

전지구 자료의 국내 적용성 평가에 관한 연구

The Assessment of Global Data Application on the South Korea

손경환*, 이병주**, 배덕효***

Kyung Hwan Son, Byung Ju Lee, Deg Hyo Bae

요 지

최근 기후변화로 인한 지구온난화, 엘니뇨 및 라니냐 등의 현상은 과거에 경험하지 못했던 기상재해를 유발시키고 있으며, 피해규모가 전 세계적으로 매년 증가하고 있는 추세이다. 이는 기후변화가 국지적이 아닌 전지구적인 형태로 발생하는 것으로 볼 수 있으며, 이를 고려한 수자원 영향 평가를 위해서는 인접 국가들과의 연계분석이 우선적으로 이루어져야 한다. 일찍이 국내에서는 국가규모의 수문해석에 대한 필요성이 제기되어 왔으나, 국외 지역의 지형특성 및 기상조건에 대한 자료 획득과 전구수문해석이 가능한 적정 수문모형 활용의 어려움으로 그동안 등한시되어왔다. 이에 본 연구에서는 국가 규모의 유출해석에 필요한 전지구 자료를 구축하고 자료의 가용성을 판단하기 위해 국내를 대상으로 유출해석을 수행하여 모의 결과의 정확도를 평가하였다. 모의를 위해 전세계적으로 국가규모의 해석에 있어 적용성이 검증된 지표수문해석모형을 활용하였으며, 관측유량 대비 모의유량의 정확도를 평가한 결과 일별 유출해석 시 정확도가 매우 저조한 것으로 나타났으나, 기간별(10일 및 월별 등) 분석에서는 신뢰할 만한 결과를 도출할 수 있었다. 따라서 전지구 자료를 활용하여 국외 수문해석을 수행할 경우 사전에 자료 품질에 대한 충분한 검토가 있어야 할 것이며, 기간별 수문해석을 통해 모의 결과를 활용하는 것이 적절하다고 판단된다.

핵심용어 : 기후변화, 전지구 자료, 지표수문해석모형, 기간별 분석

1. 서 론

정부간 기후변화 패널(International Panel on Climate Change, IPCC) 4차 보고서에 따르면 지난 세기동안 전 세계적으로 평균기온은 1900년 이후 약 0.76℃ 상승하였으며, 지역별로 강수 패턴이 변화한 것으로 보고되었다. 특히 우리나라의 경우 1.5℃ 기온 상승과 더불어 강수량 및 집중호우의 증가 추세가 나타나 기후변화 추세가 전지구적인 경향을 상회하고 있음을 알 수 있다. 이처럼 기후변화가 국지적이 아닌 전지구적인 형태로 발생한다고 하였을 때, 이를 고려한 수자원영향 평가를 수행하기 위해서는 국가단위의 수문해석이 필요하다. 이에 국내외 지역에 대한 장주기 수문모의가 실현되어야 하는데, 과거에는 각 국가의 지형특성 및 기상조건에 대한 자료의 구축 및 처리에 어려움이 많아 이러한 분석은 거의 미흡한 실정이었다. 특히 우리나라 경우만 해도 협소한 국토면적에 비해 복잡한 지형특성과 지역마다 강우 및 유출특성이 상이하기 때문에 수문모의 입력자료 구축 및 변수 추정이나 물리적의미를 부여하고 해석하는 일이 쉽지 않았다. 그러나 최근 수문기상 분야의 선진국들은 컴퓨터의 발달과 RS(Remote Sensing) 및 GIS(Geographic Information System) 기술의 급속한 발전, 영상자료 해석기술의 발전 등에 힘입어 자국 및 전세계를 대상으로 이미 수자원영향 분석을 수행하고 있으며, 타 국가와의 수문·기상 네트워크를 구축

하여 국가별 기상 및 수문 정보를 교류하고 있다. 국내의 경우 많은 유출모형의 도입으로 지역별 물순환 변동에 대해 적절히 분석하였으나 기상, 수문 및 지형자료 구축의 한계와 전구 스케일의 지표수문해석모형 개발 및 도입의 어려움으로 국가단위의 수자원 영향평가는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 전지구 자료를 기반으로 국내에 대한 유출분석을 수행하고자 하며, 관측유량과의 비교를 통해 자료의 가용여부를 판단하고자 한다.

2. 전지구 자료 구축

본 연구의 목적은 전지구를 대상으로 수자원영향 분석을 위해 전 세계적으로 상용되는 기상 및 지형 자료를 활용하여 국내를 대상으로 적용 가능성을 평가하고자 한다. 자료의 종류는 크게 DEM, 토양도, 토지피복도 및 기상자료 등으로 구분되며 각각의 자료들은 지표수문해석모형의 특성에 맞게 활용된다. 여기서 전지구 토양 정보의 경우 $5' \times 5'$ 해상도로 자료가 구축된 Food Agriculture Organization Dataes(FAO, 1998)의 프로그램을 활용하였으며, DEM(Digital Elevation Model)의 경우 USGS(<http://eros.usgs.gov/>)에서 제공하는 $30'' \times 30''$ 간격의 자료를 활용하였다. 또한 토지피복자료는 1km 간격의 토지피복도를 제공하고 있는 UMD(University of Maryland)Land cover 자료를 활용하였다. 마지막으로 기상자료의 경우 미국 NCDC(National Climate Data Center)에서 제공하는 기상관측소별 일단위 기상자료를 활용하였으며, 이상치 및 결측된 값에 대해서는 내삽을 통해 보정 한 후 가용할 수 있는 관측소를 추출하였다.

3. 적용성 평가

3.1 지표수문해석모형

인접국가와 연계한 수자원영향평가를 수행하기 위해서는 국가규모의 수문해석이 가능한 지표수문해석모형이 필요하다. 통상 지표수문해석모형이란 물리적 기반의 (준)분포형 수문모형으로 다양한 공간분해능이 가능하여 주로 Large-scale의 GCM(Global Climate Model)자료와 연계모의시 유용한 장점이 있으며, 최근 기후변화로 인한 전지구 수문해석의 필요성이 대두됨에 따라 다양한 지표수문해석모형들이 개발되고 있는 추세이다. 본 연구에서는 전 세계적으로 국가별 수문해석에 있어 그 적용성이 검증된 VIC(Variable Infiltration Capacity)모형을 선별하였으며, 이를 활용하여 국내 및 전지구 자료를 토대로 유출모의를 수행하고자 한다.

VIC 모형은 대기와 식생 그리고 토양의 상호작용 등의 수문과정을 기반으로 물의 동적인 변화와 Energy Flux를 모의하는 분포형 모형이다(Liang 등, 1994). 모형은 크게 Water Balance, Channel routing, Energy Balance 등으로 구성되어 있으며, 각 모듈은 독립적으로 수행된다. 다음 그림 1은 모형의 수문학적 거동을 나타낸 것으로, 모형은 격자내에서 수평 및 수직방향으로 변동되는 유출의 거동특성을 반영한다. 여기서 수평방향의 경우 격자내 피복특성별 면적비를 고려하여 여러 토지피복특성이 고려된 차단 및 증발을 모의하며, 수직방향으로는 토양의 깊이에 따라 최상부토층, 상부토층 및 하부토층 등 3개의 토양층으로 나누어 유출 및 증발산을 모의한다. 특히 유출은 최상부 및 상부토층의 포화여부에 따라 결정되는 지표유출과 하부토층의 기저유출로 구분된다.

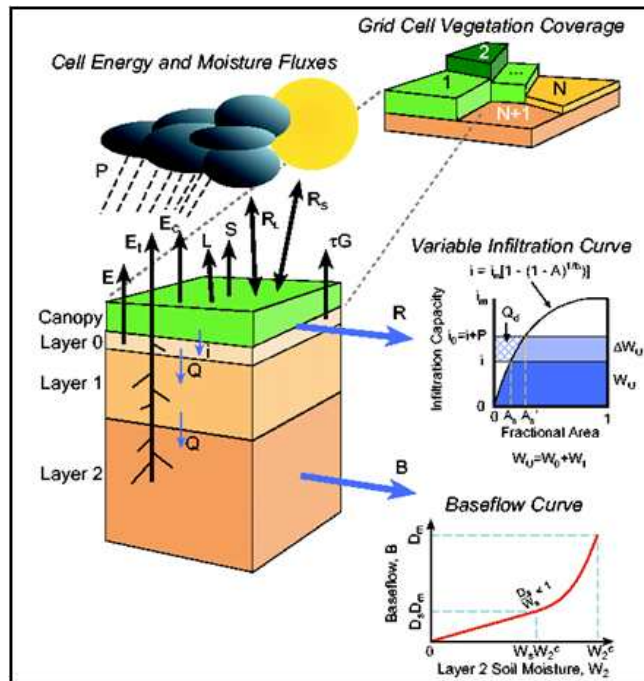


그림 1. Schematic of the Variable Infiltration Capacity(Chekauer, 2003)

3.2 불확실성 평가

통상 자료의 불확실성을 파악하고 정량적인 평가를 수행하기 위해서는 자료의 출처 및 물리적 범위에 대한 검토도 중요하겠지만 입력 자료에 따른 유출모형의 수문성분 분석 역시 평가의 기준이 될 수 있다. 이에 본 연구에서는 남한을 대상으로 전지구 자료에 따른 일별 유출모의를 수행하고 관측유량과의 비교를 통해 결과의 불확실성을 평가하였다. 이를 위해 우선 구축된 전지구 자료를 모형의 적정 입력 자료로 전환한 후 국내 댐 상류 유역을 대상으로 양질의 관측유량을 수집하였다. 또한 국내 관측 기상 및 지형자료를 토대로 유출모형의 매개변수를 추정하고 이를 전지구 자료 모의에 적용하여 결과의 정확도를 평가하였다. 다음 표 1은 선정된 8개 댐 상류유역을 대상으로 각 입력 자료별 모의결과의 정확도를 나타낸 것이다. 분석 결과 상관계수는 전지구자료의 경우 0.61~0.80, 국내자료는 0.82 이상으로 나타났으며, 유출용적오차는 전지구자료가 -9.02(%)~24.31(%), 국내자료는 -15.52(%)~4.98(%) 정도의 범위를 보였다. 또한 모형 효율성 계수에서는 전지구자료의 경우 0.26~0.62 정도로 국내자료에 비해 정확도가 낮은 것으로 나타났다. 따라서 전지구 자료의 불확실성이 매우 높은 것을 알 수 있으며, 이를 활용한 일별유출분석은 적절치 않는 것으로 사료된다.

표 1. 전지구 및 국내 자료에 대한 유출결과의 불확실성 평가

대상 유역	CORR		RMSE (mm/day)		ME		VE (%)	
	전지구	국내	전지구	국내	전지구	국내	전지구	국내
괴산댐	0.78	0.85	4.37	3.46	0.54	0.71	-3.64	4.30
안동댐	0.61	0.88	5.33	3.01	0.26	0.76	8.78	-9.33
임하댐	0.62	0.85	5.22	3.41	0.33	0.71	24.31	0.44
합천댐	0.80	0.88	3.81	3.05	0.63	0.76	-9.02	-0.09
섬진강댐	0.79	0.88	4.18	3.18	0.62	0.77	-5.31	3.97
소양댐	0.75	0.88	5.36	4.00	0.49	0.72	4.61	-15.52
충주댐	0.63	0.86	5.55	3.53	0.30	0.72	2.17	3.22
대청댐	0.79	0.82	3.89	4.50	0.55	0.67	5.14	4.98

3.3 기간별 분석

앞서 제시된 결과를 토대로 알 수 있듯이 전지구 자료를 활용한 일별 유출통계분석결과의 경우 정확도가 매우 저조 것으로 나타났다. 그러나 장기유출거동의 경우 기간별 뚜렷한 경향을 가지며, 강수 및 기온 특성에 지배적인 것이 주요 특징이다. 따라서 관측유량과 모의유량에 대해 기간별 유출거동의 유사성을 평가하는 방법 역시 중요한 사항이다. 이에 본 연구에서는 앞서 제시한 일별 유출결과를 바탕으로 10일, 월별에 따른 통계 및 도시적 평가를 수행하였으며, 각각의 결과는 다음 표 2에 나타났다. 수행결과 전체적으로 일별통계분석 결과보다 10일 및 월별 평가 시 정확도가 높은 것을 알 수 있으며, 안동댐의 경우 일별 모형효율성계수가 0.26이었으나 10일별 0.60, 월별 0.74까지 정확도가 증가한 것으로 나타났다. 이는 전지구 자료를 활용한 유출모의평가를 수행할 경우 기간별 유출거동 평가 방법을 적용하는 것이 보다 적합하다고 할 수 있겠다.

표 2. 기간별 유출모의에 대한 통계분석결과

대상 유역	적용방법	CORR	RMSE	ME	VE (%)
괴산댐	10일별 통계분석	0.89	19.02	0.77	-3.64
	월별 통계분석	0.92	34.33	0.84	-3.64
안동댐	10일별 통계분석	0.79	23.56	0.60	8.78
	월별 통계분석	0.86	43.51	0.74	8.78
임하댐	10일별 통계분석	0.81	21.96	0.61	24.31
	월별 통계분석	0.89	40.00	0.77	24.31
합천댐	10일별 통계분석	0.89	17.97	0.79	-9.02
	월별 통계분석	0.93	37.95	0.84	-9.02
섬진강댐	10일별 통계분석	0.91	17.31	0.83	-5.31
	월별 통계분석	0.93	36.31	0.86	-5.31
충주댐	10일별 통계분석	0.79	27.12	0.62	2.17
	월별 통계분석	0.84	53.24	0.70	2.17
소양댐	10일별 통계분석	0.83	28.60	0.67	8.93
	월별 통계분석	0.86	57.31	0.73	8.93
대청댐	10일별 통계분석	0.93	15.24	0.85	5.14
	월별 통계분석	0.94	28.90	0.88	5.14

4. 결론 및 향후계획

본 연구에서는 전세계를 대상으로 제공되는 전지구 지형 및 기상 자료를 활용하여 국내를 대상으로 유출모의 결과에 따른 자료의 불확실성 평가를 수행하였다. 양질의 관측유량이 존재한 국내 8개 댐 상류유역을 선정하여 입력 자료별 생성된 모의결과를 비교해 본 결과, 기간별 유출거동 평가 방법이 일별 평가보다 적절한 것으로 나타났으며, 이상의 결과는 향후 인접국가와 연계한 수자원영향 평가 시 유용할 것으로 사료된다. 향후 전지구 관측 기상, 수문 및 지형자료를 더욱 확보하여 국외지역에 대한 유출해석을 수행하고 나아가 기후시나리오를 적용함으로써 국가별 수문분야에 대한 변동성 및 취약성에 대한 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(1-9-3)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Cherkauer, K.A., Bowling, L.C., Lettenmaier, D.P.(2003), "Variable Infiltration Capacity cold land process model updates. Global and Planetary Change", Vol. 38, Issues. 1-2, pp. 151-159, 2003. 7
2. Fao. (1998), Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy
3. IPCC (2007a), Climate change 2007: The Physical Science Basis, IPCC Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press
4. Liang, Xu.(1994), "A Two-Layer Variable Infiltration Capacity Land Surface Representation for General Circulation Models". Water Resource. Series 1994, TR140, Univ of Washington, Seattle, 208