을 수행하여 결과를 비교하고 그 적용성을 검토하였다. 한국의 4대강유역 중 하나인 금강유역을 대상으로 ESP, 정성적 기상예보를 고려한 ESP, RDAPS 기상수치예보에 의한 유량예측 결과를 평균유출량과 비교 분석을 통해 각 기법별 결과의 개선효과를 평가하였다.

## 2. 장기유출모의

본 연구에 적용된 모형은 저수지운영효과를 고려한 유역의 장기 강우-유출해석이 가능한 SSARR모형을 기반으로 한 RRFs(Rainfall Runoff Forecasting System) 모형이다. 21C 프론티어 개발 프로젝트에서 개발된 본 모형은 Windows기반의 GUI 프로그램으로 여러 유역에 적용성을 평가한 바 있다. 대상유역은 4대강유역 중 하나인 금강유역으로써 유역면적은 9,835 km<sup>2</sup>, 유로연장은 395.9 km로 한강과 낙동강 유역 다음으로 세 번째로 크다. 유역 내의 2개의 다목적댐인 용담댐과 대청댐 그리고 하류부의 공주지점을 주요 지점으로 선정하여 모형을 검증하였다.

대상유역의 장기적인 유출특성이 반영될 수 있도록 18년간(1983~2000년)의 일단위 유량자료를 이용하여 년 단위로 보정을 실시하고, 이를 종합하여 매개변수를 결정하였다. 이를 토대로 주요지점별 제곱평균제곱근오차(Root Mean Square Error: RMSE)를 분석한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. RMSE (2001~2006)

Year	Yongdam			Daecheong			Gongju		
	Observed (m <sup>3</sup> /s)	Simulated (m <sup>3</sup> /s)	RMSE	Observed (m <sup>3</sup> /s)	Simulated (m <sup>3</sup> /s)	RMSE	Observed (m <sup>3</sup> /s)	Simulated (m <sup>3</sup> /s)	RMSE
2001	7,137	5,648	<b>18.2</b>	12,621	15,458	<b>22.7</b>	32,279	23,830	<b>44.4</b>
2002	13,547	11,493	<b>31.0</b>	32,899	27,776	<b>182.1</b>	44,625	45,081	<b>122.6</b>
2003	18,154	15,290	<b>32.3</b>	65,067	51,531	<b>140.8</b>	88,553	81,600	<b>146.6</b>
2004	8,472	8,631	<b>25.8</b>	30,435	29,698	<b>124.4</b>	55,584	52,251	<b>135.6</b>
2005	9,413	10,518	<b>49.6</b>	29,248	29,788	<b>81.1</b>	52,335	50,171	<b>89.3</b>
2006	8,013	8,525	<b>23.4</b>	31,772	27,228	<b>97.1</b>	51,401	47,045	<b>157.1</b>
<b>Mean</b>	10,789.3	10,017.5	<b>30.0</b>	33,673.7	30,246.5	<b>108.0</b>	54,129.5	49,996.3	<b>115.9</b>

### 3. ESP를 이용한 유량 예측

#### 3.1 ESP

ESP는 예측당시의 토양함수, 온도, 습도 등 유역 상태를 나타내는 초기 조건을 설정하고 장래에 발생 가능한 과거 기상자료를 조합하여 장기 유출 모의한 후, 그 결과물로부터 다수의 유량 시나리오를 발생시켜 이를 통계 분석하는 확률론적 예측 기법이다. 1970년대 NWS (National Weather Service)에서 개발되어 현재까지 미국, 유럽 등 선진 물관리 기관에서 유역 물공급전망의 확률예보 등을 목적으로 사용되고 있다. 기상청의 예보자료를 기반으로 장기유출 모형과 연계한 후 유량예측자료를 생산하는 국내외 연구가 활발히 검토되고 있는데 Dae Il Jeong and Young-Oh Kim (2009), 강부식과 이봉기 (2008), 강부식과 문수진 (2010), 이상진 등 (2010)이 여기에 해당된다. Croley (2001; 2003)는 확률론적 기후예보를 이용하여 미래에 재현 가능한 기상 트레이스에 더 큰 확률을 부여하는 방법으로 유량예측 정보를 모의한 반면, Stedinger and Kim (2010)은 Croley가 제안한 방법과는 달리 기상 앙상블 자료의 확률 분포를 이용하여 가중값을 구하는 PDF-Ratio 방법을 제안하였다. 본 연구에서는 ESP 기법과 기상청에서 제시하는 정량적 수치예보를 결합한 유량예측 결과의 비교 분석

에 초점을 맞춘 것으로, Croley 제안법, PDF Ratio 방법 등 기상정보의 가중확률치를 고려한 기법은 적용하지 않았다.

모형 적용을 위해 1983년부터 2007년까지 24개의 강우 사상(강우앙상블 트레이스)을 적용하여 도출된 결과를 토대로 주요지점(용담, 대청, 공주)별로 같은 개수의 유량 시나리오를 생성하였다. 생성된 각 유량예측 시나리오를 바탕으로 각 예측유량에 ESP 확률을 부여하고 모의 당시 관측치에 예측유량을 대입하여 적정한 월단위 ESP확률을 산정하였다.

관측치와 가장 근사한 ESP확률을 결정하기 위하여 다양한 Case별 ESP확률을 산정한 후 가장 양호한 경우를 최종 ESP로 결정하였는데, Case 1은 50% 누가확률값을 적용하는 경우, Case 2는 월별 최소 오차가 나는 ESP확률, Case 3은 Case 2의 결과를 평수기·홍수기로 구분하여 평균한 ESP확률, Case 4는 분기별 최소 오차가 나는 ESP확률, 그리고 분기별 ESP확률을 이수기·홍수기로 평균한 ESP확률을 Case 5로 구분하여 모의하였다. 여기서 우리나라의 계절적인 유량특성을 감안하여 7~9월을 홍수기로 1~6월, 10~12월을 평수기로 정하였다.

주요지점별로 ESP확률을 산정하여 관측값과 비교하고 오차를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 연도별로 일부

Table 2. Absolute Error (2002~2007, Unit: MCM)

Year	Station	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
2002	Yongdam	295.2	250.1	309.8	316.6	306.4
	Daecheong	582.4	396.5	545.7	516.5	535.9
	Gongju	396.0	315.2	376.3	375.8	378.9
2003	Yongdam	241.9	191.7	247.0	263.8	254.8
	Daecheong	575.7	548.2	753.6	642.1	803.7
	Gongju	265.8	168.0	248.1	245.5	253.5
2004	Yongdam	78.7	98.0	107.3	85.9	120.0
	Daecheong	609.4	601.9	660.2	541.4	671.0
	Gongju	749.8	825.8	840.1	836.3	856.7
2005	Yongdam	162.3	67.8	65.7	70.7	53.4
	Daecheong	294.3	137.5	121.1	135.0	128.3
	Gongju	184.8	255.7	299.7	294.2	321.9
2006	Yongdam	195.5	97.5	148.2	132.0	134.8
	Daecheong	252.3	162.5	224.8	233.5	215.2
	Gongju	280.6	163.9	213.9	201.1	205.1
2007	Yongdam	220.6	123.2	124.1	133.9	111.4
	Daecheong	322.0	233.9	171.6	268.8	145.9
	Gongju	291.3	226.5	235.7	246.7	245.0

Case별 다른 결과를 보이는 것도 있지만 전반적으로 Case 2가 실측유량과의 절대오차를 비교해 보았을 때 다른 Case보다 양호한 것으로 나타났다.

### 3.2 기상전망을 고려한 ESP 유출예측

앞서 분석한 주요지점의 월별 최소오차 ESP를 결정 (Case 2)한 후, 이를 기상청에서 제공하는 정성적 예보와 연계하여 개선된 유출예측을 모의하였다. 기상청에서는 장기에보로 전국 87개 지점별로 월 및 순 단위로 정성적인 기상전망자료를 제공하고 있다. 일례로 대전지점 2010년 5월 상순의 경우 기온과 강수량이 평년보다 높을 확률 (Above)이 50%, 평년 (Normal)에 해당할 확률이 30%, 평년보다 적을 확률 (Below)이 20%와 같은 방식으로 예보하고 있다. 본 연구에서는 금강유역을 대표할 수 있다고 판단되는 대전지점의 기상예보 및 강우범주자료를 적용하였으며, 결정된 월별 최소오차 ESP확률을 평년에 해당할 확률이 50%로 예보되는 경우로 가정하고 평년보다 높은 강수 또는 낮은 강수가 50% 확률로 예보될 때는 -15

및 +15%의 가중치를 부여하여 기상전망에 따른 ESP 확률을 개선하였다.

### 4. RDAPS 수치예보를 이용한 유량예측

기상청에서는 단기 수치예보자료를 생산하기 위하여 RDAPS모델을 활용하고 있다. 본 연구에서는 금강 14개 각 소유역별로 최소 30일에 대한 일별 예측 시계열을 생성하기 위해 RDAPS를 활용하여 다양한 시공간 구조, 예측 선행시간을 가지는 기상예보정보, 적절한 기법을 통해 신뢰할만한 유역단위의 일 예측 기상시계열을 구성하였다. RDAPS에서 생성된 자료는 3시간 간격을 누적한 값으로 2005년까지는 총 48시간을 예측, 2006년 이후로는 66시간에 대한 예측 결과를 생성하고 있으며, 12시간 간격으로 하루 2번 (9시 (0UTC), 21시 (12UTC)) 자료가 생성된다. 생성된 예측 자료는 12시간마다 생성됨에 따라 중복되는 구간이 발생하여 시간 스케일 변화에 다양한 시나리오가 발생한다. 정창삼 등 (2011)은 금강유역을 대상

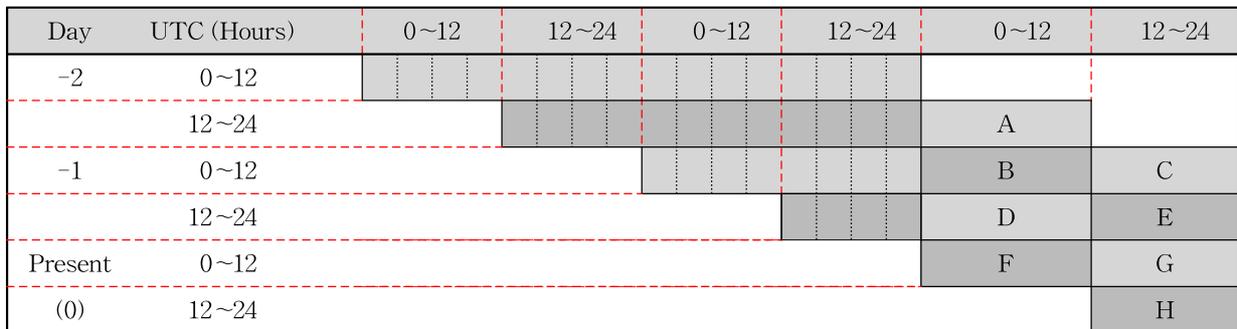


Fig. 1. Schematic Diagram of RDAPS Scenario

Table 3. RDAPS Scenario Combination

CASE	Combination (UTC)	RDAPS Scenario from Fig. 1
CASE-1	0~12 (0day)+12~24 (0day)	F + H
CASE-2	0~24 (0day)	F + G
CASE-3	average [0~24 (-1day), 12~24 (0day)]	average[(B+C),(D+E),(F+G)]
CASE-4	average [0~24 (0day), 12~24 (-1day), 12~24 (0day)]	average[(B+C),(D+E),(F+G),H]
CASE-5	0~24 (-1day)	B+C
CASE-6	0~12 (-1day)+12~24 (-1day)	C+D
CASE-7	average [0~12 (-2day), 0~24 (-1day)]	average[A,(B+C)]
CASE-8	average[0~12 (-2day), 0~24 (-1day), 0~12 (-1day)+12~24 (-1day)]	average[A,(B+C),(C+D)]
CASE-9	average[00~12 (-2day), 0~24 (-1day), 0~12 (-1day)+12~24(-1day), 12~24 (-1day)+0~12 (0day)]	average[A,(B+C),(C+D),(E+F)]

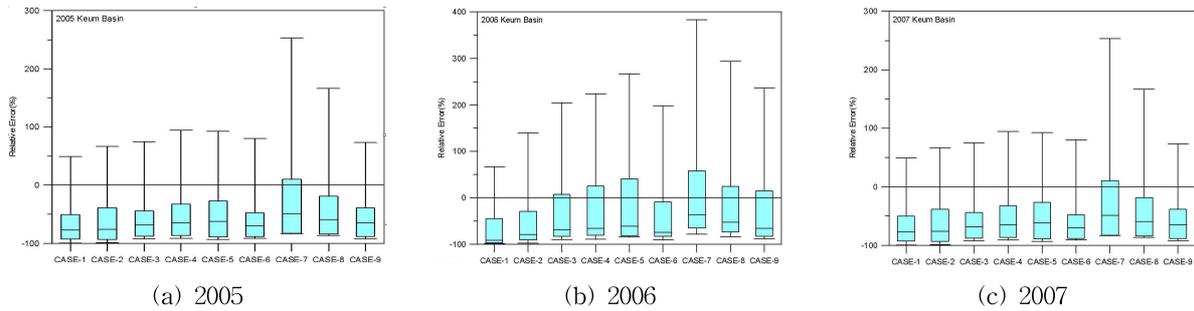


Fig. 2. Box-plots of Relative Error (정창삼 등, 2011)

으로 RDAPS 모델의 수치예보 9가지 경우에 대하여 일강수량으로 변환하여 실측강수량과의 비교를 통한 적용성을 검토한 바 있다. 이를 정리하면 Fig. 1 및 Table 3과 같이 일단위 유출모형의 모의 시간스케일을 고려하여 강우 생성을 위한 RDAPS 자료의 일단위 강우 시계열 Case를 구성하였다.

Fig. 2는 Case별 모의 결과로써 2005~2007년 금강유역의 월별상대오차를 각 CASE에 대하여 BOX-PLOT으로 나타낸 것이다. 작은 사각박스는 25~75%의 값을 나타내고, 박스 내 실선은 중간값인 50% 값이며, 사각박스 상하부분에 연결된 실선은 최소 및 최대값이다. CASE-7은 상대적으로 다른 CASE들에 비하여 상대오차의 최대값이 크게 분석되었는데 이는 과대 추정된다고 판단되는 월에서 낮은 정확도를 보이는 것으로 평가한 것이며, 전반적

으로 CASE-7의 상대오차의 중간값이 0에 가장 근접한 분포를 나타내어 상대적으로 본 유역에 적용하기 적절한 시나리오로 판단되었다.

## 5. 결과 분석

앞서 분석된 각 유출예측기법에 따라 2008년도 유출예측에 대한 결과를 분석하였다. Table 4~6은 각각 용담댐, 대청댐 그리고 공주지점에서의 기법별 월유출량 모의결과와 관측결과와의 절대오차를 비교한 것이다. 용담댐 지점의 경우 ESP 및 기상정보를 고려한 ESP, 그리고 RDAPS 수치예보를 활용한 유량 예측 모의 결과 모두가 평균적인 측면에서는 비슷한 수준으로 평가되었으나 근소하게 기상정보를 고려한 ESP 방법의 절대오차가 최소

Table 4. Comparison of Monthly Absolute Errors (Yongdam, 2008, Unit: MCM)

Station	Month	Mean measured inflow	ESP	Weather Outlook+ESP	Numerical Data (RDAPS)
Yongdam	1	16.4	6.8	6.7	1.4
	2	6.1	2.2	1.4	14.5
	3	8.9	25.0	23.1	16.8
	4	35.7	23.6	23.2	11.4
	5	36.0	5.3	10.8	15.6
	6	33.9	30.9	22.5	5.4
	7	188.7	104.3	108.7	35.0
	8	107.9	66.1	74.8	76.8
	9	270.7	247.7	235.7	333.9
	10	5.1	10.6	4.6	8.7
	11	7.9	4.9	0.8	0.0
	12	13.0	2.0	1.7	0.7
	Mean		60.9	44.1	42.8

Table 5. Comparison of Monthly Absolute Errors (Daecheong, 2008, Unit: MCM)

Station	Month	Mean measured inflow	ESP	Weather Outlook+ESP	Numerical Data (RDAPS)
Daecheong	1	23.8	5.7	0.9	1.7
	2	13.9	19.6	14.4	34.6
	3	8.9	25.0	23.1	16.8
	4	80.1	46.1	51.4	22.6
	5	54.9	42.9	29.3	54.8
	6	139.4	35.5	36.3	36.0
	7	356.8	241.7	252.6	189.7
	8	49.0	11.0	11.7	411.4
	9	763.9	820.5	547.3	1048.6
	10	15.8	17.1	6.3	14.3
	11	22.1	9.8	3.5	3.5
	12	2.5	14.6	16.5	17.1
	Mean	127.6	107.5	82.8	154.3

Table 6. Comparison of Monthly Absolute Errors (Gongju, 2008, Unit: MCM)

Station	Month	Mean measured inflow	ESP	Weather Outlook+ESP	Numerical Data (RDAPS)
Gongju	1	37.5	17.3	11.2	10.3
	2	27.3	0.0	2.5	8.8
	3	0.3	33.1	30.3	43.9
	4	4.6	2.0	3.6	13.9
	5	21.2	78.4	69.1	90.9
	6	84.8	22.0	16.5	36.7
	7	197.1	82.0	165.9	163.0
	8	195.4	270.0	298.1	552.2
	9	579.1	584.6	449.2	773.7
	10	28.4	32.2	40.0	41.2
	11	9.5	24.0	18.9	18.1
	12	0.5	29.4	28.5	28.7
	Mean	98.8	97.9	94.5	148.5

를 나타내었다. 대청댐 지점은 월마다 다소 차이가 있지만 기상정보를 고려한 ESP 방법의 절대오차가 월평균 82.8 MCM으로 이 다른 세 가지 방법보다 양호한 것으로 분석되었다. 공주지점도 타지점과 마찬가지로 기상정보를 고려한 ESP 방법의 결과가 가장 좋았다.

Table 7은 앞서 분석된 월 단위 결과를 토대로 평수기

와 갈수기를 구분하여 정리한 것이다. 용담댐지점의 경우 평수기에 대한 예측결과로 수치예보를 적용한 기법과 기상전망을 고려한 ESP 모의 결과가 가장 양호한 것으로 나타났다. 과거 평균유출량에 비해 각각 54.3% 및 41.8% 정도의 개선효과를 나타내었다. 홍수기의 경우에는 수치예보자료를 적용한 기법에 비해 기상전망을 고려한 ESP

Table 7. improvement Effect of Runoff Forecasting (Absolute Errors, Unit : MCM)

Station	Season	Mean measured inflow	ESP	Weather Outlook+ESP	Numerical Data (RDAPS)
Yongdam	Normal season	18.1	12.4	10.5	8.3
	Improvement(%)	-	31.7	41.8	54.3
	Flood Season	189.1	139.4	139.7	148.6
	Improvement(%)	-	26.3	26.1	21.4
Daecheong	Normal season	40.2	24.0	20.2	22.4
	Improvement(%)	-	40.1	49.7	44.3
	Flood Season	389.9	357.7	270.5	549.9
	Improvement(%)	-	8.2	30.6	-41.0

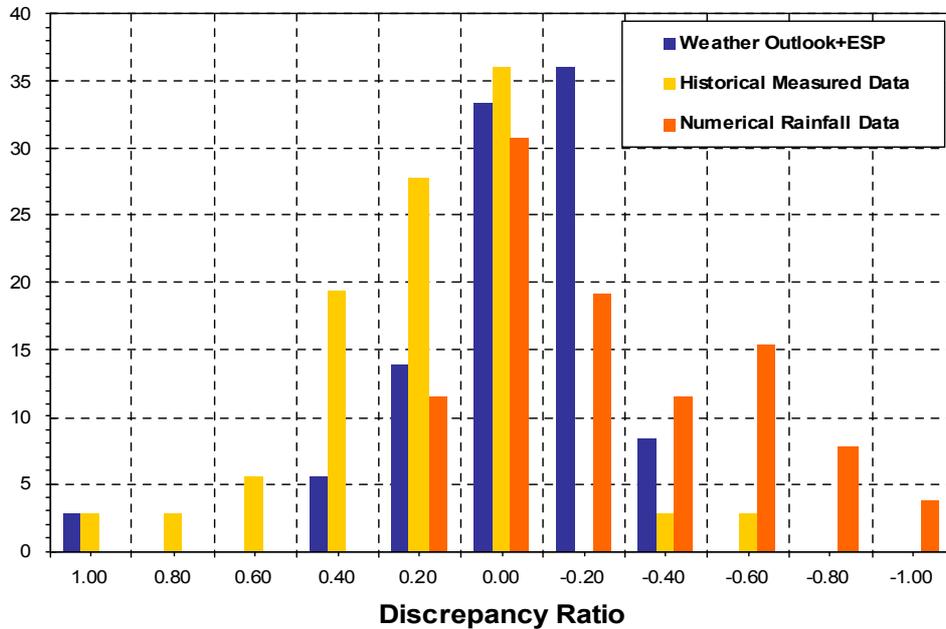


Fig. 3. Discrepancy Ratio (Daecheong, 2008)

기법을 통한 유출예측이 다소 정확한 것으로 나타났으며, 과거 평균유출량에 비해 약 26.1% 정도 개선된 것으로 나타났다. 대청댐지점은 평수기와 홍수기 모두 기상전망을 고려한 ESP 기법이 가장 우수하였으며, 평균유출량에 비해 각각 49.7%와 30.6% 정확도가 개선되었다.

각 기법별 확률예측의 정확도를 평가하기 위하여 대청댐지점에서 불일치율(Discrepancy Ratio)을 산정하였다. 이것은 관측치와 모의치를 나누어 로그값을 취한 것으로 그 값이 0에 가까울수록 예측결과는 정확하다는 것을 의미한다. Fig. 3과 같이 유출신뢰도는 각 불일치율에 따른 막대의 크기로 정의된다. 전체 오차자료에서 중심부분에 해당하는 -0.2~0.2 사이 오차범주를 기준으로 한다면 기

상예보를 고려한 ESP가 83.3 %로 가장 좋은 정도를 나타내었고, 과거 평균유출량과 RDAPS 수치예보는 각각 63.8 %, 61.5 %로 분석되었다.

## 6. 결론

본 연구에서는 기상청에서 제공하는 강우수치예보자료와 중장기 정성예보를 고려한 ESP 분석을 수행하여 결과를 비교하고 그 적용성을 검토하였다. 우선적으로 유량예측을 위하여 금강유역을 대상으로 장기유출모형인 SSARR모형을 적용하여 주요지점(용담, 대청, 공주)별로 검증하였다. 이를 토대로 관측치와 가장 근사한 ESP확률

을 결정하기 위하여 다양한 Case별 ESP확률을 산정하였는데 이 중에서 가장 양호한 결과를 나타낸 월별 최소 오차가 나는 ESP확률 (Case 2)을 결정하였다. 또한 기상전망을 고려한 ESP 유출예측을 위하여 결정된 월별 최소오차 ESP확률을 평년에 해당되는 확률로 가정하고 평년보다 높거나 낮은 강수로 예보될 때는 각각 -15 및 +15 %의 가중치를 부여하여 기상전망에 따른 ESP 확률을 개선하였다. RDAPS 수치예보를 이용한 유량예측 모의를 위하여 정창삼 등 (2011)이 적용한 RDAPS 모델의 일단위 강우 시계열 9가지 Case의 모의 결과를 적용하였다.

이와 같은 방법별 결과를 토대로 2008년도 유출예측에 대한 결과를 비교 분석한 결과 용담댐 및 대청댐 지점과 공주지점 모두 월마다 다소 차이가 있긴 하지만 기상정보를 고려한 ESP 방법의 결과가 상대적으로 가장 좋은 것으로 분석되었다. 평수기와 홍수기 분석에서도 대청댐지점에서 기상전망을 고려한 ESP 기법이 양호한 결과를 나타내었으며, 평균유출량에 비해 각각 49.7%와 30.6% 정확도가 개선되었다. 각 기법별 확률예측의 정확도를 평가하기 위하여 불일치율 (Discrepancy Ratio)을 산정한 결과에서 -0.2~0.2 사이 오차범주를 기준으로 기상예보를 고려한 ESP가 83.3%로 가장 정확도가 높은 것으로 분석되었다. 그러나 모의분석 및 평가기간이 짧아 어느 기법이 더 우위에 있는지 판단할 수 있는 정도는 아니라고 사료된다. 다만 단순하게 ESP로 예측하는 것보다 ESP와 기상정보를 연계하여 모의하는 것은 예측 정확도 향상에 도움이 된다고 판단된다. RDAPS 수치예보의 경우 강우예보 자체의 정확도가 높아지거나 3시간 단위의 누적강수량은 특성이 감안된 시간분해능을 갖는 일단위 시나리오로 개선되는 연구가 계속 되고 장기간 동안 지속적인 모의 평가가 이루어진다면 더욱 정밀한 유량예측을 모의할 수 있을 것으로 예상된다.

### 참고문헌

강부식, 이봉기 (2008). “인공신경망과 중규모기상수치예

보를 이용한 강수확률예측.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제28권, 제5B호, pp. 485-493.

강부식, 문수진 (2010). “정량강수모의를 이용한 실시간 유출예측.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제30권, 제6B호, pp. 579-587.

기상연구소 (2004). 기후변화대응 지역기후 시나리오 산출 기술개발 (III).

이상진, 김주철, 황만하, 맹승진 (2010). “양상불 예측기법을 통한 유역 월유출 전망.” **한국농공학회논문집**, 한국농공학회, 제52권, 제1호, pp. 13-18.

정창삼, 신주영, 정영훈, 허준행 (2011). “RDAPS 모델의 강수량과 실측강수량의 비교를 통한 적용성 검토.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제44권, 제3호, pp. 221-230.

Croley II, T.E. (2001). “Climate-biased storm-frequency estimation.” *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, Vol. 6, No. 4, pp. 275-283.

Croley II, T.E. (2003). “Weighted-climate parametric hydrologic forecasting.” *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE, Vol. 8, No. 4, pp. 171-180.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, UK.

Jeong, D.I., and Kim, Y.O. (2009). “Combining single-value streamflow forecasts-A review and guidelines for selecting techniques.” *Journal of Hydrology*, Vol. 377, pp. 284-299.

Stedinger, J.R., and Kim, Y.O. (2010). “Probabilities for ensemble forecasts reflecting climate information.” *Journal of Hydrology*, Vol. 391, No. 1/2, pp. 9-23.

논문번호: 11-079	접수: 2011.07.20
수정일자: 2011.10.05/10.27	심사완료: 2011.10.27