

UN 2030 지속가능발전목표와 사회수문학적 가뭄연구의 필요성

Water
for future
학술/기술 기사
01



김태웅

한양대학교(ERICA)
건설환경공학과 교수
twkim72@hanyang.ac.kr



유지영

한양대학교(ERICA)
공학기술연구소 연구교수
7924pooh@hanyang.ac.kr

1. 머리말

지속가능발전목표(SDGs: Sustainable Development Goals)는 2015년 제70차 UN 총회에서 2030년까지 달성하기로 결의한 의제로써, ‘지속 가능한 발전’을 위한 국제적인 약속이다. SDGs는 현재와 미래 세대의 필요를 모두 충족시키는 개념을 바탕으로 전 지구적으로 사회와 경제발전 및 환경보호를 함께 이루며 ‘지속가능한 발전’을 달성하기 위한 미래지향적인 인류 공동의 목표이다.

UN의 2030 SDGs는 인류의 보편적 문제(빈곤, 질병, 교육, 여성, 아동, 난민, 분쟁 등)와 지구 환경문제(기후변화, 에너지, 환경오염, 물, 생물다양성 등), 경제 사회문제(기술, 주거, 노사, 고용, 생산 소비, 사회구조, 법, 대내외경제)를 2030년까지 해결하기 위해 Fig. 1과 같이 17개의 주요목표(①빈곤퇴치, ②기아 종식, ③건강과 웰빙, ④양질의 교육, ⑤성평등, ⑥물과 위생, ⑦깨끗한 에너지, ⑧양질의 일자리와 경제성장, ⑨산업, 혁신과 사회기반시설, ⑩불평등 완화, ⑪지속가능한 도시와 공동체, ⑫책임감있는 소비와 생산, ⑬기후변화 대응, ⑭해양 생태계, ⑮육상 생태계, ⑯평화, 정의와 제도, ⑰SDGs를 위한 파트너십)와 169개의 세부목표(Target)를 제시한 것이다.

우리나라도 UN이 제시한 공동의 목표 달성에 기여하고 미래 세대의 환경을 보전하는 동시에 현 세대의 경쟁력을 보장하는 국가발전 패러다임을 지속가능발전기본계획을 통해 제시하고, 이를 이행하기 위한 노력을 지속하고 있다. 지



Fig. 1 UN의 2030 지속가능발전목표(SDGs)의 17개 목표(출처: <https://unstats.un.org/sdgs/>)

속가능발전기본계획은 「저탄소 녹색성장 기본법」 제50조에 따라 지속가능발전 관련 국제적 합의를 이행하고 국가의 지속가능발전을 촉진하는 것으로 목적으로 하며, 20년을 계획기간으로 5년마다 수립하여 시행하고 있다. 현재는 2021년부터 2040년 기간의 지속가능발전 실행 계획을 담은 제4차 지속가능발전 기본계획(2021-2040)을 수립하여 이행하고 있다.

이러한 UN의 SDGs의 17개 주요목표는 ‘사회발전’, ‘경제성장’, ‘환경보존’의 세 가지 축을 기반으로 하고 있다. 이 중에서도 SDG 6(물과 위생)은 ‘모두를 위한 물과 위생의 이용가능성과 지속가능한 관리 보장’으로 수자원 분야와 직접적으로 연관된 지속가능발전목표이다. 그러나 몇몇 국가에서는 SDG 6 달성에 필요한 재원을 마련하지 못하고 있으며, 일부 지역에서는 물 스트레스가 심각한 수준으로 높아지고 있다. 뿐만 아니라 기아종식과 지속가능한 농업(SDG 2)과 더 나은 삶을 위한 육상 및 해양 생태계의 보전(SDG

14와 15) 그리고 기후변화 대응(SDG 13)과 관련된 SDGs 또한 수자원과 연관성이 있으며, 그밖의 모든 SDG도 수자원과 연관성이 작다고 할 수 없다. 이처럼 UN 2030 SDGs 이행을 위해서는 수자원의 관리가 필수적이며, 최근들어 수문학, 사회학, 행동 과학, 수자원 경제학, 수자원공학 및 거버넌스를 포함하는 광범위한 분야의 전문가 및 실무자가 함께 모여 수자원 관련 문제를 실질적으로 해결하기 위한 노력이 요구되고 있다. 이러한 노력의 일환으로 사회수문학 커뮤니티가 형성되었으며, 2021년 9월 국제 사회수문학 학술회의가 네덜란드 델프트에서 최초로 개최되었다(Delft International Conference on Sociohydrology, <https://delft2021sh.org/>).

2. SDGs와 관련된 사회수문학의 역할

국제 사회수문학 학술회의(International Conference on Sociohydrology)에서는 SDGs에서

물과 관련한 다양한 목표(기아종식, 식량안보와 지속가능한 농업발전(SDG 2), 기후변화에 대한 영향방지와 긴급대응(SDG 13), 육지생태계 보존과 산림보존, 사막화 방지, 생물다양성 유지(SDG 15))를 달성하기 위해 필요한 과학적 접근을 시도했다. 사실, 전통적인 수문학적 시스템에서는 인간의 활동을 외인적 요인으로 한정할 뿐이지만, 사회수문학 관점에서는 수문 시스템 내에 인간의 활

동이 자연적, 기술적, 사회적 차원에서의 동인 역할을 하는 동적 피드백을 고려한다(Fig. 2 참고).

즉, 인간은 의도적이든 아니든 수문시스템에 상당한 영향을 미치고 있으며(Blöschl et al., 2013; Savenije et al., 2014), 이러한 수문시스템의 변화 또한 가뭄 및 홍수에 다양한 방식으로 대응하는 인간 사회를 형성하는데 상당한 영향을 주고 있다(Adger et al., 2013; Di Baldassarre et

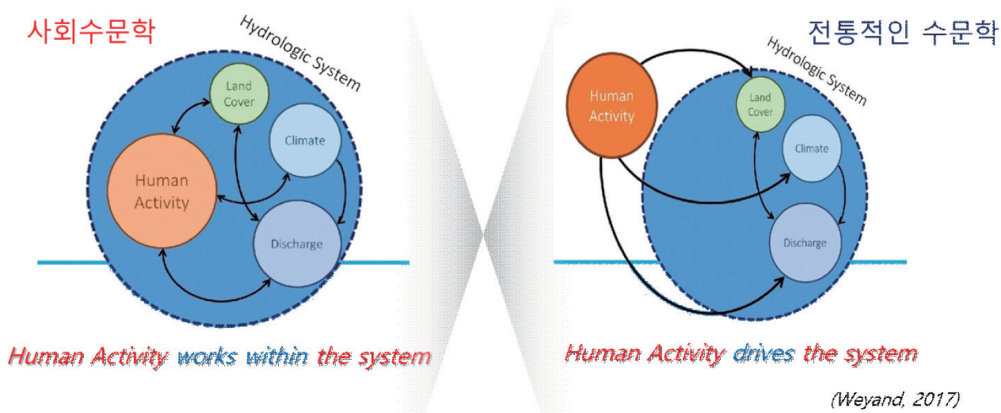


Fig. 2 전통적인 수문학과 사회수문학적 관점에서의 수문시스템의 개념적 차이

SOCIO-HYDROLOGICAL PHENOMENA	1 NO POVERTY		3 GOOD HEALTH AND WELL-BEING		6 CLEAN WATER AND SANITATION		8 DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH		9 INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE		11 SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES		13 CLIMATE ACTION		15 LIFE ON LAND	
	1.1 Eradicate extreme poverty for all people everywhere	3.3 Combat hepatitis and water-borne diseases	3.9 Reduce deaths and illnesses from water pollution	6.1 Safe and affordable drinking water for all	6.5 Implement IWRM, including Transboundary cooperation	6.6 Protect and restore water-related ecosystems	8.1 Sustain per capita economic growth	9.4 Upgrade infrastructure for resource use efficiency	11.5 Reduce deaths from water-related disasters	13.1 Strengthen resilience to climate-related hazards	15.8 Conserve and restore freshwater ecosystems					
Safe-development paradox	●	●														
Supply-demand cycle	●				●	●	●	●	●				●	●		●
Adaptation effect	●												●	●		
Pendulum swing	●		●													●
Rebound effect	●				●	●				●						●
Aggregation effect	●				●	●						●	●			●
Institutional complexity	●				●	●						●	●			●

Fig. 3 SDGs와 연관된 사회수문학적 현상(Di Baldassarre et al., 2019)

al., 2017). 이처럼 인간과 수문시스템 사이의 양방향 피드백 현상은 무수한 요소가 상호 간섭하여 다양한 패턴을 형성하게 된다. 따라서 사회 및 수문시스템이 상호 연결되어 있다는 사실을 전제로 SDGs의 실효적 이행을 위해서는 물과 인간 시스템 사이의 상호작용에서 발생하는 현상 규명이 필요하며, 이를 위해 사회수문학적 접근방법이 필요하다(Fig. 3 참고).

또한, 유엔 재난위험경감사무국의 연례 보고서에 따르면(UNISDR, 2018), 재난의 위험과 피해는 지속가능한 발전의 장애요소이며, 재난에 대한 취약성과 피해를 경감하는 것을 SDGs의 세부목표(빈곤퇴치(SDG 1), 불평등 완화(SDG 10), 기후변화 대응(SDG 13), 평화, 정의와 제도(SDG 16))를 달성하기 위한 수단으로 제시하고 있다. 재난과 관련된 사회수문학 연구는 대부분 사회와 홍수 문제에 대한 상호 피드백을 이해하기 위한 시도라고 할 수 있다. 예를 들어, 홍수방지 대책을 위한 예방 효과는 안전하고 복원력 있는 지속 가능한 도시와 인간거주(SDG 11)를 가능하게 하는 목표를 달성한 듯 보이지만, 단순히 홍수 보호 구조물을 건설하거나 보강하는 것으로는 홍수 발생의 근원적인 문제를 해결할 수 없는 경우도 있다(Kreibich et al., 2017).

이 외에도 SDGs 달성을 위한 과학적 시도를 통해 인간-물 시스템과 관련된 복잡성 해석을 위한 사회수문학 연구는 UN이 제시하는 SDG 6의 구체적인 목표(① 안전한 식수에 대한 접근을 높이고, ② 여성과 어린이 및 취약계층을 포함한 모두의 공중위생에 대한 접근성을 확보하며, ③ 오염 저감을 통해 수질을 개선하고, ④ 물 사용의 효율을 높여 물 부족을 줄이고, ⑤ 초국경 협력을 통해 통합된 수자원 관리를 실현하며, ⑥ 물과 관련된

생태계를 보호하고 복원하는 것)의 이행 가능성을 장단기적으로 평가하는데 적절하게 활용될 수 있다.

3. SDGs 이행을 위한 가뭄연구 패러다임의 전환 필요성

가뭄은 사회경제적 영향을 가장 강력하게 미치는 자연재해 중 하나이다. 전통적으로 가뭄은 다양한 관점에서 개별적으로 정의된다. 단순한 강수 부족 현상에서 시작된 기상학적 가뭄을 비롯하여, 대상이나 목적에 따라 수문학적 가뭄, 농업적 가뭄, 사회경제적 가뭄으로 구분된다. 일반적으로 가뭄은 기상 변동성에 의해 발생하는 자연현상이지만, 수자원 시스템의 물 부족을 발생시키는 원인이 되고, 이와 더불어 용수 수요량 대비 공급량 부족으로 인한 물 스트레스는 사회적 영향으로 이어지게 된다(Nazemi and Madani, 2018). 즉, 이는 SDGs 내 17개 목표 달성을 가능하게 하는 매우 기초적인 목표인 깨끗한 물과 위생에 관한 문제해결을 어렵게 한다.

따라서 기후 변동성 및 사회/경제/환경적 변화에 따른 물 수요를 안정적으로 충족하기 위해서는 효율적인 수자원 관리가 요구되며, 나아가 안정적인 식량과 에너지 생산이 가능해져 경제성장으로 이어질 수 있다. 최근들어 기후 및 환경 조건에서 물과 사회의 상호적 작용을 통해 생성되는 공진화 현상에 따른 가뭄의 영향에 대한 이해를 도울 수 있는 사회수문학적 연구의 필요성이 강조되고 있다(Sivapalan et al., 2012; Towler et al., 2019).

만일, 가뭄이 끝나려면 어느 정도의 강수량이 필요할까? 라는 단순한 질문을 한다면, 이에 대한 대답은 다양한 불확실성 속에서 물 저장량의 증가

또는 감소 수준에 따라 달라지기 때문에 직관적으로 대응책을 제시하기가 어렵다. 반대로 앞에서와 동일한 질문에 더불어 다양한 불확실성을 무시해도 되는 경우는 어떨까? 아마도 과거 자료를 기반으로 하여 가뭄이 해결되는데 필요한 강수량, 또는 가뭄 회복의 기간, 속도 및 시기에 대한 정확한 과학적 판단이 가능할 것이다. 따라서 SDGs 이행을 위한 가뭄재해 관리를 위해서는 가뭄 취약성 평가를 통한 가뭄 영향과 피해를 완화하는 것이 매우 중요하다.

이외에도 점차 불확실성이 증대되는 기후 변동성 및 기후변화로 인한 현재의 수문 시스템 내에서는 인간 활동으로 인한 영향은 더욱이 증가할 수 있다. 즉 이에 따라 사회/경제/환경적 변화에 따른 용수별 가치는 변화할 수 있으며, 이로 인한 용수 수요도 함께 변화할 것이다. 즉, 인간 활동에 의한 분야별 물의 중요도가 달라져 안정적인 용수 공급에 차질이 생길 수 있다. 따라서 지속 가능한 발전을 위한 가뭄 관리를 위해서는 물수요 시

나리오 생산기술 개발을 통한 용수 수요 예측연구가 필요하며, 이는 인간 활동과 자연적 가뭄의 양방향 상호작용을 기반으로 반영하는 사회수문학 관점에서 인위적인 가뭄이 정의될 수 있다(Fig. 4 참고). 여기서 말하는 인위적인 가뭄이란, 재생이 가능한 자연적인 물의 변동성과 기후변화, 인간의 영향에 의해 유발되거나 강화되는 물 스트레스를 의미한다(AghaKouchak et al., 2021).

최근까지의 사회수문학 분야에서는 대부분 인간-홍수, 인간-가뭄, 인간-환경 상호작용 및 피드백 영향을 연구했다. 그러나 SDGs에서 물의 역할은 사회수문학 관점에서의 대상 범위와 비교하여 크게 확장된다. 예를 들어, 수자원은 식량 및 에너지 생산과도 연결되어 있고, 반면 식량과 에너지를 생산하기 위해 과도하게 물을 사용할 경우, 일부 해당 인근 지역에서는 물 부족 문제 또는 환경 파괴로 이어질 수 있으며, 즉 물-식량-에너지-물 부족-환경 등의 다원적 관점에서 접근하는 것이 필요하다.



Fig. 4 도시화, 인구증가, 산업 및 농업개발 등으로 인한 물 스트레스 증가(출처: AghaKouchak et al., 2021)

따라서 SDGs 이행을 위한 사회수문학 관점에서의 가뭄은 인간과 환경 간의 물 경쟁(수질 오염 vs. 인간의 건강) 외에도 더 넓은 맥락으로 확대하여 관리해야 한다. 예를 들면, 다양한 인간의 물 사용(예: 물 vs. 식량 vs. 에너지) 또는 다양한 물 위험(예: 홍수 vs. 가뭄)에 대한 영향연구와 더불어 국제적 관점에서의 불평등 감소를 위한 갈등 해결을 위한 협력방안 마련이 요구될 수 있다.

4. 맺음말

본 기사는 지속가능발전목표(SDGs) 이행을 위한 사회수문학적 관점에서의 가뭄 연구의 필요성을 제시하였다. 특히 인류 공동의 목표로 설정한 17개의 SDGs는 인간이 직면하는 물 위기와 상당히 밀접하게 연관되어 있다. 즉 여러 이해관계자들이 가지는 다원적 관점을 이해하고 물과 관련된 영향을 개념적 또는 정량적으로 분석하기 위해서는 사회수문학적 접근방법을 활용하는 것이 필요하다.

현재까지 사회수문학 연구의 핵심은 수문시스템에서 인간의 활동이 자연적, 기술적, 사회적 동인 역할을 하는 동적 피드백을 고려하는 것이었다. 이것은 인간의 활동에 의한 영향이 수문시스템으로 되먹임되는 구조로 반영된다. 사실, 수문학적 가뭄연구에서도 인간의 활동을 수문시스템의 외인적 요인으로 분석하였기 때문에 인위적인 가뭄이란 개념은 필요하지 않았다. 다만, 수문학적 가뭄을 정의하는 데 있어 인간의 개입에 의한 용수 수요 및 공급이 외부적 요인으로 작용할 뿐이었다. 그러나 사회수문학 관점에서 이해하는 인위적인 가뭄은 가용 수자원의 자연적인 변동성과 함

께 사회-수문 시스템에서 인간의 영향에 의해 유발되는 물 스트레스를 포함하고 있다.

SDGs에서 물의 복잡한 역할을 고려할 경우, 가뭄 취약성 및 위험을 해결하기 위해서는 경제 부문에서의 취약성과 더불어 지역사회에 대한 물리적, 사회적, 경제적, 환경적 가뭄 스트레스를 모두 평가한 후, 누가, 무엇이 가뭄에 위험한 상태인가를 가뭄 발달시간 경과(가뭄 전, 도중 및 직후)에 따라 관리할 필요가 있다. 또한, 인간 활동이 가뭄 회복단계에서 부정적인 또는 긍정적인 영향을 미칠 것인지에 대한 적절한 판단을 하기 위해서는 다원적 의사결정이 매우 중요한 요소가 될 수 있다. 예를 들어 극심한 물 부족이 발생했을 때 지역별 용수부족에 따른 민감도 수준에 대한 평가가 선행되었다면, 국가적 또는 유역 차원에서는 이해관계자가 합의할 수 있는 공급 우선순위를 결정하는 것이 가능해진다.

향후 지속가능발전 관련 국제적 합의를 이행하고 우리나라의 지속가능발전 이행계획을 달성하기 위해서는 SDGs의 ‘사회발전’, ‘경제성장’, ‘환경보존’의 세 가지 축에 관련된 다양한 물 수요, 개발 계획, 정책 및 인간의 행동 사이에서 상호 연결되어 나타나는 피드백을 대처할 수 있는 능력이 필요할 것이다. 또한, 기존의 전통적인 가뭄연구에서 나아가 다양한 상호-연결고리에 대한 새로운 가치를 발견하고, 이를 통한 인위적인 가뭄으로 인한 이어지는 영향을 정량적으로 평가할 수 있는 연구가 필요하다. 아마도 이러한 연구가 지속 되어 실용화 기술로 발전할 수 있다면, 인간과 생태계에서 모두 물 부족 문제해결을 위한 탄력성을 지닐 수 있을 것이다.

참고문헌

- Adger, W. N., Quinn, T., Lorenzoni, I., Murphy, C., and Sweeney, J. (2013). Changing social contracts in climate-change adaptation. *Nature Climate Change*, 3(4), 330– 333.
- AghaKouchak, A., Mirchi, A., Madani, K., Di Baldassarre, G., Nazemi, A., Alborzi, A., Anjileli, H., Azarderakhsh, M., Chiang, F., Hassanzadeh, E., Huning, L. S., Mallakpour, I., Martinez, A., Mazdiyasn, O., Moftakhari, H., Norouzi, H., Sadegh, M., Sadeqi, D., Van Loon, A. F., and Wanders, N. (2021). Anthropogenic drought: Definition, challenges, and opportunities. *Rev. Geophys.*, 59, no. 2, e2019RG000683,
- Blöschl, G., Nester, T., Komma, J., Parajka, J., and Perdigão, R. A. P. (2013). The June 2013 flood in the Upper Danube Basin, and comparisons with the 2002, 1954 and 1899 floods. *Hydrology Earth System Sciences*, 17(12), 5197– 5212.
- Di Baldassarre, G., Martinez, F., Kalantari, Z., and Viglione, A. (2017). Drought and flood in the Anthropocene: Feedback mechanisms in reservoir operation. *Earth System Dynamics*, 8(1), 225– 233.
- Di Baldassarre G, Sivapalan M, Rusca M, Cudennec C, Garcia M, Kreibich H, Konar M, Mondino E, Mård J, Pande S, Sanderson M R, Tian F Q, Viglione A, Wei J, Wei Y P, Yu D J, Srinivasan V, and Blöschl G. (2019). Sociohydrology: Scientific challenges in addressing the sustainable development goals. *Water Resour Res*, 55: 6327–6355.
- Kreibich, H., Di Baldassarre, G., Vorogushyn, S., Aerts, J. C. J. H., Apel, H., Aronica, G. T., Arnbjerg-Nielsen, K., Bouwer, L. M., Bubeck, P., Caloiero, T., Chinh, D. T., Cortès, M., Gain, A. K., Giampá, V., Kuhlicke, C., Kundzewicz, Z. W., Llasat, M. C., Mård, J., Matczak, P., Mazzoleni, M., Molinari, D., Dung, N. V., Petrucci, O., Schröter, K., Slager, K., Thieken, A. H., Ward, P. J., and Merz, B. (2017). Adaptation to flood risk: Results of international paired flood event studies. *Earth's Future*, 5(10), 953– 965.
- Nazemi, A., and Madani, K. (2018). Urban water security: Emerging discussion and remaining challenges. *Sustainable Cities and Society*, 41, 925– 928.
- Savenjije, H. H. G., Hoekstra, A. Y., and Van der Zaag, P. (2014). Evolving water science in the Anthropocene. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(1), 319– 332.
- Sivapalan, M., Savenjije, H. H. G., and Blöschl, G. (2012). Sociohydrology: A new science of people and water. *Hydrological Processes*, 26(8), 1270– 1276.
- Towler, E., Lazrus, H., and PaiMazumder, D. (2019). Characterizing the potential for drought action from combined hydrological and societal perspectives. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 23, 1469–1482.
- United Nations Office of Disaster Risk Reduction (UNISDR) (2018). UNISDR Annual Report 2017, United Nations Office of Disaster Risk Reduction. United Nations, Geneva. 64p.
- Weyand, S. R. (2017). An analysis of current trends and potential applications of sociohydrology, Dissertation of Master Degree, Texas A&M University.
<https://unstats.un.org/sdgs>