

2012-  
연구  
기획-  
M01

기  
후  
변  
화  
시  
나  
리  
오  
에  
따  
른  
수  
자  
원  
적  
응  
전  
략  
수  
립  
연  
구  
기  
획  
보  
고  
서

국  
토  
해  
양  
부  
한  
국  
건  
설  
기  
술  
교  
통  
평  
가  
원

# Land Transport and Maritime R&D Report

건설교통연구기획사업

2012-연구기획-M01

## 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획 보 고 서

2012. 10. 31

주관연구기관 / 인하대학교  
산학협력단

국 토 해 양 부  
한국건설기술교통평가원



## 제 출 문

한국건설교통기술평가원장 귀하  
이 보고서를 "기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 기획에 관한 연구"과제의 보고서로 제출합니다.

2012 . 10. 31

|           |             |       |     |
|-----------|-------------|-------|-----|
| 주관연구기관명 : | 인하대학교 산학협력단 |       |     |
| 주관연구책임자 : | 인하대학교       | 교수    | 김형수 |
| 연구원 :     | 인하대학교       |       | 김연수 |
|           | 인하대학교       |       | 신현석 |
|           | 인하대학교       |       | 백승범 |
| 기술위원회 :   | 강원대학교       | 교수    | 김병식 |
|           | 건국대학교       | 교수    | 김성준 |
|           | 서울시립대학교     | 교수    | 문영일 |
|           | K-water 연구원 | 책임연구원 | 박진혁 |
|           | 세종대학교       | 교수    | 배덕효 |
|           | 서경대학교       | 교수    | 안재현 |
| 기획자문위원회 : | 단국대학교       | 교수    | 강부식 |
|           | 서울대학교       | 교수    | 김영오 |
|           | 전북대학교       | 교수    | 권현한 |
|           | 미래자원연구원     | 원장    | 박성제 |
|           | 한국건설기술연구원   | 연구위원  | 이동률 |
|           | 한국수자원공사     | 팀장    | 이준열 |
|           | 경일대학교       | 교수    | 조명희 |
|           | 영남대학교       | 교수    | 최현일 |
|           | 연세대학교       | 교수    | 허준행 |



## 보고서 요약서

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                   |                                                                                                                                        |                             |               |                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|--------------------------------------|
| 과제고유번호                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2012-연구<br>기획-M01 | 해 당 단 계<br>연 구 기 간                                                                                                                     | 2012.04.-<br>2012.10        | 단 계 구 분       | 1/1                                  |
| 연 구 사 업 명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 중 사 업 명           | 건설교통연구기획사업                                                                                                                             |                             |               |                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 세부사업명             | SOC플랜트분야                                                                                                                               |                             |               |                                      |
| 연 구 과 제 명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 대 과 제 명           | 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 기획                                                                                                           |                             |               |                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 세부과제명             |                                                                                                                                        |                             |               |                                      |
| 연 구 책 임 자                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 김형수               | 해당단계<br>참 여<br>연구원수                                                                                                                    | 총 : 4명<br>내부 : 4명<br>외부 : 명 | 해당단계<br>연 구 비 | 정부:70,000천원<br>기업 : 천원<br>계:70,000천원 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                   | 총연구기간<br>참 여<br>연구원수                                                                                                                   | 총 : 4명<br>내부 : 4명<br>외부 : 명 | 총연구비          | 정부:70,000천원<br>기업 : 천원<br>계:70,000천원 |
| 연구기관명 및<br>소 속 부 서 명                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 인하대학교 산학협력단       |                                                                                                                                        | 참여기업명                       |               |                                      |
| 국제공동연구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 상대국명 :            |                                                                                                                                        | 상대국연구기관명 :                  |               |                                      |
| 위 탁 연 구                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 연구기관명 :           |                                                                                                                                        | 연구책임자 :                     |               |                                      |
| 요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                   |                                                                                                                                        |                             | 보고서면수         |                                      |
| <div>· 본 연구과제의 목표는 예상되는 기후변화에 국내의 수자원을 효과적으로 적응하기 위해 필요한 홍수관리, 물공급, 유역관리, 수자원산업 관련 국가연구개발사업을 도출하기 위한 연구기획과제임</div> <div>· 본 연구과제에서는 기후변화 선진국의 정책·시장현황·기술동향을 종합적으로 조사 및 분석하여 4개 중점 세부과제와 16개 핵심 세세부과제를 도출하였음. 도출된 4 세부과제는 1) 기후변화 대응 홍수기준 재설정 기술, 2) 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술, 3) 기후변화 유역관리 적응 기술, 4) 기후변화 수자원산업 적응기술임</div> <div>· 도출된 연구과제들이 성공적으로 실용화된다면 수재해 최소화, 안정적 물공급체계 구축, 유역건전성 확보, 글로벌 수자원산업 선점을 통해 기후변화에 적응된 수자원 운영이 가능할 것으로 판단됨</div> |                   |                                                                                                                                        |                             |               |                                      |
| 색 인 어<br>(각 5개 이상)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 한 글               | 기후변화, 적응, 수자원, 홍수관리, 용수공급, 유역관리, 수자원산업, 기후변화 시나리오                                                                                      |                             |               |                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 영 어               | Climate change, Adaptation, Water resource, Flood control, Water supply, Watershed management, Water industry, Climate change scenario |                             |               |                                      |



## 요 약 문

### I. 제목

- 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구 기획

### II. 기술의 정의

- 본 연구사업에서 “기후변화에 대한 수자원의 적응 기술”의 정의는 『기후변화 대응을 위한 홍수기준설정 기술, 안정적 용수수급 기술, 유역관리 적응기술, 글로벌 수자원산업 적응기반기술을 확보하고 수재해 최소화, 물공급체계구축, 유역건전성확보, 글로벌 수자원산업 선점을 위한 기후변화 적응 실행프레임워크를 제시』 하는 것임



[기후변화에 대한 수자원 적응 기술의 정의]

## □ 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술

- 극한 강우와 홍수에 효과적으로 대비하기 위해 발생 가능한 극한시나리오를 생산하고, 이를 기반으로 현 하천설계기준을 재검토후 궁극적으로 기후변화로 인한 홍수피해를 저감시킬 수 있는 현실적인 설계기준을 제시하고자하는 기술임. 또한 극한 홍수 시나리오 상황에서 국내 주요 댐의 안전도를 재평가하고, 적응 전략을 개발하여 유역홍수저감시설물의 기후변화 적응 실행 프레임워크를 개발하고자 함

## □ 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술

- 기후변화에 따른 수자원 변동성을 평가하기 위해 AR5 기반 기후·수문 시나리오 표준생산기술 개발 및 시나리오를 생산함. 이를 기반으로 현 수자원공급시설물의 물공급안전도를 평가하고 적응대책을 수립하며, 물공급 예비율 산정기술 개발을 통해 기후변화에 대비한 물공급안전도를 향상시키고자 함. 또한, 발생가능한 극한 물부족 시나리오상황에서 사회경제적 피해를 최소화하기 위한 Emergency Plan을 정립하고자 함

## □ 기후변화 유역관리 적응 기술

- 국내 유역의 건전성을 평가할 수 있는 유역건전성 통합평가기술, 기후변화 적응 유역관리 실행기술, 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원 기술 등을 개발하고, 기후변화 상황에서 유역별 취약성의 종합적 평가 및 효율적 적응전략을 수립할 수 있는 통합 평가시스템을 개발하고자 함

## □ 기후변화 수자원산업 적응 기술

- 2015년 1,600조원까지 성장할 것으로 예상되는 국제 물시장에 진출할 수 있는 수자원산업 경쟁력 확보를 위해 기후변화에 따른 글로벌 수자원의 변동성을 평가할 수 있는 기술, 기후변화 적응 한반도 수자원 안보전략 개발 기술, 국제 물거래 대비 우리나라 가상수 분석기술, 수자원의 사회경제적 가치평가 기술을 개발하고자 함

### Ⅲ. 연구의 필요성

- 2012년 올해 여름 북극의 얼음면적이 1979년 관측 이래로 최소 면적을 보였으며, 이는 얼음의 감소경향이 급해지고 있음을 의미하며, 온난화가 우리 예상보다 빠르게 진행될 수 있음을 시사함. 따라서 적응전략 수립이 시급히 마련되어야 할 것임
- IPCC는 기후변화에 가장 취약한 부분으로 강수패턴의 시공간 변화에 따른 가용 수자원의 감소를 선정하였음. IPCC는 빈번해질 것으로 전망되는 극한사상에 대해 시급한 저감방안 마련과 기후변화 적응전략 개발의 필요성을 제시함
- 기후변화는 앞으로 수세기 이상 계속 진행될 것으로 전망됨. 따라서 기후변화에 대한 수자원 적응 기술개발은 현재의 온실가스감축실행 여부와 상관없이 미래 수자원 안보를 위해 필수적인 연구임
- 미국, 영국, 호주, 캐나다 일본 등 주요 선진국에서는 기후변화 관련 법적, 제도적 근거를 마련하여 이미 자국들의 기후변화 적응프로그램을 시행 중에 있는 것으로 파악됨
- 선진국에서는 이미 기후변화 영향평가 결과를 이용하여 기후변화관련 적응정책을 수립하고 실행 및 개선하고 있음. 또한 2013년 배포될 RCP 기반의 기후 전망결과를 이용하여 기존의 적응정책을 평가 및 수정할 계획을 진행 중임
- 따라서 우리나라도 기후변화에 대비하기 위해 체계적이고 현실적인 적응전략을 도출하기 위해 필요한 기술을 개발함으로써 국내 수자원관리 기술 및 시스템의 적응역량을 강화하는 것이 필요함
- 국내에서 지금까지 수자원측면의 기후변화 연구는 꾸준히 진행되어 왔으며, 주요 연구로는 「수자원의 지속적 확보기술개발사업단(2001~2011)」, 「이상기후대비 시설기준연구단(2005~2010)」, 「기후변화 대비 국가 물안보 확보방안(2007~2011)」, 「기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 연구단(2009~2012)」, 「차세대 홍수방어기술개발 연구단(2008-2013)」 등이 있음
- 기존 국내 연구 사례들은 대부분 기후변화에 따른 수자원 분야별 영향평가 중심의 연구로 추진됨으로써 현실적인 기후변화 적응전략 도출에 관한 연구는 미비함. 따라서 기후변화에 따른 피해를 최소화하고, 기후변화에 유연히 적응할

수 있는 현업에 적용가능한 수자원관리 기술의 개발이 시급함

- 기존의 연구들은 AR4 기후시나리오에 기반한 결과들로 새로운 RCP 기반의 기후 전망결과를 이용하여 이들 연구결과를 업데이트하는 것이 필요함. 또한, 최근에 개발된 4대강 보의 이수·치수적 기능에 대한 활용성 연구가 전무하므로 이를 활용한 수자원 적응전략 수립이 필요함
- 2011년 한국환경정책평가연구원(KEI)은 우리가 기후변화 대책을 실행하지 않는다면 2100년까지 우리나라의 경제적 손실이 약 2,800조 원에 달할 것으로 분석하였음. 기후변화 적응전략의 개발은 발생할 수 있는 국가적 손실을 사전에 방지함으로써 지속적인 국가 발전과 사회안녕에 기여할 것임

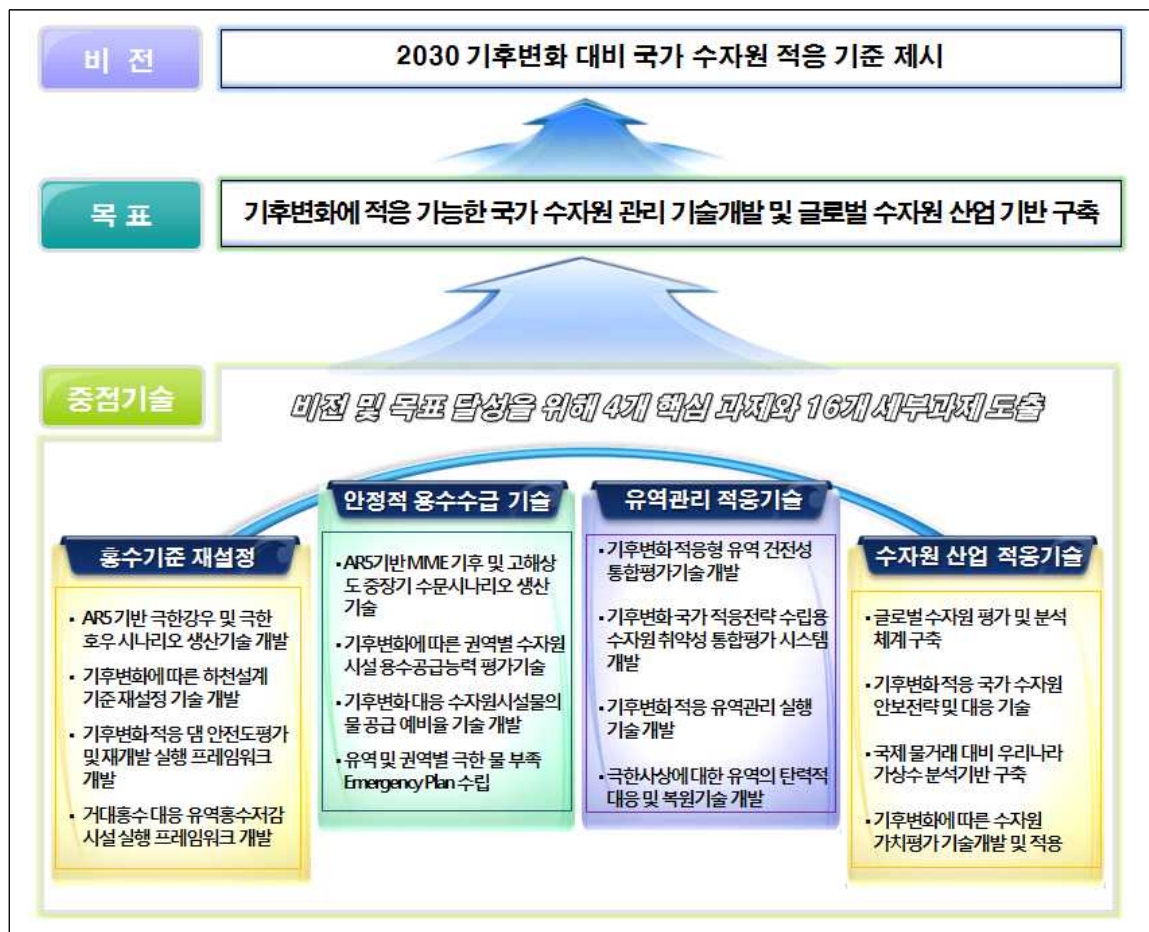


[기후변화에 따른 수자원 적응전략 기획과제의 필요성]

## IV. 총괄과제의 비전 및 목표

### 2030 기후변화 대비 국가 수자원 적응기준 제시

- 최종목표 : 기후변화 적응을 위한 홍수관리, 물수급관리, 유역관리 기술확보 및 글로벌 수자원 산업기반 구축
- 적응기술 : 비전을 달성하기 위해 주 목표를 “기후변화에 적응 가능한 국가 수자원 관리 기술개발 및 글로벌 수자원 산업기반 구축”으로 확정하고 4개 핵심 세부과제와 16개 세세부과제를 도출하였음



[본 연구의 비전 및 목표]

## V. 연구개발 전략 및 핵심기술

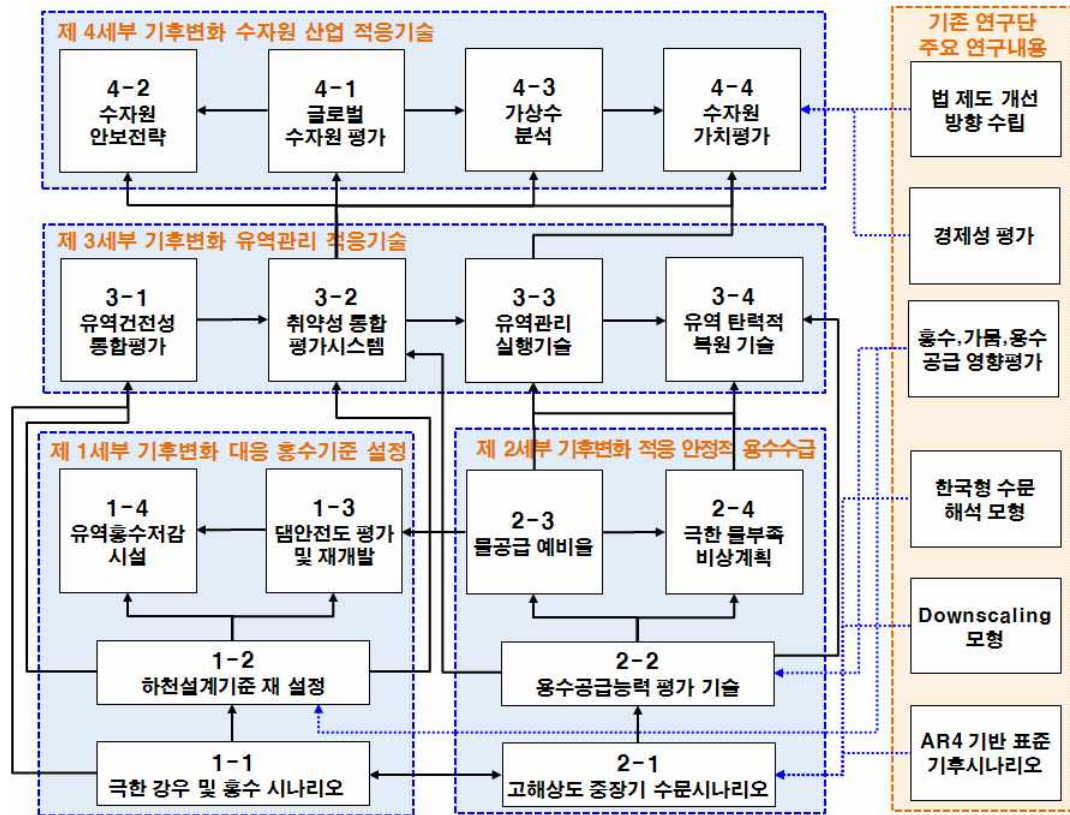


[세부 및 세세부 과제 기술 분류]



[단계별 기술개발 전략]

| 세부 과제                                | 세세부과제                                              | 핵심기술                                                                                             |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 제1세부<br>기후변화<br>대응홍수<br>기준설정<br>기술   | 1. AR5기반 극한강우 및 극한<br>홍수 시나리오 생산기술 개발              | 기후변화가 고려한 IDF, DAD 곡선 실무 활용서 개발<br>기후변화에 따른 PMP, PMF 산정 알고리즘 개발<br>과거 및 고기후자료 기반의 극한 강수량 전망기술 개발 |
|                                      | 2. 기후변화에 따른 하천설계기<br>준 재설정기술 개발                    | 기후변화를 고려한 하천시설물 취약성 분석 기술<br>기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정기술                                              |
|                                      | 3. 기후변화 적응 댐 안전도평<br>가 및 재개발 실행 프레임워<br>크 개발       | 위험도 기반의 댐 안전도 평가 기술<br>기후변화에 따른 다기준 댐재개발 우선순위 결정<br>기술                                           |
|                                      | 4. 거대홍수 대응을 위한 유역<br>홍수저감 시설 실행 프레임<br>워크 개발       | 분산형 물관리시설 계획 및 적응기술<br>홍수저감시설 Emergency Plan 구축                                                  |
|                                      |                                                    |                                                                                                  |
|                                      |                                                    |                                                                                                  |
| 제2세부<br>기후변화<br>적응안정<br>적용수수<br>급 기술 | 1. AR5기반 MME 기후 및 고<br>해상도 증장기 수문 시나리<br>오 생산기술 개발 | AR5 통계적/역학적 상세화 기술<br>수문 시나리오의 불확실성 정량화 기술<br>한국형 수문순환해석 기술                                      |
|                                      | 2. 기후변화에 따른 권역별 수<br>자원시설 용수공급능력 평가<br>기술 개발       | 기후변화 적응형 용수수요 추정기술 개발<br>용수공급의 취약성 평가기술 개발<br>수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발                               |
|                                      | 3. 기후변화 대응 수자원시설물<br>의 물공급 예비율 기술 개발               | 시설물별 물공급 적정 예비율 산정기술<br>물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술                                                    |
|                                      | 4. 유역 및 권역별 극한 물부족<br>Emergency Plan 수립            | 기후변화를 고려한 극한 가뭄시나리오 개발<br>극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 물공급 Emergency<br>Plan 수립                             |
|                                      |                                                    |                                                                                                  |
|                                      |                                                    |                                                                                                  |
| 제3세부<br>기후변화<br>유역관리<br>적응기술         | 1. 기후변화 적응형 유역 건전<br>성 통합평가기술 개발                   | 기후변화 적응용 유역물순환 건전성 평가지표<br>전국유역 물순환 건전성확보 전략보고서                                                  |
|                                      | 2. 기후변화 국가 적응전략 수<br>립용 수자원 취약성 통합 평<br>가시스템 개발    | 국가적응전략수립용 수자원 취약성 통합평가시스템<br>수자원 취약성 평가 D/B 및 정보제공 체계<br>신규 수자원시설 투자우선순위 결정지원시스템 개발              |
|                                      | 3. 기후변화 적응 유역관리 실<br>행기술 개발                        | 대기-지표-지하 연계 모델링을 통한 하천유량<br>확보 기술 개발<br>토지이용계획별 토양수 확보 전략 및 유역관리<br>기술 개발                        |
|                                      | 4. 극한사상에 대한 유역의 탄<br>력적 대응 및 복원기술 개발               | 극한사상에 따른 유역관리 영향평가기술<br>극한사상에 따른 토양유실 방지 및 탁수관리 기술<br>개발                                         |
|                                      |                                                    |                                                                                                  |
|                                      |                                                    |                                                                                                  |
| 제4세부<br>기후변화<br>수자원산<br>업 적응<br>기술   | 1. 글로벌 수자원 평가 및 분석<br>체계 구축                        | 글로벌 지표수문해석 기술 및 D/B 구축<br>글로벌 수자원가용량 변동성 평가 기술                                                   |
|                                      | 2. 기후변화 적응 국가 수자원<br>안보전략 및 대응 기술                  | 기후변화에 따른 한반도 수자원 변동 영향 분석<br>북한지역의 수자원 적응전략 실행프레임워크 개발                                           |
|                                      | 3. 국제 물거래 대비 우리나라<br>가상수 분석 기반 구축                  | 국제환경 및 기후변화에 따른 가상수 변동시나리<br>오 작성<br>가상수 도입에 따른 수자원산업의 영향 및 향후<br>전략 방안 도출                       |
|                                      | 4. 기후변화에 따른 수자원 가<br>치평가 기술개발 및 적용                 | 수자원의 사회경제적 가치 평가 기술<br>Water-Food-Energy 연계 해석 기술<br>수자원 가치평가에 근거한 수자원 관리 기술                     |
|                                      |                                                    |                                                                                                  |
|                                      |                                                    |                                                                                                  |



[세부 및 세세부과제 연계 체계]

## VI. 최종성과물



[세부과제별 주요 성과물]

## VII. 연구예산

- 2-1 세세부과제에서는 기후 시나리오 생산 및 제공을 위해 기후 전문가가 추가로 요구되며, 3-2 세세부과제에서는 통합 취약성 평가 시스템 개발을 위해 IT 전문가가 투입되어야 함. 따라서 2, 3세부 과제에 연구비를 추가적으로 배분하여 연구의 효율성을 증대시키고자 하였음

### 세부과제 별 소요 예산 산정

[단위 : 억원]

| 세 부과제 | 세 부과제명              | 정 부 | 민 간 | 계   |
|-------|---------------------|-----|-----|-----|
| 1세부   | 기후변화 대응 홍수 기준 설정 기술 | 44  | -   | 44  |
| 2세부   | 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술 | 55  | -   | 55  |
| 3세부   | 기후변화 유역관리 적응 기술     | 54  | -   | 54  |
| 4세부   | 기후변화 수자원산업 적응 기술    | 47  | -   | 47  |
| 계     |                     | 200 | -   | 200 |

### 연차별 소요예산 산정

[단위 : 억원]

| 세 부과제  |     | 정 부지 원 금(억 원) |      |      |      |      |      | 민 간 |
|--------|-----|---------------|------|------|------|------|------|-----|
|        |     | 1차년도          | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계   |     |
| 1세부    | 1-1 | 2             | 2.5  | 2.5  | 2    | 2    | 11   | -   |
|        | 1-2 | 1.5           | 3    | 3    | 2    | 1.5  | 11   |     |
|        | 1-3 | 2             | 2.5  | 2    | 2    | 1.5  | 10   |     |
|        | 1-4 | 2             | 3    | 3    | 2    | 2    | 12   |     |
| 1세부 합계 |     | 7.5           | 11   | 10.5 | 8    | 7    | 44   |     |
| 2세부    | 2-1 | 3             | 5    | 4.5  | 3    | 4    | 19.5 | -   |
|        | 2-2 | 2.5           | 3.5  | 3    | 2.5  | 2.5  | 14   |     |
|        | 2-3 | 1.5           | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2    | 11   |     |
|        | 2-4 | 1             | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2    | 10.5 |     |
| 2세부 합계 |     | 8             | 13.5 | 12.5 | 10.5 | 10.5 | 55   |     |
| 3세부    | 3-1 | 2             | 3    | 3    | 2    | 1.5  | 11.5 | -   |
|        | 3-2 | 3             | 4    | 4    | 4.5  | 4    | 19.5 |     |
|        | 3-3 | 2.5           | 3    | 2.5  | 2    | 2    | 12   |     |
|        | 3-4 | 2             | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 1.5  | 11   |     |
| 3세부 합계 |     | 9.5           | 12.5 | 12   | 11   | 9    | 54   |     |
| 4세부    | 4-1 | 2             | 3    | 3    | 3.5  | 3    | 14.5 | -   |
|        | 4-2 | 1.5           | 3    | 3    | 2.5  | 1.5  | 11.5 |     |
|        | 4-3 | 1.5           | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 1.5  | 10.5 |     |
|        | 4-4 | 1.2           | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 1.8  | 10.5 |     |
| 4세부 합계 |     | 6.2           | 11   | 11   | 11   | 7.8  | 47   |     |
| 총 계    |     | 31.2          | 48   | 46   | 40.5 | 34.3 | 200  | -   |

## VIII. 활용방안

- 본 연구를 통해 개발된 기후변화 적응 및 수자원산업 기반기술은 국내 기후변화 대응 물 관리 기술의 해외시장 진출에 기반이 될 수 있음
- 기후변화 수자원 평가 기술을 개발하여 기후변화에 대한 대륙규모의 시공간적 수자원의 변동성을 파악함으로써 범국가적인 대책 마련을 통한 국민의 불안감 해소와 기후변화에 대한 이해력 향상, 사전대책 수립을 통한 피해의 최소화로 사회 안녕에 이바지할 것임
- 세부적으로는 하천설계기준, 댐안전기준, 홍수저감설계기준, 국가수자원 시설물 적응계획 수립, 국가적 유역 수자원관리정책 수립, 국제적 수자원 적응정책수립 등과 관련된 핵심기술에 활용될 것임
- 제안된 기술들은 그동안의 수자원관련 기후변화 개발사업들의 연구결과들을 연계활용하면서, 또한 중복성없이 기획되도록 검토하였음. 또한, 기술개발의 결과물들이 ‘하천법’의 개정, ‘한국수자원공사법’의 개정, ‘수자원장기종합계획’에 반영되는 등 국가정책으로서의 실현가능한 기술들로 구성하였음
- 본 기획과제들은 ‘수자원장기종합계획’에서 2020년을 기준으로 치수와 이수정책을 수립한 목표를 달성할 수 있도록, ‘기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망연구단(2009-2012)’에서 전망한 기후변화 영향의 적응될 수 있는 수준으로 제안하였음

# 목 차

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 제1장 기술의 정의 및 필요성 .....          | 1  |
| 1절 기술의 정의 .....                 | 1  |
| 1. 총괄과제 기술정의 .....              | 1  |
| 2. 세부과제별 기술정의 .....             | 2  |
| 2절 기술 분류 및 내용 .....             | 4  |
| 1. 기술 분류 .....                  | 4  |
| 2. 기술 내용 .....                  | 5  |
| 3. 수자원 적응을 위한 기술개발 및 적용분야 ..... | 6  |
| 3절 기술의 필요성 .....                | 7  |
| 1. 기술개발의 필요성 .....              | 7  |
| 2. 정부 지원 필요성 .....              | 11 |
| 4절 기획과제 추진계획 .....              | 14 |
| 제2장 국내외 동향 및 환경 분석 .....        | 15 |
| 1절 국내외 정책동향 .....               | 15 |
| 1. 국내 기후변화적응 수자원 정책동향 .....     | 15 |
| 2. 국외 기후변화적응 수자원 정책동향 .....     | 23 |
| 2절 국내외 시장현황 및 전망 .....          | 37 |
| 1. 국내 시장현황 .....                | 39 |
| 2. 국외 시장현황 .....                | 48 |
| 3절 기술개발 동향분석 .....              | 58 |
| 4절 종합분석 .....                   | 77 |
| 1. 기존 기술(연구)과의 차별성 .....        | 77 |
| 2. 중점 세세부과제 도출 .....            | 82 |
| 3. 국내 인프라 분석 .....              | 86 |
| 4. 본 사업의 위상 및 중요성 .....         | 93 |
| 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략 .....      | 95 |
| 1절 비전 및 목표 .....                | 95 |
| 1. 비전 .....                     | 95 |

|                                        |                |
|----------------------------------------|----------------|
| 2. 목표 및 내용 .....                       | 95             |
| <b>2절 기술개발에 따른 미래상 .....</b>           | <b>96</b>      |
| 1. 기술개발 전략 .....                       | 96             |
| 2. 기술개발 핵심기술 .....                     | 96             |
| 3. 세세부과제별 예상 성과물 .....                 | 97             |
| 4. 연구추진 지연시 발생하는 문제 .....              | 106            |
| <b>3절 세부과제별 주요내용 및 추진체계 .....</b>      | <b>107</b>     |
| 1. 제 1세부과제 : 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술 .....  | 107            |
| 2. 제 2세부과제 : 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술 ..... | 111            |
| 3. 제 3세부과제 : 기후변화 유역관리 적응 기술 .....     | 115            |
| 4. 제 4세부과제 : 기후변화 수자원산업 적응기술 .....     | 119            |
| <b>4절 세부과제별·연차별 기술로드맵과 성과로드맵 .....</b> | <b>123</b>     |
| <b>5절 과제 연계도 .....</b>                 | <b>125</b>     |
| <b>6절 성과의 활용방안 .....</b>               | <b>126</b>     |
| 1. 제 1세부과제 : 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술 .....  | 126            |
| 2. 제 2세부과제 : 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술 ..... | 127            |
| 3. 제 3세부과제 : 기후변화에 따른 유역관리 적응 .....    | 128            |
| 4. 제 4세부과제 : 기후변화 수자원산업 적응기술 .....     | 129            |
| <br><b>제4장 사전타당성 검토 .....</b>          | <br><b>130</b> |
| 1절 정책적 타당성 .....                       | 130            |
| 2절 기술적 타당성 .....                       | 133            |
| 3절 경제적 타당성 .....                       | 137            |
| 4절 편익비용 분석 .....                       | 138            |
| 5절 타당성 검토 종합 .....                     | 141            |
| <br><b>제5장 소요예산 산정 .....</b>           | <br><b>142</b> |
| 1절 인력투입 및 연구예산 산출근거 .....              | 142            |
| 2절 인력투입계획 .....                        | 142            |
| 3절 총괄 예산 산정 .....                      | 143            |
| 1. 세부과제 별 소요 예산 산정 .....               | 143            |
| 2. 연차별 소요예산 산정 .....                   | 143            |
| 4절 연구비 산정 세부 내역 .....                  | 144            |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 제6장 과제 제안요구서 .....      | 146 |
| 1절 과제 제안요구서(RFP) .....  | 146 |
| 2절 연구과제 성과목표 및 지표 ..... | 171 |
| 1. 연구과제 성과목표 .....      | 171 |
| 2. 성과지표 .....           | 171 |
| 3절 평가기준 설정 .....        | 173 |
| 1. 평가기준 .....           | 173 |
| 2. 평가방법 .....           | 174 |
| 3. 평가항목 .....           | 174 |
| 참고문헌 .....              | 176 |

## 표 목 차

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| [표 1-1] 국가별 기후변화 적응 동향 .....                                       | 9   |
| [표 2-1] 기후변화대응 종합기본계획의 목표별 핵심 추진 사항 .....                          | 15  |
| [표 2-2] 국가 기후변화 적응 종합계획 3대 분야별 세부 역점 추진과제 .....                    | 19  |
| [표 2-3] 국가 기후변화 적응 종합계획의 수자원 관련 역점 추진과제 및 세부사업내용 ....              | 20  |
| [표 2-4] 국가 기후변화대응 재난관리개선대책의 주요 추진전략 및 세부사업내용 .....                 | 22  |
| [표 2-5] 국가 기후변화 대응 적응 종합계획의 수자원 관련 역점 추진과제 및 세부사업<br>내용 .....      | 23  |
| [표 2-6] 기후변화 적응 계획 수립 기본 원칙 .....                                  | 24  |
| [표 2-7] UNFCCC의 기후변화 적응분야별 적응비용 전망에 관한 IIED의 견해 .....              | 26  |
| [표 2-8] EU 기후변화 적응 백서의 1단계 실천과제 및 내용 .....                         | 28  |
| [표 2-9] Ofwat의 기후변화 대비 물관리 전략 .....                                | 30  |
| [표 2-10] 미국의 주요 주별 기후변화 대응 전략 .....                                | 32  |
| [표 2-11] Water in Australia: Water for the Future의 세부목표 및 내용 ..... | 36  |
| [표 2-12] 일본의 물관련 기후변화 적응대책 .....                                   | 37  |
| [표 2-13] 기후변화가 치수 안전도에 미치는 영향 .....                                | 40  |
| [표 2-14] 2020년 기준 가뭄빈도별 물 부족량 전망 .....                             | 43  |
| [표 2-15] 물순환 지수의 건강성 등급 .....                                      | 44  |
| [표 2-16] 기후변화를 고려한 방재기준 가이드라인 .....                                | 60  |
| [표 2-17] 영국의 장기 강우기준 상향 권고 .....                                   | 60  |
| [표 2-18] 대표농도경로 .....                                              | 62  |
| [표 2-19] Green-Blue Water의 특성 비교 .....                             | 67  |
| [표 2-20] 한국의 가상수량 .....                                            | 76  |
| [표 2-21] 기존 연구의 적용분야 및 적용범위 비교 .....                               | 78  |
| [표 2-22] 본 사업의 선행연구 주요 내용 및 성과 .....                               | 79  |
| [표 2-23] 세세부과제별 국내·외 기술동향 .....                                    | 86  |
| [표 2-24] 물관리 분야 신규 23 중점과제의 키워드 및 우선순위 .....                       | 93  |
| [표 4-1] 16개 기획과제의 정책적 타당성 .....                                    | 133 |
| [표 4-2] 사업완료시 선진국 대비 국내 기술수준 .....                                 | 135 |
| [표 4-3] 기존 연구와 본 기획연구와의 기술적 내용 비교 .....                            | 136 |
| [표 4-4] 16개 기획과제의 기술적 타당성 .....                                    | 136 |
| [표 4-5] 16개 기획과제의 경제적 타당성 .....                                    | 138 |
| [표 4-6] 편익 분석을 위한 인자 및 값 .....                                     | 140 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| [표 5-1] 세부별 인력투입계획 .....                | 142 |
| [표 6-1] 세부과제 별 목표 성과물 .....             | 171 |
| [표 6-2] 기후변화 수자원 적응전략 수립 성과지표 설명 .....  | 172 |
| [표 6-3] 기후변화 수자원 적응전략 수립 성과지표 (안) ..... | 173 |
| [표 6-4] 서류평가 세부항목 .....                 | 174 |
| [표 6-5] 발표평가 세부항목 .....                 | 175 |

## 그림 목 차

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| [그림 1-1] 기후변화에 대한 수자원 적응 기술의 정의 .....                                      | 1  |
| [그림 1-2] 기후변화에 따른 수자원 적응 기술 개발의 중점 세부과제 .....                              | 2  |
| [그림 1-3] 세부 및 세세부 과제 기술 분류 .....                                           | 4  |
| [그림 1-4] 요소기술의 수자원 적응전략 연계도 .....                                          | 6  |
| [그림 1-5] 북극해 얼음면적 변화 .....                                                 | 7  |
| [그림 1-6] (a) 겨울철(DJF) 기온변화, (b) 겨울철 강수변화, (c) 여름철 기온변화, (d) 여름철 강수변화 ..... | 8  |
| [그림 1-7] 기존연구의 한계점 및 신규연구사업의 방향 .....                                      | 10 |
| [그림 1-8] 기후변화에 따른 수자원 적응전략 기획과제의 필요성 .....                                 | 11 |
| [그림 1-9] 기획과제 세부 및 세세부과제 도출 절차 .....                                       | 14 |
| [그림 2-1] 기후변화 대응 종합기본계획의 물관련 부문 대상 분야 .....                                | 16 |
| [그림 2-2] 기후변화 대응 세부이행계획의 12대 전략과제 .....                                    | 17 |
| [그림 2-3] 기후변화 적응 종합계획의 3대분야별 핵심 추진 사항 .....                                | 19 |
| [그림 2-4] 기후변화 적응 종합계획에 대한 사회 구성원의 역할 .....                                 | 21 |
| [그림 2-5] 국가 기후변화 적응대책(2011-2015) 부문별 목표 .....                              | 22 |
| [그림 2-6] 기후변화 적응을 위한 비용 .....                                              | 25 |
| [그림 2-7] IPCC 조직도 .....                                                    | 27 |
| [그림 2-8] 순환적 WFD 실행을 위한 사업별 실행 스케줄 .....                                   | 29 |
| [그림 2-9] 기후변화 영향을 고려해 설계된 Thames Barrier .....                             | 31 |
| [그림 2-10] Cal-Adapt 웹사이트 .....                                             | 33 |
| [그림 2-11] 캐나다의 기후변화 대응 탄력성 개선 전략 .....                                     | 34 |
| [그림 2-12] 호주 기후변화부의 기후변화 정책 전략 .....                                       | 35 |
| [그림 2-13] 연별 자연재해 발생횟수 (1900-2011년) .....                                  | 38 |
| [그림 2-14] 우리나라 강수량, 강수일수, 평균강우강도 변동률 .....                                 | 39 |
| [그림 2-15] 우리나라 80mm/day이상 발생일수 변동률 .....                                   | 39 |
| [그림 2-16] 기후변화 수자원영향평가를 위한 기상 및 수문 시나리오 생산과정 .....                         | 41 |
| [그림 2-17] 한반도 관측 연평균 기온과 강수량과 13개 GCM의 평균 및 불확실성 범위 .....                  | 42 |
| [그림 2-18] 물공급성 취약성 평가 결과 .....                                             | 45 |
| [그림 2-19] 극한사상 발생에 따른 악영향 .....                                            | 46 |
| [그림 2-20] 기후변화시나리오를 이용한 25년 빈도 강수량 분포변화 전망 .....                           | 49 |
| [그림 2-21] 호주의 통합물공급계획 .....                                                | 51 |
| [그림 2-22] The Status of State Drought Plans(NDMC) .....                    | 52 |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| [그림 2-23] 아프리카 Blue and Green water 가용량 모델링 결과 .....                                              | 53 |
| [그림 2-24] ‘Top-down’ and ‘bottom-up’ approaches used to inform adaptation to climate change ..... | 53 |
| [그림 2-25] RegIS의 구성 .....                                                                         | 54 |
| [그림 2-26] ARMS 실시간 수환경 관리 개념도 .....                                                               | 55 |
| [그림 2-27] The Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)와 9가지 사회 편익 .....                 | 56 |
| [그림 2-28] 물발자국 확장개념 .....                                                                         | 57 |
| [그림 2-29] 기후변화와 극한사상 연구의 세계적 추이 .....                                                             | 59 |
| [그림 2-30] 일본의 슈퍼제방 .....                                                                          | 61 |
| [그림 2-31] 일본의 수도권 외곽 방수로 .....                                                                    | 61 |
| [그림 2-32] CMIP 5 실험계획 .....                                                                       | 62 |
| [그림 2-33] 21세기 기후변화 예측 혁신 프로그램 개요 및 시나리오 생성 과정 .....                                              | 63 |
| [그림 2-34] 확률적 수문 시나리오 생산과정 .....                                                                  | 64 |
| [그림 2-35] 비측된 환경용수의 사용 프레임워크 .....                                                                | 65 |
| [그림 2-36] Kansas 가뭄관리계획 .....                                                                     | 66 |
| [그림 2-37] Parallel functions of water .....                                                       | 66 |
| [그림 2-38] 수문모형을 이용한 유역 Green-Blue Water 평가 개념 .....                                               | 67 |
| [그림 2-39] 국가별 Green Water의 비율: 우리나라 60~80%에 해당 .....                                              | 68 |
| [그림 2-40] Steps in decision scaling .....                                                         | 69 |
| [그림 2-41] 낙엽층, 표면토양수분측정 개념도와 측정 시계열자료 및 수직적 거동 .....                                              | 69 |
| [그림 2-42] 설마천 토양수분 측정 .....                                                                       | 70 |
| [그림 2-43] 설마천과 청미천 토양수분량 관측시스템 .....                                                              | 70 |
| [그림 2-44] 지하수 함양량 산정을 위한 HELP3 모델흐름도 .....                                                        | 71 |
| [그림 2-45] 유역 토양침식방지 및 생태복원 분석도 .....                                                              | 71 |
| [그림 2-46] 지표수면해석, A 지표에너지플럭스, B 수문순환, C 탄소순환 .....                                                | 72 |
| [그림 2-47] 최근 10년간의 Land surface model 관련 논문편수의 변화 .....                                           | 72 |
| [그림 2-48] 기온증가에 따른 연유출량의 상대적 변화 .....                                                             | 73 |
| [그림 2-49] Global Intergrated Water Resources Model .....                                          | 74 |
| [그림 2-50] 미국 CPC의 표준유출지수를 이용한 가뭄예보 및 유출량 정보 .....                                                 | 74 |
| [그림 2-51] 통합수문경제모델 개념 .....                                                                       | 77 |
| [그림 2-52] 기후변화에 따른 수자원 영향, 취약성, 적응전략 수립 체계 .....                                                  | 78 |
| [그림 2-53] 기존 연구와의 차별성 .....                                                                       | 81 |
| [그림 2-54] 기존 개발 기술과 신규 사업과의 연계방안 .....                                                            | 81 |
| [그림 2-55] 분야별 요소기술의 우선순위 결정을 통한 세세부과제 도출 .....                                                    | 83 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| [그림 2-56] 물관리 분야 중점추진과제들의 연계도 .....           | 94  |
| [그림 3-1] 본 연구의 비전 및 목표 .....                  | 95  |
| [그림 3-2] 단계별 기술개발 전략 .....                    | 96  |
| [그림 3-3] 세부과제별 주요 예상 성과물 .....                | 106 |
| [그림 3-4] 1-1 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 107 |
| [그림 3-5] 1-2 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 108 |
| [그림 3-6] 1-3 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 109 |
| [그림 3-7] 1-4 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 110 |
| [그림 3-8] 2-1 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 111 |
| [그림 3-9] 2-2 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 112 |
| [그림 3-10] 2-3 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....    | 113 |
| [그림 3-11] 2-4 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....    | 114 |
| [그림 3-12] 3-1 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 115 |
| [그림 3-13] 3-2 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 116 |
| [그림 3-14] 3-3 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 117 |
| [그림 3-15] 3-4 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 118 |
| [그림 3-16] 4-1 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 119 |
| [그림 3-17] 4-2 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 120 |
| [그림 3-18] 4-3 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 121 |
| [그림 3-19] 4-4 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵 .....     | 122 |
| [그림 3-20] 1세부과제 연차별 추진전략 .....                | 123 |
| [그림 3-21] 2세부과제 연차별 추진전략 .....                | 123 |
| [그림 3-22] 3세부과제 연차별 추진전략 .....                | 123 |
| [그림 3-23] 4세부과제 연차별 추진전략 .....                | 124 |
| [그림 3-24] 기존 사업의 성과 및 본 사업의 과제의 연계도 .....     | 125 |
| [그림 4-1] 본 기획의 정책적 타당성 .....                  | 130 |
| [그림 4-2] 국가 기후변화 적응대책(2011-2015) 부문별 목표 ..... | 132 |
| [그림 4-3] 기후변화 대응 종합기본계획의 물관련 부문 대상 분야 .....   | 132 |
| [그림 4-4] 본 기획의 기술적 타당성 .....                  | 134 |
| [그림 4-5] 물관련 정부부처 협조체계 .....                  | 135 |
| [그림 4-6] 본 기획의 경제적 타당성 .....                  | 137 |

## 제1장 기술의 정의 및 필요성

### 1절 기술의 정의

#### 1. 총괄과제 기술정의

본 연구사업에서 “기후변화에 대한 수자원의 적응 기술”의 정의는 『기후변화 대응을 위한 홍수기준설정 기술, 안정적 용수수급 기술, 유역관리 적응기술, 글로벌 수자원산업 적응기반기술을 확보하고, 수재해 최소화, 물공급체계구축, 유역건전성 확보, 글로벌 수자원산업 선점을 위한 기후변화 적응 실행프레임워크를 제시』하는 것임



[그림 1-1] 기후변화에 대한 수자원 적응 기술의 정의

## 2. 세부과제별 기술정의

- “기후변화에 대한 수자원의 적응 기술 개발”이라는 최종 목표를 달성하기 위해서는 기후변화로 인해 영향을 받을 것으로 예상되는 수자원의 이수과 치수문제 뿐만 아니라 변화되는 수문기상환경에서 유역의 취약성을 평가하고 건전성을 유지하는 기술이 포함되어야 함. 또한 국제 네트워크를 통한 기후변화 적응능력을 향상시키고, 성장하는 해외 글로벌 수자원산업 시장에서 우리나라 건설산업이 경쟁력을 확보할 수 있는 기반기술개발이 포함되어야 함
- 기후변화에 의한 국내 수자원의 영향과 취약성 평가 결과를 바탕으로 수자원의 적응이 시급히 요구되는 분야를 선정하였음
- 기후변화 적응을 위한 수자원 관리 현업에 활용 가능한 성과물을 도출하기 위해 세부과제를 다음과 같이 크게 4개로 구분하였음; 1) 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술, 2) 기후변화 적응 안정적 용수수급기술, 3) 기후변화 유역관리 적응기술, 4) 기후변화 수자원산업 적응기술



[그림 1-2] 기후변화에 따른 수자원 적응 기술 개발의 중점 세부과제

### □ 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술

- 지구온난화로 인한 기후변화는 수문순환을 가속화시켜 호우의 빈도와 강도를 증가시킬 것으로 전망되고 있음. 최근 국내의 홍수와 집중호우로 인한 피해는 증가하고 있으며, 특히 빈번해진 태풍과 집중호우는 기존 하천시설물을 훼손시키고 수공시설물의 안전을 위협하고 있음

- “기후변화 대응 홍수기준 설정 기술”에서는 극한강우와 홍수에 효과적으로 대비하기 위해 발생 가능한 극한시나리오를 생산하고, 이를 기반으로 현 하천설계기준을 재검토 후 궁극적으로 기후변화로 인한 홍수피해를 저감시킬 수 있는 현실적인 설계기준을 제시하고자 함. 또한, 극한강우와 홍수 시나리오 상황에서 국내 주요 대형댐의 구조적·비구조적 안전도를 재평가하고, 구조물별 적응전략을 개발하여 유역홍수저감시설물의 기후변화 적응을 위한 실행 프레임워크를 개발하고자 함

#### □ 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술

- 기후변화에 대한 안정적인 수자원 확보 및 용수공급은 국민의 삶의 질 향상과 국가 경제 성장에 필수적인 물관리 기술임
- “기후변화 적응 안정적 용수수급 기술”에서는 기후변화에 따른 수자원 변동성을 평가하기 위해 AR5 기반 기후 및 수문 시나리오 생산 기술을 개발하고자 함. 생산된 시나리오를 기반으로 현 수자원공급시설물의 물공급안전도를 평가하고 적응대책을 수립하며, 물공급 예비율 산정 기술 개발을 통해 기후변화에 대비 물공급안전도를 향상시키고자 함. 또한, 발생가능한 극한 물부족 시나리오상황에서 사회경제적 피해를 최소화하기 위한 Emergency Plan을 정립하고자 함

#### □ 기후변화 유역관리 적응 기술

- 기후변화는 유역이 제공하는 수자원 함양능력, 청정지하수 제공능력, 하천생태적 유지능력, 식생피복을 통한 토사유출 방지능력에 악영향을 미쳐 유역 건전성과 회복능력을 약화시키고 결과적으로 유역관리 패러다임을 변화시킬 것으로 전망됨. 향후 기후변화에 적응하기 위한 유역관리 기술은 기존의 이치수 위주의 유역관리에서 친환경 중심의 시대적 요구에 부합하는 유역관리 기술의 개발이 고려되어야 할 것임
- “기후변화 유역관리 적응 기술”에서는 국내 유역의 건전성을 평가할 수 있는 유역건전성 통합평가기술, 기후변화 적응 유역관리 실행기술, 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원 기술 등을 개발하고, 기후변화 상황에서 유역별 취약성의 종합적 평가 및 효율적 적응전략을 수립할 수 있는 수자원 취약성 통합 평가시스템을 개발하고자 함

## □ 기후변화 수자원산업 적응 기술

- FTA 체결, 지역 경제권의 블록화 강화, 경제의 세계화와 더불어 다가올 기후변화 상황에서 국가의 물안보, 식량안보, 에너지안보를 확보하기 위해서는 국내의 수자원 적응대책마련뿐 아니라 국제적인 수자원산업 적응기술의 확보를 통해 우리나라 건설기업이 글로벌 수자원산업 시장을 선점하는 기반을 마련하는 것이 시급함
- “기후변화 수자원산업 적응 기술” 개발에서는 2015년 1,600조원까지 성장할 것으로 예상되는 국제 물시장에 진출할 수 있는 수자원산업 경쟁력 확보를 위해 기후변화에 따른 글로벌 수자원의 변동성을 평가할 수 있는 기술, 기후변화 적응한반도 수자원 안보전략 개발 기술, 국제 물거래 대비 우리나라 가상수 분석 기술, 수자원의 사회경제적 가치평가 기술을 개발하고자 함

## 2절 기술 분류 및 내용

### 1. 기술 분류



[그림 1-3] 세부 및 세세부 과제 기술 분류

## 2. 기술 내용

| 세부<br>과제           | 세세부<br>과제 | 세세부 과제 기술 내용                                                                                               |
|--------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1세부<br>(홍수)        | 1-1       | RCP 온실가스배출시나리오를 기반으로 극치 강우사상과 홍수 시나리오를 생산하고, 기후변화를 고려한 빈도해석 및 홍수위험도 평가기법 개발                                |
|                    | 1-2       | 하천시설물의 현황과 설계기준을 분석하고, RCP 기후변화 상황에서의 취약성을 분석하여 기후변화에 적응할 수 있는 하천설계기준 개발                                   |
|                    | 1-3       | 현재와 기후변화 상황에서의 댐안전도를 재평가하고, 기후변화에 대응할 수 있는 댐 재개발 실행 프레임워크 개발                                               |
|                    | 1-4       | 기후변화에 따른 홍수저감시설의 적응능력을 평가하고, 기후변화에 적응할 수 있는 최적홍수저감계획수립과 시설물의 실행프레임워크 개발                                    |
| 2세부<br>(용수수급)      | 2-1       | RCP 기반의 표준 기후 및 수문 시나리오 생산기술을 개발하고, 생산된 시나리오에 기반한 중장기 한반도 수자원 변화 전망 및 불확실성 제시                              |
|                    | 2-2       | 기후변화에 따른 수자원시설의 용수공급능력 및 취약성을 평가하고, 기후변화 적응을 위한 국가수자원장기종합계획 방안 제시                                          |
|                    | 2-3       | 기후변화에 대비하기 위한 수자원시설물별 물공급 예비율 산정기술을 개발하고, 예비율을 적용한 수자원관리 기술 개발                                             |
|                    | 2-4       | 고기후자료와 RCP 기후 시나리오 자료를 이용하여 극한 가뭄시나리오를 개발하고, 극한 물부족 발생시에 대비한 국가 물공급 Emergency Plan 개발                      |
| 3세부<br>(유역관리)      | 3-1       | 유역의 건전성평가를 위해 수량, 수질, 유역환경을 고려한 통합지표를 개발하고, 취약지역 도출 및 기후변화 상황에서 유역 건전성을 유지 또는 향상시키는 적응기술 개발                |
|                    | 3-2       | 국가 적응전략 수립을 위한 일괄적이고 지속적인 정보를 제공하는 수자원 취약성 평가시스템을 개발하고, 기후변화 적응을 위한 신규 수자원시설의 투자우선순위 결정지원시스템 개발            |
|                    | 3-3       | 기후변화에 따른 대기-지표-지하 연계 모델링 기술을 개발하고, 토양수분 변화 추적 및 지하수 충전량 평가를 통해 유역 수자원을 효율적으로 관리할 수 있는 기후변화 적응 유역관리 실행기술 개발 |
|                    | 3-4       | 기후변화로 인해 증가될 극한사상 발생에 대비해 유역의 자연적·사회경제적 기능을 효과적으로 복원할 수 있는 기술 개발                                           |
| 4세부<br>(수자원<br>산업) | 4-1       | 글로벌 수자원 D/B 구축 및 글로벌 지표해석모형을 개발함으로써 기후변화에 따른 전구 수자원의 변동성을 분석해 우리나라 수자원 산업의 해외진출을 위한 기반 구축                  |
|                    | 4-2       | 기후변화에 대비해 한반도 물안보를 평가하고, 수자원 이용을 극대화할 수 있는 기술개발 전략 수립                                                      |
|                    | 4-3       | 국내 가상수 현황을 평가할 수 있는 기법을 개발하고, 기후변화가 국제 가상수거래 및 용수수요에 미치는 영향 예측 기술 개발                                       |
|                    | 4-4       | 수자원의 사회경제적 가치를 평가할 수 있는 기술을 개발하고, 기후변화에 따른 수자원-식량생산-에너지생산의 연계해석 기법 개발                                      |

### 3. 수자원 적응을 위한 기술개발 및 적용분야



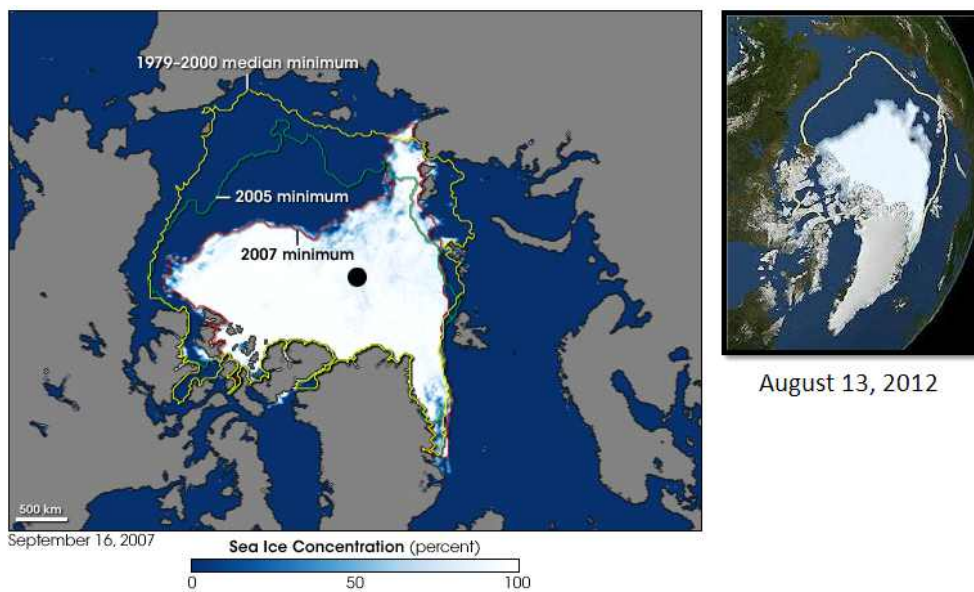
[그림 1-4] 요소기술의 수자원 적응전략 연계도

### 3절 기술의 필요성

#### 1. 기술개발의 필요성

##### □ 대외적 요인

- 미국국립빙설데이터센터(NSIDC)는 2012년 올해 여름 북극의 얼음면적이 1979년 관측 이래로 최소 면적(410만km<sup>2</sup>, 약 42%감소)을 기록했다고 보고함. NSIDC는 1979년 위성영상을 이용하여 관측한 결과 최소면적순위 1위에서 6위까지가 모두 2007년~2012년에 나타났으며, 이는 지구온난화로 인해 **북극얼음의 감소경향이 급해지고 있음을 보여주는 증거**라고 제시하였음
- 북극 얼음면적의 감소는 북극바다가 태양에너지를 반사하지 못하고 에너지를 더 많이 흡수함으로써 북극의 빙하가 더 빨리 녹게 되는 요인으로 작용할 것임. 이것은 기후변화로 인한 영향이 우리가 예상하는 것보다 빠르게 진행될 수 있음을 의미하며, **적응대책수립이 시급히 마련**되어야 함

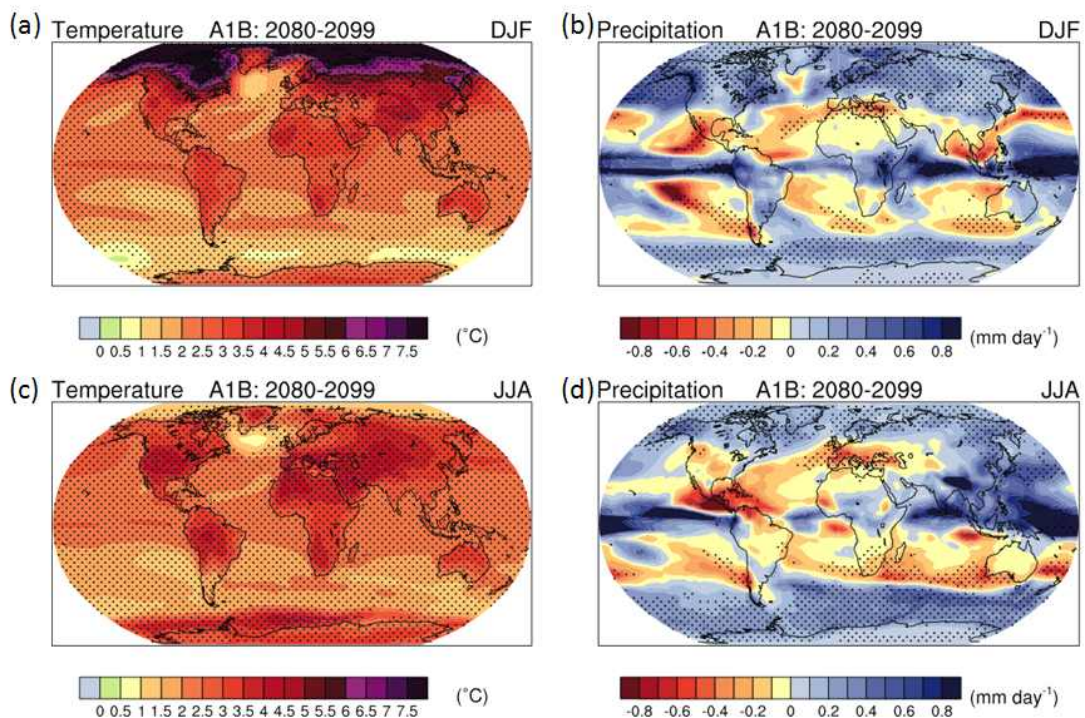


[그림 1-5] 북극해 얼음면적 변화

- 기후변화의 영향과 심각성은 수자원, 생태계, 산림, 보건, 농업 및 사회기반시설 등 다양한 분야에서 관측 또는 전망되고 있음. 이러한 기후변화는 국가 및 사회의 지속적인 발전에 심각한 문제를 일으킬 주요인으로 작용할 것임. 특히 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC) 4차 보고서(2007)에서는 미래 기후변화로 인한 영향 중에서 **가장 취약한 부분으로 기후시스템 변화에 따른 강수패턴의**

시공간 변화와 이로 인한 가용 수자원의 감소를 선정하였음

- 2007년 유엔기후변화협약(UNFCCC)은 아시아 지역을 대상으로 한 기후변화 영향과 취약성 평가에서 한국을 포함한 대부분의 지역에서 평균기온 상승과 강수량 증가를 전망하였으며, 특히 홍수, 가뭄, 태풍, 혹서 등과 같은 극한사상의 강도와 빈도가 증가될 것으로 예상하였음. IPCC는 빈번해질 것으로 전망되는 극한사상에 대해 시급한 저감방안 마련과 기후변화 적응전략 개발의 필요성을 언급하였으며 현재 「선제적 기후변화 적응을 위한 극한사상과 재해의 위험관리」라는 특별보고서를 작성 중에 있음



[그림 1-6] (a) 겨울철(DJF) 기온변화, (b) 겨울철 강수변화, (c) 여름철 기온변화, (d) 여름철 강수변화

- IPCC 4차보고서(2007)에서는 온실가스 배출 감축과 같은 노력으로 기후변화를 완화시키는 것만큼이나 기후변화에 적응하는 것이 중요하다고 제시함. 이는 기후변화의 주범인 온실가스를 전 세계적인 노력으로 감축한다고 하더라도 기후변화는 앞으로 수세기 이상 계속 진행될 것으로 전망되었기 때문임. 따라서 기후변화에 대한 수자원 적응 기술개발은 온실가스감축실행 여부와 상관없이 미래 수자원 안보를 위해 필수적인 연구사업임
- 선진국에서는 이미 기후변화 영향평가 결과를 이용하여 기후변화관련 적응정책을 수립하고 실행 및 개선하고 있음(표 1-1). 또한 2013년 배포될 RCP 기반의 기후 전망결과를 이용하여 기존의 적응정책을 평가 및 수정할 계획을 진

행중임. 따라서 우리나라도 기후변화에 대비하기 위해 체계적이고 현실적인 적응전략을 도출하고 이에 필요한 기술을 개발함으로써 국내 수자원관리기술 및 시스템의 적응역량을 강화하는 것이 필요함

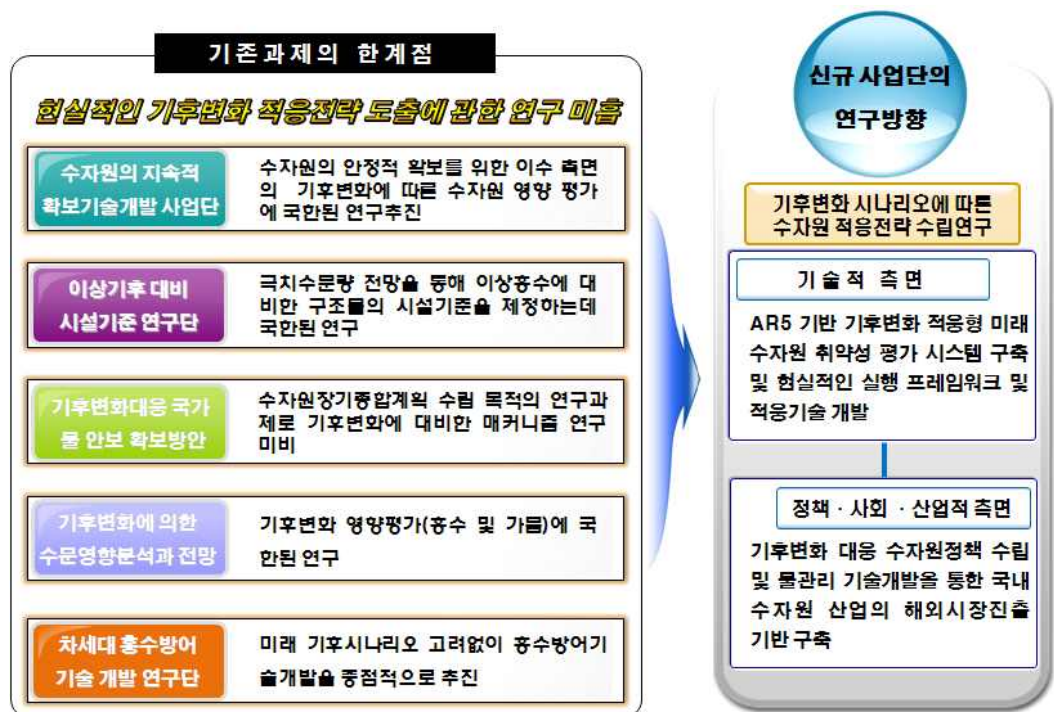
[표 1-1] 국가별 기후변화 적응 동향 (National Communication\*, 2010; 환경부, 2010)

| 국가   | 기후변화<br>영향 및 적응 | 세부 관련 내용                                                                                                   |
|------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 영국   | 영향              | Met Office Hadley Centre, Tyndall Centre 및 UKCIP에서 제공하는 시나리오를 이용하여 분석한 결과 여름 및 겨울의 기후변화, 극한 기후 현상 증가 등이 예상 |
|      | 적응전략            | 수자원, 홍수, 건설, 생물다양성, 농업, 산림, 수송 부문에 기후변화 적응 방안 수립 및 이행                                                      |
| 독일   | 영향              | 계절에 따라 변화하는 기후변화, 극한기후현상의 빈도와 강도 증가, 기후가변성으로 인한 농업 및 산림 영향 전망                                              |
|      | 적응전략            | 2008년 독일 연방 정부에서 기후변화 적응 전략 제시(부문별로는 수자원관리, 물순환, 보건, 해안 및 해양 보존, 토양, 생물다양성, 농업, 산림, 수송 및 관광 부문에 방안 제시)     |
| 프랑스  | 영향              | 알프스 및 피레네 산맥의 빙하 감소 및 동물의 계절에 따른 이동, 식물들의 성장 시기 변화에 주목                                                     |
|      | 적응전략            | 2006년 국가 기후변화 4개 부분의 적응 전략 제시: 공중보건, 사회적영향, 적응비용, 국가유산보존                                                   |
| 네덜란드 | 영향              | 해양과 저지대의 인구밀집 지역에서 기후변화로 인한 피해가 클 것으로 전망                                                                   |
|      | 적응전략            | 기후변화 영향평가 결과를 바탕으로 2007년 국가 적응전략을 수립하였으며, 물, 자연, 농업, 레크리에이션, 산림 및 도시 환경 부문 포함                              |
| 이탈리아 | 영향              | 지중해 지역을 중심으로 사막화, 해안지역 침식 및 홍수, 빙하 및 적설량 감소 등 예상                                                           |
|      | 적응전략            | 환경/토양/해양부 주관으로 기후변화 적응전략 개발                                                                                |
| 캐나다  | 영향              | 기온증가로 인한 빙하 및 용설 변화, 수자원 변화에 대한 모니터링 및 기후변화로 인한 전망                                                         |
|      | 적응전략            | CCIAD는 2001년부터 2007년까지 캐나다 기후변화 영향 및 적응 연구 네트워크(C-CIARN)을 구축하고 적응 전략을 수립                                   |
| 미국   | 영향              | 2010년 USGCRP에서 지구온난화로 인한 10가지 기후변화 영향을 제시(수자원, 농축산업, 인간, 보건, 생태시스템 등)                                      |
|      | 적응전략            | USGCRP의 취약성 및 영향평가 결과를 바탕으로 기후변화 적응대책 위원회에서 적응방안 수립                                                        |
| 호주   | 영향              | 기후변화에 가장 취약한 국가중 하나로 다양한 분야에 대해 기후변화 영향평가(수자원, 농업, 환경, 에너지 등)                                              |
|      | 적응전략            | 호주 환경문화부를 중심으로 다양한 적응전략을 수립, 특히 Water for the Future라는 프로그램을 통해 장기적 물공급 확보를 위해 노력                          |
| 일본   | 영향              | 기온 상승 및 강수량 증가 현상에 주목하고 있으며, 수자원, 산림, 농업, 해안 및 보건 등에서 유의한 영향이 있었다고 보고됨                                     |
|      | 적응전략            | 기후변화 영향 및 적응 연구위원회를 중심으로 Wise Adaptation 방안을 통해 기후변화 적응 방안 개발                                              |

\* National Communication (NC): UNFCCC 사무국에 국가별 온실가스 감축 및 기후변화 적응에 관한 계획 및 이행 상황에 관한 국가보고서 제출

## □ 대내적 요인

- 국내에서 수자원측면의 기후변화 연구는 꾸준히 진행되어 왔으며, 주요 연구로는 「수자원의 지속적 확보기술개발사업단(2001~2011)」, 「이상기후대비 시설기준 연구단(2005~2010)」, 「기후변화 대비 국가 물안보 확보방안(2007~2011)」, 「기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 연구단(2009~2012)」, 「차세대 홍수방어기술개발 연구단(2008-2013)」 등이 있음
- 기존 국내 연구 사례들은 대부분 기후변화에 따른 수자원 분야별 영향평가 중심의 연구로 추진됨으로써 **현실적인 기후변화 적응전략 도출에 관한 연구는 미비함**. 따라서 기후변화에 따른 피해를 최소화하고, 기후변화에 유연히 적응할 수 있는 수자원관리 기술의 개발이 시급함



[그림 1-7] 기존연구의 한계점 및 신규연구사업의 방향

- 우리나라는 2018년까지 “물 복지 창출을 위한 물관리 선진화” 비전을 달성하기 위해 3대 중점추진분야 및 5대 전략프로젝트를 기획함
- 본 연구사업인 「기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립」은 5대 전략프로젝트 중의 하나인 “기후변화대응-기후-물-환경 융합 기술” 연구의 세부연구로서, 후속연구들을 위한 기반을 구축하고 기후변화 적응을 통한 선진 수자원 강국실현을 달성하는데 기여할 것임



[그림 1-8] 기후변화에 따른 수자원 적응전략 기획과제의 필요성

## 2. 정부 지원 필요성

### □ 기술개발투자의 시급성, 시의성(2013년)

- 지구온난화에 따른 기후변화로 인해 최근 전지구 평균온도 상승, 해수면 상승, 해양의 산성화, 빙권 감소, 이상기상 현상 발생빈도 증가 등 다양한 지구환경 변화가 발생함에 따라 안전한 국민 삶의 질 측면에서 악영향을 미칠 것으로 예상됨
- 이에 미국, 일본, EU 등 선진 국가에서는 기후변화에 대응하기 위해 온실가스 저감 및 기후변화 적응과 관련된 다양한 정책 및 연구개발 사업 등을 추진하고 있음
- 국내에서도 2001년 시작된 「수자원의 지속적 확보기술개발사업단」의 “기후변화에 의한 수자원 영향 평가체계 구축” 연구를 시작으로 지금까지 “기후변화 대비 국가 물안보 확보방안” 등 여러 국가 연구개발 사업을 추진해 왔으며, 현재 대표적인 사업으로는 「기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 연구단」 과제가 수행되고 있음

- 「기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 연구단」은 국가표준 기후시나리오를 기반으로 수자원 분야에 있어 한반도에서 기후변화의 영향을 정량적으로 평가하는 연구로 2009년부터 오는 2012년까지 3차년도에 걸쳐 사업을 추진함
- 다만, 기존 여러 기후변화 사업들 대부분은 전망 및 영향 평가에 초점이 맞춰져 있었으며, 이로 인해 기후변화에 따른 취약성 평가 및 적응 기술 개발은 체계적으로 이루어지지 못하고 있어 수자원 분야의 적응전략 수립 기술은 매우 미진한 실정임
- 2013년부터 수행하게 될 본 사업의 경우 앞서 소개한 연구의 연장선상에 있는 연구개발 과제인 국가표준 기후시나리오를 이용한 수자원 전망 결과를 이용하여 체계적으로 기후변화에 따른 수자원의 취약성 평가, 적응기술 개발 및 적응대책 도출을 수행할 예정임
- 또한, 본 연구단에서 개발된 기후변화 적응 수자원 관리기술과 해외시장 진출을 위한 기후변화 대응 수자원산업 적응기술은 우리나라 수자원 건설산업의 해외시장 진출을 위한 교두보 역할을 할 것임
- 이러한 기존 국가연구개발사업과의 연계성 및 활용방안은 정부 재정운영의 효율성을 제고시키고, 기후변화에 따른 수자원영향평가-취약성평가-적응기술 개발의 일원화된 시스템은 국가차원의 기후변화 적응대책 수립 시 신뢰성 높은 기초자료로 활용될 수 있음

#### □ 정부 상위계획과의 부합성

- 수자원 장기종합계획(2011~2020)의 비전과 부합
  - 수자원장기종합계획의 비전은 “녹색국토를 위한 물강국 실현”으로서 5가지 부문별 비전과 목표를 제시하고 있으며 이 중 “국민과 자연에 맑고 충분한 물공급”, “기후변화에 안전한 국토기반 구축”, “기후변화에 강한 물관리 체계 구축” 등 기후변화 연구에 대한 필요성을 강조
- 국가 전략인 저탄소 녹색성장과의 연관성
  - 본 연구의 비전은 국토해양부에서 제시한 “저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현” 비전 아래 추진되고 있는 3대전략(온실가스 감축, 기후변화 적응, 저탄소 녹색기술 및 녹색산업 육성)과 밀접한 관련이 있으며, 본 연구에서 도출된

표준화된 한반도 기후변화의 정량적 영향, 취약성, 적응전략은 향후 수자원 관리 및 장기수자원계획 수립의 밑그림이 될 것임. 또한, 기업체들에게 녹색산업에 투자하여 녹색성장에 기여해야 할 당위성과 추진동력을 제공할 것으로 기대됨

○ 국가 기후변화 적응대책과의 연관성

- 2010년 관계부처합동에서 제시한 국가 기후변화 적응대책에서는 “기후변화 적응을 통한 안전사회 구축 및 녹색성장 지원”이라는 비전 아래 7개 부문별 적응대책을 제시하고 있으며, 그 중 본 사업의 주요 연구 내용인 기후변화에 따른 이수·치수·유역환경·물시장에 관한 영향평가, 취약성평가, 적응기술 개발은 재난/재해, 물관리 부문 대책에 부합하는 것으로 판단됨

□ 국토해양부 주도의 개발 및 지원 필요성

- 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구의 주요 연구내용인 기후변화에 따른 취약성 평가기술 개발, 기후변화에 따른 적응기술 개발은 지속가능한 발전 및 공공성·공익성을 요하는 연구임
- 특히, 본 사업의 경우 실용화 관점에서 연구 성과물을 활용한 경제적 가치산정이 불명확하며, 특정 소수 대상이 아닌 불특정 다수를 대상으로 사업을 추진함으로써 산업적 관점이 아닌 국가 공공사업 측면이 강함
- 본 사업의 주요 연구 내용인 기후변화에 따른 이수·치수·하천환경에 관한 취약성평가 및 적응기술 개발은 국토해양부의 핵심 업무임. 특히 4대강사업과 연계된 기후변화 적응기술 개발 및 현업활용은 국토해양부/한국수자원공사가 시급히 해결해야 하는 사항임

□ 정부 미지원시 문제점

- 본 사업의 연구내용은 국가 공공사업 측면이 강할 뿐 아니라, 국민의 삶의 질 향상을 목적으로 하기 때문에 정부의 R&D 사업으로 추진되는 것이 합당하다고 판단됨
- 본 사업의 연구내용은 주요 수요처가 정부 또는 지방자치단체이므로 민간기업이 기술을 자발적으로 개발하기 어려운 특성이 있어 정부차원의 지원이 필요하다고 판단됨

- 본 사업의 연구내용이 기후변화에 따른 이수·치수 문제뿐 아니라 탄력적(resilience) 유역관리 및 수자원산업의 세계시장 진출을 위한 기반기술을 개발하는 것이므로 특정 분야에 단편적이 아닌 종합적·통합적 연구를 요구하므로 국가적인 차원에서 연구단의 형태로 진행되어야 시너지 효과를 얻을 수 있음

## 4절 기획과제 추진계획

- 기획과제의 목표달성을 위해 국내외 기후변화 적응 정책동향을 검토한 후, 중점세부과제 도출에 대한 타당성을 제시함
- 도출된 세부과제에 대한 국내외 시장현황과 기술동향을 분석하고 종합분석을 통해 세세부과제를 도출함
- 세부과제와 세세부과제에 대한 추진전략을 수립하고, 기술로드맵과 성과의 활용방안을 수립함
- 사업추진의 정책적, 기술적, 경제적 타당성을 검토하고, 소요예산을 산정한 후 과제 공모 및 수행을 위한 RFP를 작성함



[그림 1-9] 기획과제 세부 및 세세부과제 도출 절차

## 제2장 국내외 동향 및 환경 분석

### 1절 국내외 정책동향

#### 1. 국내 기후변화적응 수자원 정책동향

- 기후변화에 대응하기 위해 정부는 2008년 9월 ‘저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Growth)’의 이행을 위한 「기후변화대응 종합기본계획」을 발표하였으며, 그해 12월 후속계획인 「기후변화대응 세부이행계획」, 「기후변화대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜」, 「국가 기후변화 적응 종합계획」을 심의·확정하였음. 2010년에는 저탄소 녹색성장 기본법 시행에 따라 최초의 법정계획인 「국가 기후변화 적응대책(2011-2015)」이 수립·시행되고 있음. 2011년에는 국무총리실 주재로 「국가 기후변화대응 재난관리개선대책」을 수립하고 163개 개선과제를 도출하였음

#### □ 기후변화대응 종합기본계획

- ‘저탄소 녹색성장’과 ‘성숙한 세계 국가’의 국정지표를 구현하기 위해 “범지구적 기후변화대응 노력에 동참하고 녹색성장을 통한 저탄소사회 구현”을 비전으로 기후변화대응 종합기본계획 수립

[표 2-1] 기후변화대응 종합기본계획의 목표별 핵심 추진 사항

| 목표                               | 추진사항                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기후친화산업을<br>신성장동력으로<br>육성         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 선진국에 비해 높은 에너지 원단위 개선을 위해 산업부문의 에너지 절감 및 효율향상 추진</li> <li>• 기후변화 대응 R&amp;D 정부 투자규모('08년 약 7,000억원 수준)를 '12년 까지 현재의 2배(5년간 약 5조원) 이상으로 대폭 확대</li> <li>• 신·재생에너지, 친환경산업, 청정개발체제(CDM)사업 등 기후친화산업의 보급·육성 및 수출 경쟁력 강화</li> </ul>               |
| 국민의 삶의 질<br>제고와 환경<br>개선         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교통혼잡비용을 획기적으로 줄이기 위해 친환경적인 대중교통체계로 전환</li> <li>• 사회 각 부문별 감축과 산림 흡수원 조성 노력</li> <li>• <b>기후변화 적응, 위기관리 능력을 강화하여 안전한 사회 구축</b></li> <li>• 초·중등 교육 및 대국민 홍보를 통해 국민의 생활양식 변화 유도</li> </ul>                                                    |
| 기후변화<br>대처를 위한<br>국제사회<br>노력을 선도 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국가 온실가스 중기(2020) 감축목표를 2009년 중 발표, 저탄소사회 전환으로의 선도자(early mover) 역할 수행</li> <li>• 시장기반(Market-based) 기후체제 제안으로 Post-2012 기후체제 개도국 동참을 유도하고 선·개도국간의 가교역할 수행</li> <li>• 「동아시아 기후 파트너십」 등 개도국 기후변화 대응 지원 사업 확대를 통한 기후산업 해외 진출 기반 조성</li> </ul> |

- 본 사업관련 측면으로는 “기후변화 적응, 위기관리 능력을 강화하여, 안전한 사회구축” 추진사항 내에 “기후변화에 따른 홍수, 가뭄, 하천환경 등 수자원분야 영향평가”, “기후변화에 따른 기존 수공구조물 취약성 분석”, “기후변화에 대비한 수자원분야 기준설정 및 적응대책 수립” 등의 추진과제가 있음



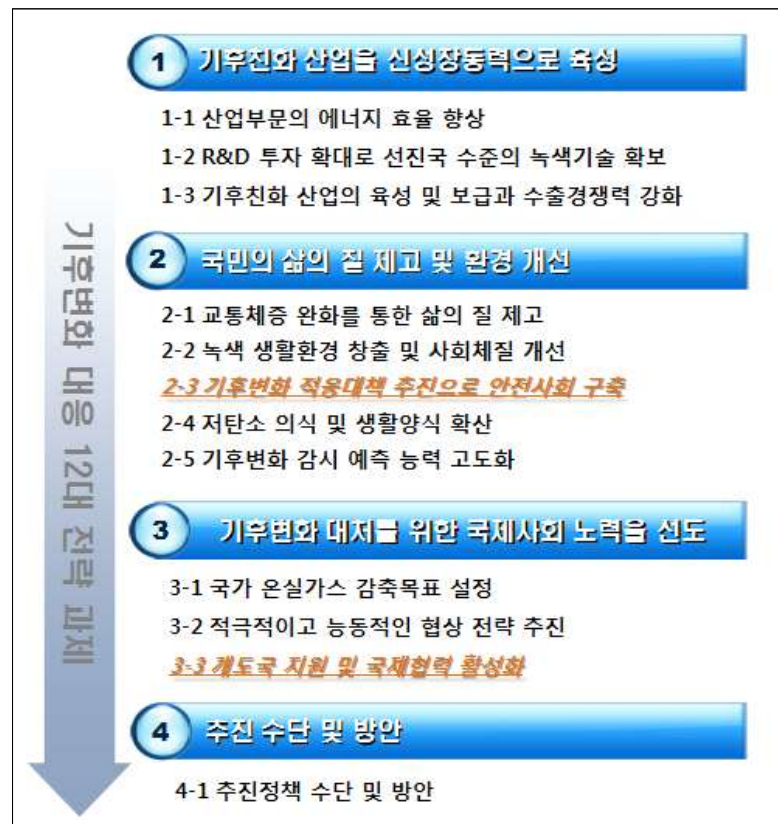
[그림 2-1] 기후변화 대응 종합기본계획의 물관련 부문 대상 분야

- 또한, “기후변화 대처를 위한 국제 사회노력을 선도” 추진사항 내에 「동아시아 기후 파트너십」 등 개도국의 기후변화대응 지원 사업 확대를 통한 기후·수자원 산업의 해외 진출 기반 조성 추진과제가 있음

## □ 기후변화대응 세부이행계획

- 기후변화대응 종합기본계획의 비전과 목표를 실현하기 위해 12대 전략과제를 선정(그림 2-2)하고 전략과제의 업무연관성과 추진기간 등을 고려하여 총 176개 적응 장·단기 과제를 발굴하였음

- 본 사업과 관련된 전략과제는 세부과제 2-3 “기후변화 적응대책 추진으로 안전사회 구축”이 있으며, 23개 세부이행계획을 포함하고 있음. 23개 세부이행계획 중에서 수자원관련 13개 계획으로는 1) 국가 기후변화 적응 종합계획(마스터플랜) 수립, 2) 한반도 기후변화 백서 발간, 3) 기후변화 영향에 관한 보고서(한국판 “스턴보고서”) 발간, 4) 기후변화 통합 영향평가 모델 구축, 5) 취약성 분석도구(취약성 지표) 개발, 6) 부문별 취약성 지도 작성, 7) 지역별·부문별 자연재난 위험예측 시스템 구축, 8) 기후변화대응 통합적 방재기준 구축, 9) 자연친화적 물순환 방재시스템 구축, 10) 천변저류지 및 생태하천 조성(하천정비), 11) 생태하천복원(수질개선) 및 수변습지 조성, 12) 기후변화 대응 수방시설물 설계기준 재설정 및 수방시설 신·증설, 13) 정부-지자체-민간 기후변화 대응 협력체계 구축 등이 있음



[그림 2-2] 기후변화 대응 세부이행계획의 12대 전략과제

#### □ 기후변화대응 국가연구개발 중장기 마스터플랜

- 우리나라 기후변화대응 기술수준은 최고 기술선진국 대비 59%, 기술격차는 약 7년으로 조사됨. 정부는 기후변화대응 국가 연구개발을 강화하기 위해 “지

속가능한 국가성장 및 저탄소사회 실현”이라는 비전하에 3대 전략과제와 5대 정책과제를 도출하였음

- 3대 전략과제는 신성장동력 확보를 위한 상용화 기술개발, 혁신적 온실가스 감축 기술의 조기 확보, 기후변화 과학연구 지원이며, 5대 정책과제로 연구개발투자 확대, 전문인력 양성 등이 제시됨
- 수자원과 관련된 기후변화 과학연구 지원사업의 일환으로 지구통합시스템 연구, 기후변화 원인별 메커니즘 규명 등 기후변화 관측 및 예측연구와 기후변화로 인한 자연재해를 최소화하기 위한 기후변화 영향평가 및 적응기술 개발 계획이 포함되어 있음
- 정부는 이 연구개발을 통해 선진국대비 우리나라 기후변화대응 기술수준을 2012년까지 80%로 제고하고, 2050년경에는 혁신기술의 개발을 통해 2.5억톤의 온실가스 감축을 목표로 함

#### □ 국가 기후변화 적응 종합계획

- “기후변화 적응을 통한 안전사회 구축 및 녹색성장 지원”을 비전으로 2012년까지 종합적·체계적 기후변화 적응역량 강화를 위해 한반도 취약성 지도 100% 작성, 예측감시기술 수준 선진국 대비 70% 달성하고, 2030년까지 기후변화 위험감소 및 기회의 현실화를 목표로 과거 10년 대비 기상재해피해 10% 감소 및 기후변화 적응 관련 생산을 GDP대비 1% 달성을 목표로 함
- 「국가 기후변화 적응 종합계획」은 기후변화 감시 및 예측, 영향 및 취약성 평가, 적응사업을 포괄하며, 5대 추진전략으로 1) 과학적이고 종합적인 기후변화 위험평가 체계 구축, 2) 경제적이고 지속가능한 적응 프로그램 마련, 3) 적응역량 강화 및 인식제고를 위한 국내 파트너십 구축, 4) 국제협력과 기여를 통한 글로벌 리더십 확보, 5) 적응행동이행 강화를 위한 제도적 기반 확보가 있음
- 「국가 기후변화 적응 종합계획」은 3대 분야에 걸쳐 22개 세부 역점 추진과제(표 2-2)와 183개 적응 장단기 과제를 발굴하였음. 「국가 기후변화 적응 종합계획」에서는 국가 기후변화 적응목표를 달성하기 위해 국가 및 지자체, 국민, 산업계간의 역할을 명확히하고 함께 참여하는 것의 필요성을 강조(그림 2-3)



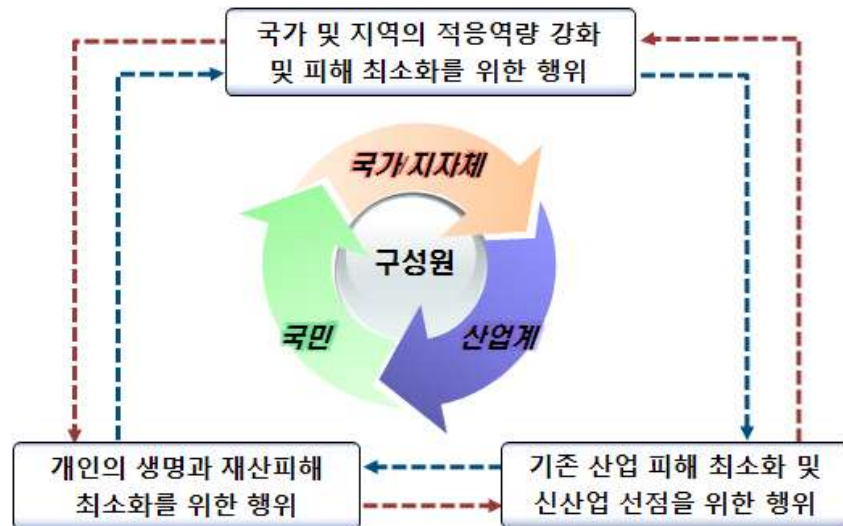
[그림 2-3] 기후변화 적응 종합계획의 3대분야별 핵심 추진 사항

[표 2-2] 국가 기후변화 적응 종합계획 3대 분야별 세부 역점 추진과제

| 분야                     | 세부 역점 추진과제                                                                 |                                                                                                           |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 기후변화 위험평가 체계 구축     | 1-1 기후변화 감시 및 예측 능력 고도화<br>1-2 기후변화로 인한 영향의 장기 모니터링<br>1-3 부문별 영향 및 취약성 평가 |                                                                                                           |
| 2. 부문별 기후변화 적응 프로그램 추진 | 2-1 생태계                                                                    | 2-1-1 자연 생태계 적응 프로그램<br>2-1-2 산림 생태계 적응 프로그램<br>2-1-3 농업·해양 생태계 적응 프로그램                                   |
|                        | 2-2 물관리                                                                    | 2-2-1 기후변화에 대비한 수자원계획 수립 및 안정적 용수공급<br>2-2-2 기후변화에 따른 물환경관리 대책<br>2-2-3 홍수에 강한 국토기반 조성                    |
|                        | 2-3 건강                                                                     | 2-3-1 기후변화에 따른 건강 영향 최소화<br>2-3-2 대기오염에 의한 건강영향 대책<br>2-3-3 전염병 예방·관리                                     |
|                        | 2-4 재난                                                                     | 2-4-1 방재패러다임 전환 및 위기관리 체계 강화<br>2-4-2 기후변화로 인한 산림재해 방지                                                    |
|                        | 2-5 적응산업·에너지                                                               | 2-5-1 농업 부문 적응대책<br>2-5-2 임업 부문 적응대책<br>2-5-3 수산업 부문 적응대책<br>2-5-4 에너지 부문 적응대책<br>2-5-5 제조·서비스 산업 부문 적응대책 |
|                        | 2-6 사회기반시설                                                                 | 2-6-1 국토·도시의 적응체계 구축                                                                                      |
| 3. 국내외 협력 및 제도적 기반확보   | 3-1 적응 역량 배양을 위한 여건 조성<br>3-2 국내·외 협력기반 구축 및 교육·홍보                         |                                                                                                           |

[표 2-3] 국가 기후변화 적응 종합계획의 수자원 관련 역점 추진과제 및 세부사업내용

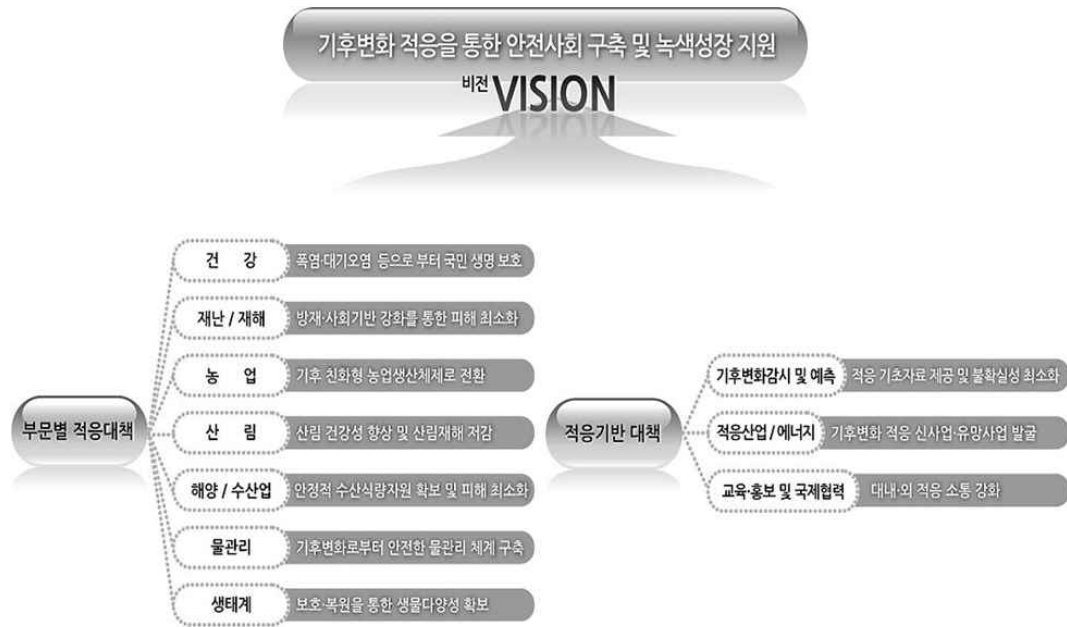
| 역점 추진 과제                             | 세부사업내용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-3 부문별 영향 및 취약성 평가                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 물관리 부문 영향 및 취약성 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화에 따른 이수, 치수, 하천환경, 수질 등 물관리 부문 영향 및 취약성 평가</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2-2-1 기후변화에 대비한 수자원 계획 수립 및 안정적 용수공급 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화의 영향을 고려한 중장기계획수립                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화에 대비하여 이수, 치수, 하천관리 등을 종합적으로 고려한 ‘수자원장기종합계획’ 수립</li> <li>- 기후변화에 대비 안정적 용수공급 등을 위한 ‘전국수도종합계획’ 수립</li> </ul> </li> <li>• 기후변화에 대비한 안정적 용수공급 시스템 구축                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이상 가뭄 및 비상시 안정적 용수공급 시스템 마련</li> <li>- 취수체계 다원화로 수질오염 사고예방 및 고품질 상수원수 확보</li> <li>- 대체수자원의 지속적 개발 및 확보</li> <li>- 지역적 물수급 불균형 완화를 위한 하수 재이용 및 빗물이용 확대</li> </ul> </li> <li>• 기온상승에 따른 물 수요 증가 관리                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물 절약 인프라 구축</li> </ul> </li> </ul>                                                                          |
| 2-2-2 기후변화에 따른 물 환경관리 대책             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화의 영향을 최소화하는 물환경관리대책 추진                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 홍수에 따른 비점오염원 관리 강화</li> <li>- 기후변화로 인한 하천 및 호소 수질악화 관리 대책 마련</li> <li>- 수생태계 영향 조사 및 수생태 건강성 지도 제작</li> </ul> </li> <li>• 기후변화에 대응하는 능동적 하천관리 추진                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 훼손된 하천환경을 복원하기 위한 자연친화적 하천정비사업 추진</li> <li>- 수변습지 생태하천 조성사업 추진</li> </ul> </li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2-2-3 홍수에 강한 국토기반 조성                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유역단위 종합치수계획 수립으로 유역의 홍수저감능력 극대화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제방위주의 선(線)적인 홍수방어 대책에서 면(面)적인 유역단위의 종합치수계획으로 전환하여 홍수저감 능력 강화</li> </ul> </li> <li>• 기후변화 대비 수방시설물 안전도 강화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화로 인한 이상홍수에 안전하게 대응하기 위해 댐, 제방 등 수방시설물의 안정성 재검토 및 치수능력 강화</li> </ul> </li> <li>• 이상홍수에 대비한 홍수예보시스템 강화                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 첨단기술을 적용한 차세대 홍수예보시스템 구축</li> <li>- 지역별 홍수위험지도 제작</li> </ul> </li> <li>• 도시지역 홍수피해 저감대책 수립                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 빗물저류 및 침투 등 자연친화적 물순환 시스템 구축을 통한 도시지역 홍수방어능력 증대</li> </ul> </li> </ul> |



[그림 2-4] 기후변화 적응 종합계획에 대한 사회 구성원의 역할

#### □ 국가 기후변화 적응대책(2011-2015)

- 정부는 기후변화에 효과적으로 적응하기 위해 2010년 10월 「저탄소 녹색성장 기본법」 제 48조 및 동법 시행령에 따라 「국가 기후변화 적응대책(2011-2015)」을 수립하고, 이를 이행하기 위한 중앙부처(13개) 및 지자체별 세부시행계획 수립·추진을 본격화하였음
- 「국가 기후변화 적응대책(2011-2015)」은 국가전략의 기후변화대응 정책, 에너지 정책 및 지속가능발전 정책에 관한 사항을 명시토록 하고 있으며, 기후변화 대응의 기본원칙에 따라 20년을 계획기간으로, 기후변화 영향의 불확실성을 고려하여 5년마다 기본계획을 수립 및 시행하도록 함
- 분야별로는 물관리, 건강, 재산·재해, 농업, 산림, 해양·수산업, 생태계, 기후변화 감시·예측, 적응산업, 교육·홍보 및 국제협력 등 10개 분야(7개 부문별 적응대책과 3개 적응기반 대책) 87개 과제로 구성
- 부문별 적응대책은 기후변화로 인한 인명재산피해를 최소화함과 동시에 수자원 산업, 생태관광 등의 국익 및 고용창출의 기회로 활용하기 위한 방안을 포함하며, 적응기반 대책은 기후변화 감시와 예측수준 향상, 적응에 대한 국민의 참여도 고취, 국제협력 활성화 방안을 포함(그림 2-5)



[그림 2-5] 국가 기후변화 적응대책(2011-2015) 부문별 목표 (환경부, 2010)

## □ 국가 기후변화대응 재난관리개선대책

- “재해로부터 안전한 선진일류국가”를 비전으로 단기목표로는 취약분야 집중투자로 국민의 안전 체감도를 제고하고, 중장기목표로는 기후변화 대응 선진형 방재시스템 정립 및 재난관리 체질 강화를 달성하고자 함
- 주요 추진전략으로는 빠르고 정확한 기상 및 재해예측, 재해로부터 안전한 도시 만들기, 맞춤형 투자를 통한 재해에 강한 국토조성, 통합 재난대응 체계 구축, 재난 복구 및 인프라 기반 강화가 있음

[표 2-4] 국가 기후변화대응 재난관리개선대책의 주요 추진전략 및 세부사업내용

| 주요 추진전략             | 분야별 주요과제                                                                                                                                                                                                |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 빠르고 정확한 기상 및 재해예측   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 한반도 상세 지형자료를 고려한 기후변화 시나리오 생산</li> <li>· 한반도 환경에 적합한 기상예측모델 개발로 정확도 향상</li> <li>· 기상항공기, 해양기상관측선, 기상위성을 통한 입체관측망 구성</li> <li>· 지역별·유형별 맞춤형 예보시스템 구축</li> </ul> |
| 재해로부터 안전한 도시 만들기    | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 도시 빗물처리기능 확충</li> <li>· 도시방재 강화 및 위험지 정비</li> </ul>                                                                                                            |
| 맞춤형 투자로 재해에 강한 국토조성 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 홍수·가뭄 대비 수자원 관리</li> <li>· 산사태 저감을 위한 사방시설 확대 및 예측·대응 기반 확충</li> <li>· 농어업 환경변화를 대비한 시설 재정비</li> </ul>                                                         |

[표 2-4] 국가 기후변화대응 재난관리개선대책의 주요 추진전략 및 세부사업내용 (계속)

| 주요 추진전략          | 분야별 주요과제                                                                                                                                                                                         |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 통합적 재난대응 체계 구축   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 통합적 재난대응체계 개선 및 재난관리 법령 체계 정비</li> <li>· 현장 중심 효율적인 재난 대응체계 구축</li> <li>· 재난정보 전달 및 비상통신 체계 확충</li> <li>· 범국가적 무선·위성망 기반의 재난 통신체계 구축</li> </ul>         |
| 재난복구 및 인프라 기반 강화 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 특별재난지역 선포기간 단축 및 지원 현실화</li> <li>· 재난 복구사업의 조기 추진 및 체계적 관리</li> <li>· 재해대비 보험상품을 개선하여 보험가입 활성화</li> <li>· 미래 재난에 효율적으로 대비하기 위한 R&amp;D 기능 강화</li> </ul> |

## 2. 국외 기후변화적응 수자원 정책동향

### □ 국제기구

- 국제기구들은 기후변화가 인류와 지구시스템에 악영향을 미칠 수 있다는 인식을 공유하고 세계가 공동으로 대응할 수 있도록 지원하고 있음. 이를 위해 국제기구들은 기후변화 적응의 개념을 정의하고(표 2-5), 실질적인 국가별 적응대책 수립을 돕기 위한 기본원칙 및 가이드라인(표 2-6)을 개발 및 제시하고 있음. 대표적인 국제기구로 유엔기후변화협약(UNFCCC), 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC), 유엔환경프로그램(UNEP) 등이 있으며, 기후변화 적응을 위한 정보를 제공하고 있음

[표 2-5] 국가 기후변화 대응 적응 종합계획의 수자원 관련 역점 추진과제 및 세부사업내용

| 국제기구             | 정의                                                                                                               |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| UNDP<br>(2005)   | 기후변화 현상에 수반된 결과를 완화, 대처하고 이용하는 전략을 강화, 개발, 실행하는 모든 과정                                                            |
| UNFCCC<br>(2006) | 지역사회와 생태계가 변화하는 기후조건에 대응할 수 있도록 하는 모든 행동                                                                         |
| IPCC<br>(2007)   | 실제로 일어나고 있거나, 일어날 것으로 예상되는 기후자극과 기후자극의 효과에 대응한 자연, 인간 시스템의 조절작용, 기후변화의 결과로 발생하는 새로운 기회를 활용하여 기회로 삼는 행동 또는 과정을 포괄 |

[표 2-6] 기후변화 적응 계획 수립 기본 원칙 (Climate Change-Taking Action, 2010; KEI, 2011)

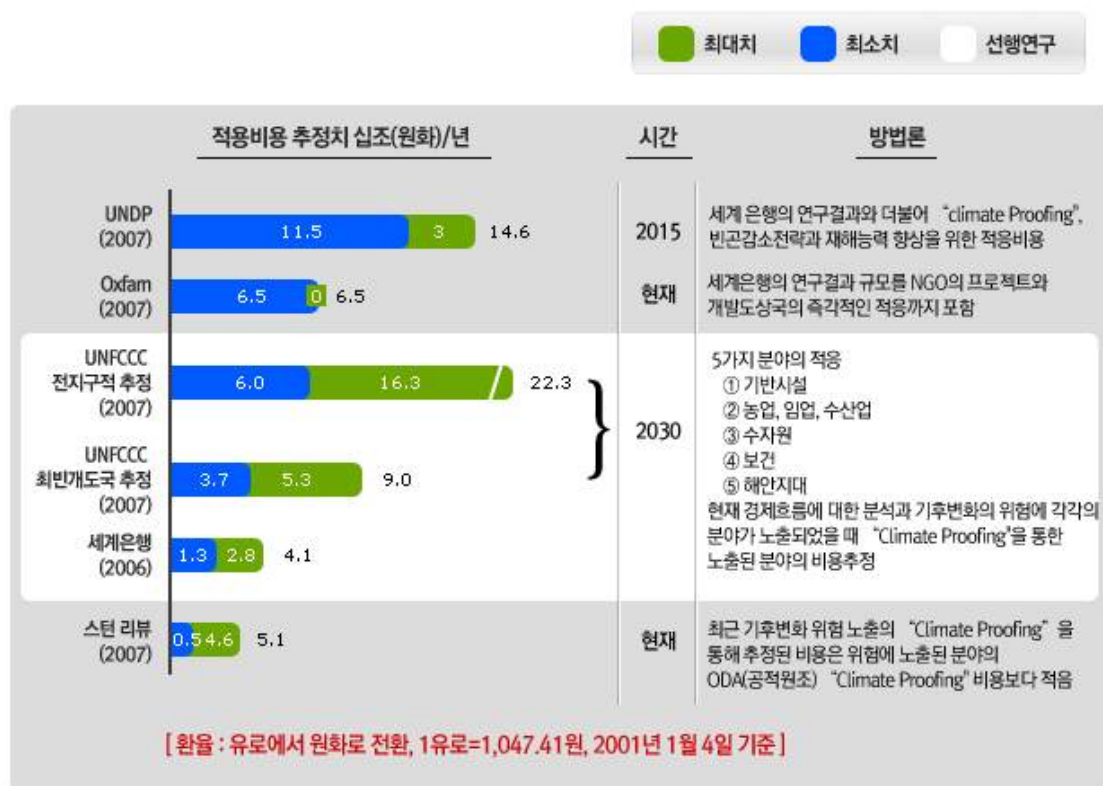
| 구분 | 원칙      | 내용                                                                          |
|----|---------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 지속성     | 사회, 경제, 자연은 서로 유기적으로 연결되어 있으며, 지속가능한 적응계획 수립 제안                             |
| 2  | 유연성     | 불확실한 미래 기후변화를 반영하여 유연성 있는 적응 정책 의사 결정 제안                                    |
| 3  | 기초적 증거  | 최근 연구, 자료 및 실용적 경험을 통한 증거 제시                                                |
| 4  | 우선순위 선정 | 국가 중요 사회기반시설 지원, 가치있는 부문 및 기후변화에 장기간 영향을 미치는 정책, 프로그램 및 활동에 우선순위를 둔 적응정책 수립 |
| 5  | 효과성     | 기후변화 취약성을 줄이는 효과적인 적응 방안                                                    |
| 6  | 효율성     | 기후변화 비용을 줄이는 효율적인 적응 방안                                                     |
| 7  | 형평성     | 기후변화 적응 정책으로 인한 영향이 동등하게 나타나는 적응 방안 수립                                      |

### (1) UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change)

- UNFCCC는 1992년 6월 브라질의 리우데자네이루에서 온실가스배출에 의해 일어나는 지구온난화를 줄이기 위해 체결되었음. UNFCCC는 1999년 국가나 의사결정자가 기후변화에 따른 영향, 취약성, 적응대책을 수립할 수 있도록 하기 위해 「기후변화의 영향, 취약성평가, 적응을 평가하는 방법 및 도구」를 발간하였으며, 내용을 지속적으로 수정보안(2003년, 2005년, 2008년, 2009년)하고 있음
- 2009년에는 「기후변화 완화/적응에 필요한 기술에 관한 종합 보고서」를 발간하여 온실가스의 배출을 줄이고 기후변화의 위험에 적응하기 위한 각 분야별 기술적 필요에 대한 평가(TNA, Technology Needs Assessments) 내용을 수록하였음. 이 보고서에서는 당사국들 간의 TNA 기술 이전에 걸림돌이 되는 구체적인 사례를 제시하여 독자의 관심을 유도하고 이에 대한 해결 방안도 제시하였음. 또한 다양한 이해관계자들을 협의 과정에 참여시켜 상기 TNA를 수행케 하는 여러 방법에 대해서도 소개하였음
- 「기후변화 완화/적응에 필요한 기술에 관한 종합 보고서」에서 기후완화에 관련해 공통적으로 파악된 기술적 필요는 재생 에너지 기술, 농작물관리 개선기술, 에너지 효율장치 기술, 폐기물 관리기술, 임업관련 기술, 청정하고 효율적인 차량 기술 등으로 나타났으며, 기후변화 적응에 관련된 기술적 필요는 효율적인 수자원 이용 기술, 관개체계의 개선 기술, 농작물관리 관련 기술, 조기 산불 경보 체

계, 신규 조립 및 재조립 기술, 해수면 상승에 대비한 기술 등이 필요한 것으로 분석되었음

- 2006년 UNFCCC는 2030년대에 기후변화 적응을 위한 추가비용을 분야별로 산정하였음. 전체분야의 총 기후변화 적응비용은 연간 400-1,700억 달러로 전망하였으며, 기반시설이 연간 80-1,300억 달러로 가장 큰 추가비용이 소요될 것으로 예측되었고, 수자원 분야는 연간 110억 달러로 산정되었음
- 그러나 2009년 환경개발 국제연구소(IIED, International Institute for Environment and Development)가 발간한 「기후변화에 대한 적응비용의 평가; UNFCCC 보고서의 재검토」 보고서에 따르면 적응을 위한 비용은 UNFCCC가 예측한 것보다 최소 2-3배 클 것으로 평가하였음(표 2-7). 이 보고서에서는 에너지, 제조, 소매, 광업, 관광 및 생태계 분야 등과 같은 주요 부분들이 UNFCCC 결과에서는 누락되었다고 제시하였음



※ 출처 : ECA, 2009, Shaping Climate-resilient Development

[그림 2-6] 기후변화 적응을 위한 비용 (ECA, 2009)

[표 2-7] UNFCCC의 기후변화 적응분야별 적응비용 전망에 관한 IIED의 견해

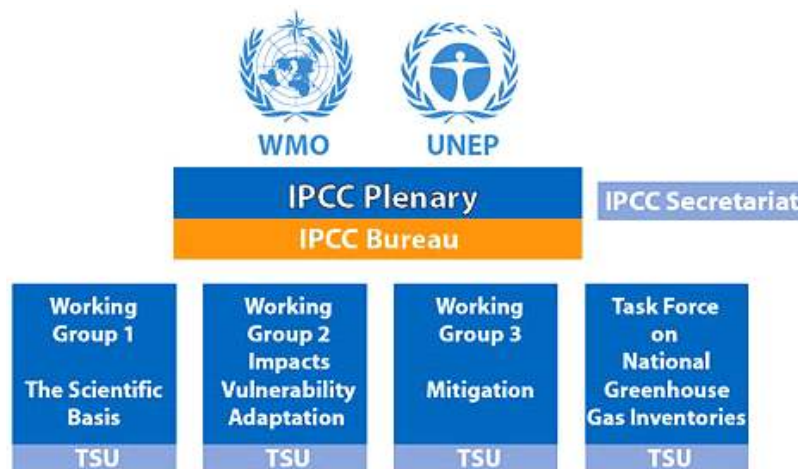
| 적응분야 | UNFCCC<br>예측 비용<br>(단위, 억 달러) | 주요 내용                                                                                      |
|------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 농업   | 113 - 126                     | 농업분야의 적응비용 예측치는 더 상세한 적응방법 연구에 의해 증가될 것으로 전망. 잠재적 영향의 80%는 회피 가능하지만, 나머지 20%는 회피 불가할 것을 예상 |
| 수자원  | 110                           | 홍수의 적응비용이 포함되지 않음. 국가 내에서 물부족 지역으로의 수자원 이동에 관한 비용이 누락. 결론적으로 상당히 과소평가되어 있음                 |
| 보건   | 50                            | 개발도상국이 포함되어 있지 않으며, 전 세계가 겪고 있는 질병 부담의 30-50%만 고려하였음                                       |
| 기반설비 | 80 - 1,300                    | 아프리카 등 상대적으로 빈곤한 국가에서 기반시설의 개선을 위한 비용은 UNFCCC 추정치에 8배 이상될 것으로 전망됨                          |
| 해안지역 | 110                           | 예상되는 폭풍의 강도 증가가 고려 안됨. 낮은 해수면 상승 예측치 이용. 2007 IPCC 보고서 자료를 이용할 경우 3배 정도 증가 예상              |
| 생태계  | 고려 안함                         | 과소평가의 중요한 원인. 최소 연간 3,500억 달러 이상의 비용이 소요될 것으로 예상                                           |

## (2) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

- IPCC는 기후변화로 인한 기상재해가 빈발하고 피해규모가 대형화됨에 따라 지구차원의 체계적인 대응체계 구축의 필요성에 의해 1998년 세계기상기구(WMO)와 유엔환경프로그램(UNEP)에 의해 설립됨
- IPCC는 전 세계의 많은 과학자들이 참가하여 기후변화 추세 및 원인규명, 기후변화에 따른 생태학적, 사회경제적 영향 평가 및 그에 따른 적응전략 개발을 수행하고 있으며, 평가보고서를 실무그룹별로 발간하고 있음
- IPCC는 1988년 설립 이래 총 4차례에 걸쳐 평가보고서를 발간하였음. 1990년 1차 보고서는 지구온난화의 과학적 증거를 확인하여 각국의 온실가스 배출 억제 노력을 촉구하는 유엔기후변화협약(UNFCCC, 1992)을 발족하는 계기를 마련하였음. 1995년 2차보고서에서 지구온난화는 인간에 의한 영향으로 결론지었으며, 온실가스를 줄이기 위한 1997년 교토의정서를 채택하는데 기여하였음
- 2001년 IPCC 3차보고서에서는 현재 기후시스템의 이해와 미래 기후에 대한 예

측치와 불확실성을 제시하였고, 2007년 4차보고서에서는 인위적인 기후변화에 대한 명백한 사실을 과학적으로 입증함으로써 2007년 노벨평화상을 수상하였음. IPCC는 국제적으로 광범위하고 강력한 기후변화 대응체제를 구축하는데 필요한 신뢰성있는 정보를 제공하기 위해 5차 평가보고서(AR5)를 작성 중에 있음

- IPCC는 크게 IPCC 의장단(Bureau)과 IPCC 사무국(Secretariat)으로 구성되어 있으며, 세 개의 실무그룹과 하나의 Task Force로 이루어져 있음. 실무그룹1은 기후시스템과 기후변화에 관한 과학적 측면의 평가를, 실무그룹2는 기후변화와 관련된 사회, 경제적 자연시스템의 취약성 평가를, 실무그룹3은 온실기체 방출의 제한과 그 외 기후변화 완화에 대한 사항을 평가하고 있음. Task Force 팀은 IPCC 국가 온실가스 배출량 프로그램을 담당하고 있음



[그림 2-7] IPCC 조직도 (<http://www.ipcc.ch/>)

## □ 국가별 기후변화적응 수자원 정책동향

### (1) 유럽연합(EU)

- EU는 유럽기후변화프로그램(ECCP, European Climate Change Programme)을 통해 EU 차원에서 공동대응책을 수립 및 추진하고 있음. EU에서는 기후변화 적응을 위해 국토계획수립시 전략적 환경평가(SEA, Strategic Environmental Assessment)를 실시하여 기후변화 영향을 고려하고 있음
- 2007년 10월 「홍수위험의 평가 및 관리에 관한 지침(The Directive on the Assessment and Management of Flood Risk)」을 발표하고, 회원국들이 기후변화가 홍수발생에 미치는 영향을 고려하여 홍수위험에 대한 평가를 실시하도록 하고 있음. 세부적으로 다양한 빈도의 Flood hazard map과 Flood risk map을

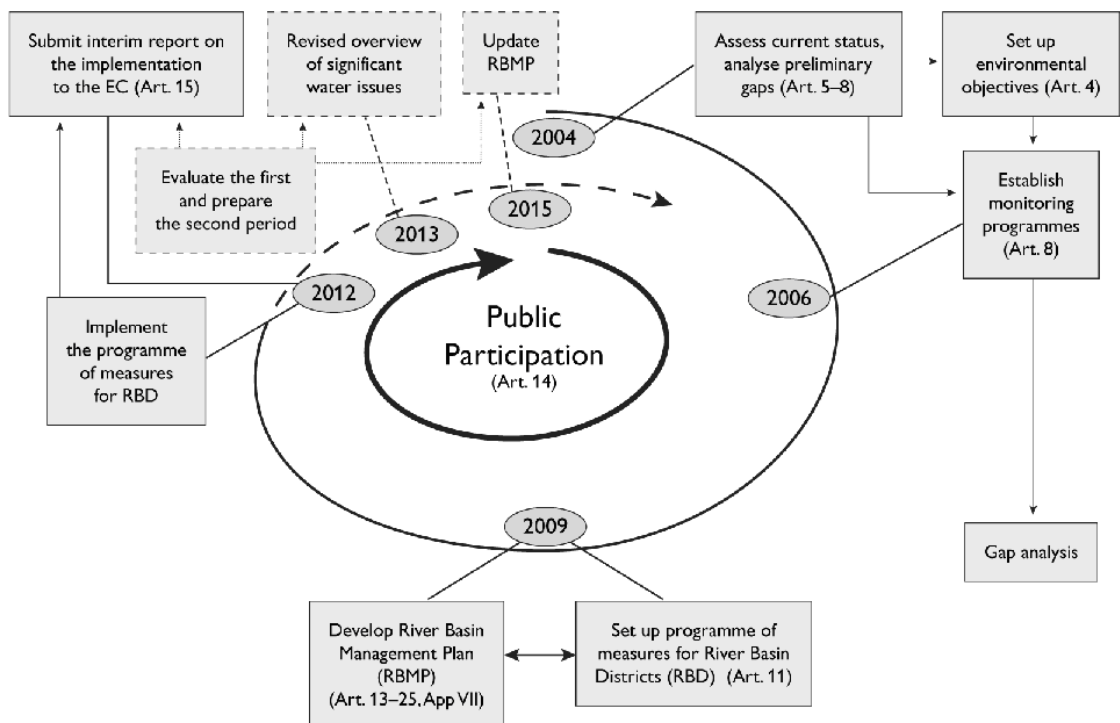
작성하도록 권고하고 있음. 또한 홍수위험관리계획의 수립 및 보완에 있어서도 기후변화의 영향을 고려하도록 하고 있음

- 이수측면에서 EU는 수자원 확보기술개발, 물이용 효율 향상, 요금체계 개선을 통한 경제적 수단 강화, 보험제도, 물이용 제한, 물수지를 개선하는 국토계획 수립, 예측 및 모니터링, 정보제공 등을 수립 및 시행하고 있음
- EU는 기후변화가 농업, 산림, 수산업 및 해양생태계, 에너지부문, 인프라(건물, 교통, 에너지 및 물공급 등), 관광, 인간 및 동식물 건강, 수자원, 생물다양성 등 다양한 부문에 걸쳐 영향을 미치게 될 것으로 전망됨에 따라 2009년 4월 기후변화 적응과 관련한 백서(White Paper)를 발표하였음
- EU의 기후변화 적응전략은 기후변화의 영향에 대해 EU의 복원력(resilience)를 향상시키는 것을 궁극적 목표로 EU의 지속가능한 발전(sustainable development)에 관한 목표와 보조성의 원칙(subsidiarity principle)이 조화를 이루도록 추진하고 있음
- EU의 기후변화 적응전략은 2단계로 구분되는데, 1단계는 2009~2012년까지, 2단계는 2013년 이후 추진됨. 1단계에서는 2단계 수행을 위한 적응전략을 준비하는데 필요한 기반을 마련하는데 초점을 맞추고 있음. 1단계 중점 실천과제로 “기후변화의 영향에 관한 공고한 지식기반 구축”, “주요 정책분야에 적응전략의 통합”, “효과적인 적응 구현을 위한 다양한 정책수단 강화” 등이 추진되고 있음

[표 2-8] EU 기후변화 적응 백서의 1단계 실천과제 및 내용

| 실천과제                       | 세부내용                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기후변화의 영향에 관한 공고한 지식기반 구축   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 적응 관련 Clearing House Mechanism 구축을 위한 준비</li> <li>• 적응 방법론, 모델, 데이터구축, 예측수단 개발</li> <li>• 기후변화의 영향을 모니터링할 지표 개발</li> <li>• 적응수단 간의 비용효과 분석평가</li> </ul>                                                                        |
| 주요 정책분야에 적응전략의 통합          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 보건사회정책 건강성 제고</li> <li>• 농업 및 산림정책의 복원성 제고</li> <li>• 생물다양성, 생태계, 물관련 정책의 복원성 제고</li> <li>• 연안 및 해양의 복원성 제고</li> <li>• 생산시설 및 물적 인프라 복원성 제고</li> </ul>                                                                         |
| 효과적인 적응 구현을 위한 다양한 정책수단 강화 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미래의 재정적 정책결정을 위한 관련 정책부문에서의 적응비용 추산</li> <li>• 적응 관련 혁신적인 재원확충방안 강구</li> <li>• 회원국에 대하여 유럽온실가스배출권거래제(EU ETS) 유상화 수입의 적응관련 활용 권고</li> <li>• 회원국과의 공조</li> <li>• UNFCCC 적응대응전략(Framework for Action on Adaptation) 지지</li> </ul> |

- EU는 2000년 물관리기본지침(WFD, Water Framework Directive)을 제시했고, 각 유럽연합 국가들은 WFD 사항들을 국가 물정책에 반영하고 있음. WFD는 물에 대한 전 범주(하천, 호수, 지하수 및 해안수 등)를 다루고 있으며, 구체적인 유역관리나 주민 참여의 내용을 포함하고 있음
- WFD는 주요 원칙들의 실천을 위하여 3단계에 걸친 순환적인 계획을 수립하며, 그 중 제1단계는 2009년까지로 계획되었고 6년마다 계획들을 검토하여 목표에 도달하지 못한 경우 재조정하도록 되어 있음
- WFD의 핵심목표는 2015년까지 수자원을 ‘양호한 상태(Good status)’로 향상시키는 것이며, 유럽전역에 걸쳐 지속가능한 수자원의 이용을 가능케 하는 것임
- 세부원칙으로는 1) 2015년까지 모든 물에 대한 ‘Good status’를 성취한다는 목표 하에 모든 범주의 물에 대한 보호를 실천, 2) 하천관리계획(River Basin Management Plan)을 통한 물관리, 3) 비정부기관이나 지방조직 등 모든 이해관계자들이 물관리 활동에 능동적으로 동참하게 함, 4) ‘사용자부담’ 원칙에 입각한 물 가격 정책을 요구하며, 환경에 의존하는 사람들의 이해관계 조정



[그림 2-8] 순환적 WFD 실행을 위한 사업별 실행 스케줄(WFD, 2003)

## [2] 영국

- 영국은 2008년 기후변화법(Climate Change Act 2008)을 발효하였고, 최우선 물 관리전략으로 ‘기후변화 적응 및 피해저감’을 목표로 하고 있음. 기후변화 영향·위험평가 및 적응 프로그램의 수립, 이행과 정기적인 보고를 의무화하고 있음. 특히 기후변화 적응관련 기후변화 적응프로그램(Adapting to Climate Change Programme, ACCP)과 국가적응프로그램(National Adaptation Programme, NAP)을 마련하고 있음
- 영국은 2008년 2월 ‘Future Water’라는 물관리 전략을 발표하고 물관리 구조에 대한 장기비전을 제시하였으며, 기후변화, 홍수, 가뭄, 인구증가에 따른 물문제의 근본적인 대응책 마련과 지속가능한 물관리를 위해 다음의 8가지 세부영역별로 2030년까지의 비전과 활동사항을 제시
  - 물수요측면(Water demand), 물공급측면(Water supply), 자연환경에서의 수질(Water quality in the natural environment), 지표수의 배수(Surface water drainage), 강과 해안의 범람(River and coastal flooding), 온실가스 배출(Greenhouse gas emissions), 물에 대한 부과(Charging for water), 규제구조, 경쟁 그리고 혁신(Regulatory framework competition and innovation)
- 영국의 수도사업감독기관 (The Water Services Regulation Authority, Ofwat)은 기후변화에 대응하기 위해 2008년 4월 ‘taking a forward look’이란 전략 발표

[표 2-9] Ofwat의 기후변화 대비 물관리 전략

| 분야                                      | 관리 전략                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 수자원<br>(Water resource)                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 물공급 기업이 기후변화로 인한 물 수요 및 공급에 대한 영향을 이해하고 계획하도록 유도</li> <li>• 다양한 이해관계자들이 참여하여 장기수자원계획에 대한 지침개발과 자료를 구축함</li> </ul> |
| 누수 대상<br>(Leakage targets)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 물공급 안전도를 확보하기 위한 장기적 전략으로 외부환경 요소를 적절히 제어함</li> </ul>                                                             |
| 물효율성<br>(Water efficiency)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업이 현재나 미래의 물 공급과 수요에 대한 균형을 계획할 때 물 효율을 충분히 고려하도록 유도</li> </ul>                                                  |
| 수질과 관리<br>(Water quality and treatment) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화로 인한 수질과 하수도 관리의 영향에 대해 이해하고 행동하도록 하기위해 다양한 이해관계자 및 실무자들이 기후변화 영향 경감과 지역 수질개선을 위해 노력함</li> </ul>              |
| 배수<br>(Drainage)                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기업이 하수도 네트워크를 설계하거나 유지할 때 기후변화를 고려하도록 하기 위해 홍수 위험 관련 보고서를 발간하거나 홍보활동을 실시</li> </ul>                               |
| 복원력<br>(Resilience)                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 분석적인 평가 프레임워크 구축을 통한 기업의 재산 및 서비스 보호</li> </ul>                                                                   |

- 영국에서는 기후변화 대응에 있어 세계적으로 가장 앞서가는 사례(예, Thames Estuary 2100(TE2100))를 보여주고 있음. 해수면상승과 폭풍해일에 대한 치수안전도가 1,000년 빈도에서 100년 빈도로 낮아질 것으로 예상됨에 따라 Thames Barrier를 보완하였음. UK Environment Agency는 기후변화로 인한 홍수피해 증가가 예상되는 런던과 템스강 하구를 대상으로 100년 후 예상되는 기후변화를 근거로 홍수위험관리계획을 수립하고 있음



[그림 2-9] 기후변화 영향을 고려해 설계된 Thames Barrier

### [3] 미국

- 미국은 2002년 2월 「Global Climate Change Initiative」와, 2007년 5월 「Post-2012 기후변화 대응체제 구축에 대한 입장」을 발표함으로써 에너지안보 향상과 경제성장을 저해하지 않는 저탄소 기술개발 및 확산을 기후변화 문제의 해결방안으로 제시함
- 기후변화 관련 정책 운영은 기후변화과학프로그램(CCSP), 기후변화기술프로그램(CCRP), NOAA 지구시스템 연구소(ESRL), 미국 대기과학연구소(NCAR)를 중심으로 추진되고 있으며, 주요 연구 분야로는 대기 및 기후변화와 변동, 탄소의 순환, 물 순환, 생태계의 변화, 토지이용, 인간영향이 있음
- 미국의 기후변화 관련 연구는 다방면에서 종합적으로 진행되고 있으며, 정책적으로 매우 체계적인 지원을 받고 있음. 국가조직인 기후변화과학기술통합위원회(CCCSTI)에서 기술개발을 통합 추진하고 있으며, 이를 위해 범국가적 차원에서

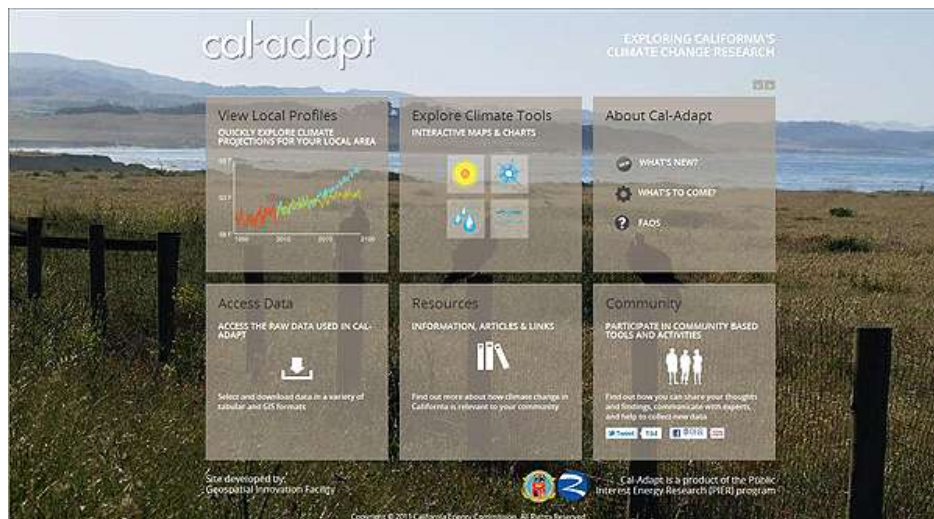
기후변화 대응 방안을 종합하고 연방정부 부처들이 합동으로 참가하는 CCSP와 CCTP의 두 가지 형태로 통합관리되고 있음

- 또한, CCSP와 CCTP의 의사결정은 기후변화과학기술 부처간 작업그룹(IWGCCST)을 통하여 내각수준의 CCCSTI에 보고함으로써 이루어지며, IWGCCST 위원회는 관련 내각부서와 기관의 차관 및 차장급 대표자, 그리고 행정관리 예산국(OMB), 환경품질위원회(CEQ) 및 과학기술정책청(OSTP)을 포함하는 대통령행정사무국 대표자를 포함하고 있음
- 물관리 측면에서 미국은 연방정부가 전국 차원의 물관리 전략을 수립하고 법률을 제정하고 있으며, 주정부는 유역 단위 물관리 체계를 수립 및 이행하고 관련 법률을 제정하고 있음(표 2-10)
- 미국 물관리 계획의 기본 원칙은 지역 단위의 의견 수립 및 계획을 적극 반영하는 것이며, 계획 수립 절차 중 공공의 참여를 법으로 보장하고 있음. 주별로 기후변화 적응책을 마련하여 시행하고 있음

[표 2-10] 미국의 주요 주별 기후변화 대응 전략

| 구분    | 기후변화 적응 실행 전략                                                                                                                                       |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 미국전역  | • 2003년 홍수지도의 전자화를 시작으로 5년마다 보완하고 있음                                                                                                                |
| 뉴올리언스 | • 두 번 이상의 홍수와 관련된 피해를 받은 가정은 현재 집터를 100년 빈도 홍수위보다 높게 올리거나, 이주 시키고 있음<br>• 홍수위험구역내 설계시 기본홍수위와 택지지반에서 3피트 높이 중 높은 쪽으로 주택의 높이를 설정                      |
| 뉴욕    | • 뉴욕시 환경보호국은 기후요소에 대한 물공급 취약성에 대비하기 위해 관리기법, 사회기반시설 설계, 정책 계획을 수립하였음                                                                                |
| 메사추세츠 | • 메사추세츠 수자원관리당국은 보스톤 항구의 Deer Island에 하수처리시설을 신설할 당시 향후 해수면 상승에 대비해 방벽을 기존에 계획했던 곳보다 높은 곳에 설치하였음                                                    |
| 뉴저지   | • 해수면 상승에 대비한 해안보호계획에 매년 1,500만 달러를 할당하고 있음                                                                                                         |
| 일리노이  | • ‘Drainage Manual’은 홍수범람 위험지역 안에 위치한 건물 및 구조물의 홍수피해를 감소시키고 예방하는 목적으로 건물자체를 높이거나 건물의 바닥을 높이는 방법, 홍수시 물이 실내로 들어가지 못하게 하는 방법, 물과 접한 상태에서의 내홍수화 방법을 시행 |
| 캘리포니아 | • 해양해안, 수자원, 인프라, 공중보건, 농업, 임업, 생물다양성 7개 분야에 대한 전략을 구축하고 정보공유 및 2년마다 전략 재조정                                                                         |

- 미국의 캘리포니아는 기후변화에 가장 취약한 지역 중의 하나로 물질약 대책을 강화하는 한편, 광역상수도 시스템의 확충을 검토하고 있음. 에너지 정책분야에서도 효과적인 물관리를 통한 배출가스 경감을 목표로 적응대책을 수립하고 있음. 특히 기후변화 적응의 필요성을 주민들에게 인식시키기 위해 지역사회에 대한 정보 제공에 노력을 기울이고 있음
- 캘리포니아는 Cal-Adapt라는 웹사이트에서 지도를 통해 해수면 상승정보와 기온정보를 제공하고 있으며, 주소를 입력하면 해당 지역에서 발생할 수 있는 기후변화 관련 재해에 대한 정보를 제공하고 있음



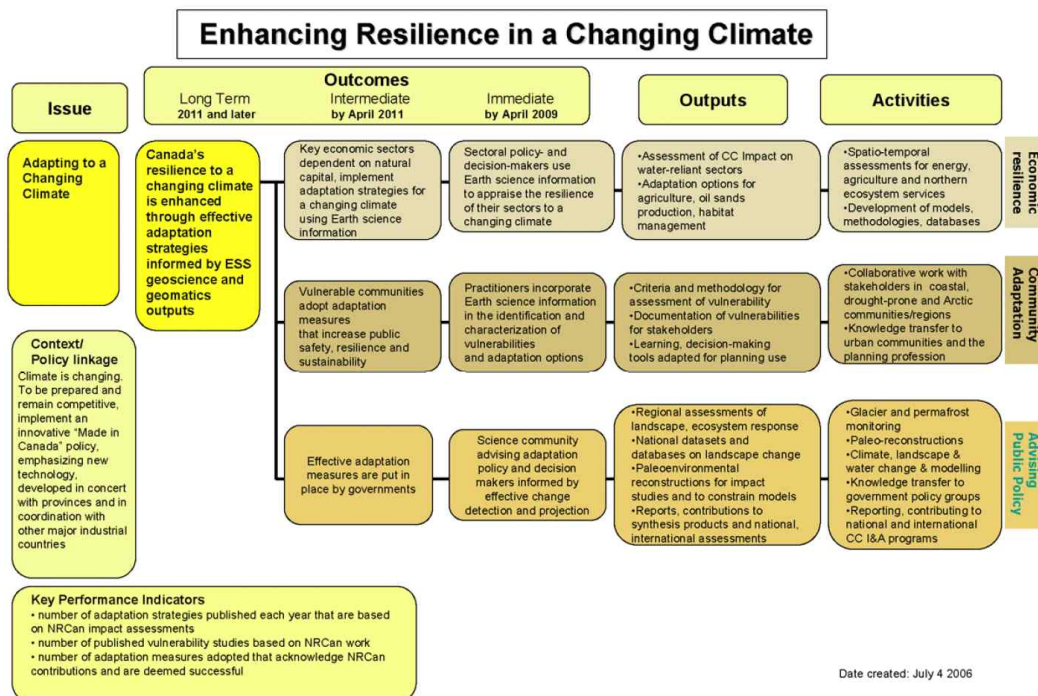
[그림 2-10] Cal-Adapt 웹사이트(<http://cal-adapt.org/>)

#### (4) 캐나다

- 캐나다는 1994년 기후변화적응과 영향 연구그룹(The Adaptation and Impacts Research Group, AIRG)을 구성하였으며, AIRG는 정책입안자 및 결정자에게 기후변화 적응 및 완화노력을 위한 정보 제공과 자연재해에 대한 완화를 위한 과학적 이해의 증대를 목표로 하고 있음
- AIRG는 기후변화 영향 및 적응계획(C-CIAP, Climate Change Impacts and Adaptation Program)을 실시하여 기후변화에 따른 캐나다의 취약성 분석과 상호 지식 공유를 통해 정책결정을 위한 정보를 제공함. 2007년 캐나다 전역의 취약성 평가 종합보고서를 발간하였음
- 물 관련 분야의 기후변화에 따른 취약성과 적응방안 도출을 목표로 지표 및 지

하수, 수자원 관리를 구분하여 지역별 영향평가를 수행하고, 기후변화 영향 및 적응연구(C-CIARN, Climate Change Impacts and Adaptation, Research Network)를 지원하고 있음

- C-CIARN은 캐나다의 각 지역 연구소간의 네트워크 형성으로 상호협력체제를 구축하고 기후변화에 대한 불확실성 극복을 위한 적응방안을 마련하고 있으며, 이를 바탕으로 정보 공유를 통해 일반인의 이해력 향상 및 정책 결정의 방향을 정립하고 있음
- C-CIARN은 각 연구소마다 지역의 기후변화 전문가가 회원으로 참여하고 있으며, 일반인 및 전문가들에게 기후변화 관련 정보 제공 및 매년 보고서를 작성하여 한 해 동안의 업무를 대외적으로 공개하고 매일의 기후변화 관측을 통하여 가이던스를 공유함



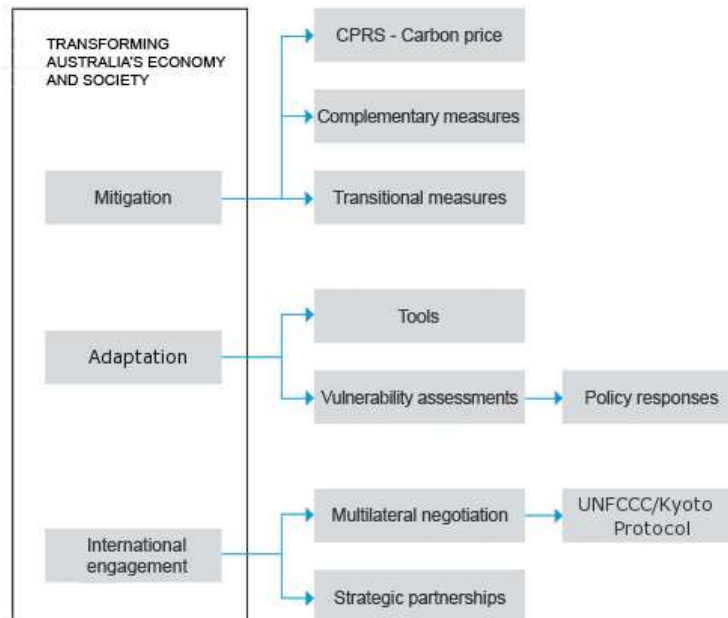
[그림 2-11] 캐나다의 기후변화 대응 탄력성 개선 전략(<http://www.nrcan.gc.ca/>)

## [5] 호주

- 2005년 4월 「수자원개발계획 2005-2050 (Integrated Water Supply Scheme Source Development Plan 2005-2050)」을 수립하여 미래 물수요 증가와 기후변화 적응을 목표로 하고 있음. 세부내용으로 광역상수도 확장사업의 긴급시행, 강수량 변동에 안전한 해수담수화, 하수처리수 재이용, 댐 유역관리 강화, 지하수

충전, 인공강우, 농업용수 수리권 거래 등 다양한 보조수자원 개발 등이 포함되어 있음

- 2007년 12월 신설된 호주의 기후변화부(DCC, The Department of Climate Change)는 호주의 기후변화 정책의 개발과 협조를 담당하고 있음. DCC는 호주의 온실가스배출 감소, 회피할 수 없는 기후변화 영향에 대한 적응, 기후변화에 대한 글로벌 해결책 도출에 기여하는 것을 목표로 하고 있음



[그림 2-12] 호주 기후변화부의 기후변화 정책 전략(<http://www.climatechange.gov.au/>)

- 호주 환경, 수질, 유산 및 문화부(Department of Environmental, Water, Heritage and the Arts)는 호주의 환경, 물, 유산을 보호하고 예술과 문화를 촉진하기 위해 정책과 기획, 법령 등을 개발하고 실행하는 부서임. 호주 환경문화부는 장기적인 물공급 확보를 달성하기 위해 “Water in Australia: Water for the Future”(표 2-11)라는 프로젝트를 통해 10년 동안 129억 달러를 투자하고 있음
- 호주 정부는 2007년 물의 안전성과 효율성을 개선하기 위하여 다음과 같은 10 가지의 계획을 세우고 100억 달러의 예산을 지원함; 1) 주요 전달 채널을 연결하기 위한 호주의 관개 인프라에 대한 전국적인 투자, 2) 농장 관개기술과 계량을 향상시키기 위한 전국적 프로그램 계획, 3) 물안보 강화 및 환경적 흐름 증가를 위한 물 절약 공유, 4) 머레이-달링 유역(The Murray-Darling Basin) 물 할당, 5) 머레이-달링 유역을 위한 국가 조직의 신설, 6) 머레이-달링 유역의 지하수와 지표면의 Cap 설치, 7) 머레이-달링 유역의 핵심 지역에 주요 엔지니어 배치, 8) 정

부와 산업의 의사결정 결정에 필요한 물 데이터를 제공하기 위한 기상청의 역할 확대, 9) 호주 북부 지역에 물 개발을 위한 TF 형성, 10) 호주의 Great Artesian Basin(GAV)의 복구

[표 2-11] Water in Australia: Water for the Future의 세부목표 및 내용

| 세부목표                                                       | 내용                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기후 변화에 대응하기 위해 취하는 행동<br>(Taking Action on Climate Change) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Improving Water Information Program에 4.5억 달러 지원하여 수자원의 사용, 상태 등을 정확하게 모니터링하고 평가, 예측함</li> <li>• 머레이-달링 유역공사를 설립하여 유역의 수자원에 대한 위험요인을 분석함</li> </ul>                                                                                |
| 현명한 물이용<br>(Using Water Wisely)                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 관개시스템 정비와 같은 다양한 수자원 절약 프로젝트 지원</li> <li>• National Rainwater And Greywater Initiative에 2.5억 달러를 지원하여 빗물탱크 및 그레이워터 시스템 구축, 식수확보 지원</li> <li>• Water Efficiency Opportunities Program은 물수요가 높은 기업체들이 물을 더 현명하게 사용하도록 지원</li> </ul> |
| 물공급 안전도 확보<br>(Securing Water Supplies)                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• National Urban Water and Desalination Plan에 10억 달러를 투자하여 담수화 및 강수의 재사용 등에 지원</li> <li>• National Water Security Plan for Cities and Towns를 통해 물 절약 인프라 구축 및 수처리 계획과 같은 실용적인 프로젝트에 자금 지원</li> </ul>                                |
| 하천의 건전성 유지<br>(Supporting Healthy Rivers)                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restoring the Balance in the Murray-Darling Basin Program은 Back Water 권리를 구매하고, 머레이-달링 유역에 강과 지하수를 분리하는 새로운 Cap을 설치함</li> </ul>                                                                                                   |

## [6] 일본

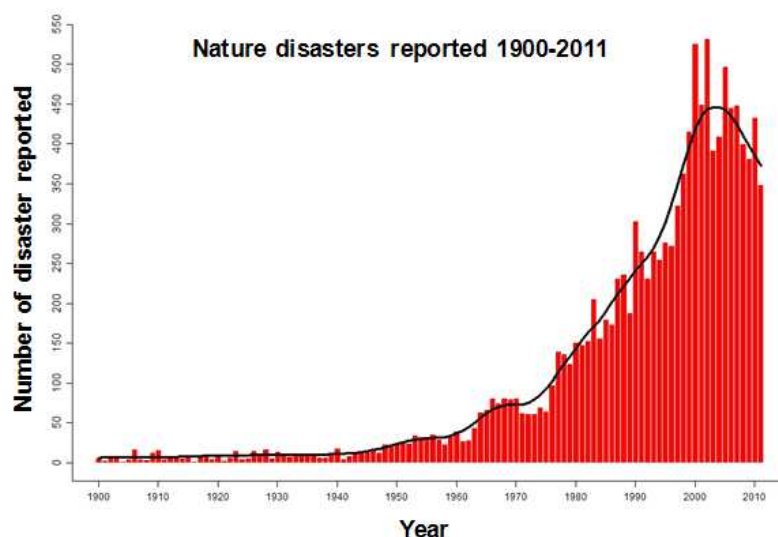
- 일본 정부는 지구온난화 문제를 해결하기 위하여 자원 순환형의 경제사회를 건설하고, 국민의 이해와 각계각층의 참여, 협력 및 모든 정책수단을 동원하여 실질적인 목표가 달성되도록 기본적인 방향을 설정함
- 일본 정부의 기후변화 대책 추진주체는 지구온난화대책추진본부이며, 추진본부에 의하여 1998년 제정된 지구온난화대책 추진전략 및 지구온난화대책 추진 법률이 그 핵심을 이루고 있음
- 2008년 6월 일본 국토교통성은 「지구온난화에 따른 물관련 재해 대처를 위한 기후변화 적응대책」 정책보고서를 발간하였음. 일본의 물관련 적응의 기본 방향은 “기존 사회구조를 재검토하여 보다 안전하고 에너지 효율이 높고 자연과 공존하는 사회를 목표로 적응대책과 완화대책의 적절한 조합을 통한 지속가능한 물관련 재해 적응형 사회 구축”임

[표 2-12] 일본의 물관련 기후변화 적응대책 (국토교통성, 2008)

| 구분               | 실행전략                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 시설에 의한 적응대책      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 신규시설 설치</li> <li>• 기존시설의 안정성 유지 및 향상</li> <li>• 기존시설의 활용능력을 극대화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강우유출 예측기술 및 시설운용의 고도화</li> <li>- 각 댐의 용량 재편을 통한 홍수조절 및 용수공급 효율 증대</li> </ul> </li> <li>• 유역내 시설 정비</li> <li>• 종합적 토사관리 추진</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                         |
| 지역개발과 연계한 적응대책   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 토지이용 규제 등과 연계한 치수대책 추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재해위험구역 지정 및 통합적 치수대책 추진 등</li> <li>- 토사재해경계구역 등 대책 추진</li> </ul> </li> <li>• 신개념의 마을 만들기               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 저탄소 및 물관련 재해 적응형 도시 개발</li> <li>- 도시하천 녹화</li> <li>- 하천복원</li> <li>- 빗물의 저류, 침투, 유출 억제에 위한 시설 설치</li> </ul> </li> <li>• 주택의 내재난성 확충               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수해 등에 강한 주택지 고안</li> </ul> </li> <li>• 자연에너지 활용</li> </ul> |
| 위기관리 관점의 적응대책    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대규모 재해에 대한 충실한 대비               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광역적 방재네트워크 구축</li> <li>- 복구 및 재건을 위한 배수대책 수립</li> </ul> </li> <li>• 새로운 시나리오에 근거한 소프트웨어적 대책 추진               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대피활동 지원</li> </ul> </li> <li>• 홍수예보, 토사재해경보, 수방경보 등 예경보 강화               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 홍수예보시스템 및 조직 정비</li> </ul> </li> </ul>                                                                                             |
| 가뭄위험을 줄이는 적응대책   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수요관리를 통한 물질약형 사회 구축</li> <li>• 비상수자원 확보</li> <li>• 수자원 공급시설의 충분한 활용 및 철저한 유지관리</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 하천환경 변화에 대한 적응대책 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측망 확충을 통한 지식과 데이터 수집</li> <li>• 하천환경변화와 기후변화 관련성 분석</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

## 2절 국내외 시장현황 및 전망

- 한반도를 포함하여 전 세계적으로 기상이변에 따른 자연 재해가 잇따르고 있음. 기후변화가 가속화됨에 따라 향후 이상고온과 폭우로 인한 홍수 및 가뭄 등의 자연재해가 더욱 커질 것으로 전망되고 있음. 응급재해데이터베이스(EM-DAT)에 등록된 1900~2011년의 전 세계 자연재해건수를 살펴보면 1950년도를 기점으로 폭발적으로 상승하고 있음을 알 수 있음(그림 2-13)



[그림 2-13] 연별 자연재해 발생횟수 (1900-2011년)

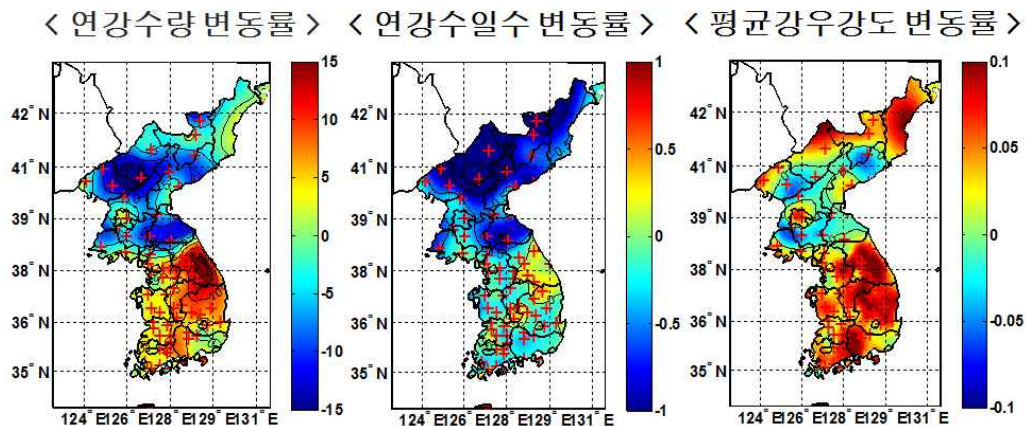
- 특히, 최근 1990년부터 2005년 사이에 발생한 수문기상학적 재해의 발생회수가 전체 자연재해의 76%를 차지하고 있음. 세계적인 대표사례로는 2005년 미국에 발생한 허리케인 카트리나에 의해 2,170억 달러의 피해가 발생하였으며, 2010년 발생한 태국의 홍수는 약 18조원의 피해가 발생하였음. 국내에서도 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미로 인해 각각 5조원 및 3조원의 피해를 입은바 있음. 가뭄에 의한 피해사례로는 2011년 1월 미국에서 발생한 가뭄으로 80억 달러, 2009년 10월 중국에 발생한 가뭄으로 36억 달러의 피해가 발생하였음. 국내에서도 2010년 태백시 물부족으로 인해 338억원의 피해가 발생하였음
- 이러한 자연재해의 증가가 기후변화의 요인이라고 장담할 수는 없지만, 최근 관측자료에서 나타나는 경향과 기후변화 연구 결과에 따르면 이제 기후변화는 기정사실화되고 있으며, 기후변화에 따른 수문기상학적 재해 역시 전 세계적으로 증가할 것으로 전망되고 있음
- 기후변화 외에도 전세계적으로 인구증가에 따른 수량감소 그리고 수질악화로 인한 이용 가능한 수자원 부존량 감소로 수자원 관리가 더욱 어려워지고 있는 실정임. 이런 복합적인 이유로 세계 물 시장 규모의 경우 2008년 3,600억 달러에서 2016년에는 8,650억 달러로 확대될 것으로 예상되고 있으며, 물 관련 건설 및 엔지니어링 산업이 연평균 약 3~3.5% 성장하여 향후 2020년경 671억 달러 규모로 확대될 정도로 수자원 산업이 크게 부상할 것으로 기대됨
- 이와 같은 국내외 이수/치수 산업시장 현황 및 국내외 국가들의 기후변화 적응의 주요한 쟁점들을 조사 및 종합하여 다음과 같은 네 가지 중점 세부과제 “기후변화 대응 홍수기준 설정기술”, “기후변화 적응 안정적 용수수급 기술”, “기후

변화 유역관리 적응기술”, “기후변화 수자원산업 적응기반기술”을 도출하였음.  
이들 4 세부과제에 대한 국내 시장현황 및 전망을 다음과 같이 제시하고자 함

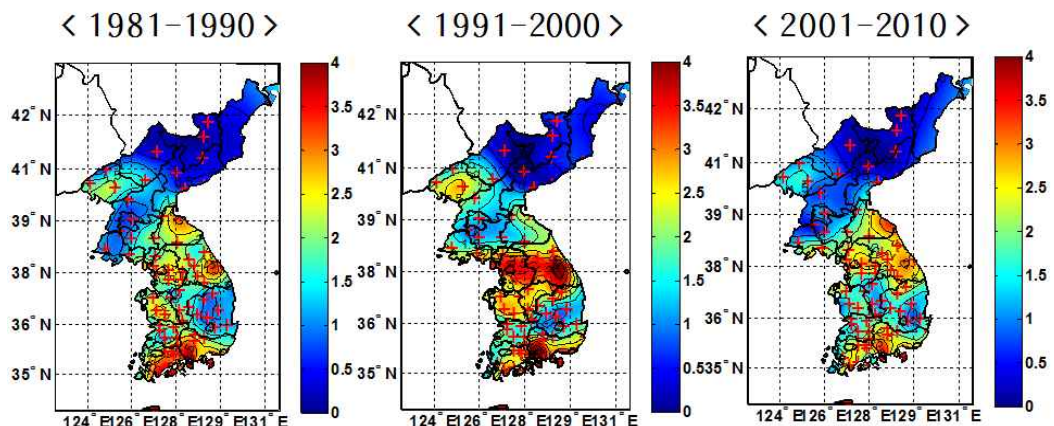
## 1. 국내 시장현황

### □ 국내 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술 현황

- 우리나라의 기후변화로 인한 기상변동성 증가는 강수의 발생빈도(occurrence) 및 양적(amount) 관점에서 동시에 영향을 미치고 있으며, 전체적으로 강우강도가 증가하는 현상이 두드러지게 나타나고 있음
- 특히, 극치강수의 발현비율이 과거 30년에 비해 크게 증가하고 있는 현실이며, 도시 및 비도시 지역의 구분없이 이러한 추세가 나타나고 있어 수공구조물의 치수안전도가 크게 저하되고 있는 현실임



[그림 2-14] 우리나라 강수량, 강수일수, 평균강우강도 변동률



[그림 2-15] 우리나라 80mm/day이상 발생일수 변동률

- 국토해양부의 2009년 건설기술관리법 제 34조 및 같은 법 시행령 제 55조의 규정에 의거한 「하천설계기준」 개정 내용은 기후변화를 고려해 조사, 계획, 설계분야에 대해 검토를 하고 개정사항을 반영한 시설기준을 실시하도록 하고 있음
- 「기후변화 대응 미래 수자원 전략」 보고서에 의하면, 향후 100년 동안 지점별 현재의 100년 빈도, 1일 최대 강수량이 [표 2-13]과 같이 약 60년 빈도로 낮아져 홍수 위험이 높아 질 것으로 전망되므로 이로 인한 하천시설물의 치수 안전도 저하에 따른 설계기준의 제고를 심각하게 고려해야 함을 강조

[표 2-13] 기후변화가 치수 안전도에 미치는 영향 (국토해양부, 2010)

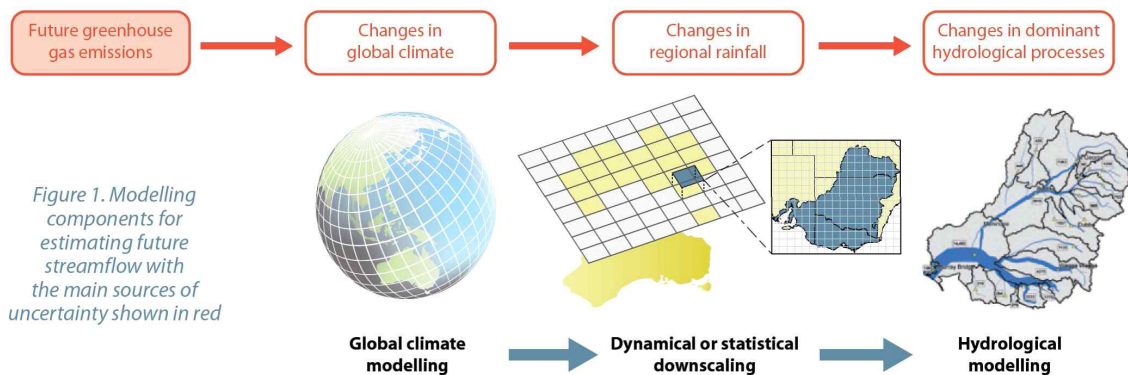
| 한국 지역명 | A2 시나리오(년) |        |
|--------|------------|--------|
|        | 2010년      | 2100년  |
| 서울     | 100년 빈도    | 59년 빈도 |
| 강릉     |            | 70년 빈도 |
| 대전     |            | 63년 빈도 |
| 광주     |            | 47년 빈도 |
| 목포     |            | 55년 빈도 |
| 대구     |            | 72년 빈도 |
| 포항     |            | 40년 빈도 |
| 평균     |            | 58년 빈도 |

- 한편, 국내에서는 댐 등 대형 수공구조물에 대한 안정성 평가가 주기적으로 이루어지고 있으나 단순히 모니터링을 통하여 현재의 안전기준의 부합여부만을 판단하는 수준에 그치고 있음. 기후변화와 같은 새로운 위험요소에 대한 적극적인 고려가 어려운 현실이며 다양한 시나리오에 기반을 둔 위험도 해석은 이루어지지 않고 있음
- 최근 신규 댐의 개발적지가 부족하고 지역주민 및 환경단체 등의 반대로 댐 개발 여건이 점점 악화되어 가고 있는 실정임을 고려할 때, 장래 증가하는 홍수피해에 대처하기 위해 기존 댐을 최대한 활용하는 방안 수립이 시급함. 따라서 댐의 안전도 평가와 위험도 저감계획 및 경제성 평가를 종합적으로 고려한 프레임워크 개발이 요구됨
- 「유역종합계획 수립·변경」은 하천법 제24조, 시행령 제20조에 따라 홍수유출을 억제할 수 있는 자연과 인공 시설물들을 유역 전반에 걸쳐 연계 이용함으로써 유역의 홍수 저감능력을 극대화하는 계획으로 현재 10년 단위의 치수 계획과 5년 단위의 타당성 여부를 검토하고 있음

- 이러한 계획을 바탕으로 현재 여러 연구에서 유역내 홍수저감시설들의 연계운영에 관련한 연구보고서가 지속적으로 발행되고 있으나, 기후변화의 영향을 고려한 연구 및 현업 활용은 미진함

## □ 국내 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술 현황

- 수자원 제반 분야(홍수, 가뭄, 용수공급, 수질, 수력발전, 하천건천화 등)의 기후변화 영향평가 및 적응전략수립에 필요한 수문 시나리오는 일반적으로 온실가스 배출시나리오-> 전구기후모델링-> 상세화-> 수문모델링의 과정을 통해 생산되고 있음

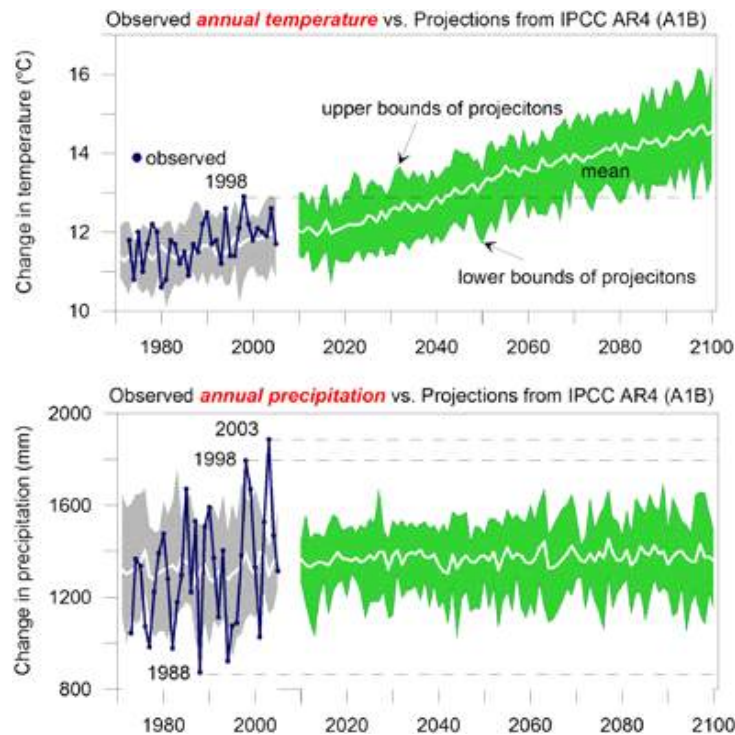


[그림 2-16] 기후변화 수자원영향평가를 위한 기상 및 수문 시나리오 생산과정 (Chiew et al., 2011)

- 기존 연구들에서 각각 상이한 상세화방법과 수문모델링을 적용함으로써 결과별 불확실성이 다르므로 결과의 비교나 정보의 통합이 어려움. 따라서 국가 표준 시나리오 생산체계를 구축하여 연구과제간 결과물의 상호활용성을 높이고 더 나아가 국가 기후변화 적응전략 수립에 활용할 수 있어야 할 것임
- 대부분의 국내 기존 기후변화 연구들은 기상연구소에서 통계적으로 상세화한 39개 기후모델(GCM) 전망치를 이용함. 이것은 미래 기후 및 수자원 전망에 불확실성을 정량적으로 보여줄 수 있다는 점에서 활용성이 높았음
- 그러나 GCM 결과는 저해상도의 공간분해능으로 인해 국내의 공간적인 강수특성을 반영하지 못하는 문제와 극치강수량에 대한 모의능력이 낮은 문제가 제기되었음
- 일부 역학적 상세화 연구가 시도되었으나 시간과 경제적 문제로 단지 몇 개의

기후 시나리오만이 생산되어, 기후 및 수문 전망의 불확실성을 평가하지 못하였음. 또한, 결과적으로 고해상도 시나리오 결과가 수자원 적응 정책개발에 활용되지 못했음

- 한편, 홍수조절과 용수공급 기능을 복합적으로 포함하고 있는 댐 등의 수공시설물에서 빈번해진 호우에 대비하기 위해 홍수조절에 대한 능력이 상향조정됨에 따라 상대적으로 용수 공급 능력이 감소되어 물 공급 여건 악화가 전망됨
- 기후변화에 따른 불확실성 증가로 홍수방어에 중점을 둔 댐 운영패턴은 이수용량 감소를 초래하며, 토석류 유입 등에 따라 이용 가능한 양질의 수자원이 감소하는 등 물공급 여건 악화



[그림 2-17] 한반도 관측 연평균 기온과 강수량과 13개 GCM의 평균 및 불확실성 범위 (Jung et al., 2012)

- 기후변화는 수자원 확보에 불확실성을 증대시켜 물공급안전도에 위협이 될 것으로 전망됨에 따라 탄력적으로 대응할 수 있는 용수공급 능력 평가 및 대응체계 구축 기술 필요성이 증대되고 있는 상황임(Bae et al., 2011)
- 2011년 수립된 수자원장기종합계획에서도 기후변화로 인해 나타날 수 있는 이수안전도 저하에 대응하고 지역별 물 부족 특성을 고려하여 해당 지역에 적합한 물 확보 대책(해수담수화, 하수재이용, 물 공급 시설물 연계 등) 수립 필요성을 제시하고 있음

- 또한, 2008년 남부지방에서부터 시작된 가뭄은 2008년말 평년대비 강수량의 78%인 1,024mm를 기록(평년 1,307.3mm)하였고, 전국 주요댐의 저수율이 47%로 예년보다 10% 정도 낮은 수준을 유지하였음(국토해양부, 2009)
- 이러한 저수율의 저하는 농업용수, 공업용수 및 생활용수의 부족으로 확대될 수 있으며, 이로 인해 농산물 및 공산물의 생산량 감소와 제한 급수 지역 발생을 초래하여 심각한 사회문제를 발생시킬 수 있음
- 국내의 다른 공공서비스인 전력의 경우 10~15%, 석유비축량은 3~5개월 정도의 예비량을 확보하고 있으나, 기후변화로 인해 공급의 불확실성이 커지고 있는 수자원의 경우 아직 예비율 개념이 도입되지 못하고 있는 실정임
- 2011년에 발간된 「수자원장기종합계획(2011-2020)」에서는 2020년 기준 4대강 사업 후 물부족은 대부분 해소되나, 가뭄 정도에 따라 1.6억톤(5년 빈도 가뭄 발생시)에서 최대 4.6억톤(과거 관측기간 내 최대규모 가뭄 발생시)의 물부족을 전망하고 있음

[표 2-14] 2020년 기준 가뭄빈도별 물 부족량 전망

(단위 : 억<sup>m</sup>/년)

| 구 분 \ 가뭄빈도 | 5년 빈도 | 10년 빈도 | 20년 빈도 | 과거 최대 |
|------------|-------|--------|--------|-------|
| ○ 물 부족량    | 1.6   | 2.3    | 3.1    | 4.6   |
| 생활·공업·농업용수 | 1.6   | 2.3    | 3.1    | 4.3   |
| 하천유지용수     | -     | -      | -      | 0.3   |

출처: 국토해양부(2011) 수자원장기종합계획(2011-2020)

- 가뭄이 빈번하게 발생하고 있는 가뭄우심지역을 중심으로 지자체별로 가뭄백서의 제작 및 가뭄극복을 위한 자구책 마련이 진행되고 있으며, 국가 차원에서도 가뭄 우심지역에 대한 항구적이고 실효성 있는 대책 마련이 시급한 실정임
- 특히, 가뭄이 자주 발생하는 지역에 대한 물수급의 안정성을 도모하기 위한 구조적, 비구조적 대책의 마련이 절실히 요구되며 구조적 대책으로는 가뭄시 비상용수의 활용을 위한 물공급시설의 설치와 함께 비구조적 대책으로서 가뭄관리 실행 및 비상계획(drought management action plan & emergency plan)이 모든 지자체별로 수립되어야 함

## □ 국내 기후변화 유역관리 적응기술 현황

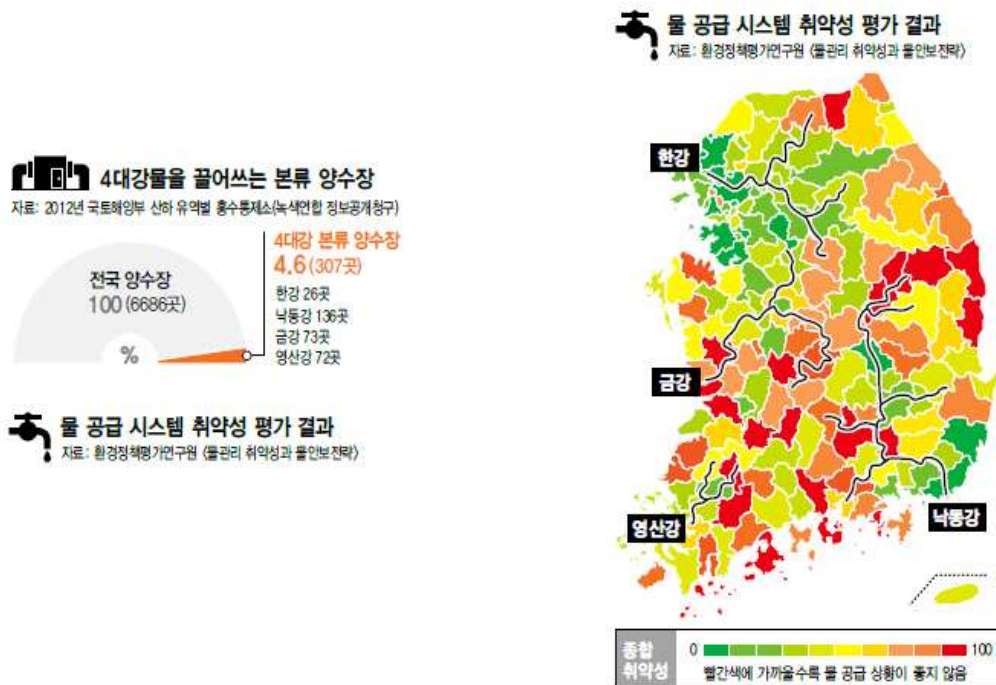
- 국내에서는 2004년 환경부 ‘환경기초조사사업’의 일환으로 수질과 수량을 포함한 수환경의 건전성 확보를 위한 효율적인 유역관리 방안 도출이 시도되었으며, 이는 하천 생태계의 건전성을 유지하기 위한 유역관리지표에 활용하기 위한 것임
- 한국건설기술연구원에서는 2008년 “건강한 물순환체계 구축을 위한 유역진단기법 개발연구”에서 국내외 갈수량 지표와 물순환 지표 조사를 통해 유역의 물순환에 대한 건강성을 개략 평가하기 위한 기초연구가 수행되었음. 이 연구에서는 유역의 종합적 건전성을 평가할 수 있는 포괄적 지표개발의 필요성을 언급함

[표 2-15] 물순환 지수의 건강성 등급 (한국건설기술연구원, 2008)

| 등급      |        | 상태(캐릭터)                                                                             | 기준                                             | 서술적 설명                    |
|---------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|
| 1등급 (I) |        |   | $\bar{X} - 0.3\sigma \sim \bar{X} + 0.3\sigma$ | 수량이 보통이며, 물순환이 안정됨        |
| 2등급     | (IIa)  |  | $\bar{X} + 0.3\sigma \sim \bar{X} + \sigma$    | 수량이 약간 풍족하며, 물순환이 비교적 안정됨 |
|         | (IIb)  |  | $\bar{X} - 0.3\sigma \sim \bar{X} - \sigma$    | 수량이 약간 부족하며, 물순환이 비교적 안정됨 |
| 3등급     | (IIIa) |  | $\bar{X} + \sigma \sim \bar{X} + 1.5\sigma$    | 수량이 풍족하며, 물순환이 비교적 불안정됨   |
|         | (IIIb) |  | $\bar{X} - \sigma \sim \bar{X} - 1.5\sigma$    | 수량이 부족하며, 물순환이 비교적 불안정됨   |
| 4등급     | (IVa)  |  | $\bar{X} + 1.5\sigma$ 이상                       | 수량이 매우 풍족하며, 물순환이 불안정됨    |
|         | (IVb)  |  | $\bar{X} - 1.5\sigma$ 이하                       | 수량이 매우 부족하며, 물순환이 불안정됨    |

- 유역 물순환 해석에 따라 Green, Blue Water 개념의 도입으로 미래 가용 수자원을 평가하고, 각 요소기술을 통합한 기후변화 적응형 유역 물순환 건전성 평가 기술 개발이 필요한 실정

- 최근 국내 수자원 취약성관련 평가 시스템은 홍수와 가뭄 등 자연재해에 대응하기 위한 정보화에 중점을 두어 개발되어 왔음. 한국수자원공사는 가뭄정보시스템을 개발하여 현재 기상학적 가뭄(SPI), 수문학적 가뭄(MSWSI) 등 다양한 가뭄지수를 실시간으로 제공하고 있음
- 기존시스템은 많은 이해당사자들이 기후변화로 인해 발생할 수 있는 문제와 이에 대응할 방안에 대해 이해하기 어려운 상황이며, 그에 따라 기후변화 적응전략 수립을 위한 수자원 취약성 통합 평가 시스템의 필요성이 대두되고 있음
- 특히, 수자원 분야의 치수, 이수 및 유역의 취약성을 전반적으로 평가하고 나아가 의사결정까지를 지원해 줄 수 있는 시스템의 개발이 요구됨



[그림 2-18] 물공급성 취약성 평가 결과

- 기후변화 관련 의사결정에 있어서 지역에 거주하는 이해당사자(stakeholders) 및 전문가와 함께 단체를 구성하고 이들과 의사소통을 통하여 현실적으로 수행가능한지 혹은 경제성이 있는지를 평가하고 최종적으로 이를 정책에 반영하는 것이 필요함
- 아직까지 시민단체와 연계하여 기후변화에 대응한 대책을 마련하려는 노력이 부

족하며, 시민단체의 활동에도 한계가 발생하기 때문에 정부가 주도하는 기후변화관련 부처와 시민단체들로 구성된 협의체가 필요함

- 기온상승으로 인해 증발산량 증가와 토양수 감소는 지역의 수문순환에 영향을 미쳐 수자원관리에 불확실성을 높일 것으로 전망됨. 따라서 유역 수자원 감소 방지대책 및 기후변화에 맞춰 국가차원에서 장기적으로 대응하기 위한 실질적인 수자원 관리기술에 관한 연구가 요구됨
- 기후변화는 지하수 충전량 및 기저유출에도 영향을 주어 하천의 수량확보에 크게 영향을 미침. 따라서 기후변화 하에서 유역수자원의 확보를 위한 미래의 유역관리는 산림 등에서 토양수가 보존되고 이 토양수가 지하수로 함양되는 방향으로 관리전략을 수립하는 것이 필요함
- 기후변화는 강수패턴의 변화를 유발하여 집중호우와 가뭄을 발생시키며, 이로 인한 수자원의 부족과 토양침식 그리고 사막화의 극한 상황이 발생할 수 있음. 이는 유역의 자연적 복원기능을 저하시키며, 결국 수자원의 건강한 순환을 악화시킴



[그림 2-19] 극한사상 발생에 따른 악영향

- 기후변화에 따른 집중호우의 빈도와 강도 증가는 유역토양이 침식되고 유실될 위험도가 높음에도 불구하고 지금까지 체계적인 관리나 연구가 진행되지 못하고 있음
- 최근 재해의 강도가 높아짐에 따라 탁수로 인한 하류지역의 피해위력도 높아지는 추세로 피해 저감을 위한 연구가 필요한 실정임
- 기후변화가 진행됨에 따른 댐 방류수의 탁수발생 관리 및 복구에 있어서 기후변화를 고려한 유역관리 측면에서의 적응기술 확보가 요구됨

## □ 국내 기후변화 수자원산업 적응 기술 현황

- 국내에서는 2020년 「녹색국토를 위한 물강국 실현」을 비전으로 정하고 물이용, 치수, 하천환경, 조사연구 및 기술개발, 미래과제 선제대응의 세부비전을 수립하였음. 이중 미래과제 선제대응의 일환으로 ‘세계속의 수자원산업 경쟁력확보’를 통해 해외 물시장으로의 진출을 확대하고자 함
- 21세기 블루오션으로 부상하고 있는 수자원산업의 해외시장 진출을 위해 국내에서도 “2012년 민-관 합동 물시장 개척단”이 북아프리카와 중남미 지역의 수자원산업 진출을 시도하고 있음. 또한, 국토해양부는 최근 극심한 홍수피해를 경험한 동남아시아지역을 중심으로 ‘4대강 살리기 모델’의 해외시장 개척을 도모하고 있음
- 현대경제연구원은 2008년 보고서에서 세계 물시장이 연평균 5.5%씩 성장, 2015년 1,600조원으로 규모가 확대될 것으로 예상됨. 급성장하고 있는 국제 수자원산업 시장에서 주도권을 선점하기 위해서는 사전에 수자원산업 현황을 파악하고 진출전략을 수립하는 것이 요구됨
- 해외 물시장의 주요 수요처인 개발도상국 또는 후진국의 대부분 지역에서는 체계적인 수문기상관측이 이루어지지 않아 국내기업들의 수자원산업 진출시 수자원 평가와 설계에 어려움을 겪고 있음. 신뢰성 있는 미계측유역의 수문기상자료 구축이 요구됨
- 우리나라는 인구 감소와 노령화, 사회기반시설의 노후화, 4대강 사업, 북한 물 문제(하천 공유, 홍수, 가뭄 등) 등 기후변화와 직결된 정치/경제/사회적 물관리 문제에 직면함
- 기후변화로 인한 영향은 남한지역에 여러 가지 변화를 일으킬 수 있는 주요 요인이라 할 수 있지만, 사회기반 시설이 부족한 북한지역에 더 크게 작용할 수 있을 것으로 예상되고 있음
- 특히, 가뭄 등으로 인한 식량부족은 우리나라 국가안보전략 수립에도 다양한 영향을 줄 수 있음. 기후변화로 인한 가뭄과 토양의 정비상태 부실은 식량수급에 어려움을 유발할 수 있으며, 궁극적으로 통일 등과 같은 급격한 변화가 발생할 수 있음

- 최근 가상수(Virtual Water)이론이 주목을 받고 있음. 이유는 기존의 물 부족 해소를 위한 접근방법이 한 국가 혹은 지역에 국한하여 해결책을 제시하고자 했다면 가상수 이론은 국제무역을 통한 물의 이동을 개념화하여 물 부족 해소방안을 정치경제학적 관점에서 풀고자하는 새로운 해결방식을 제시하였기 때문임
- 가상수 이론은 1990년대 초반 영국의 Tony Allan교수에 의해 창시된 것으로 일정한 농산물, 축산물, 공산품과 같은 생산품 혹은 서비스 제공에 필요한 물의 양을 뜻함
- 우리나라 가상수 수출입량을 산정한 결과 1992-2007년 기간 동안 연평균 가상수 수입량은 320억 $m^3$ 이었으며, 가장 최근인 2007년에는 약 400억 $m^3$  정도가 가상수로 수입된 것으로 나타났음. 2000년대 이후에 가상수의 수입량이 지속적으로 증가하고 있고 이러한 가상수 수입량은 우리나라의 2006년 연평균 물 수요량이 약 345억 $m^3$  정도인 것을 감안하면 매우 큰 값으로 평가되고 있음(안재현 등, 2010)
- 수자원의 가치평가 기술은 물이용자에게 수자원의 사회적 가치와 수자원공급 및 관리에 대한 사회적 비용을 직관적으로 인식하게 함으로써 사회적으로 수자원의 용의 최적화를 유도하며, 수자원의 합리적 관리를 위한 기본적인 가치체계를 마련하는데 기여할 것임
- 국내의 경우 수자원이 제공하는 경제적 가치를 평가하고자 하는 연구들이 대부분 수자원시설물의 경제성분석에 국한되어 있음
- 이러한 수공시설물 위주의 접근방법은 기후변화와 인구증가에 따른 용수수요와 공급변화 등 사회경제적 환경변화에 따른 수자원의 가치를 평가하는데 한계가 있음. 따라서 제한된 수자원의 효율적인 배분 및 관리방법에 따른 수자원의 사회경제적 가치를 최적화시킬 수 있는 기술개발이 요구됨

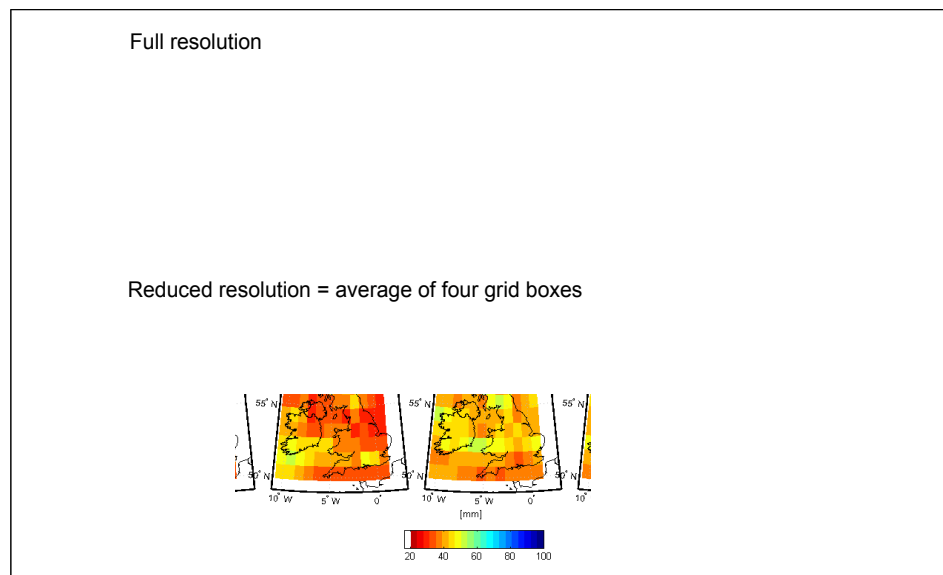
## 2. 국외 시장현황

### □ 국외 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술 현황

- 기후변화로 인해 홍수, 토사재해 발생이 증가하고, 집중호우 발생 빈도 및 피해규모가 확대될 것으로 전망됨에 따라 일본 국토교통성은 지구 온난화에 수반하는 기후변화로 인해 예상되는 홍수 피해를 대응하기 위해 하도 개수나 홍수 조절 시설의

정비 등을 기본으로 하는 기후변화 적응 치수정책 수립에 노력하고 있음

- 도쿄도는 2005년 대규모 침수피해 이후 도쿄도 호우대책 기본방침을 수립하였음. 이를 통해 하천 및 하수도 시설대책은 물론 저류시설 및 침투시설 확충, 고상식 건물(Piloti)을 비롯한 건축물 수방대책, 지하공간 수방대책 등 각종 재해정보의 제공 등을 병행하고 있음. 또한 설계 강우를 특정지역(도쿄 등)의 기후변화를 고려하여 적용함으로써 기후변화로 인한 시설물의 안전에 대해서도 앞장서고 있음
- 최근 유럽에서는 기후변화로 인하여 발생하는 해수면 상승피해가 잦아짐에 따라 상승되는 해수면을 고려하여 현재 마련되어 있는 제방 및 방재시설물의 기준을 변경하고 신 설계안을 마련 중임
- 영국의 계획정책지침(Planning Policy Statement 25, 2006)에서는 홍수위험관리에 있어 기후변화를 고려하기 위하여 장기적으로 강우기준을 상향함. 홍수위험평가에 따른 개발행위 제어, 저영향(Low Impact) 지속가능도시배수체계적용, 기후변화를 고려한 강우기준의 단계적 상향 등 다양하고도 종합적인 대책을 시행하고 있음



[그림 2-20] 기후변화시나리오를 이용한 25년 빈도 강수량 분포변화 전망

- 국외에서는 기존 수공구조물에 안정성을 저해하는 대표적인 요인으로 증가하는 기후변화 영향을 적극적으로 고려할 수 있는 시나리오 기반의 댐 안전성 평가 체계를 구축하여 기존의 결정론적 해석방법에 근거한 안정성 해석기법의 한계점을 보완하고 있으며, ICOLD, ANCOLD, 미공병단, 미개척국, 유럽 등을 중심으로 위험도 해석에 근거한 안정성 평가가 미래의 위험도 추정 및 안정성 개선, 우선순위 결정 등 댐

및 저수지 유지관리에 적합하다고 추천되고 있음

- 미국, 일본, 유럽 등 선진국들은 수자원시설 최대 활용의 일환으로 신규 댐의 건설은 점점 감소하고 있는 반면 경제적, 사회·경제적 측면 등에서 유리한 기존 댐에 대한 재개발이 증가하는 추세로서 이미 다양한 방법으로 기존 댐의 재개발이 이루어지고 있음. 따라서 우리나라에서도 세계적 추세에 발맞추어 댐 안전도 평가와 연계한 기존 댐 재개발에 대한 기술력 확보가 필요함
- 영국에서는 최근의 기후변화로 인한 해수면 상승과 급속한 택지 개발의 영향으로 폭풍해일에 대한 치수안전도가 1,000년 빈도에서 100년 빈도까지 낮아질 것으로 예측하여 이에 따른 시설 기준의 권고를 제시함(Planning Policy Statement 25, 2006)
- 네덜란드에서는 21세기 신 물관리 정책을 수립, 방재와 감재를 병행하여 더 높은 제방은 더 높은 위험을 초래한다는 개념으로 자연하천을 복원하였음. 2015년 이후에는 10년 동안의 기후변화에 대처할 수 있는 별도의 공간을 확보함

#### □ 국외 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술 현황

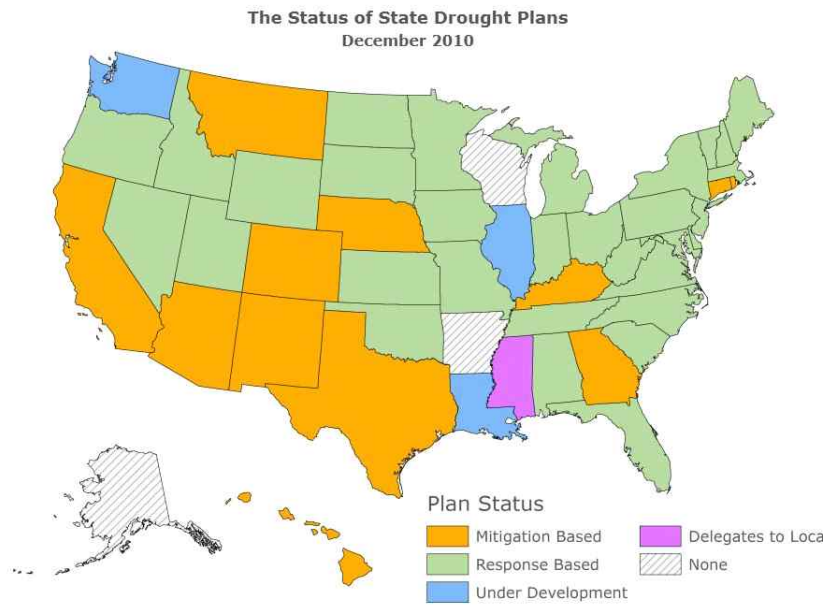
- 전 세계적으로 상세화된 기후시나리오를 이용하여 다양한 목적의 수자원 영향평가 및 적응전략 수립이 진행되고 있는데, 대표적으로 미국 NOAA가 후원하는 RISA(Regional Integrated Science Assessment)의 기후영향그룹(Climate Impacts Group; CIG)에서는 워싱턴 주의 기후변화에 관한 영향 평가에 관한 연구를 수행하고 있음
- 호주는 물 부족 문제를 해결하기 위하여 워터그리드의 개념을 최초로 도입하여 최소 비용으로 지역 내 수자원 편중 문제를 해결하여 물안보(water security)를 달성하려고 시도하였음. 워터그리드는 물이 남는 지역과 물이 부족한 지역을 연결하는 시스템으로 정의
- 미국에서는 스마트 워터그리드 추진을 통해 국가 단위의 효율적 수자원 관리시스템 구축을 추진하고 있으며, 중부지역의 하천으로부터 콜로라도강과 서부지역으로 물을 이송하는 새로운 형태의 수자원 관리방안 제시
  - 미시시피강과 아르칸사스강, 미주리강은 홍수로 인한 피해가 발생하는데 반하여 콜로라도강과 서부지역은 수자원 부족의 문제를 겪고 있음
  - 홍수방지와 가뭄해소를 위하여 관로를 통한 국가차원의 수자원 이송계획 수립

- 기후변화에도 안전한 물공급시스템 구축을 위해 통합물공급계획(Integrated Water Supply Scheme) 수립을 제도화하고 있음



[그림 2-21] 호주의 통합물공급계획

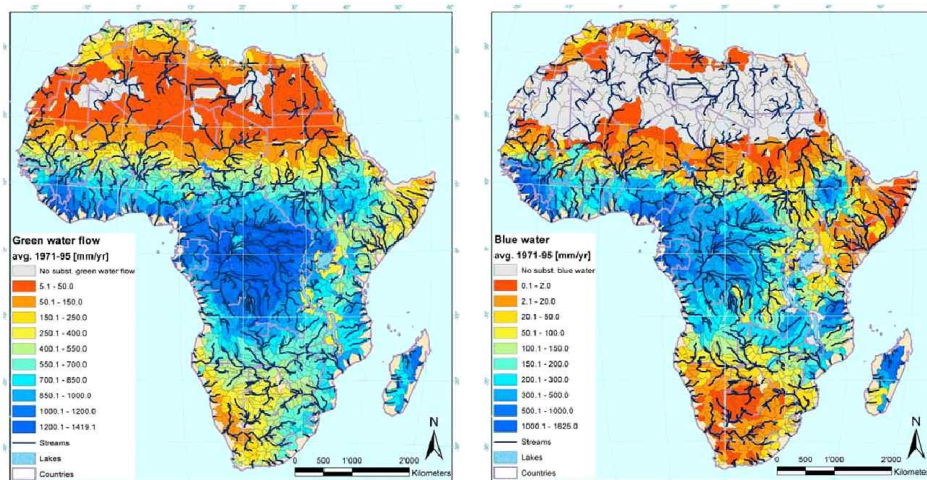
- 전세계적으로 기후변화에 따라 물부족이 심화될 것이라고 전망됨에 따라 호주와 말레이시아는 예비율 개념의 물관리 기술 개발 및 실제 적용을 위한 시도가 진행되고 있음
- 말레이시아의 원활한 물공급을 위해 수요가 높은 계절의 경우 약 7% 이상의 예비율이 유지되어야 하며, 완충제의 역할을 위해서는 10% 정도의 예비율을 유지하는 것이 이상적이라고 제시하였음
- 호주에서는 2002년 시작된 가뭄으로 극심한 물부족을 경험하였으며, 일부 댐은 2006년 보유한 물용량이 댐 가용 보유용량의 20% 미만으로 감소하는 등 지역간 물부족의 편차가 심해짐에 따라 90억 호주달러를 투입하여 물풍요 지역과 물부족 지역, 천연수자원과 대체수자원을 대규모 상수도 파이프를 거미줄처럼 연결하는 네트워크를 구축하였음
- 미국의 경우에는 이미 50여개 주에서 자체의 가뭄관리계획(Drought management plan)을 개발하여 매년 최신정보를 이용하여 갱신하고 있으며, 중앙정부 차원에서도 지방정부의 가뭄관리계획 수립을 위해서 적극적으로 지원하고 있음. 또한 모든 정부와 주정부 기관들이 극한 가뭄발생시 피해를 최소화하기 위한 유기적인 연계운영이 가능하도록 되어 있음



[그림 2-22] The Status of State Drought Plans(NDMC)  
(<http://drought.unl.edu/Planning/PlanningInfoByState.aspx>)

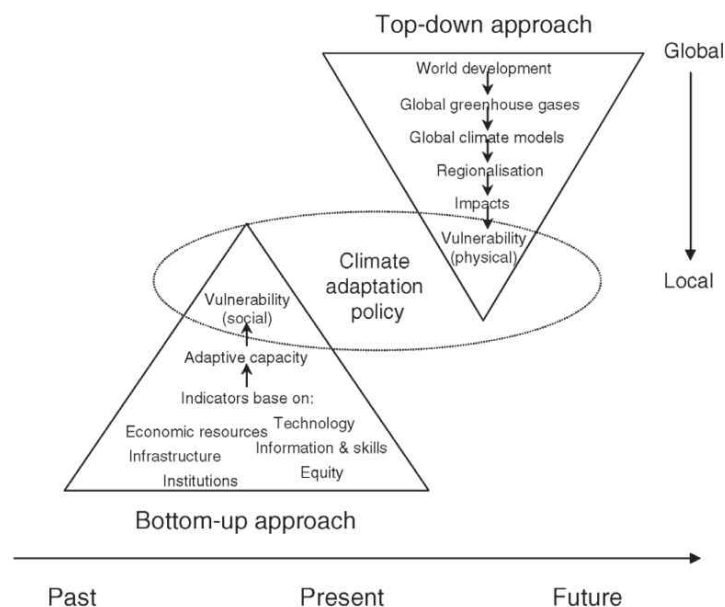
#### □ 국외 기후변화 유역관리 적응기술 현황

- 국외에서는 건전한 물순환체계 구축을 위해 물순환을 구성하는 물이용, 치수, 하천환경 요소간의 조화와 평가가 가능한 정략적 지표를 개발하여 수자원정책 관련 의사결정 지원이 가능하도록 수자원통합지수 개발에 노력하여 왔음
- 이렇게 개발된 수자원 통합지수는 물빈곤지수(Water Poverty Index, WPI), 환경지속성지수(Environmental Sustainability Index: ESI), 인류발전지표(Human Development Index, HDI), 사회적물부족지수(Social Water Stress/Scarcity Index, SWSI), 물스트레스지수(Water Stress Index, WSI) 등이 대표적임
- 1998년 영국 토니 앨런교수가 발표한 Green-Blue Water의 산정은 기후변화 적응 및 대응, 저감을 위한 평가방법으로 2008년 발표된 Schuol 등의 연구에서 AR4 기후변화 시나리오를 적용하여 아프리카 대륙의 미래 Green-Blue Water의 변화를 평가함으로써 물순환 건전성을 평가한 사례가 있음



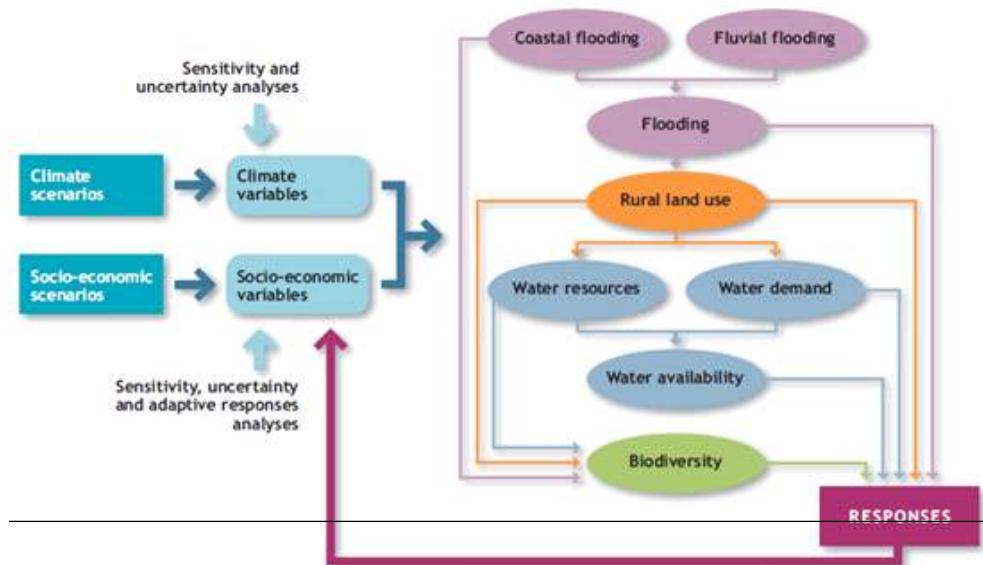
[그림 2-23] 아프리카 Blue and Green water 가용량 모델링 결과 (Schuol et al., 2008)

- Top-down 방식의 기존 취약성 평가 기술에 대해 의사결정 위주의 새로운 시각인 bottom-up 방식으로 접근하는 연구가 국외에서 진행되고 있음. Cunderlik and Simonovic(2004)는 연구대상 지역의 한계지표(홍수량, 가뭄 등)로부터 역으로 산정하는 방식의 inverse approach를 제안하였으며, Pradanovic and Simonovic(2006)는 이러한 방법을 홍수, 가뭄사상에 대해 적용하였음. Brown et al.(2010)은 취약도 감쇠를 목적으로 decision scaling을 제안함



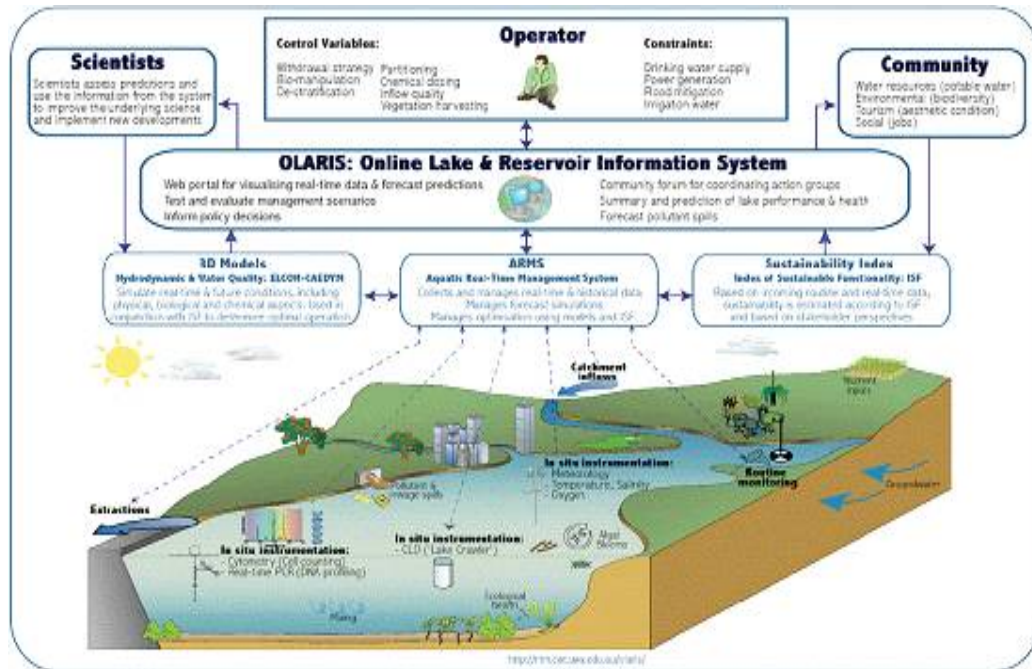
[그림 2-24] 'Top-down' and 'bottom-up' approaches used to inform adaptation to climate change (Dessai, 2004)

- UKCIP (UK Climate Impact Programme)는 RegIS (Regional Climate Change Impact and Responses Studies in East Anglia and North West England)라는 프로그램을 개발하여 미래 지구온난화 전망을 주민들에게 제시하고 이에 대한 신뢰를 얻는데 사용하고 있으며(Holman et al., 2008), 이러한 주민들과 소통은 정부가 지구온난화 관련 사업을 추진함에 있어서 매우 유용함



[그림 2-25] RegIS의 구성

- 전지구 해양관측사업(ARGO) 프로젝트는 해빙면적 변화 및 토양 수분을 감시하여 계절의 기상패턴을 예측하고 궁극적으로 기후변화의 경향성을 감시함으로써 기후위기에 대응하고자 함
- ARMS(Aquatic Real-time Management System)는 서호주대학교 물연구센터(Center for Water Research, CWR)에서 개발한 웹기반의 실시간 수환경 관리시스템으로, 실시간 계측자료와 3차원 수리 및 수질모델을 통합하여 홍수, 오염물질 누출사고, 유해한 조류발생 등에 대응하기 위한 단기 의사결정지원시스템으로 설계됨. 현재 호주의 시드니 유역환경청 (Sydney Catchment Authority)이 이 기술을 저수지의 실시간 수질감시와 취수설비 운영을 위한 의사결정지원시스템으로 활용하고 있으며, 싱가포르의 수자원공사인 싱가포르 PUB (Public Utilities Board)에서도 유역모델과 결합하여 저수지 수질관리를 위한 통합 의사결정지원 도구로 ARMS를 활용하고 있음



[그림 2-26] ARMS 실시간 수환경 관리 개념도(Hipsey et al., 2007)

#### □ 국외 기후변화 수자원산업 적응 기술 현황

- 기후온난화로 인해 증가되는 자연재해는 더 이상 한 국가에 국한된 문제가 아니며 국제사회가 공동으로 해결책을 모색하는 것이라는 인식이 확대되고 있음. 일례로, 2011년 태국에서 발생한 50년만의 최악의 홍수는 세계 하드디스크 생산의 60%를 차지하는 태국에서 생산차질을 야기해 세계적으로 PC 가격 상승의 결과를 초래하였음
- 또한, 동아시아의 이상기후로 인한 쌀 생산량과 재고량의 감소는 식량수급 불안정을 야기해 2008년 쌀값이 1톤당 \$1,015까지 폭등하기도 하였으며, 2011년 쌀 최대 수출국인 태국의 홍수와 미국의 이상기상으로 인한 가뭄피해는 국제 쌀시장의 공급 차질을 야기해 세계적으로 식량문제를 야기하였음
- 세계 64개국과 43개 국제기구가 참여하고 있는 전지구관측시스템(GEOSS)의 목적은 자연적 재해로부터 인명과 재산 피해 최소화, 인류의 건강과 복지에 미치는 환경적 요소의 영향 이해, 에너지 자원관리, 기후변동과 기후변화에 대한 이해와 적응능력 향상, 물순환 과정의 이해를 통한 개선된 수자원 관리, 기상예보의 정확도 개선, 육상-연안-해안 생태계의 보호와 관리, 지속가능한 농업 및 사막화 방지, 생물다양성의 이해와 감시 및 보존 등의 9개 사회편익 추구에 있음

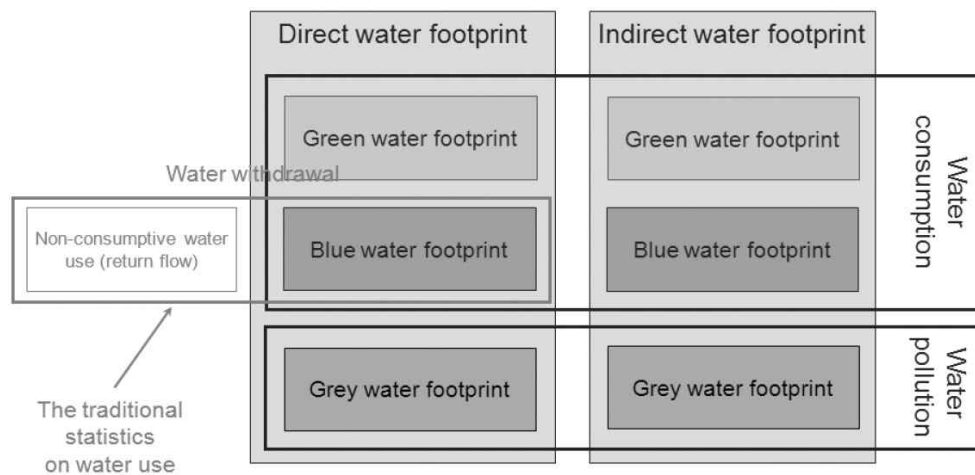


[그림 2-27] The Global Earth Observation System of Systems (GEOSS)와 9가지 사회 편익  
(<http://www.earthobservations.org/geoss.shtml>.)

- 기후변화는 경제·산업은 물론 지역 및 국제 안보와도 직접적으로 연관되는 추세임. 미국외교협회에서는 해안선 지역에 인구가 밀집한 남아시아와 아프리카, 중남미 국가에서 해수면 상승이나 홍수, 한발 등으로 대규모 난민이 발생하면 주변국의 국경선이 흔들릴 가능성이 크다고 지적하고 있음. 이로 인해 인접국 간의 갈등이 고조되고, 내전이 심화되는 등의 안보상의 문제가 발생할 수 있는 것으로 예상되고 있음
- 가상수는 거시적인 면에서 한 국가의 보다 정확한 물 수지 계산뿐만 아니라 이를 근거로 국가수자원계획을 수립할 수 있는 유용한 논거를 제시하고 있음. 예를 들어 물이 부족한 국가는 많은 가상수량이 필요한 농작물 생산을 지양하여 농업용수량으로의 물 배분을 줄이고 가상수량이 적게 소요되는 공산품으로의 물 분배를 늘림으로써 높은 부가가치를 창출, 국제 농산물 시장에서 저렴한 가격으로 부족한 식량을 보충할 수 있음
- 전 세계 물 부족에 대해 이와 같은 국제무역을 중심으로 한 해결책 제시는 궁극적으로는 물, 식량 부족 문제를 정치적인 충돌이나 이해 상충없이 유연하게 처리할 수 있는 정책근거로 활용되고 있음
- 가상수 이론의 큰 의미 중 하나는 한 국가의 가상수 수출, 수입량을 파악함으로써 단순히 기존 물 수지 계산방법으로 파악된 수자원의 양에 따른 수자원배분계획의 문제점을 바로 잡는다는 점임. 따라서 이 이론을 통해 그 국가 내의 수자원부존량과 이용량뿐만 아니라 타 지역의 물 사용량까지 파악하게 되고 해당 국가의 실질적인 물 소비량을 파악할 수 있기 때문에 이를 확대하면 전 세계의 물

부족을 국제무역을 통해 완화할 방안을 모색할 수 있을 것으로 평가되고 있음

- 가상수가 이동하는 현황을 파악하기 위해서는 가상수 이론과 함께 물발자국 (Water Footprint)이론의 이해가 필요함. 물발자국 개념은 가상수를 수출, 수입하는 국가의 수자원 상태를 고려하여 정량화시키는 방법의 제시를 통해 가상수 이론의 적용성을 향상시켰음(Hoekstra & Hung, 2002). 물발자국은 개인이나 지역, 집단 등이 소비하는 재화와 서비스를 생산하는데 필요한 물의 총량을 의미하며, 국제적으로 그 활용범위가 더욱 넓어지고 있음



[그림 2-28] 물발자국 확장개념 (Hoekstra et al., 2002)

- 기후변화는 이미 세계에 경제적인 피해를 야기하고 있음. 전세계 20개국이 후원하는 Climate Vulnerability Monitors는 기후변화로 인해 연간 \$1.2 trillion 피해가 발생하고 있으며, 매년 400,000명 정도의 인명피해가 기후변화와 연관되어 있다고 주장하였음. 이 중 상당부분이 물과 직간접적으로 연결되어 있다고 제시하였음
- 수자원의 효율적 분배 결정을 위해 물-식량-에너지의 상호연계를 고려한 다면화된 수자원 가치평가 기법의 개발에 대한 연구도 시도되고 있음. 식량생산은 물과 에너지가 필요하며, 물의 취수와 공급을 위해서는 에너지가 요구되고, 에너지(수력에너지) 생산을 위해서는 물이 요구됨. 이러한 상호연계의 이해와 정량화는 이미 세계적 이슈이며 물안보, 식량안보, 에너지 안보를 동시에 달성하기 위한 필수적인 연구라는 인식이 확산되고 있음
- 수자원의 최적 분배(allocation)를 위해 경제개념을 도입한 수자원의 사회경제적 가치를 정량화하려는 시도가 진행되고 있음. 수자원의 경제적 가치는 용도, 지역

적인 기후와 수자원 현황, 사회경제적 인프라, 정책 및 관리체계에 따라 다를 수 있음. 그러나 물에 대한 수익자부담원칙의 확대, 수자원 이용에 대한 한계비용(marginal cost)과 한계편익(marginal benefits)을 같게 함으로써 소비자의 합리적 소비유도, 현실적 생산단가를 고려한 물가격 산정 및 시기별 또는 지역별 유연한 물가격 체계 도입, 통합적인 물 수요와 공급 관리라는 목표달성을 추구하는 것은 유사함

- 기존 연구결과에 따르면 보편적으로 수력발전과 농업용수(곡물류)에 대한 수자원 가치가 상대적으로 낮고 생활용수와 공업용수의 가치가 높게 나타남. 환경적인 수자원 가치는 중간정도로 평가되고 있음. 그러나 최근에는 환경적인 수자원의 가치를 정량화하려는 연구(예, ecosystem service: 환경이 주는 무형의 가치를 정량화하려는 시도)가 증가하고 있어 향후 환경 부문에 대한 상대적 가치가 증가될 것으로 전망됨

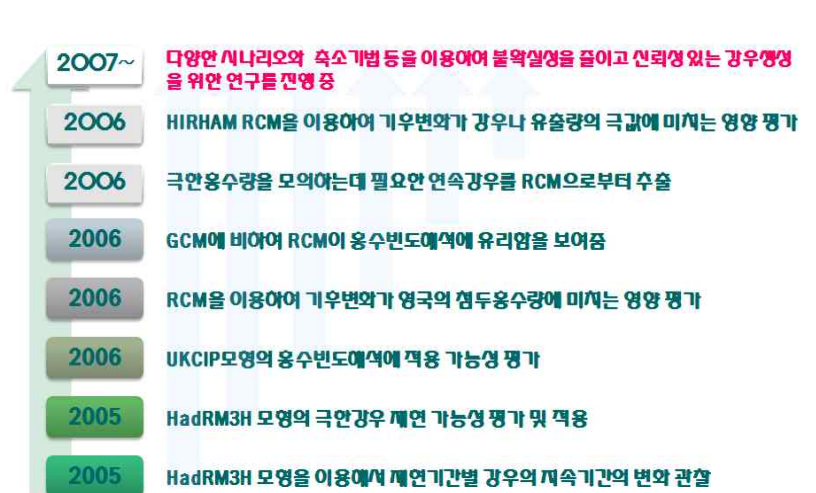
### 3절 기술개발 동향분석

#### □ 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술 동향

- 치수와 관련된 기후변화 연구는 이수관련 연구보다 늦게 시작되었으며 이는 대부분의 기후변화 관련 연구에서 사용하는 GCM 자료의 시공간적 해상도 한계로 인하여 사상 중심으로 평가가 이루어져야 하는 홍수에 대한 평가 자체가 어려웠던 것이 원인임. 그러나 시공간적으로 고해상도를 가지는 기후모델들이 개발되면서 2003년경부터 전세계적으로 기후변화가 홍수에 미치는 영향 평가에 대한 연구가 활발히 진행됨
- 과거에는 GCM을 이용하여 대부분 이수측면에서의 유출량 평가를 통한 수자원에 미치는 영향평가에 대한 연구가 진행됨. 그러나 2003년 이후로 GCM으로부터 유도된 RCM 자료를 활용하여 기후변화가 극한 강우와 가뭄과 같은 극한 현상에 미치는 영향에 대한 연구가 증가하고 있음. 그러나 아직 설계에 적용할 수 있는 신뢰성 있는 방법론 제시가 미비한 실정임(그림 2-29)
- 기후변화를 고려한 비정상성 해석에 관한 연구는 국내보다는 국외에서 많은 연구가 진행되고 있으나 아직까지 이수분야에 대한 연구가 주를 이루고 있으며, 치수측면의 연구는 거의 초보 단계임
  - 미국과 영국은 각각 LP3(Log Pearson Type III)와 GEV(Generalized Extreme Value) 분포를 국가에서 공식으로 채택하여 사용하고 있으며, 매개변수 추정

법에 대한 부분도 많은 부분 통일된 기술로 제시하여 비정상성 빈도해석에 대한 연구 수행

- 기후변화에 대비한 비정상성 빈도해석에 대해 최종적으로 정립된 결과가 없는 실정임. 이러한 비정상성 빈도해석에 대한 연구는 최근 여러 논문들이 산발적으로 발표되면서 여러 방법들이 제시되고 있음



[그림 2-29] 기후변화와 극한사상 연구의 세계적 추이

- 국내의 치수변화에 대한 기후변화 관련 연구는 유역중심의 이상강우 전망기술 개발이 추진되거나, 이상기후에 대비하기 위한 홍수예측 및 홍수관리와 관련된 연구 과제가 많이 진행
- 2009년 「하수도 정비기본계획」에 따르면 장래 기후변화에 대응하여 하수관거를 현행 지선 5년, 간선 10년 빈도(75mm/hr)에서 향후 지선 10년, 간선 30년 빈도(91mm/hr)로 상향하여 기후변화에 대비할 계획임
- 서울시에서는 2011년 7월말에 발생한 집중호우에 따른 대책으로 시간당 100mm 강우량에 대한 침수피해방지를 목표로 하수관거 용량 확대, 저류시설 확충, 저지대 상습침수지역 정비 등을 추진하여 변화된 강우패턴에 의한 시설물의 적응정책을 제시
- 「자연재해저감기술개발사업단」에서 발표한 내용에 따르면 기후변화로 인하여 확률강우량이 현재대비 증가하는 경향으로 나타났으며, 이와 같은 증가추세는 홍수량의 증가를 가져오기 때문에 하천시설물 설계기준의 재설정이 요구됨

[표 2-16] 기후변화를 고려한 방재기준 가이드라인

| 구분     | 목표기간(년)   |           |           | 비고        |
|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | 2011-2040 | 2041-2070 | 2071-2100 |           |
| 확률강우량  | +10 %     | +10 %     | +15 %     | 일자료       |
|        | +15 %     | +20 %     | +20 %     | 시간자료(1hr) |
| 확률적설량  | -10 %     | -20 %     | -30 %     | 일자료       |
| 기본 풍속  | +5 m/s    | +5 m/s    | +5 m/s    | 중북부내륙지역   |
|        | +10 m/s   | +10 m/s   | +10 m/s   | 남부내륙지역    |
| 해수면 상승 | +10 cm    | +20 cm    | +30 cm    |           |

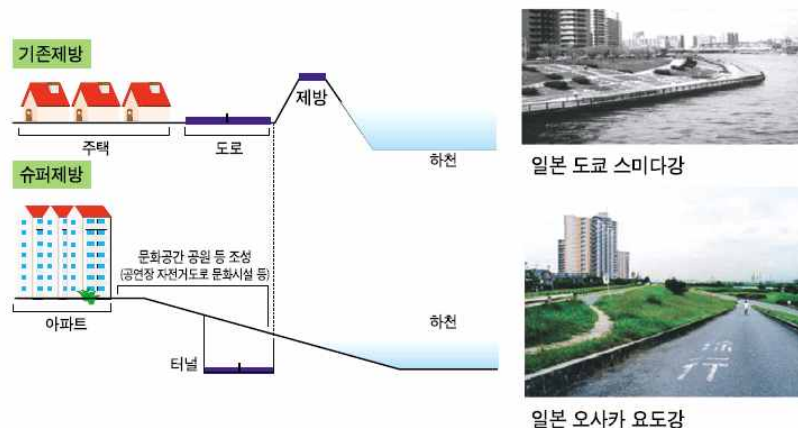
- 영국에서는 기후변화를 대비하여 장기 강우기준에 따른 상향 권고안을 작성하여 홍수위험관리를 위한 체계의 준비를 실시하고 있음

[표 2-17] 영국의 장기 강우기준 상향 권고안(Planning Policy Statement 25, 2006)

| 구분       | 1990-2025년 | 2025-2055년 | 2055-2085년 | 2085-2115년 |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| 첨두 강우강도  | +5%        | +10%       | +20%       | +30%       |
| 첨두 하천홍수량 | +10%       | +20%       |            |            |
| 내륙지역 풍속  | +5%        |            | +10%       |            |
| 극한 파고    | +5%        |            | +10%       |            |

- 국내에서는 댐 재개발을 위한 위험도 해석 및 경제성 평가 방안이 수립되어 있지 않으나 국외에서는 기후변화 영향이 반영된 댐 재개발 계획 및 실행계획을 위하여 댐 위험도 저감을 통한 치수편익 효과, 유역의 물 수요 조사 및 분석을 통해 댐 재개발의 적정 규모를 결정하고 있음
- 영국의 경우 위험도 분석시 정성적 평가방법을 기본으로 댐 관리자는 주로 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), FMECA (Failure Mode and Effects Critical Analysis)를 이용하여 댐의 안전도 문제를 다루고 있으며 댐 및 저수지의 위험도 저감 및 재개발의 우선순위를 정하는데 이용되고 있음
- 네덜란드에서는 정량적인 해석 기법이 제방의 안전도 해석을 위해 매우 발전되었으며, 주요 홍수조절 구조물의 설계에 이용되고 있음. 노르웨이에서는 댐 안전도 확보의 한 부분으로서 위험도 분석을 고려하도록 하는 새로운 규정들이 추가되어 발전되고 있음

- 스웨덴에서는 FMECA와 정량적인 해석기법을 사용하고 있으며, 미국에서는 연방 댐을 관리하는 주요 주체인 미개척국과 미공병단이 정량적인 위험도 해석기법을 기반으로 댐의 안정성을 평가하고 댐 재개발을 포함한 기후변화 영향을 저감하기 위한 대안 수립을 위해서 댐 위험도 해석 기법이 활용되고 있음
- 이탈리아의 도시 베니스는 Mose 프로젝트를 수립하여 2014년 완공 예정을 눈앞에 두고 있는데, 해마다 물에 잠기는 도시 베니스를 보호하기 위하여 총 78개의 커다란 수문을 바다속에 건설하여 기후변화로 인한 수면상승에 대비하는 효과를 갖고 있음
- 일본에서는 도쿄 스미다강과 오사카 지역의 요도강 유역에 슈퍼제방 건설을 통하여 기후변화에 따른 치수안전도를 강화하도록 함. 또한 도시하천의 치수안전도 강화를 위한 사이타마현의 수도권 외곽방수로를 건설



[그림 2-30] 일본의 슈퍼제방(국토해양부, 2010)



[그림 2-31] 일본의 수도권 외곽 방수로(국토해양부, 2010)

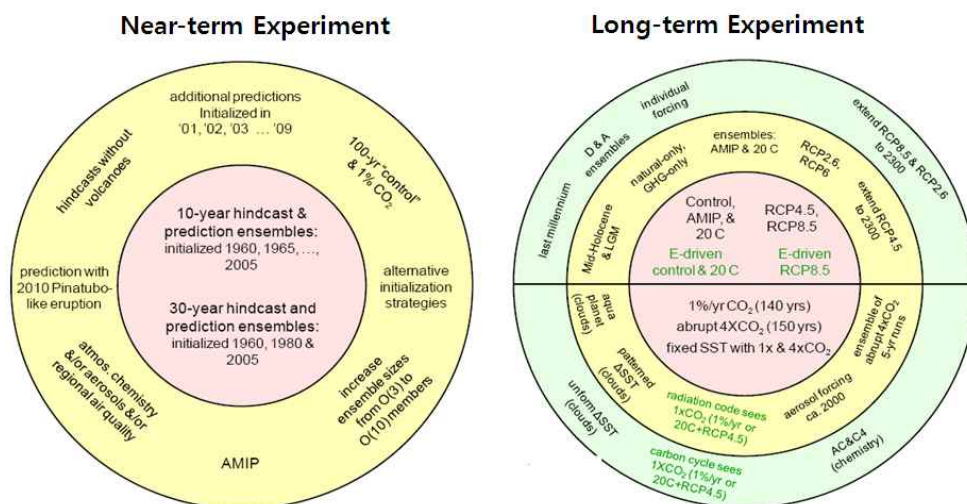
## □ 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술 동향

- 2013-2014년에 발간 예정인 IPCC 5차 기후변화 평가보고서를 위해 국제사회는 표준 온실가스 시나리오를 대표농도경로(RCP)로 선정하였음. RCP에 따른 지구의 기후변화 시나리오 산출을 위해 국제사업인 CMIP5 (The Phase Five of the Coupled Model Intercomparison Project)가 착수됨

[표 2-18] 대표농도경로(IPCC, 2007a)

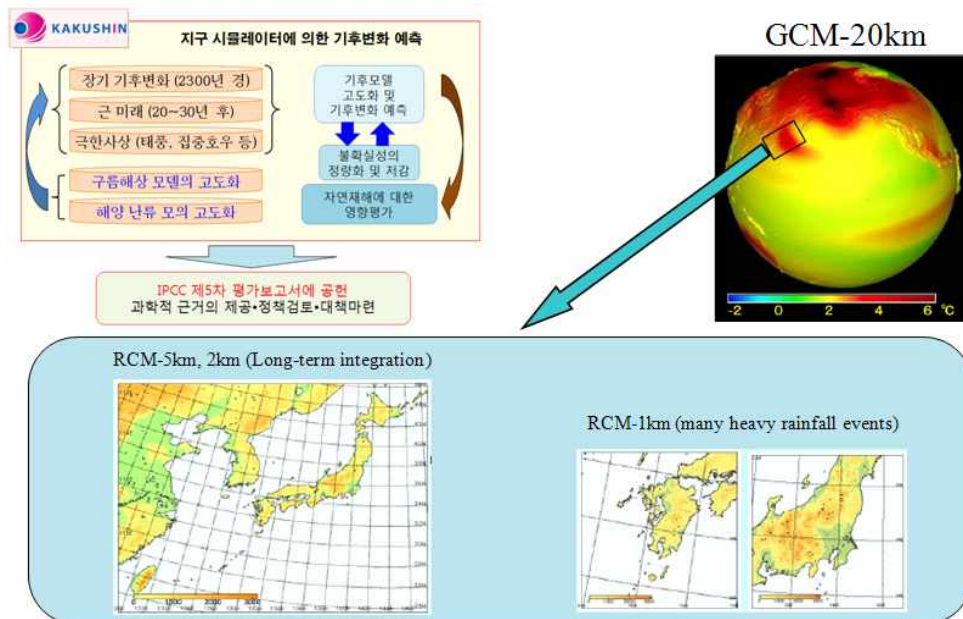
| 구분            | RCP8.5                        | RCP6.0                            | RCP4.5                       | RCP3.0-PD                             |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| 농도<br>(2100년) | $>8.5\text{W/m}^2$<br>in 2100 | $\sim 6.0\text{W/m}^2$<br>in 2100 | $4.5\text{W/m}^2$<br>in 2100 | peak $3.0\text{W/m}^2$<br>before 2100 |
| 상태            | rising                        | stabilization                     | stabilization                | decline after peak                    |

- CMIP5의 목표는 첫째는 기후모델이 최근 기후를 얼마나 현실적으로 모의하는지를 평가하는 것이며, 둘째는 미래기후변화 전망 자료를 제공하는 것인데, 단기(Near-term experiment, 약 2035년까지)와 장기(Long-term experiment, 2100년 이상)로 구분하여 자료를 생산함(Taylor et al., 2012). 각 실험은 모든 참여그룹이 필수적으로 수행하여야 할 핵심(core) 모의실험과 보다 깊은 이해를 위한 tier 1과 tier2 실험으로 구성되어 있음. 현재 CMIP5에서는 총 26개 기관에서 53개 GCM을 이용하여 실험에 참가하고 있음



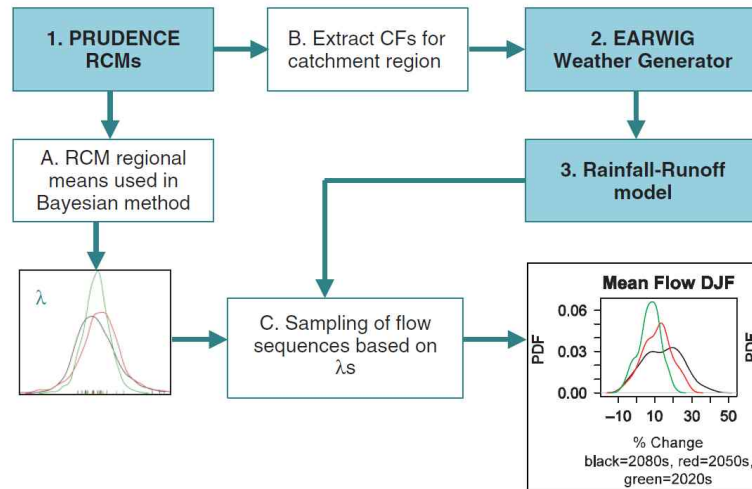
[그림 2-32] CMIP 5 실험계획

- 국내 기상청/국립기상연구소에서는 새로운 온실가스 배출시나리오인 RCP 시나리오(RCP8.5, RCP4.5)를 기반으로 전지구 대기-해양 결합모델인 HadGEM2-AO를 이용하여 약 135km 해상도의 전지구 기후변화 시나리오를 생산하였음. 이 시나리오를 지역기후모델 HadGEM3-RA를 이용하여 역학적으로 상세화(12.5km)하였음
- 일본은 지난 5년간(2006-2011) “21세기 기후변화예측 혁신 프로그램(KAKUSHIN)”을 통해, 전구 20km 해상도의 기후시나리오를 생산하고, 이를 역학적 상세화를 통해 최고 1km 해상도의 기후시나리오를 생산함으로써 자국의 집중호우 등 극한사상 분석에 활용하고 있음. 이 고해상도 시나리오는 재난 및 재해 영향평가에 활용되고 있음



[그림 2-33] 21세기 기후변화 예측 혁신 프로그램 개요 및 시나리오 생성 과정

- 미래 수자원 전망 결과는 온실가스배출시나리오, 기후모델링, 상세화, 유출모델링에 따른 상당한 불확실성을 포함하고 있음. 따라서 수자원 전망결과를 확률론적으로 제공하려는 시도가 연구되고 있음. 이러한 정보 제공방법은 의사결정자들이 정책결정이나 사업우선순위 도출에 유용한 정보로 활용되고 있음

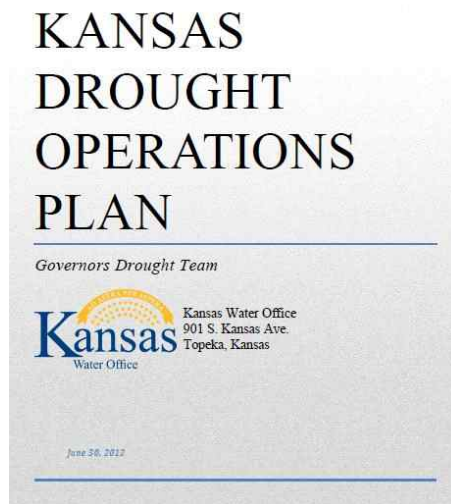


[그림 2-34] 확률적 수문 시나리오 생산과정(Fowler et al., 2007)

- 한편, 기후변화에 따른 이수분야 연구의 경우, 용수수요 추정, 회귀용수, 자연유량 산정 및 이수안전도 등의 물관리 요소에 대한 기후변화 영향 평가 관련 연구는 일부 진행되었으나, 국내 상용화된 모형개발은 저조하고 외국의 모형을 도입하여 단순 적용하는 사례가 대부분임
- 기후변화에 따른 수문현상의 변화를 모의할 수 있는 모형과 이에 따른 수자원 부존량 평가, 물수급 모의 및 평가를 위한 모형이 활발히 개발되고 있는 실정임. 특히 세계 각국에서는 자국의 실정에 맞는 수문모형과 물수지 예측모형을 결합하여 기후변화를 평가하고 있음
- 호주의 경우 2008년도부터 연방정부 차원에서 CEWH (Commonwealth Environmental Water Holder)라는 제도를 도입하였음. 이 제도의 주요내용은 호주의 주요 유역인 머레이-다알링(Murray-Darling) 유역의 물공급을 위하여 환경용수의 확보 및 우선권부여, 환경용수의 사용 등에 대한 것임. 환경용수를 꾸준히 비축하여 2012년 기준 1,433 GL (14.3억 m<sup>3</sup>)의 물을 확보하였음
- 호주는 4단계로 구분된 비축 환경용수 사용에 대한 프레임워크를 구축하여 실행하고 있음. 첫 번째는 총 이용가능한 물의 양을 평가하고, 두 번째는 지역별 최대의 이득이 될 수 있는 최적 유량을 산정하게 되며, 세 번째는 유역의 생태학적 조건에 따른 우선권을 결정함. 이러한 과정을 거쳐 최종적으로 당해년도 물이용에 대한 계획을 수립하여 실행

[그림 2-35] 비축된 환경용수의 사용 프레임워크

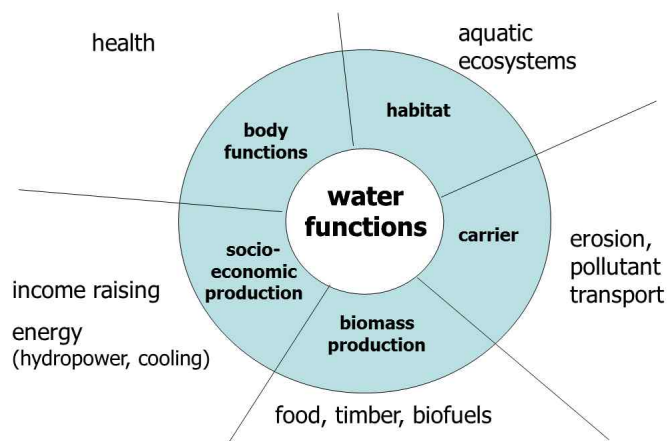
- 한편, 극치가뭍을 발생시키는 원인을 규명하기 위해서 기상, 기후학적 연구가 지속적으로 진행되고 있지만, 현재의 기술로는 강수량 및 기온과 같은 기상정보의 중, 장기 예측 및 전망을 통하여 극한가뭍을 전망하는 것이 가장 일반적인 방법으로 활용되고 있음
- 특히, 유역에서 발생 가능한 극치 가뭍시나리오의 개발을 위해서는 대부분 기후 변화 시나리오에 의존한 전망결과에 의존할 수 밖에 없는 실정이며, 과거 AR4에 기반한 극치 가뭍시나리오의 개발 및 가뭍우심지역의 연구는 많은 진척을 보인 상태임
- 그러나 고기후 자료와 AR5 기반의 기후 전망자료를 이용한 극한 가뭍시나리오의 개발은 시도되지 못하고 있으며, 기후변화의 불확실성을 포함한 가뭍평가에서도 많은 연구와 지속적인 투자가 필요한 실정임
- 극한 가뭍시나리오에 대비한 국가 비상대처계획의 수립에 대한 연구도 국토해양부 및 수자원공사를 중심으로 한 몇몇 물관리 기구와 중앙정부 차원(국토해양부, 환경부, 농림수산부, 기상청 및 방재청 등)에서만 제한적으로 수행되고 있기 때문에 범 정부차원의 국가계획과 함께, 가뭍 발생시에 비상용수 활용시설이 취약한 지역에 대한 Emergency Plan의 수립이 매우 절실한 상황임
- 미국의 경우에는 대부분의 주정부에서 극한 가뭍에 대비한 비상대응체계의 개발 및 수립이 완료된 상태이며, 중앙정부 및 관련기관별 가뭍대책이 마련되어 있는 실정임



[그림 2-36] Kansas 가뭄관리계획

#### □ 기후변화에 따른 유역관리 적응기술 동향

- 우리나라와 같이 담수자원의 의존도가 높은 경우, 약간의 기후변동에도 수자원에 심각한 피해가 발생할 수 있음. 또한, 수자원은 물순환에 의해 인간에서 수생태계에까지 다양한 경로를 통해 직접, 간접 영향을 미치고 있음. 이는 최근의 IPCC (2007b) 및 국내·외 기후변화 영향평가 관련 연구에서 다수 발표되었음



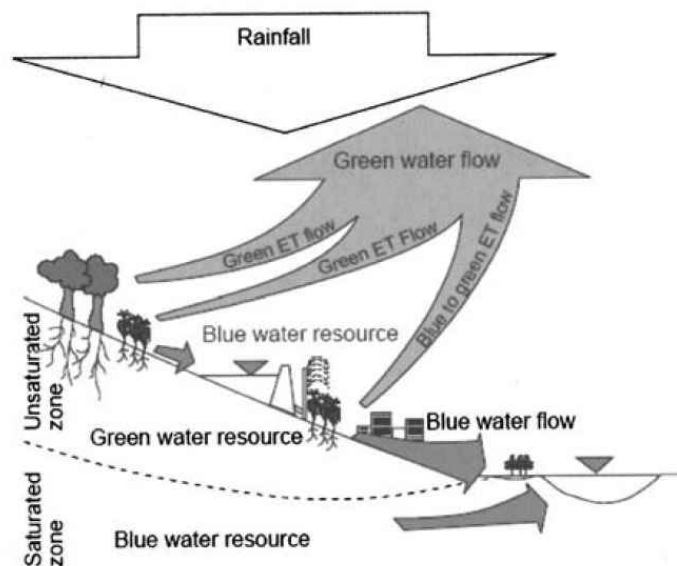
[그림 2-37] Parallel functions of water (Falkenmark, 2009)

- 미래 수자원 변동성은 물순환 체계 분석에 따른 각 수문요소의 추적을 통해 지표수와 지하수의 변화를 전망함으로서 유역의 잠재 수자원 개발과 계획에 활용될 수 있음. 이는 곧 용수이용의 안전도, 자립도와 연관되며 궁극적으로 유역의 물순환 건전성에 기인한다고 볼 수 있음

- 유역 물순환 건전성 평가는 관측자료 또는 수문모델링을 통해 증발산량, 지표, 중간, 기저 유출량을 분리하여 각 수문요소의 변동성을 평가하는 것이 핵심임. 예를 들면, 하늘에서 내리는 비나 눈은 두가지 형태로 저장되는데 하나는 토양과 식물에 흡수된 후 다시 대기로 돌아가는 Green Water이며, 또 하나는 하천, 호소, 습지 또는 지하수로 존재하는 Blue Water임

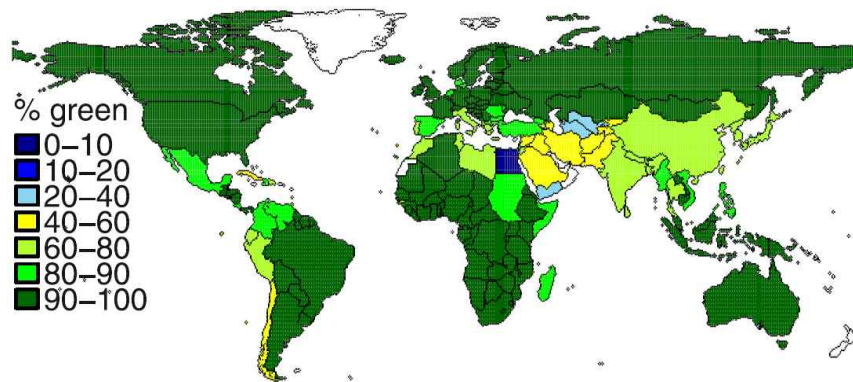
[표 2-19] Green-Blue Water의 특성 비교

| Type of water           | Blue                                       | Green                                                                               |
|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Sources                 | rivers, lakes, reservoirs, ponds, aquifers | water that is stored in the unsaturated soil and can be used for evapotranspiration |
| Mobility                | highly mobile                              | highly immobile                                                                     |
| Substitution of sources | possible                                   | impossible                                                                          |
| Competitive uses        | many                                       | few                                                                                 |
| Conveyance facilities   | required                                   | not required                                                                        |
| Cost of use             | high                                       | low                                                                                 |



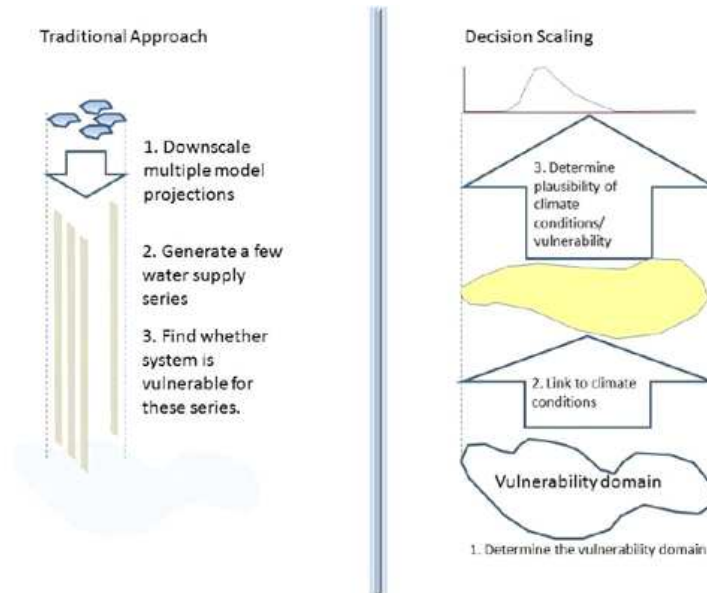
[그림 2-38] 수문모형을 이용한 유역 Green-Blue Water 평가 개념 (Falkenmark and Rockstrom, 2006)

- Rost et al.(2008)의 연구결과에 따르면, 우리나라의 Green Water는 전체 강수량의 60% 이상을 차지하면서도 우리가 취해서 사용할 수 있는 형태가 아니며, 강수량의 30% 남짓한 Blue Water가 우리가 취수하여 직접 사용할 수 있는 물이 됨. 그러나 Green Water도 식물의 성장에 이용되기 때문에 유역 물순환 건전성 평가에 중요한 지표로 활용 가능함



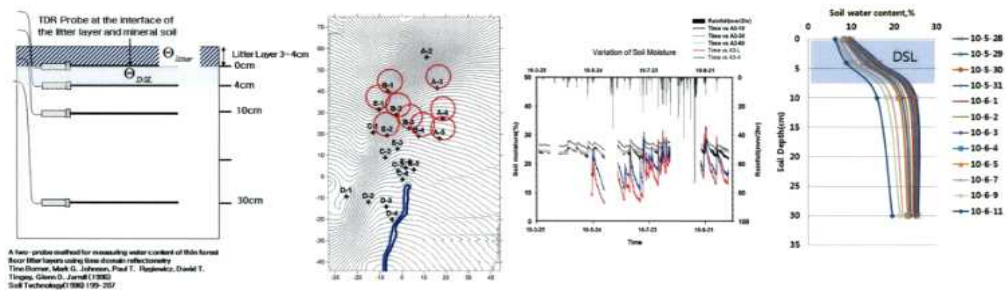
[그림 2-39] 국가별 Green Water의 비율: 우리나라 60~80%에 해당(Rost et al., 2008)

- 국내의 수자원 취약성 평가를 위한 시스템으로는 가뭄과 홍수에 국한되어 있으며, 기후변화를 고려한 미래 전망에 따른 수자원 취약성 평가시스템의 개발은 본 사업에서 처음으로 제안하는 연구사업임
- 미국의 경우 WRVAT (Water Resources Vulnerability Assessment)는 INTERA 주식회사와 미시시피 대학에서 개발한 GIS 기반의 취약성 평가 모듈로 ArcGIS 9.2를 플랫폼으로 활용함. WRVAT는 래스터계산, Shapefile 조작, 파일 전환, 수문 분석, 밀도 계산, D/B 테이블 관리 등의 기능이 있으며 고유의 취약점과 외부 취약점을 고려함
- Cunderlik and Simonovic(2004)에 의해 제안된 가역접근법(Inverse approach)는 기후변화 영향평가 연구 과정 중 GCM의 출력과 상세화 시에 발생하는 불확실성에 대응하는데 목적이 있음. 연구대상 지역의 한계지표(홍수량, 가뭄 등)로부터 기후(최대 일강우, 월강우 등), 그에 따른 재현빈도 곡선을 작성하여, 마지막으로 통합적인 평가도구(물수급, 홍수, 가뭄 등의 수문영향평가)를 이용하여 새로운 유역 관리 가이드라인의 설정을 위한 기초자료를 생성함. 각 시나리오마다 모형 운영이 필요하지 않고, 연구대상 지역의 한계지표가 각 시나리오에서 갖는 빈도만 확인하면 모든 과정의 계산이 가능함
- 한편, 기후변화에 의해 발생하는 불확실성을 고려한 의사결정기법 중 확률로부터 불확실성이 정량화 될 수 없다는 가정 하에 로버스트(robustness)를 활용한 의사결정기법의 연구가 증가하고 있음. 그 중 RDM (Robust Decision Making)은 기후변화를 반영한 장기적인 정책의 분석을 위하여 RAND(2003)에 의해 개발된 기법으로, 다양한 미래 기상 시나리오를 적용하여 낮은 후회도(regret)을 갖는 후보전략을 선정한 뒤 대안의 성능인자에 민감하게 영향을 미치는 불확실성의 요소를 파악하여 적용한 시나리오를 검토하고 대안을 업데이트해서 일정 수준까지 시나리오 변화에 둔감한 대안을 찾는 과정 전반의 의사결정 기법임



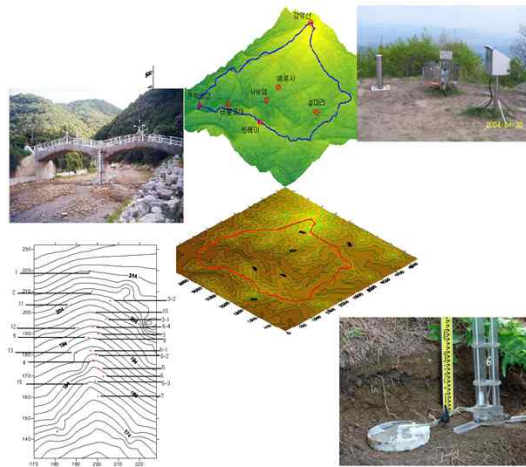
[그림 2-40] Steps in decision scaling (Brown et al., 2010)

- 국내 유역 토양수분 변동성과 관련된 연구는 극히 제한적으로 이루어져 왔음. 수자원프론티어사업(2001-2011)에서 Hydro Korea팀에서 산림지역의 증발산량과 사면을 따르는 토양수분을 장기계측하여 체계적으로 분석한 것이 의미있는 연구로 평가됨



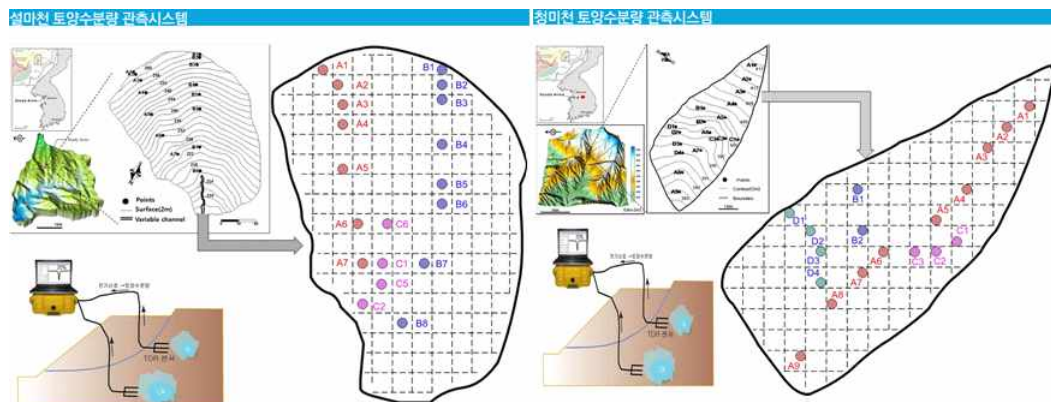
[그림 2-41] 낙엽층, 표면토양수분측정 개념도와 측정 시계열자료 및 수직적 거동 (교육과학기술부, 2011)

- 한국건설기술연구원의 “건강한 물순환 체계 구축을 위한 유역진단기법개발연구 (2006)”에서는 토양수분에 대한 정밀측정 자료가 있는 설마천 유역 범륜사 사면에 대하여 분포형 수문모형의 토양수분 해석 능력을 평가하였음. 시험유역의 토양수분자료는 과기부와 건설교통부의 21세기 프론티어 연구사업으로 수행중인 수자원의 지속적 확보기술 개발사업단의 연구과제에서 수행된 결과를 이용함



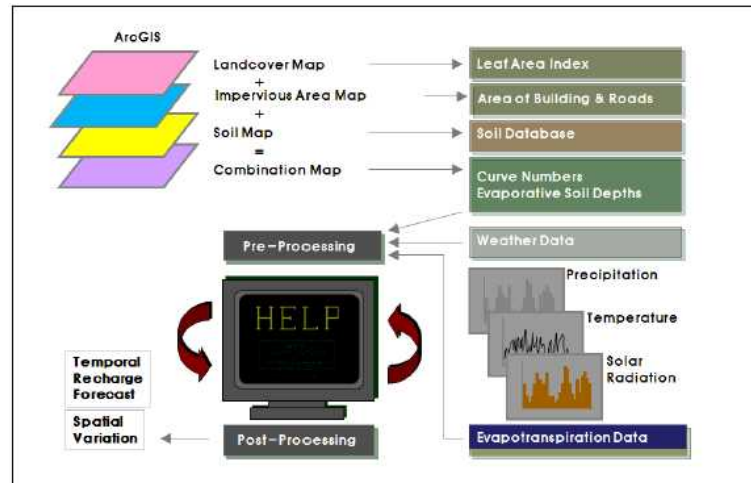
[그림 2-42] 설마천 토양수분 측정(한국건설기술연구원, 2006)

- 국토해양부의 유량조사사업단은 유량조사보고서(2009)에서 현장 측정이 어려운 토양수분의 지속적인 측정을 통해 유역의 토양수분량의 계절 및 경년 변동 특성을 강우, 유출 등의 수문학적 및 지형적 특성과 연계하여 수자원 변동양상을 파악하는 기초자료로 활용 가능성을 제시함



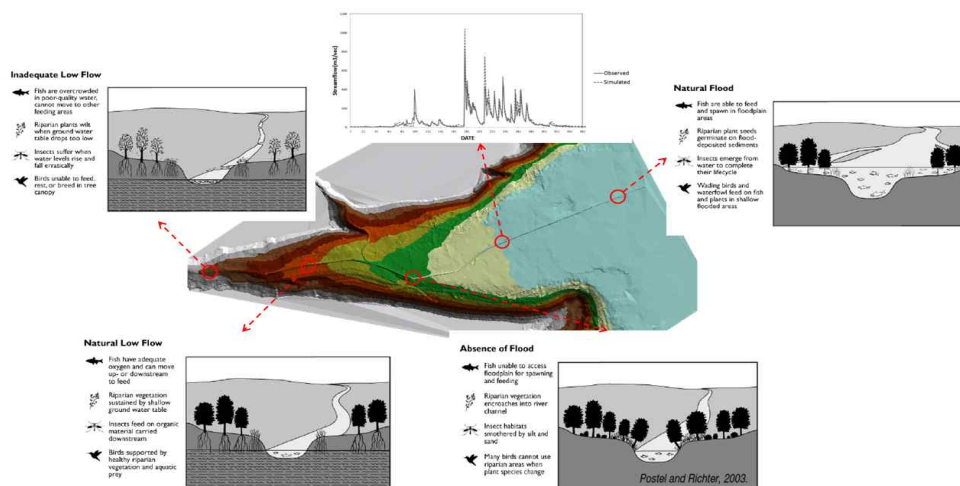
[그림 2-43] 설마천과 청마천 토양수분량 관측시스템(국토해양부, 2009)

- 2009년 한국환경정책평가연구원에서는 기후변화와 연동된 방식 및 지리정보를 활용하는 방식으로 지하수 함양량 산정기법을 개발하였음. 지하수 함양량 산정 모델인 HELP3를 이용하여 기후자료 및 유출곡선지수를 기본 입력자료로 수용하고, 최소 공간해상도별 유출곡선지수 및 기후변화자료를 연동하여 입력하는 방식으로 지하수 함양량을 최종 산정하였음. 산정된 지하수 함양량을 바탕으로 지리정보시스템을 활용하여 도면화하고 강수량 및 지하수 함양량을 바탕으로 지하수 이용가능량을 산정한 바 있음



[그림 2-44] 지하수 함양량 산정을 위한 HELP3 모델흐름도(한국환경정책평가연구원, 2009)

- 미공병단수자원연구소(Hydrologic Engineering Center)에서 제공한 HEC-EFM은 생태계 함수모형(Ecosystem Function Model)으로서 현재의 생태조건을 시각화하고, 복원 가능 장소를 나타내어 줌으로서 생태계의 상대적 변화에 따른 대안들을 평가하고 등급을 부여하기 위해서 개발됨. HEC-EFM은 생태계와 연결하는 4가지(유량과 수위의 시계열자료와 계절, 흐름빈도, 기간, 변화속도) 분석방법이 있음

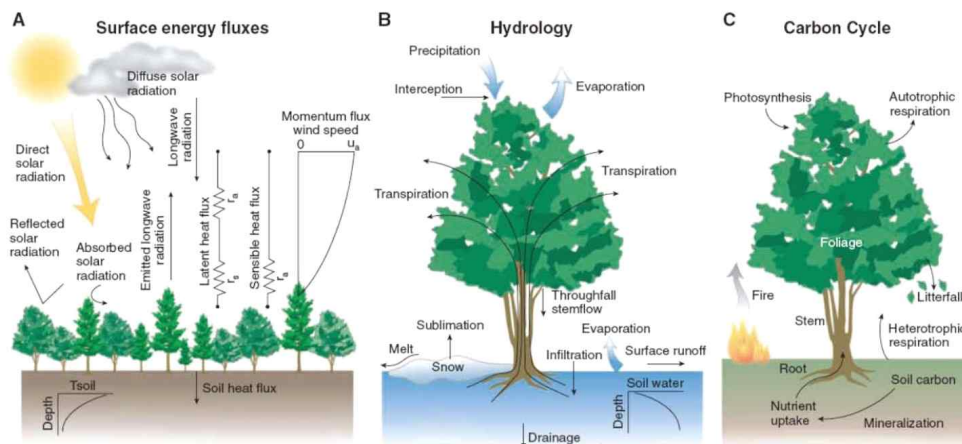


[그림 2-45] 유역 토양침식방지 및 생태복원 분석도

- 토사유출의 예측과 관련하여 특정 계측지점에서 측정된 자료를 활용한 유량-유사량 관계곡선의 개발 및 토사유출량 산정, 개정범용토양손실공식의 국내 적용성 검토 등과 같은 연구가 진행되고 있으며, 탁수 발생의 원인분석 및 발생예측을 위한 기술은 활발히 진행되고 있으나 예측 정확성의 문제 및 탁수 개선을 위한 대책 제시는 미흡한 실정임

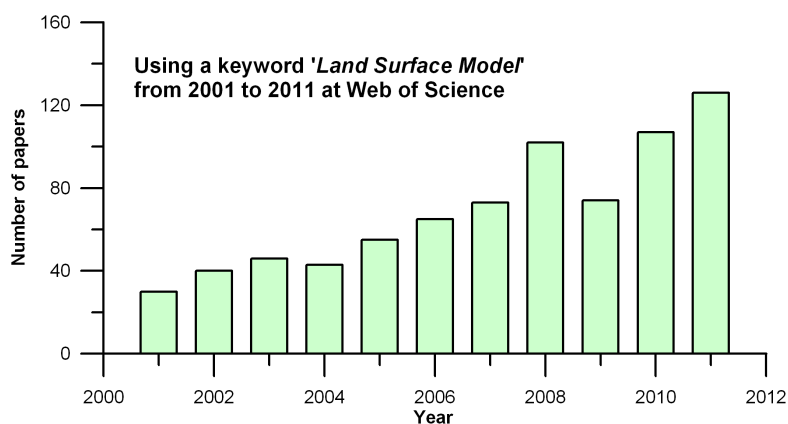
## □ 기후변화 수자원산업 적응기술 동향

- 지표수문해석모델(Land surface model, LSM)은 에너지수지, 물수지, 탄소순환을 포함하는 지표수문과 대기순환의 연계과정을 규명하기 위해 개발되어 왔음. 최근에는 원격탐사(Remote sensing) 및 지형정보시스템(GIS) 기술의 발달로 인해 LSM의 활용성이 증가되고 있으며, 대규모유역 및 전구 기후변화 영향평가, 실시간 글로벌 수자원 가용량 평가, 계절 가뭄 예측, 글로벌 가상수(virtual water) 이동 평가 등 활용성이 증가하고 있음



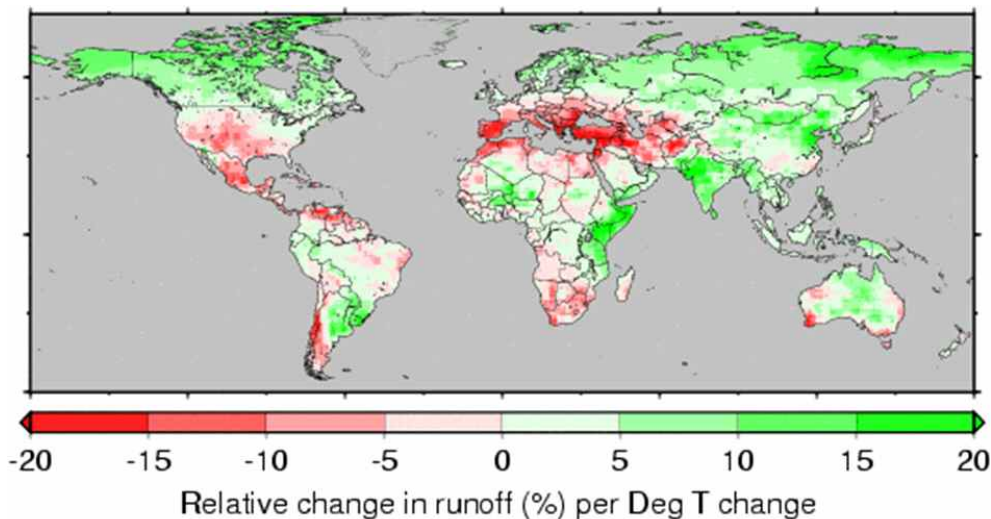
[그림 2-46] 지표수문해석, A 지표에너지플럭스, B 수문순환, C 탄소순환 (Mariotti, 2012)

- LSM 연구에 대한 필요성과 관심은 최근 발표된 논문편수의 변화를 통해서 확인할 수 있는데, 2001년 30편이던 논문수가 2011년에는 126편으로 10년 사이 논문수가 4배 이상 증가되었음. 특히 초기에는 LSM의 모델 개발 및 적용성 평가 위주의 연구에서 최근에는 LSM 모델간 성능 비교평가 및 LSM 모델을 활용한 응용연구(통합수자원관리, 기후변화, 계절예측, 농업생산력 등)가 두드러지고 있음



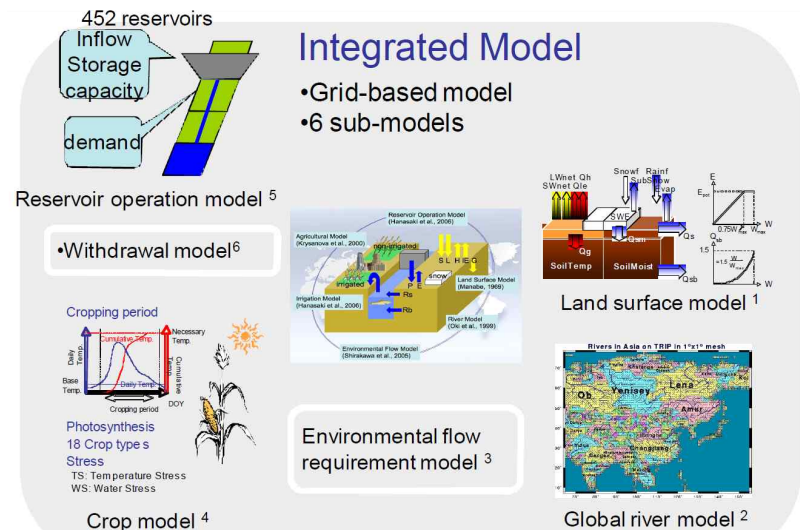
[그림 2-47] 최근 10년간의 Land surface model 관련 논문편수의 변화(ISI Web of Science, 2012)

- LSM은 기후모델 결과를 활용하여 전구(대규모지역) 지표수문을 해석함으로써 체계적이고 일관성 있는 수자원 가용량의 시공간 변화를 해석할 수 있음. Lettenmaier et al. (2011)은 Variable Infiltration Capacity (VIC) 모델을 이용하여 기온 변화에 따른 글로벌 지표수자원의 민감도를 분석하였음. 이러한 연구는 예상되는 지구온난화에 효과적으로 대응하기 위한 취약지역 선정 및 공간적 수자원변동에 따른 국가간 물이동 예측 및 곡물생산량 변화 예측 등에 다양하게 활용될 수 있음



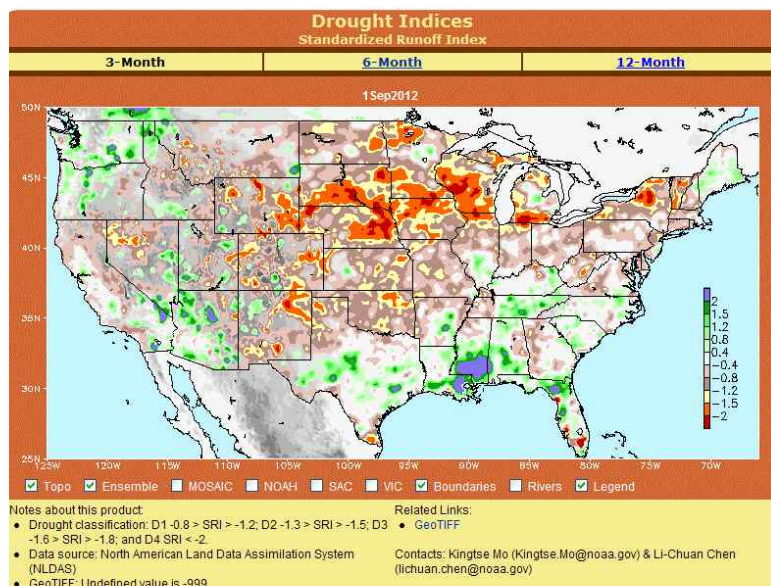
[그림 2-48] 기온증가에 따른 연유출량의 상대적 변화 (Lettenmaier et al., 2011)

- 도쿄대학의 Global Hydrology and Water Resources Engineering (GHWRE)에서는 Isotope-Minimal Advanced Treatments of Surface Interaction and Runoff (Iso-MATSIRO) 모델을 이용하여 공간해상도 1 degree (약 100km) 수준의 전구 수자원 가용량을 실시간으로 제공하고 있으며, 동시에 3일후의 수자원 가용량 예측정보도 제공하고 있음
- 도쿄대학 GHWRE에서는 기후변화에 따른 글로벌 수자원 영향평가를 위해 전구 통합수자원모델(Global Integrated Water Resources Model)을 개발하고 있음. 전구통합수자원모델은 LSM, 18개 곡물종류를 고려할 수 있는 Crop model, 저수지 운영모델, 하천하도추적모델을 포함하고 있어 다양한 분야에 활용할 수 있는 기후변화 영향평가결과를 제시할 수 있을 것으로 전망됨



[그림 2-49] Global Intergrated Water Resources Model(Taikan Oki, University of Tokyo)

- 미국 기상청의 기후예보센터는 4개의 LSM을 이용하여 미국전역에 대한 수문순환을 해석하고, 이를 바탕으로 표준화된 유출 가뭄지수(Standized Runoff Index)를 평가해 가뭄예보에 활용하고 있음. 또한, 4개 LSM 결과의 양상블도 제공함으로써 모델간의 구조적 불확실성을 정량화하려고 시도하고 있음



[그림 2-50] 미국 CPC의 표준유출지수를 이용한 가뭄예보 및 유출량 정보

- 한편, 한국수자원공사(1994)에 의해 수행된 “북한 수자원 현황 및 개발 동향” 연구는 관련 분야에서 처음 실시되었던 것으로, 기 출판된 도서, 보고서, 잡지와 보도자료 등에 산재되어있던 북한 수자원 관련 자료들을 수집하고 체계적으로 정리하여 북한 수자원에 관한 개황을 보여주는 것이 주 목적이었음
- 이 연구에서 수행한 주요 연구 내용은 북한 수자원의 현황 및 개발동향 조사, 북

한의 수자원 관리기구 및 제도 조사, 남·북한 수자원 기술 교류방안 제시, 접경 지역 하천의 공동개발 방안 등이었음

- 한국과학기술단체총연합회(1996)에서 한국수자원공사에 연구를 의뢰하여 수행된 “남북한 수자원 비교평가 연구”는 “북한 수자원 현황 및 개발 동향(1994)” 연구의 성과를 바탕으로 주로 북한 하천유역의 강우, 유출 특성, 하천 형태, 수자원 부존량 및 수자원 개발 현황 등을 체계적으로 정리 및 분석하고, 원격탐사 및 지리정보시스템 기법을 이용하여 실제 자료의 취득이 어려운 부분의 분석을 간접적으로 수행하였음
- 한국수자원공사에서 2003년에 수행했던 “북한 수자원 산업의 전망과 참여방안 연구”에서는 기존의 연구성과를 토대로 좀더 체계적이고 구체적인 자료의 수집, 정리 및 분석을 통해 북한 수자원 산업을 전망하고, 북한 수자원 산업에 참여할 수 있는 방안을 제시하였음. 특히, 현재 북한 경제 상황에 대한 분석과 수자원 현황에 대한 조사를 통해 수자원 분야에서 장래 필요한 분야를 검토하며, 현재 북한 수자원 기술수준과 북한 수자원 산업 경제의 현황 분석 및 전망을 통해 북한 수자원 사업의 수행 우선순위를 설정하고, 북한 수자원 사업에의 구체적인 참여방법을 검토 및 제시한 바 있음
- 또한, 북한의 일반현황과 하천유역의 특성조사 및 정리, 북한의 주요 수자원 시설 현황, 북한의 수자원 현황과 용수수급 전망, 북한의 수자원 관련 정책과 기술수준, 북한 수자원 산업의 현황 및 전망, 북한 수자원 사업의 수행 우선순위 설정, 북한 수자원 사업에의 참여방법 및 추진전략 수립 등에 대해 다각도의 연구를 수행한 바 있음
- 국토해양부에서 5년 또는 10년 주기로 수립하는 수자원장기종합계획에서도 최근에는 가상수를 고려한 용수평가를 시도한 바 있으며, 장기적으로 가상수를 고려한 실제 정책수립이 심각하게 고려되어야 할 것으로 기대되고 있음
- Chapagain and Hoekstra(2004)은 전 세계 주요 국가별로 농축산물 품목별 가상수 소비량을 산정한 후, 국가별 전체 가상수량을 계산하였음. 국가별 가상수량의 계산을 위해서는 해당 국가의 농축산물 품목별 가상수 소비량의 산정이 매우 중요하며, 전체 가상수량은 이들 값의 변화에 전적으로 의존하게 됨
- 안재현 등(2010)은 다음 표와 같이 농축산물 및 공산품의 총 수출입 가상수량을 산정하였음. 2007년의 가상수량은 약 400억 $\text{m}^3$  정도로 산정되었으며, 이는 우리나라 연평균 물 사용량 345억 $\text{m}^3$  보다 큰 값임. 만약 이 수치를 토대로 우리나라

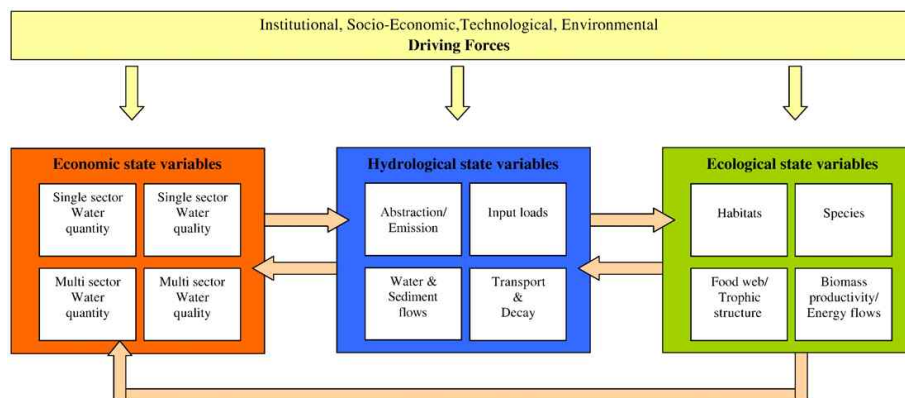
수자원정책을 수립하고자 한다면 부문별, 지역별 물 공급뿐만 아니라 수자원정책의 전반적인 재검토가 이뤄져야 할 것으로 예상되고 있음

[표 2-20] 한국의 가상수량

| Item                | 1992-2007 (10 <sup>8</sup> ton/yr) |        |            | 2007(10 <sup>8</sup> ton/yr) |        |            |
|---------------------|------------------------------------|--------|------------|------------------------------|--------|------------|
|                     | Import                             | Export | Net Import | Import                       | Export | Net Import |
| Crop                | 287.6                              | 16.8   | 270.8      | 337.4                        | 21.6   | 315.8      |
| Livestock           | 66.7                               | 9.1    | 57.6       | 107.5                        | 8.9    | 98.6       |
| Industrial products | 19.6                               | 27.4   | -7.8       | 40.8                         | 58.5   | -17.7      |
| Total               | 373.9                              | 53.3   | 320.6      | 485.7                        | 89     | 396.7      |

- Hoekstra & Chapagain(2007)은 물 발자국 산정방식을 이용하여 1997년부터 2001년까지의 농축산물, 공산품 관련 전 세계 물 발자국을 계산한 결과, 매년 72조 5천억m<sup>3</sup>이라는 결과를 도출하였음. 전 세계 일인당 평균 물 발자국은 1,240 m<sup>3</sup>으로 나타났으며, 세계에서 물 발자국이 가장 큰 국가는 인도로서 매년 9조 8천억m<sup>3</sup>을 기록하였고 인구 1인당 물 발자국이 가장 큰 국가는 미국으로 매년 1인당 2,480m<sup>3</sup>을 기록하였음
- 우리나라의 총 물 발자국은 550억m<sup>3</sup>이고 세계 총 물 발자국 72조 5천억m<sup>3</sup>의 약 0.75%임. 특히 1인당 물 발자국은 1,179m<sup>3</sup>/인/년으로 이것은 세계 평균을 밑도는 수준으로 일본, 인도, 남아프리카공화국과 비슷함. 1인당 물 발자국 양이 큰 미국, 그리스, 이탈리아 등과 비교하면 낮지만 경제성장과 소득증대 등으로 인한 물 수요 증가는 1인당 물 발자국 증가로 이어질 가능성이 높은 것으로 평가되고 있음
- 한편, 공공재의 사회경제적 가치평가를 위한 연구로는 미국 해양대기관리청(NOAA)에서 비시장재화의 가치 추정방법으로 이용되는 조건부가치추정법(Contingency Valuation Method, CVM)을 적용하여 미국 기상서비스의 사회경제적 가치를 평가하였음. 국내에서도 기상청이 동일한 방법을 적용하여 국가 기상서비스 이용에 따른 직간접적 경제유발효과를 추정한 결과 약 55,000억의 경제적 가치가 있음을 도출하였으며, 이는 기상청 예산대비 17배가 넘는 가치라고 분석하였음
- 2012년 국토해양부는 수자원 측면에서 갈수기에 내린 봄강수(3월 20일부터 4월 2일)로 인한 경제적 효과가 약 260억 이상이라고 추정하였음. 이는 용수공급에 따른 이익(124억)과 수력발전에 따른 편익(140억)을 합하여 산정한 것으로, 하천 유지유량 공급으로 인한 하천생태계, 하천경관, 하천수질 개선 및 영농기 농업용수의 안정적 공급 등에 따른 간접적인 경제효과는 고려하지 않았음

- 최근에는 기후변화로 인한 물공급 변화와 인구증가 및 경제성장에 따른 물소비량의 변화를 고려할 수 있는 통합수자원경제모델 개발에 대한 연구가 진행되고 있음. 이러한 모델은 주어진 수문기상과 환경조건하에서 식량생산과 에너지(수력발전)생산을 극대화하는 배분전략을 수립하는데 이용될 수 있음. 또한, 수자원 정책 변화에 따른 사회경제적 가치의 변화도 평가할 수 있음. 일례로, Gurluk and Ward (2009)는 수문경제모델을 이용하여 EU Water Framework Directive (WFD) 정책에 부합하는 기후변화 적응 전략을 개발하려는 연구를 수행하였음
- Water-Food-Energy 연계 해석을 위한 연구로 용수사용량과 식량생산량의 관계를 분석하는 연구들이 진행되어 왔음. 이 연구에서는 단위용수 사용 증가에 따른 식량생산 증가함수를 이용하여 용수증감에 따른 식량생산의 변화를 추정함. 동일한 방법으로 물과 수력에너지 생산량 관계, 물이동 및 취수에 따른 에너지 소비율을 추정할 수 있음



[그림 2-51] 통합수문경제모델 개념 (Brouwer and Hofkes, 2008)

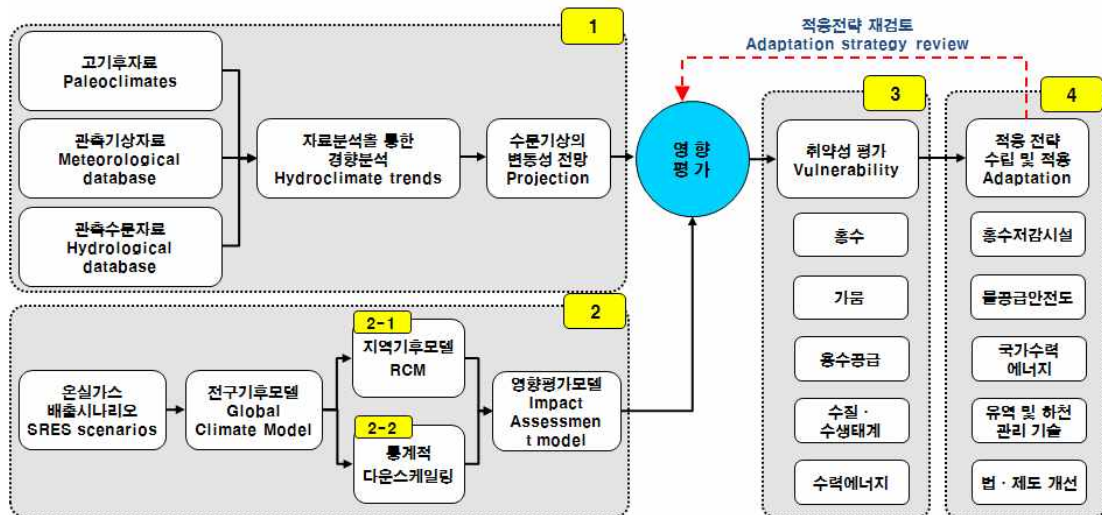
- 물소비자의 수자원에 대한 지불의사가치는 극한사상 발생시(예, 가뭄) 변하게 되므로 제한급수시 수자원에 대한 가치에 대한 연구가 해외에서 꾸준히 진행되어 왔음. 미국 캘리포니아 주에서의 연구에 따르면 수자원 감소량에 대한 피해를 피하기 위해 지역 주민들은 매달 약 \$17을 지불할 의사가 있는 것으로 조사됨

## 4절 종합분석

### 1. 기존 기술(연구)과의 차별성

- 본 연구에서 추진하는 “기후변화에 따른 수자원 적응전략 수립 연구”와 기존 연구와의 차별성을 분석하기 위해 기존에 수행되었거나, 현재 추진 중인 국가연구개발 과제의 주요 연구내용을 파악하였음

- 통상 기후변화에 따른 수자원 분야의 영향평가, 취약성 분석 및 적응전략 수립 절차는 아래 [그림 2-52]와 같음



[그림 2-52] 기후변화에 따른 수자원 영향, 취약성, 적응전략 수립 체계

- 2000년 이후 국내에서 추진된 기후변화 관련 수자원 분야의 주요 추진사업은 아래 [표 2-21]과 같음. 기존 사업의 적용분야는 SRES AR4기반의 홍수 및 가뭄에 대한 영향평가가 주를 이루며, 일부 취약성 평가를 고려하였음
- 각 사업의 주요 연구내용 및 연구성과는 [표 2-22]에 제시하였으며, 비교란에 [그림 2-52]의 해당단계를 표시하였음

[표 2-21] 기존 연구의 적용분야 및 적용범위 비교

| 과제명                  | 적용분야           | 기후변화                       |    |       |       | 기타<br>(주요 이슈)                |
|----------------------|----------------|----------------------------|----|-------|-------|------------------------------|
|                      |                | 시나리오                       | 영향 | 취약성   | 적응대책  |                              |
| 수자원의 지속적 확보기술개발사업    | 홍수, 가뭄         | A2, A1B, B1                | 고려 | 일부 고려 | 단순 제시 | 극치사상 반영<br>한계점 발생            |
| 이상기후 대비 시설기준 연구단     | 홍수, 내풍         | A2                         | 고려 | 일부 고려 |       | 홍수 및 내풍에<br>한정               |
| 기후변화 대비 국가 물안보 확보방안  | 홍수, 용수공급       | A2                         | 고려 | -     | -     | 극치사상 반영<br>한계점 발생<br>불확실성 제시 |
| 기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 | 홍수, 가뭄<br>용수공급 | A2, A1B, B1<br>RCP8.5, 4.5 | 고려 | 일부 고려 | -     | 영향 평가에<br>초점을 맞춘 연구<br>수행    |
| 차세대 홍수방어기술개발 연구단     | 홍수             | -                          | -  | -     | -     | 기후변화 미반영                     |

[표 2-22] 본 사업의 선행연구 주요 내용 및 성과

| 유사과제명                                       | 주요 연구내용                                                                                                                                                                                                                                 | 주요 연구성과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 비고                                                                                                        |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 수자원의<br>지속적<br>확보기술개발<br>사업단<br>(2001~2011) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수자원 영향평가를 위한 한반도 기후변화 시나리오 구축</li> <li>- 관측자료에 의한 기후변화 수자원영향의 통계적 평가</li> <li>- 장기유출분석 체계 구축 및 수자원 영향·취약성 평가</li> <li>- 기후변화분석을 위한 용설모형 구축</li> <li>- 기후변화에 따른 수자원관리기법 개발</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후모형의 불확실성 분석을 통한 기후 모사 능력 평가</li> <li>• 동아시아영역(60×60km) 기후시나리오 생산</li> <li>• 한반도영역(20×20km) 고해상도 기후시나리오 생산</li> <li>• 신뢰성 있는 장기유출분석 체계 구축</li> <li>• 139개 유역별 A2/B2 시나리오에 따른 수문시나리오 생산</li> <li>• 기후시나리오를 이용한 수자원의 시공간 변동성 분석기법 개발</li> <li>• RS와 GIS를 이용한 적설면적감소곡선 산정 기법 개발</li> </ul>                                                                            | <div>2-1</div> <div>2-1</div> <div>2-1</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>2</div>          |
|                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 앙상블 기후변화 시나리오 생산 및 기후변화 전망</li> <li>- 시공간 상관성을 고려한 일기산출기 개발</li> <li>- 기후변화에 의한 수자원 영향 평가 및 취약성 평가</li> <li>- 기후변화에 의한 식생변화를 고려한 수문예측 기술 개발</li> <li>- 관측자료에 의한 기후변화 수자원 영향의 통계적 평가</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 남한지역의 3×13×8개의 앙상블 기후 및 수문 시나리오 생산</li> <li>• 시공간 상관성을 고려한 일기산출기 개발</li> <li>• MME 기법을 이용한 국가 수자원 영향 평가</li> <li>• 홍수·가뭄 취약성 평가기법 개발 및 평가</li> <li>• 기후변화에 따른 식생분포의 변화기법 개발</li> <li>• 통계적 기법을 이용한 국내 강수량 예측 모형 개발</li> <li>• 기후변화에 따른 수자원분야의 사회경제적 영향평가기법 개발</li> <li>• 기후변화에 따른 수자원 분야의 적응 전략 방안 제시</li> </ul>                                                    | <div>2</div> <div>2-2</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>4</div> |
| 이상기후<br>대비 시설<br>기준연구단<br>(2005~2010)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이상홍수대비 수공구조물 설계기준 개선</li> <li>- 이상기상대비 내풍설계기준 정비 및 개발</li> </ul>                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 과거 극한홍수 특성 분석을 통한 설계기준제정 기반 구축</li> <li>• 과거 역사기록 및 간접자료의 D/B구축</li> <li>• 기후모형, 이상강우, 비정상성을 고려한 확률강우량 산정</li> <li>• 홍수 재해 취약성 분석 시스템 개발</li> <li>• 이상홍수 빈도해석 프로그램 개발</li> <li>• 설계빈도 설정을 위한 경제성 분석</li> <li>• GIS 기반의 선택적 홍수방어 의사결정 지원 시스템 구축</li> <li>• 수자원장기종합계획 및 부산광역시 치수위험도 분석 적용</li> <li>• 월류대응제방 설계지침 개발 및 기준화</li> <li>• 강변 저류지 설계 지침 개발 및 기준화</li> </ul> | <div>1</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>2</div>                                          |
| 기후변화<br>대비 국가<br>물안보<br>확보방안<br>(2007~2011) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고해상도 RCM 자료의 수문학적 적용성 검토</li> <li>- RCM 자료의 수문학적 활용을 위한 추계학적 축소기술 개발</li> <li>- 기후변화가 한반도의 수문기상학적 특성에 미치는 영향평가</li> </ul>                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 관측된 수문기상자료를 이용한 경향성 평가</li> <li>• RCM 시나리오의 분석 및 HBN Model을 이용한 불확실성 정량화 방안 도출</li> <li>• 비정상성 Markov Chain 모형 개발을 통한 일강수량 발생</li> <li>• 미래 확률강우량 산정 및 가뭄의 공간적 특</li> </ul>                                                                                                                                                                                         | <div>1</div> <div>2-1</div> <div>2-2</div> <div>2</div>                                                   |

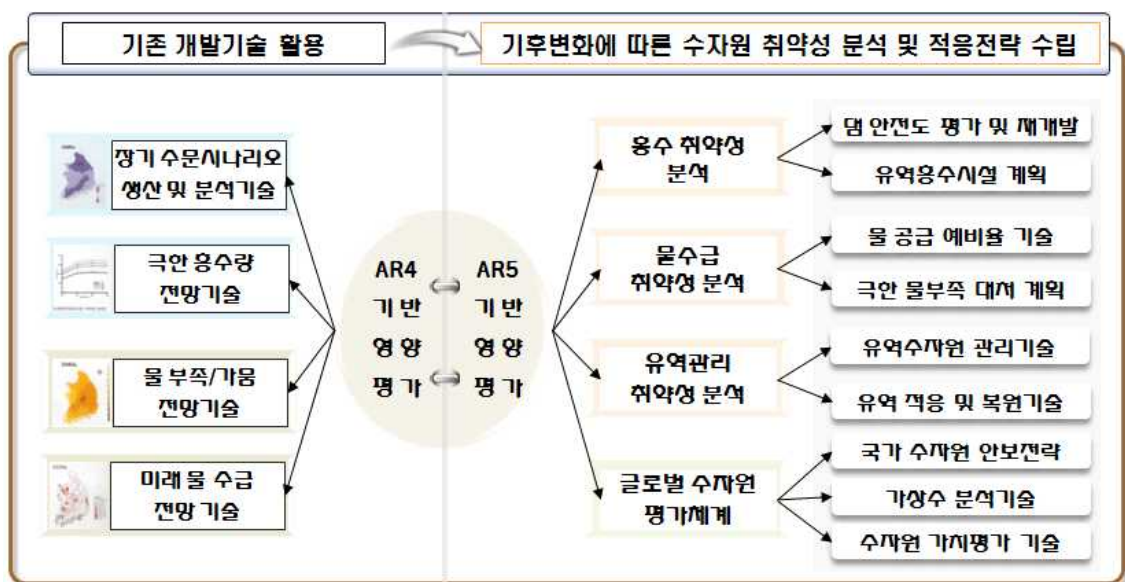
| 유사과제명                                | 주요 연구내용                                                                                                                                                                                       | 주요 연구성과                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 비고                                                                                                                     |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 준분포형 수문모형을 이용한 유출해석</li> <li>- 기후변화를 고려한 극한홍수 해석 기술 개발</li> </ul>                                                                                    | 성 비교<br>• 강우-유출모형(SLURP)을 이용한 미래 유황 변화 분석<br>• 카오스적 분해기법을 이용한 시단위 강수량 생산 기술 개발<br>• 시단위 강수량을 기반으로 한강유역의 미래 홍수량 산정                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <div>2</div> <div>2-2</div> <div>2</div>                                                                               |
| 기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 연구단 (2009~2012) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화에 따른 수문변동 전망 기술 개발</li> <li>- 기후변화에 의한 극치수문량 전망기술 개발</li> <li>- 기후변화를 고려한 물순환 및 물수급 정량화 기술 개발</li> <li>- 기후변화를 고려한 경제성 평가 및 수자원 정책 수립</li> </ul> | • 남한지역 표준 수문·기상 시나리오(AR4, AR5)<br>• 유역별 비시나리오 기반 중단기 수문전망 자료<br>• 상세화(인공신경망과 Random cascade모형의 합성모형)모형<br>• 지역별 극한 홍수량 전망 및 프로그램 개발<br>• 극한가뭄 발생시의 수자원량 및 건천화 전망 정보<br>• 비정상성 빈도 해석 프로그램 및 불확실성 분석 기법 개발<br>• 한국형 수문모형 프로그램 및 분석결과 기술 보고서<br>• 권역별 미래 물수급 전망 지도<br>• 기후변화 시나리오의 불확실성 정량화 및 저감 기술<br>• 기후변화에 따른 시설물의 위험도 정량화<br>• 물관련 법안 및 제도안 가이드라인, 수자원 정책 로드맵<br>• 기후변화에 따른 수자원 영향의 사회·경제적 비용 추정 및 국가정책 가이드라인 | <div>2</div> <div>1</div> <div>2-2</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>4</div> <div>4</div> |
| 차세대 홍수방어기술 개발 연구단 (2008-2013)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- IT/ST를 활용한 차세대 홍수에 보기술</li> <li>- 치수능력 증대기술</li> <li>- 미래 통합 유역홍수 대응기술</li> <li>- 국가 홍수 관리시스템 구축기술</li> </ul>                                        | • 유역홍수 대응 최적 기술 개발<br>• 수공구조물 붕괴에 의한 극한 홍수 관리 기술개발<br>• 미래 환경 변화에 따른 홍수대응기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                        |

- 현재까지 진행된 기후변화 관련 연구의 대부분은 기후시나리오 생산과 수자원 분야의 영향평가에 초점이 맞춰져 있으며, 기후변화에 따른 수자원 적응 전략 수립 연구는 전무함
- 본 연구에서 추진하는 “기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구”와 기존 연구의 차별성을 [그림 2-53]과 같이 정리하였음



[그림 2-53] 기존 연구와의 차별성

- 2009-2012년에 수행되고 있는 「기후변화에 의한 수문 영향 분석과 전망 연구단」에서는 SRES A2, A1B, B1에 따른 자연유출량, 확률강우량, 확률홍수량, 물 부족량 등의 기후변화에 따른 영향을 분석하여 결과를 제시하였음. 하지만, RCP 기반의 기후변화 전망 자료가 IPCC 5차 평가 보고서가 발간되는 2013년에 공개될 예정이므로, 이에 따른 한반도 영향평가를 업데이트할 필요성이 제기됨
- 따라서 [그림 2-54]와 같이 「기후변화에 의한 수문 영향 분석과 전망 연구단」에서 개발된 영향평가 기술을 활용하여 AR5 다중 앙상블 시나리오에 대한 수자원 영향을 재평가하고, 평가 결과를 기반으로 취약성 평가 및 적응대책 수립을 위한 연구는 신규로 추진되어야 할 것으로 판단됨



[그림 2-54] 기존 개발 기술과 신규 사업과의 연계방안

## 2. 중점 세세부과제 도출

- 4개 세부과제별 국내외 시장현황 및 기술동향을 면밀히 분석하고 기후변화에 대한 우리나라 수자원 분야의 정책적, 기술적 중요도를 분석(그림 2-55)하여 본 연구사업의 목표달성을 위해 필요한 중점 세세부과제 16개를 도출하였음
- 4가지 중점 세부과제는 하천의 3대 기능(치수, 이수, 하천환경)에 대한 기후변화에 따른 수자원 적응전략을 위해 치수(1세부과제), 이수(2세부과제), 하천환경을 포함한 유역관리 적응기술(3세부과제)로 구분하였으며, 특히 최근 강조되고 있는 기후변화에 따른 수자원산업의 해외진출을 위한 기반구축을 위해 수자원산업 적응기술(4세부과제)로 구분하였음
- 제1세부과제는 기후변화에 대응하기 위한 홍수기준을 설정하는 기술로 이를 위해서는 극한홍수에 대한 AR5 시나리오 생산 및 평가(1-1과제), 홍수에 따른 취약성 평가를 통해 하천설계기준 재설정 여부(1-2과제), 취약성 평가를 통한 홍수 적응대책으로 댐(1-3과제) 및 댐을 제외한 하천시설물 적응대책(1-4과제)으로 구성하였음
- 제2세부과제는 기후변화에 적응하기 위한 안정적 용수수급기술을 개발하는 것으로 AR5 기반의 MME 기후시나리오 및 수문시나리오 생산(2-1과제), 기후변화의 영향을 수자원장기종합계획에 반영하기 위한 물수지분석 기술(2-2과제), 기후변화에 따른 이수목적의 댐운영기술(2-3과제) 및 기후변화에 따른 극한 물부족(가뭄)을 위한 비상대처계획 수립(2-4과제)으로 구성하였음. 이수목적의 기후변화 영향(2-1과제), 취약성(2-2과제), 적응대책(2-3과제, 2-4과제)으로 구성하여 기후변화의 영향, 취약성 및 적응전략이 일관성있게 도출되도록 구성하였음
- 제3세부과제는 제1, 2세부과제에서 기후변화에 따른 치수 및 이수 적응전략(인간 중심의 홍수방어 및 물이용 계획)이 수립되었을 때 과연 기후변화에 따라 유역 건전성이 확보될 수 있는지에 대한 기술개발(유역환경중심의 지속가능한 건전성 확보)이며, 이를 위해 기후변화에 따른 유역건전성 평가기술(3-1과제), IT 기반 포함 이수, 치수, 유역환경 취약성평가 시스템개발(3-2과제), 기후변화에 따른 유역적응기술(3-3과제, 3-4과제)로 구성하였음
- 제4세부과제는 기후변화에 따른 수자원산업 기반 구축 및 해외시장 진출을 위해 교역국 및 자국의 경제나 수자원산업에 미치는 영향을 평가하기 위한 전지구 수문모형 구축(4-1과제), 기후변화 적응 국가 수자원 안보전략을 위한 한반도 수자

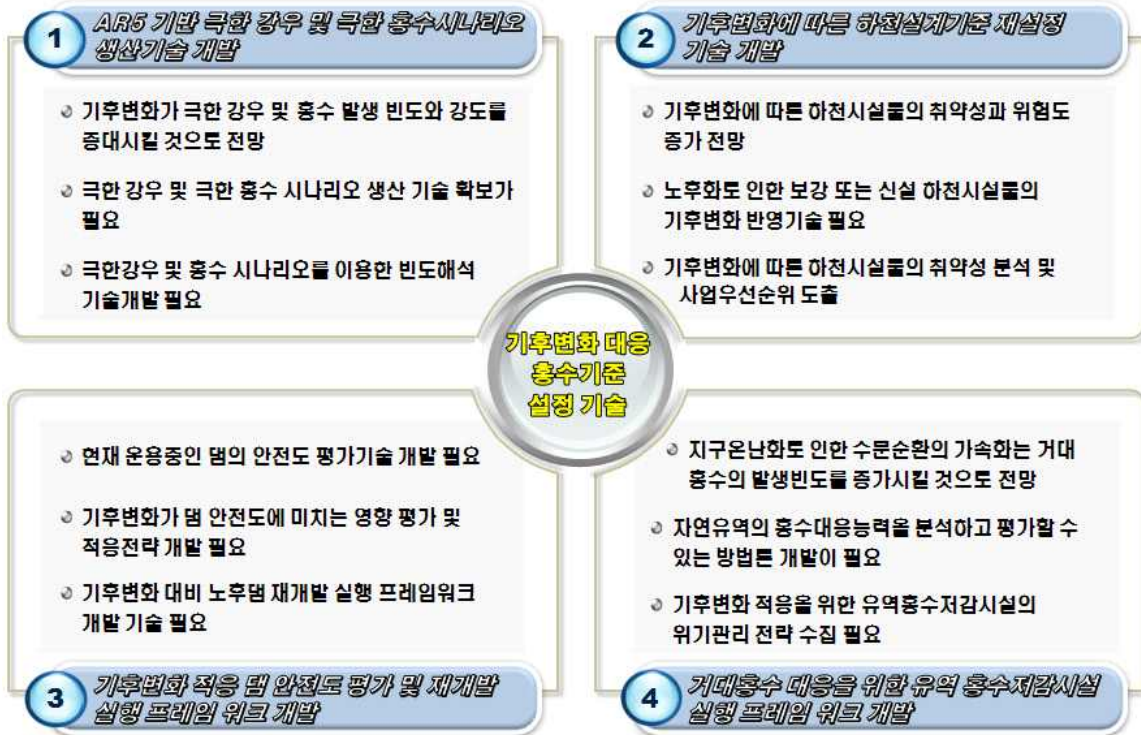
원 변동평가 기술(4-2과제), FTA 등 국제 환경 변화를 고려한 물교역 및 가상수 분석기술(4-3과제), 기후변화에 따른 경제적 영향을 정량적으로 평가하기 위한 수자원 가치평가 기술(4-4과제)로 구성하였음

- 도출된 세세부과제별 추진전략을 수립하고 정책적·기술적·경제적 사전타당성을 종합적으로 검토하여 “기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구” 체계를 구축함

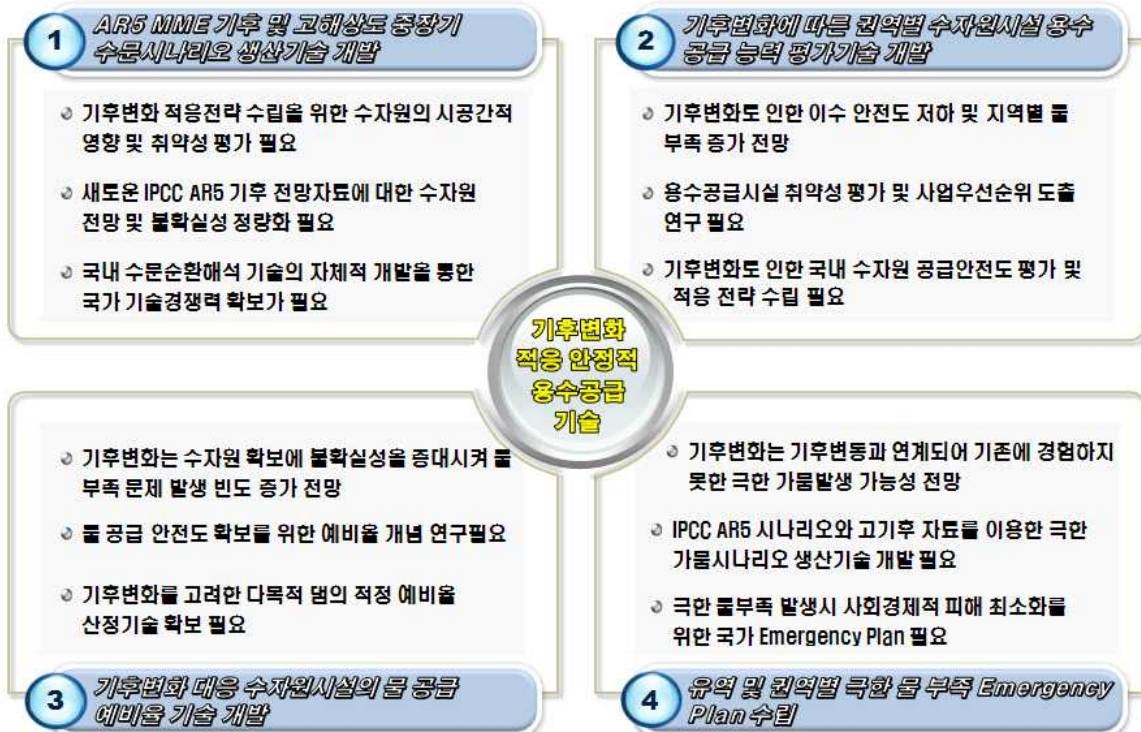


[그림 2-55] 분야별 요소기술의 우선순위 결정을 통한 세세부과제 도출

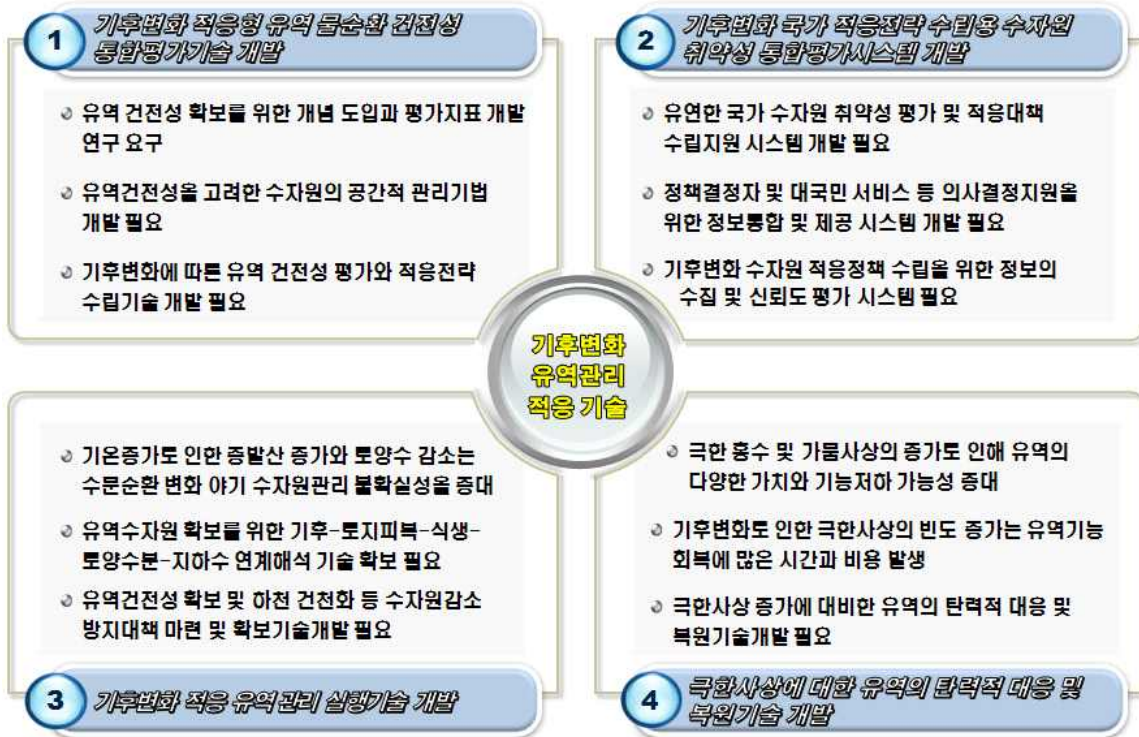
□ 기후변화 대응 홍수기준설정 기술 세세부과제 도출



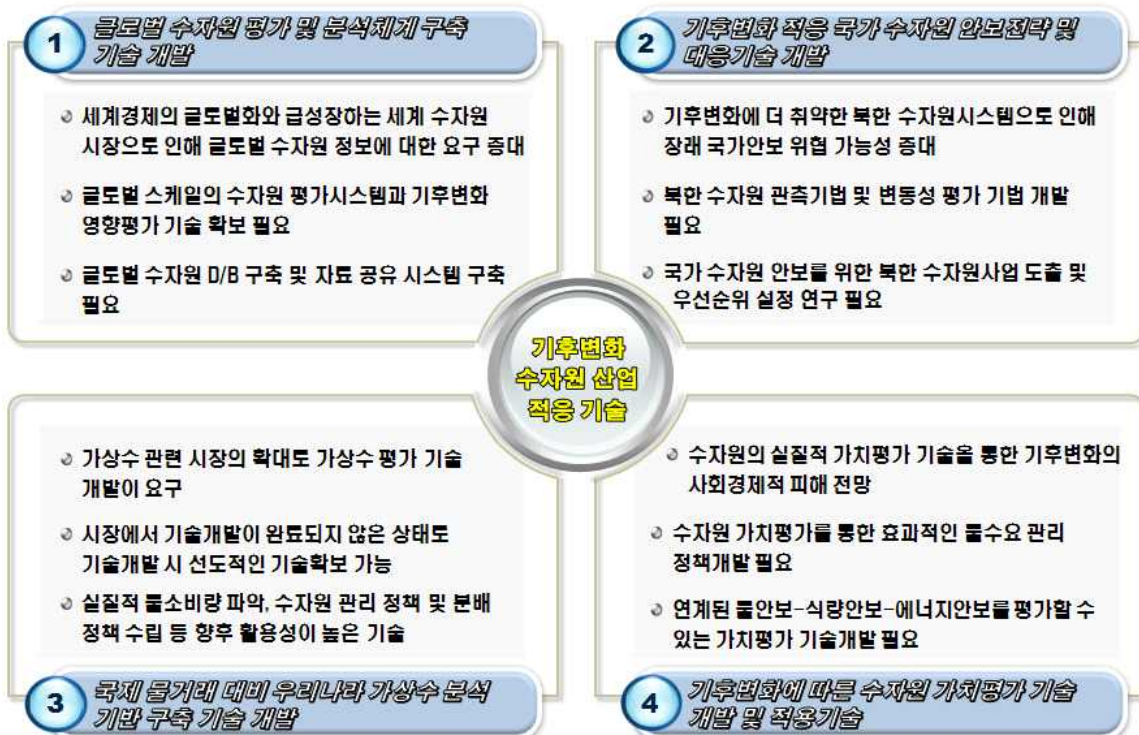
□ 기후변화 적응 안정적 용수공급 기술 세세부과제 도출



## □ 기후변화 유역관리 적응기술 세세부과제 도출



## □ 기후변화 수자원산업 적응기술 세세부과제 도출



### 3. 국내 인프라 분석

#### □ 세세부과제별 국내외 기술 동향 요약

- 도출된 중점과제의 국내 인프라 분석을 위해 앞서 제시한 국내외 연구동향을 간략히 정리하였으며, 이를 통해 선진국 대비 국내기술수준, 국내 인프라구축 및 전문인력 보유 수준을 분석하였음

[표 2-23] 세세부과제별 국내·외 기술동향

| 세부<br>과제 | 세세부<br>과제 | 국내외 기술동향                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1세부      | 1-1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• GCM 자료의 시공간적 해상도 한계로 인하여 홍수에 대한 평가가 어려웠으며, 이로 인해 치수와 관련된 기후변화 연구는 이수관련 연구보다 늦게 시작되었음</li> <li>• 2003년 이후 RCM 자료를 활용하여 기후변화가 극한 강우, 가뭄과 같은 극한 현상에 미치는 영향에 대한 연구가 증가하고 있음</li> <li>• 국외의 경우 기후변화가 홍수에 미치는 영향에 대한 연구를 위한 기초연구가 상당부분 진행되었으며, NSRPM 및 추계학적 과정을 이용한 고해상도 시간자료 구축 연구가 진행됨</li> <li>• 미국의 남부플로리다수자원국, NOAA등에서는 과거 고기후자료를 활용한 기후변화 연구를 수행 중이며, GCM 시나리오를 비교 검증할 수단으로 이용할 예정임</li> <li>• 비정상성 빈도해석 기반의 확률강우량 및 홍수량 산정에 대한 연구가 증가 추세임</li> </ul>                                                                                                                                          |
|          | 1-2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EU는 「홍수위험 평가·관리에 관한 지침」을 공포하여 회원국들이 기후변화가 홍수발생에 미치는 영향을 고려하여 홍수위험에 대한 평가를 실시하도록 권장하고 있음. 특히 설계빈도를 상향하여 홍수재해지도와 홍수위험지도를 작성하도록 권장하고 있음</li> <li>• 영국에서는 기후변화에 대비하여 장기 강우기준에 따른 상향 권고안을 작성하여 홍수위험관리를 위한 체계를 마련하고 있음</li> <li>• 중국의 경우 기후변화에 대한 적응능력을 강화하고 기후변화에 대한 취약성을 감소시키기 위하여 수리기초시설 건설을 강화, 남방 주요 지역의 홍수방지 안전확보 등 여러 물관리 목표를 수립하여 추진함</li> <li>• 일본에서는 기후변화로 인해 점차 늘어나는 외력에 대한 대응책으로 기후변화로 인한 이상홍수의 발생가능성을 염두에 둔 설계 및 시공을 할 필요성을 제시함</li> <li>• 서울시의 2009년 「하수도 정비기본계획」에 따르면 장래 기후변화에 대응하여 하수관거를 현행 지선 5년, 간선 10년 빈도(75mm/hr)에서 향후 지선 10년, 간선 30년 빈도(91mm/hr)로 상향하여 기후변화에 대비할 계획임</li> </ul> |
|          | 1-3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내에서는 댐 재개발을 위한 위험도해석 및 경제성평가 방안이 수립되어 있지 않으나 국외에서는 기후변화 영향이 반영된 댐 재개발 계획 및 실행계획을 위하여 댐 위험도 저감을 통한 치수편익 효과, 유역의 물 수요조사 및 분석을 통해 댐 재개발의 적정 규모를 결정하고 있음</li> <li>• 영국은 위험도 분석시 FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), FMECA (Failure Mode and Effects Critical Analysis)를 이용하여 댐의 안</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| 세부<br>과제 | 세세부<br>과제 | 국내외 기술동향                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |           | <p>전도 문제를 다루고 있으며 댐 및 저수지의 위험도 저감 및 재개발의 우선 순위를 결정함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국의 개척국과 공병단은 정량적인 위험도 해석기법을 기반으로 댐의 안정성을 평가하고 댐 재개발을 포함한 기후변화 영향을 저감하기 위한 대안 수립을 위해 댐 위험도 해석기법이 활용되고 있음</li> <li>• 네덜란드는 정량적인 해석기법이 제방의 안전도 해석을 위해 매우 발전되었으며, 주요 홍수조절 구조물의 설계에 이용되고 있음</li> <li>• 노르웨이는 댐 안전도 확보의 한 부분으로서 위험도 분석을 고려하도록 하는 새로운 규정들이 추가되어 발전되고 있음</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
|          | 1-4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 네덜란드의 로테르담 지역의 집중호우 발생 시 생기는 도로 및 지하건물 침수 피해를 줄이기 위하여 추가적인 수자원 저장시설 및 워터플라자를 건설하고 녹색지붕을 만드는 다양한 노력을 기울고 있음.</li> <li>• 일본에서는 도쿄 스미다강과 오사카 지역의 요도강 유역에 슈퍼제방 건설을 통하여 기후변화에 따른 치수안전도를 강화하도록 함. 또한 도시하천의 치수안전도 강화를 위한 사이타마현의 수도권 외곽방수로를 건설하였음</li> <li>• 영국에서는 기후변화를 대비하여 장기 강우기준에 따른 상향 권고안을 작성하여 홍수 위험관리를 위한 체계를 마련하고 있음</li> <li>• 말레이시아의 쿠알라룸푸르에는 홍수를 방지하기 위하여 스마트터널을 운영중에 있음. 이는 평상시에는 지하도로로써 운영되다가 홍수발생시 Sungai Klang 지역과 Sungai Ampang 지역의 강물을 돌리기 위하여 운영됨</li> </ul>                                                                           |
| 2세부      | 2-1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2013-2014년에 발간 예정인 IPCC AR5를 위해 국제사회는 표준 온실가스 시나리오를 대표농도경로(RCP)로 선정하였음. RCP에 따른 지구의 기후변화 시나리오 산출을 위해 국제사업인 CMIP5가 착수됨</li> <li>• 최근 지역기후모델링의 정확도가 향상되고 time-slice 기법 등을 통해 모의시간이 절약됨에 따라 역학적상세화의 적용이 활발해지고 있음. 일본에서는 극치 사상을 더욱 현실적으로 모사하고자 고해상도 기후시나리오(1km)를 생산하고 있음</li> <li>• 앙상블 기후시나리오생산을 위한 통계적상세화 기법에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있음</li> <li>• 유출모형의 입력, 구조, 매개변수의 불확실성을 정량화하기 위해 Bayesian 기법을 이용하는 GLUE와 DREAM을 활용하고 있음</li> <li>• 미래 수자원 전망결과는 온실가스배출시나리오, 기후모델링, 상세화, 유출모델링에 따른 상당한 불확실성을 포함하고 있음. 따라서 수자원 전망결과를 확률론적으로 제공하려는 시도가 연구되고 있음</li> </ul> |
|          | 2-2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존에는 강우, 증발, 유출, 침투 등 유역별 물수지 분석을 중심으로 연구가 수행되었으나 최근에는 GIS 기반의 물질순환 해석 중심으로 기술개발이 진행되고 있으며, 물 순환 과정에서 용수수요 추정, 회귀용수, 자연유량 산정, 이수안전도 등 기존 물질순환 분석에 있어 불확실성을 최소화하기 위한 연구에 관심이 집중되고 있음</li> <li>• 기후변화에 따른 수문현상의 변화를 모의할 수 있는 모형과 이에 따른 수자원 부존량 평가, 물수급 모의 및 평가를 위한 모형이 활발히 개발되고 있는 실정임</li> <li>• 특히, 세계 각국에서는 자국의 실정에 맞는 수문모형과 물수지 예측모형을 결합하여 기후변화를 평가하고 있음</li> <li>• 국내에서도 용수수요 추정, 회귀용수, 자연유량 산정 및 이수안전도 등의</li> </ul>                                                                                                                           |

| 세부<br>과제 | 세세부<br>과제 | 국내외 기술동향                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |           | 물관리 요소에 대한 기후변화 영향평가 관련 연구가 진행되었으나, 국내 상용화된 모형의 개발은 저조하고 외국의 모형을 도입하여 단순 적용하는 사례가 대부분임                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|          | 2-3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>전세계적으로 기후변화에 따라 물부족이 심화될 것이라고 전망되고 있는 가운데 국외의 경우 국내와는 달리 예비율 개념의 물관리를 도입하고 있는 사례가 발생하고 있음</li> <li>호주의 경우, 2008년도부터 연방정부 차원에서 CEWH라는 제도를 도입하여 환경용수의 양을 꾸준히 비축하였으며, 2012년 기준 1,433 GL (14.3억 m<sup>3</sup>)의 물을 확보하였음</li> <li>말레이시아의 에너지, 환경기술 및 수자원부에서는 원활한 물공급을 위해 수요가 높은 계절의 경우 약 7~10%의 예비율을 유지하는 것이 이상적이라고 제시함</li> <li>국내의 다른 공공서비스인 전력의 경우 10~15%, 석유비축량은 3~5개월 정도의 예비량을 확보하고 있으나, 기후변화로 인해 공급의 불확실성이 커지고 있는 수자원의 경우 아직 예비율 개념이 도입되지 못하고 있는 실정임</li> </ul>                                                                                                                         |
|          | 2-4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>극치가뭍을 발생시키는 원인을 규명하기 위해서 기상, 기후학적 연구가 지속적으로 진행되고 있음</li> <li>유역에서 발생 가능한 극치 가뭄시나리오의 개발을 위해서는 대부분 기후변화 시나리오에 의존한 전망결과에 의존할 수 밖에 없는 실정임</li> <li>고기후 자료와 AR5 기반의 기후 전망자료를 이용한 극한 가뭄시나리오의 개발은 시도되지 못하고 있으며, 기후변화의 불확실성을 포함한 가뭄평가에서도 많은 연구와 지속적인 투자가 필요한 실정임</li> <li>반면, 미국의 경우에는 이미 50여개 주에서 자체의 가뭄관리계획을 개발하여 매년 업데이트 하고 있으며, 중앙정부 차원에서도 지방정부의 가뭄관리 계획 수립을 위해서 적극적으로 지원하고 있음</li> <li>또한, 중앙정부의 경우에 수자원 관련 기관 외에도 극한 가뭄에 대한 대응책을 수립하여 기관별로 보유하고 있으며 이를 통하여 극한 가뭄발생시에 피해를 최소화하기 위한 유기적인 연계운영이 가능함</li> </ul>                                                                                 |
| 3세부      | 3-1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>국외에서는 건전한 물순환체계 구축을 위해 물순환을 구성하는 물이용, 치수, 하천환경 요소간의 조화와 평가가 가능한 정략적 지표를 개발하여 수자원정책 관련 의사결정 지원이 가능하도록 수자원통합지수 개발에 노력하여 왔음</li> <li>수자원 통합지수는 물빈곤지수(Water Poverty Index), 환경지속성지수(Environmental Sustainability Index), 사회적물부족지수(Social Water Stress /Scarcity Index), 물스트레스지수(Water Stress Index) 등이 대표적임</li> <li>1998년 영국 토니 앨런교수가 발표한 Green-Blue Water의 산정은 기후변화 적응 및 대응, 저감을 위한 평가방법으로 2008년에 AR4 기후변화 시나리오를 적용하여 아프리카 대륙의 미래 Green-Blue Water의 변화를 평가함으로서 물순환 건전성을 평가한 사례가 있음</li> <li>유역 물순환 건전성 평가는 관측자료 또는 수문모델링을 통해 증발산량, 지표, 중간, 기저 유출량을 분리하여 각 수문요소의 변동성을 평가하는 것이 핵심임</li> </ul> |
|          | 3-2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>UKCIP는 RegIS라는 프로그램을 개발하여 미래 지구온난화 전망을 주민들에게 제시하고 이에 대한 신뢰를 얻는데 사용하고 있으며, 이러한 주민들과 소통은 정부가 지구온난화 관련 사업을 추진함에 있어서 매우 유용함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| 세부<br>과제 | 세세부<br>과제 | 국내외 기술동향                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화에 의해 발생하는 불확실성을 고려한 의사결정기법 중 확률로부터 불확실성이 정량화 될 수 없다는 가정 하에 로버스트(robustness)를 활용한 의사결정기법의 연구가 증가하고 있음.</li> <li>Dessai는 기후변화 불확실성에 대해 안정적인(robust) 적응 전략을 찾는 평가체계를 제시하고 대안별 요소들에 대한 민감도 분석을 실시하였음.</li> <li>Harrison은 수자원과 환경분야에 적용할 수 있는 불확실성을 고려한 의사결정을 베이지안 프로그래밍에 기반하여 제시하였으며, Guo et al.은 Fuzzy 이론을 이용하여 수자원 관리를 위한 시스템을 개발하였음</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|          | 3-3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>유럽 EEA 보고서에 따르면 기후변화는 토양에 영향을 미칠 것으로 예상되고 있음</li> <li>러시아, 중국, 미국 중부지역 등에서 토양의 수분함량은 장기적으로 증가하고 있는 추세로 나타나지만, 기후변화와 토양변화 사이의 상호관계가 매우 복잡하기 때문에 장기적인 연구가 진행 중에 있음</li> <li>미국은 유역의 토양수 및 지하수 자원관리를 핵심기술 개발과제로 채택하여, 토양수의 장기적 계절적 변동 및 지하수계로의 함양되는 양의 정확한 산정, 지하수 지표수 상호관계에 대한 정량적 평가 및 생태 환경간의 상관성 이해 등 보다 현실적이고 적용성 높은 연구를 수행하고 있음</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|          | 3-4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>유역의 토양유실 및 토사흐름을 파악하기 위한 방법으로는 강우사상별 적용을 위한 RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation), 유역유출량을 고려하는 MUSLE(Modified Universal Soil Loss Equation) 등과 같은 대표적인 방법들이 수문모형에 모듈로 개발되어 적용되고 있음</li> <li>미공병단수자원연구소에서 제공한 HEC-EFM은 생태계 함수모형으로서 현재의 생태조건을 시각화하고, 복원 가능 장소를 나타내어 줌으로서 생태계의 상대적 변화에 따른 대안들을 평가하고 등급을 부여하기 위해서 개발됨</li> <li>미국지질조사소(USGS)에서는 산사태재해 프로그램을 수행하고 있으며 2000년에는 국가산사태 재해 저감전략을 수립하여 예측기술연구, 각종 산사태재해도 작성, 위험도 평가, 자료 배포 및 확산시스템 구축 등에 관한 연구를 수행하고 있음.</li> <li>토사유출의 예측과 관련하여 특정 계측지점에서 측정된 자료를 활용한 유량-유사량 관계곡선의 개발 및 토사유출량 산정, 개정범용토양손실공식의 국내 적용성 검토 등과 같은 연구가 진행되고 있으나, 산지 토양유실에 대한 하천의 탁수해석 기술은 아직 해결되지 않고 있음</li> </ul> |
| 4세부      | 4-1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>지표수문해석모델(LSM)은 에너지수지, 물수지, 탄소순환을 포함하는 지표수문과 대기순환의 연계과정을 규명하기 위해 개발되어 왔음</li> <li>최근에는 원격탐사 및 지형정보시스템 기술의 발달로 인해 LSM의 활용성이 증가되고 있으며, 대규모유역 및 전구 기후변화 영향평가, 실시간 글로벌 수자원 가용량 평가, 계절 가뭄 예측, 글로벌 가상수(virtual water) 이동 평가 등 활용성이 증가하고 있음</li> <li>Lettenmaier et al.은 VIC 모델을 이용하여 기온 변화에 따른 글로벌 지표수자원의 민감도를 분석하였음. 이러한 연구는 예상되는 지구온난화에 따른 공간적 수자원변동 및 곡물생산량 변화 예측 등에 다양하게 활용될 수 있음.</li> <li>도쿄대학의 Global Hydrology and Water Resources Engineering에서는 Iso-MATSIRO 모델을 이용하여 공간해상도 약 100km 수준의 전구 수자원 가용량 자료 및 3일후의 수자원 가용량 예측정보를 제공하고 있음</li> </ul>                                                                                            |

| 세부<br>과제 | 세세부<br>과제 | 국내외 기술동향                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | 4-2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 북한 수자원 관련조사 및 분석사업은 국외에서 진행된 사례는 전무하고, 1994년도부터 국내에서 점차 수행되었음.</li> <li>• 한국수자원공사는 산재되어 있던 북한 수자원 관련 자료들을 수집하고 체계적으로 정리하여 북한 수자원에 관한 개황을 보여주는 것이 주 목적이었음</li> <li>• 한국과학기술단체총연합회는 북한 하천유역의 강우, 유출특성, 하천형태, 수자원 부존량 및 수자원 개발현황 등을 분석하고, 원격탐사 및 지리정보시스템 기법을 이용하여 실제 자료의 취득이 어려운 부분의 분석을 수행하였음</li> <li>• 한국수자원공사는 북한 수자원 산업을 전망하고, 북한 수자원 산업에 참여할 수 있는 방안을 제시하였음. 특히, 현재 북한 수자원 기술수준과 북한 수자원 산업 경제의 현황분석 및 전망을 통해 북한 수자원사업의 수행 우선순위를 설정하고, 북한 수자원사업에의 구체적인 참여방법을 검토 및 제시하였음</li> </ul>                                                                                                                                                         |
|          | 4-3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chapagain and Hoekstra은 전 세계 주요 국가별로 농축산물 품목별 가상수 소비량을 산정한 후, 국가별 전체 가상수량을 계산하였음.</li> <li>• Hoekstra &amp; Chapagain은 물 발자국 산정방식을 이용하여 1997년부터 2001년까지의 농축산물, 공산품 관련 전 세계 물 발자국을 계산한 결과, 매년 72조 5천억<math>m^3</math>이라는 결과를 도출하였음. 전 세계 일인당 평균 물 발자국은 1,240 <math>m^3</math>으로 나타났으며, 세계에서 인구 1인당 물 발자국이 가장 큰 국가는 미국으로 매년 1인당 2,480<math>m^3</math>을 기록하였음</li> <li>• 우리나라의 총 물 발자국은 550억<math>m^3</math>이고 세계 총 물 발자국 72조 5천억<math>m^3</math>의 약 0.75%임. 특히 1인당 물 발자국은 1,179<math>m^3</math>/인/년으로 이것은 세계 평균을 밑도는 수준임. 1인당 물 발자국 양이 큰 미국, 그리스, 이탈리아 등과 비교하면 낮지만 경제성장과 소득증대 등으로 인한 물 수요 증가는 1인당 물 발자국 증가로 이어질 가능성이 높은 것으로 평가되고 있음</li> </ul> |
|          | 4-4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 공공재의 사회경제적 가치평가를 위한 연구로는 NOAA에서 비시장재화의 가치 추정방법으로 이용되는 조건부가치추정법을 적용하여 미국 기상서비스의 사회경제적 가치를 평가하였음</li> <li>• 다른 접근방법으로는 경제적 개념을 도입하여 용수수요와 공급을 동시에 고려하려는 시도가 진행되어 왔음. 대표적 방법으로 수문경제모델을 이용하여 최적 수자원 배분전략을 찾기 위한 연구들이 수행되고 왔음</li> <li>• 최근에는 기후변화로 인한 물공급 변화와 인구증가 및 경제성장에 따른 물소비량의 변화를 고려할 수 있는 통합수자원경제모델 개발 연구가 진행되고 있음.</li> <li>• 이러한 모델은 주어진 수문기상과 환경조건하에서 식량생산과 에너지(수력발전) 생산을 극대화하는 배분전략을 수립하는데 이용될 수 있음</li> <li>• Water-Food-Energy 연계 해석을 위한 연구로 용수사용량과 식량생산량의 관계를 분석하는 연구들이 진행되어 왔음. 이 연구에서는 단위용수 사용 증가에 따른 식량생산 증가함수를 이용하여 용수증감에 따른 식량생산의 변화를 추정함. 동일한 방법으로 물과 수력에너지 생산량 관계, 물이동 및 취수에 따른 에너지 소비율을 추정할 수 있음</li> </ul>                |

## □ 선진국 대비 국내 기술수준

| 기술명                            | 현재 기술수준         |                 |          | 과제 완료시<br>국내 기술수준 |                 |          | 요소기술<br>우선순위 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|----------|-------------------|-----------------|----------|--------------|
|                                | 기술<br>수준<br>(%) | 기술<br>격차<br>(년) | 비고       | 기술<br>수준<br>(%)   | 기술<br>격차<br>(년) | 비고       |              |
| 극한강우 및 극한홍수<br>시나리오 생산기술       | 50              | 5               | 도입<br>단계 | 75                | 3               | 개발<br>단계 | 12           |
| 기후변화 하천설계기준<br>재설정기술           | 70              | 5               | 개발<br>단계 | 80                | 3               | 성숙<br>단계 | 2            |
| 댐 안전도평가 및 재개발<br>기술            | 65              | 6               | 개발<br>단계 | 85                | 2               | 성숙<br>단계 | 13           |
| 거대홍수 저감 기술                     | 60              | 5               | 개발<br>단계 | 80                | 3               | 개발<br>단계 | 7            |
| MME 기후 및 고해상도<br>수문 시나리오 생산기술  | 80              | 4               | 성숙<br>단계 | 90                | 1               | 제품<br>생산 | 11           |
| 기후변화 수자원시설<br>용수공급능력 평가기술      | 85              | 4               | 성숙<br>단계 | 90                | 2               | 제품<br>생산 | 1            |
| 수자원시설물의 물공급<br>예비율 산정 기술       | 50              | 7               | 도입<br>단계 | 85                | 3               | 성숙<br>단계 | 15           |
| 극한 물부족 Emergency<br>Plan 수립 기술 | 65              | 6               | 개발<br>단계 | 80                | 3               | 성숙<br>단계 | 8            |
| 유역 건전성 통합평가기술                  | 70              | 5               | 개발<br>단계 | 90                | 2               | 성숙<br>단계 | 3            |
| 수자원 취약성 통합<br>평가시스템 개발 기술      | 60              | 5               | 개발<br>단계 | 95                | 1               | 제품<br>생산 | 6            |
| 기후변화 적응 유역관리<br>실행기술 개발        | 60              | 6               | 개발<br>단계 | 80                | 2               | 성숙<br>단계 | 10           |
| 극한사상에 대한 유역의<br>탄력적 대응 및 복원기술  | 60              | 6               | 개발<br>단계 | 85                | 3               | 성숙<br>단계 | 16           |
| 글로벌 수자원 평가 기술                  | 50              | 8               | 도입<br>단계 | 80                | 3               | 성숙<br>단계 | 4            |
| 국가 수자원 안보전략 및<br>대응 기술         | 70              | 5               | 개발<br>단계 | 90                | 1               | 성숙<br>단계 | 5            |
| 가상수 분석 기술                      | 50              | 7               | 도입<br>단계 | 80                | 3               | 성숙<br>단계 | 14           |
| 수자원 가치평가 기술                    | 60              | 6               | 개발<br>단계 | 80                | 3               | 성숙<br>단계 | 9            |

□ 국내 인프라구축 및 전문인력 보유 수준

| 세 부 과 제                         | 세 세 부 과 제                                        | 인프라<br>구축정도<br>(%) | 전문인력<br>보유정도<br>(%) | 전문인력<br>보유기관                            |
|---------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| 기후변화<br>대응<br>홍수기준<br>설정 기술     | 1. AR5기반 극한강우 및 극한홍수<br>시나리오 생산기술 개발             | 60                 | 75                  | 전북, 강릉, 서울시<br>립, 연세, 경북대               |
|                                 | 2. 기후변화에 따른 하천설계기준<br>재설정기술 개발                   | 80                 | 85                  | 인하대, 건기원,<br>소방방재청                      |
|                                 | 3. 기후변화 적응 댐 안전도평가 및<br>재개발 실행 프레임워크 개발          | 70                 | 80                  | 서울시립대, 수공,<br>한수원, 시안단                  |
|                                 | 4. 거대홍수 대응을 위한<br>유역홍수저감 시설 실행<br>프레임워크 개발       | 75                 | 85                  | 건기원, 홍수통제소                              |
| 기후변화<br>적응<br>안정적<br>용수수급<br>기술 | 1. AR5기반 MME 기후 및 고해상도<br>중장기 수문 시나리오 생산기술<br>개발 | 65                 | 80                  | 기상청, 세종대,<br>APCC, 단국대                  |
|                                 | 2. 기후변화에 따른 권역별<br>수자원시설 용수공급능력 평가기술<br>개발       | 80                 | 90                  | 건기원, 수공, 지자<br>체, 농어촌기반공사               |
|                                 | 3. 기후변화 대응 수자원시설물의<br>물공급 예비율 기술 개발              | 70                 | 70                  | 수공, 한수원, 건기원                            |
|                                 | 4. 유역 및 권역별 극한 물부족<br>Emergency Plan 수립          | 70                 | 80                  | 수공, 농어촌기반공사,<br>중부대, 건기원,<br>한양대, 소방방재청 |
| 기후변화<br>유역관리<br>적응기술            | 1. 기후변화 적응형 유역 건전성<br>통합평가기술 개발                  | 70                 | 75                  | 서울대, 수공, 홍수<br>통제소, 환경관리청               |
|                                 | 2. 기후변화 국가 적응전략 수립용<br>수자원 취약성 통합 평가시스템<br>개발    | 80                 | 85                  | 서울대, 세종대,<br>수공, 소방방재청                  |
|                                 | 3. 기후변화 적응 유역관리 실행기술<br>개발                       | 70                 | 65                  | 건국, 세종, 충남,<br>부산대                      |
|                                 | 4. 극한사상에 대한 유역의 탄력적<br>대응 및 복원기술 개발              | 60                 | 60                  | 강원대, 강릉삼척대,<br>소방방재청                    |
| 기후변화<br>수자원<br>산업<br>적응기술       | 1. 글로벌 수자원 평가 및 분석 체계<br>구축                      | 70                 | 60                  | 세종대, KEI, APCC                          |
|                                 | 2. 기후변화 적응 국가 수자원<br>안보전략 및 대응 기술                | 65                 | 70                  | 서경대, 고려대, 수<br>공                        |
|                                 | 3. 국제 물거래 대비 우리나라<br>가상수 분석 기반 구축                | 60                 | 70                  | 서경대, 수공, 미자<br>연                        |
|                                 | 4. 기후변화에 따른 수자원 가치평가<br>기술개발 및 적용                | 70                 | 70                  | 수공, 세종대, 인하<br>대                        |

#### 4. 본 사업의 위상 및 중요성

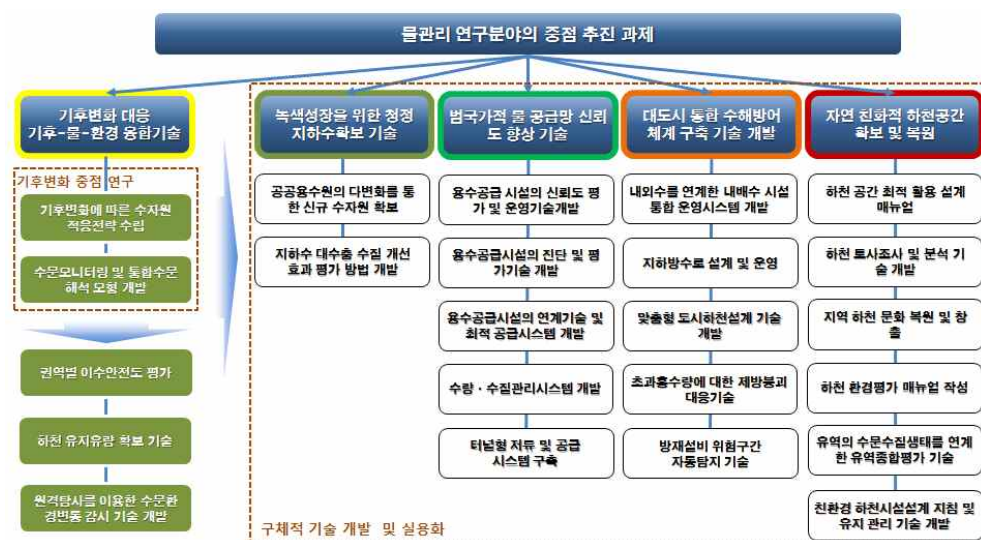
- 한국건설교통기술평가원(2012)의 「건설교통기술연구개발사업 중장기계획수립연구 Part 1:물관리연구」에서는 물관리연구의 비전과 목표실현을 위해 3대 중점 추진분야 및 5대 전략프로젝트를 제안하고, 향후 5년간 총 2,526억원의 투자계획을 수립하였음
- 물관리 분야 5대 전략프로젝트는 33개 중점과제로 구성되어있으며, 국가가 국민에게 제공하여야할 공공성, 민간 투자참여가능여부, 정책적 시급성과 중요성 및 실현가능성을 고려하여 물관리 연구에 우선순위를 결정하였음(표 2-24)

[표 2-24] 물관리 분야 신규 23 중점과제의 키워드 및 우선순위

| 중점 추진 분야             | 전략 프로젝트              | 중점 과제                                   | 우선 순위 | 키워드                                |
|----------------------|----------------------|-----------------------------------------|-------|------------------------------------|
| 수자원 확보를 위한 융합 및 평가기술 | 기후-물-환경 융합기술         | 기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구            | 1     | RCP시나리오, 고기후자료, 취약성평가 시스템, 적응전략 수립 |
|                      |                      | 기후변화 영향 평가를 위한 수문모니터링 기술 및 통합수문해석모형 개발  | 2     | 수문모니터링, 통합수문해석모형                   |
|                      |                      | 기후변화 대비 수자원 이수안전도 및 위험도 평가 및 관리 Tool 개발 | 3     | 물수지모델, 수장기계획                       |
|                      |                      | 자연순환형 하천유지유량 관리기술 개발                    | 2     | 유지유량, 물순환, 지표수-지하수 연계              |
|                      |                      | IT를 이용한 한반도 주변 수문환경 변동 감시기술 개발          | 4     | 원격탐사, 위성                           |
|                      | 녹색성장을 위한 청정 지하수 개발기술 | 대규모 청정지하저수지 개발기술 연구                     | 1     | 지하수, 인공함량                          |
|                      |                      | 지하수 대수층 수질 개선 능력 평가기술 개발                | 2     | 지하수 오염, 수질                         |
| 범국가적 물공급망 신뢰도 향상 기술  | 범국가적 물공급망 신뢰도 향상 기술  | 대규모 용수공급망 안정성 확보를 위한 신뢰성 평가 및 향상기술      | 1     | 용수공급망, 신뢰도                         |
|                      |                      | 대규모 물공급시설의 진단 및 성능평가 지능화기술 개발           | 2     | 부단수 용수공급시설, 원거리 공급시설               |
|                      |                      | 광역-지방 물공급 시설 연계를 위한 물관리 클러스터 구축기술 개발    | 2     | 광역-지방 물공급시설연계 기술                   |
|                      |                      | 장거리·대규모 물공급시설의 수량·수질 통합관리시스템 구축         | 3     | 물공급시설, 수질-수량 감시 시스템, 분산화           |
|                      |                      | 안정적 취수와 공급을 위한 터널형 저류 및 공급시스템 구축        | 4     | 터널형 저류 및 공급시스템 설계                  |

|                    |                                                            |                                |   |                     |
|--------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------|---|---------------------|
| 생명기반<br>하천<br>유역관리 | 대도시 통합<br>수해<br>방어체계<br>구축 기술<br>개발<br>(Climate<br>-Aegis) | 내외수를 연계한 도시하천 내배수 시스템 선진화      | 1 | 내수침수, 빗물펌프장         |
|                    |                                                            | 도시 지하방수로 설계 및 운영기술 개발          | 2 | 레이더 강수, 지하방수로       |
|                    |                                                            | 도시하천 지역 맞춤형 홍수관리기술 고도화         | 3 | 도시홍수, 하천계측, 도시하천 설계 |
|                    |                                                            | 홍수량 증가에 대비한 하천홍수방어시설 성능개선기술 개발 | 4 | 초과홍수량, 제방붕괴, 제방설계   |
|                    |                                                            | 도시 방재설비 위험구간 자동 탐지 및 관리 기술개발   | 4 | 내수침수 자동탐지, 예보       |
|                    | 자연 친화적<br>하천공간<br>확보 및 복원                                  | 자연 친화적 하천공간재생 및 수변공간 활용기술 개발   | 1 | 친환경 하천공간확보, LCA 모델  |
|                    |                                                            | 하천 유사수지 및 하상변동 분석 기술 개발        | 2 | 유사수지, 하상변동          |
|                    |                                                            | 하천 환경기능과 연계한 인간 중심 하천문화 창출연구   | 2 | 하천문화                |
|                    |                                                            | 미래 하천환경 변동 예측 및 해석기술 개발        | 3 | 하천 사주변화, 유사량        |
|                    |                                                            | 유역 수문·수질·생태 통합관리기술 개발          | 4 | 수문·수질·생태해석          |
|                    |                                                            | 친환경 하천구조물 최적 설계 및 유지관리 기술 개발   | 4 | 하천구조물 설계            |

- 본 “기후변화 시나리오에 따른 수자원 적응전략 수립 연구”는 기후변화 대응 기후-물-환경 융합기술의 최우선순위로 평가되었으며, 아래 [그림 2-56]과 같이 타중점과제에 기초자료로 활용될 수 있는 선행 연구의 성격이 강함
- 또한, 본 사업의 세세부과제를 도출함에 있어 향후 진행될 타 중점과제와의 중복성은 철저히 배제하였음



[그림 2-56] 물관리 분야 중점추진과제들의 연계도

## 제3장 연구개발과제 구성 및 추진전략

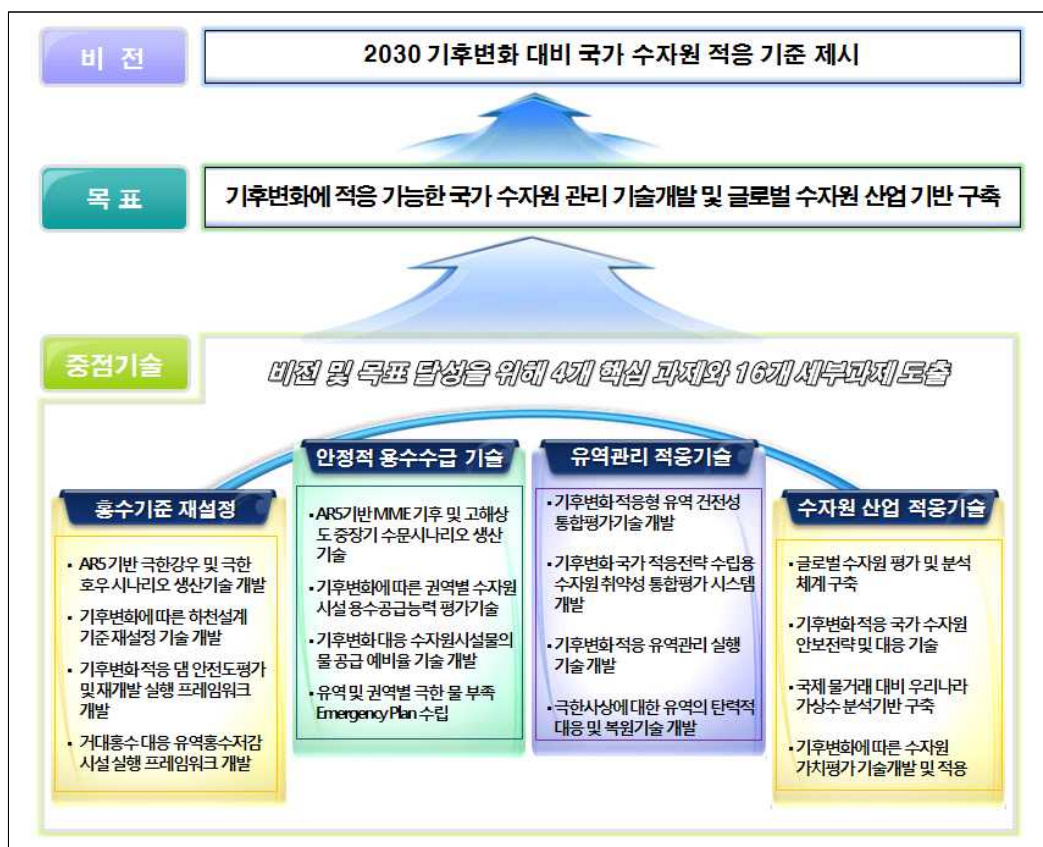
### 1절 비전 및 목표

#### 1. 비전

2030 기후변화 대비 국가 수자원 적응기준 제시

#### 2. 목표 및 내용

- 최종목표 : 기후변화 적응을 위한 홍수관리, 물수급관리, 유역관리 기술 확보 및 글로벌 수자원산업 기반 구축
- 적응기술 : 비전과 최종목표를 달성하기 위해 4개 핵심 세부과제와 16개 세부과제를 도출하였음



[그림 3-1] 본 연구의 비전 및 목표

## 2절 기술개발에 따른 미래상

### 1. 기술개발 전략



[그림 3-2] 단계별 기술개발 전략

### 2. 기술개발 핵심기술

| 세부 과제                                  | 세세부과제                                              | 핵심기술                                    |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 제1세부<br>기후변화<br>대응 홍수<br>기준 설정<br>기술   | 1. AR5기반 극한강우 및 극한<br>홍수 시나리오 생산기술 개발              | 기후변화를 고려한 IDF, DAD 곡선 실무 활용서 개발         |
|                                        |                                                    | 기후변화에 따른 PMP, PMF 산정 알고리즘 개발            |
|                                        | 2. 기후변화에 따른 하천설계기<br>준 재설정기술 개발                    | 과거 및 고기후자료 기반의 극한 강수량 전망기술 개발           |
|                                        |                                                    | 기후변화를 고려한 하천시설물 취약성 분석 기술               |
|                                        | 3. 기후변화 적응 댐 안전도평<br>가 및 재개발 실행 프레임위<br>크 개발       | 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정기술                  |
|                                        |                                                    | 위험도 기반의 댐 안전도 평가 기술                     |
|                                        | 4. 거대홍수 대응을 위한 유역<br>홍수저감 시설 실행 프레임<br>워크 개발       | 기후변화에 따른 다기준 댐재개발 우선순위 결정 기술            |
|                                        |                                                    | 분산형 물관리시설 계획 및 적용기술                     |
| 제2세부<br>기후변화<br>적응 안정<br>적 용수수<br>급 기술 | 1. AR5기반 MME 기후 및 고<br>해상도 중장기 수문 시나리<br>오 생산기술 개발 | 홍수저감시설 Emergency plan 구축                |
|                                        |                                                    | AR5 역학적/통계적 상세화 기술                      |
|                                        |                                                    | 수문 시나리오의 불확실성 정량화 기술                    |
|                                        | 2. 기후변화에 따른 권역별 수<br>자원시설 용수공급능력 평가<br>기술 개발       | 한국형 수문순환해석 기술                           |
|                                        |                                                    | 기후변화 적응형 용수수요 추정기술 개발                   |
|                                        |                                                    | 용수공급의 취약성 평가기술 개발                       |
|                                        | 3. 기후변화 대응 수자원시설물<br>의 물공급 예비율 기술 개발               | 수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발                    |
|                                        |                                                    | 시설물별 물공급 적정 예비율 산정기술                    |
|                                        | 4. 유역 및 권역별 극한 물부족<br>Emergency Plan 수립            | 물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술                   |
|                                        |                                                    | 기후변화를 고려한 극한 가뭄시나리오 개발                  |
|                                        |                                                    | 극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 물공급 Emergency Plan 수립 |

| 세부 과제                          | 세세부과제                                   | 핵심기술                                                  |
|--------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 제3세부<br>기후변화<br>유역관리<br>적응기술   | 1. 기후변화 적응형 유역 건전성 통합평가기술 개발            | 기후변화 적응용 유역물순환 건전성 평가지표                               |
|                                |                                         | 전국유역 물순환 건전성확보 전략보고서                                  |
|                                | 2. 기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발 | 국가적응전략수립용 수자원 취약성 통합평가시스템                             |
|                                |                                         | 수자원 취약성 평가 D/B 및 정보제공 체계                              |
|                                |                                         | 신규 수자원시설 투자우선순위 결정지원시스템 개발                            |
|                                | 3. 기후변화 적응 유역관리 실행기술 개발                 | 대기-지표-지하 연계 모델링을 통한 하천유량 확보 기술 개발                     |
|                                |                                         | 기후변화 적응 토지이용계획별 토양수 확보 전략 및 유역관리 기술 개발                |
|                                | 4. 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원기술 개발        | 극한사상에 따른 유역관리 영향평가기술                                  |
|                                |                                         | 극한사상에 따른 토양유실 방지 및 탁수 관리 기술 개발                        |
| 제4세부<br>기후변화<br>수자원산<br>업 적응기술 | 1. 글로벌 수자원 평가 및 분석 체계 구축                | 글로벌 지표수문해석 기술 및 D/B 구축                                |
|                                |                                         | 글로벌 수자원가용량 변동성 평가 기술                                  |
|                                | 2. 기후변화 적응 국가 수자원 안보전략 및 대응 기술          | 기후변화에 따른 한반도 수자원 변동 영향 분석                             |
|                                |                                         | 북한지역의 수자원 적응전략 실행프레임워크 개발                             |
|                                | 3. 국제 물거래 대비 우리나라 가상수 분석 기반 구축          | 국제환경 및 기후변화에 따른 가상수 변동시나리오 작성                         |
|                                |                                         | 가상수 도입에 따른 수자원산업의 영향 및 향후 전략 방안 도출                    |
|                                | 4. 기후변화에 따른 수자원 가치평가 기술개발 및 적용          | 수자원의 사회경제적 가치 평가 기술                                   |
|                                |                                         | Water-Food-Energy 연계 해석 기술<br>수자원 가치평가에 근거한 수자원 관리 기술 |

### 3. 세세부과제별 예상 성과물

#### □ 1-1 AR5기반 극한 강우 및 극한 홍수시나리오 생산기술 개발

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화, 태풍 및 지형효과를 고려한 비정상성 지역빈도해석 기법 개발</li> <li>▪ 다중시간규모 강수상세화기법(일, 시간 단위) 개발</li> <li>▪ 과거 및 고기후자료 기반의 극한 강수량 전망기술 개발</li> <li>▪ Scaling기술을 이용한 미계측 유역의 극한 강수량 전망기술 개발</li> <li>▪ 기후변화가 고려된 IDF, DAD 곡선 실무 활용서 개발</li> <li>▪ 기후변화에 따른 PMP, PMF 산정 알고리즘 개발</li> </ul> | 성과물 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

○ 기후변화를 고려하여 극한 강수량을 전망하고, 이를 이용한 극한 홍수량의 산정

을 위해 해당 자료를 시공간적으로 상세화하는 기법 및 기후변화 영향을 유역단위에서 모의할 수 있고 산악/지형효과, 불확실성을 정량화할 수 있는 비정상성 지역빈도해석 기법 개발

- 기후변화 영향을 유역단위에서 모의할 수 있고 불확실성을 정량화 할 수 있는 다중시간규모 강수상세화기법(일, 시간 단위), 과거자료 및 고기후자료를 활용한 미래기후변화 시나리오 작성기술 개발
- 개발된 모형들을 이용하여 기후변화가 고려된 IDF, DAD 등 수자원 설계 실무활용 기술 개발

#### □ 1-2 기후변화에 따른 하천설계기준 재설정 기술 개발

|                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화를 고려한 하천시설물 취약성 분석 가이드라인</li> <li>▪ 기후변화를 고려한 하천설계기준 개선안</li> </ul> | 성과물 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 유역단위 기반의 각 부처별 하천시설물 및 하천 정비 현황(하천 개수율 등)을 조사하고 국내외 하천관련 설계기준의 개정 이력과 사유를 포함한 하천설계기준을 분석하여 기후변화 대응 하천설계기준의 개선사항을 도출함
- 타 분야 설계기준 내용 중 하천관련 설계기준 내용의 포함 여부 조사와 하천 관련 설계기준의 위상과 적용범위, 중복성 여부 등을 조사 및 분석하고 세부적용기준의 경우 상위 기준과의 상충 여부를 검토하여 해석상 혼선이 없도록 함
- 하천시설물의 취약성 분석을 고려한 하천설계기준 재설정과 이에 대한 가이드라인을 제시하고, 국내 실무의 적용성 평가를 위해서 실제 하천설계기준에 반영할 수 있도록 함

#### □ 1-3 기후변화 적응 댐 안전도평가 및 재개발 실행 프레임워크 개발

|                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화 영향을 고려한 댐 안전도 평가 기법 개발</li> <li>▪ 기후변화에 따른 안전도 개선을 위한 댐 재개발 체계 수립</li> </ul> | 성과물 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 기후변화에 따른 댐재개발 체계 수립을 위해서 기후변화에 따른 국내외 댐재개발 현황 및 개량 사례 D/B를 구축하고, 실행절차, 경제성, 위험도 분석 절차 등

을 검토하여 기존 댐재개발 문제점 및 효과를 분석함

- 기후변화에 따른 댐 안정성 개선의 구조적/비구조적 방안 수립을 위해서 개발된 국내외 댐재개발 기술의 활용방안을 수립하고, 이러한 기술들은 기후변화에 따른 댐 안전도 개선에 있어 우선순위 및 경제성이 고려된 댐재개발 장기종합계획 수립 등에 활용될 수 있도록 함

#### □ 1-4 거대홍수 대응을 위한 유역홍수저감시설 실행 프레임워크 개발

- |                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 치수영향평가를 통한 위험관리 대응전략 수립</li> <li>▪ 유역홍수저감시설의 실행프레임워크 구축</li> <li>▪ 최적홍수저감계획을 통한 취약지역의 Emergency Plan 수립</li> </ul> | 성과물 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 자연유역의 홍수대응능력 분석을 위하여 유역내에 위치한 홍수저감시설 현황 및 제원을 파악하고, 유역내에서 발생할 수 있는 치수에 대한 영향평가를 활용하여 위험관리 대응전략을 수립
- 기후변화를 고려한 유역홍수저감시설물의 평가 및 대안을 수립하고, 실행프레임워크를 구축

#### □ 2-1 AR5기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문시나리오 생산기술 개발

- |                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AR5 기반 다중 기후 시나리오 수집 및 D/B 구축</li> <li>▪ AR5 기반 기후 시나리오 상세화 기술 개발 및 D/B 구축</li> <li>▪ 수문시나리오 생산을 위한 수문순환해석 모델 개발</li> <li>▪ 수문시나리오 불확실성 정량화 기법 개발</li> <li>▪ 중장기 국가 수자원 전망 결과 제시 및 D/B 구축</li> </ul> | 성과물 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- IPCC CMIP5로부터 AR5 기반의 near-term experiment와 long-term experiment 기후전망 결과를 D/B화하고, 과거 관측기간에 대한 국내 기후모의 능력을 평가
- 표준 역학적·통계적 상세화기법 개발, AR5 기반의 기후전망 결과의 상세화를 통해 유역별 다중 수문시나리오를 생산하고 불확실성 평가 및 D/B를 구축

## □ 2-2 기후변화에 따른 권역별 수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발

|                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화와 미래사회 전망에 따른 용수수요 추정기술 개발</li> <li>▪ 기후변화 적응을 위한 용수공급 능력 취약성 평가시스템</li> <li>▪ 기후변화 적응을 위한 지역 맞춤형 신규수자원 투자우선순위 결정지원시스템</li> </ul> | 성과물 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 기후변화에 따른 미래 환경변화와 재해에 효과적으로 대응하기 위해 안정적인 물 공급 인프라를 확보할 수 있는 기반 기술 구축
- 미래 사회경제적 요인의 변동 및 기후변화에 따른 미래 용수수요 변화 추정 기술을 개발하고, AR5 기후변화 시나리오 상황에서 현재 용수공급 네트워크의 취약성을 평가
- 지역 및 권역별 기후변화 적응에 있어 취약시설 및 지역을 도출하고, 신규수자원 개발 우선순위 결정시스템 개발 등 지역 맞춤형 수자원공급 적응 및 대응전략 도출

## □ 2-3 기후변화 대응 수자원시설물의 물공급 예비율 기술 개발

|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화 대비 다목적댐의 물공급 예비율 기술 개발</li> <li>▪ 지역별·시설별 물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술</li> <li>▪ 미래 물공급 예비율의 추정 및 극치 시나리오별 적응방안 수립</li> </ul> | 성과물 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 해외 및 타 SOC사업(전력, 석유비축 등)의 예비율 도입 사례조사를 통한 수자원 시설물별 물공급 예비율 추정기술 및 지역별 물공급 예비율 산정기술을 개발함
- 물공급 예비율을 고려한 기후변화 대응능력 및 취약성을 평가하고, 예비율의 검토 결과에 따른 시설물 설계 및 운영기준과 지침을 수자원장기종합계획 등의 국가계획에 반영함

## □ 2-4 유역 및 권역별 극한 물부족 Emergency plan수립

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AR5 기반의 극한가뭄 우심지역 mapping</li> <li>▪ 고기후자료와 AR5 기반 극한 가뭄시나리오 생산</li> <li>▪ 수자원확보 취약지역의 기후변화 적응전략 실행 프레임워크 개발</li> <li>▪ 극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 가뭄대응 Emergency Plan 수립</li> <li>▪ 지자체별 가뭄대책(drought management plan) 수립 지침</li> </ul> | 성과물 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 고기후자료와 AR5기반의 기후 전망자료를 이용한 극한 가뭄시나리오를 개발하고 MME기반 가뭄시나리오 불확실성 평가기술, 수자원확보 취약지역의 지속적인 모니터링과 기상전망기술을 이용한 가뭄 사전감지기술을 개발함
- IT 등 최신기술을 융복합하여 인근 다중 수원을 이용한 용수확보 대책을 수립하고 지역의 지형, 지질, 가뭄상황, 수자원여건 등 지역적 특성을 고려한 특화된 용수공급방안 마련을 위한 최적의 적응전략 프레임워크를 개발함
- 극한가뭄시나리오 상황에서 피해를 최소화하기 위한 국가와 지방자치단체의 Emergency Plan 및 지침을 수립함

#### □ 3-1 기후변화 적응형 유역 물순환 건전성 통합평가기술 개발

|                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화에 따른 유역 물순환 건전성 개념 정립 및 평가지표</li> <li>▪ 수자원단위지도 기반의 생태수문 모델 및 물순환 해석기술</li> <li>▪ 기후변화 적응을 위한 유역단위의 물순환 건전성 확보 전략보고서</li> </ul> | 성과물 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 유역 물순환 해석을 위해 생태수문모형, 미래 기후 및 유역환경변화 시나리오를 구축함. 이를 위해 지형 및 수문기상 자료를 구축하고 적용성을 평가함
- 과거 토지이용변화 추세분석에 따른 미래 토지이용변화 시나리오 및 미래 식생변화 시나리오를 작성하고, 각각의 변화요소가 물순환 체계에 미치는 영향 평가 및 변화요인을 분석함
- 물순환의 건전성 개념을 정립함. 국·내외 수자원평가지수 산정에 관한 사례조사를 통해 건전성 평가를 위한 세부인자를 도출하고, Green-Blue Water를 고려한 유역 물순환 건전성 평가지표를 개발함

### □ 3-2 기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합평가 시스템</li> <li>▪ 기후변화 시나리오에 따른 이수분야, 치수분야 및 유역수자원 취약성 D/B 및 정보의 실시간 관리·제공체계</li> <li>▪ 유역단위의 수자원 분야 기후변화 적응전략 수립을 위한 의사결정 지원모듈 및 국가적응전략보고서</li> <li>▪ 기후변화 적응정책의 홍보 지원 및 소통을 위한 이해당사자 참여형 모형</li> <li>▪ 이해당사자 참여유도 매뉴얼 및 가이드라인</li> <li>▪ 기후변화 대응 적응전략 수립 및 의사결정 지원 시스템 구축</li> <li>▪ 기후변화 대비 국가 수자원 전략 보고서</li> </ul> | 성과물 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 제1세부과제의 치수결과, 제2세부과제의 이수결과 및 3-1세세부과제의 유역관리 취약성을 통합적으로 평가하고 이를 시공간적(예, 수자원단위지도)으로 체계화하여 정보를 제공할 수 있도록 함
- 과거 자료, 전망 자료 및 취약성 자료의 표출, 각종 관련 문헌 게시를 통해 web 기반의 통합 평가시스템을 구축함으로써 의사결정 이해당사자들에게 정보 제공하고, 의사결정 위주의 새로운 시각을 통한 기후변화 영향 및 취약성 평가 기법 개발

### □ 3-3 기후변화 적응 유역관리 실행기술 개발

|                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 토양수분 모니터링을 통한 토양수흐름 추적 기술 개발</li> <li>▪ 대기-지표-지하 연계 모델링을 통한 유역관리 기술 개발</li> <li>▪ 토지이용 및 식생상태에 따른 토양수 및 지하수 충전 분포도 작성</li> <li>▪ 기후변화 적응 토지이용 및 식생 관리정책보고서 작성</li> </ul> | 성과물 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 기후변화에 따른 유역 수자원 변화요인 도출 및 공간변동성 시계열 분석기술을 개발하도록 함. 이를 통하여 기후변화에 따른 유역 수자원 취약지역 파악 및 유역 수자원 관리를 위한 실행기술을 제시하도록 함
- 시험유역 선정 및 지표-지하 연계 모니터링 운영을 통한 유역 수자원 확보를 위한 유역관리 실행기술의 현장 적용성을 평가하도록 함. 또한, 지표-지하 연계 모

델링을 통한 유역 토양수 취약지역 및 토양수흐름 추적기술을 개발 함

- 토지피복 및 토지이용 특성에 따른 토양수분함량 변화 분석 및 GIS기법을 활용한 추적기술을 개발 함. 이를 통하여 기후변화, 식생 및 지표상태 등을 고려한 토양수 변동 및 지하수 충전량을 평가하도록 함
- 유역 수자원 관리 실행기술의 모의운영을 통한 현장 적용 효율성을 분석하고, 기후변화 적응용 유역 수자원의 보존 및 확보를 위한 토지이용 및 식생 관리정책 보고서 작성

#### □ 3-4 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원기술 개발

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 홍수, 가뭄의 반복발생에 따른 유역관리 영향평가 기술</li> <li>▪ 극한사상에 따른 유역단위의 토양유실 방지기술</li> <li>▪ 극한사상에 따른 탁수 관리 및 대응기술</li> </ul> | 성과물 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 기 개발된 토양유실 방지기법을 조사 및 수집하고, 각 기법의 장단점 그리고 활용성을 다각도로 분석하여 기후변화에 적응가능한 토양유실 방지 설계방안을 제시하고, 토양유실이 발생할 수 있는 지역에 대한 D/B 구축을 통하여 유역관리의 자료로 이용토록 함
- 기후변화에 따른 극한사상으로 인한 토양유실 및 탁수 유발 원인의 학제적(기상학적, 수리수문학적, 토양학적 등) 접근과 탁수 유발 잠재 가능성을 평가하고, 체계적인 유역 모니터링 및 관리와 GIS / IT 기술을 접목한 최신 기술을 연계하여 적극적 탁수 관리 기술 체계를 구축하도록 함

#### □ 4-1 글로벌 수자원 평가 및 분석 체계 구축

|                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기상-지표수문 연계 해석기술 개발</li> <li>▪ 한국형 GLSM(Global Land Surface Model) 개발 및 구축</li> <li>▪ 글로벌 수문 네트워크 및 D/B 구축</li> <li>▪ 기후변화에 따른 전구 수문시나리오 구축</li> <li>▪ 기후변화 대응 국제적 물관리 적응기술개발 국제동향 분석 보고서</li> </ul> | 성과물 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 기후변화로 인한 시공간적 수자원의 변동성 분석에 대한 정확성을 향상시키기

위해서는 기상과 지표수문의 물리적 상호과정(feedback)을 모의할 수 있는 기술 개발이 필요함. 기존의 기술은 기상자료를 단순히 유출모델에 입력하여 유출량을 분석하는 방식으로 토양수분이나 증발산이 기상현상에 영향을 미치는 영향이 고려되지 않고 있음

- 기 개발된 글로벌 지표수문해석모형(Global Land Surface Model, GLSM)을 조사 및 수집해서 각 GLSM 모델의 장단점 그리고 활용성(Model Structural Adequacy, MSA)을 다각도로 분석하여 최적 한국형 GLSM 선정하고, 관련 GIS 및 Remote Sensing 자료를 수집하고 Database(D/B)를 구축
- 구축된 GLSM를 이용하여 글로벌 수자원 가용량(water availability)을 국가별 및 주요 하천 유역에 대해 평가하고, 기온과 강수 변화에 대한 민감도 분석을 통해 공간적인 기후변화에 대한 수자원 가용량의 취약성을 분석함
- 국외의 선진 물관리 연구기관들과의 국제네트워크를 구축하여 수자원전망결과의 공유체계를 마련함으로써 지속적인 D/B 업데이트 및 모델성능을 개선하고, 주요 결과를 IPCC 보고서 작성 등에 활용될 수 있도록 함

#### □ 4-2 기후변화 적응 국가 수자원 안전전략 및 대응 기술

|                                                                                                                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한반도 수자원 가용 D/B 및 북한지역 수자원 시설 등의 관련 자료</li> </ul>                                                                                  | 성과물 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 기후변화에 따른 한반도 수자원 변동으로 인한 영향 평가</li> <li>▪ 통일 후 북한지역 수자원 변화와 개발방향 및 관련 시나리오 작성</li> <li>▪ 기후변화 적응 접경지역의 수자원 종합 개발 방안 작성</li> </ul> |     |

- 북한의 수자원 시설 현황 D/B 구축과 기후변화에 따른 홍수·용수공급 취약성 평가 및 취약 지역 도출을 통해 통일 후 북한지역 수자원 변화 및 개발방향을 전망하고, 기후변화에 따른 수자원개발 시나리오 작성 및 우선순위 도출이 가능할 것임
- 다각도의 시나리오를 토대로 북한강과 임진강 수계의 일괄 운영 및 관리 방안을 도출하고, 통일 후 접경지역(북한강, 임진강)의 용수수요에 대한 변화 분석이 이루어질 것임. 또한 기후변화 적응 접경지역의 수자원 종합 개발 방안의 제시를 통해 효율적인 수자원 이용방안이 준비될 수 있을 것임

#### □ 4-3 국제 물거래 대비 우리나라 가상수 분석 기반 구축

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 우리나라 가상수량 이용 현황 분석 결과</li> <li>▪ 기후변화 및 글로벌 환경 변화로 인한 가상수 변동 시나리오</li> <li>▪ 기후변화와 국제 물거래를 고려한 가상수 분석체계</li> <li>▪ 가상수와 수자원산업의 관계 및 장기 전략 방안</li> </ul> | 성과물 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 우리나라의 가상수 수입국 분포 현황 평가 및 영향 분석, 국내 가상수 이용량 변화로 인한 국제적 영향 평가, 기후변화 및 국제 물거래 등을 고려한 가상수 분석체계 구축을 통해 국내 가상수 변화로 인한 장래 용수수요 변화 및 국제적 영향을 분석함
- 가상수의 변화가 수자원산업에 미치는 영향 및 취약성 분석, 국제화를 위한 기후변화 적응 미래 수자원산업 전략 방안 도출을 통해 가상수 도입에 따른 수자원산업의 영향 및 향후 전략 방안을 도출함

#### □ 4-4 기후변화에 따른 수자원 가치평가 기술 개발 및 적용

|                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수자원의 사회경제적 가치 평가 기술 개발</li> <li>▪ Water-Food-Energy(WFE) nexus 평가기법 개발</li> <li>▪ 수자원 가치평가에 근거한 수자원 관리 기술 및 기후변화 적응전략 개발</li> </ul> | 성과물 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

- 국내외 수자원 가치평가 기술 사례 조사 및 분석을 통한 개선점 및 개발이 필요한 세부기술을 도출하고, 용수이용(생활, 공업, 농업, 레크리에이션, 환경용수)별 사회경제적 가치의 정량화 추진
- 용수의 공급 변화에 따른 식량생산량과 에너지 생산과의 연계를 경제적 가치로 정량화하고, 기후변화로 인한 수자원의 변화가 Water-Food-Energy 연계에 미치는 영향을 전망함. 또한 기후변화 시나리오를 이용한 수자원의 사회경제적 손실을 전망하고 취약지역(Hot Spot)도출 및 적응전략 개발을 추진함



[그림 3-3] 세부과제별 주요 예상 성과물

#### 4. 연구추진 지연시 발생하는 문제

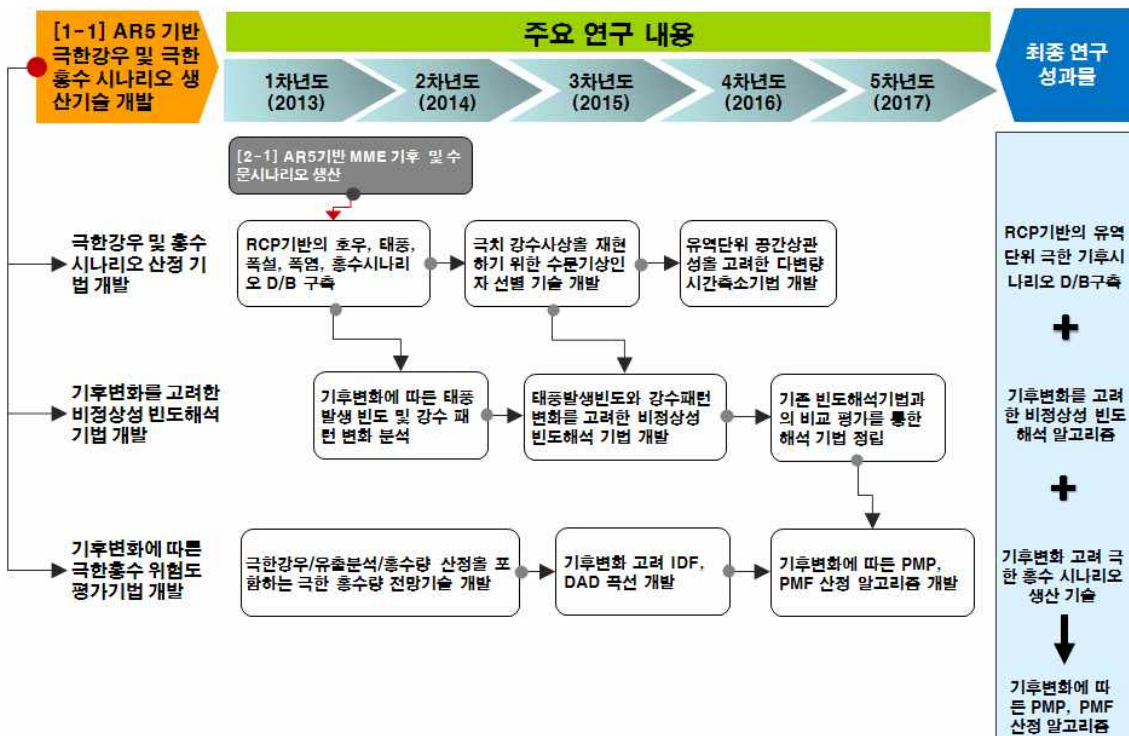
- 기후변화에 따른 수자원 적응전략의 실행시기를 놓치거나 적응방법론의 선택폭이 좁아질 수 있음. 적응전략은 현실에 적용되기까지 방법론에 따라 시간적으로 차이가 있는데, 충분한 적응시간을 확보한다는 것은 다양한 적응전략을 고려할 수 있는 기반을 마련하는 것임
- 또한, 제한된 예산안에서 효과적이고 단계적인 수자원 적응을 수행하기 위해서는 국가차원의 수자원 적응전략을 수립하고 취약지역을 대상으로 우선적으로 사업을 수행하는 것이 필요함. 따라서 연구추진 지연시 중장기적 예산확보 문제와 수자원 적응을 위한 사업수행에 차질이 발생할 수 있음
- 국가 경쟁력 확보에 걸림돌이 될 수 있음. 안정적인 수자원 확보, 관리 및 계획은 국가 경쟁력과 밀접하게 연관되어 있음. 2장에서 언급한 바와 같이 선진국에서는 이미 기후변화에 따른 수자원분야별 적응전략을 수립하고 새로운 정보를 기반으로 기 수립된 적응전략을 보완하고 있음. 최근 증가하는 수자원관련 재해(홍수, 가뭄 등)는 선진국에서도 큰 경제적 손실로 작용하고 있으며, 이를 최소화하기 위한 노력들이 진행되고 있음. 따라서 수자원 적응전략이 조속히 수립된다면 발생가능한 피해를 최소화하여 국가 경쟁력 제고에 기여할 것임

### 3절 세부과제별 주요내용 및 추진체계

#### 1. 제 1세부과제 : 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술

##### □ [1-1] AR5 기반 극한강우 및 극한홍수 시나리오 생산기술 개발

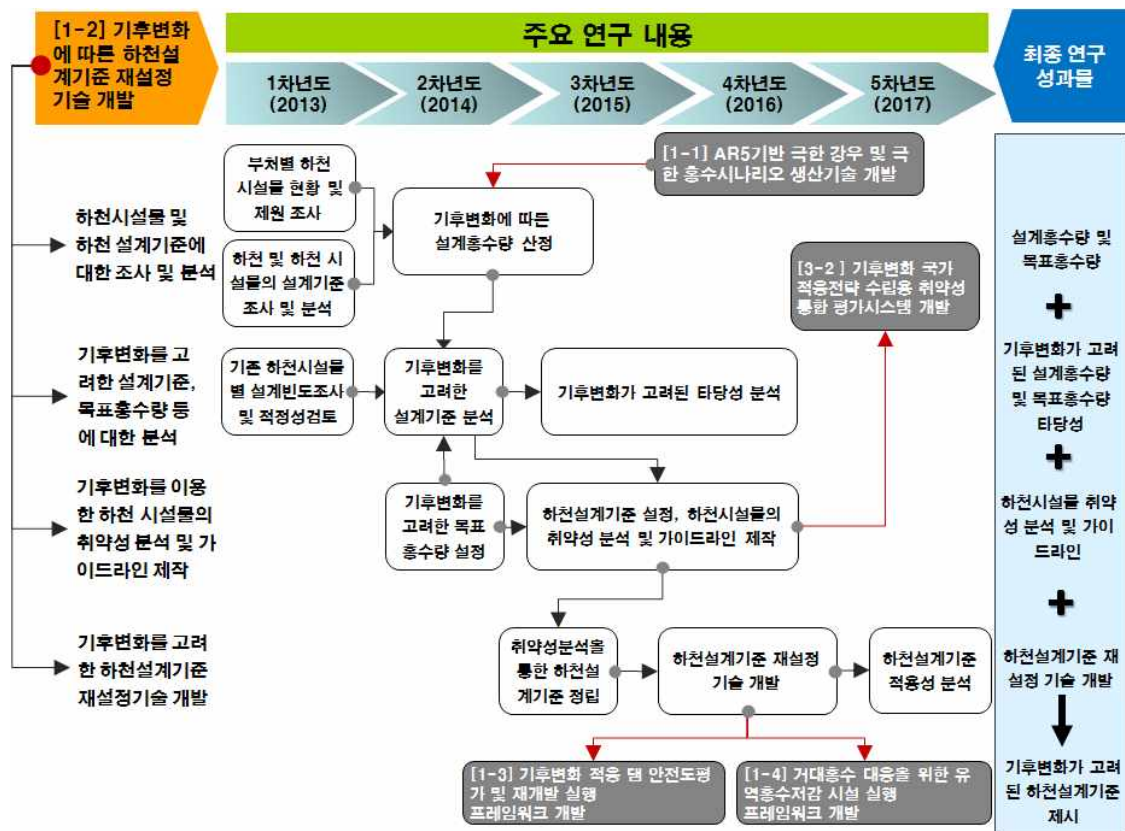
| 연구 주제                               | 주요 연구내용                                        |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|
| 극한강우 및 홍수시나리오 산정 기법 개발              | 기후변화 시나리오 D/B구축 및 Bayesian 모형 기반 불확실성 평가 기술 개발 |
|                                     | 극치 강수사상을 재현하기 위한 수문기상인자 선별기술 개발                |
|                                     | 유역상관성과 불확실성분석이 가능한 일 및 시간 단위 강수상세화기법 개발        |
| 기후변화와 지역 효과를 고려한 비정상성 지역 빈도해석 기법 개발 | 과거자료 및 고기후자료를 이용한 강수상세화기법 개발                   |
|                                     | 과거 태풍 Track 범주화 및 기상인자와 원격상관관계 분석 기술 개발        |
|                                     | 태풍발생빈도/강수패턴 예측이 가능한 비정상성 지역빈도해석 기법 개발          |
|                                     | 우리나라 지형효과를 고려한 비정상성 지역빈도해석기법 개발                |
| 기후변화에 따른 극한홍수 위험도 평가기법 개발           | 미계측 유역의 비정상성 지역빈도해석 기법 개발                      |
|                                     | 극한강우/홍수량 산정을 포함하는 극한 홍수량 전망기술 개발               |
|                                     | 기후변화 고려 IDF, DAD 곡선 개발 및 실무활용서 개발              |
|                                     | 기후변화에 따른 PMP, PMF 산정 알고리즘 개발                   |



[그림 3-4] 1-1 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

□ [1-2] 기후변화에 따른 하천설계기준 재설정기술 개발

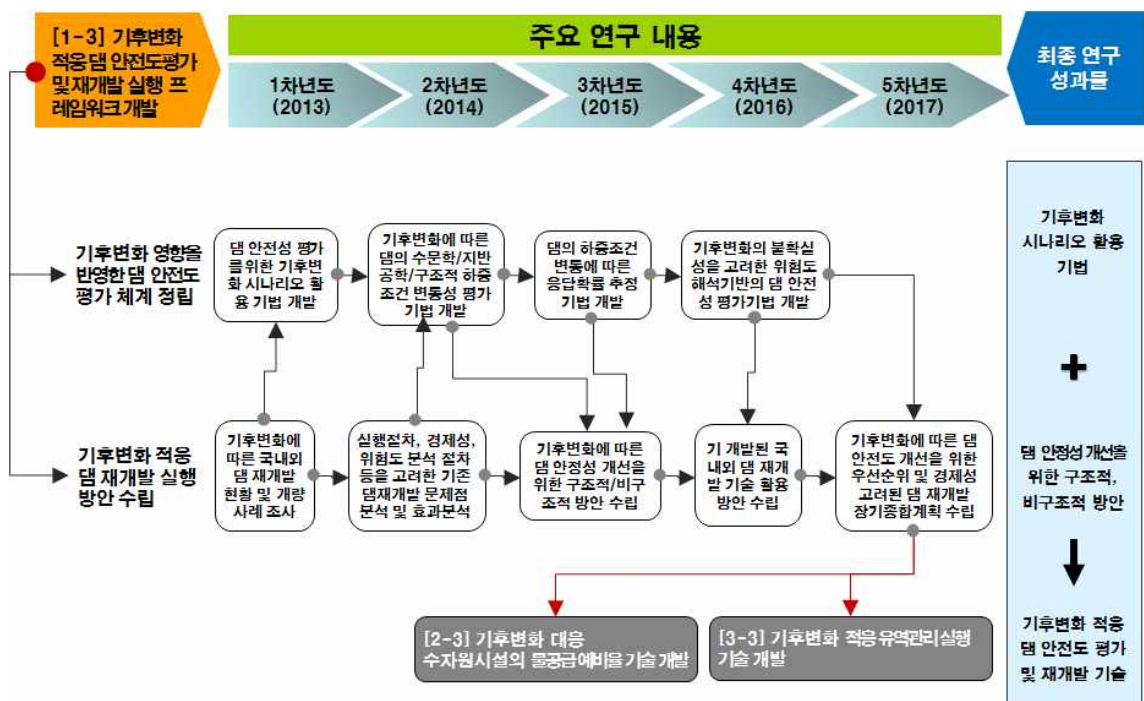
| 연구 주제                            | 주요 연구내용                                                                            |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 하천시설물 및 하천설계기준에 대한 조사            | 유역단위 기반으로 하천시설물 현황 조사 및 홍수 조절능력 분석                                                 |
|                                  | 하천시설물의 기존 설계기준 조사 및 분석                                                             |
| 기후변화를 고려한 설계기준, 목표홍수량 등에 대한 분석   | 기존 설계빈도 하에서 하천시설물의 기후변화 대응 능력 분석을 통한 현 설계빈도의 적정성 검토                                |
|                                  | 기후변화를 고려한 국내외 하천설계기준 수립 사례 조사 및 분석을 통한 국내 설계기준 재설정 방향 수립                           |
|                                  | 기후변화를 고려한 목표홍수량 설정 사례를 조사 및 분석하고, 현행 빈도 개념의 홍수량 설정과 목표홍수량 설정에 의한 하천설계의 타당성 비교 및 검토 |
| 기후변화를 고려한 하천시설물의 취약성 분석 가이드라인 제작 | 목표홍수량에 따른 하천시설물의 안전도 및 취약성 분석 기법 도출                                                |
|                                  | AR5 기반의 극한홍수 시나리오와 취약성 분석 기법을 바탕으로 유역단위 기반으로 조사된 하천 및 하천시설물의 취약성 분석                |
| 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정기술 개발        | 취약성 분석 결과를 바탕으로 현 하천시설물의 설계기준 재정립                                                  |
|                                  | 재설정된 하천설계기준의 실무 적용성 평가 및 실제 하천설계기준에 반영 방안 수립                                       |



[그림 3-5] 1-2 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

## □ [1-3] 기후변화 적응 댐 안전도평가 및 재개발 실행 프레임워크 개발

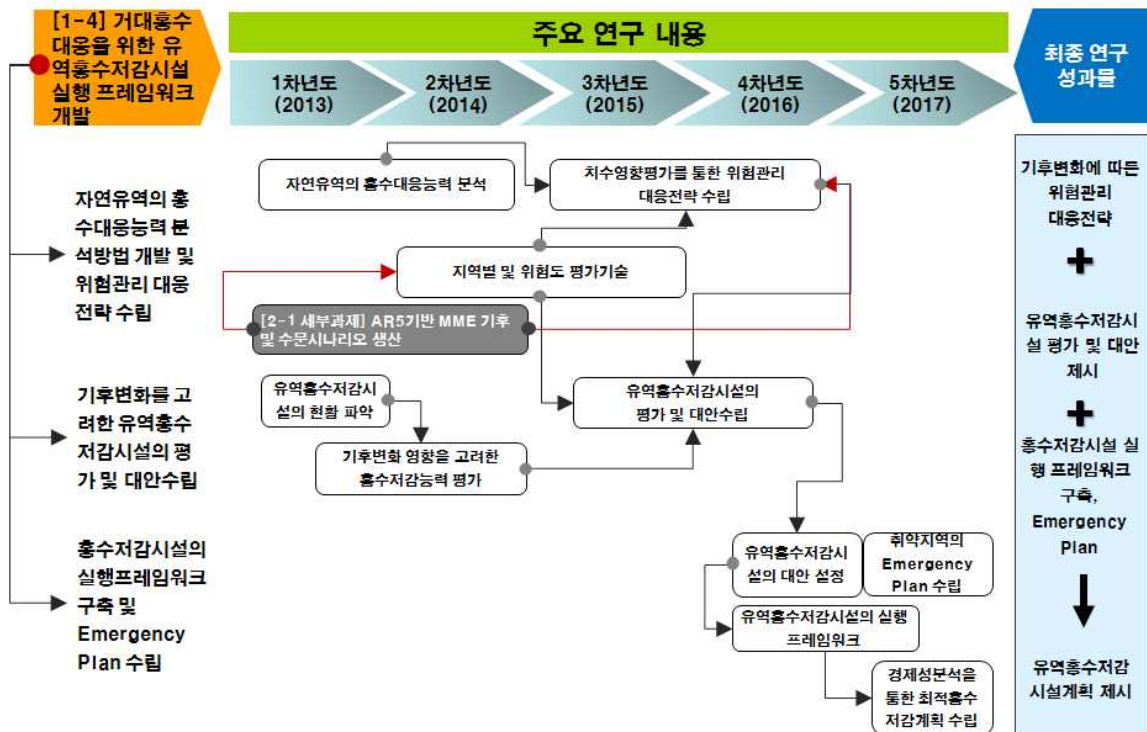
| 연구 주제                                | 주요 연구내용                                               |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 기후변화 영향을 고려한<br>댐 안전도 평가 기법 개발       | 댐 안전성 평가를 위한 기후변화 시나리오 활용 기법 개발                       |
|                                      | 기후변화에 따른 댐의 수문학/지반공학/구조적 하중조건 변동성 평가기법 개발             |
|                                      | 댐의 하중조건 변동에 따른 응답확률 추정기법 개발                           |
|                                      | 기후변화의 불확실성을 고려한 위험도 해석기반의 댐 안전성 평가기법 개발               |
| 기후변화에 따른 안전도<br>개선을 위한 댐재개발<br>체계 수립 | 기후변화에 따른 국내외 댐재개발 현황 및 개량 사례 조사                       |
|                                      | 실행절차, 경제성, 위험도 분석 절차 등을 고려한 기존 댐재개발 문제점 분석 및 효과분석     |
|                                      | 기후변화에 따른 댐 안정성 개선을 위한 구조적/비구조적 방안 수립                  |
|                                      | 기 개발된 국내외 댐재개발 기술 활용 방안 수립                            |
|                                      | 기후변화에 따른 댐 안전도 개선을 위해서 우선순위 및 경제성이 고려된 댐재개발 장기종합계획 수립 |



[그림 3-6] 1-3 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

□ [1-4] 거대홍수 대응을 위한 유역홍수저감 시설 실행 프레임 워크 개발

| 연구 주제                                  | 주요 연구내용                                                                                           |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 자연유역의 홍수대응능력 분석방법 개발 및 위험관리대응전략 수립     | 자연유역내의 흐름을 고려한 홍수대응 능력분석 기술 개발<br>유역의 치수영향평가를 통한 홍수 위험관리 대응 전략 수립                                 |
| 기후변화를 고려한 유역내 홍수저감시설물의 평가 및 대안수립       | 유역단위의 유역 홍수저감시설 현황 파악 및 기후변화에 따른 영향을 평가할 수 있는 홍수저감능력평가 기술 개발<br>홍수발생에 따른 유역내 홍수저감시설의 평가 및 대응방안 수립 |
| 홍수저감시설의 실행프레임워크 구축 및 Emergency Plan 수립 | 홍수저감시설의 경제성 분석을 통한 최적의 홍수저감계획 제시 및 유역의 홍수저감시설 실행프레임워크 제안<br>최적 홍수저감계획을 통한 취약지역 Emergency Plan 수립  |

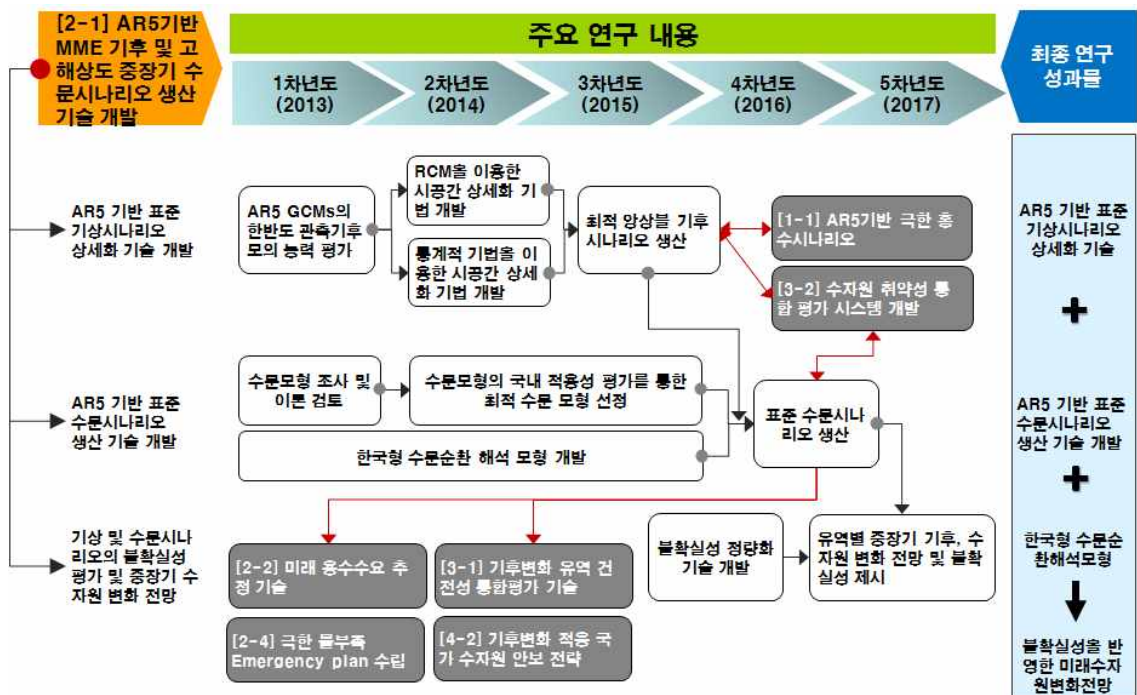


[그림 3-7] 1-4 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

## 2. 제 2세부과제 : 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술

## □ [2-1] AR5기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문시나리오 생산기술 개발

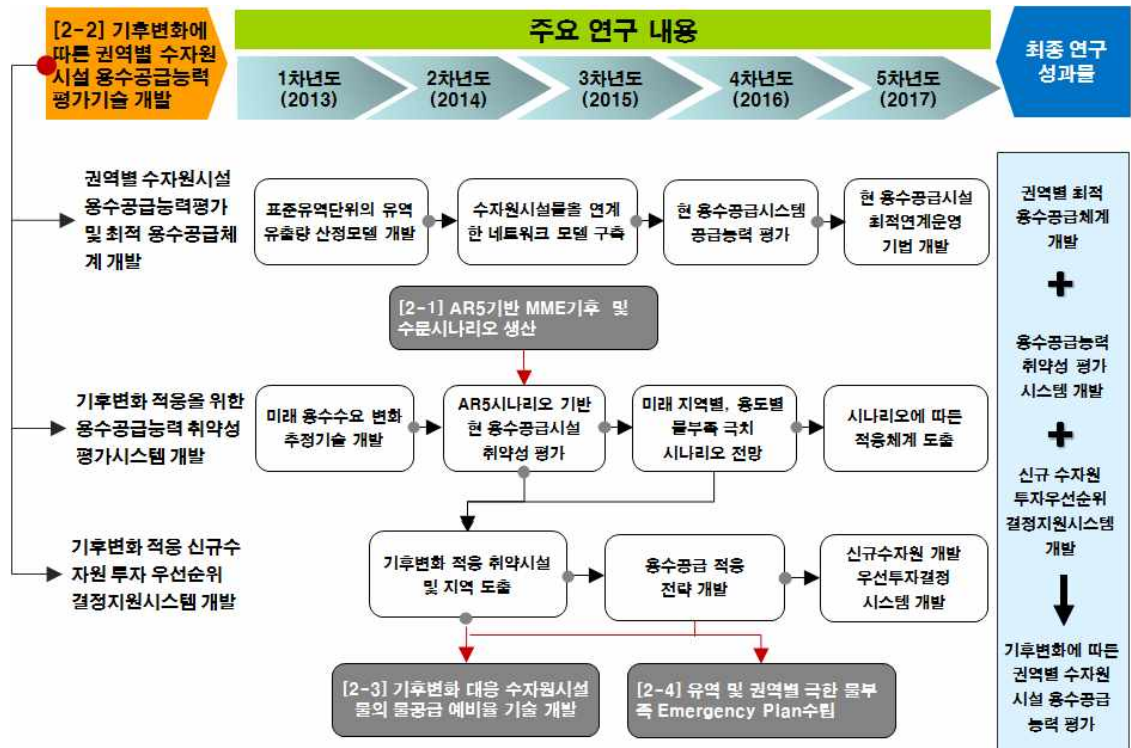
| 연구 주제                       | 주요 연구내용                                                                      |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| AR5 기반 표준 기후 시나리오 상세화 기술 개발 | AR5 기반의 GCM 기후전망 결과 수집 및 기후모사능력 평가                                           |
|                             | 한국형 표준 상세화 기법 제시, GCM 결과의 시공간적 상세화 및 불확실성 정량화                                |
|                             | RCM을 이용하여 GCM 결과를 역학적으로 상세화하고 생산된 시나리오의 통계적 보정 및 불확실성 평가                     |
|                             | CMIP5에서 제공하는 near-term experiment 결과수집 및 국내 기후 모사능력 평가, 통계적 상세화 수행 및 불확실성 평가 |
| AR5 기반 표준 수문시나리오 생산 기술 개발   | 기존 수문모델 분석을 통한 한국형 수문모델을 개발                                                  |
|                             | 시험유역 선정을 통한 모형의 적용성 평가 및 모형 입력, 매개변수, 구조적 불확실성을 정량적으로 평가할 수 있는 기법 개발         |
|                             | 미계측유역에서 유출모형의 매개변수를 추정할 수 있는 지역화 기법 개발 및 5대강 권역에 수문모형 구축                     |
|                             | 기후시나리오를 이용하여 수문시나리오를 생산하고, 불확실성을 정량적으로 평가                                    |
| 한반도 중장기 수자원 변화 전망           | 생산된 기후 및 수문시나리오를 분석하여 유역별 기후변화에 따른 중장기 미래 수자원 전망 결과 제시                       |
|                             | 유역별 증발산, 토양수분, 지하수, 지표수 등의 수문요소 변화를 유역별로 전망하고 불확실성을 제시                       |



[그림 3-8] 2-1 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

□ [2-2] 기후변화에 따른 권역별 수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발

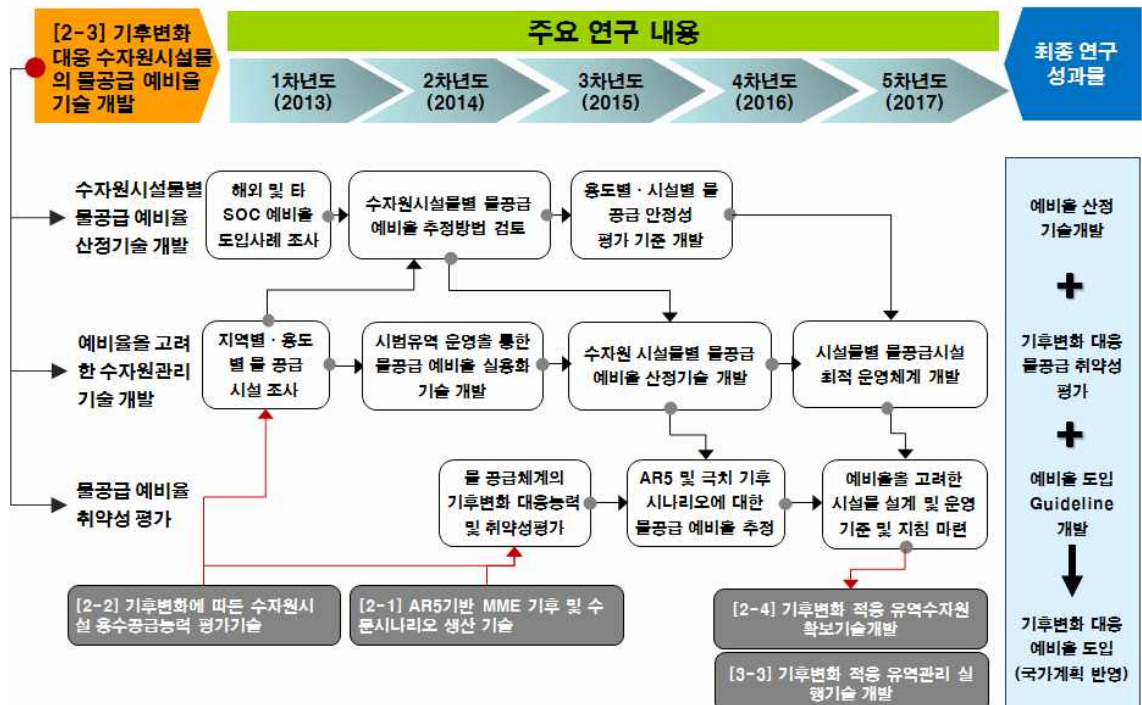
| 연구 주제                                     | 주요 연구내용                                                          |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 권역별 수자원시설<br>용수공급 능력 평가 및<br>최적 용수공급체계 개발 | 기후변화가 미래 용수공급 패턴 변화에 미치는 영향을 평가할 수 있는 기술을 개발                     |
|                                           | 위험도 개념과 국내 수문순환 특성을 고려한 유역단위 유출량 산정모델 개발                         |
|                                           | 유역별 수자원시설물을 고려한 물 수급 네트워크 모델 구축을 통한 현재의 물 수급 시스템의 공급능력 평가        |
|                                           | 물이용 효율의 극대화를 위한 물 공급시설물 최적연계 운영기법 개발                             |
| 기후변화 적응을 위한<br>용수공급능력 취약성<br>평가시스템 개발     | 미래 사회경제적 요인 및 기후변화의 영향을 바탕으로 미래 용수수요(생활, 공업, 농업용수) 추정기술 개발       |
|                                           | 미래 물 수요 시나리오 및 공급 시나리오에 따른 현재의 용수공급 네트워크의 취약성 평가                 |
|                                           | 기후변화 시나리오에 따라 미래 지역별, 용도별 물 부족 극치 시나리오를 전망하고 물 부족 대응을 위한 적응체계 도출 |
| 기후변화 적응 신규수자원<br>투자 우선순위<br>결정지원시스템 개발    | 권역 또는 지역별 물 수급 네트워크 특성 및 물 부족 특성을 바탕으로 기후변화 취약시설 및 지역 도출         |
|                                           | 기후변화 적응을 위한 지역 맞춤형 물 공급 적응전략 개발                                  |
|                                           | 신규수자원 개발 우선순위 결정을 위한 우선투자 결정시스템 개발                               |



[그림 3-9] 2-2 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

## □ [2-3] 기후변화 대응 수자원시설물의 물공급 예비율 기술 개발

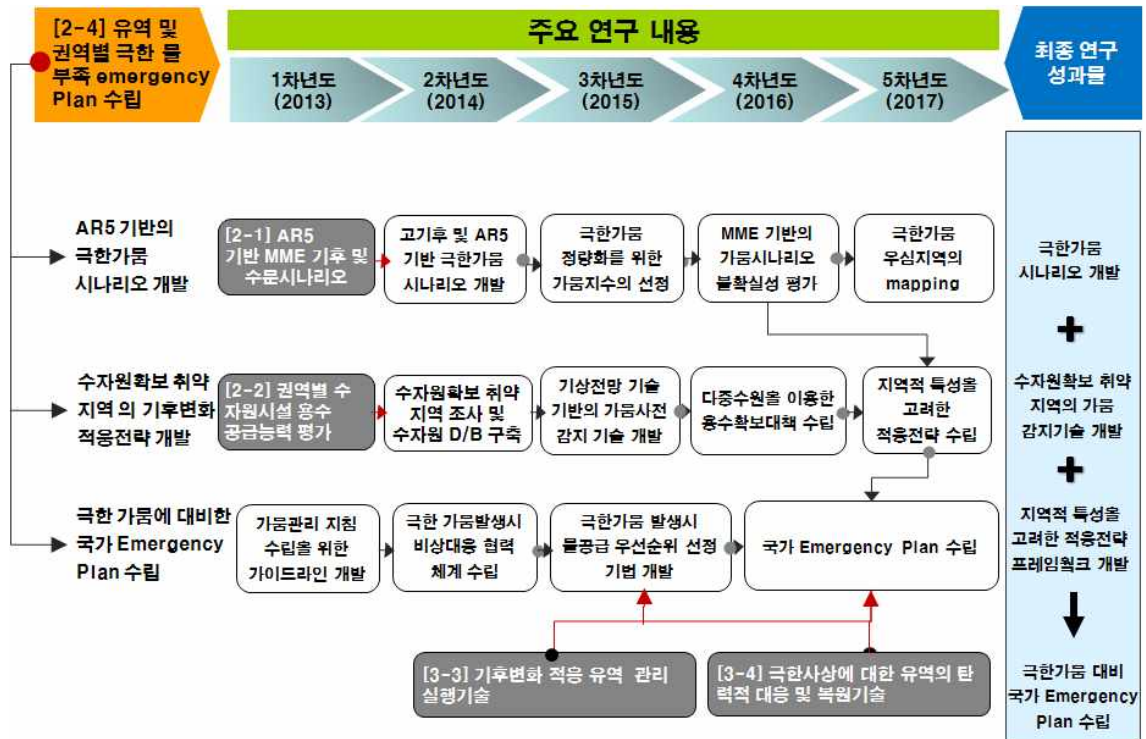
| 연구 주제                                | 주요 연구내용                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기후변화대비 수자원시설물별 물공급 예비율 산정기술 개발       | 해외 및 타 SOC사업 (전력, 석유비축 등)의 예비율 도입 사례조사를 통한 수자원시설물별 물공급 예비율 추정방법 개발                                                                                                                                      |
|                                      | 현 수자원 시스템의 용수공급안전도를 평가하기 위해 정량적이고 객관적인 지표 개발 등 수자원시설물별 물공급 안정성 기준 설정에 대한 연구를 통하여 수자원시설물별 지역별·시설별 물공급 예비율 산정기술 개발                                                                                        |
| 지역별·용수별·시설별 물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술 개발 | 지역별·용도별 물공급시설에 대한 조사를 선행하고, 시범유역 선정 및 운영을 통한 물공급 예비율의 실용화 기술 개발<br>기후변화를 고려한 물공급 예비율 안정성 확보를 위한 시설물별 물공급시설 최적 운영체계를 개발하고 운영가이드라인 제시                                                                     |
| 기후변화 시나리오를 이용한 물공급 예비율의 취약성 평가       | 물공급 예비율을 고려한 물공급체계의 기후변화 대응능력 및 취약성 평가<br>AR5 및 극치 기후시나리오를 이용한 미래 물공급 예비율의 추정 및 극치 시나리오별 적응방안 마련<br>취약성평가를 통하여 나타난 시설물별 물공급 예비율의 검토 결과를 활용하여 예비율을 고려한 시설물 설계 및 운영기준과 지침을 마련하고, 수자원장기종합계획과 연계하여 국가계획에 반영 |



[그림 3-10] 2-3 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

□ [2-4] 유역 및 권역별 극한 물부족 Emergency Plan 수립

| 연구 주제                               | 주요 연구내용                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 고기후 자료와 AR5 기반 극한 가뭄시나리오 개발         | 고기후 자료와 AR5기반의 기후 전망자료를 이용한 극한 가뭄시나리오를 개발하고 MME기반의 가뭄시나리오 불확실성을 평가<br>극한가뭄시나리오에 따른 유역 및 권역별 극한가뭄 취약지역 평가                                                                                                                                                     |
| 수자원확보 취약지역의 기후변화 적응전략 실행 프레임워크 개발   | 수자원확보 취약지역을 대상으로 GIS기반의 가뭄피해현황, 수원현황, 물사용패턴, 제한급수현황 등 수자원 인프라에 대한 조사를 실시<br>수자원확보 취약지역에 대한 지속적인 모니터링과 기상전망기술을 이용한 가뭄 사전감지기술을 개발<br>IT 등 최신기술을 융복합하여 인근 다중 수원을 이용한 용수확보 대책을 수립하고 지역의 지형, 지질, 가뭄상황, 수자원여건 등 지역적 특성을 고려한 특화된 용수공급방안을 마련하기 위한 최적의 적응전략 프레임워크를 개발 |
| 극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 Emergency Plan 수립 | 극한 가뭄 발생시 범부처간 비상대응협력 체계 계획을 수립하고 물공급 우선순위를 선정할 수 있는 기법을 개발<br>극한 가뭄에 따른 목표 안전도 설정<br>극한 가뭄시나리오 상황에서 피해를 최소화하기 위한 목표 안전도에 따른 국가 Emergency Plan을 수립                                                                                                           |
| 지자체별, 기관별 가뭄대책 수립                   | 지자체별, 기관별 가뭄대책(drought management plan) 수립을 위한 가이드라인의 작성                                                                                                                                                                                                     |

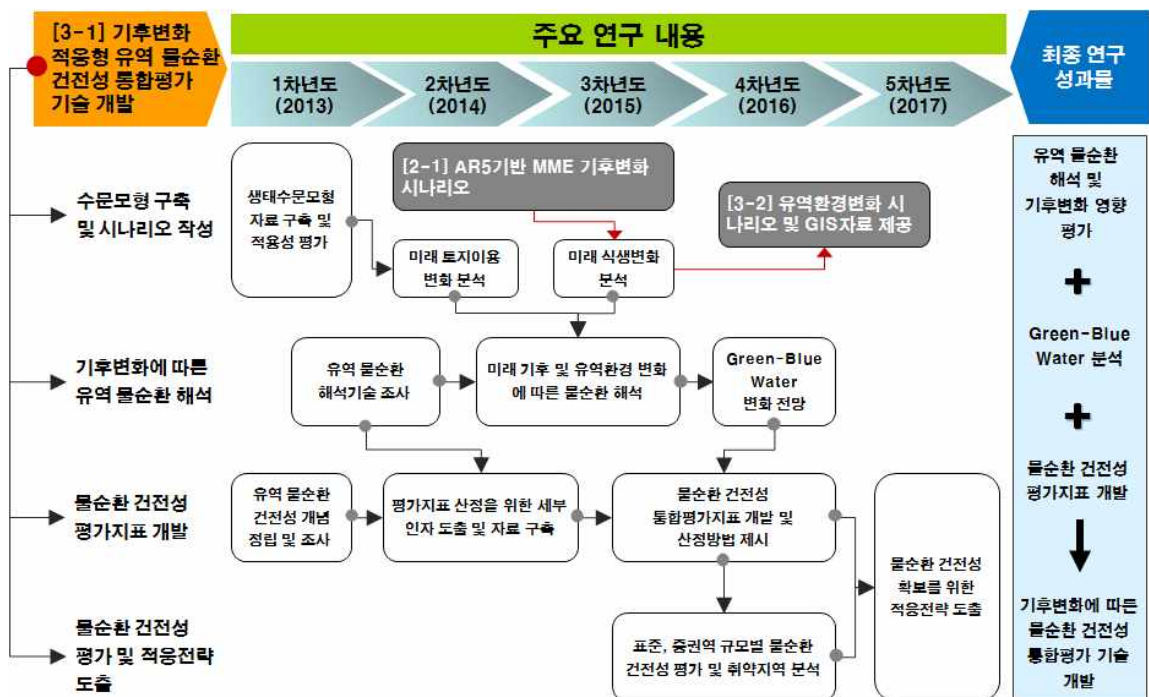


[그림 3-11] 2-4 세세부 과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

## 3. 제 3세부과제 : 기후변화 유역관리 적응 기술

## □ [3-1] 기후변화 적응형 유역 물순환 건전성 통합평가기술 개발

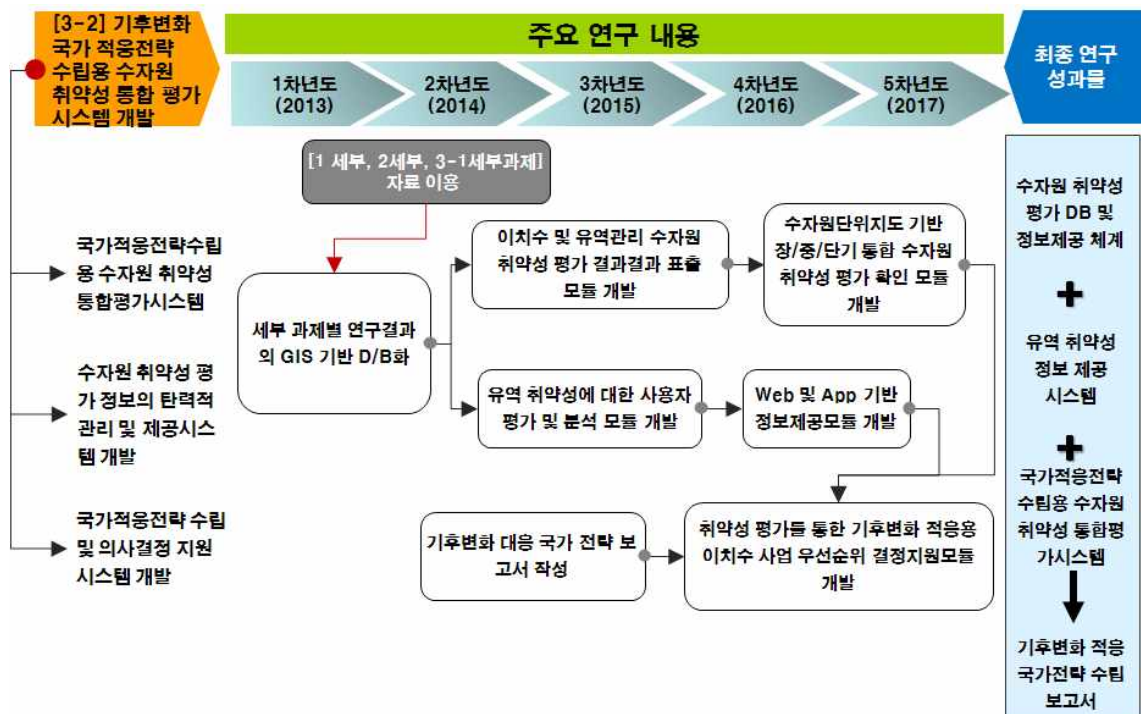
| 연구 주제                                        | 주요 연구내용                                 |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Green-Blue Water 및 유역환경을 고려한 통합 물순환 건전성 지표개발 | 수문요소 해석 기반의 유역 물순환 건전성 평가모형 개발 및 D/B 구축 |
|                                              | 유역 물순환 건전성 개념 정립을 위한 세부 평가인자 도출         |
|                                              | 인자별 가중치 산정기법 개발 및 유역 물순환 건전성 평가지표 개발    |
| 유역 물순환 건전성 평가시스템 개발 및 공간적 취약지역 개선방안 도출       | 유역 물순환 건전성 평가 및 위약 요소 도출                |
|                                              | 유역 물순환 건전성 모니터링 및 공간적 취약지역 선정           |
|                                              | 취약지역 개선전략 개발 및 사업우선순위 결정                |
| 기후변화가 유역 물순환 건전성에 미치는 영향 평가 및 적응전략 도출        | 물순환 해석을 위한 모델링기반 구축 및 적용성 평가            |
|                                              | 토지이용 및 식생 변화 전망기술 개발                    |
|                                              | 기후 및 유역환경변화 시나리오를 이용한 유역 물순환 건전성 평가     |
|                                              | 기후변화 적응을 위한 유역 물순환 건전성 유지관리 전략 보고서 작성   |



[그림 3-12] 3-1 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

□ [3-2] 기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발

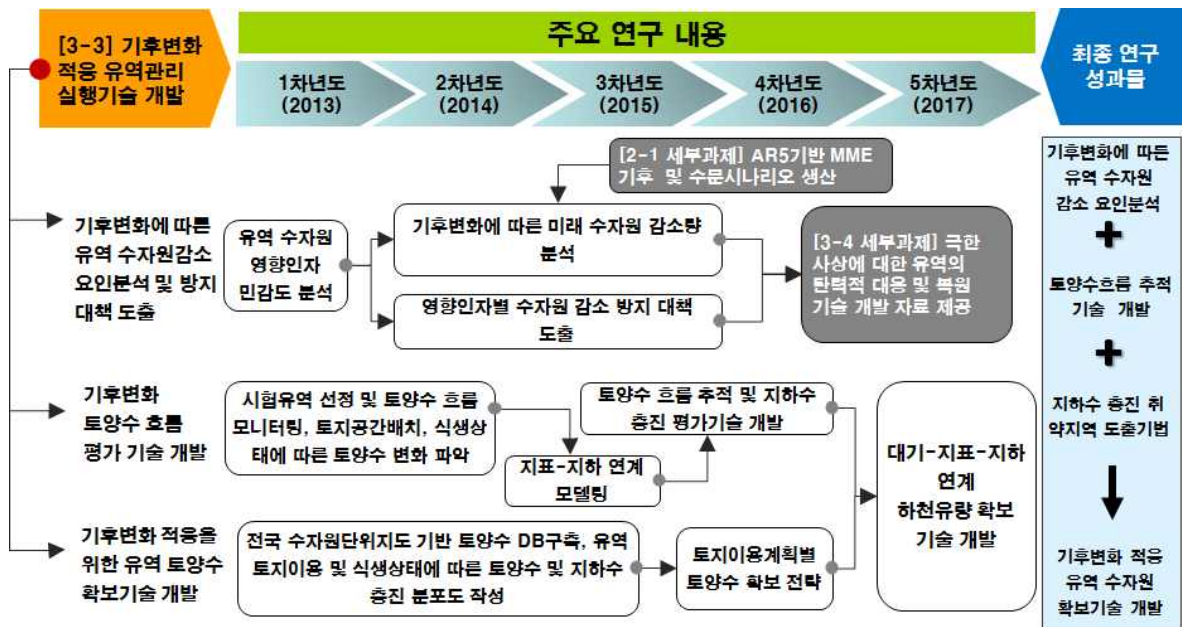
| 연구 주제                            | 주요 연구내용                                     |
|----------------------------------|---------------------------------------------|
| 기후변화 적응을 위한 수자원 취약성 통합 평가 시스템 개발 | 각 세부과제별 연구성과의 GIS 기반 D/B화                   |
|                                  | 이수, 치수 및 유역관리 수자원 취약성 평가결과 표출모듈 개발          |
|                                  | 수자원단위지도 기반 장중단기 통합 수자원 취약성 평가 확인모듈 개발       |
| 유역 취약성 평가정보의 탄력적 관리 및 제공시스템 개발   | 해당 유역의 취약성에 대한 사용자 평가 및 분석모듈 개발             |
|                                  | Web 및 App 기반의 정보제공모듈 개발                     |
| 국가적응전략 수립 및 의사결정 지원시스템 개발        | 기후변화 불확실성을 고려한 의사결정 기술 개발                   |
|                                  | 적응정책 홍보 지원을 위한 모형 구축                        |
|                                  | 기후변화 영향 이해당사자와의 소통 기술 개발                    |
|                                  | 기후변화 대응 국가 물안보 전략 보고서 작성                    |
|                                  | 취약성 평가를 통한 기후변화 적응을 위한 이치수사업 우선순위 결정지원모듈 개발 |



[그림 3-13] 3-2 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

## □ [3-3] 기후변화 적응 유역관리 실행기술 개발

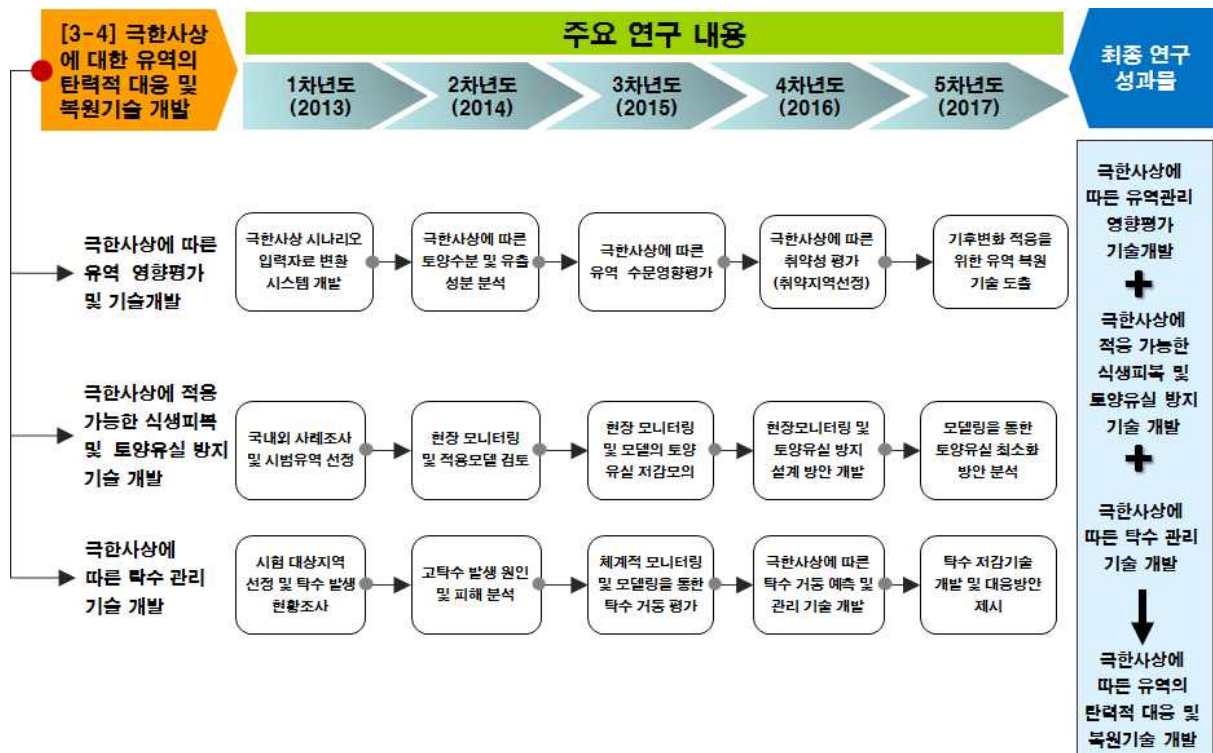
| 연구 주제                                           | 주요 연구내용                                                                                                      |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 기후변화에 따른 유역 수자원 감소원인 도출 및 공간변동성 시계열 분석기술 개발     | 유역 수자원 변화요인 및 민감도 분석에 따른 수자원감소 방지대책 도출<br>기후변화에 따른 유역수자원의 시공간적 변동성 분석 및 토양수 확보기술 개발                          |
| 지표-지하 연계 모델링을 통한 유역 토양수 취약지역 및 지표하 흐름특성 파악기술 개발 | 지표-지하 연계모델링을 통한 안전채수량 평가기술 개발<br>토양수분 모니터링을 통한 지표하 흐름특성 파악 및 모델링을 통한 유역 토양수 취약지역 분석기술 개발                     |
| 식생 지표상태 등을 고려한 토양수 변동 및 지하수 충전량 추적기술 개발         | 시험유역 선정 및 지표-지하 연계 모니터링 운영을 통한 유역 수자원확보기술의 현장 적용성 평가<br>토지피복 및 토지이용 특성에 따른 토양수분함량 변화 분석 및 GIS기법을 활용한 추적기술 개발 |
| 기후변화 적응용 유역 수자원의 보존 및 확보 토지이용 및 식생 관리정책보고서 작성   | 유역 토양수 보존 및 확보를 위한 유역관리 방안 제시<br>미래 토지이용-식생 변화 시나리오 작성을 통한 토양수 변화 전망기술 개발 및 관리정책보고서 작성                       |



[그림 3-14] 3-3 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

□ [3-4] 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원기술 개발

| 연구 주제                                  | 주요 연구내용                                      |
|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| 극한사상에 따른<br>유역 영향평가 및<br>기술개발          | 극한사상 시나리오 입력자료 변환 시스템 개발                     |
|                                        | 극한사상에 따른 토양수분 및 유출 성분 분석                     |
|                                        | 극한사상에 따른 취약성 평가 및 적응을 위한 유역 복원 기술 도출         |
| 극한사상에 적용 가능한<br>식생피복 및 토양유실<br>방지기술 개발 | 기존 토양유실 방지기법 조사 및 수집, 각 기법의 장단점, 활용성 분석      |
|                                        | 시험유역 선정 및 현장 모니터링, 적용모델 검토                   |
|                                        | 토양유실 저감 및 방지를 위한 설계방안 개발                     |
|                                        | 식생 및 시설물 배치에 적합한 모형개발에 따른 토양유실 발생취약지역 D/B 구축 |
| 극한사상에 따른<br>탁수 관리 기술 개발                | 고탁수 발생 원인 및 피해 분석                            |
|                                        | 체계적 모니터링 및 모델링을 통한 탁수 거동 평가                  |
|                                        | 극한사상에 따른 탁수 거동 예측 및 관리 기술 개발                 |

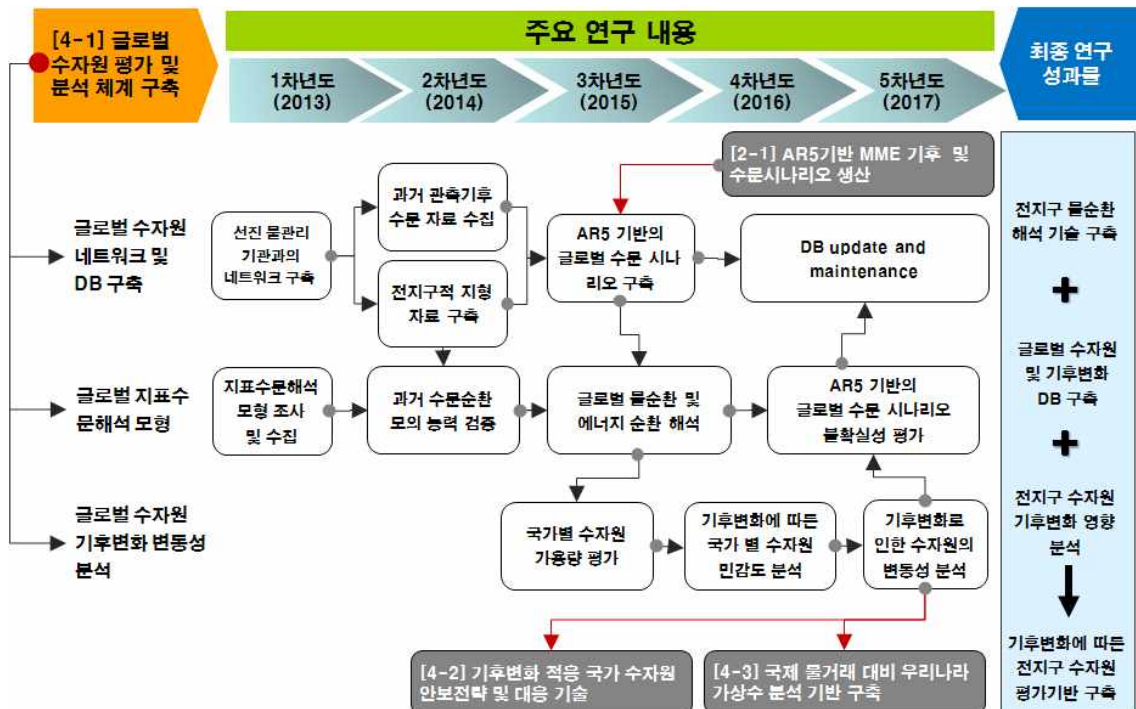


[그림 3-15] 3-4 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

## 4. 제 4세부과제 : 기후변화 수자원산업 적응기술

## □ [4-1] 글로벌 수자원 평가 및 분석 체계 구축

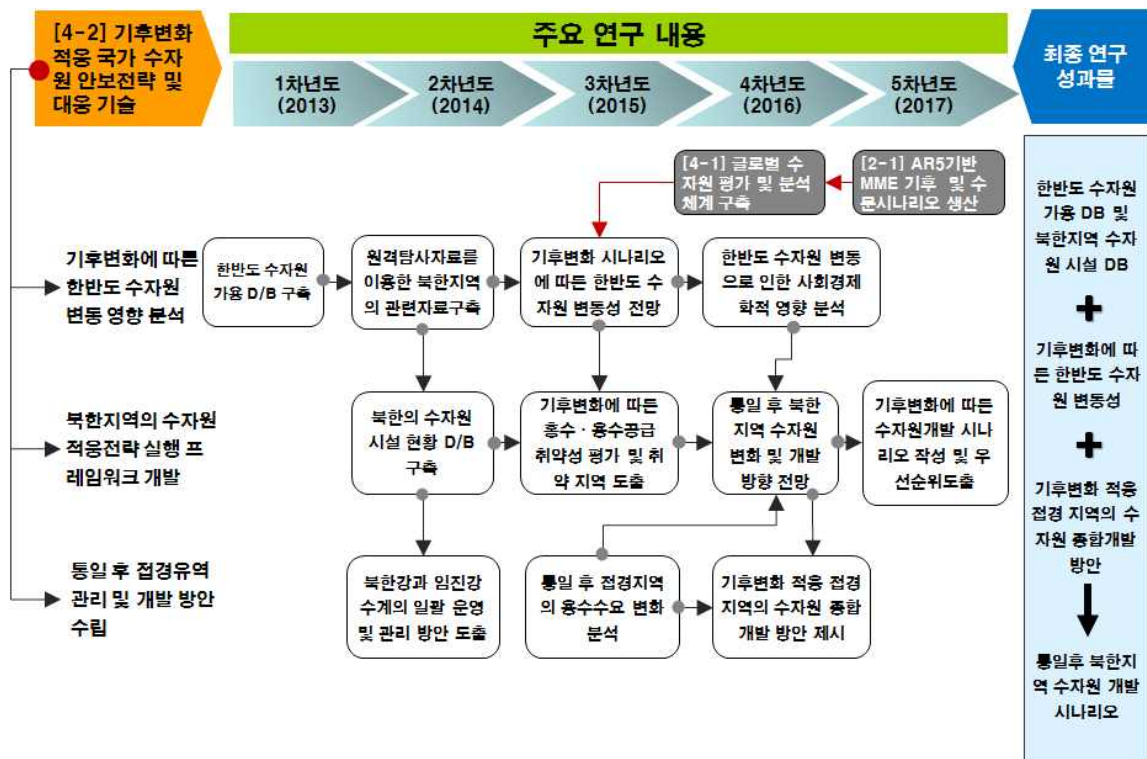
| 연구 주제                        | 주요 연구내용                                                                                                 |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 글로벌 지표수문해석모형 구축              | 글로벌 지표수문해석 모형인 TOPLATS, VIC, MOSAIC, NOAH, SAC, CLM, LSPM 등을 수집하고, 모형별 구조의 타당성을 비교 평가하여 최적 지표수문해석 모형 선정 |
|                              | 선정된 지표수문해석 모형의 매개변수를 추정하고, 과거 수문순환 및 에너지 순환에 대한 모의능력 평가                                                 |
|                              | 글로벌 기온, 강수, 강설, 용설, 증발산, 토양수분, 지표수, 지하수를 포함한 물순환 및 에너지 순환 해석, 모의결과 의 불확실성 평가                            |
| 글로벌 수자원 네트워크 및 D/B 구축        | 선진 물관리 기관과의 네트워크 및 공동연구체계를 구축하여 선진기술 이전 기반을 마련하고, 정보공유체계를 통한 최신 연구동향을 파악할 수 있는 시스템 구축                   |
|                              | 전구기반의 수문기상자료, 지형정보, Remote Sensing data, 사회경제적 자료 구축                                                    |
|                              | RCP 시나리오에 대한 글로벌 기후 및 수문시나리오 구축                                                                         |
| 글로벌 수자원 가용량 평가 및 기후변화 변동성 분석 | 글로벌 지표수문해석 모형을 이용한 기후변화에 따른 수 자원의 공간적 민감도 분석                                                            |
|                              | RCPs 기반 기후시나리오에 따른 글로벌 수자원의 시공간 적 변동성 평가 및 불확실성 정량화                                                     |



[그림 3-16] 4-1 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

□ [4-2] 기후변화 적응 국가 수자원 안보전략 및 대응 기술

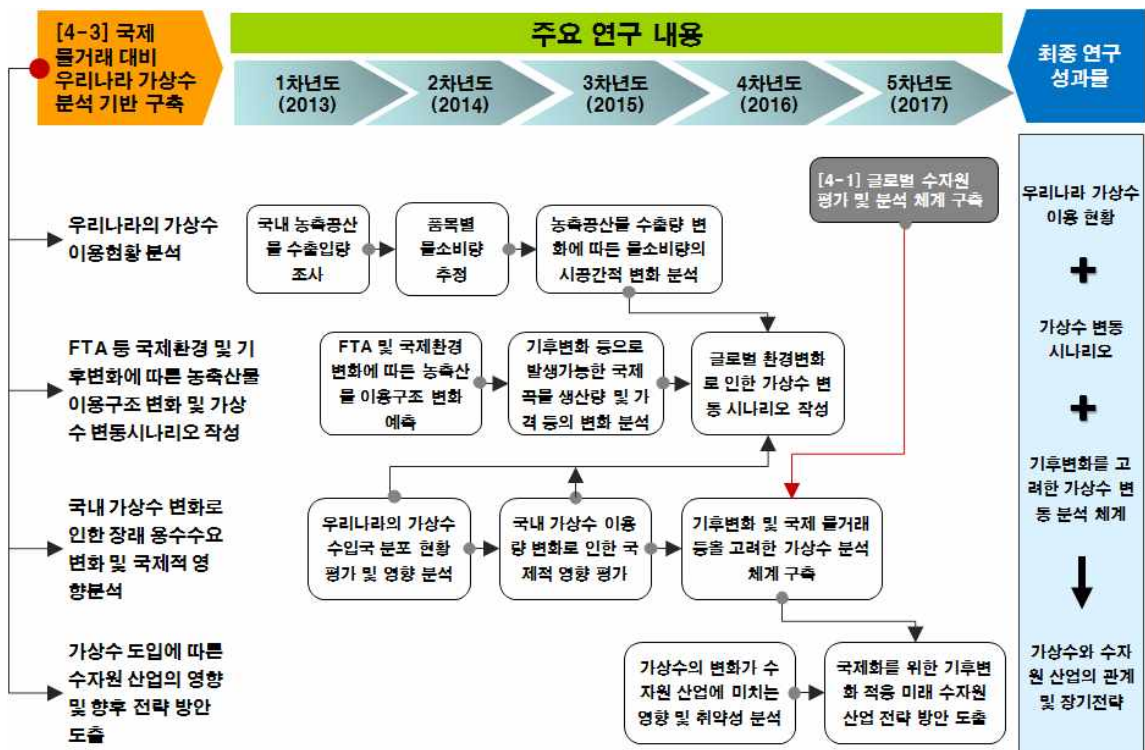
| 연구 주제                      | 주요 연구내용                             |
|----------------------------|-------------------------------------|
| 기후변화에 따른 한반도 수자원 변동 영향 분석  | 한반도 수자원 가용 D/B 구축                   |
|                            | 원격탐사(위성, 레이더)자료를 이용한 북한지역의 관련 자료 구축 |
|                            | 기후변화 시나리오에 따른 한반도 수자원 변동성 전망        |
|                            | 한반도 수자원 변동으로 인한 사회경제학적 영향 분석        |
| 북한지역의 수자원 적응전략 실행 프레임워크 개발 | 북한의 수자원 시설 현황 D/B 구축                |
|                            | 기후변화에 따른 홍수·용수공급 취약성 평가 및 취약 지역 도출  |
|                            | 통일 후 북한지역 수자원 변화 및 개발방향 전망          |
|                            | 기후변화에 따른 수자원개발 시나리오 작성 및 우선순위 도출    |
| 통일 후 접경유역 관리 및 개발 방안 수립    | 북한강과 임진강 수계의 일괄 운영 및 관리 방안 도출       |
|                            | 통일 후 접경지역(북한강, 임진강)의 용수수요 변화 분석     |
|                            | 기후변화 적응 접경지역의 수자원 종합 개발 방안 제시       |



[그림 3-17] 4-2 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

## □ [4-3] 국제 물거래 대비 우리나라 가상수 분석 기반 구축

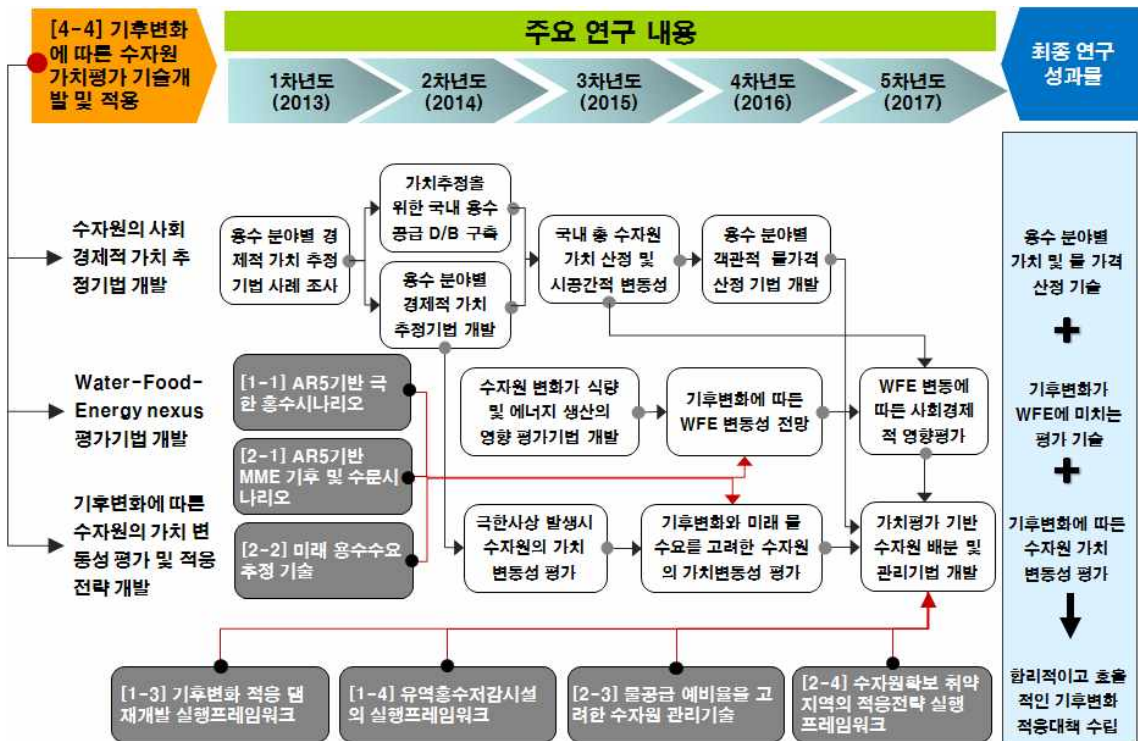
| 연구 주제                                              | 주요 연구내용                               |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 우리나라의 가상수 이용현황 분석                                  | 국내 농축공산물 수출입량 조사 및 품목별 물소비량 추정        |
|                                                    | 농축공산물 수출량 변화에 따른 물소비량의 시공간적 변화 분석     |
| FTA 등 국제환경 및 기후변화에 따른 농축산물 이용구조 변화 및 가상수 변동시나리오 작성 | FTA 및 국제환경 변화에 따른 농축산물 이용구조 변화 예측     |
|                                                    | 기후변화 등으로 발생가능한 국제곡물 생산량 및 가격 등의 변화 분석 |
|                                                    | 글로벌 환경변화로 인한 가상수 변동 시나리오 작성           |
| 국내 가상수 변화로 인한 장래 용수수요 변화 및 국제적 영향분석                | 우리나라의 가상수 수입국 분포 현황 평가 및 영향 분석        |
|                                                    | 국내 가상수 이용량 변화로 인한 국제적 영향 평가           |
|                                                    | 기후변화 및 국제 물거래 등을 고려한 가상수 분석체계 구축      |
| 가상수 도입에 따른 수자원산업의 영향 및 향후 전략 방안 도출                 | 가상수의 변화가 수자원산업에 미치는 영향 및 취약성 분석       |
|                                                    | 국제화를 위한 기후변화 적응 미래 수자원산업 전략 방안 도출     |



[그림 3-18] 4-3 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

□ [4-4] 기후변화에 따른 수자원 가치평가 기술개발 및 적용

| 연구 주제                                 | 주요 연구내용                                                |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 수자원의 사회경제적 가치 추정기법 개발                 | 생활용수, 공업용수, 농업용수, 레크리에이션, 환경용수별 경제적 가치 추정기법 개발 조사 및 개발 |
|                                       | 국내 수자원의 총 가치 추정 및 시공간적 변동성 분석                          |
|                                       | 합리적이고 객관적인 용수별 물가격 산정기법 개발 및 물수요 패턴 개발                 |
| Water-Food-Energy (WFE) nexus 평가기법 개발 | 수자원변화가 식량 및 에너지 생산에 미치는 영향을 평가할 수 있는 WFE 연계해석 기법 개발    |
|                                       | 유역별 WFE 연계해석 기법의 적용성 평가                                |
|                                       | AR5 RCPs 배출시나리오에 대한 WFE 변동성 전망 및 사회경제적 영향 평가           |
| 기후변화에 따른 수자원의 가치 변동성 평가 및 적응전략 개발     | 극한사상 발생시(홍수, 가뭄) 수자원의 가치 변동성 평가                        |
|                                       | RCPs 기반 기후시나리오와 미래 물수요 변동에 따른 수자원의 가치 변동성 평가           |
|                                       | 수자원 가치평가 결과에 근거한 수자원 공급 우선순위 도출 및 관리 기법 개발             |



[그림 3-19] 4-4 세세부과제 연차별 기술 및 성과 로드맵

## 4절 세부과제별 · 연차별 기술로드맵과 성과로드맵



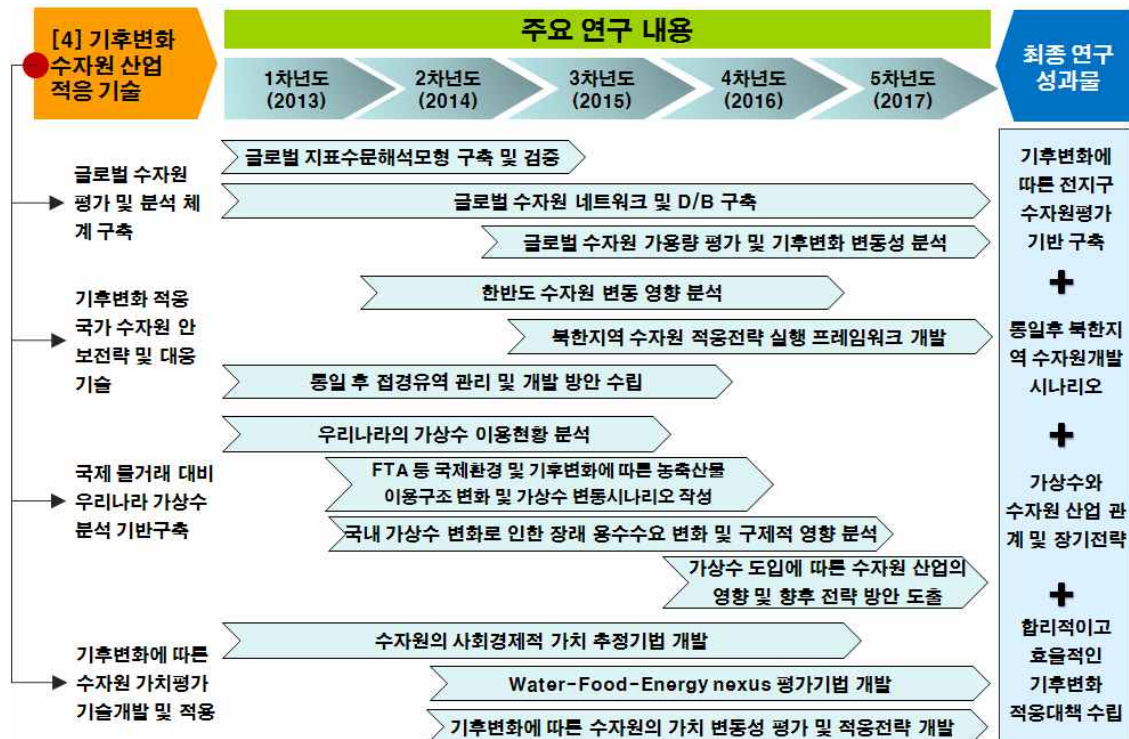
[그림 3-20] 1세부과제 연차별 추진전략



[그림 3-21] 2세부과제 연차별 추진전략

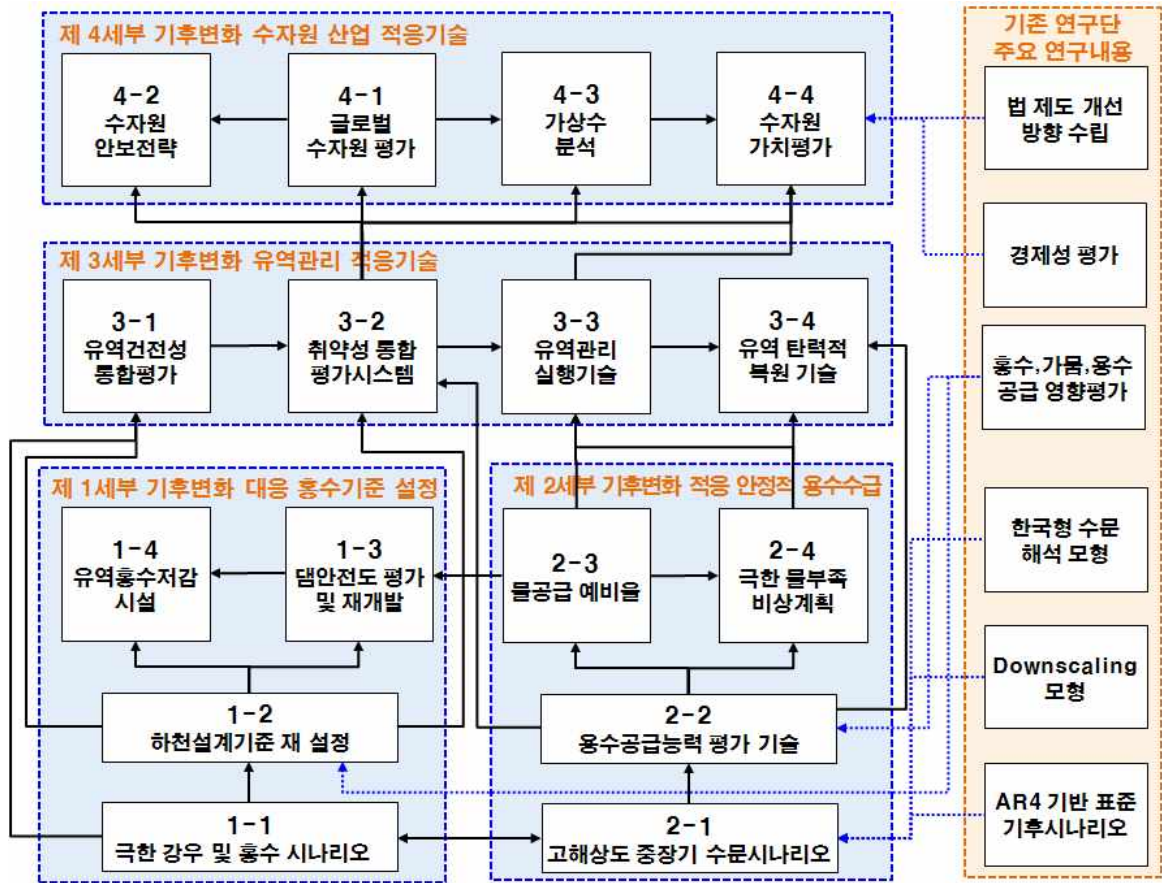


[그림 3-22] 3세부과제 연차별 추진전략



[그림 3-23] 4세부과제 연차별 추진전략

## 5절 과제 연계도



[그림 3-24] 기존 사업의 성과 및 본 사업의 과제의 연계도

## 6절 성과의 활용방안

### 1. 제 1세부과제 : 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술

| 세세부<br>과제 | 성 과 의 활 용 방 안                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구에서 생산된 극한 강우 및 홍수시나리오는 기후변화에 따른 하천 및 하천시설물의 취약성 평가 및 적응대책 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있음</li> <li>• 기후변화에 따른 극한 강우 및 홍수 시나리오 개발로 유역종합치수계획 등 수공 구조물의 설계기준에 반영할 수 있는 지침서를 제시할 수 있음. 이는 수공관련 분야와 방재 분야에서의 기술 향상을 기대할 수 있으며, 홍수저감 능력을 극대화할 수 있음</li> </ul>                               |
| 1-2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구에서 제안된 하천시설물의 취약성 분석 가이드라인은 기후변화로 인하여 발생하는 과거와 다른 패턴의 강우를 바탕으로 제시된 홍수설계빈도, 미래의 목표홍수량 등을 통한 하천시설물의 취약성을 검토하는데 유용할 것으로 판단됨</li> <li>• 연구내용을 바탕으로 기후변화에 적용할 수 있는 하천설계기준을 재정립하여 실무에 활용하도록 하며, 기후변화로 증가되고 있는 홍수위험도에 따른 안정적인 대책수립의 기초 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단됨</li> </ul>             |
| 1-3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험도 기반의 댐 안정성 분석 시스템을 구축하여 국내의 댐 안정성 검토 기술력을 향상시키고 댐 재개발에 적극 활용 가능하며, 댐 재개발 우선순위 결정 과정에서의 기존 댐 위험도 분석 결과를 정량적으로 제시하여 의사 결정 과정의 효율성을 증대</li> <li>• 기존 댐 재개발 시스템 적용 기술은 신규댐 추진에서 댐의 역기능을 최소화함으로써의 신규댐 추진의 어려움을 극복하고 댐의 순기능을 최대화함으로써 환경친화적 댐설계기술을 확보할 수 있음</li> </ul>              |
| 1-4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구를 통해 산출되는 기후변화를 고려한 자연유역 유량 산정기법과 지역의 치수영향평가를 통한 위험관리전략 수립은 추후 지역의 홍수적응대책 수립에 활용성이 높을 것으로 판단됨</li> <li>• 기후변화를 고려한 유역의 홍수 적응능력 분석과 경제성 분석을 통한 유역의 최적홍수저감 시설계획은 유역내의 홍수저감효과를 증가시키기 위한 최적대안 설정을 위한 가이드라인으로 활용할 수 있음. 또한, 취약지역에 대한 Emergency plan을 제시할 수 있을 것으로 판단됨</li> </ul> |

## 2. 제 2세부과제 : 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술

| 세세부<br>과제 | 성 과의 활용방안                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2-1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산된 AR5 기반의 다중 앙상블 기후·수문 시나리오는 수자원 분야 뿐만 아니라 농업, 보건, 생태계 등 다양한 분야에 영향평가의 기초 자료로 사용될 것임</li> </ul>                                                                                                                                                                                                               |
| 2-2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 하천의 유량 및 수위확보를 통한 하천기능 보전, 수량과 수질의 통합관리 및 댐과 보를 유기적으로 연계하여 현 용수공급시설을 최적 연계 운영함으로써 물이용 효율을 극대화할 수 있음</li> <li>• 기후변화 적응을 위한 취약시설 및 지역을 도출하고, 수자원 용수공급 적응전략에 따른 신규수자원 개발 우선순위 결정을 위한 우선투자결정시스템을 활용함으로써 기후변화에 따른 권역별 수자원시설의 용수공급 능력을 평가할 수 있음</li> </ul>                                                           |
| 2-3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수자원시설물별 지역별·시설별 물공급 예비율 산정기술을 활용하여 물공급 예비율을 고려한 물공급체계의 기후변화 대응능력 및 취약성을 평가하고 적응방안을 마련할 수 있음</li> <li>• 취약성평가를 통하여 나타난 시설물별 물공급 예비율의 검토 결과를 활용하여 예비율을 고려한 시설물 설계 및 운영기준과 지침을 마련하고, 수자원장기종합계획과 연계하여 국가계획에 반영할 수 있음</li> </ul>                                                                                     |
| 2-4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수자원확보 취약지역에 대한 지속적인 모니터링과 기상전망기술을 이용한 가뭄 사전감지기술을 활용하여 지역적 특성이 고려된 극한가뭄 발생시의 유역 맞춤형 용수공급방안을 마련하여 가뭄에 의한 재해를 사전에 예방</li> <li>• 극한 가뭄 발생시 국가 Emergency Plan을 활용하여 중앙정부 부처간의 효율적이고 유기적인 대응책을 마련하여 극한가뭄에 의한 피해규모를 최소화할 수 있음</li> <li>• 극한가뭄을 사전에 감시할 수 있는 시스템 구축을 통하여 물공급 차원에서의 가뭄예경보 체계의 구축이 가능할 것으로 판단됨</li> </ul> |

### 3. 제 3세부과제 : 기후변화에 따른 유역관리 적응

| 세세부<br>과제 | 성 과 의 활 용 방 안                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3-1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 유역 물순환 건전성 평가 기술은 잠재 수자원의 이용 가능량 및 지속가능한 수자원 개발을 위한 사업우선순위 결정, 취약지역에 대한 유역관리 등 평가지표를 통한 의사결정지원이 가능할 것으로 판단됨</li> <li>• 물순환 해석을 통한 Green-Blue Water의 평가는 기후변화에 따른 수자원의 시·공간적 변화 현상을 구명하여 우리나라 유역별 수자원 취약성을 정량적으로 평가하여 적응전략을 세울 수 있을 것으로 판단됨</li> </ul>                                                                                                                                                                                          |
| 3-2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발은 그동안의 기후변화 불확실성 및 결과의 활용성을 제고시킬 수 있는 정보시스템으로 활용될 것으로 기대되며, 기후변화 적응을 위해 이수, 치수 및 유역관리 취약성을 통합적으로 평가하고 평가된 자료를 기반으로 국가수자원 적응전략보고서가 작성될 수 있게 지원하므로서 활용성이 높아질 것으로 평가됨</li> <li>• 본 연구의 기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발은 미래에 발생할 기후변화 적응을 위해 의사결정 위주의 취약성 평가 기술 개발을 통해 이수, 치수 및 유역관리 취약성 평가 결과를 지속적으로 업데이트하고, 자료를 기반으로 수자원적응전략을 수립하여 시스템에 적용함으로써 앞으로 발생할 수 있는 이상기후에 대비할 수 있는 시스템으로 활용될 것으로 판단됨</li> </ul> |
| 3-3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화에 따른 수자원관리의 불확실한 유역관리 전략을 명확하게 구명하여 유역 수자원 부존량의 보존 및 확보를 위한 토지이용계획 및 유역관리 실행전략이 수립될 수 있을 것으로 기대됨</li> <li>• 유역 토양수의 흐름파악을 통한 시설물의 배치 및 전국적 토양수, 지하수 충전 분포 파악을 통한 광역적 유역관리가 가능할 것으로 판단됨</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3-4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기후변화에 따른 극한사상에 대한 식생 피복 및 토양유실 방지 기술은 홍수나 가뭄 같은 극한 강우 사상, 다양한 지형, 토양, 식생 특성을 지닌 지역에서 효과적으로 토양유실을 저감하는데 활용될 수 있을 것으로 평가됨</li> <li>• 극한 사상에 따른 탁수 관리 기술은 탁수 발생 원인을 규명하고, 수계 단위 탁수거동 모니터링 및 평가를 통해 관리 대책 수립 시 적극 활용될 것이며, 탁수 장기화의 근본적인 해결책을 제시할 수 있을 것으로 기대됨</li> </ul>                                                                                                                                                                           |

## 4. 제 4세부과제 : 기후변화 수자원산업 적응기술

| 세세부<br>과제 | 성 과의 활용방안                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4-1       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구의 개발기술인 전지구 기후 및 수문정보 생산 기술은 전 세계적으로 발생하는 기후변화에 대한 현상 규명 및 국제 활동을 위한 근거자료로 활용이 가능할 것으로 판단됨</li> <li>• 시범유역 기반의 국외 물순환 분석기술, 국제 협력 및 사업화 추진 기술들은 국내 물관리 사업의 해외시장 진출을 위한 메인 기술로 활용될 것이며, 향후 기후 변화 대응 물관리 기술의 해외 기술이전에 활용될 것으로 판단됨</li> </ul>                                               |
| 4-2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구에서 도출되는 한반도 수자원 개발시나리오와 우선순위는 기후변화에 취약한 북한의 상황을 개선하고 통일 후 효율적인 수자원 적응대책에 활용될 것으로 기대됨</li> <li>• 통일 후를 대비한 접경지역의 용수공급 및 관리방안은 장기적으로 접경지역의 개발 및 인구증가가 필수적임을 감안할 때 중요하게 활용될 수 있는 기술이며, 향후 안보차원에서도 의미있는 성과가 될 수 있음</li> </ul>                                                                |
| 4-3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 연구를 통해 기후변화를 고려한 가상수 영향 분석 결과를 도출한다면 장래 다양한 물수요의 변화를 예측할 수 있으며, 안정적인 수자원 공급시스템의 구축에 활용이 가능함</li> <li>• 국제적인 수자원산업이 활성화 될 경우에 가상수 개념이 상당히 큰 영향을 미칠 수 있음. 이를 사전에 검토해서 대응할 수 있는 기반 구축이 가능함</li> </ul>                                                                                         |
| 4-4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수자원의 가치평가 기술은 물자원의 효율적인 이용과 보전을 도모하기 위한 기초연구로서, 기후변화로 인한 수자원의 변동시 경제적 이익을 극대화할 수 있는 물관리 기법의 개발에 활용될 수 있으며, 합리적 물가격 산정이나 다양한 절수 정책 개발시 편익분석에도 적용할 수 있음</li> <li>• 국가정책수립시 경제성분석 결과를 제시함으로써 최적 정책수립에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것임. 국민들의 수자원에 대한 인식을 공공재에서 경제재 개념으로 전환시켜 효율적인 물수요 관리에 기여할 것임</li> </ul> |

## 제4장 사전타당성 검토

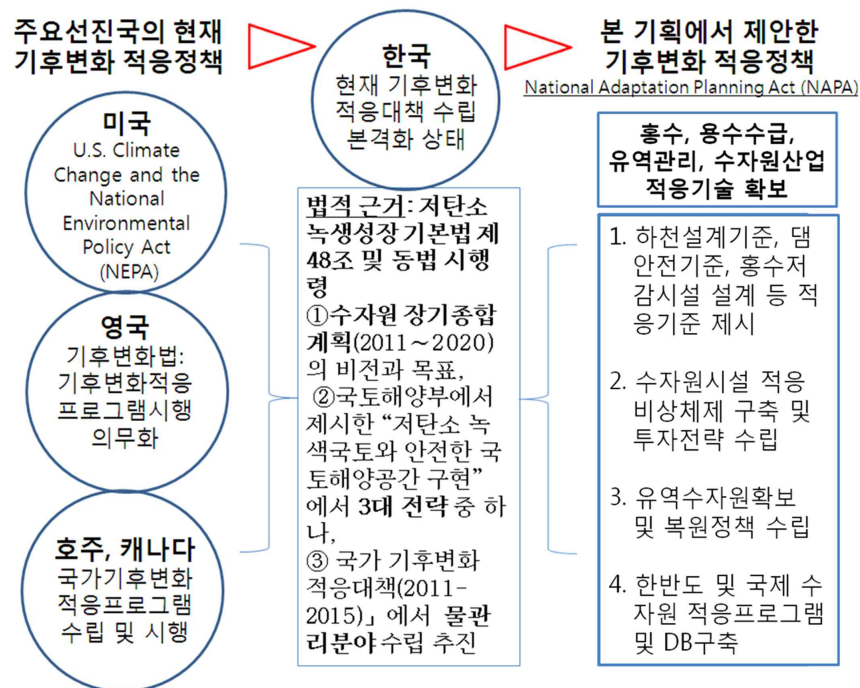
### 1절 정책적 타당성

○ 본 기획연구의 정책적 타당성에 대한 근거

- ① 미국, 영국, 호주, 캐나다 등 주요 선진국을 대상으로 2012년 현재 각국의 기후변화에 따른 수자원 적응정책의 수립 및 실행 상황을 살펴봄
- ② 기획된 과제들이 우리나라 수자원의 기후변화 적응에 있어 국가정책으로서 법적, 제도적 근거를 제시할 수 있는지를 검토하였음

○ 정책적 타당성을 요약정리하면 [그림 4-1]과 같이,

- ① 미국, 영국, 호주, 캐나다 등은 이미 법적, 제도적 근거를 마련하여 기후변화에 적응하기 위한 이, 치수관련 수자원 프로그램을 수립하여 시행 중에 있음
- ② 본 기획에서 제시된 과제들은 다가올 기후변화에 적응하기 위한 우리나라의 하천설계기준, 댐안전기준, 홍수저감설계기준, 국가수자원 시설물 적응계획 수립, 국가적 유역 수자원관리정책 수립, 국제적 수자원 적응정책수립이 가능한 것으로 검토하였음



[그림 4-1] 본 기획의 정책적 타당성

- 본 기획내용은 2010년 10월 「저탄소 녹색성장 기본법」 제 48조 및 동법 시행령에 따라 「국가 기후변화 적응대책(2011-2015)」 시행내용을 기반으로 하고 있으며, ①수자원 장기종합계획(2011~2020)의 비전과 목표, ②국토해양부에서 제시한 “저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현”에서 3대전략중 하나, ③2010년 관계부처합동에서 제시한 “기후변화 적응을 통한 안전사회 구축 및 녹색성장 지원”에서의 비전과 목표를 포함하고 있음

#### ① 수자원 장기종합계획(2011~2020)의 비전과 부합

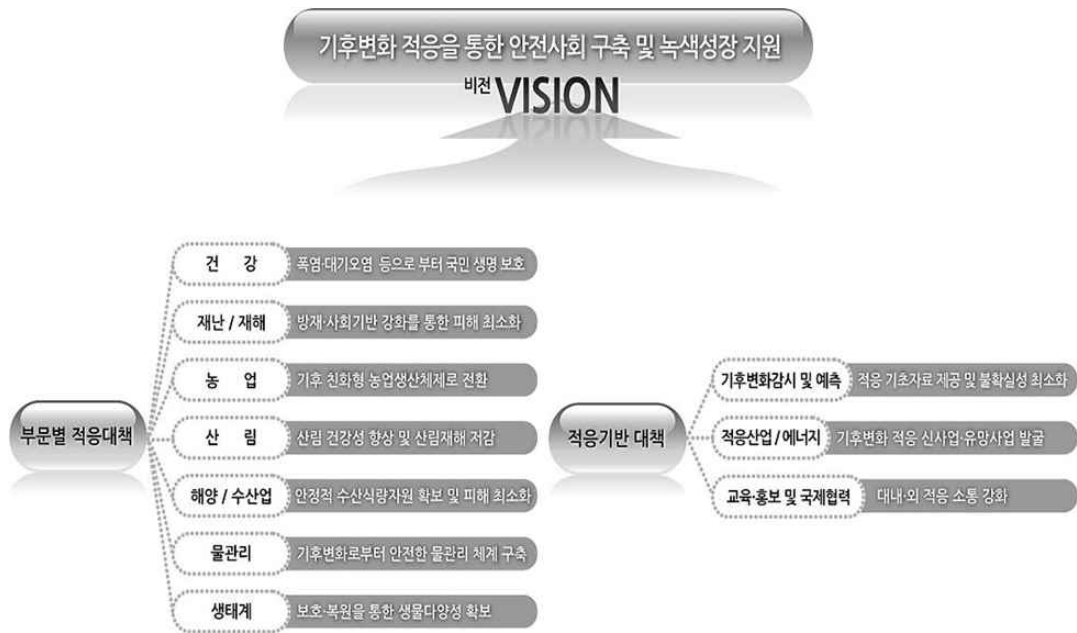
- 수자원장기종합계획의 비전은 “녹색국토를 위한 물강국 실현”으로서 5가지 부문별 비전과 목표를 제시하고 있으며 이 중 “국민과 자연에 맑고 충분한 물공급”, “기후변화에 안전한 국토기반 구축”, “기후변화에 강한 물관리 체계 구축” 등 기후변화 연구에 대한 필요성을 강조

#### ② 국가 전략인 저탄소 녹색성장과의 연관성

- 본 기획연구의 비전은 국토해양부에서 제시한 “저탄소 녹색국토와 안전한 국토해양공간 구현” 비전 아래 추진되고 있는 3대전략(온실가스 감축, 기후변화 적응, 저탄소 녹색기술 및 녹색산업 육성)과 밀접한 관련이 있으며, 본 연구에서도 도출된 표준화된 한반도 기후변화의 정량적 영향, 취약성, 적응전략은 향후 수자원 관리 및 장기수자원계획 수립의 밑그림이 될 것임. 또한, 기업체들에게 녹색산업에 투자하여 녹색성장에 기여해야 할 당위성과 추진동력을 제공할 것으로 기대됨

#### ③ 국가 기후변화 적응대책의 추진근거에 기반

- 정부는 기후변화에 효과적으로 적응하기 위해 2010년 10월 「저탄소 녹색성장 기본법」 제 48조 및 동법 시행령에 따라 「국가 기후변화 적응대책(2011-2015)」을 수립하고, 이를 이행하기 위한 중앙부처(13개) 및 지자체별 세부시행계획 수립·추진을 본격화하였음
- 「국가 기후변화 적응대책(2011-2015)」은 국가전략의 기후변화대응 정책, 에너지 정책 및 지속가능발전 정책에 관한 사항을 명시토록 하고 있으며, 기후변화대응의 기본원칙에 따라 20년을 계획기간으로, 기후변화 영향의 불확실성을 고려하여 5년마다 기본계획을 수립 및 시행하도록 함



[그림 4-2] 국가 기후변화 적응대책(2011-2015) 부문별 목표 (환경부, 2010)



[그림 4-3] 기후변화 대응 종합기본계획의 물관련 부문 대상 분야

[표 4-1] 16개 기획과제의 정책적 타당성

| 과제번호 | 정책적 타당성                                                                                |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-1  | 치수 정책을 수립하는데 필요한 홍수량의 산정, 수공구조물의 설계에 필요한 기초자료로 제공함                                     |
| 1-2  | 「하천설계기준」에서 최근에 발생한 기후변화를 고려하여 조사, 계획, 설계 분야에 대한 검토를 하여 설계기준에 반영함                       |
| 1-3  | 다목적댐 관리에 있어서 기후변화에 선제적으로 대응할 수 있는 댐 안정성 평가 정책을 수립함                                     |
| 1-4  | 치수 취약성 분석을 통하여 지역의 위험관리 대응전략을 수립하고, 최적 유역 홍수저감시설 대안 및 취약지역의 Emergency Plan에 대한 정책을 수립함 |
| 2-1  | 미래의 유역의 수문학적 순환 시나리오의 개발로 유역의 미래 수자원 부존량 관리를 위한 국토계획정책을 지원함                            |
| 2-2  | 전국적인 용수 수요공급의 취약성을 평가하므로써 기후변화에 적응가능한 수자원시설물의 투자정책을 수립함                                |
| 2-3  | 물공급 예비율 개념의 물관리 가이드라인으로 국가 물관리 적응대책을 수립함                                               |
| 2-4  | 정부 부처간 가뭄정책을 총괄 조정할 수 있는 국가 Emergency Plan의 정책을 수립함                                    |
| 3-1  | 수자원의 효율적 이용과 관리를 위한 평가지표를 제공하므로써 미래 수자원 정책 방향의 기초자료를 제공함                               |
| 3-2  | 국가 수자원 취약성 평가 및 적응대책 수립을 지원하는 정책 의사결정지원 시스템임                                           |
| 3-3  | 광역의 유역관리 정책방향을 정립하여 기후변화에 적응가능한 유역관리 및 토지이용 계획수립을 지원함                                  |
| 3-4  | 기후변화에 적응가능한 유역 토양보전 및 체계적 탁수 관리로 수자원 보존 및 친환경 방재정책을 수립함                                |
| 4-1  | 글로벌 수자원 평가 및 분석 체계를 구축함으로써 해외 수자원산업 시장진출을 확대하고자 하는 국가정책에 부합함                           |
| 4-2  | 국가 수자원 안보전략 수립으로 한반도 차원의 종합적인 수자원 및 안보정책을 수립함                                          |
| 4-3  | 국가 물관리 계획 수립 및 정책 시행에 있어 미래지향적인 측면에서의 국제적 물거래 정책을 수립함                                  |
| 4-4  | 수자원의 사회경제적 가치를 정량적으로 평가하므로써 정부의 효율적인 물수요 관리 정책을 개발함                                    |

## 2절 기술적 타당성

### ○ 본 기획연구의 기술적 타당성의 근거

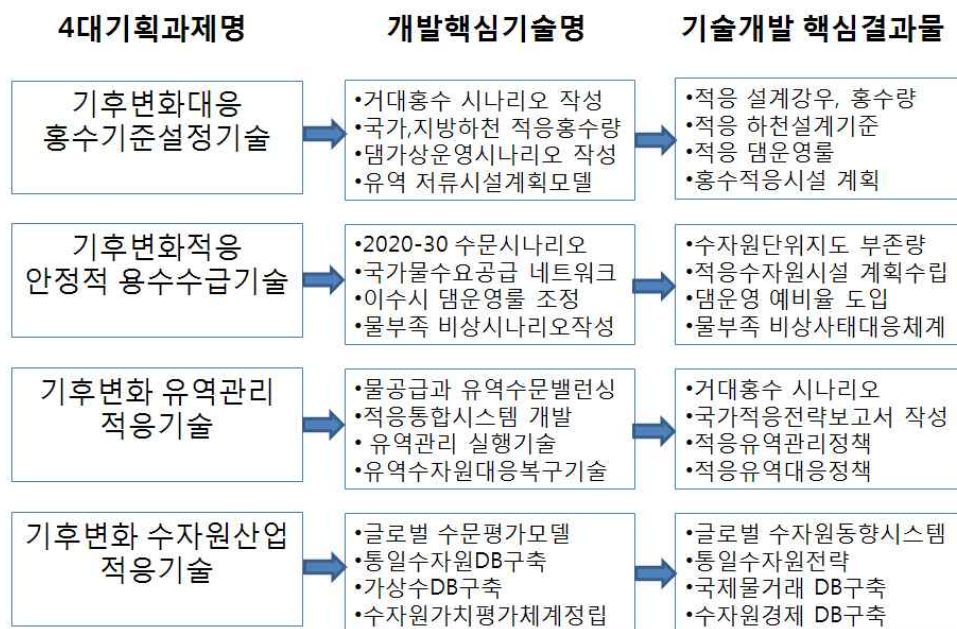
- ① 과학기술부 ‘수자원의 지속적 확보기술개발 사업단(2001-2011)’, 국토해양부 ‘기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망연구단(2009-2012)’ 등 그동안의 기후

변화에 대한 수자원 연구결과들을 토대로, 이번에 기획된 적응기술들이 중복  
성없이 그 연장선상에 있는지를 검토함

- ② 본 기획에서 제시한 기후변화에 적응하기 위한 4개 수자원분야(치수, 이수, 유역관리, 수자원산업기반)가 ‘하천법’의 개정, ‘한국수자원공사법’의 개정, ‘수자원장기종합계획’에 반영하는 등 국가정책으로서의 실현가능한 기술들인지를 검토하였음

○ 기술적 타당성을 요약정리하면 [그림 4-4]와 같이,

- ① 기존에 개발된 AR4 기후변화 시나리오 기반의 수자원 전망기술 및 취약성  
평가기술을 활용하여, 본 기획연구에서는 AR5기반의 국가표준 시나리오를  
이용하여 홍수 적응기술, 용수수급 적응기술, 유역관리적응기술, 수자원산업  
적응기술들이 국가정책에 직접 반영가능한 기술들임을 검토하였음
- ② 본 기획에서 개발될 기술들의 결과물들은 기후변화에 적응을 위한 국가수자  
원 설계기준, 각종 시설물 운영기준 및 투자기준, 비상대응 체제정립, 유역관  
리 및 복원기준, 국제적 수자원산업 기반구축에 직접적으로 활용가능한 기술  
로 제안되었음



[그림 4-4] 본 기획의 기술적 타당성

- ③ 이러한 기술들은 [그림 4-5]와 같이 국토해양부, 한국수자원공사, 한국수력원자  
력, 지방자치단체, 유관 연구소 및 학계, 기업체, 중앙안전재난대책본부와 국가  
기후변화센터 등과 협조체계를 이루어 국가 대책에 이바지할 것으로 기대됨



[그림 4-5] 물관련 정부부처 협조체계

[표 4-2] 사업완료시 선진국 대비 국내 기술수준

| 기술명                                            |                               | 현재 기술수준  |          | 과제 완료시 국내 기술수준 |          |
|------------------------------------------------|-------------------------------|----------|----------|----------------|----------|
|                                                |                               | 기술수준 (%) | 기술격차 (년) | 기술수준 (%)       | 기술격차 (년) |
| 기후변화대응<br>홍수기준설정기술<br>(현재수준 61%→<br>과제완료시 80%) | • 극한강우 및 극한홍수 시나리오 생산기술       | 50       | 5        | 75             | 3        |
|                                                | • 기후변화 하천설계기준 재설정기술           | 70       | 5        | 80             | 3        |
|                                                | • 댐 안전도평가 및 재개발 기술            | 65       | 6        | 85             | 2        |
|                                                | • 저대홍수 저감 기술                  | 60       | 5        | 80             | 3        |
| 기후변화적응<br>안정적<br>용수수급기술<br>(70%→86%)           | • MME 기후 및 고해상도 수문 시나리오 생산기술  | 80       | 4        | 90             | 1        |
|                                                | • 기후변화 수자원시설 용수공급능력 평가기술      | 85       | 4        | 90             | 2        |
|                                                | • 수자원시설물의 물공급 예비율 산정 기술       | 50       | 7        | 85             | 3        |
|                                                | • 극한 물부족 Emergency Plan 수립 기술 | 65       | 6        | 80             | 3        |
| 기후변화 유역관리<br>적응기술<br>(63%→88%)                 | • 유역 건전성 통합평가기술               | 70       | 5        | 90             | 2        |
|                                                | • 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발 기술      | 60       | 5        | 95             | 1        |
|                                                | • 기후변화 적응 유역관리 실행기술 개발        | 60       | 6        | 80             | 2        |
|                                                | • 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원기술  | 60       | 6        | 85             | 3        |
| 기후변화 수자원산업<br>적응기술<br>(53%→83%)                | • 글로벌 수자원 평가 기술               | 50       | 8        | 80             | 3        |
|                                                | • 국가 수자원 안보전략 및 대응 기술         | 70       | 5        | 90             | 1        |
|                                                | • 가상수 분석 기술                   | 50       | 7        | 80             | 3        |
|                                                | • 수자원 가치평가 기술                 | 60       | 6        | 80             | 3        |

[표 4-3] 기존 연구와 본 기획연구와의 기술적 내용 비교

| 과제명                  | 적용분야           | 기후변화                       |    |       |       | 기타<br>(주요 이슈)     |
|----------------------|----------------|----------------------------|----|-------|-------|-------------------|
|                      |                | 시나리오                       | 영향 | 취약성   | 적응대책  |                   |
| 수자원의 지속적 확보기술개발사업    | 홍수, 가뭄         | A2, A1B, B1                | 고려 | 일부 고려 | 단순 제시 | 극치사상 반영<br>한계점 발생 |
| 이상기후 대비 시설기준 연구단     | 홍수, 내풍         | A2                         | 고려 | 일부 고려 |       | 홍수 및 내풍에<br>한정    |
| 기후변화 대비 국가 물안보 확보방안  | 홍수, 용수공급       | A2                         | 고려 | -     | -     | 극치사상 반영<br>한계점 발생 |
| 기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망 | 홍수, 가뭄<br>용수공급 | A2, A1B, B1<br>RCP8.5, 4.5 | 고려 | 일부 고려 | -     | 영향 평가에<br>중점 연구수행 |
| 차세대 홍수방어기술개발 연구단     | 홍수             | -                          | -  | -     | -     | 기후변화 미반영          |

[표 4-4] 16개 기획과제의 기술적 타당성

| 과제번호 | 기술적 타당성                                                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1-1  | 무조건적인 설계기준 상향 조정으로 인한 국가예산의 손실을 방지하고 지역 특성과 취약성을 고려한 실용적인 기준을 제시하는 기술임       |
| 1-2  | 기후변화 대응 하천시설물 설계기술 개발 및 기준 제시로 유역별 주요 정비 사업에 활용하고, 시설물 설계 기술수준을 크게 향상시키는 기술임 |
| 1-3  | 시나리오 기반의 안정성 평가기법을 토대로 기존의 댐들을 최대한 활용하여 수자원 이용률을 높이는 댐 재개발 기술임               |
| 1-4  | 기후변화의 영향을 고려한 자연유역의 홍수대응능력을 분석하고 평가할 수 있는 방법론을 개발하는 기술임                      |
| 2-1  | 기후변화 적응을 위한 중기 기후변화 시나리오 및 유역 수문시나리오의 개발은 유역수자원의 효율적 관리를 지원하기 위한 필수기술임       |
| 2-2  | 전국적 수자원시설물 네트워크 구축기술은 기후변화 적응을 위한 수자원시설물 투자우선순위 결정기술임                        |
| 2-3  | 기후변화에 적응을 위한 안정적인 수자원의 공급 및 확보를 위해서는 예비율을 반영한 수공구조물 설계기술임                    |
| 2-4  | 극한 가뭄전망결과를 정량화하여 미래의 유역별 극심한 가뭄에 대비한 적절한 맞춤형 용수를 확보할 수 있는 기술임                |
| 3-1  | 미래 물공급을 건널 수 있는 유역 물순환을 제시하므로써 기후변화에 적응가능한 유역관리 물순환 해석기술임                    |
| 3-2  | 기후변화로 인한 이상기후 현상과 홍수 또는 가뭄의 발생으로 이수, 치수 및 유역관리 취약성에 대한 통합적 평가기술임             |
| 3-3  | 유역수자원 감소원인의 불확실성을 해소할 수 있는 기술을 개발하여 하천의 기저유량을 확보할 수 있도록 하는 기술임               |
| 3-4  | 극한사상에 대한 토양유실 방지기술, 탁수 장기화 방지 기술은 유역의 사전방재 기능을 융합한 기술임                       |
| 4-1  | 전구수문해석 기술을 자체 확보하고 D/B를 구축함으로써 기후변화 대응 글로벌 물시장 진출을 위한 핵심기술임                  |
| 4-2  | 기후변화와 수자원 및 안보를 동시에 고려하는 정치, 사회, 경제, 외교 등의 분야를 아우르는 국가적 정책수립 기술임             |
| 4-3  | 국내 물수지를 산정하고 물관리 계획을 세우는데 있어 가상수 개념은 장기적인 안목에서의 국제물거래 기반기술임                  |
| 4-4  | Water-Food-Energy를 연계한 수자원의 가치평가는 기후변화에 대비한 효과적인 물수요 및 공급 전략 도출에 필요한 핵심기술임   |

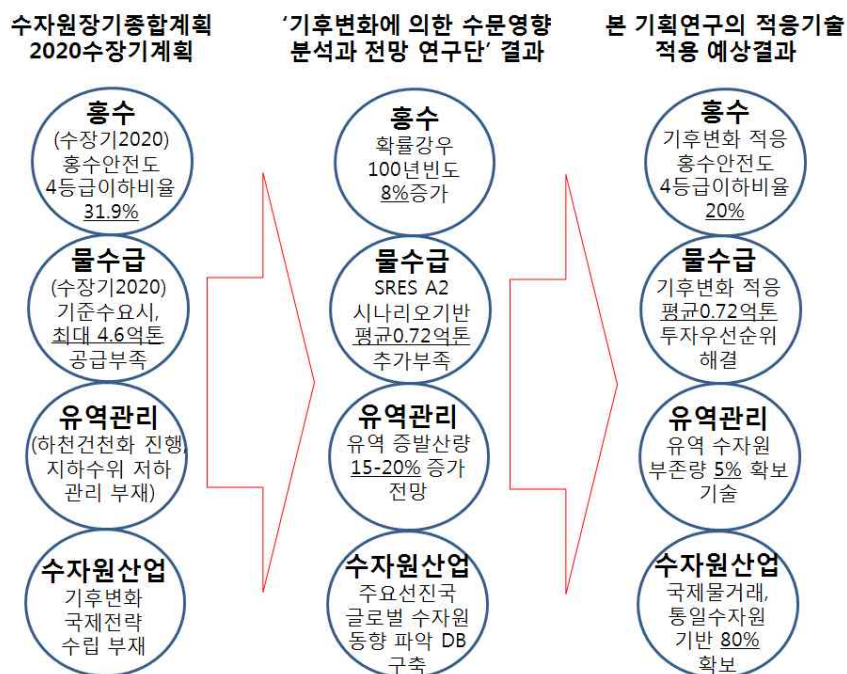
### 3절 경제적 타당성

#### ○ 본 기획연구의 경제적 타당성의 근거

**홍수 적응**은 ‘차세대홍수개발기술사업(2009-2013)’에서 제시한 목표에서 기후변화로 인한 홍수피해의 증가를 고려하고, **용수수급 적응**은 ‘수자원의 지속적 확보기술개발 사업(2001-2011)’의 수자원확보 목표에서 기후변화로 인한 물부족을 고려하고, **유역수자원 적응**은 미래 용수수급의 안정적 지원을 위하여 유역부존량의 확보가 가능한지를 고려하고, **수자원산업 적응**은 녹색성장 관점과 더불어 세계 수자원산업의 증가추세를 고려하여 그 경제성을 검토하였음

#### ○ 경제적 타당성(2020년 목표)을 요약정리하면 [그림 4-6]과 같이,

‘수자원장기종합계획’에서 홍수안전도 4등급이하의 하천비율을 20%이하로 낮추는 목표달성을 위하여 기후변화에 의한 확률강우량 8% 증가를 상쇄시킬 수 있도록 하고, ‘수자원장기종합계획’에서 기준 수요시 최대 4.6억톤의 용수공급 부족을 채우는 목표달성을 위하여 기후변화에 의한 물부족 0.72억톤을 고려한 계획수립 및 시설투자를 하고, 기후변화에 의한 유역 증발산량 15-20% 증가 등으로 진행될 하천건천화 현상을 최소화하기 위하여 유역의 수0자원 부존량을 5% 증가시킬 수 있도록 하고, 기후변화에 의한 한반도 물안보 및 국제 물거래시장 준비를 위하여 수자원산업 통계 및 모델링기반을 80% 수준으로 구축하도록 제안함(미래 기후변화 전망은 ‘기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망연구단’ 결과임)



[그림 4-6] 본 기획의 경제적 타당성

[표 4-5] 16개 기획과제의 경제적 타당성

| 과제 번호 | 경제적 타당성                                                                                 |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1-1   | 극치수문사상을 평가함으로써, 홍수방어 대안 및 대책들에 대한 방안을 확보하여 홍수로 인한 복구비 절감 효과를 기대할 수 있음                   |
| 1-2   | 기후변화에 적응가능한 하천설계기준을 작성하므로써 극한강우에 대한 피해 최소화 및 피해 지출비용을 최소화 할 수 있음                        |
| 1-3   | 기후변화 적응을 위한 기존 댐의 유황에 따른 추가 저수용량 확보를 통하여 용수 공급 능력을 증대시킬 수 있음                            |
| 1-4   | 기후변화 대비 유역의 최적홍수저감계획을 수립하므로써 투자대비 홍수저감의 효율성을 증대시킬 수 있음                                  |
| 2-1   | 기후변화 적응을 위한 중기 기후변화 시나리오 및 유역 수문시나리오는 수자원의 효율적인 관리를 지원할 수 있음                            |
| 2-2   | 수자원시설물 네트워크 구축기술은 기후변화 적응을 위한 수자원시설물 투자 우선순위 결정할 수 있음                                   |
| 2-3   | 수자원의 부족을 미리 감안하는 물공급 예비율 개념은 물부족으로 발생가능한 경제적 손실을 최소화할 수 있음                              |
| 2-4   | 극한 가뭄시에 이용가능한 비상용수의 계획수립, 범정부차원의 Emergency action plan 수립은 가뭄에 의한 피해를 최소화할 수 있는 유일한 대책임 |
| 3-1   | 물순환 취약지역에 대한 효율적 수자원계획 수립을 통해 유역단위의 수자원 환경 및 유역생태계 가치를 증대시킬 수 있음                        |
| 3-2   | 국가차원의 신속하고도 유연한 적응전략수립을 통하여 기후변화에 강한 지역단위의 경제지원이 가능함                                    |
| 3-3   | 기후변화에 따른 유역수자원 감소원인의 불명확성을 구명함으로써 해당 유역의 관리에 투입하여야 할 경제적 지원액의 결정이 가능함                   |
| 3-4   | 경제적 측면에서 토양유실 방지 및 탁수 관리 기술 개발은 국내뿐 아니라 해외 시장 개척이 가능한 상태로 국가 경제에 기여함                    |
| 4-1   | 전국 기후변화 수자원 평가는 기후변화에 대한 국제적 대책 수립을 통한 피해의 최소화로 국가 경제에 기여함                              |
| 4-2   | 기후변화로 인한 북한에 대한 사전 대비책을 마련하므로써 그 지출비용과 피해를 최소화할 수 있음                                    |
| 4-3   | 글로벌 환경을 고려한 가상수, 국제물거래 등을 종합적으로 고려한 관련 산업의 발전 및 이로 인한 경제 효과를 기대할 수 있음                   |
| 4-4   | 수자원의 사회경제적 가치평가는 물값의 현실화를 통한 물 사용패턴 변화, 이로 인한 합리적인 물소비 유도등으로 국가 경제에 기여함                 |

## 4절 편익비용 분석

- 일반적으로 자연재해경감 및 탄력적 물관리를 위한 연구개발사업은 사회간접자본(SOC)의 성격을 지닌다고 할 수 있음. 이에 대한 편익비용 분석은 경제적 수익성 또는 순편익을 고려하는 것이 바람직하나, 본 연구에서 수행되는 기후변화 적응기술 연구는 공익성이 강하고 그 효과가 오랜 기간에 걸쳐 나타나는 특성이 있어 경제적 수익성을 정량적으로 분석하기는 어려운 한계가 있음

- 본 연구사업의 편익분석을 위해 이익은 홍수에 따른 피해저감 효과, 용수공급량 확보, 유역관리를 통한 토사유실에 따른 피해복구비 저감효과 및 수자원산업의 해외시장진출효과로 구분하였으며, 비용은 본 연구개발비 (200억/5년, 40억/년)을 적용하였음

$$\text{편익} = \frac{\text{홍수저감} + \text{용수확보} + \text{유역관리} + \text{수자원산업 해외진출효과}}{\text{연구개발비}} \quad (1)$$

$$\text{홍수피해저감} = \text{연평균홍수피해액} \times \text{홍수피해저감지수} \quad (2)$$

$$\text{용수확보} = \text{전국댐물공급량} \times \text{과거대비미래변화율} \times \text{물공급효율지수} \times \text{용수편익단가} \quad (3)$$

$$\text{유역관리경제적효과} = \text{토양유실피해복구비} \times \text{토양유실저감지수} \quad (4)$$

$$\text{수자원해외산업성장} = \text{연평균수자원산업해외수주액} \times \text{해외시장진출 성장지수} \quad (5)$$

- 홍수피해저감효과는 식 (2)와 같이 산정하였으며, 산정 근거는 기후변화에 따른 홍수 취약성 평가 결과에 따라 취약지역에 우선 투자할 경우의 홍수피해액 절감 효과를 기대할 수 있음. 연평균 홍수피해액(1.9조 원)에 홍수저감효율 지수(1%)를 반영하여 산정할 수 있음. 여기서 1.9조 원은 우리나라 연평균 홍수피해액(2002-2011년)이고, 보수적 추정을 위해 홍수피해 저감효과지수는 1%로 가정하였음
- 물부족에 따른 경제적 이익은 식 (3)과 같이 산정하였으며, 산정근거는 기후변화의 영향을 고려하였을 경우와 하지 않았을 경우에 발생하는 국내 수자원 가용량의 증감을 파악하여 필요시 이를 사전에 확보할 수 있는 수단을 제공한다면 이는 궁극적으로 기후변화에 따른 수자원 전망 결과를 토대로 수자원 확보가 가능하다고 간주할 수 있음. 여기서, 전국 댐 물공급량 자료는 수자원장기종합계획에서 제시한 18,771,000,000 m<sup>3</sup>/년, 연평균 유출량의 변화는 「기후변화에 의한 수문영향 분석과 전망 연구단」 결과인 +9%, 용수 편익 단가는 한국개발연구원에서 제시한 184원/m<sup>3</sup>을 사용하였음. 물공급 효율지수는 증가된 9%의 유출량에서 실제 댐 공급량으로 활용가능한 비율을 나타낸 것으로 홍수피해 저감효과지수와 동일하게 1%를 사용하였음
- 중앙안전재난대책본부의 피해복구계획서에 따르면 토사유출 및 산사태 피해복구 비용은 연간 총 1,200억 원으로 산정되고 있음. 그 중 토양수 관리를 통한 토양유실 발생 횟수 및 강도를 현재 수준에서 1% 정도 감소시킬 경우 연간 12억 원의 피해 복구비용 절감효과가 나타날 수 있음

- 수자원 산업의 해외시장 진출효과의 산정근거는 개발된 기후변화에 따른 수자원 적응 기술을 국내 기업에 이전할 경우, 해외시장진출의 가능성을 높여줄 수 있을 것으로 전망되며, 이로 인한 경제적 효과를 반영하였음. 따라서, 식 (5)와 같이 해외시장 진출효과를 산정하였으며, 여기서 국내기업의 연평균 수자원산업해외수주액은 해외건설협회 자료를 참조하였음. 수자원 산업을 댐건설, 상·하수도 건설 비용으로 한정하였으며, 2003~2012년 동안 연평균 해외시장 수주현황은 약 476 만 달러/년(5,330억 원/년)이며, 해외시장진출 성장지수를 1%로 가정하였음

[표 4-6] 편익 분석을 위한 인자 및 값

| 인자                              | 값                               | 참고문헌                          |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 전국 댐 물공급량                       | 18,771,000,000m <sup>3</sup> /년 | 수자원장기종합계획<br>(국토해양부, 2011)    |
| 용수 편익 단가                        | 184원/m <sup>3</sup>             | 한국개발연구원                       |
| 연평균 홍수피해액<br>(2002~2011년)       | 1,942,451,488,700               | 재해연보<br>(소방방재청, 2011)         |
| 산사태 피해 복구비                      | 120,064,000,000원                | 피해복구계획서<br>(중앙안전재난대책본부, 2012) |
| 연평균 수자원산업 해외수주액<br>(2003~2012년) | 532,998,928,000원                | 해외건설협회                        |
| 자연유출량 증가                        | 0.09 (9%)                       | 기후변화에 의한 수문 영향분석<br>및 전망 연구단  |
| 물공급 효율지수                        | 0.01 (1%)                       | -                             |
| 홍수피해 저감지수                       | 0.01 (1%)                       | -                             |
| 토양유실 저감지수                       | 0.01 (1%)                       | -                             |
| 해외시장진출 성장지수                     | 0.01 (1%)                       |                               |

- 산정된 경제적 효과(286.4억 원/년)와 연구개발비용(40억 원/년)으로 전체 편익을 산정한 결과, 7.16으로 분석되었음

$$B/C = \frac{190\text{억 원/년} + 31.1\text{억 원/년} + 12\text{억 원/년} + 53.3\text{억 원/년}}{40\text{억 원/년}} = 7.16$$

(6)

- 이상의 결과는 홍수피해 저감지수, 물공급 효율지수, 유역관리 저감지수, 해외시장진출 성장지수를 1%로 가정하여 평가한 매우 보수적인 결과이며, 실제 1% 이상의 효율을 보일 것으로 확신할 수 있음. 또한 도출된 결과를 통해 적응대책을 수립하여 신규 투자 사업과 연계된다면, 그 시너지 효과는 더욱 크게 나타날 수 있을 것으로 사료됨

## 5절 타당성 검토 종합

- 미국, 영국, 호주, 캐나다 등 주요선진국에서는 기후변화관련 법적, 제도적 근거를 마련하여 이미 자국들의 기후변화 적응프로그램을 시행 중에 있는 것으로 파악됨
- 본 기획에서는 홍수적응, 용수수급적응, 유역관리적응, 수자원산업적응 등 16개의 ‘기후변화 수자원 적응기술’ 과제를 도출하여 우리나라도 기후변화에 적응하기 위한 프로그램의 가동에 기여하고자 함
- 세부적으로는 하천설계기준, 댐안전기준, 홍수저감설계기준, 국가수자원 시설물 적응계획 수립, 국가적 유역 수자원관리정책 수립, 국제적 수자원 적응정책수립 등과 관련된 핵심기술들을 제안하였음
- 제안된 기술들은 그동안의 수자원관련 기후변화 개발사업들의 연구결과들을 연계활용하면서, 또한 중복성없이 기획이 되도록 검토하였음. 기술개발의 결과물들이 ‘하천법’의 개정, ‘한국수자원공사법’의 개정, ‘수자원장기종합계획’에 반영하는 등 국가정책으로서의 실현가능한 기술들로 구성하였음
- 본 연구개발비와 창출될 이익(홍수에 따른 피해저감 효과, 용수공급량 확보, 유역관리를 통한 토사유실에 따른 피해복구비 저감효과 및 수자원산업의 해외시장 진출효과)에 따른 편익을 산정한 결과, 보수적인 평가에도 불구하고 약 7.16을 보여 충분한 사업가치가 있다고 판단됨
- 본 기획과제들은 ‘수자원장기종합계획’에서 2020년을 기준으로 치수와 이수정책을 수립한 목표를 달성할 수 있도록, ‘기후변화에 의한 수문 영향분석과 전망연구단(2009-2012)’에서 전망한 기후변화 영향에 적응될 수 있는 수준으로 제안하였음
- 본 기획과제들의 성공적인 수행과 결과물의 활용을 위해서는 행정안전부, 환경부, 농림수산식품부 등 물관련 정부부처간의 긴밀한 협조체계가 이루어져야 함. 이를 위해서는 ①행정안전부의 재난관련 방재패러다임 전환 및 위기관리 체계강화를 위한 추진과제(자연재해 지자체 방재시스템), ②환경부의 기후변화에 따른 물환경관리 대책 추진과제(비점오염, 수질, 수생태, 습지), ③농림수산식품부의 농업수자원 및 산림자원 확보 추진과제(농업용수, 산림재해) 등의 진행상황 및 결과의 공유체계 및 공동활용을 위한 채널 구축이 필요함

## 제5장 소요예산 산정

### 1절 인력투입 및 연구예산 산출근거

- 전체 사업 기간은 5년('13~'17)으로 계획하되 세부과제와 세세부과제별로 연구목표 달성 가능성을 검토하여 착수시기와 연구기간을 설정하였으며, 이를 토대로 본보고서의 추진 로드맵에 제시하였음
- 인력 규모 및 소요예산 산정을 위해 최소 연구단위인 세세부과제를 수행하는데 필요한 적정 인력 및 비용을 산정하고, 이를 토대로 세부과제와 총괄과제의 인력 편성 및 연구비를 산정하였음
- 사업예산 산출을 위해 「국토해양기술 연구개발사업 관리지침 개정(안) 2012.8.23」에 포함되어있는 별표 4. 연구개발비 비목별 세부계상 및 집행 기준과 별지 4. 연구개발계획서의 연구개발비 소요명세서를 기준으로 작성하였음
- 인건비는 행정안전부에서 제시하는 학술연구용역인건비 기준단가(2012년 기준)를 이용하였으며, 연구수당은 인건비의 15%를 기준으로 산정하였음. 또한, 간접비는 『국가연구개발사업 간접비 계상기준 (2011)』의 평균 간접비 비율을 반영하여 인건비와 직접비를 합한 금액의 25% 이내로 계상하였음

### 2절 인력투입계획

- 본 연구 목표의 달성을 위한 핵심기술 개발 및 적용에 초점을 맞추기 위해 2차, 3차 및 4차년도에 인력을 중점 투입하였음

[표 5-1] 세부별 인력투입계획

| 세부 과제 | 인력투입계획 |      |      |      |      |     |
|-------|--------|------|------|------|------|-----|
|       | 1차년도   | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 계   |
| 1 세부  | 24     | 38   | 38   | 30   | 23   | 153 |
| 2 세부  | 30     | 45   | 49   | 37   | 33   | 194 |
| 3 세부  | 29     | 41   | 43   | 43   | 37   | 193 |
| 4 세부  | 20     | 40   | 41   | 46   | 30   | 177 |
| 계     | 103    | 164  | 171  | 156  | 123  | -   |

### 3절 총괄 예산 산정

- 각 세세부과제별 연구비는 연구인력투입 정도, 연구의 난이도 및 기관현황 등을 고려하여 편성하였음
- 다만, “2-1세세부과제”에서는 기후 시나리오 생산 및 제공을 위해 기후 전문가가 추가로 요구되며, “3-2세세부과제”에서는 통합 취약성 평가 시스템 개발을 위해 IT 전문가가 투입되어야 함. 따라서 2, 3세부 과제에 연구비를 추가적으로 배분하여 연구의 효율성을 증대시키고자 하였음

#### 1. 세부과제 별 소요 예산 산정

| 세부과제 | 세부과제명               | 정부<br>(억원) | 민간<br>(억원) | 계<br>(억원) |
|------|---------------------|------------|------------|-----------|
| 1세부  | 기후변화 대응 홍수 기준 설정 기술 | 44         | -          | 44        |
| 2세부  | 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술 | 55         | -          | 55        |
| 3세부  | 기후변화 유역관리 적응 기술     | 54         | -          | 54        |
| 4세부  | 기후변화 수자원산업 적응 기술    | 47         | -          | 47        |
| 계    |                     | 200        | -          | 200       |

#### 2. 연차별 소요예산 산정

| 세부과제   |     | 정부지원금(억원) |      |      |      |      |      | 민간 |
|--------|-----|-----------|------|------|------|------|------|----|
|        |     | 1차년도      | 2차년도 | 3차년도 | 4차년도 | 5차년도 | 합계   |    |
| 1세부    | 1-1 | 2         | 2.5  | 2.5  | 2    | 2    | 11   | -  |
|        | 1-2 | 1.5       | 3    | 3    | 2    | 1.5  | 11   |    |
|        | 1-3 | 2         | 2.5  | 2    | 2    | 1.5  | 10   |    |
|        | 1-4 | 2         | 3    | 3    | 2    | 2    | 12   |    |
| 1세부 합계 |     | 7.5       | 11   | 10.5 | 8    | 7    | 44   |    |
| 2세부    | 2-1 | 3         | 5    | 4.5  | 3    | 4    | 19.5 | -  |
|        | 2-2 | 2.5       | 3.5  | 3    | 2.5  | 2.5  | 14   |    |
|        | 2-3 | 1.5       | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2    | 11   |    |
|        | 2-4 | 1         | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 2    | 10.5 |    |
| 2세부 합계 |     | 8         | 13.5 | 12.5 | 10.5 | 10.5 | 55   |    |
| 3세부    | 3-1 | 2         | 3    | 3    | 2    | 1.5  | 11.5 | -  |
|        | 3-2 | 3         | 4    | 4    | 4.5  | 4    | 19.5 |    |
|        | 3-3 | 2.5       | 3    | 2.5  | 2    | 2    | 12   |    |
|        | 3-4 | 2         | 2.5  | 2.5  | 2.5  | 1.5  | 11   |    |
| 3세부 합계 |     | 9.5       | 12.5 | 12   | 11   | 9    | 54   |    |

|        |     |      |     |     |      |      |      |   |
|--------|-----|------|-----|-----|------|------|------|---|
| 4세부    | 4-1 | 2    | 3   | 3   | 3.5  | 3    | 14.5 | - |
|        | 4-2 | 1.5  | 3   | 3   | 2.5  | 1.5  | 11.5 |   |
|        | 4-3 | 1.5  | 2.5 | 2.5 | 2.5  | 1.5  | 10.5 |   |
|        | 4-4 | 1.2  | 2.5 | 2.5 | 2.5  | 1.8  | 10.5 |   |
| 4세부 합계 |     | 6.2  | 11  | 11  | 11   | 7.8  | 47   | - |
| 총 계    |     | 31.2 | 48  | 46  | 40.5 | 34.3 | 200  |   |

## 4절 연구비 산정 세부 내역

### □ 1세부과제

(단위 : 천 원)

| 예산<br>항목    | 세부<br>항목 | 예산내역                    |           |                |           |                |           |                |           |                |           |                |           | 비율<br>(%) |
|-------------|----------|-------------------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|-----------|
|             |          | 단가<br>(월급여,원)<br>100%기준 | 1차년도      |                | 2차년도      |                | 3차년도      |                | 4차년도      |                | 5차년도      |                | 소계        |           |
|             |          |                         | 인원<br>(명) | 참여<br>율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여<br>율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여<br>율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여<br>율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여<br>율<br>(%) |           |           |
| 인<br>건<br>비 | 책임연구원    | 5,831,788               | 4         | 30%            | 4         | 30%            | 4         | 30%            | 4         | 30%            | 4         | 30%            | 419,889   | 9.5%      |
|             | 연구원      | 4,471,734               | 4         | 30%            | 6         | 30%            | 6         | 30%            | 5         | 30%            | 4         | 30%            | 402,456   | 9.1%      |
|             | 연구보조원    | 2,989,208               | 8         | 30%            | 12        | 30%            | 12        | 30%            | 10        | 30%            | 8         | 30%            | 538,057   | 12.2%     |
|             | 보조원      | 2,241,982               | 8         | 30%            | 16        | 30%            | 16        | 30%            | 11        | 30%            | 7         | 30%            | 468,126   | 10.6%     |
| 소 계         |          |                         | 299,029   |                | 438,839   |                | 438,839   |                | 360,863   |                | 290,958   |                | 1,828,528 | 41.6%     |
| 직<br>접<br>비 | 연구장비·재료비 | 130,000                 |           | 190,000        |           | 170,000        |           | 110,000        |           | 100,000        |           | 700,000        | 15.9%     |           |
|             | 연구활동비    | 75,670                  |           | 111,201        |           | 99,201         |           | 69,005         |           | 75,239         |           | 430,316        | 9.8%      |           |
|             | 연구과제추진비  | 50,447                  |           | 74,134         |           | 66,134         |           | 46,003         |           | 50,159         |           | 286,877        | 6.5%      |           |
|             | 연구수당     | 44,854                  |           | 65,826         |           | 65,826         |           | 54,129         |           | 43,644         |           | 274,279        | 6.2%      |           |
| 소 계         |          |                         | 300,971   |                | 441,161   |                | 401,161   |                | 279,137   |                | 269,042   |                | 1,691,472 | 38.4%     |
| 간접비         |          |                         | 150,000   |                | 220,000   |                | 210,000   |                | 160,000   |                | 140,000   |                | 880,000   | 20.0%     |
| 합 계         |          |                         | 750,000   |                | 1,100,000 |                | 1,050,000 |                | 800,000   |                | 700,000   |                | 4,400,000 | 100%      |

### □ 2세부과제

(단위 : 천 원)

| 예산<br>항목 | 세부<br>항목 | 예산내역                    |           |            |           |            |           |            |           |            |           |            |           | 비율<br>(%) |
|----------|----------|-------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
|          |          | 단가<br>(월급여,원)<br>100%기준 | 1차년도      |            | 2차년도      |            | 3차년도      |            | 4차년도      |            | 5차년도      |            | 소계        |           |
|          |          |                         | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) |           |           |
| 인건비      | 책임연구원    | 5,831,788               | 5         | 30%        | 5         | 30%        | 5         | 30%        | 5         | 30%        | 5         | 30%        | 524,861   | 9.5%      |
|          | 연구원      | 4,471,734               | 5         | 30%        | 7         | 30%        | 9         | 30%        | 7         | 30%        | 7         | 30%        | 563,438   | 10.2%     |
|          | 연구보조원    | 2,989,208               | 12        | 30%        | 17        | 30%        | 18        | 30%        | 15        | 30%        | 12        | 30%        | 796,325   | 14.5%     |
|          | 보조원      | 2,241,982               | 8         | 30%        | 16        | 30%        | 17        | 30%        | 10        | 30%        | 9         | 30%        | 484,268   | 8.8%      |
| 소 계      |          |                         | 379,166   |            | 529,738   |            | 580,766   |            | 459,788   |            | 419,434   |            | 2,368,893 | 43.1%     |
| 직접비      | 연구장비·재료비 |                         | 140,000   |            | 260,000   |            | 240,000   |            | 150,000   |            | 150,000   |            | 940,000   | 17.1%     |
|          | 연구활동비    |                         | 38,375    |            | 126,481   |            | 55,271    |            | 96,746    |            | 124,591   |            | 441,464   | 8.0%      |
|          | 연구과제추진비  |                         | 25,584    |            | 84,321    |            | 36,847    |            | 64,497    |            | 83,060    |            | 294,309   | 5.4%      |
|          | 연구수당     |                         | 56,875    |            | 79,461    |            | 87,115    |            | 68,968    |            | 62,915    |            | 355,334   | 6.5%      |
| 소 계      |          |                         | 260,834   |            | 550,262   |            | 419,234   |            | 380,212   |            | 420,566   |            | 2,031,107 | 36.9%     |
| 간접비      |          |                         | 160,000   |            | 270,000   |            | 250,000   |            | 210,000   |            | 210,000   |            | 1,100,000 | 20.0%     |
| 합 계      |          |                         | 800,000   |            | 1,350,000 |            | 1,250,000 |            | 1,050,000 |            | 1,050,000 |            | 5,500,000 | 100%      |

## □ 3세부과제

(단위 : 천 원)

| 예산<br>항목    | 세부<br>항목 | 예산내역                    |           |            |           |            |           |            |           |            |           |            |           | 비율<br>(%) |
|-------------|----------|-------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
|             |          | 단가<br>(월급여,원)<br>100%기준 | 1차년도      |            | 2차년도      |            | 3차년도      |            | 4차년도      |            | 5차년도      |            | 소계        |           |
|             |          |                         | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) |           |           |
| 인<br>건<br>비 | 책임연구원    | 5,831,788               | 5         | 30%        | 5         | 30%        | 5         | 30%        | 5         | 30%        | 5         | 30%        | 524,861   | 9.7%      |
|             | 연구원      | 4,471,734               | 6         | 30%        | 6         | 30%        | 7         | 30%        | 7         | 30%        | 6         | 30%        | 515,144   | 9.5%      |
|             | 연구보조원    | 2,989,208               | 9         | 30%        | 13        | 30%        | 12        | 30%        | 12        | 30%        | 11        | 30%        | 613,385   | 11.4%     |
|             | 보조원      | 2,241,982               | 9         | 30%        | 17        | 30%        | 19        | 30%        | 19        | 30%        | 15        | 30%        | 637,620   | 11.8%     |
| 소 계         |          |                         | 371,052   |            | 478,666   |            | 500,145   |            | 500,145   |            | 441,001   |            | 2,291,010 | 42.4%     |
| 직<br>접<br>비 | 연구장비·재료비 | 190,000                 |           | 300,000    |           | 280,000    |           | 170,000    |           | 130,000    |           | 1,070,000  | 19.8%     |           |
|             | 연구활동비    | 85,974                  |           | 89,721     |           | 62,900     |           | 80,900     |           | 49,709     |           | 369,203    | 6.8%      |           |
|             | 연구과제추진비  | 57,316                  |           | 59,814     |           | 41,933     |           | 53,933     |           | 33,139     |           | 246,135    | 4.6%      |           |
|             | 연구수당     | 55,658                  |           | 71,800     |           | 75,022     |           | 75,022     |           | 66,150     |           | 343,651    | 6.4%      |           |
| 소 계         |          |                         | 388,948   |            | 521,334   |            | 459,855   |            | 379,855   |            | 278,999   |            | 2,028,990 | 37.6%     |
| 간접비         |          |                         | 190,000   |            | 250,000   |            | 240,000   |            | 220,000   |            | 180,000   |            | 1,080,000 | 20.0%     |
| 합 계         |          |                         | 950,000   |            | 1,250,000 |            | 1,200,000 |            | 1,100,000 |            | 900,000   |            | 5,400,000 | 100.0%    |

## □ 4세부과제

(단위 : 천 원)

| 예산<br>항목 | 세부<br>항목 | 예산내역                    |           |            |           |            |           |            |           |            |           |            |           | 비율<br>(%) |
|----------|----------|-------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
|          |          | 단가<br>(월급여,원)<br>100%기준 | 1차년도      |            | 2차년도      |            | 3차년도      |            | 4차년도      |            | 5차년도      |            | 소계        |           |
|          |          |                         | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) | 인원<br>(명) | 참여율<br>(%) |           |           |
| 인건비      | 책임연구원    | 5,831,788               | 4         | 30%        | 4         | 30%        | 4         | 30%        | 4         | 30%        | 4         | 30%        | 419,889   | 8.9%      |
|          | 연구원      | 4,471,734               | 4         | 30%        | 7         | 30%        | 7         | 30%        | 9         | 30%        | 6         | 30%        | 531,242   | 11.3%     |
|          | 연구보조원    | 2,989,208               | 5         | 30%        | 15        | 30%        | 15        | 30%        | 17        | 30%        | 10        | 30%        | 667,191   | 14.2%     |
|          | 보조원      | 2,241,982               | 7         | 30%        | 14        | 30%        | 15        | 30%        | 16        | 30%        | 10        | 30%        | 500,410   | 10.6%     |
| 소 계      |          |                         | 258,674   |            | 471,079   |            | 479,150   |            | 540,940   |            | 368,890   |            | 2,118,732 | 45.1%     |
| 직접비      | 연구장비·재료비 |                         | 96,000    |            | 210,000   |            | 160,000   |            | 220,000   |            | 80,000    |            | 766,000   | 16.3%     |
|          | 연구활동비    |                         | 61,515    |            | 76,956    |            | 101,387   |            | 22,752    |            | 71,866    |            | 334,475   | 7.1%      |
|          | 연구과제추진비  |                         | 41,010    |            | 51,304    |            | 67,591    |            | 15,168    |            | 47,911    |            | 222,983   | 4.7%      |
|          | 연구수당     |                         | 38,801    |            | 70,662    |            | 71,872    |            | 81,141    |            | 55,334    |            | 317,810   | 6.8%      |
| 소 계      |          |                         | 237,326   |            | 408,921   |            | 400,850   |            | 339,060   |            | 255,110   |            | 1,641,268 | 34.9%     |
| 간접비      |          |                         | 124,000   |            | 220,000   |            | 220,000   |            | 220,000   |            | 156,000   |            | 940,000   | 20.0%     |
| 합 계      |          |                         | 620,000   |            | 1,100,000 |            | 1,100,000 |            | 1,100,000 |            | 780,000   |            | 4,700,000 | 100.0%    |

## 제6장 과제 제안요구서

### 1절 과제 제안요구서(RFP)

#### 가. 총괄 RFP

| 연구과제명                       | 기후변화 대비 국가 수자원 적응전략 수립                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응을 위한 홍수기준 재설정 및 수공구조물 관리기술, 안정적 용수 공급 기술, 유역관리 기술, 수자원산업 기반기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2. 연구개발 필요성 및 기술동향          | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화로 인한 수문순환의 변화는 국내 홍수관리, 용수공급, 유역관리, 수자원산업 시장에 악영향을 미칠 것으로 전망되고 있어 기후변화 적응을 위한 기반기술의 개발 및 실용화가 시급히 요구됨</li> <li>○ 증가될 것으로 전망되는 홍수피해에 대비하기 위해서는 기후변화에 따른 호우빈도 및 강도 변화를 수자원 설계실무에 반영할 수 있는 기술개발이 필요함</li> <li>○ 특히 현재 운영되고 있는 수공구조물의 안전도 재평가와 기후변화에 적응할 수 있는 설계기준 제시 및 실행프레임워크 마련이 시급히 요구됨</li> <li>○ 기후변화로 인한 강수패턴의 공간적 변화는 수자원 이용량의 지역적 불균형을 악화시켜 현 용수공급체계의 효율성을 저하시킬 것으로 전망됨</li> <li>○ 이에 따라 기존 수자원시설의 공급능력을 극대화할 수 있는 기법 개발과 장기적 측면에서 신규수자원 투자우선순위 결정을 지원할 수 있는 기술 개발이 필요함</li> <li>○ 기후변화는 유역의 건전한 물순환 및 유역의 회복능력을 약화시켜 지속적인 수자원확보에 불확실성을 야기할 것임. 따라서 유역수자원 감소 방지대책 및 유역수자원 확보기술이 마련되어야함</li> <li>○ 기후변화로 인한 수자원의 변화는 식량안보 및 수력에너지 생산과 밀접하게 연계되어 있으므로 이들의 연계해석 기법과 사회경제적 가치를 평가할 수 있는 기술 개발이 요구됨</li> <li>○ 기후변화에 의한 글로벌 수자원부존량의 시공간적 변화는 국가별 물관리 전략 수립 및 국제 수자원산업 시장 변화 예측에 불확실성을 증대시킬 것으로 예상된다. 또한 급격히 성장하는 국제 수자원산업 시장 선점 및 국가경쟁력 확보를 위한 기반기술 마련이 시급함</li> </ul> |
| 3. 연구개발 내용 (선진국대비 목표기술수준 %) | <p><input type="checkbox"/> 1세부과제: 기후변화 대응 홍수 기준 설정 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5 기반 극한강우 및 극한홍수 시나리오 생산기술 개발 (75)</li> <li>○ 기후변화에 따른 하천설계기준 재설정 기술 개발 (80)</li> <li>○ 기후변화 적응 댐 안전도 평가 및 재개발 실행프레임워크 개발 (85)</li> <li>○ 거대홍수 대응을 위한 유역홍수저감시설 실행프레임워크 개발 (80)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                               | <p><input type="checkbox"/> 2세부과제: 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5 기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문시나리오 생산기술 개발 (90)</li> <li>○ 기후변화에 따른 권역별 수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발 (90)</li> <li>○ 기후변화 대응 수자원시설물의 물공급 예비율 기술 개발 (85)</li> <li>○ 유역 및 권역별 극한 물부족 Emergency Plan 수립 (80)</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 3세부과제: 기후변화 유역관리 적응 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응형 유역 건전성 통합평가기술 개발 (90)</li> <li>○ 기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발 (95)</li> <li>○ 기후변화 적응 유역관리 실행기술 개발 (80)</li> <li>○ 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원기술 개발 (85)</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 4세부과제: 기후변화 수자원산업 적응 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 글로벌 수자원 평가 및 분석 체계 구축 (80)</li> <li>○ 기후변화 적응 국가 수자원 안보전략 및 대응 기술 (90)</li> <li>○ 국제 물거래 대비 우리나라 가상수 분석 기반 구축 (80)</li> <li>○ 기후변화에 따른 수자원 가치평가 기술개발 및 적용 (80)</li> </ul> |
| <p>4. 연구개발 추진방법</p> <p><input type="checkbox"/> 추진전략</p> <p><input type="checkbox"/> 추진체계</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 국내외에서 축적된 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 국내 실정에 적합한 수자원관련 기술들을 개발하고 실행프레임워크를 정립</li> <li>○ 본 연구과제에서 개발된 기술과 결과들을 활용하여 기후변화 적응전략을 도출할 수 있는 전문기술포럼을 구성하고 실용성 높은 연구체계 추진</li> <li>○ 1차년도에 기본현황조사 및 기술도입, 2,3,4차년도에 걸쳐 기술개발을 완료, 5차년도에 실무 적용을 통한 검증 및 실용화</li> <li>○ 실무에 활용 가능한 기술 개발을 목표로 정부·지자체·연구기관·학계·산업계의 공조체제에 의한 연구개발 추진</li> <li>○ “AR5 기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문시나리오 생산기술 개발” 과제는 기상분야 전문가와 긴밀한 연구협력으로 추진</li> <li>○ “기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발” 과제는 IT 전문가 참여가 필요</li> <li>○ “기후변화에 따른 수자원 가치평가 기술개발 및 적용” 과제는 경제전문가와 연구협력으로 추진</li> <li>○ 선진국과의 적극 협조를 통한 기술교류 및 선진국 수준의 기술개발 실현</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                        |
| <p>5. 최종성과물</p>                                                                               | <p><input type="checkbox"/> 1세부과제: 기후변화 대응 홍수 기준 설정 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한강우 및 극한홍수 시나리오</li> <li>○ 기후변화를 고려한 비정상성 빈도해석 기술</li> <li>○ 기후변화에 따른 극한홍수 위험도 평가 기술</li> <li>○ 현 하천시설물 현황 및 하천설계기준에 대한 D/B 구축</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천시설물의 취약성 분석 가이드라인</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정 기술</li> <li>○ 수문기상조건에 대한 댐 치수안전도 재평가 기술</li> <li>○ 기후변화 영향을 고려한 댐 재개발 실행 프레임워크</li> <li>○ 자연유역의 홍수대응능력 분석방법 개발 및 위험관리전략</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

- 기후변화를 고려한 유역홍수저감시설의 홍수취약성 평가
- 홍수저감시설의 실행프레임워크 구축 및 Emergency Plan
- 2세부과제: 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술
  - 상세화된 AR5 기반 표준 기후 및 수문 시나리오
  - 권역별 수자원시설 용수공급 능력평가 및 최적 용수공급체계
  - 기후변화에 따른 용수공급능력 취약성 평가시스템
  - 기후변화 적응을 위한 신규수자원 투자우선순위 결정지원시스템
  - 기후변화대비 수자원시설물별 물공급 예비율 산정기술
  - 물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술
  - 기후변화 시나리오를 이용한 물공급 예비율의 취약성 평가
  - 수자원확보 취약지역의 기후변화 적응전략 실행프레임워크
  - 고기후 자료와 AR5 기반 극한 가뭄시나리오
  - 극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 Emergency Plan
- 3세부과제: 기후변화 유역관리 적응 기술
  - 수량, 수질, 유역환경을 고려한 유역건전성 평가기술
  - 유역건전성 평가시스템 개발 및 취약지역 도출
  - 기후변화가 유역건전성에 미치는 영향 평가 및 적응전략
  - 기후변화 적응을 위한 수자원 취약성 통합 평가 시스템
  - 적응전략 수립 및 의사결정지원시스템
  - 기후변화에 따른 유역 수자원감소 요인분석 및 방지대책
  - 지하수 충전량 평가기술
  - 기후변화 적응을 위한 유역 토양수 확보기술
  - 홍수, 가뭄발생에 따른 유역관리 영향평가 기술
  - 극한사상에 적응 가능한 식생피복 및 토양유실 방지기술
  - 극한사상에 따른 탁수 관리 기술 개발
- 4세부과제: 기후변화 수자원산업 적응 기술
  - 글로벌 지표수문해석모형 구축 및 검증
  - 글로벌 수자원 네트워크 및 D/B 구축
  - 기후변화에 따른 한반도 수자원 변동성 영향 분석
  - 북한지역의 수자원 적응전략 실행프레임워크
  - 통일 후 접경유역 관리 및 개발 방안수립
  - 우리나라의 가상수 평가
  - 국제환경 및 기후변화에 따른 농축산물 이용구조 변화 및 가상수 변동시나리오
  - 국내 가상수 변화로 인한 장래 용수수요 변화 및 국제적 영향분석
  - 수자원의 사회경제적 가치 추정기법
  - 기후변화에 따른 수자원의 가치 변동성 평가 및 적응전략
  - Water-Food-Energy nexus 평가기법

## 6. 활용방안

- 연구결과의 최종 수요자인 정부 및 지자체, 하천관리자, 공공기관, 산학연에서  
동시 활용이 가능한 정보제공 및 의사결정지원시스템 구축
- 세부과제별 실무 활용가능 가이드라인 및 프레임워크 제시

□ 1세부과제: 기후변화 대응 홍수 기준 설정 기술

- 하천시설물의 기후변화 취약성의 검토에 활용
- 기후변화에 적응할 수 있는 하천설계기준의 실무활용
- 기존 댐 재개발 우선순위결정에 활용
- 최적홍수저감 시설계획 운영 가이드라인으로 활용

□ 2세부과제: 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술

- 생산된 AR5 기반의 기후·수문 시나리오는 농업, 보건, 생태계 등 다양한 분야에 영향, 취약성, 적응방안 마련의 기초 자료로 활용
- 현재 용수공급시설의 최적 연계 운영을 위한 가이드라인으로 활용
- 신규수자원 개발 우선순위 결정에 활용
- 예비율을 고려한 시설물 설계 및 운영기준과 지침 마련
- 예비율의 개념의 장기 수자원 국가계획수립에 활용
- 극한 가뭄 발생시 국가 Emergency Plan을 활용

□ 3세부과제: 기후변화 유역관리 적응 기술

- 잠재 수자원의 이용 가능량 및 지속가능한 수자원 개발을 위한 사업 우선순위 결정에 활용
- 물순환 해석을 통한 Green-Blue Water의 평가는 취약성 평가에 활용
- 취약성통합평가지시스템의 신뢰성 있는 통합정보 활용
- 취약성통합평가지시스템은 국가 수자원 적응전략보고서 작성에 활용
- 취약성통합평가지시스템은 적응전략수립 및 사업우선순위 결정에 활용
- 극한사상에 대한 식생 피복 및 토양유실 방지 기술은 다양한 유역관리에 활용
- 탁수관리 기술은 기후변화에 따른 극한 강우사상 발생시 유역의 고탁수 유입으로 인한 심각한 환경문제 대응 및 복원 기술로 활용

□ 4세부과제: 기후변화 수자원산업 적응 기술

- 전구물순환 해석기술, D/B 구축, 국제 협력 및 사업화 추진 기술들은 국내 수자원산업의 해외시장 진출을 위한 메인 기술로 활용
- 향후 기후변화 대응 물관리 기술의 해외 기술이전에 활용
- 본 연구에서 도출되는 한반도 수자원 개발시나리오와 사업우선순위는 통일 후 효율적인 수자원 적응대책에 활용
- 통일 후를 대비한 접경지역의 용수공급 및 관리방안은 장기적으로 접경지역의 개발 및 인구증가가 필수적임을 감안할 때 중요하게 활용
- 기후변화를 고려한 가상수 분석은 물수요의 변화 예측에 활용
- 가상수를 이용한 안정적인 수자원 공급시스템의 구축에 활용
- 가상수 개념을 적용한 국제 수자원산업 시장동향 분석에 활용
- 수자원의 가치평가 기술은 기후변화로 인한 수자원의 변동시 경제적 이익을 극대화할 수 있는 물관리 기법의 개발에 활용
- 수자원의 가치평가 기술은 합리적 물가격 산정이나 다양한 절수정책 개발시 활용
- 국가정책수립시 경제성분석 결과를 제시함으로써 최적 정책수립에 대한 기초자료로 활용
- 국민들의 수자원에 대한 인식을 공공재에서 경제재 개념으로 전환시켜 효율적인 물수요 관리에 기여

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7. 연구기간 및 예산 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 5년 (2013년 ~ 2017년)</li> <li>○ 총 연구비 : 200 억원 (정부출연금)</li> <li>○ 총 연구인력 : 총 717명/5년</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 8. 기타        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구내용, 연구기간 및 연구비는 과제제안요구서(RFP) 및 기획보고서를 참조하여 작성</li> <li>○ 연구개발계획서는 과제제안요구서(RFP)에 제시된 연구내용을 100% 반영하여 작성하되, 과제 목적 달성을 위해 반드시 필요하다고 판단되는 경우에는 일부 세부내용을 가감할 수 있으나, 그 사유와 근거를 명확히 제시하여야 함</li> <li>○ 연차별 지원예산은 제시된 총 정부출연금 범위 내에서 편성 <ul style="list-style-type: none"> <li>※ 연차별 연구비는 정부예산사정 및 사업단 운영계획에 따라 변경 가능</li> </ul> </li> <li>○ 총괄과제 내의 타 과제들과 구체적인 연계·통합 및 추진방안을 연구계획에 포함하여 작성</li> <li>○ 연구책임자는 기후변화와 수자원 분야의 전반적인 이해를 바탕으로 해당 연구내용을 총괄 운영할 수 있는 전문지식, 행정능력, 대외협상 능력을 겸비한 자로 선정함</li> <li>○ 연구책임자(기관)는 성과목표(지표)별 달성목표치 및 가중치 등을 신청용 연구개발계획서에 제안하여야 함. 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용할 계획임(※ 목표대비실적 평가자료 등으로 활용하여 인센티브 및 제재조치 강구)</li> <li>○ 본 과제의 착수년도(1차년도) 연구기간은 협약일로부터 7개월 내외로 함. 다만, 선정후 사업단 총괄기관과 협약시 연구기간이 변경될 수 있음</li> <li>○ 본 과제의 착수년도(1차년도) 연구기간중 선정된 연구기관(연구책임자)은 제안한 연구개발계획서의 연구목표, 내용 및 범위 등을 구체화·명확화하여 사업단장 및 평가원의 승인을 거쳐 동 연구개발계획서를 수정·보완하여야 함</li> <li>○ 기 수행되었거나(종료과제, 중단과제 등) 현재 수행중인 동 총괄과제 관련 연구개발결과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 연구계획에 포함<br/>(www.kictep.re.kr 열린정보, http://mdgate.ntis.go.kr 참조)</li> <li>○ 본 과제는 향후 사업단내 타 핵심과제 또는 타 사업과 연구내용의 연계·조정 및 이에 따른 예산조정이 가능함</li> <li>○ 본 과제는 정부의 연구개발비 출연기준을 미적용하나, 기업이 연구개발비를 부담하는 경우에는 “건설교통기술연구개발사업운영규정”의 현금 부담기준을 준수해야 함</li> </ul> |

## 나. 세부과제 RFP

| 연구과제명                       | 1세부과제: 기후변화 대응 홍수기준 설정 기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 안전한 홍수기준 재설정 및 수공구조물 관리기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. 연구개발 필요성                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따라 홍수위험도가 증가할 것으로 전망되고 있으며, 이는 국민의 생명과 재산 피해 증가를 야기할 수 있음</li> <li>○ 따라서 기후변화에 따른 호우빈도 및 강도 변화를 수자원 설계실무에 반영할 필요가 있음</li> <li>○ 특히 극한홍수 시나리오의 설계기준 반영에 관한 연구와 현재 운영되고 있는 댐 및 유역홍수저감시설의 안전도 평가와 설계기준 제시가 필요함</li> <li>○ 기후변화에 적응하기 위해서는 댐의 재개발 및 유역홍수저감시설의 실행프레임워크 개발이 요구됨</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 3. 연구개발 내용 (선진국대비 목표기술수준 %) | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한강우 및 극한홍수 시나리오 생산기술 개발 (75)</li> <li>○ 기후변화에 따른 하천설계기준 재설정 기술 개발 (80)</li> <li>○ 기후변화 적응 댐 안전도 평가 및 재개발 실행 프레임워크 개발 (85)</li> <li>○ 거대홍수 대응을 위한 유역홍수저감시설 실행 프레임워크 개발 (80)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4. 연구개발 추진방법                | <div> <input type="checkbox"/> 추진전략           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 국내외에서 축적된 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 국내 실정에 적합한 홍수관련 기술들을 개발하고 실행프레임워크를 정립</li> <li>○ 1차년도에 기본현황조사 및 기술도입, 2,3,4차년도에 걸쳐 기술개발을 완료, 5차년도에 실무 적용을 통한 검증 및 실용화</li> </ul> </div> <div> <input type="checkbox"/> 추진체계           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실무에 활용 가능한 기술 개발을 목표로 정부·지자체·연구기관·학계·산업계의 공조체제에 의한 연구개발 추진</li> <li>○ 선진국과의 적극 협조를 통한 기술교류 및 선진국 수준의 기술개발 실현</li> </ul> </div>                                                                                          |
| 5. 최종성과물                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한강우 및 극한홍수 시나리오 산정 기술</li> <li>○ 기후변화를 고려한 비정상성 빈도해석 기술</li> <li>○ 기후변화에 따른 극한홍수 위험도 평가 기술</li> <li>○ 현 하천시설물 현황 및 하천설계기준에 대한 D/B 구축</li> <li>○ 기후변화를 고려한 설계기준, 목표홍수량 타당성 분석</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천시설물의 취약성 분석 가이드라인</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정기술 개발</li> <li>○ 현재의 수문기상조건에 대한 댐 치수안전도 재평가</li> <li>○ 미래의 기후변화 상황을 고려한 댐 치수안전도 평가</li> <li>○ 기후변화 영향을 고려한 댐 재개발 실행 프레임워크 개발</li> <li>○ 자연유역의 홍수대응능력 분석방법 개발 및 위험관리대응전략 수립</li> <li>○ 기후변화를 고려한 유역홍수저감시설의 홍수취약성 평가 및 대안수립</li> <li>○ 홍수저감시설의 실행프레임워크 구축 및 Emergency Plan 수립</li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산                | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 5년 (2013년 ~ 2017년)</li> <li>○ 총 연구비 : 44 억원</li> <li>○ 총 연구인력 : 총 153명/5년</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| 연구과제명                       | 2세부과제: 기후변화 적응 안정적 용수수급 기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응을 위한 안정적 용수수급 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2. 연구개발 필요성                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화로 인한 강수패턴의 공간적 변화는 수자원 이용량의 지역적 불균형을 악화시켜 현 용수공급체계의 효율성을 저하시킬 수 있음</li> <li>○ 효과적인 기후변화 적응을 위해서는 기존 수자원시설의 공급능력을 극대화할 수 있는 기법 개발과 장기적 측면에서 신규수자원 투자우선순위 결정을 지원할 수 있는 시스템 개발이 필요함</li> <li>○ 신뢰성 있는 중장기 국가 기후변화 적응전략 수립을 위해 RCP기반의 AR5 기후변화 시나리오를 이용한 중장기 기후변화 전망 및 수자원변동성 평가가 요구됨</li> <li>○ 국내에서도 예상되는 물수요 증가와 빈번해지는 가뭄에 대비하기 위해서는 생활 및 경제활동에 필수적인 물의 적정 예비율 추정기법을 개발하고, 지역별·용수별·시설별 기준 마련이 필요함</li> <li>○ 발생 가능한 극치 기후시나리오 상황에서 사회경제적 피해를 최소화할 수 있는 Emergency Plan을 사전에 수립하여 대비하는 것이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                 |
| 3. 연구개발 내용 (선진국대비 목표기술수준 %) | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문시나리오 생산 기술 개발 (90)</li> <li>○ 기후변화에 따른 권역별 수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발 (90)</li> <li>○ 기후변화 대응 수자원시설물의 물공급 예비율 기술 개발 (85)</li> <li>○ 유역 및 권역별 극한 물부족 Emergency Plan 수립 (80)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 4. 연구개발 추진방법                | <div data-bbox="212 1126 371 1160" style="display: flex; align-items: center;"> <input type="checkbox"/> 추진전략         </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 국내외에서 축적된 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 국내 실정에 적합한 용수공급관련 기술들을 개발하고 실행프레임워크를 정립</li> <li>○ 1차년도에 기본현황조사 및 요소기술 도입, 2,3,4차년도에 걸쳐 기술개발을 완료, 5차년도에 실무 적용을 통한 검증 및 실용화</li> </ul> <div data-bbox="212 1272 371 1305" style="display: flex; align-items: center;"> <input type="checkbox"/> 추진체계         </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실무에 활용 가능한 기술 개발을 목표로 정부·지자체·연구기관·학계·산업계의 공조체제에 의한 연구개발 추진</li> <li>○ “AR5 기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문시나리오 생산기술 개발” 과제는 기상분야 전문가와 긴밀한 연구협력으로 추진</li> <li>○ 선진국과의 적극 협조를 통한 기술교류 및 선진국 수준의 기술개발 실현</li> </ul> |
| 5. 최종성과물                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5 기반 표준 기후시나리오 상세화(downscaling) 기술 개발</li> <li>○ AR5 기반 표준 수문시나리오 생산 기술 개발</li> <li>○ 기상 및 수문시나리오의 불확실성 평가 및 중장기 수자원 변화 전망</li> <li>○ 권역별 수자원시설 용수공급 능력평가 및 최적 용수공급체계 개발</li> <li>○ 기후변화에 따른 용수공급능력 취약성 평가시스템 개발</li> <li>○ 기후변화 적응을 위한 신규수자원 투자우선순위 결정지원시스템 개발</li> <li>○ 기후변화대비 수자원시설물별 물공급 예비율 산정기술 개발</li> <li>○ 물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술 개발</li> <li>○ 기후변화 시나리오를 이용한 물공급 예비율의 취약성 평가</li> <li>○ 수자원확보 취약지역의 기후변화 적응전략 실행 프레임워크 개발</li> <li>○ 고기후 자료와 AR5 기반 극한 가뭄시나리오 개발</li> <li>○ 극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 Emergency Plan 수립</li> </ul>                                                                                                                                                   |
| 5. 연구기간 및 예산                | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 5년 (2013년 ~ 2017년)</li> <li>○ 총 연구비 : 55 억원</li> <li>○ 총 연구인력 : 총 194명/5년</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |  |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| 연구과제명                       | 3세부과제: 기후변화 유역관리 적응 기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |
| 1. 연구개발 목표                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 대응을 위한 유역관리 적응 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |
| 2. 연구개발 필요성                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 강수패턴변화, 기온 및 수온 상승과 더불어 사회적 용수이용량 증가는 유역건전성을 악화시키고, 궁극적으로는 수량, 수질에 영향을 미치므로 이에 대한 국가적 대책 수립이 필요함</li> <li>○ 기후변화에 따른 기온상승 및 강수량의 시공간적 변화는 유역 물순환에 영향을 미침. 특히 토양수 감소는 유역의 지속적 물순환을 방해하여 유역 건전성을 악화시킬 수 있음. 따라서 기후변화로 인한 유역 수자원감소 방지대책 및 유역관리 실행기술 개발이 필요함</li> <li>○ 홍수 및 가뭄사상의 빈도 및 강도는 기후변화로 인해 더욱 증가할 것으로 전망됨에 따라 유역 건전성 회복에는 많은 시간과 비용이 요구됨. 따라서 향후 극한사상 증가에 대비한 유역의 탄력적 대응 및 복원 기술의 개발을 통한 기후변화 적응이 필요함</li> <li>○ 기후변화 전망에 대한 불확실성을 고려할 수 있는 유연한 국가 수자원 취약성 평가 및 적응대책수립을 위한 의사결정지원시스템 개발이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                 |  |  |
| 3. 연구개발 내용 (선진국대비 목표기술수준 %) | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응형 유역 건전성 통합평가기술 개발 (90)</li> <li>○ 기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발 (95)</li> <li>○ 기후변화 적응 유역수자원 확보기술 개발 (80)</li> <li>○ 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원기술 개발 (85)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |
| 4. 연구개발 추진방법                | <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <input type="checkbox"/> 추진전략         </div> <div style="flex: 4;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 국내외에서 축적된 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 국내 실정에 적합한 유역관리 관련 기술들을 개발하고 실행프레임워크를 정립</li> <li>○ 1차년도에 기본현황조사 및 요소기술 도입, 2,3,4차년도에 걸쳐 기술개발을 완료, 4,5차년도에 걸쳐 시범유역에 적용을 통한 검증 및 실용화</li> </ul> </div> </div> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <input type="checkbox"/> 추진체계         </div> <div style="flex: 4;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실무에 활용 가능한 기술 개발을 목표로 정부·지자체·연구기관·학계·산업계의 공조체제에 의한 연구개발 추진</li> <li>○ “기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발”과제는 IT 전문가 참여가 필요</li> <li>○ 선진국과의 적극 협조를 통한 기술교류 및 선진국 수준의 기술개발 실현</li> </ul> </div> </div> |  |  |
| 5. 최종성과물                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수량, 수질, 유역환경을 고려한 유역건전성 평가기술 개발</li> <li>○ 유역건전성 평가시스템 개발 및 공간적 취약지역 개선방안 도출</li> <li>○ 기후변화가 유역건전성에 미치는 영향 평가 및 적응전략 도출</li> <li>○ 기후변화 적응을 위한 수자원 취약성 통합 평가 시스템 개발</li> <li>○ 탄력적 물관리를 위한 통합 정보관리 및 제공 시스템 개발</li> <li>○ 적응전략 수립 및 의사결정지원시스템 개발</li> <li>○ 기후변화에 따른 유역 수자원감소 요인분석 및 방지대책 도출</li> <li>○ 지하수 충전량 평가기술 개발</li> <li>○ 기후변화 적응을 위한 유역 토양수 확보기술 개발</li> <li>○ 홍수, 가뭄발생에 따른 유역관리 영향평가 기술 개발</li> <li>○ 극한사상에 적응 가능한 식생피복 및 토양유실 방지기술 개발</li> <li>○ 극한사상에 따른 탁수 관리 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                          |  |  |
| 5. 연구기간 및 예산                | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 5년 (2013년 ~ 2017년)</li> <li>○ 총 연구비 : 54 억원</li> <li>○ 총 연구인력 : 총 193명/5년</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |

| 연구과제명                       | 4세부과제: 기후변화 수자원산업 적응 기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 글로벌 수자원산업에 기반한 수자원 적응 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2. 연구개발 필요성                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화문제는 국가간의 협조가 필요한 부분으로 수자원 적응에서도 국지적, 일회성 전략이 아니라 글로벌, 장기적 관점에서 접근하는 것이 요구됨</li> <li>○ 선진국을 중심으로 교역국의 수자원변화가 자국의 경제나 수자원산업에 미치는 영향을 평가하기 위한 글로벌 D/B 구축 및 기반기술(가상수, 지표수문해석모델링 등)의 개발이 진행되고 있음</li> <li>○ 국가별 수자원의 변화는 식량안보 및 수력에너지 생산과 밀접하게 연계되어 있으므로 수자원, 식량 및 에너지연계해석 기법과 이것의 사회경제적 가치변동을 평가할 수 있는 기술 개발이 요구됨</li> <li>○ 또한, 특수한 남북관계 상황에서 기후변화에 대비한 성공적인 국내 수자원 적응을 위해서는 북한지역을 포함한 적응전략 검토가 요구되며, 이를 위한 기반 기술 개발 및 자료구축이 선행되어야 함</li> </ul>                                                                                 |
| 3. 연구개발 내용 (선진국대비 목표기술수준 %) | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 글로벌 수자원 평가 및 분석 체계 구축 (80)</li> <li>○ 기후변화 적응 국가 수자원 안보전략 및 대응 기술 (90)</li> <li>○ 국제 물거래 대비 우리나라 가상수 분석 기반 구축 (80)</li> <li>○ 기후변화에 따른 수자원 가치평가 기술개발 및 적용 (80)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4. 연구개발 추진방법                | <div> <input type="checkbox"/> 추진전략           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기존의 국내외에서 축적된 기술과 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 국내 실정에 적합한 수자원산업 관련 기술들을 개발하고 실행프레임워크를 정립</li> <li>○ 1차년도에 기본현황조사 및 요소기술 도입, 2,3,4차년도에 걸쳐 기술개발을 완료, 4,5차년도에 걸쳐 시범유역에 적용을 통한 검증 및 실용화</li> </ul> </div> <div> <input type="checkbox"/> 추진체계           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실무에 활용 가능한 기술 개발을 목표로 정부·지자체·연구기관·학계·산업계의 공조체제에 의한 연구개발 추진</li> <li>○ “기후변화에 따른 수자원 가치평가 기술개발 및 적용” 과제는 경제전문가와 연구협력으로 추진</li> <li>○ 선진국과의 적극 협조를 통한 기술교류 및 선진국 수준의 기술개발 실현</li> </ul> </div> |
| 5. 최종성과물                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 글로벌 지표수문해석모형 구축 및 검증</li> <li>○ 글로벌 수자원 네트워크 및 D/B 구축</li> <li>○ 기후변화에 따른 한반도 수자원 변동 영향 분석</li> <li>○ 북한지역의 수자원 적응전략 실행 프레임워크 개발</li> <li>○ 통일 후 접경유역 관리 및 개발 방안 수립</li> <li>○ 우리나라의 가상수 이용현황 분석</li> <li>○ 국제환경 및 기후변화에 따른 농축산물 이용구조 변화 및 가상수 변동시나리오 작성</li> <li>○ 국내 가상수 변화로 인한 장래 용수수요 변화 및 국제적 영향분석</li> <li>○ 가상수 도입에 따른 수자원산업의 영향 및 향후 전략 방안 도출</li> <li>○ 수자원의 사회경제적 가치 추정기법 개발</li> <li>○ 기후변화에 따른 수자원의 가치 변동성 평가 및 적응전략 개발</li> <li>○ Water-Food-Energy nexus 평가기법 개발</li> </ul>                                        |
| 5. 연구기간 및 예산                | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 5년 (2013년 ~ 2017년)</li> <li>○ 총 연구비 : 47 억원</li> <li>○ 총 연구인력 : 총 177명/5년</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## 다. 세세부과제 RFP

| 연구과제명        | 1-1 AR5 기반 극한강우 및 극한홍수 시나리오 생산기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5 RCP기반의 기후변화 시나리오를 고려한 극치 강우사상의 전망</li> <li>○ 기후변화를 고려한 극한홍수량 산정기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 기후변화에 따른 빈번한 극치 호우사상의 발생은 댐, 도로, 건물 등과 같은 사회간접자본(Infrastructure)의 파괴를 증가시키는 주요 원인이 되고 있음</li> <li>○ 새로운 IPCC AR5 RCP기반 기후변화 전망 결과에 대한 극한강우 및 극한홍수시나리오를 생산하고 IPCC AR4 SRES 결과와 비교검토 필요</li> <li>○ 기후변화에 따른 호우빈도 및 강도 변화를 수자원 설계실무에 반영할 필요가 있으며, 특히 극한홍수 시나리오의 설계기준 반영에 관한 연구가 절실히 필요한 시점임</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한강우 및 극한홍수 시나리오 산정 기법 개발</li> <li>○ 기후변화를 고려한 비정상성 빈도해석 기법 개발</li> <li>○ 기후변화에 따른 극한홍수 위험도 평가기법 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div> <div>□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화를 고려한 극한강수량을 전망하고, 이를 이용한 극한홍수량의 산정을 위해 저해상도의 기후모델 결과를 시공간적으로 분해할 수 있는 기법 개발 추진</li> <li>○ 국내에 적합한 분해모형 개발을 통한 기후변화가 고려된 IDF, DAD 등 수자원 설계 실무활용 기술 개발</li> <li>○ 극한홍수량 산정모형의 적용성 검토를 통한 권역별 극한홍수 유출을 모의하고, 기후변화에 따른 극한홍수 위험도 평가기법 개발</li> </ul> </div> <div> <div>□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국토해양부·홍수통제소·지자체 등과의 협조를 통한 연구성과 실무활용 추진</li> <li>○ 선진국과의 적극 협조를 통한 선진기술 도입 및 선진국 수준의 기술 개발</li> </ul> </div>                                                                                                                                                                                  |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한강우 및 극한홍수 시나리오 산정 기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-RCP기반의 호우, 태풍, 폭설, 폭염, 홍수시나리오 D/B 구축 및 불확실성 평가</li> <li>-극치 강우사상을 재현하기 위한 수문기상인자 선별 기술 개발</li> <li>-유역단위 공간상관성을 고려한 다변량 시간 축소기법 개발</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화를 고려한 비정상성 빈도해석 기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-기후변화에 따른 태풍 발생 빈도 및 강수 패턴 변화 분석</li> <li>-태풍발생빈도와 강수패턴 변화를 고려한 비정상성 빈도해석 기법 개발</li> <li>-기존 빈도해석기법과의 비교 평가를 통한 해석기법 정립</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화에 따른 극한홍수 위험도 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-극한강우/유출분석/홍수량 산정을 포함하는 극한홍수량 전망기술 개발</li> <li>-기후변화 고려 IDF, DAD 곡선 개발</li> <li>-기후변화에 따른 PMP, PMF 산정 알고리즘 개발</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 11 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

| 연구과제명        | 1-2 기후변화에 따른 하천설계기준 재설정 기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정 기술 개발</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천시설물의 취약성 분석 가이드라인 제작</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따라 홍수위험도가 증가할 것으로 전망되고 있으며, 이는 국민의 생명과 재산 피해 증가를 야기할 수 있음</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천시설물들의 설계기준 상향 조정에 대한 의견들이 제시되고 있으나, 불확실성 등의 이유로 실제 정책에 반영되지 못하고 있는 실정임</li> <li>○ 따라서 하천시설물의 조사와 분석, 기후변화에 따른 홍수 설계빈도의 적정성 여부, 미래 목표홍수량 설정 등에 대한 분석 및 고찰이 필요함</li> <li>○ 이를 토대로 기후변화에 따른 하천시설물의 취약성 분석과 하천설계기준 재설정기술을 개발하여 적용할 필요가 있음</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 하천시설물 및 하천설계기준에 대한 조사 및 분석</li> <li>○ 기후변화를 고려한 설계기준, 목표홍수량 등에 대한 분석</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천시설물의 취약성 분석 가이드라인 제작</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정기술 개발 및 적용</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div> <input type="checkbox"/> 추진전략           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 부처별 하천시설물들의 현황 및 설계기준 조사, 분석</li> <li>○ 기후변화에 따른 설계빈도의 적정성, 목표홍수량 설정 등의 분석과 이에 따른 하천시설물의 취약성 분석 가이드라인 제시</li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정기술 개발</li> </ul> </div> <div> <input type="checkbox"/> 추진체계           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국토해양부·홍수통제소·지자체 등과의 협동체계 구축을 통한 실용화 달성</li> <li>○ 산·학·연·관 데이터를 종합한 지역별 취약성 평가</li> </ul> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 하천시설물 및 하천설계기준에 대한 조사 및 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준유역단위 기반의 각 부처별 하천시설물 조사 및 분석</li> <li>- 하천 및 하천시설물의 설계기준 조사 및 분석</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화를 고려한 설계기준, 목표홍수량 등에 대한 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 설계빈도의 적정성, 기후변화를 고려한 설계기준 등에 대한 분석</li> <li>- 기후변화를 고려한 목표홍수량, 하천설계기준 등의 타당성 분석</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천시설물의 취약성 분석 가이드라인 제작               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화를 고려한 목표홍수량, 하천설계기준 설정 및 고찰</li> <li>- 기후변화를 고려한 하천시설물의 취약성 분석 및 가이드라인 제작</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기후변화에 따른 하천시설물의 취약성 분석을 통한 하천설계기준 정립</li> <li>- 기후변화를 고려한 하천설계기준 재설정기술 개발 및 적용성 분석</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 11 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구과제명        | 1-3 기후변화 적응 댐 안전도 평가 및 재개발 실행프레임워크 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응을 위한 댐 치수안전도의 재평가</li> <li>○ 기후변화를 고려한 댐 재개발 실행 프레임워크 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최근 기후변화로 인한 극한홍수의 강도 및 빈도 증가는 기존 댐 안전도에 심각한 영향을 미칠 수 있어 이에 대한 적응대책 강구가 시급함</li> <li>○ 댐 설계에 기본이 되는 PMP(Probable maximum precipitation)와 PMF(Probable maximum flood)의 재산정 결과, 댐 계획홍수위를 위협하는 사례가 발생하고 있음</li> <li>○ 특히, 현재 운영되고 있는 대부분의 댐은 건설된 지 최대 40년이 지남에 따라 현재 기술 및 자료를 토대로 기존 댐의 수문학적 안전도에 대한 평가가 필요함</li> <li>○ 기후변화에 따른 미래 기후 조건하에서 댐의 안전도 평가 및 적응을 위한 재개발 실행프레임워크 개발이 요구됨</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                       |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현재의 수문기상조건에 대한 댐 치수안전도 재평가</li> <li>○ 미래의 기후변화 상황을 고려한 댐 치수안전도 평가</li> <li>○ 기후변화 영향을 고려한 댐 재개발 실행프레임워크 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div>□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 댐 치수안전도 재평가를 위한 국내 댐 현황 및 제원 파악과 장기간의 수문기상 자료를 수집하고, 설계 당시와 현 조건에서의 댐 치수안전도를 평가</li> <li>○ 기후변화에 따른 PMP 및 PMF 변화를 분석하고, 변화된 기후조건에 따른 댐의 치수 안전도를 평가하여 취약한 댐 도출</li> <li>○ 타당성분석을 통한 댐건설과 보강계획을 수립하고, 경제성분석을 통한 댐 재개발 우선순위 결정</li> <li>○ 댐 재개발에 따른 효율적 댐관리를 위한 댐운영률의 변화여부 판단 및 새로운 최적 댐 운영률 제안</li> </ul> <div>□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실용 가능한 프레임워크 개발을 목표로 국토해양부·수자원공사·한국수력원자력과의 협동체계 구축을 통한 연구 추진</li> </ul>                                                                                                                                                     |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현재의 수문기상조건에 대한 댐 치수안전도 재평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>-국내 댐 현황 및 제원 구축과 과거 수문기상 자료 D/B 구축</li> <li>-댐 설계 시와 현 시점의 설계기법 비교 및 분석</li> <li>-시범지역에 대한 댐 치수안전도 재평가</li> </ul> </li> <li>○ 미래의 기후변화 상황을 고려한 댐 치수안전도 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>-기후변화에 따른 PMP 및 PMF 변화 분석</li> <li>-PMP, PMF 산정의 불확실성 평가</li> <li>-기후변화에 따른 댐 치수 안전도 평가 및 취약댐 도출</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화 영향을 고려한 댐 재개발 실행 프레임워크 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-타당성분석을 통한 신규 댐 건설 및 댐 재개발 계획 수립</li> <li>-경제성분석을 통한 댐 재개발 우선순위 결정</li> <li>-댐 재개발에 따른 효율적 댐관리를 위한 댐운영률 분석 및 새로운 운영률 제안</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 10 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구과제명        | 1-4 거대홍수 대응을 위한 유역홍수저감시설 실행프레임워크 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화를 고려한 자연유역의 홍수대응능력 분석 및 위험관리 적응전략 구축</li> <li>○ 최적 홍수저감계획 수립 및 유역홍수저감시설의 실행 프레임워크 구축</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 극한기상 영향으로 거대홍수 발생빈도가 증가하고 있으며, 국민의 생명과 재산피해가 증가될 가능성이 제기되고 있음</li> <li>○ 그러나 기후변화 영향을 고려한 자연유역의 홍수대응능력을 분석하고 평가할 수 있는 기술이 부재한 실정임</li> <li>○ 기후변화에 따른 유역홍수저감시설의 능력을 평가하고, 위험관리대응전략을 수립할 필요가 있음</li> <li>○ 경제적 타당성 분석을 통해 기후변화 대비 유역의 최적홍수저감계획을 수립하고, 취약지역에 대한 Emergency Plan을 제시하는 유역홍수저감시설의 실행 프레임워크 구축이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자연유역의 홍수대응능력 분석방법 개발 및 위험관리대응전략 수립</li> <li>○ 기후변화를 고려한 유역홍수저감시설 평가 및 대안수립</li> <li>○ 홍수저감시설의 실행프레임워크 구축 및 Emergency Plan 수립</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div>□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자연유역의 홍수대응능력 분석을 위한 표준유역단위 홍수저감시설 현황 파악</li> <li>○ 기후변화에 따른 치수영향평가 결과를 이용하여 위험관리 대응전략 수립</li> <li>○ 기후변화를 고려한 유역홍수저감시설물의 홍수취약성 평가 및 대안수립</li> <li>○ 최적홍수저감계획 수립 및 유역홍수저감시설의 실행 프레임워크 구축</li> </ul> <div>□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국토해양부·홍수통제소·지자체 등과의 협동체제 구축을 통한 실용화 달성</li> <li>○ 산·학·연·관 데이터를 종합한 지역별 취약성 평가 및 적응전략 수립</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자연유역의 홍수대응능력 분석방법 개발 및 위험관리대응전략 수립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자연유역의 홍수량에 따른 유역의 홍수대응능력 평가</li> <li>- 지역별 홍수 위험도 평가기술</li> <li>- 치수영향평가를 통한 위험관리대응전략 수립</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화를 고려한 유역홍수저감시설 평가 및 대안수립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표준유역단위의 유역홍수저감시설의 현황 파악</li> <li>- 기후변화 영향을 고려한 홍수저감능력 평가</li> <li>- 유역홍수저감시설 평가 및 대안수립</li> </ul> </li> <li>○ 홍수저감시설의 실행프레임워크 구축 및 Emergency Plan 수립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유역홍수저감시설의 대안 및 경제성 분석을 통한 최적홍수저감계획 수립</li> <li>- 유역홍수저감시설의 실행프레임워크 구축</li> <li>- 최적홍수저감계획을 통한 취약지역의 Emergency Plan 수립</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 12 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| 연구과제명        | 2-1 AR5기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문시나리오 생산 기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5기반 기후 및 수문시나리오 생산기술 개발</li> <li>○ 기후 및 수문시나리오의 불확실성 평가 및 중장기 수자원 변화 전망</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ SRES AR4 기반의 기후변화에 따른 수자원 영향평가는 기존 기후변화 연구에서 수행된 바 있으나, 불확실성 문제로 현업에 활용되지 못하고 있음</li> <li>○ IPCC에서는 RCP기반의 AR5 기후변화 전망 자료를 2013년에 공개할 예정이므로, 이에 따른 한반도 영향평가결과를 업데이트할 필요성이 제기됨</li> <li>○ 신뢰성 있는 중장기 국가 기후변화 적응전략 수립을 위해 다중(multiple) 기후변화 시나리오를 이용한 중장기 기후변화 전망 및 수자원변동성 평가가 요구됨</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5 기반 표준 기후시나리오 상세화(downscaling) 기술 개발</li> <li>○ AR5 기반 표준 수문시나리오 생산 기술 개발</li> <li>○ 기상 및 수문시나리오의 불확실성 평가 및 중장기 수자원 변화 전망</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div data-bbox="213 965 368 1003">□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5 기반 GCM 기후모의결과(near-term과 long-term experiments) 수집 및 D/B 구축</li> <li>○ 통계적·역학적 상세화기법을 적용한 시공간적 상세화 기후시나리오 생산 및 불확실성 평가 추진</li> <li>○ 기후변화에 따른 수문시나리오 생산을 위해 한국형 수문순환해석모델 개발 및 적용성 평가 추진</li> <li>○ 중장기 MME 수문시나리오 생산, 불확실성 평가 및 D/B 구축</li> </ul> <div data-bbox="213 1211 368 1249">□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다학제적 공동연구와 학·연·산과 협력하여 국내 실정에 적합한 표준 시나리오 생산 기술 개발</li> <li>○ “AR5 기반 MME 기후 및 고해상도 중장기 수문시나리오 생산기술 개발” 과제는 기상분야 전문가와 긴밀한 연구협력으로 추진</li> <li>○ 축적된 국내기술과 연구역량 및 인프라를 활용하여 국내 실정에 적합한 수문순환해석모델 개발 및 기술경쟁력 확보</li> </ul>                       |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ AR5 기반 표준 기상시나리오 상세화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-AR5 GCMs의 한반도 관측기후 모의 능력 평가</li> <li>-RCM을 이용한 역학적 시공간 상세화 기법 개발</li> <li>-통계적 기법을 이용한 시공간 상세화 기법 개발</li> <li>-기후시나리오의 불확실성 정량화 기법 개발</li> <li>-중기후변화전망을 위한 Near-term ensemble 시나리오 생산</li> </ul> </li> <li>○ AR5 기반 표준 수문시나리오 생산 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-수문시나리오 생산을 위한 한국형 수문순환해석모델 개발</li> <li>-수문시나리오 생산 및 불확실성 정량화 기법 개발</li> </ul> </li> <li>○ 기상 및 수문시나리오의 불확실성 평가 및 중장기 수자원 변화 전망 <ul style="list-style-type: none"> <li>-유역별 중장기 기후, 수자원 변화 전망 및 불확실성 제시</li> <li>-유역별 증발산, 토양수분, 지하수, 지표수 등의 수문요소 변화 전망 및 불확실성 제시</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 19.5 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| 연구과제명        | 2-2 기후변화에 따른 권역별 수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 권역별 수자원시설 용수공급능력 평가기술 개발</li> <li>○ 기후변화에 따른 신규 수자원시설 투자우선순위 결정지원시스템 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화로 인한 강수패턴의 공간적 변화는 수자원 이용량의 지역적 불균형을 악화시켜 현 용수공급체계의 효율성을 저하시킬 수 있음</li> <li>○ 기후변화상황에서 중권역 단위의 유역규모에서 기존 용수공급체계의 지역별 시설물별 안전도를 평가하는 기술 개발이 필요함</li> <li>○ 효과적인 기후변화 적응을 위해서는 기존 수자원시설의 공급능력을 극대화할 수 있는 기법 개발과 장기적 측면에서 신규수자원 투자우선순위 결정을 지원할 수 있는 시스템 개발이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 권역별 수자원시설 용수공급 능력평가 및 최적 용수공급체계 개발</li> <li>○ 기후변화에 따른 용수공급능력 취약성 평가시스템 개발</li> <li>○ 기후변화 적응을 위한 신규수자원 투자우선순위 결정지원시스템 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div>□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원시설(댐, 보, 농업용저수지, 양수장, 관정, 상수도 등)의 네트워크 모델을 구축하여 현 용수공급시스템의 공급능력 평가</li> <li>○ 미래 사회경제적 요인 및 기후변화를 고려한 용수수요 변화를 추정하는 기술을 개발하고, 현재 용수공급시스템의 취약성을 평가</li> <li>○ 기후변화 적응을 위한 취약시설 및 지역(Hot spot)을 도출하고 적응 실행우선순위 결정을 위한 우선투자결정시스템 개발</li> <li>○ 댐, 4대강 보, 농업용 저수지, 관정 등 유역(권역)별 수자원시설물을 포함한 최적 용수공급체계 개발 추진</li> </ul> <div>□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산·학·연·관 협력체계를 통해 기존의 데이터를 종합, 취약성평가, 최적공급기술 개발 등을 통해 실용 가능한 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                         |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 권역별 수자원시설 용수공급 능력평가 및 최적 용수공급체계 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-유역별 수자원부존량(water availability) 변화 전망 및 불확실성 평가</li> <li>-기후변화 영향이 고려된 표준유역단위 수자원부존량 산정모델구축</li> <li>-댐-보-농업용 수리시설물을 포함한 용수공급시설의 네트워크모델 개발</li> <li>-현 용수공급시설의 최적연계운영기법 개발</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화 적응을 위한 용수공급능력 취약성 평가시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-사회요인 및 기후변화를 고려한 미래 용수수요 추정모델 개발</li> <li>-AR5 기후시나리오를 이용한 현 용수공급시설의 취약성평가</li> <li>-극치 시나리오별 적응체계 도출</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화 적응 신규수자원 투자 우선순위 결정지원시스템 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-기후변화에 따른 현재 수자원 용수공급능력 부족지역 도출</li> <li>-No-regret 수자원 용수공급 적응전략 개발</li> <li>-신규수자원 개발 우선순위 결정지원시스템 개발</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 14 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| 연구과제명        | 2-3 기후변화 대응 수자원시설물의 물공급 예비율 기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 대비 수자원시설물 물공급 적정 예비율 산정기술 개발</li> <li>○ 기후변화 대비 물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화는 수문환경뿐 아니라 인간생활패턴에도 영향을 미쳐 용수의 공급과 수요 예측의 오차를 증대시킬 것으로 예상됨. 이는 용수미공급에 따른 사회경제적 피해증가를 발생시킬 수 있으므로, 수자원 예비율 도입을 통해 용수수요공급 전망의 불확실성을 고려할 수 있는 유연한 수자원 확보전략이 요구됨</li> <li>○ 최근 기상이변으로 인한 극심한 가뭄을 여러 차례 경험한 호주는 2008년 연방정부 차원의 “환경용수비축” 제도를 시행하고 있음 (2010년 기준 약 8억m<sup>3</sup> 확보)</li> <li>○ 국내에서도 예상되는 물수요 증가(2020년 기준 최대 4.6억m<sup>3</sup> 부족)와 빈번해지는 가뭄에 대비하기 위해서는 생활 및 경제활동에 필수적인 물의 적정 예비율 추정 기법을 개발하고, 지역별·용수별·시설별 기준 마련이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                              |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화대비 수자원시설물별 물공급 예비율 산정기술 개발</li> <li>○ 물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술 개발</li> <li>○ 기후변화 시나리오를 이용한 물공급 예비율의 취약성 평가</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div data-bbox="213 1039 373 1077">□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 해외 및 타 SOC사업 (전력, 석유비축 등) 예비율 도입 사례조사를 통한 물공급 예비율 추정방법 개발 및 지역별·시설별 물공급 예비율 산정</li> <li>○ 물공급 예비율을 고려한 수자원확보 방안 및 관리기술을 개발</li> <li>○ 기후변화 시나리오를 이용한 미래 물공급 안전도 평가 및 취약성 평가</li> <li>○ 기후변화 적응을 위한 물공급 예비율의 수자원장기종합계획 연계방안 개발</li> </ul> <div data-bbox="213 1218 373 1256">□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 예비율 개념을 물관리에 실행하고 있는 선진국과의 기술협력을 통한 기술확보</li> <li>○ 산·학·연·관 협력체계를 통한 연구결과의 실용화 달성</li> </ul>                                                                                                                                                                                |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화대비 수자원시설물별 물공급 예비율 산정기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-해외 및 타 SOC 예비율 사례조사</li> <li>-현 시설물별 물공급 안정성 기준설정 연구</li> <li>-수자원시설물별 물공급 예비율 산정기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 물공급 예비율을 고려한 수자원 관리기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-물공급 예비율 개념 정립 및 예비율을 고려한 수자원확보 기술 개발</li> <li>-시험유역 운영을 통한 물공급 예비율의 실용화 기술 개발</li> <li>-기후변화를 고려한 물공급 예비율 안정성 확보를 위한 시설물별 운영 가이드라인 제시</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화 시나리오를 이용한 물공급 예비율의 취약성 평가 <ul style="list-style-type: none"> <li>-물공급 예비율을 고려한 물공급체계의 기후변화 대응능력 및 취약성 평가</li> <li>-AR5 및 극치 기후시나리오에 대한 물공급 예비율의 추정 및 극치 시나리오별 적응방안 개발</li> <li>-수자원장기종합계획 연계를 위한 기후변화 적응 방안 개발</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 11 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| 연구과제명        | 2-4 유역 및 권역별 극한 물부족 Emergency Plan 수립                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고기후와 기후변화를 고려한 극한 가뭄시나리오 개발</li> <li>○ 극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 물공급 Emergency Plan 수립</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지구온난화가 우리나라 가뭄발생에 미치는 영향은 불확실하나 측우기 자료는 국내에서 1884-1910년 동안 극한 가뭄이 실재했음을 증명하고 있으며, 이러한 가뭄이 미래에 재현될 경우 사회경제적으로 감당키 힘든 피해를 야기할 수 있음</li> <li>○ 따라서 발생 가능한 극치 기후시나리오(AR5 기반 기후시나리오와 고기후 시나리오) 상황에서 사회경제적 피해를 최소화할 수 있는 Emergency Plan을 사전에 수립한다면 지속적인 국가 발전과 안보체제 유지에 기여할 것임</li> <li>○ 또한 광역상수도 이용의 효율이 떨어지는 수자원 확보 취약지역은 가뭄발생에 더욱 취약하므로 지역적 특성을 고려한 맞춤형 용수 확보 전략 및 용수공급 전략의 개발이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원 확보 취약지역의 기후변화 적응전략 실행 프레임워크 개발</li> <li>○ 고기후 자료와 AR5 기반 극한 가뭄시나리오 개발</li> <li>○ 극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 Emergency Plan 수립</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div data-bbox="213 1095 368 1128" style="display: flex; align-items: center;"> <input type="checkbox"/> 추진전략         </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원 확보 취약지역과 상습 가뭄 피해지역 조사 및 GIS 기반 D/B 구축</li> <li>○ 고기후 자료와 AR5 기반의 기후 전망자료를 이용한 극한 가뭄시나리오 개발</li> <li>○ 극한 가뭄시나리오 상황에서 피해를 최소화하기 위한 Emergency Plan 수립</li> </ul> <div data-bbox="213 1308 368 1341" style="display: flex; align-items: center;"> <input type="checkbox"/> 추진체계         </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산·학·연·관 협동연구체계 구축을 통해 국내의 축적된 기술, 연구역량, 인프라 등을 최대한 활용하여 극한 가뭄대비 국가 Emergency Plan을 완성</li> </ul>                                                                   |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원 확보 취약지역의 기후변화 적응전략 실행 프레임워크 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>-수자원 확보 취약지역의 수자원정밀 조사 및 D/B 구축</li> <li>-기후-수문-사회경제적 영향을 고려한 통합 가뭄지수 개발</li> <li>-모니터링과 기상전망기술을 이용한 취약지역 가뭄 사전감지기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 고기후 자료와 AR5 기반 극한 가뭄시나리오 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>-AR5 기반 극한 가뭄시나리오 개발 및 불확실성 평가</li> <li>-고기후 가뭄시나리오 개발 및 불확실성 평가</li> </ul> </li> <li>○ 극한 가뭄시나리오에 대비한 국가 Emergency Plan 수립             <ul style="list-style-type: none"> <li>-극한 가뭄 발생시 범부처간 비상대응협력 체계 개발</li> <li>-극한 가뭄 발생시 물공급 우선순위 선정 기법 개발</li> <li>-가뭄지속기간별 No-regret Emergency Plan 수립</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 10.5 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| 연구과제명        | 3-1 기후변화 적응형 유역 건전성 통합평가기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 유역 건전성 평가 및 적응전략 수립</li> <li>○ 유역 건전성 평가를 위한 시공간 지표 및 평가기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원의 가치에 대한 사회적 인식이 이치수 측면에서 복지적 편익으로 확대되면서 유역건전성에 대한 개념 도입과 이를 고려한 수자원의 공간적 관리기법 개발이 요구되고 있음</li> <li>○ 기후변화에 따른 강수패턴변화, 기온 및 수온 상승과 더불어 사회적 용수이용량 증가는 유역건전성을 악화시키고, 궁극적으로는 수량, 수질에 영향을 미치므로 이에 대한 국가적 대책 수립이 필요함</li> <li>○ 기후변화에 따른 유역건전성 변화를 정량적으로 평가하고, 그에 따른 적응전략을 수립할 수 있는 기술 개발이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수량, 수질, 유역환경을 고려한 유역건전성 평가기술 개발</li> <li>○ 유역건전성 평가시스템 개발 및 공간적 취약지역 개선방안 도출</li> <li>○ 기후변화가 유역건전성에 미치는 영향 평가 및 적응전략 도출</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div> <input type="checkbox"/> 추진전략           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유역건전성 개념 정립을 위해 국외 선진연구사례를 조사하고 한국 실정에 적합한 세부인자 도출 및 D/B 구축</li> <li>○ 통합적인 유역건전성 지표개발을 위한 세부기술(인자별 가중치 산정 방법 등)을 개발하고 표준 및 중권역 규모별 유역건전성을 평가</li> <li>○ 현 취약지역을 도출하고 유역건전성 확보전략을 수립</li> <li>○ 기후변화상황에서의 유역건전성을 전망하고 적응전략을 수립</li> </ul> </div> <div> <input type="checkbox"/> 추진체계           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유역건전성을 물관리에 활용하고 있는 선진국과의 기술협력을 통해 국내실정에 적합한 기술을 개발 및 확보</li> <li>○ 산·학·연·관 데이터를 종합한 지역별 취약성 평가 및 적응전략을 수립</li> </ul> </div>                                                                                                                                               |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수량, 수질, 유역환경을 고려한 유역건전성 평가 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-수문생태 기반의 유역건전성 평가모형 개발 및 D/B 구축</li> <li>-유역건전성 개념 정립을 위한 세부 평가인자 도출</li> <li>-인자별 가중치 산정기법 개발 및 유역건전성 평가지표 개발</li> </ul> </li> <li>○ 유역건전성 평가 시스템 개발 및 공간적 취약지역 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>-표준유역 및 중권역별 유역건전성 평가 및 공간적 취약지역 도출</li> <li>-유역 건전성 모니터링 및 공간적 취약지역 선정</li> <li>-취약지역 개선전략 개발 및 사업우선순위 결정</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화가 유역건전성에 미치는 영향 평가 및 적응전략 도출               <ul style="list-style-type: none"> <li>-토지피복 및 이용변화 전망기술 개발</li> <li>-AR5 기후변화 시나리오를 이용한 유역건전성 평가</li> <li>-기후변화 적응을 위한 유역건전성 유지관리 전략 도출</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 11.5 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| 연구과제명        | 3-2 기후변화 국가 적응전략 수립용 수자원 취약성 통합 평가시스템 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국가 적응전략 수립을 위한 수자원 취약성 통합 평가 시스템 개발</li> <li>○ 체계적이고 공신력 있는 기후변화 국가 적응전략수립 지원체계 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 전망에 대한 불확실성을 고려할 수 있는 유연한 국가 수자원 취약성 평가 및 적응대책수립을 위한 의사결정지원시스템 개발이 필요함</li> <li>○ 정책결정자와 국민들에게 공신력 있는 정보전달 및 정부정책의 신뢰도를 향상 시키기 위해서는 각 세부과제별 결과를 종합한 일관성 있는 정보제공 시스템 개발이 필요함</li> <li>○ 또한, 이 시스템은 탄력적(resilience) 물관리를 위해 새로운 정보를 수집·검증 하고 기 수립된 수자원적응정책을 지속적으로 개선 및 보완할 수 있어야 함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응을 위한 수자원 취약성 통합 평가 시스템 개발</li> <li>○ 탄력적 물관리를 위한 통합 정보관리 및 제공 시스템 개발</li> <li>○ 적응전략 수립 및 의사결정지원시스템 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div data-bbox="213 1025 373 1061" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 이수, 치수, 유역관리 측면의 취약성을 통합적으로 평가하고 정보를 제공할 수 있는 시스템 개발 추진</li> <li>○ 국가 수자원 적응전략 개발을 위한 세부과제 연구성과의 D/B 구축</li> <li>○ 기후변화 적응전략 개발을 위한 의사결정지원시스템 개발 추진</li> <li>○ 새로운 정보에 대한 신뢰도를 평가하고 국가 적응전략을 지속적으로 업데이트할 수 있는 시스템 개발 추진</li> </ul> <div data-bbox="213 1254 373 1290" style="border: 1px solid black; padding: 2px;">□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 대학이나 국책연구원으로 구성된 전문연구기관의 총괄하에 전문 S/W 및 IT업체와 협조함으로써 현업 활용시스템 개발</li> </ul>                                                                                                        |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응을 위한 수자원 취약성 통합 평가 시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-세세부과제 연구성과의 GIS 기반 D/B 구축</li> <li>-장/중/단기 통합 수자원 취약성 평가 시스템 개발</li> <li>-이수, 치수, 유역관리를 통합한 취약성 평가 시스템 개발</li> </ul> </li> <li>○ 탄력적 물관리를 위한 통합 정보관리 및 제공시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-신뢰성 있는 표준화된 취약성 평가 정보 제공시스템 구축</li> <li>-Web 기반 정부·지자체·국민(이해당사자) 참여시스템 개발</li> <li>-D/B 기반 의사결정자, 전문가 통합정보 분석툴 개발</li> </ul> </li> <li>○ 적응전략 수립 및 의사결정 지원시스템 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-취약성평가를 기반으로 한 수자원 적응전략 수립 체계</li> <li>-사업우선순위 의사결정 전문가 시스템 개발</li> <li>-기후변화 대응 국가 물안보 전략 보고서 작성</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 19.5 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 연구과제명        | 3-3 기후변화 적응 유역관리 실행기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응을 위한 유역의 공간적 수자원 감소 방지 및 확보기술 개발</li> <li>○ 유역관리 실행기술 검증을 위한 시험유역 운영</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 기온상승 및 강수량의 시공간적 변화는 유역 물순환에 영향을 미침. 특히 토양수 감소는 유역의 지속적 물순환을 방해하여 유역 건전성을 악화시킬 수 있음</li> <li>○ 주요 수자원의 하나인 지하수의 경우 기후변화뿐만 아니라 토지피복 및 토지이용 변화 등 인위적 활동에 의해서도 민감하게 반응함으로 이를 복합적으로 고려한 기후변화 적응 전략도출이 필요</li> <li>○ 기후변화와 토지피복변화로 인한 유역 수자원감소 방지대책 및 유역 수자원 확보기술 개발이 필요</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 유역 수자원 변화요인 분석 및 적응전략 도출</li> <li>○ 토양수흐름 추적 및 지하수 충전량 평가기술 개발</li> <li>○ 기후변화 적응 토지이용 및 식생 관리정책 기술</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div> <input type="checkbox"/> 추진전략         <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 유역수자원 감소에 영향을 미치는 여러 요소들의 민감도를 분석하고, 그에 따른 수자원감소 방지대책 도출</li> <li>○ 유역수자원 확보를 위한 유역 토양수 확보기술, 지하수 안전채수량 평가, 대설 및 결빙기 수자원확보를 위한 처리기술 개발</li> <li>○ 시험유역 선정 및 운영을 통한 유역 수자원확보기술의 현장 적용성 평가</li> </ul> </div> <div> <input type="checkbox"/> 추진체계         <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국외 선진국과의 기술교류를 통해 기술도입 및 국내 현실에 적합한 기술 개발</li> <li>○ 실용화를 위한 시험유역운영 및 산·학·연·관 협력체계를 추진</li> </ul> </div>                                                                                                                                                                             |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 유역 수자원변화 요인 분석 및 적응전략 도출             <ul style="list-style-type: none"> <li>-유역 변동성 시계열 분석 및 수자원 영향인자의 민감도 분석</li> <li>-요인분석을 통한 유역 수자원감소 방지대책 및 기술 개발</li> <li>-기후변화에 따른 수자원 감소 방지대책 도출</li> </ul> </li> <li>○ 지하수 안전채수량 평가기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>-기후변화 시험유역 선정, 지하수위 및 채수량 모니터링</li> <li>-지표-지하 연계모델링을 통한 안전채수량 평가기술 개발</li> <li>-토양수 흐름 추적 및 지하수 충전 평가기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화 적응을 위한 유역 토양수 확보기술 개발             <ul style="list-style-type: none"> <li>-토양수 모니터링</li> <li>-토양수 확보를 위한 공간 설계기술 개발 및 현장적용성 평가</li> <li>-대기-지표-지하 연계한 갈수시 유량 확보기술 개발</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 12 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| 연구과제명        | 3-4 극한사상에 대한 유역의 탄력적 대응 및 복원기술 개발                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한사상(홍수 및 가뭄)에 대응 가능한 유역 관리 및 복원기술 개발</li> <li>○ 유역 관리, 복원기술의 검증을 위한 시험유역 운영</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 극한 홍수 및 가뭄사상의 증가는 유역 건전성에 악영향을 미치며, 유역의 복원능력 손상은 수자원 확보 및 건전한 유역관리에 대한 불확실성을 증대시킬 것임</li> <li>○ 홍수 및 가뭄사상의 빈도 및 강도는 기후변화로 인해 더욱 증가할 것으로 전망됨에 따라 유역 건전성 회복에는 많은 시간과 비용이 요구됨</li> <li>○ 따라서 향후 극한사상 증가에 대비한 유역의 탄력적 대응 및 복원 기술의 개발을 통한 기후변화 적응이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 홍수, 가뭄발생에 따른 유역관리 영향평가 기술 개발</li> <li>○ 극한사상에 적응 가능한 식생피복 및 토양유실 방지기술 개발</li> <li>○ 극한사상에 따른 탁수 관리 기술 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div> <input type="checkbox"/> 추진전략           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 극한사상에 대한 유역의 탄력적 복원기술 개발을 위한 국외 연구사례를 조사하고, 한국 실정에 적합한 방안 도출</li> <li>○ 유역의 탄력적 복원기술 개발의 기초자료 조사 및 D/B 구축</li> <li>○ 기후변화에 따른 홍수, 가뭄사상 증가 가능성에 대한 유역관리 영향평가</li> <li>○ 시범유역에 대한 현장 모니터링 및 복원기술 개발</li> </ul> </div> <div> <input type="checkbox"/> 추진체계           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국토해양부·홍수통제소·지자체 등과의 협동체계 구축을 통한 연구 추진</li> <li>○ 산·학·연·관 데이터를 종합한 지역별 취약성 평가</li> </ul> </div>                                                                                                                                                                                                                               |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 홍수, 가뭄발생에 따른 유역복원력 평가 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-기후변화에 따른 홍수, 가뭄 발생의 유역수문생태 영향평가</li> <li>-홍수, 가뭄발생에 따른 유역수문생태 취약성평가</li> <li>-기후변화 적응을 위한 유역복원기술 도출</li> </ul> </li> <li>○ 극한사상에 적응 가능한 식생피복 및 토양유실 방지기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-시범유역 선정 및 극한사상(예, 장기 가뭄후 폭우) 전후 현장모니터링(강우, 토양수분, 토양침식량 등)</li> <li>-극한사상에 대한 토양유실 방지 설계기술 개발</li> <li>-극한사상 시나리오별 식생 및 시설물배치 모델링을 통한 토양유실 최소화 설계기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 극한사상에 따른 탁수 관리 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>-유역의 고탁수 발생 원인 및 피해 분석</li> <li>-체계적 모니터링 및 모델링을 통한 탁수 거동 평가</li> <li>-극한사상에 따른 탁수 거동 예측 및 관리 기술 개발</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 11 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| 연구과제명        | 4-1 글로벌 수자원 평가 및 분석 체계 구축                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화 적응전략수립을 위한 글로벌 수자원 평가 시스템 개발</li> <li>○ 글로벌 수자원 정보 D/B 구축</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지구온난화로 인한 글로벌 수자원부존량(water availability)의 시공간적 변화는 국가별 장기 물관리 전략 수립 및 국제 수자원산업 시장 변화 예측에 불확실성을 증대시킬 것으로 예상됨</li> <li>○ 급격히 성장하는 국제 수자원산업 시장 선점을 위해서는 글로벌 수자원부존량의 변화를 신뢰성 있게 전망하는 기술이 요구됨</li> <li>○ 글로벌 수자원의 시공간적 변동성 평가를 위해서는 기후변화와 연계된 수문순환과 에너지순환을 물리적으로 모사할 수 있는 글로벌 수자원 평가 시스템 개발이 요구됨</li> <li>○ 글로벌 수자원 평가 시스템 성능 검증 및 기후변화 영향평가를 위해서는 수자원 국제네트워크 강화 및 글로벌 수자원 D/B 구축이 마련되어야 함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 글로벌 지표수문해석모형(Land Surface Model) 구축 및 검증</li> <li>○ 글로벌 수자원 네트워크 및 D/B 구축</li> <li>○ 글로벌 수자원 가용량 평가 및 기후변화 변동성 분석</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div> <input type="checkbox"/> 추진전략           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지표수문해석모형 및 Large scale model을 수집하고, 각 모델의 장단점 및 활용성을 다각도로 분석해 최적 모델 선정</li> <li>○ 지표수문해석모형의 구축 및 성능검증을 위해 요구되는 기상, 수문, GIS 및 Remote Sensing 자료에 대한 글로벌 D/B 구축</li> <li>○ 지표수문해석모형의 글로벌 시험유역에 대한 관측수문현상 재현성 검증 및 개선점 도출</li> <li>○ 글로벌 수자원부존량 평가 및 기후변화에 따른 시공간적 수문순환 변화 전망</li> </ul> </div> <div> <input type="checkbox"/> 추진체계           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미국, 일본 등 선진국과의 기술교류를 통한 선진국 수준의 기술력 확보</li> <li>○ 국제기구 및 프로그램 참여를 통한 글로벌 D/B 구축 및 정보공유</li> </ul> </div>                                                                                               |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 글로벌 지표수문해석모형(Land Surface Model) 구축 및 검증               <ul style="list-style-type: none"> <li>-지표수문해석모형 수집 및 최적 모형 선정</li> <li>-글로벌 시험유역에서의 지표수문해석모형의 모의능력 평가</li> <li>-글로벌 물순환 및 에너지 순환 해석, 공간적 수자원 가용량 평가</li> </ul> </li> <li>○ 글로벌 수자원 네트워크 및 D/B 구축               <ul style="list-style-type: none"> <li>-선진 물관리 기관과의 네트워크 구축</li> <li>-기후 및 수문 관측자료, 지형정보(DEM, 식생, 토양 등) 구축</li> <li>-AR5 기반의 글로벌 다중 기후 및 수문시나리오 구축</li> </ul> </li> <li>○ 글로벌 수자원 가용량 평가 및 기후변화 변동성 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>-국가별 기후변화에 따른 수자원 민감도 분석 및 가용량 평가</li> <li>-기후변화로 인한 수자원의 시공간 변동성 분석 및 불확실성 평가</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 145 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| 연구과제명        | 4-2 기후변화 적응 국가 수자원 안보전략 및 대응 기술                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 적응하는 한반도 수자원 이용의 극대화 도모</li> <li>○ 한반도 수자원의 효율적인 개발전략 도출</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화로 인한 영향은 사회기반 시설이 부족한 북한지역에 더 크게 작용할 수 있을 것으로 예상되며, 특히 가뭄 등으로 인한 식량부족은 우리나라 국가안보전략 수립에도 다양한 영향을 줄 수 있음</li> <li>○ 장단기적 관점에서 국제적인 상황을 고려할 때 통일의 가능성이 더욱 높아져 가고 있으며, 특히 급작스런 상황변화도 발생할 수 있음</li> <li>○ 상대적으로 기후변화에 취약한 북한 상황 및 통일 후 효율적인 수자원 적응대책을 위해서는 한반도 수자원 개발시나리오 수립 및 우선순위 선정이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 한반도 수자원 변동 영향 분석</li> <li>○ 북한지역의 수자원 적응전략 실행 프레임워크 개발</li> <li>○ 통일 후 접경유역 관리 및 개발 방안 수립</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div>□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지금까지 북한 수자원 관련 연구는 북한 수자원량 평가 및 현재 상황에서 남한이 취할 수 있는 실행방안에 국한되어 있음</li> <li>○ 국외의 여러 연구에서 한반도의 기후변화 영향은 남한보다 북한이 더 크며, 특히 가뭄으로 인한 식량부족을 주로 지적하고 있음. 따라서 기후변화 영향분석 기법의 적용범위를 한반도로 확대하고 세밀한 영향분석을 실시함</li> <li>○ 본 연구는 정치, 외교, 경제 등의 영향을 종합적으로 고려해야하므로 관련 분야 전문가들의 공동 연구를 수행하며, 최종적으로는 통일 후 즉시 시행 가능한 실행지침 작성을 추진함</li> </ul> <div>□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 북한관련 정부기관, 연구기관, 국내외 전문가와 연구협력체계를 마련하여 체계적인 자료수집 및 D/B 구축, 사업개발 및 사업우선순위결정</li> </ul>                                                                                                                                                                                             |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화에 따른 한반도 수자원 변동 영향 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>-한반도 수자원 가용 D/B 구축</li> <li>-원격탐사(위성, 레이더)자료를 이용한 북한지역의 관련 자료 구축</li> <li>-기후변화 시나리오에 따른 한반도 수자원 변동성 전망</li> <li>-한반도 수자원 변동으로 인한 사회경제학적 영향 분석</li> </ul> </li> <li>○ 북한지역의 수자원 적응전략 실행 프레임워크 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-북한의 수자원 시설 현황 D/B 구축</li> <li>-기후변화에 따른 홍수·용수공급 취약성 평가 및 취약 지역 도출</li> <li>-통일 후 북한지역 수자원 변화 및 개발방향 전망</li> <li>-기후변화에 따른 수자원개발 시나리오 작성 및 우선순위 도출</li> </ul> </li> <li>○ 통일 후 접경유역 관리 및 개발 방안 수립 <ul style="list-style-type: none"> <li>-북한강과 임진강 수계의 일괄 운영 및 관리 방안 도출</li> <li>-통일 후 접경지역(북한강, 임진강)의 용수수요 변화 분석</li> <li>-기후변화 적응 접경지역의 수자원 종합 개발 방안 제시</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 11.5 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| 연구과제명        | 4-3 국제 물거래 대비 우리나라 가상수 분석 기반 구축                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기후변화가 국제 가상수 거래 및 용수수요에 미치는 영향 예측</li> <li>○ 국내 가상수의 변화가 주요 교역국에 미치는 상호 영향 분석</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 심화되는 기후변화의 영향 및 가뭄 발생 등으로 인해 국제 곡물가격이 상승하고 이로 인해 국내 농업상황에 영향을 줄 경우, 다양한 물수요의 변화 발생 가능</li> <li>○ 기후변화를 고려한 가상수 영향 분석을 통해 국제 물거래를 대비한 안정적인 수자원공급 시스템의 구축이 필요함</li> <li>○ 가상수 개념 도입이 수자원산업에 미치는 영향을 조기에 예측하여 대응할 수 있는 기반 마련이 필요함</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 우리나라의 가상수 이용현황 분석</li> <li>○ FTA 등 국제환경 및 기후변화에 따른 농축산물 이용구조 변화 및 가상수 변동시나리오 작성</li> <li>○ 국내 가상수 변화로 인한 장래 용수수요 변화 및 국제적 영향분석</li> <li>○ 가상수 도입에 따른 수자원산업의 영향 및 향후 전략 방안 도출</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div>□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가상수의 정확한 정의를 수립하고, 전 세계 가상수의 이동상황 분석 및 국가별 가상수 이용량 평가</li> <li>○ 우리나라의 연간 수입/수출 농축공산물의 물소비량 평가</li> <li>○ 농축공산물 주요 수입국에서 발생가능한 가뭄, 전쟁 등의 영향으로 농축공산물 수입 중단시 우리나라 수자원에 미치는 영향 분석</li> <li>○ 국제 물거래 등 국제환경 변화를 대비한 가상수 분석체계 구축</li> </ul> <div>□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가상수 분석을 선도하고 있는 선진국의 산·학·연과 인적네트워크 구축을 통해 기술도입 및 국제 가상수 거래 및 분석체계 구축</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 우리나라의 가상수 이용현황 분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>-국내 농축공산물 수출입량 조사 및 품목별 물소비량 추정</li> <li>-농축공산물 수출량 변화에 따른 물소비량의 시공간적 변화 분석</li> </ul> </li> <li>○ FTA 등 국제환경 및 기후변화에 따른 농축산물 이용구조 변화 및 가상수 변동시나리오 작성 <ul style="list-style-type: none"> <li>-FTA 및 국제환경 변화에 따른 농축산물 이용구조 변화 예측</li> <li>-기후변화 등으로 발생가능한 국제곡물 생산량 및 가격 등의 변화 분석</li> <li>-글로벌 환경변화로 인한 가상수 변동 시나리오 작성</li> </ul> </li> <li>○ 국내 가상수 변화로 인한 장래 용수수요 변화 및 국제적 영향분석 <ul style="list-style-type: none"> <li>-우리나라의 가상수 수입국 분포 현황 평가 및 영향 분석</li> <li>-국내 가상수 이용량 변화로 인한 국제적 영향 평가</li> <li>-기후변화 및 국제 물거래 등을 고려한 가상수 분석체계 구축</li> </ul> </li> <li>○ 가상수 도입에 따른 수자원산업의 영향 및 향후 전략 방안 도출 <ul style="list-style-type: none"> <li>-가상수의 변화가 수자원산업에 미치는 영향 및 취약성 분석</li> <li>-국제화를 위한 기후변화 적응 미래 수자원산업 전략 방안 도출</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 10.5 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| 연구과제명        | 4-4 기후변화에 따른 수자원 가치평가 기술개발 및 적용                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 연구개발 목표   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원의 사회경제적 가치평가 기술 개발 및 기후변화영향 분석</li> <li>○ 기후변화에 따른 수자원-식량-에너지 연계해석 기법 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2. 연구개발 필요성  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원의 사회경제적 가치평가는 수자원 관리가 국가 경제와 사회에 미치는 직간접적 영향을 정량화하는데 기여함으로써 공공재에 대한 정부 투자의 당위성과 근거를 마련할 수 있음</li> <li>○ 변화하는 기후환경에서 지속가능한 수자원 공급 및 효율적 수자원 배분을 위해서는 합리적이고 현실적인 수자원의 가치평가시스템이 시급히 요구됨</li> <li>○ 또한, 수자원의 변화는 식량안보 및 수력에너지 생산과 밀접하게 연계되어 있으므로 기후변화에 따른 수자원, 식량 및 에너지연계해석 기법이 요구됨</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3. 연구개발 내용   | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원의 사회경제적 가치 추정기법 개발</li> <li>○ 기후변화에 따른 수자원의 가치 변동성 평가 및 적응전략 개발</li> <li>○ Water-Food-Energy nexus 평가기법 개발</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 4. 연구개발 추진방법 | <div> <div>□ 추진전략</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원 공급분야별 사회경제적 가치의 정량적 추정기법 개발</li> <li>○ 국내 수자원의 가치정량화 및 AR5 기후시나리오 하에서의 수자원의 사회경제적 영향 평가</li> <li>○ 기후변화로 인한 수자원의 사회경제적 취약지역(Hot spot)을 도출하고 기후변화 대응 물 배분 및 관리방안 도출</li> <li>○ 지표수문해석모형과 연계한 식량 및 에너지 평가 기법 개발</li> </ul> </div> <div> <div>□ 추진체계</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원을 식량, 에너지 관리와 연계하여 관리하는 기술은 세계적인 관심분야로 선진국들과의 기술교류를 통한 기술개발전략 추진</li> <li>○ 국내 다학제간 연구를 통한 자료수집 및 기술개발 추진</li> </ul> </div>                                                                                                                                                                           |
| 5. 최종성과물     | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 수자원의 사회경제적 가치 추정기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-생·공·농업, 레크리에이션, 환경용수별 경제적 가치 추정기법 개발</li> <li>-국내 총수자원 가치 산정 및 시공간적 변동성 분석</li> <li>-합리적이고 객관적인 물가격 산정 기법 개발</li> </ul> </li> <li>○ 기후변화에 따른 수자원의 가치 변동성 평가 및 적응전략 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-기후인자와 수자원 용수이용량의 시공간 연계해석</li> <li>-기후변화와 인구증가에 따른 수자원의 사회경제적 가치 변화 분석</li> <li>-수자원 가치평가결과에 근거한 수자원 배분 및 관리 기법 개발</li> </ul> </li> <li>○ Water-Food-Energy nexus 평가기법 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>-지표수문해석모형과 연계한 식량 및 에너지 평가 기법 개발</li> <li>-기후변화에 따른 수자원, 식량, 에너지 변동성 평가</li> <li>-수자원, 식량, 에너지 변동에 따른 사회경제적 영향 평가</li> </ul> </li> </ul> |
| 5. 연구기간 및 예산 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 연구개발기간 : 2013년 ~ 2017년</li> <li>○ 총 정부출연금 : 10.5 억원</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

## 2절 연구과제 성과목표 및 지표

### 1. 연구과제 성과목표

- 본 연구단의 최종 목적은 기후변화 수자원 적응을 위한 홍수기준 재설정 및 수공구조물 관리기술, 안정적 용수수급 기술, 유역관리 기술, 수자원산업 기반 기술 개발임
- 4개의 세부과제별 목표 및 목표성과물은 [표 6-1]과 같으며, 목표성과물은 크게 2가지로 구분됨. 하나는 정책수립 및 실용화를 위한 기반기술 개발이며, 나머지는 국가정책에 반영될 기준 및 지침 수립을 목표로 함

[표 6-1] 세부과제 별 목표 성과물

| 세부 과제                            | 세부과제 목표                               | 목표성과물                                                                                                       |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1세부<br>기후변화 대응<br>홍수 기준<br>설정기술  | ○ 기후변화에 안전한 홍수기준 재 설정 및 수공구조물 관리기술 개발 | ○ 극한 홍수 및 PMP, PMF 시나리오 생산<br>○ 목표 홍수량 및 하천 시설 설계기준<br>○ 댐건설 장기종합계획 반영 지침<br>○ 유역홍수저감시설 실행프레임워크 개발          |
| 2세부<br>기후변화 적응<br>안정적<br>용수수급 기술 | ○ 기후변화 적응을 위한 안정적 용수수급 기술 개발          | ○ 유역별 고해상도 기후 및 수문시나리오 생산<br>○ 기후변화 고려 용수공급체계 매뉴얼 개발<br>○ 용수공급 분야의 예비율 개념 도입<br>○ 극한 가뭄 시 Emergency Plan 수립 |
| 3세부<br>기후변화 유역관<br>리 적응기술        | ○ 기후변화 대응을 위한 유역관리 적응 기술 개발           | ○ 유역건전성 기반의 유역관리 지침 수립<br>○ 기후변화 취약성 및 의사결정시스템 개발<br>○ 유역관리 실행기술 개발<br>○ 토사유출에 따른 유역 복원 및 대응기술              |
| 4세부<br>기후변화 수자원<br>산업 적응기술       | ○ 기후변화 적응을 위한 수자원산업 기반 기술 개발          | ○ 전세계 기상, 수문 D/B 구축<br>○ 국가 수자원 안보전략 보고서<br>○ 수자원산업 전략 보고서<br>○ 수자원 가치평가 보고서                                |

### 2. 성과지표

- 본 사업의 성과지표는 한국건설교통기술평가원(2009)이 제시한 건설교통 R&D 성과지표 설정 안내의 주요 성과항목을 기반으로 작성
- 성과지표는 본 사업의 성과목표 및 지표 산정을 위해 활용성이 높은 지표를 선정하였음(표 6-2)

[표 6-2] 기후변화 수자원 적응전략 수립 성과지표 설명

| 구분            | 성 과 목 표               | 성 과 지 표 설 명                                                                                                                        | 성 과 지 표 (안)              |
|---------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 기획<br>및<br>집행 | 공통지표<br>(10%)         | ○ 사업 진행과 관리, 성과 활용에<br>관한 지표로서 일관성 있는 사업<br>진행을 유도하고자 설정한 지표                                                                       | ○ 사업 목적 및 내용의 타당성        |
|               |                       |                                                                                                                                    | ○ 사업관리 체계의 적절성           |
|               |                       |                                                                                                                                    | ○ 전년도 평가 결과 활용           |
| 결과            | 과학기술<br>연구성과<br>(25%) | ○ 연구성과 가운데 학술적 성과에<br>해당하는 부분으로 각종 논문발<br>표 및 학술발표, 기술격차 등에<br>대한 성과를 측정하는 지표<br>○ 선진국과의 기술격차 측정은 전<br>문가 설문 등을 통해 측정              | 1-1 학술지 게재 논문건수(국내)      |
|               |                       |                                                                                                                                    | 1-2 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)  |
|               |                       |                                                                                                                                    | 1-3 SCI급 학술지 게재 논문건수     |
|               |                       |                                                                                                                                    | 1-5 학술지 Impact Factor    |
|               | 사업화<br>성과<br>(25%)    | ○ 연구 결과의 사업화와 실용화를<br>측정하기 위한 성과지표로서, 연<br>구 수행과정에서 도출된 각종 기<br>술 특허, 소프트웨어 등의 출원<br>및 등록건수, 상용화 기술의 기술<br>이전 건수 및 사업화 성과 등을<br>측정 | 4-1 기술수준 향상효과            |
|               |                       |                                                                                                                                    | 2-1 특허출원 건수(국내/국외)       |
|               |                       |                                                                                                                                    | 2-2 특허등록 건수(국내/국외)       |
|               |                       |                                                                                                                                    | 2-8 소프트웨어(S/W) 등록건수      |
|               | 정책반영<br>성과<br>(20%)   | ○ 성공적인 실용화, 상용화를 위해<br>서는 국가정책 및 표준화가 뒷받<br>침되어야 하므로 이를 성과지표<br>로 설정                                                               | 23-1 기술이전 건수             |
|               |                       |                                                                                                                                    | 17-1 정책제안 건수             |
|               |                       |                                                                                                                                    | 17-2 정책 반영 건수            |
|               | 인력양성<br>성과<br>(10%)   | ○ 본 사업과 관련 분야 전문인력양<br>성을 주요성으로 평가할 수 있음.<br>대학, 사업체 등의 관련 분야 전<br>문인력 양성을 실적으로 평가                                                 | 19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급     |
|               |                       |                                                                                                                                    | 29-1 분야별 인력 양성 배출실적      |
|               |                       |                                                                                                                                    | 29-7 국내 연구자 해외 파견        |
|               | 국제협력<br>성과<br>(10%)   | ○ 관련 기술분야 외국전문가와<br>공동 연구 유도 및 관련 분야 해<br>외 진출확대를 위해 설정한 지표                                                                        | 21-2 국제 인력 교류 건수(파견, 유치) |
|               |                       |                                                                                                                                    | 21-4 국제회의 개최건수           |
|               |                       |                                                                                                                                    | 21-6 국제 협력 활성화           |
|               |                       |                                                                                                                                    | 21-7 해외 기관과의 국제협약 체결건수   |

○ 각 세세부과제 연구기관은 사업유형별로 측정가능한 성과목표를 자율적으로 설정하  
고 표준성과지표를 참조하여 성과지표를 설정하도록 함

- 공통적인 성과부분을 평가하고, 각 사업 분야별 특성화된 성과부분을 추가지  
표로 설정하여 성과를 효율적으로 측정
- 사업 분야별로 지표에 가중치(점수) 부여를 다르게 설정하여 성과측정을 더욱  
효과적으로 도출하도록 함
- 제시된 성과지표는 확정된 것이 아니며, 연구단 운영 시 지속적인 검토 및 시  
범 적용을 통해 더 효율적이고 적합한 성과지표로 수정·보완

○ [표 6-3]과 같이 본사업의 성과를 측정하기 위한 성과지표 (안)을 제시

- “기후변화 수자원 적응전략 수립”이라는 연구의 목적에 따라 가중치를 과학기술 연구성과, 사업화 성과, 정책반영 성과에 총 70%로 높게 책정
- 각 성과지표의 달성목표치는 세세부과제의 특성에 따라 적정 목표치를 산정하고, 이를 토대로 총괄과제의 달성목표치를 결정

[표 6-3] 기후변화 수자원 적응전략 수립 성과지표 (안)

| 구분            | 성과목표                  | 성과지표 (안)                 | 달성목표치    | 가중치(0-1) |
|---------------|-----------------------|--------------------------|----------|----------|
| 기획<br>및<br>집행 | 공통지표<br>(10%)         | ○ 사업 목적 및 내용의 타당성        | -        | 0.07     |
|               |                       | ○ 사업관리 체계의 적절성           | -        | 0.02     |
|               |                       | ○ 전년도 평가 결과 활용           | -        | 0.01     |
| 결과            | 과학기술<br>연구성과<br>(25%) | 1-1 학술지 게재 논문건수(국내)      | 200건     | 0.05     |
|               |                       | 1-2 학술회의 발표 논문건수(국내/국외)  | 256/176건 | 0.05     |
|               |                       | 1-3 SCI급 학술지 게재 논문건수     | 140건     | 0.05     |
|               |                       | 1-5 학술지 Impact Factor    | 280.0    | 0.05     |
|               |                       | 4-1 기술수준 향상효과            | 3년       | 0.05     |
|               | 사업화<br>성과<br>(25%)    | 2-1 특허출원 건수(국내/국외)       | 25건/16건  | 0.10     |
|               |                       | 2-2 특허등록 건수(국내/국외)       | 16건/10건  | 0.05     |
|               |                       | 2-8 소프트웨어(S/W) 등록건수      | 32건      | 0.05     |
|               |                       | 23-1 기술이전 건수             | 16건      | 0.05     |
|               | 정책반영<br>성과<br>(20%)   | 17-1 정책제안 건수             | 17건      | 0.05     |
|               |                       | 17-2 정책 반영 건수            | 11건      | 0.10     |
|               |                       | 19-1 지침/매뉴얼의 개발 및 보급     | 17건      | 0.05     |
|               | 인력양성<br>성과<br>(10%)   | 29-1 분야별 인력 양성 배출실적      | 205명     | 0.05     |
|               |                       | 29-7 국내 연구자 해외 파견        | 32명      | 0.05     |
|               | 국제협력<br>성과<br>(10%)   | 21-2 국제 인력 교류 건수(파견, 유치) | 48명      | 0.02     |
|               |                       | 21-4 국제회의 개최건수           | 10회      | 0.03     |
|               |                       | 21-6 국제 협력 활성화           | 13회      | 0.02     |
|               |                       | 21-7 해외 기관과의 국제협약 체결건수   | 10건      | 0.03     |

### 3절 평가기준 설정

#### 1. 평가기준

- 연구책임자는 기후변화와 수자원 분야의 전반적인 이해를 바탕으로 해당 연구내용을 총괄 운영할 수 있는 전문지식, 행정능력, 대외협상 능력을 겸비한 자로 선정함

- 제안공모의 연구기관의 자격은 해당 연구내용을 운영할 수 있는 전문성, 기술력, 행정능력을 겸비한 기관으로서 건설교통기술연구개발사업운영규정 제4조에 해당하는 기관으로 함
- 운영기간은 연구단 과제의 총 연구개발 기간으로 하며, 해당 연구기간 동안 무리 없이 연구를 진행할 수 있는 기관으로 선정함

## 2. 평가방법

- 평가는 서류평가(100점) 및 발표평가(100점)로 진행됨
- 서류평가에서는 우선 연구개발 목표 및 내용, 추진전략 및 계획 등을 평가하여 사업추진계획의 적절성(70점)을 평가하며, 연구책임자의 전문성, 연구기관의 지원 시스템 등 연구책임자 및 연구기관의 역량평가(30점)로 구성함
- 발표평가는 운영계획 평가(40점), 연구책임자 평가(60점)로 진행됨

## 3. 평가항목

### □ 서류평가

[표 6-4] 서류평가 세부항목

| 기준항목                           | 세부항목                        | 점수 |
|--------------------------------|-----------------------------|----|
| 연구개발 목표<br>(10점)               | 최종목표 및 연차별 달성목표의 적절성·타당성    | 5  |
|                                | 성과지표 설정의 명확성 및 적절성          | 5  |
| 연구개발 내용<br>(30점)               | 사업단 과제연구내용과의 적합성            | 10 |
|                                | 과제목표달성을 위한 과제 구성 및 상호 연계성   | 10 |
|                                | 연구개발내용의 완성도 및 실현가능성         | 10 |
| 추진전략 및 계획<br>(20점)             | 연구추진 전략의 구체성 및 타당성          | 5  |
|                                | 연구수행체계 적절성 및 연구진 전문성        | 5  |
|                                | 연구인프라 및 연구지원시스템의 적절성        | 5  |
|                                | 연구기간 및 연구개발비 편성의 적절성        | 5  |
| 정책적 의미 및<br>활용 가능성<br>(10점)    | 개발기술의 실용성 및 효과성             | 4  |
|                                | 활용방안의 적절성 및 구체성             | 3  |
|                                | 개발기술의 정책적 기대성과(투자 및 파급효과 등) | 3  |
| 연구책임자 및<br>연구기관 역량 평가<br>(30점) | 연구전문성 및 해당분야 실적             | 10 |
|                                | 연구 과제 관리 및 운영능력             | 10 |
|                                | 연구기관 지원시스템 및 보유 역량의 적절성     | 10 |

## □ 발표평가

[표 6-5] 발표평가 세부항목

| 기준 항목             | 세부 항목                   | 점수 |
|-------------------|-------------------------|----|
| 운영계획 평가<br>(40점)  | 운영계획의 RFP에 대한 부합성       | 5  |
|                   | 운영계획의 실현 타당성            | 10 |
|                   | 운영계획상의 독창성              | 20 |
|                   | 구성체계 및 추진계획의 구체성        | 5  |
| 연구책임자 평가<br>(60점) | 과제 이해도                  | 15 |
|                   | 과제 추진을 위한 기획            | 20 |
|                   | 연구 과제 관리 및 운영능력         | 15 |
|                   | 연구기관 지원시스템 및 보유 역량의 적절성 | 10 |

## 제7장 참고문헌

- 과학기술부(2007a) 『기후변화에 의한 수자원 영향평가 체계 구축』, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업, 21세기 프론티어 연구사업
- 과학기술부(2007b) 『HydroKorea 개발 II』, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업, 21세기 프론티어 연구사업
- 교육과학기술부(2011) 『기후변화에 의한 국가 수자원 영향 분석 및 평가체계 적용』 수자원의 지속적 확보기술개발 사업, 21세기 프론티어 연구사업
- 국토해양부(2009) 『2009년도 유량조사 보고서』
- 국토해양부·중앙하천관리위원회(2010) 『기후변화 대응 미래 수자원 전략』
- 국토해양부(2011) 『수자원장기종합계획(2011~2020)』
- 안재현, 이재근, 이승호, 홍일표(2010) 우리나라 가상수량 산정방법의 적용성 평가, 한국수자원학회 논문집, 43, 6, pp, 583-595
- 한국과학기술단체총연합회(1996) 남북한 수자원 비교평가 연구
- 한국건설교통기술평가원(2012) 『건설교통기술연구개발사업 중장기계획수립 연구 Part1: 물관리연구』, 대한토목학회
- 한국건설기술연구원(2006a) 『분포형 수문모형을 이용한 산지사면의 토양수분 해석』
- 한국건설기술연구원(2006b) 『건강한 물순환체계 구축을 위한 유역진단기법 개발연구』
- 한국수자원공사(1994) 『북한 수자원 현황 및 개발 동향』
- 환경부(2010) 『국가 기후변화 적응대책(2011-2015)』
- 한국건설교통기술평가원 (2009) 『건설교통R&D 성과지표 설정 안내』
- 한국환경정책평가연구원 (2010) 『지자체 기후변화 적응대책 세부시행 계획 수립 매뉴얼』, 한국환경정책평가연구원
- Bae, D.H., Jung, I.W., Lettenmaier, D.P. (2011) Hydrologic Uncertainties in Climate Change from IPCC AR4 GCM Simulation of the Chungju Basin, Korea, Journal of Hydrology, 401.
- Brouwer, R., Hofkes, M. (2008) Integrated hydro-economic modelling: Approaches, key issues and future research directions, Ecological Economics, 66, 16-22
- Brown, J.L., Cao, Z.A., Pinzon-Ortiz, M., Kendrew, J., Reimer, C., Wen, S., Zhou, J.Q., Tabrizi, M., Emery, S., and McDermott, B. (2010) A human monoclonal

- anti-ANG2 antibody leads to broad antitumor activity in combination with VEGF inhibitors and chemotherapy agents in preclinical models, *Mol. Cancer Ther.*, vol. 9, pp. 145–156.
- Chiew, F.H.S, Whetton, P.H., McMahon, T.A., Pittock, A.B. (2011) On climate variability and climate change and impact on water resources, 19th International Congress on Modelling and simulation, Perth, Australia.
  - Cunderlik, J.K., and Simonovic, S.P. (2004) Selection of calibration and verification data for the HEC-HMS hydrologic model, CFCAS Project: Assessment of Water Resources Risk and Vulnerability to Changing Climatic Conditions. Project Report II, pp. 30.
  - Defra (2010) Climate Change-Taking Action, Department for Environment, Food and Rural Affairs, UK.
  - Dessai, S. (2004). An analysis of OPEC as a G77 member at the UNFCCC. Report for WWF.
  - ECA (2009) Shaping climate-resilient development
  - Falkenmark M, and Rockström, J. (2006) The new blue and green paradigm: breaking new ground for water resources planning and management. *Journal of water resources planning and management* vol. 132, pp. 129–132.
  - Fowler, H.J., Blenkinsop, S. and Tebaldi, C.,(2007) Linking climate change modeling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modeling. *Int. J. Climatol.*, 27, 1547–1578
  - Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. (2002) Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report Series No.11*, IHE Delft, the Netherlands.
  - Hoekstra, A.Y. and A.K. Chapagain (2007) Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern, *Water Resources Management*,
  - Holman, E., Wichmann, Cecil S., Brown, H., Velupillai, V., Müller, A., and D. Bakker (2008) Explorations in automated language classification. *Folia Linguistica* No. 42, vol. 2, pp. 331–354.
  - IPCC (2007a), TOWARDS NEW SCENARIOS FOR ANALYSIS OF EMISSIONS, CLIMATE CHANGE, IMPACTS, AND RESPONSE STRATEGIES
  - IPCC (2007b) IPCC 4th Assessment Report

- Jung, I.W., Bae, D.H., Lee, B.J. (2012) Possible changes in Korean streamflow seasonality based on multi-model climate projections, Hydrological process
- Maria Kaika (2003) The Water Framework Directive: A New directive for a Changing Social, Political and Economic European Framework, WFD
- Planning Policy Statement 25 (2006) Planning Policy Statement 25: Development and Flood Risk
- Pradanovic, P., and Simonovic, S.P. (2006) Assessment of water resources risk and Vulnerability to changing climatic conditions: Inverse flood risk modelling of the Upper Thames River basins. Report No. VII, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Western Ontario, London, Ontario, Canada.
- Rost, S., Gerten, D. and Heyder, U. (2008) Human alterations of the terrestrial water cycle through land management, Adv. Geosci., vol. 18, pp. 43–50.
- Schuol, J.K., Abbaspour, C., Srinivasan, R. and Yang, H. (2008) Estimation of freshwater availability in the West African sub-continent using the SWAT hydrologic model, J. Hydrol., vol. 352, pp. 30–49.
- Taylor K.E., Stouffer R.J., Meehl, G.A (2012) An overview of CMIP5 and the experiment design, American Meteorological society, pp. 485–498
- UNDP (2005) Adaptation policy frameworks for climate change : Developing strategies, policies, and measures, Cambridge University Press, USA
- UNFCCC (1992) United Nations Framework convention on climate change
- UNFCCC (2006) Technologies for adapTaTion To climaTe change
- Ward (2009) Economics in integrated water management, Environmental Modeling & Software
- <http://cal-adapt.org/>
- <http://drought.unl.edu/>
- [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/expert\\_assessment/seasonal\\_drought.html](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/expert_assessment/seasonal_drought.html)
- <http://www.nrcan.gc.ca/>
- <http://www.climatechange.gov.au/>
- <http://www.earthobservations.org/>



주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 건설교통연구기획사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.