

## ■ 차시명: 기후변화와 물안보 정책

### ■ 학습목표

- 기후변화로 인한 물 부문 영향을 이해한다.
- 기후변화에 대비한 각국의 물관리 시스템 대응방안을 파악한다.
- 물안보 개념의 등장 배경 및 관련 연구 현황을 이해한다.

### ■ 학습목차

1. 기후변화로 인한 물관리 시스템의 영향
2. 국가별 기후변화 대비 물관리 시스템 대응방안
3. '국가 물안보' 개념 정립의 필요성

### ■ 도입사례

#### '난폭한 장마'



그림 1 서울·경기지역 폭우로 인해 서울 잠수교가 한강물에 잠긴 모습 (연합뉴스, 2009.7.14)

장마철이 시작된 2009년 6월말부터 7월 14일까지 누적 강우량은 총 635.9mm로 같은 기간 강우량으로는 해방이후 최대 기록이다. 이는 1908년 기상관측이 시작된 후 1940년(989.2mm)과 1930년(731.6mm)에 이어 세 번째로 많은 양이다. 특히 장마철에 꾸준히 비가 내리던 과거의 장마 형태가 완전히 바뀌어 2009년에는 징검다리 식으로 며칠간 맑았다가 하루에 집중 폭우가 몰아치는 '스콜(열대성 소나기)성 물 폭탄'의 양상을 보이고 있다. 2009년 7월 2,9,12일에는 90mm 이상 많은 비가 쏟아졌지만 나머지 날엔 1mm이하 강우량을 보이거나 맑았다. 또한 서울시 안에서도 하

루 강우량이 100mm를 넘는 동(洞)과 10mm 미만인 동이 동시에 나올 정도로 초국지적 폭우 형태를 보였다. 수자원공사 물관리센터 김태국 박사는 “지구온난화로 대기 흐름이 틀어지면서 가뭄과 홍수가 번갈아 오고 있다”며 폭우 형태의 변화를 설명했다. 기상청 윤원태 기후예측과장은 지구온난화로 찾아진 엘니뇨를 집중호우의 원인으로 들었다. 기상청 진기범 예보국장은 “지구온난화는 날씨의 진폭을 굉장히 크게 하며, 기후변화의 재앙이 얼마나 무서운지 이번 장마철을 통해 확인하고 있는 것”이라고 말했다.

(자료: 조선일보, 2009.7.15)

이와 같은 기후변화로 인한 물관리 시스템의 영향과 최근에 그 중요성이 더욱 강조되는 물안보(water security)에 대해 알아보도록 하자.

## ■ 학습내용

### 1. 기후변화로 인한 물관리 시스템의 영향

물 부분은 기후변화로 인해 영향을 크게 받을 것으로 예상되는 분야 중의 하나로 그 피해가 광범위하며 매우 심각할 것으로 여겨진다. 기후변화로 인해 예상되는 물관리 시스템의 영향과 그 구체적인 사례를 살펴보자.

#### 1) 물관리 시스템의 기후변화 영향

기후변화에 관한 정부간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)에서 펴낸 보고서에 따르면, 기후변화는 수자원(freshwater resource)의 여러 측면에 이미 영향을 주고 있으며 미래에는 그 영향의 크기가 더 커질 것으로 예측된다. 물을 공급하는 측면에서 살펴보면, 기후변화로 인해 강우 패턴이 변하면서 지하수가 자연적으로 채워지는 양이 변하고, 돌발 홍수가 증가하며, 가뭄을 겪는 지역이 확대될 것으로 보인다. 토사(sediment), 영양염류(nutrient), 유기물, 병원균으로 인해 수질이 나빠지고 토양 침식이 더 많이 발생할 것이다. 물을 이용하는 측면에서는 농업에 사용되는 관개용수를 더 많이 필요로 하고, 기후변화로 인해 작물의 생육시기가 변하면서 계절별로 물을 필요로 하는 양이 달라질 것이다. 지구온난화로 기온이 상승하면서 냉각수로 사용되는 물의 양도 크게 늘어날 것으로 예측된다<sup>1)</sup>.

기후변화와 기후변동으로 인한 국내 수자원 영향에 대한 연구를 살펴보면 다음과 같다. 기상관측소의 관측 자료를 엘니뇨(El Niño), 라니냐(La Niña)<sup>2)</sup>, 평상시의 3가지 episode로 분류하여 강우량을 모의한 결과, 그림 2와 같이 엘니뇨 기간에는 강

1) IPCC, Climate Change and Water - IPCC Technical Paper VI, IPCC Secretariat, Geneva, 2008.

2) 태평양 적도지역의 날씨 변경선 부근부터 남미의 페루 연안에 걸친 해역에서 해수면 온도가 평년에 비해 높아지는 현상을 엘니뇨(El Niño), 이와는 반대로 같은 해역에서 해수면 온도가 평년보다 낮아지는 현상을 라니냐(La Niña)라 한다.

원도와 충청도에, 평상시에는 전라남도 해안 지방에 그리고 라니냐 기간에는 강원도와 남해안에 집중강우가 발생하는 양상을 나타내었다. 대기/해양 접합 대순환 모델(coupled general circulation model, CGCM)<sup>3)</sup>인 YONU CGCM을 이용해 한반도 기후변화 시나리오를 얻고, 이를 통계학적인 축소기법(statistical downscaling technique)<sup>4)</sup>을 적용하여 전국 주요지점에서 미래의 극한 강우 변동성을 분석하였다. 그 결과, 그림 3의 강우강도-지속시간-빈도 곡선(rainfall intensity-duration-frequency curve)<sup>5)</sup>에서 보는 것과 같이 현재에 비해 2030년에는 지속시간이 길어짐에 따라 강우강도가 크게 증가할 것으로 예측되었다<sup>6)</sup>.

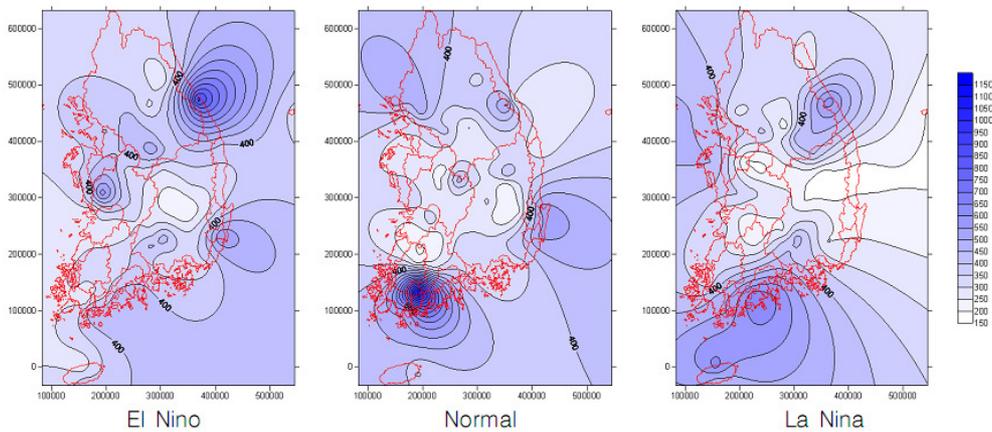


그림 2 Episode별 확률강우량도 - 200년 빈도 일강우량 (김병식, 김보경, 2007)

- 3) 지구 시스템을 구성하는 대기권, 수권, 설빙권, 생물권 등의 하위시스템(subsystem)을 총체적으로 고려해 미래의 대기 변화를 예측하는 지구기후모델
- 4) 대규모 대기 변수와 국지적·지역적 기후변수 사이의 통계적 관계를 이용하여 큰 스케일의 모델로부터 국지적·지역적 규모의 정보를 도출하는 방법
- 5) 어느 지점에서 다양한 강우지속시간에 대해 강우강도와 그 발생확률의 관계를 나타내는 곡선
- 6) 김병식, 김보경, 기후변화 및 변동이 극한 강우 및 I-D-F 분석에 미치는 영향에 관한 연구, 수자원학회 수문기상분과위원회 연구과업보고서, 2007.

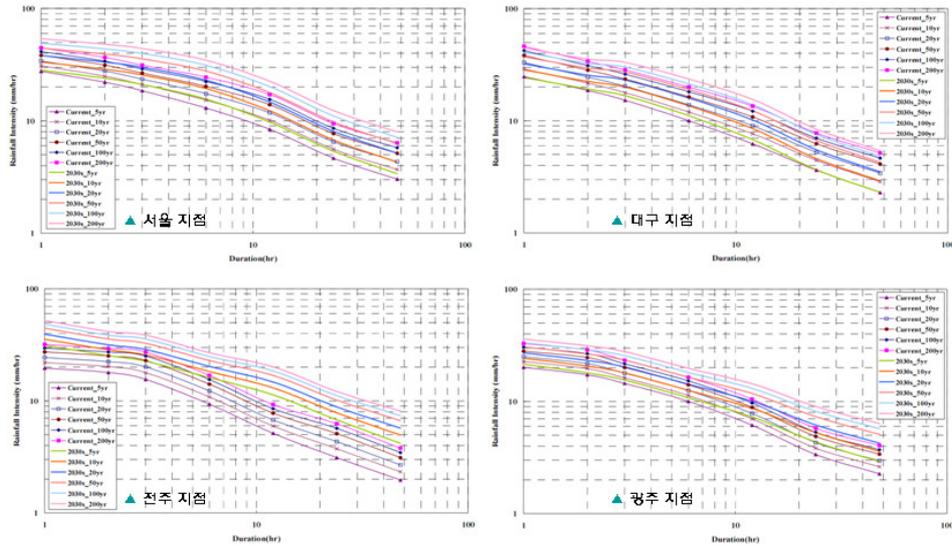


그림 3 서울, 대구, 전주, 광주 지점에서의 강우강도-지속기간-빈도 곡선 (김병식, 김보경, 2007)

## 2) 물관리 시스템의 기후변화 영향 사례

기후변화로 인해 그 피해의 규모와 빈도가 증가할 것으로 예측되는 물 부문의 대표적인 영향인 홍수, 가뭄, 수질악화, 염수 침투 등에 대한 국내외의 몇 가지 사례를 소개하면 다음과 같다.

### 국내 사례

2002년 8월 30일부터 9월 1일까지 태풍 루사는 역대 강우 관측기록을 경신하는 국지성 집중호우를 한반도에 퍼부었다. 강릉 지방에서는 연평균강수량인 1,402mm의 62%에 달하는 870.5mm가 하루 만에 쏟아졌다. 이는 8월 평균 강수량의 3.3배에 달하는 양이다. 산지의 계곡에 집중호우가 내려 지방 2급 하천과 소하천 상류부에서 피해가 많이 발생하였으며 하천의 범람과 배수 불량으로 인해 도심지 저지대에서는 대규모 침수 피해가 발생하였다. 사망자 209명을 비롯한 실종, 부상자가 모두 321명에 달했으며 27,562 동의 주택침수와 17,749 ha의 농경지 유실 등 전체 재산 피해는 모두 5조 1,479억원으로 집계되었다7).

태백시를 비롯한 강원 남부지역에서 지난 '08 ~ '09년 발생한 극심한 겨울 가뭄은 기상 이변으로 인한 물 공급 시스템의 취약성을 여실히 드러낸다. '08년 가을부터 계속된 가뭄으로 태백, 정선(고한, 사북, 남면), 삼척(도계), 영월(상동) 등 강원도 남부지역 4개 시군에 광역상수도를 공급하는 광동댐의 '08년 9월 ~ 12월말까지 강우

7) 행정자치부 국립방재연구소, 2002 태풍 루사 피해 현장조사 보고서, 2002.

량은 108.3mm로 예년대비(고정된 과거 30년간의 누년평균값) 32%에 그쳤다<sup>8)</sup>. 이로 인해 강원태백지역에서는 '09년 1월 15일부터 4월 3일까지 제한급수가 실시되어 지역 주민들이 큰 어려움을 겪었다. 광동댐과 같은 용수 전용댐은 10년 빈도의 가뭄에 대처하도록 설계되어 있어 30년 빈도에 해당하는 이번 가뭄에 대처하기에는 역부족이었으며, 태백시의 경우 20년 이상 된 노후관이 전체의 50%에 달하는 등 해당지역의 상수도망 노후화 정도가 심각하였다<sup>9)</sup>.

## 해외 사례

2002년 미국 플로리다 남부 지역개발위원회(South Florida Planning Council)의 조사 결과 해수면이 5 인치(약 12.7 cm) 상승할 경우 Miami의 정수 및 하폐수 처리시설 일부가 침수될 위험이 있는 것으로 드러났다. 이에 따라 취약 시설과 배수 시설을 보호하거나 시설을 폐쇄하는 등의 대응 방안이 검토되었다<sup>10)</sup>. 뉴욕 시에서는 취수원인 지표수의 수질이 양호하기 때문에 염소 소독, 불소화, 관망 부식 제어 외에는 여과를 비롯한 다른 처리를 하지 않지만 기후변화로 인해 수질이 나빠지면 문제가 발생할 수 있다. 이에 따라 탁도 제거를 위한 취·정수장 운전기술 개발, 침식 방지를 위한 하천관리 프로그램 등이 이루어지고 있다. 또한 물새 배설물에 의한 미생물 오염 및 수온이 증가로 인한 미생물 증식에 대비하기 위해 취수지역 근처에서 물새의 관리대책이 수행 중이다<sup>11)</sup>.

기후변화로 인해 먹는 물 공급이 영향을 받을 수 있음이 네덜란드의 사례에서 명확히 드러난다. 네덜란드의 전체 200개의 정수장 중 25%가 해수면보다 조금 높은 곳 또는 더 낮은 곳에 위치해 있어 전체의 15% 정수장이 염수 침투(salt water intrusion)<sup>12)</sup>의 위험이 있는 것으로 조사되었고 15개 정수장은 염수 침투 문제로 인해 이미 폐쇄되었다<sup>13)</sup>. 네덜란드에서 연간 270 Mm<sup>3</sup>의 먹는 물을 공급하는 Vitens社は Deventer 市の 지하수 취수정에서 염분 농도가 최근 들어 급격히 높아져 취수량을 줄어야 했다 (그림 4)<sup>14)</sup>. 2003년 갈수기에는 취수원으로 이용되는 Meuse 강에서 미확인 유기 오염물질이 검출되어 취수가 2달간 중단되었으며 몇몇 강변여과(riverbank filtration)<sup>15)</sup> 시스템에서 염소이온 농도가 취수 상한선 근처까지 상승하였

8) 한국수자원공사, MBC '광동댐 수량관리 능력대응 보도' 관련 보도해명자료, 2009/02/13.

9) 강원발전연구원, 강원남부지역 물 부족의 원인과 대책, 2009.

10) Awwa Research Foundation and University Corporation for Atmospheric Research, Climate Change and Water Resources: A Primer for Municipal Water Providers, 2006

11) Ibid.

12) 바닷물이 지하수로 스며들어 지하수의 염분 농도가 높아지는 현상으로 주로 연안지역에서 지하수를 끌어올려 사용할 경우에 발생하며 해수면이 상승하고 지하수 사용량이 많아질수록 염수 침투 현상이 증가함.

13) Ibid.

14) M.M. Nederlof and J.H. Hoogendoorn, Desalination of brackish groundwater: the concentrate dilemma, Desalination, Volume 182, Issues 1-3, 1 November 2005, Pages 441-447

다. 정수 시설은 미생물 증식 방지를 위해 25℃ 이하로 온도를 유지해야 하는데 2003년 여름에는 이 기준을 맞추기가 매우 어려웠다. 네덜란드에서는 1960년대부터 먹는 물 생산 기업들이 대용량의 수자원을 개발하고 복잡한 생산 설비를 갖추어 생산 용량을 크게 증가시켰으나, 이러한 대형 규모의 집중화된 먹는 물 생산 시스템은 배송 시스템의 손상, 오염에 대한 취약성, 기후변화로 인한 물수요 변화에 취약한 문제를 드러내고 있다<sup>16)</sup>.

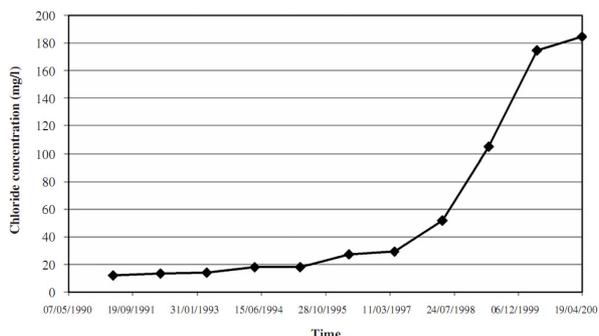


그림 4 네덜란드 Deventer시 취수정(Diepenveen 지역, 취수정 번호 33번)에서의 10년간 염분 농도 변화 (Nederlof & Hoogendoorn, 2005)

## 2. 국가별 기후변화 대비 물관리 시스템 대응방안

기후변화에 대비한 미국, 영국, 일본 등 해외 국가들의 물관리 정책, 전략, 이행 방안을 살펴보고, 한국의 기후변화 대응정책 중 물관리 부분을 정리해보자.

### 1) 미국

미국 환경청(USEPA)에서는 2008년 기후변화에 대응한 국가 물 프로그램 전략을 발표하였다<sup>17)</sup>. 보고서에 따르면 미국에서는 수온 상승으로 인해 용존 산소가 감소하고 조류 증식이 늘어나는 등 기후변화로 인해 수질 오염 문제가 증가할 것으로 예상된다. 또한 호우와 폭풍의 증가로 홍수 위험이 증가하고 홍수터가 확장되며 하천 유량의 변동이 커질 것으로 예상된다. 기상 변화, 해수면 상승, 염수 침투 등으로 인하여 이용가능한 수자원이 줄어들며 기온 상승으로 인해 농업, 산업, 발전 부문의 물 수요가 늘어날 것으로 예측된다. 서식 종이 급격하게 변하면서 수생태계의 건강성이 붕괴되며 비토착종과 외래종이 유입되는 등 수생태계가 변화를 겪을 것으로 보인다. 그리고 이러한 영향이 중첩되어 연안 지역에 영향을 미침으로써 연안

15) 하천의 물을 강변의 모래·자갈층 통과시켜 자연 정화하여 상수원으로 사용하는 방법

16) Ramaker, T. A. B., Meuleman, A. F. M., Bernhardt, L., Cirkel, G., Climate change and drinking water production in The Netherlands: a flexible approach, Water Science and Technology, Vol 51 No 5 pp 37-44, 2005.

17) USEPA, National Water Program Strategy: Response to Climate Change, 2008.

지역에서의 피해가 커질 것으로 우려된다.

이와 같은 기후변화로 인한 영향에 대응하기 위한 ‘국가 물 프로그램 전략’의 목표가 다음과 같은 5가지로 도출되었다. 1) 국가 물 프로그램을 통해 온실가스 배출저감에 기여한다. 2) 물 프로그램의 효율성을 유지 및 증진시켜 기후변화에 적응한다. 3) 물 프로그램과 기후변화 관련된 연구와의 연관성을 강화한다. 4) 전문가와 이해당사자를 대상으로 기후변화로 인한 수자원 및 물 프로그램의 영향에 대해 교육한다. 5) 기후변화 관리능력을 수립한다. 전략적 목표달성을 위한 주요 이행계획이 만들어졌으며 그 중 일부만 소개하면 표 1과 같다<sup>18)</sup>.

표 1 미국 국가 물 프로그램 전략 목표 및 주요 계획 (USEPA, 2008)

목표	항목	주요계획
온실가스 저감	에너지보존/생산	정수/폐수처리시설 효율 향상
	수자원보호	누수방지, 산업용수 보존 및 재이용
	녹색빌딩설계, 스마트성장	녹색빌딩 장려
	탄소격리/주입	지중 탄소격리 관련법규 마련
	생물학적 탄소격리	비점오염원 관리 파일럿 프로젝트
기후변화 적응	수질 및 기술에 기반한 기준	기후변화로 인한 먹는 물 취수원 오염가능성 연구
	유역관리	기후변화로 인한 담수 수체의 공간적 변화 평가
	국가 오염물질 배출저감 프로그램	허용량 산정도구의 재검토
	물 관련 인프라	긴급 상황 대응계획의 확대
	습지보호	국가 습지지도 작성기준 설정완료
물/기후관련 연구	-	물 관련 기후변화 과학프로그램 모니터링
기후변화 교육	-	기후변화 정보교환 시스템 구축
기후변화 관리	-	전략 계획 및 물 프로그램의 업데이트

## 2) 영국(잉글랜드)

영국 환경식량농촌부(Department of Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA)에서 2008년에 발표한 잉글랜드에 대한 국가 물 전략에는 기후변화로 인한 2080년대의 수자원 영향 전망과 기후변화에 대응한 국가 물관리 전략이 담겨있다<sup>19)</sup>. 2080년대 영국에서는 기후변화로 인해 연평균 기온이 2~3.5℃ 상승할 것으로 예측되며 겨울, 봄에 비해 여름과 가을의 온난화가 더 심해질 것으로 보인다. 영국 해협 앞바다의 여름철 수온이 2~4℃ 상승하며 1961~90년에 비해 해수면이 9~69 cm 상승할 것으로 예상된다. 영국 전역의 연평균 강수량은 0~15% 가량 감소하지만 계절별 강우 분포가 크게 변화하여 겨울은 더 습해지고 여름은 더 건조해질 것으로 예측된

18) USEPA, National Water Program Strategy: Response to Climate Change, 2008.

19) UK DEFRA, Future Water: The Government's Water Strategy for England, 2008.

다. 영국 전역의 적설량이 30~90%로 크게 감소하고, 극단적인 기상현상이 증가하여 2040년대에서는 2003년 유럽을 강타한 열파(heat wave)<sup>20)</sup>가 일상적으로 발생할 것으로 보인다.

이와 같은 기후변화로 인한 영향에 대응하기 위한 국가 전략인 'Vision for 2030'이 마련되었다. 'Vision for 2030'의 목적은 기후변화 및 물 분야에 가해지는 다른 압력에 부단히 적응하여 확보한 급수를 지속적으로 공급하며 물 환경을 개선하고 보호하는 것이다. 'Vision for 2030'은 물 수요, 물 공급, 자연환경 및 수질, 지표수 배수, 하천 및 연안 홍수 대비, 온실가스 배출 저감, 수도 과금, 규제 틀, 경쟁 혁신에 대한 내용들로 구성되어 있다. 'Vision for 2080'의 주요 내용은 표 2와 같다.

표 2 영국의 'Vision for 2080'의 주요 내용

물 수요	심각한 물 부족 지역이 없도록 지속가능한 수요/공급의 균형 유지 인구당 물 사용량을 비용 효과적인 방법을 통해 2030년까지 평균 130 liter/person/day로 낮춤
물 공급	가뭄 시 필수적인 물 공급에 방해가 되지 않도록 인민, 기업, 산업체가 수자원을 지속가능하게 사용 탄력적인 대응 및 비상 시 대응을 포함해 환경과 공동체가 필요로 하는 중장기 물 수요를 계획
수질	기후변화에 탄력적으로 대응하고 생물학적 다양성을 지속할 수 있도록 건강한 하천, 호소, 하구 및 연안 조성. 영양염류, 화학물질, 미생물로 인한 오염 해결을 통한 수질 개선
지표수 배수	적응성이 좋은 배수 시스템을 이용한 홍수 위험 저감, 수질 개선 및 하수 시스템 부담 감소 물 재이용, 토양 흡수, 저수량 확대, 분류식 하수 시스템을 이용한 지표수 배수 관리 개선
하천 및 연안 홍수	홍수 및 연안 침식 위험 관리를 통한 지속가능한 발전 및 사회적/환경적 이익 도모 전략적 계획, 책임주체들과의 협력 등을 통한 일관성 있고 전체적인 도시홍수 위험 관리
온실가스 배출	국가 배출 저감 목표 달성을 위해 물 산업이 기여. 재생가능 에너지 발전 및 사용 가능성의 최대화. 모든 사회부분의 협력을 통해 오염물질 배출을 방지함으로써 사후 처리에 소모되는 에너지 절약
수도 과금	공정하고, 부담이 가능하며, 생산 비용을 반영한 수도 및 하수 요금 부과 경제적으로 취약한 소비자들 대상으로 적절한 보호대책 수립
규제 틀, 경쟁, 혁신	혁신과 지속가능성을 장려하고, 장기계획을 필요로 하며, 소비자 요금을 줄일 수 있도록 책임지는 물 산업을 위한 전략적 틀 설정. 현대적이고, 효과적이며, 위해도에 기반한 규제

### 3) 일본

일본 국토교통성에서 펴낸 기후변동 등의 위험에 대비한 통합수자원관리 방향 연구회(「気候変動等によるリスクを踏まえた総合的な水資源管理のあり方について」研究会)의 중간보고서에는 기후변화로 인한 새로운 위험과 이에 대한 대응 방안으로 통합수자원관리를 제시하고 있다. 일본에서는 기후변화 및 변동으로 인해 강우량과

20) 주로 여름철에 간헐적으로 나타나는 이상 고온 현상으로 수일 또는 수 주간 계속되는 것을 가리킴

적설량이 감소하여 가뭄의 위험이 증가할 것으로 예측된다. 또한 사회 환경과 물이용 형태가 변화하여 물 수요의 변동성이 확대될 것으로 보인다. 물 순환이 변하면서 중금속, 영양염류, 탁도, 미생물과 같은 수질 문제가 심각해지며, 담수 어류의 분포지역이 줄어드는 등 생물 다양성이 감소될 것으로 우려된다. 또한 지하수 함양률이 변하며 지하수의 염분 침투가 늘어날 것으로 예측된다.

이와 같은 기후변화로 인한 영향에 대응하기 위해 통합 수자원 관리가 강화되어야 함을 보고서는 역설하고 있다. 여기서 통합 수자원 관리라 함은 수자원의 수량과 수질을 종합적으로 관리하고 다양한 사회적 활동에 필요한 물을 협력과 조정을 통해 수자원을 최적 분배하는 것을 의미한다. 통합 수자원 관리를 위해 1) 효과적인 물이용 및 안정적인 수자원 확보, 2) 종합적인 수량/수질 관리, 3) 지진과 같은 위급 상황에 대비한 물 공급 대책, 4) 지표수와 지하수의 통합 관리, 5) 물이 풍부한 환경의 조성 및 보존에 대한 구체적인 방법을 표 3과 같이 제시하였다<sup>21)</sup>.

표 3 일본의 통합수자원 관리방법(일본 국토교통성, 2008)

통합수자원 관리방법	세부 내용
효과적인 물이용 및 안정적인 수자원 확보	수요와 공급을 모두 고려한 수자원관리 수자원의 합리적 분배 촉진
수량/수질 일체적 관리	종합적인 수질개선 추진 안전한 수자원 확보방안 마련 취수/배수계통재편
지진 등 위급상황 대비 물 공급 대책 마련	자산관리를 통한 시설의 기능성 확보 중복 시스템 구축 긴급상황시 이동가능한 물 공급 체제 확립 수자원 비축 추진 보안 강화
지표수와 지하수의 통합 관리	위급상황에서 수자원의 적절한 이용 지하수자원 관리운용방안 마련 지하수자원 관리에 대한 사회적 합의 형성
물이 풍부한 환경의 조성 및 보존	생태계 고려 인간/물 사이의 관계 회복, 물 문화의 조성 및 보존

#### 4) 한국

정부는 2008년 9월 「기후변화대응 종합기본계획」을 마련하였으며 이에 따른 후속계획으로 2008년 12월 「기후변화대응 종합기본계획 세부이행계획」과 「국가 기후변화 적응 종합계획」 그리고 「기후변화 대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜」을 수립하였다. 「국가 기후변화 적응 종합계획」은 국가 적응정책의 비전과

21) 일본 국토교통성, 「気候変動等によるリスクを踏まえた総合的な水資源管理のあり方について」研究会, 「気候変動等によるリスクを踏まえた総合的な水資源マネジメント」について (中間とりまとめ), 2008.5.

방향을 제시하는 단기(2009~2012) 및 중장기(2013~2030) 국가 기본계획으로 관련된 부처들이 모두 참여하여 작성한 ‘저탄소 녹색성장’의 주요 행동계획을 담고 있으며 「기후변화대응 종합기본계획 세부이행계획」에는 부문별 세부계획에 대한 내용들이 담겨져 있다.

이 중 물관리 시스템에 대한 주요 내용은 표 4와 같다. 먼저 기후변화 위험평가 체계 구축과제로 기후변화에 의한 이수, 치수, 하천환경, 수질 등 물관리 부문의 영향 및 취약성 평가가 제시되어 있다. 그리고 부문별 기후변화 적응 프로그램 중 물관리 부문에서는 기후변화에 대비한 수자원계획 수립 및 안정적 용수 공급, 기후변화에 따른 물환경관리 대책, 홍수에 강한 국토기반 조성이 추진과제로 제안되었다. 다음으로 홍수 대비 측면에서는, 유역단위의 종합치수계획 및 권역별 하천기본계획을 수립하여 홍수저감 능력을 강화하고, 기후변화로 인한 이상홍수에 대응하기 위해 댐, 제방 등 수방시설물의 안정성을 재검토하도록 하였다. 이 외에도 해수면 상승에 대응하는 연안 침식 모니터링 기술 및 방지기술 개발이나 지방자치단체에서의 기후변화 취약성 평가 및 적응방안 연구들이 진행되고 있다<sup>22)23)</sup>. 한편, 「기후변화 대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜」에서는 기후변화에 대응하는 정부의 연구개발 투자규모를 현재(2008)의 6,910억원에서 2012년에는 1조 3,820억 원 이상으로 2배 이상 확대하기로 하였다<sup>24)</sup>.

표 4 기후변화에 대비한 정부의 주요 물관리 시스템 정책

소부문	주요 적응 프로그램
기후변화 대비 수자원 계획 수립 및 안정적 용수공급	기후변화 영향 고려 수자원 중장기계획 수립
	기후변화 대비 안정적 용수공급 시스템 구축
	기온 상승에 따른 물 수요 증가 관리
기후변화에 따른 물환경관리	기후변화 영향 최소화 물환경관리 대책
	기후변화 대응 하천관리
홍수에 강한 국토기반 조성	홍수저감능력 극대화
	기후변화 대비 수방시설물 안전도 강화
	이상홍수 대비 홍수예보시스템 강화
	도시지역 홍수피해 저감대책
해수면 상승 대응	연안 침식 모니터링 및 방지기술 개발
지방자치단체 적응전략	기후변화 적응전략 연구
	기후변화 적응 안내

22) 환경부 및 관련부처, 국가 기후변화 적응 종합계획, 2008.12.24.

23) 국무총리실 기후변화대책기획단, 기후변화대응 종합기본계획 세부이행계획, 2008.9.19.

24) 기후변화대책위원회 과학연구개발반, 기후변화 대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜, 2008.12.24.

### 3. 국가 물안보

기후변화와 맞물려 최근에 그 중요성이 더 크게 대두되고 있는 물안보의 주요 개념과 국가 물안보 개념 정립의 필요성을 알아보자.

#### 1) 물안보 개념의 등장

물안보란 전체적인 물관리와 수자원의 보호 및 이용 사이의 균형에 대한 복합적인 개념으로, Global Water Partnership(GWP)과 World Water Council(WWC)에 의해 소개되었다<sup>25)</sup>. 미국에서는 먹는 물 시스템에서 테러리스트의 공격에 대한 취약성의 관점에서 물안보를 바라본다. 반면, GWP에서는 물안보를 '인간과 환경을 위한 수질 기준에 맞는(acceptable) 충분한(adequate) 양의 물에 대한 유역 단위에서의 지속 가능한 접근권(sustainable access)'로 포괄적으로 정의하고 있다. 이에 따르면 사회, 경제, 문화적 용도에 필요한 좋은 수질의 풍부한 물이 존재할 때, 그리고 동시에 중요한 생태계 기능을 유지하고 증진하기 위하여 충분한 물을 이용할 수 있을 때 물안보가 존재하는 것이다<sup>26)</sup>.

2000년 3월 네덜란드에서 개최된 2차 세계 물 포럼(World Water Forum)에서는 각료 선언(Ministerial declaration)을 통해 물안보를 21세기의 지속가능한 발전을 위한 주요한 관심사로 설정하였다. 이 선언에서는 안전하고 풍부한 물에 대한 요구, 식량 확보를 위한 물의 필요성, 지속가능한 수자원 관리를 통한 생태계의 보호, 평화로운 협력과 공동 발전을 위한 수자원의 배분, 홍수, 가뭄, 오염 등의 위험 관리, 경제적, 사회적, 환경적, 문화적 가치로서의 물, 시민과 모든 이해당자가가 참여하는 현명한 물 통치를 주요한 도전으로 인식하였다. 이를 해결하기 위해 통합 수자원 관리(integrated water resource management)에 지지를 표하며 일관된 국가간, 지역간의 협력이 필요함을 역설하였다<sup>27)</sup>.

#### 2) 물안보 관련 국내외 연구

##### 국내 연구

국내에서도 최근 들어 수자원 연구자들을 중심으로 물안보에 대한 문제제기가 이루어지고 있다. 수자원계획을 통한 수자원 개발, 관리 및 이용 덕분에 최근 30년간 물 부족을 극복할 수 있었지만 극심한 가뭄을 대비하기 위하여 보수적인 수자원 관리가 필요하며, 특히 인구의 반에 용수를 공급하는 한강이 고갈될 때를 대비한 국가 물안보를 확립해야 한다는 주장이 처음 제기되었다<sup>28)</sup>. 그 후에도 자연재난의 피해

25) World Water Council (WWC), Proceedings of the Workshop on Water and Politics: Understanding the Role of Politics in Water Management, Marseille, 26-27 February 2004

26) Rob de Loë. Allocation Efficiency in the Context of Water Security, Discussion Paper for The Science-Policy Interface: Water and Climate Change, and the Energy-Water Nexus, 2007.

27) Second World Water Forum, Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century, Hague, March 2000.

규모의 심각성을 고려할 때 정부와 국회가 기후변화에 따른 물안보를 확보할 수 있도록 모든 관련법을 손질하고 국제적인 협력을 강화해야 한다는 의견이 제시되었다<sup>29)</sup>. 용수공급의 안전성 측면에서 수원지의 수량 및 수질 확보와 용수공급 시스템의 오염 예방 및 위험상황 관리, 그리고 비구조적 대책 및 방안에 대한 구체적인 물안보의 내용이 제시되었다<sup>30)</sup>. 한국건설기술연구원에서 수행한 ‘기후변화 대비 국가 물안보 확보 방안’ 연구에 따르면, 기후변화로 인한 사회·경제적인 영향을 평가한 결과 국내에서는 정부부처(환경부와 산업자원부)를 중심으로 대책반이 가동되고 있으나 대책 마련 등이 미흡한 것으로 조사되었다. 특히 집중 호우와 태풍으로 인한 호우 대비책에 대한 정책과 전략이 미흡하였다. 또한 수자원 부문의 영향평가 연구에 비해 기후변화가 치수에 미치는 영향에 대한 연구가 부족하였다<sup>31)</sup>.

## 해외 연구

물안보와 관련된 해외연구를 살펴보면 물안보를 위협하는 주요 요소를 1)국가간 물 분쟁, 2)식량부족, 3)테러리즘, 4)기후변화의 네 가지로 축약할 수 있다. 이에 대해 간략히 살펴보면 다음과 같다.

대표적인 국가간 물 분쟁인 이스라엘과 주변 국가와의 물 문제는 중동지역의 중요한 안보 문제이다. 요르단(Jordan) 강의 수자원을 둘러싸고 상, 하류에 위치한 이스라엘과 요르단 사이에 갈등이 고조되었으나, 협력적인 문제 해결을 위해 1994년 10월 26일 평화협정(Israel-Jordan Peace Treaty)이 맺어졌다. 그러나 1999년 요르단 강, 야르무크 강, 티베리아스 호의 수량이 급격히 줄어들면서 다시 문제가 발생하였다. 이스라엘은 수량 감소를 이유로 들어 평화협정에서 합의했던 양의 60%를 삭감한 양의 물만 하류로 방류하려고 하였다. 그러나 국제사회의 압력 때문에 협정에서 정한 양을 모두 흘려보내야 했다. 이처럼 중동지역은 물이 매우 부족하기 때문에 수자원의 분배는 전략적으로 매우 중요하며 이스라엘의 골란 고원의 반환을 둘러싼 시리아와의 갈등을 비롯해 분쟁의 불씨가 여전히 남아있다<sup>32)</sup>.

식량부족 또한 물안보와 서로 밀접하게 연관되어 있다. 전 세계에서 사용되는 물의 약 75% 정도가 농업, 그 중에서도 농작물 관개용수로 이용된다<sup>33)</sup>. 국민의 질적, 양적 수요를 충족시킬 수 있도록 식량을 확보하여 지속적으로 공급하는 것을 가리켜

28) 김 승, 물안보(water security)를 확보하자, 물과 미래, vol. 39, no. 3, 2006.3

29) 이투뉴스, 기후변화에 따른 물안보 대책 시급하다 - 조길영 국회환경포럼 정책실장, 2007.11.12

30) 김중훈, Water Security의 개념, vol. 40, no. 2, 2007.2

31) 건설교통부, 기후변화 대비 국가 물안보 확보 방안 (1차년도), 2008.1.

32) 빌헬름 자거, 유동환 譯, 물 전쟁?, 푸른나무, 2008.

33) United Nations Environment Programme (UNEP), VITAL WATER GRAPHICS: An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters, 2nd Ed., Nairobi, 2008.

식량 안보(food security)라 하는데<sup>34)</sup>, 최근에 들어 기후변화로 인한 식량안보에 대한 우려가 커지고 있다. Oxfam international에서 올해 발표한 보고서에 따르면 기온이 상승하고 강수량이 변화함에 따라 홍수와 가뭄으로 인한 작물 생산량의 감소가 예상되며, 필리핀에서는 2020년의 쌀 생산량이 무려 50~70% 감소할 것으로 예측되었다<sup>35)</sup>.

테러리즘 관점에서 물안보 연구는 미국에서 주로 이루어지고 있다. 미국에서는 9.11 사건 이후 국토 보안(homeland security)에 대한 필요성이 높아졌다. EPA에서도 이의 일환으로 물안보 프로그램을 통해 테러공격 및 사고나 자연재해 등 모든 위험에 대비해 먹는 물 및 폐수 시설의 안전성을 높이는 것을 최우선 과제로 실행하고 있다<sup>36)</sup>. 물 관련 시설에 대한 실태조사결과, 물안보에 대한 기준이 정립되지 않았으며 대부분의 정수장은 안보를 핵심 기능으로 고려하지 않았고 대부분의 시설에는 위험을 평가할 전문 인력이 존재하지 않은 것으로 나타났다. 조사를 통해 안보 기술을 적용하는 것만큼이나 정책, 절차, 교육 및 안보 문화를 조성하는 것이 중요하며, 물리적인 위험, 오염으로 인한 위험이 고려되어야 한다고 보고서는 제안되었다. 특히 자동화 시스템이 증가하고 있는 현실에서는 특히 사이버 위험에 대한 고려가 필요한 것으로 나타났다<sup>37)</sup>.

앞에서 살펴봤듯이 기후변화로 인한 수자원의 영향 때문에 물안보의 위기가 닥칠 위험이 크며, 기존의 물 갈등을 더욱 증폭시킬 수 있다. 국제지속개발연구원(International Institute for Sustainable Development, IISD)은 기후변화가 수자원 확보를 둘러싼 중동지역의 갈등을 한층 격화시킬 것이라고 경고했다. 기후변화로 인해 중동지역에서는 1) 수자원 부족으로 인한 경쟁이 심화되고 평화가 위협을 받으며, 2) 식량위기 심화로 인한 영토 분쟁 위험이 증가하고, 3) 경제 성장 저하로 인한 빈곤과 사회 불안정성 심화되며, 4) 이주 증가로 인한 난민 문제가 발생하고, 5) 천연 자원의 군사화가 가속화되고, 6) 이스라엘을 비롯한 서구국가들에 대한 아랍 국가들의 불신 증가 등이 예기된다고 보고서는 밝히고 있다<sup>38)</sup>.

### 3) '국가 물안보' 개념 정립의 필요성

홍수, 가뭄, 수질 악화, 국가간/지역간 물 분쟁 등 물과 관련된 수많은 문제들이 세계 곳곳에서 벌어지고 있으며, 앞에서 살펴봤듯이 이러한 문제들은 기후변화로 인

34) 성명환, 이규천, 이종웅, 21세기 식량안보 확보방안, 한국농촌경제연구원, 2000.

35) Oxfam international, Suffering the Science - Climate change, people, and poverty, Oxfam Briefing Paper, 2009.

36) EPA Water Security Webpage, <http://cfpub.epa.gov/safewater/watersecurity/index.cfm>

37) Awwa Research Foundation, AwwaRF Featured Topic: Security, 2005. 6.

38) Oil Brown, Alec Crawford, Rising Temperatures, Rising Tensions: Climate change and the risk of violent conflict in the Middle East, IISD, 2009.

해 앞으로 더욱 심각해질 것이다. 인간이 쾌적하고 안전한 생활을 영위하며, 환경과 생태를 유지하고, 21세기의 지속가능한 발전을 위해서 맑고 깨끗한 물의 지속적인 확보는 매우 중요하다. 2009년 유엔보고서에서도 2018년의 지구촌이 해결해야 할 15가지 과제 중 기후변화와 물 부족을 핵심과제로 선정하고 있다<sup>39)</sup>. 그러므로 우리나라에서도 수자원, 홍수·가뭄, 물환경, 생태계 등을 물관리 전반을 종합적으로 아우르는 ‘국가 물안보’ 개념을 정립하고, 향후 예측되는 기후변화로 인한 영향에 능동적이고 효과적으로 적응할 수 있는 ‘국가 물안보 확보 전략’을 수립·이행해야 할 필요가 있다.

아직까지 국내에서는 국가 물안보에 대한 개념 및 기후변화로 인한 물안보 영향이 명확하지 않기 때문에, 해외 사례와 국내 기후변화 대응정책, 국내 연구 현황 등 국내 실정을 고려하면 1) 수자원 확보, 2) 홍수 및 가뭄 방어, 3) 온실가스 감축, 4) 수질 개선, 5) 수생태계 보전, 6) 물 갈등 극복, 6) 정책의 수립 및 이행 등이 국가 물안보의 주요 구성요소가 될 수 있을 것이다.

### ■ 생각해 볼 문제

1. 본인이 거주하는 지역의 특성을 고려할 때 물관리 부문에서도 어떤 측면이 기후변화에 취약할 것으로 예상되는가?
2. 기후변화에 대비한 미국, 영국, 일본의 물관리 전략의 공통점과 차이점은 무엇이며 그 이유는 무엇인가?
3. 군사적 차원에서의 ‘안보’ 개념이 식량 부문, 물 부문으로까지 어떻게 확장되었는가?

### ■ 학습정리

1. 홍수, 가뭄, 수질 악화, 물 공급/수요 불균형, 해안 침식 등 기후변화로 인한 물 부문 영향은 광범위하고 심각하다.
2. 선진국에서는 기후변화에 대비한 중장기적인 국가차원의 물관리 전략을 수립하여 이에 대비하고 있으며, 국내에는 기후변화적응종합계획, 세부이행계획 등에 물관리 부문에 대한 대책이 포함되어 있다.
3. 21세기의 지속 가능한 발전과 기후변화로 인한 물 부문의 위기에 대처하기 위하여 ‘국가 물안보’의 개념을 확립하고 ‘국가 물안보’를 확보하는 전략이 필요하다.

39) 최지용, [특집: 녹색뉴딜과 미래 국토 2] - 녹색뉴딜 추진에 따른 물관리 정책방향, 월간국토, 331호, 국토연구원, 2009.05.