



다양한 미래 시나리오에 따른 금강유역 용수공급능력 변화 분석

Analysis of Water Supply Capacity based on Future Various Scenarios in Geum River Basin

최시중* · 이동률** · 강성규***

Choi, Sijung*, Lee, Dongryul**, and Kang, Seongkyu***

Abstract

The purpose of this study was to construct and analyze various future scenarios that can quantify the uncertainty of a future water supply capacity. Geum River Basin was selected as the target watershed and its future water supply capacity, as based on future demand change scenarios, climate change scenarios, and rainfall-runoff models, was evaluated by water supply and demand prospects for potential water supply changes and shortages. Water shortages were estimated by forecasting water supply and demand for 51 scenarios in the Geum River basin. As a result, the uncertainty of the basin's future water supply is high, with the demand change scenario showing the highest uncertainty, the climate change scenario showing the second-highest uncertainty, and the rainfall-runoff model showing the lowest uncertainty. The results presented in this study confirm that there is considerable uncertainty in the basin's future water supply. Therefore, future water resources uncertainty planning must analyze various situations that can be predicted by current technology.

Key words : Water Supply and Demand Prospect, Water Supply Capacity, Scenario Planning

요지

본 연구에서는 미래 용수공급능력에 영향을 줄 수 있는 다양한 미래 시나리오를 구성하고 이에 대한 분석을 통해 미래 용수공급의 불확실성을 정량화하고자 하였다. 대상유역으로 금강유역을 선정하였으며 미래 수요변화 시나리오, 기후변화 시나리오 및 강우-유출 모형에 따른 미래 용수공급능력을 물 수급 전망을 통해 물 부족량의 변화로 평가하여 제시하였다. 금강유역에 대한 미래 51개 시나리오 경로를 구성하고 각 시나리오 경로별 물 수급 전망을 통해 물 부족량을 산정한 결과 수요변화 시나리오, 기후변화 시나리오, 강우-유출 모형 순으로 미래 용수공급의 불확실성이 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서 제시된 결과를 통해 미래 용수공급에는 상당한 불확실성이 내포되어 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 향후 수자원계획 수립 시 현재의 기술로 예측가능한 다양한 상황을 사전에 분석함으로써 미래에 대한 불확실성을 고려해야 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 물 수급 전망, 용수공급능력, 시나리오 계획

1. 서 론

과거에 대한 분석을 통한 미래의 물 관리는 여전히 중요한 부분이지만, 기존의 접근방식에 따른 관리는 장래 물을 지속

가능하게 공급하지 못할 수 있다는 것은 점점 더 분명해지고 있다(DWR, 2014). 다시 말해 단지 과거 추세를 반영한 미래 예측 방법인 기존 접근 방식은 더 이상 효과적이지 않을 수 있으며, 최근 미래 물 관리를 위한 전략은 동적, 적응성

*정희원, 한국건설기술연구원 국토보전연구본부 수석연구원(E-mail: sjchoi@kict.re.kr)

Member, Senior researcher, Department of Land, Water and Environment Research, Korea Institute of Civil engineering and building Technology

**교신저자, 정희원, 한국건설기술연구원 국토보전연구본부 선임연구위원(Tel: +82-31-910-0253, Fax: +82-31-910-0251, E-mail: dryi@kict.re.kr)

Corresponding Author, Member, Senior researcher, Department of Land, Water and Environment Research, Korea Institute of Civil engineering and building Technology

***정희원, 한국건설기술연구원 국토보전연구본부 수석연구원(E-mail: skkang@kict.re.kr)

Member, Senior researcher, Department of Land, Water and Environment Research, Korea Institute of Civil engineering and building Technology

및 내구성이 있어야 한다는 인식이 점점 증대되고 있다. 미래 물 관리는 사회, 경제, 환경 등 다양한 분야를 통합하고 포괄적 이여야 하며, 미래에 대한 위험과 불확실성을 고려해야 한다.

불확실성은 기존의 수자원시스템과 미래에 발생가능한 다양한 상황에 모두 존재할 수 있기 때문에 수자원계획 수립 시 미래에 대한 불확실성을 고려하기 위해 미래에 발생할 수 있는 모든 변화를 고려하고 이에 대한 평가가 동반되어야 한다. 미래에 대한 예측에 있어 절대적인 방법은 있을 수 없으나 현재의 기술로 예측가능한 미래의 모든 상황에 대한 분석을 통해 불확실성을 정량화할 수 있다.

최근 미래의 다양한 상황을 가상의 시나리오로 구성하고 이에 대한 분석을 통해 계획 수립을 지원할 수 있는 시나리오 계획(scenario planning)이 국내외에서 적용되고 있다. 시나리오 계획은 미래를 예측하는 기법이 아닌 미래에 대한 적응전략을 수립하는 방법으로 불확실한 미래에 대한 적응 전략을 모색하는 기법으로 미래를 다루는 모든 행위에 활용될 수 있다(Van der Heijden, 2005).

국외의 많은 연구자들은 미래에 대한 분석을 위해 다양한 기후변화 및 수요변화 시나리오를 가정하고 이에 대한 평가를 통해 수자원 계획에 적용한 바 있으며 이는 미래의 몇 가지 발생가능한 조건만을 고려한 기존의 방식이 아닌 미래에 대한 불확실성을 고려하여 수자원관리 방향성을 제시하였다 것이다(Liu et al., 2007; Ray et al., 2012; Rowland et al., 2014).

국내에서 시나리오 계획을 적용하여 미래에 대한 분석한 사례는 많지 않으며 Choi et al. (2017)은 미래에 대한 기후변화와 수요변화 시나리오 15개를 낙동강 유역에 적용하여 수자원 시설물의 용수공급능력과 용수공급 네트워크의 취약성 평가를 수행한 바 있으며, Choi et al. (2018)은 기후변화 시나리오 19개와 수요변화 시나리오 3개를 종합한 낙동강 유역의 미래 57개 시나리오를 분석하여 미래 물 부족 시나리오를 전망한 바 있다. 국내에서 연구된 기후변화가 이수 측면에 미치는 영향 분석은 Kim et al. (2010)의 분석과 같이 몇 개의 미래 대표 시나리오에 대한 평가가 주를 이루고 있는 실정이다.

본 연구에서는 금강유역을 대상으로 미래에 발생가능한 다양한 조건을 가상의 시나리오로 구성하고 각 시나리오 경로별 분석을 통해 미래의 용수공급능력 변화를 분석하였다. 분석에 있어서는 기후변화 시나리오에 따른 공급량 변화가 용수공급에 미치는 영향, 수요변화 시나리오에 따른 용수 공급능력 변화 및 강우-유출 모형에 따른 변화를 종합적으로 분석하여 미래에 대한 불확실성을 정량적으로 평가하여 제시하고자 하였다.

2. 연구지역 선정 및 미래 시나리오 구성

연구지역으로 금강유역을 선정하였다. 금강유역은 다양한 수자원시설물(다목적댐, 보, 농업용저수지, 광역 및 공업

용수도, 도수터널 등)이 건설되어 운영 중에 있으며, 유역에서는 농업용수를 많이 이용하고는 있으나 대전광역시 등과 같은 대도시가 존재하고 대단위 공업단지가 있어 다양한 용도별 용수를 이용하고 있는 지역이다(Fig. 1).



및 평균적인 값을 나타내는 기준수요 시나리오를 분석에 적용하였다. 최종적으로 적용된 미래 시나리오는 Table 1과 같다. Fig. 2에 제시된 금강유역의 미래 수요변화 시나리오 분석 결과 MOLIT (2016)에서 제시된 미래 수요량보다 고수요 시나리오는 증가하는 것으로 분석되었으며 기준수요 및 저수요 시나리오는 감소하는 것으로 나타났다. 수요변화 시나리오 간의 차이는 많게는 3,845백만 m³/년, 적게는 776백만 m³/년으로 전망되었다.

Table 1. Future Scenarios

Sector		Scenario	
Climate change	Dry	RCP 4.5 CMCC-CMS IPSL-CM5A-LR	
		RCP 8.5 IPSL-CM5A-MR IPSL-CM5A-LR INM-CM4 GFDL-ESM1-M CMCC-CMS	
		RCP 4.5 NorESM1-M HadGEM2-AO	
	Moderate	RCP 8.5 HadGEM2-AO CESM1-BGC MRI-CGCM3	
		RCP 4.5 CNRM-CM5 CESM1-BGC MRI-CGCM3 CanESM2	
	Wet	RCP 8.5 CanESM2	
		High demand scenario Medium demand scenario Low demand scenario	
Water demand			
Runoff model		PRMS HSPF	

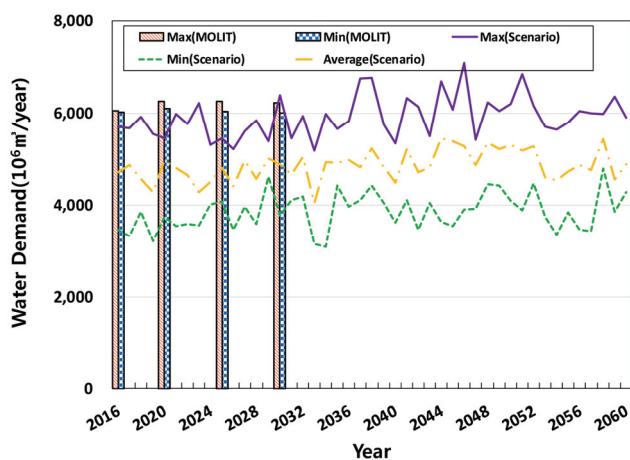


Fig. 2. Future Water Demand

3. 미래 시나리오 경로별 물 수급 전망

선정된 17개의 기후변화 시나리오를 활용한 미래 공급변

화 시나리오와 금강유역을 대상으로 추정된 3개의 미래 수요변화 시나리오를 종합한 총 51개 미래 시나리오 경로를 구성하고 각 경로별 물 수급 전망을 수행하였다. 물 수급 전망 방법은 기존의 MOLIT (2016)에서 수행하였던 Fig. 3의 물수급 전망 절차와 방법을 그대로 적용하였다.

분석을 위한 공간단위는 중권역을 기준으로 시간단위는 반순별 분석을 수행하였다. 미래 분석기간으로는 S1 (2017~2040), S2 (2041~2070), S3 (2071~2099)로 구분하여 수행하였으며 분석 모형으로는 지금까지 국내 수자원계획 수립에 활용되었던 K-WEAP 모형에 기후변화 영향 평가 모듈을 추가한 G-K-WEAPccia 모형(Global-Korea-Water Evaluation And Planning System-Climate Change Impact Assessment)을 이용하였다. 모형을 통해 구축된 금강유역의 물 수급 네트워크는 Fig. 4와 같다.

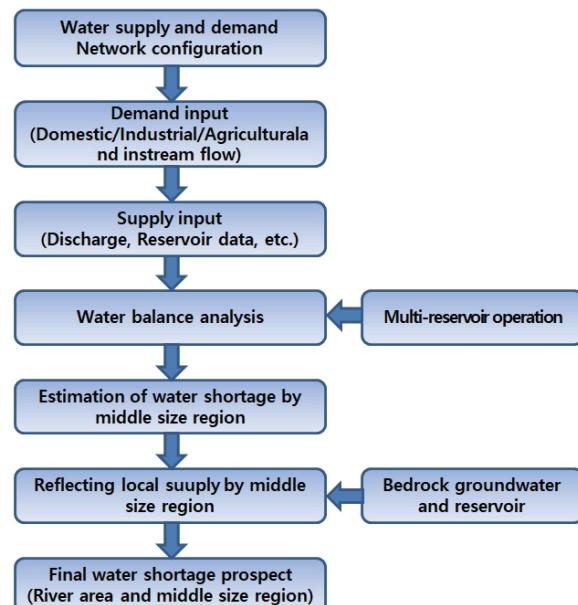
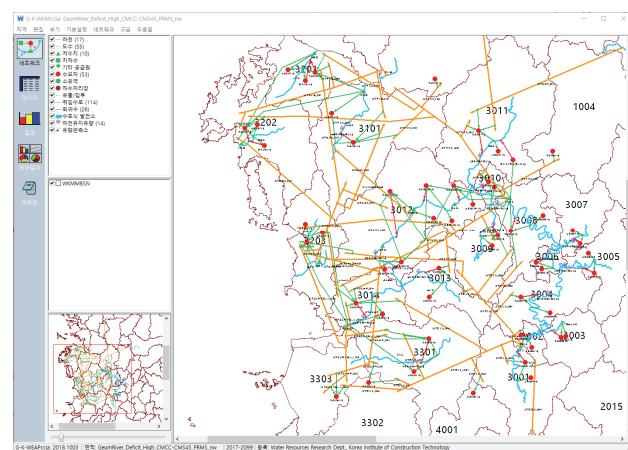


Fig. 3. Procedure of Future Water Supply and Demand Prospects (MOLIT, 2016)



4. 시나리오에 따른 용수공급능력 변화분석

4.1 용수공급능력 평가

물 수급 전망은 미래 수요처의 수요량과 공급가능량을 비교·분석하여 용수공급기능 여부를 판단하게 된다. 용수공급능력을 평가하는 방법으로는 신뢰도, 회복도, 취약도 등의 지표와 함께 미래 수요처의 물 부족량 평가가 있다. 본 연구에서는 가장 대표적으로 사용되고 있는 수요처의 물 부족량을 대상으로 평가를 수행하였다. 모의단위별 수요처의 용도별 수요량(D_j)보다 하천유출량과 수자원시설물로부터 수요처로의 공급량(S_j)이 적을 경우 물 부족이 발생하며 모의단위별 부족량을 합산하여 연간 물 부족량을 산정하게 된다.

$$\text{Deficit} = \sum (D_j - S_j) \quad (1)$$

미래 시나리오 경로별 물 수급 전망을 통해 각 시나리오 경로별 물 부족량을 분석하였다. 이때 물 부족량은 모의단위별 생활, 공업 및 농업용수에 대한 부족량을 중권역별 산정하여 합산함으로써 금강유역 전체에 대한 연도별 물 부족량을 계산하였고 연도별 물 부족량 중 기간별 최댓값을 나타냄으로써 미래 시나리오에 따른 용수공급능력 변화를 분석하고

자 하였다.

4.2 수요변화에 따른 용수공급능력 평가

Fig. 2와 같이 금강유역의 미래 수요변화는 시나리오별로 변동 폭이 매우 큰 것을 확인할 수 있다. 수요변화가 미래 용수공급에 미치는 영향을 평가하기 위해 분석된 미래 시나리오 경로별 물 수급 전망 결과를 Table 2에 제시하였다. Table 2에 제시된 결과는 강우-유출 모형 중 HSPF를 통해 산정된 하천유출량을 활용한 결과로 동일한 기후변화 시나리오에 대해서 기간별 수요변화 시나리오에 따른 최대 물 부족량 차이를 평가함으로써 수요변화에 따른 용수공급능력 변화를 분석할 수 있다. 먼저 S1의 경우 수요변화 시나리오 간의 차이는 최소 388백만 $\text{m}^3/\text{년}$ 이며 최대 2,894 백만 $\text{m}^3/\text{년}$ 이다. 시나리오 경로별 수요변화에 따른 물 부족량의 차이는 최소 47백만 $\text{m}^3/\text{년}$, 최대 729백만 $\text{m}^3/\text{년}$ 으로 분석되었다. S2에 대해서는 543~3,845백만 $\text{m}^3/\text{년}$ 의 수요변화 폭을 나타내며 물 부족량의 차이는 최소 98백만 $\text{m}^3/\text{년}$, 최대 1,242백만 $\text{m}^3/\text{년}$ 으로 분석되었다. S3의 경우는 수요변화 시나리오에 따른 수요량은 최소 413백만 $\text{m}^3/\text{년}$, 최대 3,246백만 $\text{m}^3/\text{년}$ 의 차이를 보이고 있으며 물 부족량은 수요변화에 따라 73~625 백만 $\text{m}^3/\text{년}$ 의 차이가 발생할 것으로 예상되었다.

Table 2. Water Shortage Results by Future Scenarios

(unit: million m^3/y)

Climate change scenario		Period								
		S1			S2			S3		
		Demand scenario								
RCP 4.5	High demand	Medium demand	Low demand	High demand	Medium demand	Low demand	High demand	Medium demand	Low demand	
	CanESM2	305.78	155.31	75.34	367.66	192.04	88.66	398.70	117.94	45.33
	CESM1-BGC	476.57	174.05	63.58	1,384.19	361.23	142.00	421.57	168.78	68.71
	CMCC-CMS	846.84	299.89	117.44	1,004.93	563.49	131.23	745.99	337.77	198.38
	CNRM-CM5	315.62	130.79	75.54	430.18	174.44	76.62	429.85	189.90	70.70
	HadGEM2-AO	424.17	141.78	71.03	693.44	205.85	104.01	641.84	363.19	94.34
	IPSL_CM5A-LR	445.05	212.30	105.94	485.76	211.65	90.69	554.30	263.67	102.10
	MRI-CGCM3	352.06	197.24	92.43	692.29	243.66	80.09	347.91	154.98	41.18
RCP 8.5	NorESM1-M	294.30	161.19	90.00	464.81	188.80	80.80	699.28	204.90	73.83
	CanESM2	341.68	162.26	110.37	514.80	165.24	56.16	393.52	159.37	55.23
	CESM1-BGC	401.84	148.32	77.44	455.43	183.30	64.34	431.51	165.52	50.83
	CMCC-CMS	337.37	156.20	83.35	920.44	419.64	123.25	560.89	170.32	75.47
	GFDL-ESM2G	340.67	161.09	76.14	497.37	236.43	113.25	475.81	209.67	117.12
	HadGEM2-AO	396.83	168.97	84.11	683.48	202.40	72.01	400.89	182.25	76.89
	INM-CM4	480.27	338.52	123.83	434.07	192.62	94.24	511.17	177.42	70.47
	IPSL-CM5A-LR	501.90	193.08	82.59	508.91	198.73	93.94	599.22	255.93	138.58
	IPSL-CM5A-MR	394.82	219.74	114.45	612.78	329.22	127.40	557.95	228.60	106.74
	MRI-CGCM3	354.99	118.00	71.25	474.15	207.73	107.03	498.52	193.86	106.78

기간별 분석 결과 수요량 변화폭은 미래 물 부족에 영향을 주지만 일정한 패턴을 보이고 있지는 않는 것을 확인할 수 있다. 기간별 수요량 변동 폭은 큰 차이를 보이지는 않지만 물 부족량의 차이는 S2에서 최댓값을 나타내며 다른 기간의 약 2배 정도로 최대 수요 변화량인 3,845백만 m³/년의 32%인 1,242백만 m³/년으로 전망되었다. 반면에 수요변화에 따른 물 부족량의 최소 차이는 기간별로 차이를 보이며 수요변화 폭의 12~18%로 분석되었다. 이는 강우로 인한 하천유출량의 시간적, 공간적인 분포가 기후변화 시나리오에 따라 상이하기 때문에 수요변화에 따른 용수공급능력에 미치는 영향이 다르게 나타나는 것으로 판단된다.

4.3 기후변화 시나리오에 따른 용수공급능력 평가

미래 수요가 동일하다고 가정하고 기후변화에 따라 하천 유출량이 변화될 때 기후변화 시나리오 경로별 기간별 최대 물 부족량의 차이를 분석함으로써 기후변화 시나리오에 따른 용수공급능력 변화를 분석할 수 있다.

Table 2에 제시된 기간별 수요변화 시나리오별 최대 물 부족량을 통해 분석한 결과 S1에 대해서 고수요 시나리오는 553백만 m³/년, 기준수요 시나리오의 경우 221백만 m³/년, 저수요 시나리오에 대해서는 60백만 m³/년의 차이를 나타냈다. S2의 경우 고수요 1,017백만 m³/년, 기준수요 398백만 m³/년, 저수요 86백만 m³/년의 차이를 보였으며, S3에 대해서는 고수요 시나리오의 경우 398백만 m³/년, 기준수요 시나리오는 245백만 m³/년, 저수요 시나리오의 경우는 157백만 m³/년의 변화를 나타냈다.

미래 수요량이 증가할수록 기후변화 시나리오에 따른 용수공급능력의 변화가 커지는 것을 확인할 수 있으며 수요 관리 등을 통해 미래 수요량을 절감할 수 있다면 기후변화 등의 용수공급의 불확실성을 감소시킬 수 있어 보다 효율적인 수자원계획 수립이 가능할 것으로 판단된다.

4.4 강우-유출 모형에 따른 용수공급능력 평가

모형 간의 불확실성을 분석하기 위해 HSPF 모형과 PRMS 모형을 활용하여 동일한 기후변화 시나리오별 기상 조건을 입력자료로 미래 하천유출량을 산정하였고 이를 반영한 물 수급 전망을 수행하여 분석 결과를 Table 3에 제시하였다.

구성된 미래 시나리오 경로별 물 수급 전망을 통해 기간별 통계치를 비교·분석해 보면 기간별 최소 물 부족량은 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 기간별 평균 물 부족량은 HSPF의 경우 S1에서 120백만 m³/년, S2의 경우 165백만 m³/년, S3에서 168백만 m³/년으로 분석된데 반해 PRMS 모형의 경우 각각 53백만 m³/년, 89백만 m³/년, 103백만 m³/년으로 나타나 HSPF 모형을 통해 분석된 물 부족량이 평균적으로 증가하는 것으로 나타났다. 두 모형 간의 기간별 최대 물 부족량에 있어서는 HSPF 모형을 통해 분석한 결과가 S1에

대해 255백만 m³/년이 증가하지만 나머지 기간에서는 PRMS 모형을 통해 전망된 물 부족량이 671백만 m³/년, 216백만 m³/년 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 강우-유출 모형에 따른 용수공급능력 변화는 일정 패턴을 나타내고 있지 않다는 것을 확인할 수 있으며 동일한 기상조건을 반영하였음에도 불구하고 모형 간의 불확실성은 큰 것으로 분석되었다.

Table 3. Water Shortage Results by Runoff Model
(unit: million m³/y)

Model	Statistics	Period		
		S1	S2	S3
HSPF	Min	0.27	0.48	1.64
	1 st quartile	38.54	40.82	33.59
	Median	89.73	119.34	112.82
	3 rd quartile	161.22	268.59	292.77
	Max	846.84	1,004.93	745.99
	Ave	120.14	165.45	168.00
PRMS	Min	0.03	0.37	0.47
	1 st quartile	9.19	16.22	25.44
	Median	30.40	57.12	74.35
	3 rd quartile	65.74	124.22	159.87
	Max	591.40	1,676.02	962.18
	Ave	52.71	88.72	103.44

4.5 미래 시나리오에 따른 용수공급능력 변화

미래 시나리오에 따른 용수공급능력 변화를 Fig. 5에 도시하였다. 향후 금강유역의 용수공급에 대해 가장 큰 불확실성을 나타내는 것은 수요변화 시나리오이다. 미래 용도별 수요량 추정에 있어 미래 인구변화, 토지이용변화, 경제성장률, 수요관리, 재이용률 등 다양한 인자가 고려되어야 하며 각 인자들에 대한 미래 추정치가 반영되기 때문에 각 인자들의 불확실성이 내포됨에 따라 수요변화 시나리오가 미래 용수 공급에 대한 불확실성이 가장 큰 것으로 판단된다. 또한 공급에 대한 불확실성을 평가하기 위해 기후변화 시나리오별 물 수급 전망을 통한 분석 결과 수요변화 시나리오보다는 적은 불확실성을 나타내지만, 기후변화에 따른 최대 용수공급 변화량이 최대 수요변화 시나리오에 따른 용수공급 변화량의 82%를 차지하는 것으로 나타나 기후변화로 인한 용수 공급의 어려움을 사전에 대비해야 할 필요가 있다고 판단된다. 동일한 기상조건을 반영한 강우-유출 모형 간의 불확실성은 다른 두 요인에 비해 적은 것으로 나타났지만 모형 간 최대 671백만 m³/년의 물 부족 차이를 나타냄에 따라 모형 선정의 중요성이 강조되며 향후 수자원계획 수립 시 여러 모형을 통해 산정된 하천유출량을 비교·분석하여 활용하거나 모형의 매개변수에 대한 보다 신뢰성 있는 검증과정이 필요할 것으로 판단된다.

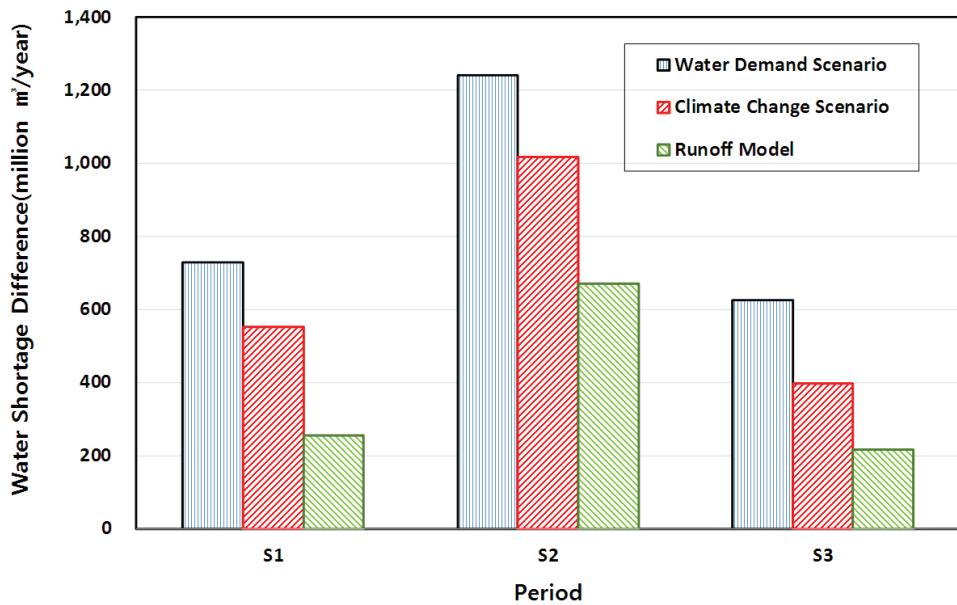


Fig. 5. Changes in Water Supply Capacity by Future Scenarios

5. 결 론

미래에 대한 안정적인 용수공급을 위해 수립되는 수자원 계획은 과거의 추세를 반영한 몇몇 미래 시나리오에 대한 분석을 통해 이루어졌다. 하지만 미래를 정확히 예측하기에는 무리가 있으며 몇몇 시나리오에 국한된 분석은 잘못된 계획 수립과 함께 큰 후회비용을 지불할 수 있게 된다. 따라서 미래에 대한 불확실성을 평가하고 이를 반영한 계획 수립을 통해 보다 지속 가능한 물 관리를 해야 한다.

본 연구에서는 현재의 기술로 예측 가능한 미래의 다양한 상황을 가상의 시나리오로 구성하여 이에 대한 분석을 수행함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 대상유역인 금강유역에 대해 미래 기후변화 시나리오 와 수요변화 시나리오 등 총 51개 미래 시나리오 경로를 구성하고 각 시나리오 경로별 물 수급 전망을 통해 각 시나리오가 미래 용수공급에 미치는 영향을 평가하여 제시하였다. 이를 통해 미래의 용수공급에 대한 불확실성을 정량화함으로써 이수분야 관련 다양한 정보를 제공하였다.
- (2) 용수공급에 영향을 미치는 여러 시나리오 중 수요변화 시나리오, 공급량 변화를 평가할 수 있는 기후변화 시나리오와 함께 강우-유출 모형 간의 불확실성을 평가하였다. 미래 용수공급능력 변화에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 수요변화 시나리오로 나타났으며 최대 1,242백만 $m^3/\text{년}$ 의 물 부족량 차이로 전망되었다. 두 번째 영향을 미치는 요인은 기후변화 시나리오로 분석된 시나리오별 물 부족량 차이는 최대 1,017백만 $m^3/\text{년}$ 으로 분석되었다. 가장 적은 불확실성을 나타내는 요인

은 강우-유출 모형 간 최대 671백만 $m^3/\text{년}$ 의 물 부족 차이를 보였다. 수요변화 시나리오의 경우 미래 수요량 추정을 위해 필요한 다양한 인자들의 미래에 대한 불확실성을 내포하기 때문에 가장 큰 용수공급의 불확실성을 나타냈으며, 동일한 기상조건을 반영한 강우-유출 모형 간의 불확실성도 적지 않은 것으로 나타나 향후 수자원계획 수립 시 보다 신중한 모형 선정 및 분석 과정이 필요할 것으로 판단된다. 다만 본 연구에서는 두 가지 강우-유출 모형만을 비교·평가 하였기 때문에 향후 보다 다양한 모형 간의 비교가 필요할 것으로 판단된다.

- (3) 이와 같이 미래에 대한 분석에 있어 불확실성은 매우 큰 것으로 나타나기 때문에 정확히 예측할 수 없는 미래에 대해서는 현재의 기술로 예측 가능한 모든 상황을 사전에 분석하고 이에 대한 대비를 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

본 연구에서는 다양한 미래 시나리오 경로를 가정하고 금강유역에 대한 물 수급 전망을 통해 미래 시나리오에 따른 용수공급능력 변화를 분석하여 제시함으로써 수자원 계획 수립 지원을 위한 다양한 정보를 제공하고자 하였다. 본 연구결과는 향후 정부나 지자체 및 관련기관 등의 상수공급자의 미래 물 공급 능력 확보 및 물 부족 해소 대책 수립 등을 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 방대한 양의 정보가 의사결정자나 정책결정자에게 혼란을 줄 수 있다는 단점도 있기 때문에 주기적이고 지속적인 모니터링을 통해 향후 기후변화나 수요변화 등을 분석하고 수자원계획을 재수립하는 일련의 과정을 거칠 필요가 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 환경부/한국환경산업기술원의 지원으로 수행되었음(과제번호 83065).

References

- Bae, D.H., Jung, I.W., and Chang, H.J. (2008). Long-term trend of precipitation and runoff in Korean river basins. *Hydrological Process*, Vol. 22, No. 14, pp. 2644-2656.
- Choi, S.J., Lee, D.R., and Kang, S.K. (2017). Evaluation of climate change impacts on water resources facility and water supply network of Nakdong River basin based on future scenarios. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 2, pp. 449-459.
- Choi, S.J., Kang, S.K., Lee, D.R., and Kang, S.U. (2018). Evaluation on the water supply stability of Nakdong River basin based on future scenarios. *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 51, No. S-1, pp. 1105-1115.
- California Department of Water Resources (DWR). (2014). California Water Plan Update 2013.
- Kim, S.J., Kim, B.S., Jun, H.D., and Kim, H.S. (2010). The evaluation of climate change impacts on the water scarcity of the Han River basin in South Korea using high resolution RCM data. *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 43, No. 3, pp. 295-308.
- Liu, Y., Guo, H., Zhang, Z., Wang, L., Dai, Y., and Fan, Y. (2007). An optimization method based on scenario analysis for watershed management under uncertainty. *Environmental Management*, Vol. 39, No. 5, pp. 678-690.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT). (2016). *National water resources plan (2001-2020)* (3rd rev.).
- Ray, P.A., Kirshen, P.H., and Watkins Jr., D.W. (2012). Staged climate change adaptation planning for water supply in Amman, Jordan. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 138, No. 5, pp. 403-411.
- Rowland, E.L., Cross, M.S., and Hartmann, H. (2014). *Considering multiple futures: Scenario planning to address uncertainty in natural resource conservation*. U.S. Fish and Wildlife Service, Arlington, VA, USA.
- Van der Heijden, K. (2005). *Scenarios: The art of strategic conversation* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.

<i>Received</i>	September 23, 2019
<i>Revised</i>	September 23, 2019
<i>Accepted</i>	October 4, 2019