

탄력성과 탄력적 물관리, 그리고 물안보

-1. 탄력성의 개념과 탄력적 물관리의 등장



박정은 |

K-water연구원 위촉선임연구원
jungeun.park@kwater.or.kr



김정곤 |

K-water연구원 수석연구원
jkkim@kwater.or.kr



김현식 |

K-water 물관리센터 팀장
hyeonsik@kwater.or.kr



고덕기 |

K-water연구원장
dkkoh@kwater.or.kr

는 보고서를 발간한다. 올해 초 발표된 보고서에는 세계가 직면한 총 50가지 글로벌 위험 요인을 5가지 부문(경제, 환경, 지정학, 사회, 기술)으로 구분하여 분석하였다. 이 보고서에서는 10년내 발생가능성이 높은 5대 위험과 발생시 글로벌 영향력이 큰 5대 위험에 모두 물공급 위기(Water Supply Crises)를 꼽고 있다(그림 1). 특히 세계 경제 및 지구환경시스템에 대한 스트레스가 커지고 있다고 평가하면서 양 시스템 모두에 충격이 발생할 경우 전 세계적으로 심각한 상황이 닥칠 수 있다고 경고하고 있다(WEF, 2013). 따라서 인간의 생존뿐만 아니라 여러 부문과 복잡한 관계를 맺고 있는 수자원의 대응력 강화가 어느 때보다 절실하게 다가오고 있다. 더욱이 문제는 국가간, 분야간에 고도로 연계된 오늘날의 사회에서, 한 나라의 위기는 그 나라의 문제로 끝나는 것이 아니라 그 파장이 다른 지역과 다른 분야로 영향을 미친다는 점이다.

우리나라의 물 사정은 어떠할까? 수자원장기종합계획(2011-2020)(국토해양부, 2011)을 살펴보면, 우리나라의 물 수요량은 현재에 비해 크게 증가하지 않으며, 4대강 살리기 사업 등을 통해 본류에서의 용수수요는 대부분 충족되는 것으로 전망하고 있다. 그러나 도서, 해안 및 산간 지역을 중심으로 여전히 지역적 불균형이 남아있다. 전국 상수도 보급률은 매년 상승하고 있지만 도시와 농어촌 상수도 보급률은 아직까지 큰 차이를 보이고 있다.

1. 머리글

다보스 포럼으로 알려진 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)은 매년 세계가 직면한 전지구적 위험요인을 평가하여 “Global Risks”라

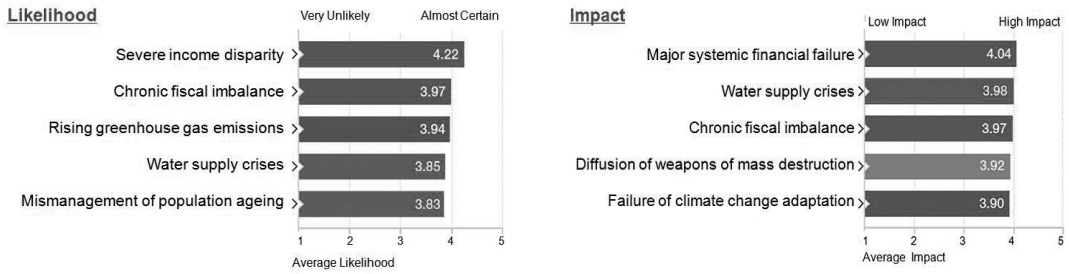


그림 1. 2013년 글로벌 위기별 발생 가능성과 영향(WEF, 2013)

표 1. 지역규모별 상수도 보급률(2011년)

구분	급수보급률(%)	1인 1일당 급수량(L)
전국	97.9 (94.6)	335
특·광역시	99.9 (99.6)	308
시	99.1 (98.8)	423
읍	94.9 (90.9)	187
면	86.7 (58.8)	187

※ () 안 수치는 마을상수도 및 소규모 급수시설 이용인구를 포함하지 않은 수치임
출처: 국가상수도정보시스템(www.waternow.go.kr)

2011년 서울 등 특·광역시의 상수도 보급률이 99.6%로 높은 수준을 보인 반면, 면단위 농어촌지역은 58.8%에 불과한 것으로 나타나 도농간 상수도 보급률 격차가 여전한 것으로 나타났다(표 1). 또한 수도요금은 강원도 정선군이 1,382원/m³로 가장 낮고, 서울은 520원/m³으로 전국 평균인 619원보다 낮은 것으로 조사되어 지역적 불균형 해소에 관심을 기울일 필요가 있다.

그리고 기후변화라는 커다란 미래의 불확실성이 우리 앞에 놓여 있다. 기후변화는 수자원 계획의 불

확실성을 증대시키고 홍수나 가뭄 등 자연재해의 대비책 마련을 어렵게 한다. 우리나라도 극한 가뭄, 극한 홍수의 발생주기가 절반 정도로 줄어들었고 그 강도는 점차 커지고 있는 추세이다. 일정했던 강수패턴도 없어서 2009년부터는 기상청의 장마 예보도 종료되었으며, 2011년의 여름철 강수패턴은 이전과는 판이하게 달라 물관리에 어려움이 많았다(그림 2). 향후에는 비가 적게 오는 해가 많아져 2061~2090년의 가뭄 발생기간은 과거(1971~2000년)에 비해 3.4배 증가하며 금강유역의 하천 유량은 13.3% 감소될 것으로 전망하고 있다(국토해양부, 2010). 이와 같은 변화가 지속된다면 우리도 기후변화의 심각성을 현실적으로 느끼게 될 날이 멀지 않아 보인다.

뿐만 아니라 급성장한 경제활동으로 물공급 중단 시 발생하는 사회·경제적 피해규모가 과거에 비해 급증했다는 점에 주목할 필요가 있다. 이렇듯 물공급의 지역적 불균형과 기후변화, 물공급 중단에 따른 피해 등을 대비하기 위하여 추가적인 수자원 확보에 대한 필요성이 제기되는 것은 당연하다. 우리나라는 수자원 공급의 50% 이상을 다목적댐에 의존하고 있는 실정이며(국토해양부, 2011), 이제까지 대형 인프라 시설 확충을 통해 신규 수원을 개발하는 방법을 택해왔다. 그러나 댐 건설 적지를 찾기가 점차 어려워지고 환경단체 및 해당지역 주민들의 반대어

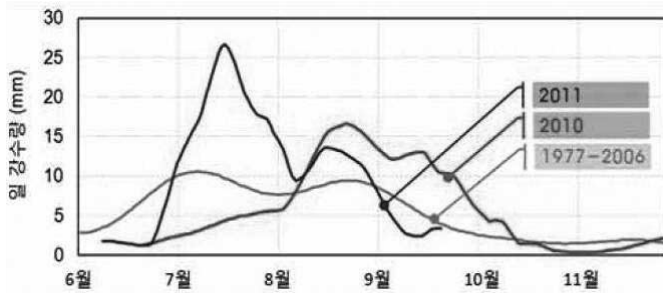


그림 2. 최근 우리나라의 강우량 특성 (국토해양부, 2012)

론에 부딪혀 댐건설 계획 대비 실제 시행은 난관에 부딪히고 있는 상황이므로 기존 댐의 활용도를 높여 운영의 효율화를 꾀하는 방향으로 전환하는 분위기이다. 하지만 여전히 신규 댐 건설을 통한 신규 수자원 확보는 필요한 실정이며 이에 대한 노력은 지속되고 있다.

미래 수자원 관리에 대한 필요와 그 필요에 대응하는 방식 사이에 간극이 커지고 있다. 이에, 기존의 단편적인 대응 방식에서 벗어난 새로운 방식의 수자원 관리를 요구하고 있다. 즉, 어떤 일이 발생했을 경우 이렇게 대응해야 한다는 확립화되고 고정된 관리방식의 당위성이 점차 약화되고 있다. 수자원 관리에 대한 불확실성이 커진 동시에 대응방식의 범위도 확장되었다는 의미이다. 이렇듯 수자원을 둘러싼 대내외적 상황 변화와 불확실성이 증가하면서 ‘탄력성(Resilience)’이라는 개념이 수자원 분야에서도 빠르게 도입되고 있는 추세이다. 특히 국제사회의 물문제 인식이 기후변화 대응을 위한 적응(Adaptation)에서 국가의 존망과도 관련된다는 인식으로 발전되어 ‘물안보(Water Security)’¹⁾라는 개념으로 확장되고 있다. <표 2>는 연도별 세계 물의 날 주제를 나타낸 것으로, 2000년대 초반에는 지속가능한 발전을 위한 수자원 활용에 초점을 두었다면 물관련 재난으로 인한 피해 예방과 위생 등의 건강 관련 주제들이 2000년대 중반을 차지하였다. 그리고 2000년대 후반에 들어와서 물부족, 식량 문제, 국가간 수자원 공유, 국제 협력 등의 주제가 거론되기 시작하면서 물안보 문제를 본격적으로 논의하기 시작한 것을 알 수 있다. 여러 분야에 파급력이 큰 수자원을 지

표 2. 세계 물의 날의 주제

연도	세계 물의 날 주제	주관기관
1994	Water for all	유엔환경계획(UNEP)
1995	Women and Water	국제여성개발 연구훈련원(INSTRAW)
1996	Water for Thirsty Cities	유엔 인간거주센터(UNCHS)
1997	The world's Water- Is there enough?	유엔 교육과학문화기구(UNESCO)
1998	Groundwater- The invisible resource	유엔아동기금(UNICEF), 유엔 경제사회국(UNDESA)
1999	Everyone lives downstream	유엔환경계획(UNEP)
2000	Water for the 21st Century	유엔 교육과학문화기구(UNESCO)
2001	Water and Health	세계보건기구(WHO)
2002	Water for Development	국제원자력기구(IAEA)
2003	Water for the Future	유엔 교육과학문화기구(UNESCO) 유엔 경제사회국(UNDESA)
2004	Water and Disasters	유엔 국제재해경감전략기구(UN ISDR) 세계기상기구(WMO)
2005	Water for Life	유엔 경제사회국(UNDESA)
2006	Water and Culture	유엔 교육과학문화기구(UNESCO)
2007	Coping with Water Scarcity	식량농업기구(FAO)
2008	International Year of Sanitation	유엔 경제사회국(UNDESA)
2009	Transboundary Waters	유엔 교육과학문화기구(UNESCO)
2010	Water Quality	유엔환경계획(UNEP)
2011	Water for Cities	UN WATER, UN HABITAT
2012	Water and Food Security	식량농업기구(FAO)
2013	Water Cooperation	유엔 교육과학문화기구(UNESCO)

속적으로 유지·관리하기 위해서는 위기에 직면했을 때에도 다시 원상태로 복원될 수 있는 능력, 즉 높은 탄력성을 갖추는 것이 필수적이기 때문이다.

본 고에서는 일반적인 탄력성 개념을 살펴보고, 이 개념이 어떻게 물공급의 안정성이라는 물안보 전략으로 도입되었는지 살펴보고자 한다. 그리고 우리가 처해있는 물관리 위기에 대응하기 위한 탄력적 물관리의 개념을 설정하고 그 방향을 제시하고자 한다. 2차에 걸친 기고를 통해 탄력적 물관리와 물안보에 대한 일반적인 개념과 우리의 현실을 살펴봄으로써 새로운 물관리 패러다임의 초석을 마련하기 위한 이해를 돕고자 한다.

1) GWP(Global Water Partnership)는 물안보(Water Security)를 “인간과 환경의 영위를 위한 충분한 수량의 물과 적합한 수질의 물에 대한 지속가능한 접근권”으로 정의하였다(GWP, 2000).

II. 탄력성(Resilience)이란?

탄력성이란 변화에 대한 안정성을 의미한다. 그러나 어떠한 종류의 변화인지, 무엇이 안정해야 하는지, 얼마동안 지속되어야 안정하다고 할 수 있는지 등의 질문들이 제기될 수 있다. 또한 탄력성 개념은 심리학과 생태학 뿐만 아니라 경제학, 정치학, 경영학, 사회학, 역사, 재난 계획, 국제 개발 등의 광범위한 영역에서 적용되고 있으나 통합적인 정의나 이론이 존재하는 것도 아니다. 그러나 “탄력성이란 무엇인가”라는 질문에 대답하기란 그리 쉽지만은 않다. 따라서 많은 연구에서는 복잡한 정도에 따라 3가지 형태의 탄력성으로 구분하고 그 스펙트럼 위에 해당되는 탄력성을 위치시킴으로써 다양한 분야에서 탄력성 개념을 적용할 수 있도록 하였다. 본고에서는 수자원 분야에도 적용할 수 있도록 일반적인 개념을 중심으로 정리하였다.

1. 공학적 탄력성(Engineering Resilience)

가장 단순한 수준의 탄력성으로, 외부의 충격(스트레스) 후, 원래의 상태로 복원되는 능력이다. 일반적인 탄성력을 지칭하는 용어로, 여기에서 탄력성이 높다는 것은 외부의 방해에 대한 변화가 적으며 손상을 받거나 붕괴되지 않고 견딜 수 있음을 의미한다. 즉, 이러한 수준의 탄력성은 안정성

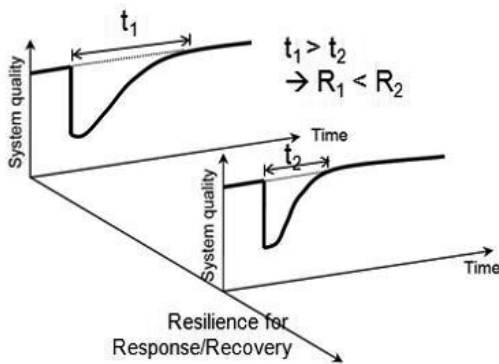


그림 3. 공학적 탄력성의 개념도 (Wang et al., 2009)

(Stability), 저항력(Resistance), 탄성(Elasticity)이라는 용어와 관련된다. 교각, 빌딩과 같은 공학적인 인프라 시스템은 외부의 스트레스에 견딜 수 있도록 설계되었으므로 C. S. Holling은 이러한 수준의 탄력성을 공학적 탄력성(Engineering Resilience)이라고 명명하였다(Holling, 2009).

공학적 탄력성은 하나의 평형상태나 정상상태만이 존재하고, 외부의 방해요인이 사라지면 다시 원래의 상태로 되돌아오며, 방해요인은 예측가능하다고 가정하고 있다. 따라서 공학적 탄력성은 비교적 단순한 방식을 통해 정량적으로 평가될 수 있다.

2. 시스템 탄력성(System Resilience)

우리를 둘러싼 세계는 끊임없이 변화하고 있다. 심지어 아주 짧은 시간동안에도 마찬가지다. 즉, 고정된 정상상태란 실제로 존재하지 않는다. 그러나 고정된 ‘기능’은 존재한다. 어떤 것이 ‘기능’한다는 것은 그것을 구성하는 요소가 있다는 것이고 구성요소들이 서로 상호작용을 한다는 의미를 포함하고 있다. 이것이 ‘시스템’의 탄력성을 고려해야 하는 이유이다. 그리고 시스템의 상호작용은 상위 단계의 시스템 뿐만 아니라 하위 단계의 것까지 모두 영향을 주고 받는다. ‘시스템 탄력성(System Resilience)’이란 위기의 상황에도 시스템의 기능을 유지할 수 있도록 하는 것이다. 여기에서 시스템

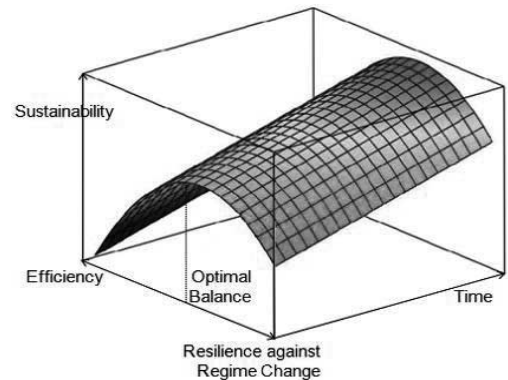


그림 4. 시스템 탄력성의 개념도 (Wang et al., 2009)

은 비교적 작은 규모의 것을 의미하는 것으로, 시스템 탄력성은 교란이 발생했을 때에도 시스템간의 관계가 계속 작동할 수 있도록 관리하는 것을 목표로 한다. 예를 들어 정전시에도 공장의 생산작업이 계속 이루어질 수 있도록 하고, 홍수나 태풍 발생시 인프라 시설들이 그 기능을 지속할 수 있도록 관리하는 것 등이다.

3. 복합적응시스템의 탄력성(Resilience in Complex Adaptive Systems)

앞의 2가지 형태의 탄력성은 개별적이거나 작은 규모의 시스템에서의 탄력성을 의미한다면, 복합적응시스템(Complex Adaptive Systems, CAS)은 가장 상위단계의 탄력성을 의미한다.

복합적응시스템은 시스템을 구성하는 요소간의 상호작용이 더욱 복잡하며 비선형적인 특징을 보여준다. 시스템 탄력성과 CAS의 탄력성을 구분하는 특징은 적응능력(Adaptive Capacity 또는 Adaptability)이다. 이것은 변화에 대한 단순한 적응이 아니라 새로운 운영 방식 또는 새로운 시스템 관계를 생성해내는 능력을 의미한다. 다시 말하자면 위기를 견뎌내고, 위기로부터 회복되며, 위기에 대응하여 새롭게 변화함으로써(Transformability) '자기 조직화(Self-Organization)' 하는 능력을 뜻한다. 그러므로 시스템의 '기능'은 유지되나 구조는 변화될 수 있다. 또한 자기 조직화를 통해 새로운 운영 방식을 만들어내므로 이는 혁신성(Innovation)과 연결되기도 한다.

사회적 제도(Institution)나 사회-생태계 시스템(Social-Ecological System, SES)은 복합적응시스템의 예로써, 그 시스템이 운영되는 외부환경과 그 시스템을 구성하는 내부요소들이 끊임없이 변화하는 다이나믹 시스템이다. 복합적응시스템은 사고발생 이후 또는 현재 존재하고 있는 스트레스 요인 하에서도 지속적으로 운영되도록 하는 시스템의 능력이 중요하다. 적응 순환(Adaptive Cycle)

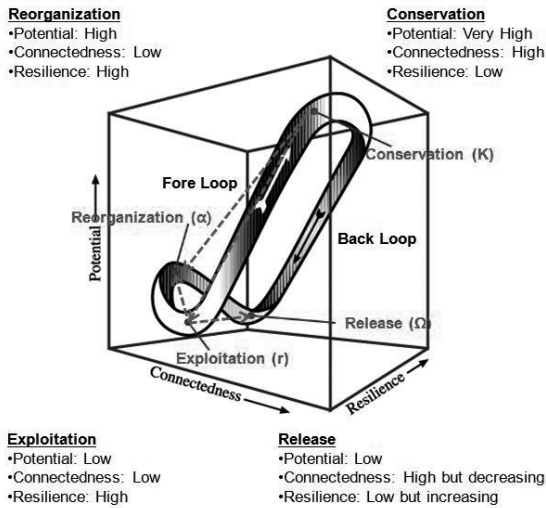
은 다이나믹 시스템이 위기에 대응하는 과정을 나타낸 것으로, ① 성장(Exploitation 또는 Rapid Grow), ② 유지(Conservation), ③ 해체·이완(Release 또는 Collapse), ④ 재조직화(Reorganization) 순서를 따른다. 적응 순환은 <그림 5>에 제시한 것처럼, 성장에서 유지 단계로 진행되는 전방 루프(Fore Loop)와 해체이완 단계에서 재조직화 단계로 진행되는 후방 루프(Back Loop)로 구분될 수 있으며, 시스템에서 사용가능한 자원으로써의 잠재력(Potential), 시스템 구성요소의 내부 연결성(Connectedness), 그리고 스트레스나 충격으로부터 회복되는 탄력성(Resilience)으로 각 단계의 특징을 나타낼 수 있다.

성장(Exploitation) 초기 단계는 시스템의 자원은 풍부하지만 시스템에 이득을 가져다줄 만큼 축적되지 않아 잠재력이 낮은 상태이다. 성장(Exploitation)에서 유지(Conservation) 단계로 넘어가면서 시스템의 각 요소들은 안정성이 증가하는 방향으로 서로 연결되고 자원은 점차 축적되어 잠재력이 높아진다. 이러한 과정동안 특정 요소가 시스템의 자원을 고효율적으로 사용하면서 우세하게 되고, 잠재력과 연결성은 높아져 유지 단계에 이르게 된다. 성장에서 유지단계로 이어지는 전방 루프는 일반적으로 속도가 느리며, 우세한 요소가 출현함으로써 시스템의 다양성은 줄어들고 동시에 탄력성도 낮아지게 된다. 이렇게 외부의 영향이나 압력, 방해에 취약해지면 축적된 자원은 해체·배출되어 잠재력은 다시 낮아지게 된다. 해체 단계의 연결성은 아직 높은 상태이나 점차 감소하고 있다. 또한 위기에 대응하기 위해 점차 새로운 관계를 시도하고 이로 인해 유연성과 탄력성도 다시 높아지게 된다. 해체(Release)에서 재조직화(Reorganization) 단계로 가는 후방 루프는 어떠한 결과물이 나올지 예측하기 어려운 불확실한 변화과정이다. 그리고 전방 루프에 비해 진행 속도가 빠르다. 시스템 요소간의 관계는 해체, 이완되어 연결성은 낮으나 새로운 관계를 만들어내면서 잠재력이 다시 생성되기

학술/기술기사

시작한다. 이러한 변천과정에서 발생하는 재조직화를 통해 다음 단계의 혁신을 이끌어 낼 수도 있다 (Hollings, 2001).

그러나 적응 순환은 위의 4가지 단계를 순차적으로 따라가는 고정된 궤적이 아니다. <그림 5>에 나타난 바와 같이 성장 단계에서 바로 해체·이완 단계나 재조직화 단계로 이동하기도 하며, 유지 단계의 시스템 붕괴를 막기 위해 다시 성장이나 재조직화 단계로 이동하기도 한다. 단, 시스템 내 자원과 연결성이 축적되어야 하므로 해체나 재조직화 단계가 바로 유지 단계로 이동하지 못한다. 적응 순환의



---> Possible pathways

그림 5. 적응 순환(Adaptive Cycle)의 모식도 (Hollings, 2001)

규모는 다양하며 각 순환구조는 여러 방식으로 상호 작용한다. 순환구조의 규모에 따라 일정한 방향으로 이동하는 것은 아니다. ‘panarchy’란 다양한 시·공간적 규모의 적응 순환들이 서로 연결된 적응 순환의 집합을 일컫는 용어로, 빠르고 작은 규모의 순환은 새로운 방식을 만들어내고(Revolt) 느리고 큰 규모의 순환은 위기를 극복한 과거 경험을 제공함으로써 시스템을 안정화한다(Remember)(그림 6).

<표 3>에 3가지 형태의 탄력성에 대한 내용을 요약하여 제시하였다(Jansen et al., 2007; Wang et al., 2009; Martin-Breen and Anderies, 2011).

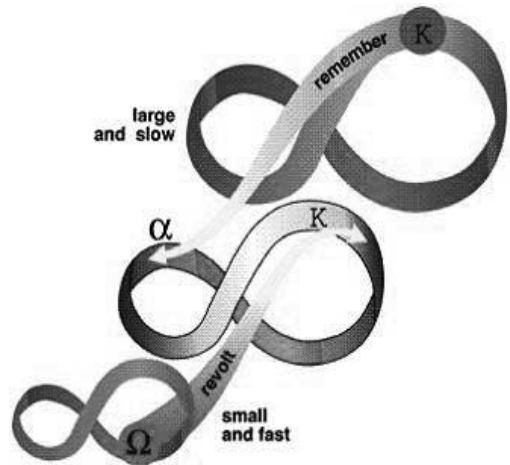


그림 6. Panarchy 메카니즘의 개념도 (Gunderson and Holling, 2002)

표 3. 탄력성의 분류 및 특징

구분	Engineering Resilience	System Resilience	Resilience for CAS
정의	방해(스트레스) 이후 시스템의 회복 속도	시스템의 기능이 변화하지 않고 흡수할 수 있는 방해의 크기	사고를 미연에 방지하고 회피할 수 있는 시스템의 능력
특징	• 안정적인 상태로의 복원속도	• 완충 능력 • 충격을 견디고 시스템의 기능을 유지함	• 방해와 자기 조직화 간의 상호작용 • 유지와 발전과의 상호작용
주목 개념	• 효율성(Efficiency) • 조절(Control)	• 지속성(Persistence) • 강건성(Robustness)	• 적응 능력(Adaptive Capacity) • 변형가능성(Transformability) • 학습(Learning) • 혁신(Innovation)
내용	• 안정된 원래의 상태에 근접	• 여러 개의 평형상태	• 통합 시스템의 피드백 • 여러 규모를 포함하는(cross-scale) 다이나믹한 상호작용

III. 탄력적 물관리의 등장

1950년대에는 홍수나 가뭄, 태풍 등의 자연재해나 기타 사고가 발생하였을 때 기술이나 시설의 부재를 원인으로 생각하였다. 그러나 공학기술 개선이 꾸준히 이루어지면서, 1970년대 경에는 사고 발생이 관리 요인으로 인한 인재(人災)라는 인식이 커졌다(Hollnagel, 2004). 이는 시스템과 조직은 갈수록 복잡해지고 시스템 내부 요소간의 상호작용은 비선형적인 특징을 가지게 되는데, 이러한 상태를 인식하지 못하고 있다가 갑작스레 표면으로 드러나 문제가 발생하는 경우가 있기 때문이다. 특히 대규모의 사회-기술 시스템의 사고는 경제적인 손실 뿐만 아니라 인간의 삶에까지 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로 대응책 마련이 필요하다.

우리는 기술적, 사회적 하위시스템으로 구성된 세계에서 살아가고 있다. 그러나 이제까지는 대부분 개별적인 하부 시스템을 관리하는 것에만 치중해왔다. 이러한 방식은 각각에 대한 세부적인 내용을 파악하는 데에는 유리할 수 있으나 전체 시스템을 파악하기에는 부족하다. 전체로서의 시스템은 하부 시스템을 단순 합산하는 것이 아니기 때문이다. 그러므로 하나의 하부 시스템만을 고려한 관리 전략은 의도하지 않은 결과를 야기할 수도 있다. 고도로 얽혀 있는 복합 적응시스템의 성질 상, 어떤 부분에서 발생한 변화는 필연적으로 다른 부분의 피드백 반응이 일어나도록 자극하기 때문이다. 그리고 개인의 삶에서부터 사회, 경제, 국가의 안보에까지 이르기까지 전방위적으로 영향을 미칠 수 있는 기후변화라는 미래의 위기상황

이 우리 앞에 놓여있다. ‘탄력성’은 이제까지 개별적으로 이루어진 하부시스템 관리에서 총체적인 시스템 관리로 가기 위한 격차를 메워줄 수 있는 개념인 동시에 기후변화라는 위기에 효과적으로 대응할 수 있는 관리 전략을 제공해줄 것이다.

우리나라는 홍수와 가뭄 등 물관련 재난에 대비한 인프라 구축과 관리에 많은 노력을 기울여왔으며, 그 노력은 현재까지 지속되고 있다. 그러나 개별적인 시스템의 유지·관리나 사고예방에 치중하고 그것이 시스템에 미치는 잠재적인 영향은 소홀히 여겨온 것이 사실이다. 전체 시스템으로서의 수자원과 그것의 연계성 및 파급효과를 고려해볼 때 ‘넓은 사고’로의 전환이 필요하다. 앞에서 검토한 3단계 탄력성으로 본다면, 개별적인 재난에 대비한 공학 탄력성과 인프라시설과 같은 소규모 시스템의 기능을 유지하기 위한 시스템 탄력성은 갖추고 있다고 볼 수 있다. 하지만 새로운 내·외부 변화나 타분야로부터의 영향에 탄력적으로 적응하는 능력(Adaptability)을 확보하고 있는가라는 질문에 대해서는 자신 있게 대답하기 힘들다. 즉각적인 효과가 나타나는 수자원 관리방법에 치중하여 관리 효율성을 우선시 하였으므로 상대적으로 다양성은 감소하게 되었다. 탄력성의 적응 순환 단계로 보자면, 우리나라의 물관리는 하나의 우세한 방식에 의지하는 유지(Reservation) 단계에 있다고 할 수 있다.

우리나라의 물 공급은 거의 댐에 의지한다 해도 과언이 아니다. 댐은 우리나라 수자원 공급량의 약 70%를 차지하고 있으며, 이중 다목적댐이 58%를 차지하고 있다(표 4). 그러나 기후변화 대비와 지역

표 4. 우리나라의 댐 및 저수지 현황

(단위: 백만 m³)

구분	전국	다목적댐	용수전용댐	발전전용댐	농업용저수지	하구둑	홍수조절댐
총 저수용량	21,682 100%	12,589 58.1%	609 2.8%	1,794 8.3%	2,802 12.9%	1,258 5.8%	2,630 12.1%
용수공급	18,771 100%	10,883 58.0%	881 4.7%	1,335 7.1%	2,742 14.6%	2,930 15.6%	- -
홍수조절	5,136 100%	2,198 42.8%	23 0.4%	266 5.2%	19 0.4%	- -	2,630 51.2%

출처: 댐건설장기계획(2012-2021), 국토해양부(2012.12)

학술/기술기사

적 불균형을 해소하기 위해 대량의 수자원 확보가 필요한 상황이지만 다목적 댐은 물론이고 소규모 댐조차 건설하기 어려워졌다. 댐건설장기계획(2001~2011)(건설교통부, 2001)에 제시된 12개의 다목적댐 후보지 중 3개 댐(한탄강댐, 영주댐, 평립댐)만이 추진되었으며, 댐건설 후보지 개수도 2001년 12개에서 2012년에는 6개로 줄어들었다. 정부의 국토개발 철학도 국가 주도의 개발사업에서 지역합의 후 사업을 추진하는 방향으로 전환되는 분위기이다.

단순한 물수요와 그 수요에 대한 확보·공급을 구조적인 대책에만 의지하는 경향이 높아지면 위기 상황에 대한 적응능력과 유연성이 낮아질 수도 있다. 이제는 새로운 물관리 방식을 취해야 할 때이고, 탄력적 물관리가 그 대안이라고 할 수 있다. 우선, 탄력적 물관리의 정의를 내리기에 앞서 적응형 관리(Adaptive Management)가 갖추어야 할 요소를 살펴보고자 한다. 적응형 관리를 위해서는 이해당사자와 실무자간의 커뮤니케이션과 관리과정

이 개방적이어야 한다. 또한 기술적인 측면 뿐만 아니라 사회경제적인 측면을 포괄하여 종합적으로 시스템을 이해해야 하며, 특히 사회적 상호작용의 잠재력과 상호간의 신뢰가 중요하다는 점을 인식해야 한다. 이러한 요소는 ‘탄력적 물관리’에서도 필요한 요소이며 요즈음 일고 있는 융복합, 다학제간 연구의 트렌드와도 무관하지 않아 보인다. 최근 몇 년간 수자원과 ICT기술과의 융복합이 활발히 진행되고 있지만, ICT분야 뿐만 아니라 경제, 행정, 법학 등 타학문과의 융합을 통해 전체로의 수자원 시스템을 이해하고 새로운 연구분야를 개척해 나가는 것이 필요하다. 그리고 더욱 중요한 것은 기술과 정책과의 격차 해소를 위한 정책수립 및 제도의 개선이다. 현재 이에 대한 필요성이 점차 강조되고 노력이 진행되고 있다는 점은 다행이라고 할 수 있다. 기술발전은 제도 개선과 별개의 것이 아니라 이해당사자간의 갈등해소를 위한 정책 수립을 뒷받침해주는 도구가 되어야 한다. 더욱이 인간생활의 기본적인 서비스를 제공하는 수자원 시스템의 경우 더

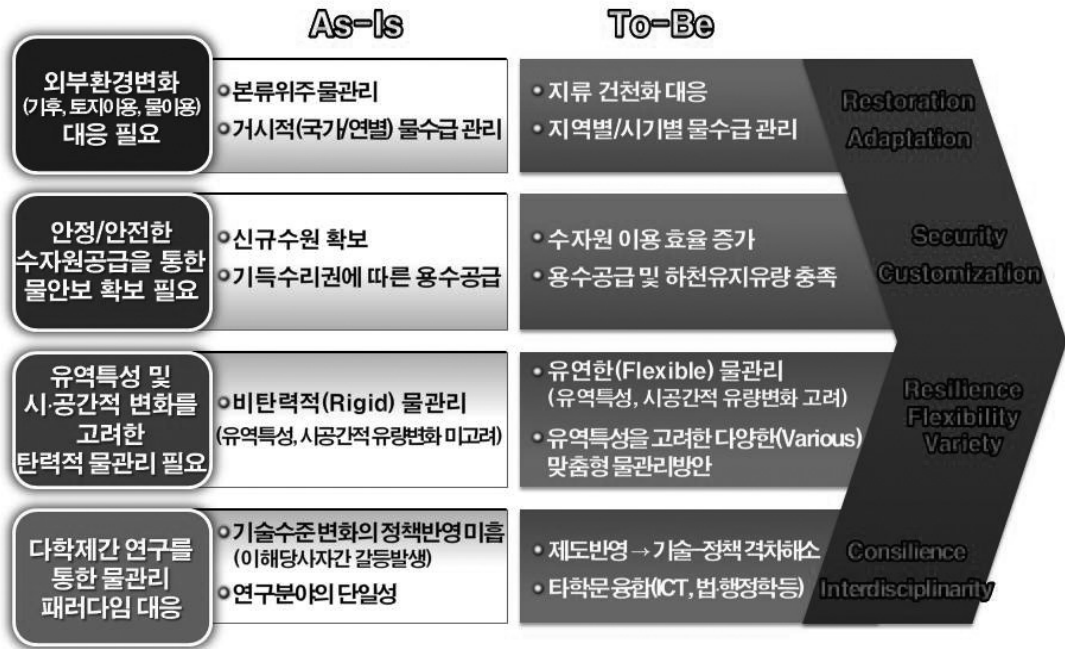


그림 7. 탄력적 물관리의 필요성

욱 그러해야 한다. 기술과 제도간 피드백 과정을 통해 현재 물관리 제도의 유연성은 증가하고 수자원 시스템을 총체적으로 이해할 수 있는 새로운 제도로의 이행을 가능하게 함으로써 유역 특성과 시·공간적 유량 변화를 고려한 탄력적 물관리를 실행할 수 있을 것이다. 기후변화에 대한 대응도 다르지는 않을 것이다.

IV. 탄력적 물관리를 위한 필요요소 및 전략

이제까지 탄력적 물관리가 전혀 이루어지지 않았던 것은 아니다. 광역급수체계를 통해 물이 부족한 지역에 용수를 공급한다거나 취수 후 남은 용수를 하천유지유량 등으로 활용한 것이 그 예이다. 그러나 우리나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 물안보가 중요시되는 현 시점에서, 위와 같은 사례를 확장하여 체계적인 물관리 전략을 마련해야 할 필요가 있

으며 '탄력적 물관리'는 물안보를 위한 주요 전략으로 우리가 주목해야 할 개념임에는 분명하다.

탄력성 물관리에 대한 프레임워크를 마련하기 위해서는, 먼저 현재의 물관리가 어떤 상태에 놓여져 있는지 파악한 후, 탄력성의 달성 목적을 설정해야 한다. 현재 분석의 한계를 파악하는 것 또한 중요하다. 규모에 따른 물관리의 상호작용과 각 규모별 물관리간의 상호작용을 파악하고, 물관리 실무자와 이해당사자가 어떻게 연관되어 있는지 파악해야 한다. 마지막으로 물관리의 탄력성을 증가시키기 위한 전략이 정책적으로 실행될 수 있는 노력을 포함해야 한다.

위와 같은 내용을 고려하여 '탄력적 물관리'에 대한 구체적인 전략(안)을 마련하였다. 동일한 위기 상황이 발생한다 하더라도 유역의 특성과 발생 시기에 따라 물관리 전략을 차별화할 필요가 있다는 점을 고려하였으며, 탄력적 물관리의 3가지 핵심용어-적응성(Adaptation), 유연성(Flexibility), 다

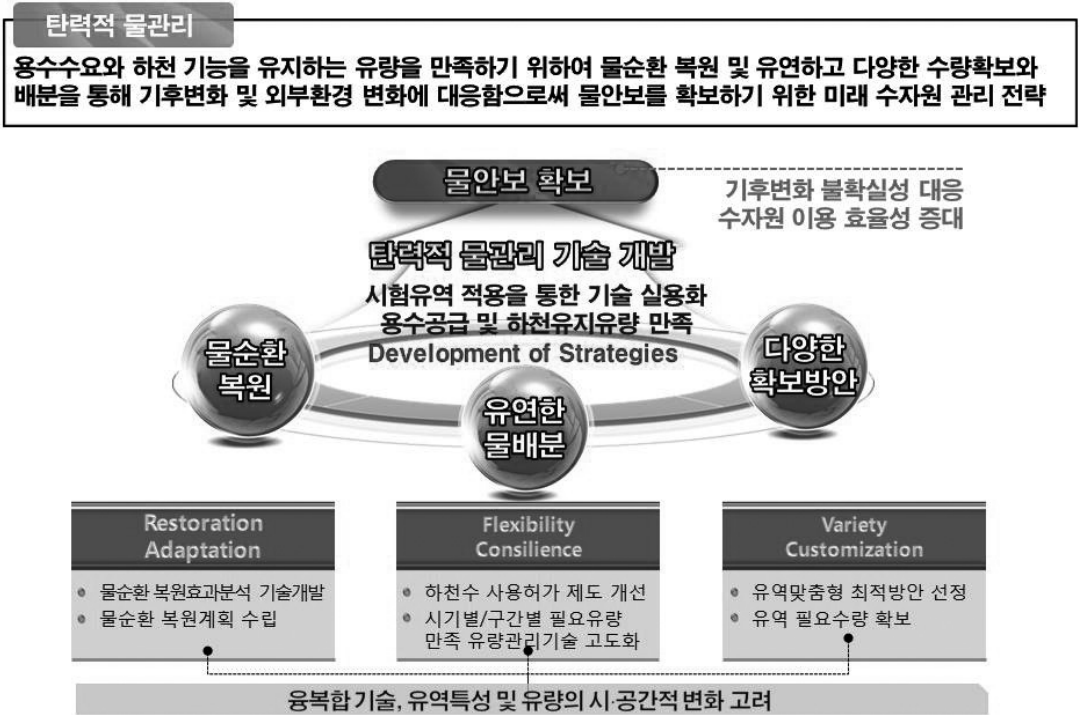


그림 8. 탄력적 물관리의 정의와 전략

양성(Variety)-를 선택하고 이에 대응하는 탄력적 물관리 전략을 선정하였다. 탄력적 물관리는 한정된 수자원을 효율적으로 이용하고 기후변화에 대비하기 위한 것으로, 궁극적으로 물안보를 확보하기 위한 관리전략이자 도구이다. 여기에는 정책적 실행방안으로 수립되기 위한 사항과 경제적인 대안 검토도 포함된다. <그림 8>에 탄력적 물관리의 전략을 도식적으로 나타내었다.

우리를 둘러싼 위기에 대응하기 위하여 모든 분야에서 기존과는 다른 사고방식을 요구하고 있다. 물관리 분야도 예외일 순 없다. ‘탄력적 사고(Resilient Thinking)’는 시스템의 취약성(Vulnerability)을 높이는 ‘갇힌(lock-in) 상황’에 안주하기를 거부한다. 새로운 네트워크의 구축, 학습과 혁신을 통해 ‘열린

형태의 관리를 지향하고 있다. 지속가능한 개발이나 녹색성장의 주요 아젠다와 탄력성 개념을 긍정적으로 엮어내는 노력도 남은 과제이다. 현재의 비탄력적으로 조직된 물관리 체계에서 벗어나기 위해서는 많은 노력과 변화가 필요하다. 이제는 다음 질문에 대한 대답이 필요한 시기이다. “Resilience of What?”, “Resilience to What?”, “Resilience for Whom?”

V. 감사의 글

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비 지원(11기술혁신C06)에 의해 수행되었습니다. ☺

참고문헌

1. 건설교통부 (2001). 댐건설장기계획(2001-2011)
2. 국토해양부 (2011). 수자원장기종합계획(2011-2020)
3. 국토해양부 (2012). 댐건설장기계획(2012-2021)
4. Global Water Partnership (2000). Towards Water Security: A Framework for Action, Global Water Partnership, Stockholm, Sweden.
5. Gunderson, L. H., and Holling, C. S. (2002). Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press, Washington D.C., USA.
6. Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems, Ecosystems, Vol. 4, No. 5, pp. 390-405.
7. Holling, C. S. (2009). Engineering Resilience versus Ecological Resilience, Foundations of Ecological Resilience, pp.51.
8. Hollnagel, E. (2004). Barriers and Accident Prevention. Ashgate Publishing Co., Hampshire, England.
9. Jansen, S., Immink, I., Slob, A., and Brils, J. (2007). Resilience and Water Management: A Literature Review, AquaTerra Nederland.
10. Martin-Breen, P. and Anderies, J. M. (2011). Resilience: A Literature Review, The Rockefeller Foundation. New York.
11. Wang, C. H., Blackmore, J., Wang, X., Yum, K.K., Zhou, M, Diaper, C., McGregor, G., and Anticev, J. (2009). Overview of Resilience Concepts with Application to Water Resource Systems, eWater Cooperative Research Centre, University of Canberra, Australia.
12. World Economic Forum (2013). Global Risks 2013, Edited by Howell, L., World Economic Forum, Geneva, Switzerland.