

전지구기후서비스체제  
사용자 인터페이스 플랫폼 모범사례  
- 수자원 분야 -

© 세계기상기구, 2014

WMO는 인쇄, 전자, 기타 형식 및 언어와 상관없이 문서에 대한 출판권을 지닌다. WMO 발행문서의 내용을 짧게 인용하는 데에는 공식적 인가가 필요하지 않을 수 있다. 단, 출처 전부를 명확히 제시해야 한다. 본 문서 일부 혹은 전체의 출판, 재 발행 및 번역 관련 문의와 요청이 있을 경우, 다음을 참고하여 연락한다:

Chair, Publications Board  
World Meteorological Organization (WMO)  
7 bis, avenue de la Paix  
P.O. Box 2300  
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Tel.: +41 (0) 22 730 84 03  
Fax: +41 (0) 22 730 80 40  
E-mail: [Publications@wmo.int](mailto:Publications@wmo.int)

주의

WMO의 발행문서 및 본 문서의 자료에서 사용한 지명이나 명칭 등은, 어떠한 국가, 영토, 도시 혹은 영역 및 권한에 대한 법적 상황과 이들 간 국경 및 지역 경계의 한계선과 관련한 WMO 의견을 반영하지 않았음을 밝히는 바이다.

특정 회사 및 제품을 언급한 것이 WMO가 이를 승인하거나 권장한다는 것을 의미하는 바는 아니며, 본 문서에서 언급되거나 노출되지 않은 유사한 성격의 회사 및 제품과 비교하여 특정 선호도를 나타내는 것도 아니다.

WMO 발행문서 내 결과, 해석 및 결론 중 특정 저자의 이름과 함께 제시된 경우, 해당 문구는 온전히 그 저자에서 기인한 것이며, WMO 혹은 그 회원국의 의견이 반드시 반영되었다고는 볼 수 없다.

본 문서는 공식적인 편집과정 없이 발행되었다.

**전지구기후서비스체제**  
**사용자 인터페이스 플랫폼 모범사례**  
**- 수자원 분야 -**

# 목 차

감사의 말.....	iv
요약문 .....	v
<b>1 소개 .....</b>	<b>1</b>
1.1 목표, 범위 및 기능.....	1
1.2 UIP 관련요건.....	2
1.3 GFCS 주요 핵심요소들과의 상호 연계 .....	4
1.4 수자원 분야 관련 기존 활동 및 문제 파악 .....	5
<b>2 모범사례의 이행 .....</b>	<b>8</b>
2.1 성공적 이행을 위한 필요 조건 및 충분 조건.....	8
2.2 전 세계, 지역 및 국가적 차원에서 잠재적 파트너와의 협업 메커니즘 .....	9
2.2.1 모범사례와 직접적 관련성을 지닌 기존의 기관 간 프로그램 .....	9
2.2.2 수자원 관련 국제기관, 계획 및 조정 메커니즘 .....	12
2.2.3 국가 기상청 및 국가 수문청 .....	13
2.2.4 비정부 기구 (NGOs) .....	15
2.2.5 대학교 및 연구소 .....	15
2.2.6 민간 분야 .....	16
2.3 국제, 지역 및 국가 차원의 프로젝트/활동을 찾기 위한 기준 .....	16
2.4 국제, 지역 및 국가 차원의 이행 활동(이행에 필요한 자금 등의 요건 및 커뮤니케이션 전략 포함) .....	18
2.5 초반 이행 활동/프로젝트 .....	19
2.6 이행 접근법(운영 및 조직적 측면 포함).....	21
2.6.1 일반적 고려사항 .....	21
2.6.2 수자원 관리에 대한 시간 척도의 적합성.....	23
2.6.3 시범사업 접근법 .....	23
2.6.4 지역 및 국가적 차원의 이행에 집중 .....	24
2.7 활동 이행 사항에 대한 모니터링 및 평가(모니터링 성과 포함) .....	24
2.8 활동의 이행 과정 중 나타날 수 있는 위험 관리 .....	25
<b>3 이행가능성을 높이기 위한 메커니즘 .....</b>	<b>26</b>
3.1 기존 활동과의 시너지.....	26
3.2 국가, 지역 및 국제적 파트너십 구축.....	26
3.3 관련 메커니즘 .....	30
3.4 커뮤니케이션 전략 .....	30

<b>4</b>	<b>자원 동원</b> .....	<b>32</b>
4.1	국가 차원.....	32
4.2	지역 차원.....	32
4.3	국제 차원.....	33
<b>5</b>	<b>활동/프로젝트의 비용 집계</b> .....	<b>34</b>
	<b>참고문헌</b> .....	<b>36</b>

## 감사의 말

GFCS 사무국은 본 보고서에 기여한 많은 개인 및 기관에 감사의 말을 전한다. 특히 본 수자원 모범사례의 발간에 기여한 여러 기관의 전문가 및 관계자에 감사를 전한다. 프랑스 수자원 파트너십의 Frédérique Martini 및 Philippe Guettier, 전지구수자원파트너십(GWP)의 Ania Grobicki 및 Alex Simalabwi, UNESCO 국제수문프로그램(IHP)의 Blanca Elena Jiménez-Cisneros, Siegfried Demuth 및 Anil Mishra, 세계기상기구(WMO) 수문위원회회의의 James Dent 및 Jan Daňhelka, 세계기상기구(WMO)의 Bruce Stewart 에 특히 감사를 표하는 바이다. 이 외 많은 분들이 도움을 주었다.



## 요약문

수자원 기관 및 전문가들은 유량 체제(flow regime)에 인간 활동 및 기후 변동과 변화가 미치는 영향을 다루고 있다. 수자원은 경제 및 사회 개발을 위한 핵심 추진요인(driver)임과 동시에 자연환경의 온전성(integrity)을 유지하는 가장 기초적인 기능을 지니고 있다. 그러나 수자원은 여러 핵심 자연자원 중 하나이며 수자원 문제를 하나의 고립된 분야로서만 고려해서는 안 된다. 정부 부처뿐만 아니라 민간 분야의 관리자들도 수자원을 어떻게 할당할지에 대해 고심하여 결정을 내려야 한다. 수자원에 대한 수요는 이 없을 정도로 계속 높아지고 있으나 수자원은 점차 고갈되고 있기 때문에 수자원 수요와 공급 간 균형을 맞추는 것은 점점 더 어려워지고 있다. 인구 통계 및 기후변화 등과 같은 인자는 수자원부담을 더욱 가중시키고 있다.

결과적으로 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management, IWRM)접근법을 채택하여 전체론적 관점에서 수자원을 관리하고 있다. IWRM은 평등하고 지속 가능한 개발을 추구하고 전 세계의 제한된 수자원에 대한 수요 갈등을 다루기 위해 국제사회가 동의한 하나의 방법이다.

IWRM을 이행할 때 수자원 관리 기관 및 전문가들은 기후 변동 및 기후 변화를 고려해야 한다. 또한 수문 체제 및 수로에 미치는 기후 및 인간의 영향에 특정 수체제(water regime)가 어떻게 반응하는지 파악하고 이를 관리해야 한다. 이처럼 수체제에 영향을 주는 예로는 토지이용 변화, 수자원 사용 패턴에서의 변화, 댐이나 독의 건설 및 관리와 담수-해양 교접지역에서의 변화 등이 포함된다. 수자원 관리자들은 수자원 관련 위험을 평가 및 관리하기 위해 여러 표준 방법을 개발하였다. 이러한 방법들은 (모델 등을 통한) 광범위한 공간 및 시간 규모에서 환경을 모니터하고 복제하는 능력에 따라 크게 달라진다. 수자원 관측 네트워크를 구축하고 관측 결과 공유는 충분한 정보로 수자원 관리에 대한 의사결정을 뒷받침하고 그 불확실성은 최소화 하도록 한다.

수자원 관리(지표수와 지하수 모두)는 기후 변동성 및 변화와 필연적인 연결 관계를 지니기 때문에 수자원 관리자는 기후변화 적응 전략을 개발하고 이행하며 실질적 대책을 마련하는 데 있어서 핵심적인 역할을 한다. 엔지니어링 구조 설계 등 기존의 수자원 관리 방법들은 대개 미래를 예측하는 고정된 과거 시계열 개념을 기반으로 한다. 그러나 해당 개념은 기후변화의 조건 하에서는 유효하지 않으므로 불확실도가 상당히 높아지는 것이다. 여러 변화하는 상황을 고려하는 것은 수자원 관련 위험 관리에서 매우 중요하며 특히 수문기상학적 극한현상(홍수 및 가뭄 등)을 관리 및 적응에서 핵심적인 사항이다.

기후서비스의 활용을 통해 수자원 관리를 개선하기 위해서는 기후서비스 관련 업무 및 정보 산물(예: 기후예측 정보, 계절별 기후전망, 여러 수준으로 다운스케일링한 정보, 기본 가정 및 불확실성을 설명할 수 있는 여러 다운스케일링 방법론)을 파악하는 것이 중요하다. 따라서 기후서비스 개발자와 수자원 관리자 간 전문적 상호 교류가 이루어져야 하며 지표수를 포함하여 전 범위의 수자원에 걸쳐 과학 및 운영 분야의 관계자들이 규제 및 비규제 시스템, 지하수 및 담수-해양 교차점 등에 대하여 서로의 전문 지식 및 정보를 공유할 수 있어야 한다.

기후서비스를 유용하게 사용하여 수자원 관리를 개선하기 위해서는 본 수자원 모범사례를 지원하는 지역사회가 다음을 따르도록 촉구하는 바이다:

- IWRM를 기반으로 한 개발 중심 접근법 및 사용자 니즈 충족
- 각 필요사항에 따라 수정 가능하고 유연성이 높은 기존의 프로그램 및 메커니즘을 통한 이행
- 하향식(전지구순환모델(Global Circulation Model, GCM) 다운스케일링을 기반으로 한 기후 예측 등) 및 상향식(커뮤니티 기반 지역 개입 등) 접근법을 혼합하여 적용함으로써 기후 관련 수자원 문제에 대한 복원력 제고
- IWRM을 지원하는 데 필요한 기후서비스에 초점을 맞춤(예: 극한현상의 관리(홍수와 가뭄)뿐만 아니

라 연안 지역을 포함하여 기후에 영향을 받는 일일 수자원 운영관리 관련 필요 사항)

- 모든 수준(국지, 지역, 국가, 전 세계)에서 파트너십 강화. 수자원 UIP(수자원 사용자 인터페이스 플랫폼)가 충분히 제 기능을 하기 위해서는 모든 수준에서 기후서비스 개발을 위한 조정 구조가 마련되어 있어야 하고 관련 IWRM 계획 개발에 이들 메커니즘을 포함시키는 것이 무엇보다 중요하다.
- GFCS 를 이루는 5 가지 주요 핵심요소<sup>1</sup>들 간 밀접한 상호연결 관계를 마련. 사용자 중심의 서비스를 제공하기 위해서는 견고한 관측 및 모니터링 시스템, 강력한 과학적 지식 및 유연한 서비스 전달 메커니즘뿐만 아니라 목적이 뚜렷하고 전달하기 용이한 역량 개발 지원이 필요하다.

---

<sup>1</sup>사용자 인터페이스 플랫폼(UIP), 기후서비스정보시스템(CSIS), 관측 및 모니터링(OBS), 연구, 모델링 및 예측(RMP), 역량개발(CD)



# 1 소개

## 1.1 목표, 범위 및 기능

기후변화가 다양한 양상을 나타내며 발생하고 변화 가능성 또한 높아지는 현 상황에서 국가, 지역 및 전 지구적으로 수자원 안보(water security)는 핵심 문제 중 하나로서 지속적으로 대두되고 있다. 수자원 안보 문제를 해결하는 데 있어서 가장 중요한 것은 기후변동성 및 관련 위험에 대한 노출과 취약성으로 인해 발생하는 위험의 변동 경향 및 동향을 평가하고 이에 따라 국가 및 지역사회가 최선의 기후변화 적응 노력을 다할 수 있도록 기후데이터를 지속적으로 제공하는 것이다. 수자원 사용자 인터페이스 플랫폼(Water User Interface Platform, 수자원 UIP)의 목적은 모든 수준에서 수자원 분야의 니즈를 확인하고 이를 충족하는 데 필요한 하나의 구조 및 절차로서 역할을 다하는 것이다. 수자원 UIP 를 바탕으로 수자원 분야에서 기후정보를 온전히 사용하고 이해함으로써 성과를 높이고 관리를 개선할 수 있을 것이다.

수자원 UIP 는 태스크포스, 웹-포털, 위원회, 절차와 같은 다양한 메커니즘, 커뮤니케이션 메커니즘, 협력 프로젝트 등을 통하여 전 지구, 지역, 국가 및 커뮤니티 차원의 상호연계를 강화시킬 수 있다. 또한 대화 및 공동 행동을 장려함으로써 기후서비스의 유용성을 최대화할 수 있고 수자원 분야에 대한 기후서비스 응용을 새롭게 추진하거나 개선하는 데 도움이 될 수 있을 것이다. 본 수자원 UIP 계획에서는 기후정보를 뒷받침된 의사결정을 지원 및 장려할 수 있도록 파트너십과 리더십, 지침 필요사항 및 기회 등을 위한 일반적 구조를 개략적으로 제시한다.

국제적으로 통합 수자원 관리(IWRM) 접근법은 현재 전 세계적으로 제한된 수자원을 효율적이고 공정하며 지속가능한 방식에서 개발 및 관리하고 수자원의 수요 갈등을 다루기 위한 하나의 전향적 방식으로서 인식되고 있다. 그림 1 은 IWRM 계획 및 이행을 위한 주요 단계를 제시한다. 이들 각 단계에서 기후서비스를 적절하게 사용함으로써 각기 이익을 꾀할 수 있다.

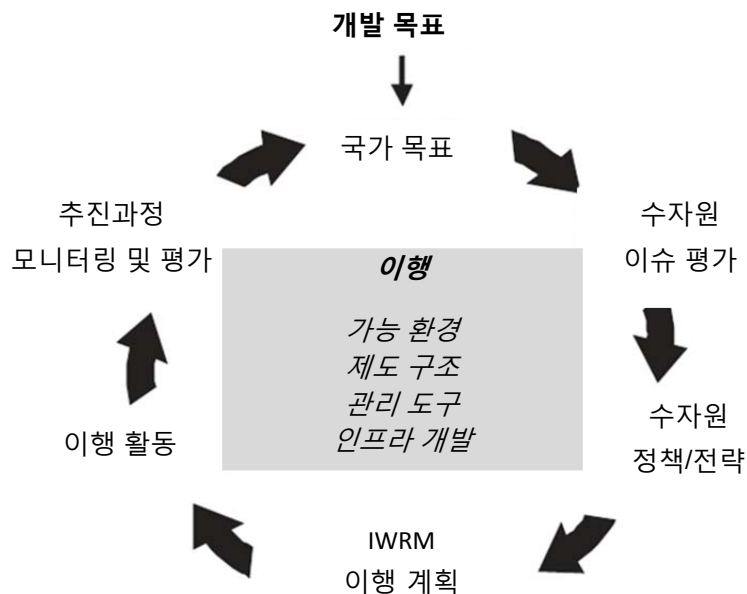


그림 1. IWRM 계획 및 이행 단계

수자원 관련 전체 목표를 달성하는 전 과정에 걸쳐 UIP 는 그림 1 의 각 주요 단계를 지원할 수 있다. UIP 는 다음과 같은 사항을 포괄적으로 다루어야 한다.

1. 기후서비스의 유용성 및 성과와 관련하여 IWRM 수자원 커뮤니티의 **피드백**을 구할 수 있도록 돕는 최적의 방법 식별
2. 기후서비스 및 수자원 분야 정보의 사용자와 GFCS의 관측 연구 및 정보 시스템 책임자 간 **대화 채널** 구축
3. 사용자와 제공자 간 합의할 수 있는 GFCS에 대한 **모니터링 및 평가** 방법 개발
4. 다양한 공공 교육 사업 및 온라인 교육 프로그램을 통하여 사용자 커뮤니티의 **기후 관련 지식** 개선. 많은 경우 기후서비스를 더욱 적절히 사용할 기회가 존재하지만 기후서비스를 사용할 수 있다는 사실 자체를 인식 못하거나 사용 역량이 부족하여 기회를 활용하지 못하고 있는 실정이다.
5. 기후서비스 제공자의 **수자원 관련 지식** 개선. 위에서 언급한 대화 측면과 강한 관련성을 지니며 기후서비스 제공자는 여러 응용 분야 내 수자원 관리자의 의사결정 맥락을 더욱 잘 이해할 필요성이 요구된다.

## 1.2 UIP 관련요건

‘기상과 기후’ 그리고 ‘육상 물순환’ 간 연결관계(담수-해양 교접지역 포함)는 근원적으로 중요한 부분이기 때문에 두 학계 간 높은 수준의 시너지를 유도할 수 있다. 그러나 ‘수자원 계획 시 기후정보에 대한 수자원 관리 분야의 요구’라는 전문가 회의 보고서(참고문서 2)의 도입 성명에서는 다음을 명시하고 있다 “현재 많은 수자원 관리자들은 기후정보를 사용하고 있지 않다.” WMO 기술보고서(참고문서 3)에서는 기후, 기상학, 그리고 수자원 관리 간 이상적 시너지를 생산하는 데 걸림돌이 되는 근본적 문제 및 취약점을 파악하고 있다. 또한 실무와 이론을 수월하게 매칭(matching)시키지 못하는 데에는 여러 이유가 있으며 이는 모든 유형의 기후 정보 공급자와 실질적인 수자원 관리 활동자 간 시너지, 심지어 이해를 저해하는 근본적 원인이 된다. 기후·기상 정보와 수자원 관리 간 시너지를 유도하지 못하는 이유는 두 분야 간 운영 범위가 달라 비롯되는 경우가 대다수이다. 예를 들어 수자원 관리 운영은 소규모 유역 수준에서 이루어지는 반면 기상학적 정보는 대개 좀 더 넓은 범위 및 다양한 공간적 수준에서 제공되는 것이다. 비슷한 맥락에서 수자원 관리 설계에서는 과거의 데이터에 대한 의존도가 높은 반면 수자원 관리 운영 시에는 모델 구동 및 동화를 위한 데이터 사용에 높은 의존도를 보일 수 있다. 기상 및 기후 조건 내 변화에 민감하게 반응하는 수자원 의존성 분야 및 관련 위험은 상당히 광범위하게 존재하며 이는 박스 1.1에서 요약 제시할 것이다.

GFCS 내 수자원 UIP가 필요한 근본적 이유는 자연 위험(홍수 및 가뭄)에 대한 노출 및 취약성으로 인해 발생하는 변동, 경향 및 위험을 평가하고 IWRM 접근법의 응용을 통해 수자원을 지속가능한 방식으로 관리하는 데 있어 기후 데이터를 계속 공급하는 것이 매우 중요하기 때문이다. 세계기상기구(WMO)와 UNESCO는 수자원 관련 멤버십 및 파트너십을 통해 UN-Water와 밀접한 상호 협업 관계를 유지하고 있으며 이를 기반으로 수자원 관련 가장 높은 수준의 정책들과 상호 관계를 구축하고 있다. UN-Water 파트너십의 24개 회원 기구에는 식량농업기구(FAO), UN 자연재난경감을 위한 국제전략기구(UNISDR) 및 UN 수자원&위생에 관한 사무총장 자문위원회(UNSGAB)가 포함된다. 사무총국의 자문위원회(Global Water Partnership, GWP)은 UN-Water의 파트너이자 전 세계 수자원 관련 기관 네트워크를 위한 중립적 성격의 다분야-이해관계자 플랫폼으로서의 역할을 하고 있다. 이들 기관은 수자원 관리를 위해 기후 데이터를 사용하는 사용자(농업, 수자원 공급, 위생, 및 물 관련 재난 위험 경감 등 분야의 사용자)를 광범위한 수준에서 전반적으로 아울러야 할 것이다. 국제적 차원에서 다양한 이해관계자 그룹을 포함하는 기타 파트너 기관에는 국제수문과학연합(International Association of Hydrological Sciences, IAHS) 및 국제 민간수자원운영연방(International Federation of Private Water Operators, AquaFed)이 포함된다.

담수-해양 교접지역과 관련하여 WMO와 UNECO의 정부간해양학위원회(Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC)는 해양학 및 해양기상학기술위원회(Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology, JCOMM)를 통해 연계되어 있다.

### 박스 1.1 기후 및 기상 정보에 높은 의존성을 보이는 수자원 분야

수문학 특성분석. 저수지/하천유역 계획: 일반 물수지(water balance)

홍수 관리 및 제어. 구조물(댐, 치수사업(river training), 홍수예보 및 경보, 범람원 구획/홍수 빈도 예측, 연안 지역 범람; 침식

가뭄 관리. 구조물 (댐, 보 등), 수자원 수요

관개 및 배수. 공급-수요 일정관리, 배수 관리, 염분

지하수. 함양(Recharge), 지하수 범람

운항. 운하 시스템, 준설

발전. 수력, 냉각수

수자원 공급. 식수, 산업 공정

수질. 폐수 처리, 오염 관리, 희석, 염분 및 침전물

어업 및 보존. 수문-생태, 수문 형태학(hydromorphology)

생활편의시설. 대중 이용, 레크리에이션, 관광업

국제 수자원 기관들로 이루어진 광범위한 네트워크의 경우 UIP가 전 세계 차원에서 초점을 맞출 수 있도록 하는 강력한 기반이 될 수 있다. 그러나 여기서 네트워크가 '광범위'하다는 것은 각각의 관심사 및 기후관련 서비스 사용 목적 또한 그만큼 다양하다는 것을 의미한다. 이처럼 잠재적인 상호교류 기반이 마련되었으므로 시작이 훌륭하다고 볼 수 있지만 이행의 단계까지 기후와 수자원 분야 간 협력 강화의 필요성은 최근 수년 사이 더욱 높아졌는데 이는 기후 및 기상 영향의 중요성이 점차 크게 대두되고 있기 때문이다. 전 세계적으로 인구는 지속적으로 증가하고 있으며 최저 생활물자에서부터 하이테크 산업까지 인간활동의 전 범위에 걸쳐 근본적 요소들에 대한 수요가 높아짐에 따라 수자원-기후 인터페이스에 대한 요구는 증가할 수 밖에 없었다. WCC-3절차에서 수자원 커뮤니티가 촉구한 것처럼 진행되고 있는 관련 기술 회의에서는 이러한 특정 요구 사항을 중요하게 다루고 있으며 GFCS는 수자원-기후 간 인터페이스에 대한 요구를 수자원 분야의 우선과제로 인식해야 한다(참고문헌 4).

지난 10년간 WMO 및 기상분야의 파트너 기관들은 수자원 분야를 포함하여 실무적 '최종사용자' 의견을 선제적으로 구함으로써 기후서비스의 개발을 이끄는 데 기여하였다. 기후서비스의 개발을 이끈 추진요인으로는 정부 및 사회 그리고 상업 사용자의 정보 개선에 대한 요구 등 다양하다. 무엇보다 국제기관 협력이 필수적으로 이루어져 왔던 곳에서 홍수 및 가뭄 등 극한현상에 대응해야 한다는 인식이 높아짐에 따라 기후서비스 개발의 중요성이 두각 되었다. 이처럼 수자원 관리 난제에 대응하기 위한 협력(즉, 기관 간 협력) 구조는 전 세계 차원에서 지난 10년에 걸쳐 구축되었으며 이는 수자원 UIP에 따라 진행되는 활동들의 토대가 되어야 할 것이다. IWRM에서 중요하게 고려해야 할 기타 주요 요소에는 토지이용 변화와 더불어 수자원 사용자의 행동 변화로 인한 수자원 수요(demand) 상의 변화가 포함된다. 이러한 점에서 기후데이터의 사용과 응용에 대한 요구 또한 중요하게 고려되어야 한다. 그러나 현재 사용할 수 있는 기상 및 기후 정보와 서비스는 수자원 분야에서 그 잠재력만큼 온전히 사용되지 못하고 있다는 것이 일반적 의견이다. 수자원 UIP 등 구조화된 절차를 통해 전 세계 차원부터 지역 차원까지 존재하는 수자원 관련 요구를 파악하고 대응할 수 있으며 특정 목적에 맞춘 기후 서비스 및 정보 사용 개선을 통한 수자원 분야 성과 및 관리도 개선할 수 있을 것이다.

수자원 커뮤니티는 IWRM을 계획하는 데 있어 의사결정을 지원할 여러 기후서비스를 요구하고 있으며 이는 다음과 같다.

- 수자원 관련 위험을 초래하는 극한 기상 및 기후 위험의 식별
- 연안지역 내 인구를 포함하여 기상 및 기후 위험에 취약한 인구의 식별
- 수자원의 할당 및 재할당
- 인프라와 인력의 설계 및 배치(즉, 수자원 관리 기관, 구조 및 시설)
- 위험 관리 및 비상대책 사례와 절차의 이행
- 대중을 포함하여 사용자에게 정보 전파(즉, 공공 서비스 예보 및 경보)
- 수자원 및 환경 정책의 개발과 이행
- 수자원 및 홍수 관리 정책과 전략의 개발 및 이행
- 수자원 관리 규제와 법의 개발 및 이행

수자원과 기후 전문가들이 협력적이고 반복적으로 작업하며 수자원 안보 개선 및 복원력 구축을 위한 효율적인 예보 및 경보 정보 제공 도구와 시스템을 개발함으로써 수자원 관리자가 결정 및 대응 대책을 위한 리드타임(lead time: 시작부터 완성까지 걸리는 시간)을 충분히 확보할 수 있도록 도울 수 있을 것이다.

### 1.3 GFCS 주요 핵심요소들과의 상호 연계

GFCS 를 이루는 5 가지 주요 핵심요소는 사용자 인터페이스 플랫폼(UIP), 기후서비스정보시스템(CSIS), 관측 및 모니터링(OBS), 연구, 모델링 및 예측(RMP), 그리고 역량개발(CD)이다. 본 수자원 UIP 이행계획에서 명시한 수자원 관련 우선과제 및 활동들은 GFCS 의 4 가지 기타 주요핵심요소(특히 역량 개발)의 개발에 정보를 주고 역으로 이익을 꾀할 수도 있을 것이다.

*기후서비스정보시스템(Climata Services Information System, CSIS).* CSIS 는 기후 정보 및 산물을 개발하여 전달하기까지 전 과정을 아우르며, 사용자 커뮤니티의 피드백 또한 수집할 수 있도록 한다. CSIS 는 데이터 공유, 정기 보고서, 예보 혹은 경보 등의 정보생산물을 통하여 사용자 커뮤니티와 소통한다. 수자원 이해관계자의 경우 특히 모니터 해야 할 변수와 정보, 이들 항목의 포맷 및 표현과 특정 문제 및 기회 등과 관련된 특정 요구를 CSIS 에 알릴 필요가 있다. 기후 정보 산물 및 개방적 커뮤니케이션을 개선하고 목표를 명시하여 전달할 경우 수자원 커뮤니티가 운영, 연구, 영향 및 위험 평가와 계획을 수행하는 데 사용할 수 있는 정보의 질을 높일 것으로 기대된다. 특히 수자원 커뮤니티는 해당 커뮤니티에서 필요한 과학적 정보인 계절 예보 전망 개선과 필요 정보를 원활히 소통할 수 있도록 지역 기후 센터를 설립하는 데 관심을 보인다.

*관측 및 모니터링(Observations and Monitoring, OBS).* OBS 는 CSIS 의 정보 공급을 위한 기반이 된다. 과거의 기상 및 수자원 관측 정보는 막대한 데이터 유산으로 남아있으며 이는 현재 기후 변동 및 기후 변화 관련 지식의 근간이 된다. 수자원 관리는 여러 목적으로 이루어지기 때문에 다양한 데이터 및 정보 산물이 필요하다(이에 대한 자세한 사항은 참고문헌 3 의 표 3.1 에서 제시한다). 일부 목적의 경우 필요한 데이터가 같을 수 있지만 대개는 각기 다른 형식의 데이터가 필요할 것이다(예: 점 데이터 혹은 분산 데이터, 즉각적인 실시간 데이터 혹은 여러 시기에 걸친 평균 데이터). 현재 기상학 및 수문학 모형의 대다수는 위험 분석에 대한 확률 산출값을 생산하도록 설계되어 있으므로 기후 데이터와 수문학 데이터 간 교차영역을 예측 수자원 모형(predictive water models)에 접목시키는 것은 복잡한 문제이다. 기후관측 시스템과 수자원 모니터링 전용 네트워크는 그 속성 및 분포에 있어서 대개 차이가 있으며 서로 온전히 부합하지 않는 경우가 많다. 기후-수자원 교차영역에 대한 이해를 개선함으로써 기후관측 시스템 및 수자원 모니터링 네트워크를 확장시키고 데이터의 질을 확보할 수 있으며 이에 서로 상응하는 관측 데이터를 구축 및 개발할 수 있을 것이다. 지난 수십년에 걸쳐 기상 및 수문 관측 네트워크의 규모가 줄어들고 그 품질 또한 저하되었는데 이는 특히 기후-수자원 관련 영향으로 인한 위험에 크게 노출된 국가에서 문제가 되고 있다. 수자원의 측면과 관련하여 WMO 계획 중 하나인 세계 물

순환 관측 시스템(Hydrological Cycle Observing System, WHYCOS)은 수문 분야의 무상 데이터 교환을 진흥하고, 관련 국제 협력을 강화함으로써 기본적인 관측 활동을 개선하려는 목적을 지닌다. 본 프로그램은 지역 및/혹은 유역 수준에서 다양한 활동을 통해 이행되고 있다. 기후와 수문 네트워크의 통합을 강화하는 것은 기후와 수문 커뮤니티 간 연결관계를 개선하는 데 있어 필수적이고 핵심적인 과제이다. 수문학 관측자료는 기후 변화의 영향을 나타내는 증거로서도 중요하게 고려되어야 한다. 또한 WMO의 통합된 전지구 관측 시스템(Integrated Global Observing System, WIGOS)에서 지원하는 모니터링 시스템의 효율성 및 효과를 지속적으로 개선함으로써 향후 모니터링 네트워크를 상당 수준 강화시킬 수 있을 것이다. 부속서 I에서는 수자원 관련 다양한 서비스에 필요한 여러 기후 데이터세트(data set)를 목록으로 제시한다.

*연구, 모델링 및 예측(Research, Modelling and Prediction, RMP).* 기후 및 수자원 분야 응용과 모델링을 공동으로 연구함으로써 두 분야 간 강력한 연결고리를 마련하고 수자원 커뮤니티의 수요를 충족시킬 수 있는 새로운 정보생산물물을 지원 및 창출할 것이다. GFCS의 다른 분야(즉, 보건, 재난위험 경감 및 농업)에서 수행하는 RMP를 기반으로 수자원 분야에서도 역시 이익을 꾀할 수 있다. RMP는 수자원 분야와 기타 GFCS 분야에서 이점을 얻을 수 있도록 이용 가능한 지식 기반을 확대할 것이다. 수자원과 기후 행위자가 공동으로 RMP 관련 업무를 추진함으로써 수자원 분야에서 가용한 정보 산물 및 서비스의 품질과 신뢰성을 개선할 수 있을 것이고 결과적으로 기후서비스의 활용성 및 신뢰도 또한 높일 수 있을 것이다. 이러한 맥락에서 UNESCO 국제 수자원 프로그램(International Hydrological Programme, IHP)이 지닌 수문학적 연구, 교육 및 훈련에 대한 역할을 인식해야 한다. 수자원 인터페이스에 대한 연구 참여 시에는 실질적이고 운영적인 목표를 반드시 고려해야 한다. 다양한 사용자 응용분야에서 기본적으로 필요한 것은 공간적 규모(국지부터, 지역, 전지구까지) 및 시간적 규모(계절부터 수십년까지)에서 정량적 기후 예측 정보를 생산하는 것이다. 또한 기후과학과 수자원과학 간 통합을 개선할 방안에 대한 연구를 진행하는 것 또한 중요한데 이 때는 연구 착수단계서부터 사용자의 니즈를 인식해야 할 것이다. 또한 연구 결과 및 개선점을 바탕으로 얻은 기후 정보 및 서비스는 시의적절한 방식으로 관련 의사결정자 및 운영 기관에 제공되어야 할 것이다.

*역량 개발(Capacity Development, CD).* 관련 업무의 기능성(CSIS 및 OBS)을 개선하고 결과적 정보 산물(RMP)이 적재적소에 전달될 수 있도록 하는 데 역량 개발은 선택이 아닌 필수이다. 역량 개발은 인식 제고, 교육 및 학제간 협력 강화 및 대중 정보와 밀접한 연관성을 지닌다. 여기서 무엇보다 중요하게 고려해야 할 것은 역량 개발 프로그램의 제공자의 경우 프로그램의 수혜자가 어떠한 결정을 내려야 하는지 그 맥락에 대해 충분히 파악하고 있어야 한다는 것이다. 따라서 수자원 UIP를 이행하는 데 있어 수자원 분야의 전문가(대다수의 경우 엔지니어링 전공)가 신뢰하고 인정하는 프로그램을 사용해야 한다.

#### 1.4 수자원 분야 관련 기존 활동 및 문제 파악

수자원 분야의 기후 데이터 및 정보 사용에 대한 기존 사례의 경우 한 국가 혹은 지역의 경제 개발 수준뿐만 아니라 기후-수자원 분야간 상호 연계가 과거 얼마나 밀접하게 마련되었는지에 따라 다양한 양상을 띤다. 가장 상위 수준인 국제적 차원(예: 개발은행, UNDP, WMO, UNESCO, 전지구 수자원 파트너십(Global Water Partnership, GWP)에서 수문학 및 수자원 분야와 관련하여 현재 진행되고 있는 관련 이니셔티브에는 다음이 포함된다.

- 수문학 및 수자원 프로그램 (WMO)
- 해양 기상 및 해양학 프로그램 (WMO)
- UNESCO 국제 수자원 프로그램
- UNESCO 정부간 해양 위원회

- 국제 홍수 사업 (UNESCO, WMO)
- 기후회복력에 관한 파일럿 프로그램(세계은행)
- UNDP/GWP-CAP-NET: 통합수자원관리역량구축
- 홍수관리연합프로그램(WMO, GWP)
- 통합가뭄 관리프로그램(WMO, GWP)
- 아프리카 수자원, 기후 및 개발 계획- 전지구 수자원 파트너십(GWP)과 아프리카 수자원 각료 이사회 (AMCOW) 간 기후변화적응 지원 공동 프로그램
- 건조지 대상 수자원 및 개발 정보에 관한 전지구 네트워크 이니셔티브(UNESCO)
- 전지구 해양 포럼

이와 같은 상위 수준의 이니셔티브가 특정 국가 상황에 ‘어느 정도까지 깊숙이 관여하고 영향을 줄 수 있는가’는 각 국가가 해당 이니셔티브에 대응하고 이를 수용할 수 있는 능력 혹은 관련 기회를 연계하여 실질적으로 활용할 수 있는 능력에 따라 크게 달라진다. 홍수관리연합프로그램, 통합가뭄 관리프로그램, 그리고 아프리카 수자원, 기후 및 개발 계획은 특정 목적에 맞추어 설계할 수 있는 프로그램으로서 많은 국가에서 국가 차원 및 하위 국가 차원의 의사결정을 지원할 수 있지만 이를 위해서는 상당한 보강 작업이 필요하다.

국가 차원의 수자원 관리 기후 데이터 사용 관련 이론과 실무 사이에서 여러 이유로 차이가 나타난다. 그러나 이러한 차이를 줄이는 것은 근본적으로 기후 데이터의 공급자와 수자원 관리 활동 간 이해를 고취시키고 시너지를 강화시킬 수 있다. 대개 기후 데이터와 실제 수자원 관리 간 규모에서의 차이가 문제가 되는 경우가 많다. 예를 들어, 수자원의 경우 저수지 단위로 관리하는 사례가 많음에도 실제 사용할 수 있는 기상 정보는 일반적으로 좀 더 큰 공간(예: 하천, 유역 등) 및 여러 시간적 규모에 한정되는 경우가 많다. 이와 유사하게 수자원 관리 방안을 설계할 때 과거의 데이터에 의존하는 경향이 뚜렷하지만 실제 운영하는 데 있어서는 실시간 데이터 및 모델 동화에 직접 사용할 수 있는 데이터가 필요하다. IPCC 에서 이러한 격차와 수요를 평가한 바 있다(참고문헌 7). 기술적인 측면 및 조직적인 측면을 다룬다.

기후 서비스의 경우 근본적으로 관측 및 분석에 대해서만 제한적으로 사용할 수 있는 경우가 많고 기후 혹은 기상을 정확히 예측하는 데 있어 내재적인 한계를 지니고 있다. 따라서 사용자가 요구하는 것을 모두 충족하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 특정 수자원 초점분야에 대해 과학적이고 실질적으로 **어떠한 기후서비스를 제공할 수 있을지 파악**하는 것은 잠재적 응용 분야를 식별하는 데 있어 중요할 것이다. 기상 서비스와 수자원 사용자간 밀접한 관계를 적절한 수준에서 반복적이고 점진적인 강화가 필요하다. 박스 1.2에서는 방글라데시의 국가 홍수 예보 및 경보 센터(수자원부처 산하 기관)와 방글라데시 기상청이 20년이 넘는 기간에 걸쳐 진화적으로 구축해 온 협력 관계를 요약해서 설명하였다. 본 사례는 연안 지대(coastal zone)협업 관련 사항을 강조하여 설명한다. **결론적으로 기후-수자원 인터페이스를 고려한 장기 프로그램을 개발하는 것이 무엇보다 중요하다.**

## 박스 1.2 방글라데시 홍수 예보 및 사이클론 경보에 대한 기상 서비스의 지원 역량 강화 타임라인

**1988 이전.** 국가 홍수 예보 및 경보 센터(National Flood Forecasting and Warning Centre, FFWC)는 단순한 수문학적 관계에 의존하여 홍수의 시기 및 범위를 예측하였다. 기상청(Bangladesh Meteorological Department, BMD)은 단순 범주 기반 시스템을 통해 광범위한 지역을 기준으로 강우 자료를 제공하였다.

**1988-92.** UN-WMO 의 두 가지 주요 프로젝트를 통해 BMD 는 기상레이더를 도입하였으며 이에 따라 FFWC 는 실시간 자료를 제공받을 수 있게 되었다. FFWC 는 또한 기상 위성 수신 기관들을 설립하고 BMD 내 위치한 폭풍우 경보 센터(Storm Warning Centre, SWC)와 직접적인 팩스 연결선을 구축하였다. 이를 통해 업그레이드 버전의 수력학 하천 예보 모델을 대상으로 정성 및 정량의 입력값을 제공하는 데 필요한 준(準)-실시간 정보 교환이 용이하게 되었다.

**1994-1999.** 기상 위성 수신 기관들은 기부자-기여금 지원을 통해 점차 업그레이드되었으며 이에 따라 지방 및 우선순위 지역에 대한 공공 서비스 홍수 경보를 개선할 수 있게 되었다.

**2004-2008.** 강우 및 사이클론 경보의 디테일과 정확도를 개선할 수 있도록 기상 레이더 관측소가 추가 도입되었고 웹기반의 실시간 하천 수위 모니터링 및 예측 포털이 소개되었다.

**2006-2007.** NWP 산물을 전달하기 위한 국가 차원(BMP)의 시설을 개발하여 실시간으로 기상 및 기후 데이터를 전달할 수 있게 되었다.

**향후 전망.** 국지 지역 모형(Local Area Model, LAM)을 개발하여 하위-저수지 정량적 강수 예측(quantitative precipitation forecasting, QPF) 등 심각한 상황의 기상 경보가 가능할 것이다.

## 2 모범사례의 이행

### 2.1 성공적 이행을 위한 필요 조건 및 충분 조건

수자원 커뮤니티는 IWRM 접근법 관련 의사 결정을 뒷받침하는 데 기후 정보 및 서비스가 지닌 가치를 잘 알고 있다. 그러나 현재의 정보 및 서비스를 이용하여 각자의 필요 부분을 충족할 수 있을지에 대해서는 아직 확신하지 못하고 있다. 기후서비스를 유용하게 사용할 수 있는 분야에는 수자원 관리, 재난위험관리, 농업 생산, 수자원 공급, 연안 지대 관리, 위생 및 수자원 인프라(50-100년 수명)에 대한 대규모 투자 결정 관련 경제적 고려 사항 등이 있다. 이들 분야에서 의사 결정 시 어느 정도의 불확실성은 감수해야 하지만 기후정보를 활용함으로써 중기 및 장기 의사결정 과정에서 불확실성을 낮출 수 있다.

기후서비스는 수자원 분야의 IWRM 접근법에서 유용하게 활용될 수 있는 잠재력을 보유 혹은 확보하고 있다. 이러한 사례로는 다음이 포함된다.

- 본 사용자 인터페이스 플랫폼은 수자원 전 분야에 걸쳐 광범위하게 사용될 수 있다. 예로는 수문학 특성 파악, 수자원 공급, 홍수 관리 및 제어, 관계 및 배수, 발전, 어업 및 보존, 항해 및 레크리에이션 등이 포함된다.
- 기후 정보 서비스는 수자원 분야 관련 결정 시 주기적인 입력값으로 사용할 수 있다. 이러한 결정 사항에는 단기 수자원 할당 혹은 장기 인프라 개발과 운영 등이 포함된다.
- 전 분야에 걸쳐 수자원의 지속가능한 사용을 이끄는 데 있어 기후 정보 서비스를 사용할 경우 결과적으로 효율성 및 효과를 높일 수 있다.
- 정확하고 신뢰도 높은 기후정보에 대한 접근성을 높이는 것은 결과적으로 수자원 관련 구조물(예: 지하 배수로, 다리, 댐 및 연안지역 인프라)을 적정 수준에서 견고하게 설계 및 건설하는 데 큰 도움이 된다.
- 기후 예측 서비스를 바탕으로 수자원 관리와 더불어 광범위한 수자원 수요 분야(예: 도시 수자원 공급, 관개 시스템, 홍수 저수량) 내 수자원 우선 할당 관련 결정을 개선할 수 있다.
- 수자원 분야 내 기후 정보 및 서비스 사용자들은 해당 서비스의 데이터 및 과학이 지니는 한계에 대하여 인식 혹은 이해하고 있으며 서비스 사용 시 이러한 한계를 고려한다.
- 수자원 관련 의사결정 시스템에 바로 투입될 수 있는 포맷 및 콘텐츠로 기후 정보 서비스를 수자원 분야에 제공한다.
- 수자원 가용성에 대한 기후 변동의 영향을 좀 더 깊이 이해할 수 있도록 수문학 모델링을 지원하는 데 있어 장기 시계열(long time series)의 기후 데이터에 대한 수자원 분야의 요구를 충족할 수 있다.
- 기후 커뮤니티와 수자원 커뮤니티 간 다양하고 광범위한 커뮤니케이션 채널이 존재하며 관련 정보는 투명한 방식에서 쉽게 교환될 수 있다.

위의 사례들에서 대부분의 경우 가장 중요하게 고려해야 하는 것은 기후서비스 제공자가 관측 결과를 제시하고 데이터를 교환하며 관련 정보를 공급할 수 있는 역량을 얼마나 갖추었는지에 관한 부분이다. 또한 사용자의 수요나 요구를 맞출 수 있어야 한다 - 비즈니스에 견주어 볼 때 공급자와 소비자 간 각자의 역할이 있는데 소비자는 공급자의 상품을 적절한 수준에서 개선할 수 있어야 한다.

관측 분야의 경우 기후 서비스의 데이터는 충분한 수준의 데이터 질이 확보된 상태여야 하며 해당 데이터를 외부에서 사용할 수 있어야 한다(데이터 공급). 이미 설정된 국제적 기준(측정 및 정성 관리 측면)을 충족하지 못할 경우 의도한 목적에 맞는 신뢰 수준에서 기후 관측값을 사용하지 못할 수 있다. 공동의 기준을 설정하고 우수한 정성 관리를 이행함으로써 여러 국가에 걸쳐 관측결과를 비교할 수 있을 것이며 해당 데이터를 사용하여 이미 구축된 우수사례 방법론을 전 세계적으로 응용할 수 있을 것이다. 기후 관측은 각기 다른 상황 및 관리 체



제에서 광범위하게 이행되고 있지만 전 세계적으로 일관성 높은 데이터 질을 확보하는 것이 필요하다. 이 경우 시간에 따른 기록값에서 일부 차이가 있을 수 있으며 해당 데이터는 적절한 공간적 밀도 및 시간적 빈도를 갖추어야 한다. 관측 기기 및 관측 기술에 대한 표준은 국제 전문가가 개발하며 세계기상기구 및 기타 국제 기구의 소관으로서 공식 문서와 사양으로써 제시된다(예: 다양한 WMO 지침).

대다수의 국가는 데이터를 전자적 형식으로 보급하고 교환하는 기술과 시스템을 확보하고 있다. 그러나 개발도상국의 경우 이러한 기술과 시스템의 속도, 신뢰도 및 역량이 상당히 부족하다. 최상위 수준에서 새로운 세계 기상 정보 시스템(World Meteorological Information System, WIS)을 개발하고 있는데 그 목적은 일관성 높은 세계적 인프라를 구축함으로써 기후 및 수자원 관련 데이터의 통신(telecommunication)과 관리를 원활히 하는 것이다.

국가적 차원에서 '수자원 사용자에게 기후 및 기상 데이터를 충분히 제공하고 있는가'의 여부 및 그 정도는 국가마다 다르게 나타난다. 따라서 본 UIP에서는 기후, 기상 데이터에 대한 수자원 분야의 수요를 하나의 동의된 수준으로 만족시키는 것을 목표로 한다.

## **2.2 전 세계, 지역 및 국가적 차원에서 잠재적 파트너와의 협업 메커니즘**

위의 제 1.4 절에서 제시한 관련 이니셔티브를 바탕으로 다양한 메커니즘을 추구함으로써 수자원 UIP에 대한 수자원과 기후 분야 파트너의 협력을 강화할 수 있다. 이들 파트너십 중 대다수의 경우 개발도상국의 맥락에서는 이행하기 어려운 것이 사실이지만 관련 파트너들은 국제적 차원에서 활동하는 사례가 대다수이며 역량 개발, 기술 전파 및 협력을 위한 자원 기반으로 역할할 수 있다.

모범사례의 이행을 위한 초반의 착수 활동에서 어떠한 메커니즘을 기반으로 할 것인지 결정할 때에는 다음의 기준을 적용할 수 있다.

- 전 세계, 지역 혹은 국가 영역에 걸쳐 분야 의사결정자 및 기타 전문가를 다루는 능력
- 동의 과정을 거친 개발 정책 규범(특히 통합수자원관리) 내 활동을 개발하는 능력
- 기관 간 특성 및 공동으로 결과를 전달할 수 있는 네트워크 강화 능력
- 기후 및 기상 복원력의 측면에서 자원을 창출하고 지시할 수 있는 능력
- 수자원 이해관계자의 주요 관심 영역(특히 홍수 및 가뭄)에 대하여 기술적 지원을 제공하고 '전문가 풀' 혹은 역량을 개발할 수 있는 능력(기술 지원 기반)

### **2.2.1 모범사례와 직접적 관련성을 지닌 기존의 기관 간 프로그램**

수자원 UIP의 이행을 전략적으로 시작할 때 국가 및 전 세계 차원에서 이미 관련성이 입증된 기관 간 프로그램을 시작점으로 하여 단계별 이행 접근법을 취해야 한다. 즉, 기존의 성공 경험을 기반으로 하여 연속적 단계에 걸쳐 기타 프로그램 개발, 수정 및 이행이 가능하다는 것이다. 지속가능한 수자원 관리를 위해 가장 중요한 절차는 통합 수자원 관리(of Integrated Water Resources Management, IWMR) 계획을 마련하는 것이다. IWMR은 한정된 수자원에 대하여 경쟁관계를 유지하고 있는 사용자들 간의 수자원관리 및 할당에 관한 것이다.

홍수 및 가뭄 관리 영역 내 기존의 기간관 프로그램 두 가지인 '연안지대를 포함하는 홍수관리 연합 프로그램(Associated Programme on Flood Management, APFM), 및 통합가뭄 관리프로그램(Integrated Drought Management Programme, IDMP)'는 위에서 언급한 기준들과 일맥상통하는 것이다. 홍수 및 가뭄 관련 극한현상의 발생 전과 발생 후의 시점 사이에 수자원 관리자는 농업, 광업, 레크리에이션, 관광, 농촌 및 도시 수자원

공급과 위생시설 등 여러 목적에 대한 수자원을 관리하고 할당하며 전달할 의무를 지닌다. 제 6 차 세계 수자원 포럼의 결과로서 과학정책인터페이스플랫폼(Science Policy Interface Platform, SPI-Platform)이 개시되었다. 해당 플랫폼은 UNESCO 와 프랑스 수자원 파트너십이 감독하며 수자원 분야 과학-정책 담당자 간 교류의 장으로서 연구자와 수자원 관리자가 IPCC 및 UN 협약 관련 소통을 원활히 할 수 있도록 하고 수자원 관리자가 수자원을 효율적으로 관리하며 기후변화 적응 정책을 개발할 수 있도록 지원하고자 관련 정보를 제공한다. 본 이니셔티브에 대한 세부사항은 부속서 II 를 참고한다.

홍수관리연합프로그램, 통합가뭄 관리프로그램 및 SPI 플랫폼 모두, 정부가 기후변화에 마주하여 수자원 안보를 확보하는 데 어려움을 느낄 수 있는 주요 수자원 관련 난제들에 초점을 맞춘다(가뭄, 홍수 및 지속가능성 수자원 관리 등). 이들 프로그램을 적정 수준에서 조정하는 여러 작업을 거친 후 수자원 UIP 는 다양한 활동을 이행할 수 있을 것이다. 전반적 접근법은 아래의 그림 2 에서 도식화하여 제시한다. 그림 2 는 다음과 같은 제도적 수준을 반영하고 있다.

**전 세계:** 기존의 기관 간 프로그램인 APFM, IDMP, IDI AND G-WADI, SPI 플랫폼과 이들 프로그램 자체의 기술 지원팀, 네트워크, 헬프데스크 기능 및 분산 지원 베이스, 자문 및 관리 위원회, 그리고 UN-Water 및 IPCC 등 그룹과 연계된 파트너를 통해 수자원 UIP 조정할 수 있다.

**지역:** 지역 단위의 UNDP, WMO, UNESCO, FAO, GWP 등과 같은 기관은 여러 분야 및 하천 유역 기관의 지역 사용자들에 정보를 제공할 수 있다. 또한 국가적 필요 사항을 지역적 수준으로 통합할 수 있으며 특정 기상 업무를 제공할 수 있고(예: 가뭄 모니터링 혹은 열대성 사이클론 경보), CSIS 의 각 지역 구성단위에 확실한 피드백을 제시할 수 있다.

**국가 차원의 기후서비스 프레임워크:** 수자원 분야 니즈에 대한 하나의 중심 영역과의 사용자 상호관계를 위한 지속적 국가 플랫폼 및 절차를 지원하는 업무를 착수하는 기반을 형성한다. 수자원 측면에서 이러한 플랫폼은 수문, 기상, 홍수 보호, 예보 및 경보, 관개, 가뭄 모니터링, 하천 엔지니어링, 항해, 수생 생태계, 연안 구역 관리 및 국가 기후 센터 등 모든 국가 기관을 아울러야 한다. 일부 지역의 경우 이러한 플랫폼은 기후 적응 이니셔티브를 통해 핵심적으로 마련되어 있을 수 있지만 다른 지역에서는 해당 플랫폼이 전혀 존재하지 않을 수 있다.

WCC-3 의 기술 분과에서 수자원 관리 커뮤니티와 기후 모델링 커뮤니티 간 국제적 차원의 상호 협업이 이루어진 바 있다. 두 분야 간 상호연계 필요성 및 가능성을 다루었다. 그러나 두 분야 간 협력을 국가적 차원에서 이끌어내지 못하고 명확한 관련 후속 절차를 온전히 이행하지 않는 한 실질적 성과를 얻지 못할 수 있다.

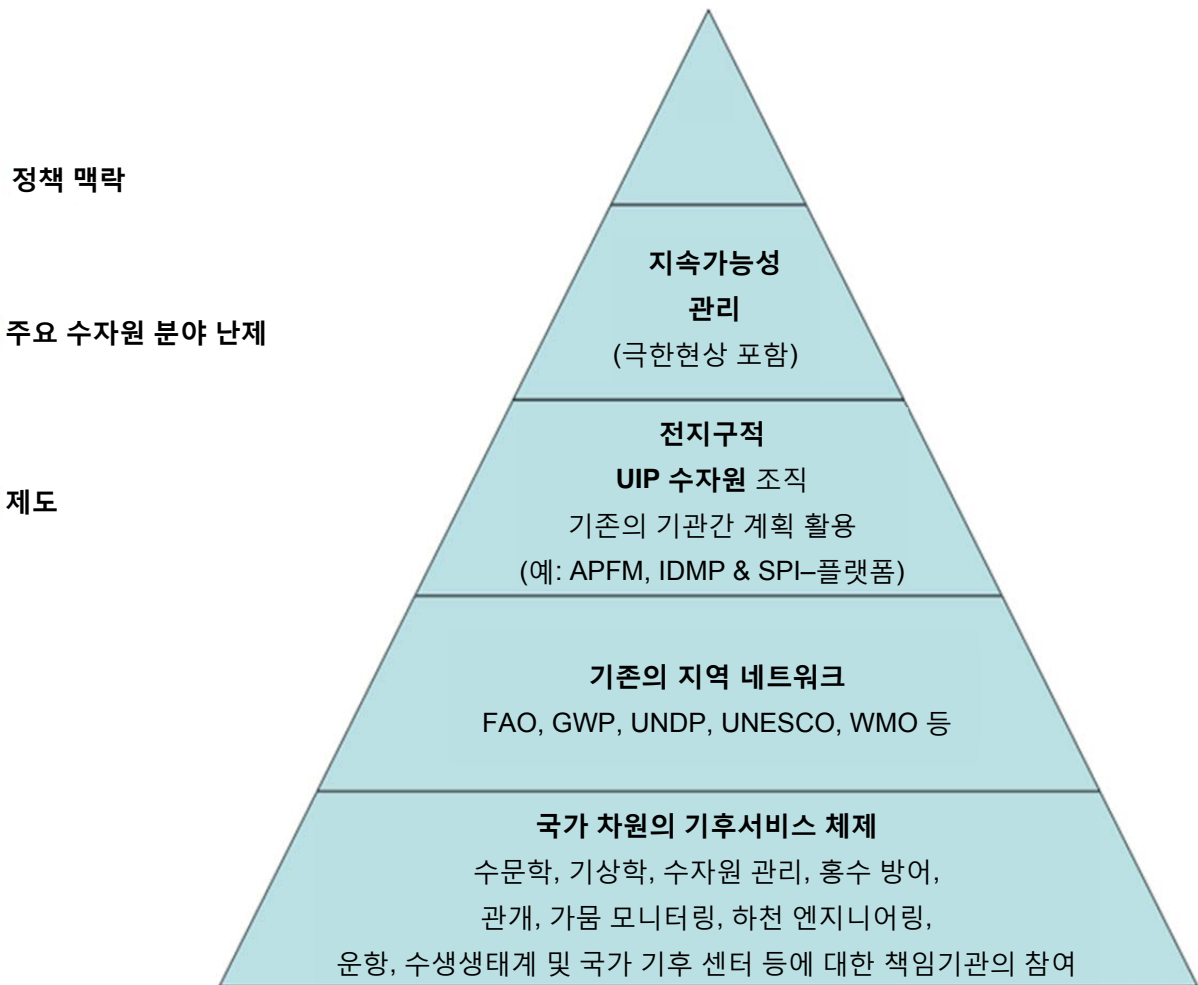


그림 2. 전반적 접근법 시각화

조정이 필요한 부분에는 다음이 포함될 수 있다.

- 지원기반(Support Base) 및 기후 (연구) 커뮤니티에서 고차원 전문가 네트워크 확장: 기후 통계, 계절, 연간 혹은 10년 타임스케일 기후 모델링, 모델 평가와 더불어 모델 커플링에 대한 경험이 풍부한 전문가나 과학 기관을 확보한다. 예를 들어, 홍수관리연합계획(APFM) 헬프데스크의 경우 좀 더 광범위한 수준에서 국제 수자원 적응 프로그램과 프로젝트를 개발하는 데 필요한 초반 전문 지식을 확보함으로써 대응 역량을 적절히 갖추어 줄 수 있을 것이다(예: 수자원 분야와 국가사용자의 인터페이스를 마련). 이러한 측면을 고려할 때 국제적 차원의 세계기후연구프로그램(World Climate Research Programme)은 핵심 파트너이며, 기후 모니터링 및 예측에 경험이 많은 국가 차원의 NMHS 혹은 선두적 위치의 기후 연구 센터를 지원기반에 공식적으로 참여시켜야 한다.
- 국제 및 지역 개발은행과의 강력한 관계를 구축하는 것이 중요하다. 기후회복력시범프로그램(Pilot Programme on Climate Resilience, PPCR) 등을 통해 이러한 연결고리를 명확히 찾을 수 있다.
- 국가 단위의 WMO, UNESCO, GWP, UNDP(각 국가 내 사무소)와 국가 사업에 대한 상호협력 강화한다.

- 수자원 커뮤니티뿐만 아니라 APFM, IDMP, SPI-플랫폼의 리더들은 UIP 기술관리위원회에 적극 참여하는 등 GFCS의 관리에 있어서 강력히 의견을 개진해야 한다. 정책 관계자뿐만 아니라 수자원 관리/엔지니어링 전문 분야의 기술 전문가들 또한 기술관리위원회에 적극 개입해야 한다. 위원회 내부에 수자원 분야 사용자에게 대한 하위 위원회를 구성할 수도 있을 것이다. 현재 설치 계획 중에 있는 파트너 자문 위원회 또한 하나의 수단으로 고려할 수 있다.

위의 제안사항에는 다음과 같은 이익(+ )뿐만 아니라 한계(-) 또한 존재한다.

- + 기후 중심이 아닌 ‘분야-수용’의 프로그램을 통해 추진할 수 있지만 전문가 커뮤니티의 개발계획 맥락에 통합될 수 있다.
- + WMO, UNESCO, GWP 및 기타 여러 기관들 간 협력에 있어 이미 확립된 메커니즘을 기반으로 한다.
- + UIP 수자원에 특정한 추가적인 제도를 개발할 필요가 없다. 그러나 UIP의 거버넌스에는 충분한 수자원 분야 실무자 참여가 필요하다.
- + 국가 차원의 기후서비스 체제를 토대로 한다. 국가 차원이 아닐 경우 국제적 차원에서부터 지역 차원까지 너무 동떨어진 면이 있고 국가적으로 지속가능한 활용이 이루어지지 않을 수 있다.
- + 초반에는 홍수와 가뭄에 집중함으로써 UIP 개념을 증명하고 목표한 바를 달성할 수 있다. 본 수자원 모범사례는 완성본이 아니라 시간의 경과에 따라 개정작업을 꾸준히 하여 진화시켜야 하는 문서이다.
- + APFM과 IDMP 두 가지 계획은 농업기상위원회(Commission for Agrometeorology, CAgM), 수문위원회(Commission for Hydrology, CHy), WMO/IOC 공동 해양 및 해양 기상학 기술위원회(Joint WMO/IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology, JCOMM), 국제수문프로그램(International Hydrology Programme, IHP) 및 정부간해양위원회(Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC)의 과학기술기구들과 강력한 제도적 연계성을 지닌다.
- + APFM과 IDMP 그리고 SPI-플랫폼은 각각 거버넌스 구조 및 연간 작업 프로그램의 연간 회의를 통해 새로운 난제에 유연하게 대응할 수 있을 것이다.
- + SPI 플랫폼은 수자원 모범사례를 위한 하나의 장이 될 수 있고 전체적인 통합수자원관리의 모든 측면을 주제별로 한 데 아우를 수 있을 것이다. 예를 들어, 수질관리의 경우 심지어 국가 차원에서도 대개 공동 노력이 유지되지 못하고 있고 GFCS는 이러한 문제를 해결하지 않을 것이다. 하지만 GFCS는 수질 관련 측면을 프로젝트 제안에 포함하는 등 이행 과정 중 공동 노력의 필요성에 대한 인식을 유지시킬 것이다.
- 중앙화된 접근법은 자원을 성공적으로 동원하는 데 한계가 나타난다. 하지만 최소한 시범 사업 규모에서 사업 기금을 확보할 수는 있는 것으로 전망된다. 그러나 소규모의 중앙 시설에 안정적 자금지원 기반을 유지할 수 없을 경우 UIP 수자원은 핵심 역량을 발휘하지 못할 것이다.

### 2.2.2 수자원 관련 국제기관, 계획 및 조정 메커니즘

광범위한 수준에서 UN 및 기타 국제기관과 이들의 이니셔티브에서는 수자원을 다루고 있다. 일례로 다음의 기관들을 들 수 있다.

- UN-Water (기관 간 메커니즘)
- 국제부흥개발은행 및 기후회복력시범프로그램을 통한 지역 개발은행
- 세계기상기구 (WMO)
- 유네스코(UNESCO) – 국제수문프로그램(IHP) 정부간해양학위원회(IOC)
- UN 기후변화에관한정부간협의체 (IPCC)

- 식량농업기구(FAO)
- 국제수문학회(International Association of Hydrological Sciences, IAHS)
- 국제수문환경공학협회(International Association for Hydro-Environment Engineering, IAHR)
- UNESCO 수자원교육연구소
- 전지구수자원파트너십 (Global Water Partnership, GWP)
- 전지구관측시스템(Global Earth Observation System of Systems, GEOSS)
- 국제관개배수위원회(International Commission on Irrigation and Drainage, ICID)
- 세계물위원회(World Water Council, WWC)
- 국제유역네트워크기구(International Network of Basin Organizations)
- 아쿠아페드(AquaFed)
- 국제물협회(International Water Association, IWA)
- 전지구해양포럼(Global Ocean Forum, GOF)

위에서 설명한 것 중 일부 활동들은 부속서 III 에서 다시 한번 개략적으로 제시한다. 수자원의 경우 중요성이 높은 만큼 관련 기관들은 광범위한 수준에서 물순환의 여러 측면에 관심을 가질 수 밖에 없을 것이고 이에 관심이 가지는 경우가 있을 것이다. 여기서 UN-Water 는 이미 수자원 관련 이행 기관들에 대한 최상위 기능을 하고 있기 때문에 하나의 조정 채널로서 그 역할을 할 수 있을 것이다. 이에 UN-Water 는 현재 GFCS 의 포컬 포인트(focal point)로 지정되었다.

### 2.2.3 국가 기상청 및 국가 수문청

현실적인 이유로 인해 기후서비스의 개발과 이해관계자의 필요 간 시너지를 가장 효율적으로 이끌 수 있는 수준은 국가적 차원이다. 많은 국가의 경우 기상청과 수문청은 독립적 정부 부처로서 기능하고 있다(본 문서에서는 국가기상수문기관(National Hydrological and Meteorological Services, NHMSs)이라 일컬음). 이와 같이 기상청과 수문청 간 내부 연결고리를 기반으로 기후와 수자원 간 연계성을 확실히 강화할 수 있겠지만 수자원 공급 및 관개 농업 등과 같이 수자원을 직접 사용하는 분야인 경우에는 이러한 연결고리만으로 부족할 수 있다. 전 세계 일부지역에서는 기상청-수문청 간 인터페이스 우수 사례를 찾을 수 있으며 이에 국가 기상청 혹은 기후청에서는 이를 재현하는 것을 목표로 해야 한다. 그러나 신속히 이를 이행하려 의도하는 과정 중에 많은 기술 및 행정적 장애에 부딪힐 수 있을 것이다.

데이터 및 예보 관련 국가 업무를 담당하는 기능 외 기타 업무 권한이 있는 기후 및 기상 조직일 경우 여러 응용사례를 꾀할 수 있을 것이다. 이러한 기후서비스 응용 사례로는 다음이 포함된다.

- 농업 및 연안 지역 관리 등과 같은 다양한 생태 관련 서비스
- 언론(신문, 방송 및 인터넷)의 기후정보 소통 관련 서비스
- 맞춤형 사용자 주도 기후서비스 개발을 위한 국가 역량 강화 관련 기존 활동
- 성공적 기후 정보를 마련하기 위한 공간 및 시간적 해상도에서 사용자 니즈를 적절히 파악
- 시민사회는 지역 차원에서 기후 정보 및 서비스 개발 관련 니즈를 고려한 효율적인 지침을 제시할 수 있으며 이 경우 '피드백' 문화 활용
- 지역 및 하위 지역 차원에서의 지식과 경험을 적극 교환하는 것이 기후서비스 관련 모든 측면에서 이익이 될 수 있다는 것을 증명

박스 1.1 에서 정의된 모든 수자원 기반 '목표'들의 경우 기후정보를 통해 이익을 얻을 수 있는데 여기서는 기후 및 기상 관측 모니터링 범위 확대, 수자원 설계 및 관리 목적의 데이터 확대 및 개선, 수자원에 특화된 예보 및

경보 정보를 제공하는 것이 무엇보다 중요할 것이다. 정보의 유형과 속성은 목적 및 상황에 따라 다를 것이다. 그러나 정확도(accuracy) 및 오차 수준(error level)과 신뢰도(confidence)는 모든 정보에서 매우 중요한 요소들이며 기후서비스 정보의 제공자인 기상청과 수혜자인 수자원청 간에 이들 요소에 대한 동의가 필요하다. 수문학 사례 지침(Guide to Hydrological Practices)의 표 1.2.5(참고문헌 8)는 권고 정확도(불확실도 수준)를 간편히 요약한 것이다.

불변의 경제적 제약요소는 어떤 시설을 사용하느냐에 있어서 중요하게 고려해야 하는 요소이며 비용-이익 간 균형은 기술적 가능성에 영향을 줄 것이다. 수자원 분야의 경우 원하는 어떠한 기후데이터가 필요한지 모두 제시할 수 없으며 유사한 맥락에서 기후서비스는 필요하다고 해서 모든 데이터를 제공할 수 없을 것이다. 그러나 일부 주요 응용분야를 공동으로 파악할 수 있도록 기후서비스와 수자원 관리 간 조정 작업을 이행해야 할 것이다.

뉴질랜드 국가기상연구소(New Zealand National Institute of Water & Atmospheric Research, NIWA)는 기후 및 수자원 분야에서 공통적으로 중요한 13 개의 주제에 각각 초점을 맞추어 13 개의 독립적 '국가 센터'를 설립하고 포괄적 범위에서 기후 및 수자원 주제를 통합하는 흥미로운 조직 템플릿을 제시하였다 - 박스 2.1 참고

**박스 2.1 뉴질랜드 수자원 및 대기연구 국가센터(NIWA)**

농업 & 생명공학	수생 생물다양성 및 생물보안
대기	기후
연안	에너지 해법
환경정보	어업
담수	자연 위험
해양	한태평양 지역
선박	

뉴질랜드 사례와 유사한 방식에서 기후와 수자원 관련 활동을 재조정할 수 있는 국가는 현실적으로 많지 않을 것이다. 그러나 기후 서비스와 수자원 서비스 사이 인터페이스에서 핵심적으로 고려할 수 있는 주제들이 있으며 이는 다음과 같다.

- 데이터 공유와 기간 관 협력
- 관측 네트워크의 합리화 혹은 수정
- 장비의 표준 및 현대화
- 데이터 요건 충족 및 데이터 관리
- 중앙 원격탐사 혹은 국제적으로 활용되는 원격탐사 정보 사용
- 대중 인식제고 및 정보 서비스

수자원 분야에 특화된 사용자 인터페이스 프로그램을 국가적으로 운영하는 사례는 독일의 'KLIWAS' 프로그램에서 찾아 볼 수 있다. 본 프로그램은 기후변화가 수로 및 운항에 미치는 영향(참조문헌 18 참고)을 다룬다. 또 다른 사례로는 '연방 기후변화 및 수자원 실무그룹(Federal Climate Change and Water Working Group, CAWWG)'이라는 미국의 사례를 들 수 있다. 독일과 미국 두 프로그램의 공통점은 공식적 권한을 지닌 연방 기구가 하나의 지붕 아래에서 홍수 보호, 운항, 수문 및 기상 관련 업무, 수생 생태계 보호 업무에 직접 참여한다

는 것이다. 이러한 국가적 차원의 접근은 국가 상황에 따라 다양한 방식으로 나타날 수 있지만 한 가지 확실한 것은 UIP 수자원이 수문학/하천 엔지니어링 및 기상학/기후 모델링 커뮤니티 모두에 대한 하나의 '지원 기반 (support base)'으로 작용함으로써 초반 지침 및 방향이 부족한 상황에서도 국가들을 지원할 수 있다는 것이다. 위의 제 2.2.1 절에 제시된 바와 같이 홍수관리연합프로그램(Associated Programme on Flood Management, APFM)의 수문학 및 홍수 관리 전문가를 위한 국제적 지원 기반의 경우 각 기후 모델링/기후 정보 지원을 통해 보완할 수 있을 것이다.

#### 2.2.4 비정부 기구 (NGOs)

NGO 는 커뮤니티 수준에서 서비스를 전달하는 데 중요한 역할을 지니며 많은 NGO 가 수자원 관련 활동에 관여하고 있다. 이러한 활동에는 상수도 및 위생시설, 농업, 재난 대책, 구호 및 대응이 포함된다. 또한 NGO 에는 소규모의 자선 기관에서부터 옥스팜(Oxfam), 적십자/적신월사, 세이브더칠드런(Save the Children), 크리스찬에이드(Christian Aid), 세계야생기금(World Wildlife Fund) 등과 같은 대규모 국제 활동 기구가 있다. 이들 주요 기관은 각자의 이행 역량을 다함과 동시에 강력한 정책적 영향력을 행사할 수 있으며 전략적 체제에서 수자원의 여러 측면에 대한 기후변화 영향 관련 문제에 가장 적극적으로 활동할 수 있다. 이러한 맥락에서 NGO 는 기후변화에 대한 대규모 사용자이자 기후뿐만 아니라 수자원 분야의 즉각적 문제들과 관련하여 뚜렷한 목표를 지닌 정보와 서비스의 개발 잠재력을 발휘할 수 있다.

그러나 다수의 NGO 가 사회적 동기로서 창설된 기구이기 때문에 해당 기관의 직원은 기상학 및 수문학에 대한 지식이 거의 없다고 일반적으로 생각한다. 따라서 좀 더 나은 데이터 및 정보 서비스에 대한 잠재력을 많은 이들이 인정하지 않는 것이다. 대다수의 기관은 기후변화 등과 같은 정보를 정책적 수준에서 참고용의 정도로만 활용하는 경향이 있다. 그러나 NGO 는 각 지역 내에서 상당한 존재감을 지니기 때문에 예보 및 경보 자료의 효율적 전파에 집중할 수 있다는 것을 중요하게 염두해야 한다.

#### 2.2.5 대학교 및 연구소

대학교 및 연구소는 관측과 모니터링을 수행함으로써 관련 지식을 가공하는 데 중요한 역할을 지닌다. 또한 국가 기상청과 수문청과 같이 공공 소유의 기관에서는 매번 다룰 수 없는 특정 주제, 응용 방안 및 방법론 등에 대한 심층적 연구를 진행할 수 있다. 그러나 국가 기상 기관(NMS) 및 수문 기관(NHS)의 소관이나 목표에 따라 이들 연구 업무를 조정해야 할 필요가 있으며 이는 특히 관련 자금이 충분하지 않은 것을 고려할 때 더욱 그러하다. 따라서 강력한 기반 위 국가 연구 위원회 및 국제 연구 네트워크(예: UNESCO 의 IHP 과학 네트워크)가 조직적으로 존재할 경우 이들 위원회 및 네트워크는 대학교와 연구소의 연구 및 그 응용 방안을 조정하고 장기적 연구 프로그램을 위한 추진력을 유지할 수 있을 것이다.

NMS 와 NHS 에서 연구 활동 역량이 제한적인 경우의 국가에서는 특히 대학교와 연구 기관이 기후와 수자원 인터페이스에 대한 실험적 업무를 수행하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것이며 기후학 혹은 수문학적 모델링과 같은 특정 기술을 제공하면서 데이터가 드문 지역이나 미계측(ungauged) 하천에 대한 연구를 진행함과 동시에 특정 사용 목적(고지대 기후관측 등)의 관측 네트워크를 강화할 수 있을 것이다. 이러한 사례로는 스리랑카와 방글라데시의 농업 대학교를 들 수 있다. 이들 대학교는 1960 - 70 년대 FAO 의 지원을 받아 농업-기후 관측소를 구축 및 운영하였다. 당시 해당 관측소들은 지금은 더 이상 사용하지 않는 수동 기구로 운용되었다. 현재는 자동 전자 센서를 사용하는 관측소로 재정비되었는데 관측소 재정비 시에는 당시와 유사한 기금 활동을 이행하지 않았다.

## 2.2.6 민간 분야

민간 분야의 경우 수자원 활동뿐만 아니라 영향과 관련하여 더 나은 정보를 요구함으로써 기후 서비스를 개선 및 진화하는 데 핵심적으로 중요한 역할을 할 수 있다. 민간분야가 수자원 분야에 개입하는 분야는 국가마다 다르지만 상수도와 위생시설(water supply and sanitation)의 경우 절대 다수의 국가에서 민간분야가 사업하고 있다. 따라서 상수도와 위생시설은 민간분야에서 집중하고 있는 분야지만 여전히 전반적으로는 정부 법규의 규제가 있을 것이다. 결론적으로 수자원 회사는 정부에 압박을 가함으로써 국가 운영의 NMS가 필요한 시설을 제공할 수 있도록 하고 이에 따라 공익을 위한 신뢰도 높은 업무를 수행할 수 있도록 요구해야 할 것이다. 민간 분야는 주요 관개 시스템 및 전력 체제의 운영과 관리에까지 관여할 수 있지만 이는 인가 절차를 통해 엄격하게 감독해야 할 것이다. 설계 및 운영 조건은 견고한 수문학적 정보가 갖춰졌는지에 따라 크게 달라지기 때문에 충분한 기상학 및 기후학 데이터가 필요하다.

엔지니어링 컨설팅 회사의 경우 정부가 수자원 관리 인프라, 모니터링, 예보 및 경보 시스템, 계획과 프로젝트를 계획하는 데 있어 의사결정을 뒷받침할 중요한 요소들을 제공한다. 또한 정책 지원의 측면에서 있어서도 어느 정도 역할을 지닐 수 있다. 따라서 UIP 수자원은 이들 컨설팅 기업들의 적극 참여 방안을 찾아야 한다. 이러한 컨설팅 업체 또한 포함시킨 공개 플랫폼의 사례에는 홍수관리연합프로그램과 통합홍수관리를 지원하는 헬프데스크(HelpDesk)의 지원 기반(Support Base)을 들 수 있다.

민간 분야의 수자원 기업 및 발전 기업의 경우 기상청의 일반적 예보 및 데이터 전달 프로그램 외에도 특정 장소에 대한 데이터 및 특정 시간의 데이터를 필요로 할 수 있다. 이들 사용자는 또한 기후 정보 공급자와 사용자 간 특정 요구에 맞출 필요가 있는 극한현상 경보를 요구할 수 있다. 이들 사업체는 기타 핵심 인프라와 함께 엄격한 환경 규제에 순응하기 위한 극한현상 계획 데이터 또한 필요로 할 수 있다(예: 댐, 발전소 및 항구 등)

*보험업 및 법률업의 경우, 극한 기상 기후 및 수자원 관련 현상에 관한 소송, 손실 및 법적 책임 문제 등을 다루어야 하기 때문에 높은 품질의 확실한 데이터가 필요하다는 점에서, 민간 분야 사용자 및 요구에 대한 특수 측면을 보여준다고 할 수 있다. 홍수 및 가뭄과 연계된 보험 손실 사례가 시간이 지남에 따라 기하급수적으로 증가하고 있기 때문에 보험 회사 자체적으로 수자원 및 기후 서비스에 대한 역량 개발에 자금을 투자하는 사례를 찾을 수도 있을 것이다.*

## 2.3 국제, 지역 및 국가 차원의 프로젝트/활동을 찾기 위한 기준

수자원 UIP에서 제안한 활동들을 찾을 때는 다음의 기준을 충족하는지 확인해야 한다.

- 취약 계층 및 지역(예: 홍수 및 가뭄 위험에 노출)의 기후 복원력 강화에 기여한다.
- 수자원 UIP 활동들은 수자원 커뮤니티를 대상으로 한 특히 통합 수자원 관리와 같은 정책 개념의 개발을 위한 국가적 개발 목표 및 정책과 반드시 연결되어야 한다.
- 기존의 수자원 분야 국가 및 국제 목표의 달성을 지원한다.
- 국제적으로 및 국가적으로 기후 민감성 수자원 계획을 다룬다.
- 기후-수자원 파트너십 및 프로젝트 이행과 관련하여 지역 및/혹은 국가 차원에서 확인된 주요 문제를 해결한다.
- 수자원 위험 관리 및 안보를 다루기 위한 목적의 파트너십에 다양한 범주의 수자원, 재난 관리 및 기상 이해관계자의 참여를 유도한다.
- 수자원 분야에 대한 기후 및 기상 정보의 가치와 사용에 대한 수자원 분야 및 공공의 인식을 제고한다.
- 국가 수자원 및 기상 관련 기능과 파트너의 역량 개발을 뒷받침한다.



- 효율적인 모니터링 및 평가 기능을 포함하는 이니셔티브와 프로젝트를 제공한다.
- 비용효율성을 추구한다.
- 정책 및 계획 의사결정을 위한 기후-수자원 간 연계의 증거 기반을 강화한다.
- 필요할 경우 지속가능성 및 주류화 계획을 포함하는 이니셔티브와 프로젝트를 제공한다.

수자원 UIP 를 설계할 때는 지난 수십 년 간의 활동을 기반으로 명료하게 얻은 교훈 및 경험을 따라야 한다:

- 기후-수자원 파트너십에 수자원 이해관계자의 참여를 높이는 것은 특히 사용자 우선순위 및 니즈를 집중적으로 파악하는 측면에서 매우 중요하게 나타났다. 가장 대표적인 사례로는 여러 국가 내 홍수 예보 및 경보와 연안 지역 관리를 들 수 있다.
- 현재 사용 가능한 기후 서비스의 유용성을 실질적으로 높이기 위해서는 여러 독립적 수자원 이해관계자들이 각자의 응용 목적에 따라 다양한 기후정보와 서비스를 요구한다는 점을 인식해야 하며 이러한 니즈에 맞추어 유연하게 정보와 서비스를 제공할 수 있어야 한다. 너무 많은 NMS 가 엄격히 정형화된 예보 및 경보 체제를 고수하고 있는데 이는 오랜 기간에 걸쳐 확립된 의무 사안에 따라 이러한 예보 및 경보 체제가 하나의 ‘복무 규정’으로서 정의되어 왔기 때문이다.
- 기후서비스를 개발하여 다양하고 광범위한 정보를 제공해 온 경우 기후-수자원 분야간 정보생산물을 공동 개발 및 관리하여 수자원 위험 관리를 개선할 산물 및 절차를 지원할 때 가장 성과가 높았다.
- 수자원 위험 관리에 있어서 광범위한 측면들을 고려함으로써 수자원 위험과 관련된 기타 분야(교통, 건축 환경 및 농업 등)의 요구들을 통합하는 것이 유용하다.
- 국가 역량을 강화하는 활동들에 초점을 맞춘다. 또한 수자원 활동을 직접적으로 강화시키고 광범위한 수준에서 기후 정보 및 서비스의 사용을 가장 효율적으로 뒷받침할 수 있는 정보시스템(특히 공공 정보 시스템)을 개발한다. 이러한 측면에서 기상 및 기후 서비스 웹사이트를 통한 정보 제공이 중요한 역할을 할 수 있다.
- 수자원 활동에 대한 유용성 및 효율성과 연계하여 기후 데이터 및 정보생산물의 속성을 심도 깊게 파악한다. 한편 사용자의 기대치를 최대한 정확히 예측하고 정보 산물의 유용성을 과대평가하지 않는 것이 필요하다.
- 기후-수자원 분야 모두에 대하여 두 분야 간 데이터의 이용 가능성을 높인다. 그러나 정보 및 역할에 있어 두 분야 간 경계를 구분 짓고 소유권을 제한한 과거의 문제를 극복해야 할 것이다. 이러한 맥락에서 두 커뮤니티 간 신뢰를 구축함으로써 데이터 공유 및 협력을 강화해야 할 것이다.
- 현재 많은 기상 및 기후 정보 산물이 제대로 이용되지 못하고 있는 것은 사실이다. 그러나 수자원 분야 내 향후 잠재적 기후서비스 사용자들은 이들 정보를 아무런 가공 절차 없이 바로 활용할 수 있다고 오해해서는 안 될 것이다. 나아가 GFCS 운용시스템에서 일관적이고 믿을 만한 정보생산물을 생산하는 데 사용할 수 있도록 신뢰도 높은 모형, 방법론, 도구 등을 여전히 개발할 필요는 있다.

과거 10-20 년 간의 경험 및 이를 통한 성과를 기반으로 현재는 ‘기후 서비스 개선 및 증진을 위한 피드백’을 통해 많은 국가가 기후-수자원 인터페이스를 더욱 강화할 수 있는 수준까지 이르렀다. 이러한 시너지의 몇 가지 사례는 박스 2.2 에서 제시한다.

## 박스 2.2 수자원 분야의 피드백에 기반한 기후 정보생산물의 개발 사례

**A. 정량적 강수 예측(Quantitative precipitation forecasting, QPF).** 확실한 홍수 예측 정보를 점차 많은 이들이 요구함에 따라, 기후서비스 제공자들은 강수에 대한 정성적 기술(qualitative statement)(예: 적은 강우 - 중간 강우 - 폭우, 산발적-영구적 및 국지적-전역)에서 벗어나 각 기술 요소에 대하여 수치 및 비율 범위를 정의할 필요가 있게 되었다. 이후 QPF는 지리적인 특정 영역에 대하여 현재 명확한 강우 범위(예: 30mm-50mm)와 함께 가능 시작 시점 및 종료 시점까지 제시하고 있다.

**B. 계절 및 장기 예보.** 근간의 계절적 수자원 조건을 파악하는 것이 도움이 되는 지역일 경우 주요 수자원 관리 사업에서 계절 및 장기 예보가 필요하다. 강우 및 기온 예보가 가장 공통적으로 필요한 항목이다. 강우와 기온은 여러 계절 기준과 각각 연계되는 3-5 단계의 범주별 확률(예: 매우 낮음에서 매우 높음까지)로써 표현한다.

**C. 강수량(Rainfall depth) - 강우 기간 - 강우 빈도 데이터세트.** 본 데이터세트는 표 혹은 곡선의 세트로써 제시하는데 이는 강우 기록에 대한 포괄적 확률 분석을 통해 얻을 수 있다. 이는 특정 국가 등에 대한 표준 방식에서 배수관을 설계하거나 강우를 예측할 때 기반 정보로서 필요하므로 등치선이나 표 혹은 격자(grid)로 나타내는 지리학적 분포와 높은 관련성을 지닌다.

## 2.4 국제, 지역 및 국가 차원의 이행 활동(이행에 필요한 자금 등의 요건 및 커뮤니케이션 전략 포함)

Water UIP를 개발하기 시작하는 착수 단계의 체제에서는 수자원 관리에서 대표적인 우선과제 영역인 통합수 자원관리(홍수 및 가뭄 포함)에 대한 기존의 기관 간 협력을 통해 그 토대를 마련할 수 있을 것이다. 분명한 점은 UIP Water를 지원하는 과정에서 시간이 지남에 따라 경험이 쌓이고 가용 자원이 증대될 것이므로 이를 바탕으로 착수 단계의 이행 모형을 조정할 수 있다는 것이다. 적극적으로 추진해야 할 원칙적 영역에는 다음이 포함되며 이외 기타 여러 영역 또한 고려할 수 있을 것이다.

- 수자원 관리자가 수자원 관리 분야에서 기후 변동성 및 변화의 영향에 노출된 가능성이 가장 높은 측면들을 파악할 수 있도록 돕는 국가 및 지역 도구(하천 유역 수준)
- 기후 및 수자원 커뮤니티가 온전히 참여하는 지속가능성 수자원 계획(홍수 및 가뭄 관리 포함)의 개발을 위한 국가 및 지역 파일럿 프로젝트(하천 유역 수준)
- 기후 관련 불확실도를 산정하기 위한 방법론의 수집 및 '수자원 관리자를 위한 기후 도구 시리즈'의 형태로 발행
- WMO, GWP, UNDP/Cap-Net 및 UNESCO 간 협력을 강화함으로써 지역 및 국가 차원에서 교육 및 훈련 제공 역량 제고
- 국가 차원에서 수자원 사용자 상호교류를 지원하는 헬프데스크 기능(예: 국가 다분야 이해관계자 워크숍)
- 폭풍 해일, 파도 및 연안지역 범람 예보 등 담수-해양 인터페이스 관리를 위한 기후서비스 개선

본 체제에서 다루는 많은 요소의 역량은 현재 충분한 상태가 아니며 향후 개선이 필요하다(특히, 취약 개발 대상국). '역량 개발'이라는 용어는 특정 기관이 필요한 제도, 인식, 그리고 기술과 재정 자원을 체계적으로 개발하며, 실질적인 활동 이행을 위한 환경을 조성 및 장려할 수 있도록 시간이 지남에 따라 역량을 강화하고 유지하는 것을 의미한다. 많은 경우 '이행을 가능케 하는(enabling)' 작업은 공공 서비스 역할에 대한 보수적인 인식을 바꾸어 확장하는 것도 필요할 수 있다. 역량 개발은 개발 도상국에서만 추진되는 활동이 아니다. 즉, 선진국 및 선진 분야에서도 사회적 진화에 따라 변하는 수요에 발맞추어 역량을 개발할 필요가 있는 것이다.

인터페이스를 지속적으로 추진하는 과정 중, 특히 국가 차원에서 기후-수자원 간 인터페이스 체제의 여러 요소에 대한 니즈를 정기적으로 분석하고 업데이트해야 할 것이며 파악된 니즈를 충족시키고자 노력해야 할 것이다. 초반에는 인터페이스에 참가할 여력이 가장 낮은 국가의 역량강화를 위한 조치를 우선 확인해야 하며 이를 통해 해당 국가들에 가장 기본적 수준의 기후서비스를 제공해야 할 것이다.

인터페이스 역량 개발 활동 중 일부는 기술 전문가 및 개발 기관이 이행할 것이고 관련 조정 작업은 체제 사무국이 진행할 것이다. 그러나 기후 전문가 또한 지역 내 혹은 지역 간 관련 지식 및 경험 공유에 동참함으로써 역량 개발 활동에 기여할 수 있을 것이다. 본 체제를 이루는 주요 구성요소 중 개발 역량 부분에서는 간헐적으로 추진되는 다자간 기금 및 프로그램의 적극적 참여를 반드시 이끌어내야 한다. 다자간 지원을 이용할 뿐만 아니라 국가 자체적 프로그램과 연계한 주요 실증 프로젝트(demonstration projects)의 경우, 역량을 개발하는데 있어 유용한 추진체가 될 수 있을 것이다. 그러나 지난 경험에 미루어 봤을 때 이들 실증사업은 일단 우선순위에서 밀려나면 추진 속도가 급격히 떨어질 수 있다.

수자원 UIP의 1차적 목표는 수자원 관리자가 국가 수자원 관리 계획(IWRM에 기반)을 개발할 때 수자원 관련 서비스 공급에 대한 기후 변동성 및 변화의 영향을 고려할 수 있도록 하는 것이다. 이러한 사례로는 2005년에 개발된 이집트의 국가 수자원 관리 계획을 들 수 있다(박스 2.3)

### **박스 2.3 2005년 이집트의 국가 수자원 관리 계획(참고문헌 12)**

이집트 수자원 분야에서는 상당히 많은 문제가 나타나고 있으므로 수자원의 통합적 관리에 필요한 모든 자원과 관리 역량을 동원해야 할 필요가 있다. 이에 따라, 이집트는 국가수자원관리계획(National Water Resources Plan, NWRP)을 착수하였다. NWRP는 향후 이집트가 수자원의 질과 양 모두를 보호할 방안, 사회경제 및 환경적 측면에서 수자원을 최적으로 사용할 방안을 제시하는 통합적 문서이다. 앞으로 NWRP는 통합 수자원 관리 원칙 및 접근법이 순조롭게 적용될 수 있도록 하면서 능률은 최대한 높일 수 있도록 추가적 개정 작업을 포함한 과도기 전략(transitional strategy)을 통해 강화해야 할 것이다. 현재 이집트는 통합 수자원 관리(IWRM) 계획을 마련함으로써 NWRP를 보완할 행동-주도의 이행체제를 통해 향후 관련 문제를 다룰 수 있도록 의도하고 있다. 이집트의 통합 수자원 관리 계획은 NWRP에서 나타난 문제를 해결하고 수자원 분야 내 통합 관리 접근법 이행 과정을 가속화할 수 있도록 추가적 대책 및 조건들을 제시하고 있다. IWRM 계획에서는 현재 수자원 분야 내 수자원 관리 환경과 사례를 분석하며 분석 결과를 바탕으로 MWRI는 해당 계획에 대한 지속적 개정작업을 주도하고 있다. 또한 본 계획에서는 향후 15년에 걸친 통합 수자원 관리 체제의 효율성을 높이기 위해 추가적 개입 작업이 필요한지를 평가한다.

## **2.5 초반 이행 활동/프로젝트**

아래에서는 네 개의 광범위한 제목에 따라 초반 이행 활동을 위한 옵션을 개략적으로 제시한다. 이들 활동은 GWP의 인풋을 바탕으로 한 것이며 초기 활동을 위한 일부 제안사항을 제시한다.

### **A. 사용자 니즈**

- i. 기후정보 및 정보응용에 대한 사용자 니즈를 수집, 분석하고 배포할 수 있도록 촉구한다.*

**활동:** 수자원 분야 전반에 걸친 기후정보 요구, 사용자 및 이해관계자 인터페이스 메커니즘의 도식화 수행

활동: 주요 이해관계자(예: WMO 수문 위원회 및 UNESCO-IHP 정부간 위원회) 회의를 사용하여 사용자 요구 이해 개선 방안 모색

활동: 기후 정보 제공 개선을 통해 기후 관련 위험에 대한 사회의 취약성을 감소시킬 수 있도록 기후서비스의 적극 활용을 홍보

ii. 사용자-주도 응용법, 교훈, 우수사례 및 관련 성과 기준을 개발하고 전파할 수 있도록 자극한다.

활동: 수자원 분야에 대한 일련의 사용자-주도 응용법들을 통합시킴으로써 세계기상기구의 수문학 운용 다목적 시스템(Hydrological Operational Multipurpose System, HOMS) 확장한다.

활동: 기후서비스 측면에서 '홍수 관리 도구 시리즈(Flood Management Tools Series)'를 추가 개발하고 검토한다.

활동: UNU '수자원 가상 학습 센터' 및 UNESCO-IHE의 교육과정과 UNESCO 범주 II 센터 및 수자원 강좌의 교육 자료에 수자원-주도 응용법, 우수사례, 관련 성과기준을 통합한다.

활동: 기후 정보 및 서비스의 이해 개선 및 적절한 사용을 위해 수자원 관리자의 관련 지식 강화한다.

## B. 피드백 및 지원

i. 체제의 기능에 대한 사용자 견해 및 피드백을 체계적으로 수집하고 체제의 기타 구성요소에 필요한 사용자-주도 항목을 지원한다.

활동: 주요 이해관계자 회의(예: UN-Water)의 아젠다 내 본 체제 및 수자원 UIP에 대한 항목을 포함한다.

활동: UNDP/Cap-Net, 홍수 관리 연합계획, UNESCO-IHP 및 UNESCO IHE 간 협력을 바탕으로 '기후 변화 적응을 위한 도구로서의 IWRM' 역량개발 프로그램을 지속하고 강화한다.

활동: UIP 관련 기타 분야와 상호교류를 추진함으로써 필요할 경우 공동의 사용자 니즈 및 견해에 대한 파악을 개선한다.

활동: GFCS 주요 핵심요소/구성요소와 상호작용함으로써 이들에 수자원 커뮤니티의 필요사항을 알린다.

ii. 기타 행위자(특히 개발도상국 내)를 지원하여 지역 및 국가 차원에서 관련 업무가 착수될 수 있도록 한다.

활동: 수자원 부족 지역 및 대규모 홍수 지역에서 해당 지역의 수자원 및 기후 운용, 연구 및 학술 그룹이 참여하는 하천 지역 이해관계자 상호교류 워크숍 개최를 지원한다.

## C. 홍보 및 영향력 확장

i. 잠재적인 서비스 수혜자, 사용자 및 사용자 조직을 대상으로 전지구기후서비스 체제의 유용성 및 기후 정보 사용의 이익을 홍보한다.

활동: 주요 이해관계자 컨퍼런스, 워크숍 및 회의(예: 세계 수자원 포럼, 스톡홀름 물 주간, 국가 물 주간 등)에서 특별 세션을 개최하고 (혹은) 상설위원회를 조직한다.

활동: 수자원 분야의 기후서비스 사용자를 위한 인터페이스 플랫폼 관련 커뮤니케이션 소책자를 준비하

여 사용자 파트너들의 일반적 사용을 돕는다.

- ii. 정부간 포럼, 분야 기술 기구 및 전문가 조직 등과 같이 주요 정책 기관의 업무에서 GFCS 및 기후정보 사용을 적극적이고 체계적으로 조정한다.

활동: 매년 열리는 수자원 분야의 주요 국제회의에서 키노트 혹은 기타 고위급 이벤트를 조직한다.

- iii. 사용자 중심 네트워크, 협력, 파트너십, 포럼, 센터 및 학습 교환 프로그램의 개발을 촉진시킨다.

활동: 수자원 분야 내 기후서비스를 위한 리더십 그룹, 네트워크 및 활동 프로그램을 창설한다.

활동: 수자원 분야 내 기존의 협력 메커니즘에 기후서비스를 도입하는 데 있어서 가장 유망한 영역에 대한 평가를 계획한다.

## D. 시범 사업

- i. 기후를 중점적으로 고려한 수자원 관리에서의 문제- 도구 개발/워크숍

활동: 수자원 관리 프로그램(및 국가 수자원 관리 계획 개발)에서 '기후변화의 영향으로 인한 위험에 가장 크게 노출된 측면'들을 수자원 관리자가 평가할 수 있도록 돕는 도구를 개발하고 워크숍을 개최한다.

- ii. 수자원 부족 지역

활동: 수자원 부족 지역으로 식별된 5 개의 경계 밖 하천 유역에 수문-기후 커뮤니티 간 수자원 사용자 인터페이스 플랫폼을 통합하는 시범사업을 착수한다.

- iii. 수자원에서 용설 및 용빙(snow and glacier melt)에 의존하는 유역

활동: 수자원에 있어 용설 및 용빙에 크게 의존하는 것으로 식별된 5 개의 하천 유역에 수문-기후 커뮤니티 간 UIF 플랫폼을 통합하는 시범사업을 착수한다.

- iv. 담수-해양 인터페이스

활동: 기후 정보의 공급 개선으로 기후 관련 위험에 대한 취약성을 줄일 수 있도록 연안 범람 예보 실증 프로젝트(Coastal Inundation Forecasting Demonstration Projects, CIFDP)를 착수한다.

이행 활동 및 프로젝트는 제 3.1 절 및 3.2 절에서 좀 더 논의한다.

## 2.6 이행 접근법(운영 및 조직적 측면 포함)

### 2.6.1 일반적 고려사항

수자원 UIP 는 단기, 중기, 장기의 3 단계로 이행되어야 한다. 각 단계의 기간은 세계기상위원회가 사실상 설정한 것으로 2015 년과 이후 4 년 단위로 연장된다. 이렇게 기간을 나눔으로써 기대 성과를 달성하기 위한 활동들을 계속해서 집중적으로 이행할 수 있을 것이다. 표 2.2 는 단계별로 제안된 이행 활동을 제시한다. 이들 활동의 규모는 전 세계(Global, G), 지역(Regional, R), 및 국가(National, N) 차원으로 나눌 수 있다.

표 2.2 단계별 이행 활동 제안

제 1 단계 2013-2015	제 2 단계 2015-2019	제 3 단계 2019-2023
2년 목표 및 활동 유형	6년 목표 및 활동 유형	10년 목표 및 활동 유형
제도적 메커니즘/사무국 설치	제도적 메커니즘 유지 및 개선	제도적 메커니즘의 유지 및 지속가능성 강화
업무 계획 설정	좀 더 정교한 기술 지침 & 교육 커리큘럼 개발	기존 프로젝트 유지를 위한 기술 및 운영적 지원
웹사이트& 커뮤니케이션 전략 설정		
착수단계 기술 지침 개발	새로운 프로젝트 및 절차 확인	기술 지침 & 교육 커리큘럼의 광범위한 사용 유도
기후 및 수자원 관련 기존의 프로젝트 통합	기존의 프로젝트 확대 및 유지	성과 및 교훈 검토
수자원 분야의 인식 제고 및 파트너십 구축		수자원에 대한 기후서비스의 지속가능성 확보 및 주류화

GFCS의 네 가지 주요 핵심요소(농업, 재난, 수자원, 보건)에 대해 각각 중앙 집중된 전 세계 차원의 사용자 인터페이스 플랫폼이 존재하기 때문에 수자원에 특별히 초점을 맞추고 기후서비스와 수자원 간 연계를 국제적 차원에서 다룰 수 있는 부서를 GFCS 사무국에 설치할 필요가 있을 것이다. 해당 부서는 관료체계를 간소화하는 데 기여할 수 있을 것이지만 GFCS에 대한 적절히 참여하는지 확인해야 할 것이다. UIP에는 Water UIP 활동의 이행을 지원하고 감독하는 조정 역할이 포함되며 이를 통해 관련 파트너들을 한데 모으고 수자원 분야와 관련하여 본 체제의 활동 성과에 필요한 요건을 유지할 수 있도록 할 수 있다. UIP 내 수자원 분야에 대한 조정 그룹(사실상 사무국)을 선정하는 것은 정부간 기후서비스 위원회(Intergovernmental Board on Climate Services)가 숙고할 사항이지만 선정 과정에서는 UN-Water 직원 대표를 포함해야 한다.

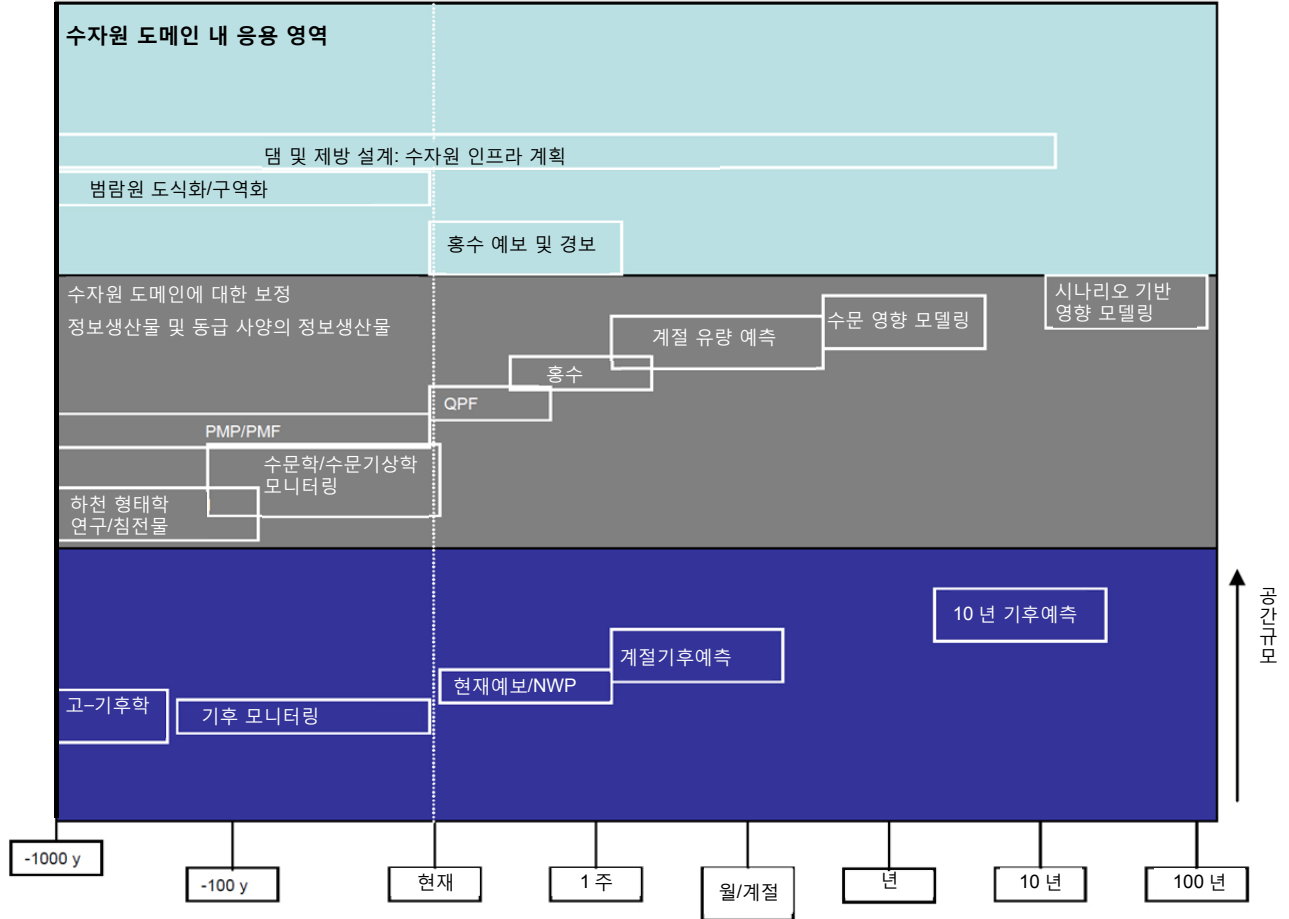
1 단계에서 이행활동이 GFCS UIP 및 관련 대표 기구와 광범위한 수준에서 중앙 집중화될 것이지만 제 2 단계 및 3 단계에서는 이행활동이 지역 및 국가적으로 구체화될 것이다. 패스트트랙(fast-track) 접근법이 필요한 상황도 있을 수도 있지만 이행 타임프레임을 연장할 필요가 있는 경우도 있을 것이다. 각 이행활동에 대한 목표가 다르기 때문에 이에 맞추어 이행 과정을 단축하는 혹은 연장하는 접근법을 적용하는 것이다. 여기서는 프로그램 역량 및 재정 상황 관련 제약이 일부 영향을 줄 수 있지만 '교훈'에 기반하여 지난 우수사례를 재현할 수 있도록 경험을 제공할 일부 시범 사업을 미리 추진하여 이익을 꾀할 수 있다.

모든 인터페이스에서는 기후서비스 강화를 위한 다음과 같은 중점사항을 고려한다.

- 모형 개발 및 실무적 예측을 위한 이용을 지원할 수 있도록 기후 관측 사용을 개선할 수 있는 전반적 프로세스
- 기후서비스의 개발 및 개선을 지원하는 데 있어 국가 및 국제 연구 프로그램의 역할
- 기후서비스의 이행에 있어 여러 지역, 국가 및 기관의 다양한 경험

### 2.6.2 수자원 관리에 대한 시간 척도의 적합성

UIP 부속서(p. 32)의 그림 4는 '특정 기후민감성 의사결정을 위한 시간 척도'이다. 본 그림에서는 기후 모니터링을 통한 여러 산출값의 시간 척도/예측 리드타임 및 매끄러운 진행과정을 나타낸다. 아래는 해당 그림을 일부 조정하여 나타낸 것으로 수자원 분야를 위한 정보 산출 및 응용 영역 관련 사항들을 시간에 따라 제시한다.



### 2.6.3 시범사업 접근법

지역적으로 혹은 국가 내 소그룹에서 시범사업을 추진해야 하는 경우가 있는데 이때 시범사업은 기타 유사 사례를 위한 하나의 템플릿으로 기능할 수 있을 것이다. 시범 사업의 일부 중점 주제로는 다음을 들 수 있다.

- 위험 및 영향, 변동성 및 변화 측면에서 기후가 수자원에 미치는 영향 관련 공식 정보에 대한 사회적 요구 파악
- 모델 평가 및 초기값 설정을 위한 관측 데이터의 수집, 가공 및 공유를 위한 역량 개발
- 모델 및 관측 결과를 분석하고 해석하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 역량의 개발
- 확률적 방식에서 불확실성을 이해하고 정량화(정보를 배포한 후 최종 영향이 크다는 사실을 인식하는 것 포함)
- 기후 정보생산물 및 서비스의 창출 등 연구 단계를 실무 단계로 명료히 전환
- 사용자 커뮤니티의 피드백을 적극 수집하고 피드백을 바탕으로 연구 우선과제를 구체화
- 전 세계, 지역 및 지역 차원에서 의사결정을 위한 사용자 니즈를 충족시킬 수 있도록 정보를 제공하고 활용하는 자원 및 능력 개선

## 2.6.4 지역 및 국가적 차원의 이행에 집중

GFCS-HLT의 권고사항에 따르면 UIP의 모든 주요 핵심요소(농업, 수자원, 재난, 보건)에서 기후서비스를 적극 적용할 수 있다. 초반에는 다음과 같은 일련의 주제를 다루는 워크숍부터 먼저 시작할 수 있을 것이다.

- *커뮤니케이션 전략*. 이해관계자, 의사결정자, 일반 대중 및 언론을 대상으로 각각의 관심사와 관련성이 높은 맞춤형의 기후정보(불확실성의 정도 포함)를 효율적으로 소통하기 위한 전략 개발
- *소유 의식*. 정보 산물을 각 지역의 언어로 번역하는 것을 포함하여 대중 및 사용자가 소유 의식을 갖도록 하는 것은 정보 사용의 효율성을 높이는 데 있어서 중요한 사항이다.
- *역량 구축*. 서비스의 지속가능성을 확보하기 위하여 역량을 구축하고 국가 내 효율적 교육을 추진하는 것은 중요하며 이에 투입될 수 있는 자금 출처를 모색해야 할 것이다. 해당 자금은 유동적으로 사용할 수 있어야 하며 특정 사용 목적으로만 제한해서는 안 될 것이다. 즉 '거버넌스 개선' 등과 같은 포괄적 범주에서 적절한 도구(예: 수치 모형)를 개발하고 이러한 도구를 개발하는 데 필요한 충분한 인력을 지원할 수 있도록 하는 데 해당 자금을 두루 사용할 수 있어야 한다.
- *국가 활동*. 수자원 분야에 대한 기후의 개입 및 영향과 관련하여 우선적으로 파악해야 할 영역에 대한 국가 차원의 정보를 개발해야 한다. 또한 국가 기후변화 적응 전략을 준비하는 데 있어 효율적인 대화를 주선함으로써 사용자가 무엇을 요구하는지를 간파하고 이러한 사용자 요구와 기후정보 간 매칭(matching) 역량을 강화할 수 있도록 해야 할 것이다.
- *지역 기후서비스*. 지역 기후서비스는 사회 및 경제적 복원력을 강화하고 많은 기후 민감성 분야(수자원 및 관련 재난 위험 관리 포함)의 의사결정을 지원하는 데 중요하다.
- *사회경제 개발에서 기후요소 고려*. 기후정보는 사회경제 개발에서 매우 핵심적인 요소이다. 따라서 수자원 분야 내 이해관계자 및 주요 행위자는 기후 정보의 잠재력을 온전히 이해하고 사용할 수 있도록 지속적으로 노력해야 한다.
- *통합*. 전지구기후예측센터(Global Climate Prediction Centres, GCPCs) 간 연결고리 강화
- *지역기후센터(RCC)*. 지역 및 국가 차원에서 지역기후센터는 기후 정보 산물을 최대한 효율적으로 사용해야 한다. 또한 국가적 차원에서도 기후정보를 더욱 적절히 사용할 수 있도록 기후정보의 지역적 조정 방안을 모색하고 검토해야 한다. GCPC, RCC 및 국가기후센터(National Climate Centre, NCC)에서 제공하는 정보를 좀 더 적절히 조정하는 데 있어 지난 경험을 바탕으로 한 관련 교훈을 적용해야 한다.

## 2.7 활동 이행 사항에 대한 모니터링 및 평가(모니터링 성과 포함)

활동 이행의 추진과정 및 성과를 모니터링하고 평가하는 데 있어서 다음과 같은 사항을 권고하는 바이다:

1. Water UIP를 전달하기 위해 추진하는 여러 프로그램 및 프로젝트 수준에서 1차적으로 모니터링 및 평가를 수행한다. 특정 수자원 분야의 니즈에 대해 달성한 성과 및 그 가치에 빚대어 각 프로젝트의 목표를 평가해야 한다. 또한 프로젝트 일부로서 실무에 대한 기술 감사를 수행하는 것이 적절한 접근법이다.
2. 새롭게 개입이 필요한 부분을 파악하고 적절한 성과지표를 개발할 수 있도록 모니터링 및 평가에 대한 기준을 설정한다. 여기서 성과지표의 경우 정보생산물의 전달 일관성, 속도 및 품질과 더불어 비용-피해-이익 통계 등과 같은 경제적 대책에 적용될 수 있다.
3. 기상청과 수자원청(세계기상위원회 및 UN-Water 그룹 포함)과 더불어 이와 유사한 지역 및 국가 차원의 기구에 대한 기존의 거버넌스 메커니즘에 GFCS의 전달 관련 보고를 통합시킨다.

지역 및 국가 차원에서도 이와 유사한 모니터링 및 평가 메커니즘을 설정함으로써 프로젝트가 적절히 진행되고 있는지 확인해야 한다. 6개의 WMO 지역 연합(Regional Associations, RAs)은 자체 정기 회의 및 관리 계획 일부로서 프로젝트 진척사항에 대한 적절한 수준의 지역 단위 조사를 수행할 수 있을 것이다.



국가적 차원에서 모니터링 및 평가를 위한 기관을 설치할 필요가 있다. 해당 기관은 사례별로 정부 부처의 참여 사항과 특정 초점 분야 등에 대한 모니터링 및 평가를 진행한다. 모니터링과 평가 절차에는 최소 다음과 같은 대상이 포함되어야 한다.

- 기술 분야 관계자 및 정부 부처의 고위급 관계자
- 중앙 정부 재정 부처 및 국제 지원 관리 부처
- 관련 대학교 및 연구 기관
- 관련 UN 기관의 국가 대표자

아래의 '제 3.3 절 – 검토 메커니즘' 또한 참고한다.

## 2.8 활동의 이행 과정 중 나타날 수 있는 위험 관리

충분한 시간적 여유 및 인력을 포함한 자원이 갖추어져 있다고 가정했을 때, GFCS의 수자원 인터페이스를 효율적으로 개발하는 데 있어 나타날 수 있는 위험은 모두 관리가능 대상이다. 이러한 위험 사항에는 일반적으로 다음과 같은 것들이 포함된다:

- 기후센터 정보 불충분, 과학적 제약 및/혹은 정보 및 서비스에 대한 소통 부족으로 인해 정밀성 및 정확도가 높은 정보와 서비스에 대한 사용자의 기대치를 충족하지 못할 수 있다.
- 특정 활동을 진행하는 데 있어 적절한 인력이 배치되지 못하고 이에 따라 애초 계획한 협력 및 조정 사항이 이루어지지 못할 수 있다.
- 필요한 정보의 모든 요건을 제시하는 데 있어 파트너들의 협력이 있는 것은 아니다.
- 데이터 수집에 대한 '원가 회수(cost recovery)'의 문제로 인해 이상적인 수준으로 데이터 및 정보의 전달을 확대하지 못한다.
- 수자원 분야의 정보 수혜자가 개선된 QPF 예보를 바탕으로 홍수 경보를 더욱 시기적절하고 정확한 방식에서 전달하는 등 향후 발전에 대하여 높아진 고객/최종 사용자의 기대를 충족할 수 있는 역량을 충분히 갖추지 못한다.

위에서 언급한 위험 관련 요소들의 대다수는 정부 내 최상위 단계에서 명료하고 단호한 리더십을 갖추므로써 다룰 수 있는데 부처 수준 혹은 분야 수준에서 관료체제에 내재하는 수동적 태도로 인해 위험이 기인하는 경우가 많기 때문이다. 또한 여러 국가에 걸쳐 다양하게 나타나는 민간과 공공 분야 간 상호작용 체제가 적절히 갖추어졌는지도 위험에 큰 영향을 줄 수 있다. 대다수의 경우 민간 분야의 정부 기관에서 어떠한 서비스를 제공하는지 잘 알지 못하거나 정부 기관의 정보가 자신의 실무에 있어서 어떠한 가치(즉, 교통 물류, 농업 마케팅, 사용자 수요 등에 대한 관련 기후 및 기상 정보의 가치)를 가져올 수 있는지 사실상 인식하지 못하고 있다.

두 가지 주요 위험은 수자원 UIP 업무 계획의 이행에 관한 것이다. 첫째로 국가 수자원 관리 커뮤니티가 유효한 수준에서 상당량의 기후정보를 구입하거나 소유하지 않을 경우 수자원 분야에 기후서비스를 적용하려는 파트너십 및 활동은 무의미한 정도에 머무를 것이며 기후서비스는 수자원 분야에 실질적으로 응용되지 못할 것이다. 따라서 커뮤니케이션을 강화하여 기후서비스의 이해를 높이고 구입을 장려할 뿐만 아니라 본 체제 내 수자원 참여에 대한 필수조건의 타당성을 높이는 것이 우선과제이다. 둘째로 국제적, 지역적 및 국가적 차원에서 수자원 분야의 참여를 위한 재정 자원을 동원 및 유지하지 못할 경우 모든 관련 프로젝트 등을 이행하는 것이 불가능할 것이다. 본 체제의 사무국 및 UIP에 대한 수자원 사무국은 파트너 및 사무국 차원의 실무를 위한 자금을 모색하고 증대하며 유지하는 데 적극적 노력을 기울일 필요가 있다. 실무 선에서 제안된 활동뿐만 아니라 수자원 성과와 관련된 활발한 M&E 또한 기후서비스가 수자원 분야를 핵심적으로 지원하고 수자원 서비스 전달 및 비상 관리의 모든 측면을 위한 추가적 자원을 증대시키는 하나의 수단이 될 수 있도록 하는 데 기여할 수 있다.

### 3 이행가능성을 높이기 위한 메커니즘

#### 3.1 기존 활동과의 시너지

제 1.4 절(및 부록 II)에서는 WMO 내부적으로 그리고 WMO 와 기타 UN 의 수자원 집중 이니셔티브 간에 기후-수자원 활동을 위한 인터페이스를 유도할 다수의 주요 사업들을 목록으로 제시한다. 여기서 중요하게 고려할 것은 GFCS 의 수자원 인터페이스가 기존의 사업들 간 중복이 아닌 시너지를 기반으로 구축되어야 한다는 것이다. 기관 간 프로그램인 APFM 과 IDMP 를 적용하는 방안은 제 2.2.1 절에서 구체적으로 제안한다. GFCS-HLT 보고서(참고문헌 14) 및 사용자 인터페이스 플랫폼에 대한 기간관 자문 회의 보고서(참고문헌 15)의 내용을 볼 때 2009 년 WCC-3 에 대한 후속 조치에서 관련 활동이 이미 상당수 착수되고 있다는 점을 분명히 알 수 있다.

제 2.2 절(및 부속서 III)에서는 광범위한 수준에서 수자원 UIP 가 수자원 및 기후 파트너를 한데 모으는 데 기여하기 위한 시작점으로서 기존의 파트너십, 기관, 프로젝트 및 메커니즘을 개략적으로 제시하고 있다. 비록 기존 제도들의 다수는 개발 도상국의 맥락과 동떨어진 것이지만, 이들 파트너들은 모두 국제적으로 활동하거나 역량 개발, 기술 이전 및 협력을 위한 하나의 자원 기반으로서 역할을 할 수 있을 것이다.

또한 WMO 와 연계된 다음과 같은 지역 전문가 센터가 존재한다.

- 지역 특수 기상 센터 (Regional Specialized Meteorological Centre, RSMC)
- 열대 사이클론 경보 센터(Tropical Cyclone Warning Centres, TCWC)
- 가뭄 모니터링 센터(Drought Monitoring Centres, DMC)

또한 지역 차원에서 혹은 개별 국가 차원에서 각 그룹별로 역할을 할 수 있는 기타 지역 및 전문가 센터가 존재한다:

- 세계물순환관측시스템(World Hydrological Cycle Observing System, WHYCOS) 센터
- AGRHYMET 지역 센터, 니아메(사헬 국가)
- 아프리카 기상개발 센터(African Centre for Meteorological Development, ACMAD)
- 메콩강 위원회, 캄보디아 프놈펜 및 라오스 비엔티안(캄보디아, 라오스, 태국, 베트남)
- 국제통합산맥개발센터(International Centre for Integrate Mountain Development, ICIMOD)
- 힌두쿠시 산맥 카트만두 – 히말라야 지역

위에서 언급한 모든 기관 및 기타 많은 기관과 반드시 개발해야 할 중요한 시너지가 있지만 너무 많은 이해 당사자들이 개입할 경우 수자원 UIP 의 본래 취지가 희석될 수 있다는 점을 주의해야 한다. 효율적으로 수자원 UIP 를 개발하기 위해서는 산발적으로 존재하는 자원들이 어떻게 사용되고 있는지 그리고 향후 어떠한 조정 작업이 필요할 것인지를 명확히 파악해야 한다. 필요한 시너지 및 연결고리로는 다음을 반드시 고려한다.

- a) 기후 민감성 수자원 영향의 관리에 직접적인 관련이 있는가
- b) 기존 수자원 우선과제, 목표 및 기술적 아젠다의 성과를 실질적으로 강화하고 개선할 수 있는가
- c) 수자원 분야의 운영 메커니즘과 명확한 연계성이 있는가

#### 3.2 국가, 지역 및 국제적 파트너십 구축

WCC-3 의 결론에서는 박스 3.1 에 요약된 수단을 이용하여 GFCS 의 필수 요소를 상당 수준 강화해야 한다고

촉구하였다. 여기서 제시된 여러 쟁점들은 국가, 지역 및 국제적 차원에서 수자원 인터페이스의 개발을 가능케 하는 메커니즘의 기반이 될 것이다.

### 박스 3.1 기후서비스를 위한 개발 체제의 핵심 요소

아래의 항목들은 GFRC 프로그램의 구성요소를 반영하는 사항으로 수자원 분야 니즈에 반드시 맞출 필요는 없다.

- 수자원 사용자를 대상으로 기후데이터 접근 및 공급이 가능하도록 하고 정보를 공유한다(N.B. 데이터의 경우 상품 혹은 서비스로서 구입하는 것으로 자유롭게 이용할 수 있도록 하고 국가 혹은 상업적으로 민감한 문제가 있을 경우에만 제한해야 한다).
- 국가 자체적으로 그리고 지역 및 국제적 서비스와 연계를 통해 충분한 컴퓨팅 자원(computing resources)을 공급 및 설정한다.
- 관련 전 지구적 기후 연구 이니셔티브와 상호교류를 장려한다.
- 외부에 존재하는 선진적인 국가 및 국제 기후서비스를 활용하여 기후서비스 정보 시스템을 공급한다.
- 적응 활동을 지원하고 영향력과 커뮤니케이션을 강화하기 위한 목적의 수자원 분야 중심 정보 등 정보 생산물을 전달한다.
- 모든 수준에서 적응 활동 지원 등 기후정보 산물을 개발하여 효율적으로 사용할 수 있도록 기후서비스 공급자와 사용자 간 연결고리를 구축하고 정보를 통합하는 데 초점을 맞춘 기후 사용자 인터페이스 메커니즘을 활용한다.
- 교육, 훈련 및 전문성 개발을 통한 역량 개발 프로그램을 효율적으로 추진하고 지속한다.

위의 모든 항목에서는 향후 투자 정책 계획에 따라 자본 및 반복 지출을 위한 충분하고 안정적이며 일관적인 자금 지원이 필요하다.

기상, 기후, 수자원 및 관련 환경 정보, 예보 및 경보 등을 공급하고 응용하는 데 있어 이미 존재하는 확실한 국제 기구를 과학적 및 실무적 측면에서 GFCS가 강화하고 보완해야 한다는 것 또한 WCC-3의 결론이었다. 본 체제는 WMO 및 기타 UN 시스템 파트너 기구가 공동 후원하는 기존의 기후 관측 및 연구 관련 국제 시스템과 프로그램을 기반으로 함과 동시에 통합시켜야 할 것이다. ICSU, WMO 및 사용자 분야 기관들은 여러 분야 및 지역 내 기후 정보 산물의 마련과 사용에 대한 실질적 지침을 개발하는 데 있어서 협력을 강화해야 함을 말한다.

사무국이 기능상 견고하고 원활한 소통이 가능할 수 있도록 하며 충분한 재정 자원을 확보하는 능력은 매우 중요하다. 또한 UIP 워크플랜에서는 파트너가 참여를 통해 기대할 수 있는 구체적인 인센티브, 기회 및 장점을 반드시 제시해야 한다.

많은 국가와 지역에서 수자원 분야와 관련된 기후서비스 협력 사례를 찾을 수 있다. 박스 3.2와 3.3에서는 아직 기후서비스가 존재하지 않거나 기후서비스의 수준 개선이 필요한 경우 서비스를 개발하는 데 유용하게 참고할 수 있는 사례 연구를 간략히 소개한다.

### 박스 3.2. 유량 예측 서비스 - 호주

호주에서는 유량(streamflow) 변동이 매우 심하기 때문에 국가 전체적으로 관계자, 도시 및 농촌 상수도 당국, 환경 관리자 및 수력발전소 등과 같은 다양한 수자원 관리자에게 유량 예측은 상당히 중요한 사안이다. 단기 및 계절적 유량 예측과 장기적 수자원 가용성 예측 관련 정보는 잠재적으로 이들 수자원 관리자와 사용자들이 수자원 사용 계획, 운용 및 관리를 개선하고 수자원 할당, 환경 유량 관리와 수자원 거래에 대한 의사 결정에 확신을 가지며 수자원 정책 개발을 지원하여 수자원 공급을 확보하는 데 도움을 줄 수 있다.

현재 운용되고 있는 계절 유량 예측 서비스(Seasonal Streamflow Forecasting Service)는 2010년 12월에 호주 기상국이 공식 개시한 것으로서 뉴사우스웨일스 및 빅토리아 주의 일부를 대상으로 한다. 매달 호주 기상국은 특정 부지의 총 유량 혹은 수자원 저장 부지의 총 유입유량(inflow)에 대해 3개월 전망 결과를 게시한다. 이러한 예측 정보는 온라인([www.bom.gov.au/water/ssf](http://www.bom.gov.au/water/ssf))에서 무료로 사용할 수 있으며 대상 부지는 16개 하천 유역의 36개 사이트이다. 계절 예측팀(Seasonal Prediction Unit, SPU)의 직원들과 기상국의 커뮤니케이션 및 채택팀(Communication and Adoption Team, CATs)은 이해관계자 참여 및 사용자 목적에 맞춘 정보 제공 등의 업무를 수행한다.

계절 유량 예측의 경우 수년에 걸쳐 지역 기관 및 기타 기관이 수집한 유량 데이터뿐만 아니라 기상국 및 국제 기관(예: 미국해양대기관리처)이 제공하는 기후정보에 높은 의존도를 보인다. 계절 예측에 사용하는 기후 지표의 대다수는 기상국이 원시 데이터(raw data)를 지오-프로세싱(geo-processing) 모형에 적용하여 얻은 것이다. 외부 출처에서 얻은 대다수의 데이터는 공공 웹사이트에서 다운로드 한 것이므로 적절한 포맷으로 변환한다.

계절 유량 예측 서비스를 지원하기 위해서 새로운 모델링 시스템인 WAFARi(호주 하천의 수자원 가용성 예측 시스템)를 개발하였다. 기상국 서비스 팀은 외부 이해관계자와 수차례 연락 주고 받으면서 서비스에 필요한 핵심 사항은 무엇인지 확인하고 관련 조치를 취하였다. WAFARi는 하나의 운용 시스템으로서 중앙 데이터베이스 내 데이터 관리에서부터 웹 게시에 이르기까지 많은 도구를 갖추고 있다.

기후서비스와 관련하여 국가별로 필요한 사항은 각기 다를 것이지만 공통적으로 필요한 것이 무엇인지를 찾아야 하며 지역적 맥락에서 특히 주요 하천 유역을 공유하는 이웃 국가 간 교집합을 확인하는 것이 중요하다.

수자원 분야에 응용하기 위하여 기후서비스를 개발할 때에는 장소와 시기를 불문하고 다음과 같은 주제를 중요하게 고려한다.

- **데이터 통합.** 주요 기후 변수들을 정확히 측정하며 수십 년간 유지/관리되어 지역 및 국제 차원의 경향 및 변동 사항을 견고히 산정하는 공간 기반 및 지상 기반 관측 시스템의 통합(즉, 연구를 실제 운용, 서비스 및 전달에 연계)
- **컴퓨팅 및 통신 역량을 상당 수준 강화.** 관측 데이터에서 고품질의 정보 산물을 얻고 시기적절한 방식에서 네트워크 내 매끄러운 정보의 흐름을 확보할 수 있도록 컴퓨팅 및 통신 시스템을 상당수준 강화할 필요가 있다.
- **국제적으로 이용 가능한 예측 산물(forecasting product)의 접근가능성 제고.** 현재 기상 위성 데이터를 국제적으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 전지구 및 지역 규모에서 모델 예측 산출값이 다수 제공되고 있다. 이들 데이터는 인터넷을 통해 자유롭게 사용할 수 있지만 NMS는 각자의 예보 프로세스에 해당 데이터를 통합할 필요가 있다. 또한 모델 산출값을 데이터 입력값으로 확보하고 국지모형(Local Area

Model, LAM)을 정기적으로 운용해야 할 것이다.

- **역량 개발.** 특히 개발도상국 지역의 경우, 1) 모형의 개발, 사용 및 이해, 2) 관련 정보생산물의 생산, 3) 수요 중심의 양단간(end-to-end) 관측 네트워크 운용 및 유지, 4) 예보 및 예측 서비스에 있어서 역량을 개발하는 것이 핵심이다. 주요 메커니즘 및 파트너로는 대학교 등의 국가 지식 허브와 지역 및 국제 파트너를 들 수 있다.

### 박스 3.3. 북미가뭄모니터(North American Drought Monitor, NADM) 및 유럽가뭄센터(European Drought Centre, EDC)

NADM은 미국, 캐나다 및 멕시코가 공동으로 마련한 대륙 가뭄 모니터링 협력 시스템으로서 참여 국가 내 사용자의 이익을 위한 것이다. 과거에는 가뭄이 발생하고 나서 이에 반응하는 방식으로 대응하였지만 이제는 가뭄을 예상하여 사람들이 이에 대비할 수 있도록 하고 좀 더 선제적이고 비용 효율적인 방식에서 관련 조치를 취할 수 있도록 하는 사업 및 프로그램을 개발하고 있다.

1990년 미국 가뭄모니터(Drought Monitor)를 기반으로 개발되었으며 2002-2005년 사이 시험 단계를 거친 NADM은 현재 미 대륙에 대한 극한기후현상(예: 폭염과 한파, 가뭄 및 홍수와 대형 폭풍)의 모니터링 및 평가 개선을 위해 일련의 정보생산물을 제공하는 하나의 시스템으로 자리매김하였다. 참여 국가들은 자국 내 일반 운용 업무의 일환으로서 시간과 인력을 NADM 활동에 투자함으로써, NADM 활동을 위한 추가적인 예산이나 특별 배정 기금이 필요하지 않도록 하였다.

각 참여국(미국, 캐나다 및 멕시코)에서 가뭄 기술 방식은 세 국가 내 전문가가 독립적으로 판단하며 매달 게시한다. NADM 정보는 전용 웹사이트(<http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/drought/nadm/>)과 NIDIS 가뭄 포털(<http://www.drought.gov/portal/server.pt/community/nadm>)에서 무료로 사용할 수 있다. NADM 지도와 서술 문구는 세 국가의 언어로 제공된다(영어, 프랑스어, 스페인어). 미 대륙에 대한 가뭄 지표(drought indicators) 또한 지도 형식 및 ASCII 데이터 파일로 웹사이트에서 사용할 수 있다.

유럽가뭄센터(EDC)는 FRIEND 프로그램의 체제에 따라 UNESCO가 2004년에 설립한 것이다. EDC는 유럽 가뭄 연구 및 관리 기관들의 가상 센터로서 과학자와 사용자 커뮤니티 간 협력 강화 및 역량 구축의 목표를 지닌다. 본 센터의 장기적 목표는 사회, 경제 및 환경에 대한 가뭄의 영향을 완화하기 위해 범유럽 협력을 강화하는 것이다. EDC는 학계 내 가뭄 연구에 대한 과학적 발전을 의도하고 토론하는 하나의 플랫폼으로서 기능할 뿐만 아니라 가뭄 연구, 정책 및 실무 관리 분야의 여러 전문가들 간 만남의 장소로서도 중요한 역할을 하고 있다.

수자원 관리 분야에서는 광범위한 수준에서 다양한 이해관계자가 존재한다. 이에는 국가기상수문기관(Meteorological and Hydrological Services, NMHSs), 상수도 관리자, 관개자, 농업종사자, 수력 발전사, 국가, 주 및 지역 정부 단체, 일반 대중 등 많은 이들이 포함된다. 따라서 이들 간 개입 및 상호협력 메커니즘 또한 상당히 다양하게 존재할 것이며(고위급 각료간 위원회에서부터 지역 회의까지), 언론을 이용하여 인식을 제고하고 관련 정보를 배포하는 것 또한 중요하다. 이해관계자와의 협력 관련 진전사항에 대한 정보를 소통하는 것은 성공적 결과를 유도하는 데 있어서 도움이 될 것이다.

### 박스 3.4 G-WADI 및 G-WADI 지오-서버(Geo-server) 개발

UNESCO는 건조지 대한 수자원 정보 시스템을 개시하였다: 전지구 네트워크(Global Network, G-WADI)라 부르는 본 시스템은 건조지역 및 반건조지역의 수자원 관리를 위한 전 지구적 역량을 강화하고자 개발된 것이다. G-WADI의 프레임워크 내에서 어바인 캘리포니아 대학교의 수문학 및 원격탐사 센터(Centre for Hydrometeorology and Remote Sensing, CHRS)는 수문학자들이 고해상도 강수 예측값을 실시간 및 준 실시간으로 이용할 수 있도록 다수의 온라인 데이터 접근 도구 및 시각화 도구를 개발하였다. 여기서는 국가의 니즈를 반영하여 국가, 행정 단위 및 여러 규모의 수역 별로 쉽게 데이터를 검토하고 분류할 수 있도록 맞춤형 정보를 제공한다. CHRS는 높은 공간해상도 및 시간해상도의 전지구 강수 위성예측 정보를 제공한다. 해당 정보는 특히 지상 관측 네트워크가 부족한 지역의 경계 밖 하천 및 수역에서 중요하게 사용될 수 있으며 강우 모니터링 입력값으로 활용할 수 있을 것이다. 본 웹사이트는 홍수 예보 및 경보와 더불어 가뭄 모니터링을 개선할 수 있도록 수자원 관리자를 위한 응용 프로그램 및 도구를 포함하고 있다. 전지구 고해상도 강우 서버의 기능을 설명하는 교육 비디오는 유튜브에서 확인할 수 있다.

<http://www.gwadi.org/>

<http://hydis.eng.uci.edu/gwadi/>

### 3.3 관련 메커니즘

기후 및 수자원 UIP 관련 전반적 니즈는 수자원 기술 위원회(Technical Committee for Water)가 관리해야 한다. 수자원 기술 위원회는 UIP 관리 위원회의 하위 위원회로서 설치된 것이다. 본 수자원 UIP 위원회는 진전사항을 검토하고 니즈 및 이슈를 보고하며 회원들에 관련 변화 및 기회를 공지하는 역할을 지닐 것이다.

거버넌스의 측면에서 수자원 UIP 위원회는 다음의 항목에 대한 책임을 지닌다.

1. 예보의 관련성 및 질을 개선하고 경보의 효율성을 높이며 기후-수자원 간 연계성 관련 공공의 인식을 높이는 등 수자원 분야의 성과를 반영한 수자원 UIP 대상 결과 기반 모니터링 및 평가 체제를 설정한다.
2. 여러 이행사항의 진척사항 및 성과를 측정할 지표를 개발 및 적용한다. 이들 지표는 APFM을 대상으로 개발되고 있으며 실제 이행사항에 기반한 지표를 찾도록 권고한다.
3. 기존 기상 기관 및 수자원 관리 기관(세계기상위원회 및 UN-Water와 지역 및 국가 차원에서 이에 상응하는 기관 포함)의 거버넌스 체제에 GFCS의 전달 관련 보고(reporting)를 통합한다.
4. WMO 및/혹은 UN의 표준 기준을 준수하는 재정 보고 및 감사 절차를 채택한다.

어떠한 목표를 지니는지에 상관없이 모든 검토 메커니즘에서는 WCC-3에서 권고하고 박스 3.1에 요약된 바와 같이 GFCS의 필수 요소를 집중 강화하는 데 초점을 맞추어야 한다.

### 3.4 커뮤니케이션 전략

커뮤니케이션은 수자원 분야 및 현재 사용가능한 기후서비스의 활용, 이해 및 파트너십을 최대화하는 데 있어서 필수적으로 고려해야 할 분야다. 수자원 UIP의 우선과제 활동인 커뮤니케이션에서는 다음과 같이 수자원 및 기후 파트너를 지원하기 위한 세 가지 원칙적 활동을 강조한다.:

1. 커뮤니케이션을 통해 수자원 및 기후 파트너가 수자원 UIP 에 더욱 적극적으로 참여하고 수자원 UIP 에 대한 수요를 높일 수 있도록 지원한다. 커뮤니케이션 주제로는 수자원에 대한 기후 위험, 수자원 정책에 사용할 수 있는 기후 서비스 및 그 이익, 수자원 분야 내 운영 및 서비스 등이 포함된다.
2. 기후 및 수자원 업무를 지원하고 이행하기 위한 적극적인 실무 커뮤니티 및 파트너와 전문가 네트워크를 구축, 유지, 증진한다.
3. 수자원 분야간 기후 파트너간 대화 및 파트너십을 장려하고 지원함으로써 두 분야 간 신뢰를 구축하고 성과를 높이는 데 기여한다.

## 4 자원 동원

수자원 UIP 를 성공적으로 이행하기 위해서는, 해당 사업의 이익(위의 3.4 절 참고)에 대해 효율적으로 소통하고, 기존의 혹은 새로운 자원과 파트너십을 최대화하는 것이 매우 중요하다. 일반 및 특정 기후서비스를 체계적으로 전달하고 활용할 수 있도록 하기 위해서는 인력과 물자 동원이 필요하다. 현재 많은 경우, 수자원 분야에 기후서비스를 공급을 조정하는 데 필요한 인력 및 물자가 상당히 부족하다. 그러나 이러한 조정 사항을 개선하고 많은 국가 및 모든 사회 분야에서 이익을 꾀할 수 있도록 기후서비스의 품질 및 활용성을 높이는 데 있어 아직 상당 수준 개발하지 못한 잠재력이 광범위하게 존재한다.

아래에서 논의하는 세 가지 수준 모두에서 본 체제의 리더십을 바탕으로 자금원 출처에 대한 분야간 대화를 촉진해야 한다. 특히 개발은행과의 대화를 통해 ‘기후 영향 및 위험으로부터 수자원 분야 기능을 지원하고 보호’하는 데 사용할 수 있는 자원을 전체론적 관점에서 모색해야 한다.

### 4.1 국가 차원

국가 차원에서 정부 기관, 민간 분야, 협회, 다자 및 양자 간 자금 지원 메커니즘뿐만 아니라 국제기관은 잠재적인 자금 출처원이다. 국가적으로 기후-수자원 바탕 위험(예: 홍수, 가뭄, 인프라 피해 및 인명 손실)을 촉발시키는 ‘발화점(flash points)’이 무엇인지 파악하고 이를 중심으로 자원 동원이 이루어질 필요가 있다. 또한 좀 더 일반적으로 프로그램 지원을 위한 하나의 채널로서의 관련 개발 목표가 존재하는 데 특히 상수도 및 위생시설, 재난 대비 및 고차원적 이니셔티브(예: 밀레니엄 개발 목표)와의 연계 등과 같은 중점 분야 개발 목표를 고려할 수 있다. 국가적 차원에서 맞춤형의 사용자 중심 기후 서비스를 개발하는 데 국가의 역량을 강화시키기 위한 하나의 디딤돌로서 기존 활동의 효율성을 높이는 데도 자원을 동원할 필요가 있을 것이다.

기후-수자원 UIP 를 우리가 이행해야 하는 기본적 이유는 두 분야 간 상호교류를 촉진하는 데 있다. 과거 국가 기상청과 수문청은 양 부처간 협력에 미온적이었으며 특히 대중 정보, 예보 및 경보 등과 같이 UIP 진화를 위한 일부 주요 추진요인이 될 목표인 각자 다른 유형의 ‘영향 제고’에 있어서는 특히 서로 간 개입하지 않았다. 기상청과 수문청 간 인력과 역량을 상호 동원 및 확장시키고 업무 및 서비스 범위를 교류 확장하는 것은 엄격한 직원채용 확립 구조와 조직 수준 관련 제약점이 있는 경우뿐만 아니라 부처 예산 및 직원 급여 구조에 있어 중앙화된 지불 시스템 관련 제약점이 있는 경우 정부 공무에 있어서 상당한 문제가 될 수가 있을 것이다.

### 4.2 지역 차원

지역 차원에서 지역개발은행, 지역 기관, 다자간-국가(월경(越境)성) 하천유역 기관 거래 그룹 등은 잠재적 자금 출처가 될 수 있다.

국가의 ‘발화점’의 경우 지역별로 특히 집중하는 분야들이 있다. 예를 들어, RA I (아프리카) 및 RA II (아시아)의 일부 지역에서는 건조 문제, RA V(남-서 태평양)과 RA IV(북미, 중앙 아메리카 및 카리브해 지역)의 일부 지역에서는 군소도서 관련 문제, RA VI(유럽)과 RA II(아시아)에서는 도시화 문제 등이다. 국가 그룹들은 지리학적 유사성(예: 사헬 국가 그룹), 및 통상 조약 협회(예: 남아프리카 개발 커뮤니티, ASEAN(동남아시아 국가 연합), 카리브해 공동체 사무국(Caribbean Community Secretariat)를 기준으로 연계될 수 있다. 특히, 빈곤 저감 등과 같이 가장 주된 목표가 같을 경우 이웃 국가들의 하위 그룹 간 협력 혹은 공동 개발 프로젝트를 추진할 수 있을 것이다.

주요 하천 유역 혹은 지형 지역을 중심으로 형성된 국가 간 그룹 또한 이와 유사한 잠재력을 지닐 수 있다. 이들 기관들 중 일부는 견고한 기반을 바탕으로 설립되어 있으며, 우수한 중앙 기능을 지니고 있다. 예를 들어 메



콩강 위원회 및 ICIMOD(국제 통합 산지 개발 센터) 하의 힌두-쿠시-히말라야 산맥 지역(Hindu-Kush-Himalaya Region)등은 수자원 관리 문제를 다루는 비교적 느슨한 연합체를 조성할 수 있을 것이다. 이들 조직은 설립 이후 자원 동원 경험 및 국제 지원 개발 활동 등과 관련하여 상당한 경험을 구축하고 있다. 나일강 조약(Nile Treaty) 등과 같이 기타 대규모의 다자-국가 간 하천 유역의 경우 비록 조약 기반 협의를 갖고 있지만 장기간 이어진 논란으로 인해 사실상 기능하지 않는 경우가 있으므로 국경 간 활동 및 공유 활동을 운영하기가 다소 쉽지 않을 수 있다.

### **4.3 국제 차원**

국제 차원에서 UN 계의 기관, 양자 및 다자 기금 메커니즘, 재난 구호 기관 등의 국제기관 등은 특히 자금 동원을 위한 잠재적 출처로서 고려할 수 있다.

특수 목적을 지닌 UN 기관 외에 국제적 차원에서 운영되는 많은 기관 및 조직들은 특히 프로젝트 계획, 자금 지원 및 이행의 측면에서 기후-수자원 인터페이스의 실용성에 대한 지식이 거의 없거나 이를 이해하지 못하고 있을 수 있다. 따라서 이들 기관에 전문가들을 통합하고 외부의 전문가 견해를 활용함으로써 추가적인 자원 동원을 가능케 할 수 있을 것이다.

## 5 활동/프로젝트의 비용 집계

제 2.5 절에 목록으로 제시한 활동들 중 대다수의 경우 기후 변동성 및 변화 관련 전문 기술과 지식이 기존의 수자원 관련 소통 메커니즘에 통합되도록 함으로써, 추가적인 혹은 부가적인 자원공급(인력 및 자금 등)을 요구하거나 확보하지 않도록 해야 한다. 그러나 D 항목의 시범 사업에 따른 세 가지 활동들의 경우 새롭게 자원을 공급할 필요가 있을 수 있다.

위에서 제안한 활동들은 아래에서 좀 더 자세히 설명한다. 요청할 경우 전체 비용 세부사항을 제시할 수 있지만 프로젝트당 사업비는 약 200,000 달러 규모이다.

### 5.1 프로젝트 1 – 수자원-기후 민감성

본 프로젝트는 기후 변동성 및 변화의 영향으로 인한 위험에 가장 크게 노출된 수자원 관리 프로그램 관련 측면들을 확인하는 도구를 개발하는 것에 관한 것이다. 물순환을 일으키는 것은 기후이며 기후에서의 변동과 변화는 물순환의 여러 요소(예: 강우량, 하천 유량의 수준, 대수층 함량, 시간의 경과에 따른 저장량)에 광범위한 수준에서 다양한 영향을 준다. ‘기후 평균의 변화 및 변동’을 ‘수자원의 변화’와 연결시키는 도구를 이용함으로써 수자원 관리자는 향후 IWRM 계획을 개발할 때 강조를 두는 것이 좋은 지역은 어디인지 확인할 수 있다. 이 도구에서는 광범위한 수준의 기후학적 및 수문학적(수자원 사용 포함) 입력값이 필요하며 쟁점지역(hotspot)을 확인하는 데에도 사용할 수 있을 것이다. 일부 지역에서는 이미 일부 관련 작업을 이행하였는데 일례로 강우량이 10% 감소함으로써 하천 유량이 20% 줄어들어 수자원 공급 재충전 및 지하수 함양에 분명한 영향을 가져온 것이 나타났다. 해당 도구는 눈이나 빙하 등으로 저장된 수자원을 포함하여 물순환의 모든 측면을 다루어야 할 것이다.

도구를 개발할 때에는 기존의 여러 연구(참고문헌 19)에서 취한 접근법을 사용할 수 있을 것이며 국지, 국가 및 지역 차원에서 응용을 위한 웹 기반 도구를 개발할 수도 있을 것이다. 해당 도구와 연계하여 역량개발 프로그램을 착수함으로써 해당 도구가 더욱 원활히 사용될 수 있도록 도울 수 있다. 이러한 예로는 도구의 활용을 지원하기 위한 지역 및 국가 워크숍 등이 포함된다. 도구 개발에 소요되는 비용은 약 50,000 달러로 예상되며 초반에는 5 회의 워크숍(각 30,000 달러)으로 도구 개발을 지원할 수 있을 것이다. 도구 개발에는 약 6 개월이 소요될 것이며 워크숍을 통해 도구를 평가 및 정교화할 수 있을 것이다.

### 5.2 프로젝트 2 – 수자원 부족 지역 시범 사업

수자원 부족 지역으로 확인된 5 개 월경성 하천 유역에서 ‘수문과 기후 커뮤니티 간 수자원 사용자 인터페이스 플랫폼의 통합’을 위한 시범사업을 착수할 것이다. 이 시범사업에서는 국가 및/혹은 지역 차원에서 수자원 UIP를 설정할 수 있도록 지침을 제공하고 지원할 것이며 실제로 적용할 수 있는 실무 및 절차에 대한 기술적 지침을 제공할 것이다. 이해관계자 참여에 관한 지침을 마련함으로써 주요 기후-수자원 인터페이스 이슈를 다루기 위한 국가 행동 계획의 전달, 인식 제고 및 개발 방안을 파악하고 개선할 수 있도록 관련 피드백을 찾고 구하며 사용하도록 할 것이다. 프로젝트 1 에서 개발한 도구를 통해 이러한 활동을 지원할 수 있다. 관련 국가에서 가장 문제가 되는 사항이 무엇인지에 따라 홍수관리연합프로그램(Associated Programme on Flood Management, APFM)을 통해 통합 홍수 관리에 대한 권고 및 지침을 제공할 수 있을 것이며 이와 유사하게 IDMP 를 통해서도 통합가뭄관리에 대한 자문을 제공할 수 있을 것이다.

이미 위험 관리 접근법을 기반으로 수자원을 관리하고 있기 때문에 기존의 사업들을 기반으로 위의 활동들을 진행할 수 있을 것이며 해당 5 개 월경성 하천유역에 특정된 니즈를 충족하기 위해 기존 사업들을 재구성할 수

도 있을 것이다. 초반 활동을 위한 자금 또한 기존의 사업에서 동원할 수 있을 것이다. 5 개의 시범사업(5 x \$40,000) 각각에 따르는 워크숍에는 추가적인 자원이 필요할 수 있다. 해당 워크숍은 2014-2015 년의 타임프레임에 걸쳐 개최될 수 있을 것이며 워크숍에는 다양한 기후 및 수자원 관련 분야 이해관계자가 참여할 수 있을 것이다.

### **5.3 프로젝트 3 – 용설 및 용빙 수자원에 의존하는 유역 대상 시범 사업**

용설 및 용빙에 대한 수자원 의존도가 높은 지역으로 선정된 5 개 하천 유역을 선정하여 ‘수문과 기후 커뮤니티 간 UIF 플랫폼의 통합’을 위한 시범사업을 착수할 것이다. 프로젝트 2 에서와같이 본 프로젝트에서는 국가 및/혹은 지역 차원의 수자원 UIP 를 설정할 수 있도록 지침을 제공하고 지원할 것이며 실제로 적용할 수 있는 실무 및 절차에 대한 기술적 지침을 제공할 것이다. 본 사례의 경우 프로젝트 대상인 물순환에서의 주요 문제가 이미 제시되어 있을 것이기 때문에 워크숍에서는 사용자 인터페이스와는 별개로 기존의 수자원 공급 옵션의 신뢰도 저하로 인한 영향을 어떻게 다루어야 할지에 대한 권고 및 지침을 다룰 것이다. 위에서 언급한 바와 같이 일부 대책들이 이미 마련되어 있을 것이지만 국가별로 문제가 되는 사항들을 고려하여 통합 수자원 관리를 위한 새로운 접근법을 모색하고 이를 수자원 계획에 포함해야 할 것이다. 초반 활동을 위한 자금은 기존의 사업에서 확보할 수 있을 것이다. 5 개의 시범사업(5 x \$40,000) 각각에 따르는 워크숍에는 추가적인 자원이 필요할 수 있다. 해당 워크숍은 2014-2015 년의 타임프레임에 걸쳐 개최될 수 있을 것이며 워크숍에는 다양한 기후 및 수자원 관련 분야 이해관계자가 참여할 수 있을 것이다.

### **5.4 프로젝트 4 – 연안지역 범람 예보 실증 프로젝트**

저지대 고인구밀도의 연안지역에서는 범람으로 인해 인구의 생계와 생명에 대한 위협이 심화되고 있다. 2005 년 세계은행 보고서에 따르면 지난 200 년간 특히 폭풍해일로 인한 연안지역 범람으로 인해 최소 260 만 명이 역사하였다. 연안지역 범람예보실증사업(Coastal Inundation Forecasting Demonstration Projects, CIFDP)의 목적은 연안지역 범람 예보 및 경보 시스템을 국지 및 지역 차원에서 강화함으로써 연안 지역사회의 안전 관련 문제를 해결하고 지속가능한 개발을 지원하는 것이다. 국가가 하위 프로젝트로서 CIFDP 를 완성할 경우 통합 연안지역 범람 예보 및 경보를 위한 운영 시스템을 실행함으로써 연안지역 재난(홍수)에 대한 객관적 기반을 마련하고 생명을 보호하는 데 기여하며 생계 및 빈곤 문제를 해소하고 연안지역 커뮤니티의 복원력과 지속가능성을 강화할 수 있을 것이다. 2 개의 추가적 시범 사업을 진행하는 데 자원이 필요할 것이다(2 x \$200,000). 해당 워크숍은 2014-2015 년의 타임프레임에 걸쳐 개최될 수 있을 것이며 워크숍에는 연안 구역 이해관계자를 포함, 다양한 기후 및 수자원 관련 분야 이해관계자가 참여할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. Needs for Climate Information in Support of Decision-Making in the Water Sector Stakhiv E (US Army Corp of Engineers), and Stewart B, (WMO Commission for Hydrology). Draft White Paper to World Climate Council-3, Geneva, September 2009.
2. Final Report of Expert Meeting on Water Management need for Climate Information in Water Resources Planning. World Climate Programme-Water, WCASP-74. WMO/TD-No. 1401, July 2007.
3. Climate and Meteorological Information requirements for water management – A Review of issues. Dent J. Technical Report Series No. 1 – WMO 2012 (WMO-No. 1094), WMO Commission for Hydrology (CHy), Geneva, 2012.
4. Application of the Climate Information and Prediction in the Water Sector: Capabilities. Lead Author: K.D. Sharma, National Rainfed Area Authority, New Delhi 110012, India. Draft 2009.
5. WMO 2011: Final report on Consultation Workshop on NMHS Capacity Development Requirements for GFCS, 10-12 October, 2011, Geneva Switzerland
6. Group on Earth Observations, Task US – 09 – 01 a. Earth observations priorities for the water societal benefit area. January 2010.
7. Intergovernmental Panel on Climate Change. Fourth Assessment Report, UN Geneva, 2007.
8. Guide to Hydrological Practices, WMO-No. 168. 6th Edition, Geneva 2009.
9. Church and Earth – The Church of England’s Seven-Year Plan on Climate Change and the Environment. October 2009.
10. Faces of Change – special issue on climate change. Media New Age Ltd in association with the Campaign for Sustainable Livelihoods, Dhaka, Bangladesh, May 2008.
11. Estimation of Point Rainfall Frequencies. Technical Note 61: Work Package 1.2: Flood Studies Update. Met Éireann for the Office of Public Works (OPW), October 2007
12. World Bank. 2005. Arab Republic of Egypt: Integrated Water Resources Management Plan. © Washington, DC.
13. EU Interreg IVB. Flood Resilient City Project: Task 3, Rainfall and Risk – Pluvial Variation. Jacob’s International for Dublin City Council, 2012.
14. A Global Framework for Climate Services – Empowering the most vulnerable: Climate Knowledge for Action. Report of the High-Level Taskforce for the Global Framework for Climate Services. WMO-No. 1065, Geneva 2011.
15. Inter-Agency Consultation Meeting on User Interface Platform (UIP). Agriculture, Food Security and Water Sectors of the Global Framework for Climate Services. FAO, Rome, 26-28 September 2011.

16. High–Level Expert Panel on Water and Disaster/UNSGAB, 2009: Report on “Water and Disaster; Prevention and Action to Minimize Death and Destruction: Building Resilience toward Sustainable Development,
17. Olsen, J. Rolf, Julie Kiang and Reagan Waskom, (editors). 2010. Workshop on Non–stationarity, Hydrologic Frequency Analysis, and Water Management. Colorado Water Institute Information Series No. 109. [www.cwi.colostate.edu](http://www.cwi.colostate.edu)”
18. Moser, H.; Rösner, S.; et. al.: GFCS – A Case Study of the German Federal Institute of Hydrology for the Water Sector (“KLIWAS”), to be published in: ClimateExChange, WMO and Tudor Rose 2012.
19. Arnell, N.W., Climate change and global water resources: SRES emissions and socio–economic scenarios. *Global Environmental Change* 14 (2004) 31–52

## 수자원 관리에 필요한 기후학적 데이터

목적	특징	필요한 데이터
수문학적 특성	저수지/수역 계획 일반 물수지(water balance)	강수 기온 습도 풍속
홍수 관리 및 제어	구조 (댐, 치수)	강수 기온 습도 풍속 및 풍향
	범람원 구역화/홍수 빈도 추산	강수 증발산
관개 및 배수	공급 수요 일정관리	강수 기온 습도 풍속 중기/장기 예보
지하수	함양 지하수 범람	강수 기온 습도 풍속 중기/장기 예보
운항	수로 시스템 준설 작업	강수 중기/장기 예보
발전	수력 냉각수	강수 기온 습도 풍속 중기/장기 예보
상수도	급수 산업 공정	강수 기온 습도 풍속 중기/장기 예보
수질	오염관리 희석 염분 및 침전물	강수 기온 습도 풍속 예보 및 경보
어업 및 보존	수생태계 수문형태학	강수 기온 습도 풍속 중기/장기 예보
편의시설	대중 이용 레크리에이션	강수 기온 습도 풍속 예보 및 경보 개요 정보

## 이행 과정 중 관련 IWRM 프로그램

### 홍수관리연합프로그램(Associated Programme on Flood Management, APFM)

APFM은 전지구 수자원 파트너십과 세계기상기구가 2001년 이래로 공동 개발하고 있다. APFM의 임무는 국가들이 전반적인 국가개발정책의 맥락 내에서 통합 홍수 관리 정책 및 전략을 개발할 수 있도록 돕는 것이다.

수자원-UIP의 필수 요소들을 전달하기 위해 APFM을 적용하는 데 있어 유도할 수 있는 이익은 다음과 같다:

- APFM은 수자원과 관련 **개발 계획**과 밀접히 연결되어 있다: 전반적 목표를 위험 최소화에 두는 기후 중심 접근법과는 다르게 APFM의 기본 개념은 범람원에서 기인하는 순이익(net-benefits)을 최대화(생계 측면)함과 동시에 범람으로 인한 인명 손실은 최소화 하는 것이다.
- 본 계획은 광범위한 수준의 UN 기구, 정부간 기구와 더불어 정부 및 비정부 행위자와 **공동 활동**을 통해 지속적으로 이행할 수 있다.
- 본 계획의 **활동**에서는 홍수 관리 정책 시리즈, 사례 연구, 홍수 관리 도구 시리즈, 역량 개발 프로그램뿐만 아니라 시범사업 및 현장 실증사업 등의 일환으로서 상호 검토(peer-reviewed) 보고서 발행이 수반되고 있다. 여기서 홍수 관리 도구 시리즈는 기후변화 적응 맥락과 직접적으로 관련된 다수의 출판물 및 역량개발 자료 등을 포함하고 있다.
- 2009년에는 본 계획에 **헬프데스크(HelpDesk)**를 추가함으로써 정부가 홍수 관리 정책 및 전략의 현장에서 도움을 요청할 수 있도록 하였다. 헬프데스크는 본 계획을 수요 중심에서 개발될 수 있도록 하는데 있어 핵심 요소가 되었다.
- 헬프데스크는 **지원 기반(Support Base)**을 창설하고 지속적으로 개발함으로써 그 기능을 견고히 분산시키고 있다. 이러한 지원 기반이 필요했던 이유는 전 세계적으로 국가들이 홍수 관리를 위한 특정 주제 영역(예: 홍수 손실 평가, 홍수 도식화, 홍수 예보 및 경보, 홍수 관리 정책 설계, 환경 영향 평가)에 대한 기술적 자문 및 지역적 대응 역량을 가까운 곳에서 즉각 지원받아야 했기 때문이다.
- 다수 행위자의 자발적 기여를 통해 APFM을 계속 이행해야 한다: 지난 10년간 APFM을 위한 **자원**은 WMO(APFM 기술지원팀 주재 및 주도), 전지구 수자원 파트너십, 일본, 스위스, 미국, 네덜란드, 이탈리아, 독일 정부가 제공하였다.
- 본 계획의 **거버넌스**는 두 개의 위원회인 '자문위원회와 관리위원회의 연간 회의'를 기반으로 한다.

### 통합가뭄 관리프로그램(Integrated Drought Management Programme, IDMP)

APFM의 성공적 이행 사례를 참고하여 여러 기관들은 가뭄 정책에 초점을 맞춘 새로운 프로그램을 계획하기 시작하였다. 2012/2013년에 통합가뭄 관리프로그램(IDMP)가 착수되었다. 가뭄 관리의 경우 홍수에서보다 타 임스케일이 광범위한 좀 더 복잡한 문제이며 농업 및 수자원 분야와 상당히 밀접한 관계를 지닌다. IDMP는 수동적이고 표면적인 위기 관리에서 위험 관리 원칙에 기반한 좀 더 선제적이고 적극적인 가뭄관리로 가뭄 관리 실무를 전환하는 접근법을 추진하고 있다. IDMP는 가뭄 모니터링, 가뭄 위기 평가, 가뭄 예측 개발, 가뭄 조기 경보 서비스 및 지역, 국가, 국지 차원의 우수사례 공유를 강화함으로써 과학, 정책 및 이행의 통합을 위한 작업을 전 세계적으로 관리할 것이다.

IDMP의 향후 계획은 다음과 같다:

1. 가뭄 모니터링, 예측 및 조기경보 활동을 지역 차원에서 조정 지원함으로써 기후서비스 제공자와 가뭄 관리 관련 이해관계자들 간 하나의 인터페이스로서 역할을 다할 것이다.
2. 가뭄 완화, 대책 및 대응 관련 우수 사례에 대한 정보 및 지식을 수집하고 보급할 것이다.
3. 정책 개발 및 관리 실무와 절차를 위한 지침, 방법론, 도구 및 지원 문서를 생산할 것이다.
4. 과학적 인풋(input)을 가뭄 위험 경감 및 가뭄 관리 계획과 정책에 반영하는 우수 사례를 알릴 수 있도록 지역 프로젝트를 조정하고 시범사업의 착수를 지원할 것이다.
5. 가뭄 위험 인식제고 및 관리에 대한 지역 및 국가적 노력을 지원할 것이다.
6. 통합 가뭄 관리에 대한 역량 개발을 강화하고 자문을 제공할 것이다.

### 과학 정책 인터페이스 플랫폼(Science Policy Interface Platform, SPI-Platform)

전 세계적으로 수자원 관리 문제가 불거짐에 따라 지구의 변화와 관련된 특징들을 명확히 반영한 증거 기반의 정책을 개발할 필요가 대두되었다. 이에 수자원 관리자들은 각자의 정보 필요사항에 맞춘 최신의 과학적 지식을 기반으로 기후변화 적응 전략을 개발하는 것이 필요하다. 지식 공유를 장려하고 이해관계자 간(즉, 정책결정자/수자원관리자와 과학자 간) 소통을 개선함으로써 기존의 지식을 더욱 강화할 수 있을 것이며 이는 특히 기후변화 영향 관련 정보를 다루는 데 있어 중요한 것이다. 이러한 상호보완적 측면을 고려할 때 수자원 관리자가 적절한 적응 전략을 개발하는 데 유용하게 사용할 수 있는 정보가 무엇인지 알리는 것은 중요하다.

수자원 및 기후 연합(수자원 및 기후 커뮤니티의 요구 충족 개선을 위한 국제 정책 마련 방안, 국제 수자원의 제 관련 우선과제 확인, 의사결정자에 대한 관련 정보 제공에 집중), 전지구 수자원 적응 연합(Alliance for Global Water Adaptation(AGWA) – 기후적응 실무 이행 방안에 집중), 나이로비 워크 프로그램(Nairobi work programme, NWP) – 과학기술자문부속기구 하에서 착수)과 SPI-플랫폼은 상호 교류할 수 있을 것이다.

또한 새로운 지식 및 새로운 수자원 관리 기술과 실무를 주류화하기 위하여 교육 도구 및 인식 제고 캠페인이 필요하다.

연구결과를 전파하고 지식 공유를 촉진하는 것은 수자원 분야에서 특히 어려운 일이 될 수 있다: 수자원 분야의 광범위하며 단편적이고 다양한 영역으로 구성되어 있다. 또한 공공 기관 및 시설, 산업, 컨설턴트 및 서비스 제공자, NGO 및 무역 연합, 대학교, 연구기관 및 시민 사회에까지 다양한 수준에서 각기 다른 관심사를 지닌 이해관계자가 다수 존재한다.

수자원 영역에서 국제 수로(watercourse)에 관한 두 개의 UN 조약이 존재한다. UNECE ‘월경성 수로 및 국제 하천의 보호와 사용에 관한 조약’(헬싱키, 1992년 3월)은 하나의 지역적 도구에서 초반 시작하여 2013년 2월에는 월경성 수자원 협력을 위한 국제적 법체제로서 전환되어 UN 회원국들의 참여가 허용되었다.

‘1997년 국제 수로의 비운항 사용법에 관한 UN 조약’(1997년 5월)은 2013년 2월까지 공유 담수 자원 관리에 국제적으로 적용되는 유일한 조약이었다. 지난 수년에 걸쳐 본 조약 내 수자원 분야 관련 작업은 UNFCCC의 과학기구에서 착수하였는데 여기서 기후변화 및 수자원 간 상호연계에 정부들이 높은 관심을 지니고 있음이 나타났다.



SPI-플랫폼의 향후 계획은 다음과 같다:

- 수자원 분야 의사결정의 맥락에서 기후변화 전망 관련 불확실성을 수자원 관리자가 고려할 수 있도록 돕기 위해 과학적인 관련 인풋을 제공한다.
- 기후변화 논쟁에 수자원 커뮤니티를 통합하고 관련 이해를 높일 수 있도록 교육 및 역량 개발 프로그램의 개발을 지원한다.
- 지역, 국가 및 지역 차원에서 수자원 분야에 대한 기후변화의 영향과 관련 대응책을 평가, 모니터 및 소통할 수 있도록 역량을 강화하기 위하여 정책결정자간 인식을 제고한다.
- UNCCD, UNCBD, UNFCCC 등과 같은 UN 절차 기반 이익을 모색할 수 있도록 정책 결정자 간 인식을 제고하고 과학자, 연구자 및 수자원 관리자 간 대화를 촉진한다.
- 적응 정책의 개발을 위한 과학적 연구 아젠다 간 우선순위를 정하고 수자원 관리자가 다양한 수준에서 수자원 및 기후변화에 대한 새로운 지식 측면의 특정 필요사항을 과학자에게 시기적절이 제시할 수 있도록 돕는다.

## 수자원 관련 국제기관, 계획 및 조정 메커니즘

UN-Water는 2003년 UN 고위급계획위원회(United Nations High Level Committee on Programmes)에서 창설한 것으로 UN 기관들 간 밀접한 상호협력의 역사에 따라 진화하였다. UN-Water는 기존 UN 기관 및 외부 파트너와의 협력과 정보 공유를 촉진함으로써 UN 이니셔티브에 부가가치를 창출하고 있다. UN-Water는 지상 및 지하 수원, 담수와 해수 간 교접지역, 수자원 관련 재난 등 담수와 위생의 모든 측면 관련 이슈들을 다는데 있어 UN 단체들 간 협업을 강화하고 일관성을 높이고 있다. UN-Water는 현재 UN 체계의 26개 회원과 여러 기관 및 시민 사회 등을 대표하는 외부 파트너로 구성되어 있다.

기후회복력시범프로그램(Pilot Program for Climate Resilience, PPCR)은 2008년 11월에 승인된 것으로 전략적 기후자금(Strategic Climate Fund, SCF)이 개발 및 운영한 첫 번째 계획이었다. SCF는 기후투자자금(Climate Investment Funds, CIF)이 설계한 2개 기금 중 하나이다. PPCR의 목표는 '핵심 개발 계획 및 이행 활동에 대한 기후 위험과 복원력의 통합 방안'을 모색하고자 시험 및 실증 프로젝트를 추진하는 것이다. 이에 PPCR는 관련 활동을 확장하기 위한 사업을 추진하고 있으며 이행기적 변화를 의도하고 있다. PPCR에서 이 행하는 시범 계획 및 사업은 국가 주도로 이루어지며 국가적응행동계획(National Adaptation Programmes of Action, NAPA) 및 다른 관련 국가 연구 및 전략을 기반으로 한다. 또한 이들 사업 및 계획은 적응 대책의 확장 설계를 위해 유용한 경험 및 지식을 창출하고자 관련 프로젝트에 자금을 투입하는 기타 기부 기금 활동과 함께 전략적으로 조정할 수 있을 것이다.

UN-Water와 직접적으로 협업하면서 본 체제의 UIP는 주요 UN 및 기타 계획, 특수 기관 및 지역 위원회, UN 협약 및 기타 UN 체계 내 수자원 문제를 다루는 단체들과 협력 기회를 꾀할 수 있을 것이다. 따라서 본 체제의 UIP는 국제적 차원에서 기후 커뮤니티와 수자원 커뮤니티 간 대화를 조정하는 하나의 수단이 될 것이다. UN-Water와 직접적으로 연계하면서 본 체제의 UIP는 주요 UN 및 기타 계획, 특수 기관 및 지역 위원회, UN 협약 및 기타 UN 체계 내 수자원 문제를 다루는 단체들과의 협력 기회를 얻을 수 있을 것이다. 이에 본 체제의 UIP는 국제적 차원에서 기후 커뮤니티와 수자원 커뮤니티 간 대화를 조정하는 하나의 수단이 될 것이다. UN 사무총장 수준에서 수자원과 재난에 관한 고위급 전문가 협의체는 "재난 위험 경감을 위한 구조 및 비구조적 대책을 지원할 수 있도록 국가 및 국제 수문 기관은 불확실 가능성이 높은 기후변화와 관련하여 기본적 분석 사항 및 데이터 요건을 파악하는 사업을 착수해야 한다"고 권고한 바 있다(참고문헌 17). 따라서 UIP 수자원과 다양한 UNESCO 범주 II 센터(예: 국제 수자원 위험 및 위험 관리 센터(International Centre for Water Hazard and Risk Management, ICHARM), 국제통합수자원관리센터(International Centre for Integrated Water Resources Management, ICIWaRM)간 협력적 활동이 필요하다.

*세계기상기구.* WMO는 기후와 기상 간 인터페이스에 집중하는 다수의 계획 및 이니셔티브를 추진하고 있다. 자체적인 수문 및 수자원 계획(Hydrology and Water Resources Programme)을 통해 WMO는 물저장(water storage: 저수지, 댐 등에 물을 가둠), 농업 활동 및 도시개발 계획에 필요한 수자원 평가를 진행하고 있으며 관련 예보를 수행하고 있다. WMO는 수자원 관리에 대한 다학제간 통합 접근법을 추구하고 있다. WMO의 수문 위원회(Commission for Hydrology)는 회원국들의 수문청에 수자원 UIP가 직접 접근할 수 있도록 하는 하나의 채널이 될 수 있을 것이다. 2009년 8월 31일부터 9월 4일까지 제네바에서 열린 제 3차 세계기후총회에 따라 수문위원회는 "자원 관리자의 운영, 장기 계획 및 설계를 위한 기후정보요건 관련 지침자료를 준비" 할 목적의 계획을 마련하였다.

많은 이들이 고품질 데이터 및 정보를 요구하고 있음을 인식함에 따라 다양한 이니셔티브, 계획 및 전략이 적재적소에서 추진되고 있다. 일부는 전지구관측시스템과 같은 국제적 이니셔티브를 광범위한 기반에서 다루고 있으며(참고문헌 1) 다른 일부는 수자원 분야 내 특정 주제 혹은 국가적 차원의 사업에 초점을 두고 있다(참고문헌 4). 지구관측그룹(Group on Earth Observations, GEO)은 특히 수자원 분야의 사회 이익 영역(Water Societal Benefit Area, SBA)에 대한 모니터링의 역할을 검사하고 있다(참고문헌 6). GEO 워크플랜의 수자원 SBA 업무에서는 모든 유형의 지구 관측(지상, 현장, 항공(airborne) 및 공간 기반 관측)을 고려한다. 본 조사에는 직접 측정, 유도 매개변수뿐만 아니라 모형 산출값 등이 포함된다. 수자원 업무 활동의 중점 영역에는: 통합 물순환 정보생산물 및 서비스, 수문기상 극한현상에 대한 정보 시스템([information systems for hydrometeorological extremes](#)), 한랭지역에 대한 정보서비스, 지구 수질 정보생산물 및 서비스, 정보 시스템 개발 및 역량 구축이 포함된다. 또한 GEOSS(Global Earth Observation System of Systems) 구성이행시범사업(Architecture and Implementation Pilot, AIP)에 따라 이룬 최근의 성과들은 GEOSS 수자원 온라인 서비스를 위한 토대를 마련하였다. 본 온라인 서비스는 개방형공간정보컨소시엄(Open Geospatial Consortium) 및 WMO의 기준과 절차를 사용하여 목록으로 구축한 수자원 데이터, 도식 및 모델링 서비스의 전지구 레지스트리(registry)이다. GEO 통합전지구물순환관측(Integrated Global Water Cycle Observations, IGWCO) 실무 커뮤니티는 물순환 데이터 제공자, 처리자, 연구자, 최종 사용자가 한 데 모이는 장으로서 물주간에 이루어진 활동들을 위한 원칙적 추진력이다. GEO 프로그램의 주요 목표들 중 하나는 지구 관측결과의 수집 및 전파 업무를 조정하고 모든 지리 지역의 관련 니즈를 파악하는 것이다(특히 개발도상국). 참가 기관은 관측 결과를 사용함으로써 지구 관측과 관련하여 투자 기회의 우선순위를 결정할 수 있다. GEO는 또한 GEOSS의 구축 업무도 맡고 있으며 지구관측 데이터 및 정보의 식별가능성 및 접근가능성을 높이는 방안을 모색하고 있다.

*WMO-UNESCO의 해양 및 해양기상학 공동기술위원회(Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology, JCOMM)*의 활동 목표는 해양 기상학 및 해양학 서비스가 원활히 공급될 수 있도록 함으로써 해양 및 연안 지역 내 생명과 자산의 안전을 지원하는 것이다. 또한 해양의 건강과 생산성, 해양 환경의 지속가능성, 연안지역의 관리 및 레크리에이션 활동을 유지하는 데 기여하고 기상 및 해양 과학 기술의 발전 사항들을 선택적으로 통합함으로써 관련 서비스의 진화를 관리하고 궁극적으로 연안 거주지 및 활동의 안전성을 강화하고자 한다.

*국제수문프로그램(International Hydrological Programme, IHP)*은 수자원에 관한 UNESCO의 과학 협력 국제 계획이다. 1975년에 창설된 IHP는 수문학의 과학 및 교육적 측면에 초점을 두고 있다. IHP는 UNESCO 대총회(General Conference)의 부속기구로 구성된 정부간 위원회가 관리한다. IHP는 2014년 착수되어 8년간 6단계로 이행된다. IHP의 목표는 수문학 관련 연구를 촉진 및 장려하고 회원국들이 수문학 분야에서 연구 및 교육 활동을 할 수 있도록 지원하는 것이다. 이러한 IHP의 목표는 168개의 IHP 국가위원회, 국제 과학 연합 및 기타 기구들과 포괄적이고 협력적인 절차를 공동 추진하여 IHP의 지속적 연관성을 유지하고 전반적인 체계 조정을 개선하여 달성할 수 있을 것이다.

*정부간해양위원회(Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC)*는 쓰나미 경보 시스템과 같은 경보 시스템의 창설을 도움으로써 국가들이 해양 위험에 대비할 수 있도록 지원한다. IOC의 전지구 기후변화 계획은 기후변화에 대한 해양 반응 모니터 및 연안국가의 적응을 지원한다. IOC 해양과학계획에서는 해양 생태계 및 해양 건강(예: 유해성 조류증식 및 산호초 멸종위기)의 문제를 조사한다. 환경 관리 IOC는 다양한 해양 생태계 기반 관리 및 해양 정보 프로그램을 지원함으로써 모든 국가들이 공정하고 지속가능한 방식에서 해양을 사용하고 개발할 수 있도록 돕는다.

수자원 부족 문제가 점차 심화되고 농업의 수자원 사용량이 증가됨에 따라 UN 식량농업기구(Food and

Agricultural Organization, FAO)는 전지구 농업 성과를 증진시킴과 동시에 식량 생산용 수자원 사용의 지속가능성은 개선하고자 앞장서 노력하고 있다. 2025년까지 18억 인구가 수자원 절대 부족 국가 혹은 지역에서 거주하게 될 것이며 전 세계 인구의 3분의 2는 수자원 스트레스 조건에서 생활할 것이다. 이러한 상황은 도시화 심화에 따라 수자원에 상당한 압력이 가해지면서 더욱 악화될 것이다.

UN 대학교 수자원환경보건 연구소(UNU Water, Environment & Health, UNU-INWEH)는 수자원에 대한 UN의 싱크탱크로서 특히 개발도상국의 수자원 역량을 강화하고 실제 현장의 프로젝트를 지원하기 위해 창설되었다. UN 수자원 가상 학습 센터가 개시됨에 따라 현재 UNU-INWEH는 UN DESA와 함께 통합 수자원 관리(IWRM)에 관한 성인 원격 교육 프로그램을 제공하고 있다. UNU, 국제수문학회(International Association of Hydrological Sciences, IAHS), 국제수문환경공학협회(International Association for Hydro-Environment Engineering, IAHR), UNESCO IHP 및 UNESCO IHE로 구성된 네트워크는 수자원 분야의 학술 연구 및 교육적 측면을 위해 협력할 수 있을 것이다. IAHS는 토론, 비교 및 연구결과 발표뿐만 아니라 국제적 협력이 필요한 연구의 착수 등을 통해 수문학의 모든 측면에 대한 연구를 촉진하고 있다. IAHR는 수문-환경 과학 관련 분야 및 실무 응용 분야에서 업무하는 엔지니어와 수자원 전문가로 이루어진 국제적 독립기구이다.

전지구 수자원 파트너십(Global Water Partnership, GWP)은 세계은행, UN 개발계획(United Nations Development Programme, UNDP), 세계기상기구와 스웨덴 국제개발협력청(Swedish International Development Cooperation Agency, SIDA)이 IWRM을 강화하기 위하여 2002년에 창설된 정부간 기구이다. GWP 창설에는 많은 국가 정부가 후원하였다. GWP의 비전은 전 세계 수자원 안보를 확보하는 것이며 GWP의 임무는 모든 수준에 걸쳐 수자원을 지속가능한 방식에서 개발하고 관리할 수 있도록 지원하는 것이다. 수자원 UIP는 GWP를 통해 창설된 지역 및 국가 네트워크를 광범위한 수준에서 활용함으로써 전 세계에 널리 분포된 주요 이해관계자들에 영향력을 미칠 수 있을 것이다. 아프리카 수자원기후개발계획은 GWP가 수자원에 관한 아프리카 각료간 위원회와 공동으로 창설한 것으로서 아프리카 내 수자원 UIP를 개발하는 데 있어 핵심적인 역할을 할 것이다.

전지구해양포럼(Global Ocean Forum, GOF)은 2001년에 처음으로 동원된 것으로서 해양, 연안지역, 군소도서개발국(small island developing States, SIDS) 관련 문제를 지속가능개발에 관한 세계 정상회의(World Summit on Sustainable Development) 의제로 다룰 수 있도록 돕고 있다. 본 포럼은 112개국 내 모든 분야의 해양 관련 리더들이 참여하며 전 세계 해양 문제를 다룬다. GOF는 해양, 연안 및 SIDS 관련 국제 협약을 이행할 수 있도록 진척사항을 평가하고 지속가능개발 달성에 대한 장애물 및 기회를 확인한다.

국제유역네트워크기구(International Network of Basin Organizations)는 통합 유역 수자원 관리의 이행이라는 공동 목표 하에서 여러 기관들이 창설한 것이다. 수자원은 하천 유역이나 지하수 대수층 규모에서 주로 관리 및 운영되기 때문에 하천 유역 기관들은 수자원 UIP에 참여함으로써 각자 필요한 것이 무엇인지를 명확히 제시할 수 있을 것이다.

UNDP/Cap-Net. UNDP의 통합수자원관리역량구축 네트워크는 지속가능한 방식에서 수자원을 관리하는 역량을 구축하기 위한 하나의 국제 연합체이다. 본 네트워크는 자발적 성격의 국제, 지역 및 국가 기관과 네트워크의 파트너십으로 구성되며 수자원 분야의 역량 개발에 집중한다. Cap-Net은 무엇보다 수자원 분야의 기후 변화 적응에 대한 교육을 중점적으로 수행한다. 2008년 이래로 교육 자료가 발행되고 있으며 UNESCO-IHE 및 WMO/GWP 홍수관리연합프로그램과 협업하여 지역 교육자 교육(Training of Trainers) 과정을 이행하고 있다.

세계 수자원 문제에 대한 전지구 커뮤니티의 우려가 심화되자 이에 대응하기 위하여 세계물위원회(World Water Council, WWC)가 창설되었다. 세계수자원위원회는 고위급에서 수자원 정책 주제 및 문제(월경성 문제

포함)를 다루는 정부 및 NGO 네트워크이다.

*국제관개배수위원회(International Commission on Irrigation and Drainage, ICID)*의 성격은 과학적, 기술적, 자발적인 비영리 비정부 기구(NGO)이다. 본 위원회의 목표는 수자원, 환경 및 관개, 배수와 홍수 제어 기술의 응용을 적절히 관리함으로써 관개지 및 배수지의 생산성과 수자원 및 토지 관리를 개선하여 모든 인구를 위한 식품 및 섬유의 전 세계적 공급을 원활히 하는 데 그 목표가 있다.

*아쿠아페드(AquaFed)*는 수자원 및 위생 서비스의 민간 분야 공급자로 이루어진 국제 조직들을 연계하기 위해 설립된 연합체이다. 국가 자체적인 연합체를 통하여 혹은 직접적 회원관계를 통하여 관련 운영자들이 국제사회 노력에 동참할 수 있도록 한다. 아쿠아페드는 UN-Water 에서 옵저버(observer) 자격을 갖는다.

*국제물협회(International Water Association, IWA)* 또한 UN-Water 의 파트너로서 옵저버 자격을 지닌다. IWAS 는 수자원 관련 전문가들을 위한 전 세계적 기준으로서 물 순환의 모든 측면에 대한 연구와 실무 간 연결고리 역할을 한다. 연구, 실무, 규제, 산업, 자문 및 제조 분야 내 IWA 의 회원 및 전문가 네트워크를 통해 국제적 니즈를 충족시키기 위한 실질적이고 지속가능한 해법을 제시할 수 있을 것이다. IWA 의 회원에는 수자원 분야의 리더가 포함되며 대표하는 분야는 다음과 같다.

- 연구
- 공공시설
- 자문가
- 산업계
- 규제자
- 장비 제조사

발행	기상청 기후과학국 기후정책과
홈페이지	<a href="http://www.climate.go.kr">www.climate.go.kr</a>

보다 자세한 내용은 다음에 문의하십시오:

**세계기상기구(World Meteorological Organization)**

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

**대외소통공보부(Communications and Public Affairs office)**

Tel.: +41 (0) 22 730 83 14 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

E-mail: [cpa@wmo.int](mailto:cpa@wmo.int)

**전지구기후서비스체제(Global Framework for Climate Services)**

Tel.: +41 (0) 22 730 85 79/82 36 – Fax: +41 (0) 22 730 80 37

E-mail: [gfcs@wmo.int](mailto:gfps@wmo.int)

[www.wmo.int](http://www.wmo.int)